



高职高专“十一五”规划教材

国家技能型紧缺人才培养培训系列教材

数控机床电气控制 技能实训

S

hukong Jichuang

Dianqi Kongzhi Jineng Shixun

杨 兴 主编



化学工业出版社

数控机床电气控制技能实训

 化学工业出版社

· 北 京 ·

本书根据《高等职业学校数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训指导方案》对实训的要求,并结合国家数控职业技能鉴定标准要求编写。

本书共包括六部分内容,其中项目一、项目二和项目三的前一部分(PLC部分)是数控机床电气控制技能实训必须具备的基本技能实训;项目三的后一部分(PMC部分)、项目四、项目五和项目六为数控机床电气控制技能实训的运用技能实训。本书每个项目中有实训所涉及的相关理论知识内容的概述。在实训器材的选用和实训方法上力求采用散件的形式,使学生从最基本的操作开始,贴近现场实际,有很强的实用性和可操作性。每个技能实训都安排有技能考核,方便学习成绩评定。

本书可作为高等职业技术学院设备维修专业、机电一体化专业、电气自动化专业、数控技术应用专业等相关专业的数控机床电气控制实训教材,也可供有关教师与工程技术人员参考,还可作为培训教材和中等职业技术学校教材。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床电气控制技能实训/杨兴主编. —北京:化学工业出版社, 2008.5

高职高专“十一五”规划教材. 国家技能型紧缺人才培养培训系列教材

ISBN 978-7-122-02711-5

I. 数… II. 杨… III. 数控机床-电气控制-高等学校: 技术学院-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 062554 号

责任编辑: 韩庆利

装帧设计: 王晓宇

责任校对: 李 林

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 15¼ 字数 394 千字 2008 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 26.00 元

版权所有 违者必究

前 言

数控机床维修工是机械加工企业与数控机床相关的一个工种，其主要任务就是对数控机床进行日常的维护、维修。由于数控机床是由普通机床发展而来的，在机床的维护、维修等方面，二者既有相似的地方，又有很大的不同，特别是在电气控制方面其差异更大；数控机床是计算机技术、自动控制技术、精密测量技术以及精密机械制造技术等发展的产物，所以，一个合格的数控机床维修工除了掌握普通机床的结构、原理以及维护、维修技术，还必须掌握数控机床所特有的结构、原理、维护、维修等技术。高等职业技术学院与数控机床维修岗位对应的各专业毕业生，未来要想成为一个合格的数控机床维修工，除了具备一定的相关理论知识外，还必须练就扎实的操作技能并在工作中积累一定的实践经验。本书就是为训练数控机床维修岗位对应专业学生的电气控制操作技能而编写的。

本书在编写过程中参阅了许多数控机床电气控制方面的资料，并结合从事机床电气控制维修及教学的经验，从基本控制电路、PLC，到数控系统、主轴驱动系统、进给伺服驱动系统，再到数控机床故障诊断与排除，将技能训练贯穿学习始终，由浅入深、由简至繁。充分保证学习者掌握数控机床电气控制系统实践技能，获得解决实际问题的能力，为将来从事数控机床维护与维修打下坚实的基础。通过有步骤的实训，可使学生的实践技能得到循序渐进地提高。

本书可作为高等职业技术学院设备维修专业、机电一体化专业、电气自动化专业、数控技术应用专业等相关专业的数控机床电气控制实训教材，也可供有关教师与工程技术人员参考。还可作为获取相关职业技能资格证书的培训教材和中等职业技术学校教材。

本书共包括六个项目。其中项目一、项目二和项目三的前一部分（PLC 部分）是数控机床电气控制技能实训必须具备的基本技能实训；项目三的后一部分（PMC 部分）、项目四、项目五和项目六为数控机床电气控制技能实训的运用技能实训。各项目包含若干任务，每个任务又由若干技能实训组成。

本书在实训器材的选用上尽量避免采用一般的成套实验装置，力求采用散件的形式，使学生从最基本的操作开始，有很强的实用性和可操作性。每个技能实训都安排有技能考核，方便学习成绩评定。

为了加深读者对实训的理解，本书在每个项目中加入了实训所涉及的相关理论知识内容的概述。

本书在使用的过程当中，可根据学校现有的设备情况作具体调整，适当增减技能实训数目。

本书由张家口职业技术学院杨兴担任主编，张家口职业技术学院宋建武参加了编写。杨兴编写了项目一、项目二、项目三、项目四、项目五；项目六由杨兴与宋建武合编。

在编写和审稿过程中得到湖南工业职业技术学院刘瑞已老师、重庆工业职业技术学院黄维亚老师的指导和大力支持，在此表示衷心感谢。此外，编写时查阅了大量资料，也在此向原作（编）者表示谢意。

限于编者的水平，书中缺点在所难免，衷心希望读者给予批评指正。

编者

2008年4月

目 录

项目一 电气控制基本环节和基本电路的安装与调试	1
相关知识概述	1
1.1 点动、长动与自锁控制环节	1
1.2 可逆运转与互锁控制环节	1
1.3 多地控制环节	3
1.4 顺序控制环节	3
1.5 三相异步电动机启动控制电路	4
1.6 三相异步电动机制动控制电路	6
任务 1.1 点动、长动、互锁、多地、顺序等基本控制环节线路的安装	10
技能实训 1.1.1 电动机点动/长动、两地控制线路的安装实训	10
技能实训 1.1.2 电动机正反转控制线路的安装实训	14
技能实训 1.1.3 电动机先启后停控制线路的安装实训	18
任务 1.2 三相异步电动机降压启动控制线路的安装与调试	23
技能实训 1.2.1 电动机星-三角启动控制线路的安装与调试实训	23
技能实训 1.2.2 电动机自耦变压器降压启动控制线路的安装与调试实训	28
任务 1.3 三相异步电动机制动控制线路的安装与调试	33
技能实训 1.3.1 电动机可逆运行能耗制动控制线路的安装与调试实训	33
技能实训 1.3.2 电动机可逆运行反接制动控制线路的安装与调试实训	38
思考题及习题	43
项目二 普通机床电路的故障分析与处理	44
相关知识概述	44
2.1 普通机床控制电路分析基础	44
2.2 普通机床电路故障检查步骤	45
2.3 普通卧式车床的结构、运动形式及其拖动方式与控制要求	47
2.4 卧式万能铣床的结构、运动形式及其拖动方式与控制要求	48
2.5 普通卧式镗床的结构、运动形式及其拖动方式与控制要求	50
2.6 摇臂钻床的结构、运动形式及其拖动方式与控制要求	51
2.7 平面磨床的结构、运动形式及其拖动方式与控制要求	52
任务 2.1 普通车床电气控制线路故障分析与处理	53
技能实训 2.1.1 C650 卧式车床电气控制电路的检修实训	53
技能实训 2.1.2 CD6145B 卧式车床电气控制电路的检修实训	59
任务 2.2 铣床电气控制线路故障分析与处理	66
技能实训 2.2.1 X62W 型万能铣床电气控制电路的检修实训	66
技能实训 2.2.2 X6132 型万能铣床电气控制电路的检修实训	74
思考题及习题	84
项目三 PLC 编程与应用	87
相关知识概述	87
3.1 数控机床 PLC 的控制对象	87

