

高等学校教材

水利工程施工

武汉水利电力学院
成都科学技术大学 编

水利出版社

高等学校教材

水利工程施 工

武汉水利电力学院
成都科学技术大学 编

水利出版社

内 容 提 要

本教材主要按单位建筑物施工为体系进行编写。全书除绪论外共七章，包括施工过程中的水流控制、爆破工程、基础工程、土石坝工程、混凝土坝工程、地下建筑工程及施工总组织等。

本书可作为高等院校水利水电工程建筑专业的教材，其它水利工程专业的教学参考书，也可供水利水电工程技术干部参考。

高等学校教材

水 利 工 程 施 工

武汉水利电力学院 成都科学技术大学编

*

水利出版社出版发行

(北京德胜门外六铺炕)

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 23 $\frac{1}{2}$ 印张 525千字

1980年6月第一版 1980年6月北京第一次印刷

印数 00001—10110册 每册 2.45元

书号 15047·4026

前 言

本教材是根据1978~1981年高等学校水利电力类教材编审出版规划组织编写的。

全书除绪论外共七章，包括施工过程中的水流控制、爆破工程、基础工程、土石坝工程、混凝土坝工程、地下建筑工程及施工总组织等。本教材主要按单位建筑物施工为体系进行编写，着重阐述水利水电工程中有代表性的建筑物的施工方法、施工技术和施工组织等问题，并适当列入了主要工种施工工艺方面的问题，对于施工机械和设备，仅结合建筑物施工作简要叙述。

本教材的编写分工是：

绪论	武汉水利电力学院	吴国栋
第一章 施工过程中的水流控制	武汉水利电力学院	夏明耀
第二章 爆破工程	成都科学技术大学	熊达成
第三章 基础工程	武汉水利电力学院	袁光裕
第四章 土石坝工程	成都科学技术大学	王民寿
第五章 混凝土坝工程	成都科学技术大学	刘浩吾
第六章 地下建筑工程	武汉水利电力学院	颜其照
第七章 施工总组织	武汉水利电力学院	袁光裕

1979年4月，在成都召开了审稿会议。审稿单位有天津大学、华东水利学院、西北农学院和北京水利规划设计院以及其它兄弟院校和工程单位，由天津大学主审。

审稿会议议定，由主审单位天津大学吕元平、主编单位武汉水利电力学院袁光裕和成都科学技术大学熊达成三同志会同对全书进行修改、补充和统稿。

编审过程中，许多兄弟院校和工程单位的同志，对原稿提出了很多宝贵意见，另外还有许多同志为教材抄写与绘图进行了辛勤的劳动，在此表示衷心的感谢。

由于我们水平的限制，书中难免存在缺点和错误，在使用本教材过程中，希望给以指正。

编 者

1979年7月

目 录

前 言

绪 论	1
第一章 施工过程中的水流控制	4
第一节 施工导流的基本方法	4
一、分段围堰法导流 二、全段围堰法导流	
第二节 围堰工程	9
一、围堰的基本型式及构造 二、围堰的防渗和防冲 三、围堰的拆除	
第三节 导流设计流量的确定	19
一、导流标准 二、导流时段的划分	
第四节 导流建筑物的布置和水力学计算	21
一、纵向围堰位置 二、泄水建筑物底坎高程和尺寸 三、堰顶高程 四、导流方案的选择	
五、施工导流实例	
第五节 截流工程	31
一、截流的基本方法 二、截流日期和截流设计流量 三、龙口位置和宽度 四、截流材料	
五、截流水力计算	
第六节 拦洪渡汛	38
一、拦洪高程的确定 二、拦洪渡汛措施	
第七节 蓄水计划与封堵技术	43
一、蓄水计划 二、封堵技术	
第八节 基坑排水	46
一、初期排水 二、经常性排水 三、人工降低地下水位	
第二章 爆破工程	56
第一节 爆破的基本原理	56
一、无限介质中的爆破原理 二、有限介质中的爆破作用	
第二节 钻孔	62
一、浅孔的钻孔方法和设备 二、深孔的钻孔方法和设备	
第三节 爆破材料	64
一、炸药的基本性能 二、工程炸药的主要类型及其适用 三、起爆器材	
第四节 起爆方式和方法	67
一、起爆方式 二、起爆方法	
第五节 爆破的基本方法	69
一、浅孔爆破法 二、深孔爆破法 三、洞室爆破法	
第六节 光面爆破和预裂爆破	74
一、光面爆破法 二、预裂爆破法	
第七节 定向爆破	78
一、定向爆破筑坝 二、定向爆破修筑渠道	

