

# 电梯控制程序设计指导书

机电与控制工程实验教学中心

2011.6

## 第一讲：电梯的控制设备

学习内容：1-1 电梯控制设备与外部设备的关系。

1-2 高速计数器在电梯控制中的应用。

1-3 电梯运动初步程序设计。

1-4 制定电梯控制程序设计方法预案。

学习重点：了解电梯的各组成部分与 PLC 输入、输出的关系。学会 PLC 程序设计方法，了解电梯运行的流程规划方法。

### 1-1 电梯控制设备与外部设备的关系

电梯控制离不开控制电路，而搞清楚控制器与外部设备的关系是控制程序设计的基础。

**电梯信号的组成分为：**轿箱部分、楼道部分、动力部分、安全保障部分、电梯管理员控制部分等，而这些信号均由 PLC 设备统一管理与控制。

电梯各部分的关系如图 1 所示

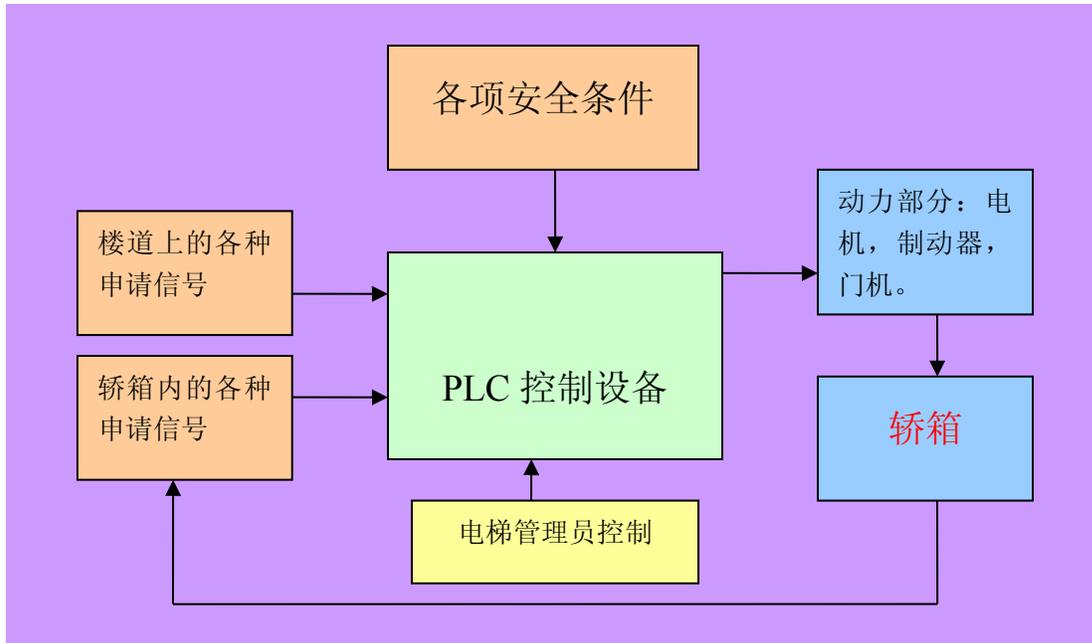


图 1

实际上电梯的控制过程就是控制轿箱的上下运动,响应轿箱及楼道部分各种申请信号的过程。

PLC 输入、输出端口各信号名称与电梯各部件的对应关系如表格一所示。

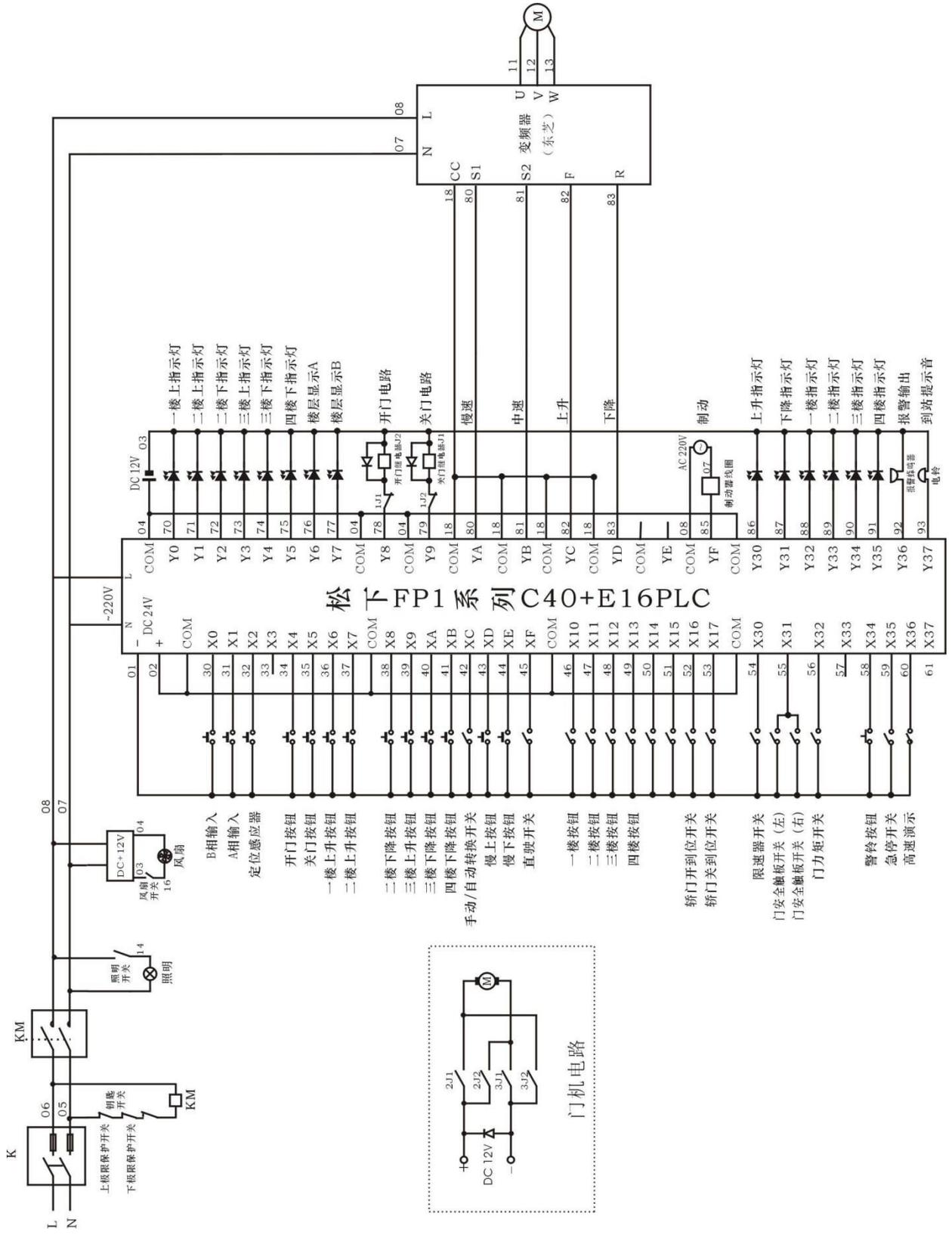
输入名	端口号	程序中简称	功能
B 相输入	X0		高速计数器脉冲信号输入端口
A 相输入	X1		高速计数器脉冲信号输入端口
定位感应器	X2		高速计数器清零信号输入端口
	X3		
开门按钮	X4	开门按钮	
关门按钮	X5	关门按钮	
一楼上按钮	X6	一上	一层楼上申请按钮 (有显示灯)
二楼上按钮	X7	二上	二层楼上申请按钮 (有显示灯)
二楼下按钮	X8	二下	二层楼下申请按钮 (有显示灯)
三楼上按钮	X9	三上	三层楼上申请按钮 (有显示灯)
三楼下按钮	XA	三下	三层楼下申请按钮 (有显示灯)
四楼下按钮	XB	四下	四层楼下申请按钮 (有显示灯)
手/自动	XC	手/自动	完成电梯的手/自动切换 (由管理员控制)
慢上按钮	XD	慢上	手动情况下慢上 (由管理员控制)
慢下按钮	XE	慢下	手动情况下慢下 (由管理员控制)
直驶开关	XF	直驶	由管理员控制的, 特殊情况下只执行轿箱内信号的开关

一楼按钮	X10	1	轿箱内 1 申请按钮（有显示灯）
二楼按钮	X11	2	轿箱内 2 申请按钮（有显示灯）
三楼按钮	X12	3	轿箱内 3 申请按钮（有显示灯）
四楼按钮	X13	4	轿箱内 4 申请按钮（有显示灯）
	X14		
	X15		
轿门开到位	X16		检测轿箱门是否开到位的行程开关
轿门关到位	X17		检测轿箱门是否关到位的行程开关
限速器开关	X30		检测电梯是否高速下坠，轿箱是否超载
门触板开关	X31	左右门触板	检测关门时是否有阻挡，关门后轿箱门是否关到位
门力矩开关	X32	门力矩	检测关门时楼道门是否有阻挡
	X33		
警铃按钮	X34	警铃	轿箱内紧急事故提示
急停开关	X35	急停	发生紧急事故时停止电梯运行
	X36		
	X37		

表一：PLC 端口信号与电梯信号的关系

输出名	端口号	程序中简单称	
一楼上指示灯	Y0	一上灯	
二楼上指示灯	Y1	二上灯	
二楼下指示灯	Y2	二下灯	
三楼上指示灯	Y3	三上灯	
三楼下指示灯	Y4	三下灯	
四楼下指示灯	Y5	四下灯	
楼层显示 A	Y6		
楼层显示 B	Y7		
开门电路	Y8	开门	
关门电路	Y9	关门	
慢速	YA	慢速	
中速	YB	中速	
上升	YC	上升	
下降	YD	下降	
	YE		
制动	YF	制动	
上升指示灯	Y30	上升灯	
下降指示灯	Y31	下降灯	
一楼指示灯	Y32	1 灯	
二楼指示灯	Y33	2 灯	
三楼指示灯	Y34	3 灯	
四楼指示灯	Y35	4 灯	
报警输出	Y36	报警	
到站提示音	Y37	到站提示	

电梯控制的电气原理部分如图 2 所示：



门机控制电路分析：门机电路如图 3 所示。

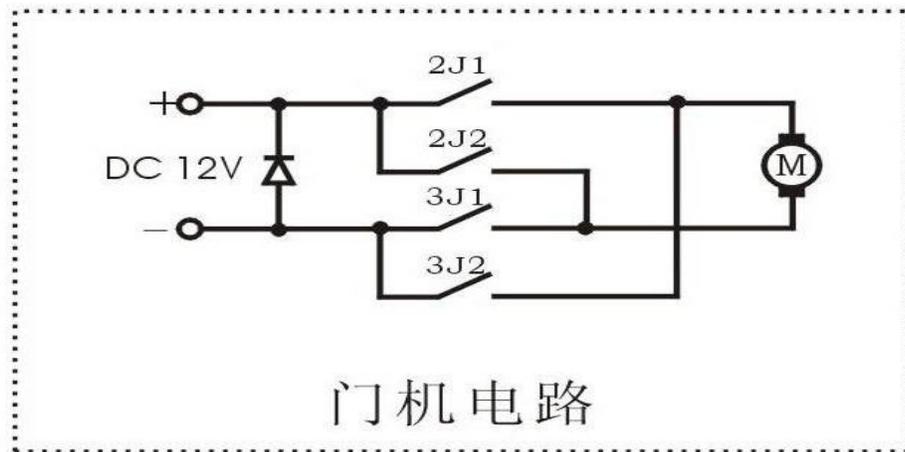
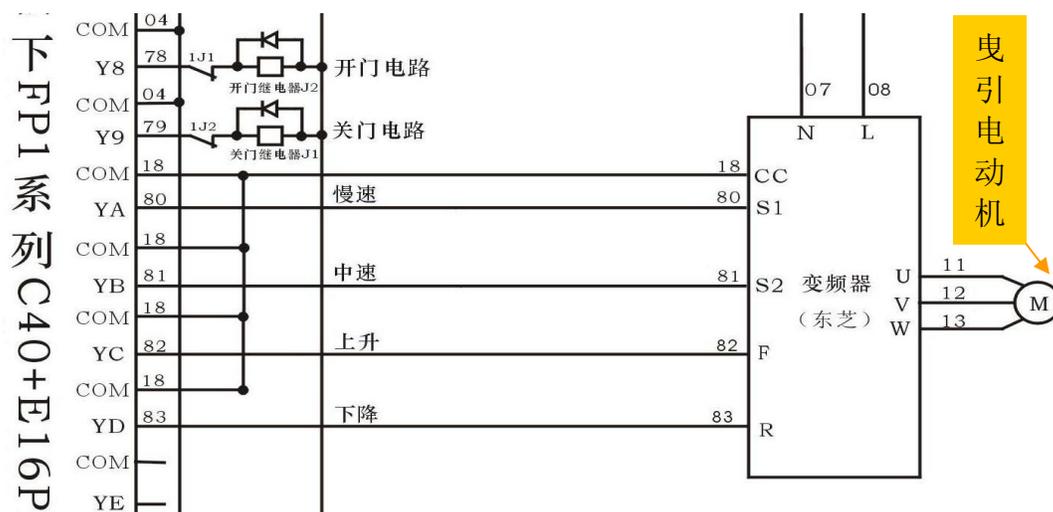


图 3 门机电路

门机控制电路的任务是控制电梯轿箱门的开启与关闭，它主要由直流电动机 M 和继电器 j1（关门）、j2（开门）以及保护二极管组成。二极管的作用是吸收电动机启停过程中产生的反电势。PLC 的 y8,y9 分别控制电梯门机开，关动作。

主电机控制部分：主电机控制电路如图 4 所示。



## 图 4 主电机控制电路

它采用日本东芝 VFNC1S-2004P-W 型变频器作为 220V 交流曳引电动机的调速装置。该装置对电机具有加减速控制、正反转控制、点动控制及根据模拟输入控制等多种功能。利用变频器作为主电机调速装置的好处是：变频器的各种速度变化是一个渐变过程，增加了乘坐人员的舒适感。渐变过程还减少了电机的突然启停对电网的影响和对电机的损害。电机的控制则由 PLC 完成。

由于在电梯系统电动机停止时制动器处于“制动”状态，所以在电动机运行时，PLC 除了需要给出“方向”和“速度”信号外，还需要给出制动器的控制信号。

综上所述：控制曳引电动机运行的 PLC 信号由以下三种信号组合构成。

方向： YC(上升) YD (下降)

