

74449

中华人民共和国国家标准

架空索道工程技术规范

Technical standard for aerial ropeway engineering

GB 50127 - 2007

主编部门：中国有色金属工业协会

批准部门：中华人民共和国建设部

施行日期：2007年12月1日

中国计划出版社

2007 北 京

中华人民共和国国家标准
架空索道工程技术规范

GB 50127-2007

☆

中国有色金属工业协会 主编
中国计划出版社出版

(地址:北京市西城区木樨地北里甲11号国宏大厦C座4层)

(邮政编码:100038 电话:63906433 63906381)

新华书店北京发行所发行
世界知识印刷厂印刷

850×1168毫米 1/32 6印张 149千字
2007年8月第一版 2007年8月第一次印刷
印数1—10100册

☆

统一书号:1580058·927

定价:28.00元

中华人民共和国建设部公告

第 604 号

建设部关于发布国家标准 《架空索道工程技术规范》的公告

现批准《架空索道工程技术规范》为国家标准,编号为 GB 50127—2007,自 2007 年 12 月 1 日起实施。其中,第 3.6.3、3.7.4、3.8.1、4.2.1 (3)、5.2.2、6.2.1 (5)、7.2.2 条(款)为强制性条文,必须严格执行。原《架空索道工程技术规范》GBJ 127—89 同时废止。

本规范由建设部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国建设部
二〇〇七年三月二十七日

前 言

本规范是根据建设部建标〔2002〕85号文件《关于印发“二〇〇一~二〇〇二年度工程建设国家标准制订、修订计划”的通知》要求,由昆明有色冶金设计研究院主编,会同国内有关设计、科研、制造、安装和使用单位组成修订组,对《架空索道工程技术规范》GBJ 127—89进行了全面修订。

在修订过程中,修订组进行了广泛深入地调查研究,总结了我国索道工程设计、施工和运行的实践经验,吸取了近年来有关的科研成果,借鉴了国外同类标准中的有关内容,在全国范围内,多次征求了有关单位及业内专家的意见,对一些重要问题进行了专题研究和反复讨论,最后召开了全国审查会议,会同有关部门共同审查定稿。

本规范共分9章,主要内容有:总则、术语和符号、索道设计基本规定、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、索道工程施工和索道工程验收。

本规范修订的主要内容有:

1. 本规范积极采用国外同类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,尽量与国际接轨。

2. 凝聚了索道专家和业内人士的智慧、借鉴国际先进标准和采用国内科研成果,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。

3. 在索道类型选用、主要参数确定、线路选择、站址选择、站房设计、索道施工等主要环节中,都提出了更为严格的环保要求,使索道运输能取得更好的环境效益。

4. 新增术语和符号一章。

5. 强调回运与营救在客运索道设计中的重要性,在索道设计基本规定一章中新增回运与营救一节。

6. 对各类索道最高运行速度、驱动装置抗滑安全系数、客运索道钢丝绳抗拉安全系数、乘客的计算载荷等重要参数进行修订。

7. 对各类索道的电气设计进行全面修订,新增了提高电气设计装备水平方面的许多要求,并在索道设计基本规定一章中新增电气一节。

8. 对各类索道的站房设计进行修订,在人身安全和人性化设计方面提出更高要求,并在索道设计基本规定一章中新增站房设计一节。

9. 对于双线往复式客运索道,新增了双承载、两端锚固、客车制动器设置条件等设计要求,全面修订客车、驱动装置、线路配置等设计要求。

10. 对单线循环式客运索道进行全面修订,新增了抱索器力源及检测、客车强度计算方法、托索轮靠贴条件、驱动装置装备水平、液压拉紧装置、压索支架二次保护等方面的一系列设计要求。

11. 对于拖牵式索道,新增了拖牵座设计、线路配置、端站设计、钢丝绳靠贴条件等内容。

12. 在索道工程验收一章中,新增试车一节。

本规范以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由建设部负责管理和对强制性条文进行解释,由中国有色金属工业协会负责日常管理工作,由昆明有色冶金设计研究院负责具体技术内容的解释。

本规范在执行过程中,请各单位注意总结经验,积累资料,随时将有关意见和建议反馈给昆明有色冶金设计研究院(地址:昆明市东风东路48号,邮编:650051),以便今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位和主要起草人:

主编单位:昆明有色冶金设计研究院

参编单位：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：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

目 次

| | | |
|-----|---------------------|-------|
| 1 | 总 则 | (1) |
| 2 | 术语和符号 | (2) |
| 2.1 | 术语 | (2) |
| 2.2 | 符号 | (8) |
| 3 | 索道设计基本规定 | (11) |
| 3.1 | 一般规定 | (11) |
| 3.2 | 风雪荷载 | (13) |
| 3.3 | 线路和站址选择 | (14) |
| 3.4 | 净空尺寸 | (15) |
| 3.5 | 支架 | (17) |
| 3.6 | 站房设计 | (19) |
| 3.7 | 电气 | (20) |
| 3.8 | 回运与营救 | (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 | (33) |
| 4.6 | 站房设计 | (36) |
| 4.7 | 电气 | (40) |
| 4.8 | 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 | (52) |
| 6.3 | 牵引索、平衡索、辅助索与有关设备 | (55) |
| 6.4 | 牵引计算与驱动装置选择 | (57) |
| 6.5 | 线路设计 | (58) |
| 6.6 | 站房设计 | (59) |
| 6.7 | 电气 | (60) |
| 7 | 单线循环式客运索道工程设计 | (62) |
| 7.1 | 客车 | (62) |
| 7.2 | 运载索与有关设备 | (66) |
| 7.3 | 牵引计算与驱动装置选择 | (67) |
| 7.4 | 线路设计 | (69) |
| 7.5 | 站房设计 | (72) |
| 7.6 | 电气 | (74) |
| 8 | 索道工程施工 | (76) |
| 8.1 | 一般规定 | (76) |
| 8.2 | 钢结构安装 | (78) |
| 8.3 | 线路设备安装 | (80) |
| 8.4 | 钢丝绳安装 | (81) |
| 8.5 | 站内设备安装 | (84) |
| 9 | 索道工程验收 | (92) |
| 9.1 | 试车 | (92) |
| 9.2 | 试运行 | (94) |

| | |
|----------------|------|
| 9.3 工程验收 | (94) |
| 本规范用词说明 | (95) |
| 附:条文说明 | (97) |

1 总 则

1.0.1 为了规范和指导架空索道工程设计、施工及验收工作,确保工程质量和安全运行,促进技术进步,并使索道运输在国民经济中发挥更大的作用,特制定本规范。

1.0.2 本规范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。

1.0.3 客、货运索道的运输方案,应根据建设条件、技术条件等经过综合技术经济比较后合理确定。

1.0.4 索道设计、设备研制和设备出厂,应符合下列要求:

1 技术先进、经济合理、安全可靠。

2 涉及人身安全的新设备,必须经过试验或通过生产实践证明其安全可靠并鉴定合格后,才能在工程中采用。

3 索道设备出厂时,应进行严格检验,建立技术档案并出具合格证书。

1.0.5 建在风景名胜区的客运索道,应以保护风景和方便旅游为原则。索道站址和线路选择,应符合风景名胜区总体规划或区域规划的要求。

1.0.6 索道建设应强化环保意识,制定环保措施,保护自然环境。

1.0.7 索道工程应经竣工验收后,才能正式投入运行或运营。

1.0.8 索道工程设计、施工及验收,除执行本规范的规定外,还应符合国家现行有关标准、规范的要求。

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

仅有运载索,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

仅有运载索,客车在线路上循环运行,用于运输人员的索道。其中,由于客车形式的不同又分为单线循环脱挂抱索器车厢(吊篮、吊椅)式客运索道和单线循环固定抱索器车厢(吊篮、吊椅、拖牵)式客运索道。

此外,由于运行方式的不同又分为单线循环固定抱索器车厢式客运索道、单线脉动循环固定抱索器车组式客运索道和单线间歇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 aerial ropeway for passenger

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,由于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。客车可分为车厢、吊篮、吊椅、拖牵座等不同形式。

2.1.8 抱索器、固定式抱索器、脱挂式抱索器 grip, fixed grip, detachable grip

客车或货车中与运载索或牵引索连接的装置,称为抱索器。

进、出站时无需从钢丝绳上脱开和挂结的抱索器,称为固定式抱索器。

进、出站时需要从钢丝绳上脱开、挂结的抱索器,称为脱挂式抱索器。

2.1.9 线路侧形 line profile

表明地形特征、站房和支架配置的索道线路纵断面。

2.1.10 运输能力 transport capacity

单位时间内的单方向运输量。

2.1.11 高差、平距、斜距 vertical rise, horizontal length, inclined length

两站之间或线路支架两点之间的索底标高之差,称为高差。

两点之间的水平距离称为平距。

两点之间的直线距离称为斜距。

2.1.12 索距、跨距、车距、时间距 gauge, span, pitch, interval

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。

相邻支架间或站房与相邻支架间的水平距离,称为跨距。

循环式索道中,客、货车发车的间隔距离,称为车距;发车的间隔时间,称为时间距。

2.1.13 倾角 inclination angle

钢丝绳在支承点上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。

2.1.14 进站角、仰角进站、俯角进站 entrance angle, ascending entrance angle, descending entrance angle

线路中的承载索或运载索与站口支承点水平线形成的角度,称为进站角。

进站角在水平线以上的,称为仰角进站。

进站角在水平线以下的,称为俯角进站。

2.1.15 挠度 sag

跨距内钢丝绳悬曲线上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。

2.1.16 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。

2.1.17 拉紧区段、拉紧区段站 tension section, tension section station

在双线循环式货运索道线路中,把承载索分成数段,其中每一段即可称为拉紧区段。

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、一端锚固的称拉锚站。

2.1.18 承载索、牵引索、运载索 carrying rope, hauling rope, carrying-hauling rope

承受客车或货车重力的钢丝绳,称为承载索。

牵引客车或货车在承载索上运行的钢丝绳,称为牵引索。

在单线索道中,既做承载又做牵引用钢丝绳,称为运载索。

2.1.19 拉紧索、平衡索、辅助索 tension rope, counter rope, auxiliary rope

连接拉紧小车与拉紧重锤的钢丝绳,称为拉紧索。

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,称为平衡索。

当索道发生故障时,牵引营救小车将滞留在线路上的乘客运至安全地点的钢丝绳,称为辅助索。

2.1.20 空索、空载索、重索 empty rope, unloaded rope, loaded rope

线路上没有运载工具时的承载索或运载索,称为空索。

线路上按设计车距布满空运载工具时的承载索或运载索,称为空载索。

线路上按设计车距布满满载运载工具的承载索或运载索,称为重索。

2.1.21 钢丝绳的抗拉安全系数 tensile 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。

2.1.22 编接头 splice

将牵引索或运载索两端编接在一起的连接段。

2.1.23 线路套筒、过渡套筒、末端套筒 rope socket, transition rope socket, end socket

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。

2.1.24 鞍座、固定鞍座、摇摆鞍座、偏斜鞍座 saddle, fixed saddle, oscillating saddle, deflecting saddle

在站内或线路支架上,支承承载索的设备,称为鞍座。

鞍座固定不动的,称为固定鞍座。

鞍座可纵向摇摆一定角度的,称为摇摆鞍座。

可使承载索的方向在水平和垂直面上发生改变的鞍座,称为偏斜鞍座。

2.1.25 托索轮、托索轮组 support roller, support roller battery

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。

2.1.26 压索轮、压索轮组 compression roller, compression roller battery

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。

2.1.27 托索与压索联合轮组 combined roller battery

由托索轮与压索轮联合组成的轮组。

2.1.28 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。

2.1.29 保护桥 protection bridge

建在被保护对象上方的桥式保护设施。

2.1.30 保护网 protection net

建在被保护对象上方的网式保护设施。

2.1.31 垂直营救、水平营救 vertical rescue, horizontal 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营救方式,称为垂直营救;沿线路方向转移至附近支架或站内的营救方式,称为水平营救。

2.1.32 上站、下站 upper station, lower station

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。

2.1.33 装载站、卸载站 loading station, unloading station

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。

2.1.34 驱动站、拉紧站 driving station, tension station

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。

2.1.35 转角站、自动转角站 angle station, automatic angle station

为改变索道线路方向所设置的站房,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。

2.1.36 迂回站、自动迂回站 return station, automatic return station

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。

2.1.37 驱动装置 driving device

驱动运载索或牵引索运行的装置。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。

2.1.38 拉紧装置 tension device

使运载索、牵引索或平衡索保持设计拉力的装置。

2.1.39 脱开器、挂结器 grip opening rail, grip closing 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,称为脱开器。

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,称为挂结器。

2.1.40 滚轮、垂直滚轮组、水平滚轮组 roller, vertical roller battery, horizontal roller battery

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,称为滚轮。

按一定曲率半径垂直配置的滚轮组,称为垂直滚轮组。

按一定曲率半径水平配置的滚轮组,称为水平滚轮组。

2.1.41 驱动轮、迂回轮、导向轮 driving sheave, return sheave, deflection sheave

驱动装置中驱动钢丝绳运行的绳轮,称为驱动轮。

当索道一个端站采用可移动的驱动与拉紧联合装置时,另一端站固定安装的绳轮,称为迂回轮。

引导钢丝绳改变方向的绳轮,称为导向轮。

2.1.42 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启动的驱动系统。对于双线往复式客运索道,主驱动应具有双向频繁运行的性能;对于单线循环式客运索道,主驱动以单向运行为主,必要时应具有低速度、短距离反向运行的性能。

2.1.43 紧急驱动 emergency drive

在索道的供电、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,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。

2.1.44 辅助驱动 auxiliary drive

在索道的主电气传动出现故障时,利用独立的备用动力源带动主驱动系统中的传动机构,使索道运行的驱动系统。必要时该系统可全负荷或半负荷做营业性运行。

2.1.45 营救驱动 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,牵引营救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。

2.2 符 号

2.2.1 基本参数

A ——运输能力、面积；

H ——高差；

L ——平距、距离、长度；

l ——跨距、轴距；

l' ——斜距、斜长；

λ ——车距；

v ——运行速度；

t ——发车间隔时间(时间距)。

2.2.2 钢丝绳

d_c ——承载索公称直径；

d ——牵引索或运载索公称直径；

F ——钢丝绳金属断面积；

σ_B ——钢丝绳的公称抗拉强度；

n ——钢丝绳的抗拉安全系数。

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；

q ——线路均布载荷；

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_0 ——钢丝绳平均拉力；

W ——重锤重力；

J ——惯性力；

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 ——货车或客车的运行阻力系数；

μ ——摩擦系数；

P ——圆周力、比压；

$[P]$ ——允许比压、允许径向载荷；

D ——绳轮直径；

R ——曲率半径、轮压。

2.2.4 线路设计

f_x ——考察点挠度；

φ ——折角；

α ——弦倾角；

β ——空索倾角；

θ ——重索倾角；

δ ——总折角；

ω ——体型系数；

k ——拉紧区段内承载索摩擦力的折减系数；

H_{\max} ——传动区段的最大高差；

L_{\max} ——拉紧或传动区段最大平距。

3 索道设计基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 索道的最大运输能力应根据建设项目的实际情况,经过技术经济比较后合理确定。

3.1.2 索道的最高运行速度不宜超过下列规定:

1 单线循环式货运索道为 4.5m/s;双线循环式货运索道为 5m/s;单线往复式货运索道为 6m/s;双线往复式货运索道为 8m/s。

2 配备乘务员的双线往复式客运索道,在跨距内为 12m/s,过支架时为 10m/s。

不配备乘务员的双线往复式客运索道,在跨距内为 7m/s;过支架时双承载为 7m/s,单承载为 6m/s。

3 对于双线脉动式客运索道,配备乘务员时为 7m/s;不配备乘务员时为 5m/s。

4 对于单线循环脱挂抱索器索道,车厢式为 6m/s,吊椅或吊篮式为 5m/s。

5 对于单线循环固定抱索器索道,当客车定员不超过 2 人时,车厢或吊篮式为 1.1m/s,吊椅式为 1.3m/s;当客车定员超过 2 人时,车厢或吊篮式为 0.8m/s。

6 对于单线脉动式客运索道为 5.0m/s。

7 对于单线循环固定抱索器滑雪专用索道,1 座或 2 座吊椅式为 2.5m/s,3 座或 4 座吊椅式为 2.3m/s,6 座吊椅式为 2.0m/s。

8 高位拖牵式索道为 3.5m/s;低位拖牵式索道为 2.0m/s。

3.1.3 工作制度应符合下列规定:

1 货运索道的工作制度,宜与相衔接企业的工作制度一致。

1)年工作日应符合有关行业的规定,但非连续工作制索道不宜小于 290d;连续工作制索道不宜大于 330d。

2)每日工作小时数和运输不均衡系数,一班作业时宜取 7.5h 和 1.1;两班作业时宜取 14h 和 1.15;三班作业时宜取 19.5h 和 1.2。

2 客运索道的年工作日和每日工作小时数,应按当地气候条件、客流变化情况和索道本身的特点确定。

3.1.4 索距应符合下列规定:

1 对于双线循环式货运索道,当货车容积为 $0.5\sim 1.0\text{m}^3$ 时宜取 3.0m;当货车容积为 $1.25\sim 1.6\text{m}^3$ 时宜取 3.5m;当货车容积为 $2.0\sim 2.5\text{m}^3$ 时宜取 4.0m。

2 对于单线循环式货运索道,当货车容积为 $0.2\sim 0.25\text{m}^3$ 时宜取 2.5m;当货车容积为 $0.32\sim 0.8\text{m}^3$ 时宜取 3.0m;当货车容积为 $1.0\sim 1.25\text{m}^3$ 时宜取 3.5m;当驱动轮直径大于 3.5m 时,索距宜与驱动轮直径相同。

3 验算货运索道的索距时,应选择最大跨距的中点位置,在 0.25kN/m^2 工作风压作用下,重车侧承载索或运载索和货车,应向外侧偏斜;空车侧承载索或运载索和货车,亦应向同一方向偏斜,此时空车不得接触重车侧任何部位。

4 双线往复式客运索道:

1)在客车交会的跨距内,应按两侧客车均向内侧摆动 0.20rad 计算。客车间的净空尺寸,当跨距小于 300m 时,不得小于 1m;当跨距大于 300m 时,跨距每增加 100m,索距相应再增大 0.2m。

2)在客车不交会的跨距内,应按一侧客车向内侧摆动 0.20rad 计算。该侧的客车与另一侧承载索水平投影的净空尺寸,当跨距小于 300m 时,不得小于 2m;当跨距大于 300m 时,跨距每增加 100m,索距再增大 0.2m。

5 对于单线循环式客运索道,应在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% 向内侧偏斜的条件下,按两侧的客车均向内侧摆动 0.20rad 进行计算。客车间的净空尺寸不得小于 1m。

3.1.5 当索距发生变化或索道方向发生改变时,承载索或运载索在支架上的水平力,不得大于垂直压力的 10%,承载索或运载索在该支架上的水平偏角,不得大于 0.005rad。

3.1.6 索道应配有相应的消防设施。

3.2 风雪荷载

3.2.1 基本风压应符合下列规定:

1 索道运行时为 0.25kN/m^2 ,索道停运时为 0.8kN/m^2 ,但对于拖牵式索道,运行时为 0.3kN/m^2 ,停运时为 0.8kN/m^2 。

2 最大风速大于 44m/s 的地区,应取当地最大风压值。

3.2.2 体型系数宜符合下列规定:

1 密封钢丝绳取 1.2。

2 非密封钢丝绳取 1.3。

3 货车取 1.4。

4 客车:

1)运行小车和吊架取 1.6。

2)矩形截面的车厢取 1.3。

3)带圆角的矩形截面车厢,其体型系数宜按下式计算:

$$\omega = 1.3 - \frac{2r}{l_1} \quad (3.2.2)$$

式中 ω ——体型系数;

r ——圆角半径(mm);

l_1 ——车厢长度(mm)。

5 托、压索轮组取 1.6。

3.2.3 当跨距大于 400m 时,钢丝绳承受风力的计算长度应按下式计算:

$$l_j = 240 + 0.4l' \quad (3.2.3)$$

式中 l_j ——钢丝绳承受风力的计算长度(m);

l' ——斜长(m)。

3.2.4 冰、雪荷载应按国家现行的有关规范执行。

3.3 线路和站址选择

3.3.1 线路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应为一直线。但受条件限制需设置转角站时，索道线路应经多方案比较后合理确定。

2 循环式索道线路，应避免多次起伏的地形和高差很大的凸起地段以及难以跨越的凹陷地段；往复式索道线路应力求通过凹陷地形；拖牵式索道线路不得与冬季使用的公路或雪道交叉。

3 索道线路应避免滑坡、雪崩、沼泽、泥石流、溶洞等不良工程地质区域或采矿崩落等人为不良影响区域。当受条件限制不能避开时，站房和支架应采取可靠的工程措施。

4 索道线路不宜跨越工厂区和居民区、亦不宜多次跨越铁路、公路、航道和架空电力线路。当货运索道跨越上述设施时，应设保护设施。当客运索道跨越铁路和高压电力线路时，应符合国家有关规定并与有关部门协商解决。

5 建在风景名胜区的客运索道，其线路选择应符合第 1.0.5 条的规定。

6 建在机场或军事设施附近的索道，其线路选择应符合国家有关规定。

7 宜尽量减小索道线路与主导风向的夹角。

8 客运索道线路应便于营救。

3.3.2 站址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 站址宜设在供电、供水、交通和施工条件较好的位置。
- 5 客运索道的站址应便于客流集散。
- 6 货运索道站址的选择应使钢丝绳的进、出站角满足站口设计的要求。

3.4 净空尺寸

3.4.1 索道跨越或穿越有关设施、区域时的最小垂直净空尺寸，应符合表 3.4.1 的规定。

表 3.4.1 最小垂直净空尺寸(m)

| 跨越或穿越类别 | 跨越或穿越说明 | 净空尺寸 |
|---------|------------------|----------------|
| 铁路 | 保护设施底部距轨面 | 应符合国家有关标准规范的要求 |
| 公路 | 索道或保护设施底部距路面 | |
| 架空电力线路 | 索道穿越时电力线距索道顶部 | |
| | 索道跨越时保护设施底部距电力线 | |
| 航道 | 索道或保护网底部距桅杆顶 | |
| 建、构筑物 | 索道或保护设施底部距建、构筑物顶 | 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 |

