



长江水利委员会 大中型水利水电工程技术丛书

水利水电枢纽 施工技术

主 编

司兆乐

副主编

魏 璇

夏仲平



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

长江水利委员会 大中型水利水电工程技术丛书

水利水电枢纽施工技术

主 编 司兆乐

副主编 魏 璇 夏仲平



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

图书在版编目 (CIP) 数据

水利水电枢纽施工技术/司兆乐主编. —北京: 中国水利水电出版社, 2001

(长江水利委员会大中型水利水电工程技术丛书)

ISBN 7-5084-0746-6

I. 水… II. 司… III. ①水利枢纽 水利工程-工程施工-技术
②水利枢纽-水利发电工程-工程施工-技术 IV. TV61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 076249 号

书 名	长江水利委员会大中型水利水电工程技术丛书 水利水电枢纽施工技术
作 者	主编 司兆乐 副主编 魏璇 夏仲平
出版、发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sale@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (发行部)
经 售	全国各地新华书店
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	水利电力出版社印刷厂
规 格	787×1092 毫米 16 开本 29 印张 688 千字
版 次	2002 年 1 月第一版 2002 年 1 月北京第一次印刷
印 数	0001—5300 册
定 价	76.00 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

大中型水利水电工程技术丛书

编委会

主 任	文伏波			
副 主 任	傅秀堂	郑守仁	洪庆余	
委 员	潘天达	陈雪英	成昆煌	刘一是
	季昌化	郑允中	张继良	赵纯厚
	王忠法	钮新强	袁达夫	徐麟祥
	宋维邦	王既民	沈 泰	董学晟
	季学武	陈德基	徐宇明	周少林
	郭祖彬			
常务编委	文伏波	傅秀堂	郑守仁	洪庆余
	潘天达	刘一是	赵纯厚	王忠法
	袁达夫	沈 泰	季学武	陈德基
秘 书 长	赵纯厚			
秘 书	李 峻	刘国利	丁国娟	

本书编审者名单

主 编 司兆乐

副主编 魏 璇 夏仲平

秘 书 孙淑兰 杜左芬

篇 章	主要撰稿人	校 审	审 稿
1 绪论	司兆乐 魏璇		
2 开挖爆破技术	谢向荣 倪锦初 杨云玫 刘立新 苗胜坤 刘晓军 严裕圣 洪维元 王仲何 苏利军	倪锦初 杨云玫	司兆乐 魏璇
3 混凝土施工技术	范五一 翁永红 杨树明 张五一 谢红忠 丁福珍 袁建华	范五一 丁福珍	司兆乐 魏璇
4 施工总进度、总体布置 与对外交通	刘百兴 朱卫军 张孝军 张晓平 杜三林 樊启雄 何为 徐春子	刘百兴 张孝军 王真民 朱卫军	司兆乐 魏璇
5 砂石料的生产系统	杨丹汉 胡宏敏 黄双	郭文三 孙世润	司兆乐 魏璇
6 混凝土生产系统	孙家顺 陈迁	杨树明 胡宏敏	司兆乐 魏璇
7 混凝土预冷技术	龙慧文 金兆城 李红丽 罗清	金兆城	司兆乐 魏璇
8 施工给水先进适用技术	阳月恒 彭伟光 武春燕	阳月恒 彭伟光	司兆乐 魏璇
9 水工沥青混凝土生产系 统	王超 陈迁 肖春林	杨树明 胡宏敏 陈迁	司兆乐 魏璇

总 序

长江水利委员会（简称长江委）是长江流域水资源和水行政主管部门，也是我国水利水电方面一个有影响的科研设计部门。50年来，它编制和定期修订长江流域综合利用规划和长江防洪规划等专业规划，设计了三峡、丹江口、葛洲坝、乌江渡、万安、隔河岩和南水北调等大中型水利水电工程，并参加了工程施工和工程的监测、调度运行管理。通过这些工程实践，我委科技人员不仅理论联系实际地解决了许多复杂的技术难题，同时，还积累了丰富的经验，造就了一批专家。有感于这些经验目前处于分散无系统的状态，为了使专家们的经验和智慧能集中起来，系统化，并力求升华为理论，使这笔知识财富长久保存永续利用，我们在长江委领导和中国水利水电出版社的积极支持下，组织编写了这套《大中型水利水电工程技术丛书》。

