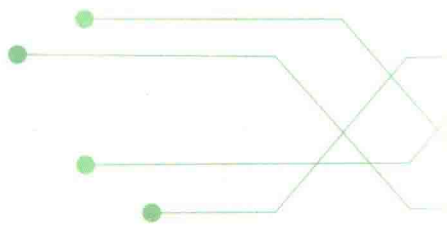
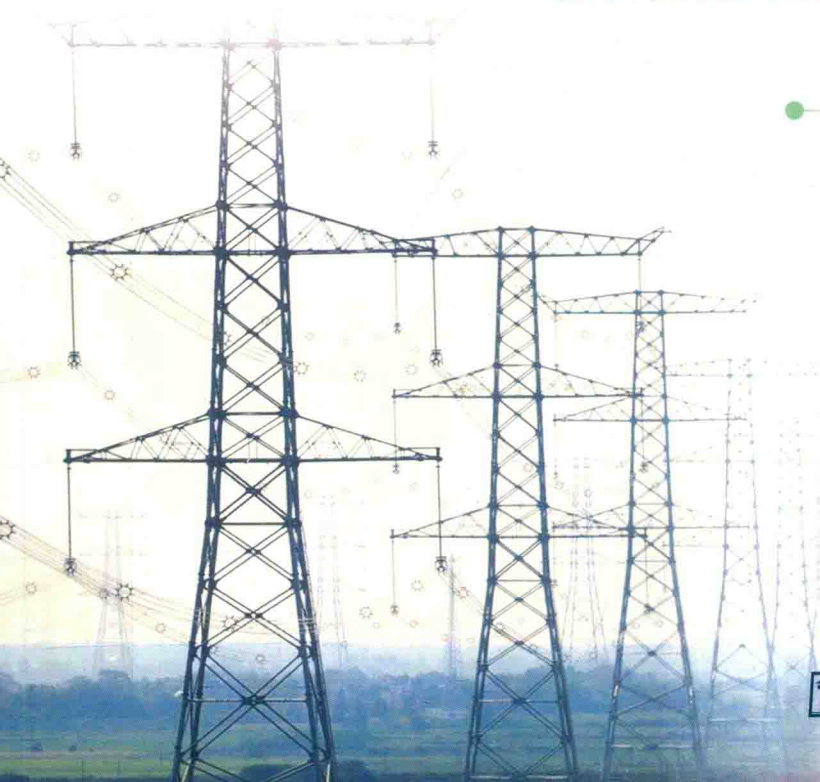




# 超高压交流输变电工程

## 启动调试技术

国网宁夏电力有限公司电力科学研究院 编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



# 超高压交流输变电工程

## 启动调试技术

国网宁夏电力有限公司电力科学研究院 编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

为了满足我国高压交流输变电工程建设和运行的需要,考虑到高压交流输变电技术的新发展并吸取我国在超、特高压交流输变电领域科研、设计以及工程建设和运行中的经验,国网宁夏电力有限公司电力科学研究院组织多年从事超、特高压交流输变电工程规划、建设、运行、科研的专业技术人员编写本书。

本书分为六章,主要内容包括超高压交流输变电工程启动调试项目、潮流稳定和电磁暂态仿真计算研究、测试项目和工程调试案例分析等,重点介绍了高压交流输变电工程启动调试的前期仿真研究与现场测试技术。本书理论结合工程应用、全面系统、注重实用性,系统地介绍输变电工程启动调试技术及工程典型经验,以利于促进该技术的推广应用,满足输变电工程快速建设发展的需要。

本书可供从事电网规划、设计、建设、调试、运行维护的技术人员及管理人员使用,也可作为电气工程专业技术人员和电力专业师生的参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

超高压交流输变电工程启动调试技术 / 国网宁夏电力有限公司电力科学研究院编. —北京:中国电力出版社, 2018.12

ISBN 978-7-5198-2848-6

I. ①超… II. ①国… III. ①超高压—交流输电—变电所—电气工程 IV. ①TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 299256 号

---

出版发行: 中国电力出版社

地 址: 北京市东城区北京站西街 19 号(邮政编码 100005)

网 址: <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑: 陈 丽(010-63412348) 陈 倩(010-63412512)

