

高等学校交流讲义

水利工程施工

上册

武汉水利电力学院施工组织及机械化教研组编

只限学校内部使用



中国工业出版社

高等学校交流讲义



水利工程施工

上册

武汉水利电力学院施工組織及机械化教研組編

中国工业出版社

本书系武汉水利电力学院施工組織与机械化教研組在1958年教育革命以后集体編写的。1961年3月高等学校水利电力类教材工作会议选定为河川规划及水电站建筑专业、农田水利工程专业、淮河防洪工程专业的教学用书。

本书分緒論，施工导流与基坑工作，土方工程，石方工程，混凝土和钢筋混凝土工程，水利施工組織与计划和施工机械等六篇。土工、石工和混凝土工三篇是先按工种再按建筑物来分章节阐述的；施工机械一篇是在以前各篇只簡述施工机械工作性能和适用范围的基础上，再对主要机械的构造、使用和维护加以介紹。

本书分上下两册。上册包括緒論和第一、二两篇；下册包括其余四篇。各篇均自成系統，可根据教学的具体情况来拟定先后次序。

本书还可供其他有关专业作为教学参考书，水利工程技术人員作为参考书。

水 利 工 程 施 工

(上 册)

武汉水利电力学院施工組織及机械化教研組編

*

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

(北京市书刊出版事业許可証出字第110号)

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店經售

*

开本787×1092¹/₁₆·印張13⁵/₈·字數319,000

1961年8月北京第一版·1961年8月北京第一次印刷

·印數0001—4,227·定价(10-6)4.65元

·統一書号: 65165·634 (65-165)

編者的話

本教材是我組在1958年教育革命以後，參照河川樞紐及水電站建築專業五年制水利工程施工的教學大綱，於1958年秋開始集體編寫的。在編寫中，我們曾力圖貫徹理論聯繫實際的原則，適當地反映國內外水利工程施工的先進經驗，並打算通過幾次試用，不斷修改補充，使之日益完善。

本教材分為上下兩冊。上冊包括緒論，第一篇施工導流與基坑工作和第二篇土方工程。下冊包括石方工程，混凝土與鋼筋混凝土工程，施工組織與計劃和施工機械等四篇。每篇都是自成系統，可根據教學的具體情況移動各篇的順序。土石方工程與混凝土工程三篇是先按工種以後再結合主要建築物施工來編寫的，這樣可能使學生易於掌握基本的施工知識，對於主要建築物施工也便於取得系統與輪廓的認識。一般的施工附屬企業和保安技術方面的內容均在有關章節里加以介紹，因此施工組織與計劃一篇里就沒有作專門介紹。施工機械的使用和生產率均分別在有關工種章節里介紹，至於主要施工機械的構造和一般的安裝養護與維修則編入第六篇內，對於學時較少的專業，講授第六篇時可酌量精簡。

本書着重闡述了水利工程施工的基本技術與理論知識，除河川樞紐與水電站建築專業外，也可用為農田水利工程專業和治河防洪工程專業的教材。

由於受政治水平和業務水平的限制，雖經過幾次試用和修改，但無論在內容和編排上都難免有不妥和錯誤的地方，希望讀者隨時予以指正。

西安交通大學施工教研組對本書上冊初稿曾給予詳細的審閱，提出了許多寶貴意見；成都工學院水利施工教研組派同志參加部分的編寫與校閱工作；天津大學水利施工教研室供給我們一些參考教材和資料；我們在此致以誠摯的謝意。

武漢水利電力學院施工組織與機械化教研組

1961年4月

目 录

緒論

第一篇 施工导流与基坑工作

第一章 施工导流	7
§1-1-1 概述	7
§1-1-2 影响导流方案选择的各种因素	8
§1-1-3 设计施工流量的选择	11
§1-1-4 通过泄水建筑物宣泄施工流量	13
§1-1-5 通过束窄的或未束窄的河床宣泄施工流量	19
§1-1-6 通过未建成的永久建筑物宣泄施工流量	23
§1-1-7 施工流量溢过围堰堰顶和基坑	28
§1-1-8 用拦蓄水流的方法修建水工建筑物	29
第二章 围堰	29
§1-2-1 概述	29
§1-2-2 围堰的构造型式及施工	30
§1-2-3 围堰顶高的决定和围堰的平面布置	42
第三章 截流	43
§1-3-1 概述	43
§1-3-2 截流日期及截流设计流量的确定	44
§1-3-3 龙口的布置和处理	44
§1-3-4 堵口断面的设计	45
§1-3-5 堵口物料的选择	47
§1-3-6 截流工程的现场布置和准备工作	48
§1-3-7 截流施工的程序与方法	49
§1-3-8 抛石截流的水力计算	52
第四章 基坑排水	51
§1-4-1 概述	51
§1-4-2 积水的排除	55
§1-4-3 明式排水法	55
§1-4-4 人工降低地下水位法	59
§1-4-5 人工降低地下水位装置的计算	67
第五章 桩工与灌浆工程	71
§1-5-1 概述	74
§1-5-2 打桩工程	76
§1-5-3 震动沉桩和射水沉桩	84
§1-5-4 就地灌注桩	87
§1-5-5 岩石地基的水泥灌浆	89

