

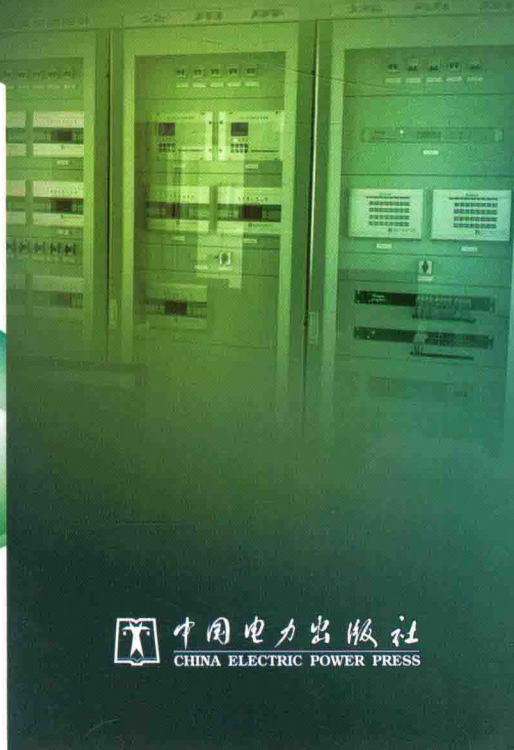
BIANDIANZHAN ERCI SHEBEI
XUNSHI



变电站二次设备 巡视

国网湖南省电力公司电力科学研究院 组 编

刘海峰 主 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

BIANDIANZHAN ERCI SHEBEI
XUNSHI



变电站二次设备 巡视

国网湖南省电力公司电力科学研究院 组 编

刘海峰 主 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书讲述了变电站二次设备专业巡视技术,主要以继电保护及安全自动装置、自动化设备和直流电源系统为对象,内容包括专业巡视工作的技术要求、典型巡视方法、特殊缺陷检测方法和巡视自动实现技术及相应的典型缺陷案例。

本书可供电力企业从事变电二次设备运维和检修工作的技术及管理人员使用,也可以作为高等院校电气专业了解现场知识的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

变电站二次设备巡视/刘海峰主编;国网湖南省电力公司电力科学研究院组编. —北京:中国电力出版社, 2017. 4

ISBN 978-7-5198-0458-9

I. ①变… II. ①刘…②国… III. ①变电所-二次设备 IV. ①TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 042739 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: 袁 娟

责任校对: 朱丽芳

装帖设计: 张 娟

责任印制: 邹树群

印 刷: 三河市百盛印装有限公司

版 次: 2017 年 4 月第一版

印 次: 2017 年 4 月北京第一次印刷

开 本: 710 毫米×980 毫米 16 开本

印 张: 9.25

字 数: 141 千字

印 数: 0001—1000 册

定 价: 45.00 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

本书编委会

主 编 刘海峰 陈 宏

副 主 编 敖 非 赵永生

编写组成员 臧 欣 许立强 吴晋波 李 辉

李振文 李 刚 洪 权 潘 伟

朱维钧 欧阳帆 梁文武 徐 浩

刘 宇 熊尚峰 冷 华 沈 杨

蔡昱华 朱吉然 李 理 唐海国

郭思源 李大公 龚汉阳 张志丹

前 言

电网安全运行是电力安全生产的基本工作目标，是电网企业履行社会责任的必然要求。变电站二次系统作为一次设备的控制、保护和测量系统，其管理水平、运维水平和检修水平直接关系到一次设备和整个电网的安全稳定运行。一直以来，我们以调度、运行、检修共同构成了电网生产的主要环节，并以运行巡视和定期检修作为设备健康状况的诊断手段。但随着电网规模的快速发展和管理的精益化要求，这种方式逐渐暴露出诸多不足。

