

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 50127 – 2020

架空索道工程技术标准

Technical standard for aerial ropeway engineering

2020 – 01 – 16 发布

2020 – 08 – 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 联合发布
国家市场监督管理总局

中华人民共和国国家标准

架空索道工程技术标准

Technical standard for aerial ropeway engineering

GB 50127 - 2020

主编部门:中国有色金属工业协会

批准部门:中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期:2 0 2 0 年 8 月 1 日

中国计划出版社

2020 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

2020 年 第 45 号

住房和城乡建设部关于发布国家标准 《架空索道工程技术标准》的公告

现批准《架空索道工程技术标准》为国家标准，编号为 GB 50127—2020，自 2020 年 8 月 1 日起实施。其中，第 3.5.3、3.5.6(2)、3.6.4、3.6.8、3.7.1、4.2.1(3)、5.2.2、6.2.2(1)、7.2.2(1)、7.4.3(1、2、3)条(款)为强制性条文，必须严格执行。原国家标准《架空索道工程技术规范》GB 50127—2007 同时废止。

本标准在住房和城乡建设部门户网站(www.mohurd.gov.cn)公开，并由住房和城乡建设部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2020 年 1 月 16 日

前 言

本标准是根据住房和城乡建设部《关于印发 2015 年工程建设标准规范制订、修订计划的通知》(建标〔2014〕189 号)的要求,由中国有色工程有限公司、昆明有色冶金设计研究院股份公司会同有关单位共同修订完成。

本标准在修订过程中,编制组进行了广泛深入的调查研究,总结了近年来我国索道工程设计、施工和运行的实践经验,依据有关国际标准和国外先进标准,吸取了近年来有关的科研成果,并广泛征求意见,对一些重要问题进行了研究和反复讨论,最后审查定稿。

本标准的主要技术内容是:总则、术语和符号、索道工程设计基本规定、双线循环式货运索道工程设计、单线循环式货运索道工程设计、双线往复式客运索道工程设计、单线循环式客运索道工程设计、索道工程施工、索道工程试车与验收。

本标准修订的主要内容是:

1. 认真贯彻特种设备安全法及环保节能等法规,坚持安全第一、预防为主、节能环保、综合治理的原则,新增了确保索道安全及节能环保方面的要求。

2. 采用了欧洲最新标准中符合世界索道发展趋势并适合我国索道实际情况的内容,尽量与国际先进标准接轨。

3. 新增了抱索器的抗滑安全系数、救援索道、支架和安全电路等索道主要术语,并对原标准中叙述不准确的术语进行了修订。

4. 新增了在钢丝绳和支架上,风雪及覆冰荷载的取值和计算方面的要求。

5. 为确保人身安全,对救援设计提出更高、更全面的要求,并

新增了对垂直救援和水平救援设备的规定。

6. 对客货运索道的电气设计进行了全面修订,将原标准中分散在各章的电气内容,集中到索道工程设计基本规定一章中进行统一规定。新增了提高索道电气设计技术水平方面的要求。

7. 新增了单、双线客运索道停运时,在风和冰作用下各种钢丝绳应确保的最小抗拉安全系数值的规定。

8. 新增了提高索道抱索器、车厢、吊厢和吊篮设计技术水平和安全可靠性的要求。

9. 新增了在客运索道驱动、拉紧和迂回装置上,设置防断轴的保护和检测装置以及防止钢丝绳脱出装置的要求。

10. 删除了不符合索道实际情况、不利于索道技术进步的内容。

本标准中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本标准由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,由中国有色金属工业工程建设标准管理处负责日常管理工作,由昆明有色冶金设计研究院股份公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请将有关意见和建议反馈给昆明有色冶金设计研究院股份公司(地址:云南省昆明市五华区小康大道399号,邮编:650224)。

本标准主编单位:中国有色工程有限公司

昆明有色冶金设计研究院股份公司

本标准参编单位:中国恩菲工程技术有限公司

中国瑞林工程技术有限公司

长沙有色冶金设计研究院有限公司

徐州天马索道缆车设备有限公司

宁夏中能恒力钢丝绳有限公司

泰安市泰山索道运营中心

鞍钢钢绳有限责任公司

北京北方车辆集团有限公司

本标准主要起草人员：王红敏 胡英禅 彭加宁 苏莘文
李学文 王春阳 肖 湘 胡钦刚
曾庆荣 黄视凡 葛遵瑞 吴杞强
任宏州 刘小贵 佟 舟 邢永晟
田 龙 刘铁军
本标准主要审查人员：周新年 陶平凯 殷炳来 方艳萍
张 建 徐培生 李 珊 罗 磊
王黎虹 李世诚

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(8)
3	索道工程设计基本规定	(10)
3.1	风雪荷载	(10)
3.2	线路和站址选择	(12)
3.3	净空尺寸	(13)
3.4	支架设计	(15)
3.5	站房设计	(17)
3.6	电气设计	(18)
3.7	救援设计	(22)
4	双线循环式货运索道工程设计	(24)
4.1	货车	(24)
4.2	承载索与有关设备	(25)
4.3	牵引索与有关设备	(29)
4.4	牵引计算与驱动装置选择	(30)
4.5	线路设计	(32)
4.6	站房设计	(36)
4.7	保护设施	(41)
5	单线循环式货运索道工程设计	(43)
5.1	货车	(43)
5.2	运载索与有关设备	(43)
5.3	牵引计算与驱动装置选择	(44)

5.4	线路设计	(44)
5.5	站房设计	(46)
6	双线往复式客运索道工程设计	(49)
6.1	客车	(49)
6.2	承载索与有关设备	(53)
6.3	牵引索、平衡索、救护索与有关设备	(56)
6.4	牵引计算与驱动装置选择	(58)
6.5	线路设计	(59)
6.6	站房设计	(61)
7	单线循环式客运索道工程设计	(63)
7.1	客车	(63)
7.2	运载索与有关设备	(68)
7.3	牵引计算与驱动装置选择	(69)
7.4	线路设计	(71)
7.5	站房设计	(75)
8	索道工程施工	(78)
8.1	一般规定	(78)
8.2	钢结构安装	(80)
8.3	线路设备安装	(82)
8.4	钢丝绳安装	(83)
8.5	站内设备安装	(86)
9	索道工程试车与验收	(94)
9.1	试车	(94)
9.2	试运行	(96)
9.3	工程验收	(96)
	本标准用词说明	(98)
	引用标准名录	(99)
	附:条文说明	(101)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(8)
3	Basic requirements of ropeway engineering design	(10)
3.1	Wind actions and snow loads	(10)
3.2	Selection of line and station	(12)
3.3	Clearance size	(13)
3.4	Line support structure design	(15)
3.5	Station design	(17)
3.6	Electrical design	(18)
3.7	Rescue design	(22)
4	Engineering design for bicable circulating material ropeway	(24)
4.1	Bucket	(24)
4.2	Carrying rope and related equipment	(25)
4.3	Hauling rope and related equipment	(29)
4.4	Traction calculation and selection of driving device	(30)
4.5	Line design	(32)
4.6	Station design	(36)
4.7	Protection facility	(41)
5	Engineering design for monocable circulating material ropeway	(43)

5.1	Bucket	(43)
5.2	Carrying-hauling rope and related equipment	(43)
5.3	Traction calculation and selection of driving device	(44)
5.4	Line design	(44)
5.5	Station design	(46)
6	Engineering design for bicable reversible passenger ropeway	(49)
6.1	Carrier	(49)
6.2	Carrying rope and related equipment	(53)
6.3	Hauling rope, counter rope, rescue rope and related equipment	(56)
6.4	Traction calculation and selection of driving device	(58)
6.5	Line design	(59)
6.6	Station design	(61)
7	Engineering design for monocable circulating passenger ropeway	(63)
7.1	Carrier	(63)
7.2	Carrying-hauling rope and related equipment	(68)
7.3	Traction calculation and selection of driving device	(69)
7.4	Line design	(71)
7.5	Station design	(75)
8	Construction of ropeway engine	(78)
8.1	General requirements	(78)
8.2	Installation of steel structure	(80)
8.3	Installation of line equipment	(82)
8.4	Installation of rope installation	(83)
8.5	Installation of station equipment	(86)
9	Acceptance and test run of ropeway engineering	(94)
9.1	Test run	(94)

9.2 Trial operation	(96)
9.3 Acceptance	(96)
Explanation of wording in this standard	(98)
List of quoted standards	(99)
Addition: Explanation of provisions	(101)

1 总 则

1.0.1 为提高架空索道工程技术水平,贯彻执行国家技术经济政策,做到技术先进、经济合理、节能环保,确保工程质量和安全运行,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于双线循环式货运索道、单线循环式货运索道、双线往复式客运索道和单线循环式客运索道的新建、扩建或改建工程设计、施工和验收。

1.0.3 客运索道和货运索道的运输方案,应根据建设条件和技术条件等,综合比较后确定。

1.0.4 涉及人身安全的新技术、新工艺、新设备和新材料应经过试验或通过生产实践证明安全可靠并鉴定合格后,才能在工程中采用。

1.0.5 客运索道建设应以保护生态和景观、与自然环境相协调和方便旅游为原则。索道站址和线路选择应符合景区总体规划或区域规划以及环境容量管理的要求。

1.0.6 索道工程设计、施工及验收,除应执行本标准的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 架空索道 aerial ropeway

一种将钢丝绳架设在支承结构上作为运行轨道,用以运输物料或人员的运输系统。

2.1.2 单线循环式货运索道 monocable circulating material ropeway

仅有一根运载索,载着货车在线路上循环运行,用于运输物料的索道。

2.1.3 双线循环式货运索道 bicable circulating material ropeway

既有承载索又有牵引索,货车在线路上循环运行,用于运输物料的索道。

2.1.4 单线循环式客运索道 monocable circulating passenger ropeway

仅有一根运载索,载着客车在线路上循环运行,用于运输人员的索道。其中,根据抱索器结构型式不同又分为单线循环脱挂抱索器吊厢(吊篮、吊椅)式客运索道和单线循环固定抱索器吊厢(吊篮、吊椅)式客运索道。

此外,根据运行方式的不同又分为单线循环固定抱索器吊厢式客运索道,单线脉动循环固定抱索器车组式客运索道。

2.1.5 双线往复式客运索道 bicable reversible passenger ropeway

既有承载索又有牵引索,客车在线路上往复运行,用于运输人员的索道。其中,根据客车编组的不同又分为双线往复车厢式客

运索道和双线往复车组式客运索道。

2.1.6 货车 bucket

运输物料的运载工具。其中主要包括抱索器或运行小车、吊杆或吊架、货箱。

2.1.7 客车 carrier

运输人员的运载工具。其中主要包括抱索器或运行小车、吊杆或吊架、客厢或其他乘坐器具。乘坐器具可分为车厢、吊厢、吊篮、吊椅、拖牵座等不同形式。

2.1.8 抱索器 grip

客车或货车中与运载索或牵引索相联接的装置,称为抱索器。其中,进出站时无须脱开和挂结钢丝绳的抱索器,称为固定式抱索器;进出站时需要脱开和挂结钢丝绳的抱索器,称为脱挂式抱索器。

2.1.9 抱索器的抗滑安全系数 sliding resistance safety factor of grip

抱索器的抗滑力与重车重力在最大坡度处沿钢丝绳方向分力的比值。

2.1.10 支架 trestle

在索道站内和线路上用于支承钢丝绳的支承结构。

2.1.11 运输能力 transport capacity

单位时间内的单方向运输量。

2.1.12 高差 vertical rise

两站之间或线路支架两点之间的索底标高之差。

2.1.13 索距 gauge

支架两侧的运载索或承载索中心线之间的距离,称为索距。对于采用双承载索的双线索道,索距为支架两侧双承载索中心线之间的距离。

2.1.14 倾角 inclination angle

钢丝绳悬曲线在支承点处的切线与水平线形成的角度称为倾

角。其中,倾角在支承点水平线以下的称为正倾角;在水平线以上的,称为负倾角。

2.1.15 进站角 entrance angle

线路中的承载索或运载索悬曲线在站口支承点处的切线与水平线形成的角度,称为进站角。其中,进站角在水平线以上的,称仰角进站;进站角在水平线以下的,称俯角进站。

2.1.16 挠度 sag

在跨距内钢丝绳悬曲线任意一点与弦线之间在垂直方向上的距离,称为钢丝绳在该点的挠度。

2.1.17 传动区段 driving section

由一个独立的驱动装置和拉紧装置或由一个驱动与拉紧联合装置和迂回轮组成的传动系统。

2.1.18 拉紧区段 tension section

在双线循环式货运索道线路中,把承载索分成数段,其中每一段都可称为拉紧区段。相邻拉紧区段之间的站房,称为拉紧区段站。其中,承载索两端拉紧的称为双拉站;两端锚固的称为双锚站;一端拉紧、一端锚固的称为拉锚站。

2.1.19 承载索 carrying rope

承受客车或货车重力而不主动运动的钢丝绳,称为承载索。其中,线路上没有运载工具时的承载索,称为空索;线路上按设计车距布满空运载工具时的承载索,称为空载索;线路上按设计车距布满满载运载工具的承载索,称为重载索。

2.1.20 牵引索 hauling rope

牵引客车或货车在承载索上运行的钢丝绳。

2.1.21 运载索 carrying-hauling rope

在单线索道中,既做承载又做牵引用钢丝绳称为运载索。其中,线路上没有运载工具时的运载索,称为空索;线路上按设计车距布满空运载工具时的运载索,称为空载索;线路上按设计车距布满满载运载工具的运载索,称为重载索。

2.1.22 拉紧索 tension rope

连接拉紧小车与拉紧重锤的钢丝绳。

2.1.23 平衡索 counter rope

在双线往复式客运索道中,绕过拉紧装置,把往复运行的两辆客车连接起来,并起平衡牵引索拉力作用的钢丝绳。

2.1.24 救护索 rescue rope

当索道发生故障时,牵引救援小车将滞留在线路上的乘客运至安全地点的钢丝绳。

2.1.25 钢丝绳的抗拉安全系数 tensile resistance safety factor of steel wire rope

钢丝绳最小破断拉力与最大工作拉力的比值。

2.1.26 编接接头 splice

将牵引索或运载索两端编接在一起的连接段。

2.1.27 套筒 socket

连接钢丝绳的设备,称为套筒。其中,将2根相同规格的承载索连接起来的设备,称为线路套筒;将承载索和拉紧索连接起来的设备,称为过渡套筒;将承载索一端锚固在支座上的设备,称为末端套筒。

2.1.28 鞍座 saddle

在站内或线路支架上支承承载索的设备,称为鞍座。其中,鞍座固定不动的,称为固定鞍座;鞍座在垂直面上可以纵向摇摆一定角度的,称为摇摆鞍座;承载索在鞍座上可在水平和垂直方向弯绕的,称为偏斜鞍座。

2.1.29 托索轮 support roller

在站内或线路支架上承受运载索或牵引索向下作用力的小直径绳轮,称为托索轮。由2个或2个以上托索轮组成的轮组,称为托索轮组。

2.1.30 压索轮 compression roller

在站内或线路支架上承受运载索或牵引索向上作用力的小直

径绳轮,称为压索轮。由2个或2个以上压索轮组成的轮组,称为压索轮组。

2.1.31 托索与压索组合轮组 combined roller battery

由托索轮与压索轮组合而成的轮组。

2.1.32 支索器 suspended haul rope support

对于采用双承载索的双线索道,在大跨距内吊装在双承载索上用于支承牵引索或平衡索的装置。

2.1.33 保护桥 protection bridge

建在被保护对象上方的桥式保护设施。

2.1.34 保护网 protection net

建在被保护对象上方的网式保护设施。

2.1.35 垂直救援 vertical rescue

客运索道发生故障时,利用救护设备把滞留在线路上的乘客垂直降落到地面或其他设施上的救援方式。

2.1.36 水平救援 horizontal rescue

沿线路方向转移至附近支架或站内的救援方式。

2.1.37 救援索道 rescue ropeway

客运索道不能运行时,将线路上滞留的乘客救援到安全地点的备用索道。

2.1.38 站房 station

索道线路的起止端站和分段连接的索道设施站,称为站房。通常情况下,在客运索道中,标高较高的端站,称为上站;标高较低的端站称为下站。在货运索道中,进行装载作业的站房,称为装载站;进行卸载作业的站房,称为卸载站。索道线路改变方向时所设置的站房,称为转角站;采用机械设备自动改变索道线路方向的转角站,称为自动转角站。客车或货车在站内完成作业并返回的站房,称为迂回站;客车或货车在站内自动完成作业并返回的迂回站,称为自动迂回站。设有驱动装置的站房,称为驱动站;设有拉紧装置的站房,称为拉紧站。

2.1.39 驱动装置 driving device

驱动运载索或牵引索的装置。其中,驱动轮水平配置时,称为卧式驱动装置;驱动轮垂直配置时,称为立式驱动装置。

2.1.40 拉紧装置 tension device

用于调节运载索、牵引索或平衡索使其保持设计拉力的装置。

2.1.41 脱开器 grip opening rail

客车或货车进站时能使脱挂式抱索器从钢丝绳上自动脱开的装置。

2.1.42 挂结器 grip closing rail

客车或货车出站时能使脱挂式抱索器自动挂结到钢丝绳上的装置。

2.1.43 滚轮 roller

在双线循环式货运索道中承受牵引索较小压力或防止牵引索颤动的小直径绳轮。其中,按钢丝绳的曲率半径并垂直配置的组合滚轮,称为垂直滚轮组;按钢丝绳的曲率半径并水平配置的组合滚轮,称为水平滚轮组。

2.1.44 驱动轮 driving sheave

驱动装置中驱动钢丝绳的绳轮。

2.1.45 迂回轮 return sheave

当索道一个端站采用可移动的驱动与拉紧联合装置时,另一端站固定安装的绳轮。

2.1.46 导向轮 deflection sheave

引导钢丝绳改变方向的绳轮。

2.1.47 主驱动 main drive

有独立的动力源和传动机构,在各种载荷情况下都能带动索道正常运行的驱动系统。对于双线往复式客运索道,主驱动应具有频繁切换运行方向的性能;对于单线循环式客运索道,主驱动以单向运行为主,必要时应有低速反向运行的性能。

2.1.48 紧急驱动 drive emergency

在索道的外部供电、主电气传动或机械设备局部出现故障时,利用备用动力源带动主驱动系统中的传动机构或部分传动机构,也可以是单独的驱动系统,把滞留在线路上的客车低速运回站内的驱动系统。该系统只能在紧急救援时使用,不能做营业性运行。

2.1.49 救援驱动 rescue drive

与主驱动系统脱离,有独立的动力源和传动机构,当索道发生故障时牵引救援小车将滞留在线路上的乘客转移至附近支架或站内的驱动系统。

2.1.50 安全电路 safety control circuit

在索道线路上和站房内设置的由安全装置组成的保障索道安全运行的连锁电路。

2.2 符 号

2.2.1 基本参数

S ——面积;

H ——高差;

l ——跨距、轴距、长度;

l' ——斜距、弦长;

λ ——车距;

v ——运行速度。

2.2.2 钢丝绳

d ——承载索、牵引索或运载索公称直径;

σ_b ——钢丝绳的公称抗拉强度。

2.2.3 牵引计算与设备选择

Q ——重车重力;

Q_z ——重车侧集中载荷;

q_c ——承载索每米重力;

q_0 ——牵引索或运载索每米重力；
 T_0 ——钢丝绳初拉力；
 T_{\max} ——钢丝绳最大工作拉力；
 T_{\min} ——钢丝绳最小工作拉力；
 T_P ——钢丝绳平均拉力；
 W ——重锤重力；
 t_r ——驱动轮入侧牵引索拉力；
 t_c ——驱动轮出侧牵引索拉力；
 f_0 ——货车或客车的运行用力系数；
 μ ——摩擦系数；
 p ——比压；
 $[p]$ ——允许比压、允许径向载荷；
 D ——绳轮直径；
 R ——曲率半径；
 N ——轮压。

2.2.4 线路设计

f_x ——考察点挠度；
 α ——弦倾角；
 β ——空索倾角；
 θ ——重索倾角；
 δ ——总折角；
 ω ——体型系数；
 ϵ ——钢丝绳承受风力的折减系数；
 k ——承载索摩擦力的折减系数。

3 索道工程设计基本规定

3.1 风雪荷载

3.1.1 基本风压的取值应符合下列规定：

- 1 索道运行时应为 0.25kN/m^2 ，索道停运时应为 1.2kN/m^2 ；
- 2 最大风速大于 44m/s 时，应取当地最大风压值。

3.1.2 体型系数的取值应符合下列规定：

- 1 密封钢丝绳的体型系数宜取 1.2。
- 2 非密封钢丝绳的体型系数宜取 1.3。
- 3 货车的体型系数宜取 1.4。
- 4 客车的体型系数宜取值应符合下列规定：
 - 1) 运行小车和吊架的体型系数宜取 1.6；
 - 2) 矩形截面的车厢的体型系数宜取 1.2；
 - 3) 带圆角的矩形截面车厢的体型系数宜按下式计算：

$$\omega = 1.3 - \frac{2r}{l_1} \quad (3.1.2-1)$$

式中： ω ——体型系数；

r ——圆角半径(mm)；

l_1 ——车厢长度(mm)。

- 5 托、压索轮组的体型系数宜取 1.6。
- 6 无外罩吊椅体型系数的取值应符合下列规定：

1) 对于空吊椅，体型系数宜按下式计算：

$$\omega = (0.2 + 0.1n_1) / S \quad (3.1.2-2)$$

2) 对于满载吊椅，体型系数宜按下式计算：

$$\omega = (0.4 + 0.2n_1) / S \quad (3.1.2-3)$$

式中： ω ——体型系数；

n_1 ——吊椅人数；

S ——迎风面积(m^2)。

3.1.3 钢丝绳承受风力的计算长度应按下式计算：

$$l_j = l' \times \epsilon \quad (3.1.3)$$

式中： l_j ——钢丝绳承受风力的计算长度(m)；

l' ——弦长(m)；

ϵ ——钢丝绳承受风力的折减系数， $l' \leq 200m$ 时， ϵ 应取 1.00； $l' = 900m$ 时， ϵ 应取 0.65； $l' \geq 2000m$ 时， ϵ 应取 0.50； l' 为 200m~900m 或 900m~2000m 时， ϵ 应通过线性插值法确定。

3.1.4 冰雪地区钢丝绳上的冰密度宜取 $600kg/m^3$ ，冰雪荷载应符合下列规定：

1 当钢丝绳的公称直径不大于 10mm 时，冰层厚度取值宜为 20mm，对应的冰雪荷载宜为 11.1N/m；

2 当钢丝绳公称直径不小于 100mm 时，冰层厚度取值宜为 25mm，对应的冰雪荷载宜为 57.8N/m；

3 当钢丝绳公称直径为 10mm~100mm 时，对应的冰雪荷载宜通过线性插值法确定。

3.1.5 当风荷载和冰荷载同时作用时，风荷载和冰荷载取值应符合下列规定：

1 索道运行时，宜按下列组合最不利情况确定：

- 1) 风荷载取计算值，冰荷载按本标准第 3.1.4 条规定的 40% 取值；
- 2) 风荷载取计算值的 80%，冰荷载按本标准第 3.1.4 条规定取值。

2 索道停运时，宜按下列组合最不利情况确定：

- 1) 风荷载取计算值的 65%，冰荷载按本标准第 3.1.4 条规定的 40% 取值；
- 2) 风荷载取计算值的 40%，冰荷载按本标准第 3.1.4 条规

定取值。

3.1.6 支架上的风雪及覆冰荷载应符合本标准第 3.4 节的有关规定。

3.2 线路和站址选择

3.2.1 线路的选择应符合下列规定：

1 索道线路的中心线在水平面上的投影宜为一直线，索距宜保持不变。

2 当线路方向或索距发生改变时，在不计风力和动态影响的情况下，各种载荷情况计算出承载索或运载索在鞍座或托压索轮上的横向水平力不得大于其垂直载荷的 10%。承载索或运载索在该支架上的水平偏角不得大于 0.005rad。

3 当线路方向改变不能满足本条第 2 款的规定时，应设置线路转角站。

4 循环式索道线路，宜选择地形起伏和高差不大的地段；往复式索道线路宜选择凹陷地形。

5 索道线路应避免不良工程地质区域或不良影响区域。当受条件限制不能避开时，站房和支架应采取确保索道安全的工程措施。

6 索道线路不宜跨越工厂区和居民区，也不宜跨越铁路、公路、航道和架空电力线路。当货运索道跨越上述设施时，应设置保护设施。当索道和高压线交叉时，宜从高压线下方通过，并应符合国家现行架空电力线路有关标准的规定。

7 建在风景名胜区的客运索道的线路选择，应符合本标准第 1.0.5 条的规定。

8 索道线路的选择，宜减小索道线路与主导风向的夹角。

9 客运索道线路的选择应便于救援的实施。

3.2.2 站址的选择应符合下列规定：

1 站址地形宜平坦；

2 站址应不占或少占农田；

3 站址应有良好的工程地质条件；

- 4 站址宜设置在有利于供电、供水、交通和施工的位置；
- 5 客运索道的站址应便于客流集散；
- 6 货运索道站址选择应使钢丝绳的进出站角符合站口设计的要求。

3.3 净空尺寸

3.3.1 索道跨越有关设施、区域时，最小垂直净空尺寸应符合表 3.3.1 的规定。

表 3.3.1 最小垂直净空尺寸

跨越类别	跨越说明	净空尺寸(m)
铁路	保护设施底部距轨面	应符合国家现行有关标准的规定
架空电力线路	索道与电力线路交叉时	
公路	索道或保护设施底部距一、二级公路路面	5.0
	索道或保护设施底部距三、四级公路路面	4.5
航道	索道或保护网底部距桅杆顶	1.0
建(构)筑物	索道或保护设施底部距屋顶	2.0
禁伐林木	索道底部距林木最高点	2.0
非机耕地	索道底部距耕地表面	3.0
滑雪道	索道底部距雪道表面	3.5
机耕地	索道底部距耕地表面	4.5
街道、广场	索道或保护设施底部距地面	5.0
人烟稀少区	索道底部距地面或雪面	3.0
无人通行区	索道底部距地面或雪面	2.0

注：1 索道底部是指客、货车或空牵引索在跨间的最低静态位置加上动态附加值即货运索道承载索挠度的 5%或运载索挠度的 25%、客运索道运载索挠度的 10%或牵引索挠度的 15%，以最低位置为准。

2 索道顶部是指线路上没有客车或货车，承载索或运载索最大拉力增大 10%时在跨间的最高静态位置。

3 索道跨越航道时的净空尺寸，应以 50 年一遇的最高洪水位为准。

4 对于单线循环固定抱索器索道，无人通行区的净空尺寸可为 1.0m。

5 高位拖牵式索道的空拖牵座与滑雪道的最小垂直净空尺寸为 2.3m，低位拖牵式索道的空拖牵座不得接触拖牵道。

3.3.2 客货车与内外侧障碍物之间的最小水平净空尺寸应符合表 3.3.2 的规定。

表 3.3.2 最小水平净空尺寸

障碍物名称	客货车或钢丝绳摆动情况	净空尺寸 (m)
无导向装置的支架	双线索道车厢、单线索道吊箱、无乘客的吊篮和吊椅,横向内摆 0.35rad	0
	货车、载有乘客的吊篮和吊椅横向内摆 0.20rad	0.5
有导向装置的支架	无乘务员的车厢、吊箱,速度小于 5.0m/s 时横向内摆 0.20rad; 速度大于 5.0m/s 时横向内摆 0.25rad	0
	配备乘务员,且乘务员能从车内控制停车,速度小于 7.0m/s 时横向内摆 0.12rad,速度大于 7.0m/s 时横向内摆 0.15rad	0
与索道平行的 交通运输道路	承载索、运载索或牵引索最大静挠度的 20% 横向外摆	1.5
与索道平行的 架空电力线路	承载索、运载索或牵引索最大静挠度的 20% 横向外摆	不小于电杆 的高度
建筑物、岩石	双线索道客、货车横向外摆 0.20rad,再加上跨距大于 300m 时的 0.2% 增加值	3.0
	运载索最大静挠度的 10% 横向外摆加上固定式抱索器客、货车横向外摆 0.20rad	1.5
	运载索最大静挠度的 10% 横向外摆加上脱挂式抱索器客、货车横向外摆 0.35rad	1.0
林间通道	双线索道客、货车横向外摆 0.20rad,再加上跨距大于 300m 时的 0.2% 增加值	1.5
	运载索最大静挠度的 10% 横向外摆加上固定式抱索器客、货车横向外摆 0.20rad	1.0
	运载索最大静挠度的 10% 横向外摆加上活动式抱索器客、货车横向外摆 0.35rad	0.5

续表 3.3.2

障碍物名称	客货车或钢丝绳摆动情况	净空尺寸 (m)
客、货车	货运索道在 0.25kN/m^2 风压下、最大跨距的中点位置处,重车侧承载索或运载索和货车向外侧偏斜,空车侧承载索或运载索和货车也向同一方向偏斜	0
	双线往复式客运索道客车交会跨距内,两侧客车均向内侧摆 0.20rad ,再加上跨距大于 300m 时的 0.2% 增加值	1.0
	双线往复式客运索道客车不交会跨距内,一侧客车向内侧摆 0.20rad ,该一侧的客车与另一侧承载索水平投影,再加上跨距大于 300m 时的 0.2% 增加值	2.0
	单线循环式客运索道,一重车侧的运载索保持垂直、另一重车侧的运载索按等速运行时最大挠度的 5% 向内侧偏斜、两侧的客车均向内侧摆动 0.20rad	1.0

注:1 表中“跨距大于 300m 时的 0.2% 增加值”是指当跨距大于 300m 时,跨距每增大 100m ,客货车纵向中心线向外侧移动 0.2m 。

2 对于拖牵式索道,运载索与上行侧支架的最小水平净空尺寸为 0.9m ,运载索与下行侧支架的最小水平净空尺寸为 0.6m 。

3.4 支架设计

3.4.1 支架设计应符合下列规定:

1 支架宜采用钢结构。有抗震设计要求时,尚应符合现行国家标准《构筑物抗震设计规范》GB 50191 的有关规定。

2 气温低于 -20℃ 时,支架承载构件的低温冲击韧性应符合

现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定。

3 立柱式支架横担和立柱管材及桁架式支架型材等主要承载构件的壁厚,不得小于 5.0mm;支架的护栏和爬梯管材和型材等非主要承载构件的壁厚,不得小于 2.5mm。

4 支架导向装置应符合下列规定:

- 1)当客车按本标准表 3.3.2 中摆动情况横向内摆和纵向摆动 0.35rad 或货车横向内摆 0.14rad 和纵向摆动 0.20rad 时,应能无障碍地通过支架导向装置的导向段和工作段;
- 2)双线往复式客运索道支架的导向装置,宜为对称于支架纵向中心线的封闭曲线环。

5 当客车按本标准表 3.3.2 中摆动情况横向内摆和纵向摆动 0.35rad 或货车横向内摆和纵向摆动 0.20rad 时,客、货车应能无障碍地通过无导向装置的支架。

6 支架顶部应设置用于安装和维修的起重架。

7 支架顶部应设置带护栏的操作台。对于需要设计成台阶形的操作台,台阶的倾角应与钢丝绳倾角和客货车纵向摆角之和相适应。

8 支架应设置爬梯,并应采取防止非工作人员攀爬的防护措施;当支架高度大于 10m 时,对于不带防坠绳的支架,爬梯应设置护圈。

9 客运索道钢支架构件的内外表面均应进行防腐处理。

3.4.2 支架计算应符合下列规定:

1 支架计算应包括下列荷载:

- 1)永久荷载,包括支架结构自重、线路设备自重和各种钢丝绳的自重;
- 2)可变荷载,包括各种钢丝绳产生的力、客货车重力、风荷载、雪荷载、覆冰荷载;
- 3)偶然荷载,包括钢丝绳断绳、脱索、撞击、卡车、不同钢丝

绳制动力和按现行国家标准《构筑物抗震设计规范》GB 50191 确定的地震作用。

2 支架的覆冰荷载计算应符合现行国家标准《高耸结构设计标准》GB 50135 的有关规定。

3 支架荷载应分别按索道运行和索道停运工况组合,并按按最不利荷载组合并计入钢丝绳的动力影响进行计算。

4 支架的结构重要性系数应为 1.1。

5 钢支架的主要构件应进行疲劳校核。

3.4.3 支架顶部的允许变形应符合下列规定:

1 索道运行时,托索式支架的横向偏移宜小于高度的 0.002 倍,纵向偏移宜小于高度的 0.003 倍;压索式和托、压式支架的横向偏移宜小于高度的 0.001 倍,纵向偏移宜小于高度的 0.002 倍。

2 索道停运时,支架的横向偏移宜小于高度的 0.005 倍,纵向偏移宜小于高度的 0.01 倍。

3 索道运行时,水平扭转角宜小于 0.003rad。

3.4.4 支架基础应符合下列规定:

1 基础设计应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定;

2 地基基础设计等级应为甲级;

3 基础周围应有防护及排水设施。

3.5 站房设计

3.5.1 索道站房的配置在满足使用功能、保证人员安全的前提下,宜减少建筑面积。

3.5.2 站房高度应根据地形特征、地质条件、配置方式、设备起吊高度等确定。

3.5.3 有行人或车辆通过的单层站房的站口,必须设置防止横穿线路的隔离设施;高架站房的站口,必须设置防止人员或物体坠落的保护设施。

3.5.4 索道站房边缘高差大于 1.0m 的悬空处或陡坡处,应设置防护设施。对于站口的悬空处,距离站房地面不超过 1.0m 的范围内,应设置防护设施。

3.5.5 索道站内应设有检修设备和更换钢丝绳的设施。

3.5.6 客运索道站房应符合下列规定:

1 站房的建筑设计应与当地环境相适应,并与自然景观相协调;

