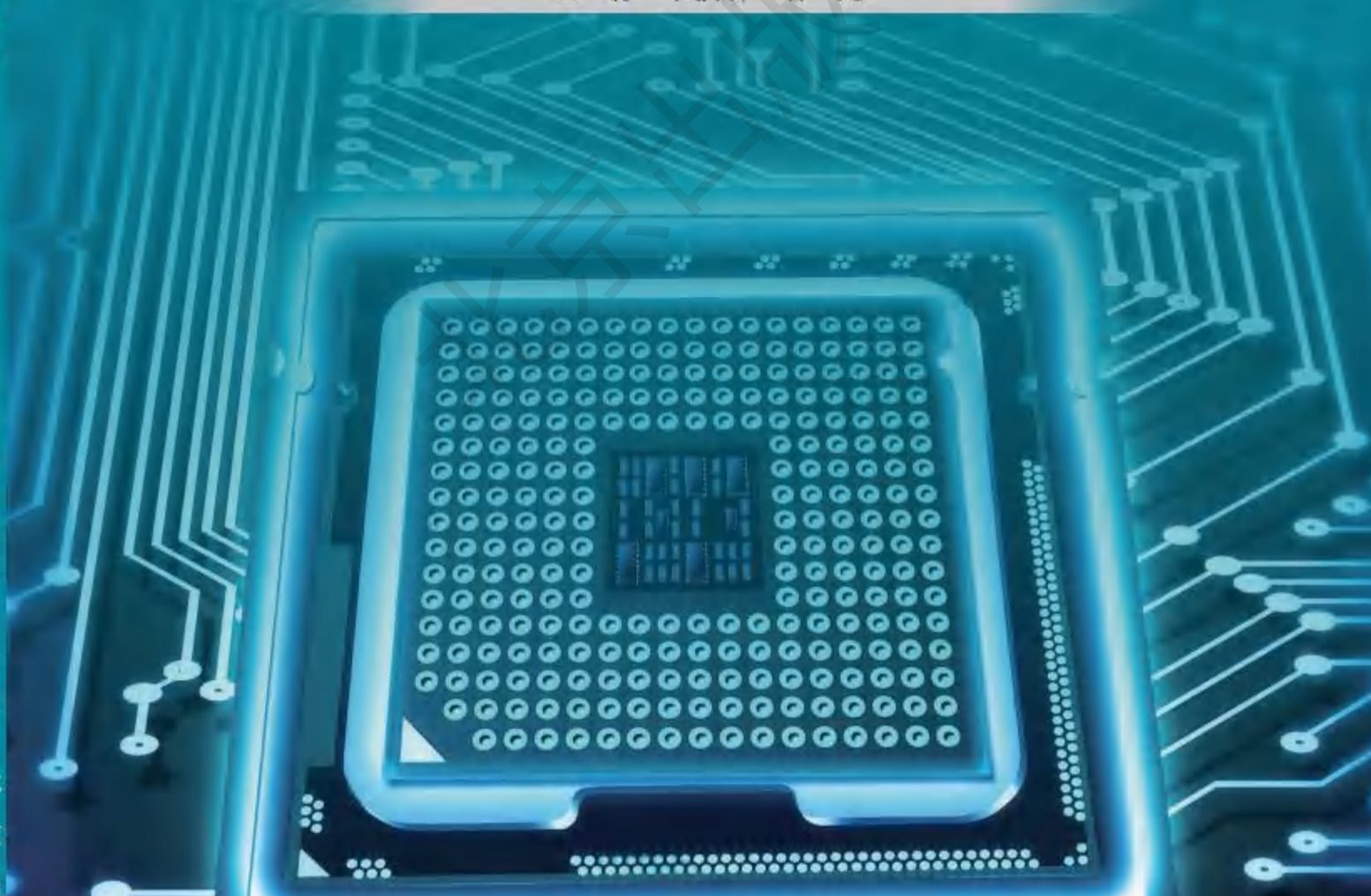
“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

机电设备安装与维修专业

设备电气控制技术

主 编 毕筱妍 林 光



北 京 出 版 社
山东科学技术出版社

设备电气控制技术
主 编 毕筱妍 林 光
北京出版社
山东科学技术出版社

图书在版编目（CIP）数据

设备电气控制技术 / 毕筱妍，林光主编 . —济南 : 山东科学技术出版社，2015.7

“十二五”职业教育国家规划教材 . 机电设备安装与维修专业

ISBN 978-7-5331-7802-4

Ⅰ . ①设… Ⅱ . ①毕… ②林… Ⅲ . ①机械设备—电气控制—中等专业学校—教材 Ⅳ . ① TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 136162 号

山东出版社

设备电气控制技术

总主编　韩鸿鸾　李常峰

主　编　毕筱妍　林　光

主管单位：北京出版集团有限责任公司
山东出版传媒股份有限公司

出 版 者：北京出版集团公司　北京出版社
山东科学技术出版社
地址：济南市玉函路16号
邮编：250002　电话：（0531）82098088
网址：www.lkj.com.cn
电子邮件：sdkj@ sdpress.com.cn

发 行 者：北京出版集团公司
地址：北京北三环中路6号
邮编：100120　电话：（010）58572393

印 刷 者：北京市通县华龙印刷厂

开本：787mm×1092mm　1/16
印张：12
版次：2015年7月第1版　2015年11月第2次印刷

ISBN 978-7-5331-7802-4

定价：26.00元

目 录

CONTENTS

第一单元　三相异步电动机直接启动控制线路 …… 1

任务 1　点动控制线路的原理、安装与调试 …… 2
任务 2　接触器自锁正转控制线路的原理、安装与调试 …… 21
任务 3　接触器联锁正、反转控制线路的原理、安装与调试 …… 36
任务 4　自动往返控制线路的原理、安装与调试 …… 44
任务 5　顺序控制线路的原理、安装与调试 …… 55

第二单元　三相异步电动机降压启动控制线路 …… 66

任务 1　定子绕组串接电阻降压启动控制线路的原理、安装与调试 …… 67
任务 2　Y－△降压启动控制线路的原理、安装与调试 …… 78

第三单元　三相异步电动机调速控制线路 …… 89

任务 1　鼠笼式异步电动机调速控制线路的原理、安装与调试 …… 90
任务 2　绕线式异步电动机调速控制线路的原理、安装与调试 …… 99

第四单元　三相异步电动机制动控制线路 …… 112

任务 1　反接制动控制线路的原理、安装与调试 …… 113
任务 2　能耗制动控制线路的原理、安装与调试 …… 121

第五单元　直流电动机基本控制线路 …… 133

任务 1　并励直流电动机基本控制线路的原理、安装与调试 …… 134
任务 2　串励直流电动机基本控制线路的原理、安装与调试 …… 143

第六单元　常用生产机械电气控制线路及其安装、调试与维修 …… 151

任务 1　CA6140 车床电气控制线路的安装、调试与维修 …… 152
任务 2　X62W 万能铣床电气控制线路的安装、调试与维修 …… 163

附录　职业技能鉴定评分标准 …… 179

综合测试参考答案 …… 182

参考文献 …… 183

第一单元　三相异步电动机直接启动控制线路

单元概述

使电动机在额定电压下进行启动的控制方式称为直接启动控制，也称全压启动。

直接启动的优点是所需电气设备少，线路简单，维修量较小。在中、小容量电动机控制线路中得到广泛应用。

根据设备实际需要，电动机的直接启动控制方式有多种。本单元中，我们将进行电动机直接启动控制线路的原理分析、线路安装及线路故障检修。

单元内容基本结构

任务 1	点动控制线路的原理、安装与调试
任务 2	接触器自锁正转控制线路的原理、安装与调试
任务 3	接触器联锁正、反转控制线路的原理、安装与调试
任务 4	自动往返控制线路的原理、安装与调试
任务 5	顺序控制线路的原理、安装与调试

任务 1　点动控制线路的原理、安装与调试

任务概述

这是我们进行机床设备电气控制安装调试的第一个学习任务，本任务将带领我们进入一个全新的学习领域。

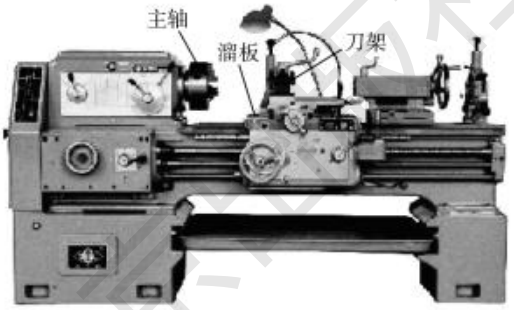


图 1－1　CA6140 车床外形图

CA6140 车床刀架快速移动是通过三相异步电动机的单方向运转来拖动进行运动的，要求：按下启动按钮，电动机便启动运转；松开启动按钮，电动机便停止运转。

试在读懂控制线路原理的基础上，进行 CA6140 刀架快速移动电动机控制线路的安装与调试。

任务目标

- 了解电气控制线路原理图、元件布置图、控制线路接线图的绘制原则
- 能看懂简单的电动机控制线路原理图
- 会根据所需电气元件和控制要求绘制元件布置图、线路接线图
- 能进行点动控制线路的安装、调试和故障检修

任务分析

在实际生产中，所需生产机械的控制线路可能比较简单，也可能相当复杂，但任何机

床的控制都是由一些基本控制线路按照机床控制要求组合起来的。

电动机常见的基本控制线路有:点动控制线路、单向运转控制线路、正反转控制线路、自动往返控制线路、顺序控制线路、多地控制线路、降压启动控制线路、调速控制线路和制动控制线路等。在以后的学习任务中,我们将逐步学习这些基本控制线路。

根据 CA6140 车床刀架电动机控制要求,我们考虑采用电动机的点动控制方式。

基本控制线路是由各种低压电器按照一定的控制要求连接而成。CA6140 车床刀架快速移动所需电动机功率比较小,可以采用断路器、熔断器、按钮、中间继电器等低压电器组成控制线路。我们要先了解这些电器的作用、原理和选用原则;在此基础上,组成点动控制线路,进行安装、调试和故障检修。

知识点

点动控制	按下启动按钮,电动机便启动运行;松开启动按钮,电动机就停止运行的控制方式,称为点动控制。
低压电器	通常我们把工作在交流 1 200 V 及以下、直流 1 500 V 及以下的电器称为低压电器。
主令电器	主令电器用来切换控制电路,发出指令使电路接通或分断,实现对电力拖动系统的各种控制。常用的主令电器有按钮、位置开关等。

任务实施

一、任务准备

1. 准备任务实施所需电器、工具与仪表

(1)低压电器、导线、配电板等供学生动手操作;

(2)螺丝刀、尖嘴钳、万用表等电工常用工具;

(3)工作服、安全帽、绝缘鞋等劳保用品,学生每人一套;

(4)电工手册等参考资料;

(5)所需电气元件明细表见表 1 - 1(型号、规格自定)。

表 1 - 1　　元件明细表

名称	交流电动机	电源开关	熔断器	继电器	按钮	端子板	导线
数量/每套	1	1	5	1	1	1	若干

2. 检查任务实施所需电器质量

(1)根据电动机的规格检验选配的断路器、熔断器、继电器、导线的型号及规格是否满足要求。

(2)检查电气元件的外观是否有损伤,附件、备件是否齐全完好。电磁机构动作是否灵活,有无衔铁卡阻等不正常现象。用万用表检查电磁线圈的通断情况以及各触点的分

合情况。

(3)检查继电器线圈额定电压与电源电压是否一致。

(4)对电动机的质量进行常规检查。

二、任务实施

点动控制线路的识读与安装

1. 识读电动机点动控制线路原理图

电动机点动控制线路原理图如图 1－2 所示。

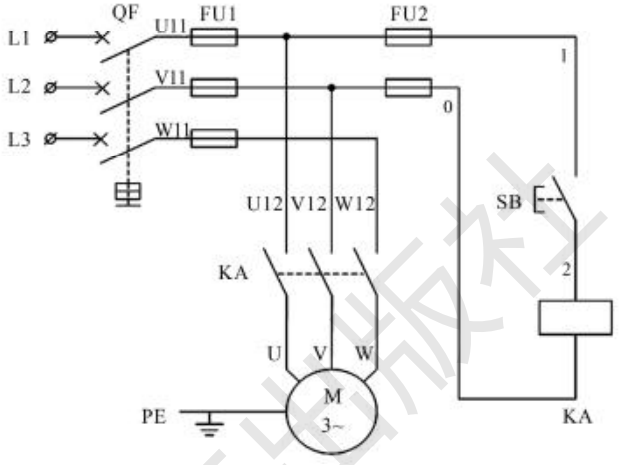


图 1－2　点动控制线路图

为了简单明了分析各种控制线路,常用文字符号和箭头配以少量文字说明来表达线路的工作原理。如电动机点动正转控制线路的工作原理可叙述如下:

先合上电源开关 QF。

启动:

按下 SB → KA 线圈得电 → KA 常开触点闭合 → 电动机 M 启动运转。

停止:

松开 SB → KA 线圈失电 → KA 常开触点分断 → 电动机 M 失电停转。

停止使用时,断开电源开关 QF。

提示

控制线路工作原理叙述中,“→”符号是表示前一个动作能引起后面的一个必然动作结果,不可以随便使用。

2. 绘制点动控制线路元件布置图和线路接线图

以学习小组为单位(2～4 人为宜),按照点动控制线路原理图,参照相关知识,合理安排电气元件,绘制电动机点动控制线路元件布置图和线路接线图。

北京出版社

3. 安装电气元件

在控制板上按元件布置图安装电气元件，并贴上醒目的文字符号。工艺要求如下：

(1)自动空气开关、熔断器的受电端子应安装在控制板的外侧，并使熔断器的受电端为底座的中心端。

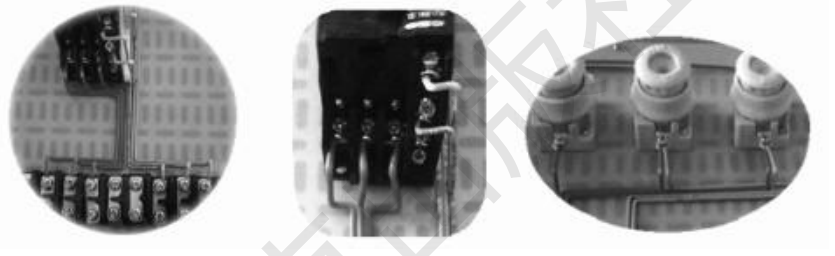
(2)各元件的安装位置应整齐、匀称，间距合理，便于元件的更换。安装行线槽时，应做到横平竖直、排列整齐匀称、安装牢固和便于走线等。

(3)紧固元件时，要用力均匀，紧固程度适当。在紧固熔断器、继电器等易碎裂元件时，应用手按住元件，一边轻轻摇动，一边用旋具轮换旋紧对角线上的螺钉，直到手摇不动后再适当旋紧些即可。

4. 点动控制线路的安装

(1)按接线图的走线方法进行板前明线配线和套编码套管。板前明线配线的工艺要求是：

①配线通道尽可能少，同路并行导线按主、控电路分类集中，单层密排，紧贴安装面板配线，如图 1-3(a)所示。



(a)　　(b)　　(c)

图 1-3　配线要求示意图

②同一平面的导线应高低一致或前后一致，不能交叉。非交叉不可时，该根导线应在接线端子引出时就水平架空跨越，但必须走线合理，如图 1-3(b)所示。

③配线应横平竖直，分布均匀。变换走向时应垂直，如图 1-3(c)所示。

④配线时严禁损伤线芯和导线绝缘。

⑤配线顺序一般以继电器为中心，由里向外，由低向高，先控制电路，后主电路进行，以不妨碍后续配线为原则。

⑥在每根剥去绝缘层导线的两端套上编码套管。所有从一个接线端子(或接线桩)到另一个接线端子(或接线桩)的导线必须连续，中间无接头。

⑦导线与接线端子或接线桩连接时，不得压绝缘层、不反圈、露铜不大于 1 mm。

⑧同一元件、同一回路的不同接点的导线间距应保持一致。

⑨一个电气元件接线端子上的连接导线不得多于两根，每节接线端子板上的连接导线一般只允许连接一根。

(2)安装电动机，连接电动机和按钮金属外壳的保护接地线，连接电源、电动机等控制板外部的导线。安装结束后，将安装工具归位并清理安装场地。

5. 自检

安装完毕的控制线路板，必须经过认真检查后，才允许通电试车，以防止错接、漏接，造成不能正常运转或短路事故。

(1)按电路图从电源端开始，逐段核对接线及接线端子处线号是否正确，有无漏接、错接之处。检查导线接点是否符合要求，压接是否牢固。接触应良好，以免带负载运行时产生闪弧现象。

(2)用万用表检查控制电路的通断情况(可断开主电路)。检查时，应选用倍率适当的电阻挡，并进行校零，以防短路故障的发生。可将表笔分别搭在 U11、V11 线端上，读数应为“∞”。按下 SB 时，读数应为继电器线圈的直流电阻值。

(3)断开控制电路，检查主电路有无开路或短路现象。检查时，可将万用表电阻挡打至“R×1”挡，将表棒分别搭在 U11、V11、W11 线端上，分别测出每两相之间的电阻值，在 KA 未动作时，所测电阻值应为“∞”；用手动来模拟继电器通电进行检查，每两相之间的电阻值应为电动机绕组的阻值。

(4)用兆欧表检查线路的绝缘电阻，应不得小于 1 MΩ。

6. 交验

学生自检完毕后，必须交指导老师检查，由指导教师对同学们安装配盘的方法、步骤等情况进行总结，明确指出所做盘中出现的问题及改进的方向，并按职业资格技能鉴定评分标准相关项目进行评价考核。

确认无安全隐患后，才能允许通电试车。

7. 通电试车

为保证人身安全，在通电试车时，要认真执行安全操作规程的规定，一人监护，一人操作。

试车前应检查与通电试车有关的电气设备是否有不安全的因素存在，如配电盘上是否有安装工具、有无乱搭的导线、盘面是否整洁等，若查出应立即整改，然后方能试车。指导教师必须在现场监护。

(1)合上电源开关 QF 后，用测电笔检查熔断器出线端，氖管亮说明电源接通。按下 SB，观察继电器 KA 是否吸合、元件动作是否灵活、有无卡阻及噪音过大等现象；观察电动机运行是否正常、是否有噪声等。

试车过程中，若有异常现象应马上停车，不得让继电器和电动机带故障运行，不得对线路接线是否正确进行带电检查。

(2)出现故障后，学生应独立进行检修。若需带电进行检查时，教师必须在现场监护。检修完毕后，如需再试车，也应有教师监护，并做好时间记录。

(3)通电试车完毕后，切断电源开关 QF。先拆除三相电源线，再拆除电动机线。

(4)训练应在规定定额时间内完成，通电试车成功率以通电后第一次按下按钮时计算。训练结束后，安装的控制板留用。

北京出版社

点动控制线路的故障分析、检查及处理方法

1. 故障现象描述

加工车间某工人，在加工结束后需要快速退回刀架，可按下 CA6140 车床刀架快速移动电动机启动按钮后，刀架不移动。

2. 故障分析与检修

刀架是由刀架移动电动机带动，刀架不移动，不排除机械连接部分的故障，但绝大多数情况下是电动机故障，本书只分析电气控制方面的故障。刀架不移动，一般是由于刀架电动机未启动，可按下述步骤进行分析与检修：

（1）通电试车并确定故障范围。

合上电源开关 QF，按下启动按钮 SB
- →若 KA 未得电动作，说明控制电路有故障。
- →若 KA 得电动作，但电动机不转，说明主电路有故障。

（2）检查并修复故障点。

①控制电路故障分析与检修：对于控制电路的故障，要首先确定控制电路是否有电。方法是：在合上 QF 的情况下，将万用表打至“交流电压 500 V”挡，测量熔断器 FU2 下端，即图 1－4 中 0－1 两点间的电压。

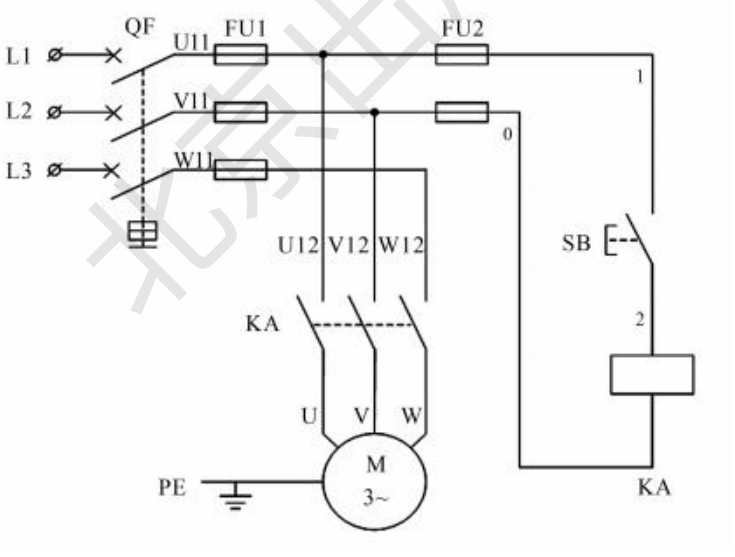


图 1－4　刀架快速移动电动机故障分析示例图

若 0－1 两点间没有电压，则将万用表的表笔移至熔断器 FU2 上端、U11\V11 端，依次向电源方向测量，直至测出电路断开点。比如 FU2 下端没有电压或很小，FU2 上端有电压为 380 V，则表明熔断器 FU2 断路或接触不良，可根据情况进行更换或调整。

