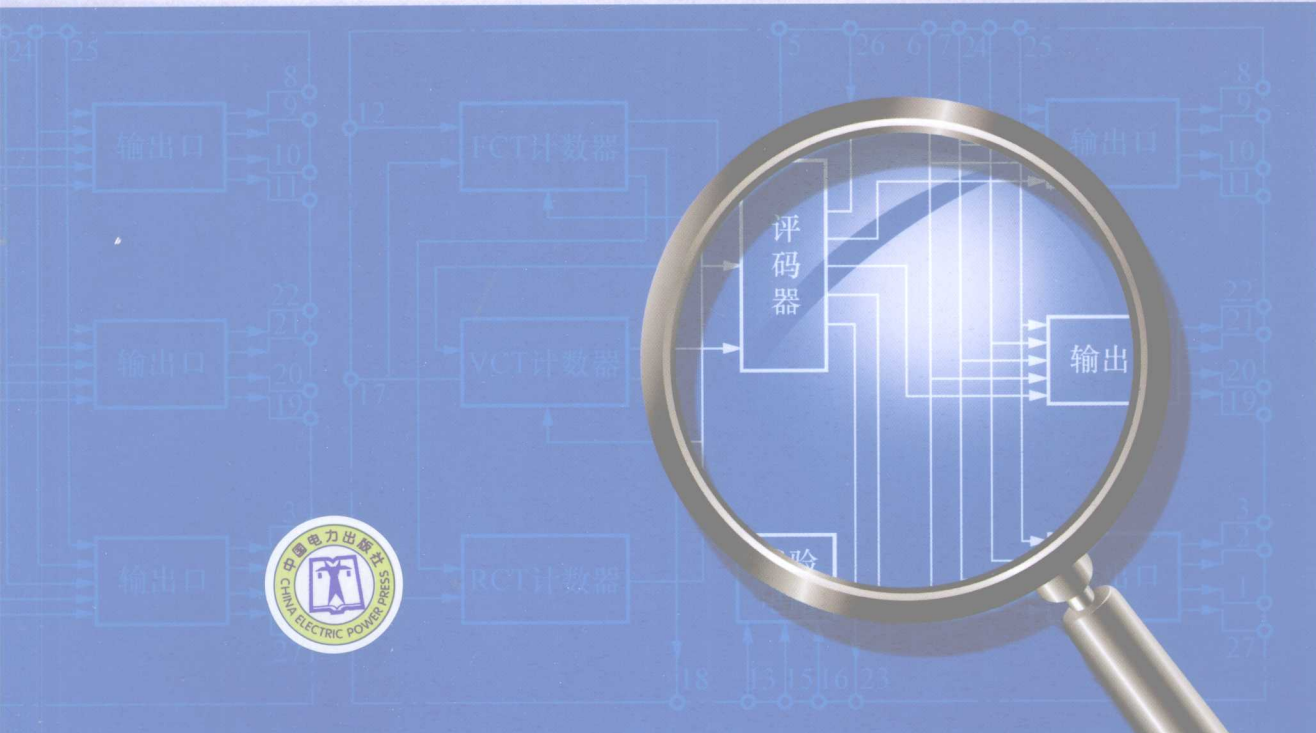




JICHUANG DIANQI SHITU

机床电气识图

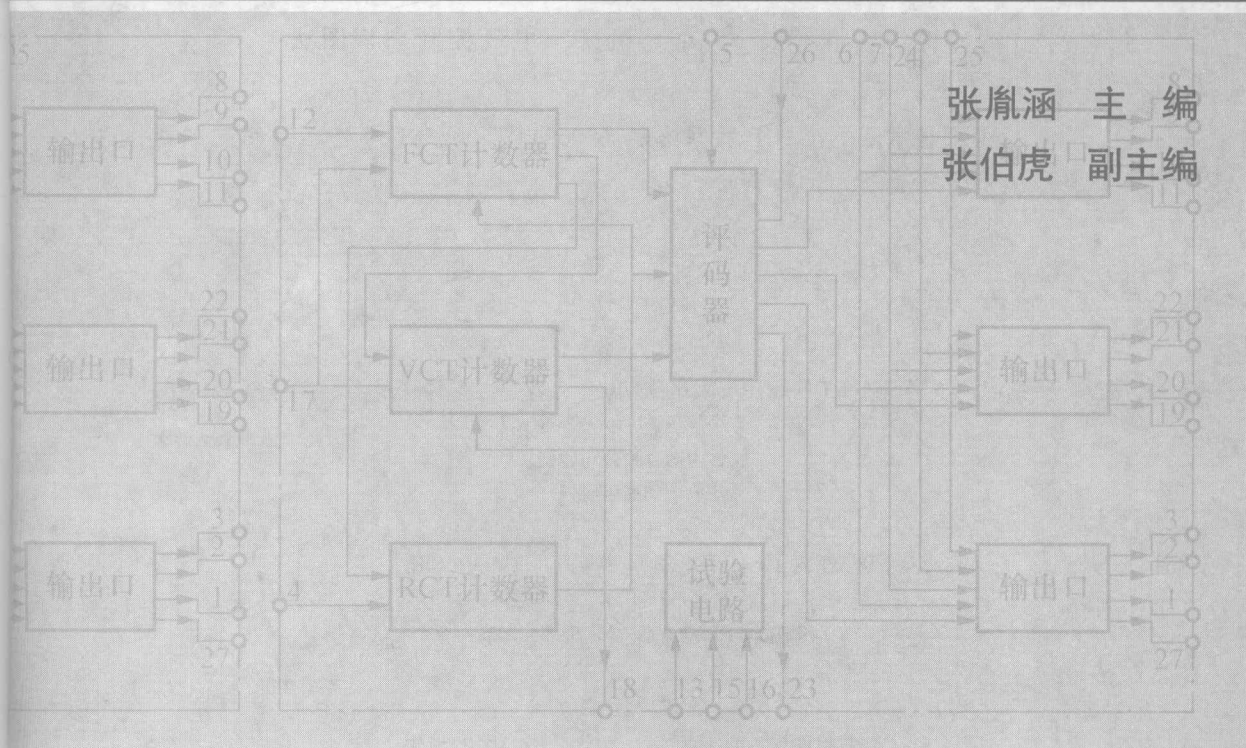
张胤涵 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

