



国家电网
STATE GRID

中国三峡输变电工程

工程调试卷

国家电网公司 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

中国三峡输变电工程

工程调试卷

国家电网公司 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本卷隶属于《中国三峡输变电工程》丛书体系，整个丛书共有八卷，包括《综合卷》、《系统规划与工程设计卷》、《工程建设与环境保护卷》、《科技创新卷》、《交流工程与设备国产化卷》、《直流工程与设备国产化卷》、《工程调试卷》、《调度通信自动化与生产运行卷》，规模超过400万字，在资源配置、能源消费、建设管理、电力市场、产业升级和科技创新等各个方面全面反映了三峡输变电工程顺利建设运行的重大意义。

本卷是工程调试卷，共六章，内容包括工程调试简述、三峡输变电工程调试组织管理、交流输变电工程调试、三常、三广和三沪工程调试、灵宝背靠背工程调试和工程调试主要成果。本卷可供各区域电网公司、省（自治区、直辖市）电力公司、电力系统各建设单位，以及从事电网建设工程规划、设计、科研、生产运行、设备制造等人员使用。

图书在版编目（CIP）数据

中国三峡输变电工程. 工程调试卷/国家电网公司编著. —北京：中国电力出版社，2008

ISBN 978 - 7 - 5083 - 8122 - 0

I. 中… II. 国… III. ①输电 - 电力工程 - 调试 - 三峡
②输电 - 电力工程 - 调试 - 三峡 IV. TM7 TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2008）第 187322 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>）

北京盛通印刷股份有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2008年12月第一版 2008年12月北京第一次印刷

710毫米×980毫米 16开本 19印张 257千字

印数0001—2500册 定价 62.00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

《中国三峡输变电工程》丛书

一、编写委员会

主任委员	刘振亚				
副主任委员	祝新民	陈进行	郑宝森	陈月明	舒印彪
	曹志安	栾军	李汝革	汪建平	
委员	马治中	刘肇绍	王敏	卢健	于刚
	张丽英	杜至刚	欧阳圣英	吴玉生	李庆林
	崔继纯	王风华	赵庆波	李荣华	余卫国
	王益民	王相勤	曹永新	郭剑波	李一凡
	喻新强	孙昕	李向荣	张启平	许以作
	邓建利	林野	许世辉	冯雪原	杜宝增
	王颖杰	刘广迎	胡贵福	张智刚	吕建平
	陈玉芬	梁旭明	王剑波	汤文全	崔吉峰
	李文毅	路书军	张建坤	孙竹森	殷琼
	刘建明	张文亮	卜凡强	张运洲	葛正翔
	王海啸	宗健			

二、顾问专家组

组长	陆延昌	周小谦			
成员	刘本粹	赵遵廉	许可达	霍继安	孙家骏
	周仲仁	魏恭华	孙竹森	印永华	丁功扬
	尤传永	向力	郑怀清	牛山	余乐

陶 瑜 邬 雄 李 正 谢国恩 宋璇坤
李宝金 曾南超 胡惠然 付锡年 黄晓莉
杨崇儒 方 静

三、本卷编写工作组

组 长 喻新强
副 组 长 梁旭明 印永华 常 浩 傅 军 凌 平
成 员 丁燕生 王祖力 马为民 杨万开 曾南超
刘文浩 康 健 韩 伟 金 涛 周友斌

四、本卷责任编辑

丁 雁 谭学奇 张 涛 雍志娟

长江三峡水利工程（以下简称三峡工程）是国家重点工程，也是目前世界上最大的水利枢纽工程。工程由枢纽工程、输变电工程和移民工程三部分组成，在防洪、发电、航运等各方面具有巨大的社会效益和经济效益，对我国的经济建设、社会发展具有重大战略意义。

三峡输变电工程是三峡工程的重要组成部分，承担着三峡水电送出的重要任务。工程于1997年开工建设，2007年竣工投产。工程总投资394.5亿元，建成直流输电工程4项、交流输变电工程88项，新增变电容量2275万kVA、输电线路6519km。工程以三峡电站为中心，向华东、华中、南方电网送电，供电范围包括九省两市，共182万km²，惠及人口超过6.7亿。