速度： YA (慢速) YB (中速)

制动器： YF(制动器开启)

**这三种信号必须同时给出，缺一不可。**

### 楼层显示控制：

楼层显示控制，是由 PLC 的输出端 Y6（楼层显示 A）和 Y7（楼层显示 B）以编码形式给出信号,再经过译码显示来完成的。它们的关系如图 5 所示。

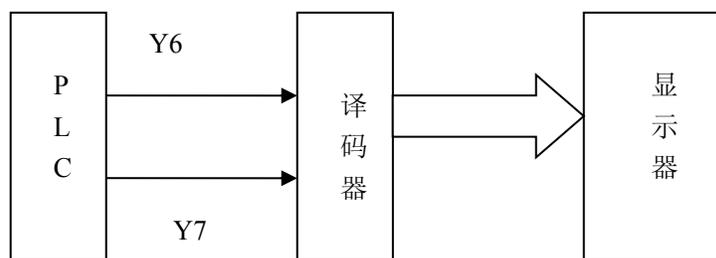


图 5 楼层显示部分结构

Y6 和 Y7 编码与各楼层的关系如表二所示。

Y6	Y7	楼层
0	0	4
1	1	3
0	1	2
1	0	1

表二：Y6 和 Y7 编码与各楼层的关系

## 1-2 高速计数器在电梯控制中的应用

曳引电动机转动时在带动轿箱上下运动的同时，也带动旋转编码器运动，而旋转编码器运动时产生的 A 相、B 相脉冲信号，经过 PLC 的 X0、X1 输入给内部高速计数器。

高速计数器由 A、B 的相序判断加、减计数方式，从而确定轿箱位置。

高速计数器的计数值,存放于 PLC 内部的特殊数据寄存器 DT9044 中。

PLC 的 X2 输入端是高速计数器的“清零”端。它可以确定电梯系统运行

位置的基准参考点。在电梯系统工作期间，也应定期检查避免基准参考点的漂移。

通过以上分析，我们可以正式进行电梯控制程序的设计了。

### **1-3 电梯运动初步程序设计。**

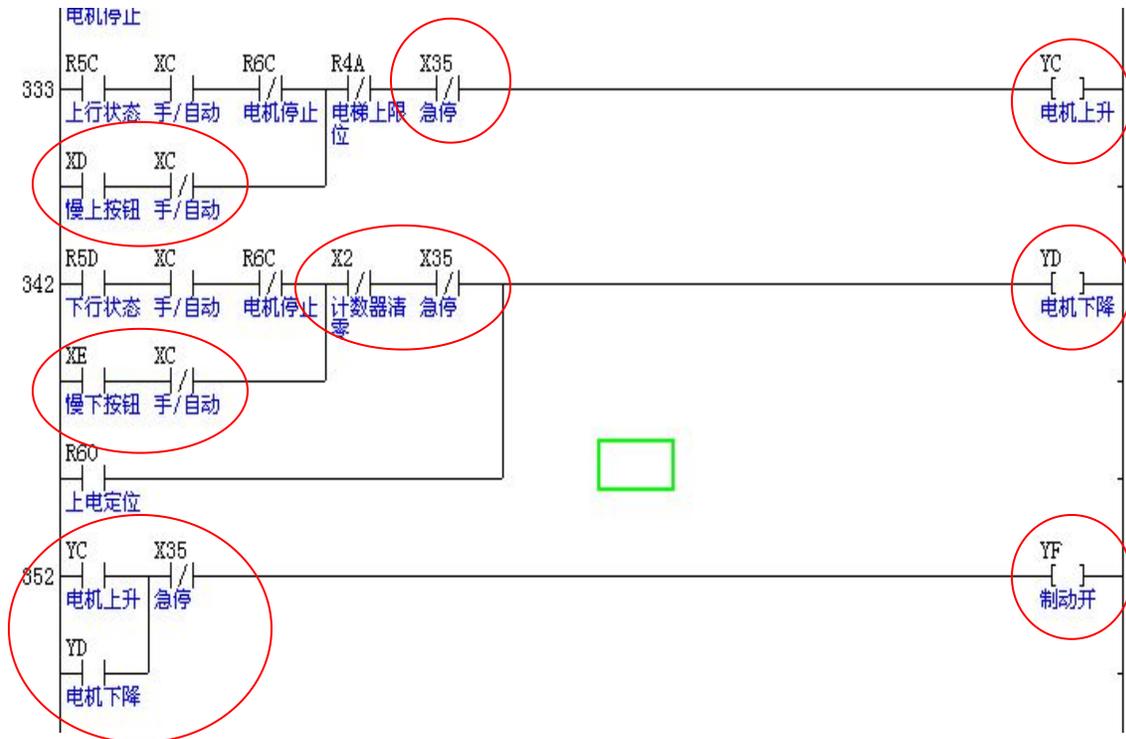
在这一部分我们要完成的任务是：

- 1 让电梯在指定按键信号控制下根据需要上、下运行。
- 2 确定电梯的上、下运行范围，设置软件保护程序。
- 3 确定电梯各楼层的位置数据和数据存储位置。
- 4 电梯位置显示程序设计。
- 5 确定电梯通电时的相关数据交换方式（初始化过程）。
- 6 电梯通电时不在规定位置的处理方法。
- 7 电梯运行限位保护程序设计。

**完成任务的关键点是：**主电动机的驱动程序、高速计数器应用。

#### **1-3-1 电梯运动的原始控制程序：**

按照红圈的条件及结果输入控制程序，就可得到电梯运动的原始控制程序。按“慢上”或“慢下”按钮，即可控制电梯上下运行。



### 1-3-2 确定电梯的上、下运行范围：

当电梯能上下运动时，我们需要确定电梯的运行范围。

首先确定电梯运行行程的基点，这也是高速计数器的零点。

在电梯的底部有一个电磁感应器，它可以检测到电梯运行时的最低位置，而这正是 PLC 的 X2 输入点，即高速计数器的清零点。因此，我们可以把该点作为电梯运行位置的参考点。在电梯到达参考点时，DT9044 中的存储值为零。

电梯运行的基点确定后，我们可以按“慢上”按钮，移动电梯至最大行程位置，记录 DT9044 的值，同时记录电梯总行程的数据。这样就可以计算出每一个脉冲值变化与电梯实际运行距离的关系式。为以后的电梯减速位置确定、楼层位置确定、速度控制等设计提供依据。

通过实验方法我们得到下面的对应数据：

电梯上下的**总行程范围**约=1430mm。

DT9044 中的**计数器值范围**约在 0~5914 之间变化。

可得到下面的关系式

$$1430 / 5914 \cong 0.242 \text{ 毫米 / 每个脉冲}$$

也就是说电梯上下运行大约 0.242 毫米的距离将产生一个脉冲信号。

### 1-3-3 确定电梯各楼层的位置数据和数据存储位置。

通过同样的实验方法我们能够获得下面的各项基准值：

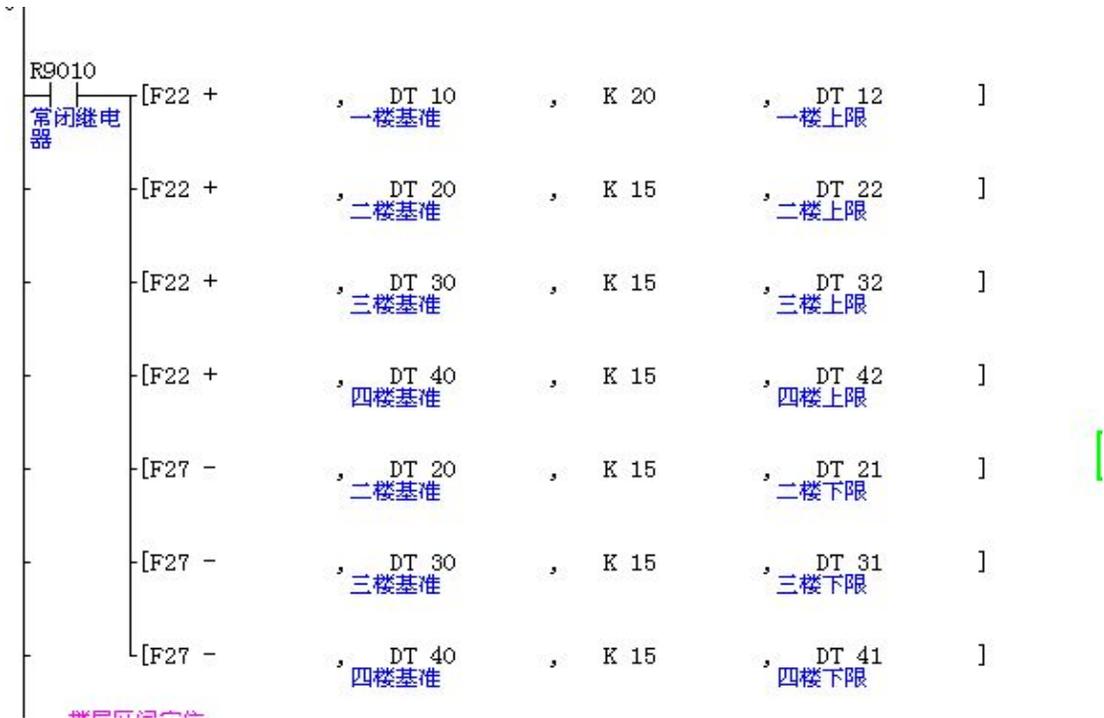
<b>一层基准值</b>	计数器值=0	数据存放位置 <b>DT10</b>
<b>二层基准值</b>	计数器值=1972	数据存放位置 <b>DT20</b>
<b>三层基准值</b>	计数器值=3943	数据存放位置 <b>DT30</b>
<b>四层基准值</b>	计数器值=5914	数据存放位置 <b>DT40</b>

电梯在实际运行过程中由于惯性、制动等多种因素影响，不可能准确停靠在这一点上，因此我们需要确定电梯各楼层的范围值。

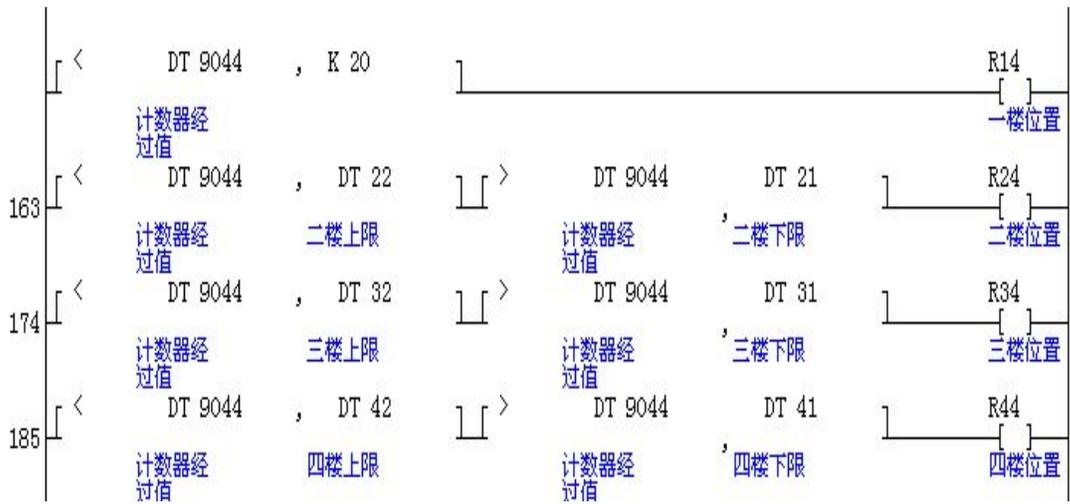
#### **各楼层的范围值的确定方法：**

用实验运行的方法，以不影响乘坐人员进出电梯的安全为原则，合理确定电梯各楼层与基准值的上下误差范围。在本实验电梯装置中，我们确定各楼层的上下误差范围为 $\pm 15$ 个脉冲单位。即偏离实际基准位置 $\pm 15 \times 0.242 = \pm 3.6$ 毫米的范围。完成该项任务的程序如下：

#### **楼层范围确定程序：**



楼层位置确定程序:

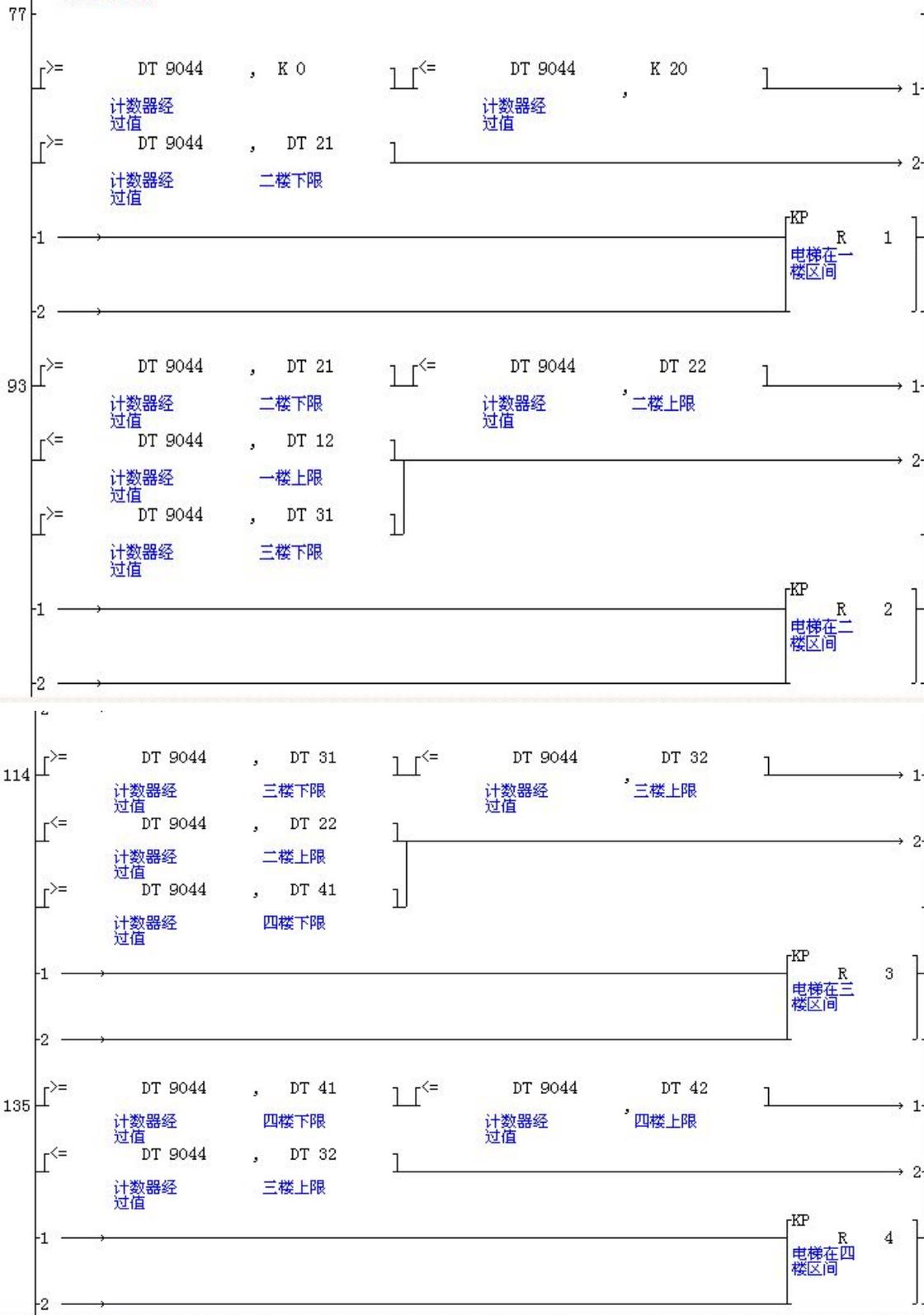


另外电梯在长期运行过程中由于种种原因，可能导致各楼层的基准值发生变化。为了解决这样的问题，我们还设计一个各楼层的基准值的修正程序，以便随时调整各楼层的基准值。

各楼层基准值修正程序:



楼层区间定位



## 楼层位置显示程序：

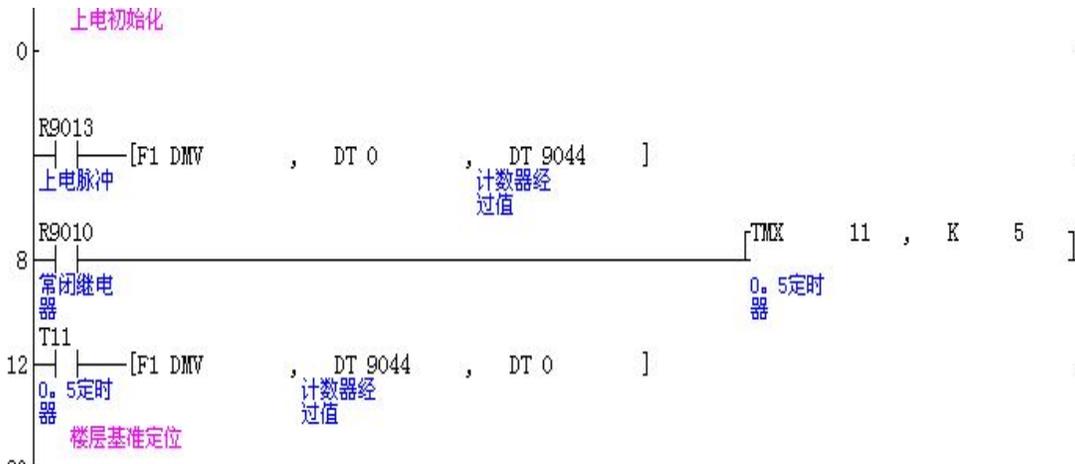


对照表二可以看出，程序设计是正确的。

### 1-3-5 确定电梯通电时的相关数据交换方式（初始化过程）。

为了保证电梯在断电后位置信息数据能够保持，专门设置了一个数据寄存器 DT0，随时存储高速计数器 DT9044 中的数据，并且在通电后将其传送给 DT9044，以此确定电梯的初始位置，为电梯通电后的运行过程提供参考数据。

## 电梯初始化程序



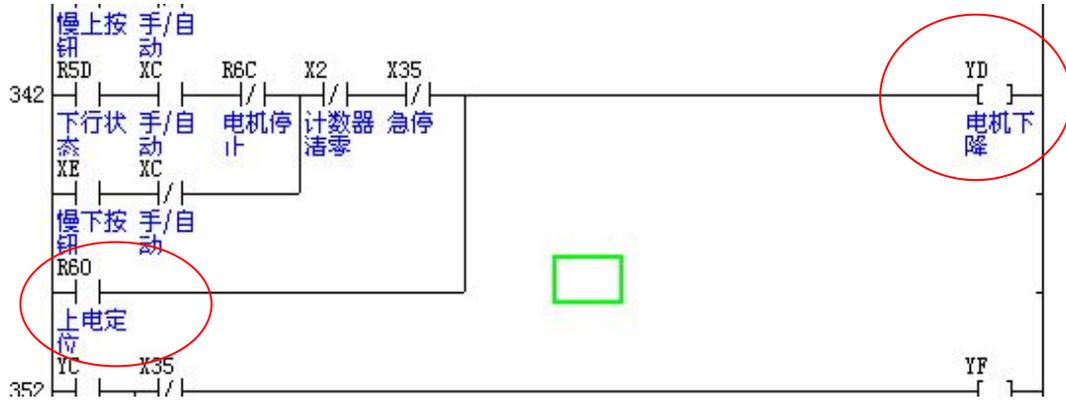
### 1-3-6 电梯通电时不在规定位置的处理方法。

电梯在运行过程中可能因某些突发事件而停止运行，在重新通电后电梯位置可能不在1、2、3、4楼层的规定位置。这时我们需要重新定位参考点，以保证电梯正常运行。

处理这种情况有不同的方法，在这里我们采用自动寻找零点的方法。

处理程序如下：



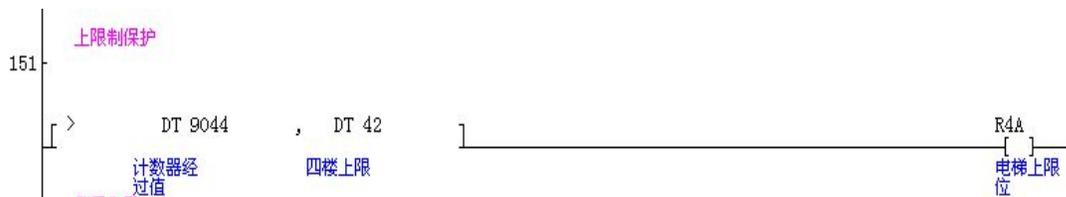


### 1-3-7 电梯运行限位保护程序设计。

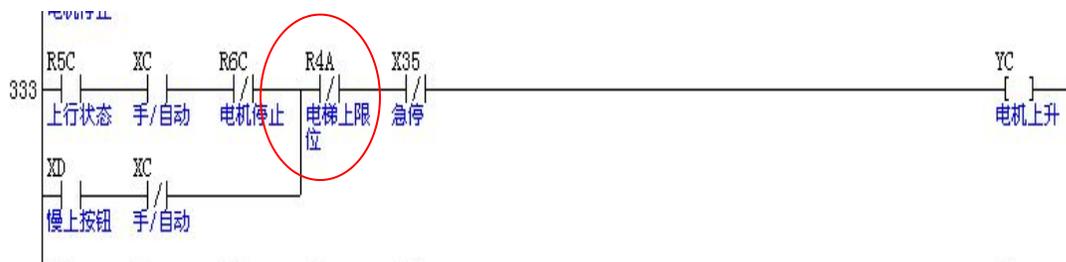
电梯限位保护程序主要是为了限制电梯上下运行范围，避免意外事故发生的一种软件保护方法。对于本实验装置来说，我们将上限位点定在DT42（四楼上限）或略高的位置。将下限定在零点或略低的位置。保护程序如下：

电梯上限保护：

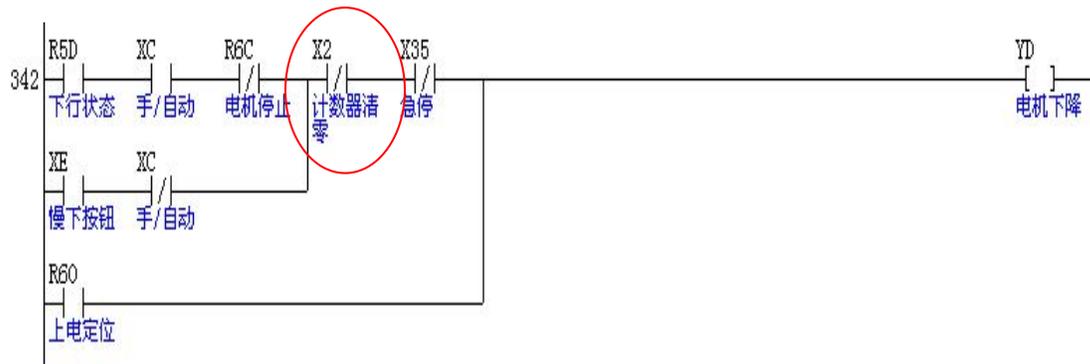
上限保护条件判断：



上限保护执行程序



## 电梯下限保护程序



至此我们完成了电梯运行所必须的且最基础的运行程序设计任务。

接下来，我们将按照电梯运行的规律，尽可能完善的规划电梯运行控制程序的结构、各部分关系、执行方案等设计事项。

### 1-4 制定电梯控制程序设计方法预案。

电梯运行规划如图 6 所示：

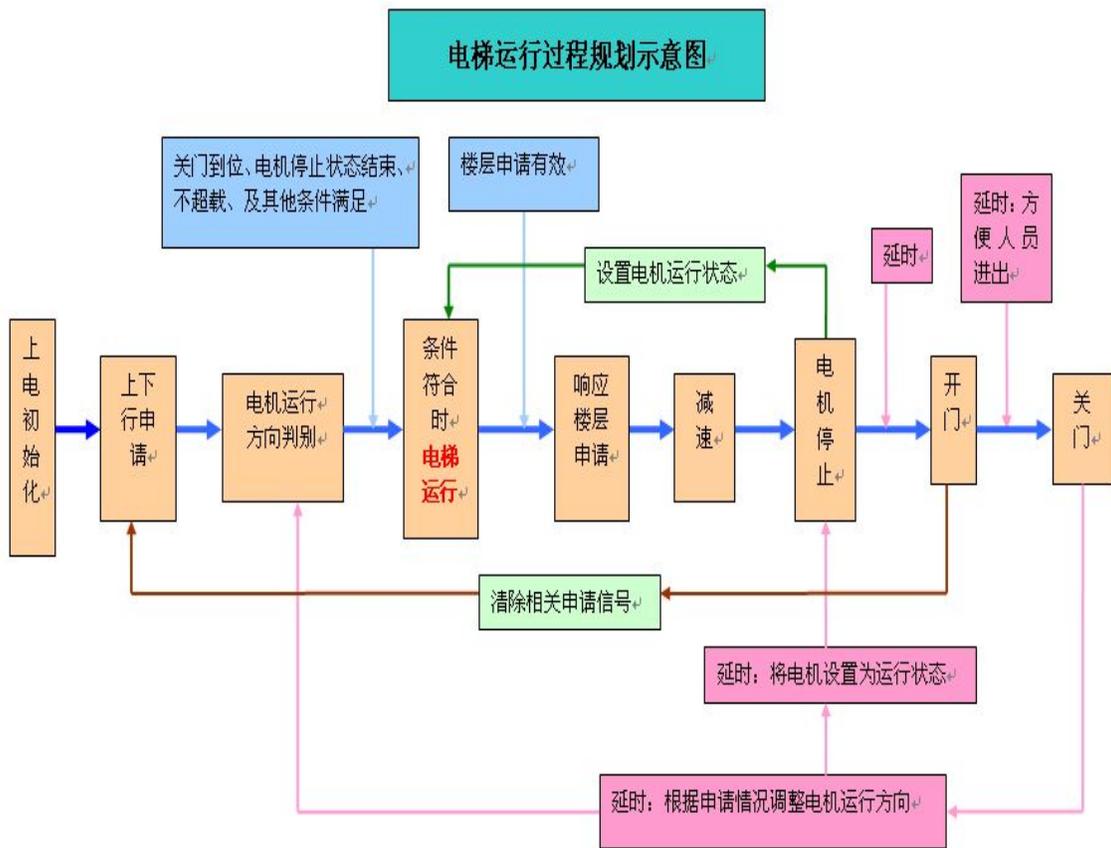


图 6 电梯运行规划

电梯运行过程如下：

电梯处于静止状态→当有了来自轿箱或楼道的上下行申请信号后，根据电梯位置判断运行方向→在安全条件满足时电梯运行→接近申请楼层时需要减速→到达申请楼层时主电机停止→开门（门机动作）→开门到位后延时供乘客进出轿厢→关门（门机动作）→重新判断运行方向，响应下一个申请。

由上面的分析我们可以得出，控制程序应有下面几个部分组成：

轿箱或楼道的上下行申请信号记录及处理部分----完成信号的申请记录，

申请信号的显示，以响应信号的清除等工作。

主电机运行方向判断及控制部分-----根据电机所在位置及申请信号位置，来判断和控制电机运行方向。

主电机响应申请顺序控制部分-----判断申请的优先响应顺序。

主电机速度控制部分-----控制电机的运行速度。

门机控制部分-----控制轿箱门的开启与闭合。

电梯运行安全条件-----保证电梯能够安全运行的各种限制条件。

以上是我们根据我们认为合理的电梯运行方案，经分析后得出的相关结论。需要指出的是：由于电梯控制的思路不同，可能使得设计的控制程序有区别。只要能够达到控制电梯安全运行的目的就行。

## 第二讲 电梯控制程序设计

- 学习内容：
- 2-1 电机运行方向判断程序设计
    - 2 申请信号记录及控制程序设计
    - 2 电梯主电机运行控制程序设计
    - 2 电梯响应申请条件判断程序设计
  - 2-5 电梯减速位置的确定
  - 2-6 电梯开关门控制程序设计

- 学习注意事项：
- 1 各程序间的相互联系
  - 2 中间继电器的使用方法
  - 3 各种程序间的顺序关系

### 2-1 电机运行方向判断程序设计

我们可以把电梯的运行过程，看成是一个响应、执行各种申请信号的过程。如果没有申请信号，电梯只会停在一个位置不动。那么电梯运行方向与申请信号又有那些关系？它们的规律是什么？下面我们将对相关问题进行分析。

