

自动化工程师职业培训丛书

电动机控制 技术基础及应用

刘新宇 姜利英 张法全 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

自动化工程师职业培训丛书

电动机控制 技术基础及应用

刘新宇 姜利英 张法全 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书为《自动化工程师职业培训丛书》之一。

全书共分七章, 主要内容包括电动机控制的基础知识、电动机控制常用的低压电器、直流电动机控制技术、三相交流异步电动机控制技术、同步电动机控制技术、控制电动机、电动机控制技术应用实例, 且每一个实例都附有详尽的分析。

本书既可以作为机电控制技术、电气技术、自动化技术人员的参考书, 又可以作为高等院校自动化、机电技术及相近专业的教材, 还可以作为各类培训机构的培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

电动机控制技术基础及应用 / 刘新宇, 姜利英, 张法全编著.
—北京: 中国电力出版社, 2010.10
(自动化工程师职业培训丛书)
ISBN 978-7-5123-0809-1

I. ①电… II. ①刘… ②姜… ③张… III. ①电动机—控制系统—技术培训—教材 IV ①TM320.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 166895 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>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

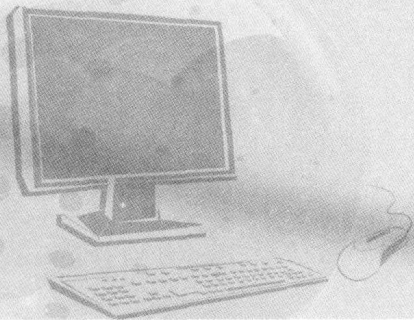
*

2011 年 1 月第一版 2011 年 1 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 10.5 印张 251 千字
印数 0001—3000 册 定价 20.00 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



前言

随着自动控制技术、电力电子技术以及电机学理论不断发展,电动机控制在工农业生产、航空航天,以及人们的日常生活等各行各业中都得到了广泛的应用。因此,掌握电动机控制方法对每个工程技术人员来讲,不仅仅是理论层面的学习,更重要的是切切实实地学会实用的电动机控制技术,为将来创造发明和服务社会打下坚实的基础。与其他同类书籍相比,本书具有以下几个方面的鲜明特色:

(1) 循序渐进,立足基础。电动机控制技术分为传统意义上的控制技术和现代控制技术,虽然现代控制技术正在逐步取代经典控制,但许多现代控制方法都源于经典控制,所以本书的前两章详细介绍了电动机控制的相关基础知识,有利于电动机控制技术从入门到精通的衔接学习,实现经典控制与现代控制技术的平滑过渡。

(2) 覆盖面宽,内容翔实。本书对现代大多数领域的电动机控制技术都进行了详细的阐述,并针对相关内容给出了相应的典型应用实例,使读者能尽快掌握电动机控制这门技术。

(3) 讲究实际,强调实用。本书给出了大量的实用性很强的应用实例,并进行了详尽的分析与对比,有的实例只需略加改造就可以在实际生产中应用,以提高学习者的实际动手能力。

本书共分七章,第一章主要介绍了电动机控制的基础知识,重点介绍了电动机的分类和选型,并对电动机控制技术的发展趋势也做了必要的介绍;第二章介绍了电动机控制常用的低压电器,包括接触器、继电器等常用的基本元件;第三章重点介绍了直流电动机控制技术,涵盖了经典控制和现代控制方法;第四章主要介绍了三相交流异步电动机控制技术,并对各种控制方法做了详尽的阐述;第五章介绍了同步电动机控制技术及相关实例;第六章则对控制领域中常用的各种控制用电动机做了详细的介绍;第七章给出了各种电动机在实际生产中的应用实例,每一个实例都附有详尽的分析。

本书既可以作为机电控制技术、电气技术、自动化技术人员的参考书,又可以作为高等院校自动化、机电技术及相近专业的教材,还可以作为各类培训机构的培训用书。

本书由华北水利水电学院的刘新宇主编,负责全书的组织、统稿和修改工作,第一、四章由桂林电子科技大学的张法全编写,第二、三章由郑州轻工业学院的姜利英编写,第五章和第七章由张法全和姜利英共同编写,第六章由刘新宇编写。

限于作者水平,书中难免存在缺点和不足,衷心地希望广大读者提出宝贵的意见和建议。

作者

2010年9月



目 录

前言

第一章 电动机控制基础知识	1
第一节 电动机的分类和选用	1
第二节 电动机控制系统	5
第三节 电动机控制系统控制线路的绘制	7
第二章 电动机控制常用低压电器	25
第一节 概述	25
第二节 接触器	27
第三节 继电器	34
第四节 熔断器	46
第五节 低压断路器和刀开关	48
第六节 主令电器	53
第三章 直流电动机控制技术	59
第一节 直流电动机工作原理	59
第二节 直流电动机的结构与分类	60
第三节 直流电动机控制线路	65
第四节 直流电动机调速	73
第四章 三相交流异步电动机控制技术	82
第一节 三相交流异步电动机工作原理	82
第二节 三相异步电动机的结构与分类	82
第三节 三相异步电动机控制线路	86
第四节 交流异步电动机调速	103
第五节 实例分析	110
第五章 同步电动机控制技术	114
第一节 同步电动机工作原理	114
第二节 同步电动机的结构与分类	114
第三节 同步电动机的启动控制	118
第四节 同步电动机的调速	119
第六章 控制电动机	126
第一节 伺服电动机	126
第二节 步进电动机	134
第三节 直线电动机	137

