

模块3

三相异步电动机典型控制电路的 装接与调试



清华大学出版社

清华大学出版社

清华大学出版社



应用场 景

三相异步电动机典型电气控制电路的装接与调试内容涉及两大类：一是常用低压电器元件的结构认识、功能检测、使用选型；二是典型电气控制电路的功能设计、布局规划、电路装接、功能测试。这些知识和技能是从事高端智能装备制造业中设备电气部分采购、安装、调试和维修的基础。



知 识 学 习 目 标

1. 熟悉常用低压电器的结构,能详细描述其工作原理和实现功能。
2. 熟悉三相异步电动机单向运行的电路组成,能详细描述其功能实现过程。
3. 熟悉三相异步电动机双向运行的电路组成,能详细描述其功能实现过程。
4. 熟悉三相异步电动机Y- Δ 运行的电路组成,能详细描述其功能实现过程。
5. 熟悉三相异步电动机双速运行的电路组成,能详细描述其功能实现过程。
6. 熟悉三相异步电动机反接制动运行的电路组成,能详细描述其功能实现过程。
7. 熟悉绕线式三相异步电动机运行的电路组成,能详细描述其功能实现过程。
8. 熟悉三相异步电动机顺序控制运行的电路组成,能详细描述其功能实现过程。



能 力 培 养 目 标

1. 能根据控制要求进行电路的原理图设计。
2. 能根据控制要求进行电路元器件的选型。
3. 能根据控制要求进行工程项目的电气设备(元器件)采购。
4. 能实施常见低压电器元件的功能检测与状态判断。
5. 能实施典型电气控制电路的元件安装、电路装接、功能检测、运行调试。
6. 能进行工程项目技术资料的整理和归档。

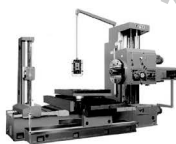
工农业生产中使用了大量的三相异步电动机(见下图)。我们看到的风机鼓风、水泵抽水、机床加工产品、起重机搬运重物、皮带运输机运送货物等,都应用了三相异步电动机。



风机



水泵



机床



起重机

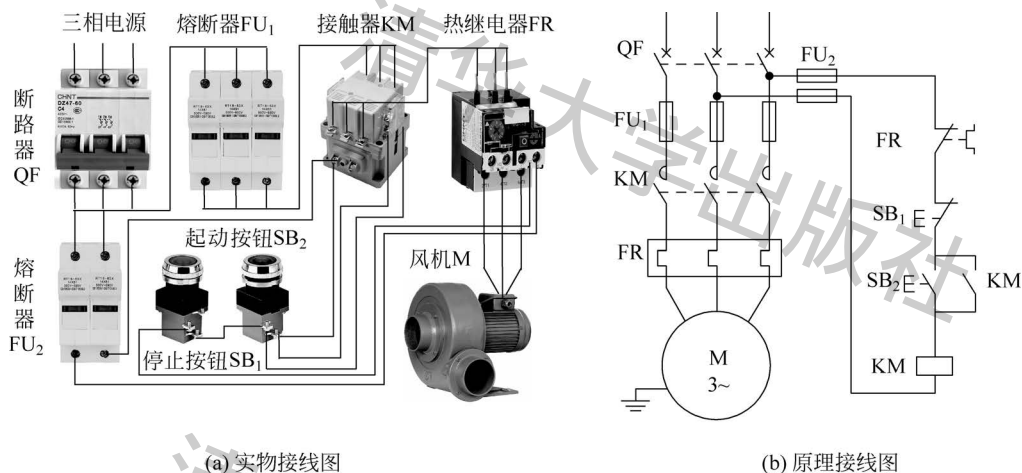


皮带运输机

三相异步电动机的各种应用

下图是一个简单的风机电气控制图,图中包含了电气控制所需的元器件和电路连接方式。

比较发现,实物接线图(a)烦琐且不易绘制,原理接线图(b)清晰且较易画出。电路图是工程师的语言,不但要自己能看懂,还要方便别人使用。在绘制电路图时,使用电气元器件的标准图形符号和文字符号代替实物,使绘制过程大为简化,清晰易懂。



风机运行的电气控制图

本模块精选了 7 个典型的电气控制电路,供读者从基本电气元器件开始,学习元器件的结构与功能、电气控制原理、装接方案与检查调试方法。这些典型的电气控制电路既可以单独使用,又可以像搭积木一样,构成更复杂的电气控制系统。

3.1 常用低压电器的选择与检测



学习目标

- 了解常用低压电器的结构和功能。
- 熟悉常用低压电器的测量和判断方法。
- 掌握常用低压电器的正确使用方法。



学习指导

常用低压电器是实现电气控制所需的基本电气元器件。掌握每一个电气元器件的结构与功能,是学习电气控制电路的基础。请带着万用表和电工工具,通过测量判断,了解电气元器件的结构和功能,并尝试进行正确使用。

与电气控制电路相关的常用低压电气元器件主要有:低压断路器、熔断器、按钮、交流接触器、热继电器、接线端子排等,下面开始逐一认识这些元器件。



低压断路器

3.1.1 低压断路器

低压断路器是一种控制和分配电能的开关电器,可用于手动接通和分断电路;在电路发生短路时能自动切除故障电路;有附加功能的断路器还能在电路严重过载、欠压或漏电等情况下,及时切断电路,保障人员和设备的安全。

图 3-1-1 是几种常见的低压断路器。各厂家的低压断路器形式各异,但主要功能相同。

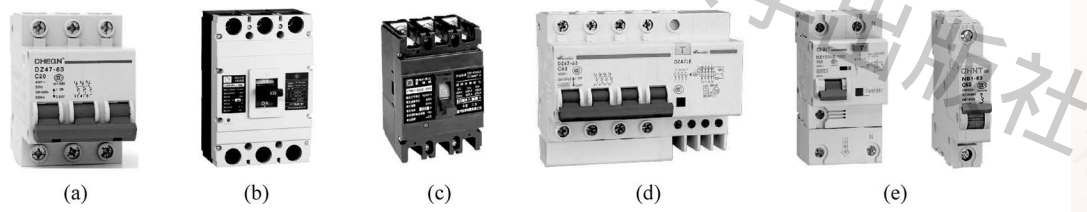


图 3-1-1 常见的低压断路器

1. 结构功能

低压断路器根据用途不同,设置了不同的操作方式和脱扣方式,图 3-1-2 画出了低压断路器的结构功能、文字符号和图形符号。

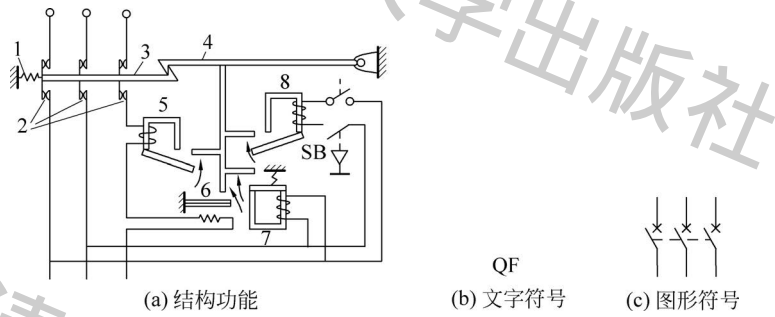


图 3-1-2 低压断路器的结构功能、文字符号和图形符号

表 3-1-1 简要介绍了低压断路器各部件的基本功能。

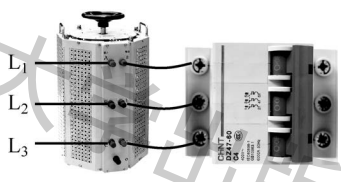
表 3-1-1 低压断路器各部件功能说明

部 件	功 能
1—分闸弹簧	脱扣状态下,依靠弹簧拉力,保持三对主触点分离
2—主触点	接通或断开电路
3—传动杆	带动三对主触点,接通或断开电路
4—锁扣	扣紧状态下,保证电路处于接通状态
5—过电流脱扣器	电路发生短路时,过电流脱扣器瞬时起动,向上挑开锁扣,切除电源
6—过载脱扣器	电路过载时,依靠双金属片发热弯曲,延时起动向上挑开锁扣,切除电源
7—欠压失压脱扣器	电路失压或欠压时,电磁机构断电后瞬时起动,向上挑开锁扣,切除电源
8—分离脱扣器	手动按下 SB,分离脱扣器瞬时起动,向上挑开锁扣,切除电源

