

电气工程安装调试运行维护实用技术技能丛书

电气工程及自动化 工程系统调试、 送电及试运行

DIANQI GONGCHENG JI ZIDONGHUA
GONGCHENG XITONG TIAOSHI SONGDIAN JI SHIYUNXING

第2版

白玉岷 等编著



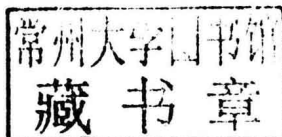
机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

电气工程 安装调试 运行维护 实用技术技能丛书

电气工程及自动化工程系统 调试、送电及试运行

第2版

白玉岷 等编著



机械工业出版社

本书以作者从事电气工程、自动化工程安装调试、运行维护、检修及质量管理、技术监督的实践经验及技术技能为主,并结合最新标准规范,详尽讲述电气工程、自动化工程系统调试、送电及试运行的程序、方法、组织、管理、监督及注意事项,是从事电气工程及自动化工程设计、安装调试、质量管理、技术监督工作的技术人员的必读之物。本书主要包括概述、系统调试送电及试运行的组织及实施以及照明、动力电路、低压发电设备、起重机械电气装置、架空线路、电缆线路、变配电装置、电梯、自动化仪表及空调电气、弱电系统、高压电动机、防雷与接地系统、开关柜及特殊场所等电气装置的系统调试、送电及试运行技术技能、管理技术等内容。

本书可供从事电气工程及自动化工程设计、安装调试、质量管理、技术监督、工程监理等技术人员工作时使用,也可作为青年电气技术管理人员培训教材以及电气及自动化专业师生的实践教材用书。

图书在版编目(CIP)数据

电气工程及自动化工程系统调试、送电及试运行/白玉岷等编
著. —2版. —北京:机械工业出版社,2016.4

(电气工程安装调试运行维护实用技术技能丛书)

ISBN 978-7-111-53474-7

I. ①电… II. ①白… III. ①电气工程—调试方法 ②电气工程—运行 ③自动化系统—调试方法 ④自动化系统—运行
IV. ①TM ②TP27

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第070270号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:张俊红 责任编辑:张俊红

责任校对:张晓蓉 封面设计:马精明

责任印制:李洋

三河市国英印务有限公司印刷

2016年5月第2版·第1次印刷

184mm×260mm·27.25印张·677千字

标准书号:ISBN 978-7-111-53474-7

定价:79.90元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

电气工程安装调试运行维护实用技术技能丛书

主	编	白玉岷				
编	委	刘洋	宋宏江	陈斌	高英	
		王建	张艳梅	田明	桂垣	
		董蓓蓓	武占斌	王振山	赵洪山	
		张璐	莫杰	田朋	谷文旗	
		李云鹏	刘晋虹	白永军	赵颖捷	
主	审	悦英	赵颖捷	桂垣		
土		李志强				
建						
工						
程						
顾						
问						
编						
写						
人						
员						
		王明	高志平	马千里	志农	

第2版前言

“电气工程安装调试运行维护实用技术技能丛书”的《电气工程及自动化工程系统调试、送电及试运行》分册出版以来得到了广大读者，特别是年轻读者们的青睐，经常收到他们的短信、电话及网上的评论，尤其是他们说“读这样的书解渴”，使我感到非常欣慰。这也是我们作者所期望的，也是鼓励我们作者继续创作的动力。我们一定要把所掌握的电气工程、自动化工程的技术技能全部写出来，让读者特别是年轻的读者在工程技术的道路上走上一个捷径，能在较短的时间里掌握电工技术技能的真谛，为电气工程、自动化工程的质量保证、安全运行打下一个坚实的基础。

本书的再版是在原版的基础上，应读者的要求增加了部分内容，目的是让读者拿来即用、读后即行，一般常用的内容不必再去参阅丛书的其他分册，当然有些内容仍需参阅。

本书再版，主要是在第1版的基础上增加以下内容：

一、增加了第十六章“特殊场所（环境）电气装置”讲述了特殊场所电气装置的系统调试、送电及试运行，并指出送电、调试及试运行前对电气装置的检测及方法等内容。

二、第三章、第四章、第六章、第七章、第八章、第九章、第十一章、第十二章均增加了调试、送电及试运行前对电气装置及设备检测及方法等内容。

三、其他原章节未有大的改动。

上述内容的增加敬请读者在实施中提出宝贵意见，以便为今后再版提供重要的信息及依据。

在整理、修改、充实过程中，删除了第1版中的一些陈旧内容，但也保留了一些必要的内容。保留的目的：一是有些内容讲到的相关设备，在一些地区仍在采用；二是为了初学者学习的系统性、连续性，对于初学者来说直接学习和接触新技术是比较困难的，只有做到由浅入深、由易而难、由简到繁、循序渐进才能收到很好的效果。

