

# 邵阳职业技术学院

## 毕 业 设 计

产品设计	工艺设计	方案设计
		√

设计题目：           电梯轿厢架设计          

学生姓名：           黄浩杰          

学    号：           201810300267          

系    部：           电梯工程学院          

专    业：           电梯工程技术          

班    级：           电梯 1182          

指导老师：           邓霜梅          

二 0 二 一 年 六 月 一 日

# 目 录

一、 设计要求 .....	3
(一) 设计目的及意义.....	3
(二) 电梯发展现况.....	3
(三) 设计的内容.....	3
二、 电梯总体介绍 .....	5
(一) 电梯总体结构.....	5
(二) 安全系统的组成.....	7
三、 轿厢架的结构设计.....	9
(一) 轿厢的组成.....	9
(二) 轿厢架的设计.....	10
(三) 轿厢架与钢丝绳的连接.....	12
四、 轿厢架的参数设计.....	13
(一) 轿厢架的强度计算.....	13
(二) 下托梁的强度、刚度计算.....	14
(四) 下梁的强度、刚度计算.....	15
(五) 斜拉杆的强度计算.....	16
(六) 拉杆座的强度计算.....	18
五、 成果 .....	19
参考文献.....	20
致 谢 .....	21

# 电梯轿厢架设计

## [摘要]

随着社会发展和物质生活水平的提高，电梯成为人们日常工作、生活中必不可少的楼宇交通工具，而电梯轿厢正是乘客了解电梯性能、感受电梯品质、品评电梯档次的最直接环节。

本次设计的内容就主要是针对电梯轿厢的结构进行设计，力求能在设计过程中突出设计的创造性、科学性和实用性。

**[关键词]** 电梯轿厢 单片机 变频调速 异步电机

# 一、设计要求

## （一）设计目的及意义

中国电梯在亚洲市场占有越来越重要的位置，每年销售量已达 1 万台左右，约占亚洲市场的 1/50，一些合资企业在出口创汇方面也做出了贡献。当今世界，电梯的生产情况与使用数量已经成为衡量一个国家工业现代化程度的标志之一。在一些发达的工业国家，电梯的使用相当普遍。世界上有名的几家电梯公司，诸如：美国奥的斯公司、瑞士讯达公司、日本三菱和日立公司、芬兰科恩等，其电梯的产量已占世界市场的 51%。其中，奥的斯公司和三菱公司是世界上最大的电梯生产企业。目前，国外除了以交流电梯取代直流电梯以外，在低层楼房越来越多的使用液压电梯。此外，家用小型电梯将成走电梯家族中新的组成部分。而电梯轿厢是电梯的关键部件，关系到乘客安危，而轿厢最重要的部位就是轿厢架，所以设计一款安全可靠的轿厢架很有必要。

## （二）电梯发展现况

2019 年上半年我国电梯制造企业一共 757 家，同比增长 1.07%。后续随着产业的逐步出清，电梯龙头市占率进一步提升，行业的竞争格局有望得到改善。

截至 2014 年底全国在用电梯 311 万台，到 2018 年在用量达到 539 万台。未来，在存量和增量双重驱动下，电梯行业的发展前景广阔，2023 年中国电梯保有量将超过千万台。具体来看，这双重驱动因素分别指，从建筑存量看，城镇化和老龄化推动存量建筑进行电梯更新与加装；从建筑增量看，电梯已经成为新建房屋的标配。

2018 年全行业共生产电梯 85 万台，与 2017 年相比增长 5.33%；截至 2017 年底，全行业共生产电梯和自动扶梯 80.7 万台，同比增长 3.99%；2017 年电梯保有总量为 562.7 万台，出口 7.8 万台，同比增长 1.3%。

2011-2018 年中国电梯保有量逐年增加，且增长率均保持在 10%以上，但增长速度放缓，2018 年我国电梯保有量为 628 万台。未来，在存量和增量双重驱动下，电梯行业的发展前景广阔，2023 年中国电梯保有量将超过千万台。随着我国国民经济与对外贸易的快速发展，我国电梯维保也得到了快速发展，电梯维保交易额不断增长。到 2022 年我国电梯维保行业市场规模将突破 980.97 亿元，行业发展前景广阔。

