

“十二五”国家重点图书

水利水电工程施工技术全书

第二卷 土石方工程

HUNNINGTU MIANBAN
DUISHIBA SHIGONG JISHU

第六册

混凝土面板 堆石坝施工技术

沈益源 黄宗营 等 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

水利水电工程施工技术全书

第二卷 土石方工程

第六册

混凝土面板 堆石坝施工技术

沈益源 黄宗营 等 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

·北京·

内 容 提 要

本书是《水利水电工程施工技术全书》第二卷《土石方工程》中的第六分册。本书系统阐述了水利水电混凝土面板堆石坝工程先进的施工技术和方法, 主要内容包括: 综述、施工规划、导流与度汛、坝基开挖与处理、筑坝材料、坝体填筑、趾板施工、面板与防浪墙施工、接缝止水、安全监测等。

本书可作为水利水电工程施工领域的工程技术人员、工程管理人员和高级技术工人的工具书, 也可供从事水利水电工程科研、设计、建设及运行管理和相关企事业单位的工程技术人员、工程管理人员使用, 并可作为大专院校水利水电工程及机电专业师生教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土面板堆石坝施工技术 / 沈益源等编著. — 北京: 中国水利水电出版社, 2017. 4
(水利水电工程施工技术全书. 第二卷, 土石方工程; 第六册)
ISBN 978-7-5170-5904-2

I. ①混… II. ①沈… III. ①混凝土面板坝—堆石坝—工程施工 IV. ①TV641.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第236353号

书 名	水利水电工程施工技术全书 第二卷 土石方工程 第六册 混凝土面板堆石坝施工技术 HUNNINGTU MIANBAN DUISHIBA SHIGONG JISHU
作 者 出版发行	沈益源 黄宗营 等 编著 中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版 印 刷 规 格 版 次 印 数 定 价	中国水利水电出版社微机排版中心 北京瑞斯通印务发展有限公司 184mm×260mm 16开本 21.5印张 510千字 2017年4月第1版 2017年4月第1次印刷 0001—3000册 89.00元



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

《水利水电工程施工技术全书》

编审委员会

顾 问：潘家铮 中国科学院院士、中国工程院院士

谭靖夷 中国工程院院士

陆佑楣 中国工程院院士

郑守仁 中国工程院院士

马洪琪 中国工程院院士

张超然 中国工程院院士

钟登华 中国工程院院士

缪昌文 中国工程院院士

名誉主任：范集湘 丁焰章 岳 曦

主 任：孙洪水 周厚贵 马青春

副 主 任：宗敦峰 江小兵 付元初 梅锦煜

委 员：(以姓氏笔画为序)

丁焰章 马如骐 马青春 马洪琪 王 军 王永平

王亚文 王鹏禹 付元初 江小兵 刘永祥 刘灿学

吕芝林 孙来成 孙志禹 孙洪水 向 建 朱明星

朱镜芳 何小雄 和孙文 陆佑楣 李友华 李志刚

李丽丽 李虎章 沈益源 汤用泉 吴光富 吴国如

吴高见 吴秀荣 肖恩尚 余 英 陈 茂 陈梁年

范集湘 林友汉 张 晔 张为明 张利荣 张超然

周 晖 周世明 周厚贵 宗敦峰 岳 曦 杨 涛

杨成文 郑守仁 郑桂斌 钟彦祥 钟登华 席 浩

夏可风 涂怀健 郭光文 常焕生 常满祥 楚跃先

梅锦煜 曾 文 焦家训 戴志清 缪昌文 谭靖夷

潘家铮 衡富安

主 编：孙洪水 周厚贵 宗敦峰 梅锦煜 付元初 江小兵

审 定：谭靖夷 郑守仁 马洪琪 张超然 梅锦煜 付元初

周厚贵 夏可风

策 划：周世明 张 晔

秘 书 长：宗敦峰 (兼)

