ICS 45 120
CCS S 19

DB23

黑 龙 江 省 地 方 标 准

DB23/T XXXX—XXXX

悬挂式单轨交通技术标准

Technical standard for suspended monorail transit

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

（征求意见稿）

联系人：徐汉

地址：黑龙江省哈尔滨市道里区群力新区滇池路 7 号

联系电话：18645033533

邮　箱：xuhan519@163.com

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布　　XXXX - XX - XX 实施

黑龙江省市场监督管理局　　发 布

目　　次

前言 III
1　范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语和定义 3
4　总体原则 4
5　运营组织 5
6　车辆 7
7　限界 12
8　勘察与测量 13
9　线路 16
10　轨道梁桥 21
11　道岔 26
12　车站 31
13　通风、空调与供暖 37
14　给水与排水 39
15　供电 41
16　通信 47
17　信号 52
18　售检票系统 60
19　自动扶梯、电梯与站台屏蔽门 64
20　综合监控 67
21　运营控制中心与信息化 76
22　车辆基地 79
23　防灾 83
24　环境保护 88
25　工程验收 90
26　系统联调与试运行 93
附录A(资料性)　限界图 101
附录B(资料性)　条文说明 105

参考文献 125

前　　言

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

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。

本文件由黑龙江省住房和城乡建设厅提出提出并归口。

本文件起草单位：哈尔滨空列轨道交通集团有限公司、北京中铁建电气化设计研究院有限公司、苏交科集团股份有限公司、中铁山桥集团有限公司、中车资阳机车有限公司、中铁咨询工程设计集团有限公司、南京轨道交通系统工程有限公司、中铁第四勘察设计院集团有限公司、中冶空铁轨道交通有限公司、中铁十五局集团有限公司、中铁高铁电气装备股份有限公司、北京中建空列集团有限公司、中建空列(北京)科技有限公司、亚太空列(河南)轨道交通有限公司、中建空列(北京)工程设计研究院有限公司。

本文件主要起草人：张骎、白永平、董海涛、王磊、刘俊、刘铭山、岳渠德、张海军、孙海全、彭长福、张浩、姜安、徐汉、刘建忠、程建江、王涛锋、王晓明、王海良、贾强、刘月华、张晓宏、张李雪、张平、付雷锋、裴晓娟、何延冰、温悦、王平、李鑫鑫、龚艳林。

悬挂式单轨交通技术标准

1 范围

本文件规定了悬挂式单轨交通技术的总体原则、运营组织、车辆、 限界、勘察与测量、线路、轨道梁桥、道岔、车站、通风、空调与供暖、给水与排水、供电、通信、信号、售检票系统、自动扶梯、电梯与站台屏蔽门、综合监控、运营控制中心与信息化、车辆基地、防灾、环境保护、工程验收、系统联调与试运行。

本文件适用于新建、改建、扩建的悬挂式单轨交通技术管理。

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 3096 声环境质量标准

GB/T 4208 外壳防护等级(IP 代码)

GB/T 6995(所有部分) 电线电缆识别标志方法

GB 7588(所有部分) 电梯制造与安装安全规范

GB 8702 电磁环境控制限值

GB 8978 污水综合排放标准

GB 10070 城市区域环境振动标准

GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准

GB 12523 建筑施工场界环境噪声排放标准

GB/T 12758 城市轨道交通信号系统通用技术条件

GB/T 14093.2 机械产品环境技术要求 寒冷环境

GB 14227 城市轨道交通车站站台声学要求和测量方法

GB/T 14549 电能质量 公用电网谐波

GB/T 14894 城市轨道交通车辆 组装后的检查与试验规则

GB/T 16275 城市轨道交通照明

GB 16899 自动扶梯和自动人行道的制造与安装安全规范

GB/T 18091 玻璃幕墙光热性能

GB/T 19001 质量管理体系 要求

GB/T 21413(所有部分) 轨道交通 机车车辆电气设备

GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求

GB/T 24338.4 轨道交通电磁兼容 第 3-2 部分：机车车辆设备

GB/T 25119 轨道交通 机车车辆电子装置

GB/T 25122.1 轨道交通 机车车辆用电力变流器 第 1 部分：特性和试验方法

GB/T 25123.2 电力牵引 轨道机车车辆和公路车辆用旋转电机 第 2 部分：电子变流器供电的交流电动机

GB/T 25123.4　电力牵引　轨道机车车辆和公路车辆用旋转电机　第 4 部分：与电子变流器相连的永磁同步电机

GB/T 32589　轨道交通　第三轨受流器

GB 50009　建筑结构荷载规范

GB 50010　混凝土结构设计规范(2015 版)

GB 50011　建筑抗震设计规范(2016 年版)

GB 50015　建筑给水排水设计标准(附条文说明)

GB 50016　建筑设计防火规范(附条文说明)(2018 年版)

GB 50017　钢结构设计标准(附条文说明)

GB 50034　建筑照明设计标准(附条文说明)

GB 50052　供配电系统设计规范

GB 50053　20kV 及以下变电所设计规范(附条文说明)

GB 50054　低压配电设计规范(附条文说明)

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　3-110kV 高压配电装置设计规范

GB/T 50065　交流电气装置的接地设计规范

GB 50116　火灾自动报警系统设计规范(附条文说明)

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　汽车加油加气加氢站技术标准(附条文说明)

GB 50157　地铁设计规范(附条文说明)

GB 50174　数据中心设计规范(附条文说明)

GB 50176　民用建筑热工设计规范(附条文说明)

GB 50189　公共建筑节能设计标准 (附条文说明)

GB 50203　砌体结构工程施工质量验收规范

GB 50204　混凝土结构工程施工质量验收规范(附条文说明)

GB 50205　钢结构工程施工质量验收标准(附条文说明)

GB 50210　建筑装饰装修工程质量验收标准(附条文说明)

GB 50217　电力工程电缆设计标准(附条文说明)

GB 50222　建筑内部装修设计防火规范(附条文说明)

GB 50243　通风与空调工程施工质量验收规范(附条文说明)

GB 50268　给水排水管道工程施工及验收规范

GB/T 50299　地下铁道工程施工质量验收标准(附条文说明)

GB 50300　建筑工程施工质量验收统一标准 (附条文说明)

GB 50303　建筑电气工程施工质量验收规范(附条文说明)

GB 50307　城市轨道交通岩土工程勘察规范

GB 50310　电梯工程施工质量验收规范

GB 50343　建筑物电子信息系统防雷技术规范

GB/T 50381　城市轨道交通自动售检票系统工程质量验收标准(附条文说明)

GB 50382　城市轨道交通通信工程质量验收规范(附条文说明)

GB 50458　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(附条文说明)
GB 50490　城市轨道交通技术规范
GB 50557　重晶石防辐射混凝土应用技术规范
GB 50614　跨座式单轨交通施工及验收规范
GB 50642　无障碍设施施工验收及维护规范
GB 50738　通风与空调工程施工规范
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(附条文说明)
GB 50974　消防给水及消火栓系统技术规范(附条文说明)
GB/T 51211　城市轨道交通无线局域网宽带工程技术规范(附条文说明)
GB/T 51234　城市轨道交通桥梁设计规范(附条文说明)
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(附条文说明)
GB 51309　消防应急照明和疏散指示系统技术标准(附条文说明)
GB 51348　消防应急照明和疏散指示系统技术标准(附条文说明)
GB/T 51361　跨座式单轨交通工程测量标准(附条文说明)
GB 50157　地铁设计规范(附条文说明)
CJ 164　节水型生活用水器具
CJ/T 236　城市轨道交通站台屏蔽门
CJJ/T 162　城市轨道交通自动售检票系统检测技术规程(附条文说明)
CJJ 183　城市轨道交通站台屏蔽门系统技术规范(附条文说明)
CJJ/T 301　城市轨道交通高架结构设计荷载标准(附条文说明)
GA/T 394　出入口控制系统技术要求
TB/T 3213　高原机车车辆电工电子产品通用技术条件
TB 10002　铁路桥涵设计规范(附条文说明)(附 2019 年局部修订)
TB 10005　铁路混凝土结构耐久性设计规范 (附条文说明)
TB 10009　铁路电力牵引供电设计规范
TB 10091　铁路桥梁钢结构设计规范(附条文说明)
TB 10092　铁路桥涵混凝土结构设计规范(附条文说明)
TB 10093　铁路桥涵地基和基础设计规范(附条文说明)
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

为车辆悬挂于轨道梁(或索轨)下方行驶的单轨交通。根据悬挂车辆行驶的轨道结构型式，可分为梁轨式悬挂式单轨交通和索轨式悬挂式单轨交通。

3.2

全自动运行模式 fully automatic operation mode

在信号系统常规驾驶模式上新增的一种驾驶模式,可实现无司机但有运营人员或无人值守的列车运行模式。在该模式下，可实现列车自动唤醒、自检、自动发车、上下坡行驶、到站精准停车、自动开闭车门、自动折返、列车回段、自动洗车、休眠断电等全过程自动操作。

3.3

轨道梁 track beam

轨道梁是承载列车荷载和车辆运行导向的结构，同时也是供电、信号、通信等缆线的载体。悬挂式单轨交通的轨道梁，通常采用下部开口的钢箱梁结构。

3.4

道岔转换时间 switch time for turnout

从道岔控制系统接到转换指令开始，到道岔完成转换并发出位置表示信号为止所需的时间。

3.5

轨道梁桥 track beam bridge

轨道梁桥是悬挂式单轨跨越江河湖泊或公路等构筑物时的大跨度轨道梁桥结构，包括组合桥、斜拉桥、悬索桥、拱桥等结构。

3.6

储能供电 energy storage power supply

利用外部电源为车载储能装置充电，提供车辆电能的供电方式。

3.7

牵引网 catenary

由正极接触轨和负极接触轨组成。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。

3.8

车辆基地 vehicle base

提供车辆运用和维修、设备设施维护保养、材料物资供应、人员技术培训以及相关生活设施等服务的综合性基地。

4 总体原则

4.1 为适应高寒地区悬挂式单轨交通建设和发展的需要，使悬挂式单轨交通工程设计、施工、验收及试运行各阶段达到安全可靠、功能合理、经济适用、节能环保、技术先进，制定本文件。

4.2 本标准适用于低(小)运量、高密度、最高运行速度不超过 80km/h 的悬挂式单轨交通新建工程的设计、施工、验收及试运行。

4.3 悬挂式单轨交通设计应符合国土空间规划、立体综合交通规划、交通专项规划等上位规划要求，考虑社会效益、环境效益与经济效益的协调统一，遵循以人为本、资源节约、环境协调的设计原则。

4.4 悬挂式单轨交通工程的设计年限应分为初期、近期及远期。初期宜为建成通车后第 3 年，近期宜为第 10 年，远期宜为第 25 年。

4.5 悬挂式单轨交通应采用高架敷设，因地形限制或有特殊要求的区段，可采用地面或地下敷设。

4.6 悬挂式单轨交通车辆及机电设备应采用满足安全可靠、功能匹配、技术成熟、耐高寒、经济合理的产品，并逐步实现标准化、系列化、国产化。

4.7 建筑工程可采用装配式建筑和被动式建筑。
4.8 悬挂式单轨应具有满足火灾及其他类灾害、事故、故障的防范救援设施，在跨水域、野生动物区、十字路口等不便直接向地面疏散的地段应设置车侧或车顶疏散平台(通道)。
4.9 设置地下车站的线路，其技术要求应符合 GB 50157 的相关规定。
4.10 悬挂式单轨交通工程设计、施工、验收及试运行应符合本文件的要求。

5 运营组织

5.1 一般规定

5.1.1 悬挂式单轨交通运营组织设计应基于城市及地区形态、线网和线路规划、预测客流数据和乘客出行特征，分析线路功能定位及运营需求，确定系统运营规模、运营模式和运营管理方式。
5.1.2 悬挂式单轨交通系统运能为 0.5 万人/h～1.2 万人/h。
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，根据线网预测客流数据和线路服务需求综合分析确定。
5.1.4 运营模式应明确列车运行、调度指挥、辅助系统、维修保障系统和人员组织等内容，使系统功能和运营需求紧密结合，明确在各种运营状态下的管理方式，各子系统之间以及系统与人员组织之间的相互关系。
5.1.5 运营管理应以服务乘客、保障运营为目标，结合网络化运营及资源共享等因素设置岗位，建立精简高效的组织机构。
5.1.6 悬挂式单轨交通运营状态应包含正常运营状态、非正常运营状态和紧急运营状态。系统的运营应在能够保证所有使用该系统的人员和乘客以及系统设施安全的情况下实施。
5.1.7 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限单向高峰小时最大断面客流量的需求，并宜预留 10%～15%的裕量。
5.2.2 系统设计能力应满足相应年限设计运输能力的需要，系统设计远期最大能力应满足行车密度不小于 24 对/h 的要求。配线设置和道岔选型应满足系统最大行车密度的要求。
5.2.3 车辆定员应为车辆座位数和车辆有效空余面积站立乘客数之和，车辆有效空余面积站立乘客数宜按 4 人/m^2～6 人/m^2标准计算，交通集散服务为主的线路宜取上限，旅游服务宜取下限。
5.2.4 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。
5.2.5 各设计年限的列车发车间隔，应根据各设计年限预测客流量、列车编组及定员、系统服务水平、系统运输效率等因素综合确定。初期高峰时段列车最小运行间隔不宜大于 6min，平峰时段列车最大运行间隔不宜大于 10min。远期高峰时段列车最小运行间隔不宜大于 3min，平峰时段列车最大运行间隔不宜大于 6min，并应与线网其他换乘线路发车频率匹配。
5.2.6 列车应采用灵活编组方式，列车编组数应分别根据预测的初期、近期和远期客流量，结合车辆定员、行车组织方案、建设投资和运营成本、抗风险能力等，综合比选确定。当各设计年限的列车编组不同时，不应降低服务水平。
5.2.7 悬挂式单轨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。在计算旅行速度的基础上宜留有不小于 10%的裕量；设计最高速度为 80km/h 的系统，旅行速度不宜低于 30km/h；设计最高速度小于为 80km/h 的系统，旅行速度应相应降低，但不宜低于 25km/h。

5.2.8 配属车辆包括运用车、备用车和检修车，运用车数应根据交路运营长度、列车旅行速度、列车折返时间、高峰小时发车对数、列车编组等计算确定。

5.3 运营模式

5.3.1 悬挂式单轨运营线路的正线宜采用双线、右侧行车制。南北向线路应以由南向北运行为上行方向，反之为下行方向；东西向线路应以由西向东运行为上行方向，反之为下行方向。环形线路应以列车在外侧轨道线的运行方向为上行方向，内侧轨道线的运行方向应为下行。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。

5.3.2 在具有网络化运营需求的情况下，宜采用一轨多线的网络化运营模式。

5.3.3 列车全日运行计划应按分时段客流预测进行安排，满足高峰小时客流量和运能需求，并按满足规定的列车运行密度和服务水平核算列车满载率，做好运营成本和效益分析。

5.3.4 当采用不同编组列车运营，且编组长度相差较大时，小编组列车宜靠近站台中央位置停车。

5.3.5 列车运行应统一调度指挥。列车应在安全防护系统的监控下运行。

5.3.6 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、车门数量和开关车门的时间等因素计算确定。

5.4 运营配线

5.4.1 线路的终点站或区段折返站应设置折返线或折返渡线。

5.4.2 当两个具备临时停车条件的车站相距过远时，应根据运营需求和工程条件设置停车线。当故障车停车线设在折返站时，应与折返线分开设置，在正常运营时段，不宜兼用。具备故障车停车条件的车站间距可控制在 15km 以内，并可根据需要在其间加设渡线。

5.4.3 在线路与其他正线或支线共线运行的接轨站，配线宜设置进站共轨运行方向的平行进路。

5.4.4 两条线路之间的联络线应结合车站配线或渡线，与线路的上、下行正线连通。

5.4.5 列车从支线或车辆基地出入线进入正线前应具备一度停车条件，经过核算不能满足信号安全距离要求时，应设置安全线。

5.4.6 车辆基地出入线应连通上下行正线，其列车通过能力应根据远期线路的通过能力和运营要求计算核定。

5.5 运营管理

5.5.1 运营机构应满足系统运营管理任务的要求，通过科学的管理方式、合理的人员安排和组织机构设置，实现系统的安全、可靠、高效运营。

5.5.2 运营管理模式应根据运营状态确定。运营机构应针对正常运营状态、非正常运营状态和紧急运营状态采取分级模式进行管理，制定相应管理标准和规章制度，以实现对突发事件的快速反应和有效处置。

5.5.3 在技术条件具备时，列车控制模式宜采用全自动驾驶模式。

5.5.4 运营机构的设置和人员数量的安排应遵循统一管理、机构精简、分配合理、资源共享的原则，首条运营线路的系统运营人员定员不宜超过 25 人/km，后续建设的每条线路运营定员指标不宜超过 20 人/km。

5.5.5 车站设备应采用智能化监控管理，采用控制中心、车站两级管理。

5.5.6 运营管理宜采用中心站管理模式，将车站设备的巡视检查和日常维护交由中心站负责；车站及区间设备的定期维修应由维修中心统一负责，可采用巡视检查和定期维修相结合的方式，包括紧急抢修任务。

5.5.7 列车进行站后折返时，不许载客进入折返线。

5.5.8 车站内应有明显的导向标识，保障客流路径畅通，并应具有足够的紧急疏散能力。

5.5.9 系统宜采用计程、计时票价制，并应具备对客流数据和票务收入进行自行统计的能力。

5.5.10 运营期间应制定相应的防灾、救援及防恐预案，最大程度保证乘客生命财产及人员、设备安全。

6 车辆

6.1 一般规定

6.1.1 车辆环境使用条件应符合下列要求：

——海拔高度一般不超过 2500m，困难区段不超过 4000m；

——环境温度在-40℃至 40℃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、高寒、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。

6.1.2 车辆线路条件应符合下列要求：

——最大坡度一般情况下不宜大于 80‰，特殊工况下不大于 100‰；

——最小平面曲线半径：30m；

——最小竖曲线半径：800m；

——轨道梁安装后接触面平顺度：

- 纵向：走行面平面度：2mm/4m，导向面平面度：1mm/4m；
- 横向：左右轮走行面高度差：≤1mm。

6.1.3 车辆供电条件应符合下列要求：

——可采用牵引网供电或车载储能装置供电；

——额定供电电压 DC750V(波动范围 DC500-900V)或 DC1500V(波动范围 DC1000-1800V)。

6.1.4 在车辆寿命周期内，车辆应满足正常运行时的行车安全和人身安全要求，同时应具备故障、事故和灾难情况下方便救援的条件。

6.1.5 车辆应采用的结构形式：转向架位于中空下部开口的轨道梁内，车体通过悬吊装置悬挂在转向架下方。

6.1.6 车辆种类包括带有驾驶室的控制动车(Mc 车)、无驾驶室的中间动车(M 车)和中间拖车(T 车)。

6.1.7 悬挂式单轨交通列车宜采用 2 辆～4 辆编组型式，特殊情况下采用最多 6 辆编组型式。固定编组的相邻两节车辆之间应设置贯通道。

6.1.8 车体结构设计使用年限不应低于 30 年。

6.1.9 车辆应能在 8 级风(17.2m/s～20.7m/s)及以下正常运行。

6.1.10 整车的防寒要求：

——底架、车顶、侧墙和端墙，均应作隔热处理，且隔热材料满足环保要求；

——车体以及安装在车体外部的各种设备的外壳和所有的开孔、门窗、孔盖均能防止雨雪侵入；封闭式的箱、柜应做到密闭良好，在机械清洗时不应渗水、漏水；

——车外油水管路宜进行防寒及防冷凝水结冰设计；

——车上所有原材料及零部件应保证低温条件下的使用安全和性能要求；
——用于冬季寒冷地区的车辆应设采暖设备，运行时应维持司机室及客室温度不低于 14℃；
——采暖设备宜采用电热器，车用电热器应符合 TB/T 2704 的规定，车用电加热器罩板表面温度不应大于 68℃；
——对安装采暖设备部位的侧墙、地板及座椅等应进行安全隔热处理；
——采暖装置应能根据需要按不同工作挡位调节温度。

6.1.11 选定车辆的主要技术要求可参照表 1 的规格。

表 1 悬挂式单轨(车辆)主要技术规格

项目名称	参数	备注
车体长度(mm)	≤12200	
车体宽度(mm)	≤2500	
车内净高(mm)	≥2100	
地板面距轨道梁走行面高度(mm)	≤3250	
车辆最下部距轨道梁走行面高度(mm)	≤3500	
地板面处车体宽度(mm)	≥2160	
每辆车每侧客室门数(对)	1 或 2	
客室门有效开度(mm)	1300(2 门) 1600(1 门)	净宽度
客室门洞高度	≥1800	净高度
车钩型式	头车前端采用半自动或全自动车钩；中间采用半永久牵引杆	
车钩中心线到轨面高度(mm)	＞720	新车误差范围：±10 mm
转向架型式	采用橡胶导向轮与橡胶走行轮结构的两轴式转向架	
轴重(t)	≤5.5	
转向架中心距(mm)	≤8000	
转向架轴距(mm)	≤1700	
定员(AW2)人数	≥72	4～6 人/m^2
超员(AW3)人数	≥92	6～9 人/m^2
最高运行速度(km/h)	≤80	
构造速度(km/h)	≤90	
启动加速度(m/s^2)	≥1.0	0～30km/h
平均加速度(m/s^2)	≥0.5	
常用制动减速度(m/s^2)	≥1.0	
紧急制动减速度(m/s^2)	≥1.2	
纵向冲击率(m/s^3)	≤0.75	紧急制动除外

表1 （续）

项目名称	参数	备注
平稳性指标	≤2.5	按 GB/T 5599 的内容评定
行驶噪音(dB(A)) V=60km/h	≤75(车内)	按 GB 14892 的规定测定
	≤75(车外)	地面距轨道中心 7.5m 处

注1：定员人数中(4～6)人/m^2及超员人数中(6～9)人/m^2是指每平方米有效空余地板面积站立的人数，人均体重按60kg计算；

注2：有效空余地板面积，指客室地板总面积减去座椅垂向投影面积和投影面积前250mm内高度不低于1800mm的面积。

6.2 走行部

6.2.1 转向架的设计应充分考虑悬挂式结构的特点。走行部的性能、主要尺寸应与轨道相互匹配，并保证其相关部件在允许磨损限度内，仍能确保列车以最高允许速度安全平稳运行。

6.2.2 转向架结构应便于制造和检修，符合可靠性、可用性、可维护性与安全性的规定。

6.2.3 转向架应与车体的接口应保持统一，主体结构可以互换。

6.2.4 转向架与车体之间应设置防脱落装置，用以在转向架与车体悬挂处失效时防止车体坠落。

6.2.5 转向架零部件的安装应避免在车辆运行过程中脱落危及运行安全，其安装方式以及结构强度应充分考虑其安全可靠性，同时应加设防脱落装置。

6.2.6 走行轮和导向轮宜使用橡胶轮，使用寿命不应低于 8 万公里或 1 年(以先到限的为准)。

6.2.7 转向架组装完成后应进行加载试验和跑合试验，对转向架的组装质量进行检查。

6.2.8 转向架的动力学性能应通过计算和试验证明。

6.2.9 构架宜采用钢板焊接结构，其材料应具有良好的可焊性、耐大气腐蚀性，构架设计使用寿命不应低于 30 年。

6.2.10 构架的强度应通过计算或试验证明，结构强度试验可参照 TB/T 3549.1 的要求，应根据其结构特点和原理进行受力分析，进而确定试验的加载部位及载荷大小。

6.2.11 构架上的传动装置等安装座设计应能保证其在设计寿命期内不发生疲劳裂纹。

6.2.12 转向架宜设不包括车轮在内的两系悬挂结构。一系悬挂宜采用橡胶弹簧或钢圆簧减振；二系悬挂宜采用空气弹簧减振，并设置高度自动调整阀。

6.2.13 二系悬挂采用空气弹簧时，风源系统的配置应满足列车的用风需求，并设有安全阀对系统进行保护。风源系统的气密性应符合 GB /T 14894 的要求。

6.2.14 转向架与车体的连接结构应可靠，转向架的悬挂系统应能承载车体的质量，并能传递纵向力、垂向力、横向力，适应包括车体相对于转向架的相对运动。

6.2.15 转向架悬挂装置应避免转向架振动与车体结构振动或与轨道梁结构振动发生共振。

6.2.16 转向架与车体构架之间应安装减振器以及垂向和横向限位止挡，限制车体的横移和侧滚。

6.2.17 转向架与车体的纵向联接强度，应符合 3g 纵向加速度冲击相关部件的应力水平不超过材料的屈服极限；5g 纵向加速度冲击条件下转向架与车体不发生分离。

6.2.18 转向架应保证悬挂元件故障时，也应能确保车辆在轨道上安全地运行到终点。

6.2.19 转向架中润滑油(脂)应满足在-40℃正常工作。

6.3 电气系统

6.3.1 电气设备的电磁兼容性应符合 GB/T 24338.4 的规定。

6.3.2 各电气设备保护性接地应安全可靠，接地线要有足够的截面面积，各电路接地电阻应符合有关规定。应确保车辆中可能因故障带电的金属件及所有可触及的导电体等电位联结。

6.3.3 电气系统应有良好的绝缘保护。各电路应能经受耐电压试验，试验电压值为受试电路中单个电气设备试验电压最低值的85%，试验时间1min。

6.3.4 车体外安装的需要保持内部清洁的电气设备箱应具有不低于GB/T 4208中规定的IP54等级的防护性能。

6.3.5 主保护应与牵引变电站保护相互协调，在各种短路状态下能安全分断。主电路、辅助电路、控制电路应各有完整可靠的保护。各种保护的整定值、动作时间、动作程序应正确无误。并应有故障显示和故障切除装置，以维持列车故障运行。

6.3.6 车辆应具有过电压保护及避雷功能。

6.3.7 继电器、电磁阀和压力开关等电气元件应能满足在-40℃存放和正常工作。

6.3.8 司机台显示屏、监控屏和LCD显示屏等应能在-40℃时存放，在-25℃及以上时可以正常工作。

6.3.9 辅助变流器应符合GB/T 25122.1的规定，当列车一个辅助逆变器丧失供电能力时，剩余列车辅助逆变器的冗量应满足涉及行车安全的列车基本负载的供电要求。

6.3.10 车载应急储能装置容量应能满足车辆在故障情况下的应急照明、外部照明、车载安全设备、广播、通讯等系统工作不低于30min及开关门一次的要求。

6.3.11 高海拔地区的绝缘电气间隙修正应满足TB/T 3213的要求。

6.4 牵引与制动

6.4.1 牵引系统应采用变频调压的交流传动系统。

6.4.2 各牵引系统单元输出特性，应符合车辆正常运行能力和故障运行能力的要求。

6.4.3 当多台牵引电动机由一个变流器并联供电时，其额定功率应考虑因橡胶轮胎轮径差和电动机特性引起的负荷分配不均以及在运行时轴重转移的影响。

6.4.4 牵引电机应符合GB/T 25123.2或GB/T 25123.4的规定，电器设备应符合GB/T 21413的规定，电子设备应符合GB/T 25119的规定，电力变流器应符合GB/T 25122.1的规定，受流器应符合GB/T 32589的规定。

6.4.5 列车应具有既独立又相互协调配合的电气、摩擦制动系统，并应保证车辆在各种运行状态下所需的制动力。

6.4.6 当电气制动出现故障丧失制动能力时，摩擦制动系统应能自动投入使用，并应保证所需的制动力。

6.4.7 列车应具备停放制动功能，并应保证列车在超员载荷工况下停在最大坡道时不溜车。

6.4.8 列车在实施制动时，采用车载储能装置供电的列车，制动能量应能被本列车储能装置吸收；采用牵引网供电的列车，制动能量应回馈至电网或变电所储能装置。

6.4.9 当列车发生分离事故时，应能自动实施紧急制动。

6.4.10 列车应具有下列故障运行能力：

——在超员工况下，当列车丧失1/4动力时，应能维持运行到终点；

——在超员工况下，当列车丧失1/2动力时，应具有在正线最大坡道上启动和运行到最近车站的能力；

——一列空载列车应能在正线最大坡道上推送或牵引一列故障的超载无动力列车至最近车站。

6.4.11 牵引与制动的控制应符合下列要求：

——制动指令应优先于牵引指令；

——牵引及制动力变化时的冲击率应符合人体对加、减速度变化的适应性。

6.4.12 列车应设置独立的紧急制动按钮，在牵引制动主手柄上应设置警惕按钮。

6.5 车辆与相关系统

6.5.1 车辆主保护系统与变电站保护系统应实现保护协调，在所有故障情况下应保证车辆主保护安全分断。

6.5.2 列车应设有广播系统、无线通信系统、信息显示系统、视频监控装置、乘客与司机的应急对讲装置。车辆广播系统应与无线通信系统连接。

6.5.3 站台应设置与列车结构相匹配的锁紧稳定轨道，防止上下客过程中车辆侧滚。

6.5.4 车辆应装设列车自动防护系统(ATP)或列车自动控制系统(ATC)信号车载设备。

6.6 安全和应急设施

6.6.1 车辆应根据信号系统的需要设置与列车自动防护系统(ATP)或列车自动驾驶系统(ATO)的接口。

6.6.2 司机室内应设置客室侧门开闭状态显示系统和车载信号显示装置，并应便于司机观察。

6.6.3 车辆内应有各种安全标识，包括司机室内的紧急制动装置、带电高压设备、消防设备及电器箱内的操作警示标识等。带有电容器的高压设备应标有断电后放电时间的警示标识。

6.6.4 列车应设有报警系统，客室内应设有乘客紧急报警装置。

6.6.5 客室、司机室应配置适合于电气装置与油脂类的灭火器具，安放位置应有明显标识并便于取用。灭火材料在灭火时产生的气体不应对人体产生危害。

6.6.6 车辆上应设置静态防摆动机构，在车辆进站上下乘客时，防止车辆左右摆动。

6.6.7 车辆应设置鸣笛装置。

6.6.8 车辆应设置防漏电保护装置，车体上应装设与车站和车辆基地内接地板相匹配的接地电刷；车辆内各电气设备应采取可靠地保护接地措施。

6.6.9 车辆宜具备应急储能装置，当外部电源断电时，满足运行到最近车站的要求。

6.6.10 客室车门系统应设置安全联锁，应确保列车行走时不能开启、车门未全关闭时不能启动列车。

6.6.11 车辆及其内部设施、设备应使用不燃材料或无卤、低烟的阻燃材料。

6.6.12 列车端部应设有紧急疏散通道，各车辆之间应贯通；疏散通道的宽度不应小于 550mm，高度不应低于 1800mm。

6.6.13 列车应具有纵向、横向和垂向救援能力并配备相应的设施。垂向逃生所需的缓降装置应符合 GB 21976 的相关规定。列车横向救援所使用的渡板应由各车站常备。

6.6.14 当车辆顶部设有紧急疏散通道时，应与顶部疏散平台连接。车顶紧急疏散通道的结构、尺寸应保证紧急情况下车上人员快速疏散，通道两侧宜设置必要的安全防护栏杆等。

6.7 试验与验收

6.7.1 车辆在制造厂总装配完成后，可按标准 GB/T 14894 进行试验，试验合格后方可进行验收。

6.7.2 车辆型式试验和例行试验后应进行试运行，型式试验车辆的试运行里程应满足 2000km～5000km。试运行应符合的有关规定。

6.7.3 车辆在下列情况之一时，应进行型式试验：

——新设计制造的车辆；

——批量生产的车辆实施重大技术改造，其性能、构造、材料、部件有较大改变的；

——批量生产的车辆制造一定数量后，当有必要重新确认其性能时，抽样进行测试；

——制造商首次生产该型号的车辆；

——转厂生产的车辆。

6.7.4 所有进行批量生产的车辆均应进行例行试验。例行试验结果应与该种产品型式试验相符合。

6.7.5 正式提交验收的车辆应有产品合格证书、型式试验报告、例行试验报告、使用维护说明书和车辆履历簿等。

6.7.6 车辆移交时，制造商应向用户提供技术文件、维修用图纸和随车工具、备品。

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 基准坐标应为正交于设计线路中心线的平面直角坐标系，通过设计轨面中点引出的水平坐标轴用 X 表示；通过该中点垂直于水平轴的坐标轴用 Y 表示。

7.1.3 车辆限界应为车辆正常状态下按规定速度运行形成的最大动态包络线。

7.1.4 设备限界是在车辆限界外加未计及因素和安全距离的最大动态包络线，直线地段车辆限界和设备限界参考本标准附录 A 的规定。

7.1.5 曲线地段设备限界应在直线地段设备限界基础上，按平面曲线几何偏移量以及车辆、轨道参数变化引起的设备限界加宽量计算确定。

7.1.6 建筑限界应在设备限界的基础上，计入设备和管线安装尺寸后的最小有效断面。当建筑限界中无设备和管线时，建筑限界与设备限界的间距不宜小于 200mm，困难条件下不得小于 100mm。

7.1.7 相邻区间线路无桥梁、塔架或其他设备，线间距应按两设备限界之和加上不小于 100mm 的安全间隙以及轨道梁或索道等建筑(构)物的变形量和施工余量。

7.1.8 车辆类型与本标准不一致，应重新核定车辆限界、设备限界和建筑限界。

7.1.9 建筑限界中不应包括测量误差、施工误差、结构位移和变形等因素。

7.2 基本参数

7.2.1 制定限界的车辆基本参数应符合表 2 的规定。

表 2 车辆基本参数

项目名称	参数
计算车体长度(mm)	10500
计算车体宽度(mm)	2300
车辆最下部距轨面高度(mm)	3500
计算车辆定距(mm)	7050
导向轮轮距(mm)	2150
地板面距轨面高度(mm)	3240
地板面车体宽度(mm)	2164
高架线或地面线运营允许最大风速(km/h)	100

表 2 （续）

项目名称	参数
区间直线段限界列车计算速度(km/h)	65
过站限界列车计算速度(km/h)	10
区间单侧最大摆角(°)	6.5

7.3 建筑限界

7.3.1 建筑限界分为区间、车站、车场建筑限界。

7.3.2 建筑限界的确定应符合下列规定：

——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高差不宜超过 50mm；

——站台计算长度内的站台边缘与车辆轮廓线之间的间隙，采用塞拉门时宜不小于 90 mm，采用内藏门或外挂门时宜不小于 70mm；

——车站设置站台门时，站台门的滑动门体至车辆轮廓线(未开门)之间的净距，当车辆采用塞拉门时，宜不小于 130mm，采用内藏门或外挂门时，宜不小于 100mm，站台门顶箱与车站车辆限界之间，应保持不小于 25mm 的安全间隙；

——站台计算长度外的站台边缘距轨道中心线的距离，宜按设备限界另加不小于 50mm 的安全间隙确定；

——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。

7.3.3 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。

7.3.4 道岔区的建筑限界应在直线地段建筑限界的基础上进行加宽。

7.3.5 车场内建筑物或设备的限界应符合下列规定：

——库外限界应按区间限界规定执行；

——库内检修平台采用静态车辆限界。

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 50mm 的安全间隙。

7.4.2 强、弱电设备宜分别布置在线路两侧，应布置在同侧时，其间隔距离应符合强、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 勘察与测量

8.1 勘察

8.1.1 悬挂式单轨交通工程勘察应按规划、各设计阶段的技术要求，分阶段开展岩土工程勘察工作。

8.1.2 悬挂式单轨交通工程勘察应分为可行性研究勘察、初步勘察和详细勘察，施工阶段可根据实际需要进行施工勘察。

8.1.3 工程勘察应根据工程沿线地形图、管线及地下设施分布图等资料，分析工程与环境的相互影响，提出工程周边环境保护措施的建议，并应同步开展工程周边环境专项调查工作。

8.1.4 当线路或者场区附近存在对工程设计方案和施工有重大影响的岩土工程问题时，应进行专项勘察。

8.1.5 可行性研究勘察应进行下列工作：

——应评价场区稳定性和工程建设适宜性，分析工程方案及施工方法的可行性，并提出线路比选方案的建议；

——对控制线路方案的不良地质、特殊性岩土，应了解其类型、成因、范围及发展趋势，分析其对线路的危害，并提出规避、防治的初步建议。

8.1.6 初步勘察应进行下列工作：

——搜集拟建工程有关文件和工程地质资料、工程场地带状地形图及建设场区地质灾害危险性评估资料；

——初步查明线路地形地貌、地层岩性、地质构造、岩土类型及分布、岩土体物理力学性质、地下水埋藏条件及河流的水文条件；

——初步评价地基稳定性和承载力，提供地基变形、基础抗倾覆和抗滑移稳定性验算所需的岩土参数；

——查明线路场区不良地质作用的类型、成因、分布、规模，预测其发展趋势，分析其对工程的危害程度；

——对抗震设防烈度大于或等于 6 度的场区，应初步评价场区和地基的地震效应；

——应调查场区土的标准冻结深度；

——评价场区稳定性和工程适宜性；

——对环境风险等级较高的工程周边环境，分析可能出现的工程问题，提出预防措施的建议。

8.1.7 详细勘察应进行下列工作：

——查明不良地质作用的特征、成因、分布范围、发展趋势和危害程度，提出治理方案的建议；

——查明线路范围内岩土层的类型、年代、成因、分布范围、工程特性，分析和评价地基的稳定性、均匀性和承载能力，提出天然地基、地基处理或桩基等地基基础方案的建议，对需进行沉降计算的建(构)筑物、地基等，提供地基变形计算参数；

——查明沿线地下埋藏的河道、沟浜、墓穴、防空洞、孤石等对拟建工程的不利埋藏物；

——评价地质条件可能造成的工程风险；

——对于抗震设防烈度等于或大于 6 度的场地，应按 GB 50909 进行地震效应评价、岩土地震稳定性评价，划分场地抗震地段、场地类别，并应进行液化判别，提出处理措施建议；

——分析工程周边环境与工程的相互作用，提出环境保护措施建议。

8.1.8 施工阶段施工单位在地质方面宜进行下列工作：

——研究工程勘察资料，掌握场区工程地质条件及不良地质作用和特殊性岩土的分布情况，预测施工中可能遇到的岩土工程问题；

——调查了解工程周边环境条件变化、周边工程施工情况、场区地下水水位变化及地下管线渗漏情况，分析地质与周边环境条件的变化对工程可能造成的危害；

——施工中通过观察开挖面的岩土成分、密实度、湿度，地下水情况，软弱夹层、地质构造、裂隙、破碎带、冻土层厚度等实际地质条件，核实勘察资料是否符合现场工程地质条件。

8.1.9 遇下列情况宜进行施工勘察：

——场区地质条件复杂、施工过程中出现地质异常，对工程结构及工程施工可能产生较大危害；

——场区存在暗浜、古河道、空洞、岩溶、土洞等不良地质条件，影响工程安全；

——场区存在孤石、漂石、球状风化体、破碎带、风化深槽等特殊岩土体对工程施工造成不利影响；

——施工方案有较大变更或采用新技术、新工艺、新方法、新材料，详细勘察资料不能满足要求；

——施工过程中发生地面沉降过大、地面相邻建(构)筑物开裂等工程环境问题。

——悬挂式单轨交通工程勘察除应执行本文件的规定和 GB 50307 的规定。

8.2 测量

8.2.1 悬挂式单轨交通工程测量应采用所在区域统一的平面坐标和高程系统。

8.2.2 悬挂式单轨交通工程测量应包括平面和高程控制测量、施工测量、变形监测等。

8.2.3 悬挂式单轨交通工程平面和高程控制网设计应根据线路范围进行分级布设，并应定期复测。

8.2.4 平面控制网等级宜分为两级，第一级为线路平面控制网，第二级为加密平面控制网。

8.2.5 线路平面控制网测量技术要求应符合表 3 的规定。

表 3 线路平面控制网测量技术要求

控制网等级	平均边长(km)	固定误差(mm)	比例误差(mm/km)	相邻点相对点位中误差(mm)	最弱边相对中误差
二等	2	≤5	≤5	±10	1/100000

