

《水利水电施工》
丛书

施工截流与基坑排水

吕兴祖 刘发权



——《水利水电施工》丛书——

主 编：中国水利学会施工专业委员会 纪云生

副 主 编：中国水利学会施工专业委员会 杨睦九

蒋元驹

朱云祥

葛文辉

责任编辑：焦宏彬

ISBN 7-120-00030-6/TV·12

15143·6514 定价：1.30 元

施工截流与基坑排水

吕兴祖 刘发权

水利电力出版社

内 容 提 要

在河谷、滩地上兴建水工建筑物(水库、水电站等), 首先将遇到施工导流、截流和基坑排水等问题。

本书试图就施工截流与基坑排水等课题作一较全面的阐述。书中主要述及: 截流方式及其选择; 截流时间与设计流量; 截流轴线选择及龙口设计; 截流水力特性变化规律; 抛投料的稳定分析; 截流材料; 导流建筑物封堵; 截流模型试验和基坑排水等内容。

本书可供从事水利工程施工的设计、施工技术人员学习, 也可供有关专业院校师生参考。

《水利水电施工》丛书

施工截流与基坑排水

吕兴祖 刘发权

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 6印张 131千字

1987年12月第一版 1987年12月北京第一次印刷

印数0001—4120册

ISBN7-120-00030-6/TV·12

15143·6514 定价 1.30 元

前 言

我国幅员广大，江河密布，水力资源十分丰富，理论水力蕴藏量达6.8亿kW，可能开发的装机容量达3.8亿kW。经过建国30多年的建设实践，“优先开发水电”已逐渐为各界人士所接受。

为了充分利用我国的水力资源，从建国初期就着手建库蓄水，兴修水利，开发水电。至今，我国已修建了官厅水库、密云水库、葛洲坝水利枢纽、刘家峡和乌江渡水电站等大型水利水电工程，并积累了丰富的经验。

在河谷、滩地上兴建水库和电站，首先将遇到施工导流、截流和基坑排水等问题。本书试图就截流与排水等课题做一较全面的阐述。书稿在编写过程中，参考了国内外专著、论文和评述，作者就个人的体验也做了某些分析论述。

全书共分九章，其中八、九两章由刘发权执笔，一至七章由吕兴祖执笔。全书由匡林生审阅。

作者

1985年5月

序

水是人类生存和社会生产必不可少的物质资源。水利工作的基本任务是除水害、兴水利，开发、利用和保护水资源，为工农业生产和人们的物质、文化生活创造必要的条件。普及水利科学技术知识，让更多的人了解和掌握水利科学技术，也是两个文明建设的内容之一。为此，针对水利战线职工和社会上不同文化程度读者的需要，分层次地编写出版水利科普读物是十分必要的。

为了帮助水利科技人员的知识更新，掌握一些现代科技知识，并使水利科技成果更广泛地得到推广应用，尽快地形成生产力；为了使广大农村水利工作人员，掌握一些实用的水利基础知识，并应用于生产实际，为了总结和宣传我国水利建设的伟大成就和悠久历史，介绍水利在四化建设和人民生活等方面的重要作用，激发广大人民群众和青少年热爱祖国江河、关心水利事业，我们组织编写了七套水利科普丛书，包括：《现代科技》丛书、《水利科技成果》丛书、《水利水电施工》丛书、《小水电技术》丛书、《农村水利技术》丛书、《中国水利史》小丛书、《水与人类》丛书。这些科普丛书将由水利电力出版社陆续出版。

编写和审定这些丛书时，力求做到以思想性和科学性为前提，同时注意通俗性、适用性和趣味性。由于我们工作经验不足，书中可能存在某些不妥和错误之处，敬请广大读者给予批评指正。

中国水利学会科普工作委员会

1984年7月

水利科普丛书编审委员会名单

主任委员：史梦熊

副主任委员：董其林

委	员：	丁联臻	王万治	史梦熊	田 国
		李文治	邵凤山	杨启声	张宏全
		张林祥	沈埏卿	陈祖安	陈春槐
		汪景琦	郑连第	郭之章	赵珂经
		茹 智	陶芳轩	谈国良	徐曾衍
		蒋元驹	曹述互	曹松润	董其林
		颜振元			

