

水利部示范性高等职业院校建设规划教材

中央财政支持专业特色教材

水利水电工程 施工技术与施工组织

主编 薛桦 赵中宇 李建华

主审 王彦武



黄河水利出版社

水利部示范性高等职业院校建设规划教材
中央财政支持专业特色教材

水利水电工程施工技术与 施工组织

主 编 薛 桦 赵中宇 李建华
主 审 王彦武

黄河水利出版社
· 郑 州 ·

内 容 提 要

本书是水利部示范性高等职业院校建设规划教材、中央财政支持专业——水利水电建筑工程专业建设与课程改革教材,是按照教育部颁布的水利水电工程施工技术与施工组织课程标准,结合山西省水利工程建设实践编写完成的。全书共分12个项目,包括:施工导流与截流、爆破工程、钢筋混凝土工程、土方工程、基础工程、土石坝工程、混凝土坝工程、隧洞工程、渠系建筑物、泵站工程、施工组织、施工管理等内容。本书突出了水利水电建筑工程的基本知识以及水利水电建筑工程新技术的应用。

本书为高等职业技术学院水利水电建筑工程、水利工程、水利工程管理等专业的通用教材,也可作为从事水利工程施工与管理一线人员的培训教材和学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

水利水电工程施工技术与施工组织/薛桦,赵中宇,
李建华主编. —郑州:黄河水利出版社,2014.3
水利部示范性高等职业院校建设规划教材
ISBN 978-7-5509-0769-0

I. ①水… II. ①薛… ②赵… ③李… III. ①水利水电工程-工程施工-高等职业教育-教材②水利水电工程-施工组织-高等职业教育-教材 VI. ①TV5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 065837 号

组稿编辑:王路平 电话:0371-66022212 E-mail:hhsllwp@163.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼14层

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940,66020550,66028024,66022620(传真)

E-mail:hhsllcbs@126.com

承印单位:河南地质彩色印刷厂

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:20.75

字数:480千字

印数:1—2 000

版次:2014年3月第1版

印次:2014年3月第1次印刷

定价:46.00元



前言

本书是根据《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)、《教育部关于推进高等职业教育改革创新引领职业教育科学发展的若干意见》(教职成[2011]12号)等文件精神,在全国水利水电高职教研会指导下,用中央财政安排的“支持高等职业学校专业建设”项目经费组织编写的教材。

本套教材以学生能力培养为主线,以工作任务为载体,融“教、学、练、做”为一体,适合开展项目化教学,体现实用性、实践性和创新性的特色,是一套紧密联系生产实际的高职高专教育精品规划教材。

本书在吸收有关教材精华的基础上,充实了新思想、新理论、新方法和新技术,同时不过分苛求学科的系统性和完整性,强调理论联系实际,突出应用性,以期突出高职高专教育教学的特色。本书突出了水利水电建筑工程的基本知识以及水利水电建筑工程新技术的应用。

本书主要介绍了水利水电工程各工种和水工建筑物施工技术及常见的水利工程施工组织的原则、方法和要求。全书共分12个项目,包括:施工导流与截流、爆破工程、钢筋混凝土工程、土方工程、基础工程、土石坝工程、混凝土坝工程、隧洞工程、渠系建筑物、泵站工程、施工组织、施工管理等内容。

本书由山西水利职业技术学院承担编写工作,编写人员及编写分工如下:绪论、项目3、项目6由薛桦编写;项目1、项目4由吕中东编写,项目2、项目8由山西省水利工程建设局赵中宇编写;项目5由李渐波编写;项目7由临汾市汾河水库管理局李建华编写;项目9、项目10由雷成霞编写;项目11、项目12由魏闯编写。本书由薛桦、赵中宇、李建华担任主编,薛桦负责全书统稿;由山西省水利工程建设局王彦武担任主审。

