

OPERATION MANAGEMENT OF
THREE GORGES HYDROPOWER PLANT

三峡电站运行管理

李永安 张 诚 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

OPERATION MANAGEMENT OF
THREE GORGES HYDROPOWER PLANT

三峡电站运行管理

李永安 张 诚 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

三峡工程是世界上最大的水利枢纽工程，三峡电站是世界上最大的水电站。本书从电站的筹建、设备接管、调度、运行、维修、安全与环境管理、电能消纳、预算管理、成本控制、物资管理、标准化体系、人力资源、信息化建设等方面对三峡电站的运行管理进行了全面总结。

图书在版编目 (CIP) 数据

三峡电站运行管理/李永安, 张诚主编. —北京: 中国电力出版社, 2009

ISBN 978 - 7 - 5083 - 9902 - 7

I. ①三… II. ①李… ②张… III. ①水力发电站 - 运行 - 三峡 ②水力发电站 - 管理 - 三峡 IV. ①TV737

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 231021 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 [http: //www. cepp. com. cn](http://www.cepp.com.cn))

北京盛通印刷股份有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 12 月第一版 2009 年 12 月北京第一次印刷

710 毫米 × 980 毫米 16 开本 28 印张 522 千字

印数 0001—3200 册 定价 59.00 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

本书编委会

主任编委：李永安

副主任编委：张 诚

编委会成员：马振波 陈国庆 薛福文 袁 杰

赵 峰 李绍平 王 宏 祝华瑛

张立平 鲁结根 陈健国 王晓健

汪大贵 雷增卷 周 勇 徐 澄

李 冉 李卫兵 姚仁海 高彩平

杨左兵 吴丹清 黄 勋 韩 冰

方弟州

序

三峡工程是目前世界上最大的水利枢纽工程，是治理和开发长江的关键性工程，是全面建设小康社会的基础性工程，是中华民族几代人的百年梦想。自1993年三峡工程开工建设以来，三峡建设者经过不懈努力，于2008年基本完成了初步设计的建设任务。目前三峡工程的防洪、发电、航运等巨大综合效益日益显现：荆江告别了洪水肆虐，川江挥别了激流险滩，三峡电站使全国电网跨区互联，为华中、华东和南方等十省市的经济发展提供了优质清洁能源。

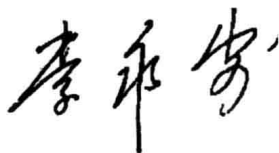
三峡工程的电站由左岸电站、右岸电站、地下电站（建设中）和电源电站组成，共安装32台单机容量700MW和2台50MW的水轮发电机组，装机总容量22500MW。三峡电站机型巨大，主辅设备众多，投产接管周期紧张，运行管理极富挑战。三峡电站从2003年7月左岸电站首台机组并网发电，到2008年10月右岸电站最后一台机组投产，在短短五年内完成了机组安装调试、移交接管和运行管理，初始设计的左右岸电站26台机组和电源电站机组提前一年全部投产运行。

从事三峡电站运行管理的广大技术人员与建设者一样，胸怀“为我中华、志建三峡”的理想，以创建一流电站为目标，从2000年开始电力生产准备工作，经过八年多的探索、创新和实践，不仅实现了三峡电站的安全运行、发挥了其巨大综合效益，也不断增强了大型梯级水电站和巨型水轮发电机组的调

度、运行和检修的管理能力。

为系统总结三峡电站在筹建、运行和管理等各方面的经验和成绩，为中国长江三峡集团公司正在进行的金沙江下游的溪洛渡、向家坝等电站建设和运行管理提供可复制的经验，中国长江电力股份有限公司组织编撰完成了《三峡电站运行管理》一书。本书作者从亲身实践出发，全面客观地总结了三峡电站筹建、接机、运行、调度、检修、安全管理、电力营销、成本控制、物资供应、人力资源、信息化建设等方面的经验，可谓感同身受、言之有据、真知灼见。希望本书不仅为中国长江三峡集团公司，而且为我国今后的大型水电站乃至其他大型工程建设提供借鉴和参考。

是为序。

A handwritten signature in black ink, consisting of three characters: '李' (Li), '希' (Xi), and '谦' (Qian), written in a cursive style.

