

国家骨干高职院校建设项目教材

高等职业技术教育项目化教材

水利工程施工技术

主 编 黄亚梅 张 军



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

责任编辑 杜坚

国家骨干高职院校建设项目教材

水利水电建筑工程专业

水利工程施工技术

水利工程施工监理

水利工程概预算

灌溉排水工程

建筑材料

防洪抢险技术

港口航道建筑物

水政水资源管理专业

水文水利计算与应用

水力计算与测试技术

水环境监测技术

水信息技术

电厂设备运行与维护专业

水轮机组运行与维护

火电厂锅炉运行与维护

太阳能光伏发电技术

供用电技术专业

变电站综合自动化技术

销售分类：水利教材

ISBN 978-7-5170-1816-2



9 787517 018162 >

定价：45.00 元

国家骨干高职院校建设项目教材

高等职业技术教育项目化教材

水利工程施工技术

主 编 黄亚梅 张 军

副主编 雷衍波 黄 强 雷宏波

刘 伟 丘志平

主 审 黄善和 陆岸典



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书依据高等职业院校水利类专业水利工程施工技术的要求,采用以行动为导向、基于工作过程的理念,将知识学习和技能培养融入项目任务中,通过完成某一个施工项目来学习相关的知识和练就相应的技能。

本书以施工导流、地基处理与灌浆施工、土石方工程施工、土石坝工程施工、混凝土坝工程施工、堤防与河道整治工程施工、渠系建筑物工程施工、水利工程施工组织与计划等8个项目为载体,以项目施工为主线,根据项目任务组织课程教学内容,使学生在通过基础知识学习、引例分析后掌握项目任务所需专业知识及技能。

本书可作为高职高专水利类专业水利工程施工课程教材及相关专业的教学参考书,也可供从事水利水电工程建设的技术人员、管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水利工程施工技术 / 黄亚梅, 张军主编. — 北京 :
中国水利水电出版社, 2014. 6

国家骨干高职院校建设项目教材. 高等职业技术教育
项目化教材

ISBN 978-7-5170-1816-2

I. ①水… II. ①黄… ②张… 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(2014)第112775号

书 名	国家骨干高职院校建设项目教材 高等职业技术教育项目化教材 水利工程施工技术
作 者	主 编 黄亚梅 张军 副主编 雷衍波 黄强 雷宏波 刘伟 丘志平 主 审 黄善和 陆岸典
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
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部) 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	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 24.25印张 575千字
版 次	2014年6月第1版 2014年6月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	45.00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

前言

在国家高职教育发展如火如荼的今天，我院迎来了国家骨干高职院校建设的黄金机遇期，以培养学生岗位能力为目标、以水利工程项目为载体、联合水利企业共建的项目化课程改革也全面铺开。作为水利水电建筑工程专业建设核心课程之一的《水利工程施工技术》项目化教材就是在此背景下组织编写的。

水利工程施工技术是水利水电建筑工程专业、水利工程施工、水利工程监理、水利工程造价等专业的一门主要职业专业能力课程，也是一门综合应用性课程，强调实践性和综合性。其任务是培养学生分析工程条件、施工条件的能力，根据工程实际条件正确拟定、比选施工方案的能力，工程质量检测、控制的能力，施工机械设备选型及组合的能力，正确组织施工的能力。通过对这些能力的训练和培养，使学生具备水利工程各主要工种的实际操作技能，使学生具备对水工建筑物及水利工程正确组织施工的技能。

本书根据水利工程各主要工种和主要建筑物施工所对应的知识点和岗位技能要求，打破传统教学理念，采用以职业能力为导向，以项目为载体，任务驱动，基于系统化的工作过程来组织教学。全书共分8个项目，在每一个项目教学中，首先列出与实际工作岗位相对应的教学目标、教学要求；接着引入实际工程项目，介绍实施该项目所需的基本知识及基本技能；然后对项目进行分析，拟定项目的施工方案，正确组织施工；最后配合技能实训，强化学生的技能素养。本书将理论知识融入实际工程项目任务中，在完成的同时，学习专业知识和掌握专业技能，真正做到教、学、做一体化。

