

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 7588.2—2020

部分代替 GB 7588—2003, GB 21240—2007

## 电梯制造与安装安全规范 第 2 部分：电梯部件的设计原则、 计算和检验

Safety rules for the construction and installation of lifts—

Part 2: Design rules, calculations, examinations and tests of lift components

(ISO 8100-2:2019, Lifts for the transport of persons and goods—

Part 2: Design rules, calculations, examinations and tests of lift components, MOD)

2020-12-14 发布

2022-07-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布



## 目 次

前言 .....	V
引言 .....	VIII
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 重大危险清单 .....	2
5 设计原则、计算和检验 .....	3
5.1 安全部件型式试验的总则 .....	3
5.1.1 试验的目的和范围 .....	3
5.1.2 一般要求 .....	3
5.2 层门门锁装置和轿门门锁装置的型式试验 .....	3
5.2.1 总则 .....	3
5.2.2 检查和试验 .....	4
5.2.3 某些型式门锁装置的特殊试验 .....	6
5.2.4 型式试验证书 .....	6
5.3 安全钳的型式试验 .....	6
5.3.1 总则 .....	6
5.3.2 瞬时式安全钳 .....	7
5.3.3 渐进式安全钳 .....	9
5.3.4 几点说明 .....	11
5.3.5 型式试验证书 .....	11
5.4 限速器的型式试验 .....	11
5.4.1 总则 .....	11
5.4.2 限速器的性能检查 .....	12
5.4.3 型式试验证书 .....	12
5.5 缓冲器的型式试验 .....	13
5.5.1 总则 .....	13
5.5.2 试验样品 .....	13
5.5.3 试验 .....	13
5.5.4 型式试验证书 .....	16
5.6 含有电子元件的安全电路和(或)电梯安全相关的可编程电子系统(PESRAL)的型式试验 .....	16
5.6.1 通则 .....	16
5.6.2 试验样品 .....	17
5.6.3 试验 .....	17
5.6.4 型式试验证书 .....	18
5.7 轿厢上行超速保护装置的型式试验 .....	19
5.7.1 总则 .....	19

5.7.2	说明和试验样品 .....	19
5.7.3	试验 .....	19
5.7.4	调整值的修正 .....	21
5.7.5	试验报告 .....	21
5.7.6	型式试验证书 .....	21
5.8	轿厢意外移动保护装置的型式试验 .....	21
5.8.1	总则 .....	21
5.8.2	说明和试验样品 .....	22
5.8.3	试验 .....	22
5.8.4	调整值的修正 .....	23
5.8.5	试验报告 .....	23
5.8.6	型式试验证书 .....	24
5.9	破裂阀、单向节流阀的型式试验 .....	24
5.9.1	通则 .....	24
5.9.2	总则 .....	24
5.9.3	试验样品 .....	24
5.9.4	试验 .....	24
5.9.5	试验程序 .....	25
5.9.6	试验结果说明 .....	25
5.9.7	型式试验证书 .....	26
5.10	导轨验算 .....	27
5.10.1	计算的范围 .....	27
5.10.2	弯曲 .....	28
5.10.3	压弯 .....	29
5.10.4	弯曲应力和压应力(或拉伸应力)或压弯应力的合成 .....	30
5.10.5	翼缘弯曲 .....	30
5.10.6	变形 .....	31
5.11	曳引力计算 .....	31
5.11.1	总则 .....	31
5.11.2	曳引力计算 .....	32
5.11.3	通常情况下的公式 .....	35
5.12	电梯悬挂钢丝绳安全系数的计算 .....	38
5.12.1	总则 .....	38
5.12.2	滑轮的等效数量( $N_{equiv}$ ) .....	39
5.12.3	安全系数 .....	40
5.13	柱塞、缸筒、硬管和附件的计算 .....	41
5.13.1	抗过压计算 .....	41
5.13.2	液压缸抗压弯的计算 .....	44
5.14	摆锤冲击试验 .....	49
5.14.1	总则 .....	49
5.14.2	试验架 .....	49
5.14.3	试验 .....	50
5.14.4	试验结果说明 .....	50

5.14.5 试验报告 .....	50
5.15 电气元件的故障排除 .....	53
5.16 电梯安全相关的可编程电子系统(PESRAL)的设计原则 .....	57
附录 A (资料性附录) 型式试验证书的内容 .....	58
附录 B (规范性附录) 电梯安全相关的可编程电子系统(PESRAL) .....	59
B.1 通用措施 .....	59
B.2 特定措施 .....	59
B.3 失效控制的可用措施描述 .....	59
附录 C (资料性附录) 导轨验算示例 .....	60
C.1 总则 .....	60
C.2 具有安全钳的电梯导轨计算 .....	62
C.2.1 安全钳动作 .....	62
C.2.2 正常使用——运行 .....	64
C.2.3 正常使用——装载 .....	66
附录 D (资料性附录) 曳引力计算示例 .....	68
D.1 总则 .....	68
D.2 轿厢装载工况 .....	68
D.3 紧急制动工况 .....	69
D.4 对重滞留工况 .....	69
附录 E (资料性附录) 滑轮的等效数量( $N_{equiv}$ )计算示例 .....	70
E.1 示例 1 .....	70
E.2 示例 2 .....	70
E.3 示例 3 .....	71
参考文献 .....	72



## 前 言

GB/T 7588《电梯制造与安装安全规范》分为以下部分：

- 第1部分：乘客电梯和载货电梯；
- 第2部分：电梯部件的设计原则、计算和检验。

本部分为 GB/T 7588 的第2部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

GB/T 7588.1 和 GB/T 7588.2 代替 GB 7588—2003《电梯制造与安装安全规范》(包括第1号修改单)和 GB 21240—2007《液压电梯制造与安装安全规范》。本部分以 GB 7588—2003 为主,整合了 GB 21240—2007 的内容,与 GB 7588—2003 和 GB 21240—2007 相比,除结构调整和编辑性修改外主要技术变化如下：

- 增加了术语“被批准机构”、“安全部件”和“型式试验证书”；
- 增加了重大危险清单；
- 增加了安全部件型式试验的目的和范围；
- 删除了要求型式试验证书份数的内容；
- 删除了安全钳的型式试验中瞬时式安全钳检查钳体和导轨变形的说明；
- 在限速器型式试验的试验程序中,增加了至少进行两次加速度为  $0.9g_n \sim 1.0g_n$  工况的试验要求；
- 在缓冲器的型式试验中,删除了线性蓄能型缓冲器的型式试验内容,增加了耗能型缓冲器平均减速度计算的相关内容和对非线性蓄能型缓冲器试验前应加载的要求,更改了非线性蓄能型缓冲器试验减速度的相关内容；
- 在含有电子元件的安全电路型式试验中,增加了安全电路的故障分析要求；
- 增加了电梯安全相关的可编程电子系统(PESRAL)的型式试验要求；
- 在轿厢上行超速保护装置的型式试验中,增加了使用驱动主机制动器作为减速部件时的试验要求；
- 更改了导轨验算中翼缘弯曲应力和变形的计算公式；
- 更改了驱动主机上置情况的曳引力计算,并增加了驱动主机下置情况的曳引力计算；
- 更改了悬挂钢丝绳安全系数的计算中简单弯折的定义、不同绳槽曳引轮的等效数量和反向弯折的定义；
- 更改了摆锤冲击试验中试验架和试验的要求,删除了水平滑动门使用平板玻璃面板时无需进行摆锤冲击试验的例外情况,轿壁使用平板玻璃面板的例外情况列入了 GB/T 7588.1—2020 的 5.4.3.2.3 中；
- 增加了电梯安全相关的可编程电子系统(PESRAL)的设计原则和规范性附录；
- 更改了导轨验算示例的内容；
- 增加了曳引力计算示例；
- 更改了滑轮等效数量计算示例的内容。

本部分使用重新起草法修改采用 ISO 8100-2:2019《运载人员和货物的电梯 第2部分：电梯部件的设计原则、计算和检验》。

本部分与 ISO 8100-2:2019 相比在结构上做了以下调整：

- 在 5.2.2.2.2、5.3.1、5.3.2.3.2b)、5.3.3.1、5.3.3.2.2.2、5.4.2.2.3、5.5.3.2.1、5.5.3.2.5、5.6.3.1.2b)、

5.6.3.1.3.1、5.6.3.2、5.7.2.2、5.7.3.2.1、5.7.5、5.8.1、5.8.3.1、5.8.3.2.1、5.8.3.2.2、5.8.5、5.10.1、5.10.2.1、5.10.4、5.10.5、5.11.1、5.11.2.1、5.11.2.2.2、5.11.2.3.1.2、5.11.2.3.2、5.12.1、附录 D、附录 E 中,增加了条款编号,以便于应用;

——在 5.9 中,增加了悬置段的编号和标题,即“5.9.1 通则”,并调整了后续条款的编号,以符合 GB/T 1.1—2009 规定和便于应用;

——对部分公式重新进行了编号,以符合 GB/T 1.1—2009 有关规定。

本部分与 ISO 8100-2:2019 的技术性差异及其原因如下:

——在第 1 章中删除了“仅载货电梯和其他类似的电梯设备”,以便与 GB/T 7588.1—2020 协调一致。

——关于规范性引用文件,本部分做了具有技术性差异的调整,以适应我国的技术条件,调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中,具体调整如下:

- 用等同采用国际标准的 GB/T 4207 代替了 IEC 60112;
- 用修改采用国际标准的 GB/T 7588.1 代替了 ISO 8100-1;
- 用修改采用国际标准的 GB/T 8903 代替了 ISO 4344;
- 用修改采用国际标准的 GB/T 14048.4 代替了 IEC 60947-4-1;
- 用修改采用国际标准的 GB/T 14048.5 代替了 IEC 60947-5-1;
- 增加了 GB/T 24478—2009、GB/T 34560.2—2017 和 GB/T 35850.1—2018;
- 删除了 EN 10025(所有部分)和 EN 12385-5。

——在 5.1.2.1 中,删除了说明被批准机构的内容,以适合我国国情。

——在 5.2.2.2.3 中,修改了静态力的作用位置要求,以便与相关标准协调一致。

——在 5.6.3.4 和 5.16 中,根据附录 B 进行了修改,以便与有关条款协调一致。

——在 5.7.3.2.1 和 5.8.3.2.1 中,增加了使用驱动主机制动器作为减速部件或制停部件时的规定,以提高安全要求。

——在 5.10.2.3 中,修改了具有两列以上导轨的规定,以提高安全要求和可操作性。

——在 5.10.2.4 中,修改了使用了一套以上的安全钳作用在导轨上的规定,以提高安全要求和可操作性。

——在 5.11.1 中,增加了有关对重的规定,以提高安全要求。

——在表 2 中,增加了带切口的 V 型槽的规定,以适合我国国情。

——在 5.14.2.1 中,修改了硬摆锤冲击装置的钢材牌号,以适合我国国情。

——在表 3 的 3.6 印制电路板(PCB)中,修改了“条件”列最后一段有关多层 PCB 层间短路故障可以排除的规定,以提高安全要求和可操作性。

——删除了第 6 章,因为其不适合我国国情,并且存在与否并不影响本部分的使用。

——在附录 A 中,用“资料性附录”代替了“规范性附录”,用“型式试验证书的内容”代替了“型式试验证书的格式”,以适合我国国情。

——在附录 B 中,修改为引用 GB/T 35850.1—2018 的有关条款,以便与相关标准协调一致。

本部分做了下列编辑性修改:

——在 3.1 中,增加了注,以适合我国国情;

——在 3.2 中,修改了安全部件的定义,以便与 GB/T 7588.1—2020 协调一致;

——在 5.2.2.2.2 中,修改了耐久试验计数的表述方式,以符合 GB/T 1.1—2009 有关规定;

——在 5.5.3.2.6.1a)和 d)中,增加了对应的 GB/T 7588.1—2020 条款号,以明确要求和便于应用;

——在 5.11.2.3.1.1 和 5.11.2.3.1.2 中,增加了  $\beta$  和  $\gamma$  的单位,以符合 GB/T 1.1—2009 有关规定;

——在 5.11.2.3.1.2b)中,用“滞留工况”代替了“对重滞留工况”,以便与有关条款协调一致;

——在 5.11.2.3.2c)中,增加了“也可从图 8 查得摩擦系数”,以符合 GB/T 1.1—2009 有关规定和便

于应用；

- 在 5.11.3 中,调整并合并了图 9 和公式中相同符号的说明,以简化表述；
- 在 C.2.2.2 和 C.2.3.2 中,用  $\sigma_v$  代替了  $\sigma_k$ ,并在 C.1.3 中增加了  $\sigma_v$  的说明,以符合 GB/T 1.1—2009 有关规定和便于应用；
- 删除了附录 F(资料性附录),因为其不适合我国国情,并且存在与否并不影响本部分的使用；
- 在全文图中,修改了数值的单位,以便与条文中对应数值的单位协调一致。

本部分由全国电梯标准化技术委员会(SAC/TC 196)提出并归口。

本部分起草单位:中国建筑科学研究院有限公司建筑机械化研究分院、上海三菱电梯有限公司、通力电梯有限公司、迅达(中国)电梯有限公司、日立电梯(中国)有限公司、华升富士达电梯有限公司、苏州江南嘉捷电梯有限公司、广州广日电梯工业有限公司、西子电梯集团有限公司、奥的斯机电电梯有限公司、上海交通大学、广东省特种设备检测研究院、国家电梯质量监督检验中心、上海市特种设备监督检验技术研究院、深圳市特种设备安全检验研究院、蒂森克虏伯电梯(上海)有限公司、奥的斯电梯(中国)投资有限公司、东芝电梯(中国)有限公司、东南电梯股份有限公司、永大电梯设备(中国)有限公司、康力电梯股份有限公司、苏州帝奥电梯有限公司、上海现代电梯制造有限公司、江苏省特种设备安全监督检验研究院苏州分院、巨人通力电梯有限公司、菱王电梯股份有限公司、申龙电梯股份有限公司、宁波申菱机电科技股份有限公司、苏州通润驱动设备股份有限公司、日立楼宇技术(广州)有限公司、森赫电梯股份有限公司、昆山通祐电梯有限公司、星玛电梯有限公司、西子电梯科技有限公司、沈阳远大智能工业集团股份有限公司、天津市奥瑞克电梯有限公司。

本部分主要起草人:陈凤旺、茅顺、王明凯、卜灵伟、鲁国雄、陈路阳、周卫东、贺云朗、林建杰、温爱民、张晓峰、罗志群、耿建、刘小畅、庄小雄、张寿林、张金钟、杨天鸣、马依萍、林磊、顾楠森、唐林钟、李海峰、阮一晖、高祥、何自立、唐志荣、侯胜欣、周卫、张运派、牛有权、王明福、王波、李昇操、姜楠、沈言。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB 7588—1987、GB 7588—1995、GB 7588—2003；
- GB 21240—2007。

## 引 言

GB/T 7588 的本部分以保护人员和货物为目的规定电梯的安全规范,防止发生与电梯的正常使用、维护和紧急操作相关事故的危险。

关于人员和物体的保护、假设、原则等,需要参考引用本部分的标准(如 GB/T 7588.1—2020)中的引言。

# 电梯制造与安装安全规范

## 第2部分：电梯部件的设计原则、 计算和检验

### 1 范围

GB/T 7588 的本部分规定了电梯部件的设计原则、计算和检验。  
本部分适用于乘客电梯和载货电梯的设计。

### 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 2423.5—2019 环境试验 第2部分：试验方法 试验 Ea 和导则：冲击(IEC 60068-2-27:2008, IDT)

GB/T 2423.10—2019 环境试验 第2部分：试验方法 试验 Fc：振动(正弦)(IEC 60068-2-6:2007, IDT)

GB/T 4207 固体绝缘材料耐电痕化指数和相比电痕化指数的测定方法(GB/T 4207—2012, IEC 60112:2009, IDT)

GB/T 7588.1—2020 电梯制造与安装安全规范 第1部分：乘客电梯和载货电梯(ISO 8100-1:2019, MOD)

GB/T 8903 电梯用钢丝绳(GB/T 8903—2018, ISO 4344:2004, MOD)

GB/T 14048.4 低压开关设备和控制设备 第4-1部分：接触器和电动机起动器 机电式接触器和电动机起动器(含电动机保护器)(GB/T 14048.4—2010, IEC 60947-4-1:2009 Ed.3.0, MOD)

GB/T 14048.5 低压开关设备和控制设备 第5-1部分：控制电路电器和开关元件 机电式控制电路电器(GB/T 14048.5—2017, IEC 60947-5-1:2016, MOD)

GB/T 16935.1—2008 低压系统内设备的绝缘配合 第1部分：原理、要求和试验(IEC 60664-1:2007, IDT)

GB/T 24478—2009 电梯曳引机

GB/T 34560.2—2017 结构钢 第2部分：一般用途结构钢交货技术条件(ISO 630-2:2011, MOD)

GB/T 35850.1—2018 电梯、自动扶梯和自动人行道安全相关的可编程电子系统的应用 第1部分：电梯(PESSRAL)(ISO 22201-1:2017, MOD)

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**被批准机构 approved body**

被批准进行安全部件型式试验的机构。

注：本部分中的被批准机构通常是指型式试验机构。

3.2

**安全部件 safety component**

实现电梯的安全功能且需要通过型式试验证明的部件。

注：例如安全钳、限速器和层门门锁装置等。

3.3

**型式试验证书 type examination certificate**

由被批准机构进行型式试验后出具的文件,该文件证明产品样品符合相应的规定。

4 重大危险清单

本章列出了与本部分有关的所有重大危险、危险状态和事件。它们通过风险评价方法识别得出,对于该类机器是重大的且需要采取措施消除或减小,见表 1。

表 1 重大危险清单

序号	危险 <sup>a</sup>	相关条款号
1	<b>机械危险</b>	
	加速、减速(动能)	5.3,5.4,5.5,5.7,5.8,5.9
	接近向固定部件运动的元件	5.2
	弹性元件	5.10,5.11,5.12,5.13
	坠落物	5.3,5.4,5.5,5.9
	重力(储存的能量)	5.3,5.4,5.5,5.9
	距离地面高	5.3,5.4,5.5,5.9
	高压	5.13
	运动元件	5.2,5.3,5.4,5.5,5.6,5.7,5.8,5.9,5.10,5.11,5.12,5.13,5.14,5.15,5.16
	旋转元件	5.4,5.11,5.12
	稳定性	5.10,5.11,5.12,5.13,5.14
强度	5.10,5.11,5.12,5.13,5.14	
2	<b>电气危险</b>	
	电弧	5.2,5.4,5.6,5.7,5.8,5.15,5.16
	电磁现象	5.2,5.4,5.6,5.7,5.8,5.15,5.16
	带电部件	5.2,5.4,5.6,5.7,5.8,5.15,5.16
	与高压带电部件之间无足够的距离	5.2,5.4,5.6,5.7,5.8,5.15,5.16
	过载	5.2,5.4,5.6,5.7,5.8,5.15,5.16
	故障条件下变为带电的部件	5.2,5.4,5.6,5.7,5.8,5.15,5.16
	短路	5.2,5.4,5.6,5.7,5.8,5.15,5.16

表 1 (续)

序号	危险 <sup>a</sup>	相关条款号
6	辐射危险	
	低频电磁辐射	5.6,5.15,5.16
	无线电频率电磁辐射	5.6,5.15,5.16
9	与机器使用环境有关的危险	5.2,5.3,5.4,5.5,5.6,5.7,5.8,5.9,5.10, 5.11,5.12,5.13,5.14,5.15,5.16
<sup>a</sup> 本表中所列的危险基于 GB/T 15706—2012 的附录 B。		

## 5 设计原则、计算和检验

### 5.1 安全部件型式试验的总则

#### 5.1.1 试验的目的和范围

按本章试验程序验证安全部件(装置)的结构和动作符合本部分的要求,应特别检查该装置的机械、电气和电子部件符合设计要求,以及在使用期间尤其是经过磨损和老化后不会失效。如果安全部件需要满足特殊的要求(如防水、防尘或防爆结构等),应按照有关的标准进行补充检查和(或)试验。

#### 5.1.2 一般要求

5.1.2.1 本部分所述的试验单位是被批准机构,同时承担试验和签发型式试验证书工作。

5.1.2.2 型式试验的申请书应由部件制造单位或其委托的代理商填写,并应提交给试验单位。

5.1.2.3 试验样品的选送应由试验单位和申请方商定。

5.1.2.4 申请方可以参加试验。

5.1.2.5 如果受委托对所要求出具型式试验证书的某一部件进行全面检测的试验单位没有合适的设备来完成某项试验,则在该单位负责的前提下,并取得申请方的同意后,可安排其他试验单位完成。

5.1.2.6 除非有特殊规定,仪器的准确度应满足下列要求:

- a) 对于质量、力、距离、速度,为±1%;
- b) 对于加速度、减速度,为±2%;
- c) 对于电压、电流,为±5%;
- d) 对于温度,为±5℃;
- e) 记录设备能检测到 0.01 s 变化的信号;
- f) 对于流量,为±2.5%;
- g) 对于压力( $p \leq 200$  kPa),为±1%;
- h) 对于压力( $p > 200$  kPa),为±5%。

### 5.2 层门门锁装置和轿门门锁装置的型式试验

#### 5.2.1 总则

##### 5.2.1.1 适用范围

本程序适用于层门和轿门的门锁装置试验,所有参与门锁紧和检查锁紧状态的部件,均为门锁装置

的组成部分。

## 5.2.1.2 提交的文件

### 5.2.1.2.1 附带操作说明的结构示意图

示意图应清楚地表明所有与门锁装置的操作和安全性有关的全部细节,包括:

- a) 正常情况下门锁装置的操作情况,标出锁紧部件的有效啮合位置和电气安全装置的动作用点;
- b) 采用机械方式检查锁紧位置的装置(如果有)的动作用情况;
- c) 紧急开锁装置的操纵和动作;
- d) 电路的类型[交流和(或)直流]及额定电压和额定电流。

### 5.2.1.2.2 附带说明的装配图

装配图应标出对门锁装置的操作起重要作用的全部零件,特别是需要验证符合本部分的零件。说明中应列出主要零件的名称、采用材料的类别和固定件的特性。

## 5.2.1.3 试验样品

应向试验单位提供一套门锁装置。

如果试验是用试制品进行的,则以后还应对批量产品重新试验。

如果门锁装置的试验只能在将该装置安装在相应的门上的条件下进行,则应按照工作状况把门锁装置安装在一个完整的门上。在不影响测试结果的前提下,此门的尺寸可以比实际生产的门小。

## 5.2.2 检查和试验

### 5.2.2.1 操作检查

本试验的目的旨在验证:

- 门锁装置机械和电气组件按其安全功能正确地动作,并且符合本部分以及与该门锁装置有关标准的规定;和
- 门锁装置与申请书所提供的內容一致。

特别应验证:

- a) 在电气安全装置作用之前,锁紧部件的最小啮合长度为 7 mm;
- b) 在门开启或未锁住的情况下,在人员正常可接近的位置,不能通过单一的不属于正常操作程序的动作用运行电梯。

