



电力工程设计手册

• 换流站设计 •

中国电力工程顾问集团有限公司
中国能源建设集团规划设计有限公司 编著

Power
Engineering
Design Manual

中国电力出版社



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

电力工程设计手册

• 换流站设计 •

中国电力工程顾问集团有限公司 编著
中国能源建设集团规划设计有限公司

Power
Engineering
Design Manual

中国电力出版社

内 容 提 要

本书是《电力工程设计手册》系列手册中的一个分册，是按换流站的设计要求编写的实用性工具书，可以满足换流站工程各阶段的设计要求。主要内容包括概述、系统研究、电气主接线、过电压与绝缘配合、主要电气设备选择、导体选择、配电装置及布置、防雷接地、站用电系统、电缆敷设、监控系统、直流控制系统、直流系统保护、二次辅助系统、操作电源系统、二次回路、二次设备布置、通信、阀厅、控制楼、户内直流场、其他建（构）筑物、给水系统、阀冷却系统、噪声控制和接地极设计等。

本书全面梳理了与换流站设计相关的国家标准、电力行业标准和研究成果，根据电力工程换流站设计工作的特点，系统地介绍了换流站设计的技术方案、计算公式、数据资料、图表曲线，并列举了工程实例和算例，体现了换流站最新科研成果及新设备、新材料的应用。

本书是电力工程变电专业工程设计人员的工具书，可作为从事电力工程变电专业建设管理、施工、运行和检修等专业人员的参考书，也可供高等院校相关专业的师生参考使用。

图书在版编目（CIP）数据

电力工程设计手册. 换流站设计 / 中国电力工程顾问集团有限公司，
中国能源建设集团规划设计有限公司编著. —北京：中国电力出版社，
2019.6

ISBN 978-7-5198-2538-6

I. ①电… II. ①中… ②中… III. ①换流站—设计—手册
IV. ①TM7-62 ②TM63-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2018）第 244445 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>

印 刷：北京盛通印刷股份有限公司

版 次：2019 年 6 月第一版

印 次：2019 年 6 月北京第一次印刷

开 本：787 毫米×1092 毫米 16 开本

印 张：35.75

字 数：1320 千字 5 插页

印 数：0001—1500 册

定 价：230.00 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

《电力工程设计手册》

编辑委员会

主 任	吴春利						
常务副主任	李宝金	刘广峰					
副 主 任	郑慧莉	龙 辉	史小恒	肖 兰	吕祥涛	杨炳良	
	齐 斌	朱 军	张华伦	詹 扬	孙 波		
委 员	(按姓氏笔画排序)						
	叶勇健	冯 黎	庄 蓉	汤晓舒	许 华	孙向军	
	李向东	李志刚	李彦利	杨 强	杨元峰	吴敬坤	
	宋红军	张 涛	张欢畅	张运东	张国良	张爱军	
	陈 健	武一琦	周 军	周丽琼	胡昌盛	高 华	
	郭晓克	章 勇	阎欣军	梁 明	梁言桥	程正逢	
	雷梅莹						

《电力工程设计手册》

秘书组

组 长	李宝金	刘广峰					
副 组 长	郑慧莉	龙 辉	陈文楷	杨元峰	张运东		
组 员	李 超	左 鹏	邹 歆	黄一凡	温作铭	许凌爽	
	刘国芳	刘汝青	陈 丽				

《换流站设计》

编写组

主 编 梁言桥

副主编 王丽杰 邹荣盛 陈俊

参编人员 (按姓氏笔画排序)

马亮	王刚	王国兵	王娜娜	毛永东	尹刚
刘智	刘晓瑞	许斌	杜明军	李志	李苇
李倩	李超	李莎莎	杨金根	肖异	吴必华
张巧玲	张先伟	陈岳	陈一军	陈传新	陈宏明
邵毅	季月辉	周国梁	饶冰	袁翰笙	高湛
唐剑潇	曹亮	戚乐	彭开军	韩琦	韩毅博
曾静	曾连生	曾维雯	谢龙	谢佳君	