二〇〇九年十二月

目 录

序

第一章 三峡工程简述	(1)
第一节 三峡工程	(3)
第二节 三峡电站	(5)
第二章 三峡电厂的筹建与运行管理总体思路	(29)
第一节 电厂筹建	(31)
第二节 电站管理的发展规划	(36)
第三节 精益生产管理	(44)
第四节 电站生产组织管理	(51)
第三章 设备接管	(55)
第一节 建管结合 无缝交接	(57)
第二节 水轮发电机组接管情况简介	(72)
第三节 机组“首稳百日”活动	(75)
第四章 调度管理	(81)
第一节 三峡调度的特点和任务	(83)
第二节 三峡梯级调度自动化系统	(86)
第三节 三峡通信系统	(94)
第四节 三峡—葛洲坝梯级调度	(106)

第五章 运行管理	(117)
第一节 集中监控管理和运行管理方式优化	(119)
第二节 发电控制管理	(121)
第三节 缺陷管理	(124)
第四节 两票三制	(126)
第五节 应急管理	(131)
第六章 维修管理	(133)
第一节 精益维修理念	(135)
第二节 三峡电站维修策略	(136)
第三节 三峡电站维修策划	(147)
第四节 精益化过程控制	(161)
第五节 维修的后评价	(173)
第七章 安全与环境管理	(179)
第一节 水电站常规安全管理	(181)
第二节 三峡电站安全管理特色	(194)
第三节 三峡电站环境保护	(215)
第八章 三峡电能消纳	(225)
第一节 三峡电能消纳特点和面临的市场环境	(227)
第二节 三峡电能消纳	(232)
第三节 三峡电能定价机制	(235)
第四节 三峡电能购售电合同管理	(241)
第五节 三峡电能消纳效果	(243)
第九章 预算管理 with 成本控制	(249)
第一节 预算管理	(251)
第二节 成本费用控制	(254)
第三节 项目预算管理	(262)
第四节 资金管理	(303)
第五节 预算执行与成本控制考核	(309)

