

Shuili Gongcheng  
Shigong Jishu

二级建造师继续教育培训教材

# Shuili Gongcheng Shigong Jishu



# 水利工程 施工技术

山东省二级建造师继续教育培训教材编委会 组织编写

苗兴皓 主编

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

二级建造师继续教育培训教材

# 水利工程施工技术

山东省二级建造师继续教育培训教材编委会 组织编写

苗兴皓 主 编

中国矿业大学出版社

## 内 容 提 要

本书根据《山东省二级注册建造师(水利水电工程专业)继续教育培训方案》、二级建造师的工作特点和山东省的实际情况编写。本书精选了水利工程中常用的施工技术,并介绍了部分新技术。全书共分七章,分别介绍了施工导流、水利工程地基处理、爆破工程、土石方工程、混凝土工程、水闸和渠系建筑物施工和水利工程除险加固等内容。

本书是二级建造师的培训教材,也可作为大中专院校相关专业的教学用书和从事水利水电工程技术人员参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

水利工程施工技术/苗兴皓主编. —徐州:中国矿业大学出版社,2008.3

. ISBN 978 - 7 - 81107 - 936 - 4

I. 水… II. 苗… III. 水利工程—工程施工—施工技术  
IV. TV52

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 011758 号

书 名 水利工程施工技术  
组织编写 山东省二级建造师继续教育培训教材编委会  
主 编 苗兴皓  
责任编辑 吴学兵  
出版发行 中国矿业大学出版社  
(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)  
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com  
排 版 中国矿业大学出版社排版中心  
印 刷 江苏淮阴新华印刷厂  
经 销 新华书店  
开 本 787×1092 1/16 印张 15.75 字数 393 千字  
版次印次 2008年3月第1版 2008年3月第1次印刷  
定 价 35.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

# 山东省二级建造师 继续教育培训教材编审委员会

主任委员	顾发全		
副主任委员	刁伟明	董林玉	王华杰
委 员	顾发全	刁伟明	董林玉
	王华杰	葛金平	王孝亮
	杨建武	王东升	李 军
	张尚杰	于文海	黄丽丽

# 《水利工程施工技术》 编委会

主    编    苗兴皓  
编写人员    苗兴皓    张云腾    王艳玲  
              肖立生    刘雅芬    薛振清  
              刁望利

## 出版说明

根据《中华人民共和国建筑法》、《建设工程质量管理条例》、《建设工程安全生产管理条例》和人事部、建设部印发的《建造师执业资格制度暂行规定》(人发[2002]11号)、《关于建造师资格相关科目专业类别调整有关问题的通知》(国人厅发[2006]213号)的规定,为了加强建设施工管理,提高工程技术人员、工程管理人员业务素质,规范施工管理行为,保证工程质量和施工安全,使我国建设事业向又好又快的方向发展,国家对从事建设项目总承包及施工管理的专业人员实行建造师执业资格制度。

为了尽快培养和建立一支懂法律、会管理、善经营和高水平的建造师队伍,我们受山东省建设厅执业资格注册中心委托,编写了二级建造师继续教育培训教材。在编撰过程中,我们本着理论联系实际,着重解决实际问题的能力,重点体现综合性、实践性、通用性和前瞻性。本套教材与中等学历相结合,与二级项目经理结合,与现行工程建设法律、法规及标准相结合,与中、小型规模工程建设需要相结合。

本套教材共有31分册,在知识体系上由公共课、专业必修课、专业选修课三部分组成。从专业领域上又进一步分为建筑工程、公路、市政、机电、水利共5个专业。

本套教材编撰者为大专院校、行政管理、行业协会和施工企业等方面的专家和学者,可以作为二级建造师继续教育培训用书,也可供工程类大专院校师生教学时参考。

在本套教材编写过程中,得到了山东省建设厅、山东省建管局、山东省水利厅、中国海洋大学、山东建筑大学、青岛理工大学、山东交通学院等单位的大力支持,在此表示衷心的感谢。

本套教材,虽经反复推敲核证,仍难免有疏漏之处,恳请广大读者提出宝贵意见。

山东省二级建造师继续教育培训教材编委会

2008年2月

# 前 言

本书根据《山东省二级注册建造师(水利水电工程专业)继续教育培训方案》编写,全书共分七章,即:第一章施工导流;第二章水利工程地基处理;第三章爆破工程;第四章土石方工程;第五章混凝土工程;第六章水闸和渠系建筑物施工;第七章水利工程除险加固。

