



普通高等院校“十三五”技能型规划教材

电气控制与PLC

实验实训

刘振方 李国顺 © 主编

国家行政学院出版社

图书在版编目(CIP)数据

普通高等院校“十三五”技能型规划教材

常州大学图书馆藏
PLC应用案例
2018.1

ISBN 978-7-312-03109-8

前言
PLC应用案例
2018.1

常州大学图书馆藏
PLC应用案例
2018.1

电气控制与PLC实验实训

主 编 刘振方 李国顺

副主编 王 璐 梁 杰 杨 晓

常州大学图书馆
藏书章

北京

国家行政学院出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电气控制与 PLC 实验实训/刘振方, 李国顺主编

—北京: 国家行政学院出版社, 2018. 1

ISBN 978-7-5150-2109-6

I. ①电… II. ①刘… ②李… III. ①电气控制—实验②PLC 技术—实验 IV. ①TM571. 2-33②TM571. 6-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 031167 号

电气控制与 PLC 实验实训

刘振方 李国顺 主编

杨逢仪 责任编辑

书 名 电气控制与 PLC 实验实训

DIANQI KONGZHI YU PLC SHIYAN SHIXUN

作 者 刘振方 李国顺

责任编辑 杨逢仪

出版发行 国家行政学院出版社

(北京海淀区长春桥路 6 号 100089)

电 话 (010) 68920640 68929037

编 辑 部 (010) 68928761 68929009

网 址 <http://cbs.nsa.gov.cn>

经 销 新华书店

印 刷 北京合众伟业印刷有限公司

版 次 2018 年 2 月第 1 版

印 次 2018 年 2 月第 1 次印刷

开 本 185 毫米×260 毫米 1/16

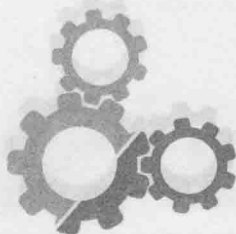
印 张 9

字 数 192 千字

书 号 ISBN 978-7-5150-2109-6

定 价 32.00 元

前言



电气控制与 PLC 是一门知识覆盖面广、涉及内容多、更新发展快的课程,并且与生产和工程应用结合紧密,是学生走向工作岗位直接应用的专业技能知识。为了使 学生尽快熟悉掌握电气控制系统接线的方法和 PLC 控制系统设计的能力,我们编写了此 书以适应当前自动化相关行业技术发展的需求。

本书从职业工程出发、以职业技能为导向、以工作任务为载体的项目教学方式, 优选实践教学设计项目,集实验、实训、实习于一体,集技术应用能力、工程设计能 力和创新能力的培养于一体,能力培养为核心,突出理论与实践的结合。在结构上主 要分为:电气控制实训、PLC 程序实验和 PLC 程序实训设计共计三篇。本书是在学习 电气控制与 PLC 相关理论课程的基础上,可作为课程实践能力提高的实训教材,也可 作为课程设计、毕业综合设计的参考用书。对于教学实践场所,要求能够满足在低压 电气控制柜内对常用低压电器进行整体结构布置、接线和调试等操作过程;另外,还 需要西门子 S7-200 PLC 实验实训等相关的设备与装置,进行 PLC 系统设计与调试等 操作。

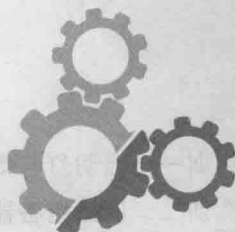
本教材的编写人员具有丰富的工程实践经验,完成过多个电气控制系统和 PLC 控 制系统的设计、安装、调试任务,能够结合职业教育的特点,本着“删繁就简、削支 强干、学用结合”的原则,以学生为主体,强化学生的实践应用能力。

本教材由河北水利电力学院刘振方、李国顺担任主编,河北水利电力学院王璐、 梁杰、中国人民解放军军事科学院杨晓担任副主编。其中李国顺编写第一篇和附录 B 部分,刘振方编写第二篇,王璐编写第三篇的实训一至实训二十部分,杨晓编写第三 篇的实训二十一至实训二十五部分,梁杰编写附录 A、C 和 D 部分。全书由刘振方统 稿。由于编者水平有限,编写时间紧迫,书中难免存在疏漏之处,敬请广大读者批评 指正。