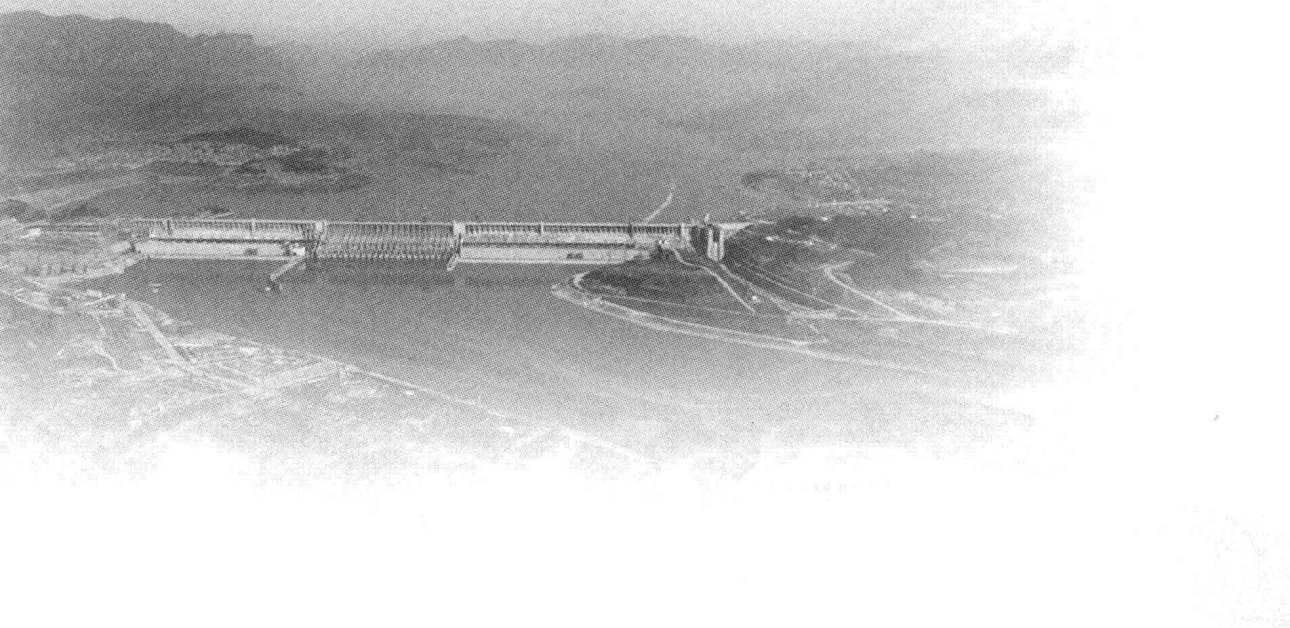
第十章 物资管理	(315)
第一节 概述	(317)
第二节 物资计划管理	(323)
第三节 物资采购管理	(329)
第四节 仓储管理	(338)
第五节 物资管理信息化	(342)
第十一章 标准化体系管理	(355)
第一节 简述	(357)
第二节 标准化管理体系的策划与建设	(359)
第三节 标准化管理体系文件	(363)
第四节 标准化体系的执行与闭环控制	(367)
第五节 标准化管理体系绩效评估与持续改进	(373)
第十二章 人力资源管理	(383)
第一节 人力资源管理体系	(385)
第二节 人力资源规划与配置	(386)
第三节 人力资源的培训与开发	(395)
第四节 绩效管理	(399)
第五节 薪酬与薪酬管理	(404)
第六节 人力资源管理工作的展望	(410)
第十三章 信息化管理	(411)
第一节 信息化管理的目标与任务	(413)
第二节 信息化管理系统规划设计	(414)
第三节 高度集成的水电厂生产管理信息系统(ePMS)	(416)
第四节 电力运营绩效信息化管理(eKPI)	(423)
第五节 企业信息集成系统(EIIS)	(434)
后记	(436)

三峡电站运行管理

Operation Management of Three Gorges Hydropower Plant

第一章

三峡工程简述





第一节 三 峡 工 程

一、三峡工程简介

长江三峡水利枢纽工程（以下简称三峡工程）凝聚了中华民族几代人的百年梦想，它是目前中国也是世界上最大的水利枢纽工程，是治理和开发长江的关键骨干性工程。

三峡工程由大坝、水电站厂房和通航建筑物三大部分组成（见图 1-1）。由于工程规模大、项目多，计划建设工期长达 17 年，分三个阶段进行。第一阶段（1993 ~ 1997 年）施工 5 年，以实现大江截流为标志。1997 年 11 月 8 日，三峡工程大江截流成功实现；第二阶段（1998 ~ 2003 年）施工 6 年，以实现水库初期蓄水、第一批机组发电和永久船闸通航为标志。2003 年 6 月 10 日，实现初期蓄水 135m，6 月 16 日，双线五级船闸试航成功，7 月 10 日，首台机组投产；第三阶段（2004 ~ 2009 年）施工计划 6 年，以实现全部机组发电和枢纽工程全部完建为标志，2008 年，三峡右岸电站机组全部投产发电，全国人民代表大会审议通过的三峡工程初步设计的主体工程提前一年全部竣工。



图 1-1 三峡工程示意

1994 年底三峡工程开工后，根据科学测算，三峡工程动态投资需要 2039 亿元，其中包括静态投资 900.9 亿元（含国家核准的三峡水利枢纽工程投资 500.9 亿元、水库淹没处理及移民安置费用 400 亿元），物价、税费等上涨的价差 749 亿元，贷款利息、债券等融资成本 389 亿元。截至 2008 年 12 月底，三峡工程累计完竣