3.2 数控机床 PLC 的形式	87
3.3 通用型 PLC 基础知识	88
3.4 PLC 常用指令系统	89
3.5 FANUC-PMC 的指令系统	93
3.6 数控机床 PMC 梯形图符号	94
任务 3.1 PLC 编程软件的使用及系统的调试运行	94
技能实训 3.1 STEP 7 编程软件的使用及系统的调试运行实训	94
任务 3.2 PLC 控制的电动机基本环节和基本电路实训	99
技能实训 3.2.1 PLC 控制的机床工作台自动往返运行实训	99
技能实训 3.2.2 PLC 控制的组合机床四台电动机顺序启停实训	103
技能实训 3.2.3 PLC 控制三相异步电动机的 Y- Δ 降压启动实训	108
技能实训 3.2.4 PLC 控制三相异步电动机反接制动实训	111
任务 3.3 PLC 在机床电气控制系统中的应用	115
技能实训 3.3.1 PLC 机械手模拟控制实训	115
技能实训 3.3.2 PLC 改造普通机床电气控制系统实训	121
技能实训 3.3.3 数控机床电气控制梯形图识读实训	128
任务 3.4 PMC 的编程及应用	133
技能实训 3.4 PMC 编程及应用实训	133
任务 3.5 数控机床 PLC 控制故障诊断与排除	140
技能实训 3.5 数控车床/铣床 PLC 控制故障诊断与排除实训	140
思考题及习题	149
项目四 数控系统及其接口应用	151
相关知识概述	151
4.1 FANUC 0 数控系统	151
4.2 SIEMENS 数控系统	156
4.3 THWLSF-1 型数控车床和 THWMS-1 型数控铣床综合实训系统简介	163
任务 4.1 数控系统的连接与调试	164
技能实训 4.1.1 数控车床系统的硬件连接与调试实训	164
技能实训 4.1.2 数控铣床系统的硬件连接与调试实训	170
任务 4.2 数控系统的通讯和原始数据的处理	176
技能实训 4.2 数控系统的通讯和原始数据的备份及恢复	176
任务 4.3 数控系统的参数设置	182
技能实训 4.3 数控系统基本参数的设置实训	182
任务 4.4 输入输出信号的使用	186
技能实训 4.4 输入输出信号的应用实训	186
任务 4.5 数控机床的基本操作	197
技能实训 4.5 数控机床的基本操作实训	197
任务 4.6 数控系统的故障诊断与排除	202
技能实训 4.6 数控系统的故障诊断与排除实训	202
思考题及习题	208
项目五 数控机床主轴系统应用	209
相关知识概述	209
5.1 交流主轴通用变频器调速	209

5.2 交流主轴伺服系统	209
任务 5.1 主轴变频器调速系统的调试与应用	210
技能实训 5.1 交流主轴通用变频器调速系统的调试与应用实训	210
任务 5.2 主轴驱动系统的连接	214
技能实训 5.2 主轴驱动系统连接电路的辨识实训	214
任务 5.3 主轴驱动系统故障诊断与排除	219
技能实训 5.3 主轴驱动系统的故障诊断与排除实训	219
思考题及习题	222
项目六 数控机床进给伺服驱动系统应用	223
相关知识概述	223
6.1 FANUC 进给伺服驱动系统	223
6.2 SIEMENS 进给伺服驱动系统	224
任务 6.1 进给驱动系统的调试与应用	224
技能实训 6.1 进给驱动单元的参数设置与调整实训	224
任务 6.2 进给伺服驱动系统的故障诊断与排除	227
技能实训 6.2 进给伺服驱动系统的故障诊断与排除实训	227
任务 6.3 检测装置的应用	231
技能实训 6.3 数控机床检测装置的故障诊断与拆装实训	231
思考题及习题	234
参考文献	235

项目一 电气控制基本环节和基本电路的安装与调试

相关知识概述

1.1 点动、长动与自锁控制环节

生产实际工作中,机械设备有时候需要短时或瞬时工作,称为点动。例如数控车床 Z 方向进给调整时,手动按下+Z 点动键 Z 轴向正方向点动,撒手即停。有时还需长时间运转,即电动机持续工作,称为长动。例如数控车床手动方式下按下主轴正转键,主轴正方向连续旋转。

图 1-1 为具有点动、长动以及点动/长动互换的三相电动机主电路和控制电路。图 (a) 为主电路, KM 主触点闭合,电动机运转; KM 主触点打开,电动机停止运转。图 (b) 为点动控制环节电路,当按下按钮 SB 时, KM 线圈得电,其主触点闭合,电动机转动,松开 SB,按钮复位断开, KM 线圈断电,其主触点断开,电动机停止转动。图 (c) 为长动控制环节电路,当按下按钮 SB2 时, KM 线圈得电,其主触点闭合,电动机转动,同时, KM 的辅助常开触点闭合形成“自锁”环节,故松开 SB2 后 KM 线圈仍得电,电动机连续转动。按下 SB1, KM 线圈失电,其主触点断开,电动机停止转动。同时由 KM 的辅助常开触点形成自锁环节断开失去作用,松开 SB1 后 KM 线圈仍不得电。图 (d) 为点动/长动互换的控制电路。SB3 为点动按钮, SB2 为长动按钮, SB1 为停车按钮,其工作原理分析如下。按下 SB2 时,线圈 KM 得电,其常开辅助触点闭合,即可形成自锁环节,实现电动机长期工作;当按下按钮 SB3 时, SB3 常闭触点先断开,常开触点后闭合,线圈 KM 得电,其常开辅助触点闭合,但由于没有形成自锁,因此可实现点动功能。