续表 3.4.1

| 跨越或穿越类别 | 跨越或穿越说明 | 净空尺寸 |
|---------|--------------|------|
| 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再加上动态附加值(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年一遇洪水的最高水位为准。

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1m。

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。

3.4.2 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3.4.2的规定。

表 3.4.2 最小水平净空尺寸(m)

| 障碍物名称 | 客、货车或钢丝绳摆动情况 | 净空尺寸 |
|--------------|---|----------|
| 无导向装置的支架 | 双线索道空车厢横向内摆 0.20rad 、单线索道车厢横向内摆 0.35rad | — |
| | 货车、吊篮和吊椅横向内摆 0.20rad | 0.5 |
| 有导向装置的支架 | 车厢横向内摆 0.20rad | — |
| | 配备乘务员的客车横向内摆 0.10rad 、不配备乘务员的客车和货车横向内摆 0.14rad 、无制动器客车横向内摆 0.20rad | 0.5 |
| 与索道平行的交通运输道路 | 承载索或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 | 承载索或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 |

续表 3.4.2

| 障碍物名称 | 客、货车或钢丝绳摆动情况 | 净空尺寸 |
|--------|---|------|
| 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% 横向外摆加上脱挂抱索器客货车横向外摆 0.35rad | 0.5 |

注:1 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 。

3.5 支 架

3.5.1 支架设计应符合下列规定:

1 支架应优先采用钢结构,特殊条件下也可采用钢筋混凝土结构。

2 在温度低于 -20°C 环境中工作的支架,其主要承载构件应具有良好低温冲击韧性。

3 支架采用开口型材时,其壁厚不得小于 5mm ;采用闭口型材时,其壁厚不得小于 2.5mm ,且内壁应进行防腐处理。

4 支架导向装置:

1) 当客车按表 3.4.2 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,应能顺利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 当客车按表 3.4.2 中摆动情况横向内摆和纵向摆动 0.35 rad 或货车横向内摆和纵向摆动 0.20rad 时,客、货车应能顺利通过无导向装置的支架。

6 支架顶部应设满足安装和维修要求的起重架。

7 支架头部应设带栏杆的操作台。当承载索或运载索在支架上的倾角较大时,操作台应设计成与倾角一致的台阶形。

8 支架应设爬梯。当支架高度大于 10m 时,爬梯应设防坠保护设施。

9 支架应编号,并设非工作人员不得攀登的标志。

3.5.2 支架计算应符合下列要求:

1 支架荷载:

1) 支架的主要荷载为支架重力、线路设备重力、各种钢丝绳的垂直力和水平力以及密封钢丝绳与鞍座的摩擦力。

2) 附加荷载为风荷载和冰、雪荷载。

3) 特殊荷载为客车制动力、货车卡车力和按有关规定确定的地震力。

2 荷载组合分为索道运行和索道停运两种不同情况,应按最不利荷载组合并考虑钢丝绳的动力影响进行计算。

3 支架的结构重要性系数应为 1.1。

4 支架的主要承载构件,应进行疲劳校核。

3.5.3 支架顶部的允许变形,不得超过下列规定:

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

2 索道停运时,支架的横向偏移为其高度的 0.005 倍,纵向

偏移为其高度的 0.001 倍。

3 索道运行时,水平扭转角为 0.003rad。

3.5.4 支架基础应符合下列规定:

1 一般应采用短柱式钢筋混凝土基础。对于良好的岩石类地基宜采用梁式或锚杆基础。

2 在最不利荷载组合下,基础的抗滑移、抗倾覆和抗扭转,应按照国家现行标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 中对于甲级设计等级的基础要求进行设计。

3 基础位于边坡附近时,应校验边坡稳定性。

4 在冰冻地区,基础底面应埋至冻土深度以下。

5 钢支架基础顶面露出设计地面的高度,一般情况下不得小于 300mm;钢筋混凝土支架的基础顶面宜低于地面 200~300mm。

6 基础周围应有必要的防护及排水设施。

3.6 站房设计

3.6.1 索道站房的配置在满足使用功能、保证人员安全的前提下,应尽量减小其占地面积和体量。

3.6.2 应根据地形特征、地质条件、配置方式、设备起吊高度等因素,综合确定站房高度。

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

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

3.6.5 索道站内应有检修设备和更换钢丝绳的必要设施。

3.6.6 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 站内的机械设备、电气设备、钢丝绳等不得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 在乘客人口处应设醒目的关于乘坐注意事项的告示牌。

3.7 电 气

3.7.1 索道供电应符合下列规定:

1 有条件时,索道应优先采用独立的双回路电源供电,当其中一路电源发生故障时,应能及时接通另一路电源。

2 采用单电源供电的客运索道,应配备能以低速回运全部客车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。

3.7.2 索道的驱动控制应符合下列规定:

1 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。紧急驱动、辅助驱动和营救驱动系统的电气传动,宜采用交流拖动或液力传动方式。

2 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,宜采用具有无级调速性能的直流或交流变频的传动方式。

3 采用主驱动系统驱动索道,在空索状态下正常运行时,索道运行速度应保持不变;在最不利载荷情况下,索道运行速度的变化范围不得大于额定速度的 $\pm 5\%$ 。

3.7.3 采用自动控制运行方式的索道,应同时具备半自动和手动控制运行方式。

3.7.4 客运索道应设由站内安全装置和线路安全装置组成的安全电路。

3.7.5 在一般情况下,客运索道的安全电路应符合下列要求:

1 当索道发生故障引起安全装置动作时,安全电路应使索道自动停止运行,并显示故障位置。索道应在排除故障和安全装置经人工复位后,方能重新启动。

2 索道在运行过程中出现下列故障之一时,应能自动停止运行,并应在控制台或控制柜上显示相应的故障位置。

1)电气控制系统的常规保护出现异常情况如:过流、过压、缺相等。

2)运行速度超过额定速度的10%。

3)站内和线路监控装置动作。

4)拉紧小车或拉紧重锤超过极限位置。

5)液压拉紧装置的油压超过正常值的 $\pm 10\%$ 。

6)紧急停车按钮动作。

3 线路安全回路的工作电压不应超过50V。

3.7.6 当索道驱动装置的制动和润滑系统的油压、油位、油温等异常时,宜发出报警信号。

3.7.7 站台、控制室和驱动装置操作平台应设紧急停车按钮;在驱动装置和拉紧装置处,应设带自保的检修开关。

3.7.8 通讯与信号应符合下列规定:

1 各站房及控制室之间,应设内部专用直通电话;若索道建在通讯信号完全不能覆盖的区域,至少在一个站房内应设当地公用电话。

2 各站房与控制室之间,应设联络信号,联络信号应同时具备声、光功能。

3 各站房及控制室之间应设置无线通讯设备,以保证当有线电话系统发生故障、索道线路检修和营救时的通讯联系。

4 对于客车定员超过15人的索道,车厢和驱动站之间宜设通讯装置。当客车与驱动站之间未设通讯装置时,站房及部分支架宜设广播扩音系统。

5 应在索道沿线主要风口处设电传风向风速仪,其数据宜在

控制台上显示,当风速达到报警值时,应能发出报警信号。风速达到 20m/s 时,索道应能自动减速或停止运行。

3.7.9 索道照明应符合下列规定:

1 各站房应设照明装置并配备应急照明灯具。

2 夜间运行的营业性索道,站口应设投光灯,线路上宜设适当的照明装置,封闭式车厢内宜设简易照明装置。

3.7.10 有必要时,索道各站和沿线重要地段可设置闭路电视监控装置,其显示屏宜设在控制室内。

3.7.11 防雷与接地应符合下列规定:

1 索道站房应设防雷设施。防雷接地的冲击接地电阻不得大于 5Ω 。防雷接地应和站内所有金属构件、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 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。

3 在电源引入的总配电箱处,宜设过电压保护器。

4 承载索或运载索应与站房防雷接地装置联接,联接点不少于 2 点。

5 线路支架的接地电阻不得大于 30Ω 。

6 客车的金属部件与运载索之间,不应实施电气绝缘。

3.8 回运与营救

3.8.1 客运索道应有适合索道实际情况的回运设计和营救设计。

3.8.2 客运索道的运营单位应主动利用自身和社会资源,配备适合索道实际情况的营救设施,并制订应急预案。

3.8.3 在索道发生不能恢复正常运行的故障时,应优先采用回运方式;当不能采用回运方式时,则应实施营救作业。

3.8.4 对于符合下列条件的索道,宜采用垂直营救方式:

1 客车的定员、数量和离地高度适合垂直营救作业时。

2 索道线路的地形条件适合乘客疏散时。

- 3 索道线路的气象条件允许时。
- 4 营救人员便于进入客车时。
- 3.8.5 对于出现下列情况之一的索道,宜采用水平营救方式:
 - 1 客车的定员、数量和离地高度不适合垂直营救作业时。
 - 2 索道线路的地形条件不适合乘客疏散时。
 - 3 索道线路的气象条件不允许时。
 - 4 索道线路中有难以进行垂直营救作业的障碍物时。
- 3.8.6 对于某些条件特殊的索道,宜采用水平与垂直联合营救方式。
- 3.8.7 在营救设计中,不应考虑乘客积极协助的因素。
- 3.8.8 在营救设计中,应考虑将营救作业的时间控制在 3h 内。

4 双线循环式货运索道工程设计

4.1 货 车

4.1.1 货车选择应符合下列规定：

1 根据线路实际情况，一般地形应选用下部牵引式货车；对于凸起地形，线路长度不超过 2km 且不需要转角的，宜选用水平牵引式货车。

2 一般应选用重力式抱索器；当承载能力大于 3200kg 和运行速度大于 3.6m/s 时，应选用弹簧式抱索器。

3 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 货车有效容积的利用系数：当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得小于 8；当采用重力装载闸门和其他非振动装载设备时不得小于 4；当采用振动式装载设备时其比值可适当减小。

4.1.2 货车设计应符合下列规定：

1 货车承载能力系列应为：1000、2000 和 3200kg。

2 货车容积系列应为：0.5、0.63、0.8、1.0、1.25、1.6、2.0 和 2.5m³。

3 货车的运行小车：

1) 承载能力为 1000kg 时宜采用 2 轮式，承载能力为 2000kg 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) 车轮宜设对承载索有保护作用的耐磨轮衬。

4) 各车轮之间应设平衡装置。

4 货车吊架应采用焊接结构。吊架高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 抱索器的抗滑力不得小于货车重力在最大倾角处沿钢丝绳方向分力的 1.3 倍, 当牵引索直径增大或减小 10% 时, 抱索器的夹紧力也应能满足抗滑要求。对于采用重力式抱索器的货车, 应分别校验空车和重车的抗滑能力。

6 货车应设防止自行卸载的装置, 该装置应启闭灵活。

4.1.3 货车的运行速度宜为 1.6、2.0、2.5、2.8、3.15、3.6、4.0、4.5 和 5.0m/s。设置自动转角站或自动迂回站的索道, 货车的最高运行速度应符合表 4.1.3 的规定。检修速度应为 $0.3\sim 0.5\text{m/s}$ 。

表 4.1.3 货车自动转角或自动迂回时最高运行速度

| | | | | | |
|--|-----|-----|-----|-----|------|
| 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($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) | 1.6 | 2.0 | 2.5 | 2.8 | 3.15 |

4.1.4 货车的发车间隔时间应根据索道运量、货车容积、物料性质和装载机械性能决定, 一般宜取 $12\sim 40\text{s}$ 。

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 应选用密封钢丝绳, 其公称抗拉强度不宜小于 1370MPa 。
- 2 承载索拉紧端的初拉力, 应同时符合下列公式的要求:

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

$$\frac{T_0}{R} \geq 0.045\sqrt{N_0} \quad (4.2.1-2)$$

式中 T_0 ——承载索拉紧端的初拉力(N);
 R ——每个车轮作用在承载索上的压力(N);
 N_0 ——每年通过承载索的车轮的次数。

3 承载索的抗拉安全系数不得小于 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,应按下列公式计算:

$$\text{对于下部牵引式货车 } R = \frac{Q + q_0 \lambda + t_\varphi}{i} \quad (4.2.2-1)$$

$$\text{对于水平牵引式货车 } R = \frac{Q}{i} \quad (4.2.2-2)$$

式中 R ——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
 $t_\varphi = (0.2 \sim 0.25)Q$; 侧形复杂时 $t_\varphi = (0.3 \sim 0.35)Q$;
 i ——每辆货车的车轮数。

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);
 $\sum \Delta T$ ——计算区段内承载索摩擦力按同向叠加计算的总和(N);
 k ——计算区段内承载索摩擦力折减系数。

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

| 侧形情况 | 划分拉紧区段时 | 计算任意支架时 |
|-----------|---------|---------|
| 凸起侧形 | 0.5 | 0.5~1.0 |
| 平坦或坡度均匀侧形 | 0.6 | 0.6~1.0 |
| 凹陷侧形 | 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 对于多个拉紧区段的索道,应进行多方案比较后,合理划分各拉紧区段,一般宜将承载索锚固站设在高端,拉紧站设在低端。

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,重锤箱应设刚性导轨。重锤架或重锤井应便于检查和维护,重锤井应设排水设施。

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,应符合本规范第 6.2.3 条的要求。

5 采用圆筒锚固方式时,承载索在圆筒上应至少缠绕 3 圈,其末端应有可靠的固定,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 4.5。

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 0.5~1.0m 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,需要连接时应采用加楔线路套筒连接。

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 承载索的鞍座应采用铸钢或焊接结构,绳槽宜设带润滑装置的尼龙或青铜衬垫。

2 承载索在鞍座上的比压按下式计算:

$$p = \frac{1.5T}{dR} \quad (4.2.8-1)$$

式中 p ——比压(MPa);

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)。

计算出的比压不得大于衬垫材料的允许值。

3 承载索在支架上的最大折角小于或等于 16° 时,应选用摇摆鞍座;大于 16° 时可选用固定鞍座。

4 鞍座绳槽曲率半径应按下式计算:

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

式中 R ——鞍座绳槽曲率半径(m);

v ——货车的运行速度(m/s)。

同时应满足:无衬或青铜衬鞍座绳槽的曲率半径,不小于承载

索直径的 100 倍；尼龙衬鞍座绳槽的曲率半径，不小于承载索直径的 150 倍。

4.3 牵引索与有关设备

4.3.1 牵引索应选用线接触或面接触同向捻带绳芯的股捻钢丝绳，公称抗拉强度不宜小于 1670MPa。

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 根据索道长度、高差、地形等因素进行传动区段的划分，应尽量采用一段传动。

2 对于不能采用一段传动的索道，应合理划分各传动区段。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计。

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，各驱动装置的形式宜相同。

4.3.4 牵引索导向轮直径和牵引索直径的比值，不得小于表 4.3.4 中的数值。

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(°) | >4~20 | >20~90 | >90 |
|-------|-------|--------|-----|
| 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。重锤箱应设刚性导轨。

2 应根据站房的高度和地形，合理配置重锤架和拉紧索的导绕系统。

3 应设调节重锤位置的装置；当牵引索重锤移动速度较快时，应设阻尼装置。

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,并符合本节第 4.3.4 条的规定,拉紧轮应设软质耐磨衬垫。

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,其公称抗拉强度不宜小于 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 导向轮应设软质耐磨衬垫。

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 采用从拉紧轮两侧分别向驱动轮方向计算各特征点的牵引索拉力。

2 应按下列 3 种载荷情况分别进行牵引计算:

1)重车侧和空车侧按设计车距布满重车和空车的正常运行载荷情况。

2)由于线路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)由于线路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,应计入下列各种质量:

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 货车的承载索上的运行阻力系数,对于采用铸钢车轮的货

车,制动运行时宜取 0.0045,动力运行时宜取 0.0065;对于采用铸型尼龙轮衬的货车,制动运行时宜取 0.0055,动力运行时宜取 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);

q_0 ——牵引索每米重力(N/m);

C_2 ——牵引索最小拉力与牵引索每米重力的比值。

3 牵引索最小拉力与牵引索每米重力的比值:

1)对于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(以 m 计)的 10 倍,但不宜小于 600 或大于 1200。

2)对于采用水平牵引式货车的索道,应使牵引索和承载索在跨距内的挠度相接近,以防货车在线路上产生横向歪斜。

4.4.4 驱动装置选择应符合下列规定:

1 对于高架站房宜采用立式驱动装置;对于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,并按下式校核:

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

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

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

μ ——牵引索与驱动轮衬垫之间的摩擦系数;

α ——牵引索在驱动轮上的包角(rad)。

4 驱动轮衬垫的比压,应按下式校核:

$$\frac{1.5(t_r + t_c)}{Dd} \leq [P] \quad (4.4.4-2)$$

式中 t_r ——驱动轮入侧的牵引索拉力(N);

t_c ——驱动轮出侧的牵引索拉力(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 宜选用交流电动机,对于侧形复杂、运行速度高或负力较大的索道,宜选用直流电动机。

2 按正常载荷情况计算电动机功率时,应计入功率备用系数,对于动力型索道取 1.15,对于制动型索道取 1.30,并按最不利载荷情况下启动或制动时的功率与所选电动机额定功率的比值,不大于该电动机过载系数的 0.9 倍的条件校验。

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,应设工作制动器和安全制动器。对于断电后能自行停车,并且停车后不会倒转的索道,可仅设工作制动器。

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能自动相继投入工作,并使减速度控制在 $0.5 \sim 1.0 \text{ m/s}^2$ 的范围内。

4.4.7 对于启动时会自行反转的索道,驱动装置宜设防止反转的装置。

4.5 线路设计

4.5.1 线路配置应符合下列规定：

1 侧形应力求平滑，不应有过多过大的起伏。

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取 $0.03\sim 0.04\text{rad}$ ；对于采用水平牵引式货车的索道宜取 $0.05\sim 0.06\text{rad}$ 。

3 承载索在每个支架上的最大折角，一般宜控制在 $0.10\sim 0.15\text{rad}$ 范围内，大跨距两端支架的最大折角不宜超过 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 凹陷地段支架的高度，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 跨距与车距的水平投影值之比，宜为下列数值： $0.3\sim 0.4$ ， 0.85 ， $1.15\sim 1.3$ ， 1.75 ， $2.3\sim 2.6$ ， 3.45 。

7 站前第一跨的支架配置：

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，但两者之差宜大于 0.05rad 。

3) 承载索俯角进站时，空索倾角应小于轨道倾角，但两者之差宜大于 0.05rad 。

4) 重索倾角不得大于 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：

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

$$\alpha_y = \tan^{-1} \frac{h_y}{l_y} \quad (4.5.2-2)$$

- 式中 α_x ——计算支架左侧的弦倾角(°);
 α_y ——计算支架右侧的弦倾角(°);
 h_x ——左跨支架的高差(m),计算支架高于左侧支架时为正,反之为负;
 h_y ——右跨支架的高差(m),计算支架高于右侧支架时为正,反之为负;
 l_x ——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:

$$\beta_x = \sin^{-1} \frac{q_c l_x}{2T} + \alpha_x \quad (4.5.2-3)$$

$$\beta_y = \sin^{-1} \frac{q_c l_y}{2T} + \alpha_y \quad (4.5.2-4)$$

- 式中 β_x ——计算支架左侧的空索倾角(°);
 β_y ——计算支架右侧的空索倾角(°);
 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按下列公式计算:

当一辆货车紧靠计算支架左侧时:

$$\theta_x = \sin^{-1} \frac{(1 + \tau_x) Q_Z \cos \alpha_x + 0.5 q_c l_x}{T_{\min}} + \alpha_x \quad (4.5.3-1)$$

$$\theta_y = \sin^{-1} \frac{\tau_x Q_Z \cos \alpha_y + 0.5 q_c l_x}{T_{\min}} + \alpha_y \quad (4.5.3-2)$$

当一辆货车紧靠计算支架右侧时:

$$\theta'_x = \sin^{-1} \frac{\tau_x Q_Z \cos \alpha_x + 0.5 q_c l_x}{T_{\min}} + \alpha_x \quad (4.5.3-3)$$

$$\theta'_y = \sin^{-1} \frac{(1 + \tau_y) Q_Z \cos \alpha_y + 0.5 q_c l_x}{T_{\min}} + \alpha_y \quad (4.5.3-4)$$

式中 θ_x, 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($^\circ$);

θ'_x, 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($^\circ$);

τ_x ——左跨载荷分配系数;

τ_y ——右跨载荷分配系数;

T_{\min} ——承载索在计算支架上的最小拉力(N);

Q_z ——包括牵引索重力在内的货车集中载荷(N)。

Q_z 由下式确定:

$$Q_z = Q + q_0 \lambda$$

式中 Q ——货车重力(N);

q_0 ——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:

$$\tau = (n-1) \left(1 - \frac{n\lambda \cos\alpha}{2l} \right) \quad (4.5.3-5)$$

$$n = 1 + \frac{l}{\lambda \cos\alpha} \quad (\text{仅取整数部分}) \quad (4.5.3-6)$$

式中 τ ——载荷分配系数;

n ——支架间距内货车数目;

α ——弦倾角($^\circ$)。

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列式计算:

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

式中 m ——考察点左侧货车数目, $x \leq \lambda \cos \alpha$ 时 $m = 0$, $x > \lambda \cos \alpha$

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

n ——考察点右侧货车数目, $(l-x) \leq \lambda \cos \alpha$ 时 $n = 0$,

$(l-x) > \lambda \cos \alpha$ 时 $n = \frac{l-x}{\lambda \cos \alpha}$ (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 站房形式应根据其功能、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 站房配置应避免牵引索多次导绕。

3 站内离地高度小于 2.5m 的牵引索和设备运动部件,应设保护设施,货车在站内的净空尺寸,应符合本规范第 4.6.2 条的规定。

4 机械设备与墙壁之间的净空尺寸不得小于 0.5m,设计通道宽度不得小于 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通道。

5 对于立式驱动装置,宜设单独驱动机房,机房的平面和空间布置,应便于驱动机的起吊和维护;驱动机的控制室应设在操作人员便于观察货车装、卸载和进、出站的位置。

6 装卸作业所产生的粉尘不符合环保和劳动卫生要求时,应采取有效的除尘措施。

4.6.2 货车在站内的净空尺寸,应符合下列要求:

1 货车的横向摆动值,在避风站内的直线轨道上为 0.08rad,在曲线段轨道上为 0.16rad;在非避风站内均为 0.16rad。但设有

双导向板的轨道段除外。

2 货车的纵向摆动值为 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:

1)距站房地坪不得小于 0.2m ,距卸载口格筛不得小于物料最大块度加上 0.05m 。

2)有行人通行时,距墙面不得小于 0.8m ;无行人通行时,距墙面不得小于 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工具的生产要求确定。

4.6.4 货车的装载应符合下列规定:

1 应根据物料性质和索道运输能力选择装载设备。

2 宜采用内侧装载方式。

3 在装载位置应设防止货箱摆动的导向板或稳车器。

4 装载口附近应设备用货车的轨道。

4.6.5 货车的卸载与复位应符合下列规定:

1 宜在料仓顶部设格筛。当卸载区段很长并采用机械推车时可不设格筛,但应在料仓两侧或中间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 卸载站内应设复位装置。

4.6.6 站口设计应符合下列规定:

1 对于采用下部牵引式货车的索道:

1)当承载索的俯角为 $0.05 \sim 0.10\text{rad}$ 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，应设站口托索轮。当货车挂接或脱开时，牵引索应靠贴在站口托索轮上。

2) 当承载索的仰角大于 0.05rad 时，应设凹形垂直滚轮组。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。并应设防止货车滑向线路的抱索状态监控装置。

2 对于采用水平牵引式货车的索道：

1) 承载索俯角出站时，站口可不设垂直滚轮组，但应设置托索轮。

2) 承载索仰角出站时，应根据牵引索的向上合力确定凹形滚轮组参数。

4.6.7 挂结器与脱开器应符合下列规定：

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

2 挂结器前和脱开器后，牵引索导向轮的安装高度应能调节。

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，应按设计车距并计入 1.1 的动力系数进行计算。在货车脱开牵引索的轨道段，应按货车紧密排列计算，可不计入动力系数。

3 吊架或吊钩的间距:重车侧直线段宜为 2m;空车侧直线段宜为 2.5~3.0m;曲线段可根据曲率半径的不同适当减小。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 500mm。吊架和吊钩的结构应便于调整轨道坡度。

4 每个设有主轨的中间站,应设停放数辆货车的副轨。索道 2 个端站的主轨和副轨的总长,应能停放全部货车。

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

6 与挂结器或脱开器衔接的轨道,在 2m 长度范围内不得有平面上的弯曲。

7 轨道的反向弧之间应设不小于 1.5m 的直线段。

表 4.6.8 主轨的最小平面曲率半径

| | | | | | | | | | |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 货车运行速度($m \cdot s^{-1}$) | 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 |

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,宜取 0.0065,当货车重力大于 7.5kN 时,宜取 0.0055。

2 货车在曲线段轨道上的附加运行阻力系数,可按下列式计算:

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

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：道岔为 0.07m；卸载挡杆为 0.01m；螺旋复位器为 0.1m；单导向板每米为 0.005m；双导向板每米为 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 600mm，宽度不宜小于 140mm。

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，应各设一个宽边垂直托辊，托辊上方的轨道应局部抬高便于货车通过。

2 轨道立面过渡曲线应符合本节第 4.6.8 条第 5、7 款的要求。

3 货车进出水平滚轮组或迂回轮，应设置使货车平稳通过的轨道曲线过渡段。

4.6.13 站内辅助设备应符合下列规定：

1 货车容积较大或站房较长时，应设推车设备。

2 对于运输黏结性物料的索道，装、卸料仓宜设便于装卸的相关设备。

3 装载位置宜设阻车、计量、推车等设备。

4 发车位置应设保证车距或发车间隔时间的发车设备。

5 复位处宜设推车设备。

4.7 电 气

4.7.1 索道的电气设计除应符合本规范第 3.7 节的有关规定外，

尚应符合下列要求：

- 1 动力型索道启动时，应使驱动装置获得恒定的启动转矩。
对于采用交流拖动的负力较大的制动型索道，应采取动力制动的启动方式。
- 2 索道正常启、制动时的加、减速度，应控制在 $0.1 \sim 0.15\text{m/s}^2$ 的范围内。
- 3 未设机械变速的驱动装置，应有 $0.3 \sim 0.5\text{m/s}$ 的检修速度。
- 4 因事故需低速反转运行的时间，不宜大于 3min 。
- 5 对于多传动区段的索道，各段宜设同步启动与制动的装置。
- 6 索道应有下列保护措施：
 - 1) 过电流保护。
 - 2) 过负荷保护。
 - 3) 失压保护。
 - 4) 超速保护。
 - 5) 对制动型索道应有零电流保护。

4.8 保护设施

4.8.1 保护设施设置应符合下列规定：

1 保护范围较长和货车坠落高度较大时，应采用保护网；保护范围较短和货车坠落高度较小时，应采用保护桥；索道线路横向坡度较大、货车或物料滚落后会造成事故时，应采用拦网。

2 应按货车冲击的条件校验保护网底面与跨越设施之间的净空尺寸。

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 保护网的宽度至少比索距宽 3m ；保护桥的宽度，当货车坠落高度不大于 3m 时，至少比索距宽 2.5m ；当索道跨距大于 250m

时,保护设施的宽度,应按承载索和货车均受 0.25kN/m^2 工作风压作用而发生偏斜的条件校验。

4.8.2 保护网应符合下列规定:

1 保护网应由粗、细 2 层格网组成,细格网的网孔尺寸不宜大于 $20\text{mm}\times 20\text{mm}$ 。

2 当不允许坠落细料时,宜铺板或采用其他设施代替细格网。

3 保护网应有挡边,其高度宜为 $0.5\sim 1.2\text{m}$ 。

4 保护网的跨距不宜大于 100m 。

5 当保护网的跨距大于保护长度时,可在保护范围内设置格网。

6 保护网的支架应设工作梯。

7 主索宜选用镀锌钢丝绳。

8 主索应采用两端锚固方式,其中一端应设拉紧力调节装置。

9 保护网的计算:

1)主索的最大工作拉力,应考虑保护网重力、冰雪荷载、工作温度等因素的影响。

2)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。

4.8.3 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 保护桥的桥面应有缓冲设施。

3 保护桥的两侧应设栏杆和防止坠落物料滚出桥面的侧板。

4 保护桥应设工作梯。

5 单线循环式货运索道工程设计

5.1 货 车

5.1.1 货车选择应符合下列规定：

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

2 运行速度小于 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小于 20°时，宜选用鞍式抱索器。

4 货车选择的其他要求，应符合本规范第 4.1.1 条的有关规定。

5.1.2 货车设计应符合下列规定：

1 货车的承载能力系列应为：400、700、1000 和 1250kg。

2 货车的容积系列应为：0.25、0.32、0.4、0.5、0.63、0.8、1.0 和 1.25m³。

3 货车设计的其他要求，应符合本规范第 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规范第 4.1.4 条的要求。

5.2 运载索与有关设备

5.2.1 运载索选择应符合下列规定：

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

2 运载索表层钢丝的直径不得小于 1.5mm。

3 当采用鞍式抱索器时，运载索的捻距应与 2 个钳口的中心距相适应。

5.2.2 运载索的抗拉安全系数不得小于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,应符合本规范第4.3.4~4.3.7条的有关要求。

5.3 牵引计算与驱动装置选择

5.3.1 牵引计算应符合本规范第4.4.1条的有关要求。

5.3.2 运载索在托、压索轮组上的阻力系数: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;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, C_3 宜取10~12,选用鞍式抱索器时, C_3 宜取8~10;

Q ——重车重力(N)。

5.3.4 驱动装置选择,除应符合本规范第4.4.4~4.4.7条的有关要求外,尚应符合下列规定:

1 宜选用卧式驱动装置。

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2个区段的方式。

5.4 线路设计

5.4.1 线路配置除应符合本规范第4.5.1条的有关要求外,尚应符合下列规定:

1 站前第一跨的跨距宜为5~10m。

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相等。

- 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,可采用压索式支架。
- 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,应采用本规范第 4.5.2~4.5.4 条中有关公式计算,但公式中 q_c 应以 q_0 代入, Q_z 应以 Q 代入。

5.4.2 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 300、400、500 和 600mm 的直径系列。
- 2 单个无衬托索轮上的径向载荷,应符合表 5.4.2 的规定。

表 5.4.2 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、压索轮组应符合本规范第 7.4.1 条的有关要求。

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。

5.4.3 单线循环式货运索道保护设施的设计,应符合本规范第 4.8 节的有关要求。

5.5 站房设计

5.5.1 站房和料仓的设计应符合本规范第4.6节的有关要求。

5.5.2 挂结段设计应符合下列规定：

1 运载索的稳定措施：

- 1) 挂结段的两端应设稳索轮。
- 2) 站口稳索轮与站内稳索轮的平距，宜为2.5~4.0m；站内稳索轮与挂结点的平距，不宜大于1m。
- 3) 稳索轮宜采用可调式单轮结构，其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 0.57° 。

2 挂结段轨道：

- 1) 挂结段轨道应具有足够刚度，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，应采用曲线平缓过渡，其曲率半径不小于10m；站口端轨道应有适当长度的导向段，其坡度应与运载索出站角相适应，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：

- 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，宜设钳口定向器，在挂结段内宜设可调式弹性压板。
- 2) 挂结段之前的轨道，其平面曲率半径应符合本规范表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,应设定位轮导轨使抱索器处于正确位置。

- 4) 双导向板的结构及要求应符合本规范第 5.5.3 条第 3 款第 1) 项的要求。
- 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,应符合本规范第 5.5.2 条第 1 款的要求。
- 2 脱开段轨道:
 - 1) 脱开段轨道的结构、平面形状和支承或吊挂系统,应符合本规范第 5.5.2 条第 2 款第 1)、3) 项的规定。
 - 2) 脱开段轨道的立面变坡处,应采用曲线段平滑过渡,其曲率半径不小于 10m ;站口端轨道应有适当长度的导向段,其坡度应与运载索进站角相适应,端部应为立面曲率半径不小于 5m 的弧形段。
- 3 货车的脱开:
 - 1) 货车进入脱开段轨道的导向段之前,应采用双导向板限制其左右摆动。双导向板工作面的高度,应与站外运载索的挠度相适应。双导向板导向段的平面曲率半径不得小于 5m ,并应按货车纵、横向摆动 0.20rad 的条件,校验是否有相互干涉。
 - 2) 货车通过脱开段时,其横向摆动不宜大于 0.01rad ,纵向摆动不得大于 0.10rad 。
 - 3) 脱开段之后的轨道,其平面曲率半径不得小于 12m 。

5.5.4 采用弹簧式抱索器索道的站口辅助设备与监控装置应符合下列规定:

- 1 挂结段应设加速装置,脱开段应设减速装置。

2 挂结段应设运载索位置监控装置、定期投入工作的抱索力监控装置和抱索状态监控装置。

3 脱开段应设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规范第 4.6.8 条的有关要求。

2 轨道的支承或吊挂系统应有足够的刚度，并便于调整轨道坡度。

3 轨道平面形状应简单，尽量减少弯曲次数并采用较大的平面曲率半径。出站侧的站内轨道与站口轨道宜为一直线。

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；曲线段可根据曲率半径的不同适当减小。

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，宜取 0.008；当货车重力大于 3.5kN 时，宜取 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，应符合本规范第 4.6.10 条第 2、3 款的规定。

5.5.6 转角站配置应符合下列规定：

1 转角站的配置宜采用以转角的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、重车侧的出口应各设可以停放 3 辆以上货车的副轨。

4 当采用本规范第 5.5.5 条第 3 款配置方式时，2 个转角站应设置在主轨上方。

5.5.7 单线循环式货运索道的电气设计应符合本规范第 4.7 节的有关要求。

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，其客车内应配备乘务员。

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 在进行工艺或设备设计时，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。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，应校核其强度和刚度。

3 吊架头部和末端套筒的销轴，其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 车轮应设软质耐磨衬垫。
- 2 各车轮之间应设平衡装置。

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、夹板或缠绕套筒,不宜采用浇铸套筒。

7 不设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倾角处纵向摆动 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 3.6m/s 和定员超过 15 人的客车,吊架与运行小车之间应设防摆装置。

4 吊架上部应设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减振装置。

6.1.6 车厢设计应符合下列规定:

1 乘客站立乘车时,车厢内净空高度不得小于 2m ;车厢地板的有效面积,应按下式计算:

$$A = 0.18n + 0.4 \quad (6.1.6)$$

式中 A ——车厢地板的有效面积(m^2);

n ——客车定员。

2 车门应能可靠锁紧并能防止乘客在车厢内自行打开。门锁、车门及其导轨应抗振动和耐冲击。

3 车窗应采用不易碎裂的透明材料,其结构应能保证乘客的安全。

4 乘客站立乘车时,车厢内应设拉杆和扶手。

5 车厢内应设标有客车定员和最大载重的铭牌。

6 车厢内应有通风设施。

7 定员超过 15 人的车厢应设人孔;定员不超过 15 人的车厢根据需要设置。

8 车厢外部的两侧应设导向装置。

9 配备营救小车的索道,车厢的端部结构应便于营救。

6.1.7 客车制动器应符合下列规定:

1 对于单牵引索道,一般应设客车制动器。

2 出现下列情况之一时,客车制动器应能自动投入工作:

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 制动力不得小于下列数值:

1) 客车下行时,为上侧牵引索的最大拉力。

2) 采用平均摩擦系数计算时,为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,为重车在线路上的最大下滑力。

4 客车制动器的制动距离应适宜。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考虑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。

6 在长距离、高速度、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和客车制动器。

7 客车制动器投入制动时,驱动装置上的工作制动器应能自动投入工作。

8 在驱动装置以 1.2m/s^2 减速度紧急制动的情况下,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,应能顺利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,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,应能识别客车的运行方向,并能自动控制两端制动器的制动顺序。

6.1.8 当采取一系列防止牵引索断裂的技术措施并经充分论证后,单牵引索道可不设客车制动器。不设客车制动器的单牵引索道,在运营过程中应严格遵守牵引索的安全操作规程。

双牵引索道可不设客车制动器。

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公式的要求:

当车轮衬垫的弹性模量不超过 $5000\text{N}/\text{mm}^2$ 时

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

当车轮衬垫的弹性模量超过 $5000\text{N}/\text{mm}^2$ 时

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

采用重锤拉紧时

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

采用两端锚固时

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

式中 T_{\min} ——承载索的最小拉力(N);
 R ——车轮的最大轮压(N);
 Q ——重车重力(N)。

4 承载索的最大拉力,应由下列各项组成:

- 1) 承载索初拉力:重锤拉紧时应为拉紧重锤的重力;液压拉紧时应为液压系统的设计拉力;两端锚固时应为空索低端的设计拉力。安装后应检查实际的初拉力是否符合设计要求。
- 2) 承载索在滚子链上或拉紧索在其导向轮上的阻力。
- 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取 0.10。
- 4) 由高差引起的承载索重力的分力。

5 承载索的抗拉安全系数,不得小于 3.15;计入客车制动器

的制动力时,不得小于 2.7。

6.2.2 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:

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) 过渡套筒的螺纹连接应设可靠的防松装置。

4) 拉紧索导向轮的直径应符合表 6.3.4 中的规定。

6.2.3 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,并在 2 组夹块之间留有 5mm 的观察缝。

6.2.4 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 倍和表层丝高度的 650 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 0.20 的摩擦系数来计算,且不得少于 3 圈。

4 承载索的尾部应采用至少 3 副夹块锚固在支座上,其中 2 副工作,1 副备用。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。

6.2.5 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,应符合下列要求:

1) 曲率半径不得小于承载索直径的 300 倍并满足下式要求:

$$R \geq 0.5v^2 \quad (6.2.5)$$

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 和客车按本规范表 3.4.2 中所规定的横向摆动值摆动时,客车应能顺利通过鞍座顶部。

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 倍和表层丝高度的 650 倍。

6 鞍座的比压按公式 4.2.8-1 计算,其值不得大于衬垫材料的允许值。

7 在最不利的情况下,鞍座两端应留有 0.07~0.105rad 的余量。

8 鞍座衬垫应有润滑装置。

6.2.6 对于跨距较大且弦折角为负角的支架,其鞍座上应设防脱索装置。该装置应设在最小靠贴弧的中部,不得妨碍承载索的轴向滑动,也不得影响客车顺利通过。

6.3 牵引索、平衡索、辅助索与有关设备

6.3.1 牵引索、平衡索和辅助索的选择应符合下列规定:

1 应选用线接触或面接触同向捻带绳芯的股捻钢丝绳。

2 宜采用镀锌钢丝绳。

6.3.2 牵引索、平衡索和辅助索的抗拉安全系数应符合下列规定:

1 计算牵引索、平衡索和辅助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、平衡索和辅助索的抗拉安全系数,不得小于表

6.3.2的规定。

表 6.3.2 牵引索、平衡索和辅助索的抗拉安全系数

| 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 | |
| 辅助索 | | 运行时 | 4.5 |
| | | 停运时 | 3.3 |

6.3.3 牵引索、平衡索和辅助索的拉紧应符合下列规定：

- 1 平衡索、无极缠绕的牵引索和辅助索的拉紧，应采用重锤或液压拉紧方式。
- 2 当牵引索重锤移动速度较快时，应设阻尼装置。
- 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软质耐磨衬垫。
- 2 导向轮的直径应符合表 6.3.4 的规定。

表 6.3.4 导向轮直径与钢丝绳直径及表层丝直径之比

| 导向轮名称 | 导向轮直径与 钢丝绳直径之比 | 导向轮直径与 钢丝绳表层钢丝直径之比 |
|-------------|-------------------|-----------------------|
| 牵引索、平衡索导向轮 | 80 | 800 |
| 辅助索导向轮 | 60 | 600 |
| 经常运动的拉紧索导向轮 | 50 | 750 |

3 托索轮的直径，不宜小于牵引索直径的 12 倍和辅助索直径的 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

载荷应符合本规范第 7.4.1 条的有关要求。

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 应求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 2 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规范第 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制动器产生误动作的最小拉力。

6.4.2 牵引计算时，宜取表 6.4.2 中的阻力系数。

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 | 0.03 |
| 塑料衬托索轮 | 0.02 |
| 有衬行走轮的客车 | 0.02 |
| 采用滚动轴承的导向轮 | 0.003 |
| 拉紧小车 | 0.01 |

6.4.3 驱动装置应符合下列规定：

1 驱动装置应设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，并具有 $0.3\sim 0.5\text{m/s}$ 的检修速度。紧急驱动系统工作时，应能在索道最不利载荷情况下启动，并具有较低的运行速度。辅助索的驱动装置，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规范第 4.4.4 条的有关要求。

4 牵引索和辅助索的驱动轮的直径,应符合表 6.4.3 中的规定。

表 6.4.3 驱动轮直径与钢丝绳直径及表层丝直径之比

| 驱动轮名称 | | 驱动轮直径与 钢丝绳直径之比 | 驱动轮直径与钢丝绳 表层钢丝直径之比 |
|------------|------|-------------------|-----------------------|
| 牵引索驱动轮 | | 80 | 800 |
| 辅助索 驱动轮 | 无级缠绕 | 60 | 600 |
| | 有级缠绕 | 30 | 300 |

5 驱动轮应设软质耐磨衬垫。

6 驱动轮衬垫的比压应符合本规范第 4.4.4 条的有关要求。

6.4.4 驱动装置的制动器应符合下列规定:

1 应设工作制动器和安全制动器。工作制动器可设在高速轴或驱动轮上,安全制动器应设在驱动轮上。对断电后能自行停车且停车后不会倒转的索道,其驱动装置或辅助索的驱动装置可仅设工作制动器。

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 正常制动时,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 $0.5 \sim 2.0 \text{m/s}^2$ 。

5 安全制动器应能手动控制。

6.5 线路设计

6.5.1 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斜长之和的 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

上款向上作用力和基本风压的横向作用力的情况下,其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%。

6.5.2 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 风压向上作用时,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 风压向上作用时,靠贴力不得为负值。

6.5.3 当出现下列情况之一时,宜采用双承载方案:

1 采用定员不少于 60 人的客车。

2 线路上出现 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。

6.5.4 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,宜设能定期移位的支索器。支索器不得影响客车顺利运行,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。

6.5.5 双线往复式索道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规范第 3.6 节的有关要求。

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栏杆。

2 拉紧系统应设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。重锤井应有防水和排水设施。

4 拉紧装置和重锤应分别设限位开关。

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段进行过渡。

6.7 电 气

6.7.1 索道的电气设计除应符合本规范第 3.7 节的有关规定外，尚应符合下列要求：

1 在客车内进行遥控的索道，应通过控制电路对支架上除承载索外的钢丝绳的断绳、接地和相互接触进行监控，但双牵引索道，不应监控 2 根牵引索或 2 根平衡索之间的相互接触。

2 当客车内的遥控装置发生故障时，索道应能实现安全停车，并向站内发出信号，改由控制室控制运行。

6.7.2 电控系统的设计除应符合本规范第 6.1.7 条、第 6.4.3 条和第 6.4.4 条的有关要求外，尚应设置下列安全装置：

1 速度显示装置。

2 至少两套彼此独立的客车减速信号装置。

- 3 客车位置显示装置。
- 4 牵引索和平衡索的断绳监控装置。
- 5 双牵引索道的差速和差长监控装置。
- 6 牵引索鞭打或缠绕承载索的监控装置。

6.7.3 在站台、机房、控制室、瞭望台和由乘务员遥控的客车内，应设紧急停车按钮。

6.7.4 出现下列故障之一时，索道应能自动停车并在控制台上显示出故障部位：

- 1 减速点或减速度不符合设计规定。
- 2 牵引索或平衡索出现断裂。
- 3 双牵引索道的差速、差长超过规定值。
- 4 客车越位。
- 5 客车制动器投入制动。
- 6 紧急停车按钮动作。

6.7.5 除牵引索和平衡索外，承载索和辅助索应可靠接地。对地绝缘的牵引索和平衡索，根据需要应能临时接地。

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 客车定员不超过 15 人时，每位乘客应取 740N。

2 对于滑雪专用索道和滑雪与登山兼用索道，在进行工艺设计和设备设计时，每位乘客应取 840N。

3 对于拖牵式索道，在进行工艺设计时，每位乘客应取 790N；在进行设备设计时，每位乘客应取 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 次要载荷应为风荷载、索道紧急制动时的惯性力、线路及站内各种装置对客车的作用力。

