

- 中国高等职业技术教育研究会推荐
- 高职高专电子、通信类专业“十一五”规划教材

电气控制与PLC实训

主编 苏家健 许晋仙



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

□ 中国高等职业技术教育研究会推荐

高职高专电子、通信类专业“十一五”规划教材

电气控制与 PLC 实训

主 编 苏家健 许晋仙

副主编 吴亚军 徐文文

西安电子科技大学出版社

2009

内 容 简 介

本书将电气控制技术与可编程控制器控制技术相结合,立足于实训教学,从技术和工程应用的实际出发,介绍了电气控制、可编程控制器应用技术实训,内容主要包括:电器控制系统的基本控制线路、安装调试及检修方法,典型生产设备电气控制线路的常见故障分析和排除方法,可编程控制器的系统组成、基本指令、步进指令、功能指令、特殊功能模块的实训。

本书理论联系实际,以实训教学为主线,充分体现高职教学的应用特色,内容丰富,实例多,实用性强。

本书可作为高职高专院校自动化技术、电气自动化、应用电子技术、机电一体化、计算机过程控制及相关专业的教材,也可作为相关专业技术人员的参考书。

★本书配有电子教案,需要者可登录出版社网站,免费下载。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与 PLC 实训/苏家健,许晋仙主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2009.12

高职高专电子、通信类专业“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2371-9

I. 电… II. ① 苏… ② 许… III. ① 电气控制—高等学校:技术学校—教材

② 可编程序控制器—高等学校:技术学校—教材 IV. TM571.2 TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 230129 号

策 划 马乐惠

责任编辑 南 景 马乐惠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2009 年 12 月第 1 版 2009 年 12 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 19

字 数 443 千字

印 数 1~3000 册

定 价 27.00 元

ISBN 978-7-5606-2371-9/TM · 0063

XDUP 2663001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

序

进入 21 世纪以来,高等职业教育呈现出快速发展的形势。高等职业教育的发展,丰富了高等教育的体系结构,突出了高等职业教育的类型特色,顺应了人民群众接受高等教育的强烈需求,为现代化建设培养了大量高素质技能型专门人才,对高等教育大众化作出了重要贡献。目前,高等职业教育在我国社会主义现代化建设事业中发挥着越来越重要的作用。

教育部 2006 年下发了《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》,其中提出了深化教育教学改革,重视内涵建设,促进“工学结合”人才培养模式改革,推进整体办学水平提升,形成结构合理、功能完善、质量优良、特色鲜明的高等职业教育体系的任务要求。

根据新的发展要求,高等职业院校积极与行业企业合作开发课程,根据技术领域和职业岗位群任职要求,参照相关职业资格标准,改革课程体系和教学内容,建立突出职业能力培养的课程标准,规范课程教学的基本要求,提高课程教学质量,不断更新教学内容,而实施具有工学结合特色的教材建设是推进高等职业教育改革发展的重要任务。

为配合教育部实施质量工程,解决当前高职高专精品教材不足的问题,西安电子科技大学出版社与中国高等职业技术教育研究会在前三轮联合策划、组织编写“计算机、通信电子、机电及汽车类专业”系列高职高专教材共 160 余种的基础上,又联合策划、组织编写了新一轮“计算机、通信、电子类”专业系列高职高专教材共 120 余种。这些教材的选题是在全国范围内近 30 所高职高专院校中,对教学计划和课程设置进行充分调研的基础上策划产生的。教材的编写采取在教育部精品专业或示范性专业的高职高专院校中公开招标的形式,以吸收尽可能多的优秀作者参与投标和编写。在此基础上,召开系列教材专家编委会,评审教材编写大纲,并对中标大纲提出修改、完善意见,确定主编、主审人选。该系列教材以满足职业岗位需求为目标,以培养学生的应用技能为着力点,在教材的编写中结合任务驱动、项目导向的教学方式,力求在新颖性、实用性、可读性三个方面有所突破,体现高职高专教材的特点。已出版的第一轮教材共 36 种,2001 年全部出齐,从使用情况看,比较适合高等职业院校的需要,普遍受到各学校的欢迎,一再重印,其中《互联网实用技术与网页制作》在短短两年多的时间里先后重印 6 次,并获教育部 2002 年普通高校优秀教材奖。第二轮教材共 60 余种,在 2004 年已全部出齐,有的教材出版一年多的时间里就重印 4 次,反映了市场对优秀专业教材的需求。前两轮教材中有十几种入选国家“十一五”规划教材。第三轮教材 2007 年 8 月之前全部出齐。本轮教材预计 2009 年全部出齐,相信也会成为系列精品教材。