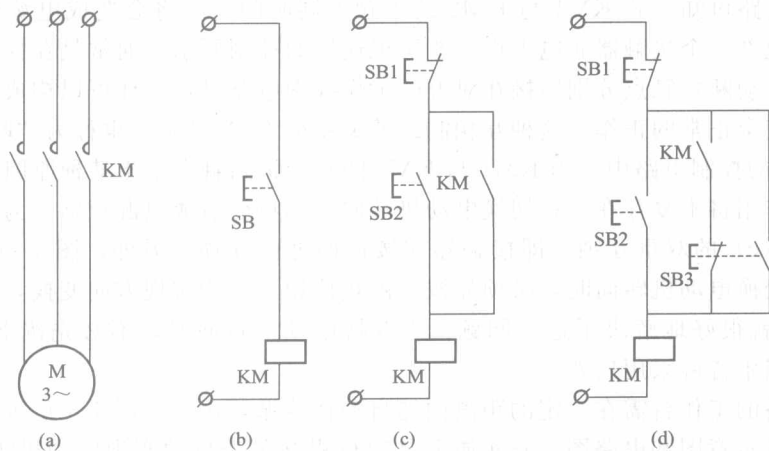


图 1-1 点动、长动及点动/长动转换电路

1.2 可逆运转与互锁控制环节

可逆运转即正反转。生产实践中,很多设备需要两个相反的运行方向,例如数控车床的

主轴正向和反向转动，工作台的前进和后退。这两个相反方向的运动均可通过电动机的正转和反转来实现。因为，只要将三相电源中的任意两相交换就可改变电源相序，而电动机就可改变旋转方向。实际电路构成时，可在主电路中用两个接触器的主触点实现正转相序接线和反转相序接线，在控制电路中控制正转接触器线圈得电，其主触点闭合，电动机正转，或者控制反转接触器线圈得电，主触点闭合，电动机反转。如图 1-2(a) 所示。

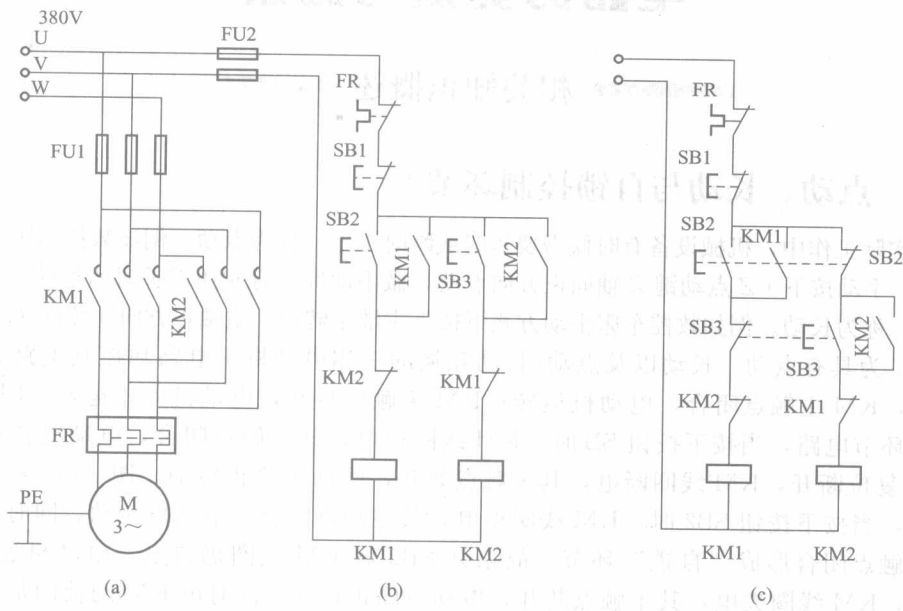


图 1-2 电动机正反转与互锁控制电路

在图 1-2(a) 和 (b) 的电路中，按下正向启动按钮 SB2，正向控制接触器 KM1 线圈得电动作，其主触点闭合，电动机正向转动；按下停止按钮 SB1，电动机停转；按下反向启动按钮 SB3，反向接触器 KM2 线圈得电动作，其主触点闭合，给电动机送入反相序电源，电动机反转。由主电路可知，若 KM1 与 KM2 的主触点同时闭合，将会造成电源短路，因此任何时候，只能允许一个接触器通电工作。要实现这样的控制要求，通常是在控制电路中将两接触器的常闭（动断）触点分别串接在对方的工作线圈电路里，这样可以构成互相制约关系，以保证电路安全正常的正作。这种互相制约的关系称为“互锁”，也称为“联锁”。

在图 1-2(b) 的控制电路中，当 KM1 与 KM2 的互锁常闭触点由于某种原因有一个或全部粘连后，互锁作用将不复存在，在切换电动机转向时仍将会造成电源短路。为了提高安全系数，采用图 1-2(c) 的双重互锁，即接触器和按钮两方面互锁。另外，图 1-2(b) 的控制电路中，由于当变换电动机转向时，必须先按下停止按钮，才能实现方向变换，这样很不方便，而图 1-2(c) 就很好地解决了这一问题，当变换电动机转向时，不必先按下停止按钮。因此，生产实际当中普遍采用后者。

有的机床设备的工作台需在一定的距离内能自动往复循环运动。图 1-3 是机床工作台自动往返循环控制的示意图和电路图。它实质上是用行程开关来自动实现电动机正、反转的。图中 SQ1、SQ2、SQ3、SQ4 为行程开关，按要求安装在床身两侧适当的位置上，用来限制加工终点与原位的行程。当撞块压下行程开关时，其常开触点闭合、常闭触点打开。这其实是在一定行程的起点和终点用撞块压行程开关，以代替人工操作按钮。电路工作原理分析如下。

