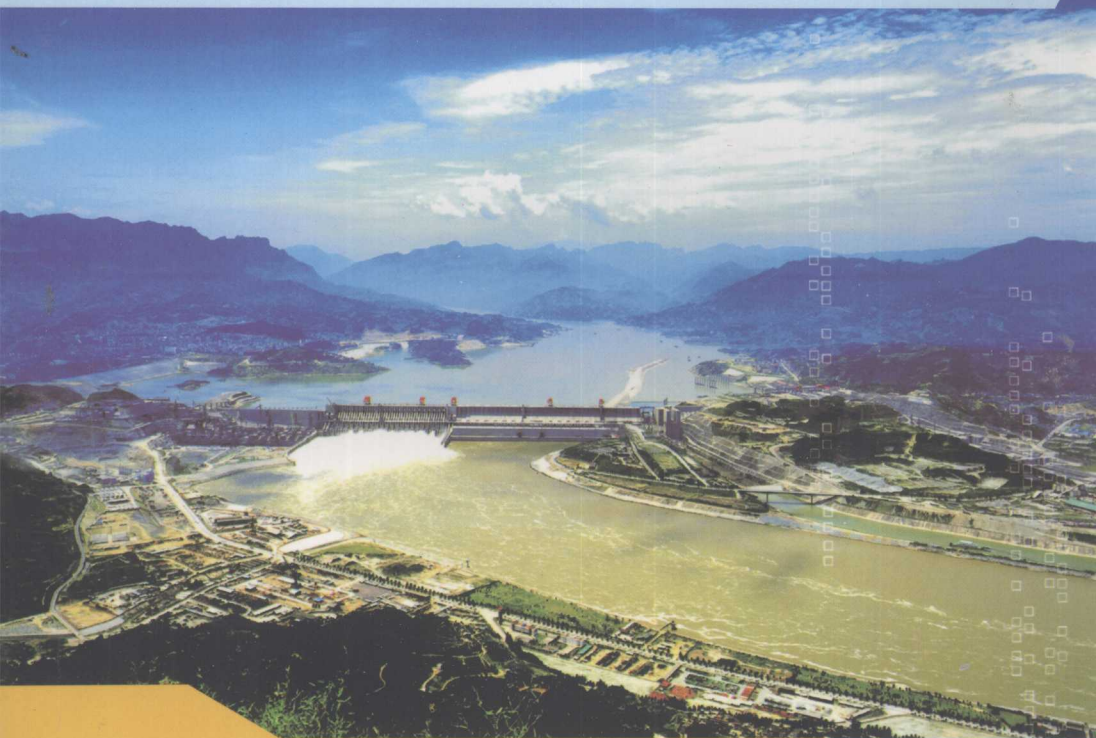


实用施工水力学

Shiyong Shigong Shuixue

饶冠生 李学海 韩继斌 编著

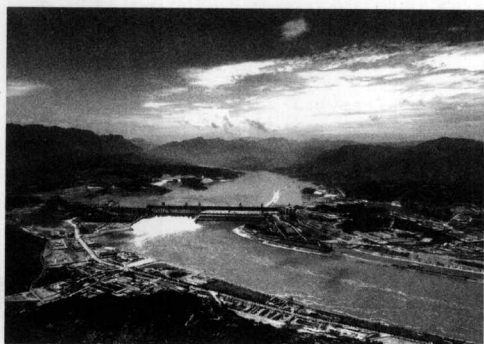


长江出版社

实用施工水力学

Shiyong Shigong Shuili xue

饶冠生 李学海 韩继斌 编著



ISBN 7-80708-249-1/TA · 24

定价: 19.80元

长江出版社 印刷 责任编辑 饶冠生

2003年4月第1版 135

2003年4月第1次印刷 7.875印张

出版发行: 长江出版社

地址: 武汉市解放大道1863号

E-mail: cjb@vip.sina.com

电话: (027) 85327193 (总编室)

(027) 85326806 (市场营销部)

编辑: 李学海 李学海

印刷: 武汉市武昌区印刷公司

规格: 880mm×1230mm

版次: 2003年4月第1版

ISBN 7-80708-249-1/TA · 24

定价: 19.80元

(责任编辑 饶冠生 印刷 饶冠生)