第七章 电动机控制技术应用实例	142
第一节 原料皮带运输机控制电路	142
第二节 卷扬机控制电路	143
第三节 工厂空调系统电动机控制电路	144
第四节 电动机抽水蓄能检测控制电路	146
第五节 变频调速恒压供水系统控制电路	147
第六节 C6140T 车床电气控制线路分析	150
第七节 X62W 卧式万能铣床电气控制线路分析	152
第八节 混凝土搅拌机控制电路	155
第九节 ZTK-1 型系列电动机调速控制电路	156
第十节 KGLF-300/75 型同步电动机可控硅整流电路	158
参考文献	160

第一章

电动机控制基础知识

电动机俗称马达,是一种把电能转换为机械能的电磁机械装置。它用来驱动各种用途的生产机械和其他装置,以满足不同的要求。电动机作为原动机,大至冶炼行业使用的上万千瓦的超大功率电动机,小至家庭使用的仅有几瓦的小功率电动机,在各行各业中都得到了广泛的应用。

第一节 电动机的分类和选用

一、电动机的分类

(一) 按工作电源分类

根据电动机工作电源种类的不同,可分为直流电动机和交流电动机。

(二) 按结构及工作原理分类

直流电动机按结构及工作原理可分为无刷直流电动机和有刷直流电动机。有刷直流电动机可分为永磁直流电动机和电磁直流电动机。永磁直流电动机又分为稀土永磁直流电动机、铁氧体永磁直流电动机和铝镍钴永磁直流电动机。电磁直流电动机又分为串励直流电动机、并励直流电动机、他励直流电动机和复励直流电动机。

交流电动机按结构及工作原理可分为同步电动机和异步电动机。同步电动机又可分为永磁同步电动机、磁阻同步电动机和磁滞同步电动机。异步电动机可分为感应电动机和交流换向器电动机。

(三) 按功率大小分类

电动机按功率大小可分为超大功率电动机、大功率电动机、中小功率电动机和小功率电动机。

(四) 按用途分类

电动机按用途可分为驱动用电动机和控制用电动机。驱动用电动机又分为电动工具用电动机、家电用电动机及其他机械设备用电动机。控制用电动机又分为步进电动机和伺服电动机等。

(五) 按电动机的转子结构分类

电动机按转子的结构可分为笼型感应电动机(旧标准称为鼠笼型异步电动机)和绕线转子感应电动机(旧标准称为绕线型异步电动机)。

(六) 按电动机运转速度分类

电动机按运转速度可分为高速电动机、低速电动机、恒速电动机和调速电动机。低速

电动机又分为齿轮减速电动机、电磁减速电动机、力矩电动机和爪极同步电动机等。调速电动机除可分为有级恒速电动机、无级恒速电动机、有级变速电动机和无级变速电动机外，还可分为电磁调速电动机、直流调速电动机、PWM 变频调速电动机和开关磁阻调速电动机。

二、电动机的选用

（一）电动机选择的一般原则

为适应实际生产的要求，在选择电动机时，一般应遵循以下原则：

（1）所选择的电动机在结构上应与所处的工作环境特点相适应，如根据使用场合的环境条件选用相应的防护方式及冷却方式的电动机。

（2）所选择的电动机应满足实际生产对被控对象（电动机）的各种要求。如电动机的启动、制动时间，速度的调节以及速度的稳定性等。

（3）所选择的电动机功率能被最大限度地利用，防止出现“大马拉小车”或者“小马拉大车”的极端情况，使电动机在高效率、低损耗状态下可靠运行。

（4）所选择的电动机的可靠性高并且便于维护。

（5）所选择电动机的零部件互换性能要好，应尽量选择标准电动机产品。

（6）所选择的电动机生产厂商的售后服务要好，尽量选择一些生产规模较大的且信誉度高的电动机生产厂家。

（二）电动机选择的主要步骤

电动机选择的主要步骤如下：

（1）首先要确定电动机的种类。电动机的种类很多，要根据生产机械性能的要求，选择合适的电动机类型。

（2）在确定了电动机类型后，接下来要确定电动机的功率。所需功率要根据生产机械实际需要，通过计算确定出合适的电动机功率，使设备需求的功率与被选电动机的功率相接近。

（3）选择电动机的结构和防护形式。要根据电动机和生产机械安装的位置和场所环境，参考相应的国家规范及行业标准，最后确定电动机的结构和防护形式。

（4）选择电动机额定电压。要根据生产现场电源的情况，选择合适的电动机控制电压。

（5）选择电动机额定转速及转速调节方式。要根据生产机械对转速的要求，来确定最高转速和最低转速以及是否需要调速。

（6）根据以上 5 步，结合生产方提供的产品目录，最终选定一台合适的电动机。

（三）电动机工作方式的选择

电动机有以下三种工作方式或称工作制供用户选择使用。

1. 连续工作制

连续工作制是指电动机带额定负载运行时，连续运行时间很长的工作方式。其特点是：电动机连续工作时间长，可达几小时甚至几十小时。连续工作制的电动机使用很广泛，一般在铭牌上标注 S1 或不标明工作制。属于此类工作制的生产机械有泵类负载、造纸机、通风机、机床主轴等。

