

高 等 学 校 教 材

水利水电工程施工组织管理 与 系 统 分 析

武汉水利电力学院 左 兼 金 主 编

水 利 电 力 出 版 社

高等学校教材

水利水电工程施工组织管理 与 系 统 分 析

武汉水利电力学院 左 兼 金 主编

水利电力出版社

内 容 提 要

全书除绪论外共十二章，分属于施工导流、施工组织与管理、施工系统分析三个部分。各部分既有联系又具有一定的独立性。

本书可作为高等院校水利水电工程施工专业的教材，及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人员参考。

校 教 材

水利水电工程组织管理与系统分析

武汉水利电力学院 左兼金 主编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 17印张 386千字

1986年6月第一版 1986年6月北京第一次印刷

印数0001—4720册 定价2.80元

书号 15143·5956

前 言

本教材是根据《1983~1987年高等学校水利电力类专业教材编审出版规划》组织编写的。

全书除绪论外共十二章，分属于施工导流、施工组织与管理、施工系统分析三篇。其中第一篇包括导流、截流、围堰、基坑排水四章；第二篇包括施工进度计划、施工总体布置、施工管理三章；第三篇包括线性规划、非线性规划、动态规划、存储问题和排队问题、网络计划技术五章。

本教材由武汉水利电力学院左兼金副教授（绪论、第五章、第六章、第九章至第十二章）、袁光裕副教授（第七章、第八章）、周克己讲师（第一章至第四章）共同编写。全书由左兼金主编。并由华东水利学院李开运副教授主审。

1983年8月在西安召开的施工教材编审小组扩大会议上，讨论了本教材的编写大纲，听取了许多兄弟院校的宝贵意见。在编审过程中又得到不少同志的支持，在此表示衷心感谢。

对于书中存在的缺点和错误，请广大师生和读者提出批评和指正。

编 者

1984年10月

目 录

前 言	
绪 论	1

第一篇 施 工 导 流

第一章 导流	7
第一节 导流方式	7
第二节 导流设计流量的确定	14
第三节 导流工程布置	18
第四节 导流水力计算	28
第五节 拦洪渡汛与封堵蓄水	38
第二章 截流	42
第一节 截流方法	42
第二节 截流设计的主要问题	45
第三节 截流水力参数计算	48
第四节 截流材料的稳定计算和材料选择	56
第三章 围堰	63
第一节 概述	63
第二节 土石围堰	67
第三节 混凝土围堰	79
第四节 钢板桩格型围堰	82
第五节 其它型式围堰	85
第四章 基坑排水	87
第一节 初期排水	88
第二节 经常性排水	90

第二篇 施 工 组 织 与 管 理

第五章 施工进度计划	95
第一节 施工进度计划的任务和种类	95
第二节 施工总进度计划的编制	97
第六章 施工总体布置	112
第一节 施工总体布置的内容	112
第二节 施工运输	115
第三节 施工辅助企业	119
第四节 仓库及临时房屋	121

第五节	水、电、风的供应	124
第六节	施工总体布置图的设计	131
第七节	施工总体布置图示例	136
第七章	施工管理	138
第一节	计划管理	139
第二节	技术管理和质量管理	141
第三节	劳动工资管理	147
第四节	器材设备管理	148
第五节	定额管理	149

第三篇 施工系统分析

第八章	线性规划	152
第一节	线性规划问题的数学模式	153
第二节	二维问题的图解法	154
第三节	单纯形法	157
第四节	对偶问题	170
第五节	运输问题和分配问题	174
第九章	非线性规划	183
第一节	非线性规划的数学模型	183
第二节	分类与解法	183
第三节	算例	184
第十章	动态规划	205
第一节	引论	205
第二节	优化原理与逆推方程	207
第三节	算例	211
第十一章	存储问题和排队问题	220
第一节	存储问题	220
第二节	排队问题	229
第十二章	网络计划技术	234
第一节	图和网络	234
第二节	统筹法 (CPM/PERT)	237
第三节	网络进度的调整和优化	246
第四节	搭接网络	254
第五节	广义活动网络	259
第六节	几个其它方面的例子	261

绪 论

施工组织管理与系统分析,是水利水电工程施工学科的一个组成部分,它的任务在于研究和制定水利水电工程及其施工机构的生产业务活动的组织、计划和管理的最合理的方法和途径,从而保证党的社会主义建设的路线、方针、政策在水利水电工程建设中贯彻执行。

