

电气控制柜设计·制作·维修技能丛书

电气控制柜设计制作

—— 调试与维修篇

任清晨◎主 编



★内容专业 ★讲解翔实
★源于实践 ★提升技能



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

电气控制柜设计·制作·维修技能丛书

电气控制柜设计制作 ——调试与维修篇

任清晨 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

“电气控制柜设计·制作·维修技能丛书”一共3册，全面介绍了电气控制柜电路设计、制作工艺及维护维修的全过程。

本书是丛书的第三分册，重点针对电气控制柜的调试与维修方面。分别讲解了电气控制设备调试的要求、步骤和方法，电气控制柜的试验内容、要求及方法，电气控制设备养护与检修的要求及方法，以及电气控制设备的出厂检验与包装运输要求等。

本书内容丰富，注重实践，适合电气控制柜生产企业的调试、维修人员，以及各行业中电气设备的使用、维护技术人员参考阅读，也可作为相关职业技术培训机构的培训教材。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制柜设计制作——调试与维修篇/任清晨主编. —北京：电子工业出版社，2014.11
(电气控制柜设计·制作·维修技能丛书)

ISBN 978-7-121-24440-7

I. ①电… II. ①任… III. ①电气控制装置—调试方法②电气控制装置—维修 IV. ①TM921.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第225270号

策划编辑：陈韦凯

责任编辑：陈韦凯 文字编辑：桑 昀

印 刷：北京京科印刷有限公司

装 订：北京京科印刷有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本：787×1092 1/16 印张：20.5 字数：525千字

版 次：2014年11月第1版

印 次：2014年11月第1次印刷

印 数：3500册 定价：48.00元



凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：(010) 88258888。

前 言

电是一种绿色环保型二次能源，电的使用使科学技术得到了飞速发展，同时使人类的生产、生活得到了极大提高。如今世界上如果没有电，人类的生产、生活将会一团糟，情况将难以想象。为了更好地使用电这种能源，人类一天也没有停止过对其特性及应用技术的研究。为了更好地利用电能，全世界几乎所有全科大学、工科院校和职业技能培训机构毫无例外地都开设电气专业课程。虽然电可以造福人类，但是在使用电能的同时，电能对使用者也具有极大的危害和潜在的风险。利用机柜作为电气控制装置的外壳进行安全防护，就构成了电气控制柜。

电气控制设备是人类使用电能为自身服务的工具和桥梁。从人类利用电能的第一天起，我们从未停止过对电气控制设备的研究，这使电气控制设备及其性能日臻完善。电气控制设备的使用遍及我们生产、生活的各个角落和各行各业。电气控制柜的设计和制作工艺水平，直接影响着人类使用电能为自身服务的水平和质量。因此，提高电气控制柜的设计和制作的从业人员及欲加入电气控制设备制造行业的人员的技术水平，具有十分重要的意义。

“电气控制柜设计·制作·维修技能丛书”以很自然的方式，将电气控制柜制作的前人经验及相关国家标准和工艺规范的具体内容融入各章节中，拥有本书可以省去查阅相关国家标准和各种手册的大量时间，基本可以做到一书在手即可解决电气控制柜制作中的全部问题。本书特点是以国家标准为主线，避开行业问题及与生产无关的纯理论问题，重点介绍各行各业均适用的电气控制柜设计制作的实用生产技术和职业能力。对于电气控制设备生产企业的从业人员和电气控制设备使用企业的维护修理人员来讲，本丛书是一套工具书；对于大专院校和职业技术学院电气专业在校学生来讲，本丛书是一套教辅参考书，可以有效地提高毕业生的工作能力和就业竞争力；对于职业技术培训机构和自学成才者来讲，本丛书是一套不可多得的教材。

“电气控制柜设计·制作·维修技能丛书”由3个分册组成：第1分册《电气控制柜设计制作——电路篇》，第2分册《电气控制柜设计制作——结构与工艺篇》，第3分册《电气控制柜设计制作——调试与维修篇》，3个分册构成一个比较完整的体系。本书是丛书的第3分册，主要讲解电气控制设备调试的要求、步骤和方法，电气控制柜的试验内容、要求及方法，电气控制设备养护与检修的要求及方法，以及电气控制设备的出厂检验与包装运输要求。学习本书前，最好先学习一些机械基础知识、电工电子技术基础知识和液压基础知识，这样会有事半功倍的学习效果。

本书由任清晨主编，魏俊萍、王维征、刘胜军、任江鹏、李宏宇、曹广平、赵丽也参与了部分书稿的编写工作。在编写过程中，作者查阅了大量的相关国家标准和出版物，并且阅读了互联网上的相关文章，这些出版物和文章为本书的编写提供了大量素材，在此向这些文献的作者表示衷心的感谢。本书内容经过中国科学院电工所科诺伟业公司武鑫博士、天威保变风电公司鲁志平总工程师审阅，在此向两位专家表示衷心的感谢。