§1-5-6 粘土灌浆和水泥粘土灌浆	97
--------------------------	----

第二篇 土方工程

第一章 概論	101
§2-1-1 我国当前水利建设中的土方工程	101
§2-1-2 土的分級	101
§2-1-3 水利建设中土方工程的类型	102
§2-1-4 土方工程施工的基本方法	103
第二章 土方开挖	104
§2-2-1 概述	104
§2-2-2 切土理论的基本概念	105
§2-2-3 用单斗式挖土机挖土	106
§2-2-4 用多斗式挖土机挖土	116
§2-2-5 用索链装置挖土	120
§2-2-6 链运机作业	121
§2-2-7 推土机作业	126
§2-2-8 人工挖土	128
第三章 土料运输	130
§2-3-1 概述	130
§2-3-2 铁路运输	131
§2-3-3 汽车运输和拖拉机运输	132
§2-3-4 牵引力计算	134
§2-3-5 运输线路的通行能力和运输能力的计算	137
§2-3-6 用带式运输机进行連續运输	143
第四章 填方的土料压实	145
§2-4-1 土料压实的基本原理	145
§2-4-2 土料的压实标准和质量要求	146
§2-4-3 压实机械和工具	147
§2-4-4 主要压实机械的压实参数选择	154
§2-4-5 土料压实的工地試驗	160
第五章 碾压土坝的施工	162
§2-5-1 綜合机械化的概念	162
§2-5-2 采料场的选择	163
§2-5-3 料场的土料开挖与运输	164
§2-5-4 坝面作业	168
§2-5-5 碾压土坝的施工工艺图表	171
§2-5-6 碾压土坝施工的质量检查和控制	171
§2-5-7 碾压土坝的雨季和冬季施工	174
第六章 水中填土筑坝	176
§2-6-1 概述	176
§2-6-2 水中填土筑坝的筑坝土料及施工程序	177
§2-6-3 坝面作业	179

§2-6-4 施工专用的排水设备	180
§2-6-5 水中填土坝施工中的几个问题	181
§2-6-6 水中填土坝的质量检查	183
第七章 土方工程的水力机械化	184
§2-7-1 概述	184
§2-7-2 水枪挖土	187
§2-7-3 用吸取法进行水下挖土	193
§2-7-4 土的水力运送	205
§2-7-5 冲填建筑物的填土	209

緒 論

水利工程施工是一門科學，它主要是研究多快好省地進行水利工程施工的規律。

水利工程施工是水利工程建設實踐的重要組成部分，而水利建設實踐是水利知識的主要來源，是水利科學發展的基礎。人類為了使河流為社會生產服務，久遠的古代就修造過大型的灌溉渠道、防禦洪水的堤防和通航的運河。後來隨着社會生產的發展，水利建設的規模和速度日益增大，人們在水利建設的實踐中，逐漸積累瞭許多水利工程知識，認識瞭有關水利方面的一些自然規律，積累和總結這些知識和規律，就逐漸形成一門水利科學。水利科學的形成和發展，反過來又推動瞭水利建設的向前發展。現在由於水利建設的需要和水利科學的發展，水利工程施工已從水利科學中發展成為一門專門性的科學。

我國勞動人民在向洪水作鬥爭使河流為人類服務方面是具有悠久歷史的。幾千年來，在羣眾辛勤勞動下，修建瞭許多除害興利的工程，摸索到很多治水的經驗，例如：在民間流傳已久而且富有成效的草土混合堤壩和槎樁堤壩的施工，在與洪水作鬥爭中創造出的捆埽進占合龍、捆埽進占結合柳石枕合龍、柴石枕預先護底平塔與進占相結合的合龍等堵口方法，錢塘江海塘條石的砌築方法，堤防工程等。然而在長期的封建統治和國民黨反動統治的年代里，水利事業不僅得不到應有的發展，而且有些已建工程也听任其荒廢破壞。

1949年中華人民共和國成立後，和其他建設事業一樣，水利建設事業的面貌為之一新。還在解放初期，黨和政府為了發展工農業生產，就把水利建設列為重要的建設項目，在主要江河上大力整修瞭堤防；並進而開展瞭各大江河的流域規劃與開發。從1958年大躍進以來，水利水电事業也和其他事業一樣獲得了飛躍的發展，开辟了我國人民和自然作鬥爭的新時代。

