

21 SHIJI GAODENG ZHIYE JISHU JIAOYU GUIHUA JIAOCAI
SHUILI SHUIDIAN GONGCHENG LEI

21世纪高等职业技术教育规划教材
——水利水电工程类

SHUILI SHUIDIAN
GONGCHENG SHIGONG JISHU YU ZUZHI

水利水电工程

施工技术与管理

上册

主 编 ○ 施 荣 王会恩
副主编 ○ 尹 超 蔺栓保
主 审 ○ 席 浩



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

21 世纪高等职业技术教育规划教材——水利水电工程类

水利水电工程施工技术与组织

(上册)

主 编 施 荣 王会恩

副主编 尹 超 蔺栓保

主 审 席 浩

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

前 言

水利水电工程施工技术与组织是水利类专业岗位必须具备的核心能力之一。本教材编写坚持以培养学生从事施工和组织管理能力为主线,以典型水利水电工程项目施工过程与组织管理流程为依据,划分学习情境,确定学习任务,教材编写在调研、论证、立项、编写、审核等各个环节都邀请企业专家进行了指导。教材内容充分融合了“工学结合、任务驱动”的高职教育的理念与要求,体现出了职业性、实用性和创新性。

《水利水电工程施工技术与组织》分上、下两册,上册以水利水电工程施工技术为主要内容,划分为导流工程、爆破工程、土石方工程、混凝土结构工程、吊装工程、灌浆工程、土石建筑物施工、渠道及渠系建筑物施工八个学习情境;下册以组织管理为主要内容,划分为水利工程施工组织概论、流水施工及网络计划技术、施工准备、单位工程施工组织设计、水利水电工程施工组织设计、水利水电工程施工管理六个学习情境。教材阐述了水利水电工程施工技术与组织的基本理论及其工程应用,在内容上力求符合国家现行规范、标准要求,反映现代水利水电工程施工的新技术、新工艺及新成果,以满足水利水电专业人才培养的需要,理实兼顾,为学生适应岗位工作要求和后续发展打下良好的基础。

本教材可作为高职高专水利工程、水利水电建筑工程、水利工程施工技术、水利工程监理、水利水电工程管理等专业的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、管理人员学习参考。

本教材编写人员及编写分工如下:酒泉职业技术学院施荣、王会恩担任主编并统稿,酒泉职业技术学院尹超、蔺栓保担任副主编,中国水利水电第四工程局有限公司总工程师席浩担任主审。上册学习情境三、四、五、七、八由施荣编写,学习情境一、二、六由蔺栓保、尹超合编。下册学习情境九由施荣编写,学习情境十、十三、十四由王会恩编写,学习情境十一、十二由尹超编写。

教材在编写过程中,得到了酒泉职业技术学院土木工程系刘长贵、袁沛海等老师的大力支持,甘肃新广源集团董事长于生成、总经理杨自林为本教材编写提出了宝贵的意见和部分数据资料,谨此致以衷心的感谢。

由于编者水平有限,加之编写时间仓促,书中尚存在不足之处,敬请同行和广大读者予以批评指正。

编 者

2013年2月

目 录

学习情境 1 导流工程	1
1.1 施工导流	2
1.2 截流工程	8
1.3 基坑排水	14
思考与练习	23
学习情境 2 爆破工程	26
2.1 爆破的概念与分类	26
2.2 爆破材料及起爆方法	31
2.3 爆破施工	42
2.4 控制爆破	48
2.5 爆破施工安全知识	51
思考与练习	56
学习情境 3 土石方工程	59
3.1 土石工程种类和性质	59
3.2 土石方开挖与运输	62
3.3 土料压实	64
3.4 土石坝施工	74
3.5 面板堆石坝施工	88
思考与练习	91
学习情境 4 混凝土结构工程	93
4.1 钢筋工程	94
4.2 模板工程	124
4.3 混凝土工程	126
4.4 水电站厂房施工	135
4.5 特殊混凝土施工	142
思考与练习	149
学习情境 5 吊装工程	152
5.1 索具设备	152
5.2 起重机械	163

5.3 构件吊装工艺	168
5.4 渡槽施工	171
思考与练习	175
学习情境 6 灌浆工程	177
6.1 灌浆基本知识	178
6.2 岩基灌浆	180
6.3 砂砾石地基灌浆	191
6.4 混凝土坝接缝灌浆	194
6.5 土坝劈裂灌浆	204
6.6 化学灌浆	210
思考与练习	223
学习情境 7 土石建筑物施工	225
7.1 堤防工程施工	227
7.2 河道整治工程施工	236
7.3 防渗墙施工	239
7.4 桩基施工	245
思考与练习	254
学习情境 8 渠道及渠系建筑物施工	258
8.1 渠道施工	258
8.2 水闸施工	263
8.3 水工隧洞施工	270
8.4 橡胶坝施工	274
8.5 管道施工	281
思考与练习	285

学习情境 1

导流工程

【教学目标】

掌握施工导流的基本方法与导流标准；掌握围堰的类型和方法；掌握基坑排水类型；掌握导流工程的水文水力计算。能进行导流方法的选择，能制订中小型水利水电工程的导流方案。

【教学要求】

能力目标	相关知识	权重 (%)	自评分数
施工导流	导流方式、导流流量、围堰	40	
施工截流	截流方式、流量、材料和措施	40	
基坑排水	排水方式及施工排水	20	