2. 短时工作制

短时工作制是指电动机带额定负载运行时，运行时间很短、停机时间很长的工作方式。短时工作制的电动机在铭牌上标注 S2，我国的短时工作制电动机的运行时间有 15、30、

60min 和 90min 4 种定额。属于此类工作制的生产机械有机床的辅助运动, 如水库闸门的启闭机械等。

3. 断续周期工作制

断续周期工作制又称周期断续工作制, 是指电动机带额定负载运行时, 工作时间很短, 停止时间也很短, 工作周期小于 10min 的工作方式。属于此类工作制的生产机械有电梯、起重机、轧钢机械等。

(四) 电动机种类的选择

选择电动机种类应在满足生产机械对电动机控制系统的调速性能指标、稳速性能指标以及加、减速性能指标要求的前提下, 优先考虑结构简单、运行可靠、维护方便、价格便宜的电动机。在进行电动机种类选择时应考虑以下几个方面:

(1) 电动机的机械特性应与所拖动生产机械的机械特性相匹配。

(2) 电动机的调速性能应该满足生产机械的要求。对调速性能的要求在很大程度上决定了电动机的种类、调速方法以及相应的控制方法。如对调速、启动性能要求不高的一般生产机械中, 如机床、水泵、通风机、家用电器等, 应优先采用笼型异步电动机。而在要求有级调速的生产机械, 如某些机床, 可采用双速、三速或四速等多速笼型异步电动机。

(3) 电动机的启动性能应满足生产机械对电动机启动性能的要求, 电动机的启动性能主要是启动转矩的大小, 同时还应注意电网容量对电动机启动电流的限制。如由于绕线式异步电动机可通过转子回路做到限制启动电流, 提高启、制动转矩, 实现一定的调速功能。因此, 在启、制动频繁且启动转矩较大, 并要求有一定调速的生产机械, 如起重机、提升机等, 可采用绕线式异步电动机。

(4) 在满足性能要求的前提下应优先采用交流电动机, 以节约成本, 提高生产效率。比如三相笼型异步电动机具有结构简单、运行可靠、维修方便和价格便宜等特点, 并且它采用的动力电源是很普遍的三相交流电源。因此广泛应用于国民经济和日常生活的各个领域, 是生产量最大、应用面最广的电动机。

(5) 电动机及其相关设备的效率要高、耗电量小。比如同步电动机在运行时, 可以对电网进行无功补偿, 提高功率因数。当生产机械的功率较大而要求改善功率因数并且要求速度恒定的场合, 如球磨机、破碎机、矿用通风机、空气压缩机等, 可采用同步电动机。

目前, 各种形式的异步电动机在我国应用非常广泛, 因此提高异步电动机运行效率所产生的经济效益和社会效益是巨大的。在选用电动机时, 以上几个方面都应考虑到并进行综合分析以确定出最终方案。

(五) 电动机结构形式的选择

选择电动机结构形式时, 要根据生产机械的周围环境条件来确定。

电动机常用的结构形式有: 开启式、防护式、封闭式和防爆式。

(1) 开启式电动机。在定子两侧与端盖上都有很大的通风口, 这种电动机价格便宜、散热条件好, 但在构造上无特殊防护装置, 容易进灰尘、水滴、铁屑等, 只能在清洁、干燥的环境中使用。

(2) 防护式电动机。在机壳或端盖下面有通风罩, 散热好, 也有将外壳做成挡板状的, 以防止在一定角度内水滴、铁屑等落入电动机内, 但不能防止灰尘和潮气侵入。所以, 这种类型的电动机一般在比较干燥、灰尘不多、较清洁的环境中使用。

(3) 封闭式电动机。有自扇冷式、他扇冷式和密闭式三种。前两种形式的电动机是机

座及端盖上均无通风孔，外部空气不能进入电动机内部，可用在潮湿、有腐蚀性气体、灰尘多、易受风雨侵蚀等较恶劣的环境中。密闭式电动机，外部的气体、液体都不能进入电动机内部，一般用于在液体中工作的机械，如潜水泵电动机等。

(4) 防爆式电动机。机体严密封闭，用于有爆炸性气体的场所，如油库、煤气站、加油站及矿井等场所。

(六) 电动机额定电压的选择

在选择电动机的额定电压时，要根据电动机类型、功率以及使用地点的电源电压来决定。

对于异步电动机而言，中小型电动机都是低压的，额定电压有 380/220V (Y/△接法)、220/380V (△/Y接法)、380/660V (△/Y接法) 三种。

大型异步电动机一般都是高压电动机，其额定电压为 3000、6000V 和 10 000V。

具体选择电动机额定电压时，若电动机额定功率 $P_N \leq 100\text{kW}$ ，则可选用 380V 的；若 $100\text{kW} < P_N \leq 200\text{kW}$ ，则可选用 380V 或 3000V 的；若 $200\text{kW} < P_N \leq 1000\text{kW}$ ，则可选用 6000V 的；若 $P_N > 1000\text{kW}$ ，则可选用 10kV 的。