副秘书长：楚跃先 郭光文 郑桂斌 吴光富 康明华

《水利水电工程施工技术全书》

各卷主（组）编单位和主编（审）人员

卷序	卷名	组编单位	主编单位	主编人	主审人
第一卷	地基与基础工程	中国电力建设集团（股份）有限公司	中国电力建设集团（股份）有限公司 中国水电基础局有限公司 葛洲坝基础公司	宗敦峰 肖恩尚 焦家训	谭靖夷 夏可风
第二卷	土石方工程	中国人民武装警察部队水电指挥部	中国人民武装警察部队水电指挥部 中国水利水电第十四工程局有限公司 中国水利水电第五工程局有限公司	梅锦煜 和孙文 吴高见	马洪琪 梅锦煜
第三卷	混凝土工程	中国电力建设集团（股份）有限公司	中国水利水电第四工程局有限公司 中国葛洲坝集团有限公司 中国水利水电第八工程局有限公司	席浩 戴志清 涂怀健	张超然 周厚贵
第四卷	金属结构制作与机电安装工程	中国能源建设集团（股份）有限公司	中国葛洲坝集团有限公司 中国电力建设集团（股份）有限公司 中国葛洲坝建设有限公司	江小兵 付元初 张晔	付元初
第五卷	施工导（截）流与度汛工程	中国能源建设集团（股份）有限公司	中国能源建设集团（股份）有限公司 中国葛洲坝集团有限公司 中国水利水电第八工程局有限公司	周厚贵 郭光文 涂怀健	郑守仁

《水利水电工程施工技术全书》

第二卷《土石方工程》编委会

主 编：梅锦煜 和孙文 吴高见

主 审：马洪琪 梅锦煜

委 员：（以姓氏笔画为序）

王永平 王红军 李虎章 吴国如 陈 茂 陈太为

何小雄 沈溢源 张少华 张永春 张利荣 汤用泉

杨 涛 林友汉 郑道明 黄宗营 温建明

秘 书 长：郑桂斌 徐 萍

《水利水电工程施工技术全书》
第二卷《土石方工程》
第六册《混凝土面板堆石坝施工技术》
编写人员名单

主 编：沈益源 黄宗营

审 稿：梅锦煜 马如骐

编写人员：沈益源 吴桂耀 严大顺 岑丛定 李中方 帖军锋
黄宗营 陈校华 张耀威 朱自先 贺博文 吴成根
鲁 电 劳俭翁 蒋 剑 隗 收 周龙杰 张礼宁
叶晓培 方德扬 范双柱 郭 丹 杨森浩 刘 攀
王志伟 宁占金 张曦彦 王连喜 罗爱民 余亚飞
韦顺敏 余 丰

序 一

水利水电工程建设在我国作为一项基础建设事业，已经走过了近百年的历程，这是一条不平凡而又伟大的创业之路。

新中国成立 66 年来，党和国家领导一直高度重视水利水电工程建设，水电在我国已经成为了一种不可替代的清洁能源。我国已经成为世界上水电装机容量第一位的大国，水利水电工程建设不论是规模还是技术水平，都处于国防领先或先进水平，这是几代水利水电工程建设者长期艰苦奋斗所创造出来的。

改革开放以来，特别是进入 21 世纪以后，我国的水利水电工程建设又进入了一个前所未有的高速发展时期。到 2014 年，我国水电总装机容量突破 3 亿 kW，占全国电力装机容量的 23%。发电量也历史性地突破 31 万亿 kW·h。水电作为我国当前重要的可再生能源，为我国能源电力结构调整、温室气体减排和气候环境改善做出了重大贡献。

我国水利水电工程建设在新技术、新工艺、新材料、新设备等方面都取得了突破性的进展，无论是技术、工艺，还是在材料、设备等方面，都取得了令人瞩目的成就，它不仅推动了技术创新市场的活跃和发展，也推动了水利水电工程建设的前进步伐。