首先，运行巡视范围广、周期短、专业面宽，但对一些深层次的设备隐患难以发现。其次，随着电网规模的越来越大，设备数量成倍增加，电网公司检修工作人员的承载力已难以满足设备检修工作量的增长。为此，国网湖南省电力公司于2009年推出了设备状态检修，通过在线监测、带电检测、运行巡视和检修维护等手段，来获取设备的运行状态信息，通过定量评价来判断设备健康状态，制定适宜的检修策略，调整检修周期和检验项目。因微机继电保护装置具有强大的自检和在线监测功能，可以实时反映一次设备和装置自身的运行工况，对各种异常工况均会有相应的告警或表现。通过专业技术人员对相关异常数据的巡视和分析，能够提前预判其存在的隐患，从而起到状态诊断的作用，这就要求巡视人员具有更高的专业技能水平。再次，通过对多年来继电保护不正确动作事故的统计分析发现，很多事故是由隐患发展而来。而继电保护装置具有完善的自检和在线测量的功能，可以通过专业技术人员的巡视，分析出可能存在的隐患，从而进一步提高继电保护的正確动作水平。

针对此现状，国网湖南省电力公司于2010年推出了二次系统专业巡视制度，以弥补运行巡视专业性弱的问题，并为状态检修工作提供基础数据。2013年和2014年，国调也颁布了《继电保护状态评价导则》《继电保护状态检修导则》和《继电保护状态检修检验规程》，正式在全国范围内推行继

电保护状态检修工作，并明确提出了二次系统专业巡视，作为继电保护状态检修基础数据和信息收集的手段。

二次系统专业巡视以二次系统设备及对应的二次回路为主要巡视对象，以提高巡视深度为基本目标，以提高二次系统运行水平为根本宗旨，巡视内容包括装置的模拟量采样、差流、开关量采样、压板标识及投退情况、装置信号灯、历史事件告警报文、GPS 对时、回路、红外测温等。专业巡视每年两次，由保护检修班组的专业技术人员执行，分别在春检和迎峰度夏期间实施。在巡视内容、巡视周期和执行主体方面均有别于运行巡视。

随着国家电网公司“三集五大”体系的改革，电气二次检修班组成立，其工作范围不仅仅局限于继电保护专业，厂站自动化和直流电源系统等专业工作也合并进电气二次检修班组。因此，专业巡视工作也逐渐拓展到了厂站自动化、直流电源系统等专业。通过多专业的联合巡视，更有利于发现专业交叉面的设备隐患，取得了良好的效果。另外，通过广大专业技术人员的积极思考，在常规巡视手段的基础上，创新推出了多项新技术手段，如压板电位测量、直流供电电源多路对比测量、基于启动录波文件的异常分析、装置历史告警信号分析、二次红外测温等。发现了多项深层次异常缺陷，积累了丰富的缺陷案例，为提高继电保护的正确动作率奠定了坚实的基础。目前，国网湖南省电力公司的二次系统专业巡视工作继续深化，提出了基于故障信息处理系统的自动二次系统专业巡视方法，通过保信系统远程召唤保护装置的各种数据，并与基准值进行比对，实现了自动专业巡视。同时，通过非接触光反射方式，实现了出口硬压板状态的采集，上传至保信系统，实现了保护装置全信息的实时在线监测和自动巡视。

二次系统专业巡视自实施以来，通过专业巡视集中发现并处理了大量深层次的设备缺陷和隐患，日常消缺和维护工作量同比减少 50%，并继续逐年下降。同时，通过专业巡视大大提高了继电保护正确动作率和二次系统的运行可靠性，效果极为明显。

本书主要结合国家电网公司继电保护和直流电源专业状态检修的工作要求，以湖南电网二次系统专业巡视工作为背景，介绍了二次系统专业巡视工

作的基本要求和经验及典型案例，期望通过本书的介绍，对状态检修工作的实施有促进作用，对二次专业的管理工作有借鉴意义。

由于水平有限，书中不妥和错误之处在所难免，希望广大读者批评指正。

编 者

2017年2月

目 录

前言

第一章 变电站二次系统	1
第一节 继电保护及安全自动装置	1
第二节 变电站综合自动化系统	10
第三节 直流电源系统	14
第二章 二次设备巡视	17
第一节 全面巡视	17
第二节 差异化专项巡视	29
第三章 典型巡视方法及自动实现技术应用	52
第一节 典型巡视方法	52
第二节 自动实现技术	62
第四章 专业巡视典型案例	69
第一节 继电保护专业巡视典型案例	69
第二节 直流电源系统专业化巡视典型案例	113
第三节 自动化专业巡视典型案例	121