## （三）设计的内容

本次设计的内容就主要是针对电梯轿厢的结构进行设计，力求能在设计过程中突出设计的创造性、科学性和实用性。

有以下几个结构要素进行设计：电梯的工况和受力分析以及主要技术参数，曳引能力、钢丝绳、轿架、厢体、导轨的结构设计计算以及一些辅助部分设计。

如上就是本设计主要的设计内容,除了基本的计算设计和图纸外,也将会用到AutoCAD等平面三维设计软件,以求达到更好的设计效果和更直观的作品感受。

## 二、电梯总体介绍

### (一) 电梯总体结构

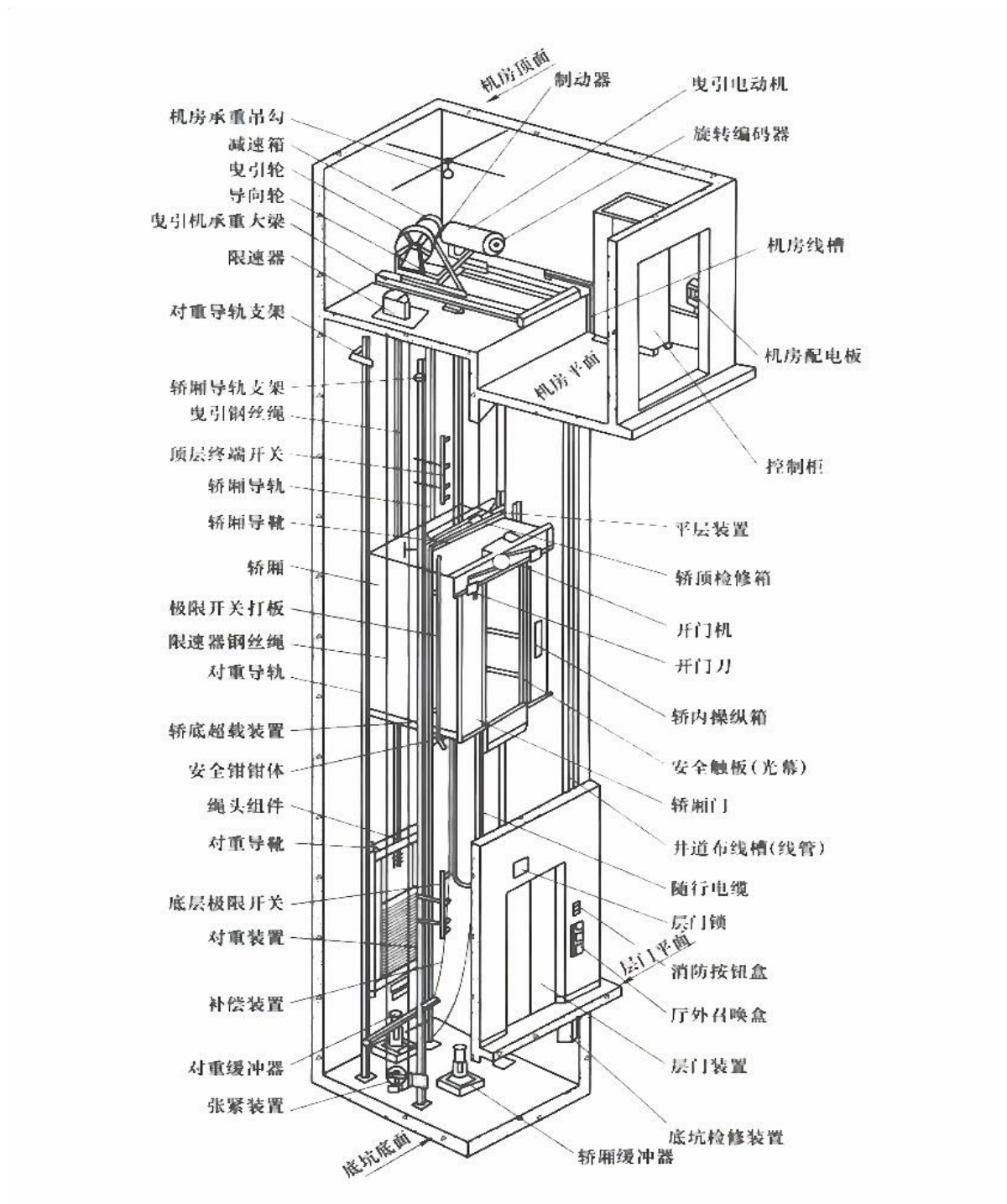


图 2-1 电梯的整体结构

#### 1. 八大系统

1) 曳引系统：保证轿厢与对重的相互位置，并限制其活动自由度，使轿厢和对重只能

沿着导轨作升降运动。

2) 导向系统：由导轨、导靴和导轨架等组成。它的作用是限制轿厢和对重只能沿着导轨作升降运动。

3) 轿厢系统：用于运送乘客和（或）货物的容器，是电梯的运行部件之一。

4) 门系统：防止坠落和挤伤事故的发生。

5) 重量平衡系统：使曳引系统的原动力（电动机）功率消耗减少一半，以达到节能和提高效率的目的。

6) 电力拖动系统的功能及构成：提供动力、实行电梯速度控制。

7) 电气控制系统：对电梯的运行实行操纵和控制。

8) 安全保护系统：保证电梯安全使用，防止一切危及人身安全的事故发生。

## 2. 电梯的主要参数及性能指标

### 1) 安全性

电梯时运送乘客的，即使载货电梯通常也有人相伴随，因此对电梯的第一要求就是安全。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。