本书第2版的修订工作得到了电工界、安装修理单位、设计单位、供电部门、工矿企业、高等院校及其众多实践经验丰富、技术技能精湛、解决电工技术难题熟练的双资型高工、教授、技师、技术人员、技术工人、电工师傅和年轻朋友们的关心和支持，张家口市高新房地产开发有限公司对本书的再版给予了极大的帮助，提供很多宝贵的资料，这里向他们表示衷心的感谢。本书倘若能为读者提供相应技术技能的帮助，我们全体作者将会感到万分欣慰和满足。本书第2版由白玉岷主编，新增加的内容主要由刘洋、宋宏江、陈斌、高英、张艳梅、田明、董蓓蓓、武占斌、王振山、赵洪山、张璐、莫杰、谷文旗、李云鹏、刘晋虹、武双有、高春明、贾连忠、赵玉春、李志强、闫敬敏、李树兵、韩月英、王佩燕、张瑜军、田朋、白永军、王建、赵颖捷、桂垣等编写。

由于作者专业水平的局限，书中不妥之处恳请专家、同行批评指正。

白玉岷谨上

第 1 版前言

当前,我们的国家正处于改革开放、经济腾飞的伟大转折时代。在这样的大好形势下,我们可以看到电工技术突飞猛进的发展,新技术、新材料、新设备、新工艺层出不穷、日新月异。电子技术、计算机技术以及通信、信息、自动化、控制工程、电力电子、传感器、机器人、机电一体化、遥测遥控等技术及装置已与电力、机械、化工、冶金、交通、航天、建筑、医疗、农业、金融、教育、科研、国防等行业技术及管理融为一体,并成为推动工业发展的核心动力。特别是电气系统,一旦出现故障将会造成不可估量的损失。2003 年 8 月美国、加拿大大面积停电,几乎使整个北美瘫痪。我国 2008 年南方雪灾,引起大面积停电,造成 1110 亿元人民币的经济损失,这些都是非常惨痛的教训。

电气系统的先进性、稳定性、可靠性、灵敏性、安全性是缺一不可的,因此电气工作人员必须稳步提高,具有精湛高超的技术技能,崇高的职业道德以及对专业工作认真负责、兢兢业业、精益求精的执业作风。

随着技术的进步、经济体制的改革、用人机制的变革及市场需求的不断变化,对电气工作人员的要求越来越高,技术全面、强(电)弱(电)精通、精通技术的管理型电气工作人员成为用人单位的第一需求,为此,我们组织编写了“电气工程安装调试运行维护实用技术技能丛书”。

编写本丛书的目的,首先是帮助读者在较短的时间里掌握电气工程的各项实际工作技术技能,使院校毕业的学生尽快地在工程中能够解决工程实际设计、安装、调试、运行、维护、检修以及工程质量管理、监督、安全生产、成本核算、施工组织等技术问题;其次是为工科院校电气工程及自动化专业提供一套实践读物,亦可供学生自学及今后就业参考;第三是技术公开,做好电气工程技术技能的传、帮、带的交接工作,每个作者都是将个人几十年从事电气技术工作的经验、技术、技能毫无保留,公之于众,造福社会;第四是为刚刚走上工作岗位的电气工程及自动化专业的大学生尽快适应岗位要求提供一个自学教程,以便尽快完成从大学生到工程师的过渡。

本丛书汇集了众多实践经验极为丰富、理论知识精通扎实、能够将科研成果转化为实践、能够解决工程实践难题的资深高工、教授、技师承担编写工作,他们分别来自设计单位、安装单位、工矿企业、高等院校、通信单位、供电公司、生产现场、监理单位、技术监督部门等。他们将电气工程及自动化工程中设计、安装、调试、运行、维护、检修、保养以及安全技术、读图技能、施工组织、预算编制、质量管理监督、计算机应用等实践技术技能由浅入深、由易至难、由简单到复杂、由强电到弱电以及实践经验、绝活窍门进行了详细的论述,供广大读者,特别是青年工人和电气工程及自动化专业的学生们学习、模仿、参考,以期在技术技能上取得更大的成绩和进步。

本丛书的特点是实用性强,可操作性强,通用性强。但需要说明,本丛书讲述的技术技能及方法不是唯一的,也可能不是最先进、最科学的,然而按照本丛书讲述的方法,一定能将各种工程,包括复杂且难度大的工程顺利圆满地完成。读者及青年朋友们在遇到技术难题

