



天荒坪抽水蓄能电站

技术总结

中国水电顾问集团华东勘测设计研究院

张春生 姜忠见 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

天荒坪抽水蓄能电站 技术总结

中国水电顾问集团华东勘测设计研究院

张春生 姜忠见 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

图书在版编目 (CIP) 数据

天荒坪抽水蓄能电站技术总结/中国水电顾问集团华东勘测设计研究院主编. —北京: 中国电力出版社, 2007

ISBN 978-7-5083-4899-5

I. 天… II. 中… III. 抽水蓄能水电站-水工建筑物-设计-华东地区 IV. TV743

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 133529 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 8 号 100044 <http://www.ccpp.com.cn/>)

北京伟信达艺术印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

2007 年 4 月第一版 2007 年 4 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 31.75 印张 1131 千字
定价 98.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

《天荒坪抽水蓄能电站技术总结》

编 纂 委 员 会

顾 问：潘家铮 曹克明 汪易森

主 任：张为民

副主任：张春生

编 委(按姓氏拼音排列)：

曹春江	陈顺义	陈一宁	费京伟
傅新芬	何海源	何世海	洪允云
胡赛华	计金华	姜忠见	蒋效忠
李胜兵	李渝珍	刘世明	罗锡龙
彭六平	强祖德	单治钢	孙洁民
王金锋	文 洪	吴关叶	吴火才
姚国华	余国铨	俞 兵	张建树
张克钊	张秀丽	张祖生	郑全春

序

《天荒坪抽水蓄能电站技术总结》即将出版，我感到欣慰并表示祝贺。

众所周知，抽水蓄能电站是解决电网峰谷差、改善燃煤机组运行条件和提高电网安全水平及电能质量的主要手段。我国抽水蓄能建设起步较迟，但发展迅速，通过在南方、华东、华北各大负荷中心大型抽水蓄能工程的建设，使我国抽蓄工程在规划、设计、建设和运行管理各领域都取得巨大进展，在国际上名列前茅。天荒坪抽水蓄能电站就是其中之一。

天荒坪电站位于华东地区浙江省安吉县境内。华东电网是我国最大电网之一，社会、经济的高速发展和人民生活水平的不断提高，电网规模及相应的峰谷差愈来愈大。为了解决这一严重问题，中国水电顾问集团华东勘测设计研究院长期以来对华东地区的抽水蓄能“资源”进行全面调查和规划研究。1980年发现条件优越的天荒坪站址，通过长达十年的勘测设计，得到电网和国家的支持，在1994年3月1日正式开工，第一台机组于1998年9月30日投产，2000年12月6台机组全部投产，安全运行至今，发挥了巨大的效益，做出了卓越的贡献。

有的同志总怀疑抽水蓄能电站的效益，天荒坪电站的实际业绩有助于说明问题。天荒坪电站的总装机容量为1800MW，峰谷最大调蓄能力可达3700MW。投运以来，改变了华东电网基本由火电调峰的状态，大大减少了燃煤机组的调停次数，更为电网提供了应急、调频和事故备用手段。仅在运行初期的3年中，天荒坪电站就奉命紧急启动或参与试验13次，其对电网的安全保障和提高电能质量的作用是不可替代的。

另一个值得欣慰的是：天荒坪工程的设计、建设和运行充满创新精神，达到先进水平。勘测设计方面采用先进方法，查清和利用有利条件，优化枢纽布置，上水库库底为全风化土，铺筑了近30万 m^2 的沥青混凝土防渗护面，并用全风化土筑坝，在输水管道（包括高压岔管）结构上，利用围岩及高地应力条件，全部采用钢筋混凝土衬砌，岔管处的最大静水压力达6.80MPa，为国内外少见。在机电设计方面也根据条件充分优化。先进的设计为工程的顺利建设和降低造价创造了条件，并在2005年中国第十一届优秀工程设计评选中获国家金质奖，也在第九届中国优秀工程勘察评选中获工程地质勘察国家金质奖。在建设方面，采用国际通行模式，由有关方面集资，并利用世行贷款，成立业主单位主持建设。凡利用外资的项目，采用国际竞争性招标，以降低成本和引进技术，绝大部分土建工程则在国内招标，择优中标。建设中完全采用新的管理体制：即业主负责制、招标投标制、建设监理制，在参建单位的共同努力下，取得全面成功。在建设中对环境保护和移民工作给予充分重视，因此在2001年至2003年通过了国家规定的各项竣工验收（水库移民免验）。

