

制度文化
教化与礼仪
学术

第4册
第5册
第6册

中华文化
通志

第7册

【科学技术】

艺
文

第8册

宗
教
与
民
俗

第9册

中
外
文
化
交
流

第10册

历
代
文
化
沿
革

第1册

地
域
文
化

第2册

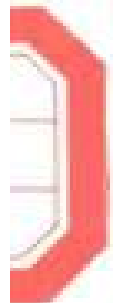
民
族
文
化

第3册

水利与交通志

◎ 中华文化通志编委会编

◎ 上海人民出版社



周魁一
谭徐明 撰

中华文化
通志

第 7

【科学技术】

◎ 中华文化通志编委会编
◎ 上海人民出版社

水利
与交通志

中国社会科
学院近代史
研究所图书
馆藏书章

K203
Z669
7(10)

中华文化通志·科学技术典 (7—070)

陈美东 主 编

水利与交通志

周魁一 谭徐明 撰

上海人民出版社出版、发行

(上海绍兴路54号 邮政编码 200020)

印 刷 深圳中华商务联合印刷有限公司

开 本 880×1270 毫米 32 开

字 数 273,000

印 张 11.375

插 页 1

版 次 1998 年 10 月第 1 版

印 次 1998 年 10 月第 1 次印刷

书 号 ISBN7—208—02323—9/K·542

141308

《中华文化通志》编委会

编委会主任 萧 克

编 委 李学勤 宁 可 王 尧 刘泽华
孙长江 庞 朴 陈美东 刘梦溪
汤一介 姜义华 陈 昕 朱金元
张国琦

办公室主任 张国琦

办公室副主任 王科元

策 划 姜义华 张国琦

FG36/07

141600

水利与交通志

作者简介

周魁一,1938年生。1962年武汉水利电力学院水利系毕业,1966年北京水利水电学院水利史专业研究生毕业。现任中国水利水电科学研究院水利史研究室主任、中国水利史研究会会长、国家科委自然灾害综合研究专家组成员、国际灌溉排水委员会历史工作组成员。著有《中国科学技术·水利卷》、《中国水利史稿》(上、下册)、《二十五史河渠志注释》等。发表论文80余篇。

谭徐明,女,1954年生。1984年水利水电科学研究院水文与水资源专业研究生毕业,硕士学位。现为中国水利水电科学研究院水利史室高级工程师。合著有《中国水利史稿》(下册)。发表论文多篇。

总 序

中华文化绵延了五千年的历史，起伏跌宕；哺育着差不多五分之一人类的身心，灿烂辉煌。它坦诚似天，虚怀若谷，在漫长的岁月里，广袤的土地上，有过无私奉献四面传播的光荣，也有过诚心求教八方接纳的盛事。它以直，健以稳，文而质，博而精，大而弥德，久而弥新，昂然挺立于世界各民族文化之林。

任何一个民族的文化，勿论东西，不分大小，都有它自己的土壤和空气，都有它自己的载体和灵性，当然也就都有它自己的长处和短处，稚气和老练。准乎此，任何一个民族的文化，都有它存在和发展的天赋权利，以及尊重异质文化同等权利的人间义务。每一民族都需要学习其他文化的各种优点，来推动自身发展；都应该发扬自身文化的一切优点，来保证自己的存在，缔造人类的文明乐园。

现在，当二十世纪的帷幕徐徐降落之际，为迎接新世纪的到来，中华民族正在重新检视自己，以便在新的世界历史发展中，准确地找到自己的地位。呈现在读者面前的这部百

卷本《中华文化通志》，便是我们为此而向新世纪的中国和世界做出的奉献。

《中华文化通志》全书共十典百志。

唐人杜佑著《通典》，罗列古今经邦致用的学问，分为八大门类，“每事以类相从，举其始终”，务求做到“语备而理尽，例明而事中，举而措之，如指诸掌”。《通典》的这一编纂方法，为我们所借用。《中华文化通志》分为十典：历代文化沿革典、地域文化典、民族文化典、制度文化典、教化与礼仪典、学术典、科学技术典、艺文典、宗教与民俗典、中外文化交流典。每“典”十“志”。历代文化沿革典十志，按时序排列。地域文化典十志，主要叙述汉民族聚居区域的地域文化，按黄河流域、长江流域、珠江流域排列。民族文化典十志，基本上按语系分类排列。中外文化交流典十志，按中国与周边及世界各大区域交往分区排列。其余各典所属各志，俱按内容排列。

宋人郑樵《通志·总序》有曰：“古者记事之史，谓之志。”“志者，宪章之所系。”指的是，史书的编纂关系到发掘历史鉴戒之所在，所以，编纂者不能徒以词采为文、考据为学，而应在驰骋于遗文故册时，“运以别识心裁”，求其“义意所归”，承通史家风，而“自为经纬，成一家言”。（章学诚《文史通义·申郑》）

本书以典、志命名，正是承续这样的体例和精神。唯本书为文化通志，所述自然是文化方面诸事，其编撰特色，可以概括为“类”与“通”二字。

“类”者立类。全书十典，各为中华文化一大门类；每典十志，各为大门类下的一个方面；每志中的“编”“章”“节”“目”，亦或各成其类。如此依事立类，层层分疏，既以求其纲目分明，论述精细，也便于得门而入，由道以行，俾著者、读者都能于浩瀚的中华文化海洋里，探骊得珠，自在悠游。

“通”者贯通。书中所述文化各端，于以类相从时，复举其始终，察其源流，明其因革，论其古今。盖一事之立，无不由几及显，自微至著，就是说，有它发生和发展的历史。弄清楚了一事物一制度一观念的演变轨迹，也就多少掌握到了它内在本质，摸索到了它的未来趋势。

“通”者汇通。文化诸事，无论其为物质形态的，制度形态的，还是观念形态的，都非孤立存在。物质的往往决定观念的，观念的又常左右物质的；而介乎二者之间的制度，固受制于物质与观念，却又不时反戈一击，君临天下，使制之者大受其制。其内部的诸次形态之间，也互相渗透，左右连手，使整个文化呈现出一派斑斓缤纷的色彩。中华文化是境内古今各民族文化交融激荡的硕果；境外许多不同种的文化，也在其中精芜杂存，若现若隐。因此，描绘中华文化，于贯通的同时，还得顾及如此种种交汇的事实，爬梳剔理，还它一个庐山真面目。此之谓“汇通”。

“通”者会通。“会”字，原义为器皿的盖子，引申为密合；现在所说的“体会”、“领会”、“会心”、“心领神会”等，皆由此得义。《中华文化通志》所求之通，通过作者对中华文化的领悟，与中华民族心灵相体认，与中华文化精神相契合。

这就是《中华文化通志》依以架构旨趣之所在。是耶非耶，知我罪我，恭候于海内外大方之家。

《中华文化通志》由萧克将军创意于1990年。1991年先后两次在广泛范围内进行了论证。1992年组成编纂委员会。十典主编一致请求萧克将军担任编委会主任委员，主持这一宏大的文化工程。1993年1月和1994年2月，全体作者先后齐集北京、广东花都市，研究全书宗旨，商定典志体例，切磋学术心得，讨论写作提纲。事前事后，编委会更多次就全书的内容与形式、质量与速度、整体与部分、分工与协作等问题，进行研究讨论。近二百位作者进行了创造性构思和奋斗式劳作。这项有意义的工作得到了中央领导同志以及各界人士的热情支持。编委会办公室承担了大量的日常工作。上海人民出版社承担了本书出版任务，并组织了高水准高效率的编辑、审读、校对队伍，使百卷本《中华文化通志》得以现今面貌奉献于世人面前。我们参与这一工作的全体成员带着兴奋而又惶恐的心情，希望它能给祖国精神文明建设大业增添些光彩，更期待着读者对它的_{不当和}不足之处给予指正。

《中华文化通志》编委会

内容提要

数千年来中华民族在水利和交通上的建树卓著,纵横数千里的秦直道和驰道、明代郑和下西洋和至今尚存的都江堰等,都是中华民族对人类文明贡献的明证。

本志从水利、交通与社会政治经济发展的相互关系和水利、交通作为相对独立的科学技术门类的不同角度,反映了中国古代至近现代各时期水利和交通的历史状况。其中水利部分分为治河与防洪事业、灌溉排水与海塘工程、城市水利、水政与水利法规、古代著名水利人物与水利名著、近代水利事业 6 章;交通分为天然河流航运工程、航海与船舶、陆路交通与车舆、近代交通运输业 4 章。在本志的编撰过程中,注重引用史料的权威性,并尽量采用最新研究成果。有些学术观点和认识有新的突破。

目 录

导 言	1
第一章 治河与防洪事业	13
第一节 治水神话与治河防洪工程起源	13
一、女娲和鲧治水的传说——从补天到堙堵洪水	14
二、大禹治水——掀开中国历史的重要一页	15
三、禹治水的深远影响——防洪治河的起源与早期发展	17
第二节 黄河的防洪治河	19
一、黄河堤防的创建——夏至战国治河防洪的起源期	20
二、黄河下游堤防系统形成——秦汉间治河防洪工程建设 的第一次高潮	21
三、王景治河——东汉至唐代黄河相对安流时期	22
四、黄河修治频繁时期——五代至北宋河工技术完善期	24
五、黄河南北分流多河道行洪——南宋至明嘉靖末以分流 为主的治河时期	25
六、束水为一河的黄河防洪——明后期至清代治河工程	26
第三节 长江及太湖、淮河、珠江、海河防洪工程	28
一、长江防洪工程的起源与发展——以中下游为防洪	

重点	28
二、太湖湖区防洪治理——以圩田浚浦挡水排水工程 为主	30
三、淮河防洪治河工程——与黄河、长江防洪错综交织	31
四、珠江防洪工程——以基围防洪排水工程为主	34
五、海河与防洪工程——以永定河防洪为重点	35
第四节 历代治河方略	36
一、西汉时期治河方略第一次大辩论	36
二、北宋时期围绕黄河人工改道的三次回河之争	38
三、明清束水攻沙治河方略与实践	41
四、湖区治理方略	43
第五节 古代河工理论和科学技术成就	46
一、基础河工理论的萌芽和成长	46
二、堵口、埝工与河道整治工程	49
三、古代非工程防洪减灾措施	53
第二章 灌溉排水与海塘工程	55
第一节 取水和蓄水灌溉工程	56
一、无坝取水工程	56
二、有坝取水工程	60
三、陂塘蓄水工程	64
第二节 地下水资源开发与利用	66
一、有灌溉之利的鼓堆泉水与潢水——地下水利用 举例	66
二、地下水的开采与利用——井灌与凿井技术	67
三、坎儿井——井渠结合的地下水灌溉工程	70
第三节 海塘与拒咸蓄淡工程	71

一、海塘工程——海上长城	72
二、拒咸蓄淡工程——闸坝结合的挡潮蓄水工程	76
第四节 海塘工程技术	80
一、竹笼、木柜石塘及柴塘——临时性工程结构	80
二、斜坡式石塘、直立石塘和鱼鳞大石塘——永久性重力 结构	83
三、护塘工——海塘抗冲消能设施	85
第五节 海塘工程技术总结与海塘的管理	87
一、海塘专著	87
二、海塘工程的技术总结	88
三、海塘的管理	90
第六节 土壤改良的水利措施	90
一、古代对盐碱地成因的认识	91
二、淤灌和放淤	92
三、沟洫工程与作物综合治理盐碱地	93
四、生物治理与耕作改良土壤	94
第七节 水土保持的工程措施	95
一、古代水土保持理论与实践	96
二、保护水土的工程措施	97
三、保持水土的生物措施	98
第三章 城市水利	100
第一节 先秦及春秋战国时期的城市水利	101
一、古代都城规划中的水利理论	101
二、周丰、镐二京的镐池与城市排水工程——最早的城市 水利工程	103
三、燕下都及晋阳的供水工程——春秋战国诸侯国城市	

水利举例·····	104
第二节 汉与隋唐长安城市水利 ·····	105
一、昆明池——长安供水系统的形成·····	106
二、城市水源工程——水绕长安的水环境·····	108
三、灿若银汉的长安园池——水利工程对都城环境的 美化·····	110
四、长安城市排水系统及规划上的失误·····	111
第三节 宋代城市水利 ·····	112
一、汴京——以水运和防洪为重点的城市水利·····	113
二、杭州西湖——集供排水功能与环境美化功能为一 体的城市湖泊·····	115
三、宋代中小城市水利建设的特例——苏州园林水利 与宜春李渠·····	116
第四节 元明清北京的城市水利成就 ·····	118
一、以海子为中心的城市湖泊群诞生——与都城建设 同步的城市水利建设·····	118
二、以颐和园为中心的西山湖泊群——漕运促进了北京 城市水利的最后完善·····	122
三、百年以来北京城市发展水环境的演变·····	124
第四章 古代的水政与水法 ·····	127
第一节 古代水土资源分类和水利区划分 ·····	127
一、古代对全国水土资源的分类·····	128
二、先秦时期对九州区域水资源的评价·····	129
第二节 水利与水政管理机构的演进 ·····	130
一、司空、都水与工部——水利与水政管理体系的形成 与完善·····	131

二、准军事管理的河务与河政·····	133
三、古代著名灌区管理举例·····	136
四、水利工程施工定额管理·····	140
第三节 古代水利法规 ·····	142
一、《水部式》——现存第一部国家水利法·····	143
二、唐《营缮令》、金《河防令》与防洪刑律——国家防洪法规的演进·····	145
三、古代著名农田水利法举例·····	148
第五章 古代著名水利人物、水利名著 ·····	150
第一节 水利思想家 ·····	151
一、贾让及其治河三策·····	151
二、邾璠的太湖水利综合治理思想·····	151
三、徐贞明与京畿水利议·····	152
四、潘季驯及其“束水攻沙”理论·····	153
五、靳辅、陈潢与《治河方略》·····	154
第二节 著名水利工程家 ·····	155
一、蜀守李冰治水·····	156
二、召信臣与南阳水利·····	157
三、王景治河·····	157
四、大兴水利的姜师度·····	158
五、兴建河工有重要建树的贾鲁·····	159
六、京杭运河的规划和设计者郭守敬·····	160
第三节 见于地理著作和经史子集中的水利文献 ·····	161
一、《尚书》、《水经注》和《水道提纲》·····	162
二、经史子集中的水利文献·····	164
三、方志中的水利史和水利志·····	165

第四节 正史中的水利文献 ·····	166
一、《史记·河渠书》诞生及其影响·····	166
二、《史记·河渠书》以后正史中的水利志·····	167
三、水利科学与技术的系统总结——重要水利专著 举例·····	167
第六章 近代水利事业 ·····	170
第一节 水利管理体系和江河流域机构改造与完善 ·····	170
一、中央、地方水利管理机构·····	171
二、主持大江大河防洪的流域水利机构·····	172
第二节 现代水利建设的序幕 ·····	173
一、江河及流域测量的开展·····	173
二、水文站的设立和发展·····	174
三、大江大河治理规划及前期工作的实施·····	175
第三节 传统治河和灌溉工程及技术的转变 ·····	177
一、河道整治机械及防汛通讯设备·····	177
二、施工机械及水泥的引入·····	178
三、关中“八惠”灌溉工程·····	180
四、机电灌排工程的开创·····	181
五、水电事业的开拓·····	182
第四节 现代水利科学研究、水利教育及水利法的诞生 ·····	184
一、水利科学研究与研究机构·····	185
二、现代水利教育的兴起·····	186
三、水利立法与《水利法》的制订·····	187
第七章 天然河流航运工程 ·····	189
第一节 天然河道水运的起源和发展 ·····	190
一、殷商迁都与泛舟之役——北方天然水道的水运·····	191

二、鄂君启节——先秦时期的长江水运·····	192
三、长江三峡航道的利用与整治·····	193
第二节 运河的创建与发展·····	196
一、邗沟与菏水——江、淮、河三大流域的沟通·····	196
二、鸿沟——中原河、淮相通的重要水道·····	197
三、灵渠的开凿——联系长江与珠江水系的运河·····	198
四、江南堰埭——早期的河道渠化工程与最早的升船 设施·····	200
五、白沟、平虏渠——海、滦河之间的沟通·····	201
第三节 全国水运网络的形成与运河工程技术的完善·····	203
一、通济渠(汴渠)——东西向的骨干运河·····	203
二、淮扬和真扬运河——江、淮间运河的完善·····	204
三、江南运河——运河向南直抵钱塘江口·····	207
四、永济渠(御河、卫河)——大运河向北延伸抵今北京···	208
五、从堰闸到复式船闸——唐宋运河工程技术的长足 发展·····	210
第四节 京杭运河的工程技术·····	215
一、会通河和通惠河——京杭运河山东段及北端的 贯通·····	216
二、戴村坝与南旺分水——会通河分水济运枢纽工程·····	218
三、南阳新河、中运河——运河与黄河的分离·····	220
四、清口枢纽工程——京杭运河与黄河、淮河的平交·····	221
五、瓜洲、仪真枢纽工程——京杭运河与长江的交叉·····	222
第五节 京杭运河漕运管理及其社会影响·····	224
一、组织严密的运河管理系统·····	224
二、以水源和闸坝为主的运河河道工程管理·····	227
三、准军事化的漕粮运输管理·····	230

四、漕运管理规章制度·····	232
五、漕运的兴衰与运河城镇的演化·····	234
六、运河与漕运典籍·····	238
第八章 航海与船舶·····	240
第一节 航海的起源与发展·····	241
一、越国迁都、秦始皇南巡——近海航路从开辟到形成·····	241
二、元代漕行海运——近海运输的辉煌时期·····	243
三、“一衣带水”的近海航行——中国与朝鲜、日本等邻国 航线的开通和经营·····	245
四、海上丝绸之路——远洋航海活动·····	248
五、郑和船队的西洋航海活动·····	250
第二节 航海科学与技术·····	252
一、风、信风和潮汐——海洋气象与水文在航海中的 运用·····	252
二、更路与托数——航程、航深等航海主要参数的测验 技术·····	254
三、针经与航海图——地文导航技术的演进·····	255
四、过洋牵星术——古代天文导航技术的杰出成就·····	256
第三节 海港的发展与航海图籍的成就·····	260
一、航海业发展的重要标志——港口的兴起·····	260
二、从市舶司到海关——港口管理的起源与演进·····	263
三、市舶条例——古代海关法规制度·····	264
四、航海图籍——航海科学技术的总结·····	266
第四节 古代船舶制造·····	269
一、沙船、福船和广船——古代最有代表性的三种船型·····	270
二、古代特种船舶——战舰·····	273

三、船舶推进与操纵设备的分化和演进·····	278
第九章 陆路交通与车舆·····	282
第一节 道路交通的发展·····	282
一、周道、长安和北京的都城街道——城镇街道的兴起与完善·····	283
二、秦驰道、直道与汉褒斜道——国道建设的发端·····	286
三、丝绸之路、唐蕃道及其他——南方、西北及青藏道路的开拓·····	289
四、驿道和邮传——古代通讯和运输网络·····	291
第二节 古代的桥梁、栈道和渡口·····	293
一、种类丰富的古代桥梁与栈道·····	293
二、古代桥梁工程技术专著·····	298
三、古代水陆交通关口——渡口·····	299
四、路政与驿传管理·····	301
五、道路法、津渡法、桥梁法——古代交通管理主要法规·····	303
第三节 车辆与舆具·····	305
一、车的起源与演化·····	306
二、古车类型·····	308
三、《考工记》及古代制车工艺·····	311
四、畜力与人力舆具·····	313
第十章 近代交通运输业·····	317
第一节 轮船运输时代的开始·····	317
一、近代航运管理——主权丧失与有限的收复·····	318
二、在中国的外国轮船公司——外轮涌入沿海和长江	

航道·····	321
三、轮船招商局——中国最大的官营轮船公司·····	322
四、民间航运业的成长——民营轮船公司的兴起与 发展·····	323
第二节 公路的早期发展·····	325
一、公路建设的兴起——汽车的传入与国道规划的 提出·····	326
二、公路建设的非常时期——公路的战略破坏与国际公路 的建设·····	328
三、公路桥梁——现代桥梁工程的创建时期·····	331
四、公路路政、工程管理的发展·····	333
第三节 铁路与民航运输业的开创·····	335
一、以吴淞铁路、京张铁路发端的近代铁路建设·····	335
二、铁路管理的早期沿革·····	338
三、民用航空业的开创·····	340
四、航空工程、教育与科研的起步·····	342
 后 记·····	 344

导 言

我国是世界四大文明发祥地之一,有着悠久而辉煌的文化传统。水利与交通是社会基础文明的一部分,由于联系着特定的自然条件与社会形制,我国水利与交通的发展也有自己的特色。

一、在特定的自然地理背景下的水利与交通

人类社会发展的基础资源首先是水和土。水土是社会和自然的根本,于是古人认为,有了水土资源,“天地以成,群物以生,国家以宁,万事所平”(《韩诗外传》)。而由于所处地理纬度、地形和季风气候的影响,我国水土资源的分布很不均衡,需要借助于人为的努力,以改善水资源和水环境,于是产生了水利事业。例如,由于东亚季风的控制,我国降雨主要在夏秋季节,汛期的6至9月,降雨量往往占全年的60—80%。又由于我国西北高、东南低的地形条件,河流大多自西向东流,大江大河既造福人民,平原地区往往又遭受洪水的威胁。于是就产生了女娲补天的神话和大禹治水的传说。在国家产生之后,组织大规模的改造水环境的工作往往成为政府部门的主要任务之一。由于水土资源分布的不均衡,降水往往与作物生长期不相适应,在农业社会中为了社会的发展,灌溉和排水等农田水利事业也与中

华古文明相伴而生。也由于降水量的不同和地形的差异,形成了众多的农田水利工程形式。干旱地区,例如新疆的吐鲁番盆地主要依靠坎儿井引取地下水;半干旱的宁夏、内蒙古地区,多为引河水灌溉的渠系工程,作物多为旱作;半湿润的东北和华北平原盛行陂塘蓄水和渠系工程,也以旱作为主,其中华北平原有大面积盐碱地,还要注意排水。而在湿润地区,更有蓄水陂塘、引水渠系、圩田和垸田、滨海拒咸蓄淡工程等多种工程形式。

交通的进步受到地形的限制,于是突破这种限制以促进人们的交往,促进经济的发展和政治的统一,便成了交通发展的重要内容。内河航运与河流的关系最为密切,河流密布的南方航运条件优于北方,大江大河的航行由于河流的自然分布而沿东西向展开。周襄王五年(前 647 年),晋国发生大饥荒,秦国派船队载粟支援,水上舳舻相衔,自渭水入黄河,再溯汾水至晋国,是黄河干流和各支流间的大规模水上运输的范例。特别是在古代,由于水运的载重能力大,因而运输,尤其是货物运输更以水运为主。而完全依靠天然河流的水上交通却受河流的东西分布的大形势的局限,水系之间多互不连贯,于是产生了开凿人工运渠的需要。南北向人工运河克服了东西向天然河流之间的障碍,使交通事业的发展进入一个新阶段。春秋时期的邗沟已开始沟通长江和淮河,至隋代通济渠和永济渠的出现,形成了全国范围的水路运输网。陆路交通自然普遍建设于广袤的平原和沿河谷地带。而且历代的道路交通,大多以首都为全国交通网的中心,向四方辐射。

二、水利、交通与社会的发展

水利建设与社会发展的相互作用是显著的。一方面,水利作为生产力的组成部分直接作用于社会,促进社会的变革;另一方面,社会

制度的变革又反过来影响水利的发展。水利促进社会变革的事例很多,大禹治水的直接后果是使大禹具有了极高的威望与权力。在当时生产力发展和阶级分化的基础上,权力的禅让制被世袭制取代,建立了政权机构,划分了行政区划。禹的儿子启建立了我国第一个国家政权。治水活动在这次社会变革中起着促进的作用。在秦国统一六国的战争中,为积蓄作战物资,秦国先后兴建了都江堰和郑国渠等大型水利工程,因而使国力大盛,为统一战争的胜利奠定了物质基础。封建制度兴起的战国之际,大型水利工程蓬勃发展,出现了一批类似都江堰的大型灌溉工程,类似鸿沟和灵渠的沟通相关流域的运河工程,类似黄河系统堤防的防洪工程,充分体现了社会对水利的要求和对水利建设的推动。然而到了封建社会末期,政治失去活力,小农经济限制了经济的继续增长,明清时期水利建设大体呈现出维持的态势。

正因为水利与社会有如此密切的关系,而且水利工程一般规模较大,涉及不同行政区,更需要政府部门统一协调和管理,而水利管理的有效性,甚至成为农业社会的兴盛与衰败的主要原因。1853年马克思在《不列颠在印度的统治》一文中就曾指出:“气候和土地条件……使利用渠道和水利工程的人工灌溉设施成了东方农业的基础。……在亚洲各国经常可以看到,农业在某一个政府统治下衰落下去,而在另一个政府统治下又复兴起来。收成的好坏在那里决定于政府的好坏,正象欧洲决定于天气的好坏一样。”^①他在这里所说的亚洲,具体指的是古代的印度、美索不达米亚、波斯等国,也包括非洲的埃及。中国的情况也是如此。水利法规和行政管理的完善,是中国水利持续发展的重要保证,也是中国水利的突出优点。而中亚地区许多古文明发祥地,日后之所以衰败,水利管理的松弛是否

^① 《马克思恩格斯选集》第二卷,人民出版社1972年版,第64—65页。

是原因之一？这个牵涉环境演变的问题，至今仍是许多中外学者感兴趣的课题。

交通在巩固政治统一，安定社会民生方面有突出的作用。战国末年，百姓早已厌倦战乱，渴望明君稳定社会，带领百姓营建安定的生活。因此，当秦始皇统一中国后，清理割据的壁垒是当务之急。秦始皇登基的当年（前 221 年）就下令统一全国车制，实行“车同轨”。第二年（前 220 年）又部署修筑全国道路交通网。当时国道以国都咸阳为中心向四方辐射，其中称作驰道的交通干线东通齐鲁、北出燕赵、东南抵达吴越、西及陇西、南下江陵。道路也有统一尺度，西汉人记载“道广五十步，三丈而树，厚筑其外，隐以金锥，树以青松”（《汉书·贾让传》）。此外还有通往岭南的新道和穿行巴蜀的栈道。形成了一个“四方辐辏，并至而会”的交通系统。在这一系统中，分别联系着当时全国的主要大城市。以驰道为骨干的全国交通网，不仅起到了加强秦王朝统治的作用，也为后代交通的发展奠定了初步的基础。

在我国的对外交通中，向西以丝绸之路最为著名。丝绸之路自西汉开辟以来，与西域各国使者、商旅频繁往来，大宗中国丝绸、铁器等通过这一横贯亚洲的交通大道，源源不断运往中亚和西亚，并转至西欧。西方的玻璃和葡萄、苜蓿、石榴、胡桃等特产以及印度的佛教、音乐、舞蹈等也传入我国。丝绸之路在唐代达到鼎盛，东方最繁华的城市长安，通过丝路与东罗马帝国的君士坦丁堡联系起来，使当时世界上最强大的两个文明古国相互沟通，对整个人类文明的进步产生了重大的影响。日后，造纸技术等重大发明的西传，更推进了西方的文明与进步。

中国对外交通还有海运一路。海运在夏商时期已经开始，秦汉时期已开辟到朝鲜和日本的海路。特别是在唐代以后，陆上丝绸之路渐趋衰微，海上的对外交往更为重要。至宋元时期，海上交通有重大发展，中国远洋船队往来于印度、阿拉伯，远至非洲东海岸。这一时期，

与印度等国的海上交通以中国船队为主。自汉代迄明清,在航海发展的推动下,中国的造船和航海技术有了重大发展并在世界航海业中居于领先地位。在南海航线中,广州、泉州已成为最大海港。通过海上交通,促进了中外交流,许多外国的特产和先进生产技术传入中国,尤其是占城稻与棉花和棉织技术的传入,极大地改变了中国人的衣食结构,影响重大而深远。而中国的瓷器和制瓷技术、造船与航海技术、指南针、火药、印刷术的西传,也推动了西方文明的进步。在文化传播方面,通过海上交通,加速中国儒学和印度佛教的相互交流。日后西方先进技术的传入,对于中西文化科学交流有重要的意义。

宋元时期,中国的航海业已居于世界领先地位,明永乐年间郑和七次远航亚洲和非洲,遍访三十余国,更大规模地展示了中国远洋航行的能力,以及所掌握的领先世界水平的造船技术和航海技术。郑和远航,船队规模宏大,少则数十艘,多则上百艘船只,最大的船长 44 丈,宽 18 丈,可容纳 1000 人之多。首次航行是在永乐三年(1407 年)。此后一世纪,1492 年哥伦布才开始了发现美洲的著名航行。当时哥伦布率领的船队只有三艘帆船和百十个人的规模,难以与郑和远航相比。更截然不同是远航所追寻的目标。中国船队每到一地,都以中国特产的丝绸、瓷器相馈赠,并换取各地特产,不带有任何侵略、掠夺的目的,被誉为海上丝绸之路。而哥伦布远航之初,就和西班牙国王商定,由西班牙国王资助他三艘帆船和大部分航行费用,授以海军大将头衔,并预封为新发现土地的世袭总督,土地上的一切财富,扣除费用外,十分之九归西班牙国王,十分之一归哥伦布,一开始就明确了远航的掠夺和侵略性质。新航路的开辟引导出随之而来的殖民掠夺,同时又是欧洲近代文明发展的杠杆。联系到中华民族为抵御北方游牧民族侵扰而修筑的万里长城,为抗御倭寇而实行的海禁政策,可见以自给自足的农耕经济为基础所养育的日出而作、日落而息、安土乐天的生活情趣的内向性的中华古文明不是侵略性的。

三、水利与交通的发展直接影响经济的进步

水利和交通处于基础产业的地位,它的发展直接影响着社会经济的进步。

在中国,有文字记载以来的第一件大事是大禹治水。其产生的背景是社会已进入原始公社末期,主要经济形式已由狩猎、畜牧向农耕过渡,农业已进入锄耕阶段。因此,人们的生产和生活必然由丘陵向平原转移。而在黄河等大河下游平原发展,首先遇到的就是洪水的威胁,因此,这一时期出现了各民族公社团结治水、改造自然的可歌可泣的史诗。大禹治水的成功告诉人们,社会经济要发展,必须取得水利的保障,而大禹治水作为突出的文化现象,之所以如此著称和对后世有深远的影响,说明了它对社会进步和经济发展的巨大作用。

春秋时期齐国大政治家管仲(?——前 645 年)对于治国必先治理水旱灾害有精辟的论述:“善为国者,必先除其五害。”(《管子·度地》)而五害之中,又以水、旱灾害居于第一和第二位,可见水、旱灾害自古以来就是对人们生产和生活威胁最大的灾种。减轻水、旱灾害有许多途径,例如储粮备荒。政府往往要准备至少三年的储备粮,所以说:“国无三年之食者,国非其国也……此之谓国备。”(《墨子间诂·七患》)当然,抗御水、旱灾害的积极办法首先是兴修水利。所以管子说:“除五害之说,以水为始。请为置水官,令习水者为吏”(《管子·度地》)。也就是说,要在中央政府内设置专管水利的部门,让熟悉水利技术的人来管理。可见,在农业是基本经济部门的古代,水利是稳定国家经济命脉的必要条件。时至近日,社会的进步、经济的发展,更受到暴雨、洪水和水资源短缺的双重制约,水利已成为国民经济的基础产业之一。

水利发展受社会制度的推动和制约也是显而易见的。由奴隶社

会到封建社会的历史大变革中,由于生产关系的改变,极大地解放了生产力,春秋战国期间的水利建设和水利科学技术水平都获得空前的发展。而秦汉大一统帝国形成后,进一步提供了发展水利的条件,特别是许多大型工程的建设,成为有力的证明。即使在分裂时期,地方割据政权为了自身的稳定和发展,都不能对关系百姓生活和国力增长的水利事业掉以轻心。三国时期,魏、蜀、吴各在自己领地上发展水利,以为兼并战争的资本。唐末五代的分裂时期,吴越国盘踞太湖流域一带,“尝置都水营田使以主水事。募卒为都,号曰撩浅。盖当是时方欲富境御敌,必以是为先务”^①,进一步奠定了太湖地区农业和地区经济在全国的领先地位。

社会经济的进步,交通也是必要的条件。隋唐五代时期长江下游和太湖流域经济获长足进步,长江下游已成为全国经济重心所在,所谓“当今赋出于天下,江南居十九”(《昌黎先生集·送陆歙州诗序》)。加上早期开发的黄河流域,国力增加一倍以上,自此国家经济发展进入新阶段。而在这一过程中,交通的发展,特别是隋唐运河的兴建有着重要的作用。运河的开通带动了东南经济的开发,东南财富由此向政治中心的西北输送。黄河与长江两大经济区的沟通,经济重心与政治中心联系的加强,促进了社会和经济的发展,运河成为社会统一、文化交流、经济沟通的命脉所在。至元代京杭运河开通,我国的交通轴线已由周秦汉魏年间的长安—洛阳东西轴线,转变至唐宋的西北—东南的轴线,再转变为元明清的南北轴线。这是政治与经济中心的变迁和发展的要求。

然而,中国古代社会是以自给自足的自然经济为主体的社会,一家一户的农民既是生产单位,也是消费单位。农民生产自己需要的农产品和手工业品,生产基本是为了自身的消费,因此,商品经济相对

^① 《吴郡图经续记》,江苏古籍出版社1986年版。

是不够发达的。这也成为交通进一步发展的制约因素。

至近代文明兴起,现代科技推动了水利与交通的进步。大坝大库的兴建和铁路、汽车、轮船、飞机的出现,又极大地促进了经济和文化的繁荣。

四、水利与交通在思想、文化方面的体现和影响

水利与交通是密切联系着人们生产与生活的两大经济门类,因此,人们对水利与交通的体验,必将直接渗透到宗教、哲学、伦理、史学、科学、文学等领域。

(一) 反映在水利与交通中的宗教色彩

人们在治水害兴水利的斗争中深刻感知到自然力的强大。初时,在强大的变化莫测的自然力面前,人的力量和智慧显得十分渺小,于是衍生出对某种超自然的神力的崇拜。从远古的自然崇拜、商周时期的天帝崇拜,以至后来的佛教和道教,都对自然界中的水和水的变化有所反映。

洪水是对人们威胁最大的自然灾害。它的发生有季节的规律性,也有偶然性,可怕而又带有若干神秘色彩。殷商时代问卜中常有水灾内容。如甲骨文中“丁巳卜,其奠于河? 牢,沉郟?”(《殷虚书契后编》)郟是从事家务劳动的女奴隶,沉郟是将女奴投入河中的祭祀,为的是预测吉凶,祈求河神保佑。对自然力的崇拜,是早期的宗教行为。这种宗教行为一直延续数千年。在黄河等大江大河上,还有铁牛、水兽镇压水神兴风作浪的做法。例如明正统十一年(1446年)河南巡抚于谦为镇伏连年黄河决口泛滥,在开封建“回龙庙”,供奉上府至尊和金龙四大王等河神,并铁铸一尊独角犀牛,称作镇河铁牛。其上铸铭文曰:“百炼玄金,溶为真液,变幻灵犀,雄威赫奕,填御堤防,波涛永息……”为什么铁犀能御水呢? 康熙时有人解释说:“铁犀有二义焉:

铁者金也,为水之母。子不敢与母斗,故蛟龙咸畏之;犀即牛也,属坤为土,性能克水。”^①从五行生克演化而来。都江堰也曾在明嘉靖年间铸有铁牛鱼嘴。铁牛位于鱼嘴最前端,重三十余吨。所以铸成牛形,是因为相传李冰修都江堰时曾变化作牛形,与江神斗。铸铁牛,为的是藉助神化了的李冰以保平安。类似的镇水兽在各大江河多有建造,寄托着人们的希望。而祭祀河神的回龙观、龙王庙、大王庙、河神庙更较普遍。这些都是出于自然崇拜和对大自然恐惧的心理而抽象出来的神。

还有由人演化而来的神。李冰兴建都江堰功莫大焉。“始皇得其利以并天下,立其祠”(《北堂书钞》卷七四引《风俗通》)。秦代为褒扬其功德,为之立祠纪念。而当抗御水灾遭受挫折的时候,人们希望藉助先圣的形象和威名以抵御灾害。人们祈福的愿望,为宗教所利用,并逐渐掺入神话的成分。道教传说李冰治水功成,至后城山遇羽衣仙人来迎,遂仙去。于是五代时封李冰为大安王,又封圣灵感王,宋代封广济王,并演化出其子为二郎神的说法,遂父子合祀,称“二王庙”。道教对中国古代民俗的影响广泛而深刻。福建莆田的木兰陂修建时几次被潮水冲毁,历尽艰险。建成后,自宋至今惠济一方,人们对木兰陂的创始人和在建堰时牺牲的钱四娘感激追念不已,遂立祠纪念。宋元丰年间在堰址修庙两座,前庙祀钱四娘,称员惠庙;后庙祭祀继钱四娘完成堰工的李宏、冯智日、林从世等人,称义庙。两庙香火极盛,至今不衰。

交通方面的宗教现象也较普遍,妈祖信仰是最显著的例子。妈祖原名林默,是福建莆田湄州屿上的女孩,生于建隆元年(960年),只活了二十八岁。据说此女缄口不语却十分聪慧,善操医术,且能预卜吉凶,并多次冒风浪下海救人。她死后人们为纪念其功德,祈求其继

^① 徐思敬:《被埋没的神牛》,载《水科学与水文化》,黑龙江人民出版社1991年版。

续保佑,为之立祀。这种信仰很快传遍东南沿海,历代帝王也加以提倡,曾数十次加以褒封。元代因妈祖“护海运,有奇应,加封天妃神号”(《元史·祭祀志五》),列入国家祭典。至今仅台湾就有妈祖庙411座之多。妈祖是保护海运的女神,佛教认为她是观世音的化身,而道教则加封其为碧霞元君。儒、道、佛交融的现象是中国宗教的重要特点,由此可见一斑。

(二) 治水实践在哲学上的反映

中国古代哲学充满着唯心主义与唯物主义的斗争,在水利方面有突出的表现。例如,古人对水旱灾害的控制能力较低,把水旱灾害看作人力无法抗拒的天的意志,不得不企求上苍的保佑。求雨的仪式叫做“雩”。雩礼还被作为国家的祭典,在《周礼》中加以规定。战国时诸子蜂起,学术思想的解放推动了科学和哲学的进步,人们对水旱灾害的认识也发生了变化。荀子(前313—前238年)就曾一针见血地揭穿雩礼的虚伪,直截了当地指出:“雩何也?无何也,犹不雩而雨也”(《荀子·天论》)。既然求雨无益,为什么还要行此大礼呢?他认为,那是政治家为粉饰自己管理的缺陷,杜撰出一个超自然的神,以欺骗百姓,并进而归纳出著名的唯物主义命题:“从天而颂之,孰与制天命而用之;望时而待之,孰与应时而使之。”(《荀子·天论》)他对人类战胜自然的赞颂是难能可贵的。晋代的傅玄(217—278年)进一步揭示了水利在人与自然关系中的地位和作用。他说:“陆田者,命悬于天。人力虽修,苟水旱不时,则一年功弃矣。(水)田制之由人,人力苟修,则地利可尽。天时不如地利,地利不如人事。”(《太平御览》卷八二一)傅玄重在人事的观点,是水利改造自然的实践在人们思想中的反映。

对天灾的唯心主义认识到西汉董仲舒(前179—前104年)又有新的发展。他认为,自然界是有意识有情感的,而且与世上人事相沟通。灾异本身是国家行政失当所造成,是上天对人间君主的谴告。即

所谓“天人感应”论。因此,只要人间修明政治,灾变自除。于是在西汉治河中就曾出现:“修政以应之,灾变自除”,“顺天心而图之,必有成功”(《汉书·沟洫志》)的论调,并因而导致多年不堵河流决口,造成重大损失的事件发生。此外,对先圣另有一种迷信,例如把大禹治水因地因时制宜而采用的疏导方法,多视为经典和不可逾越的教条,提出“求索九河故迹而穿之”(《汉书·沟洫志》)的治河方针。战国时慎子则对此持明确的批评态度。他说:“法非从天下,非从地出,发于人间,合乎人心而已。治水者茨防决塞,九州四海相似如一。学之于水,不学之于禹也。”(《慎子》)痛快淋漓地指出遵从水的自然规律和社会需求是治水的唯一法则。时代进步了,治水方法也要相应改变,不必拘泥于先圣当年合理而现在过时的治水方法。这也反映出唯物主义对唯心主义的批判。

在人与自然的关系中,古人的认识也有相当科学和精辟的见解。荀子“制天命而用之”的思想是指利用自然规律改变自然状况,使其更适合人类生产和生活的要求,他的热情洋溢信心十足的这段议论是对人类征服自然的伟力的赞颂。然而,人是从属于自然的,是和自然一体的,仅仅强调征服自然,而不注意适应自然,与自然发展相协调,则是片面的。西汉末年贾让在阐述他的治理黄河的上、中、下三条方针时,强调人在改造自然的同时,必需注意顺应自然的观点。他认为,西汉黄河之所以屡屡决溢,除黄河自然淤积、洪水严重之外,人们开发利用和治理失当也是重要原因之一。当年人们为利用黄河肥美的滩地,而在其上垦殖和居住,以至圈地越圈越多,逐步压迫河槽,使得黄河河槽窄小,弯曲再三,洪水来临时,既无足够容蓄洪水的河槽,泄洪能力也大为削弱。于是他说,表面上黄河泛滥,是洪水淹没民居了,其实是人们侵占了原本应让给河流的空间。人们不合理的开发导致的灾害,实在是“沉溺自其宜也”(《汉书·沟洫志》)。由此他认为“古者立国居民,疆理土地,必遗川泽之分,度水势所不及”。今天治河

则应“遵古圣之法,定山川之位,使神人各处其所而不相奸(音干)”(《汉书·沟洫志》)。人们的生产和生活要服从自然界的普遍规律,“中国哲学家认为,肯定天人合一才达到人的自觉,这可谓高一级的自觉”^①。古代哲学思想精华于此可见一斑。

中国古代朴素唯物主义哲学当产生于对客观存在的外在自然的观察,所谓“人法地,地法天,天法道,道法自然”(《老子·道德经》第二十五章)。对于水循环,《吕氏春秋·圜道》说:“云气西行,云云然,冬夏不辍;水泉东流,日夜不休。上不竭,下不满,小为大,重为轻,圜道也。”《论语·阳货》也说:“子在川上曰,逝者如斯夫,不舍昼夜。”《老子·道德经》第二十五章则将其归纳为“大曰逝,逝曰远,远曰反”。阐明了宇宙事物运动不已、无穷往复的过程和规律。都是极精辟的见解。

(三) 水利与交通在史学与文学上的反映

水利与交通在史学和文学上也有较多的反映。例如在史学方面,在二十五史中就有《史记》、《汉书》等七部正史设有《河渠志》(或《沟洫志》),更多的正史都有《五行志》,其中收录大量水旱灾害资料。正史中的“本纪”、“列传”等部分也有许多水利和交通资料。除史书、地方志有数量众多的水利与交通内容外,还有多达数百部的专门技术书籍流传了下来。水利与交通的历史文献之多,可以和天文、数学、农学、医学相媲美。此外,由于水是生命的摇篮,水与人类文化有着最早的渊源,又由于自然界中的江河湖海无不给人以视觉上的愉悦和引发多种复杂的情感,以及水利与交通在人们生产和生活中占有重要地位,因此,常常成为文学表现的题材。无论是诗歌、散文、戏剧、绘画,都有着大量水利与交通内容的反映。总之作为经济基础的重要组成部分,水利与交通在文化形态的上层建筑中占有一席之地,并影响着文化的发展。

^① 张岱年,《文化与哲学》,教育科学出版社1988年版。

第一章 治河与防洪事业

俗话说“洪水猛兽”、“水火无情”，反映了人们对大水、大火等重大自然灾害的恐惧和忧虑。水灾是对人类的威胁最大、损害最为严重的自然灾害。早在二千五百多年前，著名政治家管仲便说过，要治理好国家就要先治理好五种自然灾害，在五种自然灾害中“水最为大”。事实上，始终伴随我国五千年文明发展史的是一部防洪治河的历史。

大禹的治水活动掀起了中国历史的重要一页。两千年前汉武帝主持的黄河瓠子堵口，使水利作为治国安邦的事业得以确立。中华民族在与洪水作斗争的漫长历史中积累了丰富的治水经验，形成了各种流派的治河思想，创造了气势宏大的堤防工程。纵观历史，治河防洪与社会政治经济有密切的关系。我国系统的防洪工程首先起源于战国时期经济发达的黄河流域。黄河中下游流经中原腹地，是国家漕运畅通的关键，因此治黄是我国治河防洪的主要工作。唐代以后经济重心南移，长江及珠江的防洪事业进入了发展时期。

第一节 治水神话与治河防洪工程起源

世界许多民族都有关于洪水的神话传说，《圣经》记载的挪亚方

舟,讲述了洪水毁灭家园,幸存者靠一叶方舟逃出,以后民族得以复生,家园得以重建的犹太人的早期历史。在世界文明的主要发祥地印度河流域、埃及的尼罗河流域、伊拉克的底格里斯和幼发拉底两河流域都有这类神话传说。华夏民族的早期关于洪水的神话传说也很丰富,从女娲补天到大禹治水,生动地折射了中华民族的祖先在与滔天洪水的搏斗中征服洪水的历程。

一、女娲和鲧治水的神话——从补天到堙堵洪水

女娲是流传久远的古老神话中的女神,她是创造之神(造人)、婚配之神(婚配)、救世之神(补天)。其中女娲补天的神话演绎了母系氏族社会先民在大洪水的袭击下求生存的情景。

最早记载女娲神话的是汉代刘安的《淮南子》:“往古之时,四极废,九州裂,天不兼覆,地不周载,火熾炎而不灭,水浩洋而不息。猛兽食颡民,鸷鸟攫老弱。于是女娲炼五色石以补苍天,断鼇足以立四极,杀黑龙以济冀州,积芦灰以止淫水。苍天补,四极正,淫水涸,冀州平,狡虫死,颡民生。”(《淮南子·览冥训》)这则神话讲述了远古时期,大雨不断,引起特大洪水,人们家园无存,禽兽相攻。女娲挺身而出,炼五色石补好了淫雨不止的苍穹,又断鼇足支撑天的四方,杀死地上兴风作浪的蛟龙,使百姓重归安宁。女娲补天的神话表现出先民企求神的帮助,中止淫雨、消弭洪水的愿望。

鲧的神话发生在传说的唐尧时期。“当尧之时,水逆行,泛滥于中国,蛇龙居之,民无所定,下者为巢,上者为营窟。”(《孟子·滕文公下》)在大洪水围困之时,天帝之孙鲧来到人间。鲧受尧之命治水,他从天帝那里偷来了“息壤”,这是一块可以无限滋生的土,只要投下一小块,就会长成山岭。鲧治水九年,用息壤堙堵洪水。可是洪水滔天,随着山岭的增加而上升,连高山也淹没了,大地仍然是一片汪洋。鲧

治水的传说反映出先民们开始依靠护村堤防洪的史实。鲧治水没有成功。窃息壤的事为天帝所知,天帝大怒之下派遣兽身人面的火神祝融到人间,将鲧杀死于羽山。鲧死后三年而尸体不腐,天帝再遣祝融下凡,用刀剖开鲧的肚子,从鲧的肚子里跳出了禹。禹成人后,被众人推举做了首领。由此社会的发展从氏族部落社会进入阶级社会,而人类与洪水灾害的搏斗由“息壤”堙堵洪水而转为大禹的疏导洪水。

二、大禹治水——掀开中国历史的重要一页

黄河流域是世界四大文明发源地之一。亿万年来黄河挟西北高原的肥沃土壤东流,造就了黄、淮、海大平原。中华民族的先民在这里生息繁衍,由渔猎而农业,社会演进,文明肇启。大禹治水发生在黄河流域,其时正是国家开始酝酿的奴隶社会早期。

最早以文字记载大禹治水传说的是《尚书》,先秦诸子文献补入新的内容,在浩瀚的历史文献中留下了各种生动的记载。

黄河中下游的广大地区是大禹治水活动的主要区域。相传大约在公元前二十一世纪时,黄河流域出现了持续大洪水,“汤汤洪水方割,荡荡怀山襄陵,浩浩滔天,下民其咨”(《尚书·尧典》)。鲧治水无功,其子禹继承父业。大禹被众人推举为部族首领,在伯益和后稷的辅佐下开始治水。禹治河采取疏导为主的办法,沟通黄河下游流路,他“导河积石,至于龙门,南至于华阴,东至于砥柱,又东至于孟津。东过洛,至于大,北过降水,至于大陆,又北播为九河,同为逆河,入于海”(《尚书·禹贡》)。这条黄河下游流路,史称“禹河”或“大禹故道”。

传说中的禹治水足迹遍及江、河、淮、海四大流域。《墨子·兼爱》记禹西治黄河、渭水;北治汾水、潞沱;东开渠道水入海;南治江、淮五湖。《孟子·滕文公》记禹疏九河,江、淮、河、汉等水系形成。关于大禹治水的事迹记载就更为丰富:禹治水历经13年,婚后第四天

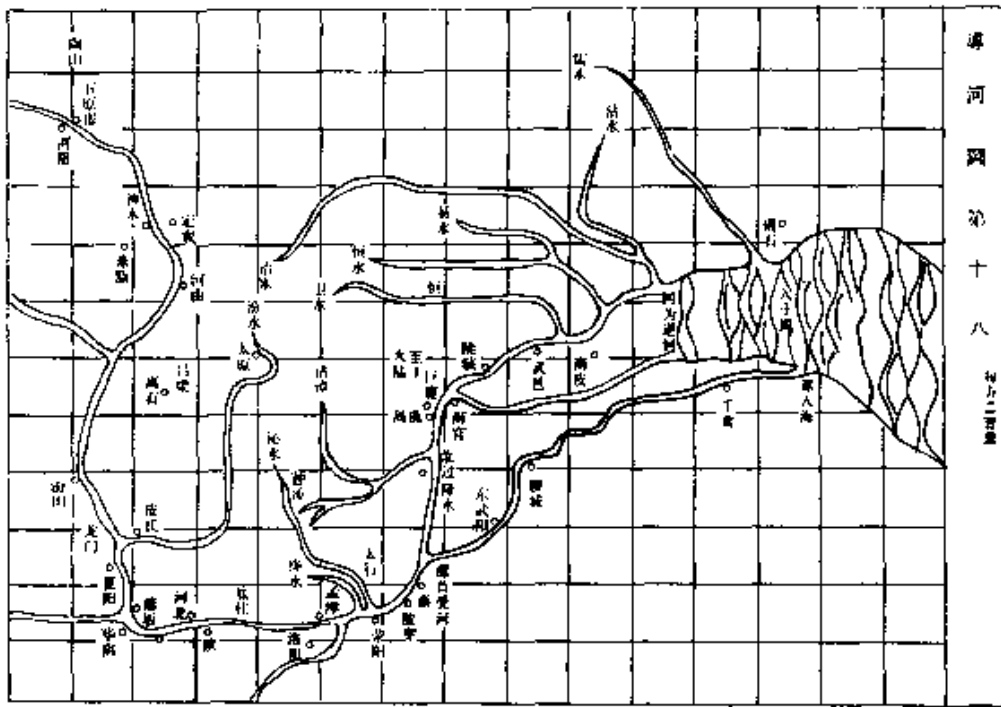


图 1-1 《尚书·禹贡》禹河河道

就奔波于外，他“身执耒耨，以为民先”（《韩非子·五蠹》），三过家门而不入。终于洪水消退，百姓得以从丘陵高地迁居肥沃的平原。禹“平治水土，定千八百国”，由于他治水有功而成为至高无上的君主，禹之后中国第一个奴隶制的王朝——夏诞生。

禹治水而诞生了夏朝，在没有文字记载的史前期，这种传说正是历史发展的折射，它说明了这样的史实：在严重的洪水灾害中不被毁灭，需要有可以联合各氏族力量的领袖人物率领民众齐心协力求得生存。禹正是这样的首领，在治水活动中，他与各部落长官之间已经是君臣关系了。《韩非子·饰邪》：“禹朝诸侯之君会稽之上，防风之君后至，而禹斩之。”禹敢于处决迟到盟会的氏族首领，说明他的权威被公认。战国时将当时行政区划九州的划分和大禹治水直接联系起来，称“禹卒布土以定九州”（《淮南子·修务训》）。战国时全国分为冀、兖、青、徐、扬、荆、豫、梁、雍九州，大禹治水是对中国古代行政区域起源传说的诠释，反映了国家兴起的演变进程。

人类由游牧社会进入农耕社会,由于定居生活方式和灌溉的需求,首先选择水源丰沛的地区,随之也带来了对人类社会生存威胁最大的自然灾害——洪水灾害。大禹治水的传说包含了漫长的远古时期中华民族的先民与洪水斗争的历史史实,而大禹治水是社会发展的催化剂,加速了社会划时代的变革,揭开了中国历史的重要的一页。禹治水的成功,使先民有了安居的土地,于是才有农业的发展,才产生了古代文明所拥有的一切,中国文明之门打开了。

三、禹治水的深远影响——防洪治河的起源与早期发展

在水利工程技术史上,大禹治水是大规模水利工程的肇始。远古文明时期,中华民族的先民与洪水的搏斗经历了三个阶段:对洪水及其灾害恐惧,祈望中止降雨(女娲的炼石补天),以减少洪水;企图借助地势,堰堵洪水(鲧的息壤挡水);依靠人类自身的力量与洪水搏斗的历程(大禹治水)。大禹治水开辟了依靠相当规模工程手段防洪的新时期。

禹治水所采用的疏导洪水,使其顺流入海或回归干流。相传主要方法是:“决九川距四海,浚畎浍距川”(《尚书·益稷》)。距是为到,即疏通骨干河道,导引漫溢洪水和溃水入海或回归河道。禹以疏为主的治河办法,已经部分地改变了河流的自然状况。经过人工疏浚后的河道,排水能力增加,行洪速度加快。大禹治水活动已经运用到了测量和数学计算,“(禹)行山表木,定高山大川。……左准绳,右规矩,载四时,以开九州,通九道,陂九泽,度九山”。(《史记·夏本纪》)这些基本的技术手段使大禹的治河得以成功。

大禹治水后,黄河直到周定王五年(前602年)才出现了大改道,在长达一千多年间,黄河在大陆泽以下一直多流入海。这期间文献再

也没有大洪水的记载。战国时人称之“美哉禹功！明德远矣”（《左传·昭公五年》）。夏禹时期，今河北东部尚未充分开发，黄河尾间汛期洪水出槽，可以在广阔的平原上流动。只要主河槽通畅，洪水和积涝就可以迅速回落到主河道中，肥沃的耕地

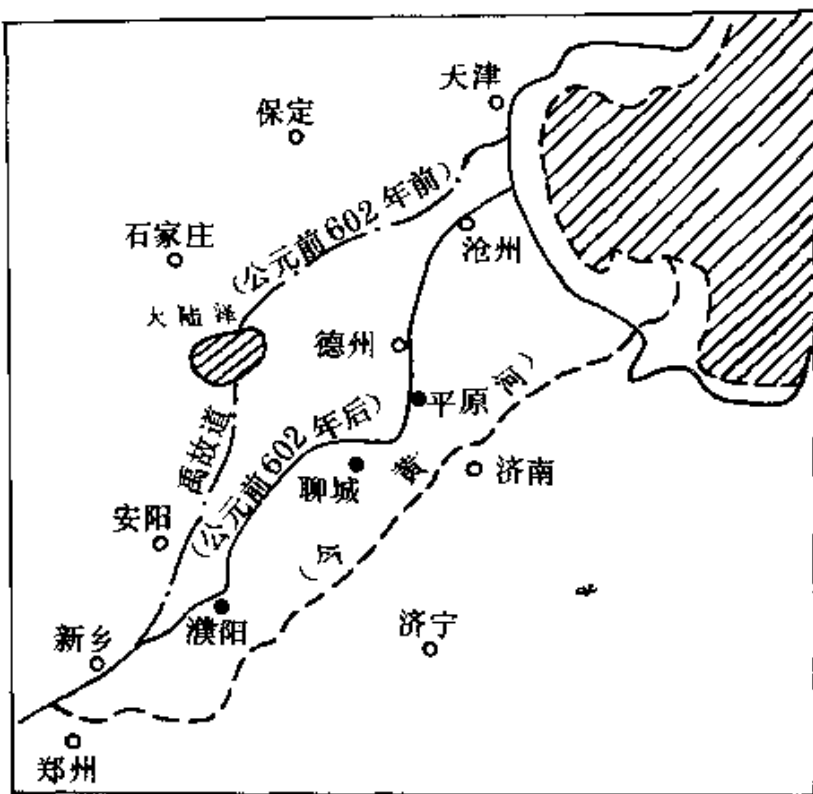


图 1-2 大禹故道与黄河第一次改道后的河道

重新显露出来。这也是这段时间少有洪水灾害记载的原因。

后世将大禹疏浚河道、多河分流的治河方法视为治河防洪的经典。春秋战国时期随着人口的增加，黄河沿岸开始修筑堤防，到汉代黄河两岸已经形成系统大堤，堤防的出现带来了防洪的新问题，决口溃堤造成洪泛区。汉代以来，大禹疏浚河道、使黄河多流入海的防洪办法成为历代反对以堤防洪的人们的教条。

大禹治水出现在人类历史进入农耕文明的时期，它的重要意义不仅局限在防洪工程史范畴内，由此产生了多方面深远影响：

水利事业的社会和政治地位得以确立。中国地域辽阔，水资源时空分布极不均衡，洪水灾害对人类的威胁日益严重，防洪治河是确保生存的首要安邦之计。

随着农业发展，出现了灌溉和水运，水利的分类逐渐细化。禹治水是表明国家水政管理之始。在农业社会中，水政管理特别是防洪治

河需要水政统一,按流域实施防洪的统一管理,是古代中国水利管理的特点。

第二节 黄河的防洪治河

在上下几千年的漫长历史时期里,中华民族在与洪水的斗争实践中积累了丰富的经验,创造了适合不同自然条件的堤防工程,形成了规模宏大、配套、完善的河道治理技术,它们代表着古代水利科学技术的最高成就。

黄河是中国第二大河,是中华文明的主要发源地。黄河流域在历史上长时期作为中国政治、文化、经济中心,治河防洪的历史发端最早。同时由于黄河流域自然条件的特殊性,黄河防洪之艰巨、防洪工程之浩大是世界上任何江河都不能比拟的。黄河的治河防洪史基本反映了中国治河防洪发展的历史。

受地形、水流量、沙流量等自然条件的制约,黄河下游善淤善徙,河道变化无常,根据历史上黄河下游经行的区域和相应的历史时段,可以大致分为三期:

北流期 自公元前 2000 年至南宋建炎二年(1128 年)。黄河河道在今河道以北。这一时期下游河道摆动的范围,西北以漳河、滹沱河为界,东南以大清河(相当今黄河下游河道)为界。

南流期 南宋建炎二年至咸丰五年(1128—1855 年)凡 728 年。这是黄河夺淮入海的时期。在这一时期内河道变化频繁,但都是由淮河尾间入海。

再北流期 咸丰五年(1855 年)至今。黄河独流入海即今行河道。

黄河防洪治河工程大致经历了 8 个发展阶段:(1)夏—战国,黄河的治理以导黄为主,治河防洪起源期。(2)秦—西汉,黄河系统堤防形成

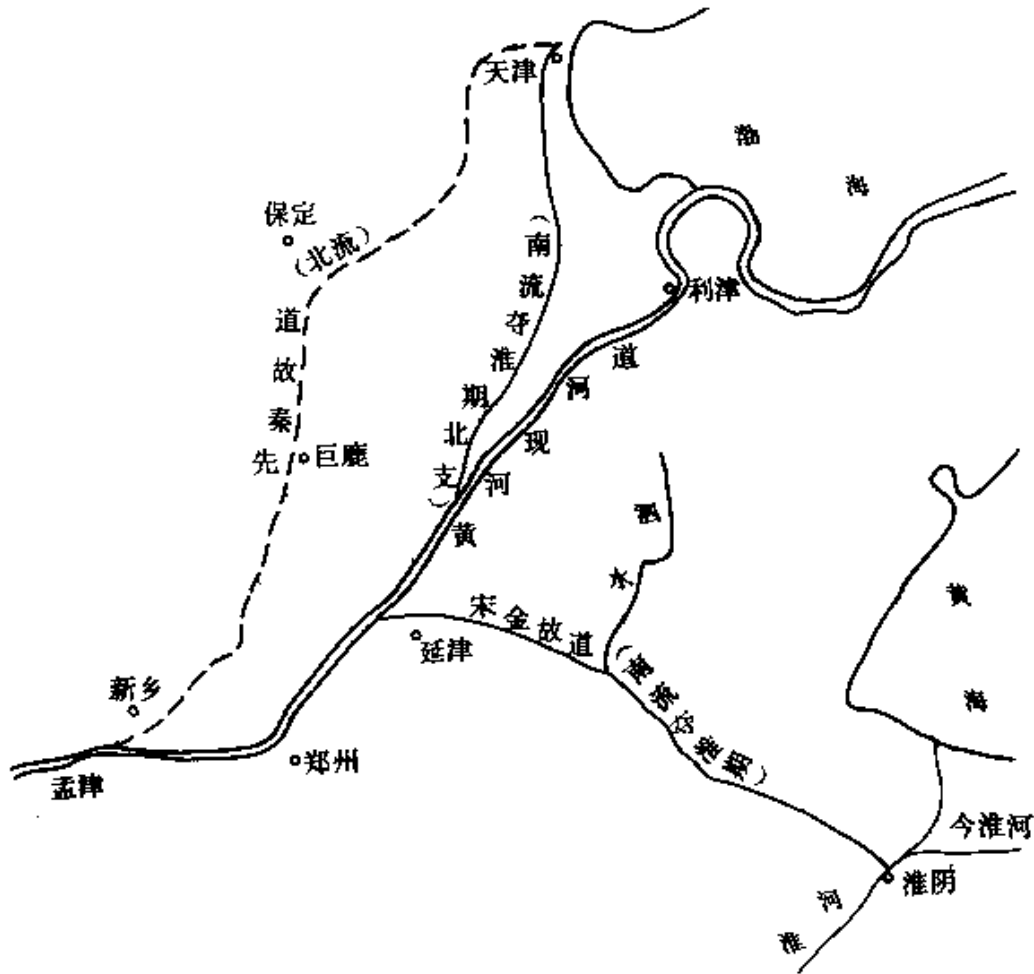


图 1-3 黄河下游代表性古河道

期。(3)东汉—唐代,黄河相对安流时期。(4)五代—北宋,黄河分流与堤防并重的黄河防洪期。(5)南宋—明嘉靖末,黄河南徙多河道行洪。(6)明万历至清乾隆末,以束水攻沙为主导思想的黄河治理期。(7)清嘉庆至咸丰五年,黄河下游严重淤塞,尾间出水不畅。以堵口为主的黄河防洪期。(8)咸丰五年至1949年,以堤防为主的防洪期。

一、黄河堤防的创建——夏至战国治河防洪的起源期

黄河防洪治河的历史可以溯源到远古时代。相传在大约4000年前,发生了一次空前的洪水,“浩浩滔天,下民其咨”(《尚书·尧典》)。

大禹以疏导的方法平息了水患。禹因治水有功成为君主,由此建立了中国奴隶制王朝——夏。大禹治水的传说代表了治河工程的初创阶段,在这以前主要是依靠堤堰挡水,禹“疏导”的措施显然进了一步。

进入春秋战国时期,中原各诸侯先在各自封地内黄河或其支流两岸开始修筑防洪堤。这些堤防分段修筑,互不联系,且以邻为壑,不成系统。堤防工程规模首推齐国为大。文献记载:“齐有长城巨防”(《战国策·燕》)。齐国在黄河东岸,西岸是赵魏,因齐国筑堤而西泛赵魏,于是赵魏亦筑堤以挡水,于是形成了相距 50 里的黄河两岸大堤。(《汉书·沟洫志》)以堤防为主,防御洪水从此成为黄河防洪的主要工程措施,两千多年不能改变。

二、黄河下游堤防系统形成——秦汉间治河 防洪工程建设的第一次高潮

秦建立了中国第一个大一统的封建帝国,到了西汉,封建帝国的政治经济已进入了成熟期。这一时期在战国堤防的基础上,进行了两岸堤防的系统建设或整顿。黄河下游两岸系统堤防的形成,为社会经济稳定和发展提供了屏障。但是,堤防工程的负面作用随之出现:河槽迅速淤积,地上河“悬河”逐渐形成,决口开始频繁,防洪日见艰巨(《汉书·沟洫志》)。

到了汉代,黄河大堤进一步修葺完善。一些重要的险工段改为石工,并出现了挑流、护岸等河工工程。据今人考证,汉堤起自今郑州,下游几乎抵达海口,至今尚有遗迹^①。系统堤防形成后,主河槽淤积加快,汉文帝前元十二年(前 168 年)黄河第一次自然决口,此后逐渐

^① 杨国顺:《东汉黄河下游河道研究》,见《黄河流域环境演变与水沙运行规律研究文集》。

频繁。自汉武帝开始,治黄活动成为国家的要务。

汉武帝元光三年(前 132 年),黄河在瓠子(今濮阳西南)决口,洪水向东泛滥,南侵淮河流域,十六郡受灾。先有汲黯、郑当时堵口,都没有成功。23 年后,朝廷再下决心堵塞决口。这次堵口武帝亲帅群臣参加,沉白马、玉璧祭祀河神,官员自将军以下背柴草参加施工。为了堵口,淇园(战国时卫国著名的园林)的竹子也被砍光以应急需。堵口采用的施工方法是:“树竹塞水决之口,稍稍布插接树之,水稍弱,补令密,谓之榿。以草塞其里,乃以土填之。有石,以石为之。”(《史记·河渠书》如淳注)此法类似今平堵法。瓠子堵口成功后,在堵口处修筑“宣防宫”。后代多用“宣防”表示防洪工程建设。

瓠子堵口后不久,黄河在下游北岸馆陶决口,向北分流,称屯氏河。屯氏河与黄河平行,起到了分流减水的作用。屯氏河分流 70 年以后,黄河在清河郡境内再次决口,其后决口不断,到西汉末东汉时,黄河终于弃旧道走新河,主河道再偏东南,在今山东千乘入渤海。

三、王景治河——东汉至唐代黄河相对安流时期

东汉初年对黄河弃而不治,黄河、汴渠、济水连成一片,在兖州、豫州(今河南、山东西部、安徽西北部)一带,洪水浸没田园庐舍,冲淤运道。到了明帝时社会经济好转,永平十二年(69 年)兴工治理黄河、汴河。王景主持了这一空前的治河工程,史称“王景治河”。此后,东汉至唐约 800 年,黄河决口次数明显减少。

西汉末,黄河改道行新河。王景便是在新河道上开展的大规模治理工程。王景治河的主要内容有:修筑黄河和汴河堤防;建分水、减水水门;整治河道等。

这次治河动用了数十万人,施工期长达一年,耗资无数。后人对王景治河以极高的评价。东汉人说:“(王景治河)底绩远图,复禹弘

业。”(《后汉书·章帝纪》)清代人称:“王景治河,千年无患。”(清·魏源:《古微堂记·筹河篇》)王景治河确实是治黄史上一次重要的实践并取得了良好效果。但是东汉以来黄河“八百年安流”的历史原因是多方面的。

自东汉至唐其间跨越了三国、魏晋南北朝的大动乱,经历了隋唐的大统一和盛唐空前的繁荣。这一时期黄河决口的记载甚少,也没有大规模的防洪工程,历史上称这800年为黄河安流期。黄河是否有安流期,其相对安流的成因是什么?有许多研究成果表明:黄河确实有这段安流期。理由是这段时期史籍有关暴雨水灾的记载不少,如果黄河有大的决口,不会疏于记载^①。对相对安流的成因,则有许多解释:

与王景治河有关。王景在黄河上十里立一水门的措施起到了分淤减洪的重要作用。

与黄河中游植被恢复有关。当时北方游牧民族南下,汉人南迁,中游地区耕地锐减植被恢复,从而使黄河的含沙量和洪水量大幅度削减。

与堤防残破、多支分洪有关。连年战乱,黄河堤防失修,同时下游有汴水、济水、濮水、漯水等许多分支分减洪水。因此减轻了主河槽的淤积。

与人口有关。由于战争,北魏时黄河流域人口比西汉减少90%,唐后期比盛唐期减少70%,由于人口大量减少,可以任黄河多分支漫流,汛期也不会造成太大的财产和生命损害。

与河道冲淤变化规律有关。黄河河道淤积和决口有周期性规律,王景治河形成新河道,河道比降增加以后,有一段安流时间。

^① 周魁一:《隋唐五代时期黄河的一些情况》,见《水利水电科学研究院科学研究论文集》第十二集,水利电力出版社版。

黄河自东汉至唐代后期 800 年安流的原因确实是多方面的,但是这一时期黄河多河道分流,中原人口较少因洪水致灾的相应就少,这两个因素应是主要的。

唐以来黄河堤防逐渐修复,河道淤积加快,五代以后黄河决口泛滥成灾的记载又多起来,黄河防洪与治理进入新的历史时期。

四、黄河修治频繁时期——五代至北宋河工技术完善期

五代以来黄河又进入不稳定行河时期,河患频繁,河工用力甚多。这一时期治河技术已经日趋成熟,有关治河方略的争论激烈。

自五代至北宋时期的河患具有频率高、灾情重的特点。今人统计这一时期平均约 2.4 年就有一次大的决口(黄河水利委员会:《人民黄河》,1959 年)。此外,这一时期治河工程的兴建与当时社会政治关系非常密切。典型的例子就是三次回河东流。庆历八年(1048 年)黄河在商胡改道北流,在改道后约 40 年间,上至皇帝下及群臣卷入了是任黄河北流还是回河东流的争论,并进行三次大规模回河东流工程。可是,每一次挽河东流后不久便发生一次大决口,造成巨大的洪水灾害,黄河都以归复北流而告终(《续资治通鉴长编》)。

这一时期由于下游河道迁徙频繁,防洪工程虽然很多,但是大多是局部性的。而在堵口、开引河、修护岸工程方面则投入了大量的人力、物力。

北宋堵口工程有兴工频繁、工程规模大的特点。北宋 167 年中,重大堵口工程达 25 次以上。其中著名的元丰初年(约 1078 年)曹村堵口,历时 109 天,动员兵匠约 10 万、夫役 3 万^①。北宋堵口工程采用

^① 姚双源:《中国水利史纲要》,水利电力出版社版。

埽工堵口,埽工技术成熟,《河防通义》、《梦溪笔谈》等著作对堵口施工方法、施工程序、堵口材料都有详细的记载和总结。

北宋还出现了一些新的护岸工程,这些工程多为后代河工所运用。如“约”,类似今钳口坝;“马头”,即裹头坝;“锯牙”挑水短坝;“木龙”用以消减溜势的木桩消能工,以及铁龙爪、扬泥车、浚川耙等疏浚机械(《宋史·河渠志》)。

五、黄河南北分流多河道行洪——南宋至明 嘉靖末以分流为主的治河时期

南宋初年,杜充决开黄河堤,企图阻止金兵南侵,结果没有挡住金兵,却由此开始了黄河夺淮入海的历史。自金元至明嘉靖凡 440 年,黄河是以分流入淮为主——或者自然漫流,或者是人为分流。

这一时期,由于河道摆动频繁,决口泛滥之多史所少见。金占据黄河流域约 40 年,河南行,放任自流。元代修治始于元世祖,后期著名工程是贾鲁堵口。明代前期则以徐有贞、白昂、刘大夏、刘天和治绩较为显著。

元代前期只有局部防治工程。当时的主要问题是防护汴京。至正三年、四年(1343、1344 年)黄河在曹州(今山东曹县)、濮州(今山东濮阳)一线连连决口。洪水北侵安山入会通河,泛滥达 7 年之久。至正十一年(1351 年)贾鲁以工部尚书领总河防使,发汴梁、大名十三路 15 万人,庐州等处驻军 2 万人投入这次规模浩大的治河工程。后人概括贾鲁治河为“疏、浚、塞”并举,包括三方面的内容:整治旧河,疏浚减河,共疏浚干流故道 182 里,减水河 90 多里;堵塞小口,培修堤防;堵塞白茅决口。白茅堵口规模宏大,为堵决口修堤坝、刺水堤、以截河大堤导汛期洪水入引河,然后用埽工堵口而获成功(《元史·河渠志》)。

到了明代,防洪治河已有保证漕运畅通的要求,在工程措施上实行“北堤南分”。北面防止黄河决口,淤塞运河;南面要保证黄河与运河的沟通。徐有贞是明代前期力主黄河分流的代表。他主持了景泰年间(1450—1464年)治理沙湾(今山东阳谷)的工程。明正统时(1436—1449年),黄河冲决沙湾运河,挟运河水东入海。徐有贞采取了设减水门、开分水河的办法消减黄河水势,接济运河水源;在运河东岸建减水闸,北以保证运河畅通;疏导汶水,汇入运河。其后白昂、刘大夏完成了黄河北岸太行堤,以期实现北岸挡水保漕南岸分水泄流的目的(《明史·河渠志》)。

分流的举措仅仅是从“分杀水势”的角度出发,忽视了黄河多沙的特点。到了嘉靖时黄河泥沙不断淤塞徐邳段,并淤塞决口淹漫的一切地方。终于引发了防洪思想的重要转折。

六、束水为一河的黄河防洪——明后期至清代 治河工程

明嘉靖以后,“束水攻沙”的主张在治河防洪中占主导地位,从而结束了黄河金元以来多支漫流入淮的局面,成为独流入海。

这一时期以潘季驯治河成就最大。潘季驯从明嘉靖末到万历中(1565—1592年)四次担任总理河道,主持治理黄河、淮河和运河,前后27年。他的治河思想是“以河治河,以水治沙”(潘季驯:《河防一览·河议辩惑》),主要工程措施是坚筑堤防,固定河槽。在潘季驯的主持下,系统整治了郑州以下两岸堤防,兴建了许多减水坝。稍后将重点放在修建黄淮交汇的清口枢纽工程上,并加高洪泽湖高家堰,逼淮出清口,以淮河之清水,冲释黄河之浑水^①。经过数十

^① 郭涛:《潘季驯》,水利电力出版社1984年版。

年的努力终于实现了把散漫黄河束为一河的目的，延缓了黄河淤垫的进程。

清康熙时(1662—1722年)河道总督靳辅等人承袭了潘季驯的治河思想,加强堤防建设,增修减坝泄水,使黄河下游河槽进一步固定。“束水攻沙,独河行水”的治河方针为后来乃至今天的治河事业所遵循。

黄河两岸通过明清间系统的整治终于形成了独流入海的局面。以后主要的防洪任务就是维持堤防的正常运用,保证漕运的畅通。

但是,黄河大堤的稳定又加速了河槽的淤积。抬高洪泽湖水位,使淮水出清口,“蓄清刷黄”也没有达到预期的效果,淮安以下黄河尾间段河床迅速抬高,自道光(1821—1850年)以来黄河连年决口。这一时期河政腐败,贪污猖獗,治河经费激增而防洪工程却日渐衰败,终于在咸丰五年(1855年)发生了铜瓦厢大改道。铜瓦厢位于兰考县黄河北岸,咸丰五年六月这一段堤防溃决,后来又没有及时实施堵口,以致全河夺溜,南行河道断流,主流北上,结束了黄河自南宋以来夺淮入海的700年南流历史。

改道后的北流河道即今河道,在决口改道后最初的三十多年里,始终不能决定如何治理。当时有两种方案:因势利导,沿新河筑堤;另一种是堵复决口,挽黄河回复故道。直到光绪时(1875—1908年),朝廷才明确放弃恢复旧河,在黄河北流两岸开始堤防的修建。

光绪十四年至二十五年间(1888—1899年)是黄河建设的高潮,废除民间旧堰,新建大堤,修建护岸工程,采取展宽河面,修筑堤身,疏通尾间等综合工程措施。到清末民国初年,铜瓦厢以下黄河新堤格局就完全形成了。民国时期,主要是维护堤防工程,除了几次大堵口,几乎没有实施较大规模治河工程。

第三节 长江及太湖、淮河、珠江、海河防洪工程

长江流域开发较晚,防洪工程出现的时间也滞后于黄河。全国各主要江河兴建防洪工程的记载汉以后才逐渐多起来。

一、长江防洪工程的起源与发展——以中下游为防洪重点

长江上游支流地区的开发比下游为早。最早的防洪工程出现在岷江流域,其历史可追溯到史前传说时代。干流堤防最早的文字记载是在晋代的荆江河段。宋元时中下游湖区开发进入高潮,给防洪带来了严峻的问题,湖区防洪工程开始受重视,而下游尾间的防洪治江工程是在清末开始大量兴建的。

(一) 长江干流堤防工程

清代以前一直认为长江上游主要的支流岷江是长江的正源,有关治江的传说源于岷江。相传大禹的治水活动从岷江上游的汶川开始(《史记·六国表》)。这里还有开明治水而成为蜀国君主的传说。这些古老的传说是先民与洪水搏斗史实的反映。而文物考古表明早在东周时位于岷江中游的成都已有竹笼卵石防洪工程。^①

长江中游自三国以来逐渐开发,荆江河段至此成为防洪的重点。荆江河段北面是江汉平原,南面是洞庭湖区,为了保卫江汉平原,形成了著名的荆江大堤,开发洞庭湖,又造就了洞庭湖区的垸堤工程。为了应付长江非常洪水,这一段逐渐形成了一系列穴口作为分洪

^① 尔泰文:《成都发现一处东周时期水利工程》,载《成都文物》1990年第1期。

通道。

荆江大堤创始于东晋,这之前已有零散的堤垸,东晋永和元年(345年)荆州刺史桓温令陈遵修造“金堤”,以防御洪水,保护江陵城(《水经注·江水》)。自此以后南北朝、五代和宋时期荆江河段都不断有堤防修筑。荆江大堤最后的形成是在明代,长约124公里,它的得名是在1918年(这之前称万城堤)。

武汉大堤长约73公里,是明正德时(1506—1521年)开始兴建的,清乾隆(1736—1795年)、道光(1821—1850年)时又有较大规模的修缮和延长。清末又逐渐修筑了汉口堤、湖区围堤、汉阳堤,至此武汉堤防基本形成系统。

位于长江中游北岸的黄广大堤(湖北黄梅、广济境内)是中游又一著名大堤,长87公里。是明永乐二年(1402年)在民垸的基础上修建的。黄广大堤以下为同马大堤,在安徽宿松、望江、怀宁境内,创建于道光元年(1821年),其后光绪、民国初年继续修筑延续,形成长约170公里的同马大堤。

长江下游的无为大堤,在长江北岸安徽无为、和县境内,长125公里。这一带在宋时开始圈圩垦殖,清乾隆时已形成长一百多公里的长堤。由于这一段长江主溜变迁频繁,崩岸坍塌和淤滩裁弯相当严重,乾隆时采取支水矶、固滩等工程措施,使这段堤岸得以巩固,成为今天防洪堤的基础。

长江中下游支流的防洪工程也有悠久的历史。汉江筑堤的历史有据可考的时期在五代。湖北钟祥至武汉堤防的建成在明代。鄱阳湖水系的抚赣大堤,长约380公里,是明清时期修筑而成的又一著名防洪堤。

(二) 中下游湖区防洪工程

随着唐代以后政治经济重心的南移,长江中下游平原湖泊地区逐渐发展成为全国农业经济最发达的区域。湖区的早期开发始于圩

垸的修建,在湖泊地区临水筑堤,以堤围成相对封闭的农田,堤上设有闸门。圩垸即可挡水,又可引水灌田。但是如果圩垸修建设没有节制,势必造成水面缩小,水无所容,旱不能灌,涝不能排。湖区防洪问题便是在这种背景下产生出来的。

洞庭湖位于荆江南岸,湖水在城陵矶注入长江,以北有穴口,长江与之通。到了元代大多穴口淤塞,逐渐形成今虎渡、调弦、藕池、松滋四口分流通洞庭的局面。洞庭湖区围垦始于宋代,盛于明清(《宋史·食货志》)。明初形成的华容 46 垸最为著名,清代洞庭湖区圩垸已有约 500 处,圩垸溃口成灾非常频繁。清中叶洞庭湖的治理引起了人们的注意,产生了“废田还湖”、“塞口还江”和“南北兼顾”(即湖口筑坝,中水时不使江水入湖,以防淤塞;洪水时分洪入湖,刷深湖区水道)等治江、治湖的主张。康熙、乾隆时堤垸排水工程有大规模兴建。乾隆十二年(1747 年)明令禁止湖区围垦。但是,治理工程远不及围垦发展迅速。近百年来洞庭湖区不断缩小,终于分割成东、西、南三部分,从而加剧了荆江防洪的难度。

二、太湖湖区防洪治理——以圩田浚浦挡水 排水工程为主

太湖湖区临江濒海,多水道湖泊,地形特征是中部低、外沿稍高。历代治理以疏浚(治理入海水道)、筑圩(湖区堤防系统)、建闸(调节湖区水量)为主。

太湖区的治理始于汉代,海盐境内的汉塘和古泾是早期太湖排水、通航的重要水道。宋代吴淞江已是太湖主要入海水道,由于湖区围垦,吴淞江排水问题日见突出。到了元代,吴淞江淤塞严重,泰定二年(1325 年),任仁发在疏浚吴淞江的同时又辟另一入海河道。明代永乐年间(1403—1424 年),户部尚书夏元吉根据河道演变自然趋

势开黄浦江,从而形成了太湖下游入海水道的新格局。太湖泄水至今以黄浦江为主干河道。

唐代,太湖平原成为全国最富庶的地区,农业经济在全国占有极大的比重,“当今赋出于天下,江南居十九”(《昌黎先生集·送陆歙州诗序》)。这一时期湖区圩田塘浦建设获得了极大的发展。五代吴越国时天祐元年(904年),湖区治理和管理有很大成就,设置“营田使”和“都水监”主持农田水利。后改置“都水营田使”,率“撩浅军”约8000人,专事整治垵田、河浦和修筑河堤。两宋江南经济更为发达,太湖地区的防洪治理频繁兴工。北宋有两次比较著名的治理活动:景祐年间(1034—1038年),范仲淹整治吴淞江以北塘浦,导水东南入吴淞江,东北入长江,并建圩岸保护农田,建闸以挡江潮;宣和时(1119—1125年)赵霖在华亭、江阴、昆山、常熟、宜兴等地进行了系统的整治,亦采取疏浚、筑圩、建闸并举的工程措施。明清时主持太湖圩区水利比较有成就的是明万历时(1573—1620年)的耿橘,他提出了联圩并圩的主张。清道光(1821—1850年)时两江总督陶澍和巡抚林则徐主持的黄浦江疏浚工程规模都很大。

历代太湖地区防洪治理工程受围湖垦田的影响,修筑频繁,但效果多不持久。

三、淮河防洪治河工程——与黄河、长江防洪 错综交织

古代淮河与长江、黄河、济水齐名,并称为“四渎”。淮河河道历史上有三次主要变迁:独流期(史前—1128年),这期间淮河是经行在黄河、长江之间的独流河道;黄淮下游合流期(1128—1851年),南宋建炎二年(1128年)黄河夺淮,淮阴以下黄、淮混流,淮河下游故道迅速淤成地上河,以致淮河排水不畅终于在十六世纪在盱眙、淮阴之间

壅堵而成洪泽湖；淮河、长江下游合流期（1851 年至今），清咸丰元年（1851 年）洪泽湖水暴涨，洪泽湖大堤礼河坝溃决，淮河由礼河入高邮湖，经邵伯湖和里运河入长江。

淮河在独立行河的时期内，洪水为患的记载不多，淮河流域的水灾是在黄河夺淮以后频繁起来的。最早黄河入淮的文字记载见于西汉，元光三年（前 132 年）黄河瓠子决口，“东南注巨野，通于淮泗”（《汉书·沟洫志》）。这次黄河入淮持续 4 年。北宋时黄河多次入淮，在黄河与淮河之间的广大平原上留下了许多泛道。南宋建炎二年（1128 年），东京（今河南开封）留守杜充为阻止金兵南下决开黄河，由此黄河开始脱离北行河道夺淮南下。从此淮河下游水患不断，治理工程逐渐多起来。

黄河夺淮之初，入淮流道频繁变动，到了明后期黄河才固定由淮阴清口入淮河入海。黄河夺淮后，淮河流域自然情况发生了巨大的变化，特别是明末以来由于黄河泥沙的大量进入淮阴，河床逐渐升高，形成地上河。更由于黄河水位的顶托，洪泽湖水面不断扩大。

洪泽湖原是不与淮河直接相通的人工湖泊，它最早是东汉初平时（190 年）陈登所开，用以灌溉的塘泊——陈公塘，到隋代始有洪泽之名^①。明隆庆六年（1572 年），为了保护淮安和运河的安全，漕运总督王宗沐加高高家堰，洪泽湖成为拦蓄淮水的重要工程。明万历时（1573—1620 年）潘季驯任河道总督，以蓄清刷黄为治理主导方针，不断修筑高家堰，切断淮河南流汊道，壅高洪泽湖水位，使其专出清口刷黄。洪泽湖与黄河、运河相交的清口一带（淮安附近）成为保漕运的重要的工程枢纽。清初沿用这一做法，又在大堤上修筑减水坝，增加了调节能力。这一时期以靳辅治理成就为大。

随着淮、黄下游河道的进一步淤积，作为洪泽湖出口的清口一带

^① 见《三国志·魏书·张邈传》、《元和郡县图志》。



图 1-4 黄淮运交汇的清口形势图

到了嘉庆时(1796—1820年)出水困难,淮河主流渐渐不能北出清口,南徙入江已成大势。清口地区的淤塞还造成了洪泽湖调节功能的降低,明万历以来几次因为洪泽湖水位上涨而淹没泗州城和明祖陵,导淮入江、导淮入海渐渐提上了日程。

明万历二十三年(1595年),总河杨一魁开始兴建归江工程,在高家堰设三闸引水入邵伯湖,湖以南开引河导淮入江。清代在此基础上不断完善。康熙时(1662—1722年),靳辅、张鹏翮任河道总督时着手修建了归海五坝。五坝是位于淮扬运河下游高邮至邵伯之间的溢

流坝,下有引河,引淮水入海。咸丰元年(1851年),淮河决开高家堰南端三河口,洪水由三河口经芒稻河入江,从此淮河主流由入海改为入江。在扬州、江都一带形成归江十坝,与引河共同组成了淮河入江工程枢纽。但是归海归江工程标准低,引河泄流量在汛期远远不能满足要求,运河以东低洼地区即里下河地区成为淮河流域水灾最严重的灾区。凡归海归江各坝但有溢流,里下河地区便汪洋一片。及至民国,导淮成为当局首先注意的问题。

四、珠江防洪工程——以基围防洪排水工程为主

珠江流域地处亚热带,珠江是复合型河流,西江最长为干流,发源于云南曲靖;北江源出江西信丰;东江源出江西寻邬,三流在广州汇流入海。历史上珠江流域的防洪工程集中于中下游平原地区和沿海一带,以堤围为主。水灾频率约5年一次。

珠江防洪,唐代已见记载。景云时(710—711年)郁水(今邕江)时有洪水泛滥,司马吕仁在宣化(今南宁)“引渠分流,以杀水势,自是无没溺之害,民乃夹水而居”(《新唐书·地理志》),以分流导洪的方式疏散洪水。宋代南宁的邕江堤防已有一定的规模。

宋元时,珠江三角洲的经济发展很快,人口迅速增加,治河防洪在这一时期掀起第一次高潮。据统计,宋元兴建的基围(珠江下游堤防工程之专称)有18处。这些基围中以广东南海、顺德境内桑园围规模最大,且最为有名。桑园围位于西江、北江之间海口沙洲上,北宋建中靖国元年(1101年)兴工,历时三年,当时堤基长一千二百多丈,桑园围的修建利用了沙洲北高南低的地形和北江水位高、西江水位低的水文条件,布置堤防和设计围基的尺寸结构,并在东南隅留水口。以北堤拦北江洪水,东南泄围内积水入西江。桑园围在明清时不断维修和扩建,成为生产粮食、水产、蚕桑、水果的富饶小区。东江在京山、

企石境内的福隆堤(又名东江堤),也是很著名的堤围工程。围内有多级堤防,从岔流到东江南岸形成多层次的防洪屏障,创建于北宋元祐二年(1087年)(见《广东通志》卷四七),基围在元明清各代都有发展和完善,形成三角洲系统防洪工程。著名的基围工程还有:护卫肇庆的水矶堤、莲塘堤,均是明初修建,清康熙时(1662—1722年)增修完善,后合称景福围。北江清远境内的石角围自三水至芦苞,明后期建成,清代续建。

围堤工程主要有两部分:大堤、窦闸。窦闸用于围内水量调节,大围内各级子围间的也有这种设施。如景福围,与两江相通处有大闸,各子围间又有窦闸形成第二级调节,各级围之间可引水以溉,又可通船。围堤工程与长江中下游的堤垸属于同类型的防洪工程。

五、海河与防洪工程——以永定河防洪为重点

海河流域地处华北平原北部,处于半干旱湿润地区,雨量集中,且多以暴雨形式出现。海河水系共有五大支流,即北运河、南运河(包括漳河、卫河)、子牙河(包括滹沱河)、大清河、永定河。

永定河横贯北京、天津,历史上永定河洪水对这两地区危害最大,防洪治理工程比较多。历史上永定河有“小黄河”、“浑河”、“无定河”之称。永定河含沙量高,下游如同黄河也是“地上河”。清康熙三十七年(1698年)系统整治后,康熙帝赐名:“永定”,始有永定河之名。

永定河治河防洪工程与北京的历史发展有密切关系。五代以前,永定河两岸没有堤防,辽代以幽州为南京(今北京西南),永定河开始筑堤。金代以北京为中都,有了保护北京的防洪堤。元代定都北京,自此起永定河下游堤防建设进入新的时期:堤防总长度迅速增加,从石景山金口伸延至天津武清(见《元史·河渠志》)。明代开始修建看

丹口以下分流河道堤防。清代,首先强化和完善石景山段的堤防,其后修筑天津西北三角淀围堤。最终形成了上自石景山,下至三角淀的固定河流。子牙河和漳河也有较多的泛滥记载。但是直到清代两岸堤防仍不连贯,防洪的着眼点是阻止洪水向东冲南运河,保证漕运的正常进行;同时防止其向北泛入东淀,淤积和阻碍大清河泄洪。清代有多种主张,有人认为应废止滹沱河、漳河的堤防,因为其洪峰较高,难保堤防完整和不利于引浊水淤田肥地。也有人建议将子牙河下游单辟入海河道,使不汇集天津,增加天津防洪压力,但并未实行。

第四节 历代治河方略

在历代防洪治河实践中,人们通过对河道水流自然特性的认识,产生了各种防洪思想和治理规划。尽管这些思想和规划不可避免地带有历史的局限性,但是中国古代防洪理论和治理思想在流域或跨流域综合治理方面均有卓越的建树,至今仍有可资借鉴的珍贵价值。

一、西汉时期治河方略第一次大辩论

西汉黄河系统堤防已经形成,随之黄河大量的泥沙集中淤积在河道中,黄河逐渐演变为“地上河”,西汉末黄河决溢日见频繁。这一时期有关黄河治理方略的讨论非常活跃,各种主张和治理规划纷纷提出,治河思想丰富且深入,对后世影响深远。根据《汉书·沟洫志》归结起来大致有6种:

1. 顺应天时说。汉武帝时(前140—前87年),田蚡认为“江河之决皆天事,未易以人力强塞,强塞之未必应天”。成帝时(前32—前7年)李寻、解光提出:“修政以应之,灾变自除”,“顺天心而图之,必有

成功”(《史记·河渠书》),这些主张被采纳,致使武帝时瓠子决口之后任其泛滥 23 年。成帝建始四年(前 29 年),东郡、馆陶决口 20 年后才有王延世东郡堵口。水灾天人感应的思想对中国防洪治河一直起着消极的影响。

2. 经典治水论。汉哀帝时(前 6—前 1 年)河堤使平当说:“按经义治水(即大禹疏浚河道的作法),有决河深川,而无堤防壅塞之文。”(《汉书·沟洫志》)这种深河无堤的思想在一定程度上影响着后世治河规划的制定。

3. 改道论。黄河为害,与地域自然特性有密切的关系,对黄河进行人工改道是汉代人最大胆的设想。改道方案大致有三:汉武帝时(前 140—前 87 年),齐人延年提出自今内蒙古后套起,黄河取直东流,至今天津入海,既除水害又可以以河为险抗拒匈奴;孙禁提出黄河下游在平原金堤(今河北平原县)决开,向东改道,这样黄河经行路线缩短,河流比降增加。西汉末黄河改道后经行的大致是这一路线。王莽时(前 9—23 年),大司空王横则提出恢复大禹故道,沿太行山东麓向东北流。这条路线事实上已经淤高,不可能恢复。

4. 分洪减河论。认为黄河下游应有多条行洪河道,汉成帝时(前 32—前 7 年)清河都尉冯遂提出利用黄河决口泛道,疏浚以减洪;王莽时,御史韩牧也持这一类主张。提出循禹故道,恢复四至五条河道以助泄流。

5. 滞洪论。持这一见解的人是王莽时长水校尉关并,他根据当时黄河决口多发生在平原郡、东郡一带(今河北平原、濮阳)的规律,建议以曹魏为界,即今太行山以东、泽以西、开封以北、大名以南的广大地区空出来以作“水猥”(即滞洪区)。

6. 水力刷沙论。王莽时大司马史张戎提出。他说“水性就下,行疾,则自刮除,成空而稍深。河水重浊,号为一石水而六斗泥”。对黄河多沙和水流与河床冲淤关系已有深刻的认识。他的治黄策略是“可

