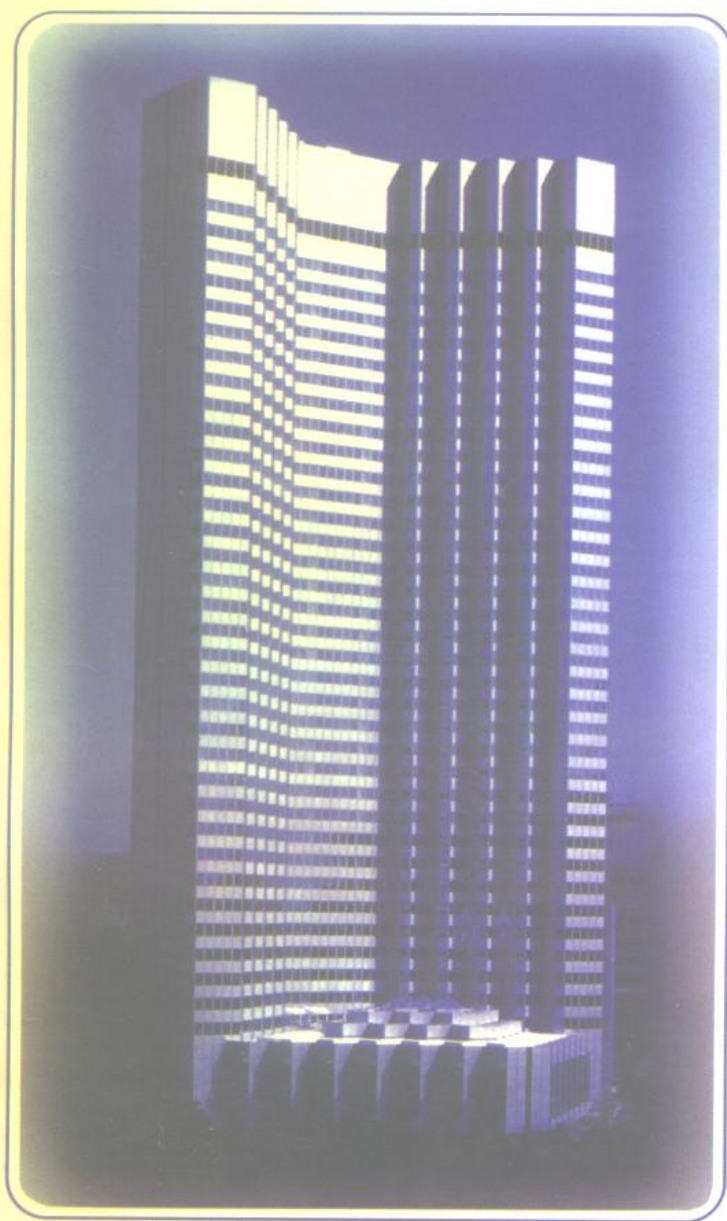


# 电梯控制系统

## 继电器与PC控制原理、设计及调试

刘载文 李惠升 钟亚林 编著



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

# 电梯控制系统

继电器与PC控制原理、设计及调试

刘载文 李惠升 钟亚林 编著

電子工業出版社

## 内 容 提 要

本书是一部关于电梯控制系统的专著,全面系统地论述了电梯电力拖动系统与信号控制系统(继电器与PC控制方式)的工作原理、控制方案、典型线路、设计方法、程序编制以及安装调试,并详细分析了几种典型的交流双速、交流调速、直流调速电梯控制系统的工作过程。本书对电梯控制系统的设计研究、技术改造、安装调试、维修具有指导意义,为改造在用电梯提供了很有价值的技术资料,是从事电梯工作的技术人员和工人必备的书籍。各类院校有关专业师生可将本书作为电梯控制系统课的专业教材,或作为电力拖动系统自动控制系统电器控制、PC原理及应用等课程的参考书。

### 电梯控制系统

继电器与PC控制原理、设计及调试

刘载文 李惠升 钟亚林 编著

责任编辑:吴源

电子工业出版社出版(北京市万寿路)

电子工业出版社发行 各地新华书店经销

北京市联华印刷厂印刷

开本:787×1092毫米 1/16 印张:24.75 字数:602千字

1996年5月第1版 1996年5月第1次印刷

印数:3000册 定价:45.00元

ISBN 7-5053-3383-6/TP·1303

## 前 言

近年来我国的经济建设飞速发展,人民生活水平迅速提高,工作居住条件得到了重大改善,高层建筑如雨后春笋拔地而起。电梯作为高层建筑物内的垂直交通运输工具,与人们的工作和生活日益紧密相关。

目前我国电梯的拥有量已达20万部左右,并以每年15%左右的速度增加。因而急需培养更多的电梯研究开发、安装调试和维修保养人员,并需不断提高现有电梯技术人员和工人的技术水平。但目前国内有关电梯的书籍不多,专门研究分析电梯控制系统的专著更少,这与电梯行业迅速发展的形势很不适应。

电梯主要分为机械系统与控制系统两大部分。随着自动控制理论与微电子技术的发展,电梯的拖动方式与控制手段均发生了很大的变化。交流调速是当前电梯拖动的主要发展方向。早期安装的电梯多为继电器控制方式,其最大缺点是故障率较高,可靠性差。安全性是电梯运行的首要问题,因而这类控制系统的更新换代和技术改造势在必行、迫在眉睫。PC(可编程序控制器)作为新一代工业控制器,以其高可靠性和技术先进性,在电梯控制中得到了日益广泛的应用,是电梯由传统的继电器控制方式发展为计算机控制的一个重要方向,是改造在用电梯符合国情的有效途径,成为当前电梯控制与技术改造的热点之一。但国内至今还没有有关电梯PC控制系统的书籍,远远跟不上电梯控制技术的发展。