在庆贺我国抽水蓄能建设取得巨大成就的同时，也有使人感到遗憾的地方。首先就是我国现在还不能制造高水头大容量的可逆式机组，需向外国购买，大大增加了建设和运行成本（机电设备投资往往占电站造价的大部分），这与我国急需增建更多蓄能电站的形势是不相适应的，有待我国制造业的努力。其次就是在不少同志的心目中，总认为抽水蓄能电站不能生产能量，仅起第二层次的调峰填谷作用，属于“锦上添花”性质，可以通过电网调度和需求侧管理（DSM）来

解决，因此其重要性不能和建设常规电站与输电线路相比。在二、三十年前有这种想法是自然的，简单说，当时主要是“能否吃饱”的问题，谈不上“吃好”的问题，但到了今天，形势已完全不同，我们的观点也得有所改变了。

我国目前仍处于缺电局面，全国电力建设正以空前的规模进行。其实，我国现在的缺电在很多地区是缺容量、缺峰电，而电量在总体上是能够平衡的。今后随着在建电站的投入和国家经济宏观调控的加强，解决峰谷差和提高电网的安全水平与电能质量的问题将愈显重要。加强电网调度和实施 DSM 当然是首先采用的方式，也是今后必须坚持和深化的方向。例如，利用大区间的时差，实施区域和流域间的水火联调，电厂和用户合理安排检修和轮休以错峰避峰等等，都是符合节约能源和科学发展观的精神。在必要时，将用户、地区分类，高峰时顺序安排限电、停电直到拉闸，再辅以行政手段和经济杠杆来削减峰谷差，也是目前人们能理解与接受的。但如果过分利用后面这种手段来削减甚至消灭峰谷差，我认为不仅难以做到而且是违反自然的。任何事物都有合理的波动规律，正如河流有汛期、枯期，人们也有自然的作息规律，过分地依靠行政手段和经济杠杆来削平峰谷差，就会违背自然规律，使企业无法正常生产，职工不能正常生活，这不符合“以人为本”的原则。我冒昧地讲一句：一个地区如果电量总体平衡，由于峰谷差问题难以解决而被迫采用行政、经济手段来限电拉闸，不合理地改变企业和人民的正常生产程序和作息规律，这是电力行业未尽到责任、对不起社会和人民。因此，在继续优化电网调度和大力加强合理的 DSM 外，电力行业还应千方百计利用和修建各种调峰措施，以最大程度地满足社会和人民需要。不同的电网应拥有适当的抽水蓄能电站的比例。建设必需的蓄能电站，和建设常规电站同样重要。

《天荒坪抽水蓄能电站技术总结》的出版，将起到总结成绩、交流经验的好作用，乘本书问世之际，我拉杂写下一些见解，以供参考，也算是一篇序文。

陆永宁

2007年3月19日

前言

近十多年来是我国抽水蓄能电站建设发展最快的一个阶段，由于电源结构的特点，东部的抽水蓄能电站建设远远领先于其他地区。2000年底竣工的天荒坪抽水蓄能电站顺应了经济发展及社会需求，恰逢其时。

在建设部2004年度国家级优秀工程勘察、设计评选中，天荒坪抽水蓄能电站获勘测、设计“双金奖”。

天荒坪抽水蓄能电站的特点是工程规模大、技术难度高，建设工期短，在当时是我国最大的抽水蓄能电站。

在天荒坪抽水蓄能电站的工程勘察、设计中，我院积极吸取国内外的先进技术、先进经验，设计上高起点、严要求，管理上勇于创新、敢于实践。通过天荒坪工程的建设，我们解决了抽水蓄能电站勘测、设计的许多关键技术问题，取得相当数量的优秀成果，很多项目达到或超过了国内、国际先进水平，电站整体设计在国内外领先。通过天荒坪电站的建设，我们积累了抽水蓄能电站勘测、设计、监理等全过程的丰富经验，锻炼培养出一支具有较高技术水平的科技队伍。

