

机电设备与机械电子制造

陈兆兵 刘晓莉 郭伟 著

汕头大学出版社

机电设备与机械电子制造

陈兆兵 刘晓莉 郭伟 著

汕头大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

机电设备与机械电子制造 / 陈兆兵, 刘晓莉, 郭伟
著. -- 汕头 : 汕头大学出版社, 2018.4
ISBN 978-7-5658-3595-7

I. ①机… II. ①陈… ②刘… ③郭… III. ①机电设
备—机械制造 IV. ①M205

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 092187 号

机电设备与机械电子制造

JIDIAN SHEBEI YU JIXIE DIANZI ZHIZAO

著 者: 陈兆兵 刘晓莉 郭 伟

责任编辑: 汪小珍

责任技编: 黄东生

封面设计: 瑞天书刊

出版发行: 汕头大学出版社

广东省汕头市大学路 243 号汕头大学校园内 邮政编码: 515063

电 话: 0754-82904613

印 刷: 廊坊市国彩印刷有限公司

开 本: 710mm × 1000 mm 1/16

印 张: 22.5

字 数: 340 千字

版 次: 2018 年 4 月第 1 版

印 次: 2019 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 88.00 元

ISBN 978-7-5658-3595-7

版权所有, 翻版必究

如发现印装质量问题, 请与承印厂联系退换

前言

设备通常泛指国民经济各部门和社会领域的生产和生活物质的技术装备、设施、装置和仪器等。机电设备则是指应用了机械、电子技术的设备。我们通常所说的机械设备是机电设备中最重要的组成部分。

任何产业和工程领域都需要使用机电设备，例如，农业、林业、矿山等需要农业机械设备、林业机械设备、矿山机械设备；冶金和化学工业需要冶金机械设备、化工机械设备；纺织和食品加工工业需要纺织机械设备、食品加工机械设备；房屋建筑、道路、桥梁及水利等工程需要工程机械设备；电力工业需要动力机械设备；交通运输业需要各种车辆、船舶、飞机等交通运输设备；各种商品的计量、包装、储存、装卸需要相应的工作机械设备。就是在人们的日常生活之中，对机电设备的需求也越来越多，如自行车、钟表、照相机、洗衣机、冰箱、空调机、吸尘器、汽车、计算机等已成为人类生活的不可缺少的物质基础。社会的发展要求机电设备有与之相适应的发展，而机电设备的发展和完善，又促进了新技术、新产业的出现和发展。

近年来，随着我国制造业的快速发展和制造技术的迅速进步，对制造操作者提出了新的要求，新兴的制造业需要既有一定技术、知识、素质，又能熟练操作的高素质劳动者。这就要求我们的职业教育必须满足这种变化和要求。

本书在内容的选择上，简化了相关理论基础的篇幅，对基本理论和知识采取了“必需、够用、实用”的原则，不强调理论的系统性和完整性，减少了公式的推导、基本理论的陈述等理论性过强的内容；对与工程实践联系比较多、比较紧密的相关内容，力求用精练的语言，由浅入深，系统、完整地讲述应掌握的工艺理论和技术要点，着重培养学生解决实际问题的能力。

由于编者水平有限，错漏之处在所难免，恳请广大专家、学者和读者不吝批评、指正。

目 录

第一章 机电设备的分类与应用	1
第一节 机电设备的分类.....	1
第二节 金属切削机床.....	2
第三节 起重设备.....	5
第四节 办公自动化设备.....	8
第二章 机电设备的构成	11
第一节 动力源.....	11
第二节 传动装置.....	15
第三节 检测与传感装置.....	20
第四节 控制系统.....	24
第三章 机电设备应用举例	31
第一节 普通车床.....	31
第二节 数控机床.....	50
第三节 自动化生产线.....	63
第四节 电梯.....	71
第五节 复印机.....	82
第四章 设备管理与安全使用规范	94
第一节 设备管理基本知识.....	94
第二节 机电设备的安全使用.....	101
第五章 机械制造工艺基础	104
第一节 生产过程与工艺过程.....	104
第二节 零件结构的工艺性分析.....	107
第三节 毛坯的选择.....	109
第四节 工件的定位与基准.....	111
第五节 加工工艺路线的拟定.....	116
第六节 加工余量的确定.....	119
第七节 工序尺寸公差确定.....	123
第八节 机械加工的生产效率及技术经济分析.....	127