为此我们编写了这部电梯控制系统的专著,以适应我国电梯及其控制技术迅速发展的需要,满足从事电梯技术工作的各类人员的要求。

本书的重点是介绍电梯交流拖动系统、继电器信号控制系统与PC控制系统,全书共七章。第一章介绍电梯控制的基本概念与方法;第二章论述电梯电力拖动系统的基本组成和工作原理,并进行了较深入的理论分析;第三章叙述电梯信号控制系统的控制方式和各种典型继电器控制线路,以及几种电梯控制系统的工作过程分析;第四章简要介绍PC的结构原理、控制指令、梯形图程序设计,以及编程器的使用;第五章内容是电梯PC控制原理及系统设计方法、I/O接口线路与梯形图设计;第六章详细分析了交流双速、交流调速和直流调速等三种典型电梯PC控制系统的I/O线路及工作过程;第七章阐述电梯PC控制系统的安装、调试及维修。

本书的编写力求内容充实、图文并茂、循序渐进、理论与实用相结合。使读者尽快深入地学习掌握电梯拖动系统与信号控制系统的工作原理、线路分析,并能进行PC控制系统的I/O线路与梯形图的分析、设计与调试。

参加本书编写的还有章美芬、张远峰、国建军、彭金声、樊运华、冯国庆、赵小立等同志。

编写过程中得到北京轻工业学院自动化系、北京建筑工程学院机电系、建设部北京蓝光电梯技术公司、北京电梯专业委员会等单位许多同志的帮助。本书汇集了作者从事电梯控制系统研究开发、技术改造和教学培训工作的经验成果,由于受时间和水平的限制,不妥之处在所难免,敬请读者指正。

作者

一九九五年六月

# 目 录

|                                                  |           |
|--------------------------------------------------|-----------|
| <b>第一章 电梯概述 .....</b>                            | <b>1</b>  |
| 第一节 电梯的基本结构 .....                                | 2         |
| 第二节 电梯的主要性能指标 .....                              | 4         |
| 一、安全性 .....                                      | 4         |
| 二、可靠性 .....                                      | 7         |
| 三、舒适感与快速性——电梯的速度曲线 .....                         | 7         |
| 四、停站准确性 .....                                    | 15        |
| 五、振动噪声和电磁干扰 .....                                | 16        |
| 六、节能 .....                                       | 16        |
| 七、装潢 .....                                       | 16        |
| 第三节 电梯控制系统的组成 .....                              | 16        |
| <b>第二章 电梯的电力拖动系统 .....</b>                       | <b>18</b> |
| 第一节 概述 .....                                     | 18        |
| 一、常见的电梯电力拖动方式 .....                              | 18        |
| 二、电机的负载机械特性 .....                                | 18        |
| 第二节 直流电梯拖动方式 .....                               | 20        |
| 一、发电机组供电的直流电梯（F—D拖动方式） .....                     | 21        |
| 二、可控硅整流器供电的直流电梯（SCR—D 拖动方式） .....                | 26        |
| 三、可控硅整流器供电的直流电梯SCR—D电梯与发电机组供电的直流电梯F—D电梯的比较 ..... | 31        |
| 第三节 交流双速电梯拖动方式 .....                             | 32        |
| 一、概述 .....                                       | 32        |
| 二、电机变极调速的原理 .....                                | 33        |
| 三、电梯中变极调速主电路 .....                               | 36        |
| 四、双速电梯能量分析 .....                                 | 42        |
| 第四节 交流调压调速电梯拖动方式 .....                           | 50        |
| 一、交流异步电动机调压调速的基础知识 .....                         | 50        |
| 二、交流电梯调压调速的特点 .....                              | 56        |
| 三、调压调速电梯的主电路 .....                               | 63        |
| 第五节 变频调速电梯拖动方式 .....                             | 72        |
| 一、变频调速的基础知识 .....                                | 72        |
| 二、变频调速电梯的主电路 .....                               | 85        |
| 三、变频调速电梯的控制 .....                                | 86        |
| <b>第三章 电梯信号控制系统 .....</b>                        | <b>88</b> |
| 第一节 JKH—791交流双速电梯 .....                          | 88        |
| 一、通电待命 .....                                     | 88        |
| 二、选层运行 .....                                     | 92        |
| 三、停梯开门 .....                                     | 97        |
| 四、急停、直驶、强迫换速停车 .....                             | 97        |

