

国家电网公司



STATE GRID
CORPORATION OF CHINA

特高压交流输电技术

研究成果专辑

(2007年)

主 编 刘振亚



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

特高压 交流 输电技术

研究成果专辑

(2007年)

主 编 刘振亚

副主编 舒印彪



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

2007 年是 1000kV 晋东南—南阳—荆门特高压交流试验示范工程进入建设实施阶段的重要一年,工程在科研、设计、设备研制和施工建设等各个方面取得了丰硕成果。本书是国家电网公司继《特高压交流输电技术研究成果专辑》2005 年版和 2006 年版之后,对 2007 年特高压交流输电技术研究成果的全面回顾和总结。

本书系统介绍了 2007 年完成的 50 多项特高压交流输电关键技术课题和单项专题的研究成果,主要内容包括关键设备研制,线路技术研究,施工和运行技术研究,以及特高压交流试验基地、杆塔试验基地的介绍和相关研究成果。本书可以帮助读者全面了解 2007 年度特高压交流输电技术研究取得的成果和工程进展情况。

图书在版编目(CIP)数据

特高压交流输电技术研究成果专辑. 2007 年 / 刘振亚主编. —北京:
中国电力出版社, 2008

ISBN 978-7-5083-8155-8

I. 特… II. 刘… III. 高电压—交流—输电技术—研究 IV. TM726.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 193228 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
880 毫米×1230 毫米 16 开本 31 印张 597 千字 4 彩页
印数 0001—3000 册 定价 135.00 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



STATE GRID
CORPORATION OF CHINA

编写人员名单

主 编	刘振亚				
副 主 编	舒印彪				
编委会成员	孙 昕	赵庆波	郭剑波	陈维江	张 贺
	丁 扬	刘泽洪	于 刚	张文亮	卜凡强
	张运洲	张建坤			
编写组组长	孙 昕	陈维江	丁 扬	刘泽洪	
编写组副组长	韩先才	王怡萍	袁 骏	王绍武	
编写组成员	孙 岗	刘洪涛	邱 宁	王晓宁	陈海波
	张 柯	张甲雷	王 帅	万 鹏	欧阳本红
	张喜乐	刘东升	张 猛	宓传龙	汪德华
	陈松林	张 哲	周泽昕	周春霞	王晓琪
	余春雨	张西元	王承玉	崔景春	班连庚
	张广州	吴巾克	刘 虹	贾东旭	奚国富
	徐石明	吴光亚	林集明	谷定燮	修木洪
	顾霓鸿	周沛洪	宿志一	殷 禹	陈 勇
	万启发	巩学海	王 剑	伍志荣	吴士普
	姚斯立	孙 梅	邓 春	耿景都	巢 琼
	安 平	杨迎建	邬 雄	张小武	贾晓铁

曾京文	郑怀清	熊织明	汪忆新	孟庆国
彭宗仁	刘 鹏	刘胜春	刘 臻	徐德录
韩 钰	张 智	曹铁孩	张禹芳	李 波
缪 谦	盛大凯	王培龙	刘华清	程永锋
徐善军	沈 雷	苏秀成	王 成	孙竹森
董四清	黄克信	冯晓红	江 明	白雪松
李现兵	王晓希	高 湛	李光范	范建斌
印永华	万保权	董玉明	李启盛	杜澍春
董宝骅	刘燕生	孙昭英	尤传永	朱 跃
吴 骁	徐国政	戴荣中	关金锁	刘春田

前言

特高压输电在减少输电损耗、节约线路走廊占地、提高输送容量、节省工程投资等方面具有显著优势。发展特高压输电技术，建设特高压电网，有利于促进大煤电、大水电、大核电和大型可再生能源基地的集约化开发，优化能源生产和消费布局；有利于降低电网建设成本，节约土地资源；有利于提高电网运行效率，促进资源节约型和环境友好型社会建设。发展特高压电网，是国家电网公司贯彻落实科学发展观的有力举措，对于加快发展现代能源产业和综合运输体系、保障国民经济长期健康发展意义重大，具有显著的经济效益和社会效益。

2007 年是 1000kV 晋东南—南阳—荆门特高压交流试验示范工程进入建设实施阶段的重要一年。国家电网公司坚持集团化运作抓工程推进，集约化协调抓工程组织，精细化管理创精品工程，标准化建设构技术管理体系；坚持科研为先导，设计为龙头，设备为关键，建设为基础的方针；着力建立三级组织管理体系和三级制度体系，抓好关键技术研究、工程应用和设备研制相结合，大力开展科技创新和管理创新。努力将该工程建设成为“安全可靠、自主创新、经济合理、环境友好、国际一流”的优质精品工程。

2007 年，特高压交流试验示范工程在各个方面取得了丰硕成果。在科研方面，深入开展工程单项专题研究，结合工程实施，下达并组织开展了 20 多项工程单项专题研究，重点对主设备连接方式、变电站噪声控制、系统调试和交接试验等专题进行研究，为工程建设发挥了重要支撑作用；在设计方面，

大力开展施工图设计优化，提高施工图审核等级，充分发挥设计监理作用，开展施工图设计专项大检查，保证了施工图交付进度和质量，变电土建和线路施工图在 2007 年内全部完成；在设备研制方面，关键设备取得突破性进展，开关设备样机制造完成，部分特高压断路器通过机械试验、绝缘试验等关键试验验证，开关套管开始供货，变压器和高抗按计划研制，首批境外供货套管已完成出厂试验，其他一次设备完成型式试验，并于 12 月 20 日在特高压交流试验场投入带电考核；工程建设方面，现场施工快速有序推进，截至 2007 年底，变电站土建施工、构支架组立施工基本完成，线路工程基础施工基本完成，一般线路铁塔组立完成总量的 30%，大跨越铁塔组立超过总量的 50%。

