

全国中等职业技术学校机电设备安装与维修专业教材
QUANGUO ZHONGDENG ZHIYE JISHU XUEXIAO JIDIAN SHEBEI ANZHUANG YU WEIXIU ZHUANYE JIAOCAI

电梯电气控制原理 及维护

全国中等职业技术学校机电设备安装与维修专业教材

电梯电气控制原理及维护

人力资源和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

电梯电气控制原理及维护/孙文涛主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2009

全国中等职业技术学校机电设备安装与维修专业教材

ISBN 978-7-5045-8049-8

I. 电… II. 孙… III. ①电梯-电气控制-理论-专业学校-教材②电梯-电气控制-维护-专业学校-教材 IV. TU857

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 204075 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 11 印张 258 千字

2009 年 11 月第 1 版 2009 年 11 月第 1 次印刷

定价: 19.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

简介

本书主要介绍了电梯电气控制系统原理、组成、功能以及故障诊断与维护,包括:交、直流电动机,电梯常用低压电器,继电器控制电梯控制电路的组成及电路分析,继电器控制电梯常见故障的分析和排除,PLC 的基本知识,PLC 控制 VVVF 电梯的原理与分析,PC 控制 VVVF 电梯的调试等。

本书由孙文涛、索军利、梁志强、陈恒亮编写,孙文涛主编;肖建章主审。

前言

改革开放以来,我国经济得到了迅速的发展,现代化工业和民用建筑每天都大量产生,电梯行业也随之迅速发展起来。为了更好地满足机电设备安装与维修专业电梯方向教学的需要,在已出版《电梯结构与原理》《电梯安装与维修》教材基础之上,人力资源和社会保障部教材办公室组织全国有关学校的教学专家和行业专家,又开发了《电梯电气控制原理及维护》教材。

在教材编写过程中,我们始终坚持了以下几个原则:

第一,以能力为本位,重视实践能力的培养,突出职业技术教育特色。根据企业的实际需要,确定学生应具备的能力结构与知识结构,在保证必要专业基础知识的同时,加强实践性教学内容,强调学生实际工作能力的培养。

第二,吸收和借鉴各地教学改革的成功经验,使教材内容更加符合学生的认知规律,保证理论与实践的密切结合。

第三,大力更新教材内容,使之具有时代特征。根据科学技术发展对劳动者素质提出的新要求,在教材中充实新知识、新技术、新设备和新材料等方面的内容,体现教材的先进性。

人力资源和社会保障部教材办公室

2009年11月

目录

第一章 交、直流电动机	(1)
§ 1—1 交流电动机及其在电梯中的应用	(3)
§ 1—2 交流电动机的启动、调速、制动方式	(11)
§ 1—3 直流电动机的工作原理	(14)
§ 1—4 直流电动机的启动、调速、制动方式	(16)
第二章 电梯中常用低压电器	(18)
§ 2—1 开关	(19)
§ 2—2 主令电器	(23)
§ 2—3 熔断器	(25)
§ 2—4 交流接触器	(27)
§ 2—5 继电器	(31)
第三章 继电器控制电梯控制电路的组成及电路分析	(33)
§ 3—1 交流双速电梯的启动、制动运行电路	(33)
§ 3—2 轿内指令电路	(35)
§ 3—3 层站召唤电路	(37)
§ 3—4 定向、选层电路	(39)
§ 3—5 换速控制电路	(42)
§ 3—6 平层控制电路	(45)
§ 3—7 自动开关门电路	(47)
§ 3—8 指层电路	(48)
§ 3—9 检修运行电路	(50)
§ 3—10 消防运行电路、安全保护电路	(52)
实训 3—1 轿内指令信号电路的安装与检修	(54)
实训 3—2 层站召唤电路的检修	(56)
实训 3—3 定向、选层电路的检修	(58)
实训 3—4 换速控制电路的检修	(60)
实训 3—5 平层控制电路的检修	(61)
实训 3—6 指层控制电路的检修	(62)
实训 3—7 检修电路的维修	(63)