建造师是以专业技术为依托、以工程项目管理为主的执业注册人士。水利工程施工技术的内容非常丰富,近20年我国水利工程施工技术发展也很快。由于受篇幅限制,本书不可能面面俱到,根据二级建造师的工作特点和山东省的实际情况,本书精选了工程中常用的施工技术,并对新技术进行了介绍。

参加本书编写的人员有山东大学苗兴皓、张云鹏、王艳玲;山东省水利科学研究院肖立生;山东省水利工程总公司刁望利;山东省水利厅刘雅芬。主编是山东大学苗兴皓。

在本书的编写过程中受到了山东省建设厅执业资格注册中心、山东省建筑工程管理局和山东省水利厅领导的大力支持。

对所有关心、支持本书编写的人员,在此一并表示衷心地感谢!

由于时间仓促,编者水平有限,缺点和错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

作 者

2007年9月

## 目 录

第一章 施工导流	1
第一节 施工导流概述	1
第二节 导流设计流量与导流方案的选择	7
第三节 截流工程	14
第四节 围堰工程	19
第五节 施工排水	22
第二章 水利工程地基处理	28
第一节 概述	28
第二节 岩基处理方法	30
第三节 混凝土防渗墙	38
第四节 旋喷灌浆	44
第三章 爆破工程	48
第一节 爆破的基本原理	48
第二节 爆破器材	54
第三节 爆破的基本方法	67
第四节 控制爆破	72
第五节 爆破施工安全技术	80
第四章 土石方工程	85
第一节 土石分级	85
第二节 土石方平衡与调配	87
第三节 石方开挖程序和方式	93
第四节 土方机械化施工	99
第五节 土石坝施工技术	107
第六节 堤防及护岸工程施工技术	118
第五章 混凝土工程	124
第一节 钢筋工程	124
第二节 模板工程	133



第三节	骨料的生产加工·····	142
第四节	混凝土的制备·····	149
第五节	混凝土的运输·····	155
第六节	混凝土的浇筑与养护·····	165
第七节	大体积混凝土的温度控制及混凝土的冬夏季施工·····	172
第八节	混凝土的质量控制要点·····	177
<b>第六章</b>	<b>水闸和渠系建筑物施工·····</b>	<b>179</b>
第一节	水闸施工技术·····	179
第二节	渠系主要建筑物的施工技术·····	200
第三节	渠道混凝土衬砌机械化施工·····	209
<b>第七章</b>	<b>水利工程除险加固·····</b>	<b>213</b>
第一节	概述·····	213
第二节	劈裂灌浆防渗施工技术·····	219
第三节	振冲加固·····	226
第四节	垂直铺塑防渗技术·····	231
<b>参考文献</b>	·····	<b>238</b>

# 第一章 施工导流

## 第一节 施工导流概述

### 一、施工导流的任务

在河流上修建水工建筑物时,施工期往往与通航、筏运、渔业、灌溉或水电站运行等水资源综合利用的要求发生矛盾。

水利水电工程整个施工过程中的施工导流,广义上说可以概括为采取“导、截、拦、蓄、泄”等工程措施,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,把水流全部或部分导向下游或拦蓄起来,以保证水工建筑物的干地施工或在施工期不受影响或尽可能提高施工期水资源的综合利用。

施工导流设计的任务是:① 根据水文、地形、地质、水文地质、枢纽布置及施工条件等基本资料,选择导流标准,划分导流时段,确定导流设计流量;② 选择导流方案及导流建筑物的形式;③ 确定导流建筑物的布置、构造及尺寸;④ 拟定导流建筑物的修建、拆除、堵塞的施工方法以及截流、拦洪度汛和基坑排水等措施。

### 二、施工导流的概念

施工导流就是在河流上修建水工建筑物时,为了使水工建筑物在干地上进行施工,需要用围堰围护基坑,并将水流引向预定的泄水通道往下游宣泄。

### 三、施工导流的基本方法

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,水流通过被束窄的河床、坝体底孔、缺口或明槽等向下游宣泄;另一类是全段围堰法,水流通过河床以外的临时或永久隧洞、明渠或涵管等向下游宣泄。

