

特高压交流变电工程设计
典型案列

特高压交流变电工程设计 典型案例

国网经济技术研究院有限公司 胡劲松 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



TEGAOYA JIAOLIU BIANDIAN GONGCHENG SHEJI
DIANXING ANLI

特高压交流变电工程设计 典型案例

国网经济技术研究院有限公司 胡劲松 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书通过对 2004~2017 年特高压交流变电站工程设计中站址选择、电气一次、电气二次、土建等专业的若干典型案例进行回顾和分析,系统总结了特高压交流变电站工程设计的成果和经验教训。

全书共分为工程概述篇、站址选择篇、电气一次篇、电气二次篇、土建篇、大件运输篇和设计配合篇。所选取案例均为来自于参与特高压交流变电技术攻关、工程设计和建设的全体技术人员的智慧结晶。

本书可供特高压变电工程设计人员使用,也可供从事电力建设、运维的单位及科研院所的相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

特高压交流变电工程设计典型案例 / 国网经济技术研究院有限公司, 胡劲松主编. —北京: 中国电力出版社, 2018.7

ISBN 978-7-5198-2443-3

I. ①特… II. ①国… ②胡… III. ①特高压输电-变电所-电力工程-工程设计-案例 IV. ①TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 218258 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: 罗 艳 (yan-luo@sgcc.com.cn, 010-63412315)

责任校对: 黄 蓓 太兴华

装帧设计: 张俊霞

责任印制: 石 雷

印 刷: 三河市万龙印装有限公司

版 次: 2018 年 7 月第一版

印 次: 2018 年 7 月北京第一次印刷

开 本: 710 毫米×980 毫米 16 开本

印 张: 13.25

字 数: 240 千字

印 数: 0001—1500 册

定 价: 118.00 元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

编 委 会

主 任 路书军

副 主 任 韩先才 文卫兵

编 委 胡劲松 邱 宁 黄宝莹 孙 岗 杨小光

王宁华 赵 琳 张迎迎 王 晖 吴祎琼

编 写 成 员

主 编 胡劲松

副 主 编 黄宝莹

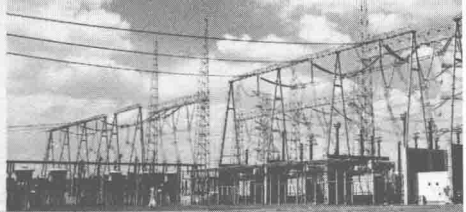
编写人员 杨小光 张迎迎 王 晖 张 婷 林柏春

应 捷 李龙才 乔刚强 崔中宁 马东升

高 戈 张 力 张 扬 刘 菲 周 毅

于海承 李建勤 潘益华 杨 彪 伍鑫元

余 森



前 言

党的十九大报告中明确提出，推进能源生产和消费革命，构建清洁低碳、安全高效的能源体系。国家电网公司以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，开启建设具有卓越竞争力的世界一流能源互联网企业新征程。特高压电网的建设有利于优化能源配置，促进可再生能源开发和生态环境治理，积极推进智能电网和城乡电网建设，发展电动汽车设施，进一步发挥电力产业先导作用。

自 2004 年提出建设特高压电网以来，国家电网公司坚持走自主创新道路，实现了一系列重大突破，全面验证了特高压的可行性、安全性、经济性和优越性。2012 年，“特高压交流输电关键技术、成套设备及工程应用”荣获国家科技进步奖特等奖，这是党和国家对特高压交流工程创新成果给予的最高褒奖，也是电力工业领域在国家科技奖上获得的最高荣誉，标志着代表国际高压输电最高水平的特高压交流输电变电技术已经成熟，为交流特高压的大规模应用打下了坚实基础。截至 2017 年年底，国家电网有限公司已投运“晋东南—南阳—荆门特高压交流试验示范工程”等共计 9 个特高压交流输电变电工程，共建成 1000kV 变电站 26 座，由国家电网所属 13 家网省公司负责运维。“十三五”期间，特高压电网将进一步发展，继续发挥其在国家能源战略中的重要作用。

本书通过对 2004~2017 年特高压交流变电站工程设计中站址选择、电气一次、电气二次、土建等专业的若干典型案例进行回顾和分析，系统总结了特高压变电站工程设计的成果和经验教训。