责任校对: 黄 蓓 朱丽芳

装帧设计: 左 铭

责任印制: 石 雷

---

印 刷: 北京时捷印刷有限公司

版 次: 2018 年 12 月第一版

印 次: 2018 年 12 月北京第一次印刷

开 本: 710 毫米×980 毫米 16 开本

印 张: 14.25

字 数: 222 千字

印 数: 0001—1000 册

定 价: 68.00 元

---

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题,我社营销中心负责退换

# 编 委 会

主 编 李旭涛

副 主 编 张 爽 叶逢春 张 军

参编人员 任 勇 张 迪 赵晓东 摆存曦

李宏强 顾雨嘉 焦 龙 梁 剑

罗海荣 杨慧彪 田 蓓 薛 飞

吴玫蓉

## 前



随着特高压输电等先进技术的全面推广应用，电网不仅是传统意义上的电能输送载体，还是功能强大的能源转换、高效配置和互动服务平台。建设具有跨国和跨州电力配置能力、灵活适应新能源发展和多样化需求的现代电网体系，成为世界电网发展的方向和战略选择。

我国能源资源与需求逆向分布的特点，加快了跨区域、大规模、远距离超/特高压交直流输变电技术的发展。与此同时，要坚定不移推进特高压创新发展，使其在保增长、惠民生、调结构等方面发挥更大作用。随着“一带一路”战略的启动及“十三五”规划的全面实施，超/特高压交直流输变电工程建设迎来高峰时期。

为了满足我国高压交流输变电工程建设和运行的需要，考虑到高压交流输变电技术的新发展，并吸取我国在超/特高压交流输变电领域科研、设计以及工程建设和运行中的经验，编写一本将理论结合工程应用、全面系统、注重实用性的著作，系统地介绍输变电工程启动调试技术及工程典型经验，促进该技术的推广应用，满足输变电工程快速建设发展的需要。

本书重点介绍高压交流输变电工程启动调试的前期仿真研究与现场测试技术，主要内容包括超高压交流输变电工程启动调试项目、潮流稳定和电磁暂态仿真计算研究、测试项目和工程调试案例分析等。全书分为6章，第1章分析回顾了高压输电技术的发展趋势及当前面临的主要问题，并对交直流输电工程在西电东送中的作用与定位以及交流与直流、新能源耦合特性

进行了简要介绍。第2章分析了超高压交流输变电工程启动调试的目的、调试项目与要求，便于读者全面了解交流输变电工程启动调试工作。第3章围绕启动调试前的潮流和稳定仿真计算研究展开，重点对工程调试应具备的系统条件、预想方式计算及安全稳定措施配置进行介绍，为制定启动调试方案提供理论依据。第4章讨论了电磁暂态仿真计算研究的模型以及实际工程中投切线路、变压器及电容器、电抗器操作过电压，输电线路潜供电流及恢复电压、工频过电压、感应电压电流、非全相运行过电压等电磁暂态计算过程。第5章结合现场测试工作，介绍了启动调试的测试项目、测试流程、测试数据分析等内容。第6章针对实际工程调试案例进行详细分析。

本书可供从事电网规划、设计、建设、调试、运行维护的技术人员及管理人员使用，也可作为电气工程专业技术人员和电力专业师生的参考用书。

本书的编写人员大都为多年从事超/特高压交流输变电工程规划、建设、运行、科研的专业技术人员，本书初稿完成后，承蒙中国电力科学研究院有限公司教授级高级工程师宋云亭仔细审阅，并提出不少宝贵意见和建议，特此深表感谢。由于编者水平和经验有限，时间仓促，书中难免有缺点或错误，恳请读者批评指正。

编者

2018年10月

## 前言

<b>1</b>	绪论 .....	1
1.1	高压输电技术概述 .....	2
1.2	能源发展趋势及面临的问题 .....	12
1.3	交直流输电在西电东送中的作用与定位 .....	19
1.4	交流与直流、新能源耦合特性 .....	21
<b>2</b>	工程启动调试准备及要求 .....	24
2.1	启动调试的目的 .....	24
2.2	调试前的准备工作 .....	25
2.3	调试项目及要​​求 .....	30
<b>3</b>	潮流和稳定仿真计算 .....	38
3.1	潮流和稳定计算概述 .....	38
3.2	主要计算模型与工具 .....	39
3.3	投、切空载变压器和空载线路的仿真分析 .....	43
3.4	系统合环与解环的仿真分析 .....	45
3.5	投切低压电容器与低压电抗器的仿真分析 .....	49
3.6	人工单相短路接地试验的仿真分析 .....	51
3.7	工程调试期间的稳定计算分析 .....	51

