

中央财政支持专业提升服务能力项目课程建设

水利工程施工技术

—— 专项施工篇

主 编 张海文 刘春鸣
副主编 杨林林 王向英
主 审 钟彩军



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

中央财政支持专业提升服务能力项目课程建设

水利工程施工技术

——专项施工篇

主 编 张海文 刘春鸣
副主编 杨林林 王向英
主 审 钟彩军



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是北京农业职业学院水利工程施工技术专业中央财政支持专业提升服务能力项目课程建设系列教材之一。《水利工程施工技术》分为基础工种篇与专项施工篇两册，该书是《水利工程施工技术——专项施工篇》，内容以目前水利工程中常见的专项施工技术为主。

本书分为七个学习单元，分别讲述了施工导流与截流、地基开挖与处理、混凝土坝施工、土石坝施工、渠系建筑物施工、地下隧洞施工、管道工程施工等内容。各个学习情境以施工流程为主线展开叙述，图文并茂，突出实践技能的培养。

本书可作为职业院校水利类专业教材，也可作为相关专业企业人员的培训教材或参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

水利工程施工技术. 专项施工篇 / 张海文, 刘春鸣
主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2014. 2
中央财政支持专业提升服务能力项目课程建设
ISBN 978-7-5170-1420-1

I. ①水… II. ①张… ②刘… III. ①水利工程—工
程施工—高等职业教育—教材 IV. ①TV52

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第277058号

| | |
|------|---|
| 书 名 | 中央财政支持专业提升服务能力项目课程建设 水利工程施工技术——专项施工篇 |
| 作 者 | 主编 张海文 刘春鸣 副主编 杨林林 王向英 主审 钟彩军 |
| 出版发行 | 中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部) |
| 经 售 | 北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点 |
| 排 版 | 中国水利水电出版社微机排版中心 |
| 印 刷 | 北京纪元彩艺印刷有限公司 |
| 规 格 | 184mm×260mm 16开本 16.25印张 385千字 |
| 版 次 | 2014年2月第1版 2014年2月第1次印刷 |
| 印 数 | 0001—3000册 |
| 定 价 | 36.00元 |

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

编 审 人 员 名 单

主 编 张 海 文 刘 春 鸣

副 主 编 杨 林 林 王 向 英

参 编 赵 海 艳 郭 俊 峰

主 审 钟 彩 军



前 言

本书是北京农业职业学院水利工程施工技术专业中央财政支持专业提升服务能力项目课程建设系列教材之一。该教材以“项目导向，工学结合”为特色，打破了传统的学科知识体系，以实际工作任务为知识载体，以实际工作流程为依据，将灌输式教学转换为工作情景教学，提高了学习的兴趣，并注重工作过程技术能力的培养和经验性知识的积累。

《水利工程施工技术》是水利工程施工技术专业的一门专业核心课程，是从事水利工程建设工作必备的知识与技能，是水利工程施工技术专业学生走向工作岗位应具备的核心能力。《水利工程施工技术——专项施工篇》以目前水利工程中常见的专项施工方法为主。全书共有七个学习单元，依次是施工导流与截流、地基开挖与基础处理、混凝土坝施工、土石坝施工、渠系建筑物施工、地下隧洞施工、管道工程施工。

本书采用大量的工程施工场景图片、表格等进行直观形象展示，具有较强的生动性，能够提高更好的教学或自学效果。本书在各个单元内容中，采用项目化教学方法，提出问题，按工程流程进行相关知识内容的叙述，培养学生和读者运用所学知识分析和解决工程实际问题的能力。

本书由北京农业职业学院张海文和刘春鸣担任主编，北京通成达水务建设有限公司钟彩军担任主审。书中学习情境一由张海文编写，学习情境二由刘春鸣编写，学习情境三由杨林林编写，学习情境四由赵海艳编写，学习情境五由张海文编写，学习情境六由王向英编写，学习情境七由张海文和郭俊峰共同编写，其中工作任务一和工作任务二由张海文完成，工作任务三和工作任务四由郭俊峰完成。