全书具体分工如下：胡劲松负责全书的章节安排、案例选取及电气一次篇、土建篇的编写；国网经济技术研究院有限公司、西北电力设计院有限公司、西南电力设计院有限公司、浙江省电力设计院有限公司的相关专业人员主要参与编写站址选择篇；国网经济技术研究院有限公司、华北电力设计院有限公司、东北电力设计院有限公司、西南电力设计院有限公司、华东电力设计院有限公司、西北电力设计院有限公司、浙江省电力设计院有限公司的相关专业人员主要参与电气一次篇的编写；中南电力设计院有限公司、华北电力设计院有限公司的相关专业人员主要负责电气二次篇的编写；国网经济技术研究院有限公司、华北电力设计院有限公司、东北电力设计院有限公司、西南电力设计院有限公司、西北电力设

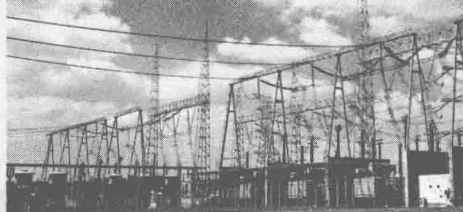
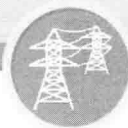
计院有限公司、中南电力设计院有限公司、浙江省电力设计院有限公司的相关专业人员主要参与土建篇的编写；国网经济技术研究院有限公司、华东电力设计院有限公司、东北电力设计院有限公司的相关专业人员主要参与编写大件运输篇；国网经济技术研究院有限公司、西北电力设计院有限公司的相关专业人员负责设计配合篇的编写；国网经济技术研究院有限公司的专业人员负责书稿的校审工作。

特高压交流变电站的建设成果和设计经验是参与特高压交流变电技术攻关、工程设计和建设的全体技术人员的智慧结晶，本书的编写过程也得到了相关设计单位、科研单位多位专家的细心指导和宝贵建议，在此向他们表示衷心感谢，并借此向为本书编辑出版提供支持和帮助的单位和个人致谢。

由于特高压交流工程设计技术发展迅速，加上作者水平有限，书中难免存在不妥与不足之处，敬请各位读者批评指正！

编 者

2018 年 5 月



目 录

前言

工程概述篇	1
站址选择篇	7
案例一 地区交界站址选择方案	9
案例二 站址区域与相关管线距离处理方案	12
案例三 电力线路迁改方案	14
电气一次篇	19
案例一 1100kV GIS 户内布置方案	21
案例二 出线方向优化方案	28
案例三 非整装运输型主变压器备用相布置问题	31
案例四 高压并联电抗器备用相快速切换方案	37
案例五 主变压器、高压并联电抗器抗震设计方案	47
案例六 1000kV 配电装置区道路宽度优化	55
案例七 备品备件库兼作组装厂房方案	61
案例八 1100kV GIS 设备接地采用预埋铜块方案	66
案例九 高土壤电阻率地区接地设计优化方案	70
案例十 站用电源设计方案	81
案例十一 降噪设计方案	85
案例十二 智能机器人巡检设计方案	91
电气二次篇	97
案例一 母线保护、主变压器保护启动失灵开关量输入双重化接线问题	99
案例二 主变压器励磁涌流抑制问题	102

案例三	110kV 无功补偿间隔断路器相位控制装置信号问题	107
案例四	1000kV 和 500kV GIS 不完整串信号上送问题	112
案例五	油色谱在线监测电源问题	115
案例六	蓄电池室增加可燃气体探测问题	118
案例七	直流分电屏设置问题	120

土建篇

案例一	较大高差站址场平处理	125
案例二	站外山塘处理方案	127
案例三	进站道路高边坡设计优化	130
案例四	1100kV GIS 钢结构厂房设计	137
案例五	建筑物防风沙设计	138
案例六	主控通信楼绿色建筑设计	141
案例七	1000kV 变电站构架法兰型式的选择	143
案例八	构架基础裂缝控制方案	154
案例九	避雷针结构型式选择方案	156
案例十	1100kV GIS 设备箱形基础设计方案	159
案例十一	组合大钢模板清水混凝土防火墙设计	160
案例十二	1100kV GIS 基础型式及地基处理方案优化	162
案例十三	自重湿陷性黄土区域地基处理方案优化	163
案例十四	非自重湿陷性黄土区域地基处理方案优化	169
案例十五	软土地基深基坑支护方案	174
案例十六	腐蚀环境下桩型优化	182