JICHUANG DIANQI SHITU

机床电气识图



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书从生产实际出发,从识图的基本知识和组成电路的基本规律讲起,逐步深入到机床电气识图的方法和步骤。全书共6章,分别讲述了机床控制线路的识图方法及电气元件的选择,机床控制的基本线路分析,交流调速系统,直流自动调速系统,实际机床电气控制线路的分析(包括车床、摇臂钻床、铣床、镗床、刨床、齿轮加工机床、组合机床),可编程控制器(PLC)在机床中的应用及制造技术。

本书可供大专院校及职业学校相关专业作为教材使用,也可供工厂电工及从事机电一体化、机床电气控制的技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

机床电气识图/张胤涵主编. —北京:中国电力出版社, 2009

·ISBN 978-7-5083-8355-2

I. 机… II. 张… III. 机床—电气控制—识图法
IV. TG502.35

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第002661号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009年6月第一版 2009年6月北京第一次印刷

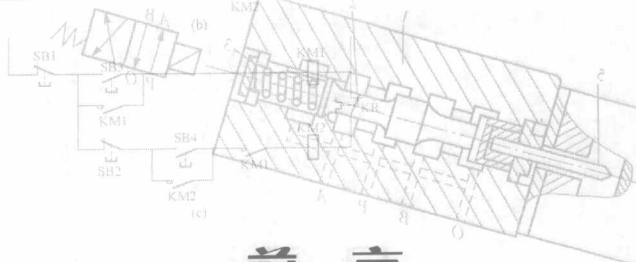
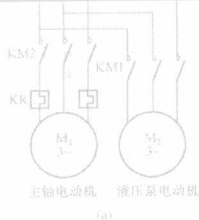
787毫米×1092毫米 16开本 13印张 291千字

印数0001—3000册 定价 25.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



机床电气识图

前言

机床是装备工业的基本生产手段，是装备制造业的基础设备。随着机床不断向精密化、复合化、智能化的方向发展，机床的技术含量越来越高，其电气控制线路也越来越复杂。而控制机床运动的电气控制线路是机床的灵魂，要求广大电气技术人员和电气工人掌握。为迅速巩固提高广大电气技术人员的理论基础和技术水平，以满足实际工作的需要，我们编写了本书。

本书共6章，分别讲述了机床控制线路的识图方法及电气元件的选用、机床控制的基本线路分析、交流调速系统、直流自动调速系统、实际机床电气控制线路的分析（包括车床、摇臂钻床、铣床、镗床、刨床、齿轮加工机床、组合机床）、可编程序控制器（PLC）在机床中的应用。

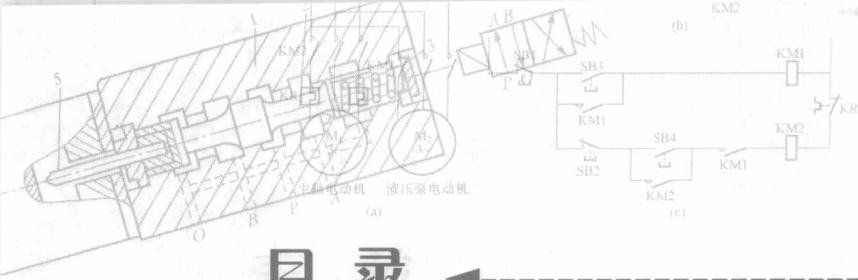
本书简明扼要、通俗易懂，根据理论联系实际，突出系统性、完整性、实用性的编写原则。

本书由张胤涵主编，张伯虎任副主编，参加本书编写的人员还有王桂英、曹振华、赵景德、张涛、张伯龙、杨旭、孔祥涛等。本书在编写过程中，参阅了相关书籍和资料，在此向相关书籍和资料的作者表示衷心的感谢。

本书可供大专院校及职业学校相关专业作为教材使用，也可供工厂电工及从事机电一体化、机床电气控制的技术人员学习参考。

由于编者水平有限，书中难免有不足之处，敬请广大读者批评指正，E-mail: bh268@163.com, wang_weihua@cepp.com.cn。

编者



目 录

前言

第 1 章 机床控制线路的识图方法及电气元件的选用	1
1.1 电气原理图识图方法	1
1.2 机床电气控制的基本元件及选择	7
1.2.1 熔断器	7
1.2.2 按钮、低压开关	9
1.2.3 热继电器	10
1.2.4 接触器	11
1.2.5 中间继电器	12
1.2.6 时间继电器	12
1.2.7 控制变压器	13
1.2.8 互感器	13
第 2 章 机床控制的基本线路	15
2.1 三相交流电动机的起动控制线路	15
2.1.1 直接起动控制线路	15
2.1.2 降压起动控制线路	16
2.2 三相交流电动机正反转控制线路	18
2.2.1 电动机正反转线路	18
2.2.2 正反转自动循环线路	19
2.3 三相交流电动机制动控制线路	20
2.3.1 能耗制动控制线路	20
2.3.2 反接制动控制线路	21
2.4 双速电动机控制线路	22
2.5 电液控制	23
2.5.1 电磁换向阀	23
2.5.2 液动力头控制线路	24
2.5.3 车床刀架纵进、横进、快退电液控制线路	25
2.6 控制线路的其他基本环节	26
2.6.1 点动控制	26
2.6.2 联锁或互锁	27
2.6.3 多点控制	28
2.6.4 工作循环自动控制	29
2.7 电动机的保护	30