若 0－1 两点间电压为 380 V，则说明电源电压正常，控制电路有断路点，则可用电压分段测量法或电阻分段测量法排查控制电路的断路点。

电压分段测量法

将万用表的转换开关置于“交流电压500 V”挡位上，然后按如下方法进行测量。

一人按下启动按钮SB，另一人可用万用表的红、黑两根表笔逐段测量如图1－5所示相邻接线点1－1(1号线的两端)、1－2(按钮两端)、2－2(2号线的两端)、2－0(线圈两端)、0－0(0号线的两端)之间的电压，如果测得某两点间电压值为380 V，即说明该两点间接触不良或导线断路，可根据情况连接断开点或更换元器件，见表1－2。

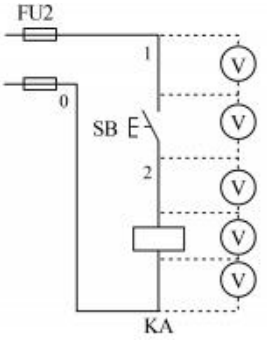


图1－5　电压分段测量法

表1－2　　电压分段测量法所测电压值及故障点

故障现象	测试状态	测量点	电压值	故障点
按下SB时，KA不吸合	按下SB不放	1－1	380 V	1号线断路
		1－2	380 V	SB常开触点接触不良
		2－2	380 V	2号线断路
		2－0	380 V	KA线圈断路
		0－0	380 V	0号线断路

如测得1－1点之间电压为380 V，说明1号线断路，则断开电源，根据具体情况进行修复或更换。

电阻分段测量法

测量检查时，首先切断电源，然后把万用表的转换开关置于倍率适当的电阻挡(测量导线和触点的通断时，用“R×1”挡；测量线圈的通断时，用“R×100”挡)，由一人按下SB，另一人逐段测量如图1－6所示相邻接线点1－1、1－2、2－2、2－0、0－0之间的电阻。如果测得某两点间电阻值很大(∞)，即说明该两点间接触不良或导线断路，可根据情况连接断开点或更换元器件，见表1－3。

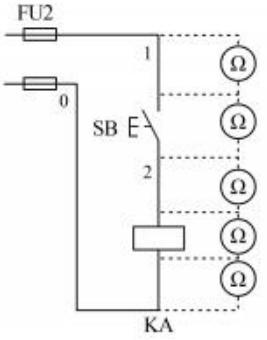


图1－6　电阻分段测量法

表1－3　　电阻分段测量法所测电阻值及故障点

故障现象	测试状态	测量点	电阻值	故障点
按下SB时，KA不吸合	按下SB不放	1－1	∞	1号线断路
		1－2	∞	SB常开触点接触不良
		2－2	∞	2号线断路
		2－0	∞	KA线圈断路
		0－0	∞	0号线断路

如测得1－1点之间电阻为∞，说明1号线断路，可根据具体情况进行修复或更换。

北京出版社

安全提示

在进行检修时，必须穿戴好工作服、绝缘鞋等劳保用品：

(1)在检修技能掌握不熟练的情况下，建议不要采用电压分段测量法。

(2)采用电阻分段测量法进行故障检修应注意以下几点：

①用电阻测量法检查故障时，一定要先切断电源。

②所测量电路若与其他电路并联，须将该电路与其他电路断开，否则所测电阻值不准确。

③测量高电阻电气元件时，要将万用表的电阻挡转换到适当挡位。

(3)查找到故障点，要断开电源进行检修。进行导线更换时，一定要认真仔细，确保更换的导线两端是同一线号，否则会产生新的故障。

②主电路故障分析与检修：在 KA 能够正常吸合动作，而电动机不启动运转的情况下，就可以断定故障出在主电路或电源电路。按照下述方法进行检修：在合上电源开关 QF 的情况下，将万用表打至“交流电压 500 V”挡位，分别测量 KA 触点上端的 U12、V12、W12 每两相之间的电压，如图 1－7 所示。

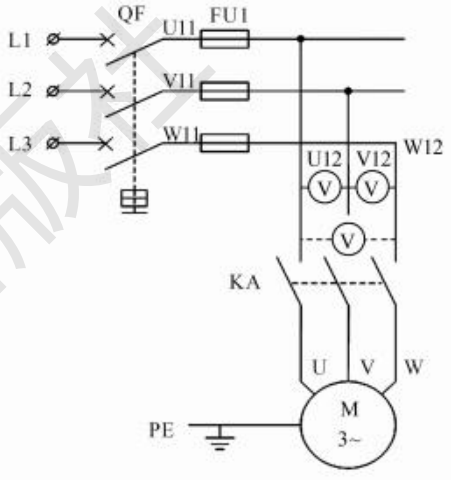


图 1－7　主电路故障分析示例图

若三相电压不平衡，则可根据测量数据判断故障支路。如 U_{UV} = 380 V、U_{VW}、U_{WU} 均很小或为零，则可判断故障出在 W 相，可在 W 相从 KA 触点上端向电源端查找断路点并修复即可。

若电压均为 380 V，说明故障在该测量点下端，则分别检查 KA 的三个触点接触情况及触点至 U、V、W 三个端点的连接情况，发现断路点后，断开电源并进行修复。

3. 学生检修

以小组为单位，将点动控制线路设置隐蔽故障(1－2)处，按照图 1－8 所述步骤进行故障检修。

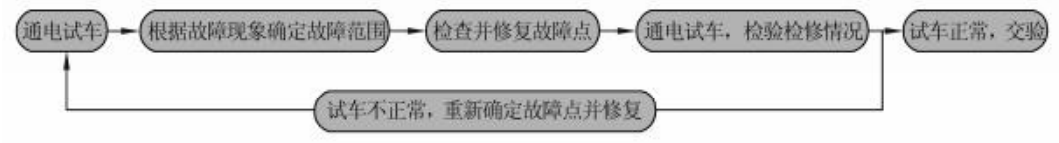


图 1－8　故障分析与检修步骤

提示

在动手操作过程中，必须保证方法正确、人身安全：

1. 要认真听取和仔细观察指导教师在示范过程中的讲解和检修操作。
2. 在排除故障过程中，故障分析的思路和方法要正确，工具和仪表使用要正确。
3. 设置故障时，可以把电路中某点断开，但不得改动线路，不允许设置短路故障。
4. 再次强调，带电检修故障时，必须有指导教师在现场监护，并要确保用电安全。
5. 做好维修记录，积累维修经验。

三、任务检测

学生完成学习任务后，指导教师可参考“附录　职业技能鉴定评分标准”，对学生所配电盘和故障检修情况进行综合评价打分，要明确指出学生在完成学习任务过程中出现的问题，以便学生在今后的学习过程中不断改进，继续进步。

任务评价

表 1－4　　任务评价表

评价项目	评价要素
元件质量检查	电气元件是否有漏检或错检
元件安装	是否按布置图安装元件；元件安装是否牢固、整齐；是否损坏元器件
控制线路安装	是否按电路图接线；主、控电路配线是否符合要求；是否损伤导线绝缘或线芯；接点是否有松动、露铜过长、反圈等现象
通电试车	通电试车成功率等
故障检修	检修思路是否正确；停电是否验电、工具及仪表使用是否得当；排除故障的顺序是否正确；能否查出故障点；有否产生新的故障；是否损坏电气元件
安全文明生产	任务实施过程中是否有违反安全文明生产规定现象

相关知识

一、认识相关低压电器

1. 低压断路器

低压断路器又叫自动空气开关或自动空气断路器，简称断路器，是低压配电网络和电力拖动系统中常用的一种配电电器，集控制和多种保护功能于一体，在正常情况下可用于不频繁地接通和断开电路以及控制电动机的运行。当电路发生短路、过载和欠压等故障时，能自动切断故障电路，保护供电线路和电气设备。

低压断路器具有操作安全、安装使用方便、工作可靠、动作值可调、分断能力较强、兼

北京出版社

顾多种保护、动作后不需要更换元件等优点，因此得到广泛应用。

低压断路器按结构可分为塑壳式（又称装置式）、框架式（又称万能式）、限流式、直流快速式、灭磁式（用于励磁回路，作为灭磁和过压保护用）、真空式和漏电保护式等。部分常见低压断路器外形如图 1－9 所示。

图 1－9　常见低压断路器外形图

电力拖动系统中常用的低压断路器是 DZ 系列塑壳式断路器，下面以 DZ5－20 型断路器为例介绍低压断路器。

（1）低压断路器的型号及含义（图 1－10）

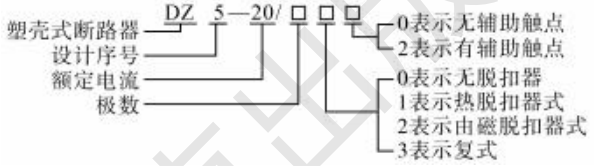


图 1－10　低压断路器的型号及含义

（2）低压断路器的结构与工作原理

DZ5－20 型断路器由动触点、静触点、灭弧装置、操作机构、热脱扣器、电磁脱扣器、外壳等部分组成。

断路器的工作原理如图 1－11 所示。使用时断路器的三对主触点串联在被控制的三相电路中，按下接通按钮，外力使锁扣克服反作用弹簧的反力，将固定在锁扣上面的动触点与静触点闭合，并由锁扣锁住搭钩使动、静触点保持闭合，开关处于接通状态。

当电路发生过载时，过载电流流过热元件产生一定的热量，使双金属片受热向上弯曲，通过杠杆推动搭钩与锁扣脱开，在反作用弹簧的推动下，动、静触点分开，从而切断电路，使用电设备不致因过载而烧毁。

当电路发生短路时，短路电流超过电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流，电磁脱扣器产生足够大的吸力将衔铁吸合，通过杠杆推动搭钩与锁扣脱开，从而切断电路，实现短路保护。

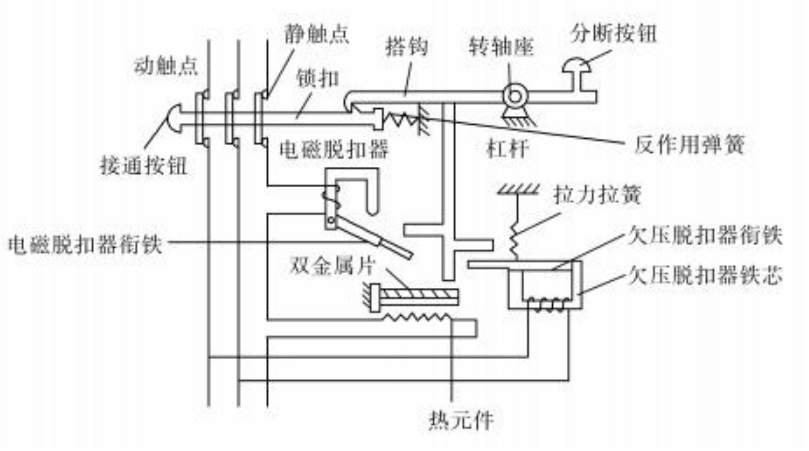


图 1－11　断路器的工作原理示意图

欠压脱扣器的动作过程与电磁脱扣器恰好相反。当线路电压正常时，欠压脱扣器的衔铁被吸合，衔铁与杠杆脱离，断路器主触点能闭合；线路的电压消失或下降到某一数值时，欠压脱扣器的吸力消失或减小到不足以克服拉力弹簧的拉力时，衔铁在拉力弹簧的作用下撞击杠杆，将搭钩顶开，使触点分断。由此可见，具有欠压脱扣器的断路器在欠压脱扣器两端无电压或电压过低时，不能接通电路。

需手动分断电路时，按下分断按钮即可。

低压断路器在电路图中的符号如图 1－12 所示。

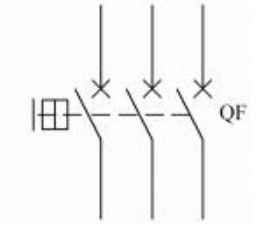


图 1－12　低压断路器的符号

(3)低压断路器的一般选用原则

①低压断路器的额定电压和额定电流应不小于线路的正常工作电压和计算负载电流。

②热脱扣器的整定电流应等于所控制负载的额定电流。

③电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流应大于负载正常工作时可能出现的峰值电流。用于控制电动机的断路器，其瞬时脱扣整定电流可按下式选取：

$$I_z \geqslant kI_{st}$$

式中，k 为安全系数，可取 1.5～1.7；I_{st} 为电动机的启动电流。

④欠压脱扣器的额定电压应等于线路的额定电压。

⑤断路器的极限通断能力应不小于电路最大的短路电流。

(4) 低压断路器的安装与使用

①低压断路器应垂直于配电板安装，电源引线应接到上端，负载引线接到下端。

②低压断路器用作电源总开关或电动机的控制开关时，在电源进线侧必须加装刀开关或熔断器等，以形成明显的断开点。

③低压脱扣器使用前，应将工作面的防锈油脂擦干净；各脱扣器动作值一经调整好，不许随意变动，以免影响其动作值的准确。

④使用过程中若需分断短路电流，应及时检查触点系统，若发现电灼烧痕，应及时修

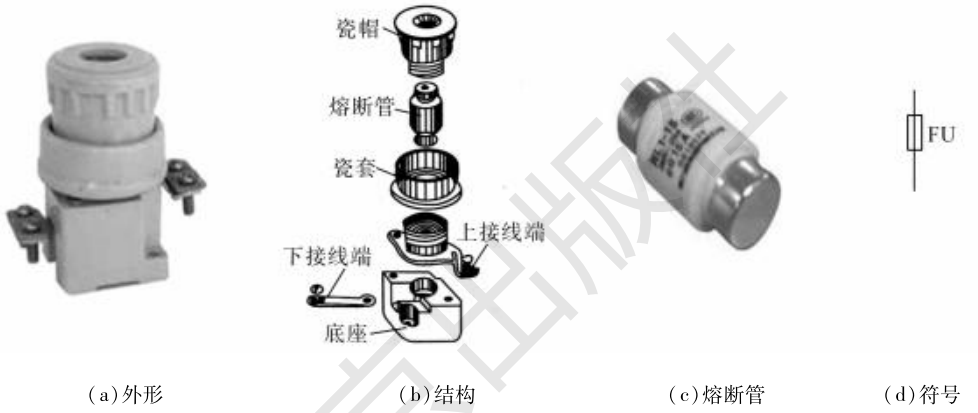
理或更换。

⑤断路器上的灰尘应定期清除，并定期检查各脱扣器动作值，给操作机构添加润滑剂。

2. 熔断器

熔断器是在电气控制系统中用作短路保护的电器。使用时串联在被保护的电路中，当电路发生短路或过载故障，通过熔断器的电流达到或超过某一规定值时，以其自身产生的热量使熔体熔断，切断电路，起到保护作用。它具有结构简单、价格便宜、动作可靠、使用维护方便等优点，因此得到广泛应用。

熔断器按结构形式分为半封闭插入式、无填料封闭式、有填料封闭式和自复式 4 类。在车间机床控制线路中我们采用螺旋式熔断器做短路保护，螺旋式熔断器属于有填料封闭式，见图 1－13。



(a)外形　(b)结构　(c)熔断管　(d)符号

图 1－13　螺旋式熔断器

(1)熔断器型号及含义(图 1－14)

图 1－14　熔断器型号及含义

例如，RL1－15/4 表示为螺旋式熔断器，其额定电流为 15 A，熔管中熔体的额定电流为 4 A。

(2)熔断器结构及作用

熔断器主要由熔体、安装熔体的熔管和熔座三部分组成。

熔体是熔断器的主要组成部分，常做成丝状、片状或栅状。熔体的材料通常有两种：一种是由铅、铅锡合金或锌等低熔点材料制成，多用于小电流电路；另一种是由银、铜等较高熔点的金属制成，多用于大电流电路。

熔管是熔体的保护外壳，用耐热绝缘材料制成，在熔体熔断时兼有灭弧作用。

熔座是熔断器的底座，作用是固定熔管和外接引线。

该系列熔断器的熔断管内，在熔丝周围填充着石英砂以增强灭弧性能。熔丝焊在瓷管两端的金属盖上，其中一端有一个标有不同颜色的熔断指示器，当熔丝熔断时，熔断指示器自动脱落，此时只需更换同规格的熔断管即可。

（3）熔断器的主要技术参数

①额定电压：指能保证熔断器长期正常工作的电压。若熔断器的实际工作电压大于其额定电压，熔体熔断时可能会发生电弧不能熄灭的危险。

②额定电流：指保证熔断器能长期正常工作的电流，是由熔断器各部分长期工作时允许温升决定的。它与熔体的额定电流是两个不同的概念。熔体额定电流是指在规定的工作条件下，长时间通过熔体而熔体不熔断的最大电流值。通常，一个额定电流等级的熔断器可以配用若干个额定电流等级的熔体，但熔体的额定电流不能大于熔断器的额定电流值。

③分断能力：在规定的使用和性能条件下，熔断器在规定电压下能分断的预期分断电流值。常用极限分断电流值来表示。

④时间－电流特性：在规定的条件下，表示流过熔体的电流与熔体熔断时间的关系特性，也称保护特性或熔断特性。

表 1－5　　熔断器的熔断时间与熔断电流的关系

熔断电流 I_s（A）	1.25 I_N	1.6 I_N	2.0 I_N	2.5 I_N	3.0 I_N	4.0 I_N	8.0 I_N	10.0 I_N
熔断时间 t（s）	∞	3 600	40	8	4.5	2.5	1	0.4

由表 1－5 可见，熔断器对过载反应是很不灵敏的，电气设备发生轻度过载时，熔断器将持续很长时间才能熔断。因此，除照明电路外，熔断器一般不宜用作过载保护，而主要用作短路保护。

（4）熔断器的选择

熔断器和熔体只有经过正确的选择，才能起到应有的保护作用。

①熔体额定电流的选择：对照明等电流较平稳、无冲击电流的负载短路保护，熔体的额定电流应等于或稍大于负载的额定电流。

对一台不经常启动且启动时间不长的电动机的短路保护，熔体的额定电流 I_{RN} 应大于或等于 1.5～2.5 倍的电动机额定电流 I_N，即 $I_{RN} \geqslant (1.5 \sim 2.5) I_N$。

对于频繁启动或启动时间较长的电动机，上式中的系数应增大到 3～3.5。

对多台电动机的短路保护，熔体的额定电流 I_{RN} 应大于或等于其中最大容量电动机的额定电流 I_{Nmax} 的 1.5～2.5 倍再加上其余电动机额定电流的总和 $\sum I_N$，即

$$I_{RN} \geqslant (1.5 \sim 2.5) I_{Nmax} + \sum I_N$$

在电动机的功率较大而实际负载较小时，熔体额定电流可适当小些，小到电动机启动时不熔断为准。

②熔断器额定电压与额定电流的选择：熔断器的额定电压必须等于或大于线路的额定电压；熔断器的额定电流必须等于或大于所装熔体的额定电流。熔断器的分断能力应大于电路中可能出现的最大短路电流。

北京电子出版社

(5)熔断器的安装与使用

熔断器应完好无损,安装时应保证熔体和夹头、夹头和夹座接触良好,并具有额定电压、额定电流值标志。

螺旋式熔断器的电源接线应接在瓷座的下接线座上,负载线应接在螺纹壳的上接线座上。这样,在更换熔断管时旋出螺帽后螺纹壳上不带电,保证操作者的安全。

熔断器内要安装合格的熔体,不能用多根小规格的熔体并联代替大规格的熔体。

安装熔断器时,各级熔体应相互配合,并做到下一级熔体规格比上一级熔体规格小。

更换熔体或熔管时,必须切断电源。尤其不能带负荷操作,以免电弧灼伤。

3. 中间继电器

中间继电器主要用于继电保护与自动控制系统中,在控制电路中传递中间信号以增加触点的数量及容量,也可以直接控制小容量电动机,如图 1 - 15 所示。

(a)JZ7 系列　　(b)ZY1 系列

图 1 - 15　常见中间继电器

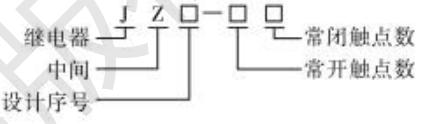


图 1 - 16　中间继电器的型号及含义

(1)中间继电器的型号及含义(图 1 - 16)

