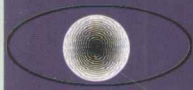


长江科学技术文库

国家“十五”重点
图书出版规划项目



Technology of River Closure and
Cofferdam Construction in Flowing Water



河道截流

及流水中筑坝技术

郑守仁 杨文俊 著
湖北科学技术出版社



长江科学技术文库

国家“十五”重点
图书出版规划项目

河道截流

及流水中筑坝技术

Technology of River Closure and Cofferdam Construction in Flowing Water

郑守仁 杨文俊 著
湖北科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

河道截流及流水中筑坝技术 / 郑守仁, 杨文俊著. —武汉: 湖北科学技术出版社, 2009.2
(长江科学技术文库)
ISBN 978-7-5352-3997-6

I. 河… II. ①郑…②杨… III. ①河道整治—截流②筑坝 IV. TV855 TV541

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 211312 号

责任编辑: 李慎谦 吴瑞临

封面设计: 王 梅

出版发行: 湖北科学技术出版社

电话: 027-87679468

地 址: 武汉市雄楚大街 268 号

邮编: 430070

(湖北出版文化城 B 座 12-13 层)

网 址: <http://www.hbstp.com.cn>

印 刷: 武汉中远印务有限公司

邮编: 430034

督 印: 刘春尧

787mm × 960mm 16 开

38 印张

1 插页

662 千字

2009 年 2 月第 1 版

2009 年 2 月第 1 次印刷

定价: 88.00 元

本书如有印装质量问题 可找本社市场部更换

内容简介

本书根据长江水利委员会在长江三峡、葛洲坝两大水利枢纽工程大江截流及围堰设计、施工、运行实践中取得的成功经验，并结合国内外已建水利水电工程截流围堰以及在河道流水中直接修筑土石坝设计、施工中遇到的技术问题，全面介绍有关设计施工方案比选、设计计算、科学试验、原型监测及施工技术措施等内容。

本书内容全面系统、实例丰富、资料翔实，特别适合于从事大中型水利水电工程设计、施工、监理及工程项目业主单位的技术人员参考使用，是科研单位、高等院校有关专业科研人员、教师及研究生的重要参考资料。

《长江科学技术文库》编委会

主 任 王少阶

副主任（按姓氏笔画为序）

王建辉 刘会永 刘健飞 邱久钦
郭生练 路 钢

委 员（按姓氏笔画为序）

王少阶 王建辉 方秦汉 宁津生
齐民友 刘会永 刘健飞 朱英国
张文华 张天序 邱久钦 张勇传
李家荣 邱菊生 张端明 郑守仁
周祖德 赵守富 赵修建 郭生练
殷鸿福 夏穗生 黄志远 路 钢
樊明文 樊明武

总策划 李慎谦 张端明（兼）

策划组成员（按姓氏笔画为序）

王红斌 史可荣 余永东

第一作者简介

郑守仁，男，1940年生，安徽颍上人，1963年毕业于华东水利学院，中国工程院院士，国家有突出贡献的中青年专家及国务院特殊津贴专家。1974—1986年，任长江水利委员会副总工程师兼葛洲坝工程设计代表处处长；1987—1993年，兼任长江水利委员会隔河岩工程设计代表处处长；1994年至今，任长江水利委员会总工程师。



郑守仁几十年长驻施工现场，带领设计科研等技术人员，力克技术难关，取得了一系列创新成果。他先后负责乌江渡、葛洲坝导流截流设计、隔河岩现场全程设计，1994年起全面主持三峡工程设计工作；葛洲坝、三峡大江截流工程设计均获国家优秀设计金奖。作为第一负责人完成的三峡工程大江截流、明渠导流及通航和船闸等关键技术成果分获国家科技进步一等奖1项（1999年）、二等奖2项（2004年、2005年）；同时还荣获湖北省科技进步特等奖1项，一等奖4项。2004年获何梁何利科学与技术进步奖，2005年获湖北省科学技术突出贡献奖。

第二作者简介

杨文俊，男，1966年生，湖北应城人，教授级高级工程师，博士生导师，新世纪百千万人才工程国家级人选、水利部“5151人才工程”首批部级人选，湖北省优秀科技工作者。1992年获武汉水利电力学院硕士学位，2005年获清华大学水利工程博士学位，2005—2006年加拿大 Regina 大学高级访问学者。现任水利部江湖治理与防洪重点实验室副主任、长江水利委员会长江科学院副总工程师。