3 对屈服点的安全系数：客车各主要承载构件和重要部件，在主要载荷作用下不得小于 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，两者均不得小于 2.0。各主要承载构件和重要部件还应进行刚度校核。

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任何事故性松动或松开。

2 抱索器的最大爬坡角应与线路的最大倾角相适应。

3 抱索器的抗滑力不得小于重车重力在最大倾角处沿钢丝绳方向分力的 3 倍，并且不得小于重车的重力。

对于拖牵式索道，抱索器的抗滑力不得小于重车重力在最大倾角处沿钢丝绳方向分力的 2 倍。

4 抱索器的抱索力：

1)抱索器的抱索力应由数个弹簧产生。

- 2) 弹簧应具有当钢丝绳直径减小 3% 时, 能符合本条第 3 款要求的特性。
- 3) 当钢丝绳直径的减小率超过 3% 时, 抱索器经过调整后, 其抗滑力应符合本条第 3 款的要求。
- 4) 当钢丝绳直径减小 10% 时, 抱索器仍应有效地抱紧钢丝绳。
- 5) 弹簧受最大工作载荷作用所产生的变形量, 不得超过弹簧总变形量的 80%。
- 6) 对于碟形弹簧抱索器, 当一片碟形弹簧损坏时, 抱索力的减小不得大于 15%。
- 7) 对于螺旋弹簧抱索器, 当一个螺旋弹簧损坏时, 抱索力的减小不得大于 50%。

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 0.35rad 时, 抱索器应能顺利通过托、压索轮组。

7 抱索器的内、外抱卡应采用优质合金钢锻造成型, 不得采用铸造方法制造。

在温度低于 -20°C 环境中工作的抱索器, 其材料应具有良好的低温冲击韧性。

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 固定式抱索器应能顺利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。

- 1) 移位的间隔时间, 应按下式计算:

$$\tau = 0.56 \frac{l'}{v} \quad (7.1.3)$$

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 车厢设计应符合下列规定:

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

2 吊杆或吊架与厢体的连接处应设减振装置。

3 吊架与车厢之间的连接应有防松装置。

4 车厢的承载及连接部件应便于检查。

5 车厢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; 车窗应采用不易碎裂的轻质的透明材料, 其结构应能保证乘客的安全。

6 每位乘客的座位宽度不得小于 450mm , 深度宜为 450mm 。

7 车厢应设防止乘客在车内自行打开的自动开关门装置。

8 车厢应能通风。

9 车厢的底部或旁侧应设防止客车在站内横向摆动的导向装置。

10 应严格控制各主要承载件的焊接质量, 对同一型号的车厢应抽样进行静力试验。

7.1.5 吊篮可按照第 7.1.4 条的有关规定进行设计。

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, 应按吊椅在最大倾角处纵、横向摆动

0.35rad 时,不得接触运载索或支架任何部位的条件确定。

3 吊椅的承载及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 每位乘客的座位宽度不得小于 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减振装置。

8 应严格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出长度时,按设定速度顺利缩回,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,不得小于表 7.1.8 的规定。

表 7.1.8 客车的最小发车间隔时间(s)

| 索道型式 | | 最小发车间隔时间 |
|------------|-------------|--------------|
| 固定式抱索器旅游索道 | 吊椅 | 8 |
| | 吊篮(车厢) | 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 | $1.5(4+n/2)$ |
| 脱挂式抱索器索道 | 吊椅 | 5 |
| | 吊篮(车厢) | 9 |

注: n 为吊椅的座位数, $n \leq 6$ 。

7.2 运载索与有关设备

7.2.1 运载索选择应符合下列规定：

- 1 应选用线接触同向捻带绳芯的股捻钢丝绳。
- 2 宜采用镀锌钢丝绳。

7.2.2 运载索的抗拉安全系数不得小于 4.5。

7.2.3 运载索拉紧装置应符合下列规定：

1 运载索的拉紧应采用液压、重锤或其他能使运载索保持恒定拉力的装置。各种拉紧装置都应有足够的拉紧行程，并在极限位置设置限位开关。

2 液压拉紧装置：

- 1) 应能显示油压、油温。
- 2) 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。

3 重锤拉紧装置：

- 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) 应设能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 倍和拉紧索表层丝直径的 600 倍。
- 5) 拉紧索的导向轮应设软质耐磨衬垫。

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 倍和钢丝绳表层丝直径的 800 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及护圈,应与客车的抱索器及吊杆相适应。

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 站内各有关设备的运行阻力。

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可忽略不计。

6 运载索的最大工作拉力不计入索道启、制动时的惯性力。

7.3.3 当进行牵引和线路计算时,运载索在橡胶衬托、压索轮组上的阻力系数应取 0.03;其他站内设备的阻力系数应按表 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 应求出运载索等速运行时各特征点的拉力。

2 应求出索道正常启动或制动时的惯性力。

3 应求出驱动轮上出、入侧运载索拉力之和的最大值。

4 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。
- 6)低速反转时。

5 对于单线脉动循环或单线间歇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)~4)项载荷情况下的等效圆周力。

7.3.5 驱动装置应符合下列规定:

- 1 应采用单槽卧式驱动装置。
- 2 驱动装置除设主驱动系统外,还应设辅助或紧急驱动系统。对于采用固定式抱索器的索道,宜采用辅助驱动系统;对于采用脱挂式抱索器的索道,宜采用紧急驱动系统。

每条索道的2套驱动系统不得同时投入工作。

- 1)采用主驱动系统驱动索道,在空索状态下正常运行时,索道运行速度应保持不变;在最不利载荷情况下索道运行速度的变化范围不得大于额定速度的 $\pm 5\%$ 。
- 2)在最不利荷载情况下,主驱动系统的启动加速度不宜小于 0.15m/s^2 。
- 3)索道应有 $0.3\sim 0.5\text{m/s}$ 的检修速度。
- 4)在主电源、主电机或主电控系统不能投入工作的情况下,辅助或紧急驱动系统应能将线路上的乘客运回站内。

3 驱动轮的直径不得小于运载索直径的80倍和表层丝直径的800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。

4 驱动轮应设软质耐磨衬垫。

5 驱动装置的抗滑性能和驱动轮衬垫的比压,应符合本规范第4.4.4条的有关要求。

6 应设工作制动器和安全制动器。工作制动器可设在高速轴或驱动轮上,安全制动器应设在驱动轮上。

对于断电后能自行停车并且停车后不会倒转的索道,其驱动装置可仅设工作制动器。

- 1)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 。
- 2)当正常制动时,工作制动器的减速度不得大于 1.5m/s^2 。
- 3)安全制动器应能手动控制。
- 4)正常制动时,工作制动器与安全制动器不得同时投入工作。

7 对于采用固定式抱索器的客车,驱动轮的轮缘及护圈,应与客车的抱索器及吊杆相适应。

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

9 当上站海拔较高、站址狭小、供电困难、管理不便、机电设备搬运困难或在降噪方面有严格要求时,经技术经济比较后,可在上站仅设迂回轮,而在下站设置驱动与拉紧联合装置。

7.4 线路设计

7.4.1 托索轮组和压索轮组设计应符合下列规定:

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

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 。

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,其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,其直径不得小于运载索直径的 60 倍。

2 托、压索轮应设软质耐磨衬垫。

3 每个有衬托、压索轮的允许径向载荷,应按下式计算:

$$[P] = PD_2d \quad (7.4.1)$$

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

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可调式结构。

7.4.2 托、压索轮组的安全装置应符合下列规定:

1 托、压索轮组两端的内侧应设挡索板。挡索板的两端应有导向段。

2 托、压索轮组两端的外侧应设捕索器。捕索器工作面的边缘应修圆。

3 6轮以下的托、压索轮组的入绳端和6轮及以上托、压索轮组的两端,应设运载索脱索时索道能自动停车的监控装置。

4 在压索式支架上,应设运载索脱索后的二次保护装置。

7.4.3 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 并按下式确定。

$$P_{\min} = 500 + 50[d - (D_1 - D_2)] \quad (7.4.3)$$

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 $d/3$ 或至少为 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,当运载索的最大拉力增大 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联合轮组的支架,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 款的要求,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。

7.4.4 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 当一个跨距内有数辆客车时,重索与空载索在该跨端部的倾角之差不宜大于 0.15rad 。

4 应尽量减少压索式支架的数量。

7.4.5 客车最大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；当索道每侧多次出现凹陷地段时，上述离地高度需适当减小，凹陷地段长度则应减半。

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；当索道每侧多次出凹陷地段时，上述离地高度需适当减小，凹陷地段长度则应减半。

3 车厢式索道不宜大于 45m。当跨距内客车多达 5 辆时，索道每侧凹陷地段的离地高度可取 60m；当跨距内客车少于 5 辆时，索道每侧凹陷地段的离地高度还可适当增加。

7.4.6 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，不得将乘客向上拖起离开拖牵道，但紧急制动时不受此限。

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纵向向上坡度，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纵向向上坡度，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，除应符合本规范第 3.6 节的有关规定外，尚应符合下列要求：

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。地面支撑构件应有足够的刚度。

2 对于有站房的索道,控制室应设在便于观察客车进、出站和乘客上、下车的站内的一侧。控制室应能隔音、通风和调温。索道的控制设备、控制按钮和计量仪表,应集中设在控制室内。

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,如有纵向坡度,其值不得大于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,站房的设计除应符合本规范第7.5.1条的有关规定外,还应符合下列要求:

1 吊椅索道的上下车段,应有明显标志。在距离下车段前8s处,宜设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、下车段附近应设紧急停车按钮。

4 吊椅式索道下车段的长度,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1.5s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,站房的设计除应符合本规范第7.5.1条的有关规定外,尚应符合下列要求:

1 单独设置的驱动机室应能隔音并有良好的通风设施,必要时应有降温设施。

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:车厢或吊篮式索道宜为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 对于车厢或吊篮式索道,站内应设防止客车横向摆动并与客车底部或旁侧导向装置相适应的导轨。

5 对于车厢或吊篮式索道,上、下车站台宜与客车地板齐平。

6 宜利用由运载索输出的动力直接驱动推车系统的加、减速度器。

7.5.4 对于拖牵式索道,起点站和终点站的设计除应符合本规范第7.5.1条的有关规定外,尚应符合下列要求:

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的位置确定。

3 上车道前的候车区,应设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的位置确定。

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,不得小于拖牵座在16s内所运行的距离,当拖牵盒的拖牵索长度小于2.5m时,则不得小于拖牵座在11s内所运行的距离;对于有伸缩杠的拖牵座,不得小于拖牵座在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,应设明显的标志。

8 当乘客在下车段未能及时离开拖牵座、拖牵杆未能缩到正常位置或乘客滑近终点站可能出现危险时,索道应能自动停车。

7.6 电 气

7.6.1 采用脱挂式抱索器的索道,其电气设计除应符合本规范第3.7节的有关规定外,尚应符合下列要求:

1 应在站内设置下列监控装置,下列监控装置之一动作时索道应能自动停止运行,并显示故障位置。

- 1)抱索状态监控装置。
 - 2)抱索力监控装置。
 - 3)脱索状态监控装置。
 - 4)钢绳位置监控装置。
- 2 应在站内设置客车的排车和防撞系统。
 - 3 在出站侧设有抱索力监控装置的索道,当抱索力降低到报警值时,应能发出提示工作人员快速排出故障的报警信号。

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,主要焊缝检查记录和必要的预组装合格证。

4 钢丝绳产品合格证。

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 施工单位应根据索道工程的设计要求和复杂程度,编制施工组织设计或施工方案。

8.1.3 安装工程开始前,安装单位应对与索道安装有关的土建基础工程进行复验,不合格的土建基础不得进行安装。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 l 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 l 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 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 | 设备基础的预埋地脚螺栓组 | 标高(顶部) | +20 |
| | | 中心距 | ±2 |
| | 钢结构或支架预埋地脚螺栓组 | 标高(顶部) | +20 |
| | | 中心距 | ±5 |
| | 地脚螺栓预留孔 | 中心线位置 | +10 |
| | | 深度 | -20 |
| 孔壁铅垂度 | | 10/1000 | |
| 12 | 预埋件的标高 | | -20 |

8.1.4 钢结构的运输与存放应符合下列规定:

1 钢结构应为便于运输的构件。各构件应先除锈后再做防腐处理并进行编号,其附件及连接零件等应单独进行标记。

2 钢结构在存放和搬运时,不得积水并应防止产生永久性变形及防腐层的大面积脱落。

8.1.5 索道工程施工前,施工单位应对所安装的设备及钢结构进行验收,不符合设计安装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 运输与保管过程中不能防止灰尘或杂物进入运动部位的机械设备,在安装前应进行解体检查和二次清洗,必要时重新更换全部润滑剂。

2 机械设备通用部分的安装,应按现行的机械设备安装工程

施工及验收规范或设备技术文件的有关规定执行。

8.1.7 电气设备的检查、保管和安装,应按现行的电气装置安装工程施工及验收规范的有关规定执行。

8.1.8 索道工程施工时,钢丝绳安装应符合下列要求:

1 承载索和牵引索各种套筒的加楔连接或铸接及运载索和牵引索的编接工作,应由考核合格的人员担任。

2 套筒的分布位置及试验记录、套筒加楔连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、操作及检查人员的姓名均应登记在册。

8.2 钢结构安装

8.2.1 采用螺栓连接并需预组装的钢结构,应在制造现场进行预组装,并应出具预组装合格证。

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,应接触紧密、连接牢固、防松可靠,外露丝扣不得少于2扣。各种形式的高强度螺栓,应按现行的钢结构工程施工质量验收规范的有关规定施工。

8.2.4 钢结构底板与基础面之间,金属垫板的斜度不得大于 $1/20$,每叠垫板不得超过3块,校正完毕应将垫板与钢结构底板焊在一起,防止二次灌浆时垫板移动。

8.2.5 钢结构安装时,应采取合理的施工工艺。

1 由钢结构基础顶面设计中心点引出索道纵、横向中心线控制桩,并用测量仪器严格控制钢结构的垂直偏差。

2 钢结构就位前,基础四角每一组地脚螺栓中,应预先拧上一个螺母,以便调整钢结构的垂直偏差。

3 逐段测量并控制每一段钢结构的各种偏差。在安装上一段钢结构时,应消除或减小下一段钢结构的各种累积偏差,特别应防止连续出现同向偏差。

桁架式钢结构支架,应严格校正每一层水平格的对角线尺寸,其偏差不得大于对角线长度的 1/1000。首层钢结构校正后应初步拧紧主肢底部的地脚螺栓。

4 钢结构之间的连接面应接触紧密,接触面不少于 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 8.2.5 的规定。

表 8.2.5 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(按较小跨度 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 允许偏差增加 10 |
| 4 | 钢结构与其直接连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) | $0.001h$ |

8.2.6 已安装的钢结构,在测量或校正时,应尽量避免风力、日照、温差等所造成的变形影响。

8.2.7 倾斜设计的钢支架除按设计要求外,其安装要求和允许偏差,可按照垂直设计的钢支架的要求。

8.2.8 对于可调式或采用可调式线路设备的钢支架或钢站房,其

安装偏差可大于表 8.2.5 的规定,但其线路设备的安装应符合本规范第 8.3 节的有关要求。

8.2.9 钢结构就位并检查合格后,需要进行二次灌浆时,宜采用 C25 细石混凝土。二次灌浆层应密实平整,其厚度不宜小于 50mm。

8.2.10 钢结构固定后,在运输、保管和安装过程中脱落的防腐层以及安装连接处,应在彻底除锈后进行防腐处理。

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,其垂直度的偏差,不得大于 $1/1000$ 。

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,并留出适当裕度,不应使导线受到机械应力和磨损。

2 线路监控装置必须进行模拟试验,检验该装置是否符合设计要求。

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,每侧承载索的固定鞍座,其绳槽的允许偏差,除应符合本条第 2 款的规定外,2 个绳槽的间距和平行度的偏差,均不得大于 2mm,同一横截面绳槽中心标高的偏差,不得大于 $\pm 2\text{mm}$ 。

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,应符合本规范第 8.3.3 条第 2 款的规定。
- 3 中心轴水平度的偏差,不得大于 $2/1000$ 。
- 4 水平牵引式索道的摇摆鞍座,其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,应符合本规范第 8.3.4 条第 1、2 款的规定。
- 2 偏斜鞍座底面对设计平面的倾斜度,其偏差不得大于 $2/1000$ 。
- 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 检查弹性轨道有无变形,并应校正其对称度。

8.4 钢丝绳安装

8.4.1 承载索、运载索、牵引索、平衡索和辅助索的展开应符合下列规定:

- 1 绳盘损坏、钢丝绳锈蚀、铭牌或证书不符合设计要求时,不得展开。
- 2 绳盘应设置带有制动装置的托架或托盘,并有专人操作。
- 3 保持施工组织设计所规定的拉力。
- 4 各种钢丝绳宜支承在支架的托索轮或特制的托辊上展开。
- 5 应防止各种钢丝绳受到磨损、擦伤、弯折、打结、开裂、松散

等意外损伤。

6 不得在土壤、岩石、树桩、钢结构或钢筋混凝土构筑物上拖牵各种钢丝绳。

7 各种钢丝绳严禁在水中浸泡。

8 每隔一定距离应配备专人观察钢丝绳的展开情况；各种钢丝绳端部应有随行人员进行观察；所有观察人员应配备与指挥人员联系的通讯工具。

8.4.2 承载索起吊应符合下列规定：

1 起吊前应详细检查承载索表面的涂油情况，必要时应进行补涂。

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，承载索不得在起吊中因弯曲半径太小，使其表层丝之间产生开裂现象。

4 不应单点起吊承载索。起吊时宜采用两端带有托座的起吊横梁。

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明显标记。

3 各种套筒受力 3d 后，承载索或拉紧索从套筒内拉出长度，采用加楔连接时不得大于承载索直径的 $1/3$ ；采用铸接时不得大于承载索直径的 $1/6$ 。

4 采用铸接时，浇铸后的锥体必须从套筒中抽出进行检查。

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 宜向锚固端方向拉紧。

- 2 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:

- 1)采用夹块锚固方式时,夹块槽部和承载索的相应表面,必须彻底去除油污;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,应在基本螺母拧紧之后,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,必须彻底去除油污,再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,最少圈数必须符合设计规定;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,螺栓的拧紧与防松必须可靠。

5 承载索锚固前,在每一个拉紧区段内,应选择一靠近重锤的跨距,进行挠度测量,承载索挠度的偏差,不得大于设计值的5%。

6 承载索锚固后,根据重锤撞杆的具体位置,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、平衡索和辅助索的连接与就位应符合下列规定:

1 牵引索和平衡索应为整根钢丝绳,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直径的3000倍。

2 无级缠绕的运载索、牵引索和辅助索,其编接接头不得超过2个。

3 编接接头的长度不得小于钢丝绳直径的1200倍。相邻2个编接接头之间没有编接的钢丝绳长度,不得小于钢丝绳直径的

3000 倍。

4 编接接头的内部,所插入的绳股应与原绳芯互相衔接,插入长度不得小于钢丝绳直径的 60 倍。

5 被编接的 2 盘钢丝绳的结构、规格、厂家等应完全相同。

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,不得使用普通的 U 形绳夹。

7 应用拉紧装置预拉伸钢丝绳不少于 48h 后再进行编接。

8 编接接头的外观,应浑圆饱满、压头平滑,捻距均匀、松紧一致。编接完毕,钢丝绳空载运行 24h 后,编接段绳股交叉点的直径增大率,不得超过钢丝绳公称直径的 10%;编接段其他部位的直径增大率,不得大于钢丝绳实际直径的 5%和公称直径的 6%。

9 采用缠绕式套筒连接时,套筒受力 3d 后,钢丝绳从套筒内拉出的长度不得大于钢丝绳的直径。

8.4.6 对于采用双牵引索的双线往复式客运索道,应准确测量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 吊梁安装应符合下列规定:

1 站口段吊梁的平面位置,对设计位置的偏差,不得大于 5mm;非站口吊梁的平面位置,对设计位置的偏差,不得大于 10mm。

2 吊梁标高的偏差,不得大于 $\pm 5\text{mm}$ 。

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偏差不得大于 1/2000,2 根横梁的间距偏差不得大于 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,其间距偏差不得大于 5mm。

2 吊钩或吊架与轨道的结合面,其中心标高的偏差,不得大于 $\pm 5\text{mm}$ 。

3 吊钩或吊架与轨道的结合面,其垂直度的偏差,不得大于5/1000。

8.5.3 轨道安装应符合下列规定:

1 运行区段的轨道,其允许偏差应符合表 8.5.3 的规定。检修区段的轨道,其允许偏差可增大 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(在轨道顶部测量) | ±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(在轨道顶部和两侧测量) | 1/1000 | |
| 4 | 曲线轨道的曲率半径 R | 与设备配套使用时 | ±5 |
| | | 其他曲线段 | 0.005 R |
| 5 | 水平轨道的水平度(在轨道顶部测量) | 1/1000 | |
| 6 | 轨道坡度的倾斜度(在轨道顶部测量) | 1.5/1000 | |
| 7 | 轨道腹板的垂直度 | 5/1000 | |

2 站内轨道接头处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、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,对基本轨道中心线偏移不得大于 0.5mm,接头间隙不得大于 2mm,轨顶高差不得大于 0.5mm。

8.5.5 导向板安装应符合下列规定:

1 导向板与轨道之间的水平距离,其偏差不得大于 ±2mm。

2 导向板与轨道之间的垂直距离,当客、货车上装有导向滚

轮时其偏差不得大于 $\pm 5\text{mm}$ ；没有导向滚轮时其偏差不得大于 $\pm 10\text{mm}$ 。

- 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 挂结器和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，必须按照设计图纸的要求，以牵引索或运载索为基准，严格检查各特征点横剖面上的相关尺寸和各特征点的纵向定位尺寸，精确校正各种设备和各种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，必须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、货车的进、出站情况，不得出现抱索失误、抱索不良、脱索失误、脱索不良等现象，客、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 100cm^2 面积内应有 3~4 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:

- 1) 驱动轮纵、横向中心线对设计中心线的偏差,货运索道不得大于 2mm ,客运索道不得大于 1mm 。
- 2) 卧式驱动装置的驱动轮,其中心标高的偏差,货运索道不得大于 $\pm 2\text{mm}$,客运索道不得大于 $\pm 1\text{mm}$ 。
- 3) 卧式或立式驱动装置的驱动轮,在任意方向检测时,其水平度或垂直度的偏差,货运索道不得大于 $0.3/1000$,客运索道不得大于 $0.15/1000$ 。
- 4) 单槽或双槽驱动轮的绳槽中心线,应与出侧和人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,其偏差不得大于牵引索直径的 $1/10$ 。
- 6) 立式驱动装置从动轮垂直度的偏差,不得大于 $0.3/1000$ 。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的平行度,其偏差不得大于 0.5mm 。

3 电机、减速机、制动器、联轴器等设备的安装,应按机械设备安装工程施工及验收规范中的有关规定执行。

8.5.8 拉紧装置安装应符合下列规定:

- 1 小车轨道中心线与设计中心线的偏差,不得大于 2mm 。
- 2 轨道工作面标高的偏差,不得大于 $\pm 2\text{mm}$ 。
- 3 轨距的偏差,不得大于 $+5\text{mm}$ 。
- 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,应与出侧和人侧牵引索、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。

7 采用液压拉紧方式时, 液压拉紧装置的安装应按机械设备安装工程施工及验收规范中的有关规定执行。

8.5.9 导向轮安装应符合下列规定:

1 导向轮中心标高的偏差, 不得大于 $\pm 3\text{mm}$ 。当导向轮中心的标高直接关系到挂结或脱开质量时, 其偏差不得大于 $\pm 1\text{mm}$ 。

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, 其偏差均不得大于 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, 直径的偏差不得大于 $\pm 6\text{mm}$, 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的径向尺寸, 其偏差不得大于 $\pm 10\text{mm}$ 。

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顺利通过。

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, 其间隙不得大于 2mm。

5 滚轮组的曲率半径应与轨道的曲率半径相适应, 径向尺寸的偏差不得大于 $\pm 5\text{mm}$ 。

6 垂直滚轮组各滚轮绳槽中心直线度的偏差, 不得大于牵引

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平面的偏差,不得大于牵引索直径的 $1/10$ 。

9 滚轮组弧长范围内轨道顶部的标高,其偏差不得大于 $\pm 5\text{mm}$ 。

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 导轨或滚子架的工作面,在安装过程中不得受到损伤。

2 导轨或滚子架工作面的曲率半径,应采用弦长不小于 1500mm 的弧形样板检查,其间隙不得大于 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,其水平度的偏差不得大于 $3/1000$ 。

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的标高,其偏差不得大于 $\pm 3\text{mm}$ 。

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,应普遍接触,个别未接触处的间隙,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 1~9 款的规定外,2 个绳槽的间距和平行度的偏差,均不得大于 2mm 。同一横截面绳槽中心标高的偏差,不得大于 $\pm 2\text{mm}$ 。

8.5.13 重锤安装应符合下列规定：

- 1 导轨中心线对设计中心线的偏差不得大于 20mm。
- 2 导轨垂直度的偏差,在全长范围内不得大于 10mm。
- 3 导轨轨距的偏差不得大于 +50mm。
- 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的间隙,上下、左右应大致相等,否则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偏差,货运索道不得大于 8/1000,客运索道不得大于 4/1000。
- 10 承载索重锤质量的偏差,货运索道不得大于 12/1000,客运索道不得大于 6/1000。

8.5.14 货车安装应符合下列规定：

- 1 货车应按设计要求逐辆检查抱索器的功能尺寸,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;吊钩间距的偏差不得大于 3mm;吊钩孔同轴度的偏差不得大于 2mm。
- 3 货箱箱体不得产生明显变形,货箱口对角线长度之差不得大于 5mm,两端销轴同轴度的偏差不得大于 2mm。
- 4 对于翻转式货车,应检查启闭机构的灵活性与可靠性和货箱翻转的灵活性。
- 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 应检查货车与站内轨道、道岔、吊钩、护轨、挡轨、导向板、装载、卸载、复位等设施的适应性。
- 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的客车：

- 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偏差,不得大于运行小车总长的 $1/1500$ 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、无碰刮和无卡阻。
- 2) 牵引索末端套筒的连接,应符合本规范第 8.1.8 条和第 8.4.5 条第 9 款的要求。
- 3) 采用双承载索的客车,其运行小车的安装,除应符合本款第 1 项的规定外,两个运行小车的间距和平行度的偏差,均不得大于 3mm。

2 单线循环式索道的客车：

- 1) 吊椅的安全扶手、踏板或围栏,应动作灵活。
 - 2) 车厢和吊篮的车门应启闭灵活,设有自动开关门机构的车厢,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 应检查各种客车与站内有关设施的适应性。
 - 5 客车应按顺序编号。

9 索道工程验收

9.1 试 车

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

9.1.2 索道无负荷试车,应由安装单位组织进行,有关单位参加;索道负荷试车,应由建设单位组织进行,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:

- 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)驱动装置等主要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全部运转时间的60%。
- 3)驱动装置等主要设备的液压与润滑系统的油压、油位和油温等应正常。

2 机组联动试车:

在单机调试的基础上,应进行机组联动试车。各设备应配合良好、动作协调,累计试车时间不得少于4h。

3 牵引索和运载索试车:

- 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)有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:

- 1)从端站或中间站各发一辆空车,由慢速至额定速度进行

通过性检查,不得有任何阻碍。

- 2) 循环式索道应以额定运行速度,先从端站或中间站分别将空车按 8 倍设计车距布满全线进行试车,再按 4 倍、2 倍直至设计车距布满全线进行试车。

上一步骤未合格前,不得进行下一步骤的试车。

全过程累计试车的时间,不得少于 4h。

2 货运索道重车试车:

- 1) 在全线按设计车距布满空车的基础上,由装载站发出一辆重车,以额定运行速度进行通过性检查,其净空尺寸应符合本规范第 3.4 节的有关规定。
- 2) 在全线按设计车距布满空车的基础上,先按 8 倍设计车距,将重车布满重车侧线路,再按 4 倍、2 倍直至设计车距将重车布满重车侧线路,以额定运行速度进行重车试车。
- 3) 在最不利的缺车试车时,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。

全过程累计试车的时间,不得少于 4h。

3 往复式客运索道重车试车:

- 1) 采用设计规定的计算载荷进行往复式客运索道重车试车。
- 2) 应按设计载荷的半载、满载分别进行试车。
- 3) 控制系统应进行多次检测,并应检查超速、减速、越位、速度同步等监控装置的连锁性能。
- 4) 客车制动器应按设计要求进行检测。

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:

- 1) 采用设计规定的计算载荷进行循环式客运索道重车试车。
- 2) 应按设计载荷的半载、满载分别进行试车。
- 3) 控制系统应进行多次检测,并应检查索道在半载、满载情况下的启动和制动性能,并应检查站内和线路监控装置的连锁性能。

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,应在满载情况下进行回运试验,并在索道线路适当地段,对营救设施的性能进行检查。

9.1.6 在整个试车过程中应进行详细记录。

9.2 试运行

9.2.1 索道经联动负荷试车合格后,可进行试运行。

9.2.2 索道试运行工作应由建设单位组织。

9.2.3 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。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的用词:

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用词:

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用词:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

表示有选择,在一定条件下可以这样做的用词,采用“可”。

2 本规范中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中华人民共和国国家标准

架空索道工程技术规范

GB 50127 - 2007

条文说明

目 次

| | | |
|-----|---------------------|-------|
| 1 | 总 则 | (101) |
| 2 | 术语和符号 | (104) |
| 2.1 | 术语 | (104) |
| 2.2 | 符号 | (105) |
| 3 | 索道设计基本规定 | (107) |
| 3.1 | 一般规定 | (107) |
| 3.2 | 风雪荷载 | (107) |
| 3.3 | 线路和站址选择 | (108) |
| 3.4 | 净空尺寸 | (109) |
| 3.5 | 支架 | (109) |
| 3.6 | 站房设计 | (110) |
| 3.7 | 电气 | (110) |
| 3.8 | 回运与营救 | (112) |
| 4 | 双线循环式货运索道工程设计 | (114) |
| 4.1 | 货车 | (114) |
| 4.2 | 承载索与有关设备 | (116) |
| 4.3 | 牵引索与有关设备 | (123) |
| 4.4 | 牵引计算与驱动装置选择 | (126) |
| 4.5 | 线路设计 | (131) |
| 4.6 | 站房设计 | (134) |
| 4.7 | 电气 | (138) |
| 4.8 | 保护设施 | (139) |
| 5 | 单线循环式货运索道工程设计 | (142) |
| 5.1 | 货车 | (142) |

| | | |
|-----|------------------------|-------|
| 5.2 | 运载索与有关设备 | (143) |
| 5.3 | 牵引计算与驱动装置选择 | (143) |
| 5.4 | 线路设计 | (146) |
| 5.5 | 站房设计 | (148) |
| 6 | 双线往复式客运索道工程设计 | (151) |
| 6.1 | 客车 | (151) |
| 6.2 | 承载索与有关设备 | (155) |
| 6.3 | 牵引索、平衡索、辅助索与有关设备 | (156) |
| 6.4 | 牵引计算与驱动装置选择 | (157) |
| 6.5 | 线路设计 | (158) |
| 7 | 单线循环式客运索道工程设计 | (159) |
| 7.1 | 客车 | (159) |
| 7.2 | 运载索与有关设备 | (161) |
| 7.3 | 牵引计算与驱动装置选择 | (164) |
| 7.4 | 线路设计 | (165) |
| 7.5 | 站房设计 | (166) |
| 8 | 索道工程施工 | (167) |
| 8.1 | 一般规定 | (167) |
| 8.2 | 钢结构安装 | (169) |
| 8.3 | 线路设备安装 | (171) |
| 8.4 | 钢丝绳安装 | (171) |
| 8.5 | 站内设备安装 | (172) |
| 9 | 索道工程验收 | (176) |
| 9.1 | 试车 | (176) |

1 总 则

1.0.1 本条文指出了制定本规范的宗旨。

本次修订时,积极采用了国外同类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技术内容,使其与国际标准接轨,以便更好地规范和指导我国的索道建设事业,从而提高我国索道的设计水平、技术经济指标和安全可靠性,使索道运输在国民经济中发挥更大的作用。

1.0.2 本规范适用于目前我国各种类型索道的设计、施工及验收工作。

单线脉动循环固定抱索器车组式、单线间歇循环固定抱索器车组式、双线往复固定抱索器车组式等客运索道和特种型式的货运索道的技术要求,未设单独章节进行规定,实施时可参照本规范有关条款执行。

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,对总体方案必须从建设条件、技术条件等多方面论证其合理性,作为选择运输方案的依据。

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、通讯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、规程规范等技术要求。

1.0.4 本条提出了在索道设计、设备研制和设备出厂方面比较重要的要求。

由于客、货运索道涉及人身安全方面的环节较多,加上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,应对新开发的、关系到人身安全的设备提出严格的要求。

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,应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 本条规定了在风景名胜区内建设客运索道应遵循的两项基本原则。

在确定索道线路和站址方案时,应以保护风景、方便旅游为原则,二者有主、有次,但必须兼顾。这是我国 20 多年来客运索道建设的基本经验。

1.0.6 虽然索道属于一种比较符合环保要求的交通运输工具,但在索道建设过程中,如果缺乏环保意识,不制定环保措施,仍然会对自然环境造成一定程度的影响甚至破坏。因此,在建设过程中对索道所在区域的环境保护问题,必须引起与工程有关的各方面人士的足够重视。

经验证明,索道工程对自然环境的影响或破坏,集中体现在施工期。不同的施工方法、不同的管理措施,将会产生不同的施工效果,或者说它会直接影响对自然环境的破坏程度。

索道施工结束后,索道沿线除少量施工痕迹难以迅速恢复外,其他受到影响或破坏的场所,应采取具体措施及时进行修复,尽快还大自然以本来的面目。

因此,索道工程建设的各个环节除强化环保意识外,还要把建设期间和建设期后各阶段的环保措施落到实处,以求索道建成后取得最佳的环境效益。

1.0.7 为了确保工程质量和安全运行,本条要求索道建设必须按照基建程序进行,各种形式的客、货运索道工程施工完成后,需经主管部门验收合格后,才能正式移交运营或运行。

1.0.8 本规范为专业性的全国通用规范。为了精简规范内容,凡引用或参照其他全国通用的设计标准、规范的内容,除必要的规定之外,本规范不再另设条文。

因此,本条规定了除执行本规范的规定外,还应符合国家现行有关标准、规范的要求。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1~2.1.8 主要解释索道类型、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、间歇循环式等索道形式;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车厢式客运索道、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等。

2.1.9~2.1.15 主要解释线路侧形、高差、进站角、索道运输能力等术语的含义。

为了真实反映索道的总体配置和索道与外界的关系,索道线路侧形图的绘制需注意以下事项:

1 高程和平距的比例必须一致。

2 在纵断面图中,应清楚地绘出地形、地物、站房、支架和需要控制最小垂直净空尺寸的各种障碍物。对于难以辨认的细小障碍物(例如,位于索道上方并与索道正交的电力线路),应绘出其位置,并加注文字说明。在各跨距内,宜采用细实线、粗实线、虚线和点划线分别绘出各跨的弦线、空索曲线、空载索曲线和重载索曲线。各站的上方应标出站名,各支架的上方应有编号。

3 必要时应绘出附有带状地形图的平面图,平面图的绘制可

参照纵断面图的制图要求。

4 必要时应绘出站房放大图。

5 图中应标明站名、支架编号、钢丝绳标高、支架高度、跨距、累计平距、线路设备规格等名称和数据。

2.1.16~2.1.30 主要解释传动区段、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。本规范中最大工作拉力需要计入惯性力时,应按有关条文执行。

2.1.31 当客运索道发生故障时,对滞留在线路上的乘客采用的营救方式主要有两种:一种是水平营救;另一种是垂直营救。采用何种营救方式,需根据不同的地形条件、实施的难易程度及营救时间的长短来选择。为了确保乘客安全,每条索道必须配备上述两种营救方式之一的设备,或同时配备两种营救方式的设备。

2.1.32~2.1.41 主要解释各种站房和站内设备术语的含义。

2.1.42~2.1.45 索道的主驱动、紧急驱动、辅助驱动和营救驱动,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 本条列举了索道基本参数方面的主要符号,有些符号如驱动力功率、客车或货车单程运行时间等,本条中没有一一列入。

2.2.3、2.2.4 有些常用符号有多重性,在使用中请注意区别。如曲率半径符号 R ,既可表示鞍座、垂直滚轮组和水平滚轮组的曲率半径,又可表示货车或客车每个行走轮作用在承载索上的轮压。又如 α 既可表示二点之间弦倾角,又可表示驱动轮上的包

角等。

在索道设计工作中,通常采用 T_0 、 T_1 、 T_2 、 T_{\max} 等符号代表承载索的各点拉力,采用 t_0 、 t_1 、 t_2 、 t_{\max} 等符号代表牵引索的各点拉力,以示区别。

3 索道设计基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 由于旅游事业的蓬勃发展和索道技术的不断进步,发展大运量索道已成为必然趋势,各种类型索道的运输记录不断刷新,因此修订时取消了对索道最大运输能力的限制。

3.1.2 从安全角度考虑,应限制索道的最高运行速度,但随着技术的发展,索道的运行速度也会不断提高。因此,修订时对索道的最高运行速度未作限制,而是从国内的实际情况出发,推荐了现阶段各类型索道的最高运行速度。

3.1.3 根据国内外生产实践经验,对货运索道的年工作日、每日工作小时数和运输不均衡系数,作出了具体规定。

客运索道和货运索道不同,其季节性很强,客流的高峰期各地区也不相同,因此,本规范对客运索道的工作制度不作具体规定。

3.1.4 对于双线循环式货运索道,国内过去有 2.5、3.0 和 3.5m 三种索距。考虑到采用高强度钢丝绳后可改善牵引索的工作条件,因此,取消了 2.5m 并增加了 4.0m。货车容积与索距的匹配关系,根据国内外索道工程设计经验,进行了局部调整。

对于单线循环式货运索道,国内过去采用的索距和匹配关系均保持不变,为了适应大运量单线货运索道的发展需要,增加了允许采用大于 3.5m 索距的规定。

3.2 风雪荷载

3.2.1 由于国外各规范的风压取值不尽相同,本次修订时,采用了欧洲 CEN/TC 242 标准的风压值。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靠贴安全性时,风压的取值有

所不同。

3.3 线路和站址选择

3.3.1 本条规定了各种类型索道线路选择的一些基本原则,目的是为了**保证索道运行的安全可靠**并使索道建设获得较好的经济、社会和环境效益。

3.3.2 对站址选择作以下说明:

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,是必须遵守的一项基本原则。

3 站址要避开不良工程地质区域或采矿崩落等人为不良影响区域,并设在具有一定耐力的工程地质区。

4 索道钢丝绳进、出站角的要求:

1) 双线货运索道承载索的进、出站角,宜为 $0.05 \sim 0.10\text{rad}$ 的仰角或 $0.05 \sim 0.10\text{rad}$ 的俯角;以 $0.05 \sim 0.10\text{rad}$ 的俯角进、出站时,可不设站口滚轮组,以俯角小于 0.05rad 至仰角小于 0.10rad 进、出站时,可仅设 3~5 个垂直滚轮,这就最大限度地缩短了站口的长度,改善了牵引索的工作条件,提高了抱索器的挂结、脱开可靠性。

2) 单线货运索道运载索的进站角,当采用四连杆式或鞍式抱索器时,不宜大于 0.10rad 的仰角。这样,既能减小抱索器钳口与运载索之间的摩擦,又能减轻货车车轮对站口轨道的冲击。出站角约为 0.10rad 的仰角时,抱索器与运载索的挂结效果最好。

3) 运载索的出站角,当采用四连杆式或鞍式抱索器时,不宜大于 0.10rad 的仰角;当采用弹簧式抱索器时,运载索以俯角出站时宜导平。

3.4 净空尺寸

3.4.1、3.4.2. 这两条条文是参照国内外资料制定的,执行时应注意下列三点:

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,必须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。

3.5 支 架

3.5.1~3.5.4 对这4条作以下几点说明:

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,设计支架时应优先采用钢结构。

2 支架头部的操作台,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 支架基础的混凝土用量,在整条索道的混凝土用量中,占有相当大的比重。在山地条件下,材料运输非常困难,为了降低施工费用,设计时应优先采用体积较小的短柱式钢筋混凝土基础。

对于岩石类地基,经技术经济比较后,可采用梁式或锚杆式基础,以达到降低基建费用的目的。

4 本次修订时为了提高支架的设计水平,新增了支架顶部的允许变形等方面的规定。

3.6 站房设计

3.6.3、3.6.4 在过去设计的索道中,由于在高架站房的站口和站房边缘的悬空处,曾发生过工作人员或乘客坠落或被出站车辆撞落事故。因此,本次修订时新增了设置安全网或其他安全防护设施的要求,从而,可有效防止类似事故的发生。

3.7 电 气

3.7.1 对索道供电作以下说明:

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,采用双回路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,采用双电路电源供电难度较大。因此,本条对此不作硬性规定。

2 由于客运索道对安全可靠性的特殊要求,对采用独立的双回路电源供电有困难的客运索道,当采用单回路电源供电时,应配备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,其容量应满足至少能以低速回运全部客车的要求。

3.7.2 随着我国节能政策的推行和自动化控制技术的不断提高,国内索道,尤其是客运索道的主驱动系统大量采用调速性能好、运行平稳、安全可靠和维修方便的直流拖动或交流变频拖动的自动控制方式。根据国内外客货运索道的实践经验,本次修订时,对客运索道主驱动系统的电气传动,推荐采用具有四象限运行特性和无级调速性能的直流拖动或交流变频拖动的自动控制技术。对于有负力的货运索道,也应优先采用该技术。紧急驱动、辅助驱动和营救驱动系统,由于仅在应急情况下使用,考虑到技术经济原因,

其电气传动多采用交流或液力传动方式,其电控多采用常规电气控制方式。

3.7.3 本条规定采用自动控制运行方式的索道还应同时具备自动和手动控制运行方式,其原因有两点:一是索道在特定条件下或检修时,需要用到半自动或手动控制;二是一旦自动运行系统发生故障时,可改用半自动或手动控制方式。

3.7.4 安全电路的设计,是客运索道的重要设计环节。安全电路无论是常规继电器控制系统,还是 PLC 控制系统,都应该设计成静态-电流型回路,即各个安全装置的常闭接点的安全回路中为串联形式。当其中任何一个安全接点动作时,安全回路断电,安全继电器动作,并发出停车及报警信号。当索道停车后,只有在排除故障并且安全电路经人工复位后,索道方能重新启动,也就是说,安全电路应具有故障记忆功能。

3.7.6 对不涉及到人身安全和设备事故的一般性故障,如驱动装置的制动系统和润滑系统的油压、油位、油温等异常,宜发报警信号,提醒操作人员在本次人员运送完毕后,立即停机检查。

3.7.8 本条第 5 款所述的“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 70% 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。

3.7.11 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。

索道最容易遭受雷击和雷电入侵的位置在站房、沿线支架、钢丝绳以及电源入户侧。在雷击频繁地区,除了站房的屋顶应设避雷带或避雷针外,在有条件的地方,宜在沿索道线路运载索或承载索的上方,设置单避雷线或平行双避雷线,并在电源进线侧(如电源进线柜)设置过电压吸收装置。此方法在索道的实际使用中效果很好。

为了防止雷电波形成的高电压从电源入户侧侵入,入户电源

一般采用电缆穿钢管(或铠装电缆)进线,钢管及电缆金属外皮接地;架空入户电源应在距墙 15m 处换成电缆穿钢管(或铠装电缆)进线,钢管及电缆金属外皮接地。

从防雷效果考虑,防雷接地的电阻越小越好,但这意味着投资的增大和施工难度的加大。客运索道多半建在多山的风景区内,其建筑物和构筑物多建在高电阻率的岩石地基上,景区的植被和山地岩石又不容过多破坏。考虑到以上实际情况,并参考了建筑物防雷设计规范和欧洲 CEN/TC 242 标准,索道站房的防雷接地电阻以不大于 5Ω ,线路支架的防雷接地电阻以不大于 30Ω 比较合适。

