



HISTORY OF TECHNOLOGY ON
DAMENGINEERING

坝工技术史

朱诗鰲 著

水利电力出版社



坝工技术史

朱诗鳌 著

水利部科技专著出版基金资助项目

水利电力出版社

(京) 新登字 115 号

内 容 提 要

本书全面介绍了水坝发生与发展的历史过程,从技术史角度总结了水坝勘测、设计与施工的沿革,对重力坝、土石坝、拱坝与支墩坝的设计源流阐述尤详。全书共分 10 章,最后一章论及坝工技术综合问题的发展史略。

本书可作为水利工作者特别是坝工工程师的参考书,也可作为水利院校研究生或本科生选修课教材。

坝 工 技 术 史

朱 诗 鳌 著

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号)

各地新华书店经售

北京市朝阳区小红门印刷厂印刷

*

850×1168 毫米 32 开本 14.125 印张 373 千字

1995 年 5 月第一版 1995 年 5 月北京第一次印刷

印数 0001—1000 册

ISBN 7-120-02097-8/TV·803

定价 31.50 元

出版说明

书籍是人类进步的阶梯。科技图书集聚着科学研究和发明创造的成果，凝结着人们生产活动、科学实验的实践经验和聪明才智。当今，在振兴中华的“四化”建设中，要把科学技术转化为现实的生产力，科技图书的出版是一个重要的环节。它担负着传播科技信息，扩大科技交流，推广科技成果，普及科技知识，培养科技人才，积累科学文化，提高全民族科技意识和劳动者素质的重任，是科技事业的一个重要组成部分。

改革开放以来，我国的科技出版事业取得了飞速的发展。但在还很不完善的社会主义市场经济中，科技图书出版的合理经营机制尚未形成，“出书难、买书难、卖书难”一直困扰着许多科技人员和出版工作者。特别是一些专业性很强的科学专著，发行范围有限，出版更为困难，影响了科学技术的发展。广大知识分子在不断呼吁，出版界也竭力探索解决这一问题的途径。1985年以来，中央领导同志和中宣部曾多次指示，要求国家和各主管部门筹款，为专家学者撰写学术专著建立出版基金。其后，从中央到地方各类出版基金陆续建立，有力地推动了学术专著的出版。

水利在我国具有悠久的历史，对治国安邦起着重要的作用。新中国建立40多年来，水利建设事业取得了举世瞩目的成就，已成为我国国民经济的基础设施和基础产业，是发展工农业生产的命脉。为了支持水利科技专著的出版，以适应我国水利科研、设计、建设、管理、教学的需要，水利部于1991年9月5日向全国发布了《水利部科技专著出版基金试行条例》，拨出专款用于资助科技专著的出版，并相应地建立了出版基金评审委员会和办公室。

本出版基金主要用于资助有明显社会效益而印数较少的水利优秀科技著作的出版，包括：学术水平高、内容有创见、在学科

上居领先地位的水利基础学科理论专著；反映水利重大科研成果或填补我国水利科技某个空白领域的学术专著；在水利工程技术和管理方面有重大科学和实用价值的专著；对我国水利科技发展有重要参考价值的国外水利科技著作的中译本。申请者在已有详细编写提纲和部分样稿时，即可向本基金办公室提出申请。

本出版基金申请项目的评审，坚持“专家评议，公平竞争，择优支持”的原则，其做法是：对所有申请项目，先由基金办送请三名同行专家评议，然后再提交评审委员会讨论、评选。对被通过的申请项目，即转入水利电力出版社的计划，由基金赞助出版。

我们希望本出版基金的实施对推动水利科技的进步和人才培养，对促进水利建设事业的发展，会起到积极的作用。为此，我们热切地希望水利界的学者、专家，能潜心将自己的创见和经验撰写成专著，踊跃向本出版基金提出申请出版，为繁荣我国的水利科技事业添砖加瓦，奉献自己的才智和力量。

水利部科技专著出版基金委员会

1992年8月

序 言

朱诗鳌教授用了十多年时间，博览国内外各种参考文献，完成的这一部力著《坝工技术史》，终于在“水利部科技专著出版基金”的支持下出版了。欣喜之余，愿为之序。

现代文明是在历史的长河中不断发展成长起来的。前车之鉴，后世之师，成功与失败，经验与教训，常需受教于历史。自然科学与社会科学的性质有所不同，但自然科学史也与社会科学史类似，具有承前启后、继往开来的作用，尽管在程度上可能有所不同。