各顺从其性,毋复灌溉。则百川流行,水道自利,无溢决之害矣”。以水力刷沙而治河,对后世产生了深远的影响。明代潘季驯的“束水攻沙”便是这一思想的发展和实践。

7. 贾让三策。汉代的治黄议论中“贾让三策”也很著名。哀帝初年(约公元前6年)贾让应诏奏治河事,提出了三种不同的治河方案,分别称之上策、中策、下策。上策是“徙冀州之民当水冲者,决黎阳遮害亭,放河使北入海。河西薄大山。东薄金堤,势不能远泛滥”。他主张放弃的是太行山以东的部分地区。当时冀州的开发已到相当的程度,这种移民避水“不与水争咫尺之地”的方案难以实现。中策要旨:“但为东方一堤,北行三百余里,入漳水中,其西因山足高地,诸渠皆往往股引取之。旱则开东方下水门溉冀州,水则开西方高门分河流。”这里有关黄河水资源的综合利用的思想颇有见地。下策是:“若乃缮完故堤,增卑倍薄,劳费无已,数逢其害,此最下策也。”显然贾让不主张以筑堤解决防洪问题。贾让三策对后世影响极大,以后,但有反对筑堤者便以三策为据。筑堤防洪实际上是社会经济发展到一定程度的产物,至今尚不能取代这一工程措施。

汉代有关治河方略的讨论表明当时人们对黄河自然特性已有很深的认识,所提出的各种见解和主张,几乎囊括了古代河工方面所有的工程措施。

二、北宋时期围绕黄河人工改道的三次回河之争

北宋以来,黄河频繁决口。改道之处多在滑、澶二州(今滑县、濮阳)境内,主河道在今天津以南、山东利津以北的范围内游移不定。北宋黄河主要有三条行水路线:(1)京东故道,主流是自东汉以来的河道,经今山东聊城、利津入海。(2)横陇、二股东流道,景祐元年(1034年)在京东故道以西决口冲出的河道,行水约70年,宋人称横

陇故道。(3)商胡北流道,庆历八年(1048年)后经行的河道,下合御河(今卫河)在天津入海,是入海口最北的河道,北宋行水期最长的河道。

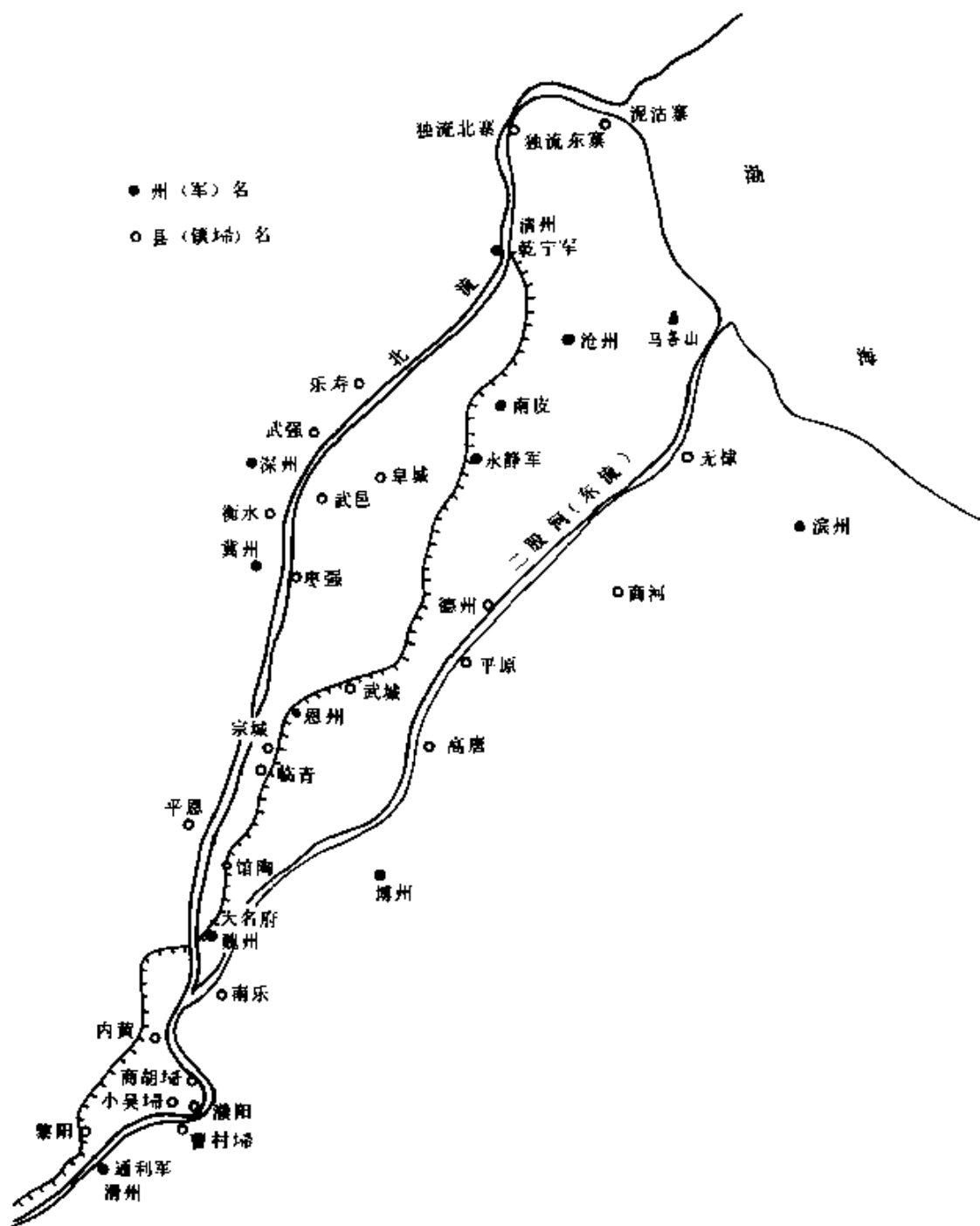


图 1-5 北宋黄河下游形势图

北宋治河以人力改道为特点,在治河争论中以闭北流复东流之争为焦点,频年纷争不断。上至皇帝下至群臣,对回河复河问题犹豫不决,疲于应付。

第一次东流、北流之争发生在商胡决口北流河道形成之后。皇祐二年(1050年),北京(今大名)留守贾昌朝、河渠使李仲昌主张恢复京东故道使河东流,引起翰林学士欧阳修等人的极力反对。欧阳修两次上疏,力陈不能挽河东流:从当时社会、经济的角度来看,河北、京东连年旱灾,“以三十万之众,开一千余里之长河”,国力不行,危及根本。从河道演变规律分析,他认为“河本泥沙,无不淤之理”,“河流已弃之道,自古难复”。他主张堵塞决口,加筑堤防,维持北流。欧阳修的奏疏在朝廷引起了激烈争论。至和二年(1055年),宋仁宗决定塞商胡河,使黄河经六塔河入京东故道。嘉祐元年(1056年)兴工堵口,很快失败,河仍行商胡道。

第二次回河之争。嘉祐五年(1060年),北流商胡河在大名决口,向东分出二股河后,再次出现了北流和东流之争。都水监丞李立之等主张回河,东流入二股河。朝廷中有司马光、王安石支持。东流派的政治势力占绝对优势。熙宁二年(1069年)兴工堵塞北流,使河尽入二股河。不久复决而北流,后虽经疏浚塞决,终未成功(《宋史·河渠志》)。

第三次回河之争。黄河北流再次恢复后,神宗赵顼不再主张恢复东流,而注意加强河防工程建设。但是黄河仍然不断决口。哲宗赵煦继位后北流和东流的争论再起,且卷入了更多的朝廷官员。文彦博、吕大防等主张东流。反对派以苏辙、范纯仁为代表。主张东流者以河防辽为基准点,认为河北流,京师无险可守。而黄河东流,在河北一带形成的塘泊可以阻止契丹南下。反对派针锋相对。元祐间(1086—1094年)聚讼纷纭,朝廷举旗不定。绍圣元年(1094年),哲宗启用王安石等拥护者,意在堵口,终于引河东流。但是只维持了五年,河决内

黄,又恢复北流。直至北宋亡,无人再言复河。北宋回河之争长达约50年,三次兴工,人力复河均以失败告终。

三、明清束水攻沙治河方略与实践

自战国起黄河两岸便开始修筑大堤,以堤防洪、以堤挡水,这种方略指导下的堤防工程是以防为基准点,所以历代主张宽堤,不与水争地;开支河分减洪水;北宋以后出现决口,凡不危及城镇,造成重大泛滥者,并不急于兴工堵塞,经常形成多支流行河。明后期,潘季驯提出了束水攻沙以治河、治淮、治运河的治河思想,给防洪工程的规划、设计与施工带来了重大的转折。

潘季驯(1521—1595年),字时良,浙江乌程人。嘉靖四十四年(1565年)任右金都御史总理河道(简称总河)。其后至万历十六年(1588年),潘季驯先后四次出任总河,他的治河以治沙为先的思想在他四任总河期间的治河实践中得到了充分的反映。

在潘季驯出任总河之时,面临黄淮运交汇于清口,黄河夺淮威胁运河的复杂局面。治河仍以保证运河的畅通、漕运的安全为目标,不可避免掣肘着治理工程的通盘考虑。但是具体到治河工程的实施,他的重点始终放在治沙上,“以河治河,以水攻沙”、“淤滩固堤”、“蓄清刷黄”。他对河道冲淤规律的认识为工程措施的实施,提供了理论依据。他的治河成就主要表现在两方面:堤防建设和兴建蓄清刷黄的洪泽湖枢纽工程。

堤防建设 采用缕堤和遥堤即双重堤防以达到束水和容洪的目的。隆庆时(1567—1572年),万恭治河已有初步实施,潘季驯则全面推广到黄河下游徐州以至邳州段。缕堤临水,用以缩窄河槽,减小过水断面,增大主槽流速,提高水流刷沙能力。缕堤以外建遥堤,洪水期在遥堤之间行洪。“缕堤拘束河流,取其冲刷也”。“遥堤约拦水势,取

其易守也”。为了保护遥堤,在缕、遥之间筑格堤。洪水消落,大量泥沙在缕遥之间落淤,又给潘季驯以新的启示:利用黄河多沙和泥沙淤积的规律淤滩固堤。在潘季驯治河后期,他又提出了放淤固堤,“先将遥堤查阅坚固,万无一失,却将一带缕堤相度地势,开款(或当为缺)放开内灌。黄河以斗计之,沙居其六。水进则沙随而入,沙淤则地随而高”(《河防一览·条议河防未尽事宜疏》)。他的治河思想在解决泥沙问题方面又有新的发展。到清代乾隆至嘉庆时期(1736—1820年),放淤固堤形成高潮,且在海河流域的永定河、南运河推行开来。潘季驯的以堤为治河之具,以水攻沙的思想是治河理论的杰出贡献。不过由于科学技术的限制,堤距的选择只能凭经验,带有较大主观性,直接影响束水的效果。

蓄清刷黄 潘季驯的思想是:“尽令黄淮全河之力,涓滴悉趋于海,则力强且专,下流之沙自去。”(《河防一览·两河经略疏》)在工程实施中他以洪泽湖高家堰大堤为重点,拥淮河水尽出清口,以图实现黄淮交汇,“借势行沙”。明万历年(1573—1620年)高家堰大堤不断加高,工程越修越艰巨,工费开支日渐庞大。以清释浑在一定程度上延缓了清口以下至海口的河床淤高速度。但是,束水攻沙未能改变黄河的淤积趋势。到清康熙时(1662—1722年),靳辅治河也采取与潘季驯同样的治理方略,又维持了清口一带近十年小康的局面。到清道光时,清口一带黄河主河槽严重淤积,引起运河阻塞,洪泽湖东部急剧淤高。明万历以来形成的高家堰—清口枢纽终于完成了它的历史使命。潘季驯的治河规划有很大的局限性,它着眼于下游,而黄河泥沙主要源于中游,蓄清刷黄也不能从根本上解决泥沙淤积问题。但是,他根据黄河冲淤规律,改传统的单纯防洪为用洪,以堤防为治河的工具,无论是治理思想还是治河实践都超越了前人。清口工程运用约250年,对维持京杭运河的通畅发挥了很大的作用,反映了十六世纪中国泥沙理论和治河工程在世界的领先地位。

四、湖区治理方略

太湖及长江中下游湖区,自唐以来迅速开发,由此而引起的防洪排水问题逐渐突出,又回过头直接影响湖区经济的发展。

(一) 太湖治理方略

太湖防洪问题以北宋讨论最多,元代和清代也为人们所注重。其中宋代的范仲淹、郑亶和郑侨父子、单锷,元代的任仁发,明代的归有光等人的治理方略最有代表性,对后世的影响也较大。

1. 筑圩、浚河、修闸并举说。宋代范仲淹、赵霖是这一主张的代表人物。范仲淹在北宋景祐年间(1034—1038年)任过苏州知州,有治理太湖的实践。他认为湖区圩堤、河港和闸三者之间对防洪、排涝,阻止湖区河网淤塞的作用是互为制约的。“修围、浚河、置闸,三者如鼎足,缺一不可”(《农政全书》)。主张圩堤高筑,以保护湖田;疏浚河港,以利蓄积水量和汛期排泄洪涝;河口建闸用作挡潮拒沙,保障河港畅通(《范文正公集·上吕相公并呈中丞咨目》)。范仲淹这一思想协调了湖区蓄水与泄洪,挡潮与排沙的矛盾。范仲淹的太湖治理方略对后世有深远的影响。在他之后约80年,赵霖主持治理太湖,采用了他的思想,制定了工程实施方案。明代嘉靖时(1522—1566年)吕光恂治理太湖,将其工程措施归为“治水五要”：“一曰广疏浚以备蓄泄；一曰修圩岸,以固横流；一曰复板牖,以防淤淀；一曰量缓急,以虑工费；一曰重委任,以责成功”(《光绪·常昭合志稿》)。就工程内容而言仍不出范仲淹筑堤、浚河、修闸并举方略之外。

2. 治圩营田为本说。郑亶根据太湖地区沿江地势稍高,中间低洼的地形特点,提出高圩堤,深河浦以束水归海。他说:“治田者,本也,本当在先;决水者,末也,末当在后。”(《三吴水利录·郑亶书》)治田即为修筑大圩,决水即为导洪排水。圩既治,湖区级级设防,拦截洪

水,退水时开闸,泄入海。郑亶所主张的塘浦大圩在当时太湖围田无序发展的情况下难以实施。郑亶的儿子郑侨和南宋时的黄震在此基础上提出了“束水归海”、“驾水归海”的治理方略。“束水归海”具体到工程的实施便是开吴淞江作为太湖泄水通道,太湖以西减少洪水入湖量,并高筑吴淞江堤。汛期湖区退水时坝闸全开,泄水迅速,便可驾水归海。

3. 浚塘浦决水为先说。与“治圩营田为本”针锋相对的观点是单锺的以泄洪排水即浚塘浦决水为主。单锺说“昔郑亶尝欲使民就深水之中,叠成围岸。夫水行于地中。未能泄积水,而先成田围,以狭水道,当春夏湍流浩急之时,则水常涌上行于田围之上,非止坏田围,且淹没庐舍矣,此不智之甚也”(《吴中水利书》)。他认为太湖水患的根本原因是阻塞了水路,所以主张:治太湖是先开吴江塘路;徙沙洲居民,待水泄尽后,再筑围垦田。他的导水规划是:上游阻止西水入太湖,中游疏浚常州运河,可泄水入宜兴武进诸渎。下游开吴江塘路,排泄湖水。单锺对筑围持根本否定的态度。事实上在农业经济非常发达,已具有举足轻重地位的太湖地区,废围排水是根本不可能的,相比之下浚浦筑圩要实际得多。但是单锺主张为苏轼所赏识,他的治湖专著《吴中水利书》由苏轼上奏朝廷,虽然没有付诸实施,但对后世影响深远。元代归有光亦重视首先解决太湖下游的洪水出路问题,他的见解是“治吴中之水,宜专力于淞江,淞江既治,太湖之水东下,而余水不劳余力矣”(《三吴水利录·归有光书》)。

综观各家治湖方略,基准点都主张太湖治理以排洪排涝为主,直到今天仍是如此。

(二) 洞庭湖治理方略

洞庭湖区在明清间出现了迅速发展的势头,“湖广熟,天下足”,至清康熙时(1662—1722年)已成富饶之区。洞庭湖区的圩垸建设在这时也进入了高潮。由于围垦没有合理的规划,侵占水道,造成水灾,

湖区防洪问题开始严峻。据统计明代以前洞庭湖水灾每 83 年一次,明后期至清末每 20 年一次(《长江水利史略》)。水灾频率上升很快,说明围垦的负面作用也是很大的。有关湖区治理的争论以清中叶较为激烈,大致可以归为四种:

1. 废田还湖论。持这一主张的人将洞庭湖水灾的主要原因归结为盲目围垦,堤围设置不合理,以致排泄不畅。乾隆九年(1744 年),总督鄂弥达查勘湖南、湖北一带水利时提出:“治水之法,有不可与水争地者;有不能弃地就水者。三楚之水,百派千条,其江边湖岸未开之隙地,须严禁私筑小垵,俾水有所汇,以缓其流,所谓不可争者也。其依江傍湖已辟之沃壤,须加谨防护堤塍,俾民有所依,以资其生,所谓不能弃者也。其各属迎溜顶冲处,长堤连接,责令每岁增高培厚,寓疏浚于壅筑之中。”(《清史稿·河渠志》)但是,私筑小垵的禁令终清之时从未认真实行过,到清末更以颁给执照的方式招垦,以获暴利。“废田还湖”所提出的主张如果直接损害统治阶级在湖区的经济利益是不可能实行的。

2. 塞口还江论。认为泥沙淤塞是洞庭湖自然状况恶化的主因,而泥沙是由长江洪水携带而入的。只要阻止一部分长江洪水进入洞庭湖,即减少湖区泥沙淤积,由此便可以减少洪水威胁。这种观点出现较晚。民国时始有李震一提出:“水灾之来,不在湖田之围垦,而在泥沙之倾积。无荆江四口,即无大量泥沙;无大量泥沙,即无淤洲;无淤洲,即无湖田。不责荆江四口,而罪及滨湖垵田,舍本求末,殊欠公允。”(《湖南的西北角》)清咸丰、同治以来在长江荆江段逐渐形成藕池口、松滋口、虎渡口、调弦口四口分流入洞庭的局面,此四口对调节长江中下游洪水有重要的作用,而“塞口还江”的立足点在保护垵田,似将影响长江防洪的整体利益。

3. 疏导分流论。这种论点基于长江防洪的总体考虑。道光十三年(1833 年)御史朱逢吉提出:“湖北连年被水,请疏江水支河,使南

汇洞庭湖,疏汉水支河,使北汇三台等湖,并疏江、汉支河,使分汇云梦。七泽间堤防可固,水患可息。”(《清史稿·河渠志》)以长江为干,南北分流,而不言湖区治理,分流入湖的洪水灾害终难解决。

4. 江湖兼顾论。提出在荆江入洞庭湖四口处建闸坝、划定湖界和整理行洪水道,使长江中小水时不致入湖,以减少泥沙,而集中水量刷深长江河道。汛期开闸以容洪水。又通过堵支流、疏浚水道、废小垸等措施,使湖与行洪道各成系统,江与湖之间通流畅达,蓄泄自如。这种方案考虑比较周全,但是亦未能引起重视。

第五节 古代河工理论和科学技术成就

秦汉时期随着堤防建设高潮的兴起,在河工理论方面出现了一些较为系统的总结,例如对水工建筑物与水流之间相互作用的认识,对河流泥沙规律的探讨。到宋代有关河床演变、泥沙运动规律等方面的理论和实践都达到了较高的水平,应用数学被广泛运用于施工技术中,传统的河流工程理论和技术大致定型。

一、基础河工理论的萌芽和成长

古代河工基础理论方面的成就主要表现在有关河流水位的观测、汛期涨落规律、流量计算、河流泥沙理论等方面。

(一) 古代的水位测量

水位概念起源很早,实施水位测量始于秦代的都江堰工程。据公元 345 年成书的《华阳国志》记载,李冰修都江堰时,“于玉女房下白沙邮作三石人,立三水中,与江神要(约定);水竭不致足,盛不没肩”。这三尊石人就是人形水尺,肩和脚就是水尺刻度。这个水尺所表明的

是,如果水面浅至石人脚,灌溉水量就会不足;当江水涨到石人肩,灌区将会发生洪水灾害。可见,这里水尺读数就不只是水位的概念,也代表了水量的大小。也就是说,由于都江堰进水断面和河底坡降相对稳定,因而从水位的高低可以预测灌区灌溉水量的丰欠。这是堰流理论最早的实际应用。宋代都江堰水尺移至宝瓶口的离堆上,称为水则。水则共 10 划,“水及六则,流始足用;过则,从侍郎堰减水河泄而归于江”(《宋史·河渠志》)。清乾隆三十年(1765 年)在宝瓶口重新建立水则,总计 24 划。春耕时若要用水充足,水位应及 13 划,这个水则一直应用到现在。

除都江堰水则外,宋代在我国北方和南方的水利工程中普遍实用水则^①。例如北宋在今海河流域下游地区有一系列洼淀。当年洼淀主要服务于防止辽兵入侵的军事目的,因此需要维持一定水深,以达到深则不可行船,浅则难以徒涉。为此,景祐二年(1035 年)在雄县设立水则,以便人为控制洼淀的蓄泄。在南方,水则应用更为普遍。在太湖苏州垂虹桥附近,宋代有两个著名的水则,其中左水则碑是专门记录特大洪水的。据 1564 年出书的《吴江水考》记载:“水在一则,则高低田俱无恙;过二则,极低田淹;过三则,稍低田淹;……过七则,极高田俱淹。”当时左水则碑只记录有两次特大水灾,一次是南宋绍熙五年(1194 年)大水淹到第六则;另一次是元至元二十三年(1286 年)大水淹到第七则。另有一个右水则,碑上刻有十二月,每月又分上中下三旬,是用来记录一年之中各旬水位的。其时,水位观测员称“较水者”。

黄河上用于防汛的水则称作“水志”。乾隆三十二年(1767 年),在陕州(今三门峡市)黄河万锦滩、巩县洛河和武陟沁河木栾店设水志桩,用于水位测量并据以向下游报汛。永定河上在这一时期也设置

^① 见《宋史·河渠志》。

了水志桩。

古代江河两岸崖壁上多刻有洪水和枯水的印记。这些印记是历史洪水和枯水的重要资料。例如长江干支流两岸现存洪水题记近千,枯水题记也有 300 多条。其中以四川涪陵白鹤梁最著名。白鹤梁是长江中一块的基岩,只有长江枯水时才显露出来。其上刻有自唐广德二年(764 年)以来 1200 多年间的枯水题记 163 处。据此而取得的长江历史洪枯水流量的研究成果,已在葛洲坝等大型水利工程建设中得到应用。

(二) 流量计算

流量是流速与过水断面面积的乘积。对于河流、渠道等明渠来说,流速主要取决于坡降、糙率等要素。过水断面与流量的关系比较直观,古人早有认识。对于比降与流速之间的关系则知之较迟。大约成书于战国时代的《管子·度地》中提出了渠道比降的概念,且认为一般渠道的适宜比降大约在 $1/2000$ 左右。北宋元丰二年(1079 年),在进行汴渠改建的工程论证中曾比较洛水、汜水、索水的水量能否满足汴渠航运的需要。首先比较过水断面面积,实测结果是,上游来水的河道断面之和为 2136 平方尺,比下游汴渠断面多 974 平方尺。其次进行流速比较,当年只注意到“以河、洛湍缓不同,得其赢余可以相补”(《宋史·河渠志》),引进了流速概念,但只有定性描述,而缺乏精确测量。这是流量计算的最初形式。

明末清初,流量测验有了显著的进步。康熙皇帝对于数学和测量学有较高的造诣。康熙三十一年(1692 年)他提出流量的测量方法是:“算术精密,即河道闸口水亦可算昼夜所流分数。其法:先量闸口阔狭,计一秒所流几何,积至一昼夜,则所流多寡可以数计矣。”(《东华录》)其中闸口阔狭是过水断面。一秒钟水流距离是流速。但流速的测量方法仍未见说明。

《数理精蕴》、《数迪》相继表述流量施测方法是:把一木板置于河

中,“用验时仪坠子候之,看六十秒内木板流远几丈”。采用多大的修正系数来完善和弥补测量的不足,当年还缺乏妥善的办法。至1775年法国水力学家谢才提出了计算明渠水流与水面比降关系的公式,才解决了流量计算这一困扰已久的难题。

二、堵口、埽工与河道整治工程

中国河工技术源远流长,其中堵口、埽工抢险工程和河道整治工程最有特色。

(一) 堵口技术

当抢险失效大堤决口时,则要及时堵上。在大汛期间堵口困难,所以堵口一般选择枯水期进行。古代堵口,限于材料和施工条件,一般采用由草、竹、树枝夹以土石用绳索捆绑而成的埽。卷埽呈长筒形,直径有至10米者,以其庞大的体积和重量抵御决口水溜的冲击。堵口方式有平堵和立堵两种。

在黄河上多采用立式堵口,一般还要修筑挑水坝和开挖引水河。这是由于决口后,原河道水流迅速落低,造成主槽淤积,淤积常达几公里至10多公里。为减少堵口的压力,先在原河道淤积段开挖引河,以分散堵口时的流量。然而决口后,主溜趋向决口口门,为了更好地发挥引河分减水流的作用,应在决口上游同侧的适当地点修建挑水坝,挑水坝的长度和方向应将主溜引至河中泓为宜。

堵口的施工布置,根据决口的大小和水势的缓急,分别采用单炸弹近堵、双坝进堵等方法。

当决口口门上下水头差较小时,一般在决口上游或下游只修一道坝堵口。也就是从决口上坝头开始进占,同时在坝后修筑土戗保护,至决口另一端合龙,俗称“独龙过江”。

如果口门太大,水势湍急,口门上下游水头相差较大时,则同时

修筑双坝进占。即在正坝的上游或下游相距 60—70 米处另修一道边坝。二坝之间用泥土跟进铺筑。至合龙时,上下游水头往往高达 3—4 米。由于二坝同时进占,在正坝和边坝的上下游各形成一个水头落差,也就是将决口上下游水头由两坝各自分担 1—2 米,从而使堵口合龙的压力大为减轻。如果决口水势更大,也有采用在正坝之外、上下游各修一道边坝,同时进占的,称作三坝进堵。

(二) 埽工技术

埽工是中国特有的一种用于护岸、堵口、截流的水工建筑物,主要用在黄河等北方多沙河流上。埽是用树枝、薪草、竹等软料分层夹以土石,卷制捆扎而成的构件。每个构件叫埽个或埽捆,简称埽。小型的也称埽由。将若干个埽捆叠加连接起来,沉入水中并加以固定,则称之埽工。埽工是中国独创的一种水工建筑物,起源很早,大约已有 2500 年的历史了。战国时期的史料记载:“治水者茨防决塞。”(《慎子》)茨防就是早期的埽工,汉代对于埽工已有熟练的运用。埽工的名称在宋代始见于文献。

金之《河防通议》及《宋史·河渠志》等文献对埽工制作方法和用料都有详细记载。大体是:事先选择宽敞的堤面作为埽场。埽场上密铺草绳,草绳上铺梢枝和芦苇等软料,其上再压土石料,逐层相叠,最上层安放一根大竹索作为心索,然后卷裹和捆扎,并用较粗的苇绳拴住两头。埽捆便做成了。埽捆的体积往往很大,“高自十尺至四十尺者”,需要在统一指挥下几十上百人喊着号子,一齐用力推到需要的地方,沉入水底,然后将心索牢牢拴在堤岸的木桩上。一个埽工往往需要几十个埽捆重叠排列而成,长达数百米甚至上千米。最后在埽体上自上而下打入贯穿木桩。木桩直插河底,将埽体固定。埽捆之间的空隙则需随时用梢草堵塞,务使密不过水。埽工制作在清代乾隆年间(1736—1795 年)有重大改进,出现了厢埽,即沉厢式修筑。厢埽施工时先在堤外安置一个捆厢船,在堤与船之间密铺缆绳,再逐层铺上已

捆扎好的埽捆,然后层层下压并松缆下沉,直至河底。各层之间用木桩贯穿和连接。秫秸和土的比例一般为1:0.3—1:0.5。这种埽工施工方法直到今天在宁夏黄河上仍有应用。

埽工可以按其不同功用作成不同形状,有鱼鳞埽、磨盘埽、萝卜埽等形象生动的名称。

(三) 河道整治工程与实践

河流的自然冲淤变化往往不利于洪水的输送和河防的修守。需要进行河道整治。古代的河道整治工程包括裁弯取直、疏浚以及修建治导和护岸建筑物等。系统的河道整治最早见于公元69年的王景治理黄河和汴渠。据《后汉书·王景传》记载,当年曾进行裁弯疏浚和修筑堤防、水门等建筑物的工作。

黄河上的裁弯工程首见于公元前一世纪初年。当年黄河在今临清南形成三道大弯,主流直冲当时的贝丘县。为此曾开新河槽,进行裁弯取直^①。在黄河上裁弯非一般工程可比,工程量大而技术复杂。由于那时对黄河治理的实践经验和理论认识都不足,裁弯之后三年黄河又重新坐弯。后代逐渐认识到黄河下游的弯曲形态是游荡性河道的特性,一弯变则弯弯变,裁弯往往达不到预期的效果,于是以后没有人在黄河上进行裁弯。

而古代在清水河道上裁弯取直成功的事例则很多。北宋年间在吴淞江的三条支流上进行过几次裁弯。其中白龙汇在直线距离只有10里的一段,河道迂回长达40里之多。经裁弯后,水道通利,防洪条件大为改善。

河道疏浚也是经常性的整治工程,以调整河流纵断面的泄水能力。太湖下游地形平缓,河道易于淤积。十世纪初年,为保证太湖排水,曾设立一支由一万多人组成的专业疏浚队伍,称作捞浅军。捞浅

^① 见《史记·河渠志》。

军分作四路,工作以疏浚为主,并结合鬲泥肥田和修筑道路等,对改善太湖下游防洪条件有重要作用。

人力疏浚对含沙量不高的小河作用明显。对于淤积严重的黄河下游人力疏浚则一筹莫展。北宋年间曾发明“浚川耙”,和“铁龙爪扬泥车”等简单机械进行疏浚的尝试(《宋史·河渠志》)。浚川耙是一个长八尺的大钉耙,钉耙两端有绳索系于船上,利用大船拖动,搅动泥沙。由于动力不足,且水流的挟沙能力并没有提高,被搅动的泥沙很快重新淤积。

利用水工建筑物改变河道特性,达到疏浚的目的,古代有许多成功的经验。明清时期在黄河下游实行的“束水攻沙”。希望利用靠近主溜的缕堤缩窄河床断面,达到“以河治河”的目的,并成为二三百年来治理黄河的主导思想。这种作法在理论和实践上存在许多困难,直到今天仍是有待探讨的课题。

控制河流的横向摆动,古代有更多的工程经验。在黄河下游游荡性河段上,河道迂回曲折。明代治河大臣万恭曾指出:“水之不可使直,犹木不可使曲也。……(黄河)每折必扫湾,在河南制之以埽,在徐州、沛(县)制之以堤,吾谨备之耳。……故大智能制河曲,不能制河直者,势也。”(《治水筌蹄》)深刻认识到黄河游荡性河段的曲折特点是河流的自然规律,治河应因势利导。这一段的黄河宽窄相间,象莲藕粗细相间。河槽的收缩段是易于出险的地方。如在这里修建坚固的埽工,则有利于控制河势和防汛修守。北宋年间就曾在黄河下游两岸建有险工 59 座。这些险工按平面形状有马头、锯牙等。马头是较大型的护堤挑水坝。而锯牙则是小型的连续排列如锯齿状的挑水坝。这些挑水坝直到现在仍在长江和黄河上普遍采用。它既能保护险工段堤防,又有利于控制河势的稳定。为控制河势,古代还注意堵塞滩地上的串沟(又称汊河,宋代称鱼肋河),尤其是在黄河上,滩地往往向堤根倾斜,河水出槽后极易沿串沟直冲大堤而生险。

黄河主溜靠近大堤的位置有时上下错动,俗称上提下坐。如主溜离开重点防守的险工段,而顶冲平工段,则易出险。古代使用一种称作木龙的木结构护岸装置。木龙始见于北宋,清代仍多采用。有一种结构是在河堤前埋木框内填以河卵石,有抵抗水流冲击消能的作用。

三、古代非工程防洪减灾措施

从社会发展需要和经济合理角度出发,在修建防洪工程尽可能防止洪水出槽的前提下,着重改善社会以适应自然,减轻超标准洪水出槽后的灾害损失,是进一步防洪减灾的重要方面。这就是近几十年提出的非工程防洪减灾措施的概念。纵观历史,非工程减灾措施在古代已程度不同地有所实行。

(一) 洪水预报

古代的水情预报是人们对气象和水文长期观测的经验积累基础上作出的。《孟子·离娄下》描述中原地区的水情是:“七八月之间雨集,沟浍皆盈。其涸也,可立而待。”也就是说这一地区降雨集中于七八月,但是降雨并不持久。西汉年间已经出现桃花汛的名称。到了北宋,对黄河全年12个月的水情不仅都有专门的名称,而且对这些水汛的性质和成因也都有所阐述。庆历八年(1048年)成书的《河防通议》对水汛有系统介绍,并以物候为水汛名称,这表示对某些水汛的成因和特性也有深入的认识。今天防汛工作中仍通用“桃汛”、“伏汛”、“秋汛”和“凌汛”的名称以确定一年中防汛的重点时段,是对古代“举物候为水势之名”直接的继承。

古代也有根据经验和观察对洪水进行定量预报的记录。《宋史·河渠志》记载:“自立春之后,东风解冻,河边人候水。初至凡一寸,则夏秋当至一尺,颇为信验,故谓之信水。”根据信水的涨幅推算伏秋大汛程度,这是一千多年以前纯经验性的洪水长期预报了。而对信水的

特征古代也有详细的记载：“信水者，上源自西域远国来，三月间凌消，其水浑冷。当河有黑花浪沫，乃信水也，有谓之上源信水，亦名黑凌。”（《河防通议》）明代万恭说：“（黄河）凡黄水消长，必有先几（最初细微的征兆）。如水先泡，则方盛；泡先水，则将衰。”（《治水筌蹄》）这是根据洪水形象特征而作的短期预报。直至清代，黄河上还有这样的从事洪水预报工作的“识水高手”。

古代也有自上游向下流的报讯制度。黄河上报汛制度最初见于明代隆庆年间。据《治水筌蹄》记载：“黄河盛发，照飞报边情摆设塘马。上自潼关，下至宿迁，每三十里为一节，一日夜驰五百里，其行速于水汛。”汛情传递采用军情传递的方式。清代还有用羊皮筏报汛的，办法是用整个羊皮制成“皮混沌”，上面绑一兵卒，腰系刻有兰州水位的水签，自兰州出发至河南报警。1903年山东黄河上最早采用电话报汛，1909年在三门峡万锦滩设水文站，开始实行水情定量观测。

（二）蓄滞洪区的管理

蓄滞洪区的应用实质上是牺牲经济相对次要的地区，来保障带有全局性重要地区安全的一种措施。元代曾开辟过黄河蓄滞洪区，将今开封以南的陈留、通许、太康等县作为黄河的蓄滞洪区。后来由于淤塞严重，分洪不力，老百姓纷纷在蓄滞洪区内开垦种田，发展经济，以致蓄滞洪区难以重新使用。后来，就黄河蓄滞洪区的利弊有一次热烈的讨论。人们总结了开辟蓄滞洪区的利弊得失，认为如果将这个蓄洪区废弃去发展生产，固然会增加收益，但由于丧失了蓄洪区调蓄作用，水灾必然增加，而且向南决口将淹开封，向北决口将一直威胁山东。与其经济发达的地区遭灾不如牺牲不发达的蓄滞洪区。当然，对于蓄滞洪区里已有的居民也应有适当的安排，或迁往外地，或给予免税等救济措施。“两害相权取其轻”，可见早在一千多年前古人已充分认识到蓄滞洪区的作用，并作为积极的非工程防洪减灾措施来应用。

第二章 灌溉排水与海塘工程

灌溉和排水是农业社会水利的重要功能之一,通过工程手段向农田提供灌溉用水,在湖泊低地实施排水。灌溉和排水工程的出现和发展是社会进步的产物,它的演进具有时代性,又由于地区自然条件不同而各具特色。

古代灌溉与排水工程的发展经历了四个阶段:

(1) 春秋战国以前沟洫灌溉排水时期,其主要特点是利用天然降雨和自然径流灌溉和排水。

(2) 战国至汉代,中国封建制度进入蓬勃发展,富有生气的时期,灌溉与排水工程进入了引水灌溉工程的发展期。长江流域的都江堰、黄河流域的郑国渠和海河流域的引漳十二渠等世界闻名的水利工程都创建于这一时期。

(3) 宋代长江、珠江中下游和湖泊水利开发利用成就突出。这一时期长江中下游及岭南广大地区逐渐开发,政治经济中心南移,这些地区水利建设进入了大发展时期,灌溉和排水工程以塘、浦、圩田工程形式为主。

(4) 元、明、清 600 年间,边疆和偏远地区进一步开发,各种灌溉工程特别是小型引水、蓄水工程在这些地区普遍兴建。这一时期的代表工程有云南滇池松华坝、新疆吐鲁番的坎儿井、珠江三角洲的

基围。

由于自然条件的差异,灌溉和排水工程具有地域特点,南方多为清水自流灌溉工程,其特点是工程简单,因地制宜布置取水和引水渠道。北方多沙河流上一般是浑水淤灌工程,考虑取水和输沙要求,采用多口取水和较陡的渠道底坡。在山区和丘陵地区主要是蓄水与引水结合的陂塘工程。在湖区或邻近江湖的低洼地区多有圩田和基围以挡水排涝,兼及通航和灌溉。在干旱内陆沙漠地区坎儿井是典型的地下井渠结合的工程形式。许多古代灌溉排水工程至今仍在使用,数百年乃至上千年来滋润着一方土地。在东南沿海主要修筑海塘闸坝,防御海潮并蓄淡水的拒咸蓄淡工程。这些水利工程在规划方面体现了高度的科学性,是中华民族古代文明的丰碑。

第一节 取水和蓄水灌溉工程

取水和蓄水是实现灌溉的工程手段,古代取水工程按照现代水利工程的分类可大致归为无坝和有坝两种。无坝取水枢纽的工程形式主要取决于地形和水源条件,都江堰是无坝取水工程的典型。有坝取水工程一般都将坝修得很低,便于坝顶溢流和坝的维修。古代受建筑材料的限制,水工建筑物多是临时性的或半永久性的,管理水平决定了水利工程的寿命。

一、无坝取水工程

无坝取水是古代最常见的工程形式,它尽可能地依靠水源地的地形和地势布置分水、导流、泄水工程和引水渠。秦汉之际是无坝取水工程创建并发展的重要时期,著名的工程有岷江上的都江堰、泾水

上的郑国渠、渭水上的成国渠等。明清时期在宁夏和内蒙河套地区修建的引黄灌溉工程多是无坝取水。

(一) 都江堰

都江堰创建于战国末年秦昭襄王五十一年(前 256 年)。由蜀郡守李冰主持修建,其时秦国正处于吞并六国一统天下的鼎盛时期,修建都江堰最初是为了向成都供水,以利于蜀郡粮食水运至巴和楚,支援吞并楚国的战争。汉代以来都江堰逐渐演化成具有灌溉、航运、城市用水等功用的水利工程^①。都江堰汉代名金堤,晋时称都安堰,唐代曰犍尾堰,宋代始称都江堰。

都江堰位于岷江上游成都的西北。这里是岷江进入成都平原的起点,在地形上具有自流引水的良好条件。要实现引岷江水进入成都,首先是开凿引水口,宝瓶口是都江堰最早兴建的关键工程,它是利用岷山山脉余端凿开的永久性进水口。宝瓶口的成功为都江堰的发展开创了广阔的前景。都江堰经历了不断完善和发展的过程,至迟在唐代渠首具备了现在的规模,形成了由分水工程——鱼嘴、导流工程——百丈堤和人字堤、调节工程——飞沙堰、进水口——宝瓶口组成的枢纽工程^②。鱼嘴建在岷江江心洲的顶端,江水在此一分为二,左侧水流称内江,水流经百丈堤、人字堤、飞沙堰、宝瓶口的综合调节,余水通过飞沙堰汇入岷江,渠首各工程组成有机的整体。科学的布置和合理的高程控制使都江堰排放相宜,运行至今效益不减。

古代都江堰灌区基本覆盖成都平原,灌溉面积达到 300 万亩,通航水道纵横平原东南西北。灌溉和舟楫之利使成都自汉代以来便成为全国经济繁荣的重要商业都市之一,成都平原更是以“水旱从人,不知饥馑”而称为天府之国(《华阳国志》)。今天都江堰灌区已经由平

① 《史记·河渠书》记载:“此渠皆可行舟,有余则用溉浸,百姓享其利。”

② 谭徐明:《论宋以前都江堰的演进》,《水利史研究室五十周年学术论文集》,水利电力出版社 1986 年版。

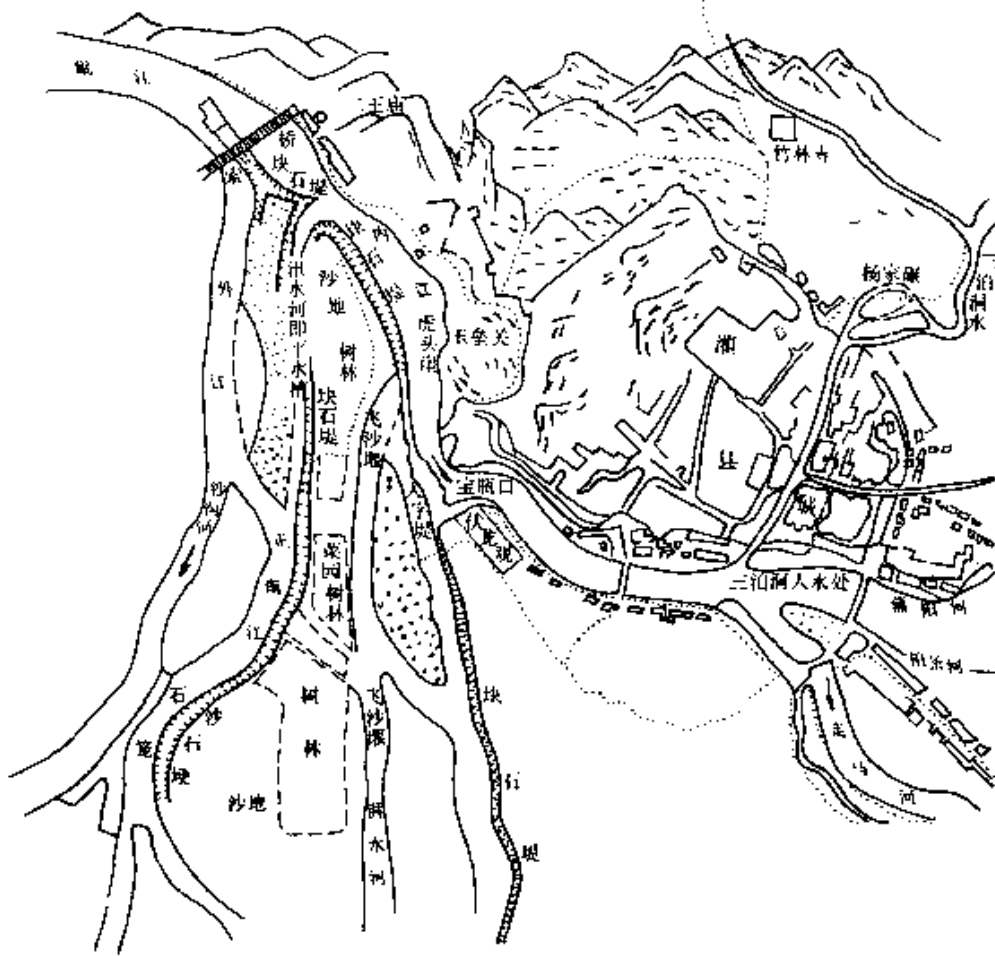


图 2-1 都江堰渠首枢纽工程平面布置图

本图引自宣统二年(1910年)《成都通览》第八册,成都通俗出版社

原扩展到丘陵。延续两千多年的都江堰是世界上现存历史最长的水利工程,今天它的价值不仅是一座水利工程,更是属于全世界的历史遗产。

(二) 郑国渠

秦始皇元年(前 246 年)韩国在秦兼并列国战争中,为了阻止秦国攻韩,使用“疲秦”之计,派水工郑国帮助秦修建大型灌溉工程,以图消耗秦的实力。在工程施工中,此计为秦识破,欲杀郑国。郑国对秦王说:“(修渠)为韩延数岁之命,而为秦建万世之功。”(《汉书·沟洫志》)秦遂继续施工,历经 10 余年,工程终于建成,而名“郑国渠”。

郑国渠建成以后,给秦国带来了巨大的经济利益,干渠西起泾阳,引泾水东下,尾水入洛水。由于获得了灌溉之利,亩产达到一钟(约合今制 250 斤),灌溉面积号称 4 万顷(约合今制 280 万亩)。^①

汉代在郑国渠取水口以下增开白渠,尾水回到渭水里。以后郑国渠称“郑白渠”。唐代郑白渠灌区成为都城长安的主要的粮食产区,唐中期长安皇亲国戚、达官贵人,纷纷在郑白渠建磨、碾,郑白渠灌溉面积减少到 6200 顷。宋元以来,由于泾河河道下切,取水口不断上移,进入泾河上游峡谷,至元代改为有坝引水,在泾河上修筑木笼石坝,取水口开凿在左岸基岩上,灌溉面积曾恢复到 9000 亩。明清渠口上移,取水问题仍然不能解决,至清乾隆二年(1737 年)将进水口封闭,改引泉水灌溉,灌溉面积只有几万亩。1932 年,著名水利家李仪祉兴建混凝土拦河坝,建成泾惠渠,引泾灌溉重新恢复。

元代以前引泾灌溉渠道均为无坝引水。由于泾河河道不断下切,为了保证足够的引水量,取水口的位置一次又一次上移,引水渠道也越来越长。

(三) 宁夏引黄灌区

汉元朔二年(前 127 年),武帝派卫青出击匈奴,收复了黄河以西广大地区,在今宁夏、内蒙河套地区屯田戍边,黄河河套地区的引黄灌溉工程始于此时并延续至今。宁夏河套地区引黄灌溉更为发达,北魏时薄骨律镇将刁雍开艾山渠,灌田 4 万余顷。唐代这里有薄骨律渠、汉渠、胡渠、御史渠、百家渠、光禄渠、尚书渠、七级渠、特进渠等。元代至元时(1335—1340 年),郭守敬大规模修复宁夏灌区。两千年来在沿黄河今中卫至银川一带,分布众多的引黄灌渠,有灌溉之利的河套平原成为富饶的“塞北江南”。古代引黄灌区渠道进水口均为无坝取水。

^① 据今人研究,按照泾水的水资源来量,郑国渠的灌溉面积不能达到 280 万亩;又郑国渠在汉代继续扩展,当时的文献记载其灌溉面积也远不及 4 万顷。估计郑国渠当时的灌溉面积最多可能达到 50 万亩,这在关中平原也是大型的灌区。

宁夏灌区引黄灌区地势平衍,水源充沛,具有引水自流灌溉的良好条件。一般采取在黄河河道水面 1/4 处布置一条纵向导水堤的形式引水入渠。引渠临河一侧设置泄水湃(即溢流堰)或退水涵洞调节引水流量。维持渠道运行的主要工程手段是

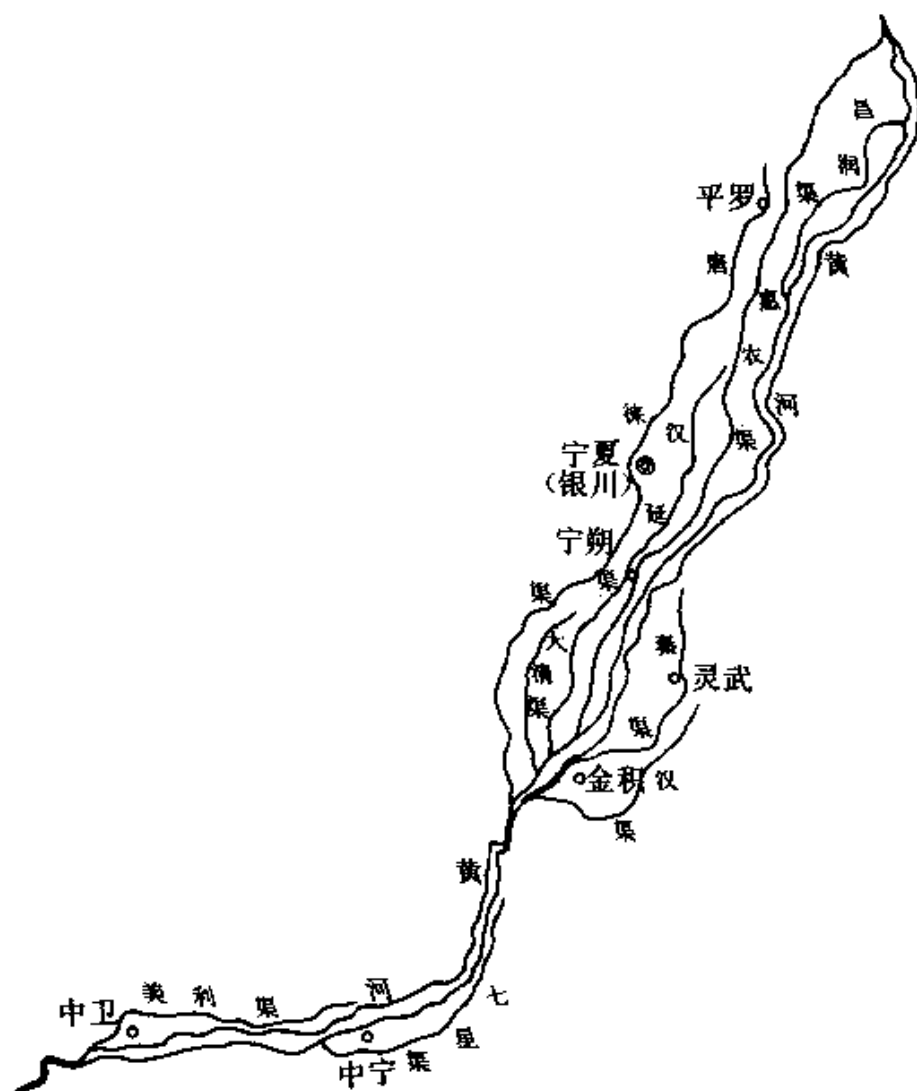


图 2-2 宁夏灌区主要渠道分布示意图

管理。灌区各渠道都有严格岁修制度,每年入冬封堵进水口,来年清明时清淤,初夏放水时并不立即开启各支渠斗门,而是逼水至于渠末梢,自下游而上游各支渠轮灌。

二、有坝取水工程

与无坝取水工程相比,有坝取水水量更有保证。我国有坝引水灌溉工程出现于战国时期。公元前 453 年,晋智氏(亦称智伯)筑坝于汾水,形成水库,在坝上游开渠引水东下以淹晋阳(今山西太原西南),

此渠即为智伯渠。后来智氏灭,韩赵魏三分晋。战后若干年,“后人踵其遗迹,蓄以为沼……沼水分为二派,北渎即智氏故渠也”(《水经·晋水注》)。智伯渠是见于记载最早的有坝取水工程。有坝取水工程在解决泥沙和洪水问题中对工程技术提出了更高的要求,古代有坝引水枢纽工程主要由两部分组成:拦河坝和取水口。拦河坝以壅高水位,维持一定的引水高程;取水口位于坝的上游,有导流堤或设闸门控制引水量。由于建筑材料的限制,坝多为用卵石或砌石堆砌的临时或半永久性结构,卵石用竹笼、或木笼装盛,用木桩固定,汛期允许冲溃。古代有坝取水工程分布较广,一些工程沿用至今。谨将历史较长,灌溉面积较大的有坝取水工程举例如下:

(一) 戾陵堰

在今北京永定河上,北魏嘉平二年(250年),蓟城镇守刘靖主持修建。永定河时称“湿水”,刘靖在今石景山附近“造戾陵遏,开车箱渠”(《水经·鲍丘水注》)。坝址位于湿水出山峡谷段,引水渠也是在基岩上开凿,引水东北,入湿水支流高粱河,灌溉蓟城北部农田约2000顷。12年后工程大修,灌区由此又有扩展,达到万顷。戾陵堰建成后多次被洪水冲溃,刘靖及其子镇守蓟城时,屡兴大工修复,工程维持了约50年,后北方战乱,失于维修,终于废弃。

《水经·鲍丘水注》记载戾陵堰渠首枢纽布置“长岸峻固,直截中流,积石笼以为主遏,高一丈,东西长三十丈,南北广七十余步。依北岸立水门,门广四丈,立水十丈(当系尺之误)”。据此推算,坝体长约100米,坝高1.3米,以木笼累石砌筑。永定河是季节性河流,洪枯水量比达到1:20000,采用低坝以利溢流,且汛期主坝当允许部分冲毁,冬春之际岁修恢复。引水口建在北岸,应是在基岩上开凿而成,由于坝的雍水作用可以逼水自流进入渠道。

(二) 山河堰

位于汉水(今称汉江)支流褒河出山口,是一个多级引水灌溉工

程，相传始建于西汉时。北宋时山河堰已经形成拦河坝、输水干支渠、田间农渠完整的工程体系，这座古老的水利工程从北宋初年欧阳修最早记载到 1975 年为石门水利枢纽工程取代，历时长达 930 余年。^①

北宋时山河堰有 3 座堰(即拦河坝)，自上游而下依次为一堰、二堰和三堰。左右两岸各一条引水渠，灌溉褒城农田；以下各级分别有一条引水渠，灌溉南郑一带。堰的数量和位置历史上变更频繁，但是枢纽形式和坝的结构没有大的改变。拦河坝采用堆石结构，即在河床中放置木桩制成的框架，再填以卵石，是临时性的建筑，每年都要重

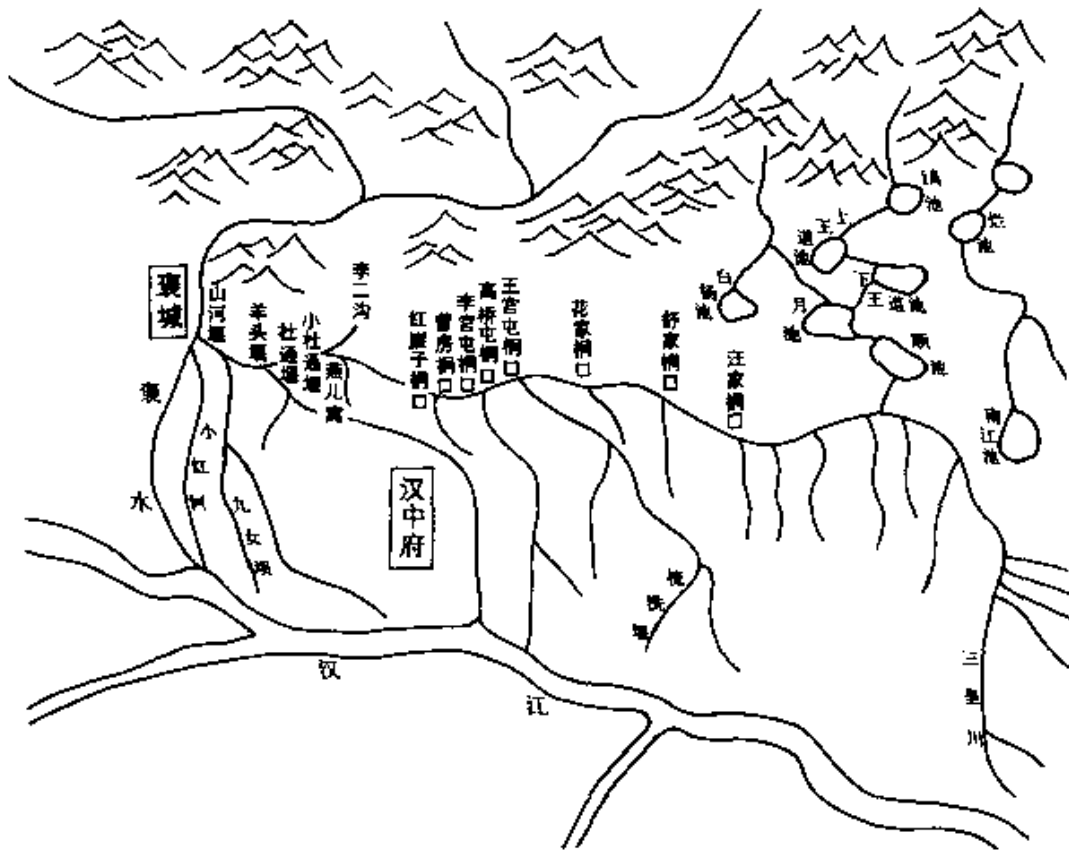


图 2-3 古代山河堰灌区示意图

(引自嘉靖《汉中府志·水利》)

^① 周魁一：《山河堰》，《水利水电科学研究院研究论文集》第 12 集，1982 年版。

新修筑。

山河堰灌区引水量的调节主要在渠首进水口段,从现存的山河堰工程遗迹可以看到在距取水口 175 米处开始布置侧向溢流堰,以下相距 110 米再布置一处,溢流段长约 90 米,河水进入渠道后多余的水经溢流堰泄入汉水。

(三) 通济堰

通济堰是著名的古代有坝引水灌溉工程,位于岷江中游,灌溉今四川新津、彭山、眉山四县,灌溉面积据二十世纪四十年代统计为三十多万亩,是成都平原南部次于都江堰的又一灌区。通济堰始建于东汉末年建安时(196—220 年),唐开元二十八年(740 年)益州长史章仇兼琼重建。清代嘉庆七年(1802 年)在渠首上游开引河,引都江堰外江干渠尾水入通济堰,扩大了水源,增加了灌溉保证率,至此通济堰与都江堰成为一个灌溉调度系统。^①

通济堰横截岷江支流南河,据宋代文献记载,当时拦河坝“横截大

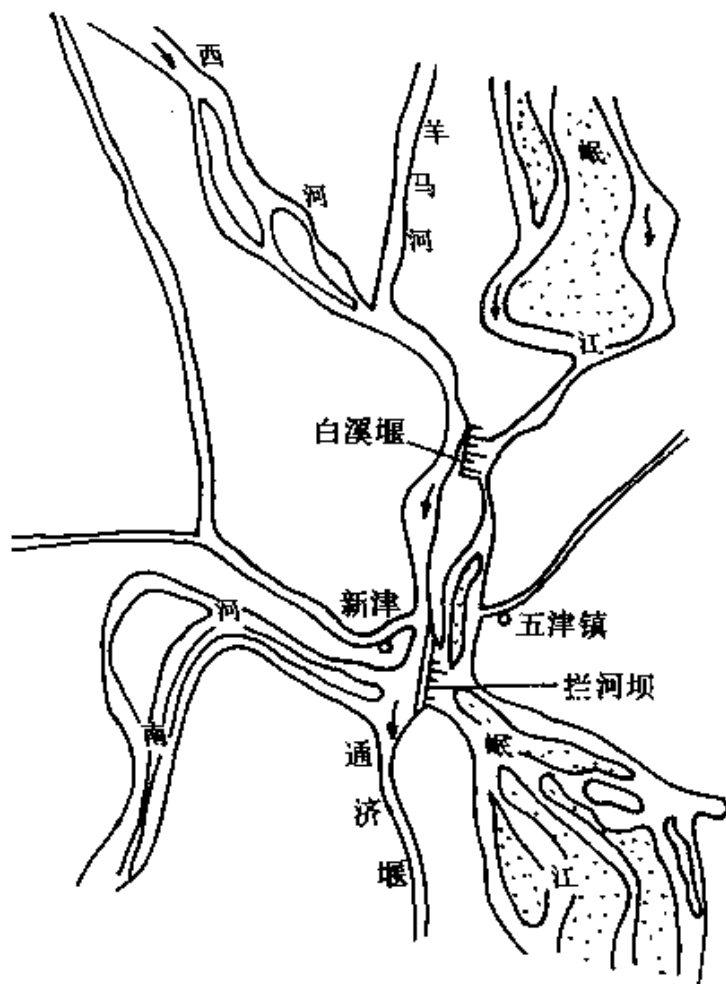


图 2-4 通济堰渠首枢纽工程布置图

^① 谭徐明:《四川通济堰》,《水利水电科学研究院研究文集》第 31 集,1990 年版。

江二百八十余丈”(《建炎以来系年要录》),约合今制 860 米,与民国时期和现在坝长相近。坝系竹笼充填卵石堆砌而成的竹笼砌体临时坝,坝高 3.5—6.5 米,汛期允许冲溃,每年冬季岁修时重建。二十世纪五十年代,通济堰拦河坝改建为永久性混凝土低坝,引水方式仍然沿用。通济堰灌区渠道系统呈枝状沿岷江向南延伸,灌区汇入渠道的地表径流和灌溉余水,通过干渠沿线的湃缺泄入岷江。

三、陂塘蓄水工程

利用洼地积蓄地表水,以供人畜饮水和灌溉,是人类形成之初赖以生存的手段。公元前 600 年具有蓄排水综合功能的蓄水工程开始出现。魏晋南北朝时期是陂塘蓄水工程大获发展的时期,以汉水流域和淮河流域最为突出。陂塘蓄水工程是灌溉工程中最先出现的工程类型,它是利用蓄水区天然条件,在洼地和塘泊周围筑堤,并设置闸门以引水和排水,并有渠道将各陂塘联系起来,形成蓄、引、泄有机的工程体系,这种有如“长藤结瓜”的塘渠结合灌溉工程至今仍是丘陵地区常有的工程类型。

(一) 芍陂

又名安丰塘,相传春秋楚庄王时(前 613—前 591 年)孙叔敖所建,在今安徽寿县西南。芍陂的水源主要有淠水和山溪区间径流,尾水出北流入淮河。芍陂在三国魏晋南北朝时有大的发展,其灌溉所及成为淮河流域的主要的粮食产地。

东汉末年至南北朝时,淮河南北成为各割据政权必争之地,这一带大兴屯田,芍陂工程得到完善和发展。建安时(196—220 年),曹操先后派扬州刺史刘馥、邓艾在寿阳(今寿县)屯田,大举修治芍陂。《水经·肥水注》记魏晋时芍陂“陂周一百二十许里……陂有五门,吐纳川流”。是塘与渠道相接合的大型灌区,灌溉面积最多时达到百万亩。

隋唐至元代,芍陂一带仍是全国主要的屯田区之一,明清时,芍陂多称安丰塘,由于陂塘自然淤积和豪强地主滥事占垦,灌溉效益大减,至近代水面减少到长二十余里,东西宽不到十里。二十世纪五十年代以后安丰塘成为淠史杭灌区的反调节水库,工程设施陆续改造,现在安丰塘蓄水量为7300万立方米,灌溉面积63万亩。

(二) 南阳汉代陂塘蓄水工程

汉水支流唐白河流域的今河南南阳、邓县、唐河、新野在汉代是经济发达、政治活跃的地区,南阳水利由此有大的发展。汉元帝时(前48—前33年)南阳太守召信臣“行视郡中水泉,开通沟渎,起水门提凡数十处,以广溉灌,岁岁增加,多至三万顷,民得其利,蓄积有余”(《汉书·召信臣传》)。为了合理地调配水量,召信臣制定了“均水约束”,由灌溉用水制度来规范陂塘的蓄水和用水。水利的发展使“(南阳)郡中莫不耕稼力田,百姓归之,户口增倍”(《汉书·召信臣传》)。在召信臣兴建的数十处工程中,最著名的是六门陂。六门陂在今邓县,兴建于建昭五年(前34年),该工程壅遏唐河,创建时设三水门引水灌溉,后改成六水门。《水经·洧水注》记“(六门陂)下结二十九陂,诸陂散流,咸入朝水”灌溉穰、新野、昆阳三县四十多万亩,是具有相当规模的大灌区。东汉建武时(35—56年)杜诗任南阳太守时继续大力经营水利,降至南北朝时南阳水利仍十分兴盛,在白河上有樊氏陂、东陂、西陂、豫章大陂等,其中豫章大陂灌溉面积30万亩,在唐河上除六门陂外,还有楚陂、马人陂、大湖、醴渠、赵渠等陂渠,这些互相串联,可以充分调节灌溉水源的塘渠形成了富有特色的南阳水利。汉代张衡有《南都赋》这样描述南阳水利:“于其陂泽,则有钳卢、玉池、赭阳、东陂,贮水滢滢,亘望无涯。……其水开则宴洒流,浸被稻田,沟浍脉连,堤塍相错。”

古代陂塘蓄水灌溉工程分布广泛。淮河流域汝南地区,云南、四川等丘陵地区也比较普遍。

第二节 地下水资源开发与利用

利用地下水资源在我国有悠久的历史,在农业方面主要是引泉水自流灌溉和井灌,古代陕西、山西等地区还出现过井与引水渠组成的井渠供水工程系统。在气候干燥、降雨量少、土壤渗透性强的干旱和半干旱地区,地下水是主要水源。为了开发地下水和输水过程中尽可能减少蒸发,新疆吐鲁番和哈密地区创造了独特的水利工程——坎儿井。

一、有灌溉之利的鼓堆泉水与漠水——地下水利用举例

早在春秋战国时期人们对地下水已经有了一定的了解。根据《管子·乘马》的记载,在战国时人们根据农田地势、地下水的埋藏深度,将农田分成等级以决定赋税。《管子·地员》更详细地把北方平原地区地下水埋藏深度、水质和相应的地表土壤分作 5 种类型。

《管子·地员》土地与水质分类

土质分类	地下水埋深(尺)	地下水水质情况	宜种农作物种类
悉 徙	35	水仓	五种(谷)无不宜
赤 垆	28	水白而甘	(同上)
黄 唐	21	泉黄而糗,水流徙	唯宜黍稷
斥 埴	14	泉咸,水流徙	宜大蒜与麦
黑 埴	7	水黑而苦	宜稻麦

注:表内系战国尺,每尺约合今制 0.23 米。

古代对地下水的利用主要是引取泉水,作为生活或灌溉用水,明清时期京杭运河会通河段和通惠河曾经大量引泉济运,山东济南和北京西郊的泉水成为运河的重要水源。人类引泉灌溉应该与引地表水灌溉的历史不相上下,在地域分布上也极广泛。古代中国引泉灌溉工程中灋水、鼓堆泉水以其历史长、灌溉面积大比较著名。灋水分布在今临黄河的临猗县和合阳县间的两岸,以及黄河江心洲上。各处灋水在地下相通,汇合后流出地表,下流入黄河。据《水经·河水注》记载北魏时,位于临晋(今临猗西)的一个出水口,喷沸涌出,称之“灋魁”。至迟在西晋时,河东的灋水已引入陂塘,灌溉稻田。隋开皇九年(589年),蒲州刺史杨尚希“复引灋水,立堤防,开稻田数千顷”(《水经·河水注》)。河西的引泉灌溉工程在唐代形成了相当的规模。合阳开通灵陂,引灋水积蓄于内以灌田。清乾隆时合阳的灋水共溉田一千六百余亩。

鼓堆泉水在今山西新绛县,源出县西北25里之鼓堆,水质较好。泉出地表后西南流注入汾水。鼓堆泉水很早就有灌溉之利,但规模较小。隋开皇十六年(596年),临汾县令梁轨主持开渠道12条,引泉水灌溉面积约5万亩,并给绛州城(今新绛县城)提供生活用水。唐宋时,并为3条渠道,1条通往州城,另两条引入田间灌溉,号称可溉田逾万顷,超过前代。元、明、清三代,鼓堆引泉工程维修管理不衰,但是城市供水逐渐减少。至清代,鼓堆泉水向附近30余村提供农田用水,不再向州城供水。除鼓堆泉水外,绛州境内泽泉、泉掌、红叶沟泉、峨嵋泉、古交泉、丁村泉等均有灌溉之利。

二、地下水的开采与利用——井灌与凿井技术

开凿水井,引取地下水灌溉在我国历史较长。考古发掘证明:距今约5000年前已经出现了深达6—7米,直径2米的生活水井,战国

时期已经有专门用于农业灌溉的水井^①。今河南新郑李唐庄考古发现的一处农用水井,以瓦圈在土井内壁砌筑一个井圈,节节叠砌,各节间还有子母榫扣相连。凿井时随着井深增加,瓦井圈层层放入,井挖好后,井圈也随之形成。瓦井可以减少泥沙入井,延长井的使用寿命。汉代,不仅是生活用水大量使用井水,井灌也很普遍。井壁的衬砌材料更加丰富,出现了用陶圈衬砌的陶井、用砖砌的砖井。为了便于灌溉,在井口设置汲水机械桔槔或辘轳,开挖引水渠道,将水引到需要的地方。汉代中国的凿井技术沿着丝绸之路传到了西域。武帝时,卫律在匈奴,“为单于谋,穿井,筑城,治楼,以艺谷”,帮助当地人掌握了凿渠的技术(《汉书·匈奴传》)。在大宛(今吉尔吉斯斯坦共和国境内),“宛城中无井,汲城外流水……宛城新得秦人,知穿井”(《史记·大宛传》)。



1 洛阳出土汉代陶水井

(据《文物参考资料》1954年9期)

2 辽阳三道壕汉墓壁画中的井与辘轳

(据《文物参考资料》1955年5期33页)

图 2-5 汉代陶水井

我国北方历史上多用井水灌溉。在井灌发达的地区,田间形成水井群,随时可以将水从地下提上来,通过沟洫灌溉。清代,陕西井灌在

^① 《中国水利史稿》上册,水利电力出版社1979年版。



图 2-6 元·王桢《农书》中的田间井灌

政府的倡导下成就较大。乾隆二年(1737年),陕西巡抚崔纪大力推广凿井。据当时的统计,陕西旧有井 76000 多眼,新开井 68900 眼,灌溉面积约 20 万亩。继任巡抚认为此数不实,还应继续兴建新井,于是在他任上凿井 28000 眼^①。这些灌溉水井主要分布在今西安、咸阳一带。

井是人类文明进步的产物,井址的勘测、开凿、施工工艺和提取综合了水文地质、机具或机械、建筑材料等方面的科学技术。先秦时有关凿井的占卜文字中,许多反映了当时人们凿井和使用井水时十分谨慎而惶惑的心态。但是,当时井加衬砌的必要性,已经为人们所认识。“井无咎,修井也”(《周易·井》),就是说井壁坍塌后,要立即修复。战国以来有关井的记载,散见于许多历史文献中。直到明代,著名的科学家徐光启将地下水的相关知识和井的开凿技术予以了系统地归纳,在《农政全书·水法附余》甚至介绍了古希腊有关水文地质理论和水井开凿技术的珍贵历史文献。^②

① 《续修陕西通志稿》卷六一。

② 见《农政全书校注》卷七〇《泰西水法下》,上海古籍出版社版。

三、坎儿井——井渠结合的地下水灌溉工程

坎儿井是新疆独特的灌溉工程类型,主要分布在吐鲁番和哈密一带。在有地下水出露的山麓开一排竖井,然后顺地势布置若干的竖井,其井深随之减少。井径约1—1.5米。竖井开后,于井底开挖隧道(即暗渠),将各井连通,暗渠可长达三十多公里,最后水被引出暗洞,积蓄在池塘中,再通过渠道输送到田间。新疆地区地表径流少,昆仑山的溶雪渗入地下,成为主要的水源。利用坎儿井可以有效地汇集地下水,水在暗渠输送过程中避免了大量蒸发,渠底以毡铺垫,降低了渗透,使水最有效地得以利用。

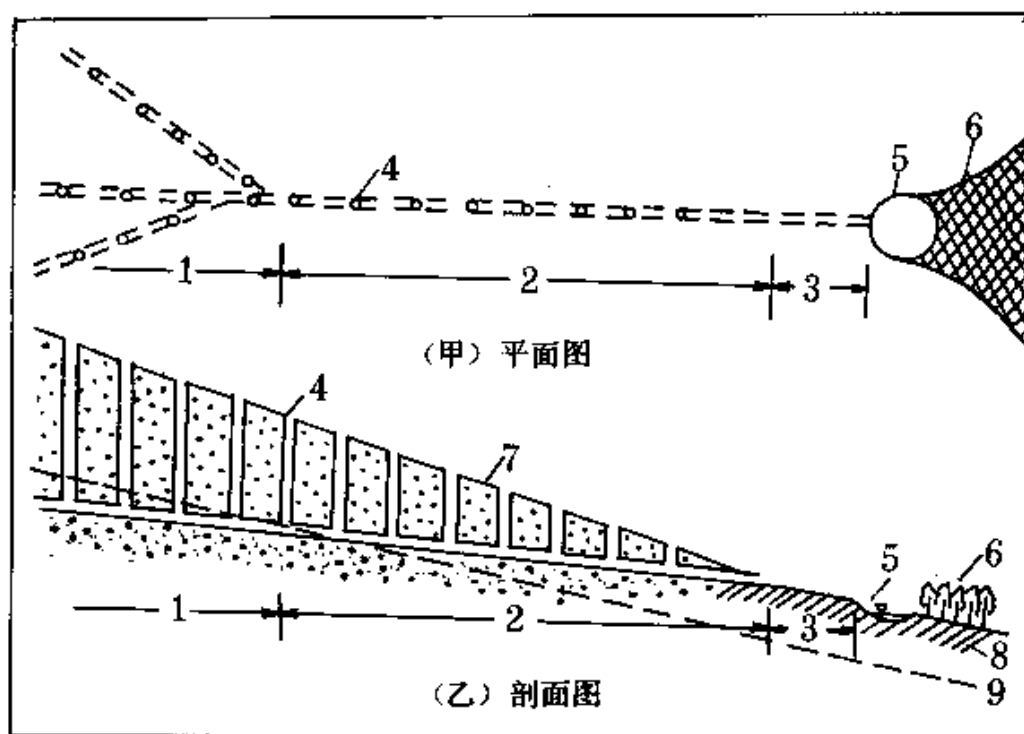


图 2-7 坎儿井工程示意图

关于坎儿井的起源,学术界主要有三种不同的观点:

起源汉代的中原关中一带说。根据是汉司马迁《史记·河渠书》所记载的龙首渠。龙首渠的干渠穿越商颜山的一段采用井渠(隧洞)

的施工方法。它创建于汉武帝元朔、元狩年间(前 128—前 117 年),引洛水以溉田。“凿井,深者四十余丈。往往为井,井下相通行水,水颓以绝商颜(山名),东至山岭十余里间。井渠之生自此始。”因此认为龙首渠的施工技术西传后,在新疆产生了坎儿井。

另一种观点则认为坎儿井的技术是从波斯传入的。根据是波斯坎儿井工程起源更早,使用更普遍;坎儿井的名称与波斯语卡斯(KAREZ)相近。

第三种观点认为坎儿井是本地区劳动人民的独创。

一定的自然条件,必然会产生出一定的水利形式。只要具备相同的自然条件和技术基础,不同的地区可能创造出相同类型的水利工程。有可能波斯和中国都是坎儿井发源地。

清代道光和光绪时(1821—1908 年)是新疆坎儿井发展的重要时期。道光二十五年(1845 年)林则徐贬谪新疆时,当地坎儿井只有三十余处。林则徐大力推广这种形式的水利工程,坎儿井迅速增加。光绪六年(1845 年),左宗棠平定新疆阿古柏叛乱后,在吐鲁番开坎儿井 185 处,同时在鄯善、库车、哈密等地也大量修建坎儿井。1944 年,有人统计过历史遗留下来的坎儿井,在吐鲁番有 379 处,灌溉面积十七多万亩;托克逊有坎儿井 156 道,灌溉面积 9 万亩。到二十世纪六十年代,新疆坎儿井超过 1600 处,其中吐鲁番占 1/3。

第三节 海塘与拒咸蓄淡工程

我国的江、浙、闽、粤等省沿海地带,潮灾是主要的自然灾害之一。海潮侵蚀海岸,恶化土壤,破坏农业生产,给人们的生命和财产造成了极大的危害。千百年来,中国人民在与海潮侵袭斗争中,逐步在沿海建成了规模宏伟的江海堤防工程——海塘(或称海堤)。海塘始

建于唐代,明清间海塘建设形成高潮。我国的海塘按地域分,有江苏海塘、浙西海塘、浙东海塘和闽广海塘。海塘工程早期多是土塘,因易于冲毁,元代以来逐渐为砌石结构的石塘所取代。这种重力坝型的大石塘绵亘一线宛如长城屹立于海疆,抵御着万顷波涛,护卫着富饶的濒海平原。

海塘修筑和维修工程量巨大,需要政府的参与和组织。明代,浙江设置“水利佥事”,管理水利也兼及海塘。清代,浙江沿海的杭州、绍兴、嘉兴等府设“海防同知”,专门负责海塘。重点的海塘段置塘长、塘夫,从事岁修和日常的巡查。

一、海塘工程——海上长城

我国最早的海塘工程出现在江苏长江以北和福建,宋代分别开始向苏南和浙江、广东沿海延伸。浙江海塘虽然起步较晚,但规模超过江苏海塘,且以石塘为主。

(一) 我国最早的海塘范公堤和苏南海堤

海塘在江苏称捍海堰或海堤。江苏海堤以长江口为界:以北为苏北海堤,以南为苏松海堤。苏北海堤最早的记载始于六世纪中叶。北齐时杜弼于海州(治今连云港)“带海而起长堰,外遏咸潮,内引淡水”(《北齐书·杜弼传》)。唐开元十四年(726年),海州刺史杜令昭也在此修筑过长7里的捍海堰。

苏北海堤中范公堤较为著名。唐大历年间(766—779年),淮南黜陟使李承在通州(治今江苏南通)、楚州(治今江苏淮安)至盐城一带筑“捍海堰”,长142里,主要用于阻挡潮水,“遮护民田,屏蔽盐灶”(《新唐书·地理志》)。北宋时这段海堤已经坍塌。天圣元年(1023年),任泰州西溪盐官的范仲淹建议修复,得到了转运副使张纶的支持。在张纶的推荐下,范仲淹任兴化知县,主持施工。不久范仲淹因

其母去世而归家守孝,工程由张纶直接主持。施工历时 6 年,新筑海堤长 180 里,后人称“范公堤”。此后范公堤受到历代的重视,不断向南延伸。元代,范公堤发展到 300 多里。明万历四十三年(1615 年)时,范公堤已经超过 800 里。

由于海岸线不断向外推移,明代以后的范公堤已逐渐远离海岸,堤外海滩成为著名的盐场,后来土地也被垦为良田。

苏南海堤也起于唐代,在华亭(今上海)开始出现海塘。南宋时华亭海堤已有 150 里长,东北起松江,西南至海盐。元大德五年(1301 年),至正二年(1342 年)都曾大举重修或增筑华亭捍海堤。

明清苏南海堤有较大的发展。洪武时(1368—1399 年),明政府在南起嘉定,北至刘家河之间修筑海塘,成化时(1465—1487 年)工程继续进行,建成了从华亭至海盐,上海至嘉定总长达 52517 丈、底宽四丈、顶宽二丈、高一丈二尺的海塘工程。此外,在

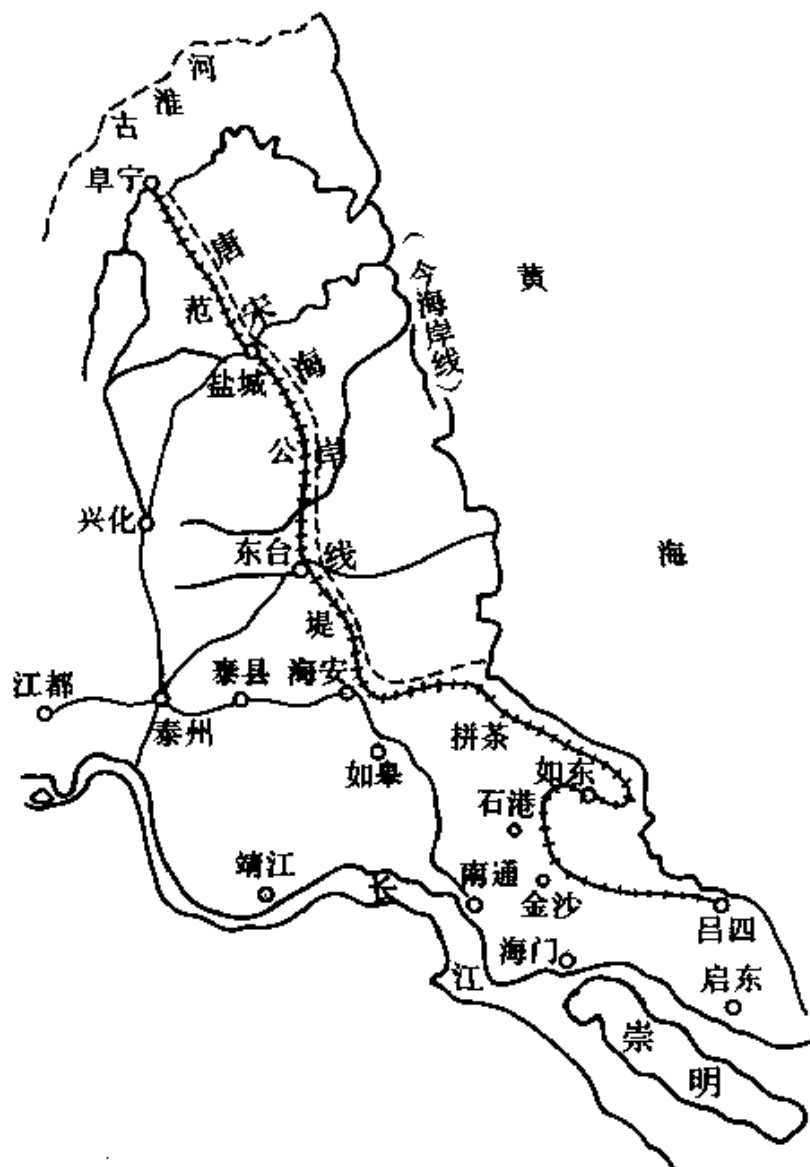


图 2-8 范公堤位置示意图

平湖和宝山等重要地段还修筑了几十里双重塘堤,称为“护塘”。明万历时(1573—1620年)多次修建这一带海塘,这时崇明岛海塘也开始兴建。从而在长江口一带形成了3条海塘:即范公堤——苏北海堤、崇明岛海堤、上海海堤——苏南海堤。

(二) 浙江海塘

浙江海塘分布在钱塘江口,北岸自杭州至盐官(今海盐),南岸至萧山。喇叭状的钱塘江口,涌潮澎湃,异常激烈。汉代华信筑海塘,开始了浙西筑塘的历史,但是以后约700年间史书上这一带少有修筑海塘的记载。到唐代,浙西海塘又见于史书。明清是浙西海塘建设的重要时期,著名的今杭州至海宁鱼鳞大石塘兴建于此时期。

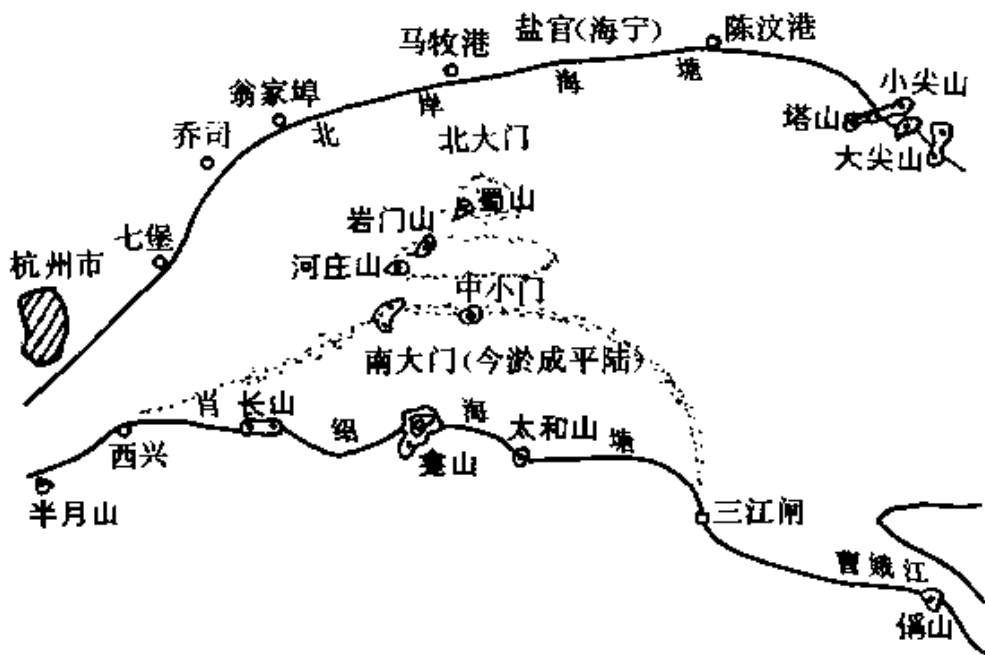


图 2-9 浙江海塘分布示意图

《新唐书·地理志》：“盐官有捍海塘堤，长二百二十四里，开元元年重筑。”可见钱塘江北岸海塘已有一定的规模。五代梁开平四年(910年)吴越王钱鏐筑杭州海塘，建成第一条竹笼石塘。北宋以后由于受钱塘江口潮流变化的影响，浙西海塘工程的修筑日渐艰巨，对海塘工程的技术要求越来越高。

元泰定年间(1324—1327年),钱塘江北岸潮灾频繁,泰定元年(1326年)十二月,海潮冲坏海塘,潮灾危及盐官州城。泰定三年受潮灾的危害,盐官首当其冲,陆地沉沦19里,县城岌岌可危。当时采用了四十四万三千多个竹笼和470个木柜救急,内冲填卵石,层层叠放以保护盐官。因为维修工程量巨大,明代开始在这里创建了纵横叠砌的鱼鳞大石塘,历经明清数百年的营造,在浙西海岸最终完成了长300多里的砌石海塘工程。这段鱼鳞大石塘是我国海上长城的标志,至今仍捍卫着富饶的杭嘉湖平原。

钱塘江南岸的海塘又称浙东海塘,是浙江萧绍平原的屏障,在钱塘江口的南岸,受潮灾影响较北略轻,洪武二十二年(1389年),工部主事张杰等在萧山县修塘四十余里。弘治年间(1488—1505年)会稽改建石塘,建三江应宿闸,闸两端的翼墙与塘相连,形成三江平原开闸可向外泄洪,闭闸可御潮汐和蓄淡水的防洪灌溉体系。

清代,浙东海塘有过几次规模较大的兴建。康熙五十九年(1720年),上虞夏盖山等地遭受潮灾,此后在夏盖山以西修建石塘1790丈,地势低洼处石塘高至34层。鱼鳞石塘以乾隆年间(1736—1795年)修筑最多,共筑了一千四百多丈,约用银380万两。乾隆帝对浙江海塘很重视,他一生六下江南,每次都要巡视钱塘江海塘,其中后四次到海宁。乾隆四十九年(1784年)他最后一次下江南,正值海宁老盐仓鱼鳞塘竣工,乾隆到现场巡视,眼见新建的巍峨大石塘,十分感慨,特赋诗曰:“却闻夯桩时,老翁言信应。竹扞试沙窝,成效免变惊。因下梅花桩,坚紧无欹倾。鱼鳞屹如峙,潮汐通江瀛。功成翁不见,诎非神所营。”(《海塘录》)乾隆深以民间在土质不好的老盐仓建鱼鳞石塘有神相助的传说为然,命建“潮神庙”,以谢神灵。嘉庆年间(1796—1820年),萧山、山阴、上虞等县的土塘均改为柴塘,维修和管理一直很完备。^①

^① 汪家伦:《古代海塘工程》,水利电力出版社1988年版。

(三) 福广海堤

福建和广东的御潮工程多称海堤,规模小于浙江海塘。

福建修筑海堤始于唐代。贞观元年(627年),在连江县东北十八里筑塘,以后向兴化湾的海前平原延伸,至宋代,福建已经有了绵亘百里的海堤防潮工程。由于福建海岸一般位于海湾以内的平原上,波浪强度较弱,海滩上生长着茂密的红树林,具有很好的消波杀浪作用,福建海堤多为土堤。但是在比较暴露的海岸,明代也兴建了石质海塘。嘉靖十八年(1539年)所建的兴化遮浪、东角石砌海堤,临水面还建筑4处挑水石矶,以杀潮浪。

宋代广东的珠江、韩江三角洲开始大面积围垦开发,御潮工程随之开始大量兴建。明清广东海堤工程有大的发展,许多土堤逐步改为砌石大堤。著名的南海县桑园围在乾隆年间全部改成石质海堤,至今仍在发挥重要作用。潮州海堤建于明嘉靖时(1522—1566年),就近采用蛎壳烧灰,然后和沙土相拌,层层夯筑而成。这种灰堤“鼠不得穿穴,水不得钻底”(《古代海塘工程》)。

二、拒咸蓄淡工程——闸坝结合的挡潮蓄水工程

在我国东南滨海平原地区,水利工程在从河流引水满足农田灌溉需求同时,又应有阻止海潮内侵的功能,这类水利工程称之为拒咸蓄淡工程,多由闸坝与渠道组成,以闸或坝临海的一面挡潮;另一面蓄水,由渠道引水至田间。我国拒咸蓄淡工程至迟出现于唐代,宋代有大的发展。著名的它山堰、三江闸至今仍在发挥作用。

拒咸蓄淡工程的出现反映了水利科学和技术的发展程度。这一类型工程集中体现了水利规划、建筑、工程结构和材料的综合水平。工程位置的选择十分重要,挡水闸坝深入内地纵深太多,工程的拒咸作用不大;离海过近,海潮对工程的破坏作用太大。拒咸蓄淡工程受

海岸线变迁的影响大,随着滩涂的向外延伸,工程的作用逐渐降低。拒咸蓄淡工程对施工技术和工程材料的要求较高,且蓄淡水源多是山溪汇流,常要考虑排沙设施,以防工程淤积。

(一) 它山堰

奉化江的主要支流鄞江是浙江宁绍平原的主要水源,鄞江发源于四明山,流域面积 382 平方公里。奉化江是入海河道,坡降平缓,枯水时海水倒灌,严重影响生活用水和灌溉用水。唐大和七年(833 年),鄞县县令王元晔主持修建了它山堰,成功地阻止了海水倒灌,保障了鄞江水质。

它山堰由溢流堰、引水渠和泄水闸组成。溢流堰横断鄞江,上游来水进入南塘河,再入灌溉渠。在南灌区的下游修筑了乌金、积渎、行春 3 座泄水闸,汛期可排泄多余水量。当潮水上溯时,可以闭闸,拒潮水倒灌。在这些工程的联合运作下,可以保证平水时,约 70% 的水量入南塘河引水渠,供饮水和灌溉用水;汛期则是 70% 的洪水由溢流堰泄入奉化江入海。它山堰灌区渠系完备,灌溉面积 24 万亩;供城市用水的引水渠,与宁波城内日月两湖相通,滞蓄在这里,给居民提供生活用水。

它山堰拦河坝在结构上颇具特点,是中国古代大坝的典型。拦河坝为砌石溢流坝,全坝段可以过水。南宋淳祐三年(1243 年),当地人魏峴著有《四明它山水利备览》,这样详细记载坝体结构:“堰脊横阔四十二有丈,覆以石板,为片八十有半;左右石级各三十六。岁久沙淤,其东仅见八九,西则皆隐于沙。堰身中空,擎以巨木,形如屋宇,每遇溪涨湍急,则有沙随实其中,俗称护堤沙。水平沙去,空如初,人以杖试中,信然。堰低昂适,其广狭中度,精致牢密,功侔鬼神,与其他堰埭杂用土石竹木砖,稍久辄坏者不同。”它山堰自建成至今历时上千年,各工程历代都有维修和改建,但是大坝主体从未有过大修,至今仍在运用。根据遗址实测,主坝高 8—10 米,长 134.4 米,上下游面各

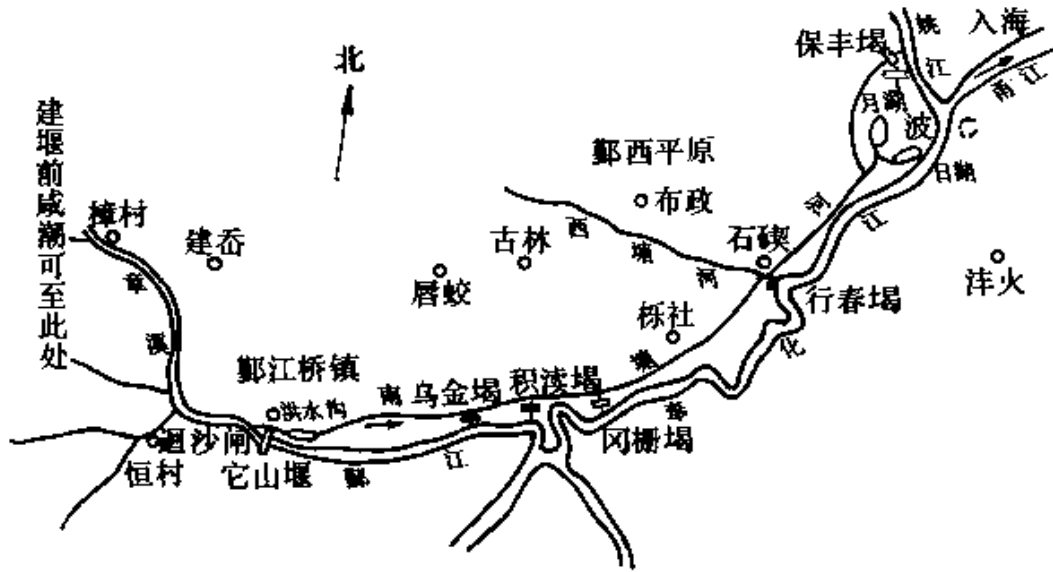


图 2-10 它山堰工程布置示意图

为 36 级砌石形成台阶状的坝坡。砌石采用长 2—3 米，宽 0.5—1.4 米，厚 0.2—0.35 米的条石，与记载基本相符。今人对“堰身中空，擎以巨木，形如屋宇”的结构和用途有各种解释，有一种说法是为了节省条石而采用的“空腹”坝形。

(二) 木兰陂

位于福建莆田的木兰陂建成于北宋元丰六年(1083 年)，至今仍然灌溉着莆田平原 20 万亩农田。木兰溪发源于福建德化县戴云山，流经永春、仙游、莆田，至三江口入兴化湾。木兰陂就建在临近木兰溪入海口的木兰山峡口处。木兰陂自北宋英宗治平元年(1064 年)开工，至神宗元丰六年(1083 年)建成，历时 20 年。这是一座由 32 孔拦河闸、1 孔冲沙闸、2 道导流堤组成的拒咸蓄淡工程。