长江出版社

图书在版编目(CIP)数据

实用施工水力学/饶冠生,李学海,韩继斌编著. —武汉:长江出版社,2007.2

ISBN 978-7-80708-249-1

I. 实… II. ①饶…②李…③韩… III. 水力施工—水力学
IV. TV135.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 004370 号

实用施工水力学

饶冠生 李学海 韩继斌 编著

责任编辑:贾茜

装帧设计:刘斯佳

出版发行:长江出版社

地 址:武汉市解放大道 1863 号

邮 编:430010

E-mail:cjpub@vip.sina.com

电 话:(027)82927763(总编室)

(027)82926806(市场营销部)

经 销:各地新华书店

印 刷:通山县九宫印务有限公司

规 格:880mm×1230mm 1/32

7.875 印张 204 千字

版 次:2007 年 4 月第 1 版

2007 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-80708-249-1/TV · 54

定 价:19.80 元

(版权所有 翻版必究 印装有误 负责调换)

主编

《实用施工水力学》编纂人员

编 著	饶冠生	李学海	韩继斌
参 编	史德亮	陈素红	杨 伟
	车清权	蔡 莹	唐祥甫
	董红燕	文发清	刘珊燕
	陈 辉	左 明	蒋文秀

主编简介



本论著主编饶冠生系长江水利委员会长江科学院教授级高级工程师，享受国家特殊津贴。1962年毕业于武汉水利电力学院河川枢纽及水电站建筑专业。长期从事水利水电工程水力学研究工作，积40余年的工程实践经验。曾主持和参加长江三峡工程、长江葛洲坝工程、清江隔河岩工程、高坝洲工程、汉江丹江口工程、广东潮州供水枢纽等大中型水利水电工程的水力学试验研究工作。曾主持和参加广东流溪河水电站、湖南柘溪水电站、湖北白莲河水电站、陆水水电站、河南鸭河口水电站、吉林云峰水电站以及武汉东西湖排水站、湖南黑石铺电灌站、团头河电灌站等大中型水电站、水泵站的原型观测试验。曾主持“水泵站管路系统中取消三阀”、“水锤法测定水电站压力引水管流量”等专题研究，研究成果已在建成的水利水电工程中推广应用。曾主持国家“七五”科技攻关项目——“三峡工程施工导流分期与临时通航优化研究”；主持国家“八五”科技攻关项目——“三峡工程施工导流与临时通航研究”、“两坝间(葛洲坝—三峡)通航水流技术标准研究”；主持国家自然科学基金项目——“三峡工程枢纽泄洪对通航的影响及改善措施研究”。重大项目和关键技术研究成果：“长江三峡工程大江截流设计及施工技术研究与工程实践”获国家科技进步一等奖；“长江三峡工程大江截流试验研究”获水利部科技进步一等奖；“三峡工程明渠导流及通航研究与运行实践”获湖北省科技进步一等奖。曾主持和参加编撰《长江三峡工程关键技术研究》、《水工建筑物水力学原型观测》、《通航建筑物应用基础研究》、《长江三峡大江截流工程》、《泄水建筑的消能防冲论文集》、《高速水流译文集》等论著。曾在国际、国内学术会议和专业期刊发表论文数十篇。本论著是拟编撰的水力学系列丛书之一。