从图 2 电梯电气原理图上，我们可以看出，电梯控制信号的输入分为如下几个部分。

- 1 自动检测部分：完成相关信号及各类安全开关的检测。它们是用于高速脉冲计数器的 A (x1)、B (X0)、及定位感应器(X2)，用于电梯运行

安全检测的轿箱门开到位开关(X16)、轿箱门关到位开关(X17)、限速器开关(X30)、门安全触板开关(X31)、门力矩开关(X32)、警铃按钮(X34)。

2 管理员控制部分：电梯需要执行某些特殊任务时，由管理员操作的部分。它们是手动/自动转换开关(XC)、急停开关(X35)、直驶开关(XF)、慢上按钮(XD)、慢下按钮(XE)。

3 客户申请部分：电梯使用运行时客户可以操作的申请按钮部分。

这些信号如表三所示：

输入名	端口号
一楼上按钮	X6
二楼上按钮	X7
二楼下按钮	X8
三楼上按钮	X9
三楼下按钮	XA
四楼下按钮	XB
一楼按钮	X10
二楼按钮	X11
三楼按钮	X12
四楼按钮	X13

表三：客户申请信号

4 客户控制部分：客户可以操作的控制按钮。它们是开门按钮(X4)、关门按钮(X5)、警铃按钮(X34)。

在这里，我们主要讨论电梯运行方向与申请信号的关系。

**学习重点：**搞清楚电梯静止时与电梯运动时申请信号的作用规律。

### 2-1-1 电梯运行方向与申请信号的关系分析

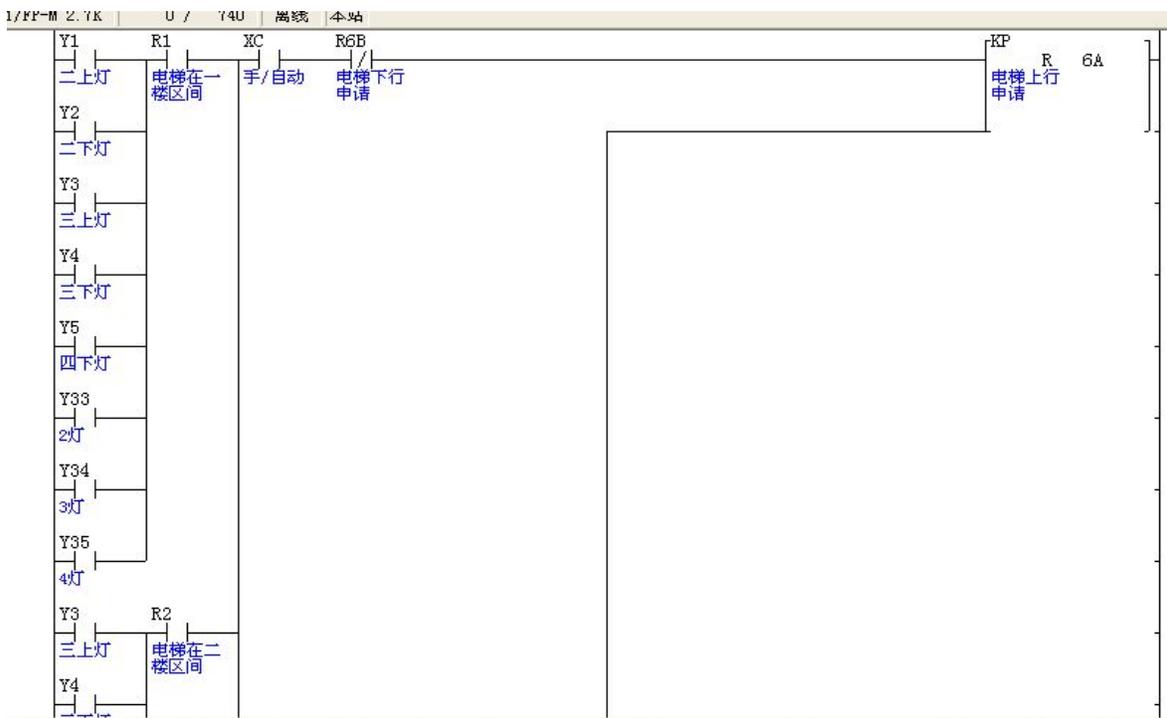
我们以电梯在三楼为例，此时促使电梯上行的信号有四楼下按钮、四楼下按钮。而促使电梯下行的信号有一楼上按钮、一楼按钮、二楼按钮、二楼上按钮、二楼下按钮。

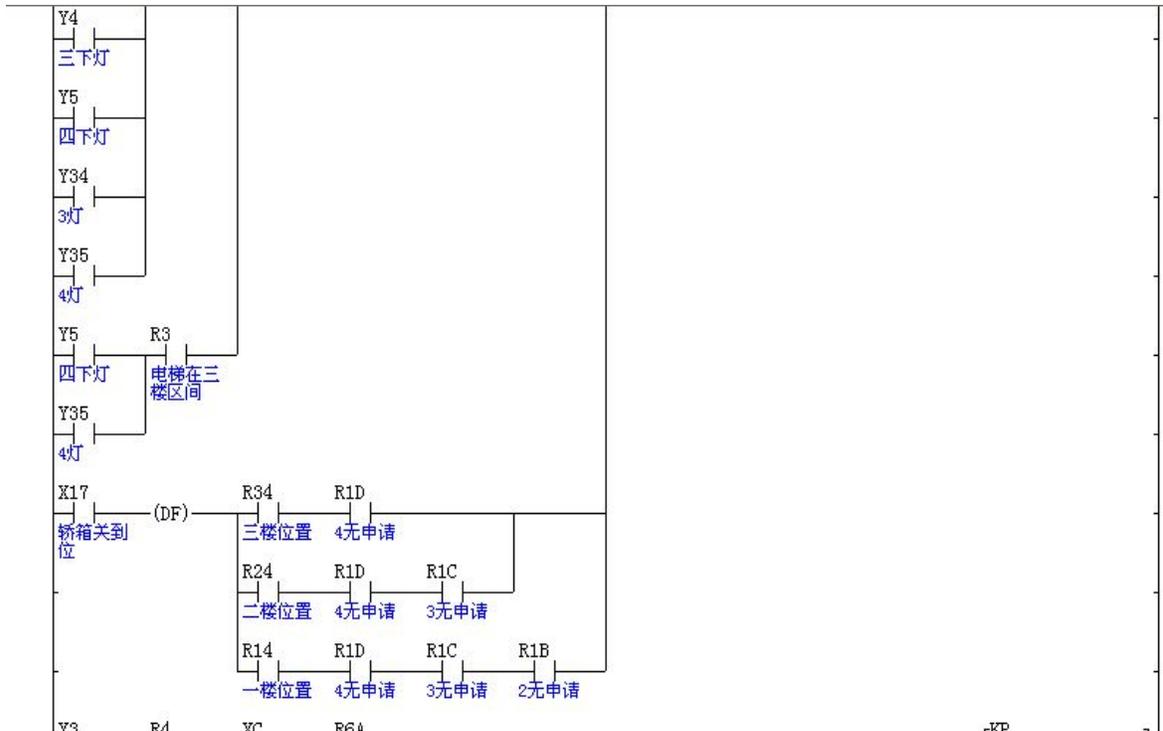
如果电梯是静止状态，那么一般的处理方法是：那一个按钮先按下，电梯将沿它要求的方向运行。

如果电梯处于运行状态，则要看电梯运行的方向和位置而定。此时遵循的原则有两条：一是同方向的申请优先，二是电梯运行位置已接近楼层的申请不响应。

## 2-1-2 电梯运行方向与申请信号的处理程序设计

根据上面的分析我们可以编写出下面的控制程序





### 程序处理方法解释：

- 1、“\*上(下)灯”表示该楼层的楼道申请信号灯；“\*灯”表示轿箱内的楼层申请灯。当其中一个开关按下时，表示有相应的申请信号发出，同时对应的 PLC 输出点呈高电平，点亮信号灯（相关处理程序在 2-2 中）。在这里我们利用 PLC 相关输出点的状态来判断该点有无申请信号产生。
- 2、“电梯上行申请”与“电梯下行申请”信号是互锁关系，它们不能同时存在，否则会造成电梯运行的混乱。
- 3、在程序中我们用到了二楼区间，三楼区间的条件，这是为了保证在电梯运行期间，申请信号可以随时产生。
- 4、电梯运行过程中，楼层区间的显示是随电梯运动方向的不同而不同的。例如在二至三楼的空间里，电梯从三楼下行时，会显示电梯在“三

楼区间”；当电梯从二楼上行时，则会显示电梯在“二楼区间”。

这主要是我们前面的楼层区间判断、显示处理程序造成的，同学们在编写程序时一定要注意这个变化条件的含义。

5、该保持语句的清除条件中用到了“轿箱关到位”信号的上升沿条件，主要原因有两点，第一，在电梯运行中轿箱门一定是关到位的，如果不用沿触发条件，电梯上、下行申请信号也无法体现。第二，从时序上来看，当人员进入电梯后，要选择到达楼层，这样用“轿箱关到位”信号的上升沿作为清除条件，将使得电梯运行控制更合理。

请同学按照上面介绍的方法和原则，自己动手编写“电梯下行申请”处理程序。

## 2-2 申请信号记录及控制程序设计

申请信号的处理方法有两个关键点需要注意，一是申请信号的显示与保存，另一个是申请信号的清除。

我们利用 PLC 中的“保持”语句，可以很好解决上面提到的两个关键问题。

设计步骤如下：

### 2-2-1 确定所有申请信号有关的输入与输出端口：

通过分析我们知道，电梯的客户输入申请信号有 10 个，而对应的输出显示端口也有 10 个。它们如表四所示。

表四：客户申请信号与输出信号

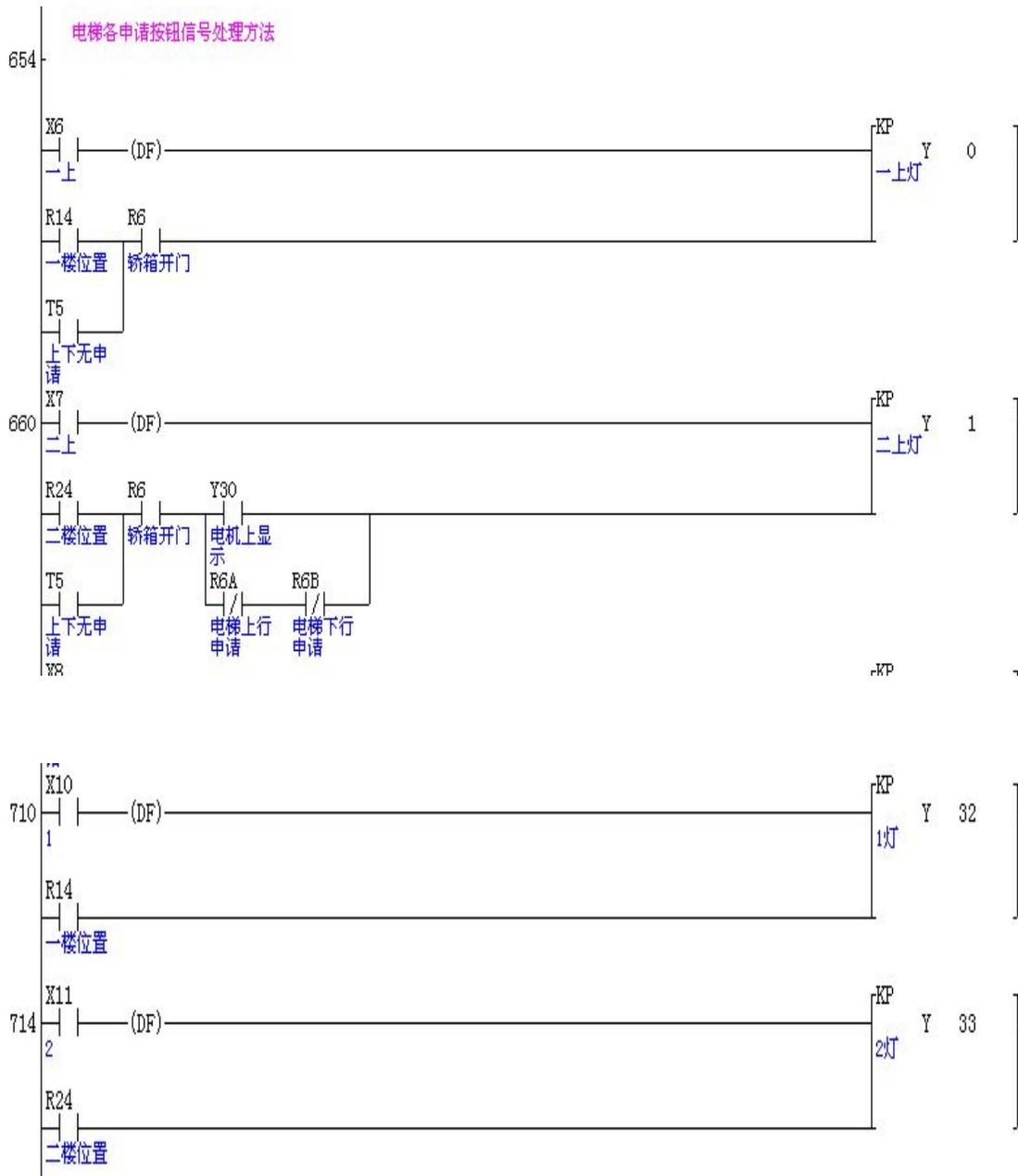
输入名	端口号	程序中简称	功能
一楼上按钮	X6	一上	一层楼上申请按钮（有显示灯）
二楼上按钮	X7	二上	二层楼上申请按钮（有显示灯）
二楼下按钮	X8	二下	二层楼下申请按钮（有显示灯）
三楼上按钮	X9	三上	三层楼上申请按钮（有显示灯）
三楼下按钮	XA	三下	三层楼下申请按钮（有显示灯）
四楼下按钮	XB	四下	四层楼下申请按钮（有显示灯）
一楼按钮	X10	1	轿箱内 1 申请按钮（有显示灯）
二楼按钮	X11	2	轿箱内 2 申请按钮（有显示灯）
三楼按钮	X12	3	轿箱内 3 申请按钮（有显示灯）
四楼按钮	X13	4	轿箱内 4 申请按钮（有显示灯）