为及时总结特高压输电技术研究工作取得的成果，国家电网公司组织相关科研、设计、咨询和高等院校等单位，按年度编写出版《特高压交流输电技术研究成果专辑》和《特高压直流输电技术研究成果专辑》。本书是国家电网公司继《特高压交流输电技术研究成果专辑》2005 年版和 2006 年版之后，对 2007 年特高压交流输变电技术研究成果的全面回顾和总结，凝聚着各级领导和工作人员的汗水，是参与特高压输电技术研究和工程建设全体人员劳动和智慧的结晶。本书系统介绍了 2007 年完成的 50 多项特高压交流输电关键技术课题和单项专题的研究成果，主要内容包括关键设备研制，线路技术研究，施工和运行技术研究，以及特高压交流试验基地、杆塔试验基地的介绍和相关研究成果。本书可以帮助读者全面了解 2007 年度特高压交流输电技术研究取得的成果和工程进展情况，书中提出的许多开放性思想也为下一步的研究提供了思路 and 方向。

一年来，特高压输电技术研究的参与者付出了辛勤的劳动，换来了累累硕果，承担研究任务的单位全力以赴，克服重重困难，圆满完成了既定的研究任务，在此表示衷心感谢，并藉此向为本书编辑出版提供支持和帮助的单位和个人致谢！

国家电网公司

2008 年 9 月

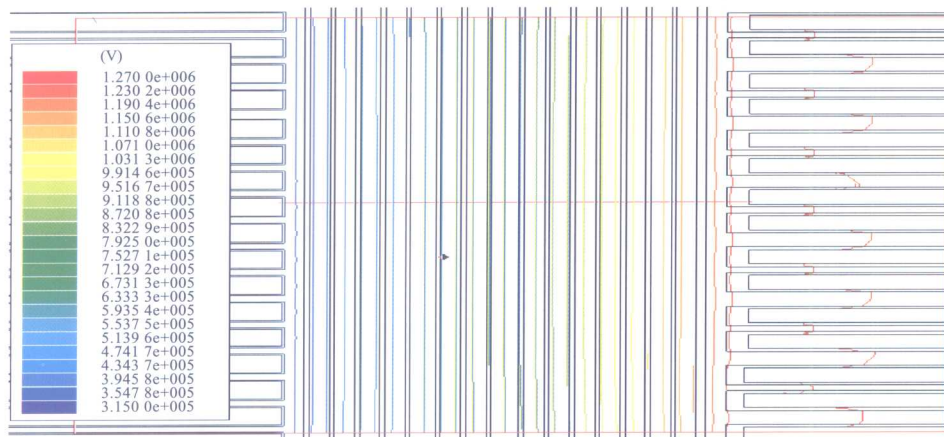


图 1 高压绕组与中压绕组间的绝缘结构及电场计算

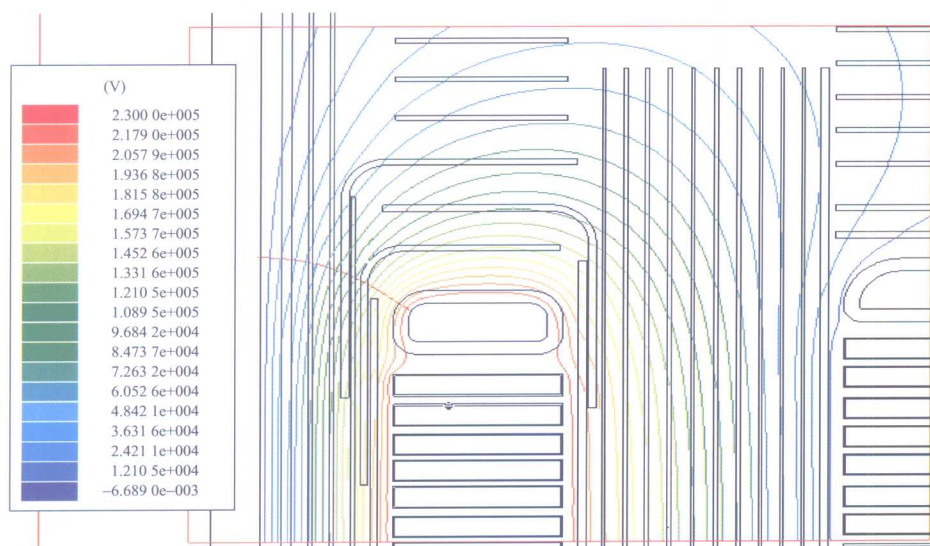


图 2 端部绝缘结构及二维电场计算

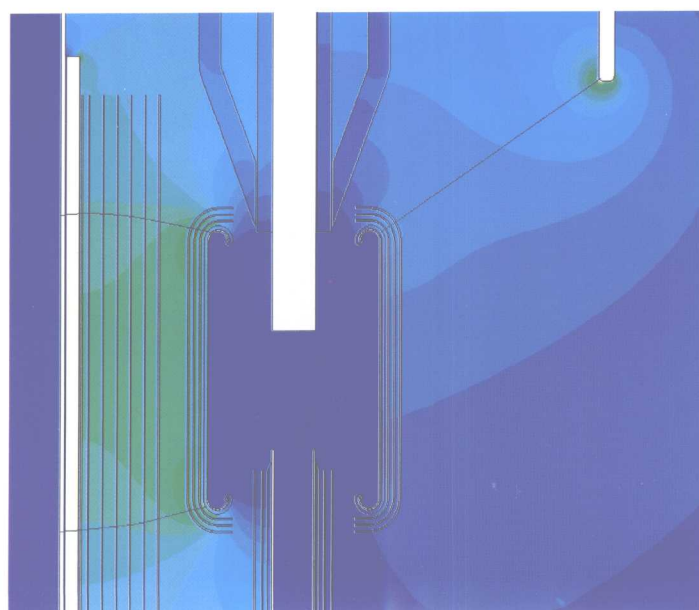


图 3 500kV 引线套管均压球处电场分布

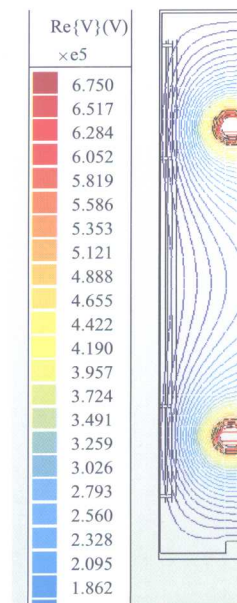


图 4 500kV 引线上下连线电场分布

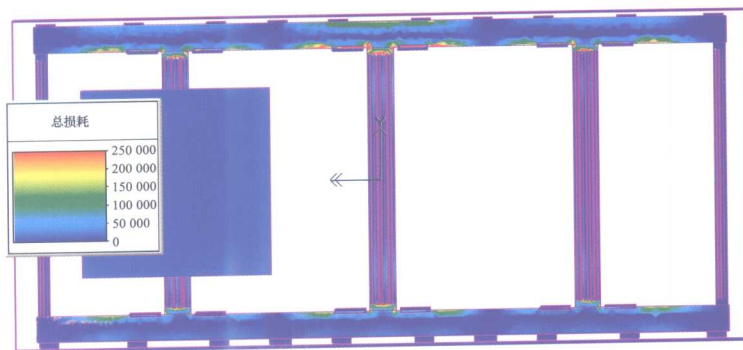


图5 铁心夹件及拉板损耗密度分布图 (单位: W/m^3)