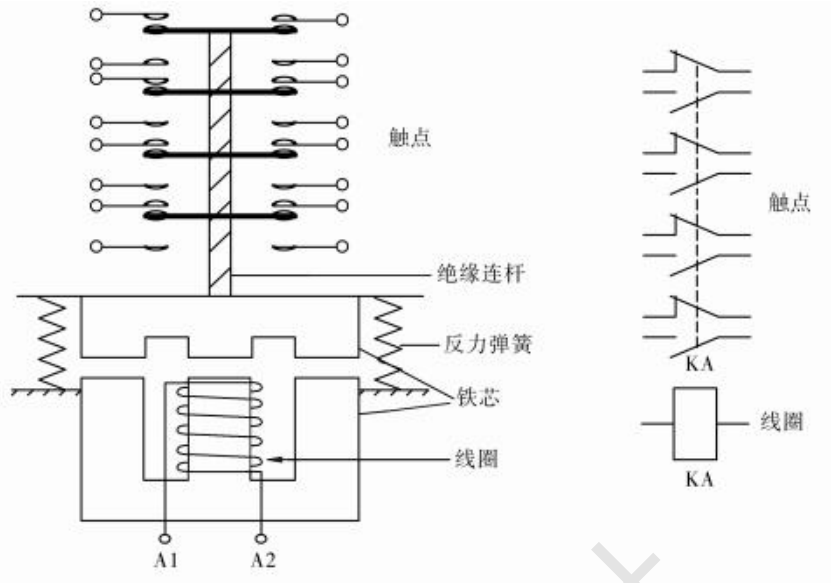
例如,JZ7 - 44 表示有 4 对常开触点和 4 对常闭触点的中间继电器。该型号继电器适用于交流 50 Hz 或者60 Hz、电压至 380 V 及直流电压至 220 V 的控制电路中,用来控制各种电磁线圈,以使信号放大或将信号同时传递给有关控制元件。

(2)中间继电器的结构及工作原理

JZ7 系列中间继电器采用立体布置,由铁芯、衔铁、线圈、触点系统、反作用弹簧和缓冲弹簧等组成,如图 1 - 17 所示。触点采用双断点桥式结构,上、下两层各有四对触点,下层触点只能是常开触点,故触点系统可按 8 常开、6 常开、2 常闭及 4 常开、4 常闭组成。继电器吸引线圈额定电压有 12 V、36 V、110 V、220 V、380 V 等。中间继电器是用来转换和传递控制信号的元件。它的输入信号是线圈的通电、断电信号,输出信号为触点的动作。

中间继电器的线圈装在“E”形导磁体上,导磁体上面有一个活动的衔铁,导磁体两侧装有两排触点弹片。在非动作状态下触点弹片将衔铁向上托起,使衔铁与导磁体之间保持一定间隙。当气隙间的电磁力矩超过反作用力矩时,衔铁被吸向导磁体,同时衔铁压动触点弹片,使常闭触点断开、常开触点闭合,完成继电器工作。当电磁力矩减小到一定值时,由于反作用弹簧的反作用力矩,而使触点与衔铁返回到初始位置,准备下次工作。

北京出版社



(a)结构示意图　　(b)图形符号

图 1－17　中间继电器的结构和图形表示

(3)中间继电器的选用

中间继电器在电气传动和控制线路中经常作为辅助继电器使用,以增大被控制线路的容量及允许“切断”容量,选用中间继电器时应考虑以下参数:

①触点容量:触点的额定电压及额定电流应大于控制线路所使用的额定电压及控制线路的工作电流。

②触点的种类和数目应满足控制线路的需要。

③电磁线圈的电压等级应与控制线路电源电压相等。

④应考虑继电器使用过程中的操作频率。

⑤应适合使用系统的工作制(长期、间断、反复工作制)。

(4)中间继电器的安装与使用

①安装前的检查:

检查中间继电器的铭牌与线圈技术数据是否符合实际使用要求。

检查中间继电器外观,应无机械损伤;用手推动中间继电器可动部分时,应动作灵活,无卡阻现象。

将铁芯极面上的防锈油脂或粘在极面上的铁垢用煤油擦净,以免多次使用后衔铁被粘住,造成断电后不能释放。

测量中间继电器的线圈电阻和绝缘电阻。

②中间继电器的安装:

中间继电器一般垂直安装。安装和接线时,注意不要将零件失落或掉入中间继电器内部。安装孔的螺钉要装弹簧圈和平垫圈;并拧紧螺钉以防振动松脱。

安装完毕,检查接线正确无误后,在触点不带电的情况下操作几次,然后测量产品的

动作值和释放值,所测数值应符合产品的规定要求。

③日常维护:

应对中间继电器做定期检查,观察螺钉有无松动、可动部分是否灵活等。

中间继电器的触点应定期清扫,保持清洁,但不允许涂油,当触点表面因电灼作用形成金属小颗粒时,应及时清除。

4. 按钮

按钮是由人体某一部分(一般为手指或手掌)所施加力来操作,并具有储能(弹簧)复位功能的一种控制开关,是主令电器的一种。按钮的触点允许通过的电流较小,一般不超过5 A,一般情况下不直接控制主电路的通断,而是在控制电路中发出指令或信号去控制接触器、继电器等电器,再由它们去控制主电路的通断、功能转换或电气联锁。

(a)LA38 系列　　(b)LA19 系列　　(c)钥匙开关

图 1-18　常见按钮外形

(1)按钮的型号及含义(图 1-19)

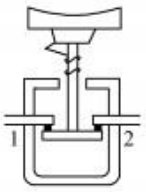
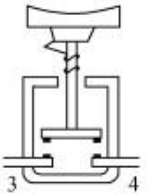
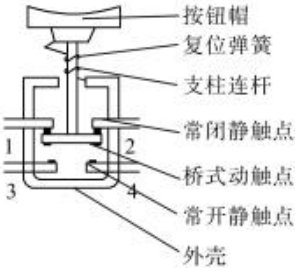
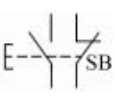
图 1-19　按钮的型号及含义

其中结构形式代号的含义为:K—开启式,适用于嵌装在操作面板上;H—保护式,带保护外壳,可防止内部零件受机械损伤或人偶然触及带电部分;S—防水式,具有密封外壳,可防止雨水侵入;F—防腐式,能防止腐蚀性气体进入;J—紧急式,带有红色大蘑菇钮头(突出在外),作紧急切断电源用;X—旋钮式,用旋钮旋转进行操作,有通和断两个位置;Y—钥匙操作式,用钥匙插入进行操作,可防止误操作或供专人操作;D—光标按钮,按钮内装有信号灯,兼作信号指示;M—蘑菇头式;ZS—自锁式。

(2)按钮的结构及分类

按钮一般由按钮帽、复位弹簧、桥式动触点、静触点、支柱连杆及外壳等部分组成,见表 1-6。

表 1－6　　按钮结构及分类

名称	常闭按钮	常开按钮	复合按钮
结构			
符号			

按钮按静态(不受外力作用)时触点的分合状态,可分为常开按钮(启动按钮)、常闭按钮(停止按钮)和复合按钮(常开、常闭组合为一体的按钮)。

常开按钮:未按下时,触点是断开的;按下时,触点闭合;松开后,按钮自动复位。表 1－6中触点 3、4 就构成一对常开触点。

常闭按钮:与常开按钮相反,未按下时,触点是闭合的;按下时,触点断开;松开后,按钮自动复位。表 1－6 中触点 1、2 就构成一对常闭触点。

复合按钮:将常开和常闭按钮组合为一体。按下复合按钮时,其常闭触点(1、2)先断开,然后常开触点(3、4)再闭合;而松开时,常开触点先断开,然后常闭触点再闭合。

(3)按钮的选择

①根据使用场合和具体用途选择按钮的种类。例如,嵌装在操作面板上的按钮可选用开启式;需显示工作状态的选用光标式;在非常重要处,为防止无关人员误操作,宜用钥匙操作式;在有腐蚀性气体处要用防腐式。

②根据工作状态指示和工作情况要求,选择按钮或指示灯的颜色。例如,启动按钮可选用绿色,停止按钮可选用红色。常见按钮颜色及含义见表 1－7。

③根据控制回路的需要选择按钮的数量。如单联按钮、双联按钮和三联按钮等。

表 1－7　　常见按钮颜色及含义

颜色	含义	说明	应用示例
红色	停止、禁止	危险或紧急情况时操作	停止、急停
黄色	注意、警告	异常情况时操作	干预、制动异常情况; 干预、重新启动中断了的自动循环
绿色	安全	安全情况或为正常情况准备时操作	启动/接通
蓝色	强制性的	要求强制动作情况下的操作	复位功能
白色、黑色	未赋予	除急停以外的一般功能	启动(优先)、停止

(4)按钮的安装与使用

①按钮安装在面板上时,应布置整齐,排列合理,如根据电动机启动的先后顺序,从上到下或从左到右排列。

②同一机床运动部件有不同的工作状态(如上、下,前、后,松、紧等)时,应使每一对相反状态的按钮安装在一组。

③按钮的安装应牢固,安装按钮的金属板或金属按钮盒必须可靠接地。

④由于按钮的触点间距较小,如有油污等极易发生短路故障,应注意保持触点间的清洁。

二、识读电气控制线路原理图

1. 电气控制线路原理图

电气控制线路原理图是根据生产机械运动形式对电气控制系统的要求,采用国家统一规定的电气图形符号和文字符号,表明电气控制系统中电气设备和各电气元件之间的连接关系,而不考虑其实际位置的一种简图,简称电路图(图 1-20)。

电气控制线路原理图能充分表达电气设备和电器的用途、作用和工作原理,是电气线路安装、调试和维修的理论依据。

绘制、识读电气控制线路原理图时应遵循以下原则:

(1)电路图一般分电源电路、主电路和控制电路三部分绘制。

(2)电路图中,各电器的触点位置都按电路未通电或电器未受外力作用时的常态位置画出。分析原理时,应从触点的常态位置出发。

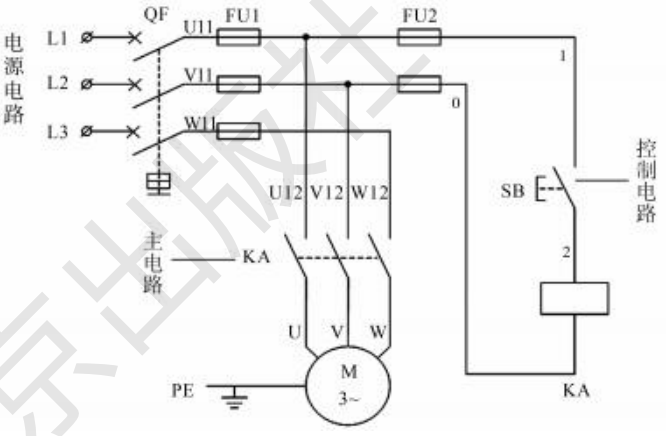


图 1-20 电气控制线路原理图示例

(3)同一电器的各元件不按它们的实际位置画在一起,而是按其在线路中所起的作用分画在不同电路中,但须标注相同的文字符号。

(4)若图中相同的电器较多,需在电器文字符号后面加注不同的数字,以示区别。

(5)画电路图时,应尽可能避免线条交叉。对有直接电联系的交叉导线连接点,要用小黑圆点表示;无直接电联系的交叉导线则不画小黑圆点。

(6)对电路中的各个节点用字母或数字编号。

2. 元件布置图

元件布置图是根据电气元件在控制板上的实际安装位置,采用简化的外形符号(如正方形、矩形、圆形等)而绘制的一种简图(图 1-21)。它不表达各电器的具体结构、作用、接线情况以及工作原理,主要用于电气元件的布置和安装。图中各电器的文字符号必须与电路图和

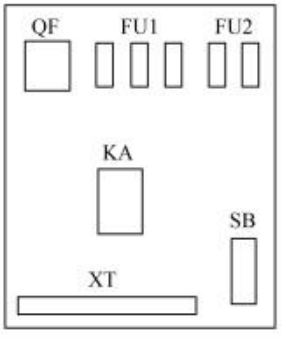


图 1-21 元件布置图

北京出版社

接线图的标注一致。

3. 接线图

接线图是根据电气设备和电气元件的实际位置和安装情况绘制的，只用来表示电气设备和电气元件的位置、配线方式和接线方式，而不明显表示电气动作原理。主要用于安装接线、线路的检查维修和故障处理。

绘制、识读接线图应遵循以下原则：

(1)接线图中应示出如下内容：电气设备和电气元件的相对位置、文字符号、端子号、导线号、导线类型、导线截面积等。

(2)所有的电气设备和电气元件都按其所在的实际位置绘制在图纸上，且同一电气的各元件根据其实际结构，使用与电路图相同的图形符号画在一起，并用点画线框上，其文字符号以及接线端子的编号应与电路图中的标注一致，以便对照检查接线。

(3)接线图中的导线有单根导线、导线组、电缆等之分，可用连续线和中断线来表示；凡导线走向相同的可以合并，用线束来表示，到达接线端子板或电气元件的连接点时再分别画出；在用线束来表示导线组、电缆等时可用加粗的线条表示，也可采用部分加粗。另外，导线与管子的型号、根数和规格应标注清楚。

接线图示例如图 1－22 所示。

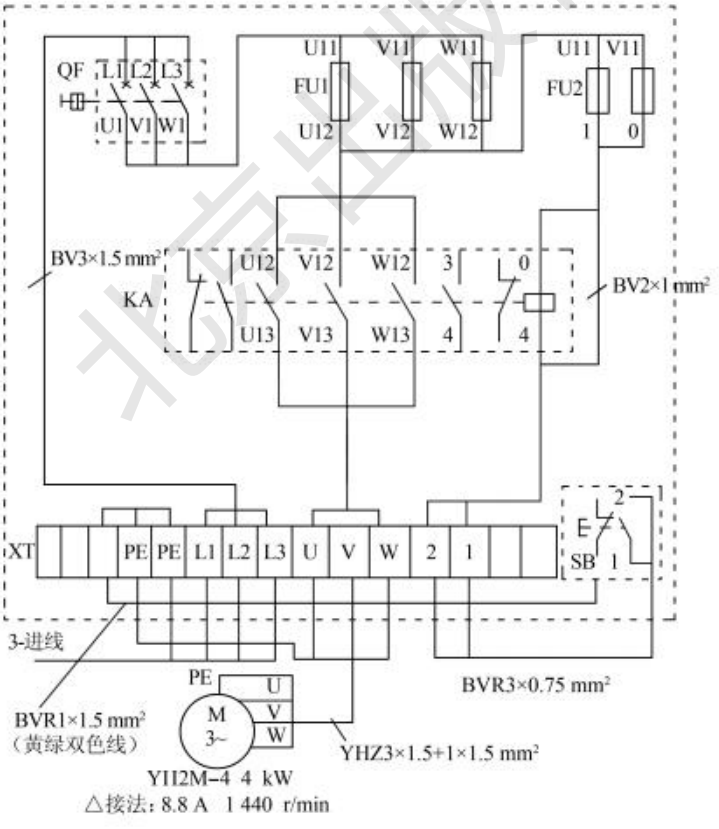


图 1－22　接线图示例

实际中，电路图、元件布置图和接线图要结合起来使用。

任务2 接触器自锁正转控制线路的原理、安装与调试

任务概述

CA6140 车床主轴是通过三相异步电动机的单方向运转来拖动进行旋转运动的。要求:按下启动按钮,电动机便启动运转;松开启动按钮,电动机仍然保持运转,直到按下停止按钮时,电动机才停止运行。

试在读懂接触器自锁正转控制线路原理的基础上,进行 CA6140 车床主轴电动机控制线路的安装与调试。

任务目标

- 了解电气控制线路原理图、元件布置图、控制线路接线图的绘制原则
- 能看懂简单的电动机控制线路原理图
- 会根据所需电气元件和控制要求绘制元件布置图、线路接线图
- 能进行 CA6140 车床主轴电动机控制线路的安装、调试和故障检修

任务分析

根据 CA6140 车床主轴控制要求,我们考虑采用接触器自锁控制方式。

组成点动控制线路的低压电器在接触器自锁控制线路中仍然会用到。但考虑主轴电动机功率一般较大,所以采用接触器代替中间继电器控制电动机;因为电动机要连续运转,为防止电动机因长时间过载运行而损坏,所以要用热继电器进行过载保护。我们要在了解这些电器的作用、动作原理基础上,组成相应的控制线路,进行安装、调试和故障检修。

知识点

自锁控制	松开启动按钮后,接触器 KM 通过自身常开辅助触点而使线圈保持得电的效果叫作自锁。 与启动按钮并联起自锁作用的常开辅助触点叫自锁触点。

北京出版社

任务实施

一、任务准备

1. 准备任务实施所需电器、工具与仪表

(1)工作服、安全帽、绝缘鞋等劳保用品,学生每人一套;

(2)测电笔、尖嘴钳、螺钉旋具、斜口钳、剥线钳等电工常用工具;

(3)万用表、兆欧表、钳形电流表等仪器仪表;

(4)电工手册等参考资料;

(5)低压电器、连接导线、配电板、编号套管等若干;

(6)所需电气元件明细表见表 1 - 8(型号、规格自定)。

表 1 - 8　　元件明细表

名称	交流电动机	电源开关	熔断器	交流接触器	热继电器	按钮	端子板	导线
数量/每套	1	1	5	1	1	2	1	若干

2. 检查任务实施所需电器质量

参照本单元“任务 1”中相关环节进行。

二、任务实施

接触器自锁控制线路的识读与安装

1. 识读接触器自锁控制线路原理图

带过载保护的接触器自锁控制线路原理图如图 1 - 23 所示。

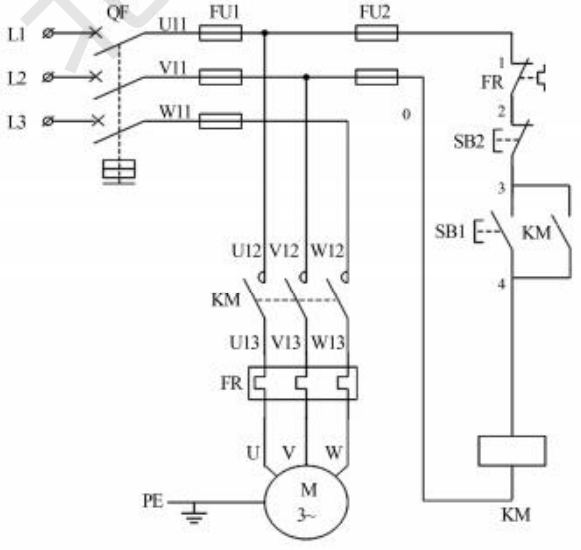


图 1 - 23　带过载保护的接触器自锁控制线路原理图

电动机接触器自锁正转控制线路的工作原理可叙述如下：

先合上电源开关 QF。

启动：

按下SB1→KM线圈得电→KM主触点闭合→电动机M启动连续运转。

KM常开辅助触点闭合→自锁。

停止：

按下SB2→KM线圈失电→KM主触点分断→电动机M失电停转。

KM自锁触点分断→自锁解除。

最后断开 QF。

2. 绘制接触器自锁控制线路元件布置图和线路接线图

以学习小组为单位(2～4 人为宜)，按照接触器自锁控制线路原理图，参照相关知识，合理安排电气元件，绘制接触器自锁控制线路元件布置图和线路接线图。

3. 安装电气元件

在控制板上按元件布置图安装电气元件，并贴上醒目的文字符号。工艺要求如下：

(1)自动空气开关、熔断器的受电端子应安装在控制板的外侧，并使熔断器的受电端为底座的中心端。

(2)各元件的安装位置应整齐、匀称，间距合理，便于元件的更换。

(3)紧固元件时，要用力均匀，紧固程度适当。在紧固熔断器、接触器等易碎裂元件时，应用手按住元件，一边轻轻摇动，一边用旋具轮换旋紧对角线上的螺钉，直到手摇不动后再适当旋紧些即可。

4. 接触器自锁控制线路的安装

(1)按接线图的走线方法进行板前明线配线和套编码套管。板前明线配线的工艺要求如图 1－24 所示。

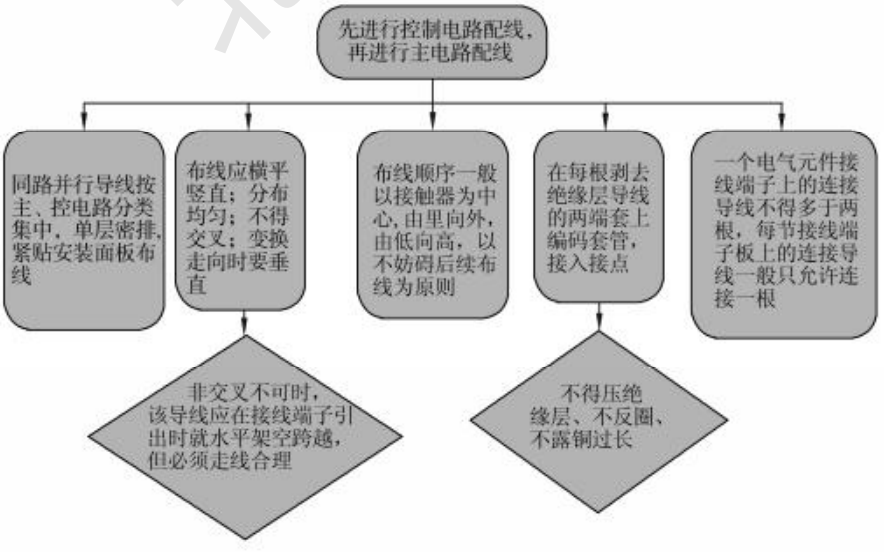


图 1－24　板前明线配线工艺要求

(2)安装电动机,连接电动机和按钮金属外壳的保护接地线,连接电源、电动机等控制板外部的导线。安装结束后,将安装工具归位并清理安装场地。

5. 自检

安装完毕的控制线路板,必须经过认真检查后,才允许通电试车,以防止错接、漏接,造成不能正常运转或短路事故。

(1)按电路图从电源端开始,逐段核对接线及接线端子处线号是否正确,有无漏接、错接之处。检查导线接点是否符合要求,压接是否牢固,接触应良好,以免带负载运行时产生闪弧现象。