2 客运索道站房的设计必须确保站内的机械设备、电气设备和钢丝绳等不危及乘客和工作人员的人身安全;

3 乘客进出站的通道不得互相干扰;

4 非公共通行的区域应隔离,非工作人员不得入内;

5 在乘客入口处应设有关于乘坐注意事项的告示牌。

3.5 电气设计

3.6.1 索道的供电应符合下列规定:

1 索道宜采用双重电源供电;

2 采用单电源供电的客运索道,应配备能以低速回运全部在线乘客的柴油发电机组或其他形式的内燃机,作为索道的应急电源或驱动源。

3.6.2 索道的电气传动装置应符合下列规定:

1 正常情况下,电气传动装置应能实现索道在各种负载特性下的平稳启动和制动,并能实现索道的反向运行。

2 客运索道主驱动系统的电气传动应采用具有无级调速性能的直流或交流变频的传动方式,传动装置应能实现四象限运行,发电运行时的能量宜能回馈电网。紧急驱动和救援驱动系统的电气传动,宜采用交流或液力传动方式。主驱动系统和紧急驱动系统的电气控制应各自独立。

3 货运索道主传动系统的电气传动,可采用交流或直流传动方式;对于有负力的货运索道,传动装置应能实现四象限运行,发

电运行时的能量宜回馈电网。

4 电气传动装置应保持索道运行速度稳定,正常情况下运行速度的变化范围不得大于额定给定速度的 $\pm 5\%$ 。

5 当工作制动器或安全制动器进行紧急制动时,主机电源应同时自动切断;当进行正常制动时,主机电源可在索道停止运行时切断。

6 索道应有 $0.3\text{m/s}\sim 0.5\text{m/s}$ 的检修速度。

3.6.3 索道的电气控制装置应设置自动和手动两种控制方式,控制方式的切换,应在索道停止运行的状态下进行。

3.6.4 索道必须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必须是闭合回路,并必须通过断开电路的方式实现安全保护。

3.6.5 安全电路的设计除应符合本标准第 3.6.4 条的规定外,尚应符合下列规定:

1 对于线路安全回路的电源和电压,客运索道不应超过交流有效值 25V 或直流 60V ;货运索道不应超过交流有效值 50V 或直流 60V 。

2 延迟触发紧急停车时间不应超过 500ms 。

3 安全功能的屏蔽应通过钥匙开关或类似元件进行,安全功能屏蔽指示应醒目,并应在结束屏蔽时易于识别。

3.6.6 当索道出现下列情况时,安全电路应使索道自动停止运行,并显示故障位置。索道应在排除故障且安全装置经人工复位后,方能重新启动。

1 电气保护动作;

2 站内和线路安全监控装置动作;

3 对于多段驱动的货运索道,当某一段发生故障时,其他区段的索道同时停车。

3.6.7 准备就绪信号应在所需的全部条件具备后才能传递,保证安全的条件没有具备,均不应传递准备就绪信号;索道启动完毕

后,准备就绪信号应自动撤销。

3.6.8 运行指令必须在所有涉及安全启动的条件均具备时才能生效。故障停车指令必须优先于其他控制指令。

3.6.9 索道应在下列位置设置独立于可编程控制器 PLC 的紧急停车按钮:

- 1 控制台;
- 2 运载工具控制点;
- 3 各中间停车点;
- 4 各站房;
- 5 各工作平台。

3.6.10 往复式客运索道的客车内宜设置独立于可编程控制器 PLC 的紧急停车按钮。

3.6.11 索道应在机房、站房、机械设备维修区域等位置设置维修开关。

3.6.12 索道的通信设施应符合下列规定:

1 各站房及控制室之间,应设有内部专用直通电话,并应设有备用通信系统;

2 当索道建在通信信号不能完全覆盖的区域时,至少在一个站房内应装设当地公用外线电话;

3 索道应配备无线对讲设备;

4 当安全功能部分或全部被屏蔽时,工作电话系统应始终保持畅通;

5 对于客车定员在 16 人及以上的索道,客车与驱动站之间应能直接通话联系;

6 当客车与驱动站之间不能直接通话联系时,应设置广播系统等其他通信方式将信息通知乘客;

7 在停电情况下,客运索道广播系统应保持有效。

3.6.13 在索道沿线主要风口处应设置电传风向风速仪,数据宜在控制台上显示;当风速达到报警值时,应发出报警信号,并自动

减速运行；当风速达到 20m/s 时，索道应自动停止运行。

3.6.14 索道的照明应符合下列规定：

1 各索道站房应设置照明装置，照度标准值宜符合表 3.6.14 的规定；

表 3.6.14 索道站房照度标准值

场 所	照度标准值(lx)
货运索道站台、驱动机房、变压器室、储油间	100
客运索道站台、配电室、柴油发电机房	200
控制室、值班室、办公室	300

2 客运索道的控制室、驱动机室、配电室、柴油发电机房应设置应急照明，照度应符合表 3.6.13 的规定；

3 夜间运行的客运索道，站房内应设置疏散照明，客车内应设置照明装置，线路支架上宜设置照明装置；

4 夜间运行的货运索道，站口应设置投光灯。

3.6.15 索道的防雷与接地应符合下列规定：

1 索道站房应设置防雷接地设施。防雷接地的冲击接地电阻不得大于 5Ω。防雷接地应与站内所有金属构件、电气设备等接地共用同一接地装置，并应采取等电位连接措施。

2 建在雷电频繁地区的索道，宜在承载索或运载索上方设置接闪线，接闪线终端不宜与站房防雷装置连接。

3 线路支架应接地，接地电阻不得大于 30Ω。

4 站房应采取防止雷电波形成的高电压从电源入户侧侵入的技术措施。

5 在电源引入的总配电箱处，宜设置过电压保护器。

6 承载索或运载索应与站房防雷接地装置联接，联接点不应少于 2 个。

7 客车的金属部件与运载索之间，不应实施电气绝缘。

8 安装在站房外部的监控摄像、广播、景观照明等外露电器

设备和信号线路,均应安装在接闪器的保护范围内,户外线路应采取屏蔽、等电位连接等措施。

3.7 救援设计

3.7.1 客运索道必须进行应急运行设计和救援设计。

3.7.2 符合下列条件的索道或线路区段,宜采用垂直救援方式:

- 1 客车离地高度不超过 100m 时;
- 2 索道线路地形条件适合乘客疏散时;
- 3 索道线路气象条件允许时;
- 4 救援人员能从线路支架进入客车时。

3.7.3 垂直救援设备应符合下列规定:

1 救援设备材料应具有耐磨、抗腐蚀、抗老化及不易摩擦发热的性能。

2 救援设备的设计应符合人体工程学,不应对被救援人员造成伤害,并应符合操作人员的体力限度。

3 救援设备应便于安装和拆卸,并应设置防止意外开启的装置。

4 索道救援设备应进行现场适用性检验,并应验证更换设备或备件的兼容性;设备的使用、存储、维护、检查、测试及报废,应符合应急救援设备的有关标准规定和救援预案的要求。

5 救援设备应设有标识,并应保留完整清晰的使用说明。

3.7.4 符合下列条件的索道或线路区段,宜采用水平救援方式:

- 1 客车离地高度超过 100m 时;
- 2 索道线路地形条件不适合乘客疏散时;
- 3 索道线路气象条件不允许时;
- 4 索道线路中有难以进行垂直救援作业的障碍物时。

3.7.5 水平救援设备应符合下列规定:

1 采用水平救援方式的索道或线路区段,宜设置救援索道,救援索道应配置具有独立动力的驱动系统;

2 救援设备的尺寸应能确保救援作业的实施,容量宜按在救援计划规定时间内完成救援作业确定;

3 救援客车与线路客车的连接应方便、安全,并应便于乘客换乘;

4 救援客车应运行平稳;

5 水平救援设备宜安放在待救援位置上,但便于移动需要保管的设备,可放置在室内;

6 在救援客车及救护驱动系统之间应建立无线电直接联络系统;

7 救援设计宜配置夜间救援的照明装置。

3.7.6 对于条件特殊的索道,宜采用水平救援与垂直救援以及其他救援的联合救援方式。

3.7.7 在救援设计时,不应把乘客协助因素计入在内。

3.7.8 在救援设计时,应将救援作业的时间控制在 3.5h 内。

4 双线循环式货运索道工程设计

4.1 货 车

4.1.1 货车的选择应符合下列规定：

1 宜选用下部牵引式货车,但对于凸起地形,线路长度不超过 2km 且不需要转角的,可选用水平牵引式货车;

2 应选用重力式抱索器,但当有效载荷大于 32kN 或运行速度大于 3.6m/s 时,应选用弹簧式抱索器;

3 应根据物料特性选用翻转式货车或底卸式货车;当运输黏结性物料时宜选用底卸式货车;

4 货车容积的利用系数,在运输松散物料时宜采用 0.9~1.0;当运输黏结性物料时宜采用 0.8~0.9;

5 货箱装料宽度与运输物料最大块度之比,当采用回转式装载设备时,不应小于 8;当采用重力装载闸门和其他非振动装载设备时,不应小于 4;当采用振动式装载设备时,可小于 4。

4.1.2 货车的设计应符合下列规定：

1 货车有效载荷系列宜为 10kN、20kN 和 32kN。

2 货车容积系列宜为 0.5m³、0.63m³、0.8m³、1.0m³、1.25m³、1.6m³、2.0m³和 2.5m³。

3 运行小车应符合下列规定：

1)有效载荷为 10kN 时,宜采用 2 轮式;有效载荷为 20kN 时,宜采用 4 轮式;

2)车轮轮缘断面形状应与线路套筒相适应,车轮直径不宜超过 280mm;

3)车轮宜设置对承载索有保护作用的耐磨轮衬;

4)各车轮之间应设置载荷平衡装置。

4 货车吊架长度应按货车在承载索倾角最大的支架上纵、横向摆动 0.20rad 时货车不得接触该支架任何部位的条件确定。

5 货车应设置启闭灵活、锁定可靠、便于货箱自动复位的锁定装置。

6 重力式抱索器的设计应符合下列规定：

- 1) 抱索器的抗滑安全系数不得小于 1.3, 并应分别校验空车和重车的抗滑力；
- 2) 当牵引索直径变化在 ±10% 范围内, 抱索器的夹紧力应满足抗滑要求；
- 3) 计算抱索器抗滑能力时, 抱索器钳口与钢丝绳的摩擦系数宜取 0.13。

4.1.3 货车的运行速度宜为 1.6m/s、2.0m/s、2.5m/s、2.8m/s、3.15m/s、3.6m/s、4.0m/s、4.5m/s 和 5.0m/s。设置自动转角站或自动迂回站的索道, 货车最高运行速度应符合表 4.1.3 的规定。检修速度宜为 0.30m/s~0.50m/s。

表 4.1.3 设置自动转角站或自动迂回站时货车最高运行速度

水平滚轮组曲率半径(m)	—	40	50	60	70
迂回轮直径(m)	5	6	—	—	—
最高运行速度(m/s)	1.6	2.0	2.5	2.8	3.15

4.1.4 货车发车间隔时间应根据索道运量、货车容积、物料性质和装载设备性能确定, 宜取 12s~40s。

4.2 承载索与有关设备

4.2.1 承载索选择应符合下列规定：

- 1 承载索应选用密封钢丝绳, 公称抗拉强度不宜小于 1370MPa。
- 2 承载索的最小拉力, 应符合下列公式的规定：

$$\frac{T_0}{N} \geq 60 \quad (4.2.1-1)$$

$$\frac{T_0}{N} \geq 0.045 \sqrt{n_2} \quad (4.2.1-2)$$

式中： T_0 ——承载索的最小拉力(N)；

N ——每个车轮作用在承载索上的压力(N)；

n_2 ——每年通过承载索的车轮次数。

3 承载索的抗拉安全系数必须大于或等于 3.0。

4.2.2 承载索计算应符合下列规定：

1 每个车轮作用在承载索上的压力，应符合下列规定：

1) 对于下部牵引式货车，应按下式计算：

$$N = \frac{Q + q_0 \lambda + t_{\phi}}{i} \quad (4.2.2-1)$$

式中： N ——每个车轮作用在承载索上的压力(N)；

Q ——货车重力(N)；

q_0 ——牵引索每米重力(N/m)；

λ ——车距(m)；

t_{ϕ} ——牵引索作用在支架上的附加压力(N)；侧形平坦时， $t_{\phi} = (0.2 \sim 0.25)Q$ ；侧形复杂时， $t_{\phi} = (0.3 \sim 0.35)Q$ ；

i ——每辆货车的车轮数。

2) 对于水平牵引式货车，应按下式计算：

$$N = \frac{Q}{i} \quad (4.2.2-2)$$

2 承载索的最大与最小工作拉力，应按下列公式计算：

$$T_{\max} = W \pm q_c h + k \sum \Delta T \quad (4.2.2-3)$$

$$T_{\min} = W \pm q_c h - k \sum \Delta T \quad (4.2.2-4)$$

式中： T_{\max} ——承载索的最大工作拉力(N)；

T_{\min} ——承载索的最小工作拉力(N)；

W ——承载索拉紧重锤重力(N)；

q_c ——承载索每米重力(N/m)；

h ——承载索与计算点之间的高差(m)；

k ——计算区段内承载索摩擦力折减系数；

$\Sigma\Delta T$ ——计算区段内承载索摩擦力的总和(N)。

3 承载索摩擦力的折减系数宜按表 4.2.2-1 选取：

表 4.2.2-1 承载索摩擦力的折减系数 k

侧形	划分拉紧区段时	计算任意支架时
凸起	0.5	0.5~1.0
平坦或坡度均匀	0.6	0.6~1.0
凹陷	0.7	0.7~1.0

4 承载索与鞍座之间的摩擦系数宜按表 4.2.2-2 选取：

表 4.2.2-2 承载索与鞍座之间的摩擦系数 μ

鞍座结构形式	摩擦系数
无衬铸钢鞍座	0.15
尼龙或青铜衬鞍座	0.10

4.2.3 拉紧区段划分应符合下列规定：

1 拉紧区段总长内承载索摩擦阻力总和不宜大于承载索拉紧重锤重力的 25%。

2 具有多个拉紧区段时，拉紧区段划分应经多方案比较确定；承载索锚固站宜设置在高端，拉紧站宜设置在低端。

4.2.4 承载索拉紧与锚固应符合下列规定：

1 在一个拉紧区段内，承载索宜采用一端重锤拉紧另一端锚固的方式，在拉紧力可测可调的条件下也可采用两端锚固的方式。

2 拉紧重锤宜采用重锤箱。重锤架或重锤井应便于检查和维护，重锤箱应设置刚性导轨；重锤井应设置排水设施。

3 承载索宜采用夹块、夹楔或圆筒锚固方式。

4 采用夹块锚固方式时，应符合本标准第 6.2.4 条的规定。

5 采用圆筒锚固方式时，承载索在圆筒上的缠绕圈数应以 1.5 倍最大拉力和 0.2 的摩擦系数计算确定，但不应少于 3 圈。圆筒直径不得小于承载索直径的 60 倍。

4.2.5 拉紧索及其导向轮应符合下列规定：

- 1 承载索的拉紧索宜选用挠性好和耐挤压的股捻钢丝绳；
- 2 拉紧索的抗拉安全系数不得小于 5.0；
- 3 拉紧索导向轮直径不得小于拉紧索直径的 25 倍。

4.2.6 拉紧重锤的行程应计入线路载荷变化引起的重锤位移，以及承载索弹性、温差和结构性伸长所需的调节距离，还应计入 0.5m~1.0m 的余量。

4.2.7 承载索连接应符合下列规定：

- 1 在一个拉紧区段内宜采用整根密封钢丝绳，需要连接时应采用楔接线路套筒连接，拉紧索端宜采用巴氏合金浇注连接；

- 2 承载索与拉紧索的连接应采用过渡套筒，过渡套筒的承载索端应采用加楔连接。

4.2.8 鞍座应符合下列规定：

- 1 承载索鞍座应采用铸钢或焊接结构，绳槽宜设有带润滑装置的尼龙或青铜衬垫。

- 2 承载索在鞍座上的比压应满足下式要求：

$$\frac{1.5T}{dR} \leq [p] \quad (4.2.8-1)$$

式中： T ——作用在鞍座绳槽上承载索的拉力(N)；

d ——承载索直径(mm)；

R ——鞍座绳槽的曲率半径(mm)；

$[p]$ ——衬垫材料允许比压(MPa)。

- 3 承载索在支架上的最大折角不大于 16° 时，应选用摇摆鞍座；大于 16° 时，可选用固定鞍座。

- 4 无衬或青铜衬鞍座绳槽曲率半径不应小于承载索直径的 100 倍，尼龙衬鞍座绳槽曲率半径不应小于承载索直径的 150 倍，并应同时满足下式要求：

$$R \geq 0.5v^2 \quad (4.2.8-2)$$

式中： R ——鞍座绳槽曲率半径(m)；

v ——货车的运行速度(m/s)。

4.3 牵引索与有关设备

4.3.1 牵引索应选用线接触或压实股同向捻股捻钢丝绳,公称抗拉强度不宜小于 1670MPa。牵引索宜采用出厂前经过预拉伸的钢丝绳。

4.3.2 牵引索的抗拉安全系数不得小于 4.5。

4.3.3 传动区段划分应符合下列规定:

1 传动区段划分应根据索道长度、高差、地形等因素确定,宜采用一段传动。

2 对于不能采用一段传动的索道,应划分成多传动区段。对于设有转角站和采用多传动区段的索道,宜将转角站和传动区段的中间站合并设置。

3 在采用多传动区段的索道中,各传动区段牵引索的规格应一致,各驱动装置型式宜相同。

4.3.4 牵引索导向轮和拉紧轮直径与牵引索直径的比值,不得小于表 4.3.4 中规定的比值。

表 4.3.4 导向轮和拉紧轮直径 D 与牵引索直径 d 的比值

包角 α	$4^\circ < \alpha \leq 20^\circ$	$20^\circ < \alpha \leq 90^\circ$	$> 90^\circ$
D/d	40	60	80

4.3.5 拉紧装置应符合下列规定:

1 牵引索宜采用重锤拉紧方式。重锤箱应设置刚性导轨。

2 重锤架和拉紧索导绕系统应根据站房高度和地形确定。

3 重锤位置应能调节,并应设置防止重锤移动过快的阻尼装置。

4 当计算拉紧小车的行程时,应计入牵引索截去一次接头所需补偿的长度。

4.3.6 牵引索拉紧轮直径与索距宜相等,并应符合本标准第 4.3.4 条的规定,拉紧轮应设置软质耐磨衬垫。

4.3.7 拉紧索及其导向轮选择应符合下列规定:

- 1 牵引索的拉紧索,宜选用挠性好和耐挤压的股捻钢丝绳,公称抗拉强度不宜低于 1670MPa;
- 2 拉紧索的抗拉安全系数不得小于 5.0;
- 3 拉紧索导向轮直径不得小于拉紧索直径的 40 倍;
- 4 导向轮应衬软质耐磨衬垫。

4.4 牵引计算与驱动装置选择

4.4.1 牵引计算应符合下列规定:

- 1 特征点牵引索拉力应采用从拉紧轮两侧分别向驱动轮方向进行计算。
- 2 牵引计算应按下列载荷情况分别进行:
 - 1)线路上按设计车距布满重车和空车的正常运行情况;
 - 2)线路上按下坡区段缺重车或空车所产生的最不利动力运行载荷情况;
 - 3)线路上按上坡区段缺重车或空车所产生的最不利制动运行载荷情况。
- 3 缺车区段的长度应按连续不发 5 辆货车计算。
- 4 牵引索通过各种导向轮的阻力,应计入牵引索的刚性阻力和导向轮轴承的阻力。
- 5 计算惯性力时应计入下列质量:
 - 1)牵引索质量;
 - 2)牵引索闭合环内的货车质量总和;
 - 3)货车的装载质量总和;
 - 4)导向轮、滚轮组和驱动装置旋转部分的变位质量。

4.4.2 货车在承载索上的运行阻力系数,对于采用铸钢车轮的货车,制动运行时宜为 0.0045,动力运行时宜为 0.0065;对于采用铸型尼龙轮衬的货车,制动运行时宜为 0.0055,动力运行时宜为 0.0075。

4.4.3 牵引索最小拉力的选择应符合下列规定:

1 应保证牵引索在驱动轮上不打滑,并应在垂直或水平滚轮组上稳定靠贴。

2 牵引索的最小拉力应按下式计算:

$$t_{\min} \geq C_2 q_0 \quad (4.4.3)$$

式中: t_{\min} ——牵引索的最小拉力(N);

C_2 ——牵引索最小拉力与牵引索每米重力的比值;

q_0 ——牵引索每米重力(N/m)。

3 牵引索最小拉力与牵引索每米重力的比值应符合下列规定:

1) 采用下部牵引式货车的索道,应使货车在线路上具有较稳定的运行速度。 C_2 宜为车距的10倍,但不宜小于600或大于1200。

2) 采用水平牵引式货车的索道,牵引索和承载索在跨距内的挠度应接近。

4.4.4 驱动装置的选择应符合下列规定:

1 高架式站房宜采用立式驱动装置;单层站房宜采用卧式驱动装置。

2 应选用摩擦式驱动装置,不宜采用夹钳式驱动装置。

3 摩擦式驱动装置的抗滑安全系数,正常运行时不得小于1.5;在最不利载荷情况下启动或制动时不得小于1.25,并应按下式校核。

$$\frac{t_{\min}(e^{\mu} - 1)}{t_{\max} - t_{\min}} \geq 1.25 \quad (4.4.4-1)$$

式中: t_{\min} ——最不利载荷情况下,启动、制动时驱动轮出绳侧或入绳侧牵引索的最小拉力(N);

t_{\max} ——最不利载荷情况下,启动、制动时驱动轮入绳侧或出绳侧牵引索的最大拉力(N);

e ——自然对数的底数;

μ ——牵引索与驱动轮衬垫之间的摩擦系数。采用中等硬度聚氯乙烯或高硬度丁腈橡胶衬垫时,宜取0.20;采

用其他衬垫时应以厂家提供的数值为准；

α ——牵引索在驱动轮上的包角(rad)。

4 驱动轮衬垫的工作比压,应按下式校核:

$$\frac{1.5(t_r + t_c)}{\pi d} \leq [p] \quad (4.4.4-2)$$

式中: t_r ——驱动轮轮槽入绳端的牵引索拉力(N);

t_c ——驱动轮轮槽出绳端的牵引索拉力(N);

D ——驱动轮直径(mm);

d ——牵引索直径(mm);

$[p]$ ——驱动轮衬垫的允许比压(MPa)。

4.4.5 驱动装置电动机的选择应符合下列规定:

1 宜选用交流变频或直流电动机;

2 电动机功率按正常载荷情况计算时应计入功率备用系数,动力型索道应取 1.15,制动型索道应取 1.30,并按最不利载荷情况下的启动或制动功率与电动机额定功率的比值不大于电动机过载系数的 0.9 倍校验。

4.4.6 驱动装置制动器应符合下列规定:

1 制动器应具有逐级加载和平稳停车的制动性能。

2 对于制动型索道和停车后会倒转的动力型索道,应设置工作制动器和安全制动器。对于断电后能自然停车并且停车后不会倒转的索道,可仅设置工作制动器。

3 当运行速度超过额定值的 15%时,工作制动器和安全制动器应自动相继投入工作,并使减速度控制在 $0.5\text{m/s}^2 \sim 1.0\text{m/s}^2$ 的范围内。

4.4.7 对于启动时会自然反转的索道,驱动装置宜设置防止反转的装置。

4.5 线路设计

4.5.1 线路配置应符合下列规定:

1 索道侧形宜平滑。

2 在凸起侧形地段内,承载索在每个支架上的弦折角,对于采用下部牵引式货车的索道宜为 $0.03\text{rad}\sim 0.04\text{rad}$;对于采用水平牵引式货车的索道宜为 $0.05\text{rad}\sim 0.06\text{rad}$ 。

3 承载索在每个支架上的最大折角宜为 $0.10\text{rad}\sim 0.15\text{rad}$,最大不宜超过 0.30rad 。

4 凸起地段支架的高度不得小于 5m ,跨距不宜小于 20m 。在总折角较大并受到地形限制时,可采用带有大曲率半径垂直滚轮组的连环架代替支架群。

5 凹陷地段支架高度应满足在相邻两跨没有货车、承载索拉力增大 30% 时,承载索不脱离鞍座。

6 跨距与车距水平投影值之比应避免整数,宜取 $0.3\sim 0.4, 0.85, 1.15\sim 1.3, 1.75, 2.3\sim 2.6, 3.45$ 数值。

7 站前第一跨的支架配置应符合下列规定:

1) 站前第一跨的跨距宜小于车距,并宜小于 60m ;

2) 承载索仰角进站时,空索倾角应大于站口轨道倾角,空索倾角与站口轨道倾角之差不宜大于 0.05rad ;

3) 承载索俯角进站时,空索倾角应小于轨道倾角,轨道倾角与空索倾角之差不宜大于 0.05rad ;

4) 承载索满载时,承载索倾角不得大于 0.15rad 。

4.5.2 弦倾角及承载索空索倾角计算应符合下列规定:

1 弦倾角应按下列公式计算:

$$\alpha_z = \arctan \frac{h_z}{l_z} \quad (4.5.2-1)$$

$$\alpha_y = \arctan \frac{h_y}{l_y} \quad (4.5.2-2)$$

式中: α_z ——计算支架左侧的弦倾角($^\circ$);

α_y ——计算支架右侧的弦倾角($^\circ$);

h_z ——左跨支架的承载索的索顶标高之差(m),计算支架高

于左侧支架时为正,反之则为负;

h_y ——右跨支架的承载索的索顶标高之差(m),计算支架高于右侧支架时为正,反之则为负;

l_z ——左跨的跨距(m);

l_y ——右跨的跨距(m)。

2 承载索的空索倾角应按下列公式计算:

$$\beta_z = \varepsilon \operatorname{rcsin} \frac{q_c l_z}{2T} + \alpha_z \quad (4.5.2-3)$$

$$\beta_y = \varepsilon \operatorname{rcsin} \frac{q_c l_y}{2T} + \alpha_y \quad (4.5.2-4)$$

式中: β_z ——计算支架左侧的空索倾角($^\circ$);

β_y ——计算支架右侧的空索倾角($^\circ$);

q_c ——承载索每米重力(N/m);

T ——承载索在计算支架上的拉力,检查钢索在支架上的靠贴情况时取最大拉力(N)。

4.5.3 承载索的重索倾角,应按线路上均匀布满货车、其中一辆货车紧靠计算支架左侧或右侧和承载索出现最小拉力的条件确定。

1 承载索的重索倾角应符合下列规定:

1)当一辆货车紧靠计算支架左侧时,应按下列公式计算:

$$\theta_z = \operatorname{arcsin} \frac{(1 + \tau_z) Q_z \cos \alpha_z + 0.5 q_c l_z}{T_{\min}} + \alpha_z \quad (4.5.3-1)$$

$$\theta_y = \operatorname{arcsin} \frac{\tau_y Q_z \cos \alpha_y + 0.5 q_c l_y}{T_{\min}} + \alpha_y \quad (4.5.3-2)$$

式中: θ_z 、 θ_y ——一辆货车紧靠计算支架左侧时,该支架左侧或右侧的重索倾角($^\circ$);

τ_z ——左跨载荷分配系数;

τ_y ——右跨载荷分配系数;

Q_z ——包括牵引索重力在内的货车集中载荷(N);

2)当一辆货车紧靠计算支架右侧时,应按下列公式计算:

$$\theta'_z = \arcsin \frac{\tau_z Q_z \cos \alpha_z + 0.5 q_c l_z}{T_{\min}} + \alpha_z \quad (4.5.3-3)$$

$$\theta'_y = \arcsin \frac{(1 + \tau_y) Q_z \cos \alpha_y + 0.5 q_c l_y}{T_{\min}} + \alpha_y \quad (4.5.3-4)$$

$$Q_z = Q + q_0 \lambda \quad (4.5.3-5)$$

式中： θ'_z 、 θ'_y ——一辆货车紧靠计算支架右侧时，该支架左侧或右侧的重索倾角(°)；

Q ——货车重力(N)；

q_c ——牵引索每米重力(N)；

λ ——车距(m)。

2 载荷分配系数应按下列公式计算：

$$\tau = (n_3 - 1) \left(1 - \frac{n_3 \lambda \cos \alpha}{2l} \right) \quad (4.5.3-6)$$

$$n_3 = 1 + \frac{l}{\lambda \cos \alpha} \quad (4.5.3-7)$$

式中： τ ——载荷分配系数；

n_3 ——支架间距内货车数目，按公式(4.5.3-7)计算，仅取整数部分；

α ——弦倾角(°)；

l ——跨距(m)。

4.5.4 考察点的挠度，应按承载索出现最小拉力、线路上均匀布满货车且其中一辆货车正在考察点上方的条件确定。

1 考察点的挠度应按下式计算：

$$f_x = \frac{x(l-x)}{T'_{\min} \cos \alpha} \left(\frac{q_c}{2 \cos \alpha} + \frac{\tau' Q_z}{l} \right) \quad (4.5.4-1)$$

式中： f_x ——考察点的挠度(m)；

x ——考察点至左侧支架的水平距离(m)；

T'_{\min} ——相邻支架上承载索最小拉力的平均值(N)；

τ' ——载荷影响系数。

2 载荷影响系数应按下式计算：

$$\tau' = 1 + m \left(1 - \frac{1 + m}{2x} \lambda \cos \alpha \right) + n_4 \left(1 - \frac{1 + n_4}{2(l - x)} \lambda \cos \alpha \right) \quad (4.5.4-2)$$

式中： m ——考察点左侧货车个数， $x \leq \lambda \cos \alpha$ 时， $m = 0$ ； $x > \lambda \cos \alpha$

时， $m = \frac{x}{\lambda \cos \alpha}$ （仅取整数部分）；

n_4 ——考察点右侧货车个数， $(l - x) \leq \lambda \cos \alpha$ 时， $n_4 = 0$ ； $(l - x) > \lambda \cos \alpha$ 时， $n_4 = \frac{l - x}{\lambda \cos \alpha}$ （仅取整数部分）。

4.6 站房设计

4.6.1 站房配置应符合下列规定：

1 站房形式应根据用途、地形、地质和相关车间或运输设备的衔接关系等条件确定。

2 站房配置应简化牵引索的导绕系统。

3 站内离地高度小于 2.5m 的牵引索和设备运动部件应设置防护设施，货车在站内的净空尺寸应符合本标准第 4.6.2 条的规定。

4 机械设备与墙壁之间的距离不得小于 0.5m，人行通道宽度不得小于 1m。站口滚轮组和安装高度超过 2m 的站内辅助设备，应设置带栏杆的操作平台或检修栈道。

5 对于立式驱动装置宜设置单独驱动机房，机房的平面和空间布置应满足驱动机的起吊和维护要求；驱动机的控制室应设置在操作人员便于观察货车装卸载和进出站的位置。

6 装卸点应采取除尘措施。

4.6.2 货车在站内的最小净空尺寸应符合下列规定：

1 货车在未设置双导向板的轨道段的横向摆动值，在避风站内的直线轨道上宜为 0.08rad，在曲线段轨道上宜为 0.16rad；在非避风站内均宜为 0.16rad。

2 货车的纵向摆动值不得大于 0.14rad。

3 在计入货车的纵横向摆动后,货箱在翻转或打开时的最小净空应符合下列规定:

- 1)离站房地坪不得小于0.2m;离卸载口格筛不得小于物料最大块度加上0.05m;
- 2)有人通行时距墙不得小于0.8m,无行人通行时距墙不得小于0.6m;距突出物不得小于0.3m。

4.6.3 装载站和卸载站料仓的有效容积应根据索道长度、运输能力、工作制度、检修和处理故障的时间以及相关车间或运输方式的要求确定。

4.6.4 货车装载应符合下列规定:

- 1 装载设备应根据物料性质和索道运输能力选择;
- 2 货车装载宜采用内侧装载方式;
- 3 在装载位置应设置防止货箱摆动的导向板或稳车器;
- 4 装载口附近应设置待用货车的轨道区段。

4.6.5 货车的卸载与复位应符合下列规定:

1 在料仓顶部宜设有格筛。当卸载区段很长并采用机械推车时,可不设置格筛,但在料仓两侧或中间应设置带栏杆的操作通道。

2 运输松散物料的翻转式货车在运动中卸载时,卸载口长度宜按下式计算:

$$L \geq 3v + l \quad (4.6.5)$$

式中: L ——卸载口长度(m);

v ——货车在卸载口的运行速度(m/s);

l ——货箱长度(m)。

3 在卸载站内应设置货车复位装置。

4.6.6 站口设计应符合下列规定:

1 采用下部牵引式货车索道的站口设计应符合下列规定:

- 1)当承载索的俯角为 $0.05\text{rad} \sim 0.10\text{rad}$ 时,可采用无垂直滚轮组的站口设计。当采用无垂直滚轮组的站口设计

时,应设置站口托索轮。当货车挂结或脱开时,牵引索应靠贴在站口托索轮上。

2)当承载索为仰角或俯角小于 0.05rad 时,应设置凹形垂直滚轮组。滚轮组曲率半径应按货车通过时牵引索不脱出钳口和不抬起空车的条件校验。

3)当承载索的俯角大于 0.10rad 时,应设置凸形垂直滚轮组。滚轮组曲率半径应使牵引索作用在抱索器上的附加压力小于允许值,并应设置防止货车滑向线路的抱索状态监控装置。

2 采用水平牵引式货车索道的站口设计,应符合下列规定:

1)承载索俯角出站时,站口可不设置垂直滚轮组,但应设置托索轮;

2)承载索仰角出站时,凹形滚轮组参数应根据牵引索向上的合力确定。

4.6.7 挂结器与脱开器的设计应符合下列规定:

1 应保证挂结器和脱开器两端的牵引索稳定运行。牵引索在挂结器和脱开器内托索轮上的折角宜为 $0.01\text{rad}\sim 0.02\text{rad}$ 。

2 挂结器前和脱开器后牵引索导向轮的安装高度应可调。

3 抱索器与牵引索挂结时,货车的速度应与牵引索的速度一致。

4 挂结器前的轨道加速段和脱开器后轨道减速段的坡度不宜大于 10% 。

4.6.8 货车的轨道应符合下列规定:

1 轨道宜采用轧制的双头钢轨。

2 轨道及其吊挂系统的计算载荷,在货车不脱开牵引索的轨道段,应按设计车距计算并应乘以动力系数 1.1 。在货车脱开牵引索的轨道段,应按货车紧密排列计算,可不计动力系数。

3 吊架或吊钩的间距应满足刚度要求,重车侧直线段宜为 2m ,空车侧直线段宜为 $2.5\text{m}\sim 3.0\text{m}$,曲线段吊架或吊钩的间距

宜根据不同的曲率半径相应减小。每根轨道的吊挂点不得少于 2 个,且吊挂点离开轨道接头处的距离不得小于 0.5m。吊架和吊钩结构应便于调整轨道坡度。

4 凡设有主轨的中间站应设有停放数辆货车的副轨。索道两个端站和中间站的主轨和副轨的总长,应能停放本条索道的全部货车。

5 轨道在平面和立面上的弯曲次数应减少。主轨的最小平面曲率半径应符合表 4.6.8 的规定。副轨的最小平面曲率半径可采用 2m。主轨和副轨的立面曲率半径均不得小于 5m。

表 4.6.8 主轨的最小平面曲率半径

货车运行速度(m/s)	0.5	1.2	1.6	2.0	2.5	3.0	3.6	4.0	4.5
最小平面曲率半径(m)	2.5	4	7	10	12	15	18	20	25

6 与挂结器或脱开器衔接的轨道,保持 2m 内不得有平面上的弯曲。

7 轨道的反向弧之间应设置长度不小于 1.5m 的直线段。

4.6.9 货车的自溜速度应符合下列规定:

1 在等速段不宜大于 2.0m/s。

2 在直线段上不宜小于 0.8m/s;在曲线段上不宜小于 1.0m/s。

3 货车自溜至挂结点的速度应与牵引索的速度一致。

4 货车进入推车机时的自溜速度宜比推车机运行速度大 30%~40%。

4.6.10 货车在站内的运行阻力应符合下列规定:

1 货车在直线段轨道上的运行阻力系数,当货车重力不大于 7.5kN 时,宜为 0.0065;当货车重力大于 7.5kN 时,宜为 0.0055。

2 货车在曲线段轨道上的附加运行阻力系数,可按下式计算:

$$f'_0 = 0.1 \frac{l}{R} \quad (4.6.10)$$

式中: f'_0 ——货车在曲线段轨道上的附加运行阻力系数;

l ——二轮式货车的轴距或四轮式货车平面转向轴的轴距(m);

R ——曲线段轨道的平面曲率半径(m)。

3 货车通过站内有关设施的附加阻力换算为高差时,道岔宜为0.07m;卸载挡杆宜为0.01m;螺旋复位器宜为0.1m;单导向板每米宜为0.005m;双导向板每米宜为0.008m。

4.6.11 自动转角站的水平滚轮组应符合下列规定:

1 滚轮的直径不宜小于0.6m,宽度不宜小于0.14m。

2 牵引索在每个滚轮上的折角不宜大于 3° 或按每个滚轮径向载荷不大于6kN的条件确定。

3 货车通过水平滚轮组时,牵引索作用在抱索器钳口上的水平力不得大于10kN。

4.6.12 自动转角站与自动迂回站应符合下列规定:

1 在距离水平滚轮组或迂回轮进出点的5m处,应各设置一个宽边垂直托辊,宽边托辊上方所对应的轨道应设置凸起过渡段,凸起过渡段两端的轨道宜用半径不小于5m的反向弧连接,反向弧之间宜插入不小于1.5m的直线段。

2 轨道立面过渡曲线应符合本标准第4.6.8条第5款、第7款的规定。

3 货车进出水平滚轮组或迂回轮,应设置轨道曲线过渡段,过渡段反向弧的半径不宜小于12m,反向曲线段之间宜插入不小于1.5m的直线段。

4.6.13 站内辅助设备应符合下列规定:

1 站内轨道、货车装载处和货车复位处宜设置推车设备;

2 对于运输黏结性物料的索道,料仓宜设置物料疏通设备;

3 装载处宜设置可以计量的装载设备;

4 发车位置应设置保证车距或发车间隔时间的发车设备。

4.6.14 双线循环式货运索道电气设计应符合本标准第3.6节的有关规定。

4.7 保护设施

4.7.1 保护设施的设置应符合下列规定：

1 保护网或保护桥的选择应根据技术经济比较确定。索道线路横向陡坡处应设置防止货车或物料滚落后造成安全事故的拦网。

2 保护网底面与跨越设施之间的净空尺寸应按货车坠落冲击的条件校验。

3 保护设施顶面与运动货车底面之间的净空尺寸不得小于货车的最大横向尺寸。

4 保护网的宽度不应小于索距宽度加 3m；当货车坠落高度不大于 3m 时，保护桥的宽度不宜小于索距宽度加 2.5m；当索道跨距超过 250m 时，保护设施的宽度应按承载索和货车均受 0.25kN/m^2 工作风压作用发生偏斜的条件进行校验。

4.7.2 保护网应符合下列规定：

1 保护网应由粗细 2 层格网组成，细格网孔尺寸不宜大于 $10\text{mm}\times 10\text{mm}$ 。

2 当不允许坠落粉料时，宜铺板或采用其他设施代替细格网。

3 保护网应设置挡边，挡边高度宜为 0.5m~1.2m。

4 保护网的跨距不宜大于 0.1m。

5 当保护网的跨距大于保护长度时，可仅在保护范围内设置格网。

6 保护网的支架应设置工作梯。

7 保护网的主索宜选用镀锌钢丝绳。

8 保护网的主索应采用两端锚固的方式，其中一端应设置拉紧力调节装置。

9 保护网的计算应符合下列规定：

1) 保护网主索的最大工作拉力，应计入保护网承受自重、冰

雪载荷、工作温度等因素的影响；

2) 保护网主索的抗拉安全系数不得小于 2.5；

3) 货车坠落的允许高度,应按保护网跨度中间承受一辆重车冲击载荷的条件计算。

4.7.3 保护桥应符合下列规定：

1 保护桥宜采用钢筋混凝土结构或钢结构；

2 保护桥的桥面应设置缓冲设施；

3 保护桥的两侧应设置栏杆和防止坠落物料滚出桥面的侧板；

4 保护桥应设置工作梯。

5 单线循环式货运索道工程设计

5.1 货 车

5.1.1 货车的选择应符合下列规定：

1 运行速度大于 2.5m/s 且爬坡角大于 30°时，宜选用弹簧式抱索器；

2 运行速度不大于 2.5m/s 和爬坡角为 20°~30°时，可选用四连杆重力式抱索器；

3 线路比较平坦和爬坡角不大于 20°时，宜选用鞍式抱索器；

4 采用固定式抱索器时，货车的最大爬坡角不得大于 45°；

5 货车选择的其他要求应符合本标准第 4.1.1 条的有关规定。

5.1.2 货车的设计应符合下列规定：

1 货车的有效载荷系列宜为 4kN、7kN、10kN 和 12.5kN。

2 货车的容积系列宜为 0.25m³、0.32m³、0.4m³、0.5m³、0.63m³、0.8m³、1.0m³和 1.25m³。

3 货车设计的其他要求，应符合本标准第 4.1.2 条的有关规定。

5.1.3 货车的发车间隔时间应符合本标准第 4.1.4 条的规定。

5.2 运载索与有关设备

5.2.1 运载索的选择应符合下列规定：

1 运载索应选用线接触或压实股同向捻带绳芯的股捻钢丝绳，公称抗拉强度不宜小于 1670MPa。

2 运载索宜采用出厂前经过预拉伸的钢丝绳。

3 运载索表层钢丝的直径不宜小于 1.5mm。

4 当采用鞍式抱索器时,运载索的捻向及捻距应与 2 个钳口的中心距相适应。

5.2.2 运载索的抗拉安全系数必须大于或等于 4.5。

5.2.3 运载索的导向轮及其拉紧装置和拉紧索及其导向轮的选择,应符合本标准第 4.3.4 条~第 4.3.7 条的有关规定。

5.3 牵引计算与驱动装置选择

5.3.1 牵引计算应符合本标准第 4.4.1 条的有关规定。

5.3.2 运载索在托、压索轮组上的阻力系数取值应符合下列规定:

1 对于无衬托、压索轮组,动力运行时宜取 0.015~0.025,制动运行时宜取 0.01~0.015;

2 对于有衬托、压索轮组宜取 0.03~0.04。

5.3.3 运载索的最小拉力,应按下式计算:

$$T_{\min} \geq C_3 Q \quad (5.3.3)$$

式中: T_{\min} ——运载索的最小拉力(N);

C_3 ——运载索引索最小拉力与重车重力的比值。选用四连杆重力式或弹簧式抱索器时,宜取 10~12,选用鞍式抱索器时,宜取 8~10;运输能力大、高差大或车距小时宜取小值,反之宜取大值。

Q ——重车重力(N)。

5.3.4 驱动装置的选择,除应符合本标准第 4.4.4 条~第 4.4.7 条的有关规定外,尚应符合下列规定:

1 驱动装置宜采用卧式结构;

2 在多传动区段索道中,宜采用一台卧式驱动装置同时传动两个区段的方式。

5.4 线路设计

5.4.1 索道的最高运行速度不宜超过 4.5m/s。

5.4.2 线路配置除应符合本标准第 4.5.1 条的有关规定外,尚应符合下列规定:

- 1 站前第一跨的跨距宜为 5m~10m;
- 2 线路上每个托索轮的径向载荷宜相等;
- 3 对于平坦地段或坡度均匀的倾斜地段,运载索在各支架上的载荷宜接近;
- 4 凸起地段支架的高度不得小于 4m,跨距不宜小于 15m;
- 5 凹陷地段支架的高度,应按最不利载荷条件校验,运载索在托索轮上的靠贴系数不得小于 1.3;
- 6 选用带导向翼的抱索器时,可采用压索支架;
- 7 运载索的最大倾角不得大于 45°;
- 8 计算支架两侧的倾角和考察点的挠度时,应按本标准第 4.5.2 条~第 4.5.4 条中有关公式计算,计算时 q_c 应以 q_0 替换, Q_c 应以 Q 替换。

5.4.3 托、压索轮组应符合下列规定:

- 1 无衬托索轮的直径不宜小于运载索直径的 15 倍,并应符合 300mm、400mm、500mm 和 600mm 的直径系列。
- 2 单个无衬托索轮上的径向载荷,宜符合表 5.4.3 的规定。

表 5.4.3 单个无衬托索轮上的径向载荷

托索轮直径(mm)	允许径向载荷(kN)	适用钢丝绳直径(mm)
300	3.0	≤20
400	5.0	22~26
500	7.5	28~32
600	10.0	34~40

3 设有软质耐磨衬垫的托、压索轮组应符合本标准第 7.4.2 条的有关规定。

4 单个无衬托索轮的允许折角,应根据允许径向载荷和运载索的拉力计算确定,但不得大于 5°。

5 6 轮和 8 轮托索轮组的大平衡梁,应设置在托索轮内侧,不宜采取重叠设置方式。

6 托、压索轮组宜采用悬吊安装的可调式结构。

5.4.4 单线循环式货运索道保护设施的设计,应符合本标准第 4.7 节的有关规定。

5.5 站房设计

5.5.1 站房和料仓的设计应符合本标准第 4.6 节的有关规定。

5.5.2 挂结段的设计应符合下列规定:

1 运载索应采取下列稳定措施:

1)挂结段的两端应设置稳索轮。

2)站口稳索轮与站内稳索轮的平距宜为 2.5m~4.0m。站内稳索轮与挂结点平距不宜大于 1.0m。

3)稳索轮宜采用可调式单轮结构,直径不得小于运载索直径的 15 倍。

4)运载索在每个稳索轮上的最小折角,不宜小于 0.01rad。

2 挂结段轨道设计应符合下列规定:

1)挂结段轨道应具有稳定性不易变形,轨道头部应与抱索器行走轮的轮缘相适应,并应保证行走轮的横向窜动不大于 2mm。

2)挂结段轨道的立面变坡处,应采用曲率半径不小于 10m 的曲线平缓过渡;站口端轨道应设置坡度与运载索出站角相适应的导向段,端部应为立面曲率半径不小于 3m 的弧形段。

3)挂结段轨道的平面布置,应能保证抱索器在挂结过程中,不同开度钳口的中心线始终与运载索中心线相重合。轨道与运载索中心线之间的水平距离应能调节。

3 货车的挂结应符合下列规定:

1)采用弹簧式抱索器的货车,挂结前应使钳口处于最大开口

状态;采用四连杆重力式抱索器的货车进入挂结段之前,宜设置钳口定向器,在挂结段内宜设置可调式弹性压板。

- 2)挂结段前轨道的平面曲率半径应符合本标准表 4.6.8 的规定,且不得小于 12m。
- 3)货车进入挂结段时的横向摆动不得大于 0.01rad。轨道下方宜设置限制货车左右摆动的双导向板。抱索器带有定位轮的货车,应设置定位轮导轨。
- 4)双导向板的结构及要求应符合本标准第 5.5.3 条的有关规定。
- 5)抱索器与运载索挂结时,货车的运行速度应与运载索的速度一致。
- 6)货车通过挂结段时的纵向摆动不得大于 0.10rad。

5.5.3 脱开段设计应符合下列规定:

- 1 运载索的稳定措施,应符合本标准第 5.5.2 条第 1 款的规定。
- 2 脱开段轨道设计应符合下列规定:
 - 1)脱开段轨道的结构、平面形状和支承或吊挂系统,应符合本标准第 5.5.2 条第 2 款的有关规定。
 - 2)脱开段轨道的立面变坡处,应采用曲率半径不小于 10m 的曲线段平滑过渡;站口端轨道应设置坡度与运载索入站角相适应的导向段,端部应为立面曲率半径不小于 5m 的弧形段。
- 3 货车的脱开应符合下列规定:
 - 1)货车进入脱开段轨道的导向段前,应采用限制货车左右摆动的双导向板。双导向板工作面的高度,应与站外运载索的挠度相适应。导向板弧形开口的平面曲率半径不得小于 5m,并按货车纵、横向摆动 0.20rad 的条件进行校验。
 - 2)货车通过脱开段时的横向摆动不宜大于 0.01rad,纵向摆动不得大于 0.10rad。

3)脱开段之后轨道的平面曲率半径不得小于 12m。

5.5.4 采用弹簧式抱索器的索道,站口辅助设备与监控装置应符合下列规定:

1 挂结段应设置加速装置,脱开段应设置减速装置;

2 挂结段应设置运载索位置监控装置、抱索力监控装置和抱索状态监控装置;

3 脱开段应设置运载索位置监控装置和脱索状态监控装置。

5.5.5 货车轨道应符合下列规定:

1 轨道的配置应符合本标准第 4.6.8 条的有关规定。

2 轨道的支承或吊挂系统应具有稳定性不易变形,轨道坡度应能调节。

3 轨道应减少弯曲次数并应采用尽可能大的平面曲率半径。出站侧的站内轨道与站口轨道宜为同一直线。

4 吊架或吊钩的间距,重车侧直线段宜取 2m;空车侧直线段宜取 2.5m;曲线段吊架或吊钩的间距宜小于直线段的取值。

5 货车在轨道直线段上的运行阻力系数,当货车重力不大于 3.5kN 时,宜为 0.008;当货车重力大于 3.5kN 时,宜为 0.0065。货车在轨道曲线段上的附加运行阻力系数和通过有关设施时的附加阻力,应符合本标准第 4.6.10 条第 2 款、第 3 款的规定。

5.5.6 转角站的配置应符合下列规定:

1 转角站宜采用以转角平分线为轴线的对称配置方式;

2 货车在转角站内的速度应与索道运行速度相适应,不得采用人工推车;

3 空车侧和重车侧的出口,应设置停放 3 辆及以上货车的副轨;

4 当转角站货车轨道采用本标准第 5.5.5 条第 3 款配置方式时,2 个转角轮宜设置在主轨上方。

5.5.7 单线循环式货运索道的电气设计应符合本标准第 3.6 节的有关规定。

6 双线往复式客运索道工程设计

6.1 客 车

6.1.1 乘务员配备应符合下列规定：

- 1 定员超过 15 人的客车应配备乘务员；
- 2 夜间运行的索道，其客车应配备乘务员；
- 3 对于定员超过 15 人的车组式索道，每组客车可仅配备乘务员 1 人。

6.1.2 工艺或设备设计时，定员不超过 15 人的客车，每位乘客的计算载荷应取 740N；定员超过 15 人的客车，每位乘客的计算载荷应取 690N。对于滑雪或登山运动的专用索道，每位乘客的计算载荷应增加 100N。

6.1.3 客车计算应符合下列规定：

1 客车的主要载荷应为空车重力、乘客的计算载荷和牵引索对客车的附加压力之和；次要载荷应为风雪荷载、驱动装置或客车制动器的制动力、客车防摆装置的阻力和支架导向装置的阻力。

2 按主要载荷计算时，客车主要承载构件和重要部件的抗拉安全系数，不得小于 5.0。在主要载荷和次要载荷联合作用下，特别是在承受扭转和疲劳载荷时，各主要承载构件和重要部件，应校核强度和刚度。

3 吊架头部和末端套筒的销轴，抗拉安全系数不得小于 7.5。

6.1.4 运行小车应符合下列规定：

- 1 车轮应设置软质耐磨衬垫。
- 2 各车轮之间应设置平衡装置。
- 3 出现下列情况之一时，空车的各个车轮，不得从承载索上抬起或出轨：

- 1) 客车纵、横向摆动均为 0.35rad;
- 2) 牵引索的拉力增大 40%;
- 3) 防摆装置的阻尼力或阻尼力矩达到最大值;
- 4) 客车制动器在最不利位置紧急制动;
- 5) 设有客车制动器的双承载索道, 客车横向摆动 0.10rad;
- 6) 不设客车制动器的双承载索道, 客车横向摆动 0.20rad。

4 运行小车的两端应设置防止小车出轨的衬有软金属的导靴。导靴的下缘不得高于承载索的底部。

5 在多雪或裹冰地区, 运行小车的两端, 应设置刮雪或破冰装置。

6 牵引索或平衡索与客车的连接装置, 应采用夹索器、夹板和缠绕套筒, 不宜采用浇铸套筒。

7 不设置客车制动器的双承载索道, 当客车横向摆动 0.20rad 时, 任意一根承载索的载荷, 不得小于客车全部载荷的 25%。

6.1.5 吊架设计应符合下列规定:

1 吊架头部的销轴应能使车厢在等速运行时保持垂直状态;

2 吊架的高度应按客车在最大坡度处纵向摆动 0.35rad 时, 车厢不得接触承载索或支架任何部位的条件确定;

3 运行速度大于 3.5m/s 和定员超过 15 人的客车, 吊架与运行小车之间应设置防摆装置;

4 吊架上部应设置带栏杆的活动式或固定式检修平台, 并应设置工作梯;

5 吊架与车厢的连接处应设置减振装置。

6.1.6 车厢的设计应符合下列规定:

1 车厢地板的有效面积应按下式计算:

$$S=0.18n_5+0.4 \quad (6.1.6)$$

式中: S ——车厢地板的有效面积(m^2);

n_5 ——客车定员;

0.4——乘务员专用工作面积(m^2)。

2 乘务员专用工作面积 0.4m^2 ,应高于车厢地板平面 $0.15\text{m}\sim 0.2\text{m}$,应有隔离标识,并应设高位独立座椅。

3 运送站立乘客的车厢,净空高度不得小于 2m 。

4 车厢内每侧距地板平面 0.45m 和 1.1m 的高度上应设置护栏,护栏应能承受每人 200N 的撞击力。车厢内应设置供站立的乘客使用的拉杆扶手,每个拉杆扶手应能承受 392N 的拉力。

5 定员超过 40 人的车厢,应进行局部隔断。

6 车窗玻璃应采用不易破碎的轻质、阻燃的材料,嵌装强度应经过计算和试验验证。

7 车门的开、关应能得到控制,门框最小净空高度不得小于 1.9m ,门扇内沿应设有软边。车门在闭锁状态下应能承受与车厢壁相同的横向撞击力。

8 手动开关厢门的闭锁装置应便于检查确认;自动开关门的闭锁装置应便于监测,并应满足下列规定:

1)门扇内沿的闭合锁紧力不得超过 150N ;

2)门扇应设置防止夹伤乘客的防夹系统;

3)门扇在开关前应有声响和灯光提醒;

4)当自动开关门系统失灵时,应能切换至手动开启。

9 车厢应设置顶部舱口,舱口尺寸应能允许直径为 0.6m 的球形体通过,顶部舱盖不得意外闭锁。

10 车厢应设置到达顶部的扶梯,扶梯应支撑到地板平面并能防止滑动。

11 车厢的结构应满足垂直和水平救援的要求,地板上应设置可拆卸救护舱盖口,舱口应能允许直径为 0.6m 的球形体通过;面向水平救援装置的厢体端部应设置可拆卸舱门。

12 车厢外部的两侧应设置缓冲导向板或导向装置。

13 车厢应设置通风窗,应以不危害乘客安全的方式开启。

通风窗应能防止直径为 0.2m 的球形体通过。

14 车厢应有内部照明设施和外部聚光照明灯。

15 车厢的地板应防滑并应设置排水口。

16 车厢内应设立标有客车定员和最大载重的铭牌,应有乘客须知及危险提示标志。

6.1.7 客车制动器应符合下列规定:

1 对于单牵引索道,应设置客车制动器。

2 出现下列情况之一时,客车制动器应自动投入工作:

1)牵引索或平衡索断裂;

2)牵引索或平衡索与客车的连接件断裂;

3)速度超过最大运行速度的 30%;

4)牵引索的拉力小于 5kN。

3 制动力应符合下列规定:

1)客车下行时,不应小于上侧牵引索的最大拉力;

2)采用平均摩擦系数计算时,不应小于重车在线路上最大下滑力的 1.5 倍;

3)采用最小摩擦系数计算时,不应小于重车在线路上的最大下滑力。

4 制动减速度不得大于 1.5m/s^2 。

5 采用最大摩擦系数计算并计入紧急制动的惯性力时,客车制动器及其构件对于屈服点的安全系数不得小于 2.0。

6 在距离长、速度高、定员多或倾角变化大的索道上,宜采用分级制动或自动调节制动力的客车制动器。

7 客车制动器投入制动时,驱动装置上的工作制动器应自动投入工作。

8 在驱动装置以 1.2m/s^2 减速度紧急制动情况下,牵引索或平衡索产生最小拉力时,客车制动器不得产生误动作。

9 在客车制动器制动过程中,横向摆动 0.20rad 的客车,应通过支架或进入站房。

10 制动衬垫应耐磨,但不得损伤承载索。制动衬垫磨损后,制动弹簧的最小工作载荷不得小于设计允许值。

11 客车制动器应能由乘务员直接操纵。在线路任何位置上,应保证乘务员既能使客车制动器制动,又能使客车制动器松开。

12 客车制动器的控制系统应识别客车的运行方向,并应自动控制两端制动器的制动顺序。

6.1.8 当采取防止牵引索断裂的设计措施并经论证后,单牵引索道可不设置客车制动器。不设置客车制动器的单牵引索道,在运营过程中应遵守牵引索安全的操作规程。双牵引索道可不设置客车制动器。

6.1.9 客车夹索器应符合下列规定:

1 夹索器的抗滑力不得小于重车最大下滑力的3倍;

2 钳口两端应倒圆并宜设置减小牵引索弯曲应力的变刚度装置;

3 新夹索器应有无损探伤合格证书。

6.1.10 空车或重车对承载索中心铅垂线的向内或向外偏斜均不得大于0.05rad。

6.2 承载索与有关设备

6.2.1 承载索的选择与计算应符合下列规定:

1 承载索应选用密封钢丝绳。

2 在一个拉紧区段内承载索应为整根钢丝绳,不得采用线路套筒连接。

3 承载索的最小拉力,对于车厢式索道应符合下列规定:

1)当车轮衬垫的弹性模量不超过5000N/mm²时,应满足下式的要求:

$$\frac{T_{\min}}{N} \geq 60 \quad (6.2.1-1)$$

式中： T_{\min} ——承载索的最小拉力(N)；

N ——车轮的最大轮压(N)。

2)当车轮衬垫的弹性模量超过 $5000\text{N}/\text{mm}^2$ 时,应满足下式的要求:

$$\frac{T_{\min}}{N} \geq 80 \quad (6.2.1-2)$$

3)采用重锤或液压拉紧时,应满足下式的要求:

$$\frac{T_{\min}}{Q} \geq 10 \quad (6.2.1-3)$$

式中： Q ——重车重力(N)。

4)采用两端锚固时,应满足下式的要求:

$$\frac{T_{\min}}{Q} \geq 8 \quad (6.2.1-4)$$

4 承载索的最大拉力应由下列各项组成:

1)承载索的初拉力。重锤拉紧时为拉紧重锤的重力;液压拉紧时为液压系统的设计拉力;两端锚固时为计算起点的设计拉力。

2)承载索在滚子链上或拉紧索在拉紧索导向轮上的阻力。

3)承载索在鞍座上的摩擦阻力。密封钢丝绳与鞍座上尼龙或青铜衬垫之间的摩擦系数为 0.10。

4)由高差引起的承载索重力的分力。

6.2.2 承载索的抗拉安全系数应符合下列规定:

1 正常运行条件下,承载索的抗拉安全系数必须大于或等于 3.15;计入客车的制动力时,必须大于或等于 2.7。

2 停运时按本标准第 3.1.5 条确定风荷载和冰荷载时,承载索的抗拉安全系数不得小于 2.25。

6.2.3 承载索拉紧应符合下列规定:

1 承载索可采用重锤拉紧、两端锚固或液压拉紧方式。采用两端锚固拉紧方式时,其中一端的拉紧力应可测可调;采用液压拉紧方式时应有失压保护。

2 滚子链曲率半径不得小于承载索直径的 90 倍。

3 拉紧索及其有关设备的选择应符合下列规定：

1) 拉紧索应采用挠性好、抗挤压的股捻钢丝绳；

2) 拉紧索的抗拉安全系数不得小于 5.5；

3) 过渡套筒的螺纹联接应设置防松装置；

4) 拉紧索导向轮的直径应符合本标准表 6.3.4 中的规定。

6.2.4 夹块锚固方式应符合下列规定：

1 夹块的数量应按计算确定。

2 应采用一组夹块工作，另一组夹块备用的双重锚固方式。

2 组夹块的数量应相同，并应在 2 组夹块之间留有 5mm 的观察缝。

6.2.5 圆筒锚固方式应符合下列规定：

1 圆筒的直径不得小于承载索直径的 65 倍。

2 圆筒表面应衬抗滑耐压材料。

3 承载索在圆筒上的缠绕圈数应以 1.5 倍的最大拉力和 0.2 的摩擦系数来计算，并不得少于 3 圈。

4 承载索的剩余拉力应采用不少于 3 副夹块锚固在支座上，其中 2 副应工作，1 副可备用。工作夹块与备用夹块之间应留有 5mm 的观察缝。夹块的抗滑力不得小于剩余拉力的 2 倍。

5 圆筒上各金属零件的抗拉安全系数不得小于 6.0。

6.2.6 承载索的鞍座应符合下列规定：

1 应采用固定式鞍座。

2 有客车通过的鞍座，应符合下列规定：

1) 曲率半径 R 不得小于承载索直径的 300 倍，并应满足下式要求：

$$R \geq 0.5v^2 \quad (6.2.6)$$

式中： R ——固定式鞍座曲率半径(m)；

v ——客车通过鞍座时的运行速度(m/s)。

2)当客车车轮磨损 10mm 和客车按本标准表 3.4.2 所规定的横向摆动值摆动时,鞍座顶部形状应保证客车顺利通过。

3 重锤拉紧端站口鞍座的曲率半径不得小于承载索直径的 250 倍。

4 锚固端站口鞍座的曲率半径不得小于承载索直径的 200 倍。

5 承载索在鞍座上既无倾角变化又无轴向滑动时,鞍座的曲率半径不得小于承载索直径的 65 倍。

6 鞍座的比压应按本标准的公式(4.2.8-1)计算,计算值不应大于衬垫材料的允许值。

7 在最不利荷载情况下,鞍座两端应留有 $0.070\text{rad}\sim 0.105\text{rad}$ 的余量。

8 鞍座衬垫应有润滑装置。

6.2.7 对于跨距大且弦折角为负角的支架,应在鞍座上最小靠贴弧的中部设置防脱索装置 防脱索装置不得妨碍承载索的轴向滑动,也不得影响客车通过。

6.3 牵引索、平衡索、救护索与有关设备

6.3.1 牵引索、平衡索和救护索的选择应符合下列规定:

- 1 应选用线接触或压实股同向捻带绳芯的股捻钢丝绳;
- 2 宜选用出厂前经过预拉伸的钢丝绳;
- 3 宜选用镀锌钢丝绳。

6.3.2 牵引索、平衡索和救护索的抗拉安全系数应符合下列规定:

1 计算牵引索、平衡索和救护索的抗拉安全系数时,应计入索道正常启动或正常制动时的惯性力;

2 牵引索、平衡索和救护索的抗拉安全系数,不得小于表 6.3.2 的规定。

表 6.3.2 牵引索、平衡索和救护索的抗拉安全系数

钢丝绳的种类		安全系数
单牵引	牵引索、平衡索(线路上有客车制动器)	4.5
	牵引索、平衡索(线路上无客车制动器)	5.4
双牵引	牵引索	5.4
	平衡索	4.5
牵引索、平衡索	停运时,按本标准第 3.1.5 条确定风荷载和冰荷载	2.25
救护索	运行时	4.5
	停运时	3.3
环形救护索	停运时,按本标准第 3.1.5 条确定风荷载和冰荷载	2.0

6.3.3 牵引索、平衡索和救护索的编接与拉紧应符合下列规定：

- 1 平衡索、无极缠绕的牵引索和救护索的拉紧,应采用重锤或液压拉紧方式；
- 2 采用重锤拉紧方式时,宜设置防止牵引索重锤快速移动的阻尼装置；
- 3 双牵引索道的每根平衡索,应采用单独的拉紧装置分别拉紧；
- 4 双牵引索道的牵引索应分别设置调绳装置。

6.3.4 导向轮和托索轮应符合下列规定：

- 1 导向轮和托索轮应设有软质耐磨衬垫；
- 2 导向轮直径与钢丝绳直径之比应符合表 6.3.4 的规定；

表 6.3.4 导向轮直径与钢丝绳直径之比

导向轮名称	导向轮直径与钢丝绳直径之比
牵引索、平衡索导向轮	80
救护索导向轮	60
经常运动的拉紧索导向轮	50

- 3 托索轮的直径,不宜小于牵引索直径的 12 倍和救护索直

径的 10 倍；

4 牵引索或平衡索在每个托索轮上的允许折角和允许径向载荷应符合本标准第 7.4.2 条的规定。

6.4 牵引计算与驱动装置选择

6.4.1 牵引计算应符合下列规定：

- 1 应求出牵引索和平衡索等速运行时各特征点的拉力；
- 2 应计算出索道正常启动或制动时的惯性力；
- 3 应求出驱动轮上出、入侧牵引索拉力之和的最大值；
- 4 应按重车上行、空车下行和空车上行、重车下行两种载荷情况求出等效圆周力；
- 5 牵引索的抗滑要求应符合本标准第 4.4.4 条的有关规定；
- 6 对于有客车制动器的索道，当驱动机以 1.2m/s^2 的减速度制动时，牵引索或平衡索不得出现使客车产生误动作的最小拉力。

6.4.2 牵引计算时，相关设备的阻力系数应采用表 6.4.2 中的数值。

表 6.4.2 相关设备的阻力系数

设备名称	阻力系数
橡胶衬托索轮	0.030
塑料衬托索轮	0.020
有衬行走轮的客车	0.020
采用滚动轴承的导向轮	0.003
采用滑动轴承的导向轮	0.010
拉紧小车	

6.4.3 驱动装置应符合下列规定：

- 1 驱动装置应设置主驱动系统和紧急驱动系统。主驱动系统的运行速度应可调，并应具有 $0.3\text{m/s} \sim 0.5\text{m/s}$ 的检修速度。紧急驱动系统工作时，应保证在索道最不利载荷情况下启动并低

速运行。救护索的驱动装置,可不设置紧急驱动系统。

2 双牵引索道的驱动装置应设置机械差动或电气同步装置。运行速度不大于 3m/s 的小型双牵引索道,可不设置机械差动或电气同步装置。

3 驱动装置的抗滑性能应符合本标准第 4.4.4 条的规定。

4 驱动轮装置应设置防断轴的保护装置和检测装置。

5 牵引索和救护索的驱动轮的直径与钢丝绳直径之比,应符合表 6.3.4 中的规定。

表 6.4.3 驱动轮的直径与钢丝绳直径之比

驱动轮名称		驱动轮直径与钢丝绳直径之比
牵引索驱动轮		80
救护索驱动轮	无极缠绕	60
	有极缠绕	30

6 驱动轮应设置软质耐磨衬垫。

7 驱动轮衬垫的比压应符合本标准第 4.4.4 条的有关规定。

8 驱动轮上应设置防止牵引索脱出的装置。

6.4.4 驱动装置的制动器应符合下列规定:

1 驱动装置应设置工作制动器和安全制动器。工作制动器可设置在高速轴或驱动轮上,安全制动器应设置在驱动轮上。对断电后能自然停车且停车后不会倒转的索道的驱动装置或救护索的驱动装置,可仅设置工作制动器。

2 制动器主要受力构件对屈服点的安全系数不得小于 3.5。

3 正常工作时,工作制动器与安全制动器不得同时投入工作。

4 紧急制动时的减速度应为 $0.5\text{m/s}^2 \sim 2.0\text{m/s}^2$ 。

5 安全制动器应设置手动控制。

6.5 线路设计

6.5.1 索道的运行速度宜符合下列规定:

1 配备乘务员时,在跨距内不宜超过 12m/s;过支架时双承载不宜超过 12m/s,单承载不宜超过 10m/s。

2 不配备乘务员时,在跨距内不宜超过 7m/s;过支架时双承载不宜超过 7m/s,单承载不宜超过 6m/s。

6.5.2 承载索在支架鞍座上的靠贴条件应符合下列规定:

1 空索折角不得小于 0.02rad 。

2 承载索在支架鞍座上的靠贴力,不得小于在该支架相邻两跨弦长之和的 0.5 倍的空索上,由 0.5kN/m^2 风压而产生的作用力。

3 当承载索在鞍座上的包角为 180° 时,在承载索同时承受本条第 2 款向上作用力和基本风压的横向作用力的情况下的合力应作用在绳槽内。

4 当承载索在鞍座上包角小于 180° 时,在承载索分别承受 0.25kN/m^2 和 1kN/m^2 风压的横向作用力的情况下,承载索不得离开鞍座绳槽。

5 在下列情况下,靠贴力不得为负值:

1) 当承载索最大拉力增加 40%;

2) 在站内压索式支座处的承载索最小拉力减小 40%。

6.5.3 牵引索在支架托索轮组上的靠贴条件应符合下列规定:

1 相邻两跨没有客车-牵引索等速运行和相邻两跨的牵引索承受 0.375kN/m^2 风压的向上风力作用时,靠贴力不得为负值;

2 等速运行的牵引索最大拉力增大 40%或驱动装置制动器以 1.2m/s^2 的减速度制动时,靠贴力不得为负值;

3 相邻两跨的牵引索承受 1.2kN/m^2 停运风压的向上风力作用时,靠贴力不得为负值。

6.5.4 当有下列情况之一时,宜采用双承载方案:

1 采用定员不少于 60 人的客车;

2 线路上有 1000m 以上的跨距;

3 由于承载索直径过大或长度太长带来制造、运输、安装等

困难时。

6.5.5 对于跨距较大的双承载索道,当牵引索拉紧行程过长导致索道运行不平稳时,宜设置支索器。支索器不得影响客车的运行,并应适应 2 根承载索移动不一致和相对横向摆动的工作状况。

6.5.6 客车的离地高度不宜大于 100m。采用水平救护方式的索道,可不受此限。

6.6 站房设计

6.6.1 站房的设计应符合本标准第 3.5 节的有关规定。

6.6.2 站房应留有客车在极限位置纵向摆动 0.35rad 的空间。

6.6.3 站台设计应符合下列规定:

1 站台的地坪宜水平。

2 车槽长度不得小于车厢长度的 1.5 倍;车槽与客车的单侧间隙不得大于 50mm;客车出入口处的车槽,应设置具有缓冲作用的导向装置。

3 站台上、下车处的隔离设施应能开闭。

4 未设置隔离设施的车槽两侧的站台不得作为候车区。

6.6.4 重锤间或重锤井设计应符合下列规定:

1 重锤间或重锤井应封闭或设置栏杆;

2 拉紧系统应设置便于观察拉紧行程的标尺;

3 重锤间或重锤井应便于检查和维护;重锤井应设有防水和排水设施;

4 拉紧装置和重锤应分别设置限位开关。

6.6.5 站内轨道与承载索之间应采用保证客车顺利运行的平滑曲线过渡。

6.6.6 电气设计除应符合本标准第 3.6 节的有关规定外,尚应设置下列装置:

1 不少于 2 套彼此独立的客车减速信号装置;

- 2 牵引索和平衡索的断绳监控装置；
- 3 双牵引索道的差速和差长监控装置；
- 4 牵引索鞭打或缠绕承载索的监控装置。

7 单线循环式客运索道工程设计

7.1 客 车

7.1.1 乘客的计算载荷,应符合下列规定:

1 工艺设计时,每位乘客应为 740N;设备设计时,对于单坐吊具,每位乘客宜为 880N;对于双坐吊具,每位乘客宜为 835N。

2 滑雪专用索道和滑雪与登山兼用索道,工艺设计和设备设计时,每位乘客的计算载荷应增加 50N。

3 拖牵式索道工艺设计时,每位乘客应为 790N;设备设计时每位乘客应为 980N。

7.1.2 客车计算应符合下列规定:

1 客车的主要载荷应为空车重力和乘客的计算载荷之和。

2 次要载荷应为风雪荷载、索道紧急制动时的惯性力、线路和站内各种装置对客车的作用力以及乘客的横纵方向对客车的撞击力。

3 客车各主要承载构件和重要部件的屈服安全系数,在主要载荷作用下除拖牵座外的客车不得小于 3.5,拖牵座不得小于 4.0;在主要载荷和次要载荷联合作用下,不得小于 2.0。

4 客车各主要承载构件和重要部件应进行疲劳验算。

5 对于同一型号的客车应抽样进行疲劳试验。

7.1.3 抱索器设计应符合下列规定:

1 抱索器的结构应能防止事故性松动或松开。

2 抱索器的最大爬坡角应与线路的最大倾角相适应。

3 除拖牵式索道外,抱索器的抗滑安全系数不得小于 3.0,并且不得小于重车的重力。拖牵式索道抱索器的抗滑安全系数可不小于 2.0。

4 抱索器夹持力应符合下列规定：

- 1)抱索器的抱索力应由两个及以上的弹簧产生；
- 2)弹簧应具有当钢丝绳直径减小 3%时,应符合本条第 3 款的规定；
- 3)当钢丝绳直径减小 10%时,夹持力的减小不得大于 25%；
- 4)弹簧最大工作载荷所产生的变形量,不得超过弹簧总变形量的 80%；
- 5)对于碟形弹簧抱索器,当一片碟形弹簧损坏时,夹持力的减小不得大于 15%；
- 6)对于螺旋弹簧抱索器,当一个螺旋弹簧损坏时,夹持力的减小不得大于 50%；
- 7)脱挂式抱索器弹簧的疲劳极限不得少于 50 万次负载周期。脱挂式抱索器的可靠性不得少于 25 万次开闭周期试验进行验证。

5 固定式抱索器和脱挂式抱索器的钳口与运载索之间的摩擦系数宜取 0.13；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。

6 抱索器钳口的形状与尺寸,应与托、压索轮组的轮槽相适应。当客车横向摆动 $0.35r_{\text{ed}}$ 时,抱索器应能无障碍地通过托、压索轮组。

7 抱索器的内、外抱卡应采用合金钢锻造,不得采用铸造。在温度低于 -20°C 环境中工作的抱索器,应选用具有低温冲击韧性的材料。

8 抱索器钳口端部应倒圆。

9 抱索器的导向翼宜采用轻质、弹性、减振和降噪的材料。脱挂式抱索器的行走轮、脱挂轮和定位轮,宜采用轻质、耐磨、减振、抗冲击和降噪的材料。

10 固定式抱索器应能通过驱动轮和迂回轮,通过时所产生

的水平折角不得大于 9° 。

11 固定式抱索器应便于移位,并符合下列规定:

1) 移位的间隔时间,应按下式计算:

$$\tau = 0.65 \frac{l'}{v} \quad (7.1.3)$$

式中: τ ——移位间隔时间(h);

l' ——索道线路斜距(m);

v ——客车运行速度(m/s)。

2) 固定式抱索器宜向钢丝绳运行的反方向移动,每次移动的距离应为包括导向翼长度在内的抱索器总长加上 2 倍钢丝绳直径。

12 新抱索器应有无损探伤合格证书。

7.1.4 吊厢设计应符合下列规定:

1 吊杆或吊架的高度,应按吊厢在最大坡度处纵、横向摆动 0.35rad 时,吊厢不得接触运载索或支架任何部位的条件确定。

2 吊杆、吊架与厢体的连接悬挂部位应设置防松和减振装置。

3 对于采用管状材料的吊杆,弯曲部位的内曲率半径不得小于该截面管径的 3 倍,弯曲后管材的压缩不应超过该段外径的 12%,内弧面应平整光滑,不得有褶皱。

4 吊杆、吊架头部和受力较大部位不得有横向焊缝,内外表面均应做防腐处理,并应防止积水。

5 吊厢的承载悬挂部件和连接部件应便于检查、维护和更换。

6 吊杆、吊架、吊厢的承载悬挂部件、连接轴应进行无损探伤检验,并符合现行行业标准《承压设备无损检测 第 3 部分:超声检测》NB/T 47013.3 的 I 级要求。

7 每位乘客的座位宽度,两人单排乘坐时不宜小于 500mm,多于两人单排乘坐时不宜小于 450mm;座位深度宜为 450mm。

8 吊厢内距地板高度 1100mm 处应设置护栏,护栏应能承受吊厢内乘客每人 200N 的撞击力。

9 厢体的承载构件宜采用轻质的高强材料;厢体的蒙皮、车门、地板、座椅的椅面等应采用轻质的阻燃材料,地板应能防滑;车窗玻璃应采用不易碎裂的轻质、阻燃材料,嵌装强度应经过计算和试验验证。

10 吊厢厢门的开关应能得到控制,手动开关厢门的闭锁装置应便于检查确认,自动开关门的闭锁装置应便于监测,门扇内沿应设置软边。

11 对于 2 人、4 人手动开关厢门应符合下列规定:

- 1) 门扇打开后进入尺寸不得小于 500mm;
- 2) 闭锁后乘客在厢体内不能打开;
- 3) 闭锁状态应能承受乘客每人以 200N 的横向力撞击时,门扇与厢体不脱离分离;
- 4) 门扇外置锁具、拉手应无危及乘客安全的尖角挂钩;
- 5) 4 人吊厢应能两侧开门同时上下乘客。

12 对于 6 人、8 人自动开关的厢门应符合下列规定:

- 1) 门扇的闭合锁紧力,不得大于 150N;
- 2) 开关门机构应具备在关闭至开口不大于 120mm 时受阻,解除阻碍后能自行关闭至闭锁状态的功能;
- 3) 自动开关门系统结构强度应能承受救援人员由吊厢顶部踩踏厢门进入厢内,用于滑雪索道时,尚应承受 400N 的外挂滑雪板的重量;
- 4) 当自动开关门机构失灵时应能手动打开厢门;
- 5) 门扇打开的尺寸,在进站自动操纵系统操纵开门时不得小于 650mm,在为满足残障轮椅进入而特殊辅助手动打开时可至 800mm;
- 6) 厢门不得因撞击、震动、大风等因素影响意外开门。

13 吊厢应设置通风窗,应以不危害乘客安全方式开启。通

风窗开启的尺寸,应能防止直径为 200mm 的球形体通过,并应有醒目提醒标志。对于 2 人、4 人手动门吊厢,在门扇上设置通风窗时,应设置防止乘客从厢内打开车门的隔离防护装置。

14 吊厢的底部或旁侧应设置防止客车在站内横向摆动的导向装置。

15 吊厢顶部应采用防滑材料,吊杆或吊架应设置相应的安全绳及救护设施的固定点,应能满足救援、检查、维护的要求。

16 吊厢的地板应防滑,并应设有排水口。

17 吊厢内应设置产品铭牌,应明确允许的最大乘客载荷(kg)及定员,以及乘客安全行为提示。

18 对于新型号吊厢及改进吊厢应进行样厢静力试验及 50 万次样厢疲劳试验检测。

7.1.5 吊篮设计可按本标准第 7.1.4 条执行。

7.1.6 吊椅设计应符合下列规定:

1 吊椅的设计应便于乘客上下车。

2 吊杆或吊架的高度,应按吊椅在最大坡度处纵、横向摆动 0.35rad 时,吊椅的突出部分不得接触运载索或支架任何部位的条件确定。

3 吊椅的承载部件和连接部件应便于检查。

4 吊杆与吊架和吊架与座椅之间的连接应有防松装置。

5 吊椅应设有安全扶手和脚踏板。但运行时间少于 5min 时,可不设脚踏板。靠背和椅面之间的夹角宜为 1.6rad,整个座椅宜向后倾斜 0.2rad。

6 每位乘客的座椅宽度不宜小于 450mm,深度宜为 450mm。

7 采用脱挂式抱索器的吊椅,吊杆与吊架之间应设置减振装置。

8 应控制各主要承载件的焊接质量,对同一型号的吊椅应抽样进行静力试验。

7.1.7 拖牵座设计应符合下列规定:

1 拖牵座的设计应便于滑雪者使用。

2 空拖牵座纵向摆动 0.15rad 或在最不利运行情况下,拖牵座与绳轮、保护装置等设施不得挂碰。

3 拖牵盒应能保证拖牵索在最大伸长长度时,按设定速度收回,在缩回过程中不得刮伤乘客也不得损伤拖牵座。

7.1.8 客车的最小发车间隔时间,应符合表 7.1.8 的规定。

表 7.1.8 客车的最小发车间隔时间

索道型式		最小发车间隔时间(s)
固定式抱索器旅游索道	吊椅	8
	吊篮(吊厢)	12
固定式抱索器滑雪索道	上车方向与线路一致时	6
	上车方向与线路不一致时	$1.5(4+n_6/2)$
脱挂式抱索器索道	吊椅	5
	吊篮(吊厢)	9

注: n_6 为吊椅的座位数, $n_6 \leq 6$ 。

7.2 运载索与有关设备

7.2.1 运载索的选择应符合下列规定:

- 1 应选用线接触或压实股同向捻带绳芯的股捻钢丝绳;
- 2 宜选用出厂前经过预拉伸的钢丝绳;
- 3 宜选用镀锌钢丝绳。

7.2.2 运载索的抗拉安全系数应符合下列规定:

1 运载索的抗拉安全系数必须大于或等于 4.5。

2 停运时按本标准第 3.1.5 条确定风荷载和冰荷载时,运载索的抗拉安全系数不得小于 2.25。

7.2.3 运载索的拉紧装置可采用液压、重锤或其他能使运载索保持设定拉力的装置。各种装置都应留有拉紧行程,并应在极限位置设置限位开关。液压和重锤拉紧装置应符合下列规定:

1 液压拉紧装置应符合下列规定：

- 1) 拉紧装置应能显示油压、油温；
- 2) 拉紧装置应使拉紧力的变化保持在 $\pm 5\%$ 范围内，当拉紧力的变化为 $\pm 5\% \sim \pm 10\%$ 时，应能自动调整到 $\pm 5\%$ 的范围内；
- 3) 当油压超过额定值的 $\pm 10\%$ 时，索道应能自动停车；
- 4) 液压泵宜采用间歇工作制；
- 5) 液压系统应设置手动控制装置；
- 6) 对低温环境中工作的液压装置应采取抗低温措施。

2 重锤拉紧装置应符合下列规定：

- 1) 拉紧索应采用挠性好和耐挤压的股捻钢丝绳；
- 2) 拉紧索的抗拉安全系数不得小于 5.5；
- 3) 应设置调节重锤位置的装置；
- 4) 拉紧索导向轮的直径，不得小于拉紧索直径的 40 倍；
- 5) 拉紧索的导向轮应设置软质耐磨衬垫。

7.2.4 拉紧轮或迂回轮设计应符合下列规定：

1 拉紧轮或迂回轮的直径不得小于运载索直径的 80 倍。对于拖牵式索道，拉紧轮或迂回轮的直径不得小于运载索直径的 60 倍。

2 拉紧轮或迂回轮应设置软质耐磨衬垫。

3 对于采用固定式抱索器的客车，拉紧轮或迂回轮的轮缘和护圈，应与客车的抱索器和吊杆相适应。

4 拉紧轮或迂回轮应设置断轴保护装置和检测装置。

5 拉紧轮或迂回轮应设置防止运载索从绳槽中脱出的装置。

7.3 牵引计算与驱动装置选择

7.3.1 运载索的最小拉力，当客车定员不超过 2 人时，运载索的最小拉力不宜小于重车重力的 20 倍；当客车定员超过 2 人时，运载索的最小拉力不宜小于重车重力的 15 倍。

7.3.2 运载索的最大工作拉力,应在最不利载荷情况下计入下列数值:

- 1 从拉紧装置开始的初拉力;
- 2 由高差引起的运载索重力和重车重力的分力;
- 3 托、压索轮组的阻力;
- 4 站内各相关设备的运行阻力;
- 5 液压或其他拉紧装置拉紧力的增加值,但重锤拉紧装置的拉紧力增加值忽略不计;
- 6 运载索的最大工作拉力不计入索道启动、制动时的惯性力。

7.3.3 牵引和线路计算时,运载索在橡胶衬托、压索轮组上的阻力系数应为 0.03;其他站内设备的阻力系数应按本标准表 6.4.2 取值;拖牵式索道的滑雪者在拖牵道上的阻力系数应取 0.10。

7.3.4 牵引计算应符合下列规定:

- 1 牵引计算应求出运载索等速运行时各特征点的拉力。
- 2 牵引计算应求出索道正常启动或制动时的惯性力。
- 3 牵引计算应求出驱动轮上出、入侧运载索拉力之和的最大值。
- 4 牵引计算应求出驱动轮在下列载荷情况下的圆周力:
 - 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)空索运行时。

5 对于单线脉动循环固定抱索器车组式客运索道,应求出驱动轮在本条第 4 款第 1 项~第 4 项载荷情况下的圆周力。

7.3.5 驱动装置应符合下列规定:

- 1 驱动装置除应设置主驱动系统外,还应设置紧急驱动系统。每条索道的 2 套驱动系统不得同时投入工作。

2 采用主驱动系统驱动索道时,在空索状态下正常运行时的索道运行速度应保持不变;在最不利载荷情况下,索道运行速度的变化范围不得大于额定速度的 $\pm 5\%$,索道启动加速度不宜小于 0.15m/s^2 。

3 索道应具有 $0.3\text{m/s}\sim 0.5\text{m/s}$ 的检修速度。

4 驱动轮装置应设置防断轴的保护装置和检测装置。

5 驱动轮的直径不得小于运载索直径的80倍。对于拖牵式索道,驱动轮的直径不得小于运载索直径的60倍。

6 驱动轮应设置软质耐磨衬垫。

7 驱动装置的抗滑性能和驱动轮衬垫的比压,应符合本标准第4.4.4条的有关规定。

8 驱动轮上应设置防止运载索脱出的装置。

9 驱动装置应设置工作制动器和安全制动器。制动器的设置和性能应符合下列规定:

1)工作制动器可设置在高速轴或驱动轮上,安全制动器应设置在驱动轮上。对于断电后能自然停车,并且停车后不会倒转的索道,驱动装置可仅设置工作制动器。

2)在最不利载荷情况下,工作制动器和安全制动器的平均减速度均不宜小于 0.4m/s^2 。

3)当正常制动时,工作制动器的减速度不得大于 1.5m/s^2 。

4)安全制动器应能手动控制。

5)正常制动时,工作制动器与安全制动器不得同时投入工作。

10 对于采用固定式抱索器的客车,驱动轮的轮缘和护圈,应与客车的抱索器和吊杆相适应。

11 对于拖牵式索道,可仅设置主驱动系统;当运行速度大于 2m/s 时,主驱动系统应能调速;主驱动系统宜设置防倒转装置。

7.4 线路设计

7.4.1 索道运行速度应符合下列规定:

1 对于脱挂抱索器索道,吊厢式不宜超过 6.0m/s,吊椅或吊篮式不宜超过 5.0m/s。

2 对于单线脉动式客运索道不宜超过 5.0m/s。

3 对于固定抱索器索道,当客车定员不超过 2 人时,吊厢或吊篮式不宜超过 1.1m/s,吊椅式不宜超过 1.3m/s;当客车定员超过 2 人时,吊厢或吊篮式不宜超过 0.8m/s。

4 用于滑雪的固定抱索器吊椅索道,1 座或 2 座吊椅式不宜超过 2.5m/s,3 座或 4 座吊椅式不宜超过 2.3m/s,6 座吊椅式不宜超过 2.0m/s。

5 高位拖牵式索道不宜超过 3.5m/s;低位拖牵式索道不宜超过 2.0m/s。

7.4.2 托索轮组和压索轮组设计应符合下列规定:

1 托索轮和压索轮的直径应符合下列规定:

1)托索轮直径不宜小于运载索直径的 10 倍~12 倍;压索轮直径不宜小于运载索直径的 8 倍~10 倍。

2)对于拖牵式索道,当运载索直径不大于 16mm 时,托、压索轮直径不得小于 200mm;当运载索直径大于 16mm 时,托、压索轮直径不得小于 250mm。

3)对于采用大直径托、压索轮的拖牵式索道,当运载索在支架上的最大折角不大于 17° 时,直径不得小于运载索直径的 40 倍;当运载索在支架上的最大折角大于 17° 时,直径不得小于运载索直径的 60 倍。

2 托、压索轮应设置软质耐磨衬垫。

3 每个有衬托、压索轮的允许径向载荷,应按下式计算:

$$[p] = pD_2d \quad (7.4.2)$$

式中:[p]——每个有衬托索轮的允许径向载荷(N);

p ——软质耐磨衬垫的比压,根据衬垫材料的性能 P 可取 0.2MPa~0.5MPa;

D_2 ——托、压索轮新村垫绳槽底部的直径(mm);

d ——运载索直径(mm)。

4 运载索在每个托、压索轮上的允许折角不宜大于 4° 。

5 托、压索轮组宜采用悬吊安装的调式结构。

7.4.3 托、压索轮组的安全装置必须符合下列规定：

1 托、压索轮组中每个 2 轮组之间的内侧均必须设置挡索板，外侧必须设置捕索器。

2 8 轮及以下托、压索轮组的两端和 10 轮及以上托、压索轮组的两端和中部，必须设置运载索脱索时索道能自动停车的监控装置。

3 在压索式支架上必须设置运载索脱索后的二次保护装置。

4 托、压索轮组两端头的挡索板的两端应设置导向段。

5 捕索器工作面的边缘应修圆，捕索器应保证脱索时不损伤运载索。

7.4.4 运载索在支架托索轮组和压索轮组上的靠贴条件应符合下列规定：

1 运载索在每个托索轮上的最小靠贴力不得小于 500N，并按下式计算：

$$P_{\min} = 500 + 50[d - (D_1 - D_2)] \quad (7.4.4)$$

式中： P_{\min} ——最小靠贴力(N)；

d ——运载索的直径(mm)；

D_1 ——托索轮外轮缘直径(mm)；

D_2 ——托索轮新村垫绳槽底部直径(mm)；

$(D_1 - D_2)/2$ 的值应大于 $d/3$ ，且不得小于 10mm， D_1 应大于新村垫的最大直径。

2 运载索在每个托索式支架上的靠贴力不得小于下列数值：

1) 索道匀速运行时，应为在该支架两侧较大 1 跨内的空索或空载索上，由 0.25kN/m^2 风压而产生的作用力的 1.5 倍。

2) 索道停运时，应为在该支架相邻两跨斜长之和的 0.5 倍

的空索或空载索上,由 0.8kN/m^2 风压而产生的作用力。

3 对于拖牵式索道的托索式支架,在空索状态匀速运行时,运载索在该支架上的靠贴力,当采用托索轮组时不得小于 500N ;当采用大直径托索轮时不得小于 900N 。

4 对于弦折角为负值的托索式支架,在最不利载荷情况下,运载索的拉力增大 40% 时,运载索不得离开托索轮。

5 运载索在每个压索式支架上的靠贴力,不得小于在该支架两侧较大 1 跨内的重索上,由 0.25kN/m^2 风压而产生的作用力的 1.5 倍。

6 对于拖牵式索道的压索式支架,在空索状态匀速运行时,运载索在该支架上的靠贴力,当采用压索轮组时不得小于 1000N ,当采用大直径压索轮时不得小于 1800N 。

7 当运载索的最小拉力减小 20% ,有效载荷增大 25% 时,运载索不得离开压索轮。

8 对于采用托索与压索组合轮组的支架,当运载索在该支架上所受的向上和向下的合力为零时,每个托压索轮上的最小靠贴力应符合本条第 1 款的规定,在其他情况下,运载索不得离开联合轮组中靠贴力较小的托索或压索轮。

7.4.5 支架配置应符合下列规定:

1 对于采用脱挂式抱索器的索道,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得小于最大制动距离的 1.2 倍。

2 运载索的最大倾角不得大于 45° 。

3 对于客车均匀分布的单线循环式索道,当一个跨距内有数辆客车时,重载索与空载索在该跨端部的倾角之差不宜大于 0.15rad 。对于脉动式索道,重载索与空载索在该跨端部的倾角之差不宜大于 0.225rad 。

7.4.6 客车底面的离地高度应符合下列规定:

1 吊椅式索道不宜大于 15m 。当索道线路每侧凹陷地段长

度,不超过 200m 时可达 20m,不超过 50m 时可达 25m。

2 吊篮式索道不宜大于 25m。当索道每侧凹陷地段长度,不超过 200m 时可取 30m,不超过 50m 时可取 35m。

3 吊厢式索道不宜大于 45m。当跨距内吊厢不超过 5 辆时,索道每侧凹陷地段的离地高度可取 60m。

7.4.7 拖牵式索道的线路配置应符合下列规定:

1 拖牵式索道的线路配置,应满足不得将乘客向上拖起离开拖牵道的要求,但紧急制动时可不受此限。

2 低位拖牵式索道的水平长度不宜大于 300m。

3 对于低位拖牵式索道拖牵道的向上纵向坡度,当乘客握住运载索上的把手时,不得大于 25%;当采用拖牵座时,不得大于 40%。

4 对于高位拖牵式索道拖牵道的向上纵向坡度,当采用单人拖牵座时,不得大于 60%;当采用双人拖牵座时,不得大于 50%。

5 拖牵式索道的拖牵道不宜有纵向向下坡度。

6 拖牵式索道拖牵道的横向坡度:当采用单人拖牵座时,不得大于 10%;当采用双人拖牵座时,不得大于 5%。

7.5 站房设计

7.5.1 站房设计应符合本标准第 3.5 节的有关规定,并应符合下列规定:

1 站口设备、站内主要设备和脱挂式抱索器的站内主要轨道,宜采用地面支撑方式进行配置。地面支撑构件应进行刚度校核。

2 对于有站房的索道,控制室宜设置在便于观察客车进、出站和乘客上、下车的位置。控制室应能隔声、通风和调温。索道的控制设备、控制按钮和计量仪表,宜集中设置在控制室内。对于无站房的索道,控制室可单独设置。

3 站房的地坪宜水平,当有纵向坡度时,坡度值不得大于

10%。站内地面应防滑。

7.5.2 对于采用固定抱索器的吊椅或吊篮式索道,站房的设计应符合本标准第 7.5.1 条的规定,并应符合下列规定:

1 吊椅索道的上、下车段,应设有标志。在距离下车段前 8s 时,宜设有提示收回扶手及脚踏板的明显标志。

2 在吊椅索道的上、下车段内,站台与吊椅椅面之间的高度宜为 0.5m。

3 在上、下车段附近应设置紧急停车按钮。

4 吊椅式索道上车段的长度,对于旅游索道,应为吊椅在 5s 内所运行的距离;对于滑雪专用索道,应为吊椅在 3s 内所运行的距离。

7.5.3 对于采用脱挂抱索器的车厢、吊篮或吊椅式索道,站房的设计应符合本标准第 7.5.1 条的规定,并应符合下列规定:

1 单独设置的驱动机室应能隔声并应设置通风设施,控制室的温度宜保持在 10℃~26℃。

2 每条索道至少应在一个端站内设置车库。

3 乘客在站内上、下车时客车的运行速度,吊厢或吊篮式索道不宜大于 0.5m/s;吊椅式索道宜为 1.0m/s;滑雪专用吊椅式索道宜为 1.3m/s。

4 对于吊厢或吊篮式索道,站内应设置防止客车横向摆动的并与客车底部导向装置相适应的导轨。

5 对于吊厢或吊篮式索道,上、下车站台宜与客车地板齐平。

6 推车系统加、减速器宜利用由运载索输出的动力直接驱动。

7.5.4 采用脱挂式抱索器的索道,应在站内设置下列装置和系统:

1 抱索状态监控装置;

2 脱索状态监控装置;

3 抱索力监控装置;

4 钢丝绳位置监控装置;

- 5 加减速及推车系统的速度监控装置；
- 6 对于自动开关门吊箱索道，设置开关门监控装置；
- 7 客车的排车和防撞系统。

7.5.5 对于拖牵式索道，起点站和终点站的设计应符合本标准第 7.5.1 条的规定，并应符合下列规定：

1 起点站和终点站的设计，应能防止乘客与驱动装置、拉紧装置、基础、支架和其他结构件相接触。

2 上车段的长度和上车点的位置，应根据索道运行速度、拖牵座形式和站内托索轮位置确定。

3 上车道前的候车区，应设立候车标志和引导乘客通向上车点的栏杆。上车道的设计，应便于乘客观察上车段。接近上车点的上车道，宜采用水平或微小的下坡坡度进行布置。

4 下车段的长度、下车点位置和下车道后的出口坡度，应根据索道运行速度、拖牵座形式和站内托索轮位置确定。

5 下车段宜采用水平或微小的下坡坡度进行布置。

6 下车点与运载索终点轮的距离，对于有拖牵盒的拖牵座不得小于拖牵座 16s 内所运行的距离，当拖牵盒的拖牵索长度小于 2.5m 时，则不得小于拖牵座 11s 内所运行的距离；对于有伸缩杠的拖牵座不得小于拖牵座 6s 内所运行的距离。

7 在上车点、准备下车的提示点、下车点、快速离开的提示点等位置，应设有标志。

8 当乘客在下车段未能离开拖牵座、拖牵杆未能收到正常位置可能造成事故或乘客滑近终点站可能出现危险时，索道应能自动停车。

7.5.6 单线循环式客运索道的电气设计应符合本标准第 3.6 节的有关规定。

8 索道工程施工

8.1 一般规定

8.1.1 索道工程的施工应具备下列技术文件：

- 1 索道设计说明书、施工图、设备材料清单以及其他设计文件；
- 2 机电设备产品合格证；
- 3 钢结构产品合格证或现场制作单位的质量证明文件，焊缝检查记录和预组装合格证；
- 4 钢丝绳产品质量证明书；
- 5 标有各测量桩点实测位置与实测标高的测量资料。

8.1.2 施工组织设计或施工方案应根据设计要求和复杂程度编制。

8.1.3 安装工程开始前，应复验与安装有关的土建基础工程，不合格的土建基础不得安装。

- 1 钢结构和设备基础的允许偏差，应符合表 8.1.3 的规定。

表 8.1.3 钢结构和设备基础允许偏差

序号	项 目	允许偏差(mm)
1	钢支架或钢结构基础纵向中心线对索道中心线的偏移(按相邻跨距中的较小跨距计算)	0.0005 <i>l</i> 但不得大于 50
2	钢支架或钢结构基础纵向中心线对索道中心线的偏斜	1/1000
3	相邻支架或站房与最近支架的基础横向中心线之间的跨距	0.001 <i>l</i> 但不得大于 100
4	同一钢支架或钢结构其分离基础中心线之间的距离	±10
5	同一钢支架或钢结构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

续表 8.1.3

序号	项 目		允许偏差(mm)
6	钢支架或钢结构基础顶面的标高		跨距和在 200m 以内时允许偏差 50;跨距和每增加 100m 时,允许偏差增加 10
7	与钢筋混凝土站房直接连接的钢结构基础顶面的标高		-10
8	无抹面的基础顶面对设计平面的倾斜度		1/1000
9	倾斜预埋的螺栓、锚杆或框架对设计平面的倾斜度		17/1000
10	预埋螺栓组中心线对设计中心线的偏移		+5
11	预埋锚栓	标高(顶部)	+20
		中心距	±2
	锚栓预留孔	中心线位置	+10
		深度	-20
		孔垂直度	10/1000
12	预埋件的标高		-20

2 采用锚栓预埋装置的支架基础和其他基础,锚栓预埋应准确定位、测量合格并应固定牢固后方可浇灌混凝土。

8.1.4 钢结构的运输与存放应符合下列规定:

1 钢构件应便于运输。客运索道钢结构宜采用热镀锌处理。附件及联接零件应单独进行标记。

2 钢结构在存放和搬运时,应能防止产生永久性变形,不得积水,并应防止底漆或热镀锌层的脱落。

8.1.5 索道工程施工前,应对安装设备及钢结构进行验收,不满足设计要求的产品不得交付安装。

8.1.6 机械设备的检查与安装应符合下列规定:

1 对于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,宜重新更换

全部润滑剂；

2 机械设备安装应符合设备技术文件的规定,并应符合现行国家标准《机械设备安装工程施工及验收通用规范》GB 50231 的有关规定。

8.1.7 电气设备的检查、保管、施工和安装,应符合电气装置安装工程施工及验收有关要求。

8.1.8 钢丝绳的安装应符合下列规定：

1 承载索和牵引索各种套筒的楔接或铸接以及运载索和牵引索的编接应满足质量要求；

2 套筒的分布位置及试验记录、套筒楔接或铸接的操作记录、运载索或牵引索的编接记录、检查结果、操作及检查人员均应记录。

8.2 钢结构安装

8.2.1 采用螺栓联接的钢结构,应在制造现场预组装,并应出具预组装合格证书。

8.2.2 在安装钢结构前,应检查并消除运输与存放过程中所产生的变形或缺陷。

8.2.3 永久性的普通螺栓连接,应接触紧密、连接牢固、有防松措施,外露丝扣不得少于 2 扣。高强度螺栓连接应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定。

