

数字化变电站技术丛书

DIGITAL SUBSTATION

安装调试分册

钟连宏 主编



试验所

51



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

TM/63-51

275

数字化变电站技术丛书

安装调试分册

主编 钟连宏

参编

刘 玮

梁国坤

张 弛

杨 晟

陈旗展



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

目前, 数字化变电站试点及应用都取得了一些成果, 为给今后工作提供借鉴, 本书在大量收集整理国内外数字化变电站相关素材基础上, 结合广东电网中山220kV 变电站数字化改造的成果与工程经验, 从设计、制造、安装调试、测试、运行维护、状态检修及成果与展望7 个方面进行总结与归纳, 分7 个分册出版, 形成本套《数字化变电站技术丛书》。

本书为《数字化变电站技术丛书 安装调试分册》, 全书共8 章, 包括概述、施工组织、安全风险管控、施工设备及材料管理、施工次序及进度、设备安装要求、数字化变电站的调试、施工资料管理等内容。

本书可供工作在各电网(力)公司、电力科研部门及建设施工单位以及其他相关专业领域的工程技术人员参考, 也可作为高等学校相关专业本科生和研究生的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数字化变电站技术丛书. 安装调试分册 / 钟连宏主编.
北京: 中国电力出版社, 2010

ISBN 978-7-5123-0024-8

I. ①数… II. ①钟… III. ①数字技术-应用-变电所-电力系统-安装②数字技术-应用-变电所-电力系统-调试
IV. ①TM63-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 007625 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>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 1 月第一版 2010 年 1 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 8.25 印张 147 千字

印数 0001—3000 册 定价 23.00 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

前言

近几年对数字化变电站新技术的研究及应用成为热点,数字化变电站已在国内电力系统试点应用并取得一定经验,但尚未有一套完整的书籍对数字化变电站设计、制造、验收、安装调试、运行维护等方面进行归纳总结。本套丛书旨在全面总结广东电网公司中山供电局 220kV 三乡数字化变电站技术改造研究成果,并对今后数字化变电站设计及建设运行提供借鉴。该套丛书由广东电网公司组织有关单位技术人员编著而成,分为设计、制造、安装调试、测试、运行维护、状态检修、成果与展望 7 个分册。

《数字化变电站技术丛书 安装调试分册》一书共分 8 章,由钟连宏担任主编。各章编写人员及编写分工如下:第 1 章和第 2 章由广东电网公司钟连宏编写;第 3 章和第 4 章由广东电网公司刘玮编写;第 5 章由广东省电力调度通信中心张弛编写;第 6 章由广东电网公司中山供电局杨晟编写;第 7 章由广东电网公司中山供电局梁国坤编写;第 8 章由广东电网公司中山供电局陈旗展编写。

本书在编写的过程中,广东电网公司、广东电网公司电力科学研究院、广东省电力设计研究院、广东省电力调度通信中心、南瑞继保电气有限公司、武汉大学、四川大学等单位给予了大力支持。编写时还参阅了有关参考文献、国家标准、运行规程、技术说明书等。在此,对以上单位及有关作者表示衷心的感谢。

由于时间仓促,编者水平有限,书中疏漏和不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2009 年 12 月

目 录

前言

第 1 章 概述	1
1.1 数字化变电站简介	1
1.2 数字化变电站安装调试总体要求	4
第 2 章 施工组织	10
2.1 组织机构	10
2.2 施工图及 SCD 文件审查	10
2.3 施工方案编制和审查	15
第 3 章 安全风险管	18
3.1 安全管理目标	18
3.2 风险评估和预控	22
3.3 关键环节控制	23
3.4 应急处理	28
3.5 文明施工及环境保护 ^[1,22]	32
第 4 章 施工设备及材料管理	35
4.1 施工现场存放要求	35
4.2 材料管理	35
4.3 施工设备机具使用	37
4.4 调试仪器工具使用	42
第 5 章 施工次序及进度	51
5.1 一般准则	51
5.2 土建部分的施工组织 ^[9,13,21]	53
5.3 电气部分的施工组织	53
第 6 章 设备安装要求	57
6.1 质量管理目标	57
6.2 过程层设备安装	57