第八节 水下爆破	86
一、水下爆破的方法和药包量计算 二、水下爆破施工措施 三、水下爆破的防震	
第九节 爆破工程安全技术	91
一、爆破器材的运输和保管 二、安全距离 三、瞎炮处理 四、防护措施	
第三章 基础工程	93
第一节 岩基开挖	93
第二节 岩基处理	97
一、岩基的灌浆处理 二、软弱破碎带和岩溶的处理	
第三节 软基处理	122
一、砂砾石地基灌浆 二、防渗墙施工	
第四章 土石坝工程	142
第一节 料场规划	142
一、土石料场的选择和规划 二、料场的清理、排水及其它	
第二节 土石料挖运方案	144
一、综合机械化的基本原则 二、挖运设备和挖运方案 三、挖运强度和主要挖运设备容量的确定	
第三节 坝面作业	157
一、坝面作业的施工程序、特点及要求 二、土料压实的基本理论 三、压实机械和压实方法	
四、压实标准与压实参数 五、接头、接坡与接合部的施工 六、土石坝综合机械化施工设备	
选择实例	
第四节 堆石坝工程的发展及其施工特点	177
一、堆石坝工程的发展 二、堆石坝的施工特点	
第五节 土石坝施工质量控制	181
一、料场的质量检查和控制 二、坝面的质量检查和控制	
第六节 土石坝的冬雨季施工	182
一、土石坝的冬季施工 二、土石坝的雨季施工	
第五章 混凝土坝工程	185
第一节 骨料生产	186
一、料场规划和骨料生产系统 二、骨料加工 三、骨料的储存	
第二节 模板与钢筋作业	197
一、模板的作用 二、模板的基本形式 三、模板荷载分析 四、模板作业的组织 五、钢筋的	
加工和安装	
第三节 混凝土的生产	204
一、水泥的储存与运输 二、混凝土的配料 三、混凝土的拌和 四、拌和楼与拌和站 五、拌	
和设备的容量和选用 六、混凝土生产场地的选择与布置	
第四节 混凝土的运输	212
一、混凝土的水平运输 二、混凝土的垂直运输 三、其他运输方式 四、混凝土的运输方案及	
其选择	
第五节 混凝土的浇筑	226
一、大坝混凝土浇筑的一般方式 二、混凝土浇筑的准备作业 三、入仓铺料 四、平仓与振	
捣 五、混凝土的养护 六、混凝土浇筑质量检查 七、混凝土坝浇筑技术的新发展	
第六节 混凝土温度控制	234

一、混凝土温度控制的任务	二、混凝土温度计算方法	三、温度应力与温度控制标准	四、温度控制措施
第七节	混凝土浇筑的分缝分块	253	
一、纵缝分块	二、斜缝分块	三、通仓浇筑	四、错缝分块
五、轻型混凝土坝的分块特点	六、水闸和厂房的分块特点		
第八节	混凝土的特殊施工方法	261	
一、装配式混凝土建筑物的施工	二、混凝土的冬季施工		
第六章	地下建筑工程	264	
第一节	平洞施工的程序	264	
一、开挖工作面的确定	二、平洞开挖的程序		
第二节	平洞开挖方法	269	
一、炮眼布置	二、出碴	三、开挖循环作业	四、掘进机开挖
第三节	地下厂房和竖井开挖的特点	282	
一、地下厂房开挖的特点	二、竖井开挖的特点	三、斜洞开挖的特点	
第四节	临时支撑	287	
第五节	衬砌和支护	289	
一、混凝土和钢筋混凝土衬砌	二、预压骨料灌浆施工	三、喷锚支护	
第六节	通风、消烟、排水和照明	310	
一、通风与消烟	二、排水	三、照明	
第七节	安全措施	316	
一、常见安全事故和预防措施	二、坍方处理措施		
第七章	施工总组织	320	
第一节	概述	320	
一、施工组织设计	二、施工管理	三、定额	
第二节	施工进度计划	326	
一、施工进度计划的任务和类型	二、施工总进度计划的编制	三、施工总进度计划编制示例	
四、用统筹方法编制施工进度计划简介			
第三节	施工总体布置	340	
一、施工总体布置的内容	二、场内外交通运输	三、施工辅助企业	四、仓库及临时房屋
五、水、电、风的供应	六、施工总体布置图的设计		
第四节	概(预)算	356	
一、概(预)算文件的内容和项目划分	二、扩大单位工程概(预)算的编制	三、总概(预)算的编制	

绪 论

《水利工程施工》是一门理论与实践紧密结合的专业课。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、施工组织与管理等方面,研究多快好省地进行水利水电建设基本规律的一门学科。

随着水利水电建设的发展,对施工技术和施工机械化的要求越来越高,从而促进了水利工程施工学科的发展,使其在理论与实践的结合上,日趋完善,逐渐发展成为一门系统完整的学科。

水利水电建设,可概括分为勘测、规划、设计和施工等四个阶段。各个阶段既有分工,又有联系,相辅相成。例如,施工应以勘测、规划、设计的成果为依据;而勘测、规划和设计又要考虑施工方面的要求,并受施工实践的检验。而规划、设计和施工都应充分重视建成以后运用和管理方面的需要。在四个阶段中,施工起着将规划、设计方案转变为工程实体的作用。

