

设备维修技术丛书

松陵机械公司 编著

机床电气设备

设备维修技术丛书

机 床 电 气 设 备

松陵机械公司 编著



机 械 工 业 出 版 社

本书是《设备维修技术丛书》之一。

内容包括：电机、变压器、机床电器、机床常用半导体电路、机床电器控制线路、常用机床电路及数控机床基本电路等工厂常用电气设备的工作原理与维修技术。

本书可作为工厂维修电工的培训教材，也可供工矿企业电工自学之用。

设备维修技术丛书
机 床 电 气 设 备
松陵机械公司 编著

*

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登记证出字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ · 印张 13 · 插页 1 · 字数 341 千字

1984年12月北京第一版·1984年12月北京第一次印刷

印数 00,001—21,600 · 定价 2.10 元

*

统一书号：15038·5581

前 言

机床设备是发展国民经济,进行简单再生产和扩大再生产的基本手段。一个国家的机床拥有量以及它的技术水平,基本上标志着这个国家的生产水平。

在现代化机床中,电气设备占有非常重要的地位。这不仅因为电是一种易于控制、无环境污染和价格便宜的动力,而且采用电力拖动自动控制和电子数控等技术后,能简化机床的结构,提高加工精度和生产效率,并减轻工人的体力劳动。

机床的电气部分主要包括电机、电器、电子器件和由它们组成的电气线路。它是电工专业技术的综合应用,也是电气工人应知应会的基本内容,是工厂电工的一门必修课程。

机床电气设备的内容比较广泛,随着科学技术的发展,新的品种不断地产生,它们在机床中的应用也与日俱增。本书对它们的基本性能、工作原理、机床中常用的器件及实用线路作了重点讲述。

为使读者学习方便,本书先从电机、电器开始讲起,再对机床电路的基本环节加以综合分析。这样,阅读机床电路就有了基础。

本书可作为工厂电工培训教材,除讲述机床电气设备的工作原理外,尽可能多地介绍一些实用电路及它们的技术数据,供大家在工作中参考。

考虑到目前工厂所拥有的机床设备有很大一部分是老型号的,故本书中所介绍的机床仍有沿用老型号的。

本书由许瑞亭主编,参加编写的还有李福生、冯庆吉和顾建宾。

在编写过程中,力求简明扼要,理论联系实际,因编者水平有限,缺点错误在所难免,望读者批评指正。

编 者

一九八二年四月

目 录

前言

第一章 概述	1
1-1 机床电气化的发展概况	1
1-2 机床电气控制的基本概念	3
第二章 电机	6
2-1 直流电机	6
一、直流电机的结构	6
二、直流发电机的工作原理	9
三、直流电动机的工作原理	11
四、直流电机的电枢绕组	11
五、直流电机的电动势	16
六、直流电机的电枢反应	17
七、直流电机的换向	18
八、直流发电机的类型及运行特性	20
九、直流电动机的类型及运行特性	26
十、直流电机的铭牌与接线	32
十一、直流电机的使用与维护	34
十二、直流电机在运行中的故障分析	39
2-2 三相异步电动机	47
一、三相鼠笼型异步电动机的结构	47
二、三相异步电动机的工作原理	48
三、三相异步电动机的定子绕组	51
四、三相异步电动机的机械特性	58
五、三相异步电动机的选用	60
六、三相异步电动机的使用与维护	63
七、三相异步电动机在运行中的故障分析	69
2-3 特殊电机	75
一、单相电动机	75
二、伺服电动机	77
三、测速发电机	79
四、电磁调速异步电动机	80

