ICS 45.100
J 81

中华人民共和国国家标准

GB 19402—2012
代替 GB/T 19402—2003

客运地面缆车安全要求

Safety requirements for passengers funiculars

2012-09-03 发布　　2013-07-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会　发布

目　　次

前言 …… Ⅲ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　基本要求 …… 1
4　钢丝绳 …… 6
5　站内机械设备 …… 9
6　电气设备 …… 14
7　线路设施 …… 18
8　运载工具 …… 21
9　站房 …… 25
10　安装 …… 26
11　试车 …… 30
12　运行 …… 31
附录 A（资料性附录）　夹板绳卡滑动力的计算 …… 34
附录 B（规范性附录）　主驱动装置的安全装置 …… 35

前　言

本标准的3.1～3.5、3.6.1～3.6.7、3.7、3.8、4.1、4.2、4.3.1、4.3.2、第5章、第6章、7.1、7.2、7.4、7.5、7.6、8.1、8.2、8.5、8.6及附录B为强制性的，其余为推荐性的。

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准代替GB/T 19402—2003《客运地面缆车技术规范》。

本标准与GB/T 19402—2003相比主要变化如下：

——名称由《客运地面缆车技术规范》改为《客运地面缆车安全要求》；

——删除了术语和定义(见2003年版的第3章)；

——修改了线路坡度差的允许值，由±18%修改为±20%(见3.1.2，2003年版的4.1.1)；

——增加了对法向加速度的要求(见3.1.5)；

——修改了界限范围的要求(见3.2，2003年版的4.1.7)；

——修改了最大运行速度，由10 m/s修改为12 m/s(见3.4，2003年版的4.2.1)；

——增加了通过站房或进站时最大速度的要求(见3.4.3)；

——修改了车厢有效面积，由0.6+0.16×n修改为0.6+0.20×n(见3.5，2003年版的4.3.1)；

——修改了线路计算和钢丝绳计算时的有效载荷(见3.6.2，2003年版的5.1.1)；

——修改了动载荷系数，由1.2修改为1.3(见3.6.7，2003年版的5.1.5)；

——对风载荷进行了修改，由运行时风压200 Pa修改为0.25 kN/m^2，停运时风压1 200 Pa修改为0.8 kN/m^2(见3.6.6.1，2003年版的5.1.4.1)；

——增加了对救援的要求(见3.7)；

——增加了对自动运行缆车的要求(见3.8)；

——修改了无极缠绕牵引索编接的要求(见4.1.3，2003年版的5.2.2)

——修改了钢丝绳抗拉安全系数，由6修改为5(见4.2.1，2003年版的5.2.3.1)；

——增加了计算最大工作拉力应计入的力值(见4.2.3)；

——增加了对站口导向轮直径与绳径比的要求(见4.2.5.6)；

——增加了钢丝绳固定和连接的基本要求(见4.3.1)；

——增加了牵引索卷筒上的绳卡的有关规定(见4.3.3)；

——增加了浇注套筒的有关规定(见4.3.4)；

——增加了夹板绳卡的有关规定(见4.3.5)；

——增加了夹板绳卡滑动力计算方法(见附录A)；

——增加了夹紧套筒的有关规定(见4.3.6)；

——修改了对钢丝绳报废的规定(见4.4，2003年版的5.2.3.3)；

——对驱动轮上力的传递增加了验算惯性力的有关要求，修改了校核防滑力的方式(见5.3.4，2003年版的5.4.3)；

——增加了驱动轮许用摩擦系数的有关规定(见3.6.4.1)；

——增加了对制动器要求的有关规定(见5.6)；

——增加了对绳轮计算的有关要求(见5.7.2)；

——修改了不设平衡索的限制要求(见5.11，2003年版的6.6.1)；

——修改了张紧行程计算时钢丝绳永久伸长值，由5‰修改为3‰(见5.11.4，2003年版的6.6.4.1)；

——增加了供电电源稳态电压值、稳态频率值的有关要求(见6.1.3)；

学兔兔 www.bzfxw.com

——增加了安装维修开关有关要求(见 6.1.8);
——增加了安装紧急停车按钮有关要求(见 6.1.9);
——增加了主拖动装置启动的要求(见 6.2.2);
——增加了线路安全回路的电源电压的要求(见 6.4.2);
——增加了延迟触发紧急停车的要求(见 6.4.3);
——增加了两站之间信号传递失灵时的要求(见 6.5.3);
——增加了测试的有关规定(见 6.6);
——增加了防雷击的安全要求(见 6.8.7、6.8.8);
——增加了桥梁允许变形的规定(见 7.3.7);
——增加了桥梁及基础设计工作寿命的规定(见 7.1.3);
——增加了桥梁及钢结构进行疲劳计算的方法(见 7.3.1);
——增加了对运载工具进行计算的要求(见 8.2.2、8.2.3);
——修改了对碰撞力计算的要求(见 8.2.1,2003 年版的 9.2.2);
——增加了不装设轨道制动器的有关规定(见 8.6.1);
——增加了不利载荷情况下校核稳定性的计算式(见 8.2.5.1);
——增加了轨道制动器检验的条款(见 8.6.9);
——修改了对轨道制动器自动作用的超速值,由 30%修改为 25%(见 8.6.2,2003 年版的 9.5.2);
——增加了对安装和试车的安全要求(见第 10 章、第 11 章);
——增加了每日检查、每月检查、每年检查内容的安全要求(见 12.1.3、12.2.1、12.2.2);
——增加了无轨道制动器缆车维护的安全要求(见 12.2.3)。

本标准由全国索道与游乐设施标准化技术委员会(SAC/TC 250)提出并归口。

本标准起草单位:北京起重运输机械设计研究院。

本标准主要起草人:张海乔、黄鹏智、樊俊宏、刘旭升、温新婕、里鑫、黄越峰、李刚、云平、秦玲、牛东、王治军、闫登华、李越秀、王旭。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB/T 19402—2003。

学兔兔 www.bzfxw.com

客运地面缆车安全要求

1 范围

本标准规定了客运地面缆车的设计、制造、安装、运行等方面的安全要求。

本标准适用于营业性客运地面缆车。

本标准不适用于非营业性地面缆车以及码头、矿山、井下专业用途的通勤缆车。

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 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法

GB/T 1031 产品几何技术规范(GPS)表面结构轮廓法 表面粗糙度参数及其数值

GB/T 3480 渐开线圆柱齿轮承载能力计算方法

GB 3805—2008 特低电压(ELV)限值

GB 5226.1—2008 机械安全 机械电气设备 第Ⅰ部分:通用技术条件

GB 8918 重要用途钢丝绳

GB/T 9075 索道用钢丝绳检验和报废规范

GB 12352 客运架空索道安全规范

GB 50007 建筑地基基础设计规范

GB 50009 建筑结构荷载规范

GB 50010 混凝土结构设计规范

GB 50017—2003 钢结构设计规范

GB 50061 66 kV 及以下架空电力线路设计规范

GB 50231 机械设备安装工程施工及验收通用规范

DL/T 5161.1～5161.17 电气装置安装工程质量检验及评定规程

JB/T 4730 承压设备无损检测

3 基本要求

3.1 线路的选择

3.1.1 选择线路时，应考虑：

——当地气候、地理条件、缆车经过的交通要道和跨越的建筑设施以及紧急救援的要求；

——避免建在有雪崩、滑坡、塌方、海啸、洪水等危及缆车安全的地区，经过.主管部门的批准，采取预防措施时例外；

——法向加速度对人员的影响(见 3.1.5)；

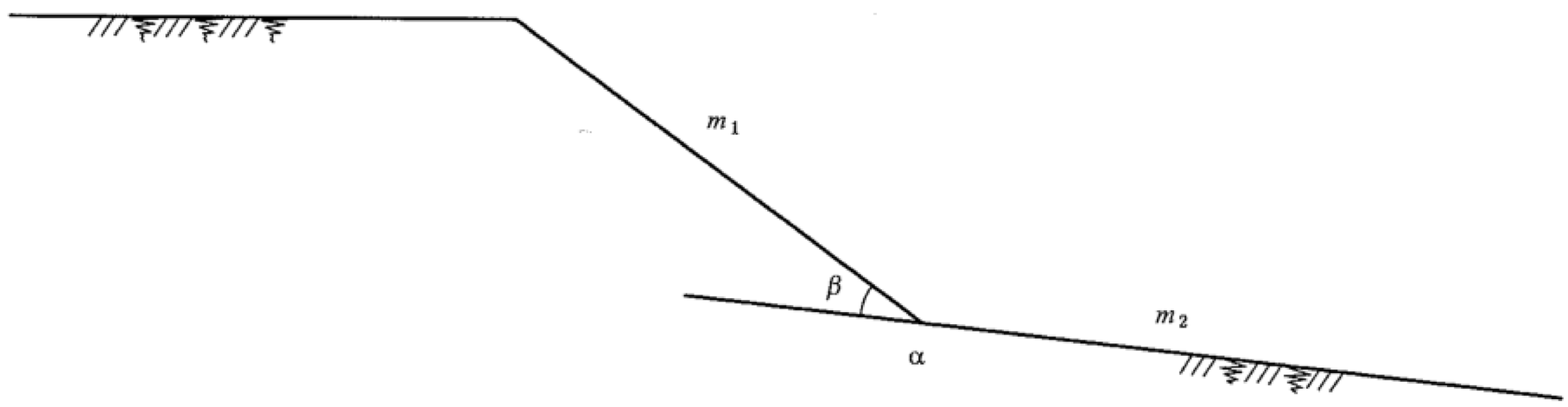
——钢丝绳在托索轮上支承的安全性(见 3.1.4)；

——车辆导向的安全性，线路的坡度及其变化(见 3.1.2)；

——需要的制动力和轨道制动器作用的安全性。

3.1.2 轨道的地面纵向倾角的变化值 β (线路上、下段坡差角)应不超过±20%(±11°19′)。变坡缆车线路示意图见图 1。

学兔兔 www.bzfxw.com



说明：

α ——变坡点；

β ——坡差角；

m_1——上段坡度；

m_2——下段坡度。

图 1 变坡缆车线路示意图

3.1.3 线路的走向应尽量使钢丝绳的走向通顺。从站内应至少能观察到线路上车辆开始减速的位置。

3.1.4 对于凹陷线路，钢丝绳应可靠地支承在托索轮上。当以最大减速度进行制动时，钢丝绳应不从托索轮上浮起。

3.1.5 法向加速度应不超过 0.50 m/s²，布置线路和选择曲率半径时应不影响车辆的导向和轨道制动器的有效动作。

3.1.6 会车段的长度应考虑下列因素：

——车辆长度；

——牵引索长度的变化；

——轨道制动器在不利的位置制动时所需要的制动距离。

3.1.7 当两辆客车会车时，两辆客车之间的净空应超过 0.4 m。

3.1.8 在会车段内侧不允许乘客通过，外侧应设有维修及乘客疏散的通道。

3.2 界限尺寸

3.2.1 缆车的界限范围取决于车辆本身的形状和几何尺寸。此外还应考虑：

a) 当车辆在轨道上运行至弯道和变坡度时，车辆在水平方向和垂直方向的移动；

b) 车辆横向的浮动；

c) 在所有方向上车辆的悬挂装置可能的移动；

d) 轴相对于钢轨(以正常的轨距)可能的横向移动；

e) 可能的尺寸偏移(例如车辆，钢轨的位置)；

f) 手与障碍物之间的净空要求：

——对所有窗户可以打开和敞开式车辆为 1.0 m；

——倾斜的窗户不小于 0.2 m；

——打开窗户后窗户下边缘距车辆地板平面不小于 1.80 m 时，为 0.20 m；

——打开窗户后窗户下边缘距车辆地板平面不小于 1.50 m 时，为 0.50 m。

3.2.2 车站站台边缘与车辆之间的间隙应不超过 0.05 m。

3.3 安全距离

3.3.1 缆车车厢每侧及车厢上部与线路上任何固定构件(轨道和站台组成部分除外)之间，距离应不小于 0.1 m。

学兔兔 www.bzfxw.com

3.3.2 沿线路人员的通道应位于轨道的外侧，其宽度应不小于 0.6 m，其最小的净高应超过 2.0 m。邻近地面超过 1 m 以上或下坡坡度大于 60%，乘客通道和乘客活动范围的地方应装设刚性的栏杆。

3.3.3 缆车的线路与公路、道路以及滑雪斜坡应不在同一高度上交叉。

3.3.4 当缆车线路与公路平行时，缆车线路上任何设施外侧的边缘与公路边缘之间的距离应不小于 1.5 m。如果公路上的车辆有驶入缆车道的可能性时，应设保护装置。

3.3.5 缆车的线路与电力线平行和交叉时，应符合 GB 50061 的有关规定。

3.3.6 当缆车线路与索道平行时，在下列情况下，缆车上任何设施的外侧与索道设施边缘之间的距离应不小于 1.5 m：

——架空索道：钢丝绳和吊具在最大静挠度的情况下横向偏摆 20%；

——拖牵索道：拖牵索道拖牵器的外缘距其牵引索两边至少 10 m。

3.3.7 缆车线路与架空索道交叉时应保证索道线路在最大静挠度增大 10%的情况下索道运载工具至缆车车辆、缆车构筑物或缆车架空线之间的垂直净空应不小于 1.5 m。

