

国家电网公司 750kV

输变电示范工程建设总结

试验调试分册



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

国家电网公司 750kV

输变电示范工程建设总结

试验调试分册



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

国家电网公司 750kV 输变电示范工程, 填补了我国 500kV 以上电压等级超高压输变电工程技术和标准方面的空白。该工程的建设, 对加快我国电网发展, 积累特高压电网建设经验, 发展和加强西北骨干输电网架, 促进超高压输变电设备国产化, 具有极其重大的意义。

为了更全面、详实地反映 750kV 输变电示范工程建设过程并指导今后 750kV 输变电工程的建设, 国家电网公司继 2005 年 12 月出版《国家电网公司 750kV 输变电示范工程建设总结》之后, 继续组织编写了系统规划、科研、设计、设备、施工、试验调试等六个专业分册。

本书为试验调试分册。全书共分 8 章, 分别为试验的准备及组织管理、试验项目及结论、二次系统设备调试的准备及现场组织管理、试验项目及试验结论、系统调试的组织管理、系统调试前计算分析、系统调试方案、系统调试经验。

本书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、管理、生产运行、设备制造等人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

国家电网公司 750kV 输变电示范工程建设总结. 试验调试分册/
国家电网公司编. —北京: 中国电力出版社, 2006

ISBN 7-5083-4232-1

I. 国... II. 国... III. ①输电-电力工程-科学研究-中国②变电所-电力工程-电力系统-试验-中国③变电所-电力工程-电力系统-调试-中国 IV. TM7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 037918 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>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2006 年 6 月第一版 2006 年 6 月北京第一次印刷

787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 21.5 印张 297 千字

印数 0001—1000 册 定价 75.00 元

版权专有 翻印必究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

《国家电网公司 750kV 输变电示范
工程建设总结 试验调试分册》

编写组织人员名单

编 委 会

主 任：刘振亚

副主任：郑宝森 舒印彪

委 员：刘本粹 王 敏 杜至刚 张国厚 李庆林 王益民
孙佩京 吴玉生 喻新强 栾 军 张 贺 梁旭明
王剑波 刘泽洪 刘肇绍 陈 峰 李卫东 时家林
王季平

专 家 组

组 长：周小谦

副组长：卢元荣 邵仲仁

成 员：（以姓氏笔画为序）

于幼文 王世阁 王海龙 方 静 印永华 兰增钰
付锡年 孙家骏 朱 跃 李 正 李宝金 郑怀清
林集明 胡 明 胡惠然 郭 雄 宿志一 谢景命

编 写 组

组 长：喻新强

副 组 长：李卫东 李新建

顾 问：刘本粹 邵仲仁

成 员：梁旭明 王剑波 何德兆 衣立东 左国忠
田卫东 丁燕生 吴国伟 印永华 史可琴
高宏伟 杨万开 范 越 颜永强 王瑞刚
张健康 黄国强 李庆海 李 红 张 力

前 言

国家电网公司 750kV 输变电示范工程，西起青海省民和县官亭变电站，东至甘肃省榆中县兰州东变电站，线路全长 140.708km，是我国目前电压等级最高、世界上相同电压等级中海拔最高的输变电工程。该工程的开工建设和顺利投运，填补了我国 500kV 以上电压等级超高压输变电工程技术和标准方面的空白，对于加快我国电网发展，积累特高压电网建设经验，发展和加强西北骨干输电网架，促进超高压输变电设备国产化，具有极其重大和深远的意义。

750kV 示范工程是我国第一次自主设计、自主建设、自主设备制造、自主调试、自主运行管理的具有世界领先水平的榆变电工程。本工程集电网规划、科研、设计、设备制造、试验调试、运行于一体，机械制造与电力行业团结协作，以企业为主体，以市场为导向，产学研相结合，走自主创新之路，攻克了一个个难关，不仅技术起点高，新材料、新工艺、新技术应用多，而且建设速度快、工程质量好、管理水平高。本工程从 2001 年开始前期工作，2003 年 9 月正式开工，在工程建设中，成功解决了多个具有挑战性的难题，仅用两年时间，就高标准、高质量、高效率地完成了整个工程建设任务；仅用 12 天时间，就顺利完成了从零起升流、零起升压到 72 小时试运行的全部调试试验任务，2005 年 9 月 26 日正式投入商业运营。750kV 示范工程的成功投产，标志着我国的电网建设项目从科研、工程设计、设备制造、施工到生产运行达到国际先进水平，创造了世界相同电压等级输变电工程建设的奇迹，并取得重大成果，代表了我国目前输变电工程建设的最高成就，谱写了我国电网发展史上的新篇章。

