

DIANTI TUODONG  
YU KONGZHI JISHU

# 电梯拖动 与控制技术

◎主编 潘东

 北京理工大学出版社  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

# 电梯拖动与控制技术

主 编 潘 东  
副主编 王文超 曹庭文

 **北京理工大学出版社**  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

---

图书在版编目 (CIP) 数据

电梯拖动与控制技术 / 潘东主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2015. 5

ISBN 978 - 7 - 5682 - 0634 - 1

I. ①电… II. ①潘… III. ①电梯—电力传动②电梯—控制 IV. ①TU857

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 105100 号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京通县华龙印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 6

字 数 / 134 千字

版 次 / 2015 年 5 月第 1 版 2015 年 5 月第 1 次印刷

定 价 / 18.00 元

责任编辑 / 陆世立

文案编辑 / 杜春英

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 边心超

---

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

# 创新示范教材编委会

主任 简玉麟

副主任 曹剑波 孙幼红 余明星 戴启荣

委员 彭万平 向忠国 易昌盛 徐晓莉 江寿明

丁莎 吴新华 蔡刚伟 宋波舰 潘东

曹庭文 梁俞文 王英好 陈默

(以上为学校专家)

李刚 柯汗 胡正波 杜夕平 沈兰

夏德海 蒋庆勇

(以上为行业专家)

尚伟 刘秀航 冯洪波 张荣君 洪晓英

柴娜 刘薇 莫莉

(以上为出版社编辑)

# 前 言

本书基于“任务驱动”教与学的方式，符合现代职业教育课程体系改革思想，经过广泛的市场调研，借鉴大型电梯企业的实践经验，将学校的教学内容和学生在以后的岗位作业中所需要用到的知识相统一，建立一种以能力培养为核心，将知识、技能、行为一体化的以学生为主体的教学模式。让学生带着任务目标去学习，去发现问题、解决问题，从而达到目标。

本书的知识点涉及“电力拖动技术”“维修电工”“供电及走线技术”“电子测量技术”“PLC控制技术”“变频器调速技术”“电工识图”等课程知识，打破了原有的课程体系，将课程内容综合化、知识结构系统化，减少不必要的重复。在内容的编排上突出电梯行业中的新技术，力求缩短企业用工要求与学生技能水平的差距，为学生在企业内的提升奠定一定的理论基础。

本书分为三个项目。项目一包含三个任务，分别是电梯拖动系统的功能与分类、电梯变频器认识与使用、电梯的供电与接地；项目二包含五个任务，分别是电梯的安全用电、电梯典型电路的组建、电梯控制柜内器件的认识、电梯控制功能的认识、电梯控制器接口功能判别；项目三包含一个任务，即电梯变频器认识与使用。本书收录电梯部件大量实物图片，部分真实电梯控制电路、程序，以便加强学生对电梯部件的直观认识和电梯控制的深入了解。

本书以电梯国家标准和地方标准的要求为基准编写电梯基础知识，准确度高，重点突出，并在取证考试重点上多做讲解，适合作为学生和社会从业人员进行职业技能证书考证的参考用书。

电梯是一种复杂的电气设备，也是机电设备。所以本书不仅可供电梯专业的学生使用，还可以作为电气工程专业，机电专业的电气设备自动控制原理技术、拖动技术理实一体化课程教材。

本书由潘东任主编，王文超（武汉市特种设备检验所工程师）、曹庭文任副主编，李军老师主审。在编写过程中，还得到了徐学海、江寿明、张新洲、冯增明等老师的大力支持和帮助，在此一并表示衷心感谢。

由于时间仓促，加之本课程涉及范围比较广泛及作者水平有限，难免有疏漏之处，敬请各位读者批评指正。

编 者

# 目 录

项目一 电梯拖动系统概述 .....	1
任务 1.1 电梯拖动系统的功能与分类 .....	1
任务 1.2 电梯变频器的认识与使用 .....	12
任务 1.3 电梯的供电与接地 .....	21
项目二 电梯电气系统的认识 .....	32
任务 2.1 电梯的安全用电 .....	32
任务 2.2 电梯典型电路的组建 .....	40
任务 2.3 电梯控制柜内器件的认识 .....	52
任务 2.4 电梯控制功能的认识 .....	64
任务 2.5 电梯控制器接口功能判别 .....	71
项目三 电梯电气控制系统的维护 .....	79
任务 3.1 电梯变频器的认识与使用 .....	79
参考文献 .....	86