(2)用万用表检查控制电路的通断情况,步骤和方法如图 1 - 25 所示。

(3)用兆欧表检查线路的绝缘电阻,应不得小于 1 MΩ。

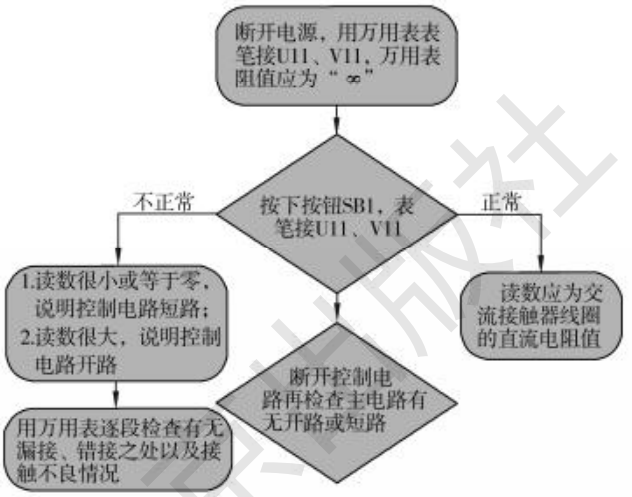


图 1 - 25　接触器自锁控制线路自检流程图

6. 交验

学生自检完毕后,必须交指导老师检查,由指导教师对同学们安装配盘的方法、步骤等情况进行总结,明确指出所做盘中出现的问题及改进的方向,并按职业资格技能鉴定评分标准相关项目进行评价考核。

确认无安全隐患后,才能允许通电试车。

7. 通电试车

为保证人身安全,通电试车时,要认真执行安全操作规程的规定,一人监护,一人操作。

试车前应检查与通电试车有关的电气设备是否有不安全的因素存在,如配电盘上是否有安装工具、有无乱搭的导线、盘面是否整洁等,若查出应立即整改,然后方能试车。指导教师必须在现场监护学生。

通电试车的方法步骤如图 1 - 26 所示。

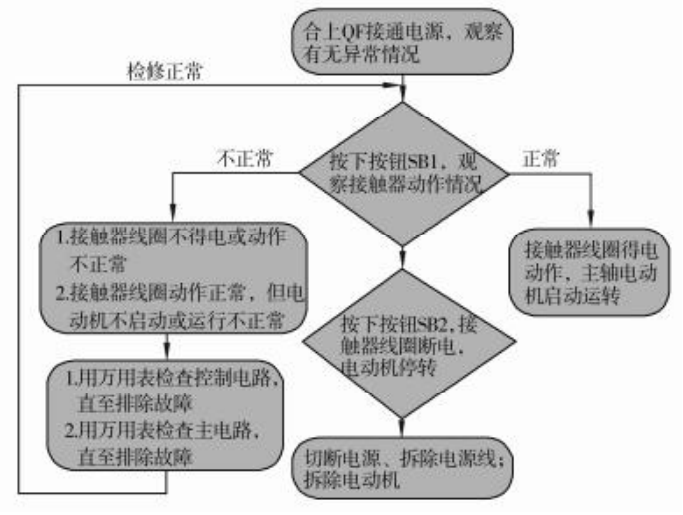


图 1－26　接触器自锁控制线路通电试车流程图

(1)试车过程中,若有异常现象应马上停车,不得让接触器和电动机带故障运行,不得对线路接线是否正确进行带电检查。

(2)出现故障后,学生应独立进行检修。若需带电进行检查时,教师必须在现场监护。检修完毕后,如需再试车,也应有教师监护,并做好时间记录。

(3)通电试车完毕,停转,切断电源开关 QF。先拆除三相电源线,再拆除电动机线。

(4)训练应在规定定额时间内完成,通电试车成功率以通电后第一次按下按钮时计算。训练结束后,安装的控制板留作故障检修使用。

安全提示

在通电试车时,必须穿戴好工作服、绝缘鞋等劳保用品:

1. 要认真执行安全操作规程的有关规定,一人监护,一人操作。操作者及监护者均不可弯腰俯看控制板。

2. 试车过程中,若电动机或者接触器发出异常响声,应立即切断电源,查找故障原因。

3. 不得对线路接线是否正确进行带电检查。

4. 无论是带电进行故障检查还是检修完毕后再试车,教师都必须在现场监护。

接触器自锁正转控制线路的故障分析、检查及处理方法

1. 故障描述

按下接触器自锁控制线路启动按钮,发现电动机不能启动运转。

2. 故障分析与检修

电动机不启动,故障可能在控制电路也可能在主电路,可按下述步骤进行故障分析与检修。

(1)通电试车并确定故障范围。

合上电源开关 QF，按下启动按钮 SB1
- →若接触器 KM 未得电动作，说明控制电路有故障。
- →若接触器 KM 得电动作，但主轴电动机不转，说明主电路有故障。

(2)检查并修复故障点。

①控制电路故障分析与检修：对于控制电路的故障，要首先确定控制电路是否有电。方法是：在合上 QF 的情况下，将万用表打至“交流电压 500 V”挡，测量熔断器 FU2 下端，即图 1－27 所示 0－1 两点间的电压。

若 0－1 两点间没有电压，则将万用表的表笔移至熔断器 FU2 上端，依次向电源方向测量，直至测出电路断开点。比如，FU2 上端没有电压或很小，FU1 下端有电压为380 V，则表明熔断器 FU1 和 FU2 之间的电源线有断路或接触不良，可根据情况进行更换或调整。

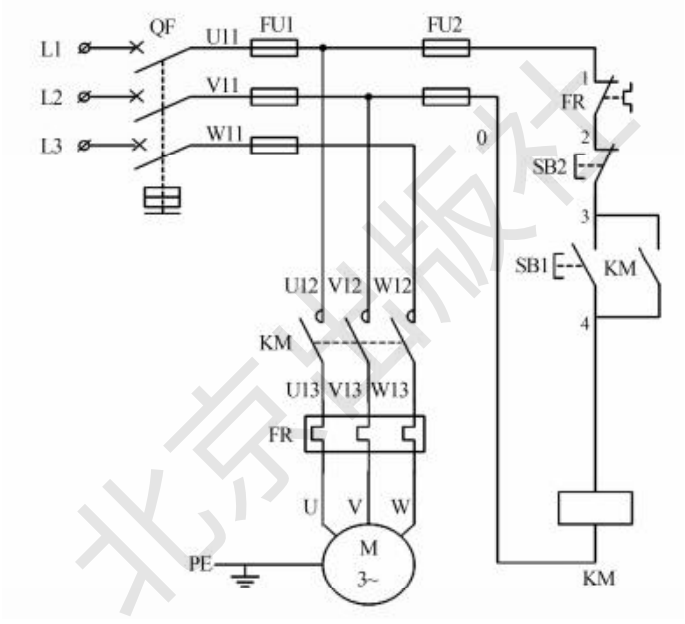


图 1－27　主轴电动机故障检修示例图

若 0－1 两点间电压为 380 V，则说明电源电压正常，控制电路有断路点，则可用电压测量法或电阻测量法排查控制电路的断路点。

我们在任务一中介绍了电压分段测量法和电阻分段测量法，这里我们再介绍一下电压分阶测量法和电阻分阶测量法。

电压分阶测量法

首先把万用表的转换开关至于“交流电压 500 V”挡位上，然后按如下方法进行测量：

在电源电压正常的情况下，一人按下启动按钮 SB1，另一人可将万用表一支表笔固定在 0 号线的 $0_{上}$ 接线端(图 1－28)，另一支表笔依次测量点 $0_{下}$、$4_{下}$、$4_{上}$、$3_{下}$、$3_{上}$、$2_{下}$、$2_{上}$、$1_{下}$、$1_{上}$ 接线端点，根据其测量结果即可找出故障点，见表 1－9。

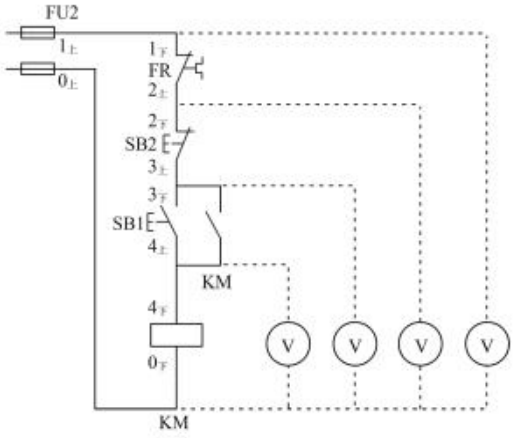


图 1－28　电压分阶测量法

表 1－9　　电压分阶测量法所测电压值及故障点

故障现象	测试状态	测量点	电压值	故障点
按下 SB1 时，KM 不吸合	按下 SB1 不放	$0_{上}-0_{下}$	380 V	0 号线断路
		$0_{上}-4_{下}$	380 V	KM 线圈断路
		$0_{上}-4_{上}$	380 V	4 号线断路
		$0_{上}-3_{下}$	380 V	SB1 触点接触不良
		$0_{上}-3_{上}$	380 V	3 号线断路
		$0_{上}-2_{下}$	380 V	SB2 触点接触不良
		$0_{上}-2_{上}$	380 V	2 号线断路
		$0_{上}-1_{下}$	380 V	FR 常闭触点接触不良
		$0_{上}-1_{上}$	380 V	1 号线断路

分析：按下 SB1 时，KM 不吸合，说明电路当中没有电流，则各段连通的线路上没有压降，即所测电压值应为零；而在线路的断开点两端，所测电压值应为电源电压 380 V。

如测得 $0_{上}-0_{下}$、$0_{上}-4_{下}$、之间电压均为 0 V，而 $0_{上}-4_{上}$ 之间为 380 V，说明 4 号线断路，则断开电源，根据具体情况将 4 号线修复或更换。

提示

利用电压分阶测量法查找故障，按照上表所述参数判断故障时，一定要一支表笔固定在 0 号线的 $0_{上}$ 接线端，另一支表笔按照 $0_{下}$、$4_{下}$、$4_{上}$、$3_{下}$、$3_{上}$、$2_{下}$、$2_{上}$、$1_{下}$、$1_{上}$ 接线端点的顺序依次测量，否则会造成误判。

北京出版社

电阻分阶测量法

测量检查时，必须首先切断电源，然后把万用表的转换开关置于倍率适当的电阻挡（测量导线和触点的通断时，用“R×1”挡；测量线圈的通断时，用“R×100”挡），校表后，一人按下启动按钮SB1，另一人可将万用表一支表笔固定在0号线的0上接线端（图1-29），另一支表笔依次测量点$0_{下}$、$4_{下}$、$4_{上}$、$3_{下}$、$3_{上}$、$2_{下}$、$2_{上}$、$1_{下}$、$1_{上}$接线端点，根据其测量结果即可找出故障点，见表1-10。

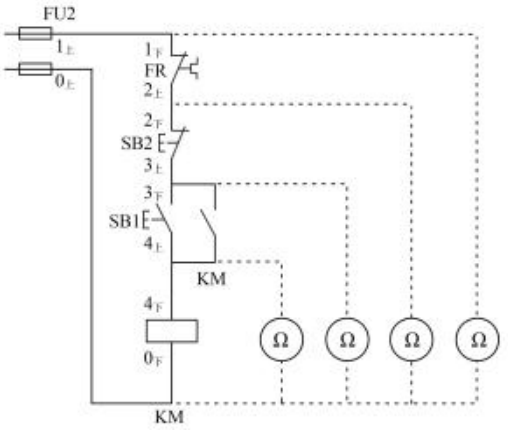


图1-29　电阻分阶测量法

表1-10　　电阻分阶测量法所测电阻值及故障点

故障现象	测试状态	测量点	电阻值	故障点
按下SB1时，KM不吸合	按下SB1不放	$0_{上}-0_{下}$	∞	0号线断路
		$0_{上}-4_{下}$	∞	KM线圈断路
		$0_{上}-4_{上}$	∞	4号线断路
		$0_{上}-3_{下}$	∞	SB1触点接触不良
		$0_{上}-3_{上}$	∞	3号线断路
		$0_{上}-2_{下}$	∞	SB2触点接触不良
		$0_{上}-2_{上}$	∞	2号线断路
		$0_{上}-1_{下}$	∞	FR常闭触点接触不良
		$0_{上}-1_{上}$	∞	1号线断路

提示

1. 利用电阻分阶测量法查找故障，按照表1-10中参数判断故障时，一定要一支表笔固定在0号线的$0_{上}$接线端，另一支表笔按照$0_{下}$、$4_{下}$、$4_{上}$、$3_{下}$、$3_{上}$、$2_{下}$、$2_{上}$、$1_{下}$、$1_{上}$接线端点的顺序依次测量，否则会造成误判。

2. 有时按下启动按钮后，接触器吸合不牢，发出“咔哒咔哒”的异常响声，则可能是线路中某连接点接触不良，使得接触器线圈两端电压不稳定造成的。这时可将线路中有关连接点逐一紧固后再试车、排查。

②主电路故障分析与检修：

在KM能够正常吸合动作，而电动机不启动运转的情况下，就可以断定故障出在主电路或电源电路。

在合上电源开关QF的情况下，将万用表打至“交流电压500 V”挡位，分别测量KM

北京出版社

主触点上端的 U12、V12、W12 每两相之间的电压，如图 1－30 所示。

若三相电压不平衡，则可根据测量数据判断故障支路。如 U_{UV} =380 V、U_{VW}、U_{WU}均很小或为零，则可判断故障出在 W 相，在 W 相从 KM 主触点上端向电源端查找断路点并修复即可。

若电压均为 380 V，说明故障在该测量点下端，则分别检查 KM 的三个主触点接触情况及主触点至 U、V、W 三个端点的连接情况，发现断路点后，断开电源并进行修复。

3. 学生检修

以小组为单位，将接触器自锁正转控制线路设置隐蔽故障两处，按照图 1－31 所述步骤进行故障检修。

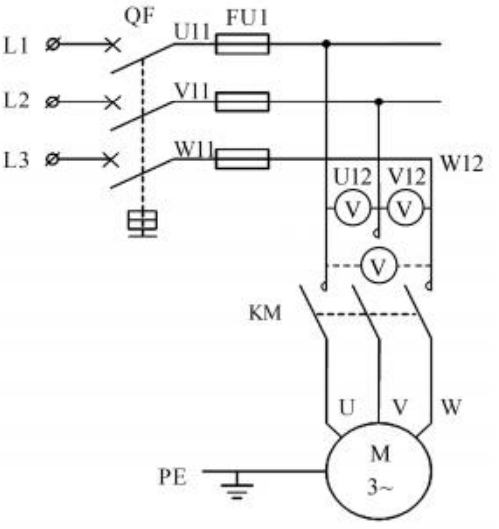


图 1－30　主电路故障分析示例图

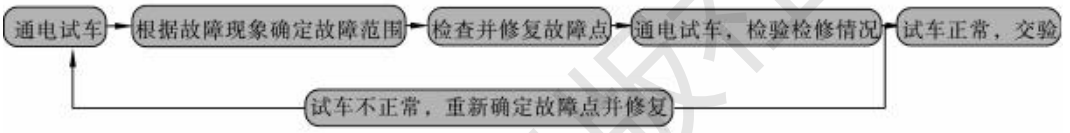


图 1－31　故障分析与检修步骤

提示

在动手操作过程中，必须保证方法正确、人身安全：

1. 工作人员必须穿戴好工作服、绝缘鞋等劳保用品。

2. 设置故障时，可以把电路中某点断开，但不得改动线路，不得设置短路故障。

3. 采用电压测量法进行测量时，一定要注意用电安全。不得随意用手碰触控制盘上的控制电器和导线；用手拿捏测量棒时，手要放在测量棒连接万用表的一端，与测量头保持足够的安全距离。

4. 采用电阻测量法进行测量时，一定要先切断电源！每换一次电阻的挡位，都要进行校表。

5. 建议在技能不熟练的情况下，断开电源，采用电阻法检查故障。

6. 做好维修记录，积累维修经验。

三、任务检测

学生完成学习任务后，指导教师可参考“附录　职业技能鉴定评分标准”，对学生所配电盘和故障检修情况进行综合评价打分，要明确指出学生在完成学习任务过程中出现的问题，以便学生在今后的学习过程中不断改进，继续进步。

北京出版社

任务评价

表 1－11　　任务评价表

评价项目	评价要素
元件质量检查	电气元件是否有漏检或错检
元件安装	是否按布置图安装元件；元件安装是否牢固、整齐；是否损坏元器件
控制线路安装	是否按电路图接线；主、控电路配线是否符合要求；是否损伤导线绝缘或线芯；接点是否有松动、露铜过长、反圈等现象
通电试车	通电试车成功率等
故障检修	检修思路是否正确；停电是否验电、工具及仪表使用是否得当；排除故障的顺序是否正确；能否查出故障点；有否产生新的故障；是否损坏电气元件
安全文明生产	任务实施过程中是否有违反安全文明生产规定现象

相关知识

一、认识相关低压电器

1. 接触器

接触器是一种自动的电磁式开关，用于远距离频繁地接通或断开交直流主电路及大容量控制电路，其主要控制对象是电动机，也可用于控制其他负载，如电热设备、电焊机以及电容器组等，具有控制容量大、工作可靠、操作频率高、使用寿命长等优点，因而在电力拖动系统中得到广泛应用。

接触器按主触点通过的电流种类分为交流接触器和直流接触器两种。本任务中，我们只介绍交流接触器。

交流接触器的种类很多，目前常用的有我国自行设计生产的 CJ0、CJ10、CJ20、CJX1、CJX2、CJX4、CJX8、CJT1、CJK1 和 CJW1 等系列，以及从国外引进先进技术生产的 B、S-K、LC1-D、3TB、3TF 等系列，如图 1－32 所示。

(a) CJX2 系列

(b) CJ20 系列

(c) 3TF 系列

图 1－32　常用交流接触器外形图

下面以 CJ20 系列为例介绍交流接触器。

(1)交流接触器的型号及含义

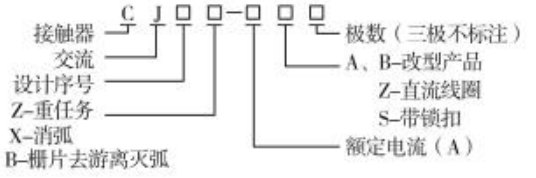
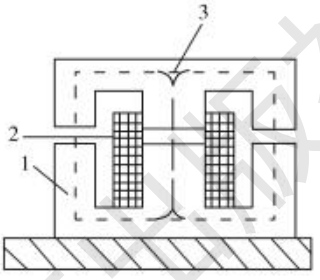
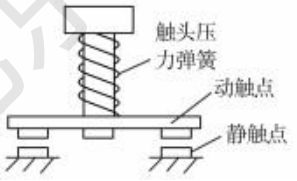
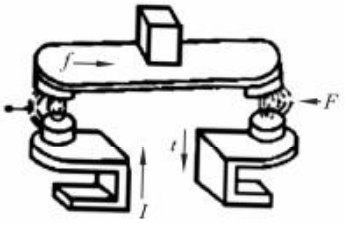


图 1-33 交流接触器的型号及含义

(2) 交流接触器的结构与工作原理

交流接触器的结构见表 1-12。

表 1-12 交流接触器的结构及作用

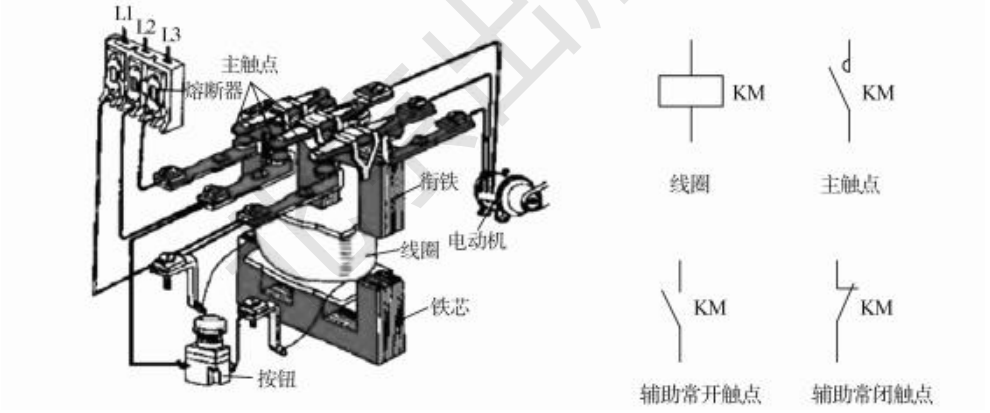
结构	各部分组成	图例	各部分作用
电磁系统	1. 铁芯(静铁芯) 2. 线圈 3. 衔铁(动铁芯)		利用电磁线圈的通电或断电,使衔铁和铁芯吸合或释放,从而带动动触点与静触点闭合或分断,实现接通或断开电路的目的
触点系统	主触点 辅助触点(常开触点、常闭触点)		主触点用于通断电流较大的主电路,一般由三对接触面积较大的常开触点组成。辅助触点用于通断电流较小的控制电路,一般由两对常开触点和两对常闭触点组成
灭弧装置	双断口电动力灭弧 纵缝灭弧 栅片灭弧		交流接触器断开大电流或高电压电路时,在动、静触点之间会产生很强的电弧。电弧是触点间气体在强电场作用下产生的放电现象,电弧会灼伤触点,减少触点的使用寿命;还会使线路切断时间延长,甚至造成弧光短路或引起火灾事故,因此我们希望触点间的电弧能尽快熄灭

