

高等专科学校试用教材

金属切削机床

下 册

顾维邦 主编

机械工业出版社

GAOZHUANJIAOCAI

金 属 切 削 机 床

下 册

顾维邦 主编

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

北京市密云县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张 $17 \frac{3}{4}$ · 字数 434 千字

1984年 11月北京第一版·1984年 11月北京第一次印刷

印数 00,001-20,500 · 定价2.80元

*

统一书号: 15033·5791

前 言

本书是高等专科学校机制专业的试用教材,是根据机械工业部教育局初步审定的招收高中毕业生,学制为三年的教学大纲编写的。

本书也适用于职工大学、业余大学。中等专业学校也可选用,并可供从事机械制造的工程技术人员参考。

编写本书系根据以下原则确定和处理内容:

1. 围绕以工艺为主的培养目标,教材重点放在培养学生选择和使用机床的能力上,同时对专用机床的设计方法也作适当介绍;

2. 注意加强基本理论,着重于阐明共性的内容,以利培养学生认识和分析机床的能力;在具体取材上,主要立足于当前我国大多数工厂的生产水平,同时也适当地反映国内外先进技术;

3. 内容处理上注意点面结合,既保证重点,又照顾全面;对几种有代表性的机床介绍比较详细深邃,使学生对机床的性能、传动、结构及其调整使用等有比较完整的认识,以掌握认识和分析机床的方法;对生产中常用的各种类型机床,则适当地介绍其结构和使用上的特点,使学生比较全面地认识机床,以利于培养其选用机床的能力;

4. 为便于学生自学,基本的内容叙述适当详细些,复杂的结构并辅以必要的简图或立体示意图,面上的内容则适当简略。

本书分上下两册,上册为一~八章,下册为九~十六章,共十六章。其中第一章至第八章为机床概论部分,叙述机床传动的基本知识,主要类型机床——车床、钻镗床、铣床、刨拉床、磨床、齿轮加工机床、自动和半自动车床的用途、工作原理、技术性能、传动、结构及其调整使用等;第九章为机床电气控制,着重介绍机床电气自动控制的方法;第十章至第十四章为机床典型机构与部件,介绍分级变速传动系统、主轴部件、支承件与导轨等的要求、工作性能及其结构设计的主要问题;第十五章为组合机床设计,着重介绍组合机床总体设计与通用多轴主轴箱的设计方法;第十六章为机床使用与改装,简介机床安装、验收试验、维护保养和改装等基本知识。

本书由顾维邦同志主编,朱育嘉同志为主要编写成员,并协助主编工作,席时达、李庚臣同志参加了编写工作;袁友忠、陈金德、李寅生三同志负责审稿,参加审稿会议的有韩公绰、陈心田、蒋先赞、陈豪、陈惠林、蒋维同、王鸣华、王振全、薛正鹏、留明璧等同志。

在编写本书过程中,得到有关学校、工厂及研究所的大力支持和帮助;奚曙明、徐智麟同志对本书的图稿做了大量工作,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限和编写时间比较仓促,书中难免有错误和不妥之处,敬希读者批评指正。