第六章 机械加工工艺系统	132
第一节 零件表面的成形和机械加工运动.....	132
第二节 金属切削机床.....	136
第三节 刀具.....	139
第四节 金属切削过程简介.....	144
第五节 专用夹具初步.....	155
第七章 机械制造质量分析	163
第一节 机械制造质量分析概述.....	163
第二节 机械加工精度.....	165
第三节 加工误差综合分析.....	177
第四节 提高和保证加工精度的途径.....	181
第五节 机械加工表面质量.....	184
第八章 机械装配工艺基础	193
第一节 机械装配工艺概述.....	193
第二节 装配尺寸链.....	198
第三节 保证产品装配精度的方法.....	200
第四节 产品装配工艺规程的制定.....	204
第五节 装配工艺基础综合训练.....	208
第九章 机械零件的精密加工方法	209
第一节 机械零件的精密加工概述.....	209
第二节 精密加工和超精密加工方法.....	211
第三节 精密加工和超精密加工的特点及发展.....	214
第十章 零件的特种加工方法	217
第一节 零件的特种加工概述.....	217
第二节 电火花加工.....	219
第三节 电解质加工和电解磨削.....	224
第四节 超声加工.....	226
第五节 激光加工.....	229
第六节 其他特种加工.....	231

第十一章 机电一体化基本概念	235
第一节 机电一体化的定义.....	235
第二节 机电一体化的相关技术.....	239
第三节 机电一体化技术的发展前景.....	242
第十二章 机电一体化中机械系统部件的选择与设计	244
第一节 传动机构.....	244
第二节 导向及支承结构.....	253
第三节 机械执行机构.....	262
第十三章 机电一体化中微型计算机控制系统及接口设计	266
第一节 控制系统的一般设计思路.....	266
第二节 机电一体化中的微型计算机系统.....	275
第三节 单片机控制系统设计.....	286
第四节 执行元件的功率驱动接口.....	293
第十四章 机电一体化中伺服系统设计	300
第一节 步进电机驱动及其控制.....	301
第二节 直流伺服驱动及其控制.....	313
第三节 交流伺服驱动.....	322
第四节 控制方式的选择与计算实例.....	333
参考文献	344

第一章 机电设备的分类与应用

第一节 机电设备的分类

机电设备的种类很多，分类方法多种多样。按机电设备的用途可分为三大类：产业类机电设备、信息类机电设备、民生类机电设备。

产业类机电设备是指用于生产企业的机电设备。例如，普通车床、普通铣床、数控机床、线切割机、食品包装机械、塑料机械、纺织机械、自动化生产线、工业机器人、电机、窑炉等，都属于产业类机电设备。

信息类机电设备是指用于信息的采集、传输和存储处理的电子机械产品。例如，计算机终端、通讯设备、传真机、打印机、复印机及其他办公自动化设备等，都是信息类机电设备。

民生类机电设备是指用于人民生活领域的电子机械和机械电子产品。例如，VCD、DVD、空调、电冰箱、微波炉、全自动洗衣机、汽车电子化产品、医疗器械以及健身运动机械等都是民生类机电设备。

按国民经济行业分类与代码、全国工农业产品（商品、物资）分类与代码等国家标准分类方法分类，将机电设备分为通用机械类，通用电工类，通用、专用仪器仪表类，专用设备类四大类。这种分类方法常用于行业设备资产管理、设备选型、机电产品目录、资料手册的编目等。