人类筑坝的历史将近 5000 年。它曾在防洪、灌溉、供水、航运、水能利用等多方面为社会的发展和人类的生产和生活做出巨大的贡献，但也曾经由于规划、设计、施工和运行管理的不当而有时浪费大量的人力和物力，有时对环境造成不良的影响，甚至有时由于失事而造成人类生命财产的巨大损失。这些情况说明，坝的建设是和人类社会休戚相关的。随着人类社会、特别是科学技术的不断发展，坝的建设也由古代的全凭经验发展到 19 世纪中期以来的理论与经验相结合的阶段；特别是近几十年来，伴随着科学技术第三次浪潮的到来，坝的建设无论在规划、设计、施工和运行管理方面都取得了划时代的进展；但迄今为止，坝的建设仍没有完全摆脱在相当大的程度上依靠经验和判断的状态。这是由于，坝工技术虽然是一种古老的、并非高新的科学技术，但它受气象、水文、地质、天然材料等多种自然因素的制约十分突出，当代科学技术的发展虽然日新月异，人类从事改造自然的能量虽然日益壮大，但还远远不能完全制约这些因素，甚至还不能比较深刻地认识和了解这些因素。正是由于这一特点，尽管卫星早已上天，而在不少地区，甚至在一些发达国家，洪水仍不断泛滥。既

然科学技术发展到今天，仍不能完全依靠它来解决筑坝技术的问题，几千年的筑坝经验就较之在其他领域更有其特殊的重要性，而“史”的作用，对于筑坝技术来说就更为显著了。可惜的是，迄今为止，关于坝工建设的“史”并不多，而“技术史”则更是凤毛麟角。在有些坝工建设的图书典籍中，也涉及一些历史，但基本上是语焉不详，有的只停顿在民族主义、爱国主义的宣传资料的水平上，起不到“史”的作用，更起不到“技术史”的作用。

这部著作在一定程度上弥补了这一缺欠。它不仅对各种型式的坝在各个时期的发展情况，特别是筑坝技术的发展情况进行了较详细的描述，而且“史”、“论”结合，对各项技术发展的前因后果和来龙去脉进行了介绍，对各种观点、各种方法的优缺点、存在问题和发展方向也进行了评述。这种“史论结合”的写作方式对作者的要求是很高的，本书所列举的史实和进行的评述不一定完全确切，也不一定全面和完善，但做为一个读者，感到它所列举的史实是基本上反映实际的，而有些论述还是相当精辟的。这至少说明，作者在这方面具有一定的功力，而且是努力体现这一原则的。当然，在这方面还有待于广大读者的评价。

由于作者努力贯彻了这一“史论结合”的原则，相信本书在以下两个方面都会发挥一定的作用。一个方面是，使坝工建设者吸取过去在规划、设计、施工和运行管理方面的成功经验和失败教训，包括对人类社会所发挥的积极作用和消极影响，从而在今后的工作中更好地运用理论与经验相结合的原则，更加健康地、有益无害地（或益多害少地）进行坝工建设。另一个方面是，通过对筑坝技术发展过程的描述和评论，使读者体会和了解筑坝技术的发展规律，学习过去的筑坝技术工作者自觉或不自觉地运用历史唯物主义和辩证唯物主义分析和解决问题的观点和方法，更加深刻地理解、掌握和灵活机动地运用筑坝技术知识，并在此基础上，进一步研究、探讨和发展这些技术知识。

由于这是一部涉及古今中外的内容十分广泛的著作，尽管作者进行了极大的努力，收集到近千份文献资料，但仍难免有疏漏

不全之处；有些资料是否确切，很难得到充分论证，因而也难免有混淆不实之处；至于在评论方面，就见仁见智，更难做到完全得体。因此，我做为最早的、也是热心的读者之一，很希望这部书能得到广大读者、特别是同行毫无保留的指正，使这一有价值的著作不断完善，更好地发挥其应有的作用。我相信，这也正是作者所衷心期待的。

王 宏 硕

1993. 12.