本书由广东水利电力职业技术学院黄亚梅高级工程师、副教授和张军高级工程师任主编，广东水利电力职业技术学院雷衍波高级工程师和黄强高级工程师、广东省水电二局股份有限公司雷宏波高级工程师、广东城华工程监理有限公司刘伟高级工程师、广东省水利水电第三工程局丘志平高级工程师任副主编，全书由广东省北江流域管理局黄善和教授级高级工程师和广东省水电二局股份有限公司陆岸典高级工程师主审。其中，项目1由张军、雷宏波

编写；项目 2 由张军编写；项目 3、项目 4 由雷衍波、丘志平编写；项目 5 由黄亚梅编写；项目 6、项目 7 由黄强、刘伟编写；项目 8 由黄亚梅、雷宏波编写。

由于编者水平有限，书中不足之处敬请广大师生与读者批评指正，以便修订改进。如读者在使用本书的过程中有其他意见和建议，恳请向编者(huangym@gdsdxy.cn)踊跃提出宝贵意见，不胜感谢！

编者

2013 年 12 月

目录

前言

项目 1 施工导流	1
【教学目标】	1
【教学要求】	1
【引例】	1
【基本知识学习】	2
1.1 施工导流方式	2
1.2 导流设计流量及导流水力计算	9
1.3 围堰工程	14
1.4 截流工程	20
1.5 基坑排水	28
【引例分析】	34
【技能训练】	36
项目 2 地基处理与灌浆施工	39
【教学目标】	39
【教学要求】	39
【引例】	39
【基本知识学习】	40
2.1 水工地基基础的要求及地基处理的方法	40
2.2 灌浆工程施工	45
2.3 防渗墙施工	63
2.4 桩基础施工	68
【引例分析】	81
【技能训练】	83
项目 3 土石方工程施工	85
【教学目标】	85
【教学要求】	85
【引例】	85
【基本知识学习】	86
3.1 土石分级及土石方平衡调配	86

3.2 爆破工程施工	89
3.3 露天土石方的开挖方法	111
3.4 地下土石方的开挖方法	123
3.5 边坡支护技术	126
【引例分析】	130
【技能训练】	135
项目 4 土石坝工程施工	138
【教学目标】	138
【教学要求】	138
【引例】	138
【基本知识学习】	142
4.1 坝体材料与料场规划	142
4.2 土石料的开挖与运输	145
4.3 坝体填筑与压实	148
4.4 土石坝施工的质量控制	159
4.5 面板堆石坝施工	161
【引例分析】	164
【技能训练】	169
项目 5 混凝土坝工程施工	173
【教学目标】	173
【教学要求】	173
【引例】	174
【基本知识学习】	174
5.1 模板工程	174
5.2 钢筋工程	190
5.3 混凝土的生产与运输	206
5.4 混凝土坝的施工	232
5.5 碾压混凝土坝的施工技术	247
5.6 水电站厂房施工技术	249
【引例分析】	256
【技能训练】	260
项目 6 堤防与河道整治工程施工	263
【教学目标】	263
【教学要求】	263
【引例】	263
【基本知识学习】	265
6.1 堤防工程施工技术	265

6.2 河道整治工程施工技术	279
【引例分析】	286
【技能训练】	288
项目 7 渠系建筑物工程施工	290
【教学目标】	290
【教学要求】	290
【引例】	290
【基本知识学习】	291
7.1 渠道施工技术	291
7.2 水闸施工技术	295
7.3 泵站施工技术	302
7.4 水工隧洞施工技术	310
7.5 橡胶坝施工技术	322
7.6 管涵施工技术	327
7.7 渡槽施工技术	332
【引例分析】	335
【技能训练】	338
项目 8 水利工程施工组织与计划	340
【教学目标】	340
【教学要求】	340
【引例】	340
【基本知识学习】	341
8.1 水利工程建设程序和建设项目划分	341
8.2 施工组织设计	342
8.3 施工组织计划技术	348
8.4 施工进度计划	363
8.5 施工总体布置	366
8.6 大型临时设施	370
【引例分析】	374
【技能训练】	377
参考文献	380