除了以上两种基本导流形式以外,在实际工程中还有许多其他导流方式。例如,当泄水建筑物不能全部宣泄施工过程中的洪水时,可采用允许基坑被淹的导流方法,在山区性河流上,水位暴涨暴落,采用此方法可能比较经济;有的工程利用发电厂房导流;在有船闸的枢纽中,利用船闸闸室进行导流;在小型工程中,如果导流设计流量较小,可以穿过基坑架设渡槽来宣泄导流等。

#### 1. 分段围堰法导流

##### (1) 基本概念

分段围堰法(也称分期围堰法)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。如图 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,河水由左岸束窄的河床向下游宣泄。在修建一期工程时,为使水电站、船闸等早日投入运行发挥效

益,满足初期发电和施工的要求,应优先安排水电站、船闸的施工,并在建筑物内预留导流底孔或缺口,以满足后期导流。到第二期工程施工时,河水经过底孔或缺口等向下游宣泄。对于临时底孔,在工程接近完工或需要时要加以封堵。图 1-2 至图 1-4 所示为三峡水利枢纽施工导流布置图。

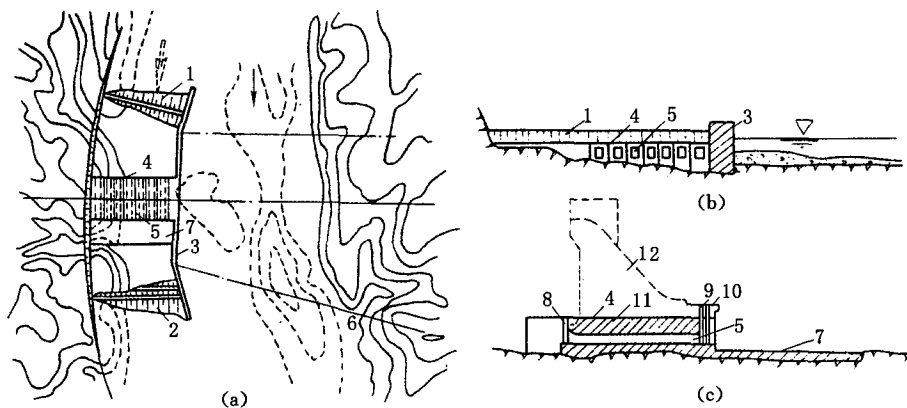


图 1-1 分段围堰法导流

(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——二期下游横向围堰; 3——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——已浇注的混凝土坝体; 12——未浇注的混凝土坝体