### 2) 可靠性

电梯的可靠性很重要，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与生活，给人们造成很大的不便，不可靠也是事故的隐患，常常是不安全的起因。要想提高可靠性，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，整个电梯才能使可靠的。

### 3) 停站的准确性

停站准确性又称平层准确度，平层精度。GB/T10058-1997《电梯技术条件》对轿厢的平层准确度规定如下：

表 2-1 轿厢的平层准确度

电梯类型	额定速度 (m/s)	平层准确度 (m/s)
交流双速电梯	0.25 或 0.5	$\leq \pm 15$
	0.75 或 1.0	$\leq \pm 30$
交直流快速电梯	1.5—2.0	$\leq \pm 15$
交直流高速电梯	$\geq 2.0$	$\leq \pm 5$

电梯轿厢的平层准确度与电梯的额定速度，电梯的负载情况有密切关系。负载重，则惯性大，提速高惯性也大。因此检查平层准确度时，分别以空载，满载，上下运行，到达同一层站停测量平衡误差，取其最大值做平层站的平层准确度。

#### 4) 振动、噪声及电磁干扰

现代电梯是为乘客创造舒适的生活和工作环境。因侧要求电梯运行平稳，安静，无电磁干扰。

#### 5) 舒适感和快速感

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，这对于快节奏的现代生活中的乘客是很重要的。但是加速度和减速度的过分增大的不合理变化又会造成乘客的不适感。因此在电梯设计时就要兼顾快速性和舒适感这两个互相矛盾的因素。

#### 6) 节能

现代电梯应该合理的选择拖动方式，以达到节能的目的

## (二) 安全系统的组成

### 1. 机械安全装置

1) 限速器：包括惯性式限速器，卧轴离心式限速器和立轴离心式限速器，当电梯运行速度超过一定值时限速器动作。

2) 安全钳：常见的安全钳有瞬时型安全钳，渐进式安全钳和具有缓冲作用的瞬时式安全钳三种。

3) 缓冲器：包括弹簧缓冲器，油压缓冲器二种。

4) 制动器：在动力电源或控制电路电源失电时能自动动作，使轿厢停止运行。

5) 门锁联动机构，电梯各层层门，轿厢门是安全的屏障。

### 2. 电气安全装置

1) 终端超越保护装置：为了防止因电气失灵使电梯到达顶层或府层后仍继续运行而设置的保护装置有终端极限开关，上、下强迫减速开关和上、下强迫停车开关。

2) 安全保护回路：由非自动复位型轿内急停开关，轿顶急停开关，府坑急停开关和机层急打开关，涨绳开关、安全窗开关、安全钳开关、电动机热保护继电器及相序保护继电器，超载保护开关，所有层门门锁和轿厢门锁的触点串联连接。

