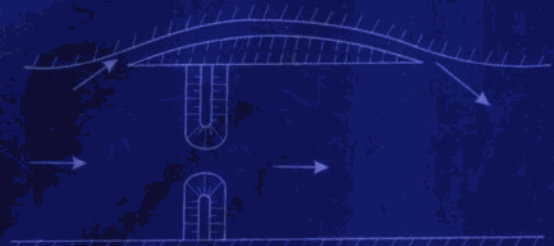
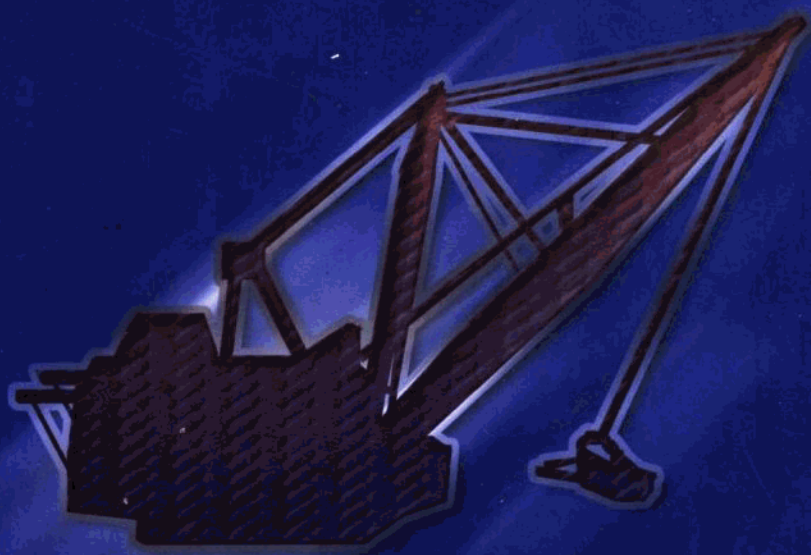


全国水利水电类高职高专统编教材

水利水电工程施工

毛建平 金文良 主编



黄河水利出版社

前 言

本书是根据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》等文件精神,以及由全国水利水电高职教研会拟定的教材编写规划,报水利部批准,用中央财政安排的“支持示范性职业技术学院建设”项目经费组织编写的全国水利水电类高职高专统编教材。

在编写和审查中,注意了联系当前水利水电工程施工的实际情况,并适当地反映国内外先进施工技术、施工机械的应用。本书全部采用新规范、新标准。针对高职高专的特点,结合当前教学改革的要求,按照突出实用性、有利于实践能力培养的原则,对课程内容进行了较大的调整。

全书由长沙理工大学毛建平、四川水利职业技术学院金文良主编,杨凌职业技术学院高安基主审。本书的绪论、第二章、第六章由毛建平编写;第一章由黄河水利职业技术学院盛海洋编写;第三章、第十三章由山东水利职业学院王安编写;第四章、第五章由沈阳农业大学高等职业技术学院张玉富编写;第七章、第十一章由四川水利职业技术学院涂兴怀编写;第八章、第十章、第十二章由四川水利职业技术学院张智勇编写;第九章由四川水利职业技术学院金文良编写。

本书在编写过程中,引用了大量的规范、专业文献和资料,未在书中一一注明出处,在此向有关作者表示感谢。

由于编写时间仓促,水平有限,对书中存在的缺点和疏漏,望广大读者给予指正。

编 者

2003 年 10 月

目 录

前 言	
绪 论	(1)
第一章 施工导流与截流	(5)
第一节 施工导流	(5)
第二节 围堰工程	(11)
第三节 施工导流水力计算	(18)
第四节 导流方案的选择	(22)
第五节 截流工程	(28)
第六节 拦洪度汛	(33)
第七节 蓄水计划与封堵技术	(35)
第八节 基坑排水	(37)
第二章 钢筋混凝土工程	(46)
第一节 钢筋工程	(46)
第二节 模板工程	(54)
第三节 混凝土工程	(64)
第四节 预应力混凝土	(88)
第三章 爆破工程	(100)
第一节 爆破的概念与分类	(100)
第二节 爆破材料及起爆方法	(104)
第三节 爆破施工	(113)
第四节 控制爆破	(119)
第五节 爆破施工安全知识	(123)
第四章 基础工程	(126)
第一节 基坑开挖与地基处理	(126)
第二节 岩基灌浆	(140)
第五章 土石坝工程	(152)
第一节 土的施工分级和可松性	(152)
第二节 土石方开挖	(153)
第三节 土料压实	(158)
第四节 碾压式土石坝施工	(164)
第五节 面板堆石坝施工	(171)
第六章 混凝土坝工程	(177)
第一节 砂石集料生产系统	(178)
第二节 混凝土生产系统	(182)