3.8	系统动态扰动试验的仿真分析	51
3.9	大负荷试验的仿真分析	52
<b>4</b>	<b>电磁暂态仿真计算研究</b>	<b>53</b>
4.1	电磁暂态计算研究概述	53
4.2	主要计算模型	54
4.3	母线电压控制及操作过电压	64
4.4	分合空载变压器及低抗操作过电压	72
4.5	潜供电流及恢复电压	75
4.6	工频过电压	79
4.7	感应电压和感应电流	84
4.8	非全相运行过电压	87
<b>5</b>	<b>启动调试测试项目</b>	<b>90</b>
5.1	系统调试测试项目	90
5.2	变电站、线路工频电场和工频磁场测试	91
5.3	变电站和线路可听噪声测试	94
5.4	变电站和线路无线电干扰测试	97
5.5	交流电气量测试	99
5.6	谐波测试	101
5.7	暂态过电压和暂态电流测试	107
5.8	变压器和电抗器声级及振动测试	108
5.9	架空地线感应电压测试	116
5.10	油样测试	119
5.11	紫外红外测试	137
5.12	继电保护校核	148
5.13	变压器空载特性测试	155
5.14	并联电抗器伏安特性测试	164

5.15	空载变压器励磁涌流测试 .....	166
5.16	短路电流测试 .....	168
5.17	电容式电压互感器暂态响应特性测试 .....	169

## **6** 工程调试案例 .....

6.1	超高压输变电工程启动调试案例 .....	174
6.2	特高压直流换流站交流场启动调试案例 .....	201

## 绪 论

19世纪末期,电能作为一种新的能源出现,在各个行业得到广泛的应用,并且产生了大量的资本密集型、技术密集型的工业部门,对第二次技术革命的发生有直接的促进作用。不仅如此,在第三次技术革命中,电能作为各个行业的能源基础,在生产生活中仍占有着重要的地位。

中国作为能源消耗大国,经济的高速发展离不开能源产业的支持,能源产业政策直接影响着国家的未来,“十一五”“十二五”期间,中国电力工业取得了快速发展,装机容量迅速提升。根据《电力发展“十三五”规划》,到2020年,非化石能源发电装机达到770GW左右,比2015年增加250GW左右;风电新增投产79GW以上,太阳能发电新增投产68GW以上;到2020年,全国煤电装机规模力争控制在1100GW以内。中国风电和太阳能资源主要集中在西北部地区,但当地经济欠发达,消纳能力不足。而中东部地区国民经济持续快速发展,能源产地与能源消费地区之间距离越来越大,使得中国能源配置的距离、特点和方式都发生了变化,决定了能源和电力跨区域大规模流动的必然性。

我国能源基地集中大规模可再生能源发展需要借助跨区输电通道。特高压直流定位于大型能源基地(西南水电基地、“三北”煤电及风电基地等)的远距离(大于1100km)、大容量外送,成为缓解中国能源资源与经济布局矛盾的重要途径。

从我国未来大规模西电东送、北电南送的电力流格局来看,西北、东北区域电网处于电力流送端,远离“三华”(华北—华中—华东)负荷中心1000km以上,特高压直流输电工程要求送受端交流电网有坚强的支撑能力,建设西北、东北坚强的送端电网是满足大规模电力外送的必要条件。具体是,在未

来 10 年内配合特高压直流工程的建设,进一步发展完善连接西北各负荷中心和各大能源基地的 750kV 主网架,实施 330kV 电网分区运行;进一步完善东北 500kV 主网架,实施 220kV 电网分区运行,并根据发展需要适时规划建设 1000kV 交流主网架;华北、华东、华中同处电力流受端,具有水火互补、水风互补、风火互补、丰枯互济的联网效益,且彼此为邻、网间距离短、联网投资省、安全性好。

## 1.1 高压输电技术概述

### 1.1.1 高压输电发展概况

为了满足大容量长距离的送电要求,我国电力系统的运行电压等级也在不断提高。1972 年建成第一回 330kV 的交流线路,1981 年建成第一回 500kV 交流线路,1989 年建成第一回  $\pm 500$ kV 直流线路,2005 年在西北电网建成第一回 750kV 交流线路。随着电网电压等级的提高,网络规模也在不断扩大,我国已经形成了六个跨省的大型区域电网,即东北电网、华北电网、华中电网、华东电网、西北电网和南方电网。