(以姓氏笔划为序)

目 录

序

前言

绪 论	1
第一章 截流方式及其选择	4
第一节 截流方式综述	4
第二节 截流方式选择	11
第三节 典型工程实例分析	14
第二章 截流时间与设计流量	25
第一节 截流时间选择	25
第二节 截流设计流量确定	27
第三章 截流轴线选择及龙口设计	33
第一节 截流轴线选择	33
第二节 龙口位置与宽度	35
第三节 戽堤断面设计	37
第四节 龙口护底	39
第四章 截流水力特性变化规律	44
第一节 导流建筑物泄流能力	44
第二节 龙口泄流能力及其变化规律	56
第三节 戽堤渗流量计算	69
第五章 抛投料稳定分析	71
第一节 概述	71
第二节 龙口最大流速和最大单宽功率的 出现规律	72
第三节 抛投料稳定分析	76

第六章	截流材料与措施	86
第一节	截流材料选择	86
第二节	截流分区及抛投技术	99
第三节	截流措施与抛投强度	103
第七章	导流建筑物的封堵	118
第一节	封孔日期和设计流量	118
第二节	封孔方式及堵头设计	119
第八章	截流模型试验	127
第一节	概述	127
第二节	模型制作	128
第三节	试验的任务与要求	137
第四节	原型观测	138
第九章	基坑排水	143
第一节	概述	143
第二节	初期排水	145
第三节	明沟排水	147
第四节	人工降低地下水位	158
第五节	排水设备选择	172
主要参考文献		183

绪 论

一、我国堵口截流的历史与成就

堵口截流是人与激流恶浪作艰苦搏斗的过程。早在数千年前我国劳动人民在堵口截流方面即发挥了智慧并取得了辉煌成就，创造了埽捆、石笼、杓槎进占合龙等行之有效的办法。两千年来，黄河决口泛滥一千五百余次，除改道二十余次以外，均为劳动人民所制服，胜利地进行了堵口截流，积累了丰富的经验。

解放以来，我国的水利水电建设得到蓬勃的发展，1958年黄河三门峡工程采用机械化立堵抛石截流，取得了成功。其后，盐锅峡、青铜峡、刘家峡等水电工程也相继巧锁黄龙。丹江口工程则成功地腰斩了汉江，从而创造了岩基河床立堵以及软基河床平堵的经验。总结了上述经验，通过科学试验，葛洲坝工程于1981年元月终于在流量 $4400\sim 4800\text{m}^3/\text{s}$ 、流速达 7m/s 、落差 3.23m 的情况下，成功的截断了举世瞩目的长江。

二、施工截流与基坑排水的必要性及深远意义

水利水电工程施工，具有与一般土建工程相同之处，主要施工对象同样为土方、石方、混凝土与金属结构等工程，但亦有不同之处，即水利水电工程施工，多在水流干扰下的河道、湖泊或其它水域进行施工。为取得与洪水作斗争的胜利，必须根据水流的自然条件和工程建设要求，进行导流规划，拟定合理的施工截流方案，同时提出切实可行的基坑排水设计，以期在规定的工期内得以在干地进行顺利施工。

施工导流是水利水电建设是否得以顺利进行的 关键问

题。为了把水流因势利导引向下游，必须首先截断水流，迫使水流通过导流建筑物下泄，这一过程叫做截流。为了保证截流和修筑围堰后，建筑物得以在其围护下进行干地施工，还必须排除基坑积水和地下渗水，这一过程又叫做基坑排水。因此，施工截流和基坑排水又成为施工导流过程中的重要环节。

施工截流是一场与洪水做殊死斗争的过程，它受水文、工程地质条件、工程进展和围堰进度的约束。截流的成败，不仅直接关系到工程是否得以如期按计划完成，同时将关系到整个工程的全局。因此，事先必须周密规划设计并做好细致的人力、物力与技术上的准备，包括做好截流模型试验在内，以便掌握自然条件、水流规律，一举截断水流并迫使其按人们的意志导向下游。