在国家电网公司党组的直接领导下，集中了国家电网公司系统区域电网公司、省电力公司的优势和专家的力量，西北电网有限公司作为示范工程建

设管理单位，组织广大参建单位协作攻关，克服了重重困难，终于完成了这一历史性的工程，是国家电网公司发挥集约化管理优势的成功典范。750kV 示范工程的顺利投运，充分体现了我国在电网规划、科研、工程设计、设备制造、施工及试验调试等各方面所具备的能力和潜力。

750kV 示范工程，是我国继三峡大型水电站送出工程之后，在电网建设方面又一个具有划时代、里程碑意义的重点工程，具有重要的示范作用。该工程不仅为充分利用西部地区丰富的能源，加快资源优势向经济优势转化，创造了更好的条件和机遇，而且对于推进“西电东送”北通道的建设，加快黄河上游水电和新疆、宁夏、陕北火电“打捆外送”，带动西北电力和地区经济社会的健康、持续发展将起到极为重要的作用。

认真总结示范工程建设经验，对于加快后续 750kV 输变电工程的建设及相关各项工作的开展具有十分重要的借鉴作用。为了更全面、详实地反映 750kV 输变电示范工程建设过程并指导今后 750kV 输变电工程的建设，2005 年 12 月，《国家电网公司 750kV 输变电示范工程建设总结》正式出版。国家电网公司继续组织编写了系统规划、科研、设计、设备、施工、试验调试等六个专业分册。

本书为试验调试分册。全书共分 8 章，分别为电气主设备现场交接（特殊）试验的准备及组织管理、试验项目及结论、二次系统设备调试的准备及现场组织管理、试验项目及试验结论、系统调试的组织管理、系统调试前计算分析、系统调试方案、系统调试经验。

本书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、管理、生产运行、设备制造等人员使用。

《国家电网公司 750kV 输变电示范工程建设总结》编写组

2006 年 3 月 27 日

目 录

前言

第一篇 电气主设备现场交接（特殊）试验 1

概述	2
1 试验的准备及组织管理	3
1.1 试验方案的编制与审查	3
1.2 试验的组织管理	4
2 试验项目及结论	6
2.1 主要试验项目	6
2.2 750kV 主变压器试验	7
2.3 800kV GIS 试验	19
2.4 750kV 高压并联电抗器试验	34
2.5 电容式电压互感器试验	37
2.6 750kV 隔离开关试验	49
2.7 750kV 变电站的接地网参数测试	53
2.8 750kV 官东线路工频参数测试	62
2.9 高新技术设备在试验中的应用	65
2.10 专家组的指导作用	66
结语	67

第二篇 二次系统设备调试 69

概述	70
3 二次系统设备调试的准备及现场组织管理	71
3.1 试验方案的编制与审查	71

3.2 试验组织管理	71
3.3 专家组在二次系统设备试验中的作用	72
4 试验项目及试验结论	74
4.1 继电保护及安全自动装置的调试	74
4.2 继电保护信息子站系统的调试	80
4.3 变电站监控系统的调试	84
4.4 变电站监控系统接入调试	88
4.5 电能量计量计费系统的调试	91
4.6 电能量采集终端接入调试	94
4.7 工业电视系统的调试	96
4.8 变电站仿真系统	98
4.9 数据网络接入调试	100
4.10 通信系统调试	105
4.11 其他二次设备调试	118
结语	130

第三第 系统调试 131

概述	132
5 系统调试的组织管理	133
6 系统调试前计算分析	136
6.1 系统潮流、稳定计算分析	136
6.2 系统电磁暂态计算分析	140
7 系统调试方案	203
7.1 系统调试工作大纲和调试方案的编制与审查	203
7.2 系统调试方案	206
7.3 系统调试过程、调试项目及试验结果分析研究	221
7.4 系统调试电磁暂态实测结果分析研究	230

7.5 系统调试继电保护装置试验研究	286
7.6 系统扰动分析研究	291
7.7 系统电磁环境测试分析和谐波分析研究	307
7.8 系统调试的主要结论和建议	321
8 系统调试经验	325
结语	331

一、电气主设备现场交接(特殊)试验

概 述

750kV 输变电设备现场交接试验的目的是对新安装的 750kV 电气设备进行特性试验及绝缘试验,以检查产品质量和现场安装质量,是 750kV 输变电示范工程投运前的关键环节。

