

OHM 轻松跟我学

follow me

图 说

电动机 原理

〔日〕内田隆裕 著

·电动机大小各异，
·无处不有，
·工作原理你知道吗？



 科学出版社
www.sciencepress.com

HOW TO

轻松跟我学

follow me

图说电动机原理

〔日〕 内田隆裕 著

秦晓平 李 林 译



科学出版社

北 京

图字：01-2002-1674 号

Original Japanese language edition
Narukodo Nattoku! Motor ga Wakaru Hon
By Takahiro Uchida
Copyright © 2000 by Takahiro Uchida
Published by Ohmsha, Ltd.
This Chinese version published by Science Press, Beijing
Under license from Ohmsha, Ltd.
Copyright © 2002
All rights reserved

なるほどナットク！
モーターがわかる本
内田隆裕 オーム社 2000

图书在版编目(CIP)数据

图说电动机原理/(日)内田隆裕著;秦晓平,李林译. —北京:科学出版社,2003
(轻松跟我学系列)
ISBN 7-03-010625-3

Ⅰ.图… Ⅱ.①内…②秦…③李… Ⅲ.电动机—基本知识—N.TM32

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第052908号

责任编辑:崔炳哲 樊友民 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>

中国科学院印刷厂 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2月第一版 开本:A5(89mm×124mm)

2003年2月第一次印刷 印张:6+2

印数:1—5 000 字数:152 000

定 价:16.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(新欣))

前 言

“机电一体化”是把机械工程学与电子学相结合形成的一门学科，这一点早已被公认。而电动机正是机械与电气相结合的产物。

在现代社会里，电视、冰箱、空调等电器产品把人们带进了电气化时代，电脑的普及使人们的生活更加丰富多彩。生活在这样一个时代，一天 24 小时，一年 365 天，无时无刻不在享受着电气给人们带来的便利。离开了它，人们恐怕就要寸步难行了。

现在，能替代人们出力的东西，非电动机莫属了。利用电动机输出，人们不仅可以省力，同时还可以做那些人力所不能及的事。利用电动机，人们可以在很短的时间内完成很多的工作。

长期以来，不同类型的电动机，尽管在结构上没什么大的改变，但是随着半导体变流技术和电子元器件的发展，电动机的应用发生了很大的变化。如果使用开关技术和变频技术，就可以把利用变压器原理制作的电源做得更小，同时还可以任意调节功率因数。随着晶体管、IC、LSI 的不断开发和计算机控制的数字模拟转换电路的不断完善，智能化控制系统将逐渐取代那些由继电器等机械触点组成的电动机控制电路。如今的电动机已不仅局限于单纯的旋转，通过连接计算机控制系统，进行高精度动作的电动机已随处可见。

最近，能与人对话、跳舞的机器人开始走进人们的家庭生活中。这使得人们距离动画人物铁臂阿童木的时代更近了。当然，机器人的动作还是完全依赖于电动机。在信息时代和 IT 革命的浪潮中，电动机的作用更是巨大。

如果仔细观察我们周围的一切，电动机的应用太为广泛了，大大小小、无处不有。那么电动机是怎样旋转的，又如何控制它……回答

这些问题,除了需要高级的专业知识之外,还有必要以趣谈的方式解释那些基本工作原理,以此让人们更容易理解。电与磁,属于肉眼看不见而又比较抽象的领域。在此,笔者想通过电动机的基本构成要素,尽可能不使用电工学的计算公式和有关专业术语,带领读者走进奇妙的电与磁的世界。

希望读者能从这本书中读到电磁世界的乐趣。

最后,感谢欧姆社及有关人员对本书出版的大力支持。

内田隆裕

目 录

1 电动机的工作原理

- ◆家中使用的电动机 2
- ◆大街上使用的电动机 4
- ◆在办公室和工厂使用的电动机 6
- ◆电动机概述 8
- ◆电能与机械能 10
- ◆磁力是电动机转动的原动力 12
- ◆通电导体和它周围的磁场 14
- ◆电动机连续旋转的原理 16
- ◆整流子与电刷 20
- ◆整流子与电刷结构的缺点 22
- ◆转子的位置与转矩的关系 24
- ◆普通电动机的制作 26
- ◆大力矩电动机的制作 28
- ◆电磁力与左手定则 34
- ◆线圈的特性:电感 36
- ◆减速比和力的传递 40
- ◆发动机与电动机 42
- ◆电动机有交流和直流之分 46
- ◆电动机实际也是发电机 48
- ◆发电原理 50