2. 测试判断

低压断路器的功能是否正常,直接影响人身和生产设备的安全。无论是设备本身故障,还是在安装和更换设备之前,都需要对低压断路器进行必要的功能测试。表 3-1-2 给出了低压断路器各项功能的测试方法。

表 3-1-2 低压断路器各项功能的测试方法

测试项目	图 例	测试方法
触点状态测试		保持断路器在“开”的状态,用万用表电阻挡逐一测量上下对应触点之间的阻值,正常值接近于“∞”
		保持断路器在“合”的状态,用万用表电阻挡逐一测量上下对应触点之间的阻值,正常值接近于“0”
短路测试		把三相电源线接到断路器的三相输入端,电源电压正常时合上断路器。 在确保操作人员安全、周围无易燃易爆品的情況下,断路器出线端人为进行短路,断路器应能瞬时自动断开
欠压失压测试,过压测试		把低压断路器的三相电源端接到自耦调压器输出端,调整至正常工作电压后,合上断路器。调整自耦变压器输出电压,当电压降低到设定欠电压(如 $0.5U_N$)及以下时,断路器应能自动断开;当电压升高到设定过电压(如 $1.2U_N$)及以上时,断路器应能自动断开
漏电测试		对于有漏电功能的低压断路器,在电源电压正常时合上断路器,按下断路器上的测试按钮“T”,断路器应能自动断开。 按下复位按钮“R”,恢复正常状态。 注:漏电测试按钮应一个月按下一次,检查漏电功能是否正常

续表

测试项目	图 例	测试方法
过载保护测试		对于有过载保护功能的断路器,需要与负载配合进行动作参数的整定,还需要进行专门的试验。 注:具体可参考产品技术手册进行测试
分离脱扣测试		较大容量的低压断路器,一般配置有分离脱扣功能;需要断开电路时,可用指尖或尖头螺丝刀轻按分离脱扣按钮

3. 主要技术数据

低压断路器的技术数据是选择设备的依据,表 3-1-3 给出了低压断路器的主要技术数据及其意义。

表 3-1-3 低压断路器的主要技术数据及其意义

技术数据	参 数 意 义
额定电压 U_N	长期运行的允许工作电压, $U_N \geq$ 电源工作电压
额定电流 I_N	长期运行的允许工作电流, $I_N \geq$ 负载工作电流
开断电流 I_{oc}	能够开断的最大短路电流, $I_{oc} \geq$ 安装点的最大短路电流
动作漏电流 $I_{\Delta n}$	能够起动漏电脱扣器的最大漏电电流, $I_{\Delta n} \leq 30\text{mA}$
动作欠电压 $U_{<}$	能够起动欠压脱扣器的最高工作电压,查看产品技术手册
动作过电压 $U_{>}$	能够起动过压脱扣器的最低工作电压,查看产品技术手册

注:除表中信息外,在产品铭牌(技术手册)上还标注了品牌、型号、执行标准、适用环境温度等其他信息。

3.1.2 熔断器

熔断器是电路短路和过电流时常用的保护器件。根据电流的热效应原理,当通过熔体的电流超过其额定值时,以本身产生的热量使熔体熔断,断开电路,实现电路的短路和过流保护。

1. 结构功能

图 3-1-3(a)是几种常见的低压熔断器(熔体)。不同型号、使用场合不同的熔断器(熔体)形式各异,但主要功能相同,在电路中的文字符号、图形符号也相同(见图 3-1-3(b)和(c))。



低压熔断器



图 3-1-3 常见的低压熔断器、文字符号和图形符号

2. 测试判断

低压熔断器直接影响人身和生产设备的安全。在安装和更换熔体之前,需要对熔体进行状态测试。表 3-1-4 给出了低压熔断器(熔体)常规项目的测试方法。

表 3-1-4 低压熔断器(熔体)常规项目的测试方法

测试项目	图 例	测试方法
熔体测试		用万用电阻挡测量熔体上下金属部分的阻值。 正常值接近于“0”,若接近“∞”表明熔体内部已经断开
熔断器测试		安装熔体后,用万用电阻挡,逐一测量熔断器上下接线柱之间的阻值。 正常值接近于“0”;若有一定的值或接近“∞”时,表明熔断器有接触不良或接线柱有断开的情况

3. 主要技术数据

低压熔断器的技术数据是选择设备的依据,表 3-1-5 给出了低压熔断器的主要技术数据。

熔体熔断时间与通过熔体的电流密切相关。表 3-1-5 中的“熔体通过电流与熔断时间对照表”是一个电流与时间的大致关系对照表。从中可以定性看出,持续的 I/I_{EN} 越大,熔断时间越短。

表 3-1-5 低压熔断器的主要技术数据

技术数据	参数意义
额定电压 U_N	熔断器长期运行的允许工作电压, $U_N \geq$ 电源工作电压
熔体额定电流 I_{EN}	熔体长期运行的允许工作电流, I_{EN} 要根据负荷类型进行选择。 (1) 电炉和照明等电阻性负载: I_{EN} 应大于或等于负载的额定电流。 (2) 单台电动机: $I_{EN} \geq 1.5 \sim 2.5$ 倍电动机额定电流。 注: 其他更多内容参看相关资料

续表

技术数据	参数意义								
熔断器额定电流 I_{FN}	熔断器长期运行的允许工作电流, $I_{\text{FN}} \geq I_{\text{EN}}$								
熔断器开断电流 I_{OC}	熔断器能够开断的最大短路电流, $I_{\text{OC}} \geq$ 安装点的最大短路电流								
熔体通过电流与熔断时间对照表	I/I_{EN}	1.25	1.6	2.0	2.5	3	4	8	10
	熔断时间/s	∞	3600	40	8	4.5	2.5	1	0.4

注：除表中信息外,在产品铭牌(技术手册)上还标注了品牌、型号等其他信息。

3.1.3 按钮

按钮是一种主令电器,用于闭合或断开控制电路,以发出指令或进行程序控制,进而控制电动机或其他电气设备的运行。图 3-1-4 是几种常用的按钮。不同型号、不同厂家、不同使用场合的按钮形式各异,但主要功能相同。