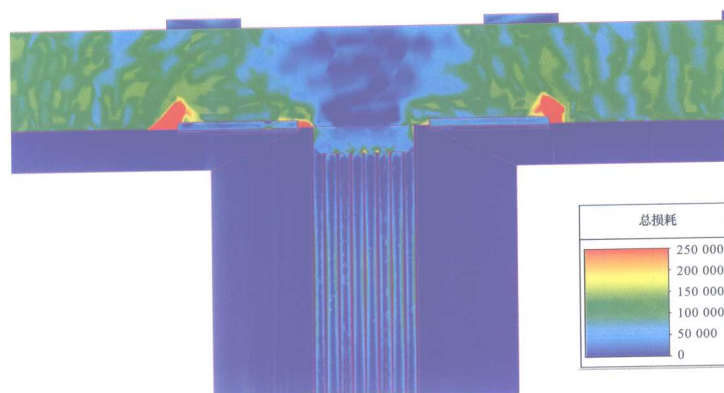


图6 铁心腹板中损耗分布 (单位: W/m^3)

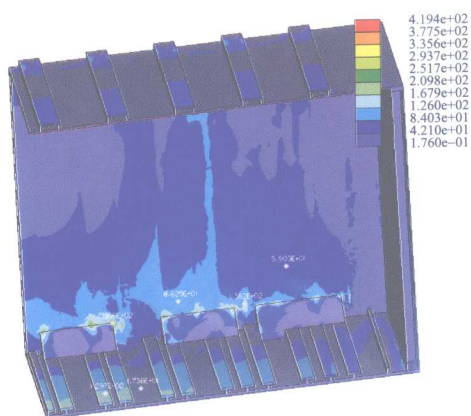


图7 油箱内部应力分布 (单位: MPa)

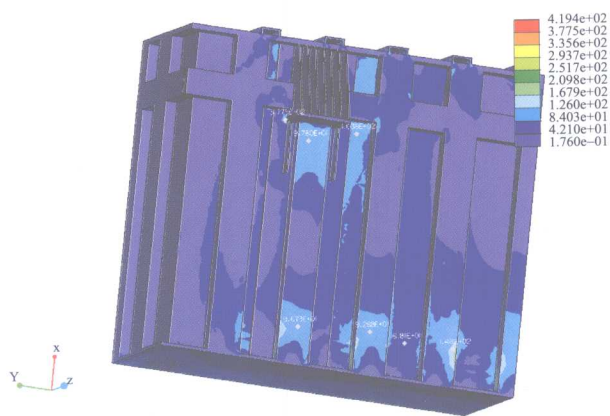


图8 油箱外部应力分布 (单位: MPa)



图9 1195kV DIL 电压作用下的电场分布

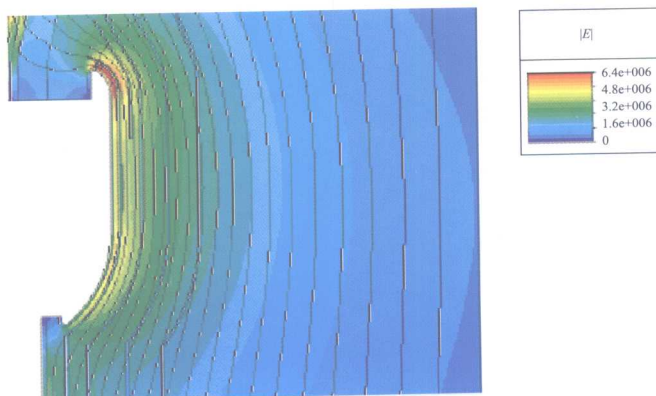


图10 特高压出线装置均压球在 1195kV DIL 电压下的电场等位线分布 (单位: V/m)