第三节	混凝土运输浇筑方案	(185)
第四节	混凝土的温度控制和分缝分块	(189)
第五节	坝体接缝灌浆	(200)
第六节	碾压混凝土施工简介	(202)
第七章	地下建筑工程	(208)
第一节	地下建筑工程的施工程序	(208)
第二节	钻孔爆破开挖法	(216)
第三节	掘进机开挖	(227)
第四节	衬砌施工	(228)
第五节	喷锚支护	(235)
第八章	渠道及渠系建筑工程	(243)
第一节	渠道开挖与衬护	(243)
第二节	混凝土水闸施工	(249)
第三节	渡槽施工	(255)
第九章	水电站厂房工程	(262)
第一节	厂房工程概述	(262)
第二节	厂房混凝土施工	(263)
第三节	厂房二期混凝土施工	(273)
第四节	厂房上部结构施工	(276)
第十章	施工组织概论	(277)
第一节	水利水电基本建设	(277)
第二节	水利水电工程基本建设程序	(278)
第三节	施工组织设计概述	(282)
第十一章	施工进度计划	(288)
第一节	施工进度计划的作用和类型	(288)
第二节	施工总进度计划的编制	(289)
第三节	网络进度计划	(306)
第十二章	施工总体布置	(321)
第一节	施工总体布置的任务、内容和设计原则	(321)
第二节	施工总体布置的步骤和方法	(324)
第三节	施工临时设施布置及风水电供应	(329)
第四节	施工总体布置实例	(334)
第十三章	施工管理	(339)
第一节	目标管理	(339)
第二节	计划管理	(341)
第三节	质量管理	(343)
第四节	成本管理	(348)
参考文献		(351)

绪 论

水利水电工程施工是按照设计提出的工程结构、数量、质量及环境保护等要求,研究从技术、工艺、材料、装备、组织和管理等方面采取的相应施工方法和技术措施,以确保工程建设质量,经济、快速地完成设计要求的科学。

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。另外,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。

水利水电工程施工是一门理论与实践相结合的专业课。其主要特征是实践性和综合性。

一、水利水电工程施工的任务和特点

(一)水利水电工程施工的任务

水利水电工程施工的主要任务可归纳如下:

(1)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)在施工过程中开展观测、试验和研究工作,促进水利水电建设科学的发展。

(二)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)工程量大,工期较长,耗资大。

(2)受自然条件影响大,需要修建临时导流工程,要妥善解决施工期通航供水等问题。工程有很强的季节性,须充分利用枯水期施工。

(3)专业工种多、技术较复杂。应用系统工程学的原理,因时因地选择最优的施工方

案,达到缩短工期、均衡施工强度的目的。

(4)施工工厂和临时设施多,规模大、投资大。

(5)运输量特别大。

(6)技术的发展和

创新对工程建设影响较大。

(7)需要做好施工组织设计,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。

二、我国水利水电工程施工的成就与发展趋势

我国水利水电建设成就卓著,积累了许多宝贵的施工经验。几千年前修建的都江堰、黄河大堤、南北大运河等水利工程,现在还都发挥着效益。在截流堵口工程中所使用的围堰型式、进占方式、河床护底以及平堵与立堵相结合的施工技术等,至今还为各地工程所沿用。

新中国成立后,历经 50 多年的不懈努力,已建成水库 8 万多座,其中高 15m 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,并加以消化吸收、改进提高,积累了较多的经验,也开发了一些先进的施工技术,施工水平不断提高。特别是改革开放以来,施工技术提高更快,与世界先进水平的差距逐步缩小,到 20 世纪 90 年代,长江三峡、黄河小浪底水库和雅砻江二滩枢纽的开工建设,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。