由此可见水利工程施工的主要特点有二:一是实践性,要求通过施工实践,检验规划设计的方案,使工程完建投入运用。这就要求理论结合实际,因时因地分析问题和解决问题;二是综合性,要求在施工过程中,既要领会规划设计的意图,又要根据具体的施工条件和基本建设的方针政策,优质快速地进行工程建设。这就要求综合运用水利水电建设有关的科学技术和组织管理等的经验和知识。

水利水电工程施工的主要任务可归纳如下。

- 1) 遵照设计任务书和有关部门的要求,根据工程所在河流的自然条件、当地社会经济状况、可能提供的设备、材料和人力以及工程特点,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,加强施工的计划性,合理组织劳动力,充分利用施工设备,切实保证施工质量,有效使用资金,多快好省地全面完成施工任务。
- 3) 在施工过程中进行观测研究,一些试验研究的成果,要在施工中验证和修改;某些试验室不能进行的试验,亦须在施工中观测研究,有的还须在工程完建后继续进行。

一、我国在水利工程施工方面的成就与展望

我国劳动人民在水利建设上有着卓越的成就。几千年来在劳动人民辛勤劳动下,修建了许多兴利除害的水利工程,积累了许多宝贵的施工经验。例如,公元前250年前修建的四川都江堰水利工程,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,直到现在还使几百万亩农田稳产高产。用现在系统的观点来分析,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。又如,草土围堰和杓槎围堰的施工;堵口合龙中使用的捆厢埽进占、捆厢埽结合柳枕进占、柳枕护底、平堵与立堵相结合的方法;海塘工程条石的砌筑;以及黄河大堤的修筑等。然而在长期反动统治下,工程施工技术被视为末技,得不到应有的发展。

解放后，在党和政府的正确领导下，我国的水利水电建设事业取得了辉煌的成就。在水利方面：进行了淮河、黄河、海河等流域的治理；修建了大量的枢纽工程和排灌工程，完成了巨大的工程量，其中土石方以百亿立方米计。在水电方面：建成了刘家峡、丹江口、龚嘴、新安江等一些大型水电站，中、小型水电站也迅速发展。在施工技术方面：大河流导流截流技术的发展；定向爆破、控制爆破的应用；土石坝施工机械化的配套；混凝土坝快速施工的研究；地下工程施工技术的改进；深层砂砾地基与岩溶地基的处理；以及人工砂制造工艺等等。

由于林彪、“四人帮”反革命修正主义路线的干扰和破坏，在水利水电工程中，违反基本建设程序，不按科学态度施工，不照经济规律办事，使水利水电事业遭受空前的损失，与国外先进水平的差距拉大了。我国大型施工机械还比较落后，配套不齐，施工机械利用率不高，皆有待改进；有些新技术还需钻研和推广；施工组织与管理也还不够严密；定额和经济管理亦需加强。为了在本世纪末我国水利水电事业赶超世界水平，在总结国内经验教训的同时，也应适当引进国外的先进技术和施工机械，学习先进施工组织和管理经验。使我们在科学技术发展上，走出一条适合我国国情的前进道路。

我国江河正在治理，而水利资源又非常丰富，特别是水电资源开发很少，随着国民经济的迅速发展，随着四个现代化的逐步实现，水利水电建设亦将飞跃前进，施工水平亦将攀登世界高峰。

二、水利工程施工的特点和施工组织的基本原则

水利水电工程施工的特点可概括如下：

水利工程施工经常是在河流上进行，受地形、地质、水文、气象等因素影响很大。在河流上施工，不可避免地要进行施工导流和基坑排水，就必须与河水和地下水作斗争，以保证工程顺利进行。在冬季、夏季或雨、雪天施工时，又需要采取适当措施来保证施工质量和施工进度。

河流上挡水建筑物的作用非常重要，往往关系着下游千百万人民的生命财产的安全。如果施工质量不良，不但会影响建筑物的寿命和效益，而且会增加改建和维修的费用；更严重的是会造成建筑物的失事，给国民经济带来不可弥补的损失，因而必须保证施工质量。

在河流上修建水利工程，涉及到很多部门的切身利益，如航运、灌溉、工业与城市用水等。这就必须妥善安排、细致规划、统筹兼顾，从而增加了施工的复杂性。

水利水电工程往往位于交通不便的山谷地区，施工准备时，不仅需要修建为施工服务的辅助企业和道路，而且还需要修建职工及家属住宅。因此，应当合理组织临时工程，既满足施工要求又减少工程投资。

水工建筑物一般都是由许多分部工程所组成的，工程量大、工种多、施工强度高，因而施工干扰的机会也多。需要因时因地选择最优方案，运用系统工程学原理加以解决。

水利工程施工过程中，有许多爆破、地下作业、水下、水上和高空作业等，必须十分重视安全施工。

总结以往施工经验，在施工组织方面必须遵循的主要原则有：

必须全面贯彻多快好省的施工原则 在工程建设中应该根据需要与可能, 尽快地完成优质、高产、低消耗的工程, 任何片面强调某个方面而忽视另一个方面都是错误的, 都会造成不良后果。