由于编写时间仓促,编者水平有限,书中难免存在错误和不足,恳请读者批评指正。

编者

2014年1月



目 录

前 言

绪 论	(1)
-----------	-----

项目 1 施工导流与截流	(4)
--------------------	-----

任务 1 施工导流的方法及布置	(4)
-----------------------	-----

任务 2 围堰工程	(10)
-----------------	------

任务 3 截流工程	(16)
-----------------	------

任务 4 导流方案	(20)
-----------------	------

任务 5 基坑排水	(25)
-----------------	------

复习思考题	(33)
-------------	------

项目 2 爆破工程	(35)
-----------------	------

任务 1 工程爆破基本理论	(35)
---------------------	------

任务 2 爆破器材与起爆方法	(44)
----------------------	------

任务 3 爆破基本方法	(51)
-------------------	------

任务 4 爆破施工	(55)
-----------------	------

任务 5 控制爆破技术	(59)
-------------------	------

任务 6 爆破安全控制	(64)
-------------------	------

复习思考题	(67)
-------------	------

项目 3 钢筋混凝土工程	(69)
--------------------	------

任务 1 模板工程	(69)
-----------------	------

任务 2 钢筋工程	(80)
-----------------	------

任务 3 混凝土工程	(95)
------------------	------

复习思考题	(119)
-------------	-------

项目 4 土方工程	(121)
-----------------	-------

任务 1 土的分级与特性	(121)
--------------------	-------

任务 2 土方开挖	(124)
-----------------	-------

任务 3 土料运输	(131)
-----------------	-------

任务 4 土料压实	(135)
-----------------	-------

任务 5 土料冬雨季施工	(141)
--------------------	-------

复习思考题	(143)
-------------	-------

项目 5 基础工程	(145)
-----------------	-------

任务 1 基坑开挖与地基处理	(145)
----------------------	-------

任务 2 岩基灌浆	(155)
-----------------	-------

任务 3 防渗墙施工	(164)
------------------	-------

复习思考题	(171)
项目 6 土石坝工程	(173)
任务 1 碾压式土石坝施工	(173)
任务 2 面板堆石坝施工	(185)
复习思考题	(193)
项目 7 混凝土坝工程	(194)
任务 1 常态混凝土施工	(195)
任务 2 碾压混凝土坝施工	(205)
复习思考题	(209)
项目 8 隧洞工程	(210)
任务 1 隧洞施工	(210)
任务 2 隧洞衬砌与灌浆	(217)
任务 3 掘进机施工	(221)
复习思考题	(226)
项目 9 渠系建筑物	(227)
任务 1 水闸施工	(227)
任务 2 渠道施工	(234)
任务 3 装配式渡槽施工	(239)
复习思考题	(242)
项目 10 泵站工程	(243)
任务 1 泵房施工	(244)
任务 2 桥式起重机及水泵组的安装	(248)
任务 3 钢管的安装	(252)
任务 4 辅助设备安装与调试	(254)
复习思考题	(259)
项目 11 施工组织	(260)
任务 1 施工组织设计	(260)
任务 2 施工进度计划	(262)
任务 3 施工总体布置	(270)
复习思考题	(276)
项目 12 施工管理	(277)
任务 1 施工进度控制	(277)
任务 2 施工成本控制	(296)
任务 3 施工质量控制	(304)
任务 4 施工安全管理	(311)
任务 5 工程招标投标与合同管理	(313)
复习思考题	(322)
参考文献	(324)



绪 论

水利工程施工是在总结国内外水利水电建设先进经验的基础上,从施工技术、施工机械、施工组织、施工管理等方面研究水利水电建设发展的基本规律的一门学科。其主要特征是实践性和综合性强。

水利水电建设可分为勘测、规划、设计和施工阶段,每个阶段既有联系,又有分工。施工应以勘测、规划、设计的成果为依据,起着将规划、设计方案转变为工程实体的作用。而规划和设计的成果又要考虑施工方面的要求,并受施工实践的检验。规划、设计和施工都充分重视建成以后运用管理方面的需要。

1 水利水电工程施工的任务和特点

1.1 水利水电工程施工的任务

水利水电工程施工的任务,总的来说,就是充分发挥施工人员的主观能动性和创造性,把各种物资(能源、原材料、设备等)结合施工技术进行科学的组织、筹划和管理,达到用最少的人力、物力、财力和最短的时间把设计付诸实践。具体体现在:

(1)编制施工组织设计文件。依据设计、合同任务和有关部门的要求,根据工程所在地的自然条件,当地社会经济状况,设备、材料和人力等资源的供应情况以及工程特点,编制切实可行的施工组织设计。

(2)按照施工组织设计,做好施工准备,加强施工管理,有计划地组织施工,保证施工质量,合理使用建设资金,多快好省地全面完成施工任务。

(3)开展新技术、新工艺、新方法的试验和研究,促进水利水电工程施工技术的发展。

1.2 水利水电工程施工的特点

水利水电工程施工与一般工民建、市政工程施工有许多共同之处,但由于水利水电工程施工较为复杂,工程规模较为庞大,且受水流控制影响大,因此具有实践性、复杂性、风险性、多样性和不连续性等特点,主要表现在以下几个方面:

(1)施工质量关系重大。由于工程承担挡水、蓄水和泄水任务,因而对水工建筑的稳定、承压、防渗、抗冲、抗冻、抗裂等性能都有特殊要求,需采用专门的施工方法和措施,以确保工程质量。

(2)工程对地基要求严格,又常处于地质条件比较复杂的地区和部位,施工技术要求高,必须采取专门的地基处理措施。

(3)工程系在河道中施工,需根据水流的自然条件及工程建设要求,进行施工导流、截流及水下作业。通航河道应妥善解决施工期通航问题。

(4)工程有很强的季节性,必须充分利用枯水期施工,要求有一定的施工强度。必须合理安排计划,精心组织施工,及时解决施工中的防洪、度汛及冰凌等问题。

(5) 工程规模大,特别是大型水利水电工程,单项工程多,彼此干扰大,运输量大,必须采取配套的、大容量的施工设备,高度机械化施工,以及采用现代施工技术和科学的施工管理,才能优质高速地完成建设任务。