教材建设是高职高专院校教学基本建设的一项重要工作。多年来,高职高专院校十分重视教材建设,组织教师参加教材编写,为高职高专教材从无到有,从有到优、到特而辛勤工作。但高职高专教材的建设起步时间不长,还需要与行业企业合作,通过共同努力,出版一大批符合培养高素质技能型专门人才要求的特色教材。

我们殷切希望广大从事高职高专教育的教师,面向市场,服务需求,为形成具有中国特色和高职教育特点的高职高专教材体系作出积极的贡献。

中国高等职业技术教育研究会会长

2007 年 6 月



高职高专电子、通信类专业“十一五”规划教材

编审专家委员会名单

主 任：温希东（深圳职业技术学院副校长 教授）

副主任：马晓明（深圳职业技术学院通信工程系主任 教授）

余 华（武汉船舶职业技术学院电子电气工程系主任 副教授）

电子组 组 长：余 华(兼)（成员按姓氏笔画排列）

于宝明（南京信息职业技术学院电子信息工程系副主任 副研究员）

马建如（常州信息职业技术学院电子信息工程系副主任 副教授）

刘 科（苏州职业大学信息工程系 副教授）

刘守义（深圳职业技术学院 教授）

许秀林（南通职业大学电子系副主任 副教授）

高恭嫻（南京信息职业技术学院电子信息工程系 副教授）

余红娟（金华职业技术学院电子系主任 副教授）

宋 烨（长沙航空职业技术学院 副教授）

李思政（淮安信息职业技术学院电子工程系主任 讲师）

苏家健（上海第二工业大学电子电气工程学院 教授）

张宗平（深圳信息职业技术学院电子通信技术系 高级工程师）

陈传军（金陵科技学院电子系主任 副教授）

姚建永（武汉职业技术学院电信学院院长 副教授）

徐丽萍（南京工业职业技术学院电气与自动化系 高级工程师）

涂用军（广东科学技术职业学院机电学院副院长 副教授）

郭再泉（无锡职业技术学院自动控制与电子工程系主任 副教授）

曹光跃（安徽电子信息职业技术学院电子工程系主任 副教授）

梁长垠（深圳职业技术学院电子工程系 副教授）

通信组 组 长：马晓明(兼)（成员按姓氏笔画排列）

王巧明（广东邮电职业技术学院通信工程系主任 副教授）

江 力（安徽电子信息职业技术学院信息工程系主任 副教授）

余 华（南京信息职业技术学院通信工程系 副教授）

吴 永（广东科学技术职业学院电子系 高级工程师）

张立中（常州信息职业技术学院 高级工程师）

李立高（长沙通信职业技术学院 副教授）

林植平（南京工业职业技术学院电气与自动化系 高级工程师）

杨 俊（武汉职业技术学院通信工程系主任 副教授）

俞兴明（苏州职业大学电子信息工程系 副教授）

项目策划 马乐惠

策 划 张 媛 薛 媛 张晓燕

前 言

高等职业教育是我国高等教育的重要组成部分，其根本任务是培养和造就适应生产、建设、管理、服务第一线需要的应用型高级技术人才。这种人才培养目标的实现必须有一定的实践教学环节。学生只有通过实践教学环节的训练，才能在实践中不断巩固和加深理论知识，提高独立工作能力和创新能力。实训是各种实践环节的综合训练，是对工程实用技能的训练。电气控制与可编程控制器应用技术是先进的自动化控制技术，对于这样一门应用性广、实践性强的专业课，必须通过各种形式的实训环节，构筑实践环境，强化工程意识，提高应用能力。

本书就是基于这样一个出发点，在编写的过程中贯彻理论知识适度够用、重在实际应用和技能培养的原则，精选内容，在每章中都列举了大量的应用实例，以加强学生对电气控制和 PLC 技术的理解和应用，并从工程实际出发，由易到难，循序渐进，注重培养学生的工程应用能力和解决现场实际问题的能力。

本书内容分两部分，共 12 章。前 3 章为电气控制实训，内容主要包括：电器控制系统的基本控制线路、安装调试及检修方法，典型生产设备电气控制线路的常见故障分析和排除方法。后 9 章以三菱 FX2N 系列 PLC 机型的实训为例，讲述了最基本的逻辑控制、顺序控制、定时控制、计数控制、步进控制、功能指令的应用，PLC 模块的调试及应用。为进一步提高 PLC 的应用能力，本书还安排了大量的设计性实训，这些内容取材广泛，使学生认识到 PLC 控制的实用性与趣味性，从而初步掌握调试 PLC 控制的一些基本方法。

本书的特点如下：

- (1) 每个章节均有丰富的实例，有些实例还提供了参考提示；
- (2) 结合了中级维修电工和高级维修电工的职业技能培训；
- (3) 提供了对 PLC 课程设计方面的实训。