在我國水利水电建設事業迅速發展的過程中，不僅成長和壯大了水利水电建設的技術力量，而且掌握和創造瞭許多新的施工技術，提高了施工理論水平。例如：在混凝土壩施工方面，進行了大體積高塊澆築的試驗研究；在堆石壩施工方面，成功地進行了定向爆破筑壩的試驗；在土壩施工方面，發展瞭水中填土筑高壩的經驗，水中填土筑壩的材料已經由黃土和類黃土發展到砂質含礫石的粘性土以及細砂；在圍堰施工方面，總結和發展瞭我國勞動人民創造的草土圍堰；在松軟地基加固和處理方面，採用了換土筑砂墊層、預壓和砂井排水、深層爆炸加密飽和松砂地基等的處理方法；在砂礫石壩基防滲處理方面，已經掌握了粘土截水牆、粘土鋪蓋、灌漿帷幕和混凝土防滲牆等處理方法；其他在節約水泥和鋼材、隧洞快速掘進、快速安裝、爆破取土以及使用施工機械等方面也取得了許多經驗。

總結發展和推廣上述經驗，將為我國今後進一步發展水利工程施工开辟廣闊的前途。

為了作好水利工程的施工，必須作好施工準備工作，加快施工速度。我們要根據需要和可能，在盡量節約勞動力保證農業生產、恰當安排工程項目、保證重點、照顧配套成龍以及保證質量的前提下，力爭更快地完成更多的工程項目。

水利施工的季节性强，特别在大中型工程施工中，必须解决冬季夏季雨季作业的技术问题，使施工少受气候影响，保证全年施工，有效地利用时间，缩短工期。

做好施工组织计划，合理安排施工进度，抓紧枯水季节，抓紧关键工程，特别是要筑大坝，这样可以在保证安全的前提下尽量减少临时性的围堰工程量。在洪水季节里要积极为枯水季节的工作作好准备。要加强调度工作，及时解决现场矛盾，注意各工种的配合，以保证日计划、月计划和季度计划的按时完成。

对现有施工机械，应该加以充分运用，以不断提高其利用效率。

开展群众性的以机械化、半机械化、自动化、半自动化为中心的技术革新和技术革命运动，大力提高工效。

必须保证工程质量。水利工程，特别是大中型水利工程的质量关系着国家建设和人民生命财产的安全，因此对工程的设计标准、围堰和主体工程的质量是不容丝毫马虎的。因此，在施工中，应实行责任制，加强企业管理，认真执行工程质量检查制度，把技术层层交底，实行群众性和专业性相结合的质量检查制度，加强观测、试验及施工记录等工作，为质量检查、工程验收和工程管理提供依据，使工程质量获得必要和可靠的保证。

降低工程造价。在水利工程建设中，应采取各种措施，在保证必要的质量前提下，尽可能降低工程造价，以节约资金，加快建设速度。

土洋结合，自力更生。全面机械化和工业化施工，可以大大提高劳动生产率，是水利工程施工的方向，是我们的奋斗目标。但是，达到这个目标必须是有计划有步骤的。就是说要从实际施工条件出发，由土到洋，自力更生，能洋则洋，不能洋则土，或则半土半洋。

开展社会主义劳动竞赛。充分发动群众，大树标兵，大插红旗，开展比先进、学先进、赶先进、帮落后的社会主义劳动竞赛，促进劳动生产率不断提高。

在组织和领导施工过程中，应当一手抓生产，一手抓生活，并保证职工安全生产。

水利工程施工和工业民用建筑施工的条件不同。首先，水利工程施工经常是在河道上进行，受地形、地质、水文、水文地质、气候等因素的制约性很大。其次，水利工程，特别是大中型水利枢纽一旦失事，会给国家建设和人民生命财产带来重大损失。因此，水利工程的质量必须得到保证。第三，在河道上建筑水利工程，必须考虑在施工期间保证原有通航、灌溉、水电等方面的要求。第四，水利枢纽往往位于交通不发达的山谷地区，在这种情况下，组织大中型工程施工时，不仅需要建立必要的附属企业，还要建立为职工及其家属的生活、文娱、学习及医疗卫生所必需的机构。

为了进一步发展这门科学，适应社会主义水利水电建设的需要，必须根据党的方针政策，积极从水利工程建设实践中总结经验，把它提高到理论上来，以指导水利工程施工实践，为加速水利水电建设事业而努力。

第一篇 施工导流与基坑工作

第一章 施 工 导 流

§1-1-1 概 述

絕大多数情况下,天然河流总是川流不息終年不竭地流着。在这样的河流上修建水工建筑物,有很多特点,如:河水的流量和水位随時間而变化;河流(特别是大河)在施工期間往往要滿足通航、筏运、漁业、供水、灌溉和水电站运轉等要求;为了把水流导向下游,需要利用泄水建筑物或束窄的河床来宣泄流量,这样就在一定程度上破坏和改变了河流的自然状况;有时由于要通过正在修建的水工建筑物本身来宣泄施工流量,还要对設計和施工提出一些专门的要求。这样就使施工大大复杂化。

施工导流的任务在于:解决水利工程施工和水流之间的矛盾,避免水流对水工建筑物施工的不利影响,把河水流量全部或部分地导向下游或拦蓄起来,以保证工程的正常进行和河流水利资源的综合利用。