编 者

目 录

第1章 电气控制设备调试	(1)	1.2.2.2 图形分析法	(22)
1.1 电气调试技术	(1)	1.2.2.3 单元分析法	(22)
1.1.1 调试概述	(1)	1.2.2.4 回路分析法	(23)
1.1.1.1 调试的基本任务	(1)	1.2.2.5 简化分析法	(23)
1.1.1.2 调试工作的组织	(2)	1.2.2.6 树形分析法	(23)
1.1.1.3 调试前的检查	(4)	1.2.2.7 逐级类推排除分析法	(23)
1.1.1.4 电气设备调试工作的安全要求	(5)	1.2.2.8 面板压缩法	(24)
1.1.2 调试的基础	(7)	1.2.3 仪表、仪器检测法	(24)
1.1.2.1 对调试人员的要求	(7)	1.2.3.1 万用表法	(25)
1.1.2.2 调试人员应掌握的电气故障 检修技巧	(7)	1.2.3.2 绝缘电阻测量法	(27)
1.1.3 电气控制设备调试步骤	(10)	1.2.3.3 仪器测量法	(27)
1.1.3.1 上电前的检查	(10)	1.2.3.4 电路通、断状态检查法	(27)
1.1.3.2 单台设备或结构单元调试	(10)	1.2.3.5 逻辑电笔法	(28)
1.1.3.3 系统整体启动和调试	(11)	1.2.4 其他故障诊断法	(28)
1.1.3.4 配合负载的试运行	(12)	1.2.4.1 对比法	(28)
1.1.4 调试中故障维修的步骤	(13)	1.2.4.2 短路和开路法	(29)
1.1.4.1 分析发生故障时的情况	(14)	1.2.4.3 信号注入法	(30)
1.1.4.2 对故障范围进行外观检查	(14)	1.2.4.4 接触不良及机械部分检查 方法	(31)
1.1.4.3 用逻辑分析法确定并缩小故障 范围、确定检查部位	(14)	1.2.4.5 温度故障检查法	(31)
1.1.4.4 用试验法进一步缩小故障 范围	(15)	1.2.4.6 断电检查法	(32)
1.1.4.5 用测量法确定故障点	(15)	1.2.4.7 通电动作试验法	(33)
1.1.4.6 拆卸元器件(拆卸之前各接 线头应做好标记), 修理并 排除故障	(16)	1.2.4.8 参数调整法	(34)
1.1.4.7 装复试验: 修后性能观察	(16)	1.2.5 检查电路注意事项	(34)
1.2 电气故障诊断方法	(17)	1.3 电子元器件简易测试方法	(35)
1.2.1 故障的直观检查法	(17)	1.3.1 电阻的检测方法	(35)
1.2.1.1 观察法(看)	(17)	1.3.1.1 固定电阻器的检测	(35)
1.2.1.2 听觉法(听)	(19)	1.3.1.2 电位器的检测	(35)
1.2.1.3 触测法(摸)	(20)	1.3.1.3 敏感电阻的检测	(35)
1.2.1.4 嗅觉法(闻)	(21)	1.3.2 电容器的检测方法	(37)
1.2.2 故障的逻辑分析方法	(21)	1.3.2.1 固定电容器的检测	(37)
1.2.2.1 状态分析法	(21)	1.3.2.2 电解电容器的检测	(38)
		1.3.2.3 可变电容器的检测	(39)
		1.3.3 二极管的检测方法	(39)
		1.3.3.1 普通二极管的检测原理与 方法	(39)

1.3.3.2 专用二极管的检测方法·····	(41)	2.1.3.2 电气间隙与爬电距离检查·····	(70)
1.3.3.3 普通二极管和稳压二极管的 区分方法·····	(46)	2.1.4 一般试验条件·····	(75)
1.3.4 晶体三极管的检测·····	(46)	2.1.4.1 一般要求·····	(75)
1.3.4.1 普通三极管的管型及引脚 判断·····	(46)	2.1.4.2 试验参数·····	(77)
1.3.4.2 普通晶体三极管好坏的判断··	(48)	2.1.4.3 试验结果的评定·····	(78)
1.3.4.3 特殊类型晶体三极管的检测··	(49)	2.1.4.4 试验报告·····	(78)
1.3.4.4 结型场效应管的检测·····	(51)	2.1.5 试验的安全措施·····	(78)
1.3.4.5 绝缘栅型场效应管的检测····	(53)	2.2 结构设计验证·····	(79)
1.3.5 集成电路的检测·····	(54)	2.2.1 结构验证要求·····	(79)
1.3.5.1 常用集成电路的检测方法····	(54)	2.2.2 材料的易燃性试验·····	(79)
1.3.5.2 用万用表检测数字集成电路 的好坏·····	(55)	2.2.2.1 试验要求·····	(79)
1.3.6 光耦的产品检测·····	(56)	2.2.2.2 试验方法·····	(80)
1.3.6.1 光电耦合器的简易测试方法··	(56)	2.2.3 封闭控制设备及电器的外壳防护 等级试验·····	(81)
1.3.6.2 通用型与达林顿型光耦合器 区分·····	(59)	2.2.3.1 试验要求·····	(81)
1.3.7 晶闸管的简易测试·····	(60)	2.2.3.2 试验方法和合格评定·····	(82)
1.3.7.1 晶闸管简易检测方法·····	(60)	2.2.4 接线端子的机械性能·····	(87)
1.3.7.2 晶闸管模块的简单测试方法··	(62)	2.2.4.1 试验的一般条件·····	(88)
1.3.7.3 单/双向晶闸管的区分·····	(63)	2.2.4.2 接线端子的机械强度试验····	(88)
1.3.8 绝缘栅极双极型晶体管 (IGBT) 的检测·····	(63)	2.2.4.3 导线的偶然松动和损坏试验 (弯曲试验)·····	(88)
1.3.8.1 IGBT 裸管简单检测·····	(63)	2.2.4.4 拉出试验·····	(90)
1.3.8.2 IGBT 模块好坏的检测方法··	(64)	2.2.4.5 最大规定截面的非预制圆铜导 线的接入能力试验·····	(90)
第 2 章 电气控制柜的试验 ·····	(65)	2.2.5 验证指示隔离电器主触头位置机 构的有效性·····	(91)
2.1 试验的种类和要求·····	(65)	2.2.5.1 控制电器试验的条件·····	(91)
2.1.1 试验的分类·····	(65)	2.2.5.2 试验方法·····	(91)
2.1.1.1 按试验目的分类·····	(65)	2.2.5.3 电器试验时和试验后条件····	(92)
2.1.1.2 按试验性质分类·····	(66)	2.2.6 机械操作验证·····	(93)
2.1.2 试验要求·····	(66)	2.2.7 金属导线管的拉出、弯曲和扭转 试验·····	(93)
2.1.2.1 试验的基本要求·····	(66)	2.2.7.1 拉出试验·····	(93)
2.1.2.2 型式试验·····	(67)	2.2.7.2 弯曲试验·····	(93)
2.1.2.3 出厂试验基本要求·····	(68)	2.2.7.3 扭转试验·····	(94)
2.1.2.4 抽样试验·····	(68)	2.3 气候环境试验·····	(94)
2.1.2.5 成套设备中电器和独立元件 的试验·····	(69)	2.3.1 低温存放试验·····	(94)
2.1.3 试验前的检查·····	(69)	2.3.2 高温存放试验·····	(95)
2.1.3.1 一般检查·····	(69)	2.3.3 湿热试验·····	(96)
		2.3.4 交变湿热试验·····	(97)