|                                  |            |
|----------------------------------|------------|
| 五、检修运行 .....                     | 98         |
| 六、一次运行的分析 .....                  | 96         |
| <b>第二节 TOEC—10交流调压调速电梯 .....</b> | <b>101</b> |
| 一、拖动控制部分工作原理 .....               | 101        |
| 二、TOEC—10电梯的信号控制 .....           | 133        |
| 三、电梯运行举例 .....                   | 152        |
| <b>第四章 PC原理及控制指令 .....</b>       | <b>156</b> |
| <b>第一节 PC的基本特点 .....</b>         | <b>156</b> |
| 一、PC的基本特点 .....                  | 156        |
| 二、PC的性能指标 .....                  | 157        |
| 三、PC使用的编程语言 .....                | 159        |
| 四、PC控制系统与其他控制系统比较 .....          | 160        |
| <b>第二节 PC的基本结构及工作原理 .....</b>    | <b>162</b> |
| 一、PC的基本结构 .....                  | 162        |
| 二、PC的工作原理 .....                  | 166        |
| <b>第三节 PC的控制指令 .....</b>         | <b>168</b> |
| 一、PC程序设计基础 .....                 | 168        |
| 二、基本梯形图指令 .....                  | 174        |
| 三、逻辑运算指令 .....                   | 185        |
| 四、数据处理指令 .....                   | 189        |
| 五、其他指令 .....                     | 239        |
| <b>第四节 编程器的使用 .....</b>          | <b>246</b> |
| 一、选择工作状态 .....                   | 246        |
| 二、编程准备 .....                     | 247        |
| 三、编程操作 .....                     | 248        |
| 四、监控操作 .....                     | 251        |
| 五、数据修改操作 .....                   | 252        |
| 六、盒式录音机操作 .....                  | 254        |
| <b>第五章 PC控制电梯原理 .....</b>        | <b>256</b> |
| <b>第一节 电梯PC控制系统概述 .....</b>      | <b>256</b> |
| 一、电梯各种控制方式的特点 .....              | 256        |
| 二、电梯PC控制系统的基本结构 .....            | 258        |
| 三、系统等效工作原理 .....                 | 262        |
| <b>第二节 电梯PC控制系统设计方法 .....</b>    | <b>263</b> |
| 一、系统设计内容与步骤 .....                | 263        |
| 二、PC软件设计要点 .....                 | 264        |
| 三、梯形图及控制线路设计方法 .....             | 265        |
| <b>第三节 系统配置与PC选型 .....</b>       | <b>276</b> |
| 一、PC控制方案 .....                   | 276        |
| 二、PC选型 .....                     | 278        |
| <b>第四节 输入输出接口 .....</b>          | <b>284</b> |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 一、输入接口 .....                    | 284 |
| 二、输出接口 .....                    | 294 |
| <b>第五节 PC控制原理与梯形图</b> .....     | 301 |
| 一、轿厢楼层位置检测方法 .....              | 311 |
| 二、内指令和外召唤信号的登记、消除及显示 .....      | 312 |
| 三、定向 .....                      | 316 |
| 四、选层换速 .....                    | 319 |
| 五、开关门控制 .....                   | 315 |
| 六、层楼位置指示 .....                  | 327 |
| 七、消防运行 .....                    | 332 |
| 八、呼梯铃控制与故障报警 .....              | 332 |
| 九、运行次数记录 .....                  | 333 |
| <b>第六章 电梯PC控制系统</b> .....       | 335 |
| <b>第一节 交流双速电梯</b> .....         | 335 |
| 一、PC控制系统基本结构 .....              | 335 |
| 二、系统工作原理 .....                  | 339 |
| 三、控制程序 .....                    | 342 |
| <b>第二节 交流调速电梯</b> .....         | 344 |
| 一、PC控制系统基本结构 .....              | 344 |
| 二、数字式交流调速器原理及使用 .....           | 347 |
| 三、系统工作原理 .....                  | 346 |
| <b>第三节 直流调速电梯</b> .....         | 353 |
| 一、PC控制系统基本结构 .....              | 353 |
| 二、NB系列PC特点及I/O地址分配 .....        | 360 |
| 三、三相可控硅励磁装置基本结构与工作原理 .....      | 361 |
| 四、控制系统工作原理 .....                | 363 |
| <b>第七章 PC控制系统的安装调试及维修</b> ..... | 370 |
| <b>第一节 PC控制柜的组装及检验</b> .....    | 370 |
| 一、控制柜的组装 .....                  | 370 |
| 二、控制柜的检验 .....                  | 371 |
| <b>第二节 系统的现场安装</b> .....        | 372 |
| 一、控制柜的固定 .....                  | 372 |
| 二、控制柜的接线 .....                  | 372 |
| <b>第三节 系统调试</b> .....           | 373 |
| 一、调试工具 .....                    | 373 |
| 二、系统调试步骤 .....                  | 376 |
| <b>第四节 系统维修</b> .....           | 381 |
| 一、典型故障分析 .....                  | 381 |
| 二、PC故障及维修 .....                 | 383 |
| <b>参考文献</b> .....               | 387 |

# 第一章 电 梯 概 述

在寸土寸金的都市中，建造高层建筑是人类向地球索取更大活动空间的重要手段，林立的高楼大厦已成为现代化都市的重要标志。

电梯作为高层建筑中的垂直交通工具，已成为须臾不可缺的重要设备。我们不可想象一座几十层高数万平方米的大厦可以没有电梯，就连十几层高的居民住宅楼，如果电梯停开一天，也将给群众带来不小的麻烦。

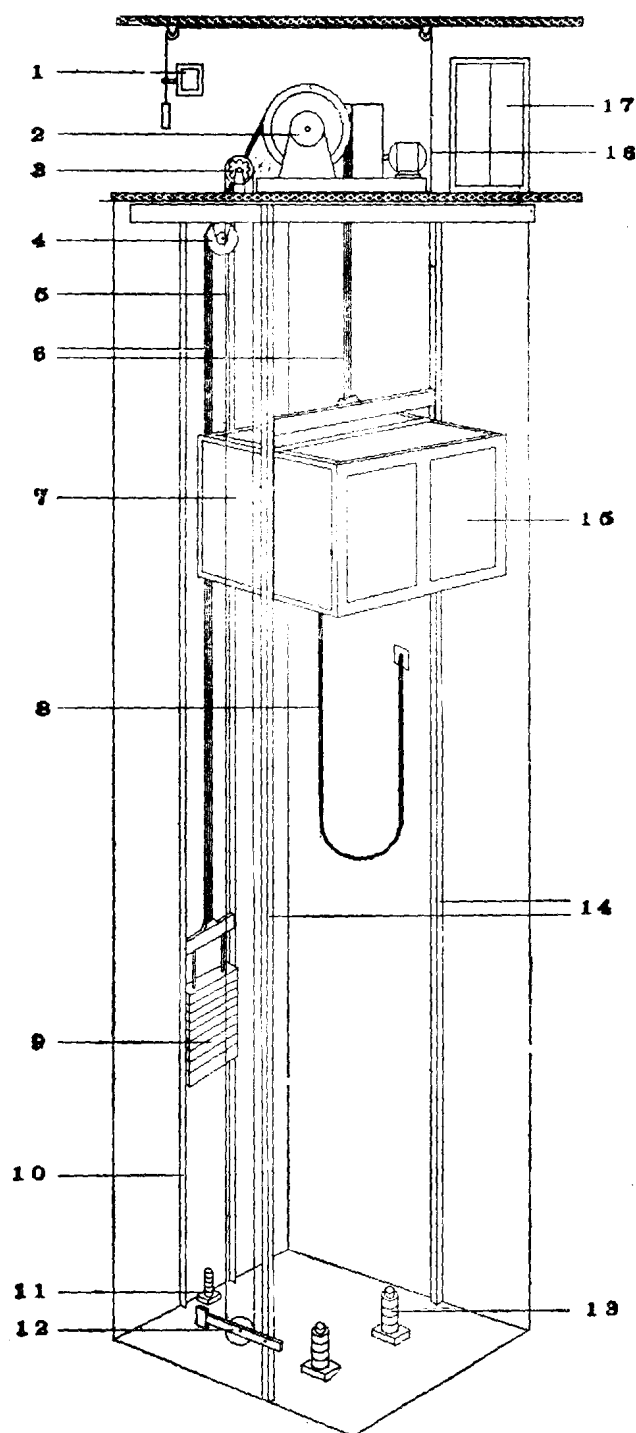
改革开放以来，我国的电梯业有了长足的进步，数家合资电梯厂引进国外先进技术，带动我国电梯业迅速发展，国内数百家中小电梯厂也在不断改进设计、修改工艺，更新换代生产更新型的电梯。目前我国电梯业已能生产国际上80年代水平的电梯，产量达到每年一万三千部左右，到目前为止，国内已有近二十万部电梯在使用中。正在使用的电梯中，有一半以上是较陈旧的继电器控制的电梯，这些电梯可靠性较差，易出故障，许多已达到继电器的使用寿命，但仍在超期服役，造成经常性故障停梯。这些电梯急待大修或彻底改造。还有相当多的发电机组供电的直流电梯，这些电梯的电力拖动部分耗能严重，已由国家明文规定停止生产，这些电梯的控制部分也有大量的继电器，许多也已到使用期，这类直流电梯除了要改造继电器控制部分之外，还需对电力拖动部分加以改造，改成可控硅供电的直流电梯或干脆改成交流电机拖动的调速电梯。随着经济生活的发展，工作节奏加快，有些大厦的使用功能发生转化，客流量增大，原安装的电梯已不能满足需要，这时又将出现提高梯速、改进装潢、改善电梯舒适感的要求。上面这些对现有电梯加以改造，以提高电梯性能满足现代化生产、生活需要的要求被摆到了我国电梯业面前。电梯生产厂家除了要完成每年约一万三千部的生产任务，还要承接大量的电梯改造任务，真是应接不暇，许多电梯厂的订单已排到了三年以后，在这种形势下，许多研究所、高校以及电梯维修部门异军突起，加入到电梯改造这一领域。

