

S H U I L I S H U I D I A N S H I G O N G

水利水电施工

总第107期



《中文科技期刊数据库》收录期刊



《中国知识资源总库》全文网络出版期刊

2008·第2期

水电建设的发展前景与 机电安装十大技术进步

水利水电基础工程

与地基处理技术的现状和展望

三板溪水电站大坝Ⅰ期填筑施工综述

穿黄工程泥水加压平衡盾构机

始发技术



全国水利水电施工技术信息网
《水利水电施工》编辑部

2008年5月12日14时28分，川西大地龙门山断裂带天昏地暗、山崩地裂，周围数万平方公里房倒楼倾、桥断路绝。一场震惊世界的8.0级特大地震降临到这山清水秀的天府之国，数万同胞遇难！上千万人痛失家园！灾难突如其来，消息震惊寰宇，江河为之呜咽，举国上下同悲。

四川省河流众多，水力资源极为丰富，数十个大、中型电站在建，这里聚集了一大批水电建设者。大地震把一个前所未有的巨大考验摆在了水电建设者的面前。灾情就是命令，时间就是生命，中国水利水电建设集团公司立即启动了突发事件最高级应急预案，总经理范集湘亲自带队在第一时间赶赴灾区，靠前指挥抗震救灾工作；他们在积极开展企业自救的同时，还积极向灾区和社会捐款捐物，组织突击救援队，携带挖掘机、装载机等数百台套救灾设备开赴灾区参加抢险救灾。他们判断准确，反应迅速，投入到位，救灾措施有力，前后方紧密配合，协调运作，效果明显，受到国资委和地方政府的高度赞赏。位于重灾区都江堰市的中国水利水电第十工程局，在这次大地震中损失惨重。但十局人在灾难面前表现出了极大的坚强与镇定，在救援队伍赶来前，组织实施了大量疏散和自救工作，使损失降到了最低程度。中国葛洲坝集团公司及时组织医疗救援队，提供了大量施工机械，派出了大批技术骨干前往灾区前线奋战，捐款捐物，勇于为国分忧、为民解难。中国武警水电部队更是这次抗震救灾的主力军，哪里最危险，哪里最艰苦，哪里就有他们。打通被堵公路、抢修紫坪铺水电站、提起太平驿闸门、排险唐家山等数十处堰塞湖，处处留下了中国水电建设者顽强拼搏的身影。

大地震震垮了我们的家园，但震不垮水电人的精神。昔日，在艰苦的施工条件面前，在复杂的技术难题面前，在汹涌澎湃的大江大河面前，他们无所畏惧。今天，在无情的大灾面前，在一片废墟的家园面前，在灾后生产恢复与重建的众多困难面前，他们一样无所畏惧。他们用实际行动诠释了“特别能吃苦、特别能战斗、特别能忍耐、特别能团结、特别能奉献”的水电人精神，用大爱和责任谱写了一曲临危不惧、无私奉献的感人壮歌！

本刊以刊首语和刊登部分水电人抗震救灾实录图片的形式，对在特大地震灾害中遇难的同胞表示最深切的哀悼！向奋战在抗震救灾一线的水电人表示最崇高的敬意！

水利水电施工

S H U I L I S H U I D I A N S H I G O N G

2008 · 第 2 期

《中文科技期刊数据库》收录期刊 《中国知识资源总库》全文网络出版期刊

目 次

专家综述

- 水电建设的发展前景与机电安装十大技术进步 中国水利水电建设集团公司 付元初 1
水利水电基础工程与地基处理技术的现状和展望 中国水电基础局有限公司 张志良 8

土石方工程

- 三板溪水电站大坝 I 期填筑施工综述 中国水利水电第九工程局 魏永华 杨 箫 12
溪洛渡水电站右岸坝肩边坡开挖爆破参数试验研究
..... 中国水利水电第八工程局 段善平 王飞跃 郭 亮 17
长洲水利枢纽工程中江截流设计与施工 中国水利水电第四工程局 马雪红 巩平福 21

混凝土工程

- 三峡右岸三期工程主坝大体积混凝土内部温度控制 中国水利水电第四工程局 王爱斌 25
大花水水电站高薄拱坝快速施工技术 中国水利水电第八工程局 王 杰 卢大文 周达康 30
坡面衬砌机在南水北调渠道坡面混凝土施工中的应用 中国水利水电第十工程局 郑道明 35

地下工程

- 穿黄工程泥水加压平衡盾构机始发技术 中国葛洲坝集团公司 韩吉平 38
白莲河电站引水隧洞全断面混凝土衬砌施工技术
..... 中国水利水电第一工程局 霍福山 康立志 戴 勇 41
特长输水隧洞通过大型断层带的施工技术
..... 中国水利水电第六工程局 邹本东 田树申
..... 辽宁省水利水电勘测设计研究院 赵玉华 李 月
..... 辽宁水利土木咨询有限公司 李立军 44
压力管道岔管大断面交叉洞室开挖及支护
..... 中国水利水电第五工程局 陈 波 廖成林 杨贵仲 刘燕华 47
降低不衬砌和喷锚隧洞输水糙率的施工技术 中国水利水电第十一工程局 王洪现 50

工程缺陷处治

- 化学灌浆在水电工程混凝土裂缝处理中的应用 中国水利水电第三工程局 李忠民 52
赛柏斯防水堵漏剂在黑河塘水电站蝶阀层中的应用 中国水利水电第五工程局 詹光文 王兴国 55

路桥工程

高速公路膨胀土改性包边处理技术

湖北襄荆高速公路有限责任公司 王发堂

..... 中国葛洲坝集团公司 付文娟 58

旧沥青路面材料利用方式研究

..... 陕西省交通建设集团公司 李婷婷 61

试验研究

HF 高强耐磨混凝土在湖南筱溪水电站中的应用研究

..... 中国水利水电第三工程局 陈春晓 谢凯军 赵建明 64

立轴冲击式破碎机制砂规律与效果改进研究

..... 中国水利水电第十一工程局 路文典 68

企业经营与项目管理

提升水电施工企业核心竞争力

..... 中国水利水电第九工程局 林国平 71

地下洞室施工通风信息管理系统探讨

中国水利水电建设集团公司 王 礼

..... 昆明理工大学 谢贤平 罗春红 陈一洲 73

建筑机械设备管理信息系统的可靠性评析

..... 中国水利水电第三工程局 孙细安 76

洪灾损失风险防范及其应对策略

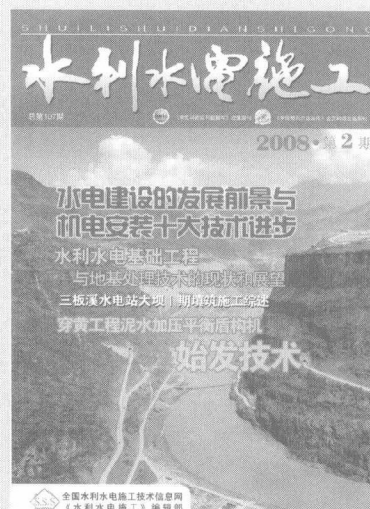
..... 中国葛洲坝集团公司 孟团国 梁文斌 78

隧洞开挖常见索赔事件及费用算法探讨

... 中国人民武装警察部队水电第三总队 袁军库 邓 婷 81

浅析科技档案与科技资料的作用与管理

..... 四川省水利电力工程局 钟 惟 86



主管单位:

中国水利水电建设集团公司

主办单位:

全国水利水电施工技术信息网

编 审 委 员 会

名 誉 主 任:	范集湘			
顾 问:	马洪琪	张超然	付元初	梅锦煜
主 任 委 员:	孙洪水			
副主任委员:	冉贤厚	宗敦峰	郭光文	
委 员:	夏仲平	孙志禹	吴国如	郑桂斌
	楚跃先	李 伟	常满祥	王鹏禹
	席 浩	吴高见	厉建平	但 东
	涂怀健	王琳瑞	陈 茂	钟彦祥
	李秋生	杨 涛	和孙文	何小雄
	刘永祥	肖恩尚	赵春秀	缪昌文
	刘家平	杨伟国	周世明	常焕生
	龚长清	衡富安	马如琪	朱镜芳
	夏可凤	马军领		

