

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材

水利水电工程与管理专业系列教材

■ 主编 周克己 副主编 鲁志勇

SHUI LI GONG CHENG SHI GONG

水利工程施工

第二版



中央广播电视大学出版社

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材
水利水电工程与管理专业系列教材

水利工程施工

第二版

主 编 周克己
副主编 鲁志勇

中央广播电视大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

水利工程施工 / 周克己主编. —2 版. —北京: 中央广播电视大学出版社, 2006. 7

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材. 水利
水电工程与管理专业系列教材

ISBN 7-304-03619-2

I. 水… II. 周… III. 水利工程—工程施工—电视
大学—教材 IV. TV5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 083433 号

版权所有, 翻印必究。

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材
水利水电工程与管理专业系列教材

水利工程施工

第二版

主 编 周克己

副主编 鲁志勇

出版·发行: 中央广播电视大学出版社

电话: 发行部: 010-58840200

总编室: 010-68182524

网址: <http://www.crtvup.com.cn>

地址: 北京市海淀区西四环中路 45 号 邮编: 100039

经销: 新华书店北京发行所

策划编辑: 何勇军

责任编辑: 闫海新

印刷: 北京盛兰兄弟印刷装订有限公司

印数: 0001~5000

版本: 2006 年 7 月第 2 版

2006 年 7 月第 1 次印刷

开本: 787 × 1092 1/16

印张: 16.75 字数: 380 千字

书号: ISBN 7-304-03619-2/TV·27

定价: 23.00 元

(如有缺页或倒装, 本社负责退换)

水利水电工程与管理专业

课程建设委员会

顾 问：陈肇和（北京水利水电管理干部学院）

主 任：刘汉东（华北水利水电学院）

副 主 任：陶水龙（中央广播电视大学）

曹 杰（华北水利水电学院）

董幼龙（华北水利水电学院）

委 员：（按姓氏笔画排序）

王 圻（中央广播电视大学）

牛志新（河南广播电视大学）

孙文怀（华北水利水电学院）

孙明权（华北水利水电学院）

孙晶辉（水利部人教司）

任 岩（中央广播电视大学）

李国庆（华北水利水电学院）

张立中（华北水利水电学院）

陈 丽（中央广播电视大学）

杨 谦（水利部法规司）

周克己（武汉水利电力大学）

郭 鸿（中央广播电视大学）

贾清亮（华北水利水电学院）

徐建新（华北水利水电学院）

聂相田（华北水利水电学院）

鲁志勇（华北水利水电学院）

第二版前言

水利工程施工是水利水电工程与管理专业的必修课程。本教材依据中央广播电视大学2004年11月审定的“水利水电工程与管理”专业教学计划,以及2005年7月修订的水利工程施工教学大纲进行修订,是中央广播电视大学“水利水电工程与管理”专业的系列教材之一。

本教材除绪论外,另分为九章,系统地介绍了水利水电工程施工组织与施工技术方面的主要内容。有关施工机械的应用,在许多章节中也颇多涉及。

针对开放教育的特点,教材按多媒体一体化方案对文字教材的编写要求,各章均有学习指导、小结、习题等助学内容。书中大部分章节还配有录像教材,有利于自学。

参加第二版修订的人员有:鲁志勇(绪论、第8章、第9章);康迎宾(第1章、第2章、第6章);刘尚蔚(第3章、第4章);田林钢(第5章);刘增进(第7章)。全书由鲁志勇统稿,周克己任主编。

本书有些材料引自有关院校、生产、科研、管理单位编写的教材、专著或文章,编者在此一并致谢。

由于编者水平所限,书中难免有错误和疏漏之处,热切希望读者与有关专家批评指正。

编 者

2006.1

第一版前言

本教材是根据中央广播电视大学水利水电工程专业专科开放教育教学大纲,以及2000年2月在北京召开的中央电大教材一体化方案审定会审定的文字教材编写大纲编写的。本教材是中央广播电视大学开放教育水利水电工程专业的系列教材之一。