本书由上海第二工业大学苏家健和上海建峰职业技术学院许晋仙担任主编，鞍山科技大学高等职业技术学院吴亚军和上海震旦职业学院徐文文担任副主编。苏家健编写第 6、7、10 章；许晋仙编写第 5、9、12 章；徐文文编写第 1、2、3 章及附录；吴亚军编写第 4、8、11 章。全书由苏家健统稿。

本书可作为高职高专院校自动化技术、电气自动化、应用电子技术、机电一体化、计算机过程控制及相关专业的教材，也可作为相关专业技术人员的参考书。

本书在编写过程中，得到了西安电子科技大学出版社的大力支持，同时参考了一些文献，在此一并表示感谢。

由于编者的水平有限，在编写过程中难免存在错误和不足之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2009 年 5 月

目 录

第 1 章 电动机、电器的拆装及检修	1
1.1 小型三相鼠笼式异步电动机的拆卸及装配实训	1
1.2 小型三相鼠笼式异步电动机的测试及检修实训	3
1.3 电器的拆装、测试及检修实训	6
1.3.1 交流接触器的拆装、测试及检修实训	6
1.3.2 空气式时间继电器的拆装、测试及检修实训	9
第 2 章 电动机的基本控制线路及其安装、调试与维修	12
2.1 三相交流异步电动机的正转控制	12
2.1.1 点动控制线路	12
2.1.2 具有过载保护的接触器正转自锁控制线路	13
2.1.3 点动加自锁控制线路	14
2.1.4 三相交流异步电动机的正转控制实训	15
2.2 三相异步电动机的正反转控制	18
2.2.1 接触器联锁正反转控制线路	18
2.2.2 按钮、接触器复合联锁正反转控制线路	19
2.2.3 行程开关自动控制的正反转控制线路	20
2.2.4 时间继电器自动控制的正反转控制线路	21
2.2.5 三相异步电动机的正反转控制实训	23
2.3 三相异步电动机的顺序控制和多地控制	26
2.3.1 顺序控制线路	26
2.3.2 多点启动、停止控制线路	29
2.3.3 电动机的顺序控制实训	30
2.4 三相异步电动机的降压启动控制	31
2.4.1 接触器控制的串电阻降压启动控制线路	31
2.4.2 时间继电器控制的串电阻降压启动控制线路	32
2.4.3 接触器控制的 Y- Δ 降压启动控制线路	33
2.4.4 时间继电器控制的 Y- Δ 降压启动控制线路	34
2.4.5 自耦变压器降压启动控制线路	35
2.4.6 延边三角形降压启动控制线路	37
2.4.7 Y- Δ 降压启动控制线路安装及调试实训	38
2.5 三相异步电动机的制动	39
2.5.1 电磁抱闸制动	39

2.5.2 能耗制动.....	40
2.5.3 反接制动.....	41
2.5.4 三相异步电动机的制动实训	42
2.6 电气控制线路的检修.....	45
第3章 常用机床电气控制线路及其故障的排除	53
3.1 基本知识.....	53
3.1.1 CA6140 型普通车床主要结构及电气控制线路分析.....	53
3.1.2 M7130 平面磨床主要结构及电气控制线路分析.....	57
3.1.3 X62W 卧式万能铣床主要结构及电气控制线路分析.....	61
3.1.4 T68 卧式镗床主要结构及电气控制线路分析	66
3.2 常用机床电气控制线路安装及常见故障的排除实训	70
3.2.1 CA6140 型普通车床电气控制线路安装实训	70
3.2.2 CA6140 型普通车床电气控制线路常见故障的排除实训	71
3.2.3 M7130 平面磨床电气控制线路安装实训	72
3.2.4 M7130 平面磨床电气控制线路常见故障的排除实训	73
3.2.5 X62W 卧式万能铣床电气控制线路常见故障的排除实训	74
3.2.6 T68 卧式镗床电气控制线路常见故障的排除实训	75
第4章 编程器与编程软件的功能及使用	77
4.1 FX-20P-E 手持式编程器.....	77
4.1.1 FX-20P-E 手持式编程器的组成.....	77
4.1.2 编程器按键的功能.....	78
4.1.3 FX-20P-E 编程器的工作方式选择.....	79
4.1.4 FX-20P-E 手持式编程器的操作使用	80
4.2 三菱 SWOPC-FXGP/WIN-C 编程软件简介.....	84
4.2.1 SWOPC-FXGP/WIN-C 编程软件的主要功能.....	84
4.2.2 系统配置.....	84
4.2.3 三菱 SWOPC-FXGP/WIN-C 编程软件的操作环境.....	84
4.2.4 三菱 SWOPC-FXGP/WIN-C 编程软件的使用——程序的创建、保存.....	84
4.2.5 三菱 SWOPC-FXGP/WIN-C 编程软件的使用——程序的输入、编辑.....	86
第5章 基本逻辑指令实训	89
5.1 基本逻辑指令的使用.....	89
5.1.1 FX2N 系列可编程控制器主要编程元件	89
5.1.2 基本指令.....	91
5.1.3 定时器与计数器.....	98
5.2 基本逻辑指令编程实训.....	101
5.3 多重输出指令、主控指令和脉冲指令实训	105
5.4 定时器和计数器实训.....	106
5.5 经验法编程实训.....	109
5.5.1 三相交流电动机的 Y- Δ 减压启动控制.....	109