施工导流設計的主要任务是:1)确定工程的施工順序和施工期間不同时段內宣泄施工流量的不同方法;2)設計与导流方法相适应的各种擋水或泄水建筑物(如圍堰、引渠、隧洞、底孔等)。只有經過周密地設計和进行认真地技术經濟比較,才能合理地解决这些問題。正确合理的施工导流措施,可以加快工程进度、降低工程造价,而不合理的施工导流措施会使工程施工遭受意外的障碍,拖延工期,增加投資,甚至会引起工程的失事。美国的曼矛斯(Mammoth)坝、短溪(Short Creek)坝等工程的失事,就是这方面的例子^①。

水利樞紐施工期間通过建筑物所在地段宣泄的流量叫施工流量。显然,施工流量的大小不是一个固定数值,而是随時間不断变化的。

一般說来,施工流量的宣泄方法可以分为以下四种:

- 1)通过临时或永久的泄水建筑物宣泄施工流量;
- 2)通过束窄的或未束窄的河床宣泄施工流量;
- 3)通过未建成的永久建筑物宣泄施工流量;
- 4)通过圍堰堰頂和基坑宣泄施工流量;

此外,在特殊情况下,还可能拦蓄水流不宜泄施工流量。

上述四种方法中,第一种方法可以在整个主体工程施工期間单独使用,这时整个主体工程可以一次建成,不必分期,如擋水土坝在上、下游圍堰圍护的基坑中一次建成,水流全部从河床一侧的隧洞中宣泄(图1-1-1);也可与其他方法配合使用,如工程分期进行时,第一期施工流量由束窄的河床中宣泄,第二期分別由建筑物的底孔和河床一侧的隧洞中宣泄(图1-1-2)。

第二种方法必須与第三种方法配合,或者与其他方法配合。这时工程必須分期修

^① 曹致和:“土坝的失事及防止”,水利技术通訊杂志,1958年4期。

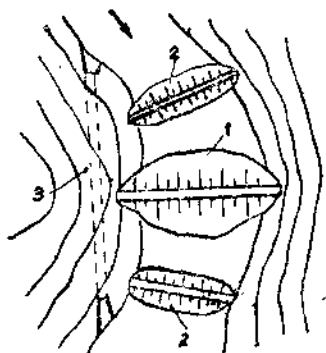


图 1-1-1 通过泄水隧洞导流，
工程一期建成

1—坝；2—上、下游围堰；3—泄水隧洞。

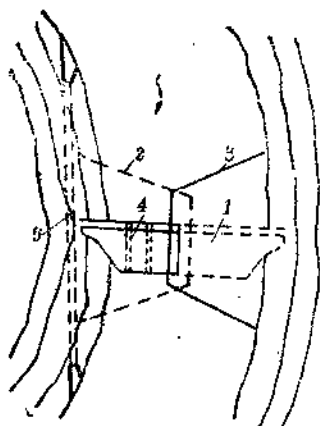


图 1-1-2 工程分期修建时，通过泄水
隧洞与底孔同时导流

1—坝；2—第一期围堰；3—第二期围堰；
4—已修好的底孔；5—泄水隧洞。

建。而且第二种方法不能成为工程后期的泄流方法，第三种方法则不能作为工程第一期的泄流方法。

第四种方法也不是一种单独使用的泄流方法。在某些情况下，为了减轻专用导流设施的负担，减少导流工程量，在考虑了河流的水文特性及地质、建筑物形式等条件后，可以容许基坑短期淹没，则配合使用第四种流量宣泄方法，能得到满意的经济效果。至于导流方案不正确，使水流漫过围堰堰顶和基坑，则属于施工中的意外事故，应该防止。

必须强调指出：任何水利枢纽的施工导流方案，都是由上述各种泄流方法组合而成。因为影响因素很复杂，必须结合具体情况创造性地解决施工导流问题，而不可能采用某些现成的方案。

拟定施工导流方案时，应该遵循下列原则：

1) 充分研究河流的自然条件(水文、地形、地质与水文地质条件等)、枢纽的布置和建筑物的结构特点以及各种具体的施工条件等，使得所拟导流方案能够保证工程的顺利施工；

2) 照顾到河流水利资源的综合利用，在施工期间要满足通航、筏运、渔业、供水、灌溉和发电等的要求；

3) 尽量降低导流建筑物的费用。除了减少导流建筑物的工程量，采用合理的结构型式外，应该尽可能地利用永久性的泄水建筑物；

4) 导流建筑物的施工应该力求简单，以便缩短施工的准备工作时间，使主体工程提早开工；

5) 选择挡水闸堰型式时，应该尽量利用当地材料，综合考虑其修建与拆除措施。

§1-1-2 影响导流方案选择的各种因素

施工导流方案的选择受各种因素的影响。由于必须考虑各种错综复杂的影响因素，因而使导流方案的合理选择变得相当复杂和困难。进行大型水利枢纽工程的施工导流设

計时，除了参考类似工程的解决办法外，主要应靠設計者和建設者进行創造性的劳动，充分吸取羣众的智慧，結合具体情况，灵活地去解决所遇到的施工导流問題。这时，要进行方案比較，从技术經濟各方面加以論証，并輔以必要的水工模型試驗，最后才能找出正确合理的方案。