三峡输变电工程的建成投产，对于促进全国电网互联，优化国家能源布局，推动西部水电大开发；对于促进资源优化配置，减轻煤炭供应和运输压力，缓解华中、华东、广东等地区能源紧张局面；对于减少二氧化硫和碳排放，促进国家节能减排目标实现，推动经济社会与生态环境协调发展；对于强化自

主创新，推动我国输变电技术和设备国产化水平迈上新台阶，为加快建设以特高压为骨干网架，各级电网协调发展的坚强国家电网，构建科学合理的能源综合运输体系，都具有非常重要的作用。

为了系统地总结三峡输变电工程在决策、管理、建设、科研设计以及设备制造等各方面的经验与成绩，为今后的大型工程项目实施提供有益参考，国家电网公司组织上百名三峡输变电工程的决策者、管理者、建设者以及广大科研设计、设备制造人员，编纂完成了《中国三峡输变电工程》丛书。丛书共八卷，400余万字，包括《综合卷》、《系统规划与工程设计卷》、《工程建设与环境保护卷》、《科技创新卷》、《交流工程与设备国产化卷》、《直流工程与设备国产化卷》、《工程调试卷》和《调度通信自动化与生产运行卷》。丛书全面、客观地记载了三峡输变电工程实施历程和主要成果，希望能在今后我国电网发展和重大工程建设过程中发挥积极的作用。

Handwritten signature in black ink, appearing to read '刘张'.

二〇〇八年十二月

中国三峡输变电工程是举世瞩目的三峡工程的重要组成部分，是三峡枢纽电站电力送出及其效益实现的根本保证。2007年12月20日，国家发展和改革委员会主持的国务院长江三峡三期输变电工程国家验收顺利通过，标志着三峡输变电主体工程较原计划提前一年全面建成，三峡输变电工程建设华美落幕，她所创造的价值远远超出了三峡电力外送配套工程的本意，她的顺利投运使我国电网的运行水平正在朝着前所未有的高度提升。国家电网公司总经理刘振亚曾经这样评价三峡输变电工程：“三峡输变电工程建设不仅确保了三峡电力‘送得出、落得下、用得上’，而且通过三峡电网建设，促进了以三峡电网为中心的全国电网互联格局的形成，对加速实现西电东送通道建设目标、对全面提高我国输变电工程建设水平都起到重要作用。”

三峡输变电工程是一项跨世纪的庞大系统工程，为了更加全面、系统地对三峡输变电工程进行总结，2005年伊始，国家电网公司倾全系统的力量，组织编写《中国三峡输变电工程》丛书，力图从不同侧面、不同角度，从综合到具体，全面、系统地总结和反映三峡输变电工程决策者、管理者、建设者以及科研设计工作人员的智慧，并为今后的大型工程项目实施提供参考和借鉴。

丛书体系共计八卷，包括《综合卷》、《系统规划与工程设计卷》、《工程建设与环境保护卷》、《科技创新卷》、《交流工程与设

备国产化卷》、《直流工程与设备国产化卷》、《工程调试卷》、《调度通信自动化与生产运行卷》，共计超过400万字。丛书全面反映了三峡输变电工程顺利建设运行的重大意义，通过三峡输变电这个平台建立了更优化的资源配置手段、形成了更安全的能源消费局面、开创了更高效的建设管理体制、促进了更开放的电力市场体系、打造了更自主的国内产业实力、推动了更先进的科技创新进程。

三峡输变电工程调试吸取了以往交直流输变电工程科研成果和工程运行经验，紧密结合输变电工程的特点，进行科学计算和仿真试验，周密制定调试方案和试验计划，安全高效优质地完成了所有调试项目，为工程验收提供了技术依据，保证工程及时投入运行，承担起大容量输送三峡电力的任务和区域电网电力互送任务。这些工程的建成和投入运行，保证了三峡电力的外送，促进了区域经济的发展，推进了全国电网互联战略工程的实施。