### 5.2.2.2 机械试验

#### 5.2.2.2.1 总则

机械试验的目的在于验证机械锁紧部件和电气部件的强度。

处于正常操作状态的门锁装置的样品应由其正常工作时的操纵装置控制。

样品应按照门锁装置制造单位的要求进行润滑。

当存在数种可能的控制方式和操作位置时,耐久试验应在该部件处于最不利的受力状态下进行。

操作循环次数和锁紧部件的行程应采用机械或电气的计数器记录。

#### 5.2.2.2.2 耐久试验

5.2.2.2.2.1 门锁装置应进行  $1\,000\,000 \times (1 \pm 1\%)$  次完全循环操作,一个循环包括在两个方向上的全

部可能行程的一次往复运动。

门锁装置的驱动应平滑、无冲击,其频率为每分钟  $60 \times (1 \pm 10\%)$  次循环。

在耐久试验期间,门锁装置的电气触点应在额定电压和两倍额定电流的条件下,接通一个电阻电路。

5.2.2.2.2.2 如果门锁装置具有检查锁销或锁紧部件位置的机械检查装置,则此机械检查装置应进行  $100\,000 \times (1 \pm 1\%)$  次循环耐久试验。

此机械检查装置的驱动应平滑、无冲击,其频率为每分钟  $60 \times (1 \pm 10\%)$  次循环。

#### 5.2.2.2.3 静态试验

沿门的开启方向施加一个静态力,该力的作用位置应满足引用本部分的规定的标准的规定(如 GB/T 7588.1—2020 中的 5.3.9.1.7)。

对于用于铰链门上的门锁装置,此静态力在 300 s 的时间内,应逐渐增加到 3 000 N。对于用于滑动门上的门锁装置,此静态力为 1 000 N。

#### 5.2.2.2.4 动态试验

对于处于锁紧位置的门锁装置,应沿门的开启方向进行一次冲击试验。

其冲击相当于一个 4 kg 的刚性体从 0.5 m 高度自由落体所产生的效果。

#### 5.2.2.3 机械试验结果的评定

在耐久试验(5.2.2.2.2)、静态试验(5.2.2.2.3)和动态试验(5.2.2.2.4)后,不应有可能影响安全的磨损、变形或断裂。

#### 5.2.2.4 电气试验

##### 5.2.2.4.1 触点耐久试验

该项试验已包括在 5.2.2.2.2 的耐久试验中。

##### 5.2.2.4.2 断路能力试验

5.2.2.4.2.1 此试验应在耐久试验以后进行。检查是否有足够能力断开带电电路。试验应按照 GB/T 14048.4 和 GB/T 14048.5 的规定的程序进行,作为试验基准的电流值和额定电压应由门锁装置的制造单位指明。

如果没有具体规定,额定值应是下列值:

- a) 对于交流电路,为 230 V, 2 A;
- b) 对于直流电路,为 200 V, 2 A。

在未说明是交流或直流的情况下,应检验交流和直流两种条件下的断路能力。

试验应在门锁装置处于工作位置的情况下进行。如果存在多个可能的位置,则试验应在最不利的位上进行。

试验样品应具有正常使用时相同的罩壳和电气布线。

5.2.2.4.2.2 对于交流电路,在正常速度和时间间隔为 5 s~10 s 的条件下,门锁装置应能断开和闭合一个电压等于 110% 额定电压的电路 50 次。触点应保持闭合状态至少 0.5 s。

此电路应包括串联的扼流圈和电阻,其功率因数应为  $0.7 \pm 0.05$ ,试验电流应为制造单位指明的额定电流的 11 倍。

5.2.2.4.2.3 对于直流电路,在正常速度和时间间隔为 5 s~10 s 的条件下,门锁装置应能断开和闭合—

个电压等于 110% 额定电压的电路 20 次,触点应保持闭合状态至少 0.5 s。

此电路应包括串联的扼流圈和电阻,电路的电流应在 300 ms 内达到试验电流稳定值的 95%。

试验电流应为制造单位指明的额定电流的 110%。

5.2.2.4.2.4 如果未产生痕迹或电弧,也没有发生不利于安全的损伤现象,则试验为合格。

#### 5.2.2.4.3 漏电流电阻试验

该项试验应按照 GB/T 4207 规定的程序进行。各电极应连接在 175 V、50 Hz 的正弦交流电源上。

#### 5.2.2.4.4 电气间隙和爬电距离的检查

电气间隙和爬电距离应符合引用本部分的规定的标准的规定(如 GB/T 7588.1—2020 中的 5.11.2.2.4)。

#### 5.2.2.4.5 安全触点及其可接近性要求的检查

该项检查应在考虑门锁装置的安装位置和布置后进行。

### 5.2.3 某些型式门锁装置的特殊试验

#### 5.2.3.1 多扇门扇的水平或垂直滑动门的门锁装置

按照引用本部分的规定的标准的规定,门扇间直接机械连接的装置(如 GB/T 7588.1—2020 中的 5.3.14.1)或门扇间间接机械连接的装置(如 GB/T 7588.1—2020 中的 5.3.14.2)均应看作是门锁装置的组成部分。

这些装置应进行 5.2.2 提及的试验。在其耐久试验中,每分钟的循环次数应与其结构的尺寸相适应。

#### 5.2.3.2 铰链门的舌块式门锁装置

如果这种门锁装置具有用来检查门锁舌块可能变形的电气安全装置,并且在按照 5.2.2.2.3 规定的静态试验之后,对此门锁装置的强度存有任何怀疑,则需逐步地增加载荷,直至电气安全装置开始断开为止。门锁装置或门的部件不应损坏或产生永久变形。

在静态试验之后,如果尺寸和结构均不会引起对门锁装置强度的怀疑,则没有必要对舌块进行耐久试验。

### 5.2.4 型式试验证书

证书应包括下列内容:

- a) 附录 A 提及的内容;
- b) 门锁装置的类型及应用;
- c) 电路的类型[交流和(或)直流]以及额定电压和额定电流值;
- d) 对于舌块式门锁装置:使电气安全装置动作所需的力,以便检查舌块的弹性变形。

## 5.3 安全钳的型式试验

### 5.3.1 总则

#### 5.3.1.1 申请方应指明使用范围:

- a) 最小和最大质量;
- b) 最大额定速度和最大动作速度。

同时,还应提供导轨的材料、型号及其表面状态(如刨削、铣削、磨削等)的详细资料。

#### 5.3.1.2 申请书还应附有下列资料:

- a) 给出结构、动作、所用材料、部件尺寸和部件配合公差的装配详图；
- b) 对于渐进式安全钳，还应附有弹性部件载荷图。

### 5.3.2 瞬时式安全钳

#### 5.3.2.1 试验样品

应向试验单位提供两个安全钳(包含楔块或夹紧件)及两段导轨。

试验样品的布置和安装由试验单位根据所使用的设备确定。

如果安全钳可以用于不同型号的导轨，在导轨导向面宽度、安全钳所需夹紧宽度及导轨表面状态(如刨削、铣削、磨削等)相同的情况下，则无需进行新的试验。

#### 5.3.2.2 试验

##### 5.3.2.2.1 试验方法

应使用进给速度无突变的压力机或类似设备进行试验。

测量应包括：

- a) 与力成函数关系的运行距离；
- b) 与力成函数关系或与位移成函数关系的安全钳钳体的变形。

##### 5.3.2.2.2 试验程序

应使导轨从安全钳上通过。

参考标记应标示在钳体上，以便能测量钳体的变形。

应记录运行距离与力成函数关系的曲线。

试验之后：

- a) 应将钳体和夹紧件的硬度与申请方提供的原始值进行比较。特殊情况下，可以进行其他分析。
- b) 如果无断裂情况发生，则应检查变形和其他变化(例如：夹紧件的裂纹、变形或磨损，摩擦表面的外观)。
- c) 如果有必要，应拍摄钳体、夹紧件和导轨的照片，以便作为变形或裂纹的证据。

##### 5.3.2.2.3 文件

###### 5.3.2.2.3.1 应绘制以下两个图表：

- a) 第一个图表绘出与力成函数关系的运行距离；
- b) 第二个图表绘出钳体的变形，它应与第一个图表相对应。

###### 5.3.2.2.3.2 安全钳的能力由“距离-力”图表上的面积积分值确定。

所考虑的图表中的面积应：

- a) 如果无永久变形，为总面积。
- b) 如果发生永久变形或断裂，为：
  - 1) 达到弹性极限值时的面积；或
  - 2) 与最大力相应的面积。

### 5.3.2.3 允许质量的确定

#### 5.3.2.3.1 安全钳吸收的能量

自由落体的距离应按照引用本部分的标准中规定的限速器最大动作速度(如 GB/T 7588.1—2020

中的 5.6.2.2.1) 进行计算。自由落体的距离应按公式(1)计算:

$$h = \frac{v_1^2}{2g_n} + 0.10 + 0.03 \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- $h$  ——自由落体的距离,单位为米(m);
- $v_1$  ——限速器动作速度,单位为米每秒(m/s);
- $g_n$  ——标准重力加速度,取值 9.81 m/s<sup>2</sup>;
- 0.10——相当于限速器响应时间内的运行距离,单位为米(m);
- 0.03——相当于消除夹紧件与导轨间隙的运行距离,单位为米(m)。

安全钳能够吸收的总能量应按公式(2)计算:

$$2K = (P + Q)_1 \cdot g_n \cdot h \quad \dots\dots\dots(2)$$

由此,允许质量应按公式(3)计算:

$$(P + Q)_1 = \frac{2K}{g_n \cdot h} \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

- $K$  ——一个安全钳钳体吸收的能量(按图表计算),单位为焦(J);
- $P$  ——空载轿厢与由轿厢支承的零部件[如部分随行电缆、补偿绳或链(如果有)等]的质量和,单位为千克(kg);
- $Q$  ——额定载重量,单位为千克(kg);
- $(P + Q)_1$ ——允许质量,单位为千克(kg)。

5.3.2.3.2 允许质量

允许质量应按下列要求确定:

a) 如果未超过弹性极限,则应按公式(4)计算:

$$(P + Q)_1 = \frac{2K}{2g_n \cdot h} \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

- $K$  ——一个安全钳钳体吸收的能量,按 5.3.2.2.3.2a) 规定的面积积分值计算,单位为焦(J);
- 分母中的 2——安全系数取值。

b) 如果超过弹性极限,则应按以下两种方法计算,可以选择较高的允许值。

1) 根据公式(5)

$$(P + Q)_1 = \frac{2K_1}{2g_n \cdot h} \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中:

- $K_1$  ——一个安全钳钳体吸收的能量,按 5.3.2.2.3.2b)1) 规定的面积积分值计算,单位为焦(J);
- 分母中的 2——安全系数取值。

2) 根据公式(6)

$$(P + Q)_1 = \frac{2K_2}{3.5g_n \cdot h} \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

- $K_2$ ——一个安全钳钳体吸收的能量,按 5.3.2.2.3.2b)2) 规定的面积积分值计算,单位为焦(J);
- 3.5——安全系数取值。

### 5.3.3 渐进式安全钳

#### 5.3.3.1 说明和试验样品

5.3.3.1.1 申请方应说明试验所需要的质量[单位为千克(kg)]和限速器的动作速度[单位为米每秒(m/s)],如果申请认证用于不同质量的安全钳,申请方应注明这些质量。此外,还应说明调整是分级进行还是连续进行。

申请方应通过将预期的制动力[单位为牛(N)]除以 16 的方法选取悬挂质量[单位为千克(kg)],以求得平均减速度( $0.6g_n$ )。

5.3.3.1.2 申请方应按试验单位需要提供一套完整的安全钳总成,以及全部试验所需数量的制动块。对于所用的导轨,型号应与正常使用时的相同,还应按试验单位规定的长度提供。

#### 5.3.3.2 试验

##### 5.3.3.2.1 试验方法

5.3.3.2.1.1 试验应以自由下落的方式进行。应直接或间接测量下列项目:

- a) 下落的总高度;
  - b) 在导轨上的制动距离;
  - c) 限速器绳或其代用装置所用绳的滑动距离;
  - d) 作为弹性部件的总行程。
- a)和 b)的测量值应记录成与时间的函数。

5.3.3.2.1.2 应确定下列项目:

- a) 平均制动力;
- b) 最大瞬时制动力;
- c) 最小瞬时制动力。

##### 5.3.3.2.2 试验程序

###### 5.3.3.2.2.1 用于单一质量的安全钳

试验单位应使用质量 $(P+Q)_1$ 进行 4 次试验。在每次试验之间,应允许摩擦件恢复到正常温度。

在进行这几次试验期间,可使用数套相同的摩擦件。

但是,一套摩擦件应能承受:

- a) 三次试验,当额定速度不大于 4 m/s 时;
- b) 二次试验,当额定速度大于 4 m/s 时。

应计算自由下落的高度,使其与安全钳所用的限速器的最大动作速度相对应。

安全钳的啮合应通过动作速度能精确调节的装置来完成。

例如:可使用一根固定在套筒上的绳,其松弛量需仔细计算,此套筒能在一根固定的、平滑的绳上摩擦滑动。摩擦力应等于该安全钳相应的限速器施加于操纵绳的作用力。

###### 5.3.3.2.2.2 用于不同质量的安全钳

适用于分级调整或连续调整的安全钳。

应进行两个系列的试验:

- a) 申请的最大值;和
- b) 申请的最小值。

申请方应提供公式或图表,以表示与某一给定参数成函数关系的制动力的变化。

试验单位应采用合适的方法(如果没有更好的方法,可使用中间值进行第三个系列的试验)去验证所给出公式或图表的有效性。

5.3.3.2.3 安全钳制动力的确定

5.3.3.2.3.1 用于单一质量的安全钳

对给定的调整值及导轨型号,安全钳能够产生的制动力等于在数次试验期间测定的平均制动力的平均值。每次试验均应在一段未使用过的导轨上进行。

应检查试验期间测定的平均制动力与上述确定的制动力相比是否在±25%的范围内。

注:试验表明,如果在同一根机械加工导轨表面的同一区域上进行连续多次试验,摩擦系数将大大减小。这是由于在安全钳的连续制动作用期间,导轨表面的状态发生了变化。

一般认为,对于一部电梯,安全钳的偶然动作通常可能发生在未使用过的表面上。

有必要考虑,如果发生意外而不是上述情况,则在到达未使用过的导轨表面之前,会出现较小的制动力,此时,滑动距离将会大于正常值。这就是任何调整均不允许安全钳动作开始阶段减速度太小的另一原因。

5.3.3.2.3.2 用于不同质量的安全钳

适用于分级调整或连续调整的安全钳。

应按照 5.3.3.2.3.1 的规定为所申请的最大值和最小值计算安全钳能够产生的制动力。

5.3.3.2.4 试验后的检查

试验之后:

- a) 应将安全钳钳体和夹紧件的硬度与申请方提供的原始值相比较;
- b) 应检查变形和变化的情况(例如:夹紧件的裂纹、变形或磨损,摩擦表面的外观);
- c) 如果有必要,应拍摄安全钳、夹紧件和导轨的照片,以便作为变形或裂纹的证据。

5.3.3.3 允许质量的计算

5.3.3.3.1 用于单一质量的安全钳

按公式(7)计算允许质量:

$$(P + Q)_1 = \frac{F_B}{16} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

$(P + Q)_1$  ——允许质量,单位为千克(kg);

$P$  ——空载轿厢与由轿厢支承的零部件[如部分随行电缆、补偿绳或链(如果有)等]的质量和,单位为千克(kg);

$Q$  ——额定载重量,单位为千克(kg);

$F_B$  ——根据 5.3.3.2.3 所确定的制动力,单位为牛(N)。

如果计算得出的允许质量大于试验值,当每次试验的平均减速度不大于  $1.0g_n$  时,则试验值可以作为允许质量。

5.3.3.3.2 用于不同质量的安全钳

5.3.3.3.2.1 分级调整

对于每次调整,应按 5.3.3.3.1 的规定计算允许质量。

#### 5.3.3.3.2.2 连续调整

针对所申请的最大值和最小值,以及符合所提供的公式的中间调整值,应按 5.3.3.3.1 的规定计算允许质量。

#### 5.3.3.4 调整值的修正

试验期间,如果得到的数据和申请方期望的值相差 20% 以上,则在必要时,征得申请方同意,可在修改调整值后另外进行试验。

#### 5.3.4 几点说明

对于安全钳的型式试验,说明如下:

- a) 所应用的质量:
  - 对于瞬时式安全钳,所应用的质量不应大于安全钳的允许质量。
  - 对于渐进式安全钳,所应用的质量可以与 5.3.3.3 确定的允许质量相差 $\pm 7.5\%$ 。一般认为在该条件下,尽管存在导轨导向面宽度公差、表面状态差异等因素,仍能符合引用本部分的标准的规定(如 GB/T 7588.1—2020 中的 5.6.2.1)。
- b) 为了检查焊接件的有效性,应参考相应的标准。
- c) 在最不利的情况下(各项制造公差的累积),应检查夹紧件有足够的移动距离。
- d) 应正确地保持摩擦件,以确保在动作瞬间它们各在其位。
- e) 对于渐进式安全钳,应检查弹簧各组件有足够的行程。

#### 5.3.5 型式试验证书

证书应包括下列内容:

- a) 附录 A 提及的内容;
  - b) 安全钳的型号和应用;
  - c) 允许质量的限值[见 5.3.4a)];
  - d) 限速器的动作速度;
  - e) 导轨型号;
  - f) 允许的导轨导向面宽度;
  - g) 夹紧面的最小宽度。
- 对于渐进式安全钳还应说明:
- h) 导轨表面状态(如刨削、铣削、磨削等);
  - i) 导轨润滑情况,如果需要润滑,润滑剂的类别和规格。

### 5.4 限速器的型式试验

#### 5.4.1 总则

申请方应向试验单位表明:

- a) 适用的安全钳类型;
- b) 适用的电梯最大和最小额定速度;
- c) 限速器动作时所产生的限速器绳提拉力的预期值。

申请书还应附有给出结构、动作、所用材料、部件尺寸和部件配合公差的装配详图。

## 5.4.2 限速器的性能检查

### 5.4.2.1 试验样品

应向试验单位提供下列样品：

- a) 一套限速器；
- b) 一根与正常使用时相同规格的限速器绳，其长度由试验单位确定；
- c) 一套用于该限速器的张紧轮组件。

### 5.4.2.2 试验

#### 5.4.2.2.1 试验方法

应检查下列项目：

- a) 动作速度在申请方给定的范围内；
- b) 按照引用本部分的标准的规定[如 GB/T 7588.1—2020 中的 5.6.2.2.1.6a)]，使驱动主机停止运转的电气安全装置的动作(如果此装置设置在限速器上)；
- c) 按照引用本部分的标准的规定[如 GB/T 7588.1—2020 中的 5.6.2.2.1.6b)]，限速器动作时能防止电梯启动的电气安全装置的动作；
- d) 限速器动作时所产生的限速器绳的提拉力。

#### 5.4.2.2.2 试验程序

在限速器动作范围内[与 5.4.1b)提及的电梯额定速度范围相对应]，应至少进行 20 次试验。

大多数试验应按速度范围的极限值进行。

应以尽可能低的加速度达到限速器动作速度，以便消除惯性的影响。

另外，应至少进行 2 次加速度  $0.9g_n \sim 1.0g_n$  工况下的试验，以模拟自由落体状态和证明未引起限速器的损坏。

#### 5.4.2.2.3 试验结果说明

5.4.2.2.3.1 在 20 次试验中，限速器的动作速度均应在引用本部分的标准中规定的极限值内。

注：如果超过规定的极限值，可由制造单位进行调整，并重新进行 20 次试验。

5.4.2.2.3.2 在 20 次试验中，5.4.2.2.1b)和 c)要求的电气安全装置应在引用本部分的标准中规定的极限值[如 GB/T 7588.1—2020 中的 5.6.2.2.1.6a)和 5.6.2.2.1.6b)]内动作。

5.4.2.2.3.3 限速器动作时，限速器绳的提拉力应至少为 300 N 或申请方给定的较高值。

在制造单位无特殊要求和试验报告也无其他说明的情况下，包角应为  $180^\circ$ 。

对于通过将绳夹紧而起作用的限速器，应检查绳无永久变形。

## 5.4.3 型式试验证书

证书应包括下列内容：

- a) 附录 A 提及的内容；
- b) 限速器的型号及应用；
- c) 适用的电梯最大和最小额定速度；
- d) 限速器绳的直径和结构；
- e) 使用曳引滑轮的限速器的最小张紧力；
- f) 限速器动作时能产生的限速器绳提拉力。

## 5.5 缓冲器的型式试验

### 5.5.1 总则

申请方应说明使用范围(即:最大撞击速度、最小和最大质量)。申请书还应附有:

- a) 给出结构、动作、所用材料、部件尺寸和部件配合公差的装配详图。  
对于液压缓冲器,应将液体通道的开口度表示成缓冲器行程的函数。
- b) 所用液体的规格。
- c) 使用环境信息(如温度、湿度、污染等级等)和使用寿命(老化和报废的条件)。

### 5.5.2 试验样品

应向试验单位提供:

- a) 一个缓冲器;
- b) 对于液压缓冲器,所需的液体应单独发送。

### 5.5.3 试验

#### 5.5.3.1 耗能型缓冲器

##### 5.5.3.1.1 试验程序

应使用重块对缓冲器进行撞击试验。重块的质量应分别等于最小和最大质量,并通过自由落体,在撞击瞬间达到所要求的最大速度。

最迟应从重块撞击缓冲器瞬间起记录速度。在重块的整个运动过程中,加速度和减速度应采用与时间成函数关系的形式加以确定。

##### 5.5.3.1.2 所用设备

###### 5.5.3.1.2.1 自由落体的重块

重块的质量应对应最大和最小质量,准确度应符合 5.1.2.6 的要求。应在摩擦力尽可能小的情况下,沿铅垂方向导引重块。

###### 5.5.3.1.2.2 记录仪器

检测信号的记录仪器的准确度应符合 5.1.2.6 的要求。测量链(包括记录和时间成函数关系的测量值的记录装置)的系统频率不应小于 1 000 Hz。

###### 5.5.3.1.2.3 速度测量

应最迟从重块撞击缓冲器瞬间起记录速度或记录重块在整个行程中的速度,准确度应符合 5.1.2.6 的要求。

###### 5.5.3.1.2.4 减速度测量

如果采用装置测量减速度(见 5.5.3.1.1),则该装置应尽可能放在靠近缓冲器的轴线上,准确度应符合 5.1.2.6 的要求。

###### 5.5.3.1.2.5 时间测量

应记录到 0.01 s 脉宽的时间脉冲,准确度应符合 5.1.2.6 的要求。

### 5.5.3.1.3 环境温度

环境温度应为 $+15\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

测量液体温度的准确度应符合 5.1.2.6 的要求。

### 5.5.3.1.4 缓冲器的安装

应按照与正常工作同样的方式安装缓冲器。

### 5.5.3.1.5 缓冲器的灌注

向缓冲器灌注液体时,液面应达到制造单位说明书所指定的标记。

### 5.5.3.1.6 检查

#### 5.5.3.1.6.1 减速度检查

选择重块的自由落体高度时,应使撞击瞬间的速度与申请书所规定的最大撞击速度相对应。

减速度应符合引用本部分的标准的规定(如 GB/T 7588.1—2020 中的 5.8.2.2.3)。

计算缓冲器的平均减速度时,应忽略减速度小于  $0.5\text{ m/s}^2$  的行程末端的爬行。

进行第一次试验时应使用最大质量,进行第二次试验时应使用最小质量,两次试验均应检查减速度。

#### 5.5.3.1.6.2 缓冲器复位的检查

每次试验后,缓冲器应保持完全压缩状态 5 min,然后除去压力,以便其恢复至正常位置。

如果缓冲器是弹簧复位式或重力复位式,缓冲器完全复位的最长时间应为 120 s。在进行下一次减速度试验之前,应间隔 30 min,以便液体返回液压缸并使气泡逸出。

#### 5.5.3.1.6.3 液体损失的检查

在按照 5.5.3.1.6.1 的要求进行两次减速度试验后,应检查液面。隔 30 min 之后,液面应再次达到能确保缓冲器正常动作的位置。

#### 5.5.3.1.6.4 试验后对缓冲器状态的检查

在按照 5.5.3.1.6.1 的要求进行两次减速度试验后,缓冲器的部件不应有影响正常工作的任何永久变形或损坏。

#### 5.5.3.1.7 试验结果与申请书规定的质量不相符合时的规定

当试验结果与申请书中的最大和最小质量不相符合时,在征得申请方同意后,试验单位可确定可接受的极限值。

### 5.5.3.2 非线性蓄能型缓冲器

#### 5.5.3.2.1 试验程序

5.5.3.2.1.1 应使用重块对缓冲器进行撞击试验。通过自由落体,在撞击瞬间达到所要求的最大速度,且不低于  $0.8\text{ m/s}$ 。

从重块释放到完全停止的整个过程,应记录下落距离、速度、加速度和减速度。

5.5.3.2.1.2 重块的质量应对应最大和最小质量。应在摩擦力尽可能小的情况下,沿铅垂方向导引重

块,以便撞击瞬间加速度至少达到  $0.9g_n$ 。

#### 5.5.3.2.2 所用设备

所用设备应符合 5.5.3.1.2 的规定。

#### 5.5.3.2.3 环境温度

环境温度应为  $+15\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

#### 5.5.3.2.4 缓冲器的安装

应按照与正常工作同样的方式安装缓冲器。

#### 5.5.3.2.5 试验次数

5.5.3.2.5.1 应以下列质量分别进行三次试验:

- a) 最大质量;
- b) 最小质量。

两次试验之间的间隔为  $5\text{ min}\sim 30\text{ min}$ 。

5.5.3.2.5.2 对于最大质量试验,当缓冲行程等于申请方给出的缓冲器实际高度 50%时,对应三次测得的缓冲力值的偏差不大于 5%。对于最小质量试验,三次缓冲力值的偏差也应类似。

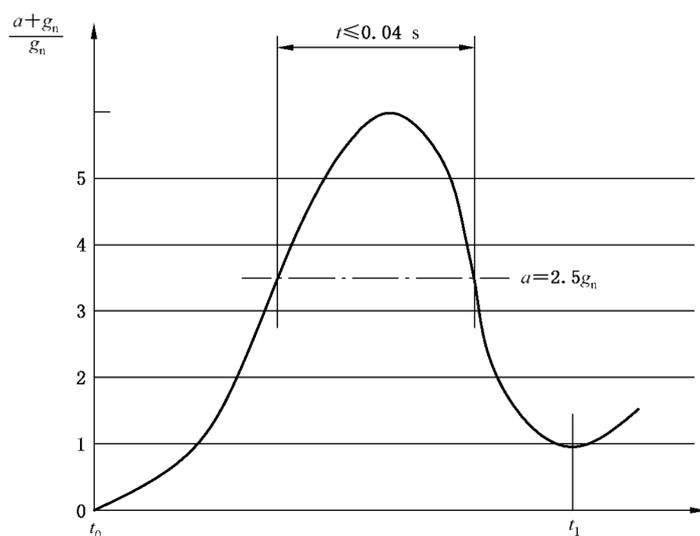
5.5.3.2.5.3 在试验前 30 min 内,为了防止试验过程中的进一步压缩和偏差,应对缓冲器进行一次静态或动态方式的加载。

#### 5.5.3.2.6 检查

##### 5.5.3.2.6.1 减速度检查

减速度( $a$ )应满足下列要求:

- a) 计算平均减速度的时间为首次出现两个绝对值最小减速度的时间差(见图 1),平均减速度不应超过引用本部分的标准中规定的最大值[如 GB/T 7588.1—2020 中的 5.8.2.1.2.1a)]。
- b) 超过规定减速度的持续时间不应超过引用本部分的标准中规定的最大值[如 GB/T 7588.1—2020 中的 5.8.2.1.2.1b)]。
- c) 减速度的最大峰值不应超过引用本部分的标准中规定的最大值[如 GB/T 7588.1—2020 中的 5.8.2.1.2.1e)]。
- d) 反弹的速度不应超过引用本部分的标准中规定的最大值[如 GB/T 7588.1—2020 中的 5.8.2.1.2.1c)]。



说明:

- $a$  —— 减速度,单位为米每二次方秒( $m/s^2$ );
- $g_n$  —— 标准重力加速度,取值  $9.81 m/s^2$ ;
- $t$  —— 时间,单位为秒(s);
- $t_0$  —— 撞击缓冲器瞬间(第1个绝对值最小时);
- $t_1$  —— 第2个绝对值最小时。

图 1 减速度图(GB/T 7588.1—2020 减速度要求的示例)

#### 5.5.3.2.6.2 试验后对缓冲器状况的检查

最大质量试验后,缓冲器的部件不应有影响正常工作的任何永久变形或损坏。

#### 5.5.3.2.7 试验结果与申请书规定的质量不相符合时的规定

当试验结果与申请书中的最大和最小质量不相符合时,在征得申请方同意后,试验单位可确定可接受的极限值。

#### 5.5.4 型式试验证书

证书应包括下列内容:

- a) 附录 A 提及的内容;
- b) 缓冲器的型号和应用;
- c) 缓冲器的尺寸;
- d) 最大撞击速度;
- e) 最大质量;
- f) 最小质量;
- g) 固定的方式;
- h) 液压缓冲器液体的规格;
- i) 制造单位说明书中的使用环境条件(如温度、湿度、污染等级等)。

#### 5.6 含有电子元件的安全电路和(或)电梯安全相关的可编程电子系统(PESRAL)的型式试验

##### 5.6.1 通则

##### 5.6.1.1 总则

对于含有电子元件的安全电路,应进行实验室试验。

以下提及的要求是针对印制电路板,如果安全电路不是这种集成方式,则应假设为等效于印制电路板的型式。

#### 5.6.1.2 含有电子元件的安全电路

申请方应向试验单位说明:

- a) 电路板上的标志;
- b) 工作环境;
- c) 元件清单;
- d) 印制电路板布置图;
- e) 混合电路布置图及安全电路印制线路的标记;
- f) 功能描述;
- g) 电气布线图,包括印制电路板的输入和输出定义;
- h) 采用的故障分析方法和记录的结果。

#### 5.6.1.3 基于电梯安全相关的可编程电子系统的安全电路

除 5.6.1.2,还应提供下列文件:

- a) 与附录 B 所列措施相关的文件和描述;
- b) 所使用软件的综述(例如:编程规则、语言、编译器、模块等);
- c) 包括软件架构和硬件与软件接口的功能描述;
- d) 功能块、模块、数据、变量和接口的描述;
- e) 软件清单。

#### 5.6.2 试验样品

应向试验单位提供:

- a) 一块印制电路板;
- b) 一块印制电路裸板(不含电气元件)。

#### 5.6.3 试验

##### 5.6.3.1 机械试验

###### 5.6.3.1.1 总则

试验时,印制电路板处于工作状态,试验期间和试验后,安全电路中不应出现任何不安全的动作和状态。

###### 5.6.3.1.2 振动

安全电路的传感元件应满足:

- a) GB/T 2423.10—2019 表 C.2 中扫频耐久试验的规定:在每个坐标轴方向上,20 次扫频循环振动试验。振动幅值为 0.35 mm,频率为 10 Hz~55 Hz。和
- b) GB/T 2423.5—2019 表 1 中的下列组合:
  - 1) 峰值加速度:294 m/s<sup>2</sup>或 30g<sub>n</sub>;
  - 2) 相应的标称脉冲持续时间:11 ms;且
  - 3) 相应的速度变化量:2.1 m/s,波形为半正弦波。

注:如果传感元件具有冲击减振器,则冲击减振器视为传感元件的一部分。

试验后,电气间隙和爬电距离不应小于最小允许值。

### 5.6.3.1.3 冲击(GB/T 2423.5)

#### 5.6.3.1.3.1 总则

冲击试验应模拟印制电路板坠落所导致的元件破损和不安全状态的风险。

试验分为:

- a) 单独冲击试验;
- b) 持续冲击试验。

#### 5.6.3.1.3.2 单独冲击

试验要求为:

- a) 冲击波形:半正弦波;
- b) 峰值加速度: $15g_n$ ;
- c) 相应的标称脉冲持续时间:11 ms。

#### 5.6.3.1.3.3 持续冲击

试验要求为:

- a) 峰值加速度: $10g_n$ ;
- b) 相应的标称脉冲持续时间:16 ms;
- c) 冲击次数: $1\ 000\pm 10$ ,冲击频率:2 Hz。

### 5.6.3.2 温度试验(GB/T 2423.22)

工作环境温度限值为 0 °C 和 +65 °C(该环境温度是安全装置的环境温度)。

试验条件应满足下列要求:

- a) 印制电路板应处于工作状态;
- b) 印制电路板应由额定电压供电;
- c) 安全装置在试验中和试验后应动作正常,如果印制电路板除了安全电路外,还包含其他元件,则它们也应在试验中动作(它们的故障可不考虑);
- d) 试验按照最低温度(0 °C)和最高温度(+65 °C)进行,至少各持续 4 h;
- e) 如果印制电路板设计成在更宽的温度范围内工作,则应按照该温度限值进行试验。

### 5.6.3.3 安全电路的故障分析

应对引用本部分的标准中规定的故障分析文件(如 GB/T 7588.1—2020 中的 5.11.2.3)进行验证。

### 5.6.3.4 电梯安全相关的可编程电子系统(PESRAL)的功能和安全测试

除采用 B.1 和 B.2 中定义的措施进行验证外,还应确认:

- a) 软件设计和编码:使用例如形式化设计检查、范根(FAGAN)检查法或测试用例等方法检查全部代码语句;
- b) 软件和硬件检查:使用例如故障插入测试法等方法[见 GB/T 35850.1—2018 中的 A.2.6.3b)]来验证 B.1 和 B.2 中所有措施及所选择的措施(如从 B.3 中选择)。

### 5.6.4 型式试验证书

证书应包括下列内容:

- a) 附录 A 中提及的内容；
- b) 电路的类型和应用；
- c) 符合 GB/T 16935.1—2008 规定的污染等级；
- d) 工作电压；
- e) 印制电路板上安全电路与其他控制电路之间的距离。

注：因为电梯运行在正常的环境条件，所以没有必要进行湿度试验和气候冲击试验等其他试验。

## 5.7 轿厢上行超速保护装置的形式试验

### 5.7.1 总则

5.7.1.1 本规定适用于未使用按照 5.4 验证的限速器或按照 5.6 验证的电梯安全相关的可编程电子系统的轿厢上行超速保护装置。已按照 5.3 验证的安全钳型式试验结果可作为轿厢上行超速保护装置允许应用范围的验证。

5.7.1.2 申请方应说明使用范围：

- a) 最小和最大质量(或力矩)；
- b) 最小(如果适用)和最大额定速度；
- c) 用在具有补偿装置的电梯上。

5.7.1.3 申请时还应附有下列文件：

- a) 给出结构、动作、所用材料、部件尺寸和部件配合公差的装配详图；
- b) 如果有必要，与弹性件相关的载荷图；
- c) 轿厢上行超速保护装置所作用部件的型式、材料及表面状态(如刨削、铣削、磨削等)(如果适用)的详细信息。

### 5.7.2 说明和试验样品

#### 5.7.2.1 说明

申请方应说明试验所需要的质量[单位为千克(kg)]和动作速度[单位为米每秒(m/s)]。如果申请试验的装置适用于不同质量，申请方应给予说明，另外，还应说明调整是分级还是连续进行的。

#### 5.7.2.2 试验样品

申请方和试验单位所确定的试验样品应为：

- a) 由减速部件和速度监测部件组成的完整件；或
- b) 未按 5.3、5.4 或 5.6 验证的装置。

试验样品应由申请方提供给试验单位。

申请方应提供所有试验所必需的数套夹紧件，以及符合试验单位尺寸要求的上行超速保护装置所作用的部件。

### 5.7.3 试验

#### 5.7.3.1 试验方法

依据该装置及其所实现的实际功能，应由申请方和试验单位共同确定试验方法。测量应包括：

- a) 加速度和速度；
- b) 制动距离；
- c) 减速度。

测量结果应记录成时间的函数。

### 5.7.3.2 试验程序

#### 5.7.3.2.1 总则

5.7.3.2.1.1 在速度监测部件相应于 5.7.1.2 提及的电梯额定速度的动作速度范围内,应至少进行 20 次试验。

应以尽可能小的加速度达到动作速度,以便消除惯性的影响。

5.7.3.2.1.2 使用驱动主机制动器作为减速部件时,还应按 GB/T 24478—2009 中 4.2.2.4 的要求进行制动器动作试验。

#### 5.7.3.2.2 用于单一质量的轿厢上行超速保护装置

试验单位应采用相当于轿厢空载工况的系统质量进行 4 次试验。

在各次试验之间应允许摩擦件恢复到正常温度。

在试验期间,可使用数套相同的摩擦件。但一套摩擦件应能够承受:

- a) 3 次试验,当额定速度不大于 4 m/s 时;
- b) 2 次试验,当额定速度大于 4 m/s 时。

试验应在该装置所适用的最大动作速度下进行。

#### 5.7.3.2.3 用于不同质量的轿厢上行超速保护装置

适用于分级调整或连续调整的轿厢上行超速保护装置。

对于所申请的最大质量和最小质量,试验单位应分别进行一系列的试验。

申请方应提供公式或图表,以表示与给定参数成函数关系的制动力的变化。

试验单位应采用合适的方法(如果没有更好的方法,可使用中间值进行第三个系列的试验)验证所给出公式或图表的有效性。

#### 5.7.3.2.4 速度监测部件

##### 5.7.3.2.4.1 试验程序

不使用减速部件,在动作速度范围内,应至少进行 20 次试验。

大多数试验应在速度范围的极限值进行。

##### 5.7.3.2.4.2 试验结果说明

在 20 次试验中,动作速度均应在引用本部分的标准中规定的范围内(如 GB/T 7588.1—2020 中的 5.6.6.1)。

#### 5.7.3.3 试验后的检查

试验后:

- a) 应将夹紧件的硬度与申请方提供的原始值进行比较;
- b) 如果夹紧件没有断裂,应检查变形和其他变化情况(例如:夹紧件的裂纹、变形或磨损、摩擦表面的外观);
- c) 如果有必要,应拍摄夹紧件和所作用部件的照片,以便作为变形或裂纹的证据;
- d) 应检查最小质量时的减速度不大于  $1.0g_n$ 。

#### 5.7.4 调整值的修正

试验期间,如果得到的数值和申请方期望的值相差 20% 以上,则在必要时,征得申请方同意,可在修改调整值后另外进行试验。

#### 5.7.5 试验报告

为了试验的再现性,型式试验时应记录所有细节,例如:

- a) 申请方与试验单位之间确定的试验方法;
- b) 试验方案描述;
- c) 试验方案中该装置的安装位置;
- d) 试验次数;
- e) 试验数据的记录;
- f) 试验期间的观察报告;
- g) 试验结果与要求的一致性判断。

#### 5.7.6 型式试验证书

证书应包括下列内容:

- a) 附录 A 提及的内容;
- b) 轿厢上行超速保护装置的类型和应用;
- c) 允许质量的范围;
- d) 速度监测部件的动作速度范围;
- e) 减速部件所作用部件的型式。

### 5.8 轿厢意外移动保护装置型式试验

#### 5.8.1 总则

5.8.1.1 轿厢意外移动保护装置应作为一个完整的系统进行型式试验,或者对其检测、触发和制停子系统进行单独的型式试验。组成完整系统的每一个子系统的型式试验,应定义接口条件和相关参数。

5.8.1.2 申请方应说明应用于该系统或子系统的主要参数:

- a) 最小和最大质量;
- b) 最小和最大力或力矩或液压油压力(如果适用);
- c) 检测装置、控制电路和制停部件各自的响应时间;
- d) 所预期的减速之前的最高速度(参见注 1);
- e) 检测装置与所安装的层站之间的距离;
- f) 试验速度(参见注 2);
- g) 设计的温度和湿度的限值,以及申请方和试验单位所达成的任何其他相关信息。

注 1: 举例说明:曳引式电梯,如果自然加速度为  $1.5 \text{ m/s}^2$ ,并且没有来自于电动机的任何力矩,则可达到的最大速度为  $2 \text{ m/s}$ 。这是基于刚开始减速时达到的速度,即:经过轿厢意外移动保护装置、控制电路和制停部件的响应时间,由  $1.5 \text{ m/s}^2$  自然加速度产生的结果,假设意外移动检测装置在轿厢到达开锁区域极限位置时动作。

对于曳引式电梯,发生电气故障时,因内部控制装置的作用,假定轿厢可达到的加速度不大于  $2.5 \text{ m/s}^2$ 。

注 2: 试验速度由制造单位提供,试验单位使用该速度确定电梯移动距离(验证距离),以便在交付使用前的检验中验证意外移动保护系统的正确动作。该速度可为检修速度,或者由制造单位确定并经试验单位认可的其他速度。

5.8.1.3 轿厢意外移动期间允许移动的距离应符合引用本部分的标准中规定的要求(如 GB/T 7588.1—

2020 中的 5.6.7.5)。

5.8.1.4 申请时,应附有下列文件:

- a) 给出结构、动作、所用材料、部件尺寸和部件配合公差 of 的装配详图;
- b) 如果有必要,与弹性件相关的载荷图;
- c) 该装置所作用部件的型式、材料及表面状态(如刨削、铣削、磨削等)(如果适用)的详细信息。

### 5.8.2 说明和试验样品

5.8.2.1 申请方应说明该装置的功能。

5.8.2.2 申请方应按照与试验单位之间的约定提供试验样品,根据需要包括:完整的轿厢意外移动检测装置、控制电路(执行机构)、制停部件以及任何自监测装置(如果有)。

应提供所有试验必需的数套夹紧件。

应按试验单位要求的尺寸提供该装置所作用的部件。

### 5.8.3 试验

#### 5.8.3.1 试验方法

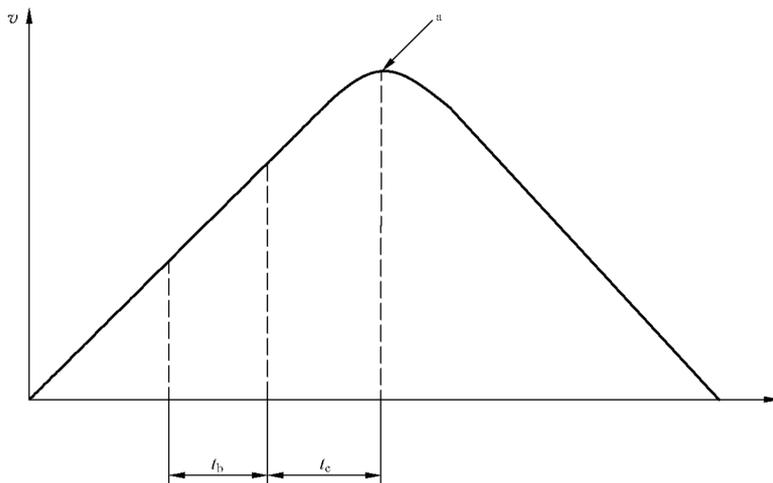
5.8.3.1.1 依据该装置及其所实现的实际功能,应由申请方和试验单位共同确定试验方法。

5.8.3.1.2 测量应包括:

- a) 制停距离;
- b) 减速度;
- c) 检测、触发电路、制停部件和控制电路的响应时间(见图 2);
- d) 移动的总距离(加速距离和制停距离之和)。

5.8.3.1.3 试验还应包括:

- a) 轿厢意外移动检测装置的动作;和
- b) 任何自监测装置(如果适用)。



说明:

$v$  —— 速度,单位为米每秒(m/s);

$t$  —— 时间,单位为秒(s);

$t_b$  —— 轿厢意外移动检测和任何控制电路的响应时间,单位为秒(s);

$t_c$  —— 触发电路和制停部件的响应时间,单位为秒(s);

<sup>a</sup> 在制停部件作用下开始减速的点。

图 2 响应时间

### 5.8.3.2 试验程序

#### 5.8.3.2.1 总则

5.8.3.2.1.1 应对制停部件进行 20 次试验,并且:

- a) 每个结果均不超出所规定的范围;
- b) 每个结果均应在平均值的 $\pm 20\%$ 范围内。

证书应给出平均值。

5.8.3.2.1.2 使用驱动主机制动器作为制停部件时,还应按 GB/T 24478—2009 中 4.2.2.4 的要求进行制动器动作试验。

#### 5.8.3.2.2 用于单一质量或力矩或液压油压力的轿厢意外移动保护装置

试验单位应:

- a) 以相当于轿厢空载工况的系统质量或力矩或液压油压力进行 10 次上行试验;和
- b) 以相当于轿厢载有额定载重量工况的系统质量或力矩或液压油压力进行 10 次下行试验。

在各次试验之间,应允许摩擦件恢复到正常温度。

在试验期间,可使用数套相同的摩擦件。但一套摩擦件应至少能承受 5 次试验。

#### 5.8.3.2.3 用于不同质量或力矩或液压油压力的轿厢意外移动保护装置

试验单位应对所申请的最大值和最小值分别进行一系列试验。

申请方应提供公式或图表,以说明制动力或力矩或液压油压力与给定调整量之间的函数关系,结果用移动距离表示。

试验单位应验证公式或图表的有效性。

#### 5.8.3.2.4 轿厢意外移动检测装置的试验程序

应进行 10 次试验以验证该装置的动作。所有试验均应可靠地验证该装置正确动作。

#### 5.8.3.2.5 自监测装置的试验程序

应进行 10 次试验以验证该装置的动作。所有试验均应可靠地验证该装置正确动作。

此外,应验证在危险情况发生前自监测装置检测制停部件冗余失效的能力。

### 5.8.3.3 试验后的检查

试验后:

- a) 应将制停部件的机械特性与申请方提供的原始值进行比较。在特殊情况下可进行其他分析。
- b) 应检查确认没有任何断裂、变形或其他变化情况(例如:夹紧件的裂纹、变形或磨损、摩擦表面的外观)。
- c) 如果有必要,应拍摄夹紧件和所作用部件的照片,以便作为变形或裂纹的证据。

### 5.8.4 调整值的修正

试验期间,如果得到的数值和申请方期望的值相差 20%以上,则在必要时,征得申请方同意,可在修改调整值后另外进行一系列的试验。

### 5.8.5 试验报告

为了试验的再现性,型式试验时应记录所有细节,例如:

- a) 申请方和试验单位确定的试验方法；
- b) 试验方案描述；
- c) 试验方案中该装置的安装位置；
- d) 试验次数；
- e) 试验数据的记录；
- f) 试验期间的观察报告；
- g) 试验结果和要求的一致性判断。

#### 5.8.6 型式试验证书

证书应包括下列内容：

- a) 附录 A 提及的内容；
- b) 轿厢意外移动保护系统/子系统的类型和应用；
- c) 主要参数的限值(由制造单位和试验单位约定)；
- d) 用于最终检验的试验速度及相关参数；
- e) 制停部件所作用部件的型式；
- f) 对于完整系统,检测装置和制停部件的组合；
- g) 对于子系统,接口条件。