任务驱动案例

三峡水利枢纽施工导流为分期导流方式，第一期先围右岸，扩宽右岸后河，修建导流明渠。导流明渠担负着二期工程导流及施工期通航的任务，具体为：

(1) 保证导流明渠在二期导流期间的泄洪要求；

(2) 当长江流量不大于 $20\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 时，长航船队顺利通航。当长江流量不大于 $10\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 时，地航船队顺利通航。

1. 导流明渠地质条件概述

导流明渠地处三斗坪坝址右岸，沿中堡岛右侧后河布置。进口段始于茅坪镇长江漫滩；干渠段低渠沿后河延伸，高渠位于右岸山体斜坡内；出口段基本位于三斗坪漫滩上。导流明渠沿线为第四系覆盖层，基岩为前震旦系结晶岩体，风化岩体自上而下分为全、强、弱、微风化带。

2. 设计标准

经批准导流明渠按三级临时建筑物设计，设计流量标准为 2% 频率的洪水流量 $79\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 。

按初设审查方案，三峡二期工程施工期通航标准为：

长航船队： $Q = 20\,000\text{ m}^3/\text{s}$ ， $V_{\max} \leq 4.4\text{ m/s}$ ；平均对岸航速 $> 1.0\text{ m/s}$ 。

地航船队： $Q = 10\,000\text{ m}^3/\text{s}$ ， $V_{\max} \leq 2.5\text{ m/s}$ 。

3. 结构形式

导流明渠设计时既要能保证宣泄长江洪水，又要求明渠内流速、流态分布有利于通航。经水工模型试验的反复论证，采用右高左低的复式断面。明渠断面拟定为高渠宽 100 m ，渠

底高程为 58.0 m (进口为 59.0 m), 低渠宽 250 m, 渠底高程从上游至下游分别为 59.0 m、58.0 m、45.0 m、43.0 m。经过明渠水力学计算分析及水工模型试验验证, 可以满足导流明渠的泄洪要求; 采取适当的防护形式, 能满足明渠防冲允许流速要求。采用船模试验和水力学试验相结合的方法, 综合分析船模试验参数、水力学指标及有关的通航标准, 试验表明, 施工期的通航条件是可以满足要求的。导流明渠基本布置在长江后河内, 右侧为山体边坡, 明渠开挖分水上、水下两部分; 按地层条件可分为: 粉细砂或砂壤土、块球体等第四系覆盖层开挖、岩石开挖。为便于高边坡开挖施工及交通要求, 在 70.0 m 高程设一条 2 m 宽马道, 在 82.0 m 处留一宽 12 m 的施工道路。高低渠结合坡按 1:1 坡度进行开挖, 对需防护的部位按保护厚度的要求进行扩挖。按导流明渠岸坡沿线不同的地层条件及二期导流期间的水流条件, 分段采取不同的防护措施。

上段: 采用石碴块石体形式进行防护。

中段: 采用现浇混凝土进行保护, 保护厚度根据边坡岩石风化程度确定。

下段: 采用浇筑混凝土柔性排进行保护, 柔性排尺寸为 4 m × 4 m × 1.5 m (长 × 宽 × 厚)。

导流明渠由高、低渠组成, 沿线地层条件各异, 根据模型试验成果, 对高渠坝轴线上游 255 m 至坝轴线下游 200 m 范围进行保护, 采用形式为 1 m 厚混凝土板护底。

另外, 三期碾压混凝土围堰基础开挖后, 即进行 58.0 m (或 50.0 m) 以下混凝土浇筑施工, 以保证三期碾压混凝土围堰前期与导流明渠齐平; 在三期上游土石围堰龙口段预先设置混凝土台护底保护, 以降低三期上游土石围堰的截流难度。

4. 施工情况

1993 年上半年至 1995 年, 进行了以下项目的施工。明渠右岸坡高程 75.0 m 以上部位开挖; 一期基坑部分淤砂的水下开挖施工; 明渠堰外段部分水上开挖及水下开挖施工; 明渠堰外段部分防护结构施工。

在水域内修建水利工程时, 施工导流贯穿工程施工的全过程, 其水流控制一般可概括为“导、截、拦、蓄、泄”等施工措施。导流设计主要根据水文、枢纽布置和施工条件等资料, 划分导流时段, 选定导流标准, 确定导流设计流量; 选择导流方案及挡(泄)水建筑物的形式, 确定导流建筑物的布置、构造与尺寸; 拟定导流建筑物的修建、拆除与泄水建筑物的堵塞方法及河道截流、拦洪度汛、基坑排水的措施等。

1.1 施工导流

1.1.1 施工导流方式

施工导流: 在修筑水利水电工程时, 为了使水工建筑物能保持在干地上施工, 用围堰来维护基坑, 并将水流引向预定的泄水建筑物泄向下游, 称为施工导流。施工导流方法有全段围堰法和分段围堰法两种方式。