图书在版编目 (CIP) 数据

水利水电施工/全国水利水电施工技术信息网,《水利水电施工》编辑部编.—北京:中国电力出版社,2008.7
ISBN 978-7-5083-7392-8

I. 水... II. ①全...②水... III. ①水利工程—工程施工文集②水力发电工程—工程施工—文集 IV. TV5-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 091549 号

编 辑:《水利水电施工》编辑部

主 编:宗敦峰

副 主 编:楚跃先

责任编辑:康明华 杨伟国 姜 萍
韩世韬 张 敏 谭学奇

出 版:中国电力出版社

印 刷:北京博图彩色印刷有限公司

定 价:8.00 元

水电建设的发展前景与机电 安装十大技术进步

——在中国水利水电建设集团公司机电安装专题会议上的讲话（节录）

（中国水利水电建设集团公司 付元初）

为贯彻落实集团公司 2008 年工作会议精神，总结交流自 2004 年以来集团公司成员企业机电安装经营工作的成果与经验，进一步将集团公司机电安装品牌做大做强，迎接国内新一轮水电机电安装高潮的到来，并使机电安装大踏步走出国门，展示“中国水电”品牌的又一风采，经集团公司领导研究决定，召开集团公司 2008 年机电设备安装专题会议。这次会议的目的是：认真总结近几年来集团公司机电安装工作的发展成果和技术进步，研究部署 2008 年及以后两三年机电安装市场经营和专业管理工作，深入探讨安装企业如何开拓新市场及规划发展方向。

1 中国水电建设发展规模与现状

1.1 当前中国水电建设发展规模

表 1

近三年全国电力建设发展基本情况表

年份	装机容量 (万 kW)				年发电量 (亿 kW·h)		
	总计	其中	所占比例	水电年装机容量	总计	其中	所占比例
2005	51718.48	火电 39137.56	75.67%	1214.6	24975.26	火电 20437.3	81.83%
		水电 11738.79	22.70%			水电 3963.96	15.87%
		核电 684.60	1.32%			核电 530.88	2.1%
		风电 105.59	0.20%				
2006	62369.82	火电 48382	77.57%	1290.43	28498.5	火电 23741.5	83.31%
		水电 13029.22	20.89%			水电 4147.7	14.55%
		核电 684.6	1.1%			核电 548.4	1.92%
		风电 207.25	0.33%			风电 28.4	0.10%
2007	71329	火电 55442	77.73%	1497	32559	火电 26980	82.86%
		水电 14526	20.36%			水电 4867	14.95%
		核电 885	1.24%			核电 626	1.92%
		风电 403	0.56%			风电 56	0.17%

注：2007 年数据为电力快报统计数。

1.2 建设规模的现状描述

2007年全国电力装机容量71329万kW,其中:水电装机容量14526万kW,占全国电力装机容量的20.36%。2007年全国发电量32559亿kW·h,其中:水电发电量4867亿kW·h,占全国发电量的14.95%。不计蓄能机组的水电装机容量利用小时数为3532h。

水电总装机容量中,常规机组13558.9万kW,蓄能机组967.1万kW,其中大中型机组约10186万kW,占70%(含蓄能机组)。

三年来水电年装机容量均超过1200万kW,投产强度世界第一,其中92%(约1100万kW)的工程由中国水利水电建设集团公司与中国葛洲坝集团公司承担。

2007年以三峡、龙滩为代表的700MW机组安装投产将我国水电机电安装技术进一步推向世界一流的水平。当年我国投产10台700万kW水轮发电机组,其中三峡右岸7台,龙滩3台;中国水利水电建设集团公司完成6台,中国葛洲坝集团公司完成4台。

一批新的抽水蓄能电站——桐柏、泰安、琅琊山、宜兴、张河湾相继投产,调整了华东华北地区的电力结构,但蓄能机组在电力系统中所占比重不大,仅占大中型水电机组的9.5%。

低水头灯泡贯流式机组在中小容量机组中占主要比重,灯泡贯流式机组单机容量已达5.7万kW,转轮直径达7.1m。

2 当前我国机电安装的形势与说明

2.1 当前正在安装的主要大中型常规水电机组

表2 当前正在安装的主要大中型常规水电机组

序号	水电站(水利枢纽)名称	台数×单机容量(MW)	第一台机组发电时间	全部机组安装投产时间	机组安装单位
1	龙滩	7×700	2007年5月	2009年12月	水电七局、水电十四局、葛洲坝集团
2	三峡右岸	12×700	2007年5月	2008年底	葛洲坝集团、水电四局、水电八局
3	小湾	6×700	2009年10月底	2011年5月	水电十四局
4	景洪	5×350	2008年5月	2009年10月	水电八局
5	水布垭	4×400	2007年7月	2008年12月	葛洲坝集团
6	彭水	5×350	2007年10月	2008年12月	水电八局
7	光照	4×260	2007年10月	2008年12月	水电七局
8	龙头石	4×175	2007年12月	2008年	水电七局
9	构皮滩	5×600	2009年5月	2010年4月	水电八局
10	拉西瓦	5×700	2008年10月	2010年4月	水电四局、葛洲坝集团
11	乌金峡	4×35	2008年12月	2009年12月	水电三局
12	积石峡	3×340	2010年7月		水电四局、水电十局
13	寺沟峡	5×48			水电三局
14	柴家峡	4×24			水电三局
15	九甸峡	4×60			水电十一局
16	长洲	15×41.42	2007年7月	2009年底	水电四局、水电七局
17	桥巩	8×57	2008年4月	2009年底	水电七局
18	金安桥	4×600	2008年		葛洲坝集团
19	瀑布沟	6×550	2009年7月	2010年12月	水电七局4台,葛洲坝集团2台
20	沙湾	4×12			水电七局主包,水电七局、水电五局各2台
21	董箐	4×220	2008年7月		武警水电第二总队
22	草街 (重庆电力)	4×125	2008年		葛洲坝集团

续表

序号	水电站(水利枢纽)名称	台数×单机容量(MW)	第一台机组发电时间	全部机组安装投产时间	机组安装单位
23	思林	4×250			水电六局
24	龙口	4×100	2008年		水电六局、水电十一局
25	仁宗海	2×120	2007年		水电三局
26	大发	2×120	2006年12月		水电十局
27	金窝	2×140	2007年12月		水电五局
28	滩坑	3×200	2008年5月	2009年6月	水电十二局
29	街面	2×150	2007年7月		闽江局
30	洪口	2×100			闽江局
31	白市	3×140			水电八局

2.2 当前正在安装的主要抽水蓄能机组

表3 当前正在安装的主要抽水蓄能机组

序号	电站名称	台数×单机容量(MW)	第一台机组投产时间	全部机组安装投产计划时间	机电安装单位
1	宜兴	4×250	2007年	2009年6月	葛洲坝集团
2	张河湾	4×250	2007年12月	2008年10月	水电四局
3	西龙池	4×300	2008年8月	2009年12月	水电三局
4	宝泉	4×300	2008年	2009年12月	安能集团
5	惠州	8×300	2008年12月	2011年6月	水电十四局
6	黑麋峰	4×300	2008年12月	2009年9月	水电八局
7	白莲河	4×300	2008年	2009年	葛洲坝集团