实训 3—8 安全保护电路的检修	(64)
第四章 继电器控制电梯常见故障的分析和排除	(66)
§4—1 继电器电梯电路故障的分析和检查方法	(66)
§4—2 电梯常见故障与排除方法	(68)
§4—3 电梯操作规范	(74)
第五章 PLC 的基本知识	(81)
§5—1 PLC 定义及基本应用	(81)
§5—2 PLC 控制系统的组成与结构	(84)
§5—3 PLC 的工作原理与基本指标	(90)
§5—4 FX 系列 PLC 的编程元件	(94)
§5—5 PLC 的基本逻辑指令	(100)
§5—6 编程软件和手持编程器的使用	(110)
实训 5—1 层楼指示电路的设计	(112)
实训 5—2 顺序启动 PLC 控制电路的安装	(113)
实训 5—3 交流电动机的 Y— Δ 控制	(114)
第六章 PLC 控制 VVVF 电梯的原理与分析	(116)
§6—1 PC 控制电梯系统的设计	(116)
§6—2 PC 控制电梯运行控制	(120)
实训 6—1 PC 控制电梯运行控制	(123)
§6—3 轿厢位置的确定与显示	(124)
§6—4 PC 控制电梯的指令登记与定向	(131)
实训 6—2 PC 控制电梯的定向	(136)
§6—5 自动开、关门电路	(137)
实训 6—3 PC 控制电梯的自动开关门	(141)
§6—6 PC 控制电梯的程序流设计	(142)
§6—7 PC 控制电梯的安全保护、检修运行编程	(145)
第七章 PC 控制 VVVF 电梯的调试	(148)
§7—1 PC 控制 VVVF 电梯的绝缘测试	(149)
§7—2 PC 控制 VVVF 电梯的慢车调试	(151)
§7—3 PC 控制 VVVF 电梯的快车调试	(154)
§7—4 PLC 控制 VVVF 电梯参数的设置	(158)
§7—5 PLC 控制 VVVF 电梯故障的排除	(164)

第一章

交、直流电动机

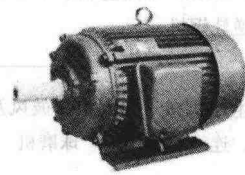
电动机是把电能转换成机械能的设备。在机械、冶金、石油、煤炭、化学、航空、交通、农业以及国防、文教、医疗及日常生活中，电动机都起着不可缺少的作用。

电动机按其功能可分为驱动电动机和控制电动机；按电能种类可分为直流电动机和交流电动机；从电动机的转速与电网电源频率之间的关系可分为同步电动机与异步电动机；按电源相数可分为单相电动机和三相电动机；按防护型式可分为开启式、防护式、封闭式、隔爆式、防水式、潜水式；按安装结构型式可分为卧式、立式、带底脚、带凸缘等；按绝缘等级可分为E级、B级、F级、H级等。

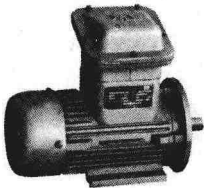
按防护型式分，电动机的种类、特点和用途见表1—1。

表 1—1

电动机的结构型式与用途

结构型式	特点	适用场合
开启式 (很少见)	开启式电动机的定子两侧与端盖上都有很大的通风口，其散热条件好；价格便宜，但灰尘、水滴、铁屑等杂物容易从通风口进入电动机内部	适用于清洁、干燥的工作环境
 防护式	防护式电动机在机座下面有通风口，散热较好，可防止水滴、铁屑等杂物从与垂直方向成小于45°角的方向落入电动机内部，但不能防止潮气和灰尘的侵入	适用于比较干燥、少尘、无腐蚀性和爆炸性气体的工作环境
 封闭式	封闭式电动机的机座和端盖上均无通风孔，是完全封闭的。这种电动机仅靠机座表面散热，散热条件不好	封闭式电动机多用于灰尘多、潮湿、易受风雨、有腐蚀性气体、易引起火灾等较恶劣的工作环境。密封式电动机能防止外部的的气体或液体进入其内部，因此适用于在液体中工作的生产机械，如潜水泵

续表

结构型式	特点	适用场合
 防爆式	防爆式电动机是在封闭式结构的基础上制成隔爆形式,机壳有足够的强度	适用于有易燃、易爆气体工作环境,如有瓦斯的煤矿井下、油库、煤气站等