序

水利水电工程施工是水利水电工程建设的重要组成部分，水利水电工程建设实践是水利水电知识的重要来源，是水利水电科学发展的基础。人们在水利水电工程建设实践中，逐渐总结出了许多水利水电知识，认识了水利水电方面的一些自然规律。通过总结这些知识和规律，就逐渐形成了水利水电科学。水利水电科学的形成和发展，反过来又推动着水利水电工程建设向前发展。随着水利水电科学的不断发展和水利水电工程建设需要的不断深化，20 世纪中叶，在水利水电科学中形成了一门专门的学科——施工水力学。其中最早问世的是 1949 年苏联出版的由伊兹巴斯撰写的《施工水力学》，这是世界上第一本比较系统论述水利水电工程施工期水力学问题的书；接着在 1959 年伊兹巴斯和他的研究生们又出版了世界上第一本有关截流水力学方面的书——《截流水力学》。在我国，早期问世的施工水力学方面的专著有 1985 年由中国水利电力出版社出版的由武汉水利电力大学（现武汉大学）肖焕雄教授等撰写的《施工导流工程》；1987 年中国水利电力出版社出版的由陕西机械学院吕兴祖教授等撰写的《施工截流与基坑排水》；1992 年中国水利水电出版社出版的由武汉水利电力大学（现武汉大学）肖焕雄教授等编著的《施工水力学》；1996 年由湖北科学技术出版社出版的武汉水利电力大学（现武汉大学）肖焕雄教授等撰写的《施工导流标准与方案优选》等。上述论著的出版发行，推动了施工水力学学科理论水平的发展与提高。

施工水力学的显著特点是与水利水电工程施工紧密联系，直接为水利水电工程设计施工服务，它是解决水利水电工程施工过程中出现的水力学问题的理论基础。施工水力学的内容包

括施工导流水力学、截流水力学以及施工通航水力学等。施工导流水力学主要论述水利水电工程施工期间坝址河段的泄流、度汛等问题,包括导流建筑物的设计布置和水力计算,以及导流工程在汛期的防冲保护等;在采用过水围堰时,尚包括围堰过水的水流特性,以及围堰在溢渗流共同作用下的保护等问题。截流水力学主要论述截流戗堤抛投进占过程中戗堤口门区的水流特性,以及进占抛投材料的稳定性等。施工通航水力学主要论述水利水电工程施工期间,坝区河道的通航问题,内容包括通航方式,坝区临时航道的通航水流条件等。

目前,施工水力学问题的研究现状是:在施工导流水力学研究方面,研究工作开展得较早的有伊兹巴斯、列别捷夫(N·B·Небде)、肯斯瓦特(C·E·Kindswater)、塔西(H·J·Tracy)、卡特(R·W·Carter)等;我国武汉大学、陕西机械学院、长江科学院、北京水利水电科学院等单位进行的研究工作也卓有成效。截流水力学研究方面,俄罗斯居世界领先地位,最早提出了系统的截流水力学基本理论。我国在截流水力学研究方面,以工程实践历史最为悠久而著称,积累了丰富的截流堵口经验。目前,在立堵截流理论研究方面,我国已居世界先进水平,其中对有些问题的研究,诸如抛石截流基本理论与计算,串体(大块石串、混凝土四面体串)截流理论与计算,双戗截流理论与计算,宽戗堤截流理论与计算,截流水力学模型试验的相似理论研究等,所取得的成果,部分已处于世界领先水平。自20世纪70年代开始,围绕长江葛洲坝工程和长江三峡工程的截流设计和施工,长江科学院等单位进行了深入、系统的截流水力学模型试验和理论分析计算,取得了丰富的成果资料,诸如深水河床截流时,群体抛投进占过程中戗堤堤头坍塌机理和减少坍塌的工程措施的研究;双戗截流时,上下戗堤落差分配敏感性研究;截流龙口河床加糙、护底研究等,所取得的研究成果均居世界先进或世界领先水平,解决了许多工程中

出现的重大技术问题，创造了许多新的施工技术，揭示了许多过去未曾认识的新概念和新理论，为水利水电工程施工开辟了广阔前景。在施工通航水力学研究方面，目前系统研究成果尚不多见，我国在工程科研试验领域取得的成果已居世界领先水平。围绕长江三峡工程导流明渠通航的设计布置，长江科学院进行了系统深入的水力学模型试验和自航船队模型试验，取得了许多具有世界先进水平的试验研究成果。