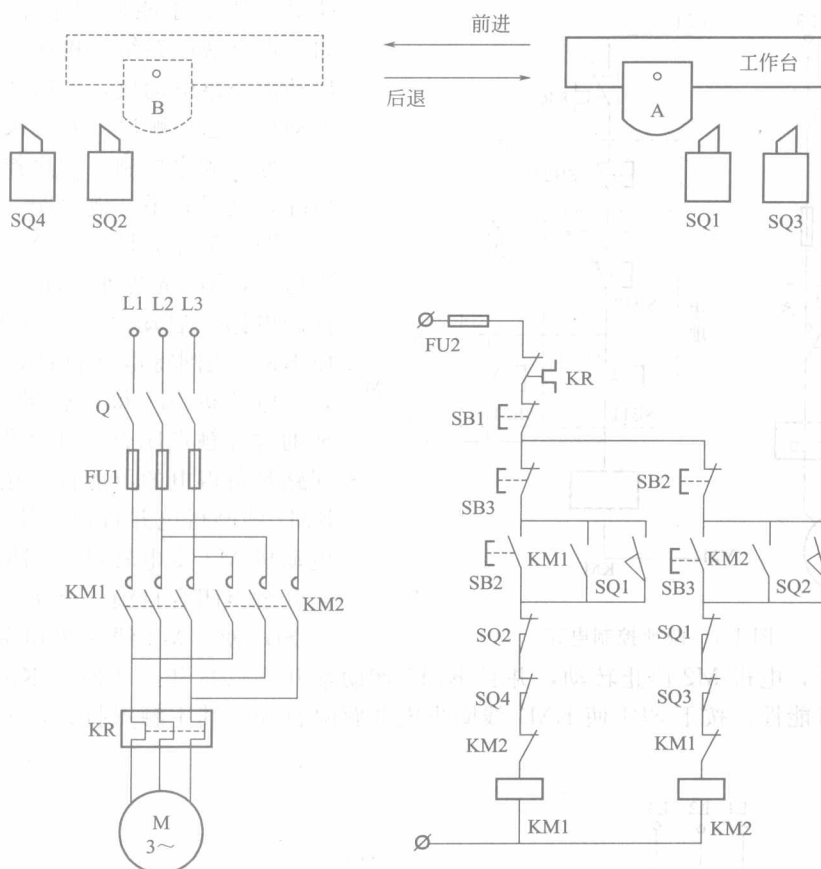


图 1-3 工作台自动往返运行控制电路

合上电源开关 Q，按下正向启动按钮 SB2，接触器 KM1 得电动作并自锁，电动机正转使工作台前进，当运行到 SQ2 位置时，其常闭触点断开，KM1 线圈失电，电动机脱离电源，同时，SQ2 常开触点闭合，使 KM2 线圈通电，电动机实现反转，工作台后退。当撞块压下 SQ1 时，使 KM2 线圈断电，KM1 线圈又得电，电动机又正转使工作台前进，这样可以一直循环下去。

SB1 为停止按钮，限位开关 SQ3 与 SQ4 安装在极限位置。若由于某种故障使工作台到达 SQ1（或 SQ2）位置时未能切断 KM2（或 KM1），则工作台继续移动到极限位置，压下 SQ3（或 SQ4），此时可最终把控制电路断开，使电动机停止，避免工作台由于越出允许位置所导致的事故。因此，SQ3、SQ4 起极限位置保护作用。

1.3 多地控制环节

在大型机床设备中，为了操作方便，常要求能在多个地点进行控制。如图 1-4 所示电路是一个两地控制电路，把两个启动按钮并联起来，把两个停止按钮串联起来，分别装在两个地方，就可实现两地操作。

1.4 顺序控制环节

在装有多台电动机的生产机械上，各电动机所起的作用不同，有时需要按一定的顺序启动、停车才能保证操作过程的合理和工作的安全可靠。例如，在铣床上就要求先启动主轴电

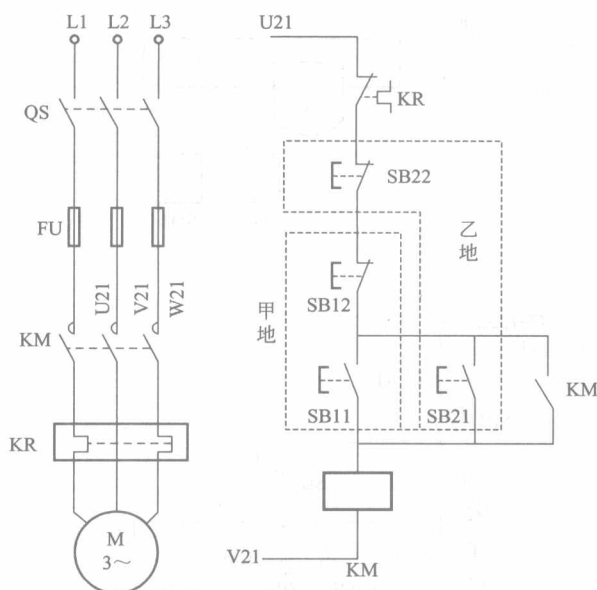


图 1-4 两地控制电路

其主触点打开,电机 M2 停止转动,并且 KM2 辅助常开触点打开,才使得 KM1 线圈回路具备失电的可能性。按下 SB1 使 KM1 线圈失电并解除自锁,其主触点打开,电动机 M1 停止转动。

动机,然后才能启动进给电动机。又如,带有液压系统的机床,一般都要先启动液压泵电动机,然后才能启动其他电动机。这些顺序关系反映在控制电路上,称为顺序控制。顺序控制有很多种情况,这里只举一例说明。

图 1-5 所示是一个 M1 先启动 M2 后启动, M2 先停车 M1 后停车的顺序控制电路。启动时, 只有先按下 SB3, 使 KM1 线圈得电并自锁, 其主触点闭合, 电动机 M1 得电转动, 并且 KM1 辅助常开触点闭合, 才使得 KM2 线圈回路具备得电的可能性。按下 SB4, 使 KM2 线圈得电并自锁, 其主触点闭合, 电动机 M2 得电转动, 同时 KM2 辅助常开触点闭合自锁。停车时, 只有先按下 SB2 使 KM2 线圈失电并解除自锁,

