

高等学校试用教材

锻压机械自动控制

西安交通大学 薛学明 主编

GAO DENG XUE
XIAO JIAO CAI

机械工业出版社

前 言

本书是根据 1983 年 11 月高等工业学校锻压专业教材分编审委员会制订的教学计划和教学大纲编写的。

本书主要概括了阅读、分析控制线路的基本方法, 顺序控制器中插接二极管的基本规则, 对微型计算机指令表的阅读方法也作了详细说明, 由此能起到举一反三的作用。本书在编写中注意到非电专业学生的特点, 在介绍控制线路时分环节逐一介绍, 对每条电路, 每对触点的作用都作了较细致的说明, 对顺序控制器每一环节, 对微型计算机的指令都作了通俗易懂的解释, 便于自学。

本书第四章和第五章的“一”、“二”由东北重型机械学院于长洋编写, 其余部分由西安交通大学薛学明编写, 全书由薛学明主编, 清华大学孙建华主审。

参加本书审稿的还有山东工业大学夏天赳教授, 东北重型机械学院林秀安教授, 哈尔滨工业大学高乃光教授, 机械工业出版社教编室周衍康编审。

在编写过程中还得到上海锻压机床厂陶耀仙、西安锻压机床厂吴庆来、机械电子部济南铸锻机械研究所薛茂新、东北重型机械学院齐占庆、迟春令等同志的帮助和指导, 在此一并表示深切的谢意。

本书虽在编者多年教学经验及几次编写教材的基础上写成的, 但由于学识和水平所限, 不妥之处请不吝批评指正。

目 录

绪论	1	线路	22
一、电力拖动和自动控制在锻压机械中的作用	1	二、滑块封闭高度调节的控制线路	25
二、锻压机械的自动化和选择合适的电力拖动的重要性	2	三、压力机各种工作规范的控制线路	27
三、本课程的性质和要求	2	1. 寸动工作	28
第一章 锻压机械的电力拖动基础	3	2. 连续工作	29
一、冲击负载对拖动电机的影响	3	3. 单次工作	29
二、冲击负载下电动机的转矩曲线	4	四、曲轴位置指示、超负载保护等其他控制线路	32
三、机电时间常数 T_{ME} 值对电动机转矩曲线的影响	5	1. 曲轴位置指示器	32
四、对于工作在冲击负载下的电力拖动所采取的改善措施	6	2. 压力机的超负载保护	33
五、允许的起动时间和起动次数	7	3. 工件记数	33
六、锻压机械电力拖动和电气控制的特点	8	4. 硅整流电路	36
1. 锻压机械电力拖动的特点	8	5. 控制变压器和照明变压器	36
2. 锻压机械电气控制的特点	8	五、四柱液压机和操作机的电气控制系统	37
第二章 继电-接触器控制的基本电路及常用的起动设备	10	1. 300kN四柱万能液压机的电气设备	37
一、电气原理图	10	2. 10kN有轨操作机的电气设备	39
二、电气控制线路的基本环节	11	六、控制线路的分析与简化	43
1. 点动控制电路	11	1. 利用工作状态表对控制线路进行分析与简化	43
2. 电动机的直接起动控制电路	11	2. 控制线路的逻辑分析与简化	45
3. 异步电动机的正、反转控制电路	12	第四章 电气控制系统的设计	52
4. 基本的控制逻辑	13	一、电气控制系统设计的步骤	52
三、常用的起动器及其控制线路	14	1. 根据电气设计任务书, 选择合适的控制方式	52
1. 手动补偿器	14	2. 设计电气原理图	52
2. 星形-三角形 (Y- Δ) 起动器及其控制线路	17	3. 电气控制系统图的设计与绘制	55
第三章 锻压机械电气控制系统的实例分析	21	4. 选择电器元件, 编写外购电器元件目录表	58
一、绕线转子异步电动机的起动	21	二、电气控制系统设计的注意事项	60
1. 绕线转子异步电动机在锻压机械中的应用	21	三、常用电器元件的选择	62
2. 绕线转子异步电动机的起动方法	22	1. 电器元件的基本要素	62
3. J31-250 型压力机的主电机控制		2. 控制按钮、组合开关、行程开关的选择	63
		3. 熔断器和热继电器的选择	65
		4. 接触器的选择	67

5. 断路器的选择	68
6. 中间继电器的选择	69
7. 时间继电器的选择	71
8. 控制变压器的选择	71
习题	72
第五章 顺序控制器	73
一、基本逻辑型顺序控制器	73
1. 旁路控制原理及逻辑控制功能	73
2. 基本逻辑组合型顺序控制器的组成	79
3. 基本逻辑组合型顺序控制器的程序 编制	82
二、步进型顺序控制器	83
1. 步进型顺序控制器的组成和工作 原理	84
2. 步进型顺序控制器的其他功能和 电路	93
三、由集成组件构成的顺序控制器	97
1. 程序计数器和译码器	97
2. 矩阵板结构、动作设定和时间 设定	101
3. 一致电路	104
4. 单循环、复位、跳步控制	107
5. 应用实例	112
思考题与习题	115
第六章 锻压机械的微型计算机 控制	116
一、电子计算机的应用	116
1. 数值计算	116
2. 数据处理	116
3. 自动控制	116
4. 计算机辅助设计 (CAD-Computer -Aided Design)	116
5. 逻辑关系加工与人工智能	116
6. 计算机管理	116
二、微型计算机的部件功能和结构特点	117
1. 微型机的主要部件	117
2. 微型机的基本结构	118
三、计算机中的数和编码系统	119
1. 二进制	119
2. 二十进制	120
3. 十六进制	121
4. 二进制编码	121