木兰陂的闸坝基础采用桥梁基础中常见的“筏形基础”，在河床设置横跨两岸的石筏，然后在上面修建闸墩。上下游两面的闸墩各用大石柱嵌入溪底岩石上，犬牙交错，熔生铁灌注固基，再以巨大的块石，砌筑在石柱的四周，使其更为牢固。迎水面石条之间用元宝形铁锭相连，使之成为整体。木兰陂建成后，灌区渠系工程设施不断完善，

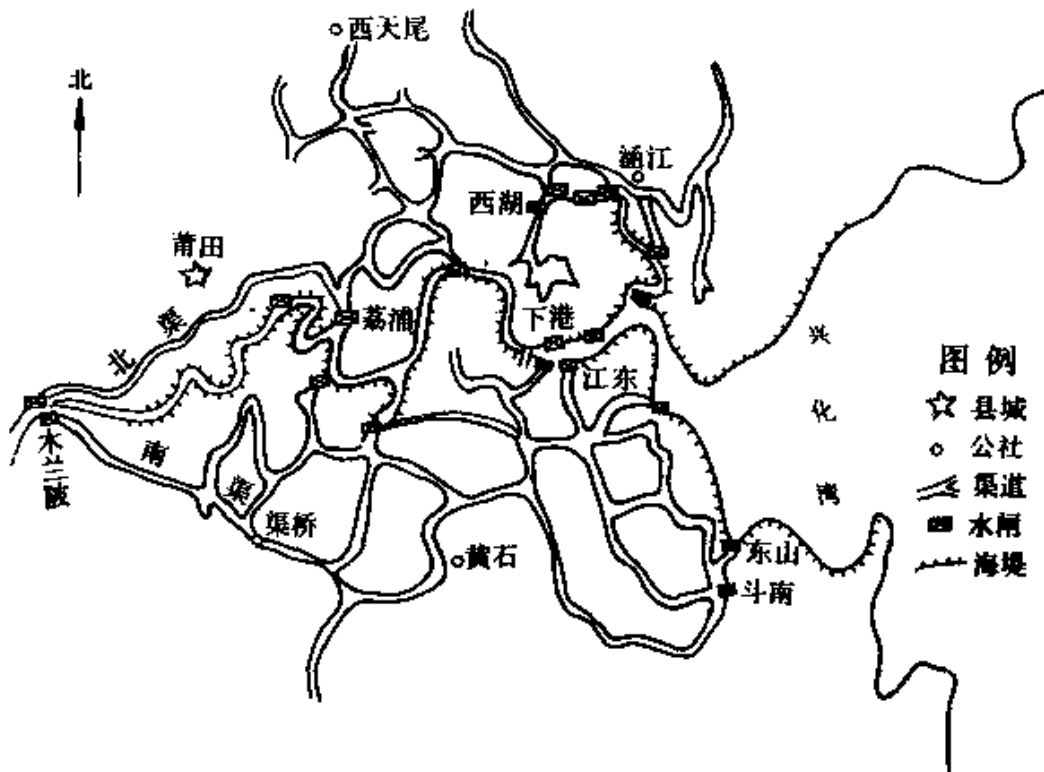


图 2-11 木兰陂工程布置示意图

到元代莆田平原已经成为旱涝保收的富饶之乡。

(三) 绍兴三江闸

在钱塘江流域的萧绍平原上,有一座著名的拒咸蓄淡工程——绍兴的三江闸,三江闸又名应宿闸,在绍兴东北,明嘉靖十六年(1537年)由绍兴知府汤绍恩主持修建。闸长 108 米,有闸 28 孔,建在曹娥江、西小江汇流后的入海口。三江闸两侧建筑海塘,使闸与海塘成为一个挡潮、泄洪的整体;在闸的上游修筑了许多可以引水和排水的堰坝,使各山溪成为相互沟通、互为调节的新三江水系。三江闸有水则,分为金、木、水、火、土 5 划。根据管理规则,水至金字,全闸开启;水至木字,开 16 孔,水至水字开 8 孔;至火字,全闸关闭。绍兴城内水渠也设有一处水则,为三江闸运行提供参考数据^①。设三江巡检专门管理

^① 清·张元忬《重修三江应宿闸记》,《浙江通志·水利六》。

三江闸及萧绍平原的输水和排水工程设施。根据实测,三江闸平均泄流量为 280 每秒立方米,可以做到平原连降三日 110 毫米的大雨而不致灾。

三江闸建成后,给萧绍平原带来了巨大的经济利益,使平原上的 80 万亩农田免除潮水的侵蚀,改善了平原的水质环境。明万历十一年(1583 年)、清康熙二十一年(1583 年)两次大修。二十世纪以来闸外滩地淤积,1979 年在闸外 2500 米处重建新闸。

第四节 海塘工程技术

海塘工程型式与工程作用、海岸自然状况和海潮动力状况有关。海塘最初多为土塘,以后又有柴塘、石囤塘、石塘等。建在后海滨上的海塘,只防止高潮时海水漫溢的塘工多用土堤;防止海潮内浸、需要护卫滨海平原广大地区的海塘工程则是高大坚实的砌石塘工。在海塘的建筑材料方面,古代海塘工程体现了因地制宜、就地取材的特点。

一、竹笼、木柜石塘及柴塘——临时性工程结构

最早出现的防御海潮堤防工程是土堤,采用竹笼、木桩临时性工程结构的海塘至迟是在唐五代时,这一工程结构一直被运用,是一种可以就地取材、造价低廉的工程形式。

(一) 钱氏“捍海塘”与竹笼石塘

竹笼石塘是五代吴越时期(893—978 年)首先在杭州一带海岸创建的。钱塘江涌潮每当月之朔望时,潮波高达 3 米,潮速每小时 20 公里,形成了举世闻名的“翻江倒海山为摧”的钱塘潮。梁开平四年(910 年),吴越王征集军民在杭州候潮门到通江门一带建筑海塘,以

抵御海潮对杭州城的冲啮。初用版筑法,即两侧用木板夹峙,中间填土夯实,筑成土塘。由于这一带海岸土质为粉砂,抗冲刷力差,土塘屡筑屡溃。于是,改革筑塘材料和结构,钱镠用竹笼修筑钱塘江海塘,史称“捍海塘”。

竹笼石塘系施工现场以竹笼冲填块石,层层叠置,堆成堤坝。坝前海滩前夯入木桩,称“柱”,用以削弱潮水对塘脚的淘刷。竹笼后培筑土塘,形成互为依重的工程体系。

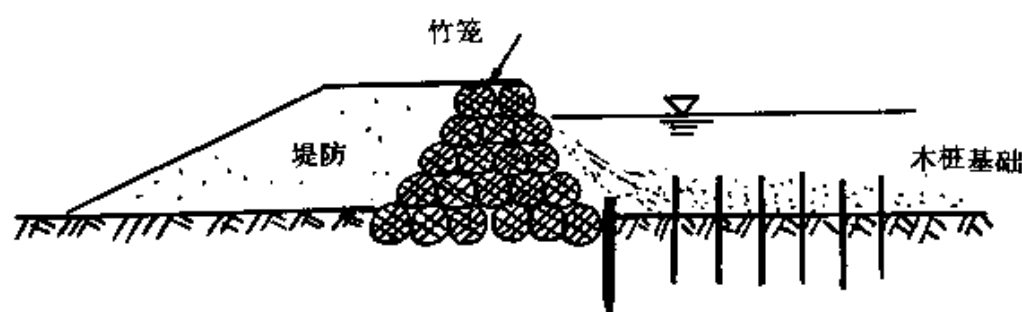


图 2-12 钱氏竹笼海塘工程示意图

钱氏竹笼石塘建成,其工程维持了相当长的时间。它在建筑材料、施工方法、工程结构、基础处理以及消能防冲方面,都有显著的进步。竹笼工重而不陷,硬而不刚,散而不乱的特点,特别适宜粉砂地基。古代在其他的水利工程中也普遍运用。

(二) 石囤木柜塘

石囤木柜塘元代开始运用。当时钱塘江口的潮流多次北冲海宁一带,造成大片陆地内坍。泰定四年(1327年)有都水少监张仲仁主持,在三十多里的海岸线上,筑成一道石囤木柜塘,有效地抗击了狂潮巨浪的冲击(《元史·泰定帝纪》)。

石囤,是用木桩捆扎而成的矩形木框,内填以大石,也是层层叠砌,在结构形式上与竹笼工同。但抗冲性能更好。这种工程结构在南北朝梁天监十三年(514年)淮河上修筑浮山堰大坝时也曾采用。

竹笼石塘和石囤木塘的整体性、稳定性和抗冲消能性都比较好,缺

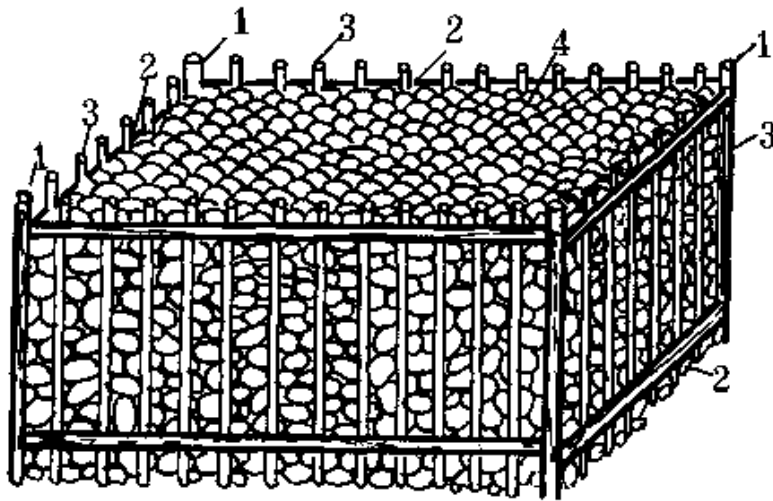


图 2-13 石柵木柜

加压修筑而成。修建柴塘的柴通常是灌木荆条，又称之材塘。与黄河上的埽工相似。

柴塘始于北宋大中祥符时(1008—1016年)，转运使陈尧佐与杭州知州戚纶商定改用薪土筑塘，以减少竹笼筑塘的开支。从开封等地调来了黄河埽工工匠修筑，在杭州至海宁的海塘获得了成功。从此，柴塘在浙江推广开来。

柴塘以树枝、荆条等捆成“埽牛”铺底，然后以一层土、一层柴相间夯实。

塘身每长宽一丈钉底桩两根，腰桩两根，面桩两根。于潮流顶冲之处打木桩，用箴缆连接，塘背广培厚土。由于塘底以“埽牛”处理了地基，提高了软土的承载力，塘身又用木桩加固，使塘身整体性增强。与竹笼和木柜石塘相比，柴塘重量更轻，适应于任何地基。《上虞塘工纪略》：“柴塘以柔克刚，分水之力，杀水之势，海潮怒激，见之而息。”柴塘这种工程形式一直沿用，清代以柴塘作为石塘的外塘，以保护石塘的地基，取得了良好的工程效果。

柴塘也是临时性的工程结构，需要经常更换。柴塘可以制潮却不能制风，在大风的吹袭下，往往被层层掀去。

点是竹和木材容易腐朽。特别是用于海塘工程，因为海水时涨时落，竹笼和木柜干干湿湿更不耐用，后来重要地段的塘工逐渐被石塘取代。

(三) 柴塘

用柴、土间层

二、斜坡式石塘、直立石塘和鱼鳞大石塘—— 永久性重力结构

以砌石筑塘,据文献记载始于范仲淹的苏北海堤,北宋庆历七年至皇祐二年(1047—1050年),王安石任浙江鄞县知县,在当地修建了一段海塘,后人称之“荆公塘”,据说是一种斜坡式的石塘(《宋史·河渠志》)。明清时期砌石石塘有大的发展,出现了直立纵横式、鱼鳞式等各种重力式塘工。

(一) 斜坡式石塘

明清时期石塘盛行,海盐、镇海各有斜坡式的石塘修建,其中以清乾隆十六年(1751年)镇海县令王梦弼修筑斜坡塘较有代表性。施工过程为:先修筑土塘,然后在迎水坡上埋砌7道条石作“龙骨”,在龙骨之间铺砌片石6排为“幔板”,以横贯纵,幔土为塘。塘身顶尖脚阔,直高2丈,斜面长约3丈7尺。

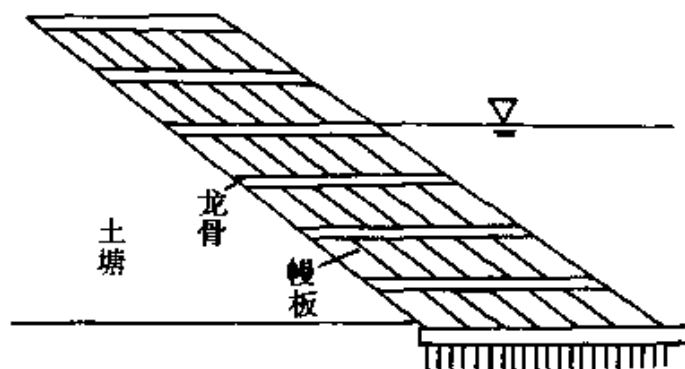


图 2-14 王梦弼式斜坡式石塘示意图

王氏塘坡度平缓,抗台防浪效果优于直立式海塘,但是在潮流的作用下,护面内外的压力差容易使块石脱落,钱塘江南岸海塘多用斜坡式的塘工,北岸则是直立式海塘。

(二) 直立海塘

北宋仁宗景祐三年(1036年),转运使张夏鉴于杭州柴塘屡建屡坏,试用大石砌筑石塘12里,发现效果很好,开始推广。南宋及元代都有修筑,技术已十分完善。以元至正七年(1347年)王永石塘结构

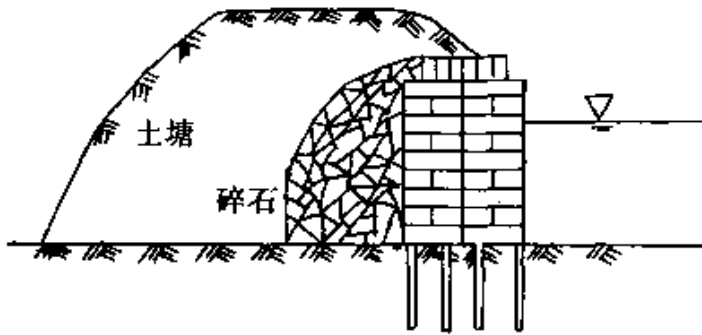


图 2-15 王永直立式石塘示意图

和施工较为规范。王永石塘建在浙江上虞，长 1944 丈。其结构与施工大致如下：

石塘每一丈基桩 32 根，排列成 4 行，前后参差。桩木直径 1 尺，长 8

尺，尽入土内。基桩上平置长 5 尺、宽 2 尺 5 寸的条石，作为塘基。然后，每层用 4 块条石纵横错置，犬牙相衔，叠砌到 5 至 8 层上以条石侧置压之。石塘后填以碎石。最后壅土培筑土塘。

上虞王永石塘在明洪武时增修过，一直沿用至今。此类石塘绍兴较为常见。

(三) 鱼鳞大石塘

明代海盐沿岸潮势格外强烈，海岸坍塌严重，各种塘式均不能持久。许多人纷纷寻求改革之法。其中纵横交错的骑缝叠砌法使砌石互相牵制，引起人们的注意。浙江水利佥事黄光升总结前人失败和成功的教训，创造了五纵五横的砌石方法，即海塘迎水面砌石逐层微微内收，外观呈鱼鳞状的重型直立式海塘（《两浙海塘通志》卷二）。以此为开端，石塘工程技术获得了长足进展。

黄光升创建的五纵五横直立海塘，塘身由十八层条石纵横交错骑缝砌成。塘体结构：塘基以木桩夯筑，第一、二层，纵横各五；三、四层，五纵四横；五、六层，四纵五横；七、八层，纵横各四；九、十层，三纵五横；十一、十二层，纵横各三；十三、十四层，三纵二横；十五层，二纵三横；十六层，纵横各二；十七层，二纵一横；十八层，是塘面，一纵二横。石塘背后培筑土戗。

黄氏石塘底宽 4 丈，顶宽 1 丈，高 3 丈 3 尺。每建筑长六尺的石塘，要用 140 块条石，其断面面积约为 92.16 平方米，每立方米塘身

自重约 248.83 吨。这种重型石塘结构合理, 建筑工艺也十分考究, 所用条石一律“琢必方, 砥必平”(《海塘录·艺文·筑塘说》)。从打桩奠基到砌筑塘身, 每一道工序均有章法。

清代在黄氏鱼鳞大石塘的基础上, 结构进一步完善, 针对石塘基础易被冲刷掏空, 加强了基础处理, 石塘底部以密集的梅花桩和马牙桩全面加固, 马牙桩是密集排桩, 能有效地保证潮水侵袭地基。

在鱼鳞石塘的塘身结构上, 清代的改进也很多。砌石方法更呈多样化。清代所筑的鱼鳞石塘中较有代表性的是朱轼主持修筑的海宁老盐仓石塘。康熙五十九年(1720 年), 浙江巡抚朱轼主持修筑的石塘长 500 丈, 塘身石料一律用长 5 尺, 宽 2 尺, 厚 1 尺的条石, 每块条石纵横上下四面都凿有槽榫, 以便铁镬扣榫, 胶结材料以糯米石灰浆。石塘砌作 20 层, 高 2 丈, 底宽约 1 丈 8 尺。石塘背后帮筑高 1 丈, 宽 2 丈的土塘。朱轼鱼鳞大石塘的整体性、稳定性和防渗透性更强, 在强劲的潮波冲击下不易散裂。

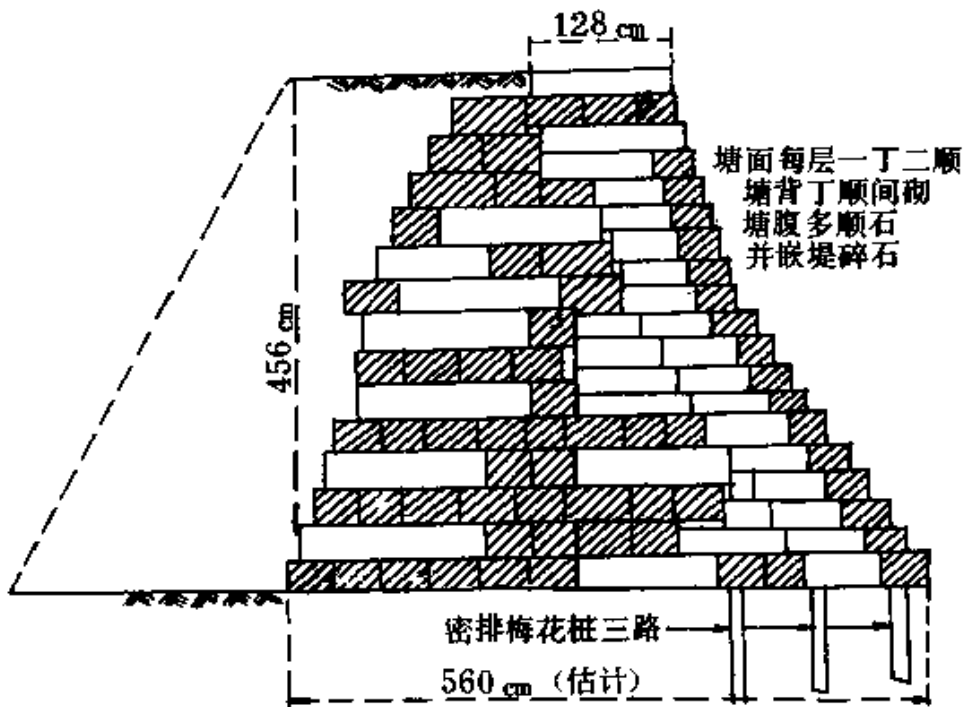


图 2-16 朱轼 20 层鱼鳞大石塘示意图

朱轼以后,乾隆时大学士稽曾筠继续修筑海宁鱼鳞大石塘 6900 丈,稽氏石塘不仅继承了朱氏石塘结构和施工特点,在海塘迎水面的基础保护和潮水消能方面还有发展。

海宁鱼鳞大石塘经过明清两代的营造,建成了塘工精美、结构合理的海上长城,它不仅代表着古代海塘工程水平,也是世界土木工程的重重大成就。

三、护塘工——海塘抗冲消能设施

重力式海塘的成功与否在很大程度上决定塘基不被淘刷,塘身不会散裂。海塘的主要附属工程是护塘、护滩工程。

(一) 坦水与护塘坝

坦水工程建于塘工临海的滩地上,在北宋时已被用于护塘,当时杭州石塘以竹笼做坦水护塘,效果很好。钱塘江口潮高浪大,明清海塘多设有坦水工程。一般为两层坦水设施,在险工段设置多层坦水。清代钱塘江海塘的坦水多用砌石和木柜,在结构上也很讲究(见《古代海塘工程》)。

朱轼石塘坦水用木柜贮石为干,外砌巨石二至三层,以护塘脚。稽曾筠海塘的坦水改为木桩条石结构。先在海滩上打排桩,再用块石充填使厚 3 尺,最后以条石盖面,面厚 7 寸。后称“平砌条石坦水”。稽氏坦水结构合理,施工简单,被广泛采用。后来人们又将条石斜砌、立砌使抗冲性更好。

护塘坝又称“玲珑坝”,用桩石工程从塘岸向外接成阶梯状,根据海塘的位置可以设置单坝或多级坝,坝外再布置坦水。

(二) 护滩工程

苏南海塘多有护滩工程保护,据说是由林则徐任江苏巡抚期间首先创造并提倡的。护滩坝一般建在高低潮位的滩地上,“潮至或没,

潮落仍见”。护滩坝的作用主要是促淤,有3种形制:一种是在滩唇处打排桩,排桩内抛石形成一道紧贴滩地的抛石层。第二种是在滩唇处打两排排桩,两桩间填石形成堤坝,坝内滩地上再填以土;第三种是沿海塘作丁坝,用以挑水,将潮浪挑离塘岸。

第五节 海塘工程技术总结与海塘的管理

明清是海塘与海塘工程技术发展的重要时期,这一时期也是海塘工程技术全面总结的时期。传世海塘专著多按地域即浙江海塘和江苏海塘分别编撰,在内容上以工程技术为主,多附图谱。海塘的著作是人们研究古代土木工程技术的宝贵史料。

一、海塘专著

(一)《海塘录》两种

自明代以来,逐渐出现了有关海塘工程兴建沿革、管理的专著。其中较为引人注意的是《海塘录》。《海塘录》有两种,明万历十五年(1587年)刊印的《海塘录》,仇俊卿编纂,八卷本,这部书内容过于简略,但是作为成书较早的专书,其体例对后来有关海塘著作的编著影响较大。

翟均廉《海塘录》二十六卷本,是记载浙江杭州、海宁、海盐的区域性海塘专著,记事自海塘的起源至清乾隆二十九年(1764年),乾隆四十九年(1784年)收入《四库全书》时略有增补。《四库全书》的总纂纪昀称翟氏《海塘录》:“征引各史纪志及《玉海》、乾道咸淳《临安志》、《四朝见闻录》,明各朝《实录》,考订征引颇为赅洽”,而记事则“睿虑周详,以及臣工奏议皆为铨叙,尤足以昭示后来”。《海塘录》是

研究海塘史的重要著作之一。

(二) 方承观的《敕修两浙海塘通志》及其他

浙江巡抚方承观屡掌治河,熟悉水利,乾隆十四年(1749年)奏请编修海塘通志,于乾隆十六年(1751年)全部刊印成书。全书二十一卷,卷首收入雍正、乾隆朝御旨。以下二十卷依次为图说一卷,列代兴修二卷,本朝建筑四卷,工程一卷,物料一卷,坍涨二卷,场灶一卷,职官一卷,潮汐一卷,祠庙二卷,兵制一卷,江塘一卷,艺文二卷。该书内容广泛,涉及历代修筑情况、海(江)岸变化、管理机构沿革。翟均廉的《海塘录》在体例上基本与方承观的通志相近,内容上对海塘图式有补充,奏议也是方书没有的。

二、海塘工程的技术总结

明清是海塘工程技术的成熟时期,留下的许多有关海塘建筑的历史文献,其中不乏见解精辟,学术价值较高的著述,它们对海塘工程做了系统的技术总结,是中国古代土木工程理论与实践的重要遗产。明黄光升的《筑塘说》和清初陈訢的《盐宁二邑修塘议》是其中有代表性的两篇。

(一) 黄光升的《筑塘说》

黄光升字明举,福建晋江人,明嘉靖时出任浙江水利佥事,在海盐主持过修筑海塘。黄光升的《筑塘说》对五横五纵石塘从设计、施工、材料和管理作了系统的阐述,并用于实践。

《筑塘说》首先在调查的基础上总结了最易导致石塘工失败的两条教训:基础浅,容易淘刷成空危及塘身安全;塘身“外疏中空”,经不起海浪的冲击。据此,它提出海塘基础工程的具体结构和施工要求:开槽清基,“去沙涂之浮者四尺许,见实土乃入桩”,桩木与土平,并夯实旁土,然后下基石,以纵横叠砌条石2层,条石长6尺,宽厚各2

尺,每层纵横各 5 块,形成宽 13.33 米、高 1.33 米的宽广塘基。对塘身结构要求“必内与外无异石”,每一块砌石规格一致,六面凿平。施工时每层条石跨缝相砌,表里纵横。每层条石内收,作台阶形,“使顺潮势,无壁立之危”。塘背拥土筑实,可承受风和浪压力。黄氏石塘结构为重力坝型,造价昂贵,当时每筑塘一丈,用银 300 两,黄光升受经费限制只修筑了 300 多丈。清代仿黄光升法加筑 75 丈,称之“万年塘”。

(二) 陈訢提出海岸地质、海浪动力理论与《盐宁二邑修塘议》

从研究钱塘江口的海岸潮汐和海岸地理特性着手,以设计持久稳固的海塘工程,清陈訢在这方面有较大的成绩。

陈訢(1650—1722 年)字言扬,号焕吾,浙江海宁人,曾师从明末清初学者黄宗羲,精通几何,著有《勾股术》、《勾股引蒙》。陈对海宁和海盐两处的潮汐和潮灾成因作了精细的考察,在《修塘议》阐述了相互的关系:“潮有横冲、直冲之异;地有软沙、硬沙质别”,海宁沿岸是钱塘江入海的尾闾,涌潮激流有岸下“横冲而过”,对海岸产生横向冲刷。潮头过后,“长水停蓄,日渐淤积”,滩涂可达三四十里,潮涌再至势如山崩,顷刻之间“荡为浊流,杳无踪影”。而在海盐则因为南有秦驻山,北有乍浦山,海岸“近山多硬,不坍不涨”,独东面受大海潮流的对冲,“潮流之来,一冲一吸”,“其冲也固有排山之势,而其吸也亦有拔山之力”。潮流对冲是造成海盐潮灾的根源。基于这样的认识,陈提出海塘设计要考虑海流动力和地质特点。海宁海塘重在塘基,坦水工程很重要。他建议采用长约 40 米的长坦水,以抗冲效能好的木桩和木柜工修筑。海盐海塘用以抵挡直冲海潮,要十分讲究塘身质量,他特别推崇黄光升的重力塘式。

考虑海岸潮汐动力特点和海岸地理特点设计海塘,陈訢是第一人,这是我国古代海塘工程技术走向成熟的标志。

三、海塘的管理

海塘管理始于北宋,景祐年间(1034—1038年)工部侍郎张夏设“捍江五指挥”(《宋史·河渠志》),每一指挥统辖400兵士,共计2000人,专门从事海塘的维修工程。南宋时,余姚县曾规定县里有关的官员要分季巡视海塘,每月要派兵士监查,并设立“海堤仓”,每年从田赋中提取一部分,“课其入,备修堤费”(《两浙海塘通志》卷一七)。

明代浙江设有“水利金事”,统一管理,各县对各自境内的海塘也有管理责任。在海宁等重点塘工地段都设有维修海塘的塘夫。还将石塘编号,有塘长、塘夫分段巡视和整修海塘,每年春季是海塘岁修的时间。

清康熙五十九年(1720年),杭州、绍兴、嘉兴等府设“海防同知”,专门负责海塘管理。雍正八年(1730年),设把总2员,领兵200名。次年,特设海防兵备道实行准军事化管理,其职责“经理六郡塘务,增至八百名,统以守备、千(总)、把(总)”(《两浙海塘通志》卷一七)。道光以后,改由杭嘉湖道管辖。

第六节 土壤改良的水利措施

“清流浸润,泥滂浮游,曩之卤田化为甘壤。”东汉蔡邕在《京兆樊惠渠颂》中称颂了阳陵(今咸阳)樊惠渠浑水淤灌土地既可得灌溉之利,又使盐碱地变为良田。依靠水利措施来改造盐碱地是中国古代水利事业独特的内容。

一、古代对盐碱地成因的认识

土壤盐碱化早已为人们所注意,战国时期的史料有详细的描述。《管子·轻重乙》称今陕西泾渭河的盐碱地为“泽卤”、湖北为“淳卤”、山东为“咸卤、斥泽”。《管子·地员》以土壤地下水埋藏的深度将土壤分类,属于盐碱地的有斥埴和黑埴。

古代历史文献中,对因水致碱的盐碱地各种类型都有详细的描述。

1. 河道泛滥生碱

清康熙《武强县新志》载:“万历三十五年(1607年),漳、漳俱溢,境无寸土,先时城内井泉甘美,地称肥腴,经水后,井皆咸,地皆碱矣。”

2. 滨江河湖泊低洼地生碱

《管子·轻重丁》称今山东沿济水、黄河一带的盐碱地“带济负河,菑泽之萌也”。公元前一世纪人贾让也指出:“水行地上,湊润上彻……木皆立枯,卤不生谷。”(《汉书·沟洫志》)

3. 沿海低地生碱

《尚书·禹贡》记青州(今胶东半岛)“厥土白坟,海滨广斥”。盐碱地的成因是地下水上升引起的,所以排水以降低地下水的高度。是主要的水利工程措施。但是古代人民也注意到对于地处半干旱地区的黄河流域,适量的淤灌不会引起地下水上升,浑水均匀地漫流可以压盐碱和淋洗盐分,使灌溉和淤泥肥田合而为一。

中国的灌溉从黄河流域开始,所遇到的大多是多泥沙的河流,河流泥沙源自黄土高原,粒径细而多养分,淤灌可以化水害和沙害为利,与清水灌溉不同,后者视泥沙为灾害无用,只防不用。灌溉成为黄河流域最有特色的治理盐碱的手段。此外,根据作物的特点采用生物

治理,如水稻耐碱,是古代在盐碱地地区常种的农作物。

二、淤灌和放淤

古代有两种淤灌方式实施盐碱地的改造:灌溉与土地改良结合,在高含沙河流修筑灌溉渠道,直接引取高含沙水流灌溉盐碱地;放淤与土地改良结合。适时地掘开河堤,大量引用高含细颗粒泥沙水放淤,使贫瘠土地变为良田。在黄河流域,以这两种工程措施治理盐碱地有着悠久的历史。

战国时,魏国文侯二十五年(前 422 年)修漳水十二渠,引淤水灌溉。对该工程的效益,当时百姓歌赞曰:“邺有贤令兮为史公,决漳水兮灌邺旁,终古乌鹵兮生稻粱。”^① 斥鹵是盐碱地,漳水的浑水灌溉,不仅是水分的浸润,还有淤泥施肥。稍后郑国渠引泾水灌溉,《史记·河渠志》载:“渠就,用注填闾之水溉泽鹵之地四万余顷,收皆亩一钟。于是关中为沃野,无凶年”,对淤灌的效益有进一步的理解。

宋代放淤发展达到高潮。遍及黄河干流及汴河,海河流域的漳河、滹沱河,包括今陕西、山西、河北、河南广大区域,其中以汴河两岸最多。特别是熙宁时(1068—1077 年),王安石变法积极推广,在汴河设置“提举沿汴淤田”,稍后还建立了“都大提举淤田司”(《宋史·河渠志》)。沈括《梦溪笔谈》称:“深、冀、沧、瀛间唯大河、滹沱、漳水所淤,方为美田。淤淀不至处,悉是斥鹵,不可种艺。”宋的淤灌大多是国家投资,仅熙宁七年至十年(1074—1077 年)的 3 年中达到了 15.5 万多贯,占当时中央财政收入的 1%,淤灌面积达到六百多万亩。此外还有许多是民间自己出资实施淤灌的。

明清时河北、山东、山西、宁夏实施淤灌仍很多。宁夏河套地区种

^① 引自《汉书·沟洫志》,周魁一等注释,《二十五史河渠志》,中国书店 1990 年版。

水稻,有淤灌施肥的丰富经验,“民间辄澄浑撤清,借黄流淤泥当作肥料”(《续文献通考·田赋》)。

放淤和淤灌也引起了与漕运争水的问题,国家对此多予以禁止。明代南运河、山东运河段当地百姓盗决运河堤防淤灌耕地,结果使漕船在运河中胶滞。乾隆时,漳河两岸农民引漳淤灌,屡屡引起决口,官吏不得不严加阻止。《大明律》和《大清律》均有专门的条例禁止在运河或运河的水源河上引水放淤,以避免影响漕运。

淤灌治理盐碱地,要辅以相应的工程措施,古代淤灌工程措施主要包括:淤灌时间、引水口或引水涵洞。

淤灌时间以夏季为宜,“夏则胶土,肥腴;初秋则黄灰土,颇为疏壤;深秋则白灰土,霜降后皆沙也”(《宋史·河渠志》)。夏季水量充沛,水流中泥沙的有机质丰富,有利于作物的生长。《续资治通鉴长编》记深州(今河北深县)、静安淤灌,“收毕二麦,全放漳沱、葫芦两河淤灌”。绛州、正定“每春夏大雨,众水合流,浊如黄河汛山水,俗谓之天河……(此时)可以淤田”。但是夏季放淤不易,容易泛滥成灾,还要掌握好具体时间。

淤灌引水口的选择很重要。灌渠上的进水口比较好控制,直接在天然河流上开引水口,要避开主流,以免引起渠道夺溜。北宋提倡淤灌,汴河上由政府修建斗门,但是由于河道变迁,引水口常常不能进水。用于淤灌的斗门多系临时性的。

三、沟洫工程与作物综合治理盐碱地

《吕氏春秋·任地》记后稷曾问曰:“子能使吾土靖,而圳浴土乎?”“圳”是耕地的沟渠,利用沟渠排水治碱也是古老的治理盐碱地的工程措施之一。

元代王祜总结了以沟洫治碱的技术。“沿边海岸筑壁,或树立桩

概以抵潮泛。田边开沟,以注雨潦,旱则灌溉,谓之甜水沟,其稼收比常田,利可十倍。”(《农书》)

明代人袁黄对沟洫排碱研究比较突出,他曾作《劝农书》五卷,对京东(今天津及河北东部)的改造盐碱地、发展农业有较细的论述。他指出京东的沙土只要有灌溉就有收获,但是要相应的沟洫配套。袁黄曾作张居正的幕僚,万历十六年至二十年(1588—1592年)任河北宝坻县令,正值张居正推行改革、实行一条鞭法、京东地区水利屯田兴起高潮的时期。袁黄的沟洫排盐论受王祯的影响较大,但是对工程的实施更为具体。

对近海盐碱地,袁黄称之“涂田”,土地的改良措施:“其田形中间高,两边下,不及十数丈,即为小沟;百数丈即为中沟,千数丈即为大沟,以注雨潦,此淡水也。其地,初种水稗;斥卤既尽,渐可种稻,所谓泻斥卤生稻粱,非虚语也。”(《宝坻县志》)措施分3步:治田开沟,使之成为中间高,两边低,有小沟、中沟和大沟的可灌可泄标准耕田;田成,初只能种稗,进一步淡化土地;当盐分降至相当的程度始种稻,可通过稻田引水和排水继续淋洗盐分。数年之后,耕地可种植北方百姓习惯的旱作物。

四、生物治理与耕作改良土壤

在没有条件种植水稻的地区,种植一些特殊植物可以改良土地,或种植耐盐碱作物,使之有所收获。我国明清时期的地方志有许多这方面的记载。

苜蓿是我国很多地区用来治盐的一种绿肥。《增订教稼书》:“先种苜蓿,岁冀其苗食之,四年后犁去其根,该种五谷、蔬果,无不发矣。苜蓿能暖地也。”明清两代在山东、河南黄泛平原种植苜蓿改良土地比较普遍。

植树也是民间常用的生物治盐方式。(道光)《观城县志》详细记载了当地植树治碱的具体作法：“卤碱之地，二三尺下不是碱土，掘沟深二尺，宽三尺，将柳橛如鸡卵粗者砍三尺长，小头削光，隔五尺远一棵。先以极干桑枣杏槐者，木如大馒头粗者三尺半长，下用铁尖，上用铁束，做个引橛，拽一地眼，将柳橛插下九分，外留一分，乃将湿土填实，封个小堆，得一两个月芽出，任其几股，两年后就地砍之。第三年发出，粗大茂盛，要做梁檩，只留一二股，不消十年都成材料。其次于正月后二月前，或五六月大雨时，将柳枝截三尺长，掘一沟，密密压在沟内，入土八分，留二分，伏天压桑亦照此法，十有九活，盗贼难拔，牲畜难咬，天旱封堆不干，天雨沟中聚水，又不费时浇根，入地三尺又不怕碱，十年以后，沙地、碱地如麻林一般矣。”古代植树改良土地，从树种、栽培技术到管理措施都有丰富的经验。

深耕盐碱地，利用下层良土来改造表土，并以提高淋盐效果，这种改良盐碱地的技术在我国也有比较长的历史。清《增订教稼书》：“薄地、碱地不生五谷，然土各有所宜，利在人兴。沙薄者，一尺之下常湿；斥卤者，一尺之下不碱。山东之民，掘碱地一方径尺深，换以好土，种瓜瓠往往收成。”这种方法今称“深翻窝盐”，快则当年，迟则二三年就可以收到良好的效果。

第七节 水土保持的工程措施

春秋战国时期，随着垦殖范围扩大，水土流失开始出现。“土返其宅，水归其壑，昆虫毋作，草木归其泽。”(《礼记·郊特牲》)这段当时用于祭祀的祝词，表达了先秦时期人民保护水土资源的良好愿望。我国先民意识到维持自然界的平衡，并着手“平治水土”，可以上溯到西周初期。古代水土保持措施有两大类：工程措施和生态保

护措施。

一、古代水土保持理论与实践

古代将治水与治土视为一体,历史上人们认为大禹治水活动便是以平治水土为主要内容。春秋战国时期,平治水土的思想十分活跃,对自然生态保护的意识强烈,后世的水利规划深受其影响。

(一) 太子晋平治水土思想与楚国开发水土资源的原则

《国语·周语》记载,周灵王二十二年(前 550 年),谷水、洛水同时泛滥,东周都城洛阳王宫被淹,对洪水治理方略,太子晋从水土保持的角度予以论述:提出平治水土考虑 7 个因素:

“象天”,即气象条件;“仪地”,即自然地理条件;“和民”,即政治经济条件;“顺时”,顺应民心国情;“敬神”,尚未知之于因素须慎重;“咨之前训”,即重视经验和教训;“观民之宪言”,听取百姓的声音。

据此太子晋指责共工治水,是“堕高堙卑以害天下”。赞成禹治水“不堕山,不崇藪,不防川,不窦泽”,维持了自然界的生态原貌。

与此同时,楚康王十一年(前 548 年),楚国司马掩提出的水土资源开发思想也颇有深度:

“书土田,度山林,鸠藪泽,辨京陵,表淳卤,数疆潦,规偃潴,町原防,牧湿皋,并衍沃,量入修赋”(《左传·襄公二十五年》)。即水土资源要统筹开发,对疆域内耕地、山林、湖泊都要根据不同的自然条件进行规划,制定相应的赋税额。

(二) 《孟子》对自然资源适度利用的主张和明代阎绳芳关于水土流失与洪水灾害关系的阐述

《孟子·梁惠王》载:“不违农时,谷不可胜食也;数罟不入洿池,鱼鳖不可胜食也;斧斤以时入山林,材木不可胜用也。”《孟子·告子》载:“牛山之木尝美矣。以其郊于大国也,斧斤伐之可以为美乎?是其

日夜之所息,雨露之所润,非无萌蘖之生焉,牛羊又从而牧之,是以若彼濯濯也,人见其濯濯也,以为未尝有材焉,此岂山之性也。”提出了人类开发、利用和享受自然资源时,应当有所节制,不能竭泽而渔。而濯濯的荒山是过度放牧和砍伐造成的,并非山原有的自然状况。这段论述代表了战国时期合理开发自然资源的思想。

明代山西人阎绳芳以地处太行山区的祈县过度砍伐造成水土流失,生态环境日益恶化的实例,提出了水土流失与洪水灾害的相关关系。祈县在春秋战国时曾经有北方重要的湖泊祈余泽,随后湖泊消失,但是泉水众多,水源丰沛,滋润着太行山区,使这里森林茂密,物产丰富。明嘉靖以来人口激增,人们大肆砍伐木材,开垦耕地,终于使富庶的山区成了水旱频繁的穷山瘠岭。“天若暴雨,水无所碍,朝落于南山而夕即达于平壤,延涨冲决,流无定所,屡徙于贾令(镇)南北,而祈之丰富减于前之十七矣。”(《山西通志·水利略一》)阎绳芳指出这是人类对自然的破坏而造成水土流失的后果。

从孟子到阎绳芳,古代中国人在探索人类与自然的相互关系,强调彼此的平衡。

二、保护水土的工程措施

以修筑工程的方式来阻止水土流失,这是古代普遍运用的措施之一,通过筑坝、治田来保土和拦截地表径流,以涵养土地。

(一) 沟涧筑堤或坝

清乾隆时(1736—1795年),山西御史胡定上《河防事宜十条》指出:“黄河之沙多出自三门以上及山西中条山一带破涧中,请令地方官于涧口筑坝堰。水发,沙滞涧中,渐为平壤,可种秋麦。”这个建议受到山西、陕西农民在黄土沟壑地区淤地种麦的启发,从控制黄河中游水土流失出发,从而达到治河防洪的目的。今天黄河中游的小流域治

理多采用这一措施。

(二) 梯田和区田

梯田是我国南方山区或丘陵水土保持的一种农田工程,起源于西汉,“梯田”一词首先见于成书于南宋乾道八年(1172年)范成大的《骞鸾录》。梯田层层水平修筑,有效地减少了坡面径流的汇流时间;使降雨尽可能地入渗,较大地减轻了对地表土壤的冲刷。

区田法是一种古老的农田工程和耕种方法,适宜于干旱地区采用,因此有“汤有旱灾,伊尹作为区田,教民粪种,负水浇稼”的传说(《农桑辑要校注》卷一)。它以窝种和沟种为主,有利于保持土壤和存储雨水。流行于现在的干旱山区的坑田和山区造林所用的鱼鳞坑均由此演变而来。西汉《汜胜之书》首先总结了区田制的耕种要领:区田之制“地一亩,阔一十五步,每步五尺,计七十五尺。每一行,占地一尺五寸,该分五十行。长一十六步,计八十尺。每行一尺五寸,该分五十四行。长阔相乘,通二千七百区。空一行,种于所种行内,隔一区,种一区。除空隔外,可种六百七十五区。”(《农政全书》)

三、保持水土的生物措施

植树植草是水土保持的生物措施。地表植被加大了地表糙率,减缓地表水的流速和削弱冲刷力,同时还有调节小气候的作用。春秋战国时期,已经鼓励植树,禁止乱伐。战国以来,但有战争,便是森林严重破坏。和平时期植树造林为国家所鼓励。

汉景帝时设东园主章,掌管植树造林,东晋曾提倡植桑,规定每户植220株;宋定民籍五等,第一等种杂树100株,依等递减20株,种梨和枣树则减半。明初对植树非常重视,曾规定凡有田5—10亩者须栽桑、麻、木棉各半亩;田10亩以上者再加倍。各地政府官员亲自督办。清代林政衰败,中原腹地林区多已砍伐殆尽。民国时,1915年

规定 3 月 12 日为植树节,但是社会动荡,植树并未真正引起从民间到政府的重视。

中国古代水土保持的生物措施成就不著,历代重农耕,扶助林政不力,森林植被趋于恶化。

第三章 城市水利

人类文明的发祥地一般都在大河的两岸,原始社会早期,人类靠渔猎游牧为生,逐水草而居。部族定居以后,人畜用水日渐增多,产生了供水工程。在城市的形成过程中,城市防洪和水运同时在发展。人类社会日益完善,对城市公共环境和私家环境的要求也随之提升,古代城市水利主要包括城市供排水、城市防洪、城市交通、园林灌溉、消防和美化环境等内容。

古代解决城市用水的工程措施主要是:修建引水工程、城内陂塘蓄水和水井取水工程等。我国许多著名的大城市水源问题都是通过大型的引水工程解决的。汉代长安的昆明池,魏晋洛阳的千金堰,唐宋的杭州西湖,元明清北京昆明湖都是当时重要的城市水利工程。在都城建设中,城市水利是同步创立和完善的。

城市水利开始只是城市市政设施的一部分,即城市供排水和防洪系统,后来水利工程的美学功能为人们所注意,首先运用于皇家园林,逐渐演化成为社会财富。水利与城市环境的互为契合,使水利的功能在城市发育和完善中产生了综合多层次的效应:造就城市、维系城市生存发育和提升城市环境质量。

第一节 先秦及春秋战国时期的城市水利

墙与沟是同时产生的原始城市市政设施,这种墙、沟环绕居民区,除防御作用外,还有防洪、蓄积雨水和城内排水功能。我国仰韶文化时期的西安半坡村文化遗址(约前 5000—前 4500 年)居住区的四周就环绕着宽深 5—6 米的大沟。殷商时期城市的发育已经比较完善,今河南偃师考古发掘发现的公元前 3600 年的商城,有大型石砌排水道,水道呈 2×1.5 (米)矩形,与城外排水沟相通^①。春秋战国时期各诸侯国的城池建设各有特色,有关城市规划的思想活跃,著述丰富。秦汉以后蓬勃兴旺的封建经济为城市发展注入了活力,都城规模扩大,城市基本风格得以确立,城市水利的市政和环境功能得以完善。

一、古代都城规划中的水利理论

春秋战国时期城市建设蓬勃发展,城市和集镇大量涌现,城市建设理论得以创立,在它的形成中渗入了许多封建礼制和伦理。

成书于战国时期的《考工记》对理想封建城市予以全面的阐发:“匠人营国,方九里,旁三门,国中九经九纬,经涂九轨。”城市规划已经成为礼制的内容,这种方正矩形对称的都城对后代都城营建规划有极深的影响。但是,城市水源与其他自然条件也是当时被重视的重要因素,古代城市水利理论最系统的应首推《管子》,它蕴涵着丰富的

^① 裴明相:《商代前期国都的结构和布局》,《中国古都研究》第三集,浙江人民出版社 1987 年版。

水利规划内容,体现了因地制宜,顺势利导的主要原则,可以归纳如下:

1. 城址高程确定取水之利,避水之害的防洪思想

《管子·乘马》:“凡立国都,非于大山之下,必于广川之上。高毋近旱,而水足用;下毋近水,而沟防省。因天材,就地利,故城郭不必中规矩,道路不必中准绳。”城址的选择要利于供水和防洪,城池不必拘泥方正,道路不必拘泥笔直。

2. 城址位置的水资源因素

《管子·度地》:“故圣人之处国者,必于不倾之地,而择地形之肥饶者,乡山左右,经水若泽,内为落渠之泄,因大川而注焉。”城池应该居于水源丰沛,既便于取水,又利于水流外排的地方,水道相连,直注大川。

3. 城市防洪、引水和排水综合功能

《管子·度地》:“归地之利,内为之城,城外为之郭,郭外为之土阡。地高则沟之,下则堤之,命之曰金城。”城郭之外要考虑设置防洪堤、排水沟等市政设施,以为城市的保障。

4. 城池建设是国之要务

《管子·问》:“若夫城郭之厚薄,沟壑之浅深,门阊之尊卑,宜修而不修者,上必几之。”在封建集权国家将城市供排水设施建设置于国家要务,君主应该亲自过问,城市水利的重要性已经为人们所认识。

其实,产生《考工记》和《管子》的战国时代,少有理想的呈方正格局的城市,城的选择首先是迁就经济和自然条件,且多是先有了人口聚集的市,再开始建城,直到汉建都长安,也是先建宫后建城。隋唐以来城市规划日益遵循礼制约束,水源问题更掣肘城市的发展,为了解决城市用水,水源和供水工程建设在城市建设中的地位更为重要。

二、周丰、镐二京的镐池与城市排水工程—— 最早的城市水利工程

约公元前十一世纪,在渭河支流沔河、镐水两岸,周文王、周武王先后建都丰邑和镐京,丰邑临沔河,镐京临镐水,各利用洼地引水为池,使城市有了较为稳定的水源。周都的水源工程为汉代所继承,扩展为著名的昆明池。

据考古发掘,在周城的主要建筑区发现了可以套接的陶制排水管,水管长1.07米,口径分别长0.32米和0.22米。在居住区有水井和水窖,水井有圆形和方形两种,深达9米;水窖为圆形袋状,底径1—2米。^①

周都城的城市用水可能主要是地下水,沔河水用于灌溉和园林,著名的周文王园囿——灵沼便是水源工程的一部分。灵沼,又名“灵台”,距今大约有三千多年的历史,位于今西安以西,引沔河蓄水而为池,方圆七十里。《诗经·大雅·灵台》对此有非常生动的描述:“经始灵台,经之营之,庶民攻之,不日成之。经始勿亟,庶民子来。王在灵囿,麀鹿攸伏。麀鹿濯濯,白鸟嚶嚶。王在灵沼,于物鱼跃。”此处因水利工程创造的有山有水有建筑物的园囿,主要的元素是“水”,灵台不仅供观赏和游乐,还有经济方面的其它收益。以后的皇家园囿继承了这一传统,如汉代未央宫有沧池,建章宫有太液池,隋兴庆宫有龙池,唐大明宫有太液池等,皆是由供水工程衍生出来的宫廷园囿。水利对城市建设产生了积极而深远的影响,水利工程的美学功能很早便为人们所认识和利用。

^① 胡谦益:《丰镐地区诸水道的踏查——兼论周都丰镐遗址》,《考古》1963年第4期。

三、燕下都及晋阳的供水工程——春秋战国 诸侯国城市水利举例

春秋战国时期各诸侯国的都城是周边地区的政治经济中心,据文献记载每个城市有自己独特的水源条件和水利工程。这些城市的宫殿建筑遗址处,考古发掘也都发现了陶制大面积的上下水管道,说明这些都城的城市市政设施比较完善。

(一) 燕下都武阳

战国燕上都在蓟(今北京西南),下都武阳在今河北易县。据现代对燕下都遗址考古勘测,城东西长约 8 公里,南北长约 4 公里,分内外城,是战国时期诸国都城中规模较大的。城北临北易水,南靠中易水^①。考古发掘与北魏成书的《水经·易水注》的记载极为吻合。

据《水经·易水注》记载当时的水源工程是跨流域引水工程。在濡水(即北易水)筑坝引水入城,渠道在城内分为两支,一支向南,出城后注中易水;另一支东行入内苑金台陂,金台陂东西长约 7 里,南北长约 5 里,其北紧临燕下都宫殿。宫殿基址中有陶质下水管,可与池塘通。燕下都的城市水利相当完备,供蓄水工程有效地保证了宫殿园囿和城市各种用途的水量要求,弃水可以顺利排出。主要的输水渠道可以通航,船只可入城进入内苑,那里有宽阔的水域供船只停泊。

(二) 晋阳引晋工程的演进

晋阳在今太原西南。春秋末年,晋国的智、赵、魏、韩四家大公互相争夺,公元前 453 年,赵襄子占据晋阳,智伯联合韩、魏攻赵。智伯在晋水上作堰,引所蓄水灌晋阳城,因城防坚固,未能攻破(《水经·晋水注》)。晋阳城之所以能有效地阻挡水攻,主要是晋阳有坚实的城

^① 《河北易县燕下都故城勘察和试掘》,《考古学报》1965 年第 1 期。

墙和排水顺畅的护城河。后来此处水攻工程设施被改造为晋阳的供水工程,称之为“智伯渠”,晋水河道成为泄洪道,原引水渠道经过整理成为向晋阳供水的专用水道,引水渠首发展成为著名的风景区——晋祠。

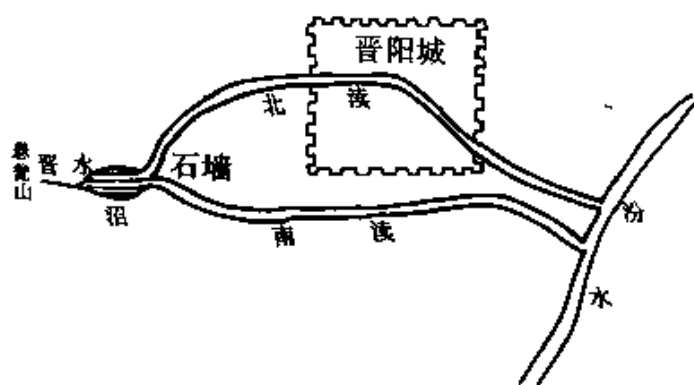


图 3-1 晋阳供水工程——智伯渠示意图

唐代晋阳城已有东、中、西三城,东城在汾水东岸,城跨汾水,有数十万人口。引晋供水工程有较大的扩展,唐贞观时(627—649年)在汾河上修建了一座大渡槽,向东城供水。现在智伯渠仍在使用的,称“晋祠灌区”,以农业用水为主。

第二节 汉与隋唐长安城市水利

长安即今西安,位于关中平原的中部,地形西南高,东北面低,渭河干流自西而东,诸多的溪流从秦岭向北经平原流入渭河。周丰京、镐京之后,汉及隋唐的都城长安又建在这里,唐以后,西安城址没有变动。汉长安在今西安市西北约 10 公里处,西临泂、镐二水,隋唐长安向东南迁,东临灞、浐水,南靠交水。

汉代全盛时,长安人口达到 10 万,唐代达到 100 多万,作为强大的封建王朝都城,长安城市规模、市政设施无疑是当时世界都城中首屈一指的,除了社会原因和地理位置以外,城市水利规划和建设的成功是不容忽视的。

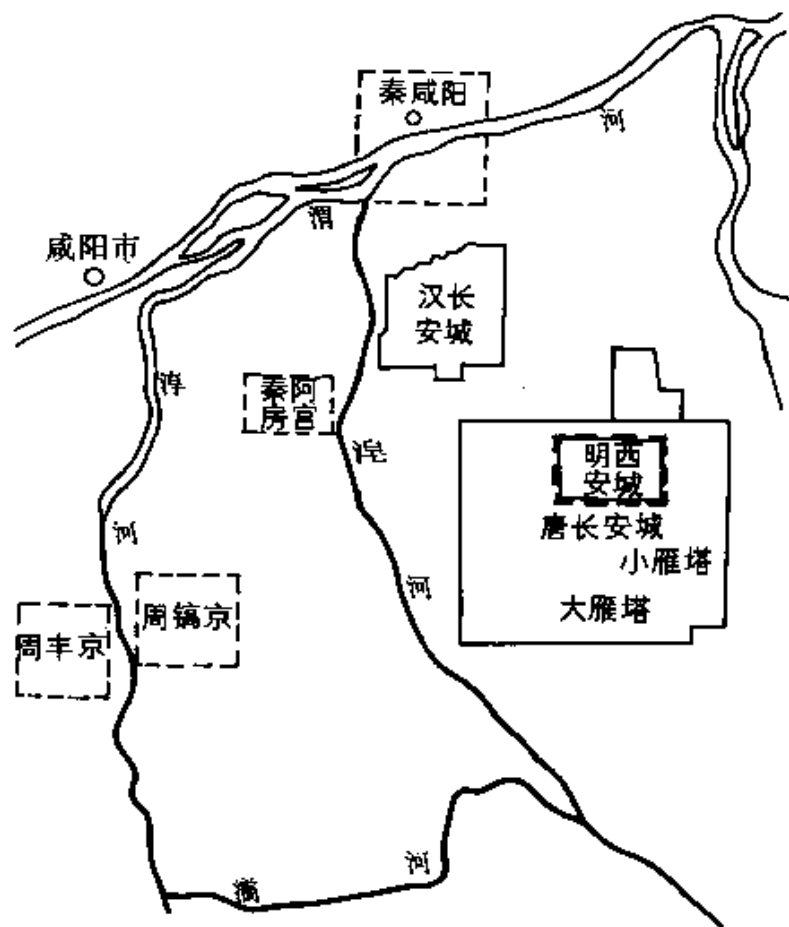


图 3-2 各时期西安城址位置图

一、昆明池——长安供水系统的形成

汉长安西面邻接秦阿房宫，直接利用秦宫城的旧有水源和输水工程，即引渭河支流沔水，入镐池，通过镐池的调节，输水入都城。武帝时扩建宫殿和都城，旧有的水源不敷使用，于元狩四年（前 119 年）开始修建昆明池供水工程。

昆明池上源引渭河支流交水，在它的北面有引镐水的镐池与之相通，可以补水；汛期，昆明池余水向西泄入沔水；其下源纳沔水。昆明池是主要蓄水库，周长达四十余里，其下有揭水陂，控制和调节入城水量。水渠入城后在未央宫之西设仓池，这是控制宫城区来水量的

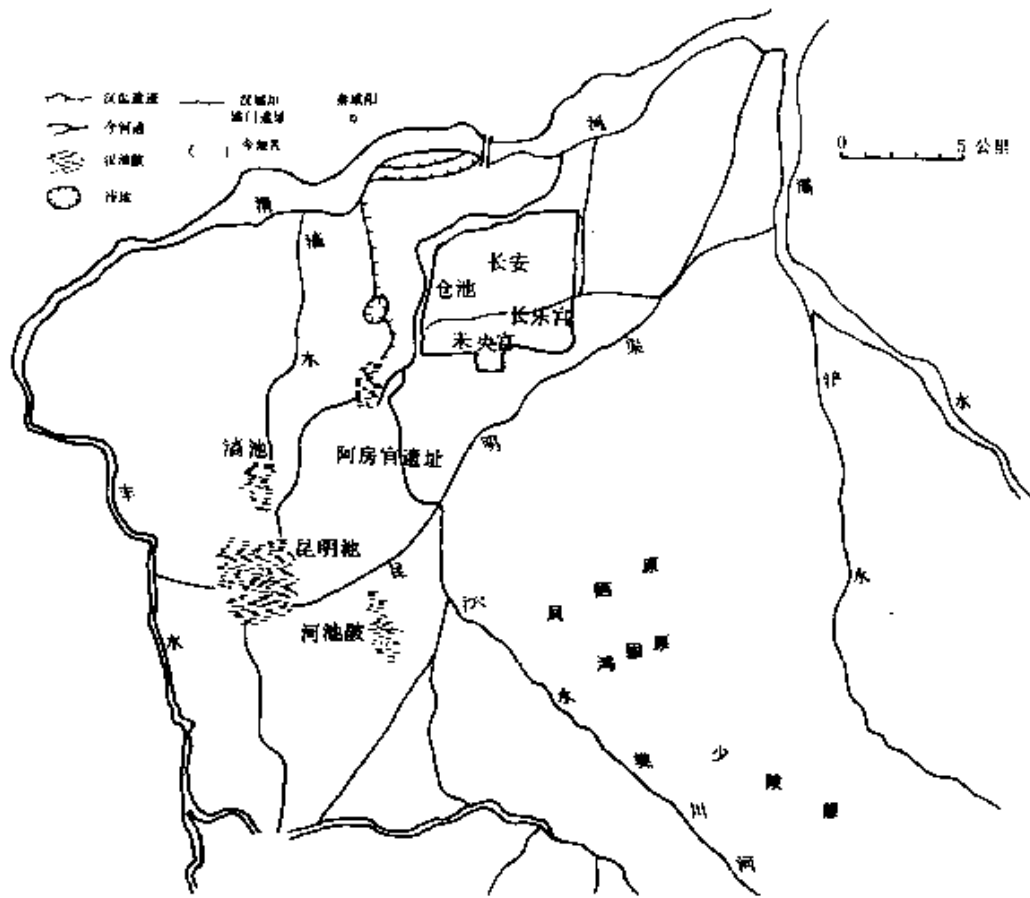


图 3-3 汉长安昆明池供水工程及长安附近水源示意图

枢纽, 沔水也在这里汇入其中。昆明池出城后称漕渠, 开凿于元光六年(前 129 年), 是一条东连渭河的人工运河(《水经·渭水注》)。

汉长安全盛时, 城市人口达到近 30 万, 除朝廷和驻扎的军队外, 城市有繁荣的商业区和分布大量的手工业作坊, 长安以渭水为水源, 昆明池供水工程的修建, 使都城长安的水源丰沛, 解决了长安的市政用水和漕运用水, 同时也给宫城造就了碧波荡漾的园林景观。汉班固《两都赋》对长安和洛阳的城池山川有过极为生动描述, 对西都长安的城市水环境更是称羨不已: “东郊则有通沟大漕, 溃渭洞河, 泛舟山东, 控引淮湖, 与海通波。西郊则有上囿禁苑, 林麓藪泽。陂池连乎蜀汉, 缭以周墙, 四百余里。离宫别馆, 三十六所, 神池灵沼, 往往而在。”

即有运河可以沟通渭河和黄河,江南的物产可以通过水路源源运入都城;都城内园林池沼又与壮观的宫殿建筑相映生辉。汉长安城市水利规划和建设的成就对以后各代都城营建产生了积极的影响。

二、城市水源工程——水绕长安的水环境

魏晋南北朝时期,长安历经战乱,城市破败。隋建都长安后,都城向西南移,更建新城大兴城。新都城东依灞、产二水,西临沣和交水,汉长安昆明池供水系统只限于西部水源,新城址更利于全面引取发端南部山区渭水各支流。开皇三年(583年)开始建城,同年引产水的龙首渠和引交水的永安渠动工,说明新都城的选址水源是关键因素。其后,唐在隋都的基础上继续营建,长安供水工程日渐完善,终于形成了沟渠纵横、南北东西相通的城市水利系统。其时长安的引水工程,主要是四处:城以东引产水的龙首渠、城东南引南山溪水的黄渠、城以南引沣水的清明渠和漕渠,以及引交水的永安渠。

隋唐长安城市主要水源工程有五处^①,其经行如下:

1. 龙首渠

龙首渠在长安东南引产水,经通化门入城,主要为解决宫城内苑的用水而修建。唐筑大明宫,扩建隋旧兴庆宫,两宫水源皆仰给于此。龙首渠入城以后渠道分支别引,西与其他渠道互为沟通,水道纵横给都城街景平添了生气。

2. 清明渠

在城南分沣水东南流,经安化门至皇城、西与永安渠会。清明渠解决外郭西城及皇城、宫城部分用水。

^① 黄盛章:《西安城市发展中的给水问题以及今后水源的利用与开发》,《地理学报》,第24卷第4期,1958年。

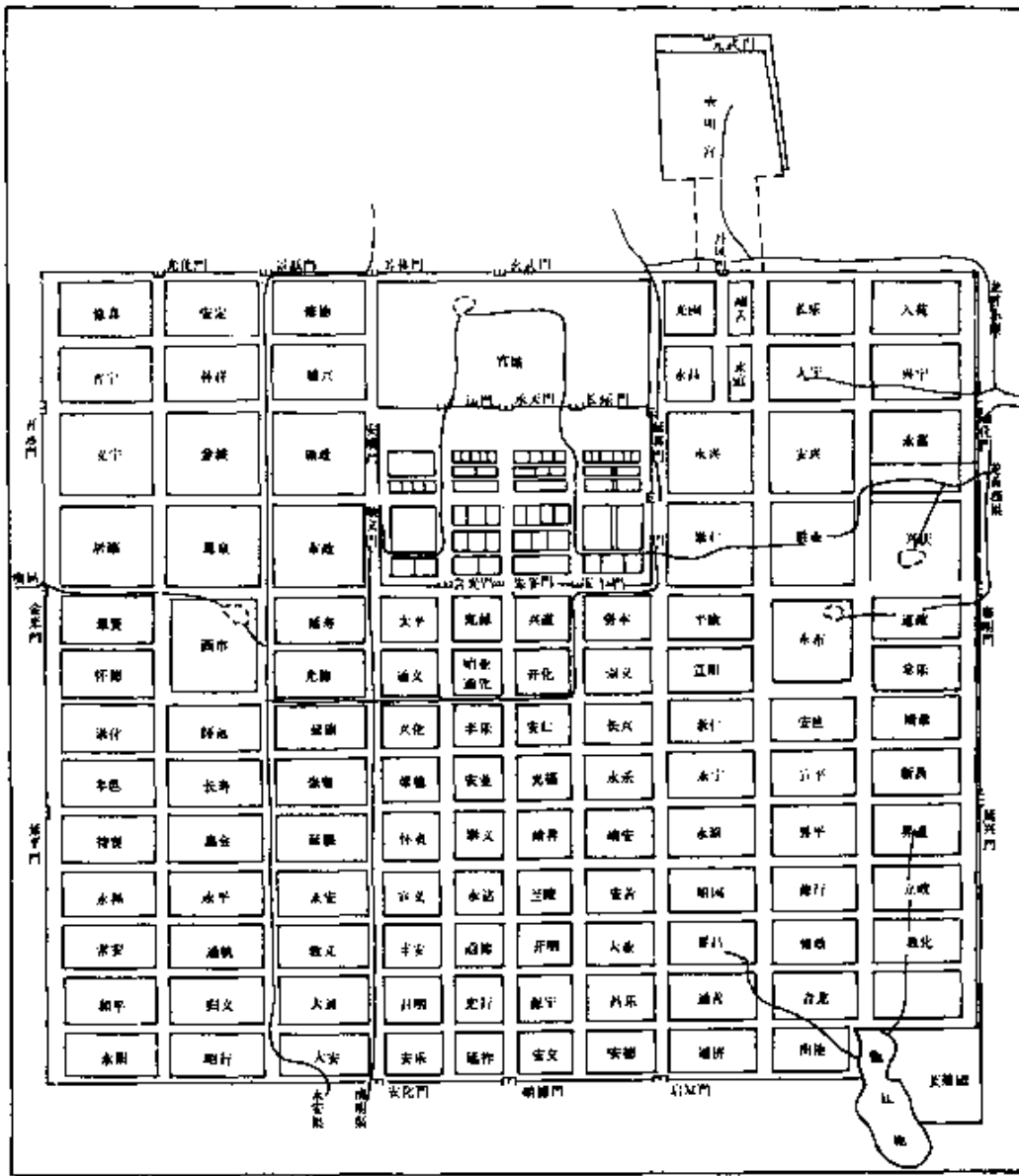


图 3-4 隋唐长安坊水渠复原图

3. 永安渠

永安渠在城东南，凿于隋开皇二年（582年），在城南引交水，从大安坊入城，直北入芳林园，然后出城，北入渭水。

4. 黄渠

隋代宇文恺在城东南角利用泉水开曲江池，把这一带辟为皇家园囿。唐代更开水源，引南山山溪水注入曲江池，渠称“黄渠”。曲江

池以下渠道入城,称“御沟”,与许多私家园林通。

5. 漕渠

隋开皇四年(584年)宇文恺主持开凿,引渭水经长安城北,东至潼关,长300里。唐初淤废,天宝六年(742年)韦坚重开,并于长安城东引沣水开广运潭,使长安成为漕船的停泊港,最多时可停船数百艘。

三、灿若银汉的长安园池——水利工程对都城环境的美化

水利工程的兴建给隋唐帝国都城留下了宛若银链的城市水道和碧波盈盈的园林陂池。这些水道和陂池互为贯通,具有调节水量的工程效益,也给城市带来了巨大的环境效益。

长安主要园池及给水渠(或河)系

主要园池(面积)	给水渠(或河)
昆明池(14.7千米 ²)、镐池(1.4千米 ²)等。	交水、沔水
内苑兴庆池(0.21千米 ²)、太液池(0.16千米 ²), 龙首池、灵符池、凝碧池、积翠池,胜业坊宁王九曲池,昌化坊 岐阳公主宅沼,大宁坊太清宫池,东市放生池等。	龙首渠
鲍陂(0.48千米 ²)、曲江(1千米 ²)、昭国坊韦应物宅池、永宁坊永 宁园池、独孤公转池、长兴坊杨师道园池、晋昌坊慈恩寺池等。	黄渠
皇子陂(0.56千米 ²)、兴化坊裴度园池、太平坊园池、太极宫西 海池。	清明渠
定昆池(1.5千米 ²)、昭行坊王昕园池、西市放生池、修德坊兴 福寺池。	永安渠
鱼藻池(0.56千米 ²)。	漕渠

长安内苑的池沼,给气氛威严的皇宫建筑群增添了生气,形成了独特的东方皇家宫殿风格。而水面开阔的水域显著地改善了都城的大环境。昆明池自汉代以来一直是皇帝和达官贵人宴乐的场所,唐代水面仍然很大且水很深,据唐人记载:“昆明池地三百二十顷,中有戈舟各数十,楼船百艘,船上建戈矛,四角垂幡旌麾盖。”(《三辅旧事》)玄宗开元时开黄渠后,曲江池水域扩大,昆明池的地位被取代。曲江池是盛唐兴起的著名郊游胜地,沿池楼台亭阁栉比鳞次,是君王经常游乐的地方。昆明池附近有杏园,每年新进士的牡丹宴在这里举行。昆明池一带也对平民开放,京城百姓每年三月游春泛舟,行人如织,这种盛况一直维持到唐末。

唐代见诸史籍的长安园池大小小有三十多处,主要以明渠供水为主,如此众多的园池,供水量之大可以想见。民间饮水多是井水,一般平民不得僭越引水,官方对水利工程的管理非常严格。

四、长安城市排水系统及规划上的失误

隋大兴城“凡所规划,皆出于(宇文)恺”(《隋书·宇文恺传》)。宇文恺规划都城时考虑了城市排水和防洪,唐代在大兴城规划基础上又继续扩建和完善。现代考古发现当时城内主要街道的一侧或两侧都建有排水沟。排水沟上口宽 3.3 米,底宽 2.34 米,沟深 1.7—2.1 米,流经市内的渠道,与城濠均可接纳城内污水和作为汛期洪水出口,即排水沟——城内河渠(城壕)——排水河道所组成的城市排水体系。

长安作为当时规模最大的都城,排水系统的布置存在一些缺陷。唐代长安城市面积约 83 平方公里,城濠周长 37 公里,城内可以行洪的河道主要是供水干渠,实际上汛期可以发挥的泄洪能力很小,当来水较大时还可能给城市带入部分洪水。长安众多的池沼可以积蓄部

分洪水,包括城濠在内总蓄水量约 592 万立方米,且容量较大的水体主要分布在城郊和外城,市内洪水主要由城濠承担。据分析,长安的城市蓄水量和水道排泄量远小于北宋的汴京和元明清的北京。在地形上长安呈东南高,西北低,而城中心地区地势最低洼,有效的办法是在城的中部利用地形开挖城池。但是长安市区多是容量较小的园林水体。在古代都城中,唐长安水灾频率和灾害程度是很突出的,据研究自永淳元年(682 年)至元和十二年(817 年)共 135 年间,由于排水不畅而造成的严重洪涝灾害有 10 次,其灾害程度也很严重^①。据《新唐书·五行志》记载:大历十一年(776 年)“七月戊子京师平地水尺余,沟渠涨溢,坏民居千余家”。《旧唐书·五行志》记元和十二年(817 年)六月大水:“京师大雨,街市水深三尺,坏庐舍二千家,含元殿一柱陷。”这两次重大水灾,致灾原因显见与城市排水设施在规划和设计上的缺陷有密切关系。

第三节 宋代城市水利

宋代城市在前代发展的基础上,已经相当完善。无论是大都市,还是中小城市都具备较为系统的供排水工程。城市水利不但为城市提供水源和防洪保障,在城市交通、消防和城市环境中的作用也十分显著。

开封是北宋的都城,时称东京或汴京,地处东西大运河的中心,交通远比隋唐都城长安便利,又北临黄河,城市水源充足,但是城市防洪十分艰巨。南宋都临安(今杭州),江南充足的水资源和城市水利工程造就了许多风景名胜,著名的杭州西湖和苏州园林主要形成于这一时期。

^① 吴庆洲:《唐长安在城市防洪的失误》,《自然科学史研究》1990 年第 3 期。

一、汴京——以水运和防洪为重点的城市水利

汴京在宋之前曾是战国魏、五代时后梁、后晋、后汉、后周的都城,唐安史之乱以后,一些割据势力便占领汴州,扼断长安和洛阳的漕运通道,以期间鼎中原。北宋建立,为了避免前代漕运的困境,以汴州为都城。

汴京在宋代得到了空前的发展,城池规模很大,有三重城墙,中心是皇城,周长九里宽十八步;第二重是里城,周长二十里宽五十步;第三重是外城,周长四十余里。北宋末年汴京有住户 26 万,人口约 120 万,有驻军近 30 万。汴京的饮水以井水为主,园林用水、加工业主要是水碾和水磨用水量较大,依靠汴河、金水河、五丈河供水(《宋史·河渠志》)。

(一) 汴 河

汴河是隋炀帝开凿的通济渠,它自黄河取水,由城之西北入城,穿过城区至东城水门出城。汴河流经京城,两岸码头、仓库林立,还分布许多市场,其中相国寺是最繁华的地区,宋代名画张择端的《清明上河图》反映的就是汴河两岸的街景。

宋代汴河是沟通全国水运的骨干运河,向西北与黄河通,与渭河通;向东南入淮河,下入淮南运河,过长江可至杭州。汴河以黄河为水源,多泥沙,淤积严重,给城市防洪和通航带来许多困难,汴河水利工程是北宋都城汴京城市水利的重点。

(二) 五 丈 河

又名广济渠,与汴京护城河通,是主要的输水河道,水路通舟楫,可东至曹、济、郟等州。

(三) 金 水 河

是一条汇集山区迳流的小河,水质较好,专门给皇家园林供水。

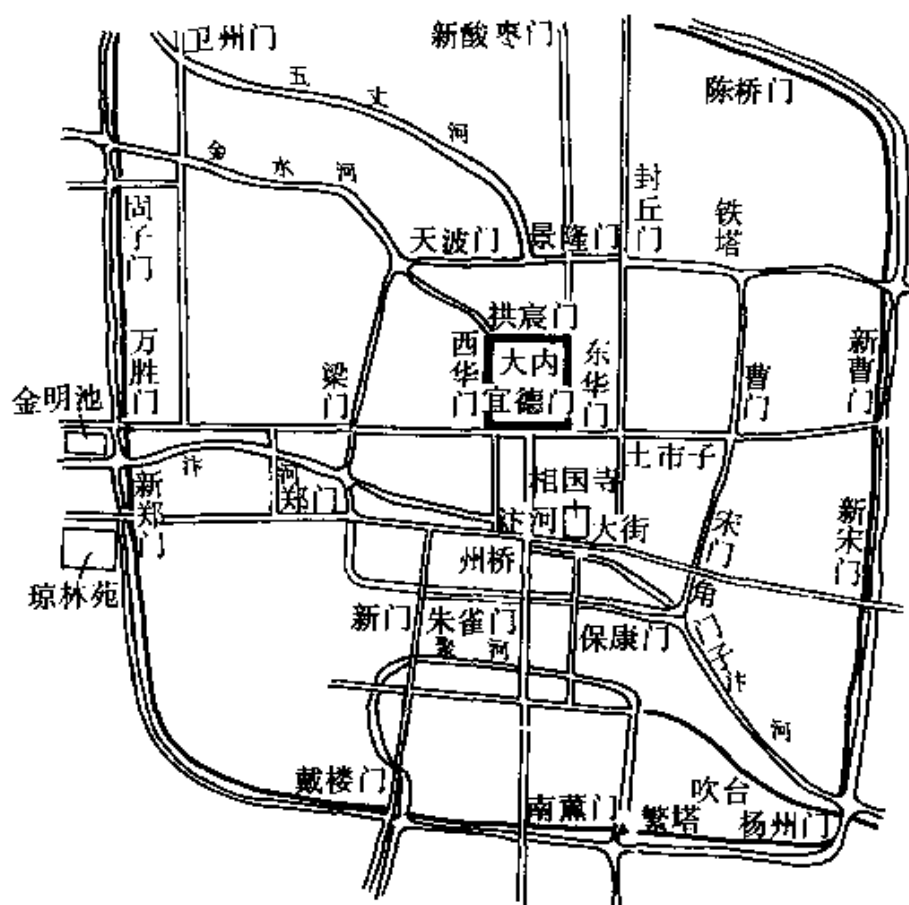


图 3-5 北宋东京(开封)城市水利示意图

自城西天波门入里城。入城后分支股引，注入各池沼。著名的园池有方池、园池、迎祥池、莲花池、凝碧池、曲江池等，最大的是金明池，它位于西城外，周回九里，与汴河互相灌注，形成很大的风景区。晋王府地势较高，竟然在承天门凿渠架筒车以水力推动提水注其园池。金水河在汴京城市水利中的地位极为重要，为了保证水源水质，与汴河相交处以渡槽横穿；金水河入城后两岸砌石驳岸，岸边绿树成荫，遍植花草。凡与道路相通，均建造拱桥。适当地段设方井，供民间和寺庙用水。

汴京的排水设施也很成功。汴京地势平坦，众水所汇，城内修建了一套完整的排水沟渠，最后汇集起来排入涡河。此外，城市护城河，阔十余丈，城濠内外，皆植杨柳，又有城墙高耸，可拒洪水入侵，气势非常。

北宋末年以来,金占据黄河以南广大地区,宋金皆以黄河拒敌,加以黄河逐渐淤高,进入了河道迁徙期,开封坚固的城墙已不足以抵御滔滔洪水,城市开始屡被水患。到明代开封更是因洪水多次彻底毁城,宋城被黄沙掩埋,明清的开封规模小于宋汴京。

二、杭州西湖——集供排水功能与环境美化功能为一体的城市湖泊

秀丽的西湖是南宋杭州供水水库衍生的风景区。西湖三面环山,东北与杭州平原相连。远古这里与海相通,是一个大海湾。由于江海潮水的作用,将大量泥沙淤积在海湾口门,逐渐将它与海隔开,形成泻湖。杭州就是在泥沙淤积的平原上建起来的。隋代南北运河开通,杭州作为运河的终点开始兴盛。杭州城池建于隋代,随着南方经济的逐渐繁荣,杭州在唐代迅速地发展起来。杭州地下水咸苦,不宜饮用。唐代宗时(763—779年),刺史李泌作六井,引西湖水入城,城市用水得以改善。唐穆宗时(821—824年),白居易为杭州刺史,系统治理西湖:疏浚湖泊、修筑东堤,加大了西湖的蓄水量和调节能力,并修建了石函和笕等引水设施(《咸淳临安志》)。石函即闸,笕是引水的竹制输水道。西湖水除供给城市用水外,还用于农田灌溉,其灌溉面积达到一千多顷。为了非常宣泄洪水,在湖岸还设置了一处溢洪道。

杭州城市水利的第二次大发展是五代吴越国时期至宋代。吴越在杭州建都,着意经营西湖水利,这时杭州城市水利可以分为三部分:西湖蓄水供水工程、城内河渠系统、运河。城内河道和运河互为沟通,均可行船,是兼有供排水、城市交通、消防等综合功用的河湖水利体系。南宋以杭州为都城,称临安,城市人口超过50万。临安全城有12门,和5水门^①。西

^① 郑连第:《古代城市水利》,水利电力出版社1984年版。

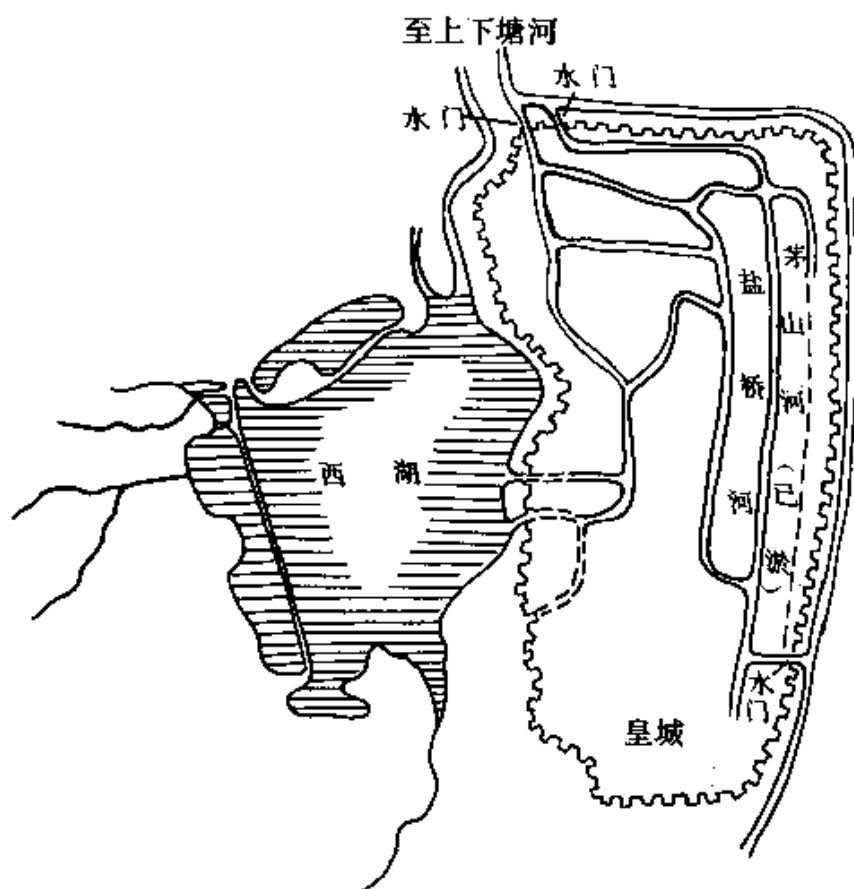


图 3-6 南宋临安(杭州)与西湖城市水利示意图

湖供水系统进一步改善,输水管路由瓦管改为石砌涵管,并扩大了引水量。

西湖是天然泻湖,水源主要来自运河和地表径流的汇集。受来水洪枯的影响,湖区很易向沼泽化演变,西湖的维持主要依赖水利工程手段。自隋以来,人们全力保护和改

善它的蓄泄条件,终于造成了具有广阔水面,与秀丽青山相互辉映的湖光山色。五代时湖区寺庙渐多,宋代更修建了许多园林建筑,西湖已经是首屈一指的风光名胜。

三、宋代中小城市水利建设的特例——苏州 园林水利与宜春李渠

宋代我国的城市发育很完善,即使是普通城市市政设施也很齐备。城市水利建设成就在这一时期非常突出。

(一) 苏州城市

苏州始建城于周敬王六年(前 514 年),是春秋时吴国的都城,当

时的城市设有闾、胥、盘、蛇、娄、匠、齐、平共 8 座水门,是一座水陆交通十分便利的城市。宋代国家的经济中心已转移到江南,南宋迁都临安后,苏州的地位更显重要。

运河傍苏州城池而过,运河又兼作了护城河。宋苏州城 5 个城门都有水门,城内河道纵横,与道路街巷呈方格布置。骨干河道分为东西向 3 支,南北向 4 支,它们的分支像血管一样沿伸到各街坊,形成了商店、住宅、手工业作坊前门临街,后门临水的水城。运河漕运的兴盛带来了苏州经济的持续繁荣,历代富商在此营建私家园林,这些园林中山石和流水是主体。

从春秋的吴都到现代,苏州的城址基本没有变化,作为城市骨架的河湖水系有效地维持了城市格局的稳定,尽管战乱或天灾毁坏了建筑物,但是河道基础存在,只需修整城市马上就得以恢复。

(二) 宜春李渠

江西宜春始建年代不详,唐代为袁州州治。宜春北临秀江(今称袁江),因城市地势高于秀江,城市居民饮水要到秀江担抬,十分艰巨。元和四年(809 年)李顺组织民众开渠引水,以改善城市供水。水源选在州城西南十里秀江南岸支流清沥江(今温汤河)的上游,筑坝开渠,“引水溉田二万亩,有决而入城,缭绕闾巷,其深阔使可通舟”(《李渠志》)。到了宋代这条主要承担宜春城市用水的工程有比较大的改进。渠首为柴石混合结构的拦河坝,壅水入渠,渠道依山开凿。进水口无闸门控制,渠道水量的调节工程有 3 项:渠道上的侧向溢流堰,分泄部分洪水;渠道与护城河相连,利用城濠作为调节池;城内设有多处减水沟,可以及时宣泄市内余水。宋城濠有比较大的展开,最宽处约 200 丈,水域开阔,岸边遍植杨柳,已是居民游憩的场所。入城后干渠分为 3 支,旁支小渠很多,弯弯曲曲,穿行于大街小巷之中,方便全城就近汲引、洗涤,较大的渠道可以行舟。渠道尾水最后汇入袁江。

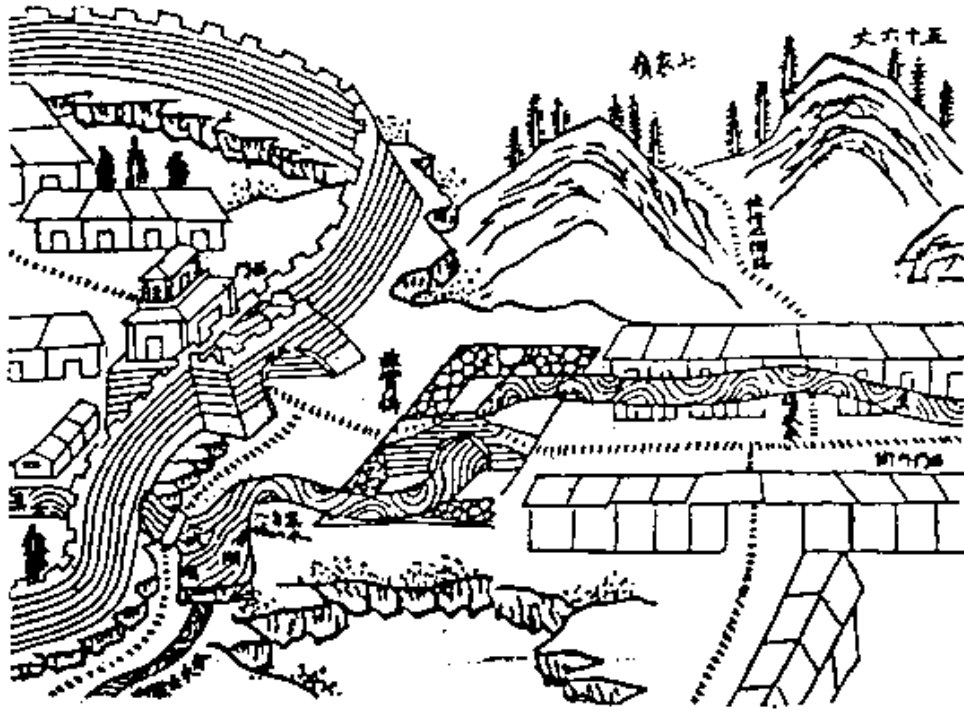


图 3-7 李渠工程示意图

第四节 元明清北京的城市水利成就

北京地处半干旱的华北平原，水利是北京城市的发展关键。北京的城市水利建设始于金代，完善于元代，又历经明清的刻意经营，造就了具有引水、城市供排水、调节水量等综合市政功能的河湖系统，给都城留下了风景优美的湖泊景区和山水俱佳的皇家园囿。和同时代兴起的其他国家都城相比，北京的水环境表现得更富有魅力，即使从现代城市规划的角度来衡量，也可堪称城市规划的杰作。

一、以海子为中心的城市湖泊群诞生——与都城建设同步的城市水利建设

金中都宫城的营建至迟在皇统元年(1141年)。中都城在今北京

市区的西南,即宣武区一带。宫城以莲花河为水源,兴建了富丽的皇家园囿,其中最负盛名的是宫城西门玉华门外的同乐园。金王朝还以白莲潭为依托修筑离宫——北宫。白莲潭是北京中部古高粱河道残余的积水洼地(相当于今积水潭至中南海部分海子水域),上源有泉水和地表径流经高粱河河道汇入。修北宫时将潭的南部水体围入宫城,这部分水域元代继续扩建,成为元大内的“太液池”。北宫以水为宫殿群的主体,“开挑海子,栽培花木,营构宫殿以为游幸之所”。对池沼进行了疏浚、修筑湖堤和兴建园林工程。疏浚弃土堆土成山,称之寿乐山(元代称万寿山),山上建广寒殿,为宫城登高处。池内另一处堆土成山的岛为瑶光台(即今北海公园的团城),四面环水,建有瑶光楼(即元之仪天殿,明清的承光殿)。在池沼以右为宫内的主要宫殿太宁宫(后改万宁),建成于大定十九年(1179年),在园林工程完成之后宫殿也相继落成^①。北宫建成后,山水园林与宫殿浑然一体。金世宗、章宗常驻蹕于此。

北宫的水体西南流,下入中都北城濠,经南门宣阳门出城。后来为了漕船可以入京,开金口河引永定河入漕河,在城南漕河与城市水道汇合。

金中都对水源利用和宫城水环境的营建为后来元大都的建设者提供了极好的范本,更为大都的城市水利建设奠定了良好的基础。元贞三年(1251年),蒙古兵攻入中都,毁万宁宫。五十多年以后即至元元年(1264年),开始营建大都,大都城抛弃了中都的废墟北移,元的大内却基本继承了北宫的设计和建筑格局,主要思路是迁就大片湖水和风景优美的山水园林。

大都的建设有严密的计划和准备,忽必烈将大都的规划交给刘

^① 姚汉源:《北京旧阜城区最早出现的宫殿园林》,《水利水电科学研究论文集》第12集,水利电力出版社1982年版。

秉忠和郭守敬,他们主持了全部规划和建设。在封建集权的强大干预下,大都建设一气呵成。

为了解决大都的城市供排水和通惠河漕运用水,来自西北郊的泉水通过高粱河输入大都,海子——太液池水面进一步扩大,湖区进水和泄水都建有闸门控制,工程设施非常完善。太液池已不只是供宫城使用的湖泊,而且成为可以调节水量、供排相宜的市区水库。供水有两套系统:高粱河—金水河—太液池构成宫苑用水系统,由环绕大内的护城河系完成水量输送;高粱河—海子—通惠河、坝河构成漕运供水系统。元代在今积水潭的位置引水,明代通惠河不再进城,码头改在大通桥(今西便门附近),坝河也停止了通航。

大都的排水工程也很完善,城墙筑有石砌的排水涵洞,是夯筑城

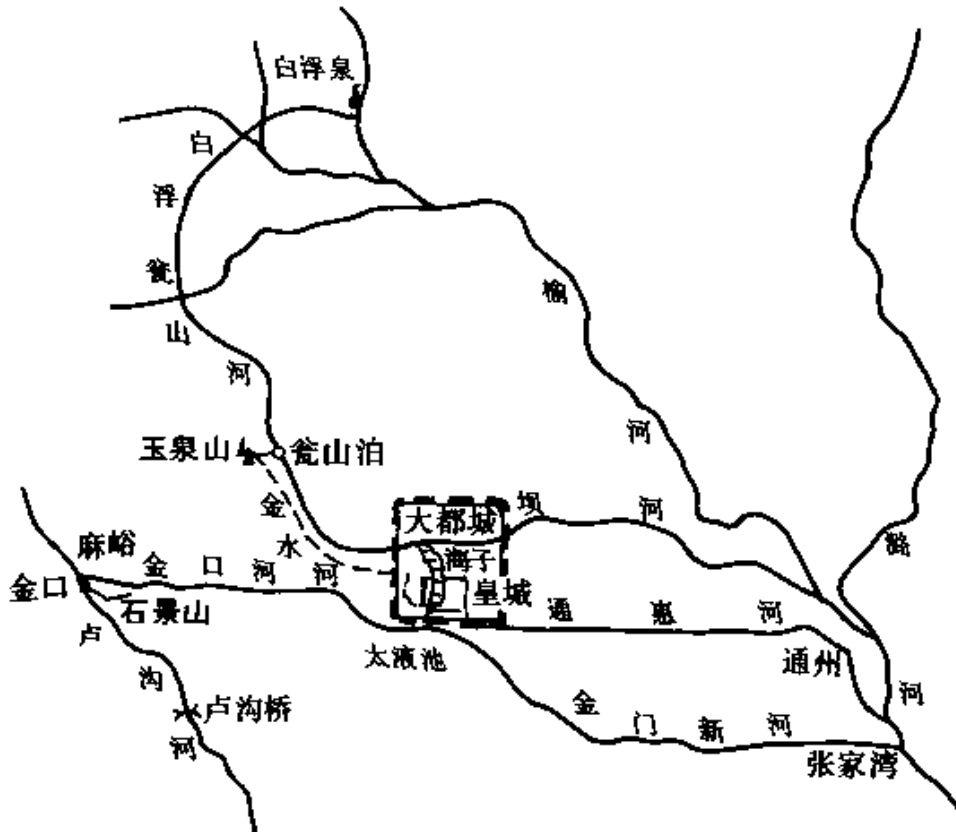


图 3-8 元大都水环境略图

墙前预先设置的。南北主干大街有石砌的明渠,排水渠经过城墙时,承接城市污水。元大都既有河道、湖泊满足居民生活用水,又有通航水道伸入城内,丰富了都市景色,贸易兴隆的集市区也在东城兴起。引水系统和完善的上下水道与之结合,使城市有高质量的市政功能。

明永乐十五年(1417年)定都北京。明代对都城的改造也很彻底,基本是脱胎换骨式重建。城区又弃大都南移,利用金中都的大部再向东扩展,形成了品字形的都城。太液池与宫城居城市中部偏北,宫殿建筑物多是新建的,宫城曰紫禁城,紫禁城在平面上基本呈矩形。明皇城强调中轴线的对称布局,造成宏伟壮丽和威严的气势。由外城南门永定门至钟、鼓楼长达16里的笔直街道,配以九重门阙直抵三大殿。清代对前代的皇城和都城是全盘接收,只将太液池向南扩展,形成今天的面貌。清代南海、中海、北海之名逐渐取代了太液池,与什刹海、后海、西海并称六海^①。雍正、乾隆以来开始在西山利用元代运河水源工程形成的湖泊池沼,大规模兴建皇家园囿,形成了都城外围的别墅园林区。