第二节 金属切削机床

一、金属切削机床的分类

金属切削机床（简称机床）的品种和规格繁多，对它们进行分类并编制型号，可以方便地进行区别、使用和管理。机床按照使用上的通用程度，可以分为通用机床、专用机床、机床自动线。其中，通用机床加工范围较广，在这类机床上可以加工多种零件的不同工序。例如，普通车床、卧式镗床、铣床等，都属于通用机床。专用机床是用来加工某一种（或几种）零件的特定工序的机床，如组合机床、机床主轴箱的专用镗床等。机床自动线则由通用机床或专用机床组成。

通用机床按工作原理分为 11 类，包括车床、钻床、镗床、磨床、齿轮加工机床、螺纹加工机床、铣床、刨插床、拉床、锯床和其他机床，必要时，每类机床又可分为若干类型。

机床还可以按照自动化程度的不同，分为手工的、机动的、半自动的和自动的机床。

除上述基本分类方法外，还可以按照加工精度、主轴数目，以及机床重量等进行分类。随着机床的不断发展，其分类方法也将不断改变。

二、通用机床型号

1. 机床型号表示方法

我国的金属切削机床型号是按 1995 年实施的 GB/T 15375-1994《金属切削机床型号编制方法》编制的。此标准规定机床型号由汉语拼音字母和阿拉伯数字按一定格式组合而成，它适用于各类通用机床、专用机床和机床自动线（不含组合机床和特种加工机床）。

2. 机床的类、组、系的划分及其代号

位于型号首位的是金属切削机床的类，类代号用汉语拼音字母表示，如

车床用 C 表示。如果类中还有分类，那么在类代号前加阿拉伯数字表示分类代号，其中第一分类代号数字“1”省略，例如，磨床类分为 M、2M、3M 三个分类。

机床的组代号和系代号用两位阿拉伯数字表示，前面的数字表示组代号，后面的数字表示系代号。每类机床按主要布局及使用范围划分为 10 个组，用数字 0~9 表示，每组机床按其主参数、主要结构及布局形式又分为若干个系。

3. 机床的通用特性代号及结构特性代号

当某类型机床除普通型外，还有某种通用特性时，要在类代号之后加通用特性代号表示区别。通用特性代号用汉语拼音字母表示，在各类机床中所表示的意义相同。

为了区别主参数相同而结构、性能不同的机床，在型号中用结构特性代号予以表示。结构特性代号用汉语拼音字母表示，它是根据各类机床的情况分别规定的，在型号中没有统一的含义。当型号中有通用特性代号时，结构特性代号排在通用特性代号之后。

4. 机床主参数或设计顺序号、主轴数或第二主参数

机床的主参数位于系代号之后。主参数的计量单位有统一规定，尺寸为 mm，力为 kN，功率为 W。型号中主参数用折算值表示。当无法用一个主参数表示时，则在型号中用设计顺序号表示。

对于多轴机床，其主轴数应以实际数值列入型号。第二主参数一般是指最大跨距、最大工件长度、最大车削（磨削、刨削）长度、最大模数及工作台面长度等。在型号中一般不予表示，如有特殊情况，也用折算值表示。

5. 机床的重大改进顺序号

对于性能和结构布局有着重大改进并按新产品重新设计、试制和鉴定的机床，应在原机床型号尾部加改进顺序号，与原机床型号区别开。改进顺序号按汉语拼音字母的顺序选用，但“1”“0”字母不允许选用。

6. 机床其他特性代号

其他特性代号主要用以反映各类机床的特性，如：对于数控机床，可用来反映不同的控制系统等；对于加工中心，可用以反映控制系统、自动交换主轴头、自动交换工作台等；对于柔性加工单元，可用以反映自动交换主轴

箱；对于一机多能机床，可用以补充表示某些功能；对于一般机床，可以反映同一型号机床的变型等。其他特性代号，可用汉语拼音字母（“I、O”两个字母除外）表示。当单个字母不够用时，可将两个字母组合起来使用，如：AB、AC、AD 等，或 BA、CA、DA 等，也可用阿拉伯数字表示，还可用阿拉伯数字和汉语拼音字母组合表示。