3) 报警系统：轿内操纵盘上设有警铃按钮，电话或对讲机，当电梯发生故障或遇到危险情况时，乘客可随时与外界联系。



4) 照明：轿内照明失效时，设置的应急照明应能正常工作。

5) 应急电源：电梯电源供电线路设有备用电源，以便电网因故停电时，轿厢就近平层开门，释放乘客。

### 三、轿厢架的结构设计

#### (一) 轿厢的组成

轿厢一般由轿厢架、轿壁、轿底、轿门、轿顶及开门机组成。其基本结构示意图如图（3-1）所示：

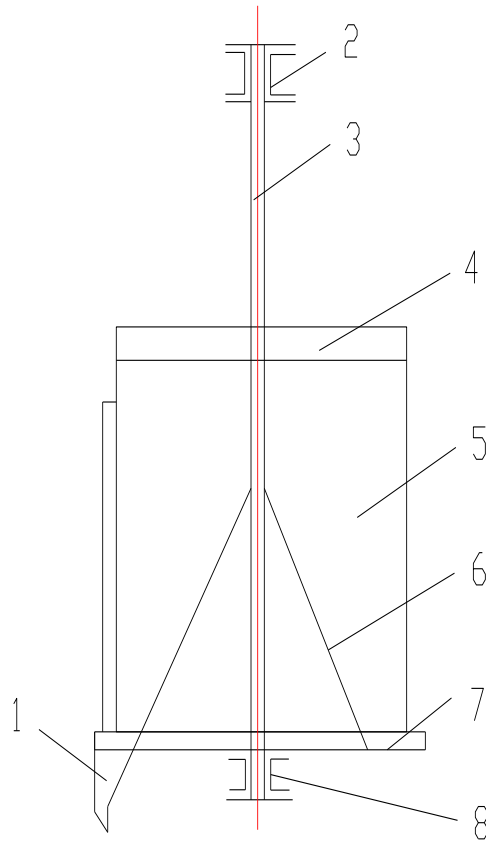


图 3-1 轿厢的构成示意图

1-护脚板 2-上梁 3-轿厢架 4-轿厢顶

5-轿厢壁 6-拉条 7-轿厢底 8-下梁

轿厢必须具有足够的机械强度，轿厢内装置一般有操纵箱、通风装置、照明、停电应急照明、报警和通信等装置。

轿厢总体结构及其有关构件如图（3-2）所示：

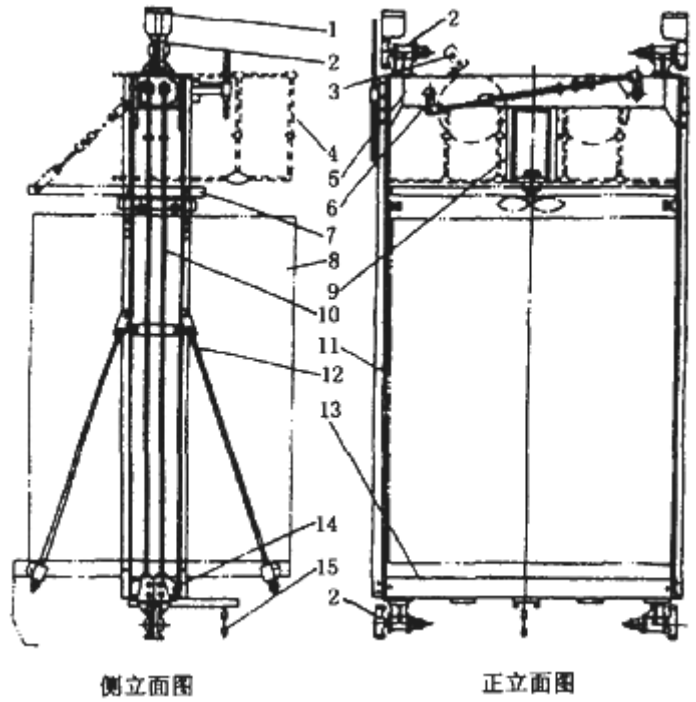


图 3-2 轿厢总体结构及其有关构件示意图

- 1-导轨加油壶 2-导靴 3-轿顶检修箱 4-轿顶安全栅栏 5-轿架上梁  
 6-安全钳传动机构 7-开门机架 8-轿厢 9-风扇架 10-安全钳拉条  
 11-轿架立柱 12-轿架拉条 13-轿架底梁 14-安全钳嘴 15-补偿链

## (二) 轿厢架的设计

轿厢架是个承重构架，其钢材的强度和构架的结构，要求都很高，牢固性要好。

### 1. 轿厢架的构造及其构件的作用

轿厢架一般由上梁、立柱、底梁和拉条（调节轿底水平度，防止底板倾翘）等组成。其基本结构如图（3-3）所示：

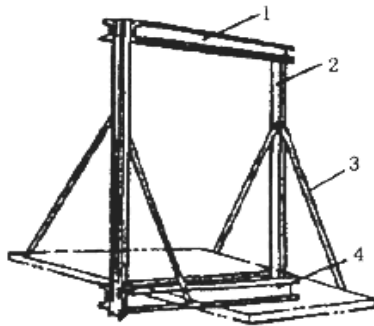


图 3-3 轿厢架的基本构件

- 1—上梁； 2—立柱； 3—拉条； 4—底梁

轿厢架的主要作用是固定和悬吊轿厢体，其立柱在轿厢体两侧，下梁用以安装轿厢底，直接承受轿厢的重量。

## 2. 轿厢架型式分类

轿厢架有两种基本类型，如图（3-4）和（3-5）所示。

1) 对边形轿厢架：适用于具有一面或对面设置轿门的电梯。这种类型的轿厢受力较好，当轿厢有偏心载荷作用时，只会在轿架支撑的范围内发生拉力，或者在立柱处发生推力，这种类型是多数电梯所采用的构造方式，如图（3-4）所示：

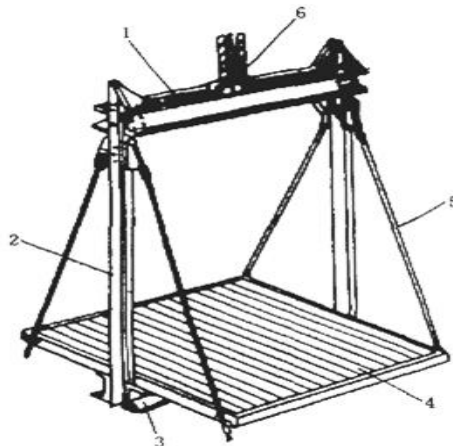


图 3-4 对边形轿厢架

1-上梁 2-立柱 3-底梁 4-轿厢底 5-拉条 6-绳头组合

2) 对角形轿厢架：适用于在相邻两边设置轿门的电梯上，这类轿厢架在受到偏心载荷作用时不但各构件受到偏心弯曲，而且其顶架也会受到扭转作用的影响。受力较差，如图（3-5）所示：