作 者 前 言

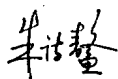
水坝是人类利用和改造自然的一种重要工程措施，它的历史同人类文明史一样久远。规模庞大的水坝工程足以同诸如埃及的金字塔和英法海底隧道等大型人工建筑物相媲美。古往今来，水坝受到了人们的极大重视与热情讴歌，然而它丰富多彩的历史并非广为人知。因此，全面而系统地总结与介绍水坝源流及其技术沿革，并为现实的坝工建设服务，乃是一件有趣和有意义的事——这就是作者编著本书的出发点。

作者为本书能获准“水利部科技专著出版基金”深感荣幸。在此，谨向水利部及水利电力出版社致以崇高的敬意与谢意。

本书在编著过程中，多蒙王鸿儒教授、陶振宇教授、汝乃华教授级高工、顾淦臣教授、沈保康教授、王正宏教授、黎保琨教授、曹学德教授、黎沛虹教授，以及英国李约瑟（Needham, J.）博士与美国居蜜（Mi Chu Wiens）博士等国内外学者和专家的关注与支持，无任感谢。特别是王宏硕教授，承蒙他悉心审阅了本书初稿，提出了许多宝贵意见与建议，并盛情推荐本书出版及为之作序。还要十分感谢武汉水利电力大学图书馆、加拿大麦吉尔（McGill）大学图书馆和美国国会图书馆提供了有价值的坝工史料。对《水利水电环境》编辑部、《中国水利史志专刊》编辑部、湖南省千工坝管理局，以及朱飞、郭素、朱漫、梁援迎等同志的鼎力协助，谨致以衷心的感谢。

作者不胜感激大学同窗梁兆男先生对本书在编著与出版过程

中所给予的热忱关心与资助。如果没有作者妻子陈秋葆女士的拳拳鼓励和关切，作者要完成这一历时十年之久的编著工作是不可能的，对此，作者感念不尽，并将此书献给她。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '朱启征' (Zhu Qizheng). The characters are stylized and fluid, with the first character '朱' being particularly prominent.

1993年12月18日于武昌

目 录

出版说明

序言

作者前言

第一章 绪论	1
第一节 坝工技术史及其研究的意义	1
第二节 水坝的起源及其与人类社会发展的关系	3
第三节 水坝按其历史进程分类	5
第二章 世界历代水坝史略	7
第一节 古代坝	7
第二节 近代坝	56
第三节 现代坝	69
第三章 坝工勘测技术的发展	82
第一节 古代坝工勘测	82
第二节 现代坝工勘测	84
第四章 重力坝设计与计算的沿革	89
第一节 概述	89
第二节 古代重力坝的特点	89
第三节 近代重力坝的设计理论与坝体断面	90
第四节 现代重力坝的发展	128
第五节 重力坝的细部构造与筑坝材料的发展	146
第六节 重力坝的改进与展望	152
第五章 土石坝设计与计算的沿革	156
第一节 概述	156
第二节 古代土石坝与近代土石坝的特点	157
第三节 现代土石坝的发展	159
第四节 土石坝计算问题的发展	173
第五节 土石坝的改进与展望	194

第六章	拱坝设计与计算的沿革	198
第一节	概述	198
第二节	古代拱坝的特点	199
第三节	近代拱坝的设计理论与坝体断面	202
第四节	现代拱坝的发展	211
第五节	几种特殊的拱坝	221
第六节	拱坝的展望	224
第七章	支墩坝设计与计算的沿革	228
第一节	概述	228
第二节	古代支墩坝与近代支墩坝	228
第三节	现代支墩坝	233
第四节	支墩坝受力特点的演变及分析	238
第五节	支墩坝的优化	240
第六节	几种特殊支墩坝	242
第七节	支墩坝的展望	246
第八章	其他坝型设计与计算的沿革	248
第一节	活动坝	248
第二节	木坝	276
第三节	梯级坝与簏片坝	279
第四节	钢坝	282
第五节	预应力坝	285
第六节	装配式坝	299
第七节	碾压混凝土坝	301
第八节	特殊坝	305
第九章	坝工施工技术的发展	316
第一节	土石坝施工技术的发展	316
第二节	砌石坝与混凝土坝施工技术的发展	318
第十章	综合问题	327
第一节	水坝荷载计算的沿革	327
第二节	坝工模型试验的历史发展	351
第三节	坝工观测的历史发展	362
第四节	水坝环境问题研究史略	370