2 直流电动机的特性和类型

- ◆直流电动机概述 54

- ◆永磁式有刷直流电动机的特性 56
- ◆无铁芯电动机 60
- ◆并励电动机 62
- ◆串励电动机和复励电动机 64
- ◆无刷电动机的工作原理 66
- ◆定位式步进电动机 68
- ◆齿轮电动机 72
- ◆直接传动式电动机的工作原理 74
- ◆手机振动功能由电动机完成 76
- ◆电动机旋转以外的功能 78
- ◆音圈电动机 80
- ◆超声波电动机的旋转机理 82

3

交流电动机的原理和类型

- ◆交流电动机的旋转机理 86
- ◆普通交流电动机的分类 88
- ◆同步电动机 90
- ◆具有高性价比的开关磁阻式电动机 92
- ◆异步(感应)电动机 94
- ◆异步(感应)电动机旋转的原因 96
- ◆交流电动机是否能改变转速 98
- ◆单相电容电动机 100
- ◆罩极电动机 102
- ◆交直两用的交流整流子电动机 104

4

电动机的广泛应用

- ◆石英表中的电动机 108
- ◆一般铁路电机车用大型直流电动机 110
- ◆大功率异步感应电动机的应用 112
- ◆混合型汽车的电动机功能 114

- ◆电动助力自行车 116
- ◆执行器 118
- ◆在汽车上使用的电动机 120

5 电动机的控制技术

- ◆电动机控制的概念 126
- ◆反馈控制 128
- ◆前馈控制 132
- ◆电动机对命令的滞后响应 134
- ◆转速控制的思路 136
- ◆怎样自由地改变转速 138
- ◆直流电动机的转速控制 140
- ◆用电阻控制电压 142
- ◆用开关控制电压 144
- ◆PWM(脉冲宽度调制)控制法 146
- ◆PAM(脉冲幅值调制)控制法 148
- ◆实现正确转速控制的锁相环 150
- ◆同步电动机的控制 152
- ◆感应电动机的精密控制 154
- ◆电动机的转速检测 156
- ◆位置控制 158
- ◆电动机的位置检测 160
- ◆电动机的等效电路和时间常数 162
- ◆电动机的启动电流 164
- ◆电动机的制动 166
- ◆直流电动机的基本驱动电路 168
- ◆交流伺服电动机的基本驱动电路 170

模型电动机的拆卸和发电实验

◆模型电动机的拆卸 174

◆模型电动机的发电实验 185

术语解释 189

1

电动机的工作原理

家中使用的电动机

首先,我们周围的大部分动的东西是由电动机驱动的。

起居室内,挂钟指针的走动、空调的温度调节机构、CD 机播放音乐碟的转动、孩子们玩的电动玩具的动力、吸尘器吸进垃圾的吸力等,都需要电动机。

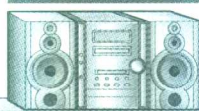
厨房内,水果榨汁机挤压水果、微波炉内托盘转动、冰箱保鲜、抽油烟机风扇;卫生间内,剃须刀、电动牙刷、电吹风、洗衣机、甩干机、换气扇等,也离不开电动机。

电动机的应用还远不止这些。试想,如果没有电动机,原来只要一按开关就能洗完的衣服,需要一件一件用手搓洗;打扫房间也一样,需要使用扫帚和簸箕用力清扫;如果不把食品冷藏或冷冻起来,人们就必须天天去采购;自己喜欢的音乐也不能随时听;电视播放的好节目也不能录制下来翻看。家用电器给人们带来的舒适感是不胜枚举的。