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 60m,挡水高度愈 70m,突破了在各种复杂水流和地质条件下建造围堰的技术难点,成功地解决了施工期通航问题。

土石方开挖方面,采用了预裂爆破、光面爆破、保护层一次爆破、定向爆破、水下岩石爆破等先进技术及凿裂开挖方法,明挖工程最大开挖深度达 176m 的岩质高边坡技术,20 世纪 70 年代才引起重视,20 多年来控制爆破及喷锚支护技术发展很快。三峡船闸开挖边坡最高 170m,采用的控制爆破和支护技术已达世界先进水平。地下开挖技术采用多臂钻机、盾构机、反井钻机等先进机具,喷锚、预应力锚、预注浆及管棚支护方法,成功地应用于各种复杂岩层中开挖泄水隧洞及地下厂房,如鲁布革、引大入秦、天生桥二级、小浪底等水利工程。小浪底地下厂房跨度 26.2m,高度 61.39m,采用光面控制爆破获得了满意的开挖轮廓。引黄入晋工程在建的最长隧洞为 41km,开挖洞径 4.7m,采用掘进机施工。

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。天生桥一级混凝土面板堆石坝,高 178m,居世界第二位,填筑量达 1 800 万 m^3 ,月最大填筑强度达 77.4 万 m^3 。小浪底坝为壤土斜心墙堆石坝,最大坝高 154m,填方 5 574 万 m^3 ,施工机械使用了 12 m^3 液压挖掘机及 9 m^3 装载机,90t 底开车,77t 和 45t 自卸车运输。

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。采用软盘真空滑动模板,提高了混凝土表面强度。在混凝土温控技术方面,葛洲坝工程已达到夏季拌和混凝土出机口温度 $7^{\circ}C$ 以下;三峡工程采用的高效空气冷却器专利技术 & 两次风冷技术、大型片冰制冰设备、冰库及片冰运输称量等成套设施等,已经达到国际先进水平。五强溪通仓浇筑工程一次浇筑混凝土最大仓面面积达 1 600 m^2 。在施工强度方面,三峡二期工程 1999 年浇混凝土 458.5 万 m^3 ,最大月强度 55.4 万 m^3 ,超过了世界已有记录(古比雪夫水电站最大年强度 313.4 万 m^3 ,最大月强度 38.9 万 m^3 ;伊太普水电站最大年强度 302.3 万 m^3 ,最大月强度 33.9 万 m^3)。采用的大型浇筑设备有皮

带机运送混凝土的“塔带机”(由美国罗泰克(Rotec)公司供应的 TC2400 型塔带机四台;法国波坦(Potain)公司供应的 MD2200 型塔带机两台)、“胎带机”、20t 高架门机和大跨度摆塔式缆机(跨度 1416m,起重量 20t)。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、全断面浇筑的施工技术。

由于经济、社会发展的需要和综合国力的提高,21 世纪我国水利水电建设将加速发展。

大江大河及城市防洪标准要逐步提高,要建设许多防洪或综合利用水库,堤防建设也要现代化、高标准,以保安全并减小防汛抢险的负担。21 世纪将建设一些跨流域调水工程,南水北调中、东、西线相继开工建设,之后还要继续扩大并建巢湖引江北调、澜沧江、怒江调水工程。目前,我国水能资源仅开发 20%,今后要大力开发中西部水电,实现西电东送,20 年内每年要投产 400 万~500 万 kW。到 21 世纪中叶,不仅中、东部条件较好的水电项目将大部分开发完,西部的长江、黄河上游及澜沧江条件较好的水电项目也将大部分开发完,后期还要开发更艰巨的工程。

今后建设的水利水电工程既有—般大中型工程,还有许多特大型工程,200 万~500 万 kW 级有几十个(如清江水布垭工程为 200 万 kW,将开工的乌江构皮滩、大渡河瀑布沟为 300 万 kW,黄河的拉西瓦为 400 万 kW 等)。溪洛渡、白鹤滩、虎跳峡等为千万千瓦级电站。