3.3.8 当缆车线路与其他建筑物（例如水域、煤气管线、自来水管和类似的建筑物）平行或交叉时应满足有关的规定。

3.3.9 当轨道两侧的树木倒塌时将危及缆车的安全运行，应装设倒树的安全停车装置。

3.4 运行速度

3.4.1 最高运行速度应不超过 12 m/s，还应考虑如下因素的影响：

——车辆运行的安全与平稳；

——驱动装置制动器、轨道制动器及缓冲器的性能；

——线路的状况；

——曲率半径。

3.4.2 辅助驱动装置运行速度应小于主驱动装置运行速度的一半。紧急驱动装置的运行速度应不超过 2 m/s。

3.4.3 当车辆通过站房或进站时最大速度应不超过 1.0 m/s。

3.5 车厢有效面积

3.5.1 少于 6 人的站立式车厢，每人按 0.3 m^2 计算；6 人及 6 人以上的车厢，地板有效面积见式(1)：

$$A = 0.6 + 0.20 \times n \qquad \cdots\cdots(1)$$

式中：

A ——车厢地板的有效面积，单位为平方米(m^2)；

n ——车厢定员。

3.5.2 座位宽：当两个座位并排时，座位净宽应不小于 1 m，当三个座位并排时，座位净宽应不小于 1.4 m。

3.6 线路计算

3.6.1 自重

钢丝绳和运载工具的实际重量应与进行线路计算所取的值相符，重量的偏差应不超过±5%。

3.6.2 有效载荷

定员 15 人以下时平均每人重力应按 740 N 计算；定员 16 人以上时，平均每人重力应按 690 N 计算；对于运送滑雪者的缆车还应每人加上 50 N 装备的重力。

学兔兔 www.bzfxw.com

3.6.3 动态作用力(惯性力)

——当以实际值的 1.2 倍重载上行时,起动加速度最小为 0.15 m/s^2 时的惯性力;
——当为重载下行时,制动力可自动调节,减速度为 0.4 m/s^2 的惯性力;
——当为重载下行时,制动力不可自动调节,减速度为 0.6 m/s^2 的惯性力;
——重载上行,工作制动器的平均制动减速度最高为 1.5 m/s^2 时的惯性力;
——应验证当轨道制动器制动之后在整个牵引索环线的动态作用力。

3.6.4 摩擦系数

3.6.4.1 驱动轮衬垫的许用摩擦系数 μ_{zul} 见表 1。μ_{zul} 取决于实际条件下(例如潮湿的钢丝绳、+40 ℃时涂油的钢丝绳)衬垫的摩擦系数 μ,根据以下条件计算:

——考虑了正常减速度下动态作用力,许用的摩擦系数 μ_{zul} 取 $2/3\mu$;
——考虑了非正常情况下最大减速度的动态作用力,许用的摩擦系数取 μ 值的 80%。

其他工程材料实际的摩擦系数通过试验得到。

表 1

衬垫材料	匀速运动时的摩擦系数	起动及制动时的摩擦系数
钢绳槽或铸铁绳槽	0.07	0.07
橡胶、塑料衬垫等	0.2	0.22
软铝衬垫(布氏硬度≤500 N/mm^2)	0.2	0.2

3.6.4.2 对于钢制夹持器及抱索器内外抱卡的摩擦系数应为 0.13。

3.6.4.3 对于卷筒固定绳槽,应采用下列摩擦系数:

——木材或塑料的衬垫:0.11;
——钢板衬垫:0.08。

3.6.4.4 如果轨道制动器的作用力作用在车轮上时,车轮和轨道的摩擦系数应最大按 0.08 计算。

3.6.5 摩擦阻力

对线路计算以当时的作用力的百分比作为下述的摩擦阻力,其中摩擦阻力包括钢丝绳在所有情况下的弯曲阻力:

——橡胶衬绳轮,轮压的 3.0%;
——塑料衬绳轮,轮压的 2.0%;
——带滚动轴承的绳轮,支承力的 0.3%;
——带滑动轴承绳轮,支承力的 1%;
——车辆的钢轮,轮压的 1.0%;
——车辆的充气橡胶轮胎,轮压的 1.0%。

3.6.6 风载荷

3.6.6.1 基本风压如下:

——运行时:0.25 kN/m^2;
——停运时:0.8 kN/m^2,风速超过 36 m/s 的地区,应按当地的风压值。

3.6.6.2 体型系数见表 2。

学兔兔 www.bzfxw.com

表 2

名称	体型系数	备注
钢丝绳	1.0～1.2	
矩形车厢	1.3	
带圆角的矩形车厢	1.3～2 r/L	r 为车厢倒角半径;L 为车厢长度
托索轮	1.6	
圆管形支架	1.2	
方管及轧制型材支架	2	
注：允许使用风洞实验所取得的数据。		

3.6.7 动载荷

在进行土建结构计算时应考虑轨道和车轮材质的影响,应将车辆的载荷乘以动载系数 $\phi=1.3$。

3.6.8 雪载荷

3.6.8.1 如果高度在海拔 2 000 m 以下,在有雪载荷的地方,应按下列公式确定覆盖面上每平方米的雪载荷见式(2):

$$S=[1+(h_0/350)^2]\times 0.4\ \text{kN/m}^2 \geqslant 0.9\ \text{kN/m}^2 \quad \cdots\cdots(2)$$

式中:

S——平方米的雪载荷,单位为千牛每平方米(kN/m²);

h_0——按地勘部门所提供的海拔高度,单位为米(m)。

3.6.8.2 在特殊情况下,例如,该地高度在海拔 2 000 m 以上,或该地区降雪量丰富,则应按当地气象部门提供的数据确定雪载荷。

3.6.8.3 站房内车辆顶部积雪按 0.5 m 深,雪密度按 0.4 kN/m³ 进行计算。

3.6.9 额外载荷

应根据缆车情况对下述额外载荷的几项或全部进行计算:

——1.3 倍的轨道制动器的制动力作用在车轮上的力;

——1.1 倍雪崩和雪滑坡作用的力;

——1.1 倍在站台缓冲器的冲击力;

——1.1 倍张紧小车或重锤的冲击力;

——1.1 倍建筑施工影响的力;

——1.1 倍电线断落时的力(用于安全保护结构的计算)。

3.7 救援

沿缆车线路的外侧应设有救援通道,通道宽度应不小于 0.6 m。坡度在 15%以上或者离地净高在 1 m 以上时,应沿边缘装设栏杆,如果有台阶,应提供扶手和休息区。

3.8 自动运行的地面缆车

3.8.1 运行监控

在故障的场合下,30 min 内工作人员应到达机房,并采取恰当的措施。在站台区域应设置闭路电视监控器进行监控。

学兔兔 www.bzfxw.com

3.8.2 隔开线路的围栏

缆车运行线路人员易于接近的局部范围应用围栏隔开，围栏高度应不小于 1.8 m。在乡村环境围栏高度应不小于 1.2 m。

3.8.3 进出线路

围栏所有的门应装备安全装置，当门被打开，设备将自动的停车。门应不向内(轨道方向)打开。当门也供人员疏散使用时，门应可从里面没有钥匙也能打开。

3.8.4 营救

——中止运行的情况下，人员应从车厢内没有危险的疏散，门和应急出口应可打开。
——应设置乘客通知站房监控器的报警装置。
——当中止运行之后工作人员 15 min 内可能到达车辆，可采取其他的疏散方法。

3.8.5 进出车

站房站台应设置刚性滑动门，其规格应与车辆门相一致。为了避免乘客衣服被滑动门夹住，车辆门和所关闭的滑动门之间的水平净空在地板之上 1.8 m 高的范围内应不超过 0.12 m，在这个范围装备了附加监控装置的除外。车辆门的门槛和滑动门的门槛之间的水平净空应不超过 35 mm。

4 钢丝绳

4.1 钢丝绳的选用原则

4.1.1 钢丝绳应符合 GB 8918 的要求。
4.1.2 牵引索、平衡索应采用线接触(或面接触)同向捻带纤维绳芯的钢丝绳；张紧索应采用挠性好、耐弯曲的钢丝绳。在腐蚀性环境中工作的牵引索、平衡索、张紧索应采用镀锌钢丝绳。
4.1.3 采用平衡索的缆车，其牵引索或平衡索均应为整根钢丝绳，不允许有接头。当用无极缠绕的牵引索时，其编接接头的长度应不小于钢丝绳公称直径的 1 200 倍。插入长度应超过钢丝绳公称直径的 60 倍。相邻两个编接末端之间的钢丝绳长度应不小于钢丝绳公称直径的 3 000 倍。

4.2 钢丝绳安全系数

4.2.1 牵引索和平衡索的安全系数，即最小破断力与钢丝绳最大拉力(包括起制动时的惯性力)之比，应大于 5。当考虑了轨道制动器制动的冲击力后其安全系数应超过 3。对于没有轨道制动器的地面缆车，其牵引索和平衡索的安全系数应不小于 6。
4.2.2 张紧索其安全系数应不小于 5.5。
4.2.3 牵引索最大工作拉力应在最不利载荷情况下计入下列力值：
——张紧装置开始的初张力；
——由高差引起的牵引索重力和重车重力的分力；
——线路托索轮的阻力；
——站内各有关设备的运行阻力；
——液压张紧装置张紧力的增加值(重锤张紧装置张紧力变化范围不超过±3%可忽略不计)；
——起、制动时的惯性力。
4.2.4 当驱动装置制动器以 1.5 m/s^2 的减速度制动时，钢丝绳的最小牵引力应不会引起轨道制动器动作。

4.2.5 钢丝绳与驱动轮、导向轮等的比值如下：

4.2.5.1 绳轮、卷筒直径 D 与钢丝绳公称直径 d 的比值应不小于表 3 中的值。

表 3

钢丝绳种类	绳轮及卷筒类型	钢丝绳直径 d 的倍数	外层钢丝直径的倍数
牵引索	托索轮	8	—
	驱动轮、导向轮、驱动卷筒	80	800
	固定卷筒	22	—
	导向靴	160	—
	救护卷筒	30	
张紧索	有钢丝绳运动的绳轮	40	800
	无钢丝绳运动的绳轮或卷筒	20	—
	套环	7	—
注：软质衬垫的弹性模数最高取 10 kN/mm²。			

4.2.5.2 不带衬的托索轮、绳轮其轮径与绳径比应按表 3 中的值至少提高 25%。

4.2.5.3 不带衬垫的驱动轮和托索轮的沟槽半径应为钢丝绳直径的 0.51～0.54 倍。

4.2.5.4 带软质衬垫的托索轮上钢丝绳的最大弯折角应小于 5°43′(10%)。

4.2.5.5 不带衬垫的托索轮钢丝绳的最大弯折角应小于 2°52′(5%)。

4.2.5.6 站口转向(导向)轮直径当弯折角小于 17°11′(0.3 弧度)时应不小于牵引索直径的 40 倍；当弯折角超过 17°11′(0.3 弧度)时应不小于牵引索直径的 60 倍。

4.3 钢丝绳的固定和连接

4.3.1 基本要求

4.3.1.1 应避免钢丝绳连接处附近由于钢丝绳的振动而产生的弯曲应力。必要时，应配备带衬的保护套筒。

保护套衬垫应符合下列要求：

a) 衬垫的长度至少为 4 d(d 为钢丝绳公称直径)；

b) 衬垫的厚度 δ 为 0.25 $d \leqslant \delta \leqslant 0.5\ d$，其内径与钢丝绳公称直径相等；

c) 对钢丝绳没有腐蚀，肖氏硬度为 90°～95°的聚氨脂或耐磨的柔性材料。

4.3.1.2 末端固定连接部件允许的破断力应大于钢丝绳最小破断力。

4.3.1.3 在最大工作载荷下不应出现永久变形。

4.3.1.4 牵引索固定装置的强度安全系数应大于匀速运动时钢丝绳最大牵引力的 4.5 倍。

4.3.1.5 应定期检查运行机构上牵引索的固定情况。

4.3.1.6 如果在例外的情况下钢丝绳固定装置无法检查时，则应定期地更换牵引索固定头。

4.3.2 车辆上固定牵引索的卷筒

4.3.2.1 固定牵引索卷筒应承受住钢丝绳实际破断力和出现的最大扭矩。

4.3.2.2 卷筒直径应至少等于牵引索直径的 22 倍和最大钢丝直径的 220 倍。

4.3.2.3 钢丝绳在牵引索卷筒上应至少缠绕 2.25 圈。

4.3.2.4 应避开牵引索在牵引索卷筒上的横向摆动。卷筒偏斜靴(鞍座)的半径以槽底测量不应小于钢丝绳直径的 80 倍。

4.3.2.5 卷筒外壳的外形由沟槽构成时，槽的半径应取 0.52 d～0.54 d。槽的深度应至少取 0.15 d。槽距应至少取 1.05 d。

4.3.3 牵引索卷筒上的绳卡(钢丝绳绳夹)

4.3.3.1 绳卡应考虑钢丝绳的变形，并配有弹簧垫。

4.3.3.2 支撑在传动机构大梁上的钢丝绳末端绳卡应吸收钢丝绳末端剩余的钢丝绳拉力。钢丝绳末端绳卡其最小间距约 10 mm，且是等距的。绳卡的直径应小于钢丝绳直径 5%。

4.3.3.3 每个绳卡的滑动安全系数为 3，计算时摩擦系数取 0.13。

4.3.3.4 对于卷筒安全验证的计算时，取下列摩擦系数：

a) 木材或塑料表层 0.10；

b) 钢材表层 0.08。

4.3.4 浇注头的锥套(浇注套筒)

4.3.4.1 套筒的内表面应精细加工，在抽出套筒时不致损伤钢丝绳。套筒内面的粗糙度应符合 GB/T 1031 的有关规定，轮廓算术平均偏差 Ra 应不大于 1 μm。

4.3.4.2 对于采用钢套筒，浇注时通过加热其特性不应发生不利的变化。

4.3.4.3 套筒的长度 L 应为 5 $d \leqslant L \leqslant 9\ d$，圆锥倾角 α 应在 $5° \leqslant \alpha \leqslant 9°$，见图 2。