6.3	间隔层设备安装	62
6.4	站控层设备安装	64
6.5	防误闭锁装置安装	65
6.6	电能表安装	67
6.7	缆线安装	68
第7章	数字化变电站的调试	81
7.1	过程层调试	81
7.2	间隔层主要设备调试方法	86
7.3	间隔层调试内容	88
7.4	站控层设备调试	92
7.5	网络设备调试	113
7.6	防误闭锁功能调试	114
7.7	对时系统调试	114
第8章	施工资料管理	116
8.1	施工信息报送	116
8.2	工程验收及启动管理	118
8.3	竣工资料清单	120
参考文献		122

概 述

1.1 数字化变电站简介

数字化变电站的系统结构继承了分层分布式变电站结构的优点，同时由于高速以太网、新型传感器、智能开关技术以及 IEC 61850 协议的运用，对数字化变电站的体系结构产生了重大的影响。从逻辑上数字化变电站功能被分配到 3 个不同的层（即过程层、间隔层和站控层）中，如图 1-1 所示。

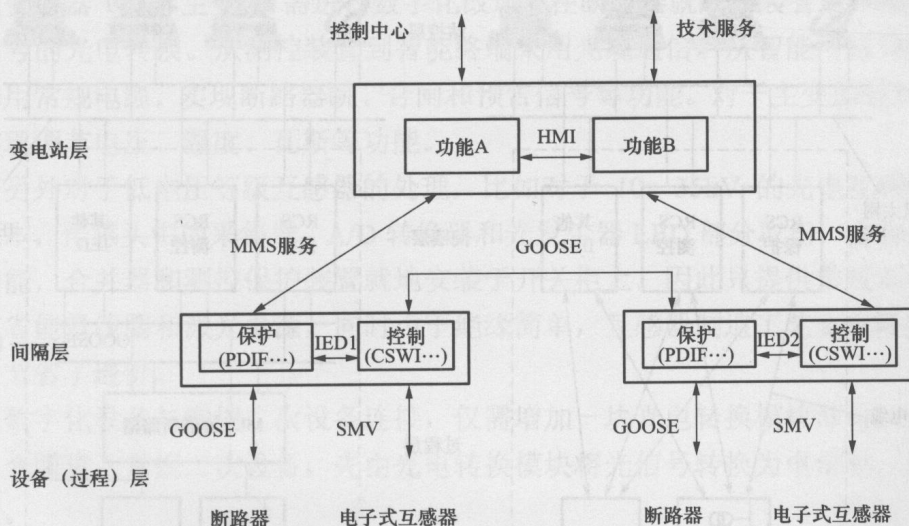


图 1-1 数字化变电站功能层与逻辑接口

数字化变电站站控层设备由传统意义上的后台监控系统、工程师站、远动服务器等构成。间隔层设备由按间隔对象配置的测控装置、保护装置、计量装置以及接入其他智能设备的规约转换设备等构成。其中的单间隔设备有线路保护、测控装置、计量装置，跨间隔设备包括母线保护、故障录波、变压器保护等。过程层设备主要包括电子式电流互感器、智能一次设备等，现阶段智能化断路器是由传统断路器加智能终端方式来实现断路器智能化，电子式电流互感器采用罗氏线圈加激光供

能的光电电流电压互感器来实现互感器设备的数字化。过程层设备具有自我检测、自我描述功能，支持 IEC 61850 协议，其传输介质采用光纤。

1.1.1 数字化变电站与常规综合自动化变电站的比较

常规综合自动化变电站（简称综自站）中，一次设备的模拟信号通过电缆传输到测控保护装置，由装置转换为数字量后再处理，最后将数字量通过网线传到后台监控系统，同时，监控系统和测控保护装置对一次设备的控制是通过电缆传输模拟信号来实现的。与此形成对比的是：数字化变电站一次设备的信息就地转换为数字量，通过光缆上传到测控保护装置，然后传到后台监控系统，而监控系统和测控保护装置对一次设备的控制也是通过光缆传输数字信号来实现的。常规综自站与数字化变电站内的主要构成设备对比如图 1-2 所示。