本教材除绪论外,另分为八章,系统介绍了水利水电工程施工组织与施工技术方面的主要内容。有关施工机械的应用,在许多章节中也颇多涉及。

针对开放教育的特点,教材按多媒体一体化方案对文字教材的编写要求,各章均有学习指导、旁白、小结、习题等助学内容。书中大部分章节还配有录像教材,有利于自学。

本教材由武汉大学水利水电学院(原武汉水利电力大学)周克己教授任主编,华北水利水电学院鲁志勇副教授任副主编。其他参编人员有刘增进(华北水利水电学院副教授)、沙光明(郑州大学教授)、杜克己(河南省水利厅勘测设计院高级工程师)。绪论与第1章由周克己编写;第2章第1~3节、第3章第1~5节由杜克己编写;第2章第4~5节、第7章与第8章由鲁志勇编写;第2章第6~7节、第3章第6节与第5章由刘增进编写;第4章与第6章由沙光明编写。

本教材由武汉大学水利水电学院(原武汉水利电力大学)杨康宁教授任主审。其他审定专家有教授级高工牛广尧(黄河水利委员会设计院)、教授级高工兰福扬(黄河水利委员会河南河务局)和吴铭磊教授(中央广播电视大学)。审定专家对本教材进行了认真的审阅,并给予热情的指导与帮助。中央广播电视大学郭鸿老师参加了本书的教学设计。本书有些材料引自有关院校、生产、科研、管理单位编写的教材、专著或文章,编者在此一并致谢。

本书适合从事水利水电工程施工专业的工程技术人员和相关专业的师生作为参考用书。

由于编者水平所限,书中难免有错误和疏漏,热切希望读者和有关专家批评指正。

编 者

2001年1月

目 录

0	绪 论	(1)
1	施工导流	(5)
1.1	施工导流规划	(6)
1.2	围 堰	(20)
1.3	河道截流	(27)
1.4	基坑排水	(30)
2	爆破施工	(37)
2.1	爆破的基本概念	(37)
2.2	炸药及炸药量计算	(40)
2.3	起爆器材及起爆方法	(42)
2.4	爆破基本方法	(44)
2.5	控制爆破与爆破安全控制	(50)
3	地基工程	(62)
3.1	概 述	(62)
3.2	地基开挖	(64)
3.3	岩基灌浆	(68)
3.4	岩基锚固	(73)
3.5	砂砾地基工程	(76)
4	土石方工程施工	(89)
4.1	概 述	(89)
4.2	土方开挖和运输	(91)
4.3	土石料开采和压实	(97)
4.4	土石坝工程施工	(105)
4.5	面板堆石坝施工	(115)

4.6	浆砌石坝施工	(119)
4.7	供水工程施工	(122)
5	钢筋混凝土工程	(128)
5.1	钢筋工程	(128)
5.2	模板工程	(135)
5.3	混凝土工程	(142)
5.4	混凝土坝施工	(161)
5.5	碾压混凝土坝施工	(169)
6	地下洞室施工	(178)
6.1	隧洞开挖	(179)
6.2	隧洞衬砌与支护	(184)
6.3	水工隧洞施工作业及安全	(189)
6.4	其他洞室开挖施工	(193)
7	吊装施工	(197)
7.1	吊装机械设备	(197)
7.2	构件吊装工艺及安全	(205)
7.3	渡槽施工	(209)
8	施工总组织	(219)
8.1	施工组织设计概述	(220)
8.2	施工进度计划编制	(223)
8.3	施工总布置	(229)
9	施工管理	(236)
9.1	施工管理概述	(236)
9.2	施工计划管理	(242)
9.3	施工定额管理	(244)
9.4	施工质量管理	(247)
9.5	施工安全管理	(251)
	参考文献	(256)

0 绪 论

0.1 水利工程施工是一门学科

1. 该课程的地位、作用与任务

“水利工程施工”是一门理论与实践紧密结合的专业课。学生通过本课程的学习,应具有水利工程施工的基本知识,能初步从事施工组织设计与施工组织管理工作。

2. 该课程研究的目的

寻找一条优质、快速、经济、安全施工的基本规律,达到工期短,投资少,效益高,质量好的目的。它是在总结国内外水利水电建设先进经验的基础上,从施工机械、施工技术、施工组织与管理入手,配合监理工程师的三大控制、两大管理、一组织协调,搞好现场施工管理等方面的工作,研究多、快、好、省地进行水利水电建设基本规律的一门学科。

0.2 水利工程施工的基本任务和特点

水利工程施工,与一般土木建筑工程相比,施工条件要困难得多。认识这些特点,对于学好本课程具有重要的意义。

1. 水利工程施工的主要任务可归纳如下:

- (1) 编制切实可行的施工组织设计,为制订概预算、招标投标底、标价提供技术依据。
- (2) 加强施工的科学管理。
- (3) 开展观测、试验和研究工作,促进水利水电建设科学技术的发展。

2. 水利工程施工的特点可归纳如下:

(1) 水利工程施工的复杂性

水利工程施工常在河流上进行,受水文、气象、地形、地质等因素的影响很大。在河流上施工,必须进行施工导流,以保证工程施工的顺利进行。在冬季、夏季或冰冻、降雪、雨天施工时,必须采取相应的措施,避免不利因素影响,保证施工质量和施工进度。

河流上修建的挡水建筑物,施工质量不仅影响建筑物的寿命和效益,而且关系着下游千

百万人民生命财产的安全。工程一旦失事,会带来不可弥补的损失。因此,水利工程施工必须保证施工质量。

水利水电工程多处偏在山区,人烟稀少,交通运输不便。施工准备工作量大,准备期长。不仅要修建场内外交通道路和施工工厂设施,而且要修建办公和生活用房。因此,必须十分重视施工准备工作的组织,使之既能满足施工要求又能减少工程投资。

在河流上修建水利工程,常涉及到国民经济各部门的利益,如防洪、发电、航运、灌溉、过渔、过木、工业与城市用水等,必须全面规划,统筹兼顾,因而增加了施工的复杂性。

(2) 水利工程施工的艰巨性

水利水电枢纽工程由许多单项工程所组成,布置比较集中,工程量大、工种多,施工强度高,再加上地形条件方面的限制,容易发生施工干扰。水利工程施工过程中的爆破作业、地下作业、水上水下作业和高空作业等,常常平行交叉进行,对施工安全非常不利。因此,必须十分注意安全施工,采取有效措施,防止事故发生,由此增加了施工的艰巨性和困难性。要想解决这些难题,需要统筹规划,重视现场施工的组织和管理,运用系统工程学的原理,因时因地选择最优的施工方案。

0.3 我国水利工程施工的成就与展望

我国是世界文明古国,兴修水利有着悠久的历史。公元前250年以前修建的四川都江堰水利工程,发挥了防洪和灌溉的巨大效益。用现代系统工程的观点来分析,该工程在结构布局、施工措施、维修管理制度等方面都是相当成功的。此外,在截流堵口工程中所使用的杗搓围堰、草土围堰、埽捆、柳石枕等,至今还为一些工程所沿用。

新中国诞生以后,水利水电建设事业取得了辉煌的成就。有计划、有步骤地开展了大江大河的综合治理,修建了一大批大型水利枢纽和水电站,如大伙房、密云、新安江、柘溪、丹江口、刘家峡、龚嘴、葛洲坝、大化、岩滩、漫湾、隔河岩、龙羊峡、天生桥、小浪底等工程,建成了一些大型灌区和机电排灌工程,中小型水利水电工程也得到了蓬勃发展。当前,正在修建或即将修建的还有一大批大型和超大型工程,如三峡、二滩、小湾、龙滩、水布垭、溪洛渡、南水北调、西电东送工程等。

随着水利水电建设的发展,施工机械的装备能力迅速增长,已经具有高强度快速施工的能力;施工技术水平不断提高,进行了长江、黄河等大江大河的截流,采用了光面爆破、预裂爆破、岩塞爆破、振冲加固、化学灌浆、防渗墙、预应力锚索、钢模、滑模、人工制砂、混凝土预冷、碾压混凝土施工和钢筋混凝土面板堆石坝施工等新技术新工艺;土石坝工程、混凝土坝工程和地下洞室工程的综合机械化组织管理水平逐步提高;水利工程施工学科也取得了很大发展。

根据经济全球化进程的加快、中国加入 WTO 的新形势,中国水利水电建设集团公司按照“组织集团化、管理现代化、经营国际化”的战略思路,正在通过制度创新、科技创新和管理创新,实现跨越式发展,向国际一流的大型企业集团的战略目标迈进。先后在亚、非、欧、美等 50 多个国家和地区进行了广泛的工程承包建设和经济技术合作,经营范围包括水电站、水坝、灌溉与供水、疏浚与吹填、港口、路桥、城市供排水、机场等领域。