在进行大规模的水利水电建设中,我们积累了丰富的经验。本学科就是在总结我国建设经验和吸收国外有用的技术和经验的基础上建立和发展起来的;另一方面,它又将推动和指导水利水电建设工程的发展,在完成今后的水电开发任务中,将起着积极的作用。

组织水利水电工程施工有其自身的特点。第一,水利水电工程施工受水文、气象、地形、地质和水文地质等因素的限制很大,这些因素的综合影响,往往很难事先全部预料,在勘测、规划、设计和施工的过程中,要不断收集这些基本资料,不断校正以往的成果。第二,在河道上修建水利枢纽时,必须考虑施工期间河道的通航、灌溉、发电、供水和防洪等方面的要求,造成施工组织的复杂化,这就要求从河流综合利用的全局出发,组织好施工导流工作。第三,水利水电工程(特别是大中型工程)的工程量巨大,修建时需要花费大量的资金、材料和劳动力,需要使用各种类型的机械设备和较长的工期。这就要求在规划设计过程中,从国民经济的全局出发,作好综合平衡工作,在工程施工过程中,加强施工管理工作,重视提高经济效益。第四,水工建筑物,尤其是河流上的挡水建筑物的作用非常重要,往往关系着下游千百万人民生命财产的安全。如果施工质量不高,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失事,给国民经济带来不可弥补的损失。因此,除了在规划设计中讲究质量和安全外,在施工中也要认真加强全面质量管理,注重工程安全。第五,由于水力资源的分布地点不同,有些水利枢纽工程位于交通不便的山区,在这种情况下组织工程施工,必须修建专门的对外交通线路,建立必要的施工辅助企业和临时设施,还要修建职工及家属的住宅。因此,合理地安排各项施工准备工作,对加快主体工程施工,降低工程成本,都是十分重要的。正是因为这些特点,在水利水电工程施工组织与管理中要采用系统分析的方法,统筹兼顾,全局择优。

水利水电建设是国家基本建设的一个组成部分,水利水电工程从选择建设地点到建成并投入运转,一般可划分为三个时期,即:准备时期、施工时期和交工时期。

准备时期需要进行的工作包括:选择建设地点;组织勘测设计;进行有关问题的科学研究;成立施工机构;进行施工前的准备工作(如修建交通道路、建筑临时房屋、设立施工企业)等。

施工时期的主要工作是完成水利枢纽的土建工程和机电安装工程。

交工时期的工作有:对已经竣工的工程组织验收、移交、试运转并投入运行,结束施

工现场工作并进行工程总结。

勘测、设计和施工是工程建设中相辅相成的三个环节。勘测为设计和施工提供所依据的资料，而随着设计的不断深入和施工的逐渐展开，对勘测就会提出更深入细致的要求。设计是施工的依据，但随着施工的进展，将会对设计进行验证，从而提出修改设计的要求。

组织工程施工，主要解决两方面的问题。其一是要作好施工组织设计；其二是要加强施工管理。在解决这两方面的问题时，系统分析是一种必要的技术方法，它从系统的角度去观察、分析问题的各个方面和影响因素，并应用现代科学技术定量地处理系统各组成部分的关系，使得整个系统达到最优的状态。这种研究问题的思想和方法，可以引导我们去揭示事物本身的内在规律并寻求复杂问题的最好解决办法。

水利水电工程的设计工作，根据工程投资、规模、技术复杂程度和重要性等，分别采用三阶段设计或两阶段设计。设计工作是在批准了的设计任务文件的指示下进行的。设计任务文件由水利电力部、省、市、自治区的水利电力厅（局）组织设计部门和有关单位负责编制，并按国家规定的程序上报审批。设计任务文件的编制，应根据国民经济发展的要求和已有的流域规划文件进行，其基本内容包括：

1）建设规模。提出兴建的水利水电工程的效益，在国民经济总平衡和地区平衡中的地位；指出本工程是一期建成还是分期建设，以及分期建设的规模。

2）建设依据。说明水利资源条件，用水、用电的需要对象，以及工程建设在经济上、技术上的依据。

3）主要协作配合条件。包括水利资源的综合利用，移民的安置，关于建设所需特殊材料和设备供应的建议等。

4）建设地点和占地淹没面积。

5）建设进度和投资估计。

此外，设计任务文件中还应指明设计工作的阶段，并规定各阶段完成的期限。

水利水电工程，采用三阶段设计时的设计文件是：①初步设计及总概算；②技术设计及修正总概算；③施工图及预算。采用两阶段设计时的设计文件是：①扩大初步设计及总概算；②施工图及预算。