2.3 说明

(1) 当前正在安装的单机容量为700MW级机组的有三峡右岸、龙滩、小湾、拉西瓦四个电站，总装机容量为2100万kW(30台)，均是“十一五”的重点水电安装工程项目，其中小湾机组安装难度最大。而构皮滩、瀑布沟、金安桥电站为单机容量600MW级的机组，总装机容量为900万kW(15台)。以上安装单位集中在葛洲坝集团、水电四局、水电七局、水电十四局和水电八局，总装机容量为3000万kW(45台)。

(2) 400MW以下机组安装的市场基本上由中国水利水电建设集团公司与中国葛洲坝集团公司下属企业分别承担，今后按总装机容量计算的这部分大中型水电机组市场比例仅占全部市场的40%左右。

(3) 表2中机组全部安装完毕投产时间计划在2010年底，目前已完成近30%~40%左右投产容量；而表3中蓄能电站机组安装除惠州外将陆续提前至2009年底完成。

3 近年来水电机电安装的十大技术进步

2002年，我在归纳总结我国水电机电安装50年技术进步时提出了50年来水电机电安装技术的12项具有变革性的重大技术创新。时至今日，六年过去了，水电建设规模的空前发展与投产容量的增加带动了安装技术的新发展与再创新，中国水利水电建设集团公司短短几年的成果可以再归纳如下：

3.1 700MW全空冷水轮发电机的安装与顺利投运

从对发电机结构设计原理和通风冷却过程中热交换机理的理解和工艺措施保证上，提升安装技术

与相应操作水平：研究制定了高定子铁心叠装压紧工艺和高磁轭转子组装工艺，编制了详细的行业标准和工法；电机通风流道和风路中各结构元件的安装精度，以及涉及影响结构热膨胀的各部位间隙调整精度大大提高；进一步改进了定、转子线圈接头，汇流母线的接头工艺和焊接质量，使国产700MW全空冷水轮发电机的运行指标全面达到国际先进水平，并可与进口水内冷水轮发电机的温升指标相媲美。

3.2 700MW水内冷水轮发电机组安装技术已经完全成熟

依托三峡工程，水内冷水轮发电机组整体安装工艺、施工进度、安装质量与运行指标已达国际领先水平，在导水机构安装、调整，定、转子组装，定子水冷系统安装，机组中心与轴线调整，推力轴承受力调整等安装工艺方面已达到尽善尽美的程度。中国水利水电建设集团公司的安装成果和机组连续投产的高速度，为国家和业主创造了巨大的经济财富，为集团公司创造了无愧于国际精品的良好信誉。

3.3 超大型伞式水轮发电机组轴系现场调整技术的创新

超大型二段轴结构的伞式水轮发电机组轴系现场组合调整，现场对中镗孔工艺技术已经成熟，可使机组整体盘车中免去轴线处理，并做到一次盘车成功。该工艺从安装环节上保证了机组良好的轴线状态和最佳的稳定运行效果，弥补了因制造厂镗模加工或其他失误可能引起的尺寸偏差造成现场轴线处理的尴尬局面和工期损失。此工艺得到了用户和业内人士的一致好评，可因地制宜地推广纳入设计招标文件和机组安装规范之中。

3.4 散件转轮现场制造技术

掌握了大型混流式水轮机不锈钢散件转轮现场组焊制造的新工艺，现场组焊车间结构及布置设计不断优化，装配、焊接工艺措施进一步完善，过程质量控制不断完善、严格，转轮制造质量优良，流水生产率有明显提高，总体施工技术达到国际领先水平。与此同时，正在认真地研究解决大直径转轮上冠能否分瓣运至现场组焊的技术难题。此项大型水轮机转轮制造方式与制造技术，对中国西南交通不便地区的水电站建设具有重大现实意义，已经为绝大多数水电工程所采用。

3.5 可逆式抽水蓄能机组启动试运行试验技术

可逆式抽水蓄能机组启动试运行试验技术，在新投产的大型蓄能电站如泰安、桐柏、琅琊山等启动试验的实践中取得成功。对上库已充蓄水的电站和上库未充蓄水两种条件下首台蓄能机组的启动方式分别进行了成功的试验。完成了水泵工况直接启动时机组系统各机电设备和保护装置最苛刻的考核和试验。并以规范的形式在我国第一次明晰了可逆式抽水蓄能机组投入商业运行前应完成的试验项目和考核试运行时间。

3.6 大型及超大型水轮机埋设部件制造

水轮机埋设部件制造已经形成了中国水利水电建设集团公司安装企业的一项新兴产业。独特的生产方式、强大的生产能力、高质量的产品，必将在中国今后的水电建设（尤其是西南地区的大型水电站建设）和走向国际市场的竞争中发挥重大的作用和获得一定的经济效益。这一产业的形成解决了由水轮机设备制造商生产埋设件而产生的运输困难和制造成本高的双重问题，迎合了市场的需要。国内新一轮近7000万kW常规装机容量约112000t水轮机埋件是一个有可延伸性的金属结构的规模市场。

3.7 推力轴承安装调整工艺水平极大提高

通过对轴承结构原理及受力状态的分析，研究并实施相应的装配调整工艺，解决了各种型式的高速、重载推力轴承，高速可逆式推力轴承和重载推力轴承（支承方式包括：刚性支柱式、液压支柱式、单支点多弹性销支承式、小弹簧多支点支承式、双支点单弹性梁支承式以及弹性圆盘支承式等）的高质量安装问题。其中包括由世界上最先进的专利技术设计、制造的三峡轴向负荷为5000t级单支点多弹性销支承的推力轴承和小弹簧多支点支承的推力轴承，其推力轴瓦运行温度差最佳可调整控制在2.2K以内。

3.8 超大型金属结构钢闸门制造技术

超大型金属结构钢闸门制造技术在小湾放空底孔事故检修平板链轮门的制造中得到充分考验和检

验, 160m 的设计挡水水头和远高于国标制造精度的技术条件将中国水电施工企业的闸门制造技术提升到了世界领先水平。在这一阶段, 振动时效技术和智能超声检测 (TOFT 探伤) 技术在大型钢闸门制造中应用成功, 使我们又具备了一种高效、环保、节能和健康的消应手段, 使金属结构件的残余应力得以改善, 尺寸精度得以保证, 焊缝无损检测效率提高, 并具有环保、健康和节能的综合效果。

3.9 大型灯泡贯流式水轮发电机组安装工艺

大型灯泡贯流式水轮发电机组安装工艺进一步成熟, 长洲、乌金峡、寺沟峡、桥巩、铜湾等一大批贯流式机组的安装和投产, 标志着中国水利水电建设集团公司已成为我国该类机组安装的主力军和引导力量, 其中桥巩电站贯流机组单机容量已达 5.7 万 kW, 湖南铜湾水电站贯流机组转轮直径已达 7.1m。中国水利水电建设集团公司成熟的安装工艺已形成了行业的技术标准和相应的工艺规范。

3.10 水机电安装标准化技术进一步成熟

在中国水利水电建设集团公司牵头领导和组织下, 我国大量机电安装技术标准的制定和颁发以中国多年成熟的施工经验为依据, 提供了当今世界上最丰富、最全面、最合理的机电安装应遵守的工艺导则、技术规范、质量标准和启动试验规程, 成为中国机电安装工程最重要的技术保证和质量依据, 为世界所瞩目。

以上十项最新安装技术与成果是近年来中国水电建设行业全体员工和广大工程技术人员不断实践和创新的结果, 它不但把中国水机电安装的施工技术全面地推进到了世界领先水平, 实现了与国际先进工业技术体系接轨的目标, 同时也初步开创了我国水机电安装技术由工艺性安装转变为研究性安装、由从动操作转变为主动操作、由粗放型转变为集约型的转型过程。

4 2008 年及以后三年我国新一轮水机电安装面临的市场规模及特点

4.1 市场规模

根据初步统计资料, 2008 年及以后三年我国主要大中型常规水电机组的市场规模为共 25 座电站 137 台机组, 总装机容量 7115kW (见表 4); 2008 年及以后我国主要抽水蓄能机组的市场规模为共 11 座蓄能电站 61 台机组, 总装机容量 1730 万 kW (见表 5)。