《换流站设计》

编辑出版人员

编审人员 王春娟 丰兴庆 马青 郭丽然 华峰

出版人员 王建华 黄蓓 常燕昆 太兴华 陈丽梅 安同贺

王红柳 赵姗姗 单玲

序 言

改革开放以来，我国电力建设开启了新篇章，经过 40 年的快速发展，电网规模、发电装机容量和发电量均居世界首位，电力工业技术水平跻身世界先进行列，新技术、新方法、新工艺和新材料得到广泛应用，信息化水平显著提升。广大电力工程技术人员在多年的工程实践中，解决了许多关键性的技术难题，积累了大量成功的经验，电力工程设计能力有了质的飞跃。

电力工程设计是电力工程建设的龙头，在响应国家号召，传播节能、环保和可持续发展的电力工程设计理念，推广电力工程领域技术创新成果，促进电力行业结构优化和转型升级等方面，起到了积极的推动作用。为了培养优秀电力勘察设计人才，规范指导电力工程设计，进一步提高电力工程建设水平，助力电力工业又好又快发展，中国电力工程顾问集团有限公司、中国能源建设集团规划设计有限公司编撰了《电力工程设计手册》系列手册。这是一项光荣的事业，也是一项重大的文化工程，彰显了企业的社会责任和公益意识。

作为中国电力工程服务行业的“排头兵”和“国家队”，中国电力工程顾问集团有限公司、中国能源建设集团规划设计有限公司在电力勘察设计技术上处于国际先进和国内领先地位，尤其在百万千瓦级超超临界燃煤机组、核电常规岛、洁净煤电、空冷机组、特高压交直流输变电、新能源发电等领域的勘察设计方面具有技术领先优势；另外还在中国电力勘察设计行业的科研、标准化工作中发挥着主导作用，承担着电力新技术的研究、推广和国外先进技术的引进、消化和创新等工作。编撰《电力工程设计手册》，不仅系统总结了电力工程设计经验，而且能促进工程设计经

验向生产力的有效转化，意义重大。

这套设计手册获得了国家出版基金资助，是一套全面反映我国电力工程设计领域自有知识产权和重大创新成果的出版物，代表了我国电力勘察设计行业的水平和发展方向，希望这套设计手册能为我国电力工业的发展作出贡献，成为电力行业从业人员的良师益友。

汪建平

2019年1月18日

总前言

电力工业是国民经济和社会发展的基础产业和公用事业。电力工程勘察设计是带动电力工业发展的龙头，是电力工程项目建设不可或缺的重要环节，是科学技术转化为生产力的纽带。新中国成立以来，尤其是改革开放以来，我国电力工业发展迅速，电网规模、发电装机容量和发电量已跃居世界首位，电力工程勘察设计能力和水平跻身世界先进行列。

随着科学技术的发展，电力工程勘察设计的理念、技术和手段有了全面的变化和进步，信息化和现代化水平显著提升，极大地提高了工程设计中处理复杂问题的效率和能力，特别是在特高压交直流输变电工程设计、超超临界机组设计、洁净煤发电设计等领域取得了一系列创新成果。“创新、协调、绿色、开放、共享”的发展理念和全面建成小康社会的奋斗目标，对电力工程勘察设计工作提出了新要求。作为电力建设的龙头，电力工程勘察设计应积极践行创新和可持续发展理念，更加关注生态和环境保护问题，更加注重电力工程全寿命周期的综合效益。

作为电力工程服务行业的“排头兵”和“国家队”，中国电力工程顾问集团有限公司、中国能源建设集团规划设计有限公司（以下统称“编著单位”）是我国特高压输变电工程勘察设计的主要承担者，完成了包括世界第一个商业运行的 1000kV 特高压交流输变电工程、世界第一个 $\pm 800\text{kV}$ 特高压直流输电工程在内的输变电工程勘察设计工作；是我国百万千瓦级超超临界燃煤机组工程建设的主力军，完成了我国 70% 以上的百万千瓦级超超临界燃煤机组的勘察设计公司，创造了多项“国内第一”，包括第一台百万千瓦级超超临界燃煤机组、第一台百万千瓦级超超临界空冷

燃煤机组、第一台百万千瓦级超超临界二次再热燃煤机组等。

在电力工业发展过程中，电力工程勘察设计工作者攻克了许多关键技术难题，形成了一整套先进设计理念，积累了大量的成熟设计经验，取得了一系列丰硕的设计成果。编撰《电力工程设计手册》系列手册旨在通过全面总结、充实和完善，引导电力工程勘察设计工作规范、健康发展，推动电力工程勘察设计行业技术水平提升，助力电力工程勘察设计从业人员提高业务水平和设计能力，以适应新时期我国电力工业发展的需要。