### 5.9 破裂阀、单向节流阀的型式试验

#### 5.9.1 通则

5.9.2~5.9.7 中的“破裂阀”是指“破裂阀或具有机械移动部件的单向节流阀”。

#### 5.9.2 总则

5.9.2.1 申请方应说明所试验破裂阀的下列内容：

- a) 参数范围：
  - 1) 流量；
  - 2) 压力；
  - 3) 黏度；
  - 4) 环境温度。
- b) 安装方法。

5.9.2.2 申请书还应附有给出破裂阀的结构、动作、调整、所用材料、部件尺寸和部件配合公差的装配详图。

#### 5.9.3 试验样品

应向试验单位提供：

- a) 一只破裂阀；
- b) 可以用于破裂阀的液压油规格表或足够量的指定的液压油；
- c) 如果有必要,配合试验单位试验设备的装置。

#### 5.9.4 试验

##### 5.9.4.1 试验设备

破裂阀应按预期的方法安装在一个液压系统中进行试验,该系统应满足下列规定：

- a) 所要求的试验压力取决于质量；
- b) 流量由可调节的阀进行控制；
- c) 能记录破裂阀前面和后面的压力值；

注：“破裂阀前面”是指位于缸筒和破裂阀之间的位置。

- d) 提供改变破裂阀的环境温度和液压油黏度的装置。

应能记录一段期间内液压系统的流量。为了确定流量值,允许使用另外的测量值,例如:通过测量液压缸柱塞的速度导出流量值。

#### 5.9.4.2 测量仪器

测量仪器的准确度应符合 5.1.2.6 的要求。

#### 5.9.5 试验程序

##### 5.9.5.1 总则

试验应能:

- a) 模拟轿厢速度为零时瞬间发生的管路完全失效；
- b) 验证破裂阀的耐压性能。

##### 5.9.5.2 模拟管路完全失效

5.9.5.2.1 模拟管路完全失效应按以下方法进行:通过打开一个阀,使破裂阀前面的管路静压力降低到 10% 以下,液压油从静止状态开始流动。

破裂阀关闭时,下列参数的偏差应在给定的范围内:

- a) 流量；
- b) 黏度；
- c) 压力；
- d) 环境温度。

上述值可从下列两个系列试验中获得:

- 用最大压力,最高的环境温度,最小可调流量和最小的黏度进行试验；
- 用最小压力,最低的环境温度,最大可调流量和最大的黏度进行试验。

对于每个系列试验,应至少进行 10 次,在上述条件下计算破裂阀的工作偏差。

##### 5.9.5.2.2 试验中应记录:

- a) 流量和时间的关系；
- b) 破裂阀前面的压力和时间的关系；
- c) 破裂阀后面的压力和时间的关系。

以上试验的典型的特性曲线见图 3。

##### 5.9.5.3 耐压试验

破裂阀的耐压试验应在以下条件下进行:用 5 倍于最大压力的试验压力,历时 2 min 以上。

#### 5.9.6 试验结果说明

##### 5.9.6.1 关闭动作

如果按照 5.9.5.2 记录的曲线能表明以下结果,则可认为所试验的破裂阀满足本部分的要求:

- a) 额定流量( $Q_r$ )与最大流量( $Q_{max}$ )之间的间隔时间( $t_0$ )不大于 0.16 s。

b) 流量减少所需要的时间  $t_d$  符合公式(8):

$$\frac{|Q_{\max}|}{6A_o \times 9.81} \leq t_d \leq \frac{|Q_{\max}|}{6A_o \times 1.96} \dots\dots\dots(8)$$

式中:

$Q_{\max}$  —— 液压油的最大流量,单位为升每分(L/min);

$A_o$  —— 液压缸中液压油压力作用的面积,单位为平方厘米( $\text{cm}^2$ );

$t_d$  —— 制动时间,单位为秒(s)。

c) 压力大于  $3.5p_s$  的时间不大于 0.04 s。

d) 在速度达到下行额定速度加上 0.30 m/s 之前触发破裂阀。

### 5.9.6.2 耐压

如果按照 5.9.5.3 进行的压力试验后没有出现永久性损坏,则可认为破裂阀满足本部分要求。

### 5.9.6.3 再调整

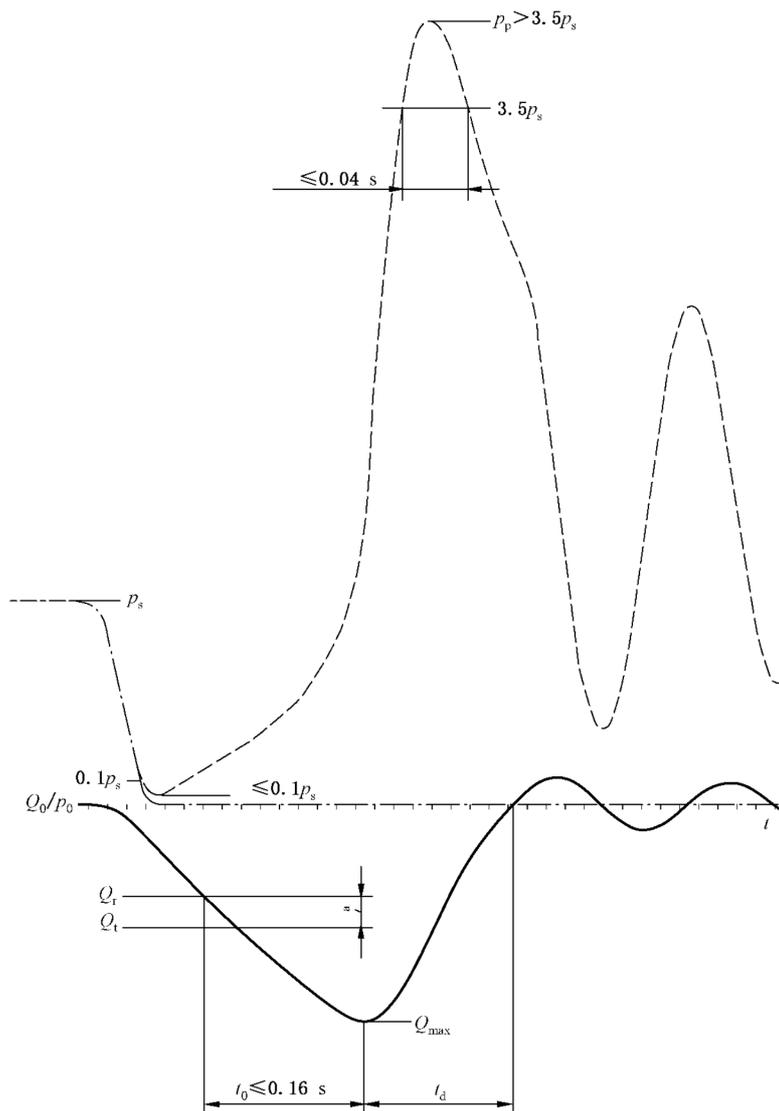
如果流量减少超过限值或压力峰值超过限值,允许制造单位修改破裂阀的调整值。然后重新进行系列试验。

### 5.9.7 型式试验证书

证书应包括下列内容:

- a) 附录 A 提及的信息;
- b) 破裂阀的型式和应用;
- c) 以下参数的范围:
  - 1) 破裂阀的流量;
  - 2) 破裂阀的压力;
  - 3) 所用液压油的黏度;
  - 4) 破裂阀环境温度。

证书应附有按照图 3 的试验图表,表明液压油的流量与压力之间的关系,由此可以得出  $Q_{\max}$  和  $t_d$ 。



说明:

- |           |                  |               |                      |
|-----------|------------------|---------------|----------------------|
| $p_0$     | —— 试验前压力;        | $t$           | —— 时间;               |
| $p_p$     | —— 压力峰值;         | $t_0$         | —— 额定流量与最大流量之间的间隔时间; |
| $p_s$     | —— 静压力;          | $t_d$         | —— 制动时间;             |
| $Q_0$     | —— 试验前流量;        | — · — · — · — | —— 破裂阀后面的压力;         |
| $Q_{max}$ | —— 最大流量;         | —————         | —— 液压油流量;            |
| $Q_r$     | —— 达到额定速度时的额定流量; | -----         | —— 破裂阀前面的压力。         |
| $Q_t$     | —— 触发点的流量;       |               |                      |

<sup>a</sup> 破裂阀在速度达到额定速度加上 0.3 m/s 之前触发动作。

图 3 液压油流量及破裂阀前面和破裂阀后面的压力

## 5.10 导轨验算

### 5.10.1 计算的范围

应根据下列应力来确定导轨尺寸和规格:

- a) 弯曲应力;

- b) 合成弯曲应力；
- c) 压弯应力；
- d) 压应力或拉伸应力；
- e) 弯曲应力和压应力(或拉伸应力)的合成；
- f) 压弯应力和弯曲应力的合成；
- g) 翼缘弯曲应力。

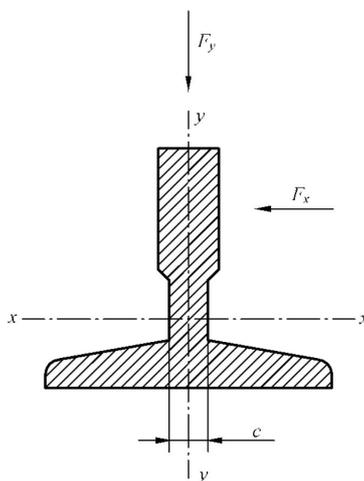
此外,应进行变形分析。

注:附录 C 给出了一个基于以下方法进行计算的示例。

### 5.10.2 弯曲

5.10.2.1 计算导轨不同轴上(见图 4)的弯曲应力,可假定:

- a) 导轨是跨距为  $l$  的柔性支撑的连续梁；
- b) 引起弯曲应力的合力作用在两相邻支撑点的中间；
- c) 弯矩作用于导轨截面的中性轴上。



说明:

$c$  —— 导轨底部至导向面之间的连接部位的宽度；

$F_x$  ——  $x$  轴方向上的作用力；

$F_y$  ——  $y$  轴方向上的作用力；

$x$  ——  $x-x$  平面上的中性轴；

$y$  ——  $y-y$  平面上的中性轴。

图 4 导轨的轴

计算由垂直作用于截面轴的水平力所产生的弯曲应力  $\sigma_m$  时,应按公式(9)和公式(10):

$$\sigma_m = \frac{M_m}{W} \dots\dots\dots (9)$$

其中

$$M_m = \frac{3F_h \cdot l}{16} \dots\dots\dots (10)$$

式中:

$\sigma_m$  —— 弯曲应力,单位为兆帕(MPa);

$M_m$  —— 弯矩,单位为牛毫米(N·mm);

$W$  ——截面系数,单位为三次方毫米( $\text{mm}^3$ );

$l$  ——导轨支架的最大间距,单位为毫米( $\text{mm}$ );

$F_h$  ——在不同载荷情况时导轨作用于导轨的水平力,单位为牛( $\text{N}$ )。

#### 5.10.2.2 导轨截面不同轴上的弯曲应力应合成考虑。

如果计算时使用常用表中查得的  $W_x$  和  $W_y$  数值(分别是各自的最小值),且未超过许用应力,则不必作进一步的验算。反之,若超过许用应力,则应分析导轨截面外缘上具有最大拉伸应力的点。

#### 5.10.2.3 如果具有两列以上规格相同的导轨,可以假定导轨之间的力均匀分布。

5.10.2.4 如果使用了一套以上规格相同的安全钳同时作用在规格相同的不同列导轨上,可以假定总制动力由各安全钳均匀分配。

5.10.2.5 一列导轨上在垂直方向有多个安全钳作用时,假定总制动力作用于该列导轨上的一点。

### 5.10.3 压弯

用“ $\omega$ ”方法计算压弯应力应按公式(11):

$$\sigma_k = \frac{(F_v + k_3 \cdot M_{\text{aux}})\omega}{A} \dots\dots\dots(11)$$

式中:

$\sigma_k$  ——压弯应力,单位为兆帕( $\text{MPa}$ );

$F_v$  ——作用在轿厢、对重或平衡重一列导轨上的垂直方向的力,单位为牛( $\text{N}$ );

$k_3$  ——冲击系数;

$M_{\text{aux}}$  ——附加装置作用于一列导轨上的力,单位为牛( $\text{N}$ );

$A$  ——导轨的横截面积,单位为平方毫米( $\text{mm}^2$ )。

$\omega$  值可按公式(12)和公式(13)计算:

$$\lambda = \frac{l_k}{i} \dots\dots\dots(12)$$

$$l_k = l \dots\dots\dots(13)$$

式中:

$\lambda$  ——长细比;

$l_k$  ——压弯长度,单位为毫米( $\text{mm}$ );

$i$  ——最小惯性半径,单位为毫米( $\text{mm}$ );

$l$  ——导轨支架最大间距,单位为毫米( $\text{mm}$ )。

对于抗拉强度为  $R_m = 370 \text{ MPa}$  的钢材:

$$20 \leq \lambda \leq 60: \omega = 0.000\ 129\ 20\lambda^{1.89} + 1;$$

$$60 < \lambda \leq 85: \omega = 0.000\ 046\ 27\lambda^{2.14} + 1;$$

$$85 < \lambda \leq 115: \omega = 0.000\ 017\ 11\lambda^{2.35} + 1.04;$$

$$115 < \lambda \leq 250: \omega = 0.000\ 168\ 87\lambda^{2.00}。$$

对于抗拉强度为  $R_m = 520 \text{ MPa}$  的钢材:

$$20 \leq \lambda \leq 50: \omega = 0.000\ 082\ 40\lambda^{2.06} + 1.021;$$

$$50 < \lambda \leq 70: \omega = 0.000\ 018\ 95\lambda^{2.41} + 1.05;$$

$$70 < \lambda \leq 89: \omega = 0.000\ 024\ 47\lambda^{2.36} + 1.03;$$

$$89 < \lambda \leq 250: \omega = 0.000\ 253\ 30\lambda^{2.00}。$$

对于抗拉强度  $R_m$  介于  $370 \text{ MPa}$  和  $520 \text{ MPa}$  之间的钢材,  $\omega$  值根据公式(14)得出:

$$\omega = \left[ \frac{\omega_{520} - \omega_{370}}{520 - 370} \times (R_m - 370) \right] + \omega_{370} \dots\dots\dots(14)$$

5.10.4 弯曲应力和压应力(或拉伸应力)或压弯应力的合成

弯曲应力和压应力(或拉伸应力)或压弯应力的合成应力应按公式(15)~公式(17)计算:

a) 弯曲:

$$\sigma = \sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_{perm} \dots\dots\dots(15)$$

b) 弯曲和压缩(或拉伸):

$$\sigma = \sigma_m + \frac{F_v + k_3 \cdot M_{aux}}{A} \leq \sigma_{perm} \dots\dots\dots(16)$$

c) 压弯和弯曲:

$$\sigma = \sigma_k + 0.9 \cdot \sigma_m \leq \sigma_{perm} \dots\dots\dots(17)$$

式中:

- A —— 导轨的横截面积,单位为平方毫米(mm<sup>2</sup>);
- F<sub>v</sub> —— 作用在轿厢、对重或平衡重—列导轨上的垂直方向的力,单位为牛(N);
- k<sub>3</sub> —— 冲击系数;
- M<sub>aux</sub> —— 附加装置作用于—列导轨上的力,单位为牛(N);
- σ —— 合成应力,单位为兆帕(MPa);
- σ<sub>k</sub> —— 压弯应力,单位为兆帕(MPa);
- σ<sub>m</sub> —— 弯曲应力,单位为兆帕(MPa);
- σ<sub>perm</sub> —— 许用应力,见引用本部分的标准的规定(如 GB/T 7588.1—2020 中的 5.7.5),单位为兆帕(MPa);
- σ<sub>x</sub> —— x 轴弯曲应力,单位为兆帕(MPa);
- σ<sub>y</sub> —— y 轴弯曲应力,单位为兆帕(MPa)。

5.10.5 翼缘弯曲

应考虑翼缘弯曲,对于 T 型导轨,按公式(18)和公式(19)计算:

a) 对于滚轮导靴

$$\sigma_F = \frac{1.85F_x}{c^2} \leq \sigma_{perm} \dots\dots\dots(18)$$

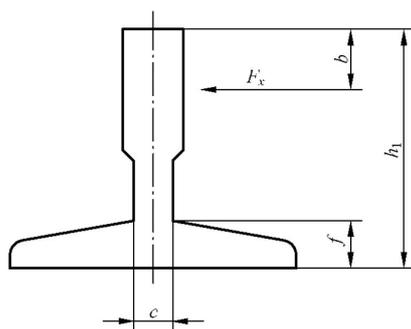
b) 对于滑动导靴

$$\sigma_F = \frac{6F_x \cdot (h_1 - b - f)}{c^2 \cdot [l_s + 2 \cdot (h_1 - f)]} \leq \sigma_{perm} \dots\dots\dots(19)$$

式中:

- b —— 导靴靴衬宽度的一半,单位为毫米(mm);
- c —— 导轨底部至导向面之间的连接部位的宽度,单位为毫米(mm);
- f —— 导轨底部根部的厚度,单位为毫米(mm);
- F<sub>x</sub> —— 导靴作用于导轨的侧导向面上的力,单位为牛(N);
- h<sub>1</sub> —— 导轨高度,单位为毫米(mm);
- l<sub>s</sub> —— 导靴靴衬的长度,单位为毫米(mm);
- σ<sub>F</sub> —— 局部翼缘弯曲应力,单位为兆帕(MPa);
- σ<sub>perm</sub> —— 许用应力,单位为兆帕(MPa)。

注: 尺寸如图 5 所示。



说明:

- $b$  —— 导靴靴衬宽度的一半;  
 $c$  —— 导轨底部至导向面之间的连接部位的宽度;  
 $f$  —— 导轨底部根部的厚度;  
 $F_x$  —— 导靴作用于导轨的侧导向面上的力;  
 $h_1$  —— 导轨高度。

图 5 翼缘弯曲计算的尺寸示意图

### 5.10.6 变形

应按公式(20)和公式(21)计算变形:

$$\delta_y = 0.7 \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} + \delta_{\text{str-y}} \leq \delta_{\text{perm}} \quad \dots\dots\dots (20)$$

$$\delta_x = 0.7 \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} + \delta_{\text{str-x}} \leq \delta_{\text{perm}} \quad \dots\dots\dots (21)$$

式中:

- $\delta_{\text{perm}}$  —— 许用变形,单位为毫米(mm);  
 $\delta_x$  —— 在  $x$  轴方向上的变形,单位为毫米(mm);  
 $\delta_y$  —— 在  $y$  轴方向上的变形,单位为毫米(mm);  
 $\delta_{\text{str-x}}$  —— 在  $x$  轴方向上建筑结构引起的导轨位移,单位为毫米(mm);  
 $\delta_{\text{str-y}}$  —— 在  $y$  轴方向上建筑结构引起的导轨位移,单位为毫米(mm);  
 $E$  —— 弹性模量,单位为兆帕(MPa);  
 $F_x$  ——  $x$  轴方向上的作用力,单位为牛(N);  
 $F_y$  ——  $y$  轴方向上的作用力,单位为牛(N);  
 $I_x$  ——  $x$  轴截面惯性矩,单位为四次方毫米( $\text{mm}^4$ );  
 $I_y$  ——  $y$  轴截面惯性矩,单位为四次方毫米( $\text{mm}^4$ );  
 $l$  —— 导轨支架最大间距,单位为毫米(mm)。

### 5.11 曳引力计算

#### 5.11.1 总则

曳引力在下列情况下均应得到保证:

- 正常运行;
- 在层站装载;
- 紧急制停。

当轿厢或对重无论因何种原因在井道中滞留时,如果驱动主机转矩足以提升轿厢或对重,应考虑允许钢丝绳在曳引轮上滑移。

下述计算方法适用于传统的采用钢丝绳和钢质(或铸铁)曳引轮的电梯的曳引力计算。

注:根据经验,由于安全裕量的存在,无需详细考虑下列因素,不会影响结果的安全性:

- 绳的结构;
- 润滑的种类及其程度;
- 绳及曳引轮的材料;
- 制造误差。

### 5.11.2 曳引力计算

#### 5.11.2.1 总则

a) 对于轿厢装载和紧急制动工况,应符合公式(22)。

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{f\alpha} \quad \dots\dots\dots(22)$$

b) 对于轿厢或对重滞留工况(轿厢或对重压在缓冲器上,驱动主机向下行或向上行方向旋转),通过限制曳引力防止提升对重或轿厢,应符合公式(23)。

$$\frac{T_1}{T_2} \geq e^{f\alpha} \quad \dots\dots\dots(23)$$

式中:

- $T_1$ 、 $T_2$ ——曳引轮两侧悬挂钢丝绳上的拉力;
- $f$ ——当量摩擦系数;
- $\alpha$ ——钢丝绳在曳引轮上的包角,单位为弧度(rad)。

#### 5.11.2.2 $T_1$ 和 $T_2$ 的计算

##### 5.11.2.2.1 轿厢装载工况

$T_1/T_2$ 的静态比值应按照轿厢载有125%额定载重量并考虑轿厢在井道的不同位置时的最不利情况进行计算。

使用装卸装置为轿厢装卸载时,如果其质量不包括在额定载重量中,则计算时应将额定载重量加上装卸装置的质量。

##### 5.11.2.2.2 紧急制动工况

$T_1/T_2$ 的动态比值应按照轿厢载荷工况(轿厢空载或载有额定载重量)以及轿厢在井道的不同位置的最不利情况进行计算。

考虑电梯悬挂比,应正确地确定每一个运动部件的减速度。

任何情况下,减速度不应小于下列数值:

- a) 在正常情况下,为  $0.5 \text{ m/s}^2$ ;
- b) 在使用了减行程缓冲器的情况下,最小减速度值应使轿厢和对重减速到不超过缓冲器的设计速度。

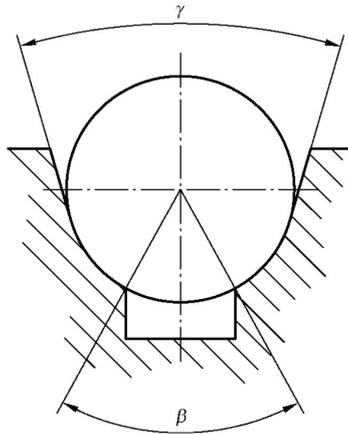
##### 5.11.2.2.3 轿厢或对重滞留工况

$T_1/T_2$ 的静态比值应按照空载的轿厢在最高和最低的位置时进行计算。

5.11.2.3 摩擦系数的计算

5.11.2.3.1 不同绳槽类型的当量摩擦系数

5.11.2.3.1.1 U型槽和带切口的U型槽(见图6)



说明:

β ——下部切口角;

γ ——槽的角。

图6 带切口的U型槽

应按公式(24)计算:

$$f = \mu \cdot \frac{4 [\cos(\gamma/2) - \sin(\beta/2)]}{\pi - \beta - \gamma - \sin\beta + \sin\gamma} \dots\dots\dots (24)$$

式中:

f ——当量摩擦系数;

β ——下部切口角,单位为弧度(rad);

γ ——槽的角,单位为弧度(rad);