按电能种类分,电动机的主要种类、性能及用途见表1—2。

表 1—2 电动机的电能种类、性能及用途

电能种类				性能特点	适用生产机械
交流电动机	三相异步电动机	笼型	普通笼型	机械特性硬、启动转矩不大、调速时需要调速设备	调速性能要求不高的各种机床、水泵、通风机 (与变频器配合使用可方便地实现电动机的无级调速)
			高启动转矩	启动转矩大	带冲击性负载的机械,如剪床、冲床、锻压机;静止负载或惯性负载较大的机械,如压缩机、粉碎机、小型起重机
			多速	有多挡转速(2~4速)	要求有级调速的机床、电梯、冷却塔等
		绕线式		机械特性硬(转子串电阻后变软)、启动转矩大、调速方法多、调速性能及启动性能较好	要求有一定调速范围、调速性能较好的生产机械,如桥式起重机;启动、制动频繁且对启动、制动转矩要求高的生产机械,如起重机、矿井提升机、压缩机、不可逆轧钢机
直流电动机	同步电动机		转速不随负载变化,功率因数可调节	转速恒定的大功率生产机械,如大中型鼓风及排风机、泵、压缩机、连续式轧钢机、球磨机	
	他励、并励		机械特性硬、启动转矩大、调速范围宽,平滑性好	调速性能要求高的生产机械,如大型机床(车、铣、刨、磨、镗)、高精度车床、可逆轧钢机、造纸机、印刷机	
	串励		机械特性软、启动转矩大、过载能力强、调整方便	要求启动转矩大、机械特性软的机械,如电车、电气机床、起重机、吊车、卷扬机、电梯等	
	复励		机械特性硬度适中,启动转矩大,调速方便		

§ 1—1 交流电动机及其在电梯中的应用

一、交流异步电动机的结构

三相异步电动机的种类很多，但各类三相异步电动机的基本结构是相同的，都由定子和转子两大基本部分组成，在定子和转子之间具有一定的气隙。此外，还有端盖、轴承、接线盒、吊环等其他附件，如图 1—1 所示。

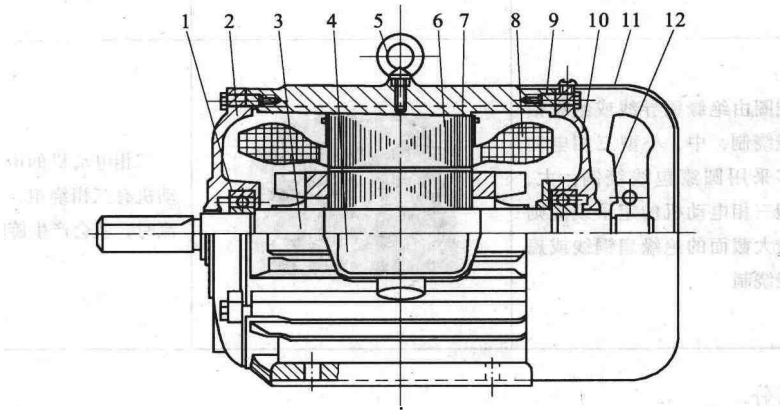


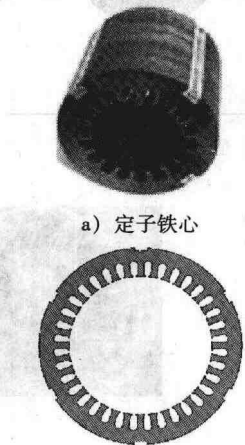
图 1—1 封闭式三相笼型异步电动机结构

1—轴承 2—前端盖 3—转轴 4—接线盒 5—吊环 6—定子铁心 7—转子
8—定子绕组 9—机座 10—后端盖 11—风罩 12—风扇

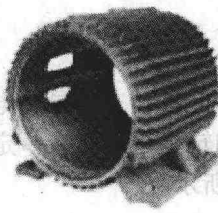
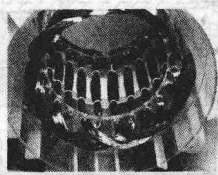
1. 定子部分

