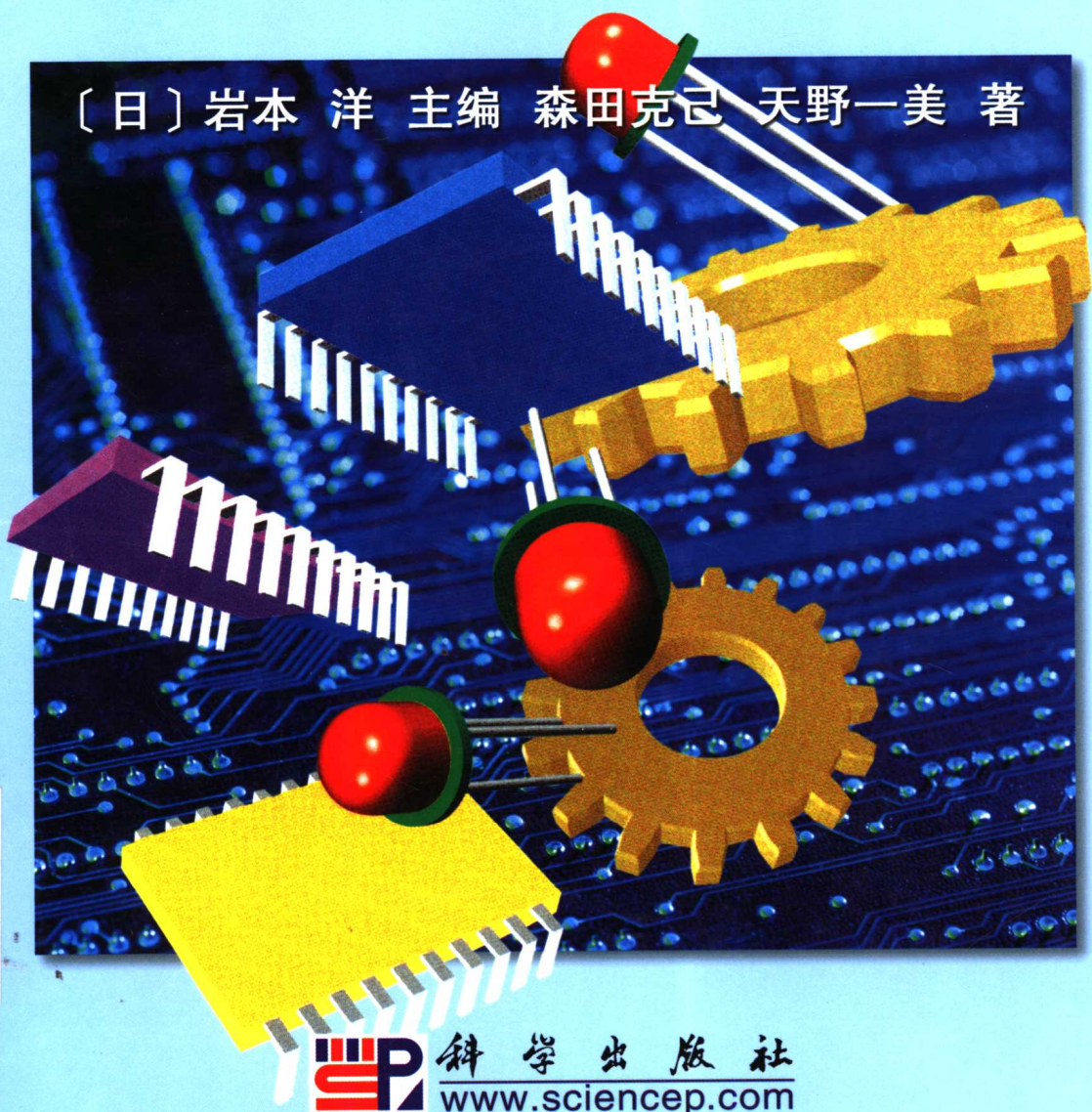


OHM 电子爱好者读物

机电一体化入门

〔日〕岩本 洋 主编 森田克己 天野一美 著



科学出版社
www.sciencep.com

图字：01-2002-1666 号

Original Japanese language edition

Hajimete Manabu Mechatronics Nyumon Hayawakari

By Hiroshi Iwamoto, Katsumi Morita and Kazumi Amano

Copyright © 1997 by Hiroshi Iwamoto, Katsumi Morita and Kazumi Amano

Published by Ohmsha, Ltd.