在取得巨大成就的同时,我国的水利水电建设也付出过沉重的代价。由于违反基本建设程序,不遵循施工的科学规律,不按照经济规律办事,水利水电建设事业遭受过相当大的损失。

从系统工程的观点看,任何一项水利水电工程的施工,都可以看做是一个大系统,包括若干个子系统。在这个系统中,主体工程的施工和附属、配套工程的施工,建筑工程和安装工程,前方现场施工和后方辅助生产、后勤供应,勘测设计科学研究和施工的配合,以及各工种的协调问题等等,构成了一个有机的整体,围绕着统一的目标进行活动。按系统工程原理合理组织工程施工,就是要使上述各项活动在总体上最优化,使这些活动在时间上互相协调,在空间上互不干扰,密切配合;要做好人力物力的综合平衡,实现均衡、连续、有节奏地施工。

为了加快水利水电建设的步伐,必须认真总结过去的经验和教训,学习、引进国外先进技术、科学管理方法,走出一条适合我国国情的水利水电工程施工科学技术发展的道路。

0.4 本课程的主要特征、内容和学习方法

水利工程施工这门学科的主要特征是实践性、综合性、开放性。前者要求通过施工实践,检验规划设计的方案,这就要求理论结合实际,因时因地分析问题和解决问题;后者要求在施工过程中,综合运用与水利水电建设有关的科学技术、组织管理方面的经验和知识,使问题得到完满的解决。以往的建设经验是在一定历史条件下产生的,学习时切忌生搬硬套,应以科学发展观统领施工,创新水利工程施工这门学科。

本课程是一门理论与实践紧密结合的专业课。根据这一特点,本教材着重阐述水利水电枢纽各类单项工程及其有代表性的水工建筑物的施工程序、施工方案、施工方法和施工组织管理等方面的基本原理。

本教材以阐述施工技术、施工组织管理的基本原理和基本方法为主,对于施工机械,由于学时和篇幅的限制,仅结合施工技术、施工方案的论述作适当介绍。

本教材中,施工导流、施工总组织和施工管理三章属于施工组织管理范畴。其中,施工导流和施工总组织两章是以整个枢纽工程为对象,介绍枢纽工程施工程序、施工组织设计的基本内容和要求;施工管理主要着眼于施工企业的经营、管理活动,阐述现代管理的原理和方法。施工导流贯穿工程施工的全过程,它是水利水电枢纽工程与一般建筑工程施工的主要

区别所在,故放在第1章。除了上述三章外,其余六章属于施工技术范畴。这部分既可以单项工程施工为主线,也可以建筑物施工为主线进行讲述。本教材以各类单项工程施工为主线,穿插典型建筑物施工加以阐述。它们依次是爆破施工,地基工程,土石方工程施工(包括土石坝、面板堆石坝、浆砌石坝、供水工程施工),钢筋混凝土工程(包括混凝土坝和碾压混凝土坝),地下洞室施工和吊装施工(包括渡槽施工)。穿插这些建筑物施工的介绍,可以举一反三,借以说明各类单项工程施工的特点、原理和方法。

根据本课程的内容和特点,学习时应着眼于掌握基本概念、基本原理、基本方法,结合生产实践,通过多媒体教学、课程作业、课程设计等教学环节来运用所学的知识,这样才能有效地掌握本课程的内容。

4.0 绪 论 内 容 要 点 主 要 内 容 4.0

本课程主要讲述:绪论、第一章、第二章、第三章、第四章、第五章、第六章、第七章、第八章、第九章、第十章、第十一章、第十二章、第十三章、第十四章、第十五章、第十六章、第十七章、第十八章、第十九章、第二十章、第二十一章、第二十二章、第二十三章、第二十四章、第二十五章、第二十六章、第二十七章、第二十八章、第二十九章、第三十章、第三十一章、第三十二章、第三十三章、第三十四章、第三十五章、第三十六章、第三十七章、第三十八章、第三十九章、第四十章、第四十一章、第四十二章、第四十三章、第四十四章、第四十五章、第四十六章、第四十七章、第四十八章、第四十九章、第五十章、第五十一章、第五十二章、第五十三章、第五十四章、第五十五章、第五十六章、第五十七章、第五十八章、第五十九章、第六十章、第六十一章、第六十二章、第六十三章、第六十四章、第六十五章、第六十六章、第六十七章、第六十八章、第六十九章、第七十章、第七十一章、第七十二章、第七十三章、第七十四章、第七十五章、第七十六章、第七十七章、第七十八章、第七十九章、第八十章、第八十一章、第八十二章、第八十三章、第八十四章、第八十五章、第八十六章、第八十七章、第八十八章、第八十九章、第九十章、第九十一章、第九十二章、第九十三章、第九十四章、第九十五章、第九十六章、第九十七章、第九十八章、第九十九章、第一百章。