2.3.5 环境温度试验	(99)	2.4.5.2 试验程序	(114)
2.3.6 高、低温冲击试验	(99)	2.4.5.3 试验结果	(116)
2.3.7 盐雾试验	(100)	2.5 电磁环境试验	(116)
2.3.7.1 严酷等级	(100)	2.5.1 试验要求	(116)
2.3.7.2 试验原理	(101)	2.5.1.1 试验目的	(116)
2.3.7.3 试验的一般说明	(101)	2.5.1.2 可免除 EMC 试验的设备	(116)
2.3.7.4 试验设备	(102)	2.5.1.3 环境条件	(117)
2.3.7.5 盐溶液	(102)	2.5.1.4 EMC 试验的要求	(117)
2.3.7.6 初始检测及预处理	(103)	2.5.2 低频扰动试验	(118)
2.3.7.7 试验程序	(103)	2.5.3 高频干扰试验	(118)
2.3.7.8 恢复(在试验末尾)	(104)	2.5.3.1 浪涌(冲击)	(118)
2.3.7.9 最后检测	(104)	2.5.3.2 电快速瞬变脉冲群抗扰度 试验	(121)
2.4 工作环境试验	(104)	2.5.3.3 静电放电	(124)
2.4.1 振动试验	(104)	2.5.3.4 射频电磁场辐射	(127)
2.4.1.1 振动试验要求	(104)	2.5.4 发射	(130)
2.4.1.2 试验条件及试验设备 (振动台)	(104)	第 3 章 性能试验	(132)
2.4.1.3 试验程序	(105)	3.1 安全防护试验	(132)
2.4.1.4 试验结果	(106)	3.1.1 防护措施和保护电路的电连续性 检查	(132)
2.4.2 跌落试验	(106)	3.1.2 保护电路有效性的试验	(132)
2.4.2.1 跌落试验目的	(106)	3.1.3 用自动切断电源作保护条件的 检验	(133)
2.4.2.2 试验设备	(106)	3.1.3.1 TN 系统试验方法	(133)
2.4.2.3 试验条件	(106)	3.1.3.2 TN 系统试验方法的应用	(135)
2.4.2.4 试验步骤	(107)	3.1.3.3 TT 系统试验方法	(137)
2.4.2.5 最后检测	(108)	3.1.3.4 IT 系统试验方法	(138)
2.4.2.6 试验报告	(108)	3.1.4 具有保护性隔离的控制设备与电 器的试验	(138)
2.4.3 倾斜和摇摆试验	(108)	3.1.4.1 一般要求	(138)
2.4.3.1 试验条件	(108)	3.1.4.2 性能要求	(139)
2.4.3.2 严酷等级	(109)	3.1.5 介电性能试验	(139)
2.4.3.3 试验程序	(110)	3.1.5.1 总则	(139)
2.4.4 弹跳试验	(110)	3.1.5.2 介电性能验证的一般条件	(139)
2.4.4.1 一般要求	(111)	3.1.5.3 冲击耐受电压试验	(140)
2.4.4.2 试验设备	(111)	3.1.5.4 工频耐受电压试验	(143)
2.4.4.3 严酷等级	(113)	3.1.5.5 绝缘电阻试验	(144)
2.4.4.4 预处理	(113)	3.2 温升试验	(145)
2.4.4.5 初始检测	(113)	3.2.1 温升试验的方法	(145)
2.4.4.6 条件试验	(113)	3.2.1.1 总则	(145)
2.4.4.7 最后检测	(114)		
2.4.5 噪声试验	(114)		
2.4.5.1 试验条件	(114)		