编者

2018 年 1 月

目录



第一篇 电气控制实训

项目一	三相异步电动机电气控制的基础知识	(3)
项目二	三相异步电动机可逆行控制线路	(11)
项目三	三相异步电动机自耦变压器降压启动控制线路	(14)
项目四	三相异步电动机 Y- Δ 降压启动控制线路	(18)
项目五	三相异步电动机变更极对数调速控制线路	(22)
项目六	三相异步电动机单向反接制动控制线路	(26)
项目七	三相异步电动机按时间原则控制的单向能耗制动控制线路	(30)
项目八	三相异步电动机按速度原则控制的单向能耗制动控制线路	(34)
项目九	两台三相异步电动机的顺序启停控制	(37)



第二篇 PLC 程序实验

实验一	编程软件入门练习	(43)
实验二	基本逻辑指令编程练习	(48)
实验三	定时器指令应用实验	(51)
实验四	计数器指令应用实验	(54)
实验五	传送指令应用实验	(57)
实验六	移位与循环移位指令应用实验	(60)
实验七	数据转换指令应用实验	(64)



第三篇 PLC 程序设计实训

实训一	照明灯与信号灯的控制	(69)
实训二	四组抢答器控制	(71)
实训三	交通信号灯模拟控制(一)	(72)
实训四	交通信号灯模拟控制(二)	(74)
实训五	继电接触控制电路的 PLC 改造设计	(76)
实训六	密码锁模拟控制	(78)
实训七	水塔水位模拟控制	(80)
实训八	喷泉模拟控制	(82)
实训九	自动门模拟控制	(83)
实训十	物料传送带模拟控制	(84)
实训十一	舞台灯光模拟控制	(85)
实训十二	液体混合模拟控制	(87)
实训十三	机械手模拟控制	(89)
实训十四	自动配料模拟控制	(91)
实训十五	运料小车模拟控制	(93)
实训十六	饮料自动售货机模拟控制	(95)
实训十七	阀门组多周期原料配比模拟控制	(97)
实训十八	全自动洗衣机模拟控制	(99)
实训十九	大小铁球分选模拟控制	(101)
实训二十	三层电梯模拟控制	(103)
实训二十一	MM440 变频器设置实训	(105)
实训二十二	恒压供水水箱 PID 控制	(107)
实训二十三	三相异步电动机控制实训	(109)
实训二十四	三相鼠笼式异步电动机带延时正反转控制实训	(110)
实训二十五	步进电动机控制小车往返运动实训	(112)
附录 A	电气控制系统图中常用的图形符号、文字符号	(113)
附录 B	常用低压电器的认识	(116)
附录 C	西门子 S7-200 PLC 硬件认识	(133)
附录 D	西门子 S7-200 PLC 编程参考信息	(134)
参考文献		(137)

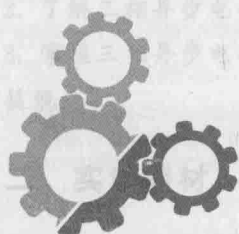


项目一 三相异步电动机电气

控制的基础知识

一、实训目的

1. 掌握三相异步电动机电气控制线路的识图与绘制方法。
2. 了解三相异步电动机电气控制线路的制造工艺要求。
3. 掌握三相异步电动机单向运行控制电路的工作原理、安装方法、调试及故障排除的方法。



第一篇

图 1-1 实训器材(电气控制的基础知识)

电气控制实训

序号	数量
1	1
2 KM	接触器 CJ20-12A/230
3 FU	熔断器 NT10-3
4 SB	热继电器 JRS1-6
5 SS	按钮 LA17/350
6 HL	指示灯 ND1-0740/380
7 M	异步电机 1.5kW, 1400r/min
8	万用表 VC830C
9	万用表 VC830C/50mV

除此之外,还应准备:十字改锥各一把,剥皮钳、剥线钳各一把,1.5mm² BV 铜导线、尼龙扎带、绝缘胶、接线端子及定位片若干等。

三、实训内容

电气控制线路是多种元器件、导线、熔断器、按钮、指示灯等电气元件,按



项目一 三相异步电动机电气控制的基础知识

一、实训目的

- 1. 掌握三相异步电动机电气控制线路图的各种设计方法。
- 2. 了解三相异步电动机电气控制线路的接线工艺要求。
- 3. 掌握三相异步电动机单向运行控制线路的工作原理、接线方法、调试及故障排除的技能。