本丛书是以系统总结长江委治理开发长江水资源的工作为目的，随着治江事业的持续发展，将定期分阶段出版。作为丛书第一辑初步计划包含以下内容：河流规划、工程水文、环境与水资源保护、水工混凝土温控与防裂、水工金属结构、工程岩石力学、水工建筑物基础处理、水库移民工程、通航建筑物、工程导截流、施工技术、工程造价、大型水轮发电机组设计等。这些方面是长江委多年反复研究实践的重点，最富成果和创见的领域。本丛书将分册陆续出版，各册合在一起是一套系统的技术丛书，分开来各自独立成书，以便各方面人士使用。

长江委在科研设计工作中一贯重视学习他人的经验，积极收集和研究国内外科技信息。藉本丛书出版之机，特将世界江河与大坝的有关资料整理出版，作为一本综合性工具书以飨读者。

本丛书为应用技术类图书，它是实践经验的系统总结，是理论与实践结合的结晶。它既不同于教科书，也不同于论文集。我们希望这套丛书有助于促进我国大中型水利水电工程技术的发展。本丛书可以作为从事水利水电工程的科技工作者有效的工具书，也可作为年轻的水利水电工作者和学生的学习参考书，帮助新一代水利水电科技专家的成长。

在我们几十年的实践中，不断学习和融会了国内许多专家的智慧和经验。当成书之际，谨对他们致以敬意和谢意！

长江水利委员会技术委员会

1999年1月

前 言

新中国成立 50 多年来,长江水利委员会设计了许多水利水电枢纽工程,如三峡、葛洲坝、丹江口、隔河岩、水布垭、高坝洲、乌江渡、鸭河口、万安、王甫洲、陆水、江口、构皮滩、彭水等,还有荆江分洪、汉江分洪工程等一批水闸工程,同时,还参与了一些工程的建设监理和建设管理。对设计的大中型枢纽工程都做了较详细的施工组织设计,大批设计人员深入施工现场,配合施工,解析设计,对施工进行指导、服务。在有些工程中,在一定程度上起到了工程监理的作用。在实践中学习了国内外的先进施工经验和先进技术,积累了丰富的经验,在施工组织设计中研究开发了一些先进适用的技术,有些已被工程采用。本书总结了长江水利委员会 50 多年来在施工设计中所采用和研究开发的先进适用技术,并介绍了国内外的施工技术及其发展趋势,以供水利水电施工同行借鉴参考。

本书共九章。第一章“绪论”,简要介绍了国内外混凝土坝、土石坝、开挖爆破、地下工程、高边坡、基础处理等的施工技术及施工总进度设计和工程质量控制方面的经验以及发展前景。

第二章“开挖爆破技术”,介绍了明挖工程的梯段爆破、掏槽爆破、保护层爆破及边坡开挖的预裂和光面爆破技术、地下工程爆破技术、围堰及岩坎爆破、料场开采爆破、水工建筑物的混凝土爆破拆除、爆破试验及爆破振动安全监测技术等。这些技术在葛洲坝、东江、万安、东风、沙溪口、隔河岩、高坝洲、官厅、乌江渡、禹门口、广州抽水蓄能、水布垭、珊溪等工程中经过试验和检验,是较为成熟的技术。

第三章“混凝土施工技术”,介绍了混凝土施工的主要设备,混凝土浇筑计算机仿真与进度管理,大体积混凝土的温控防裂设计,碾压混凝土的施工技术,混凝土坝接缝灌浆,混凝土质量缺陷处理,以及与混凝土施工关系很密切的金属结构安装。混凝土浇筑设备介绍了三峡工程所使用的大型设备如塔带机、胎带机、缆索起重机、高架门机等,以及其它工程使用情况。大体积混凝土温控防裂设计中介绍了长委会开发及使用的“大体积混凝土温度实用算法”、温控标准、容许温差及最高温度,通水冷却及保温技术等。还简要介绍了泵送混凝土技术。

第四章“施工总进度、总体布置及对外交通”。在施工总进度中介绍了施工总进度的任务、作用,50 年来的设计和实施的经验、编制原则和方法,并介绍了几个工程实例。在施工总布置中介绍了施工总布置方案的比较、布置原则、场