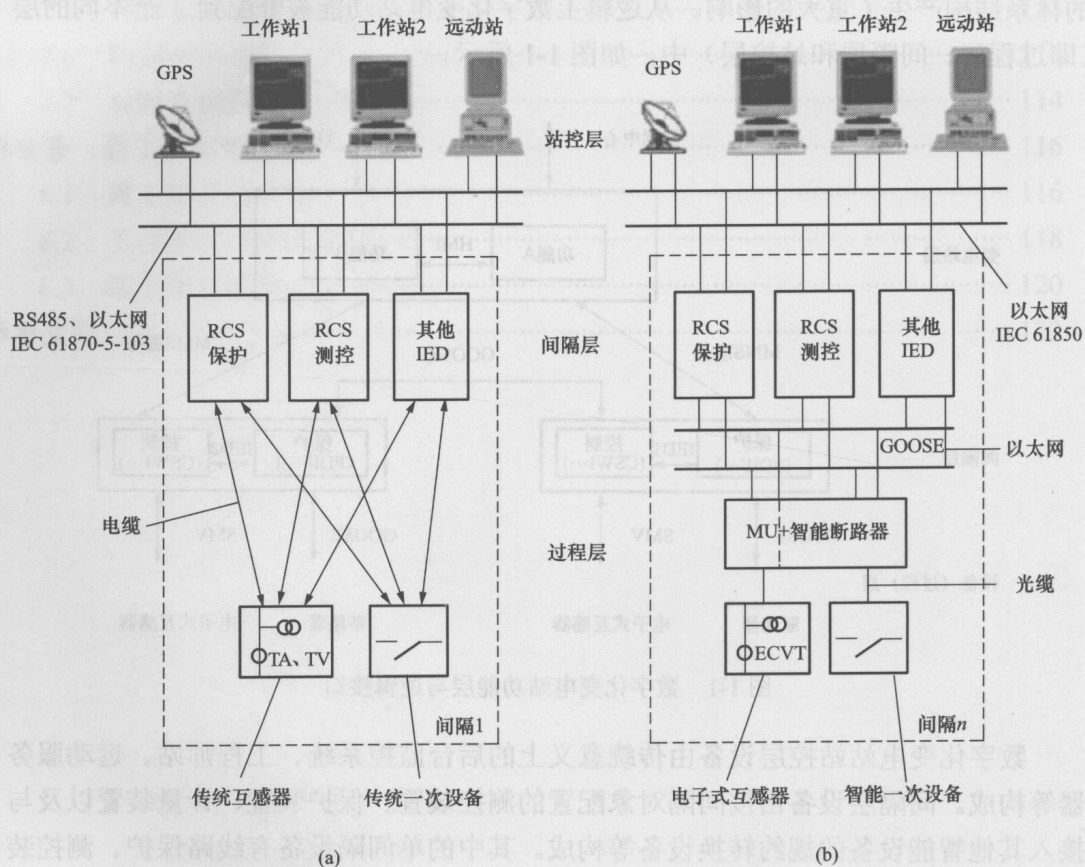


图 1-2 常规综自站与数字化变电站主要构成设备对比示意图

(a) 常规综自站；(b) 数字化变电站

系统中的光电互感器与传统互感器外形相似,但体积小、质量轻。它主要由传感头、绝缘支柱和光缆三部分组成。在主控室内各间隔测控屏上增加合并器装置,合并器的作用是将各电流互感器传回的电流数据和由电压互感器合并器传来的电压数据处理后打包输出。输出数据分别提供给保护、测控、母差、电能表、故障录波等装置,每个装置都用光缆与其连接。每根光缆都可以提供多个信号,例如三个保护电流、三个测量电流、一个零序电流、三个相电压、一个零序电压、一个线路电压等。因此数字化变电站采用少量光缆就可以代替大量电缆,便于实现信息共享。

与常规综自站相比,数字化变电站需要增加一个同步装置。由于数字化变电站中二次设备同时接收多个合并器的数据,因此,若干个合并器需要同步工作。只有采样同步,才能保证采样数据有参考价值,用于做出处理和判断。同步信号通过光缆送入各合并器,其误差小于 125ns,同步全站合并器采样数据。

特别是数字化变电站要求一次设备智能化,即数字化变电站使用的常规断路器和主变压器(简称主变),需进行数字化改造。在断路器就地安装智能终端,完成控制信号的光电转换。从测控装置到智能终端采用光缆通信。从智能终端到断路器内部仍用常规电缆,实现断路器跳、合闸和预告信号等功能。对于主变加装智能终端,可实现调节电压、温度、瓦斯等功能。

另外对于低电压等级互感器的处理,比如对于 10、35kV 的光电互感器,为降低成本,传感头中的采集器、A/D 转换器和光发生器 LED 部分取出,由合并器完成其功能,合并器和测控保护装置就地安装于开关柜上。因此只提供常规电源即可,可节省能量线圈和激光电源,同时由于绝缘简单,互感器制造工艺要求降低,因而大大节省了造价。