本书在编写过程中，北京金河水务建设有限公司宣理华、北京新港永豪水务工程有限公司高德军等提出了有益建议并提供了大力支持，对其他给予

本书编写提供帮助的人员及本书所引用文献资料的作者在此一并表示感谢。由于时间仓促，作者水平有限，难免存在不足，恳请读者与同行专家批评指正。

编者

2013年6月

目 录

前言

| | |
|-----------------------|----|
| 学习情境一 施工导流与截流 | 1 |
| 工作任务一 施工导流 | 1 |
| 一、施工导流方法选择 | 2 |
| 二、围堰施工 | 10 |
| 工作任务二 截流施工 | 17 |
| 一、截流方法选择 | 18 |
| 二、截流材料选择 | 20 |
| 三、基坑排水 | 21 |
| 技能训练题 | 25 |
| 学习情境二 地基开挖与处理 | 27 |
| 工作任务一 岩基明挖 | 27 |
| 一、爆破方法选择 | 27 |
| 二、爆破施工 | 38 |
| 工作任务二 岩基灌浆 | 43 |
| 一、岩基固结灌浆 | 45 |
| 二、岩基帷幕灌浆 | 54 |
| 工作任务三 砂砾石地基灌浆 | 60 |
| 一、砂砾石地基可灌性评价 | 60 |
| 二、砂砾石地基灌浆施工 | 61 |
| 工作任务四 地下防渗墙施工 | 63 |
| 工作任务五 高压喷射灌浆施工 | 67 |
| 一、高压喷射灌浆设备及材料选择 | 68 |
| 二、高压喷射灌浆施工 | 71 |
| 技能训练题 | 75 |
| 学习情境三 混凝土坝施工 | 76 |
| 工作任务一 混凝土生产 | 76 |
| 一、砂石骨料生产 | 77 |
| 二、常态混凝土拌和楼生产 | 83 |
| 工作任务二 混凝土运输浇筑 | 86 |

| | |
|----------------------------|------------|
| 一、混凝土运输 | 86 |
| 二、混凝土浇筑 | 95 |
| 工作任务三 混凝土质量控制 | 101 |
| 一、混凝土缺陷管理 | 101 |
| 二、混凝土温度控制与分缝分块 | 103 |
| 工作任务四 碾压混凝土坝施工 | 108 |
| 一、碾压混凝土原材料及配合比 | 108 |
| 二、碾压混凝土拌和及运输 | 109 |
| 三、碾压混凝土浇筑施工 | 109 |
| 四、碾压混凝土温度控制 | 111 |
| 技能训练题 | 112 |
| 学习情境四 土石坝施工 | 113 |
| 工作任务一 碾压式土石坝施工 | 114 |
| 一、土石坝料场规划及挖运 | 115 |
| 二、土方压实试验 | 118 |
| 三、坝体填筑及质量控制 | 122 |
| 四、土石坝冬季雨季施工 | 127 |
| 工作任务二 面板堆石坝施工 | 128 |
| 一、面板堆石坝坝体分区、材料及质量要求 | 129 |
| 二、填筑工艺及质量控制 | 130 |
| 三、钢筋混凝土面板分块和浇筑 | 132 |
| 四、沥青混凝土面板施工 | 134 |
| 技能训练题 | 135 |
| 学习情境五 渠系建筑物施工 | 136 |
| 工作任务一 水闸施工 | 136 |
| 一、混凝土分缝分块与浇筑顺序 | 137 |
| 二、闸底板施工 | 138 |
| 三、闸墩与胸墙施工 | 140 |
| 四、止水与填料施工 | 142 |
| 五、门槽二期混凝土施工 | 144 |
| 工作任务二 装配式渡槽施工 | 146 |
| 一、渡槽构件预制 | 146 |
| 二、渡槽吊装施工 | 147 |
| 工作任务三 橡胶坝施工 | 149 |
| 一、坝袋加工制造 | 149 |
| 二、橡胶坝基础施工 | 153 |
| 三、橡胶坝控制、安全和观测系统施工 | 162 |