在导流設計中应对下述各种因素全面綜合地加以考虑和分析比較。

一、水文条件的影响

河流的水文特征，是决定水利樞紐施工导流方案选择的首要因素。河流水量的多寡、流量过程綫的特征、水位变化的幅度、洪水期延續的时间、北方河流的流冰及冰冻情况等，均直接影响导流方案的选择。例如：一般水量丰沛的大河，不宜仅采用泄水建筑物来宣泄施工流量，特别是不宜于采用渡槽等泄水能力較小的建筑物来宣泄，而这时用束窄后河床来泄流，則往往是合适的。对于水位变化幅度大的山区河流，经过經濟計算，采用淹没基坑的方法，在一定阶段经过圍堰堰頂来宣泄洪峰流量，有时也是經濟可行的。对于枯水季节較长的河流，充分利用枯水季节安排工程施工是完全必要的；但对于枯水季节不长的河流，如果不利用洪水季节进行施工，就会拖延工期，結果往往不能得到良好的技术經濟效果。解决北方有流冰的河流导流問題时，还应充分注意流冰的宣泄問題，以免流冰壅塞，引起危險。

总之，水利樞紐施工导流問題中的工程分期、泄流方法的組合、导流建筑物的結構型式、布置、設計和修建等各个方面，都直接受到水文特性的影响。应该对有关的水文資料，認真加以分析研究。这些資料至少应该包括：1)河流历年实测逐月最大、最小及平均流量；2)洪峰历时过程；3樞紐軸綫处的水位流量关系曲綫；4)水庫水位容积关系曲綫；5)降雨记录及其他气象資料。

二、地形条件的影响

施工地区内河床及两岸的地形，对选择施工导流方案、布置导流建筑物有很密切的关系。对于水面相当寬闊的河流，如果河床被束窄后仍有足够的过水断面，宜采用分期施工的方法。在河床狹窄、岸壁陡峻、河谷較深的地区，則宜选用隧洞泄流的方法。至于平原河道，河流的两岸或者一岸比較平坦，需有旧河道或滩地弯道等有利地形可以利用时，則采用明渠导流可能比較合适。当工程分期分段施工时，如果河流中有天然的石島或砂洲，就大大便利了导流圍堰的布置，特别是纵向圍堰的布置。三門峽水利樞紐的施工导流，就曾巧妙地利用了黄河激流中的人門島、神門島及其他石島来布置一期圍堰。为了充分研究地形条件，在进行施工导流設計时，应该收集有关的地形图和河床的纵断面图。

三、地质和水文地质条件的影响

在选择施工导流方案时，利用施工隧洞或引河导流的可能性、河道可能束窄的程度、圍堰的构造及其修建方法以及基坑排水措施等問題，都与地质和水文地质条件有密切关系。为了正确地解决施工导流問題，不仅要研究樞紐建筑物基础的岩盘深度与性质，而且对河底岩盘上的复盖层，也应特別予以注意。不少情况下，导流的临时建筑物(如圍堰)常常不是布置在岩盘上，而是直接布置在河床复盖层上。

当施工河段的两岸或一岸岩石坚硬、风化层薄、且有足够的抗压强度时，則有利于选用隧洞泄流的方法。如果岩石的风化层厚而破碎，或有較厚的沉积滩地，則适于选用

引河泄流的方法。在水利樞紐分段分期施工时，由于河道的束窄而减小了过水断面的面积，因此水流的流速增大，这时为了河床不受过大的冲刷，应根据地质条件来决定河道可能束窄的程度。对于岩石河床，束窄程度有达到88%，而流速增到7.5米/秒的；但对易冲刷土层组成的河床，其束窄程度多不到30%，流速仅达3.0米/秒。此外，在不同地基上可能选择不同的围堰型式（详见本书第一篇第二章），基坑能否允许淹没，能否利用当地材料修筑围堰，也都取决于枢纽修筑地点的地质条件。水文地质条件对基坑排水工作和围堰型式的选择有很大的关系。因此，为了进行施工导流设计，要对地质和水文地质勘测工作提出专门要求。

四、水利枢纽建筑物的构造及其总体布置与导流方案的相互关系

水工建筑物的构造和水利枢纽总体布置与导流方案相互影响；因此在决定建筑物构造及枢纽布置时，就应该相应地考虑施工导流的方案，而在选定施工导流方案时，又应该充分利用枢纽布置和建筑物构造方面的特点。这样相辅相成，以求达到满意的效果。

如果水利枢纽组成中有永久性的泄水建筑物（隧洞、渠道、底孔），在选择施工导流方案时应该尽可能利用这些建筑物。为了照顾导流的需要，在设计永久泄水建筑物的断面尺寸及确定其布置高程时，就需要考虑施工导流的要求。