按基本建设程序办事, 坚决反对“三边”(边勘测、边设计、边施工) 水利工程施工应遵照基本建设的程序和经过批准的施工组织设计与设计图纸进行施工, 如需要变动施工规模和技术标准时, 必须事先取得有关领导的批准与设计单位的同意。

实行科学管理 水利工程施工应和其他基本建设部门一样, 实行集中领导和民主管理的科学管理方式。实行党委领导下的首长负责制, 建立强有力的生产指挥系统, 保证职工群众的民主权利, 充分调动各方面的积极因素。按经济规律办企业, 建立各种规章制度和责任制, 制定和遵守施工规范, 加强质量检查制度, 确保安全施工。

要全面安排, 密切配合 水利工程施工不仅内部工种多, 分工细, 相互牵连多, 需要安排好, 而且对外联系方面亦多, 如勘测设计、器材生产、科学研究、技术情报等, 亦应配合好。

一切从实际出发, 做好人力物力的综合平衡和建立完善的调度体系, 实现均衡、连续、有节奏地施工。

三、本课程的主要内容、特点和学习方法

本课程是一门实践性很强的专业课, 涉及面较广。根据这一特点, 本教材着重阐明水利水电工程中有代表性的水工建筑物的施工方法、施工组织等问题, 力求对一些施工技术问题给以理论性科学概括。

本教材基本上是按具有代表性的工程和建筑物的体系编写的, 但为了学习上的方便, 保持水利工程施工的完整体系, 适当地增加了主要工种的部分内容。

本教材的特点是叙述施工过程的基本内容、施工技术的基本原理、施工程序、施工特点和施工机械的运用条件等。至于施工工艺和技术经济指标等, 由于学时和篇幅的限制, 只能简要提及。

从教材内容和特点来看, 学习时应掌握基本概念、基本原理、基本方法, 并联系学过的有关课程, 循序前进。必须配合生产实习和毕业前实习以及课程作业、毕业设计等环节来运用所学的施工知识, 这样才能有效地掌握本课程的内容。

第一章 施工过程中的水流控制

在河流上修建水工建筑物，由此而引起河道水流的变化，在施工期间往往与通航、筏运、渔业、供水，灌溉或水电站运转等水利资源的综合利用的要求发生矛盾。

显然，水利水电工程整个施工过程中的水流控制，概括说就是要采取导、截、拦、蓄、泄等施工措施来解决施工和水流蓄泄之间的矛盾，避免水流对水工建筑物施工的不利影响，把河水流量全部或部分地导向下游或拦蓄起来，以保证工程在干地上施工和施工期不影响或尽可能少影响水利资源的综合利用。

施工过程中水流控制设计的主要任务是：要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；选择导流方案及导流建筑物（泄水建筑物和围堰）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、拦洪渡汛和基坑排水的措施等。正确合理的水流控制，可以加快施工进度，降低工程造价，否则会使工程施工遭受意外的障碍，拖延工期，增加投资，甚至会引起工程的失事。美国的曼矛斯坝、短溪坝等工程的失事，就是这方面的例子[●]。

第一节 施工导流的基本方法

在河流上修建水利水电工程时，为了使水工建筑物能在干地上进行施工，需要用围堰围护基坑，并将河水引向预定的泄水建筑物往下游宣泄。这就是施工导流。

施工导流的基本方法，大体上可分为两类：一类是分段围堰法导流，即河床内导流，水流通过被束窄的河床、坝体底孔、缺口、涵管等往下游宣泄；另一类是全段围堰法导流，即河床外导流，水流通过河床外的临时或永久的明渠、隧洞等往下游宣泄。

一、分段围堰法导流

分段围堰法亦称分期围堰法，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1-1所示为两段两期导流的例子。首先在右岸进行第一期工程的施工，河水由左岸的束窄河床宣泄。一般情况下，在修建第一期工程时，为使水电站、船闸早日投入运行，以满足初期发电和施工通航的要求，应优先考虑先建造水电站、船闸，并在建筑物内预留底孔或缺口。到第二期工程施工时，河水即经由这些底孔或缺口等下泄。若底孔是临时的，则在工程接近完工或需要蓄水时要加以封堵。

所谓分段，就是从空间上用围堰将建筑物分成若干施工段进行施工。所谓分期，就是从时间上将导流分为若干时期。图1-2所示为导流分期和围堰分段几种情况，从图中可以

[●] 《土坝的失事及防止》，水利技术通讯，1958年4期。

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，也可以同时在这两段围堰内施工。必须指出，段数分得愈多，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；只有在比较宽阔的通航河道上施工，不允许断航时，才

采用多段多期导流方法。

分段围堰法导流一般适用于河床宽、流量大、施工期较长的工程中，尤其在通航河流或冰凌严重的河流上。这种导流方法的导流费用较低，所以国内外一些大、中型水利水电工程采用较广。例如，我国新安江、三门峡、丹江口等枢纽施工中，都采用过这种导流方法。

