

ICS 91.140.90
Q 78



中 国 电 梯 协 会 标 准

T/CEA 0013—2020

电梯曳引系统设计技术要求

Technical requirements of traction system design of lift

2020-12-22 发布

2021-06-01 实施

中国电梯协会 发布

目 次

前 言	II
引 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 曳引系统的组成	1
5 技术要求	2
5.1 曳引轮和滑轮	2
5.2 悬挂装置及其端接装置	4
5.3 补偿装置	4
5.4 悬挂比	5
5.5 平衡系数	5
5.6 曳引条件	5
6 曳引系统计算	5
6.1 曳引力计算	5
6.2 悬挂钢丝绳安全系数的计算	14
7 曳引试验	15
7.1 总则	15
7.2 静态曳引试验	16
7.3 动态曳引试验	16
附录 A（资料性附录） 悬挂钢丝绳安全系数计算示例	17
A.1 电梯参数	17
A.2 滑轮的等效数量	18
A.3 安全系数	18
附录 B（资料性附录） 曳引力计算示例	20
B.1 电梯参数	20
B.2 轿厢装载工况	20
B.3 紧急制动工况	21
B.4 滞留工况	25
B.5 计算结果	26
参考文献	27

前 言

本文件按 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件所要求达到的性能指标，应由采用本文件的制造企业在设计制造过程中自行进行验证测试，并对销售的产品作产品符合性声明。

本文件由中国电梯协会提出并归口。

本文件负责起草单位：苏州江南嘉捷电梯有限公司。

本文件参加起草单位：迅达（中国）电梯有限公司、上海三菱电梯有限公司、奥的斯高速电梯（上海）有限公司、通力电梯有限公司、西继迅达电梯有限公司、蒂森克虏伯电梯（上海）有限公司、杭州新马电梯有限公司、杭州奥立达电梯有限公司、杭州西奥电梯有限公司、恒达富士电梯有限公司、快意电梯股份有限公司、康力电梯股份有限公司、宁波力隆机电股份有限公司、浙江联合电梯有限公司、菱王电梯股份有限公司、上海交通大学电梯检测中心、宁波申菱机电科技股份有限公司、苏州润吉驱动技术有限公司、巨人通力电梯有限公司、巨龙电梯有限公司、森赫电梯股份有限公司、东芝电梯（中国）有限公司、广州广日电梯工业有限公司。

本文件主要起草人：周卫东、梁燕君、王玮彦、毛兴、孙健、高起鹏、钱松、王新洪、余建连、王亮、胡鹏飞、刘万兵、黄伟东、郑尧、成律、屠颖剑、周国强、张聪、赖豪杰、丁爱芹、林忠立、高德炎、沈培华、倪佳杰、尹政。

引 言

0.1 原则

本文件规定须满足钢丝绳曳引驱动电梯曳引安全的要求。

0.2 假设

0.2.1 买方和供应商之间就电梯的预定用途、环境条件及建筑相关问题已进行了协商，并达成了一致。

0.2.2 已考虑组成完整电梯曳引系统中驱动主机、轿厢、对重及随行电缆的相关风险，并制定了相应要求。

0.2.3 所有的悬挂装置已按要求进行了破断拉力、弯折疲劳等试验。

0.2.4 零部件具有良好的维护并保持正常的工作状态。所有的曳引系统零部件均按要求进行检查以确保在电梯使用寿命内持续地安全运行。

电梯曳引系统设计技术要求

1 范围

本文件规定了电梯曳引系统设计的技术要求、计算和试验方法。

本文件适用于采用钢丝绳作为悬挂装置的曳引驱动乘客电梯和曳引驱动载货电梯。

本文件不适用于家用电梯。

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 7024 电梯、自动扶梯、自动人行道术语

GB 7588—2003 电梯制造与安装安全规范

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

GB/T 9239.1—2006 机械振动 恒态(刚性)转子平衡品质要求 第1部分:规范与平衡允差的检验 (ISO 1940-1:2003, IDT)

GB/T 10058—2009 电梯技术条件

GB/T 10059—2009 电梯试验方法

GB/T 24478—2009 电梯曳引机

3 术语和定义

GB/T 7024、GB 7588 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

驱动主机 lift machine

用于驱动和停止电梯的设备,可由电动机、齿轮、制动器、曳引轮等组成。

3.2

单绕 single wrap

悬挂装置单次绕过曳引轮的绕法。

3.3

复绕 double wrap

悬挂装置两次绕过曳引轮的绕法。

3.4

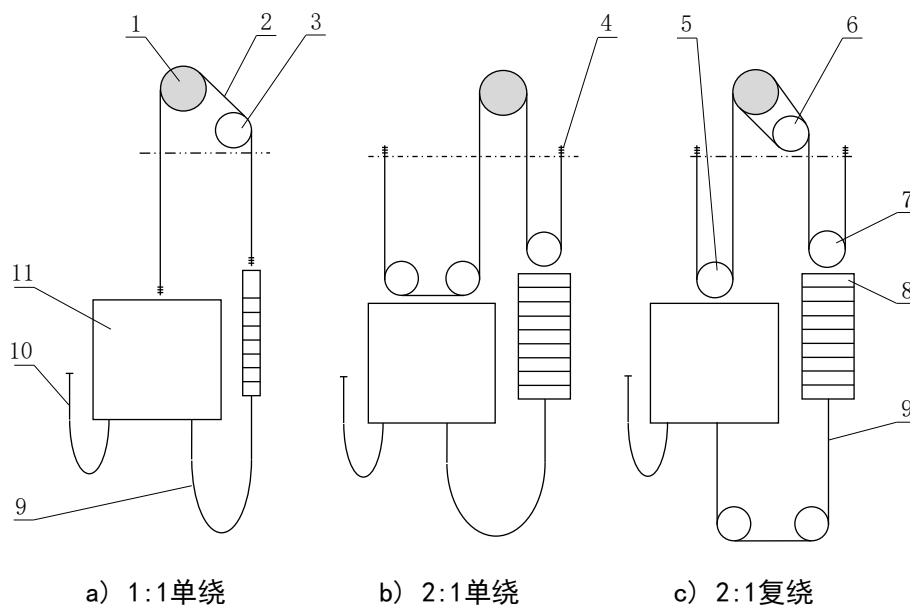
导向轮 deflector pulley

使悬挂装置经曳引轮后导向对重或轿厢一侧的滑轮。

4 曳引系统的组成

曳引系统是曳引驱动电梯中通过悬挂装置与曳引轮槽的摩擦力传递动力驱动电梯运行的系统。

曳引系统主要包括驱动主机、导向轮（如有）、复绕轮（如有）、悬挂装置、端接装置、补偿装置（如有）、轿厢和对重等（参见图1）。



说明：

- | | | | |
|----------|----------|----------|---------|
| 1—驱动主机； | 2—悬挂装置； | 3—导向轮； | 4—端接装置； |
| 5—轿厢侧滑轮； | 6—复绕轮； | 7—对重侧滑轮； | 8—对重； |
| 9—补偿装置； | 10—随行电缆； | 11—轿厢。 | |

图 1 曳引系统组成示意图

5 技术要求

5.1 曳引轮和滑轮

5.1.1 安全系数

曳引轮和用于悬挂装置的滑轮的设计安全系数不应小于5。

安全系数是指最大静载荷下极限强度（破断应力）与工作应力之比，工作应力应由载有额定载重量的轿厢处于井道任意位置时施加在所有悬挂装置上的最大静载荷来确定。

5.1.2 轮的材料

应根据悬挂装置选择合适的材料。曳引轮应采用金属材料，允许耐磨非金属材料衬于轮槽内。

5.1.3 轮的直径

曳引轮和用于悬挂装置的滑轮的节圆直径与悬挂装置的公称直径之比不应小于40。

5.1.4 轮槽

5.1.4.1 对于单绕，曳引轮和用于悬挂装置的滑轮（如有）应具有不少于悬挂装置数量的轮槽数；对于复绕，应设置复绕轮，曳引轮的轮槽数至少为悬挂装置数量的2倍，复绕轮的轮槽数应根据悬挂装置与复绕轮的接触情况设计。