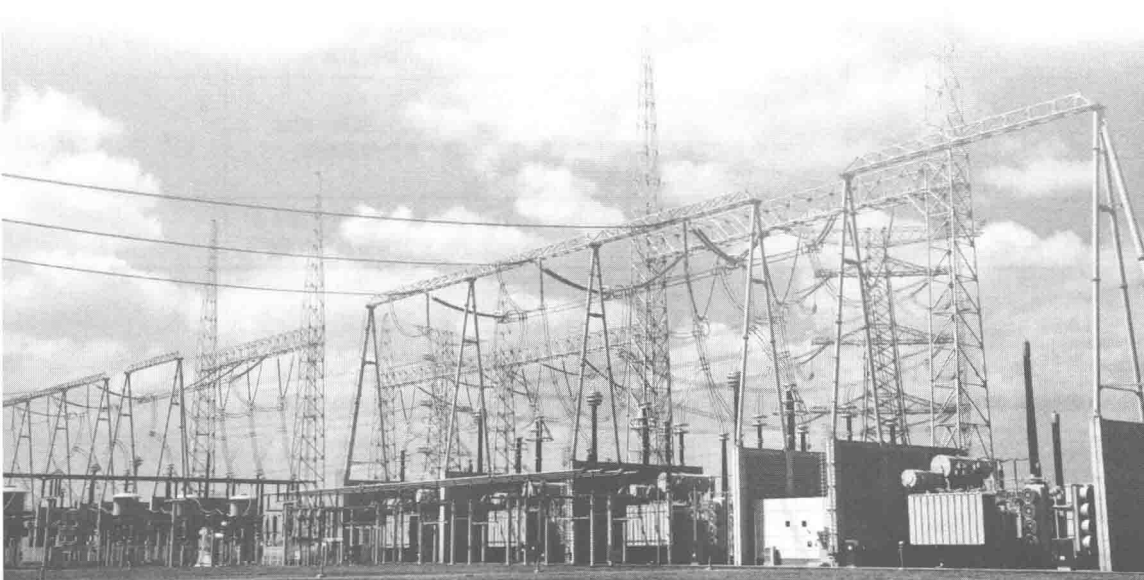
大件运输篇

案例一	大件运输方案优化	189
案例二	主变压器解体运输实施方案	191

设计配合篇

案例	同一输变电工程相邻变电站线序配合问题	199
----	--------------------------	-----

工程概述篇



从2006年8月晋东南—南阳—荆门特高压交流试验示范工程获得核准并开工至今,我国已累计建成1000kV特高压变电站(开关站)26座、1000kV串补站1座。

截至2017年年底,已投运的特高压交流变电工程如表1-0-1所示。

表 1-0-1 特高压交流变电工程一览表

序号	工程名称	变电站	投产年份
1	晋东南—南阳—荆门特高压交流试验示范工程	晋东南 1000kV 变电站 荆门 1000kV 变电站 南阳 1000kV 变电站	2009
2	皖电东送淮南至上海特高压输变电工程	淮南 1000kV 变电站 皖南 1000kV 变电站 浙北 1000kV 变电站 沪西 1000kV 变电站	2013
3	浙北—福州 1000kV 交流特高压输变电工程	浙中 1000kV 变电站 浙南 1000kV 变电站 福州 1000kV 变电站	2014
4	淮南—南京—上海 1000kV 交流特高压输变电工程	南京 1000kV 变电站 泰州 1000kV 变电站 苏州 1000kV 变电站	2016
5	锡盟—山东 1000kV 交流特高压输变电工程	锡盟 1000kV 变电站 北京东 1000kV 变电站 济南 1000kV 变电站 承德 1000kV 串补站	2016
6	蒙西—天津南 1000kV 交流特高压输变电工程	蒙西 1000kV 变电站 晋北 1000kV 变电站 北京西 1000kV 变电站 天津南 1000kV 变电站	2016
7	锡盟—胜利 1000kV 交流特高压输变电工程	胜利 1000kV 变电站	2017
8	榆横—潍坊 1000kV 交流特高压输变电工程	榆横 1000kV 开关站 晋中 1000kV 变电站 石家庄 1000kV 变电站 潍坊 1000kV 变电站	2017
9	山东临沂换流站—临沂变电站 1000kV 交流特高压输变电工程	临沂 1000kV 变电站	2017

本书从设计角度出发,结合十余年来的特高压交流工程设计经验,选择了41个工程案例,涵盖了站址选择、电气一次、电气二次、土建、大件运输、设计配合六方面的工程实例。通过分析这些案例,总结了特高压变电站设计和建设过程中的经验和教训,为特高压应用打下坚实的基础。

站址选择方面,选取了3个典型案例,包括行政区域交界处站址的政策处理问题、需要对周围线路进行迁改的情况以及与石油、天然气或其他相关管线距离调整的问题。站址位于行政区域交界时需要重点考虑行政管理、执行标准、运行习惯等方面的差异;与相关管线距离处理问题主要是解决站址(排水管道)与周边石油、天然气等管道的距离控制、交叉跨越等设计难题;电力线路迁改问题主要是通过调整站址位置、出线方向等手段,尽量减少线路的迁改和钻跨。

