

悬挂式单轨交通
第2部分：设计标准

Suspended monorail transit—
Part 2:Design standards

2024-12-31 发布

2025-04-30 实施

湖北省住房和城乡建设厅
湖北省市场监督管理局

联合发布

目 次

| | |
|-----------------------------|-----|
| 前言 | III |
| 引言 | V |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 4 |
| 4 基本规定 | 5 |
| 5 行车组织与运营管理 | 5 |
| 6 车辆 | 7 |
| 7 限界 | 10 |
| 8 线路 | 12 |
| 9 道岔与车挡 | 16 |
| 10 车站建筑 | 19 |
| 11 车站结构 | 22 |
| 12 轨道梁桥 | 24 |
| 13 地下区间结构 | 28 |
| 14 边坡 | 31 |
| 15 通风、空调与供暖 | 34 |
| 16 给水与排水 | 35 |
| 17 供电 | 36 |
| 18 通信 | 40 |
| 19 信号 | 45 |
| 20 火灾自动报警系统 | 51 |
| 21 自动扶梯与电梯、站台门 | 53 |
| 22 自动售检票系统 | 56 |
| 23 综合调度指挥系统 | 59 |
| 24 环境与设备监控系统 | 61 |
| 25 安全技术防范系统 | 63 |
| 26 运营控制中心 | 65 |
| 27 车辆基地 | 68 |
| 28 防灾 | 74 |
| 29 疏散与救援 | 76 |
| 30 环境保护 | 77 |
| 附录 A (资料性) 悬挂式单轨车辆限界图 | 79 |
| 条文说明 | 81 |

前　　言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》给出的规则起草。

本文件是《悬挂式单轨交通》第2部分：设计标准，DB42/T 2340已经发布了以下部分：

——第1部分：技术标准；

——第2部分：设计标准。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由湖北省住房和城乡建设厅提出并归口管理。

本文件主编单位：中铁第四勘察设计院集团有限公司、湖北省勘察设计协会、武汉光谷交通建设有限公司。

参编单位：中国铁路设计集团有限公司、武汉地铁集团有限公司、西南交通大学、中车青岛四方机车车辆股份有限公司、中铁工程机械研究设计院有限公司。

本文件主要起草人：熊朝辉、光振雄、周小华、王华兵、赵强、王洪刚、杨欣蓓、林作忠、李重武、李文胜、吕晓应、周宇冠、傅萃清、雷崇、王培峰、罗聰、曾敏、曾嵘、刘明丽、姚应峰、葛钰、汪科成、徐瑰麟、臧向、索晓明、刘阳明、祝兵、莫骏、陈荣顺、何杰、黄健羽、曾铁梅、那艳玲、陈玉江、余行、刘习超、段剑林、王金龙、孙雪兵、张占荣、丁光文、蔡崇庆、姜涛、王德发、王开康、徐鸿燕、单翀皞、肖蔚、王沛沛、魏祥斌、胡倩、吴忠坦、刘新平、徐杲、李波、王英琳、王皓、张良涛、杨晓宇、董俊、周兵、陈旭阳、曾小钦、曾小平。

本文件实施应用中的疑问，可咨询湖北省住房和城乡建设厅，联系电话：027-68873088，邮箱：mail.hbszjt.net.cn。对本文件的有关修改意见和建议请反馈至中铁第四勘察设计院集团有限公司，电话：027-51155209，邮箱：759310914@qq.com。

引　　言

悬挂式单轨在我国属于新系统，该系统以其占地少、交通环境影响小、建造快、景观效果好等优点备受亲睐，具有广阔的应用前景。为了保证悬挂式单轨项目的有序开展，提高悬挂式单轨项目的设计建造水平，促进悬挂式单轨行业的高质量发展，有必要对悬挂式单轨交通相关技术标准进行统一规定。DB42/T 2340《悬挂式单轨交通》在认真总结实践项目经验、开展多项技术研究及广泛征求意见的基础上，编制形成了标准成果。其是指导我国悬挂式单轨交通项目建设的标准，旨在确立悬挂式单轨交通技术、设计、施工质量验收工作的标准，拟由三个部分构成。

- 第1部分：技术标准。目的在于确立悬挂式单轨交通的总体原则。
- 第2部分：设计标准。目的在于确立悬挂式单轨交通的具体设计标准。
- 第3部分：施工质量验收标准。目的在于确立悬挂式单轨交通的具体施工质量验收标准。

悬挂式单轨交通

第2部分：设计标准

1 范围

本文件规定了行车组织与运营管理、车辆、限界、线路、道岔与车挡、车站建筑、车站结构、轨道梁桥、地下区间结构、边坡、通风、空调与供暖、给水与排水、供电、通信、信号、火灾自动报警系统、自动扶梯与电梯、站台门、自动售检票系统、综合调度指挥系统、环境与设备监控系统、安全技术防范系统、运营控制中心、车辆基地、防灾、疏散与救援、环境保护等的设计相关要求。

本文件适用于低运能，最高运行速度不超过60 km/h的悬挂式单轨交通新建工程的设计。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 714 桥梁用结构钢
- GB/T 1228 钢结构用高强度大六角头螺栓
- GB/T 1229 钢结构用高强度大六角螺母
- GB/T 1231 钢结构用高强度大六角头螺栓、大7角螺母、垫圈技术条件
- GB/T 1499.1 钢筋混凝土用钢第1部分：热轧光圆钢筋
- GB/T 1499.2 钢筋混凝土用钢第2部分：热轧带肋钢筋
- GB 3096 声环境质量标准
- GB/T 5224 预应力混凝土用钢绞线
- GB/T 5599 机车车辆动力学性能评定及试验鉴定规范
- GB 6566 建筑材料放射性核素限量
- GB 8702 电磁环境控制限值规范
- GB 8978 污水综合排放标准
- GB 10058 电梯技术条件
- GB/T 12325 电能质量供电电压偏差
- GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准
- GB/T 12668.2 调速电气传动系统
- GB/T 12758 城市轨道交通信号系统通用技术条件
- GB 13495.1 消防安全标志第1部分：标志
- GB 13271 锅炉大气污染物排放标准
- GB 14227 城市轨道交通车站站台声学要求和测量方法
- GB 14554 恶臭污染物排放标准
- GB 14892 城市轨道交通列车噪声限值和测量方法
- GB 15763 建筑用安全玻璃 防火玻璃
- GB/T 16275 城市轨道交通照明
- GB 16297 大气污染物综合排放标准

- GB 16899 自动扶梯和自动人行道的制造与安装安全规范
GB 17467 高压/低压预装式变电站
GB 18483 食业油烟排放标准
GB 18597 危险废物贮存污染控制标准
GB/T 20065 预应力混凝土用螺纹钢筋
GB/T 22240 信息安全技术网络安全等级保护定级指南
GB/T 24477 适用于残障人员的电梯附加要求
GB/T 26718 城市轨道交通安全防范系统技术要求
GB/T 31523.1 安全信息标识系统第1部分：标志
GB/T 31962 污水排入城镇下水道水质标准
GB 50007 建筑地基基础设计规范
GB 50009 建筑结构荷载规范
GB 50010 混凝土结构设计规范
GB 50011 建筑抗震设计规范
GB 50013 室外给水设计标准
GB 50014 室外排水设计标准
GB 50015 建筑给水排水设计标准
GB 50016 建筑设计防火规范
GB 50017 钢结构设计标准
GB 50019 工业建筑供暖通风与空气调节设计规范
GB/T 50034 建筑照明设计标准
GB 50053 20 kV及以下变电所设计规范
GB 50054 低压配电设计规范
GB 50055 通用用电设备配电设计规范
GB 50057 建筑物防雷设计规范
GB 50060 3~110 kV高压配电装置设计规范
GB/T 50062 电力装置的继电保护和自动装置设计规范
GB 50065 交流电气装置的接地设计规范
GB 50068-2018 建筑结构可靠性设计统一标准
GB 50084 自动喷水灭火系统设计规范
GB/T 50087 工业企业噪声控制设计规范
GB 50108 地下工程防水技术规范
GB 50111 铁路工程抗震设计规范
GB 50116 火灾自动报警系统设计规范
GB 50139 内河通航标准
GB 50140 建筑灭火器配置设计规范
GB 50153 工程结构可靠性设计统一标准
GB 50156 汽车加油加气站设计与施工规范
GB 50157-2013 地铁设计规范
GB 50174 数据中心设计规范
GB 50189 公共建筑节能设计标准
GB 50223 建筑工程抗震设防分类标准
GB 50229 火力发电厂与变电站设计防火规范

- GB 50307 城市轨道交通岩土工程勘察规范
GB/T 50314 智能建筑设计标准
GB 50325 民用建筑工程室内环境污染控制规范
GB 50330 建筑边坡工程技术规范
GB 50343 建筑物电子信息系统防雷技术规范
GB 50348 安全防范工程技术标准
GB 50394 入侵报警系统工程设计规范
GB 50370 气体灭火系统设计规范
GB 50458—2008 跨座式单轨交通设计规范
GB/T 50476 混凝土结构耐久性设计标准
GB 50555 民用建筑节水设计标准
GB 50736 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范
GB 50763 无障碍设计规范
GB 50909 城市轨道交通结构抗震设计规范
GB 50936 钢管混凝土结构技术规范
GB 50974 消防给水及消火栓系统技术规范
GB/T 51150 城市轨道交通客流预测规范
GB 51151 城市轨道交通公共安全防范系统工程技术规范
GB/T 51234 城市轨道交通桥梁设计规范
GB 51251 建筑防烟排烟系统技术标准
GB/T 51293 城市轨道交通给水排水系统技术标准
GB 51298 地铁设计防火标准
GB 51348 民用建筑电气设计标准
GB/T 51357 城市轨道交通通风空气调节与供暖设计标准
GB 55015 建筑节能与可再生能源利用通用规范
GB 55016 建筑环境通用规范
GB 55019 建筑与市政工程无障碍通用规范
GB 55024 建筑电气与智能化通用规范
GB 55033 城市轨道交通工程项目规范
GB 55037 建筑防火统用规范
CJJ 37 城市道路工程设计规范
CJJ 69 城市人行天桥与人行地道技术规范
CJJ/T 96 地铁限界标准
CJJ 152 城市道路交叉口设计规程
CJJ 183 城市轨道交通站台屏蔽门系统技术规范
CJ/T 236 城市轨道交通站台屏蔽门
DL/T 5044 电力工程直流电源系统设计技术规程
GA/T 644 电子巡查系统技术要求
JGJ 79 建筑地基处理技术规范
JGJ 94 建筑桩基技术规范
JGJ 476 建筑工程抗浮技术标准
JT/T 722 公路桥粱钢结构防腐涂装技术条件
JT/T 1266 桥梁钢结构冷喷锌防腐技术条件

JTG B01 公路工程技术标准
JTG D64 公路钢结构桥梁设计规范
JTG/T 3360-01 公路桥梁抗风设计规范
TB/T 3034 机车车辆电气设备电磁兼容性试验及其限值
TB/T 3139 机车车辆内装材料及室内空气有害物质限量
TB/T 3550.1 机车车辆强度设计及试验鉴定规范 车体 第1部分：客车车体
TB 10002 铁路桥涵设计规范
TB 10003 铁路隧道设计规范
TB 10005 铁路混凝土结构耐久性设计规范
TB 10007 铁路信号设计规范
TB 10091-2017 铁路桥梁钢结构设计规范
TB 10092 铁路桥涵混凝土结构设计规范
TB 10093 铁路桥涵地基和基础设计规范
YD 5076 固定电话交换网工程设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

悬挂式单轨交通 suspended monorail transit

车辆悬挂于轨道梁下方行驶的单轨交通。

3.2

悬挂式单轨列车 suspended monorail train

车体悬挂于轨道梁下方的一种单轨交通列车，车辆一般采用橡胶轮胎。

3.3

可动芯型道岔 movable core turnout

由一根整体道岔梁和梁上的机构组成，梁内芯轨通过电力驱动，在梁内绕固定点旋转一定的角度，从而在梁内形成岔道，转换列车行驶路线的道岔型式。

3.4

换梁型道岔 translational turnout

由一根直线梁和一根曲线梁组成，转辙时采用电力驱动，两根道岔梁整体移动，其中任意一根梁和接口轨道梁对接形成岔道，转换列车行驶路线的道岔型式。

3.5

枢轴型道岔 pivot turnout

由一根梁组成，转辙时通过驱动装置推（拉）动直梁绕直梁转轴转动，使道岔整体转辙至与相邻轨道梁对齐位置，实现与相邻一条或多条线路的轨道梁连接，从而改变列车行驶线路。该型道岔通常应用于车辆段、场。

3.6

轨道梁 rail beam

既承受列车荷载又兼作车辆运行导向的结构，也可同时作为供电、信号、通信等缆线及设备的载体。

3.7

轨道梁桥 rail beam bridge

悬挂式单轨交通轨道梁与桥墩、基础及墩梁悬挂系统或支承系统组成的桥梁体系。

3.8

接触轨 *contact rail*

设在轨道梁侧面,通过受流器向列车供给电能的导电轨,按电压极性区分为正极接触轨和负极接触轨。

3.9

直流接地漏电保护装置 *DC earthing drain current protection device*

安装在牵引变电所内,用于专用轨回流系统中。当发生正极接触轨对地接地故障时为故障电流提供通路,有选择性将故障区段进行切除。

3.10

综合调度指挥系统 *integrated dispatch and command system*

对悬挂式单轨中机电设备进行集中监视、协同控制、高效调度、统一管理、智能运维的分布式计算机集成系统。

4 基本规定

4.1 悬挂式单轨交通规划应符合城市国土空间规划,线网、旅游等相关专项规划,并与城市综合交通规划相协调。

4.2 悬挂式单轨交通工程的设计年度应分为初期、近期、远期。初期为建成通车后第3年,近期为建成通车后第10年,远期为建成通车后第25年。

4.3 客流预测符合GB/T 51150的规定。

4.4 悬挂式单轨交通线路间及悬挂式单轨与其他交通系统间的衔接,应做到换乘安全、便捷。车辆基地、联络线和控制中心,应根据线网规划及建设时序统筹布设,实现资源共享。

4.5 悬挂式单轨交通线路应为全封闭式,系统设计最大能力宜满足行车密度不小于每小时24对。

4.6 在确定系统运能时,车厢有效空余地板面积上站立定员人数宜按每平方米3~5人计算。悬挂式单轨交通作为旅游线路时,定员人数可适当降低。

4.7 悬挂式单轨交通应结合线路所经地区规划情况及地理环境条件,优先采用高架方式。在特殊地段,经济技术比较后,局部区间可采用地下敷设。

4.8 悬挂式单轨交通工程的设计应全线统一规划,建设规模、设备容量应按预测的最大客流量和系统运输能力确定,对于可分期建设的工程和配置的设备,应预留分期建设和增容的条件。

4.9 用作公共交通设施的主体结构的设计使用年限为100年,用作旅游设施的主体结构的设计使用年限应与旅游项目规划保持一致。

4.10 悬挂式单轨交通设计应提倡科技创新,贯彻节约资源和集约化建设的原则。

4.11 悬挂式单轨交通的车辆及机电设备,应采用满足功能要求、技术经济合理、成熟可靠的产品,并应逐步实现标准化、系列化和自主化。

4.12 悬挂式单轨交通设计应采取防火灾、水淹、地震、风暴、冰雪、雷击、滑坡等灾害的措施,并设置紧急疏散及相关救援设施。

4.13 悬挂式单轨交通设计除应符合本标准外,尚应符合国家有关标准的规定。

5 行车组织与运营管理

5.1 一般规定

5.1.1 悬挂式单轨交通运营组织设计应根据预测客流量和乘客出行需求,形成系统的运营概念,明确

运营需求,合理确定系统运营规模、行车组织方案和运营管理模

5.1.2 系统在正线上宜采用双线、右侧行车制。南北向线路应以由南向北为上行方向,反之为下行方向;东西向线路应以由西向东为上行方向,反之为下行方向;环形线路应以外侧线路为上行方向,内侧线路为下行方向。其他走向复杂的线路宜依据以上原则,按主要走向确定上下行方向,并与线网其他线路的上下行方向相协调。

5.1.3 运营规模应在提高运输效率和服务水平、降低建设成本和运营成本的原则下,根据线路运营需求和预测客流结果综合分析确定。

5.1.4 行车组织应按正常、非正常和紧急等不同运营状态进行设计。

5.1.5 配线的设置应在满足线路运营、管理和安全要求的前提下,结合工程条件综合确定。

5.2 运营规模

5.2.1 系统运能应满足各设计年度预测客流的需求,依据车辆及其定员的有关标准,确定列车编组、行车密度及设计运能。

5.2.2 列车编组应根据预测客流量、车辆定员、行车组织方案等,经技术经济比选后确定,编组辆数不宜大于6辆。当各设计年度的列车编组不同时,不应降低服务水平。

5.2.3 悬挂式单轨交通系统最大行车密度不宜小于每小时24对,配线设置和道岔选型应满足系统最大行车密度的要求。悬挂式单轨交通作为旅游线路时,最大行车密度可适当降低,具体可结合旅游客流需求确定。

5.2.4 各设计年度的设计运能应满足相应的单向高峰小时最大断面客流量需求,并宜留有10%左右的裕量。

5.3 行车组织

5.3.1 最高运行速度的选择应结合线路功能定位、车辆及工程条件、技术经济性等综合研究确定。

5.3.2 列车运行交路应根据全线客流分布特征、乘客服务水平、运营经济性、工程可实施性、运营组织复杂性等因素综合确定。

5.3.3 列车行车间隔应根据各设计年度预测客流量、列车编组及列车定员、系统服务水平、系统运输效率等因素综合确定。初期高峰时段最小行车间隔不宜大于6min,平峰时段不宜大于12min,远期高峰时段最小行车间隔不宜大于3min,平峰时段不宜大于6min。悬挂式单轨交通作为旅游线路时,高平峰行车间隔可根据旅游客流分布特征适当调整。

5.3.4 列车停站时间应根据车站最大上下车客流量、列车的发车间隔、车门数量和开关门的时间等因素计算确定。

5.3.5 列车旅行速度应根据列车技术性能、线路条件、车站分布和客流特征综合确定。

5.3.6 配属车应包括运用车、备用车和检修车。运用车数量应根据交路运营长度、列车旅行速度、列车折返时间、高峰小时行车对数、列车编组数等综合确定。

5.3.7 列车进站速度和不停车过站速度不宜大于20km/h。

5.4 运营配线

5.4.1 线路起讫点和中间折返站应设置折返线,中间折返站宜采用站后折返形式。

5.4.2 根据运营需求和工程条件,正线每隔15km左右可加设停车线供故障列车临时待避停放,每隔3~5座车站宜加设渡线供列车临时折返。

5.4.3 车辆基地出入线应连通上下行正线,且出入线的列车通过能力应满足系统设计能力要求。

5.4.4 不同线路间的联络线应根据资源共享、跨线运营等需求确定。

5.5 运营管理

- 5.5.1 悬挂式单轨交通线路应采用全封闭形式,正常情况下运营列车应在安全防护系统的监控下运行。
- 5.5.2 当采用有人驾驶或值守模式时,列车乘务制度宜采用单司机、轮乘制。
- 5.5.3 悬挂式单轨交通运营组织架构应根据提高效率、精简机构和人员的原则确定,每条线路的运营定员指标不宜大于30人/km。
- 5.5.4 运营管理单位应针对不同的运营状态制定相应的管理规程和规章制度。
- 5.5.5 当车辆在高架线上运行时,遇下列情况应缓行或停运相关区段:
- 遇8级风(风速17.2m/s~20.7m/s)应限速运营,车辆限速15km/h;
 - 遇9级风(风速20.8m/s~24.4m/s)及以上应停运;
 - 当大气温度低于-25℃或高于42℃时,应停运。

6 车辆

6.1 一般规定

- 6.1.1 悬挂式单轨交通车辆应保证在寿命周期内运行时的行车安全和人身安全,同时应具备故障、事故和灾难情况下对人员和车辆救助的条件。
- 6.1.2 车辆及其内部设施应使用不燃材料或无卤、低烟的阻燃材料。
- 6.1.3 车辆的主要技术参数宜符合表1的规定。

表1 车辆的主要技术规格

| 项目名称 | 参数 | | 备注 |
|---------------------------|------------------|------------|-----|
| 车体长度 (mm) | 头车 | 中间车 | — |
| | 8600~12000 | 8400~10700 | — |
| 额定电压 (V) | DC750 | | — |
| 摆角 | $\leq 6.5^\circ$ | | — |
| 轴重 (t) | ≤ 5.5 | | — |
| 冲击率极限 (m/s ²) | 0.75 | | — |
| 车辆最大宽度 (mm) | 2300~2500 | | — |
| 车辆最下部距轨道梁行走面高度 (mm) | 3400~3715 | | — |
| 车内净高 (mm) | ≥ 2100 | | — |
| 地板面距轨道梁行走面高度 (mm) | 3110~3385 | | — |
| 每辆车每侧客室门数 (对) | 1或2 | | — |
| 客室门有效开度 (mm) | ≥ 1300 | | 净宽度 |
| 客室门高度 (mm) | ≥ 1820 | | 净高度 |
| 车辆轴距 (mm) | 1100~1600 | | — |
| 车辆定距 (mm) | 5700~7000 | | — |
| 轨道梁内部导向面间净宽度 (mm) | 780~1050 | | — |
| 轨道梁内部轨面以上净高度 (mm) | 1100~1300 | | — |
| 导向轮距离 (mm) | ≤ 3050 | | — |
| 最大爬坡能力 (%) | 80 | | — |
| 可适应最小平面曲线半径 (m) | 30 | | — |

表1 车辆的主要技术规格 (续)

| 项目名称 | | | 参数 | 备注 |
|-----------------|----|--------|---------|----|
| 车辆最高运行速度 (km/h) | | | 60 | — |
| 载员 (人) | 坐席 | 单司机室车辆 | 16~22 | — |
| 定员 | | 无司机室车辆 | 20~24 | — |
| | | 单司机室车辆 | 58~64 | — |
| | | 无司机室车辆 | 66~72 | — |
| | 超员 | 单司机室车辆 | 100~106 | — |
| | | 无司机室车辆 | 112~122 | — |

注: 每平方米有效空余地板面积站立的人数, 定员分别按4人计, 超员按8人计。

6.1.4 在平直干燥轨道上、额定供电电压时, 如无特殊要求, 悬挂式单轨车辆加减速性能要求宜符合表2的规定。

表2 悬挂式单轨车辆加减速性能要求

单位为m/s²

| 加速度 | | 制动减速度 | |
|------------------|------------------|-------|------|
| 启动加速度 | 平均加速度 | 常用 | 紧急 |
| 0~30 (km/h) ≥1.0 | 0~60 (km/h) ≥0.5 | ≥1.0 | ≥1.2 |

6.1.5 车辆使用条件应符合下列要求:

- 正常工作海拔不超过 1400 m;
- 大气温度在-25℃至 45℃之间;
- 最大相对湿度不大于 90% (月平均温度为 25℃时) ;
- 车辆应能承受风、沙、雨、雪的侵袭, 能耐强风、高温、高湿、振动、噪声, 且防止虫蛀、啮齿类动物的侵害、霉变, 以及不受洗车清洁剂的影响;
- 因工程项目所处地区不同而存在使用条件差异时, 用户与制造商可另行规定使用条件。

6.1.6 列车纵向冲击率不应大于 0.75 m/s³。

6.1.7 车辆运行的平稳性指标不应大于 2.5, 并应符合 GB/T 5599 的规定。

6.1.8 当车辆以 60 km/h 的速度运行时, 客室内的容许噪声不应大于 72 dB (A)。车辆内部噪声测量方法应符合 GB 14892 的规定。

6.1.9 当列车在露天地面水平直线区段自由声场内、钢制焊接箱梁轨道上以 60 km/h 速度运行时, 车外距轨道中心 7.5 m、测量仪器在距车厢地板面上方 1.2 m, 测得的连续等效噪声值不应大于 75 dB(A)。

6.1.10 列车应具有下列故障运行能力:

- 列车在超员载荷和在丧失 1/4 动力的情况下, 应能维持运行到终点;
- 列车在超员载荷和在丧失 1/2 动力的情况下, 应具有在正线最大坡道上起动和运行到最近车站的能力;
- 一列空载列车应具有在正线最大坡道上牵引另一列超员载荷的无动力列车运行到下一站的能力。

6.2 车辆型式与编组

6.2.1 列车编组可采用动拖车混合编组或全动车编组型式。各动车、拖车可安装不同的设备，列车编组型式应根据满足牵引动力的要求和车上设备布置重量均衡的原则确定。

6.2.2 悬挂式单轨交通列车宜采用2~6辆编组型式。

6.2.3 形成固定编组的相邻两节车辆之间应设置贯通道，贯通道采用的密封材料应有足够的抗拉强度、安全可靠、不易老化。

6.3 车体

6.3.1 车体结构材料应采用铝合金、不锈钢、碳纤维或轻钢复合等新型材料，并应采用整体承载结构。在使用期限内，车体强度应满足在极端条件下承受的动载荷、静载荷及冲击载荷要求，并应在架车、换轮胎、起吊和救援、调车、联挂作业等各种工况下，车体应力不应超过设计许用应力值，且不得产生永久变形及疲劳损伤。

6.3.2 车体内装墙板、隔音、隔热、防腐、辅助材料等须采用符合环保检测标准的材料，环保性能符合TB/T 3139标准要求。

6.3.3 车体的试验用纵向静载荷如用户和制造商在合同中没有特殊规定，压缩静载荷不应低于200kN，拉伸载荷不应低于150kN。车体静强度试验方法应符合TB/T 3550.1的规定。

6.3.4 车体结构设计使用年限不应低于30年。

6.3.5 车辆应设有架车支座、车体吊装座，并应标注容许架车、起吊的位置。

6.3.6 车体下部应设置导向轮或止摆装置，满足不同载荷状态下列车平稳进站及停车上下客时车辆的稳定性。

6.4 转向架

6.4.1 转向架的结构、性能和主要尺寸应与车体、轨道梁相互匹配，其相关部件在允许磨耗限度内应具有足够的强度和刚度确保列车以最高允许速度安全平稳运行。

6.4.2 转向架结构应便于制造和检修。

6.4.3 转向架的设计应满足悬挂式单轨的车辆结构特点，吊挂系统的安装方式及结构强度应安全可靠及防脱落。

6.4.4 采用充气轮胎的转向架应设置应急保护装置。

6.4.5 转向架构架、吊挂系统等主要结构部件设计使用年限不应低于30年。

6.4.6 转向架的动力学性能，应符合GB/T 5599的有关规定。

6.5 制动系统

6.5.1 列车制动系统应至少包括电制动（再生制动和电阻制动）、液压摩擦制动或空气制动，系统应具备常用制动、快速制动、保持制动、紧急制动和停放制动等功能，并宜包括指令装置、电气及液压或空气控制装置、执行操作装置、自诊断装置等。

6.5.2 列车应配备停放制动装置，停放制动的能力应满足车辆最大载荷条件下在最大坡道上的可靠停放。

6.5.3 常用制动应优先使用电制动。电制动与液压制动或空气制动应能协调配合，并应具有冲击率限制。

6.5.4 列车实施再生制动时，采用车载储能装置供电的列车，制动能量应被本列车储能装置吸收；采用接触轨供电的列车，制动能量应优先被其他列车吸收，多余能量应由地面再生制动能量吸收装置吸收，装置宜设置在变电所。

6.5.5 紧急制动应为液压制动或空气制动，列车出现意外分离等严重故障影响列车安全时，应能立刻自动实施紧急制动。

6.5.6 基础制动宜采用盘形制动装置。

6.5.7 采用液压制动的列车，每车应具有独立的液压控制系统。

6.6 牵引系统

6.6.1 牵引电机宜采用永磁同步电机，并宜采用低噪声冷却系统。

6.6.2 车辆内所有电气设备应有可靠的保护接地措施。

6.6.3 电气设备的电磁兼容性应符合 TB/T 3034 的规定。

6.6.4 主电路、辅助电路、控制电路应有可靠的保护。主电路的过电流保护还应与牵引变电站的过电流保护相协调，并应有故障显示和故障切除装置。

6.6.5 车辆设置避雷设施。

6.6.6 牵引系统应能利用轮轨粘着条件和车辆载重量自动调整牵引力或电制动力的大小，并应具有反应灵敏的防冲动控制。

6.6.7 牵引系统控制单元应具有保护功能和自诊断功能。

6.6.8 车辆牵引系统故障时不应引起其他车辆部件及设备的故障和损坏。

6.7 安全与应急措施

6.7.1 车内应配置便携式灭火器具，安放位置应便于取用，其标志应符合 GB 13495.1、GB/T 31523.1 的规定。

6.7.2 当利用两车连挂疏散乘客时，列车端部应设置紧急疏散端门和配置下车装置。

6.7.3 列车应配置逃生装置，逃生装置应满足实际线路高度下的有效逃生需求。

6.7.4 车体应根据与牵引供电系统负极回流轨的电气连接关系设置接地或防漏电保护装置。当车体与回流轨集电装置不连通时，车体上应设置接地板电刷。车辆内各电气设备应有防止乘客及检修人员触电的保护措施，接地线截面应满足电气设备对接地电阻率的限值要求。

6.7.5 列车可配置性能可靠的应急牵引储能装置，在供电故障等极端情况下，列车应能自主牵引至邻近的车站。

6.7.6 客室车门系统应设置安全联锁，应确保列车在车速大于 3 km/h 时不能开启车门，车门未关闭时不能启动列车。

6.7.7 列车应设备报警系统，客室内应设置乘客报警装置；应设置乘客与控制中心、控制室或乘务人员的通信联络装置，值守人员与乘客通话具有最高优先权。

6.7.8 车辆应设置蓄电池，其容量应满足紧急状态下车门控制、应急照明、外部照明、车载安全设备、广播、通信、信号、应急通风等系统的供电要求。用于地面或高架线路运行的车辆，蓄电池容量应保证供电时间不少于 30 min。用于全自动运行的车辆应同时满足具有休眠唤醒功能模块的供电要求。

6.7.9 车辆应至少设置一处供轮椅停放的位置，并应设扶手和轮椅固定装置；在车辆及车站站台的相应位置应有明显的指示标志。

7 限界

7.1 一般规定

7.1.1 悬挂式单轨交通的限界应分为车辆限界、设备限界和建筑限界。

7.1.2 车辆限界可按列车运行工况，分为高架车辆限界和隧道内车辆限界；也可按列车运行区域，分为区间车辆限界、站台计算长度内车辆限界和车辆基地内车辆限界。

7.1.3 车辆限界，可按所处地段分为直线车辆限界和曲线车辆限界；设备限界按所处地段分为直线设

备限界和曲线设备限界。直线车辆限界和设备限界应符合附录 A 规定。

7.1.4 限界基准坐标系采用垂直于直线轨道线路中心线的二维平面直角坐标。横坐标轴（X 轴）在相切于轨道梁走行面内与线路中心线垂直，纵坐标轴（Y 轴）垂直于设计走行面，该基准坐标系的坐标原点为走行面中心点。

7.1.5 建筑限界是在设备限界基础上，考虑设备和管线安装尺寸后的最小有效断面。

7.2 限界基本参数

7.2.1 车辆基本参数应符合表 3 的规定。

表3 制定限界的基本参数

| 主要尺寸参数 | | 单位为 mm |
|----------------|--|------------|
| 计算车辆长度 | | 8400~10700 |
| 车辆最大宽度 | | 2300~2500 |
| 车辆最下部距轨道梁走行面高度 | | 3400~3715 |
| 轨道梁内部导向面间净宽度 | | 780~1050 |
| 轨道梁内部轨面以上净高度 | | 1100~1300 |
| 客室地板面距轨面距离 | | 3110~3385 |
| 车辆定距 | | 5700~7000 |
| 走行轮轴距 | | 1100~1600 |
| 导向轮纵向轴距 | | ≤3050 |

7.2.2 制定限界的其他参数应符合以下规定：

- a) 风荷载宜采用 400 N/m^2 ;
 - b) 车辆单侧最大摆角 $\leqslant 6.5^\circ$;
 - c) 计算速度采用设计速度;
 - d) 车站进站、过站速度不超过 20 km/h 。

7.3 建筑限界

7.3.1 建筑限界应分为区间、车站、车辆基地建筑限界。

7.3.2 区间建筑限界应按公式（1）和公式（2）计算确定。

式中：

B——线路中心线至桥墩内侧建筑限界宽度；

H——轨道梁顶面至车底建筑限界高度；

X_{max} —设备限界最大宽度值 (mm) :

b —墩柱侧的设备、支架等最大安装宽度值 (mm)；

c——安全间隙，取 50 mm；

V_{\max} ——设备限界最大高度值 (mm)；

b 轨道梁的结构高度 (mm)

h_2 ——设备限界至建筑限界安全间隙, 取 200 mm。

7.3.3 车站直线地段建筑限界应符合下列规定:

- 站台计算长度内的站台面不应高于车辆地板面, 车辆地板面至有效站台面的高差不宜超过 50 mm;
- 站台计算长度内的站台边缘至线路中心线的距离, 应按不侵入车站车辆限界确定。站台边缘与车辆轮廓线之间的间隙, 当车辆采用塞拉门时采用 100_0^{+5} mm; 当车辆采用内藏门或外挂门时采用 70_0^{+5} mm;
- 站台计算长度外的站台边缘至轨道中心线距离, 应按设备限界另加不小于 50 mm 安全间隙确定;
- 车站限界应考虑车辆止摆装置对土建的影响;
- 车站范围内其余部位的建筑限界应按区间建筑限界的规定执行。

7.3.4 曲线站台边缘至车门门槛之间的间隙, 应按站台类型、车辆参数和曲线半径计算确定。曲线车站站台边缘与车辆轮廓线之间的间隙不应大于 180 mm。

7.3.5 道岔区的建筑限界应在直线地段建筑限界的基础上, 根据不同类型道岔的曲线半径等参数计算确定。

7.3.6 车辆基地内建筑物或设备的限界应符合下列规定:

- 车辆基地库外限界应按区间限界的规定执行;
- 车辆基地库内检修平台的高平台不得侵入车辆限界, 低平台应采用车站站台建筑限界。

7.4 轨旁设备和管线布置原则

7.4.1 轨旁设备和管线与设备限界应保持不小于 50 mm 的安全间隙。

7.4.2 强、弱电设备宜分别布置在轨道梁两侧, 当布置在同侧时, 其间距距离应符合强、弱电干扰距离的规定。区间内的各种管线布置宜保持顺直。

8 线路

8.1 一般规定

8.1.1 悬挂式单轨交通线路分为正线、配线和车场线。配线包括车辆基地出入线、联络线、折返线、停车线、渡线、安全线。

8.1.2 线路的基本走向应根据城市国土空间规划, 线网规划、旅游等相关专项规划, 并结合城市建设、旅游发展、交通和环境等因素, 经技术经济比较后确定。

8.1.3 悬挂式单轨交通线路与其他交通线路交叉应采用立体交叉方式。

8.1.4 线路敷设应符合下列规定:

- 结合线路所经地区规划情况及地理环境条件, 应优先采用高架方式;
- 线路平、纵断面设计应结合本工程行车速度、施工方法、土建结构、防灾救援要求以及自然条件、建(构)筑物等因素确定;
- 高架线路应注重结构造型和控制规模、体量, 并应注意高度、跨度的比例协调, 其结构外缘与建筑物的距离应符合 GB 50016 等有关规定, 高架线应减小对地面道路交通、周边环境和城市景观的影响;
- 桥下净高除应满足车辆限界要求外, 还应满足车体下对车辆或人畜通行的净空要求, 有条件时兼顾行驶车辆和行人视线要求。

8.1.5 车站分布应以规划为基础, 以换乘节点、交通枢纽点为基本站点, 并结合客流集散点分布等因素确定。车站站位选择应满足用地规划、客流疏导、交通接驳、工程实施和环境要求。

8.2 线路平面

8.2.1 线路沿道路敷设时, 其平面线型宜与道路线型及景观要求配合协调。

8.2.2 线路平面曲线半径应结合车辆类型、运行速度、周边环境、工程投资、运营养护、舒适度等因素分析确定，并宜选取较大的曲线半径。最小曲线半径应符合表 4 的规定。

表4 最小平面曲线半径

| 单位为m | | |
|--------|----------|----------|
| 项目 | 一般地段 (m) | 困难地段 (m) |
| 正线 | 200 | 50 |
| 配线、车场线 | 50 | — |

8.2.3 列车通过曲线的最高速度, 应按公式(3)计算确定, 且不得大于列车最高运行速度。

式中：

V_{max} ——列车通过曲线时最高计算速度 (km/h);

R ——曲线半径 (m);

a_q ——未被平衡横向加速度 (m/s^2), 正线上一般不大于 0.4;

g —重力加速度, 取值 9.81 m/s^2 ;

α ——车辆可产生的最大竖向偏转角(°),一般不大于6°。当轨道梁不设置超高时, α 为车辆悬吊机构容许的车体与转向架之间最大偏转角 ϕ ;当设置超高时, α 为超高横坡倾角与 ϕ 之和。

8.2.4 双线线间距不变并行地段的平面曲线，宜设计为同心圆。

8.2.5 缓和曲线设置应符合下列规定：

- a) 正线除道岔外, 直线与半径小于 1500 m 的圆曲线间应采用缓和曲线连接;
 - b) 缓和曲线线型宜采用三次抛物线;
 - c) 缓和曲线长度内应完成直线至圆曲线的曲率变化;
 - d) 圆曲线两端宜采用等长的缓和曲线;
 - e) 缓和曲线长度应根据曲线半径、列车通过速度等按不小于表 5 中规定值选用。特殊困难条件下, 可采用不小于 1 m 整数倍的缓和曲线长度计算值。

表5 缓和曲线长度表

| V | 60 | 55 | 50 | 45 | 40 | 35 | 30 | 25 | 20 |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| R | L | | | | | | | | |
| 1500 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1200 | 15 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1000 | 20 | 15 | - | - | - | - | - | - | - |
| 950 | 20 | 15 | - | - | - | - | - | - | - |
| 900 | 20 | 15 | 15 | - | - | - | - | - | - |
| 850 | 20 | 20 | 15 | - | - | - | - | - | - |