为了实现能源资源优化配置,在六大区域电网的基础上展开了全国联网工作。1989 年投运的  $\pm 500$ kV 葛沪直流输电工程,实现了华中—华东电网的互联,拉开了跨大区联网的序幕;2001 年 5 月,华北与东北电网通过 500kV 线路实现了第一个跨大区交流联网;2002 年 5 月,川电东送工程实现了川渝与华中联网;2003 年 9 月,华中—华北联网工程的投入,形成了东北、华北、华中(包括川渝)区域电网构成的交流同步电网;2004 年华中电网通过三峡至广东直流工程与南方电网相联;2005 年 3 月山东电网联入华北;2005 年 6 月华中—西北通过灵宝直流背靠背相联。目前全国除新疆、西藏、海南和台湾以外,将全部运行在全国交、直流联合电网中,形成全国联网的基本框架。但现阶段,各区域电网的网架结构以及区域之间的联系还较为薄弱,区域交换容量有限,目前主要联络线的输送能力为 1296 万 kW。根据规划的预测,西电东送、南北互供的输电容量在未来的 15 年将超过 100~200GW。

### 1.1.2 我国高压输电技术的发展概况

随着电力负荷的日益快速增长和远距离、大容量输电需求的增加,大规



模容量电厂的建设，以及高压、超高压输电线路和变电站的数目日益增多，环境问题变得日益突出。为实现规模经济、减小网损、避免输电设备的重复建设，确保电力系统可靠性，使输电线路对环境的影响降至最小，美国、苏联、日本、意大利和加拿大等国的电力公司或科研机构，于 20 世纪 60 年代末或 70 年代初根据电力发展需要开始进行了特高压输电的可行性研究，并在广泛、深入地调查和研究基础上，先后提出了特高压输电的发展规划目标或建设了特高压输变电工程。中国特高压输电技术的发展和进步不能完全依靠国外既成的技术和装备，必须依靠自己的力量，充分利用国内、国际两种智力资源和制造经验，立足于创新，以此来解决国家特高压电网发展道路上的一系列技术难题。

#### 1.1.2.1 我国特高压输电关键技术研究现状

我国 1986 年起就开展了“特高压输电前期研究”项目，开始了对特高压交流输变电项目的研究；1990~1995 年，国务院重大技术装备领导小组办公室开展了“远距离输电方式和电压等级论证”；1990~1999 年国家科学技术委员会就“特高压输电前期论证”和“采用交流百万伏级特高压输电的可行性”等专题进行了研究，对特高压输电有了一定的认识。

2004 年底，国家电网公司启动了特高压输电工程可行性研究，组织了几乎所有的国内有实力的科研单位、大专院校、设计院、咨询单位和设备厂家，各取所长、各尽所能地进行了相关关键技术的研究，并进一步明确了“我国交流特高压的电压为 1000kV，设备最高运行电压为 1100kV，直流特高压额定电压为  $\pm 800$ kV 直流特高压。同时，国家电网公司高度重视同国外单位的技术交流，多次组织国际技术交流会，包括美国电科院、日本电力中央研究所、东京电力、俄罗斯直流研究院等在内的国外著名研究机构和 ABB、西门子、阿海珐、东芝、三菱、AE 帕瓦、NGK 等在内的国外知名设备制造厂家参加了技术交流和研讨。

经过了两年多的艰苦努力和富有成效的工作，取得了大量的第一手资料，对发展特高压输电中所面临的主要技术问题，如过电压与绝缘配合、电磁环境影响、外绝缘特性研究及其设计、特高压输电工程主设备规范的研究等问题及解决方法已基本掌握，奠定了理论基础。