在电梯的生产、改造过程中，中国科技人员充分发挥了他们的聪明才智，开发出了自己的交流调压调速（ACVV）电梯控制系统，交流变频调速（VVVF）、串行通讯、微机控制的电梯控制系统，也推出了具有中国特色的可编程序控制器（PC）的电梯控制系统。

电梯制造界的技术人员（工程师、技术工人）需要掌握电梯知识，电梯的管理、运行、维修人员也需要了解电梯知识，电梯乘客也想了解他们天天乘坐的电梯的有关常识，大专院校有关专业的师生和其它专业的科技人员也想学习、了解和借鉴电梯技术。特别是近几年电梯改造中广泛采用了可编程序控制器，因此要求较系统地了解PC在电梯改造中的应用情况的呼声也越来越高。为了满足上述需求，作者编写了这本书，重点介绍电梯的拖动系统、控制系统、PC的工作原理及其在电梯改造中的应用。由于篇幅所限，对电梯的机械部分、土建设计要求不予介绍，有这方面要求的读者请参阅其它文献。

## 第一节 电梯的基本结构

现代电梯的基本结构如图1-1所示。



1. 电源开关 2. 曳引机 3. 限速器 4. 导向轮 5. 限速器钢丝绳 6. 曳引钢丝绳  
7. 轿厢 8. 随行电缆 9. 对重 10. 对重导轨 11. 对重缓冲器 12. 限速器张紧装置  
13. 轿厢缓冲器 14. 轿厢导轨 15. 轿厢门 16. 极限开关钢丝绳 17. 控制柜

图 1-1 电梯的基本结构

从图中看出，一部电梯主要由轿厢（7）、对重（9）、曳引机（2）、控制柜（17）、导轨（10、14）等主要部件组成。

电梯的机房通常设在建筑物的顶楼，机房内设有电梯的控制柜和曳引机以及防止电机超速运行的保护装置——限速器（3）。机房曳引机由曳引电动机、减速机、曳引轮和电磁抱闸组成。

电梯轿厢和对重通过钢丝绳悬挂在曳引轮（有时还有一个导向轮，以便拉开二者的距离）的两侧，靠曳引轮与钢丝绳之间的摩擦力带动轿厢运动。钢丝绳通常经过一套动、静滑轮组来吊住轿厢（对重亦然），这样可以起到进一步减速的作用，同时又可减轻钢丝绳的张力，从而可以选用不太粗的钢丝绳，而较细的钢丝绳有较好的柔韧性。在行程较大的电梯中，轿厢底部与对重底部还连有一个补偿链（或补偿绳），用以补偿当轿厢在接近底部或顶部时，轿厢、对重两侧由于曳引钢丝绳长度不同造成的重量差。

轿厢内门的一侧装有一个操纵盘，盘上设有选层按钮及相应的指示灯，还有开、关门按钮、急停按钮、有无司机开关及各种显示电梯运行状态的指示灯，显示轿厢所在楼层的数码管通常装在操纵盘的上方，有时设在门的上方。轿厢底部或上部吊挂处装有称重装置（低档电梯无称重装置），称重装置将轿厢的负载情况通报给控制系统，以便确定最佳控制规律。轿厢门的上方装有开门机，开门机由一台小电机驱动来实现开关门动作，在门开启到不同位置时，压动行程开关，发出位置信号用以控制开门机减速或停止。在门上或门框上装有机械的或电子的门探测器，当门探测器发现门区有障碍时便发出信号给控制部分停止关门、重新开门，待障碍消除后，方可关门。从而防止关门时夹人、夹物。轿厢顶部设一接线盒，供检修人员在检修时操纵电梯用。在机房曳引机的下方是贯穿于建筑物通体高度的方形竖直通道，俗称井道，井道侧壁上安装有竖直的导轨，作为引导轿厢、对重运动的导向装置，在发生轿厢超速或坠落时，限速器会自动地将安全钳的楔形钳块插入导轨和导靴之间，将轿厢制停在导轨上，防止恶性事故的发生。井道的底部平面低于建筑物最底层的地面，俗称底坑，在底坑对应着轿厢和对重重心的投影点处分别安装有缓冲器（11、13），以便在轿厢蹲底或冲顶时（此时对重落到最低点）减缓冲击用。底坑中还设有限速器钢丝绳的张紧轮装置。在井道的上下两端的侧壁上装有极限位置的强迫减速、停车、断电的行程开关，以防止蹲底、冲顶事故的发生。井道侧壁对应各楼层的相应位置装有减速、平层开关的遮磁板（或磁铁等），以便发送减速、停车信号用。有的电梯在井道中还设有各层的楼层编码开关的磁块（或磁铁），用作楼层指示信号。