| | |
|---------------------------|------------|
| 四、坝袋安装 | 165 |
| 工作任务四 模袋护坡施工 | 169 |
| 一、模袋法分类及应用 | 170 |
| 二、模袋施工 | 171 |
| 技能训练题 | 177 |
| 学习情境六 地下隧洞施工 | 178 |
| 工作任务一 隧洞开挖方法选择 | 178 |
| 一、平洞的施工方法 | 178 |
| 二、竖井、斜井和斜洞的施工方法 | 180 |
| 三、钻孔爆破法开挖 | 182 |
| 四、掘进机开挖 | 187 |
| 工作任务二 隧洞衬砌与灌浆施工 | 188 |
| 工作任务三 隧洞锚喷支护 | 192 |
| 技能训练题 | 199 |
| 学习情境七 管道工程施工 | 200 |
| 工作任务一 管沟开挖与回填 | 200 |
| 一、土壤分类及工程性质 | 200 |
| 二、管沟开挖准备 | 202 |
| 三、管沟开挖 | 204 |
| 四、管沟支撑 | 208 |
| 五、管沟回填 | 209 |
| 工作任务二 管道安装 | 210 |
| 一、钢管安装 | 210 |
| 二、塑料管道安装 | 220 |
| 三、预应力混凝土管道安装 | 226 |
| 工作任务三 管道水压试验与冲洗消毒 | 231 |
| 一、管道水压试验 | 231 |
| 二、管道冲洗消毒 | 234 |
| 工作任务四 顶管施工 | 235 |
| 一、顶管施工技术基本概念 | 235 |
| 二、顶管施工分类及特点 | 238 |
| 三、人工挖土顶管法施工 | 239 |
| 四、泥水式顶管施工 | 245 |
| 五、穿刺顶管法 | 249 |
| 六、水力冲刷顶管法 | 250 |
| 技能训练题 | 250 |
| 参考文献 | 251 |

学习情境一 施工导流与截流

【知识目标】

能陈述施工导流的基本方法及适用条件；掌握围堰的平面布置；掌握截流的方式、截流时间、截流材料；熟悉基坑排水的方法。

【能力目标】

会进行导流方案的选择；会进行围堰的平面布置；会进行截流方法选择；会进行基坑排水方法的选择。

水利水电工程施工大都是在大小江河等地区进行，其中相当一部分建筑物位于河床中，而修建这些建筑物又必须要创造干地施工的条件，为了解解决好此矛盾，就需要在河床中修筑围堰围护基坑，并将河道中各时期的上游来水量按预定的方式导向下游，这就是施工导流。当导流泄水建筑物建成后，应抓住有利时机，迅速截断原河床水流，迫使河水经已建成的导流泄水建筑物下泄，然后在河床中全面展开主体建筑物的施工，这就是截流工程。

水利水电工程中的施工导流与截流工作非常重要，在工程施工中导流一直贯穿始终，它是水利水电枢纽总体施工的重要部分。施工导流方案的正确选择，直接影响到工程成本和施工进度。

工作任务一 施 工 导 流

【引例】 某水利枢纽工程的导流截流工程。该水利枢纽工程为中型工程。水库总库容 0.83 亿 m^3 ，最大坝高 124.5m。工程由拦河坝、表孔溢洪洞、底孔泄洪、冲沙、放空洞、发电引水洞、地面厂房及电站尾水渠等组成。

坝址处河谷呈不对称的 V 形。现代河床位于河谷右岸，宽 20~40m。右岸山体雄厚，部分基岩裸露，自然边坡 $40^\circ\sim 50^\circ$ ，河床岸坡陡，为 $60^\circ\sim 80^\circ$ ，基岩裸露；左岸为宽 300~500m 的三级阶地面。

根据当地水文站系列统计结果，径流年内分布不均，6~8 月水量约占全年的 67%，5~9 月水量占全年约 80%，1~3 月水量占全年约 7%，10~12 月水量占全年的 9%。主汛期在 6~8 月，9 月底基本上就进入了枯水期，到第二年 4 月随着气温的回升，流量开始增大。

主要建筑物有面板堆石坝、底孔泄洪冲沙放空洞、表孔溢洪洞、发电引水洞和电站厂房。拦河坝、表孔溢洪洞、底孔泄洪、冲沙、放空洞为 2 级，发电引水洞、发电厂房、尾



水洞为3级，导流建筑物级别为4级。

由于坝址处河谷狭窄，现代河床宽20~40m，采用河床一次断流，上下游各设横向围堰挡水，在河道右岸山体中开挖隧洞进行导流。

本工程中，导流建筑物由导流洞、上下游围堰组成。导流洞洞身长404.8m，城门洞形，设计洞径6.0m×7.5m，中心角120°，纵坡3.45%；上游围堰采用土石围堰，堰体采用石渣料填筑。最大堰高为13m，堰顶宽10.0m，迎水面坡1:2.25，背水面坡1:1.5，结合当地气候条件、堰体填筑材料来源等因素，堰体防渗选用土工膜心墙防渗形式。下游围堰设计形式与上游围堰相同，最大堰高6.5m，堰顶宽度10.0m。