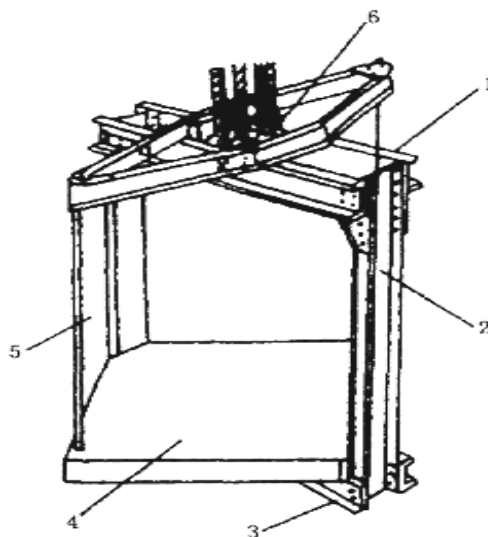


图 3-5 对角形轿厢架

1-上梁 2-立柱 3-底梁 4-轿厢底 5-拉条 6-绳头组合

根据这两种轿厢架型式的分析，对角型轿厢架受力情况较差些，因此我们选择对边形轿厢架为这次设计的轿厢架型式。

### （三）轿厢架与钢丝绳的连接

曳引式的电梯，曳引钢丝绳一端和轿厢相连，另一端和对重相连。本次设计的曳引系统曳引比为 1：1，其连接方式如图（3-6）所示：

钢丝绳直接与轿厢顶部相连，把曳引绳的末端固定在轿厢的上梁部分。连接时将绳头板 6 焊接固定在轿架的上梁，有 5 根曳引钢丝绳，就对应的在绳头板上钻 5 个孔，然后用绳头组合装置的拉杆穿过绳头板，进行紧固，拉杆的另一端用巴氏合金将钢丝绳与拉杆的锥孔溶合。

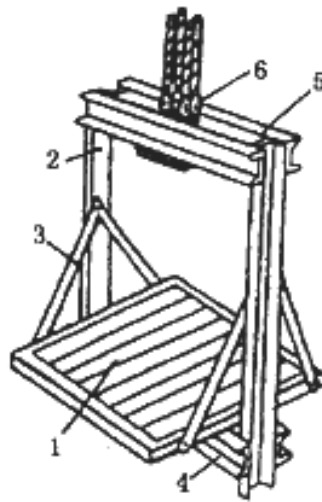


图 3-6 钢丝绳和轿厢架的连接

1-轿底 2-立柱 3-拉杆 4-底梁 5-上梁 6-绳头板及绳头组合

## 四、轿厢架的参数设计

### (一) 轿厢架的强度计算

#### 1. 轿厢架的受力分析:

轿厢架结构如图 4-1 所示。

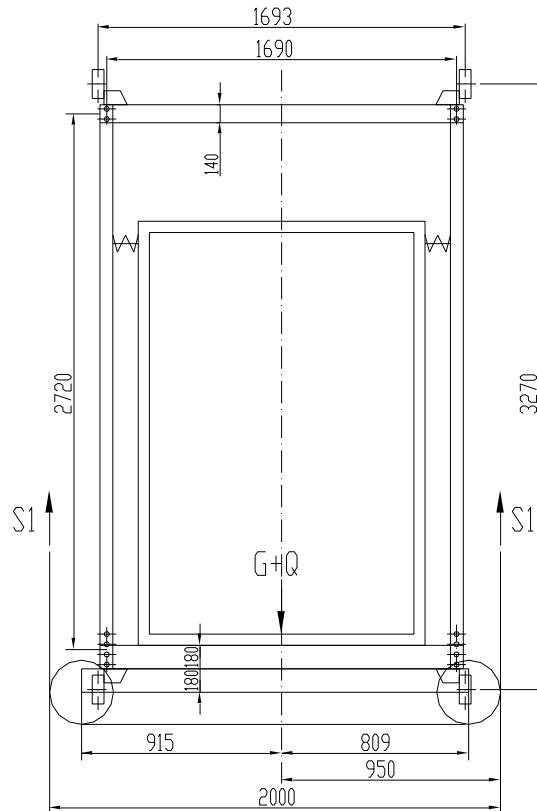


图 4-1 轿厢架结构示意图

轿厢架是轿厢的主要受力部件，它与轿底、轿壁、轿顶和轿厢连接件自轿厢内的载荷及自身重量造成的力，其中轿底承受来自轿厢内的可变载荷，轿顶承受安装维修时的活动载荷，轿壁维持外形和承受轿顶、门机等固定设备的重量和传递来自轿顶的载荷。来自轿厢的力 ( $G+Q$ ) 由轿底传给下梁，其中一部分偏置载荷通过斜拉杆的拉力直接传给立柱，再由斜拉杆传给下梁。