态投资 1483 亿元。近年来由于我国经济发展、物价稳定和利率下调,预计到工程全部完工,静态投资可控制在国家批准的概算之内,动态投资可控制在初期预测的范围之中。

三峡工程开工伊始,即采用了项目法人负责制、招标承包制、工程建设监理制和合同管理制等四大管理机制。

(1) 项目法人负责制。中国长江三峡工程开发总公司(以下简称三峡总公司)为三峡工程的项目法人,全面承担三峡工程项目的筹划、筹资、建设、经营、还贷、资产保值和增值,全面负责三峡枢纽工程的建设和经营管理。

(2) 招标承包制。三峡总公司按照“公开招标、公平竞争、公正评标”的原则,通过市场竞争机制,优选国内的建筑承包商和国内外的设备制造商参与三峡工程的建设;为避免决策失误,委托中介机构代理招标,聘请专家组进行独立评标,并根据专家组评标推荐意见,通过集体讨论确定中标单位。

(3) 工程建设监理制。三峡工程参照国内外成功惯例,通过招标聘请有资质的监理单位负责工程建设和设备制造的全过程监理。监理工程师是项目法人在施工现场和制造加工现场的代表,全面负责施工和制造过程中的质量、进度、造价、安全等的监督和管理。

(4) 合同管理制。在市场经济条件下,项目法人与设计、施工、监理等参建单位不存在行政领导关系。合同是维持各方关系的纽带。项目法人依照国家法律规定,以合同的方式将建设管理目标与责任关系分解并延伸到施工承包商、工程监理、设计单位,形成了设计、施工、监理等对项目法人负责、项目法人对国家负责的工程建设管理机制。

二、三峡工程主要功能

长江干支流上蕴藏着丰富的水电资源,在支流上已投产的大型电站有雅砻江上的二滩电站(装机容量 3300MW)、大渡河干流上的龚嘴电站(装机容量 700MW)、乌江上的乌江渡电站(装机容量 630MW)、清江上的水布垭电站(装机容量 1840MW)和隔河岩电站(装机容量 1200MW)等;目前在金沙江下游由三峡总公司负责开发的在建电站有溪洛渡电站与向家坝电站,拟建的有乌东德电站与白鹤滩电站。包括国务院三峡工程建设委员会后续批准扩建的地下电站在内,三峡电站总装机容量 22 500MW。在长江干支流上的所有电站中,三峡电站的装机容量无疑是最大的。

根据设计,三峡工程水库正常蓄水位 175m,总库容 393 亿 m^3 ;水库全长 600km 左右,平均宽度 1.1km;水库面积 1084 km^2 ,控制流域面积 100 万 km^2 。三峡工程具有防洪、发电、航运等综合功能。

(1) 防洪。兴建三峡工程的首要目标是防洪。三峡水利枢纽是长江中下游防



洪体系中的关键性骨干工程。其地理位置优越，可有效地控制长江上游洪水。经三峡水库调蓄，可使荆江河段防洪标准由三峡工程建成之前的约 10 年一遇提高到 100 年一遇。遇到 1000 年一遇或类似于 1870 年的特大洪水，可配合荆江分洪等分蓄洪工程的运用，防止荆江河段两岸发生干堤溃决的毁灭性灾害，减轻中下游洪灾损失和对武汉市的洪水威胁，并为洞庭湖区的治理创造条件。

(2) 发电。三峡电站平均年发电量 881 亿 kWh。它将为经济发达、能源不足的华东、华中和华南地区提供可靠、廉价、清洁的可再生能源，对经济发展和减少环境污染起到重大作用。

(3) 航运。三峡水库将显著改善宜昌至重庆 660km 的长江航道，万吨级船队可直达重庆港。航道单向年通过能力可由三峡工程建成之前的约 1000 万 t 提高到 5000 万 t，运输成本可降低 35% ~ 37%。经水库调节，宜昌下游枯水季最小流量，可从三峡工程建成之前的 $3000\text{m}^3/\text{s}$ 提高到 $5000\text{m}^3/\text{s}$ 以上，使长江中下游枯水季节航运条件也有较大的改善。