数字化设备与常规二次设备连接,仅需增加一块光电转换模块即可。从合并器引出光缆进入常规二次设备,先由光电转换模块将光信号转换为电信号,然后进行处理。

1.1.2 数字化变电站的特点

数字化变电站的通信网络采用统一的通信规约 IEC 61850,不需要进行规约转换,加快了通信速度,降低了系统的复杂度,降低了设计、调试及维护的难度,提高了通信系统的性能。

光电互感器无磁饱和,精度高,暂态特性好。光电互感器的应用,解决了常规互感器油和 SF₆ 的渗漏问题,减少了运行维护的工作量,同时提高了安全性。光电互感器高低压光电隔离,使电流互感器二次开路、电压互感器二次短路等可能危及人身或设备的问题不复存在,大大提高了安全性。

系统中的设备自检功能强,合并器收不到数据会判定通信故障或互感器故障而

发出告警,既提高了运行的可靠性,又减轻了运行人员的工作量。采集器的电源由能量线圈或激光电源提供,两者自动切换,互为备用。

采用光缆代替电缆,避免了电缆端子接线松动、发热开路和短路而发生故障的危险,提高了变电站整体安全运行水平。数字信号通过光缆传输避免了电缆带来的电磁干扰,传输过程中无信号衰减、失真。无 LC 滤波网络,不产生谐振过电压,传输和处理过程中不再产生附加误差,提升了保护、计量和测量系统的精度。采用光缆代替大量电缆,简化了电缆沟,降低了对电缆层和电缆防火的要求,减少了保护、自动化调试的工作量,从而减少了建设及运行维护成本。

1.2 数字化变电站安装调试总体要求

数字化变电站的电子设备明显增多,因此在现场进行安装、调试,都与传统变电站的要求有一定的差异。本节对数字化变电站的安装、调试的总体原则、方法原理进行概述^[16,23]。

1.2.1 安装要求

数字化变电站设备安装方法基本上同常规综自站相同。由于电子式互感器体积小、质量轻、安装起来更加方便,电缆支架、电缆敷设、二次接线、电缆防火以及保护查线的工作量大为减少,但光缆敷设、熔接的工作量有所增加,需严把光缆敷设、熔接质量关。具体来讲需满足以下主要要求:

(1) 光、电缆敷设要求。工程电缆按照满足持续允许电流、短路热稳定、允许电压降等要求进行选择。一般来讲,光、电缆经电缆沟或镀锌管直埋敷设,并在电缆出口处设耐火材料进行封堵。

(2) 电气设施防火要求。为防止电缆火灾和缩小电缆火灾事故,尽可能减少电缆火灾造成的损失,对电缆防火、灭火采取如下措施:

- 1) 在同一沟道中,动力电缆与控制电缆分层布置。
- 2) 至主控制室的电缆沟入口处及主沟与支沟连接处防火墙隔断。
- 3) 从电缆沟到电气设备的电缆穿入电缆保护管。
- 4) 经主变安装检修场地通往主控制室的电缆沟,在场地处的电缆沟两端设防火墙。
- 5) 监控屏、保护屏、配电屏、落地式端子箱底部均采用耐火材料封堵。
- 6) 屏下、耐火墙两侧电缆涂刷 1.5~2mm 耐火漆或耐火涂料。在屋内配电装置及主控制室内均设有手提式或推车式灭火器。在主变附近设有手车式干粉灭火器。

1.2.2 现场调试要求

现场调试的工作主要包括两部分内容:监控系统内部调试和保护调试。

(1) 监控系统内部调试。

- 1) 检查监控系统硬件设备安装就位情况, 保证其正确性。
- 2) 完成监控系统硬件设备的网络连接、串口连接以及内部连接, 保证其正确性。
- 3) 检查监控系统供电电源和接地。
- 4) 安装好监控系统的全部系统软件和监控应用软件。
- 5) 测试 I/O 点, 确保每一个 I/O 点完好无损。
- 6) 数字量校对到每一个点, 模拟量校对到每一个值, 控制量操作到每一个设备。对正确的操作及可能出现的误操作应一一验证, 确保操作控制的正确率为 100%。
- 7) 模拟测试各监控应用软件的运行, 检查各个控制逻辑和闭锁逻辑, 确保完全正确。
- 8) 确保监控系统的各种图形和表格满足运行要求。

