

高等学校水利学科“十五”规划教材  
高等学校水利学科教学指导委员会审定

武汉大学 袁光裕 主 编  
胡志根 副主编

# 水利工程施工

第四版

SHUILI GONGCHENG SHIGONG



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

高等学校水利学科“十五”规划教材  
高等学校水利学科教学指导委员会审定

---

# 水 利 工 程 施 工

第四版

武汉大学 袁光裕 主 编  
胡志根 副主编



中国水利水电出版社  
[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

## 内 容 提 要

本教材是在第三版的基础上进行修订的,它系统地阐述了水利水电工程施工技术与组织管理的基本理论和方法。全书除绪论外,共分八章,包括施工水流控制、爆破工程、基础处理工程、土石坝工程、混凝土坝工程、地下建筑工程、施工总组织、施工管理。

本书吸收了国内外水利水电工程施工的最新研究成果和实践经验,内容新颖,体系完整。本书除作为高等院校水利学科本科专业教材外,亦可作为水利水电工程技术人员的学习参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

水利工程施工/袁光裕主编. —4版. —北京:中国  
水利水电出版社,2005  
高等学校水利学科“十五”规划教材  
ISBN 7-5084-2684-3

I. 水... II. 袁... III. 水利工程—工程施工—高  
等学校—教材 IV. TV5

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第007312号

书 名	高等学校水利学科“十五”规划教材 <b>水利工程施工 第四版</b>
作 者	武汉大学 袁光裕 主编 胡志根 副主编
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) (原水利电力出版社) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266(总机)、68331835(营销中心)
经 售	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	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16开本 18.5印张 439千字
版 次	1980年6月第1版 1985年10月第2版 1996年6月第3版 2005年5月第4版 2006年1月第12次印刷
印 数	101501—107500册
定 价	<b>30.00元</b>
书 号	ISBN 7-5084-2684-3 (原 ISBN 7-120-02251-2/TV·898)

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

## 第四版修订说明

为了使高等教育更好地适应国家经济建设、科技进步和社会发展的需要，2002年1月，高等学校水利学科教学指导委员会对第五轮教材进行了审议和规划，确定《水利工程施工》为高等学校水利学科第五轮教材。根据会议精神和要求，我们在第三版的基础上，拟定了编写要求和编写大纲，以水利水电工程及其有代表性的建筑物为对象，依其施工技术和组织管理特征，建立了相应的学科体系，系统整合了《水利工程施工》第三版的内容，吸收了当今水利水电工程施工技术与组织管理的新理论、新方法、新设备、新工艺，对有关章节进行了改写、调整、删减和补充。

参加本教材修订编写的人员有武汉大学袁光裕教授、胡志根教授、卢文波教授、周宜红教授、舒大强教授、贺昌海副教授，具体分工是：

绪论	胡志根
第一章 施工水流控制	贺昌海
第二章 爆破工程	卢文波
第三章 基础处理工程	舒大强
第四章 土石坝工程	周宜红
第五章 混凝土坝工程	周宜红
第六章 地下建筑工程	卢文波 舒大强
第七章 施工总组织	胡志根
第八章 施工管理	胡志根

主编是袁光裕教授，副主编是胡志根教授，主审是天津大学孙锡衡教授。全书由袁光裕教授统稿、定稿。

近 20 年来，我国水利水电工程建设发展很快，一批 100m 以上高坝和 100 万 kW 级水利水电枢纽工程，特别是三峡和西电东送等项目的建设，使我国在水利水电工程施工科学技术领域取得了重大的成就和进步，产生了许多新理论、新技术和新工艺。本教材系统介绍了水利水电工程施工技术、施工组织与管理的基本原理和基本方法，吸收了国内外最新研究成果和实践经验。参加本教材编写的同志在这些方面作了很好的努力和有益的尝试。在编写过程中，得到了武汉大学水利水电学院的支持，武汉大学研究生舒华英、肖群香等参加了部分核对、绘图工作，中国水利水电出版社副编审徐青对本教材的出版给予了支持和帮助，在此一并谨向他们表示衷心的感谢。由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，敬请读者斧正。

