

“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 GONGCHENG  
SHIGONG GUIHUA

第一册

# 混凝土工程 施工规划

席浩 李克信 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

第三卷 混凝土工程

第一册

# 混凝土工程 施工规划

席浩 李克信 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》中的第一册,本书系统阐述了水工混凝土工程施工规划的施工技术和方法。主要内容包括:施工布置规划、施工进度规划、混凝土浇筑方案规划、资源配置规划、质量管理规划、安全管理规划、环境保护规划、施工信息化等。

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

混凝土工程施工规划 / 席浩等编著. — 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3卷. 混凝土工程;

1)

ISBN 978-7-5170-4295-2

I. ①混… II. ①席… III. ①混凝土施工 IV. ①TU755

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第088786号

书 名	水利水电工程施工技术全书 第三卷 混凝土工程 第一册 混凝土工程施工规划
作 者	席浩 李克信 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 11.25印张 266千字
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	48.00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》

### 第一册 《混凝土工程施工规划》

#### 编写人员名单

主 编：席 浩 李克信

审 稿：席 浩 牛宏力

编写人员：李克信 王雄武 牛宏力 李晓涛

刘红玉 顾锡学

# 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）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写的《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,《混凝土工程施工规划》为第一册,由中国水利水电第四局工程局有限公司编写。

为适应我国国民经济可持续发展,水利水电工程建设必将取得突飞猛进的发展,随着金沙江、怒江、澜沧江、雅砻江、大渡河、雅鲁藏布江等流域水电开发的推进,这些位于西南地区的水利水电工程规模大,多以高坝类型为主,为水工混凝土施工技术的发展提供了更多机遇。水电作为可大规模开发的可再生清洁能源,其开发利用可节约和替代大量化石能源,显著减少温室气体排放和污染物,保护生态环境,有效地促进国民经济可持续发展以及人与自然的协调发展。

本册在编写过程中总结了近 20 年来水利水电工程建设成功经验,使水工混凝土施工过程有一个科学合理的管理体系,在保证工程质量和施工安全的前提下,按期优质、低耗、高效完成预定的建设目标,取得最佳经济效益,着重强调对实际工作的指导性,本着求新、求准、求实用的原则,结合水工混凝土施工工艺、施工流程,较全面地反映了水工混凝土施工规划编制的主要内容和方法,编写内容在吸取相关工具书经验基础上,大量收集了近年来新成果并结合工程实例,对水工混凝土施工规划过程进行阐述。

在此对关心、支持、帮助过该书出版、发行的领导、专家、技术人员表示衷心的感谢。

本书在编写时难免存在挂一漏万之处,希望广大读者在学习使用过程中,多提批评指导意见,以利改正。

作 者

2015 年 9 月

# 目 录

序一

序二

前言

<b>1 综述</b> .....	1
1.1 水工混凝土工程发展 .....	1
1.2 施工规划依据和原则 .....	4
1.3 施工规划主要内容 .....	4
<b>2 施工布置规划</b> .....	6
2.1 交通布置 .....	6
2.2 砂石骨料加工系统 .....	9
2.3 混凝土拌和系统 .....	17
2.4 综合加工厂 .....	22
2.5 风、水、电布置 .....	27
2.6 其他 .....	38
<b>3 施工进度规划</b> .....	41
3.1 施工进度编制 .....	41
3.2 施工进度管理 .....	46
<b>4 混凝土浇筑方案规划</b> .....	52
4.1 施工方案的选择 .....	52
4.2 混凝土浇筑施工布置 .....	53
4.3 施工方案规划实例 .....	58
<b>5 资源配置规划</b> .....	63
5.1 主要设备 .....	63
5.2 主要材料 .....	71
5.3 劳动力 .....	72
<b>6 质量管理规划</b> .....	75
6.1 质量目标 .....	75
6.2 质量管理体系 .....	76