以上共计 36 座电站 198 台机组, 总装机容量为 8845 万 kW, 安装工程建安费约 60 亿元。

表 4 2008 年及以后三年我国主要大中型常规水电机组的市场规模

序号	水电站 (水利枢纽) 名称	台数×单机容量 (MW)	第一台机组发电时间	序号	水电站 (水利枢纽) 名称	台数×单机容量 (MW)	第一台机组发电时间
1	三峡地下电站	6×700	2010 年	13	阿 海	5×400	2012 年
2	溪洛渡	9×760 9×760	2012 年	14	鲁地那	6×360	
3	向家坝	8×800	2011 年	15	观音岩	5×600	
4	锦屏一级	6×600	2012 年	16	积石峡	3×340	2010 年 7 月
5	锦屏二级	8×600	2012 年	17	沙 砣	4×280	
6	官 地	4×600	2011 年	18	亭子口 (大唐)	4×275	
7	糯扎渡	9×650	2012 年	19	功果桥 (澜沧江)	4×225	
8	长河坝	4×650	2012 年	20	龙开口	5×360	
9	大岗山	4×650	2013 年	21	托 口	4×200	2008 年 12 月
10	猴子岩	4×460	2013 年	22	深溪沟	4×165	2010 年 7 月
11	双江口	4×500	2014 年	23	重庆银盘	4×150	
12	梨 园	4×600	2013 年	24	两河口	6×450	
				25	泸 定	4×230	

表 5 2008 年及以后我国主要抽水蓄能机组的市场规模

序号	电站名称	台数×单机容量 (MW)	序号	电站名称	台数×单机容量 (MW)
1	蒲石河抽水蓄能电站	4×300	7	泰安二期徂徕抽水蓄能电站	6×300
2	呼和浩特抽水蓄能电站	4×300	8	深圳抽水蓄能电站	4×300
3	天荒坪抽水蓄能电站二期	8×300	9	栗阳抽水蓄能电站	6×250
4	仙居抽水蓄能电站	5×300	10	马山抽水蓄能电站	4×175
5	响水涧抽水蓄能电站	4×250	11	丰宁抽水蓄能电站	(6+6)×300
6	仙游抽水蓄能电站	4×300			

4.2 市场简要分析和定位

4.2.1 常规水电站机电安装规模分析

表 4 中常规水电站机电安装竞标分配将从 2008 年深溪沟水电站招标开始至 2010 年底结束,恰好与上一轮投产完成的建设项目衔接上;2004 年 5 月中国水利水电建设集团公司昆明会议时,统计了包括龙滩、三峡右岸、小湾、拉西瓦和几个蓄能电站在内的 20 个电站的机电安装标约 4672 万 kW 还没有确定承建单位,如今这些项目早已发标,并大多数已有机组投产发电。以 2007 年底水电装机加上正在建设安装的规模,并考虑这新一轮的市场,总装机容量可达到 25000 万 kW 左右(不含蓄能)。届时,当这新一轮水电机组全部投产后,我国经济可开发的水力资源将大部分开发完毕。

4.2.2 常规电站机电安装工程

常规电站机电安装工程的市场格局是:根据中国水利水电建设集团公司组建前近 13 年的统计资料分析,通过各成员企业在市场中的竞争与协作,市场份额的最终分配比例保持在一个相对合理与平衡的水平,中国水利水电建设集团公司占 70%左右。

集团公司组建以来,上述比例基本维持不变,我们将继续整合集团资源,充分发挥各成员企业的资源优势、品牌优势,结合土建竞标格局,加强协作,继续做好这部分市场工作,并争取经济效益有所提高。

4.2.3 金属结构制造、安装工程

水电站及水利枢纽金属结构制作安装工程市场需求是每年约 40 万 t,低于全行业内各企业的总生产能力。中国水电建设集团的金属结构制作安装能力(包括机组埋件)目前可达 40 万 t 以上,2007 年实际完成 28.7 万 t,为 70%的产能。

金属结构制造的市场竞争十分激烈,制造单价几乎低于正常成本价。但我们可以依靠几个主力工程局的制造力量和品牌承揽机组埋件制造业市场的大部分工程,继续保持一定的产业规模。

金属结构的安装工程一般包含在土建或机电安装工程的合同内,但金属结构的制造项目为单独招标,需要集团公司成员企业具备一定的制造行业资质,该资质应在集团公司集中备案。

4.2.4 抽水蓄能水电工程

近期开工建设的抽水蓄能电站不多,其原因为独家办电,计划性色彩较浓,不存在开发性竞争问题。表 5 仅为规划性质的统计,而在建设中的仅剩 7 座,其中宜兴、张河湾已部分投产,其余电站也将在 2008 年相继投产。

抽水蓄能电站的机电安装工程资质除兄弟企业外,中国水利水电建设集团公司目前已扩展到一、三、四、五、八、十、十二、十四等工程局,机电安装竞争十分激烈,但其所占安装业比重较小。火电施工、中试企业积极利用有利条件进入抽水蓄能电站的机电安装工程,尤其是电气设备安装及机组启动调试的关键项目,给我们造成很大的投标压力和安装工作中的协调难度,且主机安装工程利润极低。集团公司必须利用土建工程的施工资质优势争取尽可能多的安装合同,努力改变现状,掌握主动。

4.2.5 定位

中国水利水电建设集团公司机电安装企业是国内水机电安装行业的主流施工企业,具有全方位的水电设备的安装调试资质和世界一流的施工经验,在常规电站的机电安装竞标中应保持总量为 70%的份额。在金属结构的制作安装工程中,应保持 35 万~40 万 t/年的制造量和 30 万 t/年以上的安装工程量。对于抽水蓄能电站的机电安装市场,凭借地下工程和基础处理的强大优势,集团公司应占有 65%以上的份额。

5 企业的历史使命和应对策略

5.1 以技术创新和专业品牌为先导, 为创建中国水机电安装第一品牌再作贡献

中国的水机电安装技术与规模, 已经处在了国际领先地位, 近年来安装技术的十项新发展与再创新在建国 50 年来 12 项重大技术变革的基础上进一步拓展了我们在安装技术领域的广度与深度, 这是中国水电建设的宝贵财富。我们将进一步总结提高, 不断完善, 形成理论, 形成一系列的工法和技术标准, 形成具有特点的拳头产品, 作为我们向国内、国际市场开拓竞争之本, 为创建中国水机电安装第一品牌乃至国际安装品牌再作贡献。

5.2 注意人才的培养和正确使用

水机电安装工程是人才培训和培养的大好平台, 尤其是涉及进口机电设备安装的工程, 客观上造成了新一代的管理人员和技术人才脱颖而出。必须充分利用既有的人力资源, 给予他们相对优厚的工作条件, 使这部分人才继续为下一个工程和企业长久服务。必须看到, 当今的人才市场是动态的市场, 也必须认识到, 人才对于经营和发展的重要性, 没有专业人才的企业不是一个真正意义上的现代经营企业, 企业长期积累的知识财富和无形资产也不可能真正为企业所有, 这一点对我们机电安装工程更显重要。

5.3 注意经营方式和产业结构调整

水机电安装企业的主业是机电安装和金属结构制作安装, 但在发展和保持主业经营的同时, 还应更多地考虑安装企业长远发展方向和经营结构的调整及充实。除普遍建立企业金属结构生产基地及发展延伸产品以外, 还可以考虑涉足水电设备检修运行、风力发电工程、小型金属桥梁工程和其他小规模投资性经营项目。要依托工程局, 从工程局承揽的大项目中分包工程, 或与土建建筑企业联合承包城市建筑工程、大型基础设施的金属结构制作安装工程等。