3.8 回运与营救

3.8.1 本条为新增条文。

回运,是指当索道发生在较长时间内不能恢复运行的故障时,启动紧急驱动、辅助驱动和营救驱动系统,把滞留在线路上的乘客运回站内。

营救,是指当索道发生在较长时间内不能恢复运行的故障而且不能实施回运作业时,把滞留在线路上的乘客在原位置下放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。

回运与营救是客运索道设计工作中不可或缺的组成部分,本次修订时,强调了客运索道应有适当装备水平的回运设计和适合索道实际情况的营救设计。

3.8.3 本条为新增条文。

当索道发生在较长时间内不能恢复运行的故障时,采用回运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。营救作业只有在合理的时限内不能实现回运作业的情况下,才能实施。

对于双牵引索道,即使能够利用另一根牵引索进行回运,也需要配备垂直营救装备。

3.8.4 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,其营救作业比较简单。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、安全带等简单的营救工具,便能实施垂直营救作业。

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,营救难度相对增大。然而,采用性能良好的、并由地上营救人员操作的缓降器进行垂直营救,整个营救过程还是比较省时省力的。

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,也能实施垂直营救作业。

3.8.5 对于单线循环脱挂抱索器车厢式索道,在运载索的上方,另外架设一条结构简单的营救索道,并配备营救小车。进行水平营救时,乘客由营救人员协助进入营救小车,将乘客转移到支架的下车平台上,再通过支架爬梯回到地面。

对于双线往复车厢式索道,在承载索的上方,另外架设辅助索牵引系统,并配备营救小车。进行水平营救时,乘客由车厢进入营救小车内,将乘客营救到站内。

3.8.6 本条为新增条文。

水平营救与垂直营救各有不同的优缺点,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,单纯使用一种营救方法,很难奏效,此时,就应采用水平与垂直接联合营救方式。

4 双线循环式货运索道工程设计

4.1 货 车

4.1.1 对本条作以下说明：

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大致相同的挠度，索道传动区段愈长、线路起伏变化愈大，挠度变化则愈不易控制。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，可适应运输能力为 300t/h（货车承载能力为 2000kg）或稍大的索道工程。当货车承载能力达 3200kg 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地挂结和脱开,因此,应选用弹簧式抱索器。

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,尚无可靠的清理方法,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,货车有效容积的利用系数才能采用 1.0。运输黏结性物料时,可根据具体情况采用 0.8~0.9 的有效容积利用系数。

5 为了保证货车装卸顺利,防止堵料、撒料,应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,根据矿山实践经验,并结合索道装载特点,比值可适当减小。

4.1.2 为了适应国内发展大运量双线循环式货运索道的需要,本次修订时货车容积增加了 2.0m^3 和 2.5m^3 两种规格,承载能力增加了 3200kg 的规格。

4.1.3 本次修订时,速度系列增加了 3.6、4.0、4.5 和 5.0m/s,并增加了对检修速度的要求。

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 5m/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,将索道运行速度提高到 5m/s 是可行的。

由于货车在自动转角或自动迂回时不脱离牵引索,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,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,当小于 20s 时,应考虑采用回转式装料机。

4.2 承载索与有关设备

4.2.1 对本条作以下说明:

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

规定公称抗拉强度不宜低于 1370MPa 的出发点是: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,必须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。

公式(4.2.1-1)的值有的国家规定为 45。本规范考虑到以下原因将该值提高到 60。

1)对于三班作业的索道,每年通过承载索车轮的次数很高,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,因而,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)货运索道每年通过承载索的车轮的次数远远大于客运索道,OITAF 文件规定,客运索道 T_0 与 R 的最小比值为 80,这亦说明有必要提高货运索道承载索 T_0 与 R 的最小比值。

3 本次修订时,根据 OITAF 文件的规定,并结合国内的使

用经验,将承载索的抗拉安全系数规定为不得小于 3.0。

4.2.2 对承载索计算作以下说明:

1 计算每个车轮作用在承载索上的轮压时,对于下部牵引式货车应计入一个车距内的牵引索重力,以及货车通过支架时由于牵引索折角所产生的附加压力,其值为 $2t\sin\frac{\varphi}{2}\approx t\varphi$,此处, t 为牵引索的平均拉力(N); φ 为承载索在每个拉紧区段内各支架摇摆鞍座上的平均折角(rad)。对于水平牵引式货车,因牵引索由鞍座上的托索轮支承,其挠度与承载索大致相同,所以,计算货车每个车轮对承载索的轮压时,可不计牵引索的重力和附加压力。

2 在公式 4.2.2-3 和 4.2.2-4 中,对于整个拉紧区段内承载索摩擦力按同向叠加的总和 $\Sigma\Delta T$,可用下式表示:

$$\Sigma\Delta T=C_1W+\mu[(q_c+q)L+2W\sin\frac{\varphi}{2}+2T_p\sin\frac{\epsilon}{2}] \quad (1)$$

式中 C_1 ——拉紧索导向轮阻力系数,带滑动轴承的导向轮取 0.05~0.06;带滚动轴承的导向轮取 0.03~0.04;其中导向轮直径较大时取小值,反之取大值;

W ——拉紧重锤重力(N);

μ ——承载索与鞍座的摩擦系数,见表 4.2.2-2;

q_c ——承载索每米重力(N);

L ——拉紧区段的水平长度(m);

φ ——承载索在拉紧站偏斜鞍座上的水平折角(°);

T_p ——拉紧区段承载索的平均拉力(N);

ϵ ——锚固站站口第一跨弦线与拉紧站站内承载索之间的折角(°),凸起侧形为正号,凹陷侧形为负号;

q ——线路均布载荷(N/m);由下式确定:

$$q=\frac{Q}{\lambda}+q_0$$

Q ——货车重力(N);

λ ——车距(m);

q_0 ——牵引索每米重力(N/m)。

此近似公式在高阶段设计中应用比较方便,但其计算结果与依次从拉紧导向轮到各支架计算摩擦力累加的结果,不完全相等,设计时应予以注意。

3 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,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,提出用减小承载索沿鞍座摩擦系数的方法来考虑摩擦力的折减。但是这种方法不管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,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,原规范编制组曾委托昆明理工大学建工力学系,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》)。

昆明理工大学在昆明钢铁厂上厂索道的6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 | 0.714~0.429 | 0.571~0.429 |

根据测试报告,在本规范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),归纳成表 4.2.2-1。

应用表 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 1.0~1.5km。考虑 k 值后的拉紧区段长度可增大 1 倍左右,既减少了设站环节,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 拉紧区段划分。

1 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。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增加或减小太大的幅度,从而达到合理使用承载索的目的。这一规定参考了国外规范,同时 OITAF 文件中也有类似规定。

拉紧区段的最大水平长度可按下式计算:

$$L_{\max} = \frac{W \left[0.25 - k \left(C_1 - 2\mu \sin \frac{\varphi}{2} - 2\mu \sin \frac{\varepsilon}{2} \right) \right]}{k\mu(q_c + q)} \quad (2)$$

式中 L_{\max} ——拉紧区段的最大水平长度(m);

W ——拉紧重锤重力(N);

k ——拉紧区段承载索摩擦力折减系数,见表 4.2.2-1;

C_1 ——拉紧索导向轮阻力系数,带滑动轴承的导向轮取

0.05~0.06;带滚动轴承的导向轮取 0.03~0.04;

其中导向轮直径较大时取小值,反之取大值;

μ ——承载索与鞍座的摩擦系数;

φ ——承载索在拉紧站偏斜鞍座上的水平折角($^{\circ}$);

ϵ ——锚固站站口第一跨弦线与拉紧站内承载索之间的折角($^{\circ}$),凸起侧形为正号,凹陷侧形为负号;

q_c ——承载索每米重力(N);

q ——线路均布载荷(N/m);由下式确定:

$$q = \frac{Q}{\lambda} + q_0$$

Q ——货车重力(N);

λ ——车距(m);

q_0 ——牵引索每米重力(N/m)。

在一个传动区段内,可以拟定若干个划分拉紧区段方案供技术经济比较。在进行方案比较时,应注意以下问题:

1)计算出最大水平长度后,端点所在地形不一定适于配置拉紧区段站,尚需调整位置。

2)一个传动区段长度不可能是拉紧区段长度的整数倍,有时需采取一些措施来增大拉紧区段长度,从而更合理地配置拉紧区段站。例如,提高运行速度、提高承载索抗拉强度,以减轻线路载荷,改善鞍座衬垫材料性能以降低摩擦系数等。

2 拉紧站设在低端时,承载索为仰角进入,其在偏斜鞍座上的摩擦力较小,可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 $q_c H$),拉紧索的规格可选小。所以,拉紧站一般应设在区段的低端,而锚固站设在高端。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,也可将拉紧站设在高端。

4.2.4 承载索拉紧与锚固。

1 承载索采用一端拉紧另一端锚固方式,可保证承载索在不

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,本次修订时,新增了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,安装、调整和使用都不方便,已逐渐被重锤箱所替代。

重锤箱一般用混凝土块或铸铁块充填,单块重量的设计,应考虑重锤箱容积合理利用以及搬运方便。当重锤配置受到空间限制而需要降低重锤架高度或重锤井深度时,重锤箱内充填物可选用铸铁块。

重锤架或重锤井宜考虑起吊装置以及爬梯,以便于拉紧系统的检查和维护。

3 拉紧区段采取可串绳的锚固方式,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,应在货运索道中推广使用。

在四川攀枝花市许多索道上,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。尽管圆筒锚固方式存在上述缺点,但在特定条件下,仍有一定的使用价值。因此,本次修订时,根据 OITAF 文件的有关规定,新增了圆筒锚固方式的有关内容。

夹楔锚固方式最初用于矿井提升装置,后来广东凡口索道也采用了夹楔锚固方式,取得了较好的使用效果。但由于结构上的限制和比压过大的缺点,当承载索直径或拉力较大时,不宜采用夹楔锚固方式。

4.2.6 为了保证承载索在索道运行过程中保持设计规定的初拉

力,必须使拉紧重锤始终处于悬空状态。

重锤行程计算式为:

$$S = S_1 - S_2 + S_3 + S_4 + (0.5 \sim 1.0) \quad (3)$$

式中 S ——重锤行程(m);

S_1 ——承载索从空索状态到重车或空车状态因挠度增大引起的几何长度变化(m);

S_2 ——承载索从空索状态到重车或空车状态因拉力变化引起的弹性伸长(m);

S_3 ——承载索的温差伸长(m);

S_4 ——承载索的结构性伸长(m)。

4.2.7 承载索连接。

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。只要在钢丝绳供货和运输条件允许下,新建的双线索道应尽可能采用整根密封钢丝绳。

2 在承载索必须连接时,采用加楔线路套筒连接,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。故在索道施工安装时,对线路套筒与支架的最小距离有相应的规定,详见本规范第8.4.3条。

4.2.8 对本条作以下说明:

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)衬垫磨损时无需更换整个鞍座,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,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,应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,设计者应进行必要的调整。

3 当货车通过支架鞍座时,易引起货箱摆动,故应对货车通过支架时产生的向心加速度作出规定。当把向心加速度限制在 2m/s^2 以内时,即得公式 4.2.8-2。OITAF 文件建议,对于承载索在绳槽内移动的鞍座,其半径不小于承载索直径的 150 倍。在拉紧区段站,一般允许配置较长的固定鞍座(曲率半径 20m 以上的固定鞍座),有利于提高货车通过拉紧区段站的平稳性,并减小牵引索的附加压力,国内索道已有使用实例。

4.3 牵引索与有关设备

4.3.1 国内外货运索道牵引索使用的经验表明,线接触钢丝绳的工作寿命比点接触钢丝绳高出 1 倍左右,而面接触钢丝绳的寿命又比线接触钢丝绳高 1 倍以上(四川攀枝花市洗煤厂索道经验),为了提高货运索道牵引索的工作寿命,应采用线接触或面接触钢丝绳。

前苏联 И. Г. 日特科夫所做的试验表明,在载荷相同条件下,当抗拉强度增大到 $\sigma_b = 1746\text{MPa}$ 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 $\sigma_b \geq 1670\text{MPa}$ 的钢丝绳,这种抗拉强度的钢丝绳国内早已生产。

在同等条件下,当钢丝绳出现断丝时,交互捻钢丝绳在绳轮上的可承受弯曲次数,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,而应采用同向捻钢丝绳。

本次修订时,对钢丝绳的表层丝径不做具体规定,但适当选用表层丝较粗的钢丝绳,可提高牵引索的耐磨性。

经过预拉紧处理的钢丝绳作为牵引索,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%。

牵引索采用编接方式连接,并形成闭合环。由于在编接接头处,取掉了纤维芯用绳股充填,其刚性比非编接段大得多,最易发生磨损和疲劳断丝,因此,牵引索的维修工作主要集中在接头的维修上。为了减少牵引索的维修工作量,在选用钢丝绳时,应对其出厂长度提出要求,以尽可能减少接头数量。

4.3.2 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,本次修订时,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 传动区段划分。

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、大高差索道,在可能条件下应尽量采用一段传动。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。

采用一端驱动时,一个传动区段的最长水平距离或最大高差,可按下列公式计算:

$$L_{\max} = \frac{q_0 \left(\epsilon \frac{\sigma_B}{n} - C_2 \right)}{\left[\frac{A(1+\beta)}{0.367v} + q_0 \right] (\tan \alpha \pm f_0)} \quad (4)$$

$$H_{\max} = \frac{q_0 \left(\epsilon \frac{\sigma_B}{n} - C_2 \right)}{\left[\frac{A(1+\beta)}{0.367v} + q_0 \right] \left(1 \pm \frac{f_0}{\tan \alpha} \right)} \quad (5)$$

式中 L_{\max} ——一个传动区段的最长水平距离(m);
 H_{\max} ——一个传动区段的最大高差(m);
 q_0 ——牵引索每米重力(N/m);
 ϵ ——牵引索的结构系数;
 σ_B ——牵引索的公称抗拉强度(MPa);
 n ——牵引索的抗拉安全系数;
 C_2 ——牵引索最小拉力与其每米重力的比值;
 A ——索道小时运输能力(t/h);
 β ——空车重力与有效载荷的比值;
 v ——货车的运行速度(m/s);
 α ——传动区段全线的平均倾角($^\circ$);
 f_0 ——货车的运行阻力系数,见本规范第 4.4.2 条。动力型索道为正号,制动型索道为负号。

从上述公式可见,提高运行速度和增大牵引索的直径或公称抗拉强度可以达到增大 L_{\max} 或 H_{\max} 的目的。

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 2 个驱动单元,用 2 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。

前苏联于 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 2 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,其原因也与双轮驱动相似。

两台驱动装置传递的功率可这样确定:终端驱动装置以重车侧阻力作为传递的圆周力,而始端驱动装置以空车侧阻力作为传递的圆周力。苏丹一条运输石灰石的、传动区段的水平长度达

20km 的单线索道,即采用这种驱动方式。

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,应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,参考了国内外有关资料,规定了导向轮直径与牵引索直径的比值。

4.3.5 对本条作以下说明:

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为合适。

2 拉紧小车有单、双和 4 绳拉紧方式。

3 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。

当重锤升降过快,影响索道正常运行时,可设阻尼装置。

4.3.6 拉紧轮的直径与索距相适应,可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 对牵引计算作以下说明:

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。

在计算牵引索拉力时，主要应求出以下拉力：

1) 牵引索的最大拉力，用于验算其强度。

2) 牵引索的最小拉力，用于验算其挠度。

3) 驱动轮上入侧牵引索和出侧牵引索的拉力，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。

2 为了保证驱动装置电动机适应索道不同运行状况，应考虑本条第2款所述的三种载荷情况。动力型索道应计算1)、2)种载荷情况；对制动型索道应计算1)、3)种载荷情况；对介于动力型和制动型之间的索道，应同时计算三种载荷情况。

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 牵引索通过导向轮的各种阻力，可简化为钢丝绳的刚性阻力系数和轴承摩擦阻力系数之和与导向轮入侧牵引索拉力的乘积。

5 对于索道各种导向轮的变位质量，也可按其2/3的重量计算。当索道长度超过3km时，由于驱动装置高速旋转部分的变位质量所占比例较小，也可忽略不计。

4.4.2 对于铸钢车轮的货车在承载索上的运行阻力系数，可用下式计算：

$$f_0 = \mu \frac{d}{D} + 2 \frac{R}{D} \quad (6)$$

式中 f_0 ——货车在承载索上的运行阻力系数；

R ——车轮的滚动摩擦系数， $R=0.3\sim 0.4\text{mm}$ ；

d ——车轮轴的直径(mm)；

D ——车轮直径(mm)；

μ ——车轮轴承摩擦系数，采用滚动轴承时 $\mu=0.06\sim 0.10$ 。

前苏联起重运输机械研究所，根据 d/D 不同的比值对货车进行计算， f_0 在 $0.005\sim 0.006$ 范围内变化。

对运行阻力系数进行了试验研究:直径为 225mm 的标准四轮货车,在经过润滑的、直径为 35~48mm 的密封钢丝绳上往复运行,试验结果为 $f_0=0.0045\sim 0.0055$ 。

本规范根据以上资料,并为了使牵引计算偏于安全,推荐动力运行时取 $f_0=0.0065$,而制动运行时 $f_0=0.0045$ 。

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,有时慢到近似停止,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。

根据采用下部牵引式货车索道的设计和使用经验,车距内牵引索的挠度与车距之比取 $f_{\max}/\lambda=1/80$ 时,一般可保证货车在线路上平稳运行和限制进站速度的变化。

车距内牵引索分段的最大挠度为:

$$f_{\max} = \frac{q_0 \lambda^2}{8t_{\min}} \quad (7)$$

- 式中 f_{\max} ——最大挠度(m);
 q_0 ——牵引索每米重力(N/m);
 λ ——车距(m);
 t_{\min} ——牵引索的最小拉力(N)。

将 $\frac{f_{\max}}{\lambda} = \frac{1}{80}$ 代入上式,即得:

$$t_{\min} = 10\lambda q_0$$

4.4.4 驱动装置选择。

1 对于高架站房,立式驱动装置可设在站房下面的独立基础上,利用站房下部空间作为机房;对于单层站房,卧式驱动装置可直接设在站房内,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,严重时索道将无法正常运行。这类事故在国内客货运索道中都曾发生过。故在此强调,应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。

关于抗滑安全系数,有两种表达方式:

$$\frac{t_{\min} e^{\mu\alpha}}{t_{\max}} \geq k' \quad (8)$$

$$\frac{t_{\min} e^{\mu\alpha} - t_{\min}}{t_{\max} - t_{\min}} \geq k \quad (9)$$

二者关系为:

$$k' = \frac{k}{e^{\mu\alpha} + (k-1)} e^{\mu\alpha} \quad (10)$$

$k=1.25, \mu=0.2\sim 0.25$ 时,当 $\alpha=\pi$, 则 $k'=1.103\sim 1.122$, 而对于双线循环式货运索道常用的双槽驱动轮 $\alpha=2\pi$, 则 $k'=1.167\sim 1.188$ 。

《冶金矿山设计参考资料》和《采矿设计手册》第4卷采用和公式8相同的表达形式,动抗滑安全系数 k' 取 1.1。对于单槽驱动机,用公式8与公式9计算结果(动抗滑安全系数 $k=1.25$) 基本一致,而对于双槽驱动机则相差较大。原规范因采用和公式9相同的表示,但动抗滑安全系数采用 1.1, 则相差更大。

参照 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。本次修订时,将动抗滑安全系数 k 值从 1.1 提高到 1.25,这对保证货运索道的安全运行是有利的。

参照 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。本次修订时将静抗滑安全系数 k 值从 1.25 提高到 1.5,并取消了原规范中静抗滑计算公式。校验静抗滑性能时可直接采用公式 9。

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,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,设计者应进行必要的调整。

4.4.5 驱动装置电动机选择。

1 对于动力型或负力较小的制动型索道,交流绕线型电动机能满足索道运转的要求。但对于侧形复杂、运行速度和负力都较大的索道,交流电动机在一般控制技术条件下,就难以满足安全运转的要求。

国内索道在驱动装置电动机的选型方面有很多经验教训,例如,广西大厂单线索道、辽宁杨家杖子 3 号索道、陕西耀县水泥厂索道,由于采用直流拖动,有效防止了索道的超速,避免了“飞车事故”;四川攀枝花市大宝顶索道和绿水洞索道、广东大宝山索道以及山西孝义索道等索道的负力都较大(约 40~50kN),采用交流拖动,曾因“飞车”损坏过多台电动机(单机容量 155~185kW)。由“飞车”引起的损失,超过了因采用直流拖动所增加的费用。

2 制动型索道的电动机功率应留有较大余量,备用系数取上限值 1.3,有利于其安全、可靠运转。

4.4.6 对驱动装置制动器作以下说明:

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

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 根据索道安全运行的要求,国内外索道工程设计都规定:制动型索道和停车后会倒转的索道,应设两套制动器,其中,安全制动器应安装在驱动轮的轮缘上;停车后不会倒转的动力型索道可仅设一套制动器,它可装在电动机的输出轴上。

3 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,应采取紧急制动,这时工作制动器和安全制动器应能自动地相继投入工作。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,应按减速度为 $0.5 \sim 1.0 \text{m/s}^2$ 的要求进行制动控制。

过去设计的块式液压制动器,不能适应负力很大的制动型索道。例如,广东大宝山索道和山西孝义索道,都发生过由于电源突然停电、制动器制动力不足而酿成严重飞车事故。盘式或夹钳式液压制动器具有结构紧凑、制动力矩可根据负荷大小来确定制动器数量的优点,现代索道应采用这种制动器。

4.5 线路设计

4.5.1 对本条作以下说明:

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。索道侧形不应有过多、过大的起伏。

索道使用经验表明,凸起侧形处的承载索工作寿命要比凹陷侧形处的承载索工作寿命降低很多。因此,在条件许可时,采取开挖边坡、明槽或涵洞等措施,也可缓和侧形的凸起程度。

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),应将货车的附加压力限制在一定范围内。一方面应控制承载索在支架上的弦折角;另一方面应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的作用,承载索在支架上的弦折角和最大折角可放大一些。

3 规定凸起地段的支架高度不小于 5m,是考虑到即使有一个货车掉落也不会影响其余货车通过,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 $n = \epsilon / \delta$ (n 为所需支架总数, ϵ 为凸起地段的总折角, δ 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 本规范采用 OITAF 文件中的规定。该规定亦可解释为靠贴系数不小于 1.3,即:

$$K = \frac{q_c(l_x/\cos\alpha_x + l_y/\cos\alpha_y)}{2T_{\max}|\sin\alpha_x + \sin\alpha_y|} \geq 1.3 \quad (11)$$