四、Z80 微处理器	122
1. 寄存器	122
2. 算术逻辑单元 ALU(Arithmetic Logic Unit)	126
3. 指令译码及定时和控制	126
五、半导体存储器	126
1. 读写存储器 RAM	126
2. 只读存储器 ROM	126
六、Z80 的指令系统	127
1. 数据的传送和互换	127
2. 寄存器对之间的数据交换 (Exchange)	130
3. 数据块传送和查找指令	130
4. 算术和逻辑指令	132
5. 循环和移位指令	133
6. 位操作指令	136
7. 转移指令 JP(Jump)	136
8. 子程序调用 CALL 和返回 RET (RETURN) 指令	138
9. 输入、输出 (I/O) 指令	138
10. 指令表各项的说明	138
七、汇编语言和程序设计实例	140
1. 汇编语言	140
2. 指令的语句语法	140
3. 程序实例	141
八、并行输入/输出接口芯片 Z80-PIO (Parallel Input Output)	142
1. 概述	142
2. PIO 的结构及作用	142
3. PIO 的编程	144
九、计数器/定时器芯片 Z80-CTC (Counter/Timer Circuit)	145
1. CTC 的结构及作用	145
2. Z80-CTC 的程序设计	147
十、数/模和模/数转换	148
十一、微型机在数控压力机中的应用	149
1. 数控压力机的传动装置及控制 要求	149
2. 微型机控制系统的组成	150
3. 微型机控制系统的软件——控制 程序	152
附录 1 Z80 单板计算机指令系统	161
附录 2 常用的电气图用图形符号	176

绪 论

一、电力拖动和自动控制在锻压机械中的作用

锻压机械中的气锤和液压机是以气动、液压为动力的。而各种机械压力机都是由电动机通过传动装置带动机床工作的，如图 0-1 所示。将电能转化成加工时所需的机械能，这种拖动方式称为电力拖动。

在早期，电动机的起动、调速、反向、制动等，都是以手控方式来操作的。例如绕线转子异步电动机的起动，是由人直接扳动变阻器的手柄，逐级将起动电阻短接的。这种手控方式既费力又费时，生产率低。以后发展为通过继电器、接触器在按一下按钮后就自动完成电动机的起动过程，如图 0-2 所示。利用继电器、接触器组成的控制装置，亦能控制机床各部件按照工艺要求自动地进行一定顺序的操作。例如压力机的单次工作，在主电动机已起动并带动飞轮旋转的情况下，按一下“行程起动”按钮后，首先是控制压缩空气的电磁阀动作（阀门打开），由压缩空气使摩擦离合器接合，带动滑块工作（见图 0-3），待滑块回到上死点又自动停止，这一过程是自动完成的。

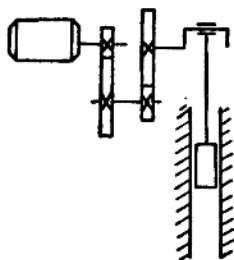


图0-1 电动机拖动机械

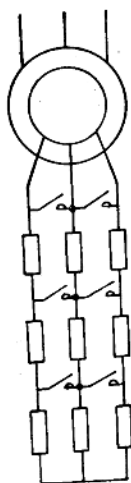


图0-2 绕线转子电动机
转子电路中串接起动电阻

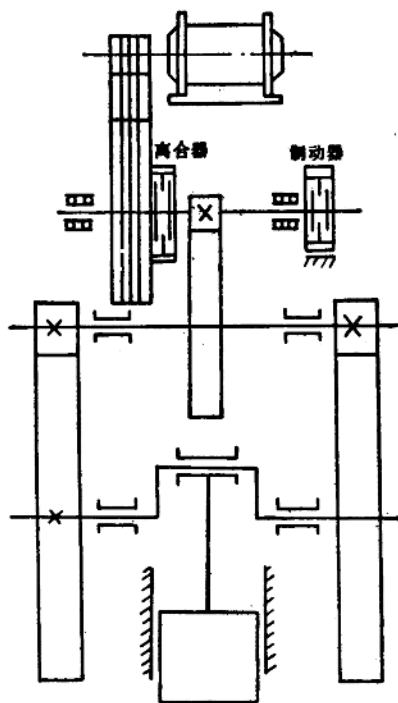


图0-3 压力机传动系统

如上所述,能控制机床自动完成一个操作或一个工作过程等的控制方式称为机床的自动控制。按照自动化程度的高低,上例所举的控制方式又可称为半自动控制。在压力机中,如再加上进、出料的自动化,则就实现了单机(一台机床)的全自动控制,也就是在一台机床上自动地进行全部操作(加工操作和辅助操作)。在单机自动化的基础上,可将几台机器联在一起,从原料进入,经过几道工序的加工后变成零、部件,这种控制方式称为多机联动。随着自动化程度的日益提高,自动生产线、自动车间、自动工厂将越来越多,并将大大提高劳动生产率和产品质量,降低生产成本。

二、锻压机械的自动化和选择合适的电力拖动的重要性

冲床操作工用手进行进、出料操作,一不小心很容易发生人身事故。锻工进行锻件加工时,翻转和移动笨重的坯料也很费力,又受到火红坯料的熏烤,而且噪声大。因此,凡是较危险的工作以及工作条件较为恶劣的场合,特别需要尽快地实现自动化。

通常,压力机在工作时为冲击性负载,即在很短的工作行程内具有很大的载荷力,对于具有这种负载特性的机床,如何合理地配置一台电动机,是电力拖动中一个较为特殊的问题。

三、本课程的性质和要求

《锻压机械自动控制》是一门专业课。结合自动控制在锻压机械中的应用。在介绍和分析了自动控制的典型环节和典型线路后,又概括了分析和设计一般锻压机械自动控制系统的方法和步骤。