北京出版社

（续表）

结构	各部分组成	图例	各部分作用
辅助部件	反作用弹簧 缓冲弹簧 触点压力弹簧 传动机构	反作用弹簧安装在动铁芯和线圈之间，在线圈断电后推动衔铁释放，使各触点恢复原状态。 缓冲弹簧安装在静铁芯与线圈之间，其作用是缓冲衔铁在吸合时对静铁芯和外壳的冲击力，保护铁芯和外壳。 触点压力弹簧安装在动触点上面，其作用是增加动、静触点间的压力，从而增大接触面积，减少接触电阻，防止触点过热灼伤。 传动机构的作用是在衔铁或反作用弹簧的作用下，带动动触点实现与静触点的接通或分断	

交流接触器的工作原理：如图 1－34（a）所示，当接触器的线圈通电后，线圈中流过的电流产生磁场，磁通穿过铁芯和衔铁构成闭合回路，将铁芯和衔铁磁化，在铁芯和衔铁相对的端面上产生异性磁极，相互吸引的电磁力大于反作用弹簧的作用力时，衔铁吸合，通过传动机构带动辅助常闭触点断开，三对主触点和辅助常开触点闭合。当接触器线圈断电或电压显著下降时，由于电磁吸力消失或过小，衔铁在反作用弹簧的作用下复位，带动各触点恢复到原始状态。交流接触器线圈和触点的符号如图 1－34（b）所示。



（a）工作原理示意图　　（b）符号

图 1－34　交流接触器的工作原理及符号

（3）交流接触器的选用

电气控制系统中，交流接触器可按下列方法选用：

①选择接触器主触点的额定电压：接触器主触点的额定电压应大于或等于控制线路的额定电压。

②选择接触器主触点的额定电流：接触器控制电阻性负载时，主触点的额定电流应等于负载的额定电流。控制电动机时，主触点的额定电流应大于或稍大于电动机的额定电流。或按下列经验公式计算（仅适用于 CJ0、CJ10 系列）：

$$I_c = \frac{P_N \times 10^3}{kU_N}$$

式中，k 为经验系数，一般取 1～1.4；P_N 为被控制电动机的额定功率（kW）；U_N 为被控制电动机的额定电压（V）；I_c 为接触器主触点电流（A）。

如果接触器在频繁启动、制动及正反转的场合使用，应选用主触点额定电流大一个等级的接触器。

③选择接触器吸引线圈的电压：当控制线路简单、使用电器较少时，为节省变压器，可直接选用 220 或 380 V；线路复杂、使用电器超过 5 个时，从人身和设备安全考虑，线圈电压要选低一些，可用 36 或 110 V 电压的线圈。

④选择接触器的触点数量及类型：接触器的触点数量、类型应满足控制线路的要求。

（4）交流接触器的安装与使用

①安装前的检查：

检查接触器的铭牌与线圈技术数据（如额定电压、电流等）是否符合实际使用要求。

检查接触器外观，应无机械损伤；用手推动接触器可动部分时，接触器应动作灵活，无卡阻现象；灭弧罩应完整无损，固定牢固。

将铁芯极面上的防锈油脂或粘在极面上的铁垢用煤油擦净，以免多次使用后衔铁被粘住，造成断电后不能释放。

测量接触器的线圈电阻和绝缘电阻。

②交流接触器的安装：

交流接触器一般应安装在垂直面上，倾斜度不得超过 5°，若有散热孔，则应将有孔的一面放在垂直方向上，以利散热，并按规定留有适当的飞弧空间，以免飞弧烧坏相邻的电器。对于 CJ10-10 交流接触器，1、3、5 为主触点，2、4 为辅助触点。

安装和接线时，注意不要将零件失落或掉入接触器内部。安装孔的螺钉要装弹簧圈和平垫圈，并拧紧螺钉以防振动松脱。

安装完毕，检查接线正确无误后，在主触点不带电的情况下操作几次，然后测量产品的动作值和释放值，所测数值应符合产品的规定要求。

③日常维护：

应对接触器做定期检查，观察螺钉有无松动、可动部分是否灵活等。

接触器的触点应定期清扫，保持清洁，但不允许涂油。当触点表面因电灼作用形成金属小颗粒时，应及时清除。

拆卸时注意不要损坏灭弧罩。带灭弧罩的交流接触器决不允许不带灭弧罩或带破损灭弧罩运行，以免发生电弧短路事故。

2. 热继电器

热继电器是利用流过继电器的电流所产生的热效应而反时限动作的继电器。所谓反时限动作，是指电器的延时动作时间随通过电路电流的增加而缩短。

热继电器主要用于电动机的过载保护、断相保护、电流不平衡运行的保护及其他电气设备发热状态的控制。

(1)热继电器的型号及含义

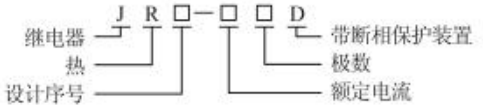


图 1-35　热继电器的型号及含义

(2)热继电器的结构及工作原理

目前在生产中常见的热继电器有国产的 JR36、JR20 等系列以及引进的 T 系列、3UA 等系列产品,常用热继电器外形如图 1-36 所示。

(a)JR36 系列　　(b)JRS1 系列　　(c)JRS2 系列

图 1-36　常用热继电器的外形图

下面以 JR36 系列为例,介绍热继电器的结构及工作原理。

①结构:JR36 系列热继电器的外形和结构如图 1-37 所示。它主要由热元件、动作机构、触点系统、电流整定装置、复位机构和温度补偿元件等组成。

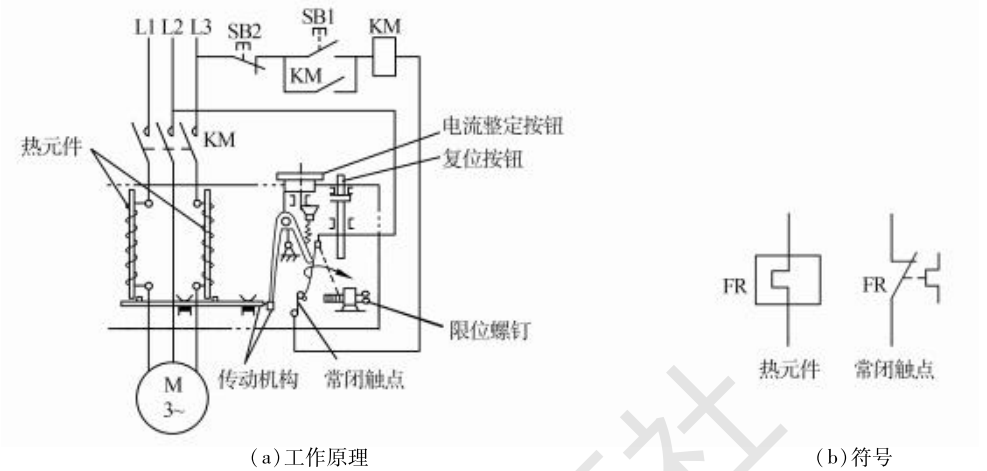
(a)外形　　(b)结构

图 1-37　JR36 系列热继电器的外形及结构

热元件是热继电器的主要组成部分,由主双金属片和绕在外面的电阻丝组成。主双金属片是由两种热膨胀系数不同的金属片复合而成,金属片的材料多为铁镍铬合金和铁镍合金。电阻丝一般用康铜或镍铬合金等材料制成。动作机构利用杠杆传递和弓簧式瞬跳机构来保证触点动作的迅速、可靠。触点为单断点弓簧跳跃式动作,一般为一个常开触点、一个常闭触点。通过旋钮和电流调节凸轮调节推杆间隙,改变推杆移动距离,从而调节整定电流值。复位机构有手动复位和自动复位两种形式,可根据使用要求通过复位调节螺钉来自由调整选择。一般自动复位的时间不大于 5 min,手动复位时间不小于 2 min。

②工作原理:使用时,将热继电器的热元件分别串接在电动机的两相(三相)主电路中,常闭触点串接在控制电路的接触器线圈回路中。如图 1-38 所示,电动机过载时,流过电阻丝的电流超过热继电器的整定电流(所谓热继电器的整定电流,是指热继电器连续

工作而不动作的最大电流),电阻丝发热,主双金属片向右弯曲,推动导板向右移动,推动人字拨杆绕轴转动,从而推动触点系统动作,动触点与常闭静触点分开,使接触器线圈断电,接触器触点断开,将电源切断,起保护作用。电源切断后,主双金属片逐渐冷却恢复原位,于是动触点在失去作用力的情况下,靠弓簧的弹性自动复位。



(a)工作原理　　(b)符号

图 1-38　热继电器的工作原理和符号

这种热继电器也可采用手动复位,以防止故障排除前设备带故障再次投入运行。将限位螺钉向外调节到一定位置,使动触点弓簧的转动超过一定角度失去反弹性,此时即使主双金属片冷却复原,动触点也不能自动复位,必须采用手动复位。按下复位按钮,动触点弓簧恢复到具有弹性的角度,推动动触点与静触点恢复闭合。

热继电器整定电流的大小可通过旋转电流整定旋钮来调节,旋钮上刻有整定电流值标尺,超过整定电流,热继电器将在负载未达到其允许的过载极限之前动作。

任务拓展

1. 设计要求

以小组(2~4 人为宜)为单位,根据所学知识,设计一台三相异步电动机点动与自锁控制线路,并进行小组间的交流学习。

2. 安装与接线要求

(1)按照设计的控制原理图与接线图在模拟配线板上正确安装,元件在配线板上配制要合理,安装要准确、紧固;

(2)配线导线要紧固、美观,导线要有端子标号。

3. 通电试验

操作方法要正确,并注意人身和设备安全。

北京出版社

任务3 接触器联锁正、反转控制线路的原理、安装与调试

任务概述

在实际生产中，许多生产机械往往要求运动部件能够沿正、反两个方向运动，如X62W万能铣床的工作台需要向左、右两个方向进给，这就需要带动工作台的电动机能够向正、反两个方向旋转。

图1－39　X62W铣床外形图

试在掌握了接触器自锁正转控制的基础上，为X62W万能铣床设计安装一个电动机的正、反转控制线路。

任务目标

- 理解接触器联锁的概念
- 掌握接触器联锁正、反转控制线路及工作原理
- 熟悉按钮与接触器双重联锁正、反转控制线路及工作原理
- 能进行接触器联锁正、反转控制线路的安装、调试和故障检修

任务分析

我们知道，改变通入电动机里的电源相序，就可以改变电动机的转向。接触器自锁正转控制线路采用一个接触器使电动机向一个方向旋转，我们可以在接触器自锁正转控制

线路的基础上,再加入一个接触器,来改变通入到电动机里的电源线序,实现电动机的正、反转控制。但要注意:不能使两个接触器同时得电,否则会造成电源相间短路事故。

知识点

正、反转控制	通过改变进入电动机里的电源相序,使电动机改变转向的控制方式称为正、反转控制。
联锁	当一个接触器得电动作时,通过其辅助常闭触点使另一个接触器不能得电动作,接触器之间这种相互制约的作用叫作联锁或互锁。 实现联锁作用的辅助常闭触点叫联锁触点或互锁触点。

任务实施

一、任务准备

1. 准备任务实施所需电器、工具与仪表

(1)工作服、安全帽、绝缘鞋等劳保用品,学生每人一套;

(2)测电笔、尖嘴钳、螺钉旋具、斜口钳、剥线钳等电工常用工具;

(3)万用表、兆欧表、钳形电流表等仪器仪表;

(4)电工手册等参考资料;

(5)配电板、低压电器、连接导线、冷压端子、编号套管等若干;

(6)所需电气元件明细表见表 1 - 13(型号、规格自定)。

表 1 - 13　　元件明细表

名称	电动机	电源开关	熔断器	接触器	热继电器	按钮	端子板	导线	行线槽
数量/每套	1	1	5	2	1	3	1	若干	若干

2. 检查任务实施所需电器质量

参照本单元“任务 1”中相关环节进行。

二、任务实施

接触器联锁正、反转控制线路的识读与安装

1. 识读接触器联锁正、反转控制线路原理图

电动机接触器联锁正、反转控制线路如图 1 - 40 所示。

工作原理如下:

先合上电源开关 QF。

北京出版社

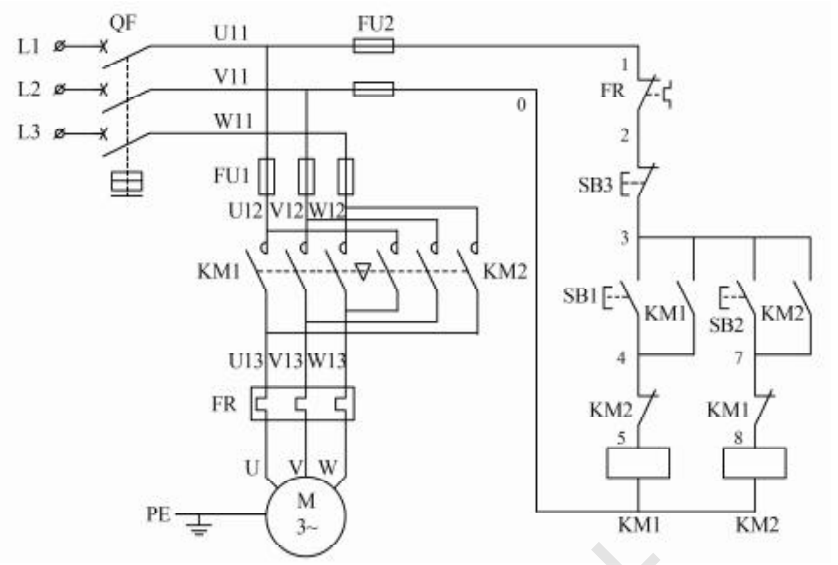
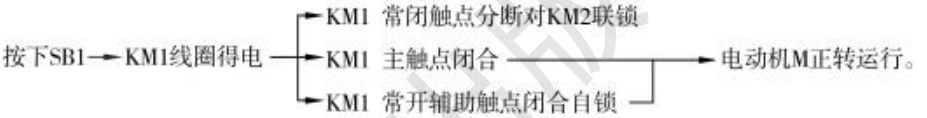
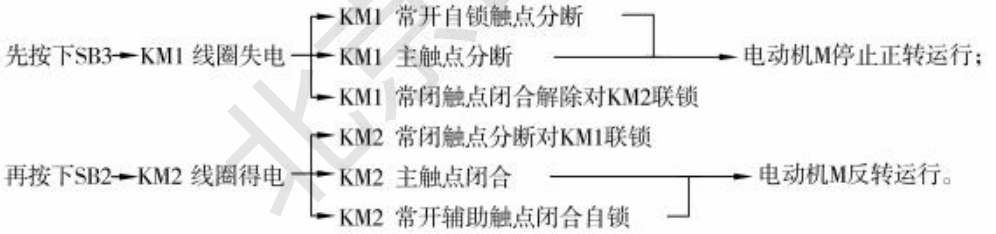


图 1－40　接触器联锁正、反转控制线路

（1）正转控制：



（2）反转控制：



（3）停止控制：

按下停止按钮 SB3→控制电路失电→KM1（或 KM2）线圈失电→KM1（或 KM2）主触点分断→电动机停转。

最后断开 QF。

注意：在接触器联锁控制线路中电动机从正转变为反转时，必须先按下停止按钮后才能按反转启动按钮，否则由于接触器联锁的作用，不能实现反转。反之，电动机由反转变为正转时，中间也需要先按下停止按钮后才能按正转启动按钮。

2. 绘制接触器联锁正、反转控制线路的元件布置图和线路接线图

以学习小组为单位（2～4 人为宜），按照接触器联锁正、反转控制线路原理图，参照对常用低压电器的布置要求，合理安排电气元件，绘制接触器联锁正、反转控制线路的元件布置图和线路接线图。

3. 安装电气元件

在控制板上按元件布置图安装电气元件，并贴上醒目的文字符号。工艺要求与本单元“任务 1”中相同。

4. 接触器联锁正反转控制线路的安装

在控制板上按如图 1－40 所示线路图进行板上线槽配线。板上线槽配线的工艺要求是：

(1)先进行电源电路和控制电路的配线，再进行主电路的配线。

(2)配线时，严禁损伤线芯和导线绝缘，每两个连接点之间的导线长度应留有适当的余量。

(3)各电气元件接线端子引出导线的走向，以元件的水平中心线为界线，在水平中心线以上接线端子引出的导线，必须垂直进入元件上面的行线槽；在水平中心线以下接线端子引出的导线，必须垂直进入元件下面的行线槽。任何导线都不允许从水平方向进入行线槽内。

(4)各电气元件接线端子上引出或引入的导线，除间距很小和元件机械强度很差时允许直接架空敷设外，其他导线必须经过行线槽进行连接。

(5)进入行线槽内的导线要完全置于行线槽内，并应尽可能避免交叉，装线不要超过其容量的 70%，以便于能盖上线槽盖和以后的装配及维修。

(6)各电气元件与行线槽之间的外露导线，应走线合理，并应尽可能做到横平竖直，变换走向要垂直。

(7)所有接线端子、导线线头上都应套有与电路图上相应接点线号一致的编码套管，并按线号进行连接，连接必须牢靠，不得松动，不得有毛刺、反圈、露铜过长、压绝缘层现象。

(8)在任何情况下，接线端子必须与导线截面积和材料性质相适应。当接线端子不适合连接软线或较小截面积的软线时，可以在导线端头穿上针形或叉形端子并压紧。

(9)一般一个接线端子只能连接一根导线，不得超过两根。

安装电动机，做到安装牢固平稳，以防止在换向时产生滚动而引起事故。连接电动机和按钮金属外壳的保护接地线，连接电源、电动机等控制板外部的导线，导线要敷设在导线通管内，或采用绝缘良好的橡皮线。

安装结束后，将安装工具归位并清理安装场地。

5. 自检

安装完毕的控制线路板，必须经过认真检查后，才允许通电试车，以防止错接、漏接，造成不能正常运转或短路事故。

(1)按电路图从电源端开始，逐段核对接线及接线端子处线号是否正确，有无漏接、错接之处。检查导线接点是否符合要求，压接是否牢固，接触应良好，以免带负载运行时产生闪弧现象。

(2)用万用表检查控制电路的通断情况，步骤和方法如图 1－41 所示。

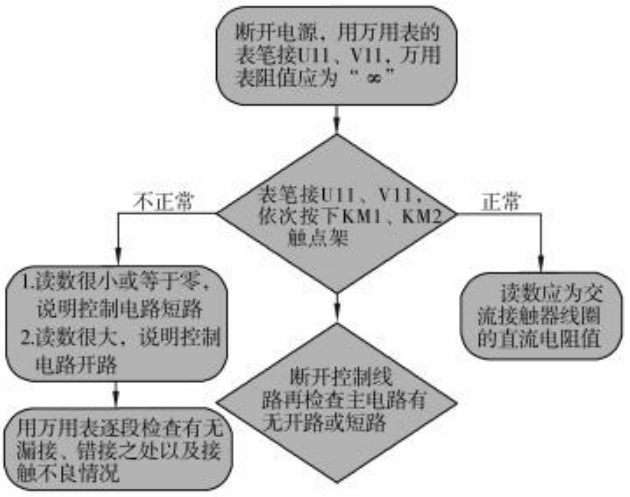


图 1－41　接触器联锁正、反转控制线路自检流程图

(3)用兆欧表检查线路的绝缘电阻,应不得小于 1 MΩ。

6. 交验

学生自检完毕后,必须交指导老师检查,由指导教师对同学们安装配盘的方法、步骤等情况进行总结,明确指出所做盘中存在的问题及改进的方向,并按职业资格技能鉴定评分标准相关项目进行评价考核。

确认无安全隐患后,才能允许通电试车。

7. 通电试车

为保证人身安全,通电试车时,要认真执行安全操作规程的规定,一人监护,一人操作。

试车前应检查与通电试车有关的电气设备是否有不安全的因素存在,如配电盘上是否有安装工具、有无乱搭的导线、盘面是否整洁等。若查出应立即整改,然后方能试车。指导教师必须在现场监护。