为了对当今水利水电工程施工技术进展进行科学的总结，及时形成我国水利水电工程施工技术的自主知识产权和满足水利水电建设事业的工作需要，全国水利水电施工技术信息网组织编撰了《水利水电工程施工技术全书》。该书编撰历时 5 年，在编撰过程中组织了一大批长期工作在工程建设一线的中青年技术负责人和技术骨干执笔，并得到了有关领导、知名专家的悉心指导和审定，遵循“简明、实用、求新”的编撰原则，立足于满足广大水利水电工程技术人员的工作需要，并注重参考和指导价值。该书内容涵盖了水

利水电工程建设地基与基础工程、土石方工程、混凝土工程、金属结构制作与机电安装工程、施工导（截）流与度汛工程等内容目标任务、原理方法及工程实例，既有理论阐述，又有实例介绍，重点突出，图文并茂，针对性及可操作性强，对今后的水利水电工程建设施工具有重要指导作用。

《水利水电工程施工技术全书》是对水利水电施工技术实践的总结和理论提炼，是一套具有权威性、实用性的大型工具书，为水利水电工程施工“四新”技术成果的推广、应用、继承、创新提供了一个有效载体。为大力推动水利水电技术进步和创新，推进中国水利水电事业又好又快地发展，具有十分重要的现实意义和深远的科技意义。

水利水电工程是人类文明进步的共同成果，是现代社会发展对保障水资源供给和可再生能源供应的基本需求，水利水电工程施工技术在近代水利水电工程建设中起到了重要的推动作用。人类应对全球气候变化的共识之一是低碳减排，尽可能多地利用绿色能源就成为重要选择，太阳能、风能及水能等成为首选，其中水能蕴藏丰富、可再生性、技术成熟、调度灵活等特点成为最优的绿色能源。随着水利水电工程建设与管理技术的不断发展，水利水电工程，特别是一些高坝大库能有效利用自然条件、降低开发运行成本、提高水库综合效能，高坝大库的（高度、库容）纪录不断被刷新。特别是随着三峡、拉西瓦、小湾、溪洛渡、锦屏、向家坝等一批大型、特大型水利水电工程相继建成并投入运行，标志着我国水利水电工程技术已跨入世界领先行列。

近年来，我国水利水电工程施工企业积极实施走出去战略，海外市场开拓业绩突出。目前，我国水利水电工程施工企业在亚洲、非洲、南美洲多个国家承建了上百个水利水电工程项目，如尼罗河上的苏丹麦洛维水电站、号称“东南亚三峡工程”的马来西亚巴贡水电站、巨型碾压混凝土坝泰国科隆泰丹水利工程、位居非洲第一水利枢纽工程的埃塞俄比亚泰克泽水电站等，“中国水电”的品牌价值已被全球业内所认可。

《水利水电工程施工技术全书》对我国水利水电施工技术进行了全面阐述。特别是在众多国内外大型水利水电工程成功建设后，我国水利水电工程施工人员创造出一大批新技术、新工法、新经验，对这些内容及时总结并公

开出版，与全体水利水电工作者分享，这不仅能促进我国水利水电行业的快速发展，提高水利水电工程施工质量，保障施工安全，规范水利水电施工行业发展，而且有助于我国水利水电行业走进更多国际市场，展示我国水利水电行业的国际形象和实力，提高我国水利水电行业在国际上的影响力。

该全书的出版不仅能提高水利水电工程施工的技术水平，而且有助于提高我国水利水电行业在国内、国际上的影响力，我在此向广大水利水电工程建设者、工程技术人员、勘测设计人员和在校的水利水电专业师生推荐此书。