项目 1 施 工 导 流

【教学目标】

以一水闸工程项目为载体，通过该工程施工导流方案确定训练，掌握施工导流方案的编制、截流方案的选择及导流建筑物的设计，熟悉导流设计流量、截流设计流量的确定方法。

【教学要求】

知 识 要 点	能 力 目 标
施工导流的概念	理解施工导流的定义、方法及其适用条件，能根据工程实际选择合适的导流方法
施工导流方案设计	能根据资料划分导流时段，确定导流标准、导流流量，选择合适的导流方案，了解导流水力计算方法
围堰工程设计	能确定围堰的形式、构造与尺寸、布置，拟定围堰工程的填筑与拆除方法
截流工程设计	能确定截流标准、截流时段、截流流量，选择合适的截流方案，了解截流水力计算方法
基坑排水方法及设备布置设计	理解基坑排水方法，掌握基坑排水设备选型及布置设计

【引例】

稔坑水电站位于东江干流上游枫树坝水库至龙川县城河段，坝址位于龙川县黄石镇新联管理区境内，行政隶属龙川县黎咀镇。

东江发源于江西省的桎髻钵，上游称寻邬水，南流入广东境内，至龙川合河坝汇安远水后称东江。东江流经龙川、东源、源城、紫金、惠阳、惠城、博罗至东莞市的石龙，分南北两水道入狮子洋，经虎门出海。

稔坑水电站（二级）坝址位于黄石镇黄榜村，距上一级电站（龙潭）约 17km，距枫树坝水库约 29km，装机容量为 $3 \times 6.7\text{MW}$ 。电站承担枫树坝电厂的反调节任务，是一座以发电、反调节为主，兼顾航运和灌溉的低水头河床式径流电站。

稔坑水电站坝址以上流域面积为 5500km^2 ，多年平均流量为 $140.7\text{m}^3/\text{s}$ 。本阶段选定的正常蓄水位为 84.5m，相应库容为 1790 万 m^3 。校核洪水位为 85.11m，总库容为 2060 万 m^3 ，电站总装机容量为 20MW，多年平均发电量为 7420 万 kWh。

坝址处河床宽约 220m，河谷断面呈 U 形，主河道靠左侧；两岸地形为低丘陵，有



不对称的一级阶地。右岸阶地较窄，宽 15~20m，高程 81~83m；左岸阶地宽 120~150m，高程 80~83m，厂房及上坝公路布置于此。坝址上游右岸 500m 及下游左岸 200m 地势相对较开阔平坦，均有阶地可布置施工临建设施。坝址至上游黎咀镇间无通航要求。

收集如气象、水文、地质概况等自然条件资料及施工现场如料场情况、地方材料、交通运输等相关资料。

试拟定该工程导、截流方案。

【基本知识学习】

1.1 施工导流方式

施工导流是指在水利水电工程中为保证河床中水工建筑物干地施工而利用围堰围护基坑，并将天然河道河水导向预定的泄水道，向下游宣泄的工程措施。

施工导流的方式大体上可分为两类基本方式，即分段围堰法导流和全段围堰法导流，还有一种辅助导流方式——淹没基坑法导流。

1.1.1 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、下游各建一道断流围堰，使水流畅经河床以外的临时或永久泄水道下泄。在坡降很陡的山区河道上，若泄水建筑物出口处的水位低于基坑处河床高程时，也可不修建下游围堰。主体工程建成或接近建成时，再将临时泄水道封堵。这种导流方式又称为河床外导流或一次拦断法导流。

按照泄水建筑物的不同，全段围堰法一般又可划分为明渠导流、隧洞导流和涵管导流。

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、下游修建围堰，使河水经渠道向下游宣泄。一般适用于河流流量较大、岸坡平缓或有宽阔滩地的平原河道，如图 1-1 (a) 所示。在规划时，应尽量利用有利条件以取得经济合理的效果。如利用当地老河道，或利用裁弯取直开挖明渠，或与永久建筑物相结合，埃及的阿斯旺坝就是利用了水电站的引水渠和尾水渠进行施工导流，如图 1-1 (b) 所示。目前导流流量最大的明渠为中国三峡工程导流明渠，其轴线长 3410.3m，断面为高低渠相结合的复式断面，最小底宽 350m，设计导流流量为 79000m³/s，通航流量为 20000~35000m³/s。