6.3	质量控制方法	76
6.4	质量检测方法	77
6.5	质量问题处理	77
<b>7</b>	<b>安全管理规划</b>	<b>78</b>
7.1	安全管理目标	78
7.2	安全管理体系	78
7.3	职业健康安全	78
7.4	危险源辨识与控制	79
7.5	应急预案	79
<b>8</b>	<b>环境保护规划</b>	<b>81</b>
8.1	环境保护项目	81
8.2	环境保护管理	83
8.3	节能减排	84
<b>9</b>	<b>施工信息化</b>	<b>85</b>
9.1	信息化网络建设	85
9.2	信息管理平台	86
9.3	应用实例——溪洛渡水电站工程	91
<b>10</b>	<b>工程实例</b>	<b>108</b>
10.1	三峡水利枢纽工程三期右岸厂房坝段混凝土工程施工规划	108
10.2	小湾水电站大坝混凝土工程施工规划	129
10.3	长洲水利枢纽中江闸坝混凝土工程施工规划	141
10.4	溪洛渡水电站地下厂房混凝土工程施工规划	148

# 1 综 述

## 1.1 水工混凝土工程发展

我国水力资源十分丰富,蕴藏量约 6.94 亿 kW,其中技术可开发量 5.42 亿 kW,截至 2013 年年底,我国水电总装机已达 2.8 亿 kW,占全国电力装机的 23%,水电年发电量 8963 亿 kW·h,占全国总发电量的 17%。水电作为我国当前最大的可再生能源,为我国能源电力结构调整、温室气体减排、气候环境改善做出了重大贡献。

纵观水工混凝土工程建设的发展历程,新中国成立之后,通过中、小型水利设施的建设,使水工混凝土技术逐步完善。20 世纪 80 年代以后,我国的水利水电工程建设事业取得突飞猛进的发展,建设体制不断完善,大型设备、先进技术广泛采用,水电建设在国民经济快速发展的推动下,进入了一个前所未有的高速发展时期。进入 21 世纪后,水工混凝土工程施工领域在新技术、新工艺、新材料、新设备等方面都取得了突破性进展,形成了一系列能够满足特大型复杂建筑结构快速施工要求的施工技术和工艺。

水工混凝土建筑物经常性或周期性受水作用,所采用的混凝土要求具有良好的耐久性和抗渗透性。高寒地区,特别是在水位变动区域,混凝土要求具有较高的抗冻性;受侵蚀性水浸润时,混凝土要求具有良好的耐蚀性;大体积混凝土,为防止温度裂缝的出现,要求拌制混凝土的水泥具有低热性和低收缩性;受高速水流冲刷的结构,要求混凝土具有抗冲刷、耐磨及抗空蚀性等特性。为满足不同水工建筑物的施工要求,水工混凝土在不断发展创新,施工工艺不断提高和更新。

我国水工混凝土工程建设发展迅速,20 世纪 80 年代末建成了凤滩、白山、龙羊峡、东江、紧水滩等 5 座 100m 以上混凝土拱坝,90 年代修建了东风、隔河岩、李家峡、二滩等一批双曲混凝土高拱坝。2000 年后,三峡水利枢纽工程成为世界上最大的水利枢纽工程。其后小湾、溪洛渡、拉西瓦、锦屏一级等一批特高拱坝相继建成并投入使用,标志着中国水工混凝土施工技术已跨入世界先进行列。

水工混凝土施工技术发展主要体现在以下几个方面。

(1) 原材料及配合比优化。耐久性和强度是混凝土性能持续研究的课题,通过工程技术人员不断的实验和研究,在不同的工程环境下通过改变混凝土配合比,以及配合比中原材料组成,达到满足不同工程混凝土性能和便于工程施工的要求。混凝土的耐久性主要包括抗渗性、抗冻性、抗侵蚀性、耐磨性、混凝土的碳化(中性化)、碱骨料反应等。近年来,通过试验并应用新的水泥、外加剂和掺合料,使混凝土耐久性得到最大限度的提高。比如:配合比中采用缩小水胶比增加粉煤灰掺量,提高混凝土的耐久性;采用有补偿混凝