5.5.2 使用 PLC 完成自动台车的控制	112
5.5.3 装料小车的自动控制系统	113
第 6 章 基本逻辑指令基本环节编程综合实训	116
6.1 水塔水位的 PLC 控制实训	116
6.2 三彩灯闪烁电路的 PLC 控制实训	118
6.3 传输带顺序运行系统的 PLC 控制实训	119
6.4 智力竞赛抢答装置的 PLC 控制实训	121
6.5 加热炉自动上料装置的 PLC 控制实训	123
6.6 钻孔动力头工作流程的 PLC 控制实训	125
6.7 仓库门自动开闭控制电路的 PLC 控制实训	126
6.8 三相异步电动机 Y- Δ 启动主电路系统的 PLC 控制实训	128
6.9 三相异步电动机 Y- Δ 启动继电器控制电路系统的 PLC 控制实训	129
第 7 章 单流程步进指令实训	132
7.1 基础知识	132
7.2 配料小车的 PLC 控制实训	137
7.3 混料罐的 PLC 控制实训	143
7.4 机械手的 PLC 控制实训	147
7.5 机械滑台的 PLC 控制实训	152
7.6 红绿灯信号的 PLC 控制实训	157
第 8 章 分支流程的 PLC 编程和实训	163
8.1 基础知识	163
8.1.1 多分支状态转移图	163
8.1.2 选择分支状态转移图的编程实训指导	165
8.1.3 并联分支状态转移图的编程实训指导	166
8.2 选择分支状态转移图的编程实训	166
8.2.1 反应炉动作的 PLC 控制实训	166
8.2.2 拣球动作的 PLC 控制实训	168
8.2.3 污水处理过程的 PLC 控制实训	170
8.2.4 自动喷漆过程的 PLC 控制实训	172
8.2.5 喷水池动作的 PLC 控制实训	175
8.2.6 输送带控制实训	177
8.2.7 运料小车动作的 PLC 控制实训	178
8.2.8 装箱计数流水线的 PLC 控制实训	180
8.3 并联分支状态转移图的编程实训	182
8.3.1 化工生产的液体混合控制实训	182
8.3.2 双工作台工作的 PLC 控制实训	184
8.3.3 输送带自动控制系统实训	188
8.3.4 化工加热反应釜控制实训	189
8.3.5 半自动钻孔工作站的顺序控制实训	190

第 9 章 功能指令实训	192
9.1 基础知识	192
9.1.1 功能指令的格式	192
9.1.2 传送比较指令	193
9.1.3 循环指令	195
9.1.4 程序控制类指令及应用基础	199
9.2 传送指令的应用实训	203
9.3 比较指令的应用实训	204
9.4 移位指令的应用实训	205
9.5 程序控制类指令的应用实训	207
9.5.1 条件转移指令的应用实训	207
9.5.2 子程序调用指令的应用实训	208
9.6 高速处理类指令的应用实训	209
9.6.1 矩阵输入指令的应用实训	209
9.6.2 内部高速计数器的应用实训	210
9.7 交替输出指令的应用实训	211
9.8 外部 I/O 指令的应用实训	212
9.9 功能指令综合实训	214
9.9.1 工作台自动往返循环工作的控制	214
9.9.2 广告牌边框饰灯的控制	215
9.9.3 采集一相高速输入脉冲	216
第 10 章 特殊功能模块实训	218
10.1 特殊功能模块的类型及使用	218
10.1.1 FX 系列 PLC 特殊功能模块的类型	218
10.1.2 FX2N 系列 PLC 特殊功能模块的安装及使用	218
10.2 功能模块实训	220
10.2.1 模拟量输入模块 FX2N—4AD 实训	220
10.2.2 模拟量输出模块 FX2N—2DA 实训	222
10.2.3 铂电阻输入模块 FX2N—4AD—PT 实训	225
10.2.4 高速计数模块 FX2N—1HC 实训	227
第 11 章 PLC 在控制系统中的设计及应用	231
11.1 PLC 技术应用中的问题	231
11.1.1 PLC 控制系统的可靠性	231
11.1.2 PLC 维护与故障诊断	233
11.1.3 PLC 程序调试	234
11.1.4 减少 I/O 点的措施	235
11.1.5 PLC 用于继电-接触控制系统改造中若干问题的处理	236
11.2 PLC 在液压自动循环控制系统中的应用	237
11.3 PLC 在燃油锅炉控制系统中的应用	239