8.2.6 加密平面控制网应布设为附合导线或节点导线网，加密平面控制网测量技术要求应符合表 4 的规定。

表 4 加密平面控制网测量技术要求

平均边长(m)	闭合环或附合导线总长度(km)	每边测距中误差(mm)	测角中误差(″)	方位角闭合差(″)	全长相对闭合差	相邻点相对点位中误差(mm)
250	3	±3	±2.5	$\pm 5\sqrt{n}$	1/35000	±5
注：n为导线的角度个数，不应超过12个。						

8.2.7 线路高程控制网应沿线路布设，点间距不宜大于 1km，应采用水准测量方法施测，并应构成附合线路或结点网，线路高程控制网测量技术要求应符合表 5 的规定。

表 5 线路高程控制网测量技术要求

水准测量等级	每千米高差中数中误差(mm)		附合或环线水准路线最大长度(km)	水准仪等级	水准尺	观测次数		往返较差、附合或环线闭合差(mm)
	偶然中误差	全中误差				与已知点联测	附合或环线	
二等	±2	±4	40	DS1	因瓦尺或条码尺	往返测各一次	往返测各一次	$\pm 8\sqrt{L}$
注：L为往返测段、附合或环线的线路长，以km计。								

8.2.8 平面控制网和高程控制网的布设、观测、数据处理及复测，均应符合 GB/T 50308 的规定。

8.2.9 悬挂式单轨交通工程施工测量应包括墩柱基础测量、墩柱测量、轨道梁安装测量、道岔安装测量。

8.2.10 桩基础放样精度应符合下列规定：

——横向放样中允许误差不应超过±5mm；

——墩间距测量中允许误差不应超过±5mm；

——各跨的纵向累积中允许误差不应超过±5mm(n 为跨数)；

——基础高程测量中允许误差不应超过±10mm。

8.2.11 基础承台施工测量应符合下列规定：

——施工放样内容应包括中心或轴线位置、模板支立位置和顶面高程；

——基础承台中心或轴线位置测量中误差不应超过±5mm、模板支立位置测量中误差不应超过±7.5mm、顶面高程测量中误差不应超过±5mm。

8.2.12 预埋基座顶板放样横向容许偏差应为±5mm、纵向容许偏差应为±5mm、高程容许偏差应为-5mm～0mm，平面角度容许偏差应为±3‰rad。

8.2.13 预埋螺栓放样横向容许偏差应为±5mm、纵向容许偏差应为±5mm、螺栓顶部高程容许偏差应为-5mm～0mm、螺栓垂直度容许偏差应为 1‰。

8.2.14 预制墩柱和轨道梁现场拼装和安装前，应对各部分构件的尺寸、预留孔洞位置、预制墩柱的弯曲矢高、轨道梁线形等进行检查测量，检查合格后方可进行拼装和安装。

8.2.15 预制墩柱安装应符合下列规定：

——墩柱中心或轴线位置容许偏差应为±5mm；

——墩顶高程容许偏差应为±3mm；

——墩身垂直度不应超过 1‰；

——墩身底面平面转角偏差不应大于±3‰rad。

8.2.16 轨道梁安装应符合下列规定：

——梁端顶面中心点平面位置容许偏差应为±2mm；

——梁端顶面中心点高程容许偏差应为±2mm；

——梁横坡容许偏差应为±7‰rad；

——相邻轨道梁底板走行面错台和腹板错台的容许值应不大于 1mm；

——相邻轨道梁连接处平面线形和竖向线形每弦长 2m 矢高容许偏差应不大于 2mm。

8.2.17 道岔安装应符合下列规定：

——道岔吊轨墩柱安装应符合本标准 8.2.15 条的规定；

——道岔吊轨梁和道岔梁安装应符合本标准 8.2.16 条的规定。

8.2.18 车辆上线前，应对结构和设备进行限界测量。

8.2.19 悬挂式单轨交通工程施工和运营阶段应对结构自身、周围岩土体及周边环境进行变形监测。

8.2.20 施工阶段，变形监测方案应根据悬挂式单轨交通工程的特点、岩土条件与施工场地变形区内环境状况及设计要求，在分析研究工程风险及影响工程安全的关键部位和关键工序基础上，有针对性地编制；同时，尚应编制变形体和环境条件发生异常或危险时的应急监测方案。

8.2.21 施工阶段变形监测对象应包括墩柱、轨道梁、车站和车场建(构)筑物及施工影响区域内的建(构)筑物、道路、管线、边坡等。

8.2.22 运营阶段变形监测应包括运营线路及受线路运营影响的周边环境的监测。运营线路的监测对象应包括墩柱、轨道梁、车站和车场建(构)筑物及重要附属设施等；周边环境监测对象应包括变形区域内的道路、建(构)筑物、管线、边坡等。

8.2.23 变形监测具体技术及精度要求应符合 GB/T 51361 的规定。

9 线路

9.1 一般规定

9.1.1 线路按其运营中的功能定位，分为正线、配线和车场线。配线应包括出入线、联络线、折返线、停车线、渡线、安全线等。

9.1.2 选线应符合下列规定：

——线路应以快速、安全、独立运行为原则。当条件允许时，也可根据需要在两条正线之间或一条线路上干线与支线之间，组织共线运行；

——线路接轨点应设在车站，并应按进站方向设置平行进路；

——线路应符合运营效益原则，线路走向应符合城市客流走廊，应有全日客流效益、通勤客流规模、大型客流点的支撑；

——应符合工程实施安全原则，宜规避不良工程地质、水文地质地段，并宜减少房屋和管线拆迁，宜保护文物和重要建(构)筑物，同时应保护地下资源；

——线路与相近建筑物距离应符合城市环境、风景名胜和文物保护的要求。高架线必要时应采用针对振动、噪声、景观、隐私、日照的治理措施，并应满足城市环境相关的规定。

9.1.3 线路应以快速、安全、独立运行为原则。当条件允许时，也可根据需要在两条正线之间或一条线路上干线与支线之间，组织共线运行；线路设计应首选高架线。在特殊地段，经技术经济比较后，可采用局部地面线或地下线。线路在地面线和高架线的过渡段应设置安全防护设施。

9.1.4 当其他交通设施上跨悬挂式单轨线路时，宜设置安全防护设施，防止上方异物侵入。

9.1.5 线路之间交叉，以及悬挂式单轨线路与其他交通线路交叉时，应采用立体交叉方式。

9.1.6 线路纵断面设计应结合线路平面、行车速度、自然条件、施工方法，桥、隧、站等建(构)筑物、障碍物及管线，以及景观效果等因素合理确定。

9.1.7 区间线路与道路的净空距离应满足道路设计规范要求。

9.1.8 车站分布应符合下列规定：

——车站分布应以规划线网的换乘节点、城市交通枢纽点为基本站点，结合城市道路布局和客流集散点分布而确定。车站分布应以“以人为本”的原则，宜设置在主要客流集散点或交通枢纽点上；

——车站站位选择应满足用地规划和环境要求，并考虑公交等其他交通方式接驳；

——车站型式可结合道路及客流要求合理选择，可分为岛式、侧式等型式。

9.1.9 车站间距应根据城市轨道交通线网布局、线路性质、客流吸引范围、道路布局来确定，市区中心的相邻站距宜在700m～1000m，市区中心外围和景区、商务区等特定区域宜根据客流特征综合分析确定。

9.1.10 线路距建筑物的距离应满足建筑限界，并根据行车安全、消防和景观等相关要求，采取相应的防范措施，经综合比选确定。

9.1.11 全线车站、区间及车场应设置线路、信号及控制测量等标志。

9.2 线路平面

9.2.1 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，最小平面曲线半径应符合表6的规定。

表6 最小平面曲线半径(m)

线别		最小半径
正线、配线 (不含道岔区段)	一般	100
	困难	50

表 6 （续）

线别		最小半径
车场线	一般	50
	困难	30
注：困难条件下，可根据具体车型，在保证列车运行安全性和基本舒适性要求的前提下，经技术经济比较后局部采用小于表6所列的最小曲线半径。		

9.2.2 列车通过曲线的最高速度应按式公式 1 计算确定，且不得大于列车最高运行速度：

$$V_{max} = 3.6\sqrt{R(a_q + g\tan\alpha)} \quad \text{.....} (1)$$

式中：

Vmax——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/s2)，正线上一般不大于 0.5，瞬时最大不大于 0.65；

g —— 重力加速度，取 9.81 m/s2；

α ——车辆可产生的最大竖向偏转角(°)，一般不大于 6°，最大不大于 6.843°。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。

9.2.3 双线平行地段的平面曲线宜按同心圆设计。

9.2.4 缓和曲线设计应符合下列规定：

——除载客道岔区外，直线与半径小于 2000m 的圆曲线间应采用缓和曲线连接；

——缓和曲线线型宜采用三次抛物线；

——缓和曲线长度内应完成直线至圆曲线的曲率变化；

——圆曲线两端宜采用等长的缓和曲线；

——缓和曲线长度应根据曲线半径、行车速度等按不小于表 7 中规定值选用。

表 7 线路缓和曲线长度

R	V	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20
1500	L	15.0									
1200	L	20.0	15.0								
1000	L	20.0	20.0	15.0							
900	L	25.0	20.0	15.0							
800	L	25.0	20.0	15.0	15.0						
700	L	30.0	25.0	20.0	15.0						
650	L	35.0	25.0	20.0	15.0	15.0					
600	L	35.0	30.0	20.0	15.0	15.0					
550	L	40.0	30.0	25.0	20.0	15.0					
500	L	40.0	35.0	25.0	20.0	15.0					

表 7 （续）

R	V	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20
450	L	45.0	35.0	30.0	20.0	15.0	15.0				
400	L	50.0	40.0	30.0	25.0	20.0	15.0				
350	L	60.0	45.0	35.0	30.0	20.0	15.0				
300	L	70.0	55.0	40.0	30.0	25.0	20.0	15.0			
250	L	80.0	65.0	50.0	40.0	30.0	20.0	15.0			
200	L		80.0	60.0	45.0	35.0	25.0	20.0			
170	L			70.0	55.0	40.0	30.0	20.0	15.0		
140	L				65.0	50.0	35.0	25.0	15.0		
110	L					60.0	45.0	30.0	20.0	15.0	
90	L						55.0	35.0	25.0	15.0	
70	L							45.0	30.0	20.0	
50	L								40.0	25.0	15.0
40	L									30.0	15.0
30	L										20.0

注：R为曲线半径(m)；V为设计速度(km/h)；L为缓和曲线长度(m)。

9.2.5 线路平面设计不应采用复曲线。困难条件下需采用复曲线时，两圆曲线间应采用非完全缓和曲线过渡，过渡段长度应按公式 2 计算：

$$L_C = L_1 - L_2 \qquad \text{.....} (2)$$

式中：

Lc ——过渡段长度(m)；

L_1、L_2 ——按同一曲率变化率计算的小半径圆曲线和大半径圆曲线所需缓和曲线长(m)。

9.2.6 车站宜设置在直线上，需设于曲线上时，设站台门时，平面曲线半径不宜小于 300m，当无站台门时，平面曲线半径不宜小于 200m。困难条件下，应根据车辆参数，结合限界要求计算确定。

9.2.7 圆曲线最小长度，在正线、联络线及车辆基地出入线上，不宜小于 15m，在困难情况下，不得小于一节车辆的全轴距；车场线圆曲线长度不应小于 3m，可不设缓和曲线。

9.2.8 正线夹直线最小长度不应小于 15m，车场线曲线间夹直线可缩短为 3m。

9.2.9 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；曲线段最小线间距的加宽量应根据曲线半径、车辆参数、车辆竖向偏角，以及最不利运行状态等因素计算确定。当线路曲线半径小于 300m 时，线间距应设置加宽，加宽量应按设计时速计算后确定。

9.3 线路纵断面

9.3.1 线路纵断面的最大坡度一般不超过 80‰，困难地段最大坡度不宜大于 100‰。

9.3.2 车站坡度设计应符合下列规定：高架站宜设在平坡上；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。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。

9.3.3 竖曲线设置应符合下列规定：

——相邻坡段的连接宜设计为较小的坡度差，当相邻坡度代数差为5‰及其以上时，应采用圆曲线型竖曲线连接；

——车站站台计算长度和道岔范围内不得设置竖曲线，竖曲线离开站台端部和道岔端部的距离均不应小于5m；

——竖曲线和缓和曲线不得重叠；

——竖曲线设置应符表8规定(竖向加速度α取0.16m/s^2，困难情况下竖向加速度α取0.30m/s^2。

表8 竖曲线半径(m)

线别		一般情况	困难情况
正线	区间	2000	1000
	车站端部	1000	800
联络线、出入线、车场线		1000	800

9.3.4 线路坡段长度不宜小于远期列车长度，并应满足相邻竖曲线间夹直线长度不小于40m，困难条件下不应小于20m的要求。

9.4 配线及道岔设置

9.4.1 车场出入线设置应符合下列规定：

——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；

——出入线最小平面曲线半径宜为50m。

9.4.2 联络线设置应符合下列规定：

——联络线与正线的接轨点宜靠近车站设置；

——采用同层换乘方式的车站，宜设置联络线。

9.4.3 渡线设置应符合下列规定：

——渡线应靠近车站设置；

——当线间距较大时，可采用缩短渡线的方式设置渡线。

9.4.4 道岔设置应符合下列要求：

——道岔设置应满足正线运营、乘客舒适度、折返时间以及列车出入车辆段和段内调车的需要；

——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5m，车场线可减少至3m；

——道岔宜靠近车站设置，道岔端部至车站站台计算长度端部的距离不应小于5m；

——道岔宜设在平坡上，困难条件下允许设在不大于3‰的坡道上，且岔区不可设置变坡点；道岔端部至竖曲线起点的距离不应小于5m；

——道岔的附带曲线应满足下列要求：

- 附带曲线半径不应小于道岔导曲线半径；
- 反向曲线间夹直线长不宜小于10m。

——配线线形设计应根据道岔选型、道岔线形确定。

9.4.5 折返线、存车线、停车线有效长度宜按远期列车长度加 20m 安全线。

9.4.6 试车线宜为平直线，困难条件下允许设曲线，其线路应满足列车试验速度的要求，其他技术标准与正线标准一致。

10 轨道梁桥

10.1 一般规定

10.1.1 轨道梁桥主体结构的设计使用年限为 100 年。

10.1.2 轨道梁桥结构应满足线路平面曲线、竖曲线和列车走行要求。

10.1.3 轨道梁桥结构在制造、运输、安装和运营过程中，应具有足够强度、刚度、稳定性，并满足车辆运行安全性和旅客乘坐舒适度的要求。

10.1.4 轨道梁桥结构应简洁美观，便于制造和养护维修，并应满足使用耐久性要求。

10.1.5 轨道梁桥各部位尺寸应满足列车走行轮、导向轮和稳定轮走行要求，同时应满足通信信号及供电系统环网电缆、接触轨在梁体上的安装要求。

10.1.6 轨道梁桥应满足轨道梁安装要求，并应满足信号及供电系统缆线和低压配电系统及避雷接地的安装要求。

10.1.7 轨道梁应优先采用下部开口的钢箱梁结构。轨道梁及下部结构尽可能采用标准化设计，便于工厂化、机械化施工，以利于控制工程整体质量，缩短施工工期，利于运营期的维修养护。

10.1.8 轨道梁跨度应综合考虑沿线既有道路、规划道路、景观、工程地质条件以及经济技术指标等几个方面综合考虑确定。轨道梁跨度宜采用 20～30m。

10.1.9 区间轨道梁桥墩位布置应符合城市规划要求。跨越铁路、道路时桥下净空应满足铁路、道路限界要求，并应预留结构可能产生的沉降量、铁路抬道量或公路路面翻修高度；轨道梁桥跨越河流时，应符合 GB /T 51234 的规定。

10.2 刚度和变位要求

10.2.1 在列车静活载作用下，轨道梁桥的梁体下竖向挠度不应大于表 9 规定的容许值。

表 9 梁体竖向挠度容许值(m)

跨度	L≤30	30＜L≤40	40＜L≤60	60＜L≤80
竖向挠度容许值	L/900	L/800	L/700	L/600

10.2.2 轨道梁恒载及静活载引起的竖向挠度大于跨度的 1/1600 时，应设置预拱度，取恒载与 1/2 静活载所产生的挠度之和。

10.2.3 轨道梁桥墩顶顺桥向的弹性水平位移应合(公式 3)要求：

$$\Delta \leqslant 5\sqrt{L} \qquad \text{.....(3)}$$

式中：

Δ——墩顶顺桥向水平位移(mm)，包括由于墩身和基础的弹性变形及基底土弹性变形的影响；

L——桥梁跨度(m)，当为不等跨时，L 采用相邻跨中的较小跨度；当 L＜25m 时，L 按 25m 计。

10.2.4 轨道梁由于挠度产生的梁端(单端)竖向折角不应大于 3‰rad，道岔梁梁端(单端)竖向转角不应大于 2‰rad。

10.2.5 在列车荷载、横向摇摆力、离心力、风力和温度力作用下，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。

10.2.6 轨道梁桥的桥墩基础沉降应按恒载计算，墩台沉降量应符合下列规定：

——对于简支结构，其总沉降量与工后沉降量之差，不应超过下列容许值：

- 墩台均匀沉降量：20mm；
- 相邻墩台沉降量之差：10mm。

——对于连续结构，相邻墩台不均匀沉降量之差除满足上述规定外，需根据沉降差对结构产生的附加影响确定。

10.3 荷载

10.3.1 轨道梁桥结构设计应根据结构的特性按表 10 所列的荷载，就其可能出现的最不利组合情况进行计算。

表 10 轨道梁桥荷载分类表

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 土压力 静水压力及浮力 基础变位的影响
	活载	列车竖向静活载 列车竖向动力作用 列车离心力、人群荷载 列车横向摇摆力
附加力		列车制动力或牵引力 救援、检修列车荷载 风力、雪荷载 温度影响力 流水压力
特殊荷载		船只或汽车的撞击力 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垂向附加力，则在计算此杆件时，该附加力应按主力计算； 注 2：流水压力不与制动力或牵引力组合；列车横向摇摆力不与离心力组合； 注 3：计算中所考虑的其他荷载，可根据其性质，分别列入主力、附加力和特殊荷载三类荷载中。		

10.3.2 轨道梁桥设计仅需考虑主力与一个方向(纵向或横向)的附加力相结合。

10.3.3 轨道梁桥设计时应根据不同的荷载组合，将材料基本容许应力和地基容许承载力乘以表 11 中规定的提高系数。

表 11 荷载组合及容许应力提高系数表

序号	荷载组合		容许应力提高系数
1	主力组合		1
2	主力+附加力		1.3
3	主力+面内次应力(或面外次应力)		1.2
4	主力+面内次应力+面外次应力		1.4
5	主力+面内次应力(或面外次应力)+制动力(或风力)		1.45
6	主力+地震力		1.5
7	钢梁安装	恒载+施工荷载	1.2
		恒载+施工荷载+风力	1.4
		恒载+施工荷载+风力+面内次应力(面外次内力)	1.5
注：表11中次应力指由节点刚性在主桁件中引起的次内力。			

10.3.4 计算结构自重时，一般材料重度应按国家现行标准 TB 10002 的规定取用；对于附属设备和附属建筑的自重或材料重度，可按所属专业的现行规范或标准取用。

10.3.5 列车竖向静活载确定应符合下列规定：

——列车竖向静活载图式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；

——轨道梁设计按照单线行驶列车竖向荷载布置；

——轨道梁桥下部结构设计，应按列车作用于每一条线路考虑，荷载不作折减；高架车站复线加载时，取一线停车、另一线行车状态；

——影响线加载时，活载图式不得任意截取。

10.3.6 列车竖向动力作用时，列车竖向静活载应乘以动力系数(1+μ)，μ值按照公式 4 计算：

$$\mu = 20/(45+L) \qquad \text{.....(4)}$$

式中：

L—— 桥梁跨度(m)。

10.3.7 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 5 计算：

$$C = V^2/127R \qquad \text{.....(5)}$$

式中：

C ——离心力率

V —— 列车通过的最高运行速度(km/h)；

R —— 曲线半径(m)。

注：离心力作用于轨道梁底面以下车辆重心处。

10.3.8 列车横向摇摆力宜按列车设计荷载单轴重的 25%计算；并应以横向集中力形式取最不利位置作用于轨道梁。

10.3.9 列车制动力或牵引力计算应符合下列规定：

——区间桥梁的制动力或牵引力应按竖向静活载的 15%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 10%计算；

——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%；

——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，不计移动作用点所产生的力矩。

10.3.10 列车制动力或牵引力在固定支座和活动支座的分配计算：

——固定端应按式公式 6 进行：

$$P_1 = T - KR \qquad (6)$$

——活动端应按式公式 7 进行：

$$P_2 = KR \qquad (7)$$

式中：

P_1——作用于固定支承端的水平荷载(kN)；

P_2——作用于活动支承端的水平荷载(kN)；

T ——作用于梁跨内的水平荷载(kN)；

K ——摩擦系数；

R ——作用于支承上的荷载反力(kN)。

10.3.11 轨道梁桥风荷载强度应按 TB 10002 的规定取值；轨道梁设计应按单线计算轨道梁与列车的风荷载:

——下部结构设计时，双线轨道梁桥，线路等高时应按照 100%、50%分别计算迎风面前后两线的列车与轨道梁的风荷载；双线轨道梁不等高时均应按照 100%分别计算两线的列车与轨道梁风荷载；

——三线及以上轨道梁桥，线路等高时应按照 100%、50%、25%分别计算前后排列三条线路上的列车与轨道梁的风荷载；线路不等高时应按照 100%、100%、50%分别计算前后三条线路上的列车与轨道梁风荷载；

——高架车站内列车的风荷载应按照区间列车风荷载的 50%计算，与列车重叠的结构体不再计算风荷载。

——温度变化的作用及混凝土收缩的影响，可按 TB 10002 的规定执行。

——当桥墩有可能承受船只撞击时，船只撞击力可按 TB 10002 的规定计算。

——桥墩柱有可能承受汽车撞击时，桥墩柱设计应考虑汽车对墩柱的撞击力。汽车撞击力沿汽车行驶方向时采用 1000kN，垂直于汽车行驶方向时，采用 500kN，作用在路面以上 1.20m 高度处。

——地震作用应按现行 GB 50909 的规定计算。

——轨道梁桥应按不同施工阶段的施工荷载和运营养护检修荷载进行验算。

——悬挂式单轨线路终端的轨道梁桥，应考虑车挡装置的影响。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。

——冰(雪)荷载宜根据沿线气象资料的数理统计结果确定。

10.4 结构设计

10.4.1 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、结构安全系数、结构计算方法及构造要求应符合 TB 10092、TB 10091 的规定。

10.4.2 预应力混凝土结构进行使用阶段各项应力、裂缝验算时，各项应力限值的采用应按 TB 10092 的规定执行。

10.4.3 轨道梁桥混凝土的设计应按 TB 10092 的规定执行。

10.4.4 轨道梁独柱式桥墩应按压弯构件进行斜截面校核，并应进行抗扭计算。
10.4.5 轨道梁桥基础设计，应符合 TB 10093 的规定；地基的物理力学指标应与 TB 10093 中的规定相符。
10.4.6 高寒地区轨道梁桥的主体结构材料宜采用质量等级为“E”的钢板。

10.5 构造要求

10.5.1 轨道梁间应设伸缩缝，并应保证梁部自由伸缩，伸缩调节量应满足±40℃温差所带来的轨道梁的变化，列车走行面、导向面平顺连接。伸缩缝组件应具备隔离外界异物功能，并可防止雨雪进入梁内，保证轨道梁符合耐久性的要求。
10.5.2 轨道梁应根据需要在结构上预留通信、信号、供电环网电缆等系统管线通道。
10.5.3 轨道梁桥应满足道岔区平面布置要求，并应满足道岔及其控制装置和轨道梁支座台座布置要求，同时应预留安装接口。
10.5.4 轨道梁桥应设置基础沉降观测装置。
10.5.5 轨道梁桥应设置防雷接地措施。
10.5.6 轨道梁一端顶板应设置检查孔便于检修，并应设置盖板防雨。
10.5.7 有可能受到撞击的桥墩宜设置防撞设施。

10.6 施工与验收

10.6.1 施工单位应具备相应的钢结构施工资质，并应有安全、质量和环境管理体系。
10.6.2 轨道梁宜按图在工厂制作成品，运至现场安装。对于超长轨道梁，受道路运输限制，可采用工厂分体制作，现场整体拼焊的工艺。
10.6.3 轨道梁桥采用的材料和制作工艺应符合设计文件和国家现行标准的规定。
10.6.4 轨道梁施工的各类质量检测报告、检查验收记录和其他工程技术管理资料，应按规定填写，并且履行责任人签字确认制度。施工质量验收资料的归档整理应符合有关规定的要求。
10.6.5 轨道梁桥的制作应满足设计要求；当需要修改设计时，应办理相关设计变更文件。
10.6.6 轨道梁桥制造单位应根据设计图纸和设计技术文件进行轨道梁桥施工详图绘制，并应经原设计单位确认。
10.6.7 轨道梁桥制作前，制造单位应根据施工详图编制轨道梁桥制造工艺方案、作业指导书和相关工艺文件以指导轨道梁桥的制作，并应对各工序的质量进行控制。
10.6.8 轨道梁桥制作应加强质量管理，健全的质量管理体系和施工质量检验制度。施工及质量验收时，应使用有效计量器具，各专业施工单位和监理单位应统一计量标准。
10.6.9 工程竣工应按表 12、表 13 进行验收，并符合相关规范规定。

表 12 轨道梁验收项目及允许偏差

项目	允许偏差
梁长	±10mm
跨度	±10mm
腹板内表面宽度	端部 0-2mm；中部 0-4mm
工作面线形	≤L/2000mm(L 为梁长)

表 12 （续）

项目	允许偏差
走行面局部不平度	2mm/4m
相邻轨道梁下盖板高差	≤1mm
相邻轨道梁间距离	±5mm

表 13 钢桥墩验收项目及允许偏差

项目	允许偏差
底板纵横向中心线安装误差	±3mm
底板纵向中心线至两吊板或两吊臂中心距离	±5mm
检测点坐标	±5mm
高程	±10mm
双线钢桥墩柱身垂直度	1‰
单线钢桥墩柱身预偏量	±3mm
悬臂预偏量	±3mm

10.6.10 轨道梁桥安装验收后应提供下列资料：

——原材料、成品质量合格证；
——图纸及变更设计记录；
——试验报告和质量验收记录；
——轨道梁桥检查记录；
——工程测量及定位记录；
——工程质量事故处理报告；
——开工和竣工报告；
——竣工图；
——工程声像资料。

11 道岔

11.1 一般规定

11.1.1 道岔系统设计应满足安全性、可靠性、方便性，根据选择的道岔类型提出系统要求。

11.1.2 道岔设备采用的材料、器材、元件应符合现行国家对机电产品和金属材料的制造、验收标准的规定。

11.1.3 道岔设备的设计和安装应满足悬挂式单轨交通的限界要求。

11.1.4 道岔设备应符合室外及隧道内的使用条件，金属构件表面应进行防锈蚀处理，寒冷地区应满足道岔使用功能的要求。

11.1.5 道岔在转辙时，各节点应位移同步、定位准确、锁定牢固；道岔在锁定状态下应能承受车辆运行荷载的扭曲力、冲击力及制动力等的反复作用，并应具有足够的刚度和强度抗倾覆的能力。

11.1.6 道岔设备的结构形式应能便于操作、检查维护。

11.1.7 道岔应由信号系统进行控制。道岔的控制装置应具有集中控制、现场控制、手动控制三种方式。当信号系统和道岔控制电路发生故障时，应由人工手动装置完成解锁、转辙和锁定。控制系统应具有安全保护功能。

11.1.8 道岔的转辙时间应包括从信号发出、解锁、转辙、锁定、信号回馈全过程。

11.1.9 当道岔处于曲线状态时车辆通过时应限速行驶。当道岔处于直线状态时应满足列车最高行驶速度的要求。

11.1.10 道岔区检修空间要求：

——道岔区应有检修空间、通道和安装附属设施的条件；

——道岔区应有检修照明设施，其照度不宜小于 100lx；

——道岔区应设置供维修使用的电源设施。

11.1.11 道岔控制系统要求：

——道岔的供电应采用一级负荷；

——道岔接地电阻值应不大于 4Ω，防雷接地电阻值应小于 10Ω，在接地处应有接地标识；

——道岔区应设置视频监视设施，设置位置和数量应根据运营需要确定。

11.1.12 高寒地区使用的道岔所有配件均需满足相应的耐低温要求。

11.1.13 高寒地区需使用耐低温的润滑油进行润滑。

11.1.14 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。

11.2 道岔类型

11.2.1 道岔按其结构组成和转辙后的线形状态分为可动芯型、平移式替换梁型、枢轴型等类型。

11.2.2 高寒地区宜使用可动芯型道岔。

11.2.3 各型道岔的主要技术参数应符合表 14 的规定。

表 14 道岔主要技术参数

类型	曲线或折线允许通过的最高速度(km/h)	相邻位转换时间(s)	最小曲线半径(m)
可动芯型	20	≤15s	50m
平移式替换梁型	20	≤15s	30m
枢轴型	10	≤15s	—

11.3 道岔装置

11.3.1 道岔设备应由主体结构、机械装置、驱动装置、锁定装置、控制装置等组成，采用电力驱动，并可在道岔梁内安装车辆牵引供电接触轨。

11.3.2 可动芯型道岔的道岔梁应为主体结构；替换梁型和枢轴型道岔的主体结构除道岔梁外尚应包括固定段梁、吊轨梁等。

11.3.3 可动芯型道岔机械装置包括可动轨、导向轨、修正轨、补偿轨；平移式替换梁型道岔机械装置包括吊挂轮装置。枢轴型道岔机械装置应包括吊挂装置和尾轴装置。

11.3.4 道岔梁设计应符合下列要求：

——高寒地区道岔梁主体结构材料宜采用质量等级为“E”的钢板；
——应具有车辆走行、导向、稳定和支撑作用，并应能承受车辆通过时的运行荷载；
——结构组成应包括梁本体、导向面板等；
——道岔梁的设计荷载、强度、刚度、耐久性应符合本标准 10 轨道梁桥的规定。

11.3.5 接缝板设置应符合下列要求：
——道岔梁与道岔梁、道岔梁与相邻的轨道梁的走行面及两侧的导向面和稳定面的端部间应设置接缝板；
——接缝板分活动式和固定式两种，活动式接缝板安装在平移式替换梁型道岔可动端的走行面端部。

11.3.6 驱动装置应符合下列要求：
——应能使道岔在规定时间内完成启动、加速、匀速、减速、停止等动作过程；
——应设有人工手动驱动装置。

11.3.7 锁定装置应符合下列要求：
——应由锁定机构和锁定电机等组成；
——应安全可靠、定位准确和锁定牢固，并能承受车辆通过时产生的离心力和冲击力；
——应设置锁定位置自动检测装置，并与控制信号系统联锁。当自动控制失效时，各锁定装置应能切换为人工操作方式。

11.3.8 道岔控制装置应符合下列要求：
——道岔控制装置应具备对道岔各机构进行控制和检测的功能，并能按照信号系统发出的指令，使道岔完成解锁、转辙、锁定、信号反馈的动作，同时将道岔位置信号传给信号系统，并应与信号系统之间设授权、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、故障诊断和故障保护；
——检测点应采用切实可行的技术措施，确保检测信息的可靠；
——联锁控制应采用安全型继电器；
——电机应有一定的容量裕度，其绝缘等级、防护等级应适合道岔的使用环境；
——使用的电缆应为无卤、低烟、阻燃、防蚀、防潮、无放射性成分且耐低温的产品。宜选用交联聚乙烯、乙丙橡皮等绝缘电缆；
——控制柜应采取防潮、防湿、防鼠害、防虫进入及防外界温度影响的措施，应采用保温型电控柜；
——在低温环境下 PLC、变频器的电路板、机器电子元件(电容、电阻、芯片等)应选用耐低温型产品；
——低温环境低压电器应选用低温型产品。

11.3.9 安装在道岔梁上的信号设施的敷设应满足信号系统要求和不影响道岔运行。

11.3.10 道岔的转辙电机、锁定电机应使用 AC380V、50Hz 三相电源，控制电源应使用 AC220V、50Hz 单相电源，信号控制应使用 DC24V 电源。

11.3.11 电动机应配置加热器。

11.3.12 道岔系统设计时应根据线路条件和运营要求选择道岔设备的基本线型、道岔梁几何尺寸、转辙距离、转辙时间。

11.3.13 环境温度低于-25℃时，所有控制元件需加热到-25℃以上方可启动。

11.3.14 外露的运动构件应设置防护设施。

11.3.15 道岔应满足车辆相关技术条件和参数的要求。

11.4 道岔的制造精度

道岔钢结构制造精度要求应符合表 15 的规定。

表 15 道岔精度要求

序号	检验项目	精度
1	道岔梁长度	±5mm
2	道岔梁高度	±2mm
3	道岔内净宽	+2mm
4	道岔局部直线度和平直度	3mm/4m
5	道岔梁腹板、底板与相应接缝板表面高差	0.5mm
6	下水平板平面度	≤2mm(每 2 米)
7	腹板平面度	≤2mm(每 2 米)
8	道岔梁接缝板与轨道梁接缝板错位	2mm
9	安装轴线与线路轴线竖向和横向误差	±3mm
10	道岔安装底板平面度	＜2‰

11.5 道岔检修与维护

11.5.1 道岔的检修与维护应包括日常维护和定期检修。日常维护和定期检修周期应按线路运行要求执行。

11.5.2 日常维护应包括下列主要内容：

——检查联结螺栓是否紧固，若存在松动的情况，查明原因后处理；

——检查各运动机构动作是否准确可靠；

——检查所有的电气设备的功能和绝缘情况；

——检查运动部位的磨损和润滑情况；

——检查梁内是否有积雪或结冰情况；

——清理道岔区的垃圾。

11.5.3 定期检修除日常维护内容外，尚应包括下列内容：

——检查金属结构是否符合技术条件规定的几何形状，加载后是否满足技术要求；

——检查结构件焊缝及螺栓的连接情况；

——检查油漆情况，若掉漆情况严重，需在处理后重新涂油漆装饰、防腐；

——检查润滑油是否变质，油量是否在正常使用范围。

11.6 试验与验收

11.6.1 道岔梁首次制造完成后，应在制造单位场内进行组装、调试，并进行不少于 3000 次的单机连续运转试验，发生故障修复后，应重新进行试验。现场安装后，应进行不少于 1000 次的单机连续运转试验，发生故障修复后，应重新进行试验。

11.6.2 现场安装完成试验前应具备下列条件：

——道岔设备安装已按限界设计检查并完全合格；

——相邻轨道梁已安装就位；
——配电电源可正常供电，提供的电源电压符合技术文件规定；
——信号设施安装到位并能使用，与信号接口联线应按联锁要求完成；
——道岔安装已经过安装质量检查合格，并有安全保证措施。

11.6.3 在联调联试和试运行时，道岔的运转状况和通信信号的信息反馈应满足系统控制要求。

11.6.4 工程竣工应按表 16 进行验收，并符合相关规范规定。

表 16 道岔安装检查验收项目及允许偏差

项目		检查内容	允许偏差
桥墩和横梁	桥墩垂直度	桥墩与水平地面垂直度	1‰
	走行导轨高度	分别测量各横梁导轨高度	±0.5mm
	横梁间距、平行度	测量横梁之间尺寸	±2mm
	同组道岔走行导轨高度差	测量各横梁上走行导轨高低差	2mm
道岔梁	道岔梁长	测定道岔梁处于直线位置的全长	±5mm
	道岔梁导向面线轮廓度	在道岔梁的导向面和稳定面接口部两端各取 2m 处，测定梁面与拉紧的细钢丝间距值	2mm/4m
	道岔梁走行面局部不平度	在走行面接口部两端各取 2m 处，测定梁面与拉紧的细钢丝间距值	2mm/2m
接口间隙	固定端	测量道岔梁与轨道梁间距	±5mm
	活动端	测量道岔梁与轨道梁间距	±5mm
错位	道岔梁与接缝板	测量道岔梁与接缝板之间的高低差	2mm
	接缝板与接缝板	测量接缝板与接缝板之间的高低差	2mm
转辙误差		测量从一个位置转辙至另一位置的距离	±1mm
转辙时间		测量从一个位置转辙至另一位置的时间	≤15s
涂装		按照设计要求或相关规定测定	
转辙电流、电压		按照设计要求或相关规定测定	

11.6.5 工程竣工验收应提供下列资料：
——道岔设备产品合格证、使用说明书、原材料、外购设备合格证，说明书，试验证明；
——图纸会审记录、设计变更和洽商记录汇编；

——测试与调试记录；
——施工验收记录；
——质量评定记录；
——系统联调试验及试运行试验报告；
——开工和竣工报告；
——竣工工程清单；
——设备供货商随机文件资料；
——设备备品备件清单；
——设备缺陷处理记录；
——专项试验报告；
——竣工图册；
——工程声像资料。

12 车站

12.1 一般规定

12.1.1 车站的总体布局应符合城市总体规划、城市综合交通规划、环境保护、城市景观和土地集约的要求。
12.1.2 车站设计应满足客流和设备运行的需求，保证乘客乘降安全、集散迅速、功能分区明确、布置紧凑、便于管理，并应具有良好的通风、照明、卫生、防灾等设施。
12.1.3 车站设计应遵守“功能完备、经济适用、环境融合、绿色生态”的原则。
12.1.4 车站设计宜采用模块化、标准化设计，宜优先采用岛式站台车站形式。同类型车站宜采用相同的公共区布置形式和基本相同的设备区布置形式。
12.1.5 车站的站厅、站台、出入口通道、楼梯和自动扶梯、售检票口等各部位的通过能力应相互匹配，并与车站超高峰小时客流量相匹配。
12.1.6 车站宜优先采用岛式车站形式，位于城市道路路中敷设时，应考虑运营时段兼顾过街功能。
12.1.7 换乘车站应选择便捷的换乘形式，换乘的通过能力应满足换乘客流量的需要。先期实施车站应预留与远期换乘车站的接口条件。
12.1.8 换乘车站应充分考虑出入口、设备管理用房等资源共享，统一布局，统筹设计。
12.1.9 车站交通设施与空间布局应合理组织客流流线，减少进、出站流线的交叉，保证乘客方便进站、快速出站。
12.1.10 车站应设置无障碍设施，结合站址周边城市环境需求，宜设置公共卫生设施。
12.1.11 车站结构形式应满足悬挂式单轨交通车站的建筑功能和使用要求，应保证结构安全可靠、构造简洁、经济合理。
12.1.12 车站结构设计应满足抗震设防、工程防水、防雷击、防腐蚀等的要求和耐久性的规定。
12.1.13 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。
12.1.14 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。