定子是用来产生旋转磁场的。三相电动机的定子一般由机座、定子铁心、定子绕组等部分组成。定子的组成及各部分作用见表 1—3。

表 1—3 定子的组成及各部分作用

名称	材料、结构	实物图示	作用
定子铁心	由 0.35 ~ 0.5 mm 厚表面涂有绝缘漆的薄硅钢片叠压而成	 a) 定子铁心 b) 定子冲片	定子铁心是电动机磁路的一部分

续表

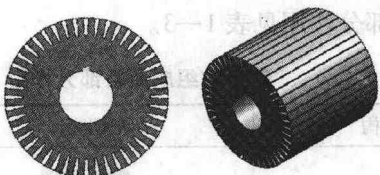
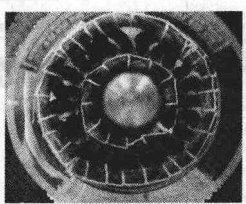
名称	材料、结构	实物图示	作用
机座	铸铁或铸钢浇铸成型（一般都铸有散热片）		保护和固定三相电动机的定子绕组
定子绕组	线圈由绝缘铜导线或绝缘铝导线绕制，中、小型三相电动机多采用圆漆包线绕制，大、中型三相电动机的定子线圈则用较大截面的绝缘扁铜线或扁铝线绕制		三相电动机的电路部分，三相电动机有三相绕组，通入三相对称电流时，就会产生旋转磁场

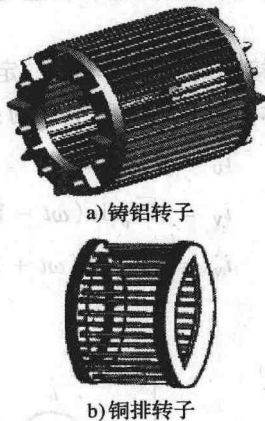
2. 转子部分

电动机的转子主要由转子铁心与转子绕组组成，转子各部分的结构与作用见表 1—4。

表 1—4

转子各部分的结构与作用

名称	材料、结构	实物图示	作用
转子铁心	用 0.5 mm 厚的硅钢片叠压而成，套在转轴上，铁心的形状如右图所示	 a) 转子冲片 b) 转子铁心	(1) 电动机磁路的一部分 (2) 用来安放转子绕组
转子绕组 绕组式绕组	与定子绕组一样，也是一个三相绕组，一般接成星形，三相引出线分别接到转轴上的三个与转轴绝缘的集电环上，通过电刷装置与外电路相连，绕组外形如右图所示		(1) 产生电磁转矩 (2) 在转子电路中串接电阻或电动势，以改善电动机的运行性能

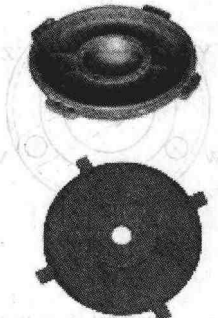
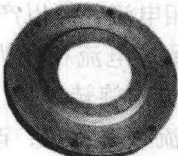
名称	材料、结构	实物图示	作用
转子绕组	笼型绕组 笼型绕组如右图所示，在转子铁心的每一个槽中插入一根铜条，在铜条两端各用一个铜环（称为端环）把导条连接起来，称为铜排转子，也可用铸铝的方法，把转子导条和端环风扇叶片用铝液一次浇铸而成。100 kW以下异步电动机一般采用铸铝转子	 a) 铸铝转子 b) 铜排转子	产生电磁转矩

3. 其他部分

电动机其他部分包括端盖、轴承和轴承盖以及风扇和风罩等，其他部分的结构与作用见表1—5。

表1—5

电动机其他部分的结构与作用

名称	材料、结构	实物图示	作用
端盖	铸铁或铸钢浇铸成型		端盖除了起防护作用外，在端盖上还装有轴承，用以支撑转子轴
轴承盖	铸铁或铸钢浇铸成型，外形如右图所示		固定转子，使转子不能轴向移动，另外起存放润滑油和保护轴承的作用