孙洪水

2015年4月8日

序 二

《水利水电工程施工技术全书》作为我国水利水电工程技术综合性大型工具书之一，与广大读者见面了！

这是一套非常好的工具书，它也是在《水利水电工程施工手册》基础上的传承、修订和创新。集中介绍了进入 21 世纪以来我国在水利水电施工领域从施工地基与基础工程、土石方工程、混凝土工程、金属结构制作与机电安装工程、施工导（截）流与度汛工程等方面采用的各类创新技术，如信息化技术的运用：在施工过程模拟仿真技术、混凝土温控防裂技术与工艺智能化等关键技术，应用了数字信息技术、施工仿真技术和云计算技术，实现工程施工全过程实时监控，使现代信息技术与传统筑坝施工技术相结合，提高了混凝土施工质量，简化了施工工艺，降低了施工成本，达到了混凝土坝快速施工的目的；再如碾压混凝土技术在国内大规模运用：节省了水泥，降低了能耗，简化了施工工艺，降低了工程造价和成本；还有，在科研、勘察设计和施工一体化方面，数字化设计研究面向设计施工一体化的三维施工总布置、水工结构、钢筋配置、金属结构设计技术，推广复杂结构三维设施设计技术和前期项目三维枢纽设计技术，形成建筑工程信息模型的协同设计能力，推进建筑工程三维数字化设计移交标准工程化应用，也有了长足的进步。因此，在当前形势下，编撰出一部新的水利水电施工技术大型工具书非常必要和及时。

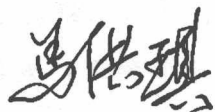
随着水利水电工程施工技术的不断推进，必然会给水利水电施工带来新的发展机遇。同时，也会出现更多值得研究的新课题，相信这些都将对水利水电工程建设事业起到积极的促进作用。该全书是当今反映水利水电工程施工技术最全、最新的系列图书，体现了当前水利水电最先进的施工技术，其

中多项工程实例都是曾经创造了水利水电工程的世界纪录。该全书总结的施工技术具有先进性、前瞻性，可读性强。该全书的编者都是参加过我国大型水利水电工程的建设者，有着非常丰富的各专业施工经验。他们以高度的社会责任感和使命感、饱满的工作热情和扎实的工作作风，大力发展和创新水电科学技术，为推进我国水利水电事业又好又快地发展，做出了新的贡献！

近年来，我国水利水电工程建设快速发展，各类施工技术日臻成熟，相继建成了三峡、龙滩、水布垭等具有代表性的水电工程，又有拉西瓦、小湾、溪洛渡、锦屏、糯扎渡、向家坝等一批大型、特大型水电工程，在施工过程中总结和积累了大量新的施工技术，尤其是混凝土温控防裂的施工方法在三峡水利枢纽工程的成功应用，高寒地区高拱坝冬季施工综合技术在拉西瓦等多座水电站工程中的应用……，其中的多项施工技术获得过国家发明专利，达到了国际领先水平，为今后水利水电工程施工提供了参考与借鉴。

目前，我国水利水电工程施工技术已经走在了世界的前列，该全书的出版，是对我国水利水电工程建设领域的一大贡献，为后续在水利水电开发，例如金沙江上游、长江上游、通天河、黄河上游的水电开发、南水北调西线工程等建设提供借鉴。该全书可作为工具书，为广大工程建设者们提供一个完整的水利水电工程施工理论体系及工程实例，对今后水利水电工程建设具有指导、传承和促进发展的显著作用。

《水利水电工程施工技术全书》的编撰、出版是一项浩繁辛苦的工作，也是一项具有创造性的劳动过程，凝聚了几百位编、审人员近5年的辛勤劳动，克服各种困难。值此该全书出版之际，谨向所有为该全书的编撰给予关心、支持以及为此付出了辛勤劳动的领导、专家和同志们表示衷心的感谢！



2015年4月18日

前 言

由全国水利水电施工技术信息网组织编写的《水利水电工程施工技术全书》第二卷《土石方工程》共分为十册,《混凝土面板堆石坝施工技术》为第六册,由中国水利水电第十二工程局有限公司编撰。