学习本课程后,应能较为顺利地阅读和分析继电-接触器的电气原理图。懂得顺序控制器的使用方法以及根据工艺要求如何来编制程序。对微处理器的工作原理、指令系统以及在锻压设备上的应用有一初步的了解。对于锻压机械电力拖动的特点以及对于选择电动机的几个基本条件要有全面的认识。

第一章 锻压机械的电力拖动基础

一、冲击负载对拖动电机的影响

锻压设备在工作时，其负载通常带有很强的冲击性，即在很短的工作时间内负载的峰值很高，而一个工作周期内的绝大部分时间是空载，如图 1-1 所示。

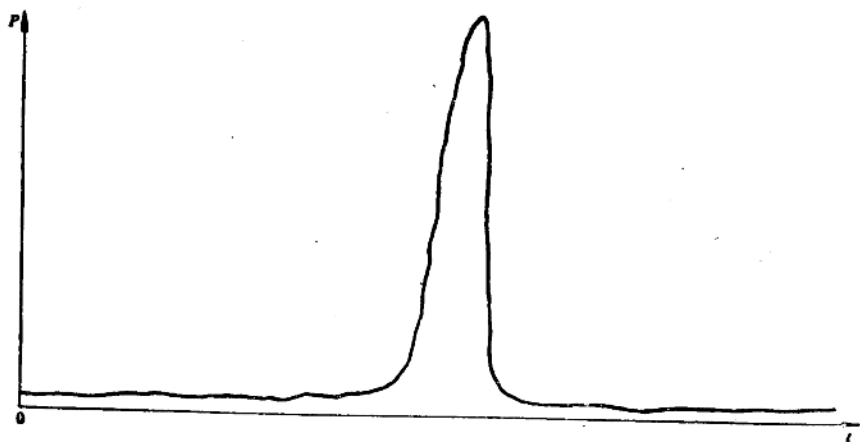


图1-1 冲击负载图

这样的冲击负载对拖动电机会带来什么影响呢？

电动机为了能带动负载，其所能发出的最大转矩 T_{max} ，应略大于最大的负载阻转矩 T_{Lmax} ，要求电动机所能发出的 T_{max} 大，则相应的电动机的额定功率 P_n 也大，即使为了使电动机能克服尖峰负载，必须选择一个大容量（ P_n ）的电动机。对于一个冲击负载所选的电动机的容量，可能是一个相应的恒定负载的电动机容量的 10 倍或 10 倍以上。例如，对于一个恒定负载所需的电动机为 10kW，则对于一个相应的冲击负载所需的电动机额定功率为 100kW，甚至更大些。

为了在短的工作时间（或工作行程）里能带动尖峰负载，而要选用一个容量很大的电动机，这显然是很不合理的。首先大容量的电动机价格昂贵，体积大；其次它的空载损耗大，功率因数 $\cos\varphi$ 低，增加了运行费用。

为了解决冲击负载对拖动电机带来的不利影响，必须具体分析电动机在冲击负载下的工作情况，然后找出恰当的措施。

二、冲击负载下电动机的转矩曲线

例如在一台压力机上对薄钢板进行圆片落料。一个工作周期开始时, 冲头由上死点空程向下、冲制、回到上死点。空程向下和回程都属于空载 (T_0), 空载时间为 t_0 , 冲制时间为 t_1 , 相应的负载阻转矩为 T_1 , 如图 1-2 所示。在此图中, 无论是空载和冲制时的阻转矩, 都以一恒值阻转矩来代替原来变化的阻转矩, 这样对负载曲线作一些简化, 以便于对问题的分析和讨论。

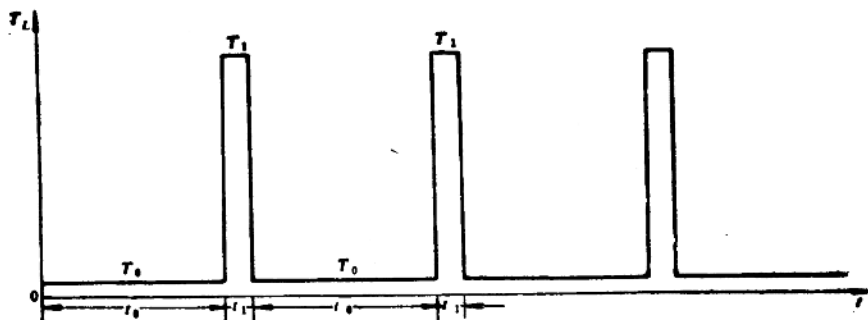


图1-2 简化负载图

对于如图 1-2 所示的机械负载, 相应的电动机转矩曲线是怎样的呢? 由于机械阻转矩在一周中由空载时的 T_0 变化到冲制时的 T_1 , 相应的电动机转矩也是变化的。当电动机轴上的机械负载变化时, 相应的电动机转矩和转速的变化, 是由运动方程式来确定的。

运动方程式可表示如下:

$$T - T_L = J \frac{d\omega}{dt} = \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt} \quad (1-1)$$

式中, T 为电动机转矩; T_L 为机械阻转矩; J 为折算到电动机轴上的总转动惯量, 其中包括机床各运动部分折算到电动机轴上的转动惯量, 以及电动机转子本身的转动惯量; ω 为电动机的角速度; GD^2 为和 J 相应的飞轮力矩; n 为电动机的转速。

