



中华人民共和国国家标准

GB/T 25652—2026

代替 GB/T 25652—2010

地下矿用架空索道 设计规范

Aerial ropeways for underground mine—Design specification

2026-01-28 发布

2026-08-01 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 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 通则 3

5 产品分类 3

 5.1 结构型式与基本分类 3

 5.2 型号 3

6 设计基本要求 4

 6.1 一般要求 4

 6.2 设计基本参数及要求 4

 6.3 牵引计算与驱动装置选择 5

 6.4 运载索和张紧装置 9

 6.5 吊具和抱索器 10

 6.6 线路的选择和线路设计 11

 6.7 站房的设计 13

 6.8 电气 13

7 设计文件的编制 16

 7.1 设计任务书的编制 16

 7.2 技术设计文件的编制 16

表 1 张力计算表 6

前 言

本文件按照 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。

本文件代替 GB/T 25652—2010《地下矿用架空索道 设计规范》，与 GB/T 25652—2010 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了部分术语和定义(见第 3 章,2010 年版的第 3 章)；
- b) 更改了索道的基本分类(见 5.1.2,2010 年版的 5.1.2)；
- c) 更改了型号表示方法(见 5.2,2010 年版的 5.2)；
- d) 更改了最大运行速度(见 6.1.2,2010 年版的 6.1.2)；
- e) 更改了巷道安装索道的基本条件(见 6.2.2,2010 年版的 6.2.2)；
- f) 更改了制动器、索道运行速度、驱动装置梁式基础框架埋入巷道两侧的钢梁长度的要求(见 6.3.5,2010 年版的 6.3.5)；
- g) 更改了运载索的要求(见 6.4.1,2010 年版的 6.4.1)；
- h) 更改了张紧索导向轮直径与张紧索直径的倍数要求(见 6.4.2,2010 年版的 6.4.2)；
- i) 更改了迂回轮直径与运载索直径倍数的要求(见 6.4.3,2010 年版的 6.4.3)；
- j) 更改了吊椅脚撑离地距离及吊具强度的要求(见 6.5.2,2010 年版的 6.5)；
- k) 增加了最小乘人间距的要求(见 6.5.2)；
- l) 更改了抱索器的强度要求和固定式抱索器移位要求(见 6.5.3,2010 年版的 6.5.3)；
- m) 更改了托索轮外轮缘半径的要求(见 6.6.4,2010 年版的 6.6.4)；
- n) 更改了运载索最大倾角和横梁埋入深度的要求(见 6.6.5,2010 年版的 6.6.5)；
- o) 更改了索道电气设备用于非煤矿山时额定供电电压要求(见 6.8.2,2010 年版的 6.8.3)；
- p) 更改了主驱动电机应设置的保护功能(见 6.8.3,2010 年版的 6.8.4)；
- q) 更改了接地电阻的要求(见 6.8.10,2010 年版的 6.8.12)。

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专利的责任。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国矿山机械标准化技术委员会(SAC/TC 88)归口。

本文件起草单位：长沙正忠科技发展有限公司、洛阳矿山机械工程设计研究院有限责任公司、上海煤科检测技术有限公司、山东省科学院自动化研究所。

本文件主要起草人：张雨晴、廖新华、胡喜磊、蒋程宇、赵永国、兰勤。

本文件于 2010 年首次发布，本次为第一次修订。

地下矿用架空索道 设计规范

1 范围

本文件规定了地下矿用架空索道的通则、产品分类、设计基本要求和设计文件的编制。

本文件适用于地下矿用架空索道的设计。

注：矿用架空乘人装置属于地下矿用架空索道。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 3836.1 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求
- GB/T 3836.2 爆炸性环境 第2部分：由隔爆外壳“d”保护的设备
- GB/T 3836.3 爆炸性环境 第3部分：由增安型“e”保护的设备
- GB/T 3836.4 爆炸性环境 第4部分：由本质安全型“i”保护的设备
- GB/T 9075 索道用钢丝绳检验和报废规范
- GB/T 9969 工业产品使用说明书 总则
- GB/T 15706 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小
- GB 16423 金属非金属矿山安全规程
- GB/T 21008 地下矿用架空索道 安全要求
- GB/T 25706 矿山机械产品型号编制方法
- GB 33955 矿井提升用钢丝绳
- JB/T 12435—2015 地下矿用架空索道 安装与调试技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

地下矿用架空索道 **aerial ropeway for underground mine**

在矿井巷道里采用无极绳方式，将运载物悬挂在钢丝绳上进行运输的机械设备。

3.2

吊具 **suspension tool**

在索道上运送人员或物料的器具（吊椅、吊厢、吊篮、救护担架）的总称。

3.3

抱索器 **grip**

吊具与运载索连接的装置。

3.4

固定抱索器 **fixed grip**

进、出站时无需从运载索上脱开和挂结的抱索器。

3.5

活动抱索器 activity grip

直接搭载在运载索上,抱索器依靠重力与运载索产生的摩擦力带动吊具随运载索运动,吊具和抱索器不绕过驱动轮和迂回轮,乘员需自行摘、挂的抱索器。

3.6

可摘挂式抱索器 detachable grip

抱索器依靠与运载索间夹紧力产生的摩擦力带动吊具随运载索运动,吊具和抱索器不绕过驱动轮和迂回轮,乘员需自行摘、挂的抱索器。

注:重力抱索器为可摘挂式抱索器的一种。

3.7

驱动装置 driving device

由驱动轮、电动机、机架、制动器和减速器组成,带动运载索运行的装置。

注:驱动装置分为悬空式、落地式和落地悬空式。

3.8

驱动轮 driving sheave

驱动装置中驱动钢丝绳运行的绳轮。

3.9

迂回轮 return sheave

当索道一个端站采用固定驱动装置或可移动的驱动与张紧联合装置时,另一端站可移动的导向与张紧联合绳轮或固定安装的绳轮。

3.10

导向轮 deflection sheave

引导钢丝绳改变方向的绳轮。

3.11

运载索 carrying-hauling rope

既做承载又做牵引用钢丝绳。

3.12

托索轮 support roller

用于向上支撑运载索的绳轮。

3.13

压索轮 compression roller

用于向下压住运载索的绳轮。

3.14

托、压索轮(组) combined roller battery

由托索轮与压索轮组合而成的轮组。

3.15

重载重力 heavy-load gravity effects

线路上所有吊具均满载时的重力之和。

3.16

最大工作拉力 maximum working tension

运载索在工作状态下所承受的最大拉伸载荷。

4 通则

- 4.1 地下矿用架空索道(以下简称“索道”)的运输方案应结合巷道条件和技术条件进行确定。
- 4.2 索道应按人机工程学原理进行设计,减轻劳动强度,避免操作者疲劳。
- 4.3 索道应安全可靠、技术先进、经济合理。
- 4.4 索道设计和设备选型时,优先选用成熟可靠的产品,涉及人身安全的新设备,应经试验或通过工业性试验,证明其安全可靠并鉴定合格后,才能在矿井的规划设计或专项工程设计中采用。
- 4.5 索道设计可采用新技术、新工艺、新设备、新材料,采用本质安全设计措施,提高索道的安全性和可靠性。