二、实训器材

本项目所需实训器材见表 1-1。

表 1-1 实训器材(电气控制的基础知识)

序号	符号	名称	型号	数量
1	QS	刀熔开关	HR3-100/3	1
2	KM	接触器	CJX2-1210/380	1
3	FU	熔断器	RT18/2	2
4	FR	热继电器	JRS1-6	1
5	SB	按钮	LA2/380	2
6	XL	指示灯	ND1-2540/380	2
7	M	异步电机	1.5kW, 1 430r/min	1
8	—	万用表	VC890D	1
9	—	兆欧表	ZC25-3/500V	1

除此之外，还有一字、十字改锥各一把，老虎钳、剥线钳各一把，1.5mm² BV 铜导线、尼龙扎带、缠绕管、接线端子及定位片若干等。

三、实训内容

电气控制线路是将各种有触点的继电器、接触器、按钮、指示灯等电器元件，按

一定方式连接起来组成的控制线路。其作用是实现对电力拖动系统的启动、反向、制动和调速等运行性能的控制，同时还要实现对拖动系统的保护，满足生产工艺要求，实现工业生产自动化。

为了表达设备电气控制线路的组成结构、设计意图，方便分析系统工作原理及安装、调试和检修控制系统等技术要求，需要采用统一的工程语言(图形符号和文字符号)即工程图的形式来表达，这种工程图就是电气控制线路图。电气控制线路图一般有三种：电气原理图、电器元件布置图与电气安装接线图。在这里除了讲述常用电气控制线路的绘图规则外，还要了解掌握一些电气安装配线的工艺要求。

(一)原理图设计

电气原理图是根据电气控制线路的工作原理，采用电器元件展开的形式，利用图形符号和项目代号来表示电路各电气元件中导电部件和接线端子的连接关系及工作原理。电气原理图并不按电器元件实际布置来绘制，而是根据它在电路中所起的作用画在不同的部位上，如图 1-1 所示。

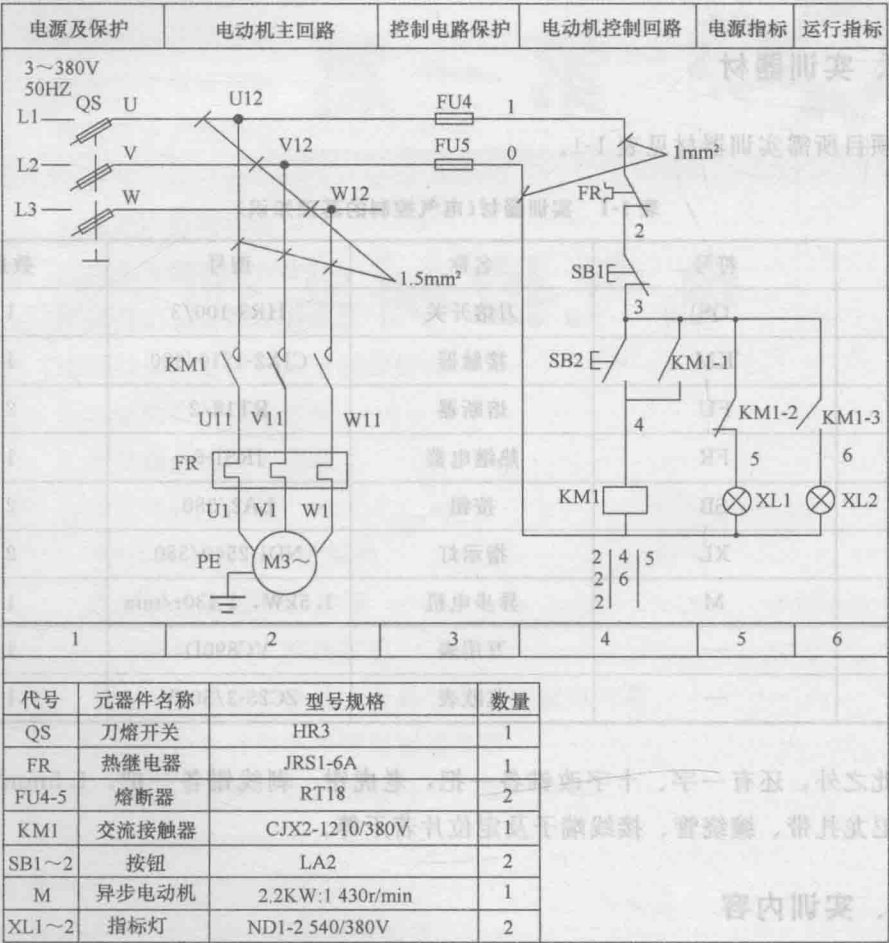


图 1-1 原理例图



绘制电气原理图的原则:

(1) 电器元件的可动部分通常表示在电器非激励或不工作的状态和位置;二进制逻辑元件应是置零时的状态;机械开关应是循环开始前的状态。

(2) 原理图上的动力电路、控制电路、信号电路及其他辅助电路应分开绘出。动力电路是设备的驱动电路,包括从电源到电动机的电路,是强电流通过的部分;控制电路由按钮、接触器、继电器的线圈、各种电器的动合(常开)、动断(常闭)触点组合构成控制逻辑来实现需要的控制功能,是弱电流通过的部分。

(3) 原理图上应标出各个电源电路的电压值、极性或频率及相数;某些元器件的特性(电阻、电容的数值等);不常用电器(位置传感器、手动触点等)的操作方式和功能。

(4) 原理图上各电路的安排应便于分析、维修和寻找故障,原理图应按功能分开画出。

(5) 动力电路的电源电路绘成水平线,受电的动力装置(电动机)及其保护电器支路,应垂直电源电路画出。

(6) 控制和信号电路应垂直地绘在两条或几条水平电源线之间。

(7) 为阅图方便,图中自左至右或自上而下表示操作顺序,并尽可能减少线条和避免线条交叉。

(8) 原理图上方将图分成若干图区,并标明该区电路的用途与作用;在继电器、接触器线圈下方列有触点表以说明线圈和触点的从属关系,即在原理图中相应线圈的下方,给出触点的图形符号,并在其下面注明相应触点的索引代号,对未使用的触点用“×”表明,有时也可采用上述省去触点的表示法。

(9) 在原理图中,导线的连接点均用小圆圈或黑圆点表示。为了便于施工和分析线路,原理图中各电气元件之间连接都标有编号,标号方法按“等电位”的原则进行,即在回路中加在一点上的所有导线必须标以相同的回路符号。

(二) 电气安装接线图设计

电气安装图是用来指示电气控制线路中各电器元件的实际安装位置和接线情况的。它包括电器位置图和安装接线图两个部分。

1. 电器位置图

电器位置图是用来详细表明电气原理图中各电气设备、元器件的实际安装位置,可视电气控制线路复杂程度采取集中绘制或单独绘制。图中各电器代号应与有关电路图和电器清单上所有元器件代号相同。电器的安装布置必须符合安全可靠及便于接线的要求,在安装固定之前应充分熟悉该元件的结构性能,必要时先做特性测试。

电器设备、元器件的布置应注意以下几方面:

(1) 体积大和较重的电器设备、元器件应安装在电器安装板的下方,而发热元器件应安装在电器安装板的上面。

(2) 强电、弱电应分开,弱电应加屏蔽,以防止外界干扰。



(3)需要经常维护、检修、调整的电器元件安装位置不宜过高或过低。

(4)电器元件的布置应考虑整齐、美观、对称。外形尺寸与结构类似的电器安装在

一起，以利于安装和配线。

(5)电器元件布置不宜过密，应留有一定间距。如用走线槽，应加大各排电器间

距，以利于布线和故障维修。

2. 安装接线图

安装接线图用来表明电气设备或装置之间的接线关系，清楚地表明电气设备外部

元件的相对位置及它们之间的电气连接，是实际安装布线的依据，如图 1-2 所示。安装

接线图主要用于电器的安装接线、线路检查、线路维修和故障处理，通常接线图与电

气原理图和元件布置图一起使用。

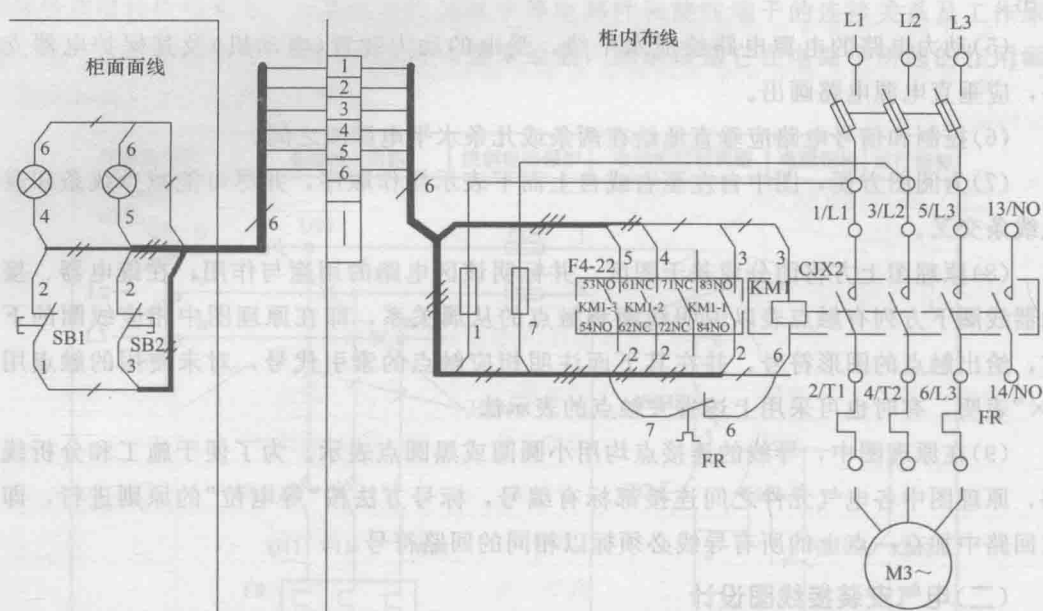


图 1-2 安装接线例图

电气接线图的绘制原则是：

(1)各电气元件均按实际安装位置绘出，元件所占图面按实际尺寸以统一比例绘

制，尽可能符合电器的实际情况。

(2)一个元件中所有的带电部件均画在一起，并用点画线框起来，即采用集中表

示法。

(3)各电气元件的图形符号和文字符号必须与电气原理图一致，并符合国家标准。

(4)各电气元件上凡是需接线的部件端子都应绘出，并予以编号，各接线端子的编

号必须与电气原理图上的导线编号相一致。

(5)绘制安装接线图时，走向相同的相邻导线可以绘成一股线。



在安装接线图中,分支导线应在各电气元件接线端上接出且每一个接线端上最多允许接出两根导线。

(三)配线的工艺要求

1. 安全距离

(1)二次回路中不同电位的两个裸露导电部件之间的电气间隙不小于4mm,爬电距离不小于6mm。

(2)主回路中不同电位的两个裸露导电部件之间的电气间隙不小于6mm,爬电距离不小于10mm。

2. 导线放线

(1)导线放线应选择最佳的配线途径,两端子间的连接导线应尽可能短。

(2)量取导线两接点间的长度应留有100mm~150mm余量,以便接线时留出导线弧长。

(3)剪线应采用专用剪线钳,剪刀与导线成90°,断口平直整齐,线芯没有钝头和弯曲。

(4)在导线两端按原理图中所在回路的标号进行明确的标注,套上标号套管,为不使套管脱落,应在导线两终端折弯。

3. 导线敷设

(1)敷设导线应横平竖直、清晰、整齐、美观,不允许走之字形,保证每一个端子最多接有2根导线,柜门电器与柜内电器互连时,必须经过端子排。

(2)敷设导线应避开发热元件,遇到发热元件时,应在其下方布置,距离不小于50mm。

(3)导线不能直接贴于裸露导电部件上,导线与裸露带电体之间距离不小于100mm;也不能直接在带有尖角的金属边缘上敷设,如遇金属穿孔时,须在穿线孔上加嵌橡皮圈等绝缘衬套。

(4)应避免二次导线从主电路中间穿过,也不允许从隔板、立柱等安装孔中穿过。

(5)导线不可悬空布置,不能承受外在的机械应力,要有适当固定,固定距离从距离起始弯曲10mm处开始,固定间距为水平150mm,垂直200mm;固定方式有扎带、绝缘线夹、粘式定位片等。