国家批准天荒坪抽水蓄能电站概算总投资73.77亿元，实际完成投资62.18亿元。电站竣工后，在电网的运行中起着极其重要的作用，发挥了巨大的社会效益和经济效益。天荒坪电站近几年的综合效率为80%左右，发电和抽水开机成功率均达到国家一流标准，电站电力产品年销售收入15亿元左右，扣除各种费用，净利润达到1.5亿元。

天荒坪抽水蓄能电站的成功建设是参建各方共同开拓、辛勤劳动的成果，体现了业主、设计、施工、管理、运行单位卓越的技术水平。我院值此天荒坪抽水蓄能电站获国家勘测、设计“双金奖”之际，组织编写了《天荒坪抽水蓄能电站技术总结》，我们尊敬的水电专家潘家铮院士特为本书撰写了序。

总结已建工程的经验，不仅仅是提供有价值的技术产品和建设经验的共享，更重要的是通过我们的实践证明：抽水蓄能电站的发展有着广阔的前景，是我国电源结构优化配置的重要措施。

天荒坪抽水蓄能电站工程特性表

序号及名称	单位	数量	序号及名称	单位	数量
一、水文			最大坝高/坝顶长度	m	72/576.975
1、流域面积			(二)下水库		
上水库主坝坝址以上	km ²	0.327	1、水库水位		
下水库坝址以上	km ²	24.2	设计最高蓄水位	m	344.5
2、多年平均年径流量(下水库坝址)	万 m ³	2760	设计最低蓄水位	m	295.0
3、代表性流量(下水库坝址)			设计洪水水位(P=1%)	m	347.31
多年平均流量	m ³ /s	0.876	校核洪水水位(P=0.1%)	m	348.25
设计洪水标准及流量(P=1%)	m ³ /s	536	PMF洪水水位	m	349.29
校核洪水标准及流量(P=0.1%)	m ³ /s	859	2、水库库容		
PMF流量	m ³ /s	1280	总库容(设计最高蓄水位以下)	万 m ³	859.56
4、泥沙(下水库坝址)			正常运行发电库容	万 m ³	676.76
多年平均输沙量	万 t	0.83	事故备用库容	万 m ³	125.32
多年平均含沙量	kg/m ³	0.192	死库容	万 m ³	57.48
二、动能及效益			3、坝		
1、装机容量	MW	1800	坝型:钢筋混凝土面板堆石坝		
2、有效库容			坝顶高程/防浪墙顶高程	m	350.2/351.5
正常发电有效库容	万 m ³	676.76	最大坝高(坝址处)/坝高(面板顶部)/坝高(防浪墙)	m	92/87.2/225.1
事故备用库容	万 m ³	125.32	4、溢洪道		
下游用水备用库容(仅在上库设置)	万 m ³	30	型式:岸边侧堰溢洪道(无闸门)		
3、发电及填谷效益			泄流量(设计/校核/PMF)	m ³ /s	536/859/1280
平均年发电量	亿 kW·h	30.14	消能方式:挑流消能		
平均年抽水用电量(填谷电量)	亿 kW·h	41.04	(三)输水系统		
三、主要建筑物			1、上水库进口/出水口		
(一)上水库			型式:岸式竖井进/出水口(设拦污栅)		
1、水库水位			数 量	个	2
设计最高蓄水位(正常蓄水位)	m	905.2	进口尺寸(宽×高)	m×m	23.9×10.0
设计最低蓄水位(死水位)	m	863.0	闸门型式:平面定轮事故检修闸门		
2、水库库容			闸门数量/孔口尺寸(宽×高)	扇/m×m	2/6.0×7.03
总库容(设计最高蓄水位以下)	万 m ³	919.2	2、压力管道		
正常运行发电库容	万 m ³	676.76	型式:埋藏式		
事故备用库容	万 m ³	125.32	①主 管		
下游用水备用库容	万 m ³	30	数 量	条	2
死库容	万 m ³	37.97	长度/内直径	m	882.2/7.0
3、地震基本烈度		小于Ⅵ度	岔管型式:钢筋混凝土岔管		
4、上水库防渗结构			②支 管		
型式:沥青混凝土防渗护面			数 量	条	6
面 积	万 m ²	28.50	内直径	m	3.2~2.0
5、主 坝			长 度	m	229.9~314.7
坝型:沥青混凝土斜墙土石坝			钢衬长度	m	184.5~232.7
坝顶高程/防浪墙顶高程	m	907.5/908.8	最大动水头	m	887