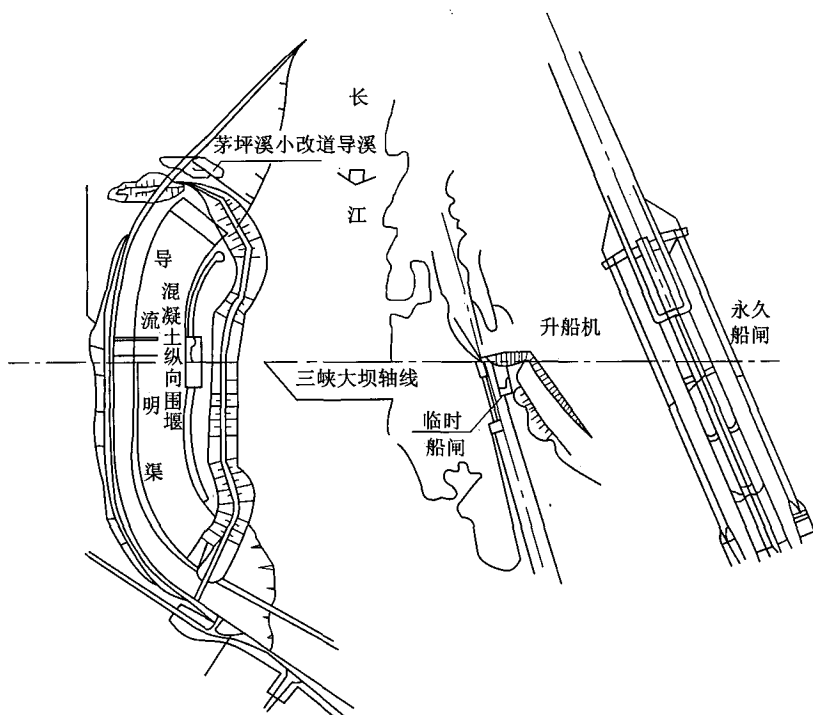


图 1-2 三峡水利枢纽一期工程施工导流布置图

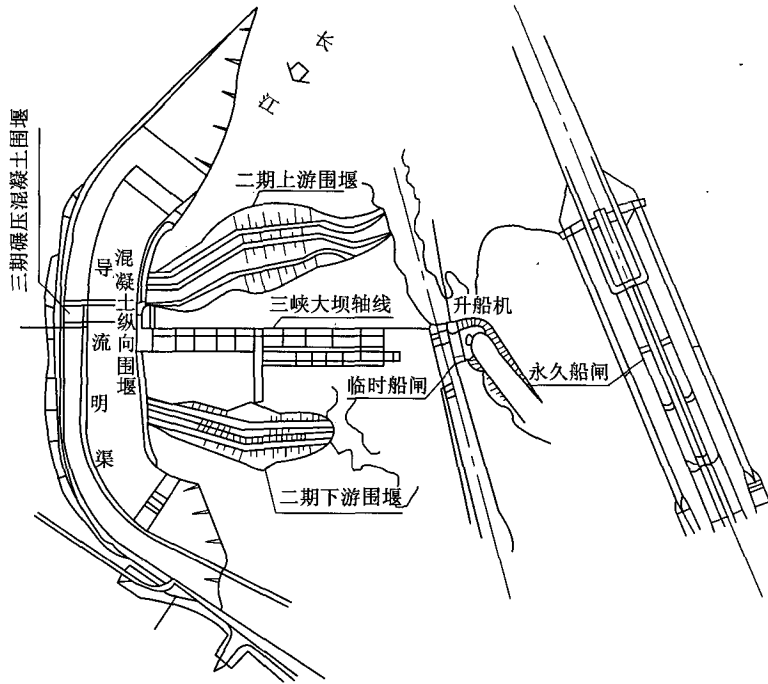


图 1-3 三峡水利枢纽二期工程施工导流布置图

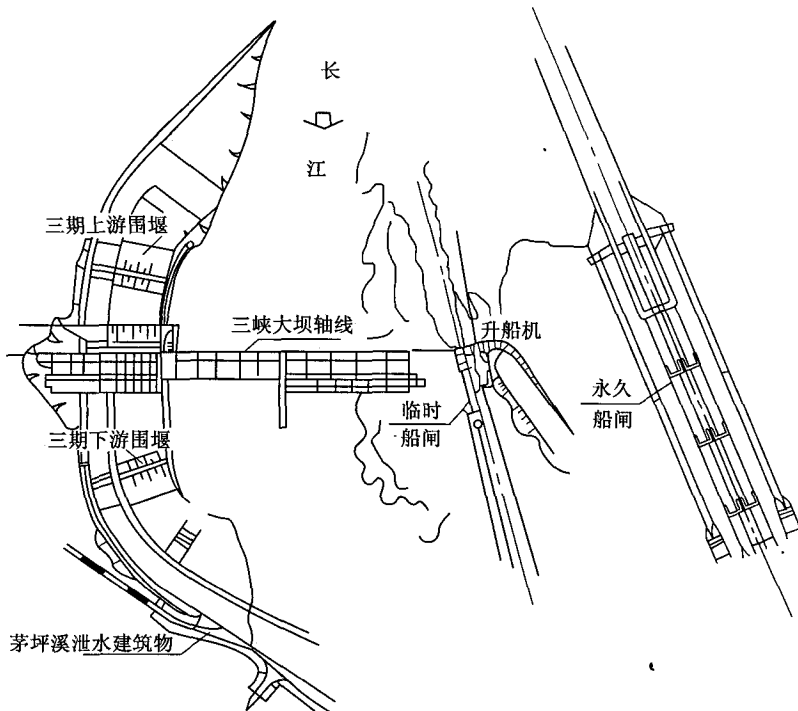


图 1-4 三峡水利枢纽三期工程施工导流布置图

## (2) 分段与分期的概念

所谓分段就是在空间上用围堰将建筑物分成若干施工段进行施工。所谓分期就是在时间上将导流分为若干时期。如图 1-5 所示为导流分段和分期的几种情况。段数分得越多,围堰工程量越大,施工也越复杂;同样,施工期数分得越多,工期可能拖得越长。因此,在工程实践中应合理地选择施工分段和分期,二段二期导流方案采用得最多。