5.1.4.2 曳引轮的轮槽与所用的悬挂装置应相匹配，以保证悬挂装置与曳引轮槽之间具有足够的摩擦

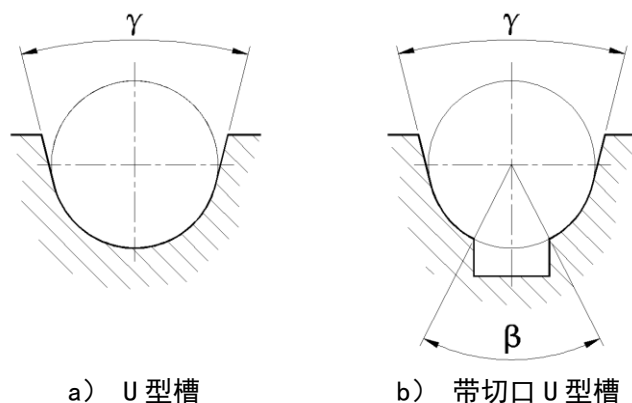
力。

曳引轮槽应符合5.1.4.2.1和5.1.4.2.2的规定。

5.1.4.2.1 U型槽或带切口U型槽

如图2所示， β 最大不应超过 105° （1.83弧度）。

γ 由制造商根据槽的设计提供。任何情况下，其值不应小于 25° （0.44弧度）。



说明：

β ——下部切口角；

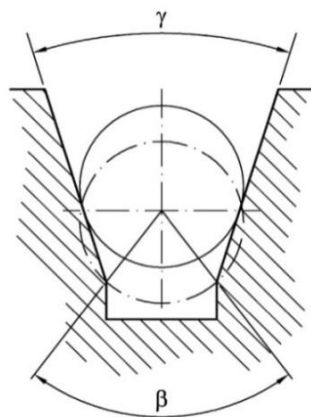
γ ——槽的角。

图2 U型槽和带切口的U型槽

5.1.4.2.2 V型槽

如图3所示，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。

β 最大不应超过 105° （1.83弧度）。任何情况下， γ 值不应小于 35° （0.61弧度）。



说明：

β ——下部切口角；

γ ——槽的角。

图3 V型槽

5.1.4.3 除曳引轮外，用于悬挂装置的滑轮的轮槽形状应根据悬挂装置的截面形状设计。

5.1.4.4 曳引轮槽面应采用与悬挂装置耐磨性能相匹配的材质，曳引轮槽面材质应均匀，整个圆周的所有轮槽表面硬度差不应大于15 HB（见GB/T 24478—2009中的4.2.3.7）。

5.1.5 轮的平衡品质

对于额定速度大于2.5 m/s的电梯，曳引轮和滑轮的平衡品质级别宜选用GB/T 9239.1—2006中表1的G 2.5。

5.2 悬挂装置及其端接装置

5.2.1 一般要求

5.2.1.1 悬挂装置应至少有2根。每根应是独立的。

5.2.1.2 悬挂装置的安全系数 S_n

悬挂钢丝绳的安全系数 S_n 不应小于下列值：

- a) 12，对于用三根或三根以上钢丝绳；
- b) 16，对于用两根钢丝绳。

此外，曳引驱动电梯悬挂钢丝绳的安全系数 S_n 不应小于根据6.2得出的计算值。

安全系数 S_n 是指载有额定载重量的轿厢在井道不同位置时，一根悬挂装置的最小破断拉力（N）与该根悬挂装置所受的最大力（N）之间的比值。

注：钢丝绳安全系数计算示例见附录A。

5.2.1.3 悬挂装置与其端接装置的结合处按5.2.2.3的规定，至少应能承受悬挂装置最小破断拉力的80%。

5.2.1.4 悬挂装置之间的载荷分布

5.2.1.4.1 应至少在悬挂装置的一端设置自动调节装置以均衡各悬挂装置的拉力。

5.2.1.4.2 如果用弹簧来均衡拉力，则弹簧应在压缩状态下工作。

5.2.1.4.3 如果轿厢悬挂在两根悬挂装置上，则应设置符合GB 7588—2003中14.1.2规定的电气安全装置，在一根悬挂装置发生异常的相对伸长时使电梯停止运行。

5.2.1.4.4 调节悬挂装置长度的装置在调节后，不应自行松动。

5.2.2 钢丝绳及其端接装置

5.2.2.1 钢丝绳的公称直径不应小于8 mm。

5.2.2.2 钢丝的抗拉强度和其他特性（结构、延伸率、不圆度、柔性、试验等）应符合GB/T 8903的规定。

5.2.2.3 钢丝绳末端应固定在轿厢、对重或用于悬挂钢丝绳的固定部件上。固定时，应采用自锁紧楔形的端接装置或具有同等安全的其他装置。

5.3 补偿装置

5.3.1 为了保证足够的曳引力或驱动电动机功率，应按下列条件设置补偿悬挂装置质量的补偿装置：

- a) 对于额定速度不大于3.0 m/s的电梯，可采用链条、绳或带作为补偿装置；
- b) 对于额定速度大于3.0 m/s的电梯，宜使用补偿绳；
- c) 对于额定速度大于3.5 m/s的电梯，应使用补偿绳，并设置防跳装置。

防跳装置动作时，符合GB 7588—2003中14.1.2规定的电气安全装置应使电梯驱动主机停止运转。

d) 对于额定速度大于1.75 m/s的电梯，未张紧的补偿装置应在转弯处附近进行导向。

5.3.2 使用补偿绳时应符合下列要求：

- a) 补偿绳符合 GB/T 8903 的规定；
 - b) 使用张紧轮；
 - c) 张紧轮的节圆直径与补偿绳的公称直径之比不小于30；
 - d) 张紧轮按照GB 7588—2003中9.7规定设置防护装置；
 - e) 采用重力保持补偿绳的张紧状态；
 - f) 采用符合GB 7588—2003中14.1.2规定的电气安全装置检查补偿绳的张紧状态。
- 5.3.3 补偿装置（如绳、链条或带及其端接装置）应能承受作用在其上的任何静力，且应具有5倍的安全系数。

补偿装置的最大悬挂质量应为轿厢或对重在其行程顶端时的补偿装置的质量再加上张紧装置（如果有）总成一半的质量。

5.4 悬挂比

常见的悬挂比有1:1、2:1和4:1等，参见图1、图4和图5。

5.5 平衡系数

曳引驱动电梯的平衡系数应符合GB/T 10058—2009中3.3.8所规定的“0.4~0.5”范围内。

5.6 曳引条件

曳引应满足下列三个条件：

- a) 在符合GB 7588—2003中8.2.1或8.2.2规定的情况下，轿厢载有125%的额定载重量，保持平层状态不打滑；
- b) 无论轿厢内是空载还是额定载重量，确保任何紧急制动能使轿厢减速到小于或等于缓冲器的设计速度（包括减行程的缓冲器）；
- c) 如果轿厢或对重滞留，应通过下列方式之一，不能提升空载轿厢或对重至危险位置：
 - 1) 悬挂装置在曳引轮上打滑；
 - 2) 通过符合GB 7588—2003中14.1.2规定的电气安全装置使驱动主机停止。

注：6.1给出了一种设计计算的示例。

6 曳引系统计算

6.1 曳引力计算

6.1.1 总则

曳引力在下列情况下均应得到保证：

- a) 正常运行；
- b) 在层站装载；
- c) 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。

6.1.2 计算要求

6.1.2.1 总则

- a) 对于轿厢装载和紧急制动工况，应符合公式（1）。

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{f\alpha} \dots\dots\dots (1)$$