编者 1983. 9

目 录

第九章 机床电气控制 1

§ 9-1 机床常用电气控制 1

一、机床电气原理图的阅读方法 1

二、Z3040型摇臂钻床电气控制线路 2

三、X62W型万能升降台铣床电气控制线路 5

§ 9-2 机床的电气调速控制 10

一、电机放大机自动调速系统 10

二、A系列龙门刨床主运动的调速控制 16

§ 9-3 机床的程序控制 21

一、固定程序控制 22

二、可变程序控制 25

三、C7620型卡盘多刀半自动车床的电气控制系统 31

四、基本逻辑顺序控制 42

§ 9-4 机床的数字控制 50

一、数控机床的工作原理 51

二、程序编制 53

三、输入和输出装置 56

四、数控机床的分类 57

五、数控机床的发展 58

第十章 机床的分级变速传动系统 60

§ 10-1 标准公比和标准转速数列 60

§ 10-2 分级变速传动系统的基本特性 63

一、变速规律 63

二、传动比规律 64

三、变速组的变速范围 66

四、结构网和结构式 67

§ 10-3 分级变速传动系统的拟定 68

一、拟定分级变速传动系统的一般原则 68

二、拟定变速传动系统的步骤 70

三、齿轮齿数的确定 73

§ 10-4 机床的各种分级变速传动系统 81

一、基本型变速传动系统 81

二、具有交换齿轮的变速传动系统 81

三、采用多速电动机的变速传动系统 82

四、采用多公比的变速传动系统 83

五、具有多轴变速组和分支传动的传动系统 86

§ 10-5 变速传动系统中传动件的布置 89

一、缩小轴向尺寸的措施 90

二、缩小径向尺寸的措施 92

§ 10-6 主变速传动系统中传动件的计算转速 93

一、机床的功率特性和扭矩特性 93

二、主轴和其它传动件计算转速的确定 94

第十一章 主轴部件 96

§ 11-1 概述 96

§ 11-2 主轴部件的旋转精度 97

一、主轴旋转精度分析 97

二、影响旋转精度的因素 98

三、提高主轴部件旋转精度的措施 101

§ 11-3 主轴部件的刚度 103

一、主轴部件刚度分析 104

二、提高主轴部件刚度的措施 108

§ 11-4 主轴部件的抗振性、热稳定性和耐磨性 110

一、抗振性 110

二、热稳定性 111

三、耐磨性 113

§ 11-5 主轴滚动轴承 114

一、滚动轴承类型 114

二、轴承类型的选择及其配置 117

三、滚动轴承的调整 119

§ 11-6 主轴的滑动轴承 123

一、动压滑动轴承 123

二、静压轴承 127

三、液体静压轴承主轴部件结构举例 130

§ 11-7 主轴 132

一、主轴的结构形状 132

二、主轴的材料和热处理 133

三、主轴的技术要求 133

第十二章 支承件和导轨 134

§ 12-1 对支承件的基本要求 134

§ 12-2 支承件受力与变形分析 134

一、支承件受力与变形分析 134

二、支承件的刚度 138

§ 12-3 支承件的结构设计 139

一、提高支承件静刚度和减轻重量	139	三、操纵机构的组成和类型	183
二、改善支承件结构的阻尼特性	147	§ 14-2 单独变速操纵机构	184
三、减少支承件热变形的措施	148	一、摆动式操纵机构	184
四、材料的合理选用	149	二、移动式操纵机构	185
五、合理的结构工艺性	150	§ 14-3 集中变速操纵机构	186
§ 12-4 导轨概述	151	一、顺序变速操纵机构	186
一、导轨的功用和类型	151	二、选择变速操纵机构	187
二、导轨应具有的基本性能	152	三、预选变速操纵机构	188
§ 12-5 导轨的导向精度	152	§ 14-4 机床的安全装置	195
一、影响导向精度的主要因素	152	一、互锁装置	195
二、导轨的几何精度	153	二、过载保险装置	196
§ 12-6 导轨的耐磨性	154	三、行程限制装置	199
一、导轨磨损的分析	154	第十五章 组合机床设计	200
二、滑动导轨材料的合理选择	154	§ 15-1 组合机床的组成、特点及其 应用范围	200
三、提高导轨的接触精度和降低表 面粗糙度	156	§ 15-2 组合机床的通用部件	202
四、合理确定导轨的压强	157	一、通用部件的分类与型号	202
五、导轨的润滑与防护	158	二、常用通用部件介绍	203
§ 12-7 低速运动平稳性	160	§ 15-3 组合机床的典型配置形式	213
一、爬行现象及其对加工精度的影响	160	一、单工位组合机床	213
二、爬行过程分析	160	二、多工位组合机床	214
三、消除爬行现象的途径	162	§ 15-4 组合机床设计的基本要求和 步骤	217
§ 12-8 滑动导轨的结构	163	§ 15-5 组合机床总体设计	218
一、直线运动导轨	163	一、制定工艺方案	219
二、圆周运动导轨	167	二、组合机床总体布局的确定	221
§ 12-9 液体静压导轨	168	三、“三图一卡”的编制	222
一、概述	168	§ 15-6 多轴箱设计	235
二、导轨和油腔的结构	168	一、多轴箱的功用和分类	235
三、节流器特点及应用	169	二、多轴箱的结构	235
§ 12-10 滚动导轨	170	三、多轴箱的主要通用零件	238
一、概述	170	四、多轴箱的设计步骤和方法	241
二、滚动导轨的结构形式	170	第十六章 机床的使用与改装	261
三、滚动导轨的预紧	171	§ 16-1 机床的基础及其在基础上的 安装	261
四、滚动导轨的尺寸	171	一、机床的基础	261
第十三章 直线运动机构	173	二、机床的安装	263
§ 13-1 机床上的直线运动机构	173	§ 16-2 机床的验收试验	264
§ 13-2 丝杠螺母机构	174	§ 16-3 机床的润滑	265
一、滑动丝杠螺母机构	174	§ 16-4 机床的改装	270
二、滚珠丝杠螺母机构	176	一、机床改装时应注意的问题	270
三、滚柱丝杠螺母机构	179	二、提高生产率的机床改装	270
§ 13-3 微量进给机构	179	三、机床的工艺性改装	276
第十四章 操纵机构和安全装置	181	四、提高加工精度的改装	278
§ 14-1 操纵机构概述	181	主要参考资料	278
一、操纵机构的功用	181		
二、操纵机构应满足的要求	181		

第九章 机床电气控制

电气控制系统是机床的重要组成部分，它直接关系着机床的先进性和自动化程度。要想正确安装、调整、维修和使用机床，必须对机床的电气控制系统有一定的了解。

机床电气控制，最初是采用手动开关直接控制的。后来，除了少数容量小、动作简单的机床（如小型台钻、砂轮机）使用手动开关直接控制外，大多通过继电器、接触器控制，此外还常常采用交磁放大机以及各种半导体器件进行控制。根据机床加工工艺的要求，按照一定的线路组成的电气控制系统，可以自动控制电动机的起动、制动、反转、调速以及其它电气执行元件的通电或断电，从而控制机床的工作状态，使机床按照预先规定的动作进行自动循环。

现代机床的发展，广泛采用液压、气动、电器、电子等先进技术，运用机、电、液密切配合的方法实现机床的自动循环工作。

机床的数字控制是现代机床的一个重要发展方向，它的出现使机床电气控制达到一个新的水平，大大提高了机床的加工精度、生产效率和自动化程度，并对机床的结构和加工方式也产生了深刻的影响。

§ 9-1 机床常用电气控制

机床一般是由电动机来驱动的，在普通机床中多数通过继电器、接触器系统来控制。这种机床的电气控制线路是由各种有触点的继电器、接触器、按钮、开关等元件组成的。有的元件又由许多部件组成，如接触器包括主触点、辅助触点、吸引线圈等。为了便于表明电气控制系统的工作原理，便于阅读，在电气原理图上各元件的位置不按照实际的空间位置安置，而是按照工作原理和动作顺序来安排的，并使用统一的符号、文字和画法来表示它们。因此，要了解机床电气控制的原理，就必须懂得机床的电气原理图。

一、机床电气原理图的阅读方法

阅读机床电气原理图应注意如下几点：

1. 电气线路主要分主电路和控制电路两部分。通常把电动机的通电回路称为主电路，而把继电器、接触器的吸引线圈的通电回路称为控制电路。主电路通过的电流一般比较大，常用较粗的线条表示；控制电路通过的电流一般比较小，常用较细的线条表示。此外还有信号电路、照明电路等，一般也用较细的线条表示。

2. 在电气原理图中，同一电器的不同部分，如接触器的线圈、主触点和辅助触点常常不画在一起，而是分散画在电路的不同地方，但它们都用相同的文字符号标明。例如接触器的线圈和各触点都用C表示。

3. 作用相同的同类电器都用相同的字母表示，但在字母的前边或后边加上数码表示区别，如几个接触器分别用1C、2C、3C等表示。

4. 全部触点都按“平常”状态给出。“平常”状态对接触器、继电器等是指线圈未通电时

的触点状态；对按钮、限位开关等是指没有受到外力作用时的位置。

5. 为了便于安装和维修，在电气原理图中，各个接点上常常编上数字号码。

在阅读机床电气原理图以前，必须对机床运动的特点有所了解，尤其对于机、电、液配合密切的能自动循环的机床更是如此。如果只凭电气原理图是不能看懂其控制原理的，只有在弄清有关的机械传动及液压传动后，才能了解电气控制线路的全部工作原理。

阅读机床电气原理图的步骤，一般是先看主电路，再看控制电路。先看主电路有几台电动机，各有什么工作特点，例如能否正反转、制动、变速等，再根据这些特点去分析控制电路，最后看显示及照明等辅助电路。

机床电气图纸除了原理图外，还有电气设备安装接线图。在这种图上，电器元件及其接线都是按照它们的实际位置绘制的。电气设备安装接线图是为电气设备的安装、接线和维修服务的。

二、Z 3040型摇臂钻床电气控制线路

Z 3040型摇臂钻床是采用多电机驱动的。整台机床由四个异步电动机驱动，它们分别是主电动机、摇臂升降电动机、液压泵电动机及冷却泵电动机。

摇臂钻床主轴的正转与反转是采用机械方法变换的，因此主电动机不需要反转。主电动机的容量是 3 kW，摇臂升降电动机的容量是 1.5 kW，液压泵电动机的容量是 0.6 kW，冷却泵电动机的容量是 0.09 kW。