第一章

变电站二次系统

变电站作为电能传输、交换、分配的重要环节和电网运行的主要监控点，发挥串联整个电力系统的重要作用。变电站电气设备按其用途和功能的不同一般可分为一次设备和二次设备两大类，由其相互连接、组合所构成的系统一般分别称为一次系统和二次系统。一次系统主要包括电力变压器、断路器、隔离开关、互感器、无功补偿设备、避雷器、开关柜等主设备；二次系统则主要包括继电保护及安全自动装置、变电站自动化系统、故障分析系统、计量系统、直流电源系统、视频监视系统、火灾报警消防系统、防盗保卫系统等。

二次系统的安全、可靠运行，对变电站乃至整个电力系统的稳定运行起着至关重要的作用。对多年来国内外事故的教训表明，继电保护及安全自动装置、变电站自动化系统、直流电源系统一旦发生故障，造成的危害通常很大。其管理水平、运维水平和检修水平直接关乎一次设备和整个电网的安全稳定运行。因此，二次专业化巡视的重点以这三个系统为主开展，囊括相关装置及其二次回路等。

第一节 继电保护及安全自动装置

继电保护和安全自动装置作为电力系统“三道防线”的重要构成，在应对各类电网事故、确保电网安全稳定运行和可靠供电中发挥了重要作用。其中，继电保护装置作为第一道防线，保护的對象为单一电气设备，作用是在第一时间正确、可靠地切除电力系统的故障元件；安全自动装置作为第二道和第三道防线，保护对象为区域电网，作用是确保电网在发生概率较低的严

重故障时能够继续保持稳定运行，防止事故扩大，避免大面积停电。

一、继电保护装置

(一) 继电保护的基本作用及要求

1. 继电保护的基本作用

继电保护在电力系统中的作用主要包括两个方面：

(1) 当电力系统元件发生故障时，自动、迅速、有选择地将故障元件从电力系统中切除，最大限度地减少对电力故障元件本身的损坏并保证非故障元件迅速恢复正常运行，降低对电力系统安全供电的影响；

(2) 反应电气元件的不正常工作状态并根据实际运行条件作出不同的反应。如在无人值班的变电站，保护一般动作于故障元件的断路器跳闸；在有人值班的变电站或控制室，保护一般动作于发信，提示值班人员哪个元件出现了不正常工作状态。

2. 继电保护的基本要求

对动作于跳闸的继电保护装置而言，在技术上要满足“四性”的基本要求，即选择性、速动性、灵敏性和可靠性。

(1) 选择性。选择性是指当电力系统发生故障，继电保护装置动作时，仅将故障元件从电力系统中切除，尽可能地缩小停电范围，以保证系统中的无故障部分仍能继续安全运行。

(2) 速动性。速动性是指继电保护装置以允许的最快速度动作，以隔离故障或中止异常状态的进一步发展。当电力系统发生短路故障时，短路电流将流过电源点至短路点之间所有电气元件，甚至在故障点燃起电弧，所产生的高温能使金属熔化、绝缘烧毁。因此，在电力系统发生故障时，要求继电保护装置在满足选择性的前提下快速动作切除故障，避免设备发生不可修复的损坏。

(3) 灵敏性。

灵敏性又称灵敏度，是指继电保护对其保护范围内发生故障或不正常运行状态的反应能力。保护的灵敏性能正确、可靠反映系统在任何运行方式下，自己保护范围内任何地点发生的所有类型的故障。

(4) 可靠性。继电保护装置的可靠性是指在规定的保护范围内发生应该

动作的故障时，保护装置应能可靠动作，而在任何不应动作的情况下，保护装置不误动。提高继电保护装置可靠性的措施有：选用结构简单、原理先进、性能良好、动作可靠的继电保护装置；保护二次回路的设计应尽可能简单、合理，使用最少数量的继电器触点，并选用质量可靠的二次回路元器件，严格检验安装质量；正确地进行整定计算，选取合适的整定值；新型继电保护投入运行前，应按照继电保护装置检验规程的规定进行严格的检验，投入运行后要加强维护，定期进行校验。

继电保护的“四性”既有相辅相成、相互统一的一面，也有相互制约、相互矛盾的一面。对于“四性”中的每一项要求都应当有度，不应片面强调某一项而忽视另一项，应以满足电力系统的安全运行为准则。