1. 全段围堰法

全段围堰法又称一次拦断法或河床外导流。指主河道被全段围堰一次拦断, 水流被导向旁侧的泄水建筑物。多用于河床狭窄、基坑工作面不大、水深流急、覆盖层较厚, 难于修建纵向围堰、难于实现分期导流的工程。图 1-1-1 所示为全段围堰法的实例。

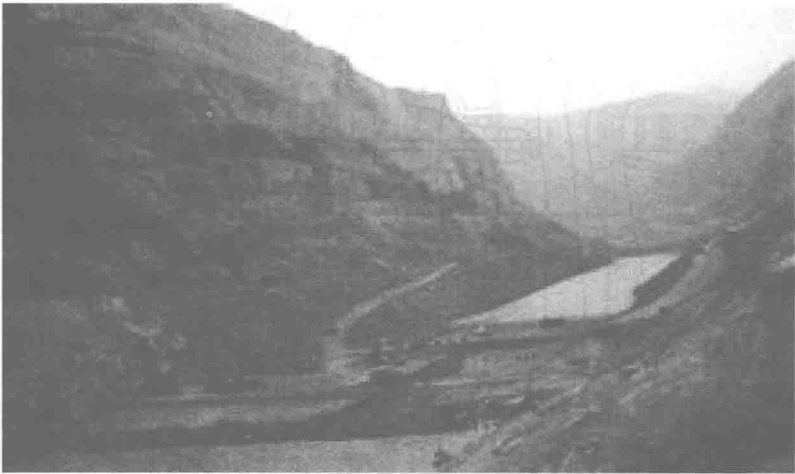


图 1-1-1 全段围堰法

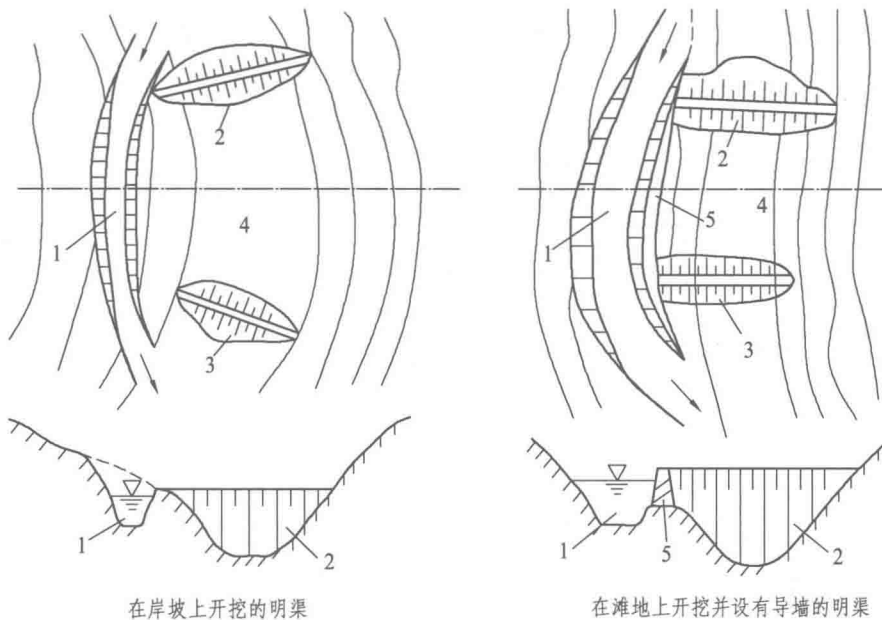
如图 1-1-2 所示，全段围堰泄水道导流类型有如下几种：

(1) 隧洞导流，适用于两岸陡峻、山岩坚硬、风化层薄、河谷狭窄的山区河流或有永久性隧洞可供利用。

(2) 明渠导流，明渠导流适用于岸坡平缓或有宽阔滩地的平原河道。在山区河道上河槽形状明显不对称。

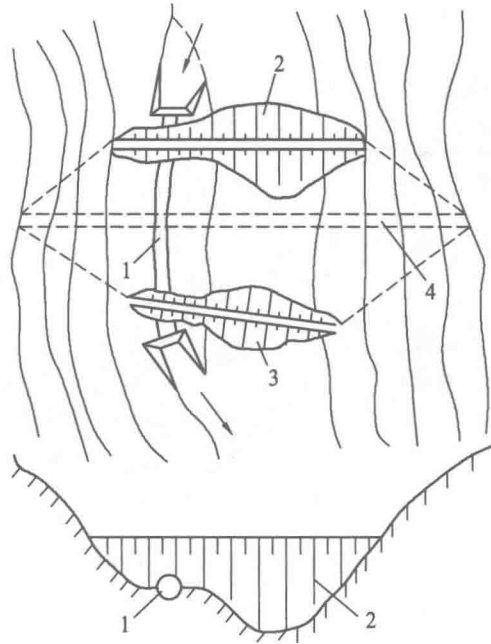
(3) 涵管导流，涵管导流多用于中小型土石坝工程，导流流量不超过 $1\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 。

(4) 渡槽导流，渡槽导流一般适用于小型工程的枯水期导流，导流流量不超过 $20\sim 30\text{ m}^3/\text{s}$ ，个别达 $100\text{ m}^3/\text{s}$ 。