(1)通电试车的方法、步骤和流程如图 1－42 所示。

(2)试车过程中,若有异常现象应马上停车,不得让继电器和电动机带故障运行,不得对线路接线是否正确进行带电检查。

(3)出现故障后,学生应独立进行检修。若需带电进行检查时,教师必须在现场监护。检修完毕后,如需再试车,也应有教师监护,并做好时间记录。

(4)通电试车完毕,停转,切断电源开关 QF。先拆除三相电源线,再拆除电动机线。

(5)训练应在规定时间内完成,通电试车成功率以通电后第一次按下按钮时计算。训练结束后,安装的控制板留作故障检修使用。

北京出版社

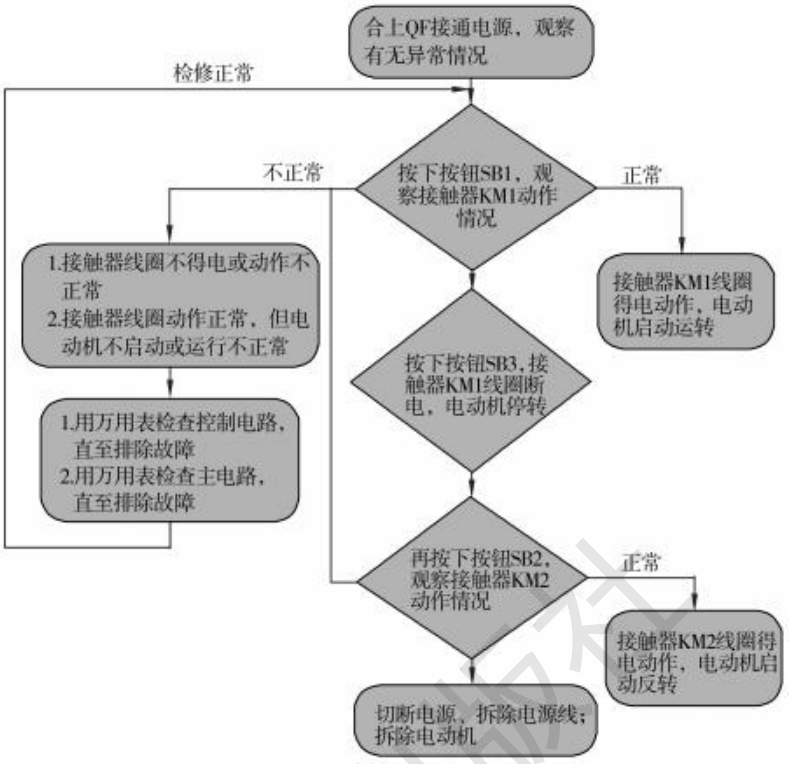


图 1－42　接触器联锁正、反转控制线路通电试车流程图

安全提示

在通电试车时，必须穿戴好工作服、绝缘鞋等劳保用品：

1. 要认真执行安全操作规程的有关规定，一人监护，一人操作。操作者及监护者均不可俯下身去看控制板。

2. 试车过程中，若电动机或者接触器发出异常响声，应立即切断电源，查找故障原因。

3. 不得对线路接线是否正确进行带电检查。

4. 无论是带电进行故障检查还是检修完毕后再试车，教师都必须在现场监护。

接触器联锁正、反转控制线路的故障分析、检查及处理方法

1. 故障描述

按下接触器联锁控制线路正转启动按钮，发现电动机能正常运转，但按下反转启动按钮时电动机不转，试进行故障的分析与检修。

2. 故障分析与检修

电动机正转正常，说明电动机和控制电路电源没问题，故障可能在反转控制支路上。可按下述步骤进行故障分析与检修：

通电试车，查找故障范围：电动机不能反转，应该首先看按下 SB2 后 KM2 是否吸合。

若 KM2 不吸合,说明故障在 KM2 的控制支路上,则可以用电压法或者电阻法查找断路点;若 KM2 吸合,电动机不转,说明故障在主电路上,可能在 KM2 的主触点或 KM2 的主触点至 KM1 主触点的连线上,可用电压法或电阻法查找电路断路点。

查得断路点后,检查并修复故障点。

3. 学生检修

以小组为单位,将接触器联锁正、反转控制线路设置隐蔽故障两处,按照图 1 – 43 所述步骤进行故障检修。

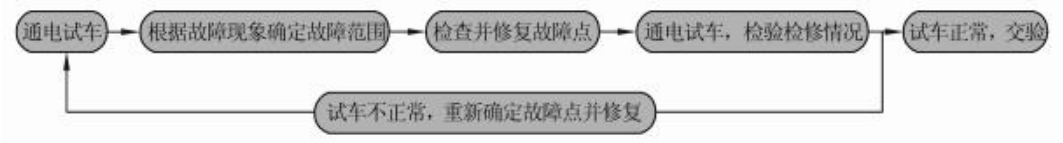


图 1 – 43　故障分析与检修步骤

提示

在动手操作过程中,必须保证方法正确、人身安全:

1. 要认真听取和仔细观察指导教师在示范过程中的讲解和检修操作。
2. 设置故障时,可以把电路中某点断开,但不得改动线路,不得设置短路故障。
3. 在排除故障过程中,故障分析的思路和方法要正确,工具和仪表使用要正确。
4. 带电检修故障时,必须有指导教师在现场监护,并要确保用电安全。
5. 建议在技能不熟练的情况下,断开电源,采用电阻法检查故障。
6. 做好维修记录,积累维修经验。

三、任务检测

学生完成学习任务后,指导教师可参考“附录　职业技能鉴定评分标准”,对学生所配电盘和故障检修情况进行综合评价打分,要明确指出学生在完成学习任务过程中出现的问题,以便学生在今后的学习过程中不断改进,继续进步。

任务评价

表 1 – 14　　任务评价表

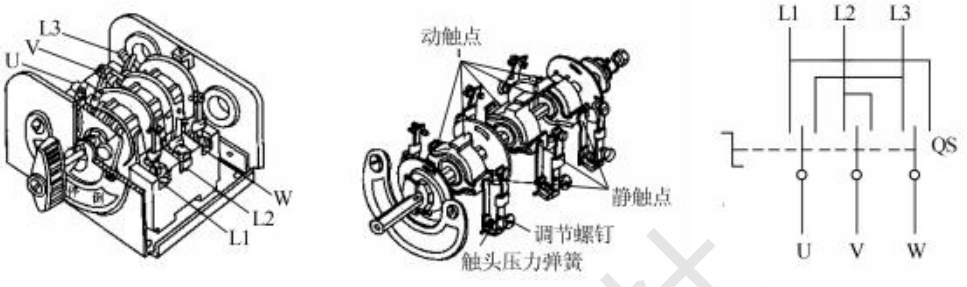
评价项目	评价要素
元件质量检查	电气元件是否有漏检或错检
元件安装	是否按布置图安装元件;元件安装是否牢固、整齐;是否损坏元器件
控制线路安装	是否按电路图接线;主、控电路配线是否符合要求;是否损伤导线绝缘或线芯;接点是否有松动、露铜过长、反圈等现象
通电试车	通电试车成功率等
故障检修	检修思路是否正确;停电是否验电、工具及仪表使用是否得当;排除故障的顺序是否正确;能否查出故障点;有否产生新的故障;是否损坏电气元件
安全文明生产	任务实施过程中是否有违反安全文明生产规定现象

相关知识

倒顺开关正、反转控制

在电动机容量比较小的情况下，可以直接采用倒顺开关进行正、反转控制。

倒顺开关又称可逆转换开关或有限位型转换开关，是专门为控制小容量三相异步电动机的正反转而设计生产的。HZ3－132 型倒顺开关结构和符号如图 1－44 所示。



(a)外形　　(b)结构　　(c)符号

图 1－44　HZ3－132 型组合开关

(1)倒顺开关的结构和工作原理

HZ3－132 型转换开关的手柄有倒、顺、停三个位置，手柄只能从中间“停”的位置，向左、右各转 45°。转轴上固定着 6 个形状不同的动触点，两边各装有 3 个静触点。操作开关 QS，当手柄处于“停”位置时，QS 的动、静触点不接触，电路不通，电动机不转；当手柄扳至“顺”位置时，QS 的动触点和左边的静触点相接触，电路按 L1—U、L2—V、L3—W 接通，输入电动机定子绕组的电源电压相序为 L1—L2—L3，电动机正转；当手柄扳至“倒”位置时，QS 的动触点和右边的静触点相接触，电路按 L1—W、L2—V、L3—U 接通，输入电动机定子绕组的电源相序变为 L3—L2—L1，电动机反转。

必须注意：倒顺开关接线时，要看清接线标志，以免产生电源两相短路故障。

(2) 倒顺开关的选用

倒顺开关应根据电源种类、电压等级、负载容量等进行选用。开关的额定电流一般取电动机额定电流的 1.5～2.5 倍。

(3)倒顺开关的安装与使用

①开关的安装要牢固、可靠，开关金属外壳上的接地螺钉应可靠接地。

②组合开关的通断能力较低，不能用来分断故障电流。

③开关的操作频率是每小时 15～20 次，当操作频率过高或负载功率因数较低时，应降低开关的容量使用，即用较大容量的开关控制较小容量的负载，以延长其使用寿命。

(4)倒顺开关正、反转控制线路

倒顺开关正、反转控制线路如图 1－45 所示。

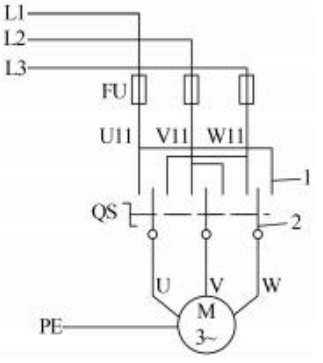


图 1－45　倒顺开关正、反转控制线路图

工作原理：操作倒顺开关 QS，当手柄处于“停”位置时，

倒顺开关的动、静触点分离，电路处于分断状态，电动机不转。当手柄扳至“顺”位置时，QS 的动触点和左边静触点相接，电路接通，输入电动机定子绕组的电压相序为 L1 – L2 – L3，电动机正转；当手柄扳至“倒”位置时，QS 动触点与右边静触点相接，输入电动机定子绕组的相序为 L3 – L2 – L1，电动机随之反转。

电路特点：倒顺开关正、反转控制线路虽然结构简单，元器件较少，但它是一种手动控制电路，在频繁换向时，操作人员劳动强度大，操作安全性差，所以这种线路一般用于控制额定电流 10 A、功率在 3 kW 及以下的小容量电动机。

安全提示

当电动机处于正转状态时，要使它反转，应先把手柄扳至“断开”的位置，使电动机先停转，然后再把手柄扳至“倒”的位置，使它反转。若直接把手柄由“顺”扳至“倒”的位置，电动机绕组会因电源突然反接而产生很大的反接电流，易使电动机定子绕组过热损坏。

任务拓展

接触器联锁正、反转控制线路的优点是工作安全可靠，缺点是操作不便。因电动机从正转变为反转时，必须先按下停止按钮后才能按反转启动按钮，否则由于接触器的联锁作用，不能实现反转。为克服此线路的不足，可采用按钮和接触器双重联锁的正、反转控制线路。

请以小组（2 ~ 4 人为宜）为单位，设计出按钮和接触器双重联锁的正、反转控制线路，在小组间进行控制线路原理的交流学习并进行安装与调试。

任务 4　自动往返控制线路的原理、安装与调试

任务概述

在生产过程中，一些生产机械运动部件的行程或位置要受到限制，或者需要其运动部件在一定范围内自动往返循环等，如 X62W 万能铣床的工作台需要频繁向上下、左右、前后六个方向进给。因此，除了需要采用接触器联锁正、反转控制线路来控制电动机的换向外，当工作台移动到极限位置时，还要求工作台能自动停止并实现往返。试设计控制工作台自动往返的控制线路，并进行安装与调试。

北京出版社

任务目标

- 熟悉行程开关等低压电器
- 掌握工作台自动往返控制线路的构成和工作原理
- 能进行工作台自动往返控制线路的安装、调试和故障检修

任务分析

根据工作台自动往返控制线路控制要求：按下启动按钮，电动机便启动运行并带动工作台朝某一方向移动，当移动到极限位置时能自动停止并开始反向移动，当反向移动到极限位置时又自动停止并再次反向移动，自动循环往返；按下停止按钮，电动机停转。

电动机移动到某一位置能自动停止并实现反转，这种控制效果和双重联锁正、反转控制电路相似，因此我们可以采用功能与按钮类同的位置开关代替按钮来实现自动控制。

知识点

自动往返控制线路	电气控制线路能对电动机实现自动转换正、反转控制，使被控制器件在一定的行程内能自动往返运动，以进行加工或运输。
位置开关	它是一种将机械信号转换为电气信号，以控制运动部件位置或行程的主令电器。

任务实施

一、任务准备

1. 准备任务实施所需电器、工具与仪表

(1)工作服、安全帽、绝缘鞋等劳保用品，学生每人一套；

(2)测电笔、尖嘴钳、螺钉旋具、斜口钳、剥线钳等电工常用工具；

(3)万用表、兆欧表、钳形电流表等仪器仪表；

(4)电工手册等参考资料；

(5)配电板、低压电器、连接导线、冷压端子、编号套管等若干；

(6)所需电气元件明细表见表 1－15(型号、规格自定)。

表 1－15　　元件明细表

名称	交流电动机	电源开关	熔断器	交流接触器	热继电器	按钮	位置开关	端子板	导线	行线槽
数量/每套	1	1	5	2	1	3	4	1	若干	若干

北京出版社

2. 检查任务实施所需电器质量

参照本单元“任务 1”中相关环节进行。

二、任务实施

工作台自动往返控制线路的识读与安装

1. 识读工作台自动往返控制线路原理图

工作台自动往返控制线路如图 1－46 所示。

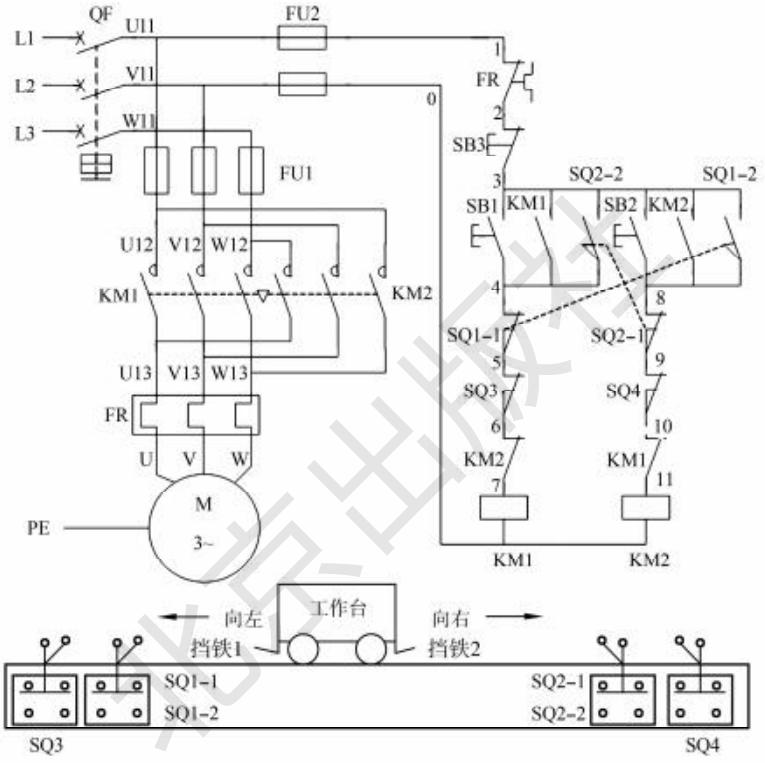
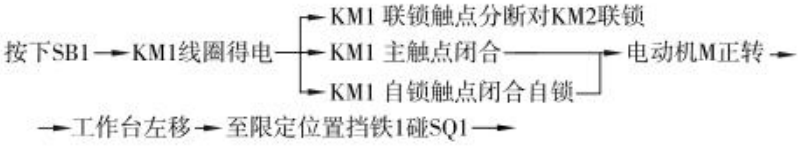


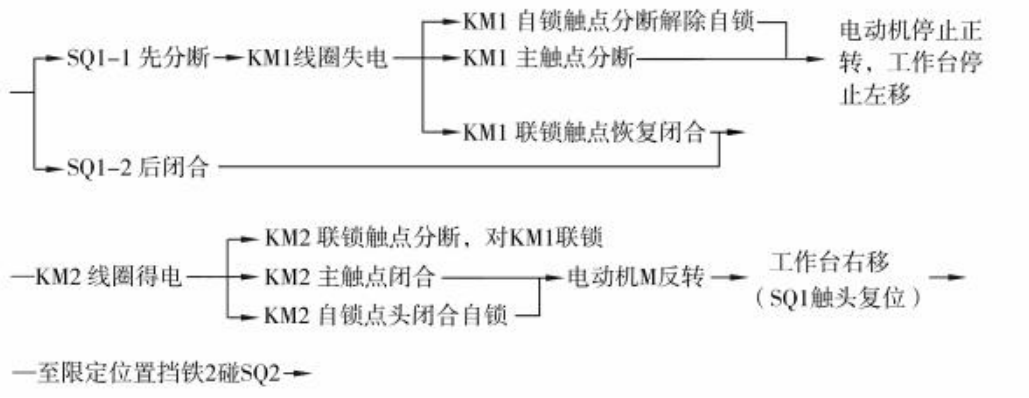
图 1－46　工作台行程自动往返控制线路①

工作原理：

先合上电源开关 QF。



① 识读线号上的数字“6”和“9”时，如果识读的方向不同，就会读错。在实际生产中，各厂家采取的防止读错线号的措施各有不同：有去掉“6”和“9”的；有去掉“9”保留“6”的；有在数字前面加字母的；有在数字“6”和“9”下面加横线表明识读方向的。请同学们在配盘和检修故障时注意采取相应措施，不要将线号读错。



以后重复上述过程，工作台就在限定的行程内自动往返运动。

停止时：

按下 SB3→整个控制电路失电→KM1（或 KM2）主触点分断→电动机 M 失电停转。

最后断开 QF。

2. 绘制工作台自动往返行程控制线路元件布置图和线路接线图

以学习小组为单位（2～4 人为宜），按照工作台自动往返行程控制线路原理图，依照对常用低压电器的配线和布置要求，合理安排电气元件，绘制工作台自动往返行程控制线路元件布置图和线路接线图。

3. 安装电气元件

在控制板上按元件布置图安装电气元件，并贴上醒目的文字符号。工艺要求与本单元“任务 1”中相同。

在不使用机床做技能训练的情况下，可将行程开关安装在控制盘上，行程开关滚轮的方向不能接反，挡铁与其碰撞的位置应符合控制线路的要求，并能确保可靠地与挡铁碰撞。行程开关的金属外壳必须可靠接地。自动空气开关、熔断器的受电端子应安装在控制板的外侧，并使熔断器的受电端为底座的中心端。

4. 工作台自动往返行程控制线路的安装

（1）按表 1－15 配齐所有电气元件，并进行质量检验。电气元件应完好无损，各项技术指标符合规定要求，否则应予以更改。

（2）在控制板上按照自行绘制的元件布置图安装所有的电气元件，并贴上醒目的文字符号。安装行线槽时，应做到横平竖直、排列整齐匀称、安装牢固和便于走线等。

（3）按如图 1－46 所示的线路图进行板上线槽配线，并在导线端部套编码管和冷压接

线头。板上线槽配线的具体工艺要求如图 1－47 所示。

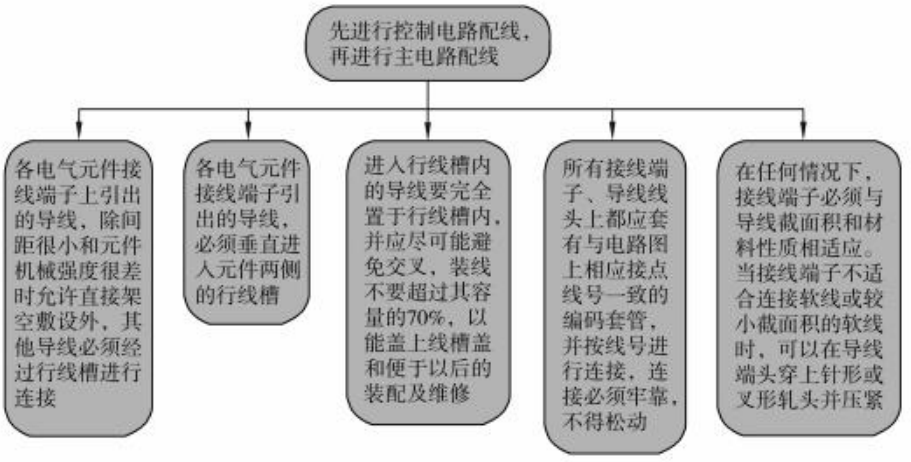


图 1－47　线槽配线要求

（4）安装电动机，做到安装牢固平稳，以防止在换向时产生滚动而引起事故。连接电动机和按钮金属外壳的保护接地线，连接电源、电动机等控制板外部的导线。

操作提示

（1）位置开关可以先安装好，不占定额时间。位置开关必须牢固安装在合适的位置上。安装后，必须用手动工作台或控制机械进行试验，合格后才能使用。训练中若无条件进行实际机械安装试验，可将位置开关安装在控制板下方两侧进行手控模拟试验。

（2）电动机、行程开关、按钮等带金属外壳的电气元件必须可靠接地。

（3）通电试验时，必须先手动控制位置开关，试验各行程开关和终端保护动作是否正确可靠。若在电动机正转（工作台向左运动）时，扳动位置开关 SQ1，电动机不反转，且继续正转，则可能是由于 KM2 的主触点接线不正确引起，需断电进行纠正后再试，以防发生设备事故。