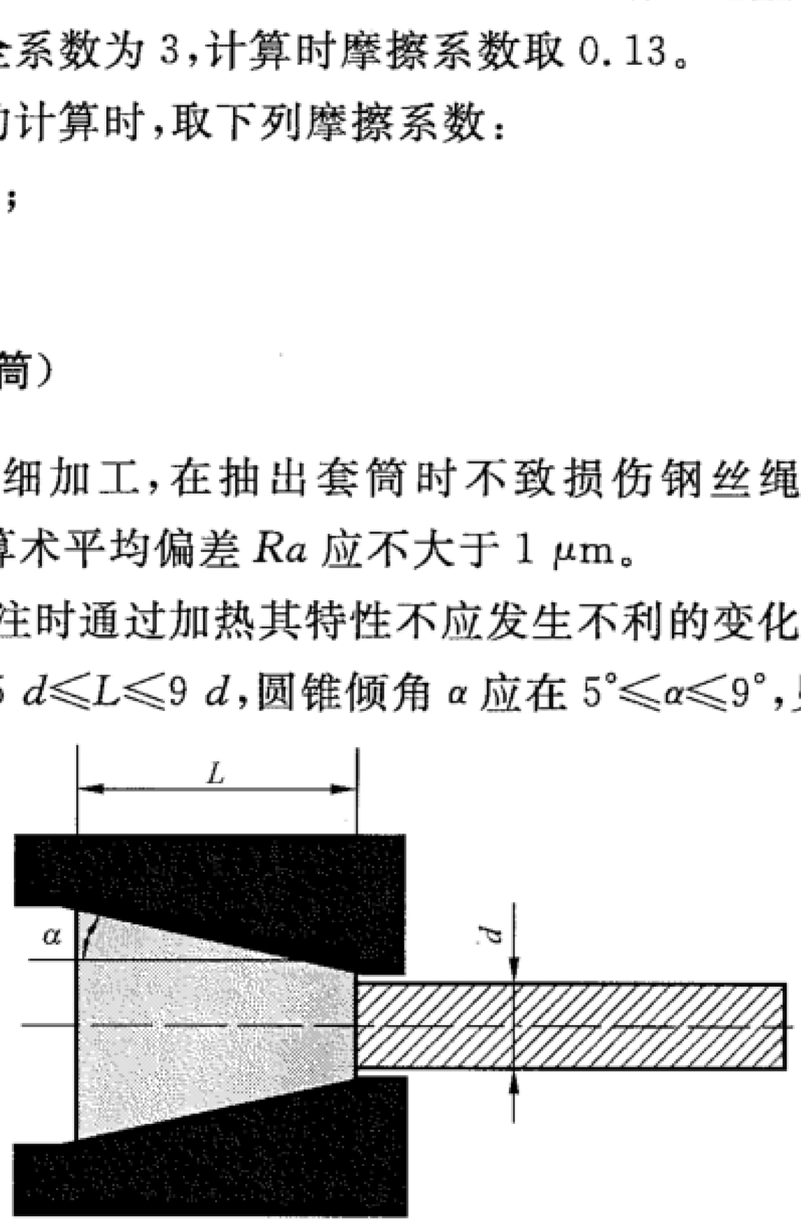


图 2 套筒的长度

4.3.4.4 浇注套筒应能承受钢丝绳运行时产生的最大扭矩。

4.3.5 夹板绳卡

4.3.5.1 应考虑所要求的滑动力(S_F)及钢丝绳直径的预期变化。夹紧后，绳卡的两个部件之间在全长的任一点上都应有至少 2 mm 的可见间隙，且考虑到在夹紧期间和钢丝绳整个寿命期间钢丝绳直径减小后，还留有裕量。

4.3.5.2 槽形截面部分的形状应是圆柱体，槽扇形角的总和 α 应不小于 250°(见附录 A 中图 A.1)。槽形直径应为钢丝绳公称直径的 1.05～1.1 倍。在绳卡的出口处应有适当的圆角，避免这个区域有锋利的边缘。

4.3.5.3 滑动力应根据绳卡和钢丝绳接触的面积、夹紧力和摩擦系数来计算，计算方法见附录 A。

4.3.5.4 最大夹紧应力应不大于 50 N/mm^2。

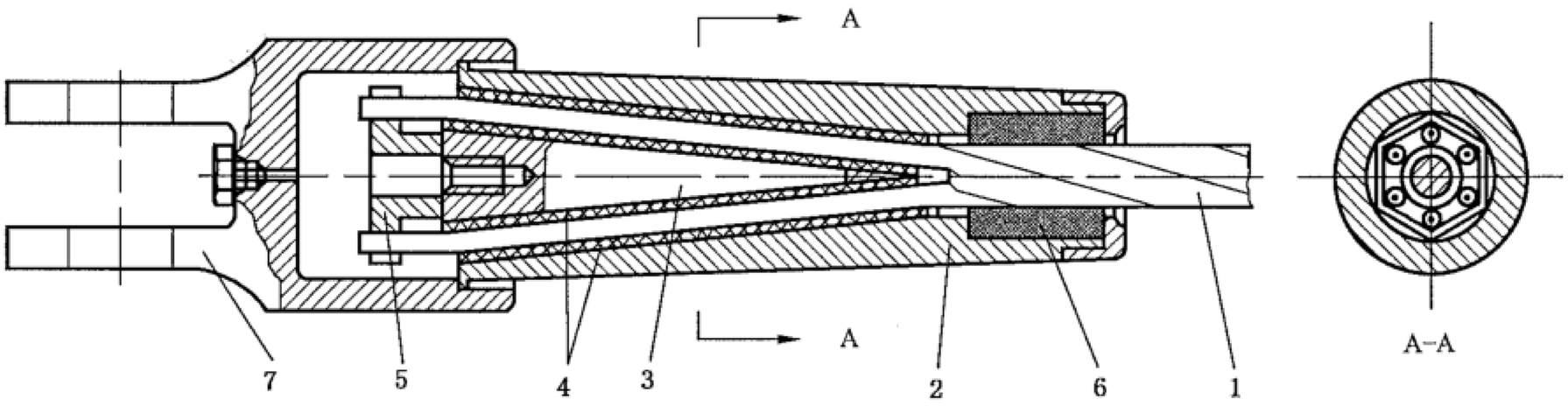
4.3.5.5 应保护所有绳卡材料不受腐蚀。材料的韧性应满足－20 ℃以下工作环境温度使用，并应作缺口冲击验证，试验应符合 GB/T 229 中的规定。

4.3.5.6 绳卡应进行无损探伤，并符合 JB/T 4730 中的Ⅱ级要求。

4.3.5.7 绳卡的公称直径和螺栓扭矩应有永久标记。

4.3.6 夹紧套筒

4.3.6.1 夹紧套筒由外部锥形套筒、内锥体、柔性铝丝、锥体固定器、弹性套筒和连接叉组成(见图 3)。



说明:

1——钢丝绳;

2——外部锥形套筒;

3——内锥体;

4——柔性铝丝;

5——锥体固定器;

6——弹性套筒;

7——连接叉。

图 3 夹紧套筒

4.3.6.2 效率应达到 98%。

4.3.6.3 锥体的母线和轴线之间的角度应是 5°,内锥体的公差为 $^{0}_{-0.5}$,套筒锥体的公差为±0.5;锥体长度应大于钢丝绳公称直径的 7 倍;锥体应有一个圆柱部分,长为钢丝绳公称直径的 0.4～0.6 倍。

4.3.6.4 内锥体表面应有可见纹路来固定缠绕铝丝,铝丝应在内锥体的两端固定。内锥体和锥体固定器应为两个独立的件,仅靠绳股来连接。在锥体深入套筒并加载后,在锥体固定器和外部锥形套筒之间不允许有接触。

4.3.6.5 缠绕铝丝应用布氏硬度相当于 500 N/mm^2～700 N/mm^2 的铝合金制成。缠绕丝的直径应是钢丝绳公称直径的 0.1±0.02 倍。

4.3.6.6 用以吸收振动的弹性套筒的材料应采用肖氏 A 硬度等级为 95 的聚亚安酯制作。弹性套筒的直径应在钢丝绳和套筒之间以及套筒和座孔之间不留任何间隙。套筒的长度应至少是钢丝绳公称直径的 2 倍。

4.3.6.7 部件装配前应进行无损探伤检查,并符合 JB/T 4730 中的Ⅱ级要求。

4.4 检验和报废

钢丝绳及固定末端的检验和报废应符合 GB/T 9075 的有关规定。

5 站内机械设备

5.1 主驱动装置

5.1.1 主驱动装置应能在不利的载荷情况下,以最小为 0.15 m/s^2 的平均加速度启动,而且在两个方向都可以运行。

5.1.2 驱动装置应有 0.3 m/s～0.5 m/s 的检修速度。

5.1.3 当采用卷筒式驱动装置时，应符合下列要求：

——卷筒缠绕钢丝绳的层数应不超过三层，钢丝绳卷上卷下应活动自如而没有滑动。钢丝绳与卷筒之间的摩擦系数 μ 值不大于 0.08。

——卷筒边缘应高出最外一层钢丝绳，其高差应不小于钢丝绳直径的 2.5 倍。

——卷筒上应设有衬垫。

——钢丝绳由下层转到上层的临界段(相当于绳圈 1/4 长的部分)应经常加以检查，并应在每季度将钢丝绳串动 1/4 绳圈的位置。

——卷筒上固定装置的强度安全系数应至少为匀速运动时最大钢绳张力的 4.5 倍。

——卷筒内应设固定钢丝绳的装置，不应固定在卷筒轴上。

——卷筒上的绳眼，不应有锋利的边缘和毛刺，折弯处不应形成锐角。

——卷筒上保留的钢丝绳应不小于五圈，用以减轻固定处的张力，还应留几圈作定期试验用的补充绳。这部分钢丝绳可缠绕在卷筒上，也可存在卷筒内。

——卷筒直径以钢丝绳中心计算应至少是钢丝绳直径的 80 倍和外层钢丝直径的 800 倍，对于救护卷筒应为钢丝绳直径的 30 倍。

5.1.4 所有的驱动装置(主驱动、辅助驱动)应配备两套彼此独立的能自动动作的制动器，即工作制动器和安全制动器。其中一套制动器应直接作用在驱动轮上。如果缆车在任何负荷情况下运行都不产生负力，断电后能自然停车，并且停车后不会倒转，允许只配备一套制动器。

5.1.5 主驱动装置在运行时，出现下列任何一种情况时，应自动停车：

——无电压或电压降低到特定最小值以下时；

——功率消耗上升到特定最大值以上时；

——最高运行速度超过额定值 10%；

——其他安全装置起作用。

5.1.6 主驱动装置常用安全装置动作见附录 B 中表 B.1。

5.2 辅助(或紧急)驱动装置

5.2.1 有下列情况之一者应安装辅助或紧急驱动装置：

——每条线路上车辆的有效载荷达 100 人；

——线路高差达 500 m；

——最大坡度达 60%；

——缆车线路长度超过 1 000 m；

——隧道段长度累计超过 500 m 或单个隧道段长度超过 200 m。

5.2.2 辅助驱动装置在不利的载荷情况下，应至少能以 0.10 m/s^2 的平均加速度起动。

5.2.3 辅助驱动装置的安全运行要求与主驱动装置相同。

5.2.4 紧急驱动装置应配备必须的安全装置，在相应的运行速度下将乘客安全地运回到站内。

5.2.5 电气设备应与主驱动装置彼此分离，不同的驱动装置之间应进行联锁。

5.2.6 辅助(或紧急)驱动装置应能在主驱动装置发生故障或遥控失灵的某些情况下，15 min 内投入运行。

5.2.7 计算内燃发动机时应考虑运转时间和海拔高度。内燃发动机上应装有由蓄电池供电的起动器。

5.3 驱动轮上力的传递

5.3.1 应验证最不利位置上，下列载荷情况下钢丝绳的最大张力、最小张力及最大圆周力。

——在匀速运动中，两侧都是空车及两侧都是重车；

——匀速运动，单侧重车上行；

——单侧重车上行，起动加速度见 3.6.3；

——匀速运动，单侧重车下行；

——单侧重车下行，制动减速度见 3.6.3。

5.3.2 当进行这些验证时(见 5.3.1)，应考虑其摩擦阻力(见 3.6.5)，及非匀速运动时下列质量的惯性力：

——牵引索质量；

——车辆质量；

——人员或载荷质量；

——由钢丝绳带动的转动部分质量。

5.3.3 应根据驱动装置安装的海拔高度及环境温度，验证其允许的极限值(例如：尖峰扭矩、尖峰功率、最大电流)。

5.3.4 验证所要求的摩擦系数，摩擦系数不应超过 3.6.4.1 的许用值。按式(3)：

$$\mu_{zul} \geqslant \mu_{erf} = \frac{1}{\alpha} \times \ln \frac{T_{max}}{T_{min}} \qquad \cdots\cdots(3)$$