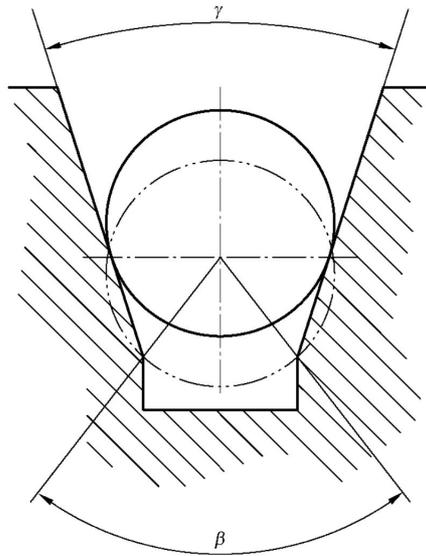
μ ——摩擦系数。

β 最大不应超过 1.833 rad(105°)。

γ 由制造单位根据槽的设计提供。任何情况下,其值不应小于 0.436 rad(25°)。

5.11.2.3.1.2 V型槽(见图7)

当槽未进行附加的硬化处理时,为了限制由于磨损而导致曳引条件的恶化,下部切口是必要的。



说明:

β ——下部切口角;

γ ——槽的角。

图 7 V 型槽

应按公式(25)~公式(27)计算:

a) 轿厢装载和紧急制动工况

1) 对于未经硬化处理的槽:

$$f = \mu \cdot \frac{4 [1 - \sin(\beta/2)]}{\pi - \beta - \sin\beta} \dots\dots\dots (25)$$

2) 对于经硬化处理的槽:

$$f = \mu \cdot \frac{1}{\sin(\gamma/2)} \dots\dots\dots (26)$$

b) 滞留工况

对于硬化或未硬化处理的槽:

$$f = \mu \cdot \frac{1}{\sin(\gamma/2)} \dots\dots\dots (27)$$

式中:

f ——当量摩擦系数;

β ——下部切口角,单位为弧度(rad);

γ ——槽的角,单位为弧度(rad);

μ ——摩擦系数。

β 最大不应超过 1.833 rad(105°)。任何情况下,γ 值不应小于 0.611 rad(35°)。

5.11.2.3.2 摩擦系数

使用以下数值:

a) 对于装载工况,μ=0.1;

b) 对于滞留工况,μ=0.2;

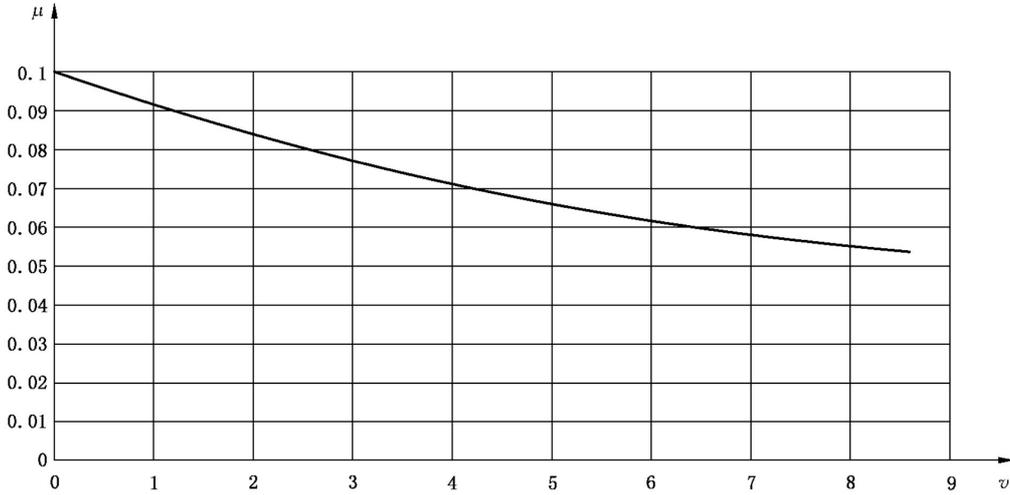
c) 对于紧急制动工况,按公式(28)计算,也可从图 8 查得摩擦系数。

$$\mu = \frac{0.1}{1 + v/10} \dots\dots\dots ( 28 )$$

式中：

$\mu$  —— 摩擦系数；

$v$  —— 与轿厢额定速度对应的绳速，单位为米每秒(m/s)。



说明：

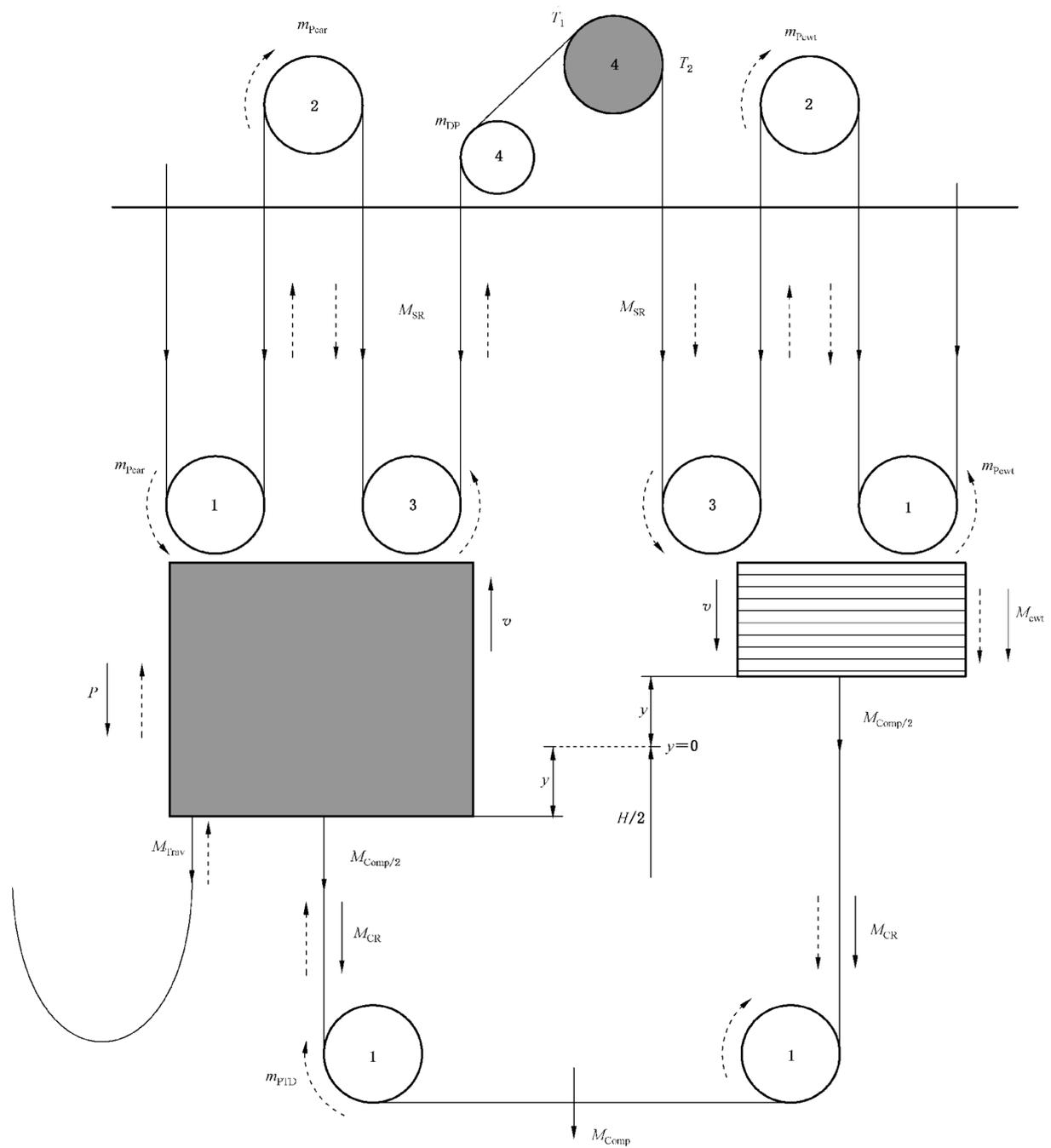
$\mu$  —— 摩擦系数；

$v$  —— 与轿厢额定速度对应的绳速，单位为米每秒(m/s)。

图 8 最小摩擦系数

5.11.3 通常情况下的公式

通常情况的示意图见图 9。



说明：

1、2、3、4——滑轮的速度系数，例如：2 表示  $2v$ ；

$v$  ——轿厢或对重的速度，单位为米每秒(m/s)；

—— 静态力；

----- 动态力。

注：图中其他符号与公式(29)~公式(32)中相应符号含义相同。

图 9 通常情况

按公式(29)~公式(32)计算  $T_1$  和  $T_2$ ：

a) 对于驱动主机上置:

$$T_1 = \frac{(P + Q + M_{CRcar} + M_{Trav})}{r} \cdot (g_n \pm a) + \frac{M_{Comp}}{2 \cdot r} \cdot g_n + M_{SRcar} \cdot \left( g_n \pm a \cdot \frac{r^2 + 2}{3} \right) \pm \left( \frac{i_{PTD} \cdot m_{PTD}}{2 \cdot r} \cdot a \right) \pm \left( \frac{m_{DP} \cdot a}{r} \right)^I \pm \left[ \frac{\sum_{i=1}^{r-1} (m_{Pcar} \cdot i_{Pcar} \cdot a)}{r} \right]^{III} \mp \frac{FR_{car}}{r} \dots\dots\dots (29)$$

$$T_2 = \frac{M_{cwt} + M_{CRcwt}}{r} \cdot (g_n \mp a) + \frac{M_{Comp}}{2 \cdot r} \cdot g_n + M_{SRcwt} \cdot \left( g_n \mp a \cdot \frac{r^2 + 2}{3} \right) \mp \left( \frac{i_{PTD} \cdot m_{PTD}}{2 \cdot r} \cdot a \right) \mp \left( \frac{m_{DP} \cdot a}{r} \right)^{II} \mp \left[ \frac{\sum_{i=1}^{r-1} (m_{Pcwt} \cdot i_{Pcwt} \cdot a)}{r} \right]^{III} \pm \frac{FR_{cwt}}{r} \dots\dots\dots (30)$$

b) 对于驱动主机下置:

$$T_1 = \frac{(P + Q + M_{CRcar} + M_{Trav})}{r} \cdot (g_n \pm a) + \frac{M_{Comp}}{2 \cdot r} \cdot g_n + M_{SR1car} \cdot (-g_n \pm r \cdot a) + M_{SR2car} \cdot \left( g_n \pm a \cdot \frac{r^2 + 2}{3} \right) \pm \left( \frac{i_{PTD} \cdot m_{PTD}}{2 \cdot r} \cdot a \right) \pm \left( \frac{m_{DP} \cdot a}{r} \right)^I \pm \left[ \frac{\sum_{i=1}^{r-1} (m_{Pcar} \cdot i_{Pcar} \cdot a)}{r} \right]^{III} \mp \frac{FR_{car}}{r} \dots\dots\dots (31)$$

$$T_2 = \frac{M_{cwt} + M_{CRcwt}}{r} \cdot (g_n \mp a) + \frac{M_{Comp}}{2 \cdot r} \cdot g_n + M_{SR1cwt} \cdot (-g_n \mp r \cdot a) + M_{SR2cwt} \cdot \left( g_n \mp a \cdot \frac{r^2 + 2}{3} \right) \mp \left( \frac{i_{PTD} \cdot m_{PTD}}{2 \cdot r} \cdot a \right) \mp \left( \frac{m_{DP} \cdot a}{r} \right)^{II} \mp \left[ \frac{\sum_{i=1}^{r-1} (m_{Pcwt} \cdot i_{Pcwt} \cdot a)}{r} \right]^{III} \pm \frac{FR_{cwt}}{r} \dots\dots\dots (32)$$

注 1: 公式(29)~公式(32)也可用于空载轿厢(删除 Q)的计算。在这种情况下,  $T_1$ 变为  $T_2$ ,  $T_2$ 变为  $T_1$ 。

在公式(29)~公式(32)中,符号“±”和“∓”应按以下方式应用:当载有额定载重量的轿厢减速下行时,上面符号的运算适用;当空载轿厢减速上行时,下面符号的运算适用。对于轿厢装载和滞留,  $a = 0$ 。

对于装载工况,额定载重量 Q 应由以下值代替:  $1.25Q +$  装卸装置的质量(如果装卸装置的质量不包含在 Q 中)。

如果不能确定最小的摩擦力,在任何情况下,应删除摩擦力  $FR_{car}$  和  $FR_{cwt}$ 。

注 2: 计算示例见附录 D。

工况:

- I —— 对于在轿厢侧的导向轮;
- II —— 对于在对重侧的导向轮;
- III —— 仅对于悬挂比大于 1。

公式(29)~公式(32)中:

- $a$  —— 轿厢制动减速度(绝对值),单位为米每二次方秒( $m/s^2$ )。
- $FR_{car}$  —— 井道内的摩擦力(轿厢侧轴承的效率和导轨摩擦力等),单位为牛(N)。
- $FR_{cwt}$  —— 井道内的摩擦力(对重侧轴承的效率和导轨摩擦力等),单位为牛(N)。
- $g_n$  —— 标准重力加速度,取值  $9.81 m/s^2$ 。
- $H$  —— 提升高度,单位为米(m)。
- $i_{Pcar}$  —— 轿厢侧具有相同转速( $v_{pulley}$ )的滑轮的数量(不包括导向轮)。
- $i_{Pcwt}$  —— 对重侧具有相同转速( $v_{pulley}$ )的滑轮的数量(不包括导向轮)。
- $i_{PTD}$  —— 张紧装置的滑轮数量。

- $J$  ——导向轮或滑轮的转动惯量,单位为千克二次方米( $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ )。
- $m_{\text{DP}}$  ——轿厢和(或)对重侧导向轮惯量的折算质量, $m_{\text{DP}} = J_{\text{DP}} \cdot (v_{\text{pulley}}/v)^2/R^2$ ,单位为千克(kg)。
- $m_{\text{Pcar}}$  ——轿厢侧滑轮惯量的折算质量, $m_{\text{Pcar}} = J_{\text{Pcar}} \cdot (v_{\text{pulley}}/v)^2/R^2$ ,单位为千克(kg)。
- $m_{\text{Pcwt}}$  ——对重侧滑轮惯量的折算质量, $m_{\text{Pcwt}} = J_{\text{Pcwt}} \cdot (v_{\text{pulley}}/v)^2/R^2$ ,单位为千克(kg)。
- $m_{\text{PTD}}$  ——张紧装置的一个滑轮惯量的折算质量, $m_{\text{PTD}} = J_{\text{PTD}}/R^2$ ,单位为千克(kg)。
- $M_{\text{Comp}}$  ——张紧装置(包括滑轮)的质量,单位为千克(kg)。
- $M_{\text{CR}}$  ——补偿绳(链)的实际质量 $[(0.5H \pm y) \times n_c \times \text{补偿装置单位长度的质量}]$ ,单位为千克(kg)。
- $M_{\text{CRcar}}$  ——轿厢侧的  $M_{\text{CR}}$ 。
- $M_{\text{CRcwt}}$  ——对重侧的  $M_{\text{CR}}$ 。
- $M_{\text{cwt}}$  ——对重(包括滑轮)的质量,单位为千克(kg)。
- $M_{\text{SR}}$  ——悬挂钢丝绳的实际质量 $[(0.5H \pm y) \times n_s \times \text{悬挂钢丝绳单位长度的质量}]$ ,单位为千克(kg)。
- $M_{\text{SRcar}}$  ——轿厢侧的  $M_{\text{SR}}$ 。在驱动主机下置的情况下,从驱动主机到井道顶层空间滑轮的悬挂钢丝绳质量称为  $M_{\text{SR1car}}$ ;从井道顶层空间滑轮到轿厢的悬挂钢丝绳质量称为  $M_{\text{SR2car}}$ (当轿厢在顶层端站时, $M_{\text{SR2car}} = 0$ )。
- $M_{\text{SRcwt}}$  ——对重侧的  $M_{\text{SR}}$ 。在驱动主机下置的情况下,从驱动主机到井道顶层空间滑轮的悬挂钢丝绳质量称为  $M_{\text{SR1cwt}}$ ;从井道顶层空间滑轮到对重的悬挂钢丝绳质量称为  $M_{\text{SR2cwt}}$ (当对重在顶层端站时, $M_{\text{SR2cwt}} = 0$ )。
- $M_{\text{Trav}}$  ——随行电缆的实际质量 $[(0.25H \pm 0.5y) \times n_t \times \text{随行电缆单位长度的质量}]$ ,单位为千克(kg)。
- $n_c$  ——补偿绳(链)的数量。
- $n_s$  ——悬挂钢丝绳的数量。
- $n_t$  ——随行电缆的数量。
- $P$  ——空载轿厢质量,单位为千克(kg)。
- $Q$  ——额定载重量,单位为千克(kg)。
- $T_1, T_2$  ——曳引轮两侧悬挂钢丝绳拉力,单位为牛(N)。
- $R$  ——导向轮或滑轮的节圆半径,单位为米(m)。
- $r$  ——悬挂比。
- $v_{\text{pulley}}$  ——滑轮的转速(绳速),单位为米每秒(m/s)。
- $y$  ——与零点的距离[以  $H/2$  处作为零点( $y=0$ )],单位为米(m)。

## 5.12 电梯悬挂钢丝绳安全系数的计算

### 5.12.1 总则

依据引用本部分的规定的规定(如 GB/T 7588.1—2020 中的 5.5.2.2),本章给出计算悬挂钢丝绳安全系数  $S_f$  的方法。该方法仅适用于:

- a) 钢质(或铸铁)曳引轮;和
- b) 符合 GB/T 8903 的钢丝绳。

注：该方法基于假定在正常的维护和检查的情况下，钢丝绳有足够的寿命。

5.12.2 滑轮的等效数量( $N_{equiv}$ )

5.12.2.1 总则

弯折次数以及每次弯折的严重程度会导致钢丝绳的劣化。同时，绳槽的类型(U型或V型)以及是否有反向弯折也有影响。

每次弯折按严重程度可以等效为一定数量的简单弯折。

简单弯折为钢丝绳运行于一个半径不大于钢丝绳公称直径 0.53 倍的 U 型槽。

简单弯折的数量相当于滑轮的等效数量( $N_{equiv}$ )，其数值从公式(33)得出：

$$N_{equiv} = N_{equiv(t)} + N_{equiv(p)} \dots\dots\dots (33)$$

式中：

$N_{equiv(t)}$ ——曳引轮的等效数量；

$N_{equiv(p)}$ ——导向轮的等效数量。

5.12.2.2  $N_{equiv(t)}$  的计算

$N_{equiv(t)}$  的数值可从表 2 查得。

表 2 曳引轮的等效数量[ $N_{equiv(t)}$ ]的计算

V 型槽或带切口的 V 型槽	V 型槽的角度值( $\gamma$ )	35°	36°	38°	40°	42°	45°	50°
	$N_{equiv(t)}$	18.5	16.0	12.0	10.0	8.0	6.5	5.0
带切口的 U 型槽	U 型槽的切口角度值( $\beta$ )	75°	80°	85°	90°	95°	100°	105°
	$N_{equiv(t)}$	2.5	3.0	3.8	5.0	6.7	10.0	15.2

对于不带切口的 U 型槽， $N_{equiv(t)} = 1$ 。

对于表 2 中以外的角度， $N_{equiv(t)}$  值采用线性插值法确定。

5.12.2.3  $N_{equiv(p)}$  的计算

反向弯折仅在下述情况时考虑：即钢丝绳与两个连续的滑轮的接触点之间的距离(两滑轮的轴之间具有固定的距离)小于钢丝绳直径的 200 倍且弯曲平面旋转大于 120°。 $N_{equiv(p)}$  应按公式(34)和公式(35)计算：

$$N_{equiv(p)} = K_p \cdot (N_{ps} + 4N_{pr}) \dots\dots\dots (34)$$

式中：

$K_p$  ——与曳引轮和滑轮直径有关的系数；

$N_{ps}$  ——引起简单弯折的滑轮数量；

$N_{pr}$  ——引起反向弯折的滑轮数量。

其中：

$$K_p = \left(\frac{D_t}{D_p}\right)^4 \dots\dots\dots (35)$$

式中：

$D_t$  ——曳引轮直径；

$D_p$  ——除曳引轮外的所有滑轮的平均直径。

注：滑轮的等效数量的计算示例见附录 E。

### 5.12.3 安全系数

对于给定的钢丝绳传动设计，考虑正确的  $D_t/d_r$  比值和钢丝绳在最恶劣工况下计算得到的  $N_{equiv}$ ，最小安全系数可从图 10 查得。

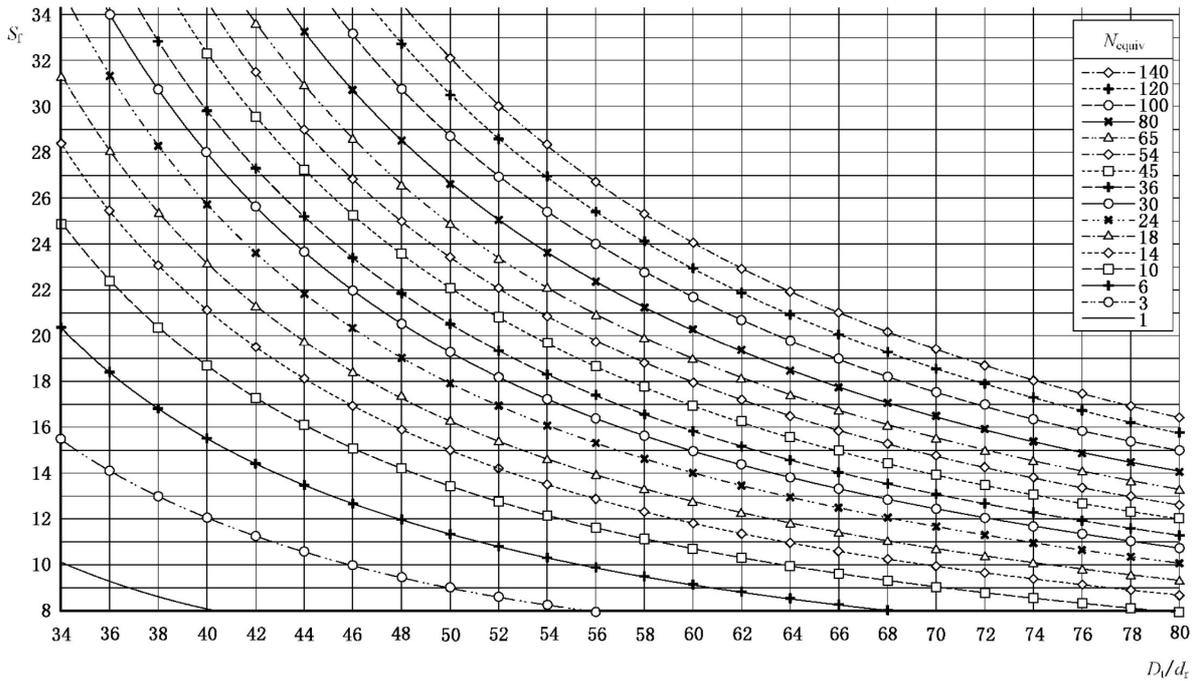


图 10 最小安全系数的计算

图 10 中的曲线是基于公式(36)得出：

$$S_f = 10^{\left( \frac{\lg \left( \frac{695.85 \times 10^6 \times N_{equiv}}{\left( \frac{D_t}{d_r} \right)^{8.567}} \right)}{\lg \left( 77.09 \times \left( \frac{D_t}{d_r} \right)^{-2.894} \right)} \right)} \dots\dots\dots (36)$$