上述微分方程式 (1-1) 中的 T_L , 在空载时间 t_0 内以 T_0 代入, 在工作时间 t_1 内以 T_1 代入, 将该式积分, 则分别可得:

$$T = T_1 - (T_1 - T_{M1}) e^{-\frac{t}{\tau_{ME}}} \quad (1-2)$$

$$T = T_0 + (T_{M1} - T_0) e^{-\frac{t}{\tau_{ME}}} \quad (1-3)$$

上两式中, T_{M1} 为机床开始冲制时的电动机转矩, 如图 1-3 所示; T_{M1} 为冲制结束时, 亦即空载开始时的电动机转矩, τ_{ME} 称为机电时间常数, 可用下式表示:

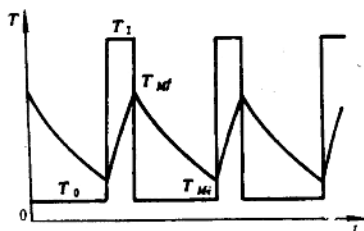


图1-3 双矩形负载下的电动机转矩曲线

$$\tau_{ME} = \frac{GD^2 n_0 S_n}{375 T_n} \quad (1-4)$$

式中, n_0 为电动机的理想空载转速, 若是 4 极电机, 则 $n_0 = 1500 \text{ r/min}$; S_n 为电动机的额定转差率; T_n 为电动机的额定转矩。

三、机电时间常数 τ_{ME} 值对电动机转矩曲线的影响

在同一机械负载下, 如果 τ_{ME} 值不同, 则电动机转矩曲线的形状也不同。若 τ_{ME} 值小, 则电动机转矩曲线的波动大。如图 1-4 上的曲线 1 所示; 若 τ_{ME} 值大, 则电动机转矩曲线较平坦, 如图 1-4 上的曲线 3 所示。

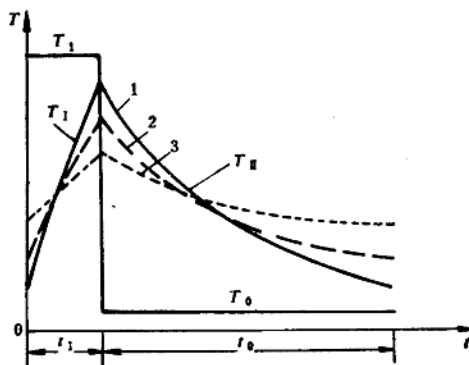


图1-4 不同的 τ_{ME} 对电动机转矩曲线的影响

在同一冲击负载下, 电动机的转矩曲线越是平坦, 电动机在运行时所需的最大转矩越小。此外, 电动机的等效转矩 T_e 也小, 电动机的等效转矩可按式来求得:

$$T_e = \sqrt{\frac{1}{T} \left(\int_0^{t_1} T_1^2 dt + \int_0^{t_0} T_2^2 dt \right)}$$

式中, T_e 为等效转矩, T 为周期, $T = t_1 + t_0$; T_1 为冲制时间内的电动机转矩, 可将式 (1-2) 代入; τ_1 为空载时间内的电动机转矩, 可将式 (1-3) 代入。为了清楚起见, 可以看一简单例子。设 $\tau_1 = 10 \text{ N}\cdot\text{m}$, $\tau_2 = 1 \text{ N}\cdot\text{m}$, $t_1 = 1 \text{ s}$, $t_0 = 10 \text{ s}$, 则

$$T_e = \sqrt{\frac{1}{11} (10^2 \times 1 + 1^2 \times 10)} \text{ N}\cdot\text{m} = \sqrt{\frac{1}{11} \times 110} \text{ N}\cdot\text{m} = \sqrt{10} \text{ N}\cdot\text{m} = 3.2 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$T_{av} = \frac{10 \times 1 + 1 \times 10}{11} \text{ N}\cdot\text{m} = \frac{20}{11} \text{ N}\cdot\text{m} = 1.8 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$T_e = 3.2 \text{ N}\cdot\text{m}$, 这一转矩相应于 τ_{ME} 小的电动机转矩曲线, 由于 τ_{ME} 小而波动大, $T_{av} = 1.8 \text{ N}\cdot\text{m}$, 这一转矩相应于由于 τ_{ME} 大而使电动机转矩曲线非常平坦, 成为一恒定转矩。

由此例子可以看出, τ_{ME} 值越大, 电动机在同一机械负载下的等效转矩越小。所选择的电动机的额定转矩应略大于按照机械负载曲线所计算出的等效转矩 T_e , 即 $T_n \geq T_e$, 这一条件称为满足了电动机的发热条件; 所选择的电动机的最大转矩应略大于按照机械

负载曲线所计算出来的最大转矩, 即 $\lambda T_n \geq T_{Mf}$, λ 为电动机的过载系数, λT_n 为所选择的电动机所能产生的最大转矩, T_{Mf} 为电动机在工作时所需要发出的最大转矩, 这一条件称为满足了电动机的过载条件。

τ_{ME} 越大, 电动机运行或工作时所需要的最大转矩和等效转矩越小, 按发热条件和过载条件所选择的电动机容量也小, 运行时的效率和功率因数也高。由此可见, τ_{ME} 值大, 可减轻由于负载的冲击性给电机工作带来不利的影响。

四、对于工作在冲击负载下的电力拖动所采取的改善措施

如上所述, τ_{ME} 值越大, 所需的电动机容量可减小, 初投资小, 运行时能量损耗小, 功率因数高, 运行费用也可降低。如何增大 τ_{ME} 值呢?