式中：

α ——在驱动轮上钢丝绳的包角(rad)；

T_{max}、T_{min} ——在驱动轮上同一载荷情况下出现的最大与最小张力；

μ_{erf} ——在驱动轮上要求的摩擦系数。

5.3.5 应根据每种载荷情况下时间-圆周力图，计算等效圆周力，根据最大等效圆周力计算持续功率。

5.3.6 验证衬垫单位面积的压力，此压力不应超过衬垫生产厂所规定的数值。按式(4)：

$$P = \frac{3T_m}{dD} \qquad \cdots\cdots(4)$$

式中：

P ——衬垫单位面积的压力，单位为千牛每平方米(kN/mm^2)；

T_m ——平均牵引力，$T_m = \frac{T_1 + T_2}{2}$，单位为千牛(kN)；

d ——钢丝绳直径，单位为毫米(mm)；

D ——绳轮直径，单位为毫米(mm)。

5.4 动力传递部件

5.4.1 不允许采用平皮带传递动力。采用链条传递动力时外壳应封闭并有固定的润滑装置。

5.4.2 动力传递装置中的联轴器、万向节等应按照最不利的载荷进行计算。

5.4.3 液压动力传递装置应在两个方向都可以平稳起动。

5.5 制动器

5.5.1 每套制动器应能使缆车在最不利载荷情况下停车，每套制动器应根据最小平均减速度为 0.5 m/s^2 计算相应的停车行程。

5.5.2 当制动器的制动力减少 15%时，应还能使设备停车。

5.5.3 制动系统制动减速度应不超过 2.0 m/s^2。

5.5.4 工作制动器和安全制动器不应同时动作(会直接造成重大事故时除外)。

5.5.5 应采取措施防止制动块及刹车面沾上液压油、润滑油脂和水。

5.5.6 制动器的所有部件的屈服限安全系数应不小于 3.5。

5.5.7 制动器应符合下列要求：

——正向和反向制动动作性能应相同；

——制动力应均匀地分布在制动块上；
——应能补偿制动片的磨损；
——制动行程应留有余量；
——在选择制动弹簧时，弹簧的工作行程应不超过其有效行程的 80%；
——闸瓦间隙的分布应均匀并在允许的范围之内；
——制动器的制动力应由重力或弹簧产生，其力的传递应为机械式的。

5.5.8 安全制动器应直接作用在驱动轮上，或作用在具有足够缠绕圈数的卷筒上或作用在一个与驱动轮或卷筒连接的制动盘上。

5.5.9 安全制动器应具备在控制台上或其他控制位上手动控制的功能。

5.6 液压装置

5.6.1 液压装置的系统压力不应超过制造商限定的工作压力，应通过溢流阀得到保护。

5.6.2 高压管或胶管应固定好，以防断裂，液压管路和连接元件的破裂安全系数应不小于 3。

5.6.3 液压系统应能以简单的方式排气。

5.6.4 应设置必要的冷却或供暖装置。

5.7 绳轮

5.7.1 应按不利的载荷组合力作用在绳轮上进行计算，绳轮在没有考虑开槽时的集中应力时，其屈服限安全系数应不小于 3.5。

5.7.2 多槽驱动轮和从动轮应备有检查轮槽深度的装置；当在不利的载荷组合情况下，驱动轮和从动轮之间的钢丝绳张力应按 3.6.4.1 静摩擦系数值提高 30%进行计算。

5.7.3 采用焊接绳轮时，应消除内应力。

5.7.4 绳轮应镶有橡胶或其他合适的工程材料，其衬垫槽型应与运行的钢丝绳相适应。

5.7.5 绳轮轮缘的形状及深度应防止钢丝绳脱槽；绳槽的深度应不小于 1/3 的钢丝绳直径，绳槽的半径应不小于钢丝绳半径，绳轮轮缘的高度(绳轮外圆半径与轮衬槽底半径之差)应不小于一倍钢丝绳直径(张紧绳轮的要求见 5.11.7)。

5.7.6 当支撑绳轮的心轴或转轴断裂时，应具备防脱索及接住绳轮的装置。

5.7.7 绳轮的直径应符合 4.2.5.1 的规定。

5.8 减速器

5.8.1 减速器应按各种工况下不利的载荷情况进行计算。

5.8.2 当减速器壳体及其固定装置需承受钢丝绳张力时，应进行相应的计算，其屈服极限的安全系数应不小于 3.5。

5.8.3 减速器在任何运转工况都应润滑。

5.8.4 减速器的啮合计算应符合 GB/T 3480 的有关规定。

5.9 转轴与心轴

5.9.1 应考虑按不利载荷时力的组合进行计算。

5.9.2 应考虑动态工况进行疲劳强度计算，其疲劳强度安全系数应不小于 1.5。

5.9.3 在不考虑轴上开槽产生的应力集中的情况下，其屈服限安全系数应至少取 3.5。

5.9.4 在环境温度低于－20 ℃时，应采用镇静钢。

5.10 轴承

5.10.1 牵引索的驱动轮和迂回轮，卷筒的传动轴(输入轴例外)所使用的滚动轴承应考虑其受不利的

载荷情况下进行寿命计算：

——主驱动装置轴承寿命应不小于 25 000 工作小时；

——辅助驱动装置轴承寿命应不小于 15 000 工作小时；

——紧急驱动装置轴承寿命应不小于 2 500 工作小时。

5.10.2　牵引索的驱动轮和迂回轮以及卷筒应防止因轴承损坏而坠落。当装在支承上绳轮的轴承不起作用包括堵塞时，应通过结构的措施阻止其轴向移动并防止绳轮坠落；张紧绳轮除外。

5.10.3　滑动轴承应使用不会引起轴磨损的材质，应验算表面压力。

5.10.4　所有受气候影响的轴承都应在不拆卸的情况下润滑，润滑油脂应充满轴旁的空腔，以防止水的集聚。

5.11　张紧装置

5.11.1　牵引索一般应有重锤式或液压式张紧装置。也可利用车厢本身重量张紧，但应计算钢丝绳最小牵引力，其最小牵引力运行中应不会引起轨道制动器动作。如果运行中不能保持所要求的牵引力，则应装设平衡索。

5.11.2　牵引索相关的结构元件及液压张紧油缸的结构元件的屈服极限安全系数应不小于 3。

5.11.3　当计算钢丝绳时应考虑张紧装置的摩擦阻力。必要时可装设阻尼装置防止牵引索重锤的快速运动。为了防止气候的影响，重锤宜安装在房屋里或至少加顶盖。任何人不应进入重锤下面的空间。

5.11.4　最小的张紧行程应按下面计算：

——空载车辆和满载车辆时钢丝绳牵引力不同而引起的钢丝绳弹性长度变化。牵引索的弹性模数取 80 kN/mm^2～120 kN/mm^2，必要时考虑最高值。

——温差 60 ℃而引起的长度变化。

——线路长度 3‰的永久伸长。

——当张紧重锤的位置或液压张紧装置的位置可以调节(例如张紧绳是缠绕的或用滑轮组，张紧油缸可以移位)时，可按 30 ℃的温度差计算张紧行程，不考虑钢丝绳的永久伸长。

5.11.5　重锤张紧装置应符合下列要求：

——在气候条件不好的情况下也能正常运动；

——采用机械限位的方式限制行程，在正常运行的情况下，不应达到终端位置；

——张紧装置运动部分的末端应装设行程限位开关并对其进行监控；

——在张紧小车上设有指针，在相应固定机架上画上刻度表；

——张紧重锤和张紧小车的导向装置即使钢丝绳振动或撞击到缓冲器上时也不会发生脱轨、卡住、倾斜或翻倒现象；

——驱动装置和张紧装置设在同一站时，张紧小车和张紧重锤的运动应不受扭矩影响；

——重锤张紧装置应具备起吊装置以便于进行维修工作；

——张紧重锤的支撑结构、钢绳的附件和端点连接处应便于检查、检修和更换；

——张紧重锤和锚固点的连接处应防止锈蚀。

5.11.6　液压张紧装置应符合下列要求：

——应设置安全阀，安全阀应有单独的卸压回路；

——油压系统应设手动泵，在使用紧急或辅助驱动时，液压张紧系统应能运行；

——应装设行程限位开关并对其进行监控；

——应设油压显示装置；

——在低温地区工作的液压张紧装置应有防冻措施；

——油缸的固定点应采用球铰；

——雨雪天气应能正常工作，还应考虑运行检查和维修的方便；

——应在张紧小车上设有指针，在相应固定机架上画上刻度表，刻度表上的零点应设在相应的固定机架上。

5.11.7 张紧绳轮应符合下列要求：

——张紧绳轮应镶有衬垫，其弹性模数应小于 10 kN/mm²，绳槽的深度至少为钢丝绳直径的 1/3，绳槽的半径应不小于钢丝绳半径。

——张紧绳槽的直径，从钢丝绳中心测量应至少为钢丝绳直径的 40 倍。对运行中不转动的张紧绳轮直径可以减少，至少为钢丝绳直径的 20 倍。

——张紧绳轮的凸缘装上衬垫后应至少为钢丝绳直径 1/2 的高度。

——张紧绳轮应装备(由于不好的气候)刮冰清扫器。

——张紧绳轮应装备防止钢丝绳出轨的装置。

5.12 缓冲装置

5.12.1 站内线路运行轨道的末端应装设缓冲器。

5.12.2 缓冲器至紧急停车开关的距离(停车位监控)应不小于在最小的监控速度下安全制动器起作用时的制动行程。

5.12.3 缓冲器应与车辆以最小监控速度的 1/3 时产生的碰撞能量相适应。在谷站应考虑满载车辆静止时坡度的下滑力所产生的推动力以及碰撞能量。

5.13 位置指示器

5.13.1 不同类型的位置指示器均应由迂回轮、导向轮或缠绕卷筒驱动。

5.13.2 显示的线路图像应以钢丝绳运行轨迹为基础；当车辆到达终端位置时，应能自动校正偏差(零位检查)。

5.13.3 应能自行识别运行方向。

5.13.4 应能显示线路上速度变化，特别是进站范围内速度变化。

5.13.5 应能根据车辆行程监控进站范围的速度。

5.13.6 电网停电时，应保留位置指示器的功能。

5.13.7 应具备行程指示和安全信号传递的功能：

——固定点检查；

——同步监控；

——零位检查。

5.13.8 在进站范围内，其位置显示误差应不超过 0.5 m。

6 电气设备

6.1 基本要求

6.1.1 需要设置辅助驱动或紧急驱动装置的客运地面缆车(见 5.2.1)应有两套独立的电源供电。可采用双回路电源或柴油发电机作为备用电源，也可用内燃机作备用动力。在没有备用电源的情况下不应运营。

6.1.2 安全电路正常工作时应是闭合回路，而且应通过中断电路的方式来完成其功能。

6.1.3 缆车的供电应符合 GB 5226.1—2008 中 4.3.2、4.3.3 的规定。交流供电电源稳态电压值应为 0.90～1.10 倍额定电压，稳态频率值应为 0.98～1.01 倍额定频率，在电源周期的任意时间，电源中断或零电压的持续时间应小于 3 ms，相继中断间隔时间应大于 1 s；直流供电电源中断或零电压的持续时间应小于 20 ms，相继中断间隔时间应大于 1 s。

6.1.4 所有信号应在其所需的全部条件具备后才可传递。一旦某一保证安全的条件没有具备，则应取消该信号的传递。

6.1.5 缆车运行时，准备就绪或要求运行的指令信号应自动撤销。

6.1.6 采用遥控或自动化控制的缆车，应也能采用手动控制的方式操作。

6.1.7 从一种控制方式切换成另一种方式，应在停车的情况下进行。

6.1.8 以下地方应安装维修开关(安全开关)：

——机房内；

——各站和各中间停车点机械设备的维护区域和工作平台上；

——缆车车厢的控制点；

——控制台上。

6.1.9 在以下地方应安装紧急停车按钮：

——控制台；

——每个工作平台；

——每个中间停车点；

——每个站房；

——如有必要，安装在客车里。

紧急停车按钮应独立于自动编程器(PLC)。

6.1.10 安全功能的旁路应通过钥匙开关或类似的元件进行；旁路安全功能，控制操作应通过控制台进行；应使操作人员能清楚地看到安全功能旁路指示。安全功能旁路结束应容易辨识。

6.1.11 辅助驱动装置、紧急驱动装置的电气设备应与主驱动装置的电气设备彼此分离，不同的驱动之间应进行联锁。

6.2 电气拖动装置

6.2.1 电气拖动装置应能在规定载荷范围内不仅可以立即平稳起动，且能双向运转。它的容量计算见5.3。

6.2.2 主拖动装置应能在不利的载荷情况下，以最小 0.15 m/s^2 的平均加速度起动。允许的平均加速度为 0.5 m/s^2 和瞬时加速度(在 0.5 s 内的平均加速度)应不超过 1.5 m/s^2。