5.4 在集团公司统一协调下, 实现大踏步地“走出去”战略

集团公司机电安装工程配合土建工程承包或设备制造商走出国门是必然的选择, 为使企业符合真正意义上的中国现代工业企业的形象, 必须在集团公司“四个统一”的原则下协同配合, 通盘运作, 走国外工程总承包或机电工程总承包的道路。鉴于国内水机电安装市场的空间限制以及大型水电工程业主在招标决策中对特级安装企业的倾斜, 集团内除四、七、八、十四局以外的安装单位要依靠集团国际市场开拓的力量尽快地走出去, 在世界市场上展示中国水电企业的安装能力, 以分流产能, 规避市场资源不足带来的过度的竞争风险。同时将中国的水电安装技术作为先进工业国家标准的代表, 推向世界。当代中国的水机电安装施工标准化体系, 以大量的工程实践为基础, 以成熟的施工经验为依据, 提供了在世界上最丰富、最全面、最合理的施工标准、技术规范和工艺导则, 成为机电安装工程最重要的技术保证和质量保证, 是我国行业技术逐步达到国际先进水平的重要标志, 也是我们走出国门、承包国外工程的物质基础。在总结经验的基础上, 形成中国水电技术标准的英文版本, 是我们实现真正意义上的“走出去”战略的一项重要工作。当我们在规模、技术品牌、人才、资金和管理等诸方面都可以与国际上知名的跨国公司相比较的时候, 中国的水电施工力量在世界上最具竞争力不容置疑, 因为我们具备人力资源和协调统一的优势。

5.5 以集团公司为核心, 进一步加强国内市场的竞争力

国内机电安装市场经营的关键除了市场分配额度之外, 主要还是经营效益问题。要严格杜绝低价中标、相互压价、无序竞争的现象。从客观意义上讲, 机电安装工程市场竞争关系比较明晰, 集团公司十分关注成员企业市场运作的效果和效益, 将尽最大的可能和努力, 发挥集团的力量和优势, 使成员企业在市场竞争中获得品牌资质的同时获得真正的效益。

2008 年中国的水电装机容量将突破 1.5 亿 kW, 2010 年将超过 1.8 亿 kW, 届时除长江三峡以外, 还将有多座特大型水电站投入运行, 集团公司必须也必然将在在建安装工程及新一轮市场竞争中扮演主要角色。祝我们中国水利水电建设集团在不断创新中兴旺发达, 祝集团公司的机电安装企业繁荣昌盛。

水利水电基础工程与地基处理技术的现状和展望

● 张志良/(中国水电基础局有限公司)

进入 21 世纪,国家加快了水利水电建设的步伐,以满足国民经济的快速发展对水利和电力的需求。以溪洛渡、小湾、锦屏一级为代表的一大批特大型、大型水电项目开始兴建,天荒坪、张河湾、西龙池等大型抽水蓄能电站的建设,世界级调水工程南水北调工程在东线和中线正紧张地施工,举世瞩目的三峡工程即将如期建成,这一切构成了我国水利水电建设宏伟壮观的场面。

1 地基处理与基础工程技术在水利水电工程中的作用

地基处理与基础工程在水利水电工程中的作用,主要是由其本身的功能、在项目中占投资的比重及其重要性所决定的。

地基处理的主要功能是改善建筑地基的物理和力学性能,增强整体性,提高防渗能力,从而满足工程的需要,确保建筑物的安全运行。大坝、水闸、堤防、隧洞等建筑物和构筑物的地基,一般都需要用这些技术进行加固和处理。

地基处理与基础工程的投入十分巨大:它们是地下隐蔽工程,需要采用专用技术和机械进行施工;地基工程施工时,现场条件较差,经常在露天、洞内、边坡、水下等恶劣和危险的环境中作业,需要配置特殊的安全和环保设施;有时还会受到洪水等的侵袭,不可避免地造成巨大的损失;地质条件的复杂性,使实施时难度较大。有鉴于此,地基处理与基础工程具有风险大、投入多、成本高的特点。

质量好的基础工程能充分发挥其功能,使电站、水库等水工建筑物能够安全、有效、持续地运行。相反,一旦基础工程质量存在严重缺陷或其功能失效,轻则降低水工建筑物的运行效率,影响使用寿命;重则造成破坏和失事。20 世纪 90 年代的不完全统计,土石坝失事原因中,坝体或坝基漏水管涌失事占 30% 左右。由此可见,地基处理与基础工程在水利水电建设中占有相当重要的地位。

2 我国地基处理与基础工程技术的现状

2.1 地基处理与基础工程技术快速发展

20 世纪 90 年代以来,尤其进入 21 世纪后,我国水利水电地基处理与基础工程技术得到快速发展。其原因是:

(1) 复杂、不良的地质条件对地基处理与基础工程技术提出了新的要求。几十年来,我国水利水电建设的开发,使得良好的地基越来越少;许多水电站本身就建在狭窄的山区河谷上,工程技术人员不得不面对复杂和不良的地质水文条件。为使建筑物能安全有效地运行,针对复杂地基,必然要求采用新的处理技术。四川南桡河冶勒水电站,右岸台地处坝基覆盖层为最大厚度超过 420m 的胶结卵石层,这在世界上是罕见的,目前水平很难在全深度上进行完全处理。因此,该覆盖层采用两层防渗墙加墙下帷幕灌浆处理,总深度达 200m。贵州乌江渡水电站,坝基溶洞多,采用孔口封闭灌浆法,防止坝基渗漏。三峡五级船闸在山体内凿开而建,采用预锚技术解决高耸岩壁的不稳定问题。

(2) 水电建设工程的功能和规模的不断扩大,对地基处理与基础工程技术提出了更高的要求。近年来建设的超高大坝和大容量水电站,要求地基处理有更高的标准、更完善的功能和更大的工程量。小浪底水利枢纽主坝防渗墙,既要防止

渗漏,又要承受大的压力。在主坝内建成的深81.9m、厚1.2m、混凝土强度为35MPa的防渗墙,就兼有两种功能。天生桥二级水电站引水隧洞中,采用6MPa高压固结灌浆技术,处理了隧洞围岩中的断层破碎带和溶洞,使引水隧洞具有能承受高水头压力的功能。已建和在建的项目中,一些大坝的坝基帷幕灌浆工程量超过20万m³;在水电站建筑物边坡预锚加固中,常使用数千束大吨位锚索。

(3) 水利水电工程的特点,要求地基处理与基础工程采用快速施工技术。水电工程修建时,常在江河上填筑围堰截流,然后在围堰内进行干作业施工,这就要求快速形成防渗体系。二滩水电站,采用高压旋喷技术,在很短的时间内,迅速形成了垂直防渗体系,为大坝在规定的时限内完成施工赢得了时间。冶勒水电站下层防渗墙,采用传统施工机械在规定工期内很难完成,为此采用低净空液压铰槽机,在6m×6.5m廊道内顺利地完成了防渗墙施工。

2.2 地基处理与基础工程技术的现状

2.2.1 防渗墙

防渗墙主要用作坝(堤)基或坝(堤)体、围堰堰基或堰体的垂直防渗结构。目前,我国建成的防渗墙最大深度达100m,最大厚度为1.5m,单项工程最大截水面积为27.15万m²。

(1) 成槽(孔)机械:

防渗墙成槽(孔)机械主要有冲击钻机、抓斗和液压铰槽机。冲击钻机的优点是能适应各种地层,但效率较低。冲击反循环钻机具有反循环出渣功能,效率高得多。抓斗的施工效率高。液压铰槽机成孔孔形好,接头好,效率高。三峡工程二期上游围堰防渗墙施工采用了国内第一台液压铰槽机。

薄防渗墙的成槽机械有薄抓斗、射水造墙机、锯槽机、多头深层搅拌机、链式挖槽机、振动沉模机、振动切槽机、H形振动板桩造墙机等,它们基本上是我国自主研制生产的。

(2) 成槽工艺:

在地基中形成连续的槽形孔有许多工艺可选择,主要取决于成槽的机械和地层情况。

传统的成槽工艺是使用冲击钻的钻劈法。随着抓斗、液压铰槽机等的应用,针对不同地质条件,采用几种机械的组合,形成不同的成槽方法。常用的工艺有钻抓法、钻铰法、纯抓法、铰削法、铰抓法和铰抓钻法等。地层中的特硬岩石和孤石,可用8~12t重凿加以破碎,再采用上述工艺成槽。

堤防垂直防渗施工中,主要采用薄抓斗法、射水法、锯槽法、深层搅合法、振动沉模法、振动切槽法和振动沉型钢法等。

(3) 固壁材料:

最早成孔的固壁材料基本上采用黏土,20世纪80年代后期开始使用膨润土。用膨润土制成的浆液性能优良,固壁效果好,墙体质量高,能适应抓斗和液压铰槽机等新设备的使用,经处理后可回收利用。

最近国外有一种以聚丙烯酰胺为主材的高分子聚合物材料,用它制成的泥浆无毒,不产生废浆,被称为环保泥浆。目前国内还没有生产,价格也较高,只有少量工程中试验应用。

(4) 墙体材料:

防渗墙墙体材料主要有固化灰浆、塑性混凝土、高等级混凝土和自凝灰浆等。

固化灰浆是在槽孔内的固壁泥浆中加入胶凝材料搅拌固化而成,其28天抗压强度为0.5MPa左右。它是一种柔性材料,优点是施工简便,造价低廉,适用于低水头闸坝和临时围堰等的防渗墙。这种材料曾在铜街子和王甫州等水利水电工程中应用。

塑性混凝土比普通混凝土的水泥用量少,其中膨润土等混合材料用得更多。28天抗压强度在1~5MPa之间,28天弹模在500~2000MPa之间。它是一种柔性材料,优点是水泥用量少、防渗性能好、适应地基变形能力强,适用于中低水头大坝和临时围堰等的防渗墙。这种材料曾在水口和三峡围堰以及长江堤防垂直防渗等工程中应用。

高等级混凝土是强度等级高的普通混凝土,其抗压强度可达到35MPa,它既能防渗又能承受大坝和高水头的压力。但如不控制混凝土前期强度,一般造孔机械很难施工,适用于高坝深墙,小浪底主坝和冶勒防渗墙中曾使用过。

自凝灰浆是由水泥、膨润土、缓凝剂和水配制而成的浆液。槽孔开挖过程中,作为固壁泥浆,开挖完成后自行凝固成墙,其28天抗压强度为0.1~0.5MPa。它是一种柔性材料,施工效率高,造价低,防渗性能好,曾在三峡三期下游围堰和长江堤防中得到成功应用。

(5) 墙段连接:

墙段间的接头分柔性接头和刚性接头两种。

柔性接头有钻凿法、接头管法、铰接法、双反弧法等。钻凿法效率低,浪费混凝土,已逐步被其他方法代替。接头管法可节省混凝土,加快施工进度。目前接头管的起拔力可达3000kN以上。四川狮子坪水电站防渗墙,防渗墙厚度1.2m,墙深100m,全部采用拔管法,最大深度达到94m。铰接法是利用液压铰槽机铰削接头,精度高,效率高,接头可靠,在小浪底主坝防渗墙左岸段施工中得到应用。

2.2.2 灌浆

灌浆技术主要应用于大坝坝基、隧洞围岩、堤防地基的防渗和加固处理中,也应用于水工混凝土结构的裂缝修补。我国灌浆孔的最大深度已达206m。

(1) 坝基帷幕灌浆:

20世纪80年代在乌江渡水电站帷幕灌浆中,采用了孔口封闭灌浆法,随后该法广泛用于大坝坝基帷幕灌浆。在二滩、小浪底项目中,实施了国际先进的自下而上纯压式灌浆法、GIN灌浆法等。在非岩溶地区高坝坝基帷幕灌浆中,高压灌浆技术得到应用,灌浆压力达到5~6MPa。除采用孔口封闭灌浆法外,在岩溶地区还应用模袋灌浆技术堵塞岩溶通道。

(2) 坝基和隧洞灌浆:

坝基采用无盖重灌浆,可在一定程度上解决坝基固结灌浆与大坝混凝土浇筑在工期方面存在的矛盾。这一技术在三峡和二滩部分坝块下的固结灌浆中得到应用。

隧洞固结灌浆中灌浆压力已达到9.0MPa,曾在天荒坪抽水蓄能电站灌浆中使用。20世纪90年代以来,隧洞开挖采用TBM法。隧洞衬砌是混凝土管片,管片与洞壁间的灌浆方法,在引大入秦和引黄入晋等隧洞中较早得到应用。

(3) 灌浆材料:

水泥灌浆材料中,稳定浆液和细水泥浆液等新型灌浆材料的使用有了许多进展。稳定浆液是掺有稳定剂的水泥浆液,浆液2小时析水率不大于5%,在小浪底坝基固结灌浆和帷幕灌浆中得到采用。

三峡二期工程固结灌浆和帷幕灌浆中使用了湿磨水泥浆液。大黑汀水库灌浆使用了干磨改性细水泥,它是以42.5级普通硅酸盐水泥为基料,加入适量灌浆剂干磨而成,比表面积为5000~6000cm²/g,效果优于普通水泥灌浆。沙牌碾压混凝土拱坝中,使用的超细水泥的比表面积达8733cm²/g。

灌浆材料还有膏状浆液,它是高稳定性浆液,贵州红枫水电站和云南小湾水电站曾使用过。

(4) 灌浆设备和监测仪器:

灌浆设备包括钻孔、灌浆和制浆等方面的设备。小浪底工程中使用了意大利、瑞典等国钻机,钻进效率高,还有计量泵和自动化程度高的集中制浆系统,钻孔的孔向测量采用国产DUZ-D型深井照相测斜仪。我国自行研制的高压灌浆塞、高速搅拌机、高压阀门等灌浆机具也得到应用。洞内灌浆的灌浆台车,可进行全方位钻孔和灌浆。

我国自主研制的灌浆自动记录和监测系统,可自动监测和记录灌浆压力、注入率、浆液密度和岩体抬动等,了解灌浆的历史情况,并整理和生成符合规范的灌浆成果资料。一套监测系统可同时监测8~16台灌浆机的作业情况,系统能适应露天或洞内作业条件。

2.2.3 高喷灌浆

高喷灌浆技术主要应用于坝(堤)基覆盖层和围堰的防渗工程中,也可在地基加固中应用。目前国内最深的高喷灌浆孔达83m。

20世纪70年代引进高喷灌浆后,高喷工艺在实践中得到不断改进。在单管法、二重管法和三重管法的基础上,开发了新二管法和新三管法。前者提高了压缩空气的压力,后者以高压水和高压浆两次切割地层。防渗结构有用旋喷桩搭接构成防渗体,也有定向喷射或摆动喷射形成板状折线形搭接防渗墙。三峡工程使用了二管法和新三管法。

高喷孔使用常规回转钻机、冲击式钻机跟管等钻进方法,工程中还开发了钻孔与喷射灌浆两个工序直接衔接的“钻喷一体化”新的施工方法。在二滩水电站使用的国外设备有高喷机械,既能钻孔,也可喷浆和取芯,还有带电子称量和自动控制系统的配料搅浆设备等。高喷灌浆自动记录和监测装置也开始得到应用。

2.2.4 振冲

振冲技术主要应用于软土地基加固和防地基液化工程中。目前,国内振冲加密的深度已超过30m。

20世纪70年代末引进振冲技术后,工艺得到不断改进。以往填料包括在黏土中的间断填料法和在砂土中的连续填料法。振冲处理的深度增加,使得两种方法都无法保证孔壁不坍塌。用大功率振冲器,采用强迫填料法,可解决深度大的振冲工程中软黏土缩孔、砂土塌孔等问题。加密的标准,由按填料或加密电流控制发展到同时控制加密电流、留振时间和加密段长三个指标。