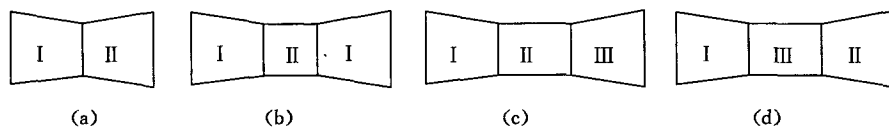


图 1-5 导流分期与围堰分段示意图

(a) 两段二期; (b) 三段二期; (c)、(d) 三段三期

## (3) 导流程序

施工前期水流通过被束窄的河床向下游宣泄,施工后期水流通过预留的泄水通道或永久建筑物向下游宣泄。

后期泄水方式包括坝体底孔、缺口、明渠等。

采用底孔导流时,应事先在混凝土坝体内修好临时底孔或永久底孔,导流时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。如是临时底孔,则在工程接近完工或需要蓄水时加以封堵。这种方法在分段分期修建混凝土坝时用得较为普遍。临时底孔的断面多采用矩形,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。底孔导流的优点是挡水建筑物上部的施工不受水流干扰,有利于均衡连续施工,这对修建高坝特别有利。

坝体缺口导流,是指在混凝土坝施工过程中,汛期河水暴涨暴落,其他导流建筑物不足以宣泄全部导流流量时,为了不影响施工进度,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,以便配合其他导流建筑物宣泄洪峰流量,待洪峰过后,上游水位回落,再继续修建缺口部分。

## (4) 纵向围堰位置的选择和河床束窄度的确定

在分段围堰法导流中,纵向围堰位置的选择,即河床束窄度的确定是关键问题之一。

纵向围堰位置的选择应考虑如下因素:

① 束窄河床流速满足施工期通航、筏运、围堰和河床防冲刷等要求,不能超过允许流速。

② 各段主体工程的工程量、施工强度比较均衡。

③ 便于布置后期导流的泄水建筑物,不致使后期围堰过高或截流落差过大,造成截流困难。

④ 结合永久建筑物布置,尽量利用永久建筑物的导墙、隔离体等。

⑤ 地形条件。

束窄河床的允许流速,一般取决于围堰及河床的抗冲刷允许流速,但在某些情况下,也可以允许河床被适当刷深,或预先将河床挖深、扩宽,采取防冲措施。在通航的河道上,束窄河段的流速、水面比降、水深及河宽等还应与当地通航部门共同协商研究来确定。

河床束窄度可用下式来表示：

$$K = \frac{A_2}{A_1} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中  $K$ ——河床束窄程度，简称束窄度；

$A_1$ ——原河床的过水面积， $m^2$ ；

$A_2$ ——围堰和基坑所占的过水面积， $m^2$ 。

国内外一些工程的取值范围在 40%~70% 之间。

束窄河床平均流速，可按下式确定：

$$v_c = \frac{Q}{\epsilon(A_1 - A_2)} \quad (1-2)$$

式中  $v_c$ ——束窄河床的平均流速， $m/s$ ；

$Q$ ——导流设计流量， $m^3/s$ ；

$\epsilon$ ——侧收缩系数，单侧收缩时取 0.95，两侧收缩时取 0.90。

由于围堰使河床束窄，破坏了河流原来的水流状态，在束窄段前产生水位壅高，如图 1-6 所示。壅水高度可由下式估算：

$$z = \frac{v_c^2}{2\varphi^2 g} - \frac{v_0^2}{2g} \quad (1-3)$$

式中  $z$ ——壅高， $m$ ；

$\varphi$ ——流速系数，随围堰布置形式而定；

$v_0$ ——行进流速， $m/s$ ；

$g$ ——重力加速度， $9.81 m/s^2$ 。

## 2. 全段围堰法导流

### (1) 基本概念

在河床主体工程的上下游各修建一道拦河围堰，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，再将临时泄水通道封死。

### (2) 分类

全段围堰法导流可分为隧洞导流、明渠道流和涵管导流。

### (3) 隧洞导流

隧洞导流是在河岸中开挖隧洞，在基坑上下游修筑围堰，河水经由隧洞下泄。如图 1-7 所示为青海省龙羊峡水电站隧洞导流。

适用于山区河流，河谷狭窄、两岸地形陡峻、岩石坚硬的工程。

导流隧洞的布置，取决于地形、地质、枢纽布置以及水流条件等因素。具体布置原则如下：

① 将隧洞布置在完整新鲜的岩层中。为防止沿线可能产生的大规模塌方，应避免洞线与岩层、断层、破碎带平行。洞线与岩石层面交角在  $45^\circ$  以上，层面倾角也以不小于  $45^\circ$  为宜。