6.2.3 为了保持给定的运行速度，电气拖动装置应能在制动和拖动状态之间平稳转换。在这种情况下：

——如果没有充分的理由应是 4 象限的拖动；

——应保证拖动装置的扭矩随载荷变化。

6.2.4 运行速度应不受载荷变化影响，正常情况下运行速度的变化应不大于±5%。

6.2.5 在各种作业工况下所有的调速回路都应保持稳定状态，并留有足够的安全裕量。

6.2.6 当工作制动器或安全制动器引起紧急停车时，主电机电源应立即自动切断；其他停车情况下主电机电源最迟在车停时切断。

6.2.7 双驱动结构的缆车，每台电机在各种作业工况下应都工作。

6.3 控制

6.3.1 缆车采用自动控制时，应同时具备半自动及手动控制功能。当载荷变化时，缆车运行速度的变化应不超过给定速度的±5%。

6.3.2 只有满足所有涉及安全起动的条件，运行指令才能生效。这些条件特别指：

——缆车应处于停车状态；

——给定运行速度应处于零；

——安全制动器不允许松开；

——主电机电源应已经切断。

6.3.3 旁路了一个或多个安全设备时，发出运行指令后不应出现溜车。

6.3.4 改变运行方向指令应在缆车完全停车后才能生效。

6.3.5 确定运行速度给定值时，应保证低速优先。

6.3.6 当运行速度是分级可调时，应：

——运行之前给定运行速度；

——运行过程中能在任何时候限制速度或减速。

6.3.7 在车辆进站时应配置两套以上的减速装置控制车辆减速。

6.3.8 停车指令应优先于其他控制指令。

6.3.9 对于速度大于 1.5 m/s 的缆车，断电时控制系统应在 5 min 内仍能保持正常工作。

6.3.10 控制站和控制台

6.3.10.1 驱动站应设控制台，缆车应能由控制台控制停车，必要时还可以遥控。

6.3.10.2 在控制站，应对下列各项信号单独逐一显示：

——缆车运行准备就绪；

——运行方向；

——运行速度；

——驱动装置制动器状态；

——制动力分级控制机构的状态；

——驱动装置安全装置状态；

——车辆驶近站房(声响信号)和车辆达到最低的监测运行速度；

——监控电路中断；

——车辆作业准备就绪；

——远距离监控设备的旁路；

——远距离监控设备单独部分的旁路；

——其他安全装置的旁路；

——驱动装置种类(主驱动、辅助驱动或紧急驱动)当不易辨认时，也应显示；

——液压张紧装置的安全装置的状态。

6.3.10.3 控制台应通过显示装置特别逐项显示：

——停车时制动器闭合的状态；

——张紧装置的安全装置的旁路；

——张紧装置的安全装置的状态。

6.3.10.4 在控制站的位置指示器应满足 5.13 的要求。

6.3.10.5 控制台、控制室应满足的要求见 9.1.4。

6.4 安全电路

6.4.1 缆车的全部安全装置应组成安全保护电路，当线路断电或某一安全装置发生故障时，应能自动停车。未查清故障前不应重新启动。

6.4.2 线路安全回路的电源电压应小于交流有效值 25 V 或直流 60 V。

6.4.3 延迟触发紧急停车应不超过 500 ms。

6.4.4 不应将在故障时阻值会减小的电阻、电容或二极管并联在作为安全关键件的断路器触点或元件上。

6.4.5 线路阻抗的改变或发射器和接收器间的相互干扰不应降低线路安全回路的保护功能和可操作性。

6.4.6 出现下列情况之一时，缆车应自动停车，并能在控制室内显示故障部位：

——减速度或减速位置不符合设计要求；

——运行速度超过设计速度10%；

——客车越过停车位置；

——轨道制动器制动；

——牵引索张紧装置到达上、下限位置；

——驱动装置制动系统或润滑系统的油压等异常；

——电气装置的常规保护发出故障信号；

——监控装置或紧急停车开关动作；

——当牵引索脱索接地时。

6.4.7 为了维修人员的安全，缆车安全电路应设置维修开关(安全开关)。在进行设备维修时，维修开关动作。

6.4.8 应装设牵引力控制装置(牵引索松弛开关)，当牵引力下降到设定的最小牵引力数值时，驱动装置停车。

6.5 信号装置

6.5.1 显示设备(如仪器、信号灯、指示器)的设置应便于工作人员了解缆车相关状态、设备功能，以及可能发生的故障及其原因的信息。

6.5.2 故障显示应保持直到下一次起动或手动复位。

6.5.3 当两站之间信号传递失灵时，在对面一个站超过正常停车位置，应能及时停车。

6.5.4 对于操作和显示设备，应尽量选用下面的颜色：

——红色：紧急状态，危险情况，紧急停车等；

——黄色：异常状态，报警，显示异常；

——绿色：安全状态，正常情况，线路接通，运行显示，开启的制动器等；

——蓝色：待令状态，要求动作；

——白色、灰色或黑色：中间状态，没有特殊含义，一般控制设备等。

6.5.5 重要的电压值和电流值以及其他重要的监测信号，都应通过检测设备或其他与之等效的设备加以显示。

6.5.6 应安装运行计时器。

6.6 测试

6.6.1 以下安全保护功能应能进行人工测试：

——超速停车；

——车辆进站的监测系统；

——运行的安全保护功能；

——工作制动器单独动作；

——安全制动器单独动作；

——减速监测系统。

6.6.2 测试设备及其动作不应对正常操作构成损害。

6.6.3 测试过程应不影响和改变被测试元器件的功能。

6.6.4 测试单个制动器时，不应影响其他制动器使用。

6.6.5 测试仪表应：

——刻度长度和划分的选择均应易于读取；

——重要的范围和数值应特别标明。

6.7 通讯

6.7.1 站房之间应有独立的专用电话，并有一套备用通讯系统。

6.7.2 对于客车容量在16人以上的自动控制缆车上，车厢和驱动站之间应有通话联系。

6.7.3 如不要求客车和驱动站之间进行通话联系，则在出故障时应有其他通讯方式将情况及时通知乘客(如装设扬声器)。

6.7.4 应至少有一个站房或在站房附近装设外线电话。

6.7.5 应配备线路上进行钢丝绳检测、设备维修以及救援时所用的无线电对讲机。

6.7.6 当安全功能已经部分或全部被旁路，工作电话系统应始终保持畅通。

6.7.7 电话线路不应妨碍缆车的遥控功能。

6.8 防雷和接地

6.8.1 站房和中间停车处都应设置防雷装置。

6.8.2 应通过相应的接地设备和接地措施防止高压及钢丝绳所产生的感应电压对设备造成影响或损坏。

6.8.3 轨道应至少在站房内接地。

6.8.4 应通过适当的避雷设备保护下列设备：

——远距离监控设备、遥控设备和远距离通讯设备；

——其他作用于监控回路的电气操作设备；

——驱动装置的电气操作设备。

6.8.5 车辆应接地。

6.8.6 站房和站内金属构件的接地电阻应不超过5 Ω，桥梁的接地电阻.应不超过30 Ω。

6.8.7 应采取技术措施防止雷电波形成的高电压从电源入户侧侵入。

6.8.8 在电源引入的总配电箱处，应设过压保护器。

6.9 照明设备

6.9.1 在下列地方应具备人工照明：

——对于缆车保养有必要的地方；

——对于缆车作业有必要的地方；

——站台，候车区域。

6.9.2 夜间运行应设有车内照明及外部聚光灯(探照灯)。

6.9.3 隧道长超过100 m，隧道内应装设独立的标准亮度人工照明。

7 线路设施

7.1 设计

7.1.1 桥梁及基础的设计和施工应符合GB 50007、GB 50009、GB 50010、GB 50017—2003的有关规定。

7.1.2 计算桥梁及基础强度时，应考虑下述载荷：

——永久载荷：如结构自重及非结构组成的自重(如起吊架、附属装置和固定的设备)等；

——可变载荷：如钢丝绳产生的力、车辆产生的力、动载荷、风载荷和冰雪载荷(见3.6.6～3.6.8)等；

——事故载荷：如脱轨、雪崩或车辆碰撞产生的力等。

7.1.3 桥梁及基础的设计使用寿命应为50年。

7.2 轨道

7.2.1 轨道的型式应满足所需压力要求，进行极限轮压的验算：考虑自重、工作负荷、坡度、弯道、运行允许最大风载，轨道制动器的影响等因素。20人以下车厢的缆车采用的钢轨不宜低于24 kg/m。20人以上车厢的缆车采用的钢轨不宜低于30 kg/m。

7.2.2 同一线路应使用同一型号钢轨。道岔的钢轨型号不应低于线路的钢轨型号。

预留轨缝宽度按式(5)计算：

$$\alpha = 0.011\,8\,L(T_{max} - t) - C \quad \cdots\cdots(5)$$

式中：

α ——铺轨时预留轨缝宽度，单位为毫米(mm)；

L ——钢轨长度，单位为米(m)；

T_{max} ——钢轨可能达到的最高温度(℃)，其值采用当地历史最高温度加20 ℃。长度大于300 m的隧道内，最高轨温可采用当地历史最高气温；

t ——铺轨时的温度，单位为摄氏度(℃)；

C ——限制钢轨自由胀缩的长度，取2 mm。

7.2.3 在桥梁上的钢轨接头应尽可能采用焊接，并考虑温度、轨道制动器等的影响。

7.2.4 枕木或钢轨应用压板直接固定在下部基础的预埋螺栓上。

7.2.5 轨道与路基边缘的距离不应小于0.75 m。

7.3 桥梁

7.3.1 应进行疲劳验证，证明在设计使用寿命内结构安全。

7.3.2 相关的应力循环次数由设计使用寿命和每年运转的时间确定：

——设计使用寿命；

——缆车的每年运行时间：城市交通按6 000 h；旅游长期运行按2 000 h；季节性运行按1 500 h。

7.3.3 疲劳计算采用许用应力幅法，应力按弹性状态计算，容许应力幅按构件和连接类别以及应力循环次数确定。在应力循环中不出现拉应力的部位可不计算疲劳。不适用于特殊条件(如构件表面温度大于150 ℃，或海水腐蚀环境，焊后经热处理消除残余应力以及低周高应变疲劳条件等)下的结构构件及其连接的疲劳计算。

7.3.4 对常幅(所有应力循环内的应力幅保持常量)疲劳，应按式(6)进行计算：

$$\Delta\sigma \leqslant [\Delta\sigma] \quad \cdots\cdots(6)$$

式中：

$\Delta\sigma$ ——对焊接部位为应力幅，$\Delta\sigma = \sigma_{max} - \sigma_{min}$；对非焊接部位为折算应力 $\Delta\sigma = \sigma_{max} - 0.7\,\sigma_{min}$；

σ_{max} ——计算部位每次应力循环中的最大拉应力(取正值)；

σ_{min} ——计算部位每次应力循环中的最小拉应力或压应力(拉应力取正值，压应力取负值)；

$[\Delta\sigma]$ ——常幅疲劳的容许应力幅，单位为牛每平方毫米(N/mm^2)，应按式(7)计算：

$$[\Delta\sigma] = \left(\frac{C}{n}\right)^{\frac{1}{\beta}} \quad \cdots\cdots(7)$$

n ——应力循环次数；

C，β——根据GB 50017—2003中附录E中的构件和连接类别选取，见表4。

表 4

构件和连接类别	1	2	3	4	5	6	7	8
C	$1\ 940\times10^{12}$	861×10^{12}	3.26×10^{12}	2.18×10^{12}	1.47×10^{12}	0.96×10^{12}	0.65×10^{12}	0.41×10^{12}
β	4	4	3	3	3	3	3	3

7.3.5 对变幅(应力循环内的应力幅随机变化)疲劳,若能预测结构在使用寿命期间各种荷载的频率分布,应力幅水平以及频次分布综合所构成的设计应力谱,则可将其折算为等效常幅疲劳,应按下式计算:

$$\Delta\sigma_e \leqslant [\Delta\sigma]$$

式中:

$\Delta\sigma_e$ ——变幅疲劳的等效应力幅,按式(8)确定:

$$\Delta\sigma_e = \left[\frac{\sum n_i (\Delta\sigma_i)^{\beta}}{\sum n_i}\right]^{1/\beta} \qquad \cdots\cdots(8)$$

$\sum n_i$ ——以应力循环次数表示的结构预期使用寿命;

n ——预期寿命内应力幅水平达到 $\Delta\sigma_i$ 的应力循环次数。

7.3.6 桥梁应采用钢材或钢筋混凝土(包括预应力混凝土)材料制成。

7.3.7 桥梁结构在考虑了可变载荷和永久载荷所产生的垂直位移(变形)相对于水平跨距长 L 之比应小于 1/800。

7.3.8 钢结构的卷板厚度或焊缝高度应超过 4 mm,管壁的厚度应超过 3 mm 管材和闭口型材的外表面上应有防锈层。

7.3.9 环境温度低于−20 ℃时,主要承载构件应采用镇静钢。

7.3.10 桥梁采用螺栓连接时,螺栓应紧固,防松措施得当,主要受力部位连接螺栓的强度等级不应低于 8.8 级,法兰连接应紧密。

7.3.11 采用焊接结构的零部件适用以下原则:

——应根据规范计算出应力幅范围,评估疲劳;

——连接处的应力集中应减少到最少;

——应遵守焊接规范;

——钢结构的装配不应使焊缝的探伤复杂化。

7.3.12 采用碎石道渣的轨道,碎石应放置在防滑槽内。

7.3.13 桥梁的承载力应考虑一辆车辆出轨时的作用力对其主要承载构件没有较大的损害。

7.3.14 桥梁应至少有一边可通行。

7.4 隧道和走廊

7.4.1 隧道和走廊的剖面结构应考虑设施安装的空间要求,应特别考虑:

——有效的排水沟;

——防止水从拱顶上落下;

——隧道出口周围地防冻问题;

——开放的长廊在堆雪或雪崩可出现的位置上,在冬季应有效遮盖。

7.4.2 应至少一边可通行。

7.4.3 洞口的结构应满足地下建筑的要求，设置排水沟。

7.5 基础

7.5.1 基础在最不利载荷情况下抗滑移、抗倾覆、抗抬起的安全系数应不小于1.5。

7.5.2 基础底面压力不应超过最大允许的地基承载力；基础顶面应高出地面300 mm，基础底面应位于正常冰冻深度以下；基础周围应有排水和边坡护坡等设施。

7.5.3 如果坡度小于30%，且行驶速度在5 m/s以下时，路基可采用碎石道渣。碎石道渣的厚度总计应不小于0.4 m。坡度大于30%的轨道基础应建在钢筋混凝土、预应力混凝土上、钢结构、钢结构和混凝土的组合结构上。