# 项目一 电梯拖动系统概述

## 任务 1.1 电梯拖动系统的功能与分类

### 任务目标

1. 掌握电梯拖动系统的功能与分类；
2. 掌握电梯拖动系统的组成；
3. 了解直流电梯拖动原理与控制方法；
4. 了解交流变极调速电梯拖动原理与控制方法；
5. 了解变频调速电梯拖动原理与控制方法。

### 能力要求

1. 能准确描述直流电梯的拖动原理；
2. 能准确描述交流变极调速电梯的拖动原理；
3. 能准确描述变频调速电梯的拖动原理。

### 任务描述

通过观察轿厢升降运动，了解电梯的主拖动方式；通过观察轿门、厅门开关运动形式，了解电梯门系统的拖动方式，从而掌握电梯电力拖动系统的功能。

### 任务分析

#### 知识准备

### 一、常用电梯的电力拖动系统

电力拖动系统是电梯的动力来源，它驱动电梯部件完成相应的运动。在电梯中主要有以下两种运动：

- (1) 轿厢的升降运动。
- (2) 轿门及厅门的开关运动。

轿厢的运动由曳引电动机产生动力，经曳引传动系统进行减速、改变运动形式（将旋转运动改变为直线运动）来实现驱动，其功率为几千瓦到几十千瓦，是电梯的主驱动方式。为防止轿厢停止时由于重力而溜车，还必须装设制动器（俗称抱闸）。

轿门及厅门的开与关则由开门电动机产生动力，经开门机构进行减速、改变运动形式来实现驱动，驱动功率小（通常在 200 W 以下），是电梯的辅助驱动方式。开门电动机一般安装在轿门上部，以驱动轿门的开与关，而厅门则仅当轿厢停靠本层时由轿门的运动带动厅门来实现开或关。由于轿厢只有在轿门及所有厅门都关好的情况下才可以运行，因此没有轿厢停靠的楼层，其厅门应是关闭的。如果由于特殊原因使没有轿厢停靠的楼层的厅门打开了，那么在外力取消后，该厅门由自动关闭系统靠弹簧力或重锤的重力予以关闭。

## 二、电梯电力拖动系统的功能

电梯的电力拖动系统具有以下功能：

- (1) 具有足够的驱动力和制动力，能够驱动轿厢、轿门及厅门完成必要的运动和可靠的静止。
- (2) 在运动中具有正确的速度控制能力，以保证有良好的舒适性和平层准确度。
- (3) 动作灵活、反应迅速，在特殊情况下能够迅速制停。
- (4) 系统工作效率高，节省能量。
- (5) 运行平稳、安静，噪声符合国标要求。
- (6) 对周围电磁环境的污染不超标。
- (7) 动作可靠，维修量小，寿命长。