3.2.1.2	试验程序	(147)	3.4.1	可免除短路耐受强度验证的成套设备的电路	(166)
3.2.1.3	温升试验时使用的 外连导体的尺寸	(148)	3.4.2	短路条件下的性能试验	(167)
3.2.1.4	温升的测量方法	(150)	3.4.2.1	接通、承载和分断短路电 流能力	(167)
3.2.1.5	试验结果的评定	(152)	3.4.2.2	短路试验的一般条件	(167)
3.2.2	各部位温升的试验	(152)	3.4.2.3	试验过程	(173)
3.2.2.1	周围空气环境温度的测量	(152)	3.4.2.4	额定短时耐受电流的承载能 力试验	(175)
3.2.2.2	部件的温升与测量	(152)	3.4.2.5	控制设备短路保护和电器和额 定限制短路电流的配合试验	(176)
3.2.2.3	主电路的温升	(153)	3.4.3	短路耐受强度试验程序	(176)
3.2.2.4	控制电路的温升试验	(154)	3.4.3.1	试验安排	(176)
3.2.2.5	线圈和电磁铁的绕组的温升	(154)	3.4.3.2	试验的实施总则	(176)
3.2.2.6	辅助电路的温升试验	(154)	3.4.3.3	主电路试验	(177)
3.2.2.7	母线最高允许温升	(154)	3.4.3.4	短路电流值及其持续时间	(178)
3.3	电气性能试验	(155)	3.4.3.5	试验结果	(178)
3.3.1	电气性能验证要求	(155)	3.5	控制功能试验	(179)
3.3.2	空载、正常负载和过载条件下的 性能	(155)	3.5.1	控制功能概述	(179)
3.3.2.1	验证动作条件的一般要求	(155)	3.5.2	控制功能试验的内容	(179)
3.3.2.2	验证动作范围	(156)	3.5.2.1	空载试验	(179)
3.3.3	接通和分断能力试验	(157)	3.5.2.2	负载试验	(180)
3.3.3.1	一般试验条件	(157)	3.5.2.3	连续运行试验	(181)
3.3.3.2	试验电路	(157)	3.5.3	风力发电机组控制系统概述	(182)
3.3.3.3	瞬态恢复电压特性	(161)	3.5.3.1	风电控制系统的要求	(182)
3.3.3.4	接通和分断能力试验过程	(163)	3.5.3.2	风力发电机组主控制系统的 组成	(182)
3.3.3.5	接通和分断能力试验中和试验 后控制设备和电器的状态	(163)	3.5.3.3	风力发电机组的控制功能	(183)
3.3.4	寿命试验	(163)	3.5.4	风电机组主控制器控制功能试验	(185)
3.3.4.1	机械寿命试验	(163)	3.5.4.1	控制器试验原理与方法	(185)
3.3.4.2	电寿命试验	(163)	3.5.4.2	控制器控制功能试验	(185)
3.3.5	均衡度测量	(163)	3.5.4.3	安全保护试验	(188)
3.3.5.1	电压均衡度测量	(163)	3.5.4.4	发电机并网和运行试验	(191)
3.3.5.2	电流均衡度测量	(164)	3.5.5	试验报告	(192)
3.3.5.3	输出电压不对称度	(164)	第4章	电气控制设备养护与检修	(193)
3.3.6	其他电气性能试验	(165)	4.1	电气控制设备养护与检修的管理	(193)
3.3.6.1	功率因数的测定	(165)	4.1.1	电气控制设备维护检修制度	(193)
3.3.6.2	效率的测定	(165)	4.1.1.1	人员的岗位职责	(193)
3.3.6.3	谐波含量的测试	(165)	4.1.1.2	电气控制设备维护检修的管 理制度	(194)
3.3.6.4	纹波的测定	(166)			
3.4	短路性能试验	(166)			

4.1.1.3	电气控制设备的技术状态管理	(196)	4.3.2.3	电气控制设备检修工艺要求	(229)
4.1.2	电气控制设备的维护保养	(197)	4.3.3	控制柜内零部件的检修	(231)
4.1.2.1	电气控制设备技术状态完好的标准	(197)	4.3.3.1	万能式空气断路器的检修	(231)
4.1.2.2	电气控制设备养护制度	(198)	4.3.3.2	熔断器的检修	(233)
4.1.3	电气控制设备的维修检查	(199)	4.3.3.3	继电器和接触器的检修	(233)
4.1.3.1	维修检查的目的和内容	(199)	4.3.3.4	电力电容器的检修	(235)
4.1.3.2	检查间隔期的确定	(199)	4.3.3.5	热电偶、热电阻的检修	(236)
4.1.3.3	设备检查的实施	(200)	4.3.3.6	PLC 的检修	(237)
4.1.4	电气控制设备的修理	(200)	4.4	零部件常见故障与处理方法	(242)
4.1.4.1	概述	(200)	4.4.1	断路器常见故障处理方法	(243)
4.1.4.2	设备修理的制度	(202)	4.4.1.1	低压断路器常见故障及其处理	(243)
4.1.4.3	设备维修工作指标	(203)	4.4.1.2	自动开关故障原因及处理	(244)
4.1.4.4	电气控制设备维修计划	(205)	4.4.1.3	刀开关的常见故障及其处理方法	(245)
4.2	日常维护与检修	(210)	4.4.2	熔断器常见故障及其处理方法	(245)
4.2.1	电气控制设备的维护	(210)	4.4.3	接触器继电器常见故障与处理	(246)
4.2.1.1	设备维护保养的类别和内容	(211)	4.4.3.1	电磁式接触器常见故障及其处理方法	(246)
4.2.1.2	电气控制设备的维护要求	(212)	4.4.3.2	热继电器的常见故障及其处理方法	(247)
4.2.1.3	安全注意事项	(213)	4.4.3.3	时间继电器常见故障及其处理方法	(248)
4.2.2	控制柜零部件的维护保养	(213)	4.4.3.4	速度继电器常见故障的修理方法	(248)
4.2.2.1	低压断路器的维护	(213)	4.4.4	指令电器常见故障及处理	(249)
4.2.2.2	熔断器的日常维护	(215)	4.4.4.1	按钮常见故障的处理办法	(249)
4.2.2.3	继电器和接触器的维护与检修	(215)	4.4.4.2	转换开关常见故障的处理办法	(249)
4.2.2.4	电力电容器的维护	(217)	4.4.4.3	行程开关常见故障的处理办法	(250)
4.2.2.5	热电阻热电偶的维护	(218)	4.4.5	电力电容器的故障原因及处理	(250)
4.2.2.6	PLC 的日常维护	(219)	4.4.6	变压器的常见故障及处理	(252)
4.3	电气控制设备检修	(221)	4.4.7	热电阻/热电偶故障及处理	(253)
4.3.1	电气故障	(221)	4.4.7.1	热电偶的故障及处理	(253)
4.3.1.1	电气控制系统硬件的故障类型及原因	(221)	4.4.7.2	热电阻的常见故障及处理	(255)
4.3.1.2	故障原因分析	(222)	4.4.8	PLC 故障检查与处理	(255)
4.3.1.3	处理电气控制设备故障的一般程序	(225)	4.5	零部件代换的原则	(258)
4.3.1.4	电气控制设备故障检修的一般步骤	(225)	4.5.1	零部件代换必须考虑的问题	(258)
4.3.2	电气控制设备的检修	(227)	4.5.2	低压电器的替换原则	(259)
4.3.2.1	控制系统电气装置的检修	(227)			
4.3.2.2	电气控制设备检修制度	(229)			