表5 缓和曲线长度表 (续)

| V | 60 | 55 | 50 | 45 | 40 | 35 | 30 | 25 | 20 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 800 | 25 | 20 | 15 | — | — | — | — | — | — |
| 750 | 25 | 20 | 15 | 15 | — | — | — | — | — |
| 700 | 25 | 20 | 15 | 15 | — | — | — | — | — |
| 650 | 30 | 20 | 15 | 15 | — | — | — | — | — |
| 600 | 30 | 25 | 20 | 15 | — | — | — | — | — |
| 550 | 35 | 25 | 20 | 15 | 15 | — | — | — | — |
| 500 | 35 | 30 | 20 | 15 | 15 | — | — | — | — |
| 450 | 40 | 30 | 25 | 20 | 15 | 15 | — | — | — |
| 400 | 45 | 35 | 25 | 20 | 15 | 15 | — | — | — |
| 350 | 50 | 40 | 30 | 25 | 15 | 15 | — | — | — |
| 300 | 60 | 45 | 35 | 25 | 20 | 15 | 15 | — | — |
| 250 | 70 | 55 | 40 | 30 | 25 | 15 | 15 | — | — |
| 200 | 90 | 70 | 55 | 40 | 30 | 20 | 15 | 15 | — |
| 150 | — | — | 70 | 50 | 35 | 25 | 15 | 15 | — |
| 100 | — | — | — | — | 55 | 35 | 25 | 15 | 15 |
| 90 | — | — | — | — | 60 | 40 | 25 | 15 | 15 |
| 80 | — | — | — | — | — | 45 | 30 | 20 | 15 |
| 70 | — | — | — | — | — | 50 | 35 | 20 | 15 |
| 60 | — | — | — | — | — | — | 40 | 25 | 15 |
| 50 | — | — | — | — | — | — | 45 | 25 | 15 |

注: R为圆曲线半径 (m), V为设计速度 (km/h), L为缓和曲线长度 (m)。

8.2.6 线路平面设计不宜采用复曲线, 特殊困难条件下, 经技术经济比较后, 可采用复曲线线型。

8.2.7 车站站台宜设置在直线上, 当设于曲线上时, 站台有效长度范围平面曲线最小半径不应小于300m。

8.2.8 在正线、联络线及车辆基地出入线上, 线路圆曲线最小长度不宜小于20m, 困难条件下不应小于一节车的长度; 夹直线最小长度不宜小于0.5V (V为列车通过速度 km/h), 困难条件下不应小于一节车的长度, 缩短渡线曲线间夹直线可采用10m。车场线圆曲线长度不应小于3m, 可不设缓和曲线。

8.2.9 正线上直线段最小线间距应根据限界和安全间隙计算确定; 曲线段线间距的加宽量应根据曲线半径、车辆参数、车辆竖向偏转角, 以及最不利运行状态等因素计算确定。

8.2.10 道岔设置应符合下列要求:

- 道岔应设在直线地段, 道岔端部至平面曲线起点的距离不宜小于10m, 道岔附带曲线半径不应小于道岔导曲线半径;
- 道岔宜靠近车站设置, 道岔端部至车站有效站台端部距离不宜小于5m;
- 两组道岔导曲线间夹直线长度不宜小于10m。

8.2.11 折返线、停车线等宜设在直线上, 困难情况下, 可设在曲线上, 并可不设缓和曲线。但在车挡

前宜保持不小于 10 m 的直线段。

8.3 线路纵断面

8.3.1 区间正线最大坡度不宜大于 6‰，困难条件下不应大于 8‰。出入线和联络线最大坡度不应大于 8‰。

8.3.2 相邻竖曲线间的夹直线长度不宜小于远期列车长度，困难条件下不应小于 20 m，并应满足线路坡段长度不小于远期列车长度。

8.3.3 车站站台范围内纵坡设置应符合下列规定：

- a) 车站站台范围内的线路宜设置为平坡，可根据具体条件，按节能坡理念，设计合理的进出站坡度和坡段长度；
- b) 当车站范围需设置纵坡时，应设置在坡度不大于 3‰单一坡道上，且竖曲线不得侵入车站站台有效长度内。

8.3.4 具有夜间停放车辆功能的配线，若布置在坡道上，应布置在面向车挡或区间的下坡道上，隧道内的坡度宜为 2‰，高架桥上的坡度不应大于 1.5‰。

8.3.5 道岔宜设在平坡道上，在困难地段，可设在不大于 3‰的坡道上。

8.3.6 竖曲线设置应符合下列要求：

- a) 相邻坡段的连接宜设计为较小的坡度差，当相邻坡度代数差等于或大于 5‰时应设置圆曲线型竖曲线，竖曲线半径取值详见表 6；

表6 竖曲线半径

单位为 m

| 线别 | | 一般情况 | 困难情况 |
|-------------|------|------|------|
| 正线 | 区别 | 3000 | 2000 |
| | 车站端部 | 1000 | |
| 联络线、出入线、车场线 | | 1000 | |

- b) 车站站台有效长度和道岔范围内不得设置竖曲线，道岔端部至竖曲线的距离不宜小于 10 m；
- c) 竖曲线与缓和曲线不宜重叠。

8.4 配线设置

8.4.1 车辆基地出入线设置应符合下列规定：

- a) 出入线宜在车站端部接轨；
- b) 出入线数目及与正线接驳方式应在满足运营需求的基础上，结合工程条件确定。

8.4.2 联络线设置应符合下列规定：

- a) 联络线应满足资源共享要求合理设置；
- b) 联络线与正线的接轨点宜靠近车站设置。

8.4.3 折返线与停车线设置应符合下列规定：

- a) 折返线应根据行车组织交路设计确定，起、终点站和中间折返站应设置折返线；
- b) 中间折返站宜采用站后折返形式，永久折返站的折返能力应满足系统设计能力要求；
- c) 尽头式折返线、停车线有效长度宜按远期列车长度加 40 m 计（不含车挡长度）；
- d) 贯通式折返线、停车线有效长度宜按远期列车长度加 10 m 计。

8.4.4 安全线设置及安全距离应符合下列规定：

- a) 支线与干线接轨的车站宜设置平行进路；在出站方向接轨点道岔最外端距站台端部距离不宜小于40m，小于40m时应设安全线。当支线与干线接轨的车站不具备设置平行进路条件时，在车站接轨点前应具备一度停车条件，当停车点至接轨点道岔最外端小于信号安全防护距离时，应设置安全线；
- b) 车辆基地出入线：在车站接轨点前，线路应具备一度停车条件且停车点至接轨点道岔最外端之间距离不应小于40m，当不满足上述条件时，应设置安全线。出入线采用八字形布置在区间与正线接轨时，应设置安全线。

9 道岔与车挡

9.1 一般规定

9.1.1 悬挂式单轨交通道岔应根据列车转线、折返及车辆基地内调车作业的需要设置。

9.1.2 道岔应符合故障-导向-安全原则，并应满足车辆运行平稳、安全可靠的要求。

9.1.3 道岔的设计和安装必须满足限界要求。

9.1.4 道岔主体结构的设计使用年限应满足悬挂式单轨交通主体结构的设计使用年限要求。

9.1.5 车挡的选择应遵循安全可靠、结构简单、占用轨道长度短等原则。

9.1.6 车挡上必须设置明显的停车标志。

9.2 主要设计原则

9.2.1 道岔在锁定状态下应能承受车辆运行荷载的竖向力、摇摆力、离心力、制动力等的反复作用，并应具有足够的刚度、强度和抗倾覆的能力。

9.2.2 道岔接地电阻值应小于4Ω，防雷接地电阻值应小于10Ω。

9.2.3 道岔控制装置应具有集中控制、现场控制、手动控制三种控制方式。当信号系统或道岔控制电路发生故障时，应能通过手动装置完成解锁、转辙和锁定。控制系统应具有安全保护功能。

9.2.4 当道岔处于曲线或折线侧接通状态下车辆通过时应限速行驶。当道岔处于直线侧接通状态下应满足线路最高运行速度的要求。

9.2.5 道岔结构的材质及防腐体系应满足当地气候条件要求，元器件不应低于IP65防护等级。

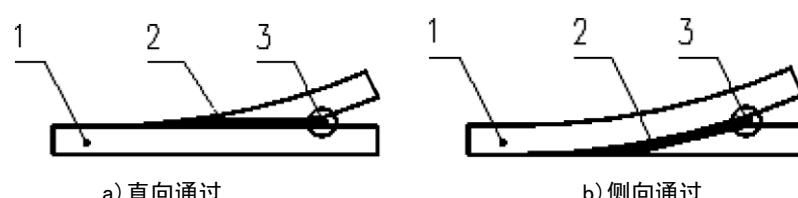
9.2.6 道岔与相邻轨道梁接缝应满足道岔转辙、道岔梁温度伸缩及接触轨供电等要求。

9.2.7 道岔区宜设置视频监控、电话等设施。

9.3 道岔类型

9.3.1 悬挂式单轨交通道岔根据其换轨原理主要分为可动芯型、换梁型和枢轴型等。换梁型包括平移式换梁型和旋转式换梁型。

a) 可动芯型道岔



标引序号说明：

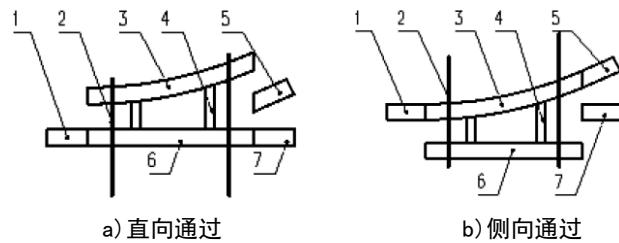
1—道岔梁；

2—可动芯及其配套装置；

3——回转中心。

图1 可动芯型道岔

b) 平移式换梁型道岔

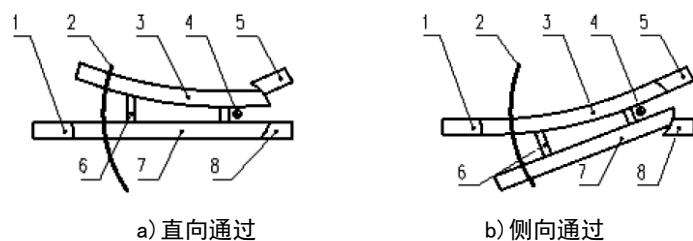


标引序号说明:

- 1——入岔端轨道梁;
- 2——吊轨;
- 3——曲线道岔梁;
- 4——连接梁;
- 5——曲线出岔端轨道梁;
- 6——直线道岔梁;
- 7——直线出岔端轨道梁。

图2 平移式换梁型道岔

c) 旋转式换梁型道岔

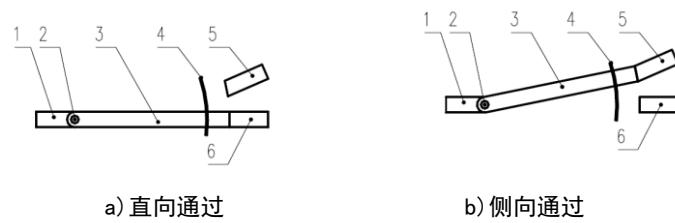


标引序号说明:

- 1——入岔端固定段;
- 2——吊轨;
- 3——曲线道岔梁;
- 4——回转中心;
- 5——曲线出岔端固定段;
- 6——连接梁;
- 7——直线道岔梁;
- 8——直线出岔端固定段。

图3 旋转式换梁型道岔

d) 枢轴型道岔



标引序号说明:

- 1——入岔固定端;
2——回转中心;
3——道岔梁;
4——吊轨;
5——折线出岔固定端;
6——直线出岔固定端。

图4 枢轴型道岔

9.3.2 各类型道岔的主要技术参数宜符合表7的规定。

表7 道岔主要技术参数

| 类型 | 侧向允许通过最高速度 (km/h) | 相邻位转换时间 (s) | 最小曲线半径 (m) |
|--------|-------------------|-------------|------------|
| 可动芯型道岔 | 不小于 15 | ≤15 | 50 |
| 换梁型道岔 | 不小于 20 | | 30 |
| 枢轴型道岔 | 不小于 10 | | — |

注: 道岔的转换时间应包括信号发出、解锁、转辙、锁定、信号回馈全过程。

9.4 道岔组成

9.4.1 道岔应由机械装置、驱动装置、锁定装置、控制装置及电源设备等组成。

9.4.2 道岔梁应有合理的挠度, 坚向挠度不应超过跨度的 1/1400。道岔梁梁端(单端)坚向转角不应大于 2%rad。

9.4.3 道岔梁和轨道梁应根据车辆走行需要设置接缝板, 并应采取防雨雪措施。

9.4.4 驱动装置应能使道岔在规定时间内完成解锁、转辙、锁定等动作过程。

9.4.5 锁定装置应定位准确、锁定牢固、安全可靠, 并能承受车辆通过时产生的各种载荷。在各种环境条件下, 锁定装置应能准确锁定。

9.4.6 道岔控制装置应符合下列规定:

- 控制装置应具备对道岔的各机构进行控制和检测的功能, 并按信号系统发出的指令使道岔完成解锁、转辙、锁闭和信号回馈的动作, 同时应将道岔位置表示传给信号系统, 并应与信号系统之间设置授权、收权联锁电路;
- 应具有集中控制、现场控制、手动控制功能, 并应具有系统检测、故障诊断、故障保护和报警功能;
- 检测点应采用检测信息可靠的技术措施;
- 联锁控制应采用安全型继电器;
- 电机应有一定的容量裕度, 绝缘等级、防护等级应适合道岔的使用环境;
- 使用的电缆宜采用无卤、低烟、阻燃、防蚀、防潮和无放射性成分的产品;

g) 控制柜应采取隔热、防寒、防雨雪、防潮、防鼠害、防虫进入措施。

9.4.7 道岔区应有检修空间、通道和安装附属设施的条件。

9.5 车挡

9.5.1 正线及车辆基地试验线上宜采用液压缓冲滑移式车挡；车辆基地其余宜采用液压固定式车挡或简易车挡。

9.5.2 液压缓冲滑移式车挡安装距离不小于 10 m, 液压固定式车挡或简易车挡安装距离不小于 2 m。

9.5.3 车挡的缓冲装置应具有一定的抗压强度、耐热、耐油、耐老化。

9.5.4 车挡的使用寿命年限不少于 20 年。

10 车站建筑

10.1 一般规定

10.1.1 悬挂式单轨交通车站的总体布局，应符合城市国土空间规划、环境保护、城市景观和节约土地的要求，并处理好与地面建（构）筑物、城市道路、地下管线、地下构筑物及施工时交通组织之间的关系。

10.1.2 车站宜设置为高架与地面车站, 车站的设置应与既有或规划中的公共交通具有便捷换乘功能。

10.1.3 车站设计应满足客流和设备运行的需求，满足乘客乘降安全、集散迅速、功能分区明确、布置紧凑、便于管理的要求，并应具有良好的通风、照明、卫生、防灾等设施。

10.1.4 车站的站厅、站台、出入口通道、楼梯、自动扶梯、售检票口（机）等部位的通过能力，应按该站超高峰设计客流量确定。超高峰设计客流量应为该站预测远期高峰小时客流量或客流控制期高峰小时客流量乘以1.1~1.4超高峰系数。设于道路中的车站可具有兼顾过街的功能。

10.1.5 车站宜设置站台门或者安全栏栅。高架车站车行区的底部应采用封闭构造措施。

10.1.6 车站应设置无障碍设施。

10.1.7 车站应设公共厕所。厕所的规模和位置宜根据城市特点或运营需求选定。

10.1.8 车站及出入口有条件时宜与周边建筑结合布置。

10.1.9 换乘车站应选择便捷的换乘形式，同步实施的换乘车站，站内用房、设备设施等资源应统筹考虑资源共享，不能同步实施时应做好接口预留。

10.1.10 车站设计应满足系统功能要求,合理布置设备与管理用房,并宜采用标准化、模块化、集约化设计。

10.1.11 车站选址应远离加油站、加气站或其他危险品场地，其距离应符合规定。

10.2 车站平面

10.2.1 站台计算长度应为列车最大编组数的有效使用长度加停车误差之和。有效使用长度和停车误差应符合下列规定：

- a) 有效使用长度在无站台门的站台应为列车首末两节车辆司机室外侧之间的长度, 有站台门的站台应为列车首末两节车辆尽端客室外侧之间的长度;
 - b) 停车误差宜采用±30 cm;
 - c) 当不设站台门时, 距站台边缘 400 mm 应设安全防护带, 并应于安全带内侧设不小于 80 mm 宽的纵向醒目的安全线。安全防护带范围内应设防滑地面。

10.2.2 站台宽度应按公式(4、5、6、7)计算，并不得小于本标准表9规定的数值。

且不应少于3级。休息平台长度宜为1.2m~1.8m。

10.4.2 提升高度超过6m时,宜设上行旅客提升设备,超过12m时宜增设下行旅客提升设备。

10.4.3 车站出入口、站台至站厅自动扶梯的倾斜角度不应大于30°。

10.4.4 无障碍电梯门前等候区深度不应小于1.8m,当条件困难时等候区梯门可正对轨道区,但门前等候区不得侵占站台计算长度内的侧站台宽度。

10.5 站台门

10.5.1 悬挂式单轨可设置站台门。站台门滑动门设置应与车辆客室门一一对应。

10.5.2 站台门应有明显的安全标志和使用标志。

10.6 无障碍设施

10.6.1 导盲带可采用埋入式或后贴式。站台导盲带应铺设在侧站台内侧,同时其盲带中心至柱(墙)面距离不应小于450mm。

10.6.2 车站公共厕所应设无障碍厕所。

10.6.3 车站应设置无障碍电梯,车站为乘客服务的各类设施,均应满足无障碍通行要求。

10.7 车站环境设计

10.7.1 车站环境设计应包括内部环境和外部环境。车站环境设计应简洁、明快、美观,并应利用结构构成和空间形态构成的艺术性,体现当地人文环境和现代交通建筑特点,装饰构件设计宜做到标准化、生产工厂化、施工装配化。

10.7.2 高架与地面车站应因地制宜地减小体量和具有良好的通透性。

10.7.3 车站装修应采用防火、防潮、防腐、耐久、易清洁的环保材料,地面材料应防滑耐磨。车站外立面装饰材料应坚固且具有防脱落的构造措施。

10.7.4 高架与地面车站的顶棚宜采用半敞开式,站台应考虑防雨雪设计,宜设置封闭式的空调候车区域。

10.7.5 车站内应设置导向、事故疏散、服务乘客的标志标识。

10.7.6 当车站公共区内(含天桥、出入口通道)设置彩色灯箱广告时,其位置、色彩不得影响对导向、事故疏散、服务乘客的标志标识的识别,且不应侵入乘客疏散空间,广告箱尺寸应模数化。

10.7.7 车站内设壁画等装饰时,应融合于车站装修环境,不应影响使用功能。

10.8 各部位参数要求

10.8.1 车站各部位的最小高度应符合表8的规定。

表8 车站各部位的最小高度

单位为m

| 名称 | 最小高度 |
|---------------------------|------|
| 站厅公共区(地面装饰面至吊顶面) | 2.6 |
| 地面、高架车站站台公共区(地面装饰面至风雨棚底面) | 2.6 |
| 站台、站厅管理用房(地面装饰面至吊顶面) | 2.4 |
| 通道或天桥(地面装饰面至吊顶面) | 2.4 |
| 楼梯和自动扶梯(踏步面沿口至吊顶面) | 2.3 |

10.8.2 车站各部位的最小宽度应符合表9的规定。

表9 车站各部位的最小宽度

单位为m

| 名称 | 最小宽度 |
|---------------------------------------|------|
| 岛式站台 | 8 |
| 岛式站台的侧站台 | 2.5 |
| 侧式站台（垂直于侧站台开通道口设梯）的侧站台 | 3.5 |
| 通道或天桥 | 2.4 |
| 单向公共区楼梯 | 1.8 |
| 双向公共区楼梯 | 2.4 |
| 上、下均设自动扶梯并列设置的楼梯（困难情况下） | 1.2 |
| 注：括号内的数值指自动扶梯和人行楼梯设置在站台计算长度外时的站台最小宽度。 | |

10.8.3 车站各部位的最大通过能力应符合表10的规定。

表10 车站各部位的最大通过能力

| 部位名称 | 每小时通过人数 | |
|------------|---------------|-------|
| 1m 宽楼梯 | 下行 | 4200 |
| | 上行 | 3700 |
| | 双向混行 | 3200 |
| 1m 宽通道 | 单向 | 5000 |
| | 双向混行 | 4000 |
| 1m 宽自动扶梯 | 输送速度 0.5 m/s | 6720 |
| | 输送速度 0.65 m/s | ≤8190 |
| 0.6m 宽自动扶梯 | 输送速度 0.5 m/s | 4320 |
| | 输送速度 0.65 m/s | ≤5265 |

10.9 建筑节能

10.9.1 车站宜采用自然通风和天然采光。

10.9.2 车站雨棚应采取隔热措施。

10.9.3 车站的设备与管理用房、设于地面的控制中心楼和车辆基地内的办公楼、培训中心、公寓、食堂等公共建筑，其围护结构的热工设计应符合GB 50189和GB 55015的有关规定。

11 车站结构

11.1 一般规定

11.1.1 车站结构设计在满足建筑功能和使用要求的同时，还应满足抗震设防、工程防水、防腐蚀等对结构的要求和耐久性的规定，保证结构安全可靠、经济合理、构造简洁，并应具有良好的整体性、可延性和耐久性。

11.1.2 车站结构应分别按施工阶段和使用阶段进行强度、刚度和稳定性计算，并保证有足够的承载力、刚度和稳定性。

11.1.3 车站结构设计应满足城市减振降噪及保护生态环境的要求，并宜与周围景观环境相协调。

11.1.4 车站结构设计使用年限应符合下列规定：

- a) 车站主体结构和使用期间不可更换的结构构件设计使用年限应为 100 年；
- b) 使用期间可以更换且不影响运营的结构构件设计使用年限可采用 50 年。

11.2 荷载

11.2.1 桥建分离高架车站结构设计时，作用在车站上的荷载可按表 11 进行分类。荷载取值及荷载组合应符合 GB 50009 的规定，并应根据施工和使用阶段可能发生的变化，按可能出现的最不利情况，确定不同荷载组合时的组合系数。车站站厅、站台和楼梯人群均布荷载标准值应采用 $4.0 \text{ kN}/\text{m}^2$ ；人行天桥的人群均布荷载标准值应采用 $5.0 \text{ kN}/\text{m}^2$ ；设备用房及设备运输通道的计算荷载应根据设备安装、检修和正常使用的实际情况（包括动力效应）确定，但不应小于 $4.0 \text{ kN}/\text{m}^2$ 。

表11 桥建分离高架车站荷载分类

| 荷载分类 | 荷载名称 | |
|------|------------|---------|
| 永久荷载 | 结构自重 | |
| | 装修层荷载 | |
| | 混凝土收缩及徐变影响 | |
| | 设备重量 | |
| | 地基下沉影响 | |
| 可变荷载 | 基本可变荷载 | 人群荷载 |
| | 其他可变荷载 | 风荷载、雪荷载 |
| | | 温度变化影响 |
| | | 施工荷载 |
| 偶然荷载 | | 地震作用 |

11.2.2 桥建合一高架车站结构设计时，应考虑列车移动荷载，并按照铁路桥涵相关设计规范进行主力组合、主力+附加力组合及主力+特殊荷载组合。

11.3 结构设计

11.3.1 高架车站结构在保证结构安全的前提下应充分考虑当地景观的要求。其结构形式应根据使用功能要求，结合站点周围环境、城市规划、道路线网、市政管网、水文气象、地质条件等综合比选确定。

11.3.2 高架车站结构应考虑轨道梁、供电、通信、给排水、空调等各系统设备及管线的设置，为接口预留条件，并应考虑防排水、防雷击、防腐蚀等措施。

11.3.3 桥建分离高架车站抗震设防分类为标准设防类（丙类），结构安全等级为二级；桥建合一高架车站抗震设防分类为重点设防类（乙类），结构安全等级为一级。

11.3.4 桥建分离高架车站结构设计应执行建筑结构设计相关的规范；桥建合一高架车站承轨梁及其所支承的结构构件设计应同时执行建筑结构设计相关的规范和铁路桥涵设计相关的规范。

11.3.5 车站不宜采用独柱式带长悬臂“桥—建”组合结构体系。

11.3.6 车站站厅层、站台层不宜采用大悬臂结构。当采用大悬臂结构设计时应验算悬臂端的竖向位移，并应按国家有关建筑结构设计规范的规定进行控制。

11.3.7 高架车站墩柱有可能受机动车等撞击时，应采取防撞保护措施。当无法采取防护措施时，应进

行防撞验算。

11.4 构造要求

11.4.1 高架车站结构宜采用钢筋混凝土结构或预应力钢筋混凝土结构，在条件许可的情况下，宜优先采用建桥分离结构形式，以减小列车振动影响。

11.4.2 高架车站的纵向柱距宜取 10 m~15 m，最大柱距不宜超过 18 m。

11.4.3 高架车站站台与站厅层大跨度纵向框架梁在施工时应预先起拱，并按国家有关规范控制其挠度和裂缝。

11.4.4 高架车站混凝土结构的保护层厚度应根据所处环境类别确定，除满足 GB 50010 和 GB/T 50476 的要求外，还需符合 TB 10005 的相关要求。

11.4.5 高架车站混凝土强度等级，钢筋混凝土结构构件不宜低于 C30，预应力钢筋混凝土结构构件不宜低于 C40。

11.4.6 钢结构构件应做好防锈、防腐、防火处理，钢结构表面应做好防腐和防火涂装，在涂装前应根据构件类别做好除锈处理。

11.4.7 高架车站钢结构构造措施应满足 GB 50017 的相关要求。

12 轨道梁桥

12.1 一般规定

12.1.1 用作公共交通设施的主体结构的设计使用年限为 100 年，用作旅游设施的主体结构的设计使用年限应与旅游项目规划保持一致。

12.1.2 轨道梁直接作为列车的行驶轨道，应满足线路平面曲线、竖曲线和列车走行要求。

12.1.3 轨道梁各部件尺寸应满足列车走行轮、导向轮（或稳定轮）走行要求，同时还应满足供电、通信、信号、低压配电和防雷接地等系统设备的安装要求。

12.1.4 轨道梁桥在制造、运输、安装和运营过程中，应具有足够的强度、刚度和稳定性。

12.1.5 轨道梁桥应构造简洁、力求标准化，便于制造、安装和养护维修，并满足耐久性要求。

12.1.6 轨道梁跨径应通过经济技术比选确定，并应考虑运输条件和现场施工条件。一般地段宜采用常规简支梁或连续梁，简支梁常用跨径采用 20 m~30 m；当跨越等级道路、铁路、河流、航道等需要采用更大跨度时，可采用其它特殊结构。

12.1.7 轨道梁桥墩位布置应符合城市规划和环境保护要求，以及与道路、铁路、水利、航运等的相互关系要求。

12.1.8 桥下净空应考虑车辆建筑限界高度的影响。

a) 跨越排洪河流时，车辆限界最低点及桥下净空应按 1/100 洪水频率标准进行设计，并考虑壅水、浪高及漂浮物等影响，满足 TB 10002 对桥下净空高度的要求；

b) 跨越通航河流时，车辆限界最低点及桥下净空应根据航道等级确定，满足 GB 50139 和通航论证的要求；

c) 跨越城市道路和公路时，车辆限界最低点及桥下净空应满足 JTG B01、CJJ 37 及与相关部门协商意见要求办理。一般情况跨越高速公路、一级公路、二级公路不小于 5.0 m，跨越三级公路和四级公路不小于 4.5 m，跨越城市机动车道不小于 4.5 m，跨越非机动车道不小于 2.5 m，跨越人行道不小于 2.5 m。

12.1.9 新建工程上跨悬挂式单轨桥梁时，上跨结构与悬挂式单轨桥梁顶面竖向净距不小于 2 m。

12.1.10 钢筋混凝土、预应力混凝土和钢结构，按容许应力法设计。

12.2 荷载及组合

12.2.1 轨道梁桥结构设计应根据结构的特性,按照表12所列的荷载,就其可能出现的最不利组合情况进行计算。

表12 荷载分类表(竖向列表)

| 荷载分类 | | 荷载名称 |
|---|----|--|
| 主力 | 恒载 | 结构自重及附属设备自重 预加力 混凝土收缩和徐变的影响 基础变位的影响 土压力 静水压力及浮力 |
| | 活载 | 列车竖向静荷载 列车竖向动力作用 列车离心力 列车横向摇摆力 |
| 附加力 | | 列车制动力或牵引力 风力 温度变化的作用 流水压力 支座或销轴摩阻力 冰压力 救援、检修列车荷载 |
| 特殊荷载 | | 船只或汽车撞击力 地震力 施工临时荷载 车挡冲击力 |
| 注1: 如杆件的主要用途为承受某种附加力,则在计算此杆件时,该附加力应按主力计; 注2: 流水压力不与冰压力组合,两者也不与制动力或牵引力组合; 注3: 地震力与其他荷载的组合应按GB 50111的规定执行; 注4: 计算中要求考虑的其他荷载,可根据其性质,分别列入上述四类荷载中; 注5: 车挡冲击力指车挡装置对结构的冲击荷载,应根据车挡对列车冲撞荷载的吸收原理,考虑列车的速度及空车状态列车的荷载计算。 | | |

12.2.2 轨道梁桥的设计宜结合实际情况考虑主力与纵向横向附加力同时组合。荷载组合应符合TB 10002的规定。容许应力及提高系数应符合TB 10091、TB 10092和TB 10093的规定。

12.2.3 计算结构自重时,一般材料重度应按TB 10002规定取用;对于附属设备自重或材料重度,可按所属专业的规范或标准取用。焊接钢结构焊缝的重量取钢结构自重的1.5%。

12.2.4 土压力的计算应按TB 10002规定执行。

12.2.5 列车竖向静活载和列车计算重心位置应按照超员、定员和空车三种状态考虑,并应符合下列要求:

- 正线、配线和车场线应按照超员状态荷载计算;
- 车辆段内其他库线按照定员状态计算;

- c) 疲劳和地震力工况时, 按照定员状态计算;
 - d) 考虑车挡冲击力时, 按照空车状态计算。

12.2.6 列车竖向静活载确定应符合下列规定：

- a) 列车竖向静活载图式应按本线列车的最大轴重、轴距及近、远期中最长的列车编组确定；
 - b) 轨道梁桥结构设计，应按列车最不利加载确定；单线及双线列车荷载不折减；多于两线时应按以下两种情况最不利考虑：按两条线路在最不利位置承受 100%列车活载，其余线路不承受列车活载；所有线路在最不利位置承受 75%的列车活载；
 - c) 影响线加载时，活载图式不可任意截取。

12.2.7 列车竖向活载包括列车动力作用时, 为列车竖向静活载乘以动力系数 $(1 + \mu)$, 动力系数按公式(10)计算。

式中：

L——桥梁跨度 (m)。

疲劳计算时的列车竖向活载为定员列车竖向静活载乘以运营动力系数 $(1 + \mu_f)$ ，运营动力系数按公式(11)计算。

12.2.8 位于曲线上的轨道梁桥应考虑列车产生的离心力, 其大小等于列车静活载乘以离心力率 C , C 值按公式(12)计算。

式中：

V ——列车通过的最高运行速度 (km/h)；

R——曲线半径 (m)。

12.2.9 列车横向摇摆力宜按列车设计荷载单轴重的 25%计算,一列车以一水平集中荷载作用在轨道梁车轮走行面的最不利位置,作用方向为垂直于轨道梁轴线。

12.2.10 轨道梁不设超高, 横向摆角能平衡的水平力作用于走行面, 横向摆角未平衡的离心力及横风作用在车辆重心处。

12.2.11 列车制动力或牵引力计算应符合下列规定:

- a) 区间桥梁的制动力或牵引力应按竖向静活载的 10%计算,当制动力或牵引力与离心力同时计算时,宜按竖向静活载的 7%计算;
 - b) 轨道梁设计按单线计算制动力或牵引力;
 - c) 轨道梁桥下部结构设计时:区间双线桥宜仅计算一条线的制动力或牵引力,多线桥宜仅计算两条线的制动力或牵引力;对高架车站及车站相邻两侧 100m 范围内的区间双线桥应计算双线制动力或牵引力,每条线制动力或牵引力值应为竖向静活载的 10%;
 - d) 制动力或牵引力应作用于车辆重心处,但计算桥墩时应移至悬挂装置中心处或支座中心处,不计移动作用点所产生的力矩。

12.2.12 轨道梁桥风荷载强度宜按 JTG/T 3360-01 的规定取值。

- a) 梁下有车时，轨道梁风荷载按照 80%计算。
 - b) 轨道梁设计按单线计算轨道梁和列车风荷载。
 - c) 轨道梁桥下部结构设计，双线轨道梁桥，线路等高时按照 100%、50%分别计算两线的列车和轨道梁风荷载；不等高按照 100%、100%分别计算两线的列车和轨道梁风荷载。三线及以上轨道梁桥，线路等高时按照 100%、50%、25%分别计算三线的列车和轨道风梁荷载；线路不等高时，按照 100%、100%、50%分别计算三线的列车和轨道梁风荷载。
 - d) 高架车站内列车风荷载应按照区间列车风荷载的 50%计算。

e) 与列车车辆重叠的结构体不再计算风荷载。

12.2.13 轨道梁竖向及横向温度场应考虑实际截面型式，并结合地理环境因素及涂装等综合确定。

12.2.14 位于通航河流中的轨道梁桥，桥墩承受船只撞击力时，应设防撞保护措施。当无法设置防撞保护措施时，船只撞击力可按 TB 10002 的规定计算。

12.2.15 轨道梁桥桥墩有可能受汽车撞击时，应设防撞保护设施。当无法设置防撞保护设施时，轨道梁桥墩柱设计必须考虑汽车对墩柱的撞击力。汽车撞击力顺汽车行驶方向时采用 1000 kN，垂直于汽车行驶方向时，采用 500 kN，撞击力作用在路面以上 1.20 m 高度处。

12.2.16 地震力作用应按 GB 50111 的规定计算。

12.2.17 车挡装置对结构的冲击荷载，应根据车挡对列车冲撞荷载的吸收原理，考虑列车的速度及空车状态列车的荷载计算。

12.3 材料

12.3.1 轨道梁桥混凝土结构采用的混凝土强度等级应符合下列规定：

- a) 轨道梁基础混凝土强度等级不宜低于 C30，并应满足耐久性的要求；
- b) 桥墩墩柱采用钢筋混凝土结构时，强度等级不宜低于 C40；
- c) 桥墩盖梁采用预应力混凝土结构时，强度等级不宜低于 C50。

12.3.2 轨道梁桥混凝土结构采用的普通钢筋和预应力钢筋应符合下列规定：

- a) 普通钢筋应采用 HPB 300 和未经高压穿水处理过的 HRB 400、HRB 500 钢筋，并应符合 GB/T 1499.1 和 GB/T 1499.2 的规定；
- b) 预应力钢绞线应符合 GB/T 5224 的规定；
- c) 预应力螺纹钢筋应符合 GB/T 20065 的规定。

12.3.3 轨道梁桥采用的钢结构材料应符合以下规定：

- a) 轨道梁宜采用钢结构，基本钢材应根据当地的极端最低温度，选取化学成分、力学性能、工艺性能、焊接性能满足桥梁设计要求的钢材。所用钢材质量应符合 GB/T 714 的规定；
- b) 焊接性能应与基材相匹配，选用的焊接材料、焊接工艺均应根据设计要求通过焊接工艺评定确定。焊接接头的冲击韧性应满足 TB 10091 的规定，焊缝基本容许应力宜与基材相同，并不应大于基材的容许应力；
- c) 高强度大六角螺栓、大六角螺母、垫圈应符合 GB/T 1228、GB/T 1229、GB/T 1231 的规定；
- d) 钢结构保护涂装应符合 JT/T 722、JT/T 1266 的规定；
- e) 各种构件或连接的疲劳容许应力幅及类别可按 TB 10091 的有关规定执行，并结合实际的疲劳损伤次数进行调整。

12.4 刚度及变形要求

12.4.1 轨道梁竖向挠度的限值应符合下列规定：

- a) 列车静活载作用下，简支轨道梁的竖向挠度不应超过其跨度的 1/1000；
- b) 连续轨道梁的竖向挠度限值按相同跨度简支梁的 1.1 倍取用。

12.4.2 在列车静活载作用下，轨道梁桥由于挠度产生的梁端（单端）竖向折角不应大于 3‰ rad。

12.4.3 在列车荷载、横向摇摆力、离心力、风力和温度力的作用下，轨道梁及桥墩横向水平位移差引起的轨道梁端两侧水平折角不得大于 4‰ rad。

12.4.4 轨道梁桥的平顺性应满足 GB/T 51234 乘客乘车舒适度的要求。

12.4.5 轨道梁桥基础沉降应按恒载计算，桥墩基础的工后沉降应符合以下列规定：

- a) 对于静定结构，其总沉降量与施工期间沉降量之差，不应超过下列容许值：
 - 1) 桥墩均匀沉降量：50 mm；

- 2) 相邻桥墩沉降量之差: 20 mm。
- b) 对于超静定结构, 其相邻桥墩不均匀沉降量之差的容许值还应根据沉降对结构产生的附加影响来确定。

12.4.6 轨道梁应设置预拱度, 预拱度取恒载与 1/2 静活载所产生的挠度之和, 方向相反。

12.4.7 轨道梁桥走行面平顺度应小于 1.5 mm/m。梁端接缝处上下错位不大于 1 mm, 左右错位不大于 1 mm。

12.5 结构设计

12.5.1 钢筋混凝土、预应力混凝土和钢结构应按容许应力法设计, 其材料、容许应力、结构计算方法及构造要求应符合 TB 10091、TB 10092 的规定。

12.5.2 桥梁基础设计和地基的物理力学指标应符合 TB 10093 的规定。

12.5.3 混凝土桥墩应检算强度、抗裂、整体纵向弯曲稳定及疲劳性能。混凝土桥墩宜配置轴向预应力钢筋, 按预应力 B 类构件设计 (允许出现拉应力, 不允许出现裂缝)。

12.5.4 钢结构桥墩应检算强度、整体纵向弯曲稳定、局部稳定及疲劳性能。

12.5.5 钢结构桥墩宜采用刚接柱脚, 柱脚连接件应检算强度, 并宜根据实际累计损伤检算疲劳性能。

12.5.6 大跨度轨道梁桥除符合上述规定外, 还应符合下列规定:

- a) 应采用空间结构分析模型进行静、动力计算, 必要时进行车-桥耦合仿真分析;
- b) 桥塔结构应满足强度、刚度、疲劳、稳定性和耐久性等要求;
- c) 钢索强度安全系数主力组合不应小于 3.0, 主力与附加力组合不应小于 2.5;
- d) 结构应满足防雷、航空警示等要求。