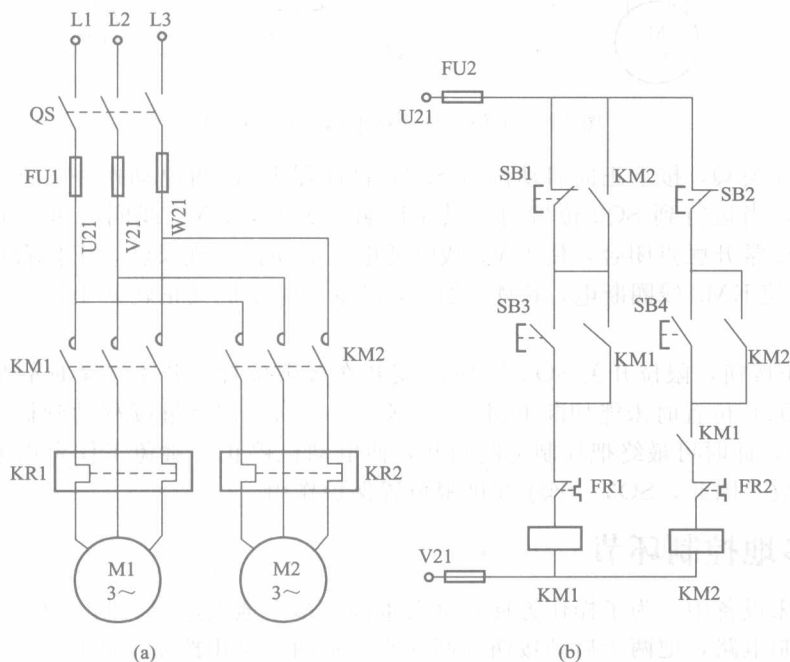


图 1-5 顺序控制电路

1.5 三相异步电动机启动控制电路

由于三相异步电动机全压启动时会产生大于额定电流数倍的启动电流, 增加线路损耗、

影响相邻设备的正常运行。一般情况下, 10kW 以下容量的三相异步电动机, 通常采用全压启动, 而 10kW 及以上容量的三相异步电动机, 通常采用降压启动的方法。

所谓降压启动, 是指启动时降低加在电动机定子绕组上的电压, 待电动机启动起来后再将电压恢复到额定值, 使之运行在额定电压下。降压启动可以减小启动电流, 从而减小线路电压降。

传统的降压启动包括定子串电阻或电抗器启动; Y- Δ 启动; 自耦变压器降压启动; 延边三角形启动等。由于串电阻启动时, 将在电阻上消耗大量的电能, 所以不宜用于经常启动的电动机上。用电抗器代替电阻, 可克服这一缺点, 但设备费用较大, 故目前低压电动机很少采用。由于延边三角形启动采用特制的带“延边绕组”的电动机, 对普通电动机不适用, 故目前也很少采用。由于 Y- Δ 启动和自耦变压器降压启动目前仍有较高性价比, 且仍采用, 故这里只介绍这两种启动方法。

软启动 (固态降压启动器) 是一种当代电动机控制新技术, 具有较高的启动性能, 是三相异步电动机启动的一个主要发展方向。数控机床功率较大的主轴电动机一般采用变频器启动调速 (在项目五中介绍)。

1. 星形-三角形降压启动控制

对于定子三相绕组的六个线头全部甩出的三相笼型异步电动机, 均可采用 Y- Δ 降压启动。启动时, 定子绕组先接成星形, 待电动机转速上升至稳定转速时, 将定子绕组换接成三角形, 电动机便进入全压下的正常运转。图 1-6 为 QX4 系列自动 Y- Δ 降压启动控制电路。

电路工作原理: 合上电源开关 Q, 按下启动按钮 SB2, KM1、KT、KM3 线圈同时通电并自锁, 电动机三相定子绕组星形接入三相交流电源进行降压启动, 当电动机转速稳定时, 通电延时型时间继电器动作, KT 常闭触点断开, KM3 线圈断电释放; 同时 KT 常开触点闭合, KM2 线圈通电吸合并自锁, 电动机绕组接成三角形全压运行。当 KM2 通电吸合后, KM2 常闭触点断开, 使 KT 线圈断电, 避免时间继电器长期工作。KM2、KM3 常闭触点为互锁触点, 以防同时接成星形和三角形造成电源短路。

2. 自耦变压器降压启动控制

电动机自耦变压器降压启动是将自耦变压器一次侧接在电网上, 启动时定子绕组接在自耦变压器二次侧上。这样, 启动时电动机获得的电压为自耦变压器的二次电压。待电动机转速接近电动机额定转速时, 再将电动机定子绕组接在电网上, 电动机获得额定电压进入正常运转。这种降压启动适用于较大容量电动机的空载或轻载启动, 自耦变压器二次绕组一般有 65% U_N 和 80% U_N 两级抽头, 用户可根据电网允许的启动电流和机械负载所需的启动转矩来选择。

图 1-7 为 XJ01 系列自耦降压启动电路图。图中 KM1 为降压启动接触器, KM2 为全压运行接触器, KA 为中间继电器, KT 为降压启动时间继电器, HL1 为电源指示灯, HL2 为降压启动指示灯, HL3 为正常运行指示灯。