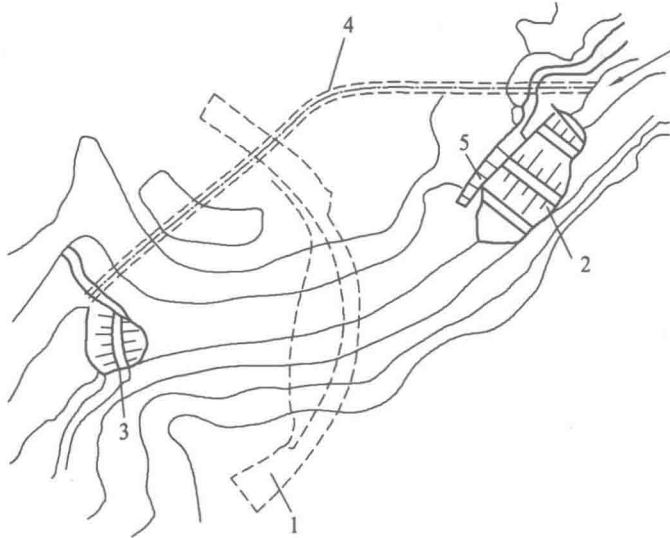
(a) 明渠导流示意图

1—导流明渠；2—上游围堰；3—下游围堰；4—坝轴线；5—明渠外导墙



(b) 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



(c) 青海省龙羊峡水电隧洞导流

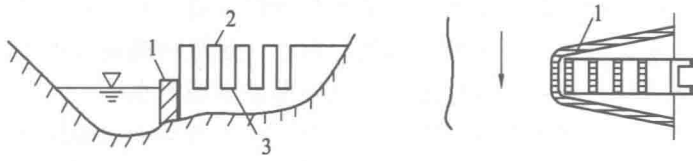
1—混凝土坝；2—上游围堰；3—下游围堰；4—导流隧洞；5—临时溢洪道

图 1-1-2 全段围堰法

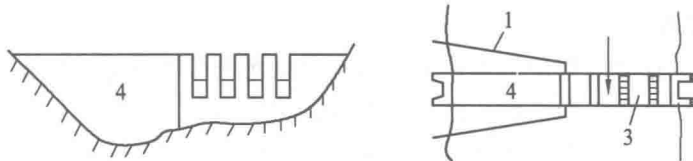
2. 分段围堰法

分段围堰法又称分期围堰法或河床内导流。分期就是将河床围成若干个干地施工基坑，分段进行施工，如图 1-1-3 所示。分期就是从时间上将导流过程划分成阶段。分期是就时间而言，分段是就空间而言。工程实践中，两段两期导流采用最多。

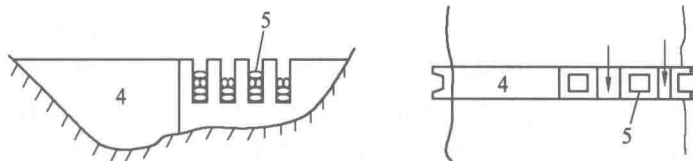
适用于河床较宽、流量大、工程工期较长的情况，易满足通航、过木、排冰等要求。



(I) 修建阶段的第一期



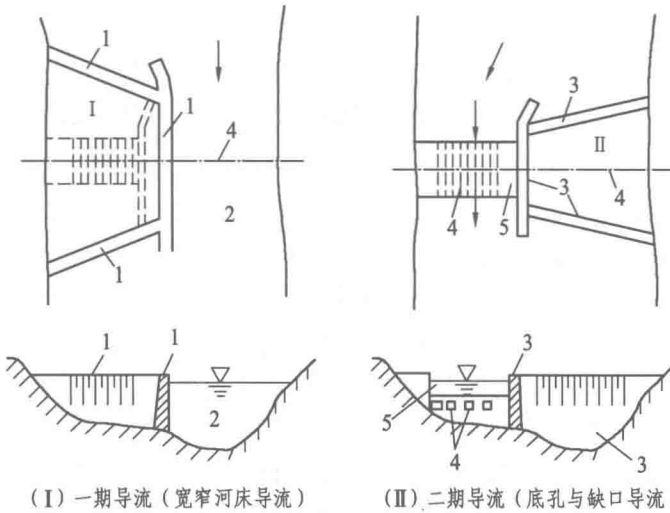
(II) 修建阶段的第二期



(III) 完建阶段

(a) 梳齿孔导流示意图

1—围堰；2—闸墩；3—梳齿孔；4—坝体；5—闸门



(I) 一期导流（狭窄河床导流）

(II) 二期导流（底孔与缺口导流）

(b) 分期导流布置示意图

1—一期围堰；2—束窄河床；3—二期围堰；4—导流底孔；5—坝体缺口；6—坝轴线

图 1-1-3 分段围堰

1) 底孔导流

主要用于河床内导流的工程。导流底孔是在坝体内设置临时的泄水孔或永久底孔。导流

时让全部或部分导流流量经底孔宣泄到下游。

对于临时底孔，在工程接近完工或需要蓄水时加以封堵。其底孔尺寸、数目和布置，须结合导流的任务如过水、过木、过鱼及封堵闸门设备、建筑物结构特点等，通过水力计算确定。一般底孔的底坎高程布置在枯水位之下，以确保枯水期泄水。