V

五、电机放大机	82
六、直流弧焊发电机	84
第三章 变压器	89
3-1 变压器的工作原理	89
一、变压器的空载运行	89
二、变压器的有载运行	91
3-2 变压器的构造	93
3-3 机床常用变压器	95
一、小型电源变压器	95
二、自耦变压器	99
三、互感器	101
第四章 机床电器	104
4-1 电器中的电弧	104
一、电弧及其形成的物理过程	104
二、电弧的消游离过程	106
三、熄弧的基本方法	106
4-2 刀开关和转换开关	107
一、刀开关	107
二、铁壳开关	109
三、组合开关	109
四、HZ3系列组合开关	115
五、主令开关	118
六、万能转换开关	119
4-3 熔断器	121
一、熔断器的保护特性	122
二、熔体	122
三、熔断器的结构	127
四、常用熔断器	129
五、熔断器额定电流的选择	138
4-4 热继电器	142
一、热继电器的工作原理	142
二、常用的热继电器	143
4-5 电磁铁	146
一、电磁铁的工作原理	146
二、电磁铁的结构	146

三、电磁铁的分类	147
四、磁路	148
五、电磁铁的吸力计算	152
六、交直流电磁铁的特性分析	159
七、电磁铁的铁心	162
八、电磁线圈及其参数换算	164
九、电磁吸盘	168
4-6 接触器与磁力起动器	169
一、触头	170
二、灭弧装置	173
三、常用的接触器	177
四、常用的磁力起动器	182
4-7 继电器	187
一、时间继电器	187
二、中间继电器	194
三、速度继电器	195
4-8 其它开关	196
一、控制按钮	196
二、行程开关	196
4-9 电器的故障分析	199
第五章 机床常用晶体管电路	203
5-1 二极管整流电路	203
一、单相整流电路	204
二、多相整流电路	210
三、滤波电路	214
四、整流变压器	217
5-2 稳压电路	220
一、稳压管	220
二、稳压管稳压电路	221
三、晶体管稳压电路	223
5-3 晶体管应用电路	225
一、晶体管继电器	225
二、小功率直流电动机的驱动电路	228
三、油温控制电路	230
5-4 可控硅整流器	231

一、可控硅整流电路	233
二、可控硅整流装置	237
第六章 机床电气控制线路	253
6-1 异步电动机的起动与制动控制线路	262
一、起动控制	262
二、制动控制	275
6-2 异步电动机的转速调节	279
一、改变转差率调速	279
二、改变极对数调速	280
三、改变电源频率调速	282
6-3 直流电动机的转速调节	285
一、改变电枢回路电阻调速	285
二、改变励磁磁通调速	286
三、改变电枢电压调速	286
6-4 机床的电气联锁	289
一、机床部件的协调运行	289
二、防止机床部件的运行失调	291
三、调整时的正反转联锁	291
四、定时润滑的自动控制	292
五、限位控制	292
第七章 常见机床的电气线路	295
7-1 C 620-1 型普通车床的电气线路	295
7-2 C 616 型普通车床的电气线路	296
7-3 RN36 型六角车床的电气线路	298
7-4 C 136 K 自动六角车床的电气线路	299
7-5 Z 535 立式钻床的电气线路	300
7-6 Z 35 型摇臂钻床的电气线路	301
7-7 Z 37 摇臂钻床的电气线路	303
7-8 T 68 卧式镗床的电气线路	305
7-9 X 62 W 型万能铣床的电气线路	308
7-10 X 52 K 立式铣床的电气线路	314
7-11 X 53 T 立式铣床的电气线路	317
7-12 M7120 型平面磨床的电气线路	320
7-13 M7120 A 型平面磨床的电气线路	322
7-14 M7130 平面磨床的电气线路	324