二、三相异步电动机的原理

1. 三相异步电动机的工作原理

三相异步电动机由定子和转子构成。定子和转子都有铁心和绕组。定子的三相绕组为

UX、VY、WZ。转子分为笼型和绕线式两种结构。笼型转子绕组有铜条和铸铝两种形式。绕线式转子绕组的形式与定子绕组基本相同，3个绕组的末端连接在一起构成星形联结，3个始端连接在3个铜集电环上，启动变阻器和调速变阻器通过电刷与集电环和转子绕组相连接。

把三相定子绕组接成星形接到对称三相电源，定子绕组中便有对称三相电流流过。其接线、波形和原理如图1—2所示，各相的瞬时电流为：

$$\left. \begin{aligned} i_U &= \sqrt{2}I_p \sin \omega t \\ i_V &= \sqrt{2}I_p \sin(\omega t - 120^\circ) \\ i_W &= \sqrt{2}I_p \sin(\omega t + 120^\circ) \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

式中， I_p 为相电流。

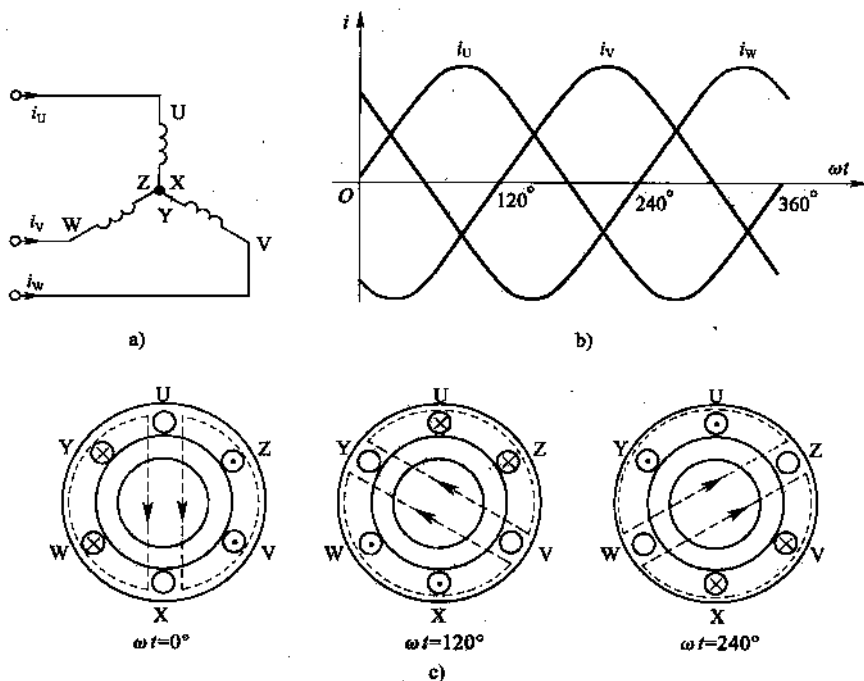


图1—2 三相异步电动机的原理

a) 接线 b) 波形 c) 原理示意

(1) 在对称的三相绕组中通入三相电流，可以产生在空间旋转的合成磁场。

(2) 磁场旋转方向与电流相序一致。电流相序为 $U \rightarrow V \rightarrow W$ 时，磁场顺时针方向旋转；电流相序为 $U \rightarrow W \rightarrow V$ 时，磁场逆时针方向旋转。

(3) 磁场转速（同步转速）与电流频率有关，改变电流频率可以改变磁场转速。对两极（一对磁极）磁场，电流变化一周，则磁场旋转一周，同步转速 n_0 与磁场磁极对数 p 的关系为：

$$n_0 = \frac{60f_1}{p} \text{ r/min} \quad (1-2)$$

式中， f_1 为电流频率，Hz； p 为磁极对数。

2. 三相异步电动机的转动原理

静止的转子与旋转磁场之间有相对运动,在转子导体中产生感应电动势,并在形成闭合回路的转子导体中产生感应电流,其方向用右手定则判定。转子电流在旋转磁场中受到磁场力 F 的作用, F 的方向用左手定则判定。电磁力在转轴上形成电磁转矩。电磁转矩的方向与旋转磁场的方向一致,如图 1—3 所示。