振冲技术的发展与振冲器有极大的关系。最早国内只生产电动的30kW振冲器,后来也能生产55kW和75kW振冲器,近年又有150kW振冲器。引进的150kW液压振冲器能根据地质情况调频和调速,具有极强的穿透粗颗粒地层的能力和制桩能力。在三峡和飞来峡水库振冲工程中,这种大功率振冲器发挥了重要作用。振冲工程中的自动记录系统也得到使用。

振冲技术在水利水电领域中,主要用于新建或已建坝坝基和坝体的加固和防地震液化。近年来,用振冲技术振密填筑体也得到广泛的应用,如飞来峡水利枢纽坝基水中回填中粗砂振冲加密处理,小浪底围堰和三峡二期围堰填筑料的振冲加密处理等。

2.2.5 预应力锚固

预应力锚固技术主要应用于边坡稳定、混凝土结构加固,以及混凝土裂缝处理等工程中。我国单索锚固吨位已达 10MN。

水利水电工程中,各类锚索发展相当快。以往我国基本上采用黏结式锚索。后来在二滩、小浪底、大朝山、潘家口等工程中,使用无黏结锚索。三峡永久船闸边坡试验中,使用全长防腐措施的锚索。拉力分散型锚索在漫湾、潘家口、十三陵抽水蓄能电站得到应用。压力分散型锚索、拉压复合型锚索在大桥水库等得到应用。

预锚的索体使用高强度、低松弛、耐腐蚀的钢绞线,抗拉强度可达 1860MPa。锚具常使用群锚夹片式锚具,其夹持性能好,适应性强,操作简单。黏结式锚索的内锚段,常使用流动性好、早强高强、微膨胀、无腐蚀性的水泥基浆液。止浆装置通常有胶囊式止浆环和布袋式止浆环。

锚索孔可用湿式成孔和干式成孔钻进,干式成孔在工程中用得更多。钻孔机械有潜孔冲击—回转钻孔设备,回转式地质钻机用得也较多。在松软破碎或含砂卵石的地层中,采用套管钻进。锚孔注浆用柱塞式灰浆泵、挤压式灰浆泵和螺旋式灰浆泵。预应力张拉使用的千斤顶有 YCQ、YDC、YCW 三种系列,高压油泵用得最多的是 ZB4-500 和 ZB3-630。搅拌设备常用普通混凝土搅拌机或小型轻便搅拌机。

预锚技术用在边坡加固中最多,漫湾一次采用 2600 余根 1~6MN 锚索治理大面积山体滑坡;三峡永久船闸边坡加固中使用近 4000 根水平锚索。大坝加固是预应力锚固技术又一重要的应用,石泉水电站使用 30 根 6~8MN 级锚索;潘家口水电站用 3MN 级锚索加固 40 号坝段和 41 号坝段的水平裂缝。预应力锚固技术可与抗滑桩结合加固山体,李家峡水电站使用 3000 多根 6MN、8MN 和 10MN 吨位锚索加固拱坝坝肩高陡边坡。

隧洞混凝土衬砌内设置预应力环锚,可缩小洞室开挖断面,改善结构受力状况和抗渗性能,增强结构及围岩稳定性,满足隧洞高水头、高流速的运行要求。它已在隔河岩电站 4 条引水隧洞、小浪底 3 号排沙洞和天生桥一级引水隧洞等工程中应用。

3 地基处理与基础工程技术发展展望

我国水利水电地基处理与基础工程技术,在工艺、材料、设备等方面,已取得了很大进展。然而,今后在工程中还会面临一些难以解决的问题,我们与国外水平较高的专业承包商在技术、设备等方面有一定的差距。因此,地基处理技术的发展存在很大的空间。

地基处理与基础工程中产生的新问题,将主要依靠技术进步来解决,并进一步推动技术的发展。

3.1 技术发展的趋势是开拓新的应用领域

目前,地基处理技术在环境工程、采矿和采油工业中的应用应引起高度重视。国外填埋垃圾的围封早就采用防渗墙和高喷灌浆等技术解决。另外,水利水电建设中的环境问题十分突出,近年来得到重视。国外常用充填灌浆方法,将地下坑道和采空地层用固体材料填满,再进行充填灌浆,从而确保采矿区和采油区的安全。

3.2 重视对传统技术的发展,进一步开发新工艺、新材料和新设备

近年来,国外在岩土工程中出现许多新技术和新材料、新工艺:在软土地基中,原位连续搅拌水泥成墙的 TRD 防渗墙技术;一种遇水可膨胀橡胶的插接式新型防渗墙接头;灌浆工程中采用的计算机辅助设计和灌浆控制系统;地下空间回填灌浆中使用的泡沫浆液;利用振荡器造孔制成混凝土灌注桩技术等。这些都是对传统技术的发展,应该得到重视。

3.3 适应新的需求特征,发展地基处理与基础工程技术

当前工程建设的规模空前扩大,地基处理技术应更能适应新的情况,能解决更复杂的问题。超高大坝要求坝基具有更高的整体性、防渗性能和承载能力;特大跨桥梁施工需采用地下连续墙,用作锚锭结构的支撑和防渗的围护体系;特大跨海大桥桥墩基础将是钢管桩和大型钻孔灌注桩的用武之地;超高速铁路的桥墩在侧向变形、承重等方面,对基础将有更高的特殊要求;高速公路的软土地基处理、已建路面裂缝处理、桥面和路面错台处理等,有着广阔的市场。

此外,随着城市化、工业化发展进程加快,人们不得不在极其困难的工程环境中开发建设工程项目,而大大缩小了对环境的选择空间。过多抽取地下水造成的地面沉降,工业垃圾,环境污染等人类自身活动产生的不利因素,这些都要求地基处理技术有突破性的进展。

宏大的工程、特殊的要求、复杂的技术、多元的变化,这就是地基处理与基础工程技术所面临的挑战,同时也是发展的机遇。可以预见,在 21 世纪中,地基处理与基础工程技术将得到空前的发展。

三板溪水电站大坝Ⅰ期填筑施工综述

魏永华 杨 箫/(中国水利水电第九工程局)

【摘要】 三板溪水电站大坝为200m级面板堆石坝,大坝施工是控制首台机组发电的关键项目。其“一枯抢拦洪”度汛方案(即大坝Ⅰ期填筑要求达到390m高程)的成败与否至关重要。通过快速连续施工保证了工程安全度汛,为首台机组提前发电奠定了坚实的基础。

【关键词】 三板溪水电站 大坝Ⅰ期填筑 快速施工

1 工程概况

三板溪水电站位于沅水上游清水江中下游,坝址在贵州省锦屏县境内,是沅水干流上的龙头电站。工程以发电为主,兼有防洪、灌溉、旅游等综合效益。水库正常蓄水位475m,相应库容37.48亿 m^3 ,总装机容量1000MW。

工程于2002年7月1日正式开工,2003年9月中旬大江截流,2006年1月初下闸蓄水,2006年4月底首台机组发电,首台机组发电工期为3年10个月。

坝址为不对称V形峡谷,两岸基岩多裸露,河床覆盖层薄。坝址岩性为元古界板溪群清水江组变余凝灰岩、变余凝灰质砂岩和变余凝灰质板岩等。坝址控制流域面积11051 km^2 ,多年平均年降雨量1241mm,最高可达1800mm,汛期洪水暴涨暴落,且洪中有枯,具有典型的

山区性河流特性。多年平均流量240 m^3/s ,实测最大流量16100 m^3/s 。4~8月为汛期,其水量占全年水量的68.3%,洪水以单峰居多。据48年水文资料统计,年最大洪水主要集中在5~8月,占总数的90%。