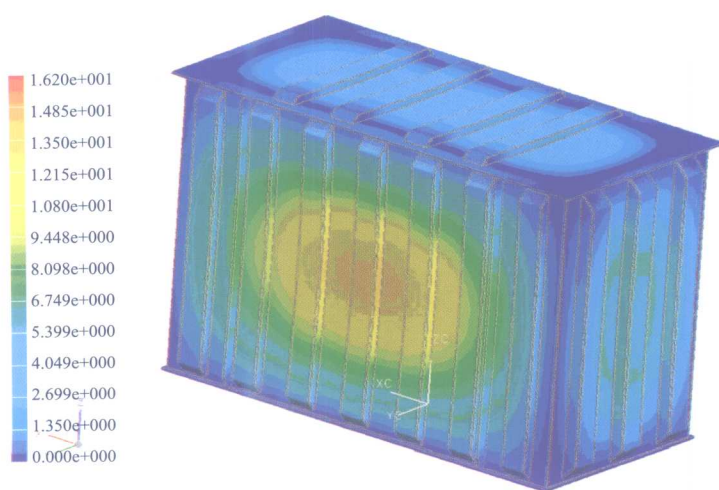


图 11 1000kV 电抗器模型油箱机械强度校核

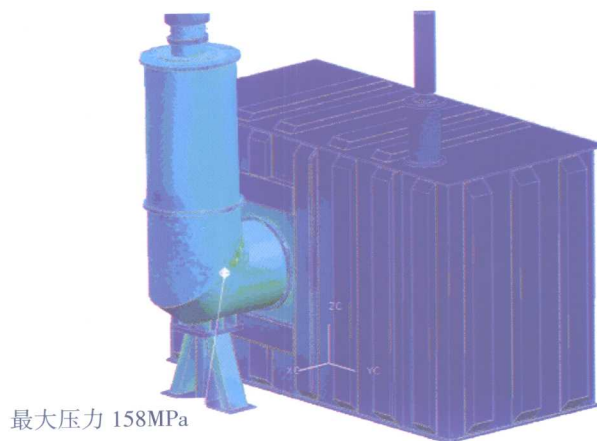


图 12 1000kV 电抗器应力云图

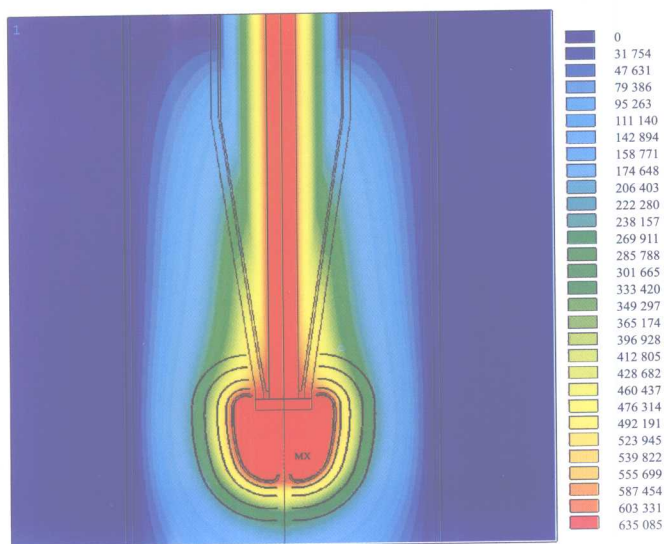


图 13 套管尾部的电位分布图 (单位: V/m)

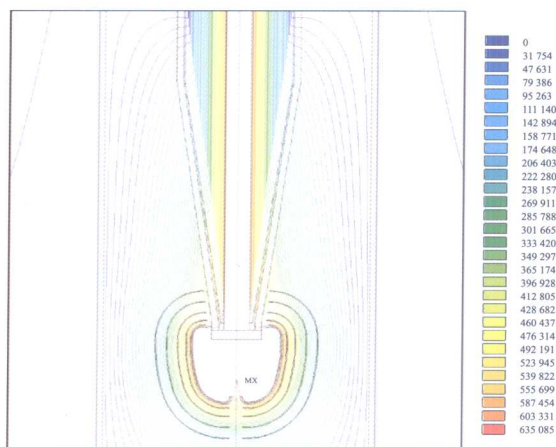


图 14 套管尾部的等电位线图 (单位: V/m)

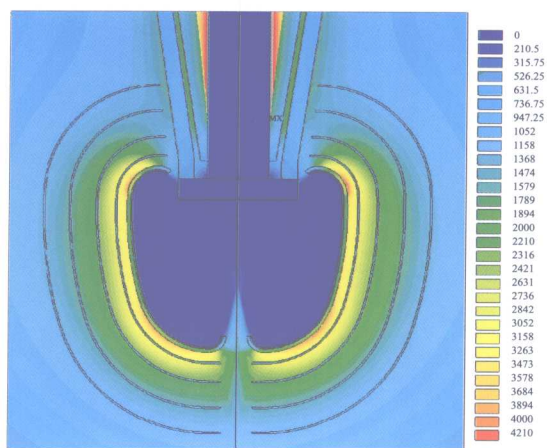


图 15 均压球电场分布图 (单位: V/mm)

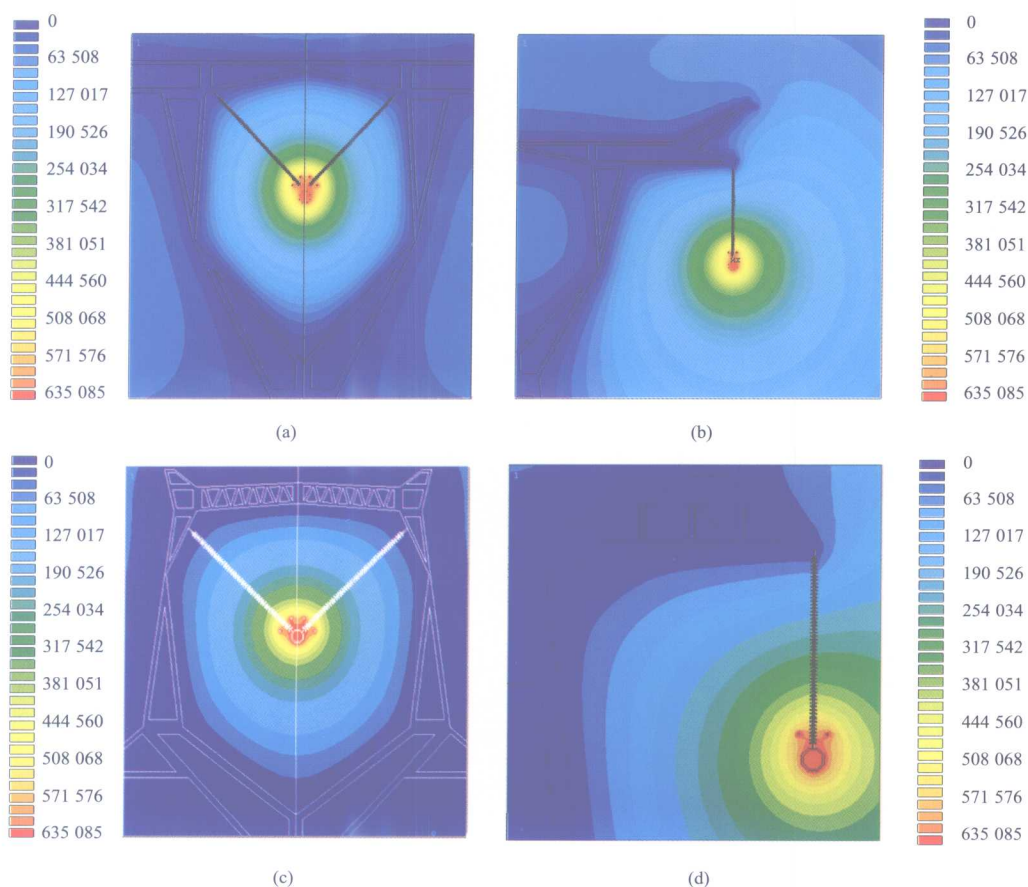


图 16 1000kV 线路瓷质绝缘子的电位分布 (单位: V)