这种导流方法，前期可由束窄的河道导流；后期可利用事先修建好的泄水道导流，其类型如下。

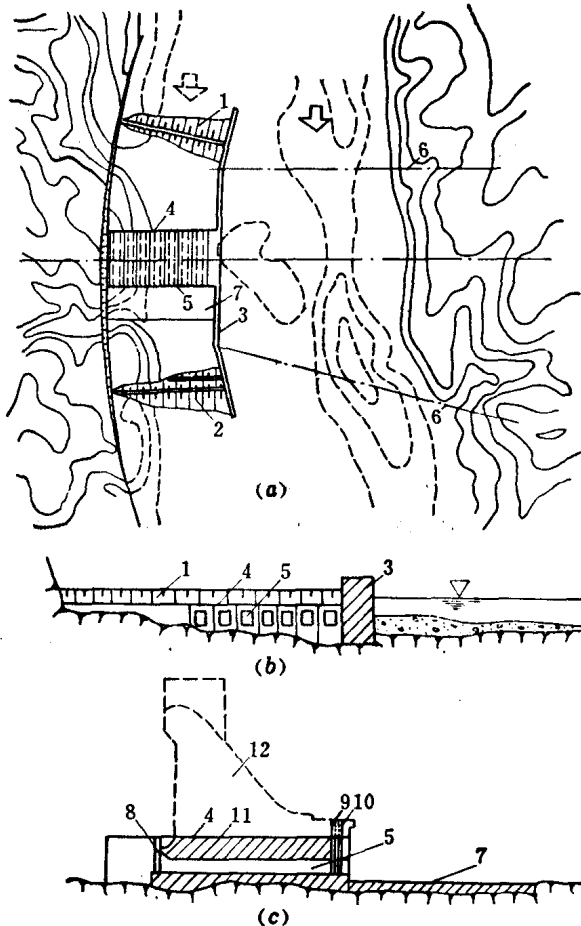


图 1-1 分段围堰法导流

(a)平面图，(b)下游立视图，(c)导流底孔纵断面图
1—一期上游横向围堰，2—一期下游横向围堰，3—一、二期纵向围堰，
4—预留缺口，5—导流底孔，6—二期上、下游围堰轴线，7—护坦，8—封堵
闸门槽，9—工作闸门槽，10—事故闸门槽，11—已浇筑的混凝土坝体，
12—未浇筑的混凝土坝体

1. 底孔导流

底孔导流时，应事先在混凝土坝体内修好临时底孔或永久底孔，然后让全部或部分导流流量通过底孔宣泄到下游，保证工程继续施工。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。这种导流方法在分段分期修建混凝土坝时用得较普遍。

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决定。其中底孔的尺寸在很大程度上取决于导流的任务（过水、过木、过船、过鱼），水工建筑物的结构特点和封堵用闸门设备的类型。底孔的布置与封堵时的施工条件有关，可以把底孔布置

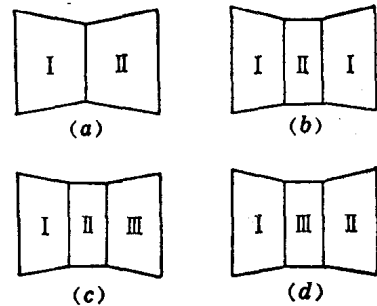


图 1-2 导流分期与围堰分段示意图

(a)两段两期，(b)三段两期，(c)三段三期，(d)三段三期

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。按水工结构要求，孔口尺寸应尽量小，但某些水利水电工程中，由于导流流量较大，也只好采用尺寸较大的底孔，如表1-1所列。

底孔导流的优点是挡水建筑物上部的施工可以不受水流干扰，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用来导流时，比较理想。底孔导流的缺点是：由于坝体内设置了临时底孔，使钢材用量增加；如果封堵质量不好，会削弱坝体的整体性，还可能漏水；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。

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, 米)
新安江	10×13
三门峡	3×8
布拉茨克(苏联)	10×14
德聂伯(苏联, 修复工程)	5×5

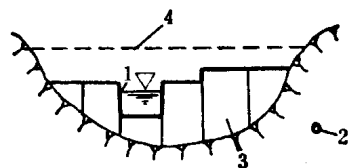


图 1-3 坝体缺口过水示意图
1—过水缺口；2—导流隧洞；3—坝体；4—坝顶

2. 坝体缺口导流

混凝土坝枢纽施工过程中，当汛期河水暴涨暴落，而其它导流建筑物不足以宣泄全部流量时，为了不影响坝体施工速度，使大坝在涨水时仍能继续施工，可以在未建成的坝体上预留缺口（图1-3），以便配合其它导流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、其它泄水建筑物的泄水能力、建筑物的结构特点和施工条件等。采用不同高程的缺口时，为避免高低缺口单宽泄量相差过大，产生高缺口向低缺口侧向泄流，造成斜向卷流，引起压力分布不匀，就要适当控制高低缺口间的高差。根据柘溪工程的经验，其高差以不超过4~6米为宜。