在井道对应各楼层候梯厅一侧开有厅门，厅门平时是关闭的，只有当轿厢停靠在该层时，厅门被轿厢的连动机构带动一起打开或关闭。在各层厅门的一侧面对候梯厅装有呼梯按钮和楼层显示装置，呼梯按钮通常有上行呼梯、下行呼梯各一个（最底层只有上行呼梯按钮，最高层只有下行呼梯按钮），按钮内（有时在按钮旁）装有呼梯响应指示灯，该灯亮表示呼梯信号被控制系统登记。楼层显示装置有时也设在厅门上方。

有些电梯采用机械选层器，选层器安装在机房的井道上方，轿厢的运动通过选层器钢带传递给选层器，选层器的动拖板以1:40或1:60的比例模拟轿厢的运动，随着动拖板的运动，其上的触点与固定板上的触点发生通、断，这些通断信号就描述了轿厢在井道中的位置，把这些信号与井道中开关信号以及呼梯选层信号一起综合分析判断，就可以决定电梯的运行。新型电梯多数不再采用机械选层器，而用电子选层器取代之。

## 第二节 电梯的主要性能指标

电梯作为建筑物的垂直交通工具，每天都和千百万乘客打交道，它的性能好坏，直接影响到人们的生产、生活，越来越引起人们的关注。国家、地方和使用单位都制定了一系列的标准、规定，以确保电梯的使用安全、可靠。

归纳对电梯性能的要求，不外乎如下几个方面。

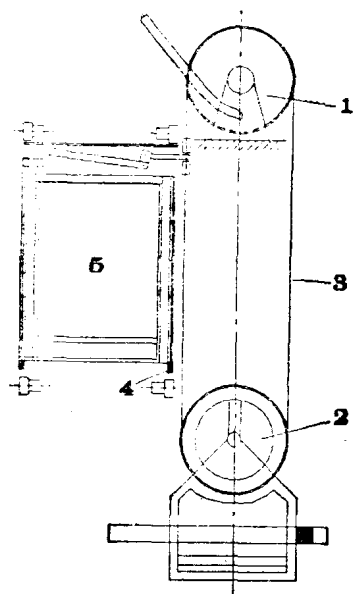
### 一、安全性

电梯是运送乘客的，即使载货电梯通常也有人伴随，因此对电梯的第一要求便是安全。

电梯的安全与设计、制造、安装调试及检修各环节都有密切联系。任何一个环节出了问题，都可能造成不安全的隐患，以致造成事故。

电梯中设置有必要的安全设施，它们主要有：

#### 1. 超速保护装置



1. 限速器绳轮 2. 张紧装置  
3. 钢丝绳 4. 安全钳 5. 轿厢

图 1-2 电梯的超速保护装置

超速保护装置主要由限速器和安全钳组成，如图1-2所示。

在设在机房的限速器绳轮(1)与设在底坑的张紧装置(2)之间用直径不小于7mm的较细的钢丝绳(3)环绕，张紧装置对环绕的钢丝绳每一分支的拉力应不小于15公斤。安全钳(4)装在轿厢(5)上，钢丝绳上的一点被压固在安全钳机构的绳握中。从而轿厢的上下运动便通过钢丝绳带动限速器绳轮一起转动，绳轮的转速便反映了轿厢的运动速度。绳轮带动一个离心式动作机构，当转速超过设定值时，离心机构使夹绳装置动作，夹绳钳将钢丝绳夹住，使钢丝绳不能运动，而这时轿厢继续运动，则钢丝绳拉动安全钳的连杆机构，而连杆机构将楔块拉入导轨与导靴之间，靠楔块与导轨间的摩擦力使轿厢减速，最终制停在导轨上。这样一来便可以防止轿厢高速坠落，保护设备和人身的安全。

类似地，在梯速高于1m/s的电梯中，对重侧也设有安全钳。对重安全钳的动作速度应整定在略高于轿厢安全钳的动作速度。

轿厢的限速器、安全钳动作速度应不低于轿厢额定速度的115%，但不大于表1-1所规定的数值。

当限速器动作牵动安全钳的楔铁插入导轨与导靴间开始制动时，轿厢由于惯性还会继续走一段距离：这段距离过大，则制动效果不佳，这段距离若过小，则制动太剧烈，通常规定一合适的掣停距离作为安全钳的考核指标（见表1-2）。

在轿厢上应装设与安全钳联动的非自动复位开关，当安全钳动作时，该联动开关切断

表 1-1 限速器的最大动作速度

| 额 定 速 度 (m/s) | 限速器最大动作速度(m/s) |
|---------------|----------------|
| $\leq 0.50$   | 0.85           |
| 0.75          | 1.05           |
| 1.00          | 1.40           |
| 1.50          | 1.98           |
| 1.75          | 2.26           |
| 2.00          | 2.55           |
| 2.50          | 3.13           |
| 3.00          | 3.70           |

表 1-2 安全钳的掣停距离

| 额 定 速 度 (m/s) | 安 全 钳 掣 停 距 离 |          |
|---------------|---------------|----------|
|               | 最 小 (mm)      | 最 大 (mm) |
| 1.50          | 330           | 840      |
| 1.75          | 380           | 1020     |
| 2.00          | 460           | 1220     |
| 2.50          | 640           | 1730     |
| 3.00          | 840           | 2320     |

电梯的控制电路。

梯速大于1m/s的限速器，应装有非自动复位的超速开关。该开关在限速器动作速度的95%时切断电梯的控制电路。

2. 轿厢超越上、下极限工作位置时，切断控制电路的装置，交流电梯(除杂物电梯)还应有切断主电路电源的装置，直流电梯在井道上、下端站前，应有强迫减速装置

正常运行的电梯，其轿厢不应超越上、下端站。当控制电路故障失灵时，轿厢可能超越下端站继续下行(或超越上端站继续上行)，这时必须及时地停止轿厢的运动，以防止撞底(又叫蹲底、冲底)事故的发生(或撞顶事故的发生)。