续表

序号及名称	单位	数量	序号及名称	单位	数量
3. 尾水隧洞			水泵毛扬程(最大/最小)	m	610.2/518.5
数量	条	6	(二)发电电动机		
长度/内直径	m	329.2~246.6/无	形式:三相立轴悬式空冷冷却可逆同步发电电动机		
4. 上水库进/出水口			台数	台	6
型式: 冲式冲坝进/出水口(设拦污栅)			额定容量:		
数量	个	6	发动机($\cos \phi = 0.90$ 滞后)	MVA	333
出口尺寸(宽×高)	m × m	10.9 × 7.0	电动机($\cos \phi > 0.975$)	MVA	336
事故闸门型式: 平面滑动高压闸门 (设在尾水事故闸门洞内)			额定电压	kV	18
事故闸门数量/孔口尺寸(宽×高)	扇/m × m	6/3.6 × 4.4	电动机起动方式: 变频启动加“背靠门”同步启动		
检修闸门型式: 平面滑动闸门			(三)其他主要设备		
检修闸门数量/孔口尺寸 (宽×高)	扇/m × m	3/4.4 × 1.9(斜面)	1. 进水阀型式: 双面止水球阀		
(四)地下厂房及开关站			台数	台	6
1. 地下厂房各洞室尺寸(长×宽×高)			内径	m	2.0
主副厂房洞	m × m × m	198.7 × 21(矢宽 22.4) × 47.73	设计压力	MPa	8.7
主变压器洞	m × m × m	180.9 × 18 × 高 24.73(常规模)	2. 桥机型式: 单小车桥机		
母线洞(6条)	m × m × m	长: 33.5 宽×高 = 6.2 × 6.5 8.2 × 9.5	台数	台	2
尾水事故闸门洞	m × m × m	147.5 × 7.2 × 15.13	起重量	t	250/50/10
进厂交通洞	m × m × m	105.7 × 8.2 × 8.45	3. 可控硅静态变频装置(SFC)		
自流排水洞(厂房墙以外)	m × m × m	1624.30 × 3.0 × 3.8	数量	套	2
2. 机组安装高程	m	225	容量	MW	22
3. 发电机层地面高程	m	239.3	额定线电压	kV	18
4. 500kV开关站			额定直线电流	A	1300
面积(长×宽)	m × m	208 × 35	频率	Hz	0~52.5
高程	m	350.20	4. 主变压器		
四. 主要机电设备			型式: 户内, 三相, 油浸, 铜绕组, 双线圈, 带有载分接开关的电力变压器		
(一) 水泵水轮机			冷却方式: DTFWF(强迫油循环风冷)		
型式: 立轴单级可逆混流式水泵水轮机			台数	台	6
台数	台	6	额定容量	MVA	360
水轮机工况额定出力	MW	306	额定电压	kV	315 ± 8 ± 1.25% / 18
水泵工况最大入力	MW	< 336	5. 500kV 电缆		
水轮机毛水头(最大/最小)	m	610.2/518.5	型式: XLPE 干式电缆		
水轮机额定净水头	m	526	额定电压(V_g/V)	kV	298/315
水轮机工况额定流量	m ³ /s	67.6	最大工作电流	A	890
			线芯标称截面/材料		800mm ² /铜
			数量	路	3
			6. 500kV 气体绝缘金属封闭开关设备(GIS)		
			额定电压	kV	550
			额定电流	A	3150
			额定短时耐受电流/持续时间	kA/s	50/3
			额定峰值耐受电流	kA	125

目 录

序 前言

第一篇 综 述

积极探索 开拓未来 为抽水蓄能电站的建设作出更大的贡献	3
华东电网抽水蓄能电站选点规划及建设	6
天荒坪抽水蓄能电站设计的几项决策	14
抽水蓄能电站勘测设计关键技术浅析	24
天荒坪抽水蓄能电站枢纽总布置	29
天荒坪抽水蓄能电站勘测设计的优秀成果	35
天荒坪抽水蓄能电站土建工程建设监理质量控制实践	47