明清城市供排水系统基本沿袭元代的基础。明代改建都城时,漕河被截断,不再入积水潭,商业中心移至城南。明清以来自通惠河直接运京的漕粮减少,商运增加。通惠河由通州至城东,集市、仓库和行业性的会馆集中在城东,形成了又一经济活动区域。

海子——太液池为主体的园囿给王朝的统治者提供的不只是享乐的舒适环境,以此为中心而分引出环绕皇城的护城河和通惠河。护城河可以承担分流市区洪水、排泄污水,具有城市上下水输入和输出的市政设施功能。这些水体也是内城生活、消防、园林灌溉的重要水源。通惠河在这里获得济运水源,也接纳城市污水并输出城外,构成了城市有机的水利体系。

^① 清·于敏中:《日下旧闻考》卷九,北京古籍出版社1983年版。

二、以颐和园为中心的西山湖泊群——漕运 促进了北京城市水利的最后完善

通惠河是京杭运河的最北段,元至元二十八年(1291年)由郭守敬规划,并主持施工,建成于至元三十年。元代通惠河西起北京积水潭,南行在东便门出城东至通州与潮白运河(即北运河)接。漕船自通州至北京是重船逆水上行,为了省水通航,沿途设置大量的闸坝和月河工程设施,沿岸有纤道供牵引漕船。

北方运河通航主要是水源问题。金代曾整理高粱河尾间的南支闸河和北支坝河为漕河。为解决水源开金口堰,引永定河入闸河以通漕运。因永定河含沙量太大而失败。郭守敬否定了浑水济运的作法,改以西郊西山一带泉水为源,很好地解决了通惠河的水源。通惠河竣工后,漕运量迅速上升,年漕运量在天历时达到390万石,其中由通惠河转运280万石,坝河承担110万石^①。明清时期坝河不通漕船,通惠河的漕运量也下降了约一半,陆运比例上升,但是两河的商运和贡运依然繁荣。清光绪二十七年(1901年)废全国漕粮改纳现银,经营了600多年的漕运始告终结。

漕运兴起,特别是济运水源工程的兴建,对北京水环境的影响是巨大的。北京西北郊的西山地处山前平原,地下水蕴含量丰富,特别是玉泉山一带有众多的泉水出露,在山麓形成了一个池塘湖沼,其中水面最大的一处是七里泊,元代始称瓮山泊又称西湖,金代开始在这一带营建皇家寺庙。

元郭守敬引泉水济运的主要水源地有两处:一是紧傍西山的玉泉山,二是西山以北昌平白浮村。白浮诸泉循白浮瓮山河西南行注入

^① 蔡蕃:《北京古运河与城市供水研究》,北京出版社1987年版。

瓮山泊；玉泉诸泉的涓涓细流也汇集起来流入瓮山泊。明代白浮泉断流以后，主要靠玉泉山一带的泉水。瓮山泊作为运河水源的第一处调节水库，地位显得重要起来。为了扩大蓄水能力，元代开始兴建了许多工程：瓮山泊东高西低，修筑了号称十里长堤的西堤，在进水口和输水口修建节制闸和泄水闸，成为可以调度的水利工程。湖的西面和东北面的低地也随之形成了池沼，西面称高水湖、养水湖。东北泊沼清代被圈入圆明园景区。

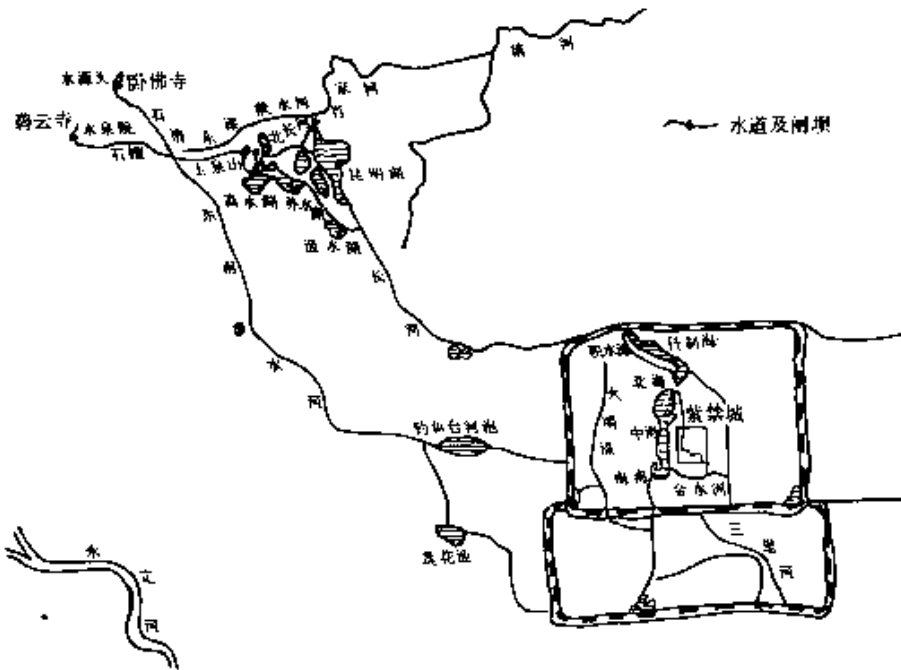


图 3-9 明清水源工程与西山皇家园林区

圆明园内的水洼低地原有泉水出露，也接纳地表水，水源扩大后，汛期瓮山泊的余水分别向西和东北泄入，这些水面成为辅助瓮山泊调节水量的辅助水库。大大小小的湖沼使西山成为度假游玩的好去处，以瓮山泊为中心的风景区逐渐形成。元代在湖畔修建了规模宏伟的大承天护圣寺，大都的贵族和官僚常携家眷到寺庙上香，到湖上荡舟。明代在湖北建静寺，清改建成排云殿，乾隆十五年(1750年)改湖名昆明湖，建清漪园。光绪时大兴土木，改名颐和园。除了颐和园外，明清时利用西山的水源和地形山势，还兴建了许多园林，如著名

的玉泉山、圆明园等。清代许多皇帝不常在皇城内居住而多住西山行宫别墅。

运河的引水工程利用高粱河旧河道改造而成,曰长河,自瓮山泊引水由西北进入市区,将水输入北京海子。元代水源工程的兴建使城内各河湖水量丰沛,水面扩大。明代城内修建私家园圃成为时尚,或引渠水入园,或凿井灌园,而平民百姓仍多以水质较差的井水为生活用水。

漕运的兴起给北京的水环境带来了两方面的改变:

1. 使北京地区地下水资源的开发和利用获得了多方面的效益:引水工程大量兴建,造就了风景优美的昆明湖,也造就了西山园林区。历经元明清三代营建起来的这些皇家园圃,成为东方园林艺术的瑰宝,具有永恒的价值。

瓮山泊(昆明湖)湖泊群、白浮瓮山河、长河等蓄水和输水工程的兴建。为现代北京水利规划提供了历史的借鉴,为城市水利的再发展奠定了基础。

2. 通惠河的开凿增加了北京的河道,使城市污水、暴雨洪水得以汇流东排。为通航,在运河沿岸修建的大量纤道、闸坝、绞关,由于漕运的终结而废弃。但是,随着时间的推移,其在文物和旅游方面的价值将逐步地凸现出来。

三、百年以来北京城市发展水环境的演变

进入二十世纪,北京开始接受世界工业化城市发展的影响,出现了前所未有的变革。都城封闭的格局逐渐打破,1913年大清门及东西宫墙打开,天安门前大街允许穿行,紫禁城以北与景山之间的通道向公众开放。不久,紫禁城辟为故宫博物院,北海、颐和园成为公共园林。美丽的湖光山色、辉煌的宫殿建筑成为社会的财富。

二十世纪以来的北京,如果说人们比较多地注意宏伟的宫殿建筑,并从文物的角度开始着手对它的保护的话,那么对水环境,以及维系它的工程设施的关注却远远不够。近代百余年来北京水环境演变始于漕运中止,河湖水系的管理废弛。

古代漕运是维系都城经济的命脉,国家倾全力经营。北京河流湖泊是通惠河的主要济运水源,500多年来一直在国家的严格管理之下。清末漕运中止后,首先是河湖管理废弛,由此而引起了北京水环境退化:

清光绪二十八年(1902年)撤消运河河道管理机构,漕运全归商办,作为济运调节水库的昆明湖和海子湖泊群逐渐疏于管理,许多较小的池塘洼地更是很快淤垫,变为藏污纳垢的臭水坑。皇家园林区内的湖泊在清王朝覆灭后也开始蜕化。昆明湖西北湖区和西南湖区,到五十年代已芦苇丛生,荒芜零落。昆明湖以西的高水湖和养水湖漕运中止后湖内逐渐垦殖成稻田。圆明园分布着大大小小湖泊,水面约1860亩,水源部分来自昆明湖,部分来自附近泉水,水量丰沛,水质清澈,圆明园破败后湖泊相继淤垫(《北京水利志稿》)。都城湖水最早后退的区域在积水潭,积水潭北端的太平湖是明代筑城时将它分割出护城河以外的湖泊,有闸与护城河和积水潭相通,汛期可以承接长河洪水和市区东北部雨水,是平民可以游乐的去处,也是具有蓄洪排污的水利设施,四十年代以来淤废成苇塘(1971年建地铁时完全填平)。什刹海三十年代以来,滩地开始被垦殖种稻。北海、中海和南海的周边也被开垦了成片的稻田,加上芦苇、荷花等浅水植物占去水面的1/3。湖泊池沼水面萎缩和消失,使北京的水环境质量下降。^①

北京的城市水利创造的水体,使城市风格的动与静对立之美发

^① 邹宝山:《北京平原地区湖沼洼地分布特征及其与自然环境演化关系的初步探讨》,《环境变迁研究》第一辑,海洋出版社1984年版。

挥得淋漓尽致,这种风貌体现了帝国都城的威严,又以湖光山色赋予城市灵气和美感。从历史发展纵向脉络来看,北京的水环境又是中国传统都城风格的承袭,隋唐的长安、洛阳,南北朝的南京,南宋的杭州等都城在营建中无不注意城市水利建设,留下了动人的湖泊水体。

由水体而园林而皇城而都城,表现出北京城市在古代发展演化中对水和水利的依赖。北京在元明两代都抛弃旧都城营建新城,皇城宫殿也多次毁于兵燹,但是皇城城址却自金北宫以来没有大的改变,主要的原因是迁就水环境。水环境在古都北京的城市发展中表现了如此强烈的继承性,既是环境生态的需要,也是维持城市生存的基础。

第四章 古代的水政与水法

春秋战国时期,水官在职官设置中具有相当高的地位和管理权限。《管子·度地》:“除五害之说,以水为始。请为置水官,令习水者为吏。大夫、大夫佐各一人,使为都匠水工,令之行水道城郭堤川沟池官府寺舍及洲中当缮治者,给卒财足。”水官主持水路、堤防和城郭的营缮,以除水害、安抚天下为其职掌。封建国家的形成中水官是百官之中较早设置的官吏。

水利工程兴建并投入使用后,立即面临的是管理。水政与农业、与社会;管理与水利工程兴衰、与工程效益,相互制约。其时南阳太守召兴臣为了合理调配灌溉用水,制订了“均水约束”,在封建社会蓬勃向上时期,水政作为国家管理的组成部分开始完善。唐代水利法《水部式》和宋代农田水利专门法规《农田利害条约》的制订,则是封建国家水政建设走向成熟的标志。

第一节 古代水土资源分类和水利区划分

先秦时期中国的行政区分为九州:冀、兖、青、徐、扬、荆、豫、梁、雍,这种划分最早含有水落则洲(即州)分的意义,后来社会政治、经

济等方面的影响逐步促进了行政区划的演化。古代水利区域的划分,不仅对统治者治理疆域具有指导意义,而且是水利建设和管理的依据,先秦时期已对全国从宏观的角度实行了水利区域的初步划分,秦汉以后,地区性的水利规划论著逐渐增多。

一、古代对全国水土资源的分类

水土资源是自然界最宝贵的资源,对土地和地下水资源进行系统地分类的,有战国时期成书的《尚书·禹贡》、《淮南子》、《周礼》、《管子》等。

不同的农作物适应一定的土质和水质,《禹贡》通过对本土水土资源的分类,为一方统治者治理地方提供了最早的依据,此后很少有全国性的这类资源分类的文字记载,而区域性的更加细化水土资源阐述较多见诸史籍。

《禹贡》将全国九州的土质分为三类九等:冀州(今山西及河北东南部)是白壤,“田中中”;兖州(今河南北部,山东西北和河南东南部)是黑坟,“田中下”;青州(今山东东南)是白坟,“田上下”;徐州(山东西南、安徽北部)赤埴坟,“田上中”;扬州(今淮河以南至南海)是涂泥,“田下中”;荆州(长江中游及汉水下游以南)亦是涂泥,“田下中”;豫州(今河南大部)是壤和坟垆,“田中上”;梁州(今西南广大地区)是青黎,“田下上”;雍州(今陕西、山西)是黄壤,“田上上”。

《周礼·职方氏》更指出各州适于种植的农作物种类:扬州、荆州宜种稻;豫州宜五种谷类,即黍、稷、菽、麦、稻;青州宜稻、麦;兖州宜黍、稷、稻、麦;雍州宜黍、稷;幽州宜黍、稷、稻、麦;冀州宜黍、稷;并州宜黍、稷、菽、麦、稻。

各河流水质与农作物种植也有关系,《淮南子·墜形训》阐述了水质与农作物的关系:“汾水浊而宜麻;济水通和而宜麦;河水中浊而

宜菽；雒水轻利而宜禾；滹水多力而宜黍；汉水重安而宜竹；江水肥仁而宜稻。”

先秦时期对水、土、农作物三者之间相互关系的描述，实际上是水利科学与农业科学两者发展到一定阶段相互渗透的结果，它客观上使水利建设更具有区域性。

二、先秦时期对九州区域水资源的评价

先秦时期对当时九州河流湖泊有全面的描述，为区域水资源划分之始。

（一）水体自然态分类

《管子·度地》将河流湖泊诸水体分为五种：“水出于山，而流入于海者”，为经水；“水别于他水，入于大水及海者”，为枝水；“山之沟一有水，一无水者”，为谷水；“水之出于它水，沟流于大水及海者”，为川水；“出地而不流者”，为渊水。

（二）按地域划分水利区

将各州水资源分为泽藪、川、浸三种（其中浸是有灌溉之利的水体），《周礼·职方氏》分而述之：

扬州“其泽藪曰具区，其川三江，其浸五湖”。具区指太湖，三江五湖泛指太湖流域的河流和众多的湖沼。河流和湖泊有灌溉和舟楫之利。

荆州“其泽藪曰云梦，其川江、汉，其浸颖、湛”。云梦是为洞庭湖，江系长江，汉为长江的支流汉江。颖指今颍水，湛即沮漳水，均是汉江的支流，是著名的水利区。

豫州“其泽藪曰圃田，其川茨、雒，其浸波、澆”。圃田，是著名的古湖泊，已消失。茨即颍水，雒是洛水，分别是淮河和黄河的支流。澆是澆水，波是汝水，均属唐白河（汉水的支流）流域，汉代灌溉工程兴建

很多。

青州“其泽藪曰望诸，其川淮、泗，其浸沂、沐”。望诸位置在今商丘东北，今已不存。沂和沐流域也是古灌区，春秋时有种稻的记载。

兖州“其泽藪曰大野，其川河、洙，其浸卢、维”。大野也是已经埋灭的著名古湖泊，故址在今山东巨野县，古代水域相当广大，到唐代湖面南北还宽 300 里，东西长 100 里。五代后逐渐干涸，仅余北部，称“梁山泊”。河，即黄河。洙即济水，卢为漯水，维是汶水，分别是黄河和淮河的支流。

雍州“其泽藪曰弦蒲，其川泾、汭，其浸渭、洛”。弦蒲今不存，汭即泾的支流芮水。洛指北洛河，渭和洛的下游都是著名的古灌区。

幽州“其泽藪曰奚养，其川河、洙，其浸留、时”。奚养在今山东莱阳，早已淤废。留指淄水，留水和时水邻近今临淄，古代是水利区。

冀州“其泽藪曰杨纡，其川漳，其浸汾潞”。杨纡又名大陆泽，今河北宁晋泊是其遗迹。漳即漳河，潞是今漳河的支流浊漳河。战国时有西门豹的引漳十二渠。

并州“其泽藪曰昭余祁，其川摩池、呕夷，其浸涑、易”。昭余祁在今山西介休、祁县境内，是太行山以西著名的古湖泊，今亦消失。池是滹沱河，呕夷即桑干河，涑水和易水是战国时著名的督亢灌区，今之房涑涑灌区。

《周礼·职方氏》反映秦汉以前全国各具特色的水利区域。许多水利区代有发展并延续至今。

第二节 水利与水政管理机构的演进

传说舜摄帝位，命禹为司空平治水土。司空一职应是历史最为悠久的水利官员了。古代职掌水利、水政的部门主要的历史沿革脉络

是：司空—都水监、水部，而涉及相关管理的部门各朝各代更错综繁杂，置省无常。

春秋战国司空专掌土木工程和施工。秦以后司空为最高政务长官。秦汉置都水主管水利，晋置都水台，南北朝因之，隋改为都水监，一直延续到元代。隋唐工程管理和水政分野，与都水监平行的部门是水部，区别是都水监负责工程兴建，水部则负责水政管理，属尚书六部之一。明清裁都水监，改水部为都水清吏司，属工部。

一、司空、都水与工部——水利与水政管理体系的形成与完善

春秋战国时期设置司空管理水利有确切的记载。当时司空的职责：“修堤梁、通沟浍，行水潦，安水藏，以时决塞。岁虽凶败水旱，使民有所耘艾。”（《荀子》）此外，城防的营建，道路津梁的兴筑和管理也属司空的职务范围。

秦定天下，定百官之制。置都水，掌“陂地灌溉，保守河渠”（《晋书·职官志》），至此都水成为我国历史上存在时间最长的水利职官称谓。都水有长、丞、令之层次的官位，却分属各部门，如宗庙礼仪的太常下设都水长丞，掌皇帝私人财务的少府设都水长丞，京师的左右内史以及主爵中尉下也设都水长丞。

汉武帝时京师分为京兆尹、左冯翊、右扶风，合称三辅，三辅各置都水。元鼎二年（前115年），设水衡都尉总管皇家园囿上林苑，设水司空主管上林苑水利。东汉置司空一人，“掌水土事，凡营城起邑，浚沟洫，修坟防之事，则议其利，建其功。凡四方水土功课，岁尽则奏其殿最而行赏罚”（《后汉书·百官一》）。中央水衡都尉有事则置，事毕则罢，都水官代之以河堤谒者。上林苑的管理归与少府，省以下属官令、长、丞尉则是常置，是地方的水政官吏。

魏晋南北朝时中央尚书省分曹理事,水曹是其中之一,官称水部郎中。水曹后来称水部。地方的水政官员仍是都水,官有都水使者、都水参军、都水使者令等。这些官吏主要的职责是管理农田水利,防洪的官员仍称河堤谒者。重要的水利工程设有都水官,负责管理。创建于战国末年的都江堰自汉迄晋都有都水官,驻渠首管理。在今吐鲁番罗布泊楼兰遗址出土的魏晋时期的《楼兰尼雅文书》中也反映了当地设有水曹、水曹掾、水曹督田掾等管理农田水利的官员。^①

隋代职官体制有比较大的变革,水利行政形成两套体系:一是属尚书省的水部,二是都水监。水部是行政管理机构,都水监是工程管理机构,唐代沿袭这种管理机制,水部是尚书四部之一,设郎中、员外郎、主事、令史、书令史等。水部管理内容:“掌天下川渚陂池之政令,以导达沟洫,堰决河渠,凡舟楫溉灌之利咸总而举之。”(《大唐六典》卷七)都水监设有使者、丞、主簿、录事、府、史等,下有河渠、舟楫二署,各设令、丞。“凡虞衡之采捕,渠堰陂池之坏决,水田斗门灌溉,皆行其政令”(《大唐六典》卷七)。唐代全国分置10道,各道或设营田使管理水利,或由节度使自己兼任。水利是各州县刺史、县令主要的行政事务之一。

宋辽金时仍其旧,由尚书省水部和都水监职掌全国水利,到元代,农田水利改归大司农管辖,仍设都水监,职掌治河防洪及运河河道之事。自宋元以来,在河防关键地区置行都水监,主管防洪,以下设河防提举司。地方水利官员府州级有屯田使、营田使,县由通判兼任水利官。

到了明代,水利管理更加专业化,设总理河道(清代称河道总督)主持黄河防洪,黄河下游沿线设立分司,相当于行都水监。设漕运总督管理漕运,运河也实行分段管理。工部设都水清吏司,相当前代的

^① 林梅村:《楼兰尼雅出土文书》第12、481、504、609条,中华书局版。

水部,主持全国水政。地方的督粮道和水利道多是主管漕运和水利的官吏。州县或重要的水利工程设水利同知、通判、或水利金事专事水利管理。

二、准军事管理的河务与河政

大江大河一旦漫溢决口,洪泛区少则一二县,多可遍及几省,如黄河,重大的决口造成的黄泛区往往北至海河流域,南达淮河流域,几近半个中国。因此,防洪是十分要紧的国务,河官官位既高且权重。

古代防洪管理大致有五方面主要内容:河道修防行政管理、工程管理、河务管理、河工经费管理、规章制度与法规。河道修防行政管理体系,包含中央—地方、军队两套管理和监督系统。工程管理包括工程岁修、大修、抢险等内容,以维持工程的正常运用。河务常规管理有闸坝起闭日常管理、巡护堤防、报讯等内容。河工经费管理包含费用的筹措、劳动力和工料组织调度等。防洪规章制度所包含的内容小到一闸一坝的管理制度,大到国家防洪立法。古代防洪管理机构变化频繁,愈到后代益加庞杂。官员设置也是废置无常,常常叠床架屋。但是,大致的演变脉络尚可理清。

(一) 黄河、淮河、运河管理系统的沿革

宋乾道五年(967年),开封、大名府的15州长吏兼各州河堤使,稍后改称河堤判官。这是大江大河设专官管理之始。后来沿河各州通判兼任河官。明代起,黄河、淮河、运河河道管理机构自中央至地方逐渐系统化:

清代在管理体制上仍沿袭前代,总理河道改称河道总督,形成河道、道、厅、汛四级管理。雍正时设三河道总督:江南河道总督(南河),驻清江浦,主管江苏、安徽境内黄、淮、运三河;河东河道总督(东河)驻济宁,主管山东、河南境内黄河、运河;直隶河道总督(北河),驻天

津,主管海河水系和运河。道是分段跨地区管理机构,同明代都水司。道的行政长官称观察、道员(俗称道台),与道同级的武职设河标副将、参将。厅是地方管理机构,长官设同知、通判,武职设守备。汛同县,设县丞、主簿,武职设千总。堡是具体实施管理的基层组织。明代从事防洪的夫役较多,清代则以河兵较多。技术工匠来自征雇,犯人多充河工夫役,在古代也非常普遍。

(二) 防洪工程管理

早在先秦时,人们便认识到冬春适合水利工程的施工。汉代始有堤防岁修制度,到了唐代以后有关地方维修制度已经完善。

自宋代起每年的正、二、三月是黄河的岁修时间,黄河岁修的内容有培修堤防、疏浚河道等。明潘季驯提出:岁修时,堤防加高五寸制度必须遵守。

岁修河工多是就近调剂,宋代有“河防夫工,岁役十万,滨河之民困于调发”的记载(《宋史·河渠志》)。

明代河防岁修工役有3种:徭夫、白夫、募夫。徭夫、白夫无偿义务参加河防岁修。募夫发给一些报酬,但常常不能兑现。清代额定常年守堤河兵、河夫10700名,岁修时,额外再征集劳动力参加。来源一是按亩摊派,称金派;一是招募。后来都改为招募。

临时性的工程维修,称为抢修、另案和大工。抢修多是桃、伏汛内抢办各工,抢厢埽工,堵塞支河。另案工程包括“常年另案”、“专款另案”,工程内容与岁修没有太大的差别,但要上奏办理。

(三) 堤防修守制度

黄河大堤至迟在汉代时已有明确而且系统的河防岁修制度。后晋制定“每岁差堤长检巡”制度,石敬瑭于天福七年(942年)“令沿河广晋开封尹逐处观察,防御史、刺史职并兼河堤使名额,任便差选职员,分擘勾当。有堤堰薄怯,水势冲注处,预先计度,不得临时失于防护”(《册府元龟·邦记部·河渠》)。宋代真宗时(998—1021年)规

定：“知州通判两月一巡堤，县令佐送巡堤防。”（《宋史·河渠志》）责任直接由官员承担。金元时黄河下游沿河二十五埽，每四至五埽设巡河官一名，每埽设散巡河官一员。明代实行铺夫守堤制度，万恭任总河时黄河堤防开始设铺，南岸铺以千字文编号，北岸铺以百家姓编号。后来潘季驯进一步健全铺夫组织，改为每三里河堤设铺一座，每铺配堤夫30名，每夫分守18丈。清改称堡，用河兵守堤。或二里或四五里一堡，两堡之间堤段称汛地，守堤兵夫“驻堤巡守，远近互为声援”（《清史稿·河渠志》）。堤防守护完善且系统化，铺夫，即管理堤防的夫役，又称堤夫，每铺有铺老，管若干名铺夫。这套基层管理组织与今公路养护段的道班同。

古代防洪度汛期间有一套完善的组织和抢险措施。其中以明清所遵循的“四防二守”较为著名。“四防”：昼防、夜防、风防、雨防；“二守”：官守、民守。昼防以守险工，修补堤防，积土备料为主，工作量大。夜防即守堤夜巡，责任重大，采用各铺定时传递的办法保证不致贻误巡守。风防主要实施于迎水险工段，铺夫应保证随时查埽护堤，减小风浪对堤面的淘刷。雨防在于确保风雨之际各铺兵夫尽职守巡。官守实施对守堤兵夫的稽查、监督。民守为汛期增加临时守堤人员，与堤夫共同巡堤，水落即解散回家。

（四）防洪经费、工料的筹集及劳役来源

防洪治河古代一直作为公益事业，以政府开支为主，沿岸居民也承担部分防洪义务，这种义务多以交纳河工税款，筹集工料和服劳役来体现。西汉时河工经费和劳役来源已见记载，《汉书·沟洫志》贾让“治河三策”有各郡“伐买薪石之费，岁数千万”，此外每年征吏卒数千人服河役。服河役的吏卒相当于戍边六个月。宋代河工经费由政府开支，民间以劳役形式承担，劳役的数额由兴工所在州县按田亩征发，就近地区不够，则推广到路（高于州县的行政区）、或相邻的路，这种河工劳役制度一直沿用至清初。清康熙十七年（1678年），改用军

队充当河兵。乾隆元年(1736年),江苏段黄河额定“设二十河营,兵丁九千一百四十五名”,分为战兵(分工下埽、打桩等)和守兵(巡守堤防)两类。战兵月银1.5两、守兵1两。

防洪经费是国家的巨大开支。以清代为例,乾隆时每年约用银数10万两,道光后期增加到每年600万两上下。嘉庆十一年(1806年)达到100万两,最少是同治太平天国时20万两。河工经费的贪污非常普遍和严重。但是国家投入大量财力也是事实,通常占国家财政收入的10%。

防洪施工材料主要由河工经费购买,部分由河工利用工程闲暇时间自备。宋代“春料”在秋末开始准备,“有司常以孟秋预调塞治之物,梢芑、薪柴、榿楸、竹石、茭索、竹索凡千余万”(《宋史·河渠志》)。明代规定主要河工用料每年十一月开始筹备购买,守堤堤夫开始收集埽料。

三、古代著名灌区管理举例

水是农作物的生命,水资源一经开发,管理是首要的问题。古代许多著名的水利工程历经数百年乃至上千年而经久不衰,主要是历代有效的管理。我国古代许多著名都市与灌区或水利区的发展基本同步,如西安与郑国渠灌区,成都与都江堰灌区,宁波与它山堰灌区,杭州与西湖、昆明与滇池。这些水利工程毗邻都市,使政府的管理和控制更为便利,使工程得以维持,灌区得以完善和扩展。

(一) 灌溉工程的行政管理

中央和地方的管理农田水利官吏和机构历代置废变迁较大,但灌区的行政管理则比较稳定。我国的灌溉工程主要有政府设官地方管理、官督民办和民间自建自管等形式。

1. 国家经营的郑国渠

西安自秦至唐多为国都所在,毗邻西安的郑国渠理所当然地为国家所重视。历史上郑国渠多是国家管理,唐以后郑国渠灌区因水源问题逐渐缩小,由当地政府派官管理。

唐代对关中郑国渠设渠堰使,有时以京兆少尹兼渠堰使。郑国渠有官署,渠堰使下还设副使和其他属官。北宋及元代郑国渠称三白渠,常设三白渠公事,主管称点检渠堰官。明代由省水利佥事,清代由西安水利府通判管理,但无专官。

郑国渠的渠道管理至迟在唐代已经形成一套完整的管理体系:干渠设渠长,斗渠设斗门长。斗渠在斗门向干渠引水,斗门是灌区配水的关键,所以渠长和斗门长事权较重。《新唐书·百官》记“凡渔捕有禁,溉田自远始,先稻后陆,渠长、斗门长节其多少而均焉”。在渠道的灌溉期,当地政府还要派出官员到灌区监督放水^①。以后各地方官都负有督察渠长和斗门长工作的职责。巡视和养护渠道的人员称水手,明清及民国称水老,这些基层的管理人员还要负责查验灌溉面积和征收水费。

2. 官督民办的浙江丽水通济堰

通济堰创建于梁天监年间(502—519年),拦截溪水灌溉丽水县20万亩。渠首主要由拦河坝、斗门、石涵、叶穴等组成。渠首以下分为6个大概,即6大支渠,下面又分为72小溉,灌区内渠道和湖塘密布。至迟在宋代通济堰的管理组织已经完备。形成以堰首为首,甲头和田户为辅的管理核心,明清时称堰长,总正、公正,由用水户选举产生。府、县委官督视全灌区的管理,遇有水利纠纷便主持调解。通济堰这种管理组织在古代中小型灌区很为常见。

3. 民间自行管理的山西洪洞县通利渠

通利渠创建于金兴定二年(1218年),引汾水灌溉赵城、洪洞、临

^① 《水部式》,见《敦煌吐鲁番唐代法制文书考释》,中华书局1989年版。

汾 3 县,灌溉面积 2600 多亩。通利渠是一个纯粹民间修建、自行管理的灌区,它的管理组织层次分明,职责清楚,其管理制度到近代未大变。

通利渠只一条干渠长百余里,为了便于管理,当地将沿渠的 18 村分为上三村、上五村、中五村、下五村等四段。全渠设督水渠长 1 名,统管三县有关通利渠的一切事宜。3 县又各有渠长 1 名,分管各县事务。总渠长和渠长各理一个段的水费征收,组织岁修等工作。各村设有沟首、执事 1 至 2 人,负责本村的劳力组织、工款摊派等。沿渠每段设巡水员 1 名,负责渠道治安,监督用水。渠长由灌区农户选举产生。

(二) 用水管理

灌溉工程管理中,水量调度和分配涉及灌区用水户的切身利益,是灌区管理的主要内容。对于大型的灌溉工程渠首的水量调度一般是官方的专门管理机构主持,下级渠道由用水户凭借乡规民约和选举的渠长或斗门长自己管理。

都江堰灌区从渠首到最末一级的分水斗门的用水管理制度,因工程利害程度、管理属性而有多种管理形式,基本反映了我国古代灌溉工程用水管理特点。

都江堰分水鱼嘴是渠首向内外江分配水量的重要设施,有内外江水量由鱼嘴而分四六的说法。外江是岷江正流,内江流经成都平原。内江灌区灌溉面积为 200 多万亩,外江灌区为 100 万亩左右。除农业用水外,还要满足大量的城镇用水。所以渠首水量调配主要考虑确保内江灌区供水,以及渠首枢纽各工程安全运用;兼顾内外江用水需要。渠首的用水调度历来是在成都府或道官员的参与和监督下,由管理部门执行。遇到枯水年份,四川的最高行政长官总督、巡抚之类不得不牵涉进去。渠首仅以鱼嘴分水还不够。实现渠首调水要根据岷江来水情况、河道冲淤变化,采取相应的工程措施。通常是在内江

开水后,逐步砍杓槎来控制内外江的水量分配^①。砍杓槎的时间和数量由管理官员和行政官员现场决定。

5至6月间是灌区水稻大面积栽种的季节,尽管这时岷江来水渐多,但是,都江堰灌区用水仍然短缺。其原因主要是:灌溉方法粗放,耗水量大;工程设施本身的缺陷,都江堰灌区各级渠道的调节设施湃缺(即溢流堰)大都是用竹笼纵横堆砌,一般没有任何防漏措施,浪费许多水量;工程失修,取水口或渠道淤积,造成了引水困难;违反规定任意抬高拦河坝高度,致使下游无水可引。到了栽秧季节,如果无水进田往往酿成极大的水利纠纷,下游群众民情激愤,集合起来,鸣锣持械沿河而上,强制拆除竹笼,称之“起夫平水”或“起夫割堰”,而在道、府所在地成都,甚至有用水户纠集公堂,持械斗殴。上游水户以至官员都避而远之。成书于清末的《成都通览》记载:“每年三月由成绵龙道署亲赴灌县,饬成都水利同知开堰放水。如水来甚缓,或发水不足则乡民千百为群,赴道台衙门击鼓求水。”一般到了6月,岷江进入了汛期,降雨也相应增加,所以这类群众性的要水风潮,待水至农田往往自然平息,当局多只回避拖延,并不真正着手解决。

民间的各级堰沟大都以相当于支渠的堰为相对独立的管理系统。为了保证春夏间灌溉用水,长期以来各堰逐渐形成了自己的规章制度和工程措施。归纳起来大致有三种方式:

(1) 限制分水口,或限制闸门开启。这是民堰较为普遍的管制用水方式,各堰(相当于支渠)有自己的堰规约定各分水口尺寸。古代水闸多是叠梁闸,以闸板的块数来限制引水量。

(2) 组织轮灌。许多民堰都有轮灌的习惯。有堰簿或其他的文书将各用水户的用水时间、引水位置一一记录在册,为各用水户遵守。燃香定时放水,也是民间常用的控制水量的办法。

^① 谭徐明:《近代都江堰的管理》,载《中国水利》1994年第2期。

(3) 限制其他用途的水量消耗。为了照顾全堰的利益,在春灌期间,对水磨水碾泄水湃缺溢流采取严格的管制措施。或设专人看管。

四、水利工程施工定额管理

水利工程建设一般规模都比较大,需要严格的施工组织管理。劳动定额是施工组织管理的基础,根据劳动定额,可以计算工程总量,制定施工预算,分配施工任务,进行工程验收和结算。西汉成帝时,博士许商就是一位“善为算,能度功用”的能人(《汉书·沟洫志》)。宋元时期的黄河防洪专著《河防通议》,专列《功程》一章,是对古代劳动定额的全面总结。明清时期,施工定额更加具体,分类已经很细,项目也更加繁杂。

(一) 功程——古代施工劳动定额的概念

功,通“工”,劳动定额的一个普通概念,一个功即一个标准劳动日应该完成的工作量;程,指考核计算方法。功与程的概念至迟汉代已有。成书于宋元时的《河防通议》对功与功程的定义首次进行了总结,并加以比较严谨的定义:

- (1) 按季节不同确定工日的长短;
- (2) 工间休息及风雨寒暑允许误工的法定时间;
- (3) 婚丧节假的法定期限;
- (4) 不同工种不同工作条件下定额计算的原则;
- (5) 施工中陆路、水路运输工程材料的定额计算方法。

《河防通议》将水利工程的工种细分为:运土填方、挖方出土、修砌石岸、打筑堤坝、造船、打桩、编制竹索和绳索、采打石料、砍樾材、栽护岸林木、浇灌担水等。

宋元以后,水利工程施工中各项劳动定额的计算原则大体相似,只有具体数字的出入。

(二) 历步减土

“历步减土”是水利施工时根据不同取土距离来确定不同的劳动定额。这种方法由《河防通议》首先总结,在历代堤防工程施工定额中普遍运用。

历步减土的单位工程量的报酬是一定的,根据不同的定额标准,计算完成的工程量,再根据单位工程量的价格,即可算出应得的报酬。历步减土的计算方法要旨是:把筑提取土按距离远近分为7个区间,按不同区间规定其劳动定额的标准,即一个“功”应完成的土方量。随着运土距离的增加,每个功完成的土方量递减。历步减土还有与运土配合的装土、夯土相应的定额计算方法。

宋元历步减土施工定额计算表

取土距离	区间	区间起始定额 (立方尺/功)	区间定额递减值
50步以内	1	1步运土100立方尺	运距加1步减土1立方尺
50—100步	2	50立方尺	运距加5步减土1立方尺
100—200步	3	40立方尺	运距加10步减土1.5立方尺
200—300步	4	25立方尺	运距加10步减土0.6立方尺
300—400步	5	19立方尺	运距加10步减土0.5立方尺
400—500步	6	14立方尺	运距加10步减土0.3立方尺
500—3600步	7	往返60里,一担重为1功。每担额重60斤合体积0.5立方尺。	

注:〔1〕此为正常天气的定额。

〔2〕此表引自郭涛:《中国水利科学技术史概论》,成都科技大学出版社1989年版。

(三) 相同定额标准下的不同单位工程量标准

明清时,河工施工除仍然沿用历步减土的定额计算方法外,在黄河的堤防施工中还有一种常见的施工定额计算方法:不同施工条件定额标准是一样的,但是同一定额标准内,计工方式根据劳动条件

计算。

明·潘季驯《河防一览》详细记载了这种计算方法：

1. 堤防修筑

“工费凡创者每方广一丈，高一尺为一方，计四工。土近者每工银三分，最近者二分，土远者四分”。这里的“一方”是10尺×10尺×1尺，即100立方尺。凡筑土100立方尺便是4工，平均每工定额则为25立方尺。这里，不管取土远近，每个工的定额都一样。但是，每个工的工钱因取土的远近定为三等，最远为4分银，次之为3分银，最近是2分银。

2. 土方开挖

“凡创开河者，每方广一丈，每夫日开深一尺为一工。挑浚泥：水相半者，减十分之五；全系水中捞取者，减十分之七八；取土登岸就而筑堤者，亦以半折算焉”。这里开挖土方每工定额方量，是筑堤定额的4倍。如果是半水下作业，定额标准减半，为50立方尺；如果是完全水下作业，则定额标准降为20—50立方尺。这种以施工难易程度而确定的定额标准与历步减土相同。

第三节 古代水利法规

没有规矩不成方圆，当社会具有一定的生产力时，以法规和制度的方式来约束人们的行为，使水利工程得以维持，灾害得以减缓，这就是水利法规的功能。水利事业有法可依至迟可以上溯到秦代，《秦律·田律》已记载了当时国家雨情上报的制度。西汉兒宽的“水令”，或许是历史最早的灌溉法之一。金代的《防洪令》是目前见诸文献最早的防洪法令。至近代有《水利法》、《河川法》。历朝历代皇帝有关水利的诏书也有法律效力。

一、《水部式》——现存第一部国家水利法

唐代,封建制度法制建设达到发展的高峰,水法方面的成绩也是历史上任何时代不能企及的。《唐律》中有关水利的条例涉及防洪、灌溉、航运、市政等方面,分别列于户婚律、擅兴律和杂律中。唐代水法的内容为以后各代沿用。唐代还订立了有关水利的专业法规——《水部式》,它代表着古代中国水法的最高成就。

唐代法律有律令格式四种,其中式是国家部门的规定和办事细则。《水部式》是目前现存最早的国家水利法典。

《水部式》原件已经佚失,历史文献也不见全文记载,只有残卷存世。唐白居易《白氏六帖事类集》、刘禹锡《高陵令刘君遗爱碑》等文章中曾提及《水部式》。目前见到的《水部式》残本是六朝时的唐抄本,近人罗振玉曾据此参照《唐六典》、《新唐书·百官志》进行考订,确认为《水部式》是当时水部的行政法典。现在见到的《水部式》的成书年代可能为唐开元(713—756年)时修订的。

现存《水部式》残卷共29段,内容包括灌溉管理、水碾和水磨管理、内河航运和桥梁津渡管理等。《水部式》是行业管理法规,条例制订十分具体,灌溉方面主要是针对长安附近的郑白渠,内河管理主要是漕运管理,桥梁津渡也是着重长安和洛阳间的交通。唐代水法有关治河防洪的内容较少,在水部和都水监职掌中泛泛涉及。

《水部式》的一些条款已经反映了现代水法有关水权和用水优先原则的概念。航运与灌溉争水,在唐代运河管理上矛盾特别突出。航运关系整个国家交通运输的畅通,而农田灌溉则局限于一个地区,《水部式》强调了国家对水源优先使用的权利,第六条规定:“公私材木,并听运下,百姓须溉田处,令造斗门节用,勿令废运。”第二十二条款规定:“运已了及水大有余,灌溉须水亦听兼用。”当灌溉渠道上,设置

水碾水磨,与农业用水发生矛盾时,《水部式》严格规定优先灌溉,并在许多细节上予以规范。第十一条:“诸水碾磴,若壅水,质泥塞渠,不自疏导,致令水溢渠坏,于公私有妨者,碾磴即令毁破。”第二十条:“诸灌溉小渠上先有碾磴,其水以下即弃者,每年八月三十日以后,正月一日以前听动用。自余之月,仰所管官司于用斗门下著锁封印,仍去却磴石,先尽百姓灌溉。若天雨水足,不须浇田,任听动用。其傍渠疑有偷水之磴,亦准此断塞。”^①《水部式》的这些条文体现了国家对水资源的占有原则,以及用水优先原则:航运——灌溉——粮食加工业(即水碾磨)。

唐《水部式》是国家水法,其它有关水利工程的兴建、管理在《营缮令》、《唐六典》等在国家法典中都有反映。唐代对水利工程管理在法律上予以的重视还表现在刑律立法上。《唐律》是刑律,对主管水利官吏考绩、水源及工程的管理首次在刑法方面做了细密规定。宋代《宋刑统》有关条文基本参照《唐律》。明清将有关水利的刑律列入《工律》,主要内容也不外此范围。

水资源的社会属性,在唐代国家法典上有了明确的表述,《唐律》:“诸占固山野陂湖之利者,杖六十。”《唐律疏义》的解释是:“山泽陂湖物产所植,所有利润,与众共之。”(卷二六)十二世纪时西班牙的《唐·杰姆国王水法》中写入了水不属个人所有,而属于受益土地。土地所有者变更时,水权随之转移。十九世纪时随着社会的发展,人们对水资源利用的认识逐渐超越了生活饮用、灌溉、航运和水力应用的范围。体现水资源国有化、综合利用与保护相结合的国家水法首先在欧洲一些国家诞生,其后国家水法的内容不断充实。我国于1942年颁布了国家《水利法》,水法订立和实行进入了新的发展时期。

^① 引自《敦煌吐鲁番唐代法制文书考释》,中华书局1989年版。

二、唐《营缮令》、金《河防令》与防洪刑律—— 国家防洪法规的演进

黄河是一条常淤常徙的河道,河堤但有溃决,常常酿成河道改道。有关防洪的专业法规始于汉代,主要针对黄河,而以后国家制订的有关防洪的条例也多是黄河或运河的专门法规。唐代《营缮令》开始收入了防洪的内容,但是条款的制订比较粗略。金代我国第一部防洪法——《防洪令》诞生,防洪法规成为国家大法重要组成部分。

(一) 专业管理法规

1. 金代以前的国家防洪法规

秦代有《田律》：“春二月，毋敢伐材木山林，及雍（壅）堤水。”（《睡虎地秦墓竹简考释》）堤防工程与路、桥、津渡同为重要的公益设施，规定了维修的具体时间。《营缮令》是关于都城营建、市政工程施工管理的土木工程专业法规。

唐代在有关都市营建、工程施工的专门法规《营缮令》中，设置了有关防洪工程的规定：

堤防维修制度。“近河及大水有堤防之处，刺史、县令以时检校。若须修理，每秋收讫，量工多少，差人夫修理。若暴雨泛滥，损坏堤防，交为人患者，先即修营，不拘时限。”

堤防管理制度。“堤内不得造小堤及人居”。“其堤内外各五步，并堤上种榆柳杂树”。

与前代相比，金代制订的《河防令》更为系统严密，体现了古代的防洪管理法规建设的最高水平。《河防令》是我国著名的防洪法规，至少反映了宋至金河防法规的情况，专门涉及黄河及海河流域防洪管理，对后代防洪法规有深远的影响。

2. 金代《河防令》

金据有黄河以北地区,防洪的重点是黄河和海河流域。泰和二年(1202年)颁布《河防令》,主要针对黄河和海河堤防修守。主要内容包括防洪的管理机构,汛情报告制度、堤防修守等方面:

防洪管理机构:由都水监派出分治都水监,行使对沿河州县的河防管理,由户部、工部派员监督检查。

报讯制度:河防人员在汛期使用最快交通工具“驰驿”,以确保汛情的传递。

修守制度:州县河防官员每年六月至八月轮流上堤。主管防洪的知县非汛期上堤亲临施工现场督查防洪工料的准备。抢险时由分都水监及都巡河官指挥抢救,河埽情况每月报工部。

河防官吏管理:主管治河的官员功罪必须上报奏知。防洪时重大渎职行为按刑律处分。

河工埽兵管理:按规定休假,疾病由都水监送州县医治。防洪紧急时沿河府州主管官吏与都水监协议,可以临时征发丁夫上堤防洪抢险。

汛期守护制度:汛期黄河、滹沱河、漳河、沁河配专门的埽兵守护,其他河流遇有险情要临时差遣夫役抢险。卢沟河由县官和埽兵防守,差官督查。

(二) 国家防洪刑律

在唐代的国家大典《唐律》中已有严格的防洪刑律,对防汛抢险量刑条款详密且严,有关防洪条例主要有三条:

(1) 不修筑堤防,或有堤防而失事者,主管官吏处以杖刑 70;出现漂失财物以偷窃罪论;有死伤人口,则以故意杀人罪论。

(2) 私决堤防,引水以私用者杖刑 100;若有毁坏财物、漂失财物以偷窃罪论;有死伤人口,以故意杀人罪论。

(3) 故意决开堤防,三年徒刑;有漂失者,以盗窃罪论;有人员伤亡,以故意杀人罪论。

对自然因素和人为造成的洪水灾害作了区分，“(堤防失事)即水雨过常，非人力所防者勿论”。

《唐律》有关水事的刑律，为以后各代制订相关刑律时所遵循。宋代的《宋刑统》基本照搬《唐律》。明代《大明律》只在水事刑律的表述和处罚方面有些改动，归纳为两类：盗决河防和失时不修堤防。

明清都北京，每年大量的漕粮依赖京杭大运河由南方运往北方，对运河沿线的工程设施和水源管理极为严密；此外，黄河一旦向北决口，就会冲断运河，黄河在今郑州以下也是防洪的重点。与管理配套的是对这些地段的水事刑律制订专门的条款（《明会典》卷一七七）。

明清防洪律例在工律中设河防，对黄河、运河、永定河等有关国家经济发展，有关重要都市安危的河流也有专门的律例。

《大明律》增加的运河和黄河防洪条款：

“凡故盗决山东南旺湖，沛县昭阳湖、蜀山湖，安山积水湖，扬州高宝湖，淮安高家堰、柳浦湾及徐邳上下滨河一带各堤岸并阻绝山东泰山等处泉源有干漕河禁例，为首之人，发附近卫所。系军调发边卫，各充军。其闸官人等，用草卷搁闸板，盗泄水利，串同取财，犯该徒罪以上，亦照前问遣。”

“河南等处地方，盗决及故决堤防损害人家，漂失财物，淹没田禾，犯该徒罪以上为首者，若系旗舍余丁民人，俱发附近充军，系军调发边卫。”

“凡运河一带，用强包揽闸夫溜夫二名之上，捞浅铺夫三名之上，俱问罪，旗军发边卫，民并军丁人等，发附近各充军。揽当一名，不曾用强生事者，问罪枷号一个月发落。”

清代水事刑律比明律更细，除继续沿用以上各条外，增加了黄河和运河堤防工程大修后在一定时间内失事的罚赔条文。对侵占堤防、水源的处罚更加严厉。

三、古代著名农田水利法举例

汉武帝元鼎六年(前 111 年)左内史兒宽主持兴修关中水利期间,“定水令,以广溉田”(《汉书·儿宽传》)。这是见于记载最早的农田水利法规。西汉后期,南阳郡守召信臣开发唐白河水利,同时“为民作均水约束,刻石于田畔,以防纷争”(《汉书·召信臣传》)。历代对农田水利管理多限于地方政府,国家颁布的农田水利法规中,以宋代的《农田水利约束》较为有名。

(一) 宋代国家农田水利行政法《农田水利约束》

神宗时(1068—1085 年)王安石主持变法,农田水利建设得到了从朝廷到黎民百姓的空前重视,此前朝廷“遣刘彝等八人行天下,相视农田水利”(《宋史·河渠志》),同时又命各地官吏考察本地水利情况,将意见、规划上报。经过广泛调查和汇集归纳各方意见,熙宁二年(1069 年)颁发了《农田水利约束》,又名《农田水利条约》。

《农田水利约束》要点主要有两方面:

(1) “凡有能知土地所宜种植之法,及修复陂湖河港,或原无陂塘、圩、堤、堰、沟洫而可以创修;或水利可及众而为人所擅有,或田去河港不远,为地界所隔,可以均济流通者;县有废田旷土,可纠合兴修,大川沟渎,浅塞荒秽,合行浚导,及陂塘埭可以取水灌溉,若废坏可兴治者,各述所见,编为图籍,上之有司。”鼓励大办水利,修复废弃水利工程。

(2) “其土田迫大川,数经水害,或地势卑下,雨潦所钟,要在修筑圩岸、堤防之类,以障水涝,或疏导沟洫淤浚,以泄积水。县不能办,州为遣官,事关数州,具奏取旨。民修水利,许贷常平钱谷给用。”将在地域上跨行政区化的水利工程,政府兴建水利工程和民间自建水利工程三种管理职权和管理形式予以确定,即有利于水利建设,又可以有效地防止相互推诿和水利纠纷。

《农田水利约束》是推动国家农田水利建设的基本政策,也具有法律效力,颁发后,一时形成了北宋熙宁年间“人人争言水利”的水利建设高潮。

(二) 历代著名的地方灌溉规章制度

灌溉工程具有鲜明的地域性,各地区灌溉规章制度内容繁复,但是其原则却表现了相当的共性。一般地方灌溉规章制度重点在用水制度,以保证用水户的基本权益,以及工程的持续运用。具体条款则因各地自然条件和工程资金来源而各不相同。灌溉规章多有当地官员参与制订,也反映了灌区百姓的基本利益,可以有力地约束和规范人们的用水行为。

唐代沙州(治今敦煌)灌溉工程,有灌区灌溉法规,规定各支渠的轮灌次序和时间,这是目前所见到的较早的一部灌区灌溉法规。^①

长庆时(821—824年)白居易任杭州刺史,订立钱塘湖即西湖蓄泄章程4条,对钱塘湖置官管理、放水审批程序、放水流量控制和湖堤的汛期修守做了严格的规定:(1)置公勤军吏2人,1人管湖水放泄,1人管田亩进水;(2)用水户根据其田亩数确定放水量,定日、定时放水;(3)加高湖堤,增加钱塘湖蓄水量,加强湖堤巡守,防止盗水;(4)为了满足钱塘至盐官的灌溉用水,西湖须向官河放水,当地官吏及民众不得阻扰。蓄泄章程是地方政府制订的水利法规,是维护钱塘湖水利的重要保证。

南宋乾道五年(1169年),范成大知处州,主持订立浙江通济堰(在今丽水县)堰规,据清(同治)《通济堰志·堰规古刻》的记载,南宋堰规共20条,内容涉及灌区管理组织、工程维修管理及工费来源、轮灌次序。后代在此基础上略有增删,沿用至今。

^① [日]那波利贞:《唐代农田水利用水制度的规定》,(日)《史学杂志》第五十四编,第一至三号,1943年。

第五章 古代著名水利人物、水利名著

中华民族几千年的治水历程,丰富了古代科学技术的宝库,其间涌现的杰出人物,或是相应历史时期对水利发展的高潮有过重要的影响,或是在水利科学技术和水利建设的宏观规划上作出了非凡的贡献;其间有丰富多彩的水利著作存世,这些著述之多,在古代应用科学技术领域居于前列。它们既是古代治水活动的生动记录,又是水利科学技术的科学总结。

中国古代的水利人物大体有三种类型:水利思想家:他们在历史上或对一个流域、一个地区的水利发展、治水方略提出过有影响的规划方案,他们的论辩对当代或后代的水利发展产生了深远的影响,如西汉的贾让,宋代郑亶,元代的郭守敬,明代的徐贞明和潘季驯,清代陈潢等。水利工程家:主持过重大的治水活动或兴建重要的水利工程,如战国末年蜀守李冰、郑国,东汉的王景,元代的贾鲁、郭守敬,明代的潘季驯、万恭,清代的靳辅等。精于工程技术的能工巧匠:如宋代对埽工技术有其专长的高超,明代对成功地改造京杭运河山东段分水枢纽有过贡献的白英。

第一节 水利思想家

中国古代的水利思想家善于将局部水利问题放大到全流域或更为广泛的相关地区来研究和讨论,这种具有宏观眼光的治水思想,不仅对当时有重要的影响,而且随着时间的推移,许多精髓逐渐为人们所认识。

一、贾让及其治河三策

西汉贾让以“贾让三策”而闻名于史。贾让(生卒不详)为西汉末年哀帝的待诏。哀帝时(前6—前1年)黄河频繁决溢,水灾严重,根据平当的建议,朝廷命刺史、三辅(京兆尹、左冯翊、右扶风)、三河(河东、河内、河南)、弘农太守举能治河者。贾让经过实地考察后提出了自己的治河方案,是为“治河三策”。

贾让治河三策是保留下来的最早的全面治理黄河的文献。它不仅提出了防御黄河洪水的对策,还提出了放淤、改土、通漕等多方面的措施;他不仅从经济的合理性来论证,并且提出了移民补偿的概念。因此,贾让三策可以说是治黄史上第一个除害兴利的全面规划。三策中提出的治河内容和总体方案,至今不失其光辉。

二、郑亶的太湖水利综合治理思想

北宋从朝廷到地方有关太湖流域的水利开发和治理规划是人们议论最多的政题之一。《梦溪笔谈》的作者沈括亦参与太湖水利,受当时的影响,《梦溪笔谈》多言水利。郑亶、郑侨、单锷、范仲淹等名士就

太湖流域的治理在开塘、浚浦、治田、立海口、建闸等工程措施的实施上有过热烈的辩争。其中郑亶以其《苏州治水六得六失》和《治田利害七论》系统地阐述了关于太湖下游地区治理的主张而影响较大。《三吴水利录·郑亶书》)

郑亶(1038—1103年)认为唐末以来,苏州治水有六失:一是开东北诸浦导水入江海,违反了“水性就下的自然规律。二是单筑河堤不修圩岸,只有“通往来,御汛涛”之小功,而无“卫民田,去水害”之大效。三是吴淞江两岸诸浦堤防未立,水难以泄入吴淞江。四是望亭堰对常州有害,对苏州未必有多大好处。五是吴淞江裁弯只能使江水直趋于海,未能使田之水必趋于江。六是忽视其它浅湖地区的治理。他批评了“惟知治水而不知旱”的片面观点,指出常熟、太仓沿江有大面积高田常有旱灾。应该学习古人“治高田,蓄雨泽”的方法,使“高田常无枯旱之患,而水田亦减数百里流注之势”。提出了旱涝并重,高低兼顾的治水思想。他还批评了宋初几十年治理太湖的作法是只知治水,不知治田,所以苏州之田百亩治一二。他提出的“治田为先,决水为后”的主张,就是将农田水利放在首位,先着手见效快、受益广的筑圩浚浦工程,并加强对圩岸塘浦的管理维护,然后做排水、引水等骨干工程去巩固提高农田水利工程的效益。

郑亶的见解得到了王安石的赞许,熙宁五年(1072年)朝廷授予郑亶司农寺丞,提举两浙水利。郑亶的计划仅推行一年就被中断。但是后代讨论治理太湖的规划时,郑亶的思想多被引用。

三、徐贞明与京畿水利议

明代为了减轻京杭运河的南粮北运的巨大压力,着眼发展京畿农业,京东水利建设为人们所注意。徐贞明是当时极力提倡在这一地区兴水利的代表人物,在他的《潞水客谈》中以主客问答的形式,阐述

了北方水利规划思想。

徐贞明(1530—1590年)江西贵溪人,隆庆五年(1571年)进士,4年后任工部给事中。工部任职期间,他上疏论北方水利:“水聚之则为害,散之则为利。”主张在海河上游开渠灌田,下游开直河分泄洪水,并在淀泊低处蓄水,高处开圩田。但是建议未被采纳,因事贬官,于是潜心著《潞水客谈》。徐贞明在《潞水客谈》中指出:“水在天壤之间本以利人,非以害之也。惟不利,斯为害矣。人实贻之,而咎水可乎?盖聚之则害,而散之则利。弃之则害,而用之则利。如血之在人身,流贯于肢节,而润泽其肌肤。一有壅注则上而为痈,下而为痔,又或溢出于口鼻,而因以戕其驱。遂曰血之于人害矣,亦舛矣。”^①

万历十三年(1585年)徐贞明被任命为尚宝司丞,受命兴修水利,他实地考察了京东地区的水资源,选择永平府(治今河北卢龙县)试办水利。取得成效后又勘查了更大范围的海河流域地区,后因豪强权贵的反对和弹劾而中止。但是,徐贞明在北方发展水利,大兴农业以减轻南粮北运的思想和实践,受到了当时许多人的重视。万历至天启间大力提倡海河水利并在天津至今山海关一带屯田的有汪应蛟、徐光启、左光斗、张慎言、董应举等。

四、潘季驯及其“束水攻沙”理论

潘季驯(1521—1597年)浙江乌程(今吴兴县)人,从嘉靖末四十四年(1565年)开始,经隆庆到万历四次出任总理河道,主持治理黄河、淮河和运河长达27年,在治黄理论和实践中都作出了杰出的贡献。

潘季驯的治河理论源于西汉张戎和明代万恭的“水力刷沙”说,

^① 转引自《农政全书》卷一二。

他在此基础上提出了系统的“束水攻沙”的理论,将治理黄河泥沙提到了全面治河的高度,更新了堤防的概念。从实践上他改变了过去治河单纯治水、不注重治沙的传统,将堤防功用由防洪挡水扩展为治河治沙,用于黄河上的堤防类型由此更加丰富:防御大洪水的遥堤、约束河水归于主槽的缕堤、固堤固滩的格堤和分流洪水的各种溢流工程。在潘季驯的主持下,黄河的下游堤防、洪泽湖大堤得到了的系统整治,维持了几十年黄河小康的局面。潘季驯还系统总结了历代河工技术中的主要成就和他长期主持治河的丰富经验,制订了许多河工规范性的施工准则。潘季驯的代表作《河防一览》,成书于万历十八年(1590年),全书十四卷,约28万字。《河防一览》系统地阐述了“以河治河,以水攻沙”的治河主张,提出了加强堤防修守的一整套措施和制度。此书是我国古代治河理论的重要著作,对以后黄河的治理起着指导性作用。清初第一任河道总督杨方兴,曾在给朝廷的奏折中形象地记述了潘季驯治黄思想对后代治河的巨大影响,“予往来河上,(潘)公之轶事,犹啧啧在人口角,司河者略能记诵其《河防一览》中一二语。其所设施,便出人一头地。公之功其旷世而难泯,公之名虽千载亦不灭矣。”^①

五、靳辅、陈潢与《治河方略》

靳辅字紫垣,汉军镶黄旗人,由官军生考授国史院编修,历任内阁中书,兵部郎中,右通政,国史院学士、内学士、安徽巡抚。康熙十六年(1677年)任河道总督。靳辅于康熙十二年(1673年)引陈潢为幕友,从此陈潢辅佐他治河达17年。陈潢(1638—1688年)浙江钱塘人,成为靳辅幕友后,被任命为参赞河务,按察司佥事。康熙二十四年

^① 转引自郭涛:《潘季驯》,水利电力出版社1985年版。

(1685年),淮河洪泽湖里下河水灾,靳、陈主张修高家堰重堤和加高大堤以束水归海,召致反对甚多。后水退涸出田亩,招民屯田,属员有贪污不法。康熙二十七年靳、陈二人被人弹劾,靳辅革职,陈潢革职解京监候,于康熙二十七年(1688年)病故。次年靳辅再任河道总督,上疏请求甄别陈潢冤枉。是年冬靳辅去世,谥文襄,后赠都尉世职,准袭三代。

靳辅的治河思想多出自陈潢,他对陈潢总是以礼相待,凡治河之事无不向陈潢垂询求教。陈潢在参与治河前就对黄河作过实地考察,沿黄河上行至宁夏,他在实际调查的基础上,阐述了黄河的泥沙规律和治理措施,指出黄河洪水和泥沙主要来自中游山陕地区,为后人治河的眼光移向黄河的中游和上游奠定了基础。陈潢还提出了流量的概念,并用以测量河道流量,这是他在水文方面的重要贡献。

靳、陈治河基本上继承了潘季驯“筑堤束水,以水攻沙”的治河方略。更明确实施“避淮注黄,蓄清刷浑”工程措施。与潘季驯不同的是他们力主黄河和运河分开,开凿了中运河。靳辅著有《治河方略》,此书写成于康熙二十八年(1689年),原名《治河书》,当时未见刊本,乾隆三十二年(1761年)崔应阶重编,改名《靳文襄公治河方略》,世称《治河方略》。陈潢治河论述由他的朋友张霭生编辑成书,取名《河防述言》,附于靳辅《治河方略》之后,得以流传后世。此二书互相补充阐发,相得益彰,是研究清前期治河思想与实践的重要著作。

第二节 著名水利工程家

水利是兴邦治国的大计,大江大河的防洪工程护卫了广大地区,一处灌溉工程造福少则一个村寨,多达十余县。水利工程的兴建和管理必须依赖中央和地方政权,因此,历史上多是地方官吏参与农田水

利工程的兴建和管理,而主持防洪治河的官员则是朝廷命官和河道专官。自大禹以来载入史册的水利工程家数不胜数,除了本志各节涉及的人物外,这里只举其中影响较大的著名水利工程家。

一、蜀守李冰治水

李冰,战国后期人,秦昭襄王末年(约前 256—前 250 年)为蜀郡守,主持修建都江堰^①。《史记·河渠书》:“于蜀,蜀守冰凿离堆,辟沫水之害;穿二江成都之中。”都江堰的修建使成都平原自秦汉以来便成为“水旱从人,不知饥馑”的天府之国(《华阳国志》)。

李冰治蜀期间的业绩,以《华阳国志》记载最详:“冰又通笮。通文井江,经临邛与蒙溪分水,白木江会,武阳天社山下合江。”笮,即索桥。文井江、白木江(今称南河)都是在新津入岷江,后来这里发展为三合堰灌区。在今川西北的什邡、新都、郫县等地,“(李冰)又导洛,通山。洛水或出瀑口,经什邡,郫别江会新都大渡”。洛即今石亭江,沱江的支流,李冰开创了引沱灌溉,后来这一带成为都江堰内江灌区的一部分。在南安(今乐山)和犍(今宜宾)开凿濠崖、雷垣、盐溉等,大力整治通航水道。

汉以来人们将李冰奉为川主,衍生出许多关于他的神话和传说^②。唐宋时期,道教势力、儒家观念、集权政治和民间附会交相影响李冰的形象。唐李冰祠有 3 处,一在成都,一在灌县渠首,一在什邡。北宋以来受野史和道教的影响,他的儿子李二郎协助他治水的神话开始流行。宋开宝七年(974 年),朝廷封李冰为广济王,宋太祖赵匡

① 见赵世暹《李冰守蜀的年代问题》,载《水利水电科学院水利史研究室五十周年学术论文集》,水利电力出版社 1986 年版。

② 汉·应劭《风俗通》记载了汉代广为流传李冰变作牛与江神决斗的神话,唐宋之际则多是有关李冰显灵的传说。

胤下诏令在灌口(即灌县)修广济王庙。元至顺元年(1330年),加封为圣德广裕英惠王。明清开始对李冰与二郎谥号封爵。

李冰治水对后世产生了深远的影响,人们在借助宗教和神话的力量鼓励地方官吏和百姓学习李冰。宋代成都守臣刘熙古在成都扩建九里堤,眉州知州句龙庭实重建通济堰,清初恢复都江堰无不以李冰为号召,组织民众、团结僚属。

二、召信臣与南阳水利

召信臣,今安徽寿县人。汉元帝时(前48—前33年)任南阳郡太守,是南阳水利的开创人。他上任以后,“行视郡中水泉,开通沟渎,起水门提阨凡数十处,以广溉灌,岁岁增加,多至三万顷,民得其利,蓄积有余”(《汉书·召信臣传》)。召信臣主持的水利工程中最著名的是六门堰和钳卢陂。召信臣制订的“均水约束”,是我国历史上见于记载最早的灌溉制度之一。由于兴修水利,农业发展,南阳地区的面貌大为改观,“郡中莫不耕稼力田,百姓归之,户口增倍”。南阳成为汉代著名的水利区,召信臣因而受到百姓的拥戴,被尊为“召父”。

召信臣之后,东汉时郡守杜诗和晋代郡守杜预继承了前代重视水利的传统,使南阳成为全国著名的经济区之一,在相当长的时期内繁荣昌盛。

三、王景治河

东汉初,黄河屡屡为患,黄河和汴河决口长期得不到堵塞。《后汉书·明帝纪》:“自汴渠决败,六十余岁,加顷年以来,雨水不时,汴流东浸,日月益甚,水门故处,皆在河中,莽滂广溢,莫测圻岸,荡荡极望,不知纲纪。今兖、豫之人,多被水患。”水灾使经济遭受极大损失,

更使当时的漕运干道汴河不能通流。王景于此时应朝廷之召治理黄河和汴河。

永平十二年(69年)朝廷议论治河事,“(王)景陈其利害,应对敏给,帝善之”。王景治河施工历时一年,参加者数十万人,耗费之数以百亿计,修筑堤防,“自荥阳至千乘海口千余里”;疏浚河道,“十里立一水门”。工程完成后,明帝亲自到堤防工地巡视,“诏滨河郡国置河堤员吏,如西京(即长安)旧制,景由是知名”(《后汉书·明帝纪》)。王景治河还发明了堰流法,这是一种相当于侧向溢流堰的水工建筑物,利用它分洪,使堤防更为安全。后人评价王景治河,以“千年无患”予以盛誉。

四、大兴水利的姜师度

姜师度(653—723年),魏州人(治今河北大名),自神龙初年(705年)历任易州、沧州、蒲州、陕州、同州等地的刺史,也在朝廷当过大理卿、司农卿和将作大匠。(《旧唐书·姜师度传》)他在各地作官期间,都热心发展水利,所主持的水利工程类型之多,范围之广在历史上并不多见。

唐向辽东用兵,姜师度在蓟州(治今天津蓟县)循三国曹操漕河旧迹,开平虏渠运粮。在陕州太原仓,做滑槽直接装米入运船,节省了漕粮的搬运时间和费用。在华州华阴开挖水渠排水;在郑县(今陕西华县)修利俗、罗文两条灌溉渠道;在蒲州安邑(今山西运城)疏渠引水,使干涸的盐池恢复了生产;在同州、河西(今陕西大荔、韩城间)主持了引北洛河和黄河水的灌溉工程通灵陂,开稻田2000余顷;在都城长安,发展城市水利,开渠引水,保证了城市供水和航运所需。他所主持的水利工程多数是成功的。

五、兴建河工有重要建树的贾鲁

贾鲁(1297—1353年),山西高平人,官至工部尚书、总治河防使。因主持黄河白茅堵口成功而著名于史。

元至正四年(1344年)五月,黄河在今山东曹县白茅决口,六月又北决金堤。洪水横流为患,泛滥达7年之久。同时北决的一支侵安山,严重威胁会通河,直接影响漕运。

至正十一年(1451年)四月,贾鲁主持的白茅堵口工程兴工。贾鲁的白茅堵口分为4步^①:

(1) 在决口上游修筑3道总长26里的刺水大堤,用以挑溜和减弱口门水势;

(2) 修截河大堤,“其在黄陵北岸者,长十里四十一步”,“(黄陵南岸)长九里百六十步”。也是约拦水势,挽河归故道的措施。由于上述二项措施,故河通流,但是此时正值汛期,决口水势依然很大。

(3) 作石船堤障水。这是贾鲁堵口中最精彩的一步。按照堵口常规,从决口的两端同时下埽进占堵口。但是面对决口汹涌的水流,难以下埽合龙。贾鲁设计了用石船大堤,以挑开水势减少决口流量,来保证顺利进占。九月七日,贾鲁逆流排大船27艘,船上盛满埽捆,各船前后以大桅或长桩,用大麻索、竹缆绞缚,连为一体。每船有2名水工,听岸上鼓角为号,一齐凿船,水入船沉。然后以大埽加铺,形成船堤,最后迎水面加埽堵漏巩固船堤。由于石船堤挑流作用,使主溜尽归正河,决口处水量大减,为合龙创造了条件。

(4) 合龙。石船堤挑流成功,口门迅速下埽。“十一月十一日丁巳,龙口遂合,决河绝流,故道复通”。

^① 周魁一等:《二十五史河渠志注释·元史·河渠志》,中华书局1990年版。

贾鲁白茅堵口兴师动众,发民夫 15 万人、军卒 2 万人,共用中统钞 184.5 万千锭。当时元政权危机四伏,开工前一年就有人提出聚十几万人治河要出问题。河南、河北已有谣言:“石人一只眼,挑动黄河天下反。”动工后在黄陵冈挖出一个一只眼的石人,四月动工,五月刘福在颍州起义,以后河南大乱,以迄于元亡。后人多以为这次工程是元倾覆的导火线。尽管对贾鲁治河后世议论纷纭,但是,就堵口而言他无疑是成功的。他的刺船堤是堵口技术上的创新。施工在伏秋汛期继续进行,在河工史上也极少见。

六、京杭运河的规划和设计者郭守敬

郭守敬(1231—1316年),元顺德邢台人,字若思,是中国历史上杰出的科学家,擅长水利及天文历算。他祖父郭容“通五经,精于算术水利”(《元史·郭守敬传》),他自幼跟祖父学习,还从师数学家和水利家刘秉忠。中统三年(1262年),郭守敬任提举诸路河渠,两年后到西夏(今宁夏)修复引黄渠道唐徕、汉延等十余条干渠,使灌溉面积达到 9 万顷。中统六年(1265年),任都水少监,勘察黄河航道,以及河套乌梁海等处渠道。回大都后,主持重开金水河引永定河水至京,这条运河主要用于运送木材。至元八年(1271年),郭守敬任都水监,开始主持京杭运河的规划。他勘察了山东济运水源,提出了沟通泗水、汶水、卫河,开凿会通河的实施方。他还自黄河龙门以下,循黄河故道纵横数百里间测量地形,规划防洪、灌溉等水利工程。共进行了南北长一万一千里、东西宽六千余里的大地测量,在世界上最早提出了“海拔”的概念。

至元十三年(1276年),都水监并入工部,郭守敬任工部郎中,与王恂主持修改历法,四年后《授时历》修成,任太史令。至元二十九年(1292年),都水监恢复,再出任都水监,主持勘测、规划、设计了通惠

河工程,打通了京杭运河,江南漕船可以驶入大都积水潭。郭守敬一生在水利、天文方面卓有建树,他为京杭运河的成功作出了巨大的贡献。

第三节 见于地理著作和经史子集中的水利文献

在中国数千年的水利实践中,留下的文献资料可谓浩如烟海,据粗略统计水利专著不下 300 多种,文字在 3000 万字以上;其他文集和地方志中的水利史料有 5000 万字以上。先秦时期的水利典籍主要散见于诸子经史和地理著作中,自汉司马迁著《史记·河渠书》,史部书籍中开始设有水利的专史,且在水利专门著作中逐渐占重要地位。此外正史的五行、食货、百官、艺文、地理等志、纪中也有许多相关的水利史料,历代的通考、通典、通志,以及类书,如《册府元龟》、《玉海》、《古今图书集成》或设有“水利”专篇,或收有水利兴作的原始资料。地方志是收藏各地水利史料集中的又一书种,早期的地方志如晋代《华阳国志》、唐代《元和郡县图志》因为填补了相应历史时期正史资料的不足,而显得格外珍贵。宋以来大量的水利专著出现,明清地方志达 8000 多种,数量大大超过前代,成为目前可以见到的水利文献的主体。

在农学、算学和其它的科学类书中,保留了许多有关水利科学技术的记载,宋沈括的《梦溪笔谈》,有较多的篇幅论及太湖治理,元王桢《农书》对水利机械的记载文图并茂,内容亦很系统。宋以来水利家纷纷著书,这类水利专著专记当时水利,论及流域治理方略、水利规划、水利建设的利弊得失,对今人研究水利、区域水利发展规划具有借鉴价值。

一、《尚书》、《水经注》和《水道提纲》

古代地理著作中,水利的内容占有较大的比重。以河流为经,记河道、运河和水利工程的兴衰。

大禹治水,凡先秦及秦汉时期的著作几乎都有记载,最集中的是《尚书·禹贡》,相传为禹所作,实际著者不详,成书在战国时,许多史实上限很古老。战国人根据前代资料,按照九州行政区划分别叙述各州土质、贡赋、特产、泽藪、水道。司马迁根据它写成《史记·夏本纪》,班固记入《汉书·地理志》。

《尚书》被后世尊为六经之一,《禹贡》因此极受重视,历代研究的学者不少,成为地理和水利的经典著作。古代人言水利,《禹贡》是权威的依据,因为其简略,可以赋予许多主观的解释,《禹贡》叙述黄河流域比较详细,对水运河道也很重视。后代解释《禹贡》的著作中,以清代胡渭的《禹贡锥指》最有名,它以《禹贡》为纲诠释全书,且涉及后来的水道变迁和水利。

继《尚书·禹贡》之后,记全国水道的著作有《汉书·地理志》,主要取材于战国时期的资料,一般只记江河干流的首尾,比较粗略。成书于东汉的《水经》,是早期系统记载全国河流所经及支流的地理专书,每水一篇,共一百三十七篇,近1万字^①。晋代郭璞及北魏酈道元为之作注。郭注本已佚,酈道元之《水经注》总字数30万,共四十卷,涉及大小河流5000多条,按今之地域北及大漠、东北至朝鲜、南达中国南海、西远及伊朗。《水经注》依《水经》为纲,叙述河流,涉及流经各地的传说、神话、风俗,对水利的记述更为注重。酈道元《水经注》不独是地理著作,实是一部空前的水利经典,所反映的时代内容上起远

^① 《水经》的作者,唐代人指为桑钦,后人多从之,实无确证。

古,下至南北朝。

酈道元(466—527年),北魏范阳涿鹿(今河北涿县)人,是当时著名的学者,《魏书·酷吏传》列有其传。《水经注》反映水利的内容有以下特点:

(1) 记载水道变迁并有较准确的位置,为研究相关河流水利史提供了基本依据。

(2) 全面记述各河的支流、湖泊,该流域的城邑、山丘等,有助于后人了解历史上有关水利工程的规划及实施的利弊及兴废。

(3) 大量记载水利工程。可查到的有440多处,虽详略不同,但都有参考价值。

(4) 对工程记载,大量引证碑文等原始资料,对当时的工程规划、设计、施工和管理都有涉及。有许多关于水利工程的兴废沿革的记载,是其他历史文献少见的。

由于酈道元生活在北方,对北方河流叙述一般准确详细,而南方河流,多凭文献,错误较多。《水经注》较通行的版本是《永乐大典》本,据明万历四十三年(1615年)朱谋玮的《水经注笺》刊印。今存校勘注释本以乾隆五十一年(1786年)成书赵一清的《水经注释》四十卷,光绪十八年(1892年)刊印的王先谦《合校水经注》,1955年印的杨守敬的《水经注疏》比较流行,这些书均是以朱氏《水经注笺》为底本。

北魏之后依《水经注》的体例,编修的有关河流的地理著作以《水道提纲》较为著名。清乾隆二十六年(1761年),礼部右侍郎齐召南根据康熙五十七年(1718年)绘制完成的《皇舆全图》和他参与编纂《大清一统志》的方便,著《水道提纲》二十八卷。齐氏著此书目的是补《水经注》详南略北的弊病,且《水经注》成书已逾千年,需要弥补时间上的空缺。《水道提纲》记述水道范围包括当时国土。诸水顺序依次为海,盛京诸水,京畿诸水,运河及山东诸水,黄河及入河巨川,淮河及入淮巨川,南运河,长江及入江巨川,江南运河及太湖入海港浦,浙江

和浙东入海诸水,闽江及西南至广东诸水,粤江(珠江),云南、西藏及阿尔泰山以南诸水,黑龙江及入江巨川,塞北及西域诸水等。海从东北的鄂霍次克海向南到南海,第一次把十八世纪中叶中国的海岸线清晰地勾画出来。

二、经史子集中的水利文献

水利是经世治国之本,注重水利是中国古代知识阶层的传统美德。许多著名的学者和地方官吏或对水利基础科学有深入的研究,或将自己和他人治水实践予以细致地记载,这些著述反映了当时的水利科学技术水平和水利兴衰,具有较高的史料价值。

先秦时期的文献中,《周礼》、《淮南子》、《管子》、《尔雅》涉及水利内容较为集中且科学技术性较强。主要反映在水土资源规划、水流动力学、河流泥沙理论、水循环理论等方面。

《周礼》以官制为纲,是有关典章制度的专书。成书于战国,将这一时期的资料系统整理。职方氏是掌“天下之图”的官,所以《周礼·职方氏》篇内主要记述国中山川河流、水利水道、人口物产等。《周礼·稻人》、《周礼·遂人》、《周礼·雍氏》分别谈及土地分划和灌溉工程。

《管子》涉及水利基础科学的内容范围较广。《地员》和《水地》篇论述地下水质及其与农作物、人的关系,对水土资源是自然界最基本的资源有深刻的阐发。《度地》篇描述渠道的水力学现象,并有较科学的解释。

《吕氏春秋》是战国时期研究封建政治的著作,在《圜道》篇中作者举自然现象来阐述政治主张,但是其中蕴涵科学的水文学理论。“云气西行,云云然,冬夏不辍;水泉东流,日夜不休。上不竭,下不满;

小为大,重为轻,圜道也。”十分简练地描述了由水源(小)汇入海(大),由地表水(重)变为云(轻)的过程。比较准确地反应出中国大部地区受东南季风控制的水循环规律。

杂记、笔记和文学著作中有许多价值较高的水利资料,是研究水利史不可忽略的宝库。汉代班固《两都赋》描写长安和洛阳风物,涉及两地水利。张衡《南都赋》反映了这一时期唐白河流域的水利成就。左思《三都赋》描写了魏都邺城引漳灌溉、吴都建邺城市水利和蜀都都江堰。唐代水利文献较少,散见于文集集中的记载愈显珍贵,如收入《全唐文》中的杜光庭有关都江堰灌区的管理和宗教祭水活动的文章填补了这一时期都江堰史料的空缺。宋代孟元老《东京梦华录》记载了汴京的河渠和水利;周密《武林旧事》记载临安西湖水利。元代各大家文集中以王恽、揭傒斯、虞集、欧阳玄、宋本的文集水利的内容较多。明清传世的文集较多,集中于明清经世文编中。

三、方志中的水利史和水利志

方志中水利占有重要地位。唐以前方志很为稀少,传世的有《华阳国志》、《荆州记》、《钱塘记》、《会稽记》,其中只有东晋常璩《华阳国志》保存较完整。

《华阳国志》保留了都江堰早期的史料,后人据此考证出都江堰创建时间。也是研究秦汉间岷江水利发展不可忽略的原始资料。唐宋间出现了编修全国和地方志的高潮,唐《元和郡县图志》对各地水利工程及兴作有较为详细的记载,与《新唐书·地理志》、《新唐书·食货志》同为当时重要的水利史料。全国性的方志有北宋乐史《太平寰宇记》、南宋王象之《舆地纪胜》,记载详备,体例和内容多为明清各地地方志所采纳。宋代地方志中存世的有乾道《临安志》、《剡录》、嘉泰《会稽志》、淳熙《三山志》、《新安志》、嘉定《镇江志》、景定《建康

志》，这些志书历史久远，是研究地区水利史的宝贵史料（《四库全书总目提要》）。元、明、清编纂国家通志《一统志》，各省、县修地方志，均设水利专卷，成为水利史文献的主要部分。

第四节 正史中的水利文献

秦汉水利建设是历史上的第一次高潮，以都江堰、郑国渠为代表的灌溉工程，形成了关中和蜀西发达的农业经济区。黄河两岸规模巨大的防洪堤防和治河工程，以及流域间相互沟通的运河工程相继兴建。与之同时有关水利的记载大批出现，水利的科学技术基础理论进一步深化，对后世影响最大的是《史记·河渠志》，它作为中国第一部水利通史问世，确立了水利作为独立的工程学科的地位。

一、《史记·河渠书》诞生及其影响

西汉司马迁著《史记》，开创国家纂修正史之先，以后各代都有正史。《史记·河渠书》是国家的第一部水利专著。东汉班固修《汉书》，在志部分中设《沟洫志》。以后的正史基本采用了《史记·河渠书》和《汉书·沟洫志》的体例。

《史记·河渠书》所记时代上起大禹治水，下至西汉元封二年（前109年），内容以黄河治理为主，也涉及运河、灌溉工程等内容。资料来源有相当部分政府册籍，有许多水利活动司马迁耳闻目睹或亲自参加，记述翔实可靠。

西汉司马迁在《史记·河渠书》中首先赋予“水利”一词以专业含义，水利成为有关治河防洪、灌溉、航运等事业的科学技术学科，而将从事水利工程技术的专门人才称作“水工”，主管官员称作“水

官”。水利学作为与民生国计密切相关的科学技术的应用学科由此诞生。

二、《史记·河渠书》以后正史中的水利志

《汉书》体例几乎照搬《史记》，设《沟洫志》记两汉水利，前部分抄《史记·河渠书》，后部分记载的时限延长。《沟洫志》不仅在史实记载方面有重要价值，它还详细记述了各家治黄思想，内容涉及灾害、修防、治理建议、流域规划等，对后代影响深远。

汉以后至唐代，正史均无有关水利的专志，水利的内容在《食货志》、《地理志》中占有相当的比重。此外，《五行志》、《本纪》记载水旱灾害，人物传中常涉及各地的水利建设等。宋代开始金、元、明、清都设有《河渠志》，按河流地域或工程分别记载，是研究相应时期水利发展的最系统史料。

三、水利科学与技术的系统总结——重要水利 专著举例

唐宋以来，水利科学技术有长足进步，水利专著开始出现。灌溉工程方面的《四明它山水利备览》和《水部式》、防洪方面的《河防通议》是这一时期学术著作的代表。

元明清水利建设仍持续发展，值得注意的是以明代潘季驯为代表的“束水攻沙”治河思想的完善，和以堤治沙工程的实施，使传统的黄河堤防工程技术发展到了最高阶段。大批有关水利工程技术、治河防洪的专著陆续问世。现存的古代水利著作大多是这一时期编纂的。

（一）防洪治河工程技术专著

元代至正十一年（1351年），贾鲁主持著名的黄河白茅堵口，挽

河回复故道。白茅堵口动用民夫 12 万,军工 2 万,在汛期完成了堵口。欧阳玄随贾鲁参加了全部工程,完工后将此次堵口全过程记载成《至正河防记》,全篇约 4000 字,是古代黄河堵口的重要文献。

刘天和于明嘉靖十三年(1534 年),任总理河道大臣,他主持治河时间不长,但善于总结经验。他所著的《问水集》六卷,是继金《河防通议》之后的又一重要河工专著。主要内容有阐述黄河特性、各代治河方略、堵口工程措施等。较有价值的是总结民间创造的“植柳六法”,即根据具体情况种植卧柳、低柳、编柳、深柳、漫柳、高柳,以满足护堤、防冲的各种要求。他提出的工程量计算方法、施工水平测量方法也很有特点。

《治水筌蹄》是明代的重要河工著作之一。筌和蹄是先秦时期捕鱼和打猎的工具,该书名就是治水工具书之意。明隆庆六年至万历二年(1572—1574 年),万恭任总理河道大臣,任上开始撰写此书。该书的精华在于对运河工程技术和运河工程管理的总结。对黄河的治理思想,他首先提出了“束水攻沙”、以堤治河的工程措施。

潘季驯在他的总理河道任上对“束水攻沙”的治河方略进一步深化、完善并付诸于工程实践,从而实现了从筑堤挡水到以堤束水攻沙的转折。潘季驯著《河防一览》十四卷共 28 万字,这是一部对“束水攻沙”思想与实践全面总结的河工名著,较为系统阐述河流动力学理论、泥沙运动规律,他还收入了其任期内有关治河的 41 道奏疏和各种治河议论。清代的河工著作以康熙二十八年(1689 年)刊行的靳辅《治河方略》较为有名。

(二) 编年体的《行水金鉴》及其续编与农田水利专著

将浩如烟海的水利文献加以整理,以编年体的体例刊行,是水利资料性丛书《行水金鉴》及其续编的特色。该套丛书主要收入治河、运河工程等内容。

《行水金鉴》将上起先秦,下至康熙六十年(1721 年)的 370 多种

水利文献、典章,部分摘录了约 160 万字,内容以明后期至清康熙为重点,傅泽洪主持纂修。正文一百七十五卷,其中分河水(黄河)六十卷,淮河十卷,江水(长江)和汉水十卷,济水五卷,运河七十卷,两河(黄河和运河)总说八卷,职官、夫役、漕规等十二卷。道光十一年(1831 年),黎世序刊印《续行水金鉴》,时间下限至嘉庆二十五年(1820 年),与《金鉴》不同的是其大量收入原始工程档案,汇集成“章牒”一百二十一卷,是珍贵的第一手资料。增加了永定河十三卷。民国时期继续这部丛书的编纂,计划整理自嘉庆二十五年至宣统三年(1820—1911 年)的水利文献。

属于地方性的农田水利专著较为有名的有《畿辅河道水利丛书》,清代的畿辅地区相当于今北京、天津、河北地区,吴邦庆主编的《畿辅河道水利丛书》刊印于道光四年(1824 年),收入了元、明、清有关畿辅水利的论著和他本人的议论,是研究海河流域水利史的重要著作。反映新疆水利的《西域水道图说》、《新疆记》也属这类专著。

水利工程的专著亦很丰富,宁夏引黄灌渠有《大清渠录》、引泾灌区有《泾渠志》、绍兴三江闸有《三江闸务全书》、四川都江堰有《灌江备考》、福建木兰陂有《木兰陂志》、浙江通济堰有《通济堰志》、云南滇池水利有《六河图说》等。

第六章 近代水利事业

十九世纪以来，在科学理论、研究手段和工程材料等领域有许多重要突破。西方的水利科学与技术逐渐传入我国，刺激着传统水利工程技术改造与转化。受西方水政管理和水利科学技术的影响，传统的水利事业进入了变革时期。民国时期，国家水利管理体系和各大江大河水政管理机构被彻底改造，水利应用科学研究、水电开发规划、水利教育、水政立法相继展开。在水利建设方面由于社会动荡，战祸频繁，大型工程兴建很少，但是新型的水利工程如水电站、混凝土水坝和水闸等开始出现。这些都为现代水利的大发展奠定了基础。

第一节 水利管理体系和江河流域机构改造与完善

尽管自民国建立之初，便开始沿用西方水利行政的模式，改造水利行政管理体系，但是，二十世纪初战争不断，社会政治混乱，水利行政长期没有理顺管理体制。直到三十年代，设置了全国水利委员会，并设置了下属主要江河流域水利管理机构。

一、中央、地方水利管理机构

1911年中华民国成立,国家机构的设置仿照欧美国家的模式作了较大的改造,中央直属各部为行业管理的最高机构。最初水利不是独立体系,经过十几年的分合归并,到二十世纪40年代才形成中央—地方,中央—流域两套管理机制。

民国初年,水利分属内务部和工商部,内务部主管防洪,工商部主管农田水利。1914年设置全国水利局,张謇任局长。张謇江苏南通人,清末曾任蚕桑总长,宣统元年(1909年)张謇成立江苏水利公司,主持长江下游及江苏运河的航道疏浚,后来这个机构演变为我国第一个流域水利机构导淮委员会。

1927年国民政府成立,水利行政统属更为混乱,在建设委员会下设水利委员会,但是河道治理由交通部管理,防洪则属内务部,农田水利由实业部管辖。而长江、海河、珠江等河流的河口因涉及通商口岸和水道,河道尾间的管理依然受制于洋人,尽管名义上中国外交部管理航道,实际管理权由美、英、法等国驻华公使组成的天津、上海和广州的浚浦局控制。

1931年中国水利工程学会成立,成立会上针对水利管理体制混乱情况,提出了统一水政议案。三年后,全国经济委员会设置水利委员会,直属的流域管理机构有:黄河水利委员会、太湖流域水利委员会、扬子江水道整理委员会和永定河工程局。水利行政始得统一。1941年水利委员会改属行政院,1946年再改属国民政府。次年改称水利部。并成立黄河、长江、淮河、珠江、华北、东北工程总局,海河、江汉、泾洛工程局和中央水利实验处等机构。

地方水利管理机构为省、县(或市)两级,水利分属省建设厅、县建设科。1934年统一水利行政,各省成立水利局,仍然从属建设厅,

但是管理业务独立,建设厅代表省政府,负责水利经费拨发和业务监督。地方大型水利工程管理是省水利局的主要业务。

二、主持大江大河防洪的流域水利机构

古代黄河和运河有较为系统的管理机构,其他江河的防洪和水利建设多有地方行政主持。民国以来以流域为系统的水利行政组织逐渐形成,现代管理的模式初见端倪。

1900年河督一职废除,黄河失去了统一管理机构和全权负责官员。河南、山东境内的黄河防洪由各省巡抚兼管。民国建立后,1918年黄河和海河流域水利管理机构——顺直水利委员会成立(后改称华北水利委员会)。顺直水利委员会主要负责黄河、海河的河政管理。在河南、河北、山东分别成立河务局,各自管理本省的防洪。1933年9月黄河水利委员会和海河工程局成立,黄河和海河的管理分开。黄河水利委员会隶属国民政府,1946年改称黄河水利总局。

1922年成立的扬子江水道讨论会(后改称扬子江水道整治委员会),最早只是为了维护航道主权而设置的机构,先属内务部,稍后划归交通部。它的业务主要有四项:测绘河道、疏浚和整治航道、防洪等,主要的服务对象是长江水运。自三十年代起着手长江上游的水电开发规划。有关长江重点河段的防洪则主要由江汉工程局和地方水利部门主持。

淮河的流域管理机构设置最早,宣统元年(1909年)初名江苏水利公司,民国后改名为导淮委员会,主要工作集中于淮河下游洪泽湖、里下河一带,是民国年间主持兴建防洪治河工程最多的机构。

珠江的防洪治河事务由广东治河委员会主持,它成立于1914年,最初隶属广东建设厅,1929年改属国民政府,负责防洪和河道整治。

第二节 现代水利建设的序幕

1921年孙中山提出了《建国方略——实业计划(物质建设)》(以下简称《建国方略》),这是一个以国家工业化为中心,发展国民经济的建设规划。其中水利规划以二十世纪初主要江河的初步勘测成果为依据,提出了兴建北方、东方、南方三大海港;整治长江、黄河、海河、淮河、珠江五大江河,发展通航、水电、灌溉等方面的水利全面开发和发展的^①。孙中山的《建国方略》在发表之初并没有引起强烈的反响。1931年水利委员会成立之后,开始以《建国方略》为基础着手制定全国港口、水电、灌溉的水利规划,并开展了前期勘测。

一、江河及流域测量的开展

第二次鸦片战争以后,通商口岸渐次开放,为了通航的需要,黄河口、长江口、珠江口、海河口、淮河里下河的河道测量工作开始着手。

长江测量开始最早。咸丰十一年(1861年),英国海军测绘自湖南巴陵至上海崇明段。光绪十九年(1907年),张謇出资聘请了荷兰和瑞士人测量南通至崇明段,并据此做了江口段的规划设计。《扬子江上游图》是三峡水电规划最早实用的地形图,它是1902年至1921年间法国海军多次测量的结果。^②

光绪十五年(1889年),河督吴大澂在开封设“河图局”,是中国

^① 孙中山《建国方略——实业计划(物质建设)》在1918年以英文发表,原名《国际共同发展中国实业计划——补助世界战后整顿实业之方法》。

^② 《中国水利史稿》下册第十二章,水利电力出版社1989年版。

最早的测绘机构。它搜罗了津、沪、闽、粤测绘学生,测量黄河阌乡(今山东灵宝)至山东利津河口的河道。1923年先后完成了河南、山东1:5000,1:10000流域地形图。是我国最早将航测用于黄河的河道测量。1933年对河南长垣长约27公里实行航测而产生的黄河地形图,是中国最早的航测地形图。

淮河的测量始于同治六年(1867年),由导淮局主持,第一张淮河测量图包括云梯关以下淮河河道及洪泽湖、里下河一带归江归海水道。1911年,张謇在清江浦设江淮水利测量局,它的业务“为导淮之准备”(《水文测量》)。这以后在各流域中淮河的测绘实施范围最大。1912年至1928年间总实测面积达14万平方公里,涉及苏北、皖北,以及沂、沐、泗河、淮扬运河、黄河故道。

珠江流域的测量工作自1914年由广东治河处开始,由珠江口而扩展至东江、西江。

航测技术在1912年首先由德国人用于大地测量,1928年我国将这一技术引进并用在河道测量中。1930年在浙江浦阳江试行航测成功^①,飞机飞行高度400至2000米,长度36公里,制成1:1.5万和1:3万的地形图。1933年起用于黄河下游河道的地形测量。至四十年代配合黄河三门峡、壶口龙门以及长江三峡水电规划,进行了坝区和库区的地形航测,其中以长江三峡航测次数最多。