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。

二、全段围堰法导流

全段围堰法导流就是在河床主体工程的上下游各建一道拦河围堰，使河水经河床以外的临时泄水道或永久泄水建筑物下泄。主体工程建成或接近建成时，再将临时泄水道封堵。

这种导流方式在大湖泊出口处建设闸坝时，有可能只筑上游围堰，将施工期间的全部来水拦蓄于湖泊中。又如在坡降很大的山区河道上，若泄水道出口的水位低于基坑所在河床的高程时，也无需再修建下游围堰。

全段围堰法导流按其泄水道类型有：

1. 隧洞导流

一般山区河流，河谷狭窄，两岸地形陡峻，山岩坚实，采用隧洞导流较为普遍（图1-4）。但由于隧洞的泄水能力有限，汛期洪水宣泄常另找出路，如允许基坑淹没或与其它

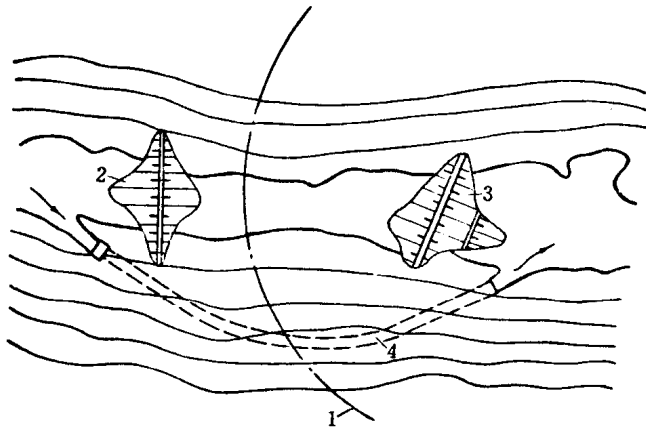


图 1-4 隧洞导流

1—水工建筑物轴线；2—上游围堰；3—下游围堰；4—导流隧洞

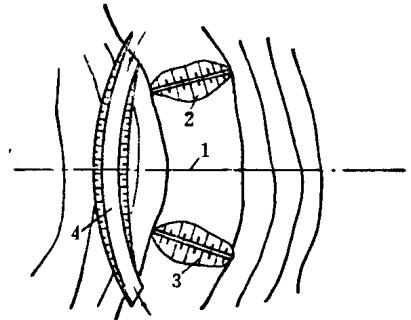


图 1-5 明渠导流

1—水工建筑物轴线；2—上游围堰；3—下游围堰；4—导流明渠

导流建筑物联合泄洪。隧洞是造价比较昂贵和施工比较复杂的建筑物，所以导流隧洞通常是结合永久隧洞统一布置，进行设计。条件不允许时，就需要专为导流而开挖隧洞，导流任务完成后，还需堵塞。

导流隧洞的布置，决定于地形、地质、枢纽布置以及水流条件等因素。具体要求和永久隧洞类似。但必须指出，为了提高隧洞单位面积的泄流能力，减小洞径，应注意改善隧洞的过流条件。隧洞进出口应与上下游水流相衔接，与河道主流的交角以 30° 左右为宜；隧洞最好布置成直线，若有弯道，其转弯半径以大于 5 倍隧洞直径为宜，否则，因离心力作用会产生横波，或因流线折断而产生局部真空，影响隧洞泄流。隧洞进出口与上下游围堰之间要有适当距离，一般宜大于 50 米，以防隧洞进出口水流冲刷围堰的迎水面。如官厅水库洞口离截流围堰太近，堰体防渗层受进洞主流冲刷，致使两次截流闭气未获成功。一般导流临时隧洞，若地质条件良好，多不作专门衬砌。为降低糙率，应推广光面爆破，以提高泄量，降低隧洞造价。一般说，糙率 n 值减小 7~15%，可使隧洞造价降低 2~6%。

2. 明渠道导流

明渠道导流（图 1-5）是在河岸或河滩上开挖渠道，在基坑上下游修筑围堰，河水经渠道下泄。所以它一般适用于岸坡平缓或有宽广滩地的平原河道上。如果当地有老河道可利用或工程修建在河流的弯道上时，可裁弯取直开挖明渠。在这种情况下，采用明渠道导流，比较经济合理。

布置导流明渠，一定要保证水流顺畅，泄水安全，施工方便，缩短渠线，减少工程量。

明渠进出口布置要平顺，其水流与原河道主流的交角不宜过陡，一般以 30° 左右为宜。

为保证水流顺畅，明渠转弯半径还不应小于 5 倍渠道底部宽度。

为避免渠道进出口水流冲刷上下游围堰的迎水坡，其进出口与上下游围堰的距离一般以 50~100 米为宜。此外，为减少渠中的水流向基坑内入渗，明渠水面到基坑水面之间的最短距离应大于 $(2.5\sim 3.0)H$ 为宜， H 为明渠水面与基坑水面的高差，以米计。