(2) 保护调试。

- 1) 完成变电站全部一次和二次设备的系统联合调试工作, 并确保监控系统的正确响应。
- 2) 在保护过程中对出现功能和性能不满足要求的地方, 应及时修改和更换。
- 3) 测试过程中出现技术问题时, 技术人员需共同分析, 确定出错的原因, 排除各种错误。
- 4) 在现场调试期间所有损坏的供货范围内设备, 应及时给予更换。

调试工作直接关系到电网、设备和人身安全, 必须严格执行现场安全工作规程, 全过程落实执行好安全措施, 确保调试工作安全、有序、优质顺利地完。需根据技术协议、设计图纸、设计变更单、相关规程规定和运行要求等开展现场调试。调试中发现的问题必须限时整改, 存在较多问题或重大缺陷的, 整改完毕应重新组织验收。调试中发现保护设备的缺陷应做好记录备案。完成现场调试工作后, 最终需提交现场调试报告, 经运行维护部门审查确认后才能进入现场验收试验。

1.2.3 数字化变电站调试过程

数字化变电站的调试可采用模块化加整体联调的调试方案, 总结如下:

- (1) 控制信号回路。控制信号回路按常规站的方法安装调试, 经过前期的安装及二次回路调试, 以就地智能终端为中心, 确保断路器、隔离开关、主变本体等控制信号回路到智能终端控制及采集端子的正确性。
- (2) 继保装置调试。继电保护装置调试接线按照继电保护系统调试相关调试技术标准, 进行模拟量、开关量测试。进行故障模拟, 测试保护装置动作的正确性。
- (3) 光纤联络回路。此回路由施工安装人员与光纤熔接人员相配合, 进行铺设及衰耗测试, 保证后期联调的光纤通道的畅通。

(4) TA、TV 回路。TA（电流互感器）、TV（电压互感器）回路试验的同时，在室内合并器和就地采集终端（低压侧）分别读取数值，确保装置采集与实际二次值一致。

(5) 整体联调。首先相关设备的信号如实上送到保护装置，再加入故障模拟量，通过光纤传输到智能终端跳相关开关，并确认正确，同时相关信号上报到当地监控系统；对于断路器、隔离开关及主变本体等相关信号均实际上传至当地监控系统。

(6) 安装、调试中的注意事项。

1) 激光发生器不能空载运行，否则易损坏。如激光发生器在工作状态，将数据光缆或能量光缆拔开可造成激光发生器空载而烧坏。

2) 不得用眼睛观察激光孔或激光光缆，会烧伤眼睛。

3) 光缆敷设及熔接要特别注意：光纤及与二次设备连接的尾纤应可靠连接，防尘帽无破裂、脱落，密封良好。光纤、尾纤自然弯曲，无折痕，弯曲半径不得小于 10 倍光、尾纤直径，外皮无破损。

1.2.4 基于数字保护测试仪的数字化变电站调试原理

传统变电站中保护的调试广泛采用微机继电保护测试仪对保护装置进行调试，同时通过各种手段检测相关回路的完整性。对数字化变电站的保护而言，由于其交流输入和各种开入更多的是以数字化方式提供信息，其控制输出、信号输出更多的是采用数字化的方式，因此对数字化变电站的保护也应当采用数字化的调试设备和手段。

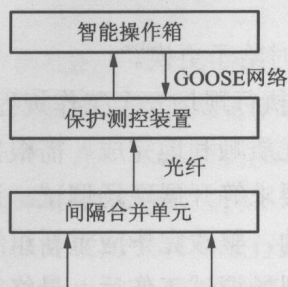


图 1-3 典型的数字化变电站保护接线方案

目前数字化变电站还处在研究探索、试运行积累经验阶段，不同的数字化变电站的构成方式不同，其调试方法也不尽相同。典型的数字化变电站保护接线方案如图 1-3 所示。

总体而言，目前对数字化变电站的保护调试主要采用两种方案进行试验。

1.2.4.1 传统测试仪加转换装置的方式进行调试

该方式的接线示意图如图 1-4 所示。此种方式是利用传统的测试仪器作信号发生源，通过一个数据采集装置来采集测试仪的交流信号并转换成相当于 ETA（电子式电流互感器）、ETV（电子式电压互感器）的信号输出格式送至合并单元。这样，整个调试的调试方法就可以借用传统的一些手段，尤其是保护的逻辑功能检验部分。相对而言，保护人员更熟悉和容易掌握这种方式。此种方式是过渡阶段的一种简单方式，尽管容易实现，但其调试存在一些局限性。比如，由于保护的输出为数字化输出，如果保护没有提供硬接点则不能进行闭环测试，当然也无法对动作时间进行