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（2）。

$$\frac{T_1}{T_2} \geq e^{f\alpha} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

f ——当量摩擦系数；

α ——悬挂装置在曳引轮上的包角；

T_1 、 T_2 ——曳引轮两侧悬挂装置的拉力。

6.1.2.2 T_1 和 T_2 的计算

6.1.2.2.1 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（参见 6.1.5）进行计算。

6.1.2.2.2 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（参见 6.1.5）进行计算。

6.1.2.2.3 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。

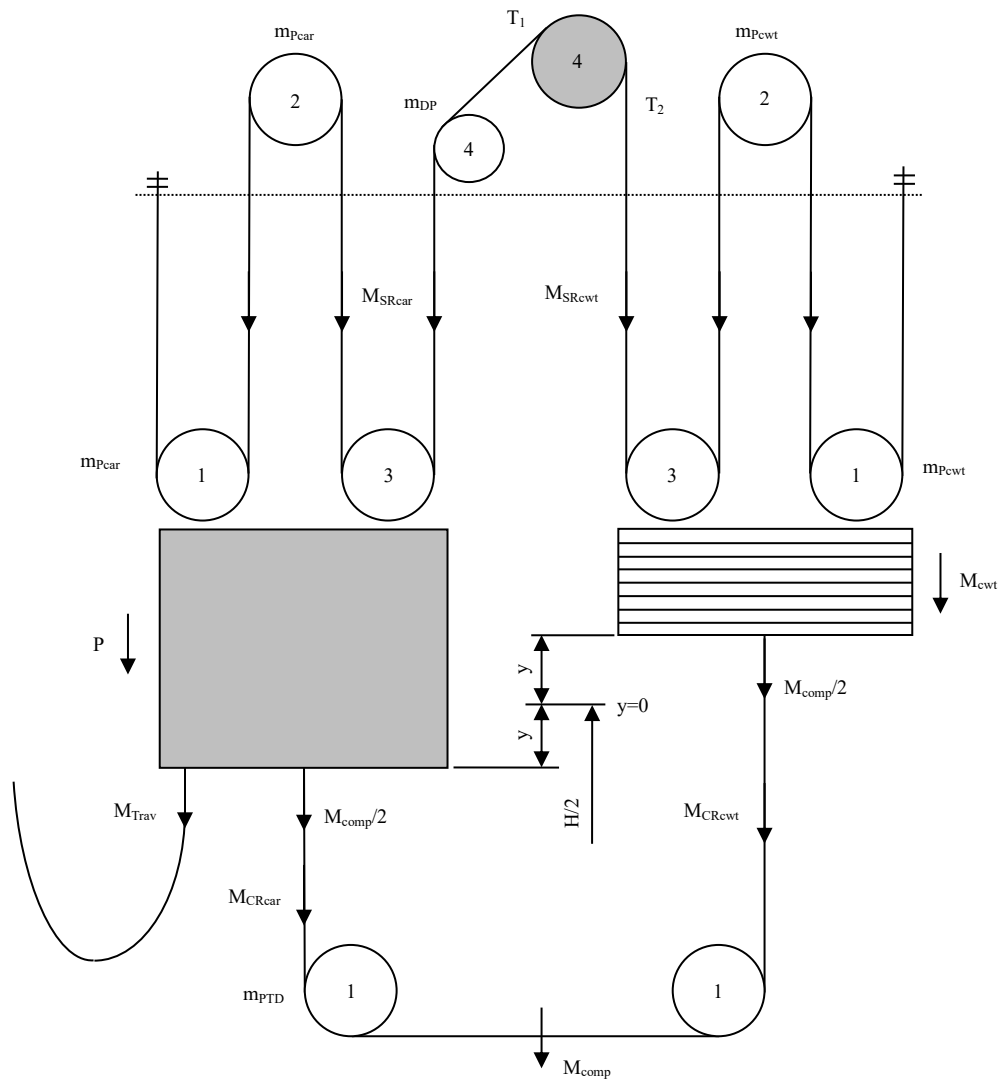
6.1.3 通常情况下的 T_1 和 T_2 计算

采用公式（3）～公式（6）：

a) 对于驱动主机上置（如图4所示）：

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

$$T_2 = \frac{M_{cwt}+M_{CRcwt}}{r} \cdot (g_n \mp a) + \frac{M_{Comp}}{2 \cdot r} \cdot g_n + M_{SRcwt} \cdot \left(g_n \mp a \cdot \frac{r^2+2}{3} \right) \mp \frac{i_{PTD} \cdot m_{PTD} \cdot a}{2 \cdot r} \mp \left(\frac{m_{DP} \cdot a}{r} \right)^{II} \mp \left[\frac{\sum_{i=1}^{r-1} (m_{Pcwt} \cdot i_{Pcwt} \cdot a)}{r} \right]^{III} \pm \frac{FR_{cwt}}{r} \dots\dots\dots (4)$$



说明：

1、2、3、4——滑轮的速度系数。

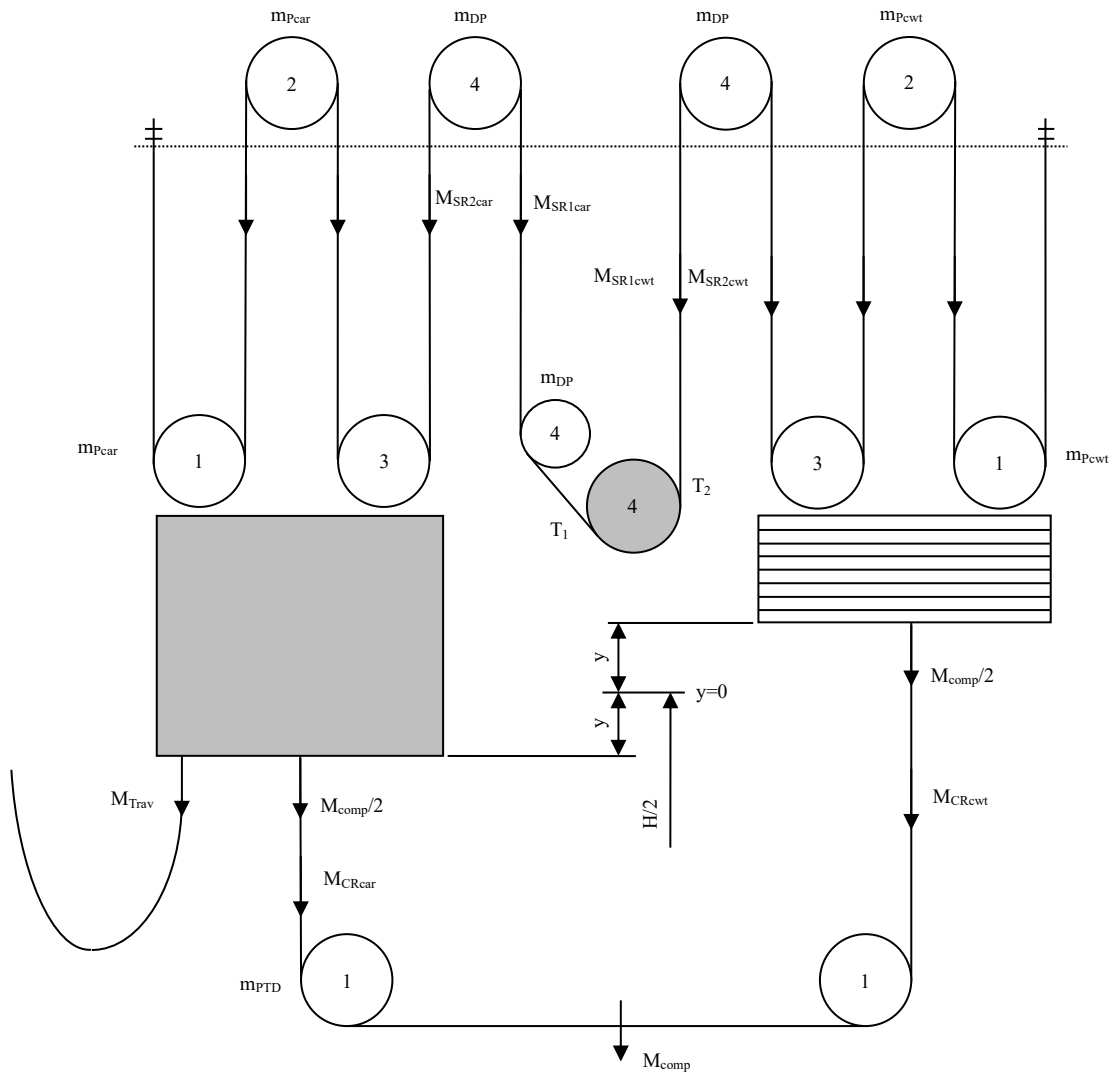
图 4 通常的驱动主机上置情况

b) 对于驱动主机下置（如图5所示）：

$$T_1 = \frac{P + Q + M_{CRcar} + M_{Trav}}{r} \cdot (g_n \pm a) + \frac{M_{Comp}}{2 \cdot r} \cdot g_n + M_{SR1car} \cdot (-g_n \pm r \cdot a) + M_{SR2car} \cdot \left(g_n \pm a \cdot \frac{r^2 + 2}{3} \right) \pm \frac{i_{PTD} \cdot m_{PTD} \cdot a}{2 \cdot r} \pm \left(\frac{m_{DP} \cdot a}{r} \right)^I \pm \left[\frac{\sum_{i=1}^{r-1} (m_{Pcar} \cdot i_{Pcar} \cdot a)}{r} \right]^{III} \mp \frac{FR_{car}}{r} \dots \dots \dots (5)$$