国家电网公司高度重视三峡—常州 $\pm 500\text{kV}$ 直流输电工程、三峡—广州 $\pm 500\text{kV}$ 直流输电工程、三峡—上海 $\pm 500\text{kV}$ 直流输电工程和灵宝背靠背直流工程以及三峡交流输变电工程的调试工作。在国家电网公司的统一组织和指挥下，各参试单位结合三峡输变电工程的具体情况，完善了输变电工程调试的组织管理机构，精心编制了工程调试方案。通过各个参试单位的团结协作和共同努力，先后顺利完成了三峡—常州 $\pm 500\text{kV}$ 、三峡—广州 $\pm 500\text{kV}$ 直流输电工程、西北—华中联网灵宝直流背靠背工程、三峡—上海 $\pm 500\text{kV}$ 直流输电工程调试和三峡交流输变电工程调试。

三峡输变电工程调试和试运行的顺利完成，并投入商业运行，标志着我国直流输电国产化能力的全面提升，也标志着我国大容量

直流输电工程在工程调试方面的自主创新取得了重大成功。特别是西北—华中联网灵宝直流背靠背工程的顺利投运，对于我国今后独立自主开展大型直流输电工程的系统调试工作，具有典型示范作用。通过工程调试，参试单位取得了丰富的工程现场调试经验。到目前为止，中国电力科学研究院、湖北电力试验研究院、华东电力试验研究院，以及工程建设施工和安装单位已经承揽大部分国内大型输变电工程系统调试任务，为工程的按期可靠投入运行提供了技术保障。

三峡—常州 $\pm 500\text{kV}$ 直流输电工程、三峡—广州 $\pm 500\text{kV}$ 直流输电工程、三峡—上海 $\pm 500\text{kV}$ 直流输电工程和西北—华中联网灵宝直流背靠背工程的系统调试取得了我国直流工程建设发展史许多技术创新，积累了许多工程调试经验，取得了多项科技成果。特别是西北—华中联网灵宝直流背靠背工程的系统调试创造了国内直流工程系统调试的“多个第一”：第一次自主编写系统调试方案，用于两种不同控制保护系统交叉控制两种不同技术的晶闸管换流阀；第一次组织国内技术力量自主完成系统调试；第一次对两种不同的控制保护系统交叉控制不同技术的换流阀进行检验等。通过三峡输变电工程调试，从工程调试的组织体系、技术准备、调试方案编制、现场调试试验、调试工作总结到系统试运行，形成了一整套完整的工程调试体系，使输变电工程调试规范化、制度化和科学化。根据三峡输变电工程调试经验，并参考工程调试方案、IEC 标准和交流输变电电气设备交接试验标准，编制出了《直流换流站高压直流电气设备交接试验规程》、《直流换流站二次电气设备交接试验规程》和《高压直流输电工程系统试验规程》等行业标准报批稿。

通过三峡输变电工程调试，在工程调试方面已经取得了丰富的

经验，已经培养出一支德才兼备、不怕吃苦的输变电工程调试队伍。这支队伍圆满完成了三峡输变电工程的调试任务，保证这些工程按期投入运行，标志着我国能够具备独立自主开展大型输变电工程调试工作。

希望通过本卷的出版发行能够让电力工作者更加系统地了解三峡输变电工程，让普通读者更加清楚地认识三峡输变电工程，让那些三峡输变电工程的参与者们能以此为骄傲和自豪。虽然在历时3年的编写过程中，我们力求让整个编写工作遵循完整、精确、系统和规范的原则，但是要在不算充裕的时光中做到如今全面、清晰地反映三峡输变电工程全貌，书中的疏忽和遗漏在所难免，幸好在任重道远的3年征程中，我们一直且行且珍惜。

《中国三峡输变电工程·工程调试卷》

编写工作组

二〇〇八年十二月

序

前言

第一章	工程调试简述	1
第一节	直流输电工程调试概述	2
第二节	交流输变电工程调试概述	5
第二章	三峡输变电工程调试组织管理	8
第一节	组织机构的职能	8
第二节	组织管理的实施	10
第三章	交流输变电工程调试	13
第一节	电气主设备现场交接试验	13
第二节	输变电工程系统调试	14
第三节	静止无功补偿装置 (SVC)、串补和可控高压电抗器 调试	23
第四章	三常、三广和三沪工程调试	29
第一节	直流输电工程调试内容	29
第二节	设备预调试	32
第三节	换流站分系统调试	48