底孔导流可使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。如混凝土坝中后期可用已修建的永久底孔或临时底孔导流。但设置临时底孔，钢材用量增加，封堵质量不好时会削弱坝的整体性，导流时底孔有被漂浮物堵塞的危险。

2) 坝体缺口导流

在汛期河水流量较大，其他导流建筑物不足以宣泄全部流量时，可在未完建的混凝土坝体上预留缺口以配合宣泄汛期洪水，汛后再继续修筑缺口。

坝体缺口的宽度和高度取决于导流设计流量、其他泄水建筑物的泄水能力、建筑物结构特点和施工条件等。对于混凝土坝，特别是修建大体积混凝土坝时，常采用此导流方法。

特别指出，分段围堰法导流和全段围堰法导流应根据工程实际情况灵活应用，进行恰当的组合，并经过技术经济比较，确定出施工期的导流方案。如在全段围堰导流时，坝体修筑到一定高程之后可采用底孔或坝体缺口导流；同样，在分段围堰导流的后期，当泄水建筑物泄流能力有限时，也可采用隧洞或明渠道导流作为辅助；此外，一些工程在汛期也采用允许围堰过水，淹没基坑的导流方法。对于平原河道河床式电站，可将导流明槽河床侧的边墙作为二期的纵向围堰（明槽导流）。

1.1.2 导流设计流量

1. 导流标准

即用于导流设计的洪水频率标准，体现了经济性与所冒风险大小之间的选择。广义地说，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。

2. 洪水标准的确定

施工初期导流标准，按水利水电工程施工组织设计规范的规定，首先需根据导流建筑物的指标，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。具体来说是按现行规范《水利水电工程施工组织设计规范》（SL303—2004）首先根据保护对象、失事后果、适用年限和工程规模划分导流建筑物级别，然后根据建筑物类型和级别选定相应的洪水标准。

实际上，导流标准的选择受众多随机因素的影响。如果标准太低，不能保证施工安全；反之，则使导流工程设计规模过大，不仅增加导流费用，而且可能因其规模太大以致无法按期完成，造成工程施工的被动局面。因此，大型工程导流标准的确定，应结合风险度的分析，使所选标准更加经济合理。

3. 导流时段

在工程施工过程中，不同阶段可以采用不同的施工导流方法和挡水、泄水建筑物。不同导流方法组合的顺序，通常称为导流程序。导流时段就是按导流程序所划分的各施工阶段的

延续时间。具有实际意义的导流时段，主要是围堰挡水而保证基坑干地施工的时间，所以也称挡水时段。

导流时段的划分与河流的水文特征、水工建筑物的布置形式、导流方案、施工进度等因素有关。按河流的水文特征可分为枯水期、中水期和洪水期。在不影响主体工程施工的条件下，若导流建筑物只负担枯水期的挡水、泄水任务，显然可以大大减少导流建筑物的工程量，改善导流建筑物的工作条件，具有明显的技术经济效果。因此，合理划分导流时段，明确不同时段导流建筑物的工作条件，是既安全又经济地完成导流任务的基本要求。

如土坝、堆石坝和支墩坝一般不允许过水，因此当施工期较长，而洪水来临前又不能完建时，导流时段就要考虑以全年为标准，其导流设计流量就应按导流标准选择相应洪水重现期的年最大流量。

4. 导流设计流量

导流设计应依据过水和不过水两种情况分别考虑。

1) 不过水围堰

不过水围堰应根据导流时段来确定。如果围堰挡全年洪水（高水围堰），其导流设计流量就是选定导流标准的年最大流量，导流挡水与泄水建筑物的设计流量相同。

如果围堰只挡某一枯水时段（低水围堰），则按该挡水时段内同频率洪水作为围堰和该时段泄水建筑物的设计流量。但确定泄水建筑物总规模的设计流量，应按坝体施工期临时渡汛洪水标准来决定。

2) 过水围堰

过水围堰允许基坑淹没的导流方案，从围堰工作情况看，有过水期和挡水期之分，显然它们的导流标准应有所不同。

过水期的导流标准应与不过水围堰挡全年洪水时的标准相同。其相应的导流设计流量主要用于围堰过水情况下，加固保护措施的结构设计和稳定分析，也用于校核导流泄水道的过水能力。挡水期的导流标准应结合水文特点、施工工期及挡水时段，经技术经济比较后选定。当水文系列较长，大于或等于 30 年时，也可根据实测流量资料分析选用。其相应的导流设计流量主要用于确定堰顶高程、导流泄水建筑物的规模及堰体的稳定分析等。

5. 导流方案

水利水电枢纽工程施工，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。

导流方案的选择是导流工程的重点内容，在下篇施工组织设计中有详细介绍。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，进行技术经济比较，从中选择技术经济指标优越的方案。选择导流方案时应考虑的主要因素如下：