在施工水力学问题的研究手段方面，目前常用的方法是开展水力学模型试验研究，它在解决水利水电工程施工过程中出现的各种水力学问题方面起到了重要作用。施工水力学模型试验存在的主要问题是：由于施工水力学本身的基本理论尚不甚严谨，对有些问题的基本规律的认识还不够清楚，因而难以推导出公认的完全符合实际的相似准则或相似数据，模型相似律问题有待进一步深入探讨。研究施工水力学的另一个手段是数学模型计算，即运用数值模拟方法解决施工水力学问题。在数值模拟计算方面，目前国内外无论从深度还是从广度上看，都很不够。不少水利水电工程界的有识之士，对水利水电工程施工过程及其特点了如指掌，但是没有时间或者没有兴趣，不愿意去研究数学模型问题；而另有一些研究人员则或者没有实践经验，或者是忽略了施工过程中的水流特点，提出的数学模型，偏离实际太远，研究成果难以被引用，当然也就得不到反馈信息，使研究成果得不到进一步完善和提高。从发展角度看，用数学模型解决施工水力学问题，优越性是十分明显的，数学模型无疑具有十分广阔的前景。

为了提高施工水力学学科水平，目前急需做的工作是：尽快将大量的从工程实践中取得的成果资料融入学科的相关理论中去，使之充实和完善。编撰本论著的目的就在于通过总结数十年取得的，通过切身体验的实际工程资料和工程实践经验，从中领悟新的认识，提出新的理论，以丰富现有施工水力学学

科理论内容,从而推动水利水电科学水平的进一步提高。

本书定名为《实用施工水力学》,顾名思义,本论著阐述的内容,除了对有关水利水电工程施工期水力学相关的基础知识进行简要的介绍外,主要是为从事水利水电工程截流设计施工的专业人士提供工程实践中取得的解决实际工程施工期间可能出现的某些在现有相关专著中尚未论述的复什水力学问题的新知识和新理念。诸为:

在传统的截流工程设计中,习惯以截流龙口的水力学指标,即龙口水位落差、龙口水流流速、龙口水流能量等作为衡量截流工程施工难度的标准。在长江三峡工程大江截流实践中发现长江三峡工程大江截流时,龙口落差和龙口流速均不大(截流最大落差 $Z_{\max} = 0.28 \sim 1.05\text{m}$; 龙口最大流速 $V_{\max} = 2.16 \sim 3.77\text{m/s}$); 而龙口水深较大(龙口最大水深 $H_{\max} \approx 60.0\text{m}$)。按传统理念分析,截流难度不算太大。而在配合工程设计进行的水力学模型试验中发现:截流戗堤立堵进占过程中戗堤堤头出现严重坍塌现象,这一现象为后来的工程实践所证实。戗堤堤头的坍塌发生,直接危害着施工机械和施工人员的安全,影响工程施工的顺利进行。究其原因及解决措施,在现有的相关论著中,尚无法找到答案。为此,长江科学院受设计施工部门委托对戗堤堤头坍塌现象、坍塌发生的原因、坍塌发生的机理,以及防止坍塌发生的工程措施等进行了系统、深入的试验研究,取得了非常宝贵的成果资料,从中得知:问题的症结在于龙口水深和采用的截流材料,据此,对水利水电工程截流施工难度的衡量提出了新的理念。

在软基河床中实施河道截流时,为了防止因束窄后的龙口流速过大而冲刷破坏龙口河床,而危及戗堤自身的安全,影响截流施工的顺利完成,均需对龙口河床作加固处理。传统观念中,关注的焦点是截流龙口的水流流速,以此作为防冲保护的依据。我们在广东潮洲供水枢纽西溪截流模型试验中发现:随

着截流龙口的不断束窄,当龙口水位落差较大时,高压渗流造成的戗堤基面管涌破坏,将护底部位河床覆盖层淘空,从而引起护底材料的不均匀沉陷,导致龙口断面流量分配不均,水流集中在护底塌陷部位,加剧了对下游河床的冲刷破坏,从而增加截流施工难度。似此表明,在软基河床中实施截流施工时,除了关注龙口高速水流对戗堤河床的冲刷破坏影响外,当龙口水位落差较大时,高压渗流的管涌淘刷造成护底河床的不均匀沉陷,致使龙口水流集中,截流施工难度加大,这个问题更值得人们关注。