对直流电动机而言，其额定电压通常为 110、220、440V，大功率的直流电动机额定电压可达 600、800V，甚至 1000V。当直流电动机由晶闸管整流电源供电时，则应根据不同的整流形式选取相应的电压等级。

(七) 电动机额定转速的选择

电动机额定转速的选择要根据生产机械的要求而定。就电动机本身而言，额定功率相同的电动机，额定转速越高，电动机的体积越小，质量越小，成本也就越低，因此选用高速电动机比较经济。但由于生产机械对转速有一定的要求，电动机转速越高，传动机构的传动比就越大，导致传动机构复杂、传动效率降低。所以选择电动机的额定转速时，要兼顾电动机和传动机构两方面。

(八) 电动机额定功率的选择

合理选择电动机的额定功率是运行安全性和经济性的可靠保证，所选电动机的额定功率是由生产机械所需的功率确定的。

1. 连续工作制电动机额定功率的选择

连续工作制电动机的负载可分成两大类，即恒定负载和周期性变化负载。

(1) 恒定负载下电动机额定功率的选择。这类生产机械电动机功率的选择较为简单，先计算出生产机械的功率，所选电动机的额定功率稍大于或等于生产机械功率即可，即 $P_N \geq P$ 。

(2) 周期性变化负载下电动机额定功率的选择。电动机在变化负载下运行，其输出的功率不断地变化，电动机内部的损耗及温升也在不断地变化。在这种情况下，如按最大负载功率选择电动机功率，电动机将不能充分利用；而按最小负载功率选择电动机功率，电动机要过载，会引起电动机温升过高。因此，变化负载下电动机额定功率的选择要复杂些，通常根据生产机械负载的变化规律（负载图）求出等效的恒定负载，然后选择电动机。

2. 短时工作制下电动机功率的选择

选择短时工作制下电动机功率时，通常是根据过载系数 λ 来确定短时运行电动机的功率的。这是由于电动机的发热惯性，在短时运行时可以容许过载。工作时间越短，过载可以越大，但电动机的过载是受限制的。具体选择原则是电动机的额定功率为生产机械所要

求功率的 $1/\lambda$, 即 $P_N \geq \frac{P}{\lambda}$ 。

对于短时工作制的负载, 应选用专用的短时工作制电动机。当然, 在没有专用电动机的情况下, 也可以用连续工作制的电动机来代替。

(1) 直接选用短时工作制电动机。电动机制造厂专门为短时工作制的生产机械设计制造了短时工作制电动机, 其时间规格有 15、30、60min 和 90min 4 种。

当工作时间接近上述标准时间时, 可以按生产机械的功率、工作时间及转速的要求, 由产品目录上直接选取。

(2) 选用连续工作制电动机。由于短时工作制的电动机的生产很少, 实践中常选用连续工作制的电动机来代替短时工作制的电动机工作。

② 第二节 电动机控制系统

一、电动机控制系统的组成

电动机控制技术是随着生产力的发展而发展的。19 世纪末, 电动机逐渐代替蒸汽机作为拖动生产机械的原动机。一个多世纪以来, 虽然电动机在基本结构上并没有大的变化。但是, 电动机的类型却得到了很大发展, 在运行性能、经济指标等方面也都有了很大的改进和提高。而且, 随着自动控制理论和电力电子技术的发展, 形成了许多类型的电动机控制系统。电动机控制系统一般由控制器、电动机、传动机构、生产机械和电源五部分组成。它们之间的关系如图 1-1 所示。

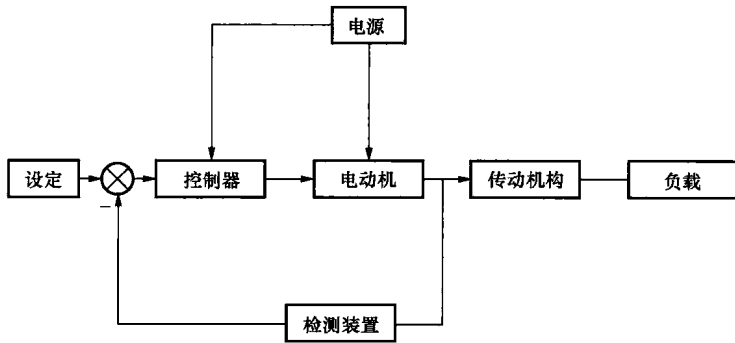


图 1-1 电动机控制系统的组成

(一) 电源

电源为被控对象电动机和控制器提供能源, 有交流电源和直流电源两种。其中, 直流电源分为以下三种类型:

- (1) 旋转交流机组。用交流电动机和直流发电机组成机组, 以获得可调的直流电压。
- (2) 静止式可控整流器。用静止式的可控整流器, 以获得可调的直流电压。
- (3) 直流斩波器或脉宽调制变换器。用恒定直流电源或不可控整流电源供电, 利用电力电子开关器件斩波或进行脉宽调制, 以产生可变的平均电压。