- (1) 水文条件；
- (2) 地形条件；
- (3) 地质及水文地质条件；

- (4) 水工建筑物的形式及其布置；
- (5) 施工期间河流的综合利用；
- (6) 施工进度、施工方法及施工场地布置。

在选择导流方案时，除了综合考虑以上各方面因素外，还应使主体工程尽可能及早发挥效益，简化导流程序，降低导流费用，使导流建筑物既简单易行，又适用可靠。

导流时段的划分。在工程施工过程中，不同阶段可以采用不同的施工导流方法和挡水、泄水建筑物。不同导流方法组合的顺序，通常称为导流程序。导流时段就是按导流程序所划分的各施工阶段的延续时间，具有实际意义的导流时段，主要是围堰挡水而保证基坑干地施工的时间，所以也称挡水时段。

1.1.3 围堰的平面布置与堰顶高程

1. 围堰的平面布置

围堰的平面布置一般应按导流方案、主体工程的轮廓和对围堰提出的要求而定。通常，基坑坡趾离主体工程轮廓的距离，不应小于 20~30 m，以便布置排水设施、交通运输道路及堆放材料和模板等。至于基坑开挖边坡的大小，则与地质条件有关。当纵向围堰不作为永久建筑物的一部分时，基坑纵向坡趾离主体工程轮廓的距离，一般不大于 2.0 m，以供布置排水系统和堆放模板。如果无此要求，只需留 0.4~0.6 m 就可以。

2. 堰顶高程

堰顶高程取决于导流设计流量及围堰的工作条件。下游围堰的堰顶高程由下式决定：

$$H_d = h_d + h_a + \delta \quad (1-1-1)$$

- 式中 H_d ——下游围堰堰顶高程，m；
 h_d ——下游水位高程，m，可直接从河流水位流量关系查出；
 h_a ——波浪爬高，m；
 δ ——围堰的安全超高，m；

上游围堰的堰顶高程由下式决定：

$$H_u = h_d + z + h_a + \delta \quad (1-1-2)$$

- 式中 H_u ——上游围堰堰顶高程，m；
 z ——上下游水位差，m；
 其余符号意义同(1-1-1)式。

必须指出，当围堰要拦蓄一部分水流时，则堰顶高程应通过调洪计算来确定。纵向围堰的堰顶高程，要与束窄河段宣泄导流设计流量时的水面曲线相适应。因此，纵向围堰的顶面往往设计成阶梯形或倾斜状，其上游和下游分别与上游围堰和下游围堰顶同高。

1.2 截流工程

河道截流是大中型水利水电工程施工中的的关键环节之一，不仅直接影响工期和造价，

而且影响整个工程的全局。

一般截流过程包括戗堤进占、龙口裹头及护底、合龙、闭气等工作。先在河床的一侧或两侧向河床中填筑截流戗堤，这种向水中筑堤的工作叫进占；戗堤进占到一定程度，河床束窄，形成流速较大的泄水缺口（龙头）。龙头一般选在河流水深较浅，覆盖层较薄或基岩部位，以降低截流难度。常采用工程防护措施如抛投大的石块、铅丝笼等（裹头与护底），以保证龙口两侧堤端和底部的抗冲稳定；一切准备就绪后，应抓住有利时机在较短的时间内进行龙口的封堵，即合龙；龙口段及戗堤本身仍然漏水，必须在戗堤全线设置防渗措施，这一工作叫闭气。截流后，戗堤往往需进一步加高培厚，达到设计高程修筑成设计的围堰。

截流工程在技术和施工组织上都具有相当的艰巨性和复杂性。必须充分掌握河流的水文、地形、地质等条件，掌握截流过程中水流的变化规律及其影响。通过精心组织施工，在较短的时间内用较大的施工强度完成截流工作。

1.2.1 截流的基本方法

截流的基本方法有平堵法和立堵法、混合堵法三种。实际工程中，应结合水文、地形、地质、施工条件及材料供应等因素进行综合考虑，选择适当的截流方法。

1. 平堵法

如图 1-2-1 所示，先在龙口建造浮桥或栈桥，由自卸汽车或其他运输工具运来块料，沿龙口前沿投抛，先下小料，随着流速增加，逐渐投抛大块料，使堆筑戗堤均匀地在水下上升，直至高出水面。一般说来，平堵法比立堵法的单宽流量要小，最大流速也小，水流条件较好，因此可以减小对龙口基床的冲刷。所以特别适用于易冲刷的地基上截流。由于平堵架设浮桥及栈桥，对机械化施工有利，因而抛投强度大，容易截流施工；但在深水高速的情况下架设浮桥、建造栈桥是比较困难的，因此这也限制了它的广泛采用。