水利水电工程施工期的水情预报是水利水电工程施工的重要技术保障,对施工导流、截流和施工通航起着耳目和参谋作用。根据施工过程中的水情预报信息,可以对原施工组织设计的安全性进行验证,出现异常情况时,可以对原设计方案及时进行调整和修正,防止事故发生。特别是截流施工期间的中、短期水文气象预报,具有更重要的作用。本书提供了通过总结工程实践经验取得的知识:传统的截流工程设计中,截流设计流量均以现行规范为准则,根据具体工程特性,或以设计洪水年的截流时段的旬(或月)的平均流量,或以设计洪水年的旬(或月)的最大日平均流量作为截流设计流量标准。而上述参数是根据长系列水文资料统计分析得到的,由于影响因素诸多,准确度不可能太高。据统计,在已建工程中,设计值与实际出现值存在较大差异,总的趋势是设计值大多偏大。本书提供了充分利用截流施工期间获取的具有较高精度的中、短期水文气象预报信息,及时调整和修正原有施工计划安排,从而达到减轻截流施工难度或提前实现龙口合龙目的的成功经验和可供其他工程设计借鉴的宝贵资料。

对于水利水电工程设计施工专业人士比较关注的其他与施工水力学有关的问题,如采用双戗截流时,上下游戗堤的落差分配问题;截流施工中采用松散群体抛投材料时,抛投料的到

位成型问题；水利水电工程施工期采用导流与通航兼用明渠时，如何协调较大的导流设计流量与较小的通航流量标准间的关系，以同时满足导流与通航的设计要求问题等，本书也提供了一些实际工程专题研究成果，可供其他工程施工设计借鉴。

在本书的编纂过程中，得到了长江科学院水力学所金峰、刘力中、彭爱琳、孙尔雨、宁廷俊、刘乃义、柏林等领导 & 同志们的支持和帮助，在此一并表示感谢。

本专著的问世，希望能得到水利水电工程设计施工单位和水利水电工程科学试验单位的同仁以及水利水电工程院校师生的认可，希望能为推动施工水力学学科理论水平的提高起促进作用。

作者

2006. 12

目 录

基本理论篇

1 施工导流基本理论	2
1.1 概述	2
1.2 影响施工导流方案选择的各种因素	3
1.3 导流工程的等级划分及设计标准	5
1.4 确定施工导流设计流量的技术经济计算方法	10
1.5 施工导流系统出现超标洪水的风险分析	11
1.6 导流建筑物的水力计算	12
2 截流基本理论	50
2.1 概述	50
2.2 截流方式的选择	51
2.3 截流时间及截流设计流量的确定	52
2.4 截流龙口的设计布置	53
2.5 堵口合龙方法及堵口物料的选择	54
2.6 截流抛投料的稳定性	55
2.7 截流水力计算	61
2.8 双戗及宽戗截流	65
2.9 施工截流的水文风险分析	67

3	施工水力学模型试验	73
3.1	概论	73
3.2	施工导流模型试验	75
3.3	截流模型试验	77
4	施工水力学数值模拟概论	79
4.1	施工水力学数值模拟的含义	79
4.2	数值模拟基本方法简介	80
5	水利水电工程施工期水力学原型观测	83
5.1	施工导流水力学原型观测	83
5.2	截流水力学原型观测	86
5.3	施工期水力学原型观测范例	88
6	水利水电工程施工期水情预报	103
6.1	概述	103
6.2	水文气象预报	103
6.3	截流龙口水文要素预报	106
6.4	水情预报中采用的测验技术	108

专题研究成果篇

7	深水河床立堵截流戗堤堤头坍塌研究	116
	——长江三峡工程大江截流专题试验研究	
7.1	长江三峡工程大江截流施工过程中发生的戗堤堤头坍塌现象	116
7.2	戗堤堤头坍塌成因分析及发生机理研究	120
7.3	戗堤堤头坍塌问题解决措施研究	124