**编 者**

2004 年 3 月

## 第三版修订说明

本教材自第一版问世以来，已有十几个春秋了。在教学第一线从事水利工程施工教学工作的广大教师，对本教材给予了极大的关心和爱护。他们或直言相告，或书面指点，既有鼓励，也有批评，为本教材提供了许多切身的经验和体会，指出了存在的问题和不足，为教材的改进提方案出主意，使我们得到巨大的鞭策和力量。

我们几个具体执笔的同志，在学习和消化上述意见的基础上拟定了编写要求和编写大纲，根据编写学时（70学时）的限制，对教材内容进行了调整和增补。

从总体来看，本教材仍以水利水电枢纽工程及其有代表性的建筑物为主要对象，着重介绍它们的施工技术、施工组织、施工管理的基本原理和基本方法，这和前两版并无显著差异。但是，近几年来，由于基本建设管理体制的改革，新工艺、新技术、新设备的应用，新经验、新方法的推行，有必要对有关章节的内容进行适当的调整和增补。

这次修订增加的内容主要有：第一章，明槽导流；第二章，拆除爆破技术；第三章，岩基锚固技术、软基振冲技术；第四章，面板堆石坝施工；第五章，碾压混凝土施工；第八章，经营管理等。与此同时，在不影响教材科学性、系统性的原则下，对原有的一些内容作了一定的删节和调整，以期保持合理的篇幅。

参加这次修订工作的同志及其分工是：

绪论

袁光裕

第一章 施工导流

夏明耀

第二章	爆破工程	王民寿
第三章	基础工程	袁光裕
第四章	土石坝工程	王民寿
第五章	混凝土坝工程	王民寿
第六章	地下建筑工程	夏明耀
第七章	施工总组织	袁光裕
第八章	经营管理	袁光裕
第九章	施工管理	袁光裕

主编是袁光裕教授，主审是吕元平教授。

再次恳请从事施工教学的教师以及广大读者继续给我们以支持和批评。

**编 者**

1995年9月

## 第二版修订说明

本教材是根据1982年11月高等学校水利水电类专业教材编审委员会审订的水利水电工程建筑专业《水利工程施工》教学大纲及1983~1987年高等学校水利电力类专业教材编审出版规划进行修订的。

修订以后的《水利工程施工》，与1980年第一版比较，全书总的体系没有显著变动，只是更加突出了施工技术、施工组织和管理的内容。此次修订，按照教学大纲的要求，对全书原有的内容进行了精简、调整、改写和增补。属于精简内容、局部修改的有施工过程中的水流控制和基础工程两章；属于调整节次、精简改写的有爆破工程、土石坝工程、混凝土坝工程、地下建筑工程、施工总组织等五章；属于调整增补的内容有施工管理和经济一章。进行以上修订，主要是为了使教材更加符合少而精的精神，和加强施工管理、施工经济的要求，使教材内容与学时数相协调。

参加修订工作的同志有武汉水利电力学院袁光裕副教授、夏明耀副教授，成都科学技术大学王民寿副教授。具体执笔分工是：

绪论		袁光裕
第一章	施工过程中的水流控制	夏明耀
第二章	爆破工程	王民寿
第三章	基础工程	袁光裕
第四章	土石坝工程	王民寿
第五章	混凝土坝工程	王民寿
第六章	地下建筑工程	袁光裕
第七章	施工总组织	袁光裕



## 第八章 施工管理和经济

袁光裕

主编是武汉水利电力学院袁光裕，主审是天津大学吕元平教授。

水利工程施工是实践性、综合性很强的一门学科，施工课的教学需要随着施工实践的发展不断地更新。参加本教材修订的同志虽在这方面作了一些努力，但限于水平，难免存在有错误和疏漏，热切希望批评指正。