750kV 输变电示范工程电气主设备现场交接(特殊)试验的现场试验地点为 750kV 官亭变电站及兰州东变电站,被试设备(项目)为 750kV 主变压器 7 台(包括官亭变备用相)、750kV 高压并联电抗器中性点电抗器 1 台(包括备用相及中性点电抗器)、800kV GIS 2 套、750kV 隔离开关 1 组、750kV 电容式电压互感器 12 台、750kV 官东线路工频参数测试、兰州东及官亭变电站的接地网测试、750kV 隔离开关支柱绝缘子超声波探伤以及绝缘油试验和 SF₆ 新气试验。

按照施工合同约定,电气主设备常规交接试验分别由甘肃送变电、青海送变电和韩国晓星株式会社分别承担。常规交接试验与 500kV 电压等级并无区别,这里不再赘述。为确保现场交接(特殊)试验的顺利进行,国家电网公司(简称国网公司)选择《750kV 超高压电气设备交接试验标准》(报批稿)研究的主要承担单位——西北电力试验研究院(简称西北电研院)作为试验承担单位,同时为确保万无一失、锻炼队伍,为以后 750kV 乃至特高压工程锻炼试验人才,国家电网公司选择湖北电力试验研究院作为试验咨询单位。西北电力试验研究院从制定试验方案时起,就以“方案全面、做好备案、确保成功”为原则,所有重要的试验均设计一主一备两套试验方案,保证了试验的按时性、正确性和可靠性。在国网公司、西北电网有限公司的直接领导下,在试验承担单位西北电力试验研究院和各参加单位技术人员的辛勤努力下,在咨询单位湖北电力试验研究院的大力配合下,试验历时两个月左右,于 2005 年 8 月 24 日全部完成。

1 试验的准备及组织管理

1.1 试验方案的编制与审查

关键技术研究中，西北电研院承担国网公司《750kV 电气设备现场交接及预防性试验技术研究》项目，编制了《750kV 超高压电气设备交接试验标准》（报批稿）及《750kV 电力设备预防性试验规程》（报批稿）。该项目于2005年4月14~15日通过国网公司组织的验收，验收意见为：“《750kV 电气设备现场交接及预防性试验技术研究》填补了我国在750kV电压等级电气设备现场交接和预防性试验标准和规程的空白，为西北电网有限公司（简称西北电网）750kV输变电示范工程电气设备提供了现场交接和预防性试验的依据，也为今后我国更高一级电压输变电工程电气设备的现场试验提供技术参考。项目的研究成果达到国内领先水平。”验收专家组一致同意通过验收，并形成《750kV 超高压电气设备交接试验标准》（报批稿）及《750kV 电力设备预防性试验规程》（报批稿），分别从2005年5月1日及2005年10月1日起实施。

西北电研院以《750kV 超高压电气设备交接试验标准》（报批稿）和国网公司有关企业标准及其他相关规程作为依据，编写了《750kV 电气主设备现场交接（特殊）试验方案》（初稿）。

《750kV 电气主设备现场交接（特殊）试验方案》（初稿）编写完成后，国网公司及西北电网有限公司于2005年6月18~19日（兰州）、7月11~12日（兰州）组织了两次审查会，审查会专家组提出了审查意见和建议，西北电研院根据审查意见和建议对“方案”进行了修改和完善。国网公司及西北电网有限公司于2005年7月14~15日（西安）组织了第三次审查会，通过了《750kV 电气主设备现场交接（特殊）试验方案》。

1.2 试验的组织管理

1.2.1 组织机构

西北电研院在承接 750kV 电气主设备现场交接（特殊）试验任务后，立即组建了西北电研院 750kV 电气主设备交接（特殊）试验现场领导机构，生产院长担任现场总负责，同时成立了各试验项目组、现场试验条件考察组、试验设备监造组等机构，并明确各机构的负责人，责任落实到每一个参试人员。

1.2.2 试验准备

(1) 西北电研院组织专业技术人员数次集中讨论《750kV 电气主设备现场交接（特殊）试验方案》，要求每个试验项目技术负责人、每个参试人员明确责任，对试验方案理解透彻。

(2) 现场试验条件考察组的人员赴兰州东、官亭工地现场考察、调研，确定试验电源接线、试验设备摆放位置、协调配合单位、试验人员生活安排等具体问题。

(3) 考虑到该试验是目前最高电压等级的大型试验项目，现场试验设备参数高，技术新，许多试验设备采用了高新技术，同时，试验用耗材种类很多，数量很大，西北电研院组织了试验设备监造和材料采购人员专门开展相关工作。

1.2.3 组织管理

(1) 西北电网有限公司的各级领导现场办公，对现场交接（特殊）试验工作进行全面指导安排协调，提供了强有力的支持，这一点是很重要的，同时制定了兰州东、官亭两个变电站的现场试验总体安排，明确了具体的试验项目（顺序）和日程。