12.2 车站总体布置

12.2.1 车站总体布局应根据线路特征、运营要求、周边环境等条件确定。

12.2.2 车站竖向布置应考虑线路敷设方式、周边环境及城市景观等因素，可选取地下一层、高架一层、高架多层等形式。地下车站宜浅埋敷设，高架车站层数宜少，有条件的地下或高架车站宜将站厅及设备、管理用房设于地面。

12.2.3 车站出入口应根据周边环境及城市规划要求进行布置，同时应有利于客流集散。地下站风亭位置应满足功能要求，并应满足规划、环保、消防和城市景观的要求。

12.2.4 车站周边宜结合用地性质预留物业开发衔接条件。

12.2.5 车站及出入口应远离加油站、加气站或其他危险品场地，其距离应符合 GB 50156 的要求。

12.3 车站平面

12.3.1 站台计算长度应按初、近、远期中最大的列车编组数的有效使用长度加停车误差和作业长度计算。

12.3.2 站台宽度计算:

——岛式站台宽度应按公式 8 进行计算，并应符合表 18 的规定:

$$Bd=2b+n\times z+t \quad \text{.....} (8)$$

——侧式站台宽度应按公式 9 进行计算，并应符合表 18 的规定:

$$\text{侧式站台宽度：}Bc=b+z+t \quad \text{.....} (9)$$

——侧站台宽度应按公式 10 进行计算，并应符合表 18 的规定:

$$b=(Q_{上下}\times \rho)/L+M \quad \text{.....} (10)$$

式中：

b ——侧站台宽度(m)；

n ——横向柱数；

z ——纵梁宽度(含装饰层厚度)(m)；

t ——每组楼梯与自动扶梯宽度之和(含与纵梁间所留空隙)(m)；

$Q_{上下}$——初、近、远期或客流控制期每列车超高峰小时单侧上、下车设计客流量(人)；

ρ ——站台上人流密度，取 0.33 ㎡/人～0.75 ㎡/人；

L ——站台计算长度(m)；

M ——站台边缘至站台门立柱内侧距离，无站台门时，取 0(m)。

12.3.3 岛式车站站台层两端布设的设备及管理用房，不宜侵入侧站台计算宽度。

12.3.4 站台上的人行楼梯和自动扶梯宜纵向均匀分布，且站台计算长度内任一点距最近梯口或通道口距离不应大于 40m。

12.3.5 站台层人行楼梯和自动扶梯的总量布置，除应满足上、下乘客的需要外，还应按站台层的事故疏散时间不大于 4min 进行验算。

12.3.6 车站站厅层应包括站厅公共区、自动扶梯、楼梯、电梯、设备及管理用房和出入口通道等，其中站厅公共区应分隔成为付费区和非付费区。

12.3.7 付费区与非付费区的分隔宜采用高度不小于 1.1m 的可透视栏栅，并应在适当部位安装可向疏散方向开启的栏栅门。

12.3.8 悬挂式单轨站台应设置站台门，站台两端悬空位置应设置不低于 1.2m 防坠、防爬栏杆。

12.4 无障碍设施

12.4.1 车站无障碍设施可采用电梯、轮椅升降机、斜坡道、导盲带或其他措施。

12.4.2 电梯若供老、弱、病、孕和管理人员从站厅至站台共同使用，则应设于付费区。检票闸机应满足该类人群通行尺寸和功能要求。

12.4.3 站台层上的电梯门不应正对行车轨道方向，不应侵入站台计算长度内的侧站台宽度内。

12.4.4 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，同时其导盲带中心支柱(墙)面距离不应小于 450mm。

12.4.5 无障碍设施的配置应满足 GB 50763 相关要求。

12.5 车站环境设计

12.5.1 车站环境设计包括内部环境和外部环境。

12.5.2 车站内部环境设计应简洁、明快、美观，充分利用结构和空间形态构成的艺术性，外部环境应体现当地人文环境和现代交通建筑特点，宜做到装饰构件设计标准化、生产工厂化、施工装配化。

12.5.3 车站的站厅层，以设置公共区售检票设施为主，设备及管理用房宜移至站台板下夹层内或设于道路红线外的地面层。

12.5.4 高架与地面车站站台层雨篷设置于严寒地区宜采用封闭式，并具有防寒保温性能。

12.5.5 路侧敷设高架车站时，在保证车站前后区间路口市政道路路面交通通行净高情况下，控制车站体量，宜采用地面站厅层和高架站台层两层建筑形式。

12.5.6 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。

12.5.7 照明应选用节能、耐久的灯具，并应便于更换、清洁、保养。高架车站应选用防尘、防潮、抗风的灯具。

12.5.8 车站公共区内(含出入口通道)设彩色灯箱广告、壁画等装饰，不应侵入乘客疏散空间，广告箱尺寸应模数化。其安装位置、色彩不得干扰导向、紧急疏散、乘客服务标志。

12.6 各部位参数要求

12.6.1 车站各部位的最小高度应符合表 17 的规定。

表 17 车站各部位的最小高度(m)

名称	最小高度
地下车站站厅公共区(地面装饰面至吊顶面)	3
地面、高架车站站台公共区(地面装饰面至吊顶面)	2.6
站台、站厅管理用房(地面装饰面至管线桥架或吊顶面)	2.4
通道或天桥(地面装饰面至吊顶面)	2.4
公共区楼梯和自动扶梯(踏步面沿口至吊顶面)	2.4
地下车站站厅公共区(地面装饰面至吊顶面)	3
地面、高架车站站台公共区(地面装饰面至吊顶面)	2.6
站台、站厅管理用房(地面装饰面至管线桥架或吊顶面)	2.4
通道或天桥(地面装饰面至吊顶面)	2.4
公共区楼梯和自动扶梯(踏步面沿口至吊顶面)	2.4

12.6.2 车站各部位的最小宽度应符合表 18 的规定。

表 18　车站各部位的最小宽度(m)

名称	最小宽度
岛式站台	8(5)
岛式站台的侧站台	2
侧式站台(长向范围内设梯)的侧站台	2
侧式站台(垂直于侧站台开通道设梯)的侧站台	3
通道或天桥	1.8
单向楼梯	1.5
双向楼梯	1.8
消防专用楼梯	1.2

注 1：括号内的数值系指站台计算长度小于 60m；

注 2：侧式站台最小宽度不含楼扶梯宽度。

12.6.3　车站各部位的最大通过能力应符合表 19 的规定：

表 19　车站各部位的最大通过能力

部位名称			每小时通过人数(人)
1m 宽楼梯	下行		4200
	上行		3700
	双向混行		3200
1m 宽通道	上下行		5000
	双向混行		4000
1m 宽自动扶梯	输送速度 0.5 m/s		6270
	输送速度 0.65m/s		不大于 8190
0.6m 宽自动扶梯	输送速度 0. 5m/s		4320
	输送速度 0. 60m/s		5265
人工售票口			1200
自动售票机			300
人工检票			2600
均动检票机|	三杆式	非接触 IC 卡	1800
	门扉式	非接触 IC 卡	2100(1800)

12.7 车站出入口

12.7.1 车站出入口的数量应根据分向客流和疏散要求设置，但每座车站不得少于两个。出入口处的门不应采用推拉门和弹簧门。

12.7.2 设于道路两侧的出入口宜平行于或垂直于道路红线，后退道路红线应满足当地规划部门的要求。当出入口开向城市主干道时，出入口前宜设集散场地。

12.8 人行楼梯、自动扶梯、电梯

12.8.1 乘客使用的人行楼梯宜采用 26° 34’倾角，其宽度单向通行不宜小于 1.5m，双向通行不宜小于 1.8m，当宽度大于 2.2m 时宜设置中间扶手。楼梯宽度宜符合建筑模数。

12.8.2 车站宜选用无机房电梯。电梯应设置残疾人专用设施。

12.8.3 车站出入口的提升高度超过 6m 时，应设上行自动扶梯；超过 12m 时应设上、下行自动扶梯。站台至站厅应设上行自动扶梯，高差超过 6m 时，应设上、下行自动扶梯。分期建设时应预留后期建设的自动扶梯位置。

12.8.4 电梯设置不应跨付费区与非付费区。岛式车站设置一部电梯，侧式车站每侧各设置一部电梯；应至少有一个出入口设置电梯,若出入口跨城市路口或不具备路面过街条件时,宜增设一部无障碍电梯。

12.9 建筑节能

12.9.1 高架与地面车站宜采用自然采光通风。外墙外表面宜采用浅色饰面或隔热反射涂料，减少外墙吸收辐射热量。宜结合建筑立面设计设置垂直绿化，在增加景观资源、改善区域微气候的同时，提高围护结构保温隔热性能。

12.9.2 高架车站的设备与管理用房，其建筑围护结构热工设计应符合 GB 50189 的有关规定。

12.9.3 高架车站雨棚宜采取双层通风屋面、屋顶绿化、坡屋顶、反射隔热涂料等隔热措施。

12.9.4 地下车站在满足功能前提下应控制其规模和层数。

12.9.5 地下车站降压变电所位置应接近车站负荷中心设置。

12.10 标识

12.10.1 车站配套设施应包括标识导向系统，并应按悬挂式单轨交通工程要求制定统一的标准和规格。

12.10.2 车站应有统一的信息标识。信息标识包括确认标识、导向标识、咨讯标识等。信息标识应安装坚固、位置适当，材料应经久耐用，不易破损，方便维修。信息标识的设置应优先于广告。

12.10.3 车站出入口应设置醒目的导向标识牌，引导乘客出入。

12.10.4 站外 500m 范围内应设有导向标识。导向标识设置高度、尺寸、颜色、亮度等应与市政道路标识相协调。

12.10.5 站外导向标识设置在便于乘客选择目标方向的地点，并按通向目标的最佳路线布置，同时根据需要增加站外导向标识的覆盖面积和数量。目标较远时应重复设置，站外标识间距不大于 200m，并且在人流的分叉点、分流点和转向处增加设置。

12.10.6 车站附近的道路交叉口应设置警示标识。

12.10.7 站内应依据乘客流线分析在乘客进出车站的流线上设置导向标识牌，使车站内客流能安全及高效流动。站内导向标识间距不大于 30m，与乘客流线偏移角度不宜大于 15 度。

12.11 车站结构

12.11.1 荷载

12.11.1.1 车站结构设计的荷载应按 GB 50009 和 CJJ/T 301 的规定取值，同时应计入列车及附属设备和设施的荷载，并应按可能出现的最不利荷载组合进行设计。

12.11.1.2 车站站台板、楼板和楼梯等部位的人群均布荷载标准值应采用 4.0kN/m2；设备用房及设备运输通道应按实际使用荷载取值，但不应小于 4.0kN/m2。

12.11.2 结构设计

12.11.2.1 车站结构宜采用“桥—建”分离结构，也可采用“桥—建”合一结构。

12.11.2.2 “桥－建”分离结构的车站设计，应按现行建筑结构设计标准执行；承受列车荷载的构件设计应符合本标准 10 轨道梁桥的规定。

12.11.2.3 “桥－建”合一结构，承受列车荷载的构件设计应符合本标准 10 轨道梁桥的规定，并应符合现行建筑结构设计标准的要求；轨道梁和支承结构的刚度限值应符合本标准 10 轨道梁桥的规定。其余构件应按现行建筑结构设计标准进行设计。

12.11.2.4 “桥－建”分离结构，轨道梁桥和车站结构的抗震设计应分别按 GB 50909 和 GB 50011 中的规定执行。

12.11.2.5 车站结构耐久性设计应符合下列规定：

——主体结构和使用期间更换影响运营的结构构件，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；

——使用期间可以更换且不影响运营的次要结构构件，宜按设计使用年限为 50 年的要求进行耐久性设计；

——临时结构可根据其使用性质和结构特点确定其设计使用年限；

——混凝土结构的耐久性设计应符合 GB /T 50476 的规定。

12.11.2.6 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，保证有足够的承载力、刚度和稳定性，并应具有良好的整体性、可延性。

12.11.2.7 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。

12.11.2.8 车站墩柱的布置，既应考虑现状道路交通，又要考虑远期规划道路的实施。

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

12.11.2.10 “桥—建”分离的车站结构，地基不均匀沉降应满足轨道梁桥独立设置时对站台标高的要求。

12.11.2.11 装配式结构的安全等级应符合 GB 50153 的规定。各类结构构件的安全等级，宜与整个结构的安全等级相同，对其中部分结构构件的安全等级，可根据其重要程度适当调整，对于结构中重要的关键传力部位和构件，宜适当提高其安全等级。

12.11.3 构造要求

12.11.3.1 高架车站结构宜采用钢结构或预应力混凝土结构。

12.11.3.2 高架车站钢结构构造措施应满足 GB 50017 的相关要求。

12.11.3.3 对于钢结构构件应做好防锈、防腐、防火处理。

12.11.3.4 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 的要求外，还需符合 TB 10005 的相关要求。

12.11.3.5 车站结构一般构件混凝土强度等级不宜低于 C30。

12.11.3.6 车站应按国家现行有关规范、标准设置变形缝，包括伸缩缝、沉降缝和抗震缝。

12.11.3.7 站台雨篷宜采用轻型钢结构，与站台结构应有可靠连接。

12.11.3.8 车站主体及雨篷结构，应预留使用期间维修、保养及更换条件。

12.11.3.9 当车站墩柱有可能受机动车等撞击时，应设防撞保护措施。当无法设置防护措施时，应进行防撞验算。

12.11.3.10 车站站台应设置与列车结构相配合的引导、稳定的轨道，防止上下客过程中车辆侧滚。

12.11.3.11 车站墙体、屋面可采用预制装配式混凝土板。

12.11.3.12 应根据设防烈度、建筑高度及抗震等级选择适当的节点连接方式和构造措施。重要且复杂的节点与连接的受力性能应通过试验确定，试验方法应符合相应规定。

12.11.4 施工与验收

12.11.4.1 车站内部建筑装修应经济、实用、安全、耐久，便于施工和维修。应采用防火、防潮、防腐、容易清洁、光反射系数小的环保型材料，站内地面应选用耐磨、防滑的材料，所用材料应符合 GB 20286 的规定。

12.11.4.2 车站建筑装修施工及验收应符合 GB 50210 的规定。

12.11.4.3 砌体施工及验收应符合 GB 50203 的规定。

12.11.4.4 无障碍设施的施工及验收应符合准 GB 50642 的规定。

12.11.4.5 承受列车荷载构件的施工及验收应符合本标准 10 轨道梁桥的规定。

12.11.4.6 车站结构的施工及验收应按 GB 50204 和 GB 50205 的规定执行。

12.11.4.7 预制构件的连接部位应满足建筑物理性能的功能要求。预制外墙及其连接部位的保温、隔热和防潮性能应符合 GB 50176 和国家现行相关建筑节能设计标准的规定。必要时，应通过相关的试验。

13 通风、空调与供暖

13.1 一般规定

13.1.1 悬挂式单轨交通车站、车场及运营控制中心等空气环境应采用通风、空调与供暖系统进行控制。

13.1.2 通风、空调与供暖系统应具有下列功能：

——在悬挂式单轨交通正常运行时，各区域内部空气环境应在规定标准范围内；

——当车站内发生火灾事故时，应具备排烟、通风功能。

13.1.3 通风、空调与供暖系统应按预测的远期或控制期客流量和最大通过能力设计，当具备分期实施条件时，设备配置应分期实施。

13.1.4 通风、空调与供暖系统的管材及保温材料、消声材料，应采用 A 级不燃材料；当局部部位采用 A 级不燃材料有困难时，可采用 B1 级难燃材料。管材及保温材料应具有防潮、防腐、防蛀、耐老化和无毒的性能。

13.1.5 通风、空调系统设计应充分考虑运营节能，设备选型和配置应优先选用高效、节能、紧凑型设备，并宜充分利用自然冷、热源。

13.1.6 通风、空调系统的设备、管道及配件布置应为安装、操作、测量、调试和维修预留空间，通风和空调系统的机房内应设置冲洗设备设施。

13.2 车站通风、空调与供暖

13.2.1 车站公共区宜采用自然通风，当自然通风不能满足站厅公共区的要求时，可设置机械通风或空调系统。

13.2.2 当站厅公共区采用通风系统时，夏季计算温度不应超过室外计算温度 3℃，且最高不应超过 35℃。

13.2.3 当站厅公共区内设置空调系统时，夏季计算温度应为 29℃～30℃，相对湿度不应大于 70%；在站厅通向站台的楼梯口、自动扶梯口及出入口等处宜设置风幕。

13.2.4 设备与管理用房宜采用自然通风；当不具备自然通风条件或自然通风不能满足功能要求时，可设置机械通风或空调系统。

13.2.5 站厅宜设供暖系统，设计温度宜为 12℃，且站厅的出入口和站厅通向站台的楼梯口、自动扶梯口应设热风幕。

13.2.6 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℃。设备用房应根据工艺要求设供暖装置，设计温度应按工艺要求确定。

13.2.7 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。

13.2.8 通风和空调系统应根据当地的气候条件、热负荷情况及变化规律，制定科学、合理的运营模式，以满足人员正常工作和设备正常运转的要求，并充分实现系统的节能运营。

13.2.9 通风空调系统应根据经济流速确定风管尺寸。

13.2.10 通风空调系统应选择隔热性好、耐火、施工方便、性价比高的保温材料，并应对空调的风管及水管进行有效保温。

13.2.11 通风空调系统应选择能够根据冷冻水回水温度变化情况自动调节的冷水机组。

13.2.12 通风空调系统的设计宜利用自然冷、热源。

13.2.13 车站宜采用分站供冷方式，冷源应靠近负荷中心。

13.2.14 车站大系统的排热风机、回排风机及组合式空调箱等大型风机设备宜采用变频控制方式实现节能。小型风机设备，宜采用调节设备运行台数及多级调节的控制方式。

13.2.15 车站公共区风机的运行宜采用新风需求的控制模式，并应在二氧化碳及其他有害气体浓度满足卫生标准规定的限值内调整新风量。

13.2.16 冷冻水系统、冷却水系统及冷水机组的运行综合控制宜采用具有高度跟随性和应变能力变频技术。

13.3 车辆基地等地面建筑通风、空调与供暖要求

13.3.1 控制中心、车辆基地、变电所等地面相关建筑的通风、空调与采暖系统，除满足工艺要求外，还应符合地面建筑现行有关设计规范的规定。

13.3.2 悬挂式单轨交通地面相关建筑的通风、空调与采暖系统的设计方案应根据建筑物的用途、功能、使用要求和设备运行需求等，结合国家有关安全、环保、节能等方针、政策，通过综合技术经济比较确定。

13.3.3 中央控制室内的温度宜控制在 16～27℃，中央控制室和各系统设备用房的每小时的温度变化不宜超过 3℃，各系统设备房间应按照 GB 50174 的有关规定设置，并宜按不低于 B 级要求设计。

13.3.4 油漆库应设置通风设备，并应采取消防和环保措施，库内通风设施应符合防爆要求。

13.3.5 模拟屏前后的温差不宜大于 3℃。

13.3.6 中央控制室及设备房应维持正压。

13.3.7 中央控制室、运行管理区、设备区的空调系统宜分开设置。

13.4 通风、空调、供暖工程施工及验收

13.4.1 通风、空调与供暖工程的施工与验收，应符合 GB 50738 和 GB 50243 的规定。

13.4.2 当管道穿越墙体和楼板时，应按设计要求设置套管，套管与管道间应采用阻燃材料填塞密实；当穿越防火分区时，应采用不燃材料进行防火封堵。

13.4.3 通风、空调系统主(干)风管及排烟系统风管应做严密性检验，检验方法应符合 GB 50243 的规定。

13.4.4 通风、空调与供暖系统安装完毕投入使用前，应进行系统试运行及调试，应包括设备单机试运转及调试、非设计满负荷条件下的联合试运转及调试。非设计满负荷条件下的联合试运转及调试应在设备单机试运转合格后进行。

13.4.5 设备单机试运转及调试和非设计满负荷条件下的联合试运转及调试，尚应符合 GB 50614 的规定。

14 给水与排水

14.1 一般规定

14.1.1 悬挂式单轨交通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，并应遵循综合利用、节约用水的原则。

14.1.2 给水水源应采用城市自来水，当沿线无城市自来水时，应采取其他可靠并符合要求的给水水源。

14.1.3 给水与排水设备应选用节能产品。换乘站的给排水设备宜实行资源共享。

14.1.4 悬挂式单轨交通给水与排水系统设计、施工及验收，除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

14.2 车站给水与排水

14.2.1 车站给水系统用水定额应符合下列规定：

——工作人员生活用水定额宜为(30～60)L/(人·班)，每日 3 班，小时变化系数宜为 2.0～2.5；

——车站内公共厕所乘客用水量宜按下列卫生器具小时耗水量计算确定，每天使用时间除残障人厕所按 10h 外，其余均按 18h 计算：

- 洗涤池：45L/h～360L/h；
- 洗脸盆：40L/h～60L/h；
- 大便器：自闭式冲洗阀为 25L/h～144L/h，冲洗水箱为 30L/h～162L/h；
- 小便器自闭式冲洗阀：20L/h～120L/h。

14.2.2 给水管道布置和敷设应符合下列规定：

——车站生活给水系统宜设计为枝状管网，并应由车站给水引入总管上引出一根给水管和车站内生活给水管连接；

——给水管不应穿过变电所、通信信号机房、控制室、配电室等电气房间；

——给水管道应采取防冻保护措施。

14.2.3 卫生器具及配件应符合 CJ 164 的规定，公共厕所应采用感应式或非接触式龙头和冲洗装置。

14.2.4 车站排水量定额应符合下列规定：

——生活排水定额和小时变化系数应与生活给水定额和小时变化系数相同；

——冲洗和消防废水量应与用水量相同；

——车站屋面排水管道的排水设计重现期应按当地 10 年一遇的暴雨强度计算，设计降雨历时应按 5min 计算；屋面雨水工程与溢流设施的总排水能力不应小于 50 年重现期的雨水量。

14.2.5 车站除生活及粪便污水应单独排放外，冲洗及消防废水可集中并就近排放。

14.2.6 车站的污水及废水应按重力流排水方式设计，屋面雨水可按重力流或压力流设计。出入口自动扶梯或电梯基坑废水不能按重力流排放时，应设局部排水泵房提升排入城市排水系统。

14.2.7 排水设施应符合下列规定：

——屋面排水天沟及排水明沟的纵向坡度不宜小于 3‰；

——站厅公共区应设置地漏，设有站台屏蔽门的站台应设置不小于 DN75 的排水地漏，地漏应布置在绝缘带之外，其排水应接入车站轨道区底板；

——轨道区底板应设排水设施，两端应设截水设施。

14.2.8 给排水管材、阀门及附件、局部污水处理设施及其他排水设施等的设置，应符合 GB/T 51293 的规定。

14.2.9 当车站生产、生活供水系统加压供给时，宜采用变频调速水泵供给。

14.2.10 排水系统应利用地形高差，并宜采用重力流直接排放。

14.2.11 卫生洁具宜采用红外感应水嘴、感应式冲洗阀等能消除长流水的水嘴和器具。

14.3 车辆基地等地面建筑给水与排水

14.3.1 车场给水用水量定额应按下列规定确定：

——工作人员生活用水量应为 30L/人·班～50L/人·班，小时变化系数应为 2.5～2.0；

——职工淋浴用水定额应取 40L/人·次，每次延续时间应为 1h；

——空调冷却水系统的补充水量应为冷却水循环水量的 1%～2%；

——生产工艺用水应按工艺要求确定；

——路面洒水、绿化及草地用水、汽车冲洗用水，应符合 GB 50015 的规定；

——不可预见水量和管网漏水量之和应按车场内生产、生活最高日用水量的 8%~12%计算。

14.3.2 给水水源应采用城市自来水。当城市自来水提供两根给水引入管时，生产、生活系统宜与室外消防给水系统共用且布置成环状；当城市自来水提供一根给水引入管时，生产、生活和室外消防给水系统应分开布置。

14.3.3 当城市自来水的供水量和供水压力不能满足车场等地面建筑生产、生活给水系统的要求时，应设给水泵房和蓄水池，给水加压设备宜采用变频调速或叠压供水装置。

14.3.4 当车场周围有城市杂用水系统且水质满足使用要求时，其内部冲厕、绿化及地面冲洗水可利用城市杂用水系统供水。

14.3.5 车场内各单体生产、生活给水系统应与消防给水分开设计，布置成枝状。

14.3.6 车场内公共浴室、食堂、司机公寓等热水系统宜采用太阳能热水系统或空气源热泵热水系统。

14.3.7 车场排水量定额应符合下列规定：

——生活排水量标准应按用水量的 95%确定；

——生产用水排水量应按工艺要求确定；

——冲洗和消防废水排水量和用水量应相同；

——车场运用库、检修库、高层建筑屋面雨水应按 10 年一遇暴雨强度进行计算，排水工程与溢流设施的总排水能力不应小于 50 年暴雨重现期的雨水量；其他建筑屋面雨水应按 5 年一遇暴雨强度进行计算，排水工程与溢流设施的总排水能力不应小于 10 年暴雨重现期的雨水量。

洗车库的废水应经过处理后重复利用；其他含油废水，不符合国家规定的排放标准时，应经过处理达到标准后排放。

14.3.8 车辆基地的生产废水、生活污水，宜集中后按重力流方式接入城市排水系统；不能按重力流方式排放时，应设污水泵站提升并排入城市污水排水系统。

14.3.9 当车辆基地附近无城市污水排水系统时，其内部的生产废水、生活污水，应经过处理达到排放标准后再排放。

14.3.10 在车辆基地内宜回收利用雨水、废水。

14.4 给水、排水工程施工及验收

14.4.1 给水、排水工程施工与验收应符合 GB/T 51293、GB 50268 和 GB 50614 的规定。

14.4.2 给水与排水工程施工单位应配合土建施工单位预留安装孔洞和预埋件。

14.4.3 所有施工环节及物料应满足安全、环保、节能的要求。

15 供电

15.1 一般规定

15.1.1 悬挂式单轨交通供电系统方案应根据列车供电方式进行设置，包括牵引网供电制式和车载储能供电制式。

15.1.2 当采用牵引网供电制式时，供电系统应包括电源系统、牵引供电系统、动力照明系统、电力监控系统和综合接地系统。电源系统应包括外部电源、主变电所或电源开闭所、中压供电网络；牵引供电系统应包括牵引变电所和牵引网；动力照明系统应包括降压变电所和动力照明配电系统。

15.1.3 当采用车载储能供电制式时，供电系统应设置车载储能充电系统。可采用氢电池等绿色能源作为补充电源。

15.1.4 外部电源供电方案应根据城市轨道交通线网规划、城市电网现状及规划、城市国土空间规划进行设计，并宜采用分散式供电。

15.1.5 供电系统应满足安全、可靠、经济、优质运行的要求，供电系统的规模和设计容量应按远期高峰小时的用电负荷要求进行设计，可按一次建成或分期建成的方式进行建设。

15.1.6 中压供电网络的电压等级可采用 35kV、20kV 和 10kV。

15.1.7 悬挂式单轨交通牵引用电负荷不应低于二级负荷，车辆应具有应急牵引电源。动力照明等用电负荷应按供电可靠性要求及失电影响程度分为一级负荷、二级负荷和三级负荷。

15.1.8 供电系统的中压供电网络接线宜采用环网接线，中压网络末端的电压损失不宜超过 5%。

15.1.9 牵引负荷应根据线路条件、高峰时段的运行交路、行车密度、车辆编组和车辆性能等计算确定。

15.1.10 直流牵引供电系统的电压宜采用 DC1500V，也可采用 DC750V。直流牵引供电系统电压及其波动范围应符合表 20 的规定。

表 20 直流牵引供电系统电压及其波动范围(V)

标称值	最高值	最低值
1500	1800	1000
750	900	500

15.1.11 直流牵引系统及非线性用电设备所产生的谐波应符合 GB/T 14549 的规定。

15.1.12 动力照明配电系统宜采用 TN-S 接地方式。

15.1.13 车辆基地应设置对供电系统设备管理与维护的供电车间。

15.1.14 供电系统应在每座车站、车辆基地设置车体安全接地装置；应在各牵引变电所中设置接地保护装置。

15.1.15 供电系统及其设备的功能性接地、保护接地与防雷接地应采用综合接地系统。

15.1.16 再生制动能量吸收装置的设置应通过经济技术综合比较确定。

15.1.17 无功补偿应按整体平衡的原则根据供电系统的实际情况经技术经济比较后确定。

15.1.18 供电系统应设置电力监控系统。当设置综合监控系统时，电力监控系统的功能配置、系统容量和设备选型应集成于综合监控系统进行设计。

15.1.19 中压供电网络设置应采取下列节能措施：

——宜采用二级降压供电的方式，并宜采用较高电压供电；

——宜采用牵引供电和动力照明供电共用方式；

——在满足供电可靠、电能质量要求的前提下，宜合理设置供电分区，各分区功率分配应均衡，并应选择合理的电缆长度、设备数量及电缆截面。

15.2 变电所

15.2.1 变电所可分为主变电所或电源开闭所、牵引变电所、降压变电所。当牵引变电所与降压变电所同时设置在同一车站时，宜合建成牵引降压混合变电所。

15.2.2 变电所的数量、容量及其在线路上的分布应在综合设计的基础上由计算确定。牵引变电所的间距选择应满足供电容量、供电电压、电气保护等要求。变电所的选址和分布，应综合考虑寒冷气候的影响。

15.2.3 变电所应按无人值班、无人值守设计。

15.2.4 变电所的设备应选用小型化、无油化、自动化、免维护或少维护的产品，以及适合无人值守的运行条件。变电所的设备应根据运行要求采取防寒措施。室外配电装置的绝缘材料应具有耐低温性能。

15.2.5 牵引整流机组的数量和容量应根据近、远期负荷计算确定，并应在一座牵引变电所退出运行时，相邻的两座牵引变电所应能分担其供电分区的牵引负荷。当牵引变电所设置两台牵引整流机组，在一台牵引整流机组退出运行时，另一台牵引整流机组宜继续运行。牵引整流机组的负荷特性应符合下列规定：

——100％额定负荷输出连续；

——150％额定负荷输出 2h；

——200％额定负荷输出 1min。

15.2.6 当降压变电所设置两台配电变压器时，配电变压器的容量应满足在一台变压器退出运行后，另一台变压器能负担其供电范围内的一、二级负荷。

15.2.7 变电所一次接线应在可靠的基础上力求简单。降压变电所宜采用分段单母线接线。牵引变电所的整流机组应接在同一段母线上；直流侧母线宜采用单母线接线。

15.2.8 牵引变电所的直流馈线回路应设置能分断最大短路电流和感性小电流的直流快速断路器。

15.2.9 中低压配电室内的各种通道最小宽度应符合 GB 50060 和 GB 50053 的规定。室外配电装置的钢构件应根据运行环境，采用耐低温的钢材。主控室、辅助房屋、高压配电装置室等应考虑采暖措施。设置电采暖设备时，宜具有智能温控功能。

15.2.10 变电所交流、直流操作电源屏的电源应分别接自变电所的两段低压母线。

15.2.11 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 1h 的要求。

15.2.12 变电所继电保护配置应力求简单，并应满足可靠性、选择性、灵敏性和速动性的要求。

15.2.13 对交流中压供电线路的下列故障或异常运行应设置保护装置：

——相间短路；

——单相接地；

——过负荷。

15.2.14 对交流 400V 配电线路保护的设置应满足 GB 50054 的规定。

15.2.15 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。

15.2.16 变电所综合自动化系统应具备下列基本功能：

——保护、控制、信号、测量；

——安全联锁；

——程序操作控制；

——开放的通信接口；

——系统在线故障自检。

15.2.17 主变电所或电源开闭所应有计量功能，牵引变电所、降压变电所等可根据实际供电方式的不同确定计量功能。

15.2.18 变电所设置应采取下列节能措施：

——在有条件的情况下，各线网的主变电所及换乘车站内的降压变电所应资源共享；

——变电所的位置应靠近负荷中心；

——应选择节能型变压器和合理确定容量；

——供电系统可设置电能质量管理系统。

15.3 牵引网

15.3.1 牵引网应由正极接触轨和负极接触轨组成。正极接触轨和负极接触轨应分别通过上网电缆和回流电缆与牵引变电所连接。

表 21 牵引网带电部分和轨道梁、车体之间的最小净距

标称电压(V)	牵引网带电部分与车体	
	静态(mm)	动态(mm)
DC 1500	100	50
DC 750	100	50

15.3.2 牵引网带电部分和轨道梁、车体之间的最小净距应符合表 21 的规定。

15.3.3 正常工作状态下，正线牵引网应采用由两个相邻牵引变电所构成双边供电方式；当某个中间牵引变电所退出运行时，相关正线牵引网应由与该牵引变电所相邻的两个牵引变电所通过越区开关构成大双边供电。

15.3.4 牵引网载流截面，上网电缆、回流电缆的根数及截面，应根据大双边供电方式下的远期负荷计算确定。除道岔区外，每个回路的电缆数不应少于两根。

15.3.5 牵引网材料及载流截面的选择应满足远期高峰小时牵引所故障运行模式下载流量和最低网压的要求。钢材的材质应根据结构的重要性、连接方式和结构所处的环境温度进行合理选择，受冲击荷载影响时应具有良好的最低工作温度冲击韧性。

15.3.6 牵引网的电分段应设在下列位置：

——有牵引变电所车站设在列车进站侧；

——区间牵引变电所设在变电所直流电缆出口处；

——配线与正线的衔接处；

——车辆基地出入线与正线衔接处；

——车辆基地各电化库入口处及不同功能线路衔接处。

15.3.7 牵引变电所直流快速断路器、负极柜至牵引网间应设置隔离开关。

15.3.8 当末端站后折返线有停车、检修作业时，其相应部分的牵引网宜单独分段，并应设置双极隔离开关。

15.3.9 室外隔离开关的破冰能力应保证最大覆冰厚度时的可靠分、合。

15.3.10 折返线处牵引网应有主、备两路电源。主、备两路电源应通过电动隔离开关接自上、下行的正线牵引网进行供电。

15.3.11 停车列检库、检修库、静调库、试车线的牵引网宜由牵引变电所直接馈电。

15.3.12 牵引网设计的气象条件应符合 TB 10009 中的规定。

15.3.13 牵引网主要设备零部件选型应满足 GB/T 14093.2 的要求。

15.3.14 牵引网的锚段长度应根据环境温度、载流温升、材料线胀系数、锚段关节或膨胀接头补偿量、线路条件等因素确定。

15.3.15 牵引网的支持点间距应根据载流元件自重、结构特性、集中荷载、接触压力等因素确定。

15.3.16 钢铝复合轨采用侧接触方式授流时，应符合下列规定：

——牵引网应按“一”字形布置；

——牵引网锚段间应采用膨胀元件进行衔接；

——电分段采用自然断口或分段绝缘器。

15.3.17 牵引网的导出高度不应大于 1‰。

15.3.18 牵引网末端应设端部弯头。

15.3.19 支撑绝缘子及其配套牵引网零件的强度安全系数不应低于现行行业标准 TB 10009 的规定。

15.3.20 在馈线上网处正、负极接触轨应设置避雷器。

15.3.21 避雷器接地电阻值不应大于 10Ω。

15.3.22 牵引网的安装位置及安装误差应满足限界要求。

15.4 电缆

15.4.1 供电系统宜采用低卤、低烟、耐低温的阻燃电线、电缆和光缆。

15.4.2 用于消防供电的配电线路应采用耐火铜芯电缆或矿物绝缘类不燃性铜芯电缆。

15.4.3 当中压环网电力电缆采用单芯电缆时，宜采用“品”字形布置。低压直流电力电缆宜采用“一”字形布置。

15.4.4 当电缆在沿线区间敷设时，宜沿轨道梁布置。

15.4.5 中压环网电力电缆中间接头宜设置在车站范围内。

15.4.6 电缆在车站及区间轨道梁内敷设时应满足限界要求。

15.4.7 每个金属电缆支架或吊架、桥架应通过接地干线接地，接地干线两端应与变电所的接地网连接。

15.4.8 中压电力电缆金属护层的有效截面应满足在电缆故障下流经金属护层短路电流的载流要求。

15.4.9 在车站等建筑物设施内数量较多的电缆垂直敷设时应采用电缆竖井。

15.4.10 电力电缆在敷设时，应在电缆中间接头两侧、电缆进出支(桥)架端部、拐弯处等紧邻部位的电缆上采用经防腐处理的电缆卡子进行刚性固定。对于交流单相电力电缆，固定的间距尚应满足短路电动力的要求。

15.4.11 直埋敷设的电缆，应避免位于地下管道的正上方或下方。当电缆采用直埋敷设时宜埋设于冻土层以下，无法埋设在冻土层以下时，应采用浅槽敷设，且槽内填充河沙。

15.4.12 电缆从室外进入室内的入口处、电缆竖井的出入口处、电缆穿越建筑物隔墙楼板的孔洞处及各供电设备与电缆夹层之间的电缆开孔处，均应实施阻火封堵。

15.4.13 电力电缆敷设的其他设计内容应符合 GB 50217 的规定。

15.5 动力与照明

15.5.1 当牵引用电负荷为一级负荷时，动力与照明用电设备的负荷分级应符合下列规定：

——应采用一级负荷的设备包括：火灾自动报警系统设备、消防水泵及消防水管电保温设备、防排烟风机及各类防火排烟阀、防火(卷帘)门、消防疏散用自动扶梯、消防电梯、应急照明、火灾或其他灾害仍需使用的用电设备；通信系统设备、信号系统设备、道岔系统设备、综合监控系统设备、电力监控系统设备、环境与设备监控系统设备、门禁系统设备、安防设施；自动售检票设备、站台屏蔽门设备、乘客信息系统设备、变电所操作电源等；

——应采用二级负荷的设备包括：变电所检修电源、站厅站台等公共区照明、附属房间照明、普通风机、排污泵、电梯、非消防疏散用自动扶梯和自动人行道设施；

——应采用三级负荷的设备包括：检修设备、附属房间电源插座、车站空调制冷及水系统设备、广告照明、清洁设备、电热设备、培训及模拟系统设备、锅炉设备；

——车辆基地、运营控制中心大楼内建筑电气设备的负荷分级应符合 GB 51348 的规定。

15.5.2 动力照明配电应符合下列规定：

——消防及专用防灾用电设备应采用专用的供电回路，消防配电设备应采用红色文字标识；

——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；

——动力照明配电设备宜集中布置；车站应设动力照明配电室；当车辆基地的单体建筑物内没有降压变电所时应设配电室；

——负荷性质重要或用电负荷容量较大的集中设备应采用放射式配电；

——中小容量动力设备宜采用树干式配电；用电点集中且容量较小的次要用电设备可采用链式配电，链接的设备不宜超过 5 台，其总容量不应超过 10kW；

——一般用电设备端子处电压容许偏差值应符合 GB 50052 的规定；

——动力设备及照明的控制可采用就地控制和远方控制；

——道岔附近应设置固定照明和维修使用的移动电器的电源设施；车站站厅和站台宜设置清扫用移动电器的安全型电源插座。

15.5.3 车站照明种类可分为正常照明、应急照明、值班照明和过渡照明。

15.5.4 应急照明包括备用照明和疏散照明，其设置应符合下列规定：

——当正常照明失电时，对需要保证正常工作或活动继续进行的场所应设置备用照明；

——当正常照明因故障熄灭或火灾情况下正常照明断电时，对需要保证人员安全疏散的场所应设置疏散照明；

——应急照明设置应符合 GB 51309 及 GB 50016 的规定。

15.5.5 当正常交流电源全部退出时，线路段及建筑的应急照明供电时间应符合 GB 50016 的规定。

15.5.6 照明照度应符合 GB/T 16275 和 GB 50034 的规定。

15.5.7 车站公共区的照明负荷应交叉配电、分组控制。

15.5.8 当电气装置采用接地故障保护时，车站、运营控制中心、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。