(1) 1000kV 级特高压交流输电系统过电压及绝缘配合研究。过电压及绝

缘配合课题由中国电力科学研究院和武汉高压研究院分别开展，主要内容是结合 1000kV 晋东南—南阳—荆门及 1000kV 淮南—南京—上海两个特高压交流工程，开展了以下研究内容：①研究了工程过电压（工频过电压、操作过电压、线路和变电站雷电过电压），包括限制过电压措施、确定过电压水平；②研究了特高压输电系统限制潜供电流、恢复电压措施和无功平衡方案；③研究了特高压金属氧化物避雷器（metal oxide surge arrester, MOA）参数选择和布置方式；④特高压输电系统绝缘配合的研究，包括提出了特高压输电系统绝缘配合的基本原则，确定了特高压输电线路和变电站的绝缘水平。

（2）1000kV 级特高压交流输电系统电磁环境的研究。特高压交流输电工程电磁环境课题由武汉高压研究院执行，主要开展了以下研究内容：①开展了交流系统对通信系统、电视等的电磁环境影响研究；②开展了 1000kV 级交流输电工程变电站对周边环境的电磁和可听噪声的影响研究，提出了满足变电站内外电磁和噪声环境要求应该采取的技术措施；③研究了 1000kV 级交流输电工程线路电磁场分布以及不同线路结构、相序排列对导线周围电磁环境影响，开展了导线截面、分裂型式和杆塔尺寸的优化配置；④提出工程建设环境评估报告，给出了环境控制参数指标。

（3）1000kV 级特高压交流输变电设备外绝缘特性研究及其设计。外绝缘特性研究课题由武汉高压研究院开展，通过总结国内外经验，配合可研工作，针对特高压工程实施方案，完成了如下研究内容：①开展了交流输电设备空气间隙的工频、操作和雷电特性研究，根据工程需要，进行放电特性的海拔校正；②开展了典型分裂耐热扩径导（母）线及分裂导线、管型母线基于不同间隙的工频、操作及雷电过电压特性研究，求取了 50%放电电压曲线（标准气象条件）；③特高压交流绝缘子串耐压特性研究，研究了系统工频电压对绝缘子串污闪电压、污秽度对绝缘子污闪电压的影响，不均匀污秽和灰密对污闪电压的影响，给出了设备外绝缘工程设计的计算和选择方法；④根据工程需要，开展了放电特性的海拔校正和高海拔地区交流污秽校正系数的研究。

特高压绝缘子选型设计由中国电力科学研究院执行，主要开展了以下研究内容：①开展了电瓷绝缘子、玻璃绝缘子、复合绝缘子比例单元试验研究，重点研究了在不同气压下不同污秽度对绝缘子电气性能的影响规律；②研究

了不同紫外线波长和强度对复合绝缘子使用性能的影响规律；③研究了1000kV级交流输变电工程采用复合绝缘子的可行性，提出了特殊地区特高压交流设备外绝缘防污闪及防雨闪的技术措施；④对特殊地区瓷绝缘子、玻璃绝缘子、复合绝缘子的可靠性进行了评价，包括各种绝缘子的使用寿命周期、失效率、事故率；⑤比较分析了国内外三种绝缘子的材料、结构及制造水平，为绝缘子选型提供依据，根据输电线路实际环境地理条件，提出线路绝缘子选用方案；⑥根据工程需要，开展了几种线路绝缘子在特殊环境条件下的污闪特性研究，提出了不同类型、不同形状绝缘子在不同污秽条件下污闪电压与海拔高度的关系。

(4) 1000kV级交流工程各种空气间隙的设计是由中国电力顾问集团公司执行，主要开展了以下研究内容：①确定了1000kV变电站相一地以及相间最小空气间隙距离；②确定了线路杆塔对导线的最小空气间隙距离，并根据系统工频最高运行电压确定了悬式绝缘串的片数和长度；③对比分析了不同放电电压海拔修正方法的优缺点，结合750kV输变电工程的经验，确定了科学的海拔修正方法。

(5) 1000kV级特高压输变电工程主设备规范的研究。国内外的工程经验表明，新的电压等级的设备在工程投运初期的故障率都远高于原有电压等级的设备，因此，在编制1000kV交流工程主设备规范时，对于关键设备或部件，必须留有足够的安全裕度，合理地选择特高压输变电设备技术参数，以避免出现重大设备损毁，影响整个系统可靠性的重大事故的发生，达到技术先进、设备安全可靠运行的目的。此项课题由中国电力顾问集团公司牵头执行，主要开展了如下研究内容：①调研和搜集了国际上现有的1000kV级交流工程主要电力设备的关键技术参数；②编制了变压器、电抗器、断路器、串补装置、隔离开关、套管、绝缘子、避雷器、电压和电流互感器、快速接地开关、控制及保护装置、输电线路、杆塔等设备的技术规范。