5 产品分类

5.1 结构型式与基本分类

5.1.1 结构型式

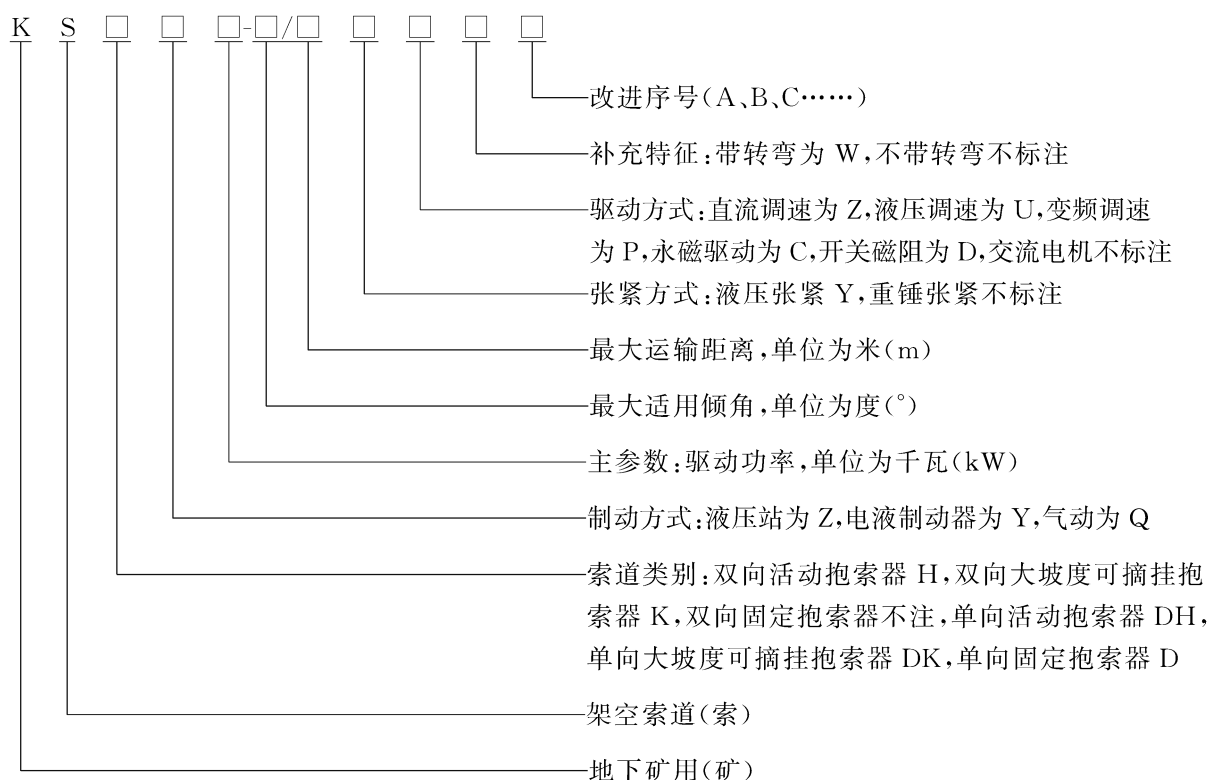
索道的结构型式为单线摩擦轮式,主要由驱动装置、运载索、运载索导向装置[包括导向轮、变坡点、托、压索轮(组)、中间托索轮、压索轮和托轮架、迂回轮]、抱索器、吊具、张紧装置、安全保护装置和电气控制系统等组成。

5.1.2 基本分类

- 5.1.2.1 索道按运行方式分为单侧循环式、双侧循环式和往复式。
- 5.1.2.2 索道按抱索器类型分为固定抱索器式、活动抱索器式和可摘挂抱索器式。
- 5.1.2.3 索道按乘坐上下方式分为零速度上下式和行进中上下式。
- 5.1.2.4 索道按驱动装置分为悬空式、落地式和落地悬空式。
- 5.1.2.5 索道按运行速度分为低速式和高速式。

5.2 型号

索道型号表示方法应符合 GB/T 25706 的规定,表示方法如下:



示例:

采用交流电机驱动、活动抱索器,电液制动器制动和重锤张紧,最大适用倾角 25°,最大运输距离 1 800 m,驱动功率为 90 kW 的单向大坡度可摘挂抱索器地下矿用架空索道,其表示为:KSDKY90-25/1800。

6 设计基本要求

6.1 一般要求

6.1.1 索道的最大运输能力应根据建设项目的实际情况,经技术经济比较后确定。

6.1.2 索道最大运行速度宜符合下列规定:

- 采用固定抱索器,输送人员时不大于 1.2 m/s,输送货物时不大于 1.8 m/s;
- 采用活动抱索器,输送人员时不大于 1.7 m/s,输送货物时不大于 2.6 m/s;
- 采用可摘挂抱索器,输送人员时不大于 1.2 m/s,输送货物时不大于 2 m/s。

6.1.3 工作制度符合下列规定:

- 宜与相衔接企业的工作制度一致;
- 索道的年工作日和每日工作小时数,应根据巷道条件、人员流动情况和索道本身的特点确定。

6.1.4 索道的安全保护设施应符合 GB/T 21008 的规定。

6.2 设计基本参数及要求

6.2.1 设计前应完成索道所在巷道的倾角、运输距离、巷道横断面尺寸和运量等基本参数的确认,以及索道所在巷道的顶、底板和侧帮等环境和地质状况的确认。专用巷道或混合用巷道,可分别采用循环式索道或往复式索道。

6.2.2 巷道安装索道的基本条件如下。

- a) 巷道空间应符合 GB/T 21008 的规定。
- b) 巷道允许适量变坡:运送人员时变坡不大于 28°,输送货物时变坡不大于 35°。
- c) 未设转角站或拐弯装置的索道,其线路中心线的水平投影应为直线;设有转角站或拐弯装置的索道,相邻站房或装置之间的线路中心线的水平投影应为直线;线路中心直线度公差不应大于线路斜长的 0.02%。

