

流域综合管理理论与实践

胡振鹏 © 著

——以山江湖工程为例



科学出版社
www.sciencep.com

流域综合管理理论与实践

——以山江湖工程为例

胡振鹏 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书借鉴世界各国水资源开发利用和管理的实践成果,紧密结合我国国情,综合运用生态学、环境学、经济学、社会学、水利工程学和系统科学等多学科知识与方法,详细论述流域综合管理的内涵和管理内容、客观规律、基本原则、组织结构形式和主要运作机制,同时以江西山江湖工程作为案例进行具体说明。结合山江湖工程实践,从理论上阐述了水资源可持续开发利用、小流域综合开发治理与生态建设、发展循环经济和大湖区控制血吸虫病等四个专题的科学理论、内在规律、基本方法和具体措施。理论研究、数量分析和案例剖析有机结合是本书的特色。

本书适合于从事资源开发利用与管理、环境保护、区域发展规划等方面的科研人员、管理工作者和大学师生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

流域综合管理理论与实践:以山江湖工程为例/胡振鹏著. —北京:科学出版社, 2010

ISBN 978-7-03-027199-0

I. ①流… II. ①胡… III. ①流域-综合管理-研究-江西省 IV. ①F127.56

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 065928 号

责任编辑:朱海燕 文 杨/ 责任校对:陈玉凤

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:王 浩

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 4 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2010 年 4 月第一次印刷 印张:15 3/4

印数:1—1 500 字数:356 000

定价:58.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

序

水资源是人类及一切生物赖以生存和发展的基础性自然资源，是一种多重用途、不可替代的生产、生活资料，是构成自然生态系统的控制性因子。水资源在经济、社会和生态系统中不可缺少、无法取代的地位，使得人类为了生存和发展需要，不断适应、开发、利用和管理天然水资源。流域是以水系为脉络、由各种自然资源组成的完整地理单元，也是一个由若干密切关联的生态系统共同构成、相对独立的景观系统。长期以来，流域管理采用工程措施和行政手段为主、单一部门对单一要素进行管理，将水量与水质、水环境和水生态分而治之。从 20 世纪 80 年代开始，面对水资源紧缺、水污染严重、森林锐减、水土流失、旱涝灾害频繁、水生态逐步退化、水灾害频繁发生、江河水系服务功能衰减等问题，人们开始反思过去水资源开发利用和管理模式，转变管理的理念，逐步走上流域综合管理的道路。2002 年底，中国环境与发展国际合作委员会成立了“流域综合管理”课题组，深入研究、总结世界各国流域管理的经验和教训，结合中国的实际情况，课题组向国际合作委员会和中国政府提交了“推进流域综合管理，重建中国生命之河”的咨询报告，提出了在中国开展流域综合管理的目标、原则、基本框架和政策建议。流域综合管理已逐步成为人们的共识。

党的十一届三中全会以后，我国进入了以经济建设为中心的历史新阶段，面对鄱阳湖流域经济发展滞后、群众生活水平低下、水土流失严重、水旱灾害频繁、资源利用不充分、生态环境恶化和血吸虫病危害严重等问题，江西省政府在组织专家对鄱阳湖流域进行综合科学考察的基础上，启动了“江西山江湖开发治理工程”。山江湖工程坚持可持续发展，把发展经济与生态环境保护协调起来，遵循“治湖必须治江，治江必须治山，治山治水必须治穷脱贫”的原则和“既要金山银山，更要绿水青山”的发展理念，按照“全面规划、综合治理、系统开发、科学管理”的要求，不断探索，大胆创新，在鄱阳湖流域开展了规模宏大、波澜壮阔的治理山水、恢复和重建受损害的生态系统、保护环境、有效利用资源、发展生态经济、消除贫困和控制血吸虫病等一系列工程建设和行动计划，经过二十多年的不懈努力，整个流域的水土流失得到有效控制，森林覆盖率大幅度提高，生态环境明显改善，经济社会快速发展，经济实力不断加强，人民生活水平逐步提高，探索出一条欠发达地区经济、社会与生态环境协调发展的途径及相应理论。

《流域综合管理理论与实践——以山江湖工程为例》这本著作全面、系统地介绍了江西山江湖工程的指导思想、发展目标、基本原则、组织机构、运作机制和实施方式，总结归纳了工程实施 20 年来的主要工作内容以及在环境保护、生态建设、经济社会发展、国际影响和科技创新等方面取得的成效。以山江湖工程实践为背景，该书综合运用生态学、经济学、社会学、工程科学、环境科学和系统科学等多学科知识与方法，结合

我国国情，详细论述了流域综合管理的内涵、规律、基本原则、组织形式、运作机制和有效模式。采用理论研究和案例分析相结合、定性与定量分析相结合的方法，重点研究了流域水资源可持续利用、小流域综合开发治理与生态建设、发展循环经济和太湖区控制血吸虫病等流域管理的一些热点问题的科学原理、内在规律、基本原则、主要方法和具体措施。该书丰富了我国流域综合管理的理论和方法，一些方法和模式具有借鉴作用，对于推进我国流域综合管理、保护生态环境、维护江河水系健康和服务功能起到重要的促进作用。