截流因考虑不周而失事，不仅会延误工期甚至推迟一年，同时还会影响施工期对河流综合利用的要求，如造成航运、过木的障碍等。妥善地解决了截流问题，则不仅会加速工程进展，同时可鼓舞士气，在国内外产生深远的政治影响。葛洲坝工程的胜利截流，雄辩地说明这一具有世界水平的截流工程主要依靠我们自己的力量是完全可以做到的。经过事先充分的准备，包括周密的设计，多次集思广益的技术会议，深入细致的模型试验，先进的机械化施工力量和机动灵活的现场指挥，终于以36小时23分钟，抛投了填料 10.62万m^3 ，完成了宏伟的大江截流工程，从而在世界大江截流史上谱写了新的一页。

三、经验与发展趋势

综上所述，我国劳动人民在历史上已逐步积累了丰富的堵口截流经验。解放后传统的立堵截流方式得到进一步发

展。治淮工程中，在传统的埽捆基础上进一步采用了木笼、竹笼等行之有效的材料。1958年三门峡截流创造了岩基河床上机械化立堵截流的经验。与此同时，创造性地采用了相应的截流措施，如分流、打设拦石栅、设置闸门形成静水以及下游部分进占形成三级水位等。在抛投技术上创造了行之有效的重点上挑角以及掌握流态分区采用不同抛投料等经验。盐锅峡工程成功地采用了拦石栅，改善了截流条件。青铜峡水电站在软基河床上，因地制宜地采用先平抛护底防冲和冰期截流的经验。丹江口工程则采用双拼木船辅助抛投，加速了立堵截流过程。湖南资水柘溪水电站则因地制宜地采用多龙口抛投，有效地分流，减轻了困难程度。四川大渡河上龚咀水电站则进一步发展了重点上挑角的抛投技术，并创造了锚锭四面体的新经验。总结了国内外的经验，葛洲坝水电站创造了软基河床上大流量河流立堵截流的新经验。

30年代以来，苏联学者依兹巴什提出对截流实践有指导意义的理论，从而使平堵截流在苏联国内普遍兴起，初期以搭设固定桥为主。美国邦纳维尔坝亦采用了平堵截流。40年代中，在苏联开始发展轻型浮桥平堵。50年代该国利用浮桥平堵占总数的60%。由于立堵在截流费用方面占有明显的优势以及大型设备的出现，在苏联50年代已开始向立堵方式过渡，而中、美、法、巴西等国则采用立堵法已占明显优势。据不完全统计，自1933~1976年，106例截流工程中，我国有22项工程，其中立堵截流19项，占86%；美国14项工程中，立堵截流7项，占50%；法国6项工程中，立堵截流4项，占67%；苏联53项工程中，立堵26项，占49%。

我国50年代以来，大中型水利水电工程截流统计先后进行了从三门峡到葛洲坝工程共计20余项，均以立堵为主。

第一章 截流方式及其选择

为了修筑围堰并在其围护下兴建工程或为了修复河堤决口，必须堵截水流，迫使其按人们的意志流向预定的通道下泄，这一过程叫做“截流”。

截流前，当预定通道（导流泄水建筑物）尚未投入运用时，预先在截流轴线处通过抛填进占剩余的河床过水宽度，叫做“龙口”。

为了保证龙口两侧堤端的抗冲稳定，通常采用工程措施防护，如堆放大块石、铅丝笼等，这种通过防护的堤端叫做“裹头”。

截流过程中，龙口逐步被缩窄，过水断面减小，直至最后截断水流，迫使其通过导流建筑物下泄，此时刻叫做“合龙”。一旦合龙，在戗堤的迎水面抛投反滤及防渗材料，直至戗堤渗流被明显截断，通常术语叫做“闭气”。

由抛投料在水中形成堆筑体，叫做“戗堤”。

第一节 截流方式综述

根据当地水文气象、地形地质、施工条件以及当地材料等条件，通常多采用以下方式进行截流。

一、平 堵

沿戗堤轴线，在龙口处设置浮桥或固定钢木桥，或利用跨河设备如缆机等，沿龙口全线均匀地抛筑戗堤，逐层上

升，直至钱堤最后露出水面。平堵方式，由于截流过程中龙口宽度未缩窄，故单宽流量在钱堤升高过程中逐步减小，水力学条件良好（图1-1）。但此方式需搭设桥梁，准备工作量大，造价昂贵。苏联早年在平原河道上修建的工程，诸如齐姆良、卡马、卡霍夫、伏尔加等工程分别在顿河、卡马河、第聂伯河及伏尔加河等软基河床上胜利地以平堵方式完成截流工程。