6.3 牵引计算与驱动装置选择

6.3.1 运载索的最小工作拉力不宜小于吊具重载重力的 20 倍,应保证运载索在驱动轮上不打滑,并紧贴轮槽。

6.3.2 运载索的最大工作拉力,应在最不利载荷工况下计入下列数值:

- a) 从张紧装置开始的初拉力;
- b) 由高差引起的运载索重力和重载重力的分力;
- c) 站内各有关设备的运行阻力;
- d) 托、压索轮(组)及线路转角导向装置的阻力;
- e) 液压或其他张紧装置张紧力的增加值,重锤张紧位置张紧力的增加值可忽略不计;
- f) 运载索的最大工作拉力不计入索道启、制动时的惯性力。

6.3.3 当进行牵引和线路计算时,宜取下列摩擦系数:

- a) 橡胶衬托索轮取 0.03;
- b) 塑料衬托索轮取 0.02;
- c) 采用滚动轴承的导向轮取 0.003;
- d) 张紧小车取 0.01。

6.3.4 牵引计算符合下列规定。

- a) 计算运载索等速运行时各特征点的张力。
 - 1) 最小张力点的张力按公式(1)进行计算。

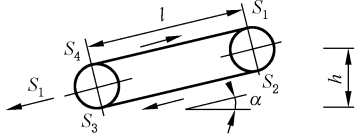
$$S_{\min} = Cq_0g \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- $S_{\min}$ ——最小张力点的张力,单位为牛顿(N);
- C ——钢丝绳的挠度系数,取 $C=1\ 000$;
- q_0 ——预选运载索的每米质量,单位为千克每米(kg/m);
- g ——重力加速度,取 $g=9.81\ \text{m/s}^2$ 。

- 2) 各特征点的张力计算见表 1。
- 3) 索道提升侧或下放侧无人乘坐时,钢丝绳各点张力按表 1 中的公式类推计算。

表 1 张力计算表

示意图		
线路运行阻力		$W_{4-1} = (q_0 + \frac{Q_1 + Q_2}{\lambda_1})(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)Lg$ $W_{2-3} = (q_0 + \frac{Q_1 + Q_2}{\lambda_1})(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)Lg$ 式中： W_{4-1}——上行运行阻力，单位为牛顿(N)； q_0——运载索的每米质量，单位为千克每米(kg/m)； Q_1——吊椅的质量，单位为千克(kg)； Q_2——乘员的质量，单位为千克(kg)； λ_1——吊具间距，单位为米(m)； μ——摩擦系数； α——索道线路倾角，单位为度(°)； L——两轮中心距，单位为米(m)； g——重力加速度，取 $g = 9.81 \text{ m/s}^2$； W_{2-3}——下行运行阻力，单位为牛顿(N)； h——索道驱动轮与迂回轮的高差
各点张力	当 $W_{4-1} > 0, W_{2-3} < 0$ 时	$S_1 = S_4 + W_{4-1}; S_2 = S_3 - W_{2-3}; S_3 = S_{\min}; S_4 = 1.01 S_3$ 式中： S_1——1点的张力，单位为牛顿(N)； S_2——2点的张力，单位为牛顿(N)； S_3——3点的张力，单位为牛顿(N)； S_4——4点的张力，单位为牛顿(N)
	当 $W_{4-1} > 0, W_{2-3} > 0$ 时	$S_1 = S_4 + W_{4-1}; S_2 = S_{\min}; S_3 = S_2 + W_{2-3}; S_4 = 1.01 S_3$
牵引力	动力运行时	$S_i = S_1 - S_2$ 式中： S_i——牵引力，单位为牛顿(N)； S_1——1点的张力，单位为牛顿(N)； S_2——2点的张力，单位为牛顿(N)

b) 计算索道正常启动或制动时的惯性力，计算惯性力时应计入下列质量：

- 1) 运载索质量；
- 2) 运载索上吊具和载荷的总质量；
- 3) 导向轮及驱动装置旋转部分的变位质量。

c) 运载索在驱动轮上的围包角。

d) 计算驱动轮上出、入侧运载索拉力之和的最大值。

e) 计算循环式索道的驱动轮在下列载荷工况下的圆周力：

- 1) 重车上行、空车下行；
- 2) 空车上行、重车下行；

- 3) 重车上行、重车下行；
- 4) 空车上行、空车下行；
- 5) 空索运行；
- 6) 低速反转。

6.3.5 驱动装置符合下列规定。

- a) 一般采用单槽驱动轮的悬空式或落地式摩擦驱动装置；如需采用双槽驱动轮，则应配置惰轮。
- b) 驱动装置电动机功率：动力运行时按公式(2)进行计算；制动运行时按公式(3)进行计算。

$$N_e = K_b \times (S_1 - S_2) v / 1\,000 \eta \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$N_e = K_b \times (S_1 - S_2) v \eta / 1\,000 \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

N_e ——电动机功率，单位为千瓦(kW)；

K_b ——电动机功率备用系数，取 $K_b = 1.15 \sim 1.6$ ；

S_1 ——1点的张力，单位为牛顿(N)；

S_2 ——2点的张力，单位为牛顿(N)；

v ——运行速度，单位为米每秒(m/s)；

η ——传动效率，按传动方式选取。

- c) 驱动装置电动机的选择符合下列规定：

- 1) 可选用交流或直流电动机，但对于巷道复杂、运行速度高或负载较大的索道，宜选用直流电动机；
- 2) 按正常载荷工况计算电动机功率时，应计入功率备用系数，对于动力型索道取 1.15，对于制动型索道取 1.30，并按最不利载荷工况下启动或制动时的功率与所选电动机额定功率的比值不大于该电动机过载系数的 0.9 倍进行校验；
- 3) 电动机选型时应按索道一侧(上行或下行)无人乘坐运行，校验电动机功率。

- d) 驱动装置应安装两个相互独立工作的制动器(工作制动器和安全制动器)，制动器应为失效安全型，工作制动器应设在高速轴上，安全制动器应设在驱动轮上。每一套制动器应能使索道在最不利载荷工况下停车，且符合下列规定：