(二) 设定

设定的作用是给出与希望的电动机转速相对应的系统输入量(即参考量)。设定值与检测装置的反馈值比较后, 形成控制电动机转速的偏差控制量, 作为控制器的输入。

（三）控制器

控制器相当于人的大脑，是系统的指挥中枢。它对来自检测装置的反馈信息和来自外部的其他输入信号进行分析、处理，最终发出控制指令，作用于被控对象电动机，使整个电动机控制系统有目的地运行。

（四）电动机

电动机是整个控制系统的被控对象，它严格按照控制器发出的指令运行，以完成不同要求的生产任务。电动机可分为直流电动机和交流电动机。

（五）传动机构

传动机构是在电动机与生产机械的负载之间传动动力的装置，如齿轮箱、传送带、联轴器。

（六）检测装置

检测装置的功能是对电动机的转速信号以及系统的电压、电流等物理量信号进行检测，并把这些物理量信号转变成相应的电信号反馈到控制器，由控制器综合决策，确定出控制电动机下一步动作的依据。

二、电动机控制技术的发展

在电动机控制技术的发展过程中，交、直流两种控制方式并存于各个生产领域。在交流电出现以前，直流电力拖动是唯一的一种电力拖动方式。

19 世纪末期，由于研制出了经济实用的交流电动机，致使交流电力拖动在工业中得到了广泛的应用，但随着生产技术的发展，特别是精密机械加工与冶金工业生产过程的进步，对电力拖动在启动、制动、正反转以及调速精度与范围等静态特性和动态响应方面提出了新的、更高的要求，而当时的交流电力拖动比直流电力拖动在技术上却难以实现这些要求。所以，这个阶段仍然是直流拖动占主要地位。

20 世纪以来，在可逆、可调速与高精度的拖动技术领域，相当一段时期内几乎都是采用直流电力拖动，而交流电力拖动则主要用于恒转速系统。虽然直流电动机具有调速性能优异这一突出特点，但是由于它具有电刷与换向器（又称整流子），使得它的故障率较高，电动机的使用环境也受到了限制（如不能在有易爆气体及尘埃多的场合使用），其电压等级、额定转速、单机容量的发展也受到了限制。于是，用交流可调拖动取代直流可调拖动的呼声越来越强烈，交流拖动控制系统已经成为当前电力拖动控制的主要发展方向。

20 世纪 60 年代以后，随着电力电子技术的发展，半导体变流技术的出现使得交流调速成为现实。尤其是 70 年代以来，大规模集成电路和计算机控制技术的发展，为交流电力拖动的广泛应用创造了有利条件。例如，交流电动机的串级调速，各种类型的变频调速、无换向器电动机调速等，使得交流电力拖动逐步具备了调速范围宽、稳态精度高、动态响应快以及在四象限可逆运行等良好的技术性能，在调速性能方面完全可与直流电力拖动媲美。除此之外，由于交流电力拖动具有调速性能优良，维修费用低等优点，它将广泛应用于各个工业电气自动化领域中，并逐步取代直流电力拖动而成为电力拖动的主流。

经历了 100 多年的技术发展，电动机自身的理论基本成熟，电动机控制技术更加灵活，它具有许多其他拖动方式无法比拟的优点。例如，启动、制动、反转和调速的控制简单、方便、快速且效率高；电动机的类型多，且具有各种不同的运行特性来满足各种类型生产机械的要求；整个系统各参数的检测和信号的变换与传送方便，易于实现最优控制。因此，电力拖动已成为国民经济电气自动化的基础。

⑦ 第三节 电动机控制系统控制线路的绘制

一、电气图图纸选用的一般原则

在进行电动机控制系统设计时,应根据系统电路图的规模和复杂程度以及图线的密集程度选用合适的图纸。电气图面一般由边框线、图框线、标题栏、会签栏组成。

(一) 图纸幅面的选择

电气图根据幅面尺寸可分为 5 类,这 5 类幅面工程中称之为基本幅面。其幅面代号和幅面尺寸如表 1-1 所示。为了图纸的规范统一,在选择电气图纸时,应优先考虑选用基本幅面。

表 1-1 电气图纸的幅面代号和尺寸

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
$B\times L$ (宽 $\times$ 长) (mm)	841 $\times$ 1189	594 $\times$ 841	420 $\times$ 594	297 $\times$ 420	210 $\times$ 297
a (装订册边宽)	25				
c (留装订边的边宽)	10			5	
e (不留装订边的边宽)	20		10		

从表 1-1 可以看出, A0 幅面的长基本是 A1 幅面宽的两倍, A0 幅面的宽度恰好等于 A1 幅面的长度,所以,若将 A0 幅面沿其长对折,可以将其分为两张 A1 幅面。其他各种幅面的尺寸关系可以依次类推。

绘制技术图样时,若要加长电气图纸的幅面,可按表 1-2 的规定尺寸来选择。

表 1-2 加长电气图纸的幅面尺寸

幅面代号	尺寸 (mm)	幅面代号	尺寸 (mm)
A3 $\times$ 3	420 $\times$ 891	A4 $\times$ 4	297 $\times$ 841
A3 $\times$ 4	420 $\times$ 1189	A4 $\times$ 5	297 $\times$ 1051
A4 $\times$ 3	297 $\times$ 630		