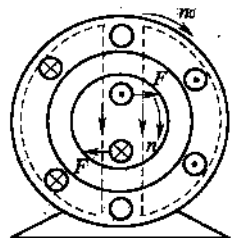


图 1—3 电磁转矩和旋转磁场的方向

三相异步电动机在正常运转时,其转速 n 总是稍低于同步转速 n_0 ,因而称为异步电动机。又因为产生电磁转矩的电流是电磁感应所产生的,所以也称为感应电动机。

异步电动机同步转速和转子转速的差值与同步转速之比称为转差率,用 s 表示,即:

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0} \times 100\% \quad (1-3)$$

转差率是异步电动机的一个重要参数。异步电动机在额定负载下运行时的转差率约为 1% ~ 9%。

例 1—1 有一台 4 极感应电动机,电压频率为 50 Hz,转速为 1 440 r/min,试求这台感应电动机的转差率。

解:因为磁极对数 $p=2$,所以同步转速为:

$$n_0 = \frac{60f_1}{p} = \frac{60 \times 50}{2} = 1\,500 \text{ r/min}$$

转差率为:

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0} \times 100\% = \frac{1\,500 - 1\,440}{1\,500} \times 100\% = 4\%$$

3. 三相异步电动机的机械特性

如图 1—4 所示是三相异步电动机的机械特性曲线 $T=f(s)$ 曲线和 $n=f(T)$ 曲线。

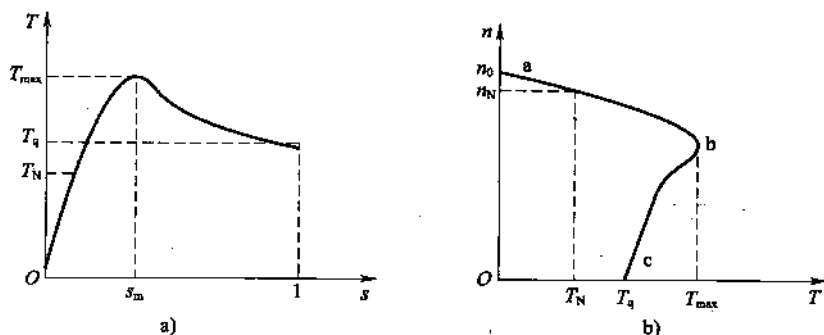


图 1—4 三相异步电动机的机械特性曲线

a) 转矩特性 b) 转速特性

电动机刚启动 ($n=0, s=1$) 时的转矩称为启动转矩。

$$T_q = K \frac{R_2 U_1^2}{R_2^2 + X_{20}^2} \quad (1-4)$$

式中, T_q 为启动转矩; K 为电动机常数; R_2 为转子绕组; X_{20} 为转子电抗; U_1 为定子电压。

电动机在额定负载下工作时的电磁转矩称为额定转矩，忽略空载损耗转矩，则额定转矩 T_N 等于机械负载转矩 T_2 。

$$T_N = T_2 = 9550 \frac{P_N}{n_N} \quad (1-5)$$

式中， P_N 为电动机的额定功率，kW； n_N 为电动机的额定转速，r/min。

三、三相异步电动机的主要参数与接线方法

1. 主要参数：

电动机的铭牌上标注了电动机的主要参数：

三相异步电动机					
型 号：	Y132M-4	功 率：	7.5 kW	频 率：	50 Hz
电 压：	380 V	电 流：	15.4 A	接 法：	Δ
转 速：	1440 r/min	绝缘等级：	B	工作方式：	连续
年 月 日		编 号		××电动机厂	