本课程主要讲述:绪论、第一章、第二章、第三章、第四章、第五章、第六章、第七章、第八章、第九章、第十章、第十一章、第十二章、第十三章、第十四章、第十五章、第十六章、第十七章、第十八章、第十九章、第二十章、第二十一章、第二十二章、第二十三章、第二十四章、第二十五章、第二十六章、第二十七章、第二十八章、第二十九章、第三十章、第三十一章、第三十二章、第三十三章、第三十四章、第三十五章、第三十六章、第三十七章、第三十八章、第三十九章、第四十章、第四十一章、第四十二章、第四十三章、第四十四章、第四十五章、第四十六章、第四十七章、第四十八章、第四十九章、第五十章、第五十一章、第五十二章、第五十三章、第五十四章、第五十五章、第五十六章、第五十七章、第五十八章、第五十九章、第六十章、第六十一章、第六十二章、第六十三章、第六十四章、第六十五章、第六十六章、第六十七章、第六十八章、第六十九章、第七十章、第七十一章、第七十二章、第七十三章、第七十四章、第七十五章、第七十六章、第七十七章、第七十八章、第七十九章、第八十章、第八十一章、第八十二章、第八十三章、第八十四章、第八十五章、第八十六章、第八十七章、第八十八章、第八十九章、第九十章、第九十一章、第九十二章、第九十三章、第九十四章、第九十五章、第九十六章、第九十七章、第九十八章、第九十九章、第一百章。

本课程主要讲述:绪论、第一章、第二章、第三章、第四章、第五章、第六章、第七章、第八章、第九章、第十章、第十一章、第十二章、第十三章、第十四章、第十五章、第十六章、第十七章、第十八章、第十九章、第二十章、第二十一章、第二十二章、第二十三章、第二十四章、第二十五章、第二十六章、第二十七章、第二十八章、第二十九章、第三十章、第三十一章、第三十二章、第三十三章、第三十四章、第三十五章、第三十六章、第三十七章、第三十八章、第三十九章、第四十章、第四十一章、第四十二章、第四十三章、第四十四章、第四十五章、第四十六章、第四十七章、第四十八章、第四十九章、第五十章、第五十一章、第五十二章、第五十三章、第五十四章、第五十五章、第五十六章、第五十七章、第五十八章、第五十九章、第六十章、第六十一章、第六十二章、第六十三章、第六十四章、第六十五章、第六十六章、第六十七章、第六十八章、第六十九章、第七十章、第七十一章、第七十二章、第七十三章、第七十四章、第七十五章、第七十六章、第七十七章、第七十八章、第七十九章、第八十章、第八十一章、第八十二章、第八十三章、第八十四章、第八十五章、第八十六章、第八十七章、第八十八章、第八十九章、第九十章、第九十一章、第九十二章、第九十三章、第九十四章、第九十五章、第九十六章、第九十七章、第九十八章、第九十九章、第一百章。

1 施 工 导 流

学习指导

- 教学要求：**
1. 掌握施工导流的基本方式，能够正确选择施工导流和截流方案；
 2. 了解围堰的结构构造和施工特点；
 3. 了解截流的方法、截流过程及截流材料的选择；
 4. 掌握基坑排水的基本方法，正确选择基坑排水方案。

- 学习重点：**
1. 施工导流方式，导流标准，导流工程布置；
 2. 土石围堰和混凝土围堰的适用条件、结构及布置。

在河流上修建水工建筑物，首先要解决施工与流水的矛盾，同时施工期间往往与航运、灌溉、渔业、下游工业与民用供水、河道上已建梯级电站的发电等水资源综合利用的要求发生矛盾。这些矛盾可归纳为施工过程中的水流控制问题。

施工过程中的水流控制，概括地说就是要采取“导、截、拦、蓄、泄”等施工措施，将河水流量全部或部分地导向下游，或者拦蓄起来，以保证枢纽主体建筑物能在干地上施工。引导水流是水流控制的核心。所以，施工过程中的水流控制，通常称为施工导流。