(a) 直线酒杯塔中相; (b) 直线酒杯塔边相; (c) 直线猫头塔中相; (d) 直线猫头塔边相

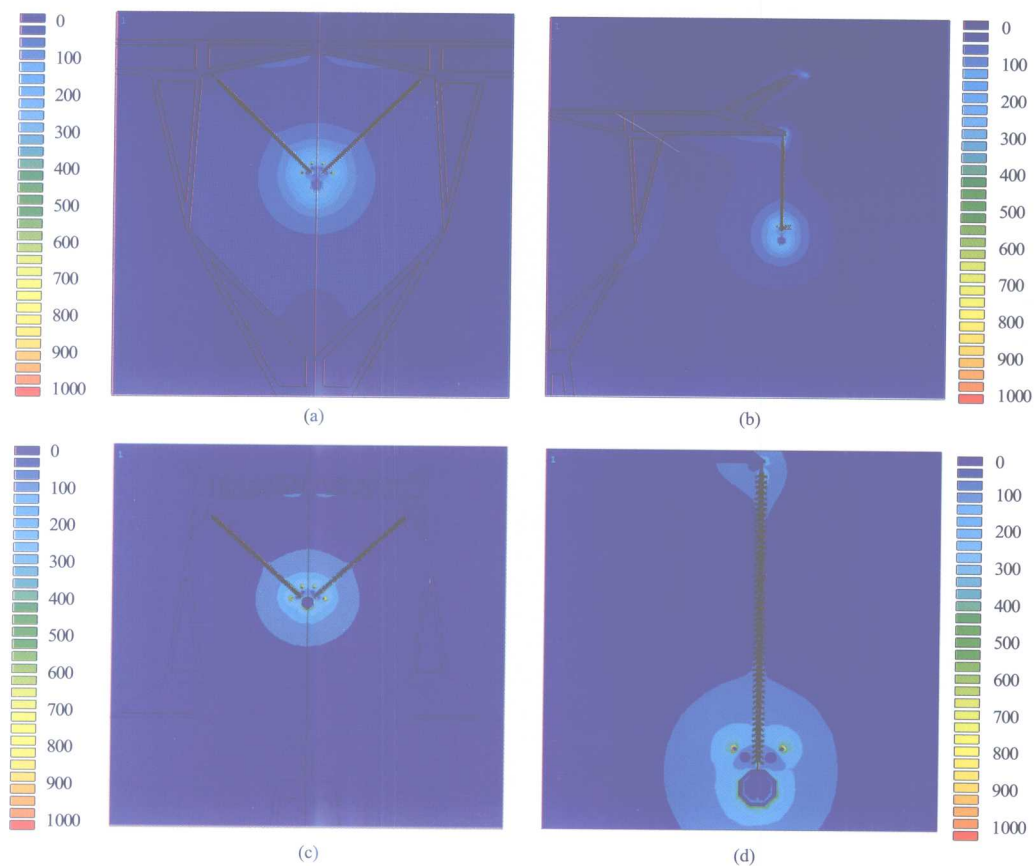


图 17 1000kV 线路瓷质绝缘子的电场分布 (单位: V/mm)

(a) 直线酒杯塔中相; (b) 直线酒杯塔边相; (c) 直线猫头塔中相; (d) 直线猫头塔边相

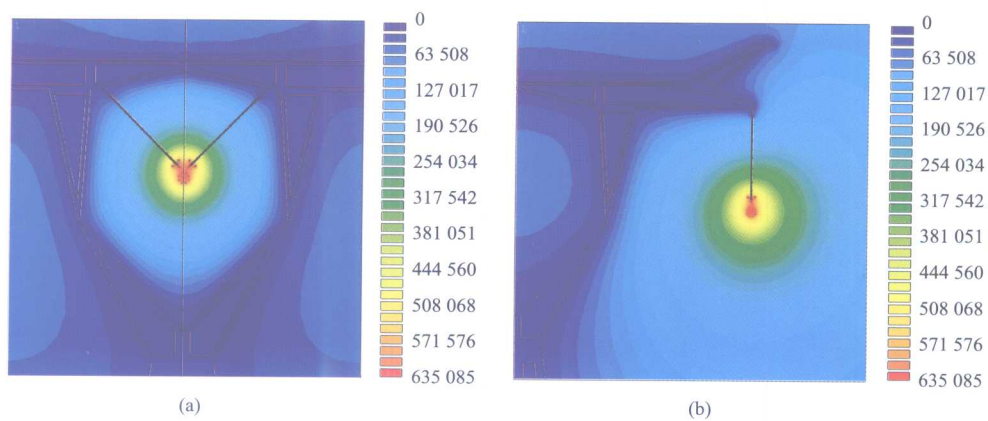


图 18 1000kV 线路复合绝缘子的电位分布 (单位: V)