电气一次方面,选取了与配电装置与平面布置、接地设计、电气抗震设计、站用电设计、降噪设计、备用相布置与更换、建设与运行等有关的12个典型案例。配电装置与平面布置案例主要是通过各项计算和校验,确定配电装置布置尺寸,结合运行、检修、环境条件等具体要求确定合理的电气平面布置方式;接地设计案例主要是针对1000kV GIS设备的接地要求开展设计以及在土壤电阻率极高地区如何选择合适的降阻方案;电气抗震设计案例主要是针对高地震烈度地区,提出主变压器和高压并联电抗器等设备的抗震设计方案;站用电设计案例重点是考虑站用电源的供电可靠性,总结已投运的站用电设计方案的不足之处,并提出缺陷修改完善措施;降噪设计案例是在环境保护要求日益提高的现实条件下,对变电站降噪措施及效果做出整体分析并提出方案;备用相布置和更换设备主要是考虑变电站安全稳定运行的要求,尽可能迅速地更换设备,提高施工效率,减少停电时间;建设与运行方面详述了智能机器人巡检方案的配合设计,为满足机器人巡检的要求,合理的优化了平面布置。

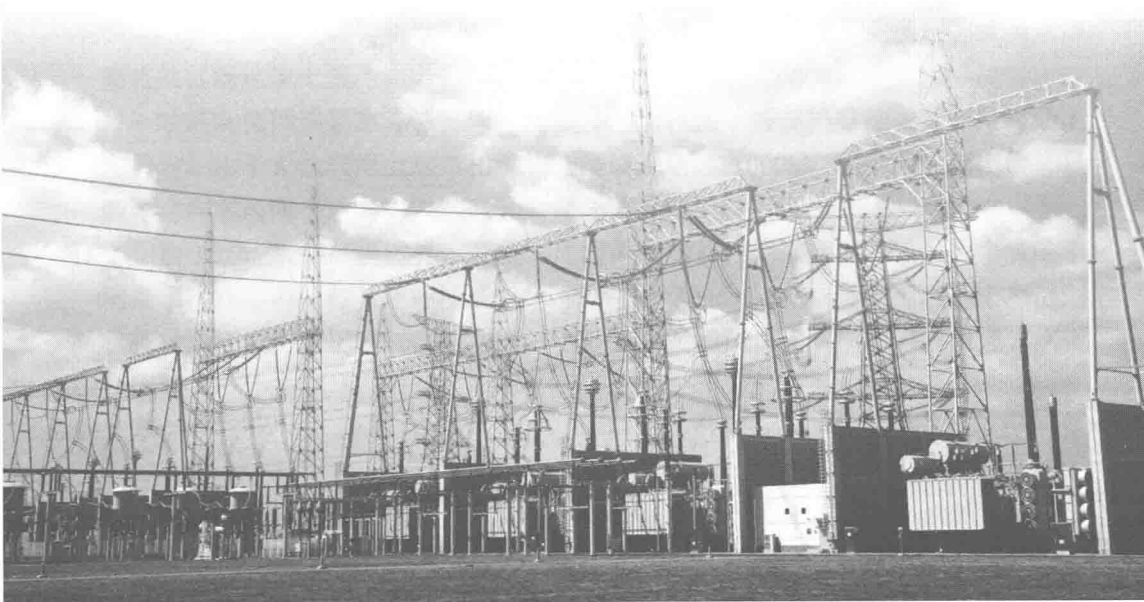
电气二次方面,选取了母线保护、主变压器励磁涌流抑制、110kV断路器相位控制装置二次接线、1000kV及500kV GIS二次接线、在线监测电源、蓄电池及直流电源等方面的7个典型案例。母线保护案例主要研究了1000kV及500kV母线保护启动失灵开入回路设计的规程规范要求,以及采用单开入和双开入回路接线的区别;主变压器励磁涌流抑制案例阐述了励磁涌流形成的原理及危害,分析研究了不同抑制措施,结合工程实例提出了励磁涌流抑制装置的配置方式和二次接线;110kV断路器相位控制装置二次接线案例分析研究了110kV无功补偿间隔断路器相位控制装置与断路器操作箱在实际接线中存在着误发信号问题,并提出解决问题的具体方案;GIS二次接线案例分析研究了3/2断路器接线中预留间隔隔离开关位置上送的缺陷,并提供具体解决方案;油色谱在线监测电源案例分析了在线监测装置因频繁启停导致损坏的原因,提出三种不同解决方案,并分析了各自的优缺点;蓄电池案例提出了蓄电池室设置可燃气体探测器的具体实施方案;直流电源案例提出了直流分电屏的不同设置方案,并分析了各自的优缺点,提出了两种消除安全隐患的思路。