7.5.4 基础位于边坡附近时应校验边坡稳定性。

7.5.5 冰冻地区基础底面应低于冻土深度。

7.5.6 轨道基础的宽度主要由以下因素决定：

——轨道基础的类型；

——工作平台，疏散设备和排水系统的布置。

7.5.7 应考虑线路托索轮坑的排水。

7.5.8 当坡度大于30%时，枕木或者轨道应固定在轨道基础上，特别要考虑固定枕木和轨道，即：

——轨道不能直接连接在轨道基础上，要有特别的基础底座；

——枕木和轨道要牢固地固定；

——任何锚固点不能渗水。

7.6 线路托索轮

7.6.1 线路托索轮间距应使钢丝绳在摆动时也不会接地。

7.6.2 为使牵引索平稳运行和保护绳索，所有的托索轮应装有弹性衬垫。

7.6.3 托索轮应容易调整。

7.6.4 在凹曲线段和水平曲线段应设置绳索捕捉装置。

7.6.5 安装的钢丝绳导向支承滑动装置，不应损坏钢丝绳。

7.6.6 应设有钢丝绳脱索安全检测装置，一旦钢丝绳脱索接地，应立即发出停车信号。

8 运载工具

8.1 基本要求

8.1.1 车辆应有防锈措施。

8.1.2 在环境温度低于−20 ℃时，车辆的承载部件应采用镇静钢。

8.1.3 行走机构(制动小车)和车厢之间的连接件应防止自行松脱。

8.1.4 车辆内部的装饰应采用阻燃材料，符合消防的有关规定。

8.2 计算

8.2.1 车辆计算时应考虑下列诸力和力矩：

a) 所有部件的自重(G)。

b) 有效载荷(Q)(见3.6.2)。

c) 风力

1) 运行时风力(W_y)(见3.6.6)；

2) 当车辆在站房内没有防风装置时的最大风力(W_{My})(见 3.6.6)。

d) 乘客的撞击力(A_X)等于有效载荷(Q)的一半,作用在车厢行驶方向一半的高度上。

e) 轨道制动器以最大制动力(Q_F)作用时(见 8.6.5)产生的附加力。

f) 缓冲装置对车厢的作用力(见 5.12)

运行条件下的附加载荷系数 $\gamma=1.2$[自重(G)和有效载荷(Q)在第 3 种载荷情况]视作用具体情况而定。

g) 横向线路作用力(F_Y)

对于横向线路的作用力应考虑下列影响:

1) 横向加速度;

2) 由钢丝绳牵引产生的力;

3) 风载荷。

对于运行中进站、出站或转弯出现的横向加速度,最小值取 0.10 g,允许按实测值。

由钢丝绳牵引产生的横向力(水平偏离绳轮索距和在转弯时)应根据获得其偏离尺寸大小求得。

运行中(起动、制动等)钢丝绳张力动态的变化应考虑其最大允许值。

h) 在行驶方向乘客的撞击力(H_{X1}):在行驶方向车厢壁上由于乘客撞击的动态力。

容量为 40 人的车辆,乘客对车厢壁的撞击力值为 $H_{X1}=5\ 000$ N/m。

容量较小的车辆这个值可以降低,由式(9)确定:

$$H_{X1}=5\ 000-100(40-n)(\mathrm{N/m}) \qquad \cdots\cdots(9)$$

式中:

n——车厢站立的人数。

这个力对应于底板之上 1.10 m 处。

i) 横向行驶方向乘客的撞击力(H_{Y1}):在横向行驶方向由于乘客撞击的动态力。

容量大于 40 人的车辆,乘客对车厢壁的撞击力值为 $H_{Y1}=2\ 500$ N/m。

容量较小的车辆这个值可以减少,按下式确定:

$$H_{Y1}=2\ 500-30(40-n)(\mathrm{N/m}) \qquad \cdots\cdots(10)$$

式中:

n——每个车厢站立的人数。

这个力对应于底板之上 1.10 m 处。

8.2.2 进行车厢计算时,应考虑不同载荷状况下的安全系数,见表 5。

表 5

载荷情况	1	2	3	4	5	参见
自重	G	G	G	G	G	3.6.1
有效载荷	Q		Q	Q	Q	3.6.2
工作时风力	F_W					3.6.6
停运时风力		F_W				3.6.6
缓冲器碰撞力				A_X		8.2.1
轨道制动器制动力			Q_F			8.6.4
碰撞力					H_{X1},H_{Y1}	8.2.1
安全系数	3	3	1.2	1.2	1.2	

8.2.3 进行行走机构计算时，应考虑不同载荷状况下的安全系数，见表 6。

表 6

载荷情况	4	6	7	参见
自重	G	G	G	3.6.1
有效载荷	Q	Q	Q	3.6.2
工作时风力		F_W	F_W	3.6.6
缓冲器碰撞力	A_X			8.2.1
作用在行走道横向力		F_Y	F_Y	8.2.1
轨道制动器制动力			Q_F	8.6.4
安全系数	1.2	3	1	

8.2.4 对于铝合金，当屈服限大于 $0.72\sigma_b$ 时，应考虑降低了的 $0.72\sigma_b$ 屈服点，σ_b 为抗拉强度。

8.2.5 应校核在不同风力情况下运载工具运行稳定性安全系数，包括满载和空载情况下的稳定性安全系数(即所有稳定力矩之和与所有倾覆力矩之和的比值)，见表 7。

表 7

风力情况	稳定性安全系数
工作时的最大风力(见 3.6.6)	2
最大风力(见 3.6.6)，当车辆在站房无防风装置时	1.4

8.2.5.1 应考虑轨道制动器在最不利情况下制动时的稳定性，当一个轨道制动器制动时，在稳定性不利的情况下(运行的最大风力、最大载荷、最大的制动减速度、线路倾角、弯道运行)一个车轮的轮压应不小于式(11)计算值的 20%。

$$1/n \times m \times g \times \cos\alpha \qquad \cdots\cdots(11)$$

式中：

n ——每个车辆的轮数；

m——空车厢的质量；

α ——线路最大倾角。

8.3 车厢

8.3.1 超过 15 人的车厢应设有乘务员操作位，而且

——操作位应设在车厢两端分隔空间内；

——操作位内应不妨碍乘务员观察线路和可以操纵轨道制动器；

——如果乘客可到操作位，应防止乘客滥用保护装置。

8.3.2 车厢内和门的开启部分，特别是在人头的上方部位，应避免有锐利的边缘。

8.3.3 车厢护板数量应至少 2 块，护板最小高度为 0.15 m，护板之间的距离最大取 0.40 m。一块主板应在 1.10 m±0.10 m(中心)以上。这块板承受在 8.2.1 规定的 H_{X1} 和 H_{Y1} 力的 2/3，剩余的 1/3 应由在主板之下的副护板承受(见图 4)。

8.3.4 踢脚板应沿车厢周围布置，踢脚板不应作为梯级使用。单个踢脚板应承受单个载荷不小于 2 000 N/10 cm^2。

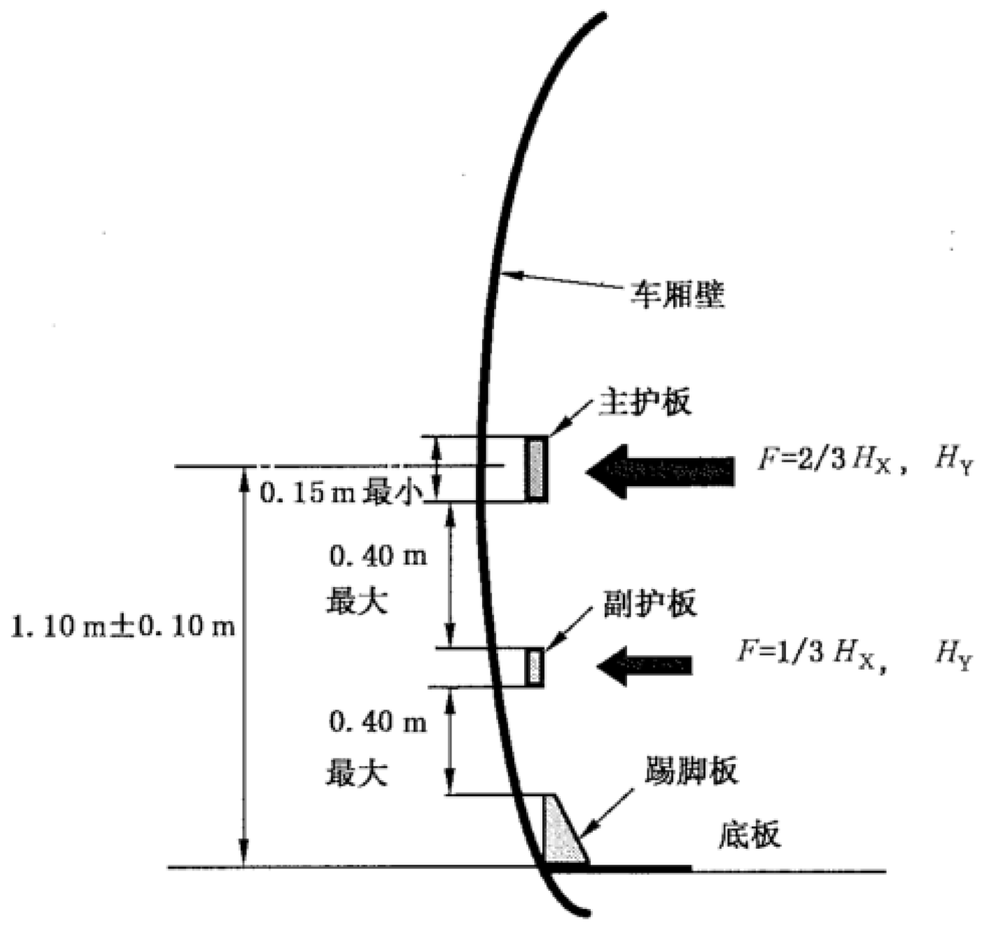


图 4　车厢护板分布示意图

8.3.5　车厢应防止乘客在车辆碰到线路物品弹起时或碰到固定障碍时不被甩出来。

8.3.6　车厢应装备缓冲装置。

8.3.7　车厢应装备当车厢与线路障碍物碰撞时设备能自动停车的装置。

8.3.8　在每个车厢内应贴有允许载客人数，有效载荷以 kg 计，以及禁止吸烟等标志。

8.3.9　在没有乘务员的车厢里应贴有在线路上处理临时停车时乘客须知。

8.3.10　车厢应装设必要的通风设施。

8.3.11　车窗应由不易碎裂的材料制成。应在不会造成乘客危险的情况下开启车窗，车窗距地板的高度应超过 1.1 m，车窗开启的宽度应不超过直径为 0.2 m 的球体可能进入车内。

8.3.12　车厢地板应防滑并设置有排水孔。

8.3.13　运送站立乘客车厢底板载荷应不超过 4.5 kN/m^2 测定时载荷可降低为 3.5 kN/m^2，由运输货物作载荷测定。

8.3.14　运送站立乘客的车厢，护板距地板的高度应超过 1.1 m，乘客坐着运送时，车厢的护板距地板的高度应超过座椅面 0.35 m。

8.3.15　当运送货物时应使用特殊的装载容器。应在装载容器上写明允许有效载荷。

8.3.16　带乘务员的车厢应备有乘务员的操作座位。

8.3.17　带有操作位的车厢应装备外部聚光灯(探照灯)和内部照明。

8.3.18　车厢照明应满足设备照明和救援运行使用。

8.3.19　当带有拖车时拖车的连接应牢固可靠。

8.3.20　车厢应装备支承面和起吊的着力点，且与允许的载荷相适应。

8.4　车厢门

8.4.1　车厢应装有不易误开的门，且能闭锁，闭锁位置明显易见。

8.4.2　自动操作门的要求如下：

——锁紧力应不超过 150 N；

——边框上应装有软边；

——当自动操作机构失灵时，应能手动开启。

8.4.3　车厢门的闭锁结构应在运行期间(从启动至停车)是有效的。只有当设备停车时自动地释放。

8.4.4 在无乘务员车厢内，车厢门不允许乘客自行打开。而在紧急情况下乘客应能利用备有工具将门或窗户打开。

8.4.5 车厢门不应由于撞击或大风的影响而自动开启。

8.5 行走机构

8.5.1 应装有防止脱轨的装置。

8.5.2 车轮在正常运行中轮压应尽可能相同。

8.5.3 两端应装刮雪板和缓冲器挡板。

8.6 轨道制动器

8.6.1 对于输送旅客的车辆一般应装设作用在轨道上的轨道制动器，当车厢每侧只有一个轨道制动器时，应装在上站侧。对于线路比较平坦，平均坡度小于 10%，并具有相应的安全措施：所使用的牵引索编成一根连续的环线；牵引索抗拉安全系数不小于 6；对牵引索全部长度范围内能用磁感应探伤仪进行定期的检查；采用固定抱索器或脱挂抱索器连接的缆车可不装设轨道制动器。

8.6.2 在下列情况下，轨道制动器应自动作用：

——牵引索断裂；

——当超速达 25%；

——当行走机构牵引索只有其最大张力的一半时或牵引索张力在 5 kN 之下时。

8.6.3 车辆有乘务员时轨道制动器应有手动释放装置。手动释放装置应与显示制动器自动释放装置在相同的位置。

8.6.4 轨道制动器在轨道上起作用时，应按 μ_{min}（可取 0.08）确定轨道制动器钳口的压力，按 μ_{max}（可取 0.24）确定车辆结构尺寸，这两种情况都应校核。