西部许多大型及特大型工程地处高山深谷,地震烈度高,交通不便,施工条件复杂,又要建很高的坝,例如水布垭面板堆石坝高 232m,龙滩碾压混凝土坝高 216.5m,溪洛渡双曲拱坝高 273m,均超过世界已有记录。峡谷区高混凝土坝将更多地采用快速缆机和塔带机、胎带机,混凝土温控先进技术将进一步普及和提高,混凝土预冷将更多地采用先进的集料两次风冷及高效冷风机,砂子风冷也可能实现。碾压混凝土坝比重将提高。特大的混凝土坝将采用 26~9m³ 拌和机组成的拌和楼,先进的涡轮式拌和机也将采用。混凝土的运输将广泛使用汽车、缆机及皮带机。高土石坝中面板堆石坝比重也将进一步提高,将使用 15t 以上的振动碾。每层碾压厚度由 1m 提高到 1.5m 或更多。石料开采将更多地采用洞室与梯段相结合的爆破方案,以提高效率。集料加工将采用先进的反击式、“石击石”冲击式及高效圆锥破碎机和旋盘制砂机。

50 多年来,我国水利水电建设取得了巨大成就,但也付出了沉重的代价。有些工程出现质量问题或事故,不得不局部或全面停工处理。有些工程建成后即被列为病险库,全国病险库最多时曾有几百座,长期带病运行,威胁人民生命财产的安全。有的工程不得不降低水位运行,有的工程被迫大部分拆除,个别工程因质量问题造成溃坝,给国家和人民的财产造成巨大损失。造成上述问题的原因主要有:

(1)勘测设计深度不够,重大地质问题未查清,造成设计洪水偏低,天然建材储量、质量不可靠,泥沙淤积对工程的影响未搞清楚。

(2)未实行项目业主负责制、招标承包制和工程监理制,施工单位也是建设单位,没有有效的监督和约束机制,出现严重质量问题时对施工单位并无经济损失。

(3)实行招标承包制后,有的施工单位为了求生存,压价竞争,低于成本价中标,无法保证质量。

(4)实行监理制后,有的监理单位素质较低,力量不够,经验不足,责任心不强,质量检测手段不够,有的对重要部位未跟踪监理,不能及时发现问题。

(5)违反基本建设程序,不遵循施工的科学规律,不按经济规律办事。

(6)施工组织管理水平不高,各种施工规范、规章制度、法规等的基础工作比较薄弱。

为了加快我国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,按市场经济规律办事,走出一条适合我国国情的水利水电工程科学施工的道路。

三、水利水电工程施工课程的内容及学习方法

本课程将系统地阐述水利水电工程建设中各主要工种的施工方法、主要建筑物的施工程序与方法、施工组织、施工机械等内容。通过学习,要求了解水利水电工程施工中常用机械的主要组成部分、工作原理、主要性能及其选择;掌握主要工种的施工过程、施工方法、操作技术,以及水工建筑物的特点、施工程序和施工方法;初步掌握编制施工组织设计文件和施工管理方法的基本知识。

根据教材内容和课程实践性很强的特点,学习中应掌握基本概念、基本原理、基本方法,结合所学过的课程,循序渐进地进行。只有密切联系生产实际,配合生产实习、生产劳动、生产现场教学、电化教学、课程作业、毕业设计等教学环节,运用所学的施工知识,才能充分地掌握本课程的内容。

第一章 施工导流与截流

施工导流是水利水电枢纽总体设计的主要组成部分,是选定枢纽布置、永久建筑物型式、施工程序和施工总进度的重要因素。

施工导流贯穿于工程施工的全过程,导流设计要妥善解决从初期导流到后期导流(包括围堰挡水、坝体临时挡水、封堵导流泄水建筑物和水库蓄水)施工全过程中的挡、泄水问题,以保证在干地施工和施工期不影响或尽可能少影响水资源的合理使用。

施工过程中导流设计的主要任务是:周密地分析研究水文、地形、地质、水文地质、枢纽布置及施工条件等基本资料;在保证上述要求的前提下,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、堵塞的施工方法以及截断河床水流、拦洪度汛及基坑排水的措施等。

第一节 施工导流

河床上修建水利水电工程时,为了使水工建筑物能在干地施工,需要用围堰围护基坑,并将河水引向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:一类是全段围堰法导流(即河床外导流);另一类是分段围堰法导流(即河床内导流)。