**编 者**

1984年9月

# 第一版前言

本教材是根据1978~1981年高等学校水利电力类教材编审出版规划组织编写的。

全书除绪论外共七章，包括施工过程中的水流控制、爆破工程、基础工程、土石坝工程、混凝土坝工程、地下建筑工程及施工总组织等。本教材主要按单位建筑物施工为体系进行编写，着重阐述水利水电工程中有代表性的建筑物的施工方法、施工技术和施工组织等问题，并适当列入了主要工种施工工艺方面的问题，对于施工机械和设备，仅结合建筑物施工作简要叙述。本教材的编写分工是：

绪论	武汉水利电力大学	吴国栋
第一章 施工过程中的水流控制	武汉水利电力大学	夏明耀
第二章 爆破工程	成都科学技术大学	熊达成
第三章 基础工程	武汉水利电力大学	袁光裕
第四章 土石坝工程	成都科学技术大学	王民寿
第五章 混凝土坝工程	成都科学技术大学	刘浩吾
第六章 地下建筑工程	武汉水利电力大学	颜其照
第七章 施工总组织	武汉水利电力大学	袁光裕

1979年4月，在成都召开了审稿会议。审稿单位有天津大学、华东水利学院、西北农学院和北京水利规划设计院以及其他兄弟院校和工程单位，由天津大学主审。

审稿会议议定，由主审单位天津大学吕元平、主编单位武汉水利电力学院袁光裕和成都科学技术大学熊达成三同志会同对全书进行修改、补充和统稿。

编审过程中，许多兄弟院校和工程单位的同志，对原稿提出了很多宝贵意见；另外还有许多同志为教材抄写与绘图进行了辛勤的劳动，在此表示衷心的感谢。

由于我们水平的限制，书中难免存在缺点和错误，在使用本教材过程中，希望给以指正。

**编 者**

1979年7月

# 目 录

第四版修订说明  
第三版修订说明  
第二版修订说明  
第一版前言

绪 论 .....	1
参 考 文 献 .....	5
<b>第一章 施工水流控制</b> .....	6
第一节 施工导流方式与泄水建筑物 .....	6
第二节 围堰工程 .....	14
第三节 导流设计流量 .....	25
第四节 导流方案 .....	28
第五节 截流工程 .....	32
第六节 拦洪度汛 .....	38
第七节 封堵蓄水 .....	41
第八节 基坑排水 .....	43
思考题 .....	49
参 考 文 献 .....	50
<b>第二章 爆破工程</b> .....	51
第一节 爆破器材与起爆方法 .....	51
第二节 爆破的基本原理及药量计算 .....	56
第三节 爆破的基本方法 .....	59
第四节 水利水电工程中的岩石开挖爆破技术 .....	67
第五节 爆破公害及安全控制 .....	72
思考题 .....	75
参 考 文 献 .....	75
<b>第三章 基础处理工程</b> .....	76
第一节 坝基岩石灌浆 .....	76
第二节 砂砾石地层灌浆 .....	87
第三节 防渗墙施工 .....	89
第四节 高压喷射灌浆施工 .....	96
思考题 .....	100
参 考 文 献 .....	100