### 1.1.2.2 我国特高压输电技术的工程应用

(1) 特高压交流输电试验示范工程。特高压交流输电线路具有充电功率大、潜供电流大、绝缘配合要求高、线路长度和两端电网特性对特高压设备的工作条件影响大等特点，需要采取装设大容量高压电抗器（或可控电抗器）及中性点小电抗、高性能避雷器、带合闸电阻的断路器等措施。仅通过实验

室试验或建设短距离线段已无法对特高压输电技术和设备进行全面验证和考核。只有建设试验示范工程，通过全电压和大功率的工程运行，才能充分反映特高压输电的技术性能，使特高压设备的技术参数和技术特性得到全面试验验证。苏联在 20 世纪 80 年代初期决定投运 1150kV 输变电工程时，首先建设了全长 900km 包括 3 个变电站和 2 条线路的 1150kV 特高压试验工程，为我国确定交流特高压试验示范工程提供了很好的借鉴和参考。

通过对不同方案的技术经济比较和优选，确定将晋东南—南阳—荆门输变电工程作为特高压试验示范工程。该工程包括晋东南、荆门 2 座 1000kV 变电站，变电容量各 3000MVA；南阳 1000kV 开关站；晋东南—南阳—荆门 1000kV 输电线路，长度约 654km。

晋东南—南阳—荆门输变电工程符合我国能源流向，经过一段时间的系统运行和设备考核，完全有条件转入商业化运行，成为我国能源输送的一条重要通道，并可强化南北联网，有利于华北和华中的水火调剂、优势互补，具有良好的前景。下一步可以继续向北延伸到“三西”煤电基地，向南延伸至武汉，充分发挥交流特高压在 1000~2000km 合理的输电距离内大容量、低损耗输电的基本功能，推进资源在更大范围的优化配置。

晋东南—南阳—荆门试验示范工程线路长度可充分检验过电压和无功补偿等关键技术。工程方案中既有变电站，又有开关站，有利于充分积累建设与运行经验。通过该工程可对未来特高压工程所需采用的特高压设备，如线路、变压器、高压电抗器、断路器、GIS 设备、避雷器、电压互感器、电流互感器、绝缘子等设备在工频过电压、操作过电压、谐振过电压、甩负荷过电压、短路电流、投切低压电容器、投切低压电抗器和投切空载线路等条件下进行全面的考核。

(2) 特高压直流送出工程。金沙江是长江上游青海玉树巴塘河口至四川宜宾河段的通称，水能资源十分丰富，可开发装机容量约 90GW，年发电量约 5000 亿 kWh。开发金沙江是实现资源优化配置和能源可持续发展战略，加快“西电东送”步伐，减轻北煤南运和东部地区环保压力，优化华中、华东地区能源结构的重大举措。金沙江一期工程溪洛渡、向家坝水电站总装机容量 18.6GW，电站容量大，输电距离远，其电能的合理消纳及输电系统的形成，对我国能源资源优化配置、大容量远距离输电技术发展和全国联网络

局具有重大而深远的影响。

通过对金沙江一期工程采用不同回路数直流输电方案进行了深入的技术经济分析比较,并与国内外直流设备制造企业进行了多次技术交流和咨询。研究表明,金沙江一期工程溪洛渡、向家坝水电站输电系统采用 3 回  $\pm 800\text{kV}$  (电流  $4\text{kA}$ ), 每回输电容量  $6.4\text{GW}$  的特高压直流输电充分发挥了规模效应,走廊资源占用少,具有显著的社会经济效益,对远景发展的适应性强。与采用  $\pm$  特高压直流 (电流  $3\text{kA}$ ), 每回输电容量  $4.8\text{GW}$  相比节约投资约 200 亿元,而且节省 1 回输电走廊,是合理的方案。