由式 (1-4) 可知, τ_{ME} 值包含如下两项: GD^2 、 $n_0 \frac{S_n}{T_n}$, 为了增大 τ_{ME} 值, 故在一般的曲柄压力机等锻压机械中, 常常配有一个大飞轮, 以增加拖动系统的飞轮惯量。

另一项为 $\frac{n_0 S_n}{T_n}$,

其中

$$S_n = \frac{n_0 - n_n}{n_0}$$

所以

$$\frac{n_0 S_n}{T_n} = \frac{n_0 - n_n}{T_n}$$

该项中的 T_n 按所需的等效转矩来选; n_0 按机械设计中的减速比和滑块的行程次数来选 (尽可能选用 n_0 高的电机); n_n 是相应 T_n 的转速, 称为额定转速。 n_n 是可以自由选择的, 如果 n_n 较低, 或额定转差率 S_n 较高的话, 则也可增大 τ_{ME} 值。为此, 我们常采用高转差率的电动机, 或采用绕线转子电机, 并在绕线转子电机的转子中串入电阻以提高转差率。

增大这两项值的物理意义, 可作如下理解:

第一项为增大 GD^2 值, 实际的做法是为机床配置一个飞轮。当电动机带动飞轮转动时, 飞轮所储藏的能量为:

$$A = \frac{1}{2} J \omega^2 = \frac{1}{2} \frac{GD^2}{4g} \left(\frac{2\pi n}{60} \right)^2 = 14GD^2 n^2 10^{-5} \quad (1-5)$$

当空载时, 由图 1-3 上可以看出: 电动机的转矩按指数规律减少, 当电动机转矩变小时, 由图 1-5 上可以看出, 电动机的转速 n 上升, 而飞轮所储藏的能量 A 与 n^2 成正比, 因此飞轮在储藏能量, 也就是空载时飞轮可以提高电动机的负载程度。

在冲制时, 电动机的转矩增加, 相应的电机转速 n 下降, 飞轮所储藏的能量减少。也就是机床在冲制时, 飞轮放出所储藏的部分能量, 帮助电动机克服机械尖峰负载。

GD^2 越大, 飞轮所储藏和放出的能量越多; 电动机的转差率越高, 飞轮在冲击时所能放出的能量越多。总之, 飞轮的能量 $A = 14GD^2 n^2 \times 10^{-5} \text{ J}$ 中, 包含了 GD^2 、 n^2 , 当转速变化时, 飞轮吸收和放出的能量为:

$$\Delta A = 14GD^2 (n_1^2 - n_2^2) \times 10^{-5} \quad (1-6)$$

但飞轮也不可能做得很大, 这样会引起机械结构上的困难和不合理。 GD^2 值大, 则

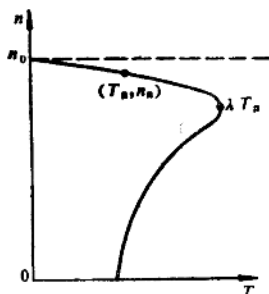


图1-5 异步电动机的机械特性曲线

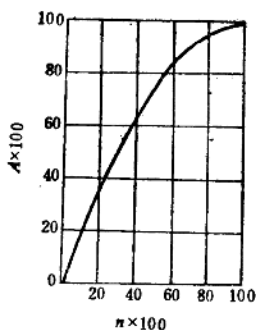


图1-6 飞轮所储藏的动能与转速的关系

电动机的工作得到较大的改善, 电动机的容量就可以选得小一些; GD^2 值小, 电动机的容量要选得大一些, 根据实际的统计, 按下式来选电动机, 可使电动机容量和飞轮尺寸得到较为恰当的配合

$$T_n = (1.1 \sim 1.2) T_{\sigma} \quad (1-7)$$

式中, T_n 为所选电动机的额定转矩; T_{σ} 为机械阻转矩在一周期内的平均阻转矩, 对于双矩形曲线, T_{σ} 可计算于下:

$$T_{\sigma} = \frac{T_1 t_1 + T_0 t_0}{t_1 + t_0}$$

在冲制时电动机转速的降落也不能太大。如图 1-6 所示, 当转速降落 20% 时, 飞轮已放出所储能量的 40%, 若电动机的转速降落过大, 会引起电机的损耗增加较多, 电机的尺寸加大, 机床的生产率降低等, 一般速度降落取 10~20%。

五、允许的起动时间和起动次数

当锻压机械配置一个大飞轮后, 机床传动系统的飞轮力矩 GD^2 值就相当大, 而电动机在起动过程中要带动一个大飞轮从静止升高到空载转速, 就要供给飞轮相当数量的能量。如飞轮过大, 则可能使电动机在起动过程中的发热超过电动机的允许温升。对于这一问题可以有两项指标来估计所配置的飞轮是否过大, 或电动机的起动是否不致超过允许温升。这两项指标是:

$$q = \frac{A}{P_n} = \frac{\text{达到空载转速时飞轮所储藏的能量}}{\text{电动机的额定功率}} \quad (1-8)$$

将设计的飞轮与所选定的电动机按上式计算所得的 q 值, 与允许的 q 值作比较, 如不超过允许的 q 值, 则所设计的飞轮在起动过程中大致不会使电动机温升过高, 此允许的 q 值对于曲柄压力机, 一般可取 400~500 J/kW。

另一项指标是允许的最大起动时间, 若飞轮的 GD^2 值不过大, 则电动机带动飞轮加速的时间也不会过长, 亦即电动机的起动时间较为合适, 不致使电动机在起动过程中发热过高。电动机允许的起动时间大致为:

电动机功率

10kW	10s
14~28kW	15s
40~55kW	20s

另外还有一种情况,例如桥式起重机或锻造操作机工作时,有时频繁地、连续地采用点动的方式,使电动机在单位时间内的起动次数过多,以致使发热超过允许温升。我们在使用时也要注意电动机有每小时允许起动次数的指标,即使是绕线转子电动机,起动频率过高也会使电机因过热而损坏。

对于起动过程中的发热,以上所引的指标只是一种近似的估计,如有需要,还要进行起动过程中的发热计算。

六、锻压机械电力拖动和电气控制的特点

1. 锻压机械电力拖动的特点

如前所述,在锻压生产中大多数是尖峰负载,负载的峰值较高。在本章“一”中已经指出,为了使电动机的容量不致增加太多,以及整个工作期间的电动机效率 η 、功率因数 $\cos\varphi$ 不至于过低,往往需配置一个飞轮。设备在压制工件时飞轮放出能量,空程时飞轮储藏能量,使电动机的负载在整个工作周期内较为均衡。

为了充分发挥飞轮的作用,在压制工件时电动机的转速降落大些,飞轮释放的能量就多,因此要求电动机的额定转差率高、机械特性软,也就是选用高转差率电动机较为合适。

传动系统中有一个飞轮后,它的惯量大,电动机的起动时间长,由于起动电流大于正常工作电流好几倍,电动机在起动过程中所耗的能量大,电机发热高,有时甚至在起动过程中使熔丝(或片)熔断。如果采用绕线转子异步电动机,利用转子外接电阻的方法,可在起动时达到电动机的最大转矩。电动机的起动转矩大,加快了起动过程,缩短了起动时间,减少了起动过程中的能量损耗。起动完毕转入正常工作时,可在转子电路中适当保留一段外接电阻,以软化机械特性,并可使压制工件时的转速降落达到最佳值。因此,若所需的电动机额定功率在几十千瓦以上,宜于采用绕线转子异步电动机,若所需的电动机容量较小,可采用高转差率异步电动机,因为它的结构比绕线转子型的简单,也不需要外接起动电阻。

锻压机械由于大多数都配置了飞轮,使传动系统的惯量大。大惯量的传动系统,在起动、制动、加速、减速等过程中能量消耗大,所需时间长,电机发热高,因此不允许起动、制动、变速次数多,否则电机发热将超过允许温升。与之相反,应尽量减少起动、制动次数,不采用电动机变速。所以实用中,在电动机带动飞轮起动后,不管机械是空车还是工作,就使电机一直运转;当需要滑块停止时,利用离合器使滑块和旋转着的电动机-飞轮脱开。一般的锻压机械也不采用电气变速。因此,主传动电机基本上都采用结构简单、价格较低的异步电动机,只有冲压力较小以及传动系统惯量较小的专用机床,才采用直流电机调速。

2. 锻压机械电气控制的特点

对于任何一种类型的生产机械,与它相应的加工工艺对操作方式、保护等都会提出—

定的要求,它的电气控制系统则要实现和满足这种要求。锻压生产中一般的操作步骤是:安装模具时需要调整模具的闭合高度,此时要求滑块作寸动运动,也就是按一下按钮,滑块动一点;在加工时如坯料比较大,上、下料较费时,则按一下“行程开动”按钮,滑块动作一次后自动停下,这种操作称为单次工作方式;如果是条料或棒料,可以连冲或连镦等,则可采用连续工作方式,也就是按一下“行程开动”按钮,滑块连续运动,需要停止时再按一下“行程停止”按钮,滑块停止。

锻压生产中,操作人员的手要伸到模具下作上料、下料操作,所以对手的保护亦是电气控制应该考虑的问题。在控制线路中通常设有双手长时开动按钮,也就是在冲模向下运动时,操作人员的手不能离开“行程开动”按钮,这样就有一定安全保证。目前还较多地采用另加光电保护装置的措施。

锻压机械的电气控制系统,对于通用的、控制要求不复杂的机械,目前一般仍采用继电-接触器控制系统;对于专用机床的自动化和多机联动等,则采用顺序控制器或可编程序控制器控制;对于如转盘冲床,数控冲床,快锻机等带有模具库或自动进料机构等精密、数控、全自动机械,则采用微型计算机控制。

本书按照以上所说的继电-接触器控制、顺序控制器控制、计算机控制这三部分内容,在具体阐述时紧密结合了锻压机械的实际应用。

第二章 继电-接触器控制的基本电路及常用的起动设备

目前,在锻压设备的自动控制系统中,采用由继电器和接触器所组成的控制装置,仍是较为普遍的。对这种控制方式,我们简称为继电-接触器控制。控制系统有简单的,也有复杂的,但复杂的控制系统也是由一些基本的控制环节所构成的。因此,本章着重于分析基本的控制电路。并介绍一些锻压设备常用的起动器。

一、电气原理图

为了了解和熟悉一台设备的电气系统,人们通常借助于阅读和分析该设备的电气原理图。

对于一台设备,例如一台小型压力机,其电气系统可如图 2-1 a 所示。其中有刀开关 Q、熔断器 FU、电动机 M、停止按钮 1SB 和起动按钮 2SB (1SB 和 2SB 装于一按钮盒内)接触器 KM 和热继电器 FR。