<b>第四章</b>	<b>土石坝工程</b> .....	101
	第一节 坝体材料与料场规划 .....	101
	第二节 土石料的开挖与运输 .....	104
	第三节 坝体填筑与压实 .....	113
	第四节 面板堆石坝施工 .....	124
	第五节 土石坝施工质量控制 .....	127
	第六节 土石坝的冬雨季施工 .....	129
	思考题 .....	131
	参考文献 .....	131
<b>第五章</b>	<b>混凝土坝工程</b> .....	133
	第一节 骨料料场规划和生产加工 .....	134
	第二节 模板和钢筋作业 .....	144
	第三节 混凝土的制备 .....	152
	第四节 常态混凝土施工 .....	156
	第五节 碾压混凝土施工 .....	175
	第六节 大体积混凝土的温度控制与防裂 .....	181
	第七节 混凝土施工质量控制 .....	189
	第八节 特殊季节的混凝土施工 .....	192
	思考题 .....	195
	参考文献 .....	195
<b>第六章</b>	<b>地下建筑工程</b> .....	197
	第一节 地下建筑工程的施工程序 .....	197
	第二节 钻孔爆破法开挖 .....	202
	第三节 掘进机开挖 .....	209
	第四节 衬砌施工 .....	211
	第五节 锚喷支护 .....	215
	第六节 地下工程施工的辅助作业 .....	222
	思考题 .....	225
	参考文献 .....	226
<b>第七章</b>	<b>施工总组织</b> .....	227
	第一节 施工组织设计 .....	227
	第二节 施工进度计划 .....	230
	第三节 施工总体布置 .....	240
	思考题 .....	246
	参考文献 .....	246
<b>第八章</b>	<b>施工管理</b> .....	247
	第一节 施工进度控制 .....	247
	第二节 施工成本控制 .....	252

第三节 施工质量控制 .....	258
第四节 施工安全管理 .....	266
第五节 工程招投标与合同管理 .....	270
思考题 .....	278
参考文献 .....	278

# 绪 论

---

《水利工程施工》是一门理论与实践紧密结合的专业课，其主要特征是实践性和综合性，是在总结国内外水利水电建设先进经验的基础上，从施工机械、施工技术、施工组织与管理等方面，研究多快好省地进行水利水电建设基本规律的一门学科。

水利工程施工，要通过施工实践检验规划设计方案，使工程完建并投入运用，这就要求理论结合实际，因时因地分析问题和解决问题。在施工过程中既要领会规划设计的意图，又要根据施工条件和规程规范，并综合运用与水利水电建设有关的技术和组织管理科学，使工程得以优质、高效、低成本地建成和投产。

## 一、水利工程施工的任务和特点

水利工程施工的主要任务可归纳如下。

(1) 依据设计、合同任务、法律法规和有关部门的要求，根据工程所在地区的自然条件，当地社会经济状况，资金、设备、材料和人力等资源的供应情况以及工程特点，编制切实可行的施工组织设计。

(2) 按照施工组织设计，作好施工准备，加强施工管理，有计划地组织施工，保证施工质量，合理使用建设资金，多快好省地全面完成施工任务。

(3) 在工程建设前期工作和施工过程中开展观测、试验和研究，促进水利水电建设科学技术的发展。

根据国内外水利水电建设的实践，水利工程施工的特点突出反映在水流控制上。水利工程施工常在河流上进行，受水文、气象、地形、地质等因素影响很大。在河流上施工，不可避免地要控制水流，进行施工导流，以保证工程施工的顺利进行。在冬季、夏季或冰冻、降雪、雨天施工时，必须采取相应的措施，避免气候影响，保证施工质量和施工进度。

河流上修建的挡水建筑物，关系着下游人民生命财产的安全。工程的施工质量，不但会影响建筑物的寿命和效益，而且会影响改建和维修的费用；更严重的是一旦失事，对国民经济及生命财产会带来不可弥补的损失。因此，水利工程施工必须保证施工质量。

在河流上修建水利水电工程，常涉及许多部门的利益，如防洪、发电、航运、灌溉、工业与城市用水等，必须全面规划、统筹兼顾，因而增加了施工的复杂性。

水利水电工程往往位于交通不便的山区，施工准备工作量大，不仅要修建场内外交通道路，布置施工服务的辅助企业，而且要修建办公和生活用房。因此，必须十分重视施工准备工作的组织，使之既满足施工要求又减少工程投资。