用分期施工的方法来修建混凝土坝时，为了便于梳齿或底孔的完建，往往在第一期工程中修建坝的溢流部分，这时应该校核它的宽度，看它是否能够满足施工导流的要求（如三门峡水利枢纽溢流坝段的宽度，主要就是由导流条件所控制的）。溢流坝段布置的位置也应使导流时水流平顺，同时为了避免河床束窄过大而使过水断面过小，从施工导流的观点出发，溢流坝段最好不布置在深水河床的一岸。

就坝的结构型式来说，土坝、土石混合坝和堆石坝的抗冲能力小，一般不允许从坝面溢流（不高的堆石坝除外），故多利用坝身以外的泄水建筑物（隧洞、渠道等）或坝身范围内的涵管底孔来导流。这时应该在一个枯水期内将坝身筑到拦洪高程以上，以免水流漫顶造成危险。混凝土坝（特别是混凝土重力坝），由于具有较强的抗冲性，允许流速可以达到25米/秒，这时不但可以通过底孔泄流，而且还可以通过未完建的坝身溢流，使得选用分期导流的可能性大大增加。

五、河流综合利用对施工导流的影响

当综合利用河流水利资源时，在施工期间为了满足通航、筏运、渔业、供水、灌溉或水电站运转等的要求，而使施工导流问题的解决更加复杂。通航的条件要求河流在束窄以后，河宽仍能便于船只的通行，水深要与船只的吃水深度相适应，束窄断面的最大流速不得超过1.8~2.0米/秒（有辅助拖轮时不得超过2.6米/秒），这样就常使河流不能只分两期束窄，而要分成三期或四期，甚至有分成八期的例子（莱茵河上的肯伯司（Кембо）水电站）^①。这时也要按一定的顺序来围护基坑。例如第一期先围护船闸的基坑，以便当河流束窄到不能通行时，船闸就能投入运行。对于浮运木筏或散材的河流，在施工导流期间要避免木材堵塞泄水建筑物的进口，或者堵塞束窄的河床。当拦蓄施工流量时，要注意满足下游供水、灌溉用水和水电站正常运转的要求。有时为了保证渔业的要求，

① 格里申（А.В.Гришин）：“水利枢纽的施工导流和基坑围护”，电力工业出版社中译本1953年北京第一版，第50页。

还要建造临时的过鱼设备,以便鱼群能正常地通过。

最后还必须指出:水利枢纽的施工进度计划是以工程分期为基础的,而工程分期又取决于选用的导流方案。这时要特别注意,在施工进度计划中,不仅应考虑主要建筑物的修建期限,而且还要考虑泄水建筑物、围堰、排水、基坑开挖等工作的施工时间。

§1-1-3 设计施工流量的选择

在拟定施工导流方案时,须要选用某个流量值(或某几个流量值)作为导流方案和导流建筑物设计计算的依据和标准。这种流量我们称之为设计施工流量。设计施工流量的大小,直接影响着工程的造价和施工的可靠程度,因此必须慎重和正确地选择它。

一、现场布置与选择设计施工流量的关系

在水利枢纽施工中,当预计到洪水有可能淹没临时房屋、建筑工地和采料场等所在施工区时,则必须慎重选择这些地区的标高。选择的原则是:分别把每一种情况下,由于洪水淹没工地而造成的可能损失跟工地布置在不同标高时的造价作出比较。一般情况下,建筑工地的高程是选用频率小的流量来作设计,以策安全。而采料场的范围和高程因受其他因素(如地质条件)的限制,往往不得不选择在能被频率较大的施工流量所淹没的地方(如三门峡工程)。在这种情况下,就需要尽量利用枯水期进行料场开采作业。

二、围堰设计施工流量的选择

选择围堰设计时的设计施工流量,要考虑两种不同的标准:一是围堰稳定计算所依据的最大设计流量,另一种是确定围堰顶高和泄水建筑物尺寸的最大设计施工流量。

围堰稳定计算(包括水力学计算)所依据的最大设计流量,需要根据有关的规范来决定。在我国正式的设计标准尚未公布前,可以参考苏联部长会议国家建设委员会所颁布的“建筑法规(СНХП)”和“设计河川水工建筑物最大流量的计算规范(СН2-57)”的有关规定来确定。临时水工建筑物的级别取决于水利工程的级别(表1-1-1),但有足够论证时也可以提高或降低它的级别。对于不同级别的临时水工建筑物,可以参阅表1-1-2的资料来选用它的最大设计流量的设计频率。

表 1-1-1 临时水工建筑物的级别

水利工程的级别	I	II	III	IV
临时水工建筑物的级别	IV	IV	V	V

表 1-1-2 临时水工建筑物最大设计流量的设计频率(%)