图 3-1-4 几种常用的按钮

1. 结构功能

图 3-1-5 是按钮的结构功能、文字符号与图形符号。

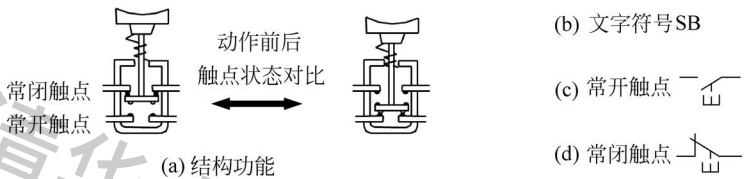


图 3-1-5 按钮的结构功能、文字符号与图形符号

2. 测试判断

按钮在安装和更换之前,可按表 3-1-6 进行触点状态的测试。

表 3-1-6 按钮触点状态的测试

测试项目	测试方法
常开触点	E \ 用万用表电阻挡测试按钮常开触点的状态。 原始状态：阻值接近于“∞”；按下状态：阻值接近于“0”
常闭触点	L E / 用万用表电阻挡测试按钮常闭触点的状态。 原始状态：阻值接近于“0”；按下状态：阻值接近于“∞”



按钮

3. 主要技术数据

表 3-1-7 给出了按钮选择的主要技术数据。

表 3-1-7 按钮选择的主要技术数据

技术数据	参数意义
额定电压 U_N	长期运行的允许工作电压, $U_N \geq$ 控制电路工作电压
额定电流 I_N	长期运行的允许工作电流, $I_N \geq$ 控制电路工作电流

注：按钮选用颜色要求为停止—红色；急停—红色；起动—绿色；点动—黑色；复位—蓝色。

3.1.4 交流接触器

交流接触器是一种利用电磁铁操作,频繁接通或断开交直流电路及大容量控制电路的自动切换装置,主要用于电动机、电焊机、电热设备等电路的通断控制。图 3-1-6 是几种常见的交流接触器。不同厂家、不同型号的交流接触器形式各异,但主要功能相同。

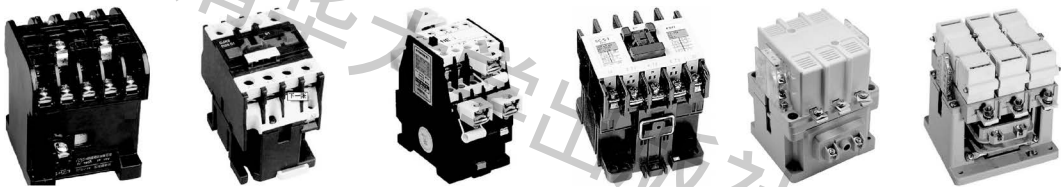


图 3-1-6 常见的交流接触器

1. 结构功能

前文已介绍过交流接触器的基本原理和电磁关系,这里主要介绍它的功能和动作过程。图 3-1-7 为交流接触器的结构与触点动作示意,并给出了文字符号和图形符号。

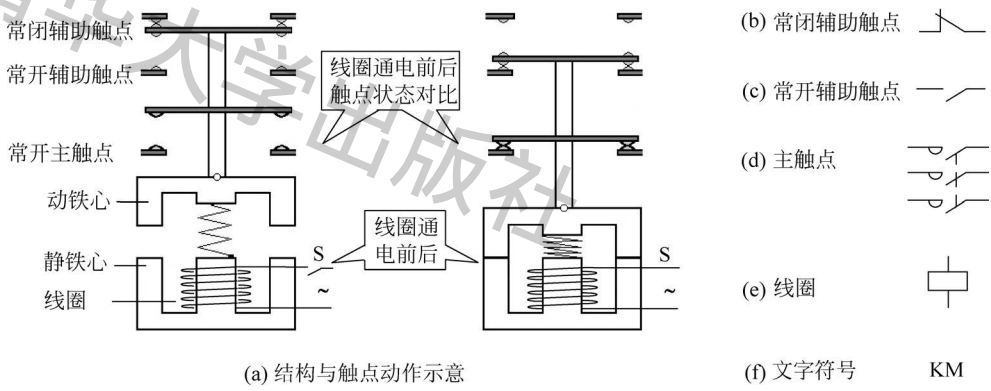


图 3-1-7 交流接触器的结构与触点动作示意、文字符号和图形符号

表 3-1-8 给出了交流接触器主要部件的作用。

表 3-1-8 交流接触器主要部件的作用

部 件	功 能
铁 心	静铁心：固定在设备底座上,线圈套在静铁心上；铁心为磁通提供路径,并能极大地增强磁路中的磁感应强度
	动铁心：也称为活动衔铁。线圈通电后,静铁心上产生的电磁力吸引动铁心,动铁心带动触点动作,实现电路的通断控制
线圈	 线圈通电后产生主磁通,主磁通经过铁心产生电磁力
触 点	 常开主触点：触点容量大,用于主电路的通断控制,20A 以上需加灭弧罩。 触点状态：线圈通电前处于断开状态,线圈通电后闭合
	 辅助常开触点：触点容量小,可用于控制电路的自锁和起动功能。 触点状态：线圈通电前处于断开状态,线圈通电后闭合
	 辅助常闭触点：触点容量小,可用于控制电路实现互锁功能。 触点状态：线圈通电前处于闭合状态,线圈通电后断开
其他附件	参看 1.4 节

提示：接触器线圈通电,触点状态转换；线圈断电,触点状态复原。接触器具有失压和欠压保护功能。

说明：(1) 交流接触器的线圈和触点的图形符号不同,但是文字符号相同,同为 KM。
(2) 线圈电压有直流型和交流型之分,并有多电压等级可选择。
(3) 不同型号的交流接触器触点对数不同,6~8 对触点分配如下。
① 6 对触点包括 4 对常开主触点,1 对常开辅助触点,1 对常闭辅助触点。
② 7 对触点包括 3 对常开主触点,2 对常开辅助触点,2 对常闭辅助触点。
③ 8 对触点包括 4 对常开主触点,2 对常开辅助触点,2 对常闭辅助触点。

2. 测试判断

在安装和更换交流接触器之前,可按照表 3-1-9 进行交流接触器主要功能的测试。

表 3-1-9 交流接触器主要功能测试

测 试 项 目	图 例	测 试 方 法
线圈测试		用万用表电阻挡测量线圈两个接线端之间的阻值,阻值接近于“0”表示线圈短路；接近于“∞”表示线圈开路。 注：不同型号交流接触器的线圈两个接线端位置不同,线圈工作电压不同,阻值不同
触点测试		用万用表电阻挡成对测量交流接触器对应触点的状态,原始状态：常开触点阻值接近于“∞”；常闭触点阻值接近于“0”。 触点状态转换：常开触点阻值接近于“0”；常闭触点阻值接近于“∞”。 注：不同型号的交流接触器,各对应触点位置不同

3. 主要技术数据

要正确选择和使用交流接触器,需要适当了解表 3-1-10 中的关键技术数据。

表 3-1-10 交流接触器的关键技术数据

技术数据	参数意义
额定绝缘电压 U_N	长期运行的最高允许工作电压, $U_N \geq$ 电源工作电压
额定工作电流 I_N	长期运行的触点允许工作电流, $I_N \geq$ 负载工作电流
线圈电压	线圈起动需要满足的工作电压。 注: 线圈电压有交流和直流两种类型,使用时需要特别注意
主触点寿命	额定状态下,主触点的动作次数一般在 60 万~120 万次

注: 除表中信息外,产品的技术数据还包括约定发热电流、主触点接通/分断能力、线圈起动/吸持容量等。

3.1.5 热继电器

热继电器是电动机电路中专门用于过载保护的一种低压电器。图 3-1-8 是一些常用的热继电器。不同型号、不同厂家的热继电器形式各异,但主要功能相同。



图 3-1-8 几种常用的热继电器

1. 结构功能

热继电器利用电流经过导体时的热效应原理,使有不同膨胀系数的双金属片发生形变,当形变达到一定距离时,连杆机构带动开关动作,该开关可使控制电路断开、接触器线圈断电,进而断开主电路,实现电动机的过载保护。图 3-1-9 为热继电器的触点动作过程,给出了文字符号和图形符号。