第二篇 水 能 与 环 境

天荒坪抽水蓄能电站水能设计	53
天荒坪抽水蓄能电站工程效益分析	57
天荒坪抽水蓄能电站装机规模选择	60
天荒坪抽水蓄能电站洪水调度方式研究	64
天荒坪抽水蓄能电站设计洪水分析计算	69
天荒坪抽水蓄能电站环境保护回顾	73
天荒坪抽水蓄能电站水土保持	78
天荒坪抽水蓄能电站水库淹没影响处理	81
天荒坪抽水蓄能电站施工期的环境影响	84

第三篇 勘 测 与 边 坡

天荒坪抽水蓄能电站工程地质勘察及认识	91
天荒坪抽水蓄能电站“3·29”滑坡处理工程设计	101
天荒坪抽水蓄能电站大溪滑坡力学参数反演分析及稳定计算方法讨论	110
天荒坪抽水蓄能电站上水库全风化岩(土)工程地质特征	120
天荒坪工程双滑面计算模式及边坡支护	129
天荒坪抽水蓄能电站开关站滑坡稳定分析	133

第四篇 水 工 设 计

天荒坪抽水蓄能电站上水库设计	143
----------------	-----

天荒坪抽水蓄能电站上水库基础处理研究	149
天荒坪抽水蓄能电站上水库沥青混凝土护面设计	156
天荒坪电站上水库沥青混凝土护面裂缝分析及处理	164
天荒坪抽水蓄能电站下水库钢筋混凝土面板堆石坝设计	170
天荒坪抽水蓄能电站下水库库区清理设计	176
天荒坪抽水蓄能电站地下厂房结构动、静力分析及设计	179
天荒坪抽水蓄能电站地下厂房围岩支护设计	185
天荒坪抽水蓄能电站地下厂房洞室群排水系统设计	189
天荒坪抽水蓄能电站地下厂房岩壁吊车梁设计	194
天荒坪抽水蓄能电站输水系统设计要点	199
天荒坪抽水蓄能电站钢筋混凝土岔管设计特点及结构设计	203
天荒坪工程引水隧洞施工支洞混凝土堵头设计	208
天荒坪抽水蓄能电站原型观测设计	216
天荒坪抽水蓄能电站安全监测自动数据采集系统设计	220

第五篇 施 工 设 计

天荒坪抽水蓄能电站下水库混凝土面板堆石坝施工、运行及性状分析	227
天荒坪抽水蓄能电站地下厂房洞室群的信息化设计施工	234
天荒坪抽水蓄能电站施工给水系统设计	240
天荒坪抽水蓄能电站场内公路设计	245
天荒坪抽水蓄能电站内外资概算编制	248

第六篇 机 电 设 计

天荒坪抽水蓄能电站主机及监控系统国际招标的经验与教训	253
天荒坪抽水蓄能电站电气设计的若干问题	262
天荒坪抽水蓄能电站水力机械设计	267
天荒坪抽水蓄能电站水泵水轮机基本参数的选择	271
天荒坪抽水蓄能电站1号水泵水轮机低水头区空载稳定性改善	279
天荒坪抽水蓄能电站发电电动机	285
天荒坪抽水蓄能电站电工二次设计	290
天荒坪抽水蓄能电站计算机监控系统	295
天荒坪抽水蓄能电站继电保护设计及问题分析	303
天荒坪电站抽水蓄能机组的调速控制系统	307
天荒坪抽水蓄能电站500kV开关站设计特点	
——兼谈抽水蓄能电站开关站设计有关问题	312
天荒坪抽水蓄能电站500kV GIS设计	318
天荒坪抽水蓄能电站500kV XLPE电缆	323
天荒坪抽水蓄能电站接地系统设计	
——兼谈高电阻率地区水电站接地有关问题	329
天荒坪抽水蓄能电站照明设计	335
天荒坪抽水蓄能电站上水库及输水隧洞充水系统设计	340
天荒坪抽水蓄能电站机电设备供排水系统设计	345

天荒坪抽水蓄能电站上水库沥青混凝土防渗护面夏季喷淋降温保护系统	349
天荒坪抽水蓄能电站工业电视监视系统	351
天荒坪抽水蓄能电站全厂火灾报警控制设计	354
天荒坪抽水蓄能电站通风空调系统设计中若干问题探讨	360
天荒坪抽水蓄能电站中无机不燃玻璃钢风管的应用	368
天荒坪抽水蓄能电站电缆廊道高倍数泡沫自动灭火系统设计与应用	372