15.5.9 车站与区间、运营控制中心、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 的规定。

15.5.10 车站出入口、站厅层及站台层的照明应采用分时、分区、分组的控制方式，在有自然采光的区段，应设单独照明回路，并宜采用光控方式。

15.5.11 车站公共区宜设置智能照明控制系统；设备监控系统应通过车站智能照明监控管理系统进行正常运行、节电运行、停运和经济运行等模式控制。

15.5.12 车站公共区、设备与管理用房等照明宜采用节能的 LED 光源；装饰性照明、广告照明、特殊照明等均应采用节能型灯具及光源。

15.5.13 车辆基地不同场所应根据不同情况选用节能灯具、节约能源的控制方式；在具备条件的地方宜采用光导照明、光伏发电等新技术。

15.5.14 动力照明的其他设计应符合 GB 50054、GB 50055 和 GB 51348 的规定。

15.6 车载储能充电系统

15.6.1 车载储能充电系统应包括充电桩及为充电桩提供电源的供电设施。

15.6.2 车载储能充电系统的输入电源宜引自车站降压变电所，输入电压等级宜采用 0.4kV；输出电压等级应与车载电源装置相适应。

15.6.3 充电桩宜布置在车站内及车辆基地内。

15.7 综合接地

15.7.1 综合接地装置应包括人工接地装置、自然接地装置等。

15.7.2 除有特殊规定外，供电系统中电气装置与设施的外露可导电部分均应接地。

15.7.3 综合接地系统接地端子处的接地电阻值不应大于 1。

15.7.4 应利用车站结构钢筋或变电所结构钢筋等自然接地极作为接地装置，并宜敷设以水平接地极为主的人工接地装置。自然接地装置与人工接地装置间应采用不少于两根导体在不同地点相连接。自然接地装置与人工接地装置的接地电阻值应能分别测量。人工接地装置的敷设应考虑冻土区影响。

15.7.5 接地装置至变电所接地线的截面不应小于系统中保护地线截面的最大值。

15.7.6 配电变压器低压侧中性点应直接接地。

15.7.7 牵引变电所中的直流牵引供电设备应绝缘安装。

15.7.8 沿线建筑物与构筑物独立接地装置的接地电阻宜先符合自身接地要求后，再与综合接地系统进行等电位连接。

15.7.9 防雷引下线与接地网的连接点至设备接地线与接地网连接点之间，沿接地极的长度不应小于 15m。

15.8 施工安装与验收

15.8.1 供电系统的施工安装过程应适应悬挂式单轨交通的工程环境及土建条件。

15.8.2 变电所系统的施工质量验收应按 GB/T 50299 的规定执行。

15.8.3 侧接触式钢铝复合轨的安装应符合下列规定：

——钢铝复合轨安装精度 Y 方向应为±1mm，Z 方向应为±2mm，并应采用专用测量工具测量；

——钢铝复合轨安装完成后应对端部弯头端部与梁侧壁的距离进行测量及调整；

——中间接头的接触轨工作面应平顺，受流面高差不应大于 0.2mm，接缝尺寸不应大于 1mm；

——接头处接触轨若高差较大，应使用专用打磨器对超高的接触轨进行打磨；

——锚固内夹板应沿旋转扣件对称布置，分体式内夹板应紧靠旋转扣件侧面；

——电连接板安装时，接触面应均匀涂抹导电脂。

15.8.4 牵引网安装完工后，应按供电分段进行正、负极对地绝缘电阻测量，正负极间及对地的绝缘电阻值应大于 1.5MΩ。

15.8.5 牵引网工程应进行冷滑行试验，且应使用两种列车速度行进试验，第一次车速宜为 3km/h～5km/h，第二次车速宜为 10km/h～40km/h。

15.8.6 电缆敷设系统的施工质量验收应按 GB/T 50299 的规定执行。

15.8.7 动力与照明系统和综合接地系统的施工质量验收应按 GB/T 50299 的规定执行。

16 通信

16.1 一般规定

16.1.1 悬挂式单轨交通通信系统的构成及设备配置应满足运营管理模式和行车组织方式的要求，并应遵循资源共享的原则。

16.1.2 通信系统采用的器材、设备应符合电磁兼容性的要求，并应具有抗电气干扰性能。

16.1.3 通信系统采用的轨旁设备和车载设备宜小型化、轻量化；车载设备不得超出车辆轮廓线，轨旁设备不得侵入设备限界，并应适合在悬挂式单轨交通轨道结构体系高寒地区环境下的安装和维护。

16.1.4 通信系统宜由传输、公务电话、专用电话、无线通信、集中告警、广播、时钟、视频监视、乘客信息系统、办公自动化、电源及接地等子系统组成。广播、时钟、视频监视、乘客信息系统可由综合监控系统集成设计。

16.1.5 通信系统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。

16.1.6 通信系统与其他系统的接口设计，应明确接口内容、类型、数量、特性、安装位置和工程界面。

16.1.7 通信系统在正常运营时，应为运营管理提供相关信息；在灾害、事故或突发事件情况下，应为防灾、救援和事故处理的指挥提供应急通信保证。

16.1.8 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，并宜冗余配置。

16.1.9 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。

16.2 传输系统

16.2.1 悬挂式单轨交通应建立以光纤为主的通信传输系统网络，并应满足通信各子系统和信号、供电、防灾、综合监控、自动售检票等系统各种信息传输的要求，并应留有余量。

16.2.2 传输系统应利用不同径路的两条光缆或同径路不同的两条光缆构成自愈保护环，并应配置传输网络管理系统。

16.2.3 干线光缆容量应满足通信、信号等系统对光纤容量的需求，并应结合远期发展预留余量。干线光缆网宜根据线网规划和建设需求统筹规划光缆数量、容量和光缆径路。

16.2.4 通信主干光缆应采用无卤、阻燃、低烟、防腐蚀、防潮、防阳光辐射材料，并应具有防电磁干扰的防护层。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。站内配线电缆应采用带有屏蔽层的塑料护套电缆。

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

16.2.6 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。

16.2.7 在悬挂式单轨交通沿线、市区范围内及交通繁忙地段进行光电缆线路施工时，应事先与相关部门联系，取得同意并签订安全协议后方可施工。

16.2.8 通信光电缆的敷设宜采用专用槽道敷设，并做好防寒防护措施；地下敷设时宜采用地下管廊；埋地敷设时，应符合高寒地带条件下的地下隐蔽工程的相关要求，与其他管线及建筑物间的最小净距应符合 GB 50157 的规定。

16.3 公务电话系统

16.3.1 悬挂式单轨交通公务电话系统应能为管理、运营、维修等部门提供内部通话与外部公务通信联络，可采用独立的公务电话系统，也可纳入城市公用电话网或与专用电话系统合设。

16.3.2 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，并可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。

16.3.3 公务电话系统独立设置时宜设置计费管理系统，并应采用统一用户编号。

16.3.4 公务电话交换设备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。

16.3.5 公务电话交换设备应具备完善的监控管理接口和功能，并应设置维护终端。在运营控制中心宜设置集中网络管理设备，对全网内的公务电话交换设备应进行统一管理。

16.3.6 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。

16.3.7 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。

16.4 专用电话系统

16.4.1 悬挂式单轨交通应为运营控制中心调度员、车站与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设置专用电话系统。

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

16.4.3 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、录音装置及网管设备等组成。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。

16.4.4 调度电话应为运营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。

16.4.5 运营控制中心调度台宜设置在运营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信号楼行车值班员等处；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、环境与设备监控系统用。

16.4.6 调度电话应符合下列规定：

——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；

——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；

——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；

——调度电话系统应具有录音功能。

16.4.7 站间行车电话终端应设在车站行车值班员所在处所。

16.4.8 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。

16.5 无线通信系统

16.5.1 悬挂式单轨交通应为运营控制中心调度员、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，并宜采用无线综合承载，同时宜实现无线语音调度和车地之间无线数据传输。

16.5.2 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。无线通信系统根据业务需求宜采用宽带集群通信方式，也可采用专用频道方式。

16.5.3 无线通信系统结合无线通信技术发展，确定无线通信系统制式，宜采用综合承载方式。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。

16.5.4 无线通信系统可根据运营需要设置行车、防灾、环控、综合维修、车辆基地等调度台。

16.5.5 无线通信系统应适应悬挂式单轨交通使用环境，具有电气化防护、抗干扰、防雷击的能力和措施，空间波覆盖的时间地点概率不应小于 90%，漏泄同轴电缆辐射点播的时间地点概率不应小于 95%。

16.5.6 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。

16.5.7 在紧急状态下运营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。

16.5.8 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。

16.6 广播系统

16.6.1 广播系统应保证控制中心调度员和车站值班员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。

16.6.2 正线运营广播系统车站负荷区宜按站台层、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。

16.7 视频监视系统

16.7.1 视频监视系统应为运营控制中心调度员、各车站值班员、列车司机及公安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；视频监视系统应具有与 FAS 联动功。

16.7.2 视频监视系统应由中心控制设备、车站控制设备、图像摄取、图像显示、录像及视频信号传输等部分组成。

16.7.3 视频监视系统可按运营需求分为中心级和车站级两级监控。

16.7.4 视频监视系统应在列车车厢、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、临近车站线路区域、道岔区域、求助电话等公共场所设置视频摄像设备；在变电所、设备用房及票务室、售票处等场所也宜设置；在车辆基地车库、大跨径桥梁等区域也可设置。

16.7.5 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。室外摄像机应设适应高寒地区全天候防护罩，并应适应最低 0.21x 的照度；室内摄像机应适应最低 11x 的照度或应急照度要求。在室外及高架车站等地点应根据天气变化和光线直射的影响采用宽动态摄像机。

16.7.6 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。

16.7.7 图像数字化编解码技术应采用标准通用的数字编码格式，宜具备结构化分析、人脸采集识别、客流检测、行为事件检测等视频分析功能。

16.7.8 视频存储时间应符合国家标准、公安安全行业标准的有关规定。

16.8 乘客信息系统

16.8.1 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。

16.8.2 乘客信息系统应包括中心子系统、车站设备子系统和车载设备子系统等，各系统均符合高清视频的播放、控制和显示要求。

16.8.3 乘客信息系统除应提供运营信息外，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。

16.8.4 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。

16.8.5 车站终端显示设备可设置于站台、站厅、出入口通道、换乘通道、进站口、出站口区域。站厅和站台可设置多媒体触摸查询设备。

16.8.6 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。

16.8.7 乘客信息系统宜设置与时钟系统、广播系统、信号系统、综合监控系统等内部专业接口，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。

16.8.8 乘客信息系统的信息安全保护等级不宜低于二级。

16.9 时钟系统

16.9.1 时钟系统应为各线、各车站、车辆基地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。时钟系统可由中心母钟(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。

16.9.2 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。

16.9.3 一级母钟自走时精度应在 10-7 以上，二级母钟自走时精度应在 10-5 以上。

16.9.4 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。

16.9.5 一级母钟宜设置于运营控制中心，且宜满足多条线路的共享。各车站与车辆基地可设置二级母钟；中心调度室、车站值班控制室、变电所值班室、站厅、站台及其他与行车直接有关的办公室等处所应设置子钟。

16.9.6 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。

16.10 集中告警系统

16.10.1 通信系统可设置集中告警系统。当悬挂式单轨交通设置综合运行与维护系统时，集中告警系统宜与综合监控系统(BAS)合设。

16.10.2 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。

16.10.3 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。

16.10.4 集中告警系统应有多级管理权限设置。

16.11 办公自动化系统

16.11.1 悬挂式单轨交通可配置办公自动化系统。

16.11.2 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。

16.11.3 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。

16.11.4 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，并接入运营控制中心、车站、车辆基地设置的数据网络设备。

16.11.5 办公自动化系统应设置完善的网络安全措施，信息安全保护等级不宜低于二级。

16.12 电源系统及接地

16.12.1 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。通信电源系统宜采用综合电源系统，对通信、信号、综合监控、自动售检票等弱电系统的交流不间断电源进行整合，也可按照独立的电源设备设置。

16.12.2 通信设备应按一级负荷供电。

16.12.3 通信电源设备应包括交流供电设备和直流供电设备。交流供电设备包括交流配电设备、不间断电源系统和蓄电池组。直流供电设备包括高频开关电源设备和蓄电池组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。

16.12.4 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。

16.12.5 电源设备容量应符合下列规定：

——直流、交流配电设备的容量应按远期负荷配置；

——整流器、直流变换器、逆变器、交流不间断电源设备及蓄电池组的容量应按近期配置。

16.12.6 直流备用电源应采用适合高寒地区使用的蓄电池组，连续供电时间不应少于 2h。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。

16.12.7 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。

16.12.8 通信系统接地宜采用综合接地方式，应满足人身安全和通信设备正常运行的要求，共用接地接地电阻值不应大于 1Ω。当采用专用接地方式时，工作地接地电阻值不应大于 4Ω，困难时保护地及防雷地接地电阻值不应大于 10Ω。

16.13 通信设备用房技术要求

16.13.1 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。

16.13.2 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。

16.13.3 各种机房的面积均应按远期容量确定。

16.13.4 通信设备用房环境应满足设备运用的要求。

16.13.5 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。

16.13.6 通信设备用房的室内最小净高不应小于 2.8m。

16.14 施工安装及验收

16.14.1 通信系统的施工安装过程应适应悬挂式单轨交通的工程环境及土建条件。
16.14.2 通信系统施工全过程应按 GB/T 19001 的规定执行。
16.14.3 对于较小工程规模，可将通信工程和信号工程划分为一个单位工程进行施工质量验收。
16.14.4 通信工程的质量验收应按 GB 50382 的规定执行。

17 信号

17.1 一般规定

17.1.1 悬挂式单轨交通信号系统结构及设备配置应满足运营管理模式和行车组织方式的要求。
17.1.2 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。
17.1.3 信号系统应能与综合监控、车辆、供电、道岔、通信、站台屏蔽门等机电系统接口。
17.1.4 信号系统采用的器材、设备和技术指标应符合 GB/T 12758 的规定。
17.1.5 涉及行车安全的子系统、设备安全完整度等级(SIL)应达到 4 级，且涉及行车安全的子系统、设备及电路应符合“故障—安全”原则。采用的安全系统、设备应通过独立第三方的安全认证。
17.1.6 信号系统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。
17.1.7 信号系统宜具备与线网内其他相同制式线路信号系统互联互通的能力。
17.1.8 信号系统可根据悬挂式单轨交通系统的自动化要求达到适配的自动化运营等级。
17.1.9 信号系统宜采用基于无线通信的移动闭塞制式。当采用非连续式列车控制系统时，应具有防止列车闯非开通位道岔的防护措施。
17.1.10 信号系统宜采用构造简单、轨旁设备较少的列车自动控制系统。所采用的轨旁设备和车载设备应小型化、轻量化，并便于安装和维护。
17.1.11 信号系统应具有高可靠性、高可用性、高安全性和良好的电磁兼容性，并应满足环保要求。
17.1.12 信号系统的车载设备严禁超出车辆限界，信号系统的轨旁设备严禁侵入设备限界。
17.1.13 信号系统应与特定场合设置的风速监测装置接口，对风速等级进行实时监测，并应采取对应防护措施。
17.1.14 信号系统的信息安全防护应满足 GB/T 22239 的三级保护要求。
17.1.15 信号系统宜设置对各设备的状态进行集中监测和维护管理的维护管理子系统，维护管理子系统的监测范围宜包括正线、车辆基地及车载信号设备，并宜集成到综合监控系统。
17.1.16 信号系统室外轨旁设备及光电缆线路应能满足高寒地区性能要求。
17.1.17 信号系统运输能力应按初、近、远期设计年限最大需求进行设计，宜采用完整的列车自动控制系统。

17.2 列车自动控制系统

17.2.1 信号系统应包括正线列车自动控制(ATC)系统和车辆基地信号系统，若车辆基地规模不大，基地信号系统宜采用与正线一致的设备，并纳入正线 ATC 系统的控制范围。ATC 系统应包括下列主要系统：

——列车自动监控(ATS)系统，可根据工程需要纳入综合监控系统；
——列车自动防护(ATP)系统；
——列车自动运行(ATO)系统；
——数据通信(DCS)系统；
——维护管理(MMS)系统。

17.2.2 信号系统可采用固定闭塞、准移动闭塞或移动闭塞制式的 ATC 系统。

17.2.3 ATC 系统应采用安全、可靠、成熟、先进的技术设备，并应具有较高的性价比，并应确保列车的安全运行，实现列车运行间隔控制和防护、超速防护、道岔安全防护等功能。

17.2.4 ATC 系统的监控容量应满足正线车站、车辆基地的建设规模和运输作业的需要。

17.2.5 涉及安全的 ATC 系统设备应采用三取二或二乘二取二冗余结构。

17.2.6 ATC 系统能力应符合下列规定：

——系统监控范围应按线路和站场所确定的建设规模设计，系统能力应与线路规模、运行能力相适应；

——系统应能与综合监控、车辆、通信、站台屏蔽门、道岔等系统实现接口；

——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。

17.2.7 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：

——运营控制中心自动控制；

——运营控制中心调度员人工控制；

——车站自动控制；

——车站值班员人工控制。

17.2.8 列车运行可具备下列驾驶模式：

——人工监督自动驾驶模式(AM)；

——人工驾驶自动防护模式(CM)；

——限制人工驾驶模式(RM)；

——非限制人工驾驶模式(EUM)。

17.2.9 ATC 系统宜具有自动驾驶功能，应可实现区间自动运行、进站定位停车、自动折返。

17.2.10 车辆基地的控制方式可采用运营控制中心只监视、不控制，由车辆基地独自控制方式，也可采用部分或全部纳入运营控制中心监控范围的方式，其纳入部分的系统和设备应与信号系统正线设备相同。

17.3 列车自动监控系统

17.3.1 列车自动监控系统(ATS)应具有下列功能：

——列车自动识别、跟踪、车次号显示；

——列车运行和设备状态自动监视；

——进路和信号的自动/人工控制；

——运行图或时刻表编制及管理；

——列车运行自动/人工调整；

——操作与数据记录、回放、输出及统计处理；

——系统故障时降级使用及故障复原处理；

——与风速监测装置接口功能；

——对车辆相关设备维护管理；

——列车运行模拟及培训。

17.3.2 ATS 系统构成应符合下列规定：

——ATS 系统主要应包括控制中心、车站和车辆基地等 ATS 设备；

——ATS 系统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；
——控制中心 ATS 主要应包括服务器、工作站、网络设备、接口设备、打印机等设备。工作站应包括调度员工作站、调度长工作站、运行图编辑工作站、培训工作站、维护工作站等；
——运营控制中心及车站宜采用台式显示器与鼠标的组合设备；
——车站 ATS 主要应包括服务器/工作站、终端和网络设备等设备，车站宜设置发车计时器/指示器。
——ATS 系统架构与配置应符合下列要求：
——ATS 计算机系统及网络系统应采用冗余技术；
——调度员工作站的设置数量应根据在线列车对数、线路长度和车站数量等因素合理配置；
——列车出入车辆基地的能力应与正线行车能力相适应；
——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；
——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。

17.3.3 ATS 系统数据传输应符合下列规定：
——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；
——数据传输应具有差错控制能力；
——数据传输网络应具有冗余措施，主备通道应能实现自动和人工切换。

17.3.4 ATS 系统应能从时钟系统获取标准时间同步信号。

17.4 列车自动防护系统

17.4.1 列车自动防护系统(ATP)应具有下列功能：
——检测列车位置，实现列车间隔控制和进路控制；
——监督列车运行速度，实现列车超速防护控制；
——防止列车误退行等非预期的移动；
——为列车车门、站台屏蔽门的开闭提供安全监控信息；
——记录司机的操作和设备运行状况。

17.4.2 ATP 系统应符合下列规定：
——ATP 系统安全完整性等级应满足 SIL4 级要求，并应通过独立第三方的安全认证，系统内部电路及设备之间的信息传输通道也应符合“故障—安全”原则；
——ATP 系统宜由地面轨旁设备和车载设备组成，ATP 地面/车载计算机设备应采用冗余结构；当采用基于车车通信的列车自动控制系统时，ATP 系统应由执行驱动采集功能的地面轨旁设备和执行联锁控制、移动授权计算功能的车载设备组成，ATP 地面/车载计算机设备应采用冗余结构；
——ATP 系统应按双方向运行设计；
——闭塞分区的划分或列车运行安全间隔应通过列车运行模拟确定。在安全防护地点应设安全防护距离并留有余量；
——ATP 系统宜采用连续速度控制方式，信息传输和列车位置检测可采用环线、应答器、无线天线或漏泄电缆等方式实现；
——当采用基于通信技术的 ATP 系统时，车地无线通信网络应按双套冗余进行设计；

——根据线路运行和维护的需要，可在特定范围设置临时限速；

——在车站站台上或车站控制室应设置紧急停车按钮；当按下该按钮时，应取消该按钮所对应轨道范围内的移动授权命令；如有地面信号机，尚应切断相应信号机开放电路；

——可与风速检测装置接口，并可根据监测到的风速等级，采取告警、限制列车运行速度或直接制动停车等安全防护措施。

17.4.3 ATP 车载设备应符合下列规定：

——应以导致列车停车为最高的安全准则，任何地对车通信中断、超时、列车超速、列车的非预期移动等均应导致安全制动；

——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；

——车门控制应在满足列车精确对位停车后才容许发出对应站台侧车门的开门命令。

17.4.4 ATP 系统内联锁单元或独立联锁设备应符合下列规定：

——应符合“故障—安全”原则，并应采用冗余和安全技术，且应具备故障诊断和报警能力；

——应保证进路上的道岔、信号机和区段的联锁，当联锁条件不满足时，不应进路开通；敌对进路应相互照查，不应同时开通；

——应能实现进路锁闭、接近锁闭、区段锁闭及人工锁闭，并应能实现单独操纵和进路选动；影响行车效率的联动道岔宜采用同时启动方式；

——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；

——车站进路控制宜采用进路的始终端控制方式，根据需要可实现车站有关进路、端站折返进路的自动排列；

——联锁设备的操纵宜选用显示器加键盘鼠标方式。

——轨旁信号机设置和显示应符合下列规定：

——轨旁信号机宜采用 LED 光源构成的组合式小型色灯信号机，并宜根据轨道梁桥的墩柱设置情况布置，应符合高寒地区设备正常使用的环境要求；

17.4.5 轨旁信号机的设置应符合下列规定：

——轨旁信号机宜采用 LED 光源构成的组合式小型色灯信号机，并宜根据轨道梁桥的墩柱设置情况布置，应符合高寒地区设备正常使用的环境要求；

——轨旁信号机的设置应符合下列规定：

- 采用基于通信技术移动闭塞制式的 ATC 系统应以车载信号显示为主体信号；
- 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，应再设置包括出站、道岔防护、区间分割等轨旁信号机，并作为主体信号使用，平时点亮，车载信号显示可作为辅助手段协助司机进行车速控制。

——信号机显示含义应符合 GB/T 12758 的规定；

——系统可根据故障列车和工程列车的需求设置道岔指示装置。

——ATP 系统应通过联锁单元(或独立联锁设备)与道岔设备接口；当采用基于车车通信的列车自动控制系统时，ATP 系统应通过轨旁目标控制器设备与道岔接口，其接口条件应符合下列规定：

- 联锁单元或目标控制器应通过与道岔控制柜的接口实现对道岔的集中控制和信息采集；
- 联锁单元或目标控制器与道岔的接口分界点宜位于道岔控制柜的外线端子；
- 联锁单元或目标控制器应提供驱动道岔至相应位置的控制命令信息及其他现场手动操作所需的接口信息；
- 道岔控制柜应提供与道岔位置相符的表示信息及道岔故障信息；

- 联锁单元或目标控制器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。

17.5 列车自动运行系统

17.5.1 列车自动运行系统(ATO)应具有下列功能：

——站间自动运行；

——车站自动定点停车；

——有人或无人驾驶自动折返；

——列车运行自动调整；

——列车运行节能控制；

——列车车门、站台屏蔽门开关的自动监控。

17.5.2 ATO 系统应符合下列规定：

——ATO 系统应在已装备有 ATP 系统、保证行车安全的条件下安装使用；

——ATO 系统应由地面设备和车载设备构成；

——根据线路条件、道岔状态、前方列车位置等可实现列车速度自动控制；区间停车后，在条件具备的情况下可实现列车的自动启动；车站停车后发车时，列车可自动启动或由司机操作启动；

——ATO 可根据运营需要，控制列车在区间的运行模式及运行时间；

——ATO 应能自动定点停车，停车精度应满足停站时安全屏蔽门的启闭、折返和存车作业的要求；

——ATO 控制过程应满足舒适度、快捷性及节能的要求；

——当采用储能供电系统时，ATO 宜根据电池管理系统(BMS)的状态信息调整控车策略；

——ATO 应能控制列车实现车站通过作业。

17.6 数据通信系统

17.6.1 数据通信系统(DCS)应由有线网络、无线网络和网络管理设备三部分构成；DCS 系统应采取满足传输数据安全性、可靠性和可用性要求的措施，并能满足高寒地带设备正常运用的要求。

17.6.2 DCS 系统应为信号系统构建连续双向的数据通信网络，包括有线通信网络和车地无线通信网络。车地无线通信宜采用综合承载车地无线系统。

17.6.3 DCS 车地无线网络宜采用 A、B 双网冗余设计，两个无线网络的工作信道相互独立。

17.6.4 DCS 轨旁骨干网络应采用相互独立、互为热备冗余的物理通信通道，并应采用双向自愈型环网拓扑结构或者增强型准网状拓扑结构。

17.6.5 DCS 所采用的无线车地通信传输设备及其性能指标应符合国家相关电磁兼容标准的规定。

17.6.6 DCS 网络管理设备应包括有线传输网管设备和无线传输网管设备。DCS 网管功能可集成至综合监控系统。

17.6.7 试车线的 DCS 设备宜单独设置，并应避免与正线、车辆基地的 DCS 设备相互干扰。

17.6.8 DCS 应满足信号系统配置调整和工程线路延伸的需要。DCS 应满足信息安全防护等级要求。

17.6.9 当采用基于车车通信的列车自动控制系统时，DCS 应支持列车和列车之间的直接通信。

17.6.10 当具备条件时，宜将 DCS 系统中的无线车-地通信功能纳入到由第三方设置的无线综合承载系统中执行，并应满足针对列车控制的安全性、可靠性要求。

17.7 全自动运行系统

17.7.1 当悬挂式单轨交通具备条件时，宜采用全自动运行系统(FAO)。

17.7.2 FAO 系统应具有更高的可靠性和可用性，关键运行设备应采用冗余技术。FAO 系统在满足系统正常运行的前提下，应具备较强的抗干扰能力及故障恢复能力。

17.7.3 FAO 系统应具备兼容性，且应满足全自动运行与非全自动运行的运营需求。

17.7.4 FAO 系统的安全完整性等级(SIL)，应满足下列要求：

——ATP 系统(包括独立联锁系统)应达到 SIL4 级要求；

——列车占用检测设备应达到 SIL4 级要求；

——ATO 及 ATS 系统宜达到 SIL2 级要求。

17.7.5 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。

17.7.6 全自动运行系统中，列车驾驶模式应增加全自动运行模式(FAM)和蠕动模式(CAM)，同时应兼容 AM、CM、RM 及 EUM 驾驶模式。

17.7.7 全自动运行模式应在中心运营指挥控制模式下运行，当故障降级至车站控制模式时，可维持全自动运行模式。

17.7.8 全自动运行区域正线正常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。

17.7.9 车辆基地内停车列检库、自动化区域/非自动化区域转换轨、洗车库长度设置应满足 ATP 安全防护距离要求。

17.7.10 列车应设置障碍物检测、紧急呼叫装置，并宜设置紧急操作装置。

17.7.11 FAO 系统应具备下列功能：

——在停车列检库线或特定停车线上，列车可自动休眠唤醒进入 FAM 模式；

——应能启动列车自动出库，并在车辆基地内自动运行；

——列车自动进入正线，应能完成载客服务全过程，包括：列车自动运行、折返、进站及精确停车、开关车门/站台屏蔽门、车站发车、清客确认、退出运营等；

——列车应能自动返回停车列检库线或特定停车线上，包括：列车自动洗车、回库、存储运营数据及休眠等；

——当列车因意外原因出现紧急制动停车后，可具备紧急制动缓解功能，紧急制动的状态及原因应在 ATS 系统进行显示。

——当某一车门或站台屏蔽门出现故障时，应具备对相应的站台屏蔽门或车门对位隔离的功能；

——信号系统应与综合监控、乘客信息、广播、视频监视等系统实现联动。

17.7.12 ATS 系统的构架与配置应符合下列规定：

——ATS 宜与综合监控系统集成；

——运营控制中心应实现乘客服务、车辆监控功能；

——运营控制中心人机界面显示的车辆信息宜与车辆 TCMS 显示屏显示信息一致。

17.7.13 ATP 系统的架构与配置应符合下列规定：

——ATP 车载计算机设备应采用热备冗余结构；

——车辆基地全自动化区域应满足无线信号全覆盖，若配置 ATP 轨旁设备则宜与正线一致；

——停车列检库线和正线指定停车线设置应具有列车休眠唤醒功能的 ATP 设备；

——在车站站台处可设置站台发车(或清客确认)按钮；

——正线及车辆基地全自动区域，应根据维护人员通行需要设置人员防护开关。

17.7.14 ATO 系统的架构与配置应符合下列规定：

——ATO 设备应采用冗余结构；

——与车辆牵引制动系统的接口应实现硬线连接和网络通信冗余连接。

17.7.15 信号系统与车辆的接口应符合下列规定：

——涉及行车安全的信号与车辆接口应采用硬线连接方式；

——信号系统与车辆的接口应满足全自动运行的要求；

——与车辆 TCMS 接口可具备记录功能。

17.8 维护管理系统

17.8.1 维护管理系统(MMS)应由 MMS 服务器、车载诊断维护单元、车站及车辆基地监测设备、维护工作站和维护网络等组成，并应负责整个信号系统的维护管理工作。

17.8.2 全线应设 MMS 服务器，收集、存储全线正线信号系统、车辆基地信号系统和车载信号系统的运维数据。

17.8.3 每一列车配置的车载诊断维护单元应负责收集车载设备的运维数据，并可将其中的重要信息通过车地无线信道实时发送给 MMS 维护服务器。

17.8.4 正线及车辆基地的每一个控区的监测设备应负责收集和整理本区域内信号设备的状态和故障信息，并可将相关信息发送给 MMS 服务器。

17.9 车辆基地信号系统

17.9.1 车辆基地的信号系统可包括下列主要设备：

——车辆基地 ATS 分机；

——计算机联锁设备；

——ATP 地面设备和无线信号覆盖设备；

——试车线设备；

——培训设备；

——维护设备。

17.9.2 车辆基地信号系统应符合下列规定：

——车辆基地应设置进场信号机，并可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，各类信号机应以显示禁止信号为定位；

——根据车辆基地运行模式和作业特点，可部分或全部纳入 ATC 的控制范围，在运营控制中心监控下，可实现列车自动出入该区域；

——试车线地面设备的布置应满足信号车载设备等双向试车的需要，其地面设备应与正线信号设备相同；

——培训设备应模拟 ATC 设备的运行，并展示 ATC 系统的工作原理。

17.10 信号系统供电

17.10.1 信号系统供电负荷等级应为一级负荷。

17.10.2 信号系统采用集中电源和分路馈电方式，其专用交、直流电源应对地绝缘。

17.10.3 当电源电压波动超过用电设备正常工作范围时，应采取稳压和滤波等措施。

17.10.4 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。

17.10.5 信号系统可采用专用的电源屏和配电屏或经整合的综合电源系统供电，并应具有主、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。

17.10.6 信号电源屏宜选用不间断电源(UPS)设备和免维护电池设备，电池后备供电时间不应小于30min。

17.11 防雷、电磁兼容与防护

17.11.1 电磁兼容应符合下列规定：

——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；

——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。

17.11.2 信号系统防护应符合下列规定：

——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防护措施，设备受雷电干扰时不得错误动作；

——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，其接地电阻不应大于 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；

——出入信号设备室的电缆应采用屏蔽电缆，并应在室内对电缆屏蔽层采用单端接地、在引入口设金属护套；

——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；动力电缆与信号电缆的敷设间距应符合 GB 50157 的规定；

——室外轨旁信号设备的金属箱、盒壳体应接地；

——车载信号设备的接地应接入到车辆的接地装置并最终接地；

——防雷与接地应按 GB 50343 的规定执行；

——信号设备室及控制中心应做到整体防雷，确保各类控制系统的设备安全运行。

17.12 与道岔控制系统接口设计

17.12.1 信号系统与道岔控制系统的接口条件应符合下列规定：

——信号系统通过与道岔控制柜的接口实现对道岔的集中控制和信息采集；

——信号系统与道岔的接口分界点位于道岔控制柜的外线端子；

——信号系统提供驱动道岔至相应位置的控制命令信息及其他现场手动操作所需的接口信息；

——道岔控制柜提供与道岔位置相符的表示信息及道岔故障信息；

——信号系统与道岔的接口电路应符合双方接口需求，并符合故障导向安全原则。

17.13 其他

17.13.1 信号系统在区间的光缆、电缆路由可根据轨道梁、道岔梁、桥墩柱结构设计事先规划和预留。

17.13.2 信号系统电缆敷设应符合下列规定：

——在区间轨道梁内部、道岔梁内部敷设的电缆应采用无卤、低烟、阻燃型电缆，在室外直接暴露在阳光下的区间、车站电缆应采取遮蔽防护措施或采用低卤、低烟、难燃、抗太阳辐射、抗老化型电缆；

——电缆芯线或芯对应有一定的备用量；

——电缆贯穿隔墙、楼板的空洞处均应实施防火封堵。

17.13.3 信号系统设备用房应符合下列规定：

——信号系统设备用房环境应满足设备运用的要求，并应符合 GB 50174 的规定；

——信号设备室使用面积应留有余量；
——信号设备室应按无人值守设计；
——信号设备室内净高应满足设备安装要求，并应设置空调和防静电地板。

17.14 施工安装及验收

17.14.1 信号系统的施工安装过程应适应悬挂式单轨交通的工程环境及土建条件。
17.14.2 悬挂式单轨交通信号系统的施工质量验收宜按 GB/T 50578 的规定执行。
17.14.3 工程规模较小的悬挂式单轨交通线路，可将信号工程和通信工程划分为一个单位工程，正线信号工程和车辆基地信号工程可划分为一个子单位工程进行施工质量验收。

18 售检票系统

18.1 一般规定

18.1.1 悬挂式单轨交通宜根据建设和经济发展状况设置不同架构(制式)的自动售检票(AFC)系统。
18.1.2 AFC 系统的设计能力应满足远期超高峰客流量的需要，并应按远期超高峰客流预留位置与安装条件，紧急情况下应符合人员紧急疏散要求。
18.1.3 AFC 系统应建立统一的密钥系统和车票制式标准，根据运营需求，接入其他系统发行的车票。
18.1.4 AFC 系统的设计应符合可靠性、安全性、可维护性和可扩展性要求。
18.1.5 AFC 系统应选用操作简单、方便快速的设备，设备应具有连续 24h 不间断工作的能力。
18.1.6 AFC 系统应按多层架构进行设计，并应遵循集中管理、分级控制、资源共享的原则。各层级应具有独立运行的能力。
18.1.7 当悬挂式单轨交通与不同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。
18.1.8 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。
18.1.9 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。
18.1.10 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。
18.1.11 封闭式车站应设置紧急按钮，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。
18.1.12 自动售检票系统应满足线网运营和管理的需要。
18.1.13 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。
18.1.14 自动售检票系统在停止运营模式下，部分模块应能进入休眠或电源关闭状态。
18.1.15 自动售检票系统工程施工应符合 GB/T 50381 的有关规定。

18.2 系统构成

18.2.1 AFC 系统宜根据线网建设时序、线路规模进行总体架构设计，宜由清分系统、中央计算机系统、车站计算机系统、车站终端设备、传输通道和车票构成。采用与城市公共交通一卡通或其他小额支付储值卡互联互通的 AFC 系统宜设置清分系统。

18.2.2 AFC 系统宜采用车站、线路票务中心和清分中心三级管理模式。

18.2.3 清分系统、中央计算机系统、车站计算机系统等管理平台宜由各种服务器、操作员工作站、存储设备、打印机、网络设备和不间断电源等构成。

18.2.4 车站终端设备宜由半自动售票机、自动售票机、自动充值机、自动检票机、自动验票机、便携式验票机和车载式验票机等组成。车票宜分为单程车票、储值车票，车票媒介形式宜为实体或电子，以及根据实际需要设置其他票种。

18.2.5 AFC 系统宜根据线路规模大小设置维修测试系统。

18.2.6 网络宜采用清分中心、线路中心和车站三级组网，按整体规划，清分中心可与线路中心合设，三级网络之间互连宜采用专用通信传输网或 AFC 系统自建传输通道进行数据通信。

18.2.7 各线路中央计算机系统应分别与清分系统连接，其网络通信接口应采用标准开放的通信协议。各独立网络系统间应设置安全系统。

18.2.8 AFC 系统宜设置互联网票务平台。

18.2.9 清分系统应具备下列功能：

——设置和下发运行参数、票价表、黑名单及车票调配信息；

——对运营模式进行管理；

——具备客流统计、收益清分、对系统设备状态进行监视等功能；

——对采集的数据进行处理，定期完成各种统计、清分和对账报表；

——管理系统时钟同步和系统密钥；

——车票编码分拣设备对系统发行的车票进行初始化、编码、分拣、赋值、校验及注销等；

——接收和处理各线路中央计算机系统上传的各种交易数据；

——灾备系统具备系统级或数据级的异地备份功能。

18.2.10 中央计算机系统应具备下列功能：

——接受清分系统的运行参数、票价表、交易结算数据、账务数据清分、黑名单及接收、发送车票调配等信息；

——对运营模式进行管理；

——向清分系统上传各种原始交易数据、客流监视数据、设备状态数据、接收并转发清分系统的各种指令、安全认证数据等；

——接收车站计算机系统上传的车站终端设备数据；

——对采集的数据进行处理，定期完成各种统计报表；

——向车站计算机系统和车站终端设备下发系统参数、运营模式安全认证数据及黑名单等；

——对系统中运行参数的设置和更新进行管理。

18.2.11 车站计算机系统应具备下列功能：

——接受中央计算机系统下发的运行参数、运营模式安全认证数据及黑名单等，并下发给车站终端设备；

——采集车站终端设备的原始交易数据设备状态数据，并上传给中央计算机系统；

——监视和控制车站终端设备；

——完成车站票务管理工作和自动处理当天的所有数据和文件，并生成定期的统计报告。

18.2.12 维修测试系统应具备下列功能：

——为运营人员提供有效的维修条件；

——所有设备与正线上使用设备的功能一致。

18.3 系统功能

18.3.1 线路中央计算机系统应具备下列主要功能：

——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；

——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；

——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；

——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；

——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；

——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；

——应能通过网络时钟协议与一级母钟同步，并能同步售检票系统内联网设备时钟。

18.3.2 车站计算机系统应具备下列主要功能：

——应接受线路中央计算机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；

——应采集车站售检票设备原始交易数据和设备状态数据，并上传给线路中央计算机系统，当线路中央计算机系统出现故障或通信中断时能独立运行；

——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；

——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。

18.3.3 车站自动售检票设备的主要功能应符合 GB 50157 的规定，且应具备下列主要功能：

——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，并能实时向线路中央计算机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；