导流明渠的布置设计，一定要以保证水流顺畅、泄水安全、施工方便、缩短轴线及减少工程量为原则。明渠进、出口应与上下游水流平顺衔接，与河道主流的交角以 30°左右为宜；为保证水流畅通，明渠转弯半径应大于 5b (b 为渠底宽度)；明渠进出上下游围堰之间要有适当的距离，一般以 50~100m 为宜，以防明渠进出口水流冲刷围堰的迎水面。此外，为减少渠中水流向基坑内入渗，明渠水面到基坑水面之间的最短距离宜大于 (2.5~3.0)H

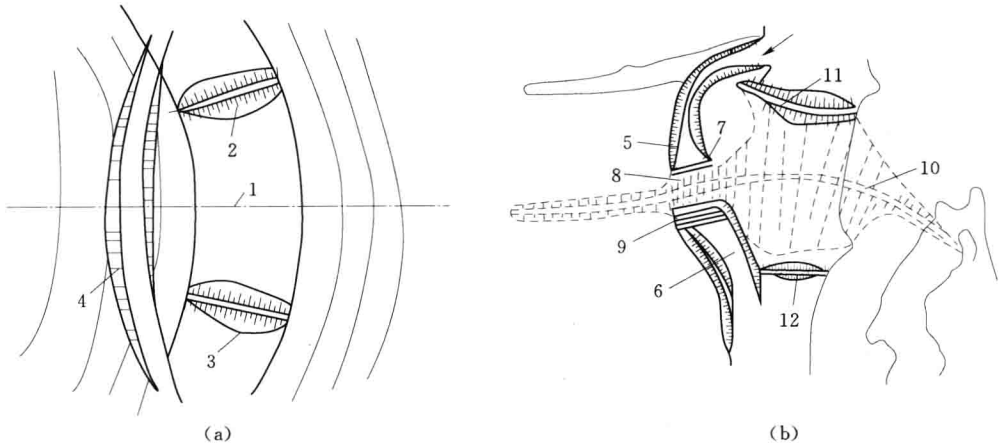


图 1-1 明渠导流示意图

(a) 在岸坡上开挖的明渠；(b) 利用水电站引水渠和尾水渠的导流明渠

1—水工建筑物轴线；2—上游围堰；3—下游围堰；4—导流明渠；5—电站引水渠；6—电站尾水渠；7—电站进水口；8—电站引水隧洞；9—电站厂房；10—大坝坝体；11—上游围堰；12—下游围堰

(H 为明渠水面与基坑水面的高差，以 m 计)。同时，为避免水流紊乱和影响交通运输，导流明渠一般单侧布置。

此外，对于要求施工期通航的水利工程，导流明渠还应考虑通航所需的宽度、深度和长度的要求。

2. 隧洞导流

隧洞导流是在河岸山体中开挖隧洞，在基坑的上下游修筑围堰，一次性拦断河床形成基坑，保护主体建筑物干地施工，天然河道水流全部或部分由导流隧洞下泄的导流方式。这种导流方法适用于河谷狭窄、两岸地形陡峭、山岩坚实的山区河流，如图 1-2 所示。