(二) 继电保护装置的构成

继电保护装置的原理、分类、构成材料千差万别，但其基本组成部分相同，一般可以分为输入信号、测量部分、逻辑判别、输出部分、执行部分，见图 1-1。

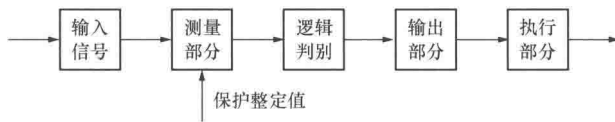


图 1-1 继电保护装置构成示意图

(1) 输入信号。它将保护所需测量的物理量从一次电力系统中提取出并进行相关的处理送至测量部分。

(2) 测量部分。对输入的信号进行测量或计算并与给定的保护整定值进行比较，从而判断是否应该起动保护的逻辑部分。

(3) 逻辑判别。逻辑判别是根据测量部分各输出量的大小、性质、出现的顺序或它们的组合，使保护装置按自身的逻辑结构进行逻辑判断，确定是否送出启动后一级的命令。

(4) 输出部分。主要指开关量的输出。对微机保护而言，输出部分一般包括并行接口的输出口、光电隔离及有接点的继电器元件等，通过它把逻辑判别结果传递给执行部分。

(5) 执行部分。执行部分是根据逻辑判别或输出回路传送的跳闸命令或

信号，最后完成保护装置所担负的任务。

(三) 继电保护的分类

继电保护按其在电力系统中的作用和重要程度可分为主保护、后备保护、辅助保护及异常运行保护。

1. 主保护

满足系统稳定和设备安全的要求，能以最快的速度有选择性的切除电力设备及输电线路故障的保护。它的定义根据电力系统稳定和安全要求而决定。如对于 220kV 及以上线路，要求主保护全线速动，则其主保护为高频保护、光纤差动保护等；而对于 110kV 线路，通常距离 I、II 段、零序 I、II 段是主保护；对于 35kV 线路，过电流 I、II 段是主保护。对于变压器保护，其主保护为差动保护及瓦斯保护。

2. 后备保护

当主保护或断路器拒动时，用来切除故障的保护，后备保护可分为远后备保护和近后备保护。近后备保护是指主保护或断路器拒动时，由本线路或本电力设备其他保护切除故障，如断路器失灵保护；远后备保护是指主保护或断路器拒动时，由相邻线路保护切除故障，如距离保护 III 段。

3. 辅助保护

为补充主保护和后备保护的性能，或当主保护、后备保护退出运行时而增设的保护，如 3/2 接线的短引线保护、远方跳闸保护、母联充电保护、过电压保护等。

4. 异常运行保护

反应被保护线路和设备异常运行状态的保护，如过负荷、过励磁等。

按构成保护的电气参数的性质可以分为电量保护和非电量保护。

(1) 电量保护。利用基本电气参数的变化构成的保护。如发生短路后，利用电流、电压、线路测量阻抗等的变化，构成过流保护、低电压保护、距离保护；利用内部故障与外部故障时被保护线路两侧电流相量差构成差动原理保护；利用对称分量的变化构成负序保护和零序保护等。

(2) 非电量保护。利用非电气量变化构成的保护，如变压器的瓦斯保护、冷却器全停保护、压力突变保护、压力释放保护、油温高保护、油位异常等。

按保护的對象可分為發電機保護、變壓器保護、輸電線路保護、母線保護、母聯保護、斷路器保護、電動機保護、電容器保護、電抗器保護、短引線保護等。

按照保護原理可分為過電流、低電壓、過電壓、功率方向、阻抗距離、差動保護等。

二、安全自動裝置

電力系統安全自動裝置是指防止電力系統失去穩定性、防止事故擴大、防止電網崩潰、恢復電力系統正常運行的各種自動裝置總稱。變電站內的安全自動裝置主要包括備用電源自動投入裝置、低頻低壓減載裝置、安全穩定控制裝置等。

(一) 備用電源自動投入裝置

備用電源自動投入裝置是在工作電源因電力系統故障或其他原因被斷開後，能自動而迅速地將備用電源投入工作，保證用戶連續不間斷供電的一種自動控制裝置。備用電源自動投入裝置主要用于 110kV 以下的中、低壓配電系統中。備用電源自動投入裝置的方式與變電站主接線形式有關，一般分為進線備投、橋斷路器或母聯備投、變壓器備投等幾種類型。