——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；

——自助票务处理机应能自动处理各类票卡的票务问题。

18.3.4 互联网票务系统应具备下列主要功能：

——互联网票务结算支付功能；

——电子车票及密钥统一发行及管理功能；

——接口规则管理功能；

——系统安全管理功能。

18.4 票制、票务管理模式

18.4.1 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。

18.4.2 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。

18.4.3 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。

18.4.4 开敞式车站售检票系统应符合下列规定：

——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；

——当开敞式车站售检票采用车外售票与车内检票结合方式时，车外售票设备宜设置在上车客流的流动方向或进站客流垂直方向或方便乘客购票的车站附近某处，售票/取票可采用人工或自助方式；车内检票设备宜设置在上下车门两侧，采用乘务人员监督下的自助检票模式，在满足乘客紧急情况疏散的前提下，宜设置适合车内环境的自助检票设备；

——当开敞式车站售检票采用车内售票/车内检票结合方式时，售检票设备宜设置在上下车门两侧，采用乘务人员人工售/检票模式或乘务人员监督下的自助售/检票模式。

18.5 设备选型、配置及布置原则

18.5.1 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。

18.5.2 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。

18.5.3 车站的售票设备若已选用自助取票终端，应根据自助取票速度、设备数量减少人工售票设备数量，自助取票和自助售票设备的设置均不宜少于两台。

18.5.4 乘客进/出车站的客流量分时期、时段客流差异大的应在乘车客流聚集地增加移动自助购/取票设备、在进出口或乘客上下车处/口增加手持式检/验票机，并应预留相应设备接入条件。

18.5.5 开敞式车站售检票系统应采用适用于高寒地区的设备。

18.6 防雷与接地

18.6.1 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。

18.6.2 售检票系统防雷接地应符合下列规定：

——设备应设置独立接地装置；

——接地连接点应采用防腐措施；

——车站与中心系统均应采用 TN-S 地接系统。

18.7 施工安装及验收

18.7.1 悬挂式单轨交通自动售检票系统施工及安装应符合 GB/T 50381 的规定。

18.7.2 电源线缆线芯颜色应符合 GB/T 6995 的相关规定。

18.8 调整试验

18.8.1 悬挂式单轨交通售检票系统的调整试验除应符合本标准外，尚应符合 GB/T 50381 的规定。

18.8.2 当车站网络采用无线局域网时，无线信号覆盖指标应符合 GB/T 51211 的规定。

18.8.3 车站售检票设备与车站计算机间应能双向通讯，时钟同步响应时间不应大于 3s，采用互联网在线验证的系统时钟同步不应大于 1s。

18.8.4 非接触式 IC 卡读写、生物识别、二维码识别应具有防冲突机制，读写或识别速度应符合设计要求。

18.8.5 自动检票机应具备互联网检票功能，并应符合设计要求。

18.8.6 半自动售票机应具备互联网票务处理功能，并应符合设计要求。

18.8.7 自动售票机应具备网络支付功能，并应符合设计要求。

18.8.8 自助取票机应具备网络支付和身份证识别功能，并应符合设计要求。

18.8.9 便携式售/检票机功能、工作时间和待机时间应符合设计要求。

18.8.10 便携式售/检票机应具备非接触式 IC 卡读写和二维码识别功能，并应符合设计要求。

18.8.11 中心车站计算机系统网络与所管辖车站终端设备网络应保证连通性。

18.8.12 中心车站计算机系统监控、模式、参数、交易数据、票务、报表及维修等功能应分站管理。

18.8.13 招援按钮的招援信息应在车站计算机系统上显示，并应具备声音提示功能。

18.8.14 未设置车站计算机系统的线路中央计算机系统应具备下列功能，并应符合设计要求：

——线路中央计算机系统网络与所管辖车站终端设备网络应连通；

——线路中央计算机系统监控、模式、参数、交易数据、票务、报表及维修等应分站管理。

18.8.15 单线路或未设置清分中心的线路中央计算机系统的调试应符合 CJJ/T 162 的规定。

18.8.16 互联网票务平台信息安全应达到等保三级。

18.8.17 采用互联网票务平台应符合设计要求，并应具备下列主要功能：

——互联网票务结算支付功能；

——电子车票及密钥统一发行及管理功能；

——接口规则管理功能；

——业务管理功能和行程管理功能；

——系统安全管理功能。

18.8.18 互联网售检票系统支付应采用实名制，体系架构及流程应符合设计要求。

18.8.19 互联网票务系统、清算管理中心(ACC)系统和线路中心(LC)系统应按终端交易流水号进行数据复核，交易数据应完整、有效。

19 自动扶梯、电梯与站台屏蔽门

19.1 自动扶梯

19.1.1 悬挂式单轨交通应采用公共交通型自动扶梯。

19.1.2 自动扶梯应具备变频调速的节电功能。

19.1.3 设置于室外的自动扶梯应选用适用高寒地区的室外型产品。上下平台应有防滑措施，严寒地区应配备防止冰雪积聚的设施。

19.1.4 用于紧急事故疏散使用的自动扶梯应采用一级负荷供电。

19.1.5 自动扶梯布置处应设置视频监视装置。上下平台盖板宜有防盗功能。

19.1.6 自动扶梯机坑内应采用重力排水。当无重力排水条件时，应在机坑外设置集水坑并配备排水设施。室外型自动扶梯应配置油水分离装置。

19.1.7 自动扶梯宜采用变频调速控制，并宜安装光电控制开关，空载时应自动进入低速运行或停止状态。

19.1.8 自动扶梯每天连续运行时间不应少于 20h，每周不应少于 140h，每 3h 应能以 100%制动载荷连续运行 1h。

19.1.9 自动扶梯的传输部件应采用阻燃材料。

19.1.10 自动扶梯的电线、电缆应采用无卤、低烟、阻燃电线和电缆。

19.1.11 自动扶梯入口处宜采用光电控制开关，无人使用时可自动进入低速或停止状态。

19.1.12 自动扶梯的额定速度不应小于 0.5m/s，宜选用 0.65m/s；同向分段布置的自动扶梯应采用相同的速度。

19.1.13 自动扶梯倾斜角度不应大于 30°。

19.1.14 自动扶梯的梯级净宽不应小于 0.8m。

19.1.15 当自动扶梯额定速度为 0.5m/s，且提升高度不大于 6m 时，上、下水平梯级数量不得少于 2 块；当额定速度为 0.5m/s 且提升高度大于 6m 时，上、下水平梯级数量不得少于 3 块；当额定速度等于 0.65m/s 时，上、下水平梯级数量不得少于 3 块；当额定速度大于 0.65m/s 时，上、下水平梯级数量不得少于 4 块。

19.1.16 自动扶梯从倾斜区段到上水平段过渡的曲率半径不宜小于 2m，从倾斜区段到下水平段过渡的曲率半径不宜小于 1.5m。

19.1.17 自动扶梯土建技术要求应符合 GB 16899 的规定。

19.1.18 自动扶梯的各支点应按产品要求设置预埋件，并应预留吊装条件。

19.1.19 自动扶梯的安装位置宜避开结构诱导缝和变形缝，无法避开时，应采用相应的构造措施。

19.1.20 自动扶梯的制造及安装应符合 GB 16899 的规定。

19.1.21 自动扶梯的质量验收应符合 GB 50300 的规定。

19.2 电梯

19.2.1 车站应采用适用于高寒地区的电梯，宜采用无机房电梯。

19.2.2 电梯应能实现车站控制室、轿厢、控制柜或机房之间的三方通话功能。

19.2.3 电梯底坑应设置排水设施，并不应渗水。

19.2.4 车站内电梯的各项设施应符合 GB 50763 的规定。

19.2.5 当电梯兼作消防梯时，其设施应符合消防电梯功能，并应采用一级负荷供电。

19.2.6 电梯轿厢内应设置视频监视装置。

19.2.7 当车站不具备设置无障碍电梯的条件时，应采用其他无障碍设施。

19.2.8 电梯宜采用变频调速控制。

19.2.9 电梯额定载重不应小于 800kg，用作消防电梯的短边不应小于 2.4m。

19.2.10 电梯的额定速度不应小于 1m/s。

19.2.11 电梯的开门宽度不宜小于 1m，宜选用双扇中分门。

19.2.12 电梯的电线、电缆应采用无卤、低烟、阻燃电线和电缆。

19.2.13 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。

19.2.14 电梯井道应根据产品要求设置预埋件、预留孔、预留槽和起重吊环。

19.2.15 电梯的安装位置应避开土建结构诱导缝和变形缝。

19.2.16 电梯土建技术要求应符合 GB 7588 的规定。

19.2.17 电梯的制造及安装应符合 GB 7588 的规定。

19.2.18 电梯的质量验收应符合 GB 50310 及 GB 50300 的规定。

19.2.19 电梯的施工单位及施工人员均应具有相应的从业资质。电梯工程施工前，施工单位应编制施工组织设计文件，经监理批准后，方可实施。电梯安装前，应由监理单位(或建设单位)土建单位、安装单位共同对电梯井道和机房按电梯土建布置图及规范要求进行检查，对电梯安装条件作出确认。

19.3 站台屏蔽门

19.3.1 站台门工程设计施工应符合 CJ/T 236 的有关规定，应遵循安全、可靠、可维护、可扩展的原则。

19.3.2 站台屏蔽门系统应由门体、门机、电源及控制四部分组成。

19.3.3 根据黑龙江省冬季寒冷气候环境条件、车站建筑形式、安全要求、服务水平、通风与空调制式等因素，站台屏蔽门的类型应采取全高安全屏蔽门。

19.3.4 站台屏蔽门在设计荷载作用下应符合本标准限界的规定。

19.3.5 站台屏蔽门系统主要装置应便于在站台侧进行维护、维修。

19.3.6 由于悬挂式单轨交通轨道形式的特殊性，站台屏蔽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；并应在站台端部设置阻拦端门，且应设置开启报警装置。

19.3.7 站台屏蔽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。

19.3.8 站台屏蔽门设置区域不宜有变形缝，当跨越变形缝时应采取相应的构造措施。

19.3.9 站台屏蔽门电气控制设备的防护等级应与环境条件相适应。

19.3.10 站台屏蔽门的整体钢结构使用寿命不应少于 30 年。

19.3.11 站台屏蔽门系统应满足电磁兼容性要求。

19.3.12 站台屏蔽门系统应具备与信号、综合监控(或环境与设备监控)、车辆、动力与照明等系统的接口条件。

19.3.13 站台屏蔽门电机宜选择无刷直流电机，站台屏蔽门的玻璃宜选用导热系数较小的材料。

19.3.14 站台屏蔽门系统的绝缘材料、密封材料和电线电缆等应采用无卤、低烟、阻燃、耐低温且不含有放射性的材料。

19.3.15 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 0.1s。

19.3.16 站台屏蔽门噪声峰值不应超过 70dB(A)。

19.3.17 滑动门、应急门、端门的手动解锁力不应大于 67N。

19.3.18 手动开启单边滑动门的动作力不应大于 133N。

19.3.19 系统的平均无故障运行周期不应小于 60 万个周期。平均无故障运行周期应按公式 11 计算：

$$MTBF = \frac{t}{Nf} \qquad \text{.....(11)}$$

式中：

MTBF ——平均无故障运行周期；

t ——所有滑动门每年总的运行周期；

Nf ——每年的故障次数。

19.3.20 运行强度应符合每天运行 20h、每 90s 开/关 1 次以及全年连续运行的要求。

19.3.21 站台屏蔽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：

——站台屏蔽门站台设备自重应按实际重量取值；

——站台屏蔽门所承受风荷载应按工程所在地风荷载标准值计算；

——站台屏蔽门人群挤压力应按在其 1.1m～1.2m 高度处，垂直施加于门体结构 1000N/m 的挤压力取值；

——站台屏蔽门门体冲击力测试可按 GB 15763 的规定执行；

——地震作用的烈度应按当地抗震设防烈度要求取值。

19.3.22 站台屏蔽门动力学参数应符合下列规定：

——门体的加、减速度值应达到 1m/s2；

——在滑动门匀速运动区间中阻止关闭的力不应大于 150N；

——每扇滑动门的最大动能不应大于 10J；

——每扇滑动门关门的最后 100mm 行程最大动能不应大于 1J。

19.3.23 站台屏蔽门应包括固定门、滑动门、应急门。

19.3.24 站台屏蔽门的滑动门应与列车客室门位置、数量相对应。

19.3.25 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 1.1m。标准滑动门的净开度应为车辆客室门净开度加两倍列车停车精度的绝对值。

19.3.26 全高站台屏蔽门中的滑动门、应急门的净高度不应小于 2m。

19.3.27 在站台屏蔽门范围内的每列车位置应设置一道应急门，每侧站台屏蔽门的应急门数量宜采用远期列车编组数，应急门应采用向站台方向开启方式。

19.3.28 站台屏蔽门的滑动门、应急门、端门应能可靠锁闭，在站台侧可用专用钥匙开启，在轨道侧应能手动开启。

19.3.29 站台屏蔽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，并宜采用均质处理，其玻璃自爆率不应大于 3‰。

19.3.30 站台屏蔽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。

19.3.31 驱动电机宜选用直流永磁电机，其功率应保证最不利条件下站台屏蔽门可正常开关。

19.3.32 站台屏蔽门控制系统应主要由中央控制盘、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。

19.3.33 整列站台屏蔽门的控制优先权应按下列顺序从低到高排列：

——信号系统对站台屏蔽门进行开关控制；

——就地控制盘对站台屏蔽门进行开关控制；

——通过紧急控制盘对站台屏蔽门进行开关控制。

19.3.34 站台屏蔽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。

19.3.35 站台屏蔽门的重要状态及故障信息应上传至本站车站控制室和运营控制中心。

19.3.36 中央控制盘和接口模块宜布置在站台屏蔽门设备室，就地控制盘宜布置在每侧站台出站端。

19.3.37 站台屏蔽门的控制及监视应分别设置，关键命令及响应通过硬线传输。监视系统应能实现监视站台屏蔽门系统的状态。站台屏蔽门系统在车站及运营控制中心的监视和报警功能应由综合监控实现。

19.3.38 滑动门应有防夹安全措施，并应能探测到最小厚度 5mm、最小宽度为 40mm 的硬障碍物。

19.3.39 滑动门与列车门之间宜设置保障安全的阻挡设施及障碍物探测装置。

19.3.40 在中央控制盘和门控单元上可进行参数的下载及修改。

19.3.41 应用软件应能够调整电机速度曲线、门体夹紧力阀值、重复开关门延迟时间和重复开关门次数等参数，并应具有故障自动诊断、自动报警的功能。

19.3.42 站台屏蔽门系统应按一级负荷供电，驱动电源和控制电源供电回路宜相互独立。

19.3.43 站台屏蔽门驱动后备电源储能应能满足在 30min 内至少完成开、关滑动门三次循环的需要。控制电源控制后备电源储能应能满足负载连续工作 30min。

19.3.44 站台屏蔽门系统控制电源模块宜采用冗余配置。

19.3.45 驱动电源、控制电源与外电源的隔离阻抗不应小于 5MΩ。

19.3.46 站台屏蔽门配电电缆、控制电缆的线槽应相互独立。

19.3.47 站台屏蔽门门体及设备室设备应采用综合接地，接地电阻值不应大于 1Ω。

19.3.48 悬挂式单轨交通站台屏蔽门的安装及验收应符合 CJJ 183 和 CJ/T 236 的规定。

19.3.49 悬挂式单轨交通站台屏蔽门的安装及验收应符合 GB 50490 对站台屏蔽门的规定。

20 综合监控

20.1 综合监控系统

20.1.1 一般规定

20.1.1.1 悬挂式单轨交通应设置综合监控系统。

20.1.1.2 综合监控应为实时监控与监控数据管理相结合的系统，应至少支持实现行车指挥、机电设备监控、防灾安全、乘客服务、综合运维管理等功能。

20.1.1.3 综合监控系统宜以行车指挥为核心，集成和互联范围应满足运营及维护管理需求。

20.1.1.4 综合监控系统应根据运营及维护要求确定设备配置，关键设备应采用冗余配置。

20.1.1.5 综合监控系统应根据国家信息安全有关规定设置相应的网络信息安全措施，信息安全保护等级应按三级设置。

20.1.1.6 综合监控系统应采用标准化接口及协议，并应接入城市轨道交通线网指挥中心。

20.1.1.7 综合监控系统应通过信息整合和接口优化，加强全自动运行模式下系统的管理、监控和联动功能。

20.1.2 设置原则

20.1.2.1 综合监控系统集成的对象应包括列车运行监控、电力监控、环境与设备监控、火灾自动报警、站台屏蔽门、广播、视频监视、乘客信息、时钟系统，可根据需要集成或互联的对象包括门禁、售检票、无线调度、公务电话等系统。各集成子系统功能应按本标准相关章节规定执行，在满足要求的基础上可增加其他功能。

20.1.2.2 综合监控系统架构应适应运营维护管理，宜由中央级系统、车站级系统和网络设备组成，车站级系统宜按区域中心站设置。

20.1.2.3 综合监控系统的骨干网可利用通信传输系统或使用光纤独立组网。

20.1.2.4 综合监控系统子系统设置应符合下列规定：

——应设置网络管理子系统，网络管理子系统可与信息安全管理子系统合设；

——宜设置培训管理子系统，培训管理子系统可线网统一设置；

——应设置设备维护管理子系统，设备维护管理子系统宜线网统一设置。

20.1.2.5 根据交通项目规模大小，综合监控系统可采用云计算技术构建。

20.1.3 基本功能

20.1.3.1 综合监控系统宜与行车指挥、防灾安全及乘客服务管理等有关信息纳入统一的数据信息平台，并将各相关系统的信息进行整合，宜提供统一的多业务图形用户界面，共享信息资源。

20.1.3.2 综合监控系统应具备对集成子系统的监控和管理，以及对互联系统的监控和联动控制功能。

20.1.3.3 综合监控系统配置的冗余设备应具备无扰切换功能。

20.1.3.4 综合监控系统应具备群组控制、模式控制和点动控制功能。群组控制和模式控制应具备下列联动功能：

——正常工况，全线列车自动追踪和监控、供电系统设备实时监控、机电设备运行监控、建筑设施火灾探测和报警、站台屏蔽门系统运行状况监视、公告信息广播、车站等运营区域视频监控、车站乘客信息临时发布、提供时钟同步信号、门禁设备报警联动、自动售检票设备上线/下线服务联动等功能；

——非正常工况，在发生火灾时停止非消防设备，启动消防设备，引导乘客疏散；在发生故障时启动相关系统应急联动功能，发布紧急情况下公共信息。

20.1.3.5 综合监控系统应具备运营数据统计、操作员培训和决策支持等运营辅助管理功能，结合运营维护机构设置，尚应具备设备健康管理、资产管理及维修任务组织等功能，可具备巡检功能。

20.1.3.6 当设置车站级控制功能时，综合后备盘(IBP)应支持在设备故障或火灾等情况下车站的关键手动控制功能。

20.1.4 硬件基本要求

20.1.4.1 综合监控系统设备应选择安全、可靠、可维护、易扩展的工业级网络及控制产品。

20.1.4.2 中央级硬件应按下列要求配置：

——应配置冗余服务器组及相关存储设备；

——宜配置独立的设备维护管理子系统服务器组及相关存储设备；

——应配置调度员工作站；

——应配置维护工作站；

——应配置打印机；

——应配置冗余网络设备；

——宜配置大屏幕显示系统。

20.1.4.3 车站级硬件应按下列要求配置：

——结合运营管理模式，区域中心站应设置冗余服务器；

——应配置操作员工作站；

——应配置冗余网络设备；

——应配置一套综合后备盘(IBP)。

20.1.5 软件基本要求

20.1.5.1 综合监控系统软件应采用分层分布式软件架构。

20.1.5.2 综合监控系统软件应采用通用的标准化、实用化、可复用和易扩展的软件平台、模块化结构。

20.1.5.3 综合监控系统软件应为开放系统，采用标准的编程语言和编译器，并应支持多种硬件构成。

20.1.6 性能指标

20.1.6.1 综合监控系统应符合下列规定：

——控制命令在综合监控系统中的传输时间应小于 2s；

——设备状态变化信息在综合监控系统中的传输时间应小于 2s；

——实时数据画面在操作员工作站屏幕上整幅调出响应时间应小于 1s；

——冗余服务器切换时间不应大于 2s；

——网络切换时间不应大于 0.5s；

——通信处理机切换时间不应大于 1s。

20.1.6.2 系统平均无故障时间(MTBF)不应小于 10000h。

20.1.6.3 系统可用性指标应大于 99.99%。

20.1.7 布线、供电、防雷及接地

20.1.7.1 综合监控系统电线和电缆应符合下列规定：

——管线敷设应采取抗电磁干扰措施。信号线与电源线不应共用一条电缆，也不应敷设在同一根金属管内。当采用屏蔽线缆时，应保持屏蔽层的连续性，屏蔽层宜一点接地；

——电缆贯穿隔墙、楼板的孔洞处应实施阻火封堵。

20.1.7.2 综合监控系统供电负荷应采用Ⅰ级负荷，并应设置综合电源系统，纳入综合电源系统供电范围的宜包括通信、信号、电力监控、环境与设备监控、站台屏蔽门、门禁系统、自动售检票、火灾自动报警(图形工作站)等系统。中央级综合监控系统后备时间不应小于 2h，车站级综合监控系统后备时间不应小于 1h。

20.1.8 综合监控系统设备的接地系统应符合下列规定：

——系统设备室内应设综合接地箱，综合监控系统应接入综合接地系统弱电母排，接地电阻不应大于 1Ω；

——计算机设备宜根据相应产品或系统的要求一点接地或浮空，现场机柜应接地。

20.1.9 综合监控系统防雷应符合 GB 50343 的规定。

20.1.10 弱电系统设备用房宜集中设置，房间面积可留有余量，房间环境应满足设备运用的要求。

20.2 电力监控系统

20.2.1 供电系统应配置电力监控系统。电力监控系统的设备选型、系统容量和功能配置应能满足运营、管理及未来扩展的需要。

20.2.2 电力监控系统应包括主站、子站及专用数据传输通道。电力监控系统集成到综合监控系统时，其主站、数据传输通道由综合监控系统设计。

20.2.3 电力监控系统主站的设计，应包括主站的位置、系统构成、设备选型，以及系统功能、容量、监控范围等。

20.2.4 电力监控系统子站的设计，应确定子站设备的位置、容量、功能、选型。

20.2.5 电力监控系统通道的设计应包括通道的结构形式、主/备通道的配置方式、通道的接口形式和性能要求等。

20.2.6 监控对象应包括遥控对象、遥信对象和遥测对象三部分。

20.2.7 遥控对象应包括下列基本内容：

——主变电所或电源开闭所、牵引变电所、降压变电所内中压及以上电压等级的断路器、负荷开关及电动隔离开关；

——牵引变电所的直流快速断路器、电动隔离开关；

——降压变电所的低压进线断路器、低压母联断路器、三级负荷总开关；

——有载调压变压器的调压开关；

——列车再生制动能量吸收装置开关；

——跳闸等动作的远动复归、保护及自动装置的投/退。

——遥信对象应包括下列基本内容：

——遥控对象的位置信号；

——高中压各种保护动作信号；

——交直流电源系统的故障信号；

——降压变电所低压进线断路器、母联断路器、三级负荷总开关的保护动作信号；

——直流接地漏电保护装置的动作信号；

——列车再生制动能量吸收装置的开关位置信号；

——断路器手车位置信号；

——控制转换开关位置信号。

——遥测对象应包括下列基本内容：

——主变电所或电源开闭所进线电压、电流、功率、有功电度、无功电度；

——主变电所中压母线电压、馈线电流；
——牵引变电所进线电流，中压母线电压；
——牵引整流机组电流与有功电度、直流母线电压、馈线电流、负极柜回流电流；
——动力变压器馈线电流、有功电度；
——变电所交直流操作电源的母线电压。

20.2.8 电力监控系统的基本功能应包括下列内容：
——遥控功能。遥控种类分单控、程控两种方式，系统支持站内和跨站程控；
——对供电系统设备运行状态的实时监视和故障报警；
——对供电系统中主要运行参数的遥测；
——汉化功能；
——统计报表；
——自诊断检测；
——以友好的人机界面实现系统在线维护；
——主/备通道的切换。
——根据工程情况，在满足上述要求的基础上可以选配其他功能。

20.2.9 电力监控系统的结构宜采用 1 个主站监控 N 个子站的方式。

20.2.10 独立设置主站时，主站硬件应包括下列主要设备：
——计算机设备(主机)与计算机网络；
——人机接口设备；
——打印记录设备和屏幕拷贝设备；
——通信处理设备；
——模拟盘或其他显示设备；
——不间断电源设备(UPS)；
——调试终端设备和打印设备。

20.2.11 子站设备应具备下列基本功能：
——远动控制输出；
——现场数据采集(包括数字量、模拟量、脉冲量等)；
——远动数据传输；
——可脱离主站独立运行。

20.2.12 子站远动终端的通信规约应对用户完全开放。

20.2.13 不间断电源设备的容量，应满足交流电源失电后，维持系统供电时间不少于 30min。

20.2.14 远动数据传输通道宜采用通信系统的数据通道。在设计中应向通信设计部门提出对远动数据传输通道的技术要求。

20.2.15 电力监控系统的主要技术指标应符合下列规定：
——遥控命令传送时间不大于 1s；
——遥信变位传送时间不大于 2s；
——遥控正确率不低于 99.99%；
——遥信正确率不低于 99.9%；
——遥信分辨率(子站)不大于 10ms；
——遥测综合误差不大于 0.5%；
——双机自动切换时间不大于 20s；

——画面调用响应时间不大于 0.5s；
——系统可利用率不小于 99.8%；
——数据传输通道通信传输速率不低于 100Mbps；
——平均无故障间隔时间(MTBF)不低于 50000h。

20.3 环境与设备监控系统

20.3.1 一般规定

20.3.1.1 车站、主变电所、运营控制中心及车辆基地应设置环境与设备监控系统，并可集中设置。
20.3.1.2 环境与设备监控的设置应遵循分散控制、集中管理、资源共享的基本原则。

20.3.2 设置原则

20.3.2.1 环境与设备监控系统宜采用分层、分布式计算机控制系统，并宜由中央监控管理级、车站监控级、现场控制级和相关通信网络组成。
20.3.2.2 环境与设备监控系统应由综合监控系统集成，环境与设备监控系统车站级及中央级监控功能应由综合监控系统实现。

20.3.3 基本功能

20.3.3.1 环境与设备监控系统应能提供设备运行状态、环境参数，并将数据集中存储、分析。
20.3.3.2 环境与设备监控系统按线路的运行模式应分为正常模式、非正常模式，非正常模式应具备自动及手动执行功能。

20.3.4 硬件设备配置

20.3.4.1 环境与设备监控系统应选择具有可靠性、可用性、可维护性的工业级控制产品；事故通风与排烟设备兼用的监控应采用冗余措施。
20.3.4.2 环境与设备监控系统的硬件设备配置可根据车站建筑规模、车站设备分
20.3.4.3 布情况、运营管理模式灵活配置。

20.3.5 软件基本要求

20.3.5.1 软件系统应与硬件系统配置相适应，并应在成熟、可靠、开放的监控系统软件平台的基础上，按悬挂式单轨交通系统的运营需求开发应用软件。
20.3.5.2 软件系统应具备节能控制功能；当单独设置节能控制系统时，应具备与节能控制互联条件。
20.3.5.3 软件系统应符合 GB 50157 的规定。

20.3.6 网络结构与功能

20.3.6.1 环境与设备监控系统应包括中央级监控局域网、车站级监控局域网、现场总线控制网络，以及连接中央级与车站级、车站级与现场级的传输网络；地面车站、高架车站可结合硬件配置情况简化车站级监控局域网和现场总线控制网络。
20.3.6.2 环境与设备监控系统网络功能、性能应符合 GB 50157 的规定。

20.3.7 布线、供电、防雷及接地

20.3.7.1 环境与设备监控系统应采用综合电源系统供电，主电源断电后在火灾状态同时工作负荷条件下连续供电时间不应小于 2h。

20.3.7.2 参与消防联动控制的环境与设备监控系统应采用无卤、低烟、耐火的阻燃电线和电缆。

20.3.7.3 环境与设备监控系统布线、接地应符合 GB 50157 的规定。

环境与设备监控系统防雷应符合 GB 50343 的规定。

20.4 火灾自动报警系统

20.4.1 一般规定

20.4.1.1 悬挂式单轨交通应具有防火灾、水淹、风灾、冰雪、地震、雷击等灾害的预防措施，并以预防火灾为主。

20.4.1.2 全线根据线路规模大小宜设置控制中心型火灾自动报警系统；车站、主变电所、运营控制中心、车辆基地可根据其建筑规模及消防设施的设置情况选择相应的火灾自动报警系统形式和监管模式。

20.4.1.3 火灾自动报警系统宜按全线车站及区间同一时间只发生一次火灾的原则设定救灾模式。

20.4.1.4 设计、施工及验收要符合《中华人民共和国消防法》及相关设计、施工维护的行业规定要求。

20.4.1.5 承担气体灭火系统工程的施工单位应具有相应等级的资质。

20.4.2 组成及功能

20.4.2.1 火灾自动报警系统应由设置在运营控制中心的中央级监控管理系统、车站和车辆基地的车站级监控管理系统、现场级监控设备及相关通信网络等组成。

20.4.2.2 火灾自动报警系统的中央级监控管理应由综合监控系统实现，并应具备下列功能：

——接收全线火灾灾情、设备设施运行信息，实现全线消防集中监控管理；

——发布火灾涉及车站消防设备的控制命令；

——接收并储存全线消防报警设备主要的运行状态；

——与各车站及车辆基地等火灾自动报警系统进行联络；

——火灾事件历史资料存档管理。

20.4.2.3 火灾自动报警系统的车站级应由火灾报警控制器、消防控制室图形显示装置、打印机、不间断电源和消防联动控制器手动控制盘等组成，并应具备下列功能：

——与火灾自动报警系统中央级监控管理系统及本车站现场级监控系统间进行通信联络；

——管辖范围内实时火灾的报警，监视车站管辖内及与车站、车辆基地联建的建筑物火灾灾情；

——采集、记录火灾信息，并报送火灾自动报警系统中央监控管理级；

——显示火灾报警点，防、救灾设施运行状态及所在位置画面；

——控制消防救灾设备的启、停，并显示运行状态；

——接受中央级火灾自动报警系统指令或独立组织、管理、指挥管辖范围内的救灾；

——发布火灾联动控制指令。

20.4.2.4 火灾自动报警系统现场控制级应由输入输出模块、各类探测器、火灾声光警报器、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：

——监视车站管辖范围内火灾灾情，采集火灾信息；

——监视消防泵的低频巡检信号、运行状态、设备故障、管压力信号；

——监视消防电源的运行状态；

——监视车站所有消防救灾设备的工作状态；

——与车站、车辆基地联建的建筑物保持火灾信息互联。

20.4.3 消防联动控制

20.4.3.1 消防联动控制系统应实现消火栓系统、自动灭火系统、防烟及排烟系统、消防电源及应急照明、疏散指示、防火卷帘、电动挡烟垂壁、消防广播、售检票机、站台屏蔽门、门禁、自动扶梯及电梯、防火门等系统在火灾情况下的消防联动控制。

20.4.3.2 换乘车站分线路设置的各线路火灾自动报警系统之间，以及与车站、车辆基地联建的建筑物火灾自动报警系统之间，应通过互设信息模块、信息复示屏和消防电话分机或消防电话插孔的形式实现信息互通及消防联动。

20.4.4 火灾探测器与报警装置的设置

20.4.4.1 火灾自动报警系统应设有自动和手动两种触发装置。

20.4.4.2 报警区域应根据防火分区和设备配置划分。

20.4.4.3 在有爆炸危险的场所，应选用防爆型火灾探测器和警报器。

20.4.4.4 吸气式感烟火灾探测器、线型火灾探测器的探测区域应与防火分区、防排烟工况作用范围一致。

20.4.4.5 在设置火灾自动报警系统的场所应设置火灾声光警报器。

20.4.4.6 当消防应急广播与普通广播或背景音乐广播合用时，应具有强制切入消防应急广播的功能。

20.4.5 消防控制室

20.4.5.1 换乘车站的消防控制室宜集中设置。按线路设置的消防控制室之间应能相互传输、显示状态信息，但不宜相互控制。

20.4.5.2 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。

20.4.6 布线、供电、防雷及接地

20.4.6.1 火灾自动报警系统应设有主电源和直流备用电源；主电源的负荷等级应为一级。

20.4.6.2 火灾自动报警系统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，主电源断电后在火灾状态同时工作负荷条件下连续供电时间不应小于 3h。当采用集中设置蓄电池时，火灾报警控制器供电回路应单独设置。

20.4.6.3 火灾自动报警系统防雷应符合 GB 50343 的规定。

20.4.6.4 火灾自动报警系统的布线应符合 GB 50116 的规定。

20.5 门禁系统

20.5.1 一般规定

20.5.1.1 门禁系统工程的设计应符合 GA/T 394 的有关规定。

20.5.1.2 门禁系统应根据实际需求设置，且应设置在疏散通道的通道门、设备用房门及管理用房门等处，并应与运营管理模式相适应。

20.5.1.3 门禁系统应具有出入口监控和安全管理等功能。

20.5.1.4 门禁系统宜实现统一授权管理，并应遵循统一的系统标准。

20.5.1.5 门禁系统应按集中管理、分级控制的方针设计。应统一管理合法持卡人

20.5.1.6 的访问权限，并宜根据运营管理的需要集中设置授权工作点。

20.5.1.7 门禁系统应实现与火灾自动报警系统的联动控制。车站控制室综合后备控制盘(IBP)上应设置门禁紧急开门控制按钮，并具备手动、自动切换功能。

20.5.1.8 门禁系统规模应与整体线网规划相适应，并应确定线路、车站和监控对象的数量，以及监控对象的安全等级、授权人数及发卡量，并应留有余量。

20.5.2 安全等级和监控对象

20.5.2.1 门禁系统设计应明确监控管理的对象和安全等级。

20.5.2.2 各安全等级的配置应符合 GB 50157 的规定。

20.5.2.3 门套门(如有)可只在一个门上设置门禁；当一个房间设有多个门时，可只在一个常用门处设置门禁。

20.5.3 构成及功能

20.5.3.1 门禁系统宜由中央级系统、车站级系统、现场级系统和终端设备、传输网络和电源及门禁卡等组成。

20.5.3.2 中央级系统宜由服务器、监控管理工作站、授权工作站、授权读卡器、局域网设备及不间断电源等组成。

20.5.3.3 车站级系统宜由车站工作站、打印机、局域网设备及不间断电源等组成。

20.5.3.4 现场级系统和终端设备应由车站控制器、本地控制器、读卡器、密码键盘、电子锁、门磁、紧急开门按钮、出门按钮及门禁卡等组成。

20.5.3.5 门禁系统应采用通信传输网络实现车站与中央的网络连接。

20.5.3.6 门禁系统中央级、车站级监控管理层应集成到综合监控系统，并宜根据与综合监控系统的集成深度选取授权工作点设置方案。

20.5.3.7 中央级、车站级、现场级系统和终端设备功能应符合 GB 50157 的规定。

20.5.3.8 电子锁应具有断电释放的功能。

20.5.3.9 开门应采用出门按钮及紧急开门按钮，当出门按钮失效时，可采用紧急开门按钮。

20.5.4 布线、供电、防雷及接地

20.5.4.1 门禁系统设备及管线应安装和敷设在安全区域。

20.5.4.2 门禁系统应采用无卤、低烟、阻燃的电线和电缆。

20.5.4.3 通信电缆应与电源电缆分管或分槽敷设，预埋管、槽、盒应防水、防尘，并应避开围栏立柱设置的位置。

20.5.4.4 电子锁的安装应选在门体受力最合适的位置，当外力作用在门扇时，门扇的变形应最小。

20.5.4.5 读卡器在公共区可根据需要明装或暗装，安装方式应与建筑装修协调配合；控制按钮的安装应便于识别和操作。

20.5.4.6 系统应采用 UPS 综合电源系统供电，后备时间不应小于 1h。

20.5.4.7 系统接地应接入综合接地网，接地电阻不应大于 1Ω。

20.6 施工安装及验收

20.6.1 综合监控系统控制箱、柜、盘的安装应符合 GB 50303 的规定。

20.6.2 综合监控系统功能验收应按中央级功能、车站级功能和互联系统功能分别验收，系统性能验收应对系统的响应性、系统设备、负荷率、系统容量进行验收。

21 运营控制中心与信息化

21.1 一般规定

21.1.1 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。

21.1.2 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。

21.1.3 运营控制中心应设置通信、信号、电力监控、火(防)灾自动报警等中央级系统和设备；也可根据需要配备环境与设备监控、票务管理中央级系统和设备及其他与运营、管理和安全有关的系统和设备。

21.1.4 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。

21.1.5 当规模较小、运量较小时，运营控制中心宜采用功能集成合并的方式，强化中央级调度终端功能，减少相应系统设备的配置数量，降低运营控制中心的建设规模。

21.1.6 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。

21.2 功能分区与总体布置

21.2.1 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。

21.2.2 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。

21.2.3 运营监控区和设备区不宜设在高层建筑的顶层和地下。

21.2.4 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。

21.2.5 中央控制室各系统设备的布置及设计应符合下列规定：

——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；

——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；

——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、电力调度、环控调度、防灾调度、维修调度和总调度之间的信息沟通；

——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；

——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；

——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；

——当按扇形方式分层展开布置设备时，在扇形的中间位置，向上展开的角度宜小于 15°，向左右展开的角度宜小于 120°。

21.2.5.1 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。

21.2.5.2 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：

——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；
——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；
——设备室内布置应整齐、紧凑，便于观察、操作和维修；
——设备布置应使设备之间的联线短，外部管线进出方便；
——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。

21.2.5.3 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。

21.2.5.4 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：
——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；
——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。

21.3 建筑与装修

21.3.1 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：
——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；
——运营控制中心建筑分类宜为多(高)层一类公共建筑，耐火等级应为一级，屋面防水应为二级；
——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；
——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，并应符合国家现行消防规范的规定；
——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。

21.3.2 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：
——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；
——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；
——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；
——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；
——室内装修与照明不应在显示屏上产生眩光。

21.3.3 运营控制中心结构设计除应满足国家现行规范外，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。

21.4 布线

21.4.1 电缆通道、电缆间宜靠近相关的设备用房，且强、弱电系统应分别设置。

21.4.2 电缆的选择和管线的敷设除应满足各自系统的要求外，尚应做到线路短、交叉少。

21.4.3 竖向布线宜采用电缆井或电缆 T 型桥架的敷线方式。

21.4.4 水平布线宜采用电缆夹层(楼层夹层、吊顶夹层、活动地板夹层)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，以及将动力电缆和弱电电缆分开敷设。