（4）行线槽安装后可不必拆卸，以供后面课题训练时使用。安装线槽的时间不计入定额时间内。

（5）安装训练应在定额时间内完成，同时要做到安全操作和文明生产。

（6）安装结束后，将安装工具归位并清理安装场地。

5. 自检

安装完毕的控制线路板，必须经过认真检查后，才允许通电试车，以防止错接、漏接，造成不能正常运转或短路事故。

（1）按电路图从电源端开始，逐段核对接线及接线端子处线号是否正确，有无漏接、错接之处。检查导线接点是否符合要求，压接是否牢固，接触应良好，以免带负载运行时

产生闪弧现象。

(2)用万用表检查控制电路的通断情况,步骤、方法和流程如图 1 -48 所示。

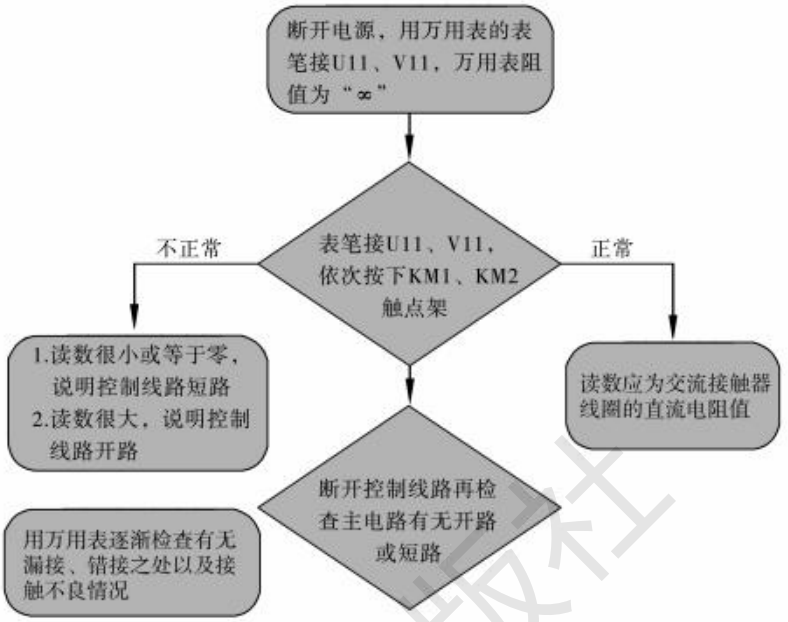


图 1 -48　工作台自动往返控制线路自检流程图

(3)用兆欧表检查线路的绝缘电阻应不得小于 1 MΩ。

6. 交验

学生自检完毕后,必须交指导老师检查,由指导教师对同学们安装配盘的方法、步骤等情况进行总结,明确指出所做盘中存在的问题及改进的方向,并按职业资格技能鉴定评分标准相关项目进行评价考核。

确认无安全隐患后,才能允许通电试车。

7. 通电试车

为保证人身安全,通电试车时,要认真执行安全操作规程的规定,一人监护,一人操作。

试车前应检查与通电试车有关的电气设备是否有不安全的因素存在,如配电盘上是否有安装工具、有无乱搭的导线、盘面是否整洁等。若查出应立即整改,然后方能试车。指导教师必须在现场监护。

(1)通电试车的方法、步骤和流程如图 1 -49 所示。

(2)试车过程中,若有异常现象应马上停车,不得让接触器和电动机带故障运行,不得对线路接线是否正确进行带电检查。

(3)出现故障后,学生应独立进行检修。若需带电进行检查,教师必须在现场监护。检修完毕后,如需再试车,也应有教师监护,并做好时间记录。

北京出版社

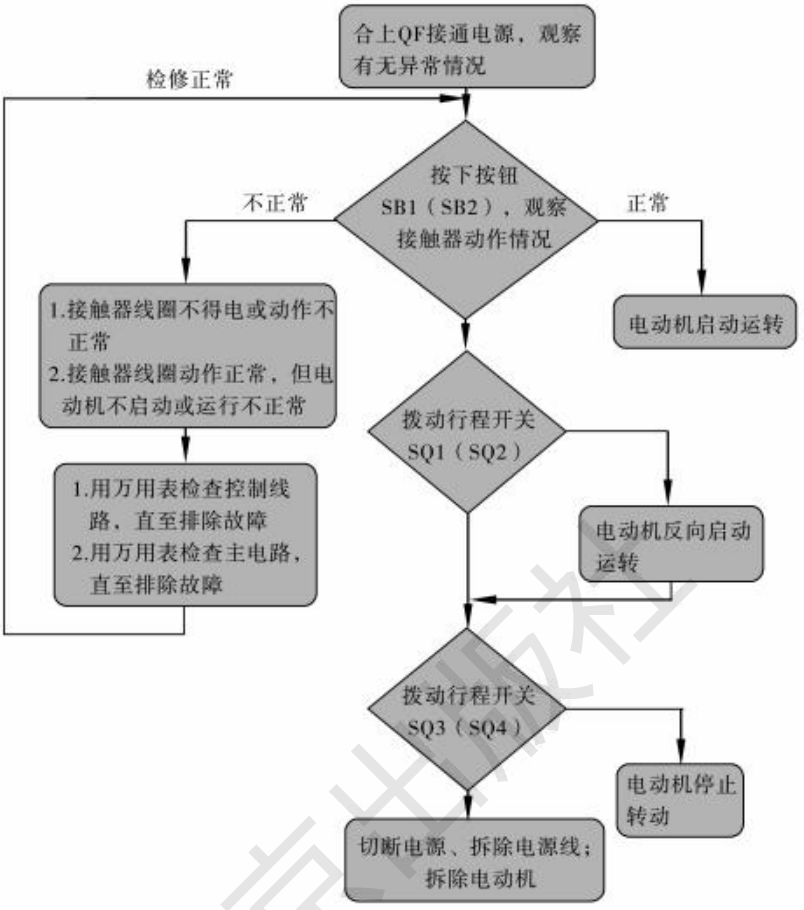


图 1－49　工作台自动往返控制线路通电试车流程图

(4)通电试车完毕,停转,切断电源开关 QF。先拆除三相电源线,再拆除电动机线。

(5)训练应在规定定额时间内完成,通电试车成功率以通电后第一次按下按钮时计算。训练结束后,安装的控制板留作故障检修使用。

安全提示

在通电试车时,必须穿戴好工作服、绝缘鞋等劳保用品:

1. 要认真执行安全操作规程的有关规定,一人监护,一人操作。操作者及监护者均不可俯下身去看控制板。

2. 试车过程中,若电动机或者接触器发出异常响声,应立即切断电源,查找故障原因。

3. 不得对线路接线是否正确进行带电检查。

4. 无论是带电进行故障检查还是检修完毕后再试车,教师都必须在现场监护。

工作台自动往返控制线路的故障分析、检查及处理方法

1. 故障描述

按下工作台自动往返控制线路正转启动按钮，发现电动机能正常运转，工作台也正常左移，但不能向右移动，试进行故障的分析与检修。

2. 故障分析与检修

工作台左移正常，说明电动机没问题，故障可能在位置开关或反转控制线路上。参照图 1－46，按下述步骤进行故障分析与检修：

（1）通电试车，查找故障范围。

工作台不能向右进给，应该首先看按下 SB2 或者 SQ1 后接触器 KM2 是否吸合。

①若接触器 KM2 不吸合，说明故障在 KM2 的控制支路上，则可以用电压法或者电阻法沿着 3 号线—8 号线—9 号线—10 号线—11 号线—0 号线方向查找断路点。

②若接触器 KM2 吸合，电动机不转，说明故障在 KM2 的主触点或 KM2 的主触点至 KM1 主触点的连线上，可用电压法或电阻法查找电路断路点。

（2）检查并修复故障点。

小窍门

在掌握了电压测量法和电阻测量法的基本原理以后，查找故障点可以不必逐点测量，以节省故障查找时间。例如，用电阻法测量时，将万用表拨至“R×1”挡，校表后，用两表笔跨接在 8 号线和 11 号线之间：如测量电阻值为∞，说明断路点就在 8 号线和 11 号线之间，一般情况下就可以排除线路其他部分的故障嫌疑；如测量电阻值为 0，说明 8 号线和 11 号线之间无断路点，就可以不必再检查 8 号线和 11 号线之间的其他接点。

3. 学生检修

以小组为单位，将工作台自动往返控制线路设置隐蔽故障两处，进行故障检修。

安全提示

在动手操作过程中，必须保证方法正确、人身安全：

1. 要熟练掌握电路图中各个环节的作用。
2. 不得设置短路故障；严禁在 SQ3、SQ4 上设置故障。
3. 在排除故障过程中，故障分析的思路和方法要正确；工具和仪表使用要正确。
4. 做好维修记录，积累维修经验。

三、任务检测

学生完成学习任务后，指导教师可参考“附录　职业技能鉴定评分标准”，对学生所配电盘和故障检修情况进行综合评价打分，要明确指出学生在完成学习任务过程中出现的问题，以便学生在今后的学习过程中不断改进，继续进步。

北京出版社

任务评价

表 1－16　　任务评价表

评价项目	评价要素
元件质量检查	电气元件是否有漏检或错检
元件安装	是否按布置图安装元件；元件安装是否牢固、整齐；是否损坏元器件
控制线路安装	是否按电路图接线；主、控电路配线是否符合要求；是否损伤导线绝缘或线芯；接点是否有松动、露铜过长、反圈等现象
通电试车	通电试车成功率等
故障检修	检修思路是否正确；停电是否验电、工具及仪表使用是否得当；排除故障的顺序是否正确；能否查出故障点；有否产生新的故障；是否损坏电气元件
安全文明生产	任务实施过程中是否有违反安全文明生产规定现象

相关知识

认识行程开关

行程开关又称位置开关，属于主令电器的一种，用以反映工作机械的行程，发出命令以控制其运动方向和行程大小的开关。其作用原理与按钮相同，区别在于它不是靠手指的按压而是利用生产机械运动部件的碰压使其触点动作，从而将机械信号转变为电信号，用以控制机械动作或用作程序控制。通常，行程开关被用来限制机械运动的位置或行程，使运动机械按一定的位置或行程实现自动停止、反向运动、变速运动或自动往返运动等。

1. 型号及含义

目前机床中常用的行程开关有 LX19 和 JLXK1 等系列，其型号和含义分别如图1－50、图 1－51 所示。

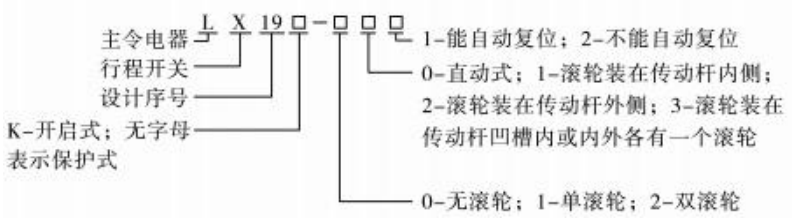


图 1－50　LX19 系列行程开关的型号及含义

图 1－51　JLXK 系列行程开关的型号及含义

2. 结构及工作原理

各系列行程开关的基本结构大体相同，都是由触点系统、操作机构和外壳组成。以某种行程开关元件为基础，装置不同的操作机构，可得到各种不同形式的行程开关，常见的有按钮式（直动式）和旋转式（滚轮式）。JLXK1 系列行程开关的外形如图 1－52 所示。

（a）JLXK1－311 按钮式　　（b）JLXK1－111 单轮旋转式　　（c）JLXK1－211 双轮旋转式

图 1－52　JLXK1 系列行程开关

JLXK1 系列行程开关的结构和动作原理如图 1－53（a）（b）所示。当运动部件的挡块碰压行程开关的滚轮时，杠杆连同转轴一起转动，使凸轮推动撞块，当撞块被压到一定位置时，推动微动开关快速动作，使其常闭触点断开，常开触点闭合。行程开关在电路图中的符号如图 1－54 所示。

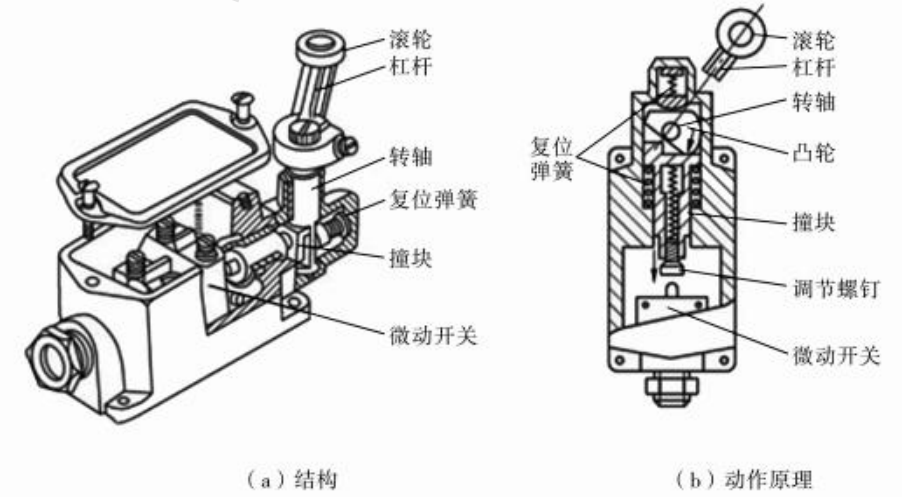


图 1－53　JLXK1－111 型行程开关的结构和动作原理

常开触点　　常闭触点　　复合触点

图 1－54　JLXK1－111 型行程开关的符号

行程开关的触点动作方式有蠕动型和瞬动型两种。蠕动型触点的分合速度取决于生产机械挡铁的移动速度。当挡铁的移动速度小于 0.007 m/s 时，触点分合太慢，易产生电弧灼烧触点，从而缩短触点的使用寿命，也影响动作的可靠性及行程控制的位置精度。瞬动型行程开关的触点动作速度与挡铁的移动速度无关，性能显然优于蠕动型。LX19K 型行程开关即是瞬动型，其工作原理如图 1－55 所示。

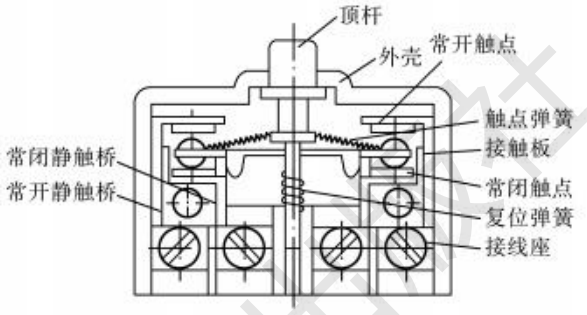


图 1－55　LX19K 型行程开关的动作原理

当运动部件的挡块碰压顶杆时，顶杆向下移动，压缩弹簧使之储存一定的能量。当顶杆移动到一定的位置时，弹簧的弹力方向发生改变，同时储存的能量得以释放，完成跳跃式快速换接动作。当挡铁离开顶杆时，顶杆在弹簧的作用下上移，上移到一定位置，接触桥瞬时进行换接，触点迅速恢复到原状态。

行程开关动作后，复位方式有自动复位和非自动复位两种。图 1－52(a)(b)所示的按钮式和单轮旋转式均为自动复位式；图 1－52(c)所示的双轮旋转式行程开关，只有运动机械反向移动，挡铁从相反方向碰压另一滚轮时，触点才能复位。这种非自动复位式行程开关价格较高，但运行可靠。

3. 选用

行程开关主要根据动作要求、安装位置及触点数量选择。

4. 安装与使用

(1)行程开关安装时，安装位置要准确，安装要牢固；滚轮方向不能装反，挡铁与其碰撞的位置应符合控制线路的要求，并确保能可靠地与挡铁碰撞。

(2)行程开关在使用中，要定期检查和保养，除去油垢及粉尘，清理触点，经常检查其动作是否灵活、可靠，及时排除故障。防止因行程开关触点接触不良或接线松脱产生误动作而导致设备和人身安全事故。

任务拓展

某工厂车间里的行车，要求在车间两端来回移动运载工件，要求移动到车间两端时能自动停止以便装载货物。

请以小组（2～4人为宜）为单位，设计出行车能自动停止的位置控制线路，在小组间进行控制线路原理的交流学习并进行安装与调试。

任务5 顺序控制线路的原理、安装与调试

任务概述

在装有多台电动机的生产机械上，各电动机所起的作用是不同的，有时需按一定的顺序启动或停止，才能保证操作过程的合理和工作的安全可靠。如CA6140车床要求主轴电动机启动后，冷却泵电动机方可启动；X62W万能铣床要求主轴电动机启动后，进给电动机才能启动。

试根据上述任务描述，以两台单向运转电动机为例，设计顺序控制线路进行安装与调试。

任务目标

- 熟悉顺序控制的要求与特点
- 掌握顺序控制线路的构成和工作原理
- 能进行顺序控制线路的安装、调试和故障检修

任务分析

CA6140车床要求在主轴电动机启动之后，才可以启动冷却泵电动机，即在主轴电动机未启动的时候，即使按下冷却泵电动机的启动按钮，电动机也不会启动。这就必须在冷却泵电动机控制支路上加入由主轴接触器控制的断开点。

知识点

顺序控制	要求多台电动机的启动或停止必须按一定的先后顺序来完成的控制方式称顺序控制。

北京出版社

任务实施

一、任务准备

1. 准备任务实施所需电器、工具与仪表

(1)工作服、安全帽、绝缘鞋等劳保用品,学生每人一套;

(2)测电笔、尖嘴钳、螺钉旋具、斜口钳、剥线钳等电工常用工具;

(3)万用表、兆欧表、钳形电流表等仪器仪表;

(4)电工手册等参考资料;

(5)配电板、低压电器、连接导线、冷压端子、编号套管等若干;

(6)所需电气元件明细表见表 1 - 17(型号、规格自定)。

表 1 - 17　　元件明细表

名称	交流电动机	电源开关	熔断器	交流接触器	中间继电器	热继电器	按钮	端子板	导线	行线槽
数量/每套	2	1	5	1	1	2	3	1	若干	若干

2. 检查任务实施所需电器质量

参照本单元“任务 1”中相关环节进行。

二、任务实施

电动机控制线路的设计与安装

1. 以学习小组为单位,设计两台电动机的顺序启动控制线路原理图和单台电动机的两地控制线路图

两台电动机的顺序启动控制线路参考如图 1 - 56 所示。

工作原理:

先合上电源开关 QF。

启动:

按下SB1→KM线圈得电→KM主触点闭合→电动机M1启动连续运转。
　　KM自锁触点闭合

再按下SB2→KA线圈得电→KA触点闭合→电动机M2启动运转。
　　KA自锁触点闭合

停止:

按下 SB3→控制电路失电→KM、KA 触点分断→电动机 M1、M2 同时停转。

最后断开 QF。

北京出版社

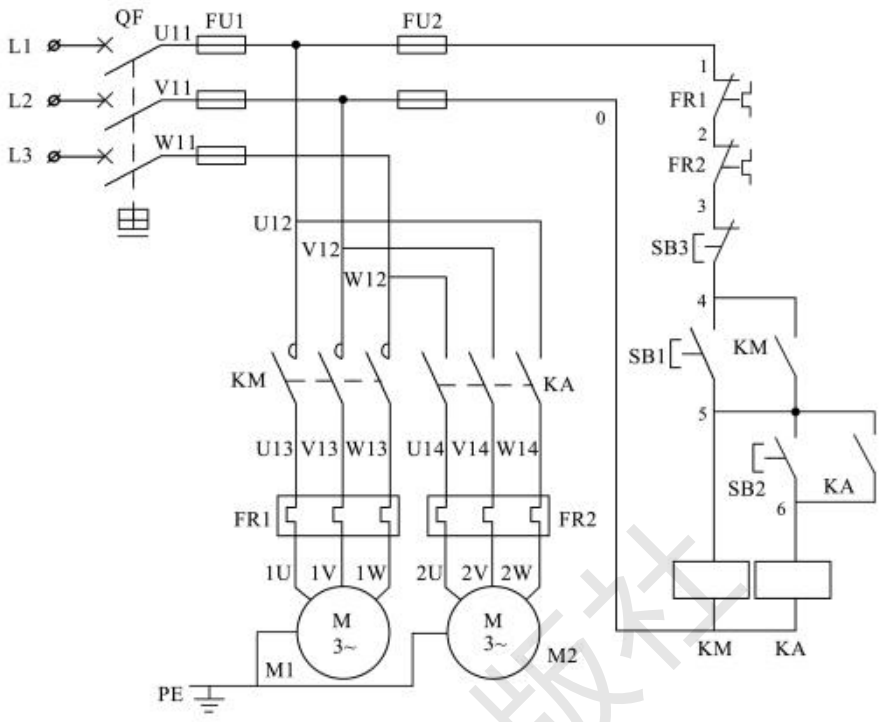


图 1－56　两台电动机的顺序启动控制线路图

2. 绘制两台电动机的顺序启动控制线路元件布置图和线路接线图

以学习小组为单位(2～4 人为宜),按照两台电动机的顺序启动控制线路原理图,依照对常用低压电器的配线和布置要求,合理安排电气元件,绘制两台电动机的顺序启动控制线路元件布置图和线路接线图。