2014年12月，编著单位正式启动了《电力工程设计手册》系列手册的编撰工作。《电力工程设计手册》的编撰是一项光荣的事业，也是一项艰巨和富有挑战性的任务。为此，编著单位和中国电力出版社抽调专人成立了编辑委员会和秘书组，投入专项资金，为系列手册编撰工作的顺利开展提供强有力的保障。在手册编辑委员会的统一组织和领导下，700多位电力勘察设计行业的专家学者和技术骨干，以高度的责任心和历史使命感，坚持充分讨论、深入研究、博采众长、集思广益、达成共识的原则，以内容完整实用、资料翔实准确、体例规范合理、表达简明扼要、使用方便快捷、经得起实践检验为目标，参阅大量的国内外资料，归纳和总结了勘察设计经验，经过几年的反复斟酌和锤炼，终于编撰完成《电力工程设计手册》。

《电力工程设计手册》依托大型电力工程设计实践，以国家和行业设计标准、规程规范为准绳，反映了我国在特高压交直流输变电、百万千瓦级超超临界燃煤机组、洁净煤发电、空冷机组等领域的最新设计技术和科研成果。手册分为火力发电工程、输变电工程和通用三类，共31个分册，3000多万字。其中，火力发电工程类包括19个分册，内容分别涉及火力发电厂总图运输、热机通用部分、锅炉及辅助系统、汽轮机及辅助系统、燃气-蒸汽联合循环机组及附属系统、循环流化床锅炉附属系统、电气一次、电气二次、仪表与控制、结构、建筑、运煤、除灰、水工、化学、供暖通风与空气调节、消防、节能、烟气治理等领域；输变电工程类包括4个分册，内容分别涉及架空输电线路、电缆输电线路、换流站、变电站等领域；通用类包括8个分册，内容分别涉及电力系统规划、岩土工程勘察、工程测绘、工程水文气象、集中供热、技术经济、环境保护与水土保持、职业安全与职业卫生等领域。目前新能源发电蓬勃发展，编著单位将适时总结相关勘察设计经验，编撰有关新能源发电

方面的系列设计手册。

《电力工程设计手册》全面总结了现代电力工程设计的理论和实践成果，系统介绍了近年来电力工程设计的新理念、新技术、新材料、新方法，充分反映了当前国内外电力工程设计领域的重要科研成果，汇集了相关的基础理论、专业知识、常用算法和设计方法。全套书注重科学性、体现时代性、强调针对性、突出实用性，可供从事电力工程投资、建设、设计、制造、施工、监理、调试、运行、科研等工作的人员使用，也可供电力和能源相关教学及管理工作者参考。

《电力工程设计手册》的编撰和出版，凝聚了电力工程设计工作者的集体智慧，展现了当今我国电力勘察设计行业的先进设计理念和深厚技术底蕴。《电力工程设计手册》是我国第一部全面反映电力工程勘察设计成果的系列手册，且内容浩繁，编撰复杂，其中难免存在疏漏与不足之处，诚恳希望广大读者和专家批评指正，以期再版时修订完善。

在此，向所有关心、支持、参与编撰的领导、专家、学者、编辑出版人员表示衷心的感谢！

《电力工程设计手册》编辑委员会

2019年1月10日

前 言

《换流站设计》是《电力工程设计手册》系列手册之一。

本书较系统地总结了我国直流输电领域换流站工程设计经验，全面梳理了与换流站设计相关的国家标准、电力行业标准和研究成果，根据电力工程换流站设计工作的特点，系统地介绍了换流站设计的工作内容、设计方法和计算内容，体现了换流站最新科研成果及新设备、新材料的应用，同时均衡把握理论性与实践性的篇幅比重，理论性内容尽量简明扼要起引导和铺垫作用，实践性内容体现工程实际应用，辅以设计常用的技术方案、计算公式、数据资料、图表曲线及工程实例和算例。本书主要针对换流站中有关直流部分和换流站特殊要求的设计内容，与交流变电站设计相同的内容原则上不进行论述。