家中活跃着的电动机

起居室

CD播放机的主轴电动机



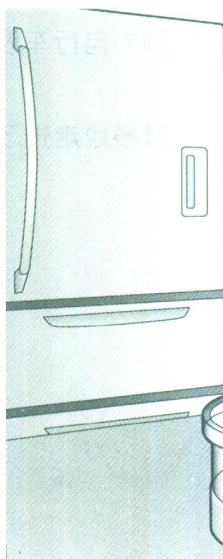
石英表电动机



玩具电动机

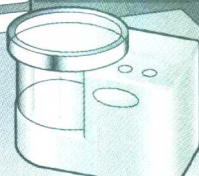


冰箱电动机

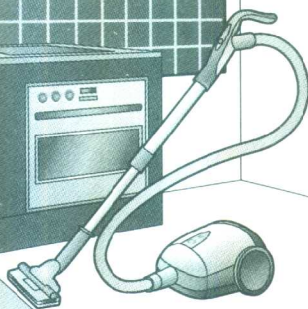


厨房

水果榨汁机电动机



吸尘器电动机



大街上使用的电动机

走出家门去看看电动机都有哪些应用。

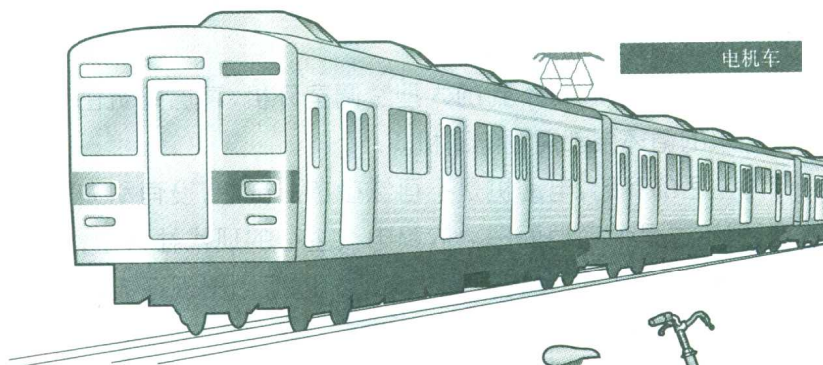
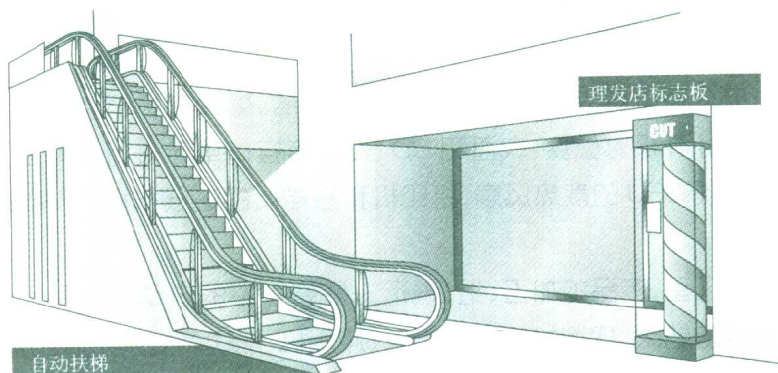
街头上大型可动的广告牌、旋转灯、自动售货机;建筑物内自动门、自动扶梯、升降电梯、步道机;公共游乐园及儿童乐园内那些好玩的设施;旅游观光缆车;滑雪场升降机等都是由电动机驱动的。

说到交通工具,电机车、地铁、双轨电车的驱动力也都是由电动机提供的。现在,有了速度高达 270km/h 的“新干线”铁路电机车,从东京经京都和大阪到九州的福冈、东北青森的盛冈、日本海方向的秋田和山形,甚至还能延伸至长野,使人们逐渐产生了日本变得越来越小的感觉。

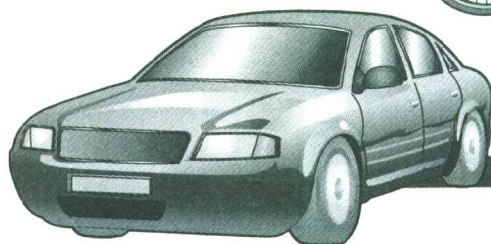
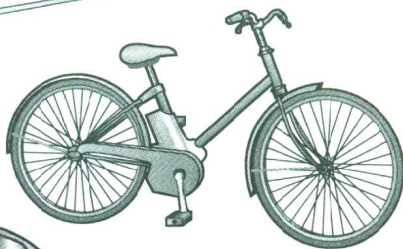
发动机驱动的汽车内,也大量地使用着电动机,如电动窗和雨刷、冷却发动机启动器和散热器的风扇等。还有最近开发出来的电动机和发动机并用的混合型汽车,当然也包括电动汽车、助力自行车及老年人散步用的老人型汽车。