式中：

$S_f$  ——安全系数；

$N_{equiv}$  ——滑轮的等效数量；

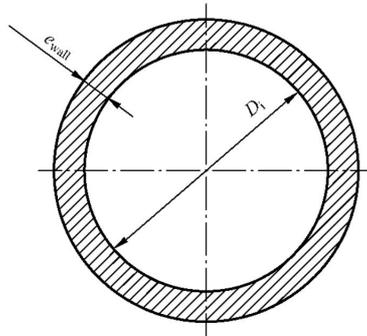
$D_t$  ——曳引轮直径；

$d_r$  ——钢丝绳直径。

## 5.13 柱塞、缸筒、硬管和附件的计算

## 5.13.1 抗过压计算

## 5.13.1.1 柱塞、缸筒、硬管和附件的壁厚计算(见图 11)



说明:

$e_{\text{wall}}$  —— 缸筒/柱塞/硬管的壁厚,单位为毫米(mm);

$D_i$  —— 缸筒/柱塞/硬管的内直径,单位为毫米(mm)。

图 11 壁厚尺寸

壁厚应符合公式(37):

$$e_{\text{wall}} \geq \frac{2.3 \times 1.7p}{R_{p0.2}} \times \frac{D_i}{2} + e_0 \quad \dots\dots\dots (37)$$

式中:

$D_i$  —— 缸筒的内直径,单位为毫米(mm);

$e_0$  —— 对于缸筒的壁和基座以及位于缸筒与破裂阀之间的硬管(如果有),取 1.0 mm;对于柱塞和其他硬管,取 0.5 mm;

$e_{\text{wall}}$  —— 缸筒/柱塞/硬管的壁厚,单位为毫米(mm);

$p$  —— 满载压力,单位为兆帕(MPa);

$R_{p0.2}$  —— 屈服强度,单位为兆帕(MPa);

2.3 —— 摩擦损失系数(1.15)和压力峰值系数(2)的乘积;

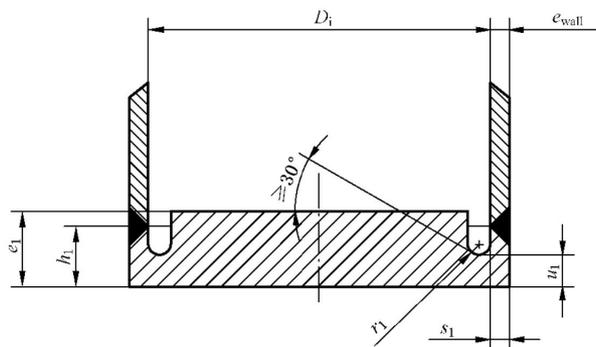
1.7 —— 屈服应力安全系数。

## 5.13.1.2 缸筒基座厚度的计算

## 5.13.1.2.1 总则

所示的例子不排除其他可能的缸筒结构设计。

5.13.1.2.2 具有消除焊接应力槽的扁平基座(见图 12)



说明:

- $e_1$  —— 扁平基座的厚度,单位为毫米(mm);
- $h_1$  —— 基座的外壁高度,单位为为毫米(mm);
- $D_i$  —— 缸筒的内直径,单位为毫米(mm);
- $e_{wall}$  —— 缸筒的壁厚,单位为毫米(mm);
- $u_1$  —— 消除焊接应力槽底部的基座厚度,单位为毫米(mm);
- $r_1$  —— 消除焊接应力槽的半径,单位为毫米(mm);
- $s_1$  —— 基座的壁厚,单位为毫米(mm)。

图 12 具有消除焊接应力槽的扁平基座

结构尺寸应满足公式(38)~公式(42)的条件:

$$r_1 \geq 0.2e_1 \text{ 且 } r_1 \geq 5 \quad \dots\dots\dots(38)$$

$$u_1 \leq 1.5s_1 \quad \dots\dots\dots(39)$$

$$h_1 \geq u_1 + r_1 \quad \dots\dots\dots(40)$$

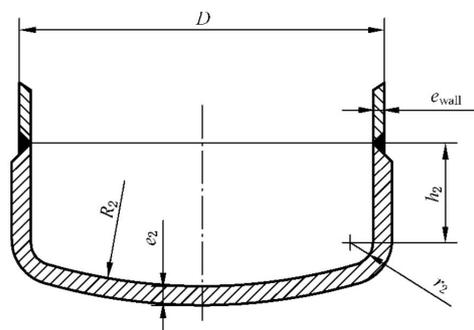
$$e_1 \geq 0.4D_i \sqrt{\frac{2.3 \times 1.7p}{R_{p0.2}}} + e_0 \quad \dots\dots\dots(41)$$

$$u_1 \geq 1.3 \left( \frac{D_i}{2} - r_1 \right) \left( \frac{2.3 \times 1.7p}{R_{p0.2}} \right) + e_0 \quad \dots\dots\dots(42)$$

式中:

- $D_i$  —— 缸筒的内直径,单位为毫米(mm);
- $e_0$  —— 对于缸筒的壁和基座,取 1.0 mm;
- $e_1$  —— 扁平基座的厚度,单位为毫米(mm);
- $h_1$  —— 基座的外壁高度,单位为毫米(mm);
- $p$  —— 满载压力,单位为兆帕(MPa);
- $r_1$  —— 消除焊接应力槽的半径,单位为毫米(mm);
- $s_1$  —— 基座的壁厚,单位为毫米(mm);
- $R_{p0.2}$  —— 屈服强度,单位为兆帕(MPa);
- $u_1$  —— 消除焊接应力槽底部的基座厚度,单位为毫米(mm);
- 2.3 —— 摩擦损失系数(1.15)和压力峰值系数(2)的乘积;
- 1.7 —— 屈服应力安全系数。

## 5.13.1.2.3 曲面形基座(见图 13)



说明:

- $D$  —— 缸筒的外直径,单位为毫米(mm);  
 $e_2$  —— 曲面形基座的厚度,单位为毫米(mm);  
 $e_{\text{wall}}$  —— 缸筒的壁厚,单位为毫米(mm);  
 $h_2$  —— 基座壁的高度,单位为毫米(mm);  
 $r_2$  —— 基座的内转角半径,单位为毫米(mm);  
 $R_2$  —— 曲面形基座的内半径,单位为毫米(mm)。

图 13 曲面形基座

结构尺寸应满足公式(43)~公式(46)的条件:

$$h_2 \geq 3.0e_2 \quad \dots\dots\dots (43)$$

$$r_2 \geq 0.15D \quad \dots\dots\dots (44)$$

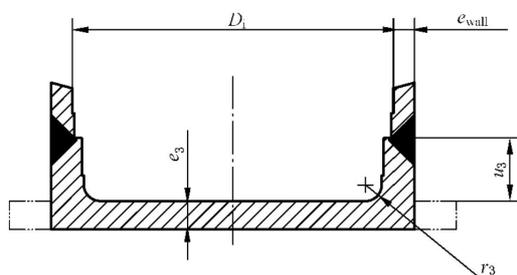
$$R_2 = 0.8D \quad \dots\dots\dots (45)$$

$$e_2 \geq \frac{2.3 \times 1.7p}{R_{p0.2}} \times \frac{D}{2} + e_0 \quad \dots\dots\dots (46)$$

式中:

- $D$  —— 缸筒的外直径,单位为毫米(mm);  
 $e_0$  —— 对于缸筒的壁和基座,取 1.0 mm;  
 $e_2$  —— 曲面形基座的厚度,单位为毫米(mm);  
 $h_2$  —— 基座壁的高度,单位为毫米(mm);  
 $p$  —— 满载压力,单位为兆帕(MPa);  
 $r_2$  —— 基座的内转角半径,单位为毫米(mm);  
 $R_2$  —— 曲面形基座的内半径,单位为毫米(mm);  
 $R_{p0.2}$  —— 屈服强度,单位为兆帕(MPa);  
2.3 —— 摩擦损失系数(1.15)和压力峰值系数(2)的乘积;  
1.7 —— 屈服应力安全系数。

5.13.1.2.4 具有焊接翼缘的扁平基座(见图 14)



说明:

- $D_i$  —— 缸筒的内直径,单位为毫米(mm);
- $e_3$  —— 扁平基座的厚度,单位为毫米(mm);
- $e_{wall}$  —— 缸筒的壁厚,单位为毫米(mm);
- $r_3$  —— 基座的内转角半径,单位为毫米(mm);
- $u_3$  —— 基座壁的高度,单位为毫米(mm)。

图 14 具有焊接翼缘的扁平基座

结构尺寸应满足公式(47)~公式(49)的条件:

$$u_3 \geq e_3 + r_3 \quad \dots\dots\dots (47)$$

$$r_3 \geq \frac{e_{wall}}{3} \text{ 且 } r_3 \geq 8 \quad \dots\dots\dots (48)$$

$$e_3 \geq 0.4D_i \sqrt{\frac{2.3 \times 1.7p}{R_{p0.2}}} + e_0 \quad \dots\dots\dots (49)$$

式中:

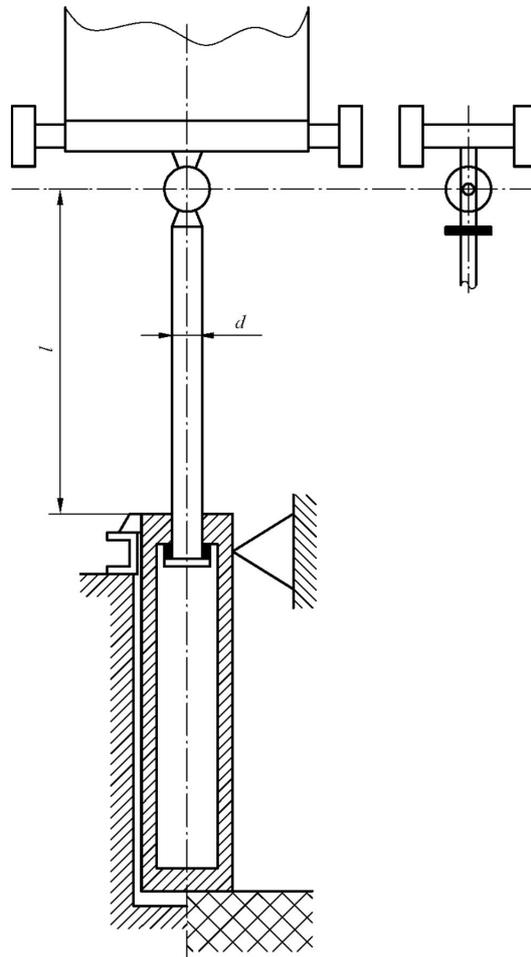
- $D_i$  —— 缸筒的内直径,单位为毫米(mm);
- $e_0$  —— 对于缸筒基座,取 1.0 mm;
- $e_3$  —— 扁平基座的厚度,单位为毫米(mm);
- $e_{wall}$  —— 缸筒的壁厚,单位为毫米(mm);
- $p$  —— 满载压力,单位为兆帕(MPa);
- $r_3$  —— 基座的内转角半径,单位为毫米(mm);
- $R_{p0.2}$  —— 屈服强度,单位为兆帕(MPa);
- $u_3$  —— 基座壁的高度,单位为毫米(mm);
- 2.3 —— 摩擦损失系数(1.15)和压力峰值系数(2)的乘积;
- 1.7 —— 屈服应力安全系数。

5.13.2 液压缸抗压弯的计算

5.13.2.1 总则

对于压弯应力计算,应按公式(50)~公式(58)在抗压弯能力最弱的部分进行。

5.13.2.2 单级液压缸(见图 15)



说明:

$d$  —— 柱塞的直径;

$l$  —— 受压弯作用的柱塞的长度。

图 15 单级液压缸

对于  $\lambda_n \geq 100$ : 
$$F_s \leq \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J_n}{2 \cdot l^2} \dots\dots\dots (50)$$

对于  $\lambda_n < 100$ : 
$$F_s \leq \frac{A_n}{2} \left[ R_m - (R_m - 210) \left( \frac{\lambda_n}{100} \right)^2 \right] \dots\dots\dots (51)$$

$$F_s = 1.4g_n [c_m(P + Q) + 0.64P_r + P_{rh}] \dots\dots\dots (52)$$

注: 适用于柱塞向上伸出的液压缸。

式中:

$A_n$  —— 所计算柱塞的截面积( $n=1$ ), 单位为平方毫米( $\text{mm}^2$ );

$c_m$  —— 绕绳比;

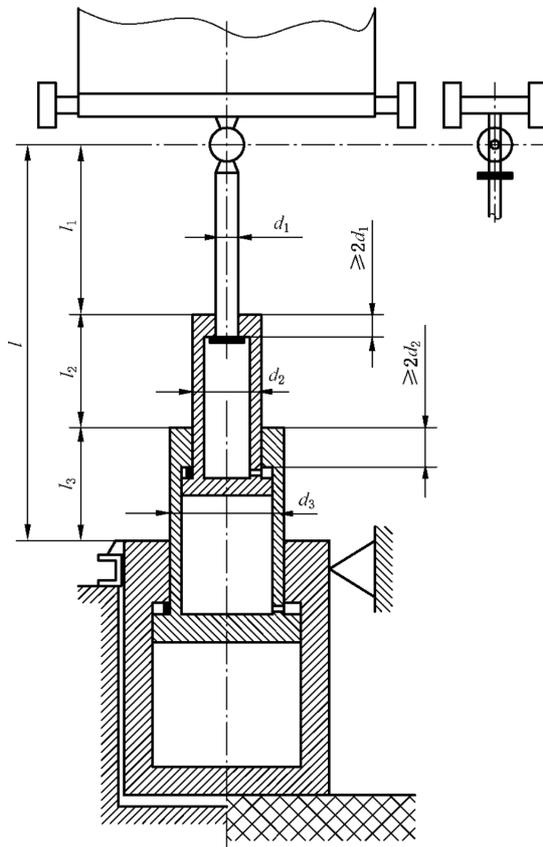
$E$  —— 弹性模量, 单位为兆帕(MPa); 钢的弹性模量为  $E=2.1 \times 10^5$  MPa;

$F_s$  —— 实际施加的压弯力, 单位为牛(N);

$g_n$  —— 标准重力加速度, 取值  $9.81 \text{ m/s}^2$ ;

- $i_n$  —— 所计算柱塞的截面惯性半径( $n=1$ ),单位为毫米(mm);
- $J_n$  —— 所计算柱塞的截面惯性矩( $n=1$ ),单位为四次方毫米(mm<sup>4</sup>);
- $l$  —— 承受压弯作用的柱塞的最大长度,单位为毫米(mm);
- $P$  —— 空载轿厢与由轿厢支承的零部件[如部分随行电缆、补偿绳或链(如果有)等]的质量和,单位为千克(kg);
- $P_r$  —— 所计算柱塞的质量,单位为千克(kg);
- $P_{rh}$  —— 柱塞端部设备(如果有)的质量,单位为千克(kg);
- $Q$  —— 额定载重量,单位为千克(kg);
- $R_m$  —— 材料的抗拉强度,单位为兆帕(MPa);
- $\lambda_n = l/i_n$  —— 所计算柱塞的长细比;
- 1.4 —— 过压系数;
- 2 —— 抗压弯安全系数。

5.13.2.3 无外部导向装置的多级液压缸柱塞的计算(见图 16)



说明:

- $d_1, d_2, d_3$  —— 多级液压缸各级柱塞的直径;
- $l$  —— 承受压弯作用的柱塞的长度;
- $l_1, l_2, l_3$  —— 多级液压缸承受压弯作用的各级柱塞的长度。

图 16 无外部导向装置的多级液压缸

$$l = l_1 + l_2 + l_3$$

$$l_1 = l_2 = l_3$$

$$\nu = \sqrt{\frac{J_1}{J_2}}$$

( $J_3 \geq J_2 > J_1$ , 对简化计算假定:  $J_3 = J_2$ )

对于 2 级液压缸:

当  $0.22 < \nu < 0.65$  时,  $\varphi = 1.25\nu - 0.2$

对于 3 级液压缸:

当  $0.22 < \nu \leq 0.65$  时,  $\varphi = 1.5\nu - 0.2$

当  $0.65 < \nu \leq 1$  时,  $\varphi = 0.65\nu + 0.35$

$$\lambda_e = \frac{l}{i_e}, \text{ 其中 } i_e = \frac{d_m}{4} \sqrt{\varphi \left[ 1 + \left( \frac{d_{mi}}{d_m} \right)^2 \right]}$$

对于  $\lambda_e \geq 100$ :

$$F_s \leq \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J_2}{2 \cdot l^2} \cdot \varphi \quad \dots\dots\dots (53)$$

对于  $\lambda_e < 100$ :

$$F_s \leq \frac{A_n}{2} \left[ R_m - (R_m - 210) \left( \frac{\lambda_n}{100} \right)^2 \right] \quad \dots\dots\dots (54)$$

$$F_s = 1.4 g_n [c_m (P + Q) + 0.64 P_r + P_{rh} + P_{rt}] \quad \dots\dots\dots (55)$$

注: 适用于柱塞向上伸出的液压缸。

式中:

$A_n$  —— 所计算柱塞的截面积( $n=1, 2, 3$ ), 单位为平方毫米( $\text{mm}^2$ );

$c_m$  —— 绕绳比;

$d_m$  —— 多级液压缸最大柱塞的外直径, 单位为毫米(mm);

$d_{mi}$  —— 多级液压缸最大柱塞的内直径, 单位为毫米(mm);

$E$  —— 弹性模量, 单位为兆帕(MPa); 钢的弹性模量  $E = 2.1 \times 10^5$  MPa;

$F_s$  —— 实际施加的压弯力, 单位为牛(N);

$g_n$  —— 标准重力加速度, 取值  $9.81 \text{ m/s}^2$ ;

$i_e$  —— 多级液压缸的等效截面惯性半径, 单位为毫米(mm);

$i_n$  —— 所计算柱塞的截面惯性半径( $n=1, 2, 3$ ), 单位为毫米(mm);

$J_n$  —— 所计算柱塞的截面惯性矩( $n=1, 2, 3$ ), 单位为四次方毫米( $\text{mm}^4$ );

$l$  —— 承受压弯作用的柱塞的最大长度, 单位为毫米(mm);

$P$  —— 空载轿厢与由轿厢支承的零部件[如部分随行电缆、补偿绳或链(如果有)等]的质量和, 单位为千克(kg);

$P_r$  —— 所计算柱塞的质量, 单位为千克(kg);

$P_{rh}$  —— 柱塞端部设备(如果有)的质量, 单位为千克(kg);

$P_{rt}$  —— 作用在所计算柱塞上的柱塞质量(对于多级液压缸), 单位为千克(kg);

$Q$  —— 额定载重量, 单位为千克(kg);

$R_m$  —— 材料的抗拉强度, 单位为兆帕(MPa);

$\lambda_e$  —— 多级液压缸等效长细比,  $\lambda_e = l/i_e$ ;

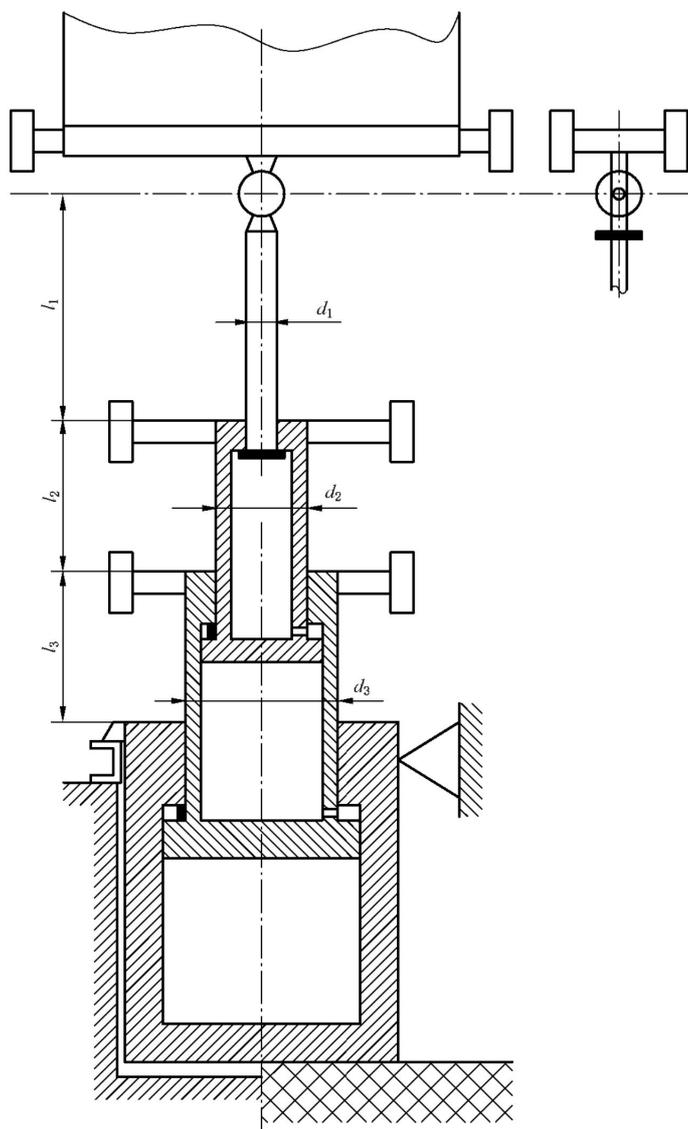
$\lambda_n$  —— 所计算柱塞的长细比,  $\lambda_n = l/i_n$ ;

$\nu, \varphi$  —— 用于表示由试验曲线得出的近似值的系数;

1.4 —— 过压系数;

2 —— 抗压弯安全系数。

5.13.2.4 具有外部导向装置的多级液压缸(见图 17)



说明:

$d_1, d_2, d_3$ ——多级液压缸各级柱塞的直径;

$l_1, l_2, l_3$ ——多级液压缸承受压弯作用的各级柱塞的长度。

图 17 具有外部导向装置的多级液压缸

对于  $\lambda_n \geq 100$ :

$$F_s \leq \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J_n}{2 \cdot l_n^2} \dots\dots\dots (56)$$

对于  $\lambda_n < 100$ :

$$F_s \leq \frac{A_n}{2} \left[ R_m - (R_m - 210) \left( \frac{\lambda_n}{100} \right)^2 \right] \dots\dots\dots (57)$$

$$F_s = 1.4g_n [c_m(P + Q) + 0.64P_r + P_{rh} + P_{rt}] \dots\dots\dots (58)$$

注：适用于柱塞向上伸出的液压缸。

式中：

$A_n$  ——所计算柱塞的截面积( $n=1,2,3$ ),单位为平方毫米( $\text{mm}^2$ );

$c_m$  ——绕绳比;

$E$  ——弹性模量,单位为兆帕(MPa);钢的弹性模量  $E=2.1\times 10^5$  MPa;

$F_s$  ——实际施加的压弯力,单位为牛(N);

$g_n$  ——标准重力加速度,取值  $9.81\text{ m/s}^2$ ;

$i_n$  ——所计算柱塞的截面惯性半径( $n=1,2,3$ ),单位为毫米(mm);

$J_n$  ——所计算柱塞的截面惯性矩( $n=1,2,3$ ),单位为四次方毫米( $\text{mm}^4$ );

$l_n$  ——所计算柱塞的长度( $n=1,2,3$ ),单位为毫米(mm);