除冷却泵电动机 4D 和电源引入盘（盘上装有电源转换开关 1 HK、熔断器 1 RD 和冷却泵电动机的组合开关 2 HK）安装在固定的立柱上外，其余电器设备均安装在机床的回转部分上。由于该机床立柱上没有汇流环，故在使用过程中，不允许总是沿着一个方向连续转动摇臂，以免把穿过内立柱的电源线拉断。

Z 3040型摇臂钻床的电气原理图如图 9-1 所示。

（一）机床的主电路

机床的总电源由组合开关 1 HK 控制，电路中装有熔断器 1 RD 作短路保护。主电动机 1D、摇臂升降电动机 2D 及液压泵电动机 3D 由按钮通过接触器操纵，冷却泵电动机 4D 由组合开关 2 HK 直接控制。主电动机及液压泵电动机分别采用热继电器 1 RJ 和 2 RJ 作过载保护。

（二）机床的控制电路

控制电路、指示电路及照明电路均由一台电源变压器降压供电，有 127 V、36 V、6.3 V 三种电压。127 V 电压供给控制电路，36 V 电压作局部照明电源，6.3 V 作为信号指示灯电源。

1. 主电动机控制

主电动机 1D 的起动和停止，由按钮 2AN 和 1AN 通过接触器 1C 进行控制，并由指示灯 3XD 显示。按起动按钮 2AN，接触器 1C 吸合并自锁，主电动机 1D 旋转，指示灯 3XD 亮。按停止按钮 1AN，接触器 1C 释放，主电动机 1D 停止旋转，指示灯 3XD 熄灭。

2. 摇臂升降控制

摇臂的上升和下降是由按钮 3AN 和 4AN 进行控制的。按上升（或下降）按钮 3AN（或 4AN），时间继电器 SJ 吸合，其常开触点使电磁铁 DT 及接触器 4C 同时通电动作，电磁铁 DT 使摇臂夹紧液压缸与液压泵接通（见图 9-2），接触器 4C 控制液压泵电动机 3D 旋转，供给高压油，经两位六通阀进入摇臂夹紧液压缸的松开油腔，推动活塞和菱形块，使摇臂松

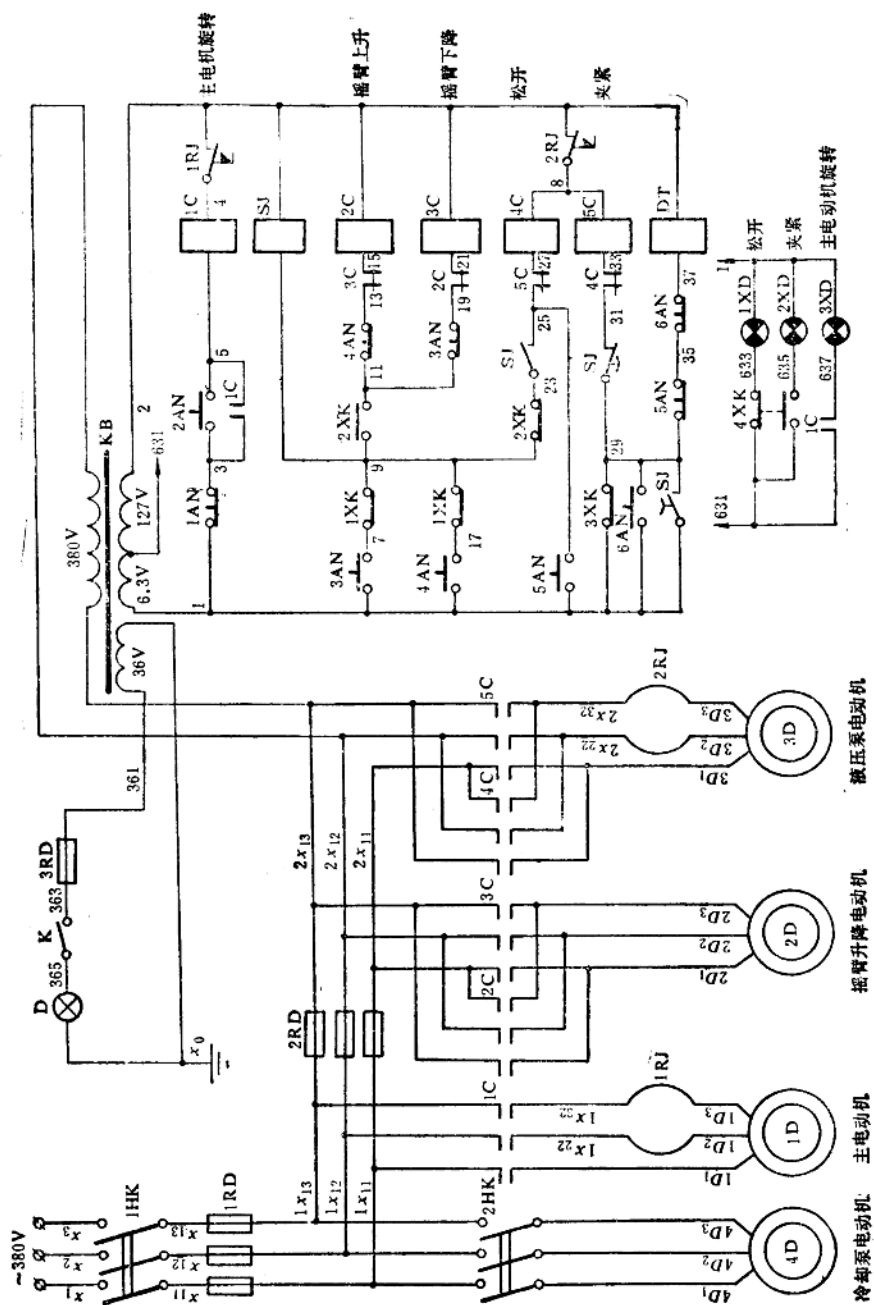


图9-1 Z3040型摇臂钻床电气原理图

开。松开后活塞杆通过弹簧片压动限位开关 2 XK, 使接触器 4 C 释放, 2 C (或 3 C) 吸合, 液压泵电动机 3 D 停止旋转, 而升降电动机 2 D 旋转, 带动摇臂上升 (或下降)。

当摇臂上升 (或下降) 到预定位置时, 松开按钮 3 AN (或 4 AN), 接触器 2 C (或 3 C) 和时间继电器 SJ 断电释放, 升降电动机 2 D 停止旋转。经 1~2 s 延时, 摇臂上升 (或下降) 动作完全停止后, 时间继电器 SJ 的常闭触点 (29-31) 接通接触器 5 C, 使液压泵电动机 3 D 反向旋转, 压力油进入摇臂夹紧液压缸的夹紧油腔, 反方向推动活塞和菱形块, 将摇臂夹紧。摇臂夹紧后, 活塞杆通过弹簧片压动限位开关 3 XK, 3 XK 的常闭触点 (1-29) 动作, 断开了接触器 5 C 及电磁铁 DT 的电源, 电磁铁 DT 复位, 液压泵电动机停止旋转。至此摇臂的上升 (或下降) 调整动作全部结束。