- 1) 制动器应具有逐级加载和平稳停车的制动性能；
- 2) 当运行速度大于额定速度的 10% 或小于额定速度的 20% 时，制动器应能自动合闸停车；
- 3) 在最不利载荷工况下，工作制动器和安全制动器的平均减速度不宜小于 0.4 m/s^2 ；
- 4) 正常制动时，工作制动器的减速度不宜小于 0.15 m/s^2 ；
- 5) 制动器应能手动控制；
- 6) 正常制动时，工作制动器与安全制动器不应同时投入工作；
- 7) 制动器的最大制动力应为额定牵引力的 1.5 倍~2 倍；
- 8) 制动器的制动闸块应选用阻燃、抗静电且不含石棉的材料，制动闸瓦的摩擦系数不应小于 0.35。

- e) 驱动轮抗滑安全系数：正常运行时不应小于 1.5；在最不利载荷工况下启动或制动时，安全系数应按公式(4)进行计算，且不应小于 1.25。

$$\frac{t_{\min} (e^{[\mu]\pi\alpha/180} - 1)}{t_{\max} - t_{\min}} \geq 1.25 \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$t_{\min}$ ——正常启动、制动时，驱动轮出侧或入侧运载索的最小张力，单位为牛顿(N)；

e ——自然对数的底数；

$[\mu]$ ——运载索与驱动轮衬垫的许用摩擦系数；

α ——运载索在驱动轮上的围包角,单位为度($^{\circ}$);

$t_{\max}$ ——正常启动、制动时,驱动轮出侧或入侧运载索的最大张力,单位为牛顿(N)。

1) 紧急制动时,许用摩擦系数应按公式(5)进行计算。

$$[\mu] \geq \mu_{\text{erf}} = \frac{180}{\pi\alpha} \times \ln T \frac{T_{\max}}{T_{\min}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$[\mu]$ ——运载索与驱动轮衬垫的许用摩擦系数;

μ_{erf} ——驱动轮衬垫的摩擦系数;

α ——运载索在驱动轮上的围包角,单位为度($^{\circ}$);

T ——牵引张力,单位为牛顿(N);

$T_{\max}$ ——最不利载荷工况下,紧急制动时在驱动轮上出现的最大张力,单位为牛顿(N);

$T_{\min}$ ——最不利载荷工况下,紧急制动时在驱动轮上出现的最小张力,单位为牛顿(N)。

2) 驱动轮的抗滑校验:

驱动轮的抗滑能力动力运行时应按公式(6)进行校验,制动运行时应按公式(7)进行校验。

$$S_1 - S_2 > 0, S_1/S_2 \leq e^{\mu\pi\alpha/180} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$S_1 - S_2 < 0, S_2/S_1 \leq e^{\mu\pi\alpha/180} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

S_1 ——1点的张力,单位为牛顿(N);

S_2 ——2点的张力,单位为牛顿(N);

e ——自然对数的底数;

μ ——驱动轮绳槽与钢丝绳之间的摩擦系数,取 $\mu=0.25$;

α ——运载索在驱动轮上的围包角,单位为度($^{\circ}$)。

f) 根据电动机的功率、运载索的最大运行速度和驱动轮直径,选择电动机型号、减速器型式和传动比。

g) 驱动装置在承受最大拉力3倍的作用下,不应发生位移或变形。

h) 驱动装置的机架满足下列要求:

1) 电动机与减速器的同轴度误差不应大于 0.05 mm;

2) 驱动主轴与电动机和减速器轴线的垂直度误差不应大于 0.08 mm;

3) 应有足够的刚度,能承受频繁的启动和制动。

i) 驱动系统在空索状态下正常运行时,索道运行速度应保持不变;在最不利载荷工况下,索道运行速度的变化范围不应大于额定速度的 $\pm 5\%$,启动加速度不宜小于 0.15 m/s^2 ;索道应具有 $0.3 \text{ m/s} \sim 0.5 \text{ m/s}$ 的检修速度。当驱动系统的运行速度大于 1.7 m/s 时,驱动系统应能调速,应设防倒转装置。

j) 驱动轮直径不应小于运载索钢丝绳直径的 60 倍,驱动轮应设置软质、阻燃、耐磨和抗静电的可更换衬垫,衬垫摩擦系数不应小于 0.25。驱动轮衬垫的比压,可按公式(8)进行校核。

$$\frac{1.5(t_r + t_c)}{Dd} \leq [p] \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

t_r ——驱动轮入侧的运载索张力,单位为牛顿(N);

t_c ——驱动轮出侧的运载索张力,单位为牛顿(N);

D ——驱动轮直径,单位为毫米(mm);

d ——运载索直径,单位为毫米(mm);

$[p]$ ——驱动轮衬垫的允许比压,单位为兆帕(MPa)。

- k) 驱动轮宜采用灰铸铁铸造,直径大于 800 mm 的驱动轮可采用结构钢拼制,但应牢固可靠、防止变形。
- l) 悬空式驱动装置岩巷内宜采用梁式基础,框架埋入巷道两侧的钢梁长度不应小于 800 mm;落地式驱动装置宜采用短柱式钢筋混凝土基础。

6.4 运载索和张紧装置

6.4.1 运载索的选择符合下列规定:

- a) 根据公式(9)计算的钢丝绳钢丝破断拉力总和,选取钢丝绳直径:

$$S_K = m S_{max} \dots\dots\dots (9)$$

式中:

S_K ——钢丝绳钢丝破断拉力总和,单位为牛顿(N);
 m ——钢丝绳的安全系数,取 $m \geq 6$;
 S_{max} ——运载索最大张力点张力,由表 1 张力计算得知。

- b) 运载索应符合 GB 33955 的规定。宜选用线接触、右同向捻、带纤维芯的股式结构钢丝绳;腐蚀性环境中宜选用镀锌钢丝绳或其他防腐蚀钢丝绳。
- c) 运载索抗拉安全系数不应小于 6;钢丝绳的检验和报废应符合 GB/T 9075 的规定。
- d) 运载索应使用整根钢丝绳编接成的无极绳,特殊情况(线路大于 1 500 m 放绳不方便、新钢丝绳局部损坏等)可使用两段,但不应采用多段编接连接。
- e) 钢丝绳不应采用硬性接头,应以纵向插接方式联结。插接长度不应小于钢丝绳直径的 1 000 倍,编结后在张紧状态下,其绳股插入点的直径增大量不应大于钢丝绳公称直径的 6%。联结处通过驱动轮、张紧轮/迂回轮和钢丝绳导向系统时应顺畅。