下梁用剪力、弯矩的型式将力传给下托梁。

再由下托梁用剪力、弯矩的型式传给钢丝绳，以束力  $S_1$  的形式来平衡 ( $G+Q$ )。

因此，轿厢架的强度计算可把它看作由杆件组成的静定框架结构。将来自钢丝绳的拉力  $S_1$  由下托梁、下梁用剪力、弯矩的形式来承受，立柱上梁不参加受力。

## (二) 下托梁的强度、刚度计算

下托梁由两根 180×75×20×5 的冷弯槽钢组成(剖面见图 4-2, 剪力弯矩图见图 4-3):

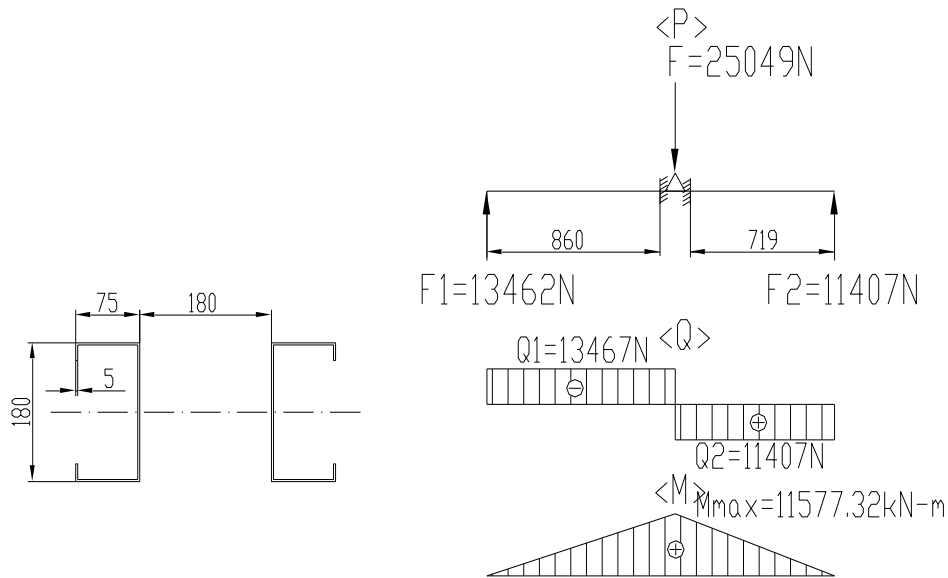


图 4-2 剖面图

图 4-3 剪力弯矩图

下托梁的外力:

$$P = S_{pj} = (G + Q) \left(1 + \frac{a}{g}\right) g$$

$$= (1387 + 1000) (9.81 + 0.684) = 25049\text{N}$$

给每根下托梁的力:  $F_1 = P \cdot L_1 / (L_1 + L_2) = 25049 \times 860 / (860 + 719) = 13462\text{N}$

$$F_2 = P \cdot L_2 / (L_1 + L_2) = 25049 \times 719 / (860 + 719) = 11407\text{N}$$

下托梁的截面积:  $A = \sum A_i$

$$= 2 \times (180 \times 75 - 170 \times 65 - 140 \times 5) = 3500\text{mm}^2$$

下托梁的  $y$  方向形心坐标:  $y_c = \int dA \cdot dy_c / A = H/2 = 90\text{mm}$

下托梁的惯性矩:  $J_x = \int dA \cdot dy^2$

$$= 2 \times (75 \times 180^3 - 65 \times 170^3 - 5 \times 140^3) / 12 = 17389167 \text{ mm}^4$$

下托梁的抗弯模数:  $W_x = J_x / y_{\max}$

$$= 17389167 / 90 = 193213\text{mm}^3$$

下托梁的剪力:  $Q_{\max} = F_1 = 13462\text{N}$

下托梁的弯矩:  $M = F_2 \cdot L_2 = 13462 \times 860 = 11577320\text{N} \cdot \text{mm}$

$$\text{剪应力: } \tau_{\max} = \frac{Q}{A} = \frac{13462}{3500} = 3.846 \text{ Mpa}$$

$$\text{最大正应力: } \sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{11577320}{193213} = 59.920 \text{ Mpa}$$

$$\text{当量应力: } \sigma_d = \sqrt{2\tau^2 + \sigma^2} = \sqrt{2 \times 3.846^2 + 59.920^2} = 60.166 \text{ MPa}$$

$$\text{强度储备系数 } \lambda = 235 / 60.166 = 3.905$$

结论：下托梁强度足够

下托梁挠度的计算：

$$F_{\max} = \frac{Pl^3}{3EJ_x} = \frac{13462 \times 860^3}{3 \times 206 \times 10^3 \times 17389167} = 0.797 \text{ mm}$$