一、施工导流方法选择

河床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泄向下游。

施工导流的方法大体上分为两类：一类是全段围堰法导流，另一类是分段围堰法导流。

（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一定距离各建一道拦河围堰，使上游来水通过预先修筑的泄水建筑物（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。有时可利用水利枢纽中的永久泄水建筑物进行导流，可以节约工程投资。

全段围堰法按泄水建筑物的类型不同可分为明渠道流、隧洞导流、涵管导流等。

1. 明渠道流

上、下游围堰与河道的左岸及右岸合围形成基坑，保护主体建筑物在干地上进行施工，天然河道水历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道流。

（1）明渠道流的适用条件。具备下列条件之一者，可考虑采用明渠道流。

1) 坝址河床较窄，或河床覆盖层很深，分期导流困难。

2) 河床一岸有较宽的台地、垭口或古河道。

3) 导流流量大，地质条件不适于开挖导流隧洞。

4) 施工期有通航、排冰、过木要求。

5) 总工期紧，不具备挖洞经验和设备。

工程实践经验，在导流方案比较过程中，如果明渠道流和隧洞导流均可采用，一般优先采用明渠道流，因为明渠开挖可采用大型设备，能加快施工进度，对主体工程提前开工有利。而且有利于施工期间河道通航、过木和排冰需要。

（2）导流明渠布置。导流明渠布置在左岸右岸都可以，具体视两岸地形情况适当布置，如图1-1、图1-2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；明渠轴线要伸出上下游围堰外坡

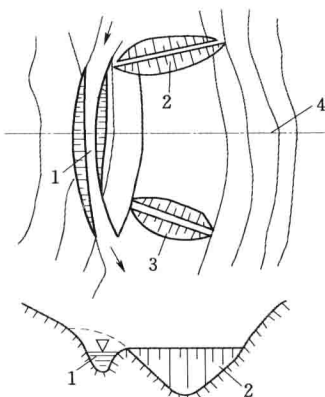


图1-1 明渠导流示意图

1—导流明渠；2—上游围堰；

3—下游围堰；4—坝轴线

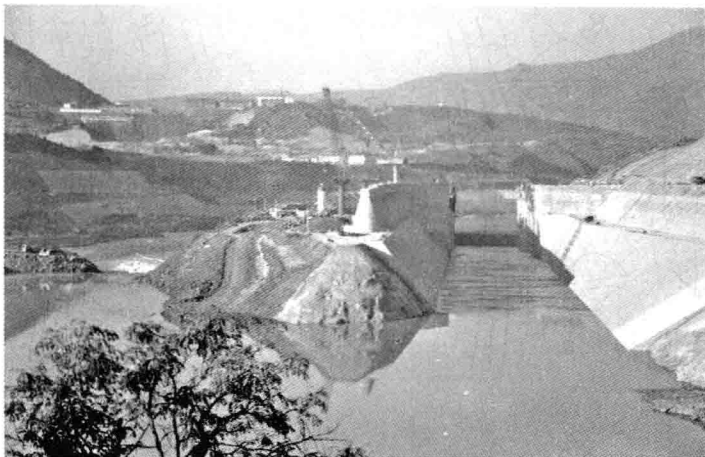


图 1-2 观音岩电站右岸导流明渠

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衔接，与河道主流的交角以 30° 为宜；为保证水流畅通，明渠转弯半径应大于 5 倍渠底宽度；明渠轴线布置应尽可能缩短明渠长度和避免深挖方。

2) 明渠进出口位置和高程的确定。明渠进出口力求做到不冲刷、不淤积和不产生回流，其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，应尽可能抬高进出口高程，以减少水下开挖工程量。

(3) 导流断面。

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不同目的，也有设计成复式梯形断面的。

3) 明渠可通过衬砌的材料选择、开挖的方法、渠底的平整度等方面控制糙率。

(4) 明渠封堵。导流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缺口使二者联合泄流。

2. 隧洞导流

上、下游围堰与河道的左岸及右岸合围形成基坑，保护主体建筑物在干地上进行施工，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 1-3、图 1-4 所示。