调试,对一些通信问题(如丢帧、乱码、传输延时等)更无法测试,对差动保护则还涉及同步等问题。

1.2.4.2 全数字化方式进行调试

全数字化调试需要对整个数字化过程进行分析。根据 IEC 61850 设计开发出全新的数字式测试仪,这种测试仪器应当能够输出数字化的交流信息和开入信息,同时能够接收符合标准的保护及断路器智能单元的动作信息,并以此来控制、测试整个过程(见图 1-5)。该测试过程对测试仪的要求很高,尤其是对保护和智能断路器设备等的互操作性,同时它的网络测试的要求也很高。测试仪不仅能完成对保护逻辑功能的测试,由于采用了数字化的网络测试,因此对传统测试仪加转换装置方式无法解决的通信问题也能够进行测试。全数字化的测试手段是未来的发展趋势,目前已经有一些测试厂家研制出了数字化测试仪,但仍需相关单位不断研究、探索,研制出适合数字化变电站的保护测试仪。

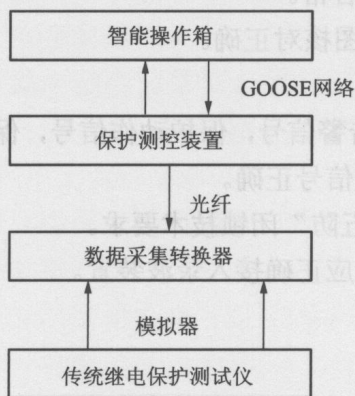


图 1-4 传统测试仪加转换装置的方式接线示意图



图 1-5 数字化变电站的全数字化调试方式接线示意图

1.2.5 现场验收试验

现场验收试验在现场安装调试完成后进行。现场验收试验既要模拟正常运行状况,也要模拟异常状况。

现场验收试验主要包括以下试验项目:

(1) 设备外观检查。检查保护装置的插件接触可靠,压板、按钮、转换开关、空气开关等安装牢固、接触良好,操作灵活可靠。保护设备、端子排的螺钉及接线应紧固可靠,无积尘、受潮及放电痕迹。

(2) 保护装置功能试验。

1) 检查装置电源应符合要求。

2) 检查保护装置零漂及采样精度,应符合保护厂家技术要求。

3) 检查保护装置所有开入量,对应的开入量变位正确。

4) 检查保护装置所有开出量,对应的开出接点动作正确。

5) 检查保护装置功能,应对保护装置所有保护功能,保护软压板、控制字、硬压板相互之间逻辑试验,定值整定等功能进行检验,保护装置功能应正确。

(3) 二次回路试验。

1) 二次回路绝缘检查。按照 DL/T 995—2006《继电保护和电网安全自动装置检验规程》相关要求进行绝缘检查。

2) 寄生回路检查,检查保护电源、操作电源、信号电源、交流电源之间应无寄生回路。

(4) TA、TV 检查。

1) TA、TV 极性、变比正确,TA 伏安特性试验合格。

2) 试验 TA 二次组别、相别正确,TA 回路走向图核对正确。

(5) 重要告警信号试验。

1) 检查断路器、TA 本体、TV 本体、GIS 气室告警信号,保护动作信号,保护告警信号,通道告警信号,跳、合闸监视回路等声光信号正确。

2) 检查五防闭锁逻辑功能正确,符合变电站“五防”闭锁技术要求。

(6) 录波回路试验。电压、电流以及开关量回路应正确接入录波装置。

(7) 保护通道试验。

1) 载波通道试验。

a) 两侧应核对同一通道的两侧保护型号、版本,应相同,保护命名应相同,通道命名应相同。两侧应核对同一通道的收发信机频率,应相同。

b) 收发信机试验及两侧高频通道对调,试验高频通道发信电平、收信电平、收信裕度、3dB 告警和裕度告警、通道双向传输衰耗之差等应满足要求。

2) 光纤通道试验。

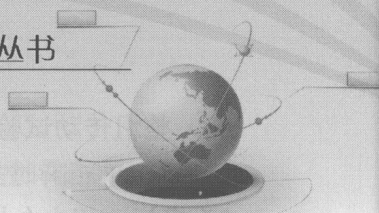
a) 进行光纤通道路由检查,电流差动保护光纤通道收信、发信路由应一致,禁止采用自愈环方式。