21.4.5 中央控制室和设备室内不宜外露电线、电缆和管线；无关管线不宜穿过中央控制室和设备室。

21.4.6 规划为多线路的运营控制中心，先期线路建设应满足后期线路建设其主干光电缆接入各自设备室和调度大厅的要求。

21.5 供电、防雷与接地

21.5.1 运营控制中心宜单独设置降压变电所，降压变电所应设两台动力照明变压器，分别引入两路相对独立的电源供电，并宜满足一、二、三级负荷的需要，当一台变压器退出运行时，另一台变压器应满足全部一、二级负荷的需要。

21.5.2 需要不间断电源供电的系统设备，宜根据各系统设备的供电要求集中设置，也可按系统设置。

21.5.3 运营控制中心应按 GB 50557 的规定设置防雷接地。

21.5.4 运营控制中心宜设置综合接地装置，接地电阻不应大于 1Ω。通信、信号、防灾报警、环境与设备监控等弱电系统设备接地应从综合接地装置单独接引，并应与强电系统接地装置分开设置。

21.6 照明与应急照明

21.6.1 运营控制中心应设置正常照明与应急照明。照明灯具宜选择节能型、散射效果好、使用寿命长及维修更换方便的灯具；灯具布置宜与建筑装修和设备布置相协调。

21.6.2 中央控制室的照明设计应符合下列规定：

——中央控制室的照明应柔和均匀、无眩光；灯具布置应美观，并应满足显示屏和操作台面最大照度的需要；灯具宜嵌入吊顶内，组成光带；操作台面上应无阴影，室内照明均匀度不宜低于 0.7lx，照明应采用调光控制及分区控制；

——当中央控制室采用投影式显示屏时，显示屏前区和操作台面距地面 0.8m 处的照度宜为 150lx，操作台宜设置局部照明。

21.6.3 设备用房、维修用房、办公管理用房及其他各部位的照明照度应按 GB 50034 的规定进行设计。

21.6.4 应急照明应包括安全疏散照明和事故照明及指示照明，应急照明的照度不应小于正常照度的 10%；应急照明的备用电源容量应包括整个运营控制中心及远期预留房间，总容量不应低于 1h 的使用容量。

21.7 通风、空调与供暖

21.7.1 运营控制中心的房屋应采用通风或空调系统进行室内环境控制。

21.7.2 通风或空调系统应具有下列功能：

——应提供设备用房内设备正常运行所需的室内环境温度；

——应提供管理用房内人员健康所需的环境温度和空气质量；

——火灾时应提供有效地防排烟措施。

21.7.3 通风或空调系统应预留远期运营控制中心扩容的能力，并宜分期实施。

21.7.4 当与其他建筑合建时，运营控制中心的通风或空调系统应独立设置。

21.7.5 使用时间、温度、湿度等需求不同的空气调节区，不宜划分在同一个空气调节系统中。

21.7.6 中央控制室、运营管理区、设备区等区域的空调系统应分开设置。

21.7.7 中央控制室及重要机房在正常情况下应保持正压。

21.8 消防与安全

21.8.1 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。多线路中央控制室应设置自动灭火系统。

21.8.2 运营控制中心应设置消防控制室。

21.8.3 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。

21.8.4 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。

21.8.5 运营控制中心给排水系统和消防设施应由给水、排水、水消防，以及灭火器与自动灭火等系统组成。给排水系统宜利用城市既有设施。

21.9 信息化

21.9.1 悬挂式单轨交通信息系统宜利用云计算、大数据、物联网和人工智能等新兴技术实现信息系统互联互通资源共享及安全统保。

21.9.2 信息系统应用宜覆盖运营生产、运营管理、企业管理、建设管理、资源管理、乘客服务等多方面应用需求。

21.9.3 信息系统技术架构应适应各业务系统特点，并应满足运营管理需求。

21.9.4 安全管理平台或设备应遵循系统自保、平台统保、边界防护、等保达标、安全确保的原则，应对信息系统应用持续监控并掌握平台整体安全态势，且应满足信息安全要求。

21.9.5 运营控制中心信息化所需的计算、存储、网络资源宜由云计算平台提供，云计算平台建设方式可结合运营控制中心建设规模、运营管理特点灵活确定。

21.9.6 云计算平台应由基础 IaaS 层设施、资源池、基础 IaaS 层服务、运维管理系统和平台安全模块构成，还可根据规划方案增加大数据平台、PaaS 层服务等模块。

21.9.7 各应用系统可通过云平台部署，由云平台统一进行资源分配；根据运营需求，重要应用系统可计及系统容灾要求。

21.9.8 云平台灾备中心建设方式可根据系统容灾要求、运营需求和平台规划确定。

21.9.9 大数据平台宜结合悬挂式单轨交通远期建设规划方案设计。

21.9.10 运营维护机构设置应与信息系统配置及部署方式相适应，并宜计及基于云平台的综合运维方式。

22 车辆基地

22.1 一般规定

22.1.1 车辆应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平台、车辆全寿命周期质量指标和运用检修需要确定。车辆修程和周期可按表 22 的规定执行。

表 22 悬挂式单轨修程和周期

类别	检修修程	检修周期		检修时间
		走行里程(万km)	时间间隔	
定期检修	全面检修	60	6 年	40 天
	重点检修	30	3 年	30 天

表 22 （续）

类别	检修修程	检修周期		检修时间
		走行里程(万km)	时间间隔	
日常维修	换轮	10	1 年	20 天
	三月检	2.5	3 月	3 天
	列检	-	3 天	-

22.1.2 车辆基地包括车辆段、停车场、综合维修中心、物质总库、培训中心和其他生产、生活、办公等配套设施。车辆基地的工作范围应符合下列规定：

——车辆段根据作业范围应承担配属车辆的定期检修(含全面检修、重点检修)及其以下修程作业；或者承担配属车辆的日常维修、临修以及运用整备和停放作业。并宜具有车辆管理功能、零配件储备及配送功能、信息管理功能以及线网车辆运用检修管理培训中心功能等；

——停车场应能承担配属车辆的运用整备和停放作业，规模较大的停车场可设置日常维修和临修功能。

22.1.3 车辆基地设置应符合下列规定：

——车辆基地的功能、布局和设施设备的配置，应根据悬挂式单轨交通线网规划、行车组织运营方案、检修工作量以及建设时序统筹考虑，实现线网车辆基地的资源共享；

——车辆基地定期检修(全面检修、重点检修)应集中设置在车辆段，对于同属一个车辆基地承担车辆定期检修的线路之间宜设置联络线，实现线网车辆检修资源的共享；

——车辆基地规模应根据车辆技术条件、列车对数、配属的列车编组和数量、列车年走行公里(或间隔年限)、检修周期及检修时间计算确定。

22.1.4 车辆基地的选址应符合下列要求：

——用地应与城市总体规划协调一致；

——用地位置应靠近正线，有良好的接轨条件；

——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；

——用地周边应有利于与城市道路衔接，有利于与城市电力、通信及各种管道的引入，并有良好的排水条件；

——用地范围宜避开不良地质地段。

22.1.5 车辆基地所产生的废气、废液、废渣和噪声等应进行综合治理，并应符合国家现行相关标准的规定。环境保护设施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投产。

22.1.6 运营控制中心的设置应按线网合一、统筹规划、整体设计、资源整合、信息共享、安全可控、运营高效的原则建设信息系统。

22.1.7 车辆基地进行物业开发时，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。

22.1.8 车辆基地内办公用房、厂房等建筑物可采用装配式结构。

22.2 总平面布置

22.2.1 车辆基地总平面布置和用地范围应按远期规模规划，检修库房、运用库房与其他设施设备等按近期规模实施。

22.2.2 车辆基地总平面布置应符合下列规定：

——总平面应根据生产工艺的需要以及用地条件进行布置，有利于车辆运用、检修作业工艺流程顺畅，避免流程交叉，相互干扰；

——总平面布置应满足城镇规划、环保、消防、卫生、通风、采光等方面的要求，结合地形、地质、水文、气象等自然条件，因地制宜布置车辆基地内建筑物、股道、道路、管线及绿化设施，并预留发展条件；

——总平面布置宜按停车、日常维修、定期检修、辅助生产及办公等功能分区布置；

——车辆基地内轨行区(含试车线)与主要道路之间宜用不低于 1200mm 的防护网进行隔离。

22.2.3 车辆基地出入线应符合下列要求：

——车辆基地出入线应在车站接轨，在接轨点外应具备一度停车条件；

——车辆基地出入线应按双向运行设计；

——车辆基地的出入线数量应与正线间的收车、发车作业进行运行组织和能力验算，保证正线高峰小时的设计运能。

22.2.4 静态调试线和动态试验线宜结合车辆基地设置，并符合下列规定：

——静态调试线长度应满足整列车静止调试停放需要，并设置调试库；

——动态试验线宜为平直道，其长度应根据车辆性能、加速及制动距离、技术参数以及试验要求综合确定，并采取封闭措施；

——动态试验线应配备列控车载设备测试及试验的地面设备。

22.2.5 车辆基地其他线路应符合下列要求：

——最小曲线半径：悬挂式单轨车辆基地不宜小于 50m，困难情况下不应小于 30m；

——车辆基地内的库(棚)线应设在平直道上，库外停放车的线路宜设于平道上。

——车辆基地宜采用移车平台实现换线作业。

22.3 车辆运用整备设施

22.3.1 车辆运用整备设施包括停车、列检、三月检库(棚)等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。

22.3.2 三月检库宜与停车列检库(棚)合建组成运用库，也可单独设置或与检修厂房合建组成联合检修库。

22.3.3 运用库根据车辆技术平台包括停车列检库、月检库与辅助车间。运用库应符合下列规定：

——运用库长度应根据车辆长度、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；

——运用库的高度应根据检修作业人员在车顶作业高度加安全距离综合确定；

——运用库的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；

——运用库各种库线均应根据车辆的受电方式设置接触轨，接触轨应按列位分段设置并加装安全防护设施。

22.3.4 运用库设备设计应符合下列规定：

——库内各作业点应设信息化系统终端设备和接口；

——库内宜设压缩空气管、给水排水管、电源线等管线，管线应综合布置、整齐、美观、标识清楚、便于维护；

——库内应设置安全联锁门禁系统，其数据应纳入车辆检修作业管理系统。

22.4 车辆检修设施

22.4.1 车辆检修设施应包括换轮、重点检修、全面检修、临修、列车吹扫设施和辅助生产房屋及设施。

22.4.2 检修库应集中布置，主要库房宜联跨布置，关系密切的生产车间宜布置在检修库边跨内。检修厂房组合应保证工艺顺畅，并应统筹供热、供风、供水、供电、供气等管网设计。

22.4.3 定期检修作业根据车型要求采用定位修或流水修。检修库应符合下列规定：

——检修库长度应根据车辆长度、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；

——检修库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、起重量要求及起重设备跨度等计算确定；

——检修库高度应根据检修工艺、车辆限界、车顶作业、起重机结构尺寸等因素综合确定；

——库内管线应综合布置、整齐、美观、标识清楚、便于维护；

——库内应设车辆检修作业管理系统设备及接口；

22.4.4 车辆部件的检修可采用本段修和委托修相结合的方式，本段修部件需设置部件检修库，委托修可在车辆基地设置作业场地或部件存放场地。

22.5 综合维修中心

22.5.1 综合维修中心是全线各种设备和设施的维修和管理单位，其功能宜满足全线线路、轨道(梁)、道岔、桥梁、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、机电设备和自动化设备的维修和检修工作的需要。

22.5.2 综合维修中心根据其规模和工作范围可分为维修中心和维修工区。维修中心宜设置于车辆段级的基地内，维修工区宜设置在停车场内。维修工区应按隶属于维修中心管理设计。

22.5.3 全线的桥梁、房屋建筑、道路等设施和机电设备的维修可利用地方资源，大修宜对外委托当地专业队伍或工厂承担，并宜逐步实现维修工作专业化、社会化。

22.5.4 综合维修中心应根据生产的需要配备生产房屋、仓库和必要的办公、生活房屋。生产房屋宜合建为维修综合楼；办公房屋宜与车辆基地办公房屋合并设置，相关生活设施与车辆段共用。

22.5.5 结合作业需求、线网规划以及联络线设置情况，综合维修中心应配置工程车辆及其专用停放线，并应符合下列规定：

——宜配置轨道梁、接触轨检测等工务、供电及材料运输车等工程车辆；

——停放线可与车辆调机停放线合设为工程车库。

22.5.6 结合轨道(梁)结构形式，为提高巡检效率及质量，日常巡检以无人化巡检为主，并配置相应的巡检设备。

22.6 物资总库

22.6.1 车辆基地应设物资总库，物资总库承担悬挂式单轨交通系统材料、配件、设备和机具及劳保用品等的采购、存放、发放任务和管理工作。

22.6.2 物资总库宜设置在包含维修中心的车辆基地内，可在包含维修工区的段场或车站内设物资分库或材料间。

22.6.3 物资总库、物资分库应设有各种仓库、材料棚和必要的办公、生活房屋，并应设有材料堆放场地。

22.6.4 各种仓库的规模应根据所需存放材料、配件和设备的种类和数量决定。材料堆放场地应采用硬化地面。

22.6.5 不同性质的材料、设备宜分库存放。

22.6.6 物资总库应配备材料、配件和设备的装卸起重设备和汽车、叉车等运输车辆。
22.6.7 物资总库应考虑对外运输条件。

22.7 运营控制中心

22.7.1 运营控制中心的功能应符合下列要求：
——应依据悬挂式单轨交通线网规划，设置运营控制中心，实行统一运输调度指挥；
——运营控制中心应完成各线路中心之间的信息联通、线网运能匹配、线网客流引导、维修综合调度、紧急事件协调处理、运营服务信息统一发布等功能；
——运营控制中心中央控制室是调度指挥、应急处理、数据报送和设备设施监视的集中区域，完成全线的调度指挥和应急指挥中心功能；
——信息系统的运营模式应满足线路运营管理的需要，实现线网集中运营指挥、生产管理与应急指挥一体化、企业管理现代化、资源经营精细化和乘客服务智能化。
22.7.2 运营调度模式应符合下列要求：
——运营控制中心宜具备行车调度、电力调度、环境与设备调度、防灾调度、乘客调度、车辆调度及总调等运营指挥功能；
——运营调度可根据需要选择单线路、多线路、分专业等多种调度模式，并符合下列规定：多条线路运营调度模式，可根据线路制式分类设置调度岗位；按专业运营调度模式，可根据各专业分工设置调度岗位。

22.8 其他

22.8.1 培训中心应满足职工的技术培训要求。应以悬挂式单轨交通线网规划为依据统一布局，一个线网应设一个培训中心，必要时可对培训中心补强或增设第二培训中心。
22.8.2 培训中心宜设于车辆基地内，实作操作培训宜利用车辆基地的既有设施。
22.8.3 培训中心应设司机模拟驾驶装置及其他系统模式设施，并宜设教室、实验室、图书室、阅览室和教职员工办公和生活用房，以及必要的教学设备和配套设施。
22.8.4 车辆基地应设救援办公室，由悬挂式单轨交通线网控制中心指挥，并应配备相应的救援设备和设施。
22.8.5 救援办公室应设置值班室。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。
22.8.6 救援用的轨道车辆宜利用车辆基地和综合维修中心的车辆，并应根据需要设置专用地面工程车和指挥车。
22.8.7 车辆基地应设置车辆检修作业管理系统。车辆检修作业管理系统应采用统一、通用的软件平台。
22.8.8 车辆基地内生产、生活、采暖等用气(汽)宜集中供应，应设置变电所和配电网，并应集中控制和调度。
22.8.9 车辆基地应有完善的消防设施、污水处理设施。
22.8.10 车辆基地建造模式宜采用装配式建筑，优质高效，降低成本。
22.8.11 为保证人身和车辆设备安全，应在车辆基地设置车体安全接地装置和接地保护装置。

23 防灾

23.1 一般规定

23.1.1 悬挂式单轨交通应具有对火灾、风灾、地震、冰雪、水淹和雷击等灾害的预防设施，并应以预防火灾、风灾为主。

23.1.2 防火灾应贯彻“预防为主、防消结合”的方针。一条线路、一座换乘车站及相邻区间应按同一时间内发生一次火灾设计。

23.1.3 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。

23.1.4 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灾设计，应符合 GB 50016 的规定。

23.1.5 与悬挂式单轨交通相连接的商业建筑物等，应采取防火分隔设施。

23.1.6 车站应配备防灾救护设施，车场应配备防灾救援设施。

23.1.7 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。

23.1.8 在暴雪、暴雨、暴风等极端气象条件下应限速或停运，确保乘客安全。

23.2 建筑防火

23.2.1 各建(构)筑物的耐火等级应符合下列规定：

——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；

——运营控制中心耐火等级应为一级；

——车场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。

23.2.2 防火分区的划分应符合下列规定：

——高架和地面车站站厅公共区防火分区的最大建筑面积不应大于 5000m2；其他部位每个防火分区的最大建筑面积不应大于 2500m2；对于建筑高度大于 24m 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 1500m2；

——车场、运营控制中心的防火分区的划分应符合 GB 50016 的规定。

23.2.3 车站安全出口设置应符合下列规定：

——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 个直通室外的安全出口；

——高架站和地面站的设备与管理用房区域安全出口的数量应满足 GB 50016 的要求；

——安全出口应分散设置，当同方向设置时，两个安全出口通道口部之间净距不应小于 10m；

——当换乘车站的换乘通道满足对外疏散出口相关要求时，可作为安全出口。

23.2.4 两个防火分区间应采用耐火极限不低于 3h 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 1.5h 的楼板。

23.2.5 站台和站厅公共区任一点，与安全出口疏散的距离不得大于 40m。

23.2.6 车站的装修材料应符合下列规定：

——高架和地面车站公共区的墙面、顶棚的装修材料及垃圾箱应采用 A 级不燃材料；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；

——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。

23.2.7 高架和地面车站及地面附属建筑以及车场和各类附属建筑等，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。

23.2.8 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。

23.2.9 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。

23.3 消防给水与灭火

23.3.1 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。

23.3.2 高架和地面车站、车场及运营控制中心室内外消火栓用水量应符合 GB 50974 的规定。

23.3.3 消防给水系统应结合给水水源确定，并应符合下列规定：

——当城市自来水的供水量能满足消防用水的要求而供水压力不能满足消防用水压力的要求时，应设消防增压、稳压设施；

——当城市自来水的供水量不能满足消防用水量要求或城市自来水管网为枝状管网时，车站、车场及运营控制中心消防设施及消防水池的设置应按 GB 50974 的规定执行；

——同期建设的换乘车站消防给水系统宜采用一套系统；

——当高架和地面车站消火栓给水系统采用消防泵加压供水时，应设置稳压装置及气压罐，可不设高位水箱。

23.3.4 室内消火栓设置应符合下列规定：

——消火栓的布置应满足每一个防火分区同层有两支水枪的充实水柱同时到达室内任何部位，消火栓间距应计算确定，但单口单阀消火栓间距不应大于 30m，双口双阀消火栓间距不应大于 50m；

——消火栓宜设单口单阀消火栓，困难地段可设双口双阀消火栓箱；

——消火栓与灭火器宜共箱设置，箱内应配备衬胶水龙带和水枪、自救式消防软管卷盘和灭火器；

——消火栓口径应为 DN65，水枪喷嘴直径应为 19mm，每根水龙带长度应为 25m，栓口距地面或楼板面高度应为 1.1m，出水方向宜向下或垂直于墙面；

——消火栓栓口的静水压力和出水压力应符合 GB 50974 的规定；

——车站、车场及运营控制中心水枪充实水柱长度应符合 GB 50974 的规定。

23.3.5 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。

23.3.6 严寒及寒冷地区的室外消火栓和水泵接合器及消防水池应采取防冻措施。

23.3.7 室内外消火栓系统的设计火灾延续时间应符合 GB 50974 的规定。

23.3.8 自动灭火系统的设置应符合下列规定：

——运营控制中心通信及信号机房、综合监控设备室、自动售检票机房、计算机数据中心，应设置自动灭火系统；

——高架和地面车站及车场自动灭火系统的设置应符合 GB 50016 的规定；

——自动灭火系统保护房间内宜配置空气呼吸器。

23.3.9 车站、车场及运营控制中心灭火器的配置应符合 GB 50140 的规定。

23.3.10 管材及附件的设置应符合下列规定：

——消防给水管宜采用球墨铸铁给水管、热镀锌钢管或经国家固定灭火系统质量监督检验机构检测合格的其他管材；

——室外埋地给水管道宜采用球墨铸铁给水管；

——当消防给水管道接口采用柔性连接方式明装敷设时，应在转弯处设置固定设施或采用法兰接口。

23.3.11 消防设备的监控应符合下列规定：

——消防水泵组应在车站控制室显示消防水泵的运行状态、手 / 自动状态、稳压泵的运行状态及故障状态，在车站控制室应能控制消防水泵的启停，消防泵应采取按钮启动和车站控制室远程启动的双重启动方式；

——自动灭火系统应具备自动控制、手动控制及紧急机械操作三种启动功能。

23.4 防排烟与事故通风

23.4.1 悬挂式单轨交通应具备有效的防烟、排烟和事故通风系统。

23.4.2 高架和地面车站应优先采用自然排烟方式，不符合自然排烟要求的场所应设置机械排烟设施。

23.4.3 当高架和地面车站公共区、设备与管理用房、内走道采用自然排烟时，排烟口应设置在上部，其可开启的有效排烟面积不应小于该场所建筑面积的 2%，排烟口的位置与最远排烟点的水平距离不应超过 30m。常闭的排烟口(窗)应设置自动和手动开启装置。

23.4.4 当采用机械排烟时，机械排烟设计应符合 GB 51298 的规定。

23.4.5 设置机械排烟房间的补风量不应小于排烟量的 50%。

23.4.6 当防烟、排烟和事故通风系统与正常通风空调系统合用时，通风空调系统应采取防火措施，且应符合防烟、排烟系统的要求，并应具备事故工况下的快速转换功能。在事故工况下参与运转的设备，从静止状态转换到事故工况状态所需的时间不应超过 30 秒，从运转状态转换到事故工况状态所需的时间不应超过 60 秒。

23.4.7 防烟、排烟系统和事故通风系统应具有下列功能：

——当高架或地面车站发生火灾时，应具备排烟功能；

——当设备与管理用房发生火灾时，应具备防烟、排烟、通风功能。

23.4.8 当排烟干管采用金属管道时，管道内的风速不应大于 20m/s，采用非金属管道时不应大于 15m/s。

23.4.9 通风空调系统下列部位应设置防火阀：

——垂直风管与每层水平风管相接处的水平管段上；

——排烟风机的入口处；

——风管穿越防火分区的防火墙及楼板处。

23.5 防灾通信

23.5.1 悬挂式单轨交通应配备在发生灾害时供救援人员进行联络的无线通信设施。

23.5.2 运营控制中心应设置防灾无线控制台，列车司机室应设置无线通话台，车站控制室、站长室、保安室及车场值班室应设置无线通信设备。

23.5.3 列车上应设置视频监控系统、广播系统和应急电话系统。

23.5.4 运营控制中心应设置全线的防灾广播控制台，车站控制室、车场值班室应设置广播控制台。在设有公共广播的车站区域，消防广播的功能应由通信系统广播子系统提供。

23.5.5 运营控制中心和车站控制室应设置监视器和控制键盘。

23.5.6 防灾调度电话系统应在运营控制中心设调度电话总机，并在车站控制室、车场设分机。

23.5.7 通信系统应具备在火灾时能迅速转换为防灾通信的功能。

23.5.8 公务电话系统具有在火警时能自动转换到市话网“119”的功能。

23.5.9 悬挂式单轨交通应具备接收本地区地震预报部门的电话报警的功能，应采用联网方式接收地震灾害信息。

23.5.10 各种集水池应设置危险水位报警信号。

23.6 疏散与救援

23.6.1 站台公共区内任一点到疏散通道口、楼梯口或用于疏散的自动扶梯口的最大疏散距离，以及站厅任一点距出入通道口的最大距离均不应大于 50m。

23.6.2 安全出口、楼梯和疏散通道的宽度和长度应符合下列规定：

——当设备与管理用房区房间单面布置时，疏散通道宽度不得小于 1.2m，双面布置时不得小于 1.5m；

——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 40m；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 22m。

23.6.3 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应按公式 12 计算：

$$T = 1 + \frac{Q_1 + Q_2}{0.9[A_1(N_s - 1) + A_2 B]} \leqslant 6\,\text{min} \qquad \text{(12)}$$

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)；

Q_1 ——远期或客流控制期超高峰小时一列进站列车的最大客流断面流量(人)；

Q_2 ——远期或客流控制期中超高峰小时行车间隔内站台上的最大候车乘客总数(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_s ——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 0.55m 的整倍数计算。

23.6.4 在公共区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 13 计算：

$$L \geqslant \frac{[A_1(N_s - 1) + A_2 B] - A_3}{A_4} \qquad \text{(13)}$$

式中：

L ——疏散门的净宽度(m)，应按 0.55m 的整倍数计；

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_s ——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 0.55m 的整倍数计算；

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)。

23.6.5 防灾疏散的自动扶梯应按一级负荷供电。

23.6.6 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；

——车站附属用房内走道等疏散通道及安全出口；

——高架区间设有疏散通道处；

——车场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。

23.6.7 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 10m 处，应设置灯光疏散指示标志，指示标志距地面应小于 1m；

——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。

23.6.8 悬挂式单轨交通正线区间应具有在紧急情况下进行疏散救援的能力，可采用空中疏散平台疏散、垂直疏散、公路救援车救援、悬挂式单轨交通列车救援。

23.6.9 当发生火灾、地震等紧急情况较严重时，或悬挂式单轨交通下方是水域、平交路口、野生动物园等不适合直接垂直疏散的情形下，应使用空中紧急逃生疏散平台系统进行疏散。

23.6.10 悬挂式单轨交通疏散平台作为区间疏散的有效过渡方式，疏散路径需保持连贯、无障碍、平整，当列车在区间内因紧急情况悬停时，乘客可通过疏散平台步行撤离至安全区。

23.6.11 悬挂式单轨交通疏散平台的设施应符合下列规定：

——单线用平台宜设置在行车方向左侧，双线用平台宜设置在两线中间；

——疏散平台最小宽度不得小于 800mm，双线平台设置于钢立柱之间时，平台外包宽度不宜大于柱宽；

——钢立柱设置活动平台，连接疏散平台单元活动平台宽度不应小于疏散平台宽度，且应满足行车限界的要求；

——疏散平台高度应与列车地板平齐；

——疏散平台两侧应设置扶手，扶手高度不得小于 1.1m，其中靠近车体侧的扶手应统一设置为平开栏杆门，疏散时列车侧门打开后可 180° 开启；

——疏散平台的耐火极限不应低于 1h，并不应少于区间事故疏散时间。

——悬挂式单轨交通的区间安全出口应设置从疏散平台直达地面的疏散楼梯。

23.7 其他灾害预防与报警

23.7.1 高架和地面有关建筑工程的防雷措施及其他电气要求。

23.7.2 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 的规定。

23.7.3 轨道梁、柱等应满足防 9 级风要求。

23.7.4 车站、区间结构的抗震设计应符合国家现行有关规范或标准的规定。

23.7.5 暴露于室外的楼梯和自动扶梯应采取防冰雪措施。

23.7.6 悬挂式单轨交通应具备接收当地气象部门气象预报的功能。

23.7.7 悬挂式单轨交通应具备接收本地区地震预报部门的电话报警或网络通信报警功能。

24 环境保护

24.1 一般规定

24.1.1 悬挂式单轨交通工程应从环境保护角度论证线路选线及车站、车辆基地等选址的合理性。

24.1.2 车辆基地和车场等选址应避开自然保护区、饮用水水源保护区、生态功能保护区、风景名胜区、基本农田保护区，以及文物保护建筑等需要特殊保护的地区；结构主体宜避绕特别敏感的居住、医院等社会关注区域；线路选线应综合考虑上述区域；施工中如发现文物、古墓等应妥善保护，并及时报请有关部门处理。

24.1.3 环境保护措施应包括工程结构和设备设施的减振降噪、废水处理、大气污染防治，以及高架线路与车站的设置对线路两侧建筑物日照环境的影响等。

24.1.4 建设单位应根据《中华人民共和国水土保持法》、《中华人民共和国环境影响评价法》的相关要求委托有相应资质的单位编制环境影响报告，对工程建设与运营可能产生的生态破坏与污染物排放进行全面的分析、预测与评价，提出能够满足环保要求的生态保护与污染防治的对策措施，相关主管部门进行审批。

24.1.5 悬挂式单轨节能设计重点为优化行车交路、车辆选型、线路方案、站址选择和大型机电设备等内容；设计应积极采用节约能源的新技术、新材料、新工艺、新设备等，降低工程能源消耗水平，提高能源利用率。

24.1.6 在前期线路规划无法绕避敏感保护目标时，应征得保护区管理机构同意并经原批准该保护目标设立的行政主管部门或地方政府批准，在采取有效的保护措施并改变线路经过区域性质和功能的前提下，方可有条件通过。

24.1.7 节能设计应从优化工程方案、选用节能型设备、运营管理等方面降低能耗水平，提高能源利用率。不应采用国家明文禁止或淘汰落后的设备。

24.2 噪声污染防治

24.2.1 列车运行对外部环境的振动影响应符合 GB 10070 的规定。

24.2.2 通过选用低噪声车辆及轨道梁结构，设置声屏障及绿化林带、置换敏感点功能或建筑隔声防护等有效防治手段，结合改善运营组织、管理的措施，达到降低轨道交通噪声影响的目的。

24.2.3 相邻轨道梁的连接处宜(在医院、学校、动物园等地段应)采取减振器、伸缩接头等减振降噪技术措施。

24.2.4 车站内的平均等效声级及混响时间应符合 GB 14227 的规定。

24.2.5 悬挂式单轨运营期，车辆及设备运行对外部环境的噪声影响应符合 GB 3096 的规定。

24.2.6 车辆基地和车场的厂界噪声应符合 GB 12348。

24.3 水污染防治

24.3.1 悬挂式单轨交通水污染防治设计应符合 GB 8978 中水污染物排放标准的规定。

24.3.2 城市建设管理部门应当根据城市总体规划组织编制城市排水和污水处理专业规划并按照规划的要求组织建设城市污水集中处理设施。

24.3.3 车场含油废水应进行场区内污水处理，并应达到 GB 8978 污水排放标准后排放。

24.3.4 当车站、车场附近无城市污水排水系统时，应对生活污水、生产废水进行处理，并应达到国家和地方污水排放标准后排放。

24.3.5 根据城镇排放标准，原有排水设施污水处理与利用情况、地形与水体等条件，综合考虑确定、同一城镇的不同地区可采用不同的排水制度，新建地区的排水系统宜采用分流制。

24.3.6 车站及车场的生活污水、生产废水不应排入水源保护水域。运营线附近无城市污水排水系统时，应对生活污水、生产废水进行处理，并应达到国家和地方污水排放标准后排放。

24.4 电磁辐射及光污染防护

24.4.1 变电所和列车运行中产生的电磁辐射对公众环境的影响应符合 GB 8702 的规定。

24.4.2 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。

24.4.3 车站建筑采用玻璃幕墙时，应满足 GB/T 18091 的要求，可见光反射率不应大于 0.3。

24.5 施工环境保护

24.5.1 施工产生的振动和噪声以及防治应符合 GB 12523 的规定。

24.5.2 施工时噪声较大和超过排放标准的施工机械设备，应采取相应的降噪措施。

24.5.3 工程施工时水污染的防治应符合下列规定：

——应做好施工场地工程废水的处理和回用，做好堆料场特殊物质的防冲刷工作，施工废水不得污染水体和土壤；

——施工营地宜设置化粪池收集生活污水，并及时清掏、妥善处置。

24.5.4 施工时大气污染的防治应符合下列规定：

——施工现场应做好大风及重污染天气的应急处置预案；

——大型临时施工场地应布设在居民区、河流等敏感点的下风向；

——施工现场应设置隔离围挡并进行路面硬化；使用易产生扬尘的建筑材料时，应采取有效的防尘措施；取、弃土场施工场地等严重扬尘工点，应定期洒水降尘；

——应加强运输车辆的密闭管理和施工机械车辆的定期检修，减少扬尘和废气的排放；

——施工场地生活宜采用清洁能源。

24.5.5 工程施工时固体废物的处置应符合下列规定：

——施工场地和营地产生的生活垃圾应集中收集、统一处置；

——施工结束后，施工场地和营地恢复产生的建筑垃圾应运至指定场所处置。

24.5.6 光污染控制应符合下列规定：

——夜间施工应合理调整灯光照射方向，在保证现场施工作业面有足够光照的条件下，减少对周围居民生活的干扰；

——夜间电焊作业应有防止光污染的措施。

24.6 环保竣工验收

24.6.1 悬挂式单轨交通工程的环保竣工验收应符合《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的规定。

24.6.2 环保竣工应按规定的程序和标准对建设项目的环境保护设施进行验收，并应查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，以及编制验收报告。

24.6.3 需要对建设项目的环境保护设施进行调试的，建设单位应保证调试期间污染物排放符合国家和地方有关污染物排放标准和排污许可等相关管理规定。环境保护设施未与主体工程同时建成的，或者应当取得排污许可证但未取得的，建设单位不得对该建设项目环境保护设施进行调试。

24.6.4 验收报告编制完成后，建设单位应根据验收报告结论，逐一检查是否存在验收不合格的情形，并提出验收意见。存在问题的，建设单位应当进行整改，整改完成后方可提出验收报告。

24.6.5 建设项目的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

24.6.6 验收报告及其他档案资料应存档备查。

25 工程验收

25.1 一般规定

25.1.1 悬挂式单轨交通工程验收除应符合本标准的规定外，尚应符合 GB 50300 的规定。

25.1.2 检验批、分项工程、分部工程、单位工程质量验收记录等可按 GB 50300 附录 E、F、G、H 的规定填写。

25.1.3 悬挂式单轨交通项目工程验收应在建设工程所包含的单位工程验收合格且通过相关专项验收，以及完成联调联试后进行；项目工程验收合格后，建设单位应组织试运行，可根据气候和现场情况等试运行 1--3 个月后，方可组织竣工验收；竣工验收合格后，经主管部门委托的第三方评估单位对悬挂式单轨交通建设工程进行初期运营前安全评估，评估合格方可开展初期运营。

25.1.4 参与工程验收的建设、勘察、设计、施工、监理等各方不能形成一致意见时，应协商提出解决方法，待意见一致后，重新组织验收。

25.2 检验批验收

25.2.1 主控项目及一般项目的检验批验收经抽样检验应合格。

25.2.2 检验批验收应具有完整的验收资料文件(包括施工操作依据、施工安装记录等)。

25.3 分项工程验收

25.3.1 分项工程验收的所含检验批均应验收合格，验收记录应完整齐备。

25.3.2 构成分项工程的各检验批验收资料文件应完整且均已验收合格。

25.4 分部工程验收

25.4.1 分部工程验收合格应符合下列规定：

——分部工程所含的分项工程均应验收合格，且满足高寒地区极寒天气下的特殊要求；

——质量控制资料应完整；

——有关安全、节能、环境保护、抗冻和主要使用功能的抽样检验结果应符合相应规定；

——观感质量应符合要求。

25.4.2 当一个分部工程由多个子分部工程组成时，子分部工程验收的组织和程序应参照分部工程验收组织和程序进行。

25.5 单位工程验收

25.5.1 单位工程完工且经施工单位自验合格后，总监理工程师应组织专业监理工程师对工程质量进行预验收，对预验收存在的问题整改完毕后，施工单位应向建设单位提交单位工程验收申请表，申请单位工程验收。

25.5.2 单位工程验收应具备下列条件：

——完成工程设计和合同约定的各项内容；

——质量控制资料完整；

——单位工程所含分部工程的质量均验收合格；

——有关安全和功能的检测、测试或认证资料完整；主要功能项目的检验检测结果符合相关专业质量验收规范的规定；设备、系统安装工程通过各专业要求的检测、测试或认证；

——有勘察、设计、施工、工程监理等单位签署的质量合格文件或质量评价意见；

——观感质量符合验收要求；

——住房城乡建设主管部门及其委托的工程质量监督机构等有关部门责令整改的问题已整改完毕。

25.5.3 单位工程验收的内容和程序应符合下列规定：

——建设、勘察、设计、施工、监理等单位分别汇报工程合同履约情况和在工程建设各个环节执行法律、法规和工程建设强制性标准的情况；

——验收小组实地查验工程质量，审阅建设、勘察、设计、监理、施工单位的工程档案资料，并形成验收意见；

——工程质量监督机构出具验收监督意见。

25.5.4 当一个单位工程由多个子单位工程组成时，子单位工程质量验收的组织和程序应参照单位工程质量验收组织和程序进行。

25.6 项目工程验收

25.6.1 项目工程验收应为各项单位工程验收后、试运行之前，确认建设项目工程是否达到设计文件及标准要求，是否满足悬挂式单轨交通试运行要求的验收。

25.6.2 项目工程验收应具备下列条件：

——项目所含单位工程均已完成设计及合同约定的内容，并通过了单位工程验收；

——单位工程质量验收提出的遗留问题、住房城乡建设行政主管部门或其委托的工程质量监督机构责令整改的问题已全部整改完毕；

——设备系统经联合调试符合运营整体功能要求，并已由相关单位出具认可文件；

——已通过对试运行有影响的相关专项验收。

25.6.3 项目工程验收的内容和程序应符合下列规定：

——建设单位代表向验收组汇报工程合同履约情况和在工程建设各个环节执行法律、法规和工程建设强制性标准的情况；

——各验收小组实地查验工程质量，复查单位工程验收遗留问题的整改情况；审阅建设、勘察、设计、监理、施工单位的工程档案和各项功能性检测、监测资料；

——验收组对工程勘察、设计、施工、监理、设备安装质量等方面进行评价，审查对试运行有影响的相关专项验收情况；审查系统设备联合调试情况，签署项目工程验收意见；

——工程质量监督机构出具验收监督意见。

25.7 专项验收

25.7.1 专项验收应为保证悬挂式单轨交通建设工程质量和运行安全，依据相关法律法规由政府有关部门负责的验收。

25.7.2 试运营前应取得下列批复和验收文件：

——规划建设批复文件：有关主管部门对悬挂式单轨交通工程出具的规划、工程设计、工程建设的批复文件；

——特种设备质量验收文件：质量技术监督主管部门对投入运营的特种设备出具的验收合格文件；

——消防验收文件：消防主管部门出具的消防验收合格文件；

——环保验收文件：环境保护主管部门出具的环保验收合格文件；

——档案批复文件：档案主管部门对档案验收出具的批复文件；

——其他批复文件：有关主管部门依据相关法规出具的其他批复文件。

25.8 竣工验收

25.8.1 竣工验收应为项目工程验收合格后、试运营之前，结合试运行效果，确认建设项目是否达到设计目标及标准要求的验收。

25.8.2 竣工验收应具下列条件：

——项目工程验收的遗留问题全部整改完毕；

——有完整的技术档案和施工管理资料；
——试运行过程中发现的问题已整改完毕，并有试运行总结报告；
——已通过规划部门对建设工程是否符合规划条件的核实和全部专项验收，并取得相关验收或认可文件；暂时甩项的，已经相关部门同意。