第七篇 金属结构

天荒坪抽水蓄能电站金属结构的布置和设计	377
天荒坪抽水蓄能电站上、下水库进/出水口拦污栅设计	382
天荒坪抽水蓄能电站上水库进/出水口事故检修闸门设计	386
天荒坪抽水蓄能电站地下厂房尾水事故闸门设计	388
天荒坪抽水蓄能电站厂房尾水事故闸门液压启闭机设计特点	393

第八篇 试验与研究

天荒坪厂房结构振动控制标准的研究	399
天荒坪电站地下厂房机组基础刚度分析及设计	408
天荒坪抽水蓄能电站水力学模型试验研究	414
天荒坪抽水蓄能电站厂内明钢管段应力测试与分析	425
天荒坪抽水蓄能电站甩负荷过渡过程实测成果仿真分析	428
GPS形变监测技术在天荒坪电站水库坝区的监测网试验	433
天荒坪抽水蓄能电站岔管区域高压渗透试验	438
天荒坪抽水蓄能电站拦污栅旋涡脱落模型试验研究	444
天荒坪机组突甩负荷试验工况蜗壳进口压力的统计特性剖析	450

第九篇 工程施工

天荒坪抽水蓄能电站上库沥青混凝土防渗护面施工	457
天荒坪抽水蓄能电站水工沥青的选择与应用	461
天荒坪抽水蓄能电站上水库沥青混凝土面板施工质量控制	466
天荒坪电站上水库坝体高含水量土料填筑施工	470
天荒坪电站下库坝钢筋混凝土面板施工	474
天荒坪电站下库面板堆石坝坝料的选择、试验与施工质量控制	479
天荒坪抽水蓄能电站下库进/出水口滑模施工	486
天荒坪电站地下洞室施工技术	490
天荒坪抽水蓄能电站高压长斜井开挖	495
天荒坪抽水蓄能电站高压钢筋混凝土岔管施工	500
天荒坪电站高压隧洞的灌浆施工	505
天荒坪电站地下厂房爆破震动控制	509
天荒坪抽水蓄能电站地下洞室岩壁、顶拱防渗处理	517
天荒坪抽水蓄能电站地下厂房岩壁吊车梁的施工	522
天荒坪抽水蓄能电站尾闸室预应力锚杆施工	526
天荒坪抽水蓄能电站导流洞工程施工	529

阿立马克爬罐在天荒坪工程中的应用.....	536
天荒坪抽水蓄能电站下水库左岸滑坡处理工程施工综述.....	540
天荒坪电站 500kV 开关站开挖与边坡整治施工	
——兼论开挖爆破对高边坡稳定的影响及对策.....	547

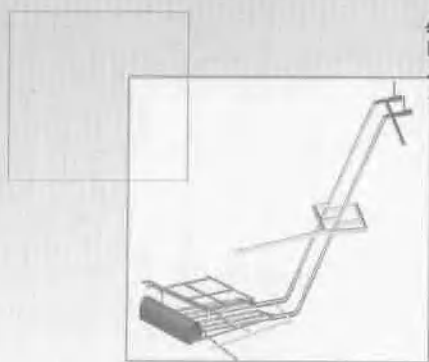
第十篇 建设监理

天荒坪抽水蓄能电站土建工程监理工作实践.....	553
天荒坪抽水蓄能电站“3·29”滑坡体整治工程施工及监理	557
天荒坪抽水蓄能电站引水系统斜井贯通控制测量监理.....	561
天荒坪抽水蓄能电站上游输水斜井混凝土衬砌滑模施工与监理.....	565
天荒坪电站尾闸室岩壁吊车梁施工及质量控制.....	570
天荒坪抽水蓄能电站尾水系统灌浆施工质量控制.....	574
天荒坪抽水蓄能电站下水库面板堆石坝施工质量控制.....	577
天荒坪抽水蓄能电站金属结构制造安装质量控制.....	581
浅谈天荒坪抽水蓄能电站工程索赔管理.....	584
PS 软件在天荒坪工程管理中的应用	587
天荒坪抽水蓄能电站下水库溢洪道施工管理.....	591