本书分为概述、系统研究、电气主接线、过电压与绝缘配合、主要电气设备选择、导体选择、配电装置及布置、防雷接地、站用电系统、电缆敷设、监控系统、直流控制系统、直流系统保护、二次辅助系统、操作电源系统、二次回路、二次设备布置、通信、阀厅、控制楼、户内直流场、其他建（构）筑物、给水系统、阀冷却系统、噪声控制和接地极设计共二十六章。

本书主编单位为中国电力工程顾问集团中南电力设计院有限公司，参加编写的单位有中国电力工程顾问集团东北电力设计院有限公司。本书由梁言桥担任主编，负责总体框架设计、全书校核等统筹性工作，王丽杰、邹荣盛、陈俊担任副主编。梁言桥、曾静编写第一章；许斌、彭开军编写第二章；张先伟、刘晓瑞、陈宏明编写第三章；马亮、韩毅博、周国梁编写第四章；谢龙、韩琦、谢佳君、杨金根编写第五章；马亮、韩毅博、陈宏明编写第六章；王丽杰、邵毅、王刚、杨金根编写第七章；邵毅、曾维雯编写第八章；杨金根、王丽杰编写第九章；王娜娜、李超、季

月辉编写第十章；李倩、张巧玲编写第十一章；肖异、邹荣盛、李苇编写第十二章；曹亮、张巧玲编写第十三、十四章；尹刚、李苇编写第十五章；邹荣盛、张巧玲编写第十六、十七章；陈岳、杜明军、刘智编写第十八章；饶冰、吴必华、陈一军、毛永东、王国兵编写第十九章；陈俊、饶冰、唐剑潇、毛永东、王国兵编写第二十章；饶冰、陈传新、毛永东、王国兵编写第二十一章；袁翰笙、李志编写第二十二章；王国兵、李莎莎编写第二十三章；毛永东、吴必华编写第二十四章；高湛、陈俊编写第二十五章；戚乐、曾连生编写第二十六章。

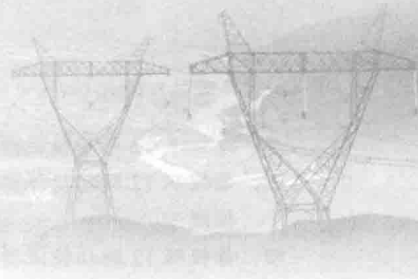
本书是电力工程变电专业工程技术人员的工具书，能满足换流站工程各阶段的设计要求，既可作为电力工程变电专业建设管理、施工、运行和检修等专业人员的参考书，也可作为高等院校相关专业师生的参考书。

《换流站设计》编写组

2019年1月

目 录

序言	
总前言	
前言	
第一章 概述 1	
第一节 直流输电系统的构成和特点 1	
一、两端换流站系统构成 1	
二、背靠背换流站系统构成 3	
三、直流输电技术和换流站工程的特点 3	
第二节 中国直流输电发展里程碑 5	
第三节 换流站设计内容和深度 7	
一、可行性研究阶段设计内容和深度 7	
二、初步设计阶段的设计内容和深度 9	
三、施工图阶段的设计内容和深度 10	
第二章 系统研究 14	
第一节 概述 14	
第二节 交流系统数据和等值 14	
一、交流系统数据 14	
二、系统等值 14	
第三节 主回路参数计算 15	
一、主回路参数计算目的 15	
二、主回路参数计算流程 15	
三、主回路参数计算方法 16	
四、主回路参数计算结果 17	
第四节 直流系统动态性能研究 18	
一、直流系统的响应 18	
二、换流器在交流系统故障期间的运行 18	
三、直流输电回路谐振 18	
四、直流输电系统引起的次同步振荡 19	
五、直流输电系统调制 19	
第五节 无功补偿及控制 19	
一、无功配置原则 19	
二、换流站无功消耗 20	
三、交流系统无功支持能力 20	
四、换流站无功分组容量 20	
五、换流站无功平衡与无功配置方案 21	
六、换流站无功控制策略 21	
第六节 交流滤波器设计 22	
一、交流侧谐波产生的原因及危害 22	
二、交流滤波器设计 22	
第七节 直流滤波器设计 25	
一、直流侧谐波产生的原因及危害 25	
二、直流滤波器设计 25	
第八节 PLC/RI 噪声滤波器设计 27	
一、换流站高频噪声产生的原因及危害 27	
二、PLC/RI 噪声滤波器设计 27	
第九节 换流变压器中的直流偏磁电流 28	
一、直流偏磁电流的危害 28	
二、直流偏磁电流产生原因及抑制措施 28	
第十节 交流断路器和直流开关研究 29	
一、交流断路器 29	
二、直流开关 29	
第十一节 直流输电系统损耗 30	
一、换流站损耗 30	
二、直流线路损耗 31	
三、接地极引线及接地电极损耗 31	
第十二节 高压直流输电系统的可靠性 31	
一、可靠性主要统计指标 32	
二、可靠性指标要求 32	
三、提高可靠性措施 32	
第三章 电气主接线 33	
第一节 电气主接线设计原则 33	
一、电气主接线的构成 33	
二、电气主接线的设计依据 33	
三、电气主接线的设计要求 34	
第二节 换流器单元接线 35	
一、一般要求 35	