二、水文站的设立和发展

黄河建水位站始于乾隆三十年(1765年),当时分别在河南陕州万锦滩、巩县洛河口、武陟木栾店设水志桩,可大致掌握黄河干流和

^① 顾世楫:《浙江省水利局办理飞机测量之经过》,载《水利》第2卷第3、4期,1932年。

支流泾、渭、洛、沁等河的来水情况。1918年顺直水利委员会正式在黄河上设水文站。1933年黄河水利委员会成立后,黄河上的水文站增加很多。抗日战争期间大都名存实亡,1945年以后才恢复。据统计,至1949年,黄河流域有水文站33个、水位站28个。

长江水位站建于咸丰十年(1860年),由上海海关设置,稍后在汉口建站。抗日战争期间,长江及支流的水文站有较大的增加,共有水位站、水文站约300处。淮河、海河、珠江的水文测量多始于民国初年,至1937年已初步形成水文站网。

1941年水利委员会规定:凡流经一省以上的河流都要设置水文总站,着手水文资料的整编工作。据统计至1948年为止,全国有水文总站18处、水文站191处、水位站245处(《私纂江苏通志·水工志稿》)。

三、大江大河治理规划及前期工作的实施

以水文和地形测量资料为依据,进行江河水利规划始于民国初年,其中以淮河、黄河、永定河成绩较大。

(一) 导淮与《导淮工程计划》的实施

导淮规划的创始人是张謇。1855年黄河由铜瓦厢向北改道,淮河下游河道由于黄河夺淮后淤高,淮河尾闾改入长江,由于泄流不畅,洪泽湖以下运河以东地区即里下河成为泛区。1913年在北京设导淮局(次年改为全国水利局),张謇任总裁。1914年全国水利局与美国红十字会签订导淮借款合同,导淮规划由此进入设计阶段(见《中国水利史稿》下册)。

自1914年至1928年间,美国红十字团和江淮水利局先后提出了七项方案。这些方案是以洪泽湖以下即淮河的里下河区为主,着重疏导洪水入江或入海。由于当时军阀混战,政局动乱,各方案的制定没有详细地论证,都很粗糙。

1929年导淮委员会成立,著名的水利家李仪祉出任总工程师和工务长。在他的主持下于1930年提出了《导淮工程书》。《导淮工程书》是淮河防洪工程的总体规划,它的要旨是:以洪泽湖为调节枢纽,整治入江、入海水道;治理沂、沭、泗等河。1932年导淮工程采用以工代赈的方式开工。当时开工的主要工程有:杨庄、周门、三河活动坝;入江引河工程六塘河及刘老涧泄水闸。1937年日本侵略军逼近苏北,开工5年的导淮工程全部终止。1938年黄河在花园口决口,黄河夺淮入江,所建无多的导淮工程损毁殆尽(见《中国水利史稿》下册)。

(二) 黄河水利规划的讨论

几千年来,关于黄河治理少有提出流域综合治理的思想和方案。民国时期以李仪祉为代表的中国现代水利科学的先驱,把西方文化与中国丰富的传统经验相结合,提出了综合治理黄河的新主张,进行了测量、实验等基础工作。

李仪祉(1882—1938年),原名协,字宜之,陕西蒲城人。1904年入京师大学堂,1909年留学德国,专修水利。1915年回国任教于南京河海工程学校,并对古代水利悉心研究。1922年出任陕西水利局长,1930年创办天津第一水工实验室。李仪祉还先后任职顺直水利委员会和导淮水利委员会。

1933年至1935年间,李仪祉主持黄河水利委员会,这期间提出了治理黄河以防洪为首要目的的规划思想。在他的《黄河治本计划概要叙目》中指出,黄河的上游和中游地区应主要修建拦洪水库,辅之植树造林以减少泥沙的下泄和削减洪峰;在下游开减河分洪;进行中常水位河槽的规划设计,整治河道。李仪祉的设想有一定的局限性,在没有大量黄河水文资料的情况下,难以确定中常水位^①。但是,李仪祉所倡导的治理黄河必须上、中、下游全面治理,开展全流域治水

^① 李仪祉:《黄河治本的探讨》。

治沙的规划思想,改变了以下游治理为重的传统治黄方略。李仪祉在他主持黄河水利委员会期间聘请了德国、挪威、美国的水利专家来中国考察和研究黄河泥沙,并很快着手我国第一个有关黄河的河工模型试验。黄河的泥沙问题开始引起了世界水利界的关注。

(三) 海河流域治理规划

1925年,由顺直水利委员会制定的《顺直河道治本计划报告书》是海河流域的第一个治理规划,这个计划以防洪为主要内容。主要规划工程有挽潮白河归北运河,苏庄、龙凤、土门泄洪工程和南运河上的马厂减河、独流减河、子牙减河等。

1930年华北水利委员会以此为基础,提出了《永定河治本计划》,其中官厅水库、永定河堤防和北运河的减河规划设计对现代永定河的治理影响较大。结合这个计划,在天津水工实验室进行了官厅水库拦河坝的水力学模型实验,库区地质钻探。这是我国首次利用实验数据和地质资料进行坝工设计。

第三节 传统治河和灌溉工程及技术的转变

二十世纪西方水利科学技术的引进和新型工程材料如水泥、钢筋等建筑材料的运用,使传统的水利工程产生了革命性的变革;钢筋混凝土结构的新型工程出现、钢闸门和起闭机械用于航运、防洪工程,施工机械开始进入水利工程建设工地。尽管这些工程和机械的使用只是星星点点,但已昭示传统水利开始让位现代水利。

一、河道整治机械及防汛通讯设备

河工机械中挖泥船是最早引进的设备。光绪初年在福建乌龙江

首先使用挖泥船(见《再续行水金鉴·河水》卷一二三)。光绪十四年(1889年),在黄河铁门关以下河口段采用挖泥船疏浚,该船由法国制造,吃水深1.4米,而河口水深却不过尺余,船身搁浅无法工作。天津、上海辟为对外港埠后,天津港、海河口和上海港、黄浦江、长江口的疏浚越来越多地使用挖泥船。海河工程局使用吹泥式挖泥船疏浚,每年耗银达120万两(见《再续行水金鉴·河水》卷一二七)。上海浚浦局也拥有相当数量的挖泥船。这些挖泥船多属外国领事馆和洋商控制下的港务组织。光绪十二年(1887年),上海江南制造局开始制造挖泥船。至二十世纪二十年代中国已可以生产抽泥式、斗式等类型的挖泥船了。

清同治、光绪时有线通讯已用于邮传。永定河首先设置了报汛专用电话线。光绪二十九年(1903年),黄河自济南至利津下游800多里的河道两岸设置了专用电话线,由官电局管理(见《再续行水金鉴·河水》卷一三二)。及至民国年间,黄河的防洪通讯线路上自河南陕州,下达黄河入海口。同时期长江、珠江及松辽河防汛专用电报或电话相继设置。防汛与铁路通讯在清末和民国时期一直是独立管理的专用通讯网。

无线电通讯用于防汛于1934年首先在黄河上开始,1946年黄河水利委员会在开封设置了无线电总台,下有8个分台。通过总台可以向中上游各大水文站、险工段联络,这在当时的大江大河防汛通讯设备中已经相当先进。

二、施工机械及水泥的引入

光绪十四年(1888年),黄河长垣、山东东明堤防施工首先使用小铁路运输土料;同年郑州堵口,次年9月山东章邱大寨堵口先后都在施工中使用了小铁路。光绪二十四年(1898年)前后的抢险堵口开

始采用电灯照明,黄河河工的施工条件开始有所改善。

二十世纪初在水利工程中运用机械施工最著名的工程是锦州湾葫芦岛港口工程。光绪三十四年(1908年),东三省总督徐世昌聘请英籍工程师休斯(W. R. Hughes)勘测设计。1911年开工,采用的施工机械有起重机、混凝土搅拌机、打桩机、挖泥机、抽水机;交通设备有葫芦岛至连山专用铁路支线;通讯设备有葫芦岛至连山专用照明电线及电话线。二十世纪三十年代有人评价此项工程:“(所用)各种机器及铁轨车辆等件,凡中国各省所有者,尽向华厂购办,其不能自制者,则用投标之法,各洋商开价购买。……总计此次开工,款由自筹,并无借款;工由自办,从未外包。亦我国早年建设中可纪念者。”^①然而当时这个最引国人自豪的工程因战乱几上几下,最终于1931年日本人占领东北而完全停工。

光绪十四年一批进口的水泥首次用到黄河堤工中。光绪十九年(1893年),北洋大臣李鸿章调入唐山生产的水泥300吨,重修湖南常德的防洪堤和城墙(见《再续行水金鉴·河水》卷二二)。宣统三年(1911年)葫芦岛港口地基工程使用了钢筋混凝土桩。二十世纪二十年代采用钢筋混凝土结构的水工建筑物已日见普遍。民国以来,随着水泥在水利工程中的广泛使用,水泥灌浆技术开始运用。绍兴三江闸是采用水泥灌浆修复的一处古代水利工程。三江闸建于明嘉靖年间,原用条石砌筑,铁碇上下连锁,无胶结材料。由于年久失修,砌体风化,严重漏水。1932年开工修复时主要采用灌浆技术,用水泥浆充填。灌浆机为德国进口,水泥是当时国产名牌象牌水泥。施工历时52天,共灌浆158立方米,完工后质量很好。这是第一次采用灌浆技术成功的实践。

^① 张含英:《葫芦岛筑岛之过去》,载《水利》第1卷第1期,1931年。

三、关中“八惠”灌溉工程

西方水利工程技术对灌溉工程的改造主要从建筑材料开始。混凝土的使用使蓄水工程拦河坝和水量调节工程水闸可以采用永久性的工程结构,由此而导致了水工设计和工程管理一系列变革。

民国时期,全国各省都有新型的农田水利工程,其中以陕西关中的水利建设成就较大。

1928—1930年,陕西连续三年大旱,赤地千里,饿殍载道。1930年李仪祉回到陕西主持水利,就任陕西省水利局局长兼总工程师。李仪祉利用华侨捐款和以工代赈方式筹集资金,首先着手恢复引泾灌溉,在郑国渠的旧址张家山峡口处修建拦河坝,左岸修建了三孔进水闸。拦河坝为低重力坝型,高9.2米,坝顶溢流。在原有渠道的基础上新开干渠和支渠。1935年建成,名“泾惠渠”,灌溉面积59万亩,灌区包括泾阳、三原、高陵、临潼、醴泉等五县。是民国年间建成的最大的农田水利工程。^①

1934年洛惠渠开工,洛惠渠渠首在澄城县境内,枢纽工程设计与泾惠渠相似,拦河坝长150米,高16.2米,洛惠渠的渠系工程较复杂,其中穿越铁镰山的5号隧洞全长达3037米。洛惠渠于1935年基本建成,由于隧洞的地质问题,实际运行通水是1950年。

引渭水的渭惠渠,于1935年开工,工程以横跨漆水河的上72米渡槽最为著名,1937年建成,灌溉面积17万亩。

继引泾、引洛、引渭三渠完成后,渭河以南引渭河支流灌区陆续开工,至1939年前后建成了眉县梅惠渠、周至县黑惠渠、户县涝惠渠、长安县泔惠渠以及醴泉泔惠渠,号称“关中八惠”。以后在陕南和

^① 见《陕西农田水利概况》,西北人民出版社1951年版。

陕北还继续修建了一些工程,自 1937 年至 1947 年十年间,陕西新建灌区灌溉面积达 138 万亩。

四、机电灌排工程的开创

光绪三十二年(1906 年)初夏,江苏武进县芙蓉圩渍水成灾,圩董发动农民向上海铸造局租借抽水机,农田中首先使用机器排水。1915 年常州厚生铁工厂开始制造小马力的农用内燃机。初无水泵配套,拖带水车戽水,购买人很少。后来制成了“双翼水风箱”即水泵,农民用机器排水逐渐普遍。1924 年戚墅堰电厂建成发电,为了打开销路,鼓励用电排灌,首先在武进定西乡进行示范,教农民使用电动抽水机。当年机电排灌面积 2000 亩,第三年后发展到 28600 亩。很快电力排灌推广到无锡、常州等县。至 1929 年这一带有抽水站 42 处,专用电线 95 公里,灌溉面积 39700 亩。

二十世纪三十年代前后修建的福建长乐县莲柄港提水灌溉工程是我国早期最著名的机电排灌工程。莲柄港位于闽江入海口的小三角洲。临江是陡峻山崖,临海一面地势平缓,分布成片的农田。因为地形的限制,闽江水近在咫尺却不能灌溉。提水工程拟抽闽江淡水越山灌溉临海农田 10 万亩。工程于 1927 年 5 月开工,1929 年 2 月建成。1931 年因水费纠纷工程废置,1935 年修复后改用电力抽水。架设了由福州至莲柄港长 23 公里的 3 万伏高压输电线。高压线在峡谷最窄处穿越闽江,跨距达 730 米,塔高 53.7 米,输电工程设计、铁塔及电器设备制造均由我国技术人员完成,工期仅 5 个月^①。改用电力后,恢复灌溉面积 6 万亩。可惜当时国内首屈一指的莲柄港电力提水工程在抗日战争时期被严重破坏。

^① 参见鲍国宝:《杆距 730 米过江电线工程》,载《工程》第 11 卷第 7 号,1936 年。

五、水电事业的开拓

利用水流的势能即水能为动力加工粮食,这是人类对自然能利用的第一次革命。1882年水电站诞生,从而实现了将水能转化为电能的第二次革命。人类在水力利用领域的两次飞跃,跨越了2000多年。当水电站在西方出现约30年后,中国诞生了水电站,由于社会动荡,国家经济衰败,阻碍了事业的发展。

(一) 水力应用历史简要的回顾

中国水力应用至迟源起于公元前25年左右,与西方的希腊几乎同时起步,封建经济的蓬勃兴旺为它的发展注入了活力。古代的水力主要是利用水流的动能带动水轮直接作功。自东晋南北朝至唐宋以水碾、水磨为代表的水力机械从帝王贵族的园囿进入寻常百姓家,得到了空前的普及。封建经济下的水力利用主要为粮食、纺织、茶叶、香料机械加工提供动力,形成水力工程原始工业区,并与城市互为依托。东晋洛阳的千金堰是重要的粮食加工基地,宋代则茶磨云集。唐代长安的郑白渠是都城粮食加工地,宋元的都江堰灌区则有许多水力纺织机。中国古代在水力利用方面居于世界领先地位近千年。

1762年英国人发明了水力纺织机,1793年美国人在罗得岛开设了第一家有9名童工的纺织厂,这座名为“史兰特水轮”(Old Slater Mill)被誉为美国工业的诞生地,1867年德国西门子公司造出了发电机,人类以人力、畜力、风力为原动力的时代结束,化学燃料、水力转化为电、热的新能源时代开始。1882年世界上第一座水电站威斯康星水电站诞生。30年后,1912年中国第一座水电站在云南昆明建成,这是一座由德国人技术负责并采用德国电机的水电站。1925年中国水利工程师留德工学博士税西恒勘测、设计的四川泸县龙溪河

洞窝引水式电站建成发电,落差 39 米,装机容量 140 千瓦,用 6 千伏的电压输往泸州。后两次扩建,装机容量达到 1000 千瓦(《中国水利史稿》下册)。

(二) 中国水电的早期发展

二十世纪三十年代以后,我国西南地区水电建设成就较大,多为径流引水式水电站,装机容量 100 瓦左右。这是第一批中国技术人员设计和主持施工的水电站。其中规模较大、技术较先进的有四川长寿桃花溪梯级电站,总装机容量 3876 千瓦。1944 年水利委员会兴建的重庆高坑岩水电站,设计水头 31 米,装机容量 160 千瓦,全部发电设备、输电设备均由中国机电工程师吴震寰设计,民生机器厂制造,是第一座全部采用国产设备的水电站。1945 年贵州梓桐天门河水电站,装机 1000 千瓦,采用当时美国制立轴混流式机组,称为“抗战期中最新型之水电厂”,全部机电设备由中国技术人员自己安装。

我国在二十世纪三十年代末开始修建大型坝后式水电站。这类水电站主要是日本人在东北投资建设的。吉林松花江上的丰满水电站,1937 年 9 月开工,1943 年 3 月第一台机组发电。坝型为混凝土重力坝,高 91 米,坝顶长 1108 米,最大落差 67 米,装机容量 56.3 万千瓦,兼有防洪、航运效益。其坝高、水力落差、装机容量等指标,在当时世界上亦属少有,号称“东亚第一工程”,由日本南满铁路株式会社修建,投入大量中国劳工,施工中死亡人数以逾万计。1945 年日本战败,工程技术人员撤走时完成土建工程 89%,安装工程 50%,五十年代初工程全部完工。稍后建设的鸭绿江上的水丰电站,装机 63 万千瓦,1943 年全部竣工,分别向中国和朝鲜两方供电(《中国水利史稿》下册)。

大江大河水电开发规划在二十世纪三十年代首次提到了议事日程。1932 年 10 月至 12 月,由中美电力、水利和测量工程师共 5 人对

长江三峡进行了为期 2 个月的查勘,提出了《扬子江上游水力发电勘测报告》,《勘测报告》提出了三峡水电站的两处坝址:葛洲坝和黄陵庙。1944 年资源委员会邀请美国垦务局总工程师萨凡奇(J. L. Sarage)来华协助查勘三峡水力资源,萨凡奇曾主持过 60 多座水坝的设计,其中包括著名的鲍尔德和大古力水坝。他后来在四川长寿提出了《扬子江三峡计划初步报告》,提出了长江三峡段 5 个坝址方案。规划中最大水电站的年发电量 1056 万千瓦,水库库容 270 亿立方米,工程投资和淹没损失共 10 亿美元^①。这个被称作《萨凡奇计划》的三峡水电规划引起了中美双方的瞩目。1945 年成立了以钱昌照为主任的“三峡水力发电计划研究委员会”,并与美国垦务局签订了合作开发条约,后因内战工作中止。同时期,在长江的上游支流岷江、大渡河,以及淮河等江河上相继开展了水力开发的前期勘测工作,为现代水电的发展奠定了基础。

第四节 现代水利科学研究、水利教育及水利法的诞生

十九世纪水利科学开始逐渐成为相对独立的应用性学科。1893 年世界第一所水工实验室在德国德莱斯顿工业大学诞生。应用水力学实验及研究异军突起,很快推向英、美、法、俄等国。随着世界坝工技术的发展,应用土力学也开始与力学分野向应用性过渡。与此同时水利开始成为工科大学的专业门类。清代末年随着西风东渐,水利教育和科学研究逐渐发端形成系统。

^① 恽震等:《扬子江上游水力发电勘测报告》,载《工程》第 8 卷,1933 年。

一、水利科学研究与研究机构

1926年德国明兴水工及水力研究院成立,在巴燕(Bayern)创立了水工模型试验场。1932年黄河模型试验由德国水力学专家恩格斯教授主持。1934年由全国经济委员会资助,派工程师沈怡前往配合进行验证试验,这两次试验分别取一直线河道或之形河道,河床质采用沥青碳屑和国内带去的黄土,模型相似性差,实验结论可信度低^①。但是这两次试验的意义在于由此导致了我国水利科学研究的起步。

1934年华北水利委员会、黄河水利委员会、扬子江水利委员会、导淮水利委员会、建设委员会模范灌溉局、陕西水利局、国立北平研究院、国立北洋工学院、河北省工业学院等9所水利管理机构和大学在天津联合成立了筹建“中国第一水工实验所”董事会。次年11月中国第一水工试验所建成,并开始开展科研实验。1935年南京成立“中央水工试验所”。1937年抗日战争爆发,中国第一水工实验所毁于炮火^②;中央水工试验所于1938年西迁重庆。

在重庆,中央水工试验所在极为困难的情况下开展科学研究,并在成都、灌县、云南昆明、陕西武功分设六个试验室,一个整理文献室,一个水文研究站。与此同时大学纷纷设置水工试验室。1942年在重庆石门第一所土工试验室成立,至此中国的水利科研初具规模。

科学试验一开始直接服务于工程设计,改变了传统水利只凭经验,定性认识和解决工程问题的作法。中国第一水工实验所在存在的两年时间里,配合永定河治本计划,开展了官厅水库、卢沟桥溢流坝

① 恩格斯:《一九三四年黄河试验临时报告》,载《水利》第8卷第4期,1935年。

② 周魁一、程鹏举:《我国水工实验的创建》,载《水利水电科学研究院科学研究论文集》第31集。

消能工五项水力学实验。1936年至1937年间,中央水工试验所为导淮工程进行了多项河工和水工模型试验。抗战期间在内地开展的主要水工试验有都江堰整体模型试验,黄土河渠临界流速试验、地下水渗流试验等;土工试验有黄土、冻土、页岩的物理力学试验。

二、现代水利教育的兴起

我国水利教育兴起于光绪三十四年(1908年),当时永定河道吕佩芬为培训专职河工人员,倡导并开办“河工研究所”,规定永定河的管理人员及候补人员除40岁以上者,一律分期进入河工研究所培训,每期时间一年,每年30名。宣统二年(1910年),山东巡抚孙宝琦亦在山东设立了“河工研究所”,其办学的目的为“召集学员,讲求河务,原为养成治河人才。如设立厅汛,则此项人员有毕业资格,即可分别试用”(《再续行水金鉴·河水》卷一四七)。

1915年全国水利局总裁张謇为导淮计划的实施培养技术人才,在江苏高邮设“江苏河海工程测绘养成所”,养成所分本科、速成科,本科为两年制,速成科为一年制,主要课程是测量。同年,由张謇倡议,教育家黄炎培、沈恩孚在南京创办了河海工程专门学校,水利家李仪祉受聘任教务部主任兼教授。河海工程专门学校成为中国第一所水利类高等教育学府,成立之初提出了自己的办学宗旨:“注重学生道德思想,以养成高尚之人格;注意学生身体之健康,以养成勤勉耐劳之习惯;教授河海工程必需之学理技术,注重自学辅导,实地练习,以养成切实应用之智识。”1924年改名河海工科大学,学制5年,1928年并入中央大学工学院。1925年李仪祉在陕西还倡办了水利道路工程专门学校。

继河海工科大学之后,水利高等教育开始在综合性大学中成为独立的系种或专业。1934年北洋工学院、清华大学土木工程系下设

水利工程组。1938年北洋工学院和中央大学设置水利工程学系,这是我国首批建立水利系的综合大学。二十世纪四十年代水利工程相继修建,出现了水利人才供不应求的状况。1943年教育部要求20所高等院校的土木系一律设置水利组,当年水利类招生人数达到400名。并在中央大学、西北工学院招收了水利工程学研究生10名。^①

与水利高等教育的发展同时,多层次的水利初等职业教育、专科和中等院校逐步发展。四十年代设有黄河、长江、珠江流域水利专科学校和城乡村建设育才院等学校;在工业职业学校凡有土木科者,自1943年起增加水利班,一些大学如复旦大学亦附设了中等水利专业科。

三、水利立法与《水利法》的制订

随着科学技术的进步,水资源的利用领域更为广泛,水资源的管理愈加社会化,水利立法和执法日益重要。我国制订现代意义的《水利法》始于二十世纪三十年代。1931年全国内政会议上通过了编订水利法规,确定水权的提案。1933年内政部提交了《水利法草案》,由于战争一直没有通过立法程序。及至1940年9月始由行政院水利委员会提交最高法院审议。1942年7月我国第一部具备现代水利特点的《水利法》公布实施。^②

我国第一部《水利法》共9章71条,包括四方面内容:(1)法定水利管理体制和相应的权限。(2)确认水资源为国家自然资源,使用水源必须首先取得水权。(3)水利工程设施的修建、改造及管理申报程序。(4)非工程水体即滞洪区、行洪河道的管理等。此外,当时的其他

^① 《行政院水利委员会三十二年度培育各级水利人才计划草案》,《行政院水利委员会季刊》第2卷,1943年。

^② 《水利法实施细则》,见《水利特刊》第5卷第1期,1943年8月。

法令,如民法、土地法、刑法凡涉及水利的条款与《水利法》一并生效。

《水利法》实施后,首先开展的工作是水权登记。水权登记涉及范围广,触及各有关社会团体的切身利益,为了保证这一工作的进行,成立了“行政院水利委员会水权登记及审核委员会”,并制订了《水权登记规则》。1944年以来,陆续有已建和在建的工程申请水权。但是也遇到了相当的社会阻力。许多工厂和地方水利工程没有依法登记和申请。同时,《水利法》中有关水权的条款不严密,如流量、水位、用水时间等关键性指标不在水权申报之列,构不成对用水法人的实际约束力。《水利法》的制订和水权登记的执行,是民国年间水利立法的主要成绩。由于历史的局限,这个法规并不完善。但这是水利管理迈出的历史性一步。

第七章 天然河流航运工程

《易经·涣》：“利涉大川，乘木有功。”自以浮木为渡河工具起，便有了人类水运的历史。随着人类文明进程的演进，由天然河道的通航发展到开凿运河，将不同水系的河流相互沟通，更大范围的改善了地区间的交通。中国开凿运河肇始于吴王夫差十年（前 406 年）吴国开邗沟。以后各代统治者为了政治、军事、经济利益无不以国家的力量修凿运河、发展水运，以高度集权行使水上运输的管理。水运作为古代最便利、经济的交通方式，早期主要被用作军事物资的运输。秦汉以后成为维系封建帝国的经济命脉，通过纵横交错天然河流和运河，将政治区和经济区有机地联系起来，形成以都城为中心向全国辐射的水运网络。都城的各种物资，包括以粮食为主的生活必需品、贡品和各类消费品都要通过水运从全国各地汇集京城。这种以都城为中心的水运称漕运。漕运的运输和管理方式形成了中国古代水运组织严密、物资流通有序等特点。在强大的封建王朝统治下，在蓬勃兴盛的封建经济支持下，两千多年以来中国创造了世界最长的人工运河，建立起以都市为中心远及边陲的水运网，创造了曾经领先世界近 500 年的船闸工程技术。水运同时也在濒江傍河、水陆相通地区造就了大大小小的城镇。

中国内地的河流多为东西向，南北方向的水上交通靠运河来沟

通。全国水运网络的形成大致经历了四个发展时期：(1)史前至春秋战国是以天然河道航运为主和运河早期建设期。这一时期开凿的运河以邗沟、鸿沟、灵渠最为著名。(2)三国魏晋南北朝时期，初步形成了海河与黄河流域、黄河与长江流域、长江和珠江流域互相沟通的内河水运体系。以南北向的白沟、平虏渠和巢肥运河为代表。(3)隋唐和北宋是第二次建设高潮，这是中原水运网络的完善时期。长安、洛阳是当时全国的政治、文化中心，也是水运的枢纽。这一时期代表性的运河工程有隋炀帝时开凿的水济渠、通济渠。(4)元代和明清是以京杭运河为代表的水运大发展时期。京杭运河在前代发展的基础上，成为沟通海河、黄河、淮河、长江和钱塘江五大水系的南北交通干线。

在没有铁路的古代，由于水运载重量远大于陆运，在长途运输中水运占有重要的地位，甚至不惜用国家力量去开发。隋唐大运河和京杭南北运河纵横黄淮海平原和长江三角洲，是当时人口最密集、经济最发达的地区。水运尤其是运河交通，对社会的政治稳定、经济繁荣和文化发展都有举足轻重的影响。

第一节 天然河道水运的起源和发展

远古时期人类便开始利用舟楫作为交通工具，使阻隔交通的河流成为联系两岸和上下游地区的天然纽带。“古者大川名谷，冲绝道路，不通往来也，乃为窳木方版，以为舟航”（《淮南子·汜论训》）。我国的大江大河中下游多是具有良好通航条件的天然水道，历史上流经大陆腹地的黄河、长江等大河巨川一直是沟通往来，运输物资的重要交通动脉。

一、殷商迁都与泛舟之役——北方天然水道的水运

黄河是中华文明的发祥地,先民在黄河流域傍水而居,以舟涉水捕渔,开始了最原始的水上活动。原始社会末期即大禹“陆行载车,水行载舟”(《史记·河渠书》),水陆并进,率领子民奔波于黄河中下游治理洪水。殷商时几易都城,“殷汤都亳(今河南商丘);在梁又都偃师;至盘庚徙河北,又徙偃师也”(《尚书·盘庚》)。商都在黄河两岸迁来迁去,每次迁都是一次关系重大的渡河行动。由于黄河风涛之险,每有渡河便占卜问天,出土的殷商甲骨文中留下来许多这类卜辞。约公元前十一世纪商朝末年武王伐纣,在孟津渡黄河,更是具有船队性质的大规模水上活动。

自春秋战国以降,黄河及支流的航运、水上的战争更为频繁,天然河道上的水运进入了发展的新时期。晋惠公四年(前647年)晋国发生了饥荒,晋之友国秦援助粮食以救灾。晋都绛(今山西翼城东),秦都雍(今陕西凤翔南),这批粮食从渭河入黄河,然后溯黄河而北入汾河至绛城。《左传·僖公十三年》:“秦于是乎输粟于晋,自雍及绛,相继。命之曰:泛舟之役。”泛舟之役是中国历史上一次重要的远距离船队运输,以其规模大、航路长而著称于史。

在黄河中下游及其支流的天然河道水运发展的基础上,春秋战国时期诸侯列国纷纷开凿运河,将水路交通扩展到各河流之间的广大地区。战国时期成书的《尚书·禹贡》系统地记载了当时以今山西为中心、以黄河为干线与支流河道互为相通的水道:今山西、陕西和河北间黄河干流可以沟通往来;在中原,黄河通过荥泽与济水相通,构成“浮于济、漯,达于河”、“浮于汶,达于济”以黄河为骨干的水运网络。长江与黄河的水陆交通:由长江溯嘉陵江北上,跨过汉水,陆运翻

过秦岭入渭河,而达于黄河;也可以沿汉水、丹江、唐白河到伏牛山,转陆运再入南洛河,而达黄河;黄河与淮河之间有泗水可以相通;长江与淮河的沟通要凭借海路,所谓“沿于江海,达于淮泗”。

秦汉大一统促成了水运交通进一步扩展。西汉时期,为了首都长安的物资供应,黄河和渭河的航运也进入了一个新时期。在汉武帝时每年要经过黄河向长安运送粮食 400 万石之多,最多时达到 600 万石(《史记·平准书》)。在天然河道航行,滩浅之艰险难以避免,黄河以三门峡段最为艰难,当时通过三门峡的航船几乎有一半都要遇到危险,所以三门峡钳制着漕运的生命。鸿嘉四年(前 17 年)杨焉提出凿三门峡礁石以利航行。但是凿去的碎石沉入水中,却使水流更为湍急。自隋迄唐立二京:西京长安、东京洛阳。朝廷多居东京,水运交通便利是主要因素。

中原即今河北、河南、山东、安徽、江苏的广大地区在元代以前一直是政治、经济的中心,秦汉以降至唐宋,运河不断发展,天然河道代有整治、兴盛的水运交通维持了一千多年。明清以来,随着人口激增,山区开垦加速,北方地区除黑龙江、松花江等东北地区河流以外,逐渐失去了航行之利,长距离、大宗的水运退至淮河以南的河流。长江自唐以来,已成为全国通航里程最长、货运量最大的河流。

二、鄂君启节——先秦时期的长江水运

战国后期楚国先后吞并魏国和齐国,成为诸侯国中的强国。楚国地处南方,水运尤为发达。楚怀王时(前 328—前 299 年),发给贵族一种称作“节”的特别通行证,节有水节和陆节两种,铜质,上有铭文,规定了经行路线和免税条文。1958 年和 1960 年在安徽寿县出土的“鄂君启节”反映出当时四通八达的长江水运。鄂君启是鄂(今湖北鄂



图 7-1 安徽寿县出土的鄂君启节铭文

城)的一位封君,他的节规定的水路包括长江中游、汉江、湘江及其支流,涉及今湖北、湖南和江西。鄂君启节的节文规定其船只在 50 艘之内(3 只为一艘),即他的船队有船 150 只;其经行的水路有四条:西北路由汉水可北至南阳;西路自长江西行,溯荆江到达楚都郢城(今湖北江陵北);东路沿江而下,可到今安徽芜湖一带,折入赣江而达今江西鄱阳湖。西南路从长江入湘江,最远可至今广西全境。

鄂君启节反映了春秋战国时长江中游水运交通发达的状况。其时长江上游的水路已是巴蜀与中原沟通的骨干交通线。《战国策·楚策》议论秦国自巴蜀取楚的策略,提到了巴蜀至楚便利的水运条件:“秦西有巴蜀,方船积粟,起于汶山,循江而下,至郢三千余里,舫船载卒,一舫载五十人与三月之粮,一日行三百余里。……不至十日而至捍关。”汶山在成都西北,岷江的上游;捍关在湖北长阳西,长江的中游。可见当时大型的内河船队已经具备了长途水运的能力。周赧王七年(前 308 年),秦将司马错率巴蜀兵卒十万征楚,凭借长江水路运兵运粮(《华阳国志·蜀志》)。长江自此成为出川入蜀的重要通道。

三、长江三峡航道的利用与整治

唐代杜甫《夔州歌》:“蜀麻吴盐自古通,万斛之舟行若风。”生动

地再现了当时长江水运兴盛的情景。唐代以来南方逐渐开发,经济重心南移,长江在水运中的地位日益升高。

长江航道以四川奉节至湖北宜昌段即三峡最险,是扼控巴蜀与吴楚相通的瓶颈。在这段航道上,险滩比比皆是,唐以来出现了世代以操驾往来船只为业的篙工,但是触礁沉船屡屡发生。对三峡河道的整治自五代以来逐渐增多。

北宋及至明清,三峡航道的整治更为经常。历史上规模较大的著名的治江工程集中在今湖北秭归至四川忠县境内,以湖北秭归崆岭滩、新(青)滩、叱滩,四川忠县折桅子滩,四川丰都观音滩,江津黄石龙滩等处工程规模较大。

1. 崆岭滩

在三峡之西陵峡内北岸,由头珠、大珠、二珠和三珠等礁石构成。石梁横卧江心将河道切作南北两槽,南槽乱石嵯峨,水流紊乱,忌行舟船;北槽虽可行舟,但礁石交错,枯水期来往船只只得卸货空载在礁石中插缝穿行,被船工称作“鬼门关”。明万历十八年(1590年)归州知事吴宋忠率民工260人,凿滩40日,航行条件有所改善。

2. 新滩

在西陵峡内,是三峡段历史上岩崩多发段。由头滩、二滩、三滩组成,两岸是岩崩与滑坡的堆积体。在头、二滩,长江被横亘的坠石滩分割成南北两槽。三滩则是两岸砂石堆积,过水断面收缩,河水流速加急,行舟困难。天圣三年(1026年)新滩再次发生大规模岩崩,航行受阻25年,皇祐三年(1051年)知归州尚书都官员外郎赵诚上疏请凿滩获准,施工80天浅滩去掉,航道复通(《入蜀记》卷六)。明嘉靖二十一年(1542年),又是一次历史上大面积的岩崩,其后大岩崩相继发生,造成堵江断航82年之久。船只到此,停泊卸货“搬滩”,或旅客上岸绕行。天启四年(1624年)湖广按察使乔拱璧和知州杨奇珍主持疏滩,也只是在险滩中开出一线航道。

3. 叱滩

秭归境内新滩以下的叱滩,有3段险滩:上叱官槽口、中叱雷鸣洞、下叱黄牛口,航道砂岩出露,占据江面约1/3,即使在汛期“五六月水势喷薄,声若雷霆,为归峡最险处”〔(嘉靖)《归州志·山川》卷一〕。宋、元、明开始凿滩施工,险恶的水势逐步改变。

4. 折桅子滩

宋代开始凿滩整治,清代一改方略在水流湍急的岩槽处,沉铁“制其刷槽之水”,即增加河床糙率,减缓流速。此项工程乾隆时由忠州知州甘隆滨主持,完工后他又亲自操船往复摸索航道。在合适的航道上,他在面向下水船的岩壁上刻“对我来”三个大字,指示船只按标行驶,安全过滩。

清乾隆至道光间(1736—1850年),川江段险滩整治连年兴工,两岸也不断开辟出纤道和纤台帮助过往船只过滩,这些整治工程多是靠当地政府在民间筹集资金。船商李本忠(1759—1841年)出己资,主持治江36年,其事迹在民间广为流传。李本忠湖北汉阳人,世代经商贩运往返于川、鄂间。他祖父因船失事丧身于归州泄滩,父亲船只也在此处翻船,后获救,但是其母闻噩耗匆匆自尽。家庭的悲剧使他立志治理三险滩。在他苦心经营积下雄厚财力时,开始专心致力于治滩。他自46岁到81岁,私人投资17万两白银治理湖北宜昌至四川奉节间航道、险滩和开凿纤道。他还买下了秭归段两岸阴阳二来封山禁垦以减少岩崩和滑坡。李本忠主持施工有严格计划,对材料消耗、劳动力的投入和工费开支有明细安排,多利用一个枯水期同时几处施工,他实地考察滩情水势,向老船工征询意见。经他治理的险滩和开凿的纤道有50多处。李本忠晚年根据治江平滩经历编辑《平滩纪略》和《蜀江指掌》。

第二节 运河的创建与发展

春秋战国是历史上群雄争霸的时期,天然河道的水运已不能满足军运的需要。运河建设进入了重要开创时期。汉代司马迁记载了春秋战国时开凿运河的盛况:“荥阳下引河东南为鸿沟,以通宋、郑、陈、蔡、曹、卫,与济、汝、淮、泗会。于楚,西方则通渠汉水、云梦之野;东方则通沟江淮之间;于吴,则通渠三江、五湖;于齐,则通淄济之间;于蜀,蜀守(李冰)凿离堆,辟沫水之害,穿二江成都之中。此渠皆可行舟,有余则用溉浸,百姓享其利。”(《史记·河渠书》)这些最早开凿的运河,主要分布在江、淮、河、汉的下游。虽然各诸侯国开运河是着眼于战争的需要,但是为后来大运河的兴建奠定了基础。

一、邗沟与菏水——江、淮、河三大流域的沟通

兴建跨流域的运河,实现更大区域的水路沟通,始于水军强大的吴国。吴王夫差二年(前494年)吴吞并越后,为了北上与齐、晋争霸,在夫差十年(前486年)开挖邗沟(《左传·哀公九年》)。

为了减少工程量,邗沟尽量利用长江、淮河间的天然河道和湖泊,以人工渠道相沟通。最初的路线是北过高邮,折向东北入射阳湖。邗沟建成后,吴国水军和船队可以经邗沟北上进入淮河,逆淮河而上,入泗水、沂水到达齐国。夫差十二年(前484年)吴灭齐后,又利用这条水路与晋争雄。

邗沟经后代的不断经营,路线逐渐改直。到了宋代,这条运河完全渠化,称淮扬运河,元代起成为京杭运河的一部分。

菏水是吴国为了吞并晋国而开凿的运河。在黄河的支流济水与

淮河的支流泗水之间有大野泽、孟诸泽、菏泽等天然湖泊，吴国在这些湖泊之间开挖了运河——菏水，连通了泗水和济水，从而使淮河水系和黄河水系联系起来，使江淮和中原地区的交通得到了改善。

二、鸿沟——中原河、淮相通的重要水道

魏惠王时(前 370—前 338 年)，魏成为中原强国，魏惠王九年(前 362 年)迁都大梁(今河南开封)，为了控制中原，在迁都的次年开挖了鸿沟。鸿沟在大梁通黄河，向东折而南，与淮河北面的支流丹水、睢水、沙水、颍水等河相通。鸿沟将黄河与淮河支流联系在一起，组成了贯通中原的水上交通网。鸿沟的开凿促进了淮河流域的发展，一批重要的城镇应运而生。除大梁外，位于济水、菏水交汇处的陶(今山东定陶)、颍水入淮口的寿春(今安徽寿县)、濒临淮水的濉阳(今河南商丘)、丹水与泗水之间的彭城(今江苏徐州)逐渐成为当时繁华的

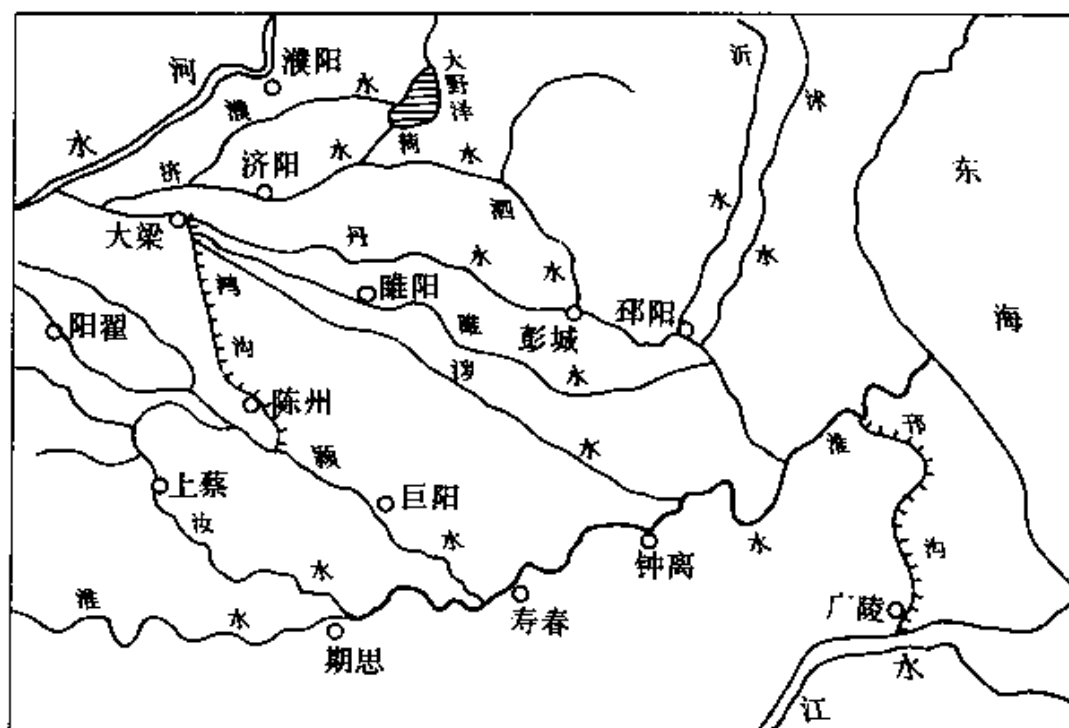


图 7-2 春秋战国时期的中原运河网

城市。

秦代,大约在公元前 249 年在鸿沟通黄河的广武镇修建了转运仓库——敖仓,鸿沟的地位日益重要。秦汉以来,东南大量的粮食通过内河进入中原,由鸿沟至汴梁,入黄河再送达关中,敖仓成为重要的漕粮中转枢纽。曹魏后期,鸿沟水系的水运交通也较发达。当年在淮河、颍河一带屯田取得很大成绩,并开广漕渠,引黄河水接济、颍水,发展灌溉和漕运,“穿渠三百余里,溉田二万顷,淮南淮北皆相连接……每东南有事,大军出征,泛舟而下,达于江淮”(《水经·渠水注》)。

自汉代以来,鸿沟的地位逐渐被它东面的汴渠所取代。漕运水路,汉武帝、汉宣帝时通过汴渠运往关东的漕运量达到每年 400 万石左右(《汉书·食货志》)。王莽始建国三年(11 年),黄河改道东侵汴渠,直到东汉初王景治汴,实现了河、汴分流。隋代,炀帝对汴渠大加整治,河道改道东南,经今河南杞县、宿县、泗县,至盱眙入淮,称之为“通济渠”。唐、宋汴渠成为国脉交通。北宋末迁都临安(今杭州)后,繁荣了上千年的汴渠才日渐衰落。

三、灵渠的开凿——联系长江与珠江水系的运河

秦始皇二十八年(前 219 年),秦出兵岭南,“使监禄无以转饷,又以卒凿渠而通粮道,以与越人战”(《淮南子·人间训》)。灵渠开通后,秦国利用这条运河,运送粮草。统一岭南后,置三郡于此。

长江的支流湘江发源于湘桂之间的海洋山,湘江北流经广西兴安折而东北;发源于广西猫儿山的漓江自兴安西南流,经桂林入西江。湘、漓二水一南一北,相距最近的地方在今广西兴安漓江的支流始安水与湘江仅隔二三百里,水位高程相差约 6 米,是开凿运河合适的地点。

早期的灵渠主要有分水工程和引水渠。分水工程后世称之为铧嘴，将湘江一分为二，一为湘江正流，一为南渠；南渠分别与始安水和湘江相接，从而沟通了长江与珠江。但湘江上段坡陡流急，不宜航行。于是又在湘江北岸另修北渠。北渠有意设计得蜿蜒曲折，从而降低了纵坡降，有利船只航行。

唐宝历年间(825—827年)，由观察使李渤主持对灵渠进行了全面的修治和续建。稍后咸通九年(868年)，鱼孟威又在此基础上进一步地完善。两次兴工大修，所作的主要的工程有：渠首分水工程的重建，即铧嘴和天平坝；新设陡门18座，用以调节渠道航深(《桂林重修

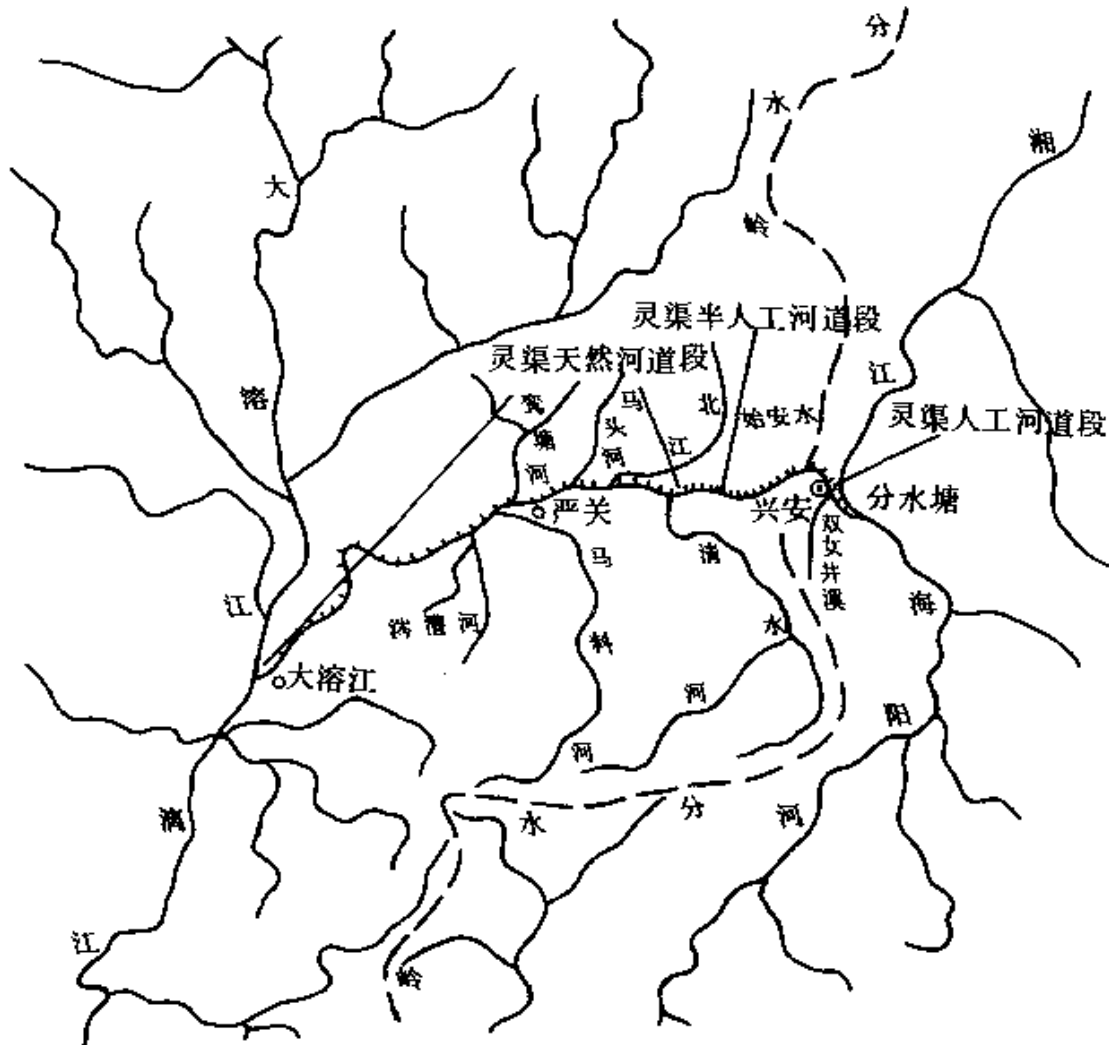


图 7-3A 灵渠渠首分水工程图

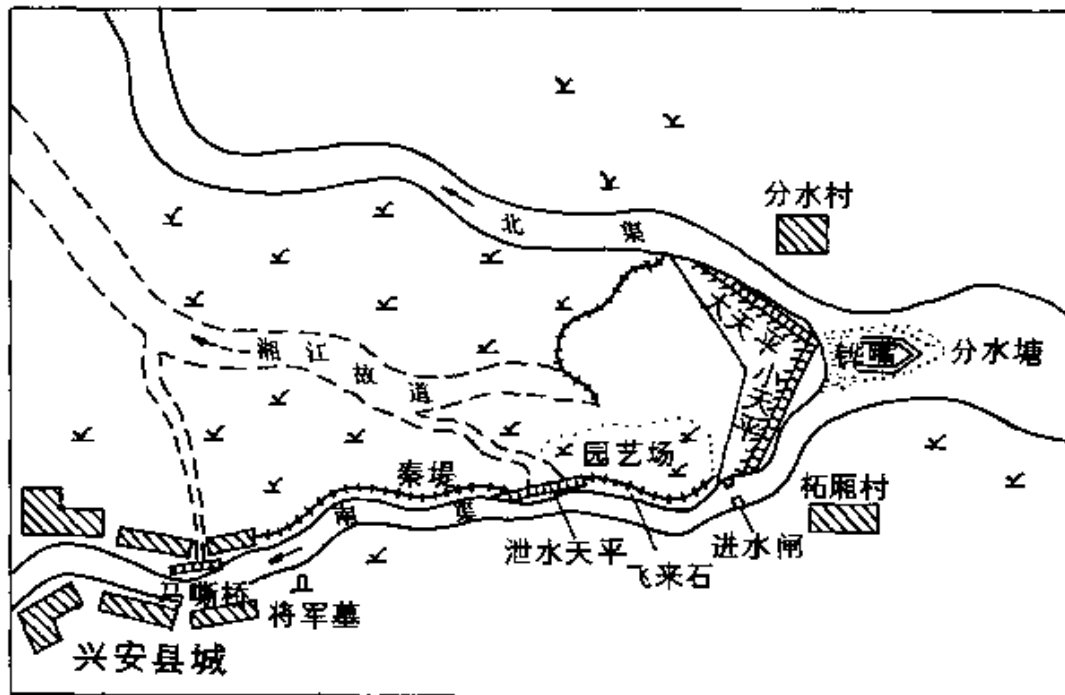


图 7-3B 灵渠及枢纽布置图(清光绪十一年以后的面貌)

灵渠记》)。这是灵渠自创建以来最重要的一次续建,体现了巧妙的设计构思和高超的施工技术,而灵渠的陡门应是世界最早的多级船闸的雏形。

元、明、清三代对灵渠修治最勤,灵渠的航运非常繁忙,成为湘桂间重要的水道。近代铁路和公路出现后,灵渠的航运效益逐渐减少,演变为以灌溉为主的水利工程。

四、江南堰埭——早期的河道渠化工程与最早的升船设施

江南天然河流众多,航运工程的特点是河流渠化。江南水运工程的建设在三国孙吴时达到高潮。

孙吴先都京口(今江苏镇江),后迁都建邺(今江苏南京)。为避长江行运之险,赤乌八年(245年),孙权派陈勋率屯粮兵3万人开破岗渚,又称句容中道。破岗渚西起句容,向东穿过岗地与今江苏丹阳与

长江通(《太平御览》卷七三)。由于贯通了分水岭,航船由句容自西入秦淮河可抵建邺,由丹阳向南可到经济发达的太湖流域。

为了解决水流过岗的问题,设置堰埭即多级拦河坝,将渠道或河道分成梯级,以坝来控制水深。船只过坝,通过设在坝顶的绞车或以人力、畜力拖拉。破岗渎有14处堰埭,是世界最早有升船设施和实现渠化的运道。

南北朝时,钱塘江间及其以东通航河道渠化工程日多,从会稽郡(今绍兴)到上虞间天然河流上自东而西兴建了许多堰埭。较为著名的有南津埭(在今浙江上虞县)、北津埭(在今浙江上虞县)、西陵埭(在今浙江萧山县)、柳涂埭(在今杭州)。南齐时四个埭都是牛埭,即以牛牵引船只过坝,属当地政府管理,来往商旅都要纳税,这条运河后来又称浙东运河。

五、白沟、平虏渠——海、滦河之间的沟通

建安九年(204年),曹操北征袁尚,为了运粮,开始大举兴建运河,以通水运。曹操时主要修凿的运河有白沟、平虏渠、泉州河、新河等。

1. 白沟

当时黄河东北流在今河北沧州入海,下游与海河相通,丰水时水流湍急,不便航行;枯水时水流散漫淤浅。为了便利黄河以北地区的交通,曹操在淇水入黄河的淇口用大枋木作堰,分淇水为二,一支仍入黄河,一支北流,汇合卫河和漳水,渠成名“白沟”(《水经·淇水注》)。建成后成为曹魏军运的重要水路。

2. 平虏渠、泉州渠和新河

开白沟后两年,曹操命董昭开在今河北沧州以东开平虏渠,在今河北武清县开泉州渠,此两渠沟通了东西向的海河支流。更北又开了东西方向的新河,使海河支流鲍丘水(白河)与滦河连接,使辽东与中

原交通粗具网络,便利了曹魏军运的需要。

自南而北的白沟、平虏渠、泉州渠和新河将黄河、海河、滦河连成互为贯通的水路。隋代大运河永济渠便是在这条水路基础上建

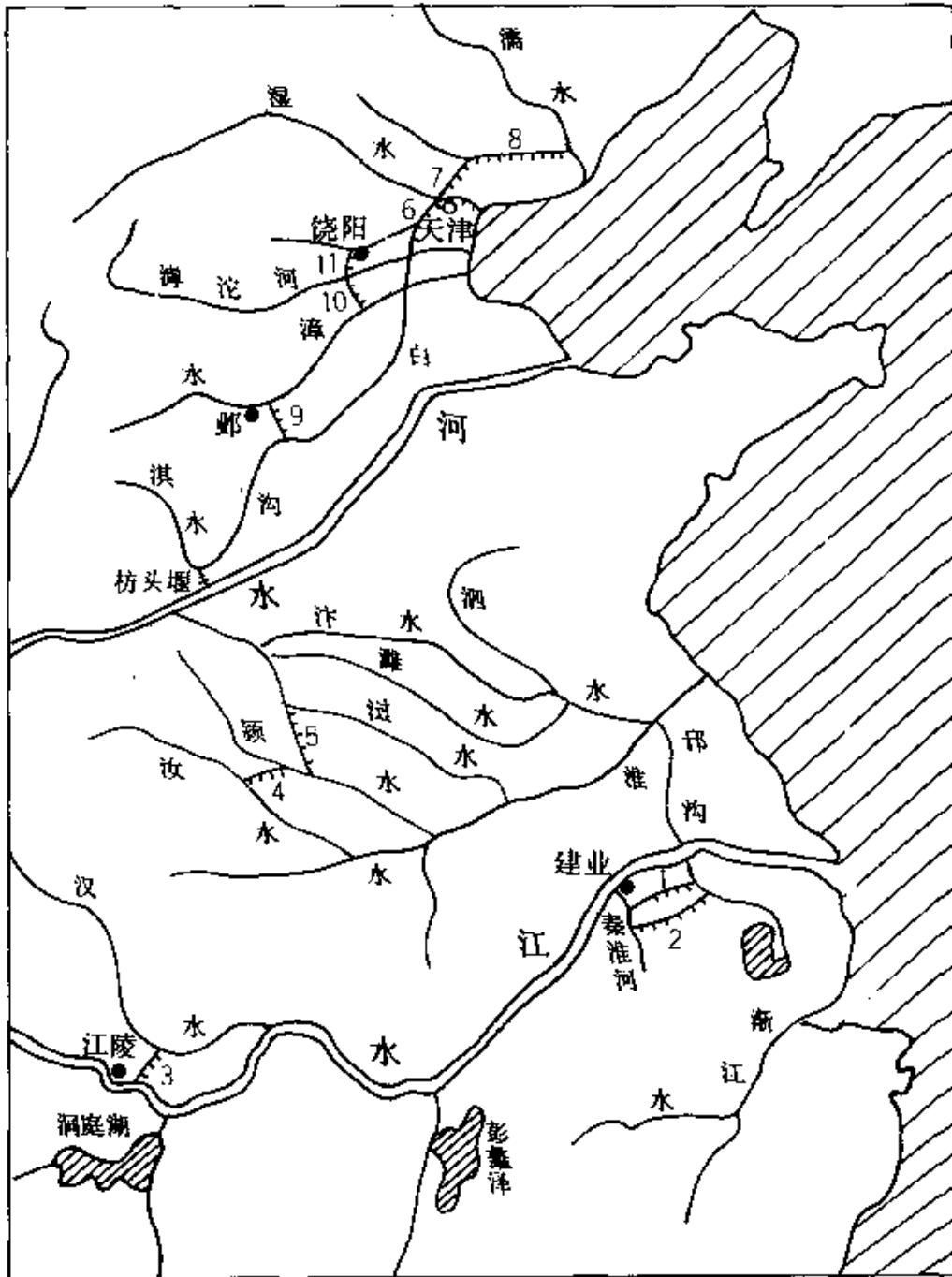


图 7-4 三国两晋南北朝时期主要的运河

1. 破岗渎 2. 上洛渎 3. 杨口运河 4. 讨虏渠 5. 贾侯渠 6. 平虏渠
7. 泉州渠 8. 新渠 9. 利漕渠 10. 白马渠 11. 鲁口渠

成的。

第三节 全国水运网络的形成与运河工程技术的完善

隋代,中国再次成为一统的帝国,运河建设在隋唐至北宋是最为辉煌的时期。隋炀帝时运河已构成东西和南北方向的骨干运道,历经唐、宋,全国形成四通八达的水运网。渠化的天然河道和人工开凿的运河纵横交错,运河工程技术和管理设施均已相当完善。当时全国的水运交通除边陲外几乎覆盖全国。隋大业三年(607年),于都水监置舟楫署,主管舟楫和漕运。唐太宗贞观六年(632年)沿置,设令一人,使运输的管理更为系统化。

一、通济渠(汴渠)——东西向的骨干运河

汉代汴渠西北接黄河、东南连淮河。隋炀帝在原河道的基础上,于大业元年(605年)三月在洛阳役丁200万,河南、淮北、淮南诸郡110万兴工整治河道,修筑堤堰,设斗门等。渠成名“通济”。八月,隋炀帝庞大的船队“舳舻相接,二百余里”(《隋书·炀帝纪》),自东都洛阳出发,游幸江都。

通济渠仍利用开封以西一段汴水,其下折而东南,经今河南杞县、睢县、商丘,安徽宿县、泗县,江苏泗洪,至盱眙入淮河。到唐宋时通济渠又多称汴河。通济渠建成后,地位日见重要,在唐代维修最勤,且有完善的管理制度。安史之乱(755—762年),通济渠断航达8年,唐广德二年(764年),刘晏、第五琦修复汴河,刘晏总结前代的漕运经验教训,在扬州、河阴、长安建转运仓,实行漕粮运输“转般制”,即

“江船不入汴，汴船不入河，河船不入渭。江南之运积扬州，汴河之运积河阴，河船之运积渭口，渭船之运入太仓。岁转粟一十万石，无升斗溺者”（《新唐书·食货志》）。实行了漕粮转般制，有效地保障了长安的物资供应。刘晏执掌财政和主持漕运 30 余年，德宗时（780—805 年）为宰相杨炎诬陷而死。由刘晏创立的漕运制度对后世影响很大。

北宋都汴梁（今开封）除居民外有几十万禁军驻扎，粮食全部仰仗汴渠运输。宋代人言及汴渠的作用时说：“汴渠横亘中国，首录大河，漕渠引江湖，利尽南海，半天下之财富，并山泽之百货，悉由此路而进。”（《宋史·河渠志》）淳化二年（991 年）汴渠决口，道路泥泞不堪，宋太宗竟驱车入泥沼中亲临决口视察。汴渠的作用可见一般。汴渠的漕运量，仁宗时达到年 800 万石，每年漕运自淮南入汴河的船只约 6000 只。自楚州、泗州至汴京 80 天一运，每年可三四运。汴渠兴盛的运输一直持续到北宋末，金兵南侵，汴渠失去维护逐渐废弃。

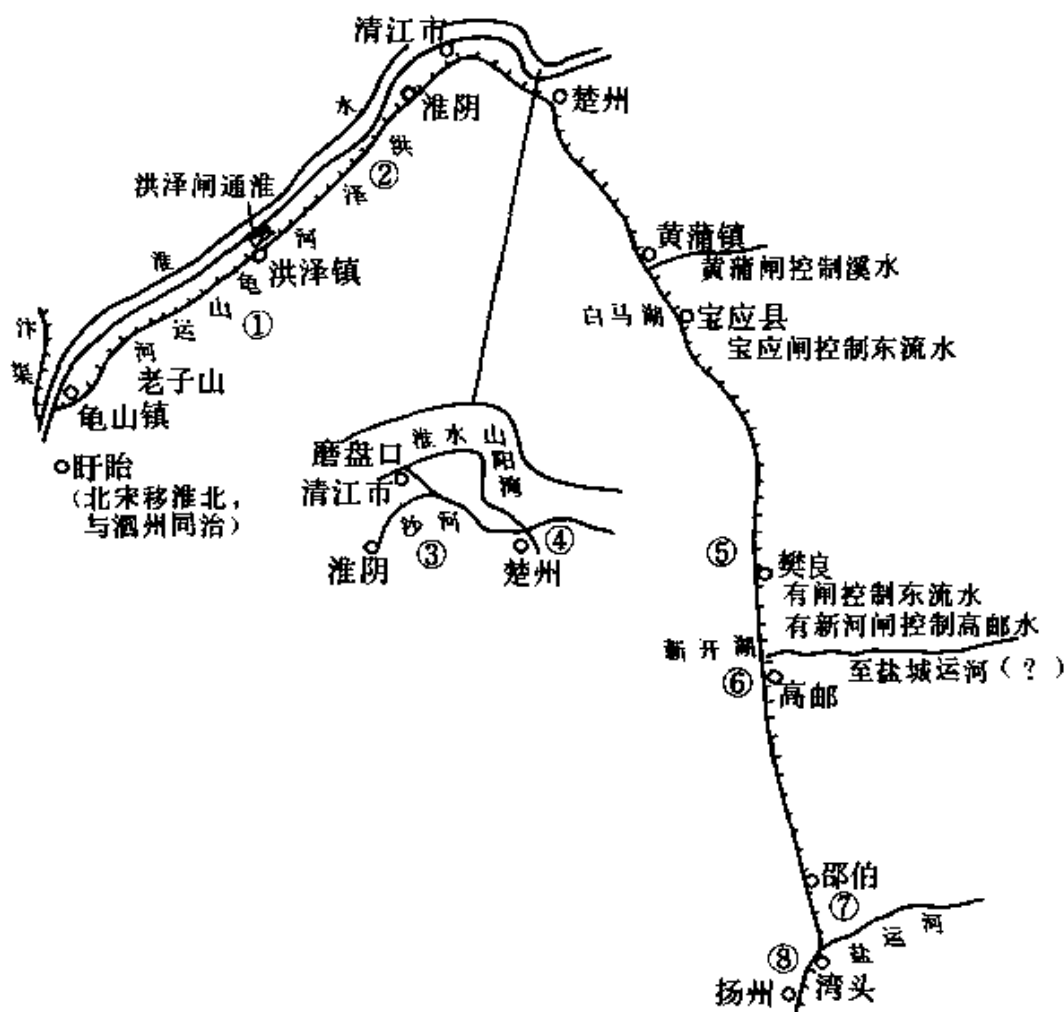
二、淮扬和真扬运河——江、淮间运河的完善

隋开皇七年（587 年），为了平定江淮，隋炀帝在邗沟的基础上，整治河道以通漕运，河成而名“山阳渎”。此次兴工发淮南民 10 余万，自山阳县（今淮安）南至扬子（今扬州）入江。运河宽 40 步（约 60 米），两岸筑御道植柳树。大业元年（605 年），隋炀帝庞大的船队自东都洛阳出发游幸江都，由汴渠入淮河，由淮河入山阳渎。此次游幸官船上千艘，挽船夫 8 万人，兵船上千艘，舟船相接达 200 多里，另有骑兵在两岸行进。所过州县，五百里以内皆献食，每州多至 100 车以上。山阳渎历史上又称淮扬运河。

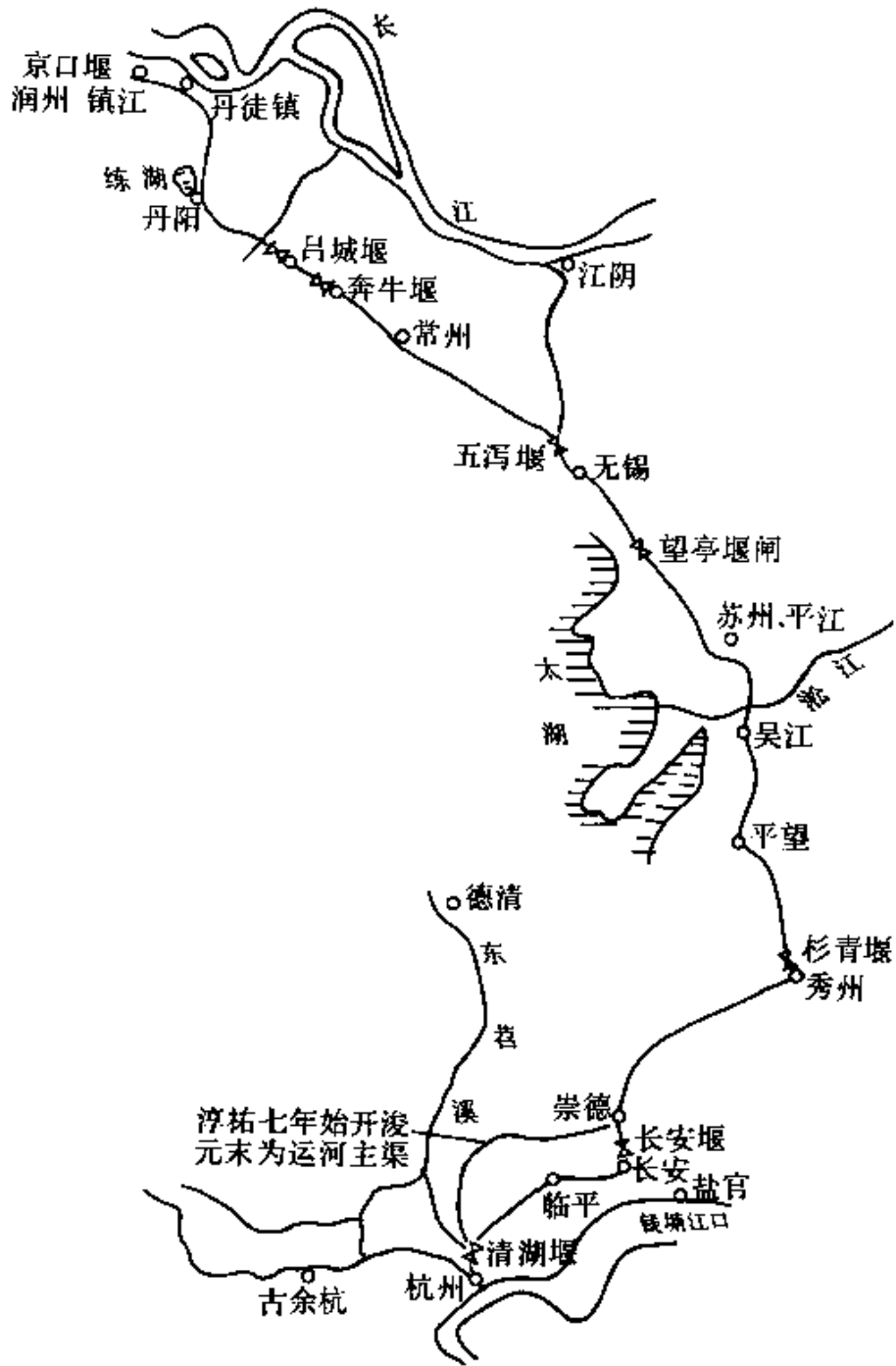
淮扬运河主要靠长江江潮济运，自六朝以来，淮扬运河已由闸门

和堰埭控制,接纳江水又防止运河水走泄。到了唐代,在前代的基础上在与江交汇的地段又修筑了伊娄埭、邵伯埭;入淮处有平津堰。在缺水的扬州附近利用灌溉陂塘改造为济运水柜,著名的有爱敬陂、勾城塘、雷塘。

宋代,这条沟通淮河和长江的运河不断完善。主要工程是开龟山运河实现运河与淮河的分离。汴渠与淮扬运河运口之间上下相去近百里,这一段要在淮河行船,风险较多。为减少淮河段的行程,北宋雍熙元年(984年),淮南转运使乔维岳开沙河,自楚州至淮阴。皇祐时(1049—1054年),江淮发运使许元自淮阴继续向西开



1. 淮扬运河示意图



2. 江南运河示意图

图 7-5 宋代淮扬运河及江南运河

新河，称洪泽渠。元丰六年(1083年)，再向西开运河至盱眙龟山镇，这样淮扬运河口基本与汴渠口相对，船只出汴渠穿淮河便可进入淮扬运河。这段运河一直沿用到明代。此外，淮扬运河在宋代进一步渠化。沿运河已有系统的堤防，利用原有的陂塘完善了济运水柜，以及运河上配套的溢流堰、涵闸等调节水量的控制设施。到了北宋重和时(1118—1119年)，这条运河上已有斗门、水闸近80座。

淮扬运河经过隋、唐、宋三代的经营，终于形成了排引得当完整的运河工程体系，明、清京杭大运河的淮扬段基本是这一时期运河的继承。

三、江南运河——运河向南直抵钱塘江口

隋大业六年(610年)，炀帝“敕穿江南河，自京口(今镇江)至余杭(今杭州)八百余里，广十余丈，使可通龙舟，并置驿宫、草顿，欲东巡会稽(今绍兴)”(《资治通鉴·隋纪》)。江南水源充沛，地势平衍，天然河道纵横，隋炀帝时开凿的江南运河多是天然水道和早期运河基础上的整治。

江南运河主要的工程问题集中在上段，即镇江江口至常州这一段。此段引长江江潮为水源，自唐代开始陆续修建了蓄水和引水工程，宋代江南运河的工程体系已相当完善。《宋史·河渠志》记北自镇江江口南至杭州郭务江南运河长600多里。

练塘是江南运河过江后的第一座济运水柜，在江苏丹阳，西晋惠帝时(305—307年)筑堤拦山溪水而成塘，到唐代由于围垦已经萎缩。刘晏总理漕政时，上奏朝廷禁止练湖的围垦，并浚湖毁田，恢复了相当水域。直到明、清，练湖一直发挥着调节运河水量的作用。丹阳以下，武进(今常州)境内有通江水道孟渎，是唐元和八年(813年)所

修的济运工程,即引江水入运河,又可行船^①。运河继续南下进入太湖地区后,多在天然水道上行船,历代都有修筑纤路、疏浚水道的兴作。运河的南端五代吴越时建龙山、浙江二闸,引钱塘江水入运河,并利用西湖水济运。江南运河历来是运河系统中水运最繁忙的河段。

唐代注重江南运河的经营,运河上的许多堰闸创建于这一时期。长江与运河相交的京口(今镇江)有京口堰,堰的两侧有闸,以堰挡潮,以闸引江水济运。根据江水的涨落,船只出入可由闸门,也可由堰顶以人力或畜力拖曳船只上下。宋代江南运河的堰闸多有改造和重建,工程配套完备。熙宁五年(1072年)秋,日本僧人成寻乘船经过的堰闸有:从杭州向北到盐官县有长安堰,堰有闸三,类似现代的二级船闸;更北,秀州(今嘉兴)北有杉青堰,有闸二;苏州以北有望亭堰,有闸;运河入常州城,在城的南北有水门。再北有奔牛堰,用5个轱辘,水牛16头,拖船过堰。出城至京口堰,用牛14头拖船过堰;堰的下游在涨潮时才有水。堰北另有一道闸门,过闸北一里又有一闸通长江。最后这两座闸门是拦潮闸。

四、永济渠(御河、卫河)——大运河向北延伸 抵今北京

隋炀帝为了伐高丽征辽东,于大业四年(608年)春征集河北诸郡100多万人开永济渠,壮丁不足用妇女代替。

永济渠引沁水,渠口与黄河通,在今河南武陟南,北至涿郡。永济渠的渠道利用了曹操所开的白沟、平虏渠。永济渠上游纳沁水、淇水、和清水,在魏州(今河北魏县)合滹沱等水。永济渠开凿后,与东西向

^① 李华:《润州丹阳县复练塘颂》,《唐文粹》卷二一。刘晏:《奏隔断练湖状》,《全唐文》卷三七〇。

的汴渠、南北向的淮扬运河、江南运河形成了横贯中国腹心地区的东西南北水运干线网络。由江南运河、淮扬运河、通济渠、永济渠可从杭州达涿郡，而都城长安有渭水、黄河水道和陆路与洛阳相通。

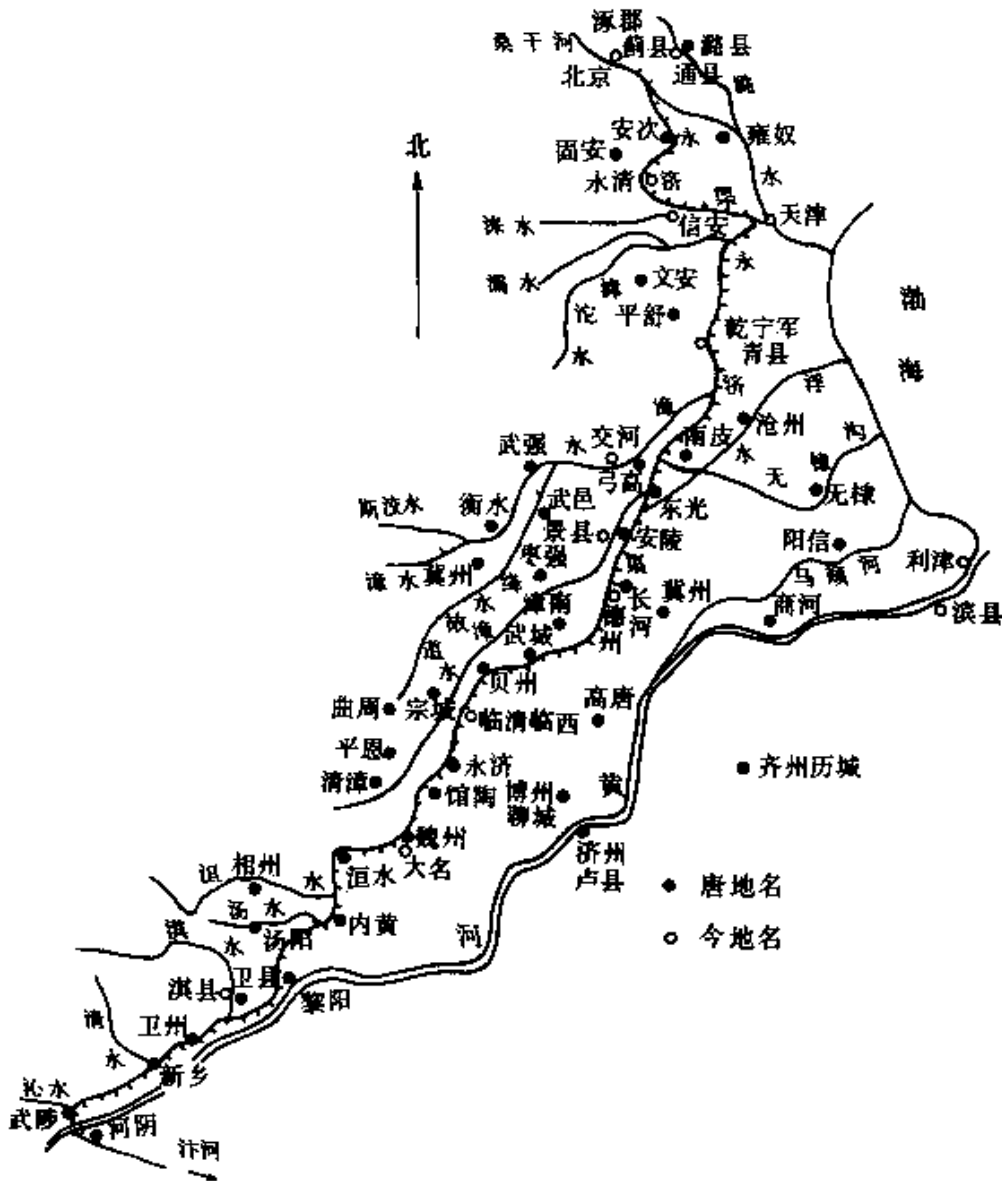
隋大业七年(611年)，炀帝从江都乘龙舟往涿郡，走山阳渚(淮扬运河)、通济渠(汴渠)渡黄河入永济渠，共走了55天。第二年正月自涿郡出发至辽东。为了这次战争，炀帝凡粮草、兵甲都由永济渠转运，运兵卒113万人，运饷丁夫还多一倍。船舶首尾相接达千余里。这是一次空前规模的军运。大业九年、十年(613、614年)又两次伐辽东，每次军运都是同样规模的军队和军需品。连年东征高丽，隋均大败。开运河和征辽战争耗费了大量的财力、物力，加速了隋的灭亡进程。

唐宋永济渠是沟通北方与南方的重要水道。唐贞观十八年(644年)用兵辽东，后周显德六年(959年)北征契丹，士兵和粮草走的都是永济渠^①。北宋时设官管理这段运道，时称御河，自魏州以下三四百料船能四季通航。



1. 通济渠

^① 姚汉源：《唐代由幽州至营州的漕运——黄、海、滦水系之沟通》，《水利水电科学研究院科学研究论文集》第12集，水利电力出版社1982年版。



2. 永济渠

图 7-6 隋唐水济渠、通济渠

五、从堰闸到复式船闸——唐宋运河工程技术的长足发展

隋代运河的大规模开凿和整治,形成了纵横相通的水运网络。唐宋注重运河上工程设施的配套和运河水源的管理,才造就了运河航

运的鼎盛。运河工程技术主要是船闸修筑技术,在唐宋达到了相当的水平。

(一) 堰埭与船闸

运河上的堰埭是由土石或草土材料修建的,横截河道用以阻水,以调整航深和水力坡降。三国时东吴孙权所开的破岗渚已大量使用堰埭,后来在淮扬运河、江南运河上也普遍运用。

堰埭为维持运河的通航提供了水量和水深的保障。但是,对航行也带来了不便。为了解决船只过堰的问题,堰埭的上下游都作成平滑斜坡,或用人力畜力直接拖拉船只过坝;或是在堰顶设绞车,称作车船过坝。北宋淮扬运河位于江口的瓜洲埭用 22 头牛驱动绞车,拖曳船只过坝。

堰埭过坝耗时且磨损船只,后来在骨干运河上实用渐少,船闸却迅速地推广开来。在区域小运河上,这种古老的过船方式一直保留到现代。

在史料记载中,运河上用的闸门常称“斗门”、“水门”。运河上的闸门以灵渠为早。唐咸通九年(868年),鱼孟威在灵渠上建了 18 座斗门,斗门以木排拦水,蓄水过程长,水量走泄多,不能用在坡降大,水源少的地方。类似现代闸门结构的船闸,至迟在南北朝时出现在淮扬运河与长江相会的江口段。唐《水部式》:“扬州扬子津斗门二所,宜于所管三府兵及轻疾内量差,分番守当,随次须闭。”这是有据可考的最早船闸。开元二十二年(734年),开伊娄河,自扬州到瓜洲,以渡长江直通京口(今镇江)。瓜洲成为由长江入运河的重要渡口,伊娄河设堰埭和闸门,以接纳江潮和节制入运河的水量。李白《题瓜洲新河饯族叔舍人贲》:“两桥对双阁,芳树有行列。……海水落斗门,潮平见沙汭。”李白笔下的双阁便是闸门,也是船闸。

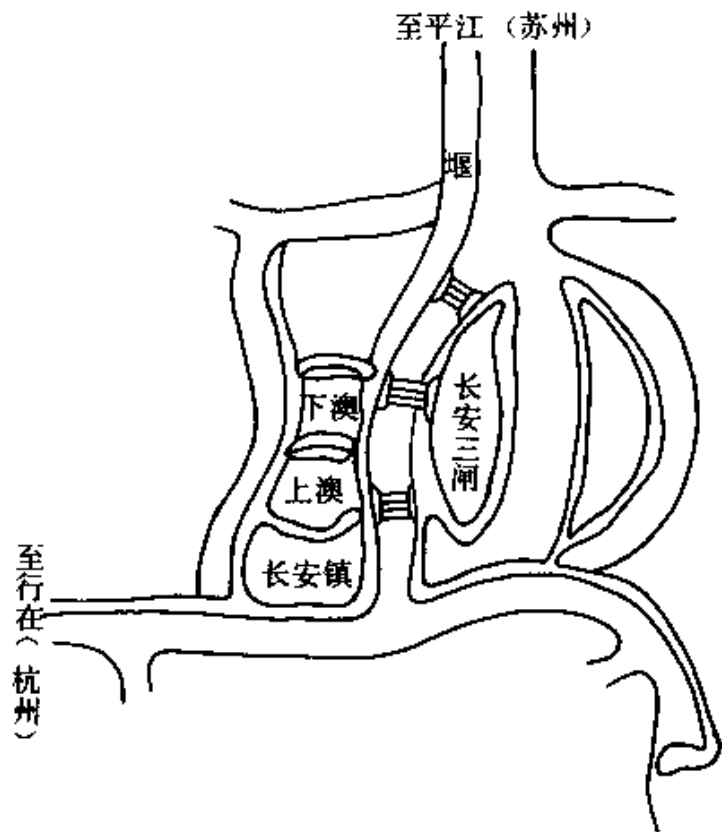
到了北宋,运河上更普遍地使用闸门,熙宁五年(1072年),日本僧人成寻到中国求佛。他由江南运河、淮扬运河至中原,记下了当时

过闸的情形：自京口闸过江，江行三十五里，至河口入扬州界。过扬州，有闸一，待潮至开闸，过二里到瓜洲堰，以牛二十二头牵船过堰，过扬子镇，河宽二丈余。润州至扬州四十五里。至邵伯闸，闸有三门，六十里至高邮县，县有水门。……扬州至楚州三百一十里。绕州城十里至闸头，候潮，开闸门放船。六十里至淮阴县新开河（即洪泽运河），又六十里至石渠镇闸头。潮涨开闸，出船至淮口，行淮水。这时江南运河的堰埭几乎都被闸取代。

（二）澳、澳闸与复式船闸

中国的复式船闸出现在北宋雍熙元年（984年），这是由淮南节度使齐维岳所建造的淮扬运河上的西河闸，它比欧洲同类船闸早约400年。^①

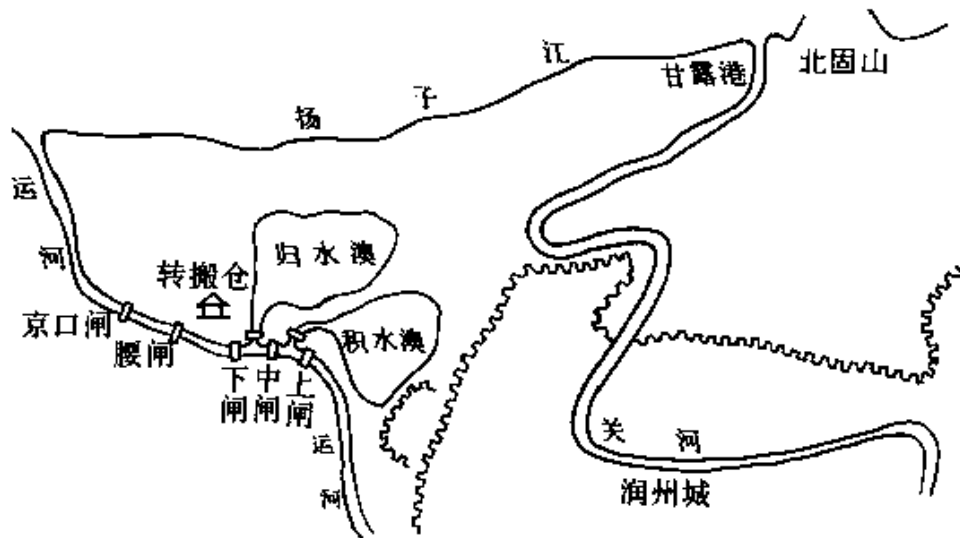
为了提高运河船闸的过船能力，充分利用运河水源，北宋时出现澳闸，“澳闸”由澳、复式船闸和建在船闸一侧的水闸组成，水闸与澳相通。澳即蓄水塘泊，后多称水柜。澳、澳闸和复式船闸组成了可泄、可引、可蓄完整的有机工作枢纽，代表了中国航运工程在规划、建筑和管理方面的杰出成就。



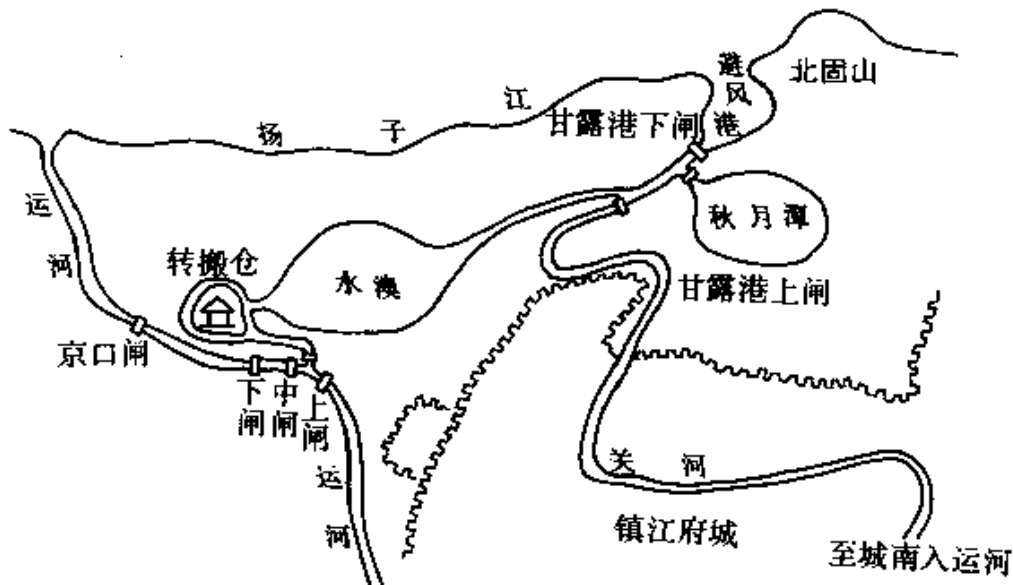
1. 长安闸示意图

^① 郑连第：《唐宋船闸初探》，《水利水电科学研究院水利史研究室五十周年学术论文集》，水利电力出版社版。

雍熙元年，乔维岳在淮河南岸的龟山运河上修西河堰以调节航深。在西河第三堰，他修建了两个斗门，二门之间“覆以厦屋，设悬门蓄水，俟故沙湖平，乃泄之。建横桥，于岸筑土累石以固其趾。自是尽革其弊，而运舟往来无滞矣”（《续资治通鉴长编》卷二五）。记载中的悬门是可以起闭的，而沙湖应是水澳一类的塘泊。宋人胡宿《真州水



A、北宋元符二年(1099)



B、南宋嘉定十一年(1218)

2. 京口闸示意图

图 7-7 长安闸

《长安闸记》记：真州水闸天圣四年(1026年)建，有水澳，缺水时，由澳向船闸供水。稍后，元符元年、二年(1098、1099年)，江南运河的吕城、京口和奔牛三闸改为澳闸。崇宁二年(1103年)长安闸也改为澳闸(《(咸淳)临安志》卷三九)。《宋史·河渠志》：“置提举淮、浙澳闸官员一员，掌杭州至瓜洲澳闸。”可见相应的管理也很完备。

有关澳闸的构造当时有较详细的记载。如长安闸“易闸旁民田以浚两澳，环以堤，上澳九十八亩，下澳百三十二亩，水多则蓄与两澳，旱则决注于闸”。澳闸的运行过程大致是：当船只下行时，船入闸室，下澳进水闸门开启，闸室内水位迅速下降。当闸室内水位降至与闸外下游水位相平时，关闭下澳进水闸，开启下游闸门，船只驶出；船只上行，船入闸室，闸门管制，打开上澳闸门，水入闸室，闸室内的水位与闸外上游水位齐平时，关闭下澳闸门，开上游闸门，船只入上游。南宋时长安闸有闸兵20人管理。元初长安闸一度废，“两澳为民所侵”，但是不久就修复了。这套复闸一直用到清中期。^①

宋代江南运河以澳闸即多级船闸建设成就最大。其中京口闸以其工程重要，修造技术高而著名。

京口闸在今镇江运河入江处，是出入长江的水运咽喉。京口闸原只以江潮为源，有5座闸门。北宋元符二年(1099年)改堰为闸，并修积水澳和归水澳各一座，使5座闸门形成一组四级船闸。改建后的京口闸“积水在东，归水在北，皆有闸焉。渠满则闭，耗则启，以有余补不足，是故渠长通流而无浅淤之患”^②。归水澳西岸有转般仓，是长江与运河之间漕运中转仓库。北宋末京口闸一度由于泥沙淤塞而失效。南宋时史弥坚重建，将两澳归一，并有壕堑环绕转运仓，船只可驶至仓前装卸，或驶入水澳停泊。水澳又与甘露港相通以引潮入溪，或作避

① 阙维民：《长安闸的历史变迁》，《水利史志专刊》1993年2期。

② 宋·史弥坚：《重建京口闸记》，引自(嘉定)《镇江志》卷六。

风港,是运河与长江沟通的又一孔道。京口闸演进为兼有蓄水、引潮、通航、避风和码头作业的内河港口,是古代水运工程枢纽的典范。

第四节 京杭运河的工程技术

元、明、清都北京,随着政治中心的北移,运河的布局由此而改变。京杭运河兴建之前,元大都至杭州的交通有天然河道和前代的运河加上陆路来沟通。元代,开凿会通河,打开了山东地垒的阻隔,使卫河与黄河支流泗水相通;又开凿了通惠河,连接了北京至通州的水路,沟通了海河的潮白河和卫河,从而北京至杭州的水运全线沟通。

但是,元代未能解决山东会通河的水源问题,京杭运河的工程效益难以充分发挥。明永乐年间(1403—1424年)大规模的整治,并逐步建立和完善了运河管理制度,至此京杭运河成为国家沟通南北的交通命脉,漕政成为朝廷的要务。康熙曾说过“听政以来,以三藩及河务、漕运为三大事,夙夜廛念,曾书而悬之宫中柱上”(《清圣祖实录》卷一五四)。

京杭运河横跨海河、黄河、淮河、长江、钱塘江5大流域,与天然河流平交河段集中了主要的工程技术问题,特别是运河与黄河、淮河相交段。为了维系运河的畅通,明清以来的治淮、治河主要是围绕保漕来实施工程。清嘉庆(1796—1820年)以后,由于黄河河道开始出现不可逆转的改道趋势,河道淤高,决口频繁,黄河泛流屡屡冲断运河,黄河、淮河与运河相交的清口段维持航行日益艰难。

清咸丰时,太平天国兴起,运河阻塞十余年,加剧了京杭运河没落的速度。到了光绪二十八年(1902年),国家撤消运河管理机构,漕运归商办,经营了约500年的明清漕运宣告结束。京杭运河自黄河以南很快断航,淮河以南自淮安至杭州至今仍然是重要的通航水道。