This Chinese version published by Science Press, Beijing

Under license from Ohmsha, Ltd.

Copyright © 2002

All rights reserved

初めて学ぶ

メカトロニクス入門早わかり

岩本 洋 森田克己 天野一美 オーム社 1997

图书在版编目(CIP)数据

机电一体化入门/(日)岩本 洋主编,森田克己,天野一美著;徐其荣译.

--北京:科学出版社,2003

(OHM 电子爱好者读物)

ISBN 7-03-010374-2

I. 机… II. ①岩…②森…③天…④徐… III. 机电一体化 IV. TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 026229 号

责任编辑 崔炳哲 责任制作 魏 谨

责任印制 刘士平 封面设计 李 力

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号 邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司 印刷

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科学出版社发行 各地新华书店经销

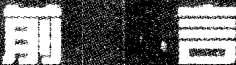
2003年5月第一版 开本:B5(720×1000)

2003年5月第一次印刷 印张:15

印数:1--5 000 字数:260 000

定 价: 24.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)



在产业界,尤其是在制造业中的所有领域,均在追求自动化与信息化,其目的自然是为了节约劳动力、提高产品合格率与劳动生产率。

要推进自动化,机械学(mechanics)与电子学(electronics)二者缺一不可。把二者结合在一起,作为一个术语就称为“机电一体化”(mechatronics)。但“mechatronics”不是规范的英语,是日本造出来的,即所谓的日本式英语。

对“机电一体化”稍加思索就可知道,除了机械技术与电子技术之外,它还与信息技术密切相关,将这些技术综合为一体就构成了机电一体化。也就是说,机电一体化技术是由核心技术与其他多种技术组合而成的。其核心技术有:把物理量或化学量变换为电气量的传感器技术,能产生旋转运动或直线运动的执行机构技术,连接传感器与计算机或连接计算机与执行机构的接口技术等;其他多种技术则包括控制技术中的顺序控制技术与反馈控制技术和能操纵计算机的程序技术等。

本书作为技术入门书,考虑到初学机电一体化的读者,在撰稿时,我们注重了以下几点:

1. 内容表达尽量做到通俗易懂。
2. 尽量利用插图帮助读者直观地理解相关内容。
3. 以学习机电一体化的基础知识作为出发点,不详述学术理论方面的细节,而以实用为主。
4. 每二三页介绍一个主题,最后通过解习题加深对正文的理解。

本书的执笔分工如下:

第1~4章 东京都立藏前工业高等学校 森田克己

第5~8章 东京都立工业技术教育中心 天野一美

希望读者通过对本书的学习,能掌握机电一体化的基础知识,作为进一步深造的台阶。

全国工业高等学校校长协会 顾问 岩本 洋

译者版

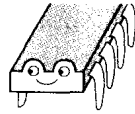
进入 21 世纪,尤其我国加入 WTO 之后,科学技术、工农业生产迎来了新的发展机遇,也面临着新的挑战。

为了适应在国际大市场上竞争的需要,各行各业的人们都迫切需要学习新技术、新理论、新方法。机电一体化正是所有人都多少会接触到的实用技术。它广泛深入到从军用到民用、从工业到农业的所有国民经济领域,小到手表、照相机,大到汽车、飞机、火箭、人造卫星、核电站等,无不应用了机电一体化的技术和产品。

《机电一体化》这本书,是满足各行各业人们需要的一本入门教材。书中对原理的讲述深入而详细,图文并茂,文字浅显易懂,并有练习题、挑战题,便于复习掌握要点。非常适合作为中高级技师、就业培训及军地两用人才的培训教材,也可以供有初中以上文化程度的有兴趣的读者自学之用。也是理工科中等专业学校的教师们了解这方面知识的必备教材或参考手册。本书的编写既全面地描述了机电一体化的各方面技术,充分阐述其基本原理,又有非常实用的例子,适合实际制作,并且各章节中一个一个专题均自成体系,相对独立。适合于不同层次的读者任意选学。由于本书的上述特色,其原版书十分畅销并已多次重印,深受读者欢迎。