输出名	端口号	程序中简单称
一楼上指示灯	Y0	一上灯
二楼上指示灯	Y1	二上灯
二楼下指示灯	Y2	二下灯
三楼上指示灯	Y3	三上灯
三楼下指示灯	Y4	三下灯
四楼下指示灯	Y5	四下灯
一楼指示灯	Y32	1 灯
二楼指示灯	Y33	2 灯
三楼指示灯	Y34	3 灯
四楼指示灯	Y35	4 灯

## 2-1-2 客户申请信号控制程序设计

我们利用 PLC 的“保持”语句，处理客户申请信号的显示与清除。

下面是楼道申请按钮“一楼上按钮”、“二楼上按钮”及轿箱内申请按钮“一楼按钮”、“二楼按钮”的申请信号处理程序。



从上面的程序中我们可以看出，对于不同的申请信号的处理方法是有差别的。

程序分析：“一楼上按钮”（简称“一上”按钮）动作时，PLC的 **X6** 端口将检测到一个**高电平信号**，我们用该电平信号的**上升沿**作为对应端口“一上灯”“**Y0**”的控制信号，此时 Y0 呈高电平状态，将一楼的上行申请

灯点亮，表明一楼有客户上行申请。

这里的 X6,DF 是触发条件，Y0 是执行结果。当 Y0 被触发电点亮后，即便触发条件不成立的情况下，由于保持语句的作用，Y0 仍然维持高电平状态，直至清零条件满足时 Y0 才回到底电平状态。

**Y0（一上灯）的清除条件是：**电梯在“一楼位置”或“上下无申请”情况下的“轿箱开门”时，进行清除。

电梯对二楼申请信号的清除要复杂一些，由于二楼楼道有上行、下行申请信号，因此我们清除申请信号的原则是：**只清除与电梯运行同方向并且是被响应了的申请信号**。为什么呢？下面是我们对二楼申请信号及处理方法的分析。

1 假设电梯在一楼位置，但**还没有启动**，此时二楼同时有上行、下行申请信号产生，电梯将上行，由于二楼的上行申请信号与电梯运行方向一致，因此电梯会响应二楼的上行申请信号，而不响应二楼的下行申请信号。由此产生电梯在开门时，只清除二楼的上行申请信号的结果。

2 假设电梯因其他楼层的申请（二层楼以上），**已经在一至二层运行中**，二楼同时有上行、下行申请信号产生。由于电梯此时处于中速运行状态，如果电梯响应二楼的上行申请，就有可能造成电梯急停，给乘坐人员带来不适或伤害，所以我们可以考虑设计成，不响应二层楼道的申请信号。除非轿箱内部有二楼申请（相关程序见“电梯响应申请条件程序设计”）。

3 特别注意的是：运行方向申请信号的清除时间与申请信号的清除时

间是不同的，前者代表希望控制电梯运行方向的信号被清除；而后者代表已被响应的申请信号被清除。因此前者的清除时间在“轿箱关到位”时，而后者的清除时间在“轿箱开门”时。

请同学按照上面介绍的方法和原则，自己动手编写其他申请信号的处理程序。

### 2-3 电梯主电机运行控制程序设计

电梯运行控制程序是整个控制程序的核心，它与各程序之间均有联系，它反映了设计人员的控制思路与方法，其结果直接影响电梯运行的优劣性。

该部分主要完成的任务是：

- 1 分析确定电梯运行应参照的基本规律。
- 2 电梯运行时的各动作控制程序的执行条件。
- 3 电梯运行执行顺序安排。

学习的重点：基本规律的确定和运行顺序的安排

#### 2-3-1 电梯主电机运行过程的一般规律分析

参考我们在前面讲到的“电梯控制过程规划”我们可以整理出电梯运行控制的基本顺序如下：

第一步 根据电梯上、下行申请信号电梯在楼道门关到位、轿箱门关延迟到位、电梯自动运行状态、没有急停条、没有报警输出信号件下，产生一个响应客户申请方向的运动。

第二步 在电梯运行过程中要确保轿箱门关到位、电梯自动运行状态、没有急停、没有报警输出信号、电梯没有限位。

第三步 检查运行前方是否有符合条件的“楼层申请有效”信号。如果没有就保持中速运行，如果有则做好减速准备。

第四步 判断是否到达减速区间，如果到达，则将电机速度设置为慢速。

第五步 判断是否到达申请楼层，如果到达，则将电机速度设置为停止。停止延迟一定时间后，进入下一步。

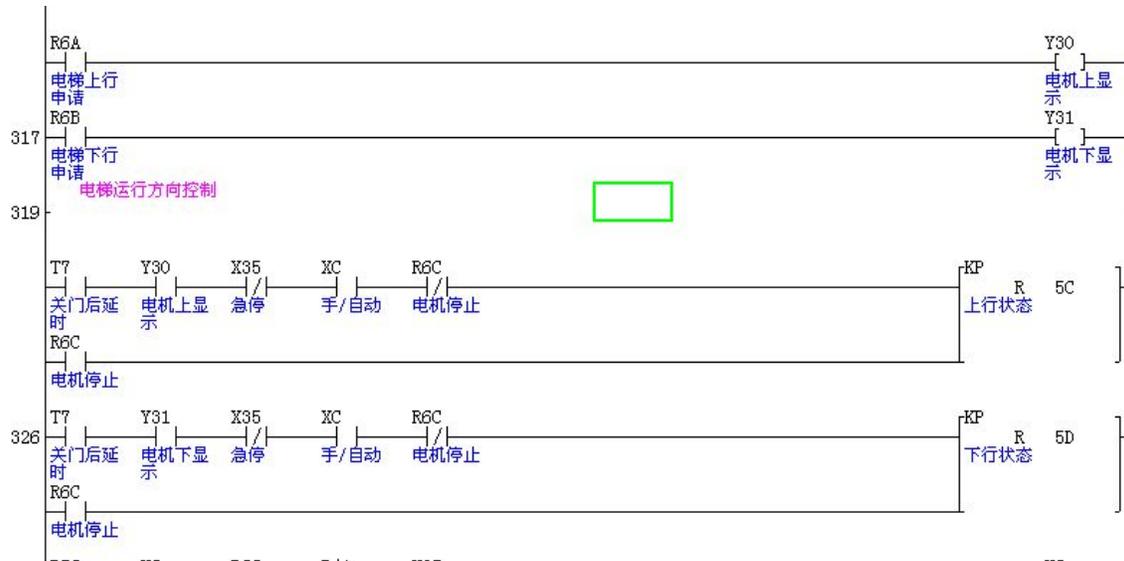
第六步 电梯停止后，执行开、关门程序。

第七步 电梯关门到位并延迟后，进入第一步，响应其它申请。

### 2-3-2 电梯主电机运行控制程序设计

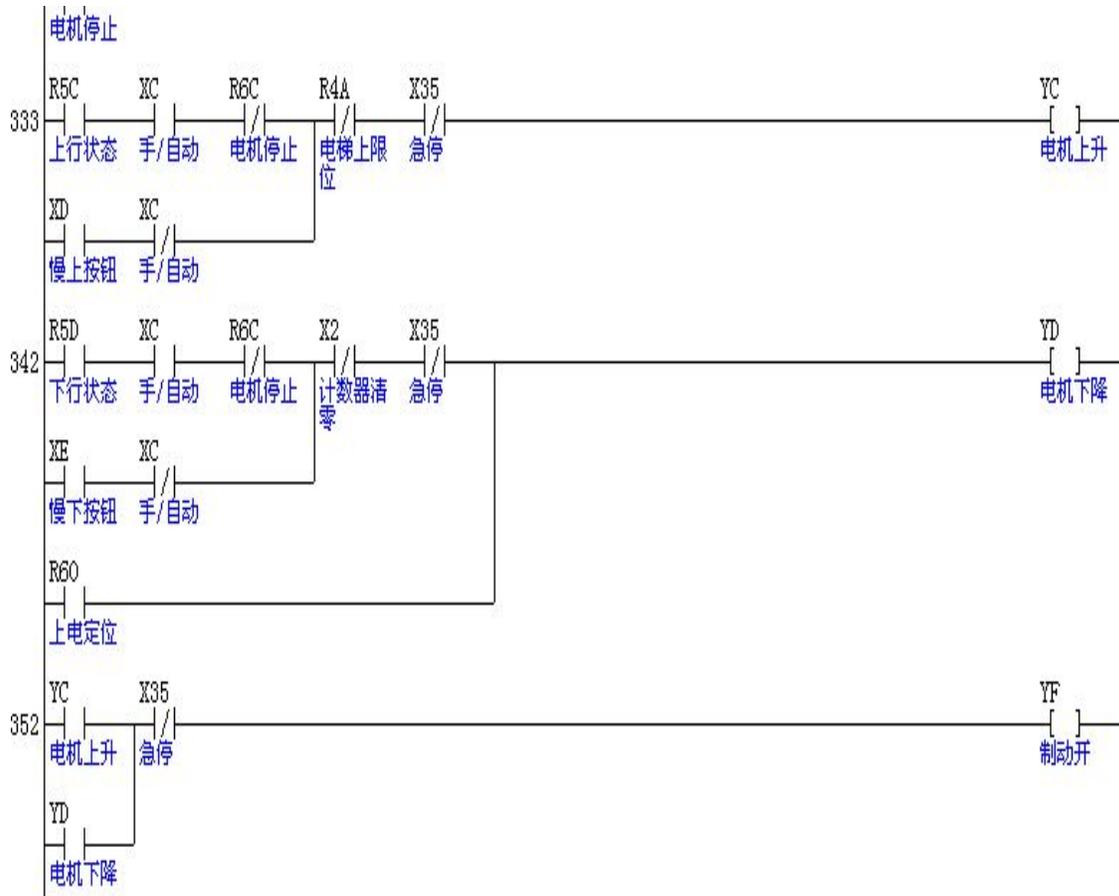
根据 2-3-1 的分析结果我们设计的电梯控制程序如下：

确定电梯运行方向的相关程序：



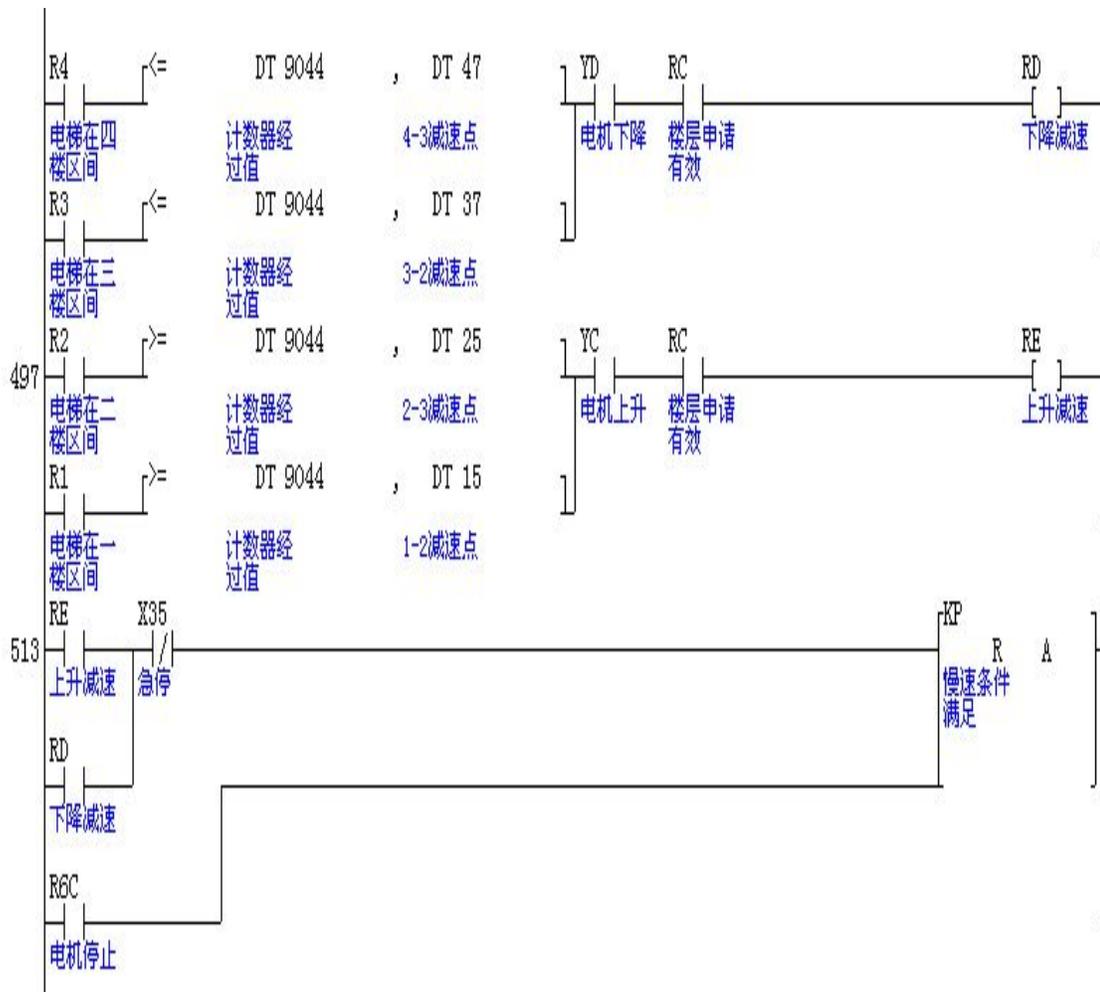
由于电梯的上行与下行是互锁方式，所以在某一时刻电机只能有一个运行方向产生。

电机运行方向驱动程序：



在该部分控制程序中，我们同样加入了安全条件，这是因为前面的程序是一个保持语句的原因。另外：该程序中没有加入“轿箱门关到位”（X17）和“报警输出”（Y36）两项安全条件，请同学在编程中加入进去。此时电机还不能运行，因为还缺乏速度条件。