施工导流贯穿工程施工的全过程。它不仅影响施工总组织，而且也在很大程度上影响到枢纽布置与永久建筑物形式的选择，成为水利水电枢纽总体设计的重要组成部分。

施工导流设计的主要任务是：在周密地分析研究水文、气象、地形、地质、水文地质、枢纽布置及施工条件等基本资料的前提下，选定导流标准，划分导流时段，确定导流设计流量；选择导流方案及导流挡水、泄水建筑物的形式；确定导流建筑物的布置、构造与尺寸；拟定导流挡水建筑物的修建、拆除与泄水建筑物的堵塞方法；制订河道截流、拦洪度汛与基坑排水措施等。通常又将上述各项任务划分为导流、截流、围堰与基坑排水四个部分。

1.1 施工导流规划

1.1.1 施工导流方式与泄水建筑物

1.1.1.1 分类及适用条件

施工导流的方式大体上可分为三类，即全段围堰法导流、分段围堰法导流和淹没基坑法导流。

1. 分段围堰法导流

分段围堰法导流，也称分期围堰法或河床内导流；但是，习惯上则多称其为分期导流。

图 1-1 就是一种常见的分期导流布置示意图，该图显示了分期导流的基本程序。

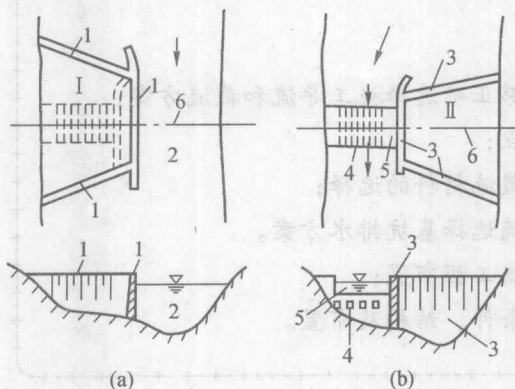


图 1-1 分期导流布置示意图

(a) 一期导流（束窄河床导流）；

(b) 二期导流（底孔与缺口导流）

1——一期围堰；2——束窄河床；3——二期围堰；

4——底孔；5——坝体缺口；6——坝轴线

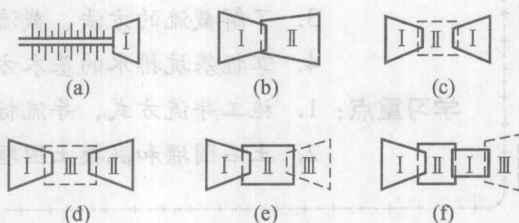


图 1-2 导流分期与围堰分段示意图

(a) 两期一段围堰；(b) 两期两段围堰；

(c) 两期三段围堰；(d) 三期三段围堰之一；

(e) 三期三段围堰之二；(f) 三期四段围堰

所谓分段，就是将河床围成若干个干地基坑，分段进行施工。所谓分期，就是从时间上将导流过程划分成若干阶段。分段是就空间而言的，分期是就时间而言的。导流分期数和围堰分段数并不一定相同（图 1-2）。段数分得越多，施工越复杂；期数分得越多，工期拖延越长。因此，在工程实践中，两段两期导流采用得最多。

在流量很大的平原河道或河谷较宽的山区河流上修建混凝土坝枢纽时，宜采用分期导流，这种导流方式较易满足通航、过木、排冰等要求。

根据不同时期泄水道的特点，分期导流方式中又包括束窄河床导流和通过已完建或未完建的永久建筑物导流。

(1) 束窄河床导流

束窄河床导流通常用于分期导流的前期阶段，特别是一期导流，其泄水道是被围堰束窄后的河床。当河床覆盖层是深厚的细土粒层时，束窄河床不可避免地会产生一定的冲刷。对于非通航河道，只要这种冲刷不危及围堰和河岸的安全，一般都是许可的。