② 利用坝趾附近有利地形，尽量使洞线顺直。河道弯曲时宜布置在凸岸，不仅可缩短洞线，且水力条件较好。

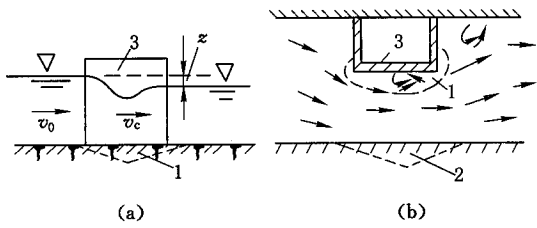


图 1-6 分段围堰束窄段水力计算图  
(a) 剖面图; (b) 平面图  
1、2——冲刷地段; 3——围堰

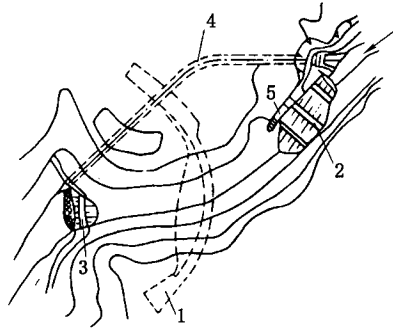


图 1-7 青海省龙羊峡水电站隧洞导流  
1——混凝土坝; 2——上游围堰; 3——下游围堰;  
4——导流隧洞; 5——临时溢洪道

③ 对有压隧洞和低流速无压隧洞, 转弯半径应大于 5 倍洞宽, 转折角不宜大于  $60^\circ$ , 弯道上下游过渡段, 直线长度大于 5 倍洞宽, 高流速无压隧洞应尽量避免转弯。

④ 进出口与河道主流方向的夹角不宜太大, 出口交角小于  $30^\circ$ , 进口可适当放宽要求。

⑤ 采用两条以上隧洞导流时, 洞间壁厚一般不小于开挖洞宽的 2 倍。

⑥ 隧洞进出口距上下游围堰坡脚和永久建筑物应有足够的距离, 一般应大于 50 m。

⑦ 应有足够的埋深。

⑧ 控制底坡。

⑨ 与永久建筑物结合。

#### (4) 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, 河水经渠道下泄, 如图 1-8 所示。

适用于岸坡平缓或有宽广滩地的平原河道。

导流明渠的布置一定要保证水流顺畅, 泄水安全, 施工方便, 缩短轴线, 减少工程量。具体要求有:

① 明渠进出口应与上下游水流相衔接, 与河道主流线的交角以小于  $30^\circ$  为宜。

② 为保证水流畅通, 明渠转弯半径应大于 5 倍渠底宽度。

③ 明渠进出口与上下游围堰及其他建筑物要有适当的距离, 一般以 50~100 m 为宜, 以防明渠进出口水流冲刷建筑物。

④ 为减少水流向基坑内渗流, 明渠水面到基坑水面之间的最短距离以大于  $2.5 \sim 3.0 H$  为宜, 其中,  $H$  为明渠水面与基坑水面的高差, 以米计。

⑤ 尽量与永久建筑物结合和充分利用天然的古河道、埝口等有利地形。

⑥ 必须充分考虑挖方的利用。

⑦ 防冲问题应引起足够重视, 尽量减小糙率。

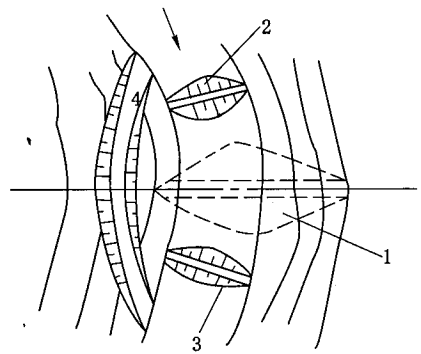


图 1-8 明渠导流

1——坝体; 2——上游围堰;  
3——下游围堰; 4——导流明渠

⑧ 在设计时应考虑封堵措施。

## 第二节 导流设计流量与导流方案的选择

导流设计流量是选择导流方案、设计导流建筑物的主要依据。导流设计流量一般需结合导流标准和导流时段的分析来决定。

### 一、导流标准

导流标准是选择导流设计流量进行施工导流设计的标准,它包括初期导流标准、坝体拦洪时的导流标准等。

施工初期导流标准,按《水利水电工程施工组织设计规范》(SL 303—2004)的规定,首先需根据永久建筑的级别确定临时建筑物的级别,然后根据保护对象、失事后的后果、使用年限及工程规模等将导流建筑物分为Ⅲ~Ⅴ级。再根据导流建筑物的级别和类型,在规范规定的幅度内选定相应的洪水重现期作为初期导流标准。