金沙江一期采用 3 回  $\pm 800\text{kV}$  (电流  $4\text{kA}$ ) 直流输电方案技术可行,分别包括了向家坝—上海的直流输电工程,起点复龙换流站,落点南汇换流站,长度约  $2071\text{km}$ ; 溪洛渡左—湖南的直流输电工程,起点凤仪换流站,落点株洲换流站,长度约  $970\text{km}$ ; 溪洛渡右—浙江的输电工程,起点罗场换流站,落点浙西换流站,长度约  $1728\text{km}$ 。通过稳定分析,当发生直流单极闭锁时,系统能够保持稳定,线路和变压器无过载现象,事故后电压能够满足要求。直流双极闭锁故障时,只需切除送端部分机组,系统即可恢复稳定,线路和变压器均无过载现象。

$\pm 800\text{kV}$ 、 $6.4\text{GW}$  直流输电设备供应是有保障的,不存在难以逾越的技术难题,已有的技术只需要在几个关键领域,如对 6 英寸可控硅阀片、换流变压器、直流穿墙套管等进行相应的研发,便可满足设备设计与制造的要求。在特高压直流工程发展初期,大部分设计和设备制造完全可以直接实现国产化,其余部分设计和设备制造可以通过合作研制或国际采购来满足工程应用需要。

### 1.1.3 国外高压输电技术的研究现状

#### 1.1.3.1 美国特高压输电技术研究

美国在特高压输电技术方面进行了深入的研究,并做了大量的试验。尽管美国迄今为止尚未在工程中采用特高压输电技术,但其研究和试验是非常完善的。美国电力公司 (American Electric Power Company, AEP) 和瑞典通用电气公司的特高压研究试验站位于匹茨费尔德附近。它是单相试验设施,由  $345\text{kV}$  电网供电。特高压试验场的基本设施包括每个档距长  $305\text{m}$  的三个档距组成的单相试验线段,站内有瑞典通用电气公司制造的特高压变压器(额



定电压 420/835/1785kV，三相等值容量为 333MVA)。两个试验笼有独立电源以短时间试验短导线，每个笼为 30.5m 长的正方形截面，它们的尺寸可以在 6.1m×6.1m 至 9.1m×9.1m 之间变化。试验研究始于 1974 年，进行了可听噪声、无线电干扰、电晕损失以及其他环境效应的实测，进行了各种导线结构的试验。

美国邦纳维尔电力公司 (Bonneville Power Administration, BPA) 从 1976 年开始在莱昂斯试验场和莫洛机械试验线段上进行特高压线路的广泛研究和开发。莱昂斯特高压试验场由 21km 三相 1200kV 线路组成，它由 BPA 的 230kV 系统经 230/1200kV、50MVA 变压器供电，用于电气性能研究。在莫洛试验线段上，进行机械结构研究，考验不同结构的机械性能。在莱昂斯试验线段还进行了电晕和电场研究、生态和环境研究等。为了得到 1100kV 线路绝缘强度全尺度试验室数据，还进行操作和雷电冲击绝缘研究。在 BPA 的卡莱试验室和莱昂斯 1200kV 试验线段上，进行导线、绝缘子和金机电晕特性的研究。对 41mm 直径子导线，7 分裂和 8 分裂导线的长期可听噪声、无线电噪声、电视干扰、电晕损失和臭氧的发生进行观测。在 BPA 曼根机械—电气试验室和莫洛机械试验站进行的机械和结构试验，包括线路荷载（风和冰荷载）、导线运行（风吹振动、子导线振动和舞动）对杆塔、导线、金具和绝缘等影响。研究还包括 1000kV 线路铁塔和线路检修技术；1200kV 线路电场对庄稼、天然生长蔬菜、蜜蜂、野生动物、家禽影响的生态研究；对变电站设备进行试验，噪声和工频电场的研究；变压器、避雷器和 SF<sub>6</sub> 气体设备的性能评价等。

美国通用电气公司雷诺特高压试验场从 1967 年开始进行 1000~1500kV 架空线路的研究计划。1974 年，美国电力研究院 (EPRI) 开始建设 1000~1500kV 三相试验线路并投入运行，三相特高压试验线路长 523m，试验电压相对相间达 1500kV，此项研究工作持续了三年。在特高压研究工作中，针对许多不同类型的线路和变电站设备，进行了深入的操作冲击试验。在特高压电压下进行了污秽绝缘子工频电压试验。对 33~56mm 子导线直径的 6~16 分裂导线，测量了可听噪声、电晕损失、电视干扰、地面场强和臭氧发生量。同时，还进行了特高压线路电场效应的研究，以及铁塔的安装试验、特大型变压器的设计和考核的试验研究。