限位开关 2 XK 及 3 XK 是用来检查摇臂是否松开或夹紧的。如果摇臂没有松开, 2 XK 的常开触点不能闭合, 操纵摇臂上升 (或下降) 的接触器 2 C (或 3 C) 就不能吸合, 摇臂就不会上升 (或下降)。行程开关 3 XK 应调整到保证夹紧后能够动作。若调整不当, 夹紧后仍不能工作, 则会使液压泵电动机 3 D 处于长时间过载运行状态。另外, 如果液压系统出现故障, 例如油路堵塞时, 会使摇臂根本不能夹紧, 行程开关 3 XK 不能动作, 也会使液压泵电动机 3 D 长期过载。为了防止由于长期过载而损坏液压泵电动机, 所以这个电动机虽然是短时运行, 也采用了热继电器 2 RJ 作过载保护。

时间继电器 SJ 的作用是保证升降电动机断开并完全停止旋转后 (摇臂完全停止升降), 才能夹紧摇臂, 延时时间视润滑摩擦情况, 在 1~3 s 内调整。

摇臂上升与下降都有限位保护, 它是利用组合开关 1 XK 来限制升降行程的。组合开关 1 XK 与一般的行程开关有所不同, 它的两组常闭触点 (7-9 和 17-9) 不是同时动作的。当摇臂上升到上极限位置时, 组合开关 1 XK 动作, 将电路 7-9 处断开, 接触器 2 C 释放, 升降电动机 2 D 停止旋转, 上升运动停止。但是组合开关 1 XK 的另一组触点 9-17 处仍保持闭合, 所以可以按下降按钮 4 AN, 使接触器 3 C 动作, 控制摇臂升降电动机 2 D 反向旋转, 使摇臂下降。反之, 当摇臂下降到下极限位置时, 压动组合开关 1 XK, 将电路 9-17 处断开, 使 3 C 释放, 2 D 停转, 停止下降运动, 但另一组触点 7-9 处仍旧闭合, 这时可以按按钮 3 AN 使摇臂上升。

3. 立柱与主轴箱的夹紧和放松

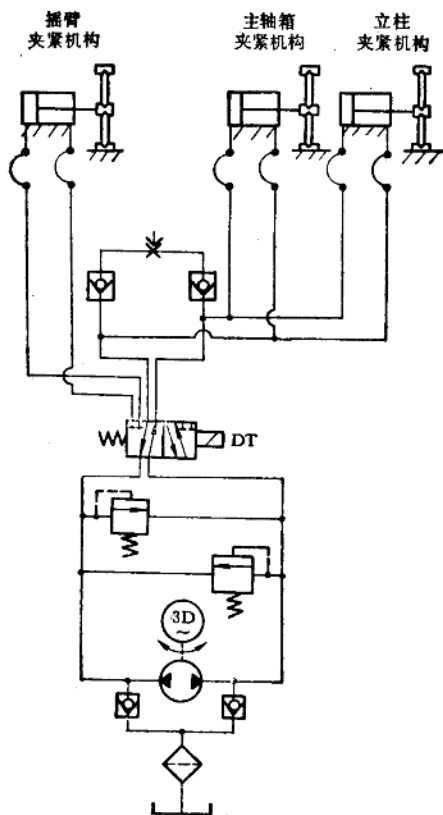


图9-2 Z3040型摇臂钻床夹紧机构
液压系统原理图

立柱与主轴箱均采用液压夹紧与松开,且两者同时动作。当进行夹紧或松开时,要求电磁铁 DT 处于释放状态,以便将立柱的夹紧液压缸和主轴箱的夹紧液压缸与液压泵接通,而将摇臂夹紧液压缸与液压泵断开。

若需要主柱与主轴箱松开(或夹紧),则按松开按钮 5 AN(或夹紧按钮 6 AN),接触器 4 C(或 5 C)吸合。控制液压泵电动机 3 D 正转(或反转),压力油从一条油路(或另一条油路)经两位六通阀,进入立柱夹紧液压缸的松开(或夹紧)油腔和主轴箱夹紧液压缸的松开(或夹紧)油腔,推动活塞与菱形块,使立柱和主轴箱分别松开(或夹紧),松开后行程开关 4 XK 复位(或夹紧后动作),松开指示灯 1 XD(或夹紧指示灯 2 XD)亮。

三、X62W型万能升降台铣床电气控制线路

X62W型万能升降台铣床共有三个异步电动机:主电动机(7.5kW, 1450rpm)驱动主轴正反向旋转;进给电动机(1.5kW, 1401rpm)完成工作台的纵向、横向和垂直三个方向的进给运动和快速移动,或驱动机床圆工作台附件运动;还有冷却泵电动机(0.125kW, 2790rpm)。

该机床的电气联锁比较完备,主要有:(1)主轴旋转与进给运动的联锁。只有在主轴启动以后,才能启动进给运动,主轴停车时,进给运动也就停止了。(2)工作台三个方向的进给和快速移动的联锁。在同一时刻,只能选择一个方向的进给运动或快速移动,在使用圆工作台时,工作台不能进行任何方向的进给和快速移动。

X62W型铣床的电气原理图如图 9-3 所示。该机床的动力电源为 380V 交流电源,装有三个变压器:整流变压器 ZB 输出 36V 交流电,经二极管桥式整流电路整流后,供给电磁离合器以直流电源;控制变压器 KB 供给控制电路以 127V 交流电源;照明变压器 MB 供给照明电路以 36V 交流电源。各电路都有熔断器作短路保护。每个电动机都有热继电器作过载保护。

(一) 主电动机的控制

主电动机 1 D 通过接触器 JC 的主触点启动,主轴的正反转是利用换向组合开关 5 HK 用手动进行定子相序的换接来控制的。5 HK 各触点的闭合情况见表 9-1。

1. 主轴启动

合上总开关 DK,把换向开关 5 HK 转到主轴所需的旋转方向,然后按启动按钮 1 QA 或 2 QA(为了操作方便,采用了二处控制,一个按钮设在升降台上,另一个在床身上),接触器 JC 得电自锁,其主触点接通主电动机 1 D,主轴旋转。JC 另一触点(7-17)闭合,为工作台控制回路供电作好准备,保证在主轴旋转后才能接通工作台控制电路。