第3章 交流调速系统	33
3.1 串级调速系统	33
3.1.1 串级调速系统的工作原理	33
3.1.2 串级调速系统的主要类型	36
3.1.3 晶闸管串级调速系统的构成	40
3.2 变频调速系统	41
3.2.1 晶闸管变频器的工作原理	42
3.2.2 变频调速的基本原则	45
3.2.3 恒幅脉宽调制型变频器	46
3.2.4 大规模集成电路专用芯片的应用	51
3.2.5 脉宽调制型变频调速系统的构成	55
第4章 直流自动调速系统	58
4.1 机床的速度调节	58
4.1.1 机床对调速的要求	58
4.1.2 调速系统性能指标	60
4.1.3 恒功率负载、恒转矩负载的速度调节	61
4.2 反馈控制	64
4.2.1 减少转速降落与扩大调速范围	64
4.2.2 利用反馈控制实现速度自动调整	66
4.3 转速负反馈自动调速系统	66
4.3.1 转速负反馈系统的组成及工作原理	67
4.3.2 转速负反馈系统静特性分析	68
4.3.3 转速负反馈系统静特性计算	71
4.4 电压负反馈和电流正反馈自动调速系统	71
4.4.1 电压负反馈环节	71
4.4.2 电压负反馈与电流正反馈调速系统	72
4.5 电流截止负反馈的自动调速系统	73
4.5.1 电流截止负反馈的作用	73
4.5.2 具有电流截止负反馈的自动调速系统分析	74
4.6 无静差自动调速系统	76
4.6.1 比例、比例积分调节器	76
4.6.2 采用PI调节器的单闭环自动调速系统	78
4.6.3 带有速度调节和电流调节的双闭环调速系统	80
4.7 晶闸管—电动机直流调速系统	84
4.7.1 调速系统的组成和调速原理	85
4.7.2 电气线路的工作原理	85
第5章 实际机床电气控制线路的分析	92
5.1 卧式车床的电气控制线路	92

5.1.1	CW6163B 型万能卧式车床的控制线路	93
5.1.2	C616 卧式车床的电气控制线路	94
5.1.3	C650 卧式车床的电气控制线路	96
5.1.4	CA6140 型卧式车床的电气控制线路	98
5.1.5	C5225 型立式车床电路	102
5.2	摇臂钻床的电气控制线路	116
5.2.1	Z3040 型摇臂钻床的电气控制线路	116
5.2.2	Z35 型摇臂钻床的电气控制线路	119
5.3	M7130 型卧轴矩台平面磨床的电气控制线路	123
5.3.1	M7130 型卧轴矩台平面磨床主电路	125
5.3.2	M7130 型卧轴矩台平面磨床控制电路	125
5.3.3	M7130 型卧轴矩台平面磨床其他电路	126
5.4	X62W 万能升降台铣床电气控制线路	127
5.5	T68 卧式镗床的电气控制线路	132
5.6	刨床的电气控制线路	135
5.6.1	牛头刨床的电气控制线路	135
5.6.2	龙门刨床的电气控制线路	136
5.7	齿轮加工机床电气控制线路	154
5.7.1	Y3150 型齿轮机床电气控制电路	155
5.7.2	Y3180 型滚齿机电气控制电路	156
5.8	组合机床电气控制线路	159
第 6 章 可编程序控制器(PLC)在机床电气控制系统中的应用		164
6.1	可编程序控制器(PLC)的简介	164
6.2	机床电气中的 PLC 程序图识读	169
6.2.1	PLC 的编程语言	169
6.2.2	基本编程指令	171
6.2.3	常用控制线路的 PLC 程序举例	178
6.3	PLC 在机床上的应用实例	181
6.3.1	多工步机床的 PLC 控制	181
6.3.2	组合机床的 PLC 控制	186
6.3.3	剪板机 PLC 控制	191
6.3.4	Z3050 型摇臂钻床 PLC 控制	191
6.3.5	T68 镗床的 PLC 控制	196
参考文献		201

机床控制线路的识图方法及 电气元件的选用

机床一般由电动机来拖动，电动机则是通过某种自动控制方式来进行控制。多数普通机床都是由继电器控制方式来实现其控制的，尤其是三相异步电动机拖动系统。

电气控制线路是由接触器、继电器、按钮、行程开关等组成的。电气控制线路的作用是实现电力拖动系统的起动、正反转、制动和调速等运行性能的控制，实现对拖动系统的保护，满足生产工艺要求，实现生产加工自动化。各种机床的加工对象和生产工艺要求不同，电气控制线路就不同，有比较简单的，也有相当复杂的。但任何复杂的电气控制线路，也都是由一些比较简单的基本环节按需要组合而成的。本章主要介绍机床控制线路的识图方法及电气元件。