4.5.2.1	断路器的替换原则	(259)	5.2.2.1	制箱材料	(283)
4.5.2.2	漏电保护装置的替换原则	(259)	5.2.2.2	包装箱的形式与结构	(284)
4.5.2.3	熔断器的替换原则	(259)	5.2.3	制箱要求	(285)
4.5.2.4	接触器、继电器的替换原则	(259)	5.2.3.1	木箱	(285)
4.5.2.5	热继电器的代换	(260)	5.2.3.2	箱体加固要求	(287)
4.5.2.6	无功补偿电容器的代换	(260)	5.2.4	装箱要求	(288)
4.5.2.7	交流稳压器代换	(261)	5.2.4.1	控制柜的装箱	(288)
4.5.2.8	PLC 代换原则	(261)	5.2.4.2	单独包装	(289)
4.5.3	电子元器件的代换	(262)	5.2.5	包装的验收规则与试验方法	(290)
4.5.3.1	电阻器代换原则	(262)	5.2.5.1	抽样方法和检验规则	(290)
4.5.3.2	电容器代换原则	(263)	5.2.5.2	试验方法	(290)
4.5.3.3	晶体二极管的代换原则	(264)	5.2.6	箱面标志与随机文件	(291)
4.5.3.4	晶体三极管的更换与代用	(265)	5.2.7	包装储运图示标志	(292)
4.5.3.5	集成电路代换方法与技巧	(266)	5.2.7.1	标志的名称和图形符号	(292)
4.5.3.6	光电耦合器的代换	(267)	5.2.7.2	标志的尺寸和颜色	(294)
4.5.3.7	晶闸管的代换	(271)	5.2.7.3	标志的使用方法	(295)
4.5.3.8	IGBT 管的代换	(271)	5.3	电气控制设备的储存	(296)
第 5 章	出厂检验与包装运输	(273)	5.3.1	自然因素对电气设备的影响	(296)
5.1	电气控制设备的出厂检验	(273)	5.3.2	电气设备储存的要求	(297)
5.1.1	电气控制产品出厂检验制度	(273)	5.3.3	电气设备的入库验收	(298)
5.1.1.1	产品出厂检验的组织	(273)	5.3.4	电气设备的储存条件和码垛方法	(299)
5.1.1.2	检验工作程序	(273)	5.3.4.1	电气设备的仓储条件	(299)
5.1.1.3	不良品的处理	(274)	5.3.4.2	电气设备的码垛堆放方法	(299)
5.1.1.4	出厂检验记录制度	(274)	5.3.5	电器控制设备的保管保养	(300)
5.1.2	出厂试验前一般检查	(275)	5.3.6	仓库防火安全管理规则	(300)
5.1.3	机械、电气操作试验	(278)	5.3.6.1	仓库的安全防火要求	(300)
5.1.4	电气控制柜介电强度和绝缘电阻测试	(279)	5.3.6.2	仓库的组织管理	(301)
5.1.4.1	绝缘电阻测试	(279)	5.3.6.3	仓库的储存管理	(301)
5.1.4.2	介电强度试验	(279)	5.3.6.4	仓库的装卸管理	(302)
5.1.5	电气控制柜保护电路连续性与功能单元互换性检查	(280)	5.3.6.5	仓库的电气管理	(302)
5.1.6	出厂前要求	(281)	5.3.6.6	仓库的火源管理	(302)
5.2	电气控制设备的包装	(281)	5.3.6.7	消防器材管理	(303)
5.2.1	电气控制设备包装的要求	(281)	5.4	装卸与运输	(303)
5.2.1.1	总则	(281)	5.4.1	电气控制设备的装卸	(303)
5.2.1.2	一般要求	(281)	5.4.1.1	装卸技术要求	(303)
5.2.1.3	电气控制设备的主要包装方式和防护包装方法	(282)	5.4.1.2	装卸时的安全注意事项	(304)
5.2.2	包装箱的技术要求	(283)	5.4.2	起重机械的使用	(304)
			5.4.2.1	对起重机械操作人员的要求	(304)
			5.4.2.2	起重机械使用前的检查	(305)