## 三、常见电梯电力拖动方式

### 1. 直流电梯电力拖动方式

#### 1) 直流电梯的基础知识

直流电动机的结构如图 1-1 所示。

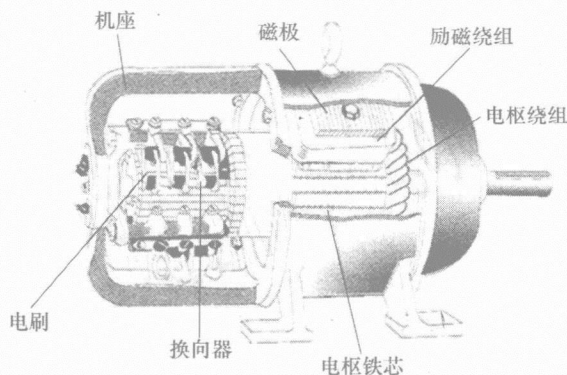


图 1-1 直流电动机的结构



直流电动机由定子和转子组成，如图 1-2 所示。定子和转子之间有一定的间隙，称之为气隙。

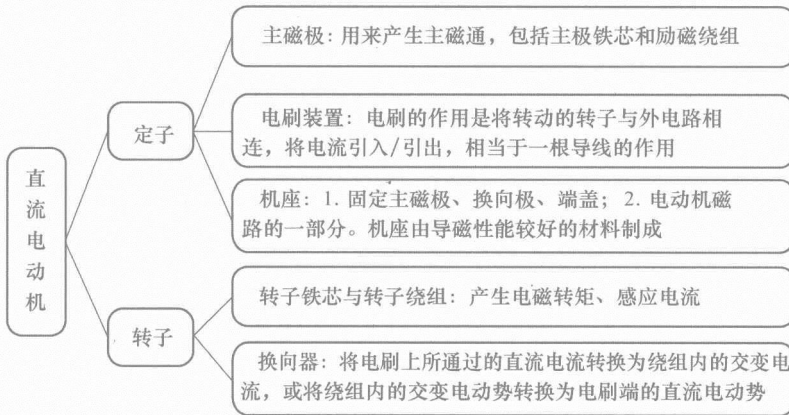


图 1-2 直流电动机的组成

直流电动机的机械特性是直线，转速与转矩、电流的关系是线性的，便于控制，因此直流电动机广泛应用于需要大范围平滑调速的生产机械中。在 20 世纪 80 年代之前，即交流变频调速在工业中应用之前的 100 多年里，高性能的调速系统几乎为直流调速所垄断。交流变频调速的出现及其实际应用打破了这种局面，并且大有取代直流调速的趋势。但是当前直流调速仍有广泛的应用，在超高速电梯中直流电梯仍占相当重要的一部分。

在直流电梯中，基本上都是采用调压的方法来实现调速的。按照直流电源的获取方式，可将直流电梯分成两类：一类是由交流电动机 - 直流发电机机组供电的直流电梯，简称为 G - M 方式；另一类是由晶闸管整流器（逆变器）供电的直流电梯，简称为 SCR - M 方式。G - M 方式的电梯由于效率低、能耗大，属于已淘汰产品，目前已不再生产。

## 2) 直流电动机的分类

根据其主磁极励磁绕组与电枢电路之间连接方式的不同，可将直流电动机分为以下四种，如图 1-3 所示。

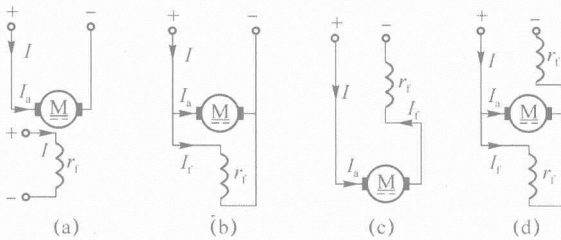


图 1-3 直流电动机的分类

- (a) 他励电动机；(b) 并励电动机；(c) 串励电动机；(d) 复励电动机

(1) 他励电动机：励磁绕组与电枢绕组分别由独立的直流电源供电，如图 1-3 (a) 所示。

(2) 并励电动机：励磁绕组与电枢绕组并联，由同一直流电源供电，如图 1-3 (b) 所示。

(3) 串励电动机：励磁绕组与电枢绕组串联，励磁电流等于电枢电流，如图 1-3 (c) 所示。

(4) 复励电动机：一部分与电枢并联，另一部分与电枢串联，如图 1-3 (d) 所示。

### 3) 直流电动机的调速方法

直流电动机转速  $n$  与电枢电路串电阻  $R_{pa}$ 、磁通、电枢电压  $U$  之间的关系如下：

$$n = \frac{U}{C_E \Phi} - \frac{R_a + R_{pa}}{C_E C_T \Phi^2} T$$

直流电动机的调速方法见表 1-1。

表 1-1 直流电动机的调速方法

调速方法	机械特性	电动机转速的影响因素
1. 电枢电路串电阻调速 (调整 $R_{pa}$ )		随着串入电阻的增大，可以使得电动机的转速减小。这种方法简单易行，但是平滑性差、能量损耗大、调速效率低，只适用于小容量、短时间的调速场合
2. 弱磁调速		随着磁通的减小，电动机的转速会不断地增大。在额定状态下，磁路接近饱和，所以利用改变磁通的方法可减小磁通，从而达到使电动机转速增加的目的。控制方便，能量损耗小，调速平滑性好
3. 降低电枢电压调速 (调整 $U$ )		随着电压的减小，转速会不断减小，可以实现无级调速，调速的平滑性和平稳性好，调速范围广