(a) 中相; (b) 边相

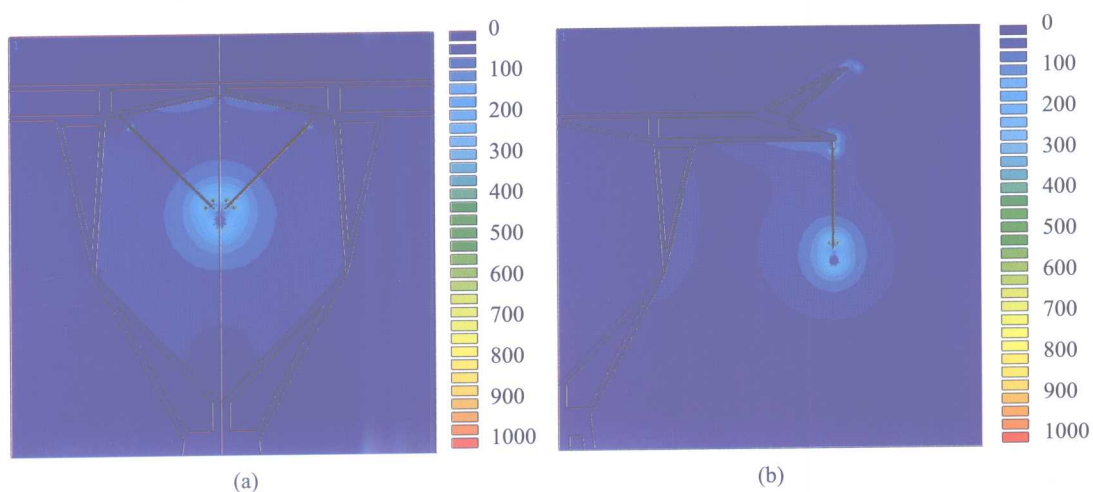


图 19 1000kV 线路复合绝缘子的电场分布 (单位: V/mm)
(a) 中相; (b) 边相

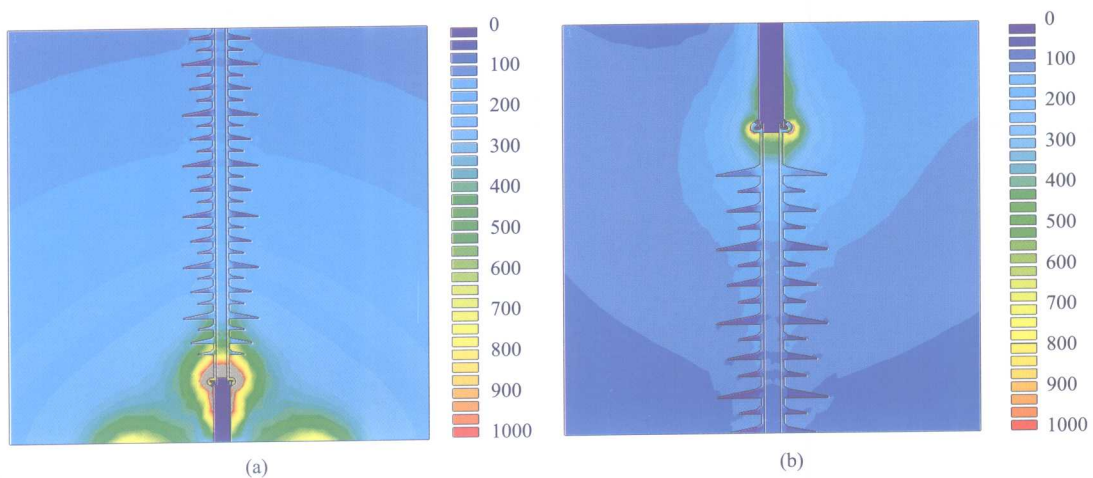


图 20 不配置均压环时 1000kV 线路复合绝缘子的电场分布 (单位: V/mm)
(a) 导线侧; (b) 杆塔侧

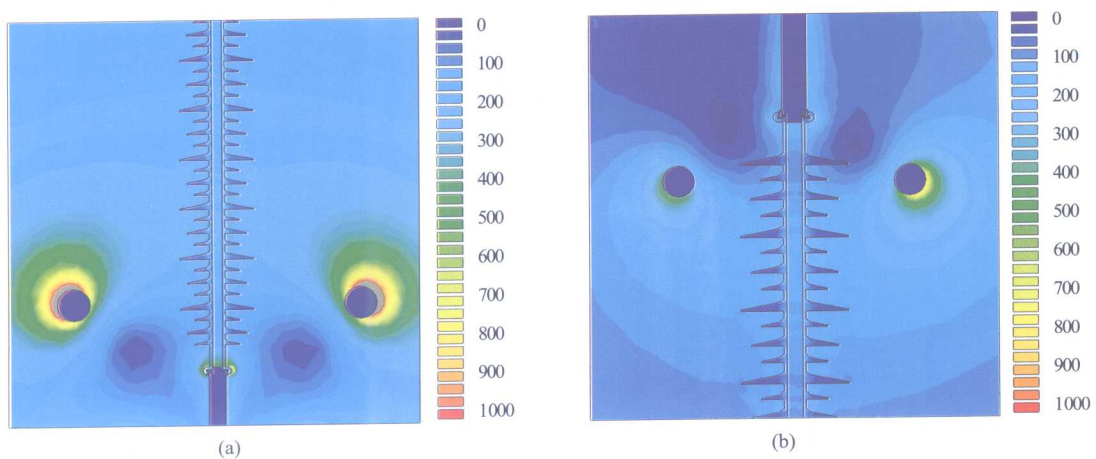


图 21 配置单一均压环时 1000kV 线路复合绝缘子的电场分布 (单位: V/mm)
(a) 导线侧; (b) 杆塔侧