二、每极单 12 脉动换流器单元接线	36	三、大气环境修正	84
三、每极双 12 脉动换流器单元串联 接线	38	第六节 工程应用案例	86
四、每极双 12 脉动换流器单元并联 接线	40	一、±500kV 换流站典型工程过电压及 绝缘配合计算	86
五、背靠背换流器单元接线	41	二、±800kV 换流站典型工程过电压及 绝缘配合计算	90
第三节 直流侧接线	42	三、背靠背换流站典型工程过电压及 绝缘配合计算	96
一、一般要求	42	第五章 主要电气设备选择	99
二、整流站直流侧接线	43	第一节 设备选择原则	99
三、逆变站直流侧接线	45	一、一般要求	99
四、融冰接线	46	二、技术条件	99
第四节 交流侧接线	49	三、环境条件	99
一、一般要求	49	第二节 换流阀	100
二、交流配电装置接线	49	一、换流阀结构选择	100
三、交流滤波器区接线	50	二、换流阀主要技术参数选择	103
第五节 电气主接线示例	52	第三节 换流变压器	104
一、LB 背靠背换流站一期	52	一、换流变压器型式选择	105
二、GL 背靠背换流站一期	52	二、换流变压器主要参数选择	105
三、GZB 换流站	52	第四节 平波电抗器	107
四、BJ 换流站	52	一、平波电抗器型式选择	107
五、XR 换流站	53	二、平波电抗器主要参数选择	108
六、MJ 换流站	53	第五节 开关设备	110
七、ZZ 换流站	53	一、开关设备选择的一般要求	110
八、PE 换流站	54	二、直流转换开关	110
九、TZ 换流站	54	三、直流旁路开关	111
第四章 过电压与绝缘配合	55	四、直流隔离开关和接地开关	112
第一节 过电压与绝缘配合研究概述	55	五、交流断路器	114
一、过电压与绝缘配合研究的主要内 容和目的	55	第六节 直流测量装置	115
二、过电压与绝缘配合研究的方法和 步骤	55	一、直流电流测量装置	116
第二节 过电压保护	56	二、直流电压测量装置	118
一、暂时过电压	56	第七节 直流穿墙套管及绝缘子	119
二、缓波前操作过电压	57	一、直流穿墙套管	119
三、陡波前过电压	58	二、直流绝缘子	119
四、雷电侵入波保护	58	第八节 交流滤波器和直流滤波器	120
第三节 过电压研究	60	一、交流滤波器	120
一、研究的过电压事件	60	二、直流滤波器	122
二、建模的要求	61	第六章 导体选择	124
第四节 绝缘配合	62	第一节 导体选择的一般要求	124
一、避雷器配置及参数初选	62	一、导体选择的一般方法	124
二、换流站主要设备绝缘水平的确定	67	二、导体选择考虑的因素	124
三、避雷器配置方案及参数实例	69	三、导体的电气性能要求	125
第五节 外绝缘	76	四、导体的机械性能要求	129
一、直流空气净距计算	76	第二节 换流站各区域导体选择	129
二、直流爬电比距确定	81	一、阀厅导体选择	130