为了施工运用上的方便，往往希望将明渠布置在一岸，避免两岸布置。否则泄水时会

产生水流干扰；也会影响基坑与岸上的交通联系。

必须指出，一般设计明渠时，特别是在岩层中开挖的明渠，往往对糙率 n 值估计偏低，因而影响泄流量，这关系到整个工程导流能否顺利进行，需要认真对待。例如柘溪水电站采用明渠导流，设计导流流量是2700立方米/秒，但实际只能宣泄2100立方米/秒。因为设计的糙率 n 为0.03，而实测结果， n 为0.037~0.042。为结合实际，采用大型明渠时应进行模型试验。

3. 涵管导流

涵管导流一般在修筑土坝、堆石坝等工程中采用。

涵管通常布置在河岸岩滩上，其位置常在枯水位以上，可在枯水期不修围堰或只修一小围堰，先将涵管建好，然后再修上、下游全段围堰，将河水引经涵管下泄，如图1-6所示。

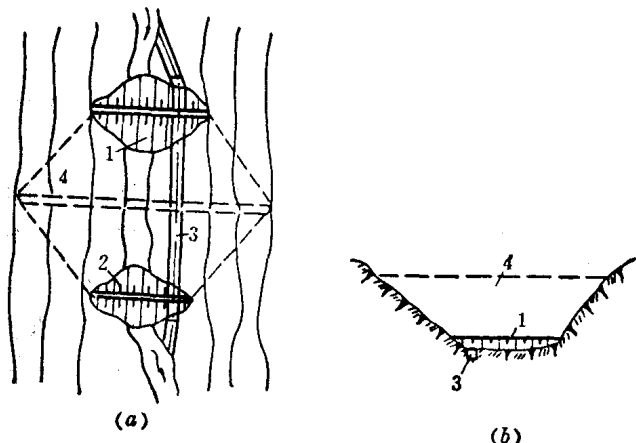


图 1-6 涵管导流

(a)平面图；(b)上游立视图

1—上游围堰；2—下游围堰；3—涵管；4—坝体

涵管一般是钢筋混凝土结构。当有永久涵管可资利用或修建隧洞有困难的情况下，采用涵管导流是合理的。在某些情况下，可在建筑物岩基中开出一条沟槽，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。

必须指出，为了防止涵管外壁与坝身防渗体之间发生渗流，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填料的压实质量。涵管管身的温度缝或沉陷缝中的止水也须认真修筑。

以上按分段围堰法和全段围堰法分别介绍了施工导流的几种基本方法。而在实际工程中，由于枢纽布置和建筑物型式不同以及施工条件的不同，必须灵活运用，进行恰当的组合，才能比较合理地解决一个工程在整个施工期间的施工导流问题。

底孔和坝体缺口泄流，并不只适用于分段围堰法导流，在全段围堰法中后期导流时，也常有应用；隧洞和涵管泄流，同样并不只适用于全段围堰法导流，在分段围堰法中后期导流时，也常有应用。因此，在选择一个工程的导流方法时，必须因时因地制宜，绝不能机械地套用。

另外，实际工程中所采用的导流方法和泄水建筑物的型式，除了上面提到的以外，还可以有其它多种型式。例如当选定的泄水建筑物不能全部宣泄施工期间的洪水时，可以允许围堰过水，采用淹没基坑的导流方法，这在山区河道，水位暴涨暴落的条件下，往往是比较经济合理的；在平原河道河床式电站枢纽中，利用电站厂房导流；在有船闸的枢纽

中，利用船闸闸室导流；在小型工程中，如果导流设计流量比较小，可以穿过基坑架设渡槽来宣泄施工流量等等，这里就不一一列举了。

第二节 围堰工程

围堰是导流工程中的临时挡水建筑物，用来围护施工中的基坑，保证水工建筑物能在干地施工。在导流任务完成以后，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。

水利水电工程施工中经常采用的围堰，按其所使用的材料，可以分为：①土石围堰；②草土围堰；③钢板桩格型围堰；④木笼围堰；⑤混凝土围堰等。

按围堰与水流方向的相对位置，可以分为：横向围堰和纵向围堰。

按导流期间基坑淹没条件，可以分为：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。

选择围堰型式时，必须根据当时当地具体条件，在满足下述要求的原則下，通过技术经济比较加以选定。对围堰的基本要求是：

- 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、维护和拆除都方便。
- 3) 围堰的布置应力求使水流平顺，不发生严重的局部冲刷。
- 4) 围堰的接头和与岸边联结都要安全可靠，不致因集中渗漏等破坏作用而引起围堰失事。
- 5) 在必要时，应设置抵抗冰凌、船筏的冲击和破坏的设施。