土收缩性能的中热大坝水泥、高镁中热水泥和添加氧化镁 (MgO) 等技术措施,可以减少混凝土收缩变形,减少混凝土裂缝;在水工混凝土拌制中掺入具有减水、缓凝及增加耐久性的外加剂,如聚羧酸、萘系减水剂等,可改善混凝土拌和物的和易性并提高耐久性;采用拌和物中掺加钢纤维、聚丙烯纤维 (PP)、聚乙烯醇纤维 (PVA)、聚丙烯腈纤维 (PAN),以及木质素纤维和无机玄武岩纤维等,可以提高混凝土的抗裂性及抗磨性;在大体积混凝土和抗冲磨混凝土中采用低热硅酸盐水泥,来提高混凝土综合抗裂能力;在粉煤灰资源比较紧缺的区域,采用磷渣粉、水淬铁 (锰铁) 矿渣+石灰石粉、火山灰等掺合料来代替粉煤灰。

(2) 施工设备与仓面机具。随着混凝土工程建设快速发展,各种先进的施工设备不断的研发并投入使用,根据不同工程的施工特点,混凝土浇筑采用缆机、门塔机和带式运输为主的综合施工设备群,尤其在大型混凝土工程中缆机得到广泛应用。目前,普遍以 30t 起重量的缆机为主,更高吨位的缆机正在研发中。水工混凝土常用设备发展方向如下:①节能、高效、自动化及高模块化拌和系统;②大容量、机动灵活入仓运输设备;③系列仓内配套设备;④温控设备,如:全封闭、智能化制冷设备。

(3) 温控及防裂。混凝土温控防裂的措施主要有:选择优质原材料、优化混凝土配合比、控制混凝土出机口温度和浇筑温度、通水冷却、表面保温和养护等。

高温季节综合采用低热微膨胀水泥、高掺优质粉煤灰,混凝土骨料二次风冷、加冰、加制冷水拌和等技术生产低温混凝土,平铺法浇筑混凝土,及时覆盖保温被,仓面喷雾技术,初期、中期、后期通水冷却控制温升曲线,控制沿高程方向的温度梯度,上下游坝面粘贴苯板等温控措施。

寒区低温季节采用低热微膨胀水泥、高掺优质粉煤灰,加热水、斜面分层法浇筑混凝土,及时覆盖保温被、仓内封闭加热及蓄热、控制温升曲线、控制沿高程方向的温度梯度、上下游坝面粘贴苯板等温控措施。

(4) 施工方法与工艺。近年我国在水工混凝土施工方面所取得成就包括:混凝土施工过程模拟仿真技术、双高掺高标号高性能大浇筑层施工技术、基础强约束区温控防裂技术与工艺、快速过孔口工艺、低温混凝土及仓内保温施工工艺、HDPE 冷却水管的应用、接缝灌浆系统及全年快速接缝灌浆等关键技术,已达到提高混凝土施工质量、简化施工工艺、降低施工成本、促进混凝土坝快速施工的目的。

1) 水平、垂直输送一体化。混凝土浇筑可采取以塔带机及供料线连续浇筑为主的综合施工技术。以塔带机及供料线为主,辅以高架门机、港机、塔机和缆机的综合施工方案。从传统常规的吊罐浇筑改变为混凝土生产、运输、浇筑一条龙连续生产工艺。以塔带机及供料线为主的浇筑系统,由各混凝土拌和楼通过皮带机将混凝土输送至塔带机直接进入仓,集水平和垂直运输于一体,减少混凝土从生产至浇筑之间流通环节,降低混凝土的自然温升,减少混凝土的不必要的浪费,加快混凝土施工。如小湾水电站采用 6 台缆机 (3 台高缆+3 台低缆) 覆盖了全部混凝土浇筑区域,简化了运输流程,提高了施工效率,缩短了建设工期,经济效益显著。

2) 仓面作业全套机械化。在水工常态混凝土的施工中,常用的仓面设备有平仓机、振捣机、高压水冲毛机、仓面吊、喷雾机等,俗称仓面“五小机”、随着技术的进步,以