6.4.2 运载索张紧装置符合下列规定。

- a) 运载索张紧应采用液压、重锤或其他能使运载索保持恒定拉力的张紧装置。张紧装置应有足够的张紧行程,并在极限位置设置限位开关。采用两端锚固时,运载索的张力应可测可调。
- b) 液压张紧装置符合下列规定:
 - 1) 应能显示油压、油温;
 - 2) 应使张紧力的变化自动可调,保持在 $\pm 5\%$ 范围内;
 - 3) 当油压超过额定值的 $\pm 10\%$ 时,索道应自动停车;
 - 4) 液压泵宜采用间歇工作制;
 - 5) 应设置安全阀,安全阀应有单独的卸压回路,液压系统应设置手动控制装置;
 - 6) 在低温环境中工作的液压装置应采取抗低温措施;
 - 7) 液压管路和连接元件的破裂安全系数不应小于 3。
- c) 重锤张紧装置符合下列规定:
 - 1) 张紧索应采用挠性好、耐挤压的股捻钢丝绳,不宜采用多层的钢丝绳;
 - 2) 张紧索抗拉安全系数不应小于 6;
 - 3) 应设置能调节的重锤装置,并有重锤落地保护措施;
 - 4) 张紧索导向轮直径不应小于张紧索直径的 8 倍;
 - 5) 张紧索导向轮应设置软质、阻燃、耐磨的衬垫;
 - 6) 应采用机械限位的方式限制行程,正常运行工况下,不应达到极限位置;
 - 7) 张紧小车两端应装设行程限位开关。
- d) 运载索张紧装置的张紧能力不应小于最大张紧力的 3 倍。钢丝绳的张紧力不应大于钢丝绳破断拉力的 8%。在动态效应时,张力安全系数不应小于 6。
- e) 张紧行程应按公式(10)进行计算:

$$L_i = 0.005L \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:

L ——运距,单位为米(m)。

张紧行程不应小于下列各项的总和:

- 1) 温差引起的长度变化;
 - 2) 运载索的结构性伸长(永久伸长);
 - 3) 各种运行载荷工况下,钢丝绳垂度不同而产生的长度变化;
 - 4) 各种运行载荷工况下,钢丝绳的弹性伸长。
- f) 张紧行程除应满足公式(10)的规定外,还宜考虑小车安装时的位置误差和钢丝绳编接接头损坏而需截去接头长度后再次编接时小车移位的需要。对于伸缩式索道,为适应机头或机尾经常移动的要求,小车行程不宜小于 50 m。
- g) 张紧小车和张紧重锤不应发生脱轨、卡阻现象。

6.4.3 张紧轮或迂回轮符合下列规定:

- a) 张紧轮或迂回轮直径不应小于运载索直径的 60 倍;
- b) 张紧轮或迂回轮应设置软质、阻燃、耐磨的衬垫;
- c) 张紧轮或迂回轮宜采用灰铸铁铸造;直径大于 800 mm 的张紧轮或迂回轮可采用结构钢拼制,但应牢固可靠、防止变形;
- d) 采用固定式抱索器的索道,张紧轮或迂回轮的轮缘及护圈应与固定式抱索器和吊椅相适应;
- e) 张紧轮或迂回轮装置岩巷内宜采用梁式基础,框架埋入巷道两侧的钢梁长度不应小于 600 mm。

6.5 吊具和抱索器

6.5.1 吊具对屈服点的安全系数:各主要承载构件和重要部件在主要载荷作用下不应小于 3.5;在主要载荷和次要载荷联合作用下不应小于 2.0,各主要承载构件和重要部件还应进行刚度校核。

注 1: 主要载荷为吊具自重和乘员体重(包括随带的工、量具的重量)之和。

注 2: 次要载荷为索道紧急制动时的惯性力、线路及站内各种装置对吊具的作用力。

6.5.2 吊具的设计符合下列规定。

- a) 吊椅乘人时,脚撑离地距离不应小于 0.2 m,吊厢底板离地距离不应小于 0.3 m,在上下人站处不应大于 0.5 m,吊椅座面到运载索的距离不应小于 1 m;吊篮底板离地距离不应小于 0.3 m;救护担架离地距离不应小于 1 m。
- b) 吊具的弯曲是为避开托索装置,其弯曲高度应按吊具在最大倾角处纵、横向摆动 20°时,不应接触运载索或吊架任何部位的条件确定。
- c) 吊具的吊杆宜采用钢管制作,其强度应满足以重车总重力(吊椅按 1 100 N,吊厢按 1 715 N)的 5 倍,作用 1 min,不产生永久变形,且不被破坏。
- d) 吊具与抱索器连接后,抱索器抱紧钢丝绳承载运行时,座椅应保持水平,吊具不应触碰钢丝绳、托索轮、压索轮、导向装置等部件。
- e) 可摘挂式吊具与固定式抱索器连接后,为克服钢丝绳产生的旋转力应采用平衡机构。
- f) 吊具间距应按公式(11)进行计算,乘人间距不应小于运载索 5 s 的运行距离,且不应小于 6 m。

$$\lambda_1 = \frac{3\ 600}{Q}v \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中:

λ_1 ——吊具间距,单位为米(m);

Q ——每小时人员运送数量;

v ——运行速度,单位为米每秒(m/s)。

- g) 吊椅的设计应安全舒适且便于乘员上下车,吊厢与救护担架应安全可靠且便于摘挂。
- h) 往复式索道采用固定抱索器的可转向式吊椅时,其转向应方便准确且安全可靠。

6.5.3 抱索器的设计符合下列规定。

- a) 抱索器的结构应能防止任何事故性松动或松脱,机构动作应灵活可靠,能顺利地与运载索脱开和挂结。
- b) 抱索器的强度应满足以吊椅重车总重力(吊椅重车总重力按 1 100 N 计算)的 5 倍,作用 1 min,不产生永久变形,且不被破坏。抱索器的抗滑力不应小于重车在最大坡度时下滑力的 2 倍(即在 2 倍吊椅重车总重力下,抱索器不应下滑)。
- c) 抱索器的抱索力符合下列规定:
 - 1) 抱索器的抱索力应满足抗滑力的要求;
 - 2) 当钢丝绳直径减小 10% 时,抱索器经调整后,其抗滑力仍应符合 b) 的要求。
- d) 抱索器钳口和运载索之间的摩擦系数宜取 0.13;如采用重力式抱索器,应分别校核空车和重车的抗滑能力;当采用特殊设计的钳口或采取其他提高摩擦系数的措施时,钳口与运载索之间的摩擦系数可按试验结果取值。
- e) 抱索器钳口的形状与尺寸应与托、压索轮(组)和驱动轮、迂回轮、导向轮的轮槽相适应。当吊具横向摆动 20° 时,抱索器应能顺利通过上述轮(组)。
- f) 固定式抱索器的内、外抱卡应采用优质合金钢锻造成型。在温度低于 -20 °C 环境中工作的抱索器,其材料应具有良好的低温冲击韧性。
- g) 抱索器钳口两端应有圆弧过渡,端部内外不应有棱角。
- h) 活动抱索器的 V 形抱索瓦宜由阻燃、轻质、耐磨、减振、抗冲击和降噪的材料制造。
- i) 固定式抱索器应能顺利通过驱动轮、迂回轮、导向轮,通过时所产生的水平折角不应大于 9°。
- j) 固定式抱索器应便于移位,移位应符合 JB/T 12435—2015 中 6.3 的规定。