8	导流明渠通航问题研究	127
	——长江三峡工程二期导流通航专题试验研究	
8.1	长江三峡工程二期导流明渠工程概况	127
8.2	长江三峡工程二期导流明渠通航关键技术问题研究 ...	129
9	双戽截流上下戽堤落差分配敏感性试验研究	145
	——长江三峡工程三期截流专题试验研究	
9.1	前言	145
9.2	试验研究条件及试验研究内容	146
9.3	试验研究成果及成果分析意见	147
9.4	长江三峡工程三期(明渠)双戽截流实施过程	153
10	截流戽堤龙口护底问题研究	155
10.1	前言	155
10.2	长江三峡工程三期截流龙口护底加糙研究	155
10.3	葛洲坝水利枢纽大江截流龙口拦石坎护底方案研究	162
10.4	长江三峡工程大江截流龙口抛投砂砾石垫底到位成形 特性研究	165
10.5	广东潮州供水枢纽西溪软基河床截流龙口护底试验 研究	170
11	水利水电工程截流施工模型复演试验和跟踪预报研究	179
11.1	长江三峡工程大江截流跟踪预报研究	179
11.2	长江三峡工程三期(明渠)截流模型复演试验与跟踪 预报研究	191
11.3	牡丹江莲花水电站截流施工过程中的跟踪观测	196

12	施工导流隧洞和底孔的水力特性研究	200
12.1	隔河岩水利枢纽导流隧洞试验研究	200
12.2	长江三峡工程三期导流底孔水力特性研究	210

附 录

附录 1	国内若干已建水利水电工程施工导流设计洪水标准	219
附录 2	国内外若干已建水利水电工程大流量截流参数表	221
附录 3	国内若干水利水电工程设计截流流量与实际截流流量 对比	223
附录 4	国外若干水利水电工程设计截流流量与实际截流流量 对比	225
附录 5	国内外若干水利水电工程导流明渠特性表	226
附录 6	国内若干水利水电工程导流隧洞特性表	228
附录 7	国外若干水利水电工程施工导流隧洞特性表	231
附录 8	国内若干水利水电工程导流底孔特性表	233
参考文献		235

水利水电工程基本理论

第 1 章

水利水电工程基本理论，是水利水电工程学科的基础理论，是水利水电工程学科的重要组成部分。本章主要介绍水利水电工程的基本概念、基本理论、基本方法和基本程序。本章共分四节，第一节介绍水利水电工程的基本概念，第二节介绍水利水电工程的基本理论，第三节介绍水利水电工程的基本方法，第四节介绍水利水电工程的基本程序。

基本理论篇

水利水电工程基本理论，是水利水电工程学科的基础理论，是水利水电工程学科的重要组成部分。本章主要介绍水利水电工程的基本概念、基本理论、基本方法和基本程序。本章共分四节，第一节介绍水利水电工程的基本概念，第二节介绍水利水电工程的基本理论，第三节介绍水利水电工程的基本方法，第四节介绍水利水电工程的基本程序。



1 施工导流基本理论

1.1 概述

在天然河流上修建水利水电工程,一般需修筑围堰,构筑施工基坑,以便使工程施工能在干地上进行,河道水流则需按预定方式导向下游,以确保施工安全及河流原有的综合利用效益尽量少受影响。为解决好上述问题,需进行施工导流设计。

施工导流设计包括工程施工程序、施工期间不同时段의导流方式以及与之相适应的各种挡水或泄水建筑物(围堰、引渠、隧洞、底孔等)的设计。

施工导流方式主要有如下四种形式:

- (1)通过束窄的或未束窄的河床宣泄施工流量。
- (2)通过临时的或永久的泄水建筑物宣泄施工流量。
- (3)通过未完建的枢纽建筑物宣泄施工流量。
- (4)通过围堰堰顶和施工基坑宣泄施工流量。

此外,在特殊情况下,还可能采取把水流拦蓄起来,不宣泄施工流量。

拟定施工导流方案,一般遵循以下原则:

(1)充分研究河流的自然条件(包括水文、地质、地形条件等)、枢纽布置与建筑物结构的特点以及各种具体的施工条件,使所拟定的导流方案能够保证施工的顺利进行。

(2)尽量使河流水利资源的综合利用效益(如施工期间的航运、筏运、渔业、供水、灌溉和发电等)少受影响。

(3)尽量降低导流建筑物的费用,除采用合理的结构形式,减少导流建筑物的工程量外,还应尽可能利用永久性的泄水建筑物。

(4)导流建筑物的施工应力求简单,以便缩短施工的准备工作时