2. 主轴制动

按停止按钮 1 TA 或 2 TA(也是二处控制),切断接触器 JC 的供电电路,并接通主轴电磁制动器 1 DL,主轴便迅速停止转动。

3. 主轴变速的瞬时转动

主轴变速时,转好变速盘的位置,把变速手柄推向原来位置的过程中,通过机械上的联动机构使冲动开关 7 XK 动作一次,其常闭触点 7 XK-2(31-3)瞬时断开,切断了接触器 JC 的自锁回路,其常开触点 7 XK-1(31-9)瞬时接通,接触器 JC 瞬时接通,使主电动机作瞬时转动,以利于齿轮进入啮合。当手柄完全推回原来位置时,开关 7 XK 又恢复原有状态。当主轴在转动时,也可以不按停止按钮直接进行变速操作。因为在拉动变速手柄的

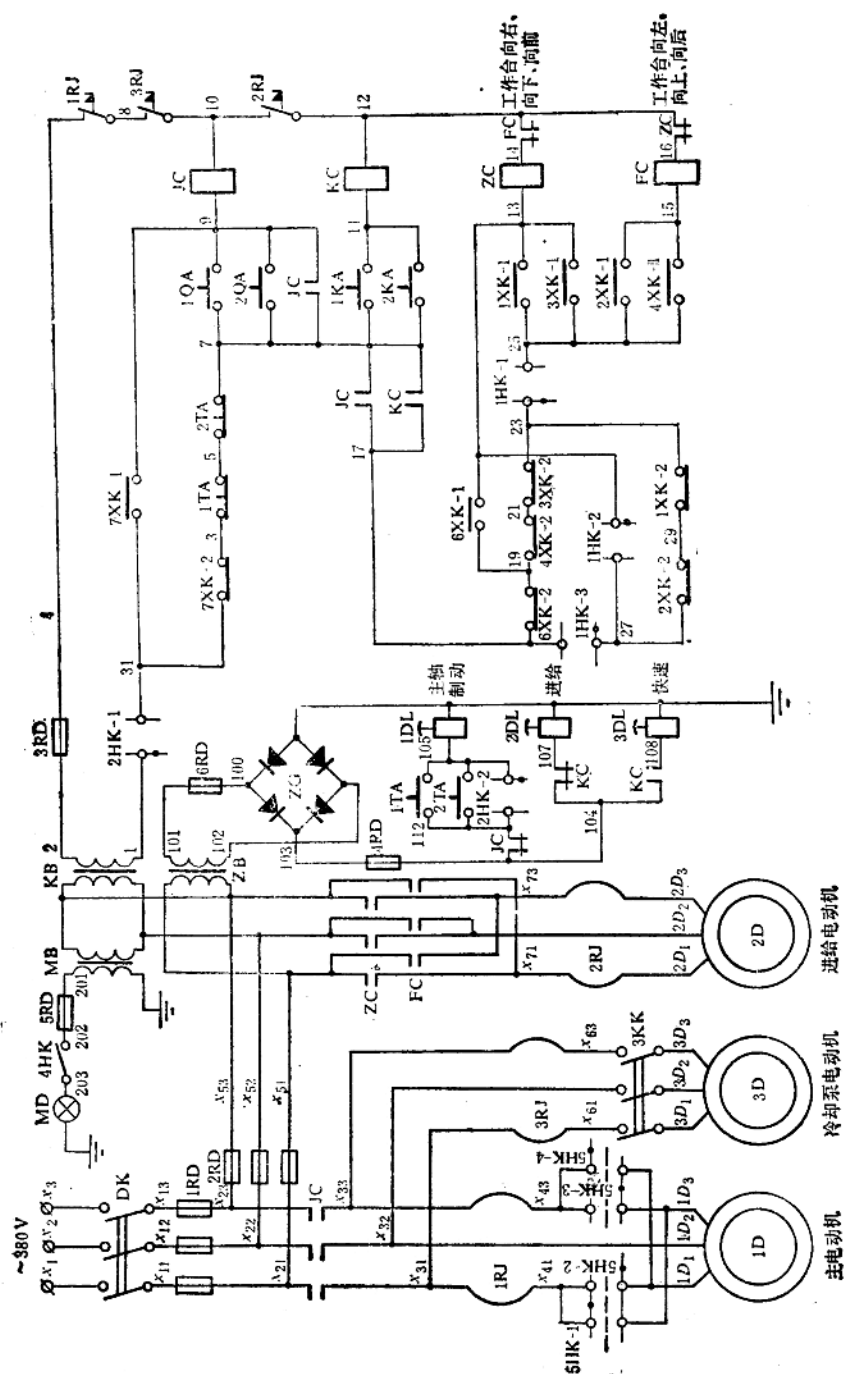


图9-3 X62W型万能升降台铣床电气原理图

表9-1 主轴换向开关说明

触 点		位 置	左 转	停 止	右 转
5 HK-1		× 41-1D3	+	-	-
5 HK-2		× 41-1D1	-	-	+
5 HK-3		× 43-1D3	-	-	+
5 HK-4		× 43-1D1	+	-	-

表9-2 圆工作台转换开关说明

触 点		位 置	圆 工 作 台	
			接 通	断 开
1 HK-1		23-25	-	+
1 HK-2		27-13	+	-
1 HK-3		17-27	-	+

表9-3 工作台纵向进给行程开关说明

触 点		位 置	向 左	停 止	向 右
1 XK-1		25-13	-	-	+
1 XK-2		29-23	+	+	-
2 XK-1		25-15	+	-	-
2 XK-2		27-29	-	+	+

表9-4 工作台横向行程开关说明

触 点		位 置	向 前 向 下	停 止	向 后 向 上
3 XK-1		25-13	+	-	-
3 XK-2		21-23	-	+	+
4 XK-1		25-15	-	-	-
4 XK-2		19-21	+	+	-

过程中总是 7 XK-2 先断开, 切断接触器 JC 线圈电路, 然后 7 XK-1 才接通, 使接触器 JC 线圈瞬时通电; 在冲动开关复位时, 总是 7 XK-1 先断开, 7 XK-2 后闭合, 因此, 在手柄拉到底时, 冲动开关 7 XK 已经复位, 接触器 JC 线圈不再通电, 电动机 1 D 就会停转。在推回手柄的过程中, 冲动开关 7 XK 又动作一次, 使主电动机又转动一下, 以利变速后的齿轮啮合。由此可见, 在主轴转动时进行变速, 当拉出手柄后, 必须等主轴转速充分慢下来以后才能把手柄推回原位, 以免因冲击而损坏齿轮。另外, 不管是主轴停止时变速或主轴转动时变速, 都应以较快的速度把手柄推回原位, 以免通电时间过长, 电动机转速过高而打坏齿轮。

4. 主轴上刀时的制动

当主轴上刀或换刀时, 为了安全和便于工作, 应使主轴不能转动。为此, 在主轴上刀前, 需先将转换开关 2 HK 扳到上刀位置, 它的一个触点 2 HK-1 (1-31) 切断接触器 JC 的回路, 另一触点 2 HK-2 (112-105) 接通电磁制动器 1 DL, 使主轴不能旋转, 然后再上刀。上刀完毕后, 再将转换开关扳回到工作位置, 主轴方可起动。