第五节 水库诱发地震问题研究史略	380
第六节 水坝与军事	390
第七节 水坝失事与安全	397
第八节 坝工专著述评	412
附录 国际大坝委员会和中国大坝委员会简介.....	419
主要参考文献.....	424
译名索引.....	426

我们的科学进步得如此之快,以致大多数原始的论文很快失去了它的现实意义而显得过时了。但是,另一方面,根据原始论文来追踪理论的形成过程却始终具有一种特殊的魅力。

——A. 爱因斯坦

第一章 绪 论

第一节 坝工技术史及其研究的意义

坝工技术史是研究水坝工程发生和发展的客观过程及其规律的学科,它是整个科学技术史的一部分,属于技术史的范畴。坝工技术本身是历史的产物,因而坝工技术史也应是完整的坝工技术的一部分。

虽然人类科学技术本身的历史源远流长,但将科学技术的历史作为一门学问或一门学科予以研究则是很晚的事。只是随着科学技术的发展,特别是近代科学技术的发展,科技史的研究才日益受到重视并逐渐发展成为一门具有比较完整的理论体系的学科。

作为科技史的一个分支——坝工技术史的研究则比其他领域的科技史研究还要晚一些,因为在几千年的坝工历史中,水坝主要是凭经验与判断建造的,而这些经验与判断又未能引起人们的充分注意。19 世纪中叶,随着近代坝工理论的诞生与坝工建设在全球的普遍发展,才开始出现有关坝工技术史方面的论述。19 世纪末至 20 世纪初,韦格曼撰写了《坝的设计与施工》一书,对截

至当时为止的世界重要水坝作了一个总结，为此后的坝工技术史研究提供了丰富的史料。20 世纪 30 年代以后，坝工史论文陆续出现，如海因兹的《使用了二百年的墨西哥砌石坝》，雅各布森和劳埃德的《杰尔万的森纳彻里伯水道》等。40 年代以后，这类论文逐渐增多，有些坝工专著中还设置了有关坝工历史的专章或专节。1972 年英国 N. 史密斯撰写了《坝的历史》专著。1980 年由詹森编著的《坝与公共安全》书中，对水坝的历史发展亦作了较详的论述。汝乃华在坝工技术史研究方面作了许多卓有成效的工作，在他所著《重力坝》一书中开了在中国坝工专著中介绍坝工历史的先河。近期出版的由潘家铮撰写的《重力坝设计》一书，也设专节介绍了重力坝的发展历史。这些研究涉及坝工历史的许多方面，内容丰富，题材广泛，是学习坝工历史的很好教材。然而，从总体上来说，以往的研究存在有如下不足：一是内容大多局限于水坝一般历史发展的介绍，对坝工技术本身的历史发展探溯不够；二是大多只论述了个别的工程或某方面的问题，未形成具有自身完整体系的“坝工技术史”这样一门独立的学科；三是这些研究只是少数坝工专家感兴趣的事，还未在坝工的建设、科研与教学工作中引起广泛的反响。因此，从技术史角度对坝工历史的发展进一步作深入系统地研究实有必要。如果注意到以下事实，就会发现研究坝工技术史有其特殊的学术价值与现实意义，即：迄今坝工技术仍未形成一门真正严密的科学，在许多方面还不同程度地依赖于经验与判断——而经验与判断又都离不开历史；吸取过去水坝运行的经验与教训（包括失事），可以更深刻地揭示水坝工作性态的内在联系，并使今后的坝工建设少走弯路；历史上曾经提出的后因条件限制而放弃了的许多坝工理论和设计方法，在当今新的条件下可能获得新的生机；从坝工历史发展的规律中可以预见水坝发展的未来。此外，在水利院校，通过坝工技术史的教学，可使学生了解到有关理论与实践的来龙去脉，从而更深刻地掌握知识和更灵活地运用知识；可以使学生开拓视野，扩展知识面；还可以使学生从中受到生动的辩证唯物主义与历史唯物主义