时,只需翻阅相关分册的内容便可找到解决难题的办法。

从事电气工作是个特殊的职业,从前述分析可以得知电气工程及其自动化工程的特点,主要是:安全性强,这是万万不容忽视的;专业理论性强,涉及自动控制、通信网络、自动检测及复杂的控制系统;从业人员文化层次较高;技术技能难度较大,理论与实践联系紧密;工程现场条件局限性大,环境特殊,如易燃、易爆等;涉及相关专业广,如机、钳、焊、铆、吊装、运输等;节能指标要求严格;系统性、严密性、可靠性、稳定性要求严密,从始至终不得放松;最后一条是法令性强,规程、规范、标准多,有150多种。电气工作人员除了技术技能的要求外,最重要的一条则是职业道德和敬业精神。只有高超的技术技能与高尚的职业道德、崇高的敬业精神结合起来,才能保证电力系统及自动化系统的安全运行及其先进性、稳定性、可靠性、灵敏性和安全性。

因此,作为电气工程工作人员,特别是刚刚进入这个行业的年轻人,应该加强电工技术技能的学习和锻炼,深入实践,不怕吃苦、不怕受累;同时应加强电工程理论知识的学习,并与实践紧密结合,提高技术水平。在工程实践中加强职业道德的修养,加强和规范作业执业行为,才能成为电气行业的技术高手。

在国家经济高速发展的过程中,作为一名电气工作者肩负着非常重要的责任。国家宏观调控的重要目标就是要全面贯彻落实科学发展观,加快建设资源节约型、环境友好型社会,把节能减排作为调整经济结构、转变增长方式的突破口。在电气工程、自动化工程及其系统的每个环节和细节里,每个电气工作者只要能够尽心尽责,兢兢业业,确保安装调试的质量,做好运行维护工作,就能够减少工程费用,减小事故频率,降低运行成本,削减维护开支;就能确保电气系统的安全、稳定、可靠运行。电气工作人员便为节能减排、促进低碳经济发展,保增长、保民生、保稳定做出巨大的贡献。

在这中华民族腾飞的时代里,每个人都有发展和取得成功的机遇,倘若这套“电气工程安装调试运行维护实用技术技能丛书”能为您提供有益的帮助和支持,我们全体作者将会感到万分欣慰和满足。祝本丛书的所有读者,在通往电工技术技能职业高峰的道路上,乘风破浪、一帆风顺、马到成功。