式中 q_c ——承载索每米重力(N/m);

l_x 、 l_y ——左跨或右跨的跨距(m);

α_x 、 α_y ——左跨或右跨的弦倾角($^\circ$),以支架顶点引出的水平线为准,弦线位于水平线上方时取负号,弦线位于水平线下方时取正号;

T_{\max} ——承载索的最大拉力(N)。

5 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,应使跨距与车距的比值避开整数。

6 为了减小站前第一跨牵引索的波动,从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音。

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,承载索的倾角应不大于 0.15rad 。

4.5.2、4.5.3 计算钢丝绳在支架上的各种倾角时,我国索道界过去一直沿用 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,昆明有色冶金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。

举例说明:某支架上钢丝绳的拉力为 98067N ,钢丝绳每米重力为 49.426N/m ;左跨的跨距为 90m ,其弦倾角为 -23° ;右跨的跨距为 250m ,其弦倾角为 $18^\circ55'$;试求钢丝绳在该支架上的最小折角和最小靠贴力。按正切函数计算公式求解,最小折角为 $1^\circ31'44''$,最小靠贴力为 2617N 。按正弦函数计算公式求解,最小折角为 $0^\circ49'41''$,最小靠贴力为 1417N 。再按悬链线方程准确公式求解并求出上述两式的计算误差,最小折角的准确值为 $0^\circ51'12''$,最小靠贴力的准确值为 1460N 。正切公式的计算误差为 79% ,正弦公式的计算误差为 3% 。正切公式不仅计算误差太大,而且容易产生最小靠贴力已经有足够的错觉,因而,在设计过程中就给拟建索道带来了发生脱索事故的安全隐患(详见专题报告《索道倾角计算公式》)。

本规范采用了计算方便和精度更高的正弦函数计算公式。

本次修订简要介绍了我国索道计算理论方面的部分研究成果,并举例说明了这些研究成果在索道设计工作方面的使用价值。

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,还须考虑它们的需要,来决定配置方式。

不同形式的站房都应根据站址地形进行合理的设计。除转角站外,站房的主轴线应尽量保持一条直线,并与地形的等高线大致平行,以减小工程量。为了延长牵引索的工作寿命,应尽量简化牵引索的导绕系统。

4.6.3 装载料仓容积的确定,与运输能力、工作制度、索道长度以及装载站所处地形条件等有关。一般不宜小于1个班的运量,当线路长或与衔接车间作业班次不同时,容量宜为1~2个班的运量。对于大运量索道,至少应考虑处理索道偶然事故和一般检修时间(2~4h)所需的缓冲容量。

卸载仓的有效容积,一般取决于与索道相衔接的生产车间的工艺要求,以及相衔接的外部运输设备的工作特点,例如:

1 索道卸载站与矿山选矿厂相衔接时,有效容积一般不超过索道3~4h的运输量。

2 卸载站与火车、汽车、船舶等运输工具衔接时,卸料仓的有效容积按照这些运输工具停止装运的最长时间确定。

3 卸载站与电厂的贮煤场或水泥厂的碎石库相衔接并直接建在它们上面时,贮煤场和碎石库的有效容积,即为卸料仓的有效容积。

4.6.4 货车的装载。

1 物料特性和装载设备的性能影响着装料速度,对索道运输能力有直接影响。

2 内侧装载由于货车吊架远离装载口一侧,因此,装载口可伸入货箱放料,可使装载不偏心,并且不易撒漏,所以,应尽量采取

内侧装载方式。

4.6.5 货车的卸载与复位。

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

1) 因为机械推车时速度很慢,一般为 $0.3 \sim 0.4\text{m/s}$ 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,既可满足操作需要,又可防止操作人员坠入料仓。

3) 料仓顶部设置格筛需用大量钢材。例如柱距 6m 的料仓,根据已有设计资料,1 个仓格两侧格筛的总质量约为 7t 。与铁路相衔接的料仓一般至少长 60m ,即 10 个仓格,钢材总用量达 70t ,索道卸载站的投资因此而增加。

4) 卸载站与铁路相衔接的福建潘田、江西七宝山以及贵州长冲河索道,料仓全长达 60m 或 60m 以上,料仓顶部均未设格筛,而仅沿料仓的纵向轴线上设置了带栏杆的、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,由于未设格筛,不存在格筛上积料的问题,因此,避免了人工清理作业。

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 。卸载口的长度按公式 4.6.5 计算,一般都可满足卸载要求。

4.6.6 站口设计。

1 在承载索以 $0.05 \sim 0.10\text{rad}$ 的俯角出站的情况下,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。

无垂直滚轮组的站口,已在云锡松官索道使用多年。使用经验表明,除了承载索进站坡度是采用无垂直滚轮组站口的基本条

件以外,较大的车距(至少应大于站口长度与第一跨的跨距之和)亦是保证可靠使用的重要因素。

2 国内过去设计承载索以俯角出站的站口时,只设凸形滚轮组,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,可有效地防止此类事故。

4.6.7 对本条作以下说明:

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,而且可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,虽然能使货车产生自溜加速,但是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的速度完全一致。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 对本条作以下说明:

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,应采用适当的曲率半径。本规范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,反向弧之间应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 对本条作以下说明：

1 推荐牵引索作用在滚轮上的折角不大于 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，可用下式表述：

$$A = 2T_{\max} \sqrt{\frac{2m}{R+2m}} < 10\text{kN} \quad (12)$$

式中 A ——牵引索作用在抱索器钳口上的水平力(N)；

m ——货车迂回水平滚轮组时，牵引索被抱索器拉开的距离(mm)；

T_{\max} ——牵引索在滚轮组处的最大工作拉力(N)；

R ——水平滚轮组的曲率半径(mm)。

上式可用于验算水平滚轮组的曲率半径。

4.6.12 在距离水平滚轮组或迂回轮进出点的 5m 处，各设一个宽边垂直托辊。其作用及设计要求如下：

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 在宽边托辊上方所对应的轨道应有凸起过渡段，使货车通过时抱索器不碰宽边托辊。凸起过渡段两端的轨道用半径不小于 5m 的反向弧连接，反向弧之间插入不小于 1.5m 的直线段。

4 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应为 5m 左右。

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，故对过渡段的要求是：反向弧的半径不小于 12m ，反向曲线段之间插入不小于 1.5m 的直线段。

4.7 电 气

4.7.1 对本条作以下说明:

1 索道的启动与制动。

对于动力型索道,为了使变位质量很大的牵引索闭合环平稳启动,要求驱动装置的电动机具有恒定的启动转矩。

动力型索道一般采用交流绕线型电动机,并在电动机转子上串入频敏变阻器或金属电阻器启动。

当采用交流拖动时,对于负力较小的制动型索道,有采用制动器松闸后索道自行加速的启动方式,但这种启动方式不适用于负力较大的制动型索道;对于负力较大的制动型索道,则应采用动力制动的启动方式,这种索道在停车时也应采取动力制动配合机械刹车的制动方式。

2 索道正常启、制动时的加、减速度不宜过大,是因为加、减速度过大可能引起牵引索急剧跳动,从而导致掉车事故的发生。同时,由于加、减速度过大又可能引起驱动轮出侧或入侧牵引索的拉力变化过大,导致牵引索在驱动轮上滑动,使衬垫磨损加剧。其次,循环式索道启、制动的次数很少,加、减速度的大小即启、制动时间的长短并不影响索道的运输能力。因此,在设计中加、减速度一般取 $0.1 \sim 0.15 \text{m/s}^2$,当运行速度为 $2.5 \sim 3.15 \text{m/s}$ 时相应的加、减速时间为 $15 \sim 30 \text{s}$ 。

3 为了保证货车特别是重车在多传动区段索道线路上的车距一致,需采取联锁控制设施,使各区段驱动装置的电动机同步启动和制动。

4 电动机的保护:

1)对于动力型索道,应设过电流继电器保护装置,其整定电流可根据有关规定确定。

山西桐木沟索道由于没有设置过电流继电器保护装置,曾发生过由于强风作用引起货车卡住,但驱动装置未及时停车,而酿成

拉倒支架的严重事故。

制动型索道发生货车卡住事故时,电动机的电流的绝对值开始由大变小,过零后再逐渐增大,因此过电流保护不适用。为此,应采取零电流(即欠电流)继电器保护措施。其整定电流可按正常制动运行时额定电流的40%左右计算。

2)对电动机的超速保护要求是:当运行速度超过设计运行速度的15%时,应使索道紧急制动停车。

4.8 保护设施

4.8.1 保护设施设置。

1 保护设施形式的选择,取决于技术经济比较的结果。当保护范围较长、货车坠落高度较大时,采用保护网较为便宜。保护网可以利用索道支架或者专用支架贴近索道悬曲线架设,使货车坠落高度控制在合理范围之内。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。云锡索道就曾发生过坠落的货车滚到公路上伤人的事故。因此,应根据实地情况设置栏网。

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 $l=90\text{m}$,单位面积重力 $q_1=100\text{N/m}^2$ 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,计算垂度增大值达 2.26m 。所以,应按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,比较符合实际情况。特别是对于保护桥来说,应在保证货车自由通过的前提下,尽可能减小货车的下落高度。

4 当索道跨度大于 250m 时,承载索受风荷载引起的水平挠度明显增加,因此应按承载索和货车均受 0.25kN/m^2 基本风压作用发生偏斜的条件校验。

4.8.2 对保护网作以下说明:

1 保护网的粗格网用于承载,应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,支架数目必须增多。但是跨距亦不宜大于 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。因此,应从经济和安全两方面合理确定保护网跨距。

杨家杖子 3 号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,其平均跨距为 80~100m。索道运转 30 多年来,保证了这个区段的安全。

3 保护网的主索,在一般情况下仅承受静载荷的作用,在特殊情况下才承受冲击力。从这一情况出发,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。根据国外资料,计算保护网时,雪荷载与裹冰荷载不同时计入,并且不计风荷载对主索拉力的影响。计算时,雪荷载取当地最低环境温度,而裹冰荷载按 -5°C 条件计算。

保护网受货车冲击时主索拉力增大,以保护网跨距中间受冲击拉力达到最大值,最大冲击拉力应符合下式:

$$T_c \leq T_p / n \quad (13)$$

式中 T_c ——允许最大冲击拉力(N);

T_p ——最大的冲击拉力(N);

n ——钢丝绳受最大冲击拉力作用时的安全系数,取 1.1。

根据有关设计参考资料,由 T_c 值可以算出允许的货车坠落高度。如果允许坠落高度大大超过或者小于货车实际落差,则应

重选主索。

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 条件下算得的,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。

4.8.3 为了减轻保护桥面所受的冲击载荷,一方面要尽量减小货车的坠落高度;另一方面应在桥面铺设一层煤渣、粗砂、锯屑、木板、竹筏或几种材料组合的吸振层。

尖顶式保护桥利用尖劈效应,能承受坠落高度很大的货车的冲击,并将货车滑向保护桥的两侧。这是结构简单而又经济实用的保护桥。

带有柔性网桥面的保护桥,综合了保护网和保护桥的特点。当跨距不大于15m、货车坠落高度不大于10m时,特别适合采用这种保护设施。江西画眉坳钨矿索道曾用这种保护桥保护矿区公路,取得了较好效果。

5 单线循环式货运索道工程设计

5.1 货 车

5.1.1 货车选择。

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 目前,尽管四连杆重力式抱索器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,运行中若振动过大则会产生失重现象,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,应充分考虑不利因素,尽可能降低掉车率。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,故规定它仅在速度不大于 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 2 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 运载索选择。

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,取得了良好的技术经济效果。

2 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。甘肃武山水泥厂索道使用直径 34.5mm 的钢丝绳作为运载索,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。

综上所述,规定表层丝的直径不得小于 1.5mm 。

3 鞍式抱索器2个钳口内的凸齿,必须嵌入运载索的绳沟内,才能可靠地卡住钢丝绳。因此,运载索的捻距应与鞍式抱索器2个钳口的中心距相适应。

5.2.3 本次修订时,新增了关于运载索导向轮选择方面的要求。

5.3 牵引计算与驱动装置选择

5.3.2 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。

阻力系数取值时应注意,货车随运载索升降起伏会导致部分能量损失,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,参考了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 对运载索的最小拉力作以下说明:

1 确定运载索最小拉力应考虑下列因素:

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:

1)采用单钳口抱索器时,运载索的承载条件较差, C_3 可取 10~12。

2)采用鞍式抱索器时,运载索的承载条件较好, C_3 可取 8~10。

3)运输能力较大、高差较大或车距较小时取小值,反之取大值。

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 2~3 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,可通过分析后确定 C_3 的取值。

3 根据实践经验,当线路侧形较复杂且最大跨度大于 300m 时,为了减小大跨运载索的“浮动”现象,建议最大跨的最大挠度与跨距之比不大于 1/14~1/16,宜按下式校核最小拉力(参阅起重运输机械杂志 1993 年第 3 期《单线货运索道承载-牵引索的浮动及其控制》一文):

$$T_{\min} \geq (1.75 \sim 2.0)(Q/\lambda + q_0)L_{\max} \quad (14)$$

式中 T_{\min} ——运载索的最小拉力(N);

Q ——重车重力(N);

λ ——发车间距(m);

q_0 ——运载索单位长度的重力(N/m);

L_{\max} ——最大跨的跨距(m)。

5.3.4 驱动装置选择。

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、延长运载索的工作寿命及减小牵引阻力等优点,从而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 2 个区段,与 2 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 2 个传动段达到同步的目的。

同时传动 2 个区段的单轮双槽卧式驱动装置,曾在辽宁华铜索道、云南会泽索道和福建潘田索道等工程中得到应用,使用效果良好。由于 2 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) 2 个区段均为制动运行。

2) 2 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。

判断四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 2 个区段的双槽卧式驱动机》一文(《起重运输机械》1979 年第三期)。

分析计算表明,在第 3)、第 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。在第 1)、第 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 线路配置。

1 过去索道设计中,站前第一跨的跨距多采用 2~2.5m,由于跨距太小,直接影响到抱索器的挂结与脱开质量。故规定站前第一跨的跨距为 5~10m。

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,应尽量做到每个托索轮承受的径向载荷大致相等,可使每个托索轮工作寿命大致相同,亦可延长运载索的工作寿命。

3 在平坦地段或者坡度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大致相等,各支架上的载荷应力求相等。

4 支架的最小高度应按照以下条件确定: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。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 3m,货箱高度为 0.8m,故支架最小高度取不小于 4m。

在凸起区段上,跨距受地形限制,设计时最小跨距一般取 15m。不能满足时,可选用 6 轮或 8 轮托索轮组。

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,应大于双线索道承载索的靠贴系数值。必要时,可参照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的要求。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。

5.4.2 对本条作以下说明:

1 为了便于设备标准化,规定了表 5.4.2 的托索轮允许径向载荷值。

无衬托索轮允许径向载荷,按下式计算:

$$P=3.75dD^{2/3} \quad (15)$$

式中 P ——托索轮的允许径向载荷(N);

d ——运载索直径(mm);

D ——托索轮直径(mm)。

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° ,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的计算来确定不同支架上每个托索轮的允许折角。

3 6轮、8轮式托索轮组用于钢丝绳倾角较大的支架上时,因对应货箱长度的钢丝绳高差较大,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 $700\sim 800\text{mm}$),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,应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 设置稳索轮的目的是为了阻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,要求轨道前端的曲率半径不小于3m,采用扁形轨时,其头部应削尖,而采用槽形轨时,其头部应扩口。

要求挂结段轨道与运载索之间保持如下关系:运载索与钳口底部接触之前,钳口一直保持完全张开状态;运载索刚接触到钳口底部钳口即迅速关闭。

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种必不可少的设备,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,压板应为可调式。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,最大限度地减轻二者的磨损,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,尚应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 脱开段设计。

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应小于5m。

2 脱开段轨道与运载索之间,应保持如下关系:钳口没有达到完全张开之前,运载索始终接触钳口底部;钳口刚达到最大开度,运载索即迅速脱出。

3 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,应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。

4 为使进站货车的运行速度降低到站内自溜时所需的速度($\leq 2.0\text{m/s}$)或者比推车机速度大30%~40%,应设置轨道减速段或者减速装置。脱开段减速装置的结构与挂结段加速装置的结构相似。

5.5.4 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。货车通过脱开段抱索器不脱索,将酿成严重事故,因此,应设脱索状态监控装置。

5.5.5 站内轨道配置应保证脱挂安全可靠,尽可能减小货车的纵、横向摆动。广东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。由于取消了反向弯曲段,货车在站内运行时没有横向摆动,挂结质量很高。因此,本次修订时推荐了这种配置方式。

5.5.6 转角站配置。

1 对称布置对设计、制造和安装均带来很大便利。

2 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;另一种是直接倾斜安装的转角轮转向,无需在转角轮两端设置压索轮组。

3 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,只能采取以较高速度(1.6~2.0m/s)自溜运行,不能采用人工推车。

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

6.1.2 每位乘客的计算载荷,各国的规定颇不一致。本次修订时,参考了欧洲 CEN/TC 242 标准和 OITAF 文件并结合乘客体重增加的趋势,对原规范的计算载荷分别增加了 50N。

值得注意的是:对于双线往复车厢或车组式索道,在进行工艺或设备设计时,每位乘客的计算载荷是一致的,这一点与单线循环式客运索道有所不同。

6.1.3 支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,本次修订时,参考了瑞士和日本的规定,新增了对吊架头部和末端套筒销轴抗拉安全系数的规定。

6.1.4 本次修订时根据我国索道工程的实践经验,对原条文内容进行了适当修改。

国内外双线往复式客运索道的实践证明,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。本条虽然没有排斥浇铸套筒的连接方式,但为了安全起见,采用浇铸套筒连接牵引索或平衡索时,浇铸套筒在结构上应便于抽出检查浇铸质量,其锥体长度应为牵引索或平衡索直径的 5~7 倍,内部锥度应为 1/6~1/3,内部小端直径应为牵引索直径的 1.3 倍。

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。因此,本次修定时,新增了缠绕套筒的连接方法,有条件时可在工程中采用。

6.1.6 根据 OITAF 文件的规定,车厢的地板面积为 $0.18n+0.6$ (m^2)。日本则规定为每人的最小地板面积,车厢高度大于 2m 时

为 0.16m^2 ; 小于 2m 时为 0.18m^2 。根据上述资料, 结合我国的实际情况, 做出本条规定。

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, 本次修定时, 参考了欧洲 CEN/TC 242 和其他国家的有关标准并结合我国的实际情况, 制定了本条。

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, 将客车制动器制动时, 驱动装置的工作制动器应能自动投入工作规定到条文内。

2 客车制动器制动力的大小, 是个比较复杂的问题。制动力的多少, 应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后, 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。因为这条规定很重要, 因此规定到条文内。

6.1.8 本条为新增条文。

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, 即使在国内也能举出实例。由于客车制动器工作上的要求, 鞍座的绳槽必须设计得既窄又浅, 且难以设置防脱索装置, 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、大倾角或风力强的索道, 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, 自然产生了取消客车制动器的设计理念。

研制无客车制动器双线往复式单牵引客运索道是借鉴了单线循环式客运索道的设计经验, 其指导思想是为了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安全可靠。

本条所述的一系列防止牵引索断裂的设计措施主要包括：

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，数量不得少于 2 个，其抗滑安全系数不小于 4.0，其结构应便于夹紧或脱开牵引索，为牵引索的全面检查和探伤创造条件。

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）。一类零件必须在设计、制造、检验、安装、使用、探伤、报废等全过程中防止失效。

6 设置防止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，还应设置牵引索离位监控装置。

8 驱动轮、拉紧轮和各种导向轮应设置防脱索装置。

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 在客车运行过程时，对牵引索的实际拉力进行自动测定与显示，牵引索的实际拉力超过规定值时，即自动报警或自动停车。

本条所述的保证牵引索安全的操作规程主要包括：

1 客车的夹索器应在 200 个工作小时或 90 个工作日之内进行移位。同时，应对使用中的夹索器的零件和焊接件进行肉眼检查。

2 应按以下时间间隔用探伤仪对牵引索进行全面检查：

1) 投入使用的第一年，应在 200 个工作小时或 4 个工作周之内检查一次。

2)投入使用的第二年至第十年,应在 1000 个工作小时或一年之内检查一次。

3)投入使用的第十年以后,应在 200 个工作小时或 90 个工作日之内检查一次。

4)停止运行 3 个月或更长的时间后,在重新投入运行前检查一次。

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间隔时间还应缩短。

4 夹索器应沿固定方向进行移位,移位的距离不得小于夹索器长度、夹索器两端附加装置的长度和牵引索 2 倍捻距三者的总和。

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,不得小于夹索器总长的 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式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式牵引车组式客运索道。

6.1.9 本条为新增条文。

为了克服末端套筒固有的缺点,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,车组式客运索道逐渐采用了夹索器。因此,本次修订时,新增了对客车夹索器的有关要求。

6.1.10 本条为新增条文。

为了保证客车在线路上的安全运行和顺利进出站房,本次修订时新增了空车或重车对承载索中心铅垂线的向内或向外偏斜的规定。为了符合这条规定,客车设计与制造均应注意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 本条是参考了欧洲 CEN/TC 242 标准和 OITAF 文件的有关规定而制定的。

1 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,强调应选用密封钢丝绳作承载索。

2 本次修订时,将承载索的抗拉安全系数由原规范的不得小于 3.5 改为不得小于 3.15。

6.2.2 鉴于近年来国内外承载索采用两端锚固或液压拉紧的索道日渐增多,本次修订时,新增了承载索两端锚固和液压拉紧的内容。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 等参数符合本规范规定。

6.2.3 双重锚固方式曾在泰山、黄山、峨嵋山、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,工作夹块组与备用夹块组之间应留出 5mm 的观察缝。

6.2.4 采用圆筒锚固方式时,承载索末端的工作夹块数量,各国的规定各异,OITAF 为 1 副,瑞士为计算确定,日本则没有规定。这反映了承载索在圆筒上缠绕的圈数不同,工作夹块的数量也不相同。为了安全起见,本规范规定:承载索的尾部应采用至少 3 副夹块锚固在支座上,其中 2 副工作,1 副备用。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。