$$T_2 = \frac{M_{cwt} + M_{CRcwt}}{r} \cdot (g_n \mp a) + \frac{M_{Comp}}{2 \cdot r} \cdot g_n + M_{SR1cwt} \cdot (-g_n \mp r \cdot a) + M_{SR2cwt} \cdot \left(g_n \mp a \cdot \frac{r^2 + 2}{3} \right) \mp$$

$$\frac{i_{PTD} \cdot m_{PTD} \cdot a}{2 \cdot r} \mp \left(\frac{m_{DP} \cdot a}{r} \right)^{II} \mp \left[\frac{\sum_{i=1}^{r-1} (m_{Pcwt} \cdot i_{Pcwt} \cdot a)}{r} \right]^{III} \pm \frac{FR_{cwt}}{r} \dots \dots \dots (6)$$



说明:

1、2、3、4——滑轮的速度系数。

图 5 通常的驱动主机下置情况

上述公式中，符号“±”和“∓”应按以下方式应用：即当轿厢减速下行时，上面符号的运算适用；当轿厢减速上行时，下面符号的运算适用。

注1：公式中有关参数的确定见6.1.4。

注2：计算示例见附录B。

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。

式中：

- 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），单位为牛顿（N）；
- FR_{wt} ——井道内的摩擦力（对重侧轴承的效率和导轨摩擦力等），单位为牛顿（N）；
- g_n ——标准重力加速度， 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_{Pwt} ——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；
- m_{DP} ——轿厢和（或）对重侧导向轮惯量的折算质量，单位为千克（kg）；
- m_{Pcar} ——轿厢侧一个滑轮惯量的折算质量，单位为千克（kg）；
- m_{Pwt} ——对重侧一个滑轮惯量的折算质量，单位为千克（kg）；
- m_{PTD} ——张紧装置的一个滑轮惯量的折算质量，单位为千克（kg）；
- M_{comp} ——张紧装置（包括滑轮）的质量，单位为千克（kg）；
- M_{CR} ——补偿链、绳或带的实际质量 $[(0.5H \pm y) \times n_c \times q_c]$ ，单位为千克（kg）；
- M_{CRcar} ——轿厢侧的 M_{CR} ；
- M_{CRwt} ——对重侧的 M_{CR} ；
- M_{cwt} ——对重（包括滑轮）的质量，单位为千克（kg）；
- M_{SR} ——悬挂装置的实际质量 $[(0.5H \pm y) \times n_s \times q_s]$ ，单位为千克（kg）；
- M_{SRcar} ——轿厢侧的 M_{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装置质量称为 M_{SR1car} ；从井道顶层空间滑轮到轿厢的悬挂装置质量称为 M_{SR2car} （当轿厢在最高层站时， $M_{SR2car} = 0$ ）；
- M_{SRwt} ——对重侧的 M_{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装置质量称为 M_{SR1wt} ；从井道顶层空间滑轮到对重的悬挂装置质量称为 M_{SR2wt} （当对重在最高层站时， $M_{SR2wt} = 0$ ）；
- M_{Trav} ——随行电缆的实际质量 $[(0.25H \pm 0.5y) \times n_t \times q_t]$ ，单位为千克（kg）；
- n_c ——补偿链、绳或带的数量；
- n_s ——悬挂装置的数量；
- 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）；
- q_c ——补偿链、绳或带单位长度的质量，单位为千克每米（kg/m）；
- q_s ——悬挂装置单位长度的质量，单位为千克每米（kg/m）；
- q_t ——随行电缆单位长度的质量，单位为千克每米（kg/m）；
- T_1, T_2 ——曳引轮两侧悬挂装置的拉力，单位为牛顿（N）；
- r ——悬挂比；
- v_{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）。

6.1.4 参数的计算和相关要求

6.1.4.1 减速度 (a)

在按 6.1.2.2.2 要求计算 T_1/T_2 时，任何情况下，6.1.3 公式中的减速度 a 不应小于下列数值：

- 在正常情况下，为 0.5 m/s^2 ；
- 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。

在按6.1.2.2.1和6.1.2.2.3要求计算 T_1/T_2 时, 6.1.3公式中的减速度 $a=0$ 。

6.1.4.2 当量摩擦系数(f)

6.1.4.2.1 总则

对于采用符合GB/T 8903的钢丝绳和钢质(或铸铁)曳引轮的电梯, 可采用6.1.4.2.2的方法计算当量摩擦系数 f 。

6.1.4.2.2 钢丝绳与不同绳槽的当量摩擦系数计算

6.1.4.2.2.1 U型槽和带切口的U型槽(见图2)

采用公式(7):

$$f = \mu \cdot \frac{4 [\cos(\gamma/2) - \sin(\beta/2)]}{\pi - \beta - \gamma - \sin\beta + \sin\gamma} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

β ——下部切口角度值, 单位为弧度(rad);

γ ——槽的角度值, 单位为弧度(rad);

μ ——摩擦系数(见6.1.4.2.2.3);

f ——当量摩擦系数。

6.1.4.2.2.2 V型槽(见图3)

采用公式(8) ~ (10):

a) 轿厢装载和紧急制动工况

1) 对于未经硬化处理的槽

$$f = \mu \cdot \frac{4 [1 - \sin(\beta/2)]}{\pi - \beta - \sin\beta} \dots\dots\dots (8)$$

2) 对于经硬化处理的槽

$$f = \mu \cdot \frac{1}{\sin(\gamma/2)} \dots\dots\dots (9)$$

b) 滞留工况

对于硬化或未硬化处理的槽

$$f = \mu \cdot \frac{1}{\sin(\gamma/2)} \dots\dots\dots (10)$$

式中:

β ——下部切口角度值, 单位为弧度(rad);

γ ——槽的角度值, 单位为弧度(rad);

μ ——摩擦系数(见6.1.4.2.2.3);

f ——当量摩擦系数。

6.1.4.2.2.3 摩擦系数

使用以下数值:

a) 对于装载工况, $\mu=0.1$ 。

b) 对于滞留工况, $\mu=0.2$ 。

c) 对于紧急制动工况，采用公式 (11)，也可从 GB7588-2003 的图 M3 查得摩擦系数。

$$\mu = \frac{0.1}{1 + v/10} \dots\dots\dots (11)$$

式中：

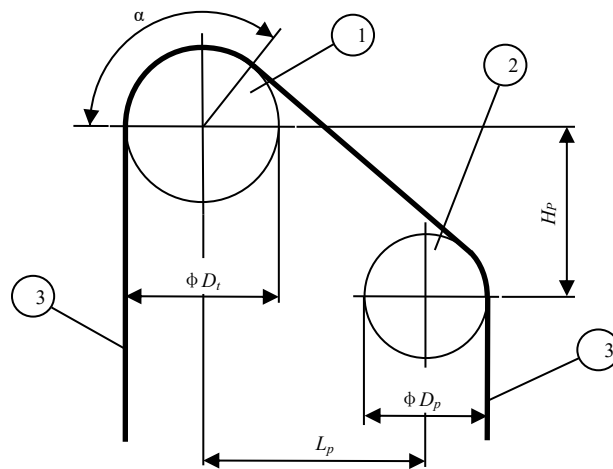
μ ——摩擦系数；

v ——与轿厢额定速度对应的绳速，单位为米每秒 (m/s)。

6.1.4.3 包角 (α)