划分阶段进行设计工作，反映了选定设计方案时逐步深化的认识过程，使设计工作能由轮廓到具体、由大到小、由粗到细逐步深入地进行。这样既能提高设计质量、保证选定的方案正确合理；又能减少繁重的设计工作量，加快设计进度，便于领导机关审批。

初步设计或技术设计（扩大初步设计）完成后，应整编设计文件，上报送审。其文件内容为：①综合说明书（提要）；②基本资料（水文、气象、地形、地质、水文地质、社会经济资料、施工技术力量等）；③规划设计（水工建筑物设计和机电设计）；④施工组织设计；⑤总概算（修正总概算）；⑥图表及附件等。文件的具体章节内容应按现行的编制规程要求编写。施工图阶段只出图纸和编制预算，不整编设计文件。

组织水利水电工程设计工作，除上述各阶段设计文件上报送审外，还需编写可行性研究报告、阶段性的中间报告或专题报告，供领导机关审核。

这里还要说明一点，所谓分阶段设计是对整个水利水电枢纽工程而言的，主要是指该枢纽工程的主要建筑物是按三阶段设计还是按两阶段设计。至于该工程中的次要建筑物、辅助建筑物或施工临时设施，应根据具体情况分别对待。

水利水电工程的施工组织设计是水利水电建设设计文件（初步设计、技术设计）的重要组成部分，是研究工程施工条件、选择施工方案、组织和管理工程建设的指导性文件。

在初步设计（扩大初步设计）和技术设计阶段都要作施工组织设计，在施工图（技施设计）阶段要作施工措施设计，它既是设计文件的重要组成部分，又是工程施工和组织管理的可靠依据。认真做好施工组织设计，对于正确选定坝址和枢纽设计方案，合理组织工程施工，保证工程质量，降低工程造价，加快建设速度，都起着重要的作用。

按照基建程序，不同设计阶段的施工组织设计的工作深度和要求是不同的。

（1）初步设计阶段：在选坝工作中，施工组织设计应从施工导流、对外交通、当地建筑材料、施工场地布置和施工期限等主要方面，对不同坝址的建设条件，进行技术经济综合比较论证。提出工期、造价、劳动力及主要材料需用量等的估算指标，以配合进行选坝工作。

坝址选定后，除配合选择枢纽布置方案外，应按照《初步设计编制规程（试行）》的要求，提出下列成果：

1）分析研究施工条件。包括施工特性，自然条件，材料、设备、劳动力及生活供应条件。

2）根据设计条件和导流标准，比较各种导流方式，选定导流方案，设计导流建筑物，研究导流、截流和围堰的施工，拟定施工期间渡汛、过冰、下闸蓄水和施工通航与过木措施。

3）根据工程规模和特性，研究主体工程施工，比较施工方案，选定施工程序、施工方法，论述施工布置、施工进度，并提出施工所需的主要机械、设备、材料和劳动力。可以分成：坝（闸）施工、泄洪及引水建筑物施工、厂房及开关站施工、通航及过木等建筑物施工、机电设备及金属结构安装等。

4）施工交通运输方案。包括研究基本资料、对外交通运输、场内交通运输和施工期间过坝交通运输等问题。

5）拟定施工辅助企业的规模和布置，提出建厂计划。包括各类料场和加工系统、混凝土拌合系统、机械修配厂、综合加工厂、风水电通讯及照明等项。

6）根据施工场区条件和工程需要，进行施工总体布置。

7）根据工期要求，提出施工总进度及施工准备工程进度。

8）提出主要技术供应计划。包括主要建筑材料和主要施工机械设备的总量及分年度需要量。

在完成上述设计内容时，还应提出下列各种附图：

1）施工对外交通图。

2）施工总布置图。

3）施工用地征用范围图。

- 4) 施工导流方案综合比较图。
- 5) 施工导流布置图。
- 6) 导流建筑物工程布置及结构布置图。
- 7) 导流建筑物施工布置及施工方法示意图。
- 8) 施工期间航运放木过坝措施示意图。
- 9) 主要建筑物基坑分期开挖、抽水排水、地基处理的施工布置图和施工方法示意图。