8.2.4 钢结构的安装应符合下列规定：

1 索道纵横向中心线控制桩应由钢结构基础顶面设计中心点引出,并应用测量仪器控制钢结构的垂直偏差。

2 钢结构就位前,基础四角每一组锚栓中,应采用预先拧上一个螺母的方法,调整钢结构的垂直偏差。

3 每段钢结构偏差应逐段测量并控制。在安装上段钢结构时,应消除或减小下段钢结构的累积偏差,应防止连续出现同向偏差。对于桁架式钢结构支架,应校正每一层水平格的对角线尺寸,

允许偏差应为对角线长度的 1/1000。首层钢结构校正后应初步拧紧主肢底部的锚栓。

4 钢结构之间的联接面应接触紧密,接触面不应少于 70%。

5 桅杆式钢结构的拉索,应从低排向高排顺序安装和拉紧。每一排拉索,应按对角线方向,成对地调节拉力,边观测边调节,直至达到设计拉力。

6 钢结构安装的允许偏差,应符合表 8.2.4 的规定。

表 8.2.4 钢结构安装的允许偏差

序号	项 目	允许偏差(mm)
1	钢支架或钢结构顶面中心点对基础顶面设计中心点垂直线的偏移(按钢结构高度 h 计算)	$0.001h$ 且不得大于 50
2	钢支架鞍座(托、压索轮组)纵向中心线或钢结构站口桁架纵向中心线对索道中心线偏移(按较小跨距 l 计算)	双线货运索道为 $0.0002l$ 但不得大于 20,其他索道为 $0.0001l$ 但不得大于 10
3	钢支架或钢结构顶面的标高(在鞍座底面或轨道顶面测量)	跨距和 200m 以内时,允许偏差 50;跨距和每增加 100m 时,允许偏差增加 10
4	钢结构与同其直接联接的钢筋混凝土站房的标高之差(在鞍座底面或轨道顶面测量)	15
5	钢支架横担或钢结构站口桁架在索道横向中心线方向的水平度	1/1000
6	钢支架横担或钢结构站口桁架横向中心线在水平面上的扭转偏斜	3/1000
7	构件的弯曲矢高(按构件长度 l 计算)	$0.001l$ 但不得大于 10
8	构件的水平度	2/1000
9	构件的垂直度(按构件高度 h 计算)	$0.001h$

8.2.5 已安装的钢结构,在测量或校正时,应避开风力、日照、温

差等所造成的变形影响。

8.2.6 对于可调式或采用可调式线路设备的钢支架或钢结构站房,安装允许偏差可大于本标准表 8.2.4 的规定,但线路设备的安装应符合本标准第 8.3 节的有关规定。

8.2.7 钢结构就位并检查合格后,二次灌浆时宜采用无收缩灌浆料或比基础混凝土强度等级高一级的细石混凝土。二次灌浆层应密实平整,厚度不宜小于 50mm。

8.2.8 钢结构固定后,脱落的热镀锌层、底漆、面漆以及安装连接处,应在除锈合格后采取防腐处理。

8.3 线路设备安装

8.3.1 单线循环式索道托、压索轮组的安装应符合下列规定:

1 托、压索轮组的绳槽中心线应与运载索中心线吻合,偏移或偏斜的最大横向值,不得大于索距的 $1/2000$ 和运载索直径的 $1/15$ 。

2 各托、压索轮绳槽中心面,在承受牵引索的空索载荷后的垂直度允许偏差应为 $1/1000$ 。

8.3.2 单线循环式索道线路监控装置的安装应符合下列规定:

1 控制回路应配线整齐、绝缘良好、连接牢固。在可动部位两端,应用卡子固定牢固,并应留出裕度,不应使导线受到机械应力和磨损。

2 应对线路监控装置进行模拟试验。

8.3.3 固定鞍座的安装应符合下列规定:

1 衬垫应镶嵌密实,绳槽应平整光滑,各润滑点油路应畅通,绳槽应均匀涂上润滑油。

2 绳槽中心线应与承载索中心线吻合,偏移或偏斜的最大横向值,不得大于索距的 $1/2000$ 和承载索直径的 $1/15$ 。

3 托索轮组绳槽中心线应与牵引索中心线吻合,偏移或偏斜的最大横向值,不得大于牵引索直径的 $1/10$ 。

4 托索轮组中的每个托索轮均应调整到设计位置。

5 对于采用双承载索的双线往复式客运索道,每侧承载索固定鞍座的绳槽的允许偏差,应符合本条第 2 款的规定,两个绳槽的间距和平行度的允许偏差为 0~2mm,同一横截面绳槽中心标高的允许偏差为±2mm。

8.3.4 货运索道摇摆鞍座的安装应符合下列规定:

1 绳槽应清理干净并均匀涂上润滑脂;

2 绳槽的允许偏差,应符合本标准第 8.3.3 条第 2 款的规定;

3 中心轴水平度的允许偏差为 2/1000;

4 水平牵引式索道摇摆鞍座的托索轮绳槽中心线,应与牵引索中心线吻合,偏移不得大于 1.5mm,偏斜不得大于 1/1000。

8.3.5 偏斜鞍座的安装应符合下列规定:

1 绳槽的清理和允许偏差,应符合本标准第 8.3.4 条第 1 款、第 2 款的规定;

2 偏斜鞍座底面对设计平面的倾斜度的允许偏差为 2/1000;

3 轨道中心线应与承载索中心线吻合,偏移不得大于 1.5mm;

4 应检查弹性轨道的变形,并应校正弹性轨道的对称度。

8.4 钢丝绳安装

8.4.1 承载索、运载索、牵引索、平衡索和救护索的展开应符合下列规定:

1 绳盘损坏、钢丝锈蚀、铭牌或证书不符合设计要求时不得展开。

2 钢丝绳的展开应采用装有制动器和专用绳盘的放绳装置,放绳装置应有专人操作。

3 钢丝绳宜支承在支架上或特制的托滚上展开。

4 在钢丝绳的展开过程中,应保持施工组织设计规定的拉力,应防止钢丝绳受到磨损、擦伤、弯折、打结、开裂、松散等损伤,不得在土壤、岩石、树桩、钢结构或钢筋混凝土构筑物上拖牵钢丝

绳,不得将钢丝绳浸泡在水中。

5 钢丝绳展开时,沿线立配备专人观察钢丝绳的展开情况;钢丝绳端部应有随行人员观察;所有观察人员应配备与指挥人员联系的通信工具。

8.4.2 承载索的起吊应符合下列规定:

- 1 起吊前应检查承载索表面的涂油情况,受到破坏的涂油层宜补涂;
- 2 起吊前应逐个清理并润滑各种鞍座;
- 3 在起吊过程中应防止承载索过度弯曲;
- 4 起吊时宜采用两端带有托座的起吊横梁,不应单点起吊承载索。

8.4.3 承载索的连接应符合下列规定:

- 1 线路套筒与支架鞍座横向中心线之间的距离,不得小于该支架鞍座总长的 15 倍。
- 2 紧靠线路套筒、过渡套筒和末端套筒的承载索或拉紧索,应有检查连接质量的标记。
- 3 套筒受力 3d 后,承载索或拉紧索从套筒内拉出的长度,当采用加楔连接时不得大于承载索直径 $1/3$;当采用铸接时不得大于承载索直径的 $1/6$ 。
- 4 采用铸接时,浇铸后的锥体应从套筒中抽出检查。
- 5 当重锤在导轨中运动到上、下极限位置时,过渡套筒与偏斜鞍座或拉紧索导向轮之间的净空尺寸,不得小于 0.5m。
- 6 每个套筒应单独编号。

8.4.4 承载索的拉紧与锚固应符合下列规定:

- 1 承载索宜向锚固端方向拉紧。
- 2 承载索的拉紧应符合设计文件中规定的安装顺序和安装拉力。
- 3 承载索拉紧到设计值时,重锤应处于设计给定的位置。
- 4 重锤定位后,承载索的锚固应符合下列规定:

- 1) 采用夹块锚固方式时,夹块槽部和承载索的相应表面,应去除油污;工作夹块组的端面应紧贴支承面,相邻的工作夹块应互相紧贴,备用夹块与工作夹块之间应留出 5mm 的观察缝;夹块上的每个螺母,应按对角线循环交叉的顺序按设计的力矩拧紧;采用双螺母时,在基本螺母拧紧之后,应按相同的顺序和要求拧紧防松螺母。
- 2) 采用夹楔锚固方式时,楔块槽部和承载索的相应表面,应在去除油污后按设计要求将承载索楔紧。
- 3) 采用圆筒锚固方式时,承载索应紧密整齐地缠绕在圆筒上,最少圈数应符合设计规定。应按设计要求用夹块将承载索固定在锚固支座上,夹块之间应紧贴,螺栓应拧紧并应采取防松措施。

5 承载索锚固前,在每一个拉紧区段内,应选择一个靠近重锤的跨距进行挠度测量,承载索挠度的允许偏差不得大于设计值的 5%。

6 承载索锚固后,根据重锤撞杆的位置,应安装上、下限位开关,限位开关的位置应可调。

8.4.5 运载索、牵引索、平衡索和救护索的连接与就位应符合下列规定:

1 当牵引索、平衡索和救护索采用末端套筒与客车连接时,牵引索、平衡索和救护索应为整根钢丝绳,不得有编接接头,但在安装或使用中发生意外损伤时,可增加一个接头或编入一段新钢丝绳。编接接头与客车之间的距离应大于钢丝绳公称直径的 3000 倍。

2 无极缠绕的运载索、牵引索和救护索的编接接头不得超过 2 个。

3 编接接头的长度,货运索道不得小于钢丝绳直径的 1000 倍,客运索道不得小于钢丝绳直径的 1200 倍。编接接头所编入的绳股长度,不得小于钢丝绳公称直径的 60 倍。相邻 2 个编接

接头之间没有编接的钢丝绳长度,不得小于钢丝绳公称直径的3000倍。

4 被编接的2盘钢丝绳的参数和生产厂家应完全相同。

5 钢丝绳编结前宜进行预拉伸。

6 在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。

7 编好的绳体,应浑圆饱满、坚挺结实、抗夹抗压;打结部位的绳体应充填结实、耐压耐夹。

8 钢丝绳编好后,编入股部位钢丝绳的直径增大量不得大于钢丝绳直径的6%,打结部位钢丝绳直径增大量不得大于钢丝绳直径的8%。

8.4.6 对于采用双牵引索的双线往复式客运索道,应测准每根牵引索和平衡索的长度,安装后应使2根牵引索的拉力相接近。

8.5 站内设备安装

8.5.1 吊梁的安装应符合下列规定:

1 站口段吊梁的平面位置允许偏差为0~5mm;非站口吊梁的平面位置允许偏差为0~10mm。

2 吊梁标高的允许偏差为±5mm。

3 对于单线循环脱挂式抱索器客运索道,前后横梁的水平度的允许偏差为1/2000,2根横梁的间距允许偏差为0~5mm。

8.5.2 吊钩和吊架的安装应符合下列规定:

1 吊钩或吊架与轨道的结合面,应平行于轨道中心线,间距允许偏差为0~5mm。

2 吊钩或吊架与轨道的结合面中心标高的允许偏差为±5mm。

3 吊钩或吊架与轨道的结合面垂直度的允许偏差为5/1000。

8.5.3 轨道的安装应符合下列规定:

1 运行区段轨道的允许偏差应符合表8.5.3的规定。检修区段轨道的允许偏差可加大1倍。

表 8.5.3 运行轨道的允许偏差

序号	项 目		允许偏差(mm)
1	站内轨道的标高		±5
2	站内轨道中心线与相关设备中心线的距离		±5
3	直线轨道的直线度		1/1000
4	曲线轨道的曲率半径	与设备配套使用时	±5
		其他曲线段	0.005R
5	水平轨道的水平度		1/1000
6	轨道坡度的倾斜度		1.5/1000
7	轨道腹板的垂直度		5/1000

注：R 为曲线轨道的曲率半径。

2 站内轨道接头的轨顶高差不得大于 0.5mm。

3 轨道接头至最近吊钩的距离，直线段不得大于 0.7m，曲线段不得大于 0.5m。

4 轨道工作面应润滑。

8.5.4 道岔的安装应符合下列规定：

1 搭接道岔的标高应与基本轨道的标高一致；

2 搭接道岔的岔尖应与基本轨道紧贴，当客车、货车通过道岔时，岔尖应无翘起和摇动；

3 平移道岔的轨道中心线与基本轨道中心线的偏移，不得大于 0.5mm，接头间隙不得大于 2mm，轨顶高差不得大于 0.5mm。

8.5.5 导向板的安装应符合下列规定：

1 导向板与轨道之间水平距离的允许偏差为±2mm。

2 导向板与轨道之间垂直距离的允许偏差，当客车、货车上装有导向滚轮时为±5mm；没有导向滚轮时为±10mm。

3 导向板的接头应平滑。

4 导向板的工作面应润滑。

8.5.6 挂结器和脱开器的安装应符合下列规定：

1 挂结器或脱开器安装的允许偏差,应符合表 8.5.6 的规定。

表 8.5.6 挂结器或脱开器安装的允许偏差

序号	项 目		允许偏差(mm)
1	轨道工作面的标高		±2
2	轨道中心线与牵引索或运载索中心线之间的水平距离	货运索道	±1.5
		客运索道	±1.0
3	轨道工作面与抱索或脱索导轨工作面的高差	货运索道	±1.5
		客运索道	±1.0
4	轨道中心线与有关机构或设备中心线之间的水平距离	货运索道	±1.5
		客运索道	±1.0
5	轨道坡度的倾斜度	货运索道	1.5/1000
		客运索道	1/1000

2 采用脱挂式抱索器的索道,应按设计要求,以牵引索或运载索为基准,对特征点横剖面上的相关尺寸和特征点的纵向定位尺寸进行检查,并应校正设备和监控装置工作面与牵引索或运载索的相对位置。

3 挂结器或脱开器安装后,应检查客车、货车的通过性,不得出现抱索失误、抱索不良、脱索失误、脱索不良等现象,客车、货车在进出站时也不得出现异常摆动现象。

8.5.7 驱动装置的安装应符合下列规定:

1 除放置垫板处外,其余的基础顶面应铲麻处理,每 100cm² 面积内应有 3 个~4 个小坑,小坑的深度不得小于 20mm,铲麻后用水冲洗干净。

2 驱动轮和从动轮安装应符合下列规定:

1) 驱动轮纵、横向中心线对设计中心线的允许偏差,货运索道为 0~2mm,客运索道为 0~1mm。

2) 卧式驱动装置驱动轮的中心标高的允许偏差,货运索道

为 $\pm 2\text{mm}$,客运索道为 $\pm 1\text{mm}$ 。

- 3) 在任意方向检测,卧式或立式驱动装置驱动轮的水平度或垂直度的允许偏差,货运索道为 $0.3/1000$,客运索道为 $0.15/1000$ 。
- 4) 单槽或双槽驱动轮的绳槽中心线,应与出侧和入侧牵引索的中心线吻合,偏移不得大于牵引索直径的 $1/20$,偏斜不得大于 $1/1000$ 。
- 5) 从动轮的绳槽中心应对准双槽驱动轮相应的绳槽中心,用拉线法检测时,允许偏差应为牵引索直径的 $1/10$ 。
- 6) 立式驱动装置从动轮垂直度的允许偏差为 $0.3/1000$;卧式驱动装置从动轮的轴心线,对驱动轮横向中心线方向的垂直剖面平行度的允许偏差为 $0\sim 0.5\text{mm}$ 。

8.5.8 拉紧装置的安装应符合下列规定:

- 1 小车轨道中心线与设计中心线的允许偏差为 $0\sim 2\text{mm}$;
- 2 轨道工作面标高的允许偏差为 $\pm 2\text{mm}$;
- 3 轨距的允许偏差为 $+5\text{mm}$;
- 4 轨道的接头应平整光滑;
- 5 拉紧轮或拉紧索导向轮绳槽的中心线,应与出侧和入侧牵引索、运载索或拉紧索的中心线吻合,偏移不得大于拉紧索直径的 $1/20$,偏斜不得大于 $1/1000$;
- 6 拉紧装置安装后,拉紧小车的4个滚轮均应靠贴在轨面上。

8.5.9 导向轮的安装应符合下列规定:

- 1 导向轮中心标高的允许偏差为 $\pm 3\text{mm}$ 。当导向轮中心的标高直接关系到挂结或脱开质量时,允许偏差为 $\pm 1\text{mm}$ 。
- 2 导向轮绳槽中心线应与牵引索或运载索的中心线吻合,偏移不得大于牵引索或运载索直径的 $1/15$,偏斜不得大于 $1/1000$ 。
- 3 垂直导向轮的垂直度、水平导向轮的水平度或倾斜导向轮的倾斜度的允许偏差为 $0.5/1000$ 。

8.5.10 双线循环式货运索道迂回轮的安装应符合下列规定:

1 直径为 5m 或 6m 的迂回轮,在现场组装后,直径的允许偏差为 $\pm 6\text{mm}$,径向圆跳动不得大于 8mm ,端面圆跳动不得大于 10mm 。

2 迂回轮工作面与轨道中心线之间径向尺寸的允许偏差为 $\pm 10\text{mm}$ 。

3 迂回轮校正合格后,应将底座焊牢在支座上。

8.5.11 双线循环式货运索道滚轮组的安装应符合下列规定:

1 每个滚轮的径向圆跳动和端面圆跳动,不得大于 2mm ;

2 滚轮轮缘与货车运行小车之间的间隙,不得大于 10mm ;

3 滚轮组应能保证货车无障碍通过;

4 滚轮组的曲率半径,应采用弦长不小于 1500mm 的弧形样板检查,与样板之间的间隙不得大于 2mm ;

5 滚轮组的曲率半径应与轨道的曲率半径相适应,径向尺寸的允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$;

6 垂直滚轮组各滚轮绳槽中心直线度的允许偏差应为牵引索直径的 $1/10$;

7 垂直滚轮组绳槽中心线应与牵引索中心线吻合,偏移的最大横向值,不得大于牵引索直径的 $1/10$;

8 水平滚轮组各滚轮绳槽中心平面对设计水平面的允许偏差应为牵引索直径的 $1/10$;

9 滚轮组弧长范围内轨道顶部标高的允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$ 。

8.5.12 双线往复式客运索道滚子链的安装应符合下列规定:

1 在安装过程中导轨或滚子架的工作面,不得受到损伤。

2 导轨或滚子架工作面的曲率半径,应采用弦长不小于 1.5m 的弧形样板检查,与样板之间的间隙不得大于 1mm 。

3 导轨任意横截面的槽底轮廓线或固定滚子的工作母线水平度的允许偏差为 $3/100C$ 。

4 导轨或滚子架的接缝处,间隙不得大于 1mm ,高差不得大于 0.5mm 。

5 小链板滚轮中心线应与导轨及大链板导槽中心线吻合,滚轮运动时,滚轮不得损伤上、下导槽边缘。

6 大链板绳槽或固定滚子中心线应与承载索中心线吻合,偏移的最大横向值,不得大于承载索直径的 $1/20$ 。

7 大链板绳槽中心或固定滚子工作面标高的允许偏差为 $\pm 3\text{mm}$ 。

8 大链板绳槽与承载索表面或固定滚子工作面与承载索保护面宜相互接触;未接触处的间隙,不得大于 1mm 。

9 扁钢或滚子架与预埋件的正式焊接,应在滚子链安装合格后进行。

10 采用双承载索的双线往复式客运索道,每个轨路中的双滚子链,除应符合本条第 1 款~9 款的规定外,2 个绳槽的间距和平行度的允许偏差为 $0\sim 2\text{mm}$ 。同一横截面绳槽中心标高的允许偏差为 $\pm 2\text{mm}$ 。

8.5.13 重锤的安装应符合下列规定:

1 导轨中心线对设计中心线的允许偏差为 $0\sim 20\text{mm}$ 。

2 在全长范围内,导轨垂直度的允许偏差为 $0\sim 10\text{mm}$ 。

3 导轨轨距的允许偏差为 $+50\text{mm}$ 。

4 导轨的接头应平整光滑。

5 重锤块应交错排列、互相靠紧、避免松动和防止掉落。

6 整体混凝土重锤应按设计施工,并应取样测定密度和强度。

7 重锤或重锤箱上的导向块与导轨之间上下左右的间隙应相等,当间隙不相等时,应调整重锤块的位置。

8 重锤或重锤箱在升降过程中不得出现卡阻现象。

9 牵引索或运载索重锤质量的允许偏差,货运索道为 $8/1000$;客运索道为 $4/1000$ 。

10 承载索重锤质量的允许偏差,货运索道为 $12/1000$;客运索道为 $6/1000$ 。

8.5.14 货车的安装应符合下列规定：

1 货车应按设计要求逐辆检查脱挂式抱索器的功能尺寸，不合格的货车不得交付安装。

2 吊架在纵、横向的各种变形不得大于 5mm；吊钩间距的允许偏差为 0~3mm；吊钩孔同轴度的允许偏差为 0~2mm。

3 货箱箱体的变形量，货箱口对角线长度之差不得大于 5mm，两端销轴同轴度的允许偏差为 0~2mm。

4 对于翻转式货车，应检查启闭机构的灵活性与可靠性以及货箱翻转的灵活性。

5 对于底卸式货车，应检查启闭机构和底板的灵活性与可靠性。

6 应对货车与站内轨道、道岔、吊钩、护轨、挡轨、导向板、装载、卸载、复位等设施的适应性进行检查。

7 货车应按顺序编号。

8.5.15 客车安装应符合下列规定：

1 双线往复车厢式索道客车的安装应符合下列规定：

1) 运行小车应先在地面进行检查，各车轮绳槽中心直线度的允许偏差应为运行小车总长的 1/1500 和承载索直径的 1/20。各车轮与小横梁或各大、小横梁之间，应无松动、无窜动、无碰刮、无卡阻。采用双承载索的客车，2 个运行小车的间距和平行度的允许偏差为 0~3mm。

2) 牵引索末端套筒的连接，应符合本标准第 8.1.8 条的规定。

2 单线循环式索道客车的安装应符合下列规定：

1) 安全扶手、踏板或围栏，应能灵活动作；

2) 车门和车门机构应能灵活动作，并应与站内的开关门机构相协调；

3) 减振器、导向器等重要部件的安装，应符合设备技术文件的规定。

- 3 各种客车的导向器,应与站内的导向装置相协调。
- 4 应对各种客车与站内有关设施的适应性进行检查。
- 5 客车的应按编号顺序安装。

9 索道工程试车与验收

9.1 试 车

9.1.1 索道试车应在土建、设备安装工程完毕后,经检查已具备试车条件时进行。

9.1.2 索道无负荷试车,应由安装单位和主体设备供应方组织有关单位参加;索道负荷试车,应由建设单位组织有关单位参加。

9.1.3 无负荷试车应符合下列规定:

1 单机调试应符合下列规定:

- 1)应从部件到组件、从组件到单机逐级调试,上一步骤未合格前,不得进行下一步骤的调试;
- 2)驱动装置等设备的连续运转时间不得少于4h,其中额定速度的运转时间不应少于运转时间的60%;
- 3)驱动装置、液压拉紧装置等设备的液压与润滑系统的油压、油位和油温应正常。

2 在单机调试的基础上,应进行联动试车。联动试车累计试车时间不得少于4h。

3 牵引索和运载索试车应符合下列规定:

- 1)牵引索或运载索安装合格后,应由慢速至额定速度进行试车,累计试车时间不得少于4h;
- 2)牵引索或运载索在托、压索轮组上应稳定靠贴;
- 3)相关设备及运行系统的工作应正常。

9.1.4 负荷试车应符合下列规定:

1 空车试车应符合下列规定:

- 1)应从端站发一辆空车以慢速运行一圈,进行通过性检查;然后再以额定速度运行一圈,线路上和站内不得有任何

阻碍。

2) 循环式索道应以额定运行速度, 先从端站分别将空车按 2 倍设计车距布满全线运行一圈进行试车, 再按设计车距全线布满空车进行试车。线路上布满空车累计运行时间, 不得少于 4h。

3) 上一步骤未合格前, 不得进行下一步骤的试车。

2 货运索道重车试车应符合下列规定:

1) 在全线按设计车距布满空车的基础上, 应由装载站发出一辆重车以额定运行速度进行通过性检查, 净空尺寸应符合本标准第 3.3 节的有关规定;

2) 在全线按设计车距布满空车的基础上, 应先按 4 倍设计车距将重车布满重车侧线路, 再按 2 倍直至设计车距将重车布满重车侧线路, 并应以额定运行速度进行重车试车;

3) 全过程累计试车的时间不得少于 4h;

4) 在最不利缺车试车时, 应检查驱动装置在启动和制动时的抗滑性能和电动机的过载、发热等情况。

3 往复式客运索道重车试车应符合下列规定:

1) 应采用重物按设计载荷的 25%、50% 和 100% 分别进行试车;

2) 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联锁性能;

3) 客车制动器应按设计要求进行检测;

4) 全过程累计试车的时间不得少于 4h。

4 循环式客运索道重车试车应符合下列规定:

1) 应采用重物按设计载荷的 25%、50% 和 100% 分别进行试车;

2) 应对控制系统进行检测, 并应检查索道在 25%、50% 和 100% 载荷情况下的启动和制动性能, 以及检查站内和线

路监控装置的联锁性能；

3) 全过程累计试车的时间,不得少于 4h。

9.1.5 客运索道试车期间,在满载情况下应进行紧急驱动运行试验;在索道线路适宜地段应对垂直救援设备的性能进行检查;对每一台水平救援设备应分别进行试验。

9.1.6 在整个试车过程中应进行记录。

9.2 试 运 行

9.2.1 索道的试运行应在联动负荷试车合格后进行。

9.2.2 索道试运行工作应由建设单位组织。

9.2.3 客运索道试运行不宜少于 120h;货运索道试运行不宜少于 60h。

9.3 工 程 验 收

9.3.1 索道试运行结束后,可进行工程验收。

9.3.2 索道工程验收工作应由建设单位组织,有关单位参加。

9.3.3 索道工程验收时,应具备下列技术文件和资料:

- 1 全套施工图及设计说明书;
- 2 设计变更通知单;
- 3 主要材料出厂合格证及检验报告;
- 4 重要焊接部位的焊接试验记录;
- 5 机电设备和钢丝绳出厂合格证;
- 6 索道竣工测量成果;
- 7 隐蔽工程验收文件;
- 8 混凝土结构和钢结构工程验收备案文件;
- 9 设备安装工程验收文件;
- 10 接地电阻测试记录;
- 11 各种套筒的试验记录、操作记录、检查结果和分布位置;
- 12 牵引索或运载索的编接记录;

13 承载索、牵引索或运载索的挠度测量记录；

14 客车制动器的制动性能试验记录；

15 索道试车记录。

9.3.4 客运索道在有关责任方验收合格并试运行期满后,应进行安全检验,应在通过安全检验并取得运营许可证后正式投入运营。

9.3.5 货运索道应在工程验收后投入运营。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《建筑地基基础设计规范》GB 50007

《钢结构设计标准》GB 50017

《高耸结构设计标准》GB 50135

《构筑物抗震设计规范》GB 50191

《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205

《机械设备安装工程施工及验收通用规范》GB 50231

《承压设备无损检测 第3部分:超声检测》NB/T 47013.3

中华人民共和国国家标准

架空索道工程技术标准

GB 50127 - 2020

条文说明

编制说明

《架空索道工程技术标准》GB 50127—2020,经住房和城乡建设部 2020 年 1 月 16 日以第 45 号公告批准发布。

本标准是在原国家标准《架空索道工程技术规范》GB 50127—2007 的基础上进行修订的。本标准上一版的主编单位是昆明有色冶金设计研究院,参编单位是中国有色工程设计研究总院、南昌有色冶金设计研究院、长沙有色冶金设计研究院、鞍山冶金矿山设计研究总院、泰安泰山索道运营中心、泰安索道安装公司、云马飞机制造厂索道缆车工业公司、宁夏恒力钢丝绳股份有限公司,主要起草人员是王庆武、杨家麟、任宏州、王红敏、郭向东、彭加宁、苏莘文、田庆林、李爱国、王晓晴、白文华、徐海西、蒲德友、包兴元。本次修订的主要技术内容见前言。

为便于广大设计、生产、施工、科研、学校等单位在使用本标准时能正确理解和执行条文规定,《架空索道工程技术标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明,还着重对强制性条文的强制性理由做了解释。但是本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总 则	(107)
2	术语和符号	(109)
2.1	术语	(109)
2.2	符号	(110)
3	索道工程设计基本规定	(111)
3.1	风雪荷载	(111)
3.2	线路和站址选择	(111)
3.3	净空尺寸	(112)
3.4	支架设计	(113)
3.5	站房设计	(113)
3.6	电气设计	(114)
3.7	救援设计	(117)
4	双线循环式货运索道工程设计	(119)
4.1	货车	(119)
4.2	承载索与有关设备	(121)
4.3	牵引索与有关设备	(125)
4.4	牵引计算与驱动装置选择	(127)
4.5	线路设计	(130)
4.6	站房设计	(131)
4.7	保护设施	(134)
5	单线循环式货运索道工程设计	(136)
5.1	货车	(136)
5.2	运载索与有关设备	(137)
5.3	牵引计算与驱动装置选择	(138)

5.4	线路设计	(139)
5.5	站房设计	(141)
6	双线往复式客运索道工程设计	(144)
6.1	客车	(144)
6.2	承载索与有关设备	(147)
6.3	牵引索、平衡索、救护索与有关设备	(149)
6.4	牵引计算与驱动装置选择	(150)
6.5	线路设计	(150)
7	单线循环式客运索道工程设计	(152)
7.1	客车	(152)
7.2	运载索与有关设备	(153)
7.3	牵引计算与驱动装置选择	(155)
7.4	线路设计	(156)
7.5	站房设计	(157)
8	索道工程施工	(158)
8.1	一般规定	(158)
8.2	钢结构安装	(160)
8.3	线路设备安装	(161)
8.4	钢丝绳安装	(161)
8.5	站内设备安装	(163)
9	索道工程试车与验收	(165)
9.1	试车	(165)
9.2	试运行	(166)
9.3	工程验收	(166)

1 总 则

1.0.1 《中华人民共和国特种设备安全法》于 2013 年 6 月 29 日由中华人民共和国第十二届全国人民代表大会常务委员会第三次会议通过,自 2014 年 1 月 1 日起施行。本次修订时,力求贯彻特种设备安全法及环保节能等法规,坚持安全第一、预防为主、节能环保、综合治理的原则,依据国际最新标准中符合世界索道发展趋势并适合我国索道实际情况的内容,吸取近年来有关的科研成果,努力提高我国索道的设计水平、技术经济指标和安全可靠性,引导索道工程建设可持续发展。

1.0.3 为了保证索道工程建成后,能取得良好的经济效益、社会效益和环境效益,本条强调在工程进行可行性研究时,对总体方案要从建设条件、技术条件等多方面论证其合理性,科学决策,控制投资与建设风险。

建设条件一般是指索道站址和线路通过区域地形、地貌、植被、景观、地质、气象等自然情况,以及水、电、路、通信等基建时的外部情况。

技术条件是指根据建设条件所采取的技术方案和技术措施,能否满足建设规模、建设周期、景观协调、安装运行、规程等技术要求。

1.0.4 由于客运索道和货运索道涉及人身安全方面的环节较多,目前国内具备资质的设计单位和生产索道定型产品的制造厂家为数较少,因此,对新开发的涉及人身安全的新技术、新工艺、新设备和新材料提出了严格的要求。

鉴于目前国内客运索道的技术水平领先于货运索道,因此,在工程设计中,尽量将客运索道中行之有效的新技术、新工艺、新设

备、新材料,有目的、有选择、有步骤地运用到货运索道中来,从而迅速提高我国货运索道的技术水平。

1.0.5 客运索道建设需要严格执行国家《环境保护法》《风景区条例》以及《保护世界文化和自然遗产公约》等法律、法规的规定,与景区景观相协调,达到保护生态与自然的平衡,同时还要以人为本,尽量方便旅游、满足游客不断增长的物质文化需求。

在确定索道站址和线路方案时,索道运量要和景区的客流量相匹配,特别考虑在最大运载量时景点人流的集散问题,此外,还需考虑景区不断发展的潜在需求,实现景区规划与索道建设规划的有机统一。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1~2.1.8 这八条主要解释了索道类型、运载工具、抱索器等术语的含义。

索道从功能上分,有客运索道和货运索道两大类;从索系上分,有单线索道和双线索道两大类;从运行方式上分,有往复式、循环式、脉动循环式等索道形式;从抱索器结构上分,有固定抱索器索道和脱挂抱索器索道两种;从运载工具上分,有车厢、车组、吊厢、吊篮、吊椅、拖牵座等形式。

上述四大类别与各种结构形式,组成了名目繁多和用途广泛的架空索道。如单线循环脱挂抱索器吊厢式客运索道、双线往复固定抱索器货运索道、单线脉动循环固定抱索器车组式客运索道。

2.1.9 由于抱索器的抗滑安全系数是索道安全运行的重要参数,同时也是为了条文叙述更加简洁,因此,本次修订新增该术语。

2.1.17~2.1.34 这些条文主要解释了传动区段、拉紧区段、索道用钢丝绳专业名称、各种线路设备、线路设施等术语的含义。

钢丝绳的抗拉安全系数为钢丝绳最小破断拉力与最大工作拉力的比值。其中,钢丝绳最大工作拉力是指不计入惯性力的最大工作拉力。本标准中最大工作拉力需要计入惯性力时,需按有关条文执行。

2.1.35、2.1.36 当客运索道发生故障时,对滞留在线路上的乘客采用的救援方式主要有两种:一种是垂直救援;另一种是水平救援。采用何种救援方式需根据不同的地形条件、实施的难易程度及救援时间的长短来选择。为了确保乘客安全,每条索道需要配备上述两种救援方式之一的设备,或同时配备两种救援方式的