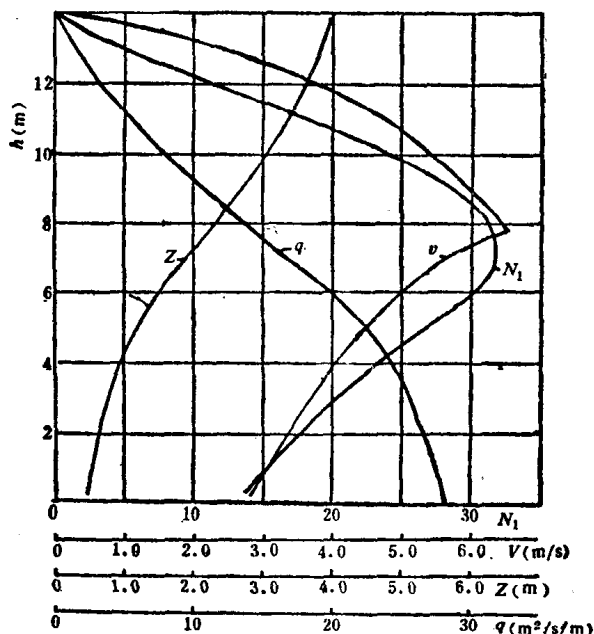


图 1-1 平堵截流过程中水力要素的变化特性

N_1 —单宽能量； v —流速； q —单宽流量； Z —落差； h —堆石体高度

多瑙河上铁门工程，经过方案比较，决定采用立、平堵方式，即立堵进占结合管柱栈桥平堵。立堵段首先进占，部分与平堵同时并进，完成长度149.5m，平堵段龙口100m，

由栈桥上抛投完成截流，最终落差达3.72m。

视截流期流量、落差大小，亦可采用单戗平堵和双戗平堵方式。后者利用双戗堤形成三级水位，从而分担了落差，减小了龙口流速和单宽功率，为顺利截流创造了条件。

二、立 堵

利用自卸汽车配合以推土机等设备，由龙口一端向另一端，或由两端向中间抛投各种块石、混凝土体或埝樁、杩槎等，形成戗堤，逐步进占，缩窄龙口，直至合龙截断水流。立堵方式不需要在龙口架设浮桥或固定栈桥，准备工作简单，不碍通航，造价低廉。由于抛投进占系在戗堤顶面的干地上进行，有利于人为地采取适宜的抛投技术。但龙口单宽流量由于随龙口缩窄而增大，流速由于分布不均也相应增高，直至最后接近合龙时方急剧下降（图1-2），故水力条件较之平堵为差。另外，由于端部进占，工作面相对较小，故施工强度受到限制。鉴于优点突出，且机械设备日趋完

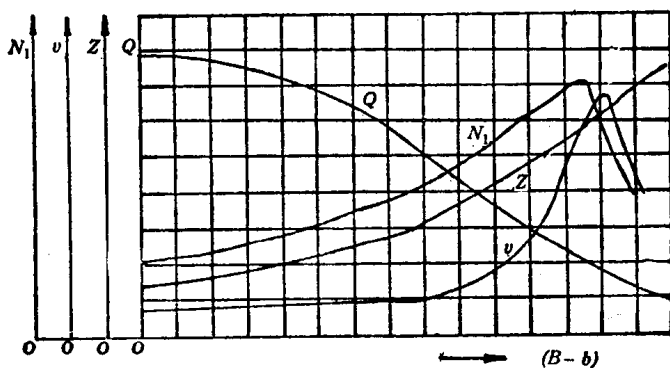


图 1-2 立堵截流过程中水力要素的变化特性

N_1 —单宽能量； v —断面平均流速； Z —落差； Q —龙口流量； B —龙口宽度； b —进占中龙口宽度

善，不论在容量上或生产率方面都有明显突破，故国内外广为采用立堵方式。

我国传统采用立堵，并积累了埽捆、杓槎、竹笼等堵口的丰富经验。1958年从三门峡水电站开始在我国大江大河采用机械化立堵截流。通过模型试验，我国终于在大流量、高流速、大落差的情况下能够完成截流工程。