#### 4) SCR - M 直流电梯主拖动电路

SCR - M 直流电梯主拖动电路如图 1 - 4 所示。

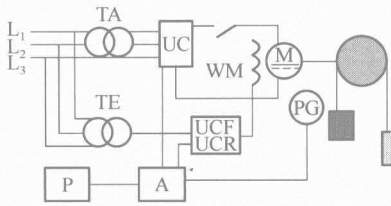


图 1 - 4 SCR - M 直流电梯主拖动电路

图 1 - 4 中元器件符号说明见表 1 - 2。

表 1 - 2 元器件符号说明

元器件符号	说明	元器件符号	说明
$L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$	三相交流电	TA	主变压器
TE	辅变压器	UC	整流器
WM	额定输出	M	直流曳引电动机
PG	测速发电机	UCF、UCR	正、反组整流桥
A	比较器	P	指令器

主电路分析：

交流电—TA 变压（给整流器 UC 供电）—UC 整流（给直流电动机供电）—L 平波电抗器（保护整流器）—直流电动机；

交流电—TE 变压（给 UCF/UCR 供电）—UCF/UCR（控制通过励磁绕组上电流的方向）—励磁绕组 WM（控制曳引电动机正反转）。

控制电路（图 1 - 5）分析：控制器控制电动机转动，测速发电机不断地检测电动机的实际转速  $n_1$ ，并将其传给比较器，与此同时指令器也将事先按照速度曲线设定好的转速  $n_2$  传给比较器，比较器将这两个速度作比较，见表 1 - 3。

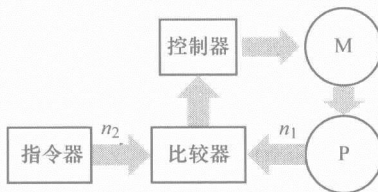


图 1 - 5 SCR - M 直流电梯控制电路

表 1-3 两个速度的比较

$n_1 - n_2 > 0$	说明实际转速过快, 此时比较器传达信号给控制器, 控制器使控制曳引电动机减速, 直到 $n_1 - n_2 = 0$ 为止
$n_1 - n_2 < 0$	说明实际转速偏慢, 此时比较器传达信号给控制器, 控制器使控制曳引电动机加速, 直到 $n_1 - n_2 = 0$ 为止
$n_1 - n_2 = 0$	说明此时电动机按照速度曲线上的速度正常运行

## 2. 交流双速电梯的拖动方式

### 1) 交流双速电梯的拖动方式概述

在当前运行的电梯中, 有一定数量的电梯是交流双速拖动方式。交流双速电梯的拖动系统结构和技术简单, 运行舒适感较差, 额定梯速一般在  $1 \text{ m/s}$  以下。交流双速拖动方式主要用于货梯或客货两用梯当中, 控制部分也由有触点控制改为无触点控制, 以提高其运行可靠性。

交流双速电梯采用变极调速电动机作为曳引电动机, 其变极比通常为  $6/24$  极, 也有  $4/24$  极和  $4/6/18$  极的。从电动机的结构看, 有采用单绕组改变接线方式实现的, 也有采用两组绕组的, 它们各自具有不同的极数, 通过接通不同的绕组来实现不同的转速。

图 1-6 所示为交流双速电梯的速度曲线, 停车前运行速度  $v_2$  大概是额定梯速的  $1/4$ , 在停车前有一个短时间的低速运行, 这是为了提高平层精确度而设置的。因为在双速电梯中不采用速度闭环控制, 如果由高速直接停车, 开环系统在速度控制上可能会不精确, 会造成平层精确度超差。