12.6 构造和接口设计

12.6.1 轨道梁桥相邻梁端接缝处应设置伸缩装置。伸缩缝装置除保证梁部能自由伸缩外, 还应保证列车走行面、导向面 (稳定面) 的平顺连接, 同时应防止雨水渗漏进入梁内。走行面采用齿形伸缩缝时, 齿形端部应做圆弧过渡处理。

12.6.2 轨道梁桥应设置检查维修设施。

12.6.3 轨道梁桥应预留接触轨、通信信号、供电环网电缆等系统管线通道, 预留的管线通道位置应结合车辆走行结构的限界尺寸合理确定。接触轨、通信信号、供电环网电缆等系统管线的固定宜采用预埋的方式, 预埋件应满足相关专业的要求。

12.6.4 轨道梁桥应设置防雷接地措施。

12.6.5 有可能受到撞击的桥墩应考虑防撞措施。

12.6.6 隧道内轨道梁支点处结构, 应满足轨道传来的荷载。相邻的两支点不均匀沉降差应满足 20 mm 要求。

12.6.7 墩梁连接除保证梁部的自由伸缩外, 还应便于标高调整、安装和拆除。标准跨度轨道梁桥可采用销轴和支座连接, 大跨轨道梁桥或组合桥宜采用支座连接。

12.6.8 道岔设备的桥墩设计应满足道岔设备的荷载、变形、安装和检修等要求。

12.6.9 车站内轨道梁桥桥墩布置应结合建筑总体布置方案统筹考虑。

12.6.10 道岔梁长度应根据轨道梁合理布置。道岔侧线曲线实际起点距梁缝不应小于 3.0 m (或转向架前后的导向轮轮距), 道岔侧线曲线终点距梁缝不应小于 3.0 m, 可动轨转轴处结构缝距梁缝不应小于 3.0 m。

13 地下区间结构

13.1 一般规定

13.1.1 本章适用于下列隧道结构的设计:

- a) 用明挖法施工的隧道结构;
- b) 用矿山法等施工的暗挖隧道结构。

13.1.2 隧道结构的设计应以地质勘察资料为依据,按GB 50307的有关规定根据不同设计阶段的任务和目的确定工程勘察的内容和范围,以及按不同施工方法对地质勘探的特殊要求,通过施工中对地层的观察和监测反馈进行验证。暗挖隧道结构的围岩分级应按TB 10003的有关规定执行。

13.1.3 隧道结构应根据工程建设条件,通过对技术经济、建设工期、环境影响和使用效果等综合研究,在确保工程建设安全、可靠的条件下,选择适宜的施工方法和结构形式,满足建筑、限界、施工工艺、结构变形控制等要求,同时考虑城市规划可能引起周围环境的变化对结构的影响。

13.1.4 隧道结构应根据结构形式和施工方法等情况,采用与实际工况条件相符的设计方法和设计规范,满足强度、刚度、稳定性要求。在含水地层中,应采取可靠的地下水处理和防治措施。

13.1.5 隧道结构的耐久性设计应符合下列规定:

- a) 主体结构和使用期间不可更换的结构构件,应根据使用环境类别,按设计使用年限为100年的要求进行耐久性设计;
- b) 使用期间可以更换且不影响运营的次要结构构件,可按照设计使用年限50年的要求进行耐久性设计;
- c) 临时结构宜根据其使用性质和结构特点确定其使用年限。

13.1.6 结构设计应满足建筑、限界、施工工艺等要求,并应考虑结构变形和施工误差的影响。

13.1.7 隧道结构沉降和变形应满足轨道梁控制变形的要求;轨道梁在隧道段应采用能适应一定沉降的结构形式,以降低隧道实际可能发生的沉降和变形对轨道梁的影响。

13.1.8 地下区间结构应根据周围环境的保护和施工安全要求,按照工程和水文地质条件、结构特征、支护类型和施工方法,进行监控量测设计,并应结合施工监测的反馈内容逐步实现信息化设计。

13.1.9 地下区间结构防水设计应根据结构构造特点、使用要求、环境类别、施工方法等进行,并应满足结构的安全、耐久和使用要求。

13.1.10 地下区间结构应结合施工方法、结构形式、断面大小、工程地质、水文地质及环境条件等因素,合理确定其埋置深度及与相邻隧道的距离。矿山法区间隧道最小覆土厚度不宜小于隧道开挖宽度的1倍,当无法满足时,应结合隧道所处的工程地质、水文地质和环境条件进行分析,必要时应采取相应的措施。

13.1.11 地下区间需设置疏散空间,并应满足国家相关规范要求。

13.2 荷载

13.2.1 作用在隧道结构上的荷载应按GB 50009等规范的有关规定,并应根据施工和使用阶段可能发生的变化,按可能出现的最不利情况,确定不同荷载组合的组合系数。

13.2.2 一般情况下,地层压力应根据结构所处工程地质和水文地质条件、埋置深度、结构形式及其工作条件、施工方法及相邻隧道间距等因素,结合已有的试验、测试和研究资料确定。当隧道处于岩层地质时,围岩压力可根据围岩分级,按TB 10003的有关规定确定。

13.2.3 作用在地下区间结构上的水压力,应根据施工阶段和长期使用过程中地下水位的变化,以及不同的围岩条件,分别按下列规定计算:

- a) 水压力可按静水压力计算,并应根据设防水位以及施工阶段和使用阶段可能发生的地下水最高水位和最低水位两种情况,计算水压力和浮力对结构的作用;
- b) 砂性土地层的侧向水、土压力采用水土分算;

c) 黏性土地层的侧向水、土压力，在施工阶段应采用水土合算，使用阶段采用水土分算。

13.2.4 隧道荷载除考虑外部荷载外，尚应考虑内部轨道梁等荷载。

13.3 工程材料

13.3.1 隧道结构的工程材料应根据结构类型、受力条件、使用要求和所处环境，以及结合其可靠性、耐久性和经济性选用。

13.3.2 混凝土的原材料和配比、最低强度等级、最大水胶比和单方混凝土的胶凝材料最小用量等，应按GB 50010的有关规定确定，满足抗裂、抗渗、抗冻和抗侵蚀的需要。

13.3.3 大体积浇筑的混凝土应避免采用高水化热水泥，并宜掺入高效减水剂、优质粉煤灰或磨细矿渣等，同时应严格控制水泥用量，限制水胶比和控制混凝土入模温度。

13.3.4 喷射混凝土应采用湿喷混凝土。

13.3.5 注浆材料宜采用对地下环境无污染及后期收缩小的材料。

13.4 结构设计

13.4.1 结构设计应符合下列规定：

- a) 结构设计应严格控制基坑开挖和隧道施工引起的地面沉降量，对由于土体位移可能引起的周围建、构筑物和地下管线产生的危害应进行预测，依据不同建筑物按有关规范、规程的要求或通过计算确定其允许产生的沉降量和次应力，并提出安全可靠、经济合理的技术措施。地面变形允许数值应根据现状评估结果，对照类似工程的实践经验确定。
- b) 隧道结构应按施工阶段和正常使用阶段分别进行结构强度、刚度和稳定性计算。对于钢筋混凝土结构，尚应对使用阶段进行裂缝宽度验算；偶然荷载参与组合时，不验算结构的裂缝宽度。
- c) 普通钢筋混凝土结构的最大计算裂缝宽度允许值应根据结构类型、使用要求、所处环境和防水措施等因素确定，处于一般环境中的结构，按荷载准永久组合并计及长期作用影响计算。
- d) 计算简图应符合结构的实际工作条件，反映围岩与结构的相互作用，并应符合下列规定：
 - 1) 采用双层衬砌时，应根据两层衬砌之间的构造型式和结合情况，选用与其传力特征相符的计算模型；
 - 2) 当受力过程中受力体系、荷载形式等有较大变化时，宜根据构件的施作顺序及受力条件，按结构的实际受载过程及结构体系变形的连续性进行结构分析。
- e) 结构设计应按最不利情况进行抗浮稳定性验算。抗浮安全系数按JGJ 476的有关规定确定。
- f) 隧道结构应进行横断面方向的受力计算，遇下列情况时，尚应进行纵向强度和变形计算：
 - 1) 覆土荷载沿其纵向有较大变化时；
 - 2) 结构直接承受建、构筑物等较大局部荷载时；
 - 3) 地基或基础有显著差异，沿纵向产生不均匀沉降时。
- g) 矿山法施工的结构的设计，应以喷射混凝土、钢拱架（包括格栅拱架和型钢拱架）或锚杆为主要支护手段，根据围岩和环境条件、结构埋深和断面尺度等，通过选择适宜的开挖方法、辅助措施、支护形式及与之相关的物理力学参数，达到保持围岩和支护的稳定、合理利用围岩自承载能力的目的。施工中，应通过对围岩和支护的动态监测，优化设计和施工参数。

13.4.2 明挖法施工的结构设计应符合下列规定：

- a) 明挖法施工的结构应根据工程地质、水文地质、埋深、施工方法等条件，进行抗浮、整体滑移及地基稳定性验算；
- b) 可采用整体式现浇钢筋混凝土框架结构或者装配式钢筋混凝土框架结构。

13.4.3 矿山法施工的结构设计应符合下列规定：

- a) 矿山法施工的结构,在预设计和施工阶段,应通过理论分析或工程类比对初期支护的稳定性进行判别;
- b) 复合式衬砌的初期支护(含围岩的支护作用)应按主要承载结构设计,承担施工期间的全部荷载,其设计参数可采用工程类比法确定,施工中应通过监控量测进行修正;浅埋、大跨度、围岩或环境条件复杂、形式特殊的结构,应通过理论计算进行检算;同时应符合下列规定:
 - 1) 岩石隧道应利用围岩的自承载能力;
 - 2) 土质隧道应采用较大的初期支护刚度,并注意及时施作二次衬砌。
- c) 复合式衬砌中的二次衬砌,应根据其施工时间、施工后荷载的变化情况、工程地质和水文地质条件、埋深和耐久性要求等因素,按下列原则设计:
 - 1) 第四纪土层中的浅埋结构及通过流变性或膨胀性围岩中的结构,初期支护应具有较大的刚度和强度,且宜提前施作二次衬砌,由初期支护和二次衬砌共同承受外部荷载;
 - 2) 应计及在长期使用过程中,外部荷载因初期支护材料性能退化和刚度下降向二次衬砌的转移;
 - 3) 作用在不排水型结构上的水压力由二次衬砌承担。

13.5 结构抗震设计

按GB 50011、GB 50909等有关规定执行。

13.6 区间防水

13.6.1 地下区间结构防水应遵循“以防为主,刚柔结合,多道设防,因地制宜,综合治理”的原则。

13.6.2 地下区间结构迎水面主体结构应采用防水混凝土,并应根据防水等级的要求采取其他防水措施。区间隧道及连接通道附属的结构防水等级应为二级。

13.6.3 地下区间结构的主体结构、细部构造、特殊施工工法结构的防水,应符合GB 50108和其他相关国家及地方规范的有关规定。

14 边坡

14.1 一般规定

14.1.1 边坡工程所形成的建设廊道空间尺寸应满足运行限界、检修和救援等需求,并应考虑乘客视觉舒适度。

14.1.2 边坡工程设计应综合考虑工程地质与水文地质、边坡高度、环境条件、各种作用、临近的建(构)筑物、市政设施、施工条件和工期等因素,减少对天然植被和山体的破坏,防止诱发地质灾害;并应符合环境保护的要求,重视景观设计。

14.1.3 边坡工程的设计使用年限不应低于被保护的建(构)筑物的设计使用年限。被保护的建(构)筑物的设计使用年限依据本标准相关章节确定。

14.1.4 边坡工程设计除应符合本章的规定外,尚应符合GB 50330等有关标准的规定;岩质边坡高度超过30m、土质边坡高度超过15m的建筑边坡工程以及岩石基坑边坡工程,尚应进行专项设计,采取有效、可靠的加强措施。

14.1.5 位于边坡塌滑区域的建(构)筑物在施工与使用期间,应对坡顶位移、地表裂缝、建(构)筑物沉降变形进行监测。永久性边坡工程竣工后的监测时间不应少于2年。边坡工程监测应符合GB 50330等有关标准的规定。

14.2 边坡形式与坡率

14.2.1 边坡形式及坡率应根据工程地质、水文地质、气象条件、施工方法、边坡高度，自然山坡和人工边坡状况，结合力学分析等综合确定；岩石边坡还应结合岩体结构、结构面产状、风化程度及自然稳定边坡和人工边坡的调查等因素综合确定，必要时应通过稳定性分析计算确定。

14.2.2 边坡工程设计应根据不同的工况进行整体稳定性分析与验算。边坡稳定性分析计算时，最小稳定性安全系数应符合表13的规定：

表13 边坡最小稳定安全系数

| 边坡类型 | | 边坡工程安全等级 | | |
|------|------|----------|------|------|
| | | 一级 | 二级 | 三级 |
| 永久边坡 | 一般工况 | 1.35 | 1.30 | 1.25 |
| | 地震工况 | 1.15 | 1.15 | 1.10 |
| 临时边坡 | | 1.25 | 1.20 | 1.15 |

注1：边坡工程安全等级根据GB 50330，并结合悬挂式单轨工程重要性的特点综合确定；一级破坏后果很严重：造成重大人员伤亡或财产损失；二级破坏后果严重：可能造成人员伤亡或财产损失；三级破坏后果不严重：可能造成财产损失；

注2：对地震基本烈度为7度及7度以上地区的永久边坡，应进行地震工况下，边坡稳定性校核；

注3：对重要边坡、地质条件很复杂或破坏后果很严重的边坡工程，其稳定安全系数可适当提高。

14.2.3 高度 较大的边坡应分级开挖或填筑，并验算边坡整体的或各级的稳定性；挖方较深时宜在边坡中部或在土石分界、透水和不透水层交界面处设置边坡平台，宽度不宜小于2m。

14.3 支挡工程

14.3.1 边坡支挡结构设计应满足强度、稳定性和耐久性的要求；结构类型选择及设置位置的确定应安全可靠、经济合理、便于施工养护。

14.3.2 边坡支挡结构的设置应结合地形、地质、用地、环境条件等综合确定，下列地段宜设置边坡支挡工程：

- a) 节约用地、少占农田或保护重要的既有建筑物地段；
- b) 保护生态环境地段；
- c) 车站、景区等有需求的地段；
- d) 避免大量挖方、降低边坡高度或加强边坡稳定性的挖方地段；
- e) 减少挖方边坡薄层开挖地段；
- f) 不良地质条件下的地段。

14.3.3 一般地区边坡设置支挡结构时应符合下列规定：

- a) 挖方边坡设置支挡结构宜选择重力式挡土墙、土钉墙、桩板式挡土墙、抗滑桩、预应力锚索、锚杆挡土墙等结构型式；
- b) 填方边坡设置支挡结构宜选择重力式挡土墙、悬臂式和扶壁式挡土墙、桩基托梁挡土墙、桩板式挡土墙、加筋土挡土墙、抗滑桩等结构型式。

14.3.4 浸水地区填方边坡设置支挡结构宜选择重力式挡土墙、悬臂式挡土墙、桩基托梁挡土墙、桩板式挡土墙等结构型式。

14.3.5 地震地区挖方边坡设置支挡结构时宜选择桩板式挡土墙、预应力锚索、重力式挡土墙等结构型式，填方地段设置支挡结构时宜选择重力式挡土墙、悬臂式挡土墙、桩板式挡土墙、加筋土挡土墙、抗滑桩等结构型式。

14.3.6 在城市及风景区周边宜采用与周围景观协调的悬臂式和扶壁式挡土墙、桩板式挡土墙及加筋土

挡土墙等轻型支挡结构。

14.3.7 支挡工程设计计算或验算,应包括下列内容:

- a) 支挡结构上的作用荷载计算;
- b) 支挡结构地基承载力计算;
- c) 支挡结构稳定性验算;
- d) 支挡结构构件承载力计算;
- e) 对边坡变形有控制要求的支挡结构变形分析计算。

14.4 边坡防护

14.4.1 边坡整体稳定但其坡面岩土体易风化、剥落或有浅层崩塌、滑落及掉块时,应进行坡面防护。边坡坡面防护应在稳定边坡上设置,对欠稳定的或存在不良地质因素的边坡,应先进行边坡治理后进行坡面防护。

14.4.2 边坡坡面防护应根据边坡的工程地质、水文地质、气象条件、边坡坡率与高度等因素结合环境保护、水土保持等要求,采用工程防护或植物防护相结合的综合处理措施,并应符合下列规定:

- a) 土质边坡宜采取植物防护或空心砖护坡、骨架护坡、孔窗式护坡、框架锚杆护坡结合植物防护的绿色防护措施;
- b) 岩质边坡可采用骨架客土植生、喷混植生、框架锚杆梁内客土植生或喷混植生、主、被动防护网等防护措施。

14.5 边坡工程排水

14.5.1 边坡工程排水应包括排除坡面水、地下水和减少坡面水下渗等措施。坡面排水、地下排水和减少坡面水下渗措施宜统一考虑,并形成相辅相成的排水、防渗体系。

14.5.2 边坡排水系统的设置应符合下列规定:

- a) 边坡坡顶、坡面、坡脚和水平台阶应设排水沟,并作好坡脚防护;在坡顶外围应设截水沟;
- b) 当边坡表层有积水湿地、地下水渗出或地下水露头时,应根据实际情况设置外倾排水孔、排水盲沟和排水钻孔。

14.5.3 坡面排水设施的设计应根据各段落的汇水面积、表面形状、周边地形、地质条件、地下水状况、气候特点、排水条件等,并结合当地的地区经验进行。

14.5.4 截、排水沟设计应符合下列规定:

- a) 坡顶截水沟宜结合地形进行布设,且距挖方边坡坡口或潜在塌滑区后缘不应小于5m;填方边坡上侧的截水沟距填方坡脚的距离不宜小于2m;在多雨地段可设一道或多道截水沟;
- b) 对边坡有危害的地表水,应采取措施拦截引排至边坡范围以外;需将截水沟、边坡附近低洼处汇集的水引向边坡范围以外时,应设置排水沟;
- c) 截、排水沟的线形宜平顺;
- d) 截、排水沟的横断面应有足够的过水能力,沟顶应高出沟内设计水面200mm以上,底宽和顶宽不宜小于500mm,可采用梯形断面或矩形断面,其沟底纵坡不宜小于0.3%;
- e) 截、排水沟需进行防渗处理,地质或土质条件差、有可能产生渗漏或变形时,应采取适宜的加固防护措施;
- f) 当截、排水沟出水口的坡面坡度大于10%、水头高差大于1.0m时,可设置跌水和急流槽将水流引出坡体或引入排水系统。

14.5.5 边坡地下排水设施设计应根据地下水类型、含水层埋藏深度、地层的渗透性、冻结深度、气象、地下水利用等条件进行,采用渗流沟、仰斜排水孔、盲沟等措施。当其在地下水位以上时应采取措施防止渗漏。

14.5.6 渗流沟的设计应符合下列规定：

- a) 对地下水埋藏浅或无固定含水层的土质边坡宜采用渗流沟排除坡体内的地下水；
- b) 边坡渗流沟应垂直嵌入边坡坡体，其基底宜设置在含水层以下较坚实的土层上；
- c) 渗流沟侧壁及顶部应设置反滤层，底部应设置封闭层。

14.5.7 仰斜排水孔的设计应符合下列规定：

- a) 用于引排边坡内地下水的仰斜排水孔的仰角不宜小于 6° ，长度应伸至地下水富集部位或潜在滑动面，并宜根据边坡渗水情况成群分布；
- b) 仰斜式排水孔和泄水孔排出的水宜引入排水沟予以排除，其最下一排的出水口应高于地面或排水沟设计水位顶面，且不应小于 200 mm。

14.5.8 边坡工程的临时性排水设施，应满足坡面水尤其是季节性暴雨、地下水和施工用水等的排放要求，有条件时应结合边坡工程的永久性排水措施进行。

15 通风、空调与供暖

15.1 一般规定

15.1.1 悬挂式单轨交通的车站、地下区间、车辆综合基地、运营控制中心等内部空气环境应采用通风、空调与供暖系统进行控制。

15.1.2 通风、空调与供暖系统应使悬挂式单轨交通内部空气环境的空气质量、温度、湿度、气流组织和噪声等均能满足人员的生理及心理条件要求和设备正常运转的需求。

15.1.3 通风、空调与供暖系统的设备管道及配件布置，应保证系统整体高效运行，并应为安装、操作、测量、调试和维修预留空间位置。大型设备应设置运输通道和起吊设施。

15.1.4 通风、空调与供暖系统的管道及保温材料、消声材料应采用 A 级不燃材料，当采用 A 级不燃材料有困难时，可采用 B1 级难燃材料。管道及保温材料应具有防潮、防腐、防蛀、耐老化和无毒的性能。

15.1.5 悬挂式单轨交通的通风、空调与供暖系统的设计除应符合本标准外，尚应符合国家规定。

15.2 车站通风、空调与供暖

15.2.1 地上车站的公共区应采用自然通风。必要时，站厅中的公共区可设置机械通风或空调系统。

15.2.2 地上车站设备管理用房应根据当地的气候条件及设备工艺环境需求设置通风、空调与供暖系统。

15.2.3 地上车站通风与空调的室外空气计算温度、相对湿度应采用当地的地面建筑的设计指标，应符合 GB 50736 的有关规定。

15.2.4 地上车站供暖室外计算温度及其他规定，应符合 GB 50736 的有关规定。

15.2.5 车站管理用房的设计温度、新风量等应符合 GB 50736 的有关规定。车站设备用房应根据设备工艺环境需求设置通风、空调与供暖系统。

15.2.6 供暖地区的车站管理用房应设供暖装置，室内设计温度宜为 18°C 。设备用房应根据设备工艺环境需求设供暖装置，设计温度应按工艺要求确定。

15.2.7 车站通风、空调与供暖系统宜设车站控制和就地控制两级控制，就地控制具有优先权。

15.3 车辆综合基地及控制中心通风、空调与供暖

15.3.1 车辆综合基地、控制中心等地上建筑的通风、空调与供暖系统应符合 GB 50019、GB 50736 和 GB 50174 等相关规范的要求。

15.3.2 车辆综合基地的停车库、列检库、洗车库、月检库等运用和检修生产设施库室宜采用自然通风，可根据检修岗位设置合理的岗位通风或局部空调降温措施。当不具备自然通风条件时，可设置机械通风。

系统。

15.3.3 危险品库、油漆库、蓄电池检修间等应设置机械通风和事故通风设施。危险品库、油漆库通风应符合防爆要求，蓄电池检修间通风应符合防腐要求。

15.4 其他

15.4.1 隧道通风设计应符合 GB/T 51357 的有关规定。

15.4.2 悬挂式单轨交通的通风、空调与供暖系统应能根据当地气候、客流变化情况以及变化规律，制定科学、合理的运行模式，保证通风、空调与供暖系统高效节能运行。

15.4.3 悬挂式单轨交通的通风、空调与供暖系统应选用可靠性高、节能性好、低噪声、运转平稳、模块化、小型化、紧凑型的设备，并应便于安装、维护和维修。

16 给水与排水

16.1 一般规定

16.1.1 悬挂式单轨交通的给水设计应满足生产、生活和消防用水对水量、水压、水质的要求，应遵循综合利用、节约用水的原则，并应采取防污染措施。

16.1.2 给水水源应采用城市自来水，当沿线无城市自来水时，应采取其他可靠的供水水源。

16.1.3 各类污水、废水及雨水的排放应符合国家有关排水标准的规定，同时还应满足当地相关部门的要求。

16.1.4 排水系统应便于清疏及维修，宜采用重力排水方式，无重力排放条件时应设置机械排水。

16.1.5 给水排水设计应按 GB 50555 的规定采取节水、节能措施。

16.1.6 给水排水管材、阀门及附件的设置，应符合 GB/T 51293 的规定。

16.1.7 悬挂式单轨交通的给水排水系统的设计除应符合本标准外，尚应符合国家规定。

16.2 车站及隧道的给水与排水

16.2.1 车站给水系统用水定额应符合 GB/T 51293 的规定。

16.2.2 给水系统的水质、水压及系统设置应符合 GB/T 51293 的规定。

16.2.3 给水系统布置和敷设应符合 GB 50015 和 GB 50157 的规定。

16.2.4 车站排水量定额应符合 GB/T 51293 的规定。

16.2.5 区间隧道内排水泵站的设置应结合线路纵断面及区间排水要求综合确定。

16.2.6 排水设施应符合 GB/T 51293 的规定。

16.2.7 局部污水处理设施应符合 GB/T 51293 的规定。

16.3 车辆综合基地、控制中心等给水与排水

16.3.1 车辆综合基地、控制中心等给水用水量定额应符合 GB 50157 和 GB 50015 的规定。

16.3.2 水源应利用城市自来水管网压力供水，水压不能满足要求的楼层应设置增压设备。

16.3.3 车辆综合基地、控制中心等给水系统应符合 GB/T 51293 的规定。

16.3.4 车辆综合基地排水量定额应符合 GB 50157 的规定。

16.3.5 洗车库的废水宜处理后回用。

16.3.6 车辆基地、控制中心等的其他生产废水、生活污水，宜经预处理后集中排入城市排水系统；若附近无城市污水系统时，其他生产废水、生活污水，应经处理后达标排放。

16.3.7 车辆基地雨水系统设计应符合 GB/T 51293 的规定。

16.3.8 车辆基地雨水收集利用措施宜结合当地海绵城市建设的要求, 经过技术经济比较后确定。车辆基地宜采用下凹式绿地、透水铺装、绿色屋顶、雨水调蓄回用等技术措施降低雨水径流量。

17 供电

17.1 一般规定

17.1.1 供电系统应安全、可靠、节能、环保并经济适用。

17.1.2 供电系统应包括中压外部电源、电源开闭所、中压供电网络、变电所、牵引网、动力照明和电力监控。

17.1.3 中压外部电源宜直接从城市公共电网接入电源, 外部电源接入方案应根据线网规划和公共电网现状及规划进行设计。

17.1.4 中压外部电源的数量和接入容量应满足远期牵引负荷和动力照明负荷的需求。

17.1.5 牵引用电负荷应为一级负荷。

17.1.6 供电系统宜从城市电网引入不少于两回中压外部电源。中压供电网络的电压等级宜选用交流10 kV、20 kV或35 kV, 中压供电网络宜采用牵引动力照明混合网络方案。

17.1.7 中压供电网络线路末端电压偏差应符合GB/T 12325的相关规定。

17.1.8 牵引供电系统的供电制式应根据车辆的授电需求、线路条件和运营组织需求确定。

17.1.9 牵引供电电压等级应与车辆选型配套。直流牵引供电系统的电压及其波动范围应符合表14的规定。

表14 直流牵引供电系统电压及波动范围

单位为V

| 标称值 | 最高值 | 最低值 |
|-----|-----|-----|
| 750 | 900 | 500 |

17.1.10 当列车再生制动能量采用地面装置吸收时, 宜采用储能型再生制动能量吸收装置。

17.1.11 动力照明配电系统宜采用TN-S接地方式, 配电电压采用220 V/380 V, 动力配电设计应符合GB 50054的相关规定。

17.1.12 对于与人员及行车安全相关的动力照明负荷, 除主供电源外, 还应设置应急电源。

17.1.13 供电系统电源接入侧的电能质量应符合国家的电能质量标准, 注入电网的谐波含量应符合GB/T 14549的有关规定。

17.1.14 供电设施防火设计应符合GB 50229、GB 50016的有关规定。

17.1.15 电气设备应具有无自爆、低损耗、低噪声、体积小等特点, 应选择符合国家相关节能设计规范和能效限定标准的节能环保型产品。

17.2 变电所

17.2.1 变电所可分为牵引变电所和降压变电所。当牵引变电所与降压变电所设置在同址, 宜合建成牵引降压混合变电所。

17.2.2 变电所类型可分为房屋式和箱式。与车站同址的变电所宜与车站合建, 车辆基地变电所宜采用房屋式; 车站建筑体量受到严格控制和需要设置区间变电所时, 宜采用与周边环境协调的箱式变电所。

17.2.3 变电所的选址应符合下列规定:

a) 靠近负荷中心;

- b) 便于电缆线路引入、引出;
- c) 便于设备运输;
- d) 房屋式变电所不应设在冷冻机房等场所经常积水区的下方,且不宜与厕所、泵房等场所相贴邻;地面变电所应避开易燃、易爆、有腐蚀性气体等影响电气设备安全运行的场所;
- e) 独立设置的变电所应靠近悬挂式单轨交通线路,并应和城市国土空间规划相协调;
- f) 独立设置的变电所与线路间应设置专用电缆通道。变电所的进所道路应利用城市道路,新建进所道路宽度不应小于4.0m。主要设备运输道路的宽度可根据运输要求确定,并应具备运输车辆回车条件。

17.2.4 变电所应按无人值班、无人值守设计;车辆基地内牵引变电所应预留有人值班的条件。

17.2.5 房屋式变电所的设备布置应符合GB 50060、GB 50053、GB 55024和GB 55033的相关规定。

17.2.6 箱式变电所的设计应符合GB 17467的相关规定。

17.2.7 每座牵引变电所中可设两套整流机组,当一套牵引整流机组退出运行,另一套牵引整流机组具备运行条件时宜继续运行。

17.2.8 牵引所牵引整流机组容量宜满足该所越区供电时远期高峰小时的负荷需要。牵引整流机组的负荷特性应符合表15的要求。

表15 牵引整流机组的负荷特性

| 负荷 | 100%额定电流 | 100%额定电流 | 300%额定电流 |
|------|----------|----------|----------|
| 持续时间 | 连续 | 2h | 1min |

17.2.9 变电所的交流操作电源屏的电源,应接自变电所的低压母线。变电所直流操作电源屏宜采用成套装置。正常运行时,蓄电池应处于浮充状态。蓄电池容量应满足交流停电时连续供电2h的要求。

17.2.10 变电所的中压继电保护设置应符合GB/T 50062的相关规定。

17.2.11 对牵引整流机组的下列故障或异常运行应设置保护装置:

- a) 外部短路;
- b) 内部短路;
- c) 元件故障;
- d) 元件温度升高超过限值。

17.2.12 对于直流牵引进线的故障或异常运行应设置逆流保护。

17.2.13 对于直流牵引馈线的故障或异常运行应设置下列保护:

- a) 大电流脱扣保护;
- b) 电流速断保护;
- c) 过电流保护;
- d) 电流变化率及电流增量保护;
- e) 双边联跳保护。

17.2.14 对于直流再生制动能量吸收装置馈线的故障或异常运行应设置下列保护:

- a) 大电流脱扣保护;
- b) 电流速断保护;
- c) 过电流保护;
- d) 再生装置内部保护。

17.2.15 直流牵引供电设备应设置框架泄漏保护。

17.2.16 当车辆外壳与负极回流轨等电位时,负极回流轨对地电压超标异常可能危及乘客安全时,应采取短时接地措施;当车辆外壳与负极回流轨绝缘时,牵引变电所应设置直流接地漏电保护装置,且该

装置应能有选择性切除故障。

17.2.17 变电所直流牵引馈线应设置具有在线检测故障功能的自动重合闸装置。

17.2.18 供电系统各电压等级主备电源间应设置备用电源自动投入装置/功能。

17.2.19 对交流 400 V 配电线路保护的设置应符合 GB 50054 的规定。

17.2.20 变电所宜有计量功能。

17.3 牵引网

17.3.1 牵引网由接触轨、开关设备及电缆等组成。其中，接触轨按电压极性区分为正极接触轨和负极接触轨，分别通过上网电缆和回流电缆与牵引变电所连接。

17.3.2 接触轨应能在规定的列车行车速度内向列车可靠馈电，接触轨的授流形式应满足车辆集电靴的取流需求，接触轨的安装位置及授流面宽度应与集电靴的工作包络线相匹配。

17.3.3 接触轨及其附件的安装空间应满足限界要求。

17.3.4 正、负极接触轨的技术参数、规格型号、安装方式等技术条件应保持一致。接触轨宜采用钢铝复合轨。

17.3.5 接触轨的支撑件应满足机械强度和绝缘耐压的要求。支持绝缘子及其配套零件的强度安全系数，应不低于国家的有关规定。

17.3.6 紧固件应采取可靠的防松措施。

17.3.7 接触轨及其附件的带电部分和结构体、轨旁设备、车体之间的最小净距在系统标称电压为 750 V 时，应符合静态、动态以及绝对最小动态均不小于 25 mm 的要求。

17.3.8 正线接触轨应实行双边供电，车辆基地接触轨应有主备 2 路电源。接触轨系统的载流量应满足远期高峰小时一个牵引变电所解列，由相邻牵引变电所越区供电时列车正常运行的供电要求。

17.3.9 接触轨的电分段应满足牵引供电和检修作业要求，接触轨的电分段可采用分段绝缘器或断口应设在下列各处：

- a) 有牵引变电所车站的车辆惰行处；
- b) 辅助线与正线的衔接处；
- c) 车辆基地内不同功能线路衔接处；
- d) 车辆基地出入线与正线衔接处。

17.3.10 隔离开关设置在下列各处：

- a) 牵引变电所直流快速断路器至接触轨间宜设置隔离开关柜，隔离开关柜内设避雷器；
- b) 车辆基地检修库每条库线的接触轨宜根据运营需求设置带接地刀闸的隔离开关柜。

17.3.11 接触轨的支持点间距应根据接触轨的结构特性、集中荷载、接触轨自重以及受流器接触压力等因素确定。

17.3.12 接触轨的平面布置应符合下列要求：

- c) 接触轨的锚段长度，应根据环境温度、载流温升、材料线胀系数、膨胀接头补偿量、轨道梁结构、线路条件等因素确定；
- d) 锚段间采用膨胀接头；
- e) 每个锚段中部应设置中心锚结；
- f) 道岔区接触轨布置应根据接触轨的安装位置、道岔形式、车辆时速等因素综合确定，在保证行驶车辆在通过道岔时集电靴平滑通过条件下，可采用接触轨道岔过渡装置或机械断口形式。断口长度应根据车辆集电靴平面位置确定。

17.3.13 接触轨授流面的硬度应大于车辆集电靴与接触轨接触部分的材料硬度。

17.4 电缆

17.4.1 供电系统宜采用阻燃、低卤、低烟的电线、电缆和光缆，在高架梁上露天敷设时，其外护套还应具有防紫外线的功能。

17.4.2 火灾时需要保证供电的配电线路应采用耐火铜芯电缆或矿物绝缘耐火铜芯电缆，重要信号的控制电缆应具有金属屏蔽层。

17.4.3 电缆敷设应便于施工和检修。电缆在区间、车站和车辆基地内敷设时应符合 GB 50217 和 GB 51348 的相关规定。

17.5 动力与照明

17.5.1 动力与照明系统采用 220 V/380 V 三相四线制系统。

17.5.2 动力与照明用电设备的负荷分级应符合下列规定：

- a) 车站变电所操作电源、应急照明及疏散指示系统、通信系统设备、信号系统设备、自动售检票系统设备、站台屏蔽门系统、火灾自动报警系统、电力监控系统设备、综合调度指挥系统设备、门禁系统设备、防烟及排烟设备、消防水系统设备、消防电梯及扶梯、排水泵、雨水泵、电梯、自动扶梯、插座、普通风机、防淹门、公共安全防范有关的用电设备等等为二级负荷；检修设备、车站空调制冷及水系统设备、广告照明、清洁设备等为三级负荷。
- b) 车辆基地、控制中心大楼内建筑电气设备的负荷等级，应符合国家标准 GB 51348 的有关规定。

17.5.3 动力与照明负荷供电方式应符合下列规定：

- a) 一级负荷由两路独立电源供电，两路电源在设备端进行切换；
- b) 二级负荷由一路电源供电，二级负荷中的消防负荷应由一路中压电源的两台变压器的两个低压回路或一路中压电源的一台变压器与主电源不同变电系统的两个低压回路在最末一级配电箱自动切换供电；
- c) 三级负荷可由一路电源供电。

17.5.4 动力与照明配电应符合下列规定：

- a) 消防及其他防灾用电设备采用专用的供电回路，消防及其他防灾配电设备应具有明显标识；
- b) 配电变压器二次侧至用电设备之间的低压配电级数不宜超过三级；
- c) 各级配电开关设备预留一定的备用回路；
- d) 动力与照明配电设备集中布置，车站设动力照明配电室，车辆基地的单体建筑内用设备容量较大且在该建筑物内没有降压变电所时，应设置配电室；
- e) 负荷性质重要或者用电负荷容量较大的集中设备采用放射式配电；
- f) 中小容量动力设备采用树干式配电，用电点集中且容量较小的次要用电设备可采用链式配电，链接的设备不超过 5 台，其总容量不超过 10 kW；
- g) 电缆通道、电缆夹层应设照明，其电压不应超过 36 V；
- h) 动力设备及照明的控制可采用就地控制和远方控制；
- i) 插座回路应具有漏电保护功能；
- j) 车站站厅和站台设置清扫用移动电器的安全型电源插座；
- k) 当车站内设电炉、电热、分散式空调的电源时，采用单独回路供电。

17.5.5 动力照明用电设备的无功补偿宜在变电所内集中设置，对于容量较大、负荷平稳且经常使用的用电设备宜单独就地补偿。根据供电系统无功功率的分布特点，设置于变电所内的无功补偿装置可以考虑位置预留，待需要时投入设备。

17.5.6 正常运行情况下，用电设备端子处电压偏差允许值(以额定电压的百分数表示)符合下列要求：

- a) 电动机为±5%额定电压；

- b) 照明：在一般工作场所为±5%额定电压；对于远离变电所的小面积一般工作场所，难以满足上述要求时，可为+5%，-10%额定电压；应急照明、道路照明和警卫照明等为+5%，-10%额定电压；
- c) 其他用电设备当无特殊规定时为±5%额定电压。

17.5.7 车站照明种类可分为正常照明、应急照明、值班照明、广告照明。照明配电箱集中设置，车站站厅、站台公共区照明分组控制。

17.5.8 车站应急照明包括备用照明和疏散照明，其设置符合下列规定：

- a) 当正常照明失电后，对需要确保正常工作或活动继续进行的场所应设置备用照明；
- b) 火灾情况下正常照明断电时，对需要确保人员安全疏散的场所应设置疏散照明。