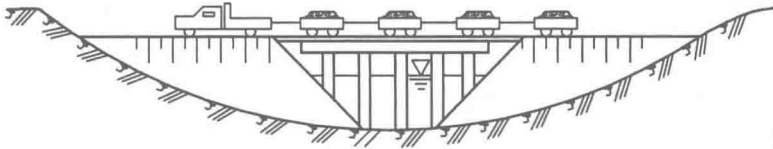


图 1-2-1 平堵截流法

2. 立堵法

如图 1-2-2 所示，用自卸汽车或其他运输工具运来块料，以端进法投抛（从龙口两端或一端下料）进占戗堤，直至截断河床。一般说来，立堵在截流过程中所发生的最大流速、单宽流量都较大，加之所生成的楔形水流和下游形成的立轴漩涡，对龙口及龙口下游河床将产生严重冲刷，因此不适用于在地质差的河道上截流，否则就需要对河床作妥善防护。由于端进法施工的工作前线短，限制了投抛强度。有时为了施工交通要求特意加大戗堤顶宽，这又大大增加了投抛材料的消耗。但是立堵法截流，无需架设浮桥或栈桥，简化了截流准备工作，因而赢得了时间，节约了投资，所以我国黄河上许多水利工程（岩质河床）都采用这个方法截流。

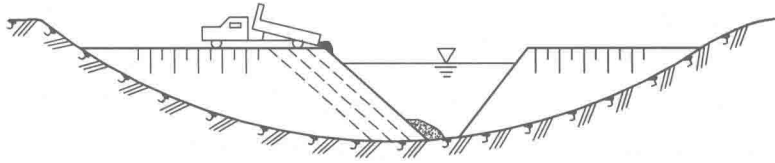


图 1-2-2 立堵法截流

3. 混合堵法

这是采用立堵与平堵相结合的方法。有先平堵后立堵和先立堵后平堵两种。用得比较多的是首先从龙口两端下料保护戗堤头部,同时进行护底工程并抬高龙口底槛高程到一定高度,最后用立堵截断河流。平抛可以采用船抛,然后用汽车立堵截流。新洋港(土质河床)就是采用这种方法截流的。

1.2.2 截流日期和截流设计流量

1. 截流日期

截流时间应根据枢纽工程施工控制性进度计划或总进度计划决定,至于时段选择,一般应考虑以下原则,经过全面分析比较而定。

(1) 尽可能在较小流量时截流,但必须全面考虑河道水文特性和截流应完成的各项控制工程量,合理使用枯水期。

(2) 对于具有通航、灌溉、供水、过木等特殊要求的河道,应全面兼顾这些要求,尽量使截流对河道的综合利用的影响最小。

(3) 有冰冻河流,一般不在流冰期截流,避免截流和闭气工作复杂化,如特殊情况必须在流冰期截流时应有充分论证,并有周密的安全措施。

截流应选在枯水期进行,因为此时流量小,不仅断流容易,耗材少,而且有利于围堰的加高培厚。至于截流选在枯水期的什么时段,首先要保证截流以后全年挡水围堰能在汛前修建到拦洪水位以上,若是作用一个枯水期的围堰,应保证基坑内的主体工程在汛期到来以前,修建到拦洪水位以上(土坝)或正常水位以上(混凝土坝等可以过水的建筑物)。因此,应尽量安排在枯水期的前期,使截流以后有足够时间来完成基坑内的工作。对于北方河道,截流还应避开冰凌时期,因冰凌会阻塞龙口,影响截流进行;而且截流后,上游大量冰块堆积也将严重影响闭气工作。一般来说,南方河流最好不迟于12月底,北方河流最好不迟于1月底。截流前必须充分及时地做好准备工作,如泄水建筑物建成可以过水,准备好截流材料及其他截流设施等。不能贸然从事,使截流工作陷于被动。

2. 截流设计流量

一般设计流量按频率法确定,根据已选定截流时段,采用该时段内一定频率的流量作为设计流量。

除了频率法以外,也有不少工程采用实测资料分析法,当水文资料系列较长,河道水文特性稳定时,这种方法可应用。至于预报法,因当前的可靠预报期较短,一般不能在初设中应用,但在截流前夕有可能根据预报流量适当修改设计。

在大型工程截流设计中,通常多以选取一个流量为主,再考虑较大、较小流量出现的可

能性，用几个流量进行截流计算和模型试验研究。对于有深槽和浅滩的河道，如分流建筑物布置在浅滩上，对截流不利的条件，要特别进行研究。

截流流量是截流设计的依据，选择不当，或使截流规模（龙口尺寸、投抛料尺寸或数量，等等）过大造成浪费；或规模过小，造成被动，甚至功亏一篑，最后拖延工期，影响整个施工布局。所以在选择截流流量时，应该慎重。

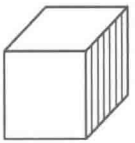
截流设计流量的选择应根据截流计算任务而定。对于确定龙口尺寸，以及截流闭气后围堰应该立即修建到挡水高程，一般采用该月 5% 频率最大瞬时流量为设计流量。对于决定截流材料尺寸、确定截流各项水力参数（水位 h 、流速 v 、落差 z 、龙口单宽流量 q ）的设计流量，由于合龙的时间较短，截流时间又可在规定的时限内，根据流量变化情况，进行适当调整，所以不必采用过高的标准，一般采用 5%~10% 频率的月或旬平均流量。这种方法对于大江大河（如长江、黄河）是正确的。因为这些河道流域面积大，因降雨引起的流量变化不大。而中小河道，枯水期的降雨有时也会引起涨水，流量加大，但洪峰历时短，我们可以避开这个时段。因此，采用月或旬平均流量（包含了涨水的情况）作为设计流量就偏大了。在此情况下可以采用下述方法确定设计流量。先选定几个流量值，然后在历年实测水文资料中（10~20 年），统计出在截流期中小于此流量的持续天数等于或大于截流工期的出现次数。当选用大流量，统计出的出现次数就多，截流可靠性大；反之，出现次数少，截流可靠性差。所以可以根据资料的可靠程度、截流的安全要求及经济上的合理性，从中选出一个流量作为截流设计流量。