(6) 工程工期长,耗资大,要求统筹安排,综合平衡,妥善协调各分部、分项工程的施工进度,认真研究缩短工期、均衡施工强度的技术措施。

(7) 交通不便,运输困难。有的需要建专用道路来解决运输问题。

(8) 施工中有许多危险作业,如爆破作业、地下作业、水下作业、高空作业等容易发生安全事故。

2 水利水电工程施工技术的发展概况

在我国历史上,水利水电建设成就卓著。有举世闻名的都江堰水利工程、黄河大堤、南北大运河等,都是劳动人民智慧的结晶。四川都江堰水利工程是在公元前 250 年以前修建的,按“乘势利导,因时制宜”的原则,发挥了防洪和灌溉的巨大效益。在施工中总结的竹笼、杩槎围堰和卵石砌筑经验,至今仍在广泛应用。新中国成立后,历经多年的不懈努力,已建成水库 8 万多座,其中高 15 m 以上的大坝 2.4 万座,占世界大坝的一半。已建成大中型水利工程 1 100 多座,如丹江口、新安江、刘家峡、葛洲坝、五强溪等水利工程。在建设中学习国外施工技术,不断改进和提高,同时创建和锻炼成长了一批具有丰富施工经验的专业队伍和施工组织设计人员。特别是长江三峡、黄河小浪底和雅砻江二滩枢纽的成功建设,标志着我国水利水电施工技术在许多领域已处于世界领先水平。

随着水利水电事业的发展,施工技术水平不断提高。在施工导、截流方面,长江和黄河多次截流成功,其截流流量、流速和水深,以及抛投强度,都达到了世界先进水平。采用的围堰型式有土石围堰、木笼围堰、草土围堰、常态混凝土围堰、碾压混凝土围堰、钢板桩围堰等十余种。最大填筑水深达 60 m,挡水高度达 70 m,突破了在各种复杂条件下建造围堰的技术难点,成功地解决了年货运量超过百万吨、千万吨级的施工期通航问题。在土石方开挖方面,采用预裂爆破、光面爆破、保护层一次爆破、定向爆破、水下岩基爆破等先进技术及凿裂开挖方法,完成了各种复杂地形地质条件及轮廓尺寸要求的明挖工程,最大开挖深度达 176 m。在土石方填筑方面,充分利用开挖料作为填筑料,尽量做到挖填平衡。混凝土施工技术方面,全面推广使用规格化、定型化钢模板,钢模板周转次数可达 50 次以上。采用的组合式悬臂模板最大达 6 ~ 8 m²,面板堆石坝的混凝土面板已采用无轨滑模浇筑。在混凝土温控技术方面,夏季拌和混凝土出机口温度可达 7℃ 以下,五强溪通仓浇筑工程一次浇筑最大仓面面积达 1 600 m²。碾压混凝土快速筑坝采用了高掺粉煤灰、薄层低稠度、短间歇连续浇筑、全断面碾压的施工技术。

尽管我国水利水电建设取得了巨大的成就,但水电资源开发利用程度并不高,目前的开发程度约为 22%,而发达国家水电的平均开发度已在 60% 以上,这与我国拥有的水能资源还有较大差距。为了实现我国经济建设的战略目标,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,在学习和引进国外先进技术、科学管理方法的同时,发扬自力更生、艰苦奋斗的精神,走出一条适合我国国情的水利水电工程建设新路。



3 本课程的主要内容和学习方法

本课程是一门实践性、综合性很强的专业课。主要阐述水利水电枢纽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方面的基本原理。本书主要包括以下内容:

(1) 施工导流与截流、爆破工程、钢筋混凝土工程、土方工程、基础工程等 5 个项目内容, 主要阐明单项工程的工作原理和方法及常用的施工机械。

(2) 土石坝工程、混凝土坝工程、隧洞工程、渠系建筑物、泵站工程等 5 个项目内容, 主要介绍有代表性的水工建筑物, 通过对这些建筑物的施工介绍, 举一反三, 以说明各类单项施工工程的特点、原理和方法。

(3) 施工组织、施工管理等 2 个项目内容, 主要介绍施工组织的作用、类型的划分, 施工组织设计的工作步骤和主要内容, 施工管理的内容和步骤。

根据全书内容和课程实践性很强的特点, 学生应掌握基本概念、基本原理、基本方法, 结合所学的课程, 循序渐进地进行。必须密切联系生产实际, 通过生产实习、生产劳动、生产现场教学、电化教学、多媒体教学、课程设计、毕业综合实习等教学环节, 牢固掌握所学的施工知识。

项目 1 施工导流与截流

【学习目标】 掌握施工导流的基本方法及适用条件,掌握施工导流方案的选择;掌握围堰的平面布置;掌握截流的方式、截流时间,截流材料种类、尺寸和数量的确定;熟悉人工降低地下水位法的相关知识。