三、金属切削机床的技术性能与技术规格

1. 工艺范围

机床的工艺范围是指其适应不同生产要求的能力，即机床上可以完成的工序种类，能加工的零件种类，毛坯和材料种类，适应的生产规模等。根据工艺范围的宽窄，机床可分为通用（万能）、专门化和专用三类。通用（万能）机床可以加工一定尺寸范围内的各种零件，完成多种多样的工序，工艺范围很宽，但结构比较复杂，自动化程度和生产效率往往比较低，适用于产品批量小、加工对象经常变动的单件、小批量生产。专门化机床只能加工一定尺寸范围内的一类或少数几类零件，完成一种（或少数几种）特定的工序，工艺范围较窄。一般说来，专门化机床和专用机床的结构比通用机床简单，自动化程度和生产效率较高，适用于大批量生产。

2. 技术规格

机床的技术规格是指反映机床加工能力、工作精度及工作性能的各种技术数据，包括主参数，运动部件的行程范围，主轴、刀架、工作台等执行件的运动速度、工作精度、电动机功率、机床的轮廓尺寸和质量等。为了适应加工各种尺寸零件的需要，每一种通用机床和专门化机床都有大小不同的各种技术规格。例如卧式车床的主参数有 250mm、320mm、500mm、630mm、800mm、1000mm、1250mm 等 8 种规格；主参数相同的卧式车床，往往又有几种不同的第二参数，也就是它的工件最大加工长度。例如，CA6140 型卧式车床，它的工件在床身上最大回转直径为 400mm，工件最大加工长度有 750mm、1000mm、1500mm 和 2000mm 四种。

机床的技术规格可以从机床说明书中查得。它是设备维修与管理部门在机床设备选型、准备机床的维修备件、设备管理的主要原始依据之一。

第三节 起重设备

一、起重设备的分类

1. 轻小型起重设备

它包括千斤顶、滑车、绞车、手动葫芦和电动葫芦等，其特点是构造比较简单，一般只有一个升降机构，使重物作单一升降运动。

2. 起重机

(1) 桥式类型起重机。在工业生产现场常看到的桥式起重机、特种起重机、梁式起重机、门式起重机、装卸桥等都属于这种类型的起重机。它们都有起升机构、大小车行走机构。重物除能作升降运动外，还能作前后和左右的水平运动，三种运动配合可完成重物在一定的三维空间内的起重与搬运。

(2) 臂架式类型起重机。汽车起重机、轮胎式起重机、履带式起重机、塔式起重机、门座式起重机、浮式起重机和铁路起重机等都属于臂架式类型起重机。它们由起升机构、变幅机构、旋转机构和行走机构组成，依靠这些机构的配合动作可使重物在一定的圆柱形或椭圆柱形空间内起重和运动。在建筑工地、港口码头、货场都能看到这种类型的起重机。

3. 升降机

升降机是重物或取物装置沿着导轨升降的起重机械，它包括载人或载货电梯，连续工作的自动扶梯等。升降机虽然只有一个升降动作，但机构很复杂，特别是载人的升降机，要求有完善的安全装置和其他附件装置。

二、起重设备的基本参数

起重设备的基本参数是说明起重机械性能和规格的数据，是了解起重设备的主要依据。起重设备的基本参数主要有额定起重量、起升高度、跨度和轨距、幅度、额定工作速度、起重机的利用等级、起重机的载荷状况、起重

机的工作级别等。我国已经制定出起重设备的国家标准，需要时可以查阅。

起重设备的基本参数中额定起重量、额定工作速度非常重要，在使用、维护、维修中必须特别注意满足它们的数值要求。

额定起重量是指起重机在正常工作时允许起吊物品的最大重量，用 Q 表示。使用中起重设备的起重量不允许超过额定起重量。如果使用其他辅助取物装置或吊具（电磁吸盘、夹钳等），这些装置的自重也要包括在起重量内。