6.6 线路的选择和线路设计

6.6.1 线路的选择符合下列规定:

- a) 索道线路的中心线在水平面上的投影应为直线,但受条件限制需设置转角装置时,索道线路应经多方案比较后合理确定;
- b) 设置索道的巷道应光整,底板平直且变坡点少、高差小。

6.6.2 托、压索轮(组)的设计符合下列规定。

- a) 托、压索轮(组)的结构应满足不同载荷方向的要求。托、压索轮(组)应按最不利载荷工况下进行设计或选型;托索轮组的结构应满足在下述条件下钢丝绳不会从索轮上滑脱:
 - 1) 巷道内无地方预埋索轮吊架;
 - 2) 吊具横向摆动 20° 范围内。
- b) 托索轮的直径不宜小于运载索直径的 9 倍,压索轮的直径不宜小于运载索直径的 7 倍。
- c) 托索轮、压索轮应设置软质、阻燃、耐磨和抗静电的可更换衬垫;每个有衬托索轮、压索轮的允许径向载荷,应按公式(12)进行计算:

$$[P] \geq PD_2 d \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中:

$[P]$ ——每个有衬托索轮、压索轮的允许径向载荷,单位为牛顿(N);

P ——衬垫的比压, $P=0.25 \text{ MPa} \sim 0.5 \text{ MPa}$,根据衬垫材料的性能确定;

D_2 ——托索轮、压索轮新衬垫绳槽底部的直径,单位为毫米(mm);

d ——运载索直径,单位为毫米(mm)。

- d) 托索轮、压索轮轮缘的形状和高度应防止钢丝绳脱槽。当抱索器需要通过托索轮、压索轮时,轮缘的形状应与抱索器相适应。
- e) 运载索在每个托索轮、压索轮上的允许折角不宜大于 4° 。
- f) 托、压索轮(组)宜采用悬吊安装的可调式机构。

6.6.3 托、压索轮(组)的安全装置符合下列规定:

- a) 托、压索轮(组)两端的内侧应设挡索板,安装防止向内侧跑偏的装置;
- b) 6 轮以下的托、压索轮(组)的入绳端和 6 轮以上托、压索轮(组)的两端,应设置运载索脱索时索道能自动停车的监控装置;
- c) 托、压索轮(组)吊架应牢固固定在横梁上,不应横向移动,以保持索距不变,防止跳索事故发生。

6.6.4 运载索在托、压索轮(组)上的靠贴条件符合下列规定。

- a) 运载索在每个托索轮上的最小靠贴力应按公式(13)进行计算,且不应小于 500 N。

$$P_{\min} = 500 + 50[d - (D_1 - D_2)] \dots\dots\dots (13)$$

式中:

$P_{\min}$ ——最小靠贴力,单位为牛顿(N);

d ——运载索直径,单位为毫米(mm);

D_1 ——托索轮外轮缘直径,单位为毫米(mm);

D_2 ——托索轮新衬垫绳槽底部的直径,单位为毫米(mm)。

- b) 托索轮外轮缘半径与托索轮新衬垫绳槽底部半径的差值应大于运载索直径的 $1/3$,且不应小于 8 mm。
- c) 当运载索的最小拉力减小 20%,有效载荷增大 25%时,运载索不应离开压索轮。
- d) 对于采用托索轮与压索轮联合轮组的吊架,当运载索在该吊架上所受的向上和向下的合力为零时,每个托索轮、压索轮上的最小靠贴力不应小于 500 N;在其他情况下,运载索不应离开联合轮组中靠贴力较小的托索轮和压索轮。

6.6.5 吊架的配置符合下列规定:

- a) 采用活动抱索器的索道,当运载索俯角出站时,站前第一跨的运载索宜导平,且站前第一跨的跨距不应小于最大制动距离的 1.2 倍;
- b) 采用活动抱索器零速度上下车装置的索道应安全且方便乘员上下,活动抱索器的吊椅在滑轨上应行走灵活,活动抱索器的 V 形抱索瓦与钢丝绳的吻合和脱离应平稳,应设置安全限位装置和止回器;
- c) 运载索输送人员时,最大倾角不应大于 28° ,输送货物时,最大倾角不应大于 35° ;
- d) 尽量减少压索轮吊架的数量;
- e) 除出、入站之外的线路,中间部分的托、压索轮(组)吊架间距宜小于 10 m;
- f) 在线路布置时,相邻两索轮组吊架的间距应小于两吊椅的间距;
- g) 托、压索轮(组)吊架应采用钢结构,横梁长度应与巷道宽度相匹配,其刚性应满足稳定性要求,其主要承载构件应具有良好的冲击韧性;
- h) 托、压索轮(组)吊架应在巷道支护时固定好,横梁两端埋入巷道的深度不应小于横梁高度的 3 倍,且岩巷不应少于 300 mm,半岩半煤巷不应少于 400 mm;
- i) 托、压索轮(组)吊架宜采用可调的焊接式钢结构,应进行刚度检查,其计算载荷为吊具自重、吊架自重、有效载荷的总和;
- j) 托、压索轮(组)宜采用 C 形吊架,吊架的高度应适应所选择的托、压索轮(组)的外廊尺寸,在吊具纵、横向摆动各 20° 的条件下不应触碰托、压索轮(组)的任何部位,并至少留有 0.1 m 的间隙;

- k) 当索距发生变化或索道运行方向发生变化时,运载索在吊架上的水平力不应大于垂直压力的10%,运载索在该吊架上的水平偏角不应大于 0.3° 。

6.6.6 线路的变坡和转角导向装置符合下列规定。

- a) 运载索在线路的变坡点采用托、压索轮(组)过渡时,应平稳顺畅。托、压索轮(组)的数量应依变坡点的现实情况而定,但应保证运载索和抱索器光滑平顺运行。
- b) 运载索在线路转角处的导向装置(脱绳式或非脱绳式)应确保抱索器、吊具和乘员平稳顺畅通过,吊椅在最大离心力处的摆动角不应大于 20° 。
- c) 转角导向装置的水平滚轮组:
 - 1) 滚轮直径不宜小于600 mm;
 - 2) 运载索在滚轮上的折角不宜大于 3° 或按滚轮径向载荷不大于5 kN的条件确定;
 - 3) 吊椅通过滚轮组时,运载索作用在抱索器钳口上的水平力不应大于8 kN。