10) 主要建筑物施工布置图。

11) 混凝土骨料及拌合系统布置图。

12) 砂砾、土、石料场开采及运输路线布置图。

13) 施工总进度表。

14) 施工用电、供电系统结线图。

初步设计阶段的施工组织设计，对某些重大问题，必要时应提出专题研究报告。

(2) 技术设计阶段的施工组织设计：应根据批准的初步设计文件的审批意见和补充的勘测、试验、调查资料，以及相应的水工、机电设计图纸，进行进一步的补充和落实，包括进行必要的大型施工工艺性试验。如施工方案有重大变更，则应相应地编制变更部分的施工组织设计。技术设计阶段的施工组织设计文件可以按专题分期编制，但应考虑到施工连续性的要求。

(3) 施工措施设计：当建设项目列入国家计划后，施工单位（工程局）就应做好施工措施设计的工作，积极创造条件，做好各项施工准备。首先要编好施工准备工程的施工措施设计，它的内容应着重对施工总布置进行周密的规划布置，并按施工总进度要求，安排出切合实际的准备工程实施方案。其中，对外交通、主要辅助企业和大型临时结构等，如技术比较复杂，可按扩大单位工程（或单位工程）编制施工措施设计。

对于主体工程，可按控制性工程的施工分期，编制各单位工程的施工措施设计。其内容应着重研究落实施工部署、进度计划、工艺流程、技术措施、物资供应和质量要求等。

施工组织设计，应根据设计任务文件、设计审批意见等上级有关指示的要求，根据工程所在河流的自然条件、地区社会经济调查资料、可能提供的人力物力和工程特性等进行编制。实践表明，只有经过深入地勘测调查，占有必要的、确切的基本资料，认真进行分析研究，才能编出切合实际的施工组织设计。研究工程施工条件，既是施工组织设计的基本要求，又是编好施工组织设计的基础，施工组织设计人员对此必须予以充分注意。一般说来，基本资料的主要内容有：

(1) 河流的水文情况资料：包括流域、雨量、水位、流量、冰凌、水文地质以及本工程与上、下游水利建设或计划的影响关系等。这些资料除由从事水文工作的人员收集整理外，施工组织设计人员还应当注意了解原始资料的由来，参与研究成果的可靠程度，不足者应提出补充要求，以满足施工组织设计，特别是导流设计的要求。

(2) 地形和地质资料：其范围包括区域性的构造、料场及其与工地的交通线、坝址上下游 5~10km 的施工工地范围、永久建筑物（坝、水电站等）位置和大型施工设施

(围堰、导流建筑物、大型桥梁、码头、企业厂房)的范围等。地形测量(包括水下地形测量)的范围要注意满足施工总体布置的需要,其精度与比例尺应满足施工组织设计要求。地质勘探工作,除对枢纽建筑物进行勘探外,还应对当地建筑材料的质量、储量勘查清楚。

(3)气候气象资料:包括季节、气温、水温、地温、湿度、风速风向、日照、晴雨等。着重研究不同季节(冬季、夏季、雨季)对施工的影响,以满足主体工程施工方案的设计要求。

(4)交通运输:着重外来物料的运输,应查明工程所在地区的铁路、公路、水运的状况、发展计划和趋势,还要研究本工程施工对运输的要求与影响(包括新建和改建运输线路、施工对航运的影响等)。

(5)施工用电:大型水利水电工程在施工中需用大量电能,如何取得电能应在详细调查研究的基础上,提出专门方案。

(6)对经济各部门的要求:施工地区的社会经济情况以及国民经济各部门对施工期防洪、灌溉、航运、供水、放木的要求。

(7)劳力、设备等情况:劳动力、材料、机械设备等技术供应情况。

(8)有关试验成果:有关工程施工的材料试验、施工试验、导流水工模型试验等的试验成果或专题研究成果。

上述资料的收集范围和深度,应当满足各个设计阶段的任务要求,并在时间上与设计进度相适应,务求资料确切、完整、适用。取得资料的方法是亲自调查、布置勘测和委托试验。

搞好施工组织与管理,对于加速水利水电工程建设、降低工程造价、提高工程质量、确保工程投入运行、发挥经济效益等方面,都有很大影响。总结实践经验,搞好施工组织与管理,应该遵循以下主要原则:

1)必须认真贯彻执行中央制定的各项经济方针、政策和水利水电建设有关的技术政策,进行水利水电建设必须从我国国情出发,量力而行。

2)遵循基本建设程序,搞好勘测设计工作,尤其要作好施工组织设计。应该按照实事求是、因地制宜、技术先进和经济合理等原则,深入调查研究,全面分析比较,提出切实可行的施工方案。

3)全面贯彻国家的建设方针,重视施工准备工作。安排工程进度时,应在保证工程质量和安全的前提下,使之符合高速度施工的要求。在处理和洪水作斗争的问题上,应该做到力争主动,不误时机。

4)贯彻节约原则,讲求经济效益。因地制宜,就地取材;节约建筑材料,特别要注意节约木材;节约施工用地,尽量少占农田;不断降低工程成本。

5)按经济规律办企业,实行现代化管理。建立各种规章制度和责任制,加强计划管理、技术管理,保证工程质量和生产安全。

6)不断提高施工机械化水平,积极采用行之有效的新技术,结合实际,引进国外先进技术和设备。

7) 做好人力、物力的综合平衡, 力争均衡、连续、有节奏地施工。

上述各项基本原则的具体运用, 将结合本教材的有关章节阐述。

本课程是一门涉及面较广、实践性很强的综合性的专业课。根据这一特点, 本教材只能就本学科的几个主要方面给以最基本的理论性的科学概括。学习本教材时, 应该注意掌握基本概念、基本原理和基本方法, 并联系已经学过的《施工机械》、《施工技术》、《工程经济》和其它有关课程的内容, 循序渐进。只有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, 来运用所学知识, 才能更有效地掌握本课程的内容。

第一篇 施 工 导 流

本篇主要讲导流、截流、围堰与基坑排水。以上四个方面是密切相关的。在建筑物的全部施工过程中，导流不仅是贯彻始终的，而且是整个水流控制问题的核心。

第一章 导 流

第一节 导 流 方 式

一、分类及适用条件

导流方式，也即施工导流的方法，大体上可分为两种基本方式（全段围堰法和分段围堰法）和一种辅助方式（淹没基坑），另外还有一种特殊方式（滩地法）。

（一）全段围堰法导流

这种导流方式又称一次拦断法或河床外导流。其基本特点是主河道被全段围堰一次拦断，水流被导向旁的泄水建筑物。视泄水建筑物的不同，一次拦断法又可进一步区分为隧洞导流、明渠导流、涵管导流、渡槽导流等。由于这些泄水建筑物一般不占据主河道位置，而且多半位于河床旁侧或河床外，所以也有人称其为河床外导流。

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，可采用隧洞导流。

由于每条隧洞的泄水能力有限，加之隧洞造价比较昂贵，所以隧洞导流常用于流量不太大的情况。按照当前的水平，每条隧洞可宣泄流量一般不超过 $2000 \sim 2500 \text{ m}^3/\text{s}$ 。大多数工程采用 $1 \sim 2$ 条导流洞。

为了节约导流费用，导流洞通常均与永久隧洞相结合。在山区河流上兴建高水头土石坝枢纽时，多采用永久隧洞。因此，土石坝枢纽采用隧洞导流更为普遍。在山区河流上修建混凝土坝，特别是拱坝枢纽时，也常采用隧洞导流，并常辅以淹没基坑和底孔导流方式，如图1-1所示。

2. 明渠导流

明渠导流一般适用于岸坡平缓或有宽阔滩地的平原河道。在山区河道上，如果河槽形状明显不对称，也可能在滩地上开挖明渠。此时，通常需要在明渠一侧修建导水墙，其导流特点已接近于分期导流方式，如图1-2所示。

明渠导流多用于土石坝枢纽，有些混凝土坝枢纽也采用明渠。导流明渠的设计流量一般不超过 $10000 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

3. 涵管导流

涵管通常是用于土石坝下的钢筋混凝土结构或砌石结构中。由于涵管过多对坝身结构不利，且使大坝施工受到干扰，因此坝下埋管不宜过多，单管尺寸也不宜过大。涵管导流多用于中、小型土石坝工程。除少数工程外，导流流量一般不超过 $1000\text{m}^3/\text{s}$ 。