白玉岷

2011年元月

目 录

第2版前言

第1版前言

第一章 概述 1

第二章 电气系统调试、送电及试运行的

组织及实施 3

一、总体要求及实施细则 3

二、组织措施及实施 6

三、技术规程规范 7

第三章 电气照明装置及单相电气

设备 11

一、照明电路的检查和测试 11

二、送电及试灯 11

三、单相电气设备及线路的测试和试验 17

四、特殊场所(环境)照明电路及单相设备 ... 17

第四章 低压动力装置及低压配电室 22

一、电动机测试试验 22

二、开关柜、控制柜、电气传动

控制装置及元件 36

三、新型软起动器、变频起动器及其元件 ... 74

四、其他电气动力及控制装置 77

五、送电试车及试运行 78

六、调整试验、送电、试车、试运行记录 ... 87

七、低压动力电路及配电室调试送电前

质量标准及检验方法 87

第五章 低压发电设备 107

一、柴油发电机组 107

二、交流不停电电源(UPS) 130

三、余热发电机组 132

四、风力发电机组 147

第六章 电动起重机械电气设备及

装置 156

一、设备及元件电气参数的测试调整 156

二、整机检查 159

三、空载电气试验 159

四、空载试运转试验 162

五、负载试运转试验 163

第七章 架空线路的测试、送电

及试运行 171

一、巡线检查 171

二、绝缘电阻的测试 172

三、升压试验 172

四、冲击合闸试验 172

五、试运行 172

第八章 电缆线路 178

一、巡线检查 178

二、绝缘电阻测试 178

三、耐压试验 178

四、冲击合闸试验 178

五、试运行 178

第九章 变配电装置及变配电所 189

一、系统调试前的检查 189

二、室外电气设备的分段测试及试验 190

三、室内电气设备的调整试验 193

四、继电保护回路的试验调整 193

五、零起升压倒送电试验 202

六、正式送电 205

七、试运行	212	二、系统调整试验	347
八、110kV 变电所系统调试	224	三、投入试运行	351
九、变配电装置调试、送电前质量标准及 检验方法	226	第十四章 空调系统电气设备	358
第十章 高压电动机	275	一、工艺流程图及设置	358
一、高压电动机试车条件	275	二、调节控制原理	358
二、电气控制系统的试验及空投操作	275	三、调试程序内容	361
三、试车及试运行	278	四、调试及试运行方法	361
第十一章 防雷与接地系统	280	五、调整试验总体要求	363
一、沿敷设路径检查	280	六、常用测试方法	365
二、避雷针及特殊场所避雷措施的检查	280	第十五章 弱电系统及装置	374
三、接地电阻的测试	280	一、火灾自动报警及火灾自动消防系统	374
第十二章 电梯及其电气装置	290	二、有线电视系统	377
一、电梯调试总体原则	290	三、闭路电视保安监控系统	382
二、交流双速电梯的调试（货梯）	291	四、保安系统总体调整试验及试运行	384
三、交流调速电梯的调试要点	301	五、综合布线系统	386
四、直流调速电梯的调试要点	303	六、智能建筑综合系统	390
五、微机控制交流变频调速电梯 的调试要点	308	七、计算机（微机）控制管理监控系统	403
六、整机调整及试运行中的检测	336	第十六章 特殊场所（环境） 电气装置	418
七、电梯试运行	339	一、总体要求	419
第十三章 自动化仪表系统	347	二、送电及试运行	420
一、调整试验及试运行的准备工作	347	参考文献	426

第一章 概 述

电气工程、自动工程无论工程大小、技术难易、复杂还是简单、投资多少都要经过设计安装、元件测试、接线试验、施工组织、质量监督、技术管理等一系列技术活动，使工程渐渐具有一定的规模，并具备竣工交验的初步条件，同时也具备送电试运行的必要条件。

在送电前，任何一项工程都必须进行系统的调试、测试及试验。而所谓系统调试、测试及试验就是对系统的设备、元件、线路及其他相关装置进行详细系统的检查和测试、保护装置的调整及整定、延时装置的整定、耐压试验、空载试验以及模拟试验等。

系统调试、测试及试验是保证电气工程及系统质量的最后一道程序及手段。通过系统的调试、测试、试验可以发现每台设备、每个元件、每条线路、每道工序存在的质量问题及瑕疵，并及时予以更正；同时对系统的继电保护装置、时间控制装置、自动控制装置、信号及显示系统、计量装置、安全保护装置等的可靠性、正确性、准确性进行调整，并确认和验证其功能的特性，以确保系统安全可靠地运行。

只有这样，才能保证设备安装的质量和保护装置的可靠性和准确性，进而使送电一次合闸成功并付之运行。其中送电包括送电的条件、程序、组织、方案、准备工作以及安全注意事项、事故处理等内容，试运行包括运行条件、事故处理以及安全技术措施等。

系统调试是一项非常重要的工作，是电气系统及装置投入使用运行前的最后关键时刻，也是检验前段安装的技术手段。前段安装所付出的技术和劳动必须经模拟试验验证后才能使之投入运行，只有这样才能肯定前段安装的成果，绝不能因为轻视这项工作，而导致前段安装出现事故乃至造成经济损失，这是万万不能掉以轻心的，特别是一些在安装中已经多次重复测试的项目，必须按照要求进行最后的测试。工程中，由于轻视系统调试，在送电时发生事故，已不只是一两次先例了。作为一名优秀的安装人员，必须做到万无一失，精心细致，保证送电一次合闸成功。

其实，系统调试送电及试运行是保证工程质量的最后一道技术手段，也是一个管理手段。而保证系统调试、送电及试运行的正常进行及其本身质量必须做到以下几点：

- (1) 确保系统设备、元件、材料的质量。
- (2) 确保测试、试验仪器、仪表的精度和质量。
- (3) 确保调试人员的技术能力、职业道德、作业行为以及爱岗敬业精神和高度责任感，同时应熟悉安装工艺过程。
- (4) 合理的组织措施和测试环境、条件。
- (5) 严谨周密的调试、测试、试验方案。
- (6) 引入监督机制，由第三方进行技术监督。
- (7) 正确引用标准、规程、规范。
- (8) 保证后勤保障供应工作。

本书涉及的仪器仪表使用及方法，详见本丛书《电气设备、元件、材料的测试及试验》分册。

实际工程中,设备、元件、材料的单体测试及试验已应在安装阶段前进行,这样就能够第一现场把好设备、元件、材料质量关。有关单体测试及试验我们在本丛书《电气设备、元件、材料的测试及试验》分册中进行了详尽的讲述。

而电气系统调试、送电及试运行中的调试是在设备、元件、材料单体已做测试及试验的基础上进行的,也就是说系统调试前单体设备、元件、材料是合格品,而系统调试只进行设备连接后的调试,以确保送电及试运行。如果单体测试及试验在前段程序中未进行,系统调试的第一项便是设备、元件、材料的单体测试及试验,只有这样才能保证系统调试、送电及试运行的正常可靠进行,有关单体测试及试验的内容,具体详见本丛书《电气设备、元件、材料的测试及试验》分册。