二、直流场导体选择	133	二、阀厅接地的特殊要求	196
三、换流变压器区域导体选择	139	三、高频接地	196
四、交流滤波器区域导体选择	139	第九章 站用电系统	197
第三节 工程实例	140	第一节 站用电源的引接	197
一、±500kV 换流站导体选择工程		一、站用电源配置及容量	197
实例	140	二、站用电源引接方式	197
二、±800kV 换流站导体选择工程		第二节 站用电接线	198
实例	141	一、站用电接线要求	198
第七章 配电装置及布置	143	二、站用电负荷	198
第一节 设计原则及区域划分	143	三、站用电压等级	199
一、设计原则	143	四、中性点接地方式	199
二、区域划分	143	五、站用母线接线	199
第二节 换流区布置	144	六、站用电负荷供电方式	200
一、设计要求	144	七、检修供电网络	206
二、两端直流输电系统换流站换流区		八、站用电接线实例	206
布置	144	第三节 站用电系统设备	207
三、背靠背换流站换流区布置	154	一、站用电负荷统计及计算	207
第三节 阀厅电气布置	156	二、站用变压器选择	207
一、设计要求	156	三、工程实例	211
二、采用二重阀的阀厅电气布置	157	第四节 站用电系统布置	213
三、采用四重阀的阀厅电气布置	163	一、布置原则	213
四、背靠背换流站阀厅电气布置	165	二、站用配电装置的布置	213
第四节 直流配电装置布置	171	三、站用变压器的布置	214
一、设计要求	171	四、站用电布置实例	214
二、户外直流配电装置	171	第五节 站用电源的二次系统	216
三、户内直流配电装置	175	一、站用电控制系统	216
第五节 交流配电装置及交流滤波器		二、继电保护	217
布置	178	三、备用电源自动投入	218
一、设计要求	178	第十章 电缆敷设	220
二、换流变压器进线回路 PLC 配电装置		第一节 电缆敷设特点	220
布置	178	第二节 电缆敷设方式	220
三、交流滤波器区大组布置	179	第三节 电磁屏蔽	221
四、交流滤波器区小组布置	181	一、电磁干扰源及干扰途径	221
第六节 电气总平面布置	187	二、电磁屏蔽方式	221
一、两端高压直流输电系统换流站电气		第十一章 监控系统	224
总平面布置	187	第一节 设计原则	224
二、背靠背换流站电气总平面布置	187	第二节 系统构成	224
第八章 防雷接地	194	第三节 设备配置	225
第一节 直击雷保护	194	一、硬件设备	225
一、设计原则	194	二、软件系统	227
二、直击雷保护计算及措施	194	第四节 系统功能	227
三、阀厅防雷特殊要求	195	一、运行人员控制系统功能	227
四、直流场避雷线电场校验	195	二、站控系统功能	232
第二节 接地	195	第五节 通信及接口	234
一、接地设计原则	196		

一、运行人员控制系统的通信及接口	234
二、站控系统的通信及接口	234
第六节 工程实例	235
第十二章 直流控制系统	240
第一节 直流控制系统总体设计要求	240
一、冗余要求	240
二、性能要求	240
三、配合要求	241
第二节 系统构成	241
一、直流控制系统的构成	241
二、直流运动系统的构成	241
三、换流阀触发控制系统的构成	242
第三节 设备配置	242
一、直流控制系统的设备配置	242
二、直流运动系统的设备配置	245
三、换流阀触发控制系统的设备配置	246
第四节 系统功能	246
一、直流控制系统的系统功能	246
二、直流运动系统的系统功能	252
三、换流阀触发控制系统的系统功能	252
第五节 通信及接口	254
一、直流控制系统的通信及接口	254
二、直流运动系统的通信及接口	255
第十三章 直流系统保护	257
第一节 直流系统保护要求及分区	257
一、直流系统保护要求	257
二、直流系统保护分区	258
三、直流系统保护动作出口	261
第二节 直流保护	262
一、直流保护配置	262
二、直流保护功能	264
三、装置及外部接口	270
第三节 换流变压器保护	271
一、换流变压器保护配置	272
二、换流变压器保护功能	273
三、装置及外部接口	275
第四节 直流滤波器保护	276
一、直流滤波器保护配置	276
二、直流滤波器保护功能	277
三、装置及外部接口	278
第五节 交流滤波器及无功补偿电容器保护	279
一、交流滤波器及无功补偿电容器保护配置	279
二、交流滤波器及无功补偿电容器保护功能	281
三、装置及外部接口	282
第六节 直流系统暂态故障录波	283
一、直流系统暂态故障录波配置	283
二、直流系统暂态故障录波装置技术要求	284
三、直流系统暂态故障录波装置录波信号	284
四、通信及接口	285
第七节 直流线路故障定位	286
一、直流线路故障定位装置配置	286
二、直流线路故障定位装置原理及组成	286
三、直流线路故障定位装置功能	286
第八节 接地极线路故障监测系统	286
一、接地极线路故障监测系统配置	286
二、接地极线路故障监测系统原理及组成	287
三、接地极线路故障监测系统功能	287
第十四章 二次辅助系统	288
第一节 阀冷却控制保护系统	288
一、系统构成	288
二、阀冷却控制系统功能	289
三、阀冷却保护系统功能	290
四、设备配置及接口方案	291
第二节 全站时间同步系统	293
一、系统结构	293
二、系统功能	294
三、二次设备的时间同步要求	294
第三节 火灾自动报警系统	295
一、探测范围及区域划分	295
二、系统设计	295
三、系统设备的设置	299
四、系统布线	301
五、系统供电	301
六、外部接口	301
第四节 图像监视及安全警卫系统	302
一、监控范围	302
二、系统功能	302
三、系统设计	302
四、设备配置	304
五、设备布置及安装	307
第五节 设备状态监测系统	307
一、设备状态监测系统功能要求	307
二、设备状态监测对象及参量	308