研究领域涉及水利工程施工导流截流关键技术、枢纽工程环境泥沙和生态水工等；曾参加国家“七五”、“八五”科技支撑和自然科学基金课题，完成三峡、水布垭、皂市等枢纽工程水力学专题和河床演变及其防洪减灾技术课题 60 余项，现负责“十一五”科技支撑课题和“973”项目专题各 1 项；在施工导流截流理论及施工通航等方面有所创新，成果曾获国家科技进步一等奖（1999 年）、二等奖（2004 年）各 1 项，国家级工程设计金质奖 1 项及省、部级科技进步特等奖、一等奖共 4 项，发表论文 60 余篇。



总 序

科学技术作为“最高意义上的革命力量”，推动社会生产力的急剧发展，乃是人类社会进步的强大动力。科学技术的一次次革命，触发一次次的产业革命，使人类文明一次又一次地攀上更高的峰顶。“科学技术是生产力，而且是第一生产力”已成为当代公众的共识。

当前，一场规模宏伟的高科技革命正以排山倒海之势席卷全球。这场革命其范围之广泛，内容之丰富，发展之迅猛，影响之深刻，更是以往的科技革命所无法比拟的。其直接之后果导致所谓“信息革命”、“知识经济”应运而生。这场新的科学技术革命的三大主角是信息科学技术、材料科学技术和生命科学技术。科技知识空前快捷和广泛地产生、传播和应用，不仅极大地推动经济和社会发展，归根结底，也决定了国家的综合国力和民族的竞争能力。因此，“科教兴国”不仅是现代化建设的需要，更是我们自立于世界民族之林、振兴中华的英明决策。

荆楚大地，人杰地灵，自古以来，人才辈出。不仅创造了瑰丽多姿的楚文化，而且在科学技术方面谱就了一篇篇辉煌乐章。曾侯乙编钟，陆羽的《茶经》，毕昇的活字印刷术，李时珍的《本草纲目》……无不闪耀着智慧的光芒。清末民初，欧风东渐，现代的科技传入中国，湖北省更是开风气之先。尤其是清末张之洞主政湖广，锐意革新，创建学堂，兴办实业。所谓“汉阳造”竟成为当时中国新兴军工的象征；“汉冶萍”公司更是中国近代工业的翘首。因此，民初以来，汉口遂发展成为全国仅次于上海、天津的大商

埠；湖北的近代教育、近代科技、近代产业在当时的中国堪称中坚。

党的十一届三中全会以来，湖北科技界高举邓小平理论伟大旗帜，锐意创新，勇攀高峰，硕果累累，成绩斐然。老一代的硕学鸿儒，春深花茂；一大批功底扎实、奋进不已的中年学者，叶盛枝繁；更加可喜的是，风起云涌的青年才俊更是意气风发，大展宏图。目前湖北省的整体科技实力已跻身于全国“科技强省”之列。

为了进一步贯彻好“科教兴鄂”的战略方针，弘扬科学精神，宣传科学方法，普及科学知识，汇集并宣扬改革开放以来湖北省在科学技术上，尤其是在高科技研究方面所取得的丰硕成果，特组织出版《长江科学技术文库》。本文库的宗旨，在于收录奋战在荆楚大地科研第一线上，并且取得了在国际和国内能够占据一席之地的优秀科研成果的专家教授的新著，兼收并蓄，分卷出版，无分轩輊。文库内容遍及偏微分方程、现代分析理论、随机分析、理论物理、高能物理、原子核物理、高分子材料、纳米材料、大地测量、摄影与遥感、生物地质、作物遗传改良、动物遗传育种、口腔医学、器官移植、激光技术、数控技术、人工智能、水利工程和桥梁建设等等。需要说明的是，应该收录而未进入本文库的专著还很多。其中原因多多，如有的专家工作太忙，近期无暇著书立说；有的专家刚有专著出版；等等。由于湖北科技战线很广，而文库容量有限，挂一漏万，也在所难免，敬请各界同仁见谅。我们希望，这个文库还可以继续出续集，以弥补这些遗憾。

“天行健，君子以自强不息。”愿湖北的广大科技工作者再接再厉，百尺竿头，更进一步，描绘出荆楚大地上更灿烂的科技星空。

《长江科学技术文库》编委会

2008年10月

前 言

在江河上修建拦河大坝、水力发电厂房、通航船闸等永久水工建筑物，通常先修围堰以围护永久水工建筑物在干地条件下正常施工。围堰是在流水中修筑的挡水坝，一般为临时建筑物。在流水中修筑围堰，关键性第一道工序是截断河道水流迫使其从已建好的导流建筑物宣泄。河道截流后，可在静水中填筑围堰出水面，然后继续后续施工直至完建。由于堰体下部在水中填筑，一般又不预先对堰基作清挖、处理，因而修筑围堰有着不同于修建永久水工建筑物的技术特点。在大江大河上截流并建成围堰，往往会面临较大的技术难度。