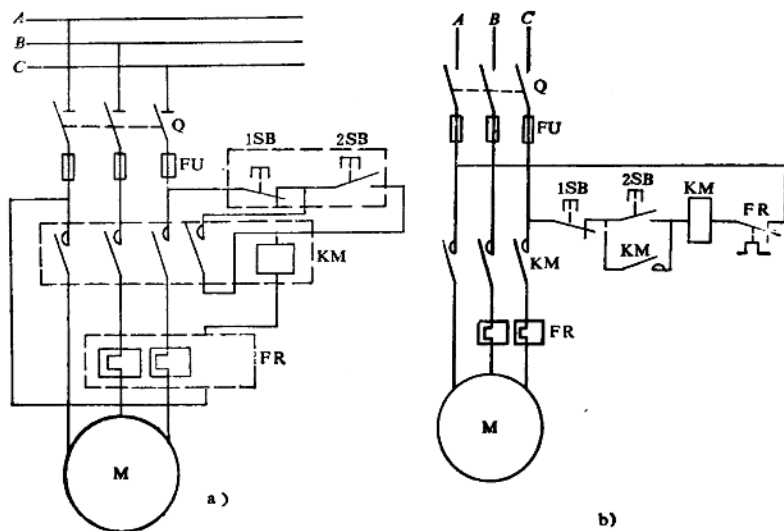


图 2-1 a) 小型压力机电气系统图 b) 电气原理图

在图 2-1 a 中,同一电器的线圈或元件及其触点 $\ominus$ 是模拟实际的构造画在一起的。但这种画法还不能清晰地看清电路的工作原理。为此,可按照电流流通的路径来画。如图 2-1 b 所示。这样,就可以把接到三相或单相电源的每一条电路清晰地表示出来。图

$\ominus$ 按 GB2900 规定,低压电器中的触点按标准应改为触头,本书仍沿用触点的说法,特说明。

中粗线部分，为电动机M接到三相交流电源的电路，称为主电路。细线部分，为按钮与接触器线圈、热继电器触点串接后接到单相电源，此电路起控制电动机工作的作用，称为控制电路。由图 2-1b 可以看到，这样的画法必须将同一电器的线圈或热元件及其触点分开来画（图形符号见书末附录），但以同一文字符号来表示一个电器的线圈及触点，例如图 2-1b 中的接触器 KM、热继电器 FR 所表示的那样。

二、电气控制线路的基本环节

1. 点动控制电路

当压力机调整模具时，需要滑块一点点地作微小移动，也就是所谓的“寸动调整”操作。此时滑块的运动完全由工人操纵按钮来控制。而滑块是否移动，决定于离合器是否接合。离合器是利用压缩空气来接合的，压缩空气受电磁气阀控制。阀门由电磁铁 YA 控制（见图 2-2）。如 YA 通电，则阀门打开，压缩空气通过打开的阀门使离合器接合，从而使滑块运动。气阀电磁铁 YA 的通电由接触器 KM 的动合（常开）触点来控制，如接触器线圈 KM 通电，则 KM 的动合触点闭合，电磁铁 YA 通电，阀门打开，离合器接合，滑块运动。由此可见，滑块的运动，最终决定于接触器线圈 KM 是否通电。各中间环节的动作，离合器的接合或脱开，气阀的打开或关闭等，都决定于接触器线圈 KM 通电与否。所以，在以后的讨论中，我们可以忽略各中间环节，滑块是否运动，只要看相应的接触器线圈是否通电即可。

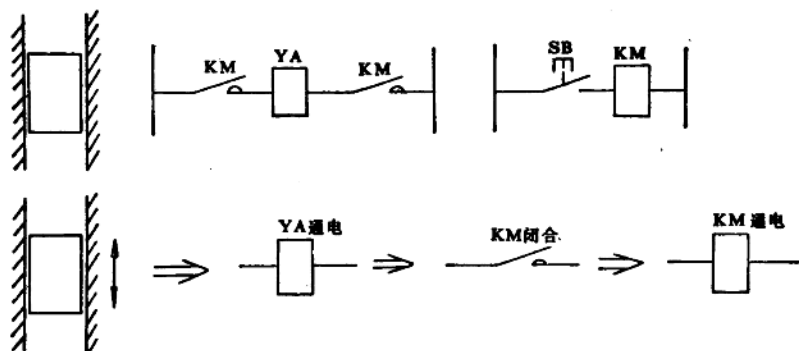


图 2-2 滑块运动的点动控制

要进行“寸动调整”操作，只要按下按钮或松开按钮，滑块就运动或停止。这就要求线圈 KM 的通电与断电完全受按钮的控制，即要把带有一对动合触点的按钮与线圈 KM 串联，如图 2-2 中的右边电路。按下按钮 SB，SB 的动合触点闭合，线圈 KM 电路被接通，线圈 KM 通电，滑块运动，松开按钮 SB，线圈 KM 断电，滑块停止。

在锻压设备中，对工作的控制通常借助于电磁阀和电动机，因此阀的电磁铁和电动机是控制的对象。

2. 电动机的直接起动控制电路

对于压力机的主电机、泵站的电动机等，在按下“起动”按钮后电动机就应连续不

断地工作。电动机的控制亦是通过接触器 KM 的动合触点接到电源去的，如图 2-3 的粗线部分所示。为了使电动机工作，动合触点 KM 必须闭合，因此接触器线圈 KM 必须通电。具体操作是只要按一下“起动”按钮 2SB，便可使电动机工作，亦即使线圈 KM 通电。为了使按钮 2SB 控制线圈 KM 的通电，如同“寸动”操作电路那样，要将按钮 2SB 和线圈 KM 串接，如图 2-3 a 所示。