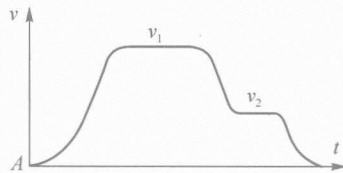


图 1-6 交流双速电梯的速度曲线

### 2) 交流双速电梯变极调速的原理

交流异步电动机定子绕组通以三相对称电流, 将在电动机气隙中产生一个旋转磁场。这个旋转磁场的转速  $n_1$  与电源频率  $f_1$ 、绕组极对数  $p$  及转差率为  $S$  的关系可以用下式表示:

$$n_1 = \frac{60f_1 (1 - S)}{p}$$

式中,  $n_1$  又称作异步电动机的同步转速 ( $\text{r/min}$ ), 异步电动机的实际转速  $n$  与同步转速  $n_1$  不同;  $S$  为异步电动机的转差率, 它反映了异步电动机的实际转速与旋转磁场转速的差异程度。同步电动机的转差率  $S$  为  $0$ 。

图 1-7 和图 1-8 分别为两个绕组通过不同的连接方式产生的不同磁场。

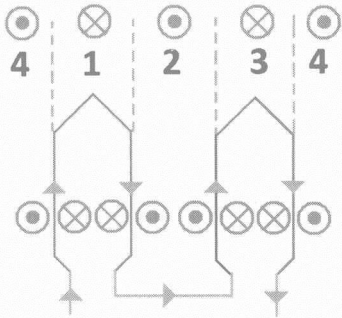


图 1-7 顺向串联的两个绕组产生的四极磁场

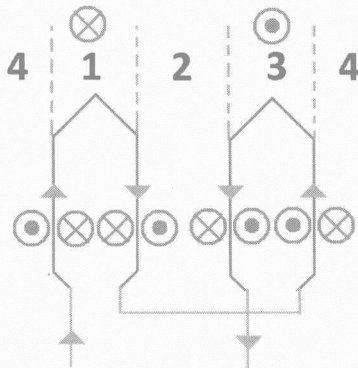


图 1-8 并联的两个绕组产生的四极磁场

(1) 双绕组变极。在电动机定子槽内嵌入两套定子绕组，它们各自独立，具有不同的极对数，当接入一个绕组时，电动机具有一种同步转速；当接入另一种绕组时，电动机则具有另一种同步转速。不能同时将两套绕组同时接入电源，也不能在一套绕组工作时将另一套绕组短路闭合，否则将造成电动机的损坏。

(2) 单绕组变极。在电动机内，只嵌放一套定子绕组，通过对这套定子绕组的不同接线组合得到不同的极数。

### 3) 交流双速电梯主拖动电路

交流双速电梯的主拖动电路如图 1-9 所示，元件符号说明见表 1-4。

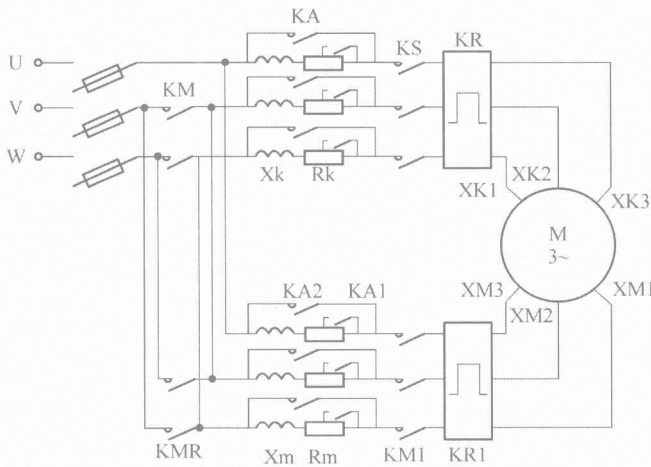


图 1-9 交流双速电梯的主拖动电路

表 1-4 元部件符号说明

元部件符号	说明	元部件符号	说明
U、V、W	三相交流电	M	曳引电动机
KM	上行接触器	KMR	下行接触器
KS	快速接触器	KM1	慢速接触器
KR	快速绕组热继电器	KR1	慢速绕组热继电器
Xk、Xm	电感	Rk	电阻
XK1 ~ XK3	快速绕组	XM1 ~ XM3	慢速绕组