$P$  ——空载轿厢与由轿厢支承的零部件[如部分随行电缆、补偿绳或链(如果有)等]的质量和,单位为千克(kg);

$P_r$  ——所计算柱塞的质量,单位为千克(kg);

$P_{rh}$  ——柱塞端部设备(如果有)的质量,单位为千克(kg);

$P_{rt}$  ——作用在所计算柱塞上的柱塞质量(对于多级液压缸),单位为千克(kg);

$Q$  ——额定载重量,单位为千克(kg);

$R_m$  ——材料的抗拉强度,单位为兆帕(MPa);

$\lambda_n$  ——所计算柱塞的长细比,  $\lambda_n=l_n/i_n$ ;

1.4 ——过压系数;

2 ——抗压弯安全系数。

## 5.14 摆锤冲击试验

### 5.14.1 总则

摆锤冲击试验应按下述条款的规定进行。

注：摆锤冲击试验可适用于同系列门(如基于类型和最大尺寸与最小尺寸的同系列门)。

### 5.14.2 试验架

#### 5.14.2.1 硬摆锤冲击装置

硬摆锤冲击装置应如图 18 所示。该装置包含一个由符合 GB/T 34560.2—2017 的钢材 Q235B 制成的冲击环,一个由符合 GB/T 34560.2—2017 的钢材 Q355B 制成的壳体,内填充直径为  $(3.5\pm 0.5)\text{mm}$  的铅球。该装置总质量为  $(10\pm 0.01)\text{kg}$ 。

#### 5.14.2.2 软摆锤冲击装置

软摆锤冲击装置应如图 19 所示。该装置为一个由皮革制成的冲击袋,内填充直径为  $(3.5\pm 0.5)\text{mm}$  的铅球,其总质量为  $(45\pm 0.5)\text{kg}$ 。

#### 5.14.2.3 摆锤冲击装置的悬挂

摆锤冲击装置应采用直径约为 3 mm 的钢丝绳悬挂,并使自由悬挂的冲击装置的最外侧与被试面板之间的水平距离为  $(15\pm 10)\text{mm}$ 。

摆的长度(钩的底端至冲击装置参考点的长度)应至少为 1.50 m。

#### 5.14.2.4 提拉和触发装置

悬挂的摆锤冲击装置应通过提拉和触发装置的牵引从被试面板上摆,上摆的高度符合 5.14.3.2 和

5.14.3.3 的要求。在释放的瞬间,触发装置不对摆锤冲击装置产生附加的冲击。

悬挂钢丝绳应勾挂住摆锤冲击装置而没有任何的扭转,以防止在触发后摆锤冲击装置的旋转。

在触发前,悬挂钢丝绳与摆锤冲击装置的中心线应在一条直线上,可通过一个三角的勾挂装置,在触发位置使摆锤冲击装置的重心与提拉钢丝绳在一条直线上。

#### 5.14.2.5 试验样品

5.14.2.5.1 试验样品应完整,并应具有按指定用途的尺寸和固定方式。样品应固定在试验框架上,固定点在试验条件下不应变形(刚性固定)。

5.14.2.5.2 提供的试验样品应已完成所需的制造加工(如边、孔等的加工等)。

#### 5.14.3 试验

5.14.3.1 试验时的环境温度应为 $(23\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 。试验前,试验样品应在该温度下放置至少 4 h。

5.14.3.2 硬摆锤冲击试验应使用 5.14.2.1 规定的装置(见图 18),在图 20 规定的跌落高度和试验布置的条件下进行。

5.14.3.3 软摆锤冲击试验应使用 5.14.2.2 规定的装置(见图 19),在图 20 规定的跌落高度和试验布置的条件下进行。

5.14.3.4 应将摆锤冲击装置提升到引用本部分的标准中要求的跌落高度(如 GB/T 7588.1—2020 中的 5.3.5.3.4)处释放。

如果摆锤冲击装置不可能撞击到试验样品规定的撞击点(如:试验样品的面板宽度小于 240 mm),则应尽可能接近规定的撞击点[见引用本部分的标准中规定的要求(如 GB/T 7588.1—2020)]。

5.14.3.5 5.14.2.1 和 5.14.2.2 中规定的每个装置对每个撞击点仅进行一次试验。

如果硬摆锤和软摆锤冲击试验均需进行,两种试验应在同一试验样品上进行,且先做硬摆锤冲击试验。

5.14.3.6 对于层门,应从层站侧试验。对于轿门和轿壁,应从轿厢内侧试验。

#### 5.14.4 试验结果说明

试验完成后,应按照引用本部分的标准检查以下内容:

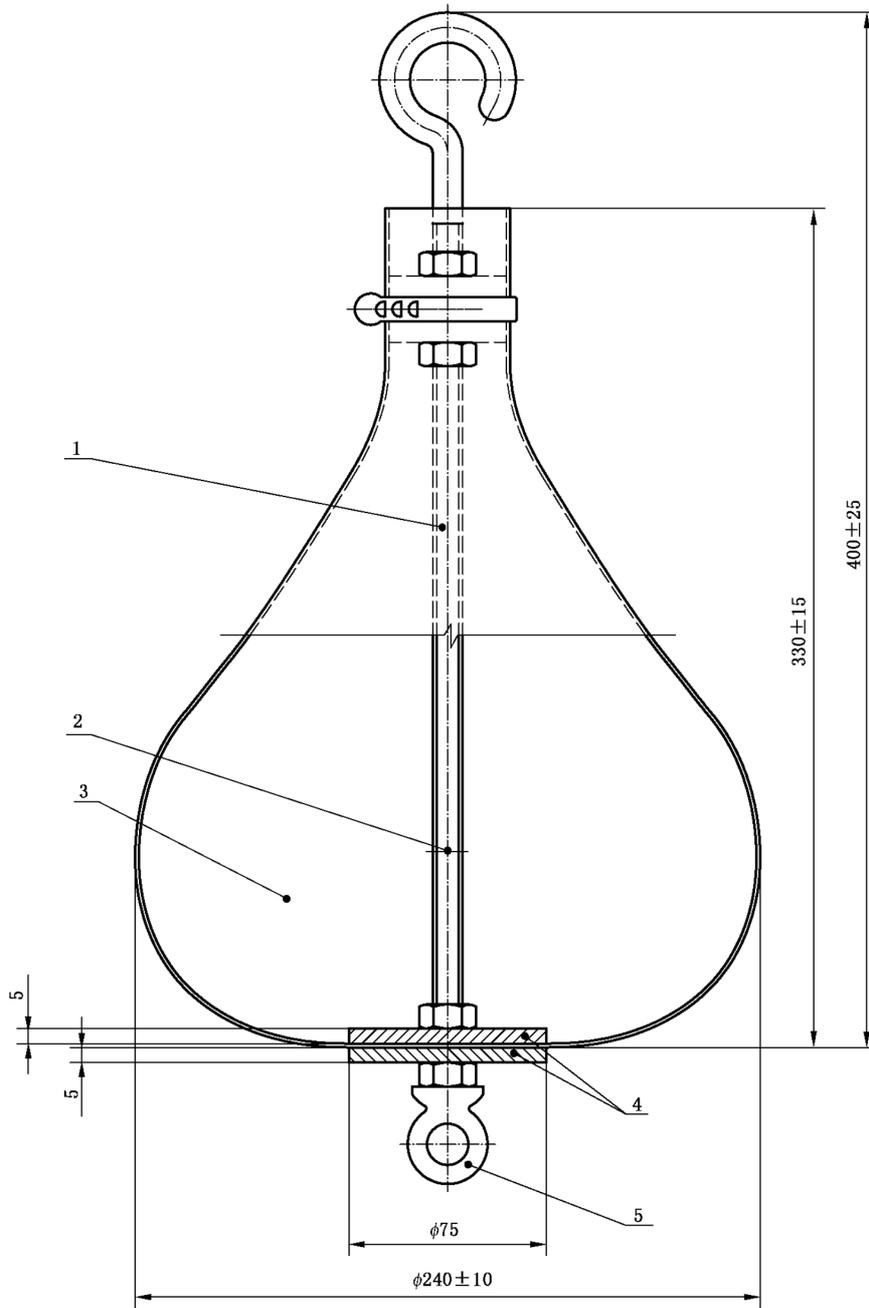
- a) 失去完整性;
- b) 永久变形;
- c) 裂纹或破碎。

#### 5.14.5 试验报告

试验报告应包含下列内容:

- a) 试验单位的名称和地址;
- b) 试验的日期;
- c) 面板的尺寸和结构;
- d) 面板的固定方式;
- e) 试验时的跌落高度;
- f) 试验的次数;
- g) 试验结果;
- h) 试验负责人的签字。

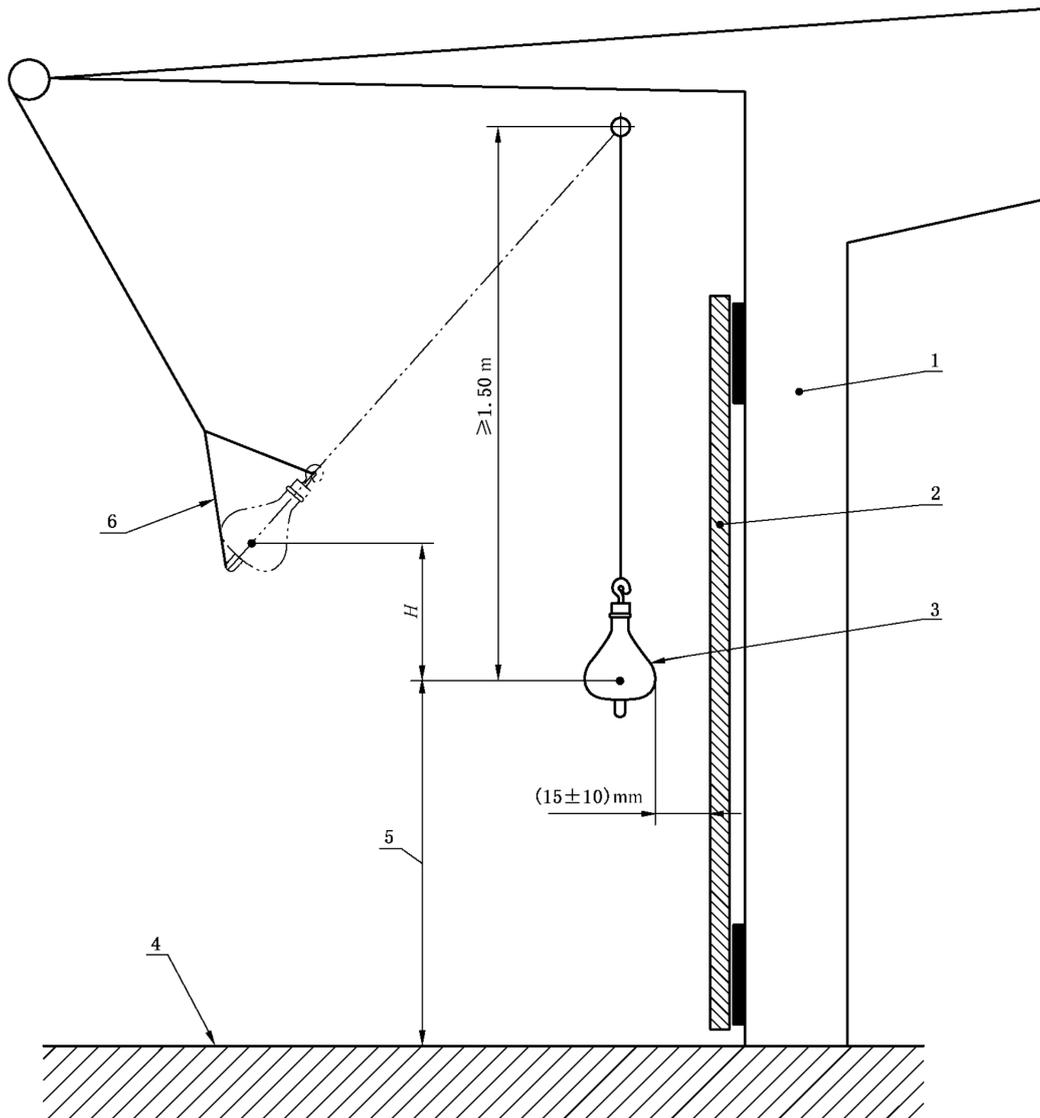




说明：

- 1——螺杆；
- 2——在最大直径的平面内测量跌落高度的参考点；
- 3——皮袋；
- 4——钢制圆盘；
- 5——触发装置附件。

图 19 软摆锤冲击装置



说明：

$H$  —— 跌落高度；

1 —— 框架；

2 —— 所试验的门或轿壁；

3 —— 冲击装置；

4 —— 所试验的门或轿壁的参考地平面；

5 —— 撞击点高度，具体值见引用本部分的标准；

6 —— 5.14.2.4 所述的三角的勾挂装置。

图 20 试验装置的跌落高度

### 5.15 电气元件的故障排除

故障排除仅考虑这些元件在性能、参数、温度、湿度、电压和振动的所限定的最恶劣的条件之内使用。

表 3 规定了各种故障可排除的条件。

表 3 故障排除

元件	可排除故障					条件	备注	
	断路	短路	改变为更高值	改变为更低值	改变功能			
1 无源元件								
1.1 定值电阻	否	(a)	否	(a)		(a) 仅对根据有关的国家标准进行轴向连接,且由涂漆或封闭处理的电阻膜制成的薄膜电阻器和由漆包线或封闭保护的单层绕制的线绕电阻器		
1.2 可变电阻	否	否	否	否				
1.3 非线性电阻,如:NTC、PTC、VDR、IDR等	否	否	否	否				
1.4 电容	否	否	否	否				
1.5 电感元件 ——线圈 ——扼流圈	否	否		否				
2 半导体								
2.1 二极管、发光二极管	否	否			否		改变功能是指反向电流值的改变	
2.2 稳压二极管	否	否		否	否		改变为更低值是指稳压电压的改变; 改变功能是指反向电流值的改变	
2.3 三极管、晶闸管、可关断晶闸管	否	否			否		改变功能是指误触发或不触发	
2.4 光耦合器	否	(a)			否	(a) 可排除的条件是光耦合器符合 GB/T 15651 的要求,且绝缘电压至少符合以下的要求 (GB/T 16935.1—2008 表 F.1)	断路是指发光二极管及光电晶体管两个基本元件之一断路。短路是指两者之间短路	
						从交流或直流标称电压导出线对中性点的电压不大于 [单位为伏(V)]		设备额定冲击电压的过电压优先数 [单位为伏(V)] 类别 III
						50		800

表 3 (续)

元件	可排除故障					条件	备注	
	断路	短路	改变为更高值	改变为更低值	改变功能			
2.4 光耦合器	否	(a)			否	100	1 500	断路是指发光二极管及光电晶体管两个基本元件之一断路。短路是指两者之间短路
						150	2 500	
						300	4 000	
						600	6 000	
						1 000	8 000	
2.5 混合电路	否	否	否	否	否			
2.6 集成电路	否	否	否	否	否		功能改变成振荡,与门变成或门等	
3 其他元件								
3.1 连接件(端子、接插件)	否	(a)				<p>(a) 连接件短路故障排除的条件是:</p> <p>各最小数值在下列条件下满足 GB/T 16935.1—2008 的要求:</p> <p>——污染等级是 3;</p> <p>——材料组别是 III;</p> <p>——非均匀电场。</p> <p>不使用 GB/T 16935.1—2008 表 F.4 中的“印制线路材料”栏。</p> <p>这些是在连接件上能找到的绝对最小值,而非间距尺寸或理论数值。</p> <p>当连接件的防护等级不低于 IP5X 时,爬电距离可以减小到电气间隙值,如:对 250 V 有效电压值为 3 mm</p>		
3.2 氖灯泡	否	否						
3.3 变压器	否	(a)	(b)	(b)		<p>(a) (b)可被排除的条件是:</p> <p>对于线圈之间和线圈与铁心之间的双重绝缘或加强绝缘,变压器满足 GB/T 19212.1—2016 中第 18 章的要求</p>	<p>短路包括初级或次级线圈内部的短路,或初级与次级线圈之间的短路。</p> <p>改变数值是指线圈内部分短路导致的变压比改变</p>	
3.4 熔断器		(a)				<p>(a) 如果熔断器规格正确且结构符合适用的国家标准,则该故障可以排除</p>	短路是指熔断体熔断后的短路	

表 3 (续)

元件	可排除故障					条件	备注
	断路	短路	改变 为更 高值	改变 为更 低值	改变 功能		
3.5 继电器	否	(a) (b)				(a) 如果继电器满足引用本部分的标准的规定(如 GB/T 7588.1—2020 中的 5.10.3.2.2),则触点间的短路及触点与线圈间的短路可以排除; (b) 触点烧熔不能排除。 然而,引用本部分的标准中的假设(GB/T 7588.1—2020 中的 5.10.3.1.2 和 5.10.3.1.3)适用	
3.6 印制电路板 (PCB)	否	(a)				(a) 短路排除的条件: ——PCB 总体技术条件符合 GB/T 16261 的要求; ——基材符合 GB/T 4721、GB/T 4723、GB/T 4724 或 GB/T 4725 的要求; ——PCB 的结构符合上述要求,而且各最小数值在下列条件下满足 GB/T 16935.1—2008 的要求: ● 污染等级是 3; ● 材料组别是 III; ● 非均匀电场。 不使用 GB/T 16935.1—2008 表 F.4 中“印制线路材料”栏,即:对于 250 V 有效电压值、2 000 m 海拔,爬电距离为 4 mm,电气间隙为 3 mm。对于其他电压值和更高的海拔,见 GB/T 16935.1—2008。 如果 PCB 的防护等级不低于 IP54,且印制侧具有抗老化表面涂层或保护层覆盖所有电路并作为多层 PCB 的内层,则可使用污染等级为 2 的 PCB。 注:经验表明阻焊层是可以作为保护层的。	

表 3 (续)

元件	可排除故障					条件	备注
	断路	短路	改变 为更 高值	改变 为更 低值	改变 功能		
3.6 印制电路板 (PCB)	否	(a)				如果层间绝缘材料满足以下条件 (见 GB 4943.1—2011 中的 2.10.6.4), 多层 PCB 层间短路故障可以排除: 绝缘材料最小厚度不小于 0.4 mm, 或者采用至少三层预浸材料(或其 其他薄层绝缘材料)组成并满足加强 绝缘要求	
4 组装于印制电路 板(PCB)上的元件的 总成	否	(a)				(a) 短路故障可排除的条件是: 元件自身的短路可被排除,并 且元件以下列方式组装:无论 是由于组装技术还是 PCB 自 身的原因,不会使爬电距离和 电气间隙减小到小于本表 3.1 和 3.6 列出的最小允许值	
<p>注 1: “否”表示该故障不可排除,即需要考虑。</p> <p>注 2: 没有标记的栏表示与该类故障不相关。</p>							

### 5.16 电梯安全相关的可编程电子系统(PESRAL)的设计原则

电梯安全相关的可编程电子系统应满足 B.1 规定的适用于所有 SIL 等级的安全功能的要求。此外,对于 SIL 等级 1、等级 2 和等级 3,所需的特定措施分别见 B.2.1、B.2.2 和 B.2.3。

也见引用本部分的规定的规定。

附 录 A  
(资料性附录)  
型式试验证书的内容

型式试验证书应包括下列内容：

- a) 被批准机构名称；
- b) 型式试验证书编号；
- c) 产品名称和型号；
- d) 制造单位的名称和地址；
- e) 证书持有者的名称和地址；
- f) 提交型式试验的日期；
- g) 证书签发依据；
- h) 试验报告日期和编号；
- i) 型式试验日期；
- j) 支持型式试验的资料；
- k) 其他附加资料；
- l) 签发日期。

**附 录 B**

(规范性附录)

**电梯安全相关的可编程电子系统(PESRAL)**

**B.1 通用措施**

**B.1.1 避免和检测故障的通用措施——硬件设计**

应符合 GB/T 35850.1—2018 中表 A.1 的规定。

**B.1.2 避免和检测故障的通用措施——软件设计**

应符合 GB/T 35850.1—2018 中表 A.2 的规定。

**B.1.3 设计和实现过程的通用措施**

应符合 GB/T 35850.1—2018 中表 A.3 的规定。

**B.2 特定措施**

**B.2.1 符合 SIL1 的特定措施**

应符合 GB/T 35850.1—2018 中表 A.4 的规定。

**B.2.2 符合 SIL2 的特定措施**

应符合 GB/T 35850.1—2018 中表 A.5 的规定。

**B.2.3 符合 SIL3 的特定措施**

应符合 GB/T 35850.1—2018 中表 A.6 的规定。

**B.3 失效控制的可用措施描述**

应符合 GB/T 35850.1—2018 中表 A.7 的规定。

附录 C  
(资料性附录)  
导轨验算示例

C.1 总则

C.1.1 下述示例用于说明导轨的计算。

C.1.2 下列电梯的尺寸符号用于直角坐标系,适用于所有可能的几何形状,见图 C.1。

$C$ ——轿厢中心;

$D_x$ —— $x$  方向的轿厢尺寸,即轿厢深度;

$D_y$ —— $y$  方向的轿厢尺寸,即轿厢宽度;

$h$ ——轿厢导靴之间的距离;

$l$ ——导轨支架之间的距离;

$P$ ——空载轿厢与由轿厢支承的零部件[如部分随行电缆、补偿绳或链(如果有)等]的质量和,单位为千克(kg);

$Q$ ——额定载重量,单位为千克(kg);

$S$ ——轿厢悬挂点;

$x_C, y_C$ ——轿厢中心  $C$  在导轨截面直角坐标系中的坐标;

$x_i, y_i$ ——轿门  $i$  的中心在导轨截面直角坐标系中的坐标,  $i=1, 2, 3$  或  $4$ ;

$x_P, y_P$ ——轿厢质量  $P$  在导轨截面直角坐标系中的坐标;

$x_Q, y_Q$ ——额定载重量  $Q$  在导轨截面直角坐标系中的坐标;

$x_S, y_S$ ——悬挂点  $S$  在导轨截面直角坐标系中的坐标;

$1, 2, 3, 4$ ——轿门 1、轿门 2、轿门 3 或轿门 4 的中心;

→——载荷方向。

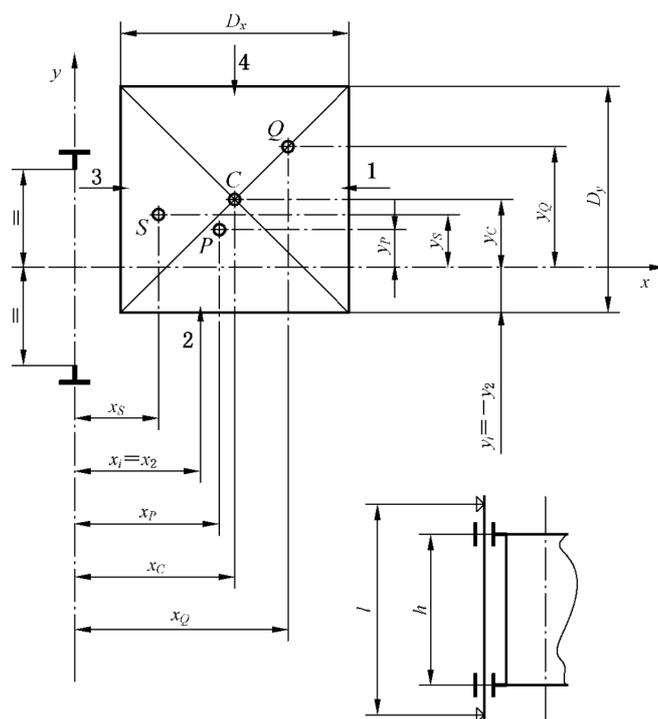


图 C.1 轿厢上的载荷分布——通常情况

C.1.3 下列符号用于计算公式(C.1)~公式(C.43),见 C.2。

$A$ ——导轨的横截面积,单位为平方毫米( $\text{mm}^2$ );