混凝土面板堆石坝由于其具有就地取材、安全性好、适应性强、施工机械化程度高、施工速度快、经济性好、绿色环保等优点,受到坝工界的青睐和重视,成为了一种富有竞争力的坝型。截至2013年,国内外已建、在建和拟建的混凝土面板堆石坝约600多座,其中我国最多,约占47%。我国从1985年开始用现代技术修建混凝土面板堆石坝,虽然起步晚,但通过引进、消化、吸收、再创新,混凝土面板堆石坝在水利水电工程中得到了广泛的应用,筑坝技术在不断创新中得到了较快发展,并积累了丰富的经验。目前,我国混凝土面板堆石坝在数量、坝高、规模、筑坝技术等方面已居世界前列,截至2014年年底,我国已建成坝高30m以上的混凝土面板堆石坝有223座,其中坝高150m以上有10座,坝高100m以上有56座。2008年建成的水布垭水电站混凝土面板堆石坝,坝高233m,是世界上已建成的最高的混凝土面板堆石坝。紫坪铺水库混凝土面板堆石坝,坝高156m,2008年5月12日经受了汶川8.0级特大地震的考验,大坝距地震震中仅17km,经震后检查仅产生轻微损坏,这充分体现了混凝土面板堆石坝的安全性。通过水布垭、三板溪、洪家渡、天生桥一级、滩坑、紫坪铺、巴山、吉林台一级、董箐等一系列水电站混凝土面板堆石坝工程实践,我国丰富和发展了200m级高混凝土面板堆石坝的筑坝技术,基本具备了向250~300m级超高混凝土面板堆石坝发展的技术条件。在我国西部地区,水力资源丰富,但自然条件差,地质条件复杂,地震烈度高,交通不便,混凝土面板堆石坝是一种具有活力的重点坝型,特别是在交通运输不便、经济欠发达地区,有许多适宜建250~300m级高混凝土面板堆石坝的条件,随着我国西部大开发进程的加快和筑坝技术的不断创新,300m级高混凝土面板堆石坝筑坝技术将会有新突破。

中国水利水电第十二工程局有限公司自1986年以来共承建了混凝土面板堆石坝41座，其中坝高150m以上有6座，坝高100m以上有16座，在混凝土面板堆石坝工程施工中积累了丰富的经验和雄厚的技术力量，部分关键技术达到了国际领先水平，研发的面板防裂技术及配套外加剂，在多个工程中应用，均取得了面板无裂缝的佳绩，创国内新纪录。所建的混凝土面板堆石坝中，有2座获得“鲁班奖”、1座获得“詹天佑奖”、3座获得“国家优质工程奖”，紫坪铺水库混凝土面板堆石坝和九甸峡水库混凝土面板堆石坝分别获得了国际大坝委员会颁发的“堆石坝里程碑工程特别奖”和“堆石坝里程碑工程奖”。中国人民武装警察部队水电第一总队（简称武警水电一总队）1994年开始承建天生桥一级水电站混凝土面板堆石坝，1999年年底建设完成，为当时国内已建和在建的同类坝型最高。为我国200m级高混凝土面板堆石坝的设计和施工发挥了非常重要的指导和借鉴的作用，推动了我国高混凝土面板堆石坝技术的迅速发展。武警水电一总队共承建的包括天生桥一级、洪家渡、水布垭等水库混凝土面板堆石坝有11座，其中坝高100m以上的8座，积累了丰富的混凝土面板堆石坝的施工经验和先进的施工技术。该单位承建的混凝土面板堆石坝中，有1座获得“国际堆石坝里程碑工程奖”、3座获得“鲁班奖”、1座获得“詹天佑奖”。