6.7 站房的设计

站房的设计符合下列规定。

- a) 索道站房的配置在满足使用功能,保证人员安全的前提下,尽量简洁实用。
- b) 根据巷道特征、地质条件、配置方式、设备的安装与维护等因素,综合确定站房的高度和宽度;站房的长度不应小于两吊椅间距。
- c) 站房的地形应平坦;上下车站横向应成水平状、无障碍物、地面应防滑,纵向坡度不应大于 15° ,且运载索应与站房坡度相适应。
- d) 站房应便于人流或物流的集散,站房设置不应受到人流和车流的影响。
- e) 站房的设计应满足钢丝绳安全进、出站口的要求。
- f) 采用活动式或可摘挂式抱索器的索道,存取吊椅的场地应存取方便、安全。
- g) 上下车站的起始点、到达点应设置明显的警示标志和安全保护装置。
- h) 站房设计应符合消防要求。

6.8 电气

6.8.1 用于地下有防爆要求的索道,应具备防爆功能,其电气设备应符合 GB/T 3836.1~GB/T 3836.4 的规定。

6.8.2 索道电气的设计符合下列规定。

- a) 索道应优先采用独立的双回路电源供电,当其中一路电源发生故障时,应能及时接通另一路电源。
- b) 索道应设置由站内安全装置和线路安全装置组成的安全电路。安全电路在正常工作时应是闭合回路,并应通过断开电路的方式实现安全保护。
- c) 所有信号应在所需的全部条件具备后才可传递。
- d) 索道启动完毕后,准备就绪或要求运行的指令信号应自动撤销。
- e) 采用自动控制的索道应具有半自动和手动控制方式。控制方式应在索道停止后方可切换。
- f) 索道应沿线路多处设置紧急停车装置。紧急停车装置应独立于正常停车控制。
- g) 安全功能应采用钥匙开关或类似的元件,并通过控制台进行屏蔽;安全功能屏蔽指示应醒目,并在结束屏蔽时应易于识别。
- h) 照明、信号、电话和手持电气设备的供电电压符合下列规定:
 - 1) 索道用于煤矿时,额定供电电压不应大于127 V;
 - 2) 索道用于非煤矿时,供电电压应符合 GB 16423 的规定。
- i) 远距离控制线路的额定电压不应大于36 V。

6.8.3 索道的驱动系统符合下列规定。

- a) 驱动系统应符合 6.3.5 i) 的规定。
- b) 驱动系统的电气传动在规定荷载范围内,应具有启动平稳、速度恒定、制动灵敏可靠,且能实现反向运行的功能。
- c) 在所有涉及安全启动的条件都具备时,运行指令才能生效,停车指令应优先于其他控制指令。
- d) 当工作制动器或安全制动器进行紧急制动时,主机电源应立即自动切断;当进行正常制动时,主机电源最迟应在索道停止运行时切断。
- e) 主驱动电机应设置下列保护功能:
 - 1) 交流电机缺相保护;
 - 2) 过压、欠压保护;
 - 3) 过流保护;
 - 4) 过载保护;
 - 5) 短路保护;
 - 6) 堵转保护;
 - 7) 过热保护;
 - 8) 接地保护;
 - 9) 反转保护;
 - 10) 直流电机励磁保护。

6.8.4 任意保护装置动作时索道应能自动停止运行。

6.8.5 驱动系统使用交流电机时,宜采用变频调速或降压软启动。驱动系统使用直流电机时,宜通过直流调速器实现调速或软启动。自动控制方式的索道宜采用无人值守或远程监控,在沿线的重要地段可安装网络摄像机视频监控装置,监控显示器宜设在控制室内。

6.8.6 索道安全电路符合下列要求。

- a) 用于地下有防爆要求的索道在电器配套时,应按索道的具体使用要求配套,应遵循隔爆型电器与隔爆型电器相连的原则;当本安型电器与本安型电器相连时,应经具有检验资质的防爆检测机构进行关联试验合格后,才能关联使用。
- b) 当索道发生故障引起安全装置动作时,安全电路应使索道自动停止运行;索道应在排除故障和安全装置经人工复位后,方能重新启动。
- c) 索道应装设必要的显示设备(如人机界面)和警报装置(如音箱、报警器),以便操作人员进行设备操作、了解运行情况和获取故障信息。故障的显示应保持到下次启动为止,当有条件时,还应显示故障信息和位置。索道在运行过程中出现下列故障之一时,应自动停止运行:
 - 1) 电气控制系统的常规保护出现异常情况(如:过流、过压、欠压、缺相等);
 - 2) 索道运行速度大于额定速度的 10% 或小于额定速度的 20%;
 - 3) 紧急停车装置动作;
 - 4) 张紧小车或张紧重锤超过极限位置;
 - 5) 越位乘车,越位保护动作;
 - 6) 运载索从托索轮上掉(脱)落;
 - 7) 乘人间距不足,乘人间距保护动作;
 - 8) 减速器油温大于规定值或油位不足,油温、油位保护动作;
 - 9) 液压站油温或油压大于规定值,油温、油压保护动作;
 - 10) 液压张紧装置的油压超过正常值的 $\pm 10\%$;

11) 站内和线路监控装置动作;

12) 机头或机尾轴断裂。

d) 安全回路工作电压有效值:交流不应大于 50 V,直流不应大于 60 V。

e) 紧急停车装置(即沿线路任意点停车装置)应沿线路布置,安装间距不应大于 50 m。紧急停车装置应灵敏、可靠、方便启动。延迟触发紧急停车时间不应大于 500 ms。当紧急停车装置失效时,索道应停止工作。

注:沿线路任意点停车装置是指由于突发情况或检修需要,能在索道线路上的任意点使驱动装置停止运转的装置。

f) 电气控制系统应具备安全保护装置:紧急停车装置,过(欠)速保护装置,过流、过(欠)压保护装置,打滑保护,掉绳保护装置,捕绳器装置,机头(尾)越位保护装置,吊椅防过摆装置,乘人间距保护装置(采用活动或可摘挂抱索器时),重锤落地保护装置(采用重锤张紧时),绳张紧保护装置,断轴保护装置,减速器油温、油位保护装置,液压站油温、油压保护装置,声、光、信号、照明及通信装置。安全保护装置动作后,需确保相应故障排除,索道能安全运行,方可经人工复位,重新启动索道,以确保乘员的人身安全。