6.1.4.3.1 单绕

对于具有导向轮的单绕的曳引系统 (参见图6)，采用公式 (12)：



说明：

①——曳引轮；

②——导向轮；

③——悬挂装置；

α ——悬挂装置在曳引轮上的包角，单位为弧度 (rad)；

L_p ——曳引轮与导向轮中心水平间距；

H_p ——曳引轮与导向轮中心垂直间距；

D_t ——曳引轮的直径；

D_p ——导向轮的直径。

图 6 单绕示意图

$$\alpha = \frac{\pi}{2} + \arctan\left(\frac{H_p}{L_p}\right) + \arcsin\left(\frac{D_t - D_p}{2\sqrt{L_p^2 + H_p^2}}\right) \dots\dots\dots (12)$$

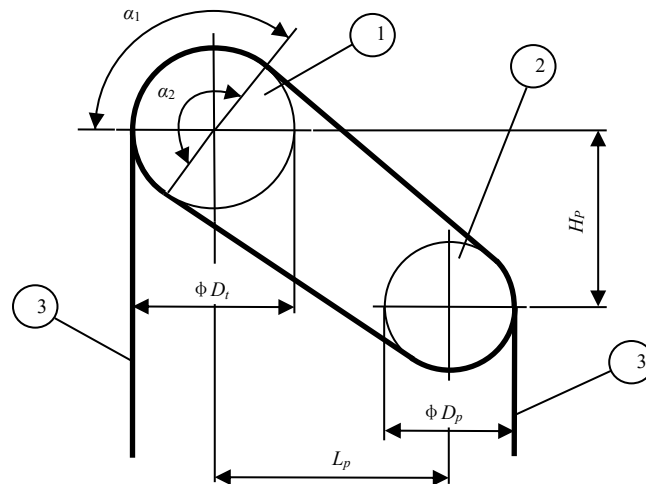
6.1.4.3.2 复绕

对于复绕的曳引系统 (参见图7)，采用公式 (13) ~ (15)：

$$\alpha_1 = \frac{\pi}{2} + \arctan\left(\frac{H_p}{L_p}\right) + \arcsin\left(\frac{D_t - D_p}{2\sqrt{L_p^2 + H_p^2}}\right) \dots\dots\dots (13)$$

$$\alpha_2 = \pi + 2 \arcsin \left(\frac{D_t - D_p}{2\sqrt{L_p^2 + H_p^2}} \right) \dots\dots\dots (14)$$

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 \dots\dots\dots (15)$$



说明:

①—曳引轮;

②—导向轮;

③—悬挂装置;

α ——悬挂装置在曳引轮上的总包角,单位为弧度 (rad);

α_1 ——悬挂装置第一次绕过曳引轮的包角,单位为弧度 (rad);

α_2 ——悬挂装置第二次绕过曳引轮的包角,单位为弧度 (rad);

L_p ——曳引轮与导向轮中心水平间距;

H_p ——曳引轮与导向轮中心垂直间距;

D_t ——曳引轮的直径;

D_p ——导向轮的直径。

图7 复绕示意图

6.1.4.4 额定载重量 (Q)

在按6.1.2.2.1 (轿厢装载工况) 要求计算 T_1/T_2 时, 应按如下方法确定6.1.3公式中的 Q :

a) 对于载货电梯, 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, 则应将额定载重量加上装卸装置的质量, 即公式中的 Q 应由以下值代替: $1.25Q +$ 装卸装置的质量;

b) 对于轿厢面积超过规定的载货电梯, 以轿厢实际面积所对应的125%额定载重量代替公式中的

Q ;

c) 对于额定载重量按照单位轿厢有效面积不小于 200 kg/m^2 计算的汽车电梯, 以150%额定载重量代替公式中的 Q ;

d) 其他情况, 公式中的 Q 应由以下值代替: $1.25Q$ 。

在按6.1.2.2.2 (紧急制动工况) 要求计算空载的 T_1/T_2 时, 应删除6.1.3公式中的 Q 。在这种情况下, T_1 变为 T_2 , T_2 变为 T_1 。

6.1.4.5 滑轮惯量的折算质量

6.1.4.5.1 导向轮惯量的折算质量 (m_{DP})

如果轿厢侧具有导向轮,那么6.1.3的T1计算公式中的mDP是指轿厢侧导向轮惯量的折算质量总和。如果对重侧具有导向轮,那么6.1.3的T2计算公式中的mDP是指对重侧导向轮惯量的折算质量总和。需注意的是,与曳引轮速度系数相等的用于悬挂装置的滑轮均视为导向轮(参见图4和图5)。每个导向轮惯量的折算质量,应采用公式(16):

$$m_{DP} = J_{DP} \cdot r^2 / R^2 \dots\dots\dots (16)$$

说明:

J_{DP} ——导向轮的转动惯量,单位为千克平方米 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$);
 r ——悬挂比
 R ——导向轮的节圆半径,单位为米 (m)

6.1.4.5.2 轿厢侧滑轮惯量的折算质量 (m_{Pcar})

每个轿厢侧滑轮(不含导向轮)惯量的折算质量,应采用公式(17):

$$m_{Pcar} = J_{Pcar} \cdot (V_{pulley}/V)^2 / R^2 \dots\dots\dots (17)$$

说明:

J_{Pcar} ——该轿厢侧滑轮的转动惯量,单位为千克平方米 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$);
 V_{pulley} ——该轿厢侧滑轮的转速(绳速),单位为米每秒 (m/s);
 V ——轿厢的运行速度,单位为米每秒 (m/s);
 R ——该轿厢侧滑轮的节圆半径,单位为米 (m)。

6.1.4.5.3 对重侧滑轮惯量的折算质量 (m_{Pcwt})

每个对重侧滑轮(不含导向轮)惯量的折算质量,应采用公式(18):

$$m_{Pcwt} = J_{Pcwt} \cdot (V_{pulley}/V)^2 / R^2 \dots\dots\dots (18)$$

说明:

J_{Pcwt} ——该对重侧滑轮的转动惯量,单位为千克平方米 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$);
 V_{pulley} ——该对重侧滑轮的转速(绳速),单位为米每秒 (m/s);
 V ——轿厢的运行速度,单位为米每秒 (m/s);
 R ——该对重侧滑轮的节圆半径,单位为米 (m)。

6.1.4.5.4 张紧装置上的滑轮惯量的折算质量 (m_{PTD})

每个张紧装置上的滑轮惯量的折算质量,应采用公式(19):

$$m_{PTD} = J_{PTD} / R^2 \dots\dots\dots (19)$$

说明:

J_{PTD} ——该张紧装置上的滑轮的转动惯量,单位为千克平方米 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$);
 R ——该张紧装置上的滑轮的节圆半径,单位为米 (m)。

6.1.4.6 井道内的摩擦力 (FR_{car} 、 FR_{cwt})

如果不能确定最小的摩擦力,在任何情况下,宜删除 T_1 和 T_2 公式中摩擦力 FR_{car} 和 FR_{cwt} 。

6.1.5 通常所需计算的最不利情况

6.1.5.1 轿厢装载工况

计算 T_1 / T_2 时,可能最不利情况的轿厢位置应考虑底层端站和顶层端站。

6.1.5.2 紧急制动工况

6.1.5.2.1 如果计算 T_1 和 T_2 时考虑了 T_1 和 T_2 公式中的摩擦力 FR_{car} 和 FR_{cwt} ，则应计算下述可能最不利情况的 T_1/T_2 ：

- a) 载有额定载重量的轿厢在底层端站上行和下行；
- b) 载有额定载重量的轿厢在顶层端站上行和下行；
- c) 空载轿厢在底层端站上行和下行；
- d) 空载轿厢在顶层端站上行和下行。

6.1.5.2.2 如果计算 T_1 和 T_2 时删除了 T_1 和 T_2 公式中的摩擦力 FR_{car} 和 FR_{cwt} ，则应计算下述可能最不利情况的 T_1/T_2 ：

- a) 载有额定载重量的轿厢在底层端站下行和顶层端站下行；
- b) 空载轿厢在底层端站上行和顶层端站上行。

6.1.5.3 轿厢或对重滞留工况

见6.1.2.2.3。

6.2 悬挂钢丝绳安全系数的计算

6.2.1 总则

依据5.2.1.2的要求，本章给出计算悬挂钢丝绳安全系数 S_r 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。

6.2.2 滑轮的等效数量 (N_{equiv})