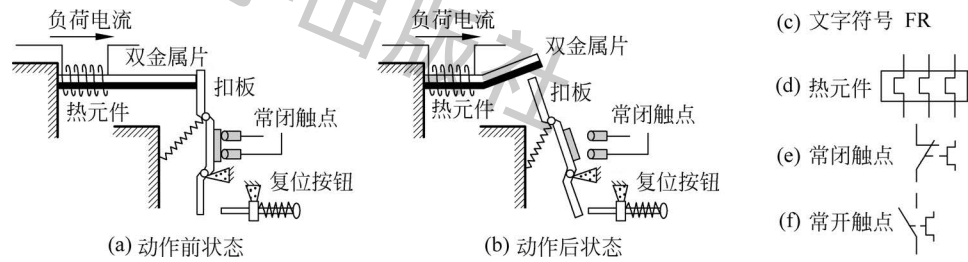


图 3-1-9 热继电器的触点动作过程、文字符号与图形符号



热继电器

2. 测试判断

热继电器在安装和更换之前,可按表 3-1-11 给出的测试方法进行热元件及触点状态的测试。

表 3-1-11 热继电器触点状态的测试

测试项目	测试方法
热元件	 热元件串联接在主电路中,可用万用表电阻挡测试热元件对应触点的状态。 正常阻值接近于“0”
常闭触点	 过载时用于断开控制电路,可用万用表电阻挡测试常闭触点的状态。 原始状态:阻值接近于“0”;按下试验按钮:阻值接近于“∞”。 注:热继电器动作后,需要等双金属片冷却后,通过手动复位
常开触点	 过载时用于报警等,可用万用表电阻挡测试常开触点的状态。 原始状态:阻值接近于“∞”;按下试验按钮:阻值接近于“0”

说明:(1)热继电器的热元件和触点的图形符号不同,但是文字符号相同,同为FR。
(2)当通过电流大于设定值时,较长时间的过载使热元件发生形变,引发触点动作。

3. 主要技术数据

热继电器的技术参数是选择和正确使用的依据,表 3-1-12 给出了热继电器的主要技术数据。

表 3-1-12 热继电器的主要技术数据

技术数据	参数意义
额定绝缘电压 U_N	长期运行的允许工作电压, $U_N \geq$ 电路工作电压
额定工作电流 I_N	长期运行的允许工作电流, $I_N \geq$ 电路工作电流
整定电流范围	被保护电动机额定电流的 0.6~1.2 倍,具体设定值需要根据电动机的负载情况确定

*3.1.6 接线端子排

机电设备在合适的位置都会设置配电盘、配电箱或配电屏,作为电气元器件的安装和配线使用。为使接线美观、维护方便,配电盘内外设备需要连接时,都要通过一些专门的接线端子,这些接线端子组合起来,称为接线端子排或端子排。

端子排由金属连接片组成,相当于导线。端子排的作用就是将盘内设备和盘外设备进行线路连接,起到信号(电流/电压)传输的作用。例如,一个机床电气控制系统中,配电盘、电动机和操作按钮分布于机床床身的不同位置,它们之间的连线就需要通过端子排。

图 3-1-10 是一些常用的接线端子排,以及本书中使用的图形符号与文字符号。

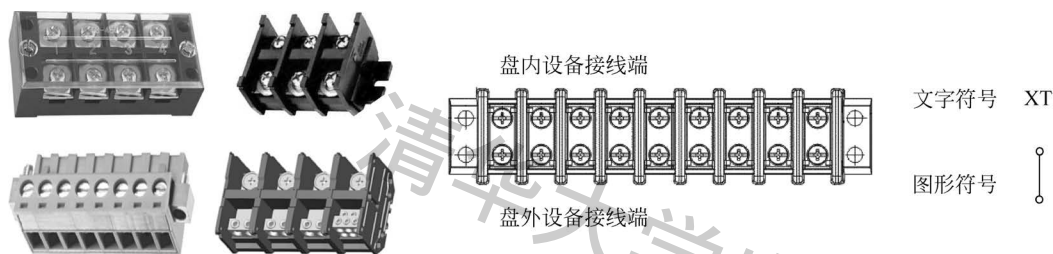


图 3-1-10 接线端子排

除了上文介绍的各种常用低压电器外,还有行程开关(限位开关)、时间继电器、中间继电器、速度继电器等,在后续的典型电气控制电路使用时再做介绍。



思考与练习

- 3-1-1 低压断路器的主要功能是什么?
- 3-1-2 低压断路器的过流保护和过载保护有什么区别?
- 3-1-3 低压断路器欠压保护有什么意义? 是根据什么原理动作的?
- 3-1-4 如何判断一个低压断路器的触点系统是否正常?
- 3-1-5 如何选择低压断路器?
- 3-1-6 带漏电保护功能的低压断路器的测试按钮(T)有何作用?
- 3-1-7 熔断器和低压断路器的功能有何区别?
- 3-1-8 如何判断熔断器中的熔体状态是否正常?
- 3-1-9 状态正常的熔体装入熔断器后,熔断器的状态就一定正常吗?
- 3-1-10 交流接触器主要实现什么功能?
- 3-1-11 交流接触器的辅助常开触点和辅助常闭触点的功能有何区别?
- 3-1-12 如何判断交流接触器的线圈是否正常?
- 3-1-13 如何判断交流接触器触点系统的状态是否正常?
- 3-1-14 同一电气元器件的不同部分可否使用不同的文字符号?
- 3-1-15 按钮是用于主电路还是控制电路的通断控制?
- 3-1-16 按钮的两对触点系统中,通断顺序是如何设计的?
- 3-1-17 如何判断按钮的触点状态是否正常?
- 3-1-18 热继电器的测试按钮(T)和复位按钮(R)有何作用?
- 3-1-19 如何判断热继电器的状态是否正常?
- 3-1-20 热继电器的执行机构使用同种材料的金属片是否可行?
- 3-1-21 端子排的两端是否接通?
- 3-1-22 配电盘内的元件连线是否需要通过端子排?

附：技能训练报告(参考)

班级_____ 姓名_____ 学号_____

项目名称	常用低压电气元器件基本功能的测量					
课时：_____	实验/实训室：_____		时间：_____			
功 能 测 试	1. 低压断路器触点状态的测量 用万用表电阻挡测量上下对应触点的阻值,做出正常(√)与否(×)的判断。					
	断开状态			闭合状态		
	触点	测量阻值	状态判断	触点	测量阻值	状态判断
	1—1'			1—1'		
	2—2'			2—2'		
	3—3'			3—3'		
	4—4'			4—4'		
	2. 熔断器(熔体)状态的测量 用万用表电阻挡测量熔断器(熔体)的阻值,做出正常(√)与否(×)的判断。					
	项 目	测量阻值	状态判断			
	熔体					
熔断器						
3. 交流接触器状态的测量 (1) 用万用表电阻挡测量线圈的阻值,做出正常(√)与否(×)的判断。						
线圈阻值		状态判断				
(2) 用万用表电阻挡测量常开、常闭触点的电阻值,做出正常(√)与否(×)的判断。						
原始状态			保持触点状态强制转换			
触 点	测量阻值	状态判断	触 点	测量阻值	状态判断	
主 触 点	1—1'		主 触 点	1—1'		
	2—2'			2—2'		
	3—3'			3—3'		
	4—4'			4—4'		
辅助 常开 触点	1—1'		辅助 常开 触点	1—1'		
	2—2'			2—2'		
辅助 常闭 触点	1—1'		辅助 常闭 触点	1—1'		
	2—2'			2—2'		