第十一篇 调试及运行

天荒坪抽水蓄能电站输水系统充排水试验.....	599
天荒坪抽水蓄能电站的调度运行原则.....	604
天荒坪电厂监控系统与华东总调的通信.....	608
天荒坪抽水蓄能电站的电压控制.....	613
天荒坪电厂条码设备巡检检系统的应用.....	617
导叶不同步装置在天荒坪抽水蓄能电站的应用.....	621
GE 导轴承设计特点及甩油处理	629
300MW 水泵水轮机主轴工作密封的改进	632
天荒坪机组甩负荷试验压力钢管压力上升分析.....	635
一起 500kV 变压器故障原因分析	639
天荒坪抽水蓄能电站 RTD 失效机理的分析与研究	643
天荒坪电站下水库面板坝仪器埋设及观测分析.....	648

第一篇 综 述



积极探索 开拓未来 为抽水蓄能电站的建设作出更大的贡献

范成贤 何斌铨

(华东勘测设计研究院)

天荒坪抽水蓄能电站是华东地区第一座大型的抽水蓄能电站,安装6台300MW机组,总装机容量1800MW,是全国已建和在建的单个厂房装机容量最大、水头最高的抽水蓄能电站。电站第一台机组(1号机组)已于1998年9月30日投产,2号、4号、5号和3号机组先后于1998年12月底、1999年8月中旬、1999年12月中旬及2000年3月上旬投运,最后一台机组于2000年12月发电。

天荒坪抽水蓄能电站的建成,是参建各方开拓进取,辛勤劳动的硕果,也凝聚了华东院人多年的智慧和心血。

回顾天荒坪电站的建设历程,确实走过了一段不平凡的路。华东电网的抽水蓄能电站规划选点工作开始于1974年。1979年华东院正式接受华东电网抽水蓄能电站的规划选点任务,天荒坪电站被选作第一期开发的“点子”后,1984年2月原水电总局下文,将天荒坪电站列为可行性研究项目,经过2年多的努力,1986年6月华东院完成《天荒坪抽水蓄能电站可行性研究报告》,同年10月原水电部水利水电规划设计总院会同华东电业管理局、浙江省计经委审查通过了可行性研究报告。1987年3月原水电部水利水电规划设计总院下达初步设计任务书,初步设计工作启动。1989年12月华东院完成《天荒坪抽水蓄能电站初步设计报告》,1990年5月水利水电规划设计总院会同有关部门审查通过了初设报告。1988年7月原国家能源投资公司和“三省一市”(浙江省、江苏省、安徽省和上海市)在杭州签订《关于集资建设天荒坪抽水蓄能电站协议书》。1991年8月原国家计委批复《天荒坪抽水蓄能电站项目建议书》,1993年8月原国家计委批准利用世界银行贷款3亿美元引进主机等关键设备,至此天荒坪抽水蓄能电站的前期工作及立项进程圆满地告了一个段落。

1992年6月原国家计委下文批准天荒坪抽水蓄能电站开始进行施工准备工作,同月“三通一平”等前期工程动工。1994年3月主体工程——地下厂房开挖正式开工,与此同时,其他主体工程项目施工也全面铺开,经过1年2个月施工,1995年12月31日,处于关键线路上的地下厂房和尾水闸门洞的开挖结束,1996年1月30日主变洞开挖结束,至此地下洞室群开挖基本完成,同时上下水库等明挖和填筑工程量也已超过一半,土建挖填工程施工进入收尾阶段。1996年1月29日1号机组肘管下基坑,标志着一个新的阶段——机电安装的正式开始。1号机组于1998年5月31日水轮机工况整机启动调试,7月21日首次并网成功,往上库抽水,9月30日投入试生产。从主厂房开始开挖到1号机组投入试生产,历时55个月。

华东勘测设计研究院地处华东地区,建院40多年来,为我国,特别是华东地区的水电建设作出了积极的贡献。进入20世纪70年代特别是改革开放以后,华东地区经济持续高速发展,电力供需矛盾日趋突出,电网调峰填谷任务日趋繁重,在电网的能源结构的调整渐感迫切的形势下,华东院积极探索深度开发华东地区水能资源的方法、步骤和目标,尤其重点研究开发抽水蓄能电站的经济性和必要性。华东院1978年在杭州重组前,其前身之一的原水电部第十四工程局勘测设计处和原第十二工程局勘测设计院就开始了抽水蓄能电站的初期探索,并在江苏、安徽两省进行规划选点,提出了相应的报告。建院后,1979年华东院正式接受华东电网的抽水蓄能电