1.1 电气原理图识图方法

电力拖动系统电气控制线路主要由各种电气元件（如接触器、继电器、电阻器、开关）和电动机等用电设备组成。为了设计、研究分析、安装维修时阅读方便，在绘制电气控制线路图时，应尽可能使用国家统一规定的电气图形符号和文字符号，不同时期有不同的标准符号，需参阅有关标准统一绘制。为了查找方便，首先要了解常用机床电器中的代表符号。表 1-1 列出了部分常用标准中的电气设备常用图形符号。

表 1-1 电气设备常用图形符号

名称	新符号	旧符号	标准	名称	新符号	旧符号	标准	
直流			IEC	等电位			GB	
交流			IEC	故障			GB	
交直流			GB	闪络、击穿			GB	
接地一般符号			IEC	导线的 T 型连接		或		IEC
接机壳或接底板		或	GB	导线的多线连接		或		IEC

续表

名称	新符号	旧符号	标准	名称	新符号	旧符号	标准
电阻器一般符号			IEC	具有自动释放功能的负荷开关			IEC
电容器一般符号			IEC	断路器			IEC
极性电容器			IEC	三相断路器			GB
半导体二极管一般符号			IEC	操作器件一般符号			IEC
光敏二极管			IEC	通电延时时间继电器线圈			IEC
稳压二极管			IEC	断电延时时间继电器线圈			IEC
单向晶闸管			IEC	交流继电器线圈			IEC
PNP型半导体晶体管			IEC	过电流继电器线圈			GB
NPN型半导体晶体管			IEC	欠电压继电器线圈			GB
电压表			IEC	热继电器的热元件			IEC
电流表			IEC	动合(常开)触点			IEC
扬声器一般符号			IEC	动断(常闭)触点			IEC
灯的一般符号		照明灯 信号灯	IEC	中间断开的双向触点			IEC
熔断器一般符号			IEC	延时闭合瞬时断开动合触点(或通电延时闭合触点)			IEC
多极开关一般符号(多线表示)			GB	延时断开瞬时闭合动断触点(或通电延时断开触点)			IEC
隔离开关			IEC	瞬时闭合延时断开动合触点(或断电延时断开触点)			IEC
负荷开关(负荷隔离开关)			IEC	瞬时断开延时闭合动断触点(或断电延时闭合触点)			IEC

续表

名称	新符号	旧符号	标准	名称	新符号	旧符号	标准
动合(常开)按钮			IEC	压力继电器动断触点			GB
动断(常闭)按钮			IEC	温度继电器动断触点			GB
限位开关动合触点			IEC	三相笼型异步电动机			GB
限位开关动断触点			IEC	三相绕线转子异步电动机			GB
热继电器的触点			IEC	串励直流电动机			GB
手动开关一般符号			IEC	他励直流电动机			GB
旋转开关(或旋钮开关)			IEC	并励直流电动机			GB
速度继电器动断触点			IEC				

电气设备图包括电气原理图、电气设备安装图与电气设备接线图三种。

1. 电气原理图

电气原理图主要表示电气控制线路的工作原理、各电气元件的作用和相互关系,而不考虑各电路元件的实际安装位置和接线情况。绘制、识读电气原理图时一般应遵循以下规则:

(1) 电气控制线路分主电路和控制电路两部分。主电路用粗线画出,而控制线路用细线画出。一般主电路在左侧,控制电路在右侧。

(2) 电气控制线路中,同一电器的各导电部件,如线圈和触点等常常不按实际位置画在一起,但应用同一文字标明。

(3) 电气控制线路的全部触点都按“平常”状态画出。“平常”状态对接触器、继电器等是指线圈未通电时触点的状态;对按钮、行程开关是指没有受到外力时触点的位置;对主令控制器则指手柄置于“零位”时各触点的位置。

图 1-1 为 CW6163 型卧式车床控制回路电气原理图。图 1-2 为 CW6163 型卧式车床照明电路电气原理图。

图 1-1 中,接触器 KM1、KM2、KM3 分别控制电动机 M1、M2 及 M3。机床的三相电源 L1、L2、L3 由电源引入开关 Q 引入。主电动机 M1 的过载保护由热继电器 KR1 实现,它的短路保护可由机床前一级配电箱中的熔断器控制。冷却泵电动机 M2 的过载保护由热继电器 KR2 实现。快速移动电动机 M3 由于是短时工作,不设过载保护。电动机 M2、M3 共同设短路保护,由熔断器 FU1 实现。

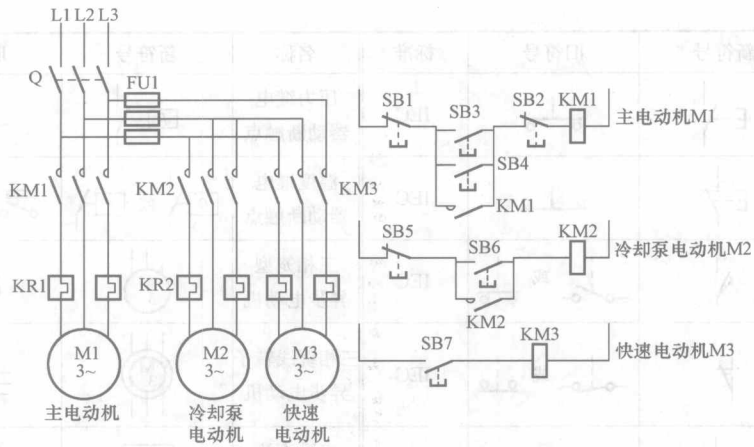


图 1-1 CW6163 型卧式车床控制回路电气原理图

4

图 1-2 中，电源指示灯为 HL2（绿色）。在电源开关 Q 接通后，HL2 立即发光显示，表示机床电气线路已处于供电状态。若用指示灯 HL1（红色）表示主电动机是否运行。则指示灯 HL1、HL2 可由接触器 KM1 的动合和动断两对辅助触点进行切换，如图 1-2 右上方所示。