运 用 条 件	临 时 水 工 建 筑 物 的 级 别		
	III	IV	V
正 常 的	3	5	10
非 常 的	1	—	—

选择确定围堰顶高和泄水建筑物尺寸的最大设计施工流量,是一个相当复杂的问题。水利工程实践中,采用的设计施工流量的频率(不淹没基坑)变化很大,有的工程采

用过0.5%，也有的工程采用过100%^①。其原因是由于它的选择受着很多因素的影响。首先是河流的水文情况，在经过水库调节和水位变化幅度较小的河流上，采用频率小的设计施工流量是比较合理的。地质条件也是一个重要的影响因素。如果地质条件较好，河床抗冲能力强，则可采用允许过水的围堰，这样设计施工流量就可以选得小一些。如果当地基为软土时，一般不采用淹没基坑的方案。因为在这种情况下为了防止淹没基坑时水流的冲刷，要采取专门的保护措施，同时在淹没结束后，还须从基坑中挖出淤积的土石，对地基进行必要的处理。这样就增加了工程的造价，而且也因基坑淹没而拖长了工程停工时间。再次，永久性水工建筑物的型式和围堰的种类也影响着最大设计流量的频率选择。例如土坝(围堰)、土石混合坝(围堰)、较高的堆石坝(围堰)是不允许从顶上溢流的，这时就要选用较小的频率来设计施工流量；而对于混凝土实体坝或木笼围堰，由于允许从顶上溢流，所以能够选用较大频率的设计施工流量。此外，工程的重要性(包括对下游的影响)、施工工期的长短及其他具体条件，都影响设计施工流量的选择。因此，无法硬性规定某一具体的频率数值作为确定设计施工流量的依据，而需要通过技术经济比较来选定。

三、导流时段的划分

在实际工程中，不仅要确定整个施工期的设计施工流量，且还应该为不同导流时段和不同导流建筑物来选择设计施工流量。在划分导流时段时，要分析有关的水文气象资料和施工的具体情况，从保证工程顺利进行出发，作出合理的决定。土坝、堆石坝和肋墩坝一般不允许溢水，因此当施工期限较长，而一个枯水期又不能建或时，往往应以全年最大洪水的设计频率定出设计施工流量。但如安排的施工进度能够保证在洪水来临前使坝身起拦洪作用，则导流时段即可以施工期间的洪水为准，设计施工流量可采用该时段内一定频率的最大流量。混凝土重力坝坝身允许过水。当选择导流时段时，可以考虑洪峰来临时河床部分停工，待洪水退落后再继续施工，这时导流时段即可选择枯水期的较短时段。此外，当采用分期施工的导流方式时，施工导流的时段就要根据工程分期的具体情况来决定。总之，到底选择怎样的导流时段为宜，必须研究水文资料反复进行技术经济比较才能作最后决定。

四、确定设计施工流量的技术经济计算方法

当河流水位的变化幅度较大，而枢纽建筑物和围堰基坑都允许过水时，往往按照设计标准来修建高围堰不一定是经济的，甚至有时在技术上也有困难。这时可以采用过水围堰淹没基坑的办法。如有一个水电站，它所在的河道非常狭窄，正常水位时水面宽仅40米，水深约6~8米，当洪水来临时，河宽增加不大，但水深却增大到18米，因此该工程在进行了若干方案比较后，选定了过水围堰的型式。在这种情况下，应该通过技术经济计算来选择设计施工流量。这样，不但能保证安全施工，而且可使选择的设计施工流量，所引起的劳动力和材料的耗费及其他直接和间接损失与费用的总和最小，从而能够得到最大的经济效果。

显然，如果采用的设计施工流量愈大，则围堰及其他导流建筑物的投资也愈大，但

^① 格里申 (А.В.Гришина): “水利枢纽的施工导流和基坑围护”，电力工业出版社中译本1958年北京第一版，第29页。

基坑淹沒的可能性愈小。反之，如果採用的設計施工流量愈小，雖然圍堰及其他導流建築物的投資小，但基坑淹沒的可能性愈大。因此，最恰當的設計施工流量應使圍堰及其他導流建築物的投資與基坑淹沒所引起的總費用之和最小。

一般說來，確定設計施工流量的技術經濟計算程序可以歸納如下：

- 1) 根據河流的水文特徵，假定一系列的流量值，分別求出圍堰上、下游的水位；
- 2) 根據這些水位決定圍堰的主要尺寸、工程量和造價；
- 3) 計算圍堰淹沒所引起的直接和間接損失費用。屬於直接損失的有：排水費用，基坑淤淤費用，圍堰及其他建築物損壞的修理費用，建築機械撤離基坑和返回基坑所需的費用及其受到淹沒後的修理費用，基坑中建築材料的收集費用及損壞或損失的費用，道路和鐵路修理費用，勞動力和機械的窩工損失等，屬於間接損失的有：由於有效施工期間縮短，而增添勞動力、機械設備、生產企業的功率、臨時房屋等的費用等；
- 4) 根據概率理論，求出超過上述各流量而使施工期間基坑淹沒的或然率，求出採用上述各流量值時基坑淹沒損失費用的總和；

5) 繪制流量與導流費用、流量與基坑淹沒損失費用的關係曲線，並將它們迭加求得流量與總費用的關係曲線，從而找出最有利的設計施工流量，即總費用最小時的流量（圖1-1-3）。

當有導流建築物時，在上述計算中不僅應該計算圍堰的造價，同時還必須計算這些建築物的造價，因為導流建築物的宣泄能力不僅取決於圍堰高度，同時還取決於導流建築物本身的尺寸，但為了簡化計算起見，在改變圍堰高度時，可以不改變導流建築物的尺寸。