11.4 PLC 在桥式起重机检测控制中的应用	240
11.5 PLC 在多台电动机启动控制中的应用	242
11.6 PLC 用于温度控制系统的设计	243
11.7 PLC 用于自动仓库控制系统的设计	246
11.8 PLC 用于车库管理控制系统的设计	248
第 12 章 可编程控制器课程设计实训	252
12.1 可编程控制器课程设计总体要求	252
12.2 可编程控制器课程设计选题	254
12.3 PLC 课程设计其他选题	261
12.3.1 花式喷泉的 PLC 控制	261
12.3.2 包装生产线的 PLC 控制	263
12.3.3 变频调速恒压供水系统中的 PLC 控制	265
12.4 选做题	267
12.4.1 课程设计要求	267
12.4.2 课程设计内容	267
附录	270
附录一 FX2N 系列可编程控制器特殊软元件	270
附录二 FX2N 系列 PLC 应用指令总表	282
参考文献	291

第1章 电动机、电器的拆装及检修

低压电器是电力拖动自动控制系统的基本组成元件，而电动机又是生产机械电力拖动自动控制系统重要的控制对象。因此，它们与控制系统的安全性、可靠性、经济性有着直接的关系。电气技术人员必须熟练掌握电动机及常用低压电器的拆装、测试及检修的方法。本章主要介绍电动机及常用低压电器的拆装、测试及检修的方法，并通过实训考核加以掌握。

1.1 小型三相鼠笼式异步电动机的拆卸及装配实训

1. 实训目的

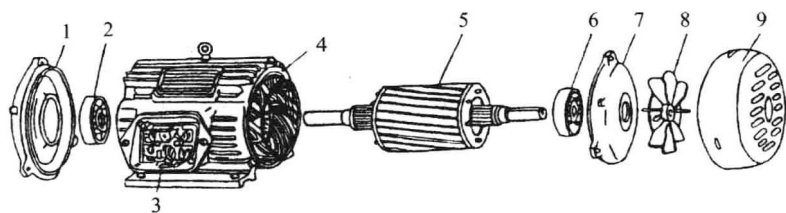
实训目的如下：

- (1) 熟悉小型三相鼠笼式异步电动机的构造；
- (2) 掌握小型三相鼠笼式异步电动机的拆装方法。

2. 相关知识

1) 三相鼠笼式异步电动机的基本结构

三相鼠笼式异步电动机的结构如图 1.1 所示，它具有两个基本部分：定子(静止部分)和转子(旋转部分)。



1—端盖；2、6—轴承；3—接线盒；4—定子；5—转子；7—后端盖；8—风扇；9—风扇罩

图 1.1 三相鼠笼式异步电动机的结构

(1) 定子。定子是由基座、定子铁芯和定子绕组等组成的。

(2) 转子。转子的中心是一根用低碳钢制成的转轴。轴上装有铁芯及转子绕组，轴两端装有轴承、风扇等。

2) 电动机拆卸的注意事项

电动机拆卸时应注意以下事项：

(1) 拆卸前应先在需拆卸的部件上做好标记，尤其是前后端盖的标记应予以区别，以避

免装配时装错。

(2) 皮带轮、联轴器、轴承等在拆卸时需使用拉具，如已生锈可使用煤油注入轴端间隙处，或使用 YSM-1 松锈润滑剂喷注，等数小时后再行拆卸，不能用铁锤猛力敲打，以免造成电动机转轴、轴承、皮带轮的损坏。

(3) 前后端盖及轴承外盖拆卸时应把对称的所有螺钉均拧松，以免端盖受力不均而产生裂缝。如使用铁锤敲打必须在中间垫上木板，以免将转轴端敲损。

3. 实训配置

(1) 工具：活扳手、拉具、木锤、铁锤、一字形螺钉旋具和十字形螺钉旋具等。

(2) 仪表：多用表、兆欧表。

(3) 器材：小型三相鼠笼式异步电动机。

(4) 其他：润滑脂、煤油、YSM-1 松锈润滑剂和清洁干布等。

4. 实训内容及步骤

1) 小型三相鼠笼式异步电动机拆卸步骤

小型三相鼠笼式异步电动机拆卸步骤如下：

(1) 拆卸皮带轮或联轴器。先在皮带轮与转轴之间注入少许煤油，然后用小铁锤沿皮带轮四周向转轴轴端方向轻轻敲打，松动后再用拉具将皮带轮装夹，如图 1.2 所示。拉具的脚爪应紧扣住皮带轮，拉具的螺纹杠顶点要顶正转轴的中心，且保持垂直，然后拧进螺纹杠，用力要均匀，慢慢地把皮带轮拆下。联轴器拆卸方法与皮带轮相同。