从表 1-2 可知, A3、A4 号图纸可根据需要沿短边(宽)加长, A0、A1、A2 号图纸一般不得加长。

(二) 图框格式的选择

在绘制电气图的时候,必须用粗实线在图纸上画出边框。其格式有不留装订边线和留装订边线两种。另外,可以根据实际需要,绘图时在图纸上既可以横向布图,也可以竖向布图。周边尺寸按表 1-1 中的规定,一般采用 A3 幅面横装。留有装订边线的图框格式如图 1-2 所示,不留装订边线的图框格式如图 1-3 所示。

(三) 图幅的分区

图幅分区是指用细线在图纸周边内画出的区域,其主要目的是便于读图者在一整张图样中方便、准确、快捷地找到所需要信息。常用的分区方法如图 1-4 所示。

从图 1-4 可以看出,竖边方向从上到下用大写拉丁字母,横边方向从左到右用阿拉伯数字,编号的顺序从标题栏相对的左上角开始,图幅分区数应为偶数。每个分区的长度不

大于 75mm，不小于 25mm。当分区数超过拉丁字母总数时，超过的各区可用双重字母依次编写。例如，AA、BB、CC 等。分区的代号由拉丁字母和阿拉伯数字组成，其格式为字母+数字。如在相同图号第 34 张 A6 区内，标记为 34/A6；图号为 4752 的第 28 张图 G8 区内，标记为图 4752/28/G8。

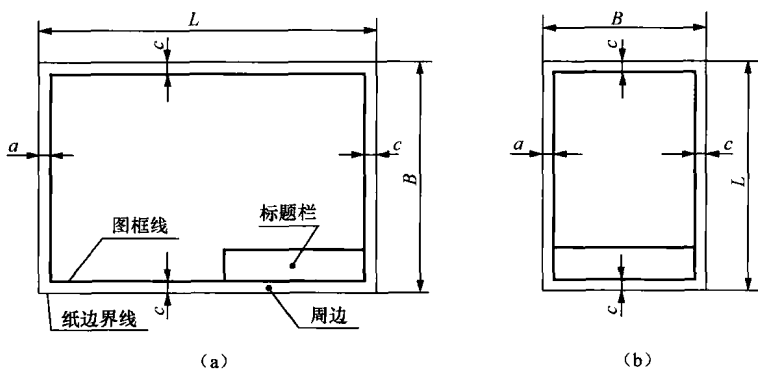


图 1-2 留有装订边线的图框格式

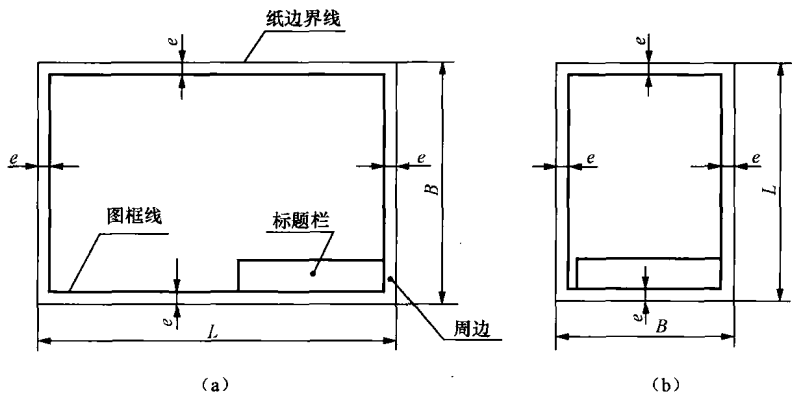


图 1-3 不留装订边线的图框格式

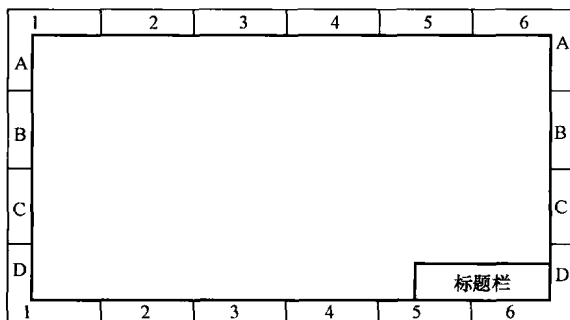


图 1-4 图幅的分区

(四) 标题栏

标题栏一般由名称及代号区、签字区、更改区、其他区组成。标题栏的格式和尺寸按 GB/T 10609.1—2008 的规定，如图 1-5 所示。标题栏的位置应位于图纸的右下角，标题栏中的文字方向为看图方向。