5.4.2.3 起重设备操作注意事项 …… (305)	5.4.4 电气控制设备的运输 …… (309)
5.4.2.4 起重设备不允许的操作 …… (306)	5.4.4.1 运输方式的选择 …… (310)
5.4.2.5 桥式起重机使用注意事项 …… (306)	5.4.4.2 电气控制设备运输安全操 作规程 …… (312)
5.4.2.6 轮胎吊使用注意事项 …… (307)	5.4.4.3 大型电气控制设备运输注 意事项 …… (312)
5.4.3 电气控制柜的搬运 …… (307)	参考文献 …… (314)
5.4.3.1 电气控制柜搬运注意事项 …… (307)	
5.4.3.2 叉车驾驶制度 …… (308)	
5.4.3.3 叉车安全驾驶注意事项 …… (309)	

第1章 电气控制设备调试

1.1 电气调试技术

电气控制系统是为各种设备服务的，使用的设备种类繁多，其控制系统和控制方式各异，所以电气控制线路的调试方法也有一定的差异。然而，从整体上看，在调试的步骤、手段、处理方法上是大致相同的。技术人员在进行样机调试的过程中，应抓住影响整机性能指标的部分，进行深入细致的分析研究，在一定的范围内改变调试条件和参数，寻求最佳调试指标、步骤和方法。因此，样机调试的过程其实就是摸索调试工艺的过程。

作为电气控制设备生产企业，是不可能让一个刚参加工作的人独立完成设备调试的，基本上都要由有工作经验的人带一段时间。在跟随调试的过程中一定要谦虚仔细向老前辈学习，这是使自己能够很快上手的关键。每个搞调试的人都会经历从不会到会、从会到熟练的过程，应以平常心看待这个过程，时刻保持学习进取的心态。下面将对电气控制设备调试中的共性问题进行讨论。

1.1.1 调试概述

1.1.1.1 调试的基本任务

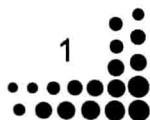
1. 电气调试工作的任务

当电气控制设备的安装工作结束后，按照国家有关的规范和规程、制造厂家的技术要求，逐项进行各个设备调整试验，以检验安装质量及设备质量是否符合有关技术要求，并得出是否适宜投入正常运行的结论。这是确保电气控制系统安全可靠、合理运行的必要手段，只有通过完整的调试才能使电气控制设备达到安全投入运行的目的。

通过对电气设备及电气系统的试验与调整，还可以及时发现电气系统和电气设备在设计、制造方面的错误及缺陷，以及安装过程中的安装错误、接线错误等，并及时予以纠正，以保证所安装的电气系统和电气设备符合设计要求。电气试验和电气调整是不可分割的两个有机组成部分。

(1) 电气试验，是指在电气系统、电气设备投入使用前，为判定其在生产过程中有无安装或制造方面的质量问题，以确定生产的电气设备是否能够正常投入运行，而对电气控制设备的绝缘性能、电气特性及机械性能等，按照标准、规程、规范中的有关规定逐项进行试验和验证。

(2) 电气调整，就是在电气控制设备投入运行前，为保证设备能够正常运行而对电气控制设备的接线进行核查以及对系统中的电气设备、开关、保护继电器等电气设备及其元器件的电压、电流动作值、动作时间、延时时间、合分闸时间、触点距离、动作特性等参数，按照设计



图中的规定值进行整定，使其完全符合设计要求，以确保电气控制设备能够长期安全运行的一项工作。

(3) 试运转，就是在对电气设备和电气系统的绝缘性能试验、电气特性试验和系统调试工作全部完成后，电气设备和电气系统已经具备了投入使用条件的情况下，对电气控制设备，通以能够保证其正常运行的额定电压和电流，以验证试验调整工作的质量以及再次确认被试设备能够正常投入运行的一项工作。试运转正常后，电气设备及系统即可投入正常运行。

2. 电气调试的内容

为了保证投入运行的电气控制设备在适应设计要求的同时，还要达到国家有关电力法规的规定，以确保电气控制设备可靠、安全地运行。电气调试工作的基本内容包括：

(1) 对成套电气控制设备和系统，包括一次、二次设备和各种控制设备及装置，在安装过程中及安装结束后的调整试验。

(2) 通电检查所有电气设备及控制装置的相互作用和相互关系。

(3) 按照生产工艺的要求对电气系统进行空载和带负荷下的调整试验。

(4) 调整控制设备使其在正常工况下和过度工况下都能正常工作，核对各种保护整定值。

(5) 审核校对图纸。

(6) 编写复杂设备及装置的调试方案、重要设备的试验方案及系统启动方案。

(7) 参加部分试验的技术指导。

(8) 负责整套设备启动过程中的电气调试工作和过关运行的技术指导。

3. 电气调试的要求

(1) 为使调试工作能够顺利进行，调试人员事前应研究图纸资料、设备制造厂家的出厂试验报告和相关技术资料，了解现场设备的布置情况，熟悉有关的电气系统接线等。

(2) 编写调试方案，编制调试大纲。

(3) 电气控制设备的单体调整和试验、配合机械设备的分部试运行、总体系统调试，是电气控制设备整体启动不可分割的 3 个重要环节。在这 3 个环节当中，没有单体电气控制设备的安全运行，总体系统的试运行就无从谈起，更没有可靠的系统调试运行。

(4) 按技术文件及图纸对各单体设备、附属装备进行外观检查，关键尺寸检查，装配质量及部件互换性检查，接线检查，绝缘试验等常规的检验，以发现整个系统的设备及附件在经过长途搬运、仓库保管以及安装过程中有无损坏、差错或其他隐患。