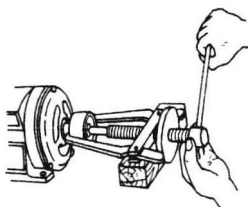


图 1.2 皮带轮拆卸

(2) 拆卸风扇罩及风叶。用螺钉旋具将风扇罩与机座连接的螺钉旋出，取下风叶罩，再用木锤将定位螺钉或销子敲松后拆下风叶。如风叶为软塑料制成，可用沸水浇淋后，使风叶膨胀再拆卸，不可用铁锤硬敲以免断裂。

(3) 拆卸轴承盖及端盖。拆轴承盖时应先在轴承盖及端盖上用旋具划一道印痕做标记；拆端盖时应在端盖和基座上做好标记，前后端盖标记应能区别。做好标记后，先将轴承外盖螺钉拆下，取下轴承外盖，再将前后端盖螺钉拆下，用木锤敲打前轴端面，使转子连同后端盖全部从定子中间向后面脱出。在抽出转子的过程中要注意不能碰伤定子绕组。最后用木锤敲打后端盖，拆下后端盖时要防止落地碰碎。

(4) 拆卸轴承。轴承的拆卸方法参照皮带轮的拆卸方法。使用拉具时，脚爪要扣住主轴承内圈，切忌扣在轴承外圈以免损坏轴承，拧进螺纹杠时要缓慢均匀地拆下轴承。

2) 小型三相鼠笼式异步电动机装配步骤

小型三相鼠笼式异步电动机装配步骤如下：

(1) 装配前清洗零部件。将转子用汽油或煤油洗净,再用清洁干布擦干待装。定子铁芯表面也用清洁干布擦干净油污,并用皮老虎或其他工具吹净定子绕组上的灰尘及污垢。拆下的轴承用汽油或煤油去除油污并擦干,再检查有无锈蚀,内、外轴承圈是否有裂痕,用手转动内轴承圈应灵活无阻滞或过松现象,转动时应无异常噪声。如有异常必须及时更换同牌号的轴承,以免影响电动机正常运行。

(2) 测量绕组。将电动机的三相绕组头尾并头拆开,用多用表测量三相绕组电阻值应相等。然后使用 500 V 的兆欧表测量各绕组间和绕组对铁芯的绝缘电阻,其阻值应不低于 $0.5\text{ M}\Omega$ 。

(3) 装配轴承。先将轴承内盖装进转子,然后再将轴承装套到转子轴颈上,条件许可则使用压床将轴承压入轴上,也可使用冷套法或热套法安装。

① 冷套法。将轴承套到轴上,对准轴颈用一段内径大于轴颈直径、外径略小于轴承内圈外径的铜套,一端压在轴承内圈口上,用铁锤敲打铜套另一端,将轴承慢慢敲到轴上的安装位置。

② 热套法。将轴承放在变压器油中加热,时间为 30 min 左右,温度为 $80^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$ 。加热时将轴承放在网架上,不要与油箱箱底或箱壁接触,油面要淹没轴承,加热温度不可过高,时间不宜过长。热套时要迅速进行,仍可用铜套套住木锤轻轻敲入轴颈。装入轴颈后还需清洗轴承内残留的变压器油。

(4) 装配后端盖。将后端盖用木锤轻轻敲入轴颈,使轴承装入端盖,要装平不能歪斜。在轴承内加入新的润滑脂,以装入 $1/3\sim 1/2$ 空腔容积为宜。轴承盖内润滑脂也应为容积的 $1/3\sim 1/2$,并用旋具将轴承盖装上。将后端盖连同转子装入机座时要按原来标记的位置定位安装。后端盖止口嵌入机座时用木锤轻轻敲平,再旋上螺钉,但不要旋紧。

(5) 装配前端盖。将前轴承按后轴承的要求加入润滑脂,用安装后端盖的步骤装入前端盖。然后将后端盖止口嵌入机座,仍用木锤轻轻敲平,拧上螺钉,也不要拧紧。再用螺钉从轴承外盖安装孔伸入端盖内用手转动转子,使轴承内盖被螺钉拧上。在拧紧前、后端盖螺钉时,要用手转动转子旋转,应无阻滞或偏重现象,转子转动应灵活、均匀,方可拧紧螺钉。这一步骤是装配电动机的关键,要耐心细致进行,以免影响电动机的运行性能。

(6) 装配皮带轮或联轴器。在转子轴端的键槽内装入新的键,键的前端要压低些,后端略高于平面。然后将皮带轮键槽对准转轴键槽,用木锤均匀地轻轻敲打皮带轮。当键进入键槽后再用力敲打,直到皮带轮进入原定位置。