陈宜珍

2009年6月26日

前 言

当前,我国正处在一个重要战略机遇期,新型工业化和城镇化进程将进一步加快,同时面临着转变经济发展方式、优化经济结构、合理利用资源、保护生态环境、应对全球气候变化、促进地区协调发展等一系列重大任务。资源与环境是人类生存和发展的基本条件,是经济和社会发展的基础。我国国土辽阔、人口众多,人均水资源比较紧张。受季风气候影响,水资源时空分布很不均匀。水资源问题面临着较为严峻的挑战:一是水资源短缺与经济社会发展对水资源需求不断增长的矛盾突出;二是洪涝灾害风险较大、江河综合防洪体系薄弱与保障人民群众生命财产安全的矛盾突出;三是水环境污染严重、水生态退化、江河水系服务功能下降与可持续发展的矛盾突出。发达国家一百多年工业化过程中分阶段出现的资源环境问题,在我国快速发展的30年集中出现。许多河流开发利用过度,自然界的水文循环受到严重干扰,导致水资源供需矛盾加剧,水环境污染加重,水生态不断退化,水旱灾害和水安全突发事件频繁发生,江河水系的服务功能急剧下降;这些问题的长期积累、交织、叠加和浓缩,导致流域层面生态环境恶化,直接或间接影响整个经济社会可持续发展,成为全面建设小康社会的制约瓶颈。

我国正以相对稀缺的水资源、十分有限的水环境容量和非常脆弱的水生态系统,承载着人口规模不断扩大和高增长、高强度的经济活动。现行的水资源管理模式无法解决长期积累、重叠交织、相互影响、日益严峻的水问题。在新世纪的水资源开发利用过程中,需要认真总结正反两方面的经验教训,重新认识“人与自然”的关系,从人与自然环境的相互作用来探讨人类文明的发展、变化及未来走向。以资源持续利用和经济、社会可持续发展为目标,从研究水资源开发利用与生态环境系统的辩证关系与作用机理着手,探索使水资源开发利用与生态环境更为友好、协调、和谐的理论和方法。根据流域的自然、生态、经济、社会属性以及国际发展趋势,水资源必须实施流域综合管理。这本著作借鉴世界各国水资源开发利用和管理的实践成果,紧密结合国情,综合运用生态学、环境学、经济学、社会学、水利工程学和系统科学等多学科知识与方法,详细论述流域综合管理的内涵和管理内容、客观规律、基本原则、组织结构形式和主要运作机制,同时以山江湖工程作为案例进行具体说明。流域综合管理涉及水资源开发利用、环境保护和生态建设、流域经济社会发展等诸多方面,本书还结合山江湖工程实践,从理论上阐述了可持续的水资源开发利用、小流域综合开发治理与生态建设、发展循环经济和湖区控制血吸虫病等四个专题的科学理论、内在规律、基本方法和具体措施。理论研究、数量分析和案例剖析有机结合是本书一个突出特点。

第1章从水资源及其开发利用的特点出发,以人与自然的关系为脉络,结合典型案例分析,简要地回顾了水资源开发和管理的历史进程,总结各阶段水资源开发利用和管理的特点、规律、经验及教训,作为流域综合管理思想形成的前提。

流域综合管理把流域作为一个社会-经济-生态环境复合系统,遵循自然规律和经济规律,结合行政、法制、经济、技术和教育等多种手段,通过跨部门跨地区的综合协调和利益相关各方积极参与,在流域层面上统筹管理水与与水直接相关的土地、生态系统等自然资源的保护、开发和利用,提高流域可持续发展能力,为经济社会发展奠定坚实基础。第2章结合我国国情,根据流域综合管理的内涵,区分大、中、小流域。讨论了流域综合管理的主要内容。通过总结各国实践经验,归纳出流域综合管理应该遵循的四项主要原则:转变治水理念,遵循人与自然和谐相处原则;转变资源利用方式,坚持科学发展原则;有效发挥政府与市场作用,落实公平与效益兼顾原则;利益相关各方积极参与,贯彻科学和民主管理原则。然后,通过剖析世界各国流域综合管理实践,把管理体制大致区分为统一管理模式、集权与协商结合模式和协商协作模式三类;同时归纳了流域综合管理的主要运行机制。

山江湖工程是江西经济社会发展和生态环境保护的跨世纪奠基工程。第3章简要介绍了山江湖工程的由来、规划纲要、建设内容、管理体制、公众参与的组织形式、成效与经验等,作为我国实施流域综合管理的实证分析。在这一章详细论述了山江湖综合开发治理的基本原则:第一,治湖必须治江、治江必须治山,坚持流域综合治理、系统开发原则;第二,治山治水必须治穷脱贫,坚持经济发展与环境保护协调统一原则;第三,技术创新、实验示范、项目为载体、系统推进,坚持科技支撑原则。这三条原则是流域综合管理基本原则和鄱阳湖流域实际相结合的具体体现,也是纵贯全书的总纲。