在施工期間，當修築根據設計施工流量所確定的導流建築物時，還可以利用中長期水文預報的資料，進行適當的修改，使得它們既能安全可靠地完成導流任務，又不致浪費資金。

最後，還須指出：在求出上述經濟的設計施工流量後，還應該論證採用這個流量的技術可能性。為此，要求得各月份里的實際施工天數（除掉各月雨天及其它停工的天數），並根據導流方案安排一個控制性的施工进度計劃，然後進一步驗證所選用的經濟設計施工流量是否現實，從而最後肯定一個既經濟，而在技術上又可行的方案。

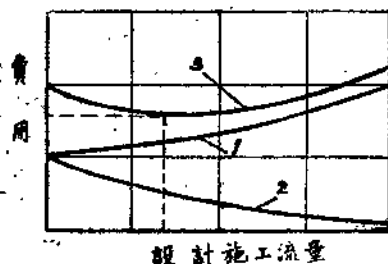


圖1-1-3 導流費用、基坑淹沒損失與設計施工流量的關係
1—導流費用；2—基坑淹沒損失；3—總費用。

§1-1-4 通過泄水建築物宣泄施工流量

通過臨時或永久泄水建築物宣泄施工流量時，常採用的方式有：

- 1) 通過渡槽宣泄施工流量；
- 2) 通過引渠宣泄施工流量；
- 3) 通過隧洞宣泄施工流量。

一、通過渡槽宣泄施工流量

渡槽一般用木材製成（也有用鋼槽的）。當修築河川水工建築物時，河床用上、下游圍堰攔斷，渡槽架立於上、下游圍堰之間，以便上游的河水通過渡槽宣泄到下游（圖1-1-4）。

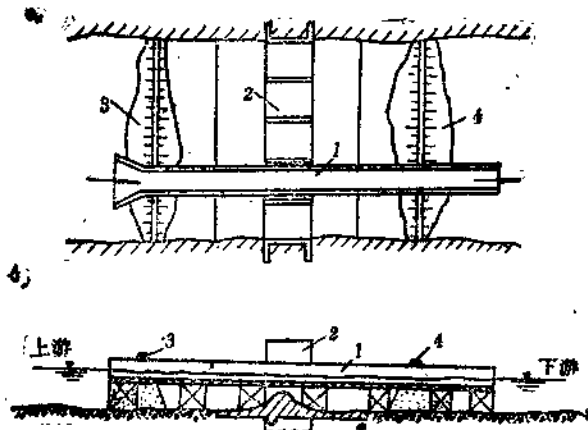


图 1-1-4 通过渡槽宣泄施工流量

a—平面图；b—立面图。

1—渡槽；2—坝；3—上游围堰；4—下游围堰。

在流量不大(一般不超过20~30立方米/秒,但也有达100立方米/秒以上的)的河流上修建坝或闸时,可以采用这种方法宣泄施工流量。为了减少渡槽的过水断面,从而降低导流工程的费用,应尽可能使河床建筑物能在枯水期建成,这种情况下,渡槽的泄水能力即可按照相应于枯水期的设计施工流量来设计。

这种泄流方法的优点是:工作简单方便,渡槽安装架立迅速。当通过渡槽宣泄的施工流量不大,工地容易取得木材,或有多次使用的钢槽时,这种导流方法的费用可能比其他方法经济。它的缺点是:槽子容易漏水;由于槽子过水断面的限制,相对地说,需要围堰的高度较大。

渡槽一般都采用木质矩形断面,用纵向铺设的木板制成,木板钉在间距1.0~2.0米的框架上。木板的接合,一般用榫槽,或用搭接,面在其缝隙中填以麻絮并涂上瀝青。大型渡槽的槽身采用双层木板。渡槽的框架通常由立在横梁上的两根立柱和两根斜撑所构成(大型渡槽也有用桁架式框架的),框架直接支承在建筑物上面或专门的支架上面。为了增加过水能力,往往把渡槽的进口部分放大。

在选择渡槽轴线和决定其布置高程时,应该尽可能减少它对水工建筑物施工的干扰。渡槽的断面设计按水力学中的明渠均匀流的公式计算。须要指出的是:当槽中流速大于5米/秒时,需要考虑到水流的掺气作用。这时可以大致认为:流速每秒钟有多少米,则混在水里的空气就有多少百分数(按流量的体积计算)。因此,水流的过水断面也就按这个百分数增加。渡槽设计时,其侧板高出最高水位的安全高度可以采用0.3~0.5米。

某水库工程采用了木质渡槽导流,槽子的过水断面面积为 $7 \times 4 = 28$ 平方米。渡槽的设计流量达150立方米/秒,实际通过的最大流量约为100立方米/秒。导流情况改好,渗漏不大,保证了安全施工。这种大型渡槽在水利工程施工中的采用,乃是我国水利建设高潮中打破常规的例子之一。