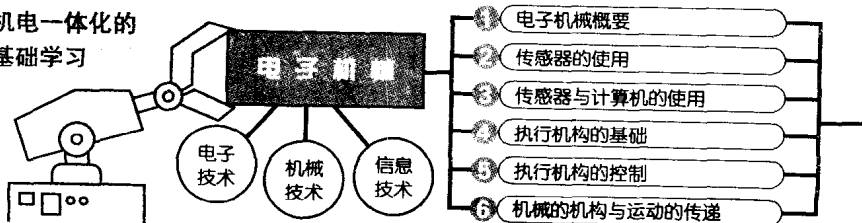
本书中所提及的内容,既有当前正在普及的技术,也有一些比较新颖的内容,如最后部分介绍的机器人的制作等。读者可在掌握本书内容的基础上,进一步学习自己感兴趣的相关新技术,努力跟上时代的前进步伐。

目 录



第1章 机电一体化的控制装置		1
1 机电一体化的支持技术	2	
2 常见的机电一体化	5	
3 机电一体化的机械装置	8	
4 机电一体化的电路知识(1)	11	
5 机电一体化的电路知识(2)	14	
6 可编程控制器	17	
7 PC 的编程	20	
◆ 挑战题	23	
第2章 传感器的基础知识		24
1 传感器的定义	25	
2 各种各样的传感器(1)	28	
3 各种各样的传感器(2)	31	
4 来自传感器的输入信号	34	
5 数字量的输入	37	
6 模拟量的输入	40	
7 传感器输入实践	43	
◆ 挑战题	46	
第3章 执行机构的基础知识		47
1 执行机构的作用	48	
2 执行机构的驱动电路	51	
3 继电器电路	54	
4 使用晶体管的驱动电路	57	
5 螺线管驱动电路	60	
6 步进电动机的驱动电路	63	
7 固体继电器的驱动电路	66	
◆ 挑战题	69	
第4章 控制的基础知识		70
1 控制的定义	71	
2 计算机控制的定义	74	
3 数字信号的定义	77	
4 逻辑电路实验装置的制作方法	80	
5 IC 实验(1) AND 电路的实验	83	
6 IC 实验(2) OR, NOT 电路的 实验	86	
7 IC 实验(3) NAND, NOR 电路的 实验	89	
◆ 挑战题	92	

机电一体化的
基础学习



第5章 计算机与接口

93

- 1 计算机的构造 94
- 2 计算机的信号(1) 97
- 3 计算机的信号(2) 101
- 4 接口的定义 104

- 5 数据传输标准与通用接口 107
- 6 信号与程序 110
- 7 用于控制的主要程序语言 113
- ◆ 挑战题 116

第6章 输入输出装置与接口

117

- 1 8255 输入输出接口管脚与使用模式 118
- 2 试制 8255 输入输出接口板(1) 121
- 3 试制 8255 输入输出接口板(2) 124
- 4 8 位发光二极管的点灯电路 127

- 5 开关用接口电路 130
- 6 电磁继电器与接口 133
- 7 小型直流电动机的接口 136
- ◆ 挑战题 139

第7章 简单的控制程序

140

- 1 在控制中使用 C 语言的基本知识 ... 141
- 2 8 位发光二极管的亮、熄程序 145
- 3 利用开关的控制 148
- 4 利用传感器的控制 151

- 5 汽缸的控制 154
- 6 直流电动机的控制 157
- 7 步进电动机的控制 160
- ◆ 挑战题 163

第8章 简单装置的控制

164

- 1 用气动执行机构的传送装置的控制 165
- 2 简单自动门的控制 175
- 3 用步进电动机的传送装置的控制 ... 183

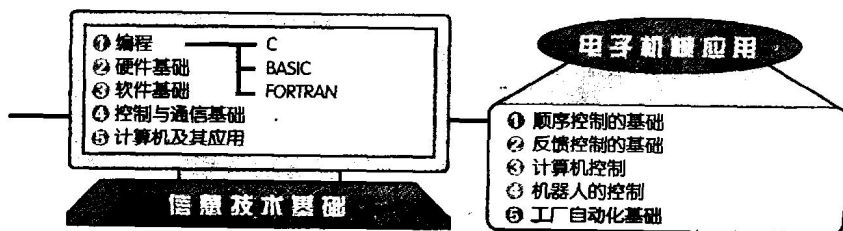
- 4 铁路模型的控制 195
- 5 中断控制的设计 206
- ◆ 挑战题 209