b) 测试光纤通道的发信、收信、收信灵敏电平,收信裕度应满足光纤设备技术要求。

c) 光纤通道传输时间、误码率应满足要求。

d) 两侧保护通道对调,验证光纤通道路由应正确,检查光纤通道传输保护命令信号正确或传输电流数据正确。

- 结果。相同不同性别、年龄、职业、学历、婚姻状况、月收入、常居



施 工 组 织

2.1 组 织 机 构

通常,在变电站施工现场管理中,需要引入多级管理制度,以满足不同的管理需要,典型的变电站施工现场管理组织结构如图 2-1 所示。施工单位需要设立一个

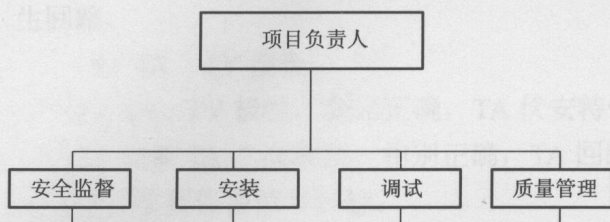


图 2-1 典型的变电站施工现场管理组织结构

项目负责人,由项目负责人对工程的安全监督、安装、调试、质量管理进行控制与协调管理,以确保该工程施工所需的各种资源的及时到位和全面履行合同中施工单位各项承诺的实现。

在数字化变电站的施工中,设备本身的安装工作与常规变电站的安装区别不大,最重要的差别在于光缆的大量使用,对于施工队而言,在光缆的敷设、尾纤保护、熔接上有更高的工艺要求。因此,在数字化变电站的施工中,对于这类的设备以及人员培训管理要尤其注重加强^[8,9,10,11,12,14]。

2.2 施工图及 SCD 文件审查

2.2.1 施工图及需满足的规范

参照 DL/T 5218—2005《220kV~500kV 变电所设计技术规程》,常规变电站施工通常需要满足以下规范(推荐使用这些文件的最新版本):

GB/T 2900.1—2008 电工术语 基本术语

GB/T 2900.15—1997 电工术语 变压器、互感器、调压器和电抗器

GB/T 2900.19—1994 电工术语 高电压试验技术和绝缘配合

GB/T 2900.20—1994 电工术语 高压开关设备

GB/T 16453—2008 水土保持综合治理技术规范

GB 3096—2008 声环境质量标准

GB 5749—2006 生活饮用水卫生标准

GB/T 8196—2003 机械安全防护罩 固定式和活动式防护装置设计与制造一般要求

GB 8702—1988 电磁辐射防护规定

GB 9175—1988 环境电磁波卫生标准

GB 10436—1989 作业场所微波辐射卫生标准

GB 12348—2008 工业企业厂界环境噪声排放标准

GB/T 14285—2006 继电保护和安全自动装置技术规程

GB 15707—1995 高压交流架空送电线无线电干扰限值

GB 18306—2001 中国地震动参数区划图

GB 50003—2001 砌体结构设计规范

GB 50007—2002 建筑地基基础设计规范

GB 50010—2002 混凝土结构设计规范

GB 50011—2001 建筑抗震设计规范

GB 50017—2003 钢结构设计规范

GB 50034—2004 建筑照明设计标准

GB 50040—1996 动力机器基础设计规范

GB 50054—1995 低压配电设计规范

GB 50057—1994 建筑物防雷设计规范

GB 50058—1992 爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范

GB 50116—1998 火灾自动报警系统设计规范

GB 50191—1993 构筑物抗震设计规范

GB 50217—2007 电力工程电缆设计规范

GB 50219—1995 水喷雾灭火系统设计规范

GB 50227—2008 并联电容器装置设计规范

GB 50229—2006 火力发电厂与变电所设计防火规范

GB 50260—1996 电力设施抗震设计规范

GB 50016—2006 建筑设计防火规范

GB 50019—2003 采暖通风与空气调节设计规范

GBJ 22—1987 厂矿道路设计规范

GBJ 87—1985 工业企业噪声控制设计规范

GB 50140—2005 建筑灭火器配置设计规范

GBZ 1—2002 工业企业设计卫生标准