新中国成立以来，我国水利建设事业蓬勃发展。随着大中型水利水电工程的建设，河道截流和围堰的工程经验不断积累，技术水平不断提高。20世纪80年代和90年代，我国水利水电建设者成功地完成了水工建设史上两次历史性壮举：1981年1月葛洲坝工程大江截流，实际流量为 $4\,800\sim 4\,400\text{m}^3/\text{s}$ ，最终落差为3.23 m，采用先护底加糙用立堵法成功截流，并在一个枯水期内建成高达50m的两道混凝土防渗墙土石围堰，标志着我国大江大河流水中截流与筑坝技术已跻身国际先进行列；1997年11月三峡工程大江截流，实际流量为 $11\,600\sim 8\,480\text{m}^3/\text{s}$ ，最大水深为60m，采用先平抛垫底用立堵法成功截流，并在一个枯水期内建成高达82.5 m的两道塑性混凝土防渗墙土石围堰，使我国河道截流与筑坝技术总体上跃进到了国际领先水平。

长江是我国第一大河，先后在湖北境内长江干流上建设的葛洲坝和三峡水利枢纽，都把大江截流与围堰列为工程建设中重大技术问题之一。长江水利委员会在国内参与技术攻关的有关单位和高等院校的协同下，作了长期、深入的设计研究，结合现场实际优化设计，参加施工实践，取得了丰硕成果和经验。本书旨在较系统地反映葛洲坝和三峡工程大江截流和围堰设计研究成果和施工实践经验，凸显其中已付诸实施，且代表当时先进水平的

技术成果。本书名为《河道截流及流水中筑坝技术》，除第 1 章综述外，大体归为河道截流(第 2 章至第 5 章)和流水中修筑围堰(第 6 章至第 10 章)两大部分，依循常规设计研究和实施所涵盖的主要内容包括：设计方案的比选、重要技术问题的研究、主要工程措施的应用、施工时机和程序的安排，以及设计计算、科学试验、原型监测和实施分析等，而将葛洲坝工程和三峡工程的相关设计研究成果和实践经验，或融入或充实其中，最后将两工程的主要经验归纳、浓缩于第 11 章，使本书构架为一本理论与实践相结合的，以应用科学为主的工程技术文献。本书内容翔实、严谨、科学，对于今后水利枢纽工程施工水流过程控制和其他相关专业的地下防渗工程具有重要的参考价值和指导作用，同时又可作为水利水电技术人员及高等院校相关专业师生的参考资料。有关上述两个工程大江截流和围堰的科研成果和工程经验的论著甚丰，撰写过程中参考有关文献尚有新的启迪，因限于客观条件和认识水平，引用的内容和评述的论点难免有不妥之处，书中还有许多有待完善的地方，不足之处，敬请批评指正。

在本书编辑过程中，长江水利委员会技术委员会原主任文伏波院士，原副主任洪庆余设计大师，委员刘一是、司兆乐、魏璇、陈济生、刘大明等给予热情指导，并对本书部分章节进行审改，在此向他们表示衷心的感谢和崇高的敬意。

本书的编辑和出版得到了《长江科学技术文库》编委会和湖北科学技术出版社的大力支持，特别是李慎谦、吴瑞临两位副社长对本书的编辑、出版作了悉心指导和帮助；长江水利委员会夏仲平、长江勘测规划设计研究院王世华、蒋乃明、陈琪新、高黛安、周良景和长江科学院刘力中、刘思君、陈辉等同志对本书的成文作出了贡献，谨此一并致谢。

郑守仁
2008 年 10 月

目 录

总 序	I
前 言	III
第 1 章 综述	1
1.1 河道截流与流水中筑坝	1
1.2 河道截流技术的发展	6
1.3 流水中筑坝技术的发展	10
第 2 章 河道截流的分流设施	16
2.1 束窄河床分流	21
2.1.1 坝址河床束窄程度	21
2.1.2 束窄河床水力学计算	22
2.2 永久建筑物设置临时泄水设施分流	26
2.2.1 在混凝土坝体预留临时缺口过流	26
2.2.2 混凝土坝体设置导流底孔	28
2.3 利用永久建筑物泄水设施分流	31
2.4 导流明渠分流	31
2.4.1 导流明渠线路选择及布置	31
2.4.2 导流明渠的断面形式	32
2.4.3 明渠泄流水力计算	33
2.5 导流隧洞分流	35
2.5.1 导流隧洞洞线选择及布置	35
2.5.2 隧洞断面形式及尺寸选择	36
2.5.3 隧洞泄流能力计算	37
2.6 葛洲坝工程大江截流时二江泄水建筑物分流	38
2.6.1 泄水闸布置	38