功能测试

4. 按钮状态的测量

用万用表电阻挡测量对应触点的阻值,做出正常(√)与否(×)的判断。

原始状态			按下状态		
触 点	测量阻值	状态判断	触 点	测量阻值	状态判断
常开触点			常开触点		
常闭触点			常闭触点		

5. 热继电器状态的测量

(1) 用万用表电阻挡测量热元件的阻值,做出正常(√)与否(×)的判断。

热元件	测量阻值	状态判断
1—1'		
2—2'		
3—3'		

(2) 用万用表电阻挡测量对应触点的阻值,做出正常(√)与否(×)的判断。

原始状态			按下状态		
触 点	测量阻值	状态判断	触 点	测量阻值	状态判断
常开触点			常开触点		
常闭触点			常闭触点		

报告得分

教师签名

批改时间

年 月 日

注:不同厂家、不同型号元件的触点标号不同,上表可根据使用的元件进行相应修改。



三相异步电动机单向运行的电气控制

3.2 电动机单向控制电路的装接与调试



学习目标

- 熟悉组成单向运行电气控制电路的元器件。
- 掌握单向连续运行电气控制电路的工作原理,并能进行电路功能分析。
- 熟知点动控制电路的组成元器件,并能进行电路功能分析。
- 熟知两地控制电路的组成元器件,并能进行电路功能分析。



学习指导

三相异步电动机单向运行电气控制电路是最简单的典型控制电路。熟知组成电路的每个低压电气元器件的功能,了解各元器件在电路中的配合,理解电路的设计思路,并进行电

路的装接与故障检查,是学好其他典型电气控制电路的基础。在此基础上,进一步探索点动控制电路和两地控制电路的组成与功能,将对后续电路的学习起到事半功倍的作用。

心动还需行动,请拿起万用表和电工工具,开始电气控制电路原理的学习和电路装接吧。

3.2.1 电路组成与功能分析

1. 电路组成

三相异步电动机单向运行,是指电动机在正常运行时只沿一个方向旋转,如抽水泵、大型风机、各种磨床等。

1) 手动控制的电动机单向运行电路

一些十分简单的电动机控制,如小型车间的鼓风机、家庭作坊的磨豆腐机等,只需一个断路器就可以实现电动机的运行控制,电路如图 3-2-1 所示。

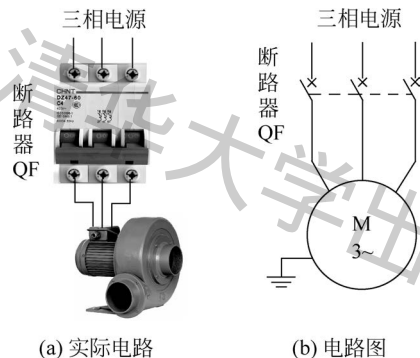


图 3-2-1 三相异步电动机的直接手动控制

该电路十分简单,可通过手动操作控制电路的运行,仅适合要求不高的就地控制电路,不适合较复杂或远程电路的运行控制。

实际工作中,稍微复杂一些的电动机运行电路都要用到接触器。通过接触器不但可以实现远程控制,还可以实现运行过程的自动化。

2) 接触器控制的电动机单向运行电路

电气控制电路的功能通过电气控制原理图表达,绘制电气控制原理图应遵循以下原则。

- (1) 主电路与控制电路(辅助电路)分开。
- (2) 同一电气元器件按功能分解为不同部分,不同部分使用同一个文字符号。
- (3) 电气元器件图形符号以《电气简图用图形符号 第 1 部分:一般要求》(GB/T 4728.1—2018)为准。
- (4) 各电气元器件的触点状态都按未受外力作用时的触点状态画出。
- (5) 电路中有直接电联系的交叉点以“•”表示。

图 3-2-2 是按上述要求绘制的三相异步电动机单向运行的电气控制电路原理图。电路由主电路和控制电路组成,主电路把三相电源提供的电能传输到电动机上,控制电路实现主电路的启停运行控制。

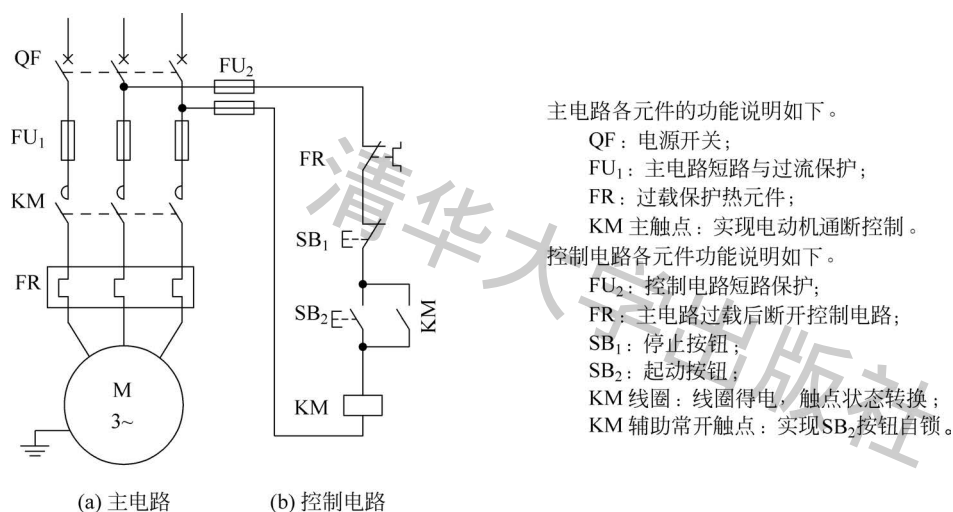


图 3-2-2 三相异步电动机单向运行电气控制电路原理图

2. 电路功能分析

1) 起动过程

合上电源开关 QF

→按下起动按钮 SB₂

→接触器 KM 线圈得电

→ $\left\{ \begin{array}{l} \text{KM 主触点闭合, 电动机通电运行} \\ \text{KM 辅助常开触点闭合, 通过自锁实现电动机连续运行} \end{array} \right.$

2) 停止过程

按下停止按钮 SB₁

→接触器 KM 线圈断电

→ $\left\{ \begin{array}{l} \text{KM 主触点断开, 电动机断电停止运行} \\ \text{KM 辅助常开触点断开, 解除电路自锁} \end{array} \right.$

→断开电源开关 QF

3) 短路保护

主电路发生短路或过电流时, FU₁ 中的熔体熔断, 故障电路切除。

控制电路发生短路时, FU₂ 中的熔体熔断, 控制电路断电。

注: 严重短路时, FU 直接作用于跳闸, 切断电源。

4) 过载保护

主电路过载时, 控制电路中的 FR 常闭触点打开, KM 线圈断电, 电动机停止运行。

5) 欠压保护

控制电路电压过低时, 接触器 KM 不能维持最小电磁力, 主触点断开, 电动机停止运行。

3.2.2 电路装接

动手进行电路的实际装接, 既能巩固所学理论知识, 更能训练操作技能。

当电路非常简单时, 根据电气原理图进行电路装接比较可行; 当电路比较复杂时, 仅根据电气原理图进行装接就会丢三落四频频出错, 降低工作效率。正如姓名是识别人的标志,