图 1-10 所示为电梯上升运行原理。



图 1-10 电梯上升运行原理

### 3. 变频调速电梯拖动方式

变频按照有无直流环节，可分为：交—交变频、交—直—交变频。

(1) 交—交变频就是把一种频率的交流电通过转换器直接变成另一种频率和幅值的交流电，如图 1-11 所示。

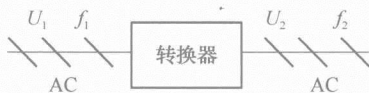


图 1-11 交—交变频

交—交变频多用于低转速、大转矩的场合，在中小功率场合较少采用，该技术目前虽尚未成熟，但仍吸引着众多的学者深入研究。电梯中基本不用交—交变频方式。

(2) 交—直—交变频比较常见，由整流器、滤波系统和逆变器三部分组成。交—直—交变频器按中间直流滤波环节的不同，又可以分为电压型和电流型两种。中间滤波环节是用电容器（电压型）或电抗器（电流型）对整流后的电压或者电流进行滤波，如图 1-12 所示。

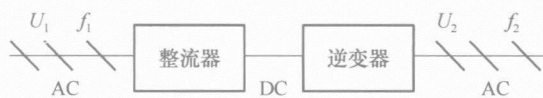


图 1-12 交—直—交变频

交—直—交变频电路的原理如图 1-13 所示，该电路由整流部分与逆变部分组成。

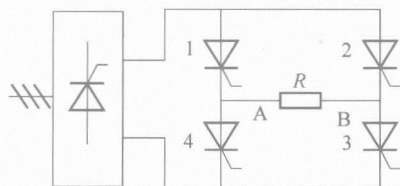


图 1-13 交—直—交变频电路的原理

交流电经整流后得到直流电，当晶闸管 1、3 导通，2、4 断开时，通过  $R$  上的电流的方向是由 A 到 B；当 1、3 断开，2、4 导通时，通过  $R$  上的电流方向是由 B 到 A，这样就使得  $R$  上获得了交流电。其频率由两组元件导通与断开的频率决定，其幅值由整流器输出的直流电压所决定。变频调速可以平滑地改变电动机的转速。

### 知识链接

当轿厢静止或匀速升降时，轿厢的加速度、加加速度都是零，乘客不会感到不适；而在轿厢由静止启动到以额定速度匀速运动的加速过程中，或由匀速运动状态制动到静止状态的减速过程中，既要考虑快速性的要求，又要兼顾舒适性的要求。也就是说，在加减速过程中，既不能过猛，也不能过慢。过猛时，快速性好了，而舒适性却变差了；过慢时，舒适性变好了，而快速性却变差了。因此，有必要设计电梯运行的速度曲线（如图 1-14 所示，其各段的含义如表 1-5 所示），让轿厢按照这样的速度曲线运行，既能满足快速性的要求，也能满足舒适性的要求。

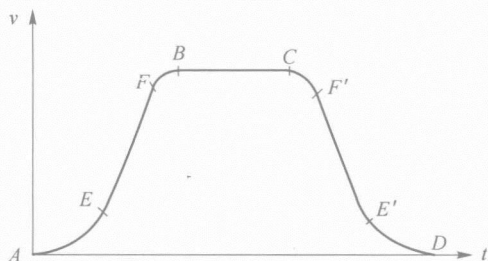


图 1-14 电梯速度曲线

表 1-5 电梯速度曲线各段的含义

分段	加/减速	加/减速度变化
A—E	加速运动	加速度不断变大
E—F	加速运动	加速度不变
F—B	加速运动	加速度不断减小
B—C	匀速运动	加速度为零

电梯的速度曲线要兼顾电梯的快速性与舒适性，应注意以下几点：

- (1) 电梯的速度曲线在弯角处都是圆滑过渡的，且是连续的。
- (2) 舒适性：电梯的启制动加速度值不大于  $1.5 \text{ m/s}^2$ ；加加速度不大于  $1.3 \text{ m/s}^3$ 。
- (3) 快速性：梯速小于  $2 \text{ m/s}$  的电梯，启制动加速度  $a$  不小于  $0.48 \text{ m/s}^2$ ；梯速大于  $2 \text{ m/s}$  的电梯，启制动加速度  $a$  不小于  $0.65 \text{ m/s}^2$ 。
- (4) 调速电梯在加、减速阶段要实施严密的速度闭环控制。



