

“十二五”国家重点图书

水利水电工程施工技术全书

第三卷 混凝土工程

HUNNINGTU MOBAN

第五册

混凝土模板

王鹏禹 姬脉兴 等 编著

全
书
施
工



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

第三卷 混凝土工程

第五册

混凝土模板

王鹏禹 姬脉兴 等 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是《水利水电工程施工技术全书》第三卷《混凝土工程》中的第五册。本书系统阐述了混凝土模板的施工技术和方法。主要内容包括：模板设计；常用模板；特殊部位模板；模板制作和安装；模板拆除、保养和维修；脱模剂和模板漆；质量控制；安全管控等。

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

混凝土模板 / 王鹏禹等编著. — 北京 : 中国水利水电出版社, 2016.4
(水利水电工程施工技术全书. 第三卷, 混凝土工程;
5)
ISBN 978-7-5170-4280-8

I. ①混… II. ①王… III. ①混凝土模板 IV.
①TU755.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第084455号

书 名	水利水电工程施工技术全书 第三卷 混凝土工程 第五册 混凝土模板
作 者	王鹏禹 姬脉兴 等 编著
出版发行	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 (发行部)
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	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 13印张 308千字
版 次	2016年4月第1版 2016年4月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	53.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

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 梅锦煌

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

梅锦煌 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 梅锦煌 付元初 江小兵

审定：谭靖夷 郑守仁 马洪琪 张超然 梅锦煌 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》 第三卷《混凝土工程》编委会

主 编：席 浩 戴志清 涂怀健

主 审：张超然 周厚贵

委 员：（以姓氏笔画为序）

牛宏力 王鹏禹 刘加平 刘永祥 刘志和

向 建 吕芝林 朱明星 李克信 肖炯洪

姬脉兴 席 浩 涂怀健 高万才 黄 巍

戴志清 魏 平

秘 书 长：李克信

副 秘 书 长：姬脉兴 赵海洋 黄 巍 赵春秀 李小华

《水利水电工程施工技术全书》

第三卷 《混凝土工程》

第五册 《混凝土模板》

编写人员名单

主 编：王鹏禹

审 稿：姬脉兴

编写人员：王鹏禹 姬脉兴 李东锋 田 艳 徐永举 王 娟
祝培华 罗永红 冯光华 李 志 黄继敏 龚 浩
陈上品 邹经瑞 李 海 李国君 佟永强 范志林

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》。该全书编撰历时 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实际工作需要，并注重参考和指导价值。该全书内容涵盖了水

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的发展，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）记录不断被刷新。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，推广复杂结构三维技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审的《水利水电工程施工技术全书》第三卷《混凝土工程》共分为十二册，《混凝土模板》为第五册，由中国水利水电第三工程局有限公司编写。选取长期从事水利水电工程施工的专家和高级工程管理人员，结合近年来的工程实例，进行广泛的调查研究，参考以往工程技术资料，总结多年来水利水电模板施工方面的经验编撰而成。

混凝土模板施工是建筑领域重要的课题之一，在闸、坝等大体积混凝土及厂房和结构复杂的混凝土施工中，模板工程的费用占混凝土工程总费用的比例较大，且对保证混凝土质量、工期有重要作用，所以，掌握、应用、推广模板施工技术具有重要的意义。

本书在编写过程中本着求新、求准、求实用的原则，着重介绍结论性的内容和实际的应用，简化过程叙述。在选材方面总结以往成熟的施工经验，也选取了近年来应用较为成熟的“五新”技术成果，力求体现技术创新和发展趋势，内容全面、重点突出、多采用比较直观图表来表现，以突出实践性、可操作性与可查性的特点，使读者对水利水电模板施工技术有一个比较全面的、较深层次的认识。技术进步、流程优化和管理提升，是水利水电施工行业发展趋势，我们将在发展中不断进行补充和完善。

本册的编撰人员都是长期从事混凝土模板的专业施工、科研工作，既具有扎实的理论研究水平，又具有丰富的实际工作经验的专业技术人员。

本书在编写过程中得到了何为楨、徐保国、马锡庆、马向丕等专家的大力支持，在此表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免有谬误和不妥之处，恳请读者批评指正，以便在以后充实新内容时修改和提高。