(二) 进给运动的控制

工作台的纵向、横向和垂直运动都由进给电动机 2 D 驱动, 而由接触器 ZC 和 FC 控制 2 D 正反转以改变进给方向。它的控制电路采用了与纵向机械操作手柄有机机械联系的行程开关 1 XK、2 XK 和与横向及垂直升降机械操作手柄有机机械联系的行程开关 3 XK、4 XK 组成的复合控制。当这两个机械操作手柄都在中间位置时, 行程开关都处于未被压下的原始状态, 各触点的开闭情况如图 9-3 所示。

在机床接通电源后, 将圆工作台的转换开关 1 HK 扳在“断开”位置, 使触点 1 HK-1

(23-25) 和 1HK-3 (17-27) 闭合, 而 1HK-2 (27-13) 断开, 然后起动主轴电动机。只有在主轴电动机起动后方可起动进给电动机。

1. 工作台的纵向(左右)运动

工作台的纵向运动由纵向进给手柄操纵。当将该手柄扳到向右位置时, 一方面在机械上接通纵向离合器, 同时在电气上压动限位开关 1XK, 使其常开触点 1XK-1 (25-13) 接通, 常闭触点 1XK-2 (29-23) 断开(见表 9-3)。因此下述电路接通: 电源线(1)—开关触点 2HK-1(1-31)—开关触点 7XK-2 (31-3)—按钮 1TA (3-5)—按钮 2TA (5-7)—接触器触点 JC (7-17)—开关触点 6XK-2 (17-19)—4XK-2 (19-21)—3XK-2 (21-23)—1HK-1 (23-25)—1XK-1 (25-13)—接触器线圈 ZC (13-14)—常闭触点 FC (14-12)—热继电器常闭触点 2RJ (12-10)—3RJ (10-8)—1RJ (8-4)—熔断器 3RD (4-2)—电源线(2)。上述电路使接触器 ZC 得电动作, 进给电动机 2D 正向起动旋转, 工作台就向右运动。

当纵向进给手柄扳到向左位置时, 机械上仍接通纵向离合器, 但电气上压动开关 2XK, 其常开触点 2XK-1 (25-15) 接通, 常闭触点 2XK-2 (27-29) 断开, 使接触器 FC 得电动作, 进给电动机 2D 反向起动旋转, 工作台就向左运动。

当纵向进给手柄在中间位置时, 则纵向离合器断开, 限位开关 1XK、2XK 均不被压动, 2D 停转, 纵向进给停止。

2. 工作台垂直(上下)运动和横向(前后)运动

工作台的垂直运动和横向运动, 由垂直和横向进给手柄操纵。该手柄有五个位置, 向上或向下时, 机械上接通垂直进给离合器; 向前或向后时, 机械上接通横向进给离合器; 手柄在中间位置时, 则横向和垂直进给离合器均脱开。

当手柄扳到向上位置时, 一方面机械上接通垂直进给离合器, 同时限位开关 4XK 被压动。其常闭触点 4XK-2 (19-21) 断开, 常开触点 4XK-1 (25-15) 闭合(参见表 9-4)。这时接通电路 17—1HK-3 (17-27)—2XK-2 (27-29)—1XK-2 (29-23)—1HK-1 (23-25)—4XK-1 (25-15)—接触器线圈 FC (15-16)。上述电路使接触器 FC 得电, 进给电动机 2D 反向旋转, 工作台向上运动。

工作台向后运动与工作台向上运动的接通电路是一样的, 进给电动机 2D 也是反向旋转, 不同的只是当操纵手柄扳到向后位置时, 机械上接通横向进给离合器, 机械传动装置带动工作台向后运动。

当手柄扳到向下位置时, 机械上接通垂直进给离合器, 限位开关 3XK 被压动。其常闭触点 3XK-2 (21-23) 断开, 常开触点 3XK-1 (25-13) 闭合。此时接通的回路使接触器 ZC 通电动作, 进给电动机 2D 以正方向旋转, 工作台向下运动。

工作台向前运动与工作台向下运动接通的电路完全相同, 进给电动机 2D 仍正向旋转。但当手柄扳到向前位置时, 机械上接通横向进给离合器, 机械传动装置带动工作台向前运动。

3. 进给变速时的瞬时点动

为使变速时齿轮易于啮合, 进给速度的变换与主轴变速一样, 有瞬时冲动环节, 其作用原理与主轴变速冲动环节基本相同。在变速手柄推回原位时, 通过内部机构压动限位开关 6XK, 其常闭触点 6XK-2 (17-19) 瞬时断开, 常开触点 6XK-1 (19-13) 瞬时接通。此时接通电路 17—1HK-3 (17-27)—2XK-2 (27-29)—1XK-2 (29-23)—3XK-2 (23-21)—

4XK-2 (21-19)—6XK-1 (19-13)—ZC 线圈 (13-14)。于是接触器 ZC 通电动作, 达到进给电动机 2 D 作瞬时转动的目的。当齿轮啮合后, 手柄完全推回原位时, 开关 6 XK 又恢复原来状态, 切断此瞬时点动电路。

由于瞬时接通的电路经过 2 XK-2、1XK-2、3XK-2 和 4 XK-2 四个常闭触点, 因此只有当纵向进给手柄以及垂直和横向操纵手柄都置于中间位置时, 才能实现变速时的瞬时点动。如果有一个进给操纵手柄不在中间位置, 则就有一个常闭触点打开, 使回路不通。这样就防止了变速时发生工作台沿进给方向移动的可能。

(三) 快速运动的控制

纵向、横向和垂直三个方向的快速移动, 由上述进给操纵手柄配合快速移动按钮 1 KA 或 2 KA 控制。

主轴开动后, 将进给操纵手柄扳到所需的位置, 则工作台就开始按手柄所指的方向以选定的进给速度运动, 此时如将快速按钮 1 KA 或 2 KA 按下, 接通线圈 KC, 则 KC 的常闭触点 (104-107) 切断进给电磁离合器 2 DL, 其常开触点 (104-108) 接通快速电磁离合器 3 DL, 工作台即按原运动方向作快速移动。放开快速按钮时, 接触器 KC 触点恢复正常状态, 使 3 DL 断电, 2 DL 通电, 工作台随即由快速运动转变为原来进给速度继续运动。

在主轴未开动时, 也可以进行工作台的快速移动。将操纵手柄选择到所需位置, 然后按下快速按钮 1 KA 或 2 KA, 使接触器 KC 得电动作, 在切断 2 DL 和接通 3 DL 的同时, KC 的另一常开触点 (7-17) 接通进给电路, 使工作台获得快速移动。这时的通电回路, 与主轴启动后的快速移动回路完全一样, 所不同的只是当放开快速移动按钮时, 由于触点 KC (7-17) 断开, 2D 停转, 因而工作台立即停止, 不会以进给速度继续运动。