的教育和爱国主义的教育，学习前人的科学态度以及献身于坝工事业、不畏艰险和勇于创新的精神。

坝工技术史是一门由自然科学与社会科学形成的边缘学科，除涉及坝工技术本身的问题外，还要涉及社会、历史以及历史地理等问题，亦即既要从“内史”的角度去研究，也要从“外史”的角度去研究。对于某一研究者，可能是以其“内史”或“外史”为主，但作为完整的研究应该兼而有之。

与其他科技史的研究一样，完整的坝工技术史的研究过程应包括三个阶段：一是描述阶段，研究者根据详细占有的资料，说明水坝工程发生和发展的基本历史事实及演变过程，有时进行必要的考证与判断；二是分析阶段，说明上述历史事实的性质及其演变的原因，找出坝工技术发展的规律；三是预测阶段，根据发展的规律性，结合具体的条件，预测坝工科学各个方面的发展方向。为此，就要求研究者有正确的科技史观作指导；而马克思的辩证唯物主义认识论和唯物史观，则是研究坝工技术史的极为有用的武器。当然，某一研究者从事的某一项目的研究不一定都出现上述三个阶段，而可以有所侧重。

在坝工技术史研究的手段上，可以搜集和钻研古文献为主，也可以实地考察为主，但一项完美的研究成果应该是将两者结合起来的产物。过去，在古文献的搜集与钻研方面，施雷瓦和施尼特等人做了许多工作。在实地考察方面，弗尔南德斯、戈布洛特、海因兹、默里、劳和维塔等人付出过艰苦的劳动。德国和埃及的工程师与科学家所组成的考察队，在1982年对埃及异教徒坝遗址所进行的实地调查也很有成效。中国秦建明等经过实地考察提出了在秦代存在有郑国渠坝的论点。

第二节 水坝的起源及其与人类社会发展的关系

水坝是修建在河道上的一种挡水建筑物，用以拦蓄洪水或抬

高水位，为人类的生活与生产服务。顺河流方向建筑的用以防止河水漫溢的堤防，实际上也是一种水坝。还可能因冰块或山坡塌方导致河道堵塞而形成所谓天然的水坝。此外，河狸可本能地在小型河道上筑成“水坝”。有些坝工专著还论及尾矿坝和灰坝。本书主要论述建在河道上的水坝。

修建水坝是人类一种普遍的生产实践活动。最初，在建坝技术未经传播的条件下，水坝便在不同的时代于世界不同的地区兴起。水坝的兴起和发展，与人类的生活和生产紧密相联，主要表现在以下几方面：

(1) 灌溉。原始农业的出现，是人类社会发展的一个重大进步，它标志着人类从单纯地依赖自然环境到通过生产劳动能动地利用和控制自然环境的转变。这种最初始的农业，出现在一万年前的新石器时代，开始分布在亚非地区，而后遍及欧美及世界其他各地。但是，这种农业并未能在世界各地普遍地持续下来，其中重要的原因之一就是当时人们还不懂得施肥，固有的土壤肥效随着这种农业的进行便逐渐减退乃至衰竭。只有那些既有肥沃土壤又有灌溉用水条件的地区，这种农业才得以保持并发展。像尼罗河流域、两河流域、印度河流域、黄河流域与长江流域，便具有这种条件，这也是这些流域之所以成为世界古文明发祥地的物质基础。灌溉对农业之重要，除为农作物提供水分外，还在于可以促进土壤的肥效。而进行灌溉的最有效的措施是修建水坝。水坝一方面可以拦蓄洪水、调节流量，以解决降雨与农作物灌溉用水在时间上的矛盾（这种矛盾在印度河流域和黄河流域更为明显，因这些地区的降雨受季风的控制，在时间分配上很不均匀）；另一方面可以抬高河道水位便于将河水引入灌溉渠道。古代的水坝中的大多数都与灌溉有关，而且主要分布在上述几大流域的范围内。

(2) 供水。所谓供水，在早期，主要是指对城市居民生活提供用水；在中世纪以后，随着工业的发展，供水才包括对工业生产提供用水。而水坝在这方面始终起着重要作用。

(3) 改造沙漠。在历史上，中东地区曾经有过利用水坝改造