隧洞布置一般应满足以下条件：

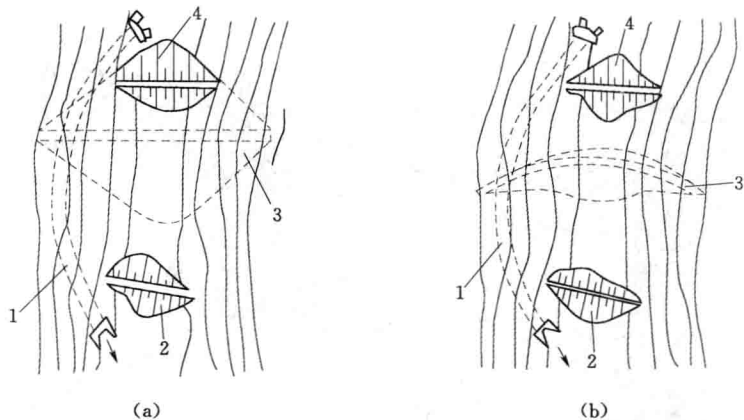


图 1-3 导流隧洞的布置示意图

(a) 土石坝枢纽导流隧洞；(b) 混凝土拱坝枢纽导流隧洞
1—导流隧洞；2—下游横向围堰；3—主坝；4—上游横向围堰

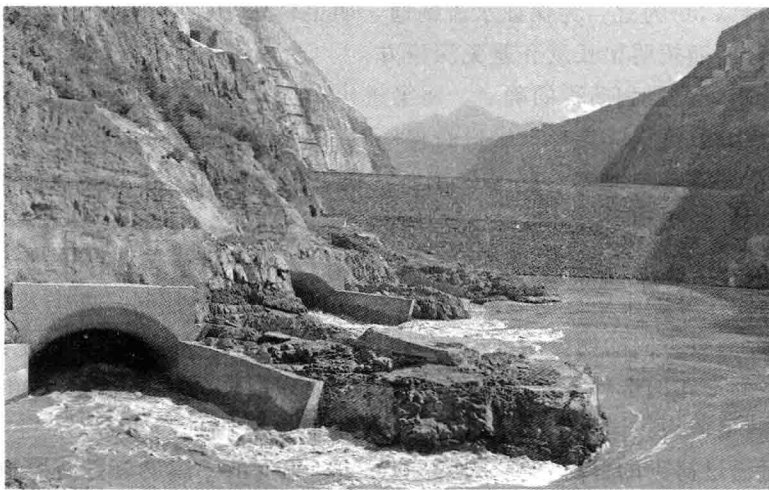


图 1-4 溪洛渡电站某导流洞进水口

- 1) 隧洞沿线地质条件良好，能够保证隧洞施工安全及运行安全。
- 2) 隧洞轴线宜按直线布置，如有转弯，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，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) 隧洞与永久建筑物间距、隧洞间净距、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，应避免形成反坡。



(3) 导流隧洞断面形式。隧洞断面与明渠导流相似，其尺寸的大小，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。

隧洞断面形式取决于地质条件、隧洞工作状况（有压或无压）及施工条件，常用断面形式有圆形、城门洞形、马蹄形，如图 1-5 所示。圆形多用于高水头处或有压隧洞，城门洞形有利于截流和施工，马蹄形多用于地质条件不良处，国内外导流隧洞采用城门洞形较多。

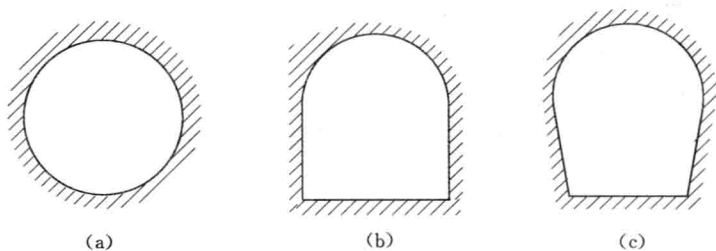


图 1-5 隧洞断面形式

(a) 圆形；(b) 城门洞形；(c) 马蹄形

洞身设计中，糙率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。一般情况下，隧洞爆破开挖时，可采用光面爆破技术控制开挖轮廓质量，可以对隧洞进行内部衬砌等方法来提高其过流能力。导流隧洞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，以利于节省工程投资。