3. 安装电气元件

在控制板上按元件布置图安装电气元件,并贴上醒目的文字符号。工艺要求与本单元“任务 1”中相同。

4. 两台电动机的顺序启动控制线路的安装

按自行设计的顺序启动控制线路或如图 1－56 所示的线路图进行板前线槽配线,并在导线端部套编码管和冷压接线头。板前线槽配线的具体工艺要求如图1－57 所示。

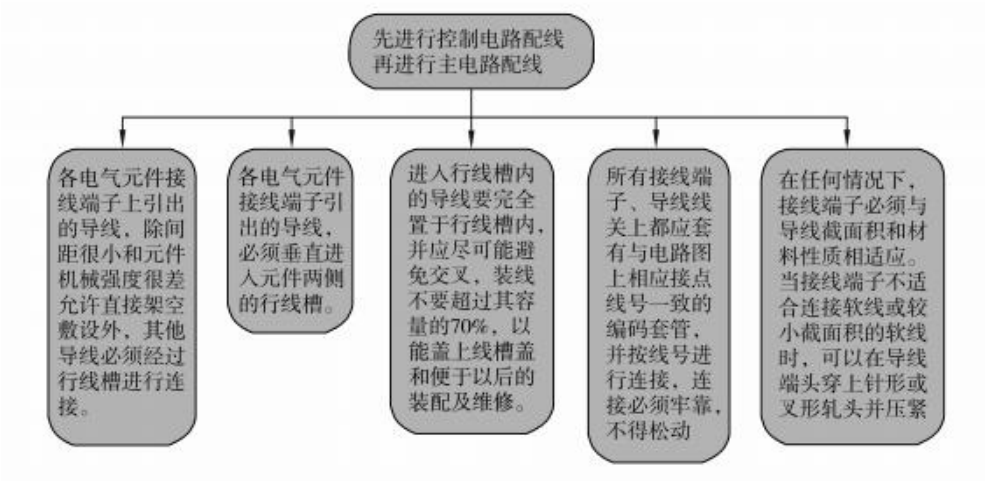


图 1－57　线槽配线工艺要求

操作提示

1. 配线时，严禁损伤线芯和导线绝缘，每两个连接点之间的导线长度应留有适当的余量。

2. 所有从一个接线端子到另一个接线端子的导线必须连续，中间无接头。一般一个接线端子只能连接一根导线，不得超过两根。不得有毛刺、反圈、露铜过长、压绝缘层现象。

3. 安装电动机，做到安装牢固平稳，以防止在换向时产生滚动而引起事故。连接电动机和按钮金属外壳的保护接地线，连接电源、电动机等控制板外部的导线。

4. 安装结束后，将安装工具归位并清理安装场地。

5. 自检

安装完毕的控制线路板，必须经过认真检查后，才允许通电试车，以防止错接、漏接，造成不能正常运转或短路事故。

（1）按电路图从电源端开始，逐段核对接线及接线端子处线号是否正确，有无漏接、错接之处。检查导线接点是否符合要求，压接是否牢固，接触应良好，以免带负载运行时产生闪弧现象。

（2）用万用表检查控制电路的通断情况，步骤和方法如图 1－58 所示。

（3）用兆欧表检查线路的绝缘电阻，应不得小于 1 MΩ。

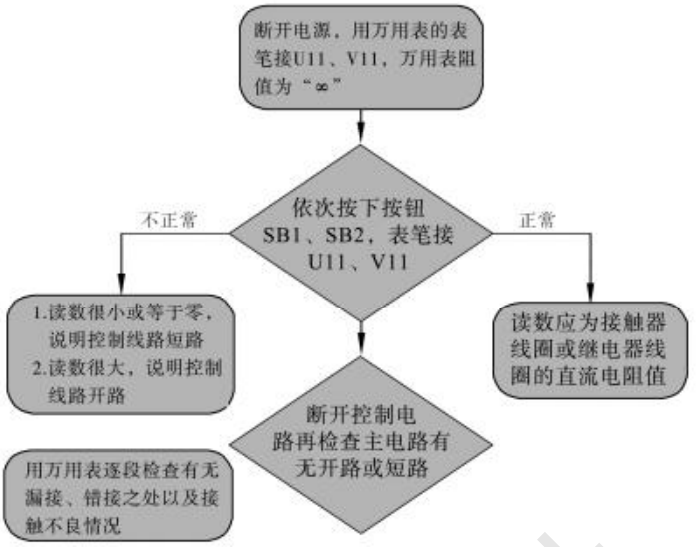


图 1－58　顺序控制线路自检流程图

6. 交验

学生自检完毕后，必须要交给任课老师，由指导教师对同学们安装配盘的方法、步骤等情况进行总结，明确指出所做盘中出现的问题及改进的方向，并按职业资格技能鉴定评分标准进行综合评价打分。

确认无安全隐患后，才能允许通电试车。

7. 通电试车

为保证人身安全，通电试车时，要认真执行安全操作规程的规定，一人监护，一人操作。试车前应检查与通电试车有关的电气设备是否有不安全的因素存在。如配电盘上是否有安装工具、有无乱搭的导线、盘面是否整洁等，若查出应立即整改，然后方能试车。指导教师必须在现场监护学生。

(1)通电试车的方法步骤如图 1－59 所示。

(2)试车过程中，若有异常现象应马上停车，不得让电器和电动机带故障运行，不得对线路接线是否正确进行带电检查。

(3)出现故障后，学生应独立进行检修。若需带电进行检查时，教师必须在现场监护。检修完毕后，如需再试车，也应有教师监护，并做好时间记录。

(4)通电试车完毕，停转，切断电源开关 QF。先拆除三相电源线，再拆除电动机线。

(5)训练应在规定定额时间内完成，通电试车成功率以通电后第一次按下按钮时计算。训练结束后，安装的控制板留供故障检修使用。

北京出版社

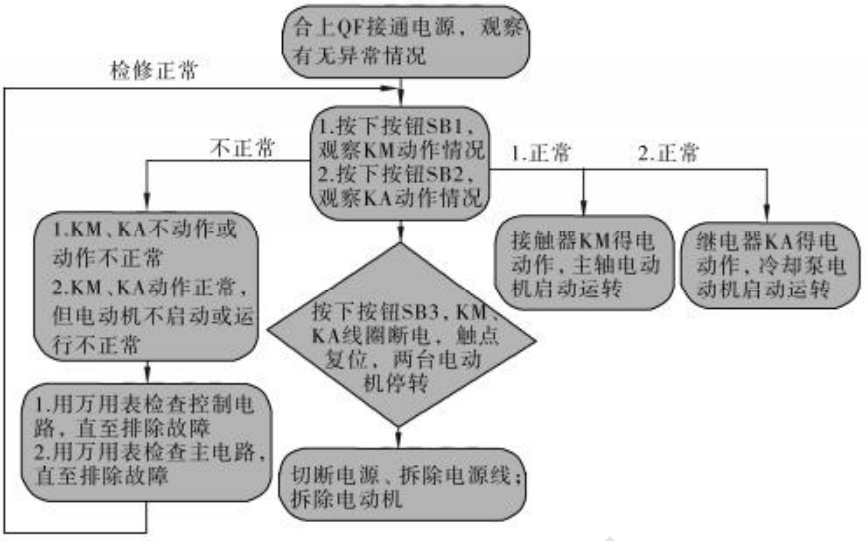


图 1－59　通电试车流程图

安全提示

在通电试车时，必须穿戴好工作服、绝缘鞋等劳保用品：

1. 要认真执行安全操作规程的有关规定，一人监护，一人操作。操作者及监护者均不可俯下身去看控制板。

2. 给控制线路送电时，一定要认真仔细，切不可误操作相邻控制盘的电源。

3. 试车过程中，若电动机或者接触器发出异常响声时，应立即切断电源，查找故障原因。

4. 不得对线路接线是否正确进行带电检查。

5. 无论是带电进行故障检查还是检修完毕后再试车，教师都必须在现场监护。

两台电动机顺序启动控制线路的故障分析、检查及处理方法

1. 故障描述

当按下电动机 M2 的启动按钮后，电动机 M2 无法启动运行。试进行故障的分析与检修。

2. 故障分析与检修

M1 与 M2 之间存在顺序控制，M2 必须在 M1 启动之后才能启动，所以电动机 M2 不启动，要先看电动机 M1 是否能够启动。参照图 1－56 所示线路图进行分析如下：

(1)电动机 M1 不能启动

出现电动机 M1 不能启动的情况，故障可能出在 M1 的主电路或控制电路上。若按下启动按钮后 KM 得电动作，但电动机 M1 不转，说明 M1 的主电路有故障，按主电路故障检修方法查找故障并修复，然后再启动电动机 M2。若 KM 未得电动作，说明 M1 的控制电路

有故障，按控制电路故障检修方法查找故障并修复，然后启动电动机 M2。

（2）电动机 M1 能启动运行

电动机 M1 能启动运行，说明电源电路和公共支路没有故障，故障只出在电动机 M2 控制支路上。

若按下按钮 SB2，继电器 KA 不吸合，则说明故障在控制电路。可断开电源，用电阻法测量 5 号线—6 号线—0 号线，找出电路断开点并修复。

若按下按钮 SB2，继电器 KA 吸合，但电动机 M2 不启动运转，则说明故障在主电路。可在带电情况下，将万用表打至“交流电压 500 V”挡位，分别测量 KA 触点上端的 U12、V12、W12 每两个接线点之间的电压。

若三相电压不平衡，则可根据测量数据判断故障支路。如 $U_{VW}=380$ V、U_{UV}、U_{WU}均很小或为零，则可判断故障出在 U 相，可在 U 相从 KA 触点上端向电源端查找断路点并修复即可。

若电压均为 380 V，说明故障在该测量点下端，则分别检查 KA 的三个触点接触情况及触点至 U、V、W 三个接线端点的连接情况，发现断路点后，断开电源并进行修复。

3. 学生检修

以小组为单位，将顺序控制线路设置隐蔽故障两处，进行故障检修。

安全提示

在动手操作过程中，必须保证方法正确、人身安全：

1. 要熟练掌握电路图中各个环节的作用。
2. 不得设置短路故障。
3. 在排除故障过程中，故障分析的思路和方法要正确；工具和仪表使用要正确。
4. 做好维修记录，积累维修经验。

三、任务检测

学生完成学习任务后，指导教师可参考“附录　职业技能鉴定评分标准”，对学生所配电盘和故障检修情况进行综合评价打分，要明确指出学生在完成学习任务过程中出现的问题，以便学生在今后的学习过程中不断改进，继续进步。

任务评价

表 1－18　　任务评价表

评价项目	评价要素
元件质量检查	电气元件是否有漏检或错检
元件安装	是否按布置图安装元件；元件安装是否牢固、整齐；是否损坏元器件
控制线路安装	是否按电路图接线；主、控电路配线是否符合要求；是否损伤导线绝缘或线芯；接点是否有松动、露铜过长、反圈等现象
通电试车	通电试车成功率等

北京出版社

（续表）

评价项目	评价要素
故障检修	检修思路是否正确；停电是否验电、工具及仪表使用是否得当；排除故障的顺序是否正确；能否查出故障点；有否产生新的故障；是否损坏电气元件
安全文明生产	任务实施过程中是否有违反安全文明生产规定现象

相关知识

顺序控制的其他形式

1. 顺序启动、同时停止的控制线路（图 1－60）

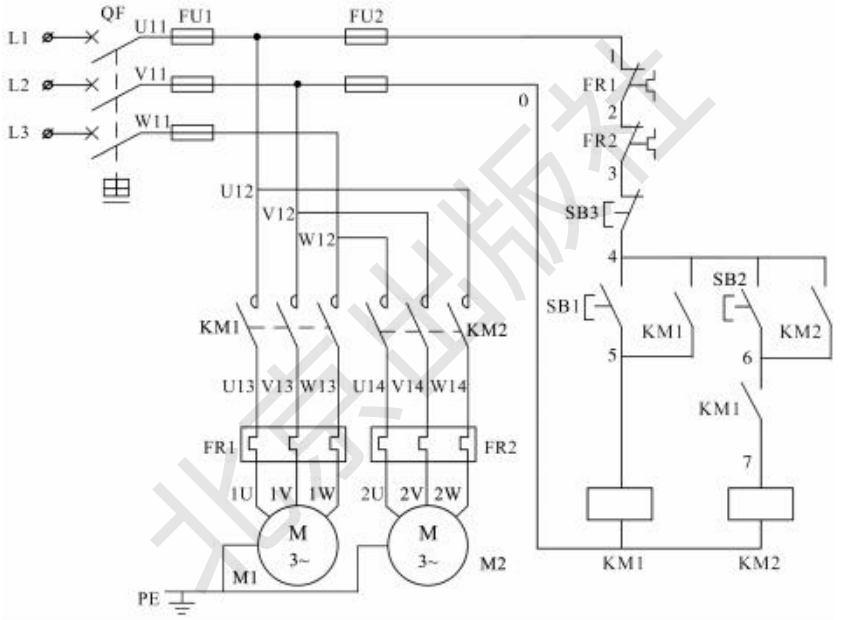


图 1－60　两台电动机的顺序控制（一）

工作原理如下：

启动：

按下SB1 → KM1线圈得电 → KM1 自锁触点闭合自锁
KM1 主触点闭合 → M1 电动机启动运转。
KM1 常开辅助触点闭合 → 为接触器KM2得电做准备。

再按下SB2 → KM2线圈得电 → KM2 主触点闭合 → M2 电动机启动运转。
KM2 自锁触点闭合

停止：

按下SB3 → KM1 线圈失电 → KM1 各触点复位 → M1 电动机停止转动。
KM2 线圈失电 → KM2 各触点复位 → M2 电动机停止转动。

最后断开电源开关 QF。

北京出版社

2. 顺序启动、逆序停止的控制线路(图 1－61)

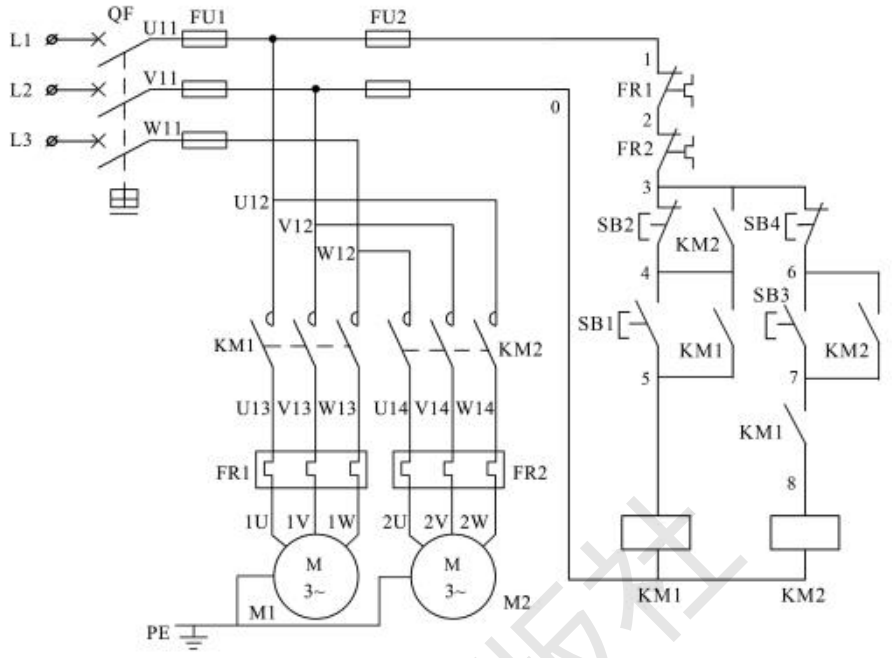


图 1－61　两台电动机的顺序控制(二)

工作原理如下：

启动：

按下SB1→KM1线圈得电→KM1 自锁触点闭合自锁
KM1 主触点闭合→M1 电动机启动运转。
KM1 常开辅助触点闭合→为接触器KM2得电做准备。

再按下SB3→KM2线圈得电→KM2 自锁触点闭合自锁
KM2 主触点闭合→M2 电动机启动运转。
KM2 常开辅助触点闭合→将停止按钮SB2短接。

停止：

按下SB4→KM2线圈失电→KM2 自锁触点断开。
KM2 主触点断开→M2 电动机停止运转。
KM2 常开辅助触点断开→解除对停止按钮SB2的控制。

再按下SB2→KM1线圈失电→KM1 自锁触点断开。
KM1 主触点闭合→M1 电动机停止运转。
KM1 常开辅助触点断开。

最后断开电源开关 QF。

任务拓展

实际生产中，为了方便操作者使用机床，需要在机床的不同部位对同一台电动机发出控制指令，这种能在两地或多地控制同一台电动机的控制方式叫电动机的多地控制。

北京出版社

请以小组(2～4 人为宜)为单位,设计出一台单向运转电动机的两地控制线路,并分析讨论总结出多地控制线路的接线特点。

单元小结

通过本单元的学习,同学们应知道在设备电气控制技术中常用的低压电器有哪些,了解它们的结构、原理及应用;通过本单元的学习,同学们应熟悉并掌握电动机直接启动的几种控制方式,了解这些直接启动控制线路的特点、应用范围及优缺点。请对照图1－62所示的知识体系,回顾总结所掌握的知识点和技能点。

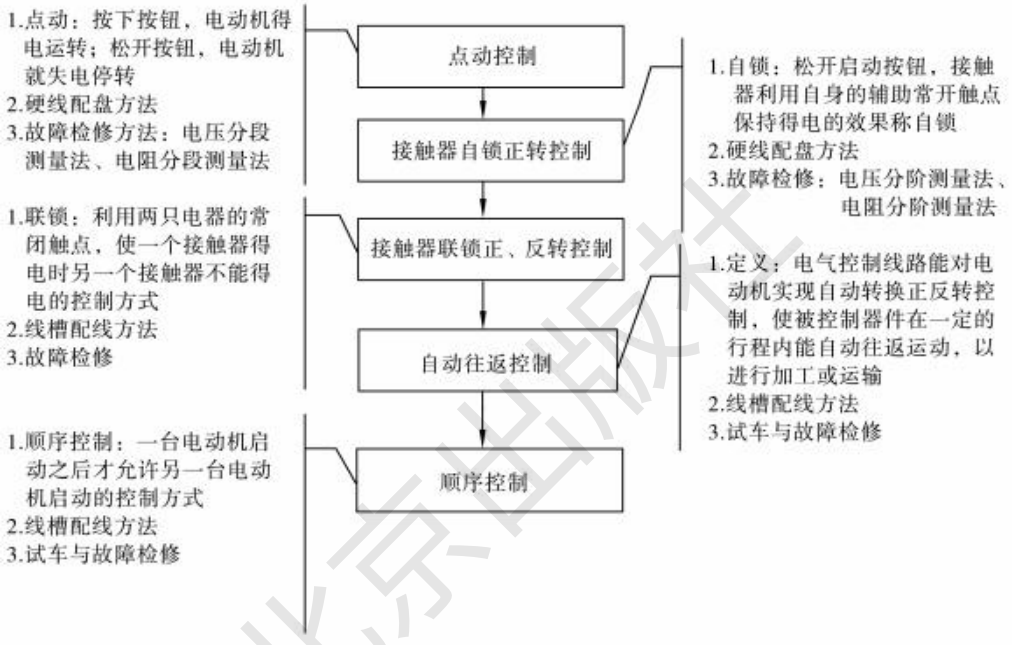


图 1－62　单元知识体系

综合测试

一、填空题

1. 对于多台电动机的短路保护,熔体额定电流 I_{RN} 满足_____。
2. 按钮开关按静态时触点分合状况,可分为_____、_____、_____。
3. 接触器的电磁系统包括_____、_____、_____三部分。
4. 触点的磨损有两种,一种是_____,另一种是_____。
5. 有一个带自锁的控制线路,若自锁触点被油污或灰尘严重覆盖,会造成_____。

二、判断题

1. 电磁式电器的铁芯极面要定期擦拭,清除油垢保持清洁。(　　)
2. 在修磨触点时不可用砂布或砂轮进行。(　　)
3. 触点的发热程度只与流过触点的电流有关。(　　)
4. 按钮开关也可直接控制主电路的接通和分断。(　　)

5. 当热继电器动作不准确时可用弯折双金属片的方法调整。(　　)

三、选择题

1. DZ5－20 型自动空气开关中电磁脱扣器是用作(　　)保护。

A. 短路　　B. 过载　　C. 欠压　　D. 失压

2. RL1 系列熔断器的熔管内充填石英砂是为了(　　)。

A. 绝缘　　B. 防护　　C. 灭弧　　D. 研磨

3. 按下复合按钮时(　　)。

A. 常开先闭合　　B. 常闭先断开

C. 常开、常闭同时动作　　D. 常开先断开

4. 交流接触器线圈电压过高将导致(　　)。

A. 线圈电流显著增大　　B. 铁芯涡流显著增大

C. 铁芯磁通显著增大　　D. 线圈电流显著减小

5. 每次排除电气设备的电气故障后,应及时总结经验,并(　　)。

A. 做好维修记录　　B. 清理现场

C. 通电试验　　D. 移交操作者使用

四、设计题

某车床有两台电动机,一台是主轴电动机,要求正、反转控制,另一台是冷却泵电动机,只要求单方向运转。两台电动机都要求有短路、过载、失压和欠压保护,试设计满足要求的控制线路。

北京出版社