6.2.2.1 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，绳槽的种类（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一个等效的滑轮数量 N_{equiv} ，其数值从公式（20）得出：

$$N_{equiv} = N_{equiv(t)} + N_{equiv(p)} \dots \dots \dots (20)$$

式中：

$N_{equiv(t)}$ ——曳引轮的等效数量；

$N_{equiv(p)}$ ——导向滑轮的等效数量。

6.2.2.2 $N_{equiv(t)}$ 的计算

$N_{equiv(t)}$ 的数值可从表1查得。

表1 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 (γ)	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 (β)	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， $N_{equiv(t)} = 1$

表中以外的角度值对应的 $N_{equiv(t)}$ 按线性插入法确定。

6.2.2.3 $N_{equiv(p)}$ 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（两滑轮的轴之间具有固定的距离）的接触点之间的距离小于钢丝绳直径的200倍且弯曲平面旋转大于 120° 。 $N_{equiv(p)}$ 应按照公式（21）和公式（22）计算。

$$N_{equiv(p)} = K_p \times (N_{ps} + 4 \times N_{pr}) \dots\dots\dots (21)$$

式中：

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；

K_p —— 与曳引轮和滑轮直径有关的系数。

其中：

$$K_p = \left(\frac{D_t}{D_p} \right)^4 \dots\dots\dots (22)$$

式中：

D_t —— 曳引轮的直径；

D_p —— 除曳引轮外的所有滑轮的直径。

6.2.3 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GB 7588—2003的图N1查得。

最小安全系数是基于公式（23）得出：

$$S_f = 10^{\left(\frac{2.6834 - \log \left(\frac{695.85 \times 10^6 \times N_{equiv}}{\left(\frac{D_t}{d_r} \right)^{8.567}} \right)}{\log \left(77.09 \times \left(\frac{D_t}{d_r} \right)^{-2.894} \right)} \right)} \dots\dots\dots (23)$$

式中：

D_t —— 曳引轮的直径；

d_r —— 钢丝绳的直径；

N_{equiv} —— 滑轮的等效数量；

S_f —— 安全系数。

7 曳引试验

7.1 总则

曳引试验前，应检查平衡系数是否与设计值一致，平衡系数的确定应符合GB/T 10059—2009中

4.2.1.2的规定或采用等效的方法。

7.2 静态曳引试验

电梯在井道最不利位置，轿厢按下述规定装载，历时10 min，轿厢应保持平层状态，悬挂装置没有打滑现象。

a) 对于载货电梯，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，则应将额定载重量加上装卸装置的质量，即以125%额定载重量+装卸装置的质量进行静态曳引检查。

b) 对于轿厢面积超过规定的载货电梯，以轿厢实际面积所对应的125%额定载重量进行静态曳引检查。

c) 对于额定载重量按照单位轿厢有效面积不小于200 kg/m²计算的汽车电梯，以150%额定载重量进行静态曳引检查。

7.3 动态曳引试验

7.3.1 在电梯最不利位置时的紧急制动工况下，通过使电梯制动数次，检查曳引能力。每次试验，轿厢应完全停止。

试验应按下列要求进行：

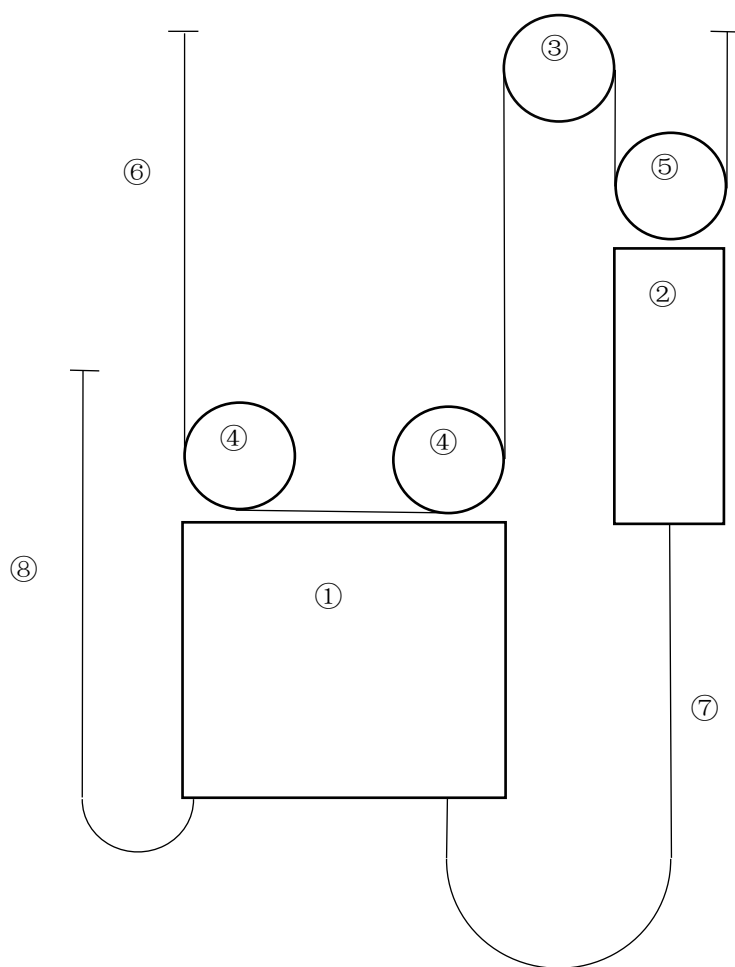
a) 在行程上部，轿厢空载上行；

b) 在行程下部，轿厢载有125%额定载重量下行。

7.3.2 当对重或轿厢完全压在缓冲器上时，应使驱动主机连续转动直到悬挂装置打滑；或者如果不打滑，应不能提升轿厢或对重。

附录 A
 (资料性附录)
 悬挂钢丝绳安全系数计算示例

A.1 电梯参数



说明:

- ①——轿厢
- ②——对重
- ③——曳引轮
- ④——轿厢侧滑轮
- ⑤——对重侧滑轮
- ⑥——悬挂钢丝绳
- ⑦——补偿链
- ⑧——随行电缆

图 A.1 悬挂比 2:1 (具有补偿装置) 的示例

以图A.1为例给出本计算示例的电梯参数见表A.1, 曳引轮绳槽为带切口的U型槽。

表A.1 电梯参数

电梯参数名称	符号	值	单位
额定载重量	Q	1000	kg
轿厢自重	P	1100	kg
提升高度	H	60	m
悬挂比	r	2	
下部切口角	β	95	°
槽的角	γ	30	°
曳引轮的直径	D_t	0.4	m
导向滑轮的平均直径	D_p	0.4	m
悬挂钢丝绳的数量	n_s	5	
悬挂钢丝绳的直径	d_r	10	mm
悬挂钢丝绳单位长度的质量	q_s	0.34	kg/m
最小破断拉力	F_{min}	44	kN
补偿装置的数量	n_c	2	
补偿装置单位长度的质量	q_c	1.50	kg/m
随行电缆的数量	n_t	1	
随行电缆单位长度的质量	q_t	0.72	kg/m
重力加速度	g_n	9.81	m/s ²

以下计算由图A.1和表A.1得出。

A.2 滑轮的等效数量

曳引轮的等效数量 $N_{equiv(t)}=6.7$ (从表1查得)。

引起简单弯折滑轮的数量 $N_{ps}=2$ (根据图A.1)。

引起反向弯折滑轮的数量 $N_{pr}=0$ (根据图A.1)。

与曳引轮和滑轮直径有关的系数:

$$K_p = \left(\frac{D_t}{D_p} \right)^4 = \left(\frac{0.4}{0.4} \right)^4 = 1$$

导向滑轮的等效数量:

$$N_{equiv(p)} = K_p \times (N_{ps} + 4 \times N_{pr})$$

$$N_{equiv(p)} = 1 \times (2 + 4 \times 0) = 2$$

滑轮的等效数量:

$$N_{equiv} = N_{equiv(t)} + N_{equiv(p)} = 6.7 + 2 = 8.7$$

A.3 安全系数

A.3.1 安全系数 S_f

根据6.2.3计算 S_f :

$$S_f = 10^{\left(\frac{2.6834 - \frac{\log\left(\frac{695.85 \times 10^6 \times 8.7}{(1)^{8.567}}\right)}{\log(77.09 \times (1)^{-2.894})}}{\right)} = 17.755$$

