

XXXXXX 标准

HB

P

HB CCES-2016-

现代有轨电车交通工程技术标准

（征求意见稿）

2016-12-xx 发布

2016-12-xx 实施

中华人民共和国土木工程学会
中华人民共和国国家标准化管理委员会

联合发布

团体标准

现代有轨电车交通工程技术标准

HB CCES-201X

主编部门：XXXXX

批准部门：XXXXX

施行日期：2016 年 XX 月 XX 日

中 国 XX 出 版 社

201× 北 京

前 言

本标准是根据中国土木工程学会文件《关于开展学会标准编制工作的通知》（土标[2015]1号）要求，由北京城建设计发展集团股份有限公司、沈阳浑南现代有轨电车运营有限公司及中车建设工程有限责任公司会同有关设计、施工、车辆及运营单位联合编制的。

在编制过程中，编制单位开展了相关专题研讨，对重点问题进行了深入的调研分析，总结了近年来我国现代有轨电车的设计、施工、车辆制造及运营的经验，吸纳了该技术新的研究及应用成果，对主要章节进行了反复的研究讨论和修改，形成本征求意见稿。

本规程主要技术内容有：规划方法、设计技术要求、车辆、建设管理、运营管理等。

本规程主编单位、参编单位和主要起草人

主 编 单 位：北京城建设计发展集团股份有限公司

沈阳浑南现代有轨电车运营有限公司

中车建设工程有限责任公司

参 编 单 位：武汉光谷交通建设有限公司

（排名不分先后）苏州高新有轨电车有限公司

上海市城市建设设计研究总院

长春轨道客车股份有限公司

武汉市交通发展战略研究院

中铁第四勘察设计院集团有限公司

中铁四局集团有限公司第八工程公司

中铁电气化局集团第一工程有限公司

南车株洲电力机车有限公司

南车南京浦镇车辆有限公司

主要起草人：

目 录

1	总则	1
1.1	编制目的	1
1.2	适用范围	1
1.3	基本原则	1
1.4	基本规定	1
2	术语	4
2.1	术语	4
3	线网规划	7
3.1	编制要求	7
3.2	技术要求	7
3.3	客流调查与预测	8
3.4	线网方案与评价	8
3.5	运营组织规划	9
3.6	车场规划	9
3.7	交通衔接规划	10
3.8	近期建设规划	10
4	设计技术要求	12
4.1	线路工程	12
4.2	交通工程	16
4.3	限界	21
4.4	轨道与路基	23
4.5	车站	27
4.6	供电	29
4.7	运营控制系统	30
4.8	车场	32
4.9	景观与绿化	34
4.10	环境保护	35
4.11	节约能源	37
5	车辆	40
5.1	一般规定	40

5.2	车辆制式与编组	42
5.3	基本要求	42
5.4	车体及车辆连接	45
5.5	司机室	46
5.6	客室	46
5.7	空调系统	47
5.8	转向架	48
5.9	制动系统	49
5.10	牵引及辅助电源系统	50
5.11	照明系统	51
5.12	控制及监控诊断系统	51
5.13	通信、广播及信息显示	52
5.14	安全设施和应急措施	53
6	建设管理	55
6.1	一般规定	55
6.2	建设程序	55
6.3	工程管理	57
7	运营管理	67
7.1	一般规定	67
7.2	运营筹备及试运营	67
7.3	人员管理	68
7.4	行车组织	69
7.5	客运服务	70
7.6	车辆管理	71
7.7	设备设施管理	71
7.8	安全管理	72
7.9	技术质量管理	73

1 总则

1.1 编制目的

1. 促进现代有轨电车的合理应用和健康发展，充分发挥其在城市公共交通系统中的作用。
2. 为现代有轨电车的规划、设计、建设、运营提供标准化的技术依据和决策参考。
3. 促进现代有轨电车系统的基本技术标准的统一。
4. 促进现代有轨电车相关产品的标准化，深化相关技术的研究，降低建设成本。
5. 为现代有轨电车规范化的建设和运营管理提供指导性依据。

1.2 适用范围

- 1.2.1 本标准适用于国内现代有轨电车系统的规划、设计、建设、运营，也可现代有轨电车其它相关标准的制定提供参考。

1.3 基本原则

- 1.3.1 现代有轨电车系统的规划、设计、建设、运营应坚持以人为本、因地制宜，安全可靠、经济适用、功能合理、节能环保、用地集约和可持续发展的原则。
- 1.3.2 现代有轨电车的建设应遵循超前规划、适时建设、量力而行、有序发展的基本原则。