(4) 其他效益。三峡工程形成的巨型水库还具有生态、养殖、旅游、灌溉及供水等突出功能。

第二节 三 峡 电 站

三峡电站由 4 座电站组成，分别是左岸电站、右岸电站、地下电站和电源电站，共安装 32 台单机容量 700MW 和 2 台 50MW 的水轮发电机组。

一、主要机电设备

(一) 水轮发电机组

三峡左岸、右岸及地下电站共安装额定容量 700MW 的水轮发电机组 32 台，其中左岸电站装机 14 台，1 ~ 3 号、7 ~ 9 号共 6 台机组由 VGS 联营体（由德国 Voith、加拿大 GE、德国 Siemens 公司组成）为主、中国东方电机股份有限公司（简称东电）为辅合作生产；4 ~ 6 号、10 ~ 14 号机组共 8 台由法国 Alstom 公司为主、中国哈尔滨电机有限责任公司（简称哈电）为辅合作生产；右岸电站装机 12 台，15 ~ 18 号机由东方电机股份有限公司生产，19 ~ 22 号机由法国 Alstom 公司生产，23 ~ 26 号机由哈尔滨电机有限责任公司生产；地下电站装机 6 台，27 号、28 号机组由东方电机股份有限公司生产，29 号、30 号机组由天津 Alstom 公司生产，31 号、32 号机组由哈尔滨电机有限责任公司生产。三个电站水轮发电机组主要技术参数见表 1-1 ~ 表 1-3。

表 1-1

左岸水轮发电机组的主要技术参数

参数	VGS 机组	Alstom 机组
额定水头 (m)	80.6	80.6
额定转速 (r/min)	75	75
水轮机转轮喉径 (mm)	9600	9800
结构型式	立轴半伞式	立轴半伞式
冷却方式	半水冷方式 (定子绕组水冷)	半水冷方式 (定子绕组水冷)
转子直径 (mm)	18 433	18 737
定子直径 (mm)	21 420	20 900
额定容量/最大容量 (MVA)	777.8/840	777.8/840
额定电压 (kV)	20	20
额定电流 (A)	22 453.8	22 453.8
额定频率 (Hz)	50	50
功率因数	0.9	0.9
临界转速 (r/min)	205	187.5
磁极对数	40	40
定子槽数	510	540
并联支路数	5	5
接线方式	波绕	波绕
交轴超瞬变电抗与直轴超瞬变电抗之比	1.3 (1.3)	1.14 (1.14)
直轴同步饱和电抗 (%)	≤ 88 (≤ 95)	≤ 83.3 (≤ 90.90)
直轴同步不饱和电抗 (%)	≤ 97 (≤ 105)	≤ 93.9 (≤ 101.50)
直轴饱和和瞬变电抗 (%)	≤ 30 (≤ 32)	≤ 29.5 (≤ 31.90)
直轴不饱和和瞬变电抗 (%)	≤ 32 (≤ 35)	≤ 31.5 (≤ 34)
直轴饱和超瞬变电抗 (%)	≥ 20 (≥ 21.60)	≥ 20 (≥ 21.6)
直轴不饱和超瞬变电抗 (%)	≥ 22 (≥ 23)	≥ 24 (≥ 25.9)
交轴同步电抗 (%)	≤ 74 (≤ 80)	≤ 69 (≤ 74.50)
负序电抗 (%)	≤ 30 (≤ 32)	≤ 25.8 (≤ 27.80)
零序电抗 (%)	≤ 14 (≤ 15)	≤ 20 (≤ 21.60)
短路比	≥ 1.2 (≥ 1.1)	≥ 1.2 (≥ 1.1)
直轴瞬变开路时间常数 (s)	11.1 (11.1)	10.1 (10.1)
直轴瞬变短路时间常数 (s)	4 (4)	3.2 (3.2)



续表

参数	VGS 机组	Alstom 机组
定子绕组短路时间常数 (s)	0.32 (0.32)	0.28 (0.28)
额定励磁电压 (V)	364	447
最大励磁电压 (V)	380	473
空载励磁电流 (A)	2190	2233
额定励磁电流 (A)	3779	3917