第9章 相扑机器人的制作技巧

210

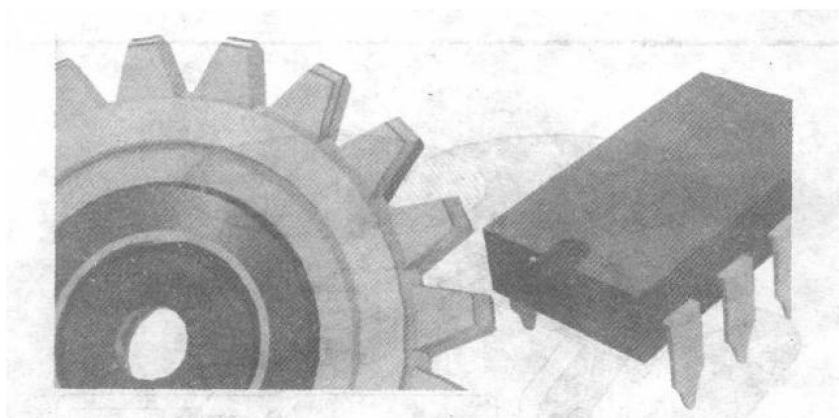
- 1 相扑机器人的定义 211
- 2 相扑机器人的体检 214
- 3 相扑机器人的组装(1) 217
- 4 相扑机器人的组装(2) 220

- 5 相扑机器人的组装(3) 223
- 6 相扑机器人的组装(4) 226
- 7 相扑机器人的控制 229
- 8 相扑机器人比赛大会规则摘要 232



第 1 章

机电一体化化的控制装置



机电一体化控制装置的发展

20世纪50年代，从洗衣机、黑白电视机进入家庭开始，兴起了工厂中的自动化风潮，运筹学与质量控制这些名词开始广泛传播。

20世纪60年代，日本进入以“日本列岛改造论”为特征的工业成长时期，开始了以奥林匹克为标志的繁华时代，随着高速公路、新干线的建成运营，街道上的汽车开始拥挤起来。号称3C的三大件，汽车（Car）、彩色电视机（ColourTV）与电冰箱（Cooler）已开始进入家庭。

20世纪70年代，在与电气设备相关的产业中，要求自动化、省力化的呼声已越来越高，控制装置被装入了产业机械之中，从而使劳动生产率得到飞速提高。

另外，由于半导体技术的快速发展和大规模集成电路的出现，进而进入微电子时代，也就进入了机电一体化的时代。机电一体化是传统的机械装置要素与电子装置要素的复合体作为特征的控制装置，现在不仅用在汽车与家用电器上，也用到了工厂里的生产设备上。

由于控制装置中装入了计算机而推进的机电一体化，使省力化、自动化更快地发展，制造出更方便、更小巧、更可靠、更具智能化功能的产品。

若以印制电路板用继电器的产量来考察这一机电一体化进展程度的话，1985年度的年产量为4亿个，八年后1993年度的年产量为10亿个。10亿这个数字就意味着每个日本人拥有10个当年所生产的印制电路板用的继电器。由此数字可推测，社会生活中所用的控制装置数量是多么巨大。