土建方面，选取了场平处理、站区外设施影响、道路高边坡设计、建筑防风沙设计、绿色建筑设计、特高压 GIS 厂房设计、构支架及基础设计、地基处理、基坑支护设计等 16 个典型案例。场平处理案例是分析了某高差较大站址的场平处理方案，根据填方区土层厚度，分别采用强夯、机械碾压的处理方式；站区外设施影响案例介绍了设计综合考虑站址安全性、建设经济性及对当地居民影响等因素，合理选择设计方案的工程实例；道路高边坡设计案例介绍了根据现场实际情况，经过多方案技术经济比较，确定最终高边坡实施方案的工程案例；针对建筑物防风沙问题，通过采用加设门斗、结合风沙气候进行门窗选型、加强洞口收边及变形缝处理等措施改善风沙对建筑的影响；绿色建筑设计是通过实施一些可行的绿色措施，获得可观的绿色效益；特高压 GIS 厂房设计主要介绍了 1100kV GIS 采用户内布置，厂房采用钢排架结构的设计方案；构支架及基础设计主要是通过工程实例分析，总结经验和教训，设计中需关注关键部位的构造型式、设计方法、施工方法及施工控制等；站区地基处理案例通过综合考虑地质、水文、基础类型、使用功能、荷载特征等因素，结合工程所在地的建设经验，因地制宜地确定实施方案；基坑支护设计案例是针对软土地区情况受限的深基坑支护问题进行了分析，提出采用钢板桩进行支护的方案。

大件运输方面，选取了大件运输方案优化是通过分析 1000kV 变压器和并联电抗器等大件设备的运输特点和难点，提出了运输措施和方案。变压器解体运输案例总结了主变压器本体拆解运输至变电站现场后进行组装就位的设计经验。

设计配合方面，仅选取了 1 个典型案例，主要是针对工程中出现的相序不一致的情况，提醒设计应关注专业配合，避免后续工程中出现类似问题。

站址选择篇



站址选择是特高压变电工程的基础和关键。其服务于地区经济建设和电网规划，受限于自然地质条件和场地周边设施，需避免与地方政策和法律冲突，宜选择占地合理、经济最优、技术可行、建设、便利、运输便捷、环境友好的站址方案。

站址选择是一项对工程建设有着决定性影响的综合性工作。政策上需要配合地区规划、土地性质、拆建情况、环境影响，电力规划上需要结合负荷接入、进出线情况，技术上需要避开不利地质、地形，满足场地处理、交通运输、供排水、施工等条件，以实现技术经济性的最优比选。

此次以 3 个典型案例为代表，涉及政策法规处理、周边设施影响、电网规划配合等相关问题，着重给出处理问题时的分析过程和经验总结。

案例一 地区交界站址选择方案

站址位于省界、市界等不同行政区划时,可能存在行政管理、执行标准、运行习惯等方面的差异,会给设计带来一定困难。A 1000kV 变电站站址位于上海市与江苏省交界,站址的出线路径及噪声执行标准对站区总体规划及总平面布置方案有很大影响。本案例通过对站区总体规划及总平面布置方案进行优化解决了出线路径受限问题,设计通过比选采取合理的降噪措施以适应两个地区不同的噪声标准要求。



基本情况

A 1000kV 变电站站址位于江苏省苏州市以东 50km 的昆山市花桥镇经济开发区东北部,站址北侧、东侧紧靠苏沪边界,南侧为新开河及新庄排涝站,西侧紧临新建的天福配套路,5903、5913 牌渡线穿越站址的上空。根据昆山市城市总体规划,站址所处区域以生态控制用地、发展保留用地为主,为生态农业共建地区,基本满足作为特高压站址的需要。



研究分析过程

本站站址用地紧凑,且站区方位受限制,无法调整布置角度。

站址三面临河,自然地面高程低于百年一遇设计洪水位,不满足防洪要求,需将站区场地填土垫高。

站区北侧围墙紧靠苏沪界河,北侧 1000kV 出线终端塔只能布置在河对面上海境内,由于无法取得上海市相关线路协议,站区 1000kV 无法向北侧出线,只能考虑向东西两个方向出线,站址位置如图 2-1-1 所示。

由于站址紧邻苏沪边界,变电站周围声环境执行标准需同时满足两个省的不同要求,江苏侧执行《声环境质量标准》(GB 3096—2008) 2 类标准,上海侧则执行《声环境质量标准》(GB 3096—2008) 1 类标准,为变电站噪声治理方案带来困难。