【学习重点】 施工导流的基本方法及适用条件,施工导流方案的选择;围堰的平面布置;掌握截流的方式、截流时间,截流材料种类、尺寸和数量的确定。

施工导流是水利枢纽总体设计的主要组成部分,是选定设计方案、确定施工程序和施工总进度的重要因素。

施工导流贯穿于水利工程施工的全过程。导流设计要妥善解决从初期导流到后期导流整个过程中的挡、泄水问题,保证干地施工条件和施工期不影响水资源的合理使用。

施工导流设计的主要任务是:研究分析水文、地形、地质、水文地质、枢纽布置及施工条件等基本资料;在保证施工要求和施工期水资源要求的前提下,选定导流标准、划分导流时段,确定导流设计流量;选定导流方案及导流建筑物的型式,确定导流建筑物的布置、构造及尺寸;拟定导流建筑物的修建、拆除、封堵的施工方法以及截流、度汛及基坑排水的措施等。

任务 1 施工导流的方法及布置

在河床上修建水工建筑物时,为了保证能在干地上施工,需将天然径流部分或全部改道,并经过预定的泄水建筑物泄向下游,这就是施工导流。

施工导流的方法大体上分为两类:全段围堰法导流(即河床外导流)和分段围堰法导流(即河床内导流)。

1 全段围堰法导流

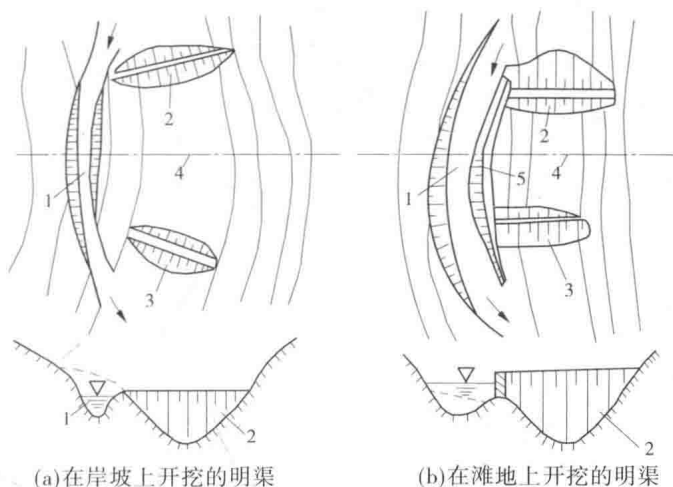
全段围堰法导流是在河床主体工程的上、下游各建一道拦河围堰,使水流经河床以外的临时或永久建筑物下泄,主体工程建成或即将建成时,再将临时泄水建筑物封堵。该法多用于河床狭窄、基坑工作量不大、水深流急、难以实现分期导流的地方。按泄水建筑物的类型不同,全段围堰法可分为明渠导流、隧洞导流、涵管导流等。

1.1 明渠导流

明渠导流是在河岸或滩地上开挖渠道,在基坑上下游修筑围堰,河水经渠道下泄。它主要用于暗坡平缓或有宽广滩地的平原河道上。若有当地老河道可利用或工程修建在弯道上时,采用明渠导流比较经济合理。

1.1.1 导流明渠布置

导流明渠布置有在岸坡上和滩地上两种布置形式,如图1-1所示。



(a)在岸坡上开挖的明渠

(b)在滩地上开挖的明渠

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1-1 明渠导流示意图

1.1.1.1 导流明渠轴线的布置

导流明渠应布置在较宽台地、垭口或古河道一岸;渠身进出口要外延至上下游围堰外坡脚外一定距离,水平距离要满足防冲要求,一般为50~100 m;明渠进出口应与上下游水流相衔接,与河道主流的交角以 30° 为宜;为减少水流冲刷,保证水流畅通,明渠转弯半径应大于5倍渠底宽;明渠轴线布置应尽可能缩短明渠长度和避免深挖方。

1.1.1.2 明渠进出口位置和高程的确定

明渠进出口的水流条件要符合要求,力求不冲、不淤和不产生回流,形状和位置可通过水力学模型试验进行调整,以达到这一目的;进口高程按截流设计选择,出口高程一般由下游消能控制;进出口高程和渠道水流流态应满足施工期通航、过木和排冰要求;在满足上述条件下,尽可能抬高进出口高程,以减少水下开挖量。

1.1.2 导流明渠断面设计

(1)确定断面尺寸。明渠断面尺寸由导流设计流量控制,考虑地形、地质和允许抗冲流速要求,应按不同的明渠断面尺寸与围堰的组合,通过技术分析和经济比较确定。

(2)确定断面型式。明渠断面一般设计成梯形,渠底为坚硬基岩时,可设计成矩形。有时为满足截流和通航的不同目的,也有设计成复式梯形断面的。

(3)确定明渠糙率。明渠糙率大小直接影响到明渠的泄水能力,而影响糙率大小的因素有:衬砌的材料、开挖的方法、渠底的平整度等,可根据具体情况确定。

1.1.3 明渠封堵

进行导流明渠布置时应考虑后期封堵要求。当施工期有通航、放木和排冰任务,且明渠较宽时,可在明渠内预设闸门墩,以利于后期封堵。施工期无通航、过木和排冰任务时,应于明渠通水前,将明渠坝段施工到适当高程,以加快二期施工进度。