25.8.3 竣工验收的内容和程序应符合下列规定：
——建设、勘察、设计、监理、施工等单位简要汇报工程概况、合同履约情况和在工程建设各个环节执行法律、法规和工程建设强制性标准的情况；
——建设单位汇报试运行情况；
——相关部门代表进行专项验收工作总结；
——验收委员会审阅工程档案资料、运行总结报告及检查项目工程验收遗留问题和试运行中发现问题的整改情况；
——验收委员会质询相关单位，讨论并形成验收意见；
——验收委员会签署工程竣工验收报告，并对遗留问题做出处理决定；
——工程质量监督机构出具验收监督意见。

25.9 其他

25.9.1 施工单位应在竣工验收合格后，按合同签订工程质量保修书，自竣工验收合格之日开始履行质保义务。

25.9.2 建设单位应在竣工验收合格之日起 15 个工作日内，将竣工验收报告和相关文件，报城市建设主管部门备案。

26 系统联调与试运行

26.1 一般规定

26.1.1 悬挂式单轨交通项目系统联调与试运行的目的应为通过系统功能测试检验、运行图参数测试、故障模拟、应急救援演练、按图行车，检验各系统在正常与非正常条件下运输组织的适应性，验证行车组织方式能否满足运营要求；检验设备故障和自然灾害条件下的应急处理能力。

26.1.2 系统联调与试运行应包括系统功能测试检验、应急演练、试运行达到的基本要求。

26.1.3 系统联调与试运行应按审核项目基础条件、系统功能核验、应急与演练、试运行程序进行。

26.1.4 悬挂式单轨交通项目系统联调与试运行完成，并应通过第三方组织的初期运营前安全评估后投入初期运营。

26.1.5 为明确悬挂式单轨交通工程项目系统联调与试运行前设施设备系统功能和初期运营等方面应达到的基本要求，制定本章标准。

26.1.6 按运营管理要求配备运营管理人员进行系统功能核验、应急与演练、试运行程序时，可依据本章标准进行初期运营前安全评估。

26.2 项目基础条件

26.2.1 项目工程验收应取得下列文件：
——项目所含单位工程均已完成设计及合同约定的内容，并通过了单位工程验收。对不影响运营安全及使用功能的缓建、缓验项目已经相关部门同意；

——单位工程质量验收提出的遗留问题、住房城乡建设行政主管部门或其委托的工程质量监督机构责令整改的问题已全部整改完毕；
——设备系统经联合调试符合运营整体功能要求，并已由相关单位出具认可文件；
——已通过对试运行有影响的相关专项验收。

26.2.2 工程结构应符合下列条件：
——区间、车站及车场的轨道梁应通过限界检测和验收，设施设备应无侵限现象。线路上运行的车辆等均不应超出所运行线路的限界；
——线路、轨道梁桥、道岔等结构工程应符合本标准 9 线路、10 轨道梁桥、11 道岔的规定；
——车站、自动扶梯、电梯、楼梯、行人过街设施等车站建筑应符合本标准 12 车站，19 自动扶梯、电梯与站台屏蔽门的规定；
——车站应设置醒目的安全警示标志、导向标识、无障碍设施等，车站禁人区域应有明确标志，并设有阻挡外界人、物进入的防范设施；
——应建立结构工程的沉降监测系统、对结构的沉降进行实时监测；
——当区间上跨道路净空高度不大于 8m 时，应设有限高标志和限界防护架；当墩柱有可能受外界撞击时，应设防止墩柱受撞击的保护设施；
——车站、运营控制中心、变电所等工程应符合消防、环保、抗震、防雷和防淹等要求；
——空中安全疏散系统应符合本标准 23 防灾的规定。

26.2.3 线路和轨道梁桥应符合下列条件：
——线路和轨道梁桥应符合本标准 9 线路和 10 轨道梁桥的规定；
——信号标志等设施应符合 GB 50458 的规定，并应配置齐全、标志清晰、牢固可靠；
——不应有妨碍行车瞭望的构筑物、树木和其他物体；有妨碍行车瞭望建筑物的，应采取限速等行车安全措施；
——正线或车场尚未使用的道岔应采取切实可行的安全防护措施；
——轨道工程尽端应设置车挡；
——在严寒和寒冷地域，道岔应采取防冰冻措施。

26.2.4 车辆应符合下列条件：
——车辆应符合本标准 6 车辆的规定；
——应完成列车型式试验和例行试验，提交的测试报告结果应合格；
——车内安全标志、导向标识、无障碍设施、广播设备、灭火器、安全锤、乘客紧急通话装置、空中逃生标志和设备、乘客服务信息等应设置齐全；
——车辆应配备满足道路交通法规要求的前照灯、示宽灯、方向指示灯、尾灯、后视镜和图像记录仪。

26.2.5 供电系统应符合下列条件：
——电力监控系统应具备对全线供电系统设备的遥控、遥信、遥测和遥调功能；
——应完成主要电气元件开关的整定值校核；
——应急照明、应急电源和电能计量装置的配置应符合 GB 50490 的规定；
——供电系统与城市电网的管理分界处应设有隔离开关或断路器；
——交流电气设备的接地应可靠，接地装置的接触电压和跨步电压应符合 GB/T 50065 的规定；
——接地安全标志应齐全清晰，安全工具应放置到位。

26.2.6 通信及信号系统应符合下列条件：
——通信各子系统应符合 GB 50382 和 GB 50490 的规定；

——无线通信系统信号覆盖度和场强测试应合格；
——视频监控摄像机应具备存储功能，存储内容保存时间不应少于 30d；
——无线调度、广播等重要语音应录音，录音设备宜集中设置，录音保存时间不应少于 30d；
——通信及信号系统应进行 144h 连续测试；
——信号系统应取得可空载运行的安全证书；
——信号系统应能显示车辆位置，并应具备显示、控制道岔和记录回放功能；
——运营控制中心与轨旁设备与车载设备间的安全控制信息传递应安全可靠；
——应完成车场、车站和正线系统之间的相关接口调试。

26.2.7 消防及给排水系统应符合如下基本条件：
——消防及给排水系统应符合 GB 50490 的规定；
——消防器材和消防泵房内相关设备应配置齐全，消火栓箱门应有闭锁装置；
——给水系统宜采取防冻措施，生活用水具有水质检测合格报告。

26.2.8 车场应符合下列条件：
——车场周界宜设围蔽设施，有电区和无电区之间应有隔离设施和警示标志；
——库内车顶作业平台两侧应设安全防护设施，车顶作业面上方宜设安全防护设施；
——车场应具备配属列车停放、调试的条件，并应具备运营阶段必要的设备、材料、抢修和救援器材，以及存放设施；
——车场内安全生产标志标牌应安装到位。

26.2.9 储能供电试运行前应先进行储电运行再进行供电运行。储电运行应从低到高逐步提速，结构、系统设备、设施等应符合限界要求；轨道梁、道岔、线路、接触轨应符合设计要求。

26.2.10 供电运行应按设计速度和最高速度运行，并应符合下列规定：
——轨道梁、接触轨在动荷载作用下位置、结构牢固及可靠程度符合设计标准；
——供电系统设备满足列车运行的需求，稳定性、可靠性符合设计要求；
——通信及信号系统设备在使用中各项功能符合设计要求。

26.3 系统功能核验

26.3.1 试运行前应对车辆、供电、通信及信号系统、火灾自动报警和环境与设备监控等系统进行抽查测试检验。

26.3.2 供电系统应按表 23 的运行模式进行测试检验。

表 23 供电系统各种运行模式测试检验表

调试项目	调试方式	测试内容	配合要求	记录方法
大双边越区供电方式测试	模拟中间车站牵引所故障退出运行，实行大双边越区供电方式，由相邻两座车站牵引所越区供电，对相邻两座车站牵引所供电能力及直流参数测试	①测量相邻两座车站牵引所直流馈线列车启动电流波形。 ②测量相关直流系统参数	①行车需求：测试时按试运营行车间隔行车； ②全线各站各类负荷全部投入正常使用	①用电力监控系统工作站观察。②用示波器等仪器设备在站内测量和记录。③列车启动时记录直流馈线开关最大电流，相关系统参数每半小时记录一次

表 23 （续）

调试项目	调试方式	测试内容	配合要求	记录方法
单边供电方式测试	模拟任一车站牵引所故障退出运行，实行单边供电方式，由相邻车站牵引所供电，对相邻车站牵引所供电能力及直流参数测试	①测量相邻车站牵引所直流馈线列车启动电流波形。 ②测量相关直流系统参数	①行车需求，测试时按试运营行车间隔行车； ②全线各站各类负荷全部投入正常使用	①用电力监控系统工作站观察。②用示波器等仪器设备在站内测量和记录。③列车启动时记录直流馈线开关最大电流，相关系统参数每半小时记录一次

26.3.3 通信传输系统与关联系统应测试检验下列核心功能：

——模拟光纤断裂引起的传输光纤环路中断；

——模拟车站传输节点故障引起的传输光纤环路中断；

——模拟运营控制中心传输节点故障引起的传输光纤环路中断。

26.3.4 通信时钟系统与关联系统测试检验下列核心功能：

——正常工作时相关各系统情况；

——中心主备母钟切换；

——使用中心母钟晶振工作；

——通信时钟系统运行正常，确定相关各系统是否可以正确接收到标准通信时间信号，并可进行校准；

——在中心主用母钟工作的情况下，人工切换到备用母钟工作状态，确定相连的其他各系统是否可以正常接收到标准通信时间信号，并可进行校准；

——各系统确定完毕后，切换到主用母钟工作状态，再次确定相连的其他各系统是否可以正常接收到标准通信时间信号，并可进行校准；

——断开中心母钟标准时间信号源 GPS 标准时间信号，使用中心母钟晶振工作。确定相连的其他各系统是否可以正常接收到通信时间信号，并可进行校准；

——各系统确定完毕后，重新接回中心母钟标准时间信号源 GPS 标准时间信号，确定相连的其他各系统是否可以正常接收到通信时间信号，并可进行校准；

——人工关闭主备中心母钟电源，模拟中心母钟工作失效，无法提供时钟信号源，手动改变各系统时间，5min 后开启主备中心母钟电源，时钟系统恢复正常工作后，检查各相关系统是否能正常接收通信时间信号源，并可进行校准。

26.3.5 信号系统功能应按下列静态和动态测试检验：

——静态测试应按表 24 进行，并应符合相应要求。

表 24 信号系统静态测试检验表

序号	测试检验内容
1	排列进路，检查中央、车站工作站上的进路元素是否与进路表一致，同时检查现场的信号机、区段、道岔位置与进路表是否一致

表 24 （续）

序号	测试检验内容
2	打开安全门，是否导致相关信号关闭
3	进路建立后，检查敌对进路能否建立
4	单独锁闭该进路上的某一信号元素(信号机、区段、道岔等)，检查进路能否建立
5	开启折返模式，锁闭折返进路中的相关元素，折返模式应失效

——信号系统动态测试应按表 25 进行，并应符合相应要求。

表 25 信号系统动态测试检验表

序号	测试检验内容	备注
1	1 列车，在测试区域运行第一圈过程中，人工排列每一条进路，检查列车占用并出清后进路能否正常解锁。	分区测试
2	第二圈，人工排列车每一条进路，检查进路区段占用时，始端信号机能否开放引导	分区测试
3	第三圈，人工排列车每一条进路，检查接近区段占用时，取消该进路，该进路延时解锁时间是否与进路表一致。	分区测试
4	第四圈，人工排列车每一条进路，检查列车在保护区段前方停车后，保护区段延时解锁时间是否与进路表一致。	分区测试
5	1 列车，全线运行，检查进路能否正常建立、占用、出清、解锁	全线测试
6	2 列车相隔 5min 全线运行，检查追踪运行时各自进路能否正常建立、占用、出清、解锁状态，且在端点站能否有效折返(无阻塞现象)。	全线测试
7	打开折返模式，检查列车是否能触发相应的折返进路，列车在人工折返过程能否自动触发和解锁相关进路。	结合上述步骤测试

26.3.6 综合监控系统(ISCS)与火灾自动报警系统(FAS)测试检验应按表 26 进行，并应符合相应要求。

表 26 综合监控系统(ISCS)与火灾自动报警系统(FAS)测试检验表

序号	调试项目	测试检验内容
1	ISCS 和 FAS 通讯功能调试	检查 ISCS 是否可以正常监控 FAS 的设备信息
2	ISCS 与 FAS 对防排烟系统监控功能调试	测试确认消防风阀、电动排烟口、电动风口、风机等启停控制、巡检、故障信号模拟、就地远方控制切换等操作是否与现场一致

表 26 （续）

序号	调试项目	测试检验内容
3	ISCS 与 FAS 对气体灭火系统监控功能调试	测试确认 ISCS 是否能正确显示监视气体自动灭火系统的运行状态；验证气体保护房间的联动功能是否实现
4	ISCS 与 FAS 对消防水系统监控功能调试	测试确认消火栓泵、喷淋泵、电动蝶阀、湿式报警阀和水流指示器等启停控制、巡检、故障信号模拟、就地远方控制切换等操作是否与现场一致
5	ISCS 与 FAS 对水喷雾系统监控功能调试	测试确认细水雾泵和稳压泵启停控制、巡检、故障信号模拟、就地远方控制切换等操作是否与现场一致
6	ISCS 与 FAS 对动照系统监视功能调试	测试确认 ISCS 是否能正确显示感温电缆、光纤、感烟探测器的报警信息； 测试对公共区和出入口应急照明开关控制信号是否与综合监控面板显示一致

26.3.7 综合监控系统(ISCS)与站台屏蔽门系统(PSD)测试检验应按表 27 进行，并应符合相应要求。

表 27 综合监控系统(ISCS)与站台屏蔽门系统(PSD)测试检验表

序号	测试项目	测试检验内容
1	站台屏蔽门的状态和故障测试	1、PSD 专业检查供电系统、驱动电源、控制电源、中央控制器 PLC 的状态并反馈给 ISCS，ISCS 核实人机界面上的状态是否与现场一致； 2、现场给出供电系统故障，检查 PSD 系统设备运行状态，在 ISCS 人机界面上查看是否收到故障报警信息。恢复供电正常，检查 PSD 系统设备运行状态，在 ISCS 人机界面上查看故障状态是否解除；依次给出驱动电源、控制电源、中央控制器故障状态，查看 PSD 和人机界面是否符合预期结果，恢复正常状态； 3、在 PSL 操作盘上，将旋钮设置到容许状态，分别对滑动门进行开、关操作，并反馈给 ISCS，ISCS 检查人机界面上的显示是否与现场相符； 4、信号系统模拟列车到站信号，检查主控机是否收到列车到站信息并下发开门命令，在 ISCS 人机界面上查看是否收到信息、门的状态是否与现场情况相符。信号系统下发关门指令，检查主控机是否收到命令并执行，在 ISCS 人机界面上查看收到的信息，

表 27 （续）

序号	测试项目	测试检验内容
		以及门的状态是否正确； 5、现场模拟滑动门故障，反馈至 ISCS，ISCS 检查人机界面是否为故障状态； 6、在就地控制盒上设置滑动门为自动状态，ISCS 检查人机界面显示是否正确；依次设置为隔离、手动状态，检查执行结果是否达到预期效果； 7、操作应急门上的隔离开关，将其打到隔离状态，检查 ISCS 人机界面显示是否有报警信息产生。恢复正常，检查报警是否消除；对应急门进行开关操作，检查界面显示是否与现场相符； 8、对端门进行开关操作，检查 ISCS 人机界面状态显示是否正确；现场模拟故障状态，检查是否有报警信号反馈至 ISCS 界面上
2	对时功能	1、ISCS 修改系统时间并下发至 PSD 系统； 2、PSD 查看收到的时间并反馈给 ISCS，ISCS 核查时间是否一致

26.4 应急和演练

26.4.1 为应对突发事件，应制定下列应急预案：

——应对设施设备故障、火灾、列车相撞和突发客流等的应急预案；

——应对地震、台风和地质灾害等的应急预案；

——应对突发公共卫生事件的应急预案；

——应对人为纵火、爆炸、投毒和核生化袭击等恐怖袭击事件的应急预案；

——空中安全疏散和救援应急预案。

26.4.2 在试运行前应进行下列应急演练：

——道岔故障处理、手动操作道岔办理进路、站台屏蔽门故障、列车故障救援、电话闭塞和大小交路列车折返等演练；

——突发停电事故演练；

——火灾、爆炸事故演练；

——突发大客流演练；

——列车相撞事故模拟演练等；

——空中安全疏散和救援应急演练。

26.5 试运行

26.5.1 试运行不得少于三个月，连续 20 天应按初期运营开通时列车时刻表行车。

26.5.2 试运行期间，根据气候等情况每列车运行里程不应少于 1000—2000km。

26.5.3 试运行连续 20 天，运行指标应达到下列要求：

——列车运行图兑现率不低于 98.5%；

——列车正点率不低于 98%；
——列车服务可靠度不低于 2.5 万列公里/次；
——列车退出正线运行故障率不高于 0.5 次/万列公里；
——车辆系统故障率不高于 5 次/万列公里；
——信号系统故障率不高于 1 次/万列公里；
——供电系统故障率不高于 0.2 次/万列公里；
——站台屏蔽门故障率不高于 1 次/万次。

26.5.4 试运行后应据实写出试运行结论性总结报告，内容应包括试运行基本情况、设施设备可靠性和故障率指标等，并应给出投入初期运营的建议。

附　录　A
（资料性）
限界图

A.1　区间直线地段车辆轮廓线、车辆限界、设备限界(图 A.1)的坐标值，应按表 A.1～表 A.5 选取。

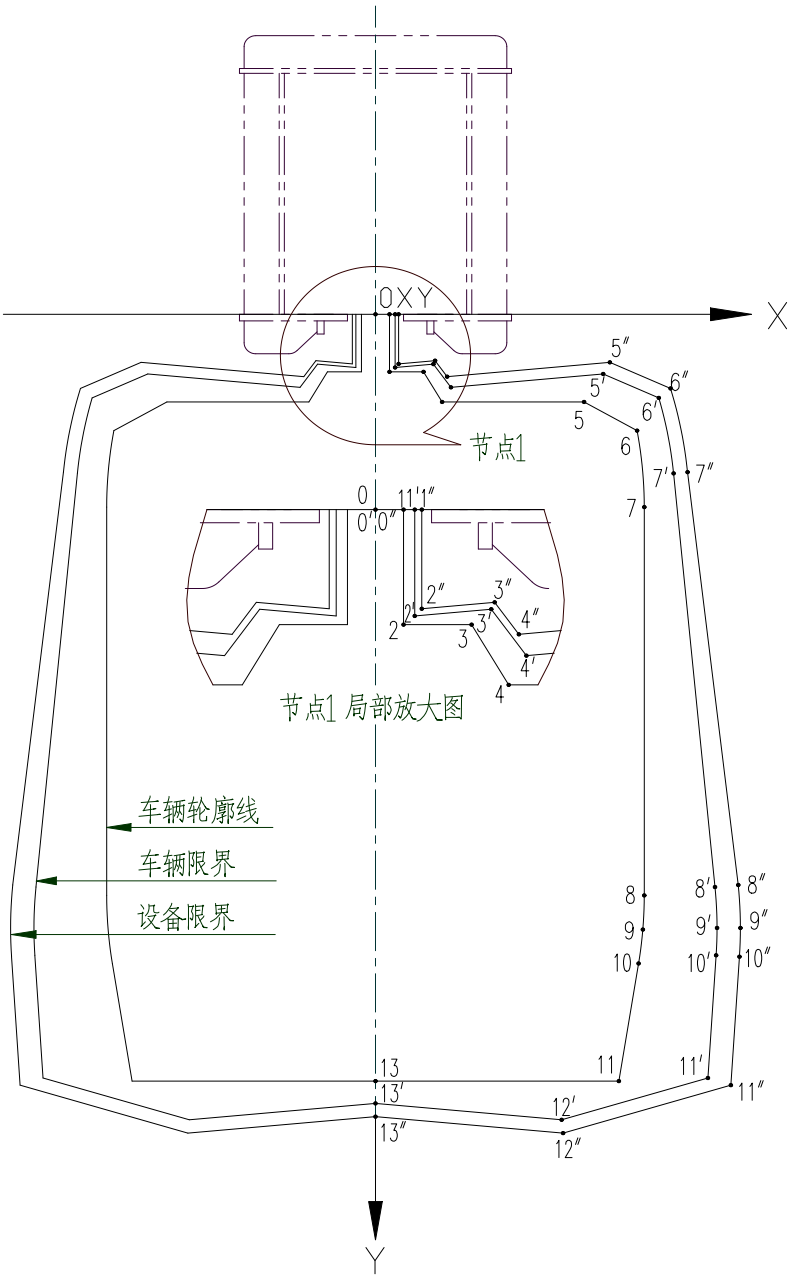

图 B.1　区间直线地段车辆轮廓线、车辆限界和设备限界

表 A.1　车辆轮廓线坐标值(mm)

点号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
X	0	60	60	206	285	893	1120	1150	1150	1144
Y	0	0	262	262	400	400	531	880	2653	2809
点号	10	11	12	13	—	—	—	—	—	—
X	1126	1042	—	0	—	—	—	—	—	—
Y	2963	3500	—	3500	—	—	—	—	—	—

表 A.2　车辆限界坐标值(隧道外区间直线地段)(mm)

点号	0’	1’	2’	3’	4’	5’	6’	7’	8’	9’
X	0	84	84	248	323	975	1213	1276	1453	1462
Y	0	0	243	228	334	272	382	726	2614	2801
点号	10’	11’	12’	13’	—	—	—	—	—	—
X	1458	1423	797	0	—	—	—	—	—	—
Y	2926	3486	3677	3602	—	—	—	—	—	—

表 A.3　设备限界坐标值(隧道外区间直线地段)(mm)

点号	0”	1”	2”	3”	4”	5”	6”	7”	8”	9”
X	0	99	99	255	307	1003	1263	1336	1553	1562
Y	0	0	227	212	285	220	339	721	2605	2801
点号	10”	11”	12”	13”	—	—	—	—	—	—
X	1558	1521	803	0	—	—	—	—	—	—
Y	2932	3519	3738	3662	—	—	—	—	—	—

表 A.4　车辆限界坐标值(隧道内区间直线地段)(mm)

点号	0’	1’	2’	3’	4’	5’	6’	7’	8’	9’
X	0	84	84	220	290	943	1175	1220	1299	1300
Y	0	0	246	241	350	323	445	792	2687	2843
点号	10’	11’	12’	13’	—	—	—	—	—	—
X	1288	1225	968	0	—	—	—	—	—	—
Y	2998	3541	3629	3589	—	—	—	—	—	—

表 A.5　设备限界坐标值(隧道内区间直线地段)(mm)

点号	0”	1”	2”	3”	4”	5”	6”	7”	8”	9”
X	0	99	99	228	270	957	1228	1280	1399	1400
Y	0	0	231	225	291	263	404	790	2683	2770
点号	10”	11”	12”	13”	—	—	—	—	—	—
X	1387	1323	976	0	—	—	—	—	—	—
Y	3010	3572	3690	3649	—	—	—	—	—	—

A.2　车站直线地段车辆轮廓线与区间直线地段车辆轮廓线一致，车站车辆限界(图 A.2)的坐标值，应按表 A.6 选取。

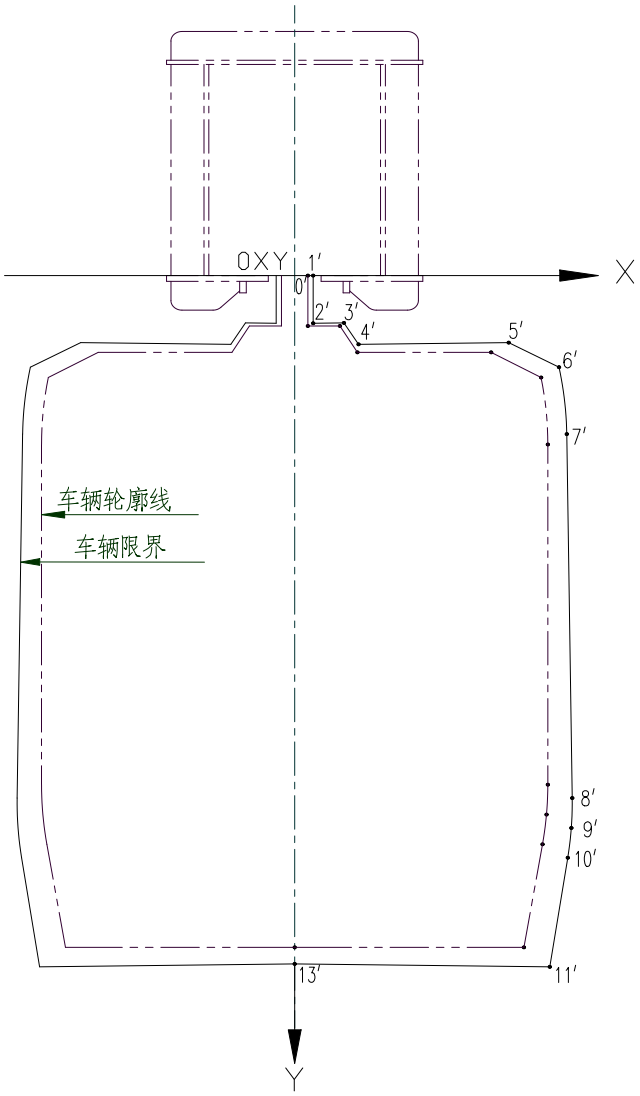

图 B.2　车站直线地段车辆轮廓线和车辆限界

表 A.6　辆限界坐标值(车站直线地段)(mm)

点号	0’	1’	2’	3’	4’	5’	6’	7’	8’	9’
X	0	84	84	224	290	973	1201	1236	1261	1261
Y	0	0	249	247	358	350	478	826	2722	2749
点号	10’	11’	12’	11’	—	—	—	—	—	—
X	1241	1159	—	3587	—	—	—	—	—	—
Y	3033	3602	—	0	—	—	—	—	—	—

附 录 B
（资料性）
条文说明

B.1 总体原则

B.1.1 悬挂式单轨交通在国外具有上百年的应用历史，目前国内已建设多条悬挂式单轨交通试验线路。为统一悬挂式单轨交通技术标准，填补我国在该领域的空白，引领、指导悬挂式单轨交通在我国的技术创新及工程化应用，通过开展国内外调研及前沿技术创新的基础上，制定了本标准。

B.1.2 改建、扩建及旅游观光的悬挂式单轨交通工程可参照执行。

B.1.3 旅游悬挂式单轨交通设计应以城市国土空间规划、旅游区规划等规划为依据，处理好旅游开发与生态环保的协调关系，处理好与其他旅游交通线路的衔接关系，使换乘安全、便捷。

B.2 运营组织

B.2.1 一般规定

运营规模是工程建设规模和运营管理规模的基础，包括系统能力、运输能力、运行速度、列车编组等。合理地确定运营规模，除了能够满足线路运输功能的需要，还能降低工程投资和将来长期的运营管理成本。

B.2.2 运营规模

B.2.2.1 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；系统能力主要受到采用的信号系统、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，已经可以达到 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。

B.2.2.2 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。

B.2.2.3 初期高峰时段的发车密度不仅是服务水平的体现，更直接影响的是列车配属及采购数量，因此，在线网已经形成的前提下，新线初期行车密度在满足新线客流预测需求的基础上，应综合考虑线网其他换乘线路的同期行车密度和线网客流效应等因素，尽量做到匹配，以提高换乘服务水平和抗风险能力。

B.2.2.4 考虑到初期吸引客流和维持必要服务水平的因素，系统通车运营后 3 年内服务水平应该不断提高。参考目前工程设计项目，初步推荐不大于 6min 的初期高峰时段运行间隔。旅游线路各时段行车间隔宜根据旅游客流分布特征确定。

B.2.2.5 列车编组数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。当各年限的列车编组数不同时，行车密度应具有延续性，不应降低既有的服务水平。

B.2.2.6 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。

B.3 运营模式

本条文参考 GB 50157，规定了一般情况下悬挂式单轨系统确定上、下行方向的办法。

B.4 运营配线

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。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。

考虑到悬挂式单轨交通功能定位，以及道岔系统的特殊性、造价高等因素，对故障救援时间要求较地铁系统有所降低。作为旅游线路时，可根据运营需要、工程条件和车辆条件，适当调整停车线间距。加设的渡线可作为停车布置间距较大时的补充，不仅可以为故障列车随时折返回车辆基地创造条件，而且也会为平时的运营管理创造灵活性。

B.5 运营管理

B.5.1 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，且倡导全自动运行，故在定员配置上相应减少。

B.5.2 计程票价是体现公平付费的合理方式，同时能够适当地降低运营费用。根据悬挂式单轨建设的不同区域，可以增加单日票、月票、年票等多种票务售卖措施，对不同需求的人群给予不同程度的优惠，体现人文关怀，同时间接增加客流吸引。景区观光线路票价宜根据国家景区票价制定相关标准制定。

B.6 车辆

B.6.1 一般规定

B.6.1.1 车辆结构是指车体、转向架构架等重要金属件，不包括电子、橡胶等其它部件。本条规定车辆结构的设计寿命不低于 30 年，是借鉴其它城市轨道交通车辆的经验确定的。

B.6.1.2 考虑到悬挂式单轨车辆中小运量的特点，并兼顾旅游项目的舒适性，定员(AW2)人数和超员(AW3)人数均给出的是一个范围，可根据项目实际客流和功能定位灵活选择定员和超员人数。为保证安全，车辆的结构强度应按 9 人/m^2校核。

B.6.2 安全和应急设施

B.6.2.1 缓降装置：是指在紧急情况下把停在高架轨道梁上的车辆中的乘客疏散到地面的装置。包括但不限逃生滑道、逃生梯、逃生绳、应急逃生器等。

——纵向救援：当列车在区间发生故障不能运行时，同一线路上的救援列车从故障列车前部或者尾部接近故障列车，打开司机室前端的紧急疏散门，伸出带有保护栏杆的纵向渡板，形成逃生通道，乘客通过逃生通道疏散至救援列车内。纵向渡板宜由救援车辆携带，纵向救援主要用于故障救援。

——横向救援：当列车出现故障不能继续运行时，利用横向渡板通过车体侧门将乘客疏散到平行线路上的救援列车内或线路救援疏散平台上。横向渡板宜由救援车辆携带或在救援疏散平台上常备。救援车辆救援主要用于故障救援，疏散平台救援主要用于应急救援。

垂向救援：在车辆地板面留有逃生通道，平时逃生出口关闭，当列车发生事故需要疏散乘客时，司机将地板面上的逃生出口打开，将逃生缓降设施放下，乘客通过逃生缓降设施依次下降至地面。逃生缓降设施应随车携带，便于取用。垂向救援主要用于应急救援。

B.6.2.2　顶部紧急疏散通道的设置是为了应对地面环境复杂，不适合利用缓降设施向下逃生的情况。需要与轨道上的顶部疏散平台配合使用。

B.7　勘察与测量

B.7.1　勘察

B.7.1.1　岩土工程勘察分阶段开展工作，要由浅入深、不断深化，逐步认识沿线区域及场区的工程地质条件，准确提供不同阶段所需的岩土工程资料。

B.7.1.2　悬挂式单轨交通通常建在城市建成区，工程周边环境复杂，其对建设工程影响大，设计施工前应高度重视。

B.7.1.3　对工程方案有重大影响的岩土工程问题，应进行专项勘察工作，提出有针对性的工程措施建议，确保工程规划设计经济、合理，工程施工安全、顺利。

B.7.1.4　施工时对地质深化调研工作是施工单位在施工过程中的必要工作，是信息化施工的重要手段，本条规定了施工中进行的地质工作，在实际工作中不限于这些工作。

B.8　测量

B.8.1　在城市内，悬挂式单轨交通是重要的市政交通设施之一，并与线路沿线各种建筑、管线等其他市政设施相衔接，所以应采用所在区域统一的平面、高程系统，保证各条线路之间及与相关的市政设施衔接正确。风景区及其他相对独立的区域内，悬挂式单轨交通与区域内景点、建筑、管线及其他设施设备相衔接，也应采用与其一致的平面、高程系统；如果平面、高程系统不一致，应建立系统之间的转系关系。

B.8.2　悬挂式单轨交通工程呈网状、单条线路较长或测量环境复杂时，应根据现场条件，分级布设平面和高程控制网；当线路较短或测量条件良好时，可以一次性布设平面和高程控制网。根据悬挂式单轨交通工程所在区域的地质和水文条件及其他建设对平面和高程控制网的影响状况，对已建成的平面和高程控制网定期进行复测，以便了解平面和高程控制网的可靠性、稳定性状况，并对变化较大的控制点及时进行更新；复测周期不宜超过半年。

B.8.3　轨道梁安装后，应进行相邻轨道梁水平线形和竖向线形的调整测量；调整测量可采用弦线法或全站仪极坐标测量方法，矢距测量两次，其较差不应大于 1mm。

B.8.4　限界检查是悬挂式单轨车辆上线运行之前，利用限界检查专用设备或常规测量仪器，按规定的方法和程序，检查工程是否满足限界设计要求。通过现状的限界检查，发现限界缺陷，提出整改要求，最终使限界满足悬挂式单轨车辆上线运行的安全性、可靠性要求。

B.8.5 变形监测方案应根据悬挂式单轨交通工程的施工方式、结构特点、岩土条件及施工场区变形区内环境状况和设计要求等因素制定。

B.9 线路

B.9.1 一般规定

B.9.1.1 悬挂式单轨各类线路释义参照 GB 50157 条文说明。

B.9.1.2 车站分布应符合下列规定：

——悬挂式单轨是中低运量客运系统，所以车站分布原则上是应根据大客流点吸引有效范围而定。具体做法是“选择城市交通枢纽点为基本站点，结合城市道路布局和客流集散点分布而选定”。

——同时考虑悬挂式单轨网络化运行特点，在线网规划中的线路交叉点，是各条线路运行中乘客的换乘点，也是线网客流换乘的平衡调节点，应予设置车站。

B.9.1.3 车站间距：车站分布原则上是应根据大客流点吸引有效范围而定，又要考虑旅行速度，此与站间距密切相关。同时要避免对单个车站客流过于集中，适当分散为宜。但总体上看，原则上应以方便乘车、提高客流效益为目的。城市中心区和居民稠密地区宜为 700～1000m。对超长线路应根据城市布局和旅行速度目标的要求，提高旅行速度，则站间距宜适当加大。

B.9.2 线路平面

B.9.2.1 正线曲线半径，首先是根据地形条件和对地面建筑物的影响而确定。另一方面，主要考虑车辆通过曲线的运行条件，如运行速度、对轮轨的磨耗，以及产生轮轨噪声等因素。因此对曲线半径大小有所选择，但并非越大越好。

B.9.2.2 车站宜设置在直线上，需设于曲线上时，其平面曲线半径不宜小于 300m。

——车站曲线半径大小的控制因素是站台边缘与车辆(车门处)的间隙大小，也与车体与站台门之间间隙有关；

——车站曲线站台中数据看出，无论是车与站台间隙，或车体与站台门的间隙，凸形比凹形的情况好些，为此推荐的曲线半径均受凹形站台控制。相对为凸形站台时，上述间隙均可减小和改善。

B.9.2.3 圆曲线最小长度，在正线、联络线及车辆基地出入线上，不宜小于 15m，在困难情况下，不得小于一节车辆的全轴距；车场线不应小于 3m。

——圆曲线最小长度规定为不小于一节车辆长度，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，降低乘坐舒适性；

——对于困难地段，允许减少到一节车辆的全轴距，即：车辆两转向架中心轴＋车辆转向架固定轴距。一般可用在非正线、低速运行地段。尽量不要出现在正线上；

——车场线圆曲线不应小于 3m；因为车场内列车为低速运行区，车场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.9.3 线路纵断面

B.9.3.1 纵断面设计应符合下列规定：

——线路最大坡度主要根据地形条件和车辆性能取舍。

——在山地城市的特殊地形地区，经技术经济比较，有充分依据时，最大坡度可采用100‰，是根据当前西部地区出现的实际情况，根据当前车辆生产水平提出的。

——在实际工程中，对于每一条线路的最大坡度是有一定区别，应综合工程实际需要，结合采用的车辆性能的可靠性和造价的合理性，结合工程和运行的经济性进行综合论证。如果在工程上是合理的，运行上是安全的，应该允许有所突破。

B.9.3.2　**车站坡度设计应符合下列规定：**

车站布置在纵断面的凸形部位上，有利出站下坡加速，进站上坡减速，符合节能坡理念。但进出站的坡度、坡长和变坡点应予合理设置，应从牵引计算反馈验证。

B.9.3.3　**坡段与竖曲线设计应符合下列规定：**

——列车通过变坡点时，会产生突变性的冲击加速度，对舒适度有一定影响。在变坡点处设置圆曲线型竖曲线是为改善变坡点(突变点)的竖向舒适度。

——竖向加速度a属于舒适度的标准，与竖曲线半径R(m)与行车速度V(km/h)有关，详见公式。

$$a = V^2 / R = 0.077\ V^2 / R(m/s^2) \qquad \text{(B.1)}$$

$$R = 0.077\ V^2 / a \qquad \text{(B.2)}$$

式中：

a——竖向加速度，其中a的取值详见(表B.1)；

V——行车速度(km/h)；

R——竖取半径(m)。

表B.1　a的取值

a	V	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
0.16	R=0.5V2	200	312.5	450	612.5	800	1012.5	1250	1512.5	1800	2112.5
注：当正线最高运行速度为70km/h，实际运行最高速度在60km/h左右，因此正线区间一般取值2000m，困难条件取40km/h左右，为800m。											

B.10　**轨道梁桥**

B.10.1　**一般规定**

B.10.1.1　轨道梁既是承重梁，又是导向轨，轨道梁需按线路设计要求形成轨道线形。车辆转向架位于轨道梁箱内，轨道梁箱内尺寸受车辆转向架控制，轨道梁各部位尺寸及精度应满足列车走行轮、导向轮走行要求。

B.10.1.2　轨道梁一般采用公路运输，梁长超过30m自重一般达到33吨以上，属于超长超重的超限货物。如过于缩小轨道梁跨度，梁体截面尺寸并不能减少很多，反而会增加桥墩数量，增加了总用钢量和工程量。通过对国外和国内多条悬挂式单轨交通线路了解发现，常用的跨度主要有20m、25m、30m。因此，经综合考虑，轨道梁跨度宜采用20～30m。

B.10.1.3　轨道梁桥的桥墩布置应符合城市规划要求，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。

B.10.2　刚度和变位要求

B.10.2.1　控制轨道梁的竖向刚度主要是为了满足列车的乘坐舒适度，符合 GB 50458 规定，在列车静活载作用下轨道梁竖向挠度不应超过其跨度的 1/800。日本《单轨结构设计指南》规定轨道梁在静活载作用下的挠跨比限值为 1/800。欧盟针对不同设计速度、不同跨度的铁路桥梁，以车体竖向加速度不高于 1.0m/s^2 为控制指标，提出了跨度与挠度比值(L/δ)的限值，见图 B.1。