如果能给电路中的每个连接点(电位相同点)命名一个唯一的标号,就可大大提高电路装接和维修的效率。

1. 电路标号

给电路中的每个连接点(电位相同点)进行标号,可按表 3-2-1 所示方法进行标注。

表 3-2-1 电气控制电路的标号方法

电 路	电位点	标 号 说 明
主电路	电源引入线	一般用 L_1 、 L_2 、 L_3 表示
	电机引入线	一般用 U 、 V 、 W 表示
	其他部分	主电路为三相电路,需要逐相、逐个电位点进行标号,以 U 相为例进行说明。 “ U ”表示 U 相电路,采用双下标表示,每经过一个电位点,数字加“1”,如 U_{11} 、 U_{12} 、 U_{13} 等
控制电路	电源引入线	使用原引入点标号
	其他部分	过熔断器后,控制电路首端以“1”表示;末端以“0”表示。 从控制电路首端开始,每经过一个电位点,数字加“1”,如 1、2、3 等

经过标号的电气控制原理图如图 3-2-3 所示,三相主电路各电位点的标号依次如下。

U 相: L_1 、 U_{11} 、 U_{12} 、 U_{13} 、 U 。

V 相: L_2 、 V_{11} 、 V_{12} 、 V_{13} 、 V 。

W 相: L_3 、 W_{11} 、 W_{12} 、 W_{13} 、 W 。

控制电路经过标号后,可单独画出。控制电路各连接点(电位点)的标号依次为 V_{11} 、1、2、3、4、0、 W_{11} 。

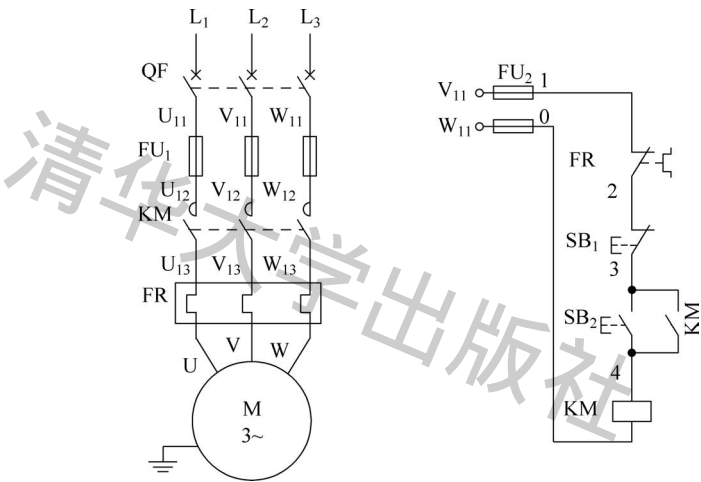


图 3-2-3 标号后的电气控制原理图

2. 元件接线图

标号后的电气控制原理图看起来似乎更复杂了,为方便接线,还应将标号后的原理图转化为元件接线图。具体做法:把各个电气元件的不同部件用图形符号画在一起,把原理图中的电路标号标注到图形符号对应的触点上。

三相异步电动机单向运行电气控制电路中,断路器、熔断器、交流接触器、热继电器属于盘内设备,电源进线、按钮、电动机属于盘外设备。盘内外设备之间的连接要经过端子排,所以在元件接线图中还应附加端子排。这样归纳之后,原理图就变成了如图 3-2-4 所示的元件接线图。

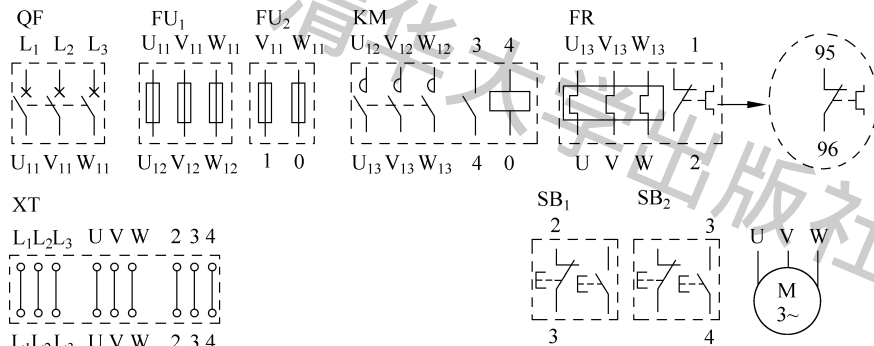


图 3-2-4 元件接线图

3. 电路装接

元件摆放好位置后,根据电路元件接线图中的电路标号,按照从上到下,从左到右的顺序,把不同元件中电路标号相同的点,逐一用导线相连,就完成了电路的装接。

3.2.3 电路检查

电路装接完成后,常常由于连接错误或元器件故障无法正常运行;如果电路中存在短路,还会危及人身与设备的安全。在通电运行之前,必须进行短路检查和故障检查。

1. 短路检查

通电试车之前,为防止接线过程中出现短路,危及人身设备安全,首先要对电路进行短路检查。

1) 主电路短路检查

主电路的短路检查,可结合图 3-2-5 按表 3-2-2 所示步骤进行。

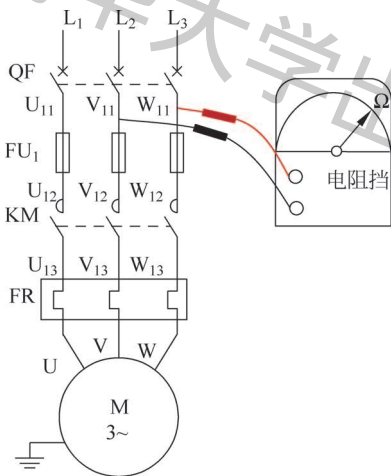


图 3-2-5 主电路短路检查

表 3-2-2 主电路短路检查步骤

步骤	操作说明
(1) 打开 QF	使断路器处于断开状态
(2) 断开 FU ₁	使控制电路与主电路分离
(3) 保持 KM 未动作	两两测量 U ₁₁ —V ₁₁ —W ₁₁ 的电阻值。 3 组电阻值正常情况接近于“∞”
(4) 保持 KM 主触点闭合	两两测量 U ₁₁ —V ₁₁ —W ₁₁ 的电阻值。 3 组电阻值应等于电动机绕组的电阻值



电路的故障检查

说明:主电路中,交流接触器 KM 未动作时,各线路之间的阻值为“∞”;交流接触器 KM 的常开触点闭合时,电动机绕组接入电路中,各线路之间的阻值即为电动机绕组的阻值。

注意:如果有测量值接近于“0”,说明电路有短路点,应逐一检查元器件的装接连线。

2) 控制电路短路检查

控制电路的短路检查,可结合图 3-2-6 按表 3-2-3 所示步骤进行。

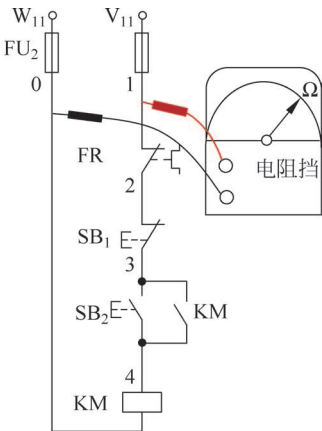


图 3-2-6 控制电路短路检查

表 3-2-3 控制电路短路检查步骤

步 骤	操 作 说 明
(1) 断开 FU_2	使控制电路与主电路分离
(2) 参数测量	未按下起动按钮 SB_2 , 测量 1—0 之间的阻值, 正常阻值接近于“ ∞ ”
	按下起动按钮 SB_2 , 测量 1—0 之间的阻值, 正常阻值等于线圈的直流电阻值

说明: 控制电路中, 按钮 SB_2 未动作时, 1—0 标号之间的阻值为“ ∞ ”; 按下 SB_2 时, 交流接触器 KM 的线圈接入电路中, 1—0 标号之间的阻值即为 KM 线圈的直流电阻值。