枢纽布置为:河床布置主坝,左岸沿条形山脊布置副坝;溢洪道布置在主、副坝之间;泄洪洞布置在溢洪道左侧山体中;地下引水发电系统布置在右岸;导流洞布置在左岸。

大坝为面板堆石坝,主坝坝高185.5m,坝顶高程482.5m,坝轴线长423.75m,坝顶宽10m,上下游坝坡均为1:1.4,主坝堆石填筑总量约830万 m^3 (不包括上游铺盖与压重料)。主坝典型断面如图1所示。

2 Ⅰ期坝体填筑要求

根据施工总进度计划安排要求在2003年9月中旬截

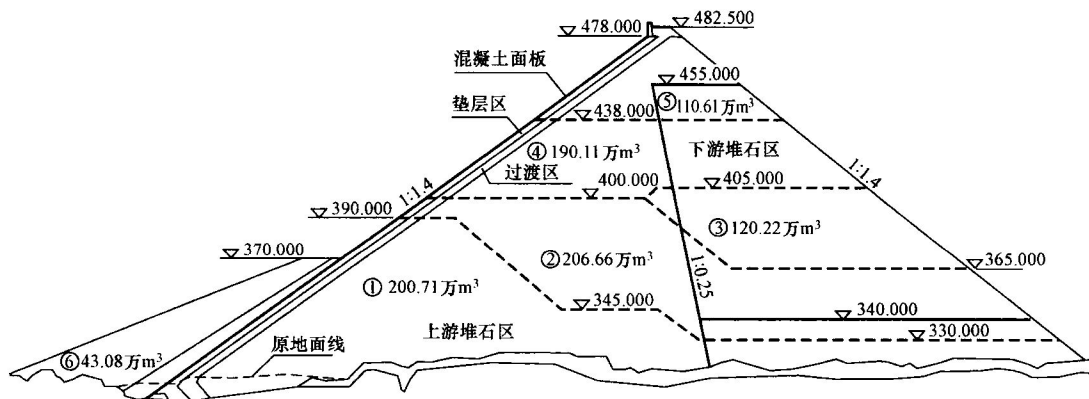


图1 坝体分区分期填筑图(实线表示坝体分区、虚线表示填筑分期)

流,大坝施工在次年4月30日前达到临时挡水度汛高程,其中Ⅰ期坝体填筑要求在2003年11月15日至2004年4月30日共5.5个月内完成,临时断面上游填至390m高程、下游台阶填至345m高程,经度汛保护处理后达到挡100年一遇全年洪水条件,填筑工程量230.71万 m^3 ,平均填筑强度41.95万 m^3 /月。

Ⅰ期坝体填筑工程量230.71万 m^3 ,其填筑料来源情况为:垫层料填筑量为12万 m^3 ,由其他承包商提供,运距4km;溢洪道开挖利用料50万 m^3 ,运距2km;泄洪洞开挖利用料为9万 m^3 ,运距2km;其余159.71万 m^3 填筑料从八洋河料场开采获得,运距7km。

Ⅰ期坝体填筑是否达到度汛要求高程390m,关系到整个工程的总施工进度计划是否实现和工程及下游的安全问题,必须确保。

3 施工进度控制

Ⅰ期坝体填筑工程量大,时间紧,交叉作业多,施工干扰大,填筑强度高且持续时间长,主料场到大坝的运输距离长,运输道路布置较为困难。Ⅰ期坝体填筑施工中,综合考虑以上多方面影响因素,主要采取了以下施工进度控制措施,实现“一枯抢拦洪”阶段性目标。

(1)充分发挥了129水电工程联合体参与三板溪前期工程施工的优势,缩短施工准备期,提前1个月实现了大江截流,比合同工期提前5天,大坝开始大面积填筑。

(2)提前做好各项施工生产准备,如八洋河料场的前期开挖、场内道路开挖、填筑碾压及爆破试验等工作,提前组织填筑料开挖,在大坝主体工程开始填筑前完成125万 m^3 的备料工作。

(3)结合实际,因地制宜,合理布置上坝填筑道路,布置了下游左右岸上坝道路,上游上坝道路,保证Ⅰ期填筑均有3条上坝道路,在坝内形成循环线,确保连续高强度运输的需要。

(4)主要施工机械,包括开挖、装载、运输、整平、碾压等,均投入性能良好的施工机械设备,并配置充分的备用富余量,满足各施工作业面施工不均衡性。如在预计已有的120辆20t自卸汽车运力尚不能满足施工高峰需要时,及时组织了20辆32t自卸汽车,使最高日强度达2.83万 m^3 /日,最高月填筑强度71.67万 m^3 /月。

(5)统筹安排、综合平衡、妥善协调各单位工程、分部工程,优化施工进度计划安排。如使溢洪道等结构物的开挖与大坝填筑高峰期重叠,充分利用了结构物开挖可利用料作为补充料源,削减从八洋河料场的用料强度。

(6)精心组织施工,在填筑面进行平行流水作业,优化施工方案。如坝体上游由于基坑较深,且需进行趾板混凝土浇筑及基础处理,工作场面一时不能移交,按部

就班施工将严重影响填筑施工进度,经书面征得监理与设计同意后,率先进行了坝中下游部位的填筑施工,争取了宝贵的施工时间。

(7)充分发挥现场调度会的作用,对当日的施工强度进行小评,确保日进度保周进度,周进度保月进度,月进度保节点目标的实现,并及时协调解决施工中存在的问题,极大地排除施工干扰。如及时协调分派各车辆运输线路、加强道路维护,做到合理分散,确保运输畅通。

(8)春节期间适时开展了“大战100天”的劳动竞赛,充分调动了广大员工的积极性,使施工强度持续保持稳定。

4 填筑体的质量控制措施

三板溪水电站混凝土面板堆石坝坝高185.5m,坝体的沉陷变形是关键技术问题,而堆石体施工质量的控制关键是压实度的控制,堆石体压实度与碾压设备、碾压遍数、填筑厚度、石料级配等有关。为了确保工程质量采取了以下措施:

4.1 严格控制料场开采爆破

取得良好的级配是保证压实度的关键,因此对料场开采爆破进行了严格控制并计算爆破参数,在爆破试验合格后准予开采。

八洋河石料场岩石岩性复杂,物理力学性质相差较大,要达到高坝所要求的良好级配的堆石料难度较大;在爆破参数设计中采用的基本思路主要是充分利用梯段岩体的层理、相互切割的节理裂隙,结合料场特定的地形、地质条件和设计堆石料的爆破颗粒级配曲线,通过优化爆破参数达到良好的爆破效果。其具体控制情况如下:

主堆石料(弱风化至新鲜料),孔径为90mm,孔距为2.5~3.0m,排距为2.0~2.5m,炸药单耗0.6~0.8 kg/m^3 ,台阶高度为15m,炮孔超钻深度1.0m,堵塞长度2.0~2.5m;装药结构为底部全耦合装药,中上部不耦合连续装药;采用梅花形布孔、“V”形起爆方式;后排孔加密,孔距为2.0m,目的是防止爆破后拉作用,为下一次钻孔爆破创造良好的工作面。

过渡料(弱风化至新鲜料),孔径为90mm,孔距为1.8~2.2m,排距为1.5~1.8m,炸药单耗0.8~1.2 kg/m^3 ,台阶高度为15m,炮孔超钻深度1.0m,堵塞长度2.0m;装药结构为底部全耦合装药,中上部不耦合连续装药;采用梅花形布孔、“V”形起爆方式,毫秒微差复式起爆网络。

强风化下部与弱风化掺合料,孔径为90mm,孔距为3.0~3.5m,排距为2.5~3.0m,炸药单耗0.35~0.50 kg/m^3 ,台阶高度按设计分层厚度控制(强风化:弱