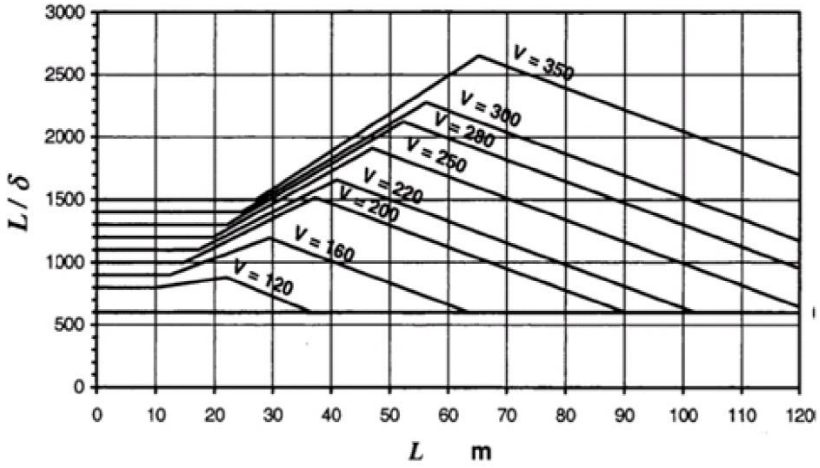

图 B.1　L/δ取值

注：图B.1中L/δ适用于三跨及以上的双线简支梁；对于单跨双线简支梁、两跨双线简支或连续梁，L/δ可乘以0.7系数；对于三跨及以上的连续梁，L/δ可乘以0.9系数。

B.10.2.2　综合分析国内外研究成果，按跨度分档提出了梁轨桥的竖向挠度容许值。结合国内悬挂式单轨交通试验线的建设情况，跨度 L≤30m，竖向挠度容许值取 L/900。

B.10.2.3　轨道梁底板及承轨面，类似于铁路的无砟轨道，本条参照 TB 10002-2017 第 5.4.6 条，按 200km/h 以下无砟轨道相关规定执行。

B.10.3　荷载

B.10.3.1　本标准荷载组合与 TB 10002 基本相同，考虑到轨道梁主要结构为钢结构，不同荷载工况下的提高系数不超过 1.5。

B.10.3.2　横向摇摆力应以转向架为一个整体施加于轨道梁上，悬挂式单轨交通车辆转向架与车体采用铰接，横向摇摆力较小，但目前缺少动载试验资料，横向摇摆力可偏于安全按一个转向架对应的设计轴重的 12.5%计算。考虑到悬挂式单轨交通车辆均为双轴转向架，本条规定列车横向摇摆力可按列车单轴重的 25%计算。

B.10.3.3　悬挂式单轨交通车轮运行在在箱形轨道梁内部，不受冰雪天气影响，但结构设计应根据当地气象条件计入冰(雪)荷载。冰(雪)荷载宜根据沿线气象资料的数理统计结果确定，可考虑采用 100 年重现期的冰(雪)压。

B.10.4 构造要求

B.10.4.1 考虑轨道梁热胀冷缩情况，因而两段轨道梁之间会留有一定间隙，为防止列车经过轨道梁接口产生的振动和冲击问题，轨道梁间应设伸缩缝装置，保证车辆走行轮、导向轮、稳定轮的轨迹面无错台无间隙连接，错台偏差应小于 1mm。

B.10.4.2 轨道梁桥墩柱有可能受到撞击时，宜设置防撞设施。当无法设置防撞设施时，轨道梁桥墩柱设计应计入撞击力。

B.11 道岔

B.11.1 一般规定

集中控制是指道岔由控制中心集中控制。现场控制是指当集中控制发生故障时，可使用道岔控制柜完成控制。手动控制是指当电源、控制装置、驱动电动机等设备发生故障时，通过手动装置完成道岔的控制。控制系统应具备安全保护功能是指过电压、断相、过电流保护和相序检测等。

B.11.2 道岔类型

可动芯型道岔是通过可动芯及其配套装置的运动完成换轨。替换梁型道岔是通过两个以上道岔梁的运动完成换轨。枢轴型道岔是通过单个直线道岔梁的摆动完成换轨。通过道岔梁平移完成换轨的替换梁型道岔为平移式，通过道岔梁旋转完成换轨的替换梁型道岔为旋转式。

B.12 车站

B.12.1 一般规定

建议车站设计采用模块化和标准化设计，是为了便于统一造型、统一采购、统一管理，对整体成本控制均有好处。对于特殊站点或者重点车站，可以采用特殊的设计方案，彰显站点特色。

B.12.2 车站总体布置

悬挂式单轨作为城市轨道交通的一种形式，对城市的发展有着巨大的影响。它不仅影响到整个城市的结构布局，还与居民的每天出行息息相关。根据交通状况、人流情况、人行习惯等合理布置过街功能的出入口通道，既满足车站乘客的疏散需求，同时满足过街客流的通行需要，间接减少了过街设施的数量，节约了市政设施成本。

B.12.3 车站平面

B.12.3.1 本条主要参考 GB 50157-2013 年版中，“设在站台层两端的设备及管理用房，可伸入站台计算长度内，但伸入长度不应超过一节车辆的长度”，对车站规模的控制可起到一定作用。

B.12.3.2 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体现。

B.12.3.3 为了方便乘客乘坐悬挂式单轨，保证车站正常的运营秩序，车站内应设置导向和服务乘客的标志；事故疏散标志是在火灾情况下保证乘客安全疏散的必要设施。车站内设置广告灯箱能节约运营成本，同时要考虑对车站功能设施的影响，尤其不能影响车站内的导向和服务乘客的标志。

B.12.3.4 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。

B.12.3.5 出入口处的门需要保证运营期间开启状态下不影响人流疏散，不占用较大空间，建议采用卷帘门形式。

B.12.3.6 基于我国的经济发展和人们物质文化水平的提高，为便于老年人和行动不便人群乘坐悬挂式单轨，参照 GB 50157，对车站自动扶梯的设置进行了规定。

B.12.3.7 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。

B.12.4 车站结构

B.12.4.1 由于中小运量的悬挂式单轨交通设备重量小于常规地铁设备重量，部分工程大型设备如箱变所等集成后通常设置于室外地面，提出本标准设备用房的荷载最小值为 4.0kN/m2，以满足大部分设备用房的荷载要求，具体工程中设计者尚应根据设备实际重量及工作状态据实确定荷载。

B.12.4.2 应采取措施使车站结构与轨道梁桥结构基础沉降尽量一致，以保证车辆地板与站台间的竖向尺寸与横向间隔满足限界要求，保证乘客安全、方便使用。

B.13 通风、空调与供暖

B.13.1 一般规定

目前在工程中应用的管材及保温、消声材料种类繁多，性能差异很大，为保证在悬挂式单轨交通运营和事故状况下所采用的材料不会散发出有害气体，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的空气环境，应遵守本条所提出的选材要求，保证选用 A 级不燃材料。只有当少数局部部位，如水管阀门的部位，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，容许采用难燃材料，但此时至少应采用 B1 级材料。

B.13.2 车站通风、空调与供暖

B.13.2.1 悬挂式单轨车站的站厅、站台一般设置在地面以上，应在建筑形式上考虑与外界增加相通性，这样有利于自然通风消除余热和余湿，从而达到简化通风与空调系统、降低造价、节省能源的目的。

B.13.2.2 本条参照 GBZ 1 的规定，并将寒冷地区、一般地区及炎热地区统一，但基本概括原文的规定。

B.13.2.3 当车站站厅设置空调系统时，站厅内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，由于站台无空调降温，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，故本条规定站厅内的夏季计算温度应为 29℃～30℃。

B.13.3 车辆基地等地面建筑通风、空调与供暖

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，为保证工作人员的健康安全、减少对厂区环境的污染、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。

B.14 给水与排水

B.14.1 一般规定

B.14.1.1　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，也可采取可靠的地面水源，但水质应符合要求。

B.14.1.2　为减少不必要的投资费用，换乘车站应充分实现资源共享，但是否采用一套系统受换乘车站形式及运营管理模式等条件的限制，同时应进行技术经济比较。

B.14.2　车站给水与排水

第 2 款电气设备绝缘子的外绝缘因环境的污染可能使得电气设备的绝缘水平大大降低，当电气设备的绝缘子表面积污，一旦管道漏水或冷凝水滴落在电气设备上，绝缘子表面污层中的电解质成分会充分溶解于水中使污层变为导电层，引起表面电阻大大下降，使电气设备的绝缘强度大大降低从而造成电气设备短路跳闸等现象，将会直接影响到列车的安全运营。因此，给排水管道均不应穿越变电所等电气设备房间。第 3 款黑龙江省属于高寒地区，管道需要采取必要的防冻保护措施。

B.14.3　车辆基地等地面建筑给水与排水

B.14.3.1　因屋顶水箱和水塔容易造成生活给水系统二次污染，故不宜在车辆基地生产、生活给水系统中使用。生产、生活给水泵需要长期工作，为了降低水泵的能耗，给水加压设备宜采用变频调速或叠压供水等节能设备，但叠压供水设计方案应经当地市政供水行政主管部门或供水部门批准认可。

B.14.3.2　车辆基地周围有城市杂用水系统且水质满足使用要求时，直接利用城市杂用水应作为车辆基地内冲厕、绿化及地面冲洗水等非接触用水的首选方案。

B.14.3.3　太阳能作为一种新能源，是一种清洁无污染的可再生能源。黑龙江省幅员辽阔，大部分地区太阳能年日照时数大于 1400h，水平面上年太阳辐照量大于 4200MJ/m^2·a，在这类地区，车辆基地内集中热水供应系统宜选用太阳能热水系统，太阳能热水系统辅助加热系统的选型应在经过技术经济比较的基础上确定。

B.15　供电

B.15.1　一般规定

B.15.1.1　城市轨道交通的远期建设将成网络状，因而外部电源方案的确立，不应局限在某一条线路，而应结合轨道交通线网、城市电网现状和规划统筹考虑。由于悬挂式单轨交通系统规模较小，如果不能与轨道交通线网中的其他线路实现主变电所资源共享时，推荐采用分散式供电方式。

B.15.1.2　电力负荷分级一般按 GB 50052 的规定进行划分。对于城市轨道交通，牵引供电中断将直接影响列车运行和安全，并对公共交通秩序造成影响，因此牵引用电负荷规定为一级负荷。由于悬挂式单轨交通属于小运量轨道交通，有时也用于短途交通运输线或观光旅游线，对于远期高峰小时断面客流量小于 1 万人次的线路，在车辆配置了应急牵引电源后，牵引负荷可按二级负荷考虑。

B.15.2　变电所

B.15.2.1　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。如果一套牵引整流机组退出运行时，另一套牵引整流机组通过其过负荷能力维持继续运行，将有利于提高牵引网的电压水平和减少能耗。当线路末

端牵引变电所退出运行时，应由相邻的牵引变电所实施单边供电。必要时，应在线路末端上下行牵引网间设置横向联络开关，并应由该牵引变电所实施单向大双边供电。车辆基地牵引变电所退出运行，应由正线牵引网为车辆基地运行车辆供电。

B.15.2.2 要求切断回路中可能出现的任何电流。在牵引网中，根据实测的参数，短路电流大时其线路L/R(电感与电阻之比)的值小，因而在灭弧条件不变的情况下，有利于直流电弧的熄灭；短路电流小时其L/R的值大，同样在灭弧条件不变的情况下，直流电弧的熄灭比较困难。因而提出本条规定。

B.15.2.3 牵引网的非永久性故障和牵引负荷特性引起的短时过负荷情况，在保护启动中所占概率较大，故采用自动重合闸装置能减少不必要的停电。

B.15.2.4 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。

B.15.3 牵引网

B.15.3.1 悬挂式单轨交通采用负极接触轨为负极回流电路。由牵引变电所直流开关至正极接触轨间的直流电缆称为上网电缆，由负极接触轨至牵引变电所负极柜间的直流电缆称为回流电缆。

B.15.3.2 本规定为安全性要求。由于牵引网带电部分的电压为直流1500V或750V，当不满足条件时，可能造成牵引网带电部分对钢结构或车体的放电。牵引网带电部分和轨道梁、车体之间的最小净距采用GB 32578(IEC60913)中的相关规定数值。

B.15.3.3 单边供电方式仅作为特定条件下使用，此处不作推荐。

B.15.3.4 为保证折返线供电可靠性，规定了主备两路电源。由于没有车辆检查作业，不涉及现场操作安全，可采用电动隔离开关将折返线的牵引网与正线进行连接。

B.15.3.5 停车列检库、检修库、静调库、试车线的牵引网需独立作业，为了不影响正常的停电作业，由牵引变电所直接供电是必要的。每条库线的牵引网应设置带接地刀闸的双极隔离开关是出于检修安全的考虑。

B.15.4 电缆

B.15.4.1 悬挂式单轨交通一般采用地上线路，处于开放式环境，电线、电缆可采用低卤、低烟、耐低温的阻燃材料。上网电缆及回流电缆，其型号选择应充分考虑弯曲半径小的特点。

B.15.4.2 当电缆在沿线区间敷设时，宜沿轨道梁布置。

B.15.4.3 中压电缆中间接头设置在车站站台板下时，由于站台板下各种维修活动相对多些，容易使电缆受到损坏，应对电缆接头设置防护措施。

B.15.5 动力与照明

B.15.5.1 第1款，专用的供电线路是指从变电所低压开关柜至消防(防灾)设备或消防(防灾)设备室的最末级配电箱的配电回路。在消防时，根据实际需要，消防人员到达火场进行灭火时，要切断非消防电源，防止火势沿配电线路蔓延扩大和避免触电事故。由于不少单位或建筑物的配电线路是混合敷设，消防人员常不得不全部切断电源，致使消防用电设备不能正常运行。因此应将消防用电设备的配电线路与其他动力照明配电线路分开敷设。同时，为避免误操作、便于灭火工作，应设置在紧急情况下方便操作的明显标志。第2款，低压配电级数太多将给开关的选择性动作整定带来困难。低压配电级数三级，如

配电变压器低压侧引至低压开关柜并配电至总配电箱，总配电箱接受电源并配电至分配电箱，分配电箱接受电源并配电给用电设备，则认为配电级数为三级。

B.15.5.2 车站的站厅、站台公共区照明可根据车站运营模式分组进行控制，应设置带光敏检测的自动控制装置，在白天自然照度满足要求时关闭公共区照明，目的为节能。

B.15.6 车载储能充电系统

车载储能充电系统的外部电源电压等级可采用 35kV、20kV、10kV。充电桩输出电压等级应按车载电源装置的充电要求配置。

B.15.7 综合接地

B.15.7.1 由于人身安全需要，车站结构主体钢筋应作为等电位连接内容，而在满足相关条件的情况下，利用车站主体钢筋等自然接地极作为接地装置能够减少工程投资并有利于保持接地电阻的稳定性。但鉴于土壤电阻率在土层纵向和横向可能存在变化，设计很难准确计算出利用车站主体结构钢筋等自然接地极作为接地装置时的接地电阻，而悬挂式单轨交通工程与民建工程不同，预留人工接地网外引条件存在实施上的难度，故作此规定。当确定采用车站结构主体钢筋等自然接地极能够满足接地装置的接地电阻要求时，可不设置人工接地网。

B.15.7.2 低压配电系统接地形式分为 TN、TT 和 IT，每种接地形式各有其不同特点。悬挂式单轨交通变电所及车站内部位于同一个总等电位范围内部的用电设备，配电系统应采用 TN-S 接地形式；变电所对车辆基地内各单体建筑的配电也可采用 TN-C-S 接地形式；对于车站外广场、车辆基地厂区用电设备如路灯配电宜采用局部 TT 系统等。

B.15.7.3 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，有利于结构主体钢筋腐蚀防护，同时保障沿线其他市政金属管线的安全。

B.15.7.4 本条要求独立接地装置在符合自身接地电阻要求后再与综合接地系统连接的目的，一是消除两接地装置间的电位差，二是在等电位连接不可靠时独立接地装置能够符合所防护的人员安全和设备安全要求。

B.15.8 施工安装与验收

B.15.8.1 控制连接点与定位点之间的距离可以防止汇流排在热胀冷缩时连接板与定位点发生卡滞现象。

B.15.8.2 本条规定在列车进行冷滑行试验时采用两种速度进行滑行试验，第一次滑行时，列车宜以较低的速度即 3km/h～5km/h 进行滑行，检查靴轨质量状况，为避免因牵引网系统在安装时有未发现的质量问题而损害列车集电靴或其他损害，同时也使列车在受电时碳刷与接触轨更好的磨合。低速滑行后，对靴轨系统进行检查，处理发现的质量问题后，再以接近运营的较高速度即 10km/h～40km/h 滑行，再次检查靴轨的质量状况，确定无问题后，再进行带电的热滑行试验，以确保运营顺利和安全可靠。

B.16 通信

B.16.1 一般规定

B.16.1.1 悬挂式单轨交通为确保车辆行驶安全和设备设施安全，设置了车辆限界和设备限界，本条明确了通信设备设施应满足的限界要求。

B.16.1.2 未规定设置公安通信系统，是因为专用通信系统和公安通信系统有部分设备和材料的功能是相同的，例如传输系统、视频监视系统、光缆，在建设、使用和运营等因素容许的情况下，可以合并建设，减少系统投资和运营成本。悬挂式单轨在建设、使用和运营等因素容许的情况下，可适当的合并和简化部分子系统，减少系统投资和运营成本。

B.16.1.3 本条规定专用通信一套系统应兼顾两种功能。如果在常规通信系统之外再设置一套防灾救护通信系统，势必要增加很多投资，而且长期不使用的设备难以保持良好状态，很难保证在发生事故和灾害时迅速及时的通信联系、指挥抢险救灾。

B.16.2 传输系统

B.16.2.1 从目前通信传输技术发展水平来看，光纤通信以其大容量、低成本、标准化及高可靠性等明显优势，成为通信传输的主要手段。因此，为满足悬挂式单轨列车各种信息传输的要求，应建立以光纤通信为主的传输系统网络。传输设备制式呈多样化发展，基于 SDH 的多业务承载平台、IP 光传输都有所应用。因此，应根据悬挂式单轨交通各种信息传输的要求，结合通信技术的发展，设置相应的传输系统网络。

B.16.2.2 光缆作为通信建设的物理层基础设施，具有一次建设、长期使用、不易扩容的特点。因此，悬挂式单轨交通的光缆容量除了应满足现阶段的需求外，还应考虑容量的预留，以适应远期发展需要。

B.16.2.3 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。室外裸露电缆、光缆的外防护层应具有防晒、防水等功能。车站电磁环境复杂，因此线缆要求具有抗电气化干扰的防护层。

B.16.2.4 光缆、电缆的敷设方式，是线路建设中的一项主要技术要求，关系到系统安全、工程量和投资。本条文是参照原邮电部的规定并结合悬挂式单轨交通的特点制定的。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 0.1mm 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。

B.16.3 专用电话系统

B.16.3.1 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。

B.16.3.2 站间行车电话是保证安全行车的专用电话设备，供相邻车站值班员间办理有关行车业务联系。

B.16.4 无线通信系统

B.16.4.1 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委员会批复的带宽，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。

B.16.4.2 无线通信系统应具备调度所需的各项呼叫功能和存储、监测等功能，满足无线调度的需求。

B.16.5 广播系统

广播系统与无线系统移动终端设置接口，以供运营人员在站台等公共区域可随时加入本站广播系统作定向广播。

B.16.6 视频监视系统

B.16.6.1 摄像头的安装位置、数量及安装方式应根据乘客流向、乘客聚集地等场所综合考虑。在站台两端宜设置摄像头用于监视车站两端线路及进出站车辆状况。同时，在设置重要设施处也应安装摄像头，以利于监视。

B.16.6.2 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。

B.16.7 乘客信息系统

B.16.7.1 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。本标准规定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。对于乘客查询系统，建议采用多媒体触摸屏等技术先进、运行可靠、安全性高和便于使用的设备。

B.16.7.2 乘客信息系统主要显示时间、列车运行情况、悬挂式单轨交通系统发布的信息公告及公共信息、电视节目、广告等内容，各城市悬挂式单轨交通公司可根据实际情况选择发布内容。因此，本条规定了与所需发布内容相关的系统应与乘客信息系统设置接口。乘客信息系统应至少与时钟、信号和综合监控系统设置接口，以保证悬挂式单轨交通内部相关信息的发布。

B.16.8 办公自动化系统

本节对办公自动化系统的基本功能和设置进行规定，在此基础上，各线路计算机网络系统的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。同时办公自动化系统软件平台可结合信息化系统建设方案统一建设，但综合布线部分仍需办公自动化系统单独建设。

B.16.9 电源与接地系统

B.16.9.1 电源系统是通信设备运行的基础保证，本条明确了电源系统的基本功能和要求。

B.16.9.2 由于通信系统担负着电力、信号、环控等重要信息的传输任务，并应确保正常运营和防灾救援时的通信功能，因此，本条规定通信设备应按一级负荷供电，由变电所或总配电柜引接双电源双回线路的交流电源至通信机房，当使用中的一路出现故障时，应能自动切换至另一路。

B.16.9.3 通信设备的数字化使传输、交换及其他通信设备的用电基本要求趋于同一化。-48V 作为直流基础电压符合国际、国内标准以及数字通信的实际情况，故规定“直流基础电压为-48V”。

B.16.9.4 分设接地和综合接地两种接地方式可因地制宜采用。按分设接地方式设置的接地体之间应保持一定距离，防止产生地线之间的串扰所造成的不安全因素。

B.16.10 通信设备用房技术要求

B.16.10.1 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。

B.16.10.2 通信设备用房的室内最小净高不含架空地板和吊顶高度。

B.17 信号

B.17.1 一般规定

B.17.1.1 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。

B.17.1.2 由于悬挂式单轨交通列车悬挂于轨道梁下方运行的特点，当风速达到一定程度时，会使运行中的列车产生摇摆，存在一定的运营安全风险。因此，信号系统应对风力强度进行监测，并根据监测结果，采取诸如限速运行、停车避险、回库停运等安全措施。

B.17.2 列车自动控制系统

B.17.2.1 在悬挂式单轨环境下，车辆基地信号系统采用与正线一致的设备，并纳入正线 ATC 系统的控制范围，可减少设备种类，减低建设和维护费用。第 1 款，一般情况下，悬挂式单轨交通规模不大，将 ATS 系统纳入到列车综合监控系统中，与各机电系统的运营和维护岗位进行合设，实现综合运维自动化，可以提高运营、维护效率，精简机构，降低运营成本，有利于推广悬挂式单轨交通。

B.17.2.2 虽然采用传统的列车位置检测设备(如轨道电路、计轴等)在悬挂式单轨交通系统上目前还没有可行的方案，但计轴设备经改进后有可能获得成功应用，应不排除固定闭塞制式，为将来基于计轴、点式信标 ATP 技术的控车系统预留发展空间；同时，CBTC 系统也能够做到根据运能需求，采用软件技术划分模拟闭塞分区的方式，按照准移动闭塞或固定闭塞的方式控制列车运行，可简化控车软件的复杂程度，提高可靠性，因此，没有排除准移动闭塞制式和固定闭塞制式在悬挂式单轨交通上的应用。

B.17.2.3 悬挂式单轨交通适合采用运营控制中心自动或人工控制方式，车站自动控制和车站值班员人工控制方式可视项目情况进行选配。

B.17.2.4 由于悬挂式单轨交通运行环境的特殊性，当列车发生故障或灾害出现时，均需要有工作人员出面进行处置故障、引导乘客、协调组织救援等，推荐采用有人值守的 AM、CM、RM、EUM 驾驶模式。

B.17.3 数据通信系统

包括信号在内的多个专业在车-地之间存在数据无线传送需求。为避免多专业重复建设，由一个专业建设一套车-地间无线综合承载网络，为有需求的专业提供车-地间无线通信通道，可实现资源共享、降低建设和运营的费用。当然，车-地间无线综合承载网络还需要满足各专业有关安全性、可靠性、技术性能指标的要求。

B.17.4 全自动运行系统

第 7 款，信号系统与综合监控、乘客信息、广播、视频监视等系统联动，可使运营控制中心人员能够在设备故障、灾害等场景下，对现场高效实施远程应急处理和调度指挥。

B.18 售检票系统

B.18.1 调整试验

B.18.1.1 互联网票务是指采用各种互联网技术手段实现票的虚拟化、数字化，互联网票种分为多种介质，具体包括：二维码、NFC、银联闪付卡、手机 PAY、智能穿戴式设备(如智能手环、智能手表)、生物特征识别(如人脸、掌纹、声纹、虹膜等)、二维码+蓝牙。基于以上多种新型介质实现的虚拟化、数字化票种统称为互联网票务。互联网票务平台(iAFC)应具备向第三方 APP 开放二维码过闸的能力，其他城市轨道交通移动应用平台、第三方 APP 可通过接入各城市轨道交通互联网票务平台实现乘车码的互联互通。

B.18.1.2 互联网票务要求采用实名制，所有接入互联网票务平台的移动应用均需遵循互联网票务实名制安全要求，在首次申请开通服务时根据互联网票务平台的接口要求提供用户的实名信息，以保证城市轨道交通互联网票务运营的安全。在实名制的前提下，采用信用消费模式，通过后台行程匹配及计费来实现先乘车后付费。

B.19 自动扶梯、电梯与站台屏蔽门

B.19.1 自动扶梯

B.19.1.1 从低碳、环保节能等方面考虑，自动扶梯应选用变频调速的设备，自动扶梯变频控制主要有两种方式：旁路变频和全变频，在工程设计时，应针对具体工程特点进行比选，确定合理的设备选型。

B.19.1.2 为保障事故(紧急)疏散时，参与消防疏散的自动扶梯能正常工作，供电应采用一级负荷。

B.19.1.3 自动扶梯在具备变频调速功能的基础上，在无人使用时，可自动调整为低速运行或停止状态，应根据工程特点，选择具备一种功能或两种同时具备并可调的设备。

B.19.1.4 为确保乘客的乘梯安全，本条规定的技术参数与 GB 16899 中相关要求一致。

B.19.2 电梯

B.19.2.1 由于悬挂式单轨车站规模一般较小，电梯设置机房相对较困难，宜采用无机房电梯。

B.19.2.2 电梯应能实现车站控制室、轿厢、控制柜或机房之间的三方通话功能可满足运营需求；是否按“五方通话”功能进行设置可视具体工程特点而定。

B.19.2.3 在发生火灾时，为保障消防电梯正常工作，供电应采用一级负荷。

B.19.2.4 车站应优先考虑设置电梯作为无障碍设施，当车站无条件设置无障碍电梯时，可采用其他无障碍设施如：轮椅升降机、轮椅爬楼车等便于安装在楼梯处或无需安装的设施。

B.19.3 站台屏蔽门

B.19.3.1 关于站台屏蔽门的类型，有的工程配合通风空调系统的需要，将高站台屏蔽门顶箱上部的固定面板设置为开闭式结构时，也可称作封闭/非封闭转换式站台屏蔽门。

B.19.3.2 本条规定站台屏蔽门的安装应满足限界的要求，并在设计载荷作用的最不利条件下不得侵入车辆限界。

B.19.3.3 站台屏蔽门系统中的绝缘地板、滑动门上的防夹胶条、站台屏蔽门上下部的绝缘材料、门体上的密封胶条或密封胶、电缆及其他非金属材料应采用无卤、低烟且不含放射性的阻燃材料，避免在火灾情况下产生有害气体，对乘客造成更大的伤害。

B.19.3.4 测试条件和标准：距离站台屏蔽门门体 1m，高度 1.5m(低站台屏蔽门在距离地面 0.5m)处，高站台屏蔽门门体顶箱/低站台屏蔽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不大于 70dB(A)。

B.19.3.5 站台屏蔽门为到站列车提供乘客进出站台的通道，其电源应为一级负荷，以提高站台屏蔽门系统运行的可靠性。站台屏蔽门驱动电源为门控单元和门机供电，控制电源为 PSC、IBP、接口继电器等供电，分开设置便于减小相互间的干扰和影响，比如驱动电源故障后，控制电源还可保证 PSC 等设备继续运行，进行监视系统数据查询等。考虑整个站台屏蔽门系统的运营属性，驱动电源故障后，站台屏蔽门停止运行，控制电源有无作用不大，因此根据工程考虑也可将驱动电源、控制电源合并设置。

B.20 综合监控

B.20.1 综合监控系统

B.20.1.1 悬挂式单轨交通属于小运量轨道交通系统，车站规模相对较小，机电设备监控点较地铁大量减少。通过设备整合、系统集成，有利于提高与列车运行相关的系统自动化水平，降低运营维护成本，同时为全自动运行(无人驾驶)技术在悬挂式单轨应用创造更有利条件。国外已有悬挂式单轨交通开通运营项目实现了多个子系统集成的控制系统应用，实现了相关运营成本最小化，对于国内悬挂式单轨交通综合监控集成范围有着重要借鉴意义。门禁及自动售检票可与本系统互联，也可将除门禁系统授权及自动售检票系统财务部分外的其他设备管理功能与本系统集成。

B.20.1.2 对于线路总长较短，车站数量较少的悬挂式单轨交通线路，可考虑仅设置中央级系统，直接由中央级控制；对于线路总长较长，车站数量较多的悬挂式单轨交通线路，仍维持中央及车站两级控制方式，车站可不用每站设置设备，仅在划分区域的中心站设置车站设备，为便于管理、减少土建工程规模，综合监控区域中心站可与信号系统设备集中站统一设置。

B.20.1.3 一个城市应考虑统一建设一个全线网的培训管理系统，各线路将培训需要提出，宜由全线网的培训管理系统统一实现。

B.21 运营控制中心与信息化

B.21.1 一般规定

B.21.1.1 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。

B.21.1.2　由于规模小、运量小的悬挂式单轨项目，作业操作相对简单，计算机处理的数据量相对要少，可考虑采用功能集成合并的方式，如：单条线路宜采用相互不冲突的若干个专业调度职能集成在一个综合调度终端上实现；或多条线路采用同一专业的调度职能集成在先期建设的该专业调度终端上实现，充分利用计算机的处理能力，减少调度终端及相应设备的配置数量，也可减少相应岗位设置，同时也降低了控制中心建设规模，可极大节省建设和运营维护的费用。

B.21.1.3　运营控制中心的位置选择，应方便全线运营管理及各系统的连接，方便与城市其他线网连接，并能兼顾多条线路的联络与管理，顺畅与各线路间的连接路由，降低工程和管线投资及运营管理费用，便于在紧急情况下组织事故抢修及事件的处理。

B.21.2　功能分区与总体布置

B.21.2.1　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。

B.21.2.2　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。

B.21.2.3　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，一般包括主任室、运营管理技术室、运行图编辑室、运营生产管理室等房间，上述用房可根据运营实际需要设置或合并设置。

B.21.2.4　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。

B.21.2.5　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设置或合并设置。

B.21.3　建筑与装修

第 5 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。

B.21.4　布线

规划为多线路的运营控制中心在先期线路建设时，从设计阶段开始就应充分考虑后期线路建设时其主干光电缆接入各自设备室和调度大厅的问题，包括：已有规划的线路所需的主干光电缆进入运营控制中心的接入口位置、接入口方式及接入口封堵方式(如需要)等预先设计；各线路主干光电缆进入各自设备室或综合设备室、调度大厅的路由设计，光电缆敷设路由走向、敷设方式、占用空间，光电缆转弯空间预留加大等；光电缆接入分线柜前按设计规范要求预留出规定长度的光电缆盘放方式、盘放位置空间的预先设计；各线路的主干光电缆路由之间宜尽量避免交叉跨越，否则，应对光电缆交叉跨越敷设、固定方式、空间需求等预先设计。

B.21.5　通风、空调与供暖

B.21.5.1　考虑到运营控制中心与物业合建时两者的建设周期往往不一致，且以后两者的运行时间也不相同，将空调冷热源和管路系统分开设置便于今后维修和管理。

B.21.5.2 运营控制中心各类设备和管理用房性质不一，室内环境要求不同，为减少调节和运行管理的困难，减少空调能耗，宜根据使用要求来划分空调系统。

B.21.6 消防与安全

B.21.6.1 当采用自动灭火系统时，重要的电器设备房不得使用自动水喷淋灭火系统；防排烟自动联动宜由环境与设备监控系统实现。

B.21.6.2 消防控制室宜设置在运营控制中心首层主要出入口，并设置专用的消防电话与中央控制室联系。

B.21.7 信息化

B.21.7.1 对于成网建设、或与地铁及跨座式单轨等不同制式建于同一线网运营控制中心的线路，可结合运营需求，本着经济、适用的原则，合理确定云平台方案。

B.21.7.2 大数据平台建设方案根据远期线网建设规模，同时充分考虑数据分析需求后确定。

B.22 车辆基地

B.22.1 总平面布置

B.22.1.1 由于车辆基地占地较大、投资高，因此，在满足运输需要的前提下，设计规模要统一规划、分期实施，以节约投资。当今后扩建不影响正常生产和周围环境时，其股道、房屋建筑和机电设备等可按近期需要设计；用地范围应按远期规模确定，以免远期工程实施时征地困难，影响整体布局。

B.22.1.2 规模较小的停车场或旅游线路的车辆基地，出入线可采用单线双向设计，其列车通过能力应根据系统能力和运营要求计算核定。

B.22.1.3 车辆基地换线区域设置多组道岔及多条轨道线，道岔结构较为复杂，轨道线路加长，立柱增多，占地面积大，造价费用非常高。移车平台是适用于悬挂式轨道转换线路的新型装置，解决上述诸多弊端。

B.22.2 车辆运用整备设施

B.22.2.1 本条规定了车辆基地运用整备库房的设计原则和范围，库房具体尺寸由于检修工艺、检修车型尺寸的差异而各不相同。运用整备库房的高度根据相应的工艺要求确定。自带储能装置的列车，停车、列检、月检库线可不设接触轨。

B.22.3 车辆检修设施

本条规定了检修库的设计原则和范围，检修库具体尺寸由于检修工艺、检修车型尺寸的差异而各不相同。检修库的高度根据相应的工艺要求确定。

B.22.4 综合维修中心

梁轨、索轨、道岔、房屋和机电设备的大修工作专业性较强，需要工种配套齐全的专业队伍完成，而相对来说其工作量不大，综合维修部门配备齐全的专业队伍难度大。因此综合维修中心设计时，该部分任务应优先考虑外委或工厂承担，逐步实现维修专业化、社会化，以节省投资，提高检修质量、效率。

B.22.5 其他

B.22.5.1 目前车辆基地建造模式以现场作业为主，即搭脚手架-支模板-绑扎钢筋-现浇混凝土的施工模式。存在人工、环保等问题，受防水、机械装备、构件标准化等问题困扰，装配式建筑可以解决上述诸多弊端。

B.23 防灾

B.23.1 一般规定

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。

B.23.2 建筑防火

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。

B.23.3 消防给水与灭火

B.23.3.1 第 1 款，消防水泵从市政管网直接吸水时，水泵扬程除应按市政给水压力的最低值计算外，还应按市政最高供水压力对水泵的工况和车站内消防给水管网的压力情况进行复核。第 3 款，换乘车站按一次火灾进行设计，换乘车站消防给水系统宜采用一套给水系统，且应完善与火灾自动报警系统的设计接口，保证该方案的可实施性。通道换乘的车站由于换乘距离长，换乘车站之间机电系统的管理基本独立，此类换乘车站不宜采用一套消防给水系统。

B.23.3.2 除站台设单口消火栓有困难时可设双口双阀消火栓外，其他场所应设单口消火栓。

B.23.3.3 防排烟与事故通风

B.23.3.4 火灾时造成的人员伤亡，大部分是被烟气熏倒、中毒、窒息所致。因此有效的防烟、排烟和事故通风系统是火灾发生时的重要救援方式。

B.23.3.5 本条明确通风与空调系统设置防火阀的要求，是因为排烟系统在穿越不同防火分区时，当烟气温度达到或超过 280℃时，烟气中已经带火，因而需要设置防火阀来加以控制，否则带火烟气将殃及所穿越的防火分区，造成更大的灾害。但在通风与空调系统穿越一些设置防火门的重要房间时，如若这些房间同在一个防火分区内，则不必设置防火阀，因这些房间对悬挂式单轨交通而言均处于同等的地位。

B.23.4 防灾通信

列车上设置的电视监控系统、广播系统和应急电话系统使运营控制中心能随时监控列车和乘客的情况，保证在紧急情况下能与乘客进行直接通信，并直接对列车下达控制命令，保证乘客的安全。

B.23.5 疏散与救援

空中疏散平台是指主要依靠在单轨区间设置连续的疏散平台，使乘客能够步行疏散到安全出口直至地面安全区；垂直疏散主要靠消防软梯及缓降设备等直接从列车侧门疏散到地面；公路救援车救援是指通过公路交通到达紧急场所的各种车辆提供的救援；列车救援是其他悬挂式单轨车辆通过悬挂式单轨线路到达紧急场所，实施救援。

B.24 环境保护

B.24.1　一般规定

该条文的预测、评价、报告与审批意见是设计依据，设计时应执行。

B.24.2　噪声污染防治

相邻轨道梁的接头是低频噪声的主要来源，传播距离较远，接头应采取伸缩调节器接头、减振吸能器能措施降低车内和车外噪声。

B.24.3　水污染防治

若无法排入能接入城市污水处理厂的城市污水管网则应进行处理，达到满足附近受纳水体要求的级别后排放。对于洗刷等生产废水可经相应处理后重复利用，已达到节水减排的目的。含油废水的排放要求是为防止对环境造成污染。

B.24.4　电磁辐射及光污染防护

在城市主干路、立交桥、高架桥两侧或中间位置的高架车站，宜采用反射率不大于 0.16 的低反射玻璃。

B.24.5　环保竣工验收

验收意见包括工程建设基本情况、工程变动情况、环境保护设施落实情况、环境保护设施调试效果、工程建设对环境的影响、验收结论和后续要求等内容，验收结论应当明确该建设项目环境保护设施是否验收合格。

B.25　系统联调与试运行

B.25.1　一般规定

项目基础条件是该项目应该达到的要求，是系统联调与试运行的前提，本章关键是系统功能测试检验和试运行，是开通运营的依据。

B.25.2　试运行

系统联调与试运行结论性总结报告内容应详实，数据指标要齐全，并应给出可开通运营或经整改达到具体要求后再开通运营的建议。

参 考 文 献

[1] GBZ 1-2010 工业企业设计卫生标准
[2] GB/T 14894-2005 城市轨道交通车辆 组装后的检查与试验规则
[3] GB 15763.1-2009 建筑用安全玻璃 第 1 部分：防火玻璃
[4] GB 15763.2-2005 建筑用安全玻璃 第 2 部分：钢化玻璃
[5] GB 15763.3-2009 建筑用安全玻璃 第 3 部分：夹层玻璃
[6] GB 15763.4-2009 建筑用安全玻璃 第 4 部分：均质钢化玻璃
[7] GB 32578-2016 轨道交通 地面装置 电力牵引架空接触网
[8] GB 50157-2013 地铁设计规范(附条文说明)
[9] GB/T 50578-2018 城市轨道交通信号工程施工质量验收标准(附条文说明)
[10] GB 50300-2013 建筑工程施工质量验收统一标准 (附条文说明)
[11] TB 10002-2017 铁路桥涵设计规范(附条文说明)(附 2019 年局部修订)
[12] TB 10002-2017 铁路桥涵设计规范(附条文说明)(附 2019 年局部修订)
[13] TB/T 3549.1-2019 机车车辆强度设计及试验鉴定规范 转向架 第 1 部分：转向架构架