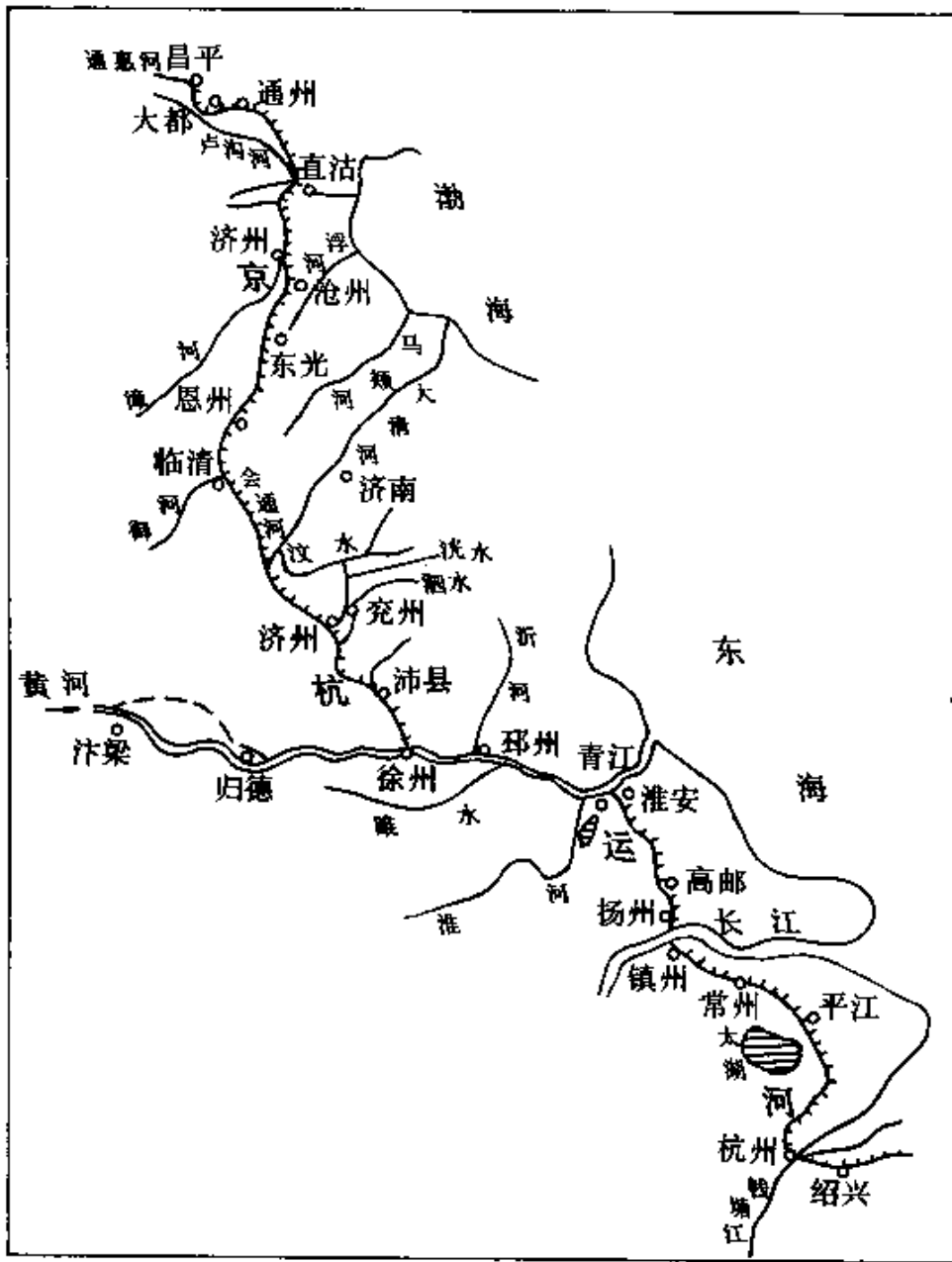


图 7-8 京杭运河

一、会通河和通惠河——京杭运河山东段及北端的贯通

元至元十二年(1275年),都水监郭守敬奉命查勘河北、山东河

道,他在考察和测量了卫河、泗水和汶河之后,提出了沟通 3 河开凿运河的规划。次年山东运河开工。这段运河自济州(今济宁)至须城安山,长 130 余里,称“济州河”。至元二十六年(1289 年),又接济州河而南,开安山至临清水道,下与泗水相连,用工 251 万,河成赐名“会通河”,后来济州河和会通河合称“会通河”,亦称山东运河。会通河的开通,船队过黄河后可继续从运河北上,由会通河入大清河至山东利津河口转海运,也可以继续北上入南运河(即卫河)至天津直沽。

会通河以汶河、洸河为水源,济州掾吏毕辅国修建埭城坝(在今山东宁阳),遏汶水入洸,汶水自兖州金口堰分水亦至会源闸,再由会源闸南北分水。运河自南而北,在会源闸前是逆流,过会源闸为顺流,运河跨越山东地垒的工程问题初步解决。但是,会源闸因为闸址过南,向北分水不足,通航仍然不畅。

明代对京杭运河的水源工程和分水工程有较大的改造,其中以南旺分水枢纽最为重要。永乐时(1403—

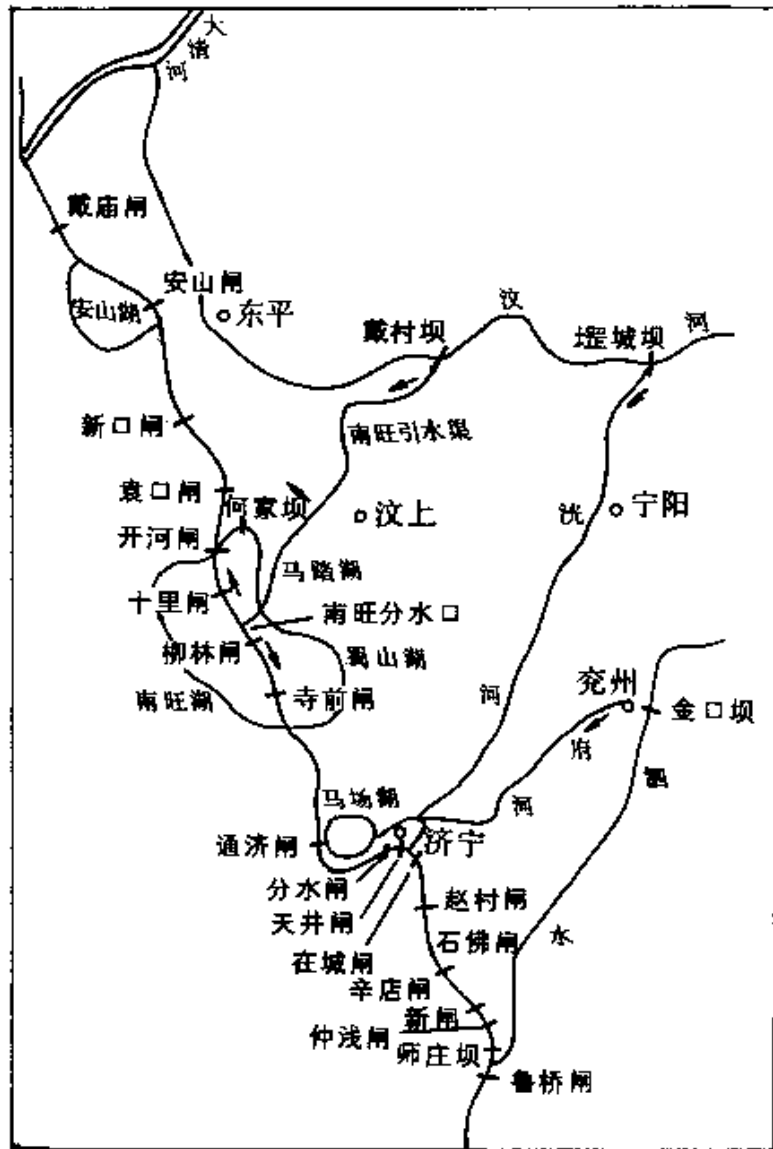


图 7-9 会通河的水源工程与南旺分水枢纽

1424年),工部尚书宋礼采纳山东汶上老人白英的建议将分水闸北移南旺。在汶水下游修建戴村坝,引全部汶水入运河。南旺地处地垒的瘠地,汶水进入运河后“南流接徐邳者十之四,北流达临清十之六”(《明史·宋礼传》),解决了济宁以北水源不足的问题。会通河南旺分水枢纽建成后,京杭运河很快得以全线畅通,带来了明清漕运、商运的繁荣。

通惠河是京杭运河最后开通的一段,它西起北京积水潭沿皇城东侧南流至东便门,出城东流穿通州城,至通州南张家湾与运河会。通惠河全长160里。通惠河开通后漕船可以直抵北京,积水潭成为北端的停泊港,是漕运的终点,也是运船南下的起点。

通惠河的河道勘测、规划、设计和施工,均由郭守敬主持。他在运用工程措施解决运河水源和水源的调配方面显示了卓越的才智。通惠河水源来自北京西郊的昌平和西山的地下水,水入瓮山泊(今北京颐和园昆明湖),经过它和积水潭的调节可以向通惠河持续供水,运河上沿线设闸以节制水量。通惠河沿途有闸24座,船只往来均需候时开闸成帮通过。元代漕运大部分走海运,主要是会通河不能畅通,但是海运都是抵达天津直沽,转入运河由通惠河运至大都。当时的漕运量海运每年300万石,由京杭运河不过30万石。到了永乐以后,由运河北上的漕运量达到了400万石。

二、戴村坝与南旺分水——会通河分水济运 枢纽工程

京杭运河全长约1700公里^①,由南而北各段地理条件大不相同,受沿途水源和地形等因素的限制,京杭运河的工程技术呈现出门

^① 姚汉源:《明清时期京杭运河的南旺枢纽》,《水利水电科学研究院科学研究论文集》第22集,水利电力出版社版。

类齐全、种类丰富等特点。运河工程主要包括水源工程、运河与天然河道和湖泊的交叉工程、运河上的节制工程,几乎囊括了水利和航运的各种工程技术,代表了世界十三世纪至十九世纪土木工程的最高水平。

会通河济运枢纽工程由两部分组成:戴村坝引汶、引泗济运工程,南旺诸湖调蓄节制工程。

戴村坝位于山东东平县东,横断汶河壅水入渠至南旺汇入运河。明永乐九年(1411年),宋礼在元代堽城坝以东修戴村坝,形成了汶水的两次分水:汶水至堽城坝一分为二,一部分由洸河至济宁入运河,是会通河南下的水源;另一部分至戴村坝,引汶河西南入南旺诸湖,是会通河北下的水源,汛期汶河余水由溢流堰泄入大清河。^①

戴村坝初为土坝,是每年汛期冲溃,冬春再修的临时性工程。明万历初,总理河道万恭改造为堆石坝。万历十七年(1589年),总理河道潘季驯改成石坝,成为座永久性的砌石溢流堰。以后戴村坝在此基础上不断改造,最后成为全长437米的拦河大坝,具有壅水、导流、溢洪、排沙的多种功用。

清代戴村坝更加完善,全坝根据建筑结构和功用的不同,分别称作滚水坝、乱石坝、玲珑坝。滚水坝为浆砌石坝,乱石坝是堆石坝,位于中部,通沙且渗水,便于排除坝前泥沙;玲珑坝亦砌石修筑,但有空隙,可以透水。滚水坝、玲珑坝和挡水坝称坝台与两岸相接。戴村坝雄伟壮观,代表了十四世纪至十八世纪坝工技术的高水平。

汶水经堽城坝和戴村坝分水后分别至济宁和南旺入运河。运河沿岸在汶上、东平、济宁分布有大大小小的塘泊和闸门用以积蓄丰水期余水和枯水期向运河供水。南旺分水枢纽通过塘泊和闸坝联合运

^① 姚汉源:《明清时期京杭运河的南旺枢纽》,《水利水电科学研究院科学研究论文集》第22集,水利电力出版社版。

行,完成水量的调配以保证会通河的畅通。会通河南旺段运河的东岸主要有马场湖、蜀山湖、马踏湖;运河西有南旺湖、安山湖(《明史·河渠志》),各湖都有闸坝和引水渠与运河相连。

在南旺段分水处南有柳林闸,北有十里闸实施南北分水。清代张伯行描述两闸的运行原则:“柳林闸为南运第一闸。南旺以南,湖水甚多,不虞水少,故柳林闸宜常闭;南旺以北,止恃此一线之水,故十里闸、开河闸宜常开。但恐北既有余,而南或不足,又宜暂闭十里闸,将柳林闸亮版一块,以接济南运,然惟北运之水有余乃可。不然,恐南有水而北无水矣。”(《居济一得》)在柳林闸更南的寺前闸,十里闸和更北的开河闸都是重要的辅助闸门。运河上的闸均为叠梁闸,闸板的块数可以对水量作进一步的调节。

三、南阳新河、中运河——运河与黄河的分离

自元代至明代嘉靖时(1522—1566年),京杭运河均是在徐州与黄河相交,徐州至淮阴利用黄河河道行运。这一航路要经过徐州洪、吕梁洪两段险滩。两洪经常因为黄河的决口而水道淤塞或中断。此外,黄河经常由河南向北泛滥,冲断会通河运道。自明代起便有人提出改运河路线,实现黄河和运河的分离。

明嘉靖七年(1528年),由左都御史胡世宁主持,将会通河由昭阳湖西改到昭阳湖东,并以此为滞洪区,避开黄河北泛的影响。新河名“南阳新河”。南阳新河上“凡闸八,减水闸二十,为坝十有二,为堤三万五千二百八十丈有余”(《明世宗实录》)。又导泗水支流薛河、彭河入湖,为济运水源。

运河的第二次改线是为避黄河的徐州、吕梁二洪之险。明万历二十八年(1600年)开工,三十二年(1604年)完成。名“泇河”,上段接南阳新河,经夏镇到邳州入黄河,天启五年(1625年)又南移至宿迁骆

马湖入黄河,形成了运口与黄河相通的多重出入通道,既可宣泄山东沂蒙山区的洪水入黄河,又给漕船的出入带来方便。

到了清代康熙二十五年(1686年),河道总督靳辅开中运河。中运河是在黄河北岸的缕堤和遥堤之间的低地开挖而成,上接洳河,东至淮阴清口东岸。中运河完成后,京杭运河除与黄河在清口平交外,运河实现了完全与黄河脱离,“连年重运,一出清口,即截黄而北,由仲家庄闸进中河以入皂河,风涛无阻,牵曳有路,又避黄河之限二百里,抵通(州)之期,较历年先一月”(《治河奏绩书》卷二),经济效益也很可观。

四、清口枢纽工程——京杭运河与黄河、淮河的平交

清口以泗水入淮之口而得名,在地理位置上正当三河交汇之口,为了保障清口一带运道的畅通,修筑了大量工程,这些工程主要用以解决泥沙淤积和漕船平稳出入黄河。

明代淮河经洪泽湖与黄河合流。自明万历起河道总督潘季驯几次加高洪泽湖高家堰,使淮水专出清口,以清刷黄。在黄淮交汇处建新庄等五闸,以避黄河浑水倒灌。

到了清代,对清口的治理以尽量避免黄河对运河的干扰,即以保漕为目的来兴建工程,着力最多的是南运口的改造。康熙十五年(1676年)靳辅出任总河,他首先将淮扬运口西南移,再开引河与洪泽湖通,维持了康熙、乾隆清口稳定的小康局面。到了嘉庆时(1796—1820年)清口严重淤积,淮河渐渐难出清口,不得不引黄济运。每年漕运船只北上完毕筑拦黄坝封堵运口,官运和回空漕船均要盘坝出入运口。道光时(1821—1850年)实行灌塘济运。即在运口附近的运河上筑坝,两坝之间形成可泊上千只漕船的塘河,引淮河清水入塘,当塘内水位高于坝外黄河水位时,便开坝放船穿黄河直北入中运河,



图 7-10 清口枢纽工程——京杭运河与黄河、淮河的交叉工程是为“灌塘济运”(《清史稿·河渠志》)。这种方法用了近 30 年,咸丰五年(1855 年)黄河北徙,运河淮阴至山东段断航。

五、瓜洲、仪真枢纽工程——京杭运河与长江的交叉

明清漕粮中安徽、江苏、湖广、浙江占了相当比重。来自这些地区

的漕粮和大宗货物都要过江经淮扬运河北运。江北的运口有3个：瓜洲、仪真和白塔河；江南的运口有京口。

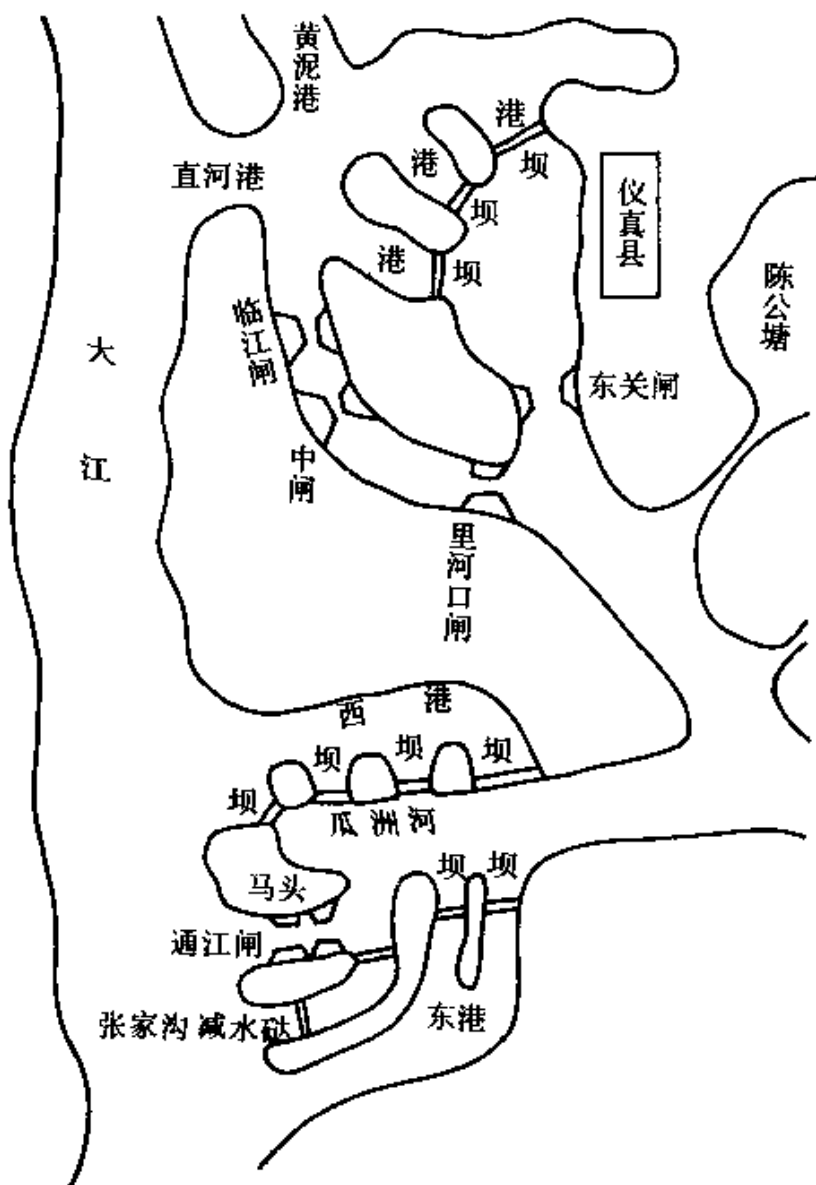


图 7-11 明代瓜洲、仪真枢纽工程(引自《漕河图志》)

运河与长江相交的枢纽以瓜洲和仪真运口最为重要。这一段运口的地势高于长江水位，运口工程以坝、闸为多，用以挡水维持运河的航深。临江处有减水闸，以宣泄汛期洪水入江，从而组成有泄有蓄的通航枢纽。

仪真和瓜洲枢纽是京杭运河南端由国家管理的重要工程。明代

记载仪真、瓜洲两港仅是专事闸坝管理的坝夫就有 700 多名(《漕河图志》),清代略少于此数。

第五节 京杭运河漕运管理及其社会影响

漕运直接关系京畿地区的粮食供应,影响社会经济的稳定,历朝历代无不倾全力经营。早在唐代漕运已建立了完善的制度,由朝廷重臣主持漕政,对维持经济的繁荣发挥着重要的作用。宋代继承了前代的漕运经营方式,粮食运输之外,贡运、商运的规模也很大。元明清对漕运的经营和管理大抵如前代的模式,但设官立法更加周密,管理体制的完备也超过了前代。

由于漕运的兴起,对运河沿岸的社会经济和文化产生了多方面的影响,明清间,在运河的两岸许多城镇随着漕运的兴衰由诞生、而繁荣,再没落。同时产生了具有特色的运河文化和经济。

一、组织严密的运河管理系统

明永乐年间(1477 年),漕运由海运逐步转为京杭运河运输。开始“不设总理(河道)之官,然遇黄河变迁、漕渠浅阻,事连各省,重大者命大臣往治,事后返京”(《漕河图志》)。永乐十五年(1417 年)始设漕运总兵官,专理河道,平江伯陈瑄是首任。成化七年(1471 年)设总理河道,简称总河或河督。总河主持黄河、运河的管理,河道和漕运遂分为两个系统,总河一职成为常设,常以侍郎、尚书衔领其职。此外,各省的巡抚、都御史,以及中央的御史、锦衣卫、太监也常派出巡视运河。

(一) 河道管理系统

自明成化七年(1477 年),运河自长江北岸开始分 3 段管理,各

段设都水分司,以工部郎中和工部主事任分司。在重要的工程枢纽段,也设分司,如临清分司、济宁分司、南旺分司。在险工段、济运水源设主事,如吕梁洪主事,山东兖州、青州管泉主事。沿运河各级地方政府也设有主管河道的官吏。州设管河通判、县设管河主簿等。分段管理还有武职系统,分为卫、所、指挥、千户。负责统领河道疏浚、河道巡逻和沿河的捕盗防火等治安工作。

自明成化七年逐渐形成了运河的中央派出机构即总河—都水司—分司系统;地方管理机构即省—州—县行政管理系统;卫—所—千户武职保安系统。这种管理体制一直沿续到清代。

清代运河的管理在前代的基础上更加简化,分成河道一道一厅汛行政管理系统和与之相应的武职保安系统。河道总督仍是最高行政长官。雍正时(1723—1735年)设四河道总督分驻各地,实行以总督为首的黄淮运分段区域管理:江南河道总督简称南河,驻清江浦管理江苏、安徽境内的黄河、运河、淮河;河东总督简称东河,驻济宁,管理河南、山东两省境内的黄河和运河;直隶总督简称北河,驻天津,管理海河水系各河和运河,后由直隶总督兼任。分段管理运河的专职系统称作道,如明代的都水司,分为(直隶)通水道、(山东)运河道、(江苏)淮徐道、淮扬道(淮扬运河)、常镇道(江南运河)等。道级相应的武职设河标副将。厅同地方的府州,官设同知、通判,武职设守备。汛同地方的县级,官设县丞、主簿,武职设千总。

明清直接从事河道管理的夫役编为甲,设老人,或总甲,小甲等小头目。按工种有浅夫(疏浚河道和导引船只过浅滩)、闸坝夫、堤夫、溜夫(纤船过浅滩或逆流上行之船)、泉夫、塘夫和湖夫。在港口和枢纽段,还有捞沙夫,挑港夫。夫役有军夫、民夫和募夫,分属兵役、劳役和招雇不同的来源。明初运河常设夫役约4.7万人,清代不足1万人,大多数的夫役是临时征集。

(二) 漕运管理及监察系统

元代在南京设京畿都漕运司,以漕运使总理漕政。明洪武十四年(1381年)废,河道与漕运合而为一,成化后又分开,始设漕运总督,是为掌管漕运最高行政长官,其主要职责“掌金选运弁,修造漕船,派拨全单,催攒重运,查验回空,核勘漂流,督催漕欠诸务”(《清史稿·河渠志》)。明代押运方面设漕运总兵官,属武职。至此,漕河运输分为运输和押运两个系统。清代裁总兵官,以军队领押运事。

总漕、总兵主管漕粮的征收、运输、入仓三大环节,还负有考核河道官员,检查工程修防情况的责任,起河道、漕运两司互相制约的作用,两司互有摩擦是经常的事。明代规定总漕、总兵每年八月赴京,会商次年漕运事宜。平时总漕驻淮安,督船过江过淮;总兵驻徐州,督船过黄河。清代总漕初驻通州,后改驻淮安。

总漕以下为督粮道,或称粮储道,设在各省,协助总漕主管本省漕粮征收;运河沿岸督粮道还负责督船过江过淮。明 13 布政各设道员 1 名,驻省城;清代只在运京漕粮征集地山东、江苏、安徽、浙江、湖北、湖南等省各设 1 员,其余省份由其他道员兼任。督粮道设监兑主事,坐守漕粮启运处,验收漕粮,并随船到达漕运中转站淮安或扬州,经总漕盘验,方可交差。

运输系统以省为单位,明称一省为一总,清称之一帮,漕运组织后来演化成一股社会黑势力,即清之漕帮,民国时期的青帮。《明史·河渠志》记总兵“领十二总十二万军”,是一支颇为庞大的队伍(《漕河图志》)。清代康熙时(1662—1720年),额设每船运丁 1 名,水手 9 名,当时漕船总数为 7692 艘,按此统计有运丁、水手 76920 名,嘉庆(1796—1820年)以后漕船裁减,人数减少一些。

明代设巡漕御史是漕运监察官员,由京官出任。明代常由锦衣卫太监充当。巡漕御史负责监督河道、漕运二司吏治,驻漕运转运地,明代多驻淮安。清代分驻淮安、济宁、天津、通州。

运河沿岸城镇集市守军负有催督漕船的责任,以防止漕船沿途停泊滞留,或携带私货,或沿途经商。清康熙后由河兵按汛地分段催行。

二、以水源和闸坝为主的运河河道工程管理

明清两代根据大运河沿线的地理特点,将运河分为若干段。明代分成7段,分别称作白漕、卫漕、闸漕、河漕、湖漕、江漕、浙漕(《明史·河渠志》)。清代自康熙年间(1662—1722年)开中河后,黄河段经行仅数里无河漕,故清分运河为6漕。闸漕(即会通河),是最关键的区段。会通河穿过山东地垒分水瘠地,运河水位主要依靠闸坝工程调节。运河与黄河、与淮河、长江相交的各运口是运输枢纽,又受地形和河道冲淤变化的影响,也是重点管理的地段。

(一) 水源管理

京杭运河自南而北气候变化显著,年降雨量长江下游约1200—1400毫米,淮河以南约1000毫米,黄河和海河流域约600毫米。地域降雨量的差异,地形地势的限制和枯丰水量的年际不均,使运河的用水不得不依赖沿线湖泊、陂塘调节水量,维持起码的通航条件。

明清两代对水源的管理尤为重视。济运湖泊、塘池承纳泉水、汇集地表水,是运河的重要设施;济运的泉水是缺水地区的主要水源,均由国家设官直接管理。明清《大刑律》有专门的条律:“凡决山东南旺湖、沛县昭阳湖堤岸及山东泰山等处泉流者,为首之人并遣从军,军人犯者徙于边卫。”明代《问刑条例》对水源管理有更细致的条律,特别规定凡是盗引山东诸泉,济宁南旺湖、蜀山湖、安山湖,沛县昭阳湖,扬州高宝湖,淮安高家堰、柳湾浦等处水源的均处以重刑。同时在主要水源地分别设官置夫就地驻守。直接管理水源的夫役有湖夫、塘夫、泉夫、河夫,从事巡守和随时疏浚。

为了满足漕运的需要,运河沿岸的水源引入规定的湖泊、塘池,影响了当地的灌溉和生活用水;汛期又自湖泊、塘池泄出,给沿岸带来涝渍;湖塘滩地易于耕种,又有蓄水和耕地的矛盾。在确保漕运的前提下,为了平衡多种矛盾,满足不同需要,明清两代由国家制定了这些特殊水源、湖塘滩地的用水、用地制度。

国家对水源的管理往往侵犯了地方豪绅的切身利益,运河水源被侵占和盗引难以避免。长江南岸的练湖围垦由来已久,为了维持练湖的水柜作用,多次毁田仍未能制止,明末时,上练湖已围垦殆尽,不得不直接引江潮入运河。明嘉靖以来,甚至会通河上南旺各湖滩地也大量为豪强占种。清雍正元年(1723年),重新丈量南旺、安山、昭阳各湖,“树立疆界,永禁侵占”(《续行水金鉴·运河》卷七三),诸湖水面积逐渐恢复。由于明清两代对会通河水源严格地管理,有力地阻止了当地豪势的侵夺,维持了水柜的调蓄作用,使会通河得以畅通。

(二) 运河闸坝的管理

运河上的闸坝按功用分有两种:拦河修筑的节制闸或坝,用于控制运河航深。山东运河和通惠河被称作闸河,其航道水量主要靠闸坝维持;建在运河一侧的引水或泄水闸坝,用于向运河供水或自运河向外排水。前一种直接关系船只通航,在工程管理上有严格的启闭和维修制度。它主要是从五方面去实施管理:

(1) 相临上下闸联合运用。启闭原则是一启一闭。《清史稿·食货志》记载:“漕船到闸,须上下会牌俱到,始行启板。如河水充足,相机启闭,以速漕运。不得两闸齐启,过泄水势。”以会牌传达闸门的启闭指令,达到节水运行的目的。运河上的闸门多是叠梁闸,闸门启闭的块数、启闭方式、启闭的时间都与运河航深有关。

(2) 实行船队编组过闸,尽量减少闸门启闭次数,节约用水。在会通河南旺段柳林闸,规定必须积船二百余只方可启板,启完即速过船,船过完立即闭板。闸板间用草塞边缝,尽量减少漏水。

(3) 控制闸板开启板数和次数。明宣德四年(1429年)规定:“除紧用船不在禁例,其余运粮、解送官物及官员、军民、商贾、府船到闸,务俟积水至六七板,方许开放。”(《漕河图志》)

(4) 闸坝联合运行。枯水期、岁修期或局部河段下闸堵水,或者筑草坝闭河,船只由月河绕行,或盘坝上下,以此抬高水位,使河道维持通航。

(5) 控制关键地段的过水断面,重点是闸门段。明万恭根据漕船重载入水至少三尺五寸,漕船宽一丈五寸的标准,提出闸门前后段疏浚的规定尺度是深不过四尺,宽不得过四丈(以便两船并列),“务令舟底仅余泛舟之水,船旁绝无闲旷之渠”。闸门段过水断面减少,必然增加了河道段水深,达到节水通航的目的。万恭将这一经验总结为:“以少浅治多浅,以下水束上水。”(《治水筌蹄》)

(三) 运河河道的管理

运河河道的工程管理主要是河道疏浚和堤防维修。有定期维修和常规维修两种。

定期维修分为岁修和大修。河道疏浚与堤防修筑同时并举,属挑浚之工。岁修又称小挑或小浚;大修又称大挑或大浚,各河段大修时间间隔或二三年或四五年。小挑年运河水不断流,只疏浚闸旁月河,施工时船只由正河上下。大挑年正河筑坝断流,疏浚正河,船只由月河绕行。会通河南旺段是挑浚河工的重点。

运河大堤的修守和黄河堤防修守一样实行准军事化管理,由沿河军卫所承担,所管辖的起始地段有明确的规定。各段设铺,平时巡逻、捕盗,岁修和大修期间和民夫参与施工。康熙元年(1662年)订立运河修筑工限,规定运河堤防施工后三年内冲决,“参处修筑官;不行防护,致有冲决,一并参处”(《清史稿·河渠志》)。天津以北的北运河段在清代还设标夫,经管浅滩标志,导引船只上下。

三、准军事化的漕粮运输管理

明成化、弘治时(1465—1505年),有漕船数11427只,运粮官兵114500人;天顺时(1457—1464年),定漕河船17770只,运粮官兵120000人。清乾隆时(1736—1795年),漕运船只数达17692只;嘉庆十七年(1812年),有船只14092只。明成化时(1465—1487年)定漕粮为年400万石,清代粮额大体相当。漕粮中征自山东、河南约年35万石,是为“北粮”;征自江苏180万石,湖广25万石,浙江、江西120万石,是为“南粮”(《明史·食货志》)。漕粮中征自苏州、松江、常州、太仓州、嘉兴、湖州的粳米、糯米称白粮,由民船直运北京,入内务府,专供朝廷、贵族使用。漕运之外,还有数额较大的官运、商运。官运包括运送贡品的贡船、时鲜船和运送官员、邮件的快船,以及建筑材料如木材、砖瓦、矿产的官船。商运在运河航运中也占了很大比例,主要运输手工业品、百货等。

(一) 漕运方式与漕仓设置

明代漕运实行过分段转运的支运法、兑运法,后逐渐改为直达运输(又称长运)。清代因袭长运之制,变化甚小。

支运法“支者不必出当年之民纳,纳者不必供当年之军支,通数年以为常盈,不失常额”(《明史·河渠志》)。运河沿岸设“水次仓”,存储和转运漕粮。主要的水次仓有淮安、徐州、临清、德州、天津等仓。湖广、浙江漕粮民运至淮安入仓;苏州、松江、和江西漕船民运至徐州入仓;应天、常州、镇江、淮安、扬州、太仓、滁州、和州漕粮民运至临清入仓。入仓后的漕粮再由军运至京。支运法通过沿途仓储的调度组织运输,可以适应不同河段水情变化,一年可运输多次。

兑运法即民运转军运的分段运输。始行于明宣德七年(1431年)。江南各府漕粮民运至瓜洲、淮安两处水次仓,兑给江北凤阳、扬

州等卫所官军,然后军运至通州或北京。民船不再过淮河或黄河,根据各地民船减运水路的远近加“耗米”。湖广漕粮每石加耗米八斗,江西、浙江加耗米七斗,苏南加耗米六斗,粮耗是不小的数额。实行兑运后长江以南的漕船过江后不再上行,免去了过闸过坝时比粮耗更高的盘剥。

成化七年(1471年),在兑运法的基础上进一步改革,实行一船到底的长运法。各地的漕粮在规定的水次(码头)交给官军,南粮水次设在长江以南,民船不再过江,各省漕粮额定数额外,再加过江耗,每石多加粮耗六升。沿途漕仓除京仓、通仓外,其余改作军粮、军饷仓储。长运制一直沿用至清代。

(二) 漕粮运输

为了确保每年约400万石漕粮顺利运到北京,在运输方面主要从时间上控制漕船航行和停泊,限制漕船水手和押运官兵沿途滞留经商、加运私货。漕船必须在规定的时间内到达目的地,是为“时限”。分为过淮、抵通、抵京等时限。

明正德时给漕船发给“水程图格”和关文,按日填写行止站地,由各关巡漕官稽查,违限之船,只入德州仓,以免阻碍后面船队。后来改为填写“格单”,格单以千字文编号,以月为纲,以日为目,每月之下30格,逐日填注日行里数、停泊地点,如遇有例外没有开行,注明原因。

在运河行驶的漕船随着运河管理的完善逐渐形成了与漕运适应的制度。明初实行转运,长江以南各省一般以淮安为终点,漕船形制尚无统一的规定。后来,漕运实行一船到底的长运制,开始对船只有所管理。明永乐时,漕船多用200料船(一料为一石),一般载漕粮100石。船只小巧灵活,一年可往返多次。长运后漕船多是500料船,载漕粮400石,限制船只吃水深六拿(大拇指与食指张开的间距为一拿,六拿约1米),漕船“其制底平仓浅”(《漕河图志》)。后来船型越来越

越大,漕船总数减少,到了清嘉庆时(1796—1820年)船只数量减少到4000余只。船型变大,过闸过浅不得不改换剥船。清初,运河沿线配剥船不过600只,及至乾隆末年已达1500只。除官船外,许多漕船还自备剥船。船只载重量加大,增加了漕船过浅、过闸和盘坝的困难,致使船速迟缓,运期延长。

明清漕船时限沿革

实行 起始年代	漕船所属省	时 限		附 注
		过淮	抵通州或京	
明成化年间 1465—1487	河南、山东、北直隶		五月初一日	
	南直隶		七月初一日	过江支兑者八月初一日
	浙江、江西、湖广		九月初一日	
明嘉靖年间 1522—1566	长江以北各省	十二月	五月初	万历时改为四月初一
	南直隶	正月	七月、八月	万历时改为六月、七月
	浙江、江西、湖广	三月	九月	万历时改为八月
清顺治年间 1644—1661	山东、河南		三月初一日	正月开行
	长江以北各省	十二月	四月初一日	
	南直隶	正月	五月初一日	
	浙江、江西、湖广	二月	六月初一日	

注:本表根据《明史·食货志》、《清史稿·食货志》编制。

四、漕运管理规章制度

明永乐年间(1403—1424年),京杭运河全线畅通后,大量的管理问题相继出现,有些是漕运制度本身难以约束的。于是具有法律效

力的禁例、规章制度相继制订出来,为维护漕运的正常进行发挥了重要的作用。

成化九年(1473年),颁布了漕河禁例 17 条,从漕运、贡运、官运和河道几方面制订了系统的综合性漕河禁例((民国)《临清县志·经济志》)。此禁例主要包括 8 项内容:

(1) 时鲜贡船的规定。规定时鲜船只数目为 162 只,起运时鲜物品 30 起,不许夹带额外船只,时鲜贡船到闸随到随开。

(2) 闸门开启规定。漕船、官船、商船到闸,按各处积水规定开启闸门,船只按到闸先后次序通过。对强迫开闸之人,闸官可拿送巡河衙门论罪。管闸人员若为勒索钱财,积水已够标准,下闸已闭,仍故意不开启闸门者亦治罪。

(3) 河道及漕运官吏处罚规定。为了避免豪权势要恃权报复,规定凡是管河、闸及漕运方面的官吏犯罪,只由巡河御史等官处理,地方官员不得干预漕河事务。

(4) 对漕河官吏、工役、及工料、经费的规定。凡府、州、县管河通判、主簿及管闸、洪、坝主事等,不许另有委任和差遣。漕河夫役不得一人充多人之役。过路官、商船只不得任意招呼溜夫、浅夫纤船,妨碍漕船航行。漕河所征工料、经费,地方不得任意停免、擅支。

(5) 济运水源的管理。盗引、盗决运河水源湖塘、泉河者,首犯者充军,军人徙于边卫。

(6) 船只携带私货的规定。每艘漕船许带土产十石,作为沿途易换柴盐等生活必需品之用。超载货物并沿途经商滞留者没收私货并治罪。马快船准带食米一石,由京返程可加带货物三百斤,若有超带、附搭客人、私盐者,一律没收货物并治罪。

(7) 官船乘员限制。官船自京返回,由兵部发给印信、揭帖,上面必须注明船只数、驾船小甲姓名及附搭官员的姓名。擅乘人员及私返官员一律查究治罪。

(8) 其他规定。运河两岸不许侵占纤路修筑房屋,河道不许遗弃尸体。除贡船外,一切船只禁止使用响器。

明代还有一些国家法律涉及到漕运管理,如《大明律》、《问刑条例》、《占夫条例》等。

清代,除了继续沿用前代的法规外,还增加了专业性的处罚条例。

明清设官制法周密且严,但是政出多门,管理仍有许多混乱的地方。兼以封建吏治腐化,更使漕运管理成为贪污腐败、贿赂风行最猖獗的部门之一。《清史稿·河渠志》:“河运剥浅有费,过闸、过淮有费。上既出百余万漕项,下复出百余万帮费,民生日蹙,国计益贫。”漕运给国家的政治和经济稳定带来了益处,社会也为之付出了高昂的代价。

五、漕运的兴衰与运河城镇的演化

出于政治、军事的需要开凿运河,以漕运为主是中国运河功能的特点。运河建成后沿岸由于运输的便利刺激了经济的发展,新的城镇随之诞生,旧有的城镇得以发展。运河城市有两种类型:政治、经济、文化的中心城市或军事重镇,如长安、洛阳、天津、北京、杭州修运河的主要目的便是沟通这些地区与各地的联系;漕运的兴起带动了商品的流通,在漕运的中转地逐渐形成商品的集散地,而演变为城镇,这种城镇因漕运而起,往往又由漕运的衰落而萧条,如山东运河沿岸的临清、济宁、张秋等城镇。运河城镇的演化是运河社会效应的综合反映。

(一) 沿运河城镇的发展

江南运河自唐宋以来便成了江南地区重要的交通干线,沿运河的城镇一直维持着经济的繁荣兴盛。受京杭运河漕运影响最大的运

河城镇主要在长江以北。以下分述长江以北的运河沿岸城市。

1. 北京

北京是金之中都、元之大都以及明清的都城,漕行河运始自金大定时(1161—1189年)。金开通济河(用了10年后因迁都开封淤废)、元代开通惠河,为了解决水源问题陆续兴建了一系列的水源和供水工程:主要有昌平白浮泉、西山玉泉等引泉济运工程;瓮山泊(又名西湖今之颐和园昆明湖)、白莲潭(即今之前海、后海、积水潭、北海和中南海)等蓄水和调节工程。这些水利工程对北京的自然景观以较大的改变,造就了以水体为中心的北京园林环境,有许多工程成为皇家林苑的一部分,例如西山、颐和园、北海、中南海。在通惠河沿岸由于过往船只候闸,在船只停泊的闸坝附近形成热闹繁华的集市和娱乐场所,如积水潭、东便门等处。

2. 通州(今通县)

自永乐迁都北京后通州地位由于运河的关系显得更加重要。每年漕运北京的粮食约有 $3/10$ 积贮在通州西门和南门的西仓、南仓。通州县城在明永乐和万历有两次大的扩建。通州的工商业因漕运而繁荣,各类商行达150家。与漕运有关的行业有剥船行、驾船行、写船行、起京粮行、起京盐行、起京货运行、卸粮装粮跳板行等。

3. 天津

金代北京的漕粮主要来自河北恩州、献州等六州,年百余万石,通过卫运河即南运河运至天津,然后陆运转输北京。都水监于天津设巡河官,在卫河、海河、南运河交汇的三岔口和丁字沽设巡河官署,后来三岔口到丁字沽一带成为漕船集中的地方,一到漕运的旺季,四方来客熙来攘往,形成了最初因运河而生的集市。元年海运漕粮约300万石,河运漕粮约30万石,在天津设接运厅,并建南仓、北仓和广通仓,派兵屯守。

明永乐时(1403—1424年)罢海运,河漕兴起。永乐二年(1404

年)六月天津设卫,辖区北起卫城,南至德州,沿运河狭长的区域。天津卫的职能主要是防护运道和漕运,以及屯田。宣德时(1426—1433年)天津设户部分司,管理仓储和漕粮转运。明清漕运量达到年400至500万石,随船官军有12万人次,不仅运粮,还要带货。明代永乐以后,三岔口成为南北货物的集散地,形成天津最早的商业中心。天津城由于漕运的兴起而不断扩大。清代康熙时(1662—1722),开海禁后海运船舶开始云集天津港,天津成为内陆和海上运输的交通枢纽。到咸丰时(1851—1861年)太平天国运动兴起,江南漕运改行海运,更由于十九世纪天津通商口岸对外开放,天津逐渐变为外港城市,经济地位更加重要,天津得以向大都市演进。

4. 临清

会通河开凿之前,临清只是普通的村落,会通河的畅通使其凭据优越的地理位置得以在极短的时间里发展演变为城市。

宋时临清为县,治曹仁镇,在卫河的西岸。明洪武二年(1369年),徙县治至今址,在这里会通河与卫河相交,往北是南运河,向南是会通河。洪武三年(1370年),临清设漕仓,以供转运,以后漕仓不断增加,至宣德时临清仓已可容漕粮300万石,临清成为舟车水陆要冲,开始由挽漕护仓的重镇,发展为明清著名的商业城市。永乐宣德时(1403—1435年),临清有街巷52条,集市16处,当地居民和流动人口约有数十万人。^①

漕运的兴盛刺激了手工业的发展。临清的砖业、皮毛业和造船业是与运河运输直接有关的三大行业。临清制砖官窑始于明永乐时(1403—1424年),衰于清末。明清两代在北京兴建的皇宫、陵寝、王府和大量的土木工程所用的砖大部分是由运河而来的临清砖,当时

^① 许植:《明清时期京杭运河的商品流通》,《京杭运河研究论文集》,中国书店1993年版。

运河沿岸有砖窑 384 个,工匠 9600 名。皮毛业在临清始于元,盛于清,原料大多来自张家口以外和辽东。毛皮业主要有三种产品:贡于朝廷的珍珠皮、滩皮和流行于民间的千张皮(利用贡皮的碎片拼缝而成)。从事皮毛业的商家七十余家,以此为生的加工场一千多户。会通河和南运河沿岸分布许多漕船制作工场,临清场是其中之一。清代临清有船厂 28 所。

明宣德(1403—1435 年)以后,临清还成为北方主要的粮食集散地,全国最大的粮食交易市场之一。此外,由运河而来的辽东毛皮、河南牲畜、天津百货以及湖北桐油、浙江的茶叶、云贵川的铜、铅、木材在这里集中再分流各地。万历时,临清钞关的税收居八大钞关之首,到天启时(1621—1627 年)居第三位,清代在康熙、乾隆时(1662—1795 年),临清关的税收占到全国关税总额的 50.6%,到道光时(1821—1850 年)也占到总税额的 33.5%。

5. 济宁

又名任城、济州,唐代已建有城池。洪武五年(1372 年)开始修建城墙。济宁南临会通河,西依南旺诸湖,是会通河沿岸仅次于临清的商业城市。每年“四百万漕艘皆经其地,士绅之舆舟如织,闽、广、吴、越之商持资贸易者又鳞萃而集”。康熙时济宁有街道 45 条,到道光时增加到 105 条。〔(康熙)《济宁州志》卷八〕济宁也是南北货的集散地,最繁华的是南门街,有商家、居民数万户。

济宁的手工业也和临清一样,在明清一直非常兴盛,亦以毛皮、造船为多。此外,在南运河上德州也是与临清、济宁齐名的城市。

在运河沿岸大凡过闸的地方,由于上下船只要在此停泊候闸,这些河段的两岸便形成了大大小小的集镇,如台庄、韩庄、夏镇、张秋、南旺等。

(二) 漕运中止与京杭运河部分城镇的急剧衰落

清嘉庆以后黄河决口频繁,运河屡屡被冲断,运河泥沙淤积日益

严重,漕运开支扶摇直上,漕运管理更是贪污腐化、贿赂公行,难以遏制。道光以来,恢复海运逐步减少漕运的呼声日高。道光六年(1826年),试办漕行海运成功。咸丰时(1851—1861年),太平天国兴起,据有江南一带约10年,淮扬运河中断。自同治十年(1871年),苏南、浙江一带的漕运开始海运。其后,用轮船运漕粮,海运额逐渐增加。光绪时,天津至北京间铁路建成营运,通惠河的漕运改用铁路运输。光绪二十六年(1900年),设漕运总局,部分漕粮改为商运。次年,废各地漕粮,一律改为交纳现银。光绪二十八年(1902年)取消漕运全归商办,经营了500多年的京杭运河漕运始告结束。

漕运中止后,首先是运河沿岸城市商业的凋零,城镇的急剧萎缩。黄河以北的运河除了南端微山湖以下至徐州段尚能通航外,大部分河段由于水源的关系,河道立刻淤废。山东运河沿岸城镇变化最早也最剧烈。临清这座明清重要钞关和商业城市到了光绪末年“商业终衰”,“满目劫灰,元气不复”〔(民国)《临清县志·经济志》〕,依赖运河而生存的造船业、制砖业随之消亡。运河穿镇而过的张秋,全镇有东西两区,明清有过九关十八厢七十二巷的规模,漕运衰落后,商家外迁,人口迅速减少,到民国时只留下遍地的破砖碎瓦。淮扬运河、江南运河由于水源充沛,漕运中止后,商运依然繁荣。便利的水运使沿运河的城镇依旧是经济活跃的商业重镇。

六、运河与漕运典籍

有关运河、漕运的典籍到明清已成为专业图籍中重要的书种之一。其著述之多、记载之详是其他时代没有的。

运河、漕运典籍按内容可分为三类:

1. 运河河道

内容包括运河工程沿革、水源和工程管理、水政管理规章制

度等。

明清成书的运河志,自运河北而南主要有《通惠河志》、《北河纪》(清有续书《北河续记》)、《山东运河备览》、《南河志》。江南运河属民间管理,有关运河、漕运的内容在各地的方志中都有详细的记载。

2. 漕运志

以漕粮运输为主,记载漕运制度、漕运仓储、漕运管理法规等内容 的专业志和资料汇编性质的文集:

《漕运通志》是明代记漕政最系统的专志。作者杨宏,字希仁,嘉靖(1522—1566年)初年曾以指挥使署都督江北漕运。《漕运通志》共10卷,主要内容包括漕运职官、漕船制作、漕船厂和工匠、漕粮仓储、漕粮定额以及有关漕运的典章、奏议等。

清代集漕政之大成的专著有《钦定户部漕运全书》九十二卷,道光二十五年(1845年)刊印,潘世恩编撰;以及《钦定户部漕运全书》九十六卷,光绪二年(1876年)载龄编撰。两书收入了有关漕政的各方面内容,按门类编排,是研究漕运以及社会政治经济的重要文献。

3. 河漕兼容的综合性专著

集运河和漕运为一体的综合性志书中,《漕河图志》以成书早、内容全面、文图并茂,又包容了京杭运河早期大量的原始资料而为后人所重视。就体例而言是最早创写的运河专业志,其体例对后来的专业志书影响较大。

《漕河图志》中运河图占了相当的比重,是本书的特点之一。《漕河图志》中有关明代前期的运河河道沿革、运河管理的内容为它书所不见;漕运方面有关漕粮以及贡运货物、数量;押运官兵配备等记载也很珍贵。《漕河图志》为王琼编撰,弘治九年(1496年)成书,共八卷。

第八章 航海与船舶

我国有长达 18000 多公里漫长的海岸线,沿海海域由北而南称为渤海、黄海、东海和南海。古代中国海域的划分以长江口为界,以北称北洋,以南称南洋。南北洋岩岸和沙岸分布得宜,各有深水良港,海上交通条件十分优越。

殷商时期,中国已有一定规模的航海活动,至秦汉时,北起渤海南迄南海,近海航运已经畅通无阻,中华民族先民的足迹远涉澎湖、朝鲜和日本列岛。唐宋之际,海洋航运进入了历史的鼎盛时期,中国商船到达阿拉伯湾和非洲海岸。元代漕行海运,形成了相当规模的近海船队。这种有组织的海上运输一直持续到明清。

从内河航行到穿越印度洋的远洋航海,中国古代航海对世界文明的发展作出了卓越的贡献。无论是船舶的质量和数量,还是航海技术,我国曾经在相当长的时期里一直居于世界领先地位。英国科学史学者李约瑟说:“中国人被称为不善于航海的民族,那是大错特错了。他们在航海技术上的发明,随时可见。即使在欧洲的中世纪和文艺复兴时期,西方商人和传教士在中国的内陆河道上所见到的航船,数量之多使人咋舌,而中国的海上舰队,在 1100—1450 年之间肯定是世界上最伟大的。”(《中国科学技术史》)自明代海洋运输开始式微,及至清代末年,近海和与邻国的航线基本由外国人控制,轮船也终于取

代了木帆船。

第一节 航海的起源与发展

古代的海上航线可分为三条：沿海通航的近海航线，沟通南北和沿海诸岛的交通；中国与邻国的海上航线，主要是来往于朝鲜半岛、日本列岛，朝鲜航线有更北的渤海道和与山东半岛相通的高丽道，往来日本有新罗道、南岛路、大洋路 3 条航线；与东南亚诸国、阿拉伯和非洲沿海岸国家的远洋航线则主要是穿越西南太平洋和印度洋的“海上丝绸之路”。

航海活动首先出现在近海。最早的近海航海活动只是维系人类的生存，到了殷商时已经与政治、军事行动有关。殷人善水战，纣王征伐人方，渡淮河至齐，然后循海南行。参战士兵上千人，过江、涉海，其航行规模已经不小。《诗经·玄鸟》：“邦畿千里，维民所止；肇域彼四海，四海来假；来假祁祁，景员维河。”^①反映了先秦时期王畿之内，民之所至不过千里，而其疆域远极四海的情况下，东西南北通过水路交往的历史。秦汉以后，近海运输日加普遍，成为重要的交通手段。

一、越国迁都、秦始皇南巡——近海航路从开辟到形成

春秋战国时期，北方的齐国和南方的吴越都是具有近海航行优势的强国，各国之间海战时有发生。周敬王三十年（前 485 年），吴国

^① 清·马瑞辰著《毛诗传笺通释》：“景，当读东西，为广之广；员，当读南北，为运之运。”又“商家四面皆河，故合东西南北言之，而曰景员维河”。

大夫徐承率水军进攻齐国,动用了战船,战事发生在胶东湾。春秋时,越国一直据有今浙江、苏南一带。公元前 473 年越王勾践灭吴,北上会齐、晋等诸侯,使宋、郑、鲁、卫等国纷纷归附。公元前 468 年,越为了控制中原,从会稽(今绍兴)迁都琅琊。这些重大的军事行动都涉及从东海至渤海的长距离的航行,特别是迁都。越都北迁“死士八千人,(用)戈船三百艘”(《吴越春秋·勾践灭吴外传》)。琅琊在今山东胶南县西南,东临渤海。勾践建都于此,“起观台,台周七里以望东海”(《越绝书》卷八)。从此越领有

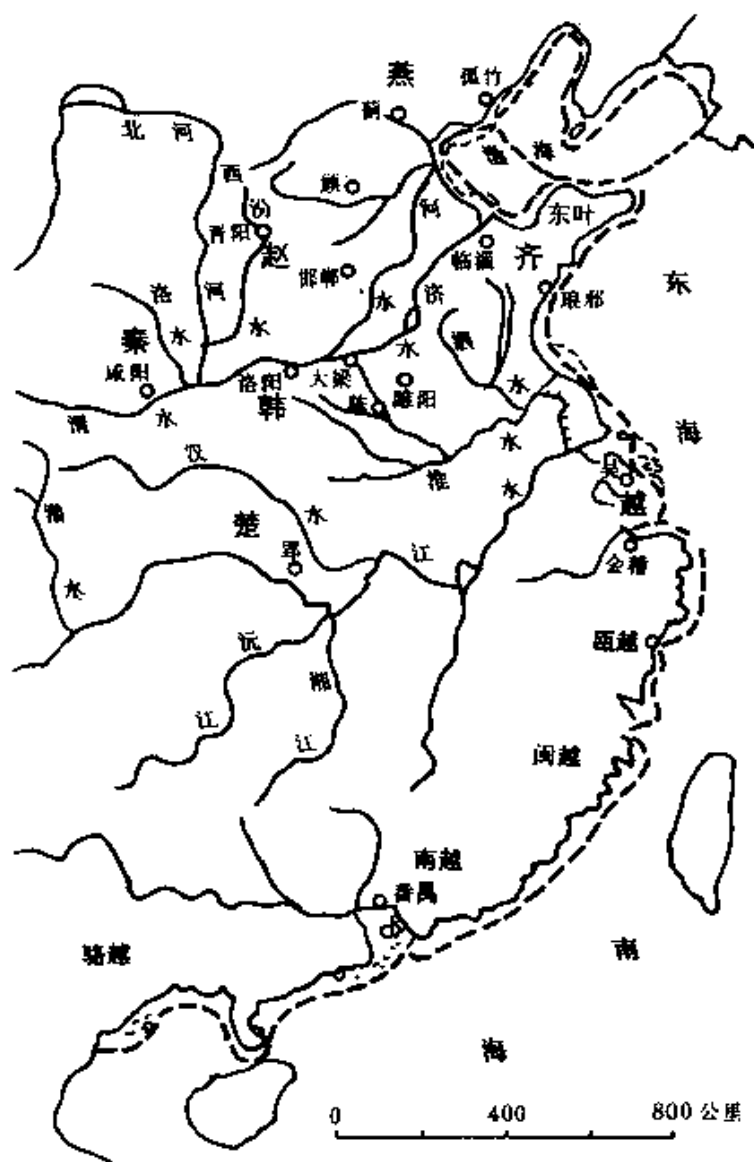


图 8-1 战国时期近海航线及重要港口

东海大越(今之浙江)、内越(东海以内的大陆,今山东、江苏沿海一带)和外越(东海之外澎湖列岛等),成为战国强国之一。越传至五世越王翳时(前 333 年),国势衰败,终于被齐国逐出山东半岛,浮海南下迁都于吴。

战国时,滨海出现了一些重要的港口:燕国渤海湾的碣石;齐国山东半岛的转附(今山东芝罘)、琅琊;吴越的长江口、浙东的会稽和句章(今宁波)、东瓯(今福州)等。

燕、齐濒临大海，面对浩瀚的海洋，民间流传着仙岛神山的传说，吸引着下至黎民百姓上至君主公侯前往求仙祈福。早期的民间航海活动也多与这类迷信有关。齐人以为渤海中有三神山：蓬莱、方丈、瀛洲。燕人相信碣石以外的沧海中有羡门、高誓等仙人。齐威王、齐宣王和燕昭王时都有遣人驾船涉洋寻访的文献记载。

秦统一六国，建立了中央集权的封建帝国，为近海航线的南北贯通和与内河水运的衔接创造了条件。秦始皇的多次出游正是这一时期近海航海和造船技术高度发展的反映，标志着政治、经济活动进入了辽阔的海洋。

秦始皇一生多次出游天下，其中以始皇三十七年（前 210 年）行程最远，据记载，秦始皇是年“十一月，行至云梦，望祀虞舜于九疑山。浮江下，观籍柯，渡海渚。过丹阳，至钱唐。临浙江，水波恶，乃西百二十里从狭中渡。上会稽，祭大禹，望于南海，而立石刻颂秦德。……还过吴，从江乘渡，并海上，北至琅琊”（《史记·秦始皇本纪》）。秦始皇的巡游，经过长江，穿越黄海，沿渤海湾绕山东半岛北上，涉及内河与近海的大规模航海活动，只有在船舶制造、导航设施和海洋气象方面具有相当水平时才有可能做到。

二、元代漕行海运——近海运输的辉煌时期

自秦汉以来，近海航线逐渐成为转输兵粮、商业贸易的重要航路。由国家经营近海运输在隋唐开始多起来，杜甫的《后出塞》：“渔阳豪侠地，击鼓吹笙竽。云帆转辽海，粳米来东吴。越罗与楚练，照耀舆台躯。”凭借近海航线，辽东与中原的联系和物资交流非常频繁。隋唐屡次用兵高丽，兵丁粮草很大部分由近海水路运往辽东。到了元代漕行海运，近海运输在国家机构的严密管理下，以大船队的编制和有序的航期进行，近海航海事业进入了最辉煌的时期。

元都北京,经济区远在南方,大宗的粮食和百货均需北运。京杭运河开通后,由于配套工程和管理尚不完备,漕运主要行海运。元代海运漕粮每年达到 300 多万石。海路南起长江口,北至天津直沽,长达 6000 多公里。每年 6 月左右起运,次年 3 月抵达直沽港。唐宋以来,沿海的主要港口多在长江以南,漕行海运使长江口以北的港口和航线日益重要。

元代漕行海运始于至元二十年(1283 年),终于至正二十三年(1363 年),凡 80 年。最初年运量仅 4 万石,后迅速增至 300 万石(《元史·食货志》)。元漕运海路主要有 3 条:

(1) 元代初年,南端以平江路刘家港(今上海崇明岛南)为起点,出长江口过海门(今南通),经今江苏盐城、东海,山东诸城、胶县的海域至成山角,然后折而西,通过渤海南端,到达界河口(海河入海口),最后溯海河至杨村(今属天津武清县),再转陆运抵北京。这条航线距海岸最近,水浅滩多,水程较长。

(2) 至元二十九年(1292 年),另辟航路。自刘家港起航后,由万里长滩(今江苏启东以北)直趋大洋,经青水洋、黑水洋至成山,再绕过山东半岛。这条航线较旧航线直且离海岸较远,如遇大洋气流同向,20 天可以到达,一般两个月也能走完全程。

(3) 次年即至元三十年(1293 年),漕运千户殷明略又辟更东航路。这条航线自刘家港起,直驶黑水大洋,再西至成山,至莱州大洋入界河。这条航线取道大洋,尽量避开近海浅沙,加之启运季节在 7 月,恰是太平洋西向暖流期,可充分利用西向气流。“当舟行风信有时,自浙西至京师不过旬日而已。”(《元史·食货志》)这条航线在清末漕行海运时多有运用。

漕行海运由国家经营,户部是最高行政管理机构,下设漕运司,负责漕粮的征购和转运。督漕官设万户、千户、百户。漕船按船只始发地编队,一队称一纲。这种规模庞大、组织有序的海运至元代初年

一直持续到明永乐时。清道光以后,运河淤塞严重,又逐步恢复海运,海运漕粮最多时也达到了年160万石。

三、“一衣带水”的近海航行——中国与朝鲜、日本等邻国航线的开通和经营

日本和朝鲜、韩国以中华文化为根的历史渊源,终应归属连续数千年的海上往来,借重碧波大海上航行的船舶。日本古称倭,百济、新罗即今之朝鲜及韩国。《山海经·海内北经》:“倭属燕”,《尚书·大传》:“箕子率民就封于朝鲜”,这些文献记载和传说反映了中国与这些国家交往的悠久历史。

中国大陆与朝鲜半岛的海岸线连在一起,朝鲜半岛的南端与日本列岛之间有朝鲜海峡隔海相望;而中国大陆又与日本同在东亚地区。地域上的相近,使中国与韩国的水上交通很早便已沟通,而朝鲜半岛也成为古代中日之间航路的天然中间站。

秦始皇时徐福入海求神,而后东渡到了日本。史料记载:秦始皇“使徐福入海求神异物……遣振男女三千人,资之五谷种种,百工而行。徐福得平原广泽,止王不来”(《史记·淮南衡山列传》)。这是一次人数较多的移民迁徙,今人推测当时的航线可能是从山东半岛莱州湾出发,渡渤海至朝鲜半岛的东南部,渡过朝鲜海峡进入日本北方的九州岛,再经濑户内海到达日本本土。这条航线今人称之为北路。

汉武帝时,在今朝鲜和韩国置玄菟、乐浪、临屯、真番四郡,汉以来中国与朝鲜半岛和日本的海上往来日益增多。逐渐形成了中国——朝鲜——日本北路航线和中国——日本南路航线,到唐代时这两条航路已经相当成熟。

(一) 北路航线

北路航线有两条:

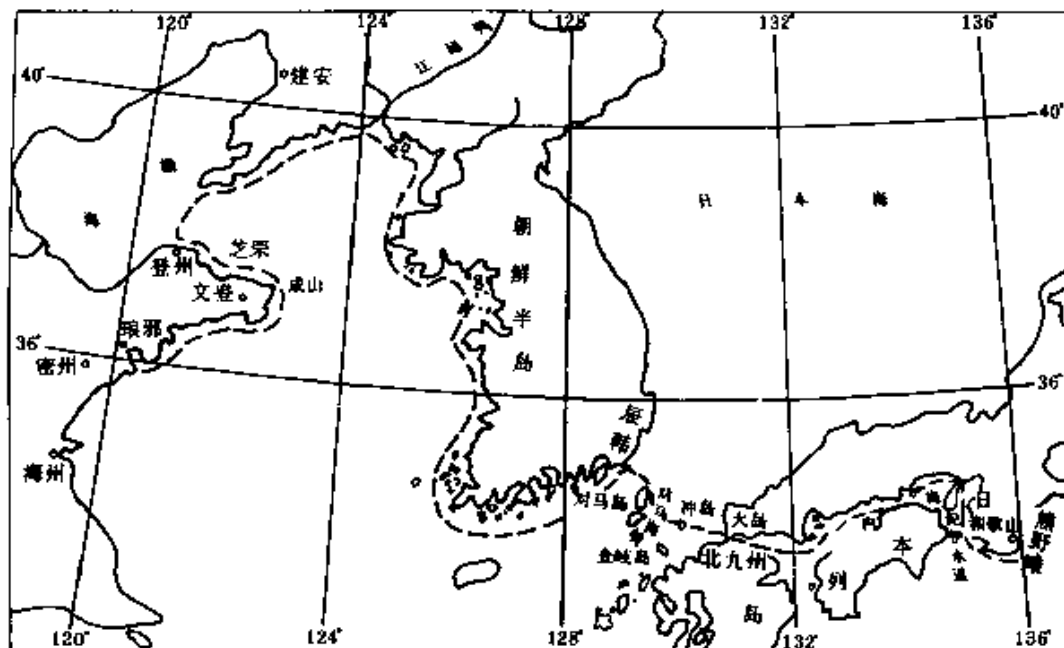


图 8-2 徐福船队东渡日本推测的航路

北路北线从今江苏或山东沿海出发，北上横渡渤海海峡，至辽东半岛南端，沿黄海东行，过鸭绿江口，转向东南入朝鲜湾，循朝鲜半岛南下，可达朝鲜半岛南端，或横渡朝鲜海峡到达日本。这条航线迂回曲折，航程漫长，但是是近海航行，比较安全，是运用最早的航线。

北路南线在西晋时逐渐形成。在山东半岛向东横渡黄海中部水域，到达朝鲜半岛中部的瓮津即当时的百济，由此南下可至日本。这条航线航程短，但是由于横渡黄海时海流的影响，对船舶和航行的驾船技术要求较高。隋代的裴世清出使日本、唐代日本僧人圆仁来往中国，以及宋代的陈靖、刘式出使高丽，均取道这条航线。

(二) 南路航线

在地理位置上，自中国至日本的航线以横渡东海最为捷径。唐代新罗重新统一了高丽、百济，中央政权失去了对朝鲜半岛的控制。中日间的海路开始取道横渡东海的南线。南路航线也有两条：

南路北线可自楚州(今江苏淮安)、扬州、明州(今浙江宁波)、越州(今浙江绍兴)、温州等港口出发，循东偏北方向横越东海，直趋日

本今平户与五岛列岛。唐代对东海的气象与水文已经相当熟悉,利用海流只要五六天便可走完全程。

南路南线由越州、明州出发,向东横渡东海,至日本南端奄美,然后逐岛北航,越大隅海峡到今九州鹿儿岛,再沿今熊本、长崎西海岸转入濑户内海抵达奈良(今大阪)。这是唐代日本人运用较多的航线,鉴真和尚搭乘日本遣唐使的船只曾走过这条海路。南路南线绕航日本南方岛屿,中国船只多不走此路。

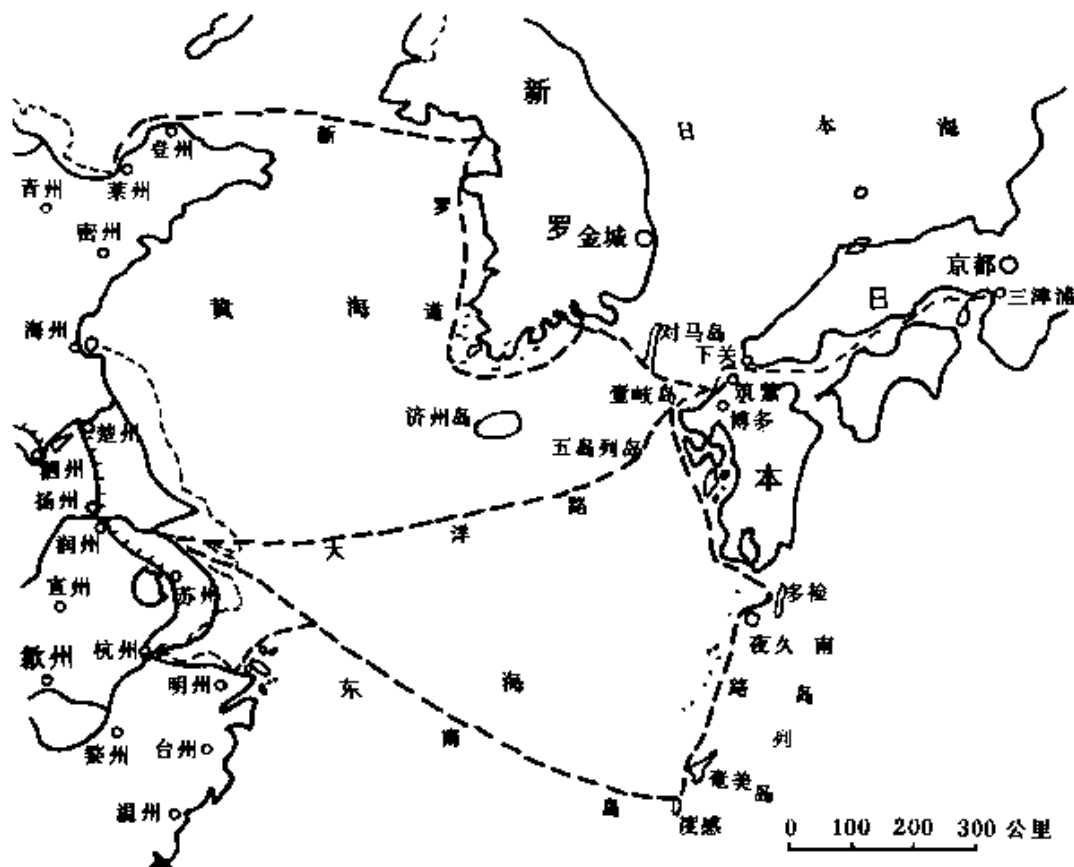


图 8-3 隋唐中国至韩国、至日本海路

自三国至宋代,中——韩,中——日海路上往来的船只以中国为多。中国的航海船舶以榫接合为基础的水密隔仓结构,使海船具有良好的抗风浪性和漂浮性,中国的航海者对东海信风的规律的正确认识和运用,使中国的东海航行占有优势。明代较长时间实行海禁,东海航路逐渐被日船所垄断。

四、海上丝绸之路——远洋航海活动

中国的远洋航海始于汉而盛于宋。尽管明代的航海开始衰退,但是由国家组织的郑和船队七下西洋,仍然显示了东方帝国强大的航海实力。著名的是明代郑和下西洋,涉及亚、非两大洲 37 个国家和地区。两千年来,海上航线成为东方文明向西方传播的重要途径。

中国对世界海洋地理的划分,早在宋之前,东起西南太平洋菲律宾、印度尼西亚,西至印度洋及非洲东海岸统称“南海”或“西南海”;元代以来,多称苏门答腊以西的海域为“西洋”,以东为“东洋”。明代东西洋的界限以加里曼丹为界。

早在汉代,中国对太平洋—印度洋间的地理知识已有相当的了解。《汉书·地理志》详细地记载了中国与西亚各国贸易往来,以及自今广东以南至印度半岛东南端沿途停泊的港口和海程。这段航程可以从日南(今越南会安)或合浦出发入南海,穿过马六甲海峡,到达都元国(今苏门答腊北),然后北上过安达曼海,至邑卢没(今缅甸南),穿越孟加拉湾到达黄支国(今印度马德拉斯南)。到了唐代,许多到印度游历的僧人都走这条海路。咸亨二年(671年)义净去印度求法,由这条路到了耽摩立底国(今印度的东北)。^①

公元一世纪以来,大秦国即罗马帝国实力远及欧、亚、非三大洲,统治中心在今埃及一带。中国与大秦双方都有通商贸易的愿望。东汉永元九年(97年),都护班超派遣甘英出使大秦。甘英陆路抵安息(今伊朗东北部),临大海受阻而归。甘英记载此次出使:“自安息西行三千四百里至阿蛮国。从阿蛮国西行三千六百里至斯宾国。从斯宾国南行渡河(今幼发拉底河),又西南至于罗国九百六十里。安息西界

^① 孙光圻:《中国古代航海史》第五章,海洋出版社 1989 年版。

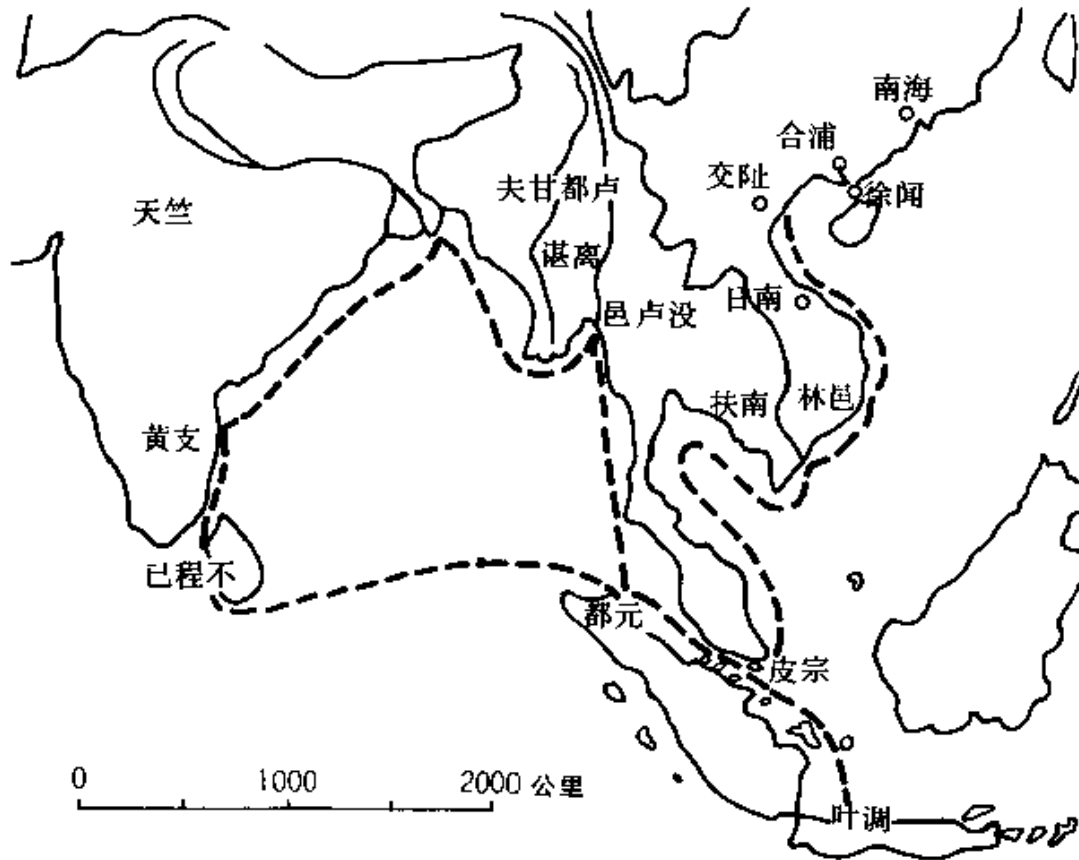


图 8-4 汉代南海—印度洋的航线

极矣。自此南乘海，乃通大秦。”(《后汉书·西域传》)甘英西行和他的记载表明东汉人在航海地理方面的知识已经远及西亚和北非。

与唐朝同时崛起的大食帝国，即古阿拉伯帝国，疆域地跨亚、非、欧三大洲，航海业也非常发达。唐中期以来，与大食的交往日益增多。唐代贾耽的《广州通海夷道》详细记述了从南中国海到波斯湾和非洲东海岸的航线(《新唐书·地理志》)。这条航线的终点可以抵达今肯尼亚。

到了宋代，已经在航海中运用罗盘导航。宋朝与印度尼西亚、印度、波斯、阿拉伯、东非沿岸国家都有海上交通往来。淳熙时(1174—1189年)，桂林通判周去非著《岭外代答》，述及岭南、南海、东南亚、南洋群岛、以及非洲和西班牙的地理特征。

元代大德年间(1297—1307年)，陈大震的《南海志》记载与中国

有海上贸易的国家或地区有 140 余个。航行的发达促进了海洋地理学科的进步,地域的概念更加清晰。前代多泛称南海和印度洋为“南海”,陈大震细分成东洋和西洋,有的文献更分为大东洋、小东洋、大西洋、小西洋等。东西洋的划分基本是以龙牙门(今马六甲海峡)和兰无里(今苏门答腊西北角)为界,以西为西洋,以东为东洋。当时航海家丰富的航海实践,产生了新的地域概念。

五、郑和船队的西洋航海活动

自唐迄元中国的远洋帆船已横渡太平洋,进入了印度洋海域,海洋航海涉及亚洲、非洲、欧洲一百多个国家和地区,在航海技术方面进入了“定量航海”的阶段,即可以根据海洋季风,水文形态来把握航行的时间、方向。特别是宋以来导航设备日益完善,提高了航程中船只的定位、用锚和使舵准确度。明代郑和的西洋航海,正是前代航海文明与技术的延续和升华。

郑和(1371—1433年),原姓马,小名三保,云南昆阳人。洪武十四年(1381年)在明军与元军的战争中被俘虏而沦为太监。后因襄助明成祖朱棣有功而为内官监太监,赐姓郑。永乐三年(1405年)至宣德元年(1431年)26年间,郑和七次奉诏出使西洋。郑和船队是古代远洋船队中最庞大的船队,第一次有船 200 多艘,最少时也有 62 只。船上配有官校、旗军、火军、舵工、班碇手、通事、医生、铁锚、搭材等船员、水手和工匠。船队的船只分为不同的等级,有官员乘坐的宝船、战船,护卫士兵乘坐的坐船、马船、粮船五种。宝船是总指挥船,树九桅,张 12 帆,长约 151.8 米,宽约 61.6 米。^①

郑和的七次远洋航行,前三次船队抵达印度半岛西南海岸,不出

^① 郑鹤声:《郑和出使之宝船》,载《郑和资料研究资料选编》,人民交通出版社版。

东南亚和南亚。后四次远及波斯湾和非洲，所到达的港口有索马里的木骨都来(今摩加迪沙)、卜刺哇(今布腊瓦)、竹步(今朱巴)，肯尼亚的麻林地(今马林迪)、慢八撒(今蒙巴萨)，沙特阿拉伯的依达(今吉达)、天方(今麦加)等地。

郑和的西洋航行是中国古代航海科学技术一次全面的展现，它开辟了历史上航程最长的远洋航路，到达了属于南半球水域的肯尼亚麻林地港。建立了多条纵横的交叉网络远洋航线，表现出古代中国航海技术的成熟。郑和船队的航线上有六处航行枢纽，由它们所辐射的航路达 58 条。例如满刺加，抵达航路 4 条，启程航路 4 条。苏门答腊抵达航路 1 条，启程航路 6 条。古里抵达航路 4 条，启程航路 6 条。尽管在宋代已开辟了横渡印度洋的航路，但是当时航线少，中途折航变化小，而郑和船队横渡印度洋的航路有 7 条，连续航行的时间约 20 天，航线在 1400 海里以上，航向有东西向和南北向的。

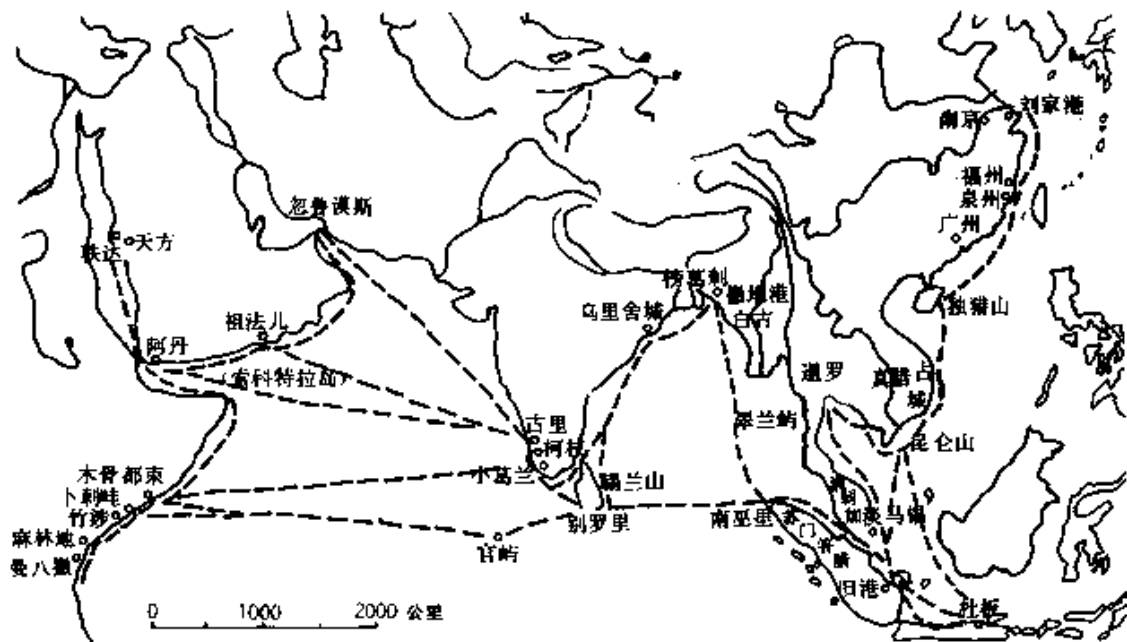


图 8-5 郑和下西洋航海路线图

元代出现了“海道指南图”，涉及的海区仅在近海海域。明代郑和船队的航海图涉及的海区广阔，东南至印度尼西亚的爪哇群岛，西北至刺撒，西南至麻林地，地名 530 多个，且包括许多航海的重要数据，

如岛屿、浅滩、险狭水道、水深、港口、天文定位星象都有详细的标示。

第二节 航海科学与技术

远洋航行涉及诸多科学技术领域,如海洋气象、海洋水文、海洋地理以及导航通讯技术。汉代中国的海船到达了印度和斯里兰卡,唐宋远航波斯湾已很寻常,明代郑和船队远达南半球海域,这些成就是各历史时期航海科学技术的综合反映。十三世纪以前,中国古代的航海科学与技术代表世界的先进水平。

一、风、信风和潮汐——海洋气象与水文在航海中的运用

古代,船舶在大海中航行,风是主要的动力。风向与船舶航行的关系极大,如果逆风行船,只有在短时间内可以靠帆和使船调舵来维持航行,最大限度地利用恒定的风向推动船只航行,是古代实现远洋航行的关键。随季节的更替而变换方向的恒向风,称为季风,古代谓信风。太平洋和印度洋的大洋气团与亚洲大陆气团的相互运动形成了冬季不断向东南和南面流动的偏北风,即冬季风;夏季形成了从东南和南面向亚洲大陆流动的偏南风,即夏季风。这两种风是中国古代航海主要运用的季风。

中国人对风和季风即信风规律的认识和运用有悠久的历史。商代已经出现了东西南北不同风向的风名(《殷契拾掇》第二集)。到了春秋战国时期更将风向分为八向,《春秋左传·襄公二十九年》中出现了“行八风”、“八风平”等对风的记载。汉代《史记·律书》记载了八风的风名、出现的月份和风向,对风的规律已经有相当的了解。

汉代对季风的划分和描述

风 名	风 向	出现月份(农历)
不周风	西北风	十月
广莫风	北 风	十一月、十二月
条 风	东北风	正月
明庶风	东 风	二月、三月
清明风	东南风	四月、五月
景 风	南 风	
淳 风	西南风	六月、七月、八月
闾阖风	西 风	九月

注：本表资料源出《史记·律书》。

《汉书·地理志》所记载的汉船至孟加拉湾的航行，是关于季风运用于远洋航行的最早文字记载。晋僧人法显西行取经，“载商人大船，泛海西南行，得冬初信风，昼夜十四日，（由多摩梨）到师子国”，然后他在八月再次利用季风横渡孟加拉湾，次年四月利用东南信风返回（《法显校注传》）。尽管法显在途中遇有不定风向的过渡风，遭受风暴的袭击，但是这次远洋航行能够成功仍主要得力于信风的利用。唐代僧人义净赴印度求法，咸亨二年（671年）冬十一月，乘南中国海东北季风出发，“未隔两旬，果至佛逝”（《新唐书·地理志》）。义净从佛逝越马六甲海峡的时间选在次年夏五月，隆冬时乘东风由印度半岛至波斯湾的乌刺国，返航时选在夏秋趁西南风和顺时针海流东归。可以说至少在唐代已经初步建立起了与信风相关的航海定量概念。

宋代航海对季风的利用已经相当成熟，中国至南亚、西亚；至波斯湾、东非海岸都是有较为准确航行时间的航线。分述如下：

1. 广州或泉州—三佛齐（今新加坡东南）

《文献通考》：由三佛齐至中国，“泛海使风二十日到广州。如泉州，舟行顺风，月余可到”。

2. 广州或泉州—兰里(今苏门答腊群岛西北端)

《岭外代答》记载：“广舶四十日到兰里住冬，至次年再发舶，约一月始达其国。”《诸蕃志》：“泉舶四十余日到兰里住冬，至次年再发，一月始达。”

3. 广州—阁婆(今苏门答腊群岛北端)

《宋史·阁婆传》：“西北泛海十五日至渤泥国，又十日至三佛齐国，又七日至古逻国，又七日至柴历亭，抵交趾，达广州。”

4. 广州—兰里—故临(印度半岛)—麻离拔(阿拉伯小国)

《岭外代答》：“有麻离拔国，广州自中冬以后发船，乘北风行约四十日到，地名兰里，……至小冬再乘东北风，六十日顺风，方到此国。”

二、更路与托数——航程、航深等航海主要参数的测验技术

航程和航线上的海水深浅变化是保证船只航行安全的重要参数。古代航海计程采用“刻烛验更筹”有悠久的历史(《文苑英华》)。作为海上计程的“更路”，却不是一个单纯的计时单位，而是指一更时间内，船舶在标准航速下所通过的里程。

采用测量手段获得船只航行速度，至迟是三国时，当时吴国人从航行着的船上，自船头把木片投入海中，同时人行至船尾，观察木片是否与人同时到达船尾，以此来判断船的快慢(《南州异物志》，《太平御览》卷七六九)。

明代人仍沿用这种办法测量航速，且引入了“更”的概念来定义标准航速。明《水师杂记》“取木片一块，在船头放入海里，人疾走至船尾，其木片亦流至船尾，此为相称(或称合更)”，“若人走至半船，而木片已先流过船尾，此风力顺利，名为过更，过更者兼程也；人走至船

尾,木片只流至半船者,此风信不顺,名为不及更。不及更者,不及程也”。而一更的里程,“海行之法,六十里为一更”(《西洋朝贡典录》,《笔记小说大观》第八辑)。而更数则纯粹是时间概念,一天一夜为十更,用燃香的支数来计算的,这种计时方法也称香漏。以更与标准航速相合,便得到了更路。十七世纪以来,西方航海用的扇形计程仪的设计原理与之相似。扇形计程仪是用一块扇形木板和用与船等长的游线系住投入海中,游线上有记号,然后用沙漏来计算时间,从游线的长度算出航速和航程。

海洋测深技术古代又称“打水”,水深的单位用“托”来表示。托是方言,“谓长如两手分开者为一托”,合今尺约1.33米。在唐代采用钩和以绳系铁来测量海深。宋代深水测量技术已经比较完善,测水深度达到七十多丈(《梦粱录》)。测深所用的设备不但可以测量水的深浅,而且可以探查海底情况。确定船舶所在的位置是否可以停泊。《台湾志略》记载了铅锤测深的用途和使用方法,“如无岛屿可望,则用细纱为绳,长六七十丈,系铅垂,涂以牛油,坠入海底,粘起泥沙,辨其土色,可知舟至某处。其洋中寄碇候风,亦依此法。倘铅垂粘不起泥沙,非甚深即石底,不可寄泊”。

三、针经与航海图——地文导航技术的演进

船舶在茫茫大海中航行,岛屿和礁石是主要的陆标定位依据。在古代的历史文献中,留下了大量有关海岸地形地貌的记载,是最早地文导航的航路指南。东汉人杨孚最早描述中国南海的岬角地形,“涨海崎头,水浅而多磁石。徼外人乘大舶,皆以铁叶锢之。至此关以磁石不得过”(《异物志》)。《梁书·中天竺传》:“从扶南发投拘利口(大约在马六甲海峡东口),循海大湾中,正西北入历湾边数国(孟加拉湾诸国),可一年余到天竺江口(即恒河口)。”宋元时,航海地文有了长

足的进步,海图出现、海域划分和定名进一步细致准确。当时,中国沿海和渤海、南海水域都有具体的名称和海区。渤海划分为白水洋、青水洋、黑水洋和莱州洋等;南海分为七洲洋、昆仑洋。陈大震的《南海志》更将南海和北印度洋分为东洋和西洋。

至迟在北宋末年,约1099年至1102年之间,指南针作为导航仪器,开始应用在航海事业中。朱彧《萍洲可谈》:“舟师知地理,夜则观星,昼则观日,阴晦观指南针。”指南针又称罗盘,古代人们将罗盘的360度分成24等分,每15度是一向,叫正针,两正针之间的夹缝也是一向,叫缝针。因此罗盘上有48个方位。人们把航线称作针路,根据它绘制的航海图或记载航路的书称针经、针谱或针簿。船上乘员已出现了专业分工,负责导航的船员称为舟师,或火长,放置罗盘的地方称作针房。

航海图的出现可能是在北宋时。北宋徐兢的《宣和奉使高丽图经》提到“谨列夫神舟所经岛洲苦屿而为之图”。现存有关针路的著作和航海图大都是明清以来的,其中著名的有《郑和航海图》、《两种海道针经》等,这些针经和航海图详细记录了我国当时通往东北亚、东南亚、印度洋以及东北非洲的航线,十六世纪初期在东南亚航行的葡萄牙海船主要使用的就是这些航海史料。指南针和地图运用于航海是地文导航技术的历史性进步。

四、过洋牵星术——古代天文导航技术的杰出成就

夜间定向价值最大的星体是北斗星和北极星,它们很早便为人们用作夜航定位。西汉《淮南子·人间训》:“夫乘舟而惑者,不知东西,见斗极则悟矣。”秦汉之际中国的天文学已经取得了很大的成就,据《汉书·艺文志》记载涉及海上占星的图籍有一三六卷,在各类与

自然科学有关的书籍中占了相当的比重,其中《海中二十八宿国分》、《海中星占验》、《海中日月彗虹杂占》是代表性著作。但是直到明代以前用于天文导航的图籍一直局限在定性的描述上。郑和下西洋的《过洋牵星图》以众多的星宿定位数据和不同海区天体高度变化的科学描述,使中国古代天文导航技术达到了新的水平,为世界航海史作出了卓越的贡献。

古代将天文导航称之过洋牵星,它可以定量确定大海中航行的船舶所在的地理纬度,包含观测方向和方位两个部分,融入了天文学和数学两个学科的相关知识。

牵星术所用的主要设备是牵星板,牵星板用12块由小到大的正方形乌木木板制成,自最小的木板边长一指(约合今2厘米)起,以下以每块边长二指递增,最大的木板边长十二指。另有一块象牙板,长2寸(约合今6厘米),四角刻有缺口,缺口边长各为半指、一角(约1/4指)、二角、三角。使用时左手握牵星板,手臂伸直,手拿牵星板,眼望板的上下边缘,如果板的上缘正好对准被测星体,下边缘正好与海平面相切,则此板的“指”数即为被测星体的高度^①。此观测和计算方法可能与战国时期的《巫咸占》中关于金星和月亮间角距“容五指”的测量方法有关。

郑和《过洋牵星图》共4幅,适用于不同的海区:

(1) 古里往忽鲁谟斯(今印度西岸卡利卡特至伊朗霍尔木兹)过洋牵星图。

此航路横穿阿拉伯海,导航提示:“指过洋,看北辰星十一指,灯笼骨星四指半,看东边织女星七指为母,看西南布司星九指,看西北布司星十一指,丁把把昔(今印度丹迪港)开到忽鲁谟斯,看北辰星十四指。”航路的走向为东南至西北,纬度渐次升高,因此,北辰星越来

^① 明·李诩,《戒庵老人漫笔》卷一,引自《说郛》,上海古籍出版社版。

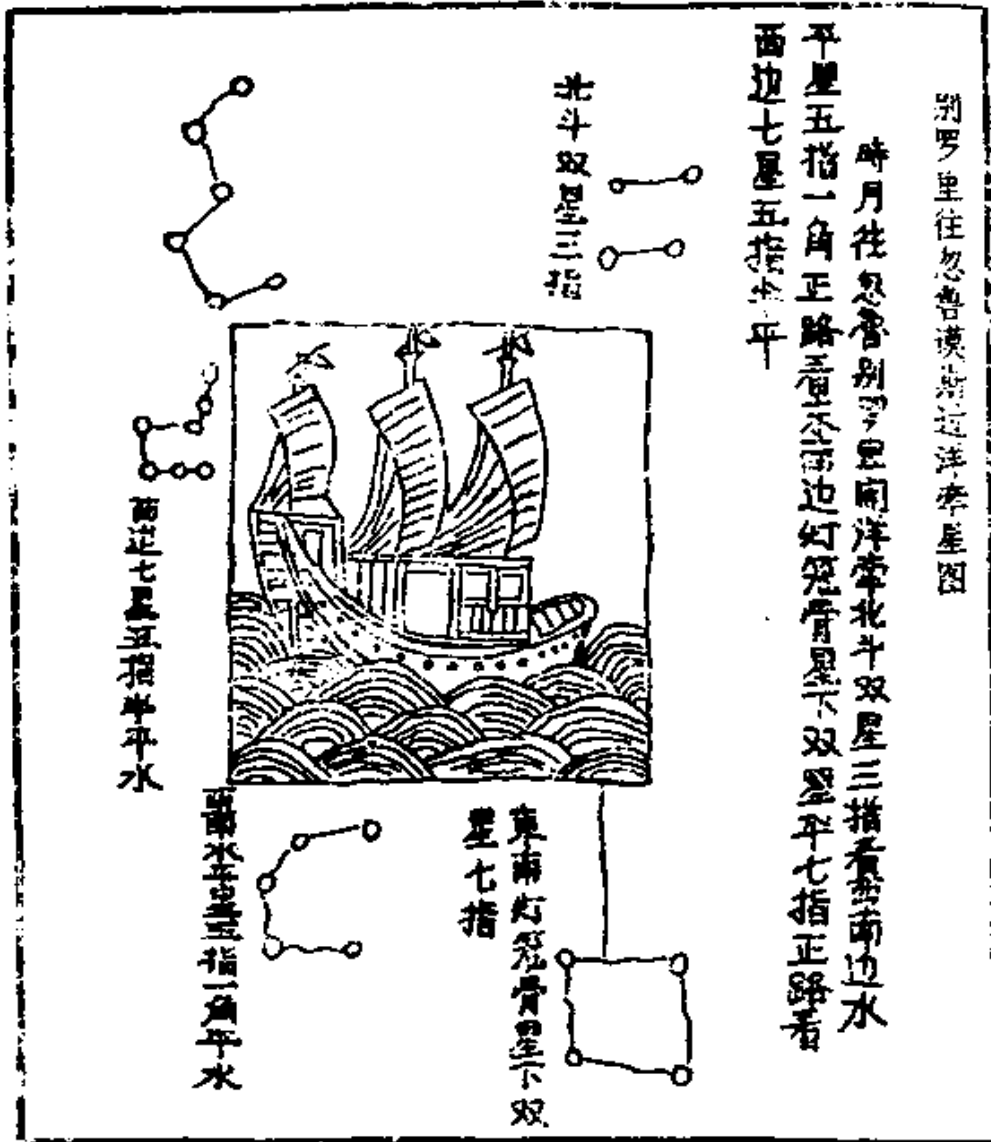


图 8-6 明《武备志》中的过洋牵星图

越高,灯笼骨星则越来越低。航海者依据所提示星种的高度变化,便可驶向目的地。

(2) 锡兰山回苏门答刺(今斯里兰卡至苏门答腊岛的萨马郎加)过洋牵星图。

此航路走向由西向东,基本在同一纬度上航行。导航提示:“时月正,回南巫里洋,牵华盖星八指,北辰星一指,灯笼骨星十四指半,南斗双星十五指,西北布司星四指为母,东北织女星十一指平儿山。”各星辰指数大体无变化,以多星定位,使航行精度更为提高。

(3) 龙蜒屿往锡兰(今苏门答腊岛龙多至斯里兰卡)过洋牵星图。

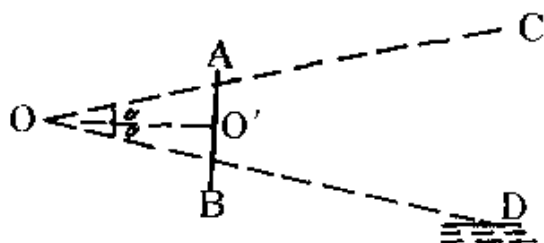
此航路横渡孟加拉湾。导航提示：“看东西南北、高低远近四面星，收锡兰山。时月往忽鲁(谟斯)别罗里开洋，牵北斗双星三指，看西南边水平星五指一角，正路；看东南边灯笼骨星下双星平七指，正路；看西边七星五指半平。”航路纬度无变化，牵星高度一致。