地规划、场内交通运输、排水规划、环境规划原则和方法，并介绍了三峡、隔河岩、乌江渡、葛洲坝、高坝洲等工程实例。对外交通介绍了公路、铁路、水运的规划设计及方案选择，并介绍了三峡、葛洲坝、隔河岩等工程实例。三峡工程对外交通研究了公路、水运、铁路、火车轮渡等措施，经过对铁路为主、火车轮渡为主、公路为主等方案的比较，最后选定了以专用公路为主、水运为辅的方案，这也反映了国内外总的发展趋势。

第五章“砂石料生产系统”，介绍了砂石骨料料源规划及质量要求，天然骨料和人工骨料料场开采，加工系统工艺流程和设备选择，也介绍了一些先进设备，如反击式，“石击石”冲击式及高效圆锥破碎机，还介绍了一些工程实例。

第六章“混凝土生产系统”，介绍了拌和系统的布置、拌和机和拌和楼型式选择及骨料二次筛分等，介绍的拌和楼有 $2\times 3\text{m}^3$ （东风）， $4\times 3\text{m}^3$ （五强溪）， $2\times 6\text{m}^3$ （二滩、宝珠寺）， $2\times 4.5\text{m}^3$ 强制式（水口、三峡）。对三峡二期工程的5个拌和系统和9座拌和楼设计及使用情况也做了全面介绍。

第七章“混凝土预冷技术”，介绍了长委会经试验研究并设计的冷水预冷骨料系统，风冷骨料系统，片冰生产系统以及制冷技术和混凝土预冷自动控制和监测。在风冷骨料系统中介绍了两次风冷技术，比水冷加风冷技术节约制冷容量40%，高效冷风机比国外同类产品效率高一倍，均属世界先进水平。文中也介绍了一些工程实例，如丹江口、葛洲坝、三峡工程等。

第八章“施工给水先进适用技术”，介绍了葛洲坝、三峡、隔河岩、乌江渡施工给水工程概况及采用的先进适用技术，如乌江渡的淹没式取水技术、移动式取水泵滑道技术、隔河岩曲臂式取水滑道技术、三峡工程采用的水上水厂船先进技术、水处理先进技术及施工废水处理回收技术。

第九章“水工沥青混凝土生产系统”，介绍了原材料技术要求及选择，矿料加工系统、沥青储存与加热，混合料拌和系统。文中重点介绍了三峡工程茅坪溪防护土石坝沥青混凝土生产系统的实例。

“导截流及围堰”、“水工混凝土的温控与防裂”，以及“水利水电工程基础处理”在本丛中另有专册论述，故在本书中只做简要介绍。

本书承文伏波院士，洪庆余设计大师及潘天达、季昌化、刘一是、张继良、赵纯厚、杨光煦、王世华、谢修发、王克明、李风德、吴垂涛、管浩清、许春云、张正宇、曹家良、刘少林、张文科等专家审查，并提出了许多宝贵的修改补充意见，特致谢意。

作者

2001年11月15日

目 录

总序

前言

1 绪论	1
1.1 水利水电枢纽施工的特点	1
1.2 现代水利水电枢纽施工技术的发展概况	3
1.3 混凝土坝施工技术的发展	3
1.3.1 国外的发展趋势	3
1.3.2 新中国 50 年来的发展状况	5
1.4 土石坝施工技术的发展	9
1.4.1 国外的发展趋势	9
1.4.2 新中国 50 年来的发展状况	10
1.5 其它施工技术	12
1.5.1 岩石开挖爆破	12
1.5.2 地下工程施工	14
1.5.3 高边坡施工	15
1.5.4 基础处理施工	16
1.6 施工总进度和工期	18
1.7 工程质量控制	22
1.8 21 世纪我国水利水电建设及施工技术的发展前景	23
2 爆破开挖技术	25
2.1 概述	25
2.2 水利水电工程爆破试验	25
2.2.1 爆破试验注意事项	26
2.2.2 工程爆破试验实例	27
2.3 明挖工程爆破	30
2.3.1 梯段爆破	30
2.3.2 平地掏槽爆破	39
2.3.3 保护层爆破	41
2.3.4 建筑物边坡开挖爆破	47
2.4 地下工程开挖爆破	57
2.4.1 隧洞开挖爆破	57
2.4.2 竖井、斜井开挖爆破	63