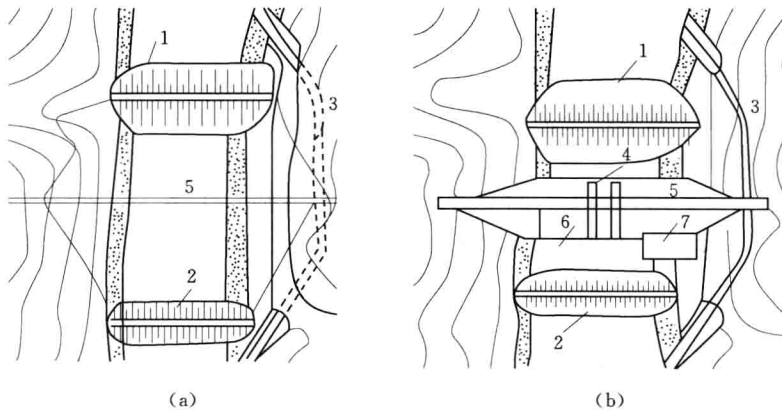


图 1-2 隧洞导流示意图

(a) 隧洞导流；(b) 隧洞导流并配合底孔宣泄汛期洪水

1—上游围堰；2—下游围堰；3—导流隧洞；4—底孔；5—坝轴线；6—溢流坝段；7—水电站厂房



例如,广东省乐昌峡水利枢纽工程导流洞工程,级别为4级,洞长约572m、洞口净断面为 $11\text{m}\times 13\text{m}$,设计流量为 $1750\text{m}^3/\text{s}$;亚洲最大横断面的二滩导流隧洞工程,标准断面宽 \times 高为 $17.5\text{m}\times 23\text{m}$,两条洞长度分别为1.03km和1.1km,设计流量 $13500\text{m}^3/\text{s}$ (图1-3);金沙江溪洛渡导流隧洞工程,6条隧洞总长度达9.39km,标准断面达 $18\text{m}\times 20\text{m}$,设计流量 $32000\text{m}^3/\text{s}$,是我国在建最大规模的导流隧洞工程。

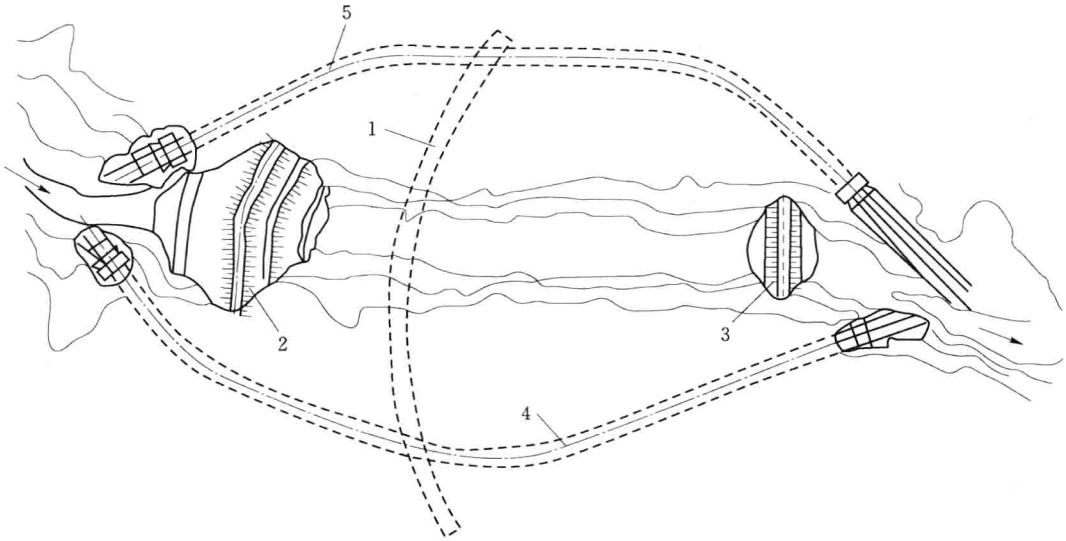


图1-3 二滩水电站隧洞导流

1—混凝土拱坝; 2—上游围堰; 3—下游围堰; 4—右导流隧洞; 5—左导流隧洞

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,具体要求与隧洞类似。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平顺衔接,与河道主流的交角以 30° 左右为宜;有条件时,隧洞最好布置成直线,若有弯道,其转弯半径以大于 $5b$ (b 为洞宽)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,严重时还会危及隧洞安全。隧洞进出口与上下游围堰之间要有适当距离,一般宜大于50m,以防隧洞进出口水流冲刷围堰的迎水面。

隧洞断面形式可采用方圆形、圆形或马蹄形,以方圆形居多。一般导流临时隧洞,若地质条件良好,可不作专门衬砌。为降低糙率,应进行光面爆破,以提高泄量,降低隧洞造价。

3. 涵管导流

涵管一般为钢筋混凝土结构。河水通过埋设在坝下的涵管向下游宣泄,如图1-4所示。

涵管导流适用于导流流量较小的河流或只用来负担枯水期的导流。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滩地上,其位置常在枯水位以上,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、下游断流围堰,将河水经涵管