注意: 如果有测量值接近于“0”, 说明电路有短路点, 应逐一检查元器件的装接连线。

如上测试后, 如果电路中没有短路情况, 就可以通电试车了。如果通电试车不能正常运行, 就需要进行下面的故障检查。

2. 故障检查

故障检查的目的是找寻故障点, 然后修正错误连接或更换损毁元件。电路故障的检查方法有电阻测量法与电压测量法, 掌握这两种方法是电工的基本技能。

1) 电阻测量法

电阻测量法又称无电检查法, 是在电路未通电状态下, 测量电路中的电阻值, 根据测得的电阻值判断电路的故障点。下面分别介绍主电路和控制电路的电阻测量法。

(1) 主电路故障检查

主电路的常见故障是三相电路缺相、供电线路断线或接触不良、熔断器熔断等, 可结合图 3-2-7 按表 3-2-4 所示步骤进行。

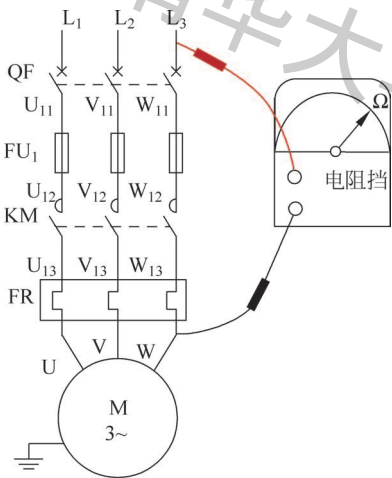


图 3-2-7 电阻法检查主电路故障

表 3-2-4 主电路故障检查步骤

步 骤	操 作 说 明
(1) 主电路脱离电源	保持 $L_1-L_2-L_3$ 未接入电源
(2) 断开电动机电源引线	使电动机与主电路分离
(3) 断开 FU_1	使控制电路与主电路分离
(4) 合上 QF	使断路器处于闭合状态
(5) 保持 KM 主触点闭合	逐相测量 L_1-U 、 L_2-V 、 L_3-W 的电阻值。 正常阻值接近于“0”

说明: 主电路中, 交流接触器 KM 主触点闭合后, 各相线路应该处于接通状态, 从电源到电动机引线之间的各相电阻值接近于“0”。

注意: 如果测量值不为“0”, 应逐一检查元器件的装接连线。

说明: 控制电路中,各常闭触点之间的电阻值接近于“0”;各常开触点之间的电阻值接近于“ ∞ ”;交流接触器线圈所测阻值为直流电阻值。

注意: 如果某两点之间的电阻值为“ ∞ ”,此处有断点。应逐一检查元器件的装接连线。

(2) 控制电路故障检查

控制电路的常见故障是断线、接触不良、丢线、熔断器熔断等,可结合图 3-2-8 按表 3-2-5 所示步骤进行检查。

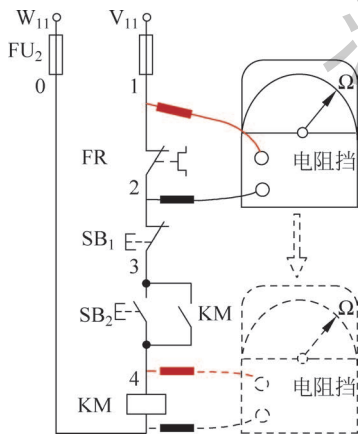


表 3-2-5 控制电路故障检查步骤

步 骤	操作说明
(1) 断开 FU_2	使控制电路与主电路分离
(2) 按下 SB_2	逐一测量“1—2、2—3、3—4、4—0”各标号之间的电阻值。
	“1—2、2—3、3—4”之间的正常阻值接近于“0”。
	“4—0”之间的电阻值等于线圈的直流电阻值

图 3-2-8 电阻法检查控制电路故障

2) 电压测量法

电压测量法又称带电检查法,是在电路通电状态下,测量电路中的电压值,根据测得的电压值判断电路的故障点。主电路和控制电路的测量方法有所区别,下面分别予以介绍。

(1) 主电路故障检查

在通电检查故障时,为了保护电动机,最好把电动机的三个电源引入线 U—V—W 与电动机分离,这样可有效防止电动机绕组缺相时烧毁电动机。

主电路的常见故障前已述及。在保证主电路接入电源、合上 QF、强制保持接触器 KM 主触点接通的情况下,结合图 3-2-9 按测量表 3-2-6 中列出的各电压值,进行故障检查。

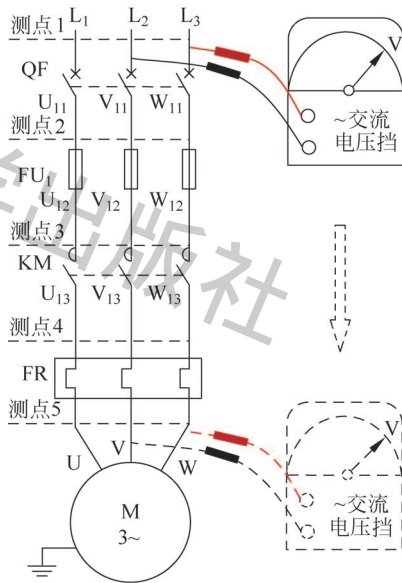


图 3-2-9 电压法检查主电路故障

表 3-2-6 主电路故障检查测量表

测点 1	L_1-L_2	L_2-L_3	L_3-L_1	电压参考值
电压值				线电压值
测点 2	$U_{11}-V_{11}$	$V_{11}-W_{11}$	$W_{11}-U_{11}$	
电压值				
测点 3	$U_{12}-V_{12}$	$V_{12}-W_{12}$	$W_{12}-U_{12}$	
电压值				
测点 4	$U_{13}-V_{13}$	$V_{13}-W_{13}$	$W_{13}-U_{13}$	
电压值				
测点 5	$U-V$	$V-W$	$W-U$	线电压值
电压值				

如果表 3-2-6 中测量的电压值均为线电压值(供电线路正常),电动机仍无法正常运行,则故障可能在电动机的绕组上。

电动机绕组故障的检查:把电动机的三相电源进线与主电路分离;用万用表电阻挡分别两两测试电动机三个绕组的阻值,不论电动机是哪种接线方式,所测三组阻值都应该十分接近,如果测量结果有较大出入,说明电动机绕组存在故障,此时不可通电做后续测量。

(2) 控制电路故障检查

控制电路的常见故障前已述及,可结合图 3-2-10 按照表 3-2-7 所示步骤进行故障的检查。

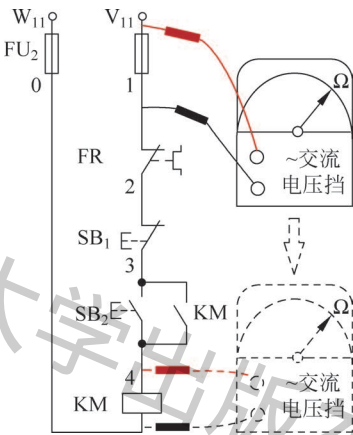


图 3-2-10 电压法检查控制电路故障

表 3-2-7 控制电路故障检查步骤

步 骤	操作说明
(1) 闭合 QF	引入电源,保持主电路处于通电状态
(2) 闭合 FU ₂	保持控制电路处于通电状态
(3) 按下 SB ₂	逐一测量 $V_{11}-1, 1-2, 2-3, 3-4, 4-0, 0-W_{11}$ 各标号之间的电压值; $V_{11}-1, 1-2, 2-3, 3-4, 0-W_{11}$ 标号之间的正常电压值接近于“0”; 4-0 标号之间的电压值等于 $V_{11}-W_{11}$ 之间的电压