视截流流量和落差的大小，还可采用以下两种方式。

1. 宽戗立堵

利用大大加宽的戗堤，将龙口水头冲散，从而改善截流条件。美国达勒斯工程位于哥伦比亚河上，在流量 $3090\text{m}^3/\text{s}$ 下，采用宽戗 75m ，于1956年10月胜利截流。美国澳阿希工程，位于密苏里河上，在流量 $340\text{m}^3/\text{s}$ 、最大落差 8.5m 的情况下，亦采用宽戗 273m ，结果较预计提前12小时完成截流。

2. 多戗立堵

为了减小截流困难程度，采用多戗可使水头分散在同时交替进占的两个乃至多个戗堤处，形成三级乃至多级水位。巴西伊太普水电站实际截流流量为 $8000\text{m}^3/\text{s}$ ，最大落差 3m ，采取四道戗堤进占，最终两道先合龙。我国佛子岭、三门峡水库亦采用了下游围堰部分进占的方法，以分担部分水头。

三、综合方式

1. 立平堵

为了充分发挥平堵水力条件较好的优点，同时又要降低架桥的费用，有的工程采用先立堵、后架桥平堵的方式。苏联布拉茨克水电站，在截流流量 $3600\text{m}^3/\text{s}$ 、最大落差 3.5m 的条件下，采用先立堵进占，缩窄龙口至 100m ，然后利用管柱栈桥全面平堵合龙。

2. 平立堵

对于软基河床，单纯立堵易造成河床冲刷，采用先平抛护底，再立堵合龙，往往是合理的方案。此时，平抛多利用驳船进行。我国青铜峡、丹江口、大化及葛洲坝等工程均采用此方式。

显然，上述第1种立平堵方式，归根结底，系利用平堵截流，属于平堵范畴。后者即第2种平立堵方式则利用立堵最后合龙，故属于立堵范畴。

四、水 力 冲 填

河流在某种流量下有一定的挟砂能力。当水流含砂量远大于该挟砂能力时，粗颗粒泥砂将沉淀河底进行冲填。基于这一原理，冲填开始时，大颗粒泥砂首先沉淀，而小颗粒则冲至其下游侧逐渐沉落。随着冲填的进展，上游水位逐步壅高，部分流量乃通过泄水通道下泄。随着河床过水断面的束狭，某些颗粒逐渐达到抗冲极限值，一部分土体乃向下游移动，结果使戽堤下游坡继续向下游扩展，一直到冲填体表面摩阻造成上游水位更大的壅高，而迫使更多流量流向泄水通道，围堰坡脚才不再扩展，而在高度方面急剧增长，直至露出水面。

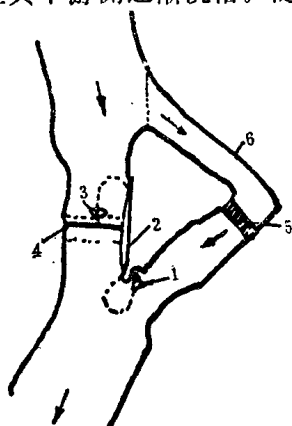


图 1-3 福特兰戴尔工程
冲填截流段平面示意图

- 1—吸泥船；2—压力输泥管
道；3—自航式驳船；4—冲填围堰；
5—泄水建筑物；6—导流明渠

高，部分流量乃通过泄水通道下泄。随着河床过水断面的束狭，某些颗粒逐渐达到抗冲极限值，一部分土体乃向下游移动，结果使戽堤下游坡继续向下游扩展，一直到冲填体表面摩阻造成上游水位更大的壅高，而迫使更多流量流向泄水通道，围堰坡脚才不再扩展，而在高度方面急剧增长，直至露出水面。

1952年美国在密苏里河上福特兰戴尔工程第1次采用了