下泄。

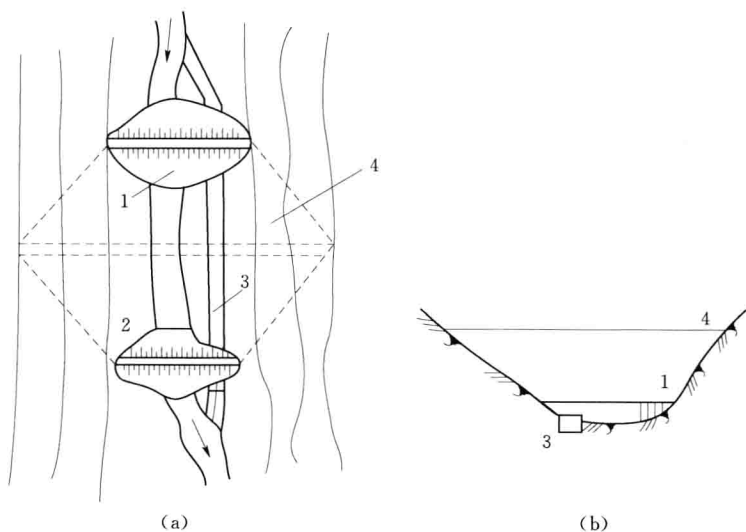


图 1-4 涵管导流示意图

(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

涵管外壁和坝身防渗体之间易发生接触渗流，通常可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必须认真对待。

1.1.2 分段围堰法导流

分段围堰法导流，也称分期围堰导流，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。分段就是将河床围成若干个干地施工基坑，分段进行施工。分期就是从时间上按导流过程划分施工阶段。段数分得越多，围堰工程量越大，施工也越复杂；同样，期数分得越多，工期有可能拖得越长。因此，在工程实践中，两段两期导流采用的最多，如图 1-5 所示。

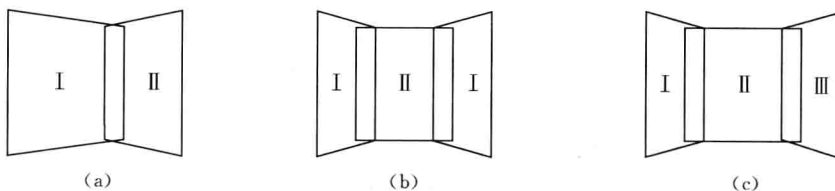


图 1-5 导流分期与分段示意图

(a) 两段两期；(b) 三段两期；(c) 三段三期

I—一期基坑；II—二期基坑；III—三期基坑

图 1-6 所示为两期导流的例子。先在右岸进行第一期工程的施工，水流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，满足初期发电和通航的要求，应优先考虑建造水电站、船闸，并在建造物内预留底孔、缺口等；或者在一期基坑里应有二期导流的泄水建筑物，如溢流坝段、泄水闸等。到第二期工程施工时，水流就可以通过船闸、预留底孔、缺口或溢流坝段等泄水通道下泄了。