《机械工程手册》第12卷第8章2.3条要求梁挠度不大于1/960

结论：下托梁刚度足够

#### (四) 下梁的强度、刚度计算

轿厢的自重和额定载荷呈均布载荷(q)作用于下梁上,其值为

$$q = (G + Q) \left(1 + \frac{a}{g}\right) / 1550$$

$$= (1387 + 1000) (9.81 + 0.684) / 1550 = 16.161 \text{ N}$$

下梁由 192(340) × 160 × 80 × 30 × 6 的冷弯型钢加加强板组成 (剖面见图 4-4, 剪力弯矩图见图 4-5)

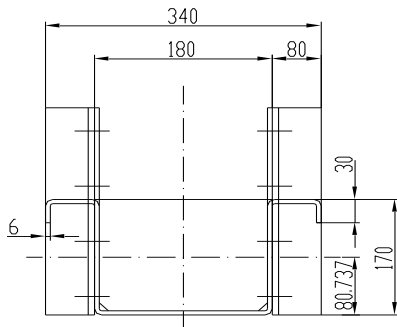


图 4-4 下梁剖面图

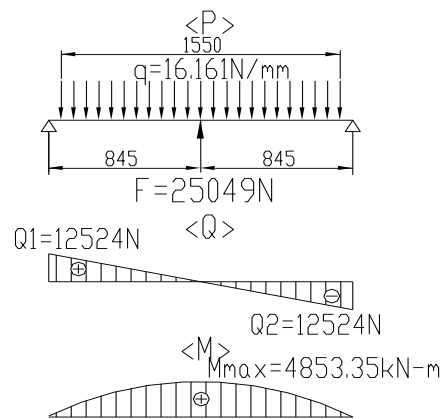


图 4-5 下梁内外力图

$$\text{下梁的截面积: } A = \sum A_i = 192 \times 6 + 2 \times (148 \times 6 + 8 \times 6 + 24 \times 6) = 4176 \text{ mm}^2$$

$$\text{下梁的 } y \text{ 方向形心坐标: } y_c = \int dA \, dy_c / A$$



$$=192 \times 6 \times 3 + 2 \times 6 \times (148 \times 80 + 80 \times 157 + 24 \times 142) = 30.737 \text{mm}$$

下梁的惯性矩:  $J_x = \int dA dy^2$

$$=192 \times 6 \times 77.7372 + 2 \times 6 \times (74.737 \times 37.3692 + 73.263 \times 36.6322 + 80 \times 76.2632 + 24 \times 61.2632)$$

$$=17134985 \text{mm}^4$$

下梁的抗弯模数:  $W_{\min} = J_x / y_{\max} = 17134985 / 80.737 = 212232 \text{mm}^3$

下梁的剪力:  $Q_{\max} = qB/2 = 16.161 \times 1550/2 = 12524 \text{N}$

下梁的弯矩:  $M_{\max} = QB^2/8 = 16.161 \times 1550^2/8 = 4853350 \text{N} \cdot \text{mm}$

$$\text{剪应力: } \tau_{\max} = \frac{Q}{A} = \frac{12524}{4176} = 2.999 \text{Mpa}$$

$$\text{最大正应力: } \sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{4853350}{212232} = 22.868 \text{Mpa}$$

$$\text{当量应力: } \sigma_d = \sqrt{2\tau^2 + \sigma^2} = \sqrt{2 \times 2.999^2 + 22.868^2} = 23.258 \text{MPa}$$

$$\text{强度储备系数 } \lambda = 235/23.258 = 10.104$$

结论: 下梁强度足够

下梁挠度的计算:

$$F_{\max} = \frac{Pl^3}{48EJ_x} = \frac{25049 \times 1550^3}{48 \times 206} = 0.797 \text{mm}$$

《机械工程手册》第12卷第8章2.3条要求梁挠度不大于1/960

结论: 下梁刚度足够

## (五) 斜拉杆的强度计算

当轿厢在装载乘员时, 由于人员的流动, 造成电梯的偏载, 偏载时

斜拉杆以受拉的形式平衡偏载力矩 MP:  $F = (G/2 + Q)(g+a)L/8$

偏载力 P 如下:

$$P = Q(1 + \frac{a}{g})g = 1000 \times (9.81 + 0.684) = 10494 \text{N}$$

偏载力矩 MP 如下:

$$MP = P \cdot L_q = 10494 \times 177.5 = 1862685 \text{N} \cdot \text{m}$$

轿厢架斜拉杆及其外力见图 4-6 所示。

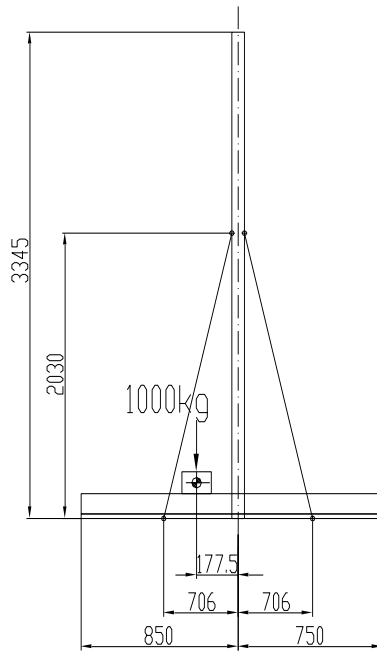


图 2-9 轿厢架斜拉

杆

每侧杆力为：

$$F_2 = (G/2 + Q) (1 + \frac{a}{g}) / L_q$$

$$= (609 + 1000) \times (9.81 + 0.684) \times 177.5 / 706 = 4245N$$

假设轿底重量和额定载重的 1/4 由四根斜拉杆承受，则每侧杆力：

$$F_2 = (G + Q) (1 + \frac{a}{g}) / g / 4 \times 2$$

$$= (1218 + 1000) \times (9.81 + 0.684) / 8 = 2909N$$

选择外力大的  $F_1 = 4245N$  为计算依据，又以每根斜拉杆能承受其中 3/4 的力为设计原则（受力不平衡），则一根斜拉杆

承担的力为：

$$F = 4252 \times 3/4 = 3189N$$

斜拉杆直径  $\phi 12mm$ ，两端螺纹小径  $d = \phi 10.106mm$ 。

截面积： $A = \pi d^2 / 4 = \pi \times 10.106^2 / 4 = 80.214mm^2$

斜拉杆螺纹部分拉伸应力为：

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{3189}{80.214} = 39.756Mpa$$

强度储备系数  $\lambda = 235 \times 39.756 = 5.911$

结论：拉杆的螺纹部分强度足够

## (六) 拉杆座的强度计算

拉杆座 M24, 螺纹小径  $d = \phi 22.752\text{mm}$ , 截面积:  $A = \pi d^2/4 = 406.561\text{mm}^2$

$$\text{挤压应力: } \sigma_{Fj} = \frac{F}{\pi \delta R} = \frac{3189}{\pi \times 6 \times 11.346} = 14.911\text{Mpa}$$

强度储备系数  $\lambda = 235 \times 14.911 = 15.760$

结论：拉杆座螺栓强度足够。

## 五、成果

本次设计的内容就主要是针对电梯轿厢的结构进行设计，力求能在设计过程中突出设计的创造性、科学性和实用性。对以下几个结构要素进行设计：电梯的工况和受力分析以及主要技术参数，曳引能力、钢丝绳、轿架、厢体、导轨的结构设计计算以及一些辅助部分设计。除了基本的计算设计和图纸外，也将会用到 AutoCAD 等平面三维设计软件，以求达到更好的设计效果和更直观的作品感受。

## 参考文献

- [1]任明权. 一种背包式电梯轿厢架的分析与设计[D]. 苏州大学, 2017.
- [2]李塘. 高速电梯轿厢系统水平振动多因素耦合建模与减振优化应用研究[D]. 浙江大学, 2019.
- [3]宣健. 住宅电梯轿厢轻量化设计研究[D]. 上海交通大学, 2017.
- [4]李智豪. 电梯轿厢水平振动实验系统的研究与分析[D]. 昆明理工大学, 2018.
- [5]陆荣峰, 刘志良. 一种常见的电梯轿厢意外移动保护装置分析[J]. 中国电梯, 2021(07):99-102.
- [6]富阳. 新冠肺炎疫情下电梯轿厢防控建议[J]. 中国电梯, 2020(08):66-68.
- [7]张利春, 娄文谦. 高速电梯轿厢气压变化调节技术[J]. 轻工机械, 2020(06):57-60.
- [8]翁海明. 基于 ANSYS 的电梯轿厢架分析与研究[J]. 大众标准化, 2020(08):66-69.
- [9]王静韬. 电梯轿厢减振装置分析[J]. 中国设备工程, 2017(04):131-134.

## 致 谢

随着毕业设计的工作接近尾声，在此我对在整个设计编写期间给予我很大帮助的邓霜梅老师以及电梯工程学院曾经授予我学业的老师们并且还有我的父母致以最真诚的感谢。是你们的细心指导和关怀，使我能够顺利的完成毕业设计。

三人行必有我师，感谢我的同学们，大学三年间从你们身上我学习到了很多，也收获了很多。你们是我在大学期间最珍贵知识。大学之路的重点是另一段漫长且具有挑战的人生之路的开始。因为有了这么多给予我帮助的人，我才能将以后的每一步走的更踏实。

历时一段时间的毕业设计任务终于快结束了。在辛勤付出的同时我也得到了许多收获和满足。最后我再次感谢帮助过我的同学们老师们和我的父母，谢谢。