上、下极限位置的保护开关布置如图1-3所示。

以轿厢向下超越下层端站位置继续向下运动为例，这时轿厢首先撞开下强迫减速开关(8)，下强迫减速开关发出信号，使轿厢减速、停止。如轿厢未在预定距离内停止，就将撞动下限位开关(9)，下限位开关发出信号令轿厢停止运动，如果轿厢仍未及时停止，就会撞动下极限碰轮(10)，并通过钢丝绳(4)带动下极限开关(12)发出指令，使下行接触器断电或干脆切断电梯的控制电路电源或主电路电源。

当轿厢超越上层端站位置后，将先后撞动上强迫减速开关(3)、上限位开关(2)和上极限碰轮(1)，从而使电梯停止运动。

### 3. 撞底缓冲装置

当上述极限位置保护开关仍未能使轿厢停止运动时，向下运动的轿厢就会撞向底坑

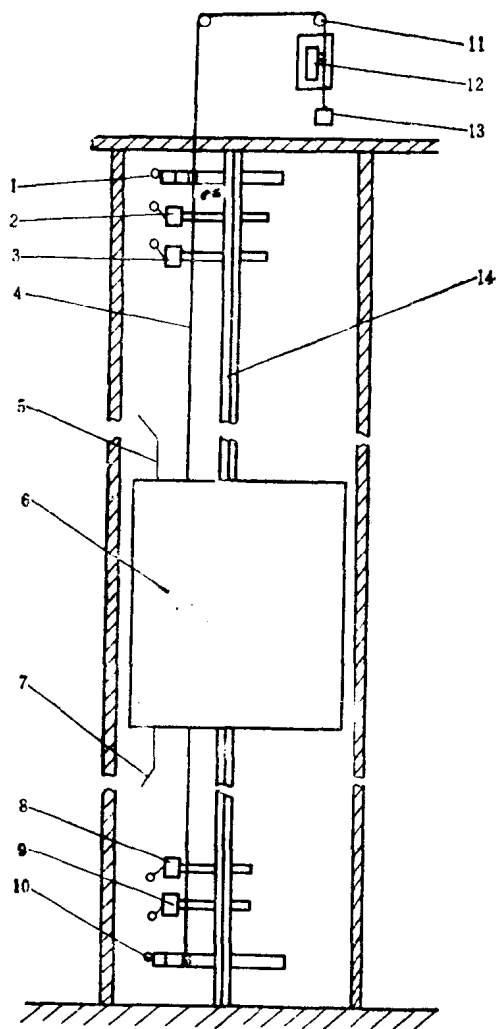


图 1-3 电梯轿厢极限位置保护开关

(向上运动的轿厢就会冲向井道顶), 这时就将出现撞底事故。为了减少撞底造成的危害, 在底坑对应轿厢重心的投影位置, 安装有缓冲器。缓冲器有弹簧缓冲器和油压缓冲器两种: 当额定梯速小于  $1\text{m/s}$  时, 采用弹簧缓冲器; 当额定梯速高于  $1\text{m/s}$  时, 采用油压缓冲器。对于额定梯速为  $0.25\text{m/s}$  的电梯, 则只要在底坑设置弹性实体(如橡胶)即可。

在轿厢载重量不超过  $110\%$  额定载重量, 梯速不超过  $115\%$  额定梯速(即限速器动作速度)时, 弹簧缓冲器对轿厢所产生的瞬时减速度应不超过  $2.5g$  (即  $24.5\text{m/s}^2$ )。

当轿厢载有额定载重量, 速度为  $115\%$  额定速度时, 在油压缓冲器的有效工作行程内, 油压缓冲器对轿厢产生的平均减速度不大于  $1g$  (即  $9.8\text{m/s}^2$ ), 最大减速度不超过  $2.5g$  ( $24.5\text{m/s}^2$ ), 最大减速度的持续时间应不超过  $\frac{1}{25}\text{s}$ , 油压缓冲器的最小有效工

作缓冲行程规定如表1-3。

4. 对三相交流电源应设断相保护的装置和相序保护装置

表 1-3 油压缓冲器最小缓冲行程

| 额定速度(m/s) | 最大缓冲速度(m/s) | 最小缓冲行程(mm) |
|-----------|-------------|------------|
| 1.5       | 1.725       | 152        |
| 1.75      | 2.01        | 216        |
| 2.0       | 2.30        | 270        |
| 2.5       | 2.875       | 422        |
| 3.0       | 3.45        | 608        |

#### 5. 应设置厅门、轿门电气联锁装置

在厅门、轿门全部关好后才允许轿厢运行, 以防止开门运行对乘客造成意外伤害。

#### 6. 电梯因中途停电或电气系统有故障不能运行时, 应有轿厢慢速移动措施

当突然停电或故障停车时, 轿厢停在途中, 乘客被关在轿内, 这时可以通过曳引机上

设置的盘车手轮使轿厢缓慢运动到相邻层站，手动开门疏散乘客。

有些电梯设有断电平层（或称故障救援）装置，在出现突然断电或故障停车时，该装置自动投入，按最省力的方向将轿厢运动到邻近的层站，自动开门，疏散乘客。

在电梯中除了要有上述完全设施外，在设计、制造中还应注意：

1. 电梯中的金属构件应保证材质均匀，锻件不得有夹层、折迭、裂纹、锻伤、夹渣及其它能降低强度的缺陷。铸件主要工作表面不允许有裂纹、气孔、缩孔、渣眼、浇铸不足及其它能降低强度的缺陷。焊接件应保证焊缝强度不低于母体金属的极限强度。
2. 对重要部件，设计时应取较大安全系数，一般取10~12。
3. 制动器应保持动作灵活可靠，线圈温升不超过60℃。
4. 电气部分应符合电气设备的有关技术规范，接线准确、可靠。
5. 轿厢、曳引机等金属部件均应可靠接地，并符合《电气设备接地装置规程》。