设备。

2.1.38~2.1.46 这几条主要解释了各种站房和站内设备的术语的含义。

2.1.47~2.1.49 索道的主驱动、紧急驱动、救援驱动,各有不同的使用功能并体现不同的装备水平,在确定索道工艺方案和设备选型时应当根据具体情况分别对待,真正发挥索道运输的经济效益、环境效益和社会效益。

2.2 符 号

2.2.1~2.2.4 这四条是对本标准中采用较多的符号进行了说明。本次修订时,对基本参数、牵引计算与设备选择和线路设计中,同一符号同时代表不同物理量的情况进行了修改,避免使用时发生混淆。

3 索道工程设计基本规定

3.1 风雪荷载

3.1.1 本次修订时,根据欧洲标准并结合国内实际情况,将索道停运时的最小风压取值调整为 1.2kN/m^2 。

执行时需注意,当计算钢丝绳侧向位移和校核承载索在鞍座上的靠贴安全性时,风压的取值有所不同。

3.1.2 本次修订时,根据欧洲标准,新增了对无外罩吊椅体型系数的取值规定,并对客车车厢体形系数的取值进行了修订。

3.1.3 本次修订时,根据欧洲标准,采用了更为精确的计算方法来确定钢丝绳承受风力的计算长度值。

3.1.4~3.1.6 随着我国旅游业特别是滑雪旅游业的发展,滑雪场的相继建立,在冰雪地区修建索道的需求逐渐增多。因此,本次修订时,根据欧洲标准中的相关内容,新增了对于建在冰雪地区索道的钢丝绳上冰荷载取值,以及在校验钢丝绳抗拉安全系数时,风荷载和冰荷载如何组合取值的规定。

3.2 线路和站址选择

3.2.1 本条规定了各种类型索道线路选择的一些基本原则,本次修订时,新增了当线路方向或索距发生改变的限制条件。

对于循环式索道线路,推荐选择地形起伏和高差不大的地段,指的是循环式索道线路,需要避开多次起伏的地形和高差大的凸起地段以及难以跨越的凹陷地段。

对于索道与架空电力线路交叉时的要求,目前现行国家标准《66kV 及以下架空电力线路设计规范》GB 50061 中有相关规定,索道与 66kV 及以下架空电力线路交叉时,按 GB 50061 执行。

3.2.2 本条对站址选择做出了规定。

1 站址的选择是否合理和能否满足建站要求,关系到站房乃至整条索道工程基建费用的高低,并对基建施工和生产管理产生较大的影响。

2 在索道工程建设中,不占或少占农田,是需要遵守的一项基本原则。

3 站址要避开滑坡、雪崩、沼泽、泥石流、溶洞等不良工程地质区域或采矿崩落等不良影响区域,并设在具有一定耐力的工程地质区。

4 满足索道钢丝绳进出站角的要求是为了保证抱索器与牵引索或运载索的挂结效果,提高抱索器的挂结、脱开可靠性。

3.3 净空尺寸

3.3.1、3.3.2 这两条条文在执行时需注意下列几点:

(1)净空尺寸过去称为界限尺寸,但索道的净空尺寸与铁道的界限尺寸是完全不同的两个概念。前者是指索道的最大轮廓线与障碍物表面之间的距离,即安全距离。后者是指轨道顶面或轨道中心线与障碍物表面之间的控制尺寸,再减去车辆的轮廓尺寸,才能求出实际的安全距离。

(2)从安全角度出发,当校验索道上方障碍物的最小垂直净空尺寸时,以索道顶部的最高静态位置为准;当校验索道下方障碍物的最小垂直净空尺寸时,索道底部的最低静态位置加上动态附加值,以最低位置为准。

(3)客、货车与内、外障碍物之间的最小水平净空尺寸,是指已经考虑了客、货车或钢丝绳摆动之后的净空尺寸,此点在选用时请特别注意。

(4)本次修订时,新增了索道跨越公路时的具体净空尺寸值。

由于索道跨越铁路的情况比较复杂,有跨越标准轨距铁路、762mm 轨距铁路、单轨铁路、电气化铁路等,因此,本次修订时,未

对铁路的最小垂直净空尺寸的数值做出规定,当需要跨越时,需视具体情况,查找国家有关标准的要求并与铁道部门协商确定。

现行国家标准《66kV 及以下架空电力线路设计规范》GB 50061 针对不同线路电压情况,对索道穿越或跨越电力线路时的净空尺寸已做出了明确规定,故索道需穿越或跨越 66kV 及以下架空电力线路的净空尺寸按 GB 50061 执行。

(5)本次修订时,对于有导向装置支架的客货车或钢丝绳摆动情况,根据不同速度做出了修订,并将原标准第 3.1.4 条中对索距验算的净空尺寸的要求,修订后归纳到本标准表 3.3.2 中。

3.4 支架设计

3.4.1 本条对支架设计做出了规定。

(1)钢支架具有结构轻巧、制造精确、拆卸容易、搬运方便、施工周期短、安装精度高等优点,因此,推荐采用钢结构支架。

(2)处于低温工作环境中的钢结构支架,其主要承载构件需进行疲劳验算,对材料的冲击韧性要求和防腐要求按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 中的有关规定执行。

(3)支架顶部的操作台,过去设计时多半采用水平结构或坡度不大的台阶形结构。当钢丝绳的倾角较大、客车或货车产生纵向摆动时,往往会碰撞操作台,因此,要求将操作台设计成与钢丝绳倾角一致的台阶形。

3.4.2 本次修订时,将支架荷载重新进行了分类,并增加了支架进行抗震设计的要求,以及支架的覆冰荷载计算按现行国家标准《高耸结构设计规范》GB 50135 的有关内容执行的规定。

3.5 站房设计

3.5.3 本条为强制性条文,必须严格执行。货运索道挂结不良的货车最有可能在站口坠落,高架站房的站口有可能出现人员或物体的坠落。为避免由于货车、人员或物体坠落而产生人员伤亡事

故,本条规定有行人或车辆通过的单层站房的站口必须设置防止横穿线路的隔离设施,高架站房的站口,必须设置防止人员或物体坠落的保护设施。

3.5.6 本条第2款为强制性条文,必须严格执行。由于客运索道站房除了安放索道设备外,还是乘客上下客车的场所,因此,站房的设计必须确保站内的机械设备、电气设备和钢丝绳等不危及乘客和工作人员的人身安全。

3.5 电气设计

3.6.1 本条对索道的供电做出了规定。

1 为了提高索道运输的安全可靠性,无论是客运索道还是货运索道,采用双重电源供电是最佳的供电方式,但根据对国内供电情况的调查,采用双重电源供电难度较大,因此,本条对此不做强制性规定。

2 由于客运索道对安全可靠性的特殊要求,对采用双重电源供电有困难的客运索道,当采用单回路电源供电时,需配备柴油发电机组或其他形式的内燃机,作为索道的应急动力,其容量要满足至少能以低速回运全部在线乘客的要求。

3.6.2 客运索道的牵引力大小会随乘客多少及流向的变化而变化,甚至引起牵引力方向的变化。除非能排除牵引力改变方向的可能,否则传动装置要求能实现四象限运行。

货运索道物流方向固定,是否会出现负力可以通过计算获得。只需对可能产生负力的索道,要求四象限运行。

为达到节能环保的目的,本次修订增加了电机发电运行时,能量宜回馈电网的要求。

3.6.3 索道运行时进行控制方式的切换,有可能造成控制系统的故障,带来安全隐患,所以,本次修订增加了要求控制方式的切换,在索道停止运行的状态下进行的要求。

3.6.4 本条为强制性条文,必须严格执行。安全电路是索道设计

最重要的电路之一,是保障索道安全运行的关键电路。为保证电路的可靠性,结构上要求采用各安全装置的常闭节点串联组成,其中任何一个安全节点动作时,安全电路断电,安全继电器动作,发出停车及报警信号,避免事故的发生。

3.6.5 本次修订时,增加了对安全电路的一系列具体的规定。

3.6.6 本次修订时,对索道运行过程中出现需要接入安全电路的故障情况进行了增补。

3.6.7 本条为新增条文。索道设备数量众多、布置分散,其运行相关性强,相互影响。控制室启动前需了解各控制点设备状态,只有各控制点准备就绪,发出准备就绪信号,控制室才能做出运行决定。

索道启动后自动撤销准备就绪信号是为了确保下次启动时收到及时、正确的信号。

3.6.8 本条为强制性条文,必须严格执行。为确保索道运行安全,运行指令需要在所有涉及安全启动的条件都具备时才能生效,而停车指令常与设备故障相关联,是设备故障的体现,停车是防止事故扩大的有效措施,所以,停车指令优先其他控制指令,是最高级别的指令。

3.6.9 本次修订对紧急停车按钮安装点进行了补充和完善,并新增了紧急停车按钮的设置要求,使信号不用通过 PLC 而直接起作用,以确保信号的可靠性。

3.6.11 本次修订时,对维修开关的安装点进行了补充和完善。

3.6.12 本条对索道的通信设施做出了规定。

(1)由于索道运输的特殊性,索道的线路和站房所建地区的无线信号有可能无法完全覆盖,一旦各站房及控制室之间的内部专用电话发生故障导致通信中断,将给索道运行带来安全隐患,因此规定要设置备用通信系统。

(2)当安全功能被屏蔽时,索道运行处于了无保护状态,需要通过工作电话来互通信息,保证安全,所以要求工作电话系统始终

保持畅通。

(3) 客运索道的广播系统担负着故障时将故障信息通知乘客、安抚乘客情绪的作用,所以在停电情况下广播系统不能停止运行。

3.6.13 本条规定中“风速达到 20m/s”是指与 0.2kN/m^2 工作风压相对应的工作风速值。根据索道的实践经验,报警风速值一般设定在工作风速的 80% 左右。当报警信号发出后,操作人员需采取降低运行速度等措施,以保证索道的安全运行。

通过考察得知,有的索道风速报警值设为 16m/s,当索道风速达 18m/s 时索道自动停车;有的索道当风速达 18m/s 时,索道自动减速,当风速持续达到 20m/s 时,索道才停止运行。因此,建议不同索道的风速报警值和停运值,在 20m/s 范围内根据索道的不同地理位置和气候特点以及管理经验合理确定。

3.6.14 客运索道主电源故障时,需要实施救援工作,控制室、驱动机室、配电室、柴油发电机房需保持正常工作,所以本次修订增加了设置备用照明,并应当保持正常照度的要求。

对于夜间运行的客运索道,停电时需进行乘客的疏散,所以要求设置疏散照明;对于货运索道,站内人员少,对环境熟悉,所以对疏散照明没有严格要求。

对于夜间运行的货运索道,在站口设置投光灯,方便操作人员观察货车的进出站。对于客运索道,不建议设置投光灯,避免强光照射刺激乘客,给乘客带来的不适感。操作人员可以借助客车内的照明观察客车的进出站。

3.6.15 由于绝大多数索道均建在山区和丘陵地带,因此索道的防雷与接地显得更为重要。本次修订对防雷与接地的要求进行了补充和完善。

为了拦截雷电,使承载索或运载索免遭雷电的袭击,本次修订增加了在雷电频繁地区,在承载索或运载索上方设置接闪线的要求。

本次修订增加了安装在站房外部的监控摄像、广播、景观照

明、射灯等外露电器设备和信号线路,均应当安装在接闪器的保护范围内的要求,是为了防止这些设备遭受雷击后,通过连接线路将高电压引入站房。

3.7 救援设计

3.7.1 本条为强制性条文,必须严格执行。本次修订时,将原标准中回运设计和营救设计改为更为贴切的应急运行设计和救援设计。

应急运行是指当索道发生在长时间内不能恢复正常运行故障时,启动紧急驱动或救援驱动系统,把滞留在线路上的乘客运回站内。

救援是指当索道发生在较长时间内不能正常运行的故障而又不能在短时间内恢复运行时,采用救援设备把滞留在线路上的乘客救援至地面或沿线路直接运回站内或转移到附近支架的下车平台上,再通过支架爬梯回到地面,所采用的技术措施。

当索道发生在较长时间内不能恢复运行的故障时,采用应急运行方式将滞留在线路上的乘客送回站内,既省时又省力,还能更好地保证乘客的安全和减小乘客的心理压力,所以应该优先采用这种方式。救援只有在不能实现应急运行的情况下,才能实施。

要确保客运索道的安全运行,做到预防为主,杜绝或减少安全事故的发生,应急运行设计和救援设计是客运索道设计工作中不可或缺的组成部分。

3.7.2 由于在同一条索道会同时用到两种救援方式,本次修订对采用垂直救援的条件做了修改。

对于单线循环固定抱索器吊椅或吊篮式索道,由于客车的离地高度不大,其救援作业比较简单。根据国内一些索道的实践经验,将拉紧轮向站口方向移动,使大部分吊椅降落地面,未降落地面的少数吊椅,借助爬梯、安全带等简单的救援工具,便能实施垂直救援作业。

对于单线循环脱挂抱索器车厢式索道,由于客车的离地高度较大和客车的数量较多,救援难度相对较大。采用性能良好的,并由地上救援人员操作的缓降器进行垂直救援,整个救援过程会比较省时省力。

对于客车定员较多的双线往复车厢式索道,由于配备了乘务员,借助于性能优良的缓降器,在客车离地高度不大于 100m 的条件下,也能实施垂直救援作业。

3.7.3 为确保乘客的安全,本次修订时,新增了对垂直救援设备的具体要求。

3.7.4 对于单线循环脱挂抱索器吊厢式索道,在需要区段内设置水平救援系统,并配备救援客车。进行水平救援时,乘客由救援队员协助进入救援客车,将乘客转移到附近支架的下车平台上,再通过支架爬梯或外部设备回到地面。

对于双线往复车厢式索道,在承载索的上方,另外架设救援系统,并配备救援客车。进行水平救援时,乘客由车厢进入救援客车内,将乘客救援到站内。

3.7.5 为确保乘客的安全,达到最佳的救援效果,本次修订增加了对水平救援设备的一系列要求。

3.7.6 水平救援与垂直救援各有不同的优缺点,对于某些条件特殊的索道,例如建在海拔很高、天气变化无常和地形起伏很大地区的索道和需要跨越原始森林、湍急河流、建筑群或高压输电线路的索道,单纯使用一种救援方法,很难奏效,此时,就需要采用水平与垂直联合救援方式。

其他救援方式指采用外部设备,如移动式液压平台进行的救援。

3.7.8 本次修订时,根据欧洲标准以及对国内索道救援时间的调查,将救援作业的时间要求由 3.0h 延长至 3.5h。

4 双线循环式货运索道工程设计

4.1 货 车

4.1.1 本条对货车的选择做出了规定。

1 下部牵引式货车的牵引索位于承载索的下方,水平牵引式货车的牵引索位于承载索的侧边。两种牵引形式对各种线路侧形适应程度不同。

下部牵引式索道的地形适应能力较强,是国内外双线索道工程中的常用形式。

与采用下部牵引式货车的索道相比,采用水平牵引式货车的索道在运行过程中牵引索的挠度和承载索基本一致,波动较小。承载索不受牵引索折角所引起的附加压力作用,承载索的工作寿命较长,货车运行平稳,因此水平牵引式索道特别适用于凸起地形。但是,采用水平牵引式货车的索道要求牵引索和承载索在全线上保持近似一致的挠度,索道传动区段越长、线路起伏变化越大,挠度变化则越不易控制。因此,牵引索拉得过紧或过松,就可能引起货车倾斜,甚至造成事故,同时,由于水平牵引式货车的抱索器是从上方抱住牵引索,一旦发生掉车事故,牵引索难以从抱索器中脱出,常常引起“一串货车”同时掉落。此外,水平牵引式货车不能自动转角,国内外还没有使用实例。综上所述,采用水平牵引式货车的索道只适用于凸起地形,线路长度较短(我国现有的几条采用水平牵引式货车的索道长度均没有超过 2km),并且不需要转角的场合。

2 目前广泛使用的重力式抱索器,可以适应运输能力为 300t/h(货车有效载荷为 20kN)或稍大的索道工程。当货车有效载荷达 32kN 和运行速度超过 3.6m/s 时,重力式抱索器就难以保

证货车与牵引索可靠的挂结和脱开,因此应当选用弹簧式抱索器。

3 翻转式货车结构简单且卸料方便,在货运索道中得到广泛应用,但是运输黏结性物料时,货箱因黏结造成卸料不干净,影响索道的运输能力。目前,又无可靠的清理方法,多数索道采用人工敲打方法清理货箱,不仅劳动强度大,而且使货箱严重变形,诱发事故。因此建议采取底卸式货车运输黏结性的物料。

4 生产实践证明,只有当运输性能特别好的松散物料(如粒度较小、含泥量低或洗干净的矿石)时,货车容积的利用系数才能采用 1.0。运输黏结性物料时,可以根据具体情况采用 0.8~0.9 的容积利用系数。

5 为了保证货车装卸顺利,防止堵料、撒料,应该使货箱装料宽度与物料最大块度符合一定比例关系。回转式装料机对装载均匀性要求高,因此该比值较一般固定装料设备高 1 倍。振动给料可以改善物料的流动性能,对块度较大的物料适应性较强,根据矿山振动放矿经验,并结合索道装载特点,比值可以适当减小。

4.1.2 根据工程经验,本次修订增加了抱索器钳口与钢丝绳的摩擦系数取值的规定。

4.1.3 提高运行速度是提高索道运输能力的主要手段。在运输能力相同条件下,提高索道运行速度可以减少货车数量、减小牵引索直径和减轻相关设备的重量,从而获得较好的经济效益。国外货运索道采用客运索道的技术成果,已将双线货运索道的运行速度提高到 5.0m/s。鉴于国内索道设计及制造水平的不断提高和采用客运索道的技术成果,将索道最高运行速度定为 5.0m/s 是可行的。

货车在自动转角或自动迂回时没有脱开牵引索,运行速度受水平滚轮组曲率半径或迂回轮直径的限制。根据国内外索道运行经验,因此规定了货车自动转角或自动迂回时的最高运行速度。

4.1.4 一般的装料机械对货车发车间隔时间有一定限制,时间太短则无法实现有效装载。目前,当货车发车间隔时间小于 20s 时,

采用的是回转式装料机。

4.2 承载索与有关设备

4.2.1 本条对承载索选择做出了规定。

1 密封钢丝绳具有平滑的圆柱形表面,密封性和抗蚀性好,表层丝断裂后不易翘起。一般选用这种钢丝绳作承载索。

规定公称抗拉强度不宜低于 1370MPa 的出发点:减轻承载索的单位长度重量,使承载索的费用相应降低;减小承载索的挠度,以改善货车的运行条件。国产密封钢丝绳已不低于该值。

2 理论分析和使用经验证明,承载索的失效主要是由于疲劳断丝引起的。为使承载索具有足够的工作寿命,需要限制车轮横向载荷引起的弯曲应力。国内外多采用限制承载索初拉力(而不是最小拉力)与轮压比值的方法,来达到此目的。

有的国家对公式(4.2.1-1)的值,规定为 45,本标准将该值定为 60 主要是考虑到下列原因:

(1)对于三班作业索道,每年通过承载索的车轮的次数很高,实际上 45 一值对承载索的初拉力不起控制作用,只有对于每年通过承载索的车轮的次数较少的索道,该值才起作用。由于以前国内双线索道承载索的工作寿命普遍较低,提高 T_0 与 R 的比值有利于改变这种状况。

(2)随着承载索的制造技术日益进步,密封钢丝绳的公称抗拉强度不断提高,对于高强度钢丝更应该严格限制拉应力与弯曲应力的比值才能得到较好的应用效果。

3 本款为强制性条文,必须严格执行。由于承载索的抗拉安全系数是索道设计的重要参数之一,抗拉安全系数的取值直接影响到索道的安全可靠、运行平稳性、钢丝绳的寿命以及索道的技术经济指标,为确保索道设计安全可靠和技术先进,根据国际缆索协会 OITAF 文件的规定并结合国内的使用经验,规定了承载索抗拉安全系数必须确保的最小数值。

4.2.2 计算承载索的最大与最小拉力时,假定每个鞍座上承载索均向拉紧端或锚固端滑动,这两种极端情况在索道运行过程中都是不可能发生的。这种偏于保守的设计方法,会导致拉紧区段的长度过短,拉紧区段站增多,工程投资增加。

国内索道工程设计人员早就质疑这种方法的正确性,1958年在辽宁杨家杖子矿务局索道用人工方法对承载索摩擦力的非同向性系数进行了测试。提出减小承载索沿鞍座摩擦系数的方法来考虑摩擦力的折减。但是这种方法不考虑支架与拉紧端之间的距离,一律采取减小摩擦系数的方法来计算承载索在各支架处的最大与最小拉力,也有不足之处。

为了使拉紧区段的划分和承载索在各支架上的拉力计算更符合实际情况,原标准编制组曾委托昆明某大学建工力学系对摩擦力折减系数进行了专题计算研究和测试验证(详见专题报告《关于双线索道拉紧区段内承载索摩擦力非同向性系数的确定》)。

昆明某大学在昆明钢铁厂上厂索道的六个拉紧区段内,对承载索摩擦力的非同向性系数 k' (摩擦力指向拉紧端或锚固端的支架数与拉紧区段内的支架数之比)进行了理论分析计算和实测验证。测试报告提出的 k' 值变化范围见表 1:

表 1 非同向性系数的变化范围

拉紧区段	承载索与鞍座之间的摩擦系数 $\mu=0.13$	承载索与鞍座之间的摩擦系数 $\mu=0.15$
I 区段重车侧	0.462~0.231	0.385~0.231
I 区段空车侧	0.692~0.385	0.692~0.308
II 区段重车侧	0.571~0.143	0.429~0.143
II 区段空车侧	0.711~0.429	0.571~0.429

根据测试报告,在本标准中摩擦力非同向性而形成的总摩擦力减小用折减系数 k 表示(暂且认为与 k' 近似相等),归纳成本标准的表 4.2.2-1。

应用本标准表 4.2.2-1 计算任意支架上的拉力时, k 取值方法推荐如下:

(1) 从拉紧端算起, 前 3 个支架上的 k 值取 1.0。

(2) 从第四个支架开始, 根据不同的侧形, 从表的该栏取对应的合适 k 值(例如凸起侧形, 取 $k=0.5$), 一直计算到锚固端。

按照传统设计方法, 拉紧区段长度仅为 1.0km~1.5km。考虑 k 值后的拉紧区段长度可增大 1 倍左右, 既减少设站环节, 又降低建设费用。后来, 国内多数索道按此方法设计, 取得了良好的效果。

4.2.3 承载索拉紧区段的划分是个比较复杂的问题。为减少设备安装总量和降低索道的建设费用, 希望拉紧区段尽可能地长, 但由于高差影响和承载索在支架鞍座上的摩擦阻力作用, 又不能将拉紧区段无限制地延长。本条规定承载索在鞍座上的摩擦阻力, 以及拉紧索在导向轮上的阻力总和不超过重锤重力的 25%, 就是为了限制承载索拉力不因摩擦力影响而大幅度地增加或减小, 从而达到合理使用承载索的目的。

拉紧站设在低端时, 承载索为仰角进入, 在偏斜鞍座上的摩擦力较小, 可以改善拉紧重锤对承载索拉力的调节作用。此外, 拉紧重锤所需质量比设在高端小(减小 $q_c H$), 拉紧索的规格可以选小。所以拉紧站一般应当设在区段的低端, 锚固站设在高端。但在特殊情况下, 当高差不大, 因配置上的需要和为了降低站房高度, 也可以将拉紧站设在高端。

4.2.4 本条对承载索拉紧与锚固做出了规定。

1 承载索采用一端拉紧另一端锚固方式,可以保证承载索在不同季节和不同线路载荷条件下, 具有恒定的初拉力。

承载索两端锚固方式, 已在往复式客运索道中得到推广应用, 基于相同原理, 只要承载索拉力可测可调, 在货运索道中推广也是可行的。因此, 在承载索拉紧力可测可调的条件下, 允许采用两端锚固方式的规定。

2 重锤拉紧是国内双线货运索道最常用的拉紧方式。不带导轨的、用混凝土块组装成的圆形重锤不能限制承载索的扭转倾向,安装、调整和使用都不方便,已逐渐被重锤箱所取代。

3 拉紧区段采取串绳的锚固方式,便于承载索安装,以及检修时切去损坏部位(线路套筒结合部和支架鞍座附近是承载索容易断丝的部位)。在我国夹块锚固方式最先应用于双线往复式客运索道。实践证明,这种锚固方式结构简单、安全可靠,应该在货运索道中推广使用。

在四川省攀枝花市的许多索道上,圆筒锚固方式得以普遍使用。钢筋混凝土圆筒比较庞大,承载索安装以及串动调整劳动量较大。尽管圆筒锚固方式有上述缺点,但在特定条件下仍有一定的使用价值。因此,根据国际缆索协会 OITAF 文件的有关要求,对圆筒锚固方式做出了规定。

夹楔锚固方式最初用于矿井提升装置,后来广东省某索道也采用了夹楔锚固方式,取得了较好的使用效果。

4.2.7 本条对承载索连接做出了规定。

1 在一个拉紧区段内采取整根密封钢丝绳,可以改善货车的运行条件,使承载索和货车的维修工作量减小。

2 在承载索需要连接时,采用加楔接线路套筒连接,即在连接锥形套筒内,打入楔钉和楔片固接承载索端部的钢丝。使用线路套筒的缺点是,货车通过时产生车轮冲击,套筒接口附近的承载索钢丝易断丝。如果线路套筒距离支架过近,牵引索在支架附近引起的较大附加压力,将加速套筒两端承载索的疲劳断丝过程。

4.2.8 本条对鞍座的设计做出了规定。

(1)鞍座设置尼龙衬垫有以下优点:①与无衬鞍座相比,尼龙衬鞍座与承载索的摩擦系数减小 33%;②承载索的运行条件得到改善,工作寿命延长;③衬垫磨损时无须更换整个鞍座,仅需更换尼龙衬。

(2)承载索在鞍座绳槽上的比压值与承载索在鞍座绳槽上的

接触宽度密切相关,本标准公式(4.2.8-1)中,承载索在鞍座绳槽上的接触宽度假定为 $2/3$ 的承载索直径,该值不一定与厂家的试验条件一致,因此,厂家在提供衬垫材料的允许比压值时,需要同时提供与该值对应的承载索在衬垫绳槽上的接触宽度。如果所提供的接触宽度值与假定值出入较大,设计者要进行必要的调整。

(3)当货车通过支架鞍座时,易引起货箱摆动,故应当对货车通过支架时产生的向心加速度做出规定。当把向心加速度限制在 2m/s^2 以内时,即得本标准公式(4.2.8-2)。

4.3 牵引索与有关设备

4.3.1 本次修订将面接触钢丝绳按照现行国家标准《索道用钢丝绳》GB 26722 中的表述改为压实股钢丝绳,并推荐采用出厂前经过预拉伸的牵引索。采用经过预拉伸处理的牵引索,除了具有结构性伸长量小的优点外,由于预拉紧处理过程已使钢丝间的应力分布更趋均匀,钢丝绳的疲劳寿命至少能提高 30%。

国内外货运索道牵引索使用经验表明,线接触钢丝绳的工作寿命比点接触钢丝绳的高出 1 倍左右,而压实股钢丝绳的寿命又比线接触钢丝绳高 1 倍以上,为了提高货运索道牵引索的工作寿命,应当采用线接触或压实股钢丝绳。

苏联 Д. Г. 日特科夫所做的试验表明,在载荷相同条件下,当抗拉强度 σ_B 增大到 1746MPa 时,钢丝绳的耐久限(即钢丝绳到破坏时在滑轮上的弯曲次数)增大,而当 σ_B 的数值继续增大时,钢丝绳的耐久限稍微下降。为了保证索引索具有适当的工作寿命,在正常条件下最好选用 $\sigma_B \geq 1670\text{MPa}$ 钢丝绳,这种抗拉强度的钢丝绳国内早已生产。

同等条件下,当钢丝绳出现断丝时,交互捻钢丝绳在绳轮上的弯曲次数,要比同向捻钢丝绳少得多。国内索道曾用过交互捻钢丝绳作牵引索,使用寿命仅数月,因此,牵引索不得采用交互捻

而应当采用同向捻钢丝绳。

4.3.2 国际缆索协会 OITAF 文件规定,钢丝绳破断拉力与运行中所出现的最大轴向拉力之比不小于 4.5,牵引索最小破断拉力与匀速运行时的最大工作拉力之比为 4.0。

总结国内外使用经验,将不计入惯性力的牵引索抗拉安全系数定为不得小于 4.5。

4.3.3 本条对传动区段划分做出了规定。

1 增大传动区段长度,可以降低索道的建设费用、延长牵引索的工作寿命和提高长距离索道的运行可靠性。因此对于长距离、大高差的索道,在可能条件下应当尽量采用一段传动。在国外索道工程建设中出现了传动区段增大的趋势,据报道,在苏丹和巴西先后建成传动区段长达 20km 和 15km 的两条索道。

在增大传动长度的实践方面,国外已出现过以下两种新形式:

(1)双轮驱动,即一台驱动装置带有两个驱动单元,用两台功率不同的电动机分别驱动。它的传动原理与胶带输送机的双滚筒驱动相似,其作用是解决传动区段长度增大时单轮驱动黏着系数不足的问题。

苏联于 20 世纪 60 年代初期建成的、运输石灰石的大运量(运输能力为 450t/h)双线索道,就是采用这种驱动方式,效果良好。

(2)两端驱动即在一个传动区段的两个端站内分别设置一台驱动装置,它的动作原理与胶带输送机的头、尾滚筒驱动相似。使用两端驱动方式之所以能延长传动区段的长度,其原因也相似于双轮驱动。

2 在设有转角站和采用多传动区段的索道中,将转角站和传动区段的中间站合并设计,可以避免设置造价很高的自动转角站。

4.3.4 牵引索绕过导向轮承受交变的弯曲应力和接触应力,选择牵引索导向轮的直径时,需要考虑这些应力对钢丝绳疲劳磨损的影响。此外,在其他条件相同情况下,钢丝绳的寿命随着钢丝绳在导向轮上包角的增大而减小。因此,根据国内外有关资料,本条规

定了导向轮和拉紧轮直径与牵引索直径的比值。

4.3.5 本条对拉紧装置做出了规定。

(1)由于双线循环式索道牵引索拉紧轮移动频繁而且行程较长,因此,采用重锤拉紧方式较合适。

(2)在现代索道工程设计中,为了便于牵引索的安装和维修,出现了增大拉紧小车行程的趋势,编接接头损坏截除再接后,拉紧小车位置仍在轨道行程内。但为了解决重锤行程与拉紧小车行程不一致的矛盾,采用了能够调节重锤箱在重锤架上位置的电动或手动绞车。

4.3.6 拉紧轮的直径与索距相适应,可以简化牵引索的导绕系统,减少导向轮数量,由此改善牵引索的运行条件、延长工作寿命。

拉紧轮的绳槽设软质耐磨衬垫,可以减少牵引索磨损,提高牵引索的工作寿命。

4.3.7 由于双线循环式货运索道上的牵引索拉紧小车移动频繁,牵引索的拉紧索经常绕导向轮来回弯曲,所以,要求采用挠性好和耐挤压的钢丝绳,并且采用较大的轮绳比。

4.4 牵引计算与驱动装置选择

4.4.1 本条对牵引计算做出了规定。

1 从拉紧轮两侧的初拉力开始向驱动轮方向逐点计算各特征点牵引索的拉力,主要需求出下列拉力:

(1)用于验算牵引索强度的最大拉力;

(2)用于验算牵引索挠度的最小拉力;

(3)用于确定电动机的功率和校验牵引索在驱动轮上的抗滑性能所需的驱动轮上入绳侧牵引索和出绳侧牵引索的拉力。

2 为了保证驱动装置能适应索道的不同运行状况,应该考虑本款所述的三种载荷情况。

3 线路上局部缺车,是由于处理站内偶然事故停止发车或线路上发生掉车事故所引起的,间断发车时间一般不超过5辆货车。

4.4.2 苏联起重运输机械研究所对货车根据 d/D 不同的比值进行计算,运行阻力系数 f_0 在 0.005~0.006 范围内变化。

对运行阻力系数进行的试验:直径为 225mm 的标准四轮货车,在经过润滑的直径为 35mm~48mm 密封钢丝绳上往复运行。试验结果为 $f_0=0.0045\sim0.0055$ 。

本标准根据以上资料,并为了使牵引计算偏于安全,推荐动力运行时, f_0 取 0.0065;制动运行时, f_0 取 0.0045。

此外,货车车轮设铸型尼龙衬垫时,车轮在承载索上滚动摩擦系数增大, f_0 相应增大到 0.0055 或 0.0075。

4.4.3 正确确定牵引索的最小拉力,对于合理选择牵引索直径和保证索道安全运行,都具有重要意义,牵引索的最小拉力过小,除可能引起在驱动轮上打滑外,对索道安全运行的影响主要反映在以下几个方面:

(1)使货车进入拉紧站的速度变化很大,有时慢到近乎停止,而有时又大大超过货车的额定运行速度;

(2)重锤升降剧烈,可能引起撞坏重锤架的事故;

(3)电动机的负荷不均;

(4)货车在线路上的运行速度不均匀,运行不平稳并引起牵引索拉力波动,严重时导致断索事故。

对采用水平牵引式货车的索道,要求牵引索和承载索在跨距内的挠度相接近,是为了防止货车在线路上产生横向歪斜。

4.4.4 本条对驱动装置的选择做出了规定。

(1)对于高架站房,立式驱动装置可以设在站房下面的独立地基上,利用站房下部空间作机房;对于单层站房,卧式驱动装置可以直接设在站房内,简化牵引索的导绕系统并改善牵引索的工作条件。