健康的江河水系必须具备水量充足、水质良好、水流连通、服务功能完备和生物多样性丰富等特征。针对我国水资源开发及其管理面临的实际问题,为了维护河湖水系健康,就一些专题,如可持续的水资源开发利用、小流域综合开发治理与生态建设、发展生态农业与循环经济和大湖区控制血吸虫病流行等,进行比较深入的理论与实证分析。

面对利用高坝大库对河流全面控制、系统开发所带来的水环境、水生态和水安全等方面的问题,人们积极探索使水资源开发利用与生态环境更为友好、协调、和谐的理论和方法,提出了可持续的水资源开发利用的思想。第4章从分析水利工程对生态环境产生的影响入手,探索可持续的水资源开发利用的内涵。水资源开发利用必须追求社会、经济和生态环境效益的统一与协调,把河流服务功能作为水资源开发利用规划设计的内生变量,要把增强生态系统的整体功能作为重要因素来考虑;从经济、社会和生态环境等多个角度,用更宽阔的视角、在更广泛的范围中确定一系列备选方案;从水资源开发的经济效益、河流的服务价值、紧缺资源利用的公正性和生态环境的可持续性多个方面、采用多种方法详细论证、反复权衡,逐步筛选出最合理的方案,对不确定的因素要进行全面、细致的风险评估。结合鄱阳湖流域水资源开发利用中坚持蓄引提水并举、大中小水库配套、把水存蓄在支流和小流域中的特点,以及鄱阳湖区退田还湖、移民建镇、加固干堤取得的成效,通过定性与定量分析相结合方法,对上述理论进行了实证研究。

小流域综合治理与开发、修复或重建受损害的生态系统、加快经济社会发展是流域综合管理的基础性工作。根据土壤侵蚀严重程度的差异,鄱阳湖流域小流域综合治理与

开发工作经历了三个阶段：第一，水土流失综合防治阶段；第二，小流域综合治理与开发阶段；第三，优化措施、发展立体生态农业阶段。第5章结合实际案例分别论述了这三个阶段的工作内容、开发治理的内在规律与原则、基本模式、规划方法和治理效果。然后，对农民在农村社区层面积极参与的组织形式进行了较为深入的研究，讨论了农村合作经济组织和社会化服务组织的形式、性质、工作内容和功能，用数量经济方法分析了农村合作经济组织利益分配机制，用重复博弈方法剖析了合作机制培养的条件和要素。

把“环境与发展”从对立与冲突关系转向为共存共赢关系的关键措施之一是积极发展生态经济和循环经济。第6章首先通过对循环经济内涵的讨论，论述了循环经济是一种新的经济发展模式。然后结合案例研究，说明循环经济的理论基础是生态经济学原理，用系统科学有关超循环论和协同论的理论和方法剖析了循环经济的内部结构和模式演变的影响因素。最后，区分企业、园区和社会层面发展循环经济进行技术经济分析，对建设循环型社会提出了有关建议。

血吸虫病是严重危害群众健康的地方病，长期以来成为鄱阳湖流域主要公共卫生问题之一。由于钉螺是血吸虫的唯一中间宿主，过去一直把消灭钉螺作为大湖区控制血吸虫病的主要措施。通过飞播药杀和机耕灭螺消灭鄱阳湖辽阔草洲滩地的钉螺不仅成效不佳，而且对生态环境造成了严重损害。20年来，山江湖工程不懈探索消灭血吸虫病、保护生态环境、促进经济社会发展的有效途径与方法。第7章重点剖析了瑞昌官田湖通过农业综合开发来改变钉螺的孳生环境消灭血吸虫病的试验示范、都昌县柴棚村阻断传播环节综合防控血吸虫病的试点和进贤县三里乡控制传染源为主的血防策略试点工作的防治原理、模式、措施、成效、经验和推广情况；勾画出鄱阳湖区把控制血吸虫病与促进农村经济发展、改善群众生活条件有机结合起来的持续探索过程。

本书最后展望了山江湖工程后续发展目标——建设鄱阳湖生态经济区。论述了建设鄱阳湖生态经济区的必要性与重要意义、基本原则与功能定位、主体功能分区、战略任务和保障措施。我们相信，借鉴与创新山江湖工程的经验，经过不懈努力，鄱阳湖生态经济区必将在支撑江西经济社会又好又快发展、形成中部崛起的新支柱、探索生态环境与经济社会协调发展的新途径、创建山江湖综合治理的新模式、推广低碳技术等方面发挥重要作用，为欠发达国家与地区实现可持续发展起到先行作用。