3. 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小围堰而先将涵管筑好，然后再修上下游全断围堰，将河水引至涵管泄向下游，如图 1-6、图 1-7 所示。

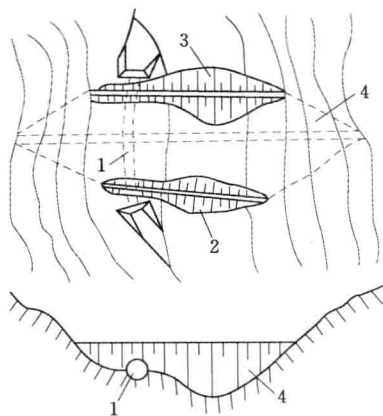


图 1-6 涵管导流示意图

1—导流涵管；2—下游围堰；3—上游围堰；4—土石坝



图 1-7 混凝土涵管



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，加以衬砌，然后封上混凝土或钢筋混凝土顶盖，形成涵管。由于涵管的泄水能力较低，一般用于导流流量较小的情况。

为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。

(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进行施工的方法。图 1-8 是一种常见的分段围堰法导流布置示意图。

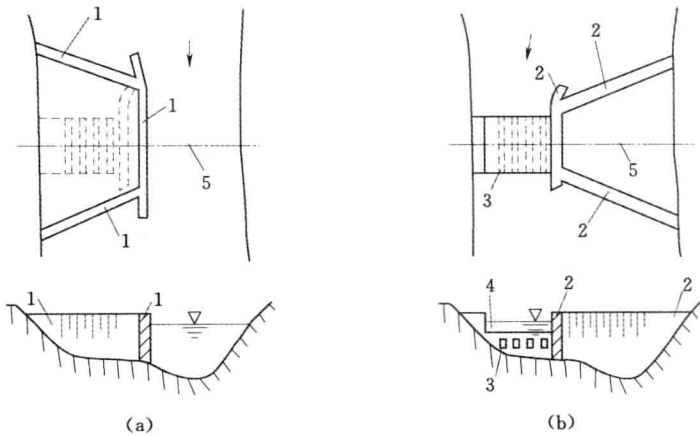


图 1-8 分段围堰导流布置示意图

(a) 一期导流；(b) 二期导流

1—一期围堰；2—二期围堰；3—导流底孔；4—坝体缺口；5—坝轴线

分段，就是沿着坝轴方向将河床分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若干阶段。如图 1-9 所示为导流分期和围堰分段的几种情况。一般情况，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。在工程实践中，二段二期导流法采用得最多。

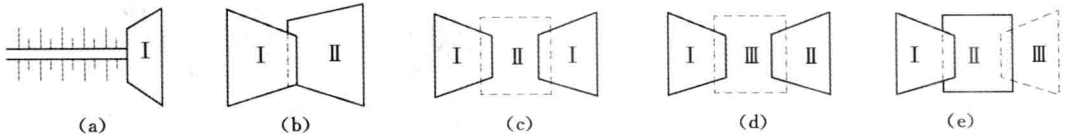


图 1-9 导流分期与围堰分段示意图

(a) 一段二期；(b) 二段二期；(c) 三段二期；(d) 三段三期；(e) 三段三期

I、II、III—施工分期

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，尤其适用于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道导流，常见泄水道的类型有底孔、缺口等。

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。如果是临时底孔，则在工程接近完工或需要蓄水时要加以封堵。底孔导流的布置型式如图 1-10、图 1-11 所示。