编者

2015年9月

目 录

序一

序二

前言

1 综述	1
1.1 模板的要求及选型原则	1
1.2 模板结构的组成	2
1.3 模板的分类	2
2 模板设计	4
2.1 模板设计依据和基本要求	4
2.2 设计荷载	4
2.3 设计荷载组合及稳定校核	7
2.4 模板材料及性能参数	8
2.5 钢悬臂模板结构设计示例	10
3 常用模板	18
3.1 标准模板	18
3.2 普通大钢模板	33
3.3 组合模板	35
3.4 木模板	36
3.5 悬臂模板及半悬臂模板	37
3.6 翻转模板	41
3.7 液压自爬模板	44
3.8 滑动模板	48
3.9 钢模台车	78
3.10 预制混凝土模板	96
3.11 清水混凝土模板工程	100
3.12 免拆模板网	108
3.13 胎模	109
3.14 脱水模板	110

4 特殊部位模板	113
4.1 肘管模板	113
4.2 廊道模板	116
4.3 牛腿模板	119
4.4 键槽模板	120
4.5 竖井模板	122
4.6 溢流面模板	124
4.7 胸墙模板	125
4.8 蜗壳模板	134
4.9 尾水扩散段模板	146
4.10 引水隧洞弯段现支组合模板	150
4.11 堆石坝护坡模板	154
4.12 碾压混凝土坝模板	158
4.13 变曲率模板、变曲率桁架模板和柔性模板	161
5 模板制作和安装	162
5.1 模板制作	162
5.2 模板安装	166
6 模板拆除、保养和维修	170
6.1 拆模时间控制	170
6.2 拆模顺序和方法	172
6.3 模板保养和维修	173
7 脱模剂和模板漆	175
7.1 脱模剂的种类及特点	175
7.2 常用脱模剂参数	176
7.3 模板漆性能与应用	177
8 质量控制	183
8.1 控制要求及标准	183
8.2 模板安装过程中质量控制	185
8.3 模板拆除质量控制	187
8.4 常见模板质量缺陷	188
8.5 常见由模板导致的混凝土质量缺陷及预防	189
9 安全管控	191
9.1 木模板的安全管控	191
9.2 钢模板的安全管控	191
9.3 大模板的安全管控	192
9.4 滑动模板的安全管控	192



综 述

模板是保证混凝土结构形状、尺寸和相对位置的模型。模板结构一般包括面板、支撑系统、连接系统和锚固件等。其中，自行移置或滑动的模板，还包括移置（滑动）设施。模板工程是包括模板的设计、制作、安装、维护、拆除和维修等工作在内的系统工作。模板工程的研究内容应包括面板材料、幅面尺寸系列、边框尺寸系列、连接体的标准化、提升手段（包括滑升手段）及拆装专用工具等。在混凝土施工中，模板的安装、拆除、提升或滑升需要的施工时段一般较长，模板施工往往是控制工期的重要工序之一。

模板工程费用占混凝土工程总费用的比例较大。根据施工经验统计，在闸、坝大体积混凝土中约占 5%~10%，而在水电站厂房的板、梁、柱或结构复杂的混凝土建筑物施工中可达到 20%~30%。

1.1 模板的要求及选型原则

(1) 模板的要求。由于模板工程对保证混凝土质量、工期、成本有着重要作用，所以在施工中要认真、慎重、多方案比选，选择高质量低成本的混凝土模板方案。

无论采用何种模板，均应使模板结构具有足够的稳定性、刚度和强度，以保证混凝土浇筑后结构物的形状、尺寸和相互位置等符合设计要求。模板表面应平整（对于有外观要求的模板还应做到表面光滑），安装后应严密不漏浆，要保证混凝土内实外光及外观质量。