一、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,使上游来水通过预先修筑的临时或永久泄水建筑物(如明渠、隧洞等)泄向下游,主体建筑物在排干的基坑中进行施工,主体工程建成或接近建成时再封堵临时泄水道。这种方法的优点是工作面大,河床内的建筑物在一次性围堰的围护下建造,如能利用水利枢纽中的永久泄水建筑物导流,可大大节约工程投资。

全段围堰法按泄水建筑物的类型不同可分为明渠导流、隧洞导流、涵管导流等。

(一)明渠导流

上下游围堰一次拦断河床形成基坑,保护主体建筑物干地施工,天然河道水流畅经河岸或滩地上开挖的导流明渠泄向下游的导流方式称为明渠导流。

1. 明渠导流的适用条件

如坝址河床较窄,或河床覆盖层很深,分期导流困难,且具备下列条件之一者,可考虑采用明渠导流。

(1)河床一岸有较宽的台地、垭口或古河道。

(2)导流流量大,地质条件不适于开挖导流隧洞。

(3)施工期有通航、排冰、过木要求。

(4)总工期紧,不具备洞挖经验和设备。

国内外工程实践证明,在导流方案比较过程中,如明渠导流和隧洞导流均可采用时,一般是倾向于明渠导流。这是因为明渠开挖可采用大型设备,加快施工进度,对主体工程提前开工有利。对于施工期间河道有通航、过木和排冰要求时,明渠导流明显更有利。

2. 导流明渠布置

导流明渠布置分在岸坡上和在滩地上两种布置形式,如图 1-1 所示。

(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;渠身轴线要伸出上下游围堰外坡脚,水平距离要满足防冲要求,一般为 50~100m;明渠进出口应与上下游水流相衔接,与河道主流的交角以小于 30° 为宜;为保证水流畅通,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。

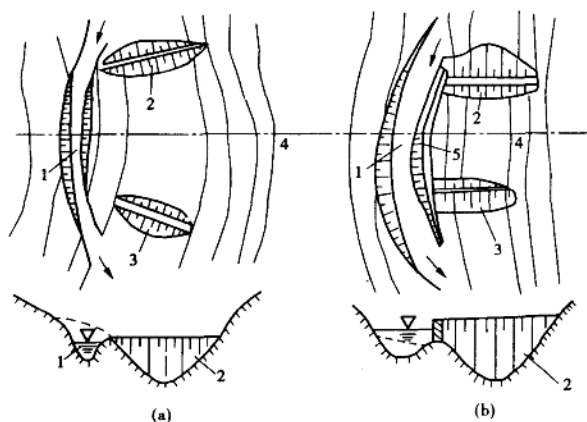


图 1-1 明渠导流示意图

(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

(2)明渠进出口位置和高程的确定。明渠进出口力求不冲、不淤和不产生回流,可通过水力学模型试验调整进出口形状和位置,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,以减小水下开挖量。

3. 导流明渠断面设计

(1)明渠断面尺寸的确定。明渠断面尺寸由设计导流流量控制,并受地形地质和允许抗冲流速影响,应按不同的明渠断面尺寸与围堰的组合,通过综合分析确定。

(2)明渠断面形式的选择。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,也可设计成复式梯形断面。

(3)明渠糙率的确定。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,可根据具体情况查阅有关手册确定。对大型明渠工程,应通过模型试验选取糙率。

4. 明渠封堵

导游明渠结构布置应考虑后期封堵要求。当施工期有通航、过木和排冰任务,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,并设置导流底孔和坝面口使二者联合泄流。

(二)隧洞导流

上下游围堰一次拦断河床形成基坑,保护主体建筑物干地施工,天然河道水流全部由导流隧洞宣泄的导流方式称为隧洞导流。

1. 隧洞导流的适用条件

导流流量不大,坝址河床狭窄,两岸地形陡峻,如一岸或两岸地形、地质条件良好,可考虑采用隧洞导流。

2. 导流隧洞的布置

导流隧洞的布置如图 1-2 所示。一般应满足以下要求:

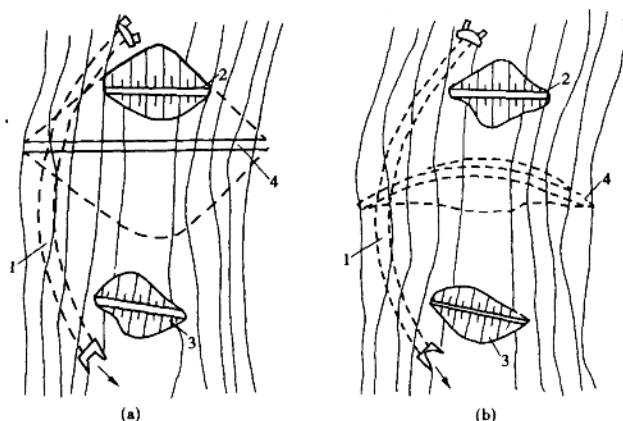


图 1-2 隧洞导流示意图

(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

(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,如有转弯时,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和应力要求。

(4)隧洞进出口位置应保证水力学条件良好,并伸出堰外坡脚一定距离,一般距离应大于 50m,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。

3. 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 200m^2 以下,单洞泄量不超过 $2\,000\sim 2\,500\text{m}^3/\text{s}$ 。

隧洞断面形式取决于地质条件、隧洞工作状态(有压或无压)及施工条件。常用断面形式有圆形、马蹄形、方圆形,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,方圆形有利于截流和施工。国内外导流隧洞多采用方圆形。

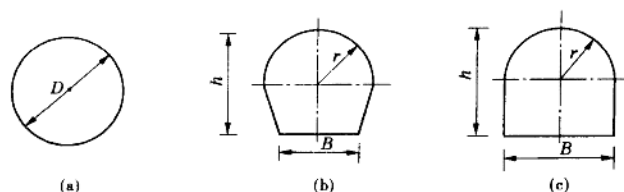


图 1-3 隧洞断面形式
(a)圆形;(b)马蹄形;(c)方圆形

洞身设计中,糙率 n 值的选择是十分重要的问题。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因素。一般混凝土衬砌糙率值为 $0.014\sim 0.017$;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。

导流隧洞设计应考虑后期封堵要求,布置封堵闸门门槽及启闭平台设施。有条件者,导流隧洞应与永久隧洞结合,以节省投资(如小浪底工程的三条导流隧洞后期将改建为三条孔板消能泄洪洞)。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。

(三)涵管导流

涵管导流一般在修筑土坝、堆石坝工程中采用。

涵管通常布置在河岸岩滩上,其位置在枯水位以上,这样可在枯水期不修围堰或只修一小围堰而先将涵管筑好,然后再修上下游全段围堰,将河水引经涵管下泄,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经济可靠的效果。由于涵管的泄水能力较低,所以一般用于导流流量较小的河流上或只用来担负枯水期的导流任务。

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认真施工。

二、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,就是用围堰将建筑物分段分期围护起来

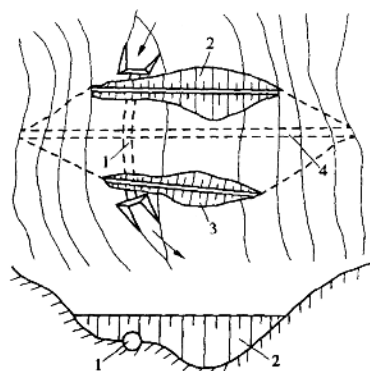


图 1-4 涵管导流示意图

1—导流涵管;2—上游围堰;3—下游围堰;4—土石坝

进行施工的方法。图 1-5 是一种常见的分段围堰法导流示意图。

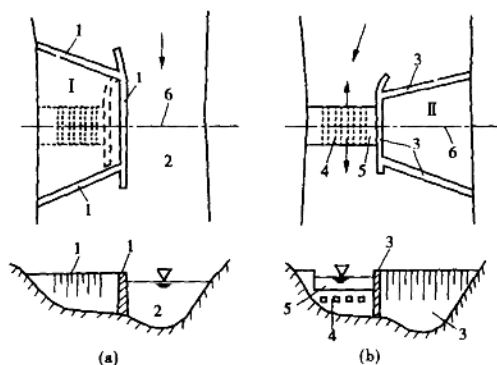


图 1-5 分期导流布置示意图

(a)一期导流(束窄河床导流);(b)二期导流(底孔与缺口导流)