说明:主电路在通电状态下,横向各对应触点之间的电压值是电源的线电压。

注意:如果某两点间的测量值不等于线电压,则此处有断点或接触不良,应在断电状态下逐一检查元器件的装接连线。

说明:控制电路中,如果起动按钮 SB₂ 按下接通后,控制回路的电源电压 $V_{11}-W_{11}$ 应该全部加在交流接触器的线圈上;如果其他电位点之间存在电压,说明此处有断点,应在断电状态下逐一检查元器件的装接连线。

提示:本例中的交流接触器使用了电源线电压作为线圈工作电压。实际工作中,交流接触器也可选择电源相电压、安全电压,甚至使用直流接触器,这需要特别注意。

电路装接检查完成后,需要认真撰写技能训练报告,对装接过程中存在的问题进行必要的总结。报告格式可参考本节所附“技能训练报告”。

* 3.2.4 具有点动功能的单向运行电气控制电路

一些搬运或加工类型的机电设备,在精细操作时,往往需要电动机具备点动控制功能,即按下起动按钮电动机运转,放开起动按钮电动机停转。具有点动控制功能的电动机,主电路与单向运行的主电路相同,区别仅在控制电路。图 3-2-11(b)是一个既能点动,又可连续运行的电气控制电路。

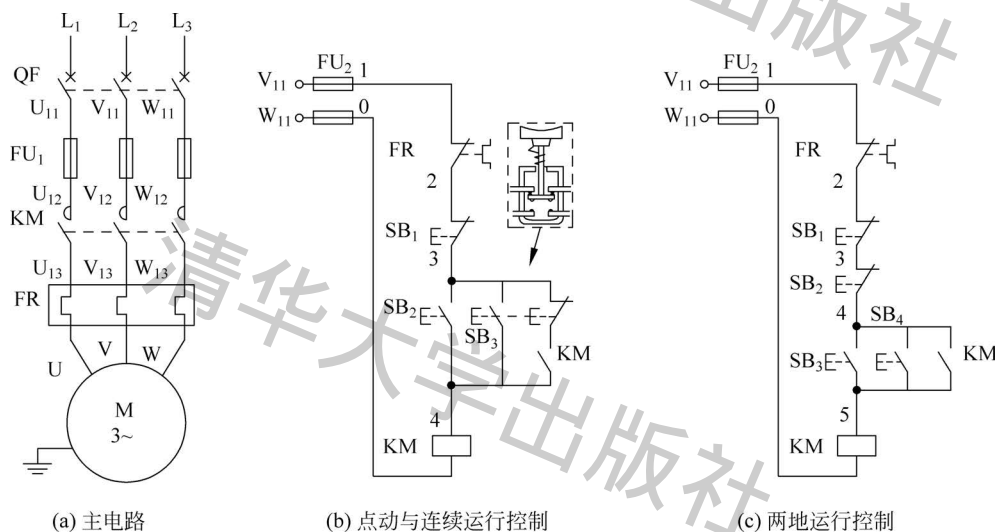


图 3-2-11 电动机点动与连续运行、两地运行控制

连续运行的动作过程与 3.2.1 小节分析相同,这里仅介绍点动部分的控制功能。

图 3-2-11(b)中的 SB_2 为连续运行起动按钮, SB_3 为点动运行起动按钮。

SB_3 是复合按钮,复合按钮在设计上要求在按下按钮时,常闭触点先断开,常开触点后闭合。把 SB_3 的常闭触点与 KM 的辅助常开触点串联,作用是按下 SB_3 时解除 KM 的自锁功能。

连续运行通过 SB_2 实现,操作如前所述,下面仅说明点动运行的操作过程。

(1) 电动机处于停止状态

合上电源开关 QF

→按下点动按钮 SB_3

→接触器 KM 线圈得电

→ KM 主触点闭合,电动机点动运行

→放开起动按钮 SB_3

→接触器 KM 线圈断电

→ KM 主触点断开,电动机停止运行

(2) 电动机处于连续运行状态

按下点动按钮 SB_3

- { 与 KM 辅助常开触点串联的回路断电, 失去自锁功能
- 接触器线圈 KM 得电
- KM 主触点闭合, 电动机点动运行
- 放开起动按钮 SB_3
- 接触器线圈 KM 断电
- KM 主触点断开, 电动机停止运行

通过上面的分析发现, 无论电动机原先处于停止状态还是连续运行状态, 只要按下 SB_3 , 电路的自锁功能解除, 就可以进行点动的运行操作。

* 3.2.5 能够两地操作的单向运行电气控制电路

一些大型的机电设备, 为了控制方便, 需要在两处均能控制同一台电动机的起停运行。

具有两地控制功能的电动机, 主电路与单向运行的主电路相同, 区别仅在控制电路。为实现两地控制, 在电路设计时, 两个起动按钮采取并联接线, 只要按下任何一个起动按钮, 电路都能起动; 两个停止按钮采取串联接线, 只要按下任何一个停止按钮, 电路都能停止。

图 3-2-11(c) 是一个具有两地控制功能的电气控制电路, 图中的 SB_1 、 SB_2 为停止按钮, SB_3 、 SB_4 为起动按钮。另外, 控制回路增加了电位点, 相应的电路标号也增加了。

具体控制过程请读者尝试自行分析。



思考与练习

- 3-2-1 起动功能应使用按钮中的哪种触点?
- 3-2-2 停止功能可否使用按钮中的常开触点?
- 3-2-3 自锁功能可否使用接触器的辅助常闭触点?
- 3-2-4 电气控制图中各电气元器件的触点位置是按何种状态画出的?
- 3-2-5 电路中已经有了断路器(熔断器)保护, 为什么还需要热继电器?
- 3-2-6 交流接触器的主触点和辅助触点各用于什么地方?
- 3-2-7 按钮可否用于主电路的通断控制?
- 3-2-8 电气原理图和元件接线图有何区别?
- 3-2-9 电路的短路检查有何意义?
- 3-2-10 电路的短路检查是测量电路的电压还是电路的电阻?
- 3-2-11 为什么用万用表测量的线圈阻值为其直流电阻值?
- 3-2-12 电阻测量法可否在通电状态下进行测量?
- 3-2-13 点动运行控制如何解除电路的自锁功能?
- 3-2-14 两地运行控制电路的起动按钮为什么要并联?
- 3-2-15 两地运行控制电路的停止按钮可否并联?

说明: 本小节以三相异步电动机的单向运行为例, 详细介绍了电路的组成与功能分析、电路的装接与各种检查方法。这些方法适用于所有的电气控制电路, 如果读者在后续的电气控制电路学习中遇到问题, 可返回到这里学习。

附：技能训练报告(参考)

班级_____ 姓名_____ 学号_____

项目名称	三相异步电动机单向运行电路的装接与调试(3个电路任选)				
课时：_____	实验/实训室：_____			时间：_____	
电路原理图	(电路原理图请参考教材内容)				
元器件接线图	(元器件接线图应由学生画出)				
元器件列表	序 号	元器件名称	型号规格	数 量	电路中的作用
回 答 问 题	(参考问题) 1. 简述电路的操作过程。 2. 电路的自锁功能有何作用？并说明自锁功能在电路中是如何实现的。				
装 接 体 会	(针对装接过程中出现的问题,写出发现问题与解决问题的具体过程)				
报告得分		教师签名		批改时间	年 月 日

注：此表可根据具体的操作项目做相应修改。