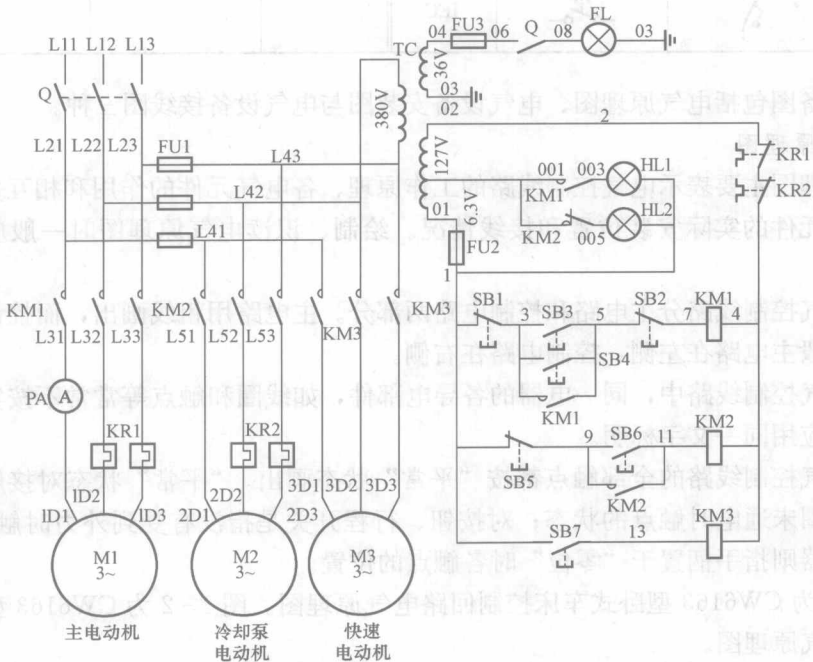


图 1-2 CW6163 型卧式车床照明电路电气原理图

在车床操作板上设有交流电流表 PA，它串联在电动机主回路中（见图 1-2），用以指示机床的工作电流。这样可根据电动机工作情况调整切削用量，使主电动机尽量满载运行，以提高生产率和电动机功率因数。照明指示灯由变压器供电，控制线路 127V，照明