A.3.2 安全系数 S_u

根据5.2.1.2, 要求悬挂钢丝绳的安全系数不应小于12。

悬挂钢丝绳上的拉力:

a) 轿厢位于井道最低位置时:

$$T_1 = \frac{P+Q}{2} \times g_n + n_s \times q_s \times H \times g_n$$

$$T_1 = \frac{1100+1000}{2} \times 9.81 + 5 \times 0.34 \times 60 \times 9.81$$

$$T_1 = 11301.12(N)$$

b) 轿厢位于井道最高位置时:

$$T_1 = \frac{P+Q+n_c \times q_c \times H + n_t \times q_t \times H/2}{2} \times g_n$$

$$T_1 = \frac{1100+1000+2 \times 1.5 \times 60 + 1 \times 0.72 \times 60/2}{2} \times g_n$$

$$T_1 = 11289.35(N)$$

取上述最大的 T_1 为11301.12 N。

安全系数 S_u :

$$S_u = \frac{n_s \times F_{\min}}{T_1}$$

$$S_u = \frac{5 \times 44000}{11301.12} = 19.467 > S_f$$

A.3.3 计算结果

安全系数符合 $S_u \geq S_f$, 且 $S_u \geq 12$ 。

悬挂钢丝绳安全系数符合要求。

附录 B
(资料性附录)
曳引力计算示例

B.1 电梯参数

以图A.1为例给出本计算示例的电梯参数见表B.1，曳引轮绳槽为带切口的U型槽。

表B.1 电梯参数

电梯参数名称	符号	值	单位	电梯参数名称	符号	值	单位
额定载重量	Q	1000	kg	轿厢侧滑轮数量	i_{pcar}	2	
轿厢自重	P	1100	kg	对重侧滑轮数量	i_{pwt}	1	
对重质量	M_{cwt}	1550	kg	轿厢侧滑轮惯量折算质量	m_{pcar}	24	kg
额定速度	V	1.5	m/s	对重侧滑轮惯量折算质量	m_{pwt}	24	kg
提升高度	H	60	m	悬挂装置的数量	n_s	5	
悬挂比	r	2		悬挂装置单位长度的质量	q_s	0.34	kg/m
制动减速度	a	0.5	m/s^2	补偿装置的数量	n_c	2	
重力加速度	g_n	9.81	m/s^2	补偿装置单位长度的质量	q_c	1.5	kg/m
下部切口角	β	95	°	随行电缆的数量	n_t	1	
槽的角	γ	30	°	随行电缆单位长度的质量	q_t	0.72	kg/m
包角	α	180	°	井道内的摩擦力	FR_{car}, FR_{cwt}	100	N

以下计算由图A.1和表B.1得出。

当量摩擦系数

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

$$f = \mu \cdot \frac{4 [\cos(30^\circ/2) - \sin(95^\circ/2)]}{\pi - 95^\circ \times \pi/180^\circ - 30^\circ \times \pi/180^\circ - \sin 95^\circ + \sin 30^\circ}$$

$$f = 1.972\mu$$

B.2 轿厢装载工况

$$\mu = 0.1$$

$$e^{f\alpha} = e^{1.972 \times 0.1 \times 180 \times \pi/180} = 1.858$$

a) 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。

$$T_1 = \frac{P+1.25Q}{2} \times g_n + M_{SRcar} \times g_n$$

$$T_1 = \frac{1100+1.25 \times 1000}{2} \times 9.81 + 5 \times 0.34 \times 60 \times 9.81$$

$$T_1 = 12527.37(N)$$

$$T_2 = \frac{M_{cwt} + M_{CRcwt}}{2} \times g_n$$

$$T_2 = \frac{1550 + 2 \times 1.5 \times 60}{2} \times 9.81$$

$$T_2 = 8485.65(N)$$

$$\frac{T_1}{T_2} = 1.48 < e^{f\alpha}$$

b) 载有125%额定载重量的轿厢位于顶层端站，且不考虑任何摩擦。

$$T_1 = \frac{P+1.25Q + M_{CRcar} + M_{Trav}}{2} \times g_n$$

$$T_1 = \frac{1100+1.25 \times 1000 + 2 \times 1.5 \times 60 + 1 \times 0.72 \times 60/2}{2} \times 9.81$$

$$T_1 = 12515.60(N)$$

$$T_2 = \frac{M_{cwt}}{2} \times g_n + M_{SRcwt} \times g_n$$

$$T_2 = \frac{1550}{2} \times 9.81 + 5 \times 0.34 \times 60 \times 9.81$$

$$T_2 = 8603.37(N)$$

$$\frac{T_1}{T_2} = 1.45 < e^{f\alpha}$$

轿厢装载工况符合要求

B.3 紧急制动工况

$$\mu = 0.1/[1 + (r \times V)/10]$$

$$\mu = 0.1/[1 + (2 \times 1.5)/10] = 0.077$$

$$e^{f\alpha} = e^{1.972 \times 0.077 \times 180 \times \pi / 180} = 1.611$$

a) 载有额定载重量的轿厢位于底层端站

1) 轿厢上行

$$T_1 = \frac{P+Q}{2} \times (g_n - a) + M_{SRcar} \times (g_n - 2 \times a) - \frac{i_{Pcar} \times m_{Pcar} \times a}{2} + \frac{FR_{car}}{2}$$

$$T_1 = \frac{1100+1000}{2} \times (9.81-0.5) + 0.34 \times 5 \times 60 \times (9.81-2 \times 0.5) - \frac{2 \times 24 \times 0.5}{2} + \frac{100}{2}$$

$$T_1 = 10712.12(N)$$

$$T_2 = \frac{M_{cwt} + M_{CRcwt}}{2} \times (g_n + a) + \frac{i_{Pcwt} \times m_{Pcwt} \times a}{2} - \frac{FR_{cwt}}{2}$$

$$T_2 = \frac{1550+2 \times 1.5 \times 60}{2} \times (9.81+0.5) + \frac{1 \times 24 \times 0.5}{2} - \frac{100}{2}$$

$$T_2 = 8874.15(N)$$

$$\frac{T_1}{T_2} = 1.21 < e^{f\alpha}$$

2) 轿厢下行

$$T_1 = \frac{P+Q}{2} \times (g_n + a) + M_{SRcar} \times (g_n + 2 \times a) + \frac{i_{Pcar} \times m_{Pcar} \times a}{2} - \frac{FR_{car}}{2}$$

$$T_1 = \frac{1100+1000}{2} \times (9.81+0.5) + 0.34 \times 5 \times 60 \times (9.81+2 \times 0.5) + \frac{2 \times 24 \times 0.5}{2} - \frac{100}{2}$$

$$T_1 = 11890.12(N)$$

$$T_2 = \frac{M_{cwt} + M_{CRcwt}}{2} \times (g_n - a) - \frac{i_{Pcwt} \times m_{Pcwt} \times a}{2} + \frac{FR_{cwt}}{2}$$

$$T_2 = \frac{1550+2 \times 1.5 \times 60}{2} \times (9.81-0.5) - \frac{1 \times 24}{2} \times 0.5 + \frac{100}{2}$$

$$T_2 = 8097.15(N)$$

$$\frac{T_1}{T_2} = 1.47 < e^{f\alpha}$$

b) 载有额定载重量的轿厢位于顶层端站

1) 轿厢上行

$$T_1 = \frac{P+Q+M_{CRcar}+M_{Trav}}{2} \times (g_n - a) - \frac{i_{Pcar} \times m_{Pcar} \times a}{2} + \frac{FR_{car}}{2}$$

$$T_1 = \frac{1100+1000+2 \times 1.5 \times 60 + (1 \times 0.72 \times 60)/2}{2} \times (9.81 - 0.5) - \frac{2 \times 24 \times 0.5}{2} + \frac{100}{2}$$

$$T_1 = 10751.95(N)$$

$$T_2 = \frac{M_{cwt}}{2} \times (g_n + a) + M_{SRcwt} \times (g_n + 2 \times a) + \frac{i_{Pcwt} \times m_{Pcwt} \times a}{2} - \frac{FR_{cwt}}{2}$$

$$T_2 = \frac{1550}{2} \times (9.81 + 0.5) + 5 \times 0.34 \times 60 \times (9.81 + 2 \times 0.5) + \frac{1 \times 24 \times 0.5}{2} - \frac{100}{2}$$