(7) 装配风叶及风叶罩。安装风叶要按照拆卸时的位置装进,否则将会碰擦端盖或风叶罩。最后安装风叶罩,将螺钉拧紧,转动转子应无异常现象。

至此,电动机装配完成。

1.2 小型三相鼠笼式异步电动机的测试及检修实训

1. 实训目的

实训目的如下:

- (1) 了解电动机耐压试验及短路试验方法;
- (2) 掌握电动机绕组的直流电阻及绝缘电阻测量方法;

(3) 掌握电动机常见故障的检修方法。

2. 相关知识

1) 耐压试验

电动机保养修复后, 要进行一系列的测量及试验才能投入运行。电动机绝缘性能的测量及试验尤为重要, 它将影响电动机的使用寿命及人身安全。通过耐压试验可以检验电动机的绝缘值是否达到规定值。耐压试验是在绕组对机座及绕组各相间施加规定的 50 Hz 交流电压, 历时 1 min 而无击穿现象为合格。耐压试验因施加的交流电压较高, 故应在专用试验台上进行操作。耐压试验应在电动机绝缘电阻测量达到规定数值时才可进行。进行耐压试验时应将试验电源的一极接在电动机一相绕组线端, 另一极接在电动机的机壳接地端上。试验一个绕组时, 其他绕组都应与机座相连接。

2) 短路试验

短路试验主要是对电动机空载电流及启动电流作出测定的试验。在电动机转子堵转的情况下, 用三相调压器从零开始逐渐调高电压, 使电动机达到额定电流, 这时调压器所示的电压即为短路电压。对于额定电压为 380 V 的电动机, 短路电压以 70~95 V 为合格。短路电压太高, 电动机的空载电流小, 启动电流和启动转矩也小, 性能表现为过载能力较差; 短路电压太低, 电动机的空载电流大, 启动电流大, 性能表现为效率低、损耗大、温度高、功率不足。

以上两种试验, 如无特殊要求, 一般检修后的电动机可以不做, 仅作为电动机产品出厂前的例行试验项目。

3. 实训内容及步骤

1) 电动机直流电阻测量步骤

测量步骤如下:

(1) 电动机直流电阻值用于判断电动机绕组是否断线或短路。电动机绕组阻值在 $10\ \Omega$ 以上可用多用表测量, 在 $10\ \Omega$ 以下用电桥测量, 一般原则是先用多用表测量。

(2) 将多用表欧姆挡置于 $R \times 1$ 挡位, 分别测量电动机三相绕组的头端和尾端, 测量时转子应静止不动。分别将三次测量的电阻值予以记录, 如测量出电阻在 $10\ \Omega$ 以下则改用电桥进行测量。

(3) 用 QJ23 单臂电桥进行测量, 具体步骤如下:

① 测试前先断开电桥(见图 1.3)电源 B 和灵敏电流计 G 按钮, 以切断电源、灵敏电流计与电路的连接, 然后进行机械调零, 使灵敏电流计指针位于机械零位。

② 将电动机绕组接入 R_x 两端钮, 选取合理的比较臂(0.001 挡位)。比较臂按多用表测出的欧姆数选取, 要使四个读数盘均能充分利用, 以保证测量精度。

③ 先闭合电源按钮 B, 再按下灵敏电流计按钮 G, 调节比较臂的四个读数盘, 直到灵敏电流计中指针在中心零位为止。然后先断开按钮 G, 再断开按钮 B。

④ 将调节盘上四位读数乘以 0.001, 即为所测电动机绕组的电阻值。

⑤ 将电动机另两相绕组也作同样测量, 比较三相绕组的电阻值, 如有一相绕组的电阻值与其余两相电阻值相差较多, 则可能该相绕组有局部短路现象。

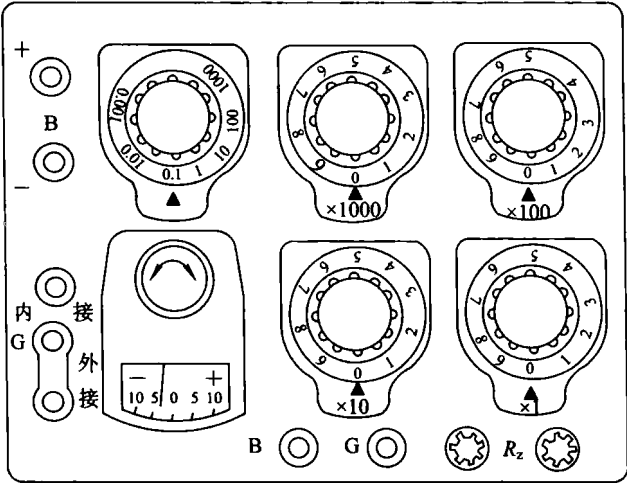


图 1.3 QJ23 单臂电桥

2) 电动机绝缘电阻测量步骤

测量步骤如下:

- (1) 将 550 V 兆欧表接地端与电动机机座上接地端相连, 兆欧表另一端与电动机一相绕组头或尾相连, 如图 1.4 所示(电动机三相绕组头与尾并头拆开)。
- (2) 将兆欧表摇柄以高于 120 r/min 速度旋转, 观察兆欧表上指针停留的读数。另两相绕组也作同样测量。
- (3) 电动机三相绕组间也应作绝缘测量。一般三相 380 V 的电动机, 绕组对机座、绕组各相间的绝缘电阻均大于 0.5 MΩ 方可使用。

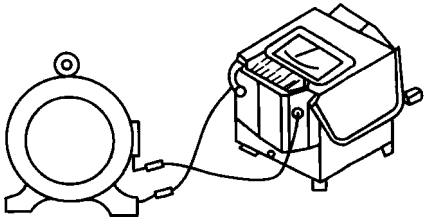


图 1.4 兆欧表测量绝缘电阻

3) 电动机绕组空载试验步骤

试验步骤如下:

- (1) 将电动机按图 1.5 所示的空载试验接线图接线。
- (2) 将电动机接上三相试验电源, 连续 30 min 空载运行, 注意电流表上空载电流的变化与三相空载电流是否平衡, 空载电流与额定电流百分比是否超过范围。电动机空载电流与额定电流百分比如表 1-1 所示。

表 1-1 电动机空载电流与额定电流百分比(%)

容量 极数	0.125 kW 以下	0.5 kW 以下	2 kW 以下	10 kW 以下	50 kW 以下	100 kW 以下
2	70~95	45~70	40~55	30~45	23~35	18~30
4	80~96	65~85	45~60	35~55	25~40	20~30
6	85~98	70~90	50~65	35~65	30~45	22~33
8	90~98	75~90	50~70	37~70	35~50	25~35

- (3) 空载试验时, 应检查铁芯是否过热、轴承的温升是否超过规定, 还应检查轴承运行

时声音是否正常,电动机是否有杂声、振动。

(4) 三相空载电流检修可用钳形电流表测量。三相空载电流不平衡应不超过 5%。

(5) 用两表法测三相有功功率,其接线图见图 1.5。

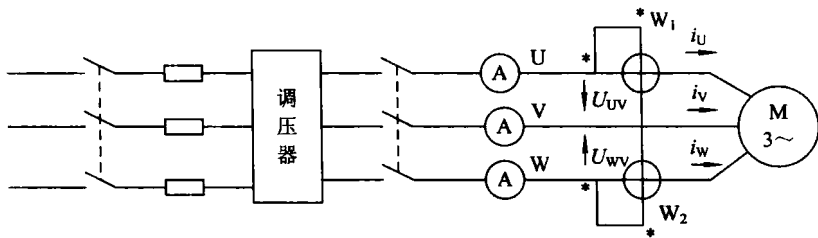


图 1.5 两表法测三相有功功率

测量方法: 功率表 W_1 和 W_2 分别接在线电压 U_{UV} 、 U_{WV} 和电流 i_U 、 i_W 回路上, 它们的指示值分别是瞬时功率 $P_1 = U_{UV}i_U$ 和 $P_2 = U_{WV}i_W$ 在一个周期的平均值。两表指示值之和即为 $P_1 + P_2$, 正好等于三相电流的有功功率。空载时, 电动机不输出机械功率, 此时的输入功率是电动机的空载损耗功率 P_0 。

两表法接线规则: 两只功率表的电流在不同的两个相线上, 并且将其发电机端(*)接到电源, 使通过电流线圈的电流是三相电路的线电流; 两只电压线圈的发电机端(*)接到各自电流线圈所在的相上, 并且将另一端共同接到没有电流线圈的公共相上, 使加在电压回路上的电压是三相电路的线电压。

4) 电动机常见故障检修方法与步骤

(1) 电动机接通电源后不能启动的检修方法与步骤如下:

- ① 查找定子绕组相间短路、接地的部位, 对转子绕组断路部位进行修复;
- ② 查找定子绕组接线是否正确, 如错误应予以纠正;
- ③ 检查电动机负载, 如过重应减轻负载;
- ④ 检查轴承是否有损坏, 如损坏应更换轴承。

(2) 电动机启动后运转声音不正常、温度过热或冒烟的检修方法与步骤如下:

- ① 检查定子绕组是否局部短路或接地;
- ② 检查定子、转子是否相摩擦;
- ③ 检查轴承内润滑脂是否干涸;
- ④ 检查电动机内外风道, 消除杂物及污垢, 使风路畅通。

1.3 电器的拆装、测试及检修实训

1.3.1 交流接触器的拆装、测试及检修实训

1. 实训目的

实训目的如下:

- (1) 熟悉交流接触器的结构;