1.4 基本规定

- 1.4.1 现代有轨电车的建设应依据城市规划、线网规划、客流预测确定线路的功能定位、服务水平、线路走向及起讫点、系统运能、车辆编组、车场选址和资源共享等内容。
- 1.4.2 现代有轨电车的设计年限宜分为初、近、远三期，分别为交付运营后第 3 年、第 10 年和第 25 年。工程建设范围内的桥梁、隧道、路基、管线通道等土建工程宜按远期规模一次建成；车场、车站可分期建设，其用地范围宜按远期规模控制；运营车辆配置数量宜按初期设计客运能力配置；系统运营设备可分阶段配置。
- 1.4.3 现代有轨电车可适用于远期高峰小时 5000 人次至 1.5 万人次的断面客流。

1.4.4 现代有轨电车可采用灵活的敷设方式，以地面专用道敷设方式为主，部分区段根据功能定位需求亦可采用高架或地下敷设方式。

1.4.5 现代有轨电车地下及高架主体结构工程，设计使用年限为 100 年；车站及车场各种地面设施，设计使用年限参照《民用建筑设计通则》（GB50352）中的规定；有轨电车用地范围内的路面结构工程，设计使用年限宜参照《城市道路工程设计规范》（CJJ37）中主干路的规定。

表 1.1 车站及车场各种地面设施设计使用年限（年）

类别	示例	实例	设计使用年限（年）
1	临时性建筑	站牌、座椅	5
2	易于替换结构构件的建筑	站亭、栏杆、售检票亭	25
3	普通建筑和构筑物	站房、车场	50
4	纪念性建筑和特别重要建筑		100

表 1.2 路面结构各种设施设计使用年限（年）

道路等级	路面结构类型	
	水泥混凝土路面	沥青路面
主干路	30	15

1.4.6 现代有轨电车工程建设，宜与道路建设及城市改造同步实施，并与城市公交、地铁统一规划、有序建设、合理接驳。

1.4.7 现代有轨电车的建设规模，应按客流预测、交通需求、线网规划及网络效应等因素综合研究确定。

1.4.8 线路初期建设规模宜按照网络化运营需求和建设时序需求，合理确定及预留，并符合下列规定：

1. 在线路交叉点，宜将近期建设线路的路基、轨道基础、管线预埋等土建工程一次建成。在不影响正常运营的条件下，车站建筑可分期建设。
2. 初期车辆配置数量和列车长度应满足初期设计年限的客流需求，骨干线路高峰小时列车运营密度不宜低于 6 对/h。
3. 车场的规模应根据有轨电车线网规划统筹考虑，用地范围应按远期设计规模划定和控制。列车运用整备、检修设施、站场股道及其相关的房屋建筑宜按近期规模建设；其余的地面建筑应根据工艺要求和远期规模，确定分期建设方案。