$$T_2 = 9048.87(N)$$

$$\frac{T_1}{T_2} = 1.19 < e^{f\alpha}$$

2) 轿厢下行

$$T_1 = \frac{P + Q + M_{CRcar} + M_{Trav}}{2} \times (g_n + a) + \frac{i_{Pcar} \times m_{Pcar} \times a}{2} - \frac{FR_{car}}{2}$$

$$T_1 = \frac{1100+1000+2 \times 1.5 \times 60 + (1 \times 0.72 \times 60)/2}{2} \times (9.81 + 0.5) + \frac{2 \times 24 \times 0.5}{2} - \frac{100}{2}$$

$$T_1 = 11826.75(N)$$

$$T_2 = \frac{M_{cwt}}{2} \times (g_n - a) + M_{SRcwt} \times (g_n - 2 \times a) - \frac{i_{Pcwt} \times m_{Pcwt} \times a}{2} + \frac{FR_{cwt}}{2}$$

$$T_2 = \frac{1550}{2} \times (9.81 - 0.5) + 5 \times 0.34 \times 60 \times (9.81 - 2 \times 0.5) - \frac{1 \times 24 \times 0.5}{2} + \frac{100}{2}$$

$$T_2 = 8157.87(N)$$

$$\frac{T_1}{T_2} = 1.45 < e^{f\alpha}$$

c) 空载轿厢位于底层端站

1) 轿厢上行

$$T_1 = \frac{M_{cwt} + M_{CRcwt}}{2} \times (g_n + a) + \frac{i_{Pcwt} \times m_{Pcwt} \times a}{2} - \frac{FR_{cwt}}{2}$$

$$T_1 = \frac{1550 + 2 \times 1.5 \times 60}{2} \times (9.81 + 0.5) + \frac{1 \times 24 \times 0.5}{2} - \frac{100}{2}$$

$$T_1 = 8874.15(N)$$

$$T_2 = \frac{P}{2} \times (g_n - a) + M_{SRcar} \times (g_n - 2 \times a) - \frac{i_{Pcar} \times m_{Pcar} \times a}{2} + \frac{FR_{car}}{2}$$

$$T_2 = \frac{1100}{2} \times (9.81 - 0.5) + 0.34 \times 5 \times 60 \times (9.81 - 2 \times 0.5) - \frac{2 \times 24 \times 0.5}{2} + \frac{100}{2}$$

$$T_2 = 6057.12(N)$$

$$\frac{T_1}{T_2} = 1.47 < e^{f\alpha}$$

2) 轿厢下行

$$T_1 = \frac{M_{cwt} + M_{CRcwt}}{2} \times (g_n - a) - \frac{i_{Pcwt} \times m_{Pcwt} \times a}{2} + \frac{FR_{cwt}}{2}$$

$$T_1 = \frac{1550 + 2 \times 1.5 \times 60}{2} \times (9.81 - 0.5) - \frac{1 \times 24 \times 0.5}{2} + \frac{100}{2}$$

$$T_1 = 8097.15(N)$$

$$T_2 = \frac{P}{2} \times (g_n + a) + M_{SRcar} \times (g_n + 2 \times a) + \frac{i_{Pcar} \times m_{Pcar} \times a}{2} - \frac{FR_{car}}{2}$$

$$T_2 = \frac{1100}{2} \times (9.81 + 0.5) + 0.34 \times 5 \times 60 \times (9.81 + 2 \times 0.5) + \frac{2 \times 24 \times 0.5}{2} - \frac{100}{2}$$

$$T_2 = 6735.12(N)$$

$$\frac{T_1}{T_2} = 1.2 < e^{f\alpha}$$

d) 空载轿厢位于顶层端站

1) 轿厢上行

$$T_1 = \frac{M_{cwt}}{2} \times (g_n + a) + M_{SRcwt} \times (g_n + 2 \times a) + \frac{i_{Pcwt} \times m_{Pcwt} \times a}{2} - \frac{FR_{cwt}}{2}$$

$$T_1 = \frac{1550}{2} \times (9.81 + 0.5) + 5 \times 0.34 \times 60 \times (9.81 + 2 \times 0.5) + \frac{1 \times 24 \times 0.5}{2} - \frac{100}{2}$$

$$T_1 = 9048.87(N)$$

$$T_2 = \frac{P + M_{CRcar} + M_{Trav}}{2} \times (g_n - a) - \frac{i_{Pcar} \times m_{Pcar} \times a}{2} + \frac{FR_{car}}{2}$$

$$T_2 = \frac{1100 + 2 \times 1.5 \times 60 + (1 \times 0.72 \times 60) / 2}{2} \times (9.81 - 0.5) - \frac{2 \times 24 \times 0.5}{2} + \frac{100}{2}$$

$$T_2 = 6096.95(N)$$

$$\frac{T_1}{T_2} = 1.48 < e^{f\alpha}$$

2) 轿厢下行

$$T_1 = \frac{M_{cwt}}{2} \times (g_n - a) + M_{SRcwt} \times (g_n - 2 \times a) - \frac{i_{Pcwt} \times m_{Pcwt} \times a}{2} + \frac{FR_{cwt}}{2}$$

$$T_1 = \frac{1550}{2} \times (9.81 - 0.5) + 5 \times 0.34 \times 60 \times (9.81 - 2 \times 0.5) - \frac{1 \times 24 \times 0.5}{2} + \frac{100}{2}$$

$$T_1 = 8157.87(N)$$

$$T_2 = \frac{P + M_{CRcar} + M_{Trav}}{2} \times (g_n + a) + \frac{i_{Pcar} \times m_{Pcar} \times a}{2} - \frac{FR_{car}}{2}$$

$$T_2 = \frac{1100 + 2 \times 1.5 \times 60 + (1 \times 0.72 \times 60) / 2}{2} \times (9.81 + 0.5) + \frac{2 \times 24 \times 0.5}{2} - \frac{100}{2}$$

$$T_2 = 6671.75(N)$$

$$\frac{T_1}{T_2} = 1.22 < e^{f\alpha}$$

紧急制动工况符合要求

B.4 滞留工况

$$\mu = 0.2$$

$$e^{fa} = e^{1.972 \times 0.2 \times 180 \times \pi / 180} = 3.453$$

a) 空载轿厢位于顶层端站，且不考虑任何摩擦。

$$T_1 = \frac{P + M_{CRcar} + M_{Trav}}{2} \times g_n$$

$$T_1 = \frac{1100 + 2 \times 1.5 \times 60 + (1 \times 0.72 \times 60) / 2}{2} \times 9.81$$

$$T_1 = 6384.35(N)$$

$$T_2 = M_{SRcwt} \times g_n$$

$$T_2 = 5 \times 0.34 \times 60 \times 9.81$$

$$T_2 = 1000.62(N)$$

$$\frac{T_1}{T_2} = 6.38 > e^{f\alpha}$$

b) 空载轿厢位于底层端站，且不考虑任何摩擦。

$$T_1 = \frac{M_{cwt} + M_{CRcwt}}{2} \times g_n$$

$$T_1 = \frac{1550 + 2 \times 1.5 \times 60}{2} \times 9.81$$

$$T_1 = 8485.65(N)$$

$$T_2 = M_{SRcar} \times g_n$$

$$T_2 = 5 \times 0.34 \times 60 \times 9.81$$

$$T_2 = 1000.62(N)$$

$$\frac{T_1}{T_2} = 8.48 > e^{f\alpha}$$

滞留工况符合要求

B.5 计算结果

曳引力符合要求

参考文献

- [1] ISO 8100-1:2019 运载乘客和货物的电梯 第1部分:乘客电梯和货客电梯
 - [2] ISO 8100-2:2019 运载乘客和货物的电梯 第2部分:电梯部件的设计原则、计算和检验
-

中国电梯协会标准
电梯曳引系统设计技术要求
T/CEA 0013-2020

*

中国电梯协会
地址：065000 河北省廊坊市金光道 61 号
Add: 61 Jin-Guang Ave., Langfang, Hebei 065000, P.R. China
电话/Tel: (0316) 2311426, 2012957
传真/Fax: (0316) 2311427
电子邮箱/Email: info@cea-net.org
网址/URL: <http://www.elevator.org.cn>