## 二、可靠性

电梯的可靠性也很重要，如果一部电梯工作起来经常出故障，就会影响人们正常的生产、生活，给人们造成很大的不便。不可靠也是事故的隐患，是不安全的起因。

要想提高电梯的可靠性，首先应提高构成电梯的各个零、部件的可靠性，只有每个零、部件都是可靠的，整部电梯才可能是可靠的。

电梯的故障，主要表现在电力拖动控制系统中。因此要提高可靠性，也主要从电力拖动控制系统下手。电梯的电力拖动应尽量采用鼠笼型异步电机，因为这种电机结构简单，坚固耐用，无需经常维修，与具有电刷、换向器的直流电机相比，可靠性要高得多。电梯的控制系统应尽量避免采用大量的继电器，因为继电器寿命短，一般动作次数为10万到100万次，它的触点容易烧灼，造成接触不良，或者因落上灰尘而增大导通电阻，从而影响工作的可靠性。现代电梯采用晶体管、可控硅、集成电路及计算机代替接触器、继电器，将有触点控制改为无触点控制，使控制系统的可靠性大大增加，系统的性能也大大地提高。

## 三、舒适感与快速性——电梯的速度曲线

电梯作为一种交通工具，对于快速性的要求是必不可少的。快速可以节省时间，这对于处在快节奏的现代社会中的乘客是很重要的。快速性主要通过如下方法得到：

### 1. 提高电梯额定速度

电梯的额定速度提高，运行时间缩短，达到为乘客节省时间的目的。现代电梯梯速不断提高，目前超高速电梯额定速度已达10米/秒。通常我们称额定速度低于1米/秒的电梯为低速电梯，额定梯速1~2米/秒的电梯为中、快速电梯，额定梯速在2~4米/秒的电梯为高速电梯，额定梯速在4米/秒以上的电梯为超高速电梯。目前我国生产的电梯主要是中、快速电梯和低速电梯，高速电梯很少生产，超高速电梯尚无生产。

在提高电梯额定速度的同时应加强安全性、可靠性的保证，因此梯速提高，造价也随之提高。

### 2. 集中布置多台电梯，通过电梯台数的增加来节省乘客候梯时间

这种方法不是直接提高梯速，但是为乘客节省时间的效果是同样的。当然电梯台数的

增加不是无限制的，通常认为，在乘客高峰期间，使乘客的平均候梯时间少于 30 秒钟即可。

### 3. 尽可能减少电梯起、停过程中加、减速所用时间

电梯是一个频繁起、制动的设备，它的加速、减速所用时间往往占运行时间的很大比重，电梯单层运行时，几乎全处在加速、减速运行中，如果加、减速阶段所用时间缩短，便可以为乘客节省时间，达到快速性要求。

上述三种方法中，前两种需要增加设备投资，第三种方法通常不需要增加投资，因此在电梯设计时，应尽量减少起、制动时间。但是起、制动时间缩短意味着加速度、减速度的增大，而加、减速度的过分增大和不合理的变化将造成乘客的不适感。因此电梯起、制动过程中的速度变化就要兼顾快速性和舒适感这两个相矛盾的因素，从而便提出了电梯运行的速度曲线  $v = f(t)$ 。图 1-4(a)~(c)便是几种电梯的速度曲线。

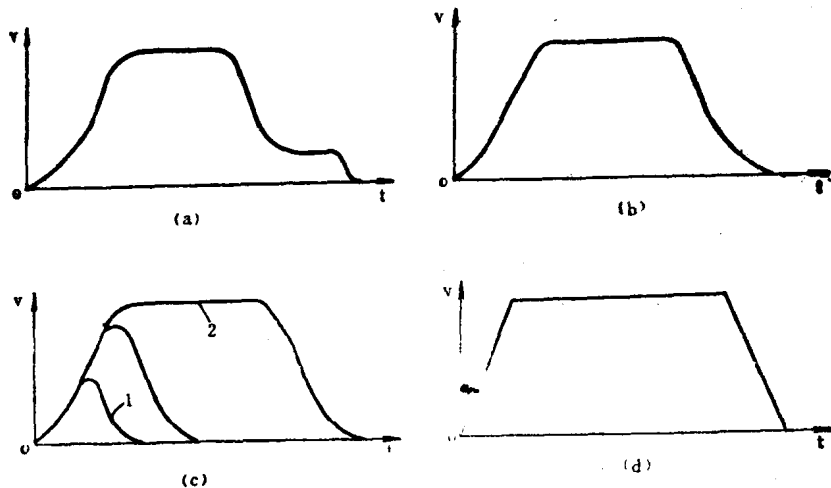


图 1-4 电梯的速度曲线

(a) 双速电梯速度曲线 (b) 调速电梯速度曲线

(c) 快速电梯速度曲线 1. 单层运行 2. 多层运行 (d) 龙门刨床速度曲线

图中(a)是由双速电机拖动的双速电梯的速度曲线，由于采用开环控制，为了提高平层准确度，在停梯前有一个低速运行阶段。这种速度曲线停车所用时间较长，舒适感较差，一般用于低速住宅梯中。图1-4(b)是调速电梯的速度曲线，通常调速梯都是采用闭环控制的。简单的闭环控制只对减速停车段实行闭环，起动和恒速运行段是开环的；也有起动段和减速停车段采用闭环控制，而恒速运行段是开环的；性能较好的是整个运行期间都采用闭环控制。图1-4(c)是梯速较高的调速电梯的速度曲线，由于额定速度较高，在单层运行时，梯速尚未加速到额定速度便要减速停车了，这时的速度曲线没有恒速运行段。在高速电梯中，在运行距离较短（例如二层、三层等）的情况下，都有尚未达到额定速度便要减速停车的问题，因此这种电梯的速度曲线中有单层运行，双层运行、三层运行……等等多种速度曲线，其控制规律也就更为复杂些。