(2) 通过已完建或未建成的永久建筑物导流

这种泄水道多用于分期导流的后期阶段。

①通过已完建的永久建筑物导流。修建低水头闸坝枢纽时，一期基坑中通常均布置有永久性泄水建筑物，可供二期导流泄水之用。

葛洲坝工程一期基坑中布置有泄水闸和冲沙闸，二期导流时，泄水闸供正常导流泄水之用。遇到特大洪水时，冲沙闸也参与二期导流。

②底孔导流。利用设置在混凝土坝体中的永久底孔或临时底孔作为泄水道，是二期导流经常采用的方法。采用一次拦断法修建混凝土坝枢纽时，其后期导流也常利用底孔。

③缺口导流。当导流底孔的泄水能力不够，致使围堰高度过大时，可在混凝土坝体上预留缺口，作为洪水期的临时泄水通道，如图 1-1 (b) 所示。坝体的非缺口部分，在洪水期尚可继续施工。通常，缺口均与底孔或其他泄水建筑物联合工作，不能作为一种单独的导流方法。否则，缺口处的坝体将无法继续升高。

其他导流泄水建筑物形式，如梳齿导流、厂房导流、明渠道导流等参见有关参考资料。

2. 全段围堰法导流

这种导流方式又称为一次拦断法或河床外导流。其基本特点是主河道被全段围堰一次拦断，水流被导向旁侧的泄水建筑物。视泄水建筑物的不同，一次拦断法又可进一步区分为隧洞导流、明渠道导流、涵管导流、渡槽导流等。

(1) 隧洞导流

隧洞导流是在河岸山体中开挖隧洞，在基坑上下游修筑围堰，水流经由隧洞下泄。

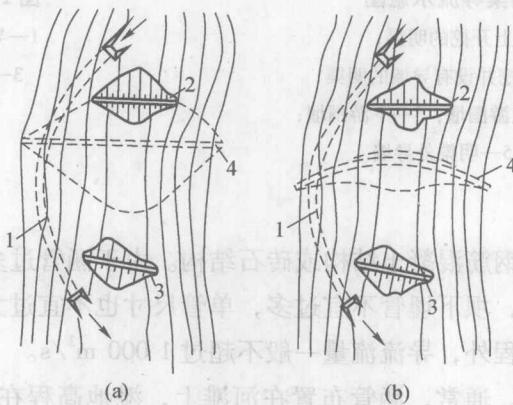


图 1-3 隧洞导流示意图

(a) 土石坝枢纽；(b) 混凝土坝枢纽

1—导流隧洞；2—上游围堰；3—下游围堰；4—主坝

山区河流，河谷狭窄，两岸地形陡峻、山岩坚实，可采用隧洞导流。导流洞通常与永久隧洞相结合。在山区河流上兴建的土石坝枢纽，常布置永久性泄水隧洞或放空隧洞。因此，土石坝枢纽采用隧洞导流更为普遍。在山区河流上修建混凝土坝，特别是拱坝枢纽时，也常采用隧洞导流，如图 1-3 所示。

单洞的泄水能力有限，常用于流量不太大的情况。每条隧洞可宣泄的流量一般不超过 $2\,000 \sim 2\,500 \text{ m}^3/\text{s}$ 。大多数工程仅采用 1~2 条导流洞。

(2) 明渠导流

明渠导流是在河岸上开挖渠道，在基坑上下游修筑围堰，水流经渠道下泄。

明渠导流一般适用于岸坡平缓或有宽阔滩地的平原河道。在山区河道上，如果河槽形状明显不对称，也可在滩地上开挖明渠。此时，通常需要在明渠一侧修建导水墙，导流特点已接近于分期导流方式，如图 1-4 所示。