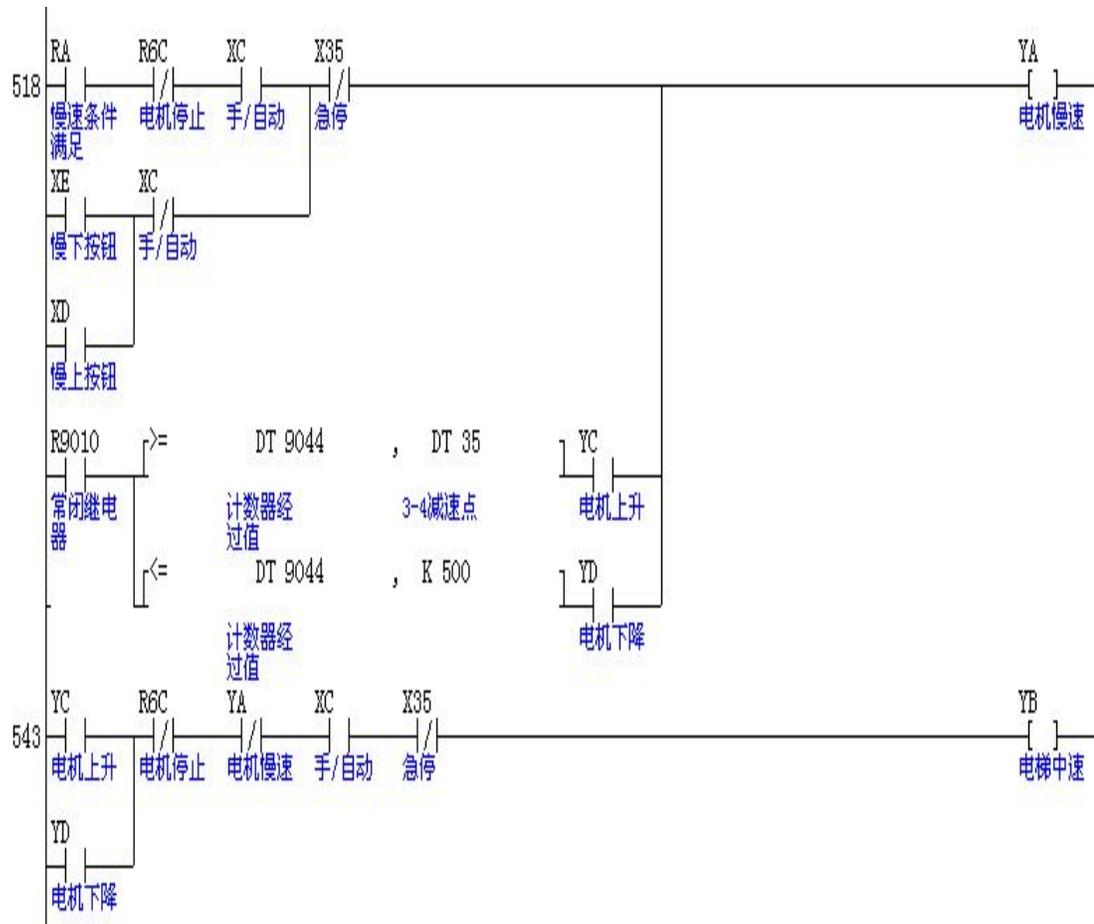
电机运行速度控制程序（1）：



在这部分控制程序中我们可以看到：程序将减速区间、运行方向、楼层申请是否有效这三项条件，作为判别电机是否需要减速的标准，三项条件必须同时成立缺一不可。

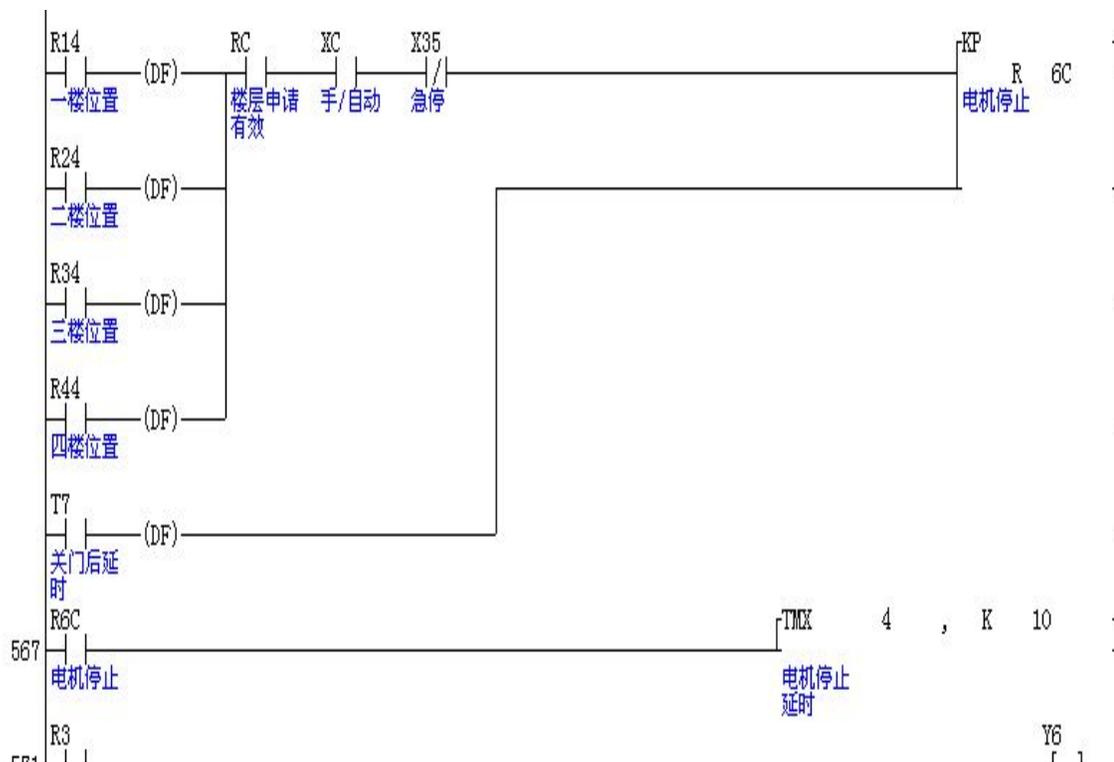
当减速条件成立后“慢速条件满足”成立（中间继电器 RA 呈高电平）并且保持至“电机停止”为止。

## 电机运行速度控制程序（2）：



该部分是电机运行速度的驱动控制部分，当“慢速条件满足”时“电机慢速”输出成立，输出端口 YA 呈高电平，此时电机将慢速运行，否则电梯呈中速运行状态。另外该部分还加入了电梯由 3-4 楼上行和电梯由 2-1 楼下行期间的不受“楼层申请有效”条件制约的减速控制语句，因为这两种情况均表示电梯运行已接近上限位或下限位位置，必须进行减速，以保障电梯运行的安全性。

### 电机运行速度控制程序（3）：



当电梯减速运行至楼层规定位置时，若“楼层申请有效”条件成立，则电机停止运行，经延迟后，执行后续的开、关门相关程序。直至“关门后延时”信号到的上升沿到来，才清除“电梯停止”状态，执行其它过程。

#### 2-4 电梯响应申请条件程序设计

在前面的电梯速度控制程序中，我们提到了“楼层申请有效”这样一个条件，那么它的含义是什么？程序是怎样来判断的？在这一部分的学习里，我们将解决以上这些问题。

学习内容：1 “楼层申请有效”的执行条件

2 “楼层申请有效”的判断规则

### 3 “楼层申请有效”与“电梯上、下行申请”的区别

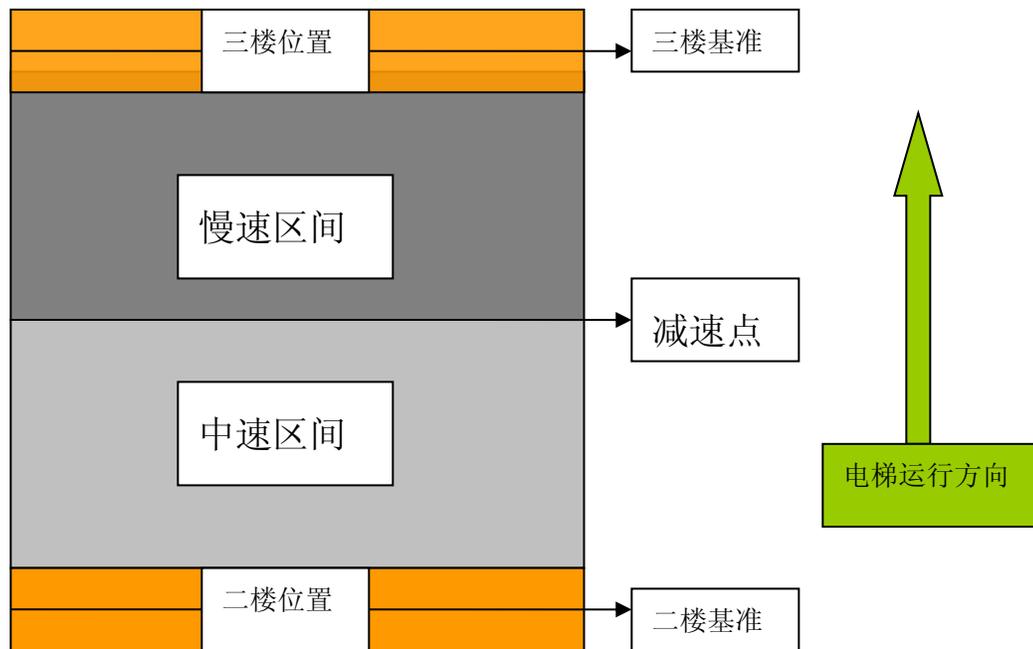
学习重点：学会“楼层申请有效”判断程序的处理方法。

#### 2-4-1 电梯响应条件分析

“楼层申请有效”是指：电梯在运行过程中，前方需要响应的楼层申请信号。

在我们乘坐电梯时我们可以发现：当电梯在某一楼层区间沿某方向运行时，对于运行方向相同的前面楼层的同方向申请信号，有时给与响应，而有时则不予理睬。这是为什么呢？我们可以通过详细分析电梯运行规律找到答案。

在分析之前我们先看看电梯在楼层间运行的不同速度区间分布情况如下图。我们可以看出，电梯在响应楼层时先有一个减速过程，以确保电梯能够停靠在楼层允许的误差范围内，同时也增加乘客的舒适感避免受到伤害。



如果情况不是这样呢？我们来看下面的分析：

首先我们假设电梯在二楼位置，那么促使电梯上行的原因如下：

- 1、有 3 或 4 的任意一个申请信号（由轿厢内部产生）
- 2、有三下、三上、四下的任意一个申请信号（由楼道申请产生）

这些信号有多种不同的组合方式，但我们只分析 4、四下信号先产生与三上信号作用时的情况。

当 4 或四下信号产生时，电梯将上行，如果电梯位置还没有到达减速点前就有“三上”信号产生，那么电梯响应“三上”申请信号，做出一系列停靠动作，将不会产生不利情况。如果电梯位置已过减速点特别是已经很接近三楼位置时，响应此时产生的“三上”申请信号，必将造成电梯急停，除了可能造成乘客不适或受伤外，还会使电梯停靠的位置偏离楼层

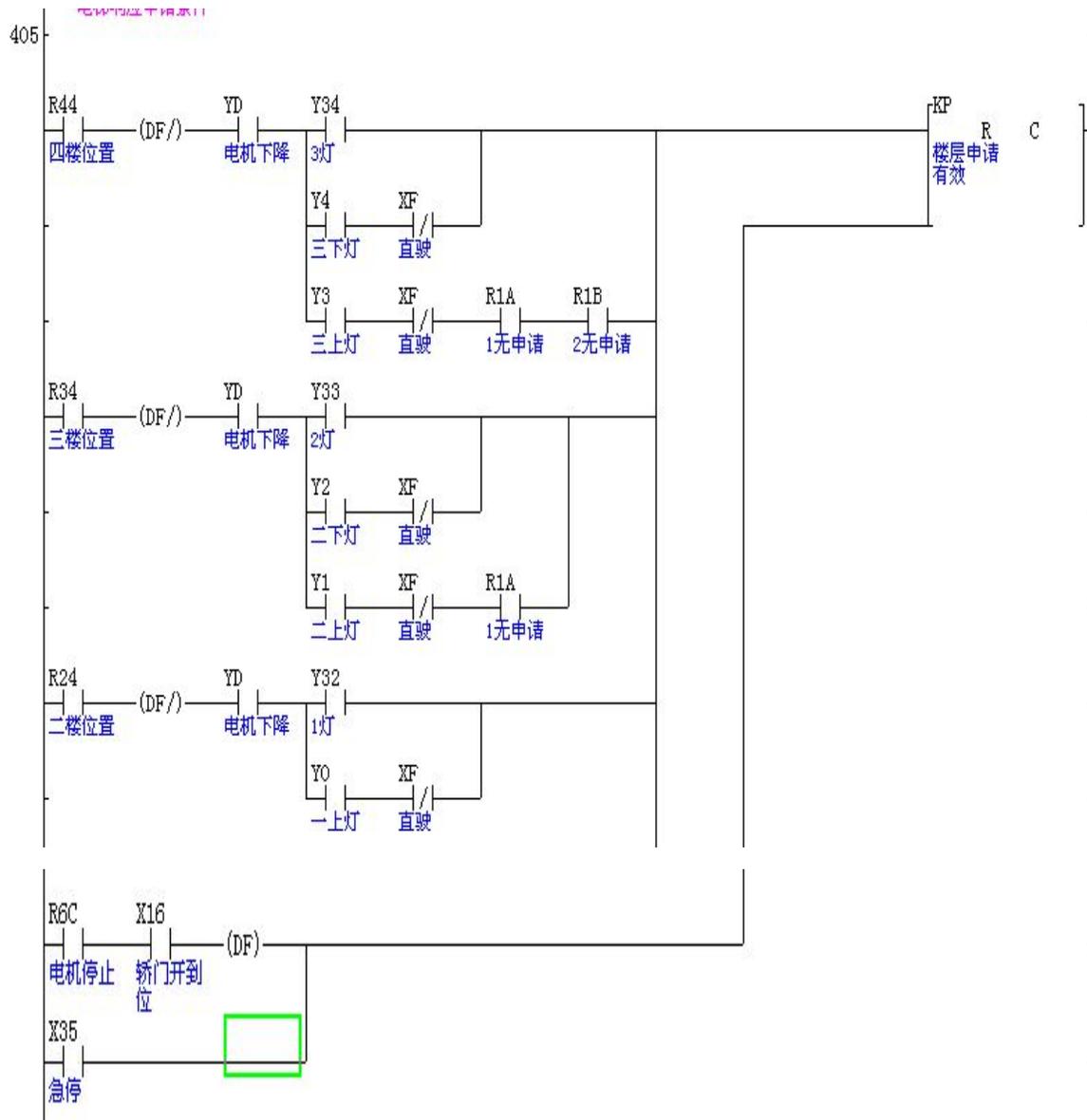
允许的误差范围，至使电梯不能正常工作或出现严重故障。

为了避免这样的情况发生，编程人员在程序编写过程中，将对申请信号的响应条件做出限制，对符合限制条件的申请信号不予理睬。限制的方法可以是以楼层之间的减速点为参考点，也可以以楼层误差允许的边界点为参考点。为了使程序易于理解，我们采用后者。