8.6.5 轨道制动器的摩擦片按平均摩擦系数计算时，轨道制动器的制动力应不小于以下值：

——客车下行时，作用在上侧牵引索的最大牵引力；

——满载客车最大下滑力的 1.5 倍；

——当经过制动行程为 0.75 V^2（V 为客车运行速度，m/s），而使制动片磨损和摩擦系数最小时，制动力应大于满载客车时的最大下滑力。

8.6.6 轨道制动器钳口应耐磨。钳口的高度应适应客车载荷及通过轨道直线段、曲线段及道岔等都不会相干涉。

8.6.7 在－40 ℃低温环境下使用时，应能正常工作。

8.6.8 当取最大摩擦系数时（见 8.6.4），轨道制动器和制动小车的所有构件其屈服限安全系数应不小于 2。此外，还应考虑特殊的动态闭合力。

8.6.9 轨道制动器安全性能的检验方法

检验以下条件下轨道制动器的制动行程，停车时间和钳口的损耗：

——坡度最大的位置；

——下坡运行；

——满载运行；

——缆车的最高速度。

9 站房

9.1 基本要求

9.1.1 站房及站房内的机械设备、钢丝绳、金属构件应设置防雷设施。

9.1.2　站房应有针对性的照明，还应有备用照明设备。

9.1.3　机房内的噪音不应超过 85 dB(A)，必要时应采取消声措施。控制室内噪音不应超过 80 dB(A)。

9.1.4　控制室宜设置在视野广阔且能观察到车辆进出站的位置，并且在控制台处可以监视全线或部分线路运行情况。工作温度低于 5 ℃的控制室应装设采暖设备。通常控制室内环境温度宜保持在 20 ℃左右，相对湿度不超过 85%，并且保持干燥通风不凝露。

9.1.5　站内机械设备、电气设备及钢丝绳等不应危及乘客和工作人员的人身安全。

9.1.6　非公共通行的区域应隔离，非工作人员未经许可不应入内。

9.1.7　人流方向指示及上车区、下车区、等待区等应有显著的标记。

9.1.8　乘客进出站的通道不应互相干扰。通道的坡度不应超过 10%，如果坡度较大应设置踏步。

9.1.9　乘客人行通道的宽度应不小于 1.25 m；工作人员通道应不小于 0.6 m。

9.1.10　乘客通道和乘客活动范围边缘与邻近地面的高差超过 1.0 m 或邻近地面的坡度超过 60%时应装设刚性栏杆，栏杆的间隔和高度应符合有关规定。

9.1.11　应设置维护保养的检修坑，并安设维修开关。检修坑深度应能够让人直立工作。

9.1.12　消防

9.1.12.1　应避免使用易燃建筑材料。

9.1.12.2　变电室、暖气房和堆存易燃性材料的房间，其地板、墙和天棚应选用耐火建筑材料。

9.1.12.3　在火源区应使用非易燃建筑材料并给出足够的安全距离。

9.1.12.4　灭火器材应符合建筑和消防的有关规定。

9.2　站台

9.2.1　站台的通道在没有车辆停靠时宜关闭。

9.2.2　上下车站台的长度应不小于车辆总长，站台的宽度应至少等于车体的宽度，若通道不关闭(见 9.2.1)站台的宽度应加 1.0 m。

9.2.3　交通不频繁的中间停车场站台宽度宜为 1.2 m。

9.2.4　站台和楼梯应防滑；当坡度超过 12%时站台应做成台梯式。

9.2.5　站台边与车厢之间的距离应小于 0.05 m。

9.2.6　自动闭锁车门的位置应进行监控。

9.2.7　自动控制的缆车，在通往客车的入口处应设带自动控制的机械式闭锁门(站台门)。

9.2.8　楼梯应防滑，其宽度应不小于 1.2 m，并应设栏杆和扶手。

9.2.9　在有跌落危险的地方应装设至少 1.0 m 高的栏杆，按水平力 800 N/m 确定栏杆尺寸。乘客活动范围的隔离栏杆的间隙不应太大，防止小孩掉出。同样在站台的边缘应装设移动的栅栏。在没有栅栏的站台边缘应采用公用交通标志作出标记。

10　安装

10.1　一般要求

10.1.1　客运缆车的安装应由取得相应资质的安装单位承担。

10.1.2　安装客运缆车时应具备下列技术文件：

——缆车设计说明书、安装图、设备清单等；

——机电产品合格证；

——钢丝绳产品合格证；

——标有各测量桩点实测位置与实测标高的测量资料；

——钢结构产品合格证或现场制作单位的质量证明文件，主要焊缝检查记录和必要的预组装合格证。

10.1.3 安装单位应根据缆车工程设计要求和复杂程度，编制安装施工方案。

10.1.4 安装开始前，应对与缆车安装有关的土建基础工程进行复验。钢结构和设备基础的允许偏差，应符合表 8 的规定。

表 8

序号	项目		允许偏差
1	同一钢架或站房其分离基础顶面之差或不同标高分离基础顶面之间的高差		10 mm
2	倾斜预埋的螺栓、锚杆或框架对设计平面的倾斜度		17/1 000
3	预埋螺栓组中心线对设计中心线的偏移		5 mm
4	预埋地脚螺栓	标高(顶部)	+20 mm
		中心距	无调整穴时±2 mm
			有调整穴时±5 mm
5	地脚螺栓的露头高度(应扣去抹面层的厚度)		+20 mm

10.1.5 运输与保管过程中不能防止灰尘或杂物进入运动部位的机械设备，在安装前应进行解体检查和二次清洗，必要时应重新更换全部润滑剂。

10.1.6 机械设备通用部分的安装应符合 GB 50231 和设备技术文件的有关规定。

10.1.7 电气设备的检查、保管和安装应符合 DL/T 5161.1～5161.17 和设备技术文件的有关规定。

10.1.8 钢丝绳的安装应符合下列要求：

——牵引索浇铸连接及牵引索的编接工作，应由考核合格的人员担任；

——浇铸连接的操作记录、牵引索的编接记录、检查结果、操作及检查人员的姓名均应登记在册。

10.2 轨道和线路设备的安装

10.2.1 运行区段轨道安装的允许偏差应符合表 9 的规定。

表 9

序号	项目		允许偏差	备注
1	站内轨道的标高		±5(mm)	在轨道顶部测量
2	轨道中心线与相关设备中心线间的距离		±5(mm)	
3	直线轨道的直线度		1/1 000	在轨道顶部和两侧测量
4	曲线轨道的曲率半径 R	与设备配套使用的	±5(mm)	
		其他曲线段	0.005R	
5	水平轨道的水平度		1/1 000	在轨道顶部测量
6	轨道坡度的倾斜度		1.5/1 000	在轨道顶部测量
7	轨道腹板的垂直度		5/1 000	

10.2.2 直线段两条钢轨顶面的高低差，以及曲线段外轨或内轨按设计加高后的偏差，应不大于 5 mm。轨距的误差应不超过±2 mm。

10.2.3 站内轨道的接头间隙不应超过 2 mm，轨道接头高低和左右错差应不大于 2 mm。

10.2.4 轨道工作面应涂油。

10.2.5 轨枕的间距偏差不超过 50 mm。轨枕下应捣实，道床无杂物，无积水。

10.2.6 道岔的安装应符合下列要求：

——搭接道岔的标高应与主轨的标高相适应，岔尖应与主轨紧贴，当车辆通过道岔时，岔尖应无翘起和摆动现象；

——平移道岔的轨道中心线对主轨中心线的偏移应不超过 0.5 mm，接头间隙应不超过 2 mm，接头处轨道的高低差应不超过 2 mm。

10.2.7 导向板、护轨和挡轨的安装应符合下列要求：

——导向板、护轨和挡轨的坡度或曲率半径均应与轨道相适应；

——导向板、护轨和挡轨与轨道之间的水平距离的允许偏差应不超过±2 mm；

——导向板、护轨和挡轨的接头应平整，喇叭口应平缓，工作面应涂油。

10.2.8 线路托索轮的安装：

——托索轮组中的每个托索轮均应调整到设计位置；

——对牵引索的靠贴力应逐个测定，其调整应符合设备使用说明书的要求；

——衬垫应镶嵌密实，绳槽应平整光滑，各润滑点油路应畅通；

——线路监控装置应配线整齐、绝缘良好、连接牢固，并进行模拟试验。

10.3 钢丝绳的安装

10.3.1 钢丝绳的展开应符合下列要求：

——钢丝绳应在绳盘架空后转动展开，不应在土壤、岩石、钢结构和钢筋混凝土构筑物上拖牵；

——展开过程中，不应钢丝绳受到磨损、擦伤、弯折、打结、开裂、鼓肚、露芯松散、松捻等损伤和在水中浸泡。

10.3.2 牵引索的编接与就位应符合下列要求：

——被编接的两盘钢丝绳的结构、规格、捻向、生产厂家等均应相同。

——编接过程中拉紧钢丝绳时，应使用不损伤钢丝绳的专用夹具，不应使用普通的 U 型绳夹。

——编接接头的长度应不小于钢丝绳直径的 1 200 倍。插入长度应大于钢丝绳直径的 60 倍。

——环绳相邻两个编接末端之间的钢丝绳长度，不应小于钢丝绳直径的 3 000 倍。对于一半为牵引索，一半为平衡索的缆车，牵引索和平衡索不应有编接头。在特殊情况下需要编接时，编接末端与锚头距离应大于钢丝绳直径的 3 000 倍。

——编接接头的外观应浑圆饱满，压头平滑，捻距均匀，松紧一致。

——钢丝绳编接完毕张紧后，编接插入点之间直径增大量不应超过钢丝绳实际直径的 5%；绳股插入点钢丝绳直径增大量，不应超过钢丝绳公称直径的 10%。

——插入编接接头内部的绳股应与原绳芯互相衔接。

10.3.3 浇铸套筒的装配

——装配时钢丝上的任何润滑剂应用清洁剂除去，不允许混入其他合金和污染物。操作中使用的熔化物应完全清除。清洁钢丝不应使用会导致腐蚀的溶剂。

——“粘合”型金属套筒对所有光亮的钢丝应镀锡；已电镀的钢丝也应镀锡。

——“摩擦”型金属套筒对钢丝的要求：不允许镀锡和酸洗；钢丝应成波浪形，波浪的长度应为钢丝直径的 5～10 倍之间，钢丝波浪的振幅应不小于钢丝直径的 1.5 倍。

10.3.4 装配工作应使用树脂或金属介质。金属合金的成分应符合表 10 的规定。

表 10

合金类型	成分/%							
	Sn	Al	Pb	Cu	Sb	Cd	Zn	As
锡基合金	80			7	13			
铅基合金	10		77	0.5	10	2		0.5
锌基合金							99.95	
						30	70	
		5.6～6		1.2～1.6			余量	
注 1：建议用铅基合金。 注 2：当钢丝强度高于 1 960 N/mm² 时不应使用锌基合金。								

10.3.5 装配树脂应有下列要求：

——抗压强度.应为 115(±15%)N/mm²；

——聚酯树脂的弹性模数应超过 6 000 N/mm²，环氧树脂的弹性模数应超过 6 000 N/mm²。

10.3.6 对于金属浇铸套筒，钢丝绳的所有钢丝(除锚拉索和信号索外)应按下列要求弯成钩状：

——弯曲内径应至少为钢丝直径的 1.5 倍；

——钩子长度应至少为钢丝直径的 8 倍。

应在装配介质完全浇铸并冷却后再使套筒和钢丝绳张紧。

10.4 站内设备的安装

10.4.1 驱动轮和从动轮安装的允许偏差应符合表 11 的规定：

表 11

项目	允许偏差	备注
驱动轮纵、横向中心线对设计中心线的偏移	1.0 mm	
卧式驱动装置驱动轮的中心标高	±1.0 mm	
卧式驱动装置驱动轮的水平度或垂直度	0.15/1 000	在任意方向检测
单槽或双槽驱动轮的绳槽中心线与出侧或入侧牵引索中心线的	偏移 $d/20$	
	偏斜 1/1 000	
从动轮绳槽中心与其对应的双槽驱动轮的绳槽中心的偏移	$d/10$	应用拉线法检测
立式驱动装置从动轮的垂直度	0.3/1 000	
卧式驱动装置从动轮的轴线对驱动轮横向中心线方向的垂直剖面的平行度	0.5 mm	
注：d 为钢丝绳直径。		

10.4.2 电机、减速器、制动器、联轴器、开式齿轮等设备的安装应符合 GB 50231 的有关规定。

10.4.3 张紧装置的安装应符合下列要求：

——张紧小车轨道的实际中心线与设计中心线的偏移不应超过 2 mm；

——轨道工作面标高的偏差不应超过±2 mm；

——轨距的偏差不应超过+5 mm；

——轨道的接头应平整光滑；

——张紧轮或张紧索导向轮钢丝绳的入角不应超过1°30′；

——张紧装置安装后，张紧小车的滚轮应与轨道面接触良好；

——采用液压张紧方式时，液压张紧装置的安装应按GB 50231中的有关规定执行。

10.4.4 重锤的安装应符合下列要求：

——导轨实际中心线对设计中心线的偏差不应超过10 mm；

——导轨垂直度的偏差，在全长范围内不应超过10 mm；

——导轨轨距的偏差不应超过+20 mm；

——导轨的接头应平整光滑；

——整体混凝土重锤应按设计施工，并应取样测定密度和强度；

——重锤或重锤箱上的导向块与导轨之间的间隙，上下、左右应均匀，重锤或重锤箱在导轨中应能自由升降；

——牵引索或运载索重锤质量的偏差不得大于设计值的4/1 000。

10.4.5 导向轮安装的允许偏差应符合表12的规定。

表12

项目		允许偏差
导向轮中心标高	一般	±3.0(mm)
导向轮绳槽中心线与牵引索中心线的	偏移	d/15
	偏斜	1/1 000
垂直导向轮的垂直度		1/1 000
水平导向轮的水平度		
倾斜导向轮的倾斜度		
注：d为牵引索直径。		