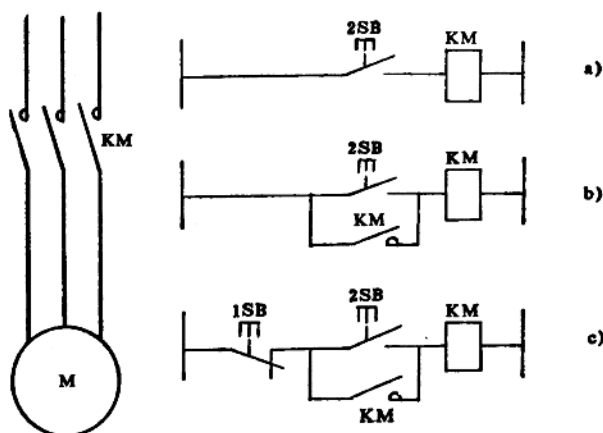


图2-3 电动机的连续工作控制电路

上述电路在松开按钮时将使线圈 KM 断电，而工作要求是：在按一下按钮 2SB 后，电动机 M 仍要连续不断地运转。这就要求有另一条通路保持线圈 KM 松开按钮 2SB 后继续通电，这样的通路如图 2-3 中的 b 所示。我们知道，当线圈 KM 通电后动合触点 KM 即闭合，用它和按钮 2SB 并联，对于线圈 KM 来说就形成了另一条通路即使按钮 2SB 松开，线圈 KM 电路仍继续保持接通。由于线圈 KM 是利用本身的动合触点来保持接通的。故起这样作用的触点称为自锁触点。当线圈 KM 自锁后，电动机 M 就持续不断地运转，当工作结束时，为了使电动机停止，必须使线圈 KM 断电。为此在线圈 KM 电路中再串接一带有动断（常闭）触点的“停止”按钮 1SB，如图 2-3 c 所示。

3. 异步电动机的正、反转控制电路

为了使滑块在下死点的位置向上移或向下移，压力机中调节滑块封闭高度的电动机就要相应地作正转或反转。

在图 2-4 中，电动机 M 的正转与反转，分别由两个接触器 1KM 和 2KM 来控制。当按下“正转”按钮 1SB 时，接触器线圈 1KM 通电，它的动合触点闭合，把电动机 M 的三相定子绕组 a、b、c 端，分别接到三相交流电源的 A、B、C 相，电动机 M 作正转。如按下“反转”按钮 2SB 时，则线圈 2KM 通电，它的动合触点把电动机 M 的 a、b、c 端分别接到三相电源的 A、C、B 相，其中接到绕组 b、c 端的电源的两相与正转时的相序相反。在电工学中已经知道，如果把接到电动机去的三相电源中的任意两相相序反一下，则电动机就反转。

由于误操作，若接触器 1KM、2KM 同时动作，则电源 B、C 两相将发生短路，如

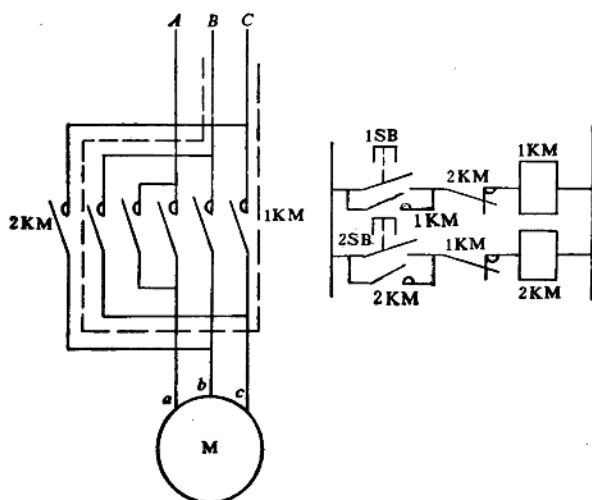


图2-4 异步电动机的正、反转控制电路

图 2-4 上的虚线所示。为此，当一接触器动作时，要使另一接触器不起作用，故在图 2-4 中，在线圈 2KM 电路里串入了动断触点 1KM，当接触器 1KM 动作时，则把接触器线圈 2KM 电路断开，这样，即使同时再按按钮 2SB，也不可能同时使接触器 2KM 动作，反之亦然。这种触点所起的作用，称作联锁。

4. 基本的控制逻辑

任何复杂的控制线路，都是由继电器、接触器、按钮、行程开关、……的触点控制的，各对触点可以相互联接成并联或串联的形式，触点还可分动断、动合两种。

(1) “或”逻辑控制

触点的并联控制，可如图 2-5 a 所示。只要其中的一个触点 A 或 B 闭合，都能使线圈 K 成为通路而得电，如同图 2-3 b 电路中的起动按钮 2SB 和自锁触点 KM。因此，这种控制关系可用下式表示：

$$K = A + B \quad (2-1)$$

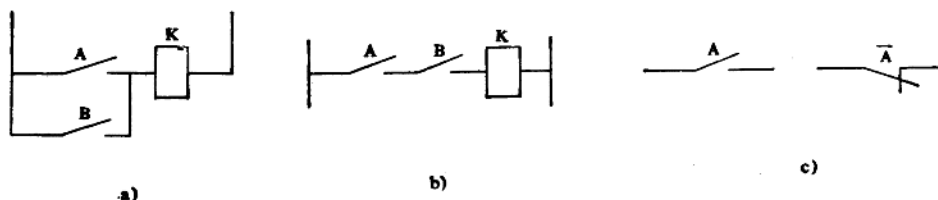


图2-5 逻辑“或”、“与”、“非”控制

我们用“0”代表触点断开，以“1”代表触点闭合。式 (2-1) 中的 A 和 B 分别以 0 或 1 代入，则得如下的几种组合：

$$0 + 0 = 0, \quad 1 + 0 = 1, \quad 0 + 1 = 1, \quad 1 + 1 = 1$$

式 (2-1) 所表示的触点对线圈的控制关系，称为“或”逻辑控制。