17.5.9 车站的站厅、站台照明光源宜采用节能型荧光灯或LED灯。

17.5.10 当正常交流电源全部退出，地面车站和车辆基地建筑物的应急照明供电时间符合GB 50016、GB 51309的有关规定。

17.5.11 照明照度标准应符合GB/T 16275、GB 55015、GB 55016和GB/T 50034的有关规定。

17.5.12 地面车站、车辆基地的建筑物及其他户外设施的防雷设计应符合GB 50057和GB 50343的有关规定。

17.5.13 车辆基地的场区、车站和高架区间应采取防雷措施。

17.5.14 当电气装置采用接地故障保护时，车站、区间、控制中心、车辆基地内的单体建筑等应设置包括建筑物或构筑物结构钢筋在内的总等电位联结。

17.5.15 动力与照明的其它设计符合GB 50054、GB 50055和行业标准GB 51348的有关规定。

17.6 电力监控

17.6.1 电力监控应包括电力调度系统（主站）、变电所综合自动化系统（子站）及专用数据传输通道。

17.6.2 当设有综合调度指挥系统时，电力调度系统宜集成到综合调度指挥系统中。

17.6.3 电力调度系统（主站）设备应按照双冗余系统的原则进行配置。变电所综合自动化系统宜采用单监控单元、单网配置。

17.6.4 电力监控的功能应满足变电所无人值班的运行要求。

17.6.5 电力监控系统应具备信息安全防护功能。

17.6.6 电力监控系统其他功能应符合GB 50157的相关规定。

17.7 综合接地

17.7.1 车站及车辆基地设置综合接地系统，接地装置应利用建筑结构钢筋作为自然接地体，其接地电阻不应大于接入设备中要求的最小值，接触电位差和跨步电位差应符合GB 50065的相关规定。

17.7.2 直流牵引供电系统应为不接地系统，牵引变电所中的直流牵引供电设备应绝缘安装。

17.7.3 当轨道梁采用金属结构时，应将金属梁作为贯通接地体，导向梁之间应可靠电气连接；当轨道梁为混凝土结构时，应设置全线贯通地线。

17.7.4 应将桥墩作为自然接地体，并与钢梁梁体或混凝土梁的贯通接地线可靠电气连接。

18 通信

18.1 一般规定

18.1.1 通信系统应满足悬挂式单轨交通运输需求，应为行车和乘客安全、运营管理提供稳定可靠的语音、数据和图像等通信业务，且应做到系统可靠、功能合理、设备成熟、技术先进、经济实用。

18.1.2 通信系统的总体方案及系统容量宜按近期建设规模设置、远期发展规划预留，且宜为其他线路的接入预留条件，并应与其他线路的通信系统实现必要的互联互通。

18.1.3 通信系统宜由专用通信系统和公安通信系统组成。

18.1.4 专用通信系统宜由传输系统、公务电话系统、专用电话系统、无线通信系统、广播系统、视频监视系统、乘客信息系统、时钟系统、集中录音系统、集中告警系统、办公自动化系统、电源系统及接地等组成。

18.1.5 当出现异常情况转至灾害运行方式时，专用通信系统应能提供应急通信服务，为救援和事故处理指挥提供保障，确保救灾的快速组织和指令的及时发布。

18.1.6 公安通信系统应满足公安部门的通信需求，并应在突发事件发生时，为公安部门的应急调度指挥提供保证。

18.1.7 通信各子系统均应具有网络管理功能，主要通信设备和模块应具有自检和报警功能，中心网管设备可采集和监测系统设备运行状态和故障信息。

18.1.8 通信系统设备应符合电磁兼容性的要求，并应具有抗电气干扰性能。

18.1.9 通信系统采用的轨旁设备和车载设备宜小型化、轻量化，并应适合在悬挂式单轨交通轨道结构体系环境下的安装和维护。

18.1.10 通信系统车载设备不得超出车辆限界，轨旁设备不得侵入设备限界。

18.1.11 通信系统设备应采取防雷措施。所选设备应满足国家有关电磁兼容、过电压、过电流指标相关要求。

18.2 传输系统

18.2.1 应建立以光纤通信为主的通信传输系统网络，并应满足悬挂式单轨通信各子系统和信号、自动售检票等系统各种信息传输的要求。

18.2.2 传输系统应利用不同径路的两条光缆构成自愈保护环。

18.2.3 通信干线光缆容量应满足各系统对光纤容量的需求，并应结合远期发展预留余量。

18.2.4 车站及区间线路的通信电缆、光缆应采用阻燃、低烟、无卤、防腐蚀、防鼠咬的防护层，并应符合杂散电流腐蚀防护要求。室外裸露电缆、光缆的外防护层应具有防阳光辐射、防雨淋等功能。

18.2.5 通信电缆、光缆应与强电电缆分开敷设。当光缆与强电电缆同径路敷设时，宜采用非金属加强芯。

18.2.6 通信光缆的敷设可不设屏蔽地线，但接头两侧的金属护套及金属加强件应相互绝缘，光缆引入室内应做绝缘接头。

18.2.7 通信光电缆的埋深、与其他管线及建筑物间的最小净距应符合 GB 50157 的规定。

18.2.8 通信光电缆敷设方式应结合悬挂式单轨交通轨道梁等土建结构特点考虑。

18.3 公务电话系统

18.3.1 公务电话系统应由中心交换设备、车站和车辆基地交换设备、自动电话机及网管设备等组成。公务电话系统可独立设置，可利用公网实现，也可与专用电话系统合设。

18.3.2 公务电话交换网与本地公用网的连接方式宜采用全自动呼出、呼入中继方式，并应纳入本地公用网的统一编号。中继线的数量应根据话务量大小和国家有关规定确定。

18.3.3 公务电话系统宜设置计费管理系统，并应采用统一用户编号。

18.3.4 公务电话系统应具备综合业务数字网络（ISDN）功能。公务电话应能自动转接市话网的 110、119、120 等特殊业务电话。

18.3.5 公务电话交换设备的容量应根据机构设置、新增定员、通信业务等因素确定，并应为发展预留余量。

18.3.6 公务电话基本功能、交换网传输衰耗及网络同步应符合 YD 5076 的规定。

18.4 专用电话系统

18.4.1 专用电话系统应为控制中心调度员、车站、车辆基地的值班员组织指挥行车、运营管理及保障行车安全而设置的电话系统设备。

18.4.2 专用电话系统应包括调度电话、站间行车电话、车站、车辆基地内直通电话。

18.4.3 专用电话系统应由中心交换设备、车站与车辆基地交换设备、终端设备及网管设备等组成。专用电话系统与公务电话系统可采用合设方式，但应保证调度专用功能。

18.4.4 调度电话应为控制中心调度员与各车站、车辆基地值班员，以及与办理行车业务直接有关的人员提供调度通信，主要应包括行车、电力、防灾、环控及维修等调度电话。

18.4.5 控制中心调度台宜设置在控制中心调度大厅内，行车调度电话分机应设置在各车站行车值班员和车辆基地行车值班员等处；电力调度电话分机应设置在电力值班人员所在的处所；防灾、环控调度分机应设置在防灾、环控值班人员所在的处所。行车调度电话可兼做防灾、环控调度电话。

18.4.6 调度电话应符合下列规定：

- a) 调度电话终端应能选呼、组呼和全呼分机，任何情况下均不应发生阻塞；
- b) 调度电话分机可对调度电话值班台进行一般呼叫和紧急呼叫；
- c) 应具有召集固定成员电话会议和实时召集不同成员的临时会议的能力；
- d) 调度电话系统应具有录音功能。

18.4.7 站间行车电话终端应设在车站行车值班员所在处所。

18.4.8 车站与车辆基地可根据运营需要在相关处所设置辐射式直通电话。

18.5 无线通信系统

18.5.1 无线通信系统应为控制中心调度员、车辆基地调度员、车站值班员等固定用户与列车司机、防灾、维修等移动用户之间提供通信手段。无线通信系统宜采用无线综合承载，同时实现无线语音调度和车地之间无线数据传输。

18.5.2 无线通信系统采用的工作频段及频点应由当地无线电管理部门批准。

18.5.3 无线通信系统应采用有线、无线相结合的方式。中心设备应通过光数字传输系统或光纤与无线基站连接，各基站应通过天线空间波传播或经漏缆的辐射构成与移动台的通信。

18.5.4 无线通信系统可根据运营需要设置行车、机电、防灾、乘客、车辆、维修和总调等调度台。

18.5.5 无线通信系统空间波覆盖的时间地点概率不应小于 90%，漏泄同轴电缆辐射电波的时间地点概率不应小于 95%。

18.5.6 无线通信系统应具有选呼、组呼、全呼、紧急呼叫、呼叫优先级权限等调度通信功能，并应具有录音与监测等功能。

18.5.7 在紧急状态下控制中心应能直接向车辆内的乘客进行广播，直接广播可由无线通信系统的车载设备设置的与车辆相关的广播系统接口实现。

18.5.8 列车车厢应设置紧急通话按钮，在紧急状态下乘客可直接与运营控制中心行车调度通话，直接通话可通过与无线通信系统的车载设备设置接口实现。

18.6 广播系统

18.6.1 广播系统应向乘客通告列车运行以及安全、向导、防灾等服务信息，向工作人员发布作业命令和通知。发生灾害时可兼做消防、救灾广播。

18.6.2 广播系统应由正线运营广播系统、车辆基地广播系统组成。正线运营广播系统应由中心广播设备、车站广播设备、列车广播设备及网管设备等组成。

- 18.6.3 控制中心应设置行车和防灾广播控制台,车站行车和防灾广播控制台可合设。控制中心广播控制台可对全线选站、选路广播;车站与车辆基地广播控制台可对本站/车辆基地管区内广播。
- 18.6.4 广播系统宜与无线通信系统移动终端设置接口。
- 18.6.5 正线运营广播系统行车和防灾广播的区域应统一设置。防灾广播应优先于行车广播。
- 18.6.6 列车进站时车站可自动广播乘客导乘信息,列车进站信息宜由信号系统提供。
- 18.6.7 正线运营广播系统车站负荷区宜按站厅层、站台层、出入口通道进行划分。负荷区各点的声场均匀度及混响指标应满足广播声音清晰、稳定的要求。
- 18.6.8 列车广播设备宜与车辆配套设置。列车广播设备应兼有自动和人工两种播音方式,并可实现控制中心调度员通过无线通信系统对运行列车的语音广播。
- 18.6.9 车辆基地广播系统应供车辆基地调度指挥人员向与行车直接有关的车辆基地内生产人员发布作业命令及有关安全信息等。车辆基地广播系统可接入正线运营广播系统。

18.7 视频监视系统

- 18.7.1 视频监视系统应为控制中心调度员、各车站值班员等提供有关列车运行、防灾、救灾及乘客疏导等方面的视觉信息。
- 18.7.2 视频监视系统应由中心控制设备、车站控制设备、图像摄取设备、图像显示设备、录像设备、视频信号传输设备及网管设备等组成。
- 18.7.3 视频监视系统应在售检票大厅、乘客集散厅、进出站闸机、站台、自动扶梯及电梯、换乘通道等公共场所,以及在变电所、票务室等设备用房设置视频摄像设备。
- 18.7.4 视频监视系统的摄像机、监视终端应采用符合国家广电标准的制式。在室外应根据天气变化和光线直射的影响采用宽动态摄像机。
- 18.7.5 视频监视系统应具备监视及控制优先级、循环显示、任意定格与锁闭、图像选择、不间断实时录像、摄像范围控制、字符叠加、远程电源控制等功能。
- 18.7.6 图像数字化编解码技术应采用标准通用的数字编码格式。

18.8 乘客信息系统

- 18.8.1 乘客信息系统应具有完备的信息处理能力,并应通过系统外部接口进行数据交换及将获得的数据经系统处理后,向乘客提供信息服务。
- 18.8.2 乘客信息系统除应提供运营服务信息外,尚可提供新闻、天气预报、道路交通等公共信息及公益广告等信息,并应支持文字、图片、视频信息等媒体格式,且在火灾自动报警系统报警时应具有联动功能,应能在紧急情况下显示辅助引导信息。
- 18.8.3 乘客信息系统需同时显示多类信息的终端显示设备,应具有每个区域可独立控制的多区域屏幕分隔功能,并应具备单独播放列表功能。
- 18.8.4 乘客信息系统应由控制中心子系统、车站子系统、车载子系统、网络子系统等组成。
- 18.8.5 乘客信息系统的车站终端显示设备宜设置于站台、站厅、出入口通道、换乘通道等区域。
- 18.8.6 车载子系统宜配备车载控制设备、图像存贮设备、网络设备和客室终端显示屏。
- 18.8.7 乘客信息系统的传输网络宜由通信系统构建;无线网络应满足列车高速运行时的无缝切换。
- 18.8.8 乘客信息系统宜设置与时钟系统、广播系统、视频监视系统、信号系统、综合调度指挥系统、安全技术防范系统等悬挂式单轨内部专业接口,并宜设置与数字电视、无线电视、有线电视等外部信息源接口。
- 18.8.9 乘客信息系统的数据线与电源线不应共用电缆,且不应敷设在同一根金属套管内。

18.9 时钟系统

18.9.1 时钟系统应为悬挂式单轨运营提供统一的标准时间信息,为通信各子系统及其他系统提供统一的时间信号。时钟系统应由中心母钟(一级母钟)、车站与车辆基地母钟(二级母钟)、时间显示单元(子钟)组成。

18.9.2 一级母钟应能接收外部北斗卫星导航系统(BDS)和全球卫星定位系统(GPS)的基准信号并自动进行校准。一级母钟应能定时向二级母钟、连接的子钟及其他需提供统一的时间信息的各系统发送时间编码信号用以校准;二级母钟产生的时间信号应能提供给本站的子钟。母钟应具有万年历功能及年、月、日、时、分、秒输出与显示。子钟应能显示时、分、秒。

18.9.3 一级母钟、二级母钟应配置数字式及指针式多路输出接口,一级母钟应配置数据接口与其他需要时间信息的系统连接。

18.9.4 一级母钟宜设置于控制中心,宜满足多条线路的共享。各车站与车辆基地应设置二级母钟;控制中心调度大厅、车站控制室、车辆基地值班室及其他与行车直接有关的办公室、站厅、站台等处所应设置子钟。

18.9.5 子钟可采取数字式和指针式及采用单面或双面显示,并宜采用网络子钟。在设置乘客信息系统显示终端的站台、站厅等处,宜由乘客信息系统显示终端的时间代替子钟功能。

18.10 集中录音系统

18.10.1 悬挂式单轨宜在控制中心、车站、车辆基地等处设置集中录音系统。

18.10.2 集中录音系统宜由数字录音设备、数据存储设备、查询终端设备等组成。录音对象宜包括广播系统控制台、无线通信系统(调度台、固定台)、专用电话系统(调度台、调度电话分机)等。

18.11 集中告警系统

18.11.1 通信系统宜设置集中告警系统。

18.11.2 集中告警系统可实现故障监测、安全管理等功能,与通信各子系统的网络管理设备应采用标准、通用的硬件接口和通信协议。

18.11.3 集中告警系统应利用通信各子系统具有的自诊断功能,采集通信各子系统的设备运行、故障信息,并进行告警和记录。

18.12 办公自动化系统

18.12.1 悬挂式单轨交通可配置办公自动化系统。

18.12.2 办公自动化系统应为运营和管理提供电子办公、信息发布、日常运作和管理、资源管理的信息平台。

18.12.3 办公自动化系统宜根据运营单位的需求,统一规划和实施办公自动化软件平台的建设。

18.12.4 办公自动化系统可利用传输系统作为主干传输网络,可在与运营相关的办公场所设置用户终端设备,并接入控制中心、车站、车辆基地设置的数据网络设备。

18.12.5 办公自动化系统应设置完善的网络安全措施。

18.13 电源系统及接地

18.13.1 通信电源系统应能对通信设备不间断、无瞬变的供电,并应具有集中监控管理功能。通信电源设备应满足通信设备对电源的要求。

18.13.2 通信设备应按一级负荷供电。

18.13.3 直流供电的通信设备宜采用高频开关电源方式集中供电。直流电源基础电压为-48V,其他种类的直流电源电压应通过直流变换器供电。

18.13.4 交流供电的通信设备应采用交流不间断电源(UPS)方式集中供电。

18.13.5 电源设备容量应符合下列规定:

- a) 直流、交流配电设备的容量应按远期负荷配置;
- b) 高频开关电源、不间断电源及蓄电池组的容量应按近期配置。

18.13.6 蓄电池组的连续供电时间应不少于 2 h。交流不间断电源设备的蓄电池宜设一组。直流供电设备蓄电池组宜设置两组并联,每组容量应为总容量的 1/2。

18.13.7 通信设备的接地系统设计,应满足人身安全和通信设备正常运行的要求。

18.13.8 通信系统接地宜采用综合接地方式,接地电阻值不应大于 1 Ω。当采用分设接地方式时,工作地接地电阻值不应大于 4 Ω,保护地及防雷地接地电阻值不应大于 10 Ω。

18.13.9 防雷与接地应按 GB 50343 的有关规定执行。

18.14 公安通信系统

18.14.1 公安通信系统应根据当地公安及消防部门要求设置,宜由公安视频监视系统、公安/消防无线通信引入系统、公安数据网络系统、公安电话系统、公安电源系统及接地等组成。

18.14.2 公安视频监视系统应满足公安部门对车站范围监视的需要。公安视频监视系统宜与专用通信视频监视系统合设。

18.14.3 公安/消防无线通信引入系统应实现与既有城市公安/消防无线通信系统的兼容及互连互通,应实现既有城市公安/消防无线通信系统覆盖至线路范围内。

18.14.4 公安数据网络应能满足公安部门对车站范围数据传输需求,并可接入既有城市公安数据网络。

18.14.5 公安电话系统应能满足公安部门对车站范围通话需求,并可接入既有城市公安电话网。

18.14.6 公安电源系统应满足公安视频监视系统、公安/消防无线通信引入系统、公安数据网络系统、公安电话系统等设备的供电需求。

18.15 通信用房要求

18.15.1 通信设备用房应根据设备布置确定机房及生产辅助用房的面积。通信系统设备可与其他弱电系统设备共用机房。

18.15.2 通信设备用房的布置,应经济适用、运转安全、缆线引入方便、配线最短和便于维修。

18.15.3 各种机房的面积均应按远期容量确定,并预留大修或设备改造面积。

18.15.4 通信设备用房环境应满足设备使用的要求。

18.15.5 通信设备用房的设计应根据通信设备及布线的要求,预留沟、槽、管、孔。

18.15.6 通信设备用房的室内最小净高不应小于 2.8 m(不含架空地板和吊顶高度),其他辅助用房应按办公用房工艺要求设计。

18.15.7 通信设备用房应符合 GB 50174 的规定。

19 信号

19.1 一般规定

19.1.1 信号系统应满足悬挂式单轨行车组织和运营管理需要,确保行车安全、提高运输效率、促进管理的现代化。

19.1.2 信号系统结构及设备配置应满足低运能、不同列车编组行车组织方式的要求。

19.1.3 信号系统应采用完整的列车自动控制(ATC)系统,信号系统宜满足 GOA3 级的全自动运行系统功能和控制要求。

19.1.4 信号系统应由行车指挥和列车运行控制设备组成,并应设置设备监测、故障报警及维护管理设

备。

19.1.5 信号系统应与车辆、供电、道岔、通信、站台门等机电系统接口，宜与 FAS、车辆基地停车库门、洗车机等设备接口实现全自动运行模式下设备联动。

19.1.6 信号系统应具有高可靠性、高可用性和高安全性。涉及行车安全的信号设备及电路必须符合故障一安全原则，采用的安全系统、设备应经过安全认证。

19.1.7 双线区段宜按双方向运行设计；单线区段应按双方向运行设计。

19.1.8 全自动运行模式的信号系统正线正向运行方向应具备全自动运行功能，反方向行车可根据运营需求设置全自动运行功能；出入场线及车辆基地内全自动运行区域应具备双向全自动运行功能。

19.1.9 信号系统应满足现代化维护管理的需求，所采用的轨旁设备和车载设备应小型化、轻型化，便于安装和减少维护频度，并应便于测试、更换。

19.1.10 信号系统的车载设备应不超出车辆限界，信号系统的轨旁设备应不侵入设备限界。

19.1.11 信号系统应具有良好的电磁兼容性，满足悬挂式单轨的工程环境及运行环境。

19.1.12 信号系统应具备完善的信息安全防护能力，在物理安全、网络安全、主机安全、应用安全、数据安全方面采取相应技术措施，能够防范病毒入侵、黑客攻击，具备对区域边界安全保护、数据审核等功能。

19.2 系统要求

19.2.1 信号系统应包括正线信号系统及车辆基地信号系统，ATC 系统应包括下列主要系统：

- a) 列车自动监控 (ATS) 系统；
- b) 列车自动防护 (ATP) 系统；
- c) 列车自动运行 (ATO) 系统；
- d) 数据通信系统 (DCS)；
- e) 维护管理系统 (MMS)。

19.2.2 信号系统列控方式宜采用移动闭塞制式或准移动闭塞制式。

19.2.3 全自动运行模式应仅在连续式通信的列车控制级别 (CBTC) 下运行。

19.2.4 ATC 系统满足运行能力要求，能实现故障弱化处理，满足不中断运营的需要。

19.2.5 ATC 系统监控和管理的列车数量应按最小追踪间隔能力所需列车数量设计，并应留有不小于 30% 的余量。

19.2.6 车辆基地宜部分或全部纳入 ATC 监控范围，其纳入部分的系统设备应由正线统一管理，具备与正线相同的列车控制模式和功能。

19.2.7 ATC 系统应具备下列控制功能，且在自动控制模式下均应具备人工优先介入控制能力：

- a) 运营控制中心自动控制；
- b) 运营控制中心调度员人工控制。

19.2.8 列车运行可具备下列驾驶模式：

- a) 全自动运行模式 (FAM)；
- b) 人工监督自动驾驶模式 (AM)；
- c) 人工驾驶自动防护模式 (CM)；
- d) 限制人工驾驶模式 (RM)；
- e) 非限制人工驾驶模式 (EUM)；
- f) 车辆基地限制驾驶模式 (DRM)。

19.3 列车自动监控系统 (ATS)

19.3.1 ATS 应具有下列功能：

- a) 列车自动识别、跟踪、车次号显示;
- b) 列车运行和设备状态自动监视;
- c) 进路和信号的自动/人工控制;
- d) 运行图和时刻表编制及管理;
- e) 列车运行自动调整;
- f) 操作与数据记录、回放、输出及统计处理;
- g) 系统故障时降级使用及故障复原处理;
- h) 车辆信息及人员管理;
- i) 列车运行模拟及培训。

19.3.2 ATS 还应具有下列功能:

- a) 自动制定派班计划和自动派车功能;
- b) 列车自动休眠和唤醒;
- c) 列车自动出库、入库及进入正线和退出正线服务功能;
- d) 自动扣车和跳停;
- e) 终端站自动清客;
- f) 出入库和出入车辆基地列车自动鸣笛功能;
- g) 车站区间火灾监控及系统联动功能;
- h) 车辆状态远程监控。

19.3.3 ATS 应符合下列规定:

- a) ATS 可监控一条或多条运营线路。监控多条运营线路时,各条线路应具有独立运营和混合运营的监控能力;
- b) ATS 计算机系统及网络系统应采用冗余技术,数据传输主备通道应能实现自动和人工切换;
- c) 列车出入车辆基地的能力应与正线行车能力相适应;
- d) 列车进路控制可根据运行图和列车车次号等条件实现自动控制;当采用基于车车通信的列车自动控制系统时,可将运行图下载到列车上,由列车自动触发进路;
- e) 在车站站台正向出站方向列车司机室前方位置及车辆基地出入场线进入正线位置,宜设置用以提示发车时刻的发车表示器,发车表示器应采用数字显示方式;
- f) ATS 系统容量、传输速率和传输距离应满足系统实时监控及行车指挥的运用要求;
- g) ATS 系统应能从时钟系统获取标准时间同步信号,并保持信号系统时钟统一。

19.4 列车自动防护系统 (ATP)

19.4.1 ATP 应具有下列功能:

- a) 检测列车位置,实现列车间隔控制和进路控制;
- b) 监督列车运行速度,实现列车超速防护控制;
- c) 防止列车误退行等非预期的移动;
- d) 为列车车门、站台屏蔽门的开闭提供安全监控信息;
- e) 记录司机的操作和设备运行状况。

19.4.2 ATP 还应具有下列功能:

- a) 列车休眠、唤醒过程的防护功能;
- b) 紧急制动缓解功能;
- c) 车门和站台门对位隔离功能;
- d) 与人员防护开关联动功能;
- e) 列车头尾设备冗余控制功能;

f) 车辆状态远程监控防护。

19.4.3 ATP 应符合下列基本要求:

- a) 信号系统应配置 ATP 系统, ATP 系统安全完整性等级应满足 SIL4 级要求;
- b) ATP 系统应由轨旁设备(含联锁功能)和车载设备组成, ATP 计算机设备应采用三取二或二乘二取二冗余结构;
- c) ATP 系统应按双方向运行设计;
- d) 为保证行车安全, 在安全防护地点运行方向的前方应设安全防护距离并留有余量;
- e) 列车自动防护系统宜采用连续式速度控制方式。

19.4.4 车载设备应符合下列要求:

- a) 应以列车停车为最高的安全准则, 任何车/地通信中断超时、列车超速、列车的非预期移动等均应导致安全制动;
- b) 当执行紧急制动时, 应切断列车牵引, 列车停车过程中不得中途缓解;
- c) 车门控制应在满足列车精确对位停车后才允许发出对应站台侧车门的开门命令。

19.4.5 ATP 系统联锁单元(或独立联锁设备)应符合下列基本要求:

- a) 联锁设备应符合故障—安全原则, 应采用必要的冗余和安全技术, 并应具备故障诊断和报警能力;
- b) 联锁设备应确保进路上的道岔、信号机和区段的安全联锁。当联锁条件不符时, 严禁进路开通。敌对进路应相互照查, 不得同时开通;
- c) 应能实现进路锁闭、接近锁闭、区段锁闭及道岔单锁, 并应能实现道岔的单独操纵和进路选动;
- d) 装设引导信号的信号机因故不能正常开放时, 应通过引导信号实现列车的引导作业;
- e) 进路人工控制通常采用进路始终端操纵方式, 可根据需要应可实现车站有关进路、端站折返进路的自动排列。

19.4.6 信号机设置和显示应符合下列要求:

- a) 信号机宜采用组合式小型色灯信号机, 宜根据轨道梁桥的墩柱设置情况合理布置;
- b) 信号机的设置应符合下列原则:
 - 1) 采用基于通信技术的 ATC 系统应以车载信号显示为主体信号, 轨旁仅设置出站、进出段/场信号机和尽头阻挡信号机, 可根据需要设置道岔防护信号机或道岔位置表示器;
 - 2) 当采用基于传统列车位置占用检测设备固定闭塞制式的 ATC 系统时, 可根据需要在出站、道岔、闭塞分区边界设置信号机作为主体信号, 车载信号显示可作为辅助信号。
- c) 信号机显示含义应符合 GB/T 12758 的规定。

19.4.7 ATP 系统与道岔的接口

- a) 联锁设备应通过与道岔控制柜接口实现对道岔的集中控制和信息采集;
- b) 与道岔的接口分界点宜位于道岔控制柜的外线端子;
- c) 联锁设备应提供驱动道岔至定位、驱动道岔至反位控制命令信息及其他现场手动操作所需的接口信息;
- d) 道岔控制柜应提供的与道岔位置相符的表示信息及道岔故障信息;
- e) 联锁设备与道岔的接口电路应满足双方接口需求, 并应符合故障—安全原则。

19.5 列车自动运行系统(ATO)

19.5.1 ATO 应具有以下主要功能:

- a) 列车站间自动运行;
- b) 列车在车站自动精确对位停车;

- c) 列车有人或无人驾驶自动折返;
- d) 列车运行自动调整;
- e) 列车运行节能控制;
- f) 列车车门开关的自动监控。

19.5.2 ATO 还应具有下列功能:

- a) 列车自动休眠和唤醒;
- b) 列车自动进出车辆基地;
- c) 列车车站自动停车、开关门、自动发车;
- d) 自动跳跃对标;
- e) 折返站全自动驾驶折返;
- f) 车辆基地自动转线作业。

19.5.3 ATO 应符合以下基本要求:

- a) ATO 系统须在 ATP 系统正常工作防护下使用;
- b) ATO 系统应线路条件、道岔状态、前方列车位置等实现列车速度自动控制;
- c) ATO 系统应满足不同列车运营时分的要求和列车运行自动调整的要求;
- d) ATO 应能自动精确对位停车, 停车精度应满足停站、折返和存车作业的要求; 安装有站台门的车站列车停车精度误差宜控制在 ± 0.3 m 范围;
- e) ATO 控制应满足舒适度、快捷性以及节能的要求;
- f) 列车采用储能供电系统时, ATO 宜根据电池管理系统 (BMS) 的状态信息自动调整控车策略。

19.6 数据通信系统 (DCS)

19.6.1 DCS 系统应包括轨旁骨干网络、车地无线网络和网络管理设备。

19.6.2 DCS 轨旁骨干网络应采用独立的热备冗余物理通信通道, 宜采用自愈型环网拓扑结构。

19.6.3 DCS 车地无线网络宜采用 A 网和 B 网双网冗余设计, A 网和 B 网工作信道相互独立。

19.6.4 DCS 网络管理系统宜采用 SNMP 标准协议、通过图形化界面对网络设备进行监控和管理。

19.6.5 DCS 网络管理系统可根据运营管理需要集成至维护管理系统或综合运维管理系统。

19.6.6 DCS 系统应满足信息安全防护等级标准的相关要求。

19.6.7 DCS 系统应满足信号系统配置调整和工程线路延伸的需求。

19.7 维护管理系统 (MMS)

19.7.1 MMS 系统应由中心服务器、车载诊断维护单元、监测系统和维护终端等组成, 负责信号系统的维护管理工作。

19.7.2 中心服务器存储和处理全线轨旁及车载信号系统的运维数据。

19.7.3 车载诊断维护单元收集车载信号设备的运维数据, 其中的重要信息通过车地无线信道实时发送给中心服务器。

19.7.4 车辆基地以及正线车站的监测系统应负责收集和处理本监测范围内信号设备状态和故障信息, 并将相关信息发送给中心服务器。

19.7.5 MMS 系统应存储不少于 90 天的运维数据, 车载诊断维护单元应存储不少于 7 天的运维数据, 并应实现数据的导出和处理。

19.8 车辆基地

19.8.1 车辆基地的信号系统可包括下列主要设备:

- a) 车辆基地 ATS 分机;

- b) 计算机联锁设备或 ATP 地面设备和无线信号覆盖设备;
- c) 试车线信号设备;
- d) 信号培训设备;
- e) 日常维修和检查设备。

19.8.2 车辆基地信号系统应满足下列基本要求:

- a) 车辆基地应设置进段/场信号机, 并应根据需要设置列车信号机、调车信号机及尽头阻挡信号机等;
- b) 根据车辆基地运行模式和作业特点, 信号设备可部分或全部纳入 ATC 的控制范围。ATC 控制区域的设备宜纳入正线统一管理, 在运营控制中心监控下, 可实现列车自动出入该区域;
- c) 试车线信号系统轨旁设备的布置, 应满足车载信号设备等双向试车的需要;
- d) 信号培训设备应模拟 ATC 设备的运行, 展示 ATC 系统的工作原理和实现对运营人员的线下培训。

19.9 信号供电

- 19.9.1 信号系统应采用集中电源和分路馈电的方式, 输出至室外设备的供电回路应采用隔离供电方式。
- 19.9.2 信号系统供电负荷等级应为一级负荷。
- 19.9.3 电源系统应采取稳压和滤波等措施。
- 19.9.4 车载设备电源应由车辆专业提供, 并应采取过压和过流保护措施。
- 19.9.5 信号系统可采用专用的电源屏和配电屏供电或综合电源系统供电, 并具有主、副电源自动和手动切换装置, 切换时不得影响用电设备正常工作。
- 19.9.6 信号电源宜设置不间断电源 (UPS) 设备和免维护电池设备, 电池后备供电时间应不小于 30 分钟。

19.10 防雷、电磁兼容与防护

- 19.10.1 电磁兼容应满足下列要求:
 - a) 在设计、制造信号设备时, 信号设备应具有良好的电磁兼容性能;
 - b) 信号设备在正常工作时间向设备外部可能发射的电磁干扰, 应符合电源和机箱端口试验项目规定的电磁发射限值要求。
- 19.10.2 信号系统接地应符合下列规定:
 - a) 信号设备应设工作地线、保护地线、屏蔽地线和防雷地线, 并宜采用接地线接入到综合接地系统, 接地电阻不应大于 1Ω , 当未设或局部未设综合接地体时也可分散接地, 分散接地电阻值不应大于 4Ω ;
 - b) 出入信号设备室的电缆应采用屏蔽电缆, 应在室内对电缆屏蔽层采用一端接地, 并应在引入口设金属护套;
 - c) 室外轨旁信号设备的金属箱、盒壳体应接地;
 - d) 车载信号设备的地线应经车辆接地装置接地。
- 19.10.3 信号系统防雷和防护应符合下列规定:
 - a) 室外轨旁信号设备、与外线连接的室内信号设备应具有雷电和浪涌防护措施, 设备受雷电干扰时不得错误动作;
 - b) 信号设备电力线引入处宜单独设置电源防雷箱;
 - c) 防雷元器件的选择应将雷电感应过电压抑制在被防护设备的冲击耐压水平之下;
 - d) 防雷元器件的设置不应影响被防护设备的正常工作;
 - e) 信号设备与供电接触网/轨之间应保持安全距离;

- f) 信号电缆线路与强电线路应分开敷设,当交叉跨越敷设时,应采取防护措施;
- g) 动力电缆与信号电缆的敷设间距应符合GB 50157的规定。

19.10.4 防雷与接地应按GB 50343的有关规定执行。

19.11 其他

19.11.1 信号系统在区间的线缆路由应在轨道梁、道岔梁、桥墩柱结构设计中规划和预留。

19.11.2 信号系统电线路应满足下列要求:

- a) 信号系统在区间轨道梁、道岔梁内部以及车站内敷设的线缆应采用无卤、低烟、阻燃型电缆;在室外暴露的线缆应采取遮蔽防护措施或采用低烟、低卤、难燃、抗太阳辐射、抗老化型电缆;
- b) 线缆芯线或芯对应有一定的备用量;
- c) 普通信号电缆的备用芯线数应符合下列规定:
 - 1) 9芯以下电缆备用1芯;
 - 2) 12芯~21芯电缆备用2芯;
 - 3) 24芯~30芯电缆备用3芯;
 - 4) 33芯~48芯电缆备用4芯;
 - 5) 52芯~61芯电缆备用5芯。
- d) 音频电缆的备用芯线应成对备用;
- e) 电缆贯穿隔墙、楼板的孔洞处均应实施防火封堵。

19.11.3 信号系统设备用房应满足下列要求:

- a) 信号设备室面积应留有适当余量,以备设备增加、更新倒换;
- b) 信号设备室应适应设备运行环境的要求,并应符合GB 50174的有关规定;
- c) 信号设备室内设备机柜布置间距应满足设备安装及正常维护的需要,并符合GB 50174的有关规定。

20 火灾自动报警系统

20.1 一般规定

20.1.1 悬挂式单轨交通车站、控制中心、车辆基地应设火灾自动报警系统(FAS)。FAS设计除满足本标准规定外,应符合GB 50116的相关规定。

20.1.2 FAS应直接联动控制消防专用设备。

20.1.3 悬挂式列车上设置的火灾自动报警系统,应能通过无线网络等方式将列车上发生火灾的部位信息传输给消防控制室。

20.2 系统组成及功能

20.2.1 悬挂式单轨交通FAS由中央级监控管理层、车站级(车站、车辆基地、控制中心大楼等)监控管理层、现场控制层以及相关通信网络等组成。监控管理层宜与综合调度指挥系统合并设置。

20.2.2 FAS的中央监控管理层由综合调度指挥系统实现,应具备下列功能:

- a) 与各站级FAS及操作员工作站、通信网络进行通讯联络;
- b) 接收、显示、存储全线火灾灾情信息;
- c) 确认火灾灾情,发布消防、疏散、救灾控制命令,并通过消防通信系统、消防广播系统向乘客发布疏散信息;

- d) 火灾事件历史资料存档管理;
- e) 接收、显示、储存、统计、查询、打印全线主要火灾报警设备、消防设备的状态信息。

20.2.3 有人值班的建筑宜设 FAS 车站级监控管理层。FAS 车站级监控管理层宜设置于各车站的车控室或车辆基地、控制中心大楼的消防控制室，由火灾报警控制器、图形显示装置、打印机、不间断电源及消防联动控制器、手动控制盘构成。FAS 站级监控管理层应有以下功能：

- a) 与火灾自动报警系统中央监控管理层及本站现场控制层间进行通信联络;
- b) 接收、显示、存储、并向控制中心转发辖区火灾报警信息;
- c) 确认火灾灾情、发布对辖区与防火救灾有关的消防设备的控制命令、通过消防通信系统、消防广播系统对辖区发布救灾指令和安全疏散命令;
- d) 接收、显示、存储、转发辖区主要消防设备运行状态信息;
- e) 实施对辖区重要消防联动设备的手动控制;
- f) 存储、打印事件记录和操作人员的各项操作记录。

20.2.4 现场控制层由输入输出模块、火灾探测器、手动报警按钮、消防电话及现场网络等组成，并应具备下列功能：

- a) 监视管辖内火灾灾情，采集火灾信息;
- b) 消防泵的低频巡检信号、运行状态、设备故障、管压力信号;
- c) 监视消防电源的运行状态;
- d) 监视车站所有消防救灾设备的工作状态。

20.2.5 全线火灾报警与联动控制的信息传输网络宜利用通信传输网络；FAS 现场级网络应独立配置。

20.3 消防联动控制

20.3.1 车站控制室、消防控制室中的消防控制设备应有下列控制及显示功能：

- a) 控制消防设备的启、停，并应显示其工作状态;
- b) 车站级 FAS 应能控制消防给水干管电动阀门的开关并显示其工作状态。

20.3.2 对防烟、排烟系统的控制应符合下列规定：

- a) 由 FAS 确认火灾，发布预定防烟、排烟模式指令;
- b) 由 FAS 直接控制接收指令执行联动控制;
- c) 运行模式状态应在火灾报警显示器装置上显示。

20.3.3 火灾时车站 FAS 应能根据火灾涉及区域，按供电配电范围，在配电室或变电所切断相关区域非消防电源，联动消防应急照明和疏散指示系统主机接通应急照明灯和疏散标志灯电源，监视工作状态。