作 者

2009年12月28日

目 录

序

前言

第 1 章 水资源开发利用与管理	1
1.1 水资源开发利用方式反映人与自然关系	1
1.2 农耕时代水资源开发利用及其特点	3
1.3 工业社会水资源开发利用和管理.....	11
1.4 可持续的洪灾风险管理.....	17
1.5 莱茵河综合管理和欧盟水框架指令.....	23
参考文献	29
第 2 章 流域综合管理原理	30
2.1 经济社会发展遭遇水资源瓶颈.....	30
2.2 流域综合管理的必要性与紧迫性.....	36
2.3 流域综合管理的内涵.....	43
2.4 流域综合管理的原则.....	48
2.5 流域综合管理的体制与机制.....	54
参考文献	66
第 3 章 流域综合管理实践——山江湖工程	68
3.1 鄱阳湖流域自然概况.....	68
3.2 鄱阳湖流域经济社会发展概况.....	74
3.3 山江湖综合开发治理基本原则与规划纲要.....	80
3.4 山江湖工程建设概况.....	88
3.5 山江湖工程建设的组织管理.....	96
3.6 山江湖工程成效	104
参考文献.....	110
第 4 章 可持续的水资源开发利用	111
4.1 水利工程对环境的影响	111
4.2 可持续水资源开发利用	117
4.3 鄱阳湖流域水资源开发利用特色	124
4.4 鄱阳湖区退田还湖和移民建镇	130
4.5 “单退”圩堤蓄洪运用方式	136
4.6 “单退”圩堤水土资源有效利用	139
参考文献.....	142

第 5 章 小流域综合治理开发和生态建设	143
5.1 水土流失的治理	143
5.2 小流域开发治理和生态建设的综合规划	151
5.3 千烟洲立体种养生态农业模式	158
5.4 小流域开发治理的公众参与及其组织形式	163
5.5 农村合作经济组织的利益分配机制	166
5.6 农村合作组织合作机制的形成	172
参考文献.....	177
第 6 章 循环经济理论与探索	178
6.1 生态经济与循环经济	178
6.2 循环经济的理论基础是生态经济学	182
6.3 “猪-沼-果”模式的超循环结构	189
6.4 规模种养生态农业的协同原理	194
6.5 循环经济的技术经济分析	200
6.6 循环型社会建设	207
参考文献.....	210
第 7 章 防控血吸虫病的探索与创新	211
7.1 鄱阳湖流域防控血吸虫病的历程	211
7.2 结合农业综合开发控制血吸虫病的试点	215
7.3 阻断传播环节综合防控血吸虫病的试验示范	218
7.4 以控制传染源为重点的血防策略	223
参考文献.....	228
结束语 建设鄱阳湖生态经济区	229
后记	238

第1章 水资源开发利用与管理

1.1 水资源开发利用方式反映人与自然关系

1.1.1 水资源的自然属性与开发利用特点

广义的水资源是指地球上能为人类和其他生物生存、繁衍提供物质和环境的自然水体。在一般情况下，我们所称的水资源是狭义的，指的是地球上在循环周期（一般为一年）内，可以恢复和再生、能为生物和人类直接利用的淡水资源。这部分资源是由大气降水补给，受自然水文循环过程的支配，包括江河、湖泊水体和可以逐年更新的浅层地下水等，约为 $5.77 \times 10^{14} \text{ m}^3$ 左右，占全球水量的 1.6%。就整个地球而言，水资源每年基本上保持一个常量，但受气候等因素的影响，地表径流的产生、运动和形态转化在时空两方面都呈现出不均匀性和随机性。天然水资源具有以下自然属性。

1) 流动性：受地心引力的作用，水从高处向低处流动，由此形成河川径流。河川径流具有一定的能量。江河水体中携带着一定的泥沙，流速增大对河岸和河床产生冲刷；流速减小后泥沙沉淀，造成河道、湖泊淤积。

2) 随机性：地球上每年的降水基本上是一个常量，但受气候、水文、地貌和植被等因素的影响，地表径流时间和空间分布具有明显的不均匀性，且差异很大、随机性强。

3) 易污染性：外来的污染物进入水体后，随着水的运动迅速扩散。水体对污染物质有一定的降解能力，但超过一定的限度时，污染物质就在水体中存留，并随着水流动、下渗、沉淀以及通过生物食物链对重金属的富集作用，迅速扩散，可能影响水的使用功能，造成水体污染。

4) 利害两重性：天然来水太少，易发生干旱灾害；水太多，则造成洪涝灾害，危及人类的生命财产和陆地生态系统。水体污染后，对人类的健康、生活、社会、经济以及生态系统产生不利影响。

5) 水量与水质的不可分割性：水资源包括数量与质量两方面，两者之间相互联系、相互影响，水量不足，水体更容易污染；水质不符合要求，再多的水量也没有用处。

水资源是人类及一切生物赖以生存和发展的基础性自然资源，水资源利用具有以下特点（胡振鹏等，2003）。

1) 功能多样性：水具有多种用途，可以满足许多不同的需求。水是生态系统的控制性因子，是人类生存和发展的基本物质。在经济建设和社会发展过程中，水可以发挥多种作用，如市政供水、灌溉、水力发电、航运、水产养殖、旅游娱乐、稀释降解污染物质及改善美化环境等。水资源是一个国家综合实力的有机组成部分。

2) 不可替代性: 水资源在人类生活、维持生态系统完整性和多样性中所起的作用任何其他自然资源都无法替代的。除极少数的生产部门(如水力发电生产电能、水路交通的运输等)外, 其他资源无法代替水在人类生存和经济社会发展中的作用。水资源是一种战略性物质。