一、围堰的基本型式及构造

1. 土石围堰

土石围堰是水利水电工程中采用得最为广泛的一种围堰型式，如图1-7所示。它能充分利用当地材料或废弃的土石方，构造简单，施工方便，可以在流水中、深水中、岩基上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40.1厘米，为堰高的1.75%，一般为0.8~1.5%。此外，除非采取特殊措施，一般不允许堰顶过水，所以汛期应有防护措施。

2. 草土围堰

草土围堰是一种草土混合结构，多用捆草法修建，是我国劳动人民长期与水作斗争所创造的有效办法。远在两千多年以前，草土围堰就已广泛使用于宁夏引黄灌渠的取水工程上。至今黄河流域的渠道春修堵口工程中，仍被广泛地采用。近年来，黄河中、上游的青铜峡、盐锅峡等水利水电工程也都采用过草土围堰，其断面见图1-8。

草土围堰的施工方法如图1-9所示。先将两束直径约0.3~0.7米，长约1.2~1.8米的草束用草绳扎成一捆，并将草绳留出足够的长度。堰体由河岸开始修筑。首先沿河岸在围堰整个宽度范围内分层铺设草捆。铺草捆时应将草绳拉直放在岸上，以便与后铺的草捆互

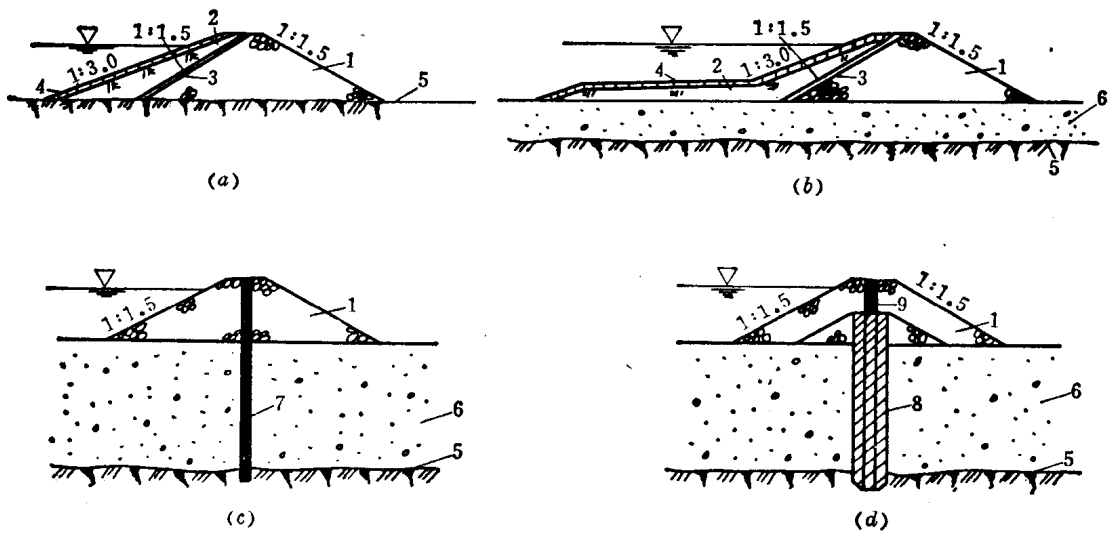


图 1-7 土石围堰

(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—粘土斜墙、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—粘土心墙

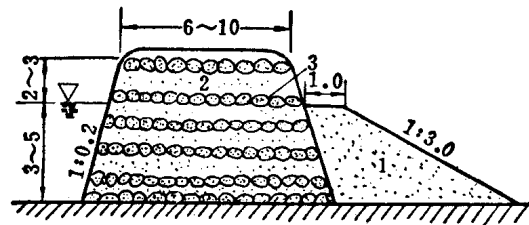


图 1-8 草土围堰断面
(单位: 米)

1—散土, 2—土料, 3—草捆

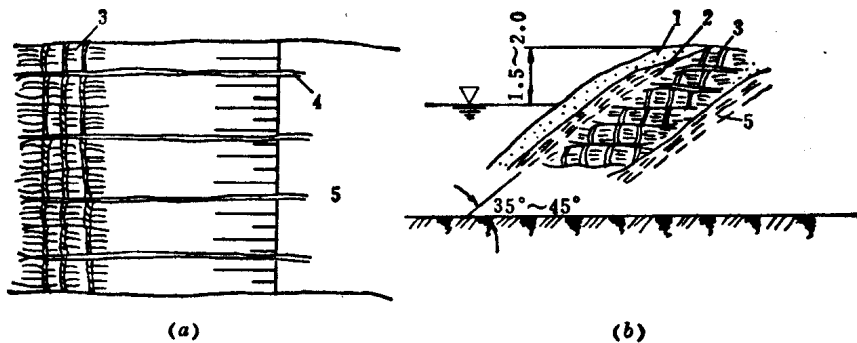


图 1-9 草土围堰施工示意图
(单位: 米)

(a)围堰进占平面图, (b)围堰进占纵断面图

1—粘土, 2—散草, 3—草捆, 4—草绳, 5—河岸线或堰体