第二章 电气系统调试、送电及试运行的组织及实施

电气系统调试、送电及试运行与电气工程安装一样，是一个系统工程，实施过程中要有组织措施、前期准备、调试方案、安全事项、标准规范及其要求等，并做好后勤保障工作。

一、总体要求及实施细则

1. 总体要求

(1) 电气系统及电气装置安装工程竣工交验前必须进行电气设备测试试验，测试试验包括线路、控制系统、继电保护系统、防雷接地系统及弱电系统。

(2) 本要求适用于 500kV 及以下新安装电气设备的交接试验，不适用于安装在煤矿井下或其他有爆炸危险的场所的电气设备，煤矿等有爆炸危险的场所的电气系统应按其标准进行。

(3) 继电保护、自动、远动、通信、测量、整流装置以及电气设备的机械部分等的测试试验，应分别按有关标准或规范的规定进行，主要有 GB/T 7261—2008《继电器及继电保护装置基本试验方法》、JB/T 9568—2000《电力系统继电器、保护及自动装置通用技术条件》、GB/T 14598.1~20《电气继电器》、GB/T 15153.1~2《远动设备及系统》等。

(4) 电气设备应按照标准要求耐压试验，但对 110kV 及以上的电气设备，当标准条款没有规定时，可不进行交流耐压试验。

交流耐压试验时加至试验标准电压后的持续时间，无特殊说明时，应为 1min。

耐压试验电压值以额定电压的倍数计算时，发电机和电动机应按铭牌额定电压计算，电缆可按电缆额定电压计算。

非标准电压等级的电气设备，其交流耐压试验电压值，当没有规定时，可根据本标准规定的相邻电压等级按比例采用插入法计算。

进行绝缘试验时，除制造厂装配的成套设备外，宜将连接在一起的各种设备分离开来单独试验。同一试验标准的设备可以连在一起试验。为便于现场试验工作，已有出厂试验记录的同一电压等级不同试验标准的电气设备，在单独试验有困难时，也可以连在一起进行试验。试验标准应采用连接的各种设备中的最低标准。

油浸式变压器、电抗器及消弧线圈的绝缘试验应在充满合格油静置一定时间，待气泡消除后方可进行。静置时间按产品要求，当制造厂无规定时，对电压等级为 500kV 的，须静置 72h 以上；220~330kV 的为 48h 以上；110kV 及以下的为 24h 以上。

(5) 进行电气绝缘的测量和试验时，当只有个别项目达不到本标准的规定时，则应根据全面的试验记录进行综合判断，经综合判断认为可以投入运行者，可以投入运行。

(6) 当电气设备的额定电压与实际使用的额定工作电压不同时，应按下列规定确定试验电压的标准：

1) 采用额定电压较高的电气设备在于加强绝缘时，应按照设备的额定电压的试验标准进行；

2) 采用较高电压等级的电气设备在于满足产品通用性及机械强度的要求时，可以按照

设备实际使用的额定工作电压的试验标准进行;

3) 采用较高电压等级的电气设备在于满足高海拔地区要求时,应在安装地点按实际使用的额定工作电压的试验标准进行。

(7) 在进行与温度及湿度有关的各种试验时,应同时测量被试物温度和周围的温度及湿度。绝缘试验应在良好天气且被试物温度及仪器周围温度不宜低于 5°C ,空气相对湿度不宜高于80%的条件下进行。

试验时,应注意环境温度的影响,对油浸式变压器、电抗器及消弧线圈,应以变压器、电抗器及消弧线圈的上层油温作为测试温度。

测试试验使用常温为 $10\sim 40^{\circ}\text{C}$;运行温度为 75°C 。

(8) 电气系统所有的绝缘电阻测量,应使用60s的绝缘电阻值;吸收比的测量应使用60s与15s绝缘电阻值的比值;极化指数应为10min与1min的绝缘电阻值的比值。

(9) 多绕组设备进行绝缘试验时,非被试绕组应予短路接地。

(10) 测量绝缘电阻时,采用绝缘电阻表的电压等级,在本标准未作特殊规定时,应按下列规定执行:

- 1) 100V以下的电气设备或回路,采用250V绝缘电阻表;
 - 2) 500V以下至100V的电气设备或回路,采用500V绝缘电阻表;
 - 3) 3000V以下至500V的电气设备或回路,采用1000V绝缘电阻表;
 - 4) 10000V以下至3000V的电气设备或回路,采用2500V绝缘电阻表;
 - 5) 10000V及以上的电气设备或回路,采用2500V或5000V绝缘电阻表。
- (11) 高压试验方法,应按现行国家标准《高电压试验技术》的规定进行。