2.6.2	上游导流渠布置及断面形式	39
2.6.3	下游导流渠布置及断面形式	44
2.6.4	截流期分流能力	45
2.6.5	大江截流分流实况分析验证	46
2.7	三峡工程大江截流时明渠分流	52
2.7.1	明渠设计标准	52
2.7.2	明渠布置	52
2.7.3	明渠断面形式及通航航线研究	53
2.7.4	明渠防护结构设计	54
2.7.5	明渠通航水流条件及提高通航流量级的研究	56
2.7.6	大江截流期明渠分流实况分析验证	58
2.7.7	二期导流明渠运行实况分析验证	61
第3章	河道截流设计	65
3.1	截流时段与截流流量	65
3.1.1	截流时段选择	65
3.1.2	截流流量选择	68
3.1.3	对选择截流时段及截流流量的分析评价	68
3.2	截流戗堤及龙口	72
3.2.1	截流戗堤布置	72
3.2.2	截流戗堤断面形式	73
3.2.3	龙口位置	74
3.2.4	龙口宽度	76
3.3	截流方案	77
3.3.1	葛洲坝工程大江截流方案研究	77
3.3.2	葛洲坝工程大江截流方案选择	100
3.3.3	三峡工程大江截流方案选择	102
3.4	截流水力计算	102
3.4.1	分流建筑物泄水能力计算	102
3.4.2	立堵截流水力计算	102
3.4.3	平堵截流水力计算	107
3.5	截流戗堤进占程序及抛投料	116
3.5.1	截流戗堤非龙口段进占程序及抛投料	116
3.5.2	截流戗堤龙口段进占程序及抛投料	119

第 4 章 河道截流若干重要技术问题的研究	132
4.1 河道截流设计方案的试验论证	132
4.1.1 大江截流分流条件试验研究	132
4.1.2 截流方案的试验研究	144
4.1.3 龙口护底加糙方案试验研究	155
4.2 有关截流水力学的基础试验研究	163
4.2.1 模型试验相似律	163
4.2.2 关于流水中抛石稳定机制的研究	167
4.2.3 关于双戗堤截流的适用条件研究	173
4.2.4 单戗立堵截流水力学计算方法研究	174
4.3 龙口护底加糙措施的研究	176
4.3.1 龙口护底的作用	176
4.3.2 护底结构形式比较	178
4.3.3 拦石坎护底结构设计	180
4.3.4 拦石坎护底施工	184
4.4 深水截流戗堤坍塌机制探讨及其防范措施	191
4.4.1 深水截流戗堤堤头坍塌现象	191
4.4.2 截流戗堤坍塌机制的理论探讨	191
4.4.3 截流戗堤坍塌计算模型	202
4.4.4 堤头坍塌的防范措施	205
4.5 龙口河床平抛垫底措施的研究	206
4.5.1 龙口河床平抛垫底的结构布置	206
4.5.2 平抛垫底石碴料的漂移特性研究	207
4.5.3 龙口河床平抛垫底砂砾石料漂移特性研究	214
4.5.4 龙口河床平抛垫底实施情况及度汛	221
第 5 章 河道截流施工	227
5.1 截流施工总体布置	227
5.1.1 截流施工总体布置主要内容及布置原则	227
5.1.2 葛洲坝工程大江截流施工总布置	228
5.1.3 三峡工程大江截流施工总布置	232
5.1.4 对截流施工总体布置及截流备料的几个问题的讨论	239
5.2 截流施工机械设备	241
5.2.1 截流施工机械的配置	241