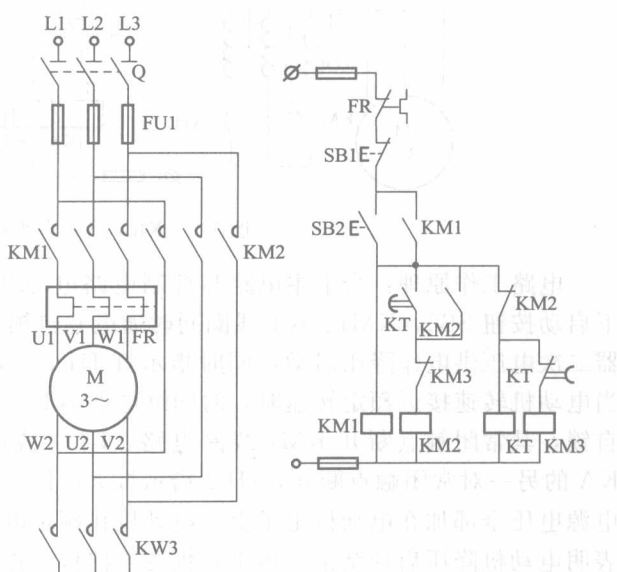


图 1-6 QX4 系列自动 Y- Δ 启动器电路

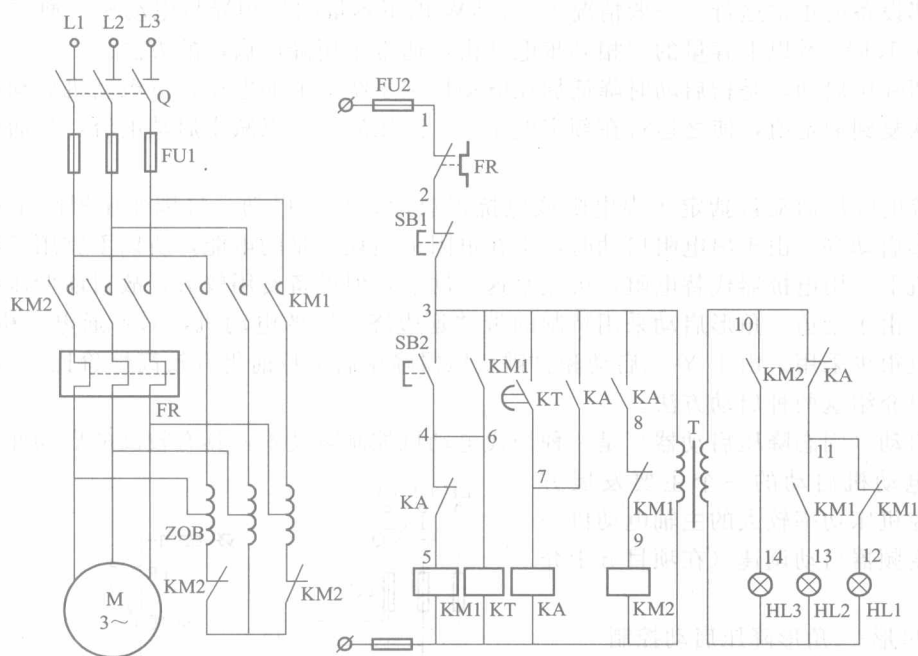


图 1-7 XJ01 系列自耦减压启动电路

电路工作原理：合上主电路与控制电路电源开关，HL1 灯亮，表明电源电压正常。按下启动按钮 SB2，KM1、KT 线圈同时通电并自锁，将自耦变压器接入，电动机由自耦变压器二次电压供电作降压启动，同时指示灯 HL1 灭，HL2 亮，显示电动机正进行降压启动，当电动机转速接近额定转速时，时间继电器 KT 通电延时闭合触点闭合，使 KA 线圈通电并自锁，其常闭触点断开 KM1 线圈电路，KM1 线圈断电释放，将自耦变压器从电路切除；KA 的另一对常闭触点断开，HL2 指示灯灭；KA 的常开触点闭合，使 KM2 线圈通电吸合，电源电压全部加在电动机定子上，电动机在额定电压下进入正常运转，同时 HL3 指示灯亮，表明电动机降压启动结束。由于自耦变压器星形连接部分的电流为自耦变压器一、二次电流之差，故用 KM2 辅助触点来连接。

1.6 三相异步电动机制动控制电路

由于机械惯性，三相异步电动机从切除电源到完全停止旋转，需要经过一定的时间，这往往不能满足生产机械要求迅速停车的要求，也影响生产效率的提高。因此应对电动机进行制动控制。制动控制方法有机械制动和电气制动。所谓的机械制动是用机械装置产生机械力来强迫电动机迅速停车，机械力的产生又有由纯机械装置和电磁抱闸两种方式；电气制动是使电动机的电磁转矩方向与电动机旋转方向相反，起制动作用。电气制动有反接制动、能耗制动、再生制动，以及派生的电容制动等。这些制动方法各有特点，适用不同场合，现介绍常用的反接制动和能耗制动控制电路。

1. 电动机单向反接制动控制

反接制动是利用改变电动机电源的相序,使定子绕组产生相反方向的旋转磁场,因而产生制动转矩的一种制动方法。电源反接制动时,转子与定子旋转磁场的相对转速接近两倍的电动机同步转速,所以定子绕组中流过的反接制动电流相当于全压启动时启动电流的两倍,因此反接制动制动转矩大,制动迅速,冲击大,通常适用于10kW及以下的小容量电动机。

为了降低冲击电流,通常在笼型异步电动机定子电路中串入反接制动电阻。另外,当电动机转速接近零时,要及时切断反相序电源,以防电动机反向再启动,通常用速度继电器来检测电动机转速并控制电动机反相序电源的断开。

图 1-8 为电动机单向反接制动控制电路。图中 KM1 为电动机单向运行接触器, KM2 为反接制动接触器, KS 为速度继电器, R 为反接制动电阻。启动电动机时,合上电源开关,按下 SB2, KM1 线圈通电并自锁,主触点闭合,电动机全压启动,当与电动机有机械连接的速度继电器 KS 转速超过其动作值 140r/min 时,其相应触点闭合,为反接制动作准备。停止时按下停止按钮 SB1, SB1 常闭触点断开,使 KM1 线圈断电释放, KM1 主触点断开,切断电动机原相序三相交流电源,电动机仍以惯性高速旋转。当将停止按钮 SB1 按到底时,其常开触点闭合,使 KM2 线圈通电并自锁,电动机定子串入三相对称电阻接入反相序三相交流电源进行反接制动,电动机转速迅速下降。当转速下降到 KS 释放转速即 100r/min 时,KS 释放,KS 常开触点复位,断开 KM2 线圈电路, KM2 断电释放,主触点断开电动机反相序交流电源,反接制动结束,电动机自然停车至零。

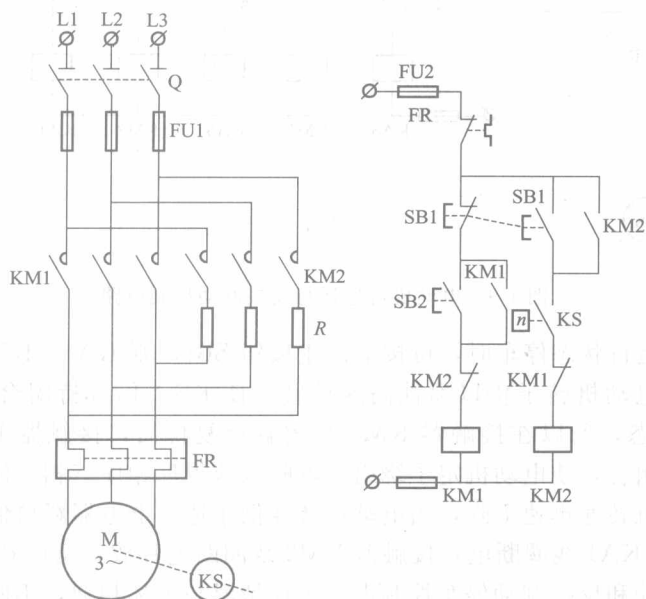


图 1-8 电动机单向反接制动控制电路

2. 电动机可逆运行反接制动控制

图 1-9 为电动机可逆运行反接制动控制电路。图中 KM1、KM2 为电动机正、反转接触器, KM3 为短接制动电阻接触器, KA1、KA2、KA3、KA4 为中间继电器, KS 为速度继电器, 其中 KS-1 为正转闭合触点, KS-2 为反转闭合触点。R 电阻为电动机启动时定子串电阻降压启动用, 停车时, 又作为反接制动电阻。