(6)导线敷设过程中,多根导线并行时,应一边敷设一边使用插销式扎带或卷式结束带带进行包扎,根据元件位置,依次分出所连接的导线,分支处应无鼓包现象。

(7)在柜门或柜体走线时,要用粘贴式定位片配合扎带进行固定;横梁走线时,要将导线用扎带与横梁绑扎固定。

(8)主电路接线及保护地线统一采用 1.5mm^2 的单股导线,控制电路、信号电路及其他辅助电路统一用 1mm^2 的导线进行配线。



4. 导线的包扎

导线的包扎方式通常有两种,插销式扎带和卷式结束保护带。插销式扎带适用于仪表门等不易受到损伤的设备配线;卷式结束保护带适用于配电设备内部及易于受到机械或电气损伤的设备配线。

捆扎导线时,对于 1.5mm^2 线束,一般导线数量不超过 30 根,最大不超过 50 根。导线敷设过程中,应一边敷设一边包扎,根据元件位置,依次分出所连接的导线,分支处应无鼓包现象。

(1)插销式扎带捆扎要求:导线应理顺平直,清晰分明;捆扎于内的导线不得交叉、损伤、扭结和有接点,导线束的扎带间距为 $50\text{mm}\sim 60\text{mm}$,如图 1-3 所示。

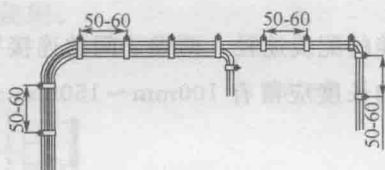


图 1-3 扎带束线示意图

剪去过长扎带并与扎带头基本平齐,扎带头方向一致,尽可能隐藏或朝向外侧。导线束的弯曲处或分支导线的折弯处,应在紧靠弯曲的直线段分别用扎带扎住,如图 1-4 所示。

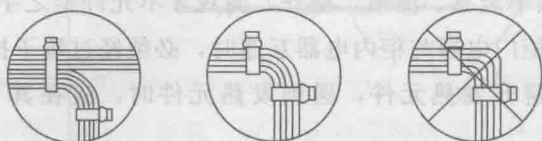


图 1-4 弯曲处扎带束线示意图

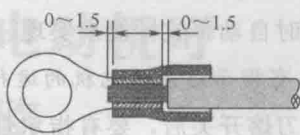
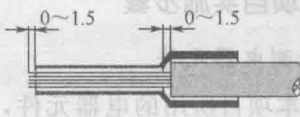
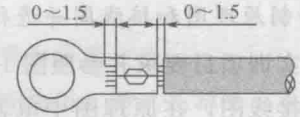
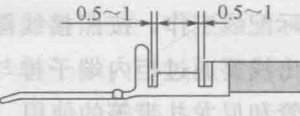
(2)卷式结束保护带包扎要求:包扎于内的导线不得交叉、损伤、扭结和有接点。卷式结束保护带包扎的集中线束、分支线束,在单根导线分出与接线端子接线前均应进行包扎。缠绕应紧密不松散,缠绕带环与环相连,相邻两带间距不应大于 3mm 。应尽量采用整根缠绕带,也可用多根,但线束弯曲圆弧上不允许有断带搭接。

5. 导线与电器连接

连接导线的端部剥出的长度以接好线后不外露芯线为好。与按钮、指示灯及电动机、变压器等相应端子连接时,要使用接线端头(将导线穿入线端头后,先用锡焊焊牢,然后再用老虎钳夹紧穿孔锡焊处),与接触器、中间继电器、热继电器、时间继电器及熔断器等相应端子连接时,可以直接剥线(剥出 10mm 长度左右)连接即可。导线与端头的配合要求见表 1-2。



表 1-2 导线与接线端头配合表

(1)预绝缘端头与导线冷压接后的尺寸	
(2)管型预绝缘端头与导线冷压接后的尺寸	
(3)裸端头与导线冷压接后的尺寸	
(4)触针式端头与导线冷压接后的尺寸	

另外，接线处牢固可靠不允许有松动现象，导致接触电阻过大，影响传动性能。门上的接地处要加“抓垫”，防止因为油漆的问题而接触不好，而且连接线应尽量短。不允许有飞线、断线及导线拼接等现象出现。