(四) 圆工作台的控制

为了扩大机床的加工范围, 如铣切圆弧、凸轮等曲线, 可在工作台上安装圆形工作台附件。圆形工作台的回转运动是由进给电动机 2 D 经传动机构驱动的, 使用圆形工作台时, 应首先把圆工作台转换开关 1 HK 扳到接通位置。此时 1 HK-2 接通, 1 HK-1 和 1 HK-3 断开 (参见表 9-2)。然后按下起动按钮 1 QA 或 2 QA, 则接触器 JC 和 ZC 相继通电, 接通主轴电动机和进给电动机, 带动主轴旋转和圆工作台下回转运动。控制电路走向为 17—6XK-2 (17-19)—4XK-2 (19-21)—3XK-2 (21-23)—1XK-2 (23-29)—2 XK-2 (29-27)—1 HK-2 (27-13)—ZC 线圈 (13-14)。由此可见, 圆工作台只能沿着一个方向作回转运动。

在圆工作台工作时, 不允许机床工作台在纵、横或垂直方向上有任何移动。为了防止因误操作而发生事故, 在电气上设有联锁环节。当圆工作台转换开关 1 HK 扳到接通位置时, 1 HK-1 和 1 HK-3 切断了机床工作台的进给控制回路, 使机床工作台不能在纵向、横向或垂直方向作进给运动, 而且圆工作台的控制电路又经过 1 XK-2、2XK-2、3XK-2 和 4XK-2 四个限位开关的常闭触点, 如因误操作扳动纵向或垂直和横向进给操纵手柄时, 圆工作台的控制回路将被切断, 进给电动机停转。这样就保证了圆工作台的回转运动与机床工作台的进给运动不可能同时进行。

以上介绍的是改进后的 X62W 型铣床的电气控制线路。目前在许多工厂企业中使用的过去生产的 X62W 型铣床的电气控制系统并不都是这样的, 其主轴的制动是采用速度继电器控制的反接制动线路, 进给运动的快速移动则由牵引电磁铁控制。

§ 9-2 机床的电气调速控制

机床的电气调速分为有级调速和无级调速两种。有级调速一般采用多速交流电动机，例如双速电动机、三速电动机等，通过改变电动机定子绕组的接线方法来改变电动机的转速；无级调速可以采用直流发电机—电动机系统，通过改变电动机励磁磁通或改变发电机电动势来调速。在后一种情况下为了改善调速系统的性能，还必须加入各种自动控制元件和必要的反馈环节，组成一个闭环的自动调速系统。

电机放大机是电气自动调速系统中的主要组成部分。由电机放大机控制的直流调速系统由于静特性好、调速范围宽，并能实现无级调速，因此在机床上获得较多的应用。但是这种调速系统所用的电机数量较多，安装占地面积大，投资多、效率低，安装和维修都比较困难。因此，在新的调速系统中，又逐渐用晶闸管整流电源来代替电机放大机和发电机向直流电动机供电。但是目前我国机床上应用较多的还是电机放大机调速系统，因此这里只对这种调速系统进行简单的介绍。

一、电机放大机自动调速系统

机床在加工过程中，当负载增大时，电动机的转速会相应地降落，特别是直流电动机降落更大。为了避免转速降落过大，可以在调速系统中加入一些控制环节，把电动机转速的变化量变成电信号，反馈给供电系统，调整电压，使转速回升到原值。但转速变化转变成的电量是很微弱的，这就要求供电系统有很大的电压放大倍数和功率放大倍数，而且反应要迅速灵敏。

交磁电机放大机是一种特殊的直流发电机，可以满足上述要求，因此常用它给直流电动机供电或作发电机的激磁机，来组成调速系统。

(一) 交磁电机放大机

1. 结构

与普通的直流发电机相似，电机放大机也由定子和电枢构成，工作时也要用一台电动机带动使电枢旋转。但是，电机放大机在结构上又有以下特异之处：

(1) 它的定子是由带有大、中、小三种槽的硅钢片叠成的（图9-4）。在大槽里装有控制绕组3和部分补偿绕组1；在中槽里装有换向极绕组2。

(2) 在电枢绕组端部的换向器7上，安放有互成 90° 的两对电刷。其中一对位于定子磁极的轴线上，称为直轴电刷，另一对位于磁极轴线的交轴上，称为交轴电刷。

2. 原理

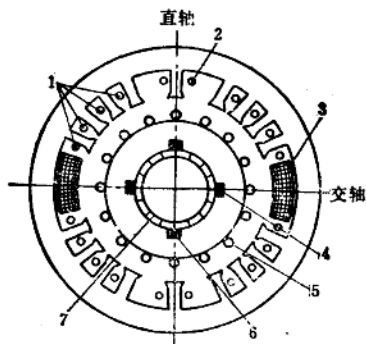


图9-4 交磁电机放大机结构示意图
1—补偿绕组 2—换向极绕组 3—控制绕组
4—交轴电刷 5—电枢绕组 6—直轴电刷 7—换向器

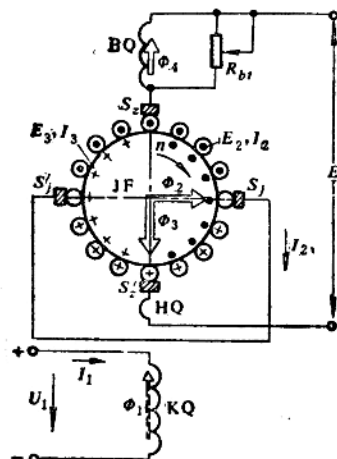


图9-5 交磁电机放大机工作原理图

图 9-5 为交磁电机放大机的工作原理图。当在控制绕组 KQ 上加以直流电压 U_1 并产生电流 I_1 时, 在定子的直轴上便激励起磁通 ϕ_1 。由于电机放大机的电枢是由驱动电动机 (图中未画出) 带动并以图示箭头方向旋转, 因此, 在电枢绕组的导体内将产生感应电动势 E_2 , 其方向标于电枢绕组的圆圈中。这一电动势由交轴电刷 S_1 和 S_2 上引出。由于这一对交轴电刷已由导线短接在一起, 因此, 电动势 E_2 将在电阻很小的电枢绕组内产生很大的电流 I_2 , 其方向与 E_2 相同。根据右手螺旋定则, 这一电流又在交轴方向上产生很强的电枢磁通 ϕ_2 , 即所谓交轴磁通。交轴磁通总是与磁通 ϕ_1 垂直的, 我们可以将交轴磁通看成是一个新的励磁磁通。由于电枢绕组的导体切割这一交轴磁通, 在电枢绕组的导体内又将产生更高的电动势 E_3 , 其方向标于电枢导体的内侧。这一电动势 E_3 , 也就是电机放大机的输出高电压, 它从直轴电刷 S_3 和 S_4 引出。