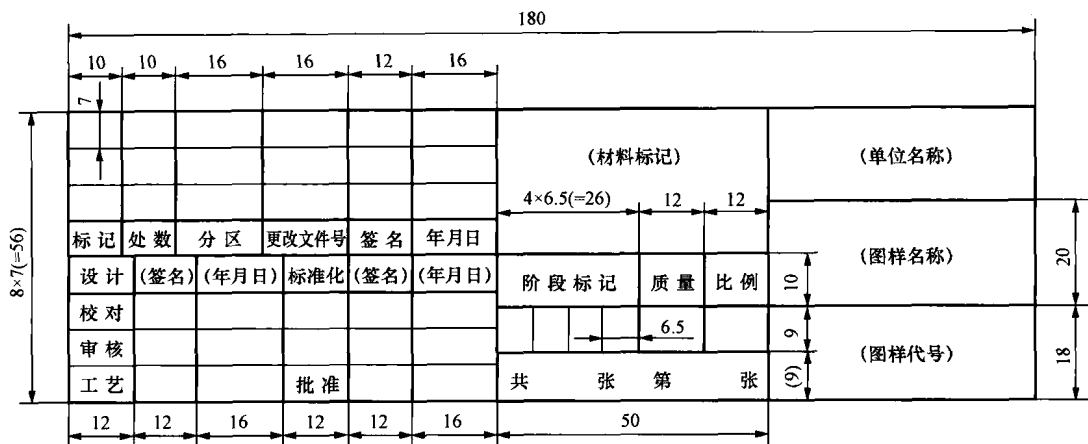


图 1-5 标题栏参考格式

栏内有关内容的填写按照下述规定执行:

(1) 更改区。按自下而上的顺序在每次对图样内容作局部修改时填写, 修改次数超过 3 次的可顺延接线, 或者在图中另行制表, 但要加表头。

(2) 年、月、日。供责任者签署的年、月、日, 要按 GB 2808 的要求填写。如“2010-10-08”等。

(3) 阶段标记。按有关规定从左至右逐格填写图样的各生产阶段代号, 如样机试制为“S”, 正式生产为“B”等。

(4) 比例。仅在绘制位置图、印制板图等与尺寸有密切关系的电气图时填写。

(5) 共 张, 第 张。指同一代号中图样的总张数及该张图样所在的张次。

(6) 单位名称。指绘制图样的单位名称或代号。

(7) 图样代号。简称图号, 应按相关标准或规定填写。

(五) 明细栏

明细栏一般由序号、代号、名称、数量、材料、质量(单件、总计)、分区、备注等组成, 也可按实际需要增加或减少, 装配图或其他带装配性质的图样一般都有明细栏。

明细栏应配置在标题栏上方, 表头紧接标题栏, 各组成部分按自下而上的顺序逐行填写。明细栏的参考格式如图 1-6 所示。

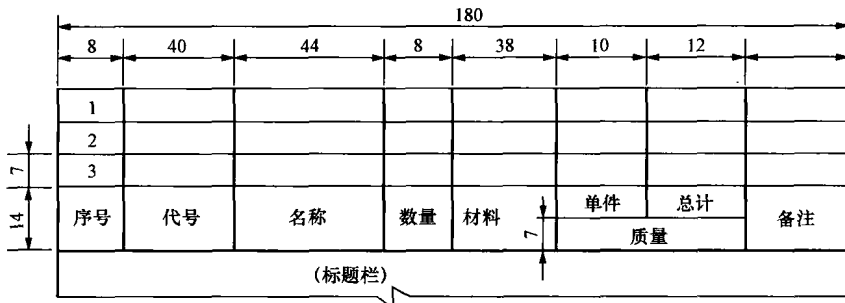


图 1-6 明细栏参考格式

栏内有关内容的填写按照下述规定执行:

(1) 序号。填写图样中相应组成部分的序号。

(2) 代号。填写图样中相应组成部分的图样代号或标准号。

(3) 名称。填写图样中相应组成部分的名称,必要时,也可写出其形式与尺寸。

(4) 数量。填写图样中相应组成部分在装配中所需要的数量。

(5) 材料。填写图样中相应组成部分的材料标记。

(6) 质量。填写图样中相应组成部分单件和总件数的计算质量,以千克(kg)为计量单位时,允许不写出其计量单位。

(7) 分区。必要时,应按照规定将分区代号填写在备注栏中。

(8) 备注。填写该项的附加说明或其他有关的内容。

二、电动机控制系统电气图的基本知识

1. 图形符号

图形符号通常用来表示一个设备或概念的图形、标记或字符。电气控制系统图中的图形符号必须按相关国家标准来绘制。

2. 文字符号

文字符号分为基本文字符号和辅助文字符号。基本文字符号又包括单字母符号和双字母符号,前者是按拉丁字母将各种电气设备、装置和元器件划分为23大类,每大类用一个专用单字母符号表示。如“C”表示电容器类,“R”表示电阻器类等。后者是由一个表示种类的单字母符号与另一字母组成,其组合形式应以单字母符号在前、另一字母的后在次序列出。如“GB”表示蓄电池,“G”为电源的单字母符号。只有当用单字母符号不能满足要求、需要将大类进一步划分时,才采用双字母符号,以便较详细和更具体地表述电气设备、装置和元器件。辅助文字符号是用以表示电气设备、装置和元器件以及线路的功能、状态和特征的。如“SYN”表示同步,“L”表示限制,“RD”表示红色等。

文字符号适用于电气技术领域中的技术文件的编制,也可表示在电气设备、装置和元件上或其近旁以标明它们的名称、功能、状态和特征。

3. 主电路各接点标记

三相交流电源引入线采用L1、L2、L3标记。电源开关之后的三相交流电源主电路分别按U、V、W顺序标记。分级三相交流电源主电路采用三相文字代号U、V、W的前边加上阿拉伯数字1、2、3等来标记,如1U、1V、1W;2U、2V、2W等。