1 机电一体化支持技术

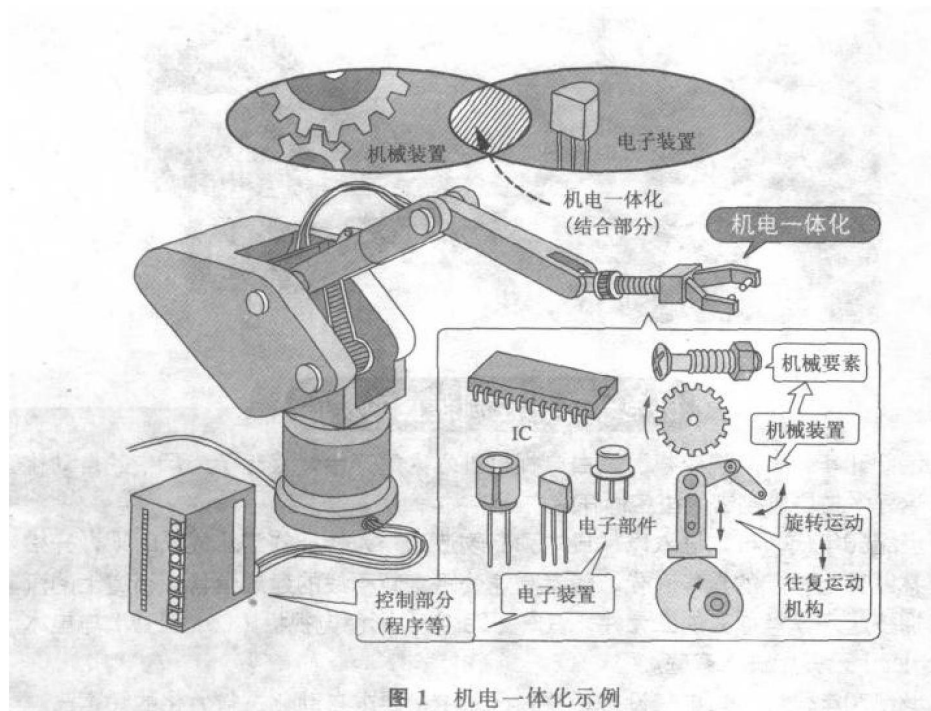


图 1 机电一体化示例

I 机电一体化的定义

“机电一体化”这个名词，现在已作为极普通的术语，在电视或新闻等有关大众传播媒体中广泛使用。

这一广为传播的术语，是机械意义上的机械技术与电气、电子意义上的电子学技术相结合，从而产生的日本式英语“机电一体化”(mechatronics)。

图 1 所示的机械手，可作为机电一体化的典型例子。其机械部分由螺钉、

齿轮、弹簧等机械零件和把它们组合起来的连杆机构组成。而作为信息处理装置的电子装置部分,为了得到更好的控制性能,由集成电路、电阻与电容器等电子电路元器件构成。

机电一体化这一术语产生的背景,可归结为 1980 年以来电子技术、信息技术的飞速进步以及这些技术与机械技术优势互补的结果。

现在,依靠机电一体化技术,用更新的技术进行设计、制造与开发,就能创造出高度机电一体化的机器。这就是所说的“机电一体化的发展,开创了今天的高度信息化时代”。

II

机电一体化的背景

我们考察一下机电一体化成为现代产业发展中心的背景。

大规模集成电路性能的提高与廉价销售

从真空管发展到晶体管是一个很大的变革,其特征可列举如下:

- ① 体积缩小;
- ② 性能的提高和功耗的降低;
- ③ 廉价销售。

从晶体管发展到大规模集成电路,再进一步发展到超大规模集成电路,更加快并强化了上述的变革特征。使机电一体化以更快地高速度向前迈进。

微处理器(超小型运算处理装置)技术的发展

随着超大规模集成电路技术的发展,开发出了使用更高性能微处理器的计算机。以前要用大型计算机处理的工作,现在用小型化后很容易装入机器中的计算机,同样也能处理。

传感器的发展与信息利用

举例来说,像图 2 所示的液面控制装置,现在还是有继续使用浮子进行沉浮控制,以实现阀门的打开与关闭操作的。

现在,可利用半导体传感器对液面进行控制,只要把随时间变化液面高度、变化幅度等物理量信息,变换为电信号提取出来,就能按要求进行控制。因此,由于传感器的发展,使得迄今为止作为信息处理有困难的化学量等,也能把它转换为数字量来处理。