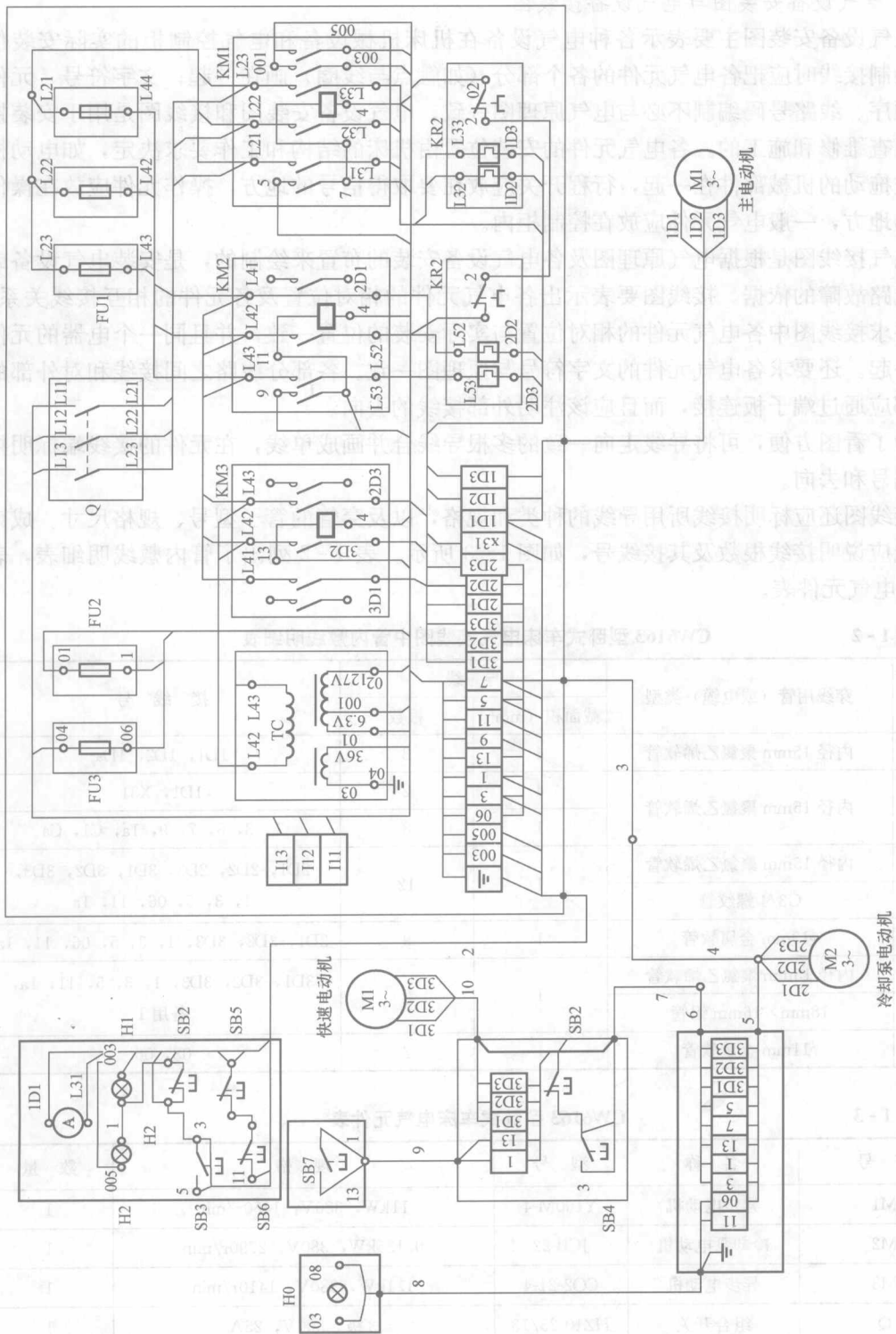


图 1-3 CW6163 型卧式车床电气接线图

36V, 指示灯 6.3V。

2. 电气设备安装图与电气设备接线图

电气设备安装图主要表示各种电气设备在机床机械设备和电气控制柜的实际安装位置。绘制接线时应把各电气元件的各个部分(如触点与线圈)画在一起;文字符号、元件连接顺序、线路号码编制不必与电气原理图一致。电气设备安装图和接线图是用于安装接线、检查维修和施工的。各电气元件的安装位置由机床的结构和工作要求决定,如电动机要和被拖动的机械部件在一起,行程开关应放在要取得信号的地方,操作元件应放在操作方便的地方,一般电气元件应放在控制柜内。

电气接线图是根据电气原理图及各电气设备安装的布置来绘制的,是安装电气设备或检查线路故障的依据。接线图要表示出各电气元件的相对位置及各元件的相互接线关系,因此要求接线图中各电气元件的相对位置与实际安装的位置一致,并且同一个电器的元件画在一起。还要求各电气元件的文字符号与原理图一致。各部分线路之间接线和对外部的接线都应通过端子板连接,而且应该注明外部接线的去向。

为了看图方便,可将导线走向一致的多根导线合并画成单线,在元件的接线端标明接线的编号和去向。

接线图还应标明接线所用导线的种类和规格,以及穿管的管子型号、规格尺寸。成束的接线应说明接线根数及其接线号,如图 1-3 所示。表 1-2 列出了管内敷线明细表,表 1-3 为电气元件表。

表 1-2 CW6163 型卧式车床电气接线图中管内敷线明细表

代号	穿线用管(或电缆)类型	导线		接线号
		截面积(mm ²)	根数	
1	内径 15mm 聚氯乙烯软管	4	3	1D1, 1D2, 1Da
2	内径 15mm 聚氯乙烯软管	4	2	1D1, X31
		1	8	1, 3, 5, 7, 9, 1a, C1, Ca
3	内径 15mm 聚氯乙烯软管	1	12	2D1, 2D2, 2D3, 3D1, 3D2, 3D3,
4	G3/4 螺纹管			1, 3, 5, 06, 11, 1a
5	φ15mm 金属软管	1	9	3D1, 3D2, 3D3, 1, 3, 5, 06, 11, 1a
6	内径 15mm 聚氯乙烯软管	1	9	3D1, 3D2, 3D3, 1, 3, 5, 11, 1a,
7	18mm×16mm 铝管			备用 1
8	φ11mm 金属软管	1	2	03, 06

表 1-3 CW6163 型卧式车床电气元件表

符号	名称	型号	规格	数量
M1	异步电动机	Y160M-4	11kW, 380V, 1460r/min	1
M2	冷却泵电动机	JCB-22	0.125kW, 380V, 2790r/min	1
M3	异步电动机	CO2-21-4	1.1kW, 380V, 1410r/min	1
Q	组合开关	HZ10-25/13	3 极, 500V, 25A	1

续表

符号	名称	型号	规格	数量
KM1	交流接触器	CJ0-40	40A, 线圈电压 127V	1
KM2、KM3	交流中间继电器	JZ7-44	5A, 线圈电压 127V	2
KR1	热继电器	JR0-40	额定电流 25A, 整定电流 19.9A	1
KR2	热继电器	JR10-10	热元件 1 号, 整定电流 0.43A	1
FU1	熔断器	RL1-15	500V, 熔体 10A	3
FU2、FU3	熔断器	RL1-15	500V, 熔体 2A	2
TC	控制变压器	BK-100	100VA, 380V/127-36-6.3V	1
SB3、SB4、SB6	控制按钮	LA10	黑色	3
SB1、SB2、SB5	控制按钮	LA10	红色	3
SB7	控制按钮	LA9		1
HL1、HL2	指示信号灯	ZSD-0	6.3V, 绿色 1, 红色 1	2
PA	交流电流表	62T2	0~50A, 直接接入	1

1.2 机床电气控制的基本元件及选择

1.2.1 熔断器

熔断器俗称“保险器”，在机床控制电路中是用得最多且最广泛的电气元件。它的主要作用是短路保护，当电路中出现短路故障时，熔断器的熔体立即熔断，切断电源，使电路中元器件免受损坏。熔断器常用类型有瓷插式熔断器、螺旋式熔断器、封闭式熔断器及快速熔断器。

1. 瓷插式熔断器

瓷插式熔断器又称“瓷插保险”，主要由瓷座、瓷盖、动触头、静触头及熔丝组成。常用瓷插式熔断器为 RC1A 系列，是 RC1 系列瓷插式熔断器的换代产品。

瓷插式熔断器主要用于交流 50Hz、额定电压 380V 及以下、额定电流不大于 200A 的分支电路或终端电路的短路保护，并可进行一定程度的过载保护。例如，普通照明电路、中小型电动机控制电路的总短路保护，机床电路的总短路保护等。瓷插式熔断器的主要特点是结构简单、使用方便，价格便宜。其缺点是灭弧性能较差，故不能用于通过较大电流的电路中。