1——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

所谓分段就是从空间上将河床围护成若干个干地施工的基坑段进行施工。所谓分期,就是从时间上将导流过程划分成阶段。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,段数分得越多,围堰工程量愈大,施工也愈复杂;同样,期数分得愈多,工期有可能拖得愈长。因此,在工程实践中,二段二期导流法采用得最多(如葛洲坝工程、三门峡工程等都采用了此法)。只有在比较宽阔的通航河道上施工,不允许断航或其他特殊情况下,才采用多段多期导流法(如三峡工程施工导流就采用二段三期的导流法)。

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,尤其在通航河流和冰凌严重的河流上。这种导流方法的费用较低,国内外一些大、中型水利水电工程采用较多。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道导

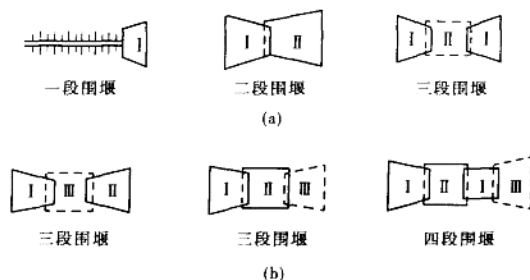


图 1-6 导流分期与围堰分段示意图

(a) 二期施工; (b) 三期施工

I、II、III—施工分期

流。常见泄水道的类型有底孔、缺口等。

(一)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。如是临时底孔,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。

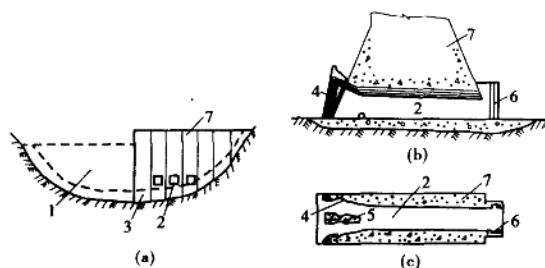


图 1-7 底孔导流

(a)二期施工时下游立视图; (b)底孔纵断面; (c)底孔水平剖面

1—二期修建坝体; 2—底孔; 3—二期纵向围堰; 4—封闭闸门槽;

5—中间墩; 6—出口封闭门槽; 7—已浇筑的混凝土坝体

采用临时底孔时,底孔的尺寸、数目和布置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的任务(过水、过船、过木和过鱼),以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,这样可以减小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。按水工结构要求,孔口尺寸应尽量小,但某些工程由于导流流量较大,只好采用尺寸

较大的底孔,如表 1-1 所列。

表 1-1 部分水利水电工程导流底孔尺寸

(单位:m)

工程名称	底孔尺寸(宽×高)	工程名称	底孔尺寸(宽×高)
新安江(浙江省)	10×13	石泉(陕西省)	7.5×10.41
黄龙滩(湖北省)	8×11	白山(吉林省)	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,这对修建高坝特别有利。若坝体内设有永久底孔可以用来导流时,更为理想。底孔导流的缺点是:由于坝体内设置了临时底孔,钢材用量增加;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。

(二)坝体缺口导流

混凝土坝施工过程中,当汛期河水暴涨暴落,其他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缺口(如图 1-8 所示),以便配合其他建筑物宣泄洪峰流量,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、其他建筑物的泄水能力、建筑物的结构特点和施工条件。采用底坎高程不同的缺口时,为避免高低缺口单宽流量相差过大,产生高缺口向低缺口的侧向泄流,引起压力分布不均匀,需要适当控制高低缺口间的高差。根据湖南省柘溪工程的经验,其高差不超过 4~6m 为宜。

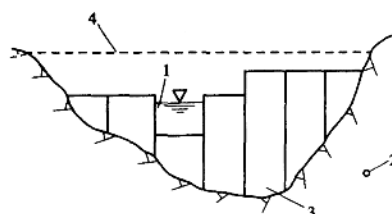


图 1-8 坝体缺口过水示意图

1—过水缺口;2—导流隧洞;3—坝体;4—坝顶

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。

上述两种导流方式一般只适用于混凝土坝,特别是重力式混凝土坝。至于土石坝或非重力式混凝土坝,采用分段围堰法导流,常与隧洞导流、明渠导流等河床外导流方式相结合。

第二节 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。

水利水电工程中经常采用的围堰,按其所使用的材料,可分为土石围堰、混凝土围堰、钢板桩格型围堰和草土围堰等。

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,还要满足围堰顶过水的专门要求。

选择围堰型式时,必须根据当时当地的具体条件,在满足下述基本要求的原则下,通过技术经济比较加以选定。

- (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)有必要时应设置抵抗冰凌、船筏冲击和破坏的设施。

一、围堰的基本型式和构造

(一)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。它是用当地材料填筑而成的,不仅可以就地取材和充分利用开挖弃料作围堰填料,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。如柘溪水电站的土石围堰一年中累计沉陷量最大达 40.1cm,为堰高的 1.75%。一般为 0.8%~1.5%。