另外我们应该注意到，电梯在运行期间一次只响应一个申请点的信号。在有多个符合条件的申请信号情况下，响应的顺序是同向运行且最近的楼层申请优先。

#### **2-4-2 “楼层申请有效”条件判断程序设计**

根据上面分析结果，我们可以设计出电梯下行时的“楼层申请有效”条件判断程序如下：



程序设计分析：“楼层申请有效”它是电梯运行中的一个判断条件，我们用 RC 表示。各个“楼层位置”后面的“(DF/)”表示该楼层条件的下降沿，也就是说，它表示电梯离开该楼层的**时刻**才是“楼层申请有效”判断的条件之一，再加上“电机下降”条件，从中我们可以看到，**电梯的“楼层申请有效”判断，是在电梯离开各楼层位置时的动态过程中完成的。它的任务是，判断是否接受电梯运行至下一个楼层的申请。**

请同学自己编写电梯上行时的“楼层申请有效”判断程序。

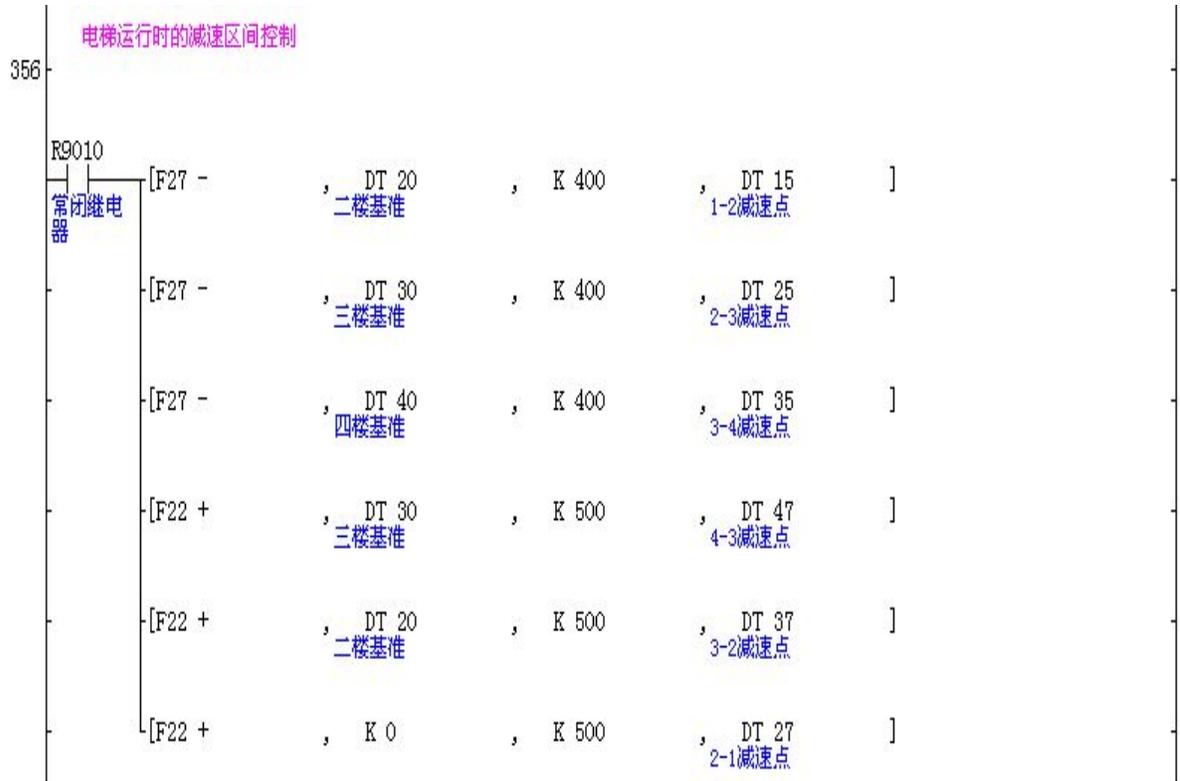
### **2-4-3 “电梯上、下行申请”与“楼层申请有效”的比较**

“电梯上、下行申请”信号与“楼层申请有效”信号的相同之处在于：它们都是根据乘客的申请信号而产生的且它们都是电梯运行控制的判断条件之一。而不同之处在于：前者是电梯静态、动态条件下均能产生，确定电梯运行方向的信号。而后者只能是电梯动态条件下产生，确定电梯停靠位置的信号。

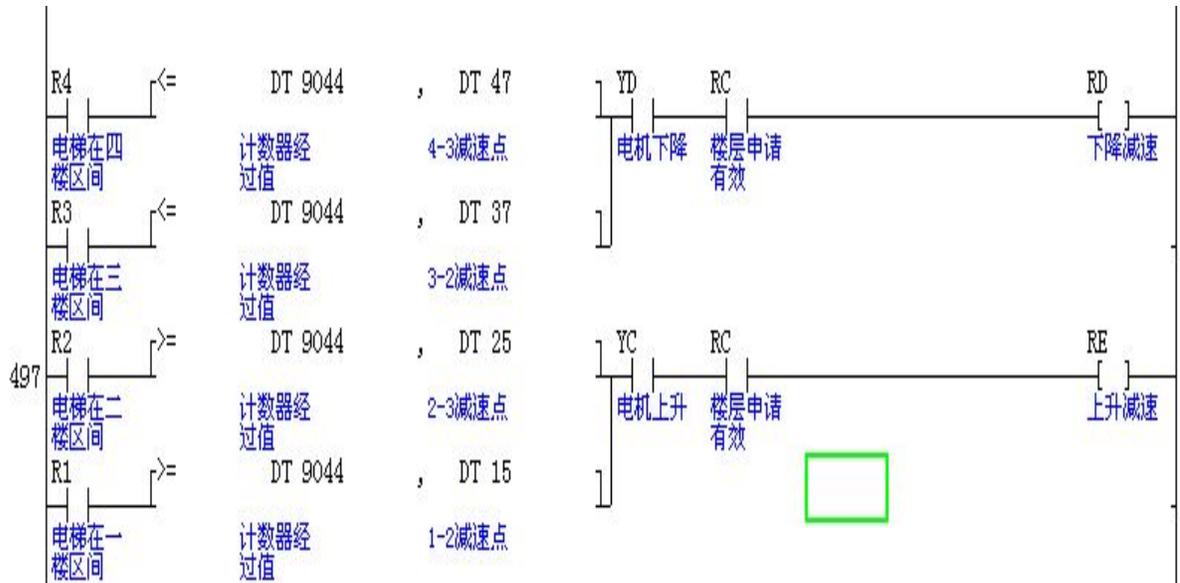
### **2-5 电梯减速位置的确定**

电梯在停靠各楼层前都有一个减速过程，这样一方面可以增加停靠位置的准确性，另一方面可以减轻乘客对速度变化的不适应感。我们可以用实验的方法确定电梯的减速点。

确定各减速点的处理程序如下：



各减速点在控制中的应用程序如下：



## 2-6 电梯开关门控制程序设计

电梯开关门过程是电梯停靠到某楼层后产生的，供乘客进出电梯的动作。在此过程中它必须保证乘客的安全。

### 2-6-1 电梯开关门控制过程分析

为确保乘客进出电梯的安全，**电梯能够进行开关门动作的首要条件是：电梯处于停止状态。**

在该部分学习的过程中，同学们需要注意的是：

1、电梯轿厢的“左、右门安全触板开关”和“门力矩开关”，在不同过程中的不同的作用。

2、

电梯开门过程分析：

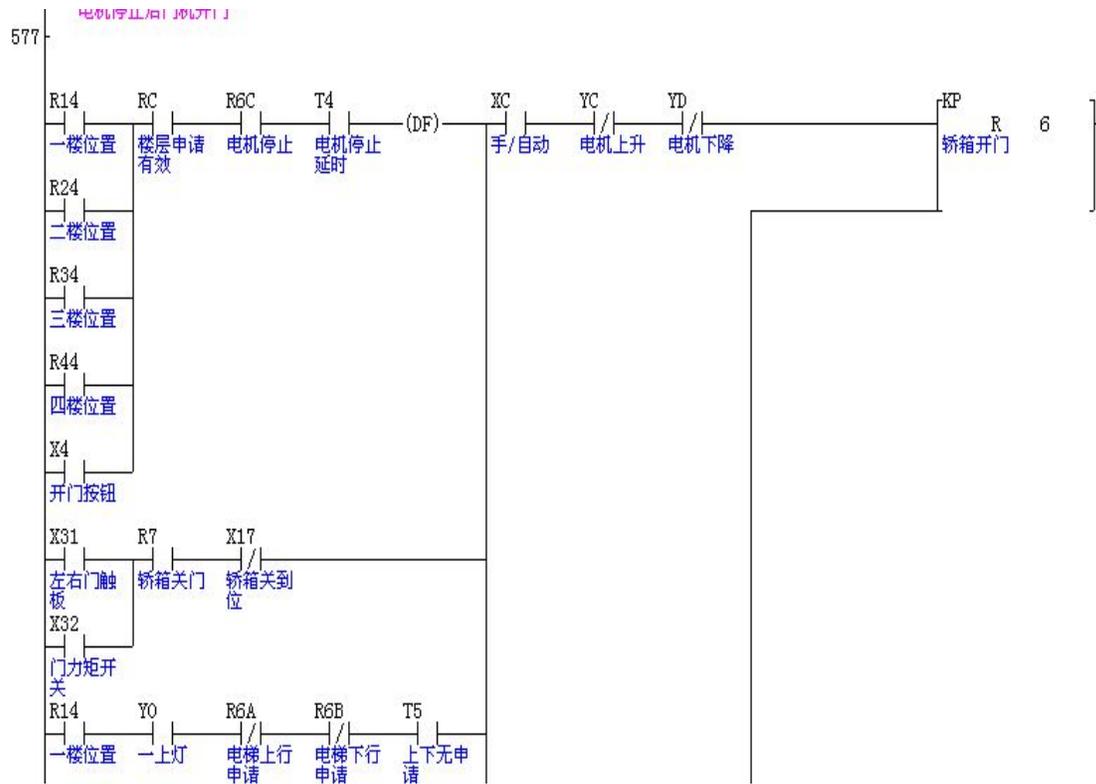
电梯到位、停止并延迟后，才能进行开门动作(Y8 呈高电平)。在开门动作进行过程中，可以允许乘客根据情况，进行“关门”操作。

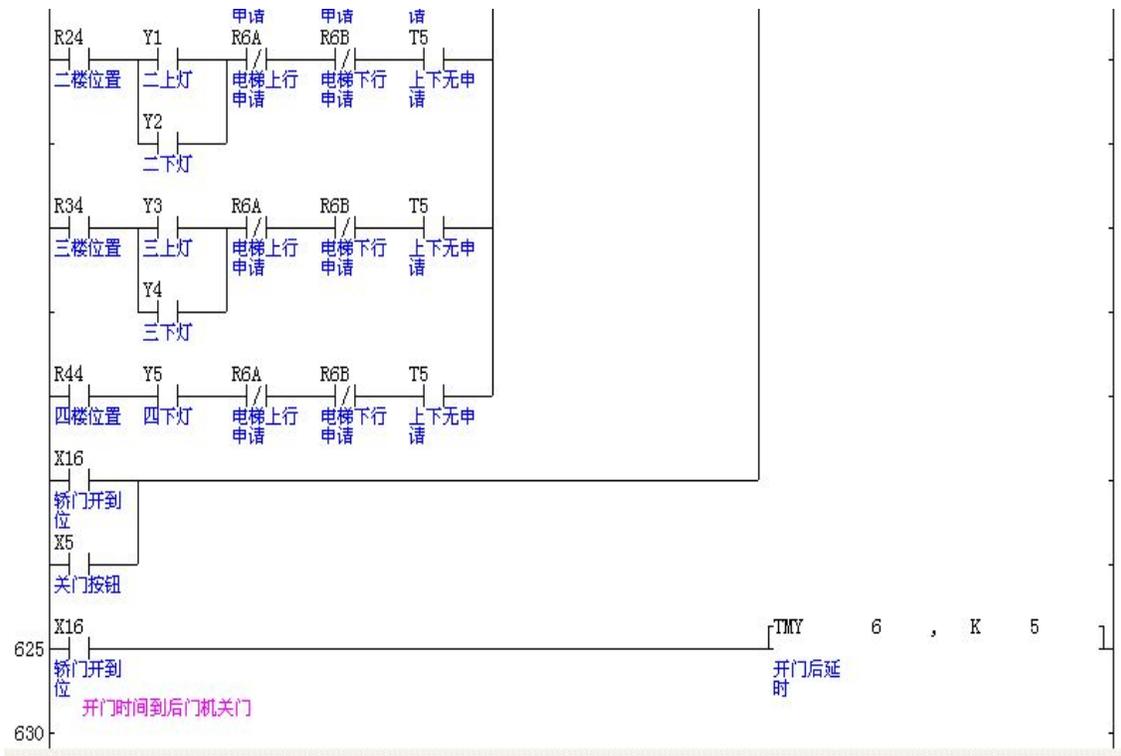
开门到位后(X16 呈高电平)，停止开门(Y8 呈低电平)，并触发定时器(T6 开门后延时)工作，以提供乘客进出电梯所需的时间。延迟后进行关门动作，关门过程中允许乘客进行“开门”操作，另外在关门过程中，如果轿厢门或楼道门遇到阻碍而不能正常关闭时，“左、右门安全触板开关”和“门力矩开关”均能检测出这种情况，此时要求控制程序能自动将电梯的关门动作停止并转换到开门状态，以避免意外伤害情况的发生。