电路工作原理: 合上电源开关, 按下正转启动按钮 SB2, 正转中间继电器 KA3 线圈通电并自锁, 其常闭触点断开, 互锁了反转中间继电器 KA4 线圈电路, KA3 常开触点闭合, 使接触器 KM1 线圈通电, KM1 主触点闭合使电动机定子绕组经电阻 R 接通正相序三相交流电源, 电动机 M 开始正转降压启动。当电动机转速上升到一定值时, 速度继电器正转常开触点 KS-1 闭合, 中间继电器 KA1 通电并自锁。这时由于 KA1、KA3 的常开触点闭合, 接触器 KM3 线圈通电, 于是电阻 R 被短接, 定子绕组直接加以额定电压, 电动机转速上升到稳定工作转速。

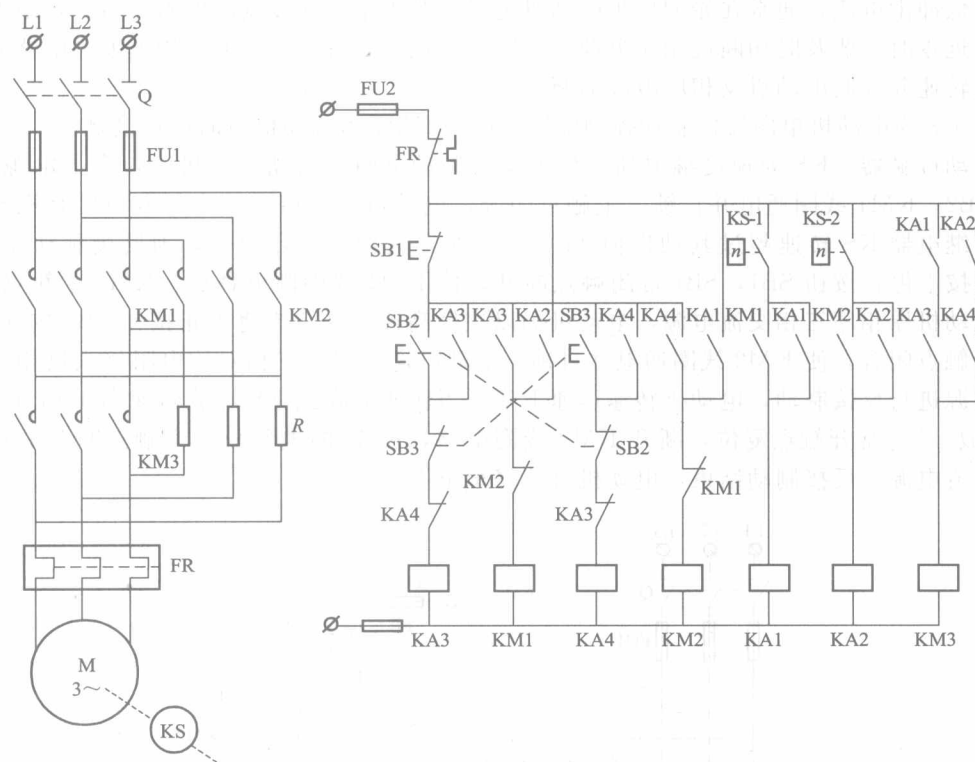


图 1-9 电动机可逆运行反接制动控制电路

在电动机正转运行状态停车时,可按下停止按钮 SB1,则 KA3、KM1、KM3 线圈相继断电释放,但此时电动机转子仍以惯性高速旋转,使 KS-1 仍维持闭合状态,中间继电器 KA1 仍处于吸合状态,所以在接触器 KM1 常闭触点复位后,接触器 KM2 线圈便通电吸合,其常开主触点闭合,使电动机定子绕组经电阻只获得反相序三相交流电源,对电动机进行反接制动,电动机转速迅速下降,当电动机转速低于速度继电器释放值时,速度继电器常开触点 KS-1 复位,KA1 线圈断电,接触器 KM2 线圈断电释放,反接制动过程结束。

电动机反向启动和反接制动停车控制电路工作情况与上述相似,不同的是速度继电器作用的是反向触点 KS-2,中间继电器 KA2 替代了 KA1,其余情况相同,在此不再复述,请自行分析。

3. 电动机单向运行能耗制动控制

能耗制动是在电动机脱离三相交流电源后,向定子绕组内通入直流电流,建立静止磁场,转子以惯性旋转,转子导体切割定子恒定磁场产生转子感应电动势,产生转子感应电流,利用转子感应电流与静止磁场的作用产生制动的电磁制矩,达到制动的目的。在制动过程中,电流、转速和时间三个参量都在变化,可任取一个作为控制信号。按时间作为变化参量,控制电路简单,实际应用较多,图 1-10 为电动机单向运行时间原则控制能耗制动电路图。

电路工作原理：电动机现已处于单向运行状态，所以 KM1 通电并自锁。若要使电动机停转，只要按下停止按钮 SB1，KM1 线圈断电释放，其主触点断开，电动机断开三相交流电源。同时，KM2、KT 线圈同时通电并自锁，KM2 主触点将电动机定子绕组接入直流电源进行能耗制动，电动机转速迅速降低，当转速接近零时，通电延时型时间继电器 KT 延时时间到，KT 常闭延时断开触点动作，使 KM2、KT 线圈相继断电释放，能耗制动结束。