起重设备工作时的速度也有额定值，这就是起重设备的额定工作速度。额定工作速度包括额定起升速度、额定运行速度、额定变幅速度和额定回转速度。额定起升速度是指起升机构电动机在额定转速时，取物装置的上升速度。额定运行速度是指运行机构电动机在额定转速时，起重机或小车的运行速度。额定变幅速度是指臂架式起重机的取物装置从最大幅度到最小幅度水平位移的平均速度。额定回转速度是指旋转机构电动机在额定转速时，起重机围绕其回转中心的回转速度。

三、电梯的分类与型号

1. 电梯的分类

按用途分类，电梯可以分为乘客电梯、载货电梯和专用电梯。乘客电梯主要用于运送乘客，其行驶速度一般在 0.8m/s 以上，有时可达 2m/s ；载货电梯用于运送货物，行驶速度在 1m/s 以下；专用电梯一般为特殊需要而设计，如医院用来运送病员和医疗器械的专用电梯，为了出入方便，往往设计成两面开门，行驶速度较慢。

按速度分类，电梯可以分为超高速电梯（速度 $v \geq 5\text{m/s}$ ）、高速电梯（ $2\text{m/s} < \text{速度 } v < 5\text{m/s}$ ）、快速电梯（ $1\text{m/s} < \text{速度 } v \leq 2\text{m/s}$ ）、低速电梯（速度 $v \leq 1\text{m/s}$ ）。

按驱动方式分类，电梯可分为钢丝绳式、液压式、齿轮齿条式。钢丝绳式是由钢丝绳与曳引轮槽工作面之间的摩擦力而产生牵引力的，这是一种应用广泛的电梯驱动方式；液压式一般在较低压的大型货栈中使用；齿轮齿条式使用于建筑工地运送人员及材料。

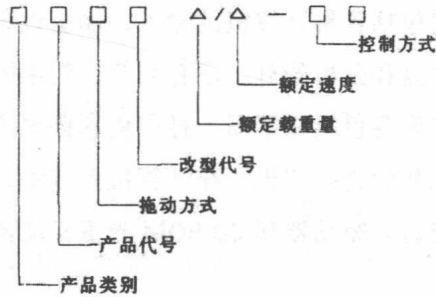
按曳引电动机型式分类，电梯可分为交流电动机电梯和直流电动机电梯。

前者使用交流电动机驱动，用于运行速度在 0.5m/s 至 1m/s 之间的乘客电梯和载货电梯；后者由于使用直流电动机驱动，调速性能好，被广泛用于快速电梯和高速电梯。

2. 电梯的型号

和其他机电设备一样，电梯制造厂家要在自己厂家的电梯铭牌上写上自己产品的型号，以简单明确的方式，将电梯基本规格的主要内容表示出来。

我国规定了电梯型号的编制方法。电梯的型号由三部分组成：前面是类、组、型和改型代号，中间是主要参数代号，最后是控制方式代号，其表示方法及含义如下：



额定载重量和额定速度是电梯的两个主要参数，均用阿拉伯数字表示。额定载重量的单位是 kg，额定速度的单位是 m/s。

3. 电梯产品型号举例

TKJ1000/1.6-JX 表示：交流乘客电梯，额定载重量 1000kg，额定速度 1.6m/s，集选控制方式。

TKZ1000/2.5-JX 表示：直流乘客电梯，额定载重量 1000kg，额定速度 2.5m/s，集选控制方式。

THY1000/0.63-AZ 表示：液压载货电梯，额定载重量 1000kg，额定速度 0.63m/s，按钮控制，自动门。

应该注意的是，各行各业使用的电梯都有国外进口产品。目前，我国加入了 WTO，势必将有更多的国外电梯进入我国，各国对电梯型号均有不同的表示方法。另外，一些国内电梯制造厂家，因其技术是由国外引进的，所以在生产时仍沿用被引进国或公司的型号。所以，我们有必要了解一些国外的电梯型号表示方法。

第四节 办公自动化设备

一、办公自动化设备的分类

1. 计算机类设备

计算机是信息时代办公活动中的关键设备。计算机类办公自动化设备包括各种计算机以及各种联机外部设备。

联机外部设备主要包括各种计算机的输入、输出设备和外存储器。计算机输入设备除常用的键盘和鼠标器外,还有光笔、数字图像扫描仪和语言输入设备等。计算机输出设备包括显示器、打印机和自动绘图仪等。新型的输出设备还有喷墨打印机和激光打印机。在计算机系统中,用作外存储器的设备主要是磁盘(软、硬盘)驱动器和 CD-ROM 光盘驱动器。