(5) 找出并核对系统中各电源装置的极性、相序以及各单元之间的正确连接关系。将所有保护装置均按设计要求进行整定。

(6) 对每一单元进行特性测定、调整、试验，使其工作在最合理的工作状态，即达到满意的技术指标。通过调试，使得整个系统获得较为理想的静态特性和动态指标。验证在各种状态下系统工作的可靠性，以及各种事故下保护装置的可靠性。

(7) 通过调试，校核技术文件的正确性及提供修改设计的必要依据。

1.1.1.2 调试工作的组织

试验调整工作开始前，应做好下列组织工作，以保证试验调整工作的顺利进行。



1. 准备技术文件、审查图纸、熟悉被试电气设备

应具备完整的设计图纸、说明书（包括有关计算）以及主要设备的技术文件。

2. 编写调试方案、编制调试大纲

应编制详尽的系统调试大纲，明确规定各单元、各环节以及整个系统的调试步骤、操作方法、技术指标。调试大纲应包括：

（1）根据有关规范和规程的规定，制定设备的调试方案和调试计划。

（2）调试方案包括：不同设备和装置的不同试验项目和规范要求，并在可能的情况下列出具体的试验方法、关键的试验步骤、详细的试验接线以及有关的安全措施等。

（3）调试计划包括：设备调试工作的整体工作量，具体时间安排，人员安排，所需试验设备、检测（监测）仪器仪表、工机具以及相关的辅助材料等。

3. 组织调试队伍——人员及设施要求

电气装置通电测试和调试工作大多是带电工作，因此要特别注意人身和设备的安全。具体的要求如下：

（1）通电测试和调试工作根据需要任命负责人，由该负责人统一调度指挥各个辅助部门及人员的工作。

（2）应挑选对本控制系统有一定了解的熟练技术人员和电工参加调试工作，必要时可邀请有关设计人员及厂家技术人员参加调试。

（3）通电测试和调试的人员应掌握并遵守国家及行业颁布的有关电气安全的法律法规文件，如《电业安全工作规程》。电气设备调试必须由两个及两个以上人员共同配合工作。

4. 调试人员培训——技术负责人对调试人员进行技术交底

（1）为使调试工作能够顺利进行，调试人员事前应认真研究图纸资料、设备制造厂家的出厂试验报告和相关技术资料，了解现场设备的布置情况，熟悉有关的电气系统接线等。调试前必须了解各种电气设备和整个电气系统的功能，掌握调试的方法和步骤。

（2）调试人员在调试前必须熟悉被控制设备的结构、操作规程和电气系统的工作要求。

作为安装调试人员，首先一定要了解整个设备的工艺流程、控制流程，然后看明白图纸；接着对照图纸，先对设备的内部接线进行整体的检查（其实就是参照图纸对照实物实际接线）；最后还要熟练掌握所调试的设备上使用的各种仪表。

（3）学习急救触电人员的方法。

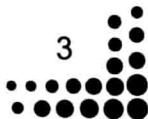
5. 工具及仪器仪表的准备

根据调试项目合理选用试验、检测用的仪器、仪表和试验设备。

（1）调试人员使用的工具必须绝缘性良好，且工作人员穿戴相应的绝缘用品。

（2）调试使用的工具及仪器仪表必须符合相应的国家标准，仪器仪表应在校验后的有效期内使用。

（3）除一般常用的仪器、仪表、工具、器材、备品、配件等应齐备完好外，还应准备好被调试系统所需的专用仪器和仪表，如双踪示波器等。





6. 调试线路的准备

(1) 在调试现场上, 应按照所调试设备的安装规范或者要求来安装设备、敷设电缆及接线(接线前一定要有校线这个步骤)。

(2) 在确定设备外观完好、接线正确、外来信号正常的前提下, 送电前要将所有断路器处于断路位置, 通知设备使用方可开始带电调试。

1.1.1.3 调试前的检查

控制线路安装好后, 在接电前应进行如下项目的检查。

1. 设备安装检查

(1) 根据设计图纸, 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相符合。

(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) 根据电气设备原理图和电气设备安装接线图、电器布置图检查各电器元件的位置是否正确; 各个元件的代号、标记是否与原理图上的一致和齐全; 外观有无损坏; 触点接触是否良好。

(4) 各个电气元件安装是否正确和牢靠。

(5) 各种安全保护措施是否可靠。

(6) 检查各开关按钮、行程开关等电器元件是否处于原始位置; 调速装置的手柄应处于最低速位置。

(7) 使用吹尘器或其他工具, 清除设备及各控制盘(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。

2. 导线连接检查

(1) 接线是否达到各种具体的要求: 如配线导线的选择是否符合要求, 柜内和柜外的接线是否正确, 各个接线端子是否连接牢固, 布线是否符合要求、整齐美观。

(2) 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。

(3) 各个按钮、信号灯罩和各种电路绝缘导线的颜色是否符合要求。

(4) 电动机的安装是否符合要求。电动机有无卡壳现象; 各种操作、复位机构是否灵活。

(5) 保护电路导线连接是否正确、牢固可靠。

(6) 保护电器的整定值是否达到要求; 各种指示和信号装置是否按要求发出指定信号等。

(7) 控制电路是否满足原理图所要求的各种功能。与操作人员和技术人员一起, 检查各电器元件动作是否符合电气原理图的要求及生产工艺要求。



3. 绝缘检查

按照标准、规程、规范及技术标准的要求，对电气控制柜进行绝缘性能测试及耐压试验。确保其介电强度符合要求。

(1) 绝缘电阻测试：用兆欧表测量绝缘电阻。

检查电气线路的绝缘电阻是否符合要求。其方法是：短接主电路、控制电路和信号电路，用 500V 兆欧表测量与保护电路导线之间的绝缘电阻，不得小于 $0.5M\Omega$ 。当控制电路或信号电路不与主电路连接时，应分别测量主电路与保护电路、主电路与控制电路和信号电路、控制电路和信号电路与保护电路之间的绝缘电阻，该绝缘电阻不得小于 $0.5M\Omega$ 。