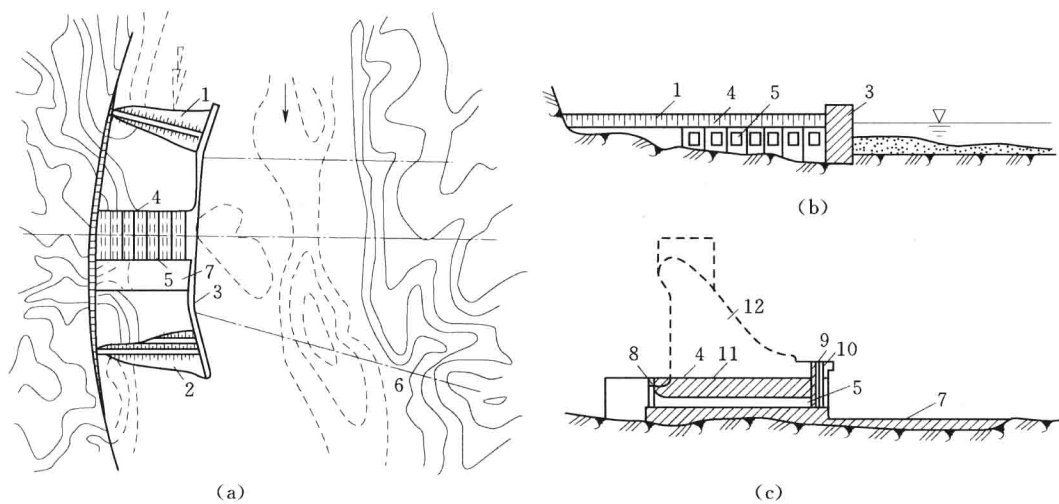


图 1-6 利用导流底孔、缺口导流的两段两期导流

(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

1.1.3 导流方式的选择

1. 选择导流方式的一般原则

导流方式的选择，应当是工程施工组织总设计的一部分。导流方式选择是否得当，不仅对于导流费用有重大影响，而且对整个工程设计、施工总进度和总造价都有重大影响。导流方式的选择一般遵循以下原则：

- (1) 导流方式应保证整个枢纽施工进度最快、造价最低。
- (2) 因地制宜，充分利用地形、地质、水文及水工布置特点选择合适的导流方式。
- (3) 应使整个工程施工有足够的可靠性和灵活性。
- (4) 尽可能满足施工期国民经济各部门的综合利用要求，如通航、过鱼、供水等。
- (5) 施工方便，干扰小，技术上安全可靠。

2. 影响导流方案选择的主要因素

水利水电枢纽工程施工，从开工到完工往往不是采用单一的导流方式，而是几种导流



方式组合起来配合运用，以取得最佳的技术经济效果。这种不同导流时段、不同导流方式的组合，通常称为导流方案。选择导流方案时应考虑的主要因素有以下几种：

(1) 水文条件。河流的水文特性，在很大程度上影响着导流方式的选择。每种导流方式均有适用的流量范围。除了流量大小外，流量过程线的特征、冰情与泥沙也影响着导流方式的选择。

(2) 地形、地质条件。前面已叙述过每种导流方式适用于不同的地形地质条件，如宽阔的平原河道，宜用分期或导流明渠导流，河谷狭窄的山区河道，常用隧洞导流。当河床中有天然石岛或沙洲时，采用分段围堰法导流，更有利于导流围堰的布置，特别是纵向围堰的布置。在河床狭窄、岸坡陡峻、山岩坚实的地区，宜采用隧洞导流。至于平原河道、河流的两岸或一岸比较平坦，或有河湾、老河道可资利用，则宜采用明渠导流。

(3) 枢纽类型及布置。水工建筑物的形式和布置与导流方案的选择相互影响，因此，在决定水工建筑物型式和布置时，应该同时考虑并初步拟定导流方案，应充分考虑施工导流的要求。

分期导流方式适用于混凝土坝枢纽；而土坝枢纽因不宜分段填筑，且一般不允许溢流，故多采用全段围堰法。高水头水利枢纽的后期导流常需多种导流方式的组合，导流程序也较复杂。例如，狭窄处高水头混凝土坝前期导流可用隧洞，但后期导流则常利用布置在坝体不同高程的泄水孔过流；高水头土石坝的前后期导流，一般采用布置在两岸不同高程上的多层隧洞；如果枢纽中有永久泄水建筑物，如泄水闸、溢洪坝段、隧洞、涵管、底孔、引水渠等，应尽量加以利用。

(4) 河流综合利用要求。施工期间，为了满足通航、筏运、供水、灌溉、生态保护或水电站运行等的要求，导流问题的解决更加复杂。在通航河道上，大都采用分段围堰法导流，要求河流在束窄以后，河宽仍能便于船只的通行，水深要与船只吃水深度相适应，束窄断面的最大流速一般不应超过 2.0m/s ，特殊情况需与当地航运部门协商研究确定。

分期导流和明渠导流易满足通航、过木、过鱼、供水等要求。而某些峡谷地区的工程，为了满足过木要求，用明渠导流代替隧洞导流，这样又遇到了高边坡深开挖和导流程序复杂化的问题，这就往往需要多方面比较各种导流方案的优缺点再选择。在施工中、后期，水库拦洪蓄水时要注意满足下游供水、灌溉用水和水电站运行的要求。而某些工程为了满足过鱼需要，还需建造专门的鱼道、鱼类增殖站或设置集鱼装置等。