7-15	M7140平面磨床的电气线路	325
7-16	M210内圆磨床的电气线路	327
7-17	M131W万能外圆磨床的电气线路	328
7-18	M G 1432型高精度万能外圆磨床的电气线路	329
7-19	B 210龙门刨床的电气线路	333
7-20	仿形机床的电气线路	343
7-21	J A 31-250型闭式单点压力机的电气线路	350
第八章	数控机床简介	353
8-1	概述	353
一、	数控机床的基本工作原理	353
二、	数控机床的分类	357
8-2	数控运算基础	359
一、	二进制的数	360
二、	二进制与十进制的相互转换	360
三、	二-十进制	362
四、	数的原码、反码、补码	362
8-3	数控装置中常用的逻辑电路	363
一、	门电路	363
二、	触发器	366
三、	计数器	370
四、	寄存器	375
五、	译码电路	377
六、	半加器、全加器和实现串行运算的逻辑电路	380
8-4	数控装置中的插补运算	389
一、	逐点比较法的基本概念	390
二、	圆弧插补运算的原理及其逻辑框图	391
三、	直线插补运算的原理及其逻辑框图	400

第一章 概 述

1-1 机床电气化的发展概况

机械设备是工矿企业进行生产的主要手段。在各种机械设备中，机床的种类最多、数量最大。因此，不断提高机床的质量、数量和自动化水平，对于发展生产、实现四化，具有非常重要的作用。

对机床的控制可以采用机械、液压、气动和电气等方法来实现。但实际上，现代化的机床控制都采用电动机来拖动，都离不开电气控制；机床中所采用的先进方法，都取决于电气化的水平。没有电气化，就没有现代化。

机床电气化的发展，经历了多次变革。最初的机床是靠人力或兽力作为原动力，嗣后采用蒸气机。而电力拖动，只是在十九世纪末叶，发明了三相交流电动机和解决了交流电远距离输送问题以后，才得到广泛的应用。

电力拖动开始采用时，是由一台电动机拖动一根天轴，再把能量分配给各机床，即所谓皮带传动，如图 1-1 所示。

皮带传动须经
过中间机构传递。
显然，这样的拖动
方式，机构复杂，
传动效率低，既不
方便也不安全。随
着工件加工要求的
转速越来越高，切
削力要求越来越
大，这种落后的拖

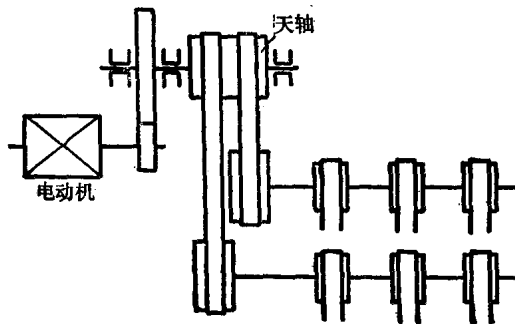


图1-1 皮带传动

动方式就更不适应生产发展的需要。于是，在二十世纪二十年代，开始采用一台电动机带动一台机床的单独拖动。

采用单独拖动后，取消了中间传动机构，原来的皮带塔轮也由齿轮变速箱来代替，提高了传动效率，机床的机动性和速度的选择性也大大提高了。

但是，一台机床有多种运动——切削运动、进给运动和各种辅助运动。所有这些运动，又都要求有不同的速度，这就使得由一台电动机拖动的传动系统变得非常复杂，并限制机床效率的进一步提高。因此，又出现了用多台电动机拖动的机床。

多台电动机拖动，能使机床机械结构更加简化和紧凑；可使机床各工作机构选择最合理的运动速度，缩短工时，而大大提高了机床的生产效率。

在多台电动机拖动的系统中，按照各运动机构对速度要求的不同，选用了不同的拖动系统。一般场合，采用三相异步电动机；在要求调速范围较宽和平滑调速的场合，则采用直流电机，组成直流调速系统。

最初的直流调速系统，是二十世纪三十年代出现的直流发电机-电动机调速系统，以及通过电机放大机等元件控制的自动调速系统。这种调速系统，具有较大的调速范围，能无级调速，并且控制方便，但系统复杂、效率低、占用面积大和投资多。因此，在要求调速性能高，或对简化机械机构有显著效果时才被采用。

随着电子工业的发展，特别是大功率可控硅整流元件的产生，使电力拖动系统出现了革命性变革。由于可控硅-电动机调速系统具有设备简单、造价低、占地面积小、无噪音、无振动、效率高、快速性好和维护简单等优点，目前在新机床中已被广泛采用。