第四节	换流站系统调试	70
第五节	端对端系统调试	75
第五章	灵宝背靠背工程调试	250
第一节	灵宝背靠背工程概况	250
第二节	灵宝背靠背工程调试及结果	250
第三节	灵宝背靠背工程调试技术创新及经验总结	273
第六章	工程调试主要成果	280
第一节	工程调试组织体系和技术体系成果	281
第二节	工程调试技术成果	282
第三节	直流输电工程调试规程的编制	287
附录一	三峡输变电工程调试单位一览表	290

工程调试简述

三峡输变电工程是长江三峡工程的三大组成部分之一，是获得长江三峡工程投资效益、实现长江中上游水力资源滚动开发的重要渠道。三峡输变电工程是当今我国输电容量最大的输变电工程，也是世界上最大的输变电工程之一，是我国输电工程建设史上的一个重要里程碑。截至2007年4月底，已经建成并投入运行的高压直流输电工程有三峡—常州 $\pm 500\text{kV}$ 直流输电工程（简称三常工程）、三峡—广州 $\pm 500\text{kV}$ 直流输电工程（简称三广工程）、三峡—上海 $\pm 500\text{kV}$ 直流输电工程（简称三沪工程）和西北—华中联网灵宝直流背靠背工程（简称灵宝背靠背工程）；已累计投产交流输变电25个单项工程，变电总容量1675万kVA，交流线路39个单项，线路总长度4964km；目前在建交流输电线路1526km。已经建成并投入运行交流输变电工程主要有万县—三峡—龙泉，三峡（左二）—江陵、荆门—江陵、江陵—宜都、三峡（右一）—江陵、三峡（右二）—宜都输变电工程。

输变电工程建设的最后一个环节就是工程调试。输变电工程调试是为了验证工程设备的功能和性能是否满足合同技术规范的要求，验证工程所涉及的指标允许值是否超过国家及电力行业的规定。

直流输电工程调试工作共分为四个阶段：设备预调试、分系统调试、站系统调试和端对端系统调试。在这四个阶段中，设备预调试是分系统调试的基础，分系统调试是站系统调试的基础，站系统调试是系统调试的基础。工程的系统调试工作既检验前三项工作的效果，也是系统投运前最后一次把关试验。因此，工程调试的各个环节相互衔接，丝丝相扣，层层把关，目的是力求在系统投运前通过调试对设备和整个工程进行全面检验，

消除所有不安全因素，保证工程安全可靠地投入运行。设备调试和分系统调试由施工单位和设备承包商完成；站系统调试由湖北电力试验研究院和华东电力试验研究院共同完成；端对端系统调试由中国电力科学研究院完成。

交流输变电工程调试工作共分为两个阶段：设备交接试验和系统调试。在这两个阶段中，设备交接试验是系统调试的基础，工程的系统调试工作既检验设备交接试验工作的效果，也是系统投运前最后一次把关试验。设备交接试验由施工单位、设备生产厂家和湖北电力试验研究院共同完成。先后负责三峡 500kV 交流输变电工程系统调试的单位有中国电力科学研究院、湖北省电力试验研究院、江西省电力试验研究院、湖南省电力试验研究院、华中电力集团技术中心、四川省电力试验调试所。

第一节 直流输电工程调试概述

一、三常工程

三常工程是三峡输变电工程的重要组成部分，是三峡电站送电华东的 I 回直流输电工程，是三峡电力外送的标志性工程。

三常工程单极额定输送功率 1500MW，双极额定输送功率 3000MW；额定直流电压为 $\pm 500\text{kV}$ ，最高运行电压 515kV；直流额定电流 3000A。该工程西起三峡电站附近的湖北宜昌龙泉换流站，途经湖北、安徽、江苏三省，东至江苏常州的政平换流站，直流输电线路全长 860km。