20.3.4 车站 FAS 应联动自动检票机、门禁系统门锁处于开启状态。

20.3.5 车站 FAS 对消火栓泵除设自动控制外，还应在车站控制室设手动控制；对防烟、排烟设备除设置通过 BAS 的自动控制外，还应设手动和自动模式控制装置。

20.3.6 火灾时车站 FAS 应能联动广播系统强制转入火灾应急广播状态。

20.3.7 火灾时车站 FAS 应能自动控制防火卷帘的降落，并显示其工作状态。

20.3.8 火灾时车站 FAS（或 BAS）应能按疏散要求控制电梯的运行，并显示其工作状态。

- a) 消防联动控制器应具有发出联动控制信号强制所有电梯停于首层或电梯转换层的功能;
- b) 电梯运行状态信息和停于首层或转换层的反馈信号，应传送给消防控制室显示，轿箱内应设置能直接与消防控制室通话的专用电话。

20.3.9 对消火栓系统的控制应满足下列要求：

- a) 控制消火栓泵的启、停;
- b) 设消火栓泵的建筑应在消火栓处设消火栓按钮;
- c) 消防控制室应能显示消防泵的工作和故障状态和手动/自动开关位置、消火栓按钮工作位置。

20.4 火灾探测与报警装置的设置

20.4.1 车站站厅、站台等大空间部位应按防烟分区划分火灾探测区域。

20.4.2 火灾探测器设置应符合下列原则：

- a) 火灾探测器设置应与保护对象等级相适应；
- b) 地下站火灾探测器设置应满足下列要求：
 - 1) 站厅、站台、各种设备机房、库房、值班室、办公室、走廊、配电室、电缆隧道或夹层，以及长度超过 60 m 的出入口通道，应设火灾探测器；
 - 2) 设气体自动灭火的房间应设两种火灾探测器。
- c) 车辆停放和维修车库、重要设备用房、存放和使用可燃气体用房、可燃物品仓库、变配电室及火灾危险性较大的场所应设火灾探测器；
- d) 地面及高架车站封闭式的站厅、各类设备用房、管理用房、配电室、电缆隧道或夹层，应设置火灾探测器；
- e) 设置火灾探测器的场所应设置手动报警装置；
- f) 地下区间隧道、长度超过 30 m 的出入口通道应设置手动报警按钮。区间手动报警设置位置宜与区间消火栓的位置结合设置。

20.5 消防控制室

20.5.1 火灾自动报警系统中央级 FAS 应设置在悬挂式单轨交通全线控制中心内，并靠近行车调度。

20.5.2 车站消防控制室应与车站综合控制室结合设置。消防控制室应设置火灾报警控制器、消防联动控制器、消防控制室图形显示装置。

20.6 供电与布线

20.6.1 FAS 应设有主电源和直流备用电源。

20.6.2 FAS 直流备用电源宜采用专用蓄电池或集中设置的蓄电池组供电，其容量应保证火灾自动报警系统在主电源断电后连续供电 3 小时以上。采用集中设置蓄电池时，消防报警控制器供电回路应单独设置，保证控制器可靠工作。

20.6.3 FAS 主电源的保护不应采用漏电保护开关。

20.6.4 火灾自动报警系统接地装置的接地电阻值，应符合下列要求：

- a) 采用综合接地装置时，接地电阻值不应大于 1 Ω；
- b) 采用专用接地装置时，接地电阻不应大于 4 Ω。

20.6.5 火灾自动报警系统应设置等电位连接网络。电气和电子设备的金属外壳、机柜、机架、金属管、槽、浪涌保护器（SPD）接地端等，均应以最短的距离与等电位连接网络的接地端子连接。

20.6.6 FAS 的信息传输线路、供电线路、控制线路应满足以下要求：

20.6.7 FAS 的供电线路、消防联动控制线路应采用耐火铜芯电线电缆，报警总线、消防应急广播和消防专用电话等传输线路应采用阻燃或阻燃耐火电线电缆；

- c) 电力线缆和智能化线缆不应共用同一导管或电缆桥架布线；
- d) FAS 线路暗敷时，应穿管并应敷设在不燃烧体结构内且保护层厚度不应小于 30 mm；明敷时（包括敷设在吊顶内），应穿金属管或封闭式金属线槽，并应采取防火保护措施；
- e) FAS 线路采用的电缆竖井，宜与电力、照明用的低压配电线缆竖井分别设置。如受条件限制必须合用时，两种电缆应分别布置在竖井的两侧。

21 自动扶梯与电梯、站台门

21.1 一般规定

- 21.1.1 悬挂式单轨交通采用公共交通型自动扶梯。
- 21.1.2 车站宜采用无机房电梯，以满足车站无障碍功能要求。
- 21.1.3 车站可设置站台门，并具备安装站台门系统的接口条件。
- 21.1.4 站台门门体布置及安装应满足限界的规定。
- 21.1.5 站台门不得作为防火隔离装置。

21.2 自动扶梯

- 21.2.1 主要技术要求及参数应符合下列要求：
 - a) 自动扶梯宜具备变频调速的功能；
 - b) 设置于室外的自动扶梯应选用室外型产品。自动扶梯上、下平台应有防滑措施，寒冷地区应配备防止冰雪积聚的设施；
 - c) 自动扶梯运行强度应满足每天连续运行时间不少于 20 h，每周合计不少于 140 h，且在运行的任意 3 h 内，能以 100% 制动载荷连续运行的时间不应少于 0.5 h；
 - d) 自动扶梯应采用就地控制方式，宜设车站级控制；
 - e) 自动扶梯的额定速度不应小于 0.5 m/s；同向分段布置的自动扶梯应采用相同的速度；
 - f) 自动扶梯倾斜角度不应大于 30°，自动扶梯的梯级名义宽度不应小于 1.0 m；
 - g) 当名义速度为 0.5 m/s，自动扶梯上下水平梯级数量不应少于 3 块；当名义速度选用 0.65 m/s 时，上水平梯级数量不应少于 4 块，下水平梯级数量不应少于 3 块；当名义速度大于 0.65 m/s 时，上水平梯级数量不应少于 5 块，下水平梯级数量不应少于 4 块；
 - h) 自动扶梯的驱动电机应运行平稳，传动效率高，低噪声，使用寿命长；
 - i) 自动扶梯电机绝缘等级不小于 F，防护等级不小于 IP54，室外型自动扶梯不小于 IP55。
- 21.2.2 主要土建技术要求应符合下列要求：
 - a) 自动扶梯的设置应符合 GB 16899 的规定；
 - b) 自动扶梯的各支点应按设备安装要求设置预埋件和预留吊装条件；
 - c) 自动扶梯的安装位置应避开结构诱导缝和变形缝。

21.3 电梯

- 21.3.1 主要技术要求及参数应符合下列要求：
 - a) 电梯额定载重不应小于 1000 kg，在枢纽站或换乘站可适当提高电梯额定载重；
 - b) 电梯的额定速度不应小于 1 m/s；
 - c) 电梯的开门宽度不宜小于 1 m，宜选用双扇中分门；
 - d) 电梯应能实现车站控制室、轿厢、轿顶、底坑、控制柜或机房之间的五方通话功能；
 - e) 电梯轿厢内应设置视频监视装置；
 - f) 电梯底坑内应设置排水设施，并不应漏水、渗水；
 - g) 当车站发生火灾时，电梯接收到消防指令后应能自动运行到指定层，并打开电梯轿厢门和层门。
- 21.3.2 主要土建技术要求应符合下列要求：
 - a) 电梯的井道可采用钢井架玻璃井道或钢筋混凝土结构类型；
 - b) 当采用无机房电梯且井道顶部暴露于室外时，井道顶部宜采用防止阳光直射并具有通风散热设施；
 - c) 电梯井道应根据产品要求在土建工程中设置预埋件、预留孔及吊装条件；

- d) 电梯的安装位置应避开结构诱导缝和变形缝。

21.4 站台门

21.4.1 主要设计原则应符合下列要求:

- a) 站台门的类型应根据气候环境条件、车站建筑形式、服务水平、通风与空调制式等因素综合选定, 可选用半高站台门或全高站台门;
- b) 站台门与列车之间应采取防踏空措施;
- c) 站台门系统主要装置应便于在站台侧进行维护、维修;
- d) 站台门系统应具有障碍物探测功能、锁紧及解锁功能等防护措施;
- e) 站台门系统的配置及控制模式宜与车站其他系统相结合, 并应满足各种运营模式的要求;
- f) 站台门电气控制设备的防护等级应与环境条件相适应;
- g) 站台门的整体钢结构使用寿命不应少于 30 年;
- h) 站台门系统应满足电磁兼容性要求;
- i) 站台门系统应具备与信号、综合调度指挥 (或环境与设备监控) 、车辆、动力与照明等系统的接口条件;
- j) 站台门设置区域不宜有变形缝;
- k) 站台门系统所采用的绝缘材料、密封材料和电线电缆等应为无卤、低烟的阻燃材料, 且不应含有放射性成分;
- l) 全自动运行线路, 站台门具备对位隔离功能。

21.4.2 主要技术指标应符合下列要求:

- a) 滑动门开、关过程时间应与列车门的开关过程时间相匹配, 且在一定范围内可调节, 重复精度不应大于 0.1 s;
- b) 站台门噪声峰值不应超过 70 dB (A) ;
- c) 滑动门、应急门的手动解锁力不应大于 67 N;
- d) 手动开启单边滑动门的动作力不应大于 133 N;
- e) 系统的平均无故障运行周期不应小于 60 万个周期;
- f) 站台门门体结构在最不利载荷效应组合情况下, 门体弹性变形应满足工程要求, 且结构不应出现永久变形。各种荷载的取值应符合下列规定:
 - 1) 站台门站台设备自重应按实际重量取值;
 - 2) 站台门所承受风荷载应按工程所在地风荷载标准值计算;
 - 3) 站台门人群挤压力应按在其 1.1 m~1.2 m 高度处, 垂直施加于门体结构 1000 N/m 的挤压 力取值;
 - 4) 站台门门体冲击力测试可按 GB 15763 的规定执行;
 - 5) 地震作用的烈度应按当地抗震设防烈度要求取值。
- g) 站台门动力学参数应符合下列要求:
 - 1) 门体的加、减速度值应能达到 1 m/s²;
 - 2) 阻止滑动门关闭的力不应大于 150 N (匀速运动区间) ;
 - 3) 每扇滑动门的最大动能不应大于 10 J;
 - 4) 每扇滑动门关门的最后 100 mm 行程最大动能不应大于 1 J。

21.4.3 布置与结构应符合下列要求:

- a) 站台门应包括固定门、滑动门、应急门, 结合项目特点设置端门;
- b) 站台门的滑动门应与列车客室门位置、数量相对应;

- c) 每樘滑动门净开度不应小于列车门的净开度,单扇应急门净开度不应小于1.1 m。标准滑动门的净开度应在车辆客室门净开度的基础上考虑列车停车精度;
- d) 全高站台门中的滑动门、应急门的净高度不应小于2 m;半高站台门门体的总高度不应小于
- e) 站台门的滑动门、应急门、端门(如有)应能可靠锁闭,在站台侧可用专用钥匙开启,在轨道侧应能手动开启;
- f) 站台门门体外观宜与车站建筑风格相适应。门体应由金属框架、安全玻璃等组成,框架外露面宜采用铝合金或不锈钢等金属材料制成;玻璃应选用通透性好的安全玻璃,均质处理,玻璃自爆率不应大于3‰;
- g) 站台门与车站结构的连接部分宜具有三维调节功能,强度、刚度应满足设计要求。

21.4.4 运行与控制应符合下列要求:

- a) 站台门控制系统主要由中央控制盘、就地控制盘、门控单元、就地控制盒、控制局域网和接口模块组成;
- b) 站台门监控系统应以车站为单位独立设置,并应采用开放的通信协议;
- c) 站台门的重要状态及故障信息应上传至本站车站控制室;
- d) 中央控制盘和接口模块宜布置在站台门设备室,就地控制盘宜布置在每侧站台出站端;
- e) 站台门系统内各电气部件的防护等级应满足现场环境的使用要求;
- f) 整列站台门的控制优先权应按下列顺序从低到高排列:
 - 1) 信号系统对站台门进行开关控制;
 - 2) 就地控制盘对站台门进行开关控制;
 - 3) 通过紧急控制盘对站台门进行开关控制。
- g) 站台门的控制及监视应分别设置,控制命令及响应通过硬线传输。监视系统应能实现监视站台门系统的状态;
- h) 滑动门与列车门之间宜设置保障安全的阻挡设施及间隙探测装置;
- i) 滑动门应有防夹安全措施,宜探测到最小厚度5 mm、最小宽度为40 mm的硬障碍物。

21.4.5 供电与接地应符合下列要求:

- a) 站台门系统应按一级负荷供电,并应设置备用电源。驱动电源和控制电源供电回路应相互独立;
- b) 站台门驱动备用电源储能应能满足在30 min内至少完成开、关滑动门三次循环的需要。控制备用电源储能应能满足负载连续工作60 min;
- c) 配电电缆、控制电缆应采用不同线槽或同槽分室敷设;
- d) 站台门系统备用电源模块采用冗余配置;
- e) 站台门设备室设备应采用综合接地,接地电阻值不应大于1 Ω;
- f) 正常情况下,人体可触及的站台门金属构件与车站结构绝缘,门体与车站结构之间的绝缘电阻不应小于0.5 MΩ;
- g) 当车辆与站台之间存在电压差时,车站站台板应进行绝缘处理。

22 自动售检票系统

22.1 一般规定

22.1.1 悬挂式单轨交通应根据线网规划、建设规模和运营需求设置适应运营和管理需求的自动售检票系统(AFC)。

22.1.2 售检票系统应建立统一的密钥系统和车票制式标准,系统设备应能处理传统票卡及互联网+虚

拟电子票，具备关联城市的“一卡通”车票使用条件。

22.1.3 售检票系统应根据车站客流大小、车辆类型、运输能力、建筑规模及运营管理等条件设置为封闭式或开敞式的车站售检票运营模式。

22.1.4 售检票系统的设计能力应满足远期超高峰客流量的需要。若突发性和时段性客流特征较明显，售检票系统设计能力应可灵活调节和方便扩展。

22.1.5 售检票系统应以可靠性、安全性、开放性、可维护性为原则，并应保障数据的完整性、保密性、真实性和一致性。

22.1.6 售检票系统应实现与相关系统的接口。

22.1.7 当悬挂式单轨交通与不同形式的公交系统有换乘联系时，售检票系统应满足互联互通要求，并应制定技术接口标准；同时应设置清分系统，并宜采取灾备措施。

22.1.8 售检票系统的升级和扩容不应影响已运营系统的正常使用。系统的软、硬件应具有较高的兼容性和冗余性，系统计算及存储能力的提升应仅增加硬件即可实现。

22.1.9 售检票系统应具有防范入侵和保障安全的措施，并应具有身份鉴别和访问的多级别用户权限管理。

22.1.10 售检票系统应设置紧急按钮，并应与火灾自动报警系统实现联动；当车站处于紧急状态或检票机失电时，自动检票机阻拦装置应处于释放状态。

22.1.11 售检票系统应适应工作环境，并应具有连续 24 h 不间断工作的能力和良好的电磁兼容性。

22.1.12 乘客或操作人员身体接触到的售检票设备，其所有金属接触部分应具有漏电保护及可靠接地措施。

22.2 系统构成

22.2.1 售检票系统应由后端管理平台、前端售检票设备和车票组成，并可根据线网、线路规模大小和运营管理需求设置维修测试与培训设备。

22.2.2 后端管理平台应由中心系统与车站级计算机系统组成；前端设备宜由自动售票终端、自动检票终端和自助票务处理终端等组成。

22.2.3 售检票系统架构与后端管理平台的规模确定，应根据运量的需要设置满足运营需求的售检票管理系统。

22.2.4 线路网络化的售检票系统，应根据建设规模和线网规划情况，采用多层架构，简化系统结构。宜采用基于云架构的多条线路中心合设的方式。

22.2.5 当售检票系统设置车站计算机系统分区站管理时，应设置在中心站，并由中心系统集中管理。

22.2.6 售检票系统应设置一个互联网票务平台，互联网票务平台的规模和具体功能应根据线网规划、建设规模和客流特点确定，并与清分中心系统合设，实现传统票务及互联网+售票、检票及与第三方移动支付机构清算功能。

22.2.7 中心系统应由中央服务器、通讯服务器、管理工作站、存储设备、加密机、密钥设备、网络设备、不间断电源（UPS）和打印机等构成。

22.2.8 车站计算机系统应由车站服务器、管理工作站、网络设备、紧急按钮、不间断电源和打印机等构成。

22.2.9 售检票系统的终端设备应根据运营需求设置自动售票和自动检票设备。采用开敞式售检票模式的车站，宜在乘客上下车集中地设置自助票务处理机和检票设备；采用封闭式售检票模式的车站，车站现场设备可按智慧简约车站流线统一部署布置，具备去现金化或虚拟化的售票及安检票检一体化的设置条件。

22.2.10 售检票系统宜支持不同类型车票，各类型车票均应进行加密处理。

22.2.11 售检票系统传输网络应根据建设和运营需求自行组网或由通信专业组网，并宜根据实际情况

选择有线或无线的组网方式。

22.3 系统功能

22.3.1 中心系统应具备下列主要功能:

- a) 根据运营需求应能与其他数据信息系统进行参数互通互接,包括安全认证、参数、票价信息、黑名单、交易结算数据、清分数据、票务管理等;
- b) 应能实现操作权限管理、系统内设备认证管理,对原始数据实时上传的能在满足运营需求的时间内实现客流监视、故障信息采集和维护维修调度;
- c) 接受车站计算机系统上传的车站售检票设备的数据,应包括设备状态数据、原始交易数据、设备维修数据等;未设置车站计算机系统的线路,能直接实时采集终端设备数据;
- d) 应向车站计算机系统和售检票设备下发系统运行参数、运营模式、安全认证数据及黑名单等;
- e) 应对所采集数据按类型和用途进行分类处理,定期完成各种统计报表;
- f) 应对系统中运行参数的设置和更新进行管理,重要的参数和数据具有自动备份和恢复功能;
- g) 应能通过网络协议对时钟同步,并能同步售检票系统内联网设备时钟。

22.3.2 车站计算机系统应具备下列主要功能:

- a) 应接受中心系统下发的系统运行参数、运营模式、安全认证数据及黑名单等,并下传给车站售检票设备;
- b) 应采集车站售检票设备原始交易数据和设备状态数据,并上传给中心系统,当中心系统出现故障或通信中断时能独立运行;
- c) 应对车站售检票设备的运行状态进行实时监控,并能显示设备的工作状态及故障状态等信息;
- d) 应完成车站各种票务管理工作,自动处理当天的所有数据和文件,并能生成定期的统计报表。

22.3.3 车站自动售检票设备应具备下列主要功能:

- a) 自动售票终端设备应采用后台认证方式,认证成功后能发售单张或多张车票,并能实时向中心系统或车站计算机系统上传原始交易数据和设备状态数据;
- b) 自动检票终端应能对车票的合法性、有效性等相关信息进行查验;
- c) 自助票务处理机可由乘客自助处理各类票卡的票务问题。

22.3.4 互联网票务系统应具备下列主要功能:

- a) 互联网票务结算支付功能;
- b) 电子车票及密钥统一发行及管理功能;
- c) 接口规则管理功能;
- d) 系统安全管理功能。

22.4 票制、票务管理模式

22.4.1 售检票系统应采用集中监控和统一的票务政策、票务管理模式。

22.4.2 售检票系统应以单一票制或计程制为主,也可根据运营需求采用计时制、计次制等其他辅助票制相结合的方式。

22.4.3 封闭式车站售检票系统应采用非付费区售票和进入付费区检票的运营模式。

22.4.4 开敞式车站售检票可采用车外售票与上车检票或车内售/检票的运营模式,但同一线路或多路网的开敞式车站售检票系统应采用同一票务管理模式。

22.5 设备选型、配置及布置原则

22.5.1 设备选型、配置及布置应根据列车载客量、发车间隔、车站规模和安全疏散原则设计。

22.5.2 售检票设备根据使用环境情况,可采用设备加热、防水、散热或除湿等措施。

22.5.3 检票设备可实现多元过闸应用，并预留票检合一的设置条件，其功能和数量配置应满足实际运营的需要。

22.6 防雷与接地

22.6.1 售检票系统的线路中心及车站计算机系统、车站终端设备的配电应采用防雷与浪涌保护器进行保护。

22.6.2 售检票系统防雷接地应符合下列规定：

- a) 设备应设置接地装置；接地连接点应采用防腐措施；
- b) 系统应采用 TN-S 地接系统；
- c) 采用弱电综合接地方式，接地电阻应不大于 1Ω 。

23 综合调度指挥系统

23.1 一般规定

23.1.1 悬挂式单轨交通宜设置综合调度指挥系统，作为线路的自动化监控和数字信息共享平台。

23.1.2 综合调度指挥系统应遵循以运营调度和维护管理为中心的基本原则。

23.1.3 综合调度指挥系统应实现行车调度、电力调度、机电设备监控、系统智能运维、运营模式工况监控、能源管理等功能；宜实现乘客服务、辅助决策等功能。

23.1.4 综合调度指挥系统应采用集成和互联方式构建，宜采用基于云平台技术的系统架构，可采用基于行车调度为核心的集成方案。综合调度指挥系统宜集成电力监控、环境设备监控、火灾自动报警、站台门等系统，宜互联列车自动监控、广播、乘客信息、视频监视、门禁、安防集成平台、自动售检票、时钟、风力监测、通信集中告警、场段安防、能源管理等系统。可集成列车自动监控系统。

23.1.5 综合调度指挥系统的设计应符合下列规定：

- a) 应满足集中监控和管理、分层分布式控制、资源共享的要求；
- b) 应对机电系统网络、通信和数据进行总体规划设计；
- c) 应满足安全性、可靠性、可维护性、可扩展性的要求，并应满足分期实施、线路延伸及用户业务不断发展需求。

23.1.6 综合调度指挥系统应实现正常、故障、火灾、公共灾害和维护等运行工况控制模式的要求。

23.1.7 综合调度指挥系统的智能运维子系统宜实现报警管理、故障定位、维修调度、工单管理、现场维修帮助、设备管理等功能。

23.1.8 综合调度指挥系统及其集成子系统应采用统一的软件平台、统一的人机界面、统一的命名和编码规则，并应建立统一的系统接口标准。

23.1.9 综合调度指挥系统的电源可与其他专业进行整合，综合调度指挥系统（含云平台）的蓄电池后备时间应不小于 0.5 小时。

23.1.10 各车站、控制中心及车辆基地可设置环境与设备监控系统，环境与设备监控系统宜集成于综合调度指挥系统。

23.1.11 环境与设备监控系统的设置应遵循分散控制、集中管理、资源共享的基本原则。

23.2 系统功能

23.2.1 综合调度指挥系统应符合下列基本要求：

- a) 对全线监控对象的状态、参数数据进行实时收集及处理；
- b) 通过自动或人工方式向全线被监控对象或系统发送控制命令；

- c) 提供统一的、多层次的监控显示及操作;
- d) 提供全系统的网络状态图。网络状态图应显示系统主要设备的运行状态和网络通断状态;
- e) 提供全线各区域、各系统之间的联动功能;
- f) 设置与上一级调度指挥系统或其他智慧系统的接口;
- g) 中央级综合调度指挥系统应具备重要控制对象的远程手动控制。车站控制室综合后备盘应集中设置对集成和互联系统的手动后备控制。

23.2.2 综合调度指挥系统应具有下列主要功能:

- a) 实现行车调度自动化功能;
- b) 提供动态显示的供电系统图、变电所主接线图、接触网/轨供电分段示意图、顺控等用户画面, 以及变电所盘面图;
- c) 能监视全线各车站的通风与空调系统、给排水系统、电梯、自动扶梯、动力照明系统等设备的运行状态;
- d) 管理全线的火灾报警, 并应显示具体报警部位;
- e) 具备乘客信息和乘客广播系统的信息编辑和发布管理功能;
- f) 实现视频监控系统的操控功能, 对视频监控图像切换、保存回放、云台调节等控制操作;
- g) 监视不间断电源的工作状态、各种电量参数、报警信息及电池状态等;
- h) 能够从通信时钟系统获取标准时间同步信号;
- i) 接收风力监测系统的状态和报警信息。

23.2.3 智能运维子系统功能要求:

- a) 实时监测和数据采集。对各机电系统的设备工作状态、系统运行状态、报警状态、I/O 状态、与其他子系统通信状态以及各子系统的应用信息数据进行在线监测和采集, 并以集中报警、工作状态图、连接图、I/O 状态图、机柜板卡图等方式进行图形化展示;
- b) 数据存储和使用。系统应建立数据中心, 存储所采集的各子系统数据, 进行结构化存储, 并支持实时、非实时的查询、调用和分析。基于系统存储的大量数据, 通过数据建模和数据挖掘算法结合具体业务逻辑进行数据分析, 主要针对设备主要运行参数, 分析出设备的性能状态。通过图形化、预警或故障报警的方式通知显示, 达到提前预测设备运行情况的目的。数据处理结果可为统计分析、辅助决策等提供指标生成的基本条件, 应具备数据可视化驾驶舱相关功能;
- c) 工单和设备库存管理。根据来自各子系统的故障报警信息、基于大数据分析产生的预警信息和设备的周期性维护维修信息, 提出对信号设备的维护管理计划, 并由这些计划触发实际工单;
- d) 智能运维子系统可接入多个专业的运维信息, 实现智能运维数据的多专业处理分析, 和多专业协同的人性化运维。具有实现故障树分析、知识图谱学习推导、机器学习、模型训练及功能演进等工作。

23.2.4 基于云平台信息系统的基本要求:

- a) 新型悬挂式单轨交通信息系统的 IT 架构宜采用云计算平台架构, 遵循集中管理、高效可靠、按需划分、弹性分配的原则为各系统提供相应等级的服务, 可根据各业务系统业务属性特征和网域安全需求等因素分配基础设施资源池(含计算、存储、网络、安全等资源池);
- b) 云计算平台的基础设施应支持多种虚拟化技术, 应能兼容主流厂商的多种异构设备, 应根据业务场景需要, 选择通用的、绿色节能的设备, 应根据各业务系统对云计算平台的需求, 选择不同性能的服务器、存储、网络及安全设备;

- c) 基础设施即服务(IaaS层服务)应实现计算、存储、网络等多种资源池进行统一调度和管理,对不同厂商的底层硬件设备、多种虚拟化技术的平台进行异构管理,对并支持虚拟化及裸机管理。云计算平台网络宜采用软件SDN技术,也可采用硬SDN技术;
- d) 各系统应向数据平台提供共享数据,通过数据平台进行数据交换,数据平台应根据整体的数据使用规范向各系统提供各系统所需数据,并对数据使用过程进行详细记录;
- e) 数据平台应采用开放性的系统架构设计,应充分考虑本系统与其它系统间对接,便于接入多种已有的业务平台、业务数据和第三方平台;
- f) 数据中心内的计算资源池、网络资源池、存储资源池、安全资源池以及云管理平台等模块应具有一定的冗余措施;
- g) 综合调度指挥系统和云平台应满足GB/T 22240规定的信息系统安全保护能力第三级要求。

23.3 系统组成

- 23.3.1 车站、车辆基地和主变电所应设置接入设备,可根据需要置站级工作站。
- 23.3.2 综合调度指挥系统监控的现场设备宜采用以太网形式进入主干网或云计算平台的车站汇聚交换机。
- 23.3.3 综合调度指挥系统可采用云计算技术简化系统构成和配置、增强系统性能、节省资源。
- 23.3.4 综合调度指挥系统中应建立网络管理系统、智能运维子系统、培训系统等功能系统。

23.4 软件要求

- 23.4.1 平台软件应符合下列规定:
 - a) 应采用跨平台的软件系统,并应为其他应用软件提供二次开发接口;
 - b) 应具备实时处理能力,符合系统性能要求规定;
 - c) 应在服务器上实现大容量数据的集中处理和统一管理,并应实现数据的完整性与一致性;
 - d) 应能支持综合调度指挥系统项目分期实施、专项分包、分专业维护,应能支持符合特定专业需求的应用扩展。
- 23.4.2 应用软件应符合下列规定:
 - a) 应全面支持系统功能的实现和扩展;
 - b) 应提供方便的监视、管理和维护工具;
 - c) 人机界面设计应符合人机工程学原理。

23.5 接口要求

- 23.5.1 综合调度指挥系统应提供对各种系统的信息接入机制,应以标准的、可扩展的方式通过接口进行访问。
- 23.5.2 综合调度指挥系统应通过内部接口将被集成子系统无缝接入。通过内部接口所传输的信息应在接口双方具有一致的表达形式。
- 23.5.3 综合调度指挥系统应通过外部接口实现与互联系统的信息互联互通。
- 23.5.4 接口应具有故障诊断能力,关键环节应具有故障自修复能力,并应保证接口功能正常。

23.6 接地

综合调度指挥系统设备应进行接地设计,接地采用弱电综合接地方式,接地电阻应不大于 1Ω 。

24 环境与设备监控系统

24.1 一般规定

24.1.1 空中轨道交通工程应针对其特点、城市的气候环境和其他相关条件，设置不同规模、水平的环境与设备监控系统（BAS）。

24.1.2 环境与设备监控系统的设置应遵循分散控制、集中管理、资源共享的基本原则。

24.1.3 环境与设备监控系统应满足运营管理各设备系统的要求。

24.1.4 环境与设备监控系统监控内容应满足运营需要，并应符合 GB/T 50314 的相关规定。

24.1.5 根据项目实际情况，可不设置环境与设备监控系统。

24.2 系统设计及基本功能

24.2.1 环境与设备监控系统应采用分层、分布式计算机控制系统，并应由中央监控管理级、车站监控级、现场控制级及相关通信网络组成。

24.2.2 当全线设置综合监控系统时，环境与设备监控系统应在车站级由综合监控系统集成，环境与设备监控系统车站及中央级监控功能由综合监控系统实现。当全线无综合监控系统时，环境与设备监控系统应在车站级及中央级配置独立的工作站。

24.2.3 环境与设备监控系统的监控范围宜包括车站、控制中心和车辆基地。被监控对象宜包括通风空调设备、给排水设备、自动扶梯及电梯、站台门、照明系统、导向标识系统、EPS、UPS 等。

24.2.4 环境与设备监控系统网络结构应符合下列规定：

- a) 中央级与车站级之间的传输网络宜由磁悬浮通信传输系统提供；
- b) 应满足中央级和车站监控的实时性要求；
- c) 应具备减少故障波及面，单点故障不应影响网路正常通信的功能；
- d) 系统应具有良好的可靠性、开放性和可扩展性。

24.2.5 环境与设备监控系统应能监控设备运行状态，并将有关数据集中存储、分析，实现设备运行管理自动化。

24.2.6 中央级网络应具有以下功能：

- a) 中央级局域网连接服务器、操作工作站和通信等设备，应保证数据传输实时可靠，并应具备良好的可扩展性；
- b) 中央级局域网宜采用冗余结构；
- c) 中央级监控网络应通过通信传输网和车站级监控网相连，任一车站工作站与中央级工作站的退出，均不造成网络中断；
- d) 中央级网络为环境与设备监控系统数据传输提供的通信速率不低于 100Mbps。

24.2.7 车站级网络应具有以下功能：

- a) 车站级局域网连接控制器、操作工作站和通信设备，应保证数据传输的实时可靠，并应具备良好的开放性、扩展性并采用标准通信协议；
- b) 车站级局域网应具备良好的抗电磁干扰能力。

24.2.8 现场级总线网络应具备下列功能：

- a) 符合相关现场总线标准；
- b) 实现系统的分散控制；
- c) 可连接智能仪表；
- d) 连接远程 I/O 和控制器；
- e) 适应现场环境及具有抗电磁干扰能力。

24.3 硬件要求

24.3.1 环境与设备监控系统设备应选择具备高可靠性、容错性、可维护性的工业级控制设备；事故通风与排烟系统设备的监控应采取冗余措施。

24.3.2 中央级硬件设备应按下列要求配置：

- a) 应配置两台操作工作站，并列运行或采用冗余热备技术；
- b) 可配置一台维护工作站，应能监视全线环境与设备监控系统运行情况；
- c) 可配置两台冗余服务器；
- d) 应至少配置一台事故信息打印机及一台报表打印机；
- e) 应配置在线式不间断电源，后备时间不应小于1h；
- f) 可配置大屏幕显示系统，其设计应与行调、电调、视频监视等系统协调；
- g) 应与通信系统母钟时间同步；
- h) 当环境与设备监控系统被综合监控系统集成时，中央级硬件设备应由综合监控系统设置。

24.3.3 车站级硬件设备应按下列要求配置：

- a) 应配置工业控制计算机作为车站级操作工作站；
- b) 应配置在线式不间断电源，后备时间不应小于1h；
- c) 应配置一台打印机兼作历史和报表打印机；
- d) 应在车站控制室配置综合后备控制盘，作为环境与设备监控系统火工况自动控制的后备措施，其操作权限应高于车站和中央操作工作站，盘面应以火工况操作为主，操作程序应力求简便、直接；
- e) 当环境与设备监控系统被综合监控系统集成时，车站级硬件设备及综合后备盘应由综合监控系统设置。

24.3.4 其他应满足GB 50157—2013中21.4的相关要求。

24.4 软件基本要求

24.4.1 环境与设备监控系统软件系统应在成熟、可靠、开放的监控系统软件平台的基础上，按运营需求开发利用软件。

24.4.2 系统软件应提供良好、通用的开放性接口。

24.4.3 数据组织和展现方式应满足磁悬浮系统监控的特点，应采用面向对象（设备）的大容量分布式实时数据库，数据应采用层次化模型结构。

24.4.4 其他应满足GB 50157—2013中21.5的相关要求。

24.5 布线及接地

24.5.1 环境与设备监控系统管线布置应具有安全可靠性、开放性、灵活性及可扩展性。

24.5.2 环境与设备监控系统的传输线路和50V以下供电的控制线路，应采用电压等级不低于交流250V的铜芯绝缘导线或铜芯电缆；220V/380V的供电和控制线路应采用电压等级不低于交流500V的铜芯绝缘导线或铜芯电缆。

24.5.3 环境与设备监控系统的信号线与电源线不应共用电缆，并不应敷设在同一根金属套管内。

24.5.4 采用屏蔽布线系统时，应保持系统中屏蔽层的连续性。电缆屏蔽层宜采用一点接地。

24.5.5 接地电阻不应大于1Ω。

25 安全技术防范系统

25.1 一般规定

25.1.1 安全技术防范系统应根据当地相关部门要求设置,应设置视频监视系统、入侵报警系统、安全检查及探测系统、门禁系统、电子巡查系统和安防集成平台等技术防范系统。

25.1.2 系统应以标准化、集成化、结构化、模块化和网络化的方式实现,应具有平滑可扩展性,应适应系统维护、升级、扩容及技术发展的需要,系统升级扩展时应确保历史记录无障碍地继续使用。

25.1.3 安全技术防范系统中的各子系统应集合成为一个整体,由独立的安防集成平台统一管理。

25.1.4 系统安全性设计、电磁兼容性设计应符合GB 50348的规定。

25.1.5 安全技术防范系统的基础网络设施、信息系统等应符合国家网络安全等级保护制度。

25.1.6 系统所使用的设备应符合GB/T 26718的规定。

25.2 视频监视系统

25.2.1 视频监视系统应对悬挂式单轨交通区域进行实时、有效的视频监控。

25.2.2 视频监视系统设计要求见本标准18.7节。

25.3 入侵报警系统

25.3.1 入侵报警系统应对悬挂式单轨交通设防区域的非法入侵行为进行有效的探测和报警。

25.3.2 入侵报警系统应由前端设备、传输设备、控制、显示、处理和记录设备组成。

25.3.3 入侵报警系统应符合GB 50394和GB 51151的规定。

25.4 安全检查及探测系统

25.4.1 安全检查及探测系统应根据当地相关部门要求设置,宜包括炸物探测系统、液态危险品探测系统、常规武器和金属探测系统、X射线检查系统等。

25.4.2 安全检查及探测系统应符合GB 51151的规定。

25.5 门禁系统

25.5.1 悬挂式单轨交通工程中车辆基地、控制中心、车站等涉及安全的重要设施的通道门、系统和设备用房门及管理用房门应设门禁。

25.5.2 各监控对象安全等级的确定应满足运营需要,并应符合GB 50157的相关规定。

25.6 电子巡查系统

25.6.1 电子巡查系统应通过信息识读等方式对巡查人员的工作状态进行监督、记录。

25.6.2 电子巡查系统应由信息装置、采集装置、信号转换传输及管理终端组成。

25.6.3 电子巡查系统应符合GA/T 644和GB 51151的规定。

25.7 安防集成平台

25.7.1 安防集成平台应根据公共安全防范监控管理的要求,由站点级和线路中心级构成。

25.7.2 各级安防集成平台应能独立工作,发生单站点故障或网络通信故障时,不应影响其他部分的正常运行。

25.7.3 系统应具备图形显示、状态显示、系统控制、操作管理、信息记录、记录处理和系统修改功能。

25.7.4 安防集成平台应符合GB 51151的规定。

25.8 电源系统及接地

25.8.1 电源系统应能对安全技术防范系统设备不间断、无瞬变的供电,并应具有集中监控管理功能。安全技术防范系统电源可独立设置,也可与其他弱电系统进行整合。电源设备应满足安全技术防范系统

设备对电源的要求。

25.8.2 安全技术防范系统设备宜采用交流不间断电源(UPS)方式集中供电。交流不间断电源设备的蓄电池宜设一组,蓄电池组的连续供电时间应满足系统功能需求。

25.8.3 安全技术防范系统设备的接地系统设计,应满足人身安全和设备正常运行的要求。

25.8.4 安全技术防范系统接地宜采用综合接地方式,接地电阻值不应大于1Ω。当采用分设接地方式时,工作地接地电阻值不应大于4Ω,保护地及防雷地接地电阻值不应大于10Ω。

25.8.5 防雷与接地应按GB 50343的有关规定执行。

25.9 用房要求

25.9.1 安全技术防范系统设备用房应根据设备布置确定机房及生产辅助用房的面积,可与其他弱电系统设备共用机房。

25.9.2 安全技术防范系统设备用房应符合GB 50174的规定。

26 运营控制中心

26.1 一般规定

26.1.1 悬挂式单轨交通运营控制中心应对全线的列车运行、电力供给、环境状况及车站设备、票务运行等全过程进行集中监控、统一调度指挥和管理。

26.1.2 运营控制中心建设应根据城市国土空间规划要求,可单条线路建设,也可多条线路合建,或与其他形式的城市轨道交通线路共同建设。

运营控制中心应具备行车调度、车辆管理、乘客服务、电力调度、机电设备监控、票务管理、防灾指挥等调度和管理功能,对运营全过程进行集中监控、统一指挥和管理,主要功能如下:

- a) 监控、指挥列车运行和自动或人工调整运行计划;
- b) 监控和管理通信、供电、机电设备、防灾报警等系统和设备运行;
- c) 向列车上和车站的乘客提供服务,并监控和管理服务过程;
- d) 紧急事件处置及组织应急救援;
- e) 线路各系统设备故障信息的收集,组织指挥大型故障的抢修和抢险工作;
- f) 运营控制中心宜预留与上一级指挥平台的接口,服从线网统一调度指挥等。

26.1.3 运营控制中心应兼作防灾和应急指挥中心,并应具备防灾和应急指挥的功能。

26.1.4 运营控制中心宜配置列车自动控制、通信、乘客服务、综合调度指挥与运维管理、票务、防灾报警、应急指挥等系统。

26.1.5 运营控制中心的总体布置应做到安全可靠,操作、维修及管理方便,运营成本低廉等,并应根据运营管理模式、线路规划、系统配置、设备类型及数量等,确定运营控制中心的规模及装修标准,同时应预留未来发展的余地。

26.1.6 运营控制中心宜选择靠近城市道路干线、悬挂式单轨交通车站或车辆基地附近、接近监控管理对象的中心地带。当与其他城市轨道交通线路合建时,宜选择能兼顾多条线路的地方。

26.1.7 控制中心应设置火灾自动报警、环境与设备监控、火灾事故广播、自动灭火、水消防、防排烟等消防设施控制系统。多线共用的中央控制室应设置自动灭火系统。

26.2 功能分区与总体布置

26.2.1 运营控制中心按功能可划分为运营监控区、运营管理区、设备区、维修区及辅助设备区。各功能区的设置应与运营管理体制和运行模式相适应。

- 26.2.2 设备区和运营管理区应靠近运营监控区，设备区和维修区宜相邻设置。
- 26.2.3 运营监控区和设备区不宜设在高层建筑的顶层和地下。
- 26.2.4 运营监控区应设置中央控制室，可根据运营需要另外设置参观室或参观通道。中央控制室应作为独立的安全分隔区，并应配置安保隔离设施。
- 26.2.5 中央控制室各系统设备的布置及设计应符合下列规定：
- a) 与运营、管理和安全无关的系统和设备不宜进入，同时不得安装大功率的电器设备及其他动力设备；
 - b) 室内设备布置应整齐、紧凑，便于观察、操作和维修，并便于调度人员行动和疏散。调度台的布置不可遮挡正常观察显示屏的视线；
 - c) 室内总体布置应以行车指挥为核心进行各调度台和显示屏的布置，总体布置应便于行车调度、机电调度、防灾调度、乘客调度、车辆调度、维修调度和总调等席位之间的信息沟通；
 - d) 中央控制室应具备紧急事件指挥中心的功能，并宜在中央控制室设置运营决策和应急处理工作区域或在中央控制室邻近设置应急事件指挥室；
 - e) 各系统显示屏宜统一布置，调度台和显示屏宜呈弧形设置。显示屏的屏前和屏后、调度台的台前和台后应留有操作和维护作业空间，并预留近期和远期发展位置；
 - f) 当中央控制室的规模按多条线路设计时，宜按专业划分，也可按线路进行划分，并应将每条线的行车调度、电力调度和环控调度台等集中布置。
- 26.2.6 运营管理区宜根据运营管理的需要配置相应的运营管理用房。
- 26.2.7 设备区的设备室及室内设备的布置与设计应符合下列规定：
- a) 设备室的布置可根据运营管理模式按线路划分或按系统划分，以及采用封闭式布置或通透开放式布置；
 - b) 各系统设备室的布置楼层宜以方便运营管理、体现安全性和重要性为原则；
 - c) 设备室内布置应整齐、紧凑，便于观察、操作和维修；
 - d) 设备布置应使设备之间的联线短，外部管线进出方便；
 - e) 大功率的强电设备不得与弱电设备混合安装和布置，除自动灭火系统外，各电气系统设备室不得有水管穿过，风管穿过时应安装防火阀。
- 26.2.8 维修区宜设置系统维修、测试、备品备件、工器具等用房，以及系统维修机构办公室、值班室等。维修区上述用房各系统可共用或分设。
- 26.2.9 辅助设备区各系统设备用房的布置及设计应符合下列规定：
- a) 辅助设备区宜设置供电和低压配电、通风和空调、水消防和自动灭火、给排水等系统的设施和用房；
 - b) 供电和低压配电、空调、水消防及给排水等辅助设施宜设置在地面层或地下一层，通风系统和自动灭火系统等宜设置在各层距用户较近的场所。

26.3 建筑与装修

- 26.3.1 运营控制中心的建筑布局应体现交通管理技术工艺要求，同时应符合下列规定：
- a) 运营控制中心的建筑应满足工艺设计要求，并力求实用、经济、简洁、美观；
 - b) 中央控制室室内的净高应结合房间面积大小及视线的要求进行设计，但不宜低于4m，当线路规模较小时，也可适当降低净高，但不宜低于3.5m；其他设备用房净高不应小于3m；
 - c) 中央控制室内各调度台之间应设有通道，当距门最远的调度台通道距离超过10m以上时，应设两个出入口与外部相连，其中至少应有一个门应满足宽度不小于1.2m、高度不小于2.3m，并应符合国家消防规范的规定；

- d) 当运营控制中心与其他建筑合建时,应具有独立性、安全性和可靠性,同时应设置独立的进出口通道,并应满足紧急情况下的疏散要求。

26.3.2 运营控制中心的建筑装修应满足设备工艺要求,且应符合下列规定:

- a) 建筑装饰装修工程所用材料应符合国家有关建筑装饰装修材料有害物质限量标准的规定;
- b) 建筑装饰装修工程所使用的材料应按设计要求进行防火、防腐和防虫处理,并应符合 GB 50222 的规定;
- c) 中央控制室宜设吊顶,并应满足敷设通风管道和管线的要求,吊顶宜采用轻质、耐火材料;
- d) 地面应装设防静电活动地板,设备不应直接安装在防静电活动地板上,并应根据需要设置各调度台的系统管线接口及电源插座;
- e) 室内装修与照明不应在显示屏上产生眩光。

26.3.3 运营控制中心结构设计除应满足国家规范外,对特殊设备荷载应根据要求单独计算确定,并应满足设备运输、安装的需要。结构安全等级应按一级设计。

26.4 布线

26.4.1 控制中心应有序敷设管线,并宜采用综合布线和综合管线敷设方式。

26.4.2 综合布线和综合管线应为检修、更新改造预留空间;综合布线和综合管线应具有防火、防水和防鼠等安全功能。

26.4.3 电缆的选择和管线的敷设过程应满足强电、弱电和消防等专业的要求。管线敷设宜做到线路短、交叉少。

26.4.4 竖向布线宜采用电缆井敷设方式,并应满足强电、弱电和消防等专业的要求。

26.4.5 水平布线宜采用电缆夹层敷线方式,并应根据夹层的具体情况,分层分区设置电缆桥架或汇线槽。动力电缆和弱电电缆应分开敷设。

26.4.6 中央控制室内的电线、电缆和管线宜隐蔽敷设。

26.5 供电、防雷与接地

26.5.1 控制中心可单独设置降压变电所,降压所内应设两台动力变压器,分别引入两路相对独立的电源供电,满足控制中心一、二、三级负荷的需要,当一台变压器退出运行时,另一台变压器至少可满足全部一、二级负荷的需要。

26.5.2 控制中心防雷接地应符合 GB 50057 的有关规定,其防护类别不应低于第二类防雷建筑物。

26.5.3 控制中心应设统一的强、弱电系统综合接地极,总的接地电阻不应大于 1Ω ,并应满足各系统总的散流要求。

26.6 照明与应急照明

26.6.1 控制中心应设置一般照明与应急照明,宜采用集中控制方式进行控制。照明灯具宜选择节能型、散射效果良好、使用寿命长及维修更换方便的灯具;灯具的布置宜与建筑装修和设备布置相协调。

26.6.2 中央控制室的照明设计应满足下列要求:

- a) 中央控制室照明应柔和均匀,应无眩光,并应满足操作台面和通道的照度的要求,在操作台面不应有阴影,室内照明均匀度不宜低于 0.7,并应采用分区调光;
- b) 当中央控制室采用马赛克式模拟屏时,模拟屏前区和操作台面距地面 0.8 m 处的照度宜为 150 lx~200 lx;
- c) 当中央控制室采用投影式模拟屏时,模拟屏前区光线宜暗,操作台面距地面 0.8 m 处的照度宜为 100 lx~150 lx,操作台宜设置照明。

26.6.3 设备房、维修用房、办公管理用房及其他各部位的照明应满足有关专业的要求。

26.6.4 控制中心应急照明的照度不应低于正常照明照度的10%，中央控制室的应急工作照明不应低于正常照明的50%，应急照明的持续供电时间不应低于1h。

26.7 消防与安全

26.7.1 运营控制中心应设置火灾自动报警、火灾事故广播、水消防、防排烟等消防系统，并应根据需要设置环境与设备监控、自动灭火等设施。

26.7.2 运营控制中心应设置消防控制室。

26.7.3 运营控制中心宜设置视频监视系统和安保门禁系统，对各分区出入口、房间和主要通道应进行监视和自动录像。

26.7.4 运营控制中心宜设置保安值班室。保安值班室宜与消防控制室合并设置。

27 车辆基地

27.1 一般规定

27.1.1 车辆基地设计应包括车辆段（停车场）、综合维修中心、物资总库、培训中心和其他生产、生活、办公等配套设施。

27.1.2 车辆基地的功能、布局和各项设施的配置，应根据本工程的运营需要、轨道交通线网车辆基地的规划布置和既有车辆基地的功能及分布情况，实现线网车辆基地的资源共享。

27.1.3 车辆基地设计，应初、近、远期结合，分期实施。用地范围应在站场股道和房屋规划布置的基础上按远期规模确定。

27.1.4 车辆基地的选址应符合下列要求：

- a) 用地应与城市总体规划协调一致；
- b) 应有良好的接轨条件；
- c) 用地面积应满足功能和布置的要求，并应具有远期发展余地；
- d) 应具有良好的自然排水条件；
- e) 应便于城市电力、给排水及各种管线的引入和城市道路的连接；
- f) 宜避开工程地质和水文地质不良的地段。

27.1.5 车辆基地设计，应贯彻节约用地、节约能源和资源的方针。

27.1.6 车辆基地的设计，应有完善的消防设施。总平面布置、房屋设计和材料、设备的选用等应符合GB 50016的有关规定。

27.1.7 车辆基地设计应对所产生的废气、废液、废渣和噪声等进行综合治理，并应符合国家的规定。环境保护设施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投产。

27.1.8 车辆基地设计涉及既有河道、水利设施、既有道路、规划道路及重要管线迁改时，应取得水利、水务及市政相关部门的认可，相关迁改设施应与本工程同时施工。

27.1.9 车辆基地应具有外来物资、设备及新车进入的运输条件。车辆基地内应具有运输、消防道路，并应有不少于两个与外界道路相连通的出入口。运输道路、消防道路与线路设有平交道时，应在道口前安装安全警示标识及限高、限载标识牌。

27.1.10 车辆基地需进行物业开发时，应明确开发内容，性质和规模。总平面布置应在保证车辆基地功能和规模的基础上，对车辆基地的各项设备、设施与物业开发的内容进行统一规划，并应结合车辆基地内外道路的合理衔接及相关市政配套设施的规划，进行技术经济比较和效益分析。

27.1.11 站场场坪标高应根据基地附近内涝水位和周边道路高程设计。沿海或江河附近地区车辆基地的场坪标高应根据1/100洪水频率标准的潮水位和波浪爬高值设计。

27.2 车辆段与停车场功能、规模及总平面设计

27.2.1 根据承担的功能、任务范围不同,车辆基地应划分为车辆段和停车场。

27.2.2 车辆检修宜采用日常维修和定期检修相结合的检修制度。

车辆日常维修和定期检修的修程和周期应根据车辆技术条件、车辆的质量以及车辆制造商的建议制定。新建悬挂式轨道交通工程的车辆检修修程和检修周期应符合表16的规定确定。

表16 悬挂式单轨车辆检修修程和检修周期

| 类别 | 检修修程 | 检修周期 | | 检修时间(天) |
|------|------|-----------|-------|---------|
| | | 走行里程(万km) | 时间间隔 | |
| 定期检修 | 全面检修 | 60 | 6年 | 35 |
| | 重点检修 | 30 | 3年 | 20 |
| | 重点检修 | 10 | 1年 | 10 |
| 日常维修 | 三月检 | 2.5 | 3月 | 3 |
| | 列检 | — | 每天或两天 | 4h |

27.2.3 车辆段应按下列作业范围设计:

- 列车管理和编组工作;
- 列车停放、列检、三月检、换轮及清扫洗涮、定期消毒等日常维修保养工作;
- 段内配属列车的乘务工作;
- 车辆的全面检修、重点检修等定期检修及检修后的列车试验;
- 段内设备、机具的维修和工程车等的整备及维修。

27.2.4 停车场应按下列作业范围设计:

- 列车管理工作;
- 列车停放、列检、清扫洗刷、定期消毒等日常维修保养工作,必要时可包括三月检工作;
- 场内配属列车的乘务工作。

27.2.5 车辆段宜按照车辆换件修的模式进行设计,车辆段内设备的大修宜就近外委专业工厂承担。有条件时,车辆的全面、重点检修也可委托车辆制造厂或修理厂承担。

27.2.6 车辆基地出入线的设计,应符合下列规定:

- 出入线宜在车站端部接轨;
- 出入线数目及与正线接驳方式应在满足运营需求的基础上,结合工程条件确定;
- 出入线应根据行车和信号的要求,留有必要的信号转换作业长度。

27.2.7 车辆段、停车场的设计应满足功能和能力的要求,设计规模应根据车辆技术条件、配属列车编组和数量、检修周期和检修时间计算确定。

27.2.8 车辆段各修程工作量计算时,应计入检修不平衡系数。检修不平衡系数应符合下列规定:

- 三月检、换轮取1.2;
- 全面、重点检修取1.1。

27.2.9 车场线是车辆段、停车场内线路的统称,包括运用和检修库线、调机及工程车库线、试车线、洗车线、走行线、牵出线等,应根据作业需要设置。车场线的配备和布置应满足功能需要、工艺要求,并应做到安全、方便、经济合理。

27.2.10 车场线的线路平面及纵断面设计,应符合下列规定:

- 出入线应符合下列要求:
 - 最小曲线半径不应小于50m;
 - 最大坡度不应大于80‰;

- 3) 竖曲线半径为 1000 m。
 - b) 试车线应为平直线路, 困难时, 在满足试车速度要求条件下可设适当曲线。
 - c) 车场其他线路应符合下列要求:
 - 1) 最小曲线半径不应小于 50 m;
 - 2) 曲线间夹直线最小长度可为 3 m;
 - 3) 线路宜设于平道上, 困难时库外线路的坡度可按不大于 1.5% 设计。

27.2.11 车辆基地总平面布置应以车辆段或停车场为主体，并应根据车辆运用、检修的作业要求和段（场）址的地形条件，维修中心、物资总库、培训中心和其他生产、生活、办公设施的布局，以及道路、管线、消防、环保、绿化等要求，结合当地气象条件，按有利生产、方便管理和生活的原则进行统筹安排、合理布置。

27.2.12 车辆段生产房屋应以运用及检修库为核心,各辅助生产房屋应根据生产性质按系统布置;与运用和检修作业关系密切的辅助生产房屋宜分别布置在相关车库的边跨内或邻近地点;性质相同或相近的房屋宜合并设置。

27.2.13 车辆段变配电所和给水所等动力房屋，宜靠近相关的负荷中心布置。

27.2.14 车辆段、停车场应根据生产和管理的需要，配备相应的辅助生产房屋和乘务员公寓、办公楼、食堂、浴室、职工更衣休息室及卫生设施，以及汽车停车场和自行车棚等配套设施。乘务员公寓宜靠近运用库附近设置，与其他楼宇合设时，房屋应隔开，应设单独楼梯，并应作隔声处理。

27.2.15 车辆基地应设围蔽设施,其设计宜结合当地的环境要求,选用安全、实用、美观的材料和结构形式。

27.3 车辆运用整备设施

27.3.1 车辆运用整备设施应包括停车、列检、三月检和洗车设备等及相应线路设施，并应依据生产需要配备办公、生活房屋。

27.3.2 停车线应根据当地气象条件和运营要求设计。一般情况下采用露天停放的方式，多雨地区宜设棚，寒冷地区或风沙地区应设库。

27.3.3 运用库各库每线的列位数应符合下列规定：

- a) 库型为尽端式布置时, 停车、列检线不宜大于三列位设计; 三月检库宜按一列位设计, 困难时可按二列位设计;
 - b) 库型为贯通式布置时, 停车、列检线不宜大于四列位设计; 三月检线宜按二列位设计, 困难时可按三列位设计。

27.3.4 停车、列检、三月检库（棚）的长度应根据列车长度、检修工艺流程、运输通道宽度、厂房组合情况和建筑、结构设计要求等因素确定；高度应根据检修作业人员在车顶作业高度加安全距离及检修工艺要求综合确定；宽度应根据库线数量、线间距、作业场地、设备尺寸、人行及运输通道等计算确定。各车库的长度应不小于下列公式的计算值：

- a) 列检库(棚)计算长度, 可按公式(13)计算;

式中：

L_{tk} ——列检库（棚）长度（m）；

(L + 1)——列车长度加停车误差 1 m (m)；

N_t ——每条线停车列位数；

W——列检列位之间通道宽度 (m)；

T—列车端部至车挡距离 (m)，贯通式布置时，T=0；

9—列检两端横向通道总宽度 (m)。

- b) 三月检库长度计算, 可按公式 (14) 计算;

式中：

L_{yk} ——月检库长度 (m) ;

L + 1—列车长度加停车误差1 m (m)；

N_v ——每条线停车列位数；

8—三月检列位之间通道宽度 (m) ;

9—三月检库两端横向通道总宽度 (m)；

T——列车端部至车挡距离（m），贯通式布置时，T=0。

27.3.5 车辆段、停车场各种车库有关部位的最小尺寸，宜符合表 17 的规定。

表17 车辆段、停车场各种车库有关部位最小尺寸

单位为 m

| 项目名称 | 车库种类 | | | | | | |
|------------------|------------|-----|------|-----|-----|-----|-------|
| | 停车库 (线) | 列检库 | 三月检库 | 换轮库 | 检修库 | 油漆线 | 车体检修线 |
| 车体之间通道宽度(无柱或轨道梁) | 1.5 | 2.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 2.5 | 2.5 |
| 车体与侧墙间的通道宽度 | 1.5 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 6.5 | 2.5 | 2.5 |
| 车体与柱边或轨道梁通道宽度 | 1.3 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 6.5 | 2.2 | 2.2 |

27.3.6 车辆段应设洗车设施，包括洗车机、洗车线路和生产房屋，其设计应符合下列要求：

- a) 洗车机宜采用通过式；当地形受限时，可结合段内布置情况按尽端式或八字形往复式布置；
 - b) 洗车线在洗车库前后一辆车长度范围内应为直线；
 - c) 应根据洗车设备的要求配备辅助生产房屋；
 - d) 洗车线有效长度应按公式（15）、公式（16）计算确定；
 - 1) 尽端式洗车线有效长度。

式中：

L_{si} ——尽端式洗车线有效长度 (m)；

2L—洗车机设备前后各一列车长度 (m)；

L_s —洗车机长度 (包括连锁设备)

10—线路终端安全距离

式中：

L_{st} ——贯通式洗车线有效长度 (m)；

2L——洗车机设备前后各一列车长度 (m)；

L_s ——洗车机长度（包括连锁设备）

12——信号设备设置附加长度 (m)。

- 3.7 列检、三月检库（棚）内设备设计应符合下列规定：

 - a) 库内应设立体检查作业平台及作业人员安全防护设施，平台下应设照明设备，作业平台长度应按列车长度加停车误差确定，作业平台应与轨道梁桥结合，并应便于检查转向架和车顶设备；
 - b) 库内各作业点应设信息化系统终端设备和接口；

- c) 库内宜设给水排水管、电源线等管线，管线布置应整齐、美观、标识清楚、便于维护；
 - d) 库内顶层作业平台应设置安全联锁门禁系统，其数据应纳入车辆运用检修作业管理系统；
 - e) 库内宜结合转向架走行轮的形式设置充气工装设备。

27.3.8 列检、三月检库（棚）内不宜设接触轨。

27.3.9 车辆段、停车场应根据车场线路布置和作业需要设牵出线，其数量应根据作业量确定。

牵出线的有效长度不应小于公式（17）的计算值。

式中：

L_q ——牵出线有效长度 (m)；

L_{ac} —通过牵出线列车总长度 (m)；

L_n —调车机车长度 (m)；

10—牵出线终端安全距离 (m)。

W——信号安全距离，有人驾驶时，W=0。

27.4 车辆检修设施

27.4.1 车辆检修设施应包括全面/重点检修库、换轮库、静调库和辅助生产房屋及设施，并应根据其功能和检修工艺要求设置，同时应符合下列规定：

- a) 车辆基地除应设置全面/重点检修库、换轮库、静调库等, 尚应根据车辆检修要求设转向架检修间、钩缓检修间、电子电器检修间、集电装置检修间、制动检修间、空调检修间、电机检修间、蓄电池检修间、车体检修间等部件检修间及设备维修间及相应的辅助生产房屋;
 - b) 根据实际需要独立设置油漆库。

27.4.2 全面/重点检修库应符合下列规定:

- a) 全面/重点检修库长度应根据车辆长度、检修工艺流程、新车装卸流程、运输通道宽度、厂房组合情况和建筑、结构设计要求等因素确定；
 - b) 全面/重点检修库宽度应根据库线数量、线间距、车辆限界、作业场地、设备尺寸、人行及运输通道及起重设备跨度等计算确定；
 - c) 全面/重点检修库高度应根据检修工艺、车顶作业、起重机结构尺寸等因素综合确定；
 - d) 库内应设开闭式检修作业平台、起重设备、车体地面支撑装置等。

27.4.3 全面/重点库内管线布置应整齐、美观、标识清楚、便于维护。

27.4.4 换轮库设计应符合下列规定：

- a) 换轮库的宽度和高度应根据车辆限界、检修工艺流程、设备尺寸、人行及运输通道及起重设备跨度等计算确定；
 - b) 库内应设开闭式检修作业平台、起重设备、车体地面支撑装置等；
 - c) 换轮库的长度不应小于公式（18）的计算值；

式中：

L_{ik} ——换轮库长度 (m) ;

N_d ——列车单元数；

T——列车端部至车挡距离 (m)；

16—换轮库设计附加长度 (m)。

27.4.5 静调库设计应符合下列规定：

- a) 静调库的长度、宽度和高度应根据车辆限界、检修工艺流程、设备尺寸、人行及运输通道等计算确定；

b) 库内应设调试用的外接电源设备以及检修作业平台。

27.4.6 车辆段内宜设置试车线。试车线的设计应符合下列规定：

- a) 试车线的长度应根据车辆性能和技术参数及试车综合作业要求计算确定。试车线两端应设车挡；
- b) 试车线应为平直线路，困难时线路端部可根据该线段的试车速度设置适当的曲线，试车线的其他技术标准应与正线标准一致；
- c) 试车线宜设置试车设备房屋。

27.4.7 各种检修库的库前股道宜设有一辆车长度平直线路。

27.4.8 车辆段应设材料、备品仓库，并应配置起重和运输设备。

27.4.9 蓄电池间宜独立设置，蓄电池间的规模应满足悬挂式单轨车辆蓄电池检修和充电需要，并宜根据需要兼顾调车机车、工程车和蓄电池搬运车的检修和充电。酸性蓄电池充电室应采取防爆措施。

27.4.10 油漆库应设置通风设备，并采取消防和环保措施。库内电气设备均应符合防爆要求。

27.5 综合维修中心

27.5.1 综合维修机构根据规模和工作范围分为综合维修中心和综合维修工区。综合维修中心和综合维修工区是悬挂式单轨交通系统各种设备和设施的维修和管理单位，应能满足全线轨道梁、道岔、房屋建筑和道路等设施的维修、保养工作，以及供电、通信、信号和机电设备的维修和检修工作的需要。

27.5.2 综合维修中心宜与车辆基地合址设置；综合维修工区宜与停车场合址设置。

27.5.3 房屋建筑、道路等设施和机电通用设备的维修宜利用社会资源。

27.5.4 综合维修中心根据各专业的性质可分为工建（工务、建筑）、供电、电务（通信、信号）、机电等车间。

27.5.5 综合维修中心和综合维修工区应根据生产的需要配置生产房屋、仓库和办公、生活房屋。

27.5.6 综合维修中心和综合维修工区根据各专业的作业内容配置工器具和养护维修车等工程车辆，并应配置相应的停放线和工程车库。

27.5.7 根据基础设施养护维修的需要，配置智能化检测及维修设备。

27.6 物资总库

27.6.1 悬挂式单轨交通应设物资总库，担负材料、配件、设备和机具，以及劳保用品等的采购、存放、发放和管理工作。

27.6.2 物资总库宜设置在车辆段内。

27.6.3 物资总库应设有仓库、材料棚和必要的办公、房屋，并设有材料堆放场地，材料堆场应采用硬化地面。

27.6.4 物资总库的规模应根据所需存放材料、配件和设备的种类和数量确定。

27.6.5 物资总库配备各类物资、零配件和设备的装卸起重设备和运输车辆。

27.6.6 物资总库应考虑对外运输条件，生活设施应利用车辆段的设施。

27.7 其他

27.7.1 培训中心负责组织和管理职工的技术教育和培训工作。

27.7.2 培训中心宜设于车辆基地内，对职工的实作操作培训宜利用车辆基地的既有设施，生活设施宜利用车辆基地的设施。

27.7.3 培训中心应根据实际需要设司机模拟驾驶装置及其他系统模拟设施。应设教室、实验室、图书室、阅览室和教职员办公和生活用房，以及必要的教学设备和配套设施。

27.7.4 车辆基地内应设救援办公室，并应配备相应的救援设备和设施。救援办公室应受控制中心指挥。

27.7.5 救援办公室应设值班室。值班室应设电钟、自动电话和无线通信设备,以及直通控制中心的防灾调度电话。

27.7.6 救援用的车辆宜利用车辆段和综合维修中心的车辆,并应根据救援需要设置专用地面工程车和指挥车。

28 防灾

28.1 一般规定

28.1.1 车站站台、站厅和出入口通道的乘客疏散区内不得设置商业场所,除运营、服务设备、设施外,也不得设置妨碍乘客疏散的设备、设施及其他物体。

28.1.2 车站内的商业区及车站周边连体开发的商业服务设施等公共场所的防火设计,应符合 GB 50016 的规定。

28.1.3 与悬挂式单轨交通相连接的商业建筑物等,必须采取防火分隔设施。

28.1.4 车站应配备防灾救护设施,车辆基地应配备防灾救援设施。

28.1.5 运营控制中心应具备全线防灾及救援的调度指挥,以及和上一级防灾指挥中心联网通信的功能。

28.2 建筑防火

28.2.1 各建(构)筑物的耐火等级应符合下列规定:

- a) 高架和地面车站及高架区间的建、构筑物,耐火等级不得低于二级;
- b) 运营控制中心耐火等级应为一级;
- c) 车辆基地内建筑的耐火等级应根据其使用功能确定,并应符合 GB 50016 的规定。

28.2.2 防火分区的划分应符合下列规定:

- a) 高架和地面车站站厅公共区防火分区的最大建筑面积不宜大于 5000 m²;其他部位每个防火分区的最大建筑面积不应大于 2500 m²;对于建筑高度大于 24 m 的高架车站,其设备管理区每个防火分区的最大建筑面积不应大于 1500 m²;
- b) 车辆基地、运营控制中心的防火分区的划分应符合 GB 50016 的规定。

28.2.3 车站安全出口设置应符合下列规定:

- a) 车站每个站厅公共区安全出口数量应经计算确定,且应设置不少于 2 个直通地面的安全出口;
- b) 设备管理区内房间的疏散门至最近安全出口的疏散距离应符合 GB 50016 规定;
- c) 公共区安全出口应分散设置,当同方向设置时,两个安全出口口部之间净距不应小于 20 m;
- d) 当换乘车站的换乘通道满足对外疏散出口以及自然排烟相关要求时,可作为安全出口;
- e) 站台层的乘客事故疏散至站厅层或其他安全区域时间的规定按照本标准的 28.3.3 节执行。

28.2.4 两个防火分区间应采用耐火极限不低于 3 h 的防火墙和甲级防火门分隔,在防火墙设有观察窗时,应采用甲级防火窗;防火分区的楼板应采用耐火极限不低于 1.5 h 的楼板。

28.2.5 车站的装修材料应符合下列规定:

- a) 地上车站公共区的墙面和顶棚装修材料的燃烧性能均应为 A 级;满足自然排烟条件的车站公共区,其地面应采用不低于 B1 级难燃材料。设备与管理用房区的装修材料,应符合 GB 50222 的规定;
- b) 高架和地面车站公共区的广告灯箱、导向标识、休息椅、电话亭、售检票机等固定服务设施的材料,应采用不低于 B1 级的难燃材料。装修材料不得采用石棉、玻璃纤维、塑料类等制品。

28.2.6 车辆基地以及地上车站和附属建筑与相邻建筑的防火间距和消防车道的设置,应符合 GB 50016 的规定。与汽车加油加气站的防火间距应符合 GB 50156 的规定。

28.2.7 防火卷帘与建筑物之间的缝隙,以及管道、电缆、风管等穿过防火墙、楼板及防火分隔物时,应采用防火封堵材料将空隙填塞密实。

28.2.8 重要设备用房应以耐火极限不低于2h的隔墙和耐火极限不低于1.5h的楼板与其他部位隔开。

28.3 防烟、排烟与事故通风

28.3.1 悬挂式单轨交通应设置防烟、排烟设施的场所或部位应符合GB 50016和GB 50157的有关规定。

28.3.2 地上车站优先采用自然排烟,不满足自然排烟条件要求的场所应设置机械排烟。

28.3.3 当悬挂式单轨交通车站、地下区间、车辆综合基地及运营控制中心采用防烟、排烟设施时,应符合GB 50157和GB 51251的有关规定。

28.3.4 防烟、排烟、供暖、通风和空气调节系统中的管道及建筑内的其他管道,在穿越防火隔墙、楼板和防火墙处的孔隙应采用防火封堵材料封堵。风管穿过防火隔墙、楼板和防火墙时,穿越处风管上的防火阀、排烟防火阀两侧各2.0m范围内的风管应采用耐火风管或风管外壁应采取防火保护措施,且耐火极限不应低于该防火分隔体的耐火极限。

28.3.5 通风、空气调节系统的风管70℃防火阀的设置应符合GB 50016的有关规定。

28.3.6 防烟、排烟管道排烟防火阀的设置应符合GB 51251的有关规定。用于防烟与排烟的管道、风口与阀门应符合GB 51298的有关规定。

28.3.7 对可能突然放散大量有毒气体、有爆炸危险气体或粉尘的场所,应根据工艺设计要求设置事故通风系统。

28.3.8 事故通风的设计应符合GB 50019的有关规定。

28.4 消防给水与灭火

28.4.1 消防给水水源应采用城市自来水。当沿线无城市自来水时,可采用其他可靠的消防给水水源。

28.4.2 消防给水系统应结合给水水源确定,并应符合GB 50974和GB 51298的规定。

28.4.3 地面车站、车辆综合基地及控制中心室内外消火栓设计流量、火灾延续时间应符合GB 50974的规定。

28.4.4 车站采用消防水泵加压供水的消火栓给水系统,应设置稳压装置及气压设备,可不设置高位水箱。

28.4.5 室外消火栓、消防水池取水口或取水井、水泵接合器的设置,以及消防给水管道、阀门、附件的布置应符合GB 50974的规定。

28.4.6 严寒、寒冷及夏热冬冷地区的室外消火栓、水泵接合器、消防水池(箱)及明敷消防给水管道应采取防冻措施。

28.4.7 自动灭火系统的设置应符合GB 51298和GB 50370的规定。

28.4.8 灭火器的配置应符合GB 50140的规定。

28.4.9 管材及附件的设置、消防设备的监控应符合GB 50974和GB 51298的规定。

28.5 防灾通信

28.5.1 悬挂式单轨公务电话交换设备应具有火警时能自动转换到市话网“119”的功能。

28.5.2 控制中心应设置防灾无线控制台,列车司机室应设置防灾无线通话台,车站控制室、车辆基地值班室应设置无线通信设备。

28.5.3 控制中心应设置防灾广播控制台,车站控制室、车辆基地值班室应设置广播控制台。

28.5.4 控制中心和车站控制室应设置监视器和控制键盘。

28.5.5 控制中心应设置防灾调度电话总机,车站控制室、车辆基地值班室应设置调度分机。

28.5.6 通信系统应具备在火灾时能迅速转换为防灾通信的功能。

28.6 其他灾害预防与报警

高架和地面结构的抗震设计，除应符合本标准的规定外，尚应符合GB 50011及GB 50909的规定。

29 疏散与救援

29.1 一般规定

29.1.1 悬挂式单轨交通应具备在紧急情况下进行疏散与救援的能力。

29.1.2 车站及车辆基地应根据建筑高度、规模、使用功能和耐火等级等因素合理设置安全疏散和避难设施。安全出口疏散门的位置、数量、宽度及疏散楼梯的形式，应满足人员安全疏散的要求。

29.2 车辆疏散与救援

29.2.1 车辆应该具备以下乘客紧急疏散方式：

- a) 纵向疏散：两列车同在上/下行线路，两列车自动连挂，乘客可通过应急门从事故车辆转移到救援车辆；
- b) 垂直疏散：车辆具备通过车辆自带的垂直逃生设备直接疏散乘客到地面的功能。

29.2.2 车辆应该具备以下救援方式：

- a) 正线车辆救援：一列空载列车应具有在正线最大坡道上牵引另一列超员载荷的无动力列车运行到下一站的能力；
- b) 专用工程机械救援：可使用云梯车、特殊吊车等专用工程机械设备进行救援。

29.2.3 车辆宜具备横向疏散的乘客紧急疏散方式。横向救援：救援列车将车站上备用的横向渡板带至事故现场停至故障列车一侧，渡板通过侧门构成带扶手的救援通道，乘务人员指挥乘客通过救援通道疏散到救援列车。

29.2.4 应制定车辆紧急疏散预案。

29.3 车站疏散

29.3.1 站厅公共区和站台计算长度内任一点到疏散通道口和疏散楼梯口或用于疏散的自动扶梯口的最大疏散距离不应大于 50 m。

29.3.2 安全出口、楼梯和疏散通道的宽度和长度应符合下列规定：

- a) 供人员疏散的出口楼梯和疏散通道的宽度应按本标准第 10 章的规定计算确定；
- b) 设备与管理用房区疏散通道净宽度不应小于 1.1 m；
- c) 设备与管理用房直接通向疏散走道的门至安全出口的距离，当房间门位于两个安全出口之间时，疏散门与最近安全出口的距离不应大于 40 m；当房间位于袋形走道两侧或尽端时，其疏散门与最近安全出口的距离不应大于 22 m；
- d) 用于车站疏散出入口处的门不应采用推拉门和弹簧门。

29.3.3 车站站台至站厅或其它安全区域的疏散楼梯、自动扶梯和疏散通道的通过能力，应保证在远期或客流控制期中超高峰小时最大客流量时，一列进站列车所载的乘客及站台上的候车乘客能在 4 min 内安全撤离站台，并应能在 6 min 内全部疏散至站厅公共区或其它安全区域。

$$T = (Q_1 + Q_2) / 0.9[A_1(N - 1) + A_2B] \leq 4 \text{ min} \quad (19)$$

式中：

T——高架车站乘客从站台层疏散至站厅公共区或其他安全区域的时间（min）；

Q₁——远期或客流控制期中超高峰小时最大客流量时一列进站列车的载客人数（人）；

Q₂——远期或客流控制期中超高峰小时站台上的最大候车乘客人数（人）；

A_1 ——一台自动扶梯通过能力 (人/min·台)；
 A_2 ——单位宽度疏散楼梯的通过能力 (人/min·m)；
 N ——用做疏散的自动扶梯的数量 (台)；
 B ——疏散楼梯总宽度 (m)，每组楼梯的宽度应按0.55 m的整倍数计算。

29.3.4 在公共区的付费区与非付费区之间的栅栏应设置平开疏散门，疏散门的净宽度应按公式 (20) 计算：

$$A_3 + LA_4 \geq 0.9[A_1(N - 1) + A_2B] \quad \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (20)$$

式中：

L ——疏散门的净宽度 (m)，应按0.55 m的整倍数计；
 A_3 ——自动检票机门常开时的通行能力 (人/min)；
 A_4 ——单位宽度疏散门的通行能力 (人/min·m)。

29.3.5 下列部位应设置疏散指示标志：

- 车站站厅、站台、自动扶梯、自动人行道及楼梯口；
- 车站及附属管理用房内走道等疏散通道及安全出口；
- 车辆基地内的单体建筑物及运营控制中心大楼的疏散楼梯间、疏散通道及安全出口。

29.3.6 疏散指示标志的设置应符合下列规定：

- 疏散通道拐弯处、交叉口、沿通道长向每隔不大于 10 m 处，应设置灯光疏散指示标志，指示标志距地面应小于 1 m；
- 疏散门、安全出口应设置灯光疏散指示标志，并宜设置在门洞正上方；
- 车站公共区的站台、站厅乘客疏散路线和疏散通道等人员密集部位的地面上，以及疏散楼梯台阶侧立面，应设蓄光疏散指示标志，并应保持视觉连续。

29.4 区间疏散

29.4.1 悬挂式单轨交通高架正线区间应具备在紧急情况下进行疏散救援的能力，宜采用横向救援、纵向救援、垂直救援、专用工程机械救援等方式。

29.4.2 地下区间疏散要求应符合 GB 55037 等相关规范的规定。

30 环境保护

30.1 一般规定

30.1.1 悬挂式单轨交通环境保护设计应遵循统一规划、合理布局、综合治理、防治结合的原则。

30.1.2 悬挂式单轨交通的选线和选址，应符合环境保护规划、文物保护规划、历史文化名城规划、环境功能区划等，并应从环境保护角度论证工程选线、选址的环境合理性。

30.1.3 工程选线选址应绕避自然保护地核心保护区、饮用水水源一级保护区、风景名胜区核心景区和生态保护红线中的禁止区域。经方案比选后，确需经过上述敏感区的其他区域或其他敏感区时，应采取适宜的防护措施。