6.2.5 根据多年的实践经验,本次修订时,新增了鞍座余量、鞍座

润滑等方面的规定。

6.2.6 本条为新增条文。

为了防止承载索从支架鞍座上脱索后所造成的重大事故,特制定本条文。

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,防脱索装置不应承受承载索的上抬力,因此,规定该装置应设在最小靠贴弧的中部。

6.3 牵引索、平衡索、辅助索与有关设备

6.3.1 双线往复式客运索道牵引索、平衡索和辅助索通常使用的钢丝绳型号为:6×19S、6×25Fi、6×26SW、6×31SW、6×37S等,不同型号的钢丝绳,具有不同的使用性能。在上述型号中,耐磨性依次降低,抗疲劳性则依次提高。设计时应按使用条件合理确定。

6.3.2 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、平衡索和辅助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。

双牵引索道牵引索的抗拉安全系数,原规范规定为5.5,结合国内工程实践经验,本次修订时规定为5.4。

欧洲CEN/TC 242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了20%。因此,本次修订时,有客车制动器单牵引索道牵引索的抗拉安全系数仍为4.5,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5.4。

无极缠绕的辅助索,在运行时重锤减轻,其安全系数为4.5;在停运时重锤加重,因此,其安全系数为3.3。

6.3.3 牵引索、平衡索和辅助索的拉紧。

1 为了提高索道运行的平稳性,本次修订时,新增了当重锤移动速度较快时,应设阻尼装置的规定。

2 双牵引索道的牵引索分别设置调绳装置后,可减少牵引索的截绳次数,使客车在站内准确停靠,并使驱动装置的受力更为均衡。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,本次修订时,新增了设置调绳装置的规定。

6.3.4 本次修订时,将导向轮直径与钢丝绳直径及表层丝直径之比的表格进行了简化,使其与现行的欧洲 CEN/TC 242 标准相吻合。

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,前苏联规定不得小于牵引索直径的 15 倍,通过分析比较,本规范采用了与欧洲 CEN/TC 242 标准和 OITAF 文件一致的不得小于牵引索直径 12 倍的规定。

6.4 牵引计算与驱动装置选择

6.4.1 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,在修订时,将原规范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 对本条作以下说明:

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为了使 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,国内外双牵引索道多半采用机械差动装置。

6.4.4 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,工作制动器也可直接设在驱动轮上。

6.5 线路设计

6.5.1、6.5.2 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。

6.5.3 本条为新增条文。

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,在我国有一定发展空间。定员不少于60人的客车,因其载荷较大,一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,本规范新增了双承载索道的有关要求。

6.5.4 本条为新增条文。

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,参考了欧洲 CEN/TC 242 标准和 OITAF 文件的有关规定,并考虑到近年来客车大型化和乘客体重增加的趋势,对客车定员的划分和每位乘客的计算载荷进行了适当的调整。

客车定员不超过 15 人时,每位乘客的计算载荷,在工艺设计时取 740N,建议在设备设计时取 790N。这是因为,如果工艺设计时每位乘客的计算载荷取值略微增大,将会带来技术参数的较大变动,从而导致索道基建费用的明显增加。因此,本次修订时,对于每位乘客的计算载荷,在工艺设计和设备设计时,规定了不同的数值。

7.1.2 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按屈服点计算,因此,本条参考了 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,为此,本次修订时,参照欧洲 CEN/TC 242 标准和 OITAF 文件的有关规定,对本条作了较大变动。

1 截止到 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 20 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 座、6 座和 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,为此,本次修订时进行了相应的调整。尽管如此,对于客车定员较多和运载索倾角较大的索道,应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。

2 在抱索器的抱索力方面,本次修订时,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,作出了具体要求。这些要求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。

3 在抱索器的材料方面,由于建在高海拔或高纬度地区的单线循环式客运索道数量较多,因此,本次修订时,规定了在低温环境中工作的抱索器,其材料应具有良好的低温冲击韧性。此外,对内、外抱卡的材质及成型方法,也做出了具体规定。

根据抱索器导向翼和脱挂式抱索器车轮材料的工作条件,增加了对所用材料使用性能方面的要求。

4 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取不同的数值,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,无需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。

5 按零件失效后的危害程度进行分类,抱索器的内抱卡、外抱卡、弹簧、各种销轴等,都属于非常重要的一类零件。一类零件

必须在设计、制造、检验、安装、使用、探伤、报废等全过程中防止失效。本次修订时,新增了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,应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,对于车厢、吊篮和吊椅的设计,新增了材料选择、焊接质量、静力试验等方面的要求。

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,在设计车厢、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。

7.1.7 拖牵座设计。本条为新增条文。

拖牵式索道在国外早已广泛使用,索道总数约有2万条。近年来,随着我国滑雪运动的兴起,高山滑雪场的相继建成,拖牵式索道的建成条数逐年增多。因此,本次修订时参考了欧洲CEN/TC 242标准和OITAF文件的有关规定,新增了拖牵式索道的有关内容。

7.1.8 近十几年来,我国旅游索道的数量日益增加,滑雪索道和拖牵式索道也在逐年增多。为此,本次修订时参考了欧洲CEN/TC 242标准和OITAF文件的有关规定,对客车的最小发车间隔时间作了适当调整。

近几年来,采用固定式抱索器的索道,其吊椅座位数的差异越来越大,为了适应这种情况,本次修订时参照了欧洲CEN/TC 242标准的规定,改为以吊椅的座位数来确定最小发车间隔时间。

7.2 运载索与有关设备

7.2.1 对本条作以下说明:

1 运载索的绳芯可采用合成纤维绳芯、天然纤维绳芯和钢绳芯。一般情况下推荐采用合成纤维芯;当对钢丝绳的结构性伸长

有严格要求时,宜采用热压成型的尼龙棒芯;特殊需要时,可采用钢芯。这是因为: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。如果采用天然纤维芯,应选用较硬且防腐的品种。

热压成型的尼龙棒芯钢丝绳的结构性伸长率约为合成纤维芯钢丝绳的50%。绳芯为钢芯的钢丝绳承载能力较大、结构性伸长率最小,尽管在国内客运索道上使用得较少,但在国外单线脉动循环式索道和采用移动式站台的索道上应用较多。

2 推荐采用镀锌钢丝绳的原因如下:

1)采用镀锌钢丝绳可减少腐蚀断丝,延长钢丝绳的工作寿命。

2)采用无需润滑的镀锌钢丝绳可以提高钢丝绳与抱索器钳口或驱动轮衬垫之间的摩擦系数,从而提高了索道的安全可靠性能。

3)采用无需润滑的镀锌钢丝绳可以延长单线客运索道唯一的易损件——轮衬的工作寿命,从而,提高了索道的经济效益。

4)无需润滑的镀锌钢丝绳不仅美观,而且不污染乘客衣物、车厢顶部、支架平台和站房地面,可实现清洁生产和文明运营。

5)无需润滑的镀锌钢丝绳便于编结并可减少钢丝绳的维护工作量。

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。

参考了欧洲 CEN/TC 242 标准的有关要求,本次修订时,将运载索的抗拉安全系数由不得小于 5.0 修改为不得小于 4.5。理由如下:

1 随着索道设计水平和计算精度的提高,加之钢丝绳结构设

计的改进、制造质量的提高和使用经验的增多,单线循环式客运索道断绳的几率已降低到 5×10^{-8} 以下。导致钢丝绳失效的主要原因,已从钢丝绳问世初期由于拉应力过大而造成断绳,演变为由于断丝总数达到报废标准而正常退役。钢丝绳的断丝主要分为疲劳断丝、腐蚀断丝和磨损断丝,三种断丝产生的原因都与钢丝绳的工作条件有很直接的关系,而与拉应力的关系相对较小。因此,适当减小钢丝绳抗拉安全系数,不会影响单线循环式客运索道的安全运行。

2 随着抗拉安全系数的降低,运载索的直径相应减小,使得所有与其相关的设备减轻,从而提高了索道的技术经济指标。

3 对钢丝绳耐久性的理论分析和实践证明,钢丝绳拉伸应力增大时,弯曲应力相对减小,有利于延长运载索的工作寿命。

4 索道在运载索较大拉力情况下运行时,钢丝绳产生的波动,特别是某些跨距内产生垂直波动的可能性减小;钢丝绳各跨的挠度、空车与重车的挠度差和索道启制动时的波幅都相应减小,从而提高了索道运行的平稳性。

5 随着运载索拉力的相对增大,客车行近支架时钢丝绳的倾角和重车与空车行近支架时钢丝绳的倾角之差,均相应减小,改善了运载索的工作条件,从而延长了运载索的工作寿命。

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。因此,本次修订时增加了对液压拉紧装置的有关要求。

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,另一个端站则应采用固定安装的迂回轮。

7.3 牵引计算与驱动装置选择

7.3.2 本条为新增条文。

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,必须准确地计算出运载索的最大工作拉力。

本次修订时,参考了欧洲 CEN/TC 242 标准和 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、制动时的加、减速度相对较小,因此,在计算运载索的最大工作拉力时,可不计入启、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 CEN/TC 242 标准和 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 0.030 。

执行时应注意:本条所规定的 0.030 的阻力系数,是按逐个站内阻力点和逐个线路支架计算的条件所采用的参数,若按均布载荷的近似计算方法计算时,应采用比 0.030 更大的阻力系数。

7.3.5 单槽卧式驱动装置具有体积小、重量轻、配置方便等特点。采用单槽卧式驱动装置时,能简化运载索的导绕系统,减少运载索的弯曲次数,延长运载索的工作寿命并能降低站房高度。因此,单槽卧式驱动装置几乎成了单线循环式客运索道唯一可以采用的形式。

索道的主驱动、紧急驱动、辅助驱动和营救驱动系统有各自不同的使用功能并体现着不同的装备水平。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、客车离地高度较低等原因,除主驱动系统外,一般只需配备辅助驱动系统。对于长距离、高速度、大运量、客车离地高度较高和个别跨距内客车离地高度很高的脱挂式抱索器客运索道,除主驱动系统外,过去一般仅配备辅助驱动系统。但是,当主传动机构出现故障时,辅助驱动系统不能保证在合理的时间内将滞留在线路上的乘客回运至站内,因而,近几年来采用紧急驱动系统的索道逐渐增多,个别索道还另外配备了营救驱动系统。

7.4 线路设计

7.4.2 在托、压索轮组上,设置挡索板、捕索器、运载索脱索时索道能自动停车的监控装置和运载索脱索后的二次保护装置,是保证单线客运索道安全运行的有效技术措施。

二次保护装置是设于压索支架横担上的挡臂。其作用是当运载索外脱索并越过捕索器后,能有效地挡住运载索,并使索道自动停车。工程实践证明,在压索支架上设置脱索二次保护装置是非常必要的,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。

7.4.3 运载索在支架上的托、压索轮组上的靠贴条件,直接关系到单线循环式客运索道的安全运行。在原规范中,运载索在每个托索轮上的最小靠贴力,仅规定为不得小于 500N,这一规定不仅数值偏小,而且无法适应不同轮缘直径的托、压索轮组。本次修订时,参考了欧洲 CEN/TC 242 标准和 OITAF 文件的有关要求,对运载索在每个托、压索轮组上的最小靠贴力改为由 7.4.3 式确定。

本次修订时,对运载索在每个托、压索式支架上的最小靠贴力,由原规范的半经验方法改为更为科学的风荷载计算方法进行控制。此外,本次修订时还对采用托索与压索联合轮组支架和拖牵式索道支架的最小靠贴力进行了规定。

实践证明,采用托索与压索联合轮组的支架不仅能减少线路

上支架的数量,还能提高乘坐的舒适性,因而,有条件时应优先考虑采用该种形式的支架。

7.4.4 支架配置。

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。

当客车通过压索式支架时,由于振动较大而影响到乘坐的舒适性。此外,压索轮的橡胶衬垫在实际使用中磨损严重,增大了索道的维修工作量并增加了索道的经营费用。因此,设计时应尽量减少压索式支架的数量。

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。为此,本次修订时新增了无站房设计方面的内容。

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,本次修订时,对乘客的保护、控制室的装备、上下车台的高度、站内的地面、设置各种标志等等,提出了更高的设计要求。

7.5.4 本条为新增条文。

拖牵式索道起点站和终点站的设计与普通索道的站房设计不大相同,本次修订时,参考了欧洲CEN/TC 242标准和OITAF文件的有关规定,增加了对拖牵式索道起点站和终点站设计的基本要求。

8 索道工程施工

8.1 一般规定

8.1.1 安装工程开始之前,建设单位应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。

安装单位在索道安装过程中,应按设计文件进行施工。如有不同意见,应取得设计单位、建设单位和监理单位的同意,并按设计变更通知进行施工。

近十几年来,国内索道特别是客运索道的成套设备,均在制造厂内经过预组装和单机试车后才出厂,因此,本次修订时取消了原文中关于试车合格证的要求。

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,并制定了《安全生产法》来规范生产安全。此外,由于客运索道多建在风景名胜区,因而,必要时应编制安全施工方案和环境保护方案。

对于规模不大且技术不太复杂的客、货运索道,可用施工方案代替施工组织设计。施工方案应以简明扼要的形式,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。

对于规模较大且技术复杂的客、货运索道,在施工组织设计中,应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

应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,均具有非常重要的意义。

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,验收时必须对各中心标志进行检查。检查时应以原始测量桩点为基准进行一次检查,以免产生较大的误差。

站房和线路基础应同时验收。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,安装前应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。

表 8.1.3 中的第 11 项,设备基础的预埋螺栓之间的距离,应在各预埋螺栓的根部和顶部两处分别测量,其偏差均不得大于 $\pm 2\text{mm}$ 。预埋螺栓标高在本规范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 $+20\text{mm}$ 。

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 钢结构的运输与存放。

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 4t,如果独立构件质量过重或体积过大,则应分解成便于运输的构件。

钢结构在交付安装前应先除锈后再作防腐处理。目前,我国许多客、货运索道钢结构安装前往往不除锈就涂底漆,安装校正合格后再涂面漆,这样对防腐不利,应尽量避免。

2 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。

各构件应稳固地堆存放在垫块上,堆层高度不得超过2m。桁架应直立存放,各构件上不应积水。

8.1.5 安装单位在安装前应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得交付安装。钢丝绳在展开过程中,当发现制造、运输、保管等方面的缺陷时,不得继续安装。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,方可继续施工,施工单位不得擅自处理。

8.1.6 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、货车的抱索器、拖牵盒、防摆器、减振器,等等)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不应拆零。尺寸太大的设备,应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。机械设备安装的通用部分,应按现行机械设备安装工程施工及验收规范的有关规定执行。

8.2 钢结构安装

8.2.1 采用螺栓连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,在一般情况下,均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。

由于索道的支架形式不尽相同,制造数量不是很多,制作厂家比较分散,很难形成批量生产,因此,本次修订时取消了原条文中当钢结构进行批量生产,制造精度得到保证且经过施工验证时,可不进行预组装的规定。

8.2.2 本条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。

在矫正构件的直线度时,其弯曲矢高的允许偏差应符合表 8.2.5 第 7 项的规定。

不论用什么安装方法,钢结构在起吊前,必须检查地脚螺栓和地脚螺栓孔的实际尺寸。如果偏差超过允许值时,应按设计单位的要求,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 钢结构底板下的垫板,一般直接承受主要载荷,因此,应使用成对斜垫铁。应尽量减少每叠垫板的数量,一般不超过 3 块,放置垫板时,厚的放在下面,薄的放在中间,找平后互相焊牢,并与钢结构底板焊在一起。

8.2.5 桁架式钢结构支架,底层钢结构如不经校正就拧紧地脚螺栓,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进行调整。

在检查相接触的两个平面是否有 70% 以上的面积紧贴时,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得大于 0.8mm。

8.2.6 对于高度很大的钢支架,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,应在风力很小的清晨或阴天进行测量或校正。

8.2.9 二次灌浆层的厚度如果太小,则浇灌施工困难,且二次灌浆层不易密实;如果太大,则垫板太厚,既不经济又影响施工质量,一般以 50mm 左右为宜。随着技术的进步,有的钢结构设计中,底板与基础面之间不需二次灌浆层。

8.2.10 在运输、保管和安装过程中脱落的底漆以及安装连接处,应采用风铲、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,更应严格执行本条要求。

为了防止未刷漆的连接面受到水、气的腐蚀,钢结构固定后,

构件安装连接处可用腻子对其周围缝隙进行密封。

8.3 线路设备安装

8.3.1 由于托、压索轮组中,每个索轮的装配质量应由制造厂家保证,因此,本次修订时取消了原条文中对每个托、压索轮的径向跳动和端面跳动的要求。

8.3.2 目前,线路监控装置广泛采用针形开关,折断针形开关的力矩的偏差,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的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,弹性轨道应转动灵活;水平牵引式索道的偏斜鞍座,其托索轮应转动轻快、灵活。

8.4 钢丝绳安装

8.4.1 本条第3款,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,放索时可根据实际情况,不一定始终保持腾空状态进行展开。

本条第5款,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、夹块或套筒进行夹紧。并在钢丝绳端部的合适位置设置防转器。

为了执行本条第6款的规定,在展开过程中,可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,可用吊索、浮箱、船只或其他设施防止钢丝绳接触水面。

8.4.2 承载索在起吊前需详细检查涂油情况,受到破坏的涂油层,应尽可能进行立即补涂,亦可在安装后用加油车进行补涂。

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,应创造条件使承载索支承在牵引索托索轮上展开。

8.4.3 浇铸后的锥体,从套筒中抽出进行检查时,发现下列情况之一者,为不合格品,必须重新浇铸:

- 1 铸件表面有较大蜂窝或麻面。
- 2 铸件表面出现裸露钢丝。
- 3 锥件的锥口与钢丝绳结合不好或出现空隙。

8.4.4 本条第1款,采用向锚固端方向拉紧,便于拉出多余的承载索,并有利于锚固施工,亦易于控制重锤的安装位置。

对于夹块所用的螺栓,应按设计要求用大型扭力扳手一一拧紧。不应采用大锤过度打击,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,必须使2根牵引索的拉力接近相等;当索道进行空负荷试运行,需通过牵引索调整装置,精确调整牵引索的长度,使2根牵引索的拉力相等。

8.5 站内设备安装

8.5.1、8.5.2 吊梁是吊钩或吊架的安装基础,所以,必须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,安装前必须采取彻底的纠偏措施。

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。因此,本次修订时,新增了对前后横梁的有关要求。

8.5.3 货运索道站内轨道的接头,目前,多采用焊接方式连接,因此,本次修订时,取消了对接头间隙的要求。

8.5.4 对本条作以下说明:

- 1 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。

2 道岔装好后，需保证客、货车通过时不产生冲击现象。

8.5.5 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、货车的平稳运行。

8.5.7 对本条作以下说明：

1 驱动装置安装前要对基础进行检查，基础顶面要留出50mm左右的二次灌浆层的厚度。

2 在基础各部分尺寸都经过详细地校对后，才允许往基础上安装机座。首先，应按驱动机配置总图标定基础中心线，然后，按此中心线校对基础其他各部分尺寸，测量基础时，一律使用钢尺或钢卷尺。

3 安装机座时，基础顶面与机座之间要加垫板，垫板的表面应平整，垫板必须从地脚螺钉两侧施放，每组垫板块数不宜过多，通常以不超过3块为宜。

垫板要求垫放稳固，垫好后的垫板用小锤轻轻敲击检查，然后将垫板与机座焊牢。

机座找正后即可安装立架。

4 驱动轮的纵、横中心线应和设计中心线重合，经反复调整后的驱动轮，应保证其绳槽中心线与人侧或出侧牵引索的中心线相吻合。从动轮轮槽中心应该对正驱动轮出侧和人侧轮槽中心，并用拉线法检测。

驱动轮与从动轮调整定位后，即可进行二次浇灌水泥砂浆。

8.5.8 拉紧装置有两种安装形式，即下部支承和上部吊挂式。

1 安装前应对设备进行检查：

1)各紧固件必须坚固牢靠，剖分式拉紧轮的精制螺栓连接应接触紧密和定位可靠；

2)拉紧轮应转动灵活和无异常响声；

3)拉紧装置轨道中心线应与设计中心线吻合，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应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必须水平安装,但支撑轮轴的轴承座的基础表面可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,在支撑轴承座的两端应加挡铁,并应将挡铁焊在基础垫板上。

安装完毕的导向轮应转动灵活,无阻滞现象。

8.5.10 货车迂回轮主要用于自动转角站或端站,本设备的绳轮为型钢焊接结构,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,使迂回轮直径的偏差不大于 $\pm 6\text{mm}$,径向圆跳动不大于 8mm ,端面圆跳动不大于 10mm ,以保证货车平稳通过迂回轮。

迂回轮安装校正合格后,底座应焊牢于站内支座上。

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,如黄山太平索道采用的是无极式;而重庆长江索道采用的是有极式。承载索滚子链的安装要求如下:

1 安装前对滚子架的定位面和滚子架的安装基础,均需检查并校正。

2 需预先划出滚子架和基础预埋钢板的中心线,校正后点焊定位,其中心线与承载索设计中心线应吻合,偏差小于 1mm 。

3 整个滚子链安装好后,应以水平滚子顶面圆弧的半径制作长度不小于 1500mm 的弧形样板进行检查。任何一段内,滚子顶面应与样板密合,偏差不超过 1mm 。经检验合格后,将垫板与预埋钢板焊牢。

4 安装完毕后,需先慢后快,先轻后重,经过各种速度和载荷的试运转。

5 各滚轮轴和链条销轴需采用润滑脂润滑。

8.5.13 重锤或重锤箱两侧的导向块或导向滚轮与导轨之间的间隙应该大致相等,否则应调整重锤块的位置,以保证升降过程中不得出现卡阻现象。

8.5.14 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 索道工程验收

9.1 试 车

9.1.2 对本条作以下说明:

1 索道无负荷试车由安装单位组织,建设单位派人参加,并且安装单位应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,并且建设单位应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 无负荷试车。

1 无负荷试车,包括单机调试、机组联动试车和牵引索或运载索试车 3 个步骤,必须按照要求逐级进行。

2 额定速度是指正常运行时的设计速度,试车时按额定速度运行的时间不能小于累计试车时间的 60%。

3 无负荷试运行合格后,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 在各种载荷情况下,检查启动、制动时间和加、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,应签署负荷试车合格证书。