2.4.3	大型洞室开挖爆破	64
2.5	围堰及岩坎拆除爆破	64
2.5.1	葛洲坝工程大江上游围堰混凝土防渗心墙拆除爆破	65
2.5.2	禹门口提水工程一级站围堰及岩坎拆除爆破	69
2.5.3	高坝洲水电站碾压混凝土坝纵向围堰拆除爆破	74
2.6	料场开采爆破	75
2.6.1	水利水电工程石料开采的要求	76
2.6.2	料场开采的梯段爆破	76
2.6.3	堆石料开采的洞室爆破	79
2.6.4	料场开采的洞室加梯段爆破	81
2.7	水工建筑物混凝土爆破	82
2.7.1	钢筋混凝土爆破	82
2.7.2	混凝土爆破	82
2.7.3	混凝土切割爆破	83
2.7.4	混凝土拆除爆破	85
2.8	爆破震动安全监测	87
2.8.1	爆破震动安全监测是爆破安全控制的有效方法	87
2.8.2	爆破震动安全监测的测试参量	87
2.8.3	安全标准确定的有关问题	87
2.8.4	爆破震动安全监测的实施	88
3	混凝土施工技术	94
3.1	混凝土工程施工技术与施工设备	94
3.1.1	混凝土坝传统施工方法的改进与新设备的发展	94
3.1.2	混凝土施工方案及施工设备	96
3.1.3	施工栈桥与门塔机	99
3.1.4	缆机	100
3.1.5	专用皮带机	107
3.1.6	仓面设备及布置	109
3.2	混凝土浇筑计算机仿真与进度管理	111
3.2.1	混凝土浇筑进度与计算机仿真	111
3.2.2	计算机仿真技术	112
3.2.3	仿真实例——三峡二期工程混凝土大坝实时动态仿真	116
3.3	大体积混凝土温控与防裂设计	118
3.3.1	混凝土浇筑的分缝分块	119
3.3.2	温控设计的主要内容	121
3.3.3	温差标准的拟定	121
3.3.4	混凝土保温与气温骤降	125
3.3.5	大体积混凝土温度的实用计算法	127

3.3.6	通水冷却的温度计算	133
3.3.7	冷却水管的事故处理	140
3.3.8	混凝土温控防裂措施	140
3.4	碾压混凝土施工技术	142
3.4.1	碾压混凝土原材料及配合比	143
3.4.2	碾压混凝土浇筑上升方式及浇筑季节	143
3.4.3	碾压混凝土拌和及运输	144
3.4.4	平仓及碾压	144
3.4.5	造缝	145
3.4.6	碾压混凝土温度控制	145
3.4.7	施工缝面处理	146
3.4.8	模板	147
3.4.9	防渗层常态混凝土浇筑	147
3.5	混凝土坝接缝灌浆	147
3.5.1	接缝灌浆的次序	147
3.5.2	通水检查及灌区事故的处理	148
3.5.3	接缝灌浆的基本条件	150
3.5.4	接缝灌浆的质量检查	150
3.6	混凝土质量缺陷处理	150
3.6.1	混凝土裂缝的检查与处理	151
3.6.2	混凝土不密实与渗漏的检查与处理	153
3.6.3	低强混凝土的处理	154
3.6.4	冲磨与空蚀	154
3.6.5	过流表面不平整度的检查处理	155
3.7	金属结构安装	157
3.7.1	概述	157
3.7.2	施工方法	158
3.7.3	金属结构安装与混凝土浇筑的逻辑关系及施工配合方式分析	161
4	施工总进度、总体布置与对外交通	163
4.1	概况	163
4.1.1	施工总进度的任务	163
4.1.2	施工总体布置的任务和原则	163
4.1.3	对外交通运输的特点及发展趋势	164
4.2	施工总进度	164
4.2.1	新中国成立 50 年来施工总进度设计和实施的经验	164
4.2.2	施工总进度的编制	169
4.2.3	工程实例	180
4.2.4	计算机辅助管理工具在施工总进度中的应用	186