现代化机床之所以先进，除应用完备的电力拖动系统外，还在于自动控制系统的发展。最早的控制装置是手动控制器。为实现远距离集中操纵，出现了继电器-接触器的自动控制。这种由各种电器组成的自动控制系统，是机床进行自动控制的基础。它不仅能完成机床的起动、制动、反转和变速等自动操作，还能实

现各种运动的自动循环和联锁控制。

但是,继电器-接触器控制系统还不能连续准确地反映信号,这就影响了加工质量。为克服这个缺点,目前正广泛采用晶体管、集成电路等无触点逻辑元器件组成的自动控制与自动调节系统。

由于自动控制技术的发展,新型机床不断地生产出来。如能使工作台自动循环的龙门刨床,能自动加工复杂型面的仿形机床,能保持转速恒定而调速范围较广的卧式镗床等,不仅提高了生产效率,而且能大大减轻工人的体力劳动。

而机床自动化的最新成就,莫如由电子计算机控制的机床——数控机床。

某些形状复杂,加工困难的工件,可以采用仿形机床加工。但如果改换其它工件,就要重新设计制造靠模,并需重新调整机床,因此它只适于大批量生产。为满足单件小批生产的需要,第二次世界大战后,出现了不用靠模也可以加工复杂型面,而且加工精度很高的数控机床。

数控机床与普通机床不同之点,是它配有一台专用电子计算机,通称控制机。加工前,人们只需把图纸上图形的几何形状、尺寸以及加工的顺序,编制出加工程序,并以一定的数码形式打在穿孔带上。加工时,把加工程序输入至控制机中,控制机就能自动地算出刀具的运动轨迹,控制刀具运动,加工出合格的零件。

由于数控机床不需要靠模样板及复杂的工夹具,生产准备时间短,生产效率高,而且加工精度好,质量稳定,操作简便,因而为机械加工自动化开辟了一条新的途径。

科学技术在不断发展,机床电气化的程度也将日益提高。效率更高,质量更好的新一代机床将会不断地被创造出来,并服务于社会主义建设。

1-2 机床电气控制的基本概念

机械设备有各式各样,就金属切削机床来说,它的功用在于用一把或数把刀具来加工金属零件。这样,刀具和毛坯之间就必

须有相对运动。例如：车削时，毛坯旋转，刀具作往复运动；铣削时，刀具旋转，毛坯作往复运动；钻削时，毛坯不动，刀具既旋转又作往复运动……。这些运动多是用电动机拖动的。另外，按照加工工艺要求，机床还需经常进行开车、停车、换向、变速、冷却、润滑以及各种调整操作，电气控制的作用就在于把电能转换成机械能，并根据生产工艺要求进行控制。

下面以龙门刨床为例，介绍其电气控制情况。

刨床工作时，工作台往返交替作直线运动，工件固定在工作台上与刀具作相对运动。工作台在工作行程时，进行切削加工；返回行程时，刀具自动抬起，不进行加工。可以看出，缩短返回时间及提高返回行程速度，对提高刨床的生产效率有很大意义。

另外，由于刨床加工方式不同，需要有不同的加工速度。因此，要求工作台的拖动电动机能在较大的范围内进行调速。

目前重型龙门刨床多采用电机放大机控制的直流发电机——电动机组拖动系统。

为了实现刨床工作台自动往返工作，机床采用行程控制的方法，其速度变化如图 1-2 所示。

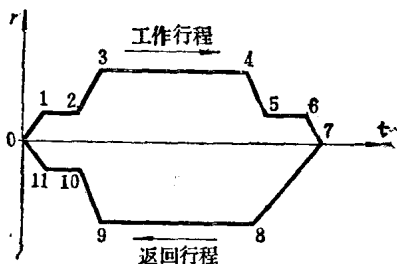


图1-2 龙门刨床工作台速度变化图

- 0-1—正向起动 1-2—刀具低速切入工件 3-4—工作速度 5-6—刀具低速离开工件 6-7—正向制动
7-8—反向起动 8-9—返回速度 9-11—减速后退
11-0—反向制动