2. 实施细则及要求

(1) 试验调整工作的前期准备 试验调整工作开始前,应做好下列工作,以保证试验调整工作的顺利进行:

- 1) 审查图样、熟悉被试电气设备。
- 2) 编写调试方案。
- 3) 组织调试队伍。
- 4) 技术负责人对调试人员进行技术交底。
- 5) 根据调试项目合理选用试验、检测用仪器、仪表及试验设备。

(2) 试验调整工作的步骤

1) 根据设计图样,检查被试电气设备及电气系统中的各电器设备单体及各元器件的名称、型号、规格、额定电压等技术参数与原设计是否符合。

2) 按照标准、规程、规范及行业标准的要求,对各电气设备及各元器件的绝缘性能、电气特性、机械特性等进行单体试验,以确保各电气设备和元器件的性能符合要求。

3) 使用吹尘器或其他工具,清除电气设备及各控制盘(柜)中的灰尘及其他杂物特别是螺钉、螺母、垫圈、铁丝、导线等金属导体。

4) 紧固主回路中各电气设备、元器件、连接导体及母线上的螺母,确保连接部位的电接触良好。避免运行过程中因接触不良而发热,造成事故。紧固电气系统控制回路中各电气元器件及接线端子上的螺钉,确保其连接可靠,以免在线路检查时发生误判或者在通电运行时产生误动作,造成不必要的麻烦。

5) 在电气系统和电气设备尚未通电的情况下, 根据系统电气原理图或接线图, 对整个电气系统中的主回路、控制回路、保护回路、信号回路、报警回路等线路, 使用导通法或其他方法进行检查, 看其接线是否正确。经过此项检查, 可及时发现配电盘(柜)在设计、制造、装配中的质量问题以及安装接线过程中出现的错误等, 以便及时排除和更正。

6) 按照设计要求, 对主回路、控制回路、保护回路、信号回路、报警回路及其他回路中的各电气设备、元器件、保护继电器及其他关键性电气元器件的动作值进行整定, 使其符合设计要求。

7) 按照标准、规程、规范及技术标准的要求, 对配电盘、柜进行绝缘性能测试及耐压试验, 确保其抗电强度符合要求。

8) 在各电气设备单体和各元器件及控制盘(柜)绝缘性能、电气性能良好的情况下, 暂时拆除主回路与被控设备的连线, 对控制回路、保护回路、信号回路、报警回路等进行模拟试验, 以检查控制回路、保护回路、信号回路、报警回路及其他回路的性能是否符合设计要求, 动作是否准确可靠。

9) 经过模拟试验, 所有回路动作正常后, 便可对整个电气系统进行通电试运转。试运转前, 先行恢复模拟试验时拆除的主回路接线, 对被试设备和控制回路再进行一次检查, 无误后方可进行试运转。

(3) 注意事项如下:

1) 电气设备试验与调整, 需由两个或两个以上的技术熟练的人员共同进行, 试验负责人应由经验丰富的人员担任, 一人操作一人监护。试验时, 必须严格按照安全操作规程进行。

2) 电气设备的绝缘测试及耐压试验, 应在干燥晴朗的良好天气情况下进行, 不得在低温、高湿和阴雨等恶劣天气中进行。试验时环境温度不得低于 $+5^{\circ}\text{C}$ 。

3) 对电气设备及元器件进行单体试验前, 必须先采用绝缘电阻表进行绝缘电阻测试, 只有在使用非破坏性的方法确认电气设备的绝缘性能良好的情况下, 方可进行诸如介质损失角测试、直流耐压试验、交流耐压试验等其他试验。

4) 在对电气设备进行耐压试验前、后均应测量其绝缘电阻, 以比较耐压试验前后电气设备的绝缘变化情况。

5) 进行电气调整时所用的仪器仪表, 应根据被调整的参数及其精度要求进行选取, 所选取的标准仪器仪表的量程和准确度等级均应满足调整的要求。

6) 对于电气设备及电气系统的每一次试验和调整, 均须做好原始记录, 并且要准确地记录试验和调整时被试设备的温度以及周围环境的温度、湿度等有关资料。

(4) 电气设备的试运转有如下注意事项:

1) 在对电气设备和电气系统进行试运转时, 应由具有丰富试运转经验的机械、电气、水暖、通风空调等有关方面的技术人员组成试运转小组, 统一指挥、调度, 以确保试运转工作的正常进行。