30.1.4 环境保护措施应包括工程结构和设备设施的降噪、减振、废水处理、大气污染防治、电磁防护与固体废物处置。

30.1.5 环境保护措施应满足建设项目环境影响报告书及其批复的要求。

30.1.6 环境保护设施的设计标准、服务范围、设计规模应满足预测的近期客流和最大通过能力要求。环境保护设施的主体部位或不易改、扩建的土建工程应按远期需要实施。对规划的环境保护目标宜预留环保措施实施的条件。

30.1.7 环境保护和水土保持设施的功能要求、设置位置、结构形式、景观效果应与主体工程及周围环

境相互协调，并应与主体工程同步设计、同步施工，同步投入使用。

30.1.8 环境保护措施应采用先进的清洁生产工艺和技术，选用环保、节能、抗蚀防锈的先进设备与材料。

30.2 噪声

30.2.1 悬挂式单轨交通噪声污染的防治应符合 GB 3096 的规定。

30.2.2 车站及沿线噪声污染防治应符合下列规定：

- a) 车站内的等效声级及混响时间应符合 GB 14227 的规定；
- b) 各类设备与管理用房的噪声应符合 GB/T 50087 的规定；
- c) 产生噪声污染的动力设备宜设于专用机房内，并与车站站厅层、站台层公共区有效分隔；
- d) 风机、水泵等动力设备应根据其噪声特点，在设备机座或基础上设置隔振垫或减振器等，并应在与设备直接连接的管道上设置柔性接头或弹性支吊架。

30.2.3 车辆基地噪声污染防治应符合下列规定：

- a) 车辆基地厂界噪声应符合 GB 12348 的规定；
- b) 车辆基地内各维修车间应根据各自不同的作业状况采用相应的噪声防治措施；空压机房宜单独设置，并应对空压机房进行隔声处理，必要时可对空压机房内壁进行吸声处理。

30.3 电磁环境

30.3.1 变电所产生的电磁对环境的影响应符合 GB 8702 的规定。

30.3.2 当设有无线电基站时，其基站天线影响区域宜避开居民区等敏感目标。基站的功率密度应符合 GB 8702 的规定。

30.4 大气环境

30.4.1 悬挂式单轨交通大气污染防治设计应符合 GB 13271、GB 14554、GB 16297 和 GB 18483 的规定。

30.4.2 车站内部建筑装修材料的有害气体和物质释放量应符合 GB 6566 和 GB 50325 的规定。

30.4.3 车辆基地的热源宜采用电能、太阳能、天然气等清洁能源，并不得采用燃煤锅炉。

30.4.4 车辆基地职工食堂应设置油烟净化装置，并应符合 GB 18483 的规定。

30.5 水环境

30.5.1 悬挂式单轨交通水污染防治设计应符合 GB 8978、GB/T 31962 以及地方水污染物排放标准的有关规定。

30.5.2 车站、车辆基地的生活污水和生产废水应处理后达标排放或回用，有条件时应优先排入市政污水管网，回用的水质应符合城市污水再生利用水质标准。

30.6 固体废物处置

30.6.1 车站、车辆基地的生活垃圾应分类收集，统一处置。

30.6.2 车辆基地应设置危险废物暂存间，且应满足 GB 18597 的规定。

30.6.3 车辆基地及变电所检修更换的蓄电池应定期交由厂家处理；污水处理站产生的含油污泥、检修产生的含油废物等危险废物，应交由有危险废物处理资质的单位处置。

附录 A
(资料性)
悬挂式单轨车辆限界图

A.1 区间直线地段车辆轮廓线详见表 A.1。

表 A.1 车辆轮廓线坐标 (mm)

| 点号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| X | 80 | 159 | 242 | 282 | 302 | 350 | 753 | 954 | 1045 | 1069 | 1190 | 1205 | 1085 | 1244 | 1244 | 1114 | 1114 | 0 |
| Y | 47 | 148 | 163 | 198 | 246 | 418 | 418 | 514 | 818 | 1095 | 1086 | 1233 | 1246 | 2830 | 2943 | 3489 | 3703 | 3715 |

A.2 区间直线地段车辆限界坐标值详见表 A.2。

表 A.2 区间直线地段车辆限界坐标值 (mm)

| 点号 | 1' | 2' | 3' | 4' | 5' | 6' | 7' | 8' | 9' | 10' | 11' | 12' | 13' | 14' | 15' | 16' | 17' | 18' |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| X | 100 | 179 | 262 | 302 | 325 | 417 | 816 | 1028 | 1158 | 1216 | 1337 | 1389 | 1381 | 1597 | 1628 | 1593 | 1591 | 0 |
| Y | 47 | 142 | 157 | 192 | 240 | 338 | 285 | 354 | 644 | 906 | 890 | 1172 | 1678 | 2613 | 2862 | 3420 | 3636 | 4005 |

A.3 区间直线地段设备限界坐标值详见表 A.3。

表 A.3 区间直线地段设备限界坐标值 (mm)

| 点号 | 1'' | 2'' | 3'' | 4'' | 5'' | 6'' | 7'' | 8'' | 9'' | 10'' | 11'' | 12'' | 13'' | 14'' | 15'' | 16'' | 17'' | 18'' |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| X | 117 | 189 | 269 | 319 | 367 | 436 | 821 | 1064 | 1254 | 1294 | 1413 | 1489 | 1489 | 1717 | 1752 | 1694 | 1721 | 1721 |
| Y | 47 | 124 | 138 | 182 | 212 | 285 | 234 | 313 | 612 | 795 | 780 | 1165 | 1666 | 2594 | 2860 | 3422 | 3725 | 4105 |

A.4 区间直线地段车辆轮廓线、车辆限界和设备限界与坐标值详见图 A.1。

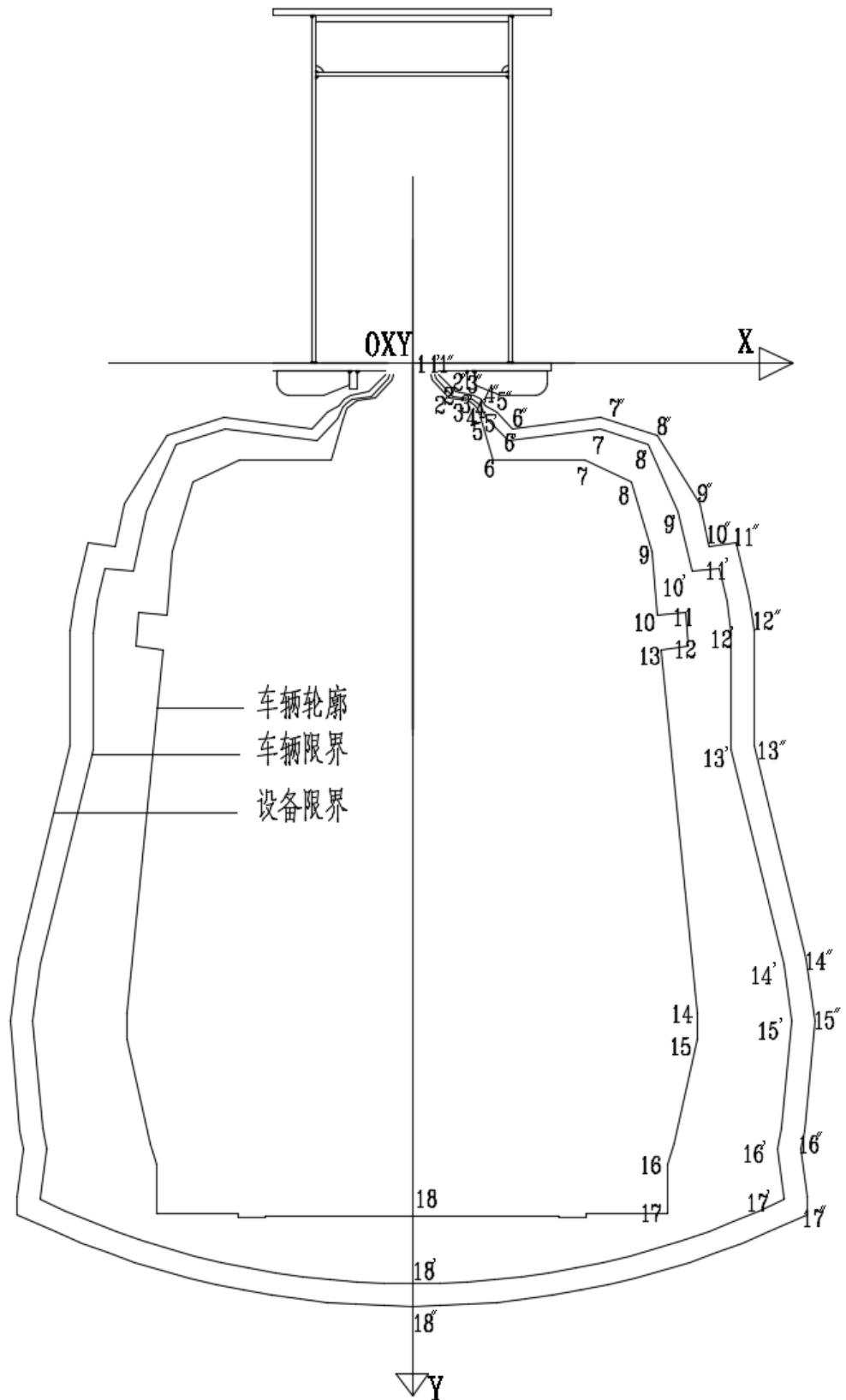


图 A.1 区间直线地段车辆轮廓线、车辆限界、设备限界参考图

DB42/T 2340. 2—2024

湖 北 省 地 方 标 准

悬挂式单轨交通 第 2 部分：设计标准

Suspended monorail transit—

Part 2:Design standards

条文说明

4 基本规定

- 4.1 线路可能在城区、旅游区等区域布线，城区、旅游区一般均有相关规划，因此线路基本走向除与主客流方向符合外，还应符合所在区域规划要求。
- 4.2 设计年度分期是基于投资的经济性、系统设备产品的寿命与更新周期、土建结构的使用年限特点和改造的难度等因素，分为初期、近期、远期三期。参照 GB 50157，初期为建成通车后第 3 年，近期为建成通车后第 10 年，远期为建成通车后第 25 年。
- 4.5 为保证悬挂式单轨交通正常、安全运行，宜采用全封闭的双线线路。旅游线路客流较小时，也可采用单线线路。
- 4.6 考虑悬挂式单轨交通的线路功能、车辆构造等因素，车厢拥挤度宜较常规地铁宽松，以提高系统的服务标准。确定系统运能时，宜按每平方米站立3~5名乘客的标准，具体应结合城市经济水平、线路功能、客运规模、客流性质及舒适度要求等因素综合确定。悬挂式单轨交通作为旅游线路时，站立密度标准可提高至每平方米2~3人甚至全座席，具体可结合旅游客流需求确定。
- 4.7 悬挂式单轨交通为低运能，结合线路所经地区规划情况及地理环境条件，在考虑满足功能需求的前提下应优先采用高架方式，减少工程投资及规模。
- 4.9 GB 50216中明确规定了铁路桥涵主体结构的设计使用年限为100年。用作公共交通设施的主体结构工程，如车站、地下结构、高架结构、运营控制中心等设施的设计使用年限应不低于100年。
- 4.12 悬挂式单轨有别于一般轨道交通，其轨道梁位于车体上方，救灾和逃生较为困难，因此，悬挂式单轨交通设计应采取防火灾、水淹、地震、风暴、冰雪、雷击等灾害的措施，并设置紧急疏散及相关救援设施。

5 行车组织与运营管理

5.1 一般规定

5.1.3 运营规模是工程建设规模和运营管理规模的基础，包含运输能力、系统能力、列车编组等。合理地确定运营规模，不仅能够满足线路运输功能的需要，还能降低工程建设投资和将来长期的运营管理成本。

5.1.4 悬挂式单轨交通的运营不仅要考虑正常的运营状态，还要考虑系统故障状态时的非正常运营状态及遇到突发事件时的紧急运营状态。

非正常运营状态是指超出正常范围，但又不至于直接危及乘客生命安全，对车辆和设备不会造成大范围的严重破坏，整个系统能够维持降低标准运营的系统运行状态，主要包括列车晚点、区间段时间堵塞、车站乘客过度拥挤、线路设备故障、列车故障、沿线系统设备故障等。

紧急运行状态是指发生了直接危及乘客生命安全、严重自然灾害或系统内部重大事故，造成系统不能维持运行的情况，主要包括火灾、地震、列车运行事故、设备重大事故等。

5.2 系统运能

5.2.2 列车编组关系到列车载客能力和系统的运输能力，同时关系到工程的土建规模和运营成本。由于悬挂式单轨交通主要为高架线路，为降低对景观的影响，最大列车编组不宜大于6辆。当各年限的列车编组不同时，行车密度应具有延续性，不应降低既有的服务水平。

5.2.3 悬挂式单轨交通为全封闭式交通系统，应努力提高系统的运营服务水平，采用较高的发车密度，以达到吸引客流、高效利用的可持续发展目的；系统能力主要受信号系统、道岔侧向通过速度、道岔转

辙时间、反应时间等因素控制，根据目前对悬挂式单轨系统的既有车辆及轨道进行现场测试结果，已经达到24对/h，随着相关技术发展和成熟，还应有进一步提高的空间。

5.3 行车组织

5.3.1 系统最高运行速度是指在正常运行状态下，车辆技术条件可以满足在区间连续使用的速度，并在实际运行过程中可以使用该速度作为正常运行速度。

5.3.2 悬挂式单轨的客流分布通常是不均匀的，为了提高运营效益和减少列车空驶距离，应根据客流在线路上的分布情况，在适当的位置设置折返站，组织分区段采用不同密度的列车运行交路。

5.3.3 悬挂式单轨交通作为旅游线路时，行车间隔可结合旅游客流分布特征适当调整。

5.3.5 设计阶段列车旅行速度主要用于计算运用车数并控制系统规模，信号系统招标时的列车旅行速度不应低于该取值。旅行速度的取值一般在列车模拟牵引计算的计算值基础上取0.9，初期为预留更多的运营灵活性，取值可进一步降低。

5.3.7 列车过站速度应根据站台门结构、车站形式、车辆及设备限界等因素综合确定。一般情况下考虑限界、经济方面的因素，过站速度不宜大于20 km/h。如果超过此速度，则应对站台门结构强度、限界等因素进行综合计算确定。

5.4 运营配线

5.4.2 停车线主要用于故障列车临时停放，使故障车能够及时下线，退出运营，也可兼做临时折返线。停车线的间距主要与故障车退出运营时的运行速度、故障车处理时间、救援时间等因素有关。由于此类配线设置的密度、运用方便性和灵活性与工程规模和造价密切相关，因此需要在运营方便与工程造价之间寻找合理的平衡点。

悬挂式单轨交通为低运能系统，功能定位非城市交通骨干线路，以旅游线居多，行车密度没有地铁大，发生故障情况时对城市影响较小，另外，考虑到悬挂式单轨交通道岔系统较为特殊、造价高、对城市景观影响大等因素，对故障救援时间要求可适当放宽，一般可不设停车线，故障列车可直接推回场段。但若客流较大，有运营需求，工程条件也允许，可按15 km左右间距设置停车线。

5.5 运营管理

5.5.3 考虑到悬挂式单轨交通系统的车辆编组、车站规模、最大行车密度等均较常规地铁线路小，故在定员配置上相应减少。首条线路定员指标可适当放宽。

5.5.5

- a) 根据车辆动力学仿真分析，在遇8级风时，速度高于15 km/h，乘客舒适性不满足要求；
- b) 大气温度是指车辆运行周边较大区域范围的空气温度。

6 车辆

6.1 一般规定

6.1.2 为了防止火灾发生与蔓延，以及在火灾发生时产生有毒气体危害人体健康，车辆及内部设施原则上应采用不燃材料，对于电线、电缆、减振橡胶件等，均应使用无卤、低烟的阻燃材料。

6.3 车体

6.3.1 车体作为车辆走行部外所有系统的承载体,其结构强度和刚度必须满足相关标准规定。车体应采用整体承载结构,轻量化设计,以便在满足轴重的前提下,最大限度提升载客能力。使用轻量化车体会显著节约能源,减少车辆和线路的维修费用,具有较好的经济效益。

6.3.4 车体结构是车辆最重要的部件之一,应有足够长的寿命,但要求寿命过长会造成重量过重,体积过大,所以需要规定一个经济合理的寿命,本条规定车体结构的设计寿命不低于30年,是根据以往成熟的经验确定的。本条的规定不包括其他部件,因为其他部件如橡胶件、电气部件等使用寿命达不到30年,需在适当的修程中更换。

6.3.5 设置架车、车体吊装座是为了在新车装卸和车体检修过程中部损坏车辆。

6.4 转向架

6.4.1 转向架结构模态、悬挂系统与车体模态避开,同时有效隔离轨道梁振动向车体的传递。

6.4.3 由于悬挂式单轨车辆的特点,车体通过吊挂系统安装于转向架下方,因此吊挂系统的设计需消除在运行过程中吊挂系统可能脱落的危险。

6.4.4 应急保护装置是指充气轮胎在发生爆胎等故障时,可替代轮胎功能,保证列车安全运行至邻近车站的装置。

6.5 制动系统

6.5.1 常用制动是指列车运行中正常情况下为调节或控制列车速度包括进站停车所施加的制动系统,它的特点是作用比较缓和而且制动力可以调节。快速制动是指在特殊工况下急速将当前列车制动的一种可逆转的纯电制动方式,一般情况同紧急制动方式相互协调配合使用。紧急制动是指紧急情况下为使列车尽快停止所施行的制动,称为“紧急制动”(也称为“非常制动”),它的特点是作用比较迅猛而且要把列车的液压或空气制动能力全部用上。停放制动系统是车辆停放在线路上或车辆基地内防止车辆溜放的制动系统。

6.5.6 基础制动是指是车辆制动系统的执行部分,是利用杠杆作用将制动原动力扩大到适当的倍数,然后传递给每个轮子旁的闸片。

6.7 安全与应急措施

6.7.1 本条规定了车内应配置灭火器具,并规定其安放位置应按国家标准进行标识,方便乘客发现火情时及时使用灭火器具灭火。

7 限界

7.1 一般规定

7.1.2 车辆限界分为高架车辆限界和隧道内车辆限界,区别在于有无风荷载。

7.3 建筑限界

7.3.3 由于不同车辆、不同需求下车辆的止摆装置设计不同,因此暂无法明确其对车站建筑限界影响,后续将根据具体车辆开展车站建筑限界设计。

7.3.4 站台计算长度内的站台边缘与车辆轮廓线之间的间隙不应大于180 mm。在工程设计时,还应考虑站台屏蔽门的安装条件确定车站最小平面曲线半径。

8 线路

8.1 一般规定

8.1.1 悬挂式单轨交通线路释义:

- a) 正线为载客运营并贯通车站的线路,当线路分叉时,可细分为干线和支线。一般情况下,在正线上分岔以侧向运行的线路为支线,直向运行线路为干线。支线通过配线连接干线,可混合运行,也可独立运行。由于主线与支线有主次地位之分,所以干线、支线应单独正名,但其技术标准没有区分;
- b) 车场线:设在车辆基地(或停车场)内,提供列车停、检、修的线路,或各种维修车辆停放的线路;
- c) 配线:凡在正线上分岔的,为配合列车转换线路或运行方向等某些运营功能服务的,并增加运行方式灵活性的线路,统称为配线。根据功能需求,可作以下分类:
 - 1) 车辆基地出入线:简称为“出入线”,从正线上分岔引出至车辆基地的线路。
 - 2) 联络线:设置在两条不同正线之间,为各种车辆过渡运行的线路。
 - 3) 折返线:为列车折返运行的线路。
 - 4) 停车线:为故障列车待避、临时折返、临时停放、或夜间停放列车的线路。
 - 5) 渡线:设置在正线线路左右线之间,为车辆过渡运行的线路。或在平行换乘站内,为相邻正线线路之间联络的渡线。
 - 6) 安全线:对某些配线的尽端线,或在正线上的接轨点前,根据列车运行条件,设置在设计停车点以外,具有必要的安全距离的线路,以避免停车不准确发生冒进的安全问题。

8.1.2 线路可能在城区、旅游区等区域布线,城区、旅游区一般均有相关规划,因此线路基本走向除与主客流方向符合外,还应符合所在区域规划要求。

8.1.4 悬挂式单轨交通为低运能系统,结合线路所经地区规划情况及地理环境条件,在考虑满足功能需求的前提下应优先采用高架方式,减少工程投资及规模。本技术规范针对高架线进行制定。

8.2 线路平面

8.2.2~8.2.3 线路平面圆曲线半径是线路主要技术标准之一,它与车辆构造、运行安全、乘客乘坐舒适度、轮轨磨耗等因素有关。

首先悬挂式单轨因为转向架在轨道梁内部,车辆位于轨道梁的下面,不存在脱轨、倾覆的风险;其次,国内暂无悬挂式单轨建成运营数据,轮轨的磨耗也缺乏相应的统计数据,暂不考虑。

a) 车辆构造几何所决定的最小平曲线半径

线路困难条件下的最小半径受车辆能通过的最小半径控制,根据对悬挂式单轨车辆的研究,一般最小转弯半径为30 m。

b) 乘客乘坐舒适条件所确定的最小平曲线半径

列车通过平面曲线时,乘客乘坐舒适性主要体现在列车高速通过曲线时,由于车辆竖向实际偏转角不足,未能完全平衡列车需要的向心力,引起的未被平衡横向加速度的大小;或是列车低速通过曲线或者在曲线上停车时,由于轨道梁实际横坡角造成的车底倾斜引起的乘客不适感。

1) 舒适条件确定最小平曲线半径的基本原理

列车在曲线运行过程中,未被平衡的离心力:

$$F = m \frac{\left(\frac{V}{3.6}\right)^2}{R} - mg \cdot \tan\alpha = m \left[\frac{\left(\frac{V}{3.6}\right)^2}{R} - g \cdot \tan\alpha \right] \quad (1)$$

式中:

F——未被平衡离心力(N);

m——列车质量(kg);

g——重力加速度,取值9.81 m/s²;

V——列车通过曲线速度 (km/h)；

R——曲线半径 (m) ;

α —— 车辆竖向偏转角 (°)。

则未被平衡横向加速度 α_a 为: (参考公式2)

由上式可得：（参考公式3）

故当速度一定时, 最小曲线半径由曲线地段车辆容许最大竖向偏转角 α_{max} 和容许的最大未被平衡横向加速度 α_{amax} 决定。

由上式可得：

$$V = 3.6 \sqrt{R \left(\frac{\alpha}{q} + g \tan \alpha \right)} \dots \dots \dots \quad (4)$$

即当曲线半径一定时，列车通过曲线的最高速度 V_{max} 由曲线地段车辆容许最大竖向偏转角 α_{max} 和容许的最大未被平衡横向加速度 α_{gmax} 决定。（参考公式4）

2) 车辆容许最大竖向偏转角 α_{max}

根据铁道科学院1980年试验研究,当轮轨列车停在超高为200 mm或者8°及以上曲线时,部分乘客会感到站立不稳,行走困难且头晕不适。地铁设计规范规定曲线最大超高为120 mm,超高率8%、横坡角4.574°,香港地铁最大超高150 mm,重庆单轨系统最大超高率达到12%,横坡角相当于6.843°;中低速磁浮超高横坡角最大允许值为6°,超高横坡率为10%。因此,结合目前几个车辆厂商车辆摆角参数,并考虑乘客乘坐感觉,本技术规范车辆容许最大竖向偏转角 a_{max} 采用6°,若车辆厂商车辆摆角大于6°,则本标准线路平面条文适用,若车辆厂商车辆摆角小于6°,则需另行进行计算。

3) 容许最大未被平衡横向加速度 α_{amax}

对比国内外规范允许未被平衡横向加速度取值情况,除高速磁浮允许采用的未被平衡横向加速度为 1.25 m/s^2 外,其余均为 $0.4 \text{ m/s}^2 \sim 0.8 \text{ m/s}^2$ 之间。

GB 50157-2013规定：列车在平面曲线上运行时，未被平衡的横向加速度不宜大于 0.4 m/s^2 ，瞬时 0.5 m/s^2 ； $0.5 \text{ m/s}^2 \sim 0.65 \text{ m/s}^2$ 代表“有些不舒适，但可以忍受”的感觉范围；我国铁路经过多年的研究、试验得到结论是：从乘客舒适性角度考虑，列车通过曲线时，未被平衡的横向加速度一般不宜大于 $0.4 \text{ m/s}^2 \sim 0.5 \text{ m/s}^2$ ，最大不应大于 0.6 m/s^2 。上海申通基本与地铁设计规范保持一致，允许短时出现未被平衡横向加速度 0.5 m/s^2 。因 0.4 m/s^2 属于无感觉或有些感觉的临界线，为保证悬挂式单轨舒适度，本技术规范参照地铁系统取 0.4 m/s^2 。

根据上述参数取值,考虑正线一般地段速度达到60 km/h, 对应最小平面曲线半径取值200 m, 局部困难地段, 最小平面曲线半径取值50 m。按照道岔导曲线半径及车辆构造的要求, 车场线最小平面曲线半径一般地段取值50 m。

8.2.4 因设置同心圆可使曲线地段线间距尽量统一,有利于桥墩盖梁的标准化预制,且设置同心圆时悬挂式单轨景观效果更好,因此本技术规范规定双线线间距不变并行地段的平面曲线,宜设计为同心圆。

8.2.5 直线与曲线之间, 为使曲率和车辆偏转平滑过渡, 需要在曲线段和直线段间设置缓和曲线。

传统铁路中缓和曲线长度受三个条件限制：超高顺坡不致车轮脱轨、超高时变率不致旅客不适、欠超高时变率不致旅客不适。结合悬挂式单轨制式特征及国内最新关于缓和曲线计算方法的研究，引入竖向偏转时变率和未被平衡横向加速度时变率两个指标，进行缓和曲线值的计算。

- a) 容许的竖向偏转时变率 β (即超高时变率容许值) 要求的缓和曲线长度 L_1 (m)

V——列车通过曲线最高速度 (km/h)；

a——车辆实际竖向偏转角 (°)；

Δa ——容许的竖向偏转时变率 (° /s)，参考GB 50157超高时变率容许值40 mm/s，换算为竖向偏转角时变率容许值为1.527 °/s。

上式用超高率可简化为：

i—实设超高率。

- b) 容许的未被平衡横向加速度时变率 β (即欠超高时变率容许值) 要求的缓和曲线长度 L_2 (m)

V——列车通过曲线最高速度 (km/h)；

a_q ——未被平衡横向加速度 (m/s^2)；

β ——未被平衡横向加速度时变率 (m/s^3)，暂与其他城市轨道交通保持一致，取 0.3 m/s^3 ，即 $0.03g$ 。

上式用欠超高率可简化为：

i_q ——欠超高率。

- ### c) 缓和曲线长度计算

8.2.7 车站宜设置在直线上，但在困难地段需设于曲线上时，由于车辆偏移使车辆车门与站台边缘间距加大，会使乘客感到不安全，且间距加大也存在安全隐患；另一方面，车站设在曲线上，站台的通视条件也不好，故车站应避免采用小半径曲线。

8.2.8

- a) 圆曲线最小长度取值

首先,圆曲线基于安全因素,不应小于一节车长,目的是避免一节车辆同时跨越在三种线型上,造成车辆运动轨迹过渡不顺畅,曲率恒定的圆曲线越长,对减小车辆的振频和振幅越有利;其次,圆曲线长度应与轨道梁跨度相协调,不宜小于一跨轨道梁长度,避免一根轨道梁跨越三种线型,对结构设计不利。轨道梁一般为20 m~30 m标准跨,暂取值20 m。

车场线圆曲线不应小于3 m；因为车辆基地内列车为低速运行区，车辆基地内曲线往往是道岔后的附带曲线，曲线半径较小。车场线路为了场地布置紧凑，可以按满足一个转向架固定轴距为基本数据，基本可以满足低速运行的线路条件。

- b) 夹直线最小长度取值

首先，夹直线最小长度参照圆曲线长度设置，不应小于一节车长。

其次，夹直线考虑最小长度必须满足列车通过时，前后两次振动不叠加，以保证乘客舒适度要求，即车辆在前一个缓和曲线产生的振动衰减后，再进入第二个缓和曲线。夹直线和圆曲线的最小长度就是需要的振动衰减的时间距离。

v——列车通过速度 (km/h)，可取最高设计速度。

n——振动衰减的振动数(次),日本地铁取值1.5~2.5,国内磁浮研究成果为0.5~1,铁路设计规范为1.5~2,综合考虑取1.5;

T——振动周期（s），主要由车辆的悬挂决定，日本地铁取值为1.2~1.6s，西南交通大学通过中低速磁浮进行的理论分析和仿真计算取1.5s，铁路设计规范为1s，综合考虑暂取1.2s；（国内地铁设计规范中消衰时间nT=1.8）

计算得到夹直线最小长度为0.5V。

8.2.9 悬挂式单轨列车在曲线上运行状态与其他轨道交通列车有明显不同，在确定曲线加宽时应充分考虑其特点，主要包括：

- a) 大半径曲线上列车以均衡超高状态运行时竖向偏转角与列车运行速度有关,计算时应考虑因信号误差导致的瞬时超速情况;
 - b) 本系统轨道梁为开口薄壁钢结构,抗扭刚度相对较弱,当存在未被平衡的离心加速度时,曲线加宽量应考虑轨道梁扭转因素;
 - c) 当曲线段另一线列车处于停车状态时,车辆处于铅垂状态,加宽量计算应考虑这种状态的不利影响。

8. 2. 10

- a) 至少保证一节列车在曲线上平稳运行，在道岔端部至平面曲线起点的距离应保持一定的直线距离（不小于车辆的全轴距，即车辆两转向架中心距加上车辆转向架轴距），避免车辆运行不顺畅而出现卡顿；
 - b) 根据道岔的构造情况，两组道岔导曲线之间的夹直线长度一般需保证一节车长，宜按 10 m 考虑。夹直线长度应包含过渡轨道梁段（如有）长度。

8.2.11 由于折返线、停车线一般为尽端线，列车速度基本上受道岔侧向通过速度限制，并按进入减速停车运行，因此属于低速运行地段，所以在折返线、停车线的曲线上，允许不设缓和曲线。

折返线、停车线的尽端应设置安全线和车挡。为防止意外时车挡与车辆的撞击点一致，并在一条直线上，为此至少使最前端车辆保持一节车厢在直线上，约10 m。

8.3 线路纵断面

8.3.1 线路最大坡度根据车辆参数取值。根据国内几家车辆厂提供资料，在最大爬坡能力为60%情况下可以保证一列空车能够救援一列满载列车，因此，建议区间正线最大坡度一般情况下宜采用60%，由于国内几家悬挂式单轨车辆采用橡胶轮胎，粘着力大，爬坡能力强，车辆自重轻，且采用全动力转向架，因此，曲线上纵坡无折减。

但个别地段选取困难条件80%限制坡度时,考虑到小半径地段线路阻力增加对车辆能力的影响,建议进行折减。可参照GB 50458折减值经验计算公式计算,如下:

Δi —坡度折减值(%)：

R——圆曲线半径 (m)。

出入线车辆为空载,小半径对车辆动力性能的影响可以抵消。

8.3.2 坡段长度不小于列车长度是为了列车不运行在两种以上的坡段、坡度及竖曲线上，改善列车运行条件。

8.3.3 为便于车站停车的平稳性, 便于安全门等设备的安装, 车站站台宜设置在平坡上。

8.3.5 道岔如设置在坡道上,对道岔的受力状况及安装精度提出更高要求,同时对道岔的养护维修工作量加大,故当线路能满足时应尽可能将道岔设置在平坡上;当受地形条件影响有困难时,可设在不大于3‰的坡道上。

8 3 6

- a) 在变坡点处设置圆曲线型竖曲线是为了改善变坡点(突变点)的竖向舒适度。相关技术标准应满足竖向加速度的要求:

则竖曲线半径:

R——竖曲线半径 (m)；

V——行车速度 (km/h) ;

a——竖向加速度 (m/s²) ;

- b) 竖向加速度a的取值

根据国外资料和地铁设计规范, a 值适应范围较宽, 为 $0.08 \text{ m/s}^2 \sim 0.3 \text{ m/s}^2$, 但未见对舒适度的实测数据和感觉的评价。

当 $a = 0.08 \text{ m/s}^2$ 时, 即: $R = V^2$;

当 $a=0.16 \text{ m/s}^2$ 时, 即: $R=0.5V^2$;

当 $a = 0.3 \text{ m/s}^2$ 时, 即: $R = 0.25V^2$ 。

竖向加速度a在不同取值情况下，

Digitized by srujanika@gmail.com

| 速度 V (km/h) | 20 | 30 | 40 | 50 | 55 | 60 | 70 | 75 | 80 |
|-----------------------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| $R=V^2$; (a=0.08) | 400 | 900 | 1600 | 2500 | 3025 | 3600 | 4900 | 5625 | 6400 |
| $R=0.5V^2$; (a=0.16) | 200 | 450 | 800 | 1250 | 1512 | 1800 | 2450 | 2813 | 3200 |
| $R=0.25V^2$; (a=0.3) | 100 | 225 | 400 | 625 | 756 | 900 | 1225 | 1406 | 1600 |

- c) 理论上采用较大的竖曲线半径, 对舒适度是有利的。但悬挂式轨道交通坡段长度划分较短, 且纵断面设计时还要尽量避免竖曲线与平面缓和曲线重叠, 使用过大的竖曲线半径对纵断面设计的灵活性影响较大, 故不能采用过大的竖曲线半径。在满足舒适度基本要求的前提下, 竖曲线半径不宜过大, 根据以上计算结果, 对于设计最大速度 60 km/h, 对应竖曲线半径一般建议 3000 m, 困难可为 1000 m, 选择此标准与《跨坐式单轨交通设计规范》对比后是合适的。
 - d) 不设竖曲线的对于最小坡度差, 参照 GB 50458-2008 中 6.3.5 条的条文解释: 参照有关标准, 设边坡点冲击的大小, 由折角 (i) 和速度的乘积来表示, 不使乘客感到不适的最大冲击极限值通常用下式表示:
 $i \times V \leq 1$, i 为变坡点折角;
若速度: $V=80$ km/h, 则 $i \leq 0.0125$ (rad), 另外参照跨座式单轨轨道梁允许折角施工误差 0.007 (rad) 则折角富裕值为: $0.0125 - 0.007 = 0.0055 = 5.5\%$, 本次不设竖曲线的最小坡度差取 5%, 不设竖曲线对乘车舒适度影响不大, 且一般竖曲线长度为 $2T=15$ m, 小于标准梁跨。
 - e) 道岔范围内受其结构控制应保持平顺和严密状态, 因此竖曲线不应侵入道岔范围并保持一定距离 (能满足 1 节车辆的全轴距, 即车辆两转向架中心距加上车辆转向架固定轴距) 以保证车辆运行平稳。

- f) 关于竖曲线与缓和曲线或圆曲线是否重叠,根据轨道梁制作厂家意见:竖曲线与圆曲线及缓和曲线尽量不要重叠,避免给制造工艺增加难度,但选线困难时,复杂线形的少量的轨道梁也能制作,实际与理论线形完全吻合性稍差。

8.4 配线设置

8.4.1 考虑部分悬挂式单轨交通在非城市轨道交通项目应用时,行车间隔较大,为降低工程投资,出入线可用单线或与正线平交方式。

8.4.3 折返线、故障车列车停车线长度,根据功能要求分别确定:

- 尽头式折返线、停车线有效长度=列车折返信号机瞭望和设备安装长度+列车长度+安全距离,列车折返信号机瞭望和设备安装长度参照8.2.10,取值长度=5 m+远期列车长度+安全距离;
- 贯通式折返线、停车线有效长度=两端列车折返信号机瞭望和设备安装长度+列车长度,列车折返信号机瞭望和设备安装长度参照8.2.10,取值长度=5 m+远期列车长度+5 m。

9 道岔与车挡

9.2 主要设计原则

9.2.3 为保证人身和设备安全,道岔系统应有可靠的工作接地和保护接地,道岔设备接地电阻应小于4 Ω ,防雷接地电阻应小于10 Ω 。

9.2.4 控制系统应具有安全保护功能是指电压、断相、过电流保护和相序检测等。

9.2.7 道岔与相邻轨道梁的接缝满足接触轨连续供电要求。

9.3 道岔类型

9.3.2 结合段场用地情况及段场内对车辆运行速度要求较低,用于段场内的可动芯型道岔最小曲线半径可为30 m。

10 车站建筑

10.1 一般规定

10.1.4 超高峰设计客流量是指该站高峰小时客流量乘以1.1~1.4的系数,主要考虑高峰小时内进出站客流量存在不均匀性。本规定是假定高峰20 min内通过37%~47%的高峰小时客流量,故取超高峰系数为1.1~1.4。

本条中的“或客流控制时期的高峰小时客流量”,是指建设中的线路近期的预测高峰小时客流量会出现大于建成后的远期预测高峰小时客流量的情况,在设计中应考虑这一因素。

10.1.7 车站设公共厕所应考虑周边环境及建构筑物因素,选择合适的男女比例蹲位。同时目前各城市轨道交通车站公共厕所设于付费区或非付费区皆有,但管理人员厕所与公众厕所不宜合用。

10.3 车站出入口

10.3.1 每个出入口宽度应按远期分向设计客流量乘以1.1~1.25不均匀系数来设计,此系数与出入口数量有关,出入口多者应取上限值,出入口少宜取下限值。

10.4 楼梯、自动扶梯与电梯

10.4.2 垂直提升设备主要包括扶梯和电梯,应根据项目和客流情况选定相应数量的垂直提升设备。

10.6 无障碍设施

本节车站考虑无障碍设施，是关怀残障人或者行动不便人士的具体表现。

10.7 车站环境设计

10.7.5 为了方便乘客乘行，保证车站正常运营秩序，车站内应设置导向和服务乘客的标志；事故疏散标志是在灾害情况下保证乘客安全疏散的必要设施。

10.8 各部位参数要求

本节规定了车站各个部位的最小高度、最小宽度、最大通过能力等要求，便于控制车站规模。

10.9 建筑节能

10.9.3 本条规定适用于不设置发热量较大设备的车站设备与管理用房。

11 车站结构

11.1 一般规定

11.1.1 车站为悬挂式单轨列车在其上行驶的工程结构，为保障安全可靠，应满足设计使用年限内的耐久性要求。

11.1.3 高架结构，作为城市建筑物，其景观效果和噪声、振动防治是必须考虑的问题。

11.1.4 根据GB 50068—2018，结构的设计使用年限100年为纪念性建筑和特别重要的建筑结构，结构的设计使用年限50年为普通房屋及构筑物。设计使用年限为对建筑物由设计规定的在一般维护条件下不需大修仍可按其预定目的使用的时期。