三常工程龙泉换流站于 2000 年 7 月 27 日开工建设，政平换流站于 2000 年 8 月 15 日开工建设；三常工程龙泉换流站于 2002 年 7 月 30 日站用电带电试运行；三常工程政平换流站于 2002 年 9 月 15 日站用电带电试运行，并开始站系统调试；龙泉、政平换流站于 2002 年 7 月 30 日站用电



带电试运行，9月30日开始站系统调试。端对端系统调试于2002年11月22日正式开始，按计划完成了所有系统调试试验项目（共计266项），工程于2003年5月双极投入试运行。

二、三广工程

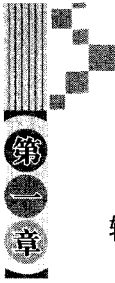
三广工程是继三常工程之后，国内又一个输送容量最大的直流输电工程，也是三峡电力外送的第二个直流输电工程。该工程具有建设规模大、参建单位多、系统复杂、技术含量高、工期特别紧迫、设备国产化程度高等特点。

三广工程由送端和受端换流站工程、接地极及其引线工程、直流输电线路工程、二次系统及通信工程四部分组成。该工程直流单极额定输送功率1500MW，双极额定输送功率3000MW；额定直流电压 $\pm 500\text{kV}$ ；额定直流电流3000A，最小直流电流不大于300A。该工程西起三峡电站附近的江陵换流站，途经湖南和广东两省，南至鹅城换流站，直流输电线路全长940km。

三广工程鹅城换流站于2001年10月1日开工建设，江陵换流站于2001年10月8日开工建设；江陵换流站于2003年11月4日开始进行站系统调试，2003年11月15日鹅城换流站进行站系统调试；2003年12月2日三广工程开始进行端对端系统调试，到2004年4月3日调试结束，按计划完成了所有系统调试试验项目（共计268项），于2004年5月双极投入试运行。

三、三沪工程

三沪工程是我国继葛洲坝—上海南桥 $\pm 500\text{kV}$ 直流输电工程（简称葛南工程）、三常、三广工程之后的又一项超高压、大容量直流输电工程项目。该项目与三常和葛南工程一起，将构成三峡电站东送华东地区的强大



输电通道。

三沪工程单极额定输送功率为 1500MW，双极额定输送功率 3000MW；额定直流电压 $\pm 500\text{kV}$ ；额定直流电流 3000A。该工程西起三峡电站附近的湖北宜昌宜都换流站，途经湖北、安徽、江苏、浙江、上海五省市，东至上海郊区的华新换流站，直流输电线路全长 1048.645km。

三沪工程宜都换流站 2004 年 12 月 28 日开工建设，华新换流站于 2005 年 1 月 12 日开工建设；2006 年 4 月宜都换流站和华新换流站开始进行分系统调试，2006 年 8 月完成；宜都换流站和华新换流站于 2006 年 9 月 4 日开始进行站系统调试，9 月 20 日站系统调试结束；端对端系统调试于 2006 年 9 月 21 日正式开始，按计划完成了所有系统调试试验项目共计 238 项，于 2006 年 11 月 11 日双极投入试运行。

四、灵宝背靠背工程

灵宝背靠背工程是“十五”末期实现全国联网战略目标的一个重要工程，是我国第一个背靠背直流工程，同时又是直流设备国产化试验示范工程。

灵宝背靠背工程的组织建设、系统设计、设备成套设计、工程设计、设备制造采购、工程施工和调试全部立足于国内，全面实现了国产化的要求。

灵宝背靠背工程额定容量为 360MW，额定直流电压 120kV，额定直流电流 3000A，并建设了相应的交直流设施。灵宝换流站接入系统方式是将秦岭电厂至陕西五塬 330kV 线路断开，经陕西省罗敷变电站接入灵宝换流站 330kV 侧，灵宝换流站至 220kV 河南省紫东变电站以一回 220kV 大截面导线相连，实现西北电网与华中电网的背靠背互联。

灵宝换流站 2003 年 2 月 18 日开工建设，2004 年 7 月开始进行分系统调试，2004 年 12 月 18 日完成；灵宝换流站于 2004 年 12 月 23 日开始交流场带电试验，12 月底完成；2005 年 4 月 7 日开始站系统调试，4