$c$ ——导轨底部至导向面之间的连接部位的宽度,单位为毫米( $\text{mm}$ );

$\delta_{\text{perm}}$ ——许用变形,单位为毫米( $\text{mm}$ );

$\delta_x$ ——在  $x$  轴方向上的变形,单位为毫米( $\text{mm}$ );

$\delta_y$ ——在  $y$  轴方向上的变形,单位为毫米( $\text{mm}$ );

$\delta_{\text{str},x}$ ——在  $x$  轴方向上建筑结构引起的导轨位移,单位为毫米( $\text{mm}$ );

$\delta_{\text{str},y}$ ——在  $y$  轴方向上建筑结构引起的导轨位移,单位为毫米( $\text{mm}$ );

$E$ ——弹性模量,单位为兆帕( $\text{MPa}$ );

$F_p$ ——一系列导轨上所有导轨支架所传递的力(由于建筑的正常沉降或混凝土的收缩导致),单位为牛( $\text{N}$ );

$F_s$ ——由于装卸载作用于轿厢地坎的垂直方向的力,单位为牛( $\text{N}$ );

$F_v$ ——作用在轿厢、对重或平衡重一系列导轨上的垂直方向的力,单位为牛( $\text{N}$ );

$F_x$ ——在  $x$  轴方向上的力,单位为牛( $\text{N}$ );

$F_y$ ——在  $y$  轴方向上的力,单位为牛( $\text{N}$ );

$g_n$ ——标准重力加速度,取值  $9.81 \text{ m/s}^2$ ;

$I_x$ —— $x$  轴截面惯性矩,单位为四次方毫米( $\text{mm}^4$ );

$I_y$ —— $y$  轴截面惯性矩,单位为四次方毫米( $\text{mm}^4$ );

$k_1$ ——安全钳动作时的冲击系数;

$k_2$ ——运行时的冲击系数;

$k_3$ ——附加部件和其他操作状态的冲击系数;

$M_{\text{aux}}$ ——附加设备作用于导轨上的力,单位为牛( $\text{N}$ );

$M_g$ ——一系列导轨的质量,单位为千克( $\text{kg}$ );

- $M_m$ ——弯矩,单位为牛毫米(N·mm);
- $M_x$ —— $x$ 轴弯矩,单位为牛毫米(N·mm);
- $M_y$ —— $y$ 轴弯矩,单位为牛毫米(N·mm);
- $n$ ——导轨列数;
- $\sigma$ ——合成应力,单位为兆帕(MPa);
- $\sigma_k$ ——压弯应力,单位为兆帕(MPa);
- $\sigma_m$ ——弯曲应力,单位为兆帕(MPa);
- $\sigma_v$ ——压应力,单位为兆帕(MPa);
- $\sigma_F$ ——局部翼缘弯曲应力,单位为兆帕(MPa);
- $\sigma_{perm}$ ——许用应力,单位为兆帕(MPa);
- $\sigma_x$ —— $x$ 轴弯曲应力,单位为兆帕(MPa);
- $\sigma_y$ —— $y$ 轴弯曲应力,单位为兆帕(MPa);
- $W_x$ —— $x$ 轴截面系数,单位为三次方毫米(mm<sup>3</sup>);
- $W_y$ —— $y$ 轴截面系数,单位为三次方毫米(mm<sup>3</sup>);
- $\omega$ ——按 5.10.3 取值。

## C.2 具有安全钳的电梯导轨计算

### C.2.1 安全钳动作

#### C.2.1.1 弯曲应力

由导向力引起的弯曲应力按以下计算:

a) 由导向力引起的  $y$  轴弯曲应力:

$$F_x = \frac{k_1 \cdot g_n \cdot (Q \cdot x_Q + P \cdot x_P)}{n \cdot h} \dots\dots\dots (C.1)$$

$$M_y = \frac{3F_x \cdot l}{16} \dots\dots\dots (C.2)$$

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} \dots\dots\dots (C.3)$$

b) 由导向力引起的  $x$  轴弯曲应力:

$$F_y = \frac{k_1 \cdot g_n \cdot (Q \cdot y_Q + P \cdot y_P)}{\frac{n}{2} \cdot h} \dots\dots\dots (C.4)$$

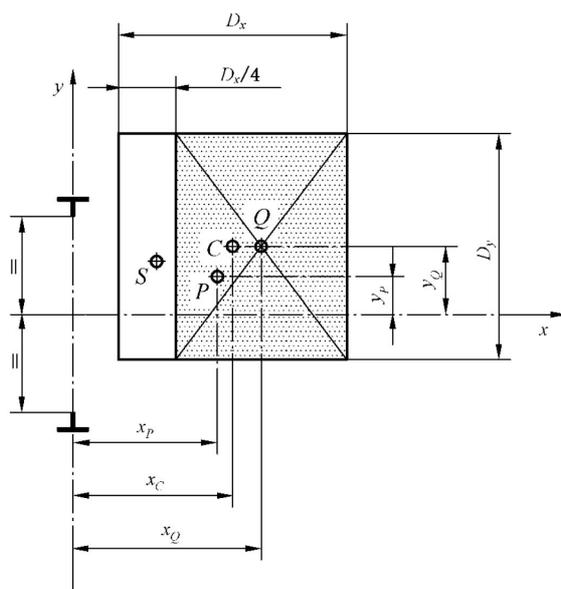
$$M_x = \frac{3F_y \cdot l}{16} \dots\dots\dots (C.5)$$

$$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x} \dots\dots\dots (C.6)$$

载荷分布:

——情况 1:相对于  $x$  轴,见图 C.2;

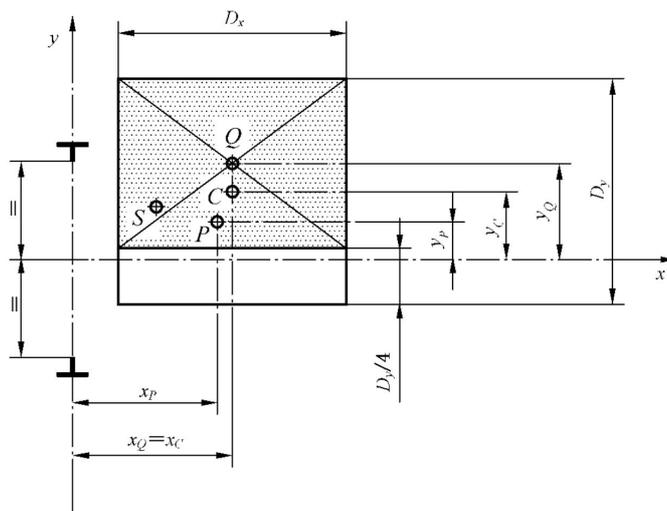
——情况 2:相对于  $y$  轴,见图 C.3。



注 1:  $x_Q = x_c + D_x/8$ 。

注 2:  $y_Q = y_c$ 。

图 C.2 安全钳动作时轿厢上的载荷分布——情况 1(相对于  $x$  轴)



注 1:  $x_Q = x_c$ 。

注 2:  $y_Q = y_c + D_y/8$ 。

图 C.3 安全钳动作时轿厢上的载荷分布——情况 2(相对于  $y$  轴)

### C.2.1.2 压弯应力

$$F_v = \frac{k_1 \cdot g_n \cdot (P + Q)}{n} + M_g \cdot g_n + F_p \dots\dots\dots (C.7)$$

$$\sigma_k = \frac{(F_v + k_3 \cdot M_{aux}) \cdot \omega}{A} \dots\dots\dots (C.8)$$

C.2.1.3 合成应力<sup>1)</sup>

$$\sigma = \sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_{\text{perm}} \quad \dots\dots\dots (C.9)$$

$$\sigma = \sigma_m + \frac{F_v + k_3 \cdot M_{\text{aux}}}{A} \leq \sigma_{\text{perm}} \quad \dots\dots\dots (C.10)$$

$$\sigma = \sigma_k + 0.9\sigma_m \leq \sigma_{\text{perm}} \quad \dots\dots\dots (C.11)$$

C.2.1.4 翼缘弯曲<sup>2)</sup>

$$\sigma_F = \frac{1.85F_x}{c^2} \leq \sigma_{\text{perm}} \quad \dots\dots\dots (C.12)$$

或

$$\sigma_F = \frac{6F_x \cdot (h_1 - b - f)}{c^2 \cdot [l_s + 2(h_1 - f)]} \leq \sigma_{\text{perm}} \quad \dots\dots\dots (C.13)$$

C.2.1.5 变形<sup>3)</sup>

$$\delta_x = 0.7 \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} + \delta_{\text{str-x}} \leq \delta_{\text{perm}} \quad \dots\dots\dots (C.14)$$

$$\delta_y = 0.7 \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} + \delta_{\text{str-y}} \leq \delta_{\text{perm}} \quad \dots\dots\dots (C.15)$$

C.2.2 正常使用——运行

C.2.2.1 弯曲应力

由导向力引起的弯曲应力按以下计算：

a) 由导向力引起的 y 轴弯曲应力：

$$F_x = \frac{k_2 \cdot g_n \cdot [Q \cdot (x_Q - x_S) + P \cdot (x_P - x_S)]}{n \cdot h} \quad \dots\dots\dots (C.16)$$

$$M_y = \frac{3F_x \cdot l}{16} \quad \dots\dots\dots (C.17)$$

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} \quad \dots\dots\dots (C.18)$$

b) 由导向力引起的 x 轴弯曲应力：

$$F_y = \frac{k_2 \cdot g_n \cdot [Q \cdot (y_Q - y_S) + P \cdot (y_P - y_S)]}{\frac{n}{2} \cdot h} \quad \dots\dots\dots (C.19)$$

$$M_x = \frac{3F_y \cdot l}{16} \quad \dots\dots\dots (C.20)$$

$$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x} \quad \dots\dots\dots (C.21)$$

1) 适用于载荷分布情况 1 和情况 2, 见 C.2.1.1。如果  $\sigma_{\text{perm}} < \sigma_m$ , 5.10.2.2 计算方法可用于计算最小导轨尺寸。

2) 适用于载荷分布情况 1 和情况 2, 见 C.2.1.1。

3) 适用于载荷分布情况 1 和情况 2, 见 C.2.1.1。

载荷分布:

——情况 1, 相对于  $x$  轴(见 C.2.1.1);

——情况 2, 相对于  $y$  轴(见 C.2.1.1)。

#### C.2.2.2 压应力

$$F_v = M_g \cdot g_n + F_p \quad \dots\dots\dots (C.22)$$

$$\sigma_v = \frac{F_v + k_3 \cdot M_{aux}}{A} \quad \dots\dots\dots (C.23)$$

#### C.2.2.3 合成应力<sup>4)</sup>

$$\sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_{perm} \quad \dots\dots\dots (C.24)$$

$$\sigma = \sigma_m + \sigma_v \leq \sigma_{perm} \quad \dots\dots\dots (C.25)$$

#### C.2.2.4 翼缘弯曲<sup>5)</sup>

$$\sigma_F = \frac{1.85F_x}{c^2} \leq \sigma_{perm} \quad \dots\dots\dots (C.26)$$

或

$$\sigma_F = \frac{6F_x \cdot (h_1 - b - f)}{c^2 \cdot [l_s + 2(h_1 - f)]} \leq \sigma_{perm} \quad \dots\dots\dots (C.27)$$

#### C.2.2.5 变形<sup>6)</sup>

$$\delta_x = 0.7 \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} + \delta_{str-x} \leq \delta_{perm} \quad \dots\dots\dots (C.28)$$

$$\delta_y = 0.7 \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} + \delta_{str-y} \leq \delta_{perm} \quad \dots\dots\dots (C.29)$$

4) 适用于载荷分布情况 1 和情况 2, 见 C.2.1.1。如果  $\sigma_{perm} < \sigma_m$ , 5.10.2.2 计算方法可用于计算最小导轨尺寸。

5) 适用于载荷分布情况 1 和情况 2, 见 C.2.1.1。

6) 适用于载荷分布情况 1 和情况 2, 见 C.2.1.1。

C.2.3 正常使用——装载(见图 C.4)

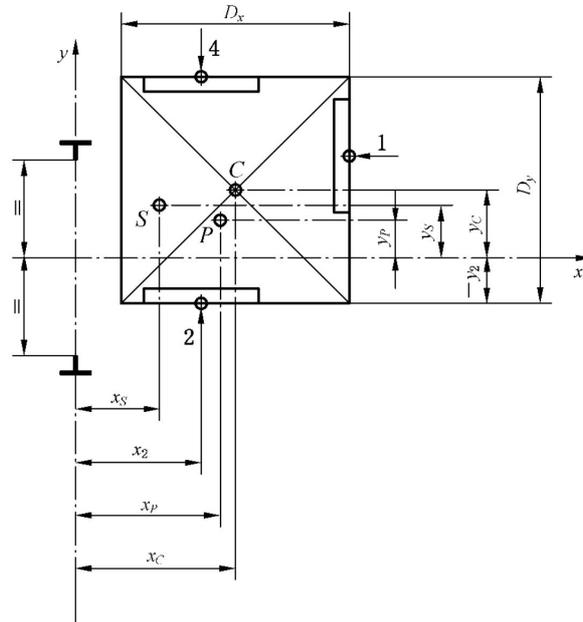


图 C.4 正常使用——装载

C.2.3.1 弯曲应力

由导向力引起的弯曲应力按以下计算：

a) 由导向力引起的 y 轴弯曲应力：

$$F_x = \frac{g_n \cdot P \cdot (x_p - x_s) + F_s \cdot (x_i - x_s)}{n \cdot h} \dots\dots\dots (C.30)$$

$$M_y = \frac{3F_x \cdot l}{16} \dots\dots\dots (C.31)$$

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} \dots\dots\dots (C.32)$$

b) 由导向力引起的 x 轴弯曲应力：

$$F_y = \frac{g_n \cdot P \cdot (y_p - y_s) + F_s \cdot (y_i - y_s)}{(n/2) \cdot h} \dots\dots\dots (C.33)$$

$$M_x = \frac{3F_y \cdot l}{16} \dots\dots\dots (C.34)$$

$$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x} \dots\dots\dots (C.35)$$

C.2.3.2 压应力

$$F_v = M_g \cdot g_n + F_p \dots\dots\dots (C.36)$$

$$\sigma_v = \frac{F_v + k_3 \cdot M_{aux}}{A} \dots\dots\dots (C.37)$$

C.2.3.3 合成应力<sup>7)</sup>

$$\sigma = \sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_{\text{perm}} \quad \dots\dots\dots (C.38)$$

$$\sigma = \sigma_m + \sigma_v \leq \sigma_{\text{perm}} \quad \dots\dots\dots (C.39)$$

## C.2.3.4 翼缘弯曲

$$\sigma_F = \frac{1.85F_x}{c^2} \leq \sigma_{\text{perm}} \quad \dots\dots\dots (C.40)$$

或

$$\sigma_F = \frac{6F_x \cdot (h_1 - b - f)}{c^2 \cdot [l_s + 2(h_1 - f)]} \leq \sigma_{\text{perm}} \quad \dots\dots\dots (C.41)$$

## C.2.3.5 变形

$$\delta_x = 0.7 \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} + \delta_{\text{str-x}} \leq \delta_{\text{perm}} \quad \dots\dots\dots (C.42)$$

$$\delta_y = 0.7 \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} + \delta_{\text{str-y}} \leq \delta_{\text{perm}} \quad \dots\dots\dots (C.43)$$

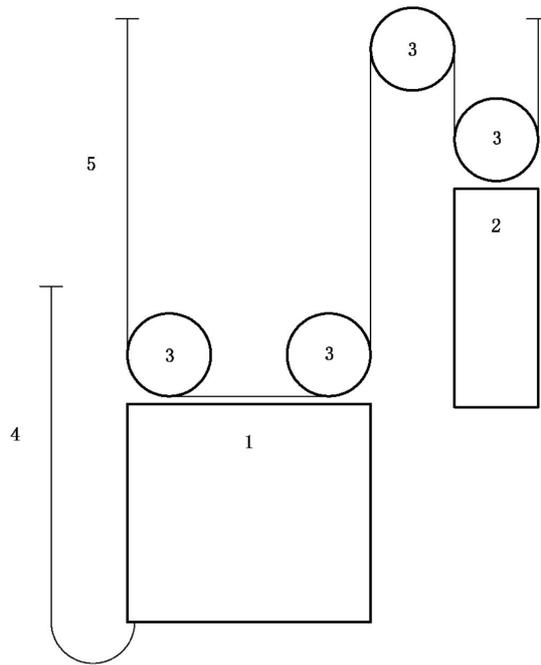
---

7) 如果  $\sigma_{\text{perm}} < \sigma_m$ , 5.10.2.2 计算方法可用于计算最小导轨尺寸。

**附录 D**  
(资料性附录)  
**曳引力计算示例**

**D.1 总则**

对于图 D.1 所示的示例,采用公式(D.1)~公式(D.8)。



说明:

- 1——轿厢;
- 2——对重;
- 3——滑轮;
- 4——随行电缆;
- 5——悬挂装置。

**图 D.1 悬挂比 2 : 1(无补偿装置)的示例**

**D.2 轿厢装载工况**

载有 125% 额定载重量的轿厢位于底层端站,且不考虑任何摩擦。

$$T_1 = \frac{(P + 1.25Q)}{2} \cdot g_n + M_{SRcar} \cdot g_n \dots\dots\dots (D.1)$$

$$T_2 = \frac{M_{cwt}}{2} \cdot g_n \dots\dots\dots (D.2)$$

### D.3 紧急制动工况

假设由滑轮和导向力引起的摩擦力按最小值计算。

a) 载有额定载重量的轿厢位于底层端站

$$T_1 = \frac{(P + Q)}{2} \cdot (g_n + a) + M_{SRcar} (g_n + 2a) + \frac{m_{Pcar} \cdot 2a}{2} - \frac{FR_{car}}{2} \dots\dots\dots (D.3)$$

$$T_2 = \frac{M_{cwt}}{2} \cdot (g_n - a) - \frac{m_{Pcwt} \cdot 1a}{2} + \frac{FR_{cwt}}{2} \dots\dots\dots (D.4)$$

b) 空载轿厢位于顶层端站

$$T_1 = \frac{M_{cwt}}{2} \cdot (g_n + a) + M_{SRcwt} (g_n + 2a) + \frac{m_{Pcwt} \cdot 1a}{2} - \frac{FR_{cwt}}{2} \dots\dots\dots (D.5)$$

$$T_2 = \frac{(P + M_{Trav})}{2} \cdot (g_n - a) - \frac{m_{Pcar} \cdot 2a}{2} + \frac{FR_{car}}{2} \dots\dots\dots (D.6)$$

### D.4 对重滞留工况

空载轿厢位于顶层端站,且不考虑任何摩擦。

$$T_1 = \frac{(P + M_{Trav})}{2} \cdot g_n \dots\dots\dots (D.7)$$

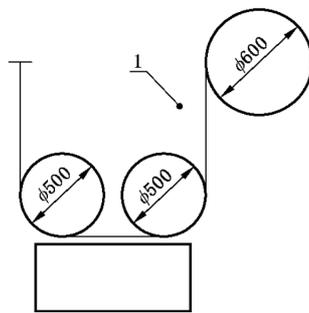
$$T_2 = M_{SRcwt} \cdot g_n \dots\dots\dots (D.8)$$

附 录 E  
(资料性附录)  
滑轮的等效数量( $N_{equiv}$ )计算示例

E.1 示例 1

悬挂比 2 : 1、V 型槽的示例参见图 E.1。

单位为毫米



说明:

1——轿厢侧。

图 E.1 悬挂比 2 : 1——V 型槽

$$\gamma = 40^\circ$$

$$N_{equiv(t)} = 10 \text{ (由表 2 查得)}$$

$$K_p = (600/500)^4 = 2.07$$

$$N_{equiv(p)} = 2.07 \times (2 + 0) = 4.14$$

$$N_{equiv} = 10 + 4.14 = 14.14$$

注: 示例中的动滑轮没有反向弯折。

E.2 示例 2

悬挂比 1 : 1、带切口的 U 型槽的示例参见图 E.2。

单位为毫米

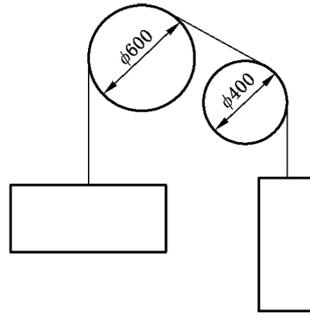


图 E.2 悬挂比 1 : 1——带切口的 U 型槽

$$\beta = 90^\circ$$

$$N_{\text{equiv}(t)} = 5 \text{ (由表 2 查得)}$$

$$K_p = (600/400)^4 = 5.06$$

$$N_{\text{equiv}(p)} = 5.06 \times (1 + 0) = 5.06$$

$$N_{\text{equiv}} = 5 + 5.06 = 10.06$$

### E.3 示例 3

悬挂比 1 : 1 (复绕)、U 型槽的示例参见图 E.3。

单位为毫米

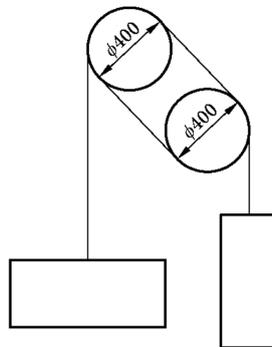


图 E.3 悬挂比 1 : 1 (复绕)——U 型槽

$$N_{\text{equiv}(t)} = 1 + 1$$

$$K_p = 1$$

$$N_{\text{equiv}(p)} = 1 \times [(1 + 1) + 0] = 2$$

$$N_{\text{equiv}} = 2 + 2 = 4$$

注：钢丝绳绕过曳引轮和导向轮 2 次。

### 参 考 文 献

- [1] GB/T 2423.22 环境试验 第2部分:试验方法 试验N:温度变化(GB/T 2423.22—2012, IEC 60068-2-14:2009, IDT)
- [2] GB/T 4721 印制电路用覆铜箔层压板通用规则(GB/T 4721—1992, neq IEC 249:1985~1988)
- [3] GB/T 4723 印制电路用覆铜箔酚醛纸层压板
- [4] GB/T 4724 印制电路用覆铜箔复合基层压板
- [5] GB/T 4725 印制电路用覆铜箔环氧玻璃布层压板(GB/T 4725—1992, neq IEC 249-2:1987)
- [6] GB 4943.1—2011 信息技术设备 安全 第1部分:通用要求(IEC 60950-1:2005, MOD)
- [7] GB/T 15651 半导体器件 分立器件和集成电路 第5部分:光电子器件(GB/T 15651—1995, idt IEC 747-5:1992)
- [8] GB/T 15706—2012 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小(ISO 12100:2010, IDT)
- [9] GB/T 16261 印制板总规范
- [10] GB/T 19212.1—2016 变压器、电抗器、电源装置及其组合的安全 第1部分:通用要求和试验(IEC 61558-1:2009, MOD)
-