3) 利用方式多元性: 为了满足需求, 人类对同一水体可以从不同的角度加以利用, 除了供水、灌溉外, 可以利用水能发电, 利用水的浮托力发展航运, 水体中的营养物质和水生物可以用来从事水产养殖, 河流湖泊形成的景观能够发展旅游娱乐, 水体的自净能力有利于改善环境, 水的热容量可以为火力发电、化工生产提供冷却媒介, 这些使用方式基本上不消耗水量。再者, 防洪与兴利既是矛盾的, 又是统一的, 将洪水存蓄起来, 既减缓洪涝灾害, 又为兴利贮备了水源。因此, 水资源可以综合利用。

1.1.2 水资源开发利用的历史进程

水资源在经济、社会和生态系统中不可缺少、不可取代的特殊地位, 使得人类为了生存和发展需要去不断适应、开发、利用和管理天然水资源。

在原始社会, 人类对自然界的水只能趋利避害, 消极适应。古人主要居住在河道两旁的阶地上, 所谓“择丘陵而处之”, 后来为了保护居民区免受洪水淹没, 古人建造了简易的护村堤埂, 即史书上所说的“陂作城”, 防洪成为人类与自然抗争的重大主题之一。人类开始种植养殖以后, 为了解决畜禽的饮用水, “逐水草而居”; 种植作物采用“负水浇稼”的方式进行灌溉。那时, 人类还没有能力明显改变水的自然状态, 在利用水的同时, 消极地听命于自然规律的主宰: 遭受干旱时只好乞灵于上天的恩典; 遭受洪灾时也只有依赖祭祀与祈祷(成都文物考古研究所, 2005)。

进入农耕时代后, 人类对自然界有了一定的认知, 掌握了一定的自然规律, 开始对自然进行初步的开发、利用和改造, 注重认识人与自然的内在联系, 谨慎地处理人与自然的关系, 从人与自然的整体出发, 利用有利条件, 有限度地改造不利条件, 使水资源开发利用和管理方式在不断协调人类社会需求与水土资源天然属性的矛盾中逐步演进。为了防洪、航运和灌溉的需要, 在河流、湖泊的特定地点构建一定的水利工程(如堤坝、渠道、水陂等)或进行河道疏浚等活动, 兴水利、防水害。由于当时的社会生产力相当有限, 技术水平也不高, 这些水事活动集中在特定地点、为了特定目的采取一些简单的工程措施, 因势利导, 调节天然径流, 从总体上讲, 农耕时代人与自然的关系基本和谐, 在大多数场合听命于自然, 对自然依然充满了敬畏之心, 对自然界的改造是谨慎而有限的, 处于国外有些学者所说的“水管理”(Water Management)初级阶段。因此, 除了少数地区出现生态退化现象外, 自然资源依然生生不息。

工业革命以后, 随着社会生产力和技术水平的大幅提升, 人类的生息运作发生了很大的变化, 对自然所抱持的敬畏之心逐步消失, 科学技术逐渐凌驾于人性和自然之上, 人类试图控制与支配自然, 从自然界无限制地夺取物质与财富。在水资源开发利用方面, 人类对天然河流的改造日益剧烈, 全面规划、逐级开发, 用高坝大库等现代水利工

程全面控制河川径流。这一阶段的水资源开发利用被国外一些学者称之为“河流管理”(River Management)。过度开发利用水资源,破坏了生态系统的平衡和大自然的和谐,使自然界的水文循环受到严重干扰,导致旱涝灾害、水资源短缺、水污染严重、水土流失等现象频繁发生。时至今日,资源缺乏与环境恶化等生态环境问题已使人类社会遭遇无法回避的发展瓶颈。

进入现代社会,面对自然平衡被打破后所带来的人口、资源和环境等问题,人类开始反思自己的行为并重拾对大自然的敬畏之心,重新学习如何尊重自然,与自然和谐相处,并希望从人与自然环境的相互作用来探讨人类文明的发展、变化及未来走向。在水资源开发利用方面,人类认识到要改造水环境,必须主动适应自然规律,由此开始进入“流域综合管理”(Integrated River Basin Management)的新阶段。