4.3 施工总布置	192
4.3.1 施工总布置的方案选择	192
4.3.2 施工总布置的规划设计	200
4.3.3 施工总布置的实例	215
4.4 对外交通	236
4.4.1 对外交通方案的选择	236
4.4.2 对外交通工程的规划设计	240
4.4.3 重大件的运输	244
4.4.4 对外交通运输的工程实例	246
5 砂石料生产系统	257
5.1 砂石料料源的选择与规划	257
5.1.1 砂石料的分类	257
5.1.2 水工混凝土骨料的质量技术要求	257
5.1.3 砂石料料源中主要有害物质的控制与处理	261
5.1.4 砂石料料源的规划	264
5.2 砂石加工厂	277
5.2.1 加工厂规模的划分	277
5.2.2 砂石料加工技术的发展	278
5.2.3 加工厂生产规模的确定	279
5.2.4 加工厂厂址的选择	280
5.2.5 生产工艺及设备配置	281
5.3 新工艺和新设备及其应用	289
5.3.1 破碎设备与工艺	289
5.3.2 筛分设备	300
5.3.3 制砂设备与工艺	302
6 混凝土生产系统	309
6.1 混凝土生产系统的特点及发展趋势	309
6.2 混凝土生产系统的规划要点	309
6.2.1 混凝土生产系统的设置	309
6.2.2 混凝土生产系统生产能力的确定	310
6.2.3 混凝土生产系统的组成	313
6.2.4 混凝土生产系统的布置要点	314
6.2.5 混凝土生产系统场内出料线的布置	315
6.3 拌和楼模型的选择要点	316
6.3.1 一般原则	316
6.3.2 拌和楼生产能力的选取	317
6.3.3 拌和楼型式的选择	317

6.3.4	搅拌机的型式	318
6.3.5	拌和楼(机)的发展趋势	319
6.4	二次筛分工艺	321
6.4.1	概述	321
6.4.2	二次筛分工艺的选择原则	322
6.4.3	二次冲洗筛分的工艺	322
6.5	国内外大型拌和楼的生产实例	325
6.5.1	$2 \times 3\text{m}^3$ (楼顶二次筛分) 拌和楼生产实例	325
6.5.2	$2 \times 6\text{m}^3$ 拌和楼(二阶式)生产实例	326
6.5.3	$4 \times 3\text{m}^3$ (楼顶二次筛分) 拌和楼生产实例	328
6.5.4	$2 \times 4.5\text{m}^3$ 拌和楼生产实例	330
6.5.5	三峡二期工程混凝土拌和楼生产实例	332
7	混凝土预冷技术	337
7.1	概述	337
7.2	混凝土组成材料的自然降温	338
7.3	冷水预冷骨料技术	340
7.3.1	常用的冷水预冷骨料法及工艺流程	340
7.3.2	水冷骨料的降温效果	341
7.3.3	工程实例	344
7.4	风冷骨料技术	347
7.4.1	风冷骨料的工艺	347
7.4.2	两次风冷骨料的技术	348
7.4.3	风冷骨料的专用设备	349
7.4.4	工程实例	350
7.5	片冰拌和混凝土技术	350
7.5.1	片冰拌和混凝土的工艺	350
7.5.2	片冰机	352
7.5.3	片冰的贮存、运输和称量	354
7.5.4	工程实例	355
7.6	混凝土预冷的综合措施	357
7.6.1	混凝土预冷综合措施的组成	357
7.6.2	两次风冷与水冷骨料的比较	358
7.6.3	三峡工程混凝土的预冷系统	359
7.7	混凝土预冷系统中的制冷技术	365
7.7.1	混凝土预冷系统的制冷工艺	365
7.7.2	制冷的主要设备及辅助设备	369
7.7.3	制冷设备的布置	370
7.7.4	制冷厂的管道	372

7.7.5	混凝土预冷系统的隔热保温	375
7.7.6	工程实例	377
7.8	混凝土预冷系统的自动控制和监测	382
7.8.1	混凝土预冷系统的自动控制技术	383
7.8.2	混凝土预冷系统监测措施	386
7.8.3	常用的仪器仪表	386
7.8.4	预冷混凝土生产线安全技术	388
8	施工给水先进适用技术	390
8.1	概述	390
8.1.1	大中型水利水电工程施工给水的特点	390
8.1.2	大中型水利水电工程施工给水概况	391
8.1.3	大中型水利水电工程施工给水工程的布置	394
8.1.4	施工给水工程布置要注意的重要问题	395
8.2	施工给水取水工程的特点及先进技术运用	396
8.2.1	水利枢纽取水工程的特点	396
8.2.2	淹没式取水技术	396
8.2.3	曲臂式取水滑道技术	399
8.2.4	坝上式取水技术	401
8.2.5	移动式滑道取水技术	402
8.2.6	虹吸取水技术	404
8.3	水处理技术	408
8.3.1	施工给水工程水处理技术的特点	408
8.3.2	低能耗高效网格絮凝技术	408
8.3.3	高效折板絮凝技术	409
8.3.4	同向流斜板沉淀技术	411
8.3.5	先进的单因子投药技术	411
8.3.6	二氧化氯消毒技术	412
8.3.7	移动钟罩滤池技术	413
8.3.8	制冷水回收系统	415
8.4	过江输水技术	415
8.4.1	过江输水的特点	415
8.4.2	过江输水技术的运用	416
8.5	水上水厂船	416
8.5.1	水上水厂船的工程特点	416
8.5.2	水上水厂船的布置	417
8.5.3	水上水厂船的先进技术	417
8.6	水利水电工程中的施工废水处理技术	420
8.6.1	废水处理回收的意义和概况	420