站规划选点任务后,规划选点工作除了苏南地区抽水蓄能电站选点复勘外,还把范围扩大到浙江北部和安徽东南部地区。天荒坪抽水蓄能电站站址就是在这次选点中发现的,并推荐为华东电网的近期开发项目。与此同时对华东电网建设抽水蓄能电站的必要性和经济性也在进行调查研究和论证。建设抽水蓄能电站在当时是一件新鲜的事物,而且涉及的面广,牵动的部门多,对华东电网是否必须兴建抽水蓄能电站,众说纷纭。持不同技术经验见解者认为:电力供应紧张,没有多余的电力抽水;火电也是可以调峰的,调峰耗煤不多;现在缺的是电量不是容量,而且我国还穷,“粗粮”都吃不饱,哪还有条件吃“细粮”(指提高电能质量)和“三度换两度”经济上也不合理等等。面对当时的不同认识,华东院在勘测设计过程中(如果从规划选点开始到1992年6月天荒坪抽水蓄能电站前期工程开工建设,前后近20个年头的勘测设计过程中),从选点报告、可行性研究报告、初设报告,直到上报项目建议书和国家批准开工建设,进行了大量的、深入的调查研究及论证宣传工作,不仅使自身提高了对抽水蓄能电站的认识水平和研究水平,而且通过对自己工作成果的介绍、宣传和报批,也使有关部门和领导原则认可;在火电为主的华东电网中,建设一定容量比例的抽水蓄能电站是非常必要的。

工程正式开工后,华东院面临了新的建设管理体制——业主负责制、招标投标制、建设监理制。天荒坪项目管理严格按这三项建设体制运行。天荒坪工程的特点是工程规模大,投资额度大,建设工期紧,对参建各方都提出了极高的要求。对设计而言,该工程水头高,装机容量大,技术复杂难度大,同时工程分标多(建设主体工程共划分为6个标,土建5个标,机电1个标),标书编制工作量大,施工图纸供图时间紧。面对这样艰苦的任务,华东院在生产组织和管理中牢固树立“为工程服务、为业主服务”的思想,急工程所急,精心组织,合理调度人力、物力,满足工程的要求。在天荒坪工程出图高峰,不惜成本,强化生产管理组织和现场设代工作,做到组织落实、人员落实、有求必应,保证按时保质保量供应施工图纸,及时处理和解决现场施工出现的重大技术问题。

建设监理制是保证工程质量、进度,控制投资的有效途径,华东院承担了天荒坪工程施工土建四个标的监理任务。为确保工程质量,监理一靠管理,二靠技术,为工程的质量控制立下了汗马功劳,取得了成功的经验,锻炼了队伍,培养了人才。

设计是工程的灵魂,科技进步是建成优质工程的根本保证。在天荒坪电站的设计中,华东院狠抓技术进步和人才培养,设计水平瞄准世界同类工程先进水平,取得了一系列科技进步成果。

(1) 上水库主副坝充分利用高含水量、低天然容重的全风化土筑坝,解决了上水库筑坝材料短缺的问题;下水库选择面板堆石坝,利用开挖渣料筑坝,使弃渣变废为宝,还节约了弃场地的面积。

(2) 利用围岩工程地质条件好,地应力高等有利因素,上游输水系统(斜井和岔管)选择钢筋混凝土衬砌,岔管承受的最大静水压力680.2m水头,动水压力887m水头,居全国首位,投入运行后,上游输水系统的漏水量在国外相类似工程常见的漏水量范围内。

(3) 上水库全库盆 28.5万 m^2 采用沥青混凝土护面防渗,在全国是首例,运行显示其较强的适应地基不均匀沉降的能力和产生裂缝后修补简易、修补时间较短的优点。

(4) 地下洞室的喷锚支护和岩壁吊车梁的运行正常。

(5) 主副厂房结构设计合理,动力响应小,为运行创造了良好的环境。

(6) 以地下厂房的自流排水洞为特色的排水系统大大提高了地下厂房运行安全性,反映了设计者匠心独具。

(7) 攻克高水头、大容量抽水蓄能机组参数与结构选择难关,保证天荒坪抽水蓄能电站安全经济运行,也为完成国家“八五”重大科研攻关项目“大型抽水蓄能机组参数选择”作出了贡献。