11 试车

11.1 试车条件

试车应在土建、设备安装工程完成后，经全面检查已具备试车条件时进行。

11.2 无负荷试车

11.2.1 单机调试应从部件至组件，组件至单机逐级调试，且上一步骤未合格，不得进行下一步骤的试车。

11.2.2 驱动装置等主要设备的连续运转时间应不小于4 h，其中额定速度下的运转时间应不小于2.5 h。

11.2.3 驱动装置等主要设备的液压控制和润滑系统应畅通，油压、油位和油温应在规定的范围内。

11.3 空车试车

11.3.1 牵引索安装合格后，应由慢速至额定速度进行空车试车，累计试车时间应不小于4 h。

11.3.2 牵引索在托索轮上应稳定，不得有跳索现象。

11.3.3 线路监控装置应灵敏可靠。

11.3.4 驱动装置启动、制动应平稳、可靠，安全保护设施动作应准确，试车应无异常现象。

11.3.5 分别以慢速、额定速度进行通过性能检查，不应有任何阻碍。

11.3.6 上一步骤未合格前，不应进行下一步骤的试车；全过程累计试车的时间应不小于 40 h。

11.4 重载试车

11.4.1 采用与乘客质量等同的重物进行。

11.4.2 应按设计载荷的半载、偏载(重上空下、空上重下工况)、满载分别进行试车。

11.4.3 控制系统应进行多次检测，并应检查超速、减速、越位、速度同步等监控装置的连锁性能。

11.4.4 轨道制动器应按 8.6.9 要求进行检测。

11.4.5 全过程累计试车的时间应不小于 40 h，其中在额定速度且满载条件下运行的时间应不小于 5 h。

11.5 紧急驱动(或辅助驱动)的试车

在紧急驱动(或辅助驱动)的额定速度且偏载条件下进行试车，运行的时间应不小于 3 h。

12 运行

12.1 一般要求

12.1.1 缆车设备及其附件应保持处于完好状态，不应有碍缆车的安全运行。

12.1.2 每天开始运行之前，应检查全线设备是否处于完好状态，在运送乘客之前应进行一次试车，确认安全无误并经值班站长或授权负责人签字后方可运送乘客。

12.1.3 每日检查应包括下述内容：

——直接触发紧急停车的安全电路、主电路和线路安全电路的工作状态，以及车辆进站和出站的检测设备；

——在接地、短路或连接断开的情况下，监控电路的动作；

——检查并确认所有显示的值全部在许用范围之内；

——在最大运行速度下的电气停车的操作；

——改变运行速度的操作；

——驱动系统机械制动系统的操作；

——内部的通讯系统；

——钢丝绳在托索轮、绳轮上的位置；

——张紧重锤或行走小车的位置和行程余量；

——液压或气动系统、减速器的密封性和工作压力；

——进站区域、出站区域和轨道上冰雪积聚状况；

——上车和下车区域的状况以及乘客进出通道的状况；

——车辆的状况。

12.1.4 缆车运行期间，站长、作业人员及服务人员应各就各位，履行岗位责任制，不得擅离职守。

12.1.5 在各项操作中，应严格遵守操作规程。

12.1.6 缆车需要夜间运行时，在线路、站内或客车上应装设足够的照明设备。

12.1.7 若设备停运期间遇到恶劣天气(风暴、暴雨、冰雹)，应对线路进行彻底的检查证明一切正常后方可运送乘客。如果是事故停车，造成运行中断，只有在排除了故障或采取了有关安全措施，且应经值班站长同意，方可重新运送乘客。

12.1.8　缆车每天停止运营前，操作人员应检查并确认线路上或上车区域是否仍有乘客，并关闭缆车的入口。

12.2　维护

12.2.1　每个缆车站应根据本缆车制造商提供的维护使用说明书制定维护计划和定期检查计划。每月检查应着重检查的项目如下：

——牵引索及平衡索发生断丝或其他外部损伤的区域；

——张紧索发生断丝或其他外部损伤的区域；

——钢丝绳连接处（如编接处）和端部固定处；

——进站、站内运行和出站的监控设备及车辆的运行情况；

——制动器及其衬块；

——空载状态下制动系统的停车距离的测量；

——各种驱动系统的运行；

——车辆上制动器的手动触发；

——超速保护装置的工作情况；

——车辆：门的紧固件和锁，开关门设备；

——蓄电池；

——备品备件的储存；

——电气安全设备（例如：减速监控和制动器的释放）。

12.2.2　每年的检查

每年应对设备至少进行一次全面的检查，检查项目如下：

——对站内和线路结构上的所有基础和钢结构进行目检；

——对各种驱动装置（主驱动、辅助驱动和紧急驱动）进行目检和运行测试；

——对每个制动器在各种载荷条件下进行目检和工作测试，并记录测试的结果；

——检查钢丝绳松弛时轨道制动器的动作；

——对托索轮（在不拆卸的状态下）进行目检；

——对所有站内机械设备和张紧设备进行目检；

——对工作人员保护设备进行目检和操作测试；

——对钢丝绳进行目检和/或电磁检测；

——对钢丝绳端部固定件进行检查；

——对安全、监控和信号设备的检查和运行测试；

——对每个车辆进行目检；

——对门的关闭和锁定设备进行测试；

——对轨道制动器进行制动并测量制动行程和制动时间。

12.2.3　无轨道制动器的缆车特殊的维护要求

12.2.3.1　车辆的夹索器应在200个工作小时或90个工作日之内进行移位。同时，应用目测检查钢丝绳的夹紧部位和编接部位。

12.2.3.2　应每年用探伤仪对牵引索进行全面检查。

12.2.3.3　停止运行3个月以上，在重新投入运行前应用探伤仪检查牵引索。

12.2.3.4　牵引索被雷击或受到机械损伤后应及时用探伤仪进行检查。

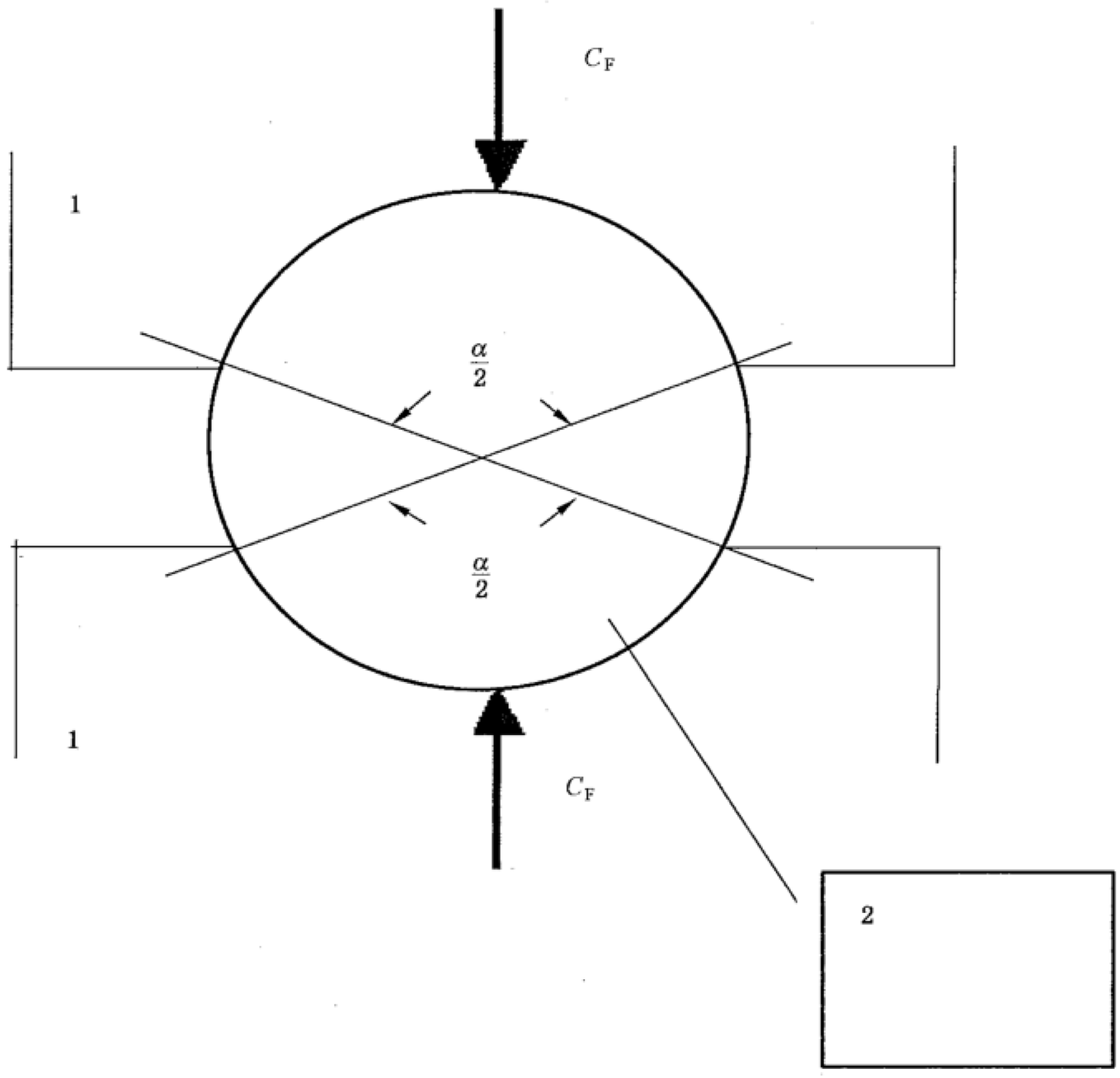
12.2.3.5 对牵引索的夹持段进行探伤检查时，如发现牵引索的损伤达到规定指标的一半时，对夹索器的移位和探伤检查的间隔时间还应缩短。

12.2.3.6 夹索器应沿固定方向进行移位，移位的距离不应小于夹索器长度、夹索器两端附加装置的长度和牵引索2倍捻距的长度三者的总和。

12.2.3.7 不应在牵引索编接范围内固定车辆。夹索器与编接部位之间的距离不应小于编接长度的2倍。

12.2.4 应将检查、调整、运行参数、运行持续时间、输送乘客数以及所发生的特殊事件记入作业日记。

附 录 A
（资料性附录）
夹板绳卡滑动力的计算



说明：

1 ——绳卡；

2 ——钢绳；

C_F——夹紧力。

图 A.1 绳卡横截面

接触面积计算如下：

$$S=\frac{\alpha}{360}\pi\times d\times l$$

式中：

l 是槽和钢绳之间圆柱接触区域的长度。

夹紧压力 p 是夹紧力 C_F 和设计接触面积 S 的比值：

$$p=\frac{2\times C_F}{\frac{\alpha}{360}\pi\times d\times l}$$

式中：

C_F 是夹紧力，即每个螺栓产生的单位力的总和乘以螺栓的总数再乘 0.8。

滑动力 S_F 计算如下：

$$S_F=2\times C_F\times f$$

附 录 B
（规范性附录）
主驱动装置的安全装置

表 B.1

序号	项目	数号	作用					备注
			Az	AG	EH	NH-BB	NH-SB	
1	驱动							
1.1	实际值检测装置					×		
1.2	实际值—设定值检测					×		
1.3	最小运行速度检测					×		
1.4	运行方向的检测					×		
1.5	停车距离的检测					×		
1.6	超速 10%释放装置					×		
1.7	超速 20%释放装置						×	
1.8	进站检测装置					×		
1.9	固定位置的检查					×		
1.10	同步运行的检查					×		
1.11	零位检查				×			
1.12	电气停车减速度检测					×		
1.13	工作制动器紧急停车减速度检测						×	
1.14	安全制动器紧急停车减速度检测					×		
1.15	操纵离合器终端位置检测						×	
1.16	不同的驱动装置的转换						×	
1.17	多驱动电机:转换位置的检测					×		
1.18	工作制动器松闸位置的检测					×		
1.19	安全制动器松闸位置的检测						×	
1.20	工作制动器制动位置的检测				×			
1.21	运行期间工作制动器的作用					×		
1.22	运行期间安全制动器的作用						×	
1.23	扭矩检测					×		
1.24	力的传递检测(主驱动电机—驱动轮)						×	
1.25	断电或电网不稳定					×		
1.26	磁场电流检测					×		
1.27	主驱动电机耗用电流检测:峰值电流					×		
1.28	主驱动电机耗用电流检测:恒定电流					×		

表 B.1（续）

序号	项目	数号	作用					备注
			Az	AG	EH	NH-BB	NH-SB	
1.29	超过调整的停车点					○	○	
1.30	安全制动器释压阀门的检测			×				
1.31	其他机械装置							
2	站内钢绳导向装置检测					×		
2.1	在主线路上道岔的检测						×	
2.2	车辆门锁和插锁的检测			×				
2.3	张紧行程的检测					○	○	
2.4	张紧压力下降的检测					○	○	
2.5	其他电气设备							
3	电机保护开关					○	○	
3.1	维修开关(安全开关)						×	
3.2	紧急停车按钮				○	○	○	
3.3	超速 25%时轨道制动器制动检测						×	

注：表中符号说明如下：

Az ——通知，发送信号

AG ——禁止发车

EH ——电气停车

NH-BB ——工作制动器紧急停车

NH-SB ——安全制动器紧急停车

× ——应具备的功能

○ ——按情况应满足的功能

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
客运地面缆车安全要求
GB 19402—2012
*
中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100013)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)
网址 www.spc.net.cn
总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235
读者服务部:(010)68523946
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销
*
开本 880×1230 1/16 印张 2.75 字数 75 千字
2013 年 3 月第一版 2013 年 3 月第一次印刷
*
书号:155066·1-45857 定价 39.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107

GB 19402-2012