### 任务实施过程

- (1) 先由指导教师对参观实训和操作的安全规范作简单的介绍。
- (2) 教师带学生进入电梯实训室观察通力电梯的曳引电动机主机、速度反馈装置、曳引电动机调速装置、门电动机、门机速度反馈装置、门机调速装置，并能认识它们的组成部件及各部件的作用。
- (3) 学生将观察到的电梯电力拖动系统及其组成部件记录到表 1-6 中。

表 1-6 电梯电力拖动系统及其组成部件

序号	电梯电力拖动系统	组成部件	备注（铭牌、规格）
1	实训室 2、3、4 号电梯的曳引电动机		
2	实训室 2、3、4 号电梯的速度反馈装置		
3	实训室 2、3、4 号电梯的曳引电动机调速装置		
4	实训室门系统实训装置的门电动机		
5	实训室门系统实训装置的门机速度反馈装置		
6	实训室门系统实训装置的门机调速装置		



### 任务评价

任务完成后，学生根据对任务内容的掌握情况进行自我评价，并完成评价表。教师在任务实施过程中对学生提问，通过学生的回答情况及作业完成情况，完成评价表中的教师评价部分。学生自我评价和教师评价如表 1-7 所示。



表 1-7 学生自我评价和教师评价

班级		姓名	
职业素养	工装	安全规范执行	5S 管理
	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格	<input type="checkbox"/> 严格执行 <input type="checkbox"/> 较好执行 <input type="checkbox"/> 不执行	<input type="checkbox"/> 遵守 <input type="checkbox"/> 部分遵守 <input type="checkbox"/> 未遵守
任务内容学习掌握评价	任务内容	学生自评	教师评价
	电梯拖动系统的功能	<input type="checkbox"/> 掌握 <input type="checkbox"/> 会 <input type="checkbox"/> 知晓	<input type="checkbox"/> 优秀 <input type="checkbox"/> 良好 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 不合格
	电梯拖动系统的组成	<input type="checkbox"/> 掌握 <input type="checkbox"/> 会 <input type="checkbox"/> 知晓	
	直流电梯拖动原理与控制方法	<input type="checkbox"/> 掌握 <input type="checkbox"/> 会 <input type="checkbox"/> 知晓	
	交流变极调速电梯拖动原理与控制方法	<input type="checkbox"/> 掌握 <input type="checkbox"/> 会 <input type="checkbox"/> 知晓	
	变频调速电梯拖动原理与控制方法	<input type="checkbox"/> 掌握 <input type="checkbox"/> 会 <input type="checkbox"/> 知晓	

## 作业布置

1. 简述电梯速度曲线各段的含义及速度曲线的特点。
2. 如图 1-15 所示, 电梯在正常运行中 1 和 2 这两种情况会发生吗? 如果有可能发生, 请说明产生的过程及原因。

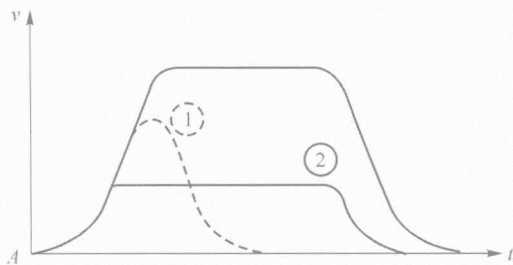


图 1-15 交流双速电梯的主拖动电路

3. 请叙述四层四站的交流双速电梯从一楼运行到四楼, 再从四楼运行到一楼时, 主拖动电梯的工作原理, 并绘制出整个过程的完整的电梯速度曲线。