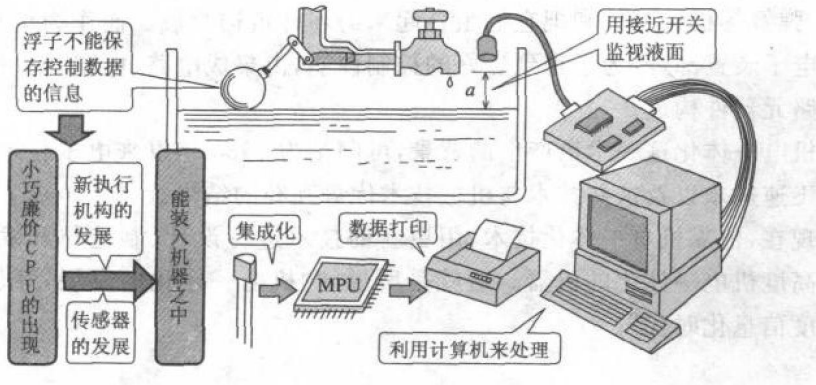


图 2 液面控制

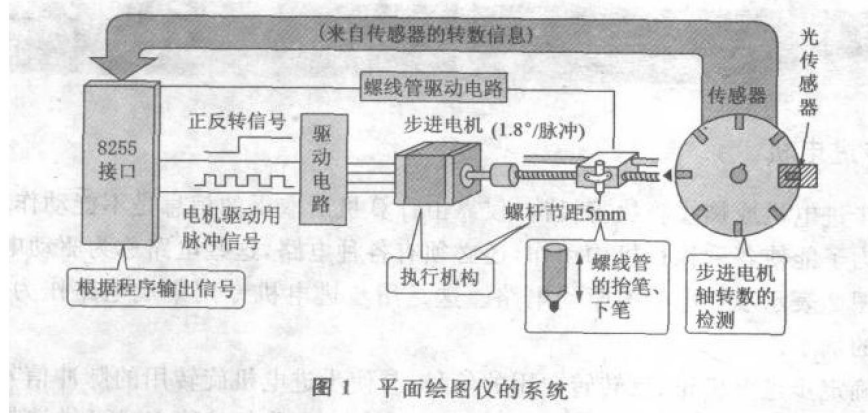
执行机构的开发

在机电一体化发展的同时,也开发了便于用电信号控制的驱动装置,例如步进电机等新的执行机构产品。借助这种具有机电一体化功能的执行机构,能开发出以前的机器或设备上无法实现的高精确度、高精密度的工件制品。同时,要想制造满足消费者需要的新式产品,只要通过变更控制程序,就能尽快且方便地实现。

在家庭生活中,也已充满了内置微型计算机的电气设备。所以说,机电一体化的发展会对现代社会带来无法估量的巨大影响。

2 常见的机电一体化

为了更好地理解机械(设备)的动作原理,现以平面绘图仪为例,来考察一下机电一体化构造。



I 平面绘图仪的系统

先考察一下关于平面绘图仪运动执行机构的控制系统。

步进电机的驱动

根据从图1所示的计算机中取得的信号,X方向的步进电机或Y方向的步进电机转动一个相应的角度。

画笔的抬起与放下(螺线管)

图1所示的绘图仪中,绘图与否是通过螺线管使画笔放下与抬起来实现的。步进电机与螺线管,就相当于平面绘图仪的两种执行机构。

II 传感器输入

转数(转角)的控制

图 1 所示平面绘图仪处于未使用状态,图中所示的步进电机驱动轴的一端,装有带缝隙的转盘,若装上穿透型光传感器,就能检测出轴的转数(即步进电机的转数)。以此对控制的状态进行监视,并对产生的状态进行控制,就称为闭环控制。与此对照,按照程序,按照指令的顺序来进行控制的方式,称为开环控制。一般来说,闭环控制能实现的控制精度高。

III 驱动电路

步进电机

步进电机或螺线管执行机构,仅靠由计算机所取得的信息是不能动作的。为了能使各种执行机构动作,还必须有各种电路,这些电路称为驱动电路。

图 2 表示步进电机的驱动电路。这是用步进电机专用集成电路作为驱动电路的例子。

确定步进电机正、反转转向用的信号,与使步进电机旋转用的脉冲信号,都必须有相应的输入端子。另外,对步进电机施加励磁有三种方式可供选择,即单相励磁、双相励磁与单、双相混合励磁。为此,还必须备有方式选择用的端子。