備用電源自動投入裝置應滿足以下基本要求：

- (1) 應確保工作電源與設備斷開後，備用電源或備用設備才能投入；
- (2) 工作母線和設備上的電壓不論何種原因消失，備用電源自動投入裝置均應啟動；
- (3) 應有閉鎖邏輯，以防止備用電源投到故障的元件上，造成事故擴大的嚴重後果；
- (4) 電力系統內部故障導致工作電源與備用電源同時消失時，備用電源自動投入裝置不應動作；
- (5) 投入備用電源斷路器必須經過延時，延時時限應大於最長的外部故障切除時間；
- (6) 當備用電源自動投入裝置動作時，若不使備用電源或備用設備重投於永久故障，應加速跳閘並只動作一次。
- (7) 手動跳開工作電源後，備用電源自動投入裝置應不動作；

- (8) 备用电源不满足有压条件，装置应不动作；
- (9) 工作母线 TV 二次三相断线时，备用电源自动投入装置应不动作；
- (10) 只允许动作一次。

(二) 低频低压减载装置

为了提高供电质量，保证重要用户供电的可靠性，当系统中出现有功功率缺额引起频率下降、无功缺额引起电压下降时，根据频率、电压下降的程度，自动切除部分负荷，阻止频率、电压下降，这种装置称为低频低压减载装置。

低频低压减载装置的任务是迅速切除相应数量的负荷，使系统的频率和电压在不低于允许值的情况下，达到有功、无功的平衡，以确保电力系统的安全运行，防止事故扩大。

低频低压减载装置应满足以下基本要求：

- (1) 当系统功率出现缺额情况下，能自动有计划地切除负荷，阻止频率、电压下降至危险点以下；
- (2) 切除的负荷应尽量少；
- (3) 应有可靠的防误动措施，在电力系统发生低频振荡、受到谐波干扰或当系统发生事故导致电压急剧下降时，可靠不动作。

(三) 安全稳定控制装置

安全稳定控制装置是为保证电力系统在遇到大扰动时的稳定性而在电厂或变电站内装设的控制设备，实现切机、切负荷、快速减出力、直流功率紧急提升或回降等功能，是确保电力系统安全稳定运行的第二道防线的重要设施。安全稳定装置主要由输入、输出、通信、测量、故障判别、控制策略等部分组成。目前，国内电力系统中的安全稳定控制装置种类较多，不同装置按照系统的不同特点和要求来设计。

安全稳定控制装置应满足以下基本要求：

- (1) 应能监视主要输电断面功率、判别设备投、停状态，识别电力系统运行方式；
- (2) 应能自动判别系统故障、设备跳闸、运行参数异常等；
- (3) 应能根据事故前设定的控制策略表，采取切机、切负荷等控制措施；

(4) 应设有硬件出口闭锁回路，只有在电力系统发生扰动时，才允许开放出口。

(四) 故障测距装置

故障测距装置又称为故障定位装置，是一种可以测定故障点位置的自动装置。它能根据不同的故障特征迅速准确地测定故障点，这不仅大大减轻了人工巡线的劳动强度，而且还能查出人们难以发现的故障。

故障测距的方法按测距原理可分为故障录波分析法、阻抗法、行波分析法；按测距所需的信息来源又可分为单端量法和两端量法。

故障测距装置应满足以下基本要求：

(1) 可靠性。一方面，输电线路的被监测部分无论发生何种类型的故障或不正常状态，系统都能可靠地动作并能给出正确的故障位置和其他信息，不会因为测量故障距离的方法和理念等因素不能正确动作；另一方面，输电线路被监视的部分中收到各种干扰时或者在被监视以外的部分发生故障时都能够不发出错误的动作指令。同时装置既能测出永久性故障也能测出瞬时性故障。

(2) 准确性。准确性是对故障测距装置最重要的要求，没有足够的准确性就意味着装置失效。国家电网公司颁布的《全国电力调度系统“十五”科技发展规划纲要》对线路故障测距提出了比以往更高的要求，即要求综合误差不超过1%。