(1) 功率 电动机在铭牌规定条件下正常工作时转轴上输出的机械功率，称为额定功率或容量。

(2) 电压 电动机的额定线电压。

(3) 电流 电动机在额定状态下运行时的线电流。

(4) 频率 电动机所接交流电源的频率。

(5) 转速 额定转速。

(6) 接法 三角形 (Δ) 或星形 (Y)。

2. 三相异步电动机的接线方式

三相异步电动机接线方式分为星形 (Y) 接法与三角形 (Δ) 接法两种，如图 1—5 所示。

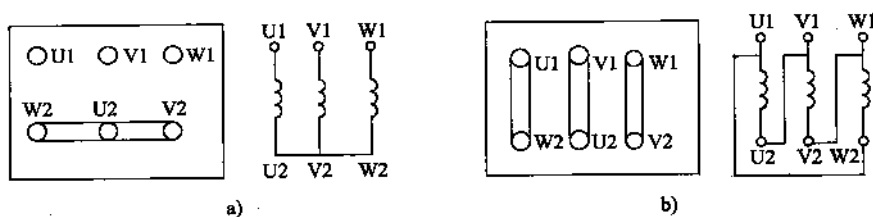


图 1—5 三相异步电动机的接线

a) Y形 b) Δ 形

四、交流电动机在电梯上的应用

三相交流电动机在电梯曳引机上得到了广泛的应用，交流双速电梯主要采用笼型异步电动机，如图 1—6 所示；无机房及超高速电梯广泛采用永磁式同步电动机，如图 1—7 所示；门机及风扇采用交流小型电动机，如图 1—8 ~ 图 1—10 所示。

1. YYTD 系列电梯电动机

YYTD 系列电梯电动机是引进日本“日立”技术制造成的三相交流电动机，具有启动转

矩高、机械特性硬、噪声低、振动小、运行安全可靠等特点。外壳防护等级为 IP00，冷却方式为强迫通风冷却。YYTD-22 型三相异步电动机的外形如图 1—11 所示。该电动机额定电压 380 V，额定频率 50 Hz，除适用于交流双速及调速电梯外，还可用于负载变化大、启动频繁的其他调速机械设备。

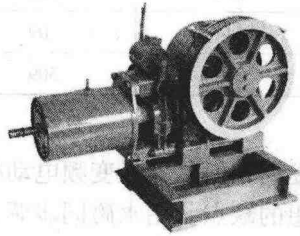


图 1—6 使用异步电动机的
电梯曳引机

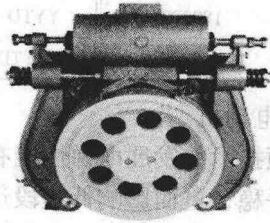


图 1—7 使用永磁同步电动机的
电梯曳引机

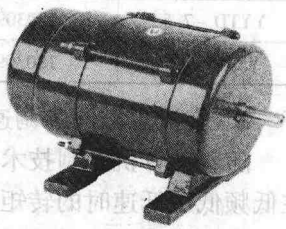


图 1—8 交流门机

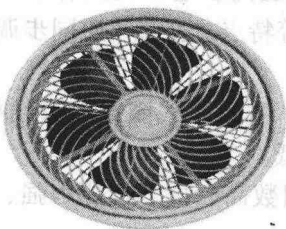


图 1—9 圆形风扇

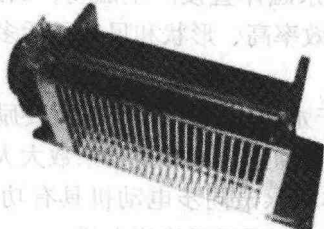


图 1—10 轴流式风扇

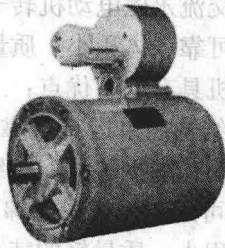
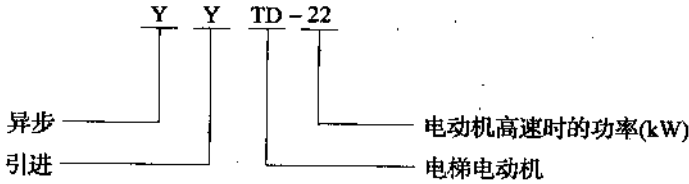


图 1—11 YYTD-22 型三相
异步电动机

(1) 型号含义 其型号含义如下：



(2) 使用条件 海拔不超过 1 000 m，环境温度不超过 40℃，接法为 Y 联结，定额工作制为 4 极 60 min（短时工作制）和 16 极为 30 min（短时工作制）。