水利水电枢纽工程常由许多单项工程组成,布置比较集中,工程量大,工种多,施工强度高,再加上地形条件方面的限制,容易发生施工干扰。因此,需要统筹规划,重视现场施工的组织和管理,运用系统工程学的原理,因时因地选择最优的施工方案。

水利工程施工过程中爆破作业、地下作业、水上水下作业和高空作业等,常常平行交叉进行,对施工安全非常不利。因此,必须十分注意安全施工,采取有效措施,防止事故发生。

## 二、我国水利工程施工的成就与展望

在我国历史上,水利建设成就卓著。几千年来,勤劳勇敢的中国人民修建了许多兴利除害的水利工程,积累了丰富的施工经验。公元前250年以前修建的四川都江堰水利工程,按“乘势利导,因时制宜”的原则,发挥了防洪和灌溉的巨大效益。用现代系统工程的观点来分析,该工程在结构布局、施工措施、维修管理制度等方面都是相当成功的。此外,在截流堵口工程中所使用的杩槎围堰、草土围堰、捆厢埽进占、捆厢埽结合柳石枕进占、柳石枕护底以及平堵与立堵相结合的施工技术等,至今还为各地工程所沿用。

近50年来,尤其是改革开放近20年来,我国水电建设取得了巨大的成就,一大批100m以上各种类型的高坝和100万kW级水电站相继建成或基本建成,在水电工程施工科学技术领域取得了重大的成就和进步,促进了高拱坝、高土石坝尤其是高混凝土面板堆石坝、高碾压混凝土坝以及大型地下工程的发展。

1950~1980年,全国水电装机总容量由不到40万kW增长到2032万kW;1980~2000年,增长到7000万kW以上(包括抽水蓄能电站)。1980年全国100万kW级水电站仅刘家峡水电站一座,到2000年增加至18座。继葛洲坝、龙羊峡水电站之后,岩滩、漫湾、隔河岩、白山、广州抽水蓄能、水口、五强溪、李家峡、天荒坪抽水蓄能、天生桥一级、天生桥二级、二滩、万家寨、小浪底等100万kW级大型骨干水电站均已建成。到2000年,大型水电站装机容量将占水电总装机容量的60%以上,使电力结构大为改善。

水利水电工程施工科学的发展,主要表现在以下几个方面。

(1) 施工水流控制。我国江河众多,经过多年尤其是近20年来的工程实践,在大江大河采用立堵或平立堵截流,各种大流量挡水泄水建筑物包括围堰、明渠、隧洞、底孔等的修建、拆除与封堵,各种坝体拦洪或过水度汛,施工期通航以及围堰挡水提前发电受益等各个方面都积累了十分丰富的经验,并发展了各种类型的挡水或过水围堰及相应的地基处理技术。二滩、小浪底等工程巨大过流断面导流隧洞的修建和运行,当今世界上规模最大的长江三峡导流明渠工程的顺利通航、深水大流量截流、高挡水标准、巨大填筑量、高混凝土防渗墙、低渗漏量的二期上下游深水围堰工程的按期建成,就是最有说服力的例证。

(2) 土石方工程。20世纪50年代后期至90年代,我国先后建成和在建的50余座大型水电站(不小于25万kW)统计,各种土石方开挖共4.45亿 $m^3$ ,其中开挖量在500万 $m^3$ 以上的有23座、1000万 $m^3$ 以上的有6座,年开挖强度超过1000万 $m^3$ 的工程有葛洲坝和小浪底工程。在建的三峡工程土石方开挖总量达1.21亿 $m^3$ ,年最大开挖强度高达4400万 $m^3$ 。很多大型工程在建设过程中遇到各种复杂的高边坡治理问题,如安康、龙羊峡、天生桥二级、铜街子、漫湾、五强溪、隔河岩、李家峡、二滩、天荒坪、小浪底、三