三、系统设备配置	309	三、背靠背换流站直流部分的二次设备 布置	355
四、通信及接口	309		
第六节 阀厅红外测温系统	310	第十八章 通信	357
一、监测范围	310	第一节 换流站业务信息种类及传输要求	357
二、系统构成	310	一、常规电网生产、调度及管理业务 信息	357
三、设备配置	311	二、直流输电系统专有业务信息	358
四、系统功能	311	第二节 业务信息对传输通道及接口的 要求	358
第十五章 操作电源系统	313	一、换流站至调度端的系统调度业务 信息	358
第一节 站用直流电源	313	二、换流站与换流站的站间业务信息	358
一、系统设计	313	三、换流站与变电站的站间业务信息	358
二、负荷统计及设备选择	318	四、换流站图像监视业务信息	358
三、监测、监控及信号	320	五、换流站站内通信业务信息	358
四、通信及接口	320	第三节 换流站业务信息通道组织	359
第二节 交流不间断电源	321	一、电力系统主要的通信方式	359
一、系统设计	321	二、光纤通道组织的基本原则	359
二、负荷统计及设备选择	323	三、换流站通道组织的实现方式	360
三、监测及信号	324	第四节 站内通信及辅助设施	361
四、通信及接口	324	一、站内通信	361
第十六章 二次回路	325	二、辅助设施	362
第一节 直流系统测量装置	325	第十九章 阀厅	364
一、基本要求	325	第一节 建筑设计	364
二、直流系统测量装置的配置	325	一、建筑技术要求	364
三、直流系统测量装置的选用要求	327	二、建筑布置	368
第二节 二次接线	332	三、建筑构造	377
一、换流变压器的二次接线	333	第二节 结构设计	384
二、断路器及隔离开关的二次接线	335	一、一般要求	384
三、选相控制器的配置及二次接线	338	二、结构选型与布置	384
四、阀厅门锁的联锁二次接线	339	三、荷载及整体计算	388
五、控制电缆、光缆的选择	340	四、主要构件设计及构造	390
第三节 二次接地及抗干扰要求	341	第三节 供暖通风及空调设计	396
一、二次接地要求	341	一、供暖	396
二、抗干扰措施	342	二、通风	397
第十七章 二次设备布置	343	三、空调	399
第一节 一般要求	343	第四节 消防设计	403
第二节 控制楼二次设备的布置	343	一、火灾自动报警系统	404
一、控制楼的设置	343	二、消防灭火系统	404
二、控制楼二次设备的布置	344	三、通风空调系统防火及排烟	404
第三节 就地继电器小室的布置	348	第二十章 控制楼	405
一、就地继电器小室的设置	348	第一节 建筑设计	405
二、就地继电器小室二次设备的布置	348	一、建筑技术要求	405
第四节 二次设备布置案例	349	二、建筑布置	408
一、每极单 12 脉动换流器接线换流站的 二次设备布置	349		
二、每极双 12 脉动换流器串联接线 换流站的二次设备布置	351		