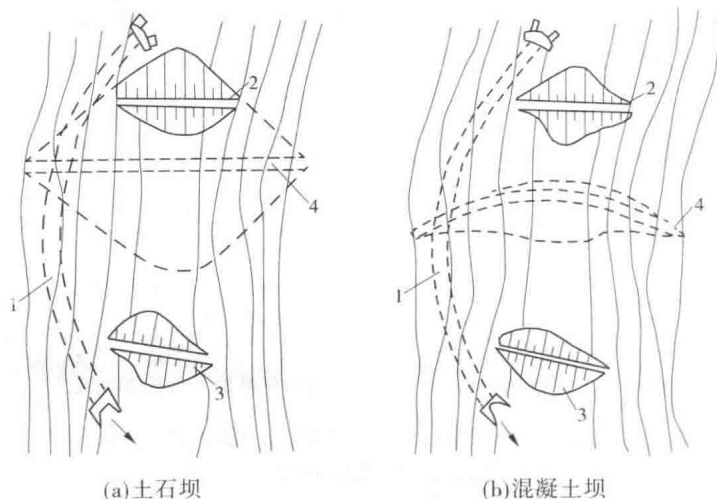
1.2 隧洞导流

山区河流一般河谷狭窄、两岸地形陡峻、山岩坚实,采用隧洞导流较为普遍。但由于

隧洞导流泄水能力有限,造价较高,一般在汛期泄水时均另找出路或采用淹没基坑方案。导流隧洞设计时,应尽量与永久隧洞相结合。这种布置俗称“龙抬头”。

1.2.1 导流隧洞的布置

导流隧洞的布置如图 1-2 所示。



1—导流隧洞;2—上游围堰;3—下游围堰;4—主坝

图 1-2 隧洞导流示意图

(1)隧洞轴线沿线地质条件良好,足以保证隧洞施工和运行的安全。

(2)隧洞轴线宜按直线布置,当有转弯时,转弯半径不小于 5 倍洞径(或洞宽),转角不宜大于 60° ,弯道首尾应设直线段,长度不应小于 3~5 倍洞径(或洞宽);进出口引渠轴线与河流主流方向夹角宜小于 30° 。

(3)隧洞间净距、隧洞与永久建筑物间距、洞脸与洞顶围岩厚度均应满足结构受力要求。

(4)隧洞进出口位置应保证水力学条件良好,并外延至堰外坡脚一定距离,一般距离应大于 50 m,以满足围堰防冲要求。进口高程多由截流控制,出口高程由下游消能控制,洞底按需要设计成缓坡或急坡,避免成反坡。

1.2.2 导流隧洞断面设计

隧洞断面尺寸的大小取决于设计流量、地质和施工条件,洞径应控制在施工技术和结构安全允许范围内,目前国内单洞断面尺寸多在 200 m^2 以下,单洞泄量不超过 $2\,000 \sim 2\,500 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

隧洞断面形状取决于地质条件、隧洞工作状况(有压或无压)及施工条件,常用断面形状有:圆形、马蹄形、城门形等,如图 1-3 所示。圆形多用于高水头处,马蹄形多用于地质条件不良处,城门形有利于截流和施工,国内外导流隧洞多采用城门形。

糙率 n 值的选择:糙率的大小直接影响到断面的大小,而衬砌与否、衬砌的材料和施工质量、开挖的方法和质量则是影响糙率大小的主要因素。混凝土衬砌,糙率值一般为 $0.014 \sim 0.017$;不衬砌隧洞的糙率变化较大,光面爆破时为 $0.025 \sim 0.032$,一般炮眼爆破时为 $0.035 \sim 0.044$ 。设计时根据具体条件,查阅有关手册,选取设计的糙率值。对重要的导流隧洞工程,应通过水工模型试验验证其糙率的合理性。

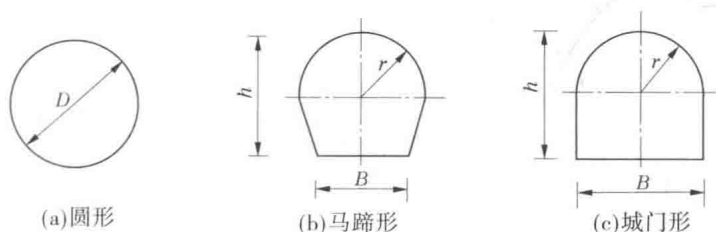


图 1-3 隧洞断面形式

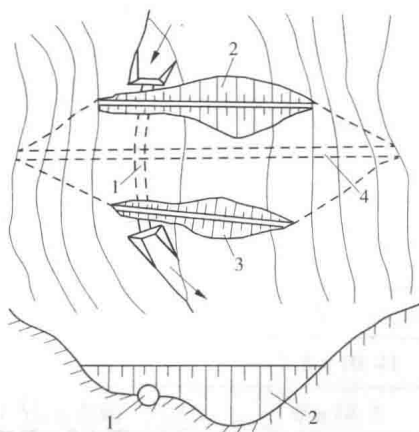
导流隧洞设计应考虑后期封堵要求,要布置封堵闸门门槽及启闭平台设施。要论证导流隧洞应与永久隧洞结合的可行性,以利节省投资。一般高水头枢纽,导流隧洞只可能与永久隧洞部分相结合,中低水头则有可能全部相结合。