降低模板工程费用的途径：一是模板设计标准化、系列化、生产工厂化、模板定型化，提高其适应性，增加其重复使用次数；二是模板尽量轻型化、安装拆卸简单化、尽量减少材料和吊装费用；三是为了保护生态环境，模板材料应优先选用钢材、胶合材料、土胎膜、砖胎膜、混凝土胎膜及生长周期短的竹材。

(2) 模板的选型原则。模板的选型应根据建筑物结构形式和模板安拆方式，通过经济、技术方案比较确定。对结构比较简单的大体积混凝土（如混凝土重力坝和拱坝等），大面积混凝土（如厂房内外墙，船闸边墙等），通常采用大型组合钢模板，并尽可能选用悬臂钢模板，如多卡模板。碾压混凝土坝还可选用翻转悬臂模板。对要求表面光滑平整的建筑物（如闸墩、薄拱坝、溢流坝面、闸门室等），优先选用滑动模板。对堆石面板坝的混凝土面板采用无轨滑模；迎水面的堆石防护采用翻转模板。对坝内廊道和承重部位，一般采用混凝土预制模板和 T 形梁。重复多次使用的预制混凝土梁、楼板等预制件底板模板最好选用土胎膜、砖胎膜或混凝土胎膜。木模板一般用于建筑物的边角、结合部、不规则孔洞和预埋件预留孔洞等非标准尺寸部位。地下洞室衬砌越来越多采用钢模台车；供水渠道的斜坡滑模台车和采用 TBM 开挖的长隧道混凝土瓦片也被大量推广应用。通过工程

技术经济比较，采用混凝土预制板、梁作为大体积混凝土外壳，不仅可节省模板，而且具有工期短、成本低和保温效果好等优点。

1.2 模板结构的组成

模板结构是使结构或构件成型的模型，是混凝土工程施工的重要组成部分。模板结构一般由面板、支撑结构、连接件等组成，可自行移置或滑动的模板，还包括液压提升系统。

混凝土施工对模板结构的基本要求为：保证结构和构件各部分的尺寸和相互位置的正确；具有足够的强度、刚度和稳定性，能可靠地承受各项荷载，且在荷载作用下，模板结构的变形值不超过规定的允许值；结构简单、安拆方便、便于钢筋安装和混凝土浇筑；模板面平整、光洁、易于脱模；模板的接缝严密、不漏浆；模板周转次数多、损耗少、成本较低、技术先进。

1.3 模板的分类

1.3.1 面板分类

(1) 按面板材料分类。模板可分为木模板、钢模板、胶合板模板、预制混凝土模板等。

1) 木模板的材料一般采用松木和杉木。由于木模板木材耗用量大，重复使用率低，为节约木材，现在水工混凝土模板已经尽量减少木模板的使用，但在钢筋密集的施工缝、基岩面补缝、楼梯踏步、管路埋件穿过模板处以及一些特殊结构部位，木模板仍起着不可或缺的作用。

2) 钢模板大致可分为组合钢模和大钢模两类：组合钢模板是一种定型的工具式模板，可用连接构件拼装成较多的形状和尺寸，适用于多种结构形式，在混凝土施工中广泛使用。钢模板投资量大，但周转次数多，重复使用率高，在使用过程中需注意保护，防止人为损坏、生锈或变形。

3) 胶合板模板是以角钢为边框、以竹胶合板或复合木胶合板作为面板的定型模板，具有重量轻、刚度大、操作方便、板幅大、拼缝少的优点，因而在混凝土施工中大量使用。

4) 预制混凝土模板是采用混凝土或钢筋混凝土预制成的薄板或特定形状的模板，预制混凝土模板往往作为结构混凝土的一部分。

(2) 按面板形状分类。模板可分为平面模板和曲面模板。

(3) 按受力方式分类。模板可分为侧面模板和承重模板。侧面模板按受力方式不同又分为简支模板、悬臂模板和半悬臂模板。

(4) 按支撑结构形式分类。模板可分为满堂脚手架支撑、悬臂支撑、内拉支撑、移动模架支撑等。

(5) 按移位方式分类。模板可分为固定式模板、拆卸式模板、移动式模板（移置模