(2)与夹钳式驱动装置相比,摩擦式驱动装置具有对牵引索损伤小、工作可靠、维修方便、无噪声、费用低等一系列优点。因此应该优先选用摩擦式驱动装置。

(3)牵引索与驱动轮衬垫之间的摩擦力不足,可能导致牵引索在驱动轮上打滑,严重时索道无法正常运行。这类事故在国内客货运索道都发生过。故在此强调,需要根据索道在最不利载荷情况下启动或制动时进行抗滑验算。

根据国际缆索协会 OITAF 文件的规定,在最不利载荷并计入启、制动惯性力的情况下,驱动轮圆周力增大 25% 不打滑。因此,将动抗滑安全系数 k 值规定为 1.25。

根据国际缆索协会 OITAF 文件的规定,按等速运行时驱动轮最大拉力差的 1.5 倍进行抗滑验算。

(4)牵引索在驱动轮绳槽上的比压值与牵引索在驱动轮绳槽上的接触宽度密切相关,本标准公式(4.4.4-2)中,牵引索在驱动轮绳槽上的接触宽度假定为 $2/3$ 的牵引索直径,该值不一定与厂家的试验条件一致,因此,厂家在提供衬垫材料的允许比压值时,应当同时提供与该值对应的牵引索在衬垫绳槽上的接触宽度。如果所提供的接触宽度值与假定值出入较大,设计者需要进行必要的调整。

4.4.5 本次修订在电动机选择上新增交流变频电动机,保留直流电动机,逐步取消交流绕线电机、串电阻控制方式。

随着变频技术的发展,目前变频器在调速、软起(停)、节能、对正(负)力型的兼容及保护等方面均显示出优势,能适应侧形复杂、运行速度和负力都较大的索道。对索道驱动而言,功率一般较小(小于 250kW),采用低压变频器的价格优势更大。

直流电动机在侧形复杂、运行速度和负力都较大的索道上运用很成功,目前(或在今后一段时间内)与交流变频的综合性能方面具有可比性。

交流绕线电机、串电阻控制方式由于对负力工况的适应性较差,易发生“飞车”,同时调速性能较差,不节能。

4.4.6 本条对驱动装置制动器做出了规定。

(1)考虑到索道变位质量大、运输线路起伏以及承载和牵引钢

丝绳的弹性,采用具有逐级加载性能的制动器,才能保证索道系统平稳地停车。

(2)制动型索道在严重过载或其他故障情况下,可能产生严重超速(即飞车)现象。为了避免酿成危及人身或厂房安全的重大事故,应当采取紧急制动,这时工作制动器和安全制动器应该能自动相继投入工作。但是,如果制动减速度太大,又会使牵引系统剧烈跳动,引起大面积掉车事故。所以应当按减速度为 $0.5\text{m/s}^2 \sim 1.0\text{m/s}^2$ 的要求进行制动控制。

4.5 线路设计

4.5.1 本条对线路配置做出了规定。

(1)索道侧形的平滑程度,对于提高承载索的工作寿命和货车运行的平稳性具有重要意义。因此,要求索道侧形不能有过多、过大的起伏。

(2)为了使货车顺利通过支架(特别是大跨距两端和凸起地段的支架)时,应当将货车的附加压力限制在一定范围内,一方面应当控制承载索在支架上的弦折角,另一方面应该控制承载索受载后在支架上的最大折角。水平牵引式货车不受牵引索附加压力作用,承载索在支架上的弦折角和最大折角可以放大一些。

(3)本款规定凸起地段的支架高度不得小于 5m ,是考虑到即使有一个货车掉落也不影响其余货车通过,防止事故扩大。

凸起地段的支架采取不小于 20m 跨距配置的主要目的在于,当货车通过凸起地段的支架时(特别是在缺车情况下),减小牵引索在抱索器上形成的折角,控制牵引索对货车抱索器的压力。

所谓总折角较大并受地形限制的凸起地段,是指按每个支架允许的弦折角计算所需的支架总数 $n = \epsilon_1 / \delta_1$ (n 为所需支架总数, ϵ_1 为凸起地段的总折角, δ_1 为每个支架允许的弦折角),大于按 20m 等跨距所能配置的支架数。在此情况下,用带有凸形滚轮组的连环架代替支架群,可以使牵引索的附加压力转移到凸形滚轮

组上,减轻对承载索的压力。

(4)货车驶近支架时其爬坡角达最大值,而通过支架之后爬坡角将突然改变。如果线路上有大量货车同时驶过支架,将使牵引力和驱动装置的功率产生很大波动,导致索道运行不稳定。为此,应该使跨距与车距的比值避开整数。

(5)为了减小站前第一跨牵引索的波动,进而保证货车和牵引索可靠挂结或平稳脱开,建议站前第一跨的跨距小于车距并不大于60m。

控制空承载索在站口端的倾角与站口段轨道的倾角,是为了缓和货车特别是重车进站时的冲击和降低噪声。

根据索道系列产品设计中偏斜鞍座在立面上的允许斜度,重车驶近站口时承载索的倾角不能大于 0.15rad 。

4.5.2、4.5.3 计算钢丝绳在支架上的各种倾角时,我国索道界过去曾经用苏联 A. И. 杜盖尔斯基在 20 世纪 40 年代推导出来的正切函数计算公式。生产实践证明,采用这组公式时各种倾角的计算值普遍大于实际值,不仅如此,这组公式在力学原理方面也存在着一些值得商榷的问题。20 世纪 80 年代,昆明某设计研究院的几位索道设计人员,采用不同的推导方法,先后推导出另一组正弦函数计算公式。两组公式虽然同属抛物线方程近似公式,但计算精度大不相同。本标准采用了计算方便和精度很高的正弦函数计算公式。

4.6 站房设计

4.6.1 索道站房按用途区分,主要有装载站、卸载站、拉紧区段站、转角站等,由于功能不同其构造形式也不一样。

索道装载站和卸载站与相关车间或运输系统有联系,还需考虑它们的需要,来决定配置方式。

为了延长牵引索的工作寿命,应当尽量简化牵引索的导绕系统,避免牵引索多次导绕。

4.6.4 物料特性和装载设备的性能影响装料速度,对索道运输能力有直接影响。

采用内侧装载方式时,货车吊架远离装载口一侧,装载口伸入货箱放料,可使装载不偏心,并且不易撒漏,所以,推荐采取内侧装载方式。

4.6.5 本条对货车的卸载与复位做出了规定。

1 为了保证操作人员安全作业和防止货车坠入卸料仓,卸载口原则上都应该设置格筛,但当货车采用机械推车、卸载区很长时可以不设置格筛,原因如下:

(1)因为机械推车时速度很慢,一般为 $0.3\text{m/s}\sim 0.4\text{m/s}$ 左右,货车不太可能发生掉道而坠入料仓的事故。

(2)在料仓上方设置带栏杆的通道,既可以满足操作需要,又可以防止操作人员坠入料仓。

(3)储料仓顶部设置格筛需使用大量钢材。例如一个柱距 6m 的料仓,根据已有设计资料,一个仓格两侧格筛的总质量约为 7000kg 。与铁路衔接的储料仓一般至少长 60m 即有 10 个仓格,钢材总用量达 70000kg ,索道卸载站的投资会因此而增加。

(4)卸载站与铁路衔接的福建潘田、江西七宝山以及贵州长冲河索道,储料仓全长达 60m 或 60m 以上,储料仓顶部均未设格筛,而仅沿料仓的纵向轴线设置带栏杆的宽 1.2m 的操作通道。多年的使用情况表明,由于货车在低速下运行卸载,从未发生过货车因车轮掉道而坠入料仓的事故。同时,由于未设置格筛,不存在格筛上积料的问题,因此,也免除了人工清理作业。

2 据观测,当货车在运动中卸载时,从打开门板到卸载完毕所需时间不超过 3s 。卸载口的长度按本标准公式(4.6.5)计算,一般都可以满足卸载要求。

4.6.6 在承载索以 $0.05\text{rad}\sim 0.10\text{rad}$ 的俯角出站的条件下,采用无垂直滚轮组的站口设计,可以借助调整站口进、出桁架不同的高度来补偿货车沿站内部分轨道自溜损失的高差,也使轨道和牵

引索进、出站侧的坡度适应挂结器和脱开器几何尺寸的要求。

国内过去设计承载索以俯角出站的站口时,只设置凸形滚轮组,因此站口长度较短。但是没有解决由于抱索失误的货车滑向线路引起事故的问题。广东大宝山索道就曾多次发生抱索失误货车滑向线路引起掉车和撞坏支架的事故。在凸形滚轮组与挂结器之间设置一段凹形轨道,可以有效地防止这类事故。

4.6.7 本条对挂结器与脱开器的设计做出了规定。

(1)抱索器与牵引索挂结时二者具有相同速度,不仅能提高挂结质量,还可以减小牵引索和抱索钳口的磨损。

采取在挂结器之前设置轨道加速段的方法使货车自溜加速,但货车的车轮沿轨道的运行阻力系数是变化的,难以保证抱索器与牵引索挂结时速度完全一致。国外运行速度达 4m/s 的大运量货运索道和国内的单线客运索道采用轮胎式的加速器,有效地解决了速度同步问题。

(2)将轨道加速段和减速段的坡度限制在 10% 以下,目的在于防止因货车加速度或减速度过大所产生的较大摆动。

4.6.8 本条对货车轨道的设计做出了规定。

(1)货车沿站内轨道曲线段运行时,由于受离心力作用引起横向摆动,横向摆动的大小与货车运行速度和轨道曲率半径有关。为了减小横向摆动,应当采用适当的曲率半径。本标准根据国内索道工程设计和运行经验,规定了主轨的最小平面曲率半径。

(2)为了使货车顺利通过反向弧轨道,反向弧之间需要插入大于行走小车轴距的直线段,该段长度对四轮式货车一般不小于 1.5m。

4.6.9 考虑到货车在站内的运行安全,等速段的自溜速度不宜大于 2.0m/s。由于每辆货车的运行阻力系数不尽相同,加之运行阻力系数又随季节波动,为了保证货车顺利地自溜运行,规定了货车在直线段和曲线段上最小自溜速度和货车进入推车机前的自溜速度。

4.6.11 本条对自动转角站的水平滚轮组做出了规定。

(1)牵引索作用在滚轮上的折角不宜大于 3° ，主要从提高索道运转平稳性考虑。

(2)牵引索作用在抱索器钳口上的水平力不大于10kN，是按货车系列化设计中，对吊架的强度要求而规定的。

4.6.12 在距离水平滚轮组或迂回轮进出点的5m处，各设置一个宽边垂直托辊，其作用如下：

(1)保证牵引索在运行过程中不脱索。

(2)只有宽边托辊才能适应牵引索横向窜动的需要。

(3)为了适应货车通过宽边托辊上方凸起过渡段轨道时牵引索因水平滚轮组或迂回轮产生的偏角，宽边托辊距端部滚轮或迂回轮中心的距离在5m左右比较合适。

(4)由于货车以“外绕”或“内绕”方式通过水平滚轮组或迂回轮，在其进入前或离开后，轨道中心线和牵引索中心线在水平面上的投影会形成85mm或155mm的尺寸变化，故需设置使货车能平稳通过轨道曲线过渡段。

4.6.13 为了提高货运索道的运输效率并减轻索道站内操作人员的劳动强度，索道需要实行站内机械化。

4.6.14 本次修订时，取消了原标准第4.7节“电气”，双线循环式货运索道的电气设计见本标准第3.6节的有关规定。

4.7 保护设施

4.7.1 本条对保护设施的设置做出了规定。

1 保护网可以利用索道支架或者专用支架贴近索道曲线架设，使货车坠落高度控制在合理值以内。在沿其长度方向上的保护范围基本不受限制。而保护桥则适用于保护范围较小、货车坠落高度较小的场合。当索道线路在公路(或铁路)边坡的上方通过时，坠落的货车仍有可能从陡坡滚落到公路(或铁路)上危及运输和人身安全。某索道就曾发生过坠落的货车滚到公路上伤人的事

故。因此,应该根据实地情况设置拦网。

2 保护网为柔性构件,当受货车冲击作用时垂度明显增大。例如,某单跨 l 为 90m,单位面积重力 q_1 为 $100\text{N}/\text{m}^2$ 的保护网,在受货箱重力 2kN、有效载荷 14kN、最大坠落高度为 8m 的货车冲击作用下,计算垂度增值达 2.26m。所以应当接受货车冲击条件校验保护网与跨越设施之间的净空尺寸。

3 考虑到货车掉落到保护设施上时一般不会呈竖立状态,故运行中的货车底面与保护设施顶面之间的净空,按不小于货车最大横向尺寸进行校验较符合实际情况。

4 当索道跨度大于 250m 时,承载索受工作风载荷引起的水平位移明显增加,因此应当按承载索和货车均受 $0.25\text{kN}/\text{m}^2$ 工作风压作用发生偏斜的条件校验。

4.7.2 本条对保护网做出了规定。

(1)保护网的粗格网用于承载,应当能防止坠落货车砸穿。

(2)保护网的跨距不宜过小,因跨距过小时支架数目需要增多。但是跨距亦不能大于 100m,跨距过大时所需的钢丝绳破断拉力增大,直径增大,而且过大的挠度还可能引起保护网的支架增高、货车坠落高度增大。

某索道靠近卸载站的区段,线路跨越商场、居民点、工业区、公路以及铁路等设施,设置了多跨总长超过 300m 的保护网,该保护网除了充分利用索道支架以外,又在较大跨距内增设了单独的保护网支架,平均跨距为 80m~100m。索道运转 30 多年来,保护网保证了这个区段的安全。

(3)保护网的主索受静荷载作用,偶尔承受冲击荷载作用。鉴于此,国内外设计保护网时最大静拉力下安全系数均取不小于 2.5。

两端被锚固的主索最大静拉力是在雪荷载、环境温度最低条件下或裹冰荷载、环境温度 -5°C 条件下计算所得的,因此,施工安装前应按当时温度计算安装拉力,以保证保护网主索安全。

5 单线循环式货运索道工程设计

5.1 货 车

5.1.1 本条对货车的抱索器的选择做出了规定。

1 弹簧式抱索器广泛应用在国内外的单线循环式客运索道上,它能保证客车在爬坡角达 45° 的条件下安全运行。国内外使用经验证明,弹簧式抱索器用于货运索道,不仅技术上先进,而且安全可靠。然而,采用弹簧式抱索器索道的基建费用较高,但经营费用较低,有条件时可推广使用。

2 尽管四连杆重力式抱索器目前仍是国内单线货运索道使用最多的抱索器形式,但使用该抱索器的单线索道掉车率普遍高达 $1/1000$ 以上,这与其本身结构的缺点有关。这种抱索器理论上允许最大爬坡角为 35° ,但该数值未考虑到这种抱索器的机械效率低以及夹持力随着钳口磨损而降低的情况。同时,由于其抱索力由货车重力产生,运行中若振动过大产生失重现象,容易发生掉车,因此,线路条件较差的索道,实际允许爬坡角大为降低,例如,广西壮族自治区大厂锡矿 2# 索道实际使用的最大爬坡角不到 29° 。选择四连杆重力式抱索器时应该充分考虑不利因素,尽可能降低掉车概率。国内这种抱索器在运行速度大于 2.5m/s 的索道上应用实例很少,规定仅在速度小于或等于 2.5m/s 和爬坡角为 $20^\circ\sim 30^\circ$ 的条件下使用。

3 鞍式抱索器是国外单线货运索道使用最广泛的抱索器形式,它与运载索挂结时,依靠前后两个钳口上的凸齿嵌入钢丝绳的绳沟内,因而爬坡角受到限制。鞍式抱索器的最大爬坡角一般不大于 20° 。

国内系列产品中鞍式抱索器的允许爬坡角为 24° 。但据现场

观测,当货车驶近钢丝绳爬坡角为 22° 的支架时,抱索器有滑动现象,在爬坡角小于 20° 的支架处则可安全运行。由于鞍式抱索器结构简单、造价低、维修方便,自重较四连杆重力式抱索器轻,货车有效载重量较大。因此,线路侧形平坦、爬坡角小于 20° 的单线货运索道选用鞍式抱索器比较合适。

5.2 运载索与有关设备

5.2.1 本条对运载索的选择做出了规定。

1 随着钢丝绳制造技术的进步,很多索道已使用公称抗拉强度不小于 1670MPa 的运载索,并取得了良好的技术经济效果。

2 经过预拉伸处理的钢丝绳,除了具有结构性伸长量小,能有效延长钢丝绳再次编接的时间和减小钢丝绳维修的工作量的优点外,由于预拉紧处理过程已使钢丝间的应力分布更趋均匀,使得钢丝绳的疲劳寿命得到有效提高,因此,本次修订推荐采用出厂前经过预拉伸的钢丝绳。

3 影响单线货运索道运载索工作寿命的主要因素之一是表层丝磨损。甘肃省某水泥厂索道使用直径 34.5mm 的钢丝绳作运载索,其表层丝直径为 3.8mm ,每条钢丝绳的实际运矿量达 100万 t 。该索道运载索工作寿命长的原因,除了侧形条件和接头质量好这两个因素以外,丝径较粗是更为主要的因素。但是应当指出,表层丝的直径不宜过粗,否则容易引起疲劳断丝。

4 鞍式抱索器两个钳口内的凸齿,需要嵌入运载索的绳沟内才能可靠地卡住钢丝绳。因此,运载索的捻距应当与鞍式抱索器两个钳口的中心距相适应。

5.2.2 本条为强制性条文,必须严格执行。由于运载索的抗拉安全系数是索道设计的重要参数之一,抗拉安全系数的取值直接影响到索道的安全可靠、运行平稳性、钢丝绳的寿命以及索道的技术经济指标,为确保索道设计安全可靠和技术先进,根据欧洲标准并结合我国的工程实践,本条规定了运载索抗拉安全系数必须确

保的最小数值。

5.3 牵引计算与驱动装置选择

5.3.1 对于单线循环式货运索道的牵引计算或线路计算,通常把货车集中载荷折算成均布载荷进行计算。

5.3.2 阻力系数取值时需要注意,货车随运载索升降起伏,导致部分能量损失,因此,阻力系数与索道侧形之间存在一定关系。对于动力型索道应当考虑侧形对阻力系数的影响:侧形复杂时取上限值,侧形平坦时取下限值 线路上有压索轮组时亦取上限值。

单线货运索道有采用有衬托、压索轮组的发展趋势,因此,本次修订时,根据国内外单线循环式客运索道阻力系数资料,取 $f_0=0.03\sim 0.04$ 。

5.3.3 本条对运载索最小拉力做出了规定。

(1)确定运载索最小拉力一般要考虑下列因素:

①限制运载索在集中载荷作用下产生的弯曲应力值,以保证运载索的具有一定的工作寿命;

②限制运载索在货车集中载荷作用下的挠度,以保证货车平稳地运行;

③保证运载索在驱动轮上不打滑。

(2)不同条件下 C_3 值的选取说明如下:

运输能力较大是指运输能力大于 150t/h 的单线索道,这时 C_3 取小值是为了适当限制运载索的直径;高差较大时,运载索在下站站外的倾角较大,经 2 跨~3 跨后运载索拉力就显著增大,即运载索的最小拉力区段的长度很短,因此 C_3 亦可以取小值;车距小于 100m 时可视为车距较小,此时线路均布载荷较大,运载索的拉力就逐渐增大,即运载索的最小拉力区段的长度较短,因此 C_3 取小值。对于不同条件组合的场合,可通过分析判断确定 C_3 的取值。

5.3.4 本条对驱动装置的选择做出了规定。

1 卧式驱动装置结构简单、站房高度小,具有减少运载索弯曲次数、提高运载索的工作寿命及减小阻力等优点,在工程中得到普遍应用。

2 选择卧式单轮双槽驱动装置同时传动两个区段,与两个区段单独设驱动装置的方案相比,具有以下优点:减少一套驱动装置和相应的辅助设施,配置紧凑,因此设备费用大大降低;在相同负荷情况下,改善了驱动装置的运转状况;不需采用特殊装置就可使索道的两个传动段达到同步的目的。

同时传动两个区段的单轮双槽卧式驱动装置曾在辽宁省华铜索道、云南省会泽索道和福建省潘田索道工程中得到应用,使用效果良好。由于两个传动段组合的负荷特征不同,共有 4 种不同的组合情况:

- (1)两个区段均为制动运行。
- (2)两个区段均为动力运行。
- (3)第一区段为动力运行,而第二区段为制动运行。
- (4)第一区段为制动运行,而第二区段为动力运行。

判断 4 种负荷组合是否适用联合驱动方式的依据是,运载索在驱动轮两侧的拉力比是否符合抗滑要求。有关不同负荷组合情况下抗滑性能的详细分析,可参阅《同时传动单线索道两个区段的双槽卧式驱动机》(《起重运输机械》1979 年第三期)。

分析计算表明,在上述(3)、(4)两种负荷组合情况下采用联合驱动方案时,驱动装置的功率大大降低。以潘田索道为例,联合驱动方案用一台功率为 70kW 的电动机,而采取独立驱动方案时则需功率各为 95kW 的两台电动机。在(1)、(2)两种负荷组合情况下,因为最不利的线路载荷情况和功率备用系数没有重复计入,所以,联合驱动方案主电动机的功率并不是单独驱动方案功率的叠加。

5.4 线路设计

5.4.1 本条为原标准第 3.1.2 条的内容。

5.4.2 本条对线路配置做出了规定。

1 过去索道设计中,站前第一跨的跨距多采用 2.0m~2.5m,由于跨距太小直接影响到抱索器的挂结与脱开质量,故推荐站前第一跨的跨距为 5.0m~10.0m。

2 托索轮绳槽的磨损取决于运载索与托索轮之间的比压。配置支架和选择托索轮组时,尽量做到每个托索轮承受的径向载荷大致相等,可以使每个托索轮工作寿命大致相同,也可以延长运载索的工作寿命。

3 在平坦地段或者坡变均匀的倾斜地段上配置支架时,一般重车侧采用 4 轮托索轮组,空车侧采用 2 轮式托索轮组,为了使各支架上每个托索轮的径向载荷接近相等,各支架上的载荷需相等。

4 支架的最小高度是根据在支架处已掉落一个货车,运行中的货车以货箱翻转状态通过时能够不受阻碍的条件而确定。单线索道货车呈翻转状态时高度方向的最大外形尺寸不大于 3.0m,货箱高度为 0.8m。故支架最小高度取不小于 4.0m。在凸起区段上跨距受地形限制;设计时最小跨距一般取 15.0m。

5 最不利的载荷条件是由于线路缺车造成的,这时所考察支架的相邻跨无货车,而运载索的拉力达最大值。

由于影响运载索从凹陷区段上脱索的因素较多,而国内有些单线索道的脱索事故又较频繁,因此从保证安全运行的观点出发,单线索道运载索的靠贴系数值,需大于双线索道承载索的靠贴系数值。必要时,可依据单线客运索道的方法校验最小靠贴力。

6 带导向翼的抱索器可以通过压索轮组,因此,允许采用压索式支架。压索式支架一般用于大凹陷区段,以便降低支架高度和减小支架跨距。压索式支架也可用于运载索仰角较大的站口,以达到把运载索压平的目的,使其坡度适应抱索器挂结和脱开要求。在国内单线循环式客运索道中有不少使用压索式支架的实例。

5.4.3 本条对托、压索轮组做出了规定。

(1)为了便于设备标准化,表 5.4.3 规定了单个无衬托索轮的允许径向载荷。

(2)生产实践证明,如果不考虑每个支架处运载索拉力大小差异,每个托索轮的允许折角平均取 4° 时,将导致运载索拉力较大处托索轮磨损很快,对运载索的工作寿命也有不利影响。因此,应该按允许径向载荷和不同拉力计算确定不同支架上每个托轮的允许折角。

(3)6 轮、8 轮式托索轮组用于钢丝绳倾角较大的支架上时,对应货箱长度的钢丝绳高差也较大,而大平衡梁设在索轮正下方的 6 轮、8 轮式托索轮组整体的高度较大(例如 $\phi 600\text{mm}$ 的托索轮组,从大平衡梁底到托索轮顶面的高度为 $700\text{mm}\sim 800\text{mm}$),容易与货箱相撞。以往采用 6 轮、8 轮式托索组的索道曾多次发生货车过支架碰撞大平衡梁的事故,所以,要改用大平衡梁设在托索轮内侧的 6 轮或 8 轮式托索轮组。

5.5 站房设计

5.5.2 挂结不良是掉车率高的主要原因之一。在总结单线索道设计经验的基础上,本条对运载索在挂结段的稳定措施、轨道设计、货车在挂结段的运行速度,做出了相应规定。

1 设置稳索轮是为了防止运载索上下左右颤动,为抱索器与运载索准确挂结创造条件。

2 限制车轮的横向窜动不大于 2mm 是保证抱索器与运载索准确挂结的重要条件之一。

当抱索器挂结不良时,需要驱动装置反转将货车倒回站内。为了防止抱索器车轮碰撞轨道,因此,要求轨道前端的曲率半径不小于 3m ,采用扁形轨时其头部需要削尖,而采用槽形轨时其头部需要扩口。

3 钳口定向器和可调式压板是四连杆重力式抱索器挂结段上两项必不可少的设备,前者的作用是使钳口呈前高后低的状态

进入压板,使钳口的背部接触压板;后者的作用是对钳口施加一定压力,使其抱好并抱紧钢丝绳。为了调节压板与运载索的距离以保持钳口所需的压紧力,压板需为可调式。同时,钳口定向器和可调式压板的配置宜相互靠近,使钳口拨正后直接进入压板。

货车在进入挂结段之前和在挂结段内,由于速度变化,在弯道上运行以及重心偏离钳口中心等因素,经常产生横向摆动。在挂结段设双导向板可达到两个目的:防止货车产生横向摆动,为钳口中心对准运载索中心提供必要条件;配置双导向板时应当使货车重心恰好位于钳口中心的垂直线上,由此可消除因重心横移引起的偏斜,以及防止货车出站后产生大幅度的横向摆动。

要求货车进入挂结点的实际运行速度等于运载索运行速度,其目的在于:减小抱索器钳口相对运载索的滑动,最大限度地减轻两者的磨损;同时减小货车的纵向摆动。

使用四连杆重力式或鞍式抱索器时,通常设轨道加速段使货车加速。计算加速段的坡度时,应当计入曲线轨道、直线轨道、导向板以及有关导轨的阻力损失。对于通过可调式压板的货车,尚需计入钳口对压板的冲击产生的能量损失。

使用带有摩擦板的弹簧式抱索器时,需采用轮胎式加减速装置。国内外单线循环式客运索道的使用经验证明,抱索器钳口的磨损在这种使用条件下微乎其微。

5.5.3 本条对脱开段设计做出了规定。

(1)脱开段轨道端部形状的作用与挂结段轨道端部形状的作用一样,但由于货车进站速度较高,因此,规定立面曲率半径不能小于5m。

(2)脱开段双导向板的作用与挂结段相似。但是为了减轻货车对导向板的冲击和防止冲击,需将双导向板的进口端做成曲率半径不小于5m的喇叭口形,并按货车纵、横向摆动限制条件进行校验,避免相互干涉。

5.5.4 本条对采用弹簧式抱索器的索道、站口辅助设备与监控装

置做出了规定。

(1)挂结段设置抱索状态监控装置,可以消除因抱索不良引起的掉车事故。

(2)货车通过脱开段抱索器不脱索,将酿成严重事故,因此,需要设脱索状态监控装置。

5.5.5 本条对货车轨道做出了规定。

站内轨道配置应当保证脱挂安全可靠,尽可能减小货车的纵、横向摆动。广东省云浮水泥厂站房采用运载索从轨道上方导出的配置方式,站内轨道可布置成一条直线。由于取消了S弯,货车在站内运行时没有横向摆动,挂结质量很高。因此,推荐了这种配置方式。

5.5.6 本条对转角站的配置做出了规定。

(1)对称配置便于设计、制造和安装。

转角站有两种基本配置方式:一种是转角轮两端用压索轮组将运载索导平,中间由水平安装的转角轮转向;另一种是直接用倾斜安装的转角轮转向,无须在转角轮两端设置压索轮组。

(2)转角站是货车通过站,为了保证货车在站内脱开、运行、挂结等过程连续平稳地进行,只能采取以较髙速度(1.6m/s~2.0m/s)自溜运行,不得采用人工推车。

(3)转角站内的副轨用于停放发生故障的货车。

6 双线往复式客运索道工程设计

6.1 客 车

6.1.3 本条对客车计算做出了规定。

吊架头部和末端套筒的销轴,均为客车上非常重要的零件。因此,根据瑞士和日本的规定,对吊架头部和末端套筒销轴抗拉安全系数的规定。

6.1.4 本条对运行小车做出了规定。

国内外双线往复式客运索道的实践经验证明,牵引索及平衡索与运行小车的连接处,是客车上最为薄弱的环节。为了安全起见,不推荐采用浇铸套筒连接方式。

缠绕套筒的连接是指将铝合金丝缠绕在钢丝绳末端的外层上,紧密排列成与套筒锥度相一致的密实锥体的连接方法,这种方法克服了浇铸套筒的部分缺点,有条件时可以在工程中采用。

6.1.6 本次修订时,根据欧洲有关标准,结合我国的实际情况和国内制造厂家的实践经验,对车厢设计做出更为具体的要求。

(1)定员超过40人的车厢,进行局部隔断,是为了减小紧急停车或碰撞时对车厢前围的撞击。

(2)要求车门的开、关需要进行有效控制,是为了确保乘客的安全,车门的开、关要在站内自动或手动完成,线路上不允许被误开或乘客自行打开;当客车在索道线路上需要救援时,车门也要由工作人员才能打开。

6.1.7 客车制动器是双线往复式单牵引客运索道中保证安全运行的关键设备。因此,根据欧洲标准和其他国家的有关标准并结合我国的实际情况,制定本条文。

(1)客车制动器产生误动作,驱动装置上的工作制动器未能自

动投入制动,将会导致恶性事故的发生。因此,做出客车制动器制动时,驱动装置的工作制动器应当能自动投入工作的规定。

(2)客车制动器制动力的大小,是个比较复杂的问题。制动力的大小,需要综合考虑索道线路的坡度变化、客车的载荷变化、运行方向不同、运行速度的高低、制动材料的磨损情况和摩擦系数的变化等一系列因素,才能合理确定。

(3)在各国有关规定中,只有瑞士交通部规定了牵引索的最小拉力应当保证在 1.2m/s^2 减速度紧急制动时客车制动器不产生误动作。由于这条规定很重要,因此本标准对此进行了规定。

6.1.8 客车制动器存在着结构复杂、保养麻烦、控制困难、制动不够可靠等难以解决的设计问题。客车上末端套筒处的牵引索比较容易断裂,牵引索断裂后,客车制动器制动失灵所造成的重大事故,即使在国内也有实例。由于客车制动器工作上的要求,鞍座的绳槽需要设计得又窄又浅,并且难以设置防托索装置,承载索脱索后所造成的车毁人亡事故,在国外屡次发生。对于高速度、大运量、长距离、多支架、大倾角或强风力的索道,采用客车制动器时更是难以保证乘客的安全。鉴于上述情况,本条规定可不设置客车制动器。

研制无客车制动器双线往复式单牵引客运索道的指导思想:借鉴单线循环式客运索道的设计经验,彻底改善牵引索的工作条件,努力防止牵引索断裂,并在设计、制造、检验、施工、验收、运营等全过程中保证牵引索和承载索的安全可靠。

(1)本条所述的防止牵引索断裂的设计措施主要包括下列方面:

①将牵引索设计成封闭环形,定期移动客车在牵引索上的夹紧位置,避免夹紧部位的牵引索长期受到反复弯曲所造成的损伤。

②设计一种类似脱挂式抱索器的夹索器,抗滑安全系数不小于 4.0,结构应当便于夹紧或脱开牵引索,为牵引索的彻底检查和全面探伤创造条件。

③增大牵引索直径。

④提高牵引索的抗拉安全系数。

⑤按零件失效后的危害程度,将牵引索及其有关设备的零件分成三类(一类为非常重要零件,二类为重要零件,三类为一般零件)。一类零件需要在设计、制造、检验、安装、使用、探伤、报废等全过程中防止失效。

⑥设置牵引索鞭打或缠绕承载索的监控装置。

⑦线路托索轮组除了设置挡索器和捕索器之外,还应当设置牵引索离位监控装置。

⑧驱动轮、拉紧轮和各种导向轮设置防脱索装置。

⑨为了减小牵引索的动载荷,对驱动装置的加速、减速、超速、失速等实行完善的电气控制;对拉紧装置增设阻尼装置。

⑩对牵引索的实际拉力进行全自动全行程测定与显示,牵引索的实际拉力超过规定值时便自动报警或自动停车。

(2)本条所述的保证牵引索安全的操作规程主要包括下列方面:

①客车的夹索器在 200 个工作小时或 90 个工作日之内进行移位。同时应当对使用中的夹索器的零件和焊接件进行肉眼检查。

②推荐用探伤仪对牵引索进行全面检查的时间间隔见表 2:

表 2 对牵引索进行检查的时间间隔

投入使用的年限	检查时间间隔
使用的第 1 年	200 个工作小时或 4 个工作周之内检查 1 次
使用的第 2 年至第 10 年	1000 个工作小时或 1 年之内检查 1 次
使用的第 10 年以后	200 个工作小时或 90 个工作日之内检查 1 次
停运 3 个月或更长的时间后	重新投入运行前检查 1 次

③对牵引索的夹紧段进行探伤检查时,如发现牵引索的损伤达到或超过规定指标的一半时,夹索器的移位和用探伤仪对牵引索进行全面检查的时间间隔还应当缩短。

④夹索器应当沿固定方向进行移位,移位的距离不能小于夹索器长度、夹索器两端附加装置的长度和牵引索 2 倍捻距的总和。

⑤不允许在牵引索编结接头的绳股交叉点上固定客车。夹索器与绳股交叉点之间的距离不能小于夹索器总长的 2 倍。

1985 年法国在阿尔卑斯山率先建成了大型的无客车制动器双线往复单牵引车厢式客运索道,客车定员多达 160 人,客车通过支架时的运行速度高达 11m/s,创造了多项世界纪录。1997 年我国张家界黄石寨也建成了无客车制动器的双线往复单牵引车组式客运索道。