(2) 西北电研院 750kV 电气主设备交接（特殊）试验现场领导机构发挥了作用，发现问题，现场研究，立即解决；特殊的不能现场解决的问题，国家电网公司组织系统内专家组协商、研究解决。

(3) 西北电研院副总工程师负责与现场其他单位的协调配合工作。进行大型现场试验时，现场配合工作量很大，协调工作显得尤其重要。

(4) 以经审查通过的试验方案为依据，编写了详尽、具体的“作业指导书”。试验开始前，向现场试验配合人员进行技术交底。现场试验时，严格遵照“作业指导书”程序进行试验工作，做到了有章可循，有条不紊。

(5) 现场指挥部严格要求西北电研院参试人员不讲任何条件地保证安全、保证质量、保证工期。特别是官亭站地处青海民和县，该地区在 7、8 月份降雨（特别是阵雨）频繁，对全部是露天作业的交接试验工作影响极大。比如在试验中，试品已升至全压开始计时，此时开始降雨，要立即降压，切断电源，做好接地等安全措施，遮盖好试验设备。在这个过程中，要特别注意人员安全、试品安全和试验设备安全。

(6) 做好生活保障。这两个变电站均处于高海拔地区，紫外线强烈，昼夜温差极大，人员的避暑防寒非常重要。

2 试验项目及结论

2.1 主要试验项目

750kV 示范工程电气主设备现场交接（特殊）试验共完成了 24 个项目：

- (1) 750kV 兰州东变电站接地网参数测试；
- (2) 750kV 兰州东变电站主变压器绕组外施交流耐压试验；
- (3) 750kV 兰州东变电站主变压器绕组变形试验；
- (4) 750kV 兰州东变电站主变压器低电压短路阻抗试验；
- (5) 750kV 兰州东变电站 A 相主变压器现场局部放电试验；
- (6) 750kV 兰州东变电站 B 相主变压器现场局部放电试验；
- (7) 750kV 兰州东变电站 C 相主变压器现场局部放电试验；
- (8) 兰州东变电站 750kV 电容式电压互感器现场耐压试验；
- (9) 兰州东变电站 750kV GIS 主回路绝缘现场试验；
- (10) 兰州东变电站 750kV 电容式电压互感器角差、比差现场试验；
- (11) 750kV 官亭变电站接地网参数测试；
- (12) 750kV 官亭变电站主变压器绕组外施交流耐压试验；
- (13) 750kV 官亭变电站主变压器绕组变形试验；
- (14) 750kV 官亭变电站主变压器低电压短路阻抗试验；
- (15) 750kV 官亭变电站 A 相主变压器现场局部放电试验；
- (16) 750kV 官亭变电站 B 相主变压器现场局部放电试验；
- (17) 750kV 官亭变电站 C 相主变压器现场局部放电试验；
- (18) 官亭变电站 750kV 电容式电压互感器现场耐压试验；
- (19) 官亭变电站 750kV GIS 主回路绝缘现场试验；
- (20) 官亭变电站 750kV 电抗器中性点外施交流耐压试验；

- (21) 官亭变电站 750kV 隔离开关瓷套交流耐压试验；
- (22) 官亭变电站 750kV 隔离开关支柱绝缘子超声波探伤试验；
- (23) 官亭变电站 750kV 电容式电压互感器角差、比差现场试验；
- (24) 750kV 官一东线路工频参数测试。

下面将上述 24 项试验中的主要试验项目进行总结。

2.2 750kV 主变压器试验

2.2.1 750kV 变压器概况

被试 750kV（单相）主变压器共 7 台，兰州东变电站安装 3 台，官亭变电站安装 4 台（包括备用相）。

兰州东变电站 750kV 主变压器为单相自耦无励磁调压电力变压器，主要技术参数如下：

型号：ODFPS—500000/750；

额定容量：500MVA/ 500MVA/150MVA；

联结组：Ia0i0（三相 YNa0d11）；

冷却方式：OFAF；

额定电压：765/ $\sqrt{3}$ kV/345/ $\sqrt{3} \pm 2 \times 2.5\%$ kV/ 63kV；

额定电流：1132A/2510A/2381A；

空载损耗：108kW；

空载电流：0.06%；

绝缘水平：高压端子 SL/LI/AC—1550kV/1950kV/860kV；

中压端子 SL/LI/AC—950kV/1175kV/510kV；

中性点端子 LI/AC—350kV/150kV；

低压端子 LI/AC—350kV/150kV；

制造厂：西安西电变压器有限责任公司。

官亭变电站 750kV 主变压器为单相自耦无励磁调压电力变压器，主要技