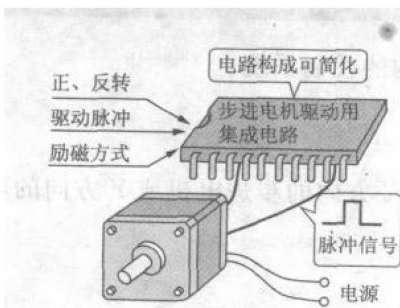


图 2 步进电机驱动电路

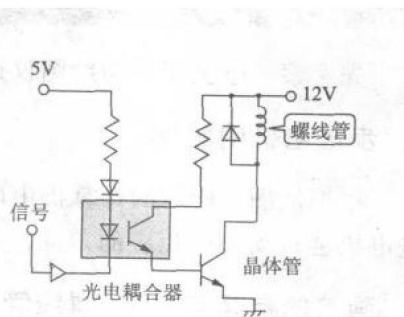


图 3 螺线管驱动电路

如图 2 所示,若用各种不同的步进电机专用集成电路作为驱动电路,则可简化电路结构,并能有效地发挥执行机构的功能。

螺线管

图 3 是放下与抬起画笔用的螺线管驱动电路的例子。取自接口的信号,经过晶体管的放大,便可得到驱动螺线管所必须的功率。

另外,像螺线管这类执行机构,在断开励磁时,会产生浪涌电压与噪声干扰等现象,并通过接口传入计算机,成为产生控制误动作的起因,可用光电耦合器来消除这种影响。

根除这种噪声干扰产生的误动作,是机电一体化中至关重要的课题。

IV 工作机构

画笔移动机构

画笔的移动,是通过连轴器把步进电机的旋转传递给螺杆位移机构来实现的。绘图仪的精度则由相当于步进电机一个脉冲转角所传递的导程来决定。

这样,把工作机构与执行机构的作用联系在一起,就能实现一种功能的机电一体化。

画笔的连杆部分

图 4 所示为利用弹簧的弹力机构使螺线管复位。

综上所述,机电一体化就是把电气、电子技术与机械技术结合起来的技术。

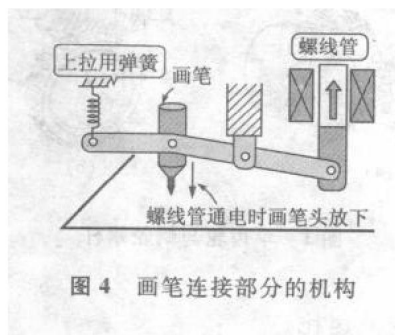


图 4 画笔连接部分的机构

3

机电一体化的机械装置

在机电一体化中，利用电动机的旋转运动来驱动机械装置，构成这类机械装置的部件称为“机械零件”。机械零件中传递旋转运动常用的有齿轮与固定部件用（将一些部件固定）的螺丝。这里介绍它们的基础知识。



I

齿轮的基础知识

齿轮传动的特征

齿轮能可靠地传递电动机等的旋转运动。通过改变齿轮的齿数，可自由地改变转速比。根据齿轮的种类，有的齿轮能传递齿轮轴的角度。

[例] 伞齿轮等的利用(参见图 1-(a))。

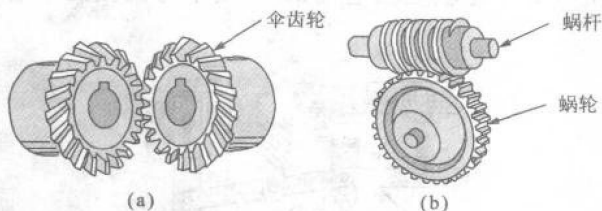


图 1 伞齿轮与蜗轮蜗杆

有的齿轮能传递大的减速比。

[例] 蜗杆与蜗轮的利用(参见图 1-(b))。

齿的大小

齿越大则能传递的力越大。常用的渐开线齿轮,用“ m =模数”来表示齿的大小。实际齿的大小(高度)是此模数的 2.25 倍。如图 2 所示,若齿的高度约为 9mm,则 $9/2.25=4$,所以齿轮的齿的大小为模数 $m=4$ 时的大小。

由齿轮外径求模数的方法

- ① 用尺或游标卡尺测量齿轮外径。
- ② 数该齿轮的齿数。
- ③ 代入下列算式求 m 。

$$m = \text{外径} / (\text{齿数} + 2)$$

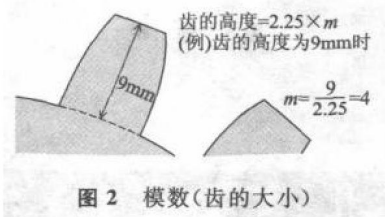


图 2 模数(齿的大小)

轴距(轴与轴的中心之间距离)的求法

由齿轮的模数(m)与两个齿轮的齿数(Z_1 、 Z_2),可按下列式算出两个齿轮啮合时的轴距:

$$\text{轴距} = m(Z_1 + Z_2) / 2$$

例题

① 模数求法

有一个外径为 64mm 的齿轮(参见图 3),求齿数为 $Z_1 = 30$ 个时的模数。可以按下式求得:

$$m = 64 / (30 + 2)$$

得到 $m = 2$ 。

② 齿数比(减速比)(参见图 4)