2) 电气设备的试运转, 必须在确保电气设备单体的绝缘状况和电气性能完好、控制回路及其他回路已经进行过模拟试验, 并且还要在各控制、报警、信号等各回路动作正常无误的情况下进行。未经试验与调整的电气设备及电气系统, 不得进行通电试运转或通电运行。

3) 参与试运转工作的人员, 应严格遵守电气安全工作规程, 操作时应穿绝缘鞋, 戴绝

缘手套,试车现场应悬挂标志牌或设置遮栏,以防止无关人员进入试运转现场,确保人身安全和试运转工作的正常进行。

4) 送电前,应检查送电线路与受电设备的连接是否正确,以免造成误送电。送电时,对于变配电系统,应先合隔离开关,再合断路器;断电时,则应先断开断路器,再断开隔离开关。不允许在变压器的二次侧带负荷的情况下送电。

5) 对于与机械设备相连接的电力拖动系统,送电前,应检查机械设备是否处于极限位置,如果处于极限位置则应手动盘车,使之离开极限位置,以免造成机械事故。送电时,则应先合主回路电源,再合控制回路电源,断电时反之。

6) 对于与大型机械设备相连接的电力拖动或电气传动系统,试运转前,应先将电力拖动或电气传动系统中的电动机或其他电气设备与机械部分脱离,待电动机或其他电气设备运转正常后,再与机械部分相连接,进行带负荷运行。

7) 对于风机、水泵之类的负载,通电试运转前,应将阀门关闭,待运行正常后,再逐渐打开至工作位置。电动机在第一次通电试车时,应先以点动的方式启动、停止一次,以观察电动机的运转方向是否正确。如果运转方向正确,再正式启动运行。

8) 试运转过程中,如发现有异常现象,应立即停止运转并迅速切断电源。查明故障原因并排除后,方可继续进行试运转。

9) 试运转时,应严密监视电气设备及系统运行中的电压、电流等各种电气参数的变化并记录,以便能够及时地发现并排除试运转过程中出现的异常现象。

10) 设备及系统经过一定时间的试运转,一切正常后,便可向甲方进行交工。交工时应向甲方提供完整的试验报告及其他技术资料。

二、组织措施及实施

组织措施是保证系统调试、送电及试运行正常顺利进行的重要技术规定及手段,是按照工程规模、难易程度、标准规定、设计要求编制的,是指导实施的重要依据。不同的电气工程或系统组织措施不尽相同,这里仅列出主要内容大纲,细则内容详见后面章节。

(1) 审核图样,熟悉设备、元件、材料及控制保护方式,列出被试项目、回路数量、主要测试项目等内容。

(2) 根据上述内容编写调试、送电及试运行方案及方法,列出参数指标、程序细目、标准规范要求及注意事项、故障处理方法。

(3) 人员分工,确定负责人,确定检查、测试人员以及强调出重要项目测试人员,包括记录、复核、操作、监护、安全、保卫人员,并提出技术要求、工期质量要求。

(4) 调试、送电及试运行技术交底,提出要求、注意事项、关键部位及设备、技术难点及处理方法等。

(5) 测试、试验仪器、仪表及试验设备的准备、检查、使用注意事项及维护保养方法要求等。

(6) 系统常用材料、备品备件及数量等。

(7) 送电条件及送电时间程序安排,信号规定等。

(8) 车辆、现场急救、医务人员、机动人员安排及通信条件及方式等。

(9) 试运行条件及主要监测项目、记录、巡视、值班要求等,并与建设单位沟通情况要求等。

- (10) 安全设施及安全注意事项等。
- (11) 应急预案,以防调试、送电及试运行过程中的意外。
- (12) 其他相关事宜。

方案的实施主要是要用对人,并引入第三方监督体制。测试人员必须具备相应的资质及能力,并按其长项分配任务,同时要列出测试、试验、送电及试运行的进度表,按时检查进度及质量,相差较大时要及时调整。有时为了确保进度和质量,应组织所有参与人员结合技术交底进行集中培训,演练方法和操作,指出不足,及时纠正,同时提出每一程序的注意事项,特别是新项目、新仪器仪表使用更要进行集中培训。

三、技术规程规范

电气工程安装调试是一项复杂的系统工程,特别是工程项目较大时或者是新设备、新材料、新工艺、新技术在工程中应用较多时,更是体现出其复杂和难度。

为保证电气工程的施工安装质量、保证工期进度、保障安全生产、保障施工现场环境以及投入使用后的安全运行,从事电气工程安装调试工作的单位或个人必须遵守电气工程安装调试技术规程。