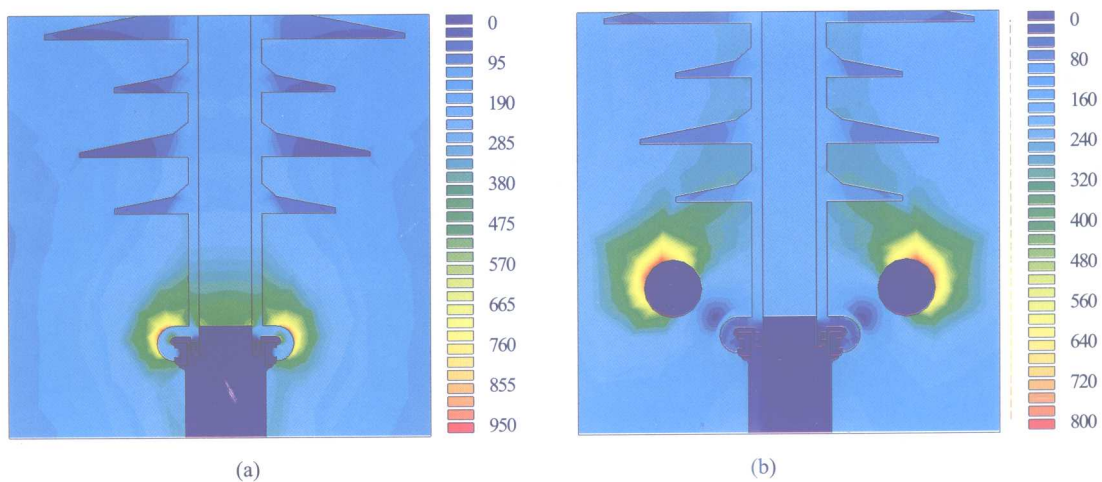


图 22 1000kV 线路复合绝缘子导线侧金具端部附近的电场分布 (单位: V/mm)
(a) 不配置小均压环; (b) 配置小均压环

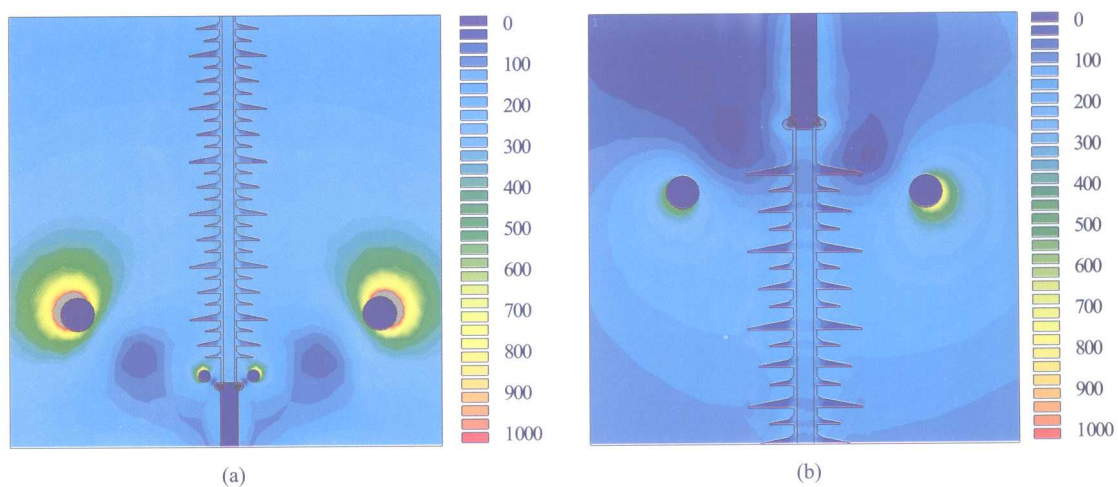


图 23 配置大、小均压环时 1000kV 线路复合绝缘子的电场分布 (单位: V/mm)
(a) 导线侧; (b) 杆塔侧

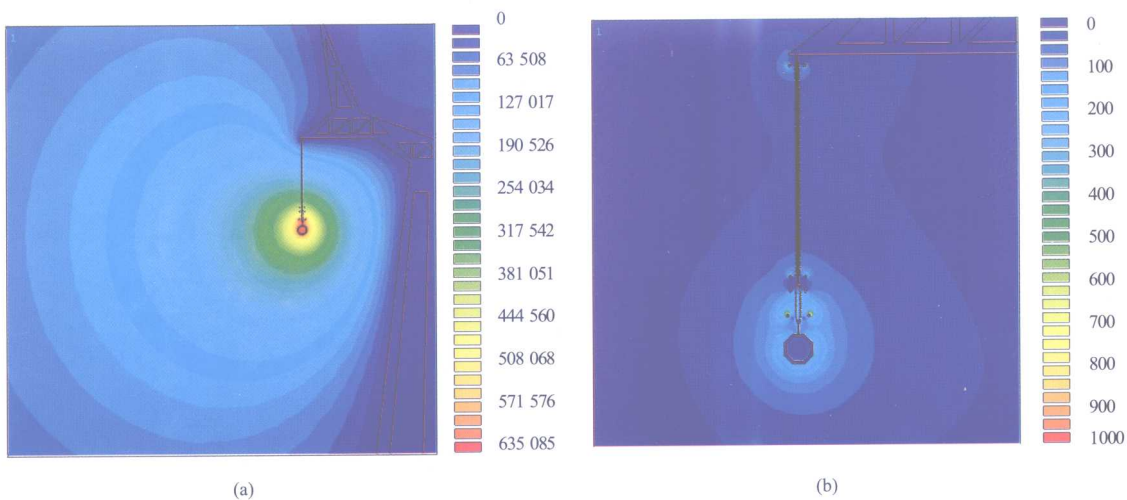


图 24 复合绝缘子与瓷质棒形绝缘子组串结构的电位、电场分布 (单位: V/mm)
(a) 电位分布 (单位: V); (b) 电场分布 (单位: V/mm)