1.4.9 现代有轨电车工程的线路、车辆、结构及各系统的设计应根据沿线环境条件及环

评要求，采取降低噪声、减少振动和减小对生态环境影响的措施。

1.4.10 现代有轨电车车辆与机电设备的选型，应采用成熟可靠、经济实用、安全节能、利于环保的产品，并应考虑标准化、系列化和国产化。

1.4.11 现代有轨电车工程，应采取必要的技术措施，使其符合国家现行的城市环境保护和节能的有关规定。

1.4.12 现代有轨电车工程项目的建设和管理，应符合国家及地方基本建设管理程序的要求，并应与城市地铁、常规公交等其他交通方式的规划建设进行有机衔接。

1.4.13 沿道路敷设的现代有轨电车线路，其列车运行应遵从道路交通相应法律、法规的规定。

1.4.14 现代有轨电车系统的运营规模，应根据各设计年限的预测客流规模、客流特征综合分析确定，并合理选择车辆模块数量，站台长度、行车交路、旅行速度等技术参数。

1.4.15 运营单位应建立健全安全管理、行车组织、应急处置、客运服务、车辆与设备管理等规章制度，以保障现代有轨电车安全、有序、高效运营。

2 术语

2.1 术语

2.1.1 现代有轨电车交通系统 Modern tram transportation system

采用新型低地板、钢轮钢轨、模块化、电力牵引的现代有轨电车车辆，多种路权方式，以地面线路为主的中低运量的城市轨道交通系统。

2.1.2 设计年限 Design duration

包括为确定工程规模而设定的年限与为确定结构工程不需要进行全部大修即可正常使用的的设计使用年限两种。

2.1.3 公交化运营 Public transport operation

按照公交模式运营的现代有轨电车运营组织方式，包含运营模式、管理方式及运营规模。

2.1.4 有轨电车线网 tramway network

由多条现代有轨电车线路组成的公共交通网络系统。

2.1.5 路权 right of way

一种交通系统在一定的空间和时间内使用通道，进行交通活动的权利，包含通道的通行权、优先权和占有权。现代有轨电车线路的路权管理按照与通道系统的关系，可分为独立路权、半独立路权和共享路权。

2.1.6 线网规模 length of network

主要反映现代有轨电车供给水平的技术指标，是指现代有轨电车线网各正线敷设长度之和，单位为 km。

2.1.7 线网密度 network density

在规划范围内，现代有轨电车线网规模与城市建设用地总面积之比，单位为 km/km^2 。

2.1.8 复线系数 overlap factor

主要反映现代有轨电车网络化运营组织程度的技术指标,是指有轨电车运营线路规模与线网规模之比。

2.1.9 客运量 passenger volume

在统计期内,有轨电车运送的乘客数量,单位为人次。

2.1.10 客运周转量 passenger person-kilometers

在统计期内,现代有轨电车运送的乘客所乘坐里程的总和,单位为人·km。

2.1.11 设计最大运输能力 design maximum transport capacity

线路的某个区段一小时设计单向最大乘客通过量。

2.1.12 满载率 capacity rate

指乘客人数与列车定员之间的比值,反映了乘客在车内的拥挤程度。

2.1.13 最高运行速度 maximum running speed

列车在正常运营状态下所达到的最高速度。

2.1.14 旅行速度 operation speed

正常运营情况下,列车从起点发车至终点站停车的平均运行速度。

2.1.15 配线 sidings

除正线、车场线、试车线外,在运行过程中为列车提供收发车、折返、联络、安全保障、临时停车等功能服务,通过道岔与正线或相互联络的轨道线路。包括折返线、渡线、联络线、临时停车线、出入线、安全线等。

2.1.16 构造速度 design speed

车辆结构强度及安全等级条件允许的车辆最高行驶速度。

2.1.17 脱轨系数 derailment coefficient

车辆运行时,在同一瞬间钢轨作用于车轮上的侧压力与车轮上的垂直载荷的比值。

2.1.18 专用道 Exclusive right of way

在用地范围内，只允许现代有轨电车通行，禁止其它车辆通行的路权方式。

2.1.19 混行道 Mixed right of way

在道路划设的行驶车道内，允许现代有轨电车和其它车辆共用车道的路权方式。

2.1.20 信号控制 Signal control

现代有轨电车的平面交叉口，应根据高峰小时正线道路与相交道路的交通流量灵活选用交通信号控制方法。包括：固定配时、信号优先、半感应信号控制，信号优先包括延长绿灯相位时间、缩短红灯相位时间、增加电车专用相位等。

2.1.20 运营控制系统 Intelligent control system

为保证现代有轨电车运营安全可靠，实现行车运营智能化、自动化而设立的弱电系统总称。其中，售检票系统、综合调度系统、数据承载网络系统、车场道岔控制系统、正线道岔控制系统、安防系统是必备系统；乘客信息系统、信息化系统、自动化监控系统可根据工程投资规模、运营功能需求选择设置。

2.1.21 车场 Parking lot

有轨电车系统的车辆停修和资源保障基地，具有车辆运用、检修、设备系统维修、物资存储以及人员培训的功能。根据承担功能、任务范围的不同，划分为停车场、保养中心及修理厂。

3 线网规划

3.1 编制要求

3.1.1 编制有轨电车线网规划应以城市总体规划、分区规划、综合交通规划为依据，与公共交通规划、轨道交通线网规划、道路网络规划相协调；遵循和体现以人为本、公交优先、资源节约的规划理念。