5.2.2	葛洲坝工程大江截流施工机械配置	243
5.2.3	三峡工程大江截流施工机械配置	247
5.2.4	关于截流施工机械选型问题的讨论	253
5.3	截流戽堤进占施工	254
5.3.1	截流戽堤进占施工分段	254
5.3.2	葛洲坝工程大江截流戽堤进占施工	255
5.3.3	三峡工程大江截流戽堤进占施工	271
5.3.4	立堵截流戽堤进占施工中几个问题的讨论	279
5.4	截流施工组织管理	284
5.4.1	截流施工组织管理机构	284
5.4.2	三峡工程大江截流施工组织管理	285
5.4.3	葛洲坝工程大江截流施工技术要求	287
5.4.4	三峡工程大江截流施工技术要求	291
5.5	截流施工期水文及水力学观测	295
5.5.1	截流水文及水力学观测内容	295
5.5.2	葛洲坝工程大江截流水文及水力学观测	296
5.5.3	三峡工程大江截流水文及水力学观测	302
第6章	流水中修筑围堰形式	318
6.1	概述	318
6.1.1	围堰分类	318
6.1.2	围堰的特点	318
6.1.3	围堰设计标准	319
6.1.4	围堰的基本要求	321
6.2	土质防渗体土石围堰	322
6.2.1	概述	322
6.2.2	土质防渗体的土料	322
6.2.3	土质斜墙土石围堰	325
6.2.4	土质心墙土石围堰	329
6.3	刚性防渗体土石围堰	335
6.3.1	概述	335
6.3.2	刚性防渗材料	335
6.3.3	刚性防渗体围堰工程实例	337
6.4	柔性材料防渗体围堰	340

6.4.1	概述	340
6.4.2	柔性防渗材料	341
6.4.3	柔性材料防渗体围堰工程实例	342
6.5	混凝土围堰	350
6.5.1	概述	350
6.5.2	乌江渡水电站混凝土拱形围堰	350
第7章	流水中修筑围堰设计计算	354
7.1	围堰平面布置及断面尺寸拟定	354
7.1.1	围堰平面布置	354
7.1.2	围堰断面尺寸拟定	356
7.2	围堰稳定分析计算	360
7.2.1	计算方法	360
7.2.2	葛洲坝工程二期上游围堰稳定分析计算	361
7.2.3	三峡工程二期上游围堰稳定分析计算	362
7.3	围堰渗流分析计算	365
7.3.1	渗流计算目的及计算方法	365
7.3.2	三峡工程二期上游围堰渗流分析计算	367
7.4	围堰应力及变形计算分析	373
7.4.1	围堰应力及变形计算方法	373
7.4.2	葛洲坝工程二期上游围堰应力及变形计算分析	375
7.4.3	三峡工程二期上游围堰应力及变形计算分析	382
7.5	围堰安全监测设计及监测资料反馈分析	385
7.5.1	葛洲坝工程二期上游围堰监测设计及监测资料分析	385
7.5.2	三峡工程二期上游围堰监测设计及监测资料分析	402
第8章	流水中修建围堰填筑技术	413
8.1	围堰填筑材料	413
8.1.1	防渗体土料	413
8.1.2	堰壳填料	416
8.2	围堰水下部位填筑施工技术	422
8.2.1	端进抛投填筑	422
8.2.2	平抛施工技术	433
8.3	围堰水下部位填料加密技术	437

8.3.1	围堰水下部位填料加密方案研究	437
8.3.2	三峡工程二期围堰水下部位风化砂振冲加密	453
8.4	提高围堰水下抛填料稳定性的技术措施	456
8.4.1	围堰结构设计措施	456
8.4.2	施工抛填措施	457
8.5	围堰水上部位填筑施工	459
8.5.1	围堰水上部位填筑及质量控制	459
8.5.2	葛洲坝工程二期围堰水上部位填料施工	461
8.5.3	三峡工程二期围堰水上部位填料施工	463
8.5.4	三峡工程二期围堰填筑施工技术要求	464
第9章	流水中修筑围堰基础及堰体防渗技术	467
9.1	围堰基础及堰体防渗形式	467
9.1.1	围堰基础及堰体防渗形式	467
9.2	土质防渗体	469
9.2.1	土质防渗体材料及防渗体结构	469
9.2.2	土质防渗体施工技术	470
9.3	混凝土防渗墙	472
9.3.1	防渗墙墙体厚度及细部结构	473
9.3.2	防渗墙造孔施工技术	475
9.3.3	防渗墙墙体材料及混凝土施工	487
9.3.4	防渗墙底透水岩体帷幕灌浆	494
9.4	高压喷射灌浆防渗体	510
9.4.1	高压喷射灌浆形式及灌浆方法	513
9.4.2	高压喷射灌浆防渗体结构研究	514
9.4.3	高压喷射灌浆防渗体施工技术	518
9.5	土工膜防渗体	530
9.5.1	围堰防渗土工膜设计	531
9.5.2	围堰防渗土工膜施工技术	533
9.5.3	三峡工程二期围堰防渗土工膜施工技术要求	535
第10章	流水中修筑围堰监测及监测资料分析	537
10.1	监测目的及监测项目	537
10.2	监测设计	537