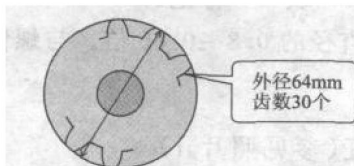


图 3 齿轮模数的计算例子

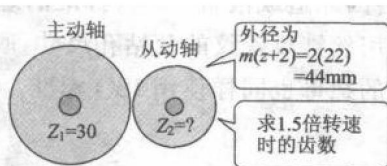


图 4 减速比

Z_1 为主动轴齿轮的齿数,要使从动轴以 1.5 倍的速度旋转,则从动轴的齿轮数 Z_2 可按下列计算求得。

由齿数比 i 为 $1.5 = Z_1 / Z_2$ 得

$$Z_2 = Z_1 / 1.5$$

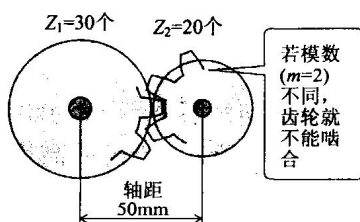


图 5 轴 距

代入 $Z_1=30$, 则

$$Z_2 = 30 / 1.5 = 20$$

所以 Z_2 的齿数为 20 个。

③ 轴距(参见图 5)

齿数 $Z_1=30$ 个与 $Z_2=20$ 个的齿轮啮合时的轴间距离,按下式计算:

$$\begin{aligned} \text{轴距} &= m(Z_1 + Z_2) / 2 = 2(30 + 20) / 2 \\ &= 50 \end{aligned}$$

II 螺 纹

三角形螺纹

螺纹的规格要符合 ISO(国际标准化组织)标准,以保证互换性。

两个部件(机械零件)之间的固定,主要用三角形螺纹(公制普通螺纹)。图 6 示出了三角螺纹各部分的名称。

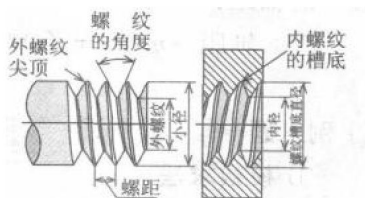


图 6 螺纹的名称

螺纹标准与否,用下列标准化尺寸来衡量:

- ① 螺纹外径(称为公称尺寸);
- ② 螺纹角度(60°);
- ③ 螺距(从螺纹顶尖到螺纹顶尖的长度)。

螺纹的标准因在国际上尚未统一,现在还常出现各种各样的标准。在制造新的机电一体化装置时,应尽量使用 ISO 标准的螺纹,尽管库中有旧标准的存货,会因此造成浪费。ISO 标准的螺钉头上有“M”或“·”标记。

用丝锥攻螺纹的预钻孔尺寸,取螺钉公称直径的 0.8~0.85 倍。与螺钉相对应的螺母也同样使用 ISO 标准。

滚珠丝杠(参见照片 1)



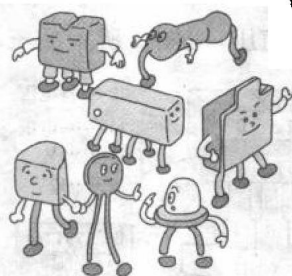
照片 1 滚珠丝杠

机电一体化在机床工作台的驱动之类应用中,在内螺纹与外螺纹之间加入滚珠,在进给螺纹中,滚珠丝杠起传递力的作用。

4 机电一体化电路知识(1)

在学习和实践中, 如想掌握机电一体化的基础理论或接口技术, 都需要电气和电子的基础知识。

以下介绍有关实际常用元器件的标准及表示方法等基础知识。



I 电 源

由于计算机或接口控制电路都要用集成电路(IC), 如晶体管-晶体管逻辑电路(TTL)或互补金属氧化物半导体(CMOS)电路, 所以需要用直流 5V 作为驱动电源(参见图 1)。

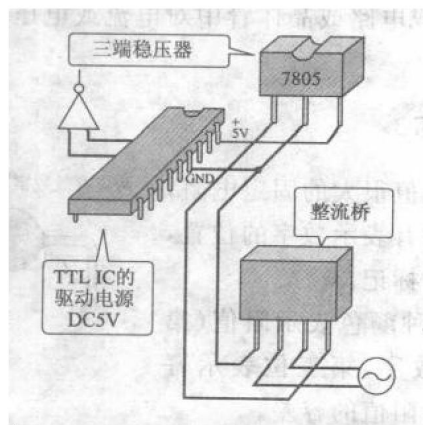


图 1 IC 用驱动电源