3.1.2 有轨电车线网规划应确定有轨电车线网的规模、布局以及用地控制要求，并安排有轨电车的分期实施时序。

3.1.3 有轨电车线网规划的规划范围应依据城市总体规划综合分析后划定；并与周边规划做好线路衔接规划。

3.1.4 有轨电车线网规划的年限应与城市总体规划的年限一致，同时宜对远景线网布局提出框架性方案。

3.1.5 有轨电车线网规划应包括如下主要内容：城市与交通现状和规划；交通需求与客流量预测；发展有轨电车的必要性；有轨电车的功能定位与发展目标；线网方案与评价；车场规划；交通衔接规划；近期建设规划。有轨电车线网规划成果应包括规划文本、规划图纸和有关附件，成果表达清晰、规范。

3.1.6 有轨电车线网方案应研究划分有轨电车的功能层次，并确定有轨电车线网的合理规模和规划布局。

3.2 技术要求

3.2.1 有轨电车线网规划应依据城市规划、综合交通和公共交通发展策略，客流需求、工程条件等研究有轨电车的适应性，论证有轨电车发展的必要性。

3.2.2 有轨电车工程线路按功能层次宜分为骨干线和一般线，远景规划符合以下规定：

1. 骨干线单向客运能力不宜小于 0.5 万人次/h，高峰小时旅行速度不宜小于 20km/h，高峰时发车间隔不宜大于 3min，宜采用独立或半独立路权。
2. 一般线单向客运能力不宜小于 0.3 万人次/h，高峰时运送速度不宜小于 15km/h，高峰时发车间隔不宜大于 10min，宜采用半独立路权，条件不足时可采用混合路权。

3.2.3 有轨电车线网规划宜在对时间、空间、出行目的等方面的交通量分布和交通方式结构分析的基础上，明确有轨电车在综合交通系统中的发展目标和功能定位。

3.2.4 有轨电车线网规划应采用定量计算与定性分析相结合方法，提高有轨电车线网规划的科学性和适应性。

3.3 客流调查与预测

3.3.1 有轨电车线网规划应进行必要的交通调查，调查内容包括城市社会经济、城市交通设施、交通运行状况、居民出行特征等内容。

3.3.2 有轨电车线网规划应收集城市总体规划、分区规划、综合交通规划、公共交通规划、快速轨道交通规划、道路网络规划等资料，并进行特征分析。

3.3.3 客流预测应为有轨电车建设适应性和必要性论证、线网总体规模确定、线网规划方案评价、近期建设方案研究等提供依据。

3.3.4 客流预测年限应与线网规划年限一致，研究范围应涵盖有轨电车可能延伸到的区域。

3.3.5 客流预测结果应包括不同年限的出行总量；不同年限中区间起讫点（OD）分布；不同年限系统出行结构期望值；城市客运走廊及量级分布。客流预测应采用有无对比的方法，对有轨电车对出行方式构成和出行时间构成的影响进行分析。

3.4 线网方案与评价

3.4.1 有轨电车线网方案应包含工程线路起讫点、走向、车站设置、车场、联络线、换乘站（枢纽）、运营组织方案等基本内容。有轨电车线网方案应满足城市环境相关的规定，考虑路网、市政管线等对工程建设的影响。

3.4.2 线路规划技术

1. 有轨电车线路走向应符合交通需求特征，与客流分布一致，覆盖主要客流走廊和重要客流集散点。
2. 有轨电车线路功能层次应与布设道路功能相适应，需要时，有轨电车线路可布设在道路红线外的绿化带或广场内。
3. 有轨电车线路宜采用独立或半独立路权；条件困难时，有轨电车一般线可采用混合路权，并进行运营安全论证。

4. 有轨电车的规划断面宽度应综合考虑车辆宽度、布置形式、安全隔离设施、供电方式等确定，断面宽度要求参照限界。在规划阶段，车辆选型、供电方式等不确定时，断面宽度宜按最大值控制。
5. 根据有轨电车相对于道路的位置，应结合城市交通的特点，满足交通组织要求，结合城市道路功能合理布设断面型式。
6. 有轨电车线路与快速路、高速公路相交时应采用立交形式；线路经过平面交叉口时宜采用平交，不满足社会车流量通行要求时可采用局部立交。
7. 有轨电车车站按站台型式，上、下行线的站台可以错开布置。车站站台宽度应满足预测客流的要求，有效车站长度应不小于远期运营车辆的长度。