8.6.2	废水处理回收的方法及工艺流程	421
8.6.3	废渣处理的方法	422
9	水工沥青混凝土生产系统	423
9.1	水工沥青混凝土原材料的技术要求与选择	423
9.1.1	水工沥青混凝土原材料的特征及其作用	423
9.1.2	水工沥青混凝土原材料的技术要求	425
9.1.3	水工沥青混凝土原材料的选择	428
9.2	矿料加工系统	431
9.2.1	矿料的加工特征和工艺技术要求	431
9.2.2	矿料加工工艺的流程和主要工艺设备配置的分析	431
9.2.3	矿料加工系统的车间设置	432
9.3	沥青储存与加热系统	435
9.3.1	沥青的采购、运输和储存	435
9.3.2	沥青加热的工艺及加热设备	435
9.4	混合料拌和系统	436
9.4.1	混合料的制备	436
9.4.2	混合料拌和系统的选址及其生产车间的设置	438
9.4.3	混合料的储存与运输	440
9.5	工程实例——三峡工程茅坪溪土石坝沥青混凝土生产系统	441
9.5.1	原材料的技术要求与料源	441
9.5.2	系统设计的特征	443
	主要参考文献	448

1 绪 论

1.1 水利水电枢纽施工的特点

一、需要建临时的导流工程

由于工程系在河道内施工,大多数需修建导流工程,将河道暂时改道,只有少数工程可以局部在水下施工。导流工程主要包括导流渠(或隧洞、底孔)及围堰等,这些工程虽是临时的,但却非常重要,是保证工程进度和质量的关键工程之一,投资也较大,其中围堰还要部分或全部拆除,导流底孔要封堵。不同的导流方案对工期和投资也不同,往往需要多方案比较优选。这是施工设计的重要内容之一。

二、工程量大,工期长

许多大中型枢纽工程,工程量大,土石方一般几十万立方米至几百万立方米,有的几千万立方米。如黄河小浪底工程,挖方 3600 万 m^3 ,填方 5570 万 m^3 ;三峡工程挖方超过 1 亿 m^3 。混凝土工程一般几十万立方米至几百万立方米,三峡工程 2800 万 m^3 。有些工程地下开挖几十万立方米至几百万立方米,有的超过 1000 万 m^3 (如设计中的溪洛渡工程)。投资一般几亿元至几十亿元,有的几百亿元,三峡工程动态投资可达 1800 亿元,其中枢纽工程 900 多亿元。这么大的工程量集中在一个工地,分期导流时还要分期施工,所以工期较长,一般工期 4~8 年,有些特大工程更长,如葛洲坝工程 15 年,三峡工程 17 年。投资大,工期长,利息负担也较大,所以对施工要求尽量采用先进技术和设备,以缩短工期,降低投资。