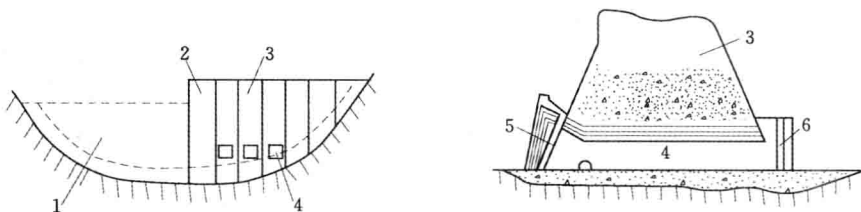


图 1-10 底孔导流布置

1—二期修建坝体；2—二期纵向围堰；3—已浇筑的混凝土坝体；4—底孔；
5—封闭闸门的门槽；6—出口封闭门槽

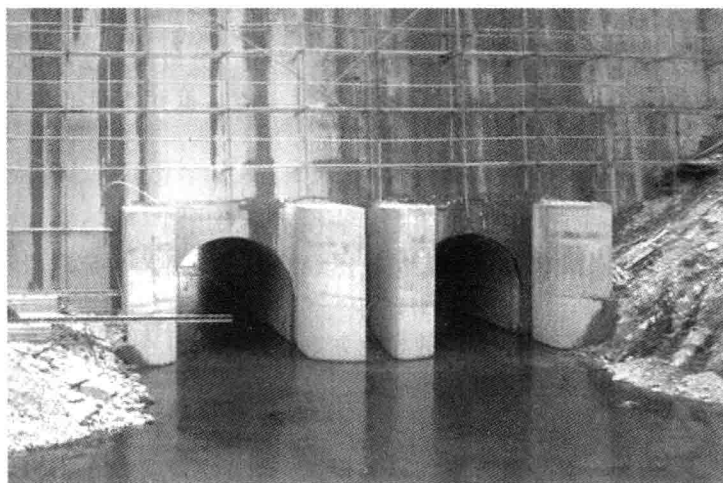


图 1-11 重力坝段导流底孔

采用临时底孔导流时，底孔尺寸在很大程度上取决于导流的任务（过水、过船和过鱼等），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等的要求。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，为了改善底孔四周的应力状况，也可采用有圆角的



矩形。

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，则更为理想。底孔导流的缺点是如果封堵质量不好，会削弱坝体的整体性，还有可能漏水；在导流过程中底孔

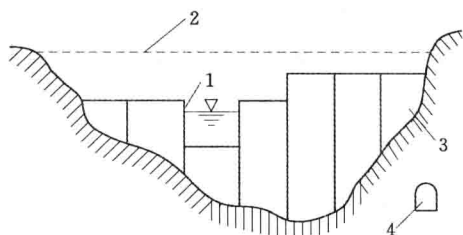


图 1-12 坝体缺口过水示意图

1—过水缺口；2—坝顶；3—坝体；4—导流隧洞

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. 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，在涨水时仍能继续施工，可以在未建成的坝体上预留缺口以便于泄水，如图 1-12 所示，待洪峰过后，上游水位回落，再继续修筑缺口。预留坝体缺口的尺寸

取决于导流设计流量、其他建筑物的泄水能力、建筑物的结构和施工条件。

在修建混凝土坝，特别是大体积混凝土坝时，这种导流方法比较简单，因此常被采用。

底孔导流和坝体缺口导流一般适用于混凝土重力坝。对于土石坝或非重力式混凝土坝枢纽，若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。

需要说明的是：底孔导流坝体缺口导流并不只适用于分段围堰法导流，在全段围堰法后期导流时，也可能采用；同样，隧洞导流和明渠导流，也并不只适用于全段围堰法导流，在分段围堰法后期导流时，也常有应用。

(三) 施工导流影响因素

水利水电枢纽工程的施工，从开工到完建往往不是采用单一的导流方法，而是几种导流方法组合起来配合运用的，以取得最佳的技术经济效益。不同导流时段不同导流方法的组合，通常就称为导流方案。

导流方案受多种因素的影响。合理的导流方案，应拟订几个可能的方案，进行技术经济比较，择优选择。选择导流方案时一般应考虑以下因素。

1. 地形条件

坝区附近的地形条件，对导流方案的影响很大。对于河床宽阔的河流，尤其在施工期间有通航、过木要求的情况下，宜采用分段围堰法导流，当河床中有天然岛或沙洲时，可采用分段围堰法导流，这样有利于导流围堰的布置，特别是纵向围堰的布置。在河段狭窄没有明渠导流条件，且两岸陡峻、山岩坚实的地区，宜采用隧洞导流，如图 1-13 所示。至于平原河道，河流的两岸或一岸比较平坦，或有河湾、老河道可以利用时，则宜采用明渠导流。

2. 水文条件

河流的流量大小、水位变化的幅度、全年流量的变化情况、枯水期的长短、汛期洪水的延续时间、冬季的流冰及冰冻情况等，均直接影响导流方案的选择。一般来说，对于河床单宽流量大的河流，宜采用分段围堰法导流。对于水位变化幅度大的山区河流，可采用