2. 通信类设备

通信类设备在办公自动化中必不可少,如收发文件、打电话、发传真都是不同形式的通信方法。通信类办公自动化设备主要包括通信网络设备和用户终端设备。

通信网络设备有程控交换机、长距离数据收发器、调制解调器、计算机局域网、公用电话网、公用分组交换数据通信网等。用户终端设备与办公人员关系最为密切,诸如按键式电话机、录音电话机、磁卡电话机、移动电话机、图文传真机、电传机等都属于用户终端设备。

3. 办公用机电类设备

办公用机电类设备最多,根据其功能大致分为:

- (1) 信息复制设备,如复印机、一体化复印机、电子排版印刷系统等。
- (2) 信息储存设备,如录音机、摄像机、数码照相机等。
- (3) 其他辅助设备,如幻灯机、投影仪、碎纸机、装订机等。

二、打印机的常见机型

打印机可分为击打式打印机和非击打式打印机两大系列。击打式系列的打印机利用电机械原理，使用字锤击打活字载体上的字符，或者使用打印钢针撞击色带和纸，打印出点阵组成的字符图形。针式打印机就是这类打印机。非击打式系列的打印机利用各种物理或化学的方法打印。这类打字机主要产品是喷墨打印机和激光打印机。

选择打印机一般要考虑打印质量、打印速度、打印精度、工作噪声、可靠性等几项技术指标。对所选择的打印机可进行打印速度测试、打印质量测试和噪声测试。

三、传真机的常见类型

传真机的种类很多，可以按多种方法分类。按照传真机的用途，可分为相片传真机、报纸传真机、气象传真机和文件（或图文）传真机；按传真机通信时所占用的电话线路数，可分为单路传真机和多路传真机；按传真机传送色调，可分为黑白传真机和彩色传真机。

文件传真机又叫图文传真机，主要用于传送文件和图片。文件传真机以 CCITT（国际电报电话咨询委员会）的建议 T 系列为依据，按传送一页 ISO（国际标准化组织）标准的 A4（210mm×297mm）幅面相同的样张所用的时间来划分，进一步分为四种类型：一类（G1）传真机；二类（G2）传真机；三类（G3）传真机；四类（G4）传真机。

按 CCITT 建议 T.2 中的规定，凡采用双边带调制，其发送信号不采取频带压缩措施，占用一个电话线的话路，在 6min 之内以每毫米 3.85 线的副（垂直）扫描密度传送一页 A4 原稿的传真机为一类传真机。按 CCITT 建议 T.3 中的规定，凡采用频带压缩措施，占用一个话路，在 3min 之内以每毫米 3.85 线的副（垂直）扫描密度传送一页 A4 原稿的传真机为二类传真机。按 CCITT 建议 T.4 中的规定，凡是在信号发送调制之前采用了减少图文信号中多余信息的技术措施，以主（水平）分辨率每毫米 8 点，副（垂直）扫描密度每毫

米 3.85 线，传输速率 9600bit/s，占用一个话路，在 1min 之内传送一页 A4 原稿的传真机为三类传真机。

前三类传真机是利用公用交换电话网来进行传真通信的，而第四类传真机主要采用公用数据网和综合业务数字网来传输信号，不需要调制解调器，数据传输率大为提高。根据 CCITT 建议，在数据网上，以 64000bit/s 的传输速率，在 3s 内传送一页 A4 原稿的传真机为四类传真机。

四、复印机的常见类型

按照用途不同，复印机可分为办公用复印机、工程图纸复印机、彩色复印机和特殊用途复印机四种类型；按照复印方法的不同，复印机又可以分为重氮复印机、银盐复印机、静电复印机和热敏复印机。总的来讲，复印机有以下类型：