在工作开始时，为了避免刀具切入工件时的撞击致使刀具断

裂，工作台以低速前进；刀具切入工件后，加速到工作速度。在刀具退出工件前，又为避免刀具将工件边缘剥裂，工作台的速度应先降低，然后反向并迅速加速到返回速度。由于返回速度较高，为了减小工作台的冲程和换向电流的冲击，在后退结束前也要减速。

从上面可以看出，电气控制就是用各种控制元器件和控制线路组成控制系统，对电动机进行控制。所以《机床电气设备》的内容主要包括电机、电器和机床线路三大部分。

第二章 电 机

电机是机床的重要组成部分。不同型式的机床，要求使用不同型式的电机。其中常用的电机有：直流发电机、直流电动机、三相异步电动机、交磁放大机、伺服电动机和测速发电机等。下面分别介绍它们的结构、原理、性能和特点。

2-1 直 流 电 机

一、直流电机的结构

直流电机主要由定子、转子及其它部件组成，如图 2-1 所示。

1. 定子：它是产生电机磁场的部分，包括主磁极、换向极、机座等。

主磁极 图 2-2 为电机的主磁极。它的铁心是用 0.5 毫米厚的硅钢片叠成的。为使磁极下面的磁通分布均匀，铁心的下端做成弧形，叫做极靴（又名极掌）。在铁心上装有励磁绕组，当通入直流电后，就在电机中产生主磁通。整个主磁极用螺钉固定在磁轭（机座）上。

换向极 为了改善电机的换向特性，在主磁极之间还装有换向极（又名附加极）。它和主磁极一样，也是由铁心和绕组所组成。

机座 直流电机的机座用铸钢或钢板制成。它除了用作电机的底脚外，还用来固定主磁极和附加极，其导磁部分叫做磁轭。

2. 转子：即电枢部分，包括铁心、绕组、换向器等，它是实现能量转换的枢纽。

电枢铁心 它是用来放置电枢绕组的，并构成电机磁路的一部分。电枢铁心用 0.5 毫米厚的硅钢片叠成，两端用螺杆夹紧，压装在电机轴上。在电机外表面上沿着轴线方向有梨形或矩形槽。