因土石围堰断面较大,一般用于横向围堰。但在宽阔河床的分期导流中,由于围堰束窄,河床增加的流速不大,也可作为纵向围堰,但需注意防冲设计,以确保围堰安全。

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。

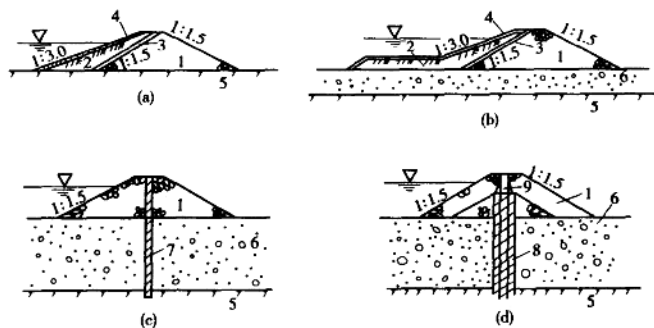


图 1-9 土石围堰

(a) 斜墙式; (b) 斜墙带水平铺盖式; (c) 垂直防渗墙式; (d) 灌浆帷幕式

1—堆石体; 2—黏土斜墙、铺盖; 3—反滤层; 4—护面; 5—隔水层;

6—覆盖层; 7—垂直防渗墙; 8—灌浆帷幕; 9—黏土心墙

(二) 混凝土围堰

混凝土围堰的抗冲与抗渗能力强,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,因此采用得比较广泛。在国外,采用拱形混凝土围堰的工程较多。近年来,国内贵州省的乌江渡、湖南省凤滩等水利水电工程也采用过拱形混凝土围堰作为横向围堰,但多数还是以重力式围堰作纵向围堰,如三门峡、丹江口、三峡等水利工程的混凝土纵向围堰均为重力式混凝土围堰。

1. 拱形混凝土围堰

拱形混凝土围堰如图 1-10 所示。

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,形成止水帷幕。

拱形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。

2. 重力式混凝土围堰

采用分段围堰法导流时,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(见图 1-11)。

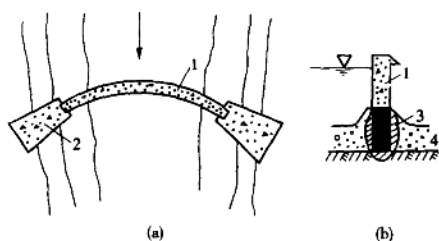


图 1-10 拱形混凝土围堰

(a)平面图;(b)横断面图

1—拱身;2—拱座;3—灌浆帷幕;4—覆盖层

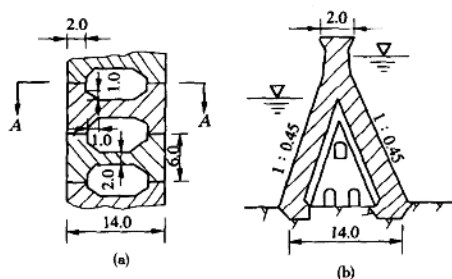


图 1-11 三门峡工程的纵向围堰 (单位:m)

(a)平面图;(b)A-A 剖面

纵向围堰需抗御高速水流的冲刷,所以一般修建在岩基上。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。

重力式混凝土围堰现在有普遍采用碾压混凝土的趋势,如三峡工程三期上游横向围堰及纵向围堰均采用碾压混凝土。

(三) 钢板桩格型围堰

钢板桩格型围堰是重力式挡水建筑物,由一系列彼此相接的格体构成。按照格体的平面形状,可分为筒形格体、扇形格体和花瓣形格体。这些型式适用于不同的挡水高度,