涵管是在干地施工的，通常，涵管需布置在河滩上，滩地高程在枯水位以上（图 1-3）。

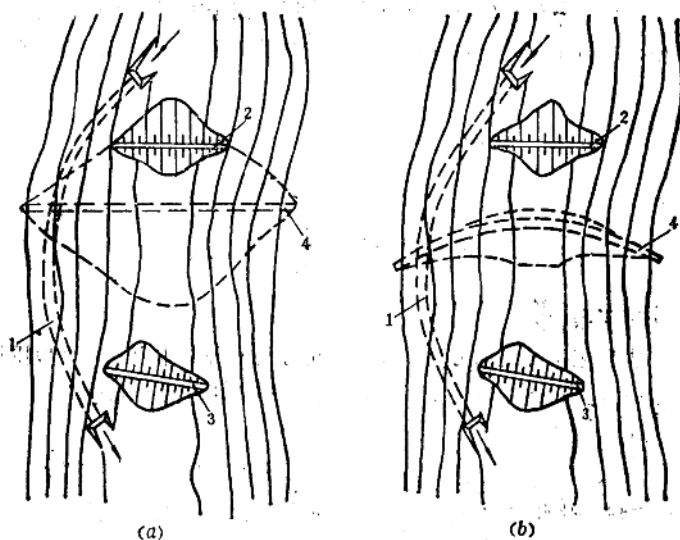


图 1-1 隧洞导流示意图

(a) 土石坝枢纽，(b) 混凝土坝枢纽

1—导流隧洞，2—上游围堰，3—下游围堰，4—主坝

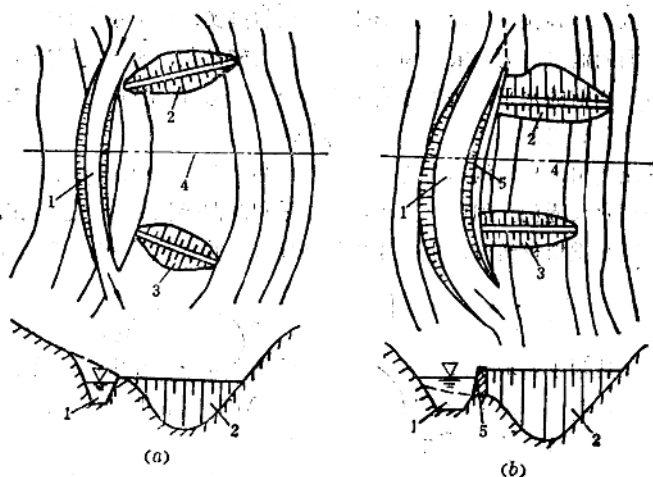


图 1-2 明渠导流示意图

(a) 在岸坡上开挖的明渠，(b) 在滩地上开挖并设有导墙的明渠

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

4. 渡槽导流

渡槽一般只用于小型工程的枯水期导流。导流流量通常不超过 $20 \sim 30 \text{ m}^3/\text{s}$ ，个别工程也有达 $100 \text{ m}^3/\text{s}$ 的。

(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，但是，习惯上则多称其为分期导流。图1-4就是一种常见的分期导流布置示意图。分期导流的基本程序如图1-4所示。

所谓分段，就是将河床围成若干个干地施工基坑，分段进行施工。所谓分期，就是从时间上将导流过程划分成阶段。导流分期数和围堰分段数并不一定相同（图1-5）。段数分得愈多，施工愈复杂；期数分得愈多，则使工期拖延愈长。因此，在工程实践中，两段两期导流采用得最多。