电气工程安装调试技术规程分为两部分内容。

1. 工程管理

(1) 电气工程安装调试应按已批准的工程设计文件图样及产品技术文件安装施工。

(2) 电气工程安装调试的设计单位必须是取得国家建设或电力主管部门核发的相应资质的单位,无证设计或越级设计是违法行为。

(3) 电气或电力产品(设备、材料、附件等)的生产商必须是取得主管部门核发的生产制造许可证的单位,其产品应有型式试验报告或出厂检验试验报告、合格证、安装使用说明书,无证生产是违法行为。

(4) 承接电气工程安装调试的单位必须是取得国家建设主管部门或省级建设主管部门核发的相应资质的单位,无证施工或越级施工是违法行为。

(5) 承接电气工程安装调试的安装单位中标后应做好以下工作:

1) 组织技术人员、施工人员审核图样,提出对图样的意见和建议,为会审图样做准备。

2) 组织技术人员、管理人员、施工人员对图样中的设备、元件、材料进行核算,编制制作加工计划,提出意见和建议,为会审图样做准备。

3) 组织技术人员、施工人员、管理人员实地勘察施工现场,掌握施工条件,了解当地风俗民情、气候环境等,为会审图样和施工组织设计做准备。

4) 图样会审,向建设单位、设计单位提出安装单位的意见和建议,达成一致性的图样会审纪要,作为安装工程实施的重要依据。

5) 按会审后的图样和会审纪要组织工程预算人员和原材料供应部门的人员编制工程施工预算书和设备、材料供应计划,并提交企业主管部门、主管经理批准。

6) 与建设单位签订施工合同。

7) 编写施工组织设计,从人、机、料、法、环及标准规范出发详细编写,中心内容是施工安装工艺及质量标准,施工进度计划,机具计划,人力计划,投资计划,物资供应计划,安装技术及安全技术交底,现场管理机构设置和质量计划,安全管理方案,环境管理方

案,调试、送电及试运行方案及其保证实施措施等。

8) 组织项目班子,建立管理体系,确定人员,组织施工队伍。进行人力资源分工并确定其职责,确定人选要基于能力,技术测试不是评出来的,也不是鉴定出来的,而是在实践中干出来、练出来的。安装人员、调试人员应分别具备相应的资格及职业道德。

9) 施工准备时,进一步落实机具计划、人力计划、物资供应计划及施工现场设置和设施。组织全体施工人员学习施工组织设计、质量计划、安全方案、环境方案、标准规范及安装技术,安全技术交底。

10) 配合土建工程施工预埋管路及铁件。

11) 按图样设计及要求、标准图册进行预制加工。

12) 开工前的组织协调及动员大会。

2. 工程实施及现场管理

(1) 项目经理、技术员、工长、班长要精读图样,掌握设计意图及工程的功能,确定安装调试工艺方法,特别是新设备、新材料、新工艺、新技术除图样上的内容外,要精读其产品安装使用说明书,并按其要求及标准确定安装调试工艺方法。

(2) 项目经理组织相关人员检查并落实施工组织设计中的各项条款和安全设施设置,没落实的要查明原因,敦促落实,定期检查。

(3) 项目经理要记录现场每天发生的各种事宜,特别是人员分工、进度、质量、安全、建设单位、设计单位、监理单位、上级主管部门以及与其上述几点相关的事宜。变更、追加应有监理(第三方)的认可文件。

(4) 设备、元件、材料进入现场的检验和试验是把好工程质量的第一道关口,要从以下四方面检验:

1) 包装完整,密封件密封应良好。

2) 开箱检查清点,规格应符合设计要求,附件、备件应齐全。

3) 产品的技术文件应齐全。

4) 外观检查应无损坏、变形、锈蚀。

同时进行测试和试验,杜绝假冒伪劣产品进入安装工程。

检验、试验和测试必须有监理(第三方)在场,检验、试验和测试的人员必须是有相应资格的人员。现场使用的检验、试验和测试的仪器、仪表、量具必须是在其检定周期内的合格品,且在使用前应进行检查。

检验、试验和测试应有详细记录,贵重、大型的设备应有生产商在场。

(5) 线缆敷设必须测试绝缘电阻,隐蔽部位和绝缘电阻的测试应有监理(第三方)的认可文件。

(6) 设备的安装及吊装(无论大小、价格高低)应遵守下列规定:

1) 基础必须牢固,支持件或铁件应经拉力试验。基础应经监理验收,混凝土基础应有土建施工人员在场。

2) 设备的吊装就位必须由起重工配合,特别是大件吊装就位应以有经验的起重工为主,电工配合。设备就位后经检测(水平、竖直、几何尺寸等)合格后方可紧固。

3) 设备就位后安装人员应进行测试或试验,正常后应进行机械传动或(和)通电(没条件的可通临时电,临时电的电压、频率等参数必须与设备铭牌标注相符)试验,结果应