6.1.9 为了克服末端套筒的固有缺点,夹索器首先在车厢式客运索道中采用,获得了很好的使用效果。近几年来,车组式客运索道也普遍采用了夹索器。

6.1.10 为了保证客车在线路上的安全运行和顺利进出站房,本条规定了空车或重车对承载索中心铅垂线的向内或向外偏斜的值。为了符合这条规定,客车设计与制造均要设法控制空车或重车的重心位置。

6.2 承载索与有关设备

6.2.1 本条是根据欧洲标准和国际缆索协会 OITAF 文件有关规定制定的。

由于密封钢丝绳具有表面平滑、接触面大、密封性好、表层丝断裂后不会翘起等一系列优点,因此,应选用密封钢丝绳作为承载索。

6.2.2 本条对承载索拉紧做出了规定。

(1)本条第 1 款为强制性条文,必须严格执行。由于承载索的抗拉安全系数是索道设计的重要参数之一,抗拉安全系数的取值直接影响到索道的安全可靠、运行平稳性、钢丝绳的寿命以及索道的技术经济指标,为确保索道设计安全可靠和技术先进,根据欧

洲标准结合我国的工程实践,本款规定了承载索抗拉安全系数必须确保的最小数值。

(2)本次修订根据欧洲标准,新增了结冰地区索道停运状态下,在考虑风和冰的作用时,承载索的抗拉安全系数值。

6.2.3 鉴于国内外承载索采用两端锚固或液压拉紧的索道日渐增多,本条对承载索两端锚固和液压拉紧方式做出了规定。两端锚固或液压拉紧方式,具有简化站房配置、缩小站房体积、降低基建费用等特点。

在采用两端锚固时,要计算承载索在不同温度下各种载荷时的拉力,确保其在最不利条件下的 T_{\min}/R 、 T_{\min}/Q 等参数符合本标准规定。

6.2.4 本条对夹块锚固方式做出了规定。

双重锚固方式曾在我国泰山、黄山、峨眉山、西樵山等索道工程中采用,生产实践证明,它具有结构简单、施工方便、管理容易、安全可靠、造价低廉等优点,是一种值得推广的锚固方式。为了便于检查承载索是否滑动,本款规定工作夹块组与备用夹块组之间留出 5mm 的观察缝。

6.2.5 本条对圆筒锚固方式做出了规定。

采用圆筒锚固方式时,承载索末端的工作夹块数量,不同国家有不同的规定,国际缆索协会 OITAF 文件规定为 1 副,瑞士按计算确定,日本则没有规定。这反映了承载索在圆筒上缠绕的圈数不相同,工作夹块的数量也不相同。为了安全起见,本款对承载索剩余拉力的锚固方法做出了规定。

6.2.7 为了防止承载索从支架鞍座上托索后所造成的重大事故,制定本条文。

承载索对鞍座的最小靠贴力,产生于承载索出现最大拉力和相邻两跨均无客车的载荷条件下。最小靠贴力所对应的靠贴弧称为最小靠贴弧。在正常情况下,防脱索装置不能承受承载索的上抬力,因此规定该装置应当设在最小靠贴弧的中部。

6.3 牵引索、平衡索、救护索与有关设备

6.3.2 本条对牵引索、平衡索和救护索的抗拉安全系数做出了规定。

1 由于双线往复式客运索道的启动和制动比较频繁,因此,在计算牵引索、平衡索和救护索的抗拉安全系数时,应计入正常启动或正常制动时的惯性力。

2 欧洲标准规定,无客车制动器单牵引索道牵引索的抗拉安全系数,比有客车制动器的提高 20%。因此,有客车制动器单牵引索道牵引索的抗拉安全系数仍为 4.50,将无客车制动器单牵引索道牵引索的抗拉安全系数提高到 5.40。

无极缠绕的救护索,在运行时重锤减轻,其安全系数为 4.50;在停运时重锤加重,其安全系数为 3.30。

6.3.3 本次修订根据欧洲标准,规定了结冰地区索道停运状态下,在考虑风荷载和冰荷载的作用时,牵引索、平衡索和环形救护索的抗拉安全系数值。本条对牵引索、平衡索和救护索的编接与拉紧做出了规定。

(1)设置防止牵引索重锤速度过快的阻尼装置,是为了提高索道运行的平稳性。

(2)双牵引索道的牵引索分别设置调绳装置后可以减少牵引索的截绳次数,使客车在站内准确停靠,也可以使双牵引驱动机的受力更为均衡。我国自行设计的双牵引索道如长江索道、鹿泉索道、衡山索道都设有调绳装置,后两条索道的调绳装置使用效果很好。因此,本款规定了设置调绳装置的要求。

6.3.4 本条对导向轮和托索轮做出了规定。

关于牵引索托索轮的直径,瑞士规定不得小于牵引索直径的 10 倍,苏联规定不得小于牵引索直径的 15 倍,通过分析比较,本标准采用了与欧洲标准和国际缆索协会 OITAF 文件一致的不宜小于牵引索直径 12 倍的规定。

6.4 牵引计算与驱动装置选择

6.4.1 本条对牵引计算做出了规定。

由于重车上行、空车下行和空车上行、重车下行这两种载荷情况的计算结果,已经能够满足牵引计算的要求,因此,将原标准的四种载荷情况归纳为:重车上行、空车下行和空车上行、重车下行两种最不利的载荷情况。

6.4.3 本条对驱动装置做出了规定。

1 紧急驱动系统的传动机构分为两种,一种是直接传动驱动轮;另一种是利用主驱动的传动机构带动驱动轮。设计时应该尽可能采用前一种方式。

2 双牵引索道驱动装置设机械差动或电气同步装置的目的是使2根牵引索的速度相等。机械差动装置具有结构简单、使用可靠、管理方便等优点,国内外双牵引索道大多采用机械差动装置。

6.4.4 本条对驱动装置的制动器做出了规定。

由于盘式制动器的特有性能,可以通过增减制动器的数量和改变液压站的控制方式,实现工作制动器和安全制动器的不同功能,因此,工作制动器也可以直接设置在驱动轮上。

6.5 线路设计

6.5.1 本条为原标准第3.1.2条中对于双线往复式索道最高运行速度规定的内容。本次修订时,根据欧洲标准增加了对配备乘务员的双线往复式客运索道过支架时的最高运行速度的规定。

6.5.2、6.5.3 这两条规定承载索和牵引索在支架上的靠贴条件,是为了确保承载索和牵引索在支架上有可靠的靠贴力,从而保证双线往复式客运索道的安全运行。

6.5.4 由于旅游事业的蓬勃发展和索道技术的不断进步,大运量和大客车双线往复式客运索道,在我国有一定的发展空间。定员

不少于 60 人的客车,因其载荷较大,1 根承载索已经难以承受这种载荷,此时采用双承载方案比较合理。

当采用单承载方案时,如因承载索直径过大或长度太长带来制造、运输、安装等困难,此时改用双承载方案更为合理。

鉴于上述情况,本标准增加了双承载索道的有关要求。

6.5.5 在双承载索道中,采用支索器虽然可以缩短牵引索的拉紧行程和提高索道运行的平稳性,但存在维修困难、牵引索跑偏及脱槽等问题,设计时应当注意加以解决。

7 单线循环式客运索道工程设计

7.1 客 车

7.1.1 本次修订时,根据欧洲有关标准,并结合国内制造厂家的实践经验,对乘客的计算载荷数值,按吊具乘坐人数进行了规定。

7.1.2 本条对客车计算做出了规定。

根据现代材料力学第三、第四强度理论,对于塑性材料的安全系数应当按屈服点计算,因此,本款根据国际缆索协会 OITAF 文件的有关规定,并结合国内制造厂家的实践经验,规定了客车对屈服点的安全系数。

7.1.3 抱索器是保证单线客运索道安全运行的关键设备,截至 1995 年,大部分脱挂式抱索器都有单、双抱索器的区别。与双抱索器相比,单抱索器具有结构紧凑、维修方便、脱开和挂结更为可靠、运载索和加减速器轮胎磨损较小、过压索轮组时振动较小、过脱索轮组时钳口与运载索之间的贴合较好等优点。近 30 年来,单抱索器突破了只能用于 2 座客车的限制,相继应用在 4、6、8 座客车上,并且取得了比较满意的使用效果。单、双抱索器之间的界限事实上已经不复存在。尽管如此,对于客车定员较多和运载索倾角较大的索道,需特别注意脱挂式抱索器的抗滑力是否符合本条的有关要求。

(1)在抱索器的抱索力方面,本款对力源的产生、弹簧在钢丝绳直径发生变化时能自动补偿或人工调整的性能、弹簧局部损坏时抱索力的允许减小量和弹簧的允许变形量做出了具体要求。它们都是保证抱索器安全可靠性的主要技术手段。其中,力源的产生和弹簧局部损坏时抱索力的允许减小量,这两点规定尤其重要。

(2)固定式抱索器和脱挂式抱索器的钳口与钢丝绳之间的摩

擦系数在实际应用中可考虑不同的数值,因为前者在较长时间内始终与钢丝绳固定连接,因而钳口与钢丝绳之间的贴合比较紧密;固定式抱索器钳口与钢丝绳的包角较大,经推导计算后所得到的摩擦系数值也较大;此外,固定式抱索器的运行速度较低。因此,钳口与钢丝绳之间的摩擦系数的取值可以略高一些。

在国内外一些索道中,采取研磨钳口、增大钳口与钢丝绳之间的包角、在钳口最大比压处开槽等特殊设计来提高钳口与运载索之间的摩擦系数。国内一些索道的生产实践证明,无须润滑的钢丝绳能显著提高抱索器的抗滑能力,这也是提高摩擦系数的措施之一。

(3)在抱索器的材料方面,由于建在高海拔和高纬度地区的单线循环式客运索道数量较多,因此,规定了在低温环境中工作的抱索器,其材料应当具有良好的低温冲击韧性。

(4)按零件失效后的危害程度进行分类,抱索器的内钳口、外钳口、弹簧、各种销轴等,都属于非常重要的一类零件。一类零件需要在设计、制造、检验、安装、使用、探伤和报废等全过程中防止失效。对新抱索器进行无损探伤的要求,其目的是严格控制抱索器的产品质量。无损探伤时,需要对各类零件的高应力部位进行仔细探伤。

7.1.4~7.1.6 为了确保索道的安全,本次修订时,根据欧洲有关标准,并结合国内制造厂家的实践经验,对于吊厢和吊椅的设计,新增一系列要求。

单线循环式客运索道约占我国客运索道总数的90%,而且绝大多数都建在风景名胜区,因此,在设计吊厢、吊篮和吊椅时,除了考虑具有足够的强度和刚度之外,其结构和造型的设计还要考虑新颖、美观大方、乘坐舒适,并与自然景观相协调。

7.2 运载索与有关设备

7.2.1 本条对运载索做出了规定。

本次修订将面接触钢丝绳按现行国家标准《索道用钢丝绳》GB 26722 中的表述改为压实股钢丝绳。

经过预拉伸处理的钢丝绳,除了具有结构性伸长量小,能有效延长钢丝绳再次编接的时间和减小钢丝绳维修的工作量的优点外,由于预拉紧处理过程已使钢丝间的应力分布更趋均匀,使得钢丝绳的疲劳寿命得到有效提高,因此,本次修订推荐采用出厂前经过预拉伸的钢丝绳。

运载索的绳芯可以采用合成纤维绳芯、天然纤维绳芯和钢丝绳芯。一般情况下推荐采用合成纤维芯,合成纤维芯具有比重小、韧性好、不吸水、耐酸、耐碱、耐腐蚀、耐挤压和耐磨损的特性,此外,还具有在动载荷条件下使用不易变形,保持绳径稳定等特点。目前国内外索道多采用带合成纤维绳芯的钢丝绳。

7.2.2 运载索的抗拉安全系数为钢丝绳的最小破断拉力即制造厂家提供的最小破断拉力与运载索最大工作拉力之比。确定运载索的最大拉力时,不计入索道启动或制动时的惯性力,并且不考虑拉紧系统的摩擦阻力对初拉力的影响。

(1)本条第 1 款为强制性条文,必须严格执行。由于运载索的抗拉安全系数是索道设计的重要参数之一,抗拉安全系数的取值影响到索道的安全可靠、运行平稳性、钢丝绳的寿命以及索道的技术经济指标,为确保索道设计技术先进、安全可靠,根据欧洲标准规定结合我国的工程实践,本款规定了运载索抗拉安全系数必须确保的最小数值。

(2)本次修订根据欧洲标准,规定了结冰地区索道停运状态下,在考虑风荷载和冰荷载的作用时,运载索的抗拉安全系数值。

7.2.3 液压拉紧装置因其具有结构紧凑,性能优良,外形美观、配置方便、节省空间等优点,在工程中得到日益广泛的应用。

重锤拉紧装置因其具有结构简单、拉力恒定、反应迅速、维护方便、不需额外动力源等优点,在工程中仍有一定的使用价值。

7.2.4 拉紧轮和迂回轮均为非驱动端的大直径绳轮,但使用情况

各不相同,当索道一个端站采用固定安装的驱动装置时,另一个端站则应当采用可移动的、设在拉紧装置中拉紧小车上的拉紧轮。当索道一个端站采用可移动的驱动与拉紧联合装置时,另一个端站则应当采用固定安装的迂回轮。

为确保客运索道运行安全,本次修订新增拉紧轮或迂回轮设置断轴保护装置和检测装置以及防止运载索从绳槽中脱出的装置的要求。

7.3 牵引计算与驱动装置选择

7.3.2 抗拉安全系数是索道设计的重要参数。为了准确求出抗拉安全系数,需要准确地计算出运载索的最大工作拉力。

根据欧洲标准和国际缆索协会 OITAF 文件的有关规定,列举出运载索在最不利载荷情况下的最大工作拉力的各组成部分,其中,液压拉紧装置拉紧力的变化范围约为 $\pm 10\%$,计算运载索的最大工作拉力时应该计入该拉紧装置拉紧力的增加值;重锤拉紧装置拉紧力的变化范围不超过 $\pm 3\%$,因此,计算运载索的最大工作拉力时可以忽略不计。与双线往复式客运索道相比,单线循环式客运索道的运行速度相对较低,启动和制动不算频繁,启动和制动时的加速度和减速度相对较小,因此,在计算运载索的最大工作拉力时可以不计入启、制动时的惯性力。

7.3.3 运载索在橡胶衬托、压索轮组上的阻力系数,是单线客运索道牵引计算和线路计算中非常重要的基本参数。欧洲标准和国际缆索协会 OITAF 文件规定:橡胶衬托、压索轮组的阻力,约为轮组径向载荷的 3% ,该阻力已计入运载索通过轮组时的刚性阻力。结合我国的实际情况,将阻力系数定为 0.03 。

执行时需要注意:本条所规定的阻力系数为 0.03 的是按逐个站内阻力点和逐个线路支架计算时采用的参数,若按均布载荷的近似计算方法计算时,则应考虑采用比 0.03 更大的阻力系数。

7.3.5 由于国内外索道的技术发展,驱动装置的结构型式已不再

局限于采用单槽卧式驱动装置,因此,本次修订取消了采用单槽卧式驱动装置的规定。

索道的主驱动、紧急驱动和救援驱动系统各有不同的使用功能并体现不同的装备水平。对于采用固定式抱索器的客运索道,由于索道长度较短、线路上乘客人数较少、客车离地高度较小等原因,除主驱动系统外一般只需配备一套紧急驱动系统。对于长距离、高速度、大运量和客车离地高度较大和个别跨距内客车离地高度很大的脱挂式抱索器客运索道,除主驱动系统和一套紧急驱动系统外,为增加紧急驱动的安全性,还采取在驱动机的高速级和低速级分别配备一套紧急驱动装置。个别索道如果全线吊厢离地高度超高地段较多,还另外配备了全线的水平救护索道系统。

为确保运行安全,本次修订时,根据国内索道使用情况,增加了在驱动轮装置上应设置防断轴装置和驱动轮上防脱索装置的规定。

7.4 线路设计

7.4.3 本条对托、压索轮组的安全装置做出了规定。第1款~第3款为强制性条文,必须严格执行。

1 在托、压索轮组的内侧均设置挡索板是为了防止钢丝绳向内脱索,外侧设置捕索器是为了避免钢丝绳脱索造成安全事故。

2 在8轮及以下托、压索轮组的两端和10轮及以上托、压索轮组的两端和中部,设置运载索脱索时索道能自动停车的监控装置,是为了监控索道运行情况,一旦发现有脱索情况立即停车,杜绝索道事故的发生。

3 在压索式支架上设置二次保护装置的作用是当运载索脱索并越过捕索器后,能有效地捕到运载索,并使索道自动停车。二次保护装置不仅能防止重大安全事故的发生,而且还能减少脱索后恢复索道正常运行的工作量。

7.4.5 本条对支架配置做出了规定。

(1)对于采用脱挂式抱索器的索道,规定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得小于最大制动距离的1.2倍,是为了防止挂结失误的客车冲出支架滑向线路,造成重大事故,同时也便于将挂结不良的客车低速运回站内。

(2)本次修订时,增加了对于脉动式索道重载索与空载索在该跨端部的倾角之差限定值的规定。

7.5 站房设计

7.5.1~7.5.3 拖牵式索道由于线路短和功能单一,其起点站和终点站几乎均采用无站房设计。此外,采用固定式抱索器的2座、4座和6座滑雪专用吊椅索道,由于站台与滑雪道直接连接,乘客脚穿滑雪板乘坐索道,到站后立即滑向滑雪道,其上站也多采用无站房设计方案,即目前国外比较流行的“Ω”设计方案。

近年来,国外在推行无维修设计的同时,还出现了推行人性化设计的趋势。国内的人性化设计也逐渐提上了议事日程,因此,对乘客的保护、控制室的装备、上下车台的高度、站内的地面、设置各种标志等,提出了更高的设计要求。

7.5.4 本条是对原标准第7.6.1条采用脱挂式抱索器的索道电气设计进行修订后的内容。

对于不同类型的索道,在站内应当设何种监控装置,以及在何处设置,是站房设计时需确定的内容。因此,本次修订将采用脱挂式抱索器的索道,在站内应当设置的相关装置和系统的内容调整到了站房设计章节中。

7.5.6 本次修订时,取消了原标准第7.6节“电气”,单线循环式客运索道的电气设计见本标准第3.6节的有关要求。

8 索道工程施工

8.1 一般规定

8.1.1 安装工程开始之前,建设单位要将本条所列的技术文件提交施工单位,作为施工单位安装及维修的质量控制文件。

8.1.2 索道施工具有以下特点:线路较长、地形复杂、设备分散、场地狭窄、运输困难,一般没有公路及专用电力线路、施工条件较差而施工质量要求较高。因此,施工单位应当根据索道类别、建设规模、技术复杂程度、地形与气象条件、五通一平等情况编制施工组织设计或施工方案,作为指导安装工作的主要技术文件。

我国对安全生产高度重视并制定《安全生产法》,用以规范生产安全。此外,由于客运索道多建在风景名胜區,因而,需要编制安全施工方案和环境保护方案。

对于规模不大、技术不太复杂的客运、货运索道,可以用施工方案代替施工组织设计。施工方案要以简明扼要的形式,解决施工组织设计基本内容中的有关问题,特别是在山地条件下安装钢丝绳、大型钢结构、各主要设备和在索道联动调试时的有关问题。

对于规模较大技术复杂的客运、货运索道,在施工组织设计中应该编写解决山地运输问题的施工专用索道的有关内容。

8.1.3 作为施工中的一般工序,安装单位开始安装前,建设单位要向安装单位提供索道土建部分的验收文件,安装单位依据土建部分的验收文件,对索道土建部分进行复验,以确认是否符合安装条件,否则不得进行安装。即使土建施工与安装施工为同一施工单位,复验工作也应该照常进行。此项工作对提高验收质量、保证安装工作顺利进行、确保索道正常运行等方面均有非常重要的意义。

索道中心线是各种钢结构、各主要设备和所有钢丝绳安装时的基准,验收时需要对各中心标志进行检查。检查时以原始测量桩点为基准,进行一次性检查,以免产生较大的误差。

站房和线路基础要同时验收。施工单位在对与安装有关的土建部分验收时,如发现有超出设计或规范要求偏差的预埋件或基础,安装前按设计单位的整改意见,在保证质量的前提下彻底纠偏后,方可安装。

本标准表 8.1.3 中的第 11 项,一组预埋锚栓之间的距离,需要在各预埋锚栓的根部和顶部两处分别测量。预埋锚栓标高在本标准中均规定其偏差为零或正值,即露出部分只能大于设计值而不能小于设计值,故统一规定为 0 至 +20mm。

本标准表 8.1.3 中的第 12 项,预埋件标高涉及众多设备安装的标高及安装精度,故只规定负值方向的偏差,避免统一标高平面上的预埋件高低差过大,降低安装精度。

8.1.4 本条对钢结构的运输与存放做出了规定。

1 目前,由于国内施工专用索道的最大单件运输重量尚未超过 4000kg,如果独立构件质量过重或体积过大,则应当分解成便于运输的构件。

2 钢结构一般按照建设单位与安装单位共同商定的进场顺序,运至施工组织设计所规定的安装场地或距安装场地最近的堆放场地,以便缩短二次搬运的距离,减少运输过程中的变形,加快施工进度。

8.1.5 本条规定安装单位在安装前需对设备及钢结构进行检查验收,对不符合设计要求的产品不能交付安装。钢丝绳在展开过程中,当发现质量问题时,不能继续安装。对发现的问题,需经有关单位提出妥善的处理意见并妥善解决后,才能继续施工,施工单位不能擅自处理。

8.1.6 本条对机械设备的检查与安装做出了规定。

1 机械设备(如驱动装置的主轴装置、液压站、润滑站、电动

机、减速器、液压制动器等；客车、货车的抱索器、防摆器、减振器等)在制造厂家调试合格后,按成套方式进行供应、运输、保管及安装,对保证施工质量和加快施工进度,具有重要的意义。因此,凡是能够整体运输的设备都不拆零。尺寸太大的设备应当按设计分解成便于运输的独立部分。在运输与保管过程中应当防止灰尘或杂物进入机械设备的运动部位,尽量避免在安装时解体检查和二次清洗。

2 机械设备安装的通用部分,按现行国家标准《机械设备安装工程施工及验收通用规范》GB 50231 的有关规定执行,有特殊要求时还需同时满足设计文件的要求。

8.1.7 现行国家有关电气装置的施工及验收标准有:《电气装置安装工程 电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范》GB 50148、《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收规范》GB 50168、《电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范》GB 50169、《电气装置安装工程 旋转电机施工及验收规范》GB 50170、《电气装置安装工程 低压电器施工及验收规范》GB 50254 等,施工安装时按国家现行标准执行。

8.2 钢结构安装

8.2.1 采用螺栓联接的钢支架或高架钢站房,为了保证安装进度和在安装现场一次组装成功,要求每一个钢结构在制造现场进行立体预组装,并应出具预组装合格证。

8.2.2 本条规定的目的是尽量减少零部件的起吊次数和高空作业工作量,并保证安装质量和安全生产。

不论用什么安装方法,钢结构在起吊前,都需要认真检查锚栓和锚栓孔的实际尺寸。如果偏差超过允许值时,要按设计单位的要求,重新开孔或重新制作底板。在没有解决这些问题之前,不能贸然起吊钢结构。

8.2.4 本条对钢结构的安装做出了规定。

(1)桁架式钢结构支架,底层钢结构如不校正后拧紧锚栓,将无法防止上部安装时的累计偏差,对质量较大的支架也无法调整。

(2)在检查相接触的两个平面是否有 70% 以上的面积紧贴时,一般采用 0.3mm 塞尺,插入深度的面积之和不得大于总面积的 30%。两个平面边缘的最大间隙不大于 0.8mm。

8.2.5 对于很高的钢支架,风力、日照和温差所造成的支架顶部的变形较大,且变形的数值难以计算,因此,要在风力很小的清晨或阴天进行测量或校正。

8.2.8 在运输、保管和安装过程中脱落的底漆以及安装联接处,采用风铲、化学除锈剂或其他方法。彻底除锈后立即补涂底漆,再按设计规定的颜色及要求涂刷面漆数遍。对于湿热或气象多变地区的钢结构更要严格执行本条要求。

为了防止未刷漆的连接面受到水、气的腐蚀,钢结构固定后,构件安装连接处可以采用腻子对其周围缝隙进行密封。

8.3 线路设备安装

8.3.2 对线路监控装置进行模拟试验,是为了检验该装置是否满足设计要求。

线路监控装置目前广泛采用针形开关,针形开关折断力距的偏差,与材料标号、制造方法及尺寸精度等密切相关,抽检前需先核对设备技术文件和产品工艺卡片。

8.3.5 偏斜鞍座是承载索从线路过渡到站内的衔接设备,安装后需要用一辆货车进行通过性检查,弹性轨道要转动灵活;水平牵引式索道偏斜鞍座的托索轮需转动轻快、灵活。

8.4 钢丝绳安装

8.4.1 本条对承载索、运载索、牵引索、平衡索和救护索的展开做出了规定。

(1)保持施工组织设计所规定的拉力是为了尽量使钢丝绳腾

空展开,但对于大直径钢丝绳由于质量较大,放索时很难保持其处于腾空状态,放索时可以根据实际情况,不一定始终保持腾空状态进行展开。

(2)为了防止各种钢丝绳在展开过程中受到松散等意外损伤,钢丝绳的端部需要用钢丝、叉块或套筒进行夹紧,并在钢丝绳端部的合适位置设置防转器。

(3)为了避免在土壤、岩石、树桩、钢结构或钢筋混凝土构筑物上拖牵钢丝绳,在展开过程中,可以隔一定距离或凸出地点,设置托滚、胶带、枕木或其他防护物,防止钢丝绳接触地面或摩擦构筑物。为了防止各种钢丝绳在水中浸泡,钢丝绳在跨越水面时,可以用吊索、浮箱、船只或其他设施防止钢丝绳接触水面。

8.4.2 本条对承载索的起吊做出了规定。

(1)承载索在起吊前应详细检查涂油情况,受到破坏的涂油层,有可能时立即补涂,也可以在安装后用加油车进行补涂。

(2)在起吊过程中,如果起吊中承载索的弯曲半径太小,会使得承载索过度弯曲而产生承载索表层丝之间的开裂现象,因此,应采取措施加以避免。对于设有高支架的客运索道或堆货索道,为了防止从地上起吊承载索时产生过度弯曲,需创造条件使承载索支承在牵引索托索轮上展开。

8.4.3 本条对承载索的连接做出了规定。

浇铸后的锥体,从套筒中抽出进行检查时,若发现铸件表面有较大蜂窝或麻面、铸件表面出现裸露钢丝、锥件的锥口与钢丝绳结合不好或出现空隙等情况之一时,为不合格品,需要重新浇铸。

8.4.4 本条对承载索的拉紧与锚固做出了规定。

(1)采用向锚固端拉的拉紧方向,便于拉出多余的承载索,便于承载索拉紧和锚固施工,也易于控制重锤的安装位置。

(2)对于夹块所用的螺栓应当按设计要求用大型扭力扳手一一拧紧。不能采用大锤过度打击,防止螺栓或螺母受到疲劳损坏。

8.4.6 对于采用双牵引索的双线往复式客运索道,首先要准确测量每根牵引索及平衡索的长度,做好截绳与挂绳的准备工作;其次要控制每根平衡索的重锤的质量;当客车与牵引索及平衡索进行连接时,尽量使2根牵引索的拉力接近相等,以确保当索道进行空负荷试运行时,通过牵引索调整装置,精确调整牵引索的长度,使2根牵引索的拉力彼此相等。

8.5 站内设备安装

8.5.1、8.5.2 这两条对吊梁、吊钩和吊架的安装做出了规定。

(1)吊梁是吊钩或吊架的安装基础,所以,要以索道中心线和测量桩点为基准,逐个测量各预埋件的平面位置和标高,偏差超过规定值时,安装前需要纠偏。

(2)对于单线循环脱挂式抱索器客运索道,站内前后横梁如果安装偏差过大,则影响站内加减速段及其大梁等设备的安装精度。

8.5.4 对于直线道岔,安装时直线段要和曲线段相切,搭接处不能有折曲现象;对于曲线道岔,安装时岔头要和基本轨道圆滑过渡。

8.5.5 本条对导向板的安装做出了规定。

导向板安装后主要检查连接的可靠性,接头的平滑程度和其空间尺寸是否有利于客车、货车的平稳运行。

8.5.6 本条对挂结器和脱开器的安装做出了规定。

挂结器或脱开器安装后,需要慢速驱动牵引索或运载索和挂结器或脱开器中的有关设备,使一辆客、货车缓慢通过挂结器或脱开器,反复检查抱索器在各特征点的动作状态和客车、货车的进、出站情况,及时调整相关设备和相关尺寸,以确保客车、货车安全,平稳地进行脱开和挂结。

8.5.8 本条对拉紧装置的安装做出了规定。

(1)安装前需要对设备进行检查,各紧固件要紧牢固靠,剖分式拉紧轮的精制螺栓连接应当接触紧密,定位可靠;拉紧轮需转动

灵活、无异常响声；拉紧装置轨道中心线应该与设计中心线吻合，轨道的标高和轨距偏差值，按本条的偏差值进行检查。

(2)安装后拉紧轮的绳槽中心线要与出侧和入侧牵引索或运载索的中心线吻合，拉紧装置的4个滚轮应该靠贴在轨道面上。

8.5.9 导向轮含垂直导向轮、水平导向轮和倾斜导向轮。其中垂直导向轮的轮轴要水平安装，但支撑轮轴的轴承座的基础表面可以与水平面成任意角度。为了防止支撑轴承座沿基础表面移动，安装校正后，在支撑轴承座两端部应当加挡铁，并将挡铁焊在基础垫板上。

安装完毕的导向轮需转动灵活，无阻滞现象。

8.5.10 本条对双线循环式货运索道迂回轮的安装做出了规定。

(1)货车迂回轮主要用于自动转角站或端站，本设备的绳轮一般为型钢焊接结构，由于运输条件限制，制造厂在预组装后拆成便于运输的构件，因此，现场组装后需矫正运输过程中可能产生的变形，以保证货车平稳通过迂回轮。

(2)迂回轮安装校正合格后，底座应当焊牢于站内支座上。

8.5.12 滚子链是双线往复式客运索道导绕承载索的设备，其结构分为无极式和有极式两种。

8.5.13 本条对重锤的安装做出了规定。

重锤或重锤箱两侧导向块或导向滚轮与导轨之间的间隙应大致相等，否则需要调整重锤块的位置，以保证升降过程中不出现卡阻现象。

8.5.14 本条对货车的安装做出了规定。

由于货车在运输和存放过程中比较容易产生变形，因此要求在安装前进行逐辆检查脱挂式抱索器、吊架和货箱的功能尺寸。

为了保证挂结与脱开质量，在检查脱挂式抱索器的功能尺寸时，需采用专用检查工具，以轨道工作面的中点为基准点检查钳口的定位尺寸和钳口的最大与最小开度，还需检查脱挂轮的定位尺寸和工作行程。

9 索道工程试车与验收

9.1 试 车

9.1.2 对本条规定做以下说明：

(1)由于索道主体设备供应方不仅要对设备的质量和设备的正常运行负责,而且对所供应设备的性能也更加了解,因此,本次修订时,将索道无负荷试车由安装单位组织,改为由安装单位和主体设备供应方共同组织。建设单位派人参加,并且安装单位应当做好无负荷试车的准备工作;试车时需配备操作和维修人员并制定必要的操作规程和安全技术措施。

(2)索道负荷试车的指挥、操作和治保等工作,由建设单位负责,安装单位派人参加,并且建设单位需做好负荷试车的准备工作。

试车时需按岗位配备操作人员和保证供给运输物料、备品及生产与维修工具,并制定必要的操作规程和安全技术措施。

9.1.3 本条对无负荷试车做出了规定。

(1)无负荷试车,包括单机调试、机组联动试车和牵引索和运载索试车3个步骤,要按照要求逐级进行;

(2)额定速度是指正常运行时的设计速度;客运索道无负荷试运行合格后,一般需签署无负荷试车合格证书。

9.1.4 客运索道负荷试车需注意以下几点：

(1)客运索道需采用砂袋或其他重物进行负荷试车;

(2)检查索道在自动、半自动和手动控制方式下各机电设备的工作情况;

(3)各种载荷情况下,检查启动、制动的时间和加、减速度,并检查启动、匀速运行和制动时的电流变化情况;

- (4)观察在各种载荷情况下客车通过支架时的运行情况；
- (5)观察客车在最不利载荷情况下,启动和制动时的纵向摆动情况；
- (6)需测试站房和线路支架的接地电阻；
- (7)在站内乘客活动区、控制室和距离噪声源 1m 处需进行噪声测定；
- (8)负荷试车合格后,一般签署负荷试车合格证书。

9.1.5 为确保客运索道的运行安全以及索道出现事故和故障时乘客的安全,本次修订,增加和细化了在试车期间对救援设备进行性能检查和试验的要求。

9.2 试 运 行

9.2.3 为确保客运索道的运行安全,本次修订时,将客运索道试运行时间由不宜少于 60h 增加到 120h。

9.3 工 程 验 收

9.3.4 本条是新增条文。客运索道为特种设备,因此,要由政府监管部门和有关专业检测机构进行安全检验,检验通过取得运营许可证,才能正式投入运营。

S/N:155182 · 0649



9 155182 064904

统一书号: 155182 · 0649

定 价: 34.00 元