注 1:越位保护装置是指乘员在搭乘过程中超越下车位置时,能自动停车的装置。

注 2:掉绳保护装置是指索道在运行状态下,绳索从导向轮上掉落时能自动停车的装置。

注 3:吊椅防过摆装置是指防止吊椅横向摆动的装置。

注 4:乘人间距保护装置是指使用活动抱索器或可摘挂抱索器时,实际乘人间距未达到规定值时能自动停车的装置。

注 5:重锤落地保护装置是指当重锤因牵引钢丝绳伸长而下降到限定值时,能自动停车的装置。

注 6:绳张紧保护装置是指当重锤因牵引钢丝绳缩短向上移动超过限定值时,能自动停车的装置。

注 7:断轴保护装置是指驱动装置轴和/或迂回轮装置轴断裂时,能自动停车,并确保驱动轮、迂回轮下坠距离不大于 50 mm。

注 8:减速器油温、油位保护装置是指减速器内油温超过限定值和/或油位低于设定值时,能自动停车的装置。

注 9:液压站油温、油压保护装置是指安全制动器液压站的油温和/或油压超过设定值时,能自动停车的装置。

g) 为确保索道安全运行,不应将电阻、电容、二极管等元件并联到安全关键件的断路器触点或元件上。

6.8.7 索道驱动装置的制动和润滑系统的油压、油位、油温出现异常时,应发出报警信号。

6.8.8 站台、控制箱(柜)和驱动装置操作平台应设置紧急停车装置;驱动装置和张紧位置应设置带自保的检修开关。

6.8.9 照明、通信与信号符合下列规定。

a) 站房内应有足够的照明系统,线路上宜设置适当的照明。

b) 在站房上下车地点应设置电话或沿线通信,当安全功能部分或全部被屏蔽时,工作电话系统仍应保持畅通。

c) 对应于索道的各种运行状态,其操作和显示的设备宜选用下列颜色:

1) 红色:紧急状态,危险情况,紧急停车;

2) 黄色:异常状态,报警,显示异常情况;

3) 绿色:安全状态,正常情况,正常停车;

4) 蓝色:待令状态,要求动作;

5) 白色/灰色/黑色:中间状态,没有特殊含义,边界线。

d) 应配备运行计时器及吊具计数器。

e) 沿线路应设置声光报警装置。

f) 上下车站房的起始点、到达点应设置明显的警示标志和安全语音提示。

6.8.10 索道应设置保护接地,总接地电阻值不应大于 $2\ \Omega$,分接地电阻值不应大于 $4\ \Omega$ 。

7 设计文件的编制

7.1 设计任务书的编制

设计任务书应根据用户要求、井巷基本参数、地质、环境条件制定。设计任务书应符合下列规定:

- a) 确定索道的用途、使用范围、使用要求和使用条件;
- b) 在分析、研究与试验国内外同类索道的基础上,保证索道的结构、性能达到先进技术水平;
- c) 使索道在设计、制造、使用和维护方面,均能达到最好的技术经济指标。

7.2 技术设计文件的编制

技术设计阶段应确定索道的结构、技术经济指标和主要零部件,技术设计文件的编制应符合 GB/T 21008 的规定,并符合下列规定。

- a) 索道的总装配图和部件装配图(索道的机械部分、传动部分和控制部分,在总装图中应将索道的全部零部件和标准件清晰表示出来)。
- b) 电气设计应包括下列内容:
 - 1) 电气原理图;
 - 2) 电气控制系统示意图;
 - 3) 电气控制系统方框图;
 - 4) 电气接线图。
- c) 若采用液压传动或气动传动则应包括液压传动或气动传动系统图。
- d) 设计校核应包括影响装置安全的重要组件,如有需要,设计计算时还宜考虑静态载荷、疲劳载荷、稳定性和性能的影响。设计计算应以最不利载荷工况为基础,且载荷的大小、作用方向和组合情况应明确给出说明。设计计算书应表达清晰,并应包括下列内容:
 - 1) 索道传动功率计算;
 - 2) 索道结构计算;
 - 3) 索道重要零部件(驱动/迂回轮轴)计算。
- e) 工作图包括下列内容。
 - 1) 修正技术设计阶段绘制的索道总图、部件图、主要零部件图和各种系统图,以及全部应加工的索道零部件工作图。图中应选择合适的尺寸、公差配合、加工工艺要求并注明技术条件。
 - 2) 索道包装图与安装图。
 - 3) 索道标准件汇总表。
 - 4) 索道外购(配套)件汇总表。
- f) 工艺文件应完整、正确、统一、齐全,主要包括下列内容:
 - 1) 工艺定额;
 - 2) 工艺规程;
 - 3) 工艺守则;
 - 4) 工艺装备图样。
- g) 索道使用说明书应符合 GB/T 15706、GB/T 9969 和 GB/T 21008 的规定,并符合下列规定。
 - 1) 使用说明书至少应包括以下内容:
 - 产品名称、规格和主要技术参数;
 - 主要用途和适用范围;

- 适用的工作条件和环境；
 - 结构示意图；
 - 系统说明(机械传动系统、液压系统、电气控制系统、润滑系统和其他系统)；
 - 安装调试方法；
 - 使用与操纵方法；
 - 维护与保养方法；
 - 常见故障和排除方法。
- 2) 使用说明书应采用使用索道国家的官方语言编写,其用语应适合操纵人员阅读。
- 3) 使用说明书应以醒目的方式给出使用与维护中预防危险的特别说明。索道安装和运行中特别的安全说明,主要包括如下内容:
- 清楚地告诉操纵者哪里有危险,应采取什么措施,从而在工作中安全地解决;
 - 设备正常启动条件、启动顺序;
 - 设备正常停机条件、停机顺序;
 - 防护装置的安装和功能说明;
 - 用于井下有防爆要求的索道特别警告说明;
 - 操纵者应经过上岗实际培训,安全防护措施是培训的重点内容之一。
- h) 验收和交货的技术文件应包括下列内容:
- 1) 索道交货清单,包括索道零部件品种(包括备用件)的总件数、索道合格证书、使用说明书、索道安装图、基础图、易损件表、电气接线图、液压和气动传动系统图等;
 - 2) 索道安装竣工验收书,按 GB/T 21008 的规定进行编制;
 - 3) 因井巷复杂多变,设计图纸在施工过程中可能有所变动,需绘制竣工图以便今后遇到问题时备查。
-