(4) 忽鲁谟斯回古里国过洋牵星图。

此航路与第一幅过洋牵星图走向相反，由西北驶向东南。导航提示：“忽鲁谟斯回来，沙姑马开洋，看北辰星十一指，看东边织女星七指为母，看西南布司星八指。平丁得把昔，看北辰星七指，看东边织女星七指为母，看西北布司星八指。”

除导航提示外，过洋牵星图的每幅图还包括星图和观星数据，指出“指”的基准，是以“平水”(海平面)始。过洋牵星图上出现的星体有 10 多种，其中北辰星(小熊座 α)、华盖星(小熊座 β 、 γ)、灯笼骨星(南十字座)、织女星(天琴座 α)应用最多。北辰星恒定居北，出水高度相当于观测点纬度，被经常用于航行定向和确定南北船位。当船舶在北纬 6° 以南的水域航行时，因北辰星出水较低，不易观测，多取华盖星测之。灯笼骨星与北辰星有指数之和等于 15 指半的关系，当航行于南半球水域时，多用灯笼骨星定向。

过洋牵星术是中国古代天文学、数学应用于航海的典范，也是宋



AB、牵星板边长，以 2 厘米为例；

OO' 手臂长，约 60 厘米；

O 眼观测点；

C 被测星体；

D 水天交线；

据此观测方法，可知， $\text{tg}\alpha = \frac{O'A}{OO'} = \frac{1}{60}$
 $= 0.0166$

则： $\alpha = 0.95^\circ$ $2\alpha = 1.9^\circ$

图 8-7 牵星术测量天体高度原理示意图

元以来天文导航的科学总结。它标志着远洋航海多点纵横交叉航路网络的完善,中国远洋航海事业进入发展的顶峰。

第三节 海港的发展与航海图籍的成就

随着海运的兴起,在船舶起运和卸货的停泊地出现了码头,由码头发展成港口,成为水陆交通交汇的枢纽。便利的交通条件使港埠成为商业活跃、经济繁荣的市镇。唐代在沿海已经有许多具有相当规模的港口和繁华的城市以及从事航海贸易的人口,管理航海贸易和港口的机构相应开始设立。到了宋代,港口的管理进一步完善和加强。管理航海贸易和港口的机构,在清代以前称市舶司,行政长官为市舶使,清康熙改称海关,这种称谓延至今日。

一、航海业发展的重要标志——港口的兴起

海运与陆运的发展使港口应运而生。中国的海港主要兴起于唐宋时期,自北而南历史上重要的海港或港埠如下:

(一) 直沽港(今天津港)

位于渤海湾海河入海口,每年只有12月至次年2月结冰期。隋唐时直沽港成为中原向辽东运兵的陆运和海运重要的中转站,有军粮城码头和仓库。辽金时一度衰落,元代漕行海运,直沽港始有大规模的发展,海运漕粮的船只可以溯海河直上至三岔口的军粮城停泊卸货。明清由京杭运河转运的漕粮也在这里汇集,直沽的地位益加重要。1860年天津开埠为通商口岸后,始称天津港,逐渐成为北方第一大港。

(二) 登州港

在今山东蓬莱境内,秦汉以来便成为北方的重要港口,由海路北

上可至直沽进入华北,或转而东北至辽东半岛;向南可至楚州,南入长江口;东南行可出渤海进入黄海海域,或东至朝鲜半岛和日本列岛。

(三) 密州港

濒临黄海,位于胶州湾北岸,是东南沿海与北方内地货物的中转口岸,有海路通高丽、日本。秦汉之际密州港成为北方的重要港口。元丰三年(1088年),在密州板桥镇置市舶司,其时“自来广南、福建、淮浙商旅乘海船贩到香药诸杂税物,乃至京东、河北、河南、河东等路客般见钱、丝、绵、绫、绢,往来交易,买卖极为繁盛”(《续资治通鉴长编》卷四〇九)。宋代密州港依旧兴盛,是河运与海运的中转枢纽,这里“以舟浮其货而中分之,自淮转海,达于胶西”(《宋史·李全传》)。

(四) 华亭港(又名青龙港、今上海港)

北宋政和三年(1113年),设华亭市舶务,两浙路市舶司,港埠的地位开始确立。宣和元年(1119年)开浚青龙江,使船只便于出入吴淞江,自此华亭港“蕃商船舶辐辏住泊”(《宋会要辑稿·职官》)。华亭港是南去浙、闽、广,北往胶州半岛的海上交通枢纽,来往日本的商船多泊于此。金元时华亭港一度衰落,明清以来漕行海运,闽广的漕船,多经由华亭,凭借江海水陆优势,发展成为东方大港。

(五) 刘家港

在今江苏太仓,地处长江口,因元代漕行海运而繁荣。顺长江而下的漕船在这里汇集,然后按纲由海路北上。刘家港还是出入外海的主要贸易港口,郑和下西洋的船队以此为始发港。明代刘家港非常兴盛,“海外诸蕃,因得以在此交易市场,是以四关居民,间阎相接;粮艘海舶,蛮商夷贾,辐辏而云集。当时谓之六国码头”(《(弘治)太仓州志》卷九)。刘家港在航海通商的重要地位直到清代才让位给华亭港。

(六) 杭州港及澉浦港(今浙江海盐)

位于杭州钱塘江口,北宋和元代设杭州市舶司。澉浦在海盐南,

是杭州湾的外港,宋元两代设澉浦市舶司。澉浦港的水文条件优于杭州内港,船只多舶澉浦,元人称这里“远涉诸蕃,近通福广,商贾往来,冲要之地”(《元典章·造作》)。

(七) 庆元港(又名明州港,今宁波港)

位于东海岸,唐代已成为南方兴盛的航海通商口岸,宋元设两浙市舶司于此,与当时的广州、泉州同为三大港。庆元港是外通高丽、倭和诸蕃的主要商港,宋代码头设施已经非常完善,主要有来远亭码头(后名来安)、江夏码头、甬东司码头等。据南宋《宝庆四明志》和元代《至正四明志》记载,诸蕃运至该港的舶货宋有 160 多种,元代有 220 多种。

(八) 温州港

在瓯江的入海口,宋元都曾设过市舶机构,但为期较短。历史上温州港主要作为庆元港的附属港口,出入日本、南太平洋各国的船舶多停泊这里。

(九) 福州港

位于闽江入海口,福州港在宋代是泉州港的附属港,闽安镇设有把港及钟门巡检一员,专管船只停泊。福州港的航海贸易繁荣,元代意大利人马可波罗游历福州,曾记载当时出入港口的外船中有来自印度的货船。

(十) 泉州港(刺桐港)

在晋江下游泉州湾内。南梁时泉州港已很繁华,唐代成为重要的外港,是古代中国与阿拉伯和欧洲各国通商的主要口岸。宋元祐二年(1087年),泉州设市舶司,与两浙、广南并称三路市舶司。南宋时一度出入泉州港的航海贸易超过广州港,各种市舶收益高达近百万缗,约占当时国库总收入的 1/50。泉州港的主要泊船港有后渚港、法石港、石井港、围头澳港。元末泉州遭到战乱兵祸,明代实行海禁,泉州港从此衰落。

(十一) 广州港

位于珠江口,濒临南海,广州港兴于秦汉,至唐代又获极大的发展,始设市舶机构。唐中期时每年进入广州的海船有4000多艘(《旧唐书·李勉传》)。宋元广州港是与泉州港并列的大港,“外国香货及海南客旅所聚”^①。当时的广州、泉州及两浙三市舶司中广州港的市舶收入经常居于首位。自宋以来广州港一直维持东方第一大港的兴盛。出入广州港的多是往来于南亚、西亚的船舶。

广州港是河海港,港湾汊澳密布,适宜停泊。主要的码头有西澳、东澳、大通港、琶州港、扶胥港等。

二、从市舶司到海关——港口管理的起源与演进

港埠是商品流通量大、经济繁荣的所在,国家实施对港口和海运的管理,对往来的进出口贸易征收关税,给国家的财政带来了好处。类似于今海关职能的市舶司在唐代出现,以后各代相沿,直到清代才改称海关。

唐代开始设置市舶司的年代不详,至迟在开元初已有了这一港口管理机构。《唐会要·御史台下》:“开元二年(714年)十二月,岭南市舶司右威卫中郎将周庆立,与波斯僧等广造奇器异巧以进。”

宋代航海贸易兴盛,中外海船出入口岸的船只超过前代,设市舶司的港埠大为增加,先后在广州、杭州、明州、泉州、密州等大港所在地设市舶司,在规模稍小的港埠设务或场,如北宋政和七年(1117年)华亭县设市舶务,南宋在澈浦设市舶场。元代设置市舶司的港埠不少于宋,明中期至清前期实行海禁,市舶机构大多裁去,但是仍保

^① 《续资治通鉴长编》卷三一〇。海港沿革详见孙光圻《中国古代航海史》第七章,海洋出版社1989年版。

留了厦门、广州等处。康熙三十年(1685年)开放海禁,并开广州、漳州、宁波、云台山四口岸,设置了粤海关、闽海关、浙海关和江海关。

唐代市舶司的职能主要是:(1)征收船舶停泊税。“凡蕃舶之至泊步,有下碇之税”;(2)检查货物。船只停妥,官员登船检查货物;(3)收市。代表朝廷收购奇珍异物;(4)接受进奉。接受船主或外船所在国给朝廷或地方官吏的贡品或礼品;(5)征收商品税。在港埠开市,凡在市上经销舶来货物者,要交纳税额(《全唐文》卷七五《文宗大和八年上谕》)。

市舶使是市舶司的最高行政长官。唐时有驻守当地的武官充任,在节度使的管辖之下(《柳河东集》卷二六)。市舶使有佐官押蕃舶使。宋元由转运使提举市舶司“掌蕃货、海舶、征榷、贸易之事”(《宋史·职官志》),长官称提举市舶。明代市舶官吏为专官,品位较低,市舶提举仅从五品,副使为六品。

三、市舶条例——古代海关法规制度

宋代港口的管理已经相当完善,法规制度相继建立。神宗元丰三年(1080年)颁布“广州市舶条例”,并昭令各市舶司执行,史称“元丰法”(《元史·食货志》)。主要内容如下:

1. 进出港船舶和货物的申报制度和处罚法规

船商出海首先向官府申请,由市舶司签发“公凭”。且规定广州市舶司发南蕃舶(即往来南洋船只),明州市舶司发日本、高丽舶,否则“以违制论”,此规定元丰八年改,各市舶司都可以签发船只出入港的凭据。

2. 抽解、禁榷和博买(即进口货物征收关税和专买专卖)的规定

抽解或抽分,是国家对进口货物征收的实物关税。“大抵海舶至,十先征其一”。凡进口货物未经抽解,货物充公,人员治罪。

宋太平兴国时(976—984年),定禁榷的物品有珠贝、玳瑁、犀牙、龟皮、珊瑚、玛瑙、乳香等,后又有增加。凡禁榷之物,私下交易者,“计直满百钱以上论罪,十五贯以下黥面,流海岛,过此送阙下”。进口的禁榷物品一律由政府收购,是为博买。对违反抽解、禁榷和博买条例者,处罚是相当严厉的。

3. 严禁官员参与航海贸易制度

进口货物的交易获利甚丰,官员权贵以权经营,对国家税收危害最大,元丰法对此规定非常严厉。“市舶司监官及知州、通判等,今后不得收买蕃商杂货及违禁物色,如违当重置之法”,“如或不悛,则以赃论”。

南宋时进一步修订完善“元丰法”,增加了禁榷货物和对市舶司官吏的约束条款。

元代沿袭宋法,至元三十年(1293年),在“元丰法”的基础上制订“整治市舶司勾当”。延祐元年(1314年)再次修改。元代市舶法增加了对货物出港的限制,规定“金、银、铜、铁货,男子、妇女人口,并不许下海私贩诸蕃”。延祐时(1314—1320年)又增加了丝绵、缎匹、销金、绫罗、米粮、军器等。(《元史·食货志》)元代征收实物关税初与宋代相同,后增加了一倍,但是取消了禁榷和博买,对船主和经营海上贸易的商人免征杂税。

明代正统、景泰、天顺、成化、弘治、正德六朝(1436—1521年)实行海禁极严,主要禁止中国与日本之间的航海和通商,而对西洋各国较为宽松。明代有“勘合贸易”,对中外海船的航期、船数、停泊港口、货物限制有严格的条款,民间海船实施“引票”,规定船只放洋必须交纳船引,没有船引出海者一律为非法。对船引的发放控制严格,隆庆时(1567—1572年)才发50张,万历时也仅达100张。

清代直到康熙中期一直实行严格海禁政策。“如有打造双桅五百石以上违式船只出海者,不论官兵民人,俱发边卫充军。该管文武官

员及地方甲长同谋打造者,徒三年。明知打造不举首者,官革职,兵民杖一百。”(《大清会典事例》)康熙二十四年(1685年),开放海禁,规定漳州、宁波、云台山和广州为对外贸易码头。这时中国的航海船只已经大量减少,经营航海贸易多是外国船只。乾隆二十三年(1758年),因为外国船只不遵守海关管辖,取消了漳州、宁波、云台山三个通商口岸,只许广州港收舶外船。这种闭关政策一直到道光二十二年(1842年)《中英南京条约》签订,中国的口岸被外国人强行打开,十九世纪六十年代在沿海城市相继建立14处海关。海关名义上由中国政府建立和管辖,但是实际的操纵完全掌握在外国人手中。

四、航海图籍——航海科学技术的总结

《汉书·地理志》最早系统介绍了南海与印度洋之间的通航水道。从此历代编纂的正史中,地理志基本都收入了外域的自然和人文地理的内容。三国两晋时出现了有关航海的专门著述。唐宋以来航海事业的兴盛更带来了有关海洋地理、航海技术、航海贸易图籍的大量涌现。这一时期的航海图籍已经涉及到了中国南海、太平洋和印度洋沿海各国,到了元、明、清三代仍有大量的著作问世。航海图籍不仅是航海科学技术的总结,更是人类古代文明的重要遗产。

(一) 海洋地理、人文地理著述

《法显传》,又名《佛国记》、《佛游天竺记》等,东晋末年僧人法显(约342—423年)著,全书一卷,约9500余字,成书于义熙十二年(416年)。法显平阴郡武阳(今山西襄垣)人,俗姓龚。隆安三年(399年),法显及其弟子一行5人西行取经,去时由丝绸之路陆路至摩竭提国首都巴连弗邑(今印度巴特那),在天竺各国游历14年,到过34个国家和地区。法显由海路返回又历时3年。归国后法显以游历各国的经历写下了此书。《法显传》着重描述了西太平洋和北印度洋海

洋地理和南亚、西亚各国的风土人情、佛教寺庙,也涉及了航海技术、气象等内容。《法显传》收入《大藏经》、《学津讨原》等丛书,目前通行的版本有1955年文学古籍出版社的影印思溪藏本。

宋元有关航海的著述甚丰,其中南宋周去非的《岭外代答》,元代汪大渊的《岛夷志略》学术价值较高。周去非,字直夫,淳熙时(1174—1189年)官至桂林通判,隐居后为答问岭南事而作。《岭外代答》共十卷,20门。其中卷二《海外诸藩国》、卷三《航海外夷》涉及南海诸国、大秦国、木兰皮国等。《永乐大典》收入此书,目前《知不足斋》、《笔记小说大观》等丛书本较为流行。《岛夷志略》汪大渊(约1311—?)著,一卷100条。汪大渊南昌人,曾两次随商船浮海历游10国,据见闻而著此书。《岛夷志略》于南洋群岛和印度洋沿岸国家及港口记载最详,也涉及今东非海岸地区。

古代海洋地理图籍中成书于明代的著作占有相当的比例。曾在郑和第四、六、七次航海西洋时担任通译的马欢根据他航行的经历编撰了《瀛涯胜览》,这是研究郑和下西洋,以及十五世纪南海和印度洋海洋及海岸地理、航海的重要文献。是书完成于景泰二年(1451年),一卷。目前1955年中华书局重印本《瀛涯胜览校注》较为流行。这一时期较有学术价值的著作还有费信的《星槎胜览》、巩珍的《西洋蕃国志》、黄省增的《西洋朝贡典录》、张燮的《东西洋考》等。清代这类著述较少,对后世有影响的著作有《海国闻见录》,成书于清雍正八年(1730年),陈伦炯著。

(二) 航海科技专著

中国天文导航有悠久的历史,汉代航海导航的占星图籍已有相当的数量。据《汉书·艺文志》的记载,主要有《海中星占验》十二卷、《海中五星经杂事》十二卷、《海中五星顺逆》二十八卷、《海中二十八宿国分》二十八卷、《海中二十八宿臣分》二十八卷、《海中日月彗虹杂占》十八卷。

唐代的《海涛志》(又名《海峤志》)是世界最早海洋潮汐理论的著述之一。作者窦叔蒙,浙江人,生卒不详,大历时(766—779年)进士。《海涛志》阐述了月亮运转与潮汐的相关关系,计算出了潮汐周期为12小时25分14.02秒,与现代计算结果极为接近(《中国古代航海史》第2章)。

明代在航海图的绘制方面成就较大,许多涉及航海的史籍都收入了海图,而集大成者应是郑和航海图,收入(明)茅元仪《武备志》。《渡海方程》成书于明嘉靖十六年(1537年),作者吴朴。后人论其书:“南自太仓刘家河开洋,至某若干里,皆以山为标准。海中山甚多,皆有名,并图其形,山下可泊舟,或不可泊,皆详备。每至一国,则云此国与中国某地方相对,可于此置都护府以制之。直至云南之外,忽鲁漠斯国而止,凡四万余里。”(《碧里杂存》)《渡海方程》对后来航海图籍的编撰有较大的影响。

较为著名的有关航海天文、地文和气象观测的专书还有《两种海道针经》。《两种海道针经》系《顺风相送》和《指南正法》两部组成,成书于十六世纪至十八世纪之间^①。此书较流行的版本有今人向达校注标点本。清代魏源的《海国图志·筹海编》、方炳的《广治平略·海防篇》等图籍都大量引用了此书。

(三) 船舶类专书

《漕船志》是明代纪船舶的专门志书,共八卷,席书纂修,后朱家相增订。收入玄览堂丛书。造船技术性专著中成就较大的应推沈啓(1491—1568年)的《南船纪》,《南船纪》共四卷,第一卷载各种类型船只的图式、用料;第二卷记载漕运各军卫额定船只的数量、修造规定的沿革;第三卷有关船厂设置、主管部门和官吏、工匠史料;第四卷记载对造船工料、船厂出丞船只验收等规章制度。目前仅北京图书馆

^① 张崇根:《关于“两种海道针经”的著作年代》,《中外关系史论丛》第一辑,1985年。

存有其后人沈守义刻本一部。

第四节 古代船舶制造

“剡木为舟，剡木为楫”(《易经·系辞》)，肇始于远古的独木舟揭开了人类制造船舶的历史，由独木舟到往来于河川大江的木船，到行驶于太平洋、印度洋的各类海船，中国古代船舶发展在造船史上据有辉煌的历程，为世界的船舶工程技术作出卓越的贡献。

中国人造船源于何时？近年浙江余姚渡出土的独木舟表明至少有七千多年的历史。春秋战国时期造船业已经具有一定规模，当时越国的水军设有专门的造船厂——船宫，汉代由国家设置的大型造船工场可以造出各类战船、官船和海船。至唐以来，在濒江沿海地区和运河沿岸逐渐形成了世代以造船为业的船厂。制造漕船、官船和贡船的船厂大多为官营，工匠分工细致，工料来源由政府组织。

最早的船应是木板船，称“三板”(或作“三版”)，今呼之“舢舨”。它用一块底板和两块舷板组合而成。后来出现了舫船，即将两只船并在一起，或中间留有一定的间隔。《史记·张仪传》：“秦西有巴蜀，大船积粟，起于汶山，浮江已下，至楚三千余里。舫船载卒，一舫载五十人与三月之食，下水而浮，一日行三百余里。里数虽多，然而不费牛马之力，不至十日而据捍关。”今之双体船保留了舫船的船体结构，即两舱大甲板和建于两船之上的上层建筑。汉代较大船舶开始采用横梁和隔舱板，以增加船体的整体抗冲性能。至迟在宋元时，大型海船开始装有龙骨，船底由平底演变到圆底、尖底，且多桅帆船出现。总之数千年来，由于河流自然条件的差异，船舶驱动力的不同运用，以及船只用途的区别而演化出各种类型的船只。

中国的古船按动力来分,有以风能为主要动力的帆船、以人力驱动的桨(或篙)船,轮桨船。按船只的地域特点分,有适应于运河和分布于渤海近海的沙船、用于南方江河和分布于东海、南海水域的福船和广船。按功能分,有用于捕鱼的渔船、运输的客货船、水战的战舰。

一、沙船、福船和广船——古代最有代表性的三种船型

中国古代的船舶种类和名目繁多,但是从船首和船底的形状来分,主要有两种即尖首和方首;尖底和平底。船的平面形状,有人对东西方古船船型比较,发现中国古船平面船型基本特征是船的平面最宽处在中部靠后的地方,而西方在中部靠前处。这种船型的差异,西方人的解释是:西方人按照鱼的外形来造船,中国人则根据蹼足水鸟游水的形态设计船。经过漫长的历史演变,形成了以方头、平底为代表船型的沙船;以尖首、尖底为代表船型的福船和广船。

(一) 沙 船

沙船又名“方艚”,船形方首方尾,甲板宽敞,船体深小,干舷低,尾部出艚。它能够驶过浅滩,靠近沙洲停泊,往来于淤沙之上。

沙船是中国优良的船型之一:因为吃水浅,弥补了方头与水面接触大、阻力也大的缺点,快航性也较好;沙船船体粗大,可以设置多桅多帆,使之逆风顶水也能航行,适航性能强;船舷两侧有披水板,梗水木等设备,船的稳定性好;沙船尾部安装升降舵,舵面大,使舵的适应范围大;船舱采用水密隔舱,抗沉性好。沙船性能优秀,适用范围大,货船、海船和军舰多用这种船型。在运河行驶的漕船和内河和近港船只多是这类船只,渤海的近海海船用得最多。

沙船的起源可以上溯到殷商时期的方头、方梢、平底等船种。唐

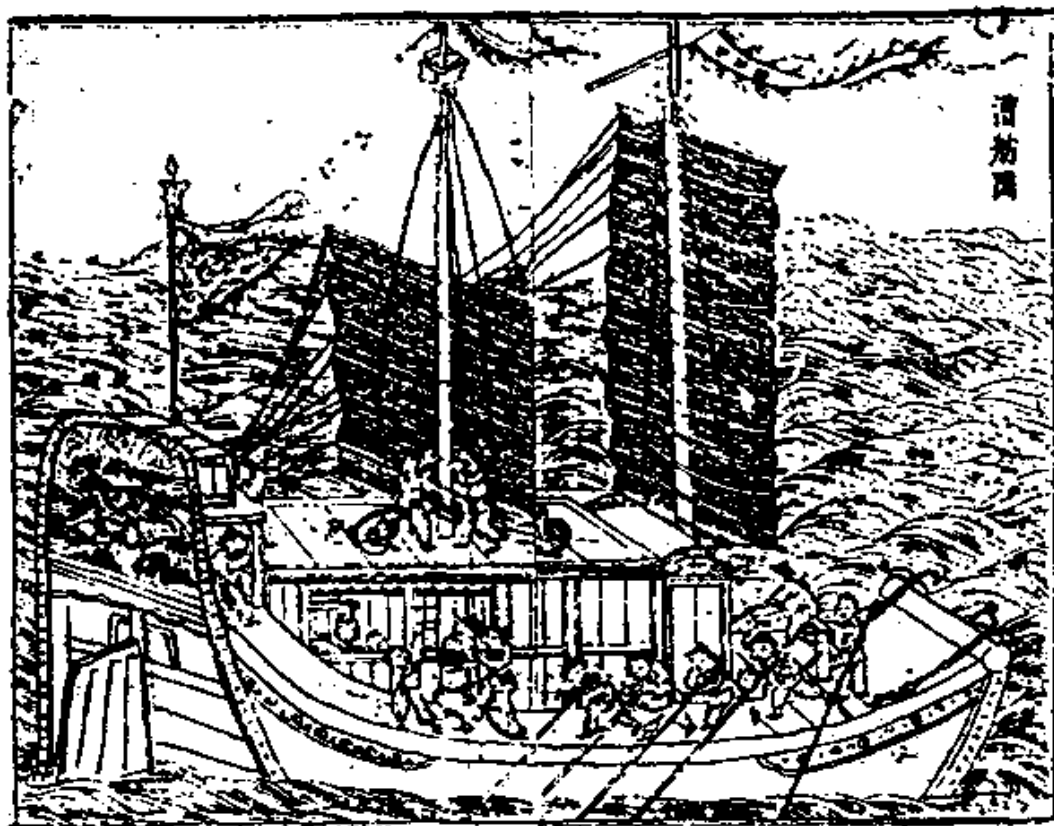


图 8-8 沙船船型的漕船(引自明《漕船志》)

宋时,今江苏一带运用已很普遍,且制作工艺已经定型。宋时称“防沙平底船”,元时称“平底船”,明代通称“沙船”。

著名的郑和宝船便是采用沙船船型,由龙江造船厂(在今南京)和太仓造船厂(在今江苏太仓)制造。宝船中大船长四十四丈(约 150 米),宽十八丈(约 60 米);中船长三十七丈(约 120 米),宽十五丈(约 50 米)。大船有 9 桅,张 12 帆,其他的设施如“篷、帆、锚、舵,非二三百人莫能举动”(《西洋蕃国志》)。在南京出土的宝船舵长达 11.07 米,靠绞车操纵舵的升降。

用于漕运的船大多属沙船船型,用于海运叫遮洋船、用于内河的叫浅船。装载量在 400 料至 100 料之间。明清制造漕船的工场分布在运河沿岸,规模较大的有淮安的清江船厂,临清和济宁船厂等。

（二）福船和广船

这两种船型的突出特征是尖首、尖底,外形高大如楼。区别是福船尾尖上阔,而广船则尾方平衍。福船和广船的船舷有护板,船舱是水密隔舱结构。尖首尖底利于破浪,容易转舵改变航向,且吃水深,稳定性好。福船尤其适宜在狭窄和多礁石的航道行驶。福船和广船船底采用了三段称作龙骨的大木梁,有龙骨的尖底船灵活易于转动,可以避免触礁。

北宋宣和四年(1122年),徐兢出使高丽,乘坐的大型客船“神舟”便是这类船型。据记载神舟“其长十丈余,深三丈,阔二丈五尺,可载二千斛粟。其制皆以全木巨舫,攒叠而成。上平如衡,下侧如刃,贵可以破浪而行也”(《宣和奉使高丽图经》)。1974年泉州湾后渚港出土的一只南宋海船,残长24.2米,残宽9.15米,深1.98米,可见船

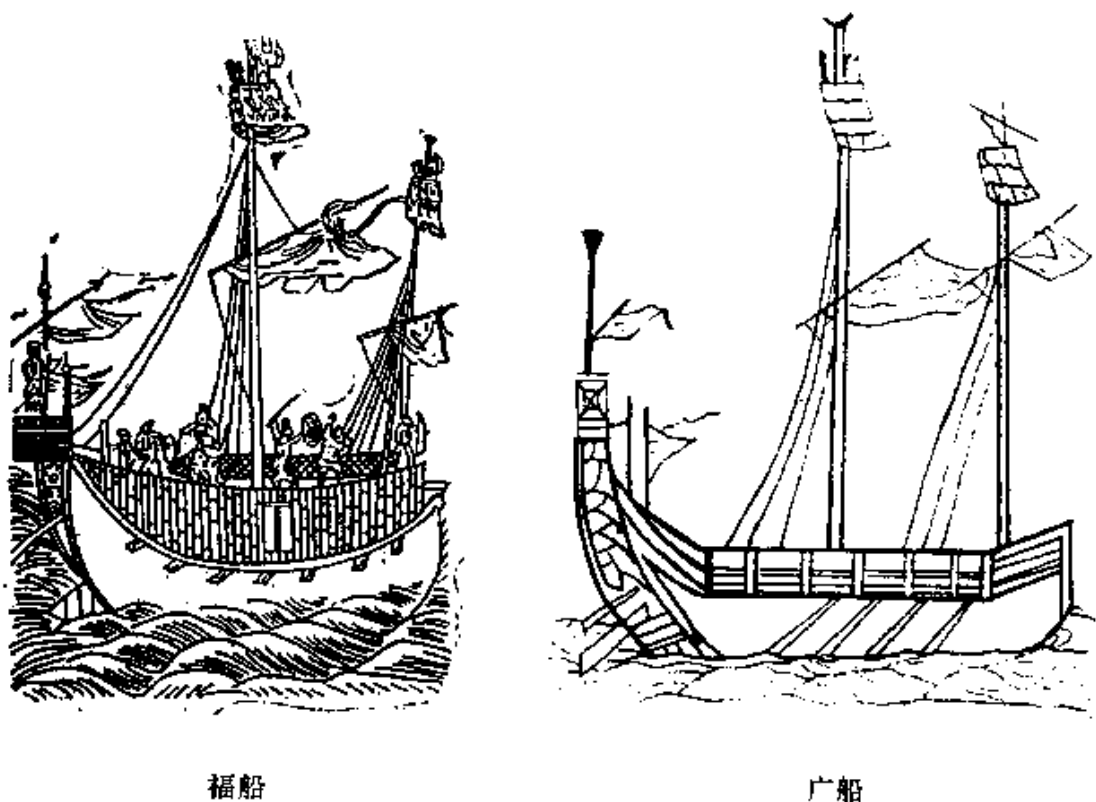


图 8-9 福船和广船

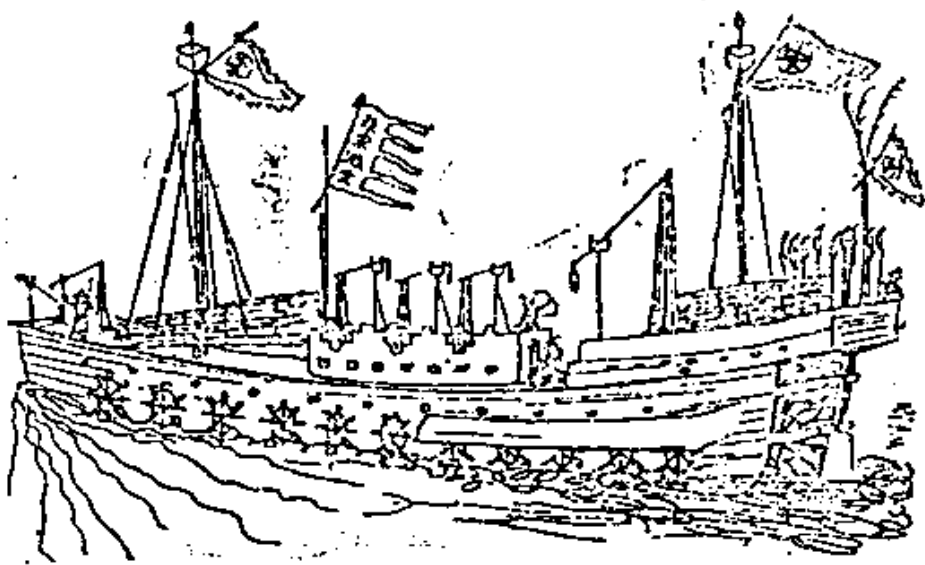
体横剖面扁阔。中央由主龙骨、首龙骨、尾龙骨构成。主龙骨用粗大的方形樟木制造,是船体的中坚骨干。船底呈“V”形,属福船船型。整个底部分成13个水密隔舱,船底板是两重木板,共厚12厘米,船舷是三重木板,共厚18厘米,船有两桅杆。历史记载和出土文物都清楚地表明,福船和广船的制造在宋代已经非常成熟。今流行于福建、广东的民用小船便多是福船船型。

二、古代特种船舶——战舰

战舰是发展最完善的船种,它的船舶设计和建造技术代表了古船发展的水平。轻型战舰船型主要是福船,巨型战舰则多是广船和沙船。从驱动装置来看,以轮桨即水轮、划桨、摇橹和帆为多。

(一) 车船类战舰

车船,又名轮桨船,至迟在晋代已经问世,古代的战舰多采用这种船型。东晋葛洪记载:“屈原投汨罗之日,人并命舟楫之,至今以为竞渡,或以为水车,谓之飞鳧,一曰水马。”(《抱朴子》)唐代轮桨船的



(1) 南宋长江上的战船

构造已有详细的记载：“(李皋)常运心巧思,为战舰,挟二轮蹈之,翔风鼓浪,疾若挂帆席,所造省易而久固。”(《旧唐书·李皋传》)脚踏转动桨轮,航速较划桨船快,又不像帆船受风力大小及风向的限制。



(2) 《防海辑要》中的车船图

图 8-10 古代轮船——车船

宋代是轮桨船发展成熟的时期。轮桨船船型种类丰富,船因水轮的数量而名,如有四轮的“四车船”和有八轮的“八车船”,南宋时建造过 90 轮的车船;还有水轮桨与手划桨并用的车船,如五车十桨船。

大型车船长可达 30 丈,吃水一丈多,可载士兵约 700 人。车船的水轮用木板盖住,外面看不见,踏轮的士兵在舱里操作。船的上层建筑设置弓弩、抛石机撞竿等武器。历史上著名的南宋“采石之战”便是以车船为战舰的水战。绍兴三十一年(1161 年),金帝完颜

亮率大军 40 万攻宋,自采石(今安徽马鞍山)渡长江。宋守军仅 1.8 万人,且主将调离,文臣虞允文挺身而出组织抗金。十一月初,金军几百艘战船强渡长江,宋军以车船迎战。金军战舰船底底阔如箱,行动不便,而宋的车船运转灵活,在江中回转如飞,以霹雳炮轰击,金军大败不得过江。不久金军发生内讧,完颜亮被杀,南宋转危为安。

(二) 楼 船

早在春秋战国时期,水战已经使用战舰。秦汉楼船成为主力舰。秦始皇攻打越国,用楼船组成舰队。汉武帝为征伐闽越,“治楼船,高十余丈,旗帜加其上,甚壮”(《史记·平准书》)。三国两晋南北朝时

楼船在水战中仍然普遍使用。西晋王浚的水军最大的楼船方百二十步(一步为六尺),可以载兵士二千人,船上可以驰马,被称之“舟楫之盛,自古未有”。西晋咸宁六年(280年)王浚率水军7万从四川顺江而下,在长江西陵峡破吴军的水下拦江铁链,直逼吴都建邺。唐代诗人刘禹锡记这次战争:“王浚楼船下益州,金陵王气黯然收。千寻铁锁沉江底,一片降幡出石头。”(《西塞山怀古》)到了宋代楼船在水军中仍有运用,但是已不如从前,战舰逐渐为车船、五牙舰取代。

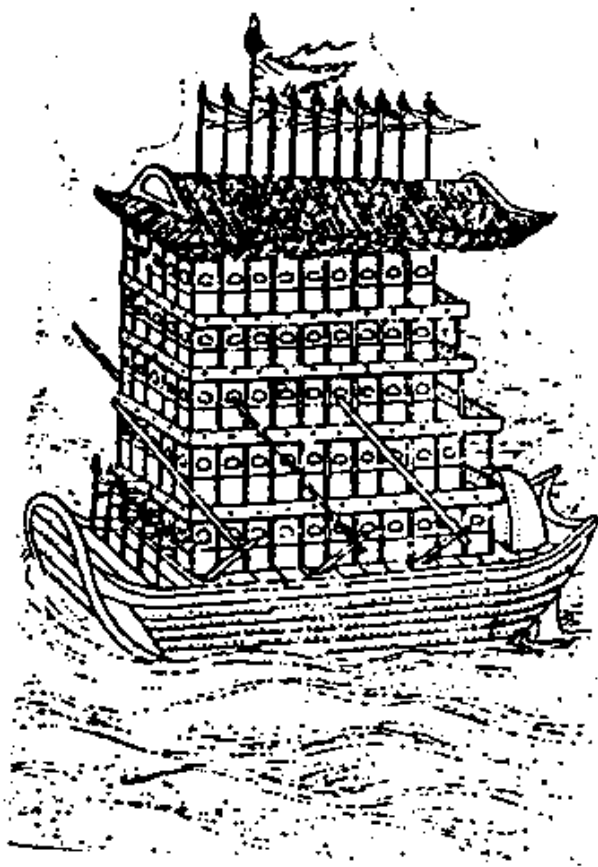
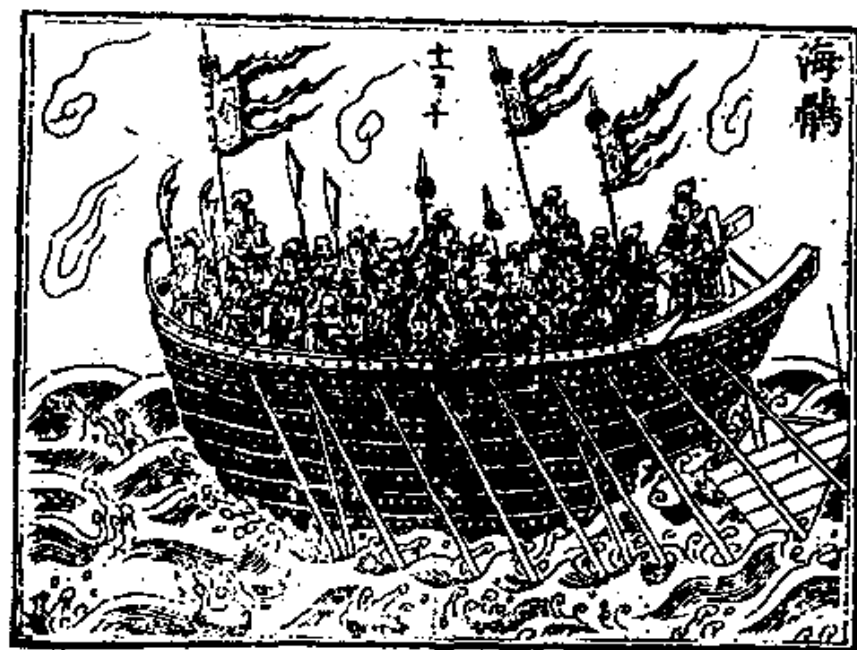
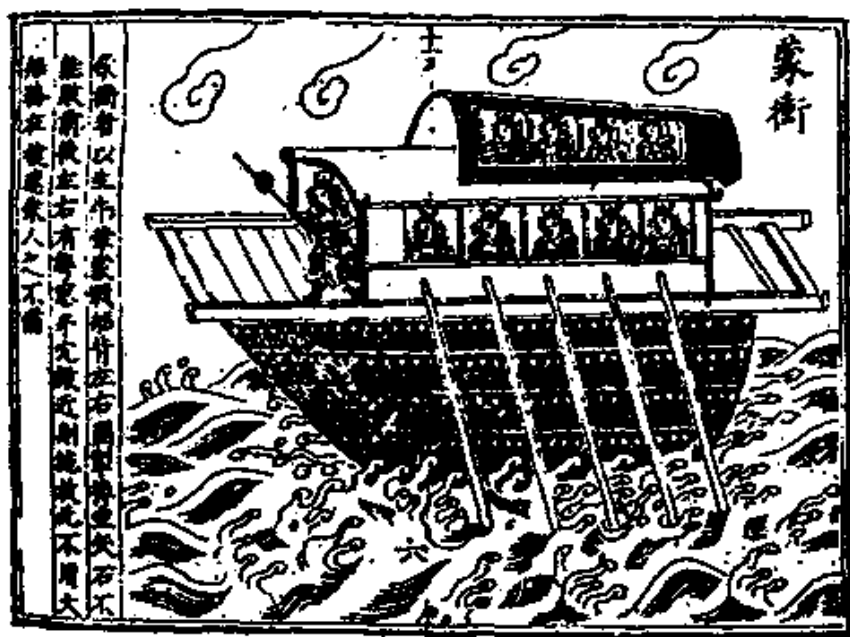


图 8-11 楼 船

楼船的上层建筑高大,层数不等,作战舰的楼船一般是三层。每层都有发射弓弩的窗口和防护的女墙。楼船也是一种比较高级的游船。汉武帝的《秋风辞》“泛楼船兮济汾河,横中流兮扬素波,箫鼓鸣兮发棹歌”表现了当时乘坐楼船泛舟的情景。《后汉书·公孙述传》记用丝帛装饰的“十层赤楼帛兰船”和《太平御览·舟部三》记载的“豫章楼船”都是这类供帝王和达官贵人游乐的大型豪华楼船。

(三) 蒙冲、海鹞、五牙舰

蒙冲是一种主力战舰,它以牛皮蒙船身抗冲撞而得名。蒙冲船舷两侧开有棹孔,桨从棹孔伸出,战士在舱里划桨,可以避免矢石击中;甲板舱室可施弓弩、长矛。蒙冲一般用快船,且多为桨船。蒙冲在汉代开始使用,一直沿用至明清。



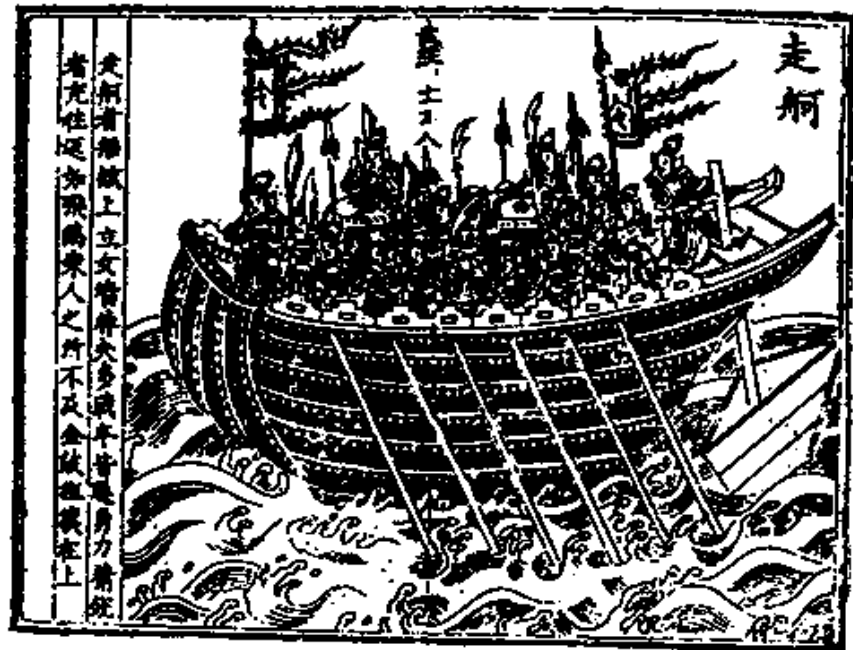
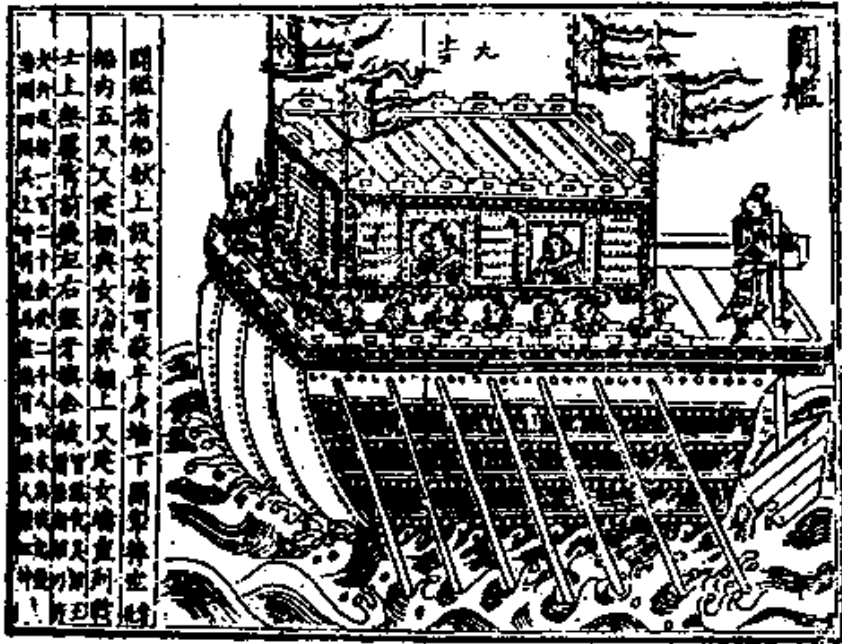


图 8-12 蒙冲、海鹞和五牙舰

海鹞至迟出现在唐代,是一种轻型战船。海鹞外形特征是头低尾高,前大后小似鹞鸟。宋元海鹞有重大改革,在船舷的两侧加装铁板,增强了船只的防护能力,在船首加装铁制铍嘴,用以冲击敌舰。被称作“铁壁铍嘴平面海鹞战船”。长十丈,宽一丈八尺,深八尺五寸,底板阔四尺,分成11个水密隔舱,两边各有橹5支,载重量为1000料,可以载士兵108人,水手42人(《武经总要》)。是一种结构特别坚实、战斗力强的冲击舰。

隋代杨素为讨伐江南陈国陈叔宝在永安(今四川奉节)大造战舰,著名的五牙舰便诞生于此时(《隋书·杨素传》)。五牙舰起楼五层,与楼船不同的是楼层的面积逐层均匀减少,为宝塔形。五牙舰的动力以划桨为主,桨数多至四十几把,配以两只尾橹,舱内划船。五牙舰的主要武器是拍竿,即一种利用杠杆原理制成的抛石机。五牙舰为大型重攻击性船舰。

三、船舶推进与操纵设备的分化和演进

船舶在水流中按照人的意愿航行,甚至逆水行舟,主要依靠推进和操纵设施。最早的船舶推进装置是篙和桨,稍后出现橹。借用自然风推动船只前进,而帆的发明是船舶发展的重要里程碑,在西方工业革命之前风力和人力一直是船舶的主要动力。篙、桨、橹也有引导航向的功用,直到后来舵和拨水板出现,才演化成船舶操纵航向的专门装置。

(一) 篙、桨、橹

篙利用了力的作用和反作用原理,用竹竿或木棒支撑水底和岸边,使船朝推力的反方向前进。为了便于用篙撑船,一般有舱的船只都专门设置了撑篙走廊,形成传统的中国船舶设计的特点。桨也是通过划水的反作用力来推动船只。篙和桨除了推动船只前进外,还用来导引船只航向,一直是船舶中普遍地使用的设施。

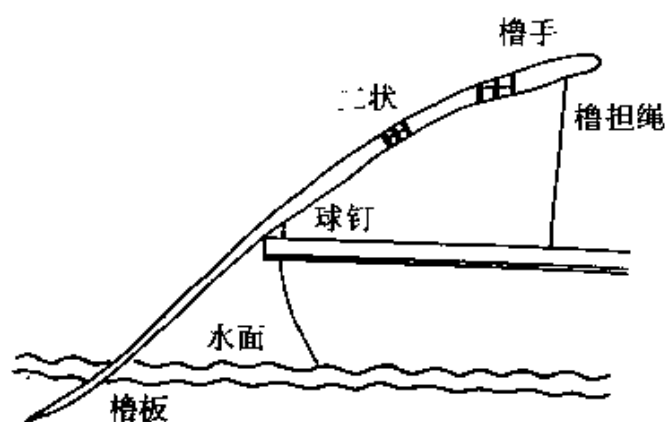


图 8-13 带橹的船及橹的结构示意图

橹的外形类似桨，入水端呈弓形，固定在船尾或船侧。有专家认为橹是由桨演变而来的^①。橹摆动时，船只与水接触的前后产生压力差，形成推力。橹从桨的间歇划水变成连续划水，提高了功效，因此有“一橹三桨”之说。橹巧妙地利用了杠杆原理，只要来回摇动橹担绳索就可以产生推力，避免了用桨划水不断要把桨提出水面的无用劳动，非常轻巧，连老幼和妇女都可以操纵。

在汉代的出土文物中出现了橹。北宋人徐兢的《宣和奉使高丽图经》记载客舟，“每舟十橹，开山入港，随潮过门，皆鸣橹而行”，船工喊着号子，摇橹前进。大型海船的橹有二十余个，有三十几人面对面站出两行摇动。

橹的简单结构、轻巧灵活的操作和高效率，后来引起了西方人的

^① 孙光圻：《中国古代航海史》第四章，海洋出版社 1989 年版。

兴趣,1742年英国人在帆船上装上了一组称之“中国式的摇橹”,1800年出现了有两叶螺旋桨的船舶推进器,它的结构如同摇动中的橹,桨叶跟轴成一角度。橹的发明和运用是中国对世界造船和航行技术的重大贡献。

(二) 帆和驾风调舵使帆技术

东汉刘熙《释名》:“随风张幔曰帆,使舟疾泛泛然也。”有时“篷”字也指船帆。中国古代帆一般是用竹篾编织,或以绳索绑扎竹、藤而成。棉麻织物制作的帆,成本昂贵,多用在官船或豪华的客船上。

最早的船帆方形正装,固定在船桅上。这种装置只能利用顺风,所谓“一帆风顺”。自然风瞬息万变,可以利用的正向风十分有限。于是,出现了船帆的不同装置方式、各种帆形和驾风使帆技术。

平衡式梯形斜帆是中国典型船帆,也是古代一种性能优秀的帆式。平衡式梯形斜帆的特征是用竹条平形横向安置在帆幕上,成为横向的加强材料。竹制横条的两端固定在从横桁向下悬吊的帆幕缘索上,构成一个升降自如的帆架结构。帆幕用绳索编结在帆架上。这种船帆可以整幅折叠,便于收放;也可以在船只行进中部分收叠。桅顶有滑轮与帆索结成有机的整体,升降快速方便。明宋应星《天工开物·舟车》:“调匀和畅顺风,则绝顶张篷,行疾奔马;若风力至,则以次减下;狂甚则只带一两叶而已。”平衡式梯形斜帆的升降自如且操作简便,而古代欧洲和阿拉伯国家的船帆,要么全部张挂,要么全部收起;张收时还要靠人爬上桅杆作业。

中国古代利用侧斜风甚至逆风驾驶帆船也很有特点。当船只在侧斜风向下行驶时,要使船只沿着前进方向航行,只要调整船行方向,使船头方向与风向成一角度,这种调动船头的过程叫“调舵”。当遇到顶头逆风时,通过改变船头方向和调舵,使船走之字形,就可以将逆风变成侧斜风使船前进。此外,风吹船帆时,在帆上还会产生升力,升力太大就会翻船。所以古代海船的船帆成上狭下宽的形状,同

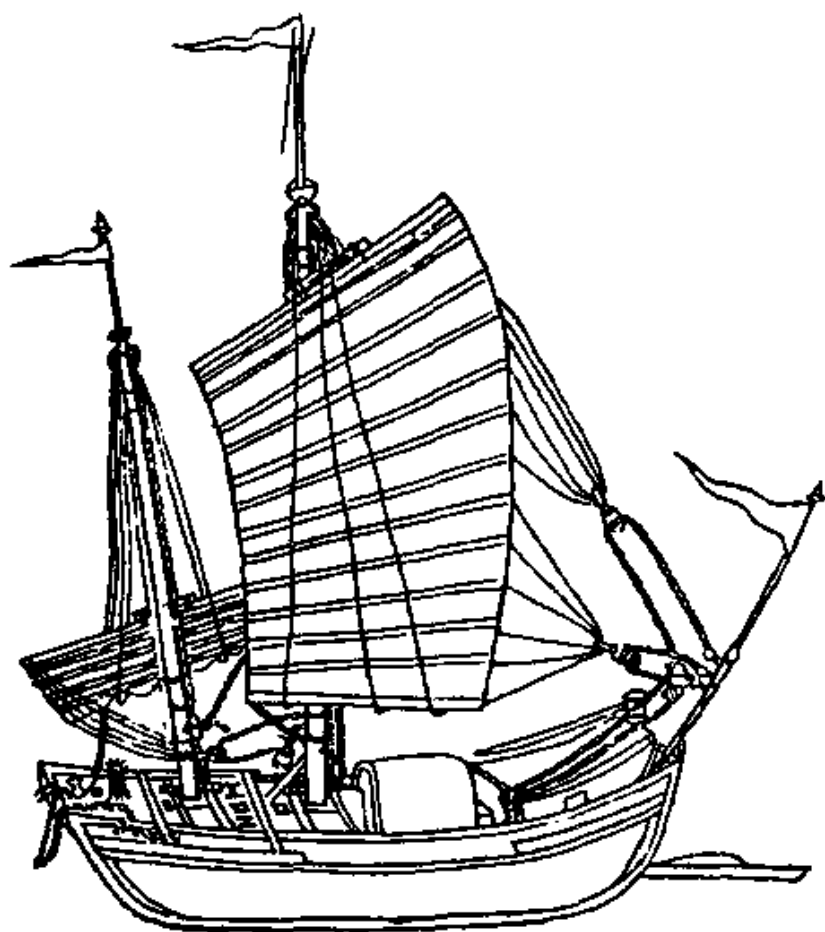


图 8-14 悬挂平衡式梯形斜帆的帆船

时帆的下部加有“篷裙”，有效地降低了风压中心。我国利用风帆的技巧走在世界的前列。十二世纪时，我国海船中除了顶头逆风，其他方向的风力都可以利用。西方的帆船在十六世纪才达到这个水平。

第九章 陆路交通与车舆

关于路,古代有许多有趣的传说。相传春秋战国时秦国为了吞并蜀,采纳张仪的建议,制石牛,以金置于石牛尾,称牛能屎金,献与蜀王。蜀王贪财,令五丁开道,引牛入川,秦军随之,得以灭蜀,这便是川陕之间“金牛道”的由来(《华阳国志》卷三)。路与车是人类文明发展的产物,难以指出它出现的具体年代。西周“井田制”的演进,产生了以都城为中心的道路体系。秦代修筑的直道和驰道,在历史上留下了恢宏的一页,它是统一封建帝国的象征。在汉代以都城长安为中心的辐射状道路体系,织就了东方帝国政治经济的网络,始自中原远及阿拉伯的丝绸之路更是东西方文明交流的纽带。唐代,文成公主远嫁吐蕃,循唐蕃道自长安西行抵吐蕃都城即今拉萨,反映了盛唐时期陆路交通四通八达。元明清时期为了加强边疆的控制,云贵川和辽东地区的道路有较大的发展,为后来许多著名公路如川藏、滇黔等公路的建设奠定了基础。

第一节 道路交通的发展

在人类历史中,当部落出现时,由于部落内部和部落间的联络便

产生了道路。据今人研究,新石器时期各文化遗址间已显示出互为沟通的道路交通^①。《史记·河渠志》记:“禹抑洪水十三年,过家不入门。陆行载车,水行载舟,泥行蹈橇,山行即桥。”反映了夏商时期陆路交通的情况。到了西周时城邑的道路功能逐渐完备,以道路为骨架的都市和邑镇形成并延续至今。

一、周道、长安和北京的都城街道——城镇街道的兴起与完善

《诗·小雅》:“周道如砥,其直如矢。君子所履,小人所视。”这类对使用者严格限制的道路显然只能在周王城附近地区,如砥石平整,如箭矢端正的道路只供贵族使用,平民百姓仅能观看而已。周王城原是周武王迁殷后的遗址,居住在洛水之滨,称东都。周平王时(前770—前720年)迁都于此,时称王城,即今洛阳附近。战国人记载周王城道路的形制“国中九经九纬”(《周礼注疏》),即城的南北和东西各有9条街道和一绕城环道。经纬道路各宽72尺(约合今制16.63米),环道56尺(约合今制12.93米)^②。都城城内道路与城外干道相通,城外道路称之“野涂”,野涂宽40尺(约合今制9.24米)。与野涂相通的是乡村道路。由此道路可分为径、畛、涂、道、路5级。最低级的路是径,路的级别最高,修筑在都城的四周可容纳多辆车并列行驶。至迟出现于西周的这种以街道为骨架的市镇,和以道路将都城和市邑联系起来陆路交通格局,标志着城镇设施趋于完善,陆路交通网络开始形成。

西周有许多称之为“邑”的小市镇。周厉王时(前878—前840

① 史念海:《春秋以前的交通道路》,《中国历史地理论丛》1990年。

② 周尺约为今制0.231米。

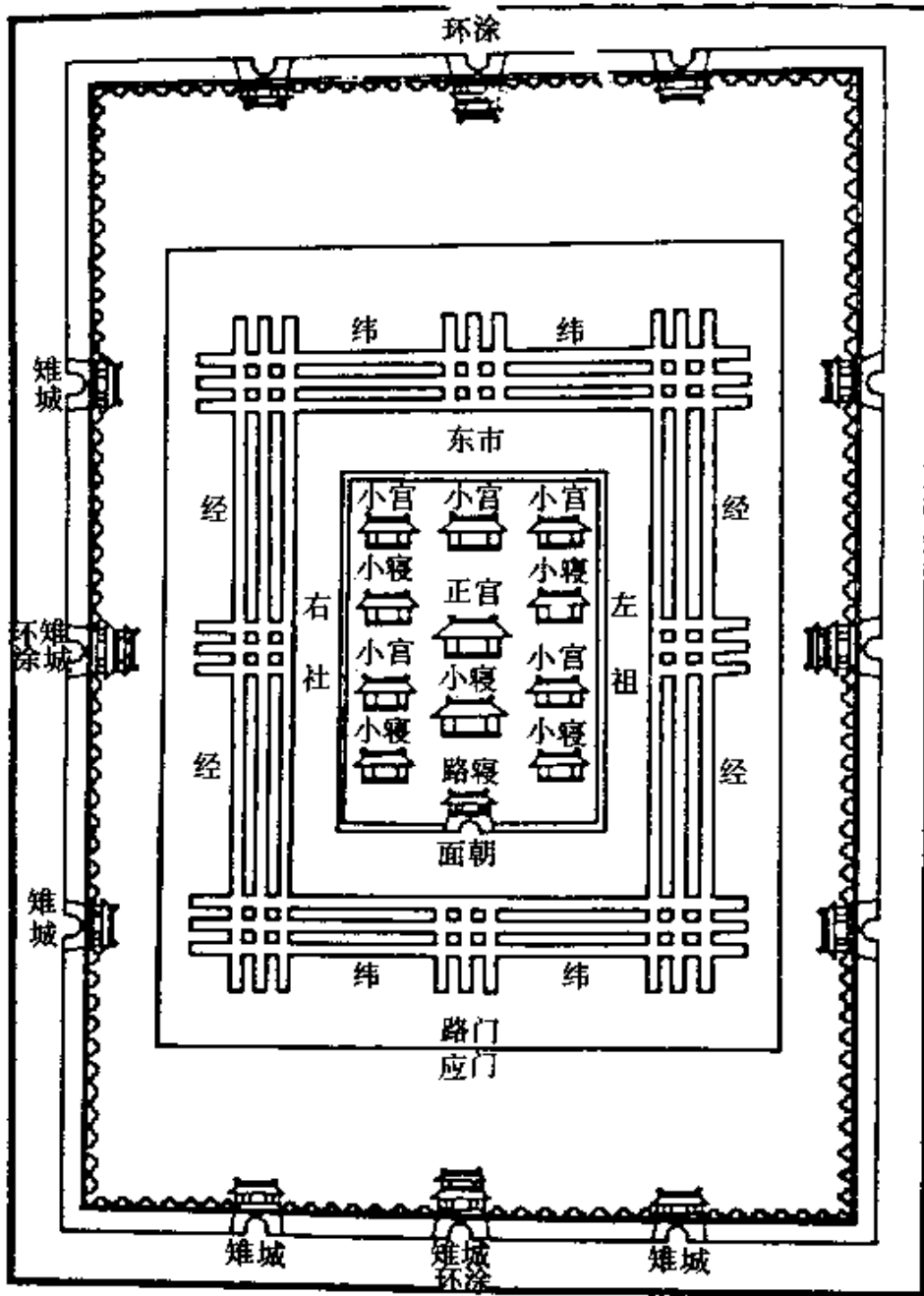


图 9-1 周王城及城内外道路

年)的散氏盘铭文有“封于邗道”、“封于原道”、“封于周道”、“封于眉道”等类似的记载。邗、原、周、眉是邑名,当时封建主以道路为界限来分封土地。各邑都是其势力范围内的政治和经济中心,都城与邑,以及各邑之间有道路沟通。由都城为交通中心的道路布局,随着各诸侯国的强大,逐渐扩散出若干互为沟通的城镇,和具有联系各地地理优

势的区域性交通枢纽。春秋战国时,一个国家交通方便与否和道路管理的优劣成为国力强弱的标志。《国语·周》说陈国“侯不在疆,司空不视”,“川不梁”,“道无列树”,积弱如此,亡国难免。

秦汉以来中国成为封建集权的帝国,都城的规模有了很大的发展,城市街道的功能除了交通外,更是商业、手工业、农业等经济活动的纽带。秦汉都长安,已有八街九陌、十二门、九市和十六桥的规模(《三辅黄图校注》)。街道将城市分划为块状,街坊协调齐整,方便交通。据秦汉长安城的遗址发掘考证,当时的长安有三门与城外驿道相连,每条门道宽8米,容纳两车并驱,城内街道三途并列,中间是御道。

唐代的长安城市规模超过秦汉,城内有11条南北大街,和14条东西大街,构成以承天门为中轴线东西两部分对称的都市格局。唐代长安道路建设有更大的进步,以长安为中心的干线道路与支线道路相互沟通,“由四海之内,总而合之,以至于关;由关之内,束而会之,以至于王都”^①。这种辐射状的道路体系,使全国交通成为一个有机的整体,是东方帝国政治统一、天下一家的象征。

中国中心城市交通形成于西周的王城,完善于秦汉的长安,并对以后都市道路的规划和建设有深远的影响。古代城市街道布局之严谨、规模之大应首推北京。北京经过元、明、清三个朝代的经营,市政规模超越前代任何都市,道路交通体系亦是古代城市的典范。北京在元大都的基础上继续扩建,至明代形成了内城和外城凸形布置格局。内城9个城门,东有东直门、朝阳门;西是西直门、阜城门;北为德胜门,安定门;南系崇文门、正阳门、宣武门。九门以内街道齐整。以紫禁城为中轴线,呈对称布置的街坊街道,造成了都城壮丽威严的气势。由城南门永定门至钟鼓楼长达16里的笔直街道,配以九重门阙直抵三大殿。由大运河水路而来的南方舶货和由广安门入城的旱路

^① 柳宗元:《馆驿使壁记》,《柳宗元全集》卷二六,中华书局版。



图 9-2 宋汴京繁华的街道(《清明上河图》局部)

车马汇集在正阳门棋盘街一带,这里成为明清北京的水陆交通要冲和商业中心。北京有直通辽东、山东、山西、河南、陕西、四川、江西、湖广、贵州、云南的道路和自成体系的驿传邮路。

二、秦驰道、直道与汉褒斜道——国道建设的发端

秦始皇二十六年(前 221 年),秦始皇兼并诸侯割据的六国,建成

了高度集权的封建王朝。修建横贯东西南北的骨干道路,成为统一大国巩固政权的迫切需要。二十七年(前 220 年),第一条国家干道驰道开工修筑。

驰道以秦都城咸阳为中心,将各诸侯国修筑的道路加以沟通和整理,又进一步向边疆地区开拓,往东西两端延伸,“东穷燕齐,南极吴楚”,“西至临洮、羌中(今甘肃、青海一带),北据河为塞”(《史记·秦始皇本纪》),总里程约合今 8900 公里。驰道有较高的建筑规格,“道广五十步,三丈而树,厚筑其外,隐以金椎,树以青松。为驰道之丽至于此”^①。驰道在京兆尹地区分中道和旁道,中道宽 3 丈(约合今制 6.93 米),两旁植树。皇帝、王公贵臣和朝廷的传令使者走中道,黎民百姓只能行旁道。驰道建成后,秦始皇由驰道巡游各地,向天下炫耀他一统天下的威风。

为了加强对北方的控制,秦始皇三十五年(前 212 年)修建直道,直道起自咸阳以北之云阳(今陕西淳化)迄九原(今内蒙古包头西南),全长 752 公里。秦名将蒙恬主持施工,直道“道九原,抵云阳,堑山堙谷,直通之”(《史记·秦始皇本纪》)。工程艰巨,施工仅两年,死人无数。秦长城也是蒙恬主持修筑的。西汉时,司马迁曾行蒙恬直道,观其所筑长城,批评蒙恬劳命伤财:“固轻百姓力矣”(《史记·蒙恬列传》)。但是直道开凿的重要意义为后人逐渐认识,它沟通了中原腹地与北方边疆的交通,与驰道构成了古代中国陆路交通的东西南北最早骨架。

汉代,尤其是武帝时(前 140—前 87 年)道路向西南和西北大幅度地扩展,形成道路建设的一次高潮。这一时期著名的道路工程是沟通云、贵、川的夜郎道和穿越川陕的褒斜道,这两条道路后来成为出入西南的骨干道路,历朝各代不断地对其进行改造完善。

^① 《汉书·贾山传》。关于驰道的宽度史家多有争议,比较通行的说法是史料所记载的京城附近的驰道宽度。

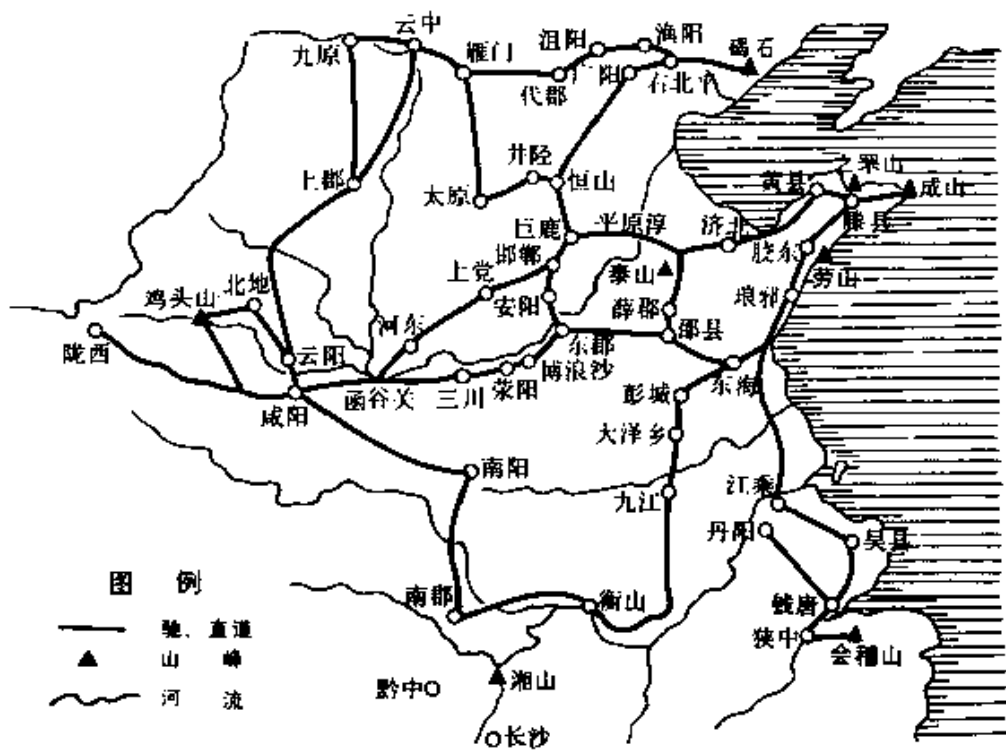


图 9-3 秦驰道与直道

西汉元光六年(前 111 年),为进攻据有今贵州的夜郎国而开凿的道路。夜郎道自今四川宜宾至今贵州安顺,汉征服了夜郎、邛、笮等部族后,在今贵州、云南设立牂柯、犍为、益州三郡,加强了对西南边疆的统治。

褒斜道是联系今川陕的重要道路。汉武帝元狩时(前 122—前 117 年)汉中太守张邛主持开凿。褒斜道北起渭河支流斜水,南达汉水支流褒水,穿过秦岭山脉的峡谷溪流,许多傍山依水的地方不得不架设栈道,工程十分艰巨。褒斜道全长 209 公里,开通后,丰饶的巴蜀和汉中物产得以输入都城长安。东汉以来各代都很重视褒斜道的经营。唐宝历时(825—827 年),山南西道节度使裴度重修褒斜道,新路路线有些改变,沿途桥梁、驿传馆舍等设施更为完备。建中四年(783 年),泾原兵变,德宗由长安逃往汉中;以及元和元年(806 年)唐军入西川,平定叛军都取道褒斜道。

元、明、清三代对西南边疆道路用力也比较多,至元二十年(1283

年)开云南驿路,明洪武时开凿了云南至贵州道路,这样由云贵路东行,再取道湖广路北上可通往京城。明为了加强对边疆的控制,开辽东路、茂汶至松潘路,雅安至打箭炉路。清乾隆三十六年至四十一年间(1771年—1776年),清军平定大、小金川土司叛乱,实行改土归流,茂汶—松潘路对清军进入川西少数民族地区发挥了重要作用。雅安至打箭炉路开通后,成为明清由内地进入西藏的重要通道,雅安和打箭炉由此而成为川西重镇。

三、丝绸之路、唐蕃道及其他——南方、西北及 青藏道路的开拓

汉代的疆域向西北、西南极大地扩展,在交通方面的建树首推中原至中亚的西域道路的开拓,即后世所称的“丝绸之路”。

古代西域泛指天山以南今新疆至伊朗广大中亚地区。汉代,这里分布着诸多的小国,武帝建元二年(前139年),汉使张骞出使大月氏,开通了中原与西域的道路,由这条路,东汉甘英出使大秦、唐高僧玄奘游历天竺。也是循着这条路,中国的丝绸、铁器、陶器向中亚、西亚和欧洲源源输出,原产中亚、西亚的葡萄、石榴、胡桃,良马、毛制品,甚至宗教则陆续传入中国。这条路成为东西方文化交流的纽带。十九世纪一位德国探险家将这一条横贯欧亚大陆的道路称为“丝绸之路”。丝绸之路分别起自长安或洛阳,到甘肃后分为北路、南路和中路,各代沿途修建了一些驿站,供信使和行人休息。

古代南方道路以交趾道和大庾岭路较为著名。交趾道自今广西至越南河内。东汉建武十五年(39年)马援征交趾,自合浦(今广西合浦)沿海岸西行至龙编(今越南河内东北),全长约417公里。这条路后来成为中原通往南亚属国的重要通道。大庾岭路是唐代修筑的自中原通往岭南的重要道路,开元四年(716年)张九龄主持开凿。大庾

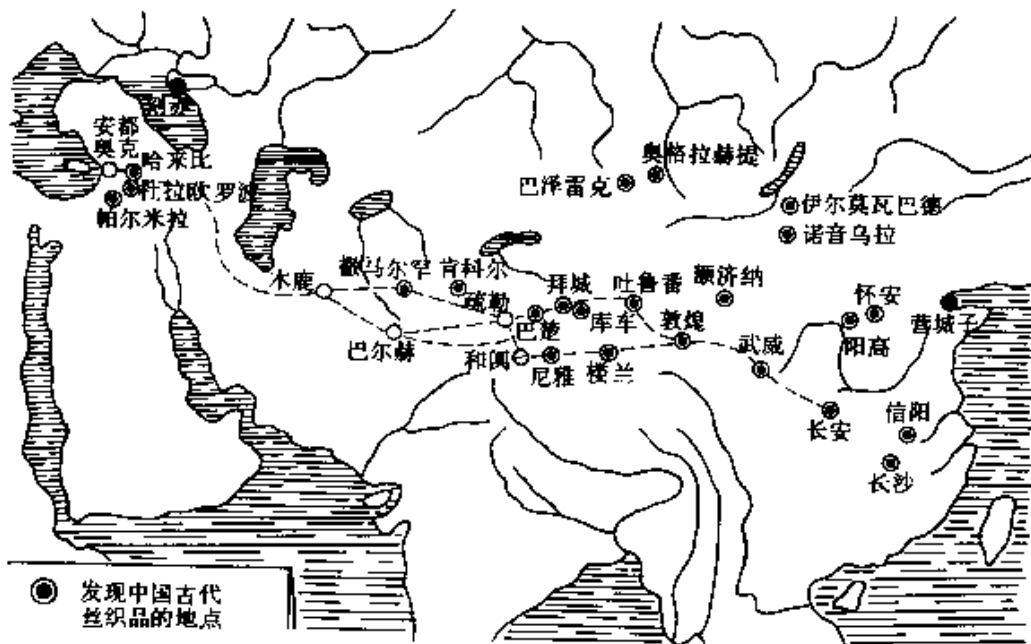


图 9-4 汉丝绸之路

岭路东起虔州(今江西赣州)西至广州,开通后广州成为陆运和海运转运枢纽,在交通和贸易中的地位更加重要。

古代西北道路的修筑唐代的成就较大。太宗时,为了防御突厥入侵西北,于贞观二十一年(647年)开通了长安至回纥牙帐(在今蒙古人民共和国哈尔和林)的道路,即自今西安经宁夏、内蒙古至蒙古人民共和国,在这条穿越沙漠长达3000多公里的路上设驿站66处。《新唐书·回鹘传》称“参天至尊道”或“参天可汗道”。

唐蕃道是建筑于唐代的著名古道,东起唐都长安,经鄯州(今青海乐都)、鄯城(今青海西宁)、那禄驿;过唐古拉山口抵吐蕃都城逻些城(今西藏拉萨),总里程2895公里。盛唐时中原与吐蕃修好,藏王屡次进长安朝晋唐王,以及贞观十五年(641年)文成公主远嫁吐蕃王松赞干布,30年以后金城公主入藏成婚,都由唐蕃路进藏。

内地与西藏地区相通的另一条道路辟于明代。明永乐五年(1407年),在四川至西藏间“复置驿站,通道往来”。驿路东起四川雅安,经打箭炉(今四川康定)进入西藏。永乐十一年(1413年)以来,太监杨三保奉命三次入藏,“令与阐教、护教、赞善三王,及川卜、川藏等共修

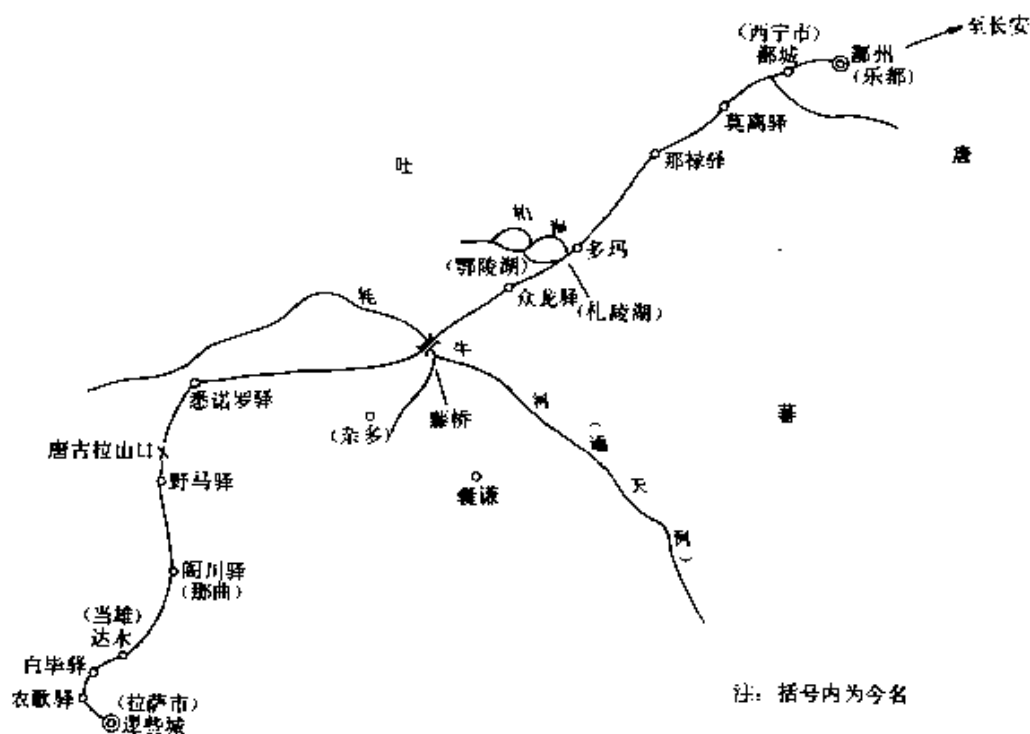


图 9-5 唐蕃道

驿站,诸未复者尽复之。自是道路毕通,使臣往还数万里,无虞寇盗矣”(《明史·西域传》)。清康熙时在泸定大渡河建铁索桥,交通条件进一步改善。

四、驿道和邮传——古代通讯和运输网络

古代道路包含两个重要的功能:交通和邮传。在道路上置站,使信件和政令逐段传递到目的地,置有驿站的道路便是驿道。早在战国时代在道路上置驿设站已经初具体系,有专门的管理组织负责邮件的传递,且注重邮传的迅速,《孟子·公孙丑》:“德之流行,速于置邮而传命”,此比喻也反映出当时驿道传递迅速的情景。邮传的实施包括三部分,即驿道(路)、运输(车马)和旅社(驿站)。在宋代驿和递逐渐分化成互相关联而又独立的管理系统。汉以前有些道路只供帝王专用,如秦的驰道禁止信使使用,后来区别消失,道路便是驿道。驿传

除了通讯外,还有一重要的功用,接送过往官员,并为其提供食宿。

秦汉间已经在前代的基础上建立起了以都城长安和洛阳为中心的通信网:

(1) 自京城向西,过黄河,沿河西走廊,循葱岭可至西域诸国。这条路即丝绸之路。

(2) 从直道,可由关中直抵云中(今内蒙古和林格尔)。

(3) 从京城向西南行,由褒斜道经汉中抵成都。由成都至宜宾,再走夜郎道,入黔、滇,经永昌可通天竺。

(4) 自京城出武关,经南阳郡以达江陵,由江陵可至湖广。

(5) 出京城经函谷关至洛阳,由洛阳可分数路,北以通涿蓟,东至齐鲁,东南达江淮。这是历秦汉、隋唐及北宋最为繁忙的驿道。洛阳屡为东都或京师,也是交通和邮递的中转枢纽。

唐代国内驿道建设完善,沿途树木成荫,馆站布局合理,信使和行旅十分方便。当时长安至陕州,设置馆驿 27 处。自陕州到洛阳有南北两路,北路经澠池、新安,有 3 处馆驿,道近路险;南路经永宁、福昌、寿安,有馆驿 11 处,路虽远但平坦。从长安到成都,是重要的驿道之一,玄宗、僖宗亡蜀,沿途有驿馆接送。今川陕之间,“路如九衢,夹道植树,步步一株”(《中国古代邮驿史》),行旅很感方便。

宋代驿和邮传逐渐分为两个互为独立的组织。邮传系统的中转组织称递铺;驿多称馆驿,主要职能为过往行旅(也包括邮夫)供给食宿和交通工具。在道路不通的要塞仍置递铺,驿却只设于交通干道上了。宋制六十里置一驿,递铺则是二十里一铺。馆驿的功能逐渐演化,成为漫漫长路上的休息站和迎送官员、招待商贾的场所,也是地方行政的门面。于是出现了更多修建华丽、陈设舒适的馆驿,苏轼《凤鸣驿记》记其在嘉祐六年(1061 年)赴凤翔时宿凤鸣驿时所见:“(馆驿)如官府,如庙观,如数世富人之宅,四方之至者如归其家,皆乐而忘去,将去既驾,虽马亦其阜而嘶。”馆驿还有相当于现代养路道班的作用,

管理人员除了馆驿的管理以外,道路的维修、道路两旁植树也是其主要的工作。

驿道除陆路外,还有水路。南方多是水陆相兼。自隋代沿运河岸修御道后,运河沿岸设驿道成为定制。元明清时,京杭大运河沿岸,水陆驿道并行,当水浅船阻时,陆驿为过往官船提供马匹,使赴公差的官吏和邮差不致途中受阻。陆驿还要沿运河来回传递闸门起闭令牌,组织漕船和其他船舶通行。

第二节 古代的桥梁、栈道和渡口

《管子·四时》：“正津梁，修沟渎”，修造渡口和桥梁，为国之德政。这一传统的理念一直深入到中国人为人做事的道德修养之中。在技术史方面，我国的桥梁工程以其历史悠久、种类丰富在世界桥梁发展史中据有重要的地位。

一、种类丰富的古代桥梁与栈道

桥源起于河岸倒下的树干或河中错罗有致的大石。木材和石料也是建桥和栈道的主要材料。按结构分类，可主要分为梁桥、拱桥、悬桥三类。

（一）梁桥类桥梁

梁桥是桥梁中结构最简单且常见的一种桥梁，为简支梁、悬臂梁，或两者兼有结构，建筑材料有木柱木梁、石柱（或石墩）木梁、石柱（或石墩）石梁等类型。最早见于记载的梁桥是商周时建在漳水上的“钜桥”，《水经·漳水注》：“衡漳又北，逕钜桥邸阁西，旧有大梁横水，故有巨桥之称。”

著名的梁桥结构木柱木梁类桥梁有汉代渭桥、宋代熟溪桥。

渭桥建于秦昭王时(前 306—前 251 年),在秦都城咸阳(今咸阳东)渭河上,渭河北岸是咸阳宫,南岸是兴乐宫,渭桥跨河而建以通两宫。桥宽 13.8 米,长 524 米,多跨木柱木梁桥,有柱 750,组成 67 个桥墩。

熟溪桥为悬臂木梁结构,长 140 米,9 孔,最大净跨 12 米,熟溪桥始建于宋代,现在见到的桥是明隆庆二年(1568 年)扩建的。

石梁桥中有名的桥梁有汉灊桥、北宋万安桥和南宋安平桥:

1. 灊桥

在今西安东北的灊水上,始建于汉代。灊桥是横绝灊水的唯一桥梁,出长安东北至函谷关、东南至武关和东北至蒲关,灊桥是必经的桥梁^①。唐、宋和清代多次被毁,现存的灊桥上部结构是 1955 年改建的,下部为清道光时重建的桥柱。灊桥的特点是采用组合石柱,将 4 节长 3 尺、直径 8 尺短柱,中心凿孔,嵌入铁棍,组合成桥柱,便于取材和施工。

2. 万安桥与安平桥

万安桥在福建晋江和惠安之间的晋江上,建成于北宋皇祐五年(1059 年),建桥时间历时 6 年 8 个月。桥长 1106 米,宽 4.61 米,桥基采用大石堆砌的筏形基础,并在桥基繁殖牡蛎,以固结基础。安平桥也建在晋江上,桥长 2500 米,南宋绍兴二十一年(1151 年)修建。桥基为抛石筏形基础,桥墩有长方形、船形墩,共 362 孔。万安桥和安平桥使用至今已有 900 多年的历史。

(二) 拱桥类桥梁

拱形结构的桥梁,古代多为石料砌筑,木制拱桥较为少见,宋代

^① 辛德勇:《西汉至北周时期长安附近的陆路交通》,《中国历史地理论丛》1988 年第三辑。



图 9-6 古代灞桥碑刻拓片

的汴京虹桥是古代木拱桥的典型代表。1957年在河南新野出土刻有拱桥的东汉画像砖表明,至少在东汉拱桥已经常见。著名的大跨度单孔石桥有隋安济桥,今名赵州桥,是现存历史最长的大跨度敞肩式石拱桥。宋汴京(今开封)虹桥是大跨度的木拱桥。唐以来联拱石桥渐多,唐苏州宝带桥、金北京的卢沟桥、明江西南城万年桥都是闻名于世的联拱拱桥。

1. 赵州桥

位于今河北赵县交河上,隋大业时(605-618年)建成,工匠李春、李通主持修建,至今有1360多年,赵州桥的高

跨比接近1:5(拱矢高7.23米,拱跨37.02米),主拱圈两肩各有2孔小拱。大拱圈由28道独立的小拱圈组成,砌石与砌石间、小拱圈间以铁拉杆连接,使全桥成为一个整体。拱脚处用铁柱与桥台相连,使拱座直接置于砂岩地基上。

2. 汴京虹桥

《清明上河图》给今人保留了宋汴京虹桥的原貌,虹桥是仿照青

州的一座木拱桥修建的^①。虹桥建成于宋熙宁元年(1068年),毁于北宋末,使用了约60年,虹桥矢高比1:5左右(净跨度20米,净高5—6米),桥宽约8米。虹桥有21道拱圈,每个拱圈是6根圆木组成的等边折架,折架交点处布置横向圆木,形成整体木拱结构。虹桥的结构特点是构造轻便、结合简单和便于安装。

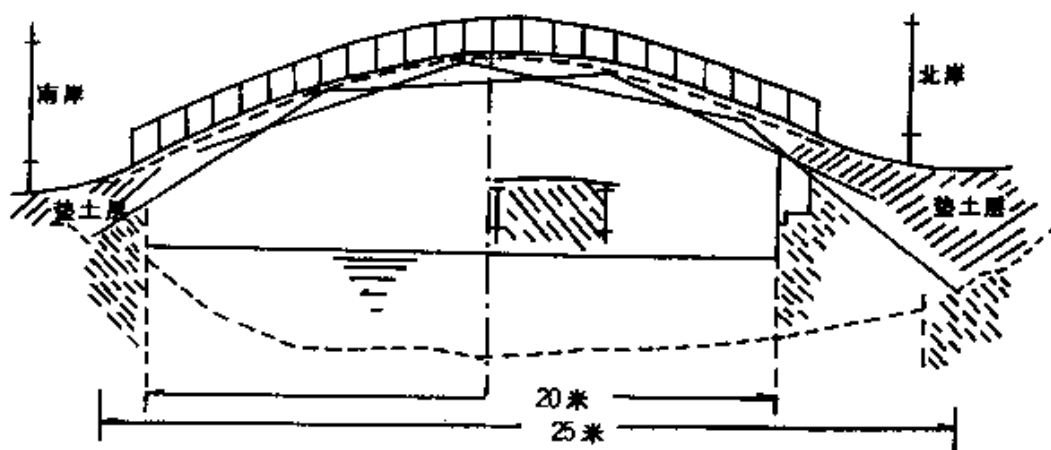


图9-7 宋汴京虹桥及结构示意图

3. 卢沟桥

联拱石桥中卢沟桥的结构和造型最具代表性。卢沟桥在北京西南的永定河上,建成于金明昌三年(1192年)。卢沟桥长266.5米、宽9.3米,11孔,中孔跨度14.26米,边孔依次为13.17米、11.57米,矢高比1:3.5。桥体采用纵联式砌筑法,以木桩加固桥基,大条石船形桥墩以分水。卢沟桥上部建筑造型精美,桥东头有2个抱鼓石,两端有4个华表石柱和281个桥栏(望柱),这些附属建筑物上饰有485个雕刻生动的石狮子。

(三) 悬桥类桥梁

现代的斜拉桥起源于古老的悬桥。按建筑材料分有绳桥、藤桥、

^① 金大钧等:《桥梁史话》,上海科技出版社1979年。

铁索桥等。悬桥的特点是大跨度,造价低廉。见于文献最早的索桥是秦蜀守李冰造在岷江支流文井江上的笮桥,这是用竹索建造的悬桥(《华阳国志·蜀志》)。在我国西南山区较为多见。四川都江堰岷江上的安澜桥(又名珠浦桥)、云南保山澜沧江上的彩虹桥、四川泸定大渡河上的泸定桥是目前尚存的著名悬桥类桥梁。

1. 安澜桥

安澜桥,位于今四川都江堰的岷江上,始建时期不详,估计不迟于唐末,清嘉庆八年(1803年)重建。桥长340米、桥宽3米、高13米,为竹索桥,是我国见于记载最长的悬桥。安澜桥有桥墩4个,将桥分为3跨,最大一跨跨径61米。在桥的两端和桥墩内设有石室,石室设置绞车,以绞紧底索。石室分两层,上层木梁密排,置巨石以压重,下层与桥面通,过行人。

2. 泸定桥

建于清康熙四十四年(1705年),是自川入藏必经之路上的重要桥梁。泸定桥全长100多米、桥宽3米,距枯水位高14.5米,系铁索桥,桥的主体有承重铁链9根,扶链2根,每根铁链长127米,由890个铁环组成。承重链上铺有横向和纵向木板。泸定桥没有中间桥墩,铁索锚固于河岸石砌桥台中,铁索的锚固与现代吊桥钢索锚固原理相同。

(四) 栈道

栈道是在险峻的山崖上傍山架木,以通道路的桥梁工程,多为悬臂梁或简支梁结构。

修建栈道最早的是战国时期的秦,“栈道千里于蜀汉”(《战国策·秦策》)。当时的栈道有北栈和南栈两条:北栈在褒斜道上,一说陈仓道,在秦岭的崇山峻岭之中傍山凿穴,造就一条曲折蜿蜒的空中走廊;南栈道在石牛道或金牛道上,这条路起自今汉中勉县,经剑门关至今广元,栈道在今剑阁、梓潼境内,沿嘉陵江修建。自秦历经两汉、三国至

唐,巴蜀栈道因直接关系都城长安与西部和西南部广大地区的沟通,历代十分重视对它的经营,有专门的管理和维修机构。宋元以后都城远离关中,巴蜀栈道仍然是入蜀的重要通道。元明清时称之连云栈道,由地方政府管理,直到本世纪川陕公路开通之前仍在使用。

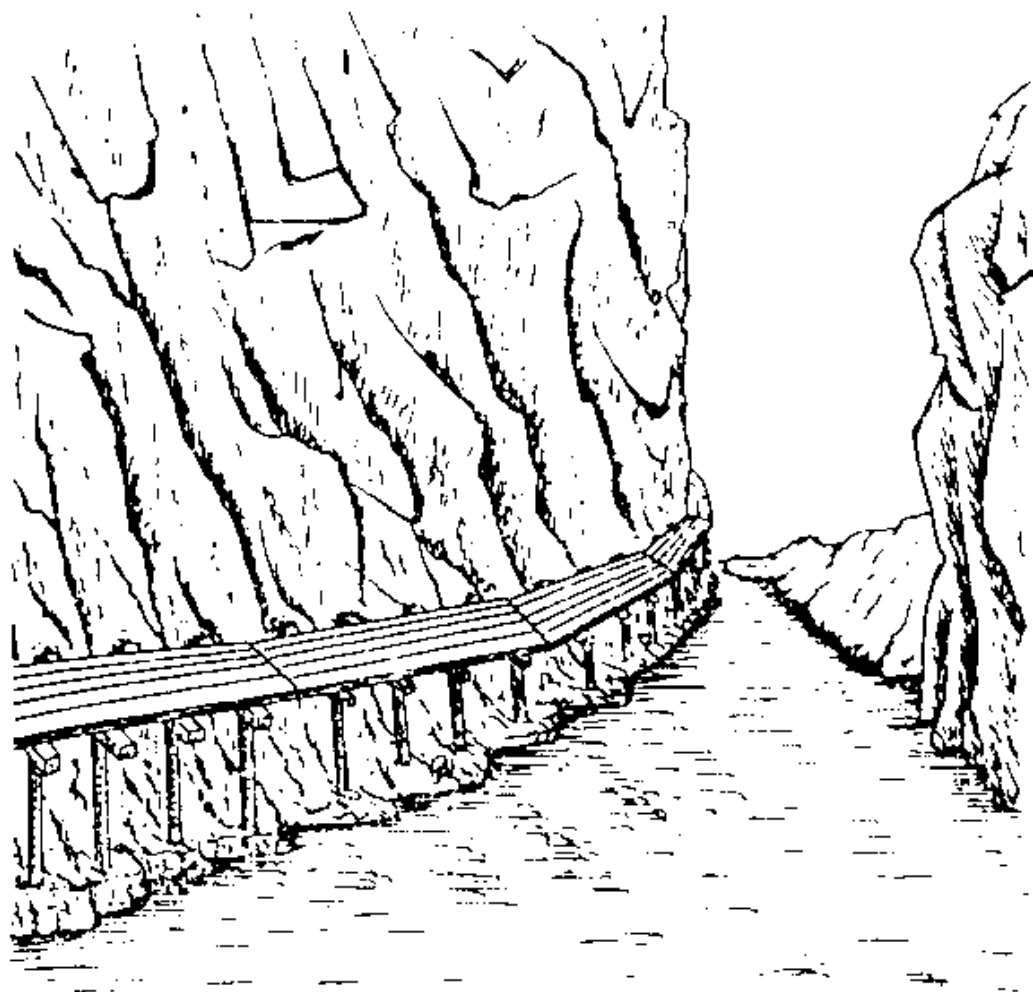


图 9-8 褒斜道石门段栈道复原图

我国古代许多栈道与水路并行,沿黄河的三门峡栈道、长江三峡栈道、长江支流大宁河栈道都是重要的交通路线,与水路交通互为补充。

二、古代桥梁工程技术专著

中国古代桥梁工程技术完善的重要标志是通过营造实践总结产

生了一批有关桥梁建设的技术专著,现存的史料中以北宋的《营造法式》、清《灞桥图说》和《清官式石桥做法》较为有名。

《营造法式》成书于北宋元符三年(1100年),作者李诫(?—1110年),字明仲,他在哲宗、徽宗时两次出任将作监主事,在位时间13年。《营造法式》共三百六十七篇,分3555条,涉及房屋、水利工程、桥梁等土木工程。目前较通行的版本是《丛书集成初编》。《营造法式》在“共舆水窗”条里阐述了“单眼舆窗”和“双眼舆窗”的建造规范。舆即为车,水窗是为拱桥,单眼和双眼分别是单拱和双拱桥。规范包含石拱桥的石材的选择、石料尺寸、拱圈和拱径设计,建造控制点的决定等内容。

清代重修西安灞桥,据此而编撰了《灞桥图说》。《灞桥图说》记载了灞桥的基础工程、桥梁结构和施工技术。对石砌条石的胶接材料、木梁及桥板防腐工艺也有详细的描述。此书是古代梁桥结构、桥梁建造技术全面的总结。