11.2 荷载

11.2.1 综合国内外各种规范有关人群荷载的取值，本标准采用了中间值。

11.3 结构设计

11.3.3 桥建分离高架车站设计使用年限按照50年设计，故抗震设防类别应为丙类；桥建合一高架车站设计使用年限按照100年设计，故抗震设防类别应为乙类。

11.3.4 桥建分离车站：是指高架区间桥在车站范围内连续，并与车站结构（站台和站厅的梁、板、柱及基础）完全脱开，各自形成独立的结构受力体系的车站结构形式；桥建合一车站：是轨道梁直接支承在车站横梁上，支承轨道梁的横梁、支承横梁的墩柱及基础受到列车动荷载很大影响的车站结构形式。桥建分离车站抗震设计执行《建筑抗震设计规范》即可，桥建合一车站抗震设计需同时执行《建筑抗震设计规范》、《城市轨道交通结构抗震设计规范》和《铁路工程抗震设计规范》。

11.3.5 独柱式带长悬臂“桥—建”组合结构体系包括桥建分离结构体系和桥建合一结构体系，独柱式带长悬臂为静定结构，对结构抗震很不利。

11.3.6 长悬臂结构体系，在恒载、列车活载、人群荷载、预应力效应及风荷载最不利组合下，悬臂端计算挠度的限值应为 $L_0/600$ ， L_0 为悬臂构件的计算跨度。长悬臂结构整体振动竖向质量参与系数最大的自振频率不宜小于10 Hz。不能满足时，应减小独柱纵向间距。

11.3.7 防止桥梁遇车辆撞击力而发生结构毁坏，同时尽可能地保护车辆，将损失减少到最低程度。目前常用的防撞方式分为直接在桥墩上加防撞装置和在桥墩周围设置防撞设施两种方式。

11.4 构造要求

11.4.1 高架车站结构宜采用钢筋混凝土结构或预应力混凝土结构，在条件许可的情况下，宜优先采用建桥分离结构形式，以减少列车振动影响。

11.4.2 高架车站的纵向柱距取10 m~15 m，主要为方便设计、简化构造考虑，当柱距大于18 m时，站台、站厅的纵向梁设计相当困难。

11.4.3 车站站台与站厅层大跨度纵向框架梁在施工时应预先起拱，并按国家有关规范控制其挠度和裂缝宽度值。

12 轨道梁桥

12.1 一般规定

12.1.1 按照悬挂式单轨交通的功能定位分别规定了轨道交通线和旅游线的设计使用年限。

12.1.2~12.1.3 轨道梁是引导列车行驶并承受列车荷载的结构。线路的平、纵、竖曲线直接在梁体上实现，曲线地段车体通过横向摆动平衡离心力，走形轨面不设超高。轨道梁内部截面尺寸应满足列车转向架尺寸的要求。

同时，轨道梁可兼做系统设备的通道。当采用接触轨供电时，轨道梁内部安装有供电系统接触轨。通信、信号电缆和光缆可安装于轨道梁顶面，并应有牢靠的固定措施。

12.1.6 对国内外建成运营的悬挂式单轨交通线路进行调研如下：

- 德国多特蒙特1、2号线共选用了20 m, 25 m, 30 m, 36 m等几种跨度。全线共有116孔简支梁，其中，20 m跨度占28.4%，25 m跨度占52.6%，30 m跨度占12.9%，36 m跨度占6.0%，可以看出20 m~30 m为常用跨度；
- 德国杜塞尔多夫机场线共选用了15 m, 20 m, 25 m, 30 m, 35 m等几种跨度。全线共有102孔简支梁，其中，15 m跨度作为补充衔接跨度，仅有2孔；20 m跨度占19.6%，25 m跨度占66.7%，25 m以上跨度占11.7%。可以看出20 m和25 m为常用跨度；
- 成都新能源空铁试验线长1.41 km，直线标准梁采用25 m跨度；青岛悬挂式单轨交通试验线线路长度880 m，直线梁也采用25 m跨度。

通过对多条悬挂式单轨交通线路调研，发现常用跨度为20 m~30 m。由于悬挂式单轨交通车辆转向架行走于轨道梁内，转向架尺寸直接决定了轨道梁的内部空间大小。通过对简支轨道梁计算分析，轨道梁设计受控于板件局部刚度和整体竖向刚度，强度富余较大。如缩小轨道梁标准跨径，梁体截面尺寸并不能减少，反而增加了桥墩个数，增大了总体用钢量；同时，桥墩个数增加会增加安装工作量，延长施工工期；另一方面，缩短跨径，桥墩布置较密，影响景观，同时也增加了桥墩占地。如增大标准跨径，虽可减少桥墩数量，但一方面需增加梁高和板厚，增加梁体用钢量；另一方面，轨道梁一般采用公路运输，受运输车辆长度所限和公路运输部门对超限车辆的管制要求，梁长不宜超过30 m。

因此，综合考虑钢材用量、运输条件、景观效果和施工工期等因素，道梁跨度宜采用20 m~30 m。

12.1.7 位于城区范围内的轨道梁桥的桥墩布置应符合城市国土空间规划要求，跨越道路、铁路、航道时，桥下净空应满足相应的限界要求，并预留轨道梁桥的沉降量。

12.2 荷载及组合

12.2.2 本条参照TB 10091—2017第3.2.8条和GB 50458—2008第8.2.3条的规定，并结合悬挂式单轨交通的工程特点进行了调整。

本标准荷载组合与GB 50458基本相同，考虑到轨道梁桥主要为钢结构，不同荷载提高系数不超过1.50。

12.2.7 列车竖向动力作用主要与运行速度、车辆性能和走行面平顺性有关,宜根据轨道梁桥动载试验资料分析确定,但目前缺少动载试验资料。悬挂式单轨车辆走行轮采用橡胶轮胎,轨道梁的底板作为走行面,轨道梁桥动力系数参考了GB 50458。

疲劳计算是计算桥梁在运营期间内的长期损伤累积,应取强度检算时动力作用的平均值,因此应在其基础上进行折减。根据日本《铁道构造物等设计标准·同解说·合成构造物》的规定,疲劳检算时列车的竖向动力系数采用强度计算时冲击系数的3/4倍。我国TB 1002规定动力系数为:钢桥 $\mu=28/(40+L)$,结合梁 $\mu=22/(40+L)$,TB 10091规定疲劳检算时的动力系数为 $\mu_f=18/(40+L)$,后者是与前者的比例为0.642~0.818,因此本标准规定取强度计算时动力系数的0.75倍。

12.2.9 本标准暂参照GB 50458相关规定,待积累足够试验数据后,再行调整。

12.2.10 由于悬挂式单轨车辆车体与其悬挂系统采用铰接,达到一定摆角后变为刚接,横向摆角能平衡的水平力作用于走行面,即不计入水平力产生的附加弯矩;当横向摆角达到最大值时,需要计入水平力产生的附加弯矩,故规定横向摆角未平衡的横向荷载作用在车辆重心处,即考虑了横向荷载产生的附加弯矩,此弯矩通过梁体扭转产生的扭矩来平衡。

12.2.11 列车制动力或牵引力是列车减速或加速时的反作用力,力的大小取决于制动或启动时的加速度。根据国内悬挂式单轨车辆研制情况,常用制动减速度为 1.0 m/s^2 ,紧急制动减速度为 1.5 m/s^2 ,因此,制动力或牵引力按竖向静活载的10%计算。本条规定同时参考了GB/T 51234的规定。

13 地下区间结构

13.1 一般规定

13.1.1 第2款本条所指的矿山法施工的暗挖结构还包括采用敞开的TBM法施工的隧道结构。

13.1.2 参见GB 50157—2013第11.1.2条条文解释。

13.1.5 参见GB 50157—2013第11.1.6条条文解释。

13.1.6 地下区间结构的净空尺寸,在满足建筑限界或其他使用及施工工艺要求的前提下,应考虑施工误差、结构变形和后期沉降等影响而留出必要的余量。

a) 施工误差一般包括:

- 1) 由于施工测量、放线、铺轨、隧道开挖或结构沉放等引起的结构线路在平面位置和高程上的偏离;
- 2) 由于施工立模、浇筑混凝土时模板变形、地下连续墙成槽时的墙面倾斜和局部突出等造成结构净空尺寸和位置的变化;
- 3) 矿山法隧道施工时的超挖和欠挖。

b) 隧道后期沉降量与地层条件和施工方法等因素有关。在软黏土地层中要注意地面超载、地下水位变动、土体卸载之后再加载以及在反复荷载(包括列车荷载和地震荷载)作用下引起的地层位移。

c) 在确定隧道净空尺寸时,必须根据工程的具体情况,综合考虑地质条件、隧道埋深、荷载状况、施工方法、结构类型及跨度等各种因素,参照类似工程的实践设定。鉴于目前对影响净空余量的各种因素尚难以分项确定,设计中一般的做法是,考虑诸多影响因素后按综合偏差预留。此外,视施工方法的不同,有的净空余量可在开挖轮廓中预留,如矿山法隧道的围岩变形量、明挖结构围护墙的倾斜,不平度和位移等。

13.3 工程材料

13.3.1 地下区间结构采用钢筋混凝土结构有利于提高耐久性,地铁结构的主要受力构件,尤其是直接与地层接触的结构应采用钢筋混凝土。位于隧道内部的构件(包括主要受力构件和次要受力构件)根据需要也可采用其他结构材料和型式,包括钢与混凝土共同组合形成的结构(如钢管混凝土结构、钢骨混凝土结构和组合构件等)、单纯的金属结构以及其他材料等,所选用的材料应满足耐久性要求。参考GB/T 50476执行。

13.3.4 本条是为提高喷射混凝土的耐久性和改善作业环境而提出的要求。城市轨道交通矿山法隧道大多数修建于第四系地层中,由初期支护和二次衬砌共同承受使用阶段的荷载。因此,对由以喷射混凝土为主要材料构成的初期支护,也应具备一定的耐久性。轨道交通工程中应采用湿喷混凝土工艺,本标准在强调采用湿喷混凝土工艺的情况下,将喷射混凝土的最低强度等级提高到了C25。

随着喷射混凝土工艺及混凝土添加剂材料的进步,喷射混凝土的性能能够较以往传统工艺有大幅度的提高,尤其在抗渗性能方面,国内已经有研究证明采用湿喷工艺和混凝土新型添加剂的喷射混凝土能够达到P12以上抗渗指标。

掺入钢纤维的喷射混凝土可以大大改善喷射混凝土的性能,具备和易性好、坍落度损失少、回弹量低、后期强度高、抗渗性和耐久性好以及使用中腐蚀性风险低等优点,故宜在轨道交通工程中推广,掺入钢纤维的喷射混凝土的强度等级可适当提高。

13.4 结构设计

13.4.1 第3款普通钢筋混凝土结构的最大计算裂缝宽度允许值。

- a) GB 50010放宽了裂缝计算的要求,对三级裂缝控制要求的钢筋混凝土构件(即允许出现裂缝的构件),采用荷载的准永久组合替代了上一版规范的标准组合来计算裂缝宽度,并调整了受弯、偏心受压构件受力特征系数的取值(由2.1调整为1.9);
- c) 当混凝土保护层厚度较大时,虽然裂缝宽度的计算值也较大,但从总体上看,较大的混凝土保护层厚度对防止钢筋锈蚀是有利的,故本标准规定,当设计采用的最大裂缝宽度计算式中保护层的实际厚度超过30 mm时,可将保护层厚度的计算值取为30 mm。

14 边坡

14.1 一般规定

14.1.3 边坡的使用年限指边坡工程的支护结构能发挥正常支护功能的年限,边坡支护结构一旦破坏将直接对行车安全产生影响,并很难修复或无法修复,因此,要具有足够的强度、稳定性和耐久性,该类结构的永久边坡不应低于被保护的建(构)筑物的设计使用年限,临时边坡不超过2年;被保护的建(构)筑物的设计使用年限依据本标准相关章节确定。当受边坡支护结构保护的建筑物(坡顶塌滑区、坡下塌方区)为永久或临时性时,支护结构的设计使用年限应不低于上述值。

边坡防护结构是比较重要的结构,虽然其一旦破坏将直接对行车安全产生影响,但能通过修复补强达到其结构强度和完整性要求;边坡排水结构,防护砌块、栏杆等小型构件,出现结构破坏对行车安全产生影响相对较小,能较容易进行修复或替换。其设计使用年限根据线路特点、养护维修频率、人员配置等具体确定。

14.2 边坡形式与坡率

14.2.2 本条采用的边坡最小稳定性安全系数,依据GB 50330确定。

由于悬挂式单轨工程边坡规模较小,一般工况中采用的安全系数又较高,所以不再考虑土体的雨季饱和工况。对于受雨水或地下水影响大的边坡工程,可结合当地做法,按饱和工况计算,即按饱和重度与饱和状态时的抗剪强度参数。

规范中边坡安全系数是按通常情况考虑的,特殊情况(如坡顶存在安全等级为一级的建构筑物,存在油库等破坏后有严重后果的建筑边坡)下安全系数可适当提高。

14.2.3 在现场调查中,常见到土和风化岩石两种地层组成的较深挖方,由于坡面水流的冲刷和侵蚀,在土石交界处及坡脚部位被冲刷淘空,形成边坡坍塌;另外在养护维修中因边坡较高,无平台可资利用,作业极为不便。因此,有设置边坡平台的必要。其宽度不仅要考虑工程自身的安全,还需考虑后期养护维修的需要,结合多年工程建设经验,确定为不小于2m。

14.3 支挡工程

14.3.1 本条是根据多年支挡设计的经验、教训以及国内外资料,提出对支挡设计的基本要求。支挡结构在各种荷载组合作用下,应符合强度和稳定性要求。

支挡类型除了选择重力式挡土墙外,可根据现场的地形、地质、水文等具体情况结合工程技术条件,从各种支挡类型中选择最合适的形式。不论选择哪种类型,应符合经济合理、便于施工和养护的要求。

支挡工程桩基施工若采用人工开挖方式,为危险性较大的分部分项工程,应采取可靠的保障措施确保人员和设备安全,并应符合国家、行业和地方的有关规定。

14.4 边坡防护

14.4.1 坡面防护是环境保护环境、防止水土流失的一种工程措施。有些严重的边坡病害和水土流失往往是由于边坡风化剥落,逐渐发展而造成的。易于冲蚀的土质边坡任其发展,可能引起边坡的溜坍;易风化的岩质边坡任其风化剥落,可能引起大量的坍塌。

边坡整体稳定但其坡面岩土体易风化、剥落或有浅层崩塌、滑落及掉块等影响边坡坡面的耐久性或正常使用,或可能威胁到人身和财产安全及边坡环境保护要求时,需进行坡面防护。

14.4.2 坡面防护工程一般分为工程防护和植物防护两大类。工程防护存在的主要问题是周围环境不协调、景观效果差,在城市建筑边坡坡面防护中应尽量使景观设计和环境保护相结合,注意与周围自然环境和当地人文环境的融合,并在边坡平台上种植攀藤植物或采用客土喷播等岩面植生措施,以减少对周围环境的不利影响。

14.5 边坡工程排水

14.5.1 边坡坡面、地表的排水和地下的排水和防渗措施宜统一考虑,使之形成相辅相成的排水、防渗体系。为了确保实践中排水措施的有效性,坡面排水措施需采取措施防止渗漏。

14.5.2 坡面、地表的排水设施的设计应结合地形和天然水系进行布设,并作好进出口的位置选择和处理,防止出现堵塞、溢流、渗漏、淤积、冲刷等现象。地表排水沟排放的水流不能直接排入饮用水水源、养殖池等水源。

14.5.4 排水设施的几何尺寸应根据集水面积、降雨强度、历时、分区汇水面积、坡面径流量、坡体内渗出的水量等因素进行计算确定,并作好整体规划和布置。

14.5.5 地下水在边坡范围内的存在和活动,往往引起各种边坡病害,主要有浸湿软化:地下水浸湿边坡土体,使其强度降低,在外力作用下,边坡将产生各种病害,如边坡表土滑动、溜坍等。地下水在山坡地层中活动,可降低山坡土体及其结构面的强度,影响其稳定性,导致崩塌、滑坡等病害的发生。因此,通常在以下情况需要考虑采取措施进行地下排水处治:

- 挖方边坡体内含水层出露、或填方基底范围内含水层出露时,需要设置渗沟,将含水层范围内的地下水进行拦截并引排至工程范围之外;

- b) 在地下水位高而开挖面顶面距离地下水位很近时, 为降低地基的湿度, 提高其承载能力, 需设置渗沟或采取其它措施以降低地下水位。

15 通风、空调与供暖

15.1 一般规定

15.1.1~15.1.2 提出了悬挂式单轨交通的通风、空调与供暖系统设计的具体范围与研究对象的共性规定。

地面车站和高架车站虽然与大气连通渠道较多, 但由于车站设备管理用房内的人员和设备运转都对周围的空气环境存在相应的要求, 需要采用通风、空调与供暖系统来予以满足。而且, 车站的站厅受建筑结构形式的影响, 其空气环境也需要根据人员和设备的要求, 按照适当的标准与建筑结构相协调, 尽量采用自然通风等系统形式, 达到既满足其对空气环境的需要, 又造型美观, 同时有利于节能的目的。当采用自然通风等系统形式受当地气候等自然条件限制, 或者对建筑结构影响巨大, 实施起来难度很大时, 则需认真分析、研究, 采取适当、合理的通风、空调与供暖系统。

15.1.3 本条提出了设备、管道及配件的运输、安装、操作和维修条件的共性规定。

15.1.4 本条提出了通风、空调与供暖系统中使用的各类材料燃烧性能的共性规定。目前在工程中应用的管道、保温及消声材料种类繁多, 性能上差异很大。为保证在悬挂式单轨交通正常运营和事故状况下所采用的材料不燃烧、不散发出有毒有害气体, 从而保持悬挂式单轨交通内部在各种情况下都具有一个良好、安全的空气环境, 需遵守本条所提出的选材要求, 即选用A级不燃材料。只有当少数部位, 形状极不规则, 采用A级不燃保温材料在施工工艺等方面确实存在很大困难时, 允许采用难燃材料, 但至少应采用B1级材料。对于防潮、防腐、防蛀、耐老化等性能要求, 现行工程中常用的保温材料很难能同时满足以上所有要求, 故可设置必要的附加措施来保证材料的整体性能满足要求。

15.1.5 本条规定了本标准同其他标准规范的衔接。车辆综合基地、控制中心和主变电所等均设置在地面, 其内部设计标准需要满足运营设备工艺需求, 但外界气候条件对其产生的影响与对地下线路产生的影响不同, 而与地面建筑一致, 因此除本标准规定外, 需在满足设备工艺要求的前提下, 按照国家的有关地面建筑设计标准对通风、空调与供暖系统进行设计。此外, 悬挂式单轨交通工程的通风、空调与供暖设计还需执行与设计内容相关的安全、环保、节能、卫生、抗震等方面国家有关标准的规定。

15.2 车站通风、空调与供暖

15.2.1 地上车站的站厅、站台设置在地面以上, 自然通风是最节能的通风方式。在建筑形式上考虑与外界增加相通性, 这样有利用自然通风来消除余热和余湿, 从而达到简化通风与空调系统、降低造价、节省能源的目的。当车站设有空调候车室或客服中心时, 可对应设置局部空调系统, 满足人员舒适性要求。

当地上车站的站厅设置空调系统时, 空调区的温度应比室外空气温度低一些, 从而使乘客由外部进入站厅时有较凉爽的暂时舒适感。但此温度不应过低, 否则乘客直接从室外进入较低温的室内容易造成不适感。且由于部分车站站厅设置了空调设施而站台未设置空调设施, 过低的站厅温度将导致乘客在站厅逗留时间较长, 或从外部进入车站站厅, 来到一个温度较低的环境, 而再由站厅进入站台时, 又达到一个温度较高的环境之中, 冷热交替, 反而造成乘客在整个车站候车过程中产生不舒适感, 故车站公共区的夏季计算温度可为29℃~30℃。

15.2.2 设备管理用房通常优先采用通风方式, 当采用通风方式达不到人体舒适、设备工艺对环境的要求, 或不允许、不经济时, 才设置空调系统。例如, 当夏季室外温度高于室内设计温度, 通风降温无法

满足室内温度要求；或工艺设备对室内环境的温度湿度有要求时，虽然采用通风方式可以满足，但夏季室外温度较高，通风量很大，土建规模受到限制时，也可以采用空调的方式。

15.2.6 本条参照GB 50157的有关规定。

15.2.7 本条参照GB 50157的有关规定。

15.3 车辆综合基地及控制中心通风、空调与供暖

15.3.2 库室检修岗位设置岗位通风或局部空调降温措施，可以大大改善工作人员的检修环境。

15.3.3 油漆库的作业将产生漆雾和大量粉尘，对人体有一定的危害，容易引起火灾，危险品库也类似。为保证工作人员的健康安全、减少对环境的污染、避免火灾，条文强调设置通风设备，采取消防和环保措施，并对电气设备提出防爆要求。蓄电池检修间易散发有腐蚀性的酸性、碱性气体，因此蓄电池检修间的通风应满足防腐的要求。

15.4 其他

15.4.1 悬挂式单轨线路敷设可能穿越山体，设有隧道，或设有地下区间，故提出隧道通风设计相关规定。

16 给水与排水

16.1 一般规定

16.1.2 为降低工程造价、供水可靠、保证水质，应优先选用城市自来水。当无城市自来水，应和当地规划等部门协商，可以打井自备水源，也可采取可靠的水源，但水质必须符合要求。

16.1.5 给水与排水设计应根据各地的气候条件及市政供水等实际情况，采用利用市政水压直接供水、太阳能热水技术、分质供水、中水回用、雨水综合利用、采用节水型卫生器具及五金配件等节能减排的措施，以降低工程的综合能耗。

16.1.7 悬挂式单轨交通的给水与排水设计还需执行与设计内容相关的安全、环保、节能、卫生、抗震等方面国家有关标准的规定。

16.3 车辆综合基地、控制中心等地面建筑给水与排水

16.3.5 车辆基地洗车库的用水量较大，为节约水资源，洗车废水需要经过处理后回用。

16.3.8 车辆基地占地相对较大，可以根据当地海绵城市规划，采用“渗、蓄、滞、净、用、排”相结合的技术措施，对雨水进行就地消纳或回收利用。

17 供电

17.1 一般规定

17.1.5 根据GB 55033，牵引供电系统应为一级负荷。

17.1.6 根据17.1.5牵引用电负荷为一级负荷，根据《供配电系统设计规范》：一级负荷应由双重电源供电；当一电源发生故障时，另一电源不应同时受到损坏。同时，悬挂式单轨牵引负荷较小、车站规模也较小，中压供电网络采用牵引动力照明混合网络方案有利于降低工程投资。

17.1.9 目前国内机车厂下线的悬挂式空轨车辆均为DC750 V供电制式，本标准中直流牵引供电系统暂按750 V进行考虑。

17.1.10 悬挂式单轨交通车辆上一般不设置再生制动能量吸收电阻，当考虑设置地面再生制动能量吸收装置时，采用储能型再生能量吸收装置可以在供电系统的直流侧直接完成再生制动能量的回收利用，避免了对交流侧的电气影响。储能型吸收装置可分为超级电容储能和飞轮储能两类技术方案，具体方案应通过技术、经济比选综合后确定。

17.2 变电所

17.2.7 每座牵引变电所设置两套整流机组有利于降低系统谐波的产生。当一套整流机组退出运行时，另一套整流机组继续运行有利于提供牵引网电压水平、减少能耗；具体运行条件包括：机组过负荷满足要求；谐波含量满足要求；不影响故障机组的检修。

17.2.8 如果根据近、远期计算负荷确定的牵引整流机组的数量与容量相差较大，则牵引机组可按近、远期分期实施；反之，牵引机组数量与容量可按远期实施。

17.2.9 电力行业标准DL/T 5044按值班条件的不同，对直流操作电源的供电时间提出了不同要求，悬挂式单轨采用无人值班方式，直流操作电源供电时间按照2 h进行设计。

17.2.15 直流牵引供电设备包括整流器、负极柜、直流开关柜和再生能量吸收装置的直流设备。

17.2.16 悬挂式单轨负极回流轨为悬浮系统，当车辆外壳与负极回流轨等电位时，为防止负极回流轨对地异常电压危及上下车乘客人身安全，牵引变电所应设置负极回流轨电压限制装置将负极回流轨和接地网短时连接；当车体与负极回流轨绝缘时，牵引变电所应设置直流接地漏电保护装置，该装置可以在直流供电系统发生正极对地接地故障时提供短路电流通路，有选择性地将故障区段进行切除隔离。

17.2.17 17.2.11～17.2.17规定的各种保护为保护配置的基本内容，设计中可根据工程实际情况增加或调整保护类型。

17.2.20 变电所的计量功能宜根据运行部门运行管理、成本考核设置。

17.3 牵引网

主要包括牵引网的选型、设备组成及布置、安装要求等内容。

17.4 电缆

17.4.1 悬挂式单轨交通一般采用地上线路，处于开放式环境，电缆、电线和光缆采用低卤、低烟的阻燃材料可以提升工程经济性；当线路采用隧道内或地下线敷设时，考虑电缆燃烧时产生的有害气体，电缆、电线和光缆应采用无卤、低烟的阻燃材料。

17.7 综合接地

17.7.2 悬挂式单轨交通牵引供电系统采用正极轨授流、负极轨回流的不接地系统，正极轨、负极轨及变电所直流牵引供电设备采用绝缘安装，有利于杂散电流防护和框架泄漏保护在直流牵引供电设备初期漏电时进行故障隔离。

18 通信

18.1 一般规定

18.1.10 悬挂式单轨交通为确保车辆行驶安全和设备设施安全，设置了严格的车辆限界和设备限界，本条明确了通信设备设施必须满足的限界要求。

18.2 传输系统

18.2.4 悬挂式单轨交通区间内的电缆光缆应为无卤、低烟、阻燃，是为了在火灾情况下，线缆能够尽量避免产生对人身有害的物质，并能有效防止燃烧。

18.2.5~18.2.6 光纤本身不受外界强电磁场的影响，且光缆金属护套均为厚度小于0.1 mm的钢外套，对电磁波的屏蔽作用很小。为保证金属加强及金属护套上的纵向感应电势不积累，故要求光缆接头两侧的金属护套和金属加强件应互相绝缘。为保证感应电流不进入车站影响设备及人身安全，当用光缆引入时，应做绝缘接头。

18.4 专用电话系统

18.4.3 因目前电话交换设备的功能很强，能同时满足专用电话系统与公务电话系统的要求，所以专用电话系统与公务电话系统也可合建，节省投资。

18.5 无线通信系统

18.5.1 本条是对无线通信系统的基本功能和定位作了规定，无线综合承载是指根据当地无线电管理部门批复的带宽，无线通信系统支持下列全部或部分业务，包括列车运行控制系统车地通信业务、列车紧急文本下发业务、列车运行状态监测业务、车载视频监视业务、PIS车载视频业务、集群调度业务等。

18.7 视频监视系统

18.7.3 摄像机的安装位置、数量及安装方式应根据乘客流向、乘客聚集地等场所，以及运营管理需求综合考虑。

18.7.5 具体的实时录像时间设置应按照国家法规《中华人民共和国反恐法》的规定执行。远程电源控制方便停运后关闭摄像机，节能并延长设备寿命。

18.8 乘客信息系统

18.8.3 乘客信息系统的终端显示设备的设置要考虑到乘客使用方便，同时也应经济合理。设置地点应为乘客聚集、经常使用的地方，便于乘客及时了解相关信息。在列车车厢及站台乘客聚集地，以及在出入口、换乘通道、站厅乘客必经之地的地方设置乘客信息系统终端显示设备，基本覆盖了悬挂式单轨交通系统乘客活动公共区域，满足乘客使用要求。

18.12 办公自动化系统

18.12.1~18.12.5 本节对办公自动化系统的基本功能和设置进行规定。在建设时应尽量与运营单位或部门沟通需求，综合考虑建设规模。

18.14 公安通信系统

本节对公安通信系统的基本功能和设置进行规定。在此基础上，建设时应尽量与当地公安及消防部门沟通，根据当地公安及消防部门具体需求设置。

18.15 通信设备用房技术要求

18.15.3 由于车站内安装的设备不易更换和搬迁，故通信机房的面积应满足通信业务发展的远期要求。

19 信号

19.1 一般规定

19.1.9 由于悬挂式单轨交通轨道梁的结构特点及车辆空间相对狭小,能够提供给轨旁、车载信号设备及线缆安装、敷设的空间有限,从便于维修维护、协调周边景观、减轻轨道梁荷载、有利于加大桥墩跨距的角度考虑,信号系统尽量满足小型化、轻型化、便于安装和维护的要求。

21 自动扶梯与电梯、站台门

21.1 一般规定

21.1.5 站台门门体材质通常采用安全钢化玻璃和钢材,门扇采用隐框结构,门框和玻璃之间采用密封胶连接,并设置有橡胶和毛刷,因此不具备防火隔离设施的条件。

21.2 自动扶梯

21.2.1 主要技术要求及参数

- a) 从低碳、环保及节能等方面考虑,自动扶梯应选用变频调速的设备;
- d) 为确保运营安全,自动扶梯的控制优先选择就地级控制。

21.3 电梯

21.3.1 主要技术要求及参数

- d) 电梯能够实现“五方通话”功能以满足运营需求。

21.4 站台门

21.4.2 主要技术指标

- b) 站台门噪声峰值不应超过70 dB (A) 测试条件和标准:离开站台门门体1m,高度1.5 m (低站台门在距离地面0.5 m) 处,全高站台门门体顶箱/半高站台门固定侧盒盖板面板关闭情况下,在运行中测试的噪音目标值应<70 dB (A) 快速响应。

21.4.3 布置与结构

- d) 为保证乘客候车及上下车的安全,全高站台门开门高度必须大于车辆门的高度,通常列车车门有效高度1800 mm~1900 mm,车内地板面比站台面高30 mm~50 mm,考虑乘客上下车过程中不碰头,取全高站台门滑动门有效开门净高不小于2 m,应急门和端门与之保持一致;半高站台门为下部支撑结构,其高度受限制,综合考虑乘客安全及身高情况,其最低高度不得低于1.5 m。

25 安全技术防范系统

25.1 一般规定

25.1.1 安全技术防范系统建设时应与当地相关部门进行沟通,根据当地相关部门具体需求设置,做到合理设置、安全可靠、经济适用。

26 运营控制中心

26.1 一般规定

26.1.3 出于控制建设投资、减少维护费用的目的,运营控制中心除了应设置必要的通信、信号、电力监控、火(防)灾自动报警等中心设备外,其他系统和设备可根据线路规模、客流需求及管理模式进行合理配置。

26.2 功能分区与总体布置

26.2.2 设备区和运营管理区应靠近运营监控区,以方便设备间的电气连接、减少管线敷设的距离、便于运营管理;设备区和维修区宜相邻设置,以方便设备的维护管理。

26.2.3 考虑到防雷电干扰等因素,运营监控区内的中央控制室和设备区不宜设在高层建筑的最顶层,同时考虑到土建结构、防水、通风等设计难度,也不宜设在地下。

26.2.6 运营管理区应具有悬挂式单轨交通中央级运营技术管理和生产管理等功能,需配置必要的办公、管理和生活设施,可根据运营实际需要设置或合并设置。

26.2.7 第1款,设备区设备用房有多种布置方式,具体布置方式可根据管理体制、运营模式等灵活掌握。

26.2.9 第1款,辅助设备区设置的供电和低压配电、通风和空调、水消防和自动灭火、给排水等辅助设施用房,以及设置相应的维修及值班等管理和办公用房,这些用房可根据需要分开放置或合并设置。

26.3 建筑与装修

26.3.1 第4款,运营控制中心与其他建筑合建时,为确保其独立性、安全性和可靠性,以及方便管理、避免打扰,应设独立的进出口通道(包括电梯等)及消防通道。

27 车辆基地

27.1 一般规定

27.1.1 本条明确规定了车辆基地的设计范围。

车辆基地是保证悬挂式单轨交通系统正常运营的后勤基地。车辆基地的设计范围包括车辆段、综合维修中心、物资总库和培训中心以及必要的办公、生活设施等,是悬挂式单轨交通系统正常运营所必需的设备和设施。上述各种设备、设施性质相近,有着较紧密的联系,工程设计中通常布置在一起,形成综合体,既可节约工程投资又方便管理。

27.1.2 城市轨道交通线网规划是悬挂式单轨交通设计的重要依据,线网规划中对车辆基地的分布和功能有明确的规定。车辆基地用地范围通常是得到规划部门的认可并加以控制的,所以车辆基地的设计以城市轨道交通线网规划为依据。

27.1.3 车辆基地属大型建设工程,总投资和占地都较大。为合理安排工程投资和征用土地,条文强调车辆基地应统一规划,分期实施,其轨道梁、房屋建筑和机电设备等按近期需要设计,用地范围按远期规模确定。由于车辆基地近、远期工艺联系较为密切,条文要求远期用地范围应按远期规模并在远期轨道和房屋布置规划的基础上确定。

27.2 车辆段与停车场功能、规模及总平面设计

27.2.1 本条规定车辆基地根据其在线网中的地位和集中检修的原则,合理确定车辆及其他系统设备检修范围及功能,在可能的条件下,实行车辆大部件的集中检修,以提高检修质量和检修设备利用率。

27.2.2 现阶段国内可生产悬挂式单轨的车辆厂家有:中铁科工、中车四方、中车铺镇、中铁资阳,本标准给出的车辆检修周期经与车辆厂商沟通后确定。随着科学技术的发展和运营经验的积累,车辆检修

周期也会随之发生变化,运营单位在接收工程之后可根据实际情况进行适当的调整,车辆检修内容如下所示:

- a) **列检:** 对车辆的走行部分、牵引传动系统、各种电气装置、制动控制装置的状态进行外观检查,更换损耗件,重点处理危及运行安全的故障,确保行车安全;
- b) **三月检:** 主要是对转向架、牵引电机及主要电器进行全面细部检查,对重点部分如悬吊结构、走行部分、受流器、空调、电气控制系统、牵引、制动等的部件进行检查、修理、测试、更换损耗件,清洗空调空气滤清器,根据需要进行蓄电池充电;
- c) **换轮:** 橡胶轮胎使用寿命大约8~10万km,车辆行走10万km或运行1年更换橡胶轮。实际运营时可结合线路条件、运营经验进行调整;
- d) **重点检修:** 对列车进行解编,主要是对转向架(含悬吊结构)、牵引电机、集电靴、制动系统、车钩缓冲装置、车门、各种电气控制装置等主要部件进行分解、检查、修理、互换、调试、试验,对仪器仪表进行校验,对车体及其余部件的技术状态进行检查修理,更换橡胶轮胎及故障件并进行试验,以保证车辆处于良好的运用技术状态。对检修完毕组装后的车辆进行静调、动态调整;
- e) **全面检修:** 将车辆全部解体,架车、检修。主要对转向架(含悬吊结构)等进行测量与整形,更换橡胶轮胎;对牵引电机、电器、电气线路等部件全部进行分解、修理、调试和试验,使其完全恢复技术性能;对车辆重新进行油漆标记;全面检修应以配件互换为基础。对检修完毕组装后的车辆进行静调、动态调整。

27.2.5 为避免设备投资过大并保证设备的大修质量,设备外委大修及车辆外委大修因地制宜,并在总体设计阶段进行充分论证、落实。

27.2.7 车辆段、停车场的规模,应满足工程线路的功能和能力的要求。因此,确定车辆段、停车场的规模首先应综合考虑线网及本线的具体情况,通过全面的功能分析,确定本段(场)的功能定位,并在功能定位的基础上,根据设计基础资料进行各项工作量的计算确定规模。

设计的主要基础资料包括线路走向、行车交路、车辆技术参数、列车对数和编组辆数、管辖范围内配属车列数、车辆检修周期和检修时间等。

27.3 车辆运用整备设施

27.3.4 停车列检库线的列位布置根据车库型式确定。主要考虑尽端式车库的线路仅能一端出车、贯通式车库的线路可做到两端出车。为保证列车出库顺利、快捷,对于不同库型每条库线上的列位布置做了不同规定。

27.3.8 悬挂式单轨车辆主要检修作业集中于车顶机电设备和轨道梁内的转向架,库房内不设接触轨的要求主要是为了保证检修人员作业安全。

27.4 车辆检修设施

27.4.7 库前平直线段的要求主要是为了避免车辆通过弯道进入车库时,车辆中心线偏离车库大门中心线造成安全事故。

27.5 综合维修中心

27.5.1 综合维修中心是悬挂式单轨的重要组成部分,是确保正常运营的重要设施,本条明确综合维修中心的功能和任务,包括全线土建工程和机电设备的维修和检修。

27.6 物资总库

27.7 其他

27.7.2 培训中心宜设于车辆基地内，主要是考虑教学人员相对集中，可利用现场的设备、设施，实现现场直观教学。培训中心的生活设施可利用车辆段的设施，方便管理节省投资。

28 防灾

28.1 一般规定

28.1.1 悬挂式单轨交通以高架为主，因此预防的主要灾害为火灾和风灾。

28.2 建筑防火

28.2.8 重要设备用房是指车站控制室、通信及信号机房、变电所、配电室、通风及空调机房、消防泵房、气瓶间、蓄电池室、站台屏蔽门设备控制室等。

28.3 防烟、排烟与事故通风

28.3.2 本条参照GB 50157的有关规定。

28.3.4 本条参照GB 50016的有关规定。穿越墙体、楼板的风管或排烟管道设置防火阀、排烟防火阀，就是要防止烟气和火势蔓延到不同的区域。在阀门之间的管道采取防火保护措施，可保证管道不会因受热变形而破坏整个分隔的有效性和完整性。

28.3.7 本条提出了设置事故通风系统的原则要求。

29 疏散与救援

29.2.3 横向救援疏散方式受线间距、线路坡度、曲线半径等因素影响，因此可结合实际工程情况对该疏散方式进行具体分析。