现代社会里,使用电动机驱动的交通工具,越来越多地走进了我们的生活。

大街上使用的各种电动机



助力自行车



汽车

在办公室和工厂使用的电动机

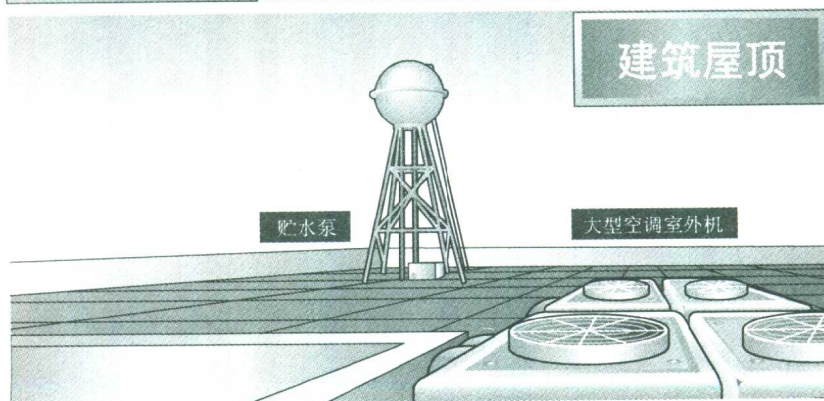
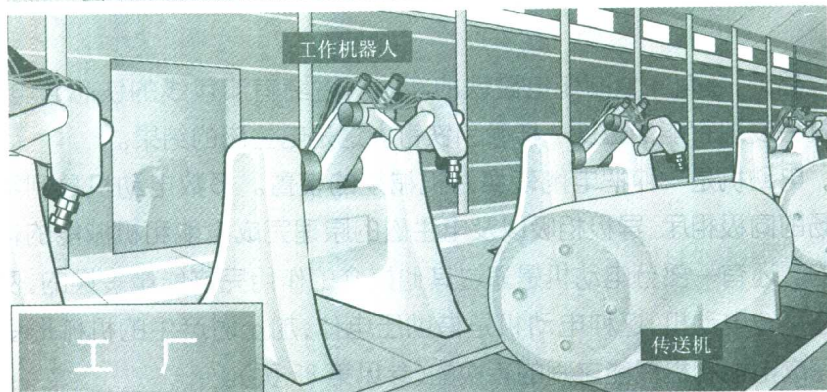
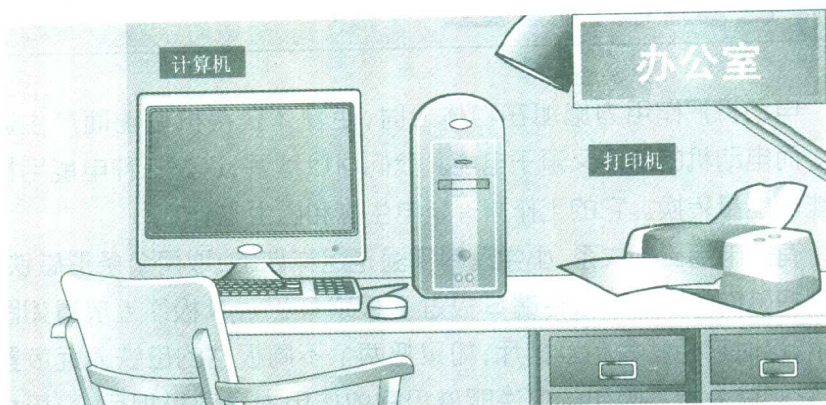
办公室里的大部分办公设备是可动的,如计算机、打印机和扫描仪等。计算机对硬盘、软盘和 CD-ROM 等存储单元进行读写操作,计算机内部 CPU 的散热风扇,打印机和扫描仪的送纸机构,都需要电动机。

工厂里,产品的加工、组装、运送需要大量的电动机提供动力,如钻孔用的钻床、切削材料用的机床、冲压机、能切削复杂形状的加工机床、焊接和组装用的机器人、自动存取货物的自动仓库、运送货物的传送带及自动行走车及吊车、处理堆放货物的叉斗车等。另外,产生液压及气压的压缩机也需要电动机。

城市中,那些人们看不到的大型空调室外机、高层建筑由低层向高层输送水的循环泵都需要电动机。

作为生活的基础,电动机是不可缺少的。试想,没有动力驱动的电冰箱,只不过是个箱柜而已。依赖电气生存的现代社会里,使用电动机是必然的。今后还会有更多的电动机的应用出现在人们的生活中,这就是我们要谈论电动机的目的所在。

办公室和工厂里活跃着的电动机



电动机概述

电动机把作用力施加在物体上时,使物体获得机械能而产生运动。而电动机的动能又源于电能。我们可以理解,这是一种电能与机械能的能量转换。它的工作原理是电生磁和磁生电。

有关电与磁的关系,小学理科实验是这样做的:取两个条形磁铁,分别把磁铁的两个同极性端 S 极对 S 极或 N 极对 N 极靠近放置如图所示,这时它们就会相互排斥;如果把两个不同极性的磁铁靠近放置时,它们就会相互吸引。这说明磁极间的作用力是同极相斥,异极相吸。

另外,还有一个制作电磁铁的实验。将绕有漆包线的铁芯通电,你就会发现它能像磁铁一样吸引铁钉。这是电生磁的结果。

电动机是一种把电能转换为机械能的装置。多数电动机是利用磁场的同极相斥、异极相吸以及电生磁的原理完成电能和机械能的转换的。还有一部分电动机是通过其他媒介的作用完成能量转换的,例如超声波电动机,这种电动机是借助压电体,加压时产生的机械形变来完成电能和机械能之间的转换的(参见第 82 页)。