(5) 施工进度、施工方法及施工场地布置。水利水电工程的施工进度与导流方案密切相关。通常是根据导流方案安排控制性进度计划。在水利水电枢纽施工导流过程中，对施工进度起控制作用的关键性时段主要有导流建筑物的完工工期、截断河床水流的时间、坝体拦洪的期限、封堵临时泄水建筑物的时间以及水库蓄水发电的时间等，各项工程的施工方法和施工进度之间影响到各时段中导流任务的合理性和可能性。例如，在混凝土坝枢纽中，采用分段围堰法施工时若导流底孔没有建成，就不能截断河床水流和全面修建第二期围堰；若坝体没有达到一定高程和没有完成基础及坝身纵缝的接缝灌浆，就不能封堵底孔，水库也不能蓄水。因此，施工方法、施工进度与导流方案是密切相



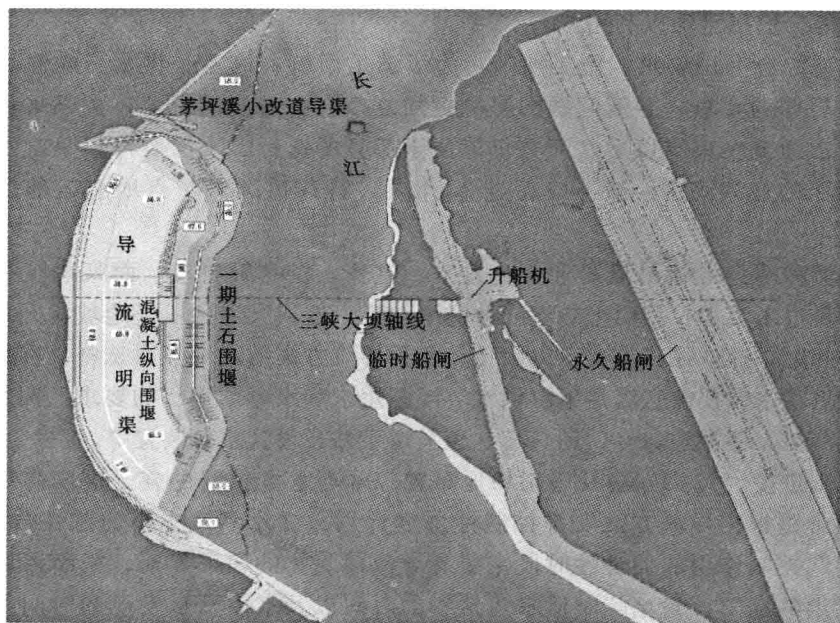
关的。

此外，导流方案的选择与施工场地的布置也相互影响。例如，在混凝土坝施工中，当混凝土生产系统布置在一岸时，宜采用全段围堰法导流。若采用分段围堰法导流，则应以混凝土生产系统所在的一岸作为第一期工程，因为这样两岸施工交通运输问题比较容易解决。

导流方案的选择受多种因素的影响。一个合理的导流方案，必须在周密研究各种影响因素的基础上，拟定几个可能的方案，并进行技术经济比较，从中选择技术经济指标优越的方案。

导流工程实例：

举世闻名的三峡水利枢纽工程采用两段三期导流方式。第一期导流，利用中堡岛修建一期土石围堰围护右岸叉河，一期基坑内修建导流明渠和碾压混凝土纵向围堰。同时在左岸岸坡修建临时船闸。本期江水及船舶仍从主河床通过。第二期导流，修建二期上、下游横向围堰，与混凝土纵向围堰形成二期基坑，进行河床泄洪坝段、左岸电站坝段、左岸电站厂房施工。同时在左岸修建永久通航建筑物。二期导流期间，江水经导流明渠下泄，船舶经明渠或临时船闸通行。第三期导流，修建三期碾压混凝土围堰，拦断明渠并蓄水至135m高程，左岸电站及永久船闸可开始投入运用。三期围堰与混凝土纵向围堰形成三期基坑，修建右岸大坝和电站。三期导流期间，江水经由永久深孔和设于泄洪坝段的22个临时导流底孔下泄，船舶经永久船闸通行，如图1-7所示。



(a)

图1-7(一) 三峡水利枢纽工程三期导流方式

(a) 一期导流(1993~1997年)