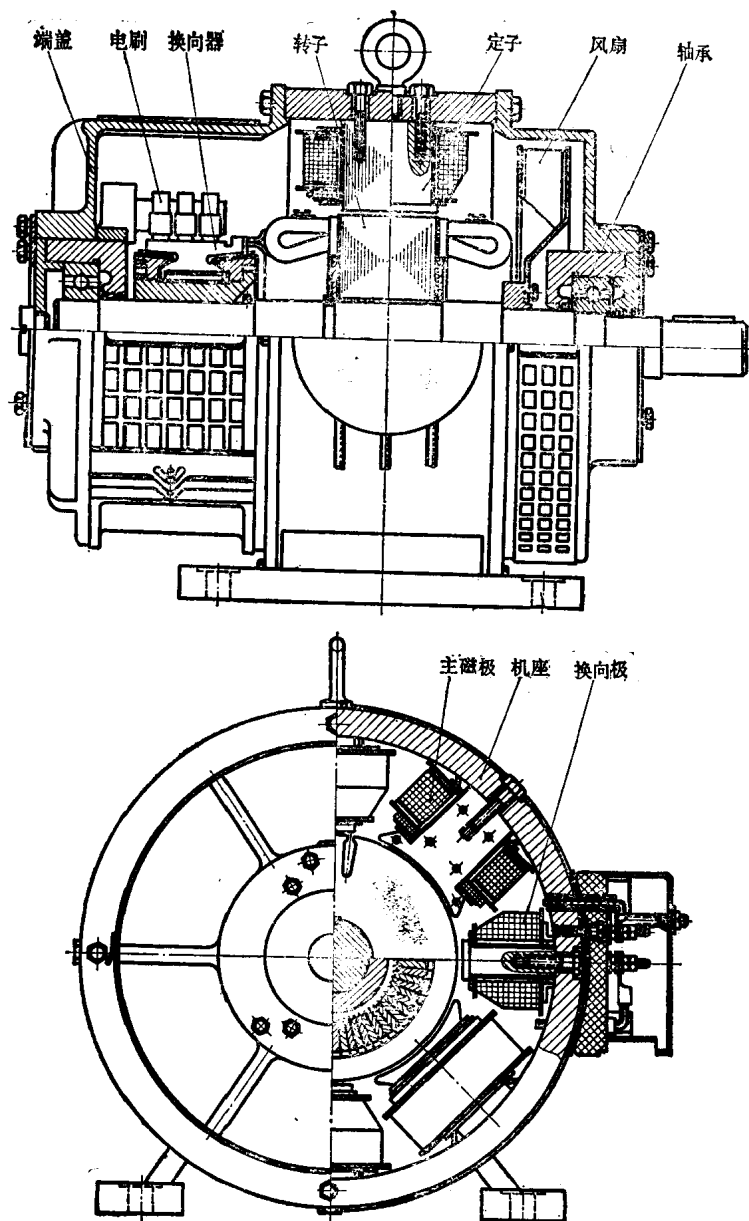


图2-1 直流电机的结构

为降低电机的温度，电枢铁心在组装时留有通风槽，电机轴上还装有风扇。

电枢绕组 小型电机用圆导线，较大的电机用矩形导线在模型上成型后装入铁心的槽中，槽口上用槽楔把绕组元件压住，以免转动时将元件甩出来。

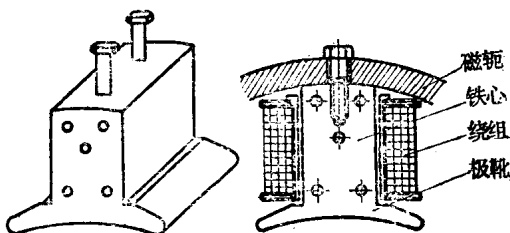


图2-2 主磁极

换向器 换向器是电机的一个特殊部件，它和电刷一起对每个绕组中的电流起着换向的作用，如图 2-4 所示。换向器是由换向片组成的一个圆柱体，每片间都垫有云母绝缘，电枢绕组均焊接在换向片的尾端。

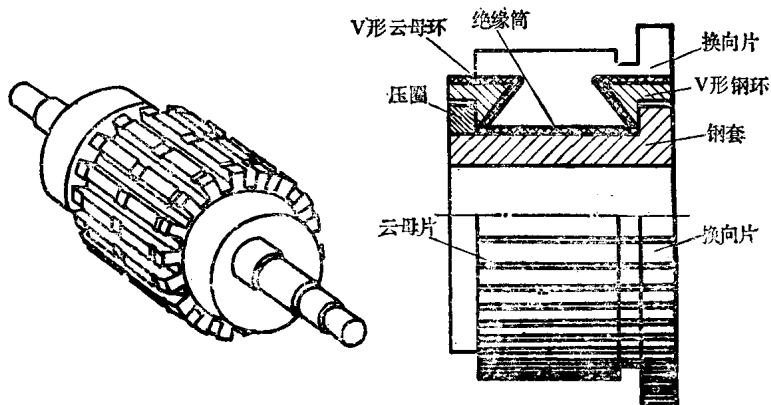


图2-3 电枢铁心

图2-4 直流电机的换向器

3. 其他部件:

电刷 为使电枢和外部接通，在换向器上装有电刷。电刷在刷握内，并用弹簧压紧。刷握固定在刷架上，刷架又装在刷架座上，当转动刷架座时，就可以调节电刷在换向器上的位置。