#### 1. 工程等级的划分

##### (1) 水利水电工程等级划分

根据《水利水电工程等级划分及洪水标准》(SL 252—2000)规定,水利水电工程按其工程规模、效益及在国民经济中的重要性,划分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ五等,适用于不同地区、不同条件下建设的防洪、灌溉、发电、供水和治涝等水利水电工程,如表 1-1 所列。

表 1-1 水利水电工程分等指标

工程 等别	工程规模	水库总库容/ ( $10^8 \text{ m}^3$ )	防洪		治涝	灌溉	供水	发电
			保护城镇及工矿 企业的重要性	保护农田/ ( $10^4 \times 667 \text{ m}^2$ )	治涝面积/ ( $10^4 \times 667 \text{ m}^2$ )	灌溉面积/ ( $10^4 \times 667 \text{ m}^2$ )	供水对象 重要性	装机容量/ ( $10^4 \text{ kW}$ )
Ⅰ	大(1)型	$\geq 10$	特别重要	$\geq 500$	$\geq 200$	$\geq 150$	特别重要	$\geq 120$
Ⅱ	大(2)型	10~1.0	重要	500~100	200~60	150~50	重要	120~30
Ⅲ	中型	1.0~0.10	中等	100~30	60~15	50~5	中等	30~5
Ⅳ	小(1)型	0.10~0.01	一般	30~5	15~3	5~0.5	一般	5~1
Ⅴ	小(2)型	0.01~0.001		<5	<3	<0.5		<1

注:① 水库总库容指水库最高水位以下的静库容;

② 治涝面积和灌溉面积均指设计面积。

对综合利用的水利水电工程,当按各综合利用项目的分等指标确定的等别不同时,其工程等别应按其中最高等别确定。

拦河水闸工程的等别,应根据其过闸流量,按表 1-2 确定。灌溉、排水泵站的等别,应根据其装机流量与装机功率,按表 1-3 确定。工业、城镇供水泵站的等别,应根据其供水对象的重要性,按表 1-1 确定。

##### (2) 水工建筑物级别

水利水电工程中水工建筑物的级别,反映了工程对水工建筑物的技术要求和安全要求。应根据所属工程的等别及其在工程中的作用和重要性分析确定。



表 1-2 拦河水闸工程分等指标

工程等别	工程规模	过闸流量/ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
I	大(1)型	$\geq 5000$
II	大(2)型	5000~1000
III	中型	1000~100
IV	小(1)型	100~20
V	小(2)型	$< 20$

表 1-3 灌溉、排水泵站分等指标

工程等别	工程规模	分等指标	
		装机流量/ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	装机功率/ $10^4 \text{ kW}$
I	大(1)型	$\geq 200$	$\geq 3$
II	大(2)型	200~50	3~1
III	中型	50~10	1~0.1
IV	小(1)型	10~2	0.1~0.01
V	小(2)型	2	$\leq 0.01$

注:① 装机流量、装机功率系指包括备用机组在内的单站指标;

② 当泵站按分等指标分属两个不同等别时,其等别按其中高的等别确定;

③ 由多级或多座泵站联合组成的泵站系统工程的等别,可按其系统的指标确定。

① 永久性水工建筑物级别。

水利水电工程的永久性水工建筑物的级别,应根据其所在工程的等别和建筑物的重要性确定为 5 级,分别为 1、2、3、4、5 级,如表 1-4 所列。

表 1-4 永久性水工建筑物级别

工程等别	主要建筑物	次要建筑物
I	1	3
II	2	3
III	3	4
IV	4	5
V	5	5

② 堤防工程的级别。

应按《堤防工程设计规范》(GB 50286—98)确定。穿堤水工建筑物的级别,按所在堤防工程的级别和与建筑物规模相应的级别的高者确定。

③ 临时性水工建筑物级别。

水利水电工程施工期使用的临时性挡水和泄水建筑物的级别,应根据保护对象的重要性、失事后果、使用年限和临时性建筑物规模,按表 1-5 确定。