为全面总结混凝土面板堆石坝的筑坝技术，全国水利水电施工技术信息网组织编写了《水利水电施工技术全书》第二卷第六册《混凝土面板堆石坝施工技术》。本书依托我国已建成的混凝土面板堆石坝，尤其是坝高100m以上的混凝土面板堆石坝的工程实践，从施工规划、导流与度汛、坝基开挖与处理、筑坝材料、坝体填筑、趾板施工、面板与防浪墙施工、接缝止水、安全监测等方面进行了筑坝施工技术的全面总结，并列举了大量的工程实例，介绍了混凝土面板堆石坝先进的施工技术和经验，适合从事混凝土面板堆石坝研究、设计、施工和工程管理的广大工程技术人员和工程管理人员阅读借鉴。

本书由中国水利水电第十二工程局有限公司、中国人民武装警察部队水电第一总队组织编写，中国水利水电第十五工程局有限公司参与了本书的审查，由沈益源、黄宗营等编著。全书共分10章，其中第1章由吴桂耀、沈益源编写，第2章由严大顺、岑丛定、沈益源编写；第3章由严大顺、李中方、沈益源、隗收、周龙杰编写；第4章由帖军锋、陈效华、张礼宁、杨森浩、王连喜编写；第5章由张耀威、朱自先、叶晓培、刘攀、宁占金、罗爱民编写；第6章由黄宗营、贺博文、方德扬、宁占金、罗爱民、韦顺敏、余亚飞编写；

第7章由吴成根、沈益源、鲁电、张曦彦编写；第8章由劳俭翁、鲁电、沈益源、郭丹编写；第9章由沈益源、李中方、王志伟编写；第10章由蒋剑、范双柱、余丰编写，全书由梅锦煜、马如骐审稿。全国水利水电施工技术信息网组织专家为本书进行了3次审查，宗敦峰、郑桂斌等同志为本书的审查付诸了大量的心血，提出了许多宝贵的意见，中国水利水电第十二工程局有限公司郭丹同志为本书的编写做了大量的工作，在此一并表示感谢。

由于个人经验和水平有限，本书难免存在许多错误和不当之处，也有大量的新技术、新工艺和好的工程经验没有在书中体现，欢迎广大读者批评指正，共同探讨，共同促进混凝土面板堆石坝施工技术的发展。

作者

2016年12月

目 录

序一

序二

前言

1 综述	1
1.1 发展历程	2
1.2 特点	13
1.3 展望	17
2 施工规划	19
2.1 总体要求	19
2.2 施工布置	21
2.3 进度规划	28
2.4 料源规划	33
2.5 资源配置	33
2.6 安全与环保	34
2.7 工程实例	41
3 导流与度汛	46
3.1 导流	46
3.2 截流	47
3.3 度汛与排水	50
3.4 下闸封堵	54
3.5 工程实例	56
4 坝基开挖与处理	62
4.1 特点	62
4.2 坝基开挖	63
4.3 坝基处理	69
4.4 质量控制	75
4.5 工程实例	77

5 筑坝材料	89
5.1 坝料的特性	89
5.2 料场规划	92
5.3 坝料开采	103
5.4 坝料生产与加工	112
5.5 质量控制	114
5.6 工程实例	117
6 坝体填筑	125
6.1 填筑规划	125
6.2 碾压试验	128
6.3 填筑施工	139
6.4 上游固坡	145
6.5 下游坝坡	149
6.6 反渗处理	150
6.7 上游铺盖填筑	153
6.8 质量控制	154
6.9 工程实例	155
7 趾板施工	180
7.1 施工规划	180
7.2 模板	183
7.3 仓面准备	186
7.4 趾板混凝土施工	188
7.5 质量控制	192
7.6 工程实例	201
8 面板与防浪墙施工	206
8.1 施工规划	206
8.2 滑动模板	209
8.3 面板混凝土配合比设计	214
8.4 仓面准备	220
8.5 面板混凝土施工	222
8.6 面板防裂	228
8.7 防浪墙施工	234
8.8 坝顶结构施工	240
8.9 质量控制	241
8.10 工程实例	246