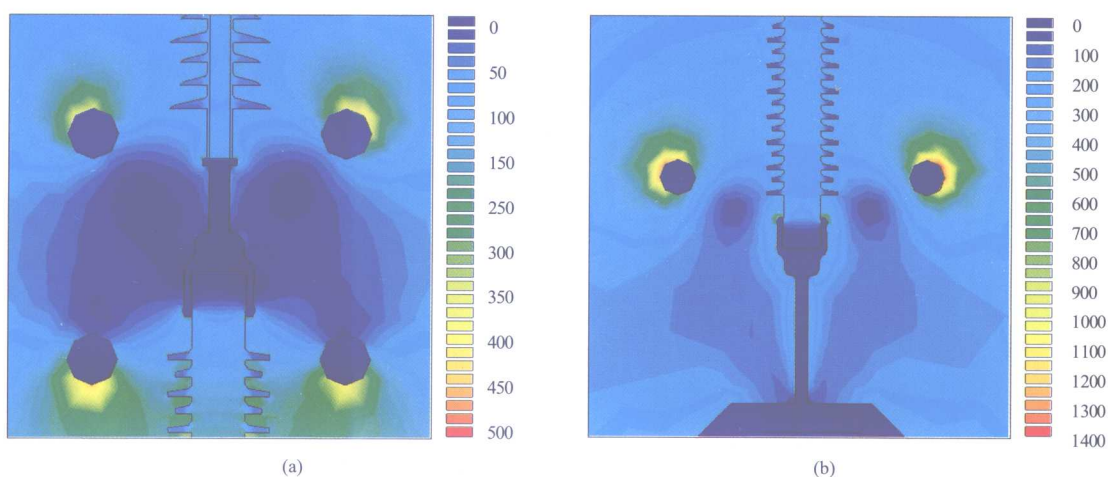


图 25 复合绝缘子与瓷质棒形绝缘子连接金具处及导线侧的电场分布 (单位: V/mm)
(a) 复合—瓷质棒形绝缘子连接处; (b) 导线侧

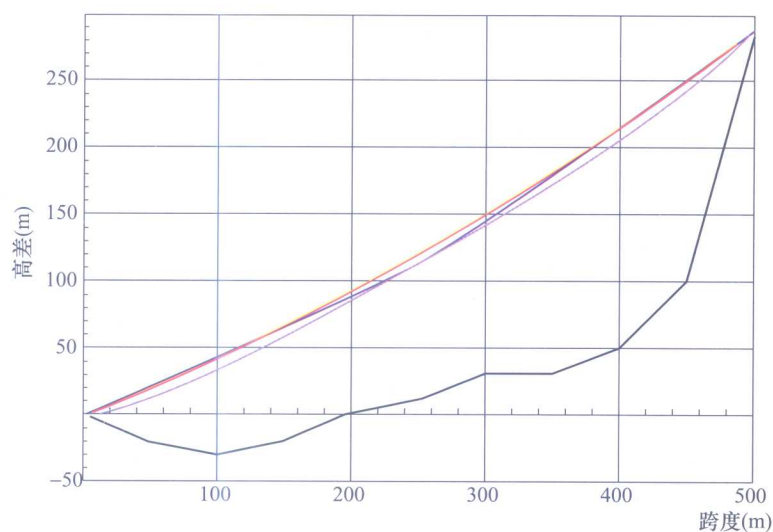


图 26 荷重点位于跨中时承载索线形

注: 蓝色曲线为无荷状态下承载索线形; 中间由两段红色曲线组成的折线为荷重后承载索线形, 紫色曲线为荷重点运行轨迹曲线; 黑色曲线为地形曲线。

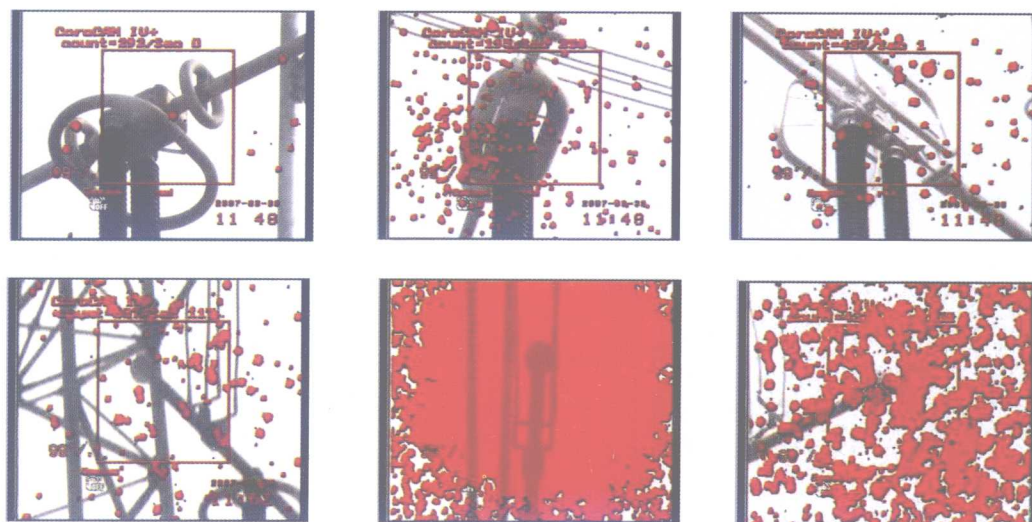


图 27 优化调整前后隔离开关端部均压球电晕放电紫外成像图
(自上起 U、V、W 相, 左列为调整前, 右列为调整后)

目 录

前言

第 1 章 概论	1
第 1 节 2007 年特高压交流试验示范工程建设工作回顾	2
第 2 节 2007 年特高压交流试验示范工程输电技术主要研究成果概要	5
第 2 章 特高压交流输变电关键设备研制	9
第 1 节 核心技术研究	10
1 特高压交流输变电工程变压器核心技术研究	10
2 特高压交流输变电工程 GIS 核心技术研究	23
3 特高压交流输电工程电抗器核心技术研究	31
4 特高压交流系统动态模拟及继电保护试验研究	40
5 特高压交流系统继电保护原理研究	47
6 特高压交流互感器特性研究	54
7 特高压交流试验示范工程油纸电容式变压器/电抗器套管研究	65
8 特高压交流 1000kV 瓷外套避雷器研究	75
9 特高压变电站自动化系统研究	85
第 2 节 基础参数研究	92
10 特高压交流试验示范工程支柱绝缘子和套管耐污性能研究	92
11 特高压交流试验示范工程 GIS 变电站特快速暂态过电压 (VFTO) 特性研究 (1)	102

12	特高压交流试验示范工程 GIS 变电站特快速暂态过电压 (VFTO) 特性研究 (2)	112
13	特高压交流试验示范工程断路器瞬态特性研究 (1)	121
14	特高压交流试验示范工程断路器瞬态特性研究 (2)	128
15	特高压交流断路器分闸电阻断口 TRV 研究	139
16	特高压交流试验示范工程大吨位复合绝缘子机械可靠性及保证措施的研究	148
17	特高压交流串联复合绝缘子性能试验	155
第 3 节	试验及监造技术	158
18	特高压交流输电设备交接及预防性试验研究	158
19	特高压交流试验示范工程现场交接试验及标准编制	164
20	特高压交流断路器关合与开断型式试验方法研究	173
21	特高压交流输变电设备及材料监造导则研究	184
22	特高压交流变电构架设计和试验研究	189
23	特高压交流变电构架试验技术和能力研究	196
24	特高压交流基地长波前时间操作冲击电压装置研究	205
第 3 章	特高压交流输电线路技术研究	210
25	特高压交流输电线路真型塔空气间隙放电特性试验研究	211
26	特高压交流输电线路绝缘子的均压特性研究	219
27	特高压架空输电线路大跨越工程综合技术研究	238
28	特高压交流工程配套金具的研制开发	249
29	特高压交流大跨越金具系列化研究	261
30	特高压电网超长站距光传输关键技术应用研究	271
31	特高压交流试验示范工程输电线路与无线电台间防护距离的研究	278
32	Q420 高强钢在特高压输电工程中的应用研究	287
第 4 章	施工及运行技术研究	296
第 1 节	变电工程施工技术研究	297
33	特高压交流试验示范工程建设信息管理系统 (UHVMIS) 的研究	297
34	特高压交流变电站大型设备安装方案研究	304
35	特高压交流变电站母线、跳线施工工艺及工器具研究	318
36	特高压交流变电站构架组立施工方案的研究	320