峡等工程,促进了高边坡治理与加固技术的发展。此外,通过各种不同地质条件下的大型地下厂房、长(大)隧洞和高压输水道的施工,大大提高了地下洞室的施工水平。

(3) 基础处理工程。具有中国特色的高压水泥灌浆技术用于喀斯特和非喀斯特地层的帷幕灌浆和固结灌浆,为高坝大库防渗、高压输水道围岩的结构稳定和渗流稳定提供了保证。为满足不同工程的地基处理要求,各种灌浆材料包括超细水泥、胶状浆体和各种化学灌浆材料相继得到应用和发展,并取得了满意的效果。20世纪50年代末至70年代,我国相继在深厚覆盖层中建造混凝土防渗墙取得成功,促进了砂砾石地基土石坝或混凝土闸坝的发展。80年代至90年代革新了造墙机具和墙体材料,提高了施工效率和墙体质量,最大造墙深度达到82m(小浪底水利枢纽工程),并完成了深达101m的造墙试验(冶勒工程),使我国地下墙的造墙技术达到一个新的更高的水平;80年代以后,高压喷射灌浆成墙技术广泛地用于围堰和坝基覆盖层的防渗,促进了该项技术的发展。

(4) 土石坝工程。20世纪50年代至70年代,我国的施工机械化程度相对较低,以人力为主修建了一批均质土坝、黏土心墙或斜墙砂砾石坝,并将定向爆破筑坝技术成功地应用于一批中小型工程。70年代以后,通过学习国际上的筑坝技术和经验,引进并开发了各种大型土石方施工机械,使以碾压堆石为主的混凝土面板堆石坝和土心墙堆石坝在我国得到迅速发展。90年代后期建成的天生桥一级混凝土面板堆石坝(高178m)和建于深覆盖层上的小浪底黏土斜心墙堆石坝(高154m)是其代表,其最高月填筑强度分别超过110万 $\text{m}^3$ 和150万 $\text{m}^3$ 。在提高混凝土面板抗裂、防渗和耐久性,改进周边缝止水结构和材料以及面板滑模施工技术等方面都有发展和创新。

(5) 混凝土工程。不论采用何种坝型,现代水利水电工程建设都离不开混凝土。在我国已建成的大型水电站中,混凝土坝占84%;在已建成的39座100m以上高坝中,混凝土坝共25座,占64%。由此可见,混凝土坝在我国占主导地位。要保证并提高混凝土质量,首先要优选原材料和优化混凝土配合比设计。20世纪60年代以前,我国水电工程建设以使用天然砂石料为主,随着水电建设逐步向西部地区和各流域上游转移,当地天然砂石料资源渐趋短缺。70年代,乌江渡工程建成了以灰岩为料源的大型人工砂石料系统,产品质优价廉;二滩水电站建成了以正长岩为料源的先进人工砂石料系统,产品性能和质量优越;长江三峡工程以花岗石为料源,并大量利用开挖料,建成了当今世界上规模最大的人工砂石料系统。

混凝土坝施工综合机械化程度和水平不断提高。例如,高效施工设备包括自动化拌和楼、高效缆索起重机、大型门机塔机以及胶带机运输系统的使用,使一些工程的年混凝土浇筑量达到100万 $\text{m}^3$ ,甚至200万 $\text{m}^3$ 以上,正在建设的三峡工程,1999年混凝土浇筑量高达458万 $\text{m}^3$ 。采用水冷、风冷骨料以及加冰拌和等预冷工艺后,夏季能生产7~10℃低温混凝土,以满足严格的温度控制要求,使一些大型工程采用通仓浇筑取代长期沿用的柱状浇筑,既提高了结构的整体性,也加快了施工进度。此外,强力成组振捣设备的使用、模板技术的革新、缝面处理与表面保护技术的改进,都有利于提高工程质量和施工效率。

碾压混凝土筑坝技术自1986年在福建坑口工程取得成功经验后,在我国发展很快,目前已建和在建的碾压混凝土坝达40座,总体积超过1000万 $\text{m}^3$ 。此外,碾压混凝土也