以图1-4(b)中调速电梯的速度曲线与图1-4(d)中龙门刨床的速度曲线相比，它们有如下区别：

1. 起动、停止段斜率不同，龙门刨床的斜率更大些，也就是说龙门刨床的加、减速

度更大些。这是由于电梯的负载是人，人在加速上升或减速下降时，加速度引起的惯性力叠加到重力之上，使人产生超重感，各器官承受更大的重力；而在加速下降或减速上升时，加速度产生的惯性力抵消了部分重力，使人产生上浮感，感到内脏不适，头晕目眩。考虑到人体生理上对加、减速度的承受能力，《电梯技术条件》中规定：“电梯的起制动应平稳、迅速。加、减速度最大值不大于1.5米/秒<sup>2</sup>”。但是起、制动又不能太慢，那样将降低效率，浪费乘客的宝贵时间，因此《电梯技术条件》中又规定加、减速度的最小值：“交直流快速电梯平均加、减速度不小于0.5米/秒<sup>2</sup>，直流高速电梯平均加、减速度不小于0.7米/秒<sup>2</sup>。”这是对电梯快速性的要求。而对于龙门刨床，只要加、减速时不致于造成工件的松动，就可以尽拖动电机之所能去加速、减速，以获取尽量高的劳动生产率。

2. 速度曲线的起始点、终了点 和转弯 处形状不同，龙门刨床的速度曲线拐硬弯，而电梯的速度曲线在转弯处都是圆滑过渡的。

这也是由人的生理特点所决定的。实验证明，人体不但对加速度敏感，对加速度的变化率（或称加加速度）也很敏感。我们用  $a$  来表示加速度，用  $\rho$  来表示加速度变化率，则

$$a = \frac{dv}{dt} \text{ [米/秒}^2\text{]}$$

$$\rho = \frac{da}{dt} = \frac{d^2v}{dt^2} \text{ [米/秒}^3\text{]}$$

当加速度变化率  $\rho$  较大时，人的大脑感到晕眩、痛苦，其影响比加速度  $a$  的影响还严重。我们称加速度变化率为生理系数，在电梯行业一般限制生理系数  $\rho$  不超过1.3米/秒<sup>3</sup>。

我们把图1-4的(b)、(d)两条曲线的加速度  $a$ 、生理系数  $\rho$  画出来如图1-5的(a)、(b)。

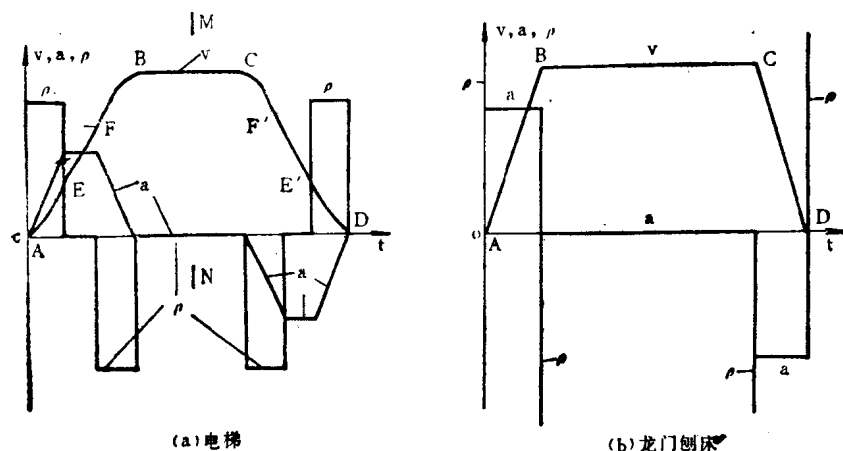


图 1-5 电梯与龙门刨床的  $v$ ,  $a$ ,  $\rho$  曲线

从图1-5(b)可以看出，由于 龙门刨床的速度曲线拐硬弯，因此在速度曲线转折点处（图中的A、B、C、D点），生理系数  $\rho$  为正、负无穷大，而其它时刻  $\rho$  为0，无穷大的  $\rho$  若作用在人体上，将会造成极大的不适，因此电梯的速度曲线绝不能设计成图 1-5(b) 的形状。

图1-5(a)所示调速电梯的速度曲线表明，该曲线在起动阶段（AB间）分成AE、EF、

FB三段，其AE段是一个抛物线，其方程式可写作

$$v = kt^2 \quad (1-1)$$

EF段是与AE段相切的直线，其方程式为

$$\begin{aligned} v &= kt_E^2 + 2kt_E \cdot (t - t_E) \\ &= v_E + k'(t - t_E) \end{aligned} \quad (1-2)$$

式中  $v_E = kt_E^2$  为AE段的末速度，即E点的速度；

$k' = 2kt_E$  是AE段在E点的加速度，也是EF段的加速度。

FB段与EA段对称，EF段的中点是它们的对称点。由(1-1)式可以求得AE段的加速度和生理系数：

$$a = \frac{dv}{dt} = 2kt \quad (1-3)$$

$$\rho = \frac{da}{dt} = 2k \quad (1-4)$$

由(1-2)式可以求得EF段的加速度和生理系数：

$$a = \frac{dv}{dt} = K' = 2Kt_E \quad (1-5)$$

$$\rho = \frac{da}{dt} = 0 \quad (1-6)$$

此时加速度  $a$  为常数，生理系数  $\rho$  为0。

由于FB段与EA段对称，其有关方程不再列写。BC段为恒速运行阶段，此时速度为额定速度：

$$v = v_N$$

$$\text{所以 } a = \frac{dv}{dt} = 0, \quad \rho = \frac{da}{dt} = 0$$

CD段与BA段对称，MN是它们的对称线。 (1-1)

从上面分析可以看出，只要会适地选取(1-1)式的K值和抛物线AE段的时间  $t_E$ ，就可以保证电梯的最大加速度  $a_m$  不超过标准规定的最大加速度  $a_{mb}$ ，保证电梯的最大生理系数  $\rho_m$  不超过规定的最大生理系数  $\rho_{mb}$ 。

下面讨论抛物线形起动曲线的设计方法。

图1-6是起动段的速度曲线。

其中图1-6(a)是适合于高速电梯的带有直线段的起动速度曲线，图1-6(b)是没有直线段的适合于中、低速电梯的起动速度曲线。

从图1-5(a)及前面的分析知道，这种速度曲线的最大加速度出现在E点及EF段，其值由(1-5)式表示，最大生理系数出现在AE段和FB段，其值由(1-4)式表示。

$$\text{由(1-4)式可得 } K = \frac{\rho_m}{2} \quad (1-7)$$

由(1-5)式、(1-7)式可得

$$t_E = \frac{a_m}{2K} = \frac{a_m}{\rho_m} \quad (1-8)$$

由(1-1)式求E点的速度