(3) 结构及特点

- 1) 定子绕组采用双绕组（4 极和 16 极）。电动机具有良好的电气机械性能、防潮性及热稳定性，并有防止电动机过热保护开关。
- 2) 转子为双笼结构，导条为铜条；转子铁心采用热套工艺，使转子固定在转轴上。转子经校准后平衡，保证运转平稳，振动小。
- 3) 接线盒内有较大的空间，便于接线。出线方向与电动机轴线垂直向下，从轴端看去，接组盒在机座的左侧，按用户的需要，也可放在机座的右侧。
- 4) 轴承采用电动机专用全封闭轴承或单列向心（环轴承），型号见表 1—6。
- 5) 电动机的绝缘等级：5.5 kW、7.5 kW 为 B 级绝缘，11 kW、15 kW、18.5 kW、22 kW 为 F 级绝缘。

6) 电动机的结构安装形式为 IMB5, 如用户需要可制成 IMB3、IMB35。

表 1—6

轴 承 型 号

电动机型号	前轴承型号	后轴承型号	电动机型号	前轴承型号	后轴承型号
YYTD-5.5	180309	180309	YYTD-15	311	309
YYTD-7.5	180309	180309	YYTD-18.5	311	309
YYTD-11	180309	180309	YYTD-22	312	309

2. 交流永磁同步调速电梯电动机

随着计算机控制技术和变频技术的发展电梯性能有很大的提高, 但是异步变频电动机存在低频低压低速时的转矩不够平稳, 进而影响低速段运行不理想的缺点。用永磁同步调速电动机替代交流异步电动机, 用同步变频替代异步变频可以解决低速段的缺点和启动及运行中的抖动问题, 使电梯运行更平稳、更舒适, 同时又减小电动机的体积, 降低噪声。

由于交流永磁电动机转子是用永磁体直接产生磁场, 因此永磁同步电动机具有结构简单、运行可靠、体积小、质量轻、效率高、形状和尺寸灵活多样等特点。交流永磁同步调速电梯电动机具有如下优点:

(1) 结构简单运行可靠 由于永磁电动机转子不需要励磁, 省去了线圈或笼型结构, 简化了结构, 减少了故障, 维修方便简单, 维修复杂系数大大降低。

(2) 可用于无机房电梯 小体积永磁同步电动机具有功率因数高、抗干扰能力强、损耗小、体积小、质量轻的特点, 因此可用于无机房电梯。

(3) 调速范围宽 可达 1:1 000 甚至更高。调速精度极高, 可大大提高电梯的品质。

(4) 恒转矩 永磁同步电梯电动机在额定转速内保持恒转矩, 对于提高电梯的运行稳定性至关重要。它可以做到给定曲线与运行曲线重合, 特别是电动机在低频、低压、低速时可提供足够的转矩, 避免电梯在启动减速过程抖动, 改善电梯启、制动过程的舒适感。

(5) 运行电流小 永磁同步电动机满载启动运行时, 电流不超过额定电流的 1.5 倍, 配置变频器无须提高功率配置, 降低了变频器的成本。

(6) 节能省电 采用永磁同步电动机的电梯可节约能源 40%, 每台每年节约电费近万元 (人民币)。

永磁 (PM) 电动机拖动的无齿轮曳引机应用于三菱 GPM 系列高速电梯, 如图 1—12 所示。

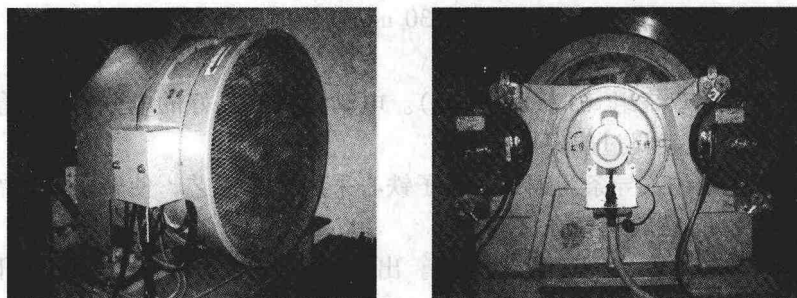


图 1—12 PM 永磁电动机

3. 电梯电动机的维修

电梯电动机发生故障的机会较少, 但是若发生故障, 则需花费很长的时间修理, 修理费