(五) 故障录波装置

故障录波装置是在电力系统发生大扰动或故障时，自动记录电力设备的电参量以及继电保护及安全自动装置的动作触点变化过程，提供故障录波数据分析功能的自动装置。故障录波装置按功能一般分为线路故障录波器、变压器故障录波装置和发电机—变压器组故障录波装置三种类型。

电力系统正常运行时，故障录波装置不动作（不录波）；当电力系统发生故障或振荡时，装置启动录波直接记录各种扰动及故障发生的过程，为分析故障和检测电网运行情况提供依据。

故障录波器每次启动后的记录包含 A、B、C、D、E 五个时段。

A 时段：系统大扰动开始前的状态数据，输出原始记录波形和有效值，记录时间应不小于 0.04s；

B时段：系统大扰动后初期的状态数据，应直接输出原始记录波形，应观察到5次谐波，同时也应输出每一周波的工频有效值和直流分量值，记录时间不小于0.1s；

C时段：系统大扰动后中期的状态数据，输出连续的工频有效值，记录时间不小于1.0s；

D时段：系统动态过程数据，每0.1s输出一个工频有效值，记录时间不小于20s；

E时段：系统长过程的动态数据，每1s输出一个工频有效值，记录时间不小于10min。

（六）故障信息管理系统

故障信息管理系统是由保护设备、故障录波器设备、变电站信息子站、通信网络以及接口设备和主站设备组成的一个综合的系统。其功能主要是在系统发生故障后，作为调度员快速了解事故性质和保护动作行为的辅助决策工具。同时，在电力系统保护动作行为不正确时，为专业技术人员分析保护动作行为提供技术手段。

故障信息系统是一个分层分布式的管理系统，主要包括调度主站系统、变电站内子站系统、变电站内二次装置以及相互之间的通信链路。

故障信息主站系统设置在网、省公司或地区调度端，包括数据服务器、通信服务器、Web服务器、工作站等终端设备。主站主要实现收集各个信息子站采集的各设备的各种信息并进行综合分析、告警提示、图像化监控以及远程监控和操作等功能。

故障信息子站系统设置在变电站内，是故障信息系统中的信息收集及处理单元。子站系统包括子站主机以及接口设备。子站采集的内容包括所连接微机保护、自动装置和录波器的信息，如保护的定值、压板投入状态、采样值、装置启动、动作时的报告、自检报告、异常信息、录波器所录数据、子站系统与站内装置的通信情况等。

三、二次回路

为实现对一次系统运行工况的监视、测量、控制、保护、调节等功能，便于设计、制造、安装、调试及运行维护，由二次设备相互连接形成具有某

一功能的电气回路，称为二次回路。

二次回路具有设备种类多，功能及原理复杂等特点，常用的二次回路如下。

1. 测量与监视回路

测量和监视回路由电流、电压互感器的二次绕组、测量表计、计算机数据采集系统和自动监视装置等设备及其相关回路组成，用于实现一次设备参数记录、运行数据显示及变电站内一、二次设备工作状态监视等功能。

2. 控制回路

控制回路由各类控制元器件、逻辑器件、被控对象和执行机构等设备及其相关回路组成，主要用于变电站内断路器、隔离开关、接地开关等一次设备的分、合闸操作，电容器组、电抗器组的投切操作以及变压器冷却风机启停操作等。

3. 调节回路

调节回路由测量、控制和执行等设备及其相关回路组成，用于实现对一次设备运行参数的实时调节，保证电力系统安全、优质、经济运行，如变电站内的变压器分接开关位置调整等。

4. 信号回路

信号回路包括位置信号、继电保护及安全自动装置动作信号、事故信号、预告信号等，用于反映运行状态、异常及故障情况，供运行值班人员监视变电站内各种电气设备和系统。

5. 操作电源回路

操作电源回路由电源装置及其供电网络组成，用于给前述二次回路提供工作电源。

变电站二次回路是变电站的重要组成部分，二次设备及其回路的安全、可靠运行，对电力系统的稳定运行起着至关重要的作用。近年来，智能变电站建设逐渐兴起，以全站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化为基本特征，自动完成信息采集、测量、控制、保护、计量和监测等基本功能，并可根据需要支持电网实时自动控制、智能调节、在线分析决策、协同互动等高级功能，使得其二次回路较之传统变电站发生了较大变化。变电站调试及运行维护人员应全面、系统、熟练地掌握传统变电站和智能变电站二