(2) 交流耐压试验：鉴定电气设备的承压能力。其试验电压一般为设备额定电压的 1.875~3 倍。

① 试验电压为 1000V。当回路绝缘电阻值在 $10M\Omega$ 以上时，可采用 2500V 兆欧表代替，试验持续时间为 1min。

② 48V 及 48V 以下回路可不进行交流耐压试验。

③ 回路中有电子元器件设备的，试验时应将插件拔出或将其两端短接。

4. 电阻值测量

检测盘柜内器件及其他装置的直流电阻值，应符合产品技术条件的要求。主要包括：

(1) 各种电机。

(2) 电阻器和变阻器。

(3) 变压器。

(4) 直流电源装置。

(5) 各种有源输出装置。

1.1.1.4 电气设备调试工作的安全要求

由于电气调试工作大多在带电的情况下进行，因此，安全工作显得格外重要，它包括人身安全和设备安全两个方面。在实际的调试工作中，必须满足以下几点要求。

1. 安全生产工作制度

(1) 电气调试人员应定期学习原国家能源部颁发的《电业安全工作规程》，并要求考试合格。

(2) 在现场每周应进行一次安全活动，并学习事故通报及反事故措施等文件。

(3) 电气调试人员要学会急救触电人员的方法，并能进行实际操作。

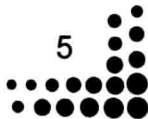
(4) 现场工作要认真执行工作票制度。

(5) 凡须通电进行的调试工作，必须有两个及两个以上人员共同配合，才能开展工作。

(6) 工作任务不明确、试验设备地点或周围环境不熟悉、试验项目和标准不清楚以及人员分工不明确的，都不得开展工作。

2. 安全生产的技术措施

(1) 调试人员使用的电工工具必须绝缘性良好，金属裸露部分应尽可能短小，以免碰触接地或短路。





(2) 任何电气设备、回路和装置, 未经检查试验不得送电投运, 第一次送电时, 电气安装和机修人员要一起参加。

(3) 应划定电气控制设备调试区, 并设置围栏, 非调试人员不准进入。

(4) 与调试工作有关的设备、盘屏、线路等, 应挂上警告指示牌, 如“有电”、“有人工作、禁止合闸”、“高压危险”等。绝对不允许带电打开电气护罩。

(5) 机柜及设备内部易对人身造成伤害的地方应有明显的警示标志和防护措施。

(6) 试验导线应绝缘性良好, 容量足够; 试验电源不允许直接接在大容量母线上, 并且要判明电压数值和相别。

(7) 试验设备的容量、仪表的量程必须在试验开始前考虑合适; 仪表的转换开关、插头和调压器及滑杆电阻的转动方向, 必须判明且正确无误。

(8) 为确保调试安全顺利进行, 应具有可切断全部电源的紧急总开关, 并认真考虑调试时的各种安全措施。

① 查修故障时, 必须切断电源, 并挂上警告牌, 以防止有人不知情况而误送电引发事故。

② 在调试时, 必须保证足够的照明, 为了检查维修方便需用手提灯时, 电压要控制在安全电压的范围以内, 并且在灯泡外应加防护罩。

③ 在调试过程中, 特殊需要带电测试或检修时, 必须确认带电部件和元器件附近无其他工作人员, 方能送电。

④ 在带电检修时, 必须有专人在旁看护, 并做好一旦发生危险立即切断电源的准备。

(9) 在已运行或已移交的电气设备区域内调试时, 必须遵守运行单位的要求和规定, 严防走错间隔或触及运行设备。

3. 安全操作规程

(1) 试验前, 电源开关应断开, 调压器置零位; 试验过程中发生了问题或试验结束, 应立即将调压器退回零位, 并拉开电源开关; 若试验过程中发生了问题, 须待问题查清后, 方可继续进行试验。

(2) 各种试验设备的接地必须完善, 接地线的容量足够; 试验人员应有良好的绝缘保护措施, 以防触电。

(3) 进行高压试验时, 试验人员必须分工明确, 听从指挥, 试验期间要有专人监护。

(4) 高压试验和较复杂回路的试验, 接好线路后, 应先经工作负责人复查, 无误后方可进行试验, 并应在接入被试物之前先进行一次空试。

(5) 高压试验结束后, 应对设备进行放电。对电容量较大的设备(如电力电容器等)更须进行较长时间的放电, 放电时先经放电电阻, 然后再直接接地。

(6) 进行耐压试验时, 必须从零开始均匀升压, 禁止带电冲击或升压。

(7) 进行调整试验时, 被试物必须与其他设备隔开且保持一定的安全距离, 或用绝缘物进行隔离; 无法装设栅栏或悬挂警告牌时, 应设专人看守。

(8) 在电流互感器二次回路上带电工作时, 应严防开路, 短路时应使用专用的短路端子或短路片, 且必须绝对可靠。在电压互感器二次回路上带电工作时, 应严防短路, 电压二次回路必须确保无短路故障时, 才允许接入电压互感器二次侧。