1.2 农耕时代水资源开发利用及其特点

1.2.1 中国农耕时代水资源开发利用

农耕时代,人类对自然界有了一定的认知,也掌握了一定的自然规律,但由于社会生产力水平较低,人类改造自然的能力相当有限,农业生产更多的是依赖自然条件和生物生长的自然规律。人类尊重和敬畏自然规律,与自然界和谐共存。这个时期的水资源开发和利用是处理人与自然关系的一个重要缩影。“天时、地利、人和”是中国农耕文化的基石(张岱年,1985)。“天时”把气候变化的时序性作为“天”最重要的内容和特征;“地利”泛指土地的产出和服务功能;“人和”着重阐明生产劳动离不开人,但不是由孤立的个人进行,而是社会群体的行为,要使分散的“力”变成强大的“合力”,就必须协调人与人的关系,使社会群体和谐一致。这一思想把天、地、人作为宇宙间并列的三大要素,又把它们联结为一个整体,并重视人与自然、人与人的关系,突出地体现了前人有机统一的自然观。在“天时、地利、人和”的思想体系中,“天有其时,地有其财,人尽其治,是之谓能参”(《荀子·天论》),“人”与“天”、“地”并列,既非大自然(“天”、“地”)的奴隶,也非大自然的主宰,人类以自然过程参与者的身份出现。在这个“天地人”的统一体中,人类一方面顺应自然,尊重自然界的客观规律,另一方面又十分注意发挥人的作用;各种因素相互联系、不断运动,人和自然是相互协调,而不是彼此对抗,“苟得其养,无物不长;苟失其养,无物不消”(《孟子·告子上》)。因此,中国很早就出现了保护和合理利用自然资源的思想,强调人们不要打乱天地万物互养共生的自然再生产过程,但可以采取适当的措施去辅助它和促进它,有节制地加以利用,以期达到持续利用的目的。

在中国古代兴水利、除水害的实践中,因地制宜,因天时制宜等顺应自然的理论思维非常清晰和明确。北半球季风气候使中国自古以来旱涝灾害频繁,几千年来,治水都关系着整个民族的生存和国家的兴旺发达。中华民族在与自然灾害搏斗的漫长历程中,逐步建造了许多符合我国江河特点的水利工程和适应自然条件的水资源开发利用和管理方法。

传说中的夏禹,疏导江河,治水平土。春秋战国时代筑堤防洪应运而生,赵、

魏、齐等国修建了黄河堤防工程。司马迁在公元前 100 年前后完成的《史记·河渠书》中明确赋予“水利”一词的含义是治河防洪、灌溉排水、城镇供水和运河开凿等内容。西汉末年,治河方略逐步丰富,包括疏导、筑堤、改道、水力刷沙、滞洪等方法。早在公元前 7 年,贾让从黄河演变的历史中看到“古者立国居民,疆理土地,必遗川泽之分,度水势所不及”,提出了黄河兴利除害的“治河三策”。东汉时期的治水名臣王景成功地治理了黄河,使之安然流淌八百年,并总结出整套的治水经验。后来,随着黄河泥沙不断增加,河道淤积,人们又把治水治沙有机结合起来。明代万历年间,潘季驯总结前人的经验,系统地提出了“束水攻沙”、“蓄清刷黄”的理论及实施方案。时至今日,这些理论与实践对现代水资源的开发和利用仍然具有十分重要的参考价值。

农耕时代,物资运输的主要方式靠内河航运。春秋末年吴王夫差为了和中原诸侯争霸,开通了著名的邗沟,自扬州北上,借助天然水道,直抵淮阴,首次沟通了长江和淮河。公元前 219 年,秦始皇统一六国后,为了进军岭南,修建沟通长江支流湘江与珠江水系漓江的灵渠,实现了跨流域引水通航。隋代建成了沟通黄河和海河的永济渠和沟通黄河和淮河的通济渠,促进了内河航运的发展。元朝建都北京,为了协调政治中心在北方、经济重心在南方的矛盾,从公元 1276 年开始开凿京杭大运河的关键河段——今山东济宁至东平的水道,随后又向北延伸,并与海河水系的卫河贯通。1291~1293 年开通了北京至通县的一段,至此大运河跨越钱塘江、长江、淮河、黄河和海河五大水系由杭州直抵北京,此后 500 年成为我国南北交通的大动脉。

农田灌溉起源很早。战国时期兴建了无坝引水的都江堰工程和郑国渠,有坝引水的漳水十二渠,蓄水工程芍陂等灌溉工程。安史之乱后,全国经济重心逐渐南移,长江流域经济地位逐渐凸显出来,在长江中下游两岸平原大量筑堤、垦荒、造田,随之普遍修建引水、蓄水等灌溉工程,创建于唐代的浙江它山堰是当时著名的灌区之一。明太祖朱元璋大力提倡农田水利,1395 年在全国范围内共兴建“塘堰凡四万九百八十七处,河渠四千一百六十二处,陂渠堤岸五千四十八处”(周魁一,2004)。

在水利工程建设的同时,我国历朝历代都相当重视水资源管理。早在春秋时代初期,就开始任命专门管理防洪、灌溉和水利工程的官吏。秦朝建立了君主中央集权政体和完善的郡县地方行政管理体制,朝廷设置了水行政机构及其属官,郡县也有专人管理水事。遇到治河、救灾,还要委派河堤使、河堤谒者或遣使进行监管。唐朝除行政机构设立专司治水官员外,还有漕运、黄河防洪和堤防维修的专业管理体系,形成了条块结合的水行政与专业管理体系;这一体制一直延续到明清。

在不断完善治水行政管理体制的同时,我国很早就开始重视水利法律法规的制定。从现有的记载可知,西汉时期就制定了灌溉法规,三国时期诸葛亮颁发了护堤命令。此后,各朝各代相继制定了防洪、漕运、城市排水和水利施工等方面的单项法规;在国家大法中也有水利条款,许多重要水利工程还专门制定了运行管理规定,并刻在石碑上以告世人。唐朝制定了全国性的法规《水部式》;宋代熙宁二年(公元 1069 年)颁行了《农田水利约束》,鼓励和规范大兴农田水利。明清时期综合的、专项的水利法规则更为完善和详细(周魁一,2004)。