表 1-2

右岸水轮发电机组的主要技术参数

参数	东电机组	Alstom 机组	哈电机组
额定水头 (m)	85	85	85
额定转速 (r/min)	75	71.4	75
水轮机转轮喉径 (mm)	9342	9540	9969
结构型式	立轴半伞式	立轴半伞式	立轴半伞式
冷却方式	半水冷方式 (定子绕组水冷)	半水冷方式 (定子绕组水冷)	全空冷
转子直径 (mm)	18 436	18 744	18 704
定子直径 (mm)	21 420	21 000	20 900
额定容量/最大容量 (MVA)	777.8/840	777.8/840	777.8/840
额定电压 (kV)	20	20	20
额定电流 (A)	22 453.8	22 453.8	22 453.8
额定频率 (Hz)	50	50	50
功率因数	0.9	0.9	0.9
临界转速 (r/min)	190	179	313
磁极对数	40	42	40
定子槽数	510	630	840
并联支路数	5	6	8
接线方式	波绕	波绕	波绕
交轴超瞬变电抗与直轴 超瞬变电抗之比	1.3 (1.3)	1.11 (1.11)	1.05 (1.05)
直轴同步饱和电抗 (%)	≤88 (≤95)	≤82.2 (≤88.8)	≤82.8 (≤89.4)
直轴同步不饱和电抗 (%)	≤97 (≤105)	≤95.2 (≤103)	≤94.5 (≤102)
直轴饱和和瞬变电抗 (%)	≤30 (≤32)	≤30 (≤33)	≤28.9 (≤31.3)

续表

参数	东电机组	Alstom 机组	哈电机组
直轴不饱和瞬变电抗 (%)	≤ 32 (≤ 35)	≤ 32 (≤ 35)	≤ 31 (≤ 33.5)
直轴饱和超瞬变电抗 (%)	≥ 20 (≥ 21.60)	≥ 20.4 (≥ 22)	≥ 20.5 (≥ 22.1)
直轴不饱和瞬变电抗 (%)	≥ 22 (≥ 23)	≥ 25.5 (≥ 27.5)	≥ 24.5 (≥ 26.5)
交轴同步电抗 (%)	≤ 74 (≤ 80)	≤ 69.4 (≤ 74.9)	≤ 69 (≤ 74.50)
负序电抗 (%)	≤ 30 (≤ 32)	≤ 26.7 (≤ 28.80)	≤ 25.2 (≤ 27.2)
零序电抗 (%)	≤ 14 (≤ 15)	≤ 16.1 (≤ 17.4)	≤ 12.3 (≤ 13.3)
短路比	≥ 1.2 (≥ 1.1)	≥ 1.2 (≥ 1.1)	≥ 1.2 (≥ 1.11)
直轴瞬变开路时间常数 (s)	11.1 (11.1)	10.8 (10.8)	9.32 (9.32)
直轴瞬变短路时间常数 (s)	4 (4)	3.63 (3.63)	2.91 (2.91)
定子绕组短路时间常数 (s)	0.32 (0.32)	0.362 (0.362)	0.4 (0.4)
额定励磁电压 (V)	364	481	465
最大励磁电压 (V)	380	509	484
空载励磁电流 (A)	2120	2154	2393
额定励磁电流 (A)	3779	3781	4110

表 1-3

地下电站发电机的主要技术参数

参数	东电机组	Alstom 机组	哈电机组
额定水头 (m)	85	85	85
额定转速 (r/min)	75	71.4	75
水轮机转轮喉径 (mm)	9342	9540	9969
结构型式	立轴半伞式	立轴半伞式	立轴半伞式
冷却方式	蒸发冷却	半水冷方式 (定子绕组水冷)	全空冷
转子直径 (mm)	18 436	18 744	18 704
定子直径 (mm)	21 420	21 000	20 900
额定容量/最大容量 (MVA)	777.8/840	777.8/840	777.8/840
额定电压 (kV)	20	20	20
额定电流 (A)	22 453.8	22 453.8	22 453.8
额定频率 (Hz)	50	50	50
功率因数	0.9	0.9	0.9
临界转速 (r/min)	195	179	313