截流时间不同，截流设计流量也不同。如果截流时间选在落水期（汛后），流量可以选得小些；如果是涨水期（汛前），流量要选得大一些。

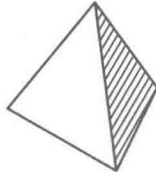
总之，截流流量应根据截流的具体情况，充分分析该河道的水文特性来进行选择。

1.2.3 截流材料

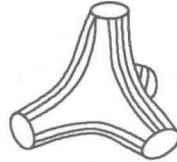
截流材料的选择，主要取决于截流时可能发生的流速及工地开挖、起重、运输设备的能力，一般应尽可能就地取材。在黄河，长期以来用梢料、麻袋、草包、石料、土料等作为堤防溃口的截流堵口材料。在南方，如四川都江堰，则常用卵石竹笼、砾石和杓搓等作为截流堵河分流的主要材料。国内外大江大河截流的实践证明，块石是截流的最基本材料。此外，当截流水力条件差时还须使用人工块体，如混凝土六面体、四面体、四角体及钢筋混凝土构架等，如图 1-2-3 所示。



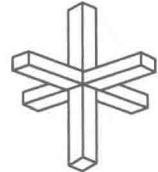
(a) 混凝土六面体



(b) 混凝土四面体



(c) 混凝土四角体



(d) 钢筋混凝土构架

图 1-2-3 截流材料

为确保截流既安全顺利，又经济合理，正确计算截流材料的备料量是十分必要的。备料量通常按设计的戗堤体积再增加一定裕度，主要是考虑到堆存、运输中的损失、水流冲失、

戽堤沉陷，以及可能发生比设计更坏的水力条件而预留的备用量等。但是据不完全统计，国内外许多工程的截流材料备料量均超过实用量，少者多余 50%，多则达 400%，尤其是人工块体大量多余。

造成截流材料备料量过大的主要原因是：

(1) 截流模型试验的推荐值本身就包含了一定安全裕度，截流设计提出的备料量又增加了一定富裕，而施工单位在备料时往往在此基础上又留有余地；

(2) 水下地形不太准确，在计算戽堤体积时，常从安全角度考虑取偏大值；

(3) 设计截流流量通常大于实际出现的流量等。如此层层加码，处处考虑安全富裕，所以即使像青铜峡工程的截流流量，实际大于设计，仍然出现备料量比实际用量多 78.6% 的情况。因此，如何正确估计截流材料的备用量，是一个很重要的课题。当然，备料恰如其分，不大可能，需留有余地。但对剩余材料，应预作筹划，安排好用处。特别像四面体等人工材料，大量弃置，既浪费，又影响环境，可考虑用于护岸或其他河道整治工程。

截流材料的适用流速见表 1-2-1。

表 1-2-1 截流材料的适用流速

截流材料	适用流速 (m/s)	截流材料	适用流速 (m/s)
土料	0.5~0.7	3 t 重大块石或钢筋石笼	3.5
20~30 kg 重石块	0.8~1.0	4.5 t 重混凝土四面体	4.5
50~70 kg 重块石	1.2~1.3	5 t 重大块石大石串或钢筋石笼	4.5~5.5
麻袋装土 (0.7 m × 0.4 m × 0.1 m)	1.5		
φ 0.5 m × 2 m 装石竹笼	2	12~15 t 重混凝土四面体	7.2
φ 0.6 m × 4 m 装石竹笼	2.5~3.0	20 t 重混凝土四面体	7.5
φ 0.8 m × 6 m 装石竹笼	3.5~4.0	φ 1.0 m × 15 m 柴石枕	约 7~8

1.2.4 减少截流难度的技术措施

减少截流难度的主要技术措施包括加大分流量，改善分流条件；改善龙口水力条件；增大抛投料的稳定性，减少块料流失；加大截流施工强度等。

1. 加大分流量，改善分流条件

分流条件好坏直接影响到截流过程中龙口的流量、落差和流速，分流条件好，截流就容易，反之就困难。改善分流条件的措施有：

(1) 合理确定导流建筑物尺寸、断面形式和底高程。也就是说，导流建筑物不只是要求满足导流要求，而且应该满足截流要求。

(2) 重视泄水建筑物上下游引渠开挖和上下游围堰拆除的质量，是改善分流条件的关键环节。否则，泄水建筑物虽然尺寸很大，但分流却受上下游引渠或上下游围堰残留部分控制，泄水能力很小，势必增加截流工作的困难。

(3) 在永久泄水建筑物尺寸不足的情况下，可以专门修建截流分水闸或其他形式泄水道帮助分流，待截流完成以后，借助于闸门封堵泄水闸，最后完成截流任务。