1.2.2 农耕时代水资源开发利用特点

用现代标准来衡量,农耕时代人类对水资源的开发利用主要通过较为简单的水利工程来实现,遵循自然规律,适应自然环境,充分利用有利条件,改造不利条件,从而缓解水土资源与人类生产、生活不匹配的矛盾。为了满足生产、生活和社会发展的需要,在特定地点、局部水域,采用适当的工程措施,解决一、二个防水害、兴水利问题。这一“水管理”初级阶段的水资源开发利用具有以下3个显著特点。

1. 工程规模不大,技术手段简陋,对自然环境的影响较小

由于农耕时代生产力不发达,水利工程主要以土石和竹木作为建筑材料,基本上依靠人力施工,规模不大,结构简单,技术手段简陋。农田灌溉主要来自山塘堰坝引水,这些水利设施对天然径流的调蓄能力有限;水能的利用仅仅依赖木制水冲式水车、水碓、水磨等简单水力机械;即使像黄河大堤、南北大运河这样的宏大工程,开始也是在不同河段或地区各自修建,逐步连成一体,最终才形成完整的工程体系。当时建造的水利工程往往是满足单一的要求,如防洪、灌溉或航运,适当地兼顾其他用途。因此,农耕时代的水资源开发利用虽然对天然径流的自然运动产生一定影响,但影响不大,对自然环境的干扰也比较小。

2. 顺应自然规律,以调节天然径流为主来满足人类需求

由于农耕时代物质基础薄弱、技术水平不高,没有能力对天然径流进行全面控制,受“天人合一”思想支配,从“事物整体着眼、调理功能着手”的中国哲学思维方式出发,我国古代的水利工程往往以顺应自然规律为基础,因势利导,采用简单的工程调节天然径流为手段,以满足防洪或兴利的需求,如都江堰渠首的“分水排沙”方法、贾让的“治河三策”、潘季驯的“束水攻沙、蓄清刷黄”理论等。这些方法与理论都闪耀着朴素的系统论、辩证法的思想光芒。

3. 岁修、大修制度或改建、续建,使工程与自然和谐相处

农耕时代的水利工程基本上都以土、石、木作为主要建筑材料,容易受到损害。因此抢修、岁修、大修几乎成了水利工程管理的重要内容。随着生产力的提高,为了满足社会、经济发展的需求,对已建的水利工程还要进行改建、扩建或续建。水利工程损坏后,人们就要研究其原因,在修整或改扩建时,适当地调整工程的位置、规模或结构。调整后的工程或措施如果能够经受自然的检验,就会得到保留、巩固或加强;如果再次遭受损坏或达不到预期目标,将进一步改变或调整结构、规模。因此,在与大自然长期的磨合过程中,工程和自然环境逐步实现和谐相处。就方法论而言,这就是现代科学中的“试错法”;就水资源开发利用的原理而言,相当于当今提倡的“适应性管理”方法。

总体而言,这一时期水资源开发利用过程中产生的因天时地利制宜、顺应自然的思想,以调节为主、适度控制、适应性管理等方法,对今天实现水资源持续利用仍然有着十分重要的借鉴意义。虽然农耕时代的人类可以在一定程度上减缓江河洪水的威胁,也

能兴建一些较大规模的灌溉和航运工程,但抗御自然灾害、满足生产生活用水需求的能力还十分有限;以至于水旱灾害频繁发生,灾逼民反,常常成为重大社会动荡的直接原因。即使在历史上所谓的“盛世”时期,也经常发生严重的水旱灾害,经济凋敝,百姓流离失所。如唐朝“贞观之治”的23年,黄河8年决溢;清朝“康乾盛世”经历134年,其中47年黄河决口。

1.2.3 案例:都江堰水利工程

都江堰水利工程位于成都平原扇形三角洲顶部的岷江干流上,是一座两级分水、两级排沙的无坝引水工程。工程设计科学、运行合理、效益卓著,活力无穷,两千多年来不断为中华民族的历史添景增色。如今,都江堰水利工程已发展成为一座具有灌溉、航运和防洪等综合效益的现代大型水利工程,作为世界文化遗产而受到保护。

1. 都江堰工程简介

岷江发源于四川与甘肃交界的岷山南麓。都江堰渠首以上为岷江上游,集水面积23 037km²。根据1937~1980年资料统计,都江堰渠首多年平均径流量 $1.55 \times 10^{10} \text{ m}^3$ 。年际间径流量比较均匀,丰水年(保证率20%)仅比枯水年(保证率80%)多 $3.2 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。径流年内分布不均匀,6~8月占全年径流量的45%,9~11月占29%。岷江流到都江堰市附近,摆脱上游山区两岸山体的束缚,水流挟带着泥沙,游荡无羁,河道变迁无常;夏秋涨水,泛滥成灾。渠首上游水流中多年平均悬移质输移量 $8.45 \times 10^6 \text{ t}$,平均含沙量 0.54 kg/m^3 ;推移质数量多、粒径大,平水年推移质输沙量约 $1.505 \times 10^7 \text{ t}$,最大粒径超过1m(四川省水利电力厅都江堰管理局,1986)。