在流量很大的平原河道或河谷较宽的山区河流上修建混凝土坝枢纽时，宜采用分期导流。这种导流方式较易满足通航、过木、排冰等要求。

根据不同时期泄水道的特点，分期导流方式中又包括束窄河床导流和通过已完建或未完建的永久建筑物导流。

1. 束窄河床导流

一期导流的泄水道是被围堰束窄后的河床。如果河床的覆盖层为深厚的细土粒层，则

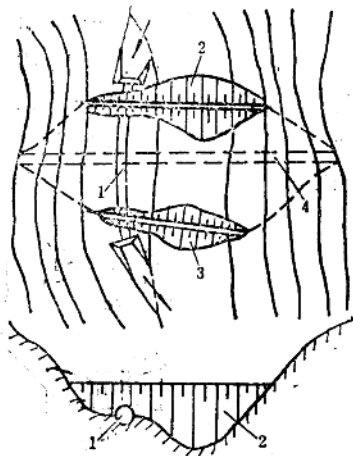


图 1-3 涵管导流示意图

1—导流涵管；2—上游围堰；3—下游围堰；4—土石坝

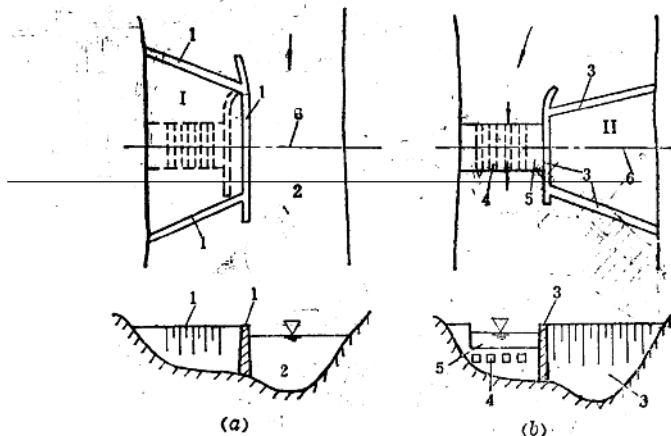


图 1-4 分期导流布置示意图

(a)一期导流(束窄河床导流)；(b)二期导流(底孔与缺口导流)

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

束窄河床不可避免地要产生一定的冲刷。对于非通航河道，只要这种冲刷不危及围堰和河岸的安全，则一般都是许可的。束窄河床导流时，常需满足通航要求。

2. 通过已建或未建的永久建筑物导流

这种泄水道多用于二期导流或后期导流

(1) 通过已建的永久建筑物导流：修建低水头闸坝枢纽时，一般均在二期基坑内完成永久性泄水建筑物，以供二期导流之用。葛洲坝工程二期导流，就是利用已建的泄水闸和冲沙闸孔作为导流通道的（图1-6）。但是，冲沙闸孔只有在出现特大洪水时，才参予二期导流。

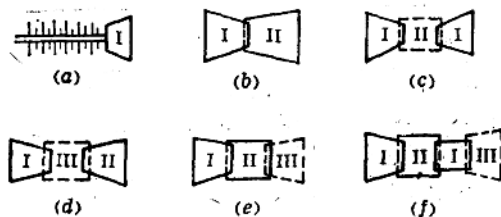


图 1-5 导流分期与围堰分段示意图

(a) 两期一段围堰；(b) 两期两段围堰；(c) 两期三段围堰；(d) 三期三段围堰之一；(e) 三期三段围堰之二；(f) 三期四段围堰

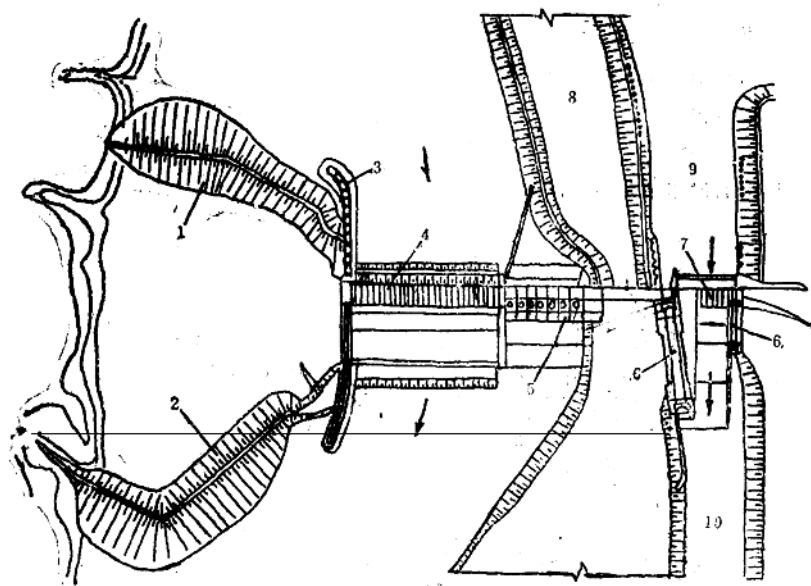


图 1-6 利用永久泄水建筑物导流

1—二期上游围堰；2—二期下游围堰；3—格型钢板桩纵向围堰；4—泄水闸；5—电站厂房；6—船闸；7—冲砂闸；8—防淤堤；9—上游引航道；10—下游引航道

(2) 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。某些采用一次拦断法修建的混凝土坝枢纽，其后期导流也常采