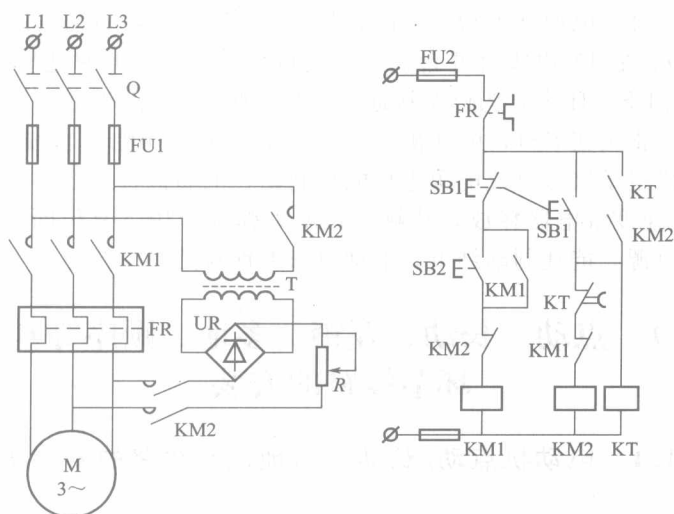


图 1-10 电动机单向运行时间原则能耗制动控制电路

图中 KT 的瞬动常开触点与 KM2 自锁触点串接，其作用是：当发生 KT 线圈断线或机械卡住故障，致使 KT 常闭通电延时断开触点断不开，常开瞬动触点也合不上时，只有按下停止按钮 SB1，成为点动能耗制动。若无 KT 的常开瞬动触点串接 KM2 常开触点，在发生上述故障时，按下停止按钮 SB1 后，将使 KM2 线圈长期通电吸合，使电动机两相定子绕组长期接入直流电源损坏电动机。

4. 电动机可逆运行能耗制动控制

图 1-11 为速度原则控制电动机可逆运行能耗制动电路。图中 KM1、KM2 为电动机正、反转接触器，KM3 为能耗制动接触器，KS 为速度继电器。

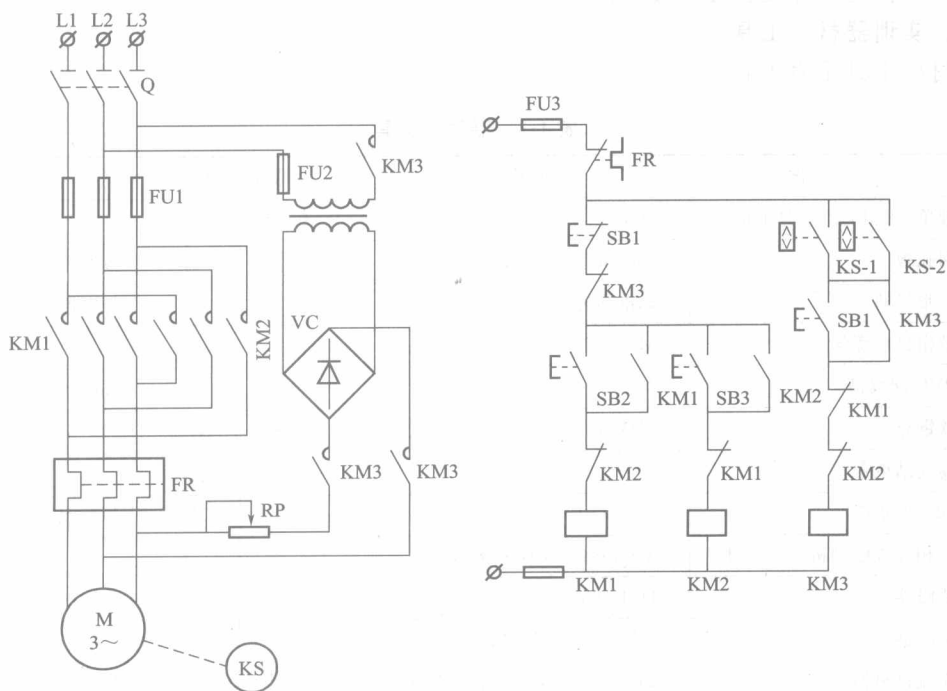


图 1-11 速度原则控制电动机可逆运行能耗制动电路

电路工作原理：合上电源开关 Q，根据需要按下正转或反转启动按钮 SB2 或 SB3，相应接触器 KM1 或 KM2 线圈通电吸合并自锁，电动机启动旋转，此时速度继电器相应的正向或反向触点 KS-1 或 KS-2 闭合，为停车接通 KM3 实现能耗制动作准备。

停车时，按下停止按钮 SB1，电动机定子三相交流电源切除。当按到底时，KM3 线圈通电并自锁，电动机定子接入直流电源进行能耗制动，电动机转速迅速降低，当转速下降到低于 100r/min 时，速度继电器释放，其触点在反力弹簧作用下复位断开，使 KM3 线圈断电释放，切除直流电源，能耗制动结束，电动机依惯性自然停车至零。

任务 1.1 点动、长动、互锁、多地、顺序等基本控制
环节线路的安装

技能实训 1.1.1 电动机点动/长动、两地控制线路的安装实训

一、实训内容

- (1) 主板及外围元器件的安装。
- (2) 主板线槽配线（软线）操作。
- (3) 外围设备、元器件内部接线操作。
- (4) 主板与外围设备及元器件互连接线操作。
- (5) 通电试车。

二、参考电路图

- (1) 电气原理图 见图 1-12。
- (2) 主板元器件布置图 见图 1-13。
- (3) 主板内部接线图 见图 1-14。
- (4) 主板与外部设备互连接线图 见图 1-15。

三、实训器材、工具

器材、工具见表 1-1。

表 1-1 器材、工具

序号	名 称	型号与规格	单位	数量/套	备 注
1	带单、三相交流电源工位	自定	台	1	
2	网孔板	600mm×500mm	块	1	参考尺寸
3	U 形导轨	标准导轨	m	2	与电器元件配套
4	带帽自攻螺丝	M3×8	个	100	
5	PVC 配线槽	25×25	根	2	2m/根
6	软铜导线	BRV-1.5 BRV-0.75	m	若干	
7	卷式结束带		m	若干	
8	OM 线号管		m	若干	与导线配套
9	三相异步电动机	YS-5034 60W 380V	台	1	
10	断路器	DZ47-63 三极	个	1	
11	熔断器	RT18-32 5A 3A	个	5	带芯
12	交流接触器	LC1 D0910 F4-11 10A	个	1	带 F4-11 辅助触点
13	热继电器	JR16	个	1	