2. 螺旋式熔断器

螺旋式熔断器主要由瓷座、下接线座、上接线座、瓷套、熔断管、瓷帽等组成。熔断管也称为熔芯，是一个装有无热惯性熔丝的瓷管，管内充满硅砂粒，当熔体熔断时能迅速熄灭电弧。在熔体一侧的中央处有一标有颜色的熔断指示片，当电路短路或过电流时，熔丝熔断，应能从瓷帽上的圆形玻璃孔中明显看到指示片脱落的标志。螺旋式熔断器的主要特点是：具有较强的断流能力，具有明显的熔断显示，结构紧凑合理，体积小，能在不停电的情况下更换熔断管，故安全可靠。它主要用于电气配电屏、控制箱，各种机床控制电

路中额定电流不超过 200A、额定电压为 500V 以下的电路的短路保护。

3. 封闭式熔断器

封闭式熔断器可分为两种：一种为无填料式封闭式熔断器，它的主要代表产品有 RM10 系列；另一种为有填料式封闭式熔断器，它的代表产品有 RT0 系列。

(1) RM10 系列无填料封闭式熔断器。RM10 系列无填料封闭式熔断器主要由熔断管、熔体、夹头、夹座等组成。其中熔断管在切断过 3 次相当于分断能力的电流后，为了保证以后电路能安全可靠地切断所规定的分断电流，应更换熔断管。RM10 系列无填料封闭式熔断器主要用于交流 50Hz、额定电压 500V 及以下，直流额定电压 440V 及以下的低压电力网络，或在成套配电设备、开关柜、配电柜负载电流达 1000A 的较大供电系统中作为短路保护和过载保护。

(2) RT0 系列有填料封闭式熔断器。RT0 系列有填料封闭式熔断器为封闭式熔断器的代表产品，它主要由底座、熔体和熔管组成。其底座在一定电流等级内可以共用，其熔芯由瓷质管体、熔断指示器、硅砂粒填料和熔体等构成。当熔体熔断时硅砂粒可使电弧迅速熄灭，当熔体熔断后，指示器能借助弹簧的力量在指示孔中顶出醒目的红色指示标志。RT0 系列有填料封闭式熔断器主要用于有易燃、易爆气体的场合，也可作为电缆、导线、电气设备、电力网络、配电系统中负载电流至 1000A 的短路保护及供电线路的过载保护。

4. 快速熔断器

快速熔断器的外形结构与螺旋式熔断器相同，它是为了防止硅半导体器件由于电路短路造成损坏而设计的一种能在很短时间内切断电路电源的短路保护器件。它具有熔断迅速、结构简单、工作可靠等特点。快速熔断器主要用于硅半导体整流器件的短路保护和过流保护，例如晶闸管整流、晶闸管调压、晶闸管电力变换等。常用的快速熔断器有 RLS1、RLS2、RS0、RS3 系列。

熔断器选择时主要是选择熔断器的种类、额定电压、熔断器额定电流等级和熔体的额定电流。额定电压是根据所保护电路的电压来选择的。熔体电流的选择是熔断器选择的核心。对于照明线路等没有冲击电流的负载，应使熔体的额定电流等于或稍大于线路工作电路 I ，即

$$I_R \geq I \quad (1-1)$$

式中 I_R ——熔体额定电流；

I ——工作电流。

对于异步电动机，熔体可按下列关系式选择

$$I_R = (1.5 \sim 2.5) I_{ND} \quad (1-2)$$

或

$$I_R = I_{st}/2.5 \quad (1-3)$$

式中 I_{ND} ——电动机的额定电流；

I_{st} ——异步电动机起动电流。

对于多台电动机，由一个熔断器保护时，熔体按下列关系选择

$$I_R > I_m/2.5 \quad (1-4)$$

式中 I_m ——可能出现的最大电流。

如果几台电动机不同时起动，则 I_m 为容量最大的一台电动机的起动电流与其他电动

机的额定电流的和。

1.2.2 按钮、低压开关

1. 按钮

按钮通常是用来短时接通或断开小电流的控制电路的开关。按钮有多种结构形式：旋钮式，用手扭动旋转进行操作；指示灯式按钮内可装入信号灯显示信号；紧急式装有蘑菇形按钮帽，表示紧急操作。

机床常用的按钮为 LA 系列。应根据使用场合所需要的触点数、触点型式及颜色选用合适的按钮。

2. 刀开关

刀开关又称闸刀，其主要作用是接通和切断长期工作的设备的电源，也用于不经常起、制动的容量小于 7.5kW 的异步电动机。当用于起动异步电动机时，其额定电流应不小于电动机额定电流的 3 倍。

一般刀开关的额定电压不超过 500V，额定电流有 10A 到上千安多种等级。刀开关有带熔断器式和不带熔断器式两种。不带熔断器式刀开关主要有 HD 型及 HS 型，带熔断器式刀开关有 HR3 系列。刀开关主要根据电源种类、电压等级、电动机容量、所需极数及使用场合来选用。