根据《史记·河渠书》记载,公元前256~251年间,蜀郡守李冰率领劳动人民修建了都江堰工程。晋代人常璩在《华阳国志·蜀志》中详细记述了李冰的业绩:“冰能知天文地理,……乃壅江作棚,穿郫江、检江,别支流,双过郡下,以行舟船;岷山多梓柏大竹,颓随水流,坐致木材,功省用饶;又溉灌三郡,开稻田。于是,蜀沃野千里,号为陆海,旱则引水浸润,雨则杜塞水门,故记曰‘水旱从人,不知饥谨,时无荒年,天下谓之天府也’”。李冰之后,历朝历代不断进行改建和完善。西汉时文翁“穿湔江口,灌繁田千七百顷”,发展了灌区面积;蜀汉诸葛亮“调丁千二百人护之,且设堰官焉”,进行专职管理。唐宋时期经过不断的改建扩建、大修、重修,工程逐步地变得科学、系统和完整。唐代称为犍尾堰,北宋称侍郎堰,南宋开始称都江堰,灌溉面积达 $1.87 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 。

都江堰是一座两级分水、两级排沙的无坝引水工程。渠首主要工程设施包括:都江堰鱼咀、飞沙堰和宝瓶口三大主要工程,以及百丈堤、金刚堤、人字堤等附属工程。鱼咀将岷江分为内、外二江,宝瓶口从内江将江水引进灌区,飞沙堰具有二次分水、溢洪、排沙等功能。图1.1是新中国成立前的渠首工程布置示意图。1974年为了增加枯水期内江水量,在外江修建了闸门,灌溉面积超过 $6.7 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 。

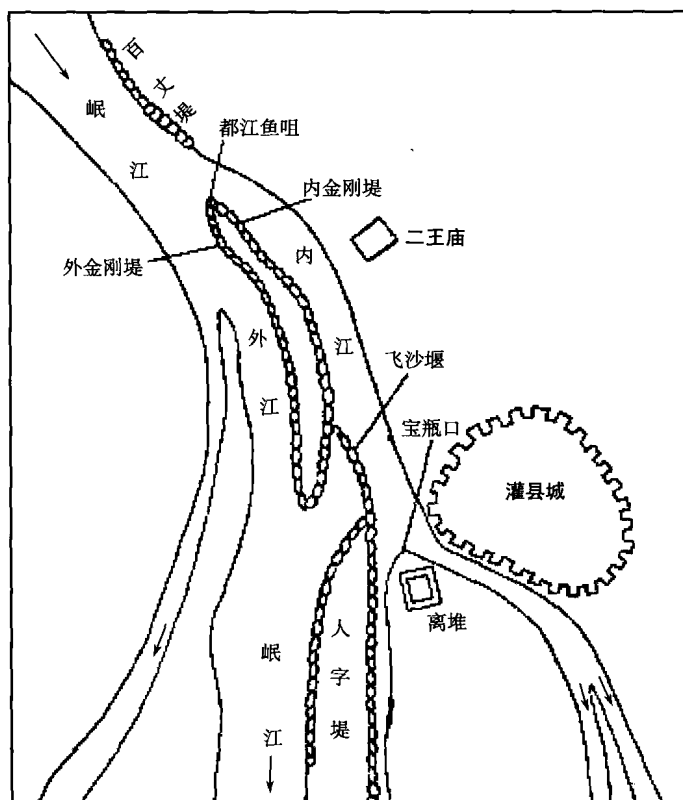


图 1.1 都江堰渠首工程示意图（新中国成立前夕）

2. 分水排沙原理

对一座引水工程而言，引水、分洪和排沙是相互影响、相互对立的三个方面。只有在引进充足水量满足下游需求的同时，避免引水过多发生洪灾，防止泥沙淤塞渠道，才能保证工程效益正常发挥。许多现代水利工程一般通过设置引水闸、分洪闸和冲沙闸，从时间、空间上将引水、分洪和排沙分开控制，从而满足上述要求。

前人在没有全面认识自然规律和掌握水利科学知识的条件下，从河流水沙运动的整体出发，通过选择都江鱼咀、飞沙堰和宝瓶口的合理位置和恰当规模，以调节为手段，发挥自然系统自组织、自适应的内在机制，以简单驾驭复杂，协调平衡各种矛盾，把引水可靠、防洪安全和排沙有效和谐地统一在水沙运动的动态平衡之中，从而取得了社会、经济和生态环境等各方面的多重效益。

（1）因势利导，协调水沙运动

都江堰在解决分水排沙矛盾时，突出了系统与周围环境的高度协调性。渠首工程有意布置在岷江出山口的一个弯道上（图 1.1），根据弯道水沙运动规律，通过合理选择有关工程设施的地理位置，成功实现了分水排沙功能。