用底孔。

(3) 缺口导流：当导流底孔的泄水能力不够，致使围堰高度过大时，可在混凝土坝体上预留缺口，作为洪水期的临时泄水通道（图1-4）。坝体的非缺口部分，在洪水期也可继续施工。通常，缺口均与底孔或其它泄水建筑物联合工作，不能作为一种单独的导流方法；否则，缺口处的坝体将无法继续升高。

(4) 梳齿孔导流：这种方法因其泄水道断面形状类似于梳齿而得名（图1-7）。与底孔和缺口导流相比，其主要区别在于完建阶段的施工方法不同。因为梳齿孔是主要泄水道，在完建阶段，只能使梳齿孔按一定顺序轮流过水，并轮流在闸门掩护下浇注孔口间的混凝土。梳齿导流法可用于低水头混凝土闸坝枢纽。

(5) 厂房导流：厂房导流一般适用于平原河道上的低水头河床式径流电站。个别高、中水头坝后式厂房，也有通过厂房导流的。

(三) 淹没基坑导流

这是一种辅助导流方式，适用于山区河道上修建混凝土坝、堆石坝时使用。无论是一次拦断，或者是分期导流，只要基坑内正在施工的坝体允许过水，则可利用过水围堰，允许淹没基坑宣泄部分流量，以弥补其他泄水道宣泄能力之不足。图1-8所示为非洲卡里巴（Kariba）电站淹没基坑导流布置图。

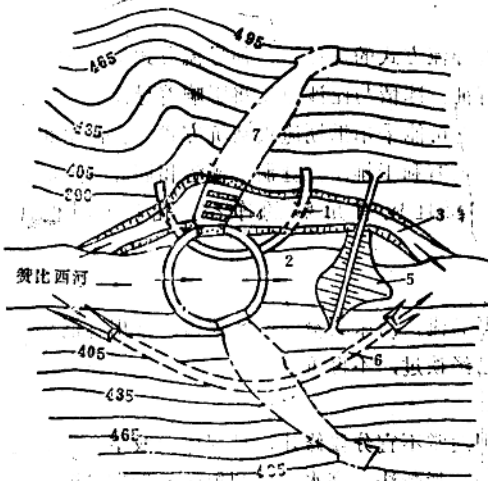


图 1-8 卡里巴电站淹没基坑导流布置图

1—第一期左岸半圆形混凝土薄拱围堰；2—第二期圆形混凝土过水围堰；3—导流明渠；4—左岸拱坝中的临时泄水孔；5—堆石墩；6—导流隧洞；7—拱坝轮廓

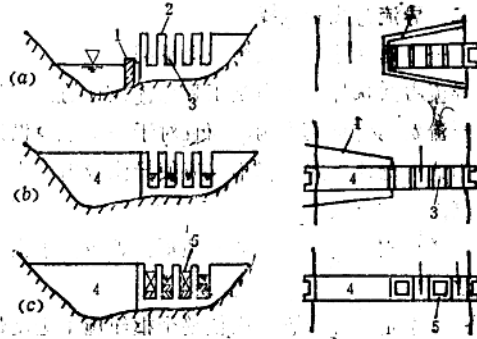


图 1-7 梳齿孔导流示意图

(a)修建阶段的第一期；(b)修建阶段的第二期；(c)完建阶段
1—围堰；2—闸墩；3—梳齿孔；4—坝体；5—闸门

(四) 滩地法

滩地法是分段分期修建水工建筑物的一种特殊情况。这种导流方法与枢纽布置有密切的关系。它适用于具有宽阔滩地的平原河道上，其河床极易冲刷，而通航在施工期不允许受阻的情况。

滩地法施工的一期导流泄水道是未束窄的河床（枯水期），或略加束窄的河床（洪水期）。二期施工时的泄水道是已完建或未建的混凝土建筑物。因此，滩地法可视为分期导流