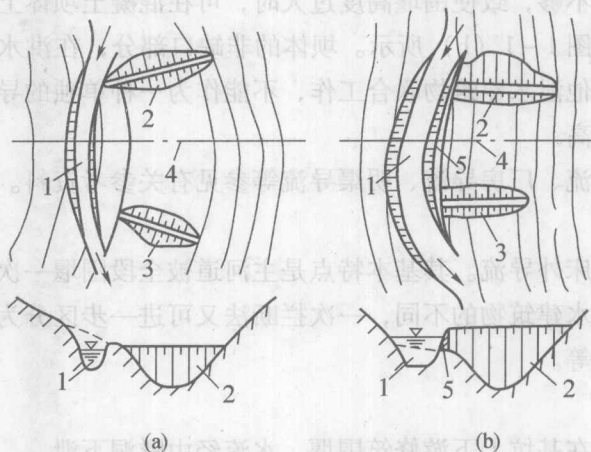


图 1-4 明渠导流示意图

(a) 在岸坡上开挖的明渠；

(b) 在滩地上开挖并设有导墙的明渠

1—导流明渠；2—上游围堰；3—下游围堰；

4—坝轴线；5—明渠外导墙

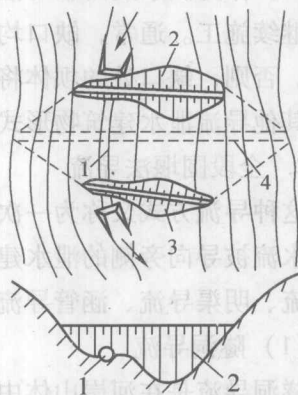


图 1-5 涵管导流示意图

1—导流涵管；2—上游围堰；

3—下游围堰；4—土石坝

(3) 涵管导流

涵管是埋设在坝下的钢筋混凝土结构或砖石结构。由于涵管过多对坝身结构不利，且使大坝施工受到干扰，因此，坝下埋管不宜过多，单管尺寸也不宜过大。涵管导流多用于中小型土石坝工程。除少数工程外，导流流量一般不超过 $1\,000 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

涵管应在干地上施工。通常，涵管布置在河滩上，滩地高程在枯水位以上，如图 1-5 所示。

(4) 渡槽导流

渡槽一般只用于小型工程的枯水期导流。导流流量通常不超过 $20 \sim 30 \text{ m}^3/\text{s}$ ，个别工程

也有达 $100 \text{ m}^3/\text{s}$ 的。湖南金江水库采用了木渡槽导流,槽宽 7.0 m ,槽高 4.4 m ,设计流量达 $146 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

3. 淹没基坑法导流

在山区河道上修建混凝土坝或堆石坝时,无论是一次拦断,还是分期导流,只要基坑内正在施工的坝体允许过水,就可利用过水围堰淹没基坑宣泄部分流量。山区河流的特点是洪水期流量大、历时短,而枯水期流量小,水位暴涨暴落、变幅很大。若按一般导流标准要求来设计导流建筑物,不是挡水围堰修得很高,就是泄水建筑物的尺寸很大,而使用期又不长,这显然是不经济的。在这种情况下,可以考虑采用淹没基坑的导流方法,即洪水来临时,围堰过水,基坑被淹没,河床部分停工,待洪水退落,围堰挡水时再继续施工。这种方法,由于基坑淹没所引起的停工天数不长,施工进度能保证,在河道泥沙含量不大的情况下,导流总费用较节省,一般是合理的。淹没基坑导流只能作为一种辅助的导流方式,其作用类似于缺口导流,不可能当作独立的导流方式使用。

由于实际工程一般都是采用几种导流方式的组合方式,所以,对于导流方式的命名与分类,还存在一些不同的看法。在国内外导流工程实践中,明渠导流与分期导流往往较难区分。底孔也可用于一次拦断法的后期导流,但是,在分期导流中采用底孔的情况更加普遍,而且更具代表性。因此,多数人均将底孔导流划入分期导流方式之中。

1.1.1.2 导流方式的选择

1. 影响导流方式选择的主要因素

(1) 水文条件

河流的水文特性,在很大程度上影响着导流方式的选择。每种导流方式均有适用的流量范围。除流量大小外,流量过程线的特征、冰情和泥沙也影响着导流方式的选择。

(2) 地形、地质条件

宽阔的平原河道,宜采用分期导流或明渠导流。河谷狭窄的山区河道,常用隧洞导流。每种导流方式适用的地形、地质条件,前面已经谈过,不再重复。

(3) 枢纽类型及布置

分期导流适用于混凝土坝枢纽。因土坝不宜分段修建,且坝体一般不允许过水,故土坝枢纽几乎不用分期导流,而多采用一次拦断法。高水头水利枢纽的后期导流常需多种导流方式的组合,导流程序比较复杂。如果枢纽中有永久性泄水建筑物,如隧洞、涵管、底孔、引水渠、泄水闸等,应尽量加以利用。

(4) 河流综合利用要求

分期导流和明渠导流较易满足通航、过木、排冰、过鱼、供水等要求。采用分期导流方式时,为了满足通航要求,有些河流不能只分两期束窄,而要分成三期或四期,甚至有分成八期的。我国某些峡谷地区的工程,原设计为隧洞导流,但为了满足过木要求,用明渠导流取代了隧洞导流。这样不仅遇到了高边坡深挖方问题,而且导流程序复杂,工期也大大延长。由此可见,在选择导流方式时,解决好河流综合利用问题并非易事。