6. 其他注意事项

绝缘测试是传动试验前必要的安全检查措施，要求采用 500V 兆欧表，各测点绝缘电阻均不得小于 $0.5\text{M}\Omega$ ，应分别测试各相对地、相间及控制回路对地绝缘电阻。传动试验一定要确保无误的情况下进行，操作人员操作要果断，一旦发现异常现象要立即拉闸断电，检查与排除故障要在停电状态下进行。

四、项目练习

下面将以一台三相异步电动机单向运行控制线路为例，并结合图 1-1 例图及图 1-2 例图，讲解电气控制线路图的实施方案。

(一)电气控制要求

1. 实现单台电动机的启动、自锁及停止功能

按下启动按钮后电机能够正常启动并自锁保持稳定运行，按下停止按钮后电机停转，电路恢复为启动前状态。



2. 实现电动机电路保护功能

实现电动机过载保护、主电路和辅助电路的短路保护功能，欠压保护功能依靠接触器欠压时自动释放性能来实现。

3. 要有指示灯显示电机的运行状态

合上刀熔开关后，要有指示灯显示上电合闸状态，电机启动后要有指示灯显示电机处于运行状态，并且运行指示后上电指示灯应熄灭。

(二)项目实施步骤

1. 检测电器元件

熟悉本项目所用的电器元件，使用万用表检测其好坏。比如，触点是否正常开断或闭合，线圈有无断线，熔断器是否完好，热继电器触点是否复位等。

2. 绘制原理图和接线图并进行项目配线

按照实训项目要求并参照图 1-1 原理例图及图 1-2 安装接线例图，绘制完整的项目原理图及接线图，在原理图中电器元件的结点处按顺序编号，并绘制出安装接线图，待辅导教师检查基本无误后进行项目配线，配线过程应当依照上述相关工艺要求完成电路的实际配线工作，按照接线图做到从上到下、从左到右完成接线。注意柜面上的电器端子出线要通过柜内端子排与柜内元件的相应端子互连，不能飞线。应注意定位片、缠绕管和尼龙扎带等的使用，布线要合乎工艺要求，干净美观。

3. 检查电路，通电调试

(1)断电检查。万用表置于蜂鸣档，两表笔放在控制电路的两个熔断器下端出线侧，按下启动按钮或强行按下启动接触器的衔铁，万用表反映出的应是启动接触器的阻抗，若无反应那么应视为电路不通，若蜂鸣器响说明控制回路短路，这些情况都需要重新检查电路并进行修改。

(2)初步检查电路无误后，必须在辅导教师监督的情况下，接上主电源插头，并由指导教师负责将刀熔开关合上，观察上电指示灯是否点亮。然后按动启动按钮，观察接触器是否吸合，指示灯是否正常点亮，电机是否正常启动。

(3)故障排除。若在通电调试期间出现诸如短路或漏电跳闸、断线、电机不运行、指示灯不亮等问题，必须将刀熔开关断开，主电源插头应拔出，一定要在断电的情况下进行修改。记录每次实训过程中发生的故障现象，分析产生的原因和解决措施。

五、实训报告

1. 简述本实训项目的目的、器材、要求和内容步骤，以故障现象、原因和解决措施。

2. 绘制项目的完整原理图和安装接线图。

3. 报告内容要求使用黑色水笔书写，电路图要求使用铅笔尺子作图。



项目二 三相异步电动机可 逆行控制线路

一、实训目的

1. 通过对异步电动机正反转控制电路的安装接线,进一步掌握由电气原理图接成实际电路的方法。
2. 了解电气互锁、按钮互锁在正反转电路中的作用和实现方法。
3. 掌握常用的配线工艺要求,能够对所接电路进行检测、调试及排除电气故障。

二、实训器材

本项目所需实训器材见表 1-3。

表 1-3 实训器材(可逆行控制线路)

序号	符号	名称	型号	数量
1	QS	刀熔开关	HR3-100/3	1
2	KM	接触器	CJX2-1210/380	2
3	FU	熔断器	RT18/2	2
4	FR	热继电器	JRS1-6	1
5	SB	按钮	LA2/380	3
6	XL	指示灯	ND1-2540/380	3
7	M	异步电机	1.5kW, 1 430r/min	1
8	—	万用表	VC890D	1
9	—	兆欧表	ZC25-3/500V	1

除此之外,还有一字、十字改锥各一把,老虎钳、剥线钳各一把,1.5mm² BV 铜导线、尼龙扎带、缠绕管、接线端子及定位片若干等。