3. 封闭式负荷开关

封闭式负荷开关主要由触头系统（U 形动触刀和静夹座）、瓷插式熔断器、执行机构（速断弹簧、转轴、操作手柄）、开关盖、开关盖锁紧螺栓、进线机、出线孔及灭弧装置等组成。封闭式负荷开关克服了胶盖瓷底刀开关的缺点，其灭弧性能、接通和断开电路电流的能力、安全防护性能和操作性能等都比胶盖瓷底刀开关好。封闭式负荷开关的主要特点是，采用弹簧储能分合闸方式，开关在分全闸时弹簧力能使 U 形动触刀迅速切断或脱离静夹座，而与手柄操作的速度无关，这样大大提高了开关触点的寿命。封闭式负荷开关的另一个特点是，开关盖与操作手柄设有联锁保护，即开关在合闸的情况下开关盖不能开启，开关盖开启时开关不能合闸，这样大大提高了操作时的安全性能。

封闭式负荷开关主要用于交流 50Hz、额定电压 220、380V，直流 440V、额定电流 60A 以下的电阻性负载；也可作为不频繁地接通和断开电路；也可用于直接起动、停止功率小于 15kW 的电动机；也可在其额定电流范围内在电路中作为隔离开关使用。

4. 自动空气断路器

自动空气断路器又称自动空气开关。自动空气断路器既能接通或分断正常工作电流，也能分断过载或短路电流，分断能力大，在欠电压和过载、短路保护方面有很大作用。因此在机床上得到了广泛应用。

选择自动空气断路器时应考虑的主要参数有额定电压、额定电流和允许切断的极限电流等。自动空气断路器脱扣器的额定电流应不小于负载允许的长期平均电流。自动空气断路器的极限分断电流要不小于电路的最大短路电流。

自动空气断路器脱扣器电流整定时应遵循下面原则：欠电压脱扣器额定电压应与主电路额定电压相等；热脱扣器的整定电流应与被控对象（负载）的额定电流相等；电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流应大于负载正常工作时的尖峰电流；保护电动机时，电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流应为电动机起动电流的 1.7 倍。

5. 组合开关

组合开关也称转换开关,它由接线柱、静触片、动触片、绝缘杆、绝缘垫板、凸轮、弹簧、转轴、手柄等构成。动触片装于附近有手柄的转轴上,随着转轴位置的改变,动触片与静触片呈接通或断开状态。在组合开关中,可以根据实际控制电路的需要,安装多对动触片和静触片,并可根据要求,在手柄转换于某位置时,某些动触片与静触片断开,而另一些动触片则与其相应的静触片接通,即某一时刻动、静触片的接通与断开可进行任意的排列组合。同封闭式负荷开关一样,组合开关也采用了弹簧储能机构,故开关触头的分合闸速度与手柄的操作速度无关。组合开关的特点有:性能可靠、操作方便,体积小、安装灵活,可多触片、多位置。在实际应用中,组合开关又分为无限位型组合开关和有限位型组合开关。

(1) 无限位型组合开关。无限位型组合开关指的是组合开关在正、反转两个方向 360° 范围内可任意转动,不受限制,且每扳动一次手柄,动触片转动 90° 。无限位型组合开关主要用于:作为机床电源的引入开关;用于交流 50Hz 、 380V 及以下,直流 220V 及以下的电气设备中电路的不频繁接通、断开;转换电源或负载,测量三相电压,调节电加热器的并、串联;直接起动、停止不需频繁起动、停止的功率小于 5.5kW 的电动机。

(2) 有限位型组合开关。有限位型组合开关指的是组合开关的手柄在正、反转时,其转动位置是受限制的。有限位型组合开关又称倒顺开关,它分为 3 挡,即“停”、“正转”、“反转”。通常情况下,“停”挡在中间位置,从“停”挡扳向“正转”挡位置时,组合开关手柄转动 45° ,接通负载(电动机)的正转电路电源;从“停”挡扳向“反转”挡位置时,组合开关向相反的方向转动 45° ,接通负载(电动机)的反转电路电源。有限位型组合开关主要用于:作为交流 50Hz ,电压 380V 及以下的电路电源的引入开关;功率小于 5.5kW 的小型异步电动机的正、反转控制;双速异步电动机的变速控制等。

组合开关选择时的主要根据是电源种类、电压等级、所需触点数及电动机容量。常用的组合开关为 HZ-10 系列,额定电流有 10、25、60、 100A 4 种,适用于交流 380V 以下,直流 220V 以下的电气设备中。

6. 电源开关联锁机构

电源开关联锁机构与相应的断路器和组合开关配套使用,用于接通、断开电源和柜门开关联锁,以实现切断电源后才能打开门,门开关闭合后才能接通电源。以起到安全保护作用。常用电源开关联锁机构有 DJL 系列和 JDS 系列。

1.2.3 热继电器

热继电器用于电动机的过载保护,它的控制量为电路中流过的电流。热继电器主要由热元件、主双金属片、动作机械和触头系统、电流整定装置、温度补偿和复位机构组成。当电路中负荷过载时,流过热元件的电流增加,热元件的发热量增加,使得被加热的双金属片(温度膨胀系数各不相同)产生弯曲,压迫动作机构,使触头系统动作,接通或断开控制电路,从而对控制电路中的电气元器件起到过载保护作用。热继电器动作后,串接在控制电路中的热元件流过的电流为零,双金属片在空气的自然冷却下,经过一定时间(5min 左右)后恢复原状,热继电器辅助触头复位,为下一次重新起动做好准备,这个过程叫作热继电器的自动复位。热继电器动作后也可以手动复位,手动复位应在热继电器动作 2min 后才能进行。

热继电器有两相和三相两种结构。三相结构的热继电器又可分为带断相保护型和不带