## 2-6-2 电梯开关门控制程序设计

基于上面的分析我们设计的电梯开关门控制程序如下：

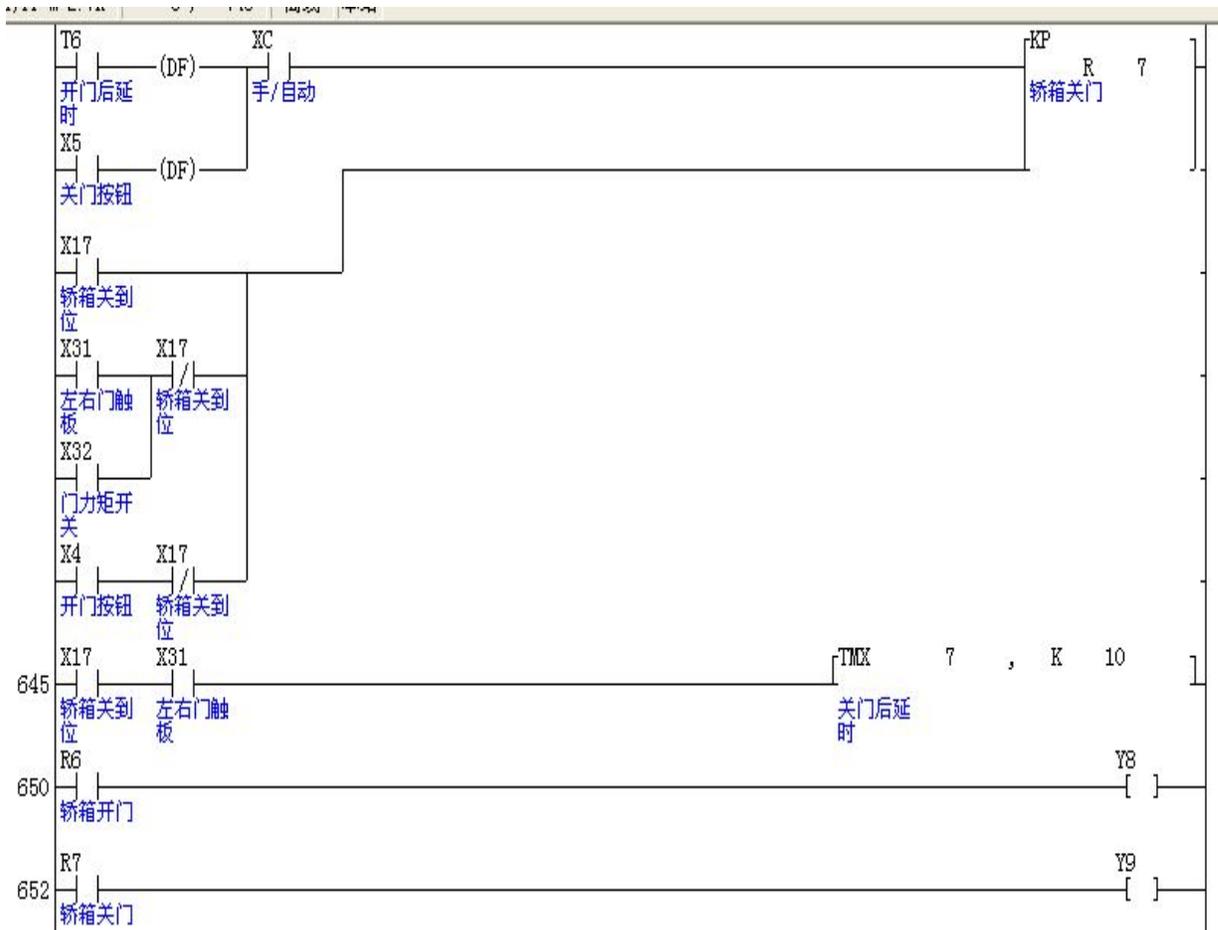
轿厢开门控制程序：





在轿厢开门控制程序中，我们加入了“上、下无申请”情况下，轿厢门机进行开门动作，响应申请信号的控制程序。

轿厢关门控制程序：



轿厢开关门程序的最终输出端口是 PLC 的 Y8（开门电路）和 Y9（关门电路）。

需要同学们注意的是：在开关门控制程序中，我们没有加入轿厢乘客的“超载报警”条件，它的输出端口为 Y36（报警输出）。请同学们考虑，该条件应该加在控制程序的什么位置？

### 第三讲 电梯控制程序的时序

**学习内容：**如何合理的安排电梯运行控制程序各部分间的时序顺序。

要想使电梯能够平稳顺利运行，合理编排控制程序的时序非常重要。电梯运行的总体顺序安排与“电梯控制过程规划”是一致的。但在各控制功能执行的具体时间点上，还需要认真安排，才能做到整个程序的统一协调运行。其实我们在各个程序设计过程中，已经涉及到时序问题，在这里我们需要更详细的分析而已。

申请信号的建立与清除：

我们以申请信号的上升沿为触发条件，建立申请信号。清除时间为电梯响应该信号并执行“开门”动作的时刻。如果不及时清除申请信号，则有可能会影响到电梯的下一步动作。

“电梯上、下行申请”信号的建立与清除：

申请信号建立以后，促使“电梯上、下行申请”（R6A、R6B）信号的产生，由于电梯每次只能向一个方向运行，所以，“电梯上、下行申请”信号是互锁关系，同时也将该信号输出给“电机上、下显示灯”（Y30、Y31），作为控制电机下一步运行方向的显示指示信号。该信号在清除时间上要特别注意，应该是“轿厢关到位”信号的上升沿时刻，而且需要与电梯此时所处的楼层位置相结合，才能判断是否清除“电梯上、下行申请”信号。

电梯运行方向：

“电机上、下显示灯”信号形成后，便可以确定电梯“上、下行状态”（R5C、R5D），从而确定电梯运行方向（YC、YD）。它产生于“关门后延时”（T7）时刻，终止于电机“停止”（R6C）时。注意，电梯“上、下行状态”信号，是确定电机能否进行上下动作的条件。而“电机上、下显示灯”则是提供电梯将要运行的方向。

“楼层申请有效”信号（RC）：

“楼层申请有效”信号（RC）是判断电梯是否在该楼层停止的首要条件，它产生于电梯运行时离开上一楼层（或下一楼层）的时刻，终止于“轿厢门开到位”（X16）的上升沿时刻。因为电梯到达响应楼层，轿厢“开门”动作时就将清除相关申请信号，为了防止误动作影响“开门”过程，故将“楼层申请有效”信号的清除时间延迟至“轿厢门开到位”的上升沿时刻。

电梯的减速信号（RD）、（RE）、（RA）、（YA）：

当检测到“楼层申请有效”信号后，电梯运行过程的下一步就是检测减速区间信号（上升减速 RD、下降减速 RE），在到达减速区间后 RD、RE 信号呈高电平，促使“慢速条件满足”（RA）信号产生，进而促使“电机慢速”（YA）控制信号形成，到达控制电机速度的目的。如果没有检测到“楼层申请有效”信号，即便是到达了减速区间，电机也不会减速。

电梯轿厢的开门信号（R6）（Y8）：

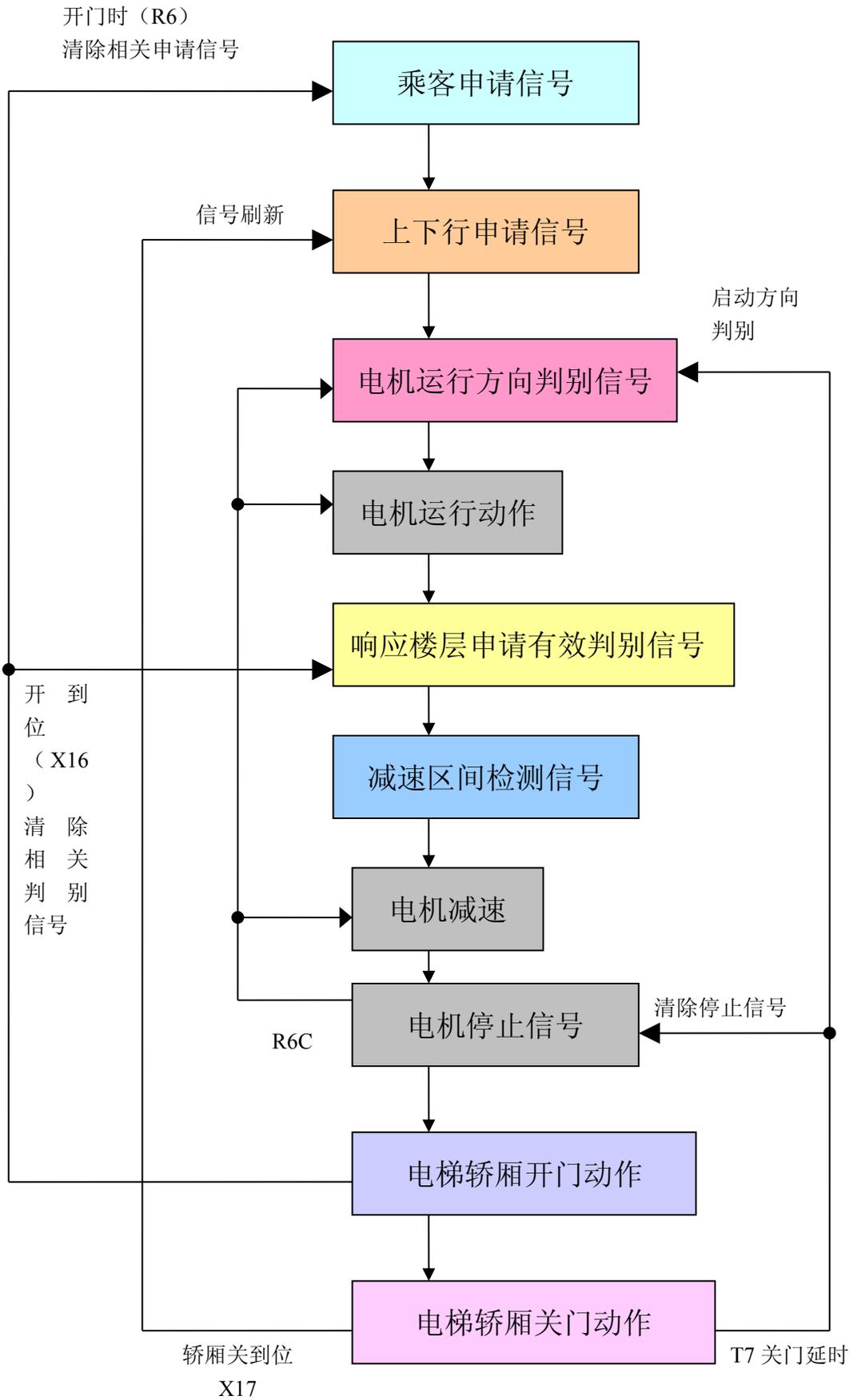
电梯运行到位并停止后，轿厢执行开门动作。开门到位后“开门

到位”开关（X16）呈高电平，其上升沿触发“楼层申请有效”清除，其电平信号触发“开门后延时”定时器（T6）工作，进行延时操作，提供乘客进出电梯需要的时间，定时器的时间长短可根据情况进行调整。延时时间到了以后，电梯执行关门操作。在这里需要注意：由于定时器是靠（X16）的电平触发工作的，当（X16）为低电平时，定时器将停止工作，而（X16）是机械开关，在触发一次后常常因为机械作用又回到低电平状态（断开状态），这样电梯在开门后，延时定时器（T6）将无法正常工作，造成电梯运行的停止。为避免这类情况发生，请同学们考虑其解决方法。

电梯轿厢的关门信号(R7)(Y9):

轿厢的关门信号(R7)是由，开门后延时信号(T6)触发产生的。(R7)为高电平时 (Y9)也为高电平，从而产生关门动作。在关门过程中，遇到阻力，会产生保护动作。“轿厢关到位”开关(X17)是关门动作的正常清除信号。轿厢关到位后仍然需要一个延时信号（T7）的作用，电梯才能运行。在这里要注意：“轿厢关到位”开关(X17)是触发定时器（T7）工作的信号，它只能用电平触发方式，而不能用电平触发方式，否则可能引发安全事故。

电梯正常运行时的主要时序关系如下图所示：



## 第四讲 电梯运行管理及安全措施

### 4-1 电梯运行的管理员控制

电梯自动运行时，对于每一部电梯来说，一般不需要专门配备随时随地监视电梯运行的管理人员，而是由一个管理人员管理多部电梯。

实际上，由管理员控制电梯运行的时间很少，主要是在一些特殊要求的时候或电梯自动运行出现故障的时候。可供管理人员操作的按钮有：轿厢灯、轿厢风扇、手动/自动开关、直驶按钮、急停按钮、慢上按钮、慢下按钮。这些开关的作用如下：

轿厢灯：提供轿厢照明。

轿厢风扇：提供轿厢换气。

手动/自动开关：设置为“手动”位置时，由管理员控制电梯的上、下运行位置。

慢上、慢下按钮：与“手动/自动开关”配合，控制电梯运行位置。

直驶按钮：在某些特殊情况下，屏蔽来自楼道的申请，只响应轿厢内部的楼层申请信号。

急停按钮：在电梯运行不正常时，为避免造成更大的事故而采用的紧急停止措施。

## 4-2 电梯运行的安全措施

电梯是一种高层载人运送工具，应把安全保障问题放在第一位。

通常电梯的安全保障措施是由软件保障部分和硬件保障部分组成。

软件安全保障措施主要是：

- 1 保障电梯自动运行时为避免某些事故的发生而采取的措施，例如：限位措施、限重措施、防夹措施、防止电梯高速下行措施，以及电梯运行各个动作的安全执行条件等。这些安全措施均融合在编程人员的控制程序里。
- 2 管理人员为避免不利情况发生而采取的各类人工控制方式。
- 3 管理人员定期检查电梯运行情况，重新标定和修正各楼层基准点。

硬件安全保障措施：是在软件保障无法实现或失去作用而发生某些事故时的一种保障措施。

主要有：

- 1 链接轿厢的多组钢绳。
- 2 制动器。
- 3 上、下机械式限位开关（断电）。
- 4 底层的缓冲装置。
- 5 电梯高速下降时的刹车装置。
- 6 定期检查各传动部件、轿厢以及各安全保障装置的完好情况。