由此可见, 交磁电机放大机实质上相当于两级直流发电机, 如图 9-6 所示, 第一级在 I_1 所产生的磁通 ϕ_1 的激励下, 产生电动势 E_2 ; 第二级在交轴短路电流 I_2 所产生的磁通 ϕ_2 的激励下, 产生电动势 E_3 , 不过在结构上两级共用一个电枢。

输出电压与输入电压之比值称为电压放大倍数, 输出功率与输入功率之比值称为功率放大倍数。一般直流发电机的功率放大倍数为 20~100, 若要用作自动调节系统中的调节元件, 还不能满足要求。电机放大机相当于两级直流发电机, 加上其转速高、气隙小、材料好等特点, 因此, 它的放大倍数很大, 其功率放大倍数可达 500~1000, 如 A 系列龙门刨床上用的放大机 ZKK12J, 输出功率 1.2kW, 输入功率仅需 1W, 功率放大倍数为 1200。

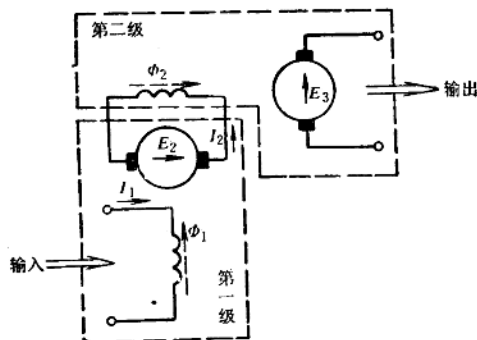


图 9-6 两级直流发电机

由于这种电机是利用交轴磁场进行放大工作的, 所以, 称为交磁电机放大机或简称交磁放大机。

但是, 上述的交磁放大机是不能工作的。因为一旦接上负载后, 就有电流流过电枢电路, 这个电流将在直轴方向上产生磁通 ϕ_r (图 9-5), 称为直轴电枢反应磁通, 它比 ϕ_1 要强得多, 而方向恰好与 ϕ_1 相反, 因此将极大地削弱控制绕组的励磁作用。

为了解决这一矛盾, 在交磁放大机的定子绕组中又装入补偿绕组 BQ, 它串接在电枢与负载的电路中, 使它的磁通抵消电枢反应磁通。补偿绕组的磁通 ϕ_c 与控制绕组的磁通 ϕ_1 方向相同, 大小与负载电流成正比。为了调节补偿程度, 在补偿绕组上并联了一个可调的分流电阻 R_{sc} 。此外, 为了改善直轴电刷的换向条件, 在定子的直轴方向, 还装有换向极绕组 HQ, 它串联在直轴电刷的电路中。

3. 外特性

当交磁放大机的转速 n 和控制电流 I_1 保持定值时, 接上负载, 其输出电压 U 与输出电流 I 的关系, 称为电机放大机的外特性, 如图 9-7 所示。补偿绕组对直轴电枢反应的补偿程度显著地影响电机放大机的外特性:

(1) 全补偿

当补偿绕组产生的磁通 Φ_c 恰好与直轴电枢反应磁通 Φ_a 相等时, 放大机即处于全补偿状态。这时影响输出电压 U 的因素只有放大机绕组内部的电压降, 因而 U 随 I 的增加而略微下降。

(2) 欠补偿

当 $\Phi_c < \Phi_a$ 时, 放大机处于欠补偿状态, 这时的外特性曲线将位于全补偿特性之下。若欠补偿过甚, 会造成电压变化过大, 这是不利的。

(3) 过补偿

当 $\Phi_c > \Phi_a$ 时, 放大机处于过补偿状态, 这时的外特性曲线位于全补偿特性曲线之上。当补偿过强时, 会使放大机的工作失去稳定。为此, 通常将放大机调整到比全补偿略低的欠补偿状态。

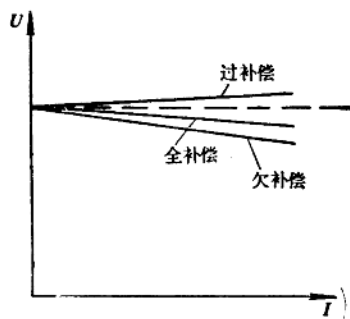


图9-7 交磁放大机的外特性

(二) 交磁放大机—电动机系统

对于容量较小的调速系统, 可以用电机放大机作为发电机直接对电动机供电, 组成交磁放大机—电动机系统。

图 9-8 是 Y7520W 型螺纹磨床工件主轴及工作台的电气调速系统简化原理图。驱动电动机 ZD 的容量仅 0.45kW, 由交磁放大机 JF 直接供电。该系统采用由测速发电机 SF 组成的测速回路。测速发电机 SF 与电动机同轴连接, 其输出电压正比于它的转速, 这样就把电动机转速的变化通过测速发电机反馈给交磁放大机。交磁放大机绕组 KQ 中电流 I_K 的大小由调速电位器 R 上的给定信号与 SF 输出电压之差来决定。调节给定电压 U_{gd} 的大小, 可以改变 KQ 绕组中的电流大小, 控制交磁放大机 JF 输出电压的大小, 从而调节直流电动机 ZD 的转速。如果给定电压不变, 由于某种原因引起电动机转速下降时, 测速发电机 SF 输出电压将下降, 此时加在 KQ 绕组的电压增高, 流经 KQ 的电流也增加, 结果使交磁放大机的输出电压提高, 从而使电动机转速提高, 直至接近原来转速。当电动机转速由于负载变化而上升时, 电路工作情况与上述相反。由于测速发电机的输出电压反映了电动机转速的变化, 而控制电路总是去抑制转速的变化, 所以这种电路也称为“带有负反馈的 JF—ZD 系统”。

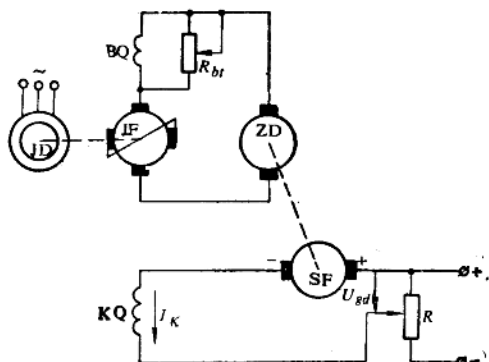


图9-8 带有测速发电机的交磁放大机—电动机调速系统

由于交磁放大机目前的最大容量只有 20kW, 所以不能用交磁放大机直接给大容量的直流电动机供电, 这时可采用电机放大机—发电机—电动机系统, 即由交磁放大机向发电机励磁绕组供电, 控制发电机输出电压, 再由发电机给电动机供电。

(三) 交磁放大机—发电机—电动机 (JF—ZF—ZD) 系统

如图 9-9 所示, 由电位器 R 上取出给定电压 U_{gd} 供给交磁放大机 JF 控制绕组 KQ_1 。调