1.3 涵管导流

涵管导流一般在土坝、堆石坝工程施工中采用。

涵管通常布置在河岸岩滩上,其位置在枯水位以上,这样可在枯水期施工时,不修围堰或只修一小围堰,通过涵管将河水经涵管下泄,枯水期后再加高形成上下游围堰,如图 1-4 所示。

涵管一般是钢筋混凝土结构。当有永久涵管可以利用或修建隧洞有困难时,采用涵管导流是合理的。在某些情况下,可在建筑物基岩中开挖沟槽,必要时予以衬砌,然后封上混凝土或钢筋混凝土顶盖,形成涵管。利用这种涵管导流往往可以获得较好的经济效益。由于涵管的泄水能力较低,所以一般用在导流流量较小的河流上或只用来担负枯水期的导流任务。



1—导流涵管;2—上游围堰;3—下游围堰;4—土石坝

图 1-4 涵管导流示意图

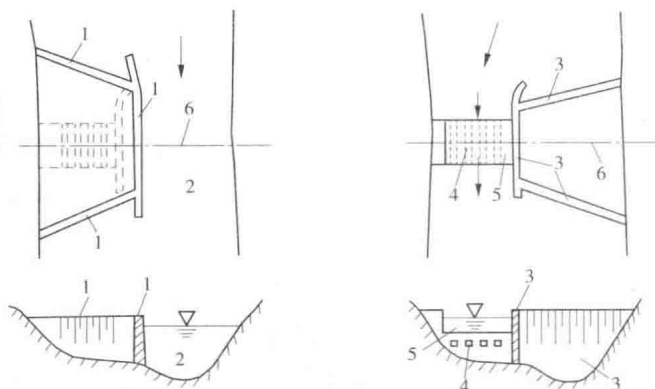
为了防止涵管外壁与坝身防渗体之间的渗流,通常在涵管外壁每隔一定距离设置截流环,以延长渗径,降低渗透坡降,减少渗流的破坏作用。此外,必须严格控制涵管外壁防渗体的压实质量。涵管管身的温度缝或沉陷缝中的止水必须保证质量。

2 分段围堰法导流

分段围堰法,也称分期围堰法或河床内导流,就是用围堰将水工建筑物分段分期围护起来进行施工的方法。图 1-5 是一种常见的分段围堰法导流布置示意图。

分段围堰法导流要解决好分段分期问题。分段就是从空间上用围堰将河床围护成若干个基坑进行施工;分期就是从时间上将导流过程划分成若干个施工阶段。如图 1-6 所示为导流分期和围堰分段的几种情况。

从图中可以看出,导流的分期数和围堰的分段数并不一定相同,因为在同一导流分期中,建筑物可以在一段围堰内施工,也可以同时在不同段内施工。必须指出的是,段数分

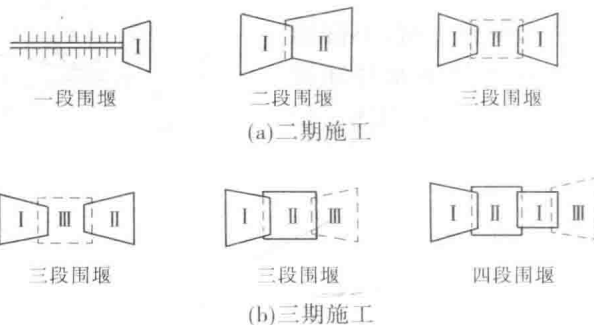


(a)一期导流(束窄河床导流)

(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——导流底孔;5——坝体缺口;6——坝轴线

图 1-5 分段围堰法导流布置示意图



I、II、III—施工分期

图 1-6 导流分期和围堰分段示意图

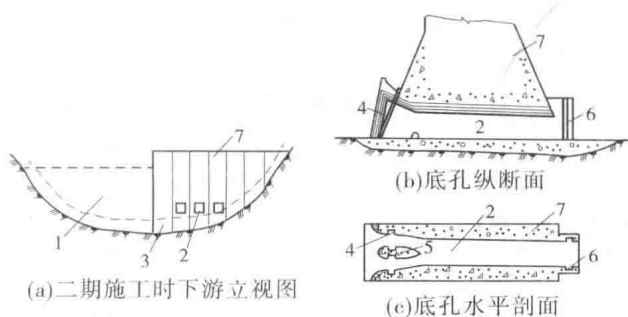
得越多,围堰工程量愈大,施工也愈复杂;同样,期数分得愈多,施工的工期有可能拖得愈长。因此在工程实践中,二期二段或二期三段导流法采用得最多。在比较宽阔的通航河道上施工,在不允许断航或其他特殊情况下,才采用多段多期导流法。