《清官式石桥做法》是在汇集清代帝王陵寝石桥图样的基础上,整理归纳的古代石桥建造规范。此书论述了石质拱桥和梁桥的构造和施工技术,提出了17种单孔和多孔拱桥孔径的计算方法。此书成书于二十世纪三十年代,作者王璧文。

三、古代水陆交通关口——渡口

渡口,古代有称“关津”、“津渡”的,是陆路和水路交叉口,在没有建桥的地方,渡口往往是交通要道,因此常在渡口设立税关或治安的关卡,因此渡口是治安和军事设施,是兵家必争的要塞。汉贾谊《过秦论》称战国时秦国富国强兵,“缮津关,据险塞,修甲兵而守之”。

渡口的管理至迟在战国时已是地方政府的行政事务之一。战国时,行旅持“节”才能通过陆路的关卡或渡口。汉代称管理渡口的官吏

为守津吏、津长、监津椽等。晋代重要的渡口置津主、贼曹、直水。津主是主管官,贼曹和直水各管治安和收税。元代对进入北京的僧人严加管制,由朝廷发放驿券和宣慰司发放文牒,要求黄河渡口的津吏严格查验。明清国家着重京杭运河沿线的渡口和闸坝的管理,征税的钞关设置在山东运河段,而用于治安和督查漕运的关卡设在渡口上,重要的渡口如运河过长江的京口渡、瓜洲渡;过淮河的淮安渡;过黄河的宿迁或徐州等渡口。

大江大河上主要的津渡,都有久远历史。黄河上许多著名的渡口形成于秦汉时期,有的至今仍在使用。据今人研究,黄河沿河著名的古渡有 30 余处^①,自上游而下游择要列于下:

采桑津,在今陕西宜川、山西吉县间,《续汉书·郡国志》、《水经·河水注》有载。汾阴津,在今陕西韩城南,汉武帝在此置后土祠,是黄河上游东西方向的主要渡口。蒲津,在今山西永济境内,汉武帝时在此置蒲关,以《三国志·魏书》记载徐晃等夜渡蒲坂津的史实而出名。风陵渡,在陕西潼关,三国时曹操击马超、韩遂曾取道风陵渡。平阴津,又名河津,横渡黄河南北岸的重要渡口,这一带是秦末时楚汉相争的战略要地。孟津,在洛阳南,是黄河以南进入洛阳的重要渡口,汉代置重兵把守。白马津,在今河南滑县,是过黄河进入河北的要津,汉著名的敖仓在此。平原津,在今山东平原县,是东渡黄河的主要渡口。

长江干流下游渡口较早成为交通要道,宋元以来中上游新辟许多津渡,并成为水陆沟通的重要枢纽。扬子津在隋代因为成为运河与长江相通的渡口而凸显出重要的交通地位。扬子津后多称京口,在今江苏镇江,一直是江南与江北相通的要津。在今南京至六合间,宋代国家在这一段设置六处渡口,以沟通南北交通。溯江而上沿江许多城

^① 王子今:《秦汉黄河津渡考》,《中国历史地理论丛》1989年第三辑。

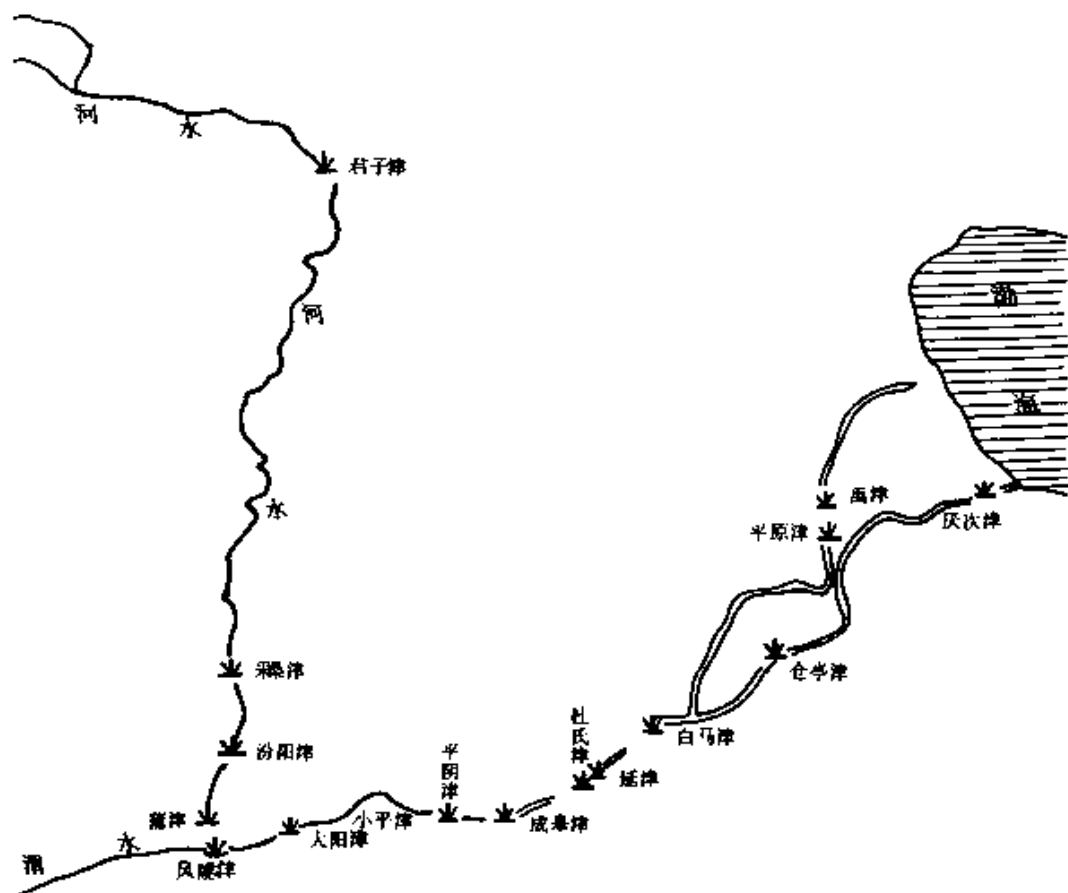


图 9-9 历史上黄河上的重要渡口

镇地处绝长江的要津，沿岸遗留了众多的古代渡口遗址。

四、路政与驿传管理

《国语·周语》记载，周定王时（前 606—前 586 年），单襄公出行楚国路经陈，但见陈国“道萑不可行，侯不在疆，司空不视涂，泽不陂，川不梁，……道无列树”，单襄公认为陈已经非常衰败。其时路政在国家政务中已经具有相当重要的地位。陆路交通主要分为路政和驿传两大系统。

（一）中央路政驿政管理系统

战国置司空，“循行国邑，周视原野，修利堤防，道达沟渎，开通道路，毋有障塞”（《礼记·月令》）。隋设工部，领司空之职，尚书是最高

行政长官,下分立屯田、虞部、水部三部。水部设都水监职掌水利与交通,交通方面凡漕河、船局、津梁等管理属之。工部职都城营缮,道路修治与管理。唐宋元因之,明裁都水监,工部领一切重大的土木工程和市政管理,漕运总督职内分管舟楫和津渡。明中期以来,渐以宦官督理,恣意横行。清沿用明制,工部事权一直由属官管辖。

秦汉时驿官事权最重,大鸿胪职掌驿传,丞相是最高的行政长官,属官有大行令(或称行人)、法曹。大行令主管皇帝、朝廷官员的出行,法曹主持驿政管理,制定制度等。隋唐以来尚书省设驾部郎中,下领员外郎。《唐六典》:“(驾部)掌邦国輿辇、车乘、传驿、厩牧、官私马牛杂畜簿籍,辨其出入,司其名数。凡三十里一驿,天下凡一千六百三十有九所,而监牧六十有五焉,皆分使而统之。凡诸卫有承直之马,凡诸司有备运之车,皆审其制以定焉。”

元代疆域辽阔,兵部之外设通政院,主持全国驿政。兵部主要管理驿传,通政院掌管驿站、车船和交通治安。宋代中央由枢密院兵部职掌驿政,在各路设转运司,负责漕运和庞大的贡运。明清兵部尚书主持驿政,兵部下设有车驾清吏司,主持驿传、马政、人夫。属于中央的驿传机构有会同馆、皇华驿、捷报处。各省驻京有提塘官,属武职,专门负责传送公文。

(二) 地方路政和驿政的管理

秦汉以来,地方的驿政和邮政管理逐渐合一,也具备了比较完善的制度和组织,地方路政与驿政多属准军事管理系统,设官置法也很严密。秦至南北朝时,州郡属官第一掾属是督邮,除掌关邮传外,负责上级官员巡行,传递政令和追捕罪犯。驿路沿线设乡、亭负责驿站管理,唐代全国行政区分为10道,各道节度使以下设馆驿巡官4人,州县各有属官专理驿政。各驿站设驿长,管理站内的驿夫。地方驿政形成道、州、县三级驿路和驿站管理系统,以及邮件公文传递的准军事系统。宋代地方驿政设指挥使与当地行政长官主持,管理组织基本与

前代同。

五、道路法、津渡法、桥梁法——古代交通管理 主要法规

交通是公共事业,行使路政是国家机器的重要功能。《礼记·中庸》:“今天下车同轨,书同文,行同伦。”周朝已经将确立交通制度,视为国家一统,文化和同的政治标准。交通制度作为实施水陆交通管理的法律措施在春秋战国时期开始萌芽,但是国家交通法的初步完备应是在唐代。自唐代起,将修治道路、津渡和桥梁作为地方官吏的要务,纳入刑典。《唐律》规定:“其津济之处,应造桥航及应置船筏,而不造置及擅移桥济者杖七十,停废行人者,杖一百。”宋法律基本沿用《唐律》,并继续完善,《唐律》有关交通刑律的主要内容一直延续到清末。

(一) 道路法

战国时期《韩非子·内储说》记:“殷之法,弃灰于公道者,断其手。”这大概是最早有关道路的法规。周朝野庐氏是管理交通的官。《周礼·秋官·司寇》规定:“凡道路之舟车击互者,叙而行之”(交通道德)、“凡有节者,及有爵者至,则为之避”(持“节”的官吏和贵族避让制度)、“禁野之横行”(禁止不走正途。《周礼注疏》谓此五禁之一,意在防止偷盗和毁坏堤渠)、“凡国之大事比修除道路者”(维修道路是重要公务)。这些规定和条例对后代相应刑律的制定有深刻的影响。

唐代有关交通的法规在前代基础上更为细密,可操作性强,主要刑律如下:市区街巷侵占,阡陌耕种者笞刑 50。在街巷和人群中非驿车、公车和紧要急事驾车马笞刑 50。水陆军事要地的关隘津渡不交验公文越关者徒 1 年。指骂官府车舆徒 2 年,言及政事,无人臣之礼

绞刑。((《唐律疏议》))此外,对驿政亦订有严密的条款。

(二) 津 渡 法

陆路与水上交通的交叉与接合是古代运输的重要环节和交通管理重点。自秦汉以来地处交通要道的津渡,由国家设关管理,士兵或差役负责治安和充当摆渡船工。

《唐六典》水部郎中条下规定:“其大津无梁,皆给船人。量其大小难易,以定其差等。”在黄河、渭河和泾河上有官设津渡 15 处,主要集中在关中京畿地区 and 山陕间黄河干流上。在长江上自荆州以下有洪亭渡、松滋渡、蕲春津,马颊渡、檀头渡、城下渡、九江渡,钱塘江上设有杭州的浙江渡。摆渡的船人或系当地守军兵士,或由附近的百姓赴官差。对于军事要隘处的津渡,有官检校,有兵巡逻。《水部式》规定:“会宁关(今甘肃靖远境内)有船五只,宜令所管,差强了官检校,著兵防守,勿令北岸停泊。自余缘河堪渡处,示委所在州军严加捉搦。”以后各代津关渡口的管理大体不外此制度。明成化六年(1470年),全国重要水关由当地巡司检校,各关设渡船,每船梢夫 10 名,附近州县各设老人一名看管,梢夫和老人的姓名大书于各管船尾,规定:“凡违误摆渡及勒要渡钱,听过往诸人指名陈告。”((《大明会典》卷二〇〇))置官设法仍然严密。

(三) 桥 梁 法

唐代的桥梁分作京畿地区国家管理的大桥(称“国工”)和地方政府管理桥梁。《唐六典》记“凡天下造舟之梁四,石柱之梁四,木柱之梁三,巨梁十有一,皆国工修之。其余皆所管州县随时营葺”。造舟之梁四(船连成的浮桥):黄河上 3 座:蒲津、大阳、孟津,洛河上的孝义。石柱之梁(石桥)四:洛河上有 3 座:天津、永济、中桥,灞河上是灞桥。木柱之梁三(木桥):均在渭河上,有便桥、中渭桥、东渭桥。余下的 11 座大桥也都在与长安和洛阳相通的要道上。这些桥梁配有水手和工匠,凡充任水手的丁夫,免除课役,匠人受官家的工资。管理桥梁的官吏

和水手,如不勤于检校,致有损坏,则官员受“下考”,水手决30杖。唐代对重要桥梁的经营不遗余力,如孟津黄河上的河阳桥系浮桥。有水手250人,竹木匠10人,工料额定来自宣州、常州和洪州。^①

唐以后有关桥梁的制度法规,不似唐代细密,但是各地交通要道上的桥梁、津渡管理仍为地方行政的要务,路、桥、津好与劣一直作为考评地方官吏政绩的重要尺度。《大清会典事例》:“顺治元年(1644年)定:凡直省桥梁、道路,令地方各官以时修理。若桥梁不坚完,道路不平坦,及水陆津要之处,应置桥梁而不置者,皆交分别议处。”古代正是有赖于这种较为系统的管理,维系了偏远地区的交通。

第三节 车辆与舆具

先秦时,根据世代相承的传说,以为车的出现在夏代^②。出土文物表明,在商代约公元前1200年前我国车的结构和制造已经非常完备^③。世界考古学者在西亚两河流域发掘到公元前3000多年石灰岩浮雕上的驴车。车出现的年代,我国晚于西亚地区。但是在封建制度走向完善、学术思想活跃的战国至秦汉时期,中国车辆的发展和演化却非常迅速,在车类、车的系驾方式等方面的表现尤为突出。战国时按用途,车辆分作战车、礼仪车、货运车等类型,制车业已经成为集百工为一体的专门行业。

古代供人乘坐的交通工具,由乘者身分而有不同的舆具。舆具不外畜力、人力两种:即以马、牛、驴、骡等载人;由人驾驭和马拖曳的各

① 唐·《水部式》,《敦煌吐鲁番唐代法制文书考释》,中华书局1989年版。

② 《吕氏春秋·君守篇》、《墨子·非儒篇》、《荀子·解蔽篇》等都有类似的记载。

③ 中国社会科学院考古研究所安阳工作队:《1969—1977年殷墟西区墓葬发掘报告》,《考古学报》1979年第1期。

式车辆,以及以人肩抬如轿、滑竿等。輶輿其实是各历史时期社会政治经济、社会风俗的生动表现。

一、车的起源与演化

在技术史领域,车源于轮,是轮运用范围的扩展。轮形工具在7000多年前的仰韶文化时期便已产生,其中比较著名的是纺轮和陶轮。它们的出现为车的诞生奠定了基础。在河南、陕西、北京等地商代的墓葬中,人们发现了车的遗迹。这一时期的甲骨文、青铜器中有大量车的象形字。墓葬品的复原和车的象形字反映出早期的车是双轮、独辕、方形和长方形的车厢。

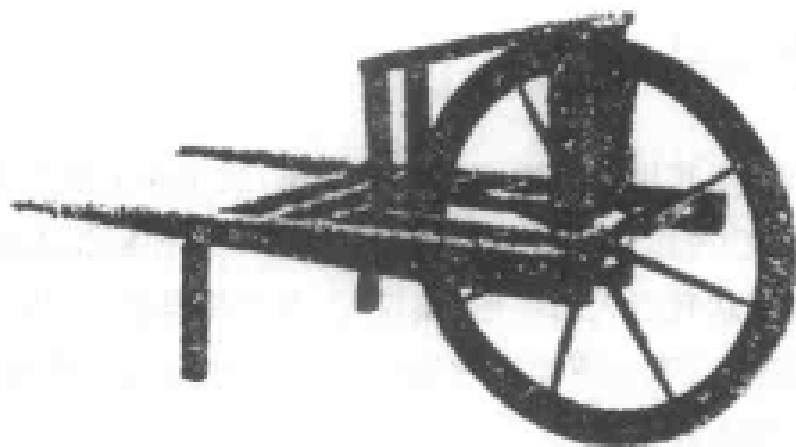
《左传·定公元年》：“薛之皇祖奚仲居薛,以为夏车正”,许多先秦文献以奚仲为车的发明人,车正大约是主管制车的行政长官的专门称谓。从车的使用到出现在文献中,其间经历了漫长的历史时期,至少春秋战国时制车已经是一专门的行业。西周时贵族的马车关键部位以青铜制造,车饰用铜、贝甚至金等材料,《诗经·大雅·烝民》“四牡骎骎,八鸾喑喑”,描述的是一辆用4匹雄马拉曳,以8个镏金的风铃装饰的贵族马车。汉代礼仪车类繁多,从帝王到布衣不同阶层都有属于各自社会地位的车辆。

战国时战车在各诸侯国的战争中频繁使用,战车的多寡是一个国家强弱的标志,所谓“千乘之国”、“万乘之君”。车战在隋唐日益减少,取而代之的是用于运载的货车逐渐深入民间,车的种类也更为丰富。

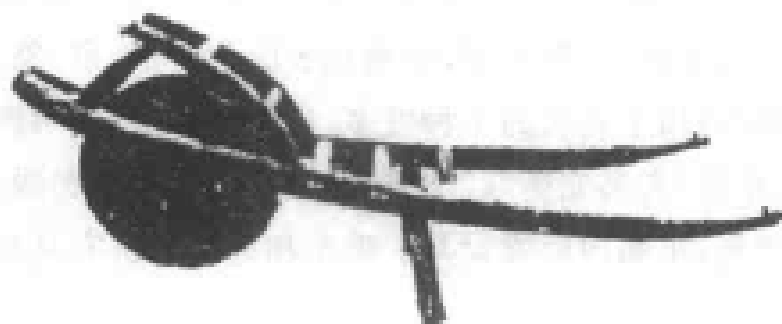
古车中,独轮车在世界科学史界被认为是中国最具特色的车型,是车辆的全新发明。独轮车古代称“鹿车”或“辘车”,今江南地区称羊角车、四川称鸡公车。其构造非常简单,一轮,一人推动,可载物和坐人。平原和山区都可以使用,尤其是蜿蜒崎岖的小路更显示出其优



东汉画砖上的座车



东汉座车复原模型



今仍在使用的四川鸡公车

图 9-10 独轮车

越,它省去了日常生活中的人畜肩挑驮运。一经问世立即传入寻常百姓家,并沿用至今。独轮车出现在西汉时,后人还误认为它是三国时蜀汉丞相诸葛亮发明的“木牛”。^①

隋唐车坊已经成为规模较大的手工业行业,朝廷有造作司制车,皇亲、重臣多拥有车坊。唐长安的通化门长店,是车工的集居之地。南诏的马具“蛮轡”和“大理鞭”远销中原。晚唐时准车坊自由买卖。车坊制造最多的是运输车,如隋炀帝东攻高丽,在河南和江淮造兵车5万辆,送到河北高阳。就造车技术而言,以后再没有革命性的突破。

二、古车类型

以古车按照其用途分类可分成礼仪车、战车和交通车3种类型。此外,还有一些专门用途的车,槛车是专门用来押解犯人的;温掠车主要用以运载达官贵人的灵柩。秦汉时,车多用马拖曳,以4马为贵,所谓驷马高车。汉末至南北朝时用牛拉车盛行,牛车的稳重为贵族提供了舒适的乘车环境。

(一) 礼仪车

西周时车型、车饰和马饰已有严格的等级,天子的乘车配以大常、大旗、大赤、大白、大麾五旗,分别代表所谓的玉、金、象、革、木“王之五路”。秦汉时用于礼仪的车种极多。皇帝的舆车,有乘舆、金根车、安车、立车,车座“鸾鸟立衡”,“羽盖华蚤”(《后汉书·舆服志》)。车厢宽大,门窗严密,车厢内障帷设几。乘车和赶车各讲究其坐车之容和立车之容。

^① 关于独轮车的起源史学界有许多说法,四川成都扬子山出土的汉墓画像石表明,独轮车的发明至迟是在汉代。

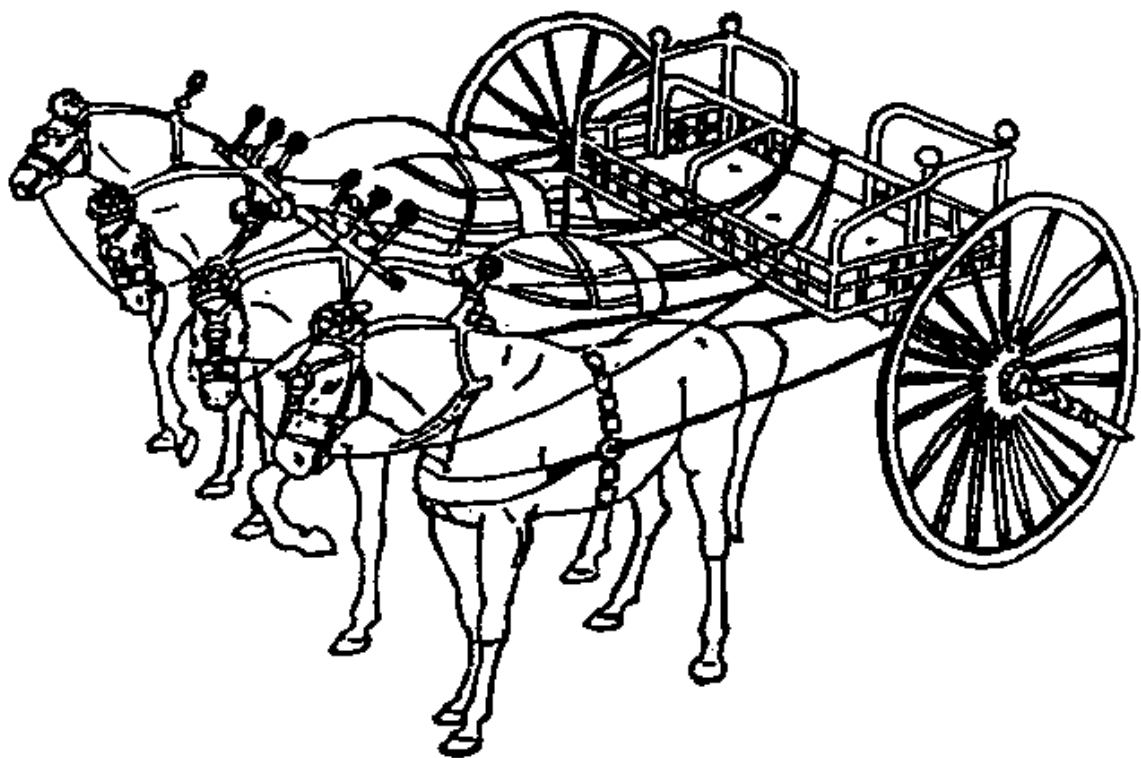


图 9-11 西周驷马车复原图

皇帝出行有大驾和法驾两种礼仪,大驾属车 81 辆,法驾属车减半。朝廷高官为“轩车”,以下车的等级分别是“召车”(普通官吏乘坐)、“辎车”(贵妇专用车)。安车是皇帝赐给功臣或下属的座车,大臣年老退位赐安车被认为是最高的荣誉。唐代以前车是帝王和贵族重要的陪葬品,西安秦始皇陵的两乘彩绘铜马车制作精美,造型生动,反映了较高水平的制车工艺。

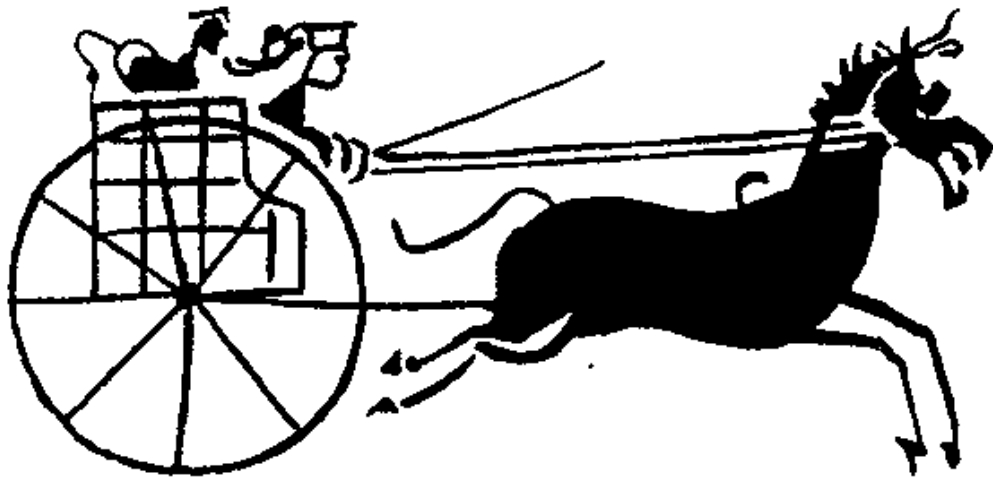
南北朝时马钧制造指南车、西晋记里鼓车属于礼仪车,分别用于指引仪仗队或记载里程。在机械制造技术上的突破是齿轮的运用。

宋以来以畜力为主的礼仪车逐渐减少,取而代之的是用多人肩扛的轿子。车的发展逐渐趋于停滞。

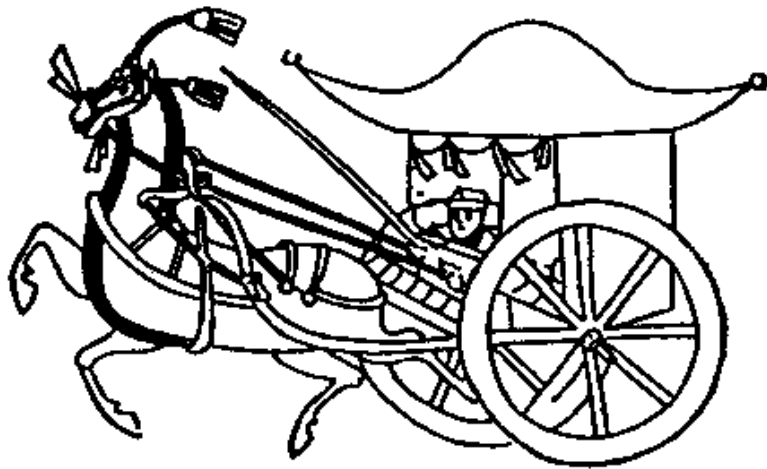
(二) 战 车

《周礼·夏官》：“鼓戒三阙，车三发，徒三刺。”战争中战车主要用于攻击和掩护步兵。春秋战国时战车的使用已经比较频繁，为了长途跋涉和运行灵活的需要，战车具有车轮轮径大、车舆高等特点。

战国秦的战车有小戒、武刚车等,小戒是一种兵车,车上备有弩箭和盾。而武刚车“有巾有盖”,是作为前驱的战车(《续汉书·舆服志》)。



1. 汉画砖上的辎车



2. 汉代辎车

图 9-12 马拉两轮轿车

三国两晋南北朝时战车的种类更多,曹魏的发石车,又称霹雳车,可以接连抛掷石块。梁的侯景善于制战车,他制造的战车有楼车、登城车、钩堞车、阶递车等等^①。宋代以炮车闻名,其中4轮高炮车

^① 史建玲:《中国古车类型与制造》,《中国科技史料》1984年第2期。

(炮楼)、行炮车(攻击型炮车)在车的设计和制作上较有特色。

(三) 交通车和货运车

宋代以来官员和显贵出行乘轿日益风行,车在农业耕作、运输方面开始大量使用。这类车在制作上不再讲究豪华的装饰,制车的材料多用铁件、木件。

用牛5至7头的太平车是载货的专用车,这种车盛行于宋代,适合中长途货运。清代的马拉轿车,两轮在车辕的尾部,结构简单,行驶快捷。北方以马、骡、驴拖曳的四轮大车为主要交通工具,而南方独轮车的实用更为普遍。

由于动力条件的不同,独轮车也有不同的车型。独轮车以人或畜力推行前进,可以用作客运和货运,明代江南南北之间的运输多是这种车。清代江南有人在独轮车上加帆,遇有大风,可省很多人力。人力独轮车,江南称羊角车,四川等地称鸡公车,沿至近代也是农村许多人家通用的客货运输工具。

三、《考工记》及古代制车工艺

春秋战国时期车的使用已很普遍,制车业空前地兴盛,有专门官吏管理车辆制造,行业内部也有细致的分工。车匠时统称车人,按工种分轮人,专造轮子;舆人,专造车厢;辘人,专造车辕。《考工记》载:“一器而工聚焉者车多”,当时车辆制造是集中能工和巧匠的行业。

《考工记》是创作于春秋末年的一部有关手工业技术的专书,作者系齐国人,其中有关车辆的制造工艺占了较大的篇幅。在世界技术史上它作为第一部涉及车辆制造的专著,既是古代机械力学知识的积累,又是机械制造最早的科学总结。

《考工记》在“国有六职”、“轮人为轮”、“轮人为盖”、“舆人为轮”、“辘人为辘”、“车人为车”等六节中对车轮、车辕的形制设计、制造和

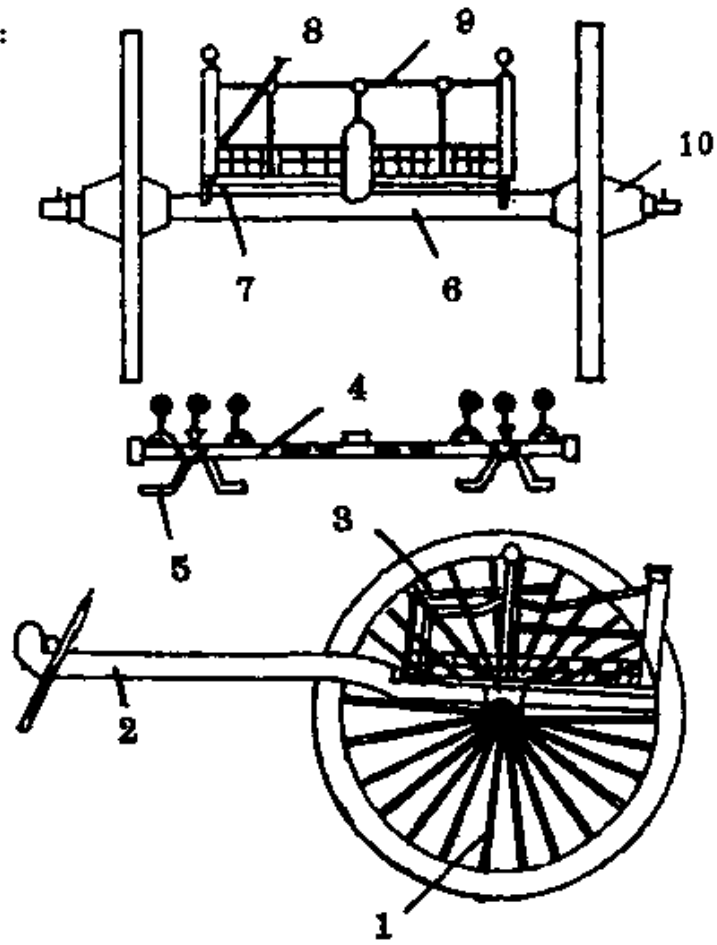
检验工艺都有详细的阐述：

(1) 车轮轮径设计。
“轮已崇，则人不能登也；轮已庳，则於马终古登阨也。”轮子转动时，摩擦力与轮轴的半径成反比。车轮直径愈小，所需动力愈大，但是轮径过大，乘客上下困难。轮径的选择既要考虑实用，又要考虑省力。在“国有六职”说，“兵车之轮六尺六寸”，齐尺约合今制 19.7 厘米，则当时官制兵车轮径为 1.30 米，据今人研究秦车轮径平均约为 1.33 米。

(2) 车轮轮辐的选择。“凡辐，量其凿深以为辐广。辐广而凿浅，则是以大抗，虽有良工，莫之能固。凿深而辐小，则是固有余而强不足也。故兹其辐广以为之弱，则虽有重任，毂不折。”这里提出了车辐截面尺寸与车梁固定端尺寸的相互关系。

(3) 毂的设计(车轮中心穿轴的圈轮)。“行泽者欲杼(短毂)，行山者欲俾(长毂)。短毂则利，长毂则安。”对用于潮湿多雨地区的车辆，采用短毂，以减少轴与轮毂的接触面和摩擦力，使之转动灵活。用于山区的车辆，选用长毂，可以增加其稳定性，减少颠簸。

(4) 车辕的制作。“凡揉辘，欲其孙而无弧深。”即顺着木材的纹理，揉制曲率适中的曲辕，我国传统用轭引法系驾曲辕，曲辕的平滑



1. 辐 2. 轴 3. 辋 4. 衡 5. 轭
6. 轴 7. 轸 8. 辘 9. 轼 10. 毂

图 9-13 古车构造

有利于马或牛呼吸顺畅,使之得以“勤登马力”,达到较高的车速。

(5) 车轮制作工艺与质量的检验。提出了规(检验轮的圆度)、水(利用浮力检验轮毂的是否均重)、县(悬绳以验证轮复查曲直)、权(各轮是否重量相等)等技术要求和控制制作质量的手段。

《考工记》以后少有系统涉及车辆制造技术的文献,明代《天工开物》是一部涉及农业、水利、化工、冶炼等门类的科学技术著作,成书于明崇祯十年(1637年),作者宋应星(1587—1666年)。在舟车类中,介绍了骡或马车的制作、材料的选择、驾驭要领等。其中对当时流行于今河南、山东等地牛拉双轮轿车(《乾隆南巡图》中是马拉双轮轿车)、独轮车的介绍,是了解明清以来车辆沿革和陆路交通的珍贵史料。

四、畜力与人力舆具

古代传邮千里,多凭借骑马;载人载物的车辆或以牲畜或以人力拖曳,肩舆即轿子或滑竿也是古老的运载工具。

(一) 用作交通工具的牲畜

中国使用牛马充作交通工具的历史久远。汉代与西域的交往,驴、骡和骆驼等牲畜从丝绸之路传入中国。其时驴、骡尚少饲养,东汉灵帝中平时(184—189年)在御园西园操饗驱驰,引得“京师转相仿效”^①,马牛之外,驴、骡、骆驼开始用作交通或拖曳工具很快流传开来。

驿用牲畜使用最多的是马匹,及至二十世纪初主要是靠信使骑马传送信息的。驿路用马有两种:驿马和传马。驿马专供国家传递紧急公务和军事情报,驿骑日行200里左右。驿站饲马,在每站都要更换马匹,以保证驿传速度。唐贞观时安西都护郭孝恪破焉耆,驿传至

^① 孙机:《中国古代马车系驾法》,《自然科学史研究》1984年第2期。

长安用了1个月(《资治通鉴》卷一九六)。焉耆距长安7300里,按行程30天计,每天驿骑240多里,过8驿。传马是用于长途,供过往的使臣、官吏及其家人使用。传马一般一天过4驿,或单骑或驾传。

驿站用驴、牛、骆驼等驮载货物也很普遍。元代驿站中在辽阳有狗站15处,站户300,狗3000只,冬季以狗拉橇(《后汉书·灵帝纪》)。西北多用骆驼,甚至有以之驾挽的骆驼车,有两轮,也有四轮,载重量多可达千斤,日行近90里。

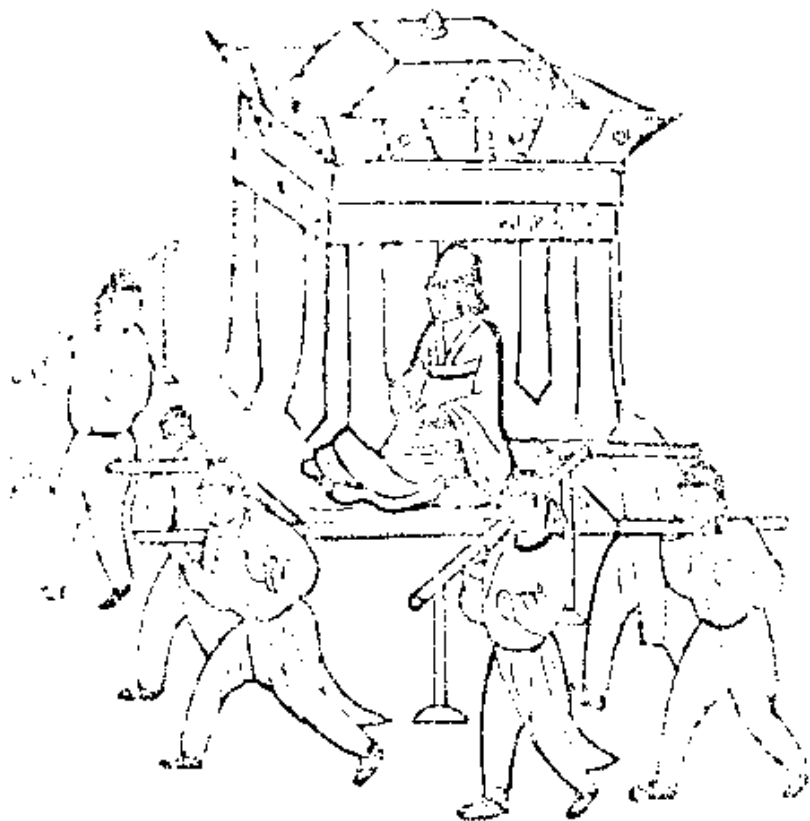
(二) 驿用牲畜的管理

秦汉以来驿传逐渐普遍,驿用牲畜日渐增多,驿用牲畜的征集、配给逐渐制度化。至少在隋代对驿传马实行簿籍制度,《唐六典》载:唐兵部、驾部郎中职掌“天下之传驿,厩牧、官私牛马杂畜之簿籍”。驿用牲畜簿籍主要内容有:牲畜所有者或饲养者的姓名、毛色、性别、岁齿、肤色等。除簿籍外还要给牲畜打烙印。

驿用牲畜的征用,各代不外两个来源,一是同差役共征,一是政府购买。元代实行的站户制,充役的马站户,出马1匹;牛站户,出牛2只。每户还要出丁应役,给过往的使臣提供“首思”即饭膳。站户免去田赋,但是,一入站籍,世代为役(《元史·兵志》)。元许有壬《养马户次伯庸韵》生动地描述了当时站户的悲苦:“盛冬裘未完,丰岁食不足。为民籍驿夫,马骨犹我骨。束刍与斗菽,俱自血汗出。才释鹰师鞍,又服梵子轂。边声或玄象,去马便可哭。朝廷播政令,黎庶供力役。儿女甘作奴,养马愿饲粟。源源急星火,金符出黄屋。”(《圭塘小稿别集》卷二)明代驿用牲畜主要在黄河以北征集,每10丁征马1匹、牛1头,每15丁征骡1匹,分别由太仆寺、苑马寺和各军卫饲养,实行官马私养。江南以漕粮,北方以驿马赋役对民间侵害最大。

(三) 人力舆具

以人力载人和物的舆具是古代普通而实用的交通工具,最常见的是轿子、滑竿。它们的源于何时难以定论,至少比车还要古老。在

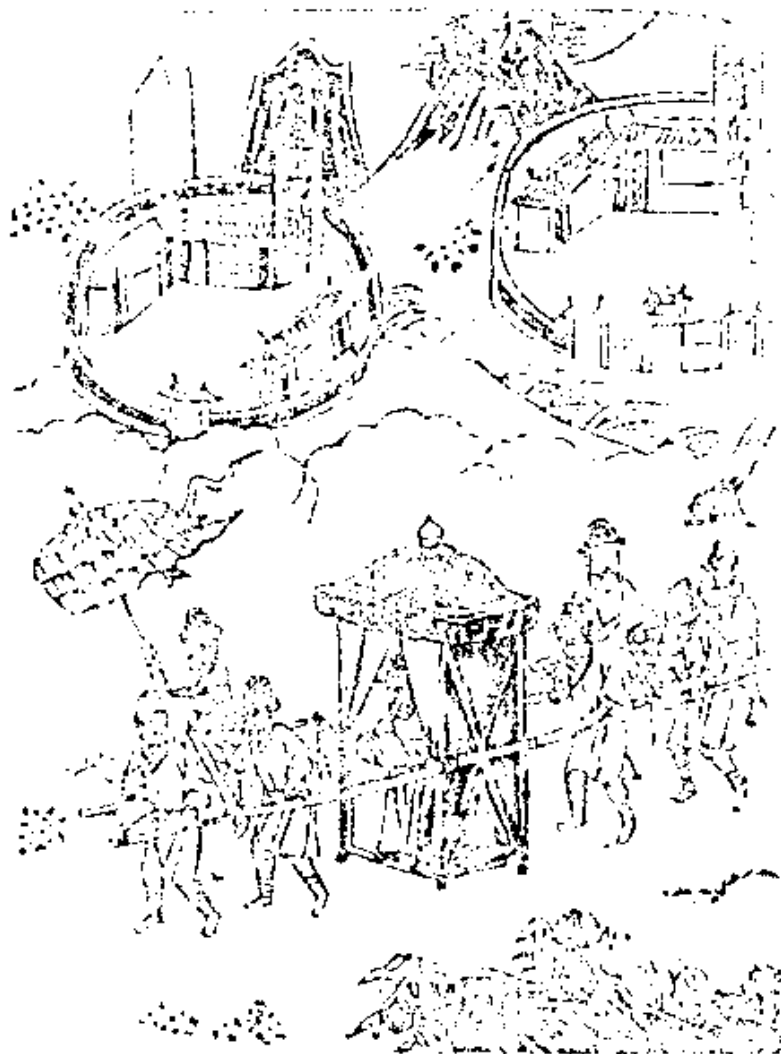


(1) 唐 轿

山路崎岖的边远山区,行车不便,轿子或滑竿的优势更为突出。《史记·河渠书》引《夏书》“(禹治水)陆行载车,水行载舟,泥行蹈屨,山行即桥”。此“桥”通“轿”,古代轿又谓之“肩舆”。^①

用轿载人,唐代开始盛行于都市,但官员出行仍以马乘为主,乘轿多是贵族妇女。南宋轿子在官场和民间普及,轿子的式样、大小规格、制轿材料、轿子饰物、轿夫人数、使用场合有愈来愈细礼制规范。轿子成为乘者权力、地位和财富的象征。官员出行时,官轿有二人抬、四人抬、八人抬等。民间平民使用的轿子多是二人抬。除载人以外,

^① 《晋书·王献之传》：“尝经吴郡，闻顾辟疆有名园，先不相识，乘平肩舆径入。”



(2) 明 轿

图 9-14 轿子两式

轿子也用以长途货运。在驿道沿线必经的集镇有轿行或轿铺，明清时在城市里还有写轿行，人们可以预定轿子。

滑竿是竹制的人力舆具，结构简单，用两根竹竿，中间架以坐具或卧具，前后抬着走。滑竿轻巧灵活，视线开阔，进退方便，曾经是无论尊卑各阶层广泛使用的交通工具。汉高祖九年（前 198 年），刘邦经过赵国，贯高等欲害刘邦。阴谋败露，刘邦派泄公“持节问之篋舆前”。贯高所乘的篋舆即竹制的抬轿（《史记·张耳陈余列传》）。这种竹制的舆具多为两人抬，流行区域后来逐步缩小，局限在我国西南地区。

第十章 近代交通运输业

十九世纪末至二十世纪初交通运输出现革命性的飞跃,以西方蒸汽机发明为标志的工业革命开创了运输业全新的历史时代。在中国,随着火车、轮船、飞机和汽车的逐步输入,刺激着传统交通方式和工具的变革。由于薄弱的经济基础和长期战乱不已,交通运输事业的发展迟缓,先进的运输设施和工具集中在少量中心城市和周围近邻地区。但是近代交通运输事业在规划和新技术引进方面的成就,为二十世纪五十年代以后的大发展奠定了初步基础。

第一节 轮船运输时代的开始

十九世纪末美国人富尔顿(1765—1815年)在前人研究蒸气动力船的基础上,致力于船舶推进器的改革。1807年富尔顿在一艘长45米的“克莱蒙脱号”上成功地装备了单缸凝汽式蒸汽机。“克莱蒙脱号”首航纽约至奥尔巴尼,240公里的行程历时32小时,而当时帆船行驶时间是4昼夜,富尔顿意识到这类轮船巨大的经济效益,马上在两地设置了定期航班。这是船舶制造和海上运输划时代的事件,标志着轮船运输时代的开始。1869年连接地中海与红海的苏伊士运河

开通,使得过去由欧洲到印度洋、西太平洋绕道南非好望角达 10800 海里的航程缩短为 6300 海里。大洋之间运河的沟通使轮船远洋运输进入飞速发展的时期。而十九世纪以来,帝国主义的入侵,使中国领海权和港口管辖权迅速丧失。

一、近代航运管理——主权丧失与有限的收复

十九世纪以来,外国船只纷纷进入中国港口和内河航道,但是我国的航政一直接地域分而治之,直到清末才有了相应的国家管理机构。1906 年,清政府设置邮传部,下设船政司,掌管全国港口、航道和导航设施等。但是十九世纪四十年代与西方各国签订的一系列不平等条约,实际限制了国家在航政领域行施主权。这种状况到了二十世纪四十年代太平洋战争前后才有所改变。

1942 年太平洋战争爆发,国际形势发生了极大的变化。1943 年 1 月 11 日,中国与英美三国政府在重庆签订了新条约,废除了两国一百多年前强加给中国的不平等条约。英美两国终于放弃了依据旧约在中国的内河航行、引水、航海贸易等特权。

(一) 港口管理

港口是航海业的枢纽,它联系海洋运输的各个环节,西方列强对中国的经济控制首先是从外港开始,然后延伸到内港;由港务而及海关、各大江河的航道管理。

对港口管理,到清代已经形成了地区分而治之的管理模式,即按行政区划分属各所在地的府或道设专门机构管理。道光二十三年(1843 年),英国政府与清政府签订了《五口通商章程》,广州、福州、厦门、宁波和上海五港口辟为通商口岸,不久中国的沿海港口全部对外开放。根据这一不平等条约,外国驻五口的领事可以引用领事裁判权干预港口的行政管理,为后来攫取中国的海关管理权、船舶进出口

批准权,以及在港船舶的管理权准备了法律依据。主管港口的重要官员如港务监督、港口税务司长、港口引水长全部由外国人担任。由外港又逐渐扩展到内河大港,长江的镇江、南京、九江、汉口相继为外国人管理。咸丰七年(1868年),在英国人的主持下成立了总税务司,这是外国人统一管理中国港务的机构,英国人赫德出任总税务长^①。总税务司下设海务部,“约分为港务之管理,灯塔、浮标及一切便利航行设备之装置与维持,沿海及内河水道之测量,河道图表之绘制与天气气象报告之记录等”。由港务涉及航标管理,进而涉及港口和内河航道的测量。帝国主义对近海与内河运输的控制步步深入。

港口主权的旁落使外国人可以凭借特权在岸上圈占深水岸线,建筑码头和仓库,在港区侵占水域,甚至为外国军舰提供专用泊位。中国直至抗日战争胜利后,除香港和澳门外,港口的主权才收归国有。

(二) 海关管理

上海海关是第一个让出管理权的海关。清咸丰三年(1853年),上海小刀会起义占据上海江海北关。英、美、法三国领事趁机联合宣布租界中立,并调动停泊在黄浦江的英军舰士兵登陆,占据江海北关。上海道台吴健彰被迫与三国领事会商出让上海海关主权。自此,北起辽东湾的牛庄、南至广州 14 处海关实际的管理权均为外人攫取。

海关管理权的丧失,对中国政治、经济和航海运输具有深远的影响。首先,他们统管了进出口税收,从而在很大程度上控制了中国财政。在水运方面,通过海关管理权可以直接操纵航政、海事行政、引水、航道疏浚。

^① 赫德(Robert Hart, 1835—1911年)英国爱尔兰人,1854年到香港,在英国商务监督公署任职。1859年任粤海关副税务司。自1863年任总税务司至卸任达48年,其间插手大量的中国内政、外交事务。是英国对中国实行殖民侵略的代表人物。

（三）航标设置与管理

每个国家的领水航道和航标资料都属国家机密,多由海军部门掌握,航标的设置和管理是国家的主权。当大量的外国轮船进入中国领海时,落后的航标设施不能满足轮船出入港口的要求。道光二十七年(1847年)英国副领事罗伯逊私自在吴淞口外树立航标,首开外国人在中国领海擅自设置和管理航标的先例^①。以后海关控制权和港口管理权外落,航标设置和管理的主权随之丧失。

清同治七年(1868年),由海务部统一沿海航标管理。中国沿海划分为南中北三区段,北方区总部设烟台,中央区总部设上海,南方区总部设福州,每区设巡工司管理航标。外国人在中国沿海拟定了系统的修建航标的计划,至二十世纪三十年代逐步完善了北自牛庄,南迄琼州的航标设施,满足了外船出入中国领海和港口的需要。

（四）丧失引水主权的《中国引水总章》和收回引水权

《五口通商章程》签订之前,中国的引水制度比较完备,如广州港,外船进港,规定“每船给引水两名”;“(引水费)不拘船只大小,所付皆相同。但依照船只所属国别而略有差异”。引水员的管理也相当严格,“县丞将能充引水之人,详加甄别,如果殷实良民,取具保甲亲邻结状,县丞加结,申送查验无异,给发腰牌,执照准充,仍列册通报查考”。“有私出接引者,照私渡关津律从重治罪。”(《中国对外贸易史资料》第一册)

道光二十年(1844年),上海英国领事馆擅自向外国退役海军签发引水执照。英国人林克雷特成为上海港第一个外国引水员。1859年英美法三国驻上海领事联名公布了《上海港引水管理章程》,特别赋予三国领事有引水员登记、考选和签发执照的权力。很快上海港的

^① 《中国航海史》第一章,人民交通出版社1989年版。

58名中国引水员只剩15名,且无船可引了。为了使三国私自公布的引水章程得到各国的承认,并为各港实施,英国人与清政府总理衙门交涉,强制性地制订了《中国引水总章》。《总章》自同治七年(1868年)12月27日公布实施。

辛亥革命以后由交通部收回了引水权,但是港务引水事权实际仍为外国人控制,大连港引水为日本人垄断。据统计,1929年时全国共有引水员101人,中国引水员40人,外籍引水员61人,广州港有中国引水员23名,其他各港有17名,天津、营口、汕头、厦门和大连都是外籍引水员。抗日战争时期东北各港和上海港先后被日本人侵占。1945年9月国民政府颁布了《引水法》,次年5月成立“全国引水管理委员会”,引水事权开始交还给中国政府,但是上海港的引水权一直到1949年才真正收回。

二、在中国的外国轮船公司——外轮涌入沿海和长江航道

十九世纪欧美的轮船运输业有了较大的发展,巨大的商业利润促使轮船公司到远东开发市场。十九世纪二十年代英国怡和洋行在广州开业,最初只往返于香港和广州之间贩卖鸦片,1848年,怡和洋行又陆续开辟了广州至香港、上海至香港、上海至福州、上海至宁波、上海至天津、上海至烟台的客货船航班,在长江上怡和也开有客轮航班,到十九世纪末,近海航线主要被怡和公司霸占。^①

美国旗昌轮船公司是上海第一家轮船公司,成立于1862年。它首先占据了长江航线,主要经营汉口和九江至上海的茶叶、棉花货运。1872年成立的英国太古轮船公司,以雄厚的实力很快打破了旗

^① 参见《中国航海史》第二章,人民交通出版社1989年版。

昌轮船公司的霸主地位,成为自十九世纪末至二十世纪四十年代经营长江航运的最大轮船公司。

稍后挤入中国航道的是日本轮船公司,日本航运业在政府补助金的支持下,进入了长江航道,并在渤海、黄海迅速发展,使其轮船的总吨位超过英国而居首位。

十九世纪六十年代起,英国政府和东印度公司开辟了自苏伊士至香港、至上海的远洋航线,以邮件和客运为主。法国邮轮在十九世纪六十年代开辟了上海至横滨的邮政航线,并与西贡、香港的航线衔接。美国花旗轮船公司于1867年2月开辟从美国加利福尼亚至香港的横跨太平洋航线,从此开始了环球轮船邮传和客运。英、美、法等国以邮传为主的远洋航行都得到了各自政府的财政资助。如1868年至1877年间,美国政府给花旗轮船公司邮轮的津贴达到450万美元。

三、轮船招商局——中国最大的官营轮船公司

外国船舶的大规模入侵和港口管理主权的外落,使一直以木帆船为主的中国航运遭受到强烈的冲击,并急剧地衰落下来。

对中国近代航运事业有重要影响的是李鸿章创办的轮船招商局,自1873年至1950年由官商经营的招商局,是唯一可以与外国轮船在内河航运中抗衡的中国轮船公司。

招商局开办的初衷是解决漕粮运输。十九世纪太平天国据有长江下游十余年,运河不通,实行漕粮海运。1873年1月,在李鸿章的支持下轮船招商局在上海成立,精于漕运的淞沪沙船巨商朱其昂任总办,招商局实行官督商办。1873年2月,4艘悬挂青龙旗的轮船载20万石漕粮自上海出发驶往天津。当年招商局在上海招商失败,朱其昂因资金不足引退。广东富商唐廷枢接任后,招商局向社会发行股

票,获得了后续资金。从此除漕运外,开辟了广州至日本、菲律宾、新加坡、安南航线。1877年招商局收购了美国旗昌轮船公司长江和沿海全部轮船、码头、仓库,拥有33艘轮船,总吨位超过英籍怡和、太古轮船公司而居首位。其后在内河航运中与这两家外国公司平分秋色。(《中国近代航运史资料》第一辑)

1911年辛亥革命后,北洋政府接管招商局,由李鸿章和盛宣怀的后代主持公司经营。招商局在李、盛两大家族的控制下,日益腐败,经营陷入了困境。1932年国民政府将招商局收归国有,成为官僚垄断资本企业,由刘鸿生出任总经理。通过购买和租赁外轮,至1936年招商局的轮船总吨位达到71177吨,有元、亨、利、贞四大海轮行驶南洋航线;有三轮行驶沪港粤线;有一轮行驶上海、青岛;主要的船只仍投入长江航线。抗日战争期间招商局成为航运军用物资运输的主力,与民间的轮船公司一起承担了机关、学校、工厂内迁的运输。1937年以6只4000吨的大型轮船过三峡直航重庆,开创了川江轮船运输的先例。

1945年9月抗日战争胜利后,招商局再度成为沿海和长江的航运霸主。1946年10月台湾收复后,招商局海航号运煤1000吨,从海南岛至基隆和花莲,这是中国商轮首航台湾。到二十世纪四十年代末,招商局拥有的吨位达40多万吨,以及主要的港航设施,国内外分支机构有43处,资产总额为1.5亿美元。开辟了至日本、韩国、南亚及南北美洲的国际航线,以及大量的长江航运业务。招商局据有中国航运的统治地位达77年。

四、民间航运业的成长——民营轮船公司的兴起与发展

中国民间轮船公司兴起于二十世纪初。早期的民办小轮船公司

多采取外轮注册,悬挂外旗的方式经营。这一时期实力雄厚的民营公司是官商合资的轮船公司,著名的有江苏张謇创办的“大达轮步公司”和四川周善培创办的“川江轮船公司”。二十年代是民间航运发展迅速的时期,在经济较为发达的沿海地区和主要的航道上出现了经营航运的集团企业,以及各公司联合营运的轮船公司成员协作体系。近代较有影响的民间主要轮船集团或公司如下:

(一) 三北航业集团

包括三个轮船公司、一个造船厂、一个码头仓库公司。它的前身是1913年宁波人虞洽卿创办的三北轮船公司,三北公司开办不到五年便开辟了南洋、北洋、宁波和长江4条航线:沿海北起海参崴,南至汕头;内地长江由上海直至宜昌;外海至日本、至南洋群岛。1926年三北的富阳轮首先悬挂中国国旗首航川江抵重庆,从此三北航业集团公司成为拥有总吨位最高、500吨级以上轮船最多的全国第一大民营航运企业。

(二) 达兴商轮公司

1919年拥有上海鸿兴机器厂的徐忠信利用自己修造轮船的优势开办了轮船公司。达兴是一家小公司,总吨位近2000吨、轮船三艘,它聘用吴淞商船学校的毕业生做船长,使中国商船上出现了第一代中国船长。达兴主要的航线是上海至福州、至兴化的航线和长江航线。

(三) 北方航业公司

1917年在天津开办,上海设分公司,有轮船6艘、总吨位近10000吨,主要航线有天津至北方各口岸,长江上海至长沙、宜昌,上海至日本、至海参崴,上海至南洋群岛。1936年因经营亏损,不能维持,公司出售给日商。

(四) 民生实业公司

1926年四川合川人卢作孚仅以一艘70吨的小轮民生号起家,

到1937年猛增到拥有轮船48艘、总吨位19875吨,承担长江上游70%以上客货运量,成为实力雄厚的航运公司,在长江上的运输能力与英籍公司太古、怡和相当,并超过了招商局。抗日战争期间民生实业公司将营运航线扩展到岷江、涪江、嘉陵江和金沙江,在大后方的交通运输方面占有重要的地位。战后民生公司更开辟了至香港、曼谷、新加坡、日本的航线,在天津、青岛、台湾、广州、香港设立了分支机构。

(五) 中国航运公司

成立于1946年,初名中国航运信托公司。总公司设上海,经营近海和远洋运输,拥有3000—5000吨位的船只6艘,1艘400余吨内河船只。中国航运公司是第一家由中国人管理和驾驶的远洋轮船公司,1947年该公司天龙号由上海至法国的多佛尔。次年该公司通平号自上海横渡太平洋抵达美国旧金山,开创了我国轮船远航大西洋、太平洋的历史。

第二节 公路的早期发展

1855年汽车一经发明,立即引起了道路的变革,传统畜力车道逐渐按照汽车行驶的要求,改造成为公路。二十世纪二十年代工业发达国家进入了汽车时代,不同等级的公路体系形成,公路交通成为国家交通运输的主体。中国的公路建设在二十世纪初拉开了序幕,民国建立之初人们提出了“兴筑国道,修浚河道,以安插兵士”的建国主张^①。到三十年代出现了公路建设的第一次高潮。抗日战争

^① 叶恭绰:《1919年南北议和之经过及其内幕》,《北洋军阀史料选辑》,中国社会科学出版社1981年版。

期间，西南和西北地区的公路有较大的发展，开通了我国与邻国沟通的国际公路。据统计至1949年止，中国实有公路13万公里，初步构成了全国性的公路网络。在工程技术上，公路路线的勘测设计，以及大跨度的钢结构架桥、吊桥和钢筋混凝土桥梁等技术的运用，为二十世纪五十年代以后的公路交通事业发展奠定了初步基础。

一、公路建设的兴起——汽车的传入与国道规划的提出

二十世纪初，上海外国租界的街道上出现了汽车，汽车以其运输方便、快捷、费用低廉很快进入了大都市和人们的生活。1907年欧洲各国联合举办了万国汽车环行会，由北京至巴黎，参赛车18种40辆。法国和意大利比赛的区段在张家口至库伦（今蒙古人民共和国乌兰巴托）间。这段路原来是清代官路的恰克图路的一段，为举办比赛，这段官路略作了一些修整，以后这条路成了我国第一条商营汽车公路，是为张库路。

1917年，北京商人景学龄成立了经营汽车营运的大成张库汽车公司，次年交通部开始行使对商业性汽车运输的行政管理，第一部汽车法《长途汽车公司条例》和第一部公路法《修治道路条例》相继于1918年、1919年颁布。

商业性汽车运输业的兴起，带动了公路建设。二十世纪初至1928年是全国公路交通的开拓期，中国第一条公路自广西镇南关至龙州，修筑于1906年，长约50公里。这一时期比较有代表性的公路还有，1913年民间集资修筑的长沙至湘潭的公路，1918年修筑的张家口至库伦的公路和1920年修筑的烟台至潍坊的公路。更多是各地的军阀割据政权出于政治和军事的需求，在自己防区修筑的短途公

路。据统计,1921年全国的公路包括改造旧有道路和少量新筑公路,总营运公路里程为1185公里,到了1928年达到2100公里。^①

建设国家级的干线公路,以构成公路网络,是二十世纪以来交通事业的主体。我国最早提出公路的国道方案是在1909年,由内务部工程司周秉清提出。他的《国道网方案》将全国分为三区:从山海关至伊犁即长城以北为北区;长江以北至长城以南为中区;长江以南为南区。方案规划国道共51条干线,总长69994公里,建设期10年。后来还提出其他的方案,但都未能付诸实施。

1929年由铁道部国道设计委员会制订了全国性的公路规划。根据规划,全国道路干道标准确定为国道、省道三级;国道以当时都城南京为中心,干线分为京桂、京滇康、京藏、闽新、京蒙、京黑、张远、甘藏新、绥新、黑蒙新、迪疏、陕桂12条,共长67553公里。规划设想10年内完成国干道主体线,20年内完成边防线。二十世纪三十年代我国公路建设进入发展的第一次高潮。1933年、1934年间以当时国都南京为中心的主要干线公路相继建成:连接苏浙皖的三省公路,总长1041公里,包括南京至杭州、上海至杭州、南京至芜湖、苏州至嘉兴、杭州至徽州6条干线;连接江西、湖北、湖南、河南、安徽、江苏、浙江7省公路,总长12000公里,11条干线公路。为了战争的需要,1937年前后主要进行了西北公路的建设。改造了旧有的甘陕新三省公路,新辟西安至伊犁、西安至汉中、西安至包头、包头至兰州、兰州至疏勒、兰州至汉中、包头至塔城、塔城至疏勒、汉中至白河、西宁至玉树,共10条具有战略价值的公路,新线里程约132500公里。在东南部经过公路的扩建和改造,江西、浙江、广东、福建原有的公路也连接贯通。到1937年,全国公路网基本形成,总里程达到109500公里。各省当时拥有的公路里程见下表。

^① 参见陆仰渊、方庆秋《民国经济史》第四章,中国经济出版社1991年版。

至 1937 年全国各省拥有公路里程表

单位:公里

省份	公路里程	省份	公路里程	省份	公路里程
四川	4820	贵州	2055	福建	4301
云南	2827	广西	4740	安徽	5731
广东	10360	湖南	2787	浙江	3437
青海	2337	宁夏	2266	河南	6612
新疆	4853	江苏	5320	陕西	4093
河北	3161	山东	6533	甘肃	3739
湖北	4053	江西	6545	山西	2703
辽宁	3191	吉林	2403	黑龙江	2514
热河	2330	绥远	3208	察哈尔	2581

注:表内资料来源于《民国社会经济史》第二编,中国经济出版社 1991 年版。

二、公路建设的非常时期——公路的战略破坏 与国际公路的建设

1937 年 7 月 7 日芦沟桥事变之后,抗日战争全面展开,公路建设进入了非常时期。双方出于战争的需要,对公路的战略破坏大于建设。为阻止日本侵略军攻城略地,河南东部 1153 公里的公路和桥梁彻底破坏;福建破坏公路 2529 公里,占全省公路里程的 60%;江西破坏公路 5661 公里,占公路总里程的 73%;广东和广西破坏公路里程分别占公路总里程的 84.5%和 90.8%^①。而日本人为了切断后方的供需交通线,也集中了大量的军用飞机炸毁公路和桥梁,特别是与国际公路相通的西南、西北干线公路上的重要桥梁,如横跨云南怒江滇缅公路上的铁链索悬桥功果桥和钢索吊桥惠通桥,都遭受过数以百计架次日机轰炸。

^① 《中国公路史》第二编,人民交通出版社 1990 年版。

较大规模的公路建设集中在西北、西南地区。西北公路主要是打通与苏联的交通，西南公路则是沟通至缅甸、印度的交通，以便将俄、英、美等国支援的战略物资运至大后方。这一时期主要修筑或改造的干线公路有川陕、西兰、甘新、迪霍、川黔、滇黔、滇缅、中印、黔桂、河岳等公路。其中以滇缅和中印公路工程最为艰巨和庞大。

滇缅公路是当时亚洲著名的国际通道，为接运至缅甸仰光的海运物资而修建。自昆明经楚雄、下关、保水、芒市、至畹町进入缅甸，往南至腊戍，与至仰光的铁路连接。滇缅公路在中国境内全长 959 公里，昆明至下关段先于 1935 年通车。下关至畹町段 548 公里，于 1937 年冬开工，1939 年 1 月通车。后段越过横断山脉，跨过怒江、澜沧江、漾濞江，工程极为艰巨。工程历时 13 个月，投入民工 15 万余人。滇缅国际公路投入运行仅 3 年 3 个月，共运入物资 45 万多吨，其中油类 15 万吨，军需品 7 万吨；运出物资 10 余万吨。1942 年 4 月日军占领缅甸，公路关闭。桂越公路（南宁经镇南关至越南同登），1940 年建成通车；滇越公路（昆明至中越边界河口），1940 年仅完成昆明至蒙自段。这是通往越南的另外两条国际公路，但是 1940 年越南被日本占领后，公路相继关闭。

滇缅公路关闭后，1942 年 12 月中印公路开工兴建，资金来自租借法案援助款，中印公路全长 2300 公里，美、英提供筑路机械和部分工程技术人员，中国承修。中印公路在中国境内只有云南保山至国界段，长 389 公里，在云南保山和缅甸宛町与滇缅路相接，公路穿越崇山峻岭、深川峡谷，工程也是非常艰巨。1945 年 2 月建成通车。中印公路建成后为战争运送了大量的军用物资，战后因经费短缺，无力养护而逐渐荒废。

与苏联相通的西兰、甘新公路在原有公路的基础上，主要新建星星峡至兰州段，长约 1900 多公里，以及迪化（今乌鲁木齐）西至中苏

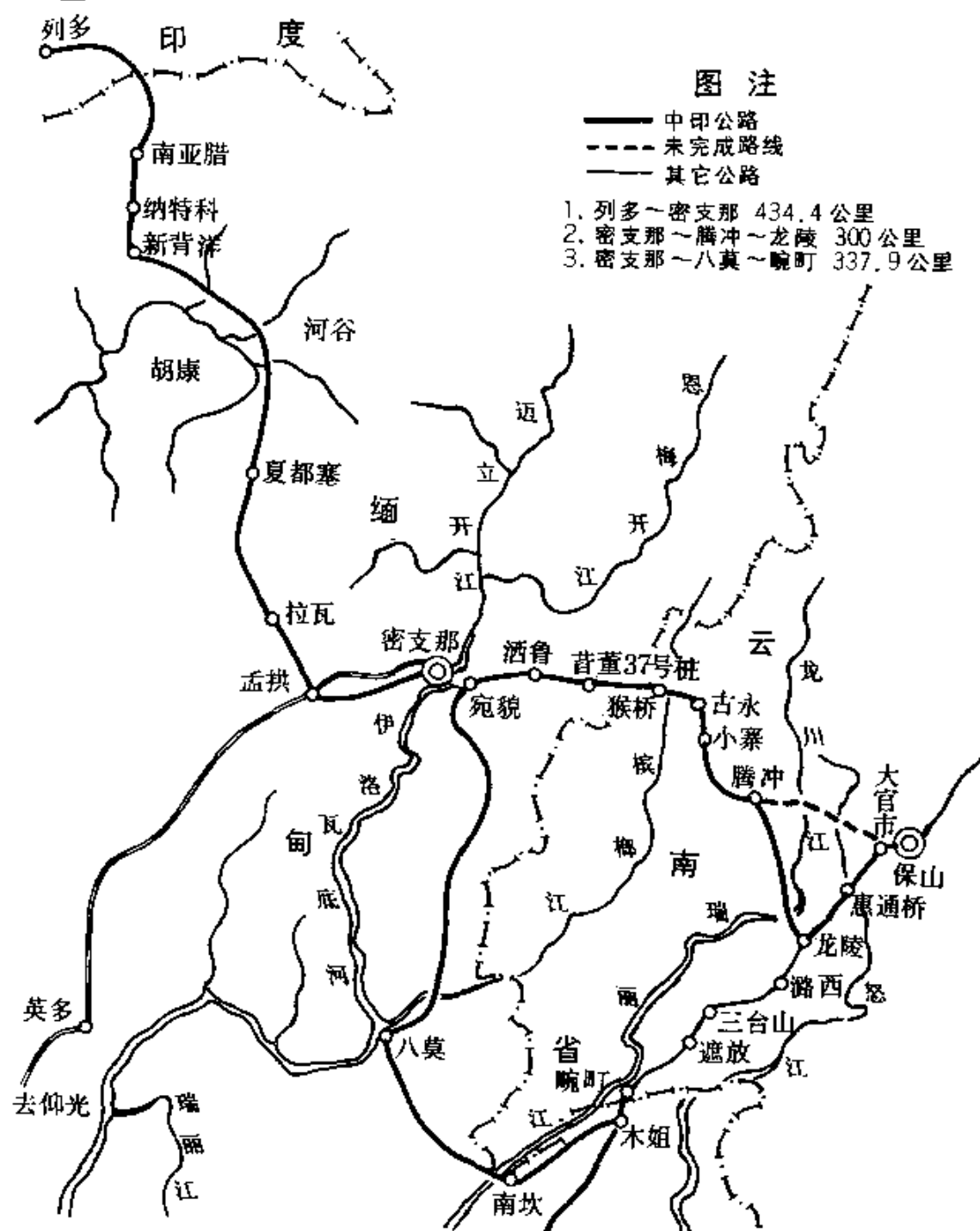


图 10-1 滇缅印公路路线图

国境,公路主要穿越沙漠,工程比较容易。1938年公路建成后,大量的苏联援华物资进入中国,是战时中国与欧洲沟通的主要通道。

在日本人占领的我国东北地区,由于战争运输的急需,日本侵略者加紧了对公路的建设。伪满政权国道局在日本关东军的参与下,制

订了修建国道十年计划,其规划原则是以改造旧有道路为主,新建为辅;避免与铁路平行;军用和警备公路为主。为了完成这一计划,动用了大量的劳工,进行强制性无偿筑路。自1932年至1944年,完成东北境内国道改造和新建共约20000公里。各县承修的所谓“开拓民(即移民)道路”、地方公路近4000公里。

三、公路桥梁——现代桥梁工程的创建时期

二十世纪城市交通的快速发展,带动了道路桥梁的建设。以钢架结构、钢筋混凝土结构为代表的新型桥梁首先在繁华的都市区出现,继而运用于公路桥梁和铁路桥梁。

(一) 城市道路桥梁

新型的道路桥梁出现于清代末年有租界的天津、上海、广州等地,1888年,天津在南运河上第一座钢板梁开启式桥金钟桥建成。稍后,1900年天津开辟大经路(今中山路),在南运河上英、日两国修建了金刚桥。金刚桥3孔,中孔是双叶下承式梁开启跨,边孔为下承式钢桁架,沉箱桥基和混凝土桥墩,桥长76.2米,桥面宽6.45米。天津海河上的金汤桥,1906年由天津海关道、澳大利亚和意大利领事署以及比利时电车公司合资修建。金汤桥采用双腹杆式钢桁架结构,桥上部呈上弦曲线,车道与人行道分离,它以造型优美而闻名。

上海外白渡桥和浙江路桥建成于1907年和1908年,也是二十世纪早期著名的桥梁。由英国人设计,英国克利弗兰钢铁公司提供钢梁。两桥都在苏州河上,木桩基础,混凝土桥墩,下承式钢桁架结构。1921、1924年上海还建成了四川路桥和西藏路桥,这些是中国最早的钢筋混凝土悬臂梁桥。

(二) 公路桥梁

1909年,兰州第一座黄河大桥建成。在兰州黄河上建桥的计划

始于陕甘总督左宗棠,1906年由清政府承包给德商泰来洋行。兰州黄河大桥由美国桥梁公司设计,泰来洋行承建。大桥全长243米,5孔,每孔跨度45.9米,混凝土重力式桥墩,上部钢桁架结构,南北桥台全部为浆砌条石,是当时中国最长的钢结构公路桥,共耗银30多万两。

广西丽江上的龙州桥是1923年建造的最大跨度的下承式钢桁架结构,桥长108.4米、宽3.8米,单孔,孔跨106米。建成后因挠度太大,只能通行小车。1926年增加了斜拉钢架以增加拉力。这类结构的桥梁比较著名的还有1927年浙江鄞(县)奉(化)公路上的元贞桥、浙江杭(州)长(兴)路上的湖州西门桥。

1923年北京永定河上建成了我国第一座钢筋混凝土上承式公路拱桥三家店桥。由京兆尹公署修建,法国人设计和施工。三家店桥全长252.9米,共8孔,孔跨30米,载重量5吨。以后钢筋混凝土材料的各种结构的桥梁日益增多,据资料统计,自1928年至1937年,各地修建的各种结构的较大型钢筋混凝土桥梁有36座。

二十世纪四十年代,公路建设的重点主要集中在西南和西北地区。在当时改造和兴建的22条主要公路上共有桥梁3345座,其中永久性桥梁1510座。战时新建桥梁不多,主要分布在西南地区的峡谷湍流之间。单跨悬索钢桁架桥是这一时期代表性的桥梁。滇缅公路上的功果桥,在云南云龙县境内横跨澜沧江。功果桥为一孔钢索吊桥,跨度88.55米,桥的钢索锚固在两岸的岩石上,设计荷载5吨。1938年和1939年先后在相距700米处建了两座。惠通桥在云南龙陵县境内,也是滇缅公路的重要桥梁,横跨怒江,1938年建成,可通行10吨载重车。惠通桥吊桥塔高7.85米,是当时载重量最大的吊桥,1940年和1941年日本飞机曾数百次炸桥,但未能摧毁大桥。川滇公路上横跨大渡河的桥梁也是这类吊桥。

三十年代以来,大部分的公路桥梁由中国技术人员设计和施工,

桥梁类型、结构,施工技术开始呈现出多方面的发展趋势,造就了中国第一代具有现代工程技术的桥梁技术人才。

四、公路路政、工程管理的发展

二十世纪二十年代各省纷纷修筑公路,汽车运输开始发展起来。由于汽车和燃料都要依靠进口,汽车运输的成本较高,以每公里吨计,其价格可与铁路的头等货物的运价相等,所以汽车运输进入中国以来一直是以客运为主,抗日战争期间军运、货运逐渐占有较大比重。

(一) 公路运输管理机构及管理法规

1911年国民政府成立后,设交通部,是主管公路和铁路的最高行政部门。1927年蒋介石成立南京国民政府后,最初公路交通隶属铁道部,不久改归全国经济委员会,经济委员会下设主管公路事业的三个部门:公路处,主持公路建设和路政管理;公路委员会,负责公路路政及法规的审议;全国公路交通委员会,实施运输的管理和监督。地方公路事业由各省建设厅隶属的公路局(或处)主持。1938年成立交通部,下分设交通处和铁道处,内部机构的组成无大的改变。

1917年,北京大成张库汽车公司开业,开始了中国汽车营运的历史。随着省际公路的修建,商营汽车运输业很快被省际间的联合运输体制所取代。1932年12月,汽车运输比较发达的江苏、浙江、安徽、北京和上海五省市成立了五省交通委员会,统筹公路运输的管理与经营,在委员会的协调下统一了五省公共汽车和长途客货汽车收费标准和联运方式。1935年1月,西安设立西北公路运输管理局,形成了甘肃、青海、宁夏、陕西四省公路运输管理网络。同年,四川、云南、贵州、湖南、陕西也组织了五省省际运输管理局。省际公路运输管理机构一经建立,对实现各省公路间的联运、公路与铁路,公路与水运不同交通方式的联运创造了条件,有利于国家对运输业的统一调

度和运输税收的控制。但是公路运输的管理机制,在民国时期一直没有理顺。客货运输由铁道部主管,全国经济委员会公路处的责权仅限于工程设计和制订规章制度方面,更因为省际公路管理机构对各省公路运输的监督和统制不利,省内公路沦为各省公路主管机关的私产,制约了公路运输运行调度的效率。1940年为了应付战争的需要,设立运输统制局,以军事手段管理公路交通,公路交通在战争中发挥了重要的作用。

(二) 公路工程管理与管理法规

我国最早修筑的公路多是民间集资自建的。1921年内务部的《商办道路规则》、《商办桥梁规则》,是国家旨在鼓励民间自办公路交通的第一部法规。规则规定了通过商办公路和桥梁车辆的收费和免费范围。后来公路多由国家修筑,主要由养路费中回收建路资金。

公路的养护管理费用最初也是由商营汽车运输公司承担,这些公司根据营业收入分担其行驶路线的养护费用。1917年,北京京兆尹公署设立了“京兆乡镇马路工巡捐局”,开始对都城道路进行养护和征收养路费,这是中国近代对公路实行养护管理和设立管理机构之始。以后各地的公路局或处都设置了公路的养护组织。1946年,交通部公路总局将全国公路按区域分为8区,分设8个公路工程管理局,主管国道的养护,才逐步建立和实现了国、省、县、乡四级道路的管理体制,至此由交通部管理的国道除东北和台湾地区外,总长38608公里。中央政府投资的川康、西北、西南等区公路也归由交通部统一管理。分区设立的公路局,协调省道的管理。东北地区在沈阳设立辽宁、辽北、吉林公路联运处,对东北的53条总长20469公里的国道行使管理。1946年国家在台湾设公路局,其时全岛公路干支线总长3700公里,村道17000公里。

1909年颁布《修治道路条例》,这是民国以来国家有关公路建设的第一个法规性质的文件。次年就修筑道路征用土地问题又颁布了

《修治道路收用土地暂行章程》，对国家修筑公路占用土地的赎买、征地做了详细的规定。1929年，铁道部提出国道规划的同时，颁发了一系列的有关公路征地、经费筹集、民工征用的规章。

公路刚刚进入中国时，由于没有统一的公路工程标准，缺乏公路建设的技术人才，早期的公路标准低且施工质量差。后来，各地公路管理部门相继制订自己的养路规程。1934年，全国经济委员会颁布了《公路工程准则》、《公路工程设计准则》^①。1946年和1948年交通部公路总局先后颁发了《养路须知》、《公路养护工程处理规程》，终于建立起了国家公路工程管理的规章制度，至此，初步在全国范围内实现了公路的规划、设计、施工的行业管理。

第三节 铁路与民航运输业的开创

十九世纪的工业革命诞生了火车和飞机，这些新型的运输工具，引发了运输业的深刻革命，给社会乃至人们的生活方式都带来了深刻的影响。有关铁路和航空的知识首先由传教士和留学欧美的学者传入中国，十九世纪末期至二十世纪初是我国铁路和航空运输的创始期，二十世纪的二十至三十年代有一定的发展。但是由于工业基础薄弱，铁路和民航运输业一直停滞在发展的初始阶段。

一、以吴淞铁路、京张铁路发端的近代铁路建设

1825年铁路首先在英国用于运输。此后20年间迅速在美国、法

^① 参见赵祖康、郑德奎：《三十年中国之公路工程》，《三十年来之中国工程》，1945年版。

国、比利时、德国等欧美国家发展起来。1872年美国驻上海副领事布拉特福(Oluer B Bradford)在上海成立了吴淞道路公司,企图吸引美国企业来华投资修筑吴淞—上海铁路。后来英籍怡和洋行取得了修筑权,1874年吴淞铁路破土动工,1876年通车营业,这条在中国出现的第一条铁路全长只有3公里。对于外国洋行在中国私筑铁路、侵犯主权的行为遭到了中国从民间到官方的强烈抵制。经过中、英双方的谈判协商,由两江总督以23.5万两白银买下吴淞铁路。清政府买下铁路后马上拆毁,并将铁轨运至台湾高雄,沉入海底。

不久,铁路作为全新的运输方式不可阻挡地进入了中国。1877年,唐山开平煤矿建成投产,总办唐廷枢提出修筑铁路外运煤炭。1880年,专门用于运输煤炭的胥唐铁路建成通车。建成后煤炭可由火车自矿山运至胥各庄,再由渤海转水运。胥唐铁路全长9公里,轨距4.8英尺,后来这个轨距成为中国铁路的标准轨距。李鸿章以胥唐铁路为基础,成立开平铁路公司,招商集资25万两白银,将铁路向东延伸到芦台。后来开平铁路公司扩充为官督商办的中国铁路公司,铁路再向北延伸到山海关,向南延伸到天津,向西延伸到北京。

1905年10月2日,由中国人自己设计、建造的第一条铁路京张铁路(北京至张家口)正式开工。京张铁路全长200公里,在北京丰台与已经建成的京奉路接轨。在铁路选线、工程与机车的配合运用、隧道桥梁的施工等方面都有卓越的建树。工程筹备期间,英国和俄国都希望插手,后来改用詹天佑任总工程师,铁路的施工和管理都由中国人掌握。詹天佑(1861—1919年)广东南海人,字眷诚,同治十一年(1872年)以幼童留学美国,后就学于耶鲁大学。詹天佑对京张铁路的设计有许多独创:一方面铁路线的布置顺从自然地形来展线定坡,如青龙桥东沟段之字形展线,结合33.33%的坡度;另一方面,重视机车的选择,借重机车以补不足,詹天佑选用当时轻便的马莱(Mallet)复式机车,可以通过很小的曲率半径。在施工技术方面,大胆采用新材料、新

技术。当时水泥刚刚问世,在京张铁路中首先大批使用,所有的桥梁都采用混凝土结构;全线有隧道4处,其中八达岭隧道长达1091米,以中间竖井法施工,减少了成洞时间。京张铁路建成通车后,证明设计合理、施工质量优秀,这是完全由中国人修建的高质量的一级干线铁路。

自1874年吴淞铁路的修建,至清末共有铁路21条,总长9719公里,其中由政府借用外资由中国人经营的有13条铁路,总长5193公里,占总长度的54%;有私人投资铁路4条,总长666公里,占总长度的7%;由外国人投资和经营的共4条,长度为3760公里,占总长度的39%。

大约在1900年前后,英、美、法、德、俄、比等国为了各自的殖民利益都对在中国取得筑路权表现了极大的兴趣,而中国人要求自己修筑铁路的热情日益高涨,双方在兴建铁路上的矛盾主要集中在粤汉和陇海线上。路权之争终于成为辛亥革命的导火线。

1911年以后,中国政府将民营铁路及各省铁路公司收归国有。次年,孙中山在袁世凯的逼迫下,辞去临时大总统,组建中国铁路公司。孙中山提出修建91条横贯全国,长达15万公里铁路干线的规划。但是,辛亥革命以后投资权益仍主要在外国人手中;东北铁路路权为日本人占有;陇海线路权为法国人拥有;粤汉线路权为英、美两国掌握。

二十世纪二十年代以来,与外国人争路权,自筑铁路的热情高涨。在东北,中国人自营自建了第一条铁路沈(阳)海(龙)。这是日本人因为经济不景气而放弃的铁路。该铁路营建采取官商合营的方式,通过发行股票筹集资金。中国工程技术人员修改了日本人设计的铁路路线,避开了两处隧道工程,用了3年的时间便建成了这条长300多公里的铁路。此后五六年间,在东北地区由中国人建设的铁路达2000多公里,构成了与日本人经营的南满铁路平行,北走海参崴或南行营口,再转海运的运输网络。东北铁路的人均占有量在全国居首位。

1927年南京国民政府成立后,提出了遵循孙中山的建国纲领,振兴铁路的施政方针,收回了粤汉、陇海路的筑路权,计划从国家年收入中拨出1/4用于铁路建筑费用。全国铁路建设的重心集中在东部地区。自1932年至1937年五年间,横贯南北、纵穿东西的两条国道干线铁路粤汉和陇海铁路分段开工兴建,配套工程有南京铁路轮渡工程、钱塘江铁路大桥和连云港工程。由于当时政局动荡和资金短缺,对铁路的投资与计划相去甚远。至1937年止,粤汉路完成株(州)韶(关)段,陇海线完成了海(城)宝(鸡)段。二十世纪二十年代中国铁路主要分布在长江以北和东北地区,三十年代至四十年代长江以南和西北地区的区间铁路建成较多,特别是抗日战争期间,西南地区的铁路开始投入建设。至1949年为止,全国建成铁路包括工矿专线铁路共17800公里,完成铁路路线勘测3000多公里,初步奠定了铁路建设的基础。

二、铁路管理的早期沿革

铁路这一诞生于十九世纪的全新交通设备,一经传入中国便对当时的社会以强烈地冲击。铁路运输管理更是带着浓厚工业革命色彩的产物,严密的组织性、科学的运行调度与任何一种传统的运输方式不同。它的出现给封闭狭隘的封建管理制度带来了强劲的冲击。

1. 从各路分治到统一路政

铁路运输管理从一开始就带着殖民地统治的烙印,由铁路修筑资金的来源而形成了铁路的不同经营方式。凡是外国人投资兴建的铁路,运营权无一例外归外国人掌握,在东北先是俄国人,然后是日本人拥有南满铁路;在山东德国人管理和经营胶东半岛的铁路。铁路沿线无疑成了据有治外法权的殖民地,这些外国人在铁路沿线开矿、伐木、征收捐税,甚至驻军,设置路警。各省的铁路管理有“国家资

本”的官督民营、有“公司组织”的商业经营。

民国政府成立以后,铁路运输属交通部管辖,分设路政、路工和铁路会计,分管运营、建设和铁路经费的筹集。开始收回铁路的运营主权。1928年,南京国民政府设铁道部,孙科出任首届部长。铁道部成立后立即实施统一路政,收回了沪宁、沪杭甬、京奉铁路运营主权,除了根据借款合同及办事规章规定的外国管理人员外,各铁路总管理处的洋总管一律裁撤,逐步聘用中国职员,减少外国雇员。对铁路干线裁去督办,由铁道部直接管理。同时对各省和民间经营的铁路株萍、南浔、潮汕等铁路实行由中央政府监督地方政府经营的管理方式。铁道部对机车购置、筑路经费及材料筹措、铁路公债的发放都实行高度集权。在火车的运营方面,自1932年起在京沪、津浦等10余条干线实行铁路货物运输,废除了自清代以来的运货人随车押运或委托转运公司代运的货运方式,在交通发达的东部地区实现了铁路间联运、铁路和公路的联运、铁路与水运的联运。

2. 铁路客货运输

最早建成的铁路,还属于专线营运性质,经营者即是投资者。1911年以后,通过铁路国有化收回了铁路运输经营权。随着铁路的陆续增加,路与路之间接轨连接逐渐增多,为铁路的网络运营创造了条件。二十世纪二十年代以后,铁路的运输能力有较大的增强。以运营量计,至1926年止,铁路货运量京奉路居第一,沪宁路居第二,京汉路居第三。铁路运输收入成为政府的重要财源。

1932年全国铁路实现货运的铁路联运,在有条件的地区着手铁路与水运、与公路的联运。开始在铁路沿线城市设立营业所,发售客票,并开展行李、包裹、和零担的运送业务。

客运的变化更大,实行以三等车为主的运送方式,车厢的座位由纵排改为横排,客座人数定额,车厢灯光和厕所作了改进。实行新的经营管理措施和更新设备,火车的乘车条件有了极大的改善,客运收

入增加。在1928年以后,东南沿海铁路的客运量增加很多,东北地区特别是京奉铁路的客运量自1931年“九一八”事变后逐渐减少。进入三十年代以后,火车的客运收入占铁路运输总收入的40%,货运货种中以农矿产品为多,占65%,工业品和林牧产品占15%。^①在后来的客货运输中军运比重逐渐增加。

抗日战争爆发初期,铁路运输与水运、空运的联合,在军队调动、物资转运、民众内迁等方面发挥了举足轻重的作用。特别是广九、粤汉铁路与中国和欧亚航空公司的陆空联运,使重要的军用物资得以内运。上海、武汉、广州沦陷后铁路运营里程大大减少,到1945年运营里程仅存1208公里,湘桂、黔桂、陇海和粤汉等铁路只有区间和支线铁路继续运行。抗日战争胜利后,全国铁路运营主权重回中国政府手中,全国铁路客货运营里程大陆为25816公里(其中东北地区11333公里)、台湾地区3925公里、海南岛289公里,总计30030公里。

三、民用航空业的开创

嫦娥奔月的神话是远古先民渴望飞行的理想寄托。飞行的研究,人们最早是从模仿鸟的飞行开始的。战国时,鲁国的工匠公输班即鲁班,“削竹木以为鹊,成而飞之,三日不下,公输子自以为至巧”(《墨子·鲁问》)。墨子做木鸢,“三年而成,蜚(通“飞”)一日而败。”这些木制的鸟形飞行器,是为最早的航空模型。十八世纪以来,人们从动力和升力两个角度去研究飞行,加快了飞机诞生的进程。1903年美国入威尔伯·莱特(1867—1912年)和奥维尔·莱特(1871—1948年)两兄弟相继制成了有汽油发动机和螺旋桨的飞行者I号、II号、III号

^① 参见陆仰渊、方庆秋《民国社会经济史》,中国经济出版社1991年版。

动力飞机。1908年飞行者号飞机在法国举行飞行表演,引起轰动。从此飞机进入了实用阶段。

第一次世界大战期间,飞机开始被用于军事目的的轰炸、侦察。战后飞机向民用领域发展。1919年6月,第一架民航运输机F13全金属单翼机在德国问世。翌年2月德国开辟了第一条国内航线。同年8月伦敦至巴黎的第一条国际定期空中航线开通。至此,航空业作为新型运输事业而悄然兴起。

1912年飞机便传入了中国。旅美华侨冯如在1910年设计、制造并驾驶飞机获得成功,他于1911年回国,次年在广州举行飞行表演,不幸表演时飞机失事遇难。1929年5月中国航空公司成立。此时,与世界航空业的建立只相距10年。

民航最早的业务只是邮运,三十年代航空客运开始兴起。中国航空公司实际上是中国和美国合作经营的航空公司,中方投资占55%。第一批飞机是进口的4架美国史汀逊式飞机,在上海设飞机修理厂,并设置了上海、南京、汉口飞机场,第一条航线的最终目的地是成都。1929年5月上海至南京航线开通,1931年航线由南京延伸到宜昌,10月至巴县,1933年6月至成都,至此上海至成都航线全程开通,总长2037公里。三十年代以来,中国航空公司陆续开辟了京平线(南京至北京)、上海至广州、重庆至昆明、重庆至香港和河内的航线。

1931年中国与德国汉沙航空公司合作投资,成立了又一家国家航空公司,欧亚航空公司,中方资金占66.7%。欧亚航空公司准备开辟中国—苏联—德国的国际航线,并首先开通了南京至满洲里航线,“九一八事变”以后取消了该航线。欧亚航空公司后来开辟了上海至兰州、北京至广州等航线。1933年由广东、广西、福建、云南、贵州五省联合出资兴办了西南航空公司,开辟了广州至河内、至琼州的西南航线。至1937年中国有3家航空公司,开辟了10条航空线,航程最长时达到15316公里,最短时有10606公里,建设了31处飞机场,56

处航空专用电台^①。奠定了中国航空运输业的基础。

抗日战争期间,沦陷区的航线相继停航,中国航空公司和欧亚航空公司分别迁到重庆和昆明。先后开辟了以昆明、宜宾、泸县为起点至印度、缅甸的国际航线。与苏联合作组建了中苏航空公司,开辟新疆哈密至中俄边境城市阿拉木图的航线。通过这些航线,各国的援华物资源源运入。这期间运输机多租借美国的大型运输机,月运输量最多时达到 2400 吨(《十五年来之交通概况》)。年轻的中国航空业在战时物资运输中发挥了重要作用,创造了以运输机飞越喜马拉雅山脉,成为当时航空史上飞行的最高纪录。战时在西南地区开辟了许多省际和短途航线,主要的航线有成都至兰州、至雅安,昆明至桂林,重庆至西安,兰州至西宁。据统计,1937 年全国有航空里程 8569 公里,1945 年为 21783 公里(《六中全会交通工作报告》)。

四、航空工程、教育与科研的起步

飞机一经传入中国,飞机制造和修理业也相继诞生。1910 年留学归国的刘佐成在北京南苑制造飞机;1914 年潘世忠设计和制造出了动力为 80 马力的小飞机,这是中国最早开始设计和制造飞机。

到了二十世纪三十年代,买入和租借外国飞机日益增多,政府相继在广州韶关、上海虹桥、杭州笕桥设置了飞机修理制造厂。广州韶关厂首先开始批量生产了“复兴号”中级教练机 20 架,霍克Ⅲ式飞机 30 架,以及飞机零配件。1934 年成立的中央杭州飞机制造厂,引进美国技术和部件以装配和修理飞机为主。其产品有教练机、侦察机、轰炸机、驱逐机,还仿制出了当时世界较为先进的机型。1936 年与意大利合作并引进意大利技术的南昌飞机制造厂,无论是工厂规模还是

^① 钱昌祚:《三十年来中国之航空工程》,《三十年来之中国工程》,1946 年版。

技术基础都后来居上,成为当时国内第一流的修理和制造厂。战时工厂内迁,意大利人撤走,工厂的技术和行政由中国人管理,利用俄国技术造出了俄式军用飞机和教练机。据钱昌祚《三十年来中国之航空工程》(1946年出版)统计,自1910年至1940年,我国制造的飞机机种有13种,尽管都是军用小飞机,但是标志着航空工程的肇始。战争期间由于海运封锁,工业原料奇缺,飞机制造停止,只能维持少量简单的飞机维修。

二十世纪初,航空飞行、航空工程进入中国后,在近30年间除了少数的大学偶尔开设一点有关航空工程学的讲座外,正规系统的高等航空教育起步维艰。直到1935年在南京的中央大学设置了自动工程特别班,中国培养航空人才的高等教育才算开始。稍后,清华大学、交通大学和武汉大学也陆续设置了航空工程学系。1936年在南昌开办了我国第一所航空工程大学——航空机械学校,学生的来源为大学航空、机电等专业毕业生。

航空工程涉及许多科学和技术领域。本世纪初起步的中国航空工程,由于技术力量,设备和材料的限制,航空科学研究大大地滞后于当时世界先进国家。1935年清华大学航空系建成了一个用于空气动力学试验的5英尺风洞,由此开始了我国的航空科学试验。翌年,在美国科学家的帮助下,在南昌修建了18英尺的风洞,这是当时亚洲最大的用于航空科研的风洞。抗日战争期间,刚刚起步的航空工程科研事业中止。战时陷入困境的航空界人士只有寄希望于未来:储备航空人才和航空工程基础,等待时机,再图兴起。