三、电动机控制系统电气图分类及绘制原则

电气控制系统电路图有三种:电气原理图、电气安装接线图和电器布置图。三种图的图纸尺寸一般选用297×210、297×420、297×630、297×840(mm)四种幅面,特殊需要可按《机械制图》国家标准选用其他尺寸。

电气原理图是根据控制线路的工作原理而绘制的,具有结构简单、层次分明、便于研究和分析电路的工作原理等优点,在各种生产机械的电气控制中得到了广泛的应用。

绘制电气原理图时应遵循以下原则:

(1) 电气控制线路一般由主电路和控制电路组成。绘制主电路时,一般用粗线条把它画在原理图的左边;绘制控制电路时,一般用细线条把它画在原理图的右边。

(2) 电气原理图中,所有电气元件对应的图形、文字符号必须采用国家规定的统一标准。

(3) 绘制电气元件展开图时,同一电气元件的各部件可以不画在一起,但需用同一文

字符标出。若有多个同一种类的电气元件，可在文字符号后加上数字序号，如 KM1、KM2 等。

(4) 所有按钮、触点均按没有外力作用和没有通电时的原始状态画出。

(5) 控制线路的分支线路，原则上按照动作先后顺序排列，两线交叉连接时的电气连接点须用黑点标出。

图 1-7 所示为某机床控制线路的电气原理图。

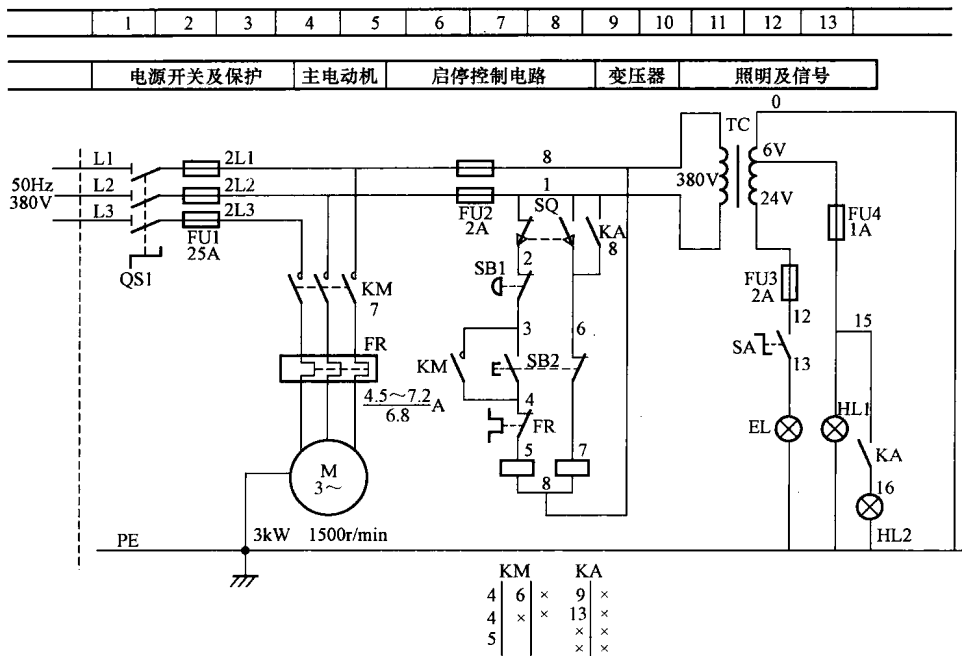


图 1-7 某机床电气原理图

电气元件布置图是在图纸上表明所有电气设备包括电动机、电器等的实际位置，它是机械电气控制设备制造、安装和维护必不可少的技术文件。

绘制电气元件布置图时应遵循以下原则：

(1) 根据设备的复杂程度，电气元件布置图一般集中绘制在一张图上，特殊需要时也可以将控制柜与操作台的电气元件布置图分别绘制。

(2) 绘制布置图时机械设备轮廓用双点划线画出，所有可见的和需要表达清楚的电气元件及设备，需用粗实线绘制出其简单的外形轮廓。

(3) 电气元件及设备代号必须与对应电路图和清单上的代号一致。

图 1-8 所示为某机床控制线路的电气元件布置图。

电气安装接线图是按照电气元件的实际位置 and 实际接线绘制的，根据电气元件布置最合理、连接导线最经济等原则来安排。它为安装电气设

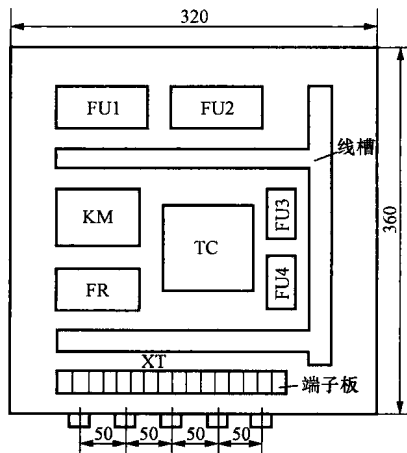


图 1-8 某机床控制线路的电气元件布置图