分段围堰法导流一般适用于河床宽阔、流量大、施工期较长的工程,尤其在通航河流或冰凌严重的河流上。这种导流方法的费用较低,在大中型水利工程中采用较广。分段围堰法导流,前期由束窄的原河道导流,后期可利用事先修建好的泄水建筑物导流,常见泄水建筑物的类型,在混凝土坝中采用底孔、缺口等,在土石坝中采用隧洞或明渠。

2.1 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。导流时让全部或部分导流流量通过底孔宣泄到下游,保证后期工程的施工。如系临时底孔,则在工程接近完工或需要蓄水时要加以封堵。底孔导流的布置形式如图 1-7 所示。

当采用临时底孔导流时,底孔的数目、尺寸要通过相应的水力学计算确定,其中底孔的尺寸在很大程度上取决于导流过水要求(如过水、过船、过木和过鱼等)及流量要求,以



1—二期修建坝体;2—底孔;3—二期纵向围堰;4—封闭闸间门槽;
5—中间墩;6—出口封闭门槽;7—已浇筑的混凝土坝体

图 1-7 底孔导流的布置形式

及水工建筑物结构特点和封堵用闸门设备的类型。底孔的布置要满足截流、围堰工程以及本身封堵的要求。如底坎高程布置较高,截流时落差就大,围堰也高。但封堵时的水头较低,封堵措施就容易。一般底孔的底坎高程应布置在枯水位之下,以保证枯水期泄水。当底孔数目较多时,可把底孔布置在不同的高程,封堵时从最低高程的底孔堵起,这样可以减少封堵时所承受的水压力。

临时底孔的断面形状多采用矩形,为了改善孔周的应力状况,也可采用有圆角的矩形。如表 1-1 所列一些典型工程导流底孔尺寸。

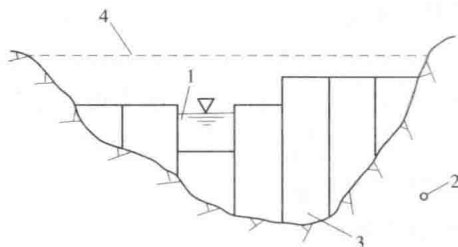
表 1-1 水利水电工程导流底孔尺寸

工程名称	底孔尺寸(宽×高,m×m)	工程名称	底孔尺寸(宽×高,m×m)
新安江水库	10×13	石泉水库	7.5×10.41
黄龙滩水库	8×11	白山水电站	9×14.2

底孔导流的优点是挡水建筑物上部的施工可以不受水流的干扰,有利于均衡连续施工。当坝体内设有永久底孔时,如果能用来导流则更为理想。底孔导流的缺点是:增加了建筑物的钢材用量;如果封堵质量不好,会削弱坝体的整体性,还有可能漏水;在导流过程中,底孔有被漂浮物堵塞的危险;封堵时由于水头较高,安放闸门及止水等均较困难。

2.2 坝体缺口导流

在山区河流上,汛期河水出现暴涨暴落,对混凝土坝,当导流建筑物不足以宣泄全部流量时,为了不影响坝体施工进度,使坝体在涨水时仍能继续施工,可以在未建成的坝体上预留临时缺口,如图 1-8 所示,以便配合导流建筑物宣泄汛期洪峰流量,待洪峰过后,上游水位回落,再继续修筑缺口。所留缺口的宽度和高度取决于导流设计流量、建筑物的泄水能力、建



1—过水缺口;2—导流隧洞;3—坝体;4—坝顶

图 1-8 坝体缺口过水示意图

筑物的结构特点和施工条件。采用底坎高程不同的缺口时,需要适当控制高低缺口间的高差,避免各缺口单宽流量相差过大,产生侧向泄流,引起压力分布不均匀。根据经验,其高差以不超过4~6 m为宜。在修建混凝土坝,特别是大体积混凝土坝时,由于这种导流方法比较简单,常被采用。

■ 任务2 围堰工程

围堰是导流工程中临时的挡水建筑物,用来围护施工中的基坑,保证水工建筑物能在干地上进行施工。在导流任务结束后,如果围堰对永久建筑物的运行有妨碍或没有考虑作为永久建筑物的一部分时,应予拆除。

水利水电工程中的围堰形式类型可划分如下:

按其所使用的材料,可以分为土石围堰、混凝土围堰、钢板桩格型围堰和草土围堰。

按围堰与水流方向的相对位置,可分为横向围堰和纵向围堰。

按导流期间基坑淹没条件,可分为过水围堰和不过水围堰。过水围堰除需要满足一般围堰的基本要求外,还要满足堰顶过水的专门要求。

围堰应满足下述基本要求:

- (1) 具有足够的稳定性、防渗性、抗冲性和一定的强度。
- (2) 造价便宜,构造简单,修建、维护和拆除方便。
- (3) 围堰的布置应力求使水流平顺,不发生严重的水流冲刷。
- (4) 围堰接头和岸边连接都要安全可靠,不致因集中渗漏等破坏作用而引起围堰失事。
- (5) 必要时应设置抵抗冰凌、船筏的冲击和破坏的设施。

1 围堰的基本型式和构造

1.1 土石围堰

土石围堰是水利水电工程中采用最为广泛的一种围堰型式,如图1-9所示。用当地材料填筑而成的围堰,不仅可以就地取材和充分利用开挖弃料做围堰填料,而且构造简单,施工方便,易于拆除,工程造价低,可以在流水中、深水中、岩基或有覆盖层的河床上修建。但其工程量较大,堰身沉陷变形也较大。

土石围堰断面较大,一般用于横向围堰。但在宽阔河床的分期导流中,当围堰束窄河床而增加的流速不大时,也可作为纵向围堰,但需注意防冲设计,以保证围堰安全。

土石围堰的设计与土石坝基本相同,但其结构型式在满足导流期正常运行的情况下应力求简单,便于施工。

1.2 混凝土围堰

混凝土围堰的抗冲与抗渗能力大,挡水水头高,底宽小,易于与永久混凝土建筑物相连接,必要时还可以过水,因此采用比较广泛。其主要的类型有拱式混凝土围堰和重力式混凝土围堰。拱式混凝土围堰常用于全段围堰法导流中的上游围堰;重力式混凝土围堰一般用于分段围堰法导流中的纵向围堰。

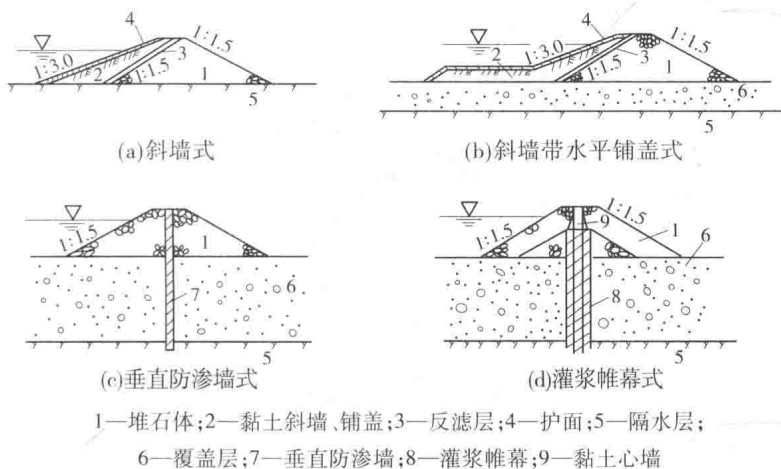


图 1-9 土石围堰

1.2.1 拱式混凝土围堰

拱式混凝土围堰(见图 1-10),一般适用于两岸陡峻、岩石坚实的山区河流,常采用隧洞及允许基坑淹没的导流方案。通常围堰的拱座是在枯水期的水面以上施工的。对围堰的基础处理,当河床的覆盖层较薄时需进行水下清基,若覆盖层较厚,则可灌注水泥浆防渗加固。堰身的混凝土浇筑则要进行水下施工,因此难度较高。在拱基两侧要回填部分砂砾料以利灌浆,形成阻水帷幕。

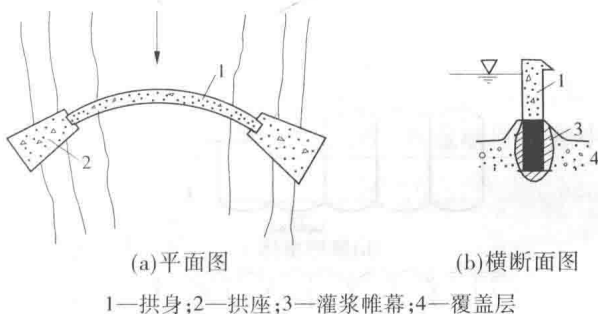


图 1-10 拱式混凝土围堰

拱式混凝土围堰由于利用了混凝土抗压强度高的特点,与重力式相比,断面较小,可节省混凝土工程量。

1.2.2 重力式混凝土围堰

采用分段围堰法导流,重力式混凝土围堰往往可兼作第一期和第二期纵向围堰,两侧均能挡水,还能作为永久建筑物的一部分,如隔墙、导墙等。

重力式混凝土围堰可做成普通的实心式,与非溢流重力坝类似,也可做成空心式,如三门峡工程的纵向围堰,如图 1-11 所示。

纵向围堰需抗御高速水流的冲刷,所以一般均修建在岩基上。为保证混凝土的施工质量,一般可将围堰布置在枯水期出露的岩滩上。如果这样还不能保证干地施工,则通常需另修土石低水围堰加以围护。重力式混凝土围堰可采用碾压混凝土,以降低造价。