三、运输量特别大

场内运输一年几十万吨至几百万吨,有的超过 1000 万 t,三峡工程场内运输高峰年达几千万吨。混凝土坝施工对外运输量也很大,如水泥、粉煤灰、钢筋、钢材、木材等,有的还有沙石料运输,总运量一般几十万吨至几百万吨,特大的工程如三峡工程对外运输量达 4000 万 t。此外还有许多超长、超重的重大件运输,如水轮机、发电机、变压器、闸门、起重机、施工机械等。这些工程多半远离国家或地方的交通干线,需要建设(或改扩建)对外交通运输通道,安排必要的运输设施如公路、铁路、水运、转运站等。场内外运输能力对工期有直接影响,运输费用占工程费比重也较大,有的工程场内外交通设施投资也很大,必须列入工程投资概算内。为了保证(或缩短)工期,降低工程投资,需要对场内外运输方案做系统的规划,做多方案比较优选,提出工期短、投资少的方案。为了减少对外运输费用,降低投资,往往优先考虑当地材料坝。混凝土坝的砂石料尽量就近开采,或采用当地石料(包括工程开挖利用料)加工成砂石料。对工程填方亦应考虑尽量利用开挖弃料,以减少运输费用。三峡工程对外运输方案经过多年研究,多方案比较,最后选定公路与水运结合的方案,由工地建高等级专用公路至宜昌与铁路衔接。

四、施工工厂和临时设施多, 规模大、投资大

由于大中型水利水电枢纽工程多数远离大中城市, 难以像城市内的工程一样大规模外购商品砂石料和混凝土, 以及施工用水等。施工用电的配供电系统往往没有现成的可利用。所以大多数工程都要在工地建设专用的砂石、混凝土工厂、木材加工、钢筋加工厂、混凝土预制厂、金属结构加工厂、机械安装基地、建材仓库及堆场、施工设备仓库、堆场及维修场, 还要自建水厂和供电工程。这些生产设施运输量也很大, 需专门建设运输系统, 如道路、码头、皮带运输机等。这些施工工厂和临时设施连同其交通运输设施占地面积很大(一般几十万至几百万方, 三峡工程超过 1000 万 m^2), 而坝址多为丘陵山区, 场地平正及道路工程量很大, 整个附属工程道路运输系统工程投资很大, 如规划不当, 也会影响工期、加大投资。

五、受自然条件影响较大

水利水电枢纽工程施工受自然条件影响较大, 如气候、洪水、当地建筑材料等。施工导流工程受洪水影响较大, 但考虑经济因素, 其规模只能按一定的频率洪水设计, 遇超标洪水时基坑可能被淹停工或导流建筑物局部损坏, 施工场地也可能局部受淹, 这些会影响施工进度。降雨强度较大时, 混凝土施工及土料填筑要停工。高温期浇筑大体积混凝土时, 浇筑温度加上水泥水化热使混凝土凝固时温度与运行期温度相差过大时, 会产生有害裂缝, 大坝暴露面大, 遇温度骤降也易产生表面裂缝并可能发展成为危害性的裂缝。冬季气温过低时, 混凝土可能停工或预热。混凝土骨料及土石坝填料一般采用当地天然材料, 其质量、储量及运输都受自然条件影响, 洪水、气候对开采运输也有较大的影响。

六、涉及专业工种多、技术较复杂

大中型水利水电工程涉及专业工种多, 有一些复杂或特殊技术。例如水下开挖、填筑、大坝及围堰防渗、大体积混凝土温控防裂、制冷、大江大河截流、控制爆破、大规模地下开挖快速施工、高边坡安全开挖支护等。有些工程需要专用的栈桥和大型起重设备, 大型自动化的混凝土拌和楼, 砂石料采运破碎筛分技术及设备。有些大型机电, 闸门安装也涉及复杂的技术和设备。总之其涉及专业比一般建筑、市政、公路等工程要广, 技术也更为复杂。

七、技术的发展和 innovation 对工程建设影响较大

大中型水利水电枢纽工程建设促进了施工技术的发展和 innovation, 而施工技术的发展和 innovation 又推动了工程建设加快速度、提高质量、降低造价。例如, 由于大型混凝土坝施工需要促进了大型门塔机、缆索起重机的 development, 最近又开发了效率更高的塔带机、胎带机。又如混凝土坝大体积混凝土水化热温升很大, 施工速度受到了限制, 这促进了混凝土温度控制预冷与制冷技术的发展。再如大型振动碾促进了碾压混凝土坝和面板堆石坝的发展, 加快了施工速度, 降低了造价。

八、需要做好施工组织设计

水利水电枢纽工程必须做好施工组织设计, 包括导流工程、施工工艺及设备、当地建筑材料开采加工生产系统、施工工厂、场内外交通、场地总布置、施工程序及总进度及相应的资源配置。经过方案比较优选, 制定合理的工期及相应的资源配置, 并以最小的代价来实现。施工组织设计对保证工程质量, 按合理工期施工及节约投资是非常重要的。