3.4.3 有轨电车线网规划方案评价应遵循定性定量相结合的原则，综合考虑多方面影响因素，建立科学评价指标体系，对有轨电车网络进行整体效益评价。

3.4.4 有轨电车线网规划宜与综合交通规划同步编制。若有轨电车线网规划是在综合交通规划的基础上新编制的，线网方案评价还应根据不同年限道路交通流量预测，对与有轨电车相关的道路网络进行交通适应性分析。

3.5 运营组织规划

3.5.1 有轨电车线网规划应开展运营组织规划，宜采用共线、区段等多方式运行线路，形成网络化运营效益。

3.5.2 有轨电车线网运营组织规划应依据预测客流主要分布，结合换乘枢纽等综合确定，提出运营线路方案，宜包括线路起讫点和走向、车站设置等内容。

3.5.3 有轨电车线网运营组织规划后，应初步计算各运营线路的客运能力对各断面客流的适应性。

3.5.4 有轨电车线网运营组织规划宜选取合理的复线系数；同一方向的共线运营线路数不宜超过 3 条。单条有轨电车运营线路长度宜为 10-25km，最大运行时间不大于 60min。

3.5.5 有轨电车车辆应允许联挂运营，联挂后的车辆长度不超过 75m。

3.6 车场规划

3.6.1 有轨电车线网规划应依据城市用地规划、有轨电车线网布局及车辆配置需求，做

好车场选址规划和规模控制，并纳入到用地控制规划。车场规划应坚持资源共享、综合利用的原则，集约使用土地。

3.6.2 有轨电车车场选址应符合城市总体规划，并与线网规划相协调，具有良好的接线条件。有轨电车车场用地规模应按线路远期客流配属车辆计算，并适当留有余地。

3.6.3 有轨电车车场按类型宜分为车辆段、停车场两类。有轨电车线网规划阶段控制车场的规模，车辆段宜按 $1500\sim 1800\text{m}^2/\text{车}$ ，停车场的用地规模宜按 $800\sim 1000\text{m}^2/\text{车}$ 进行控制。

3.6.4 在有轨电车运营线路起终点，有条件时可设置停车线增加车辆运营调度的弹性。

3.6.5 宜结合用地规划分析综合开发利用和立体化布局的必要性和可行性，提出车场规划。应以资源共享为原则，将车场宜整合布置在线路交叉口附近。

3.7 交通衔接规划

3.7.1 有轨电车线网应与对外交通、轨道交通、常规公交、自行车和步行等系统合理衔接，形成多层次、复合、高效的综合交通系统。有轨电车线网交通衔接规划，宜包括交通组织、换乘衔接、公交线路优化等内容。

3.7.2 有轨电车线网规划根据道路网络和有轨电车线路布局，可提出道路交通组织方案与断面调整方案，并纳入到用地控制规划。

3.7.3 有轨电车线路与城市对外交通枢纽、轨道交通换乘时，宜做好与其它规划的衔接，充分考虑换乘衔接。按可达性、连续性、适应性和安全性的原则，做好慢行交通换乘设施。

3.8 近期建设规划

3.8.1 有轨电车线网规划应编制近期建设规划，近期建设规划应与国民经济和社会发展规划相协调，与地区近期空间发展方向紧密衔接，处理好近期建设与长远发展的关系。近期建设线路周边资源开发宜与工程项目同步规划，并预留接口。

3.8.2 近期建设规划宜优先建设有轨电车骨干线，形成一定规模，联网互通。

3.8.3 近期建设规划的线路选择宜考虑车场的选址和建设条件。

3.8.4 近期建设规划应明确近期建设有轨电车线路的起终点和中途车站，中途车站根据

周边客流需求，可分期建设。

3.8.5 近期建设规划方案应开展对社会经济、城市发展等定性分析和客流预测等定量评价。

4 设计技术要求

4.1 线路工程

4.1.1 一般规定

1. 现代有轨电车线路设计应依据线网规划、城市规划，确定线路的功能定位和运营需求，明确线路走向、起讫点和站点设置。
2. 线路设计应充分体现网络化的运营理念，合理设置不同线路间的联络线，满足系统网络化运营的需求。
3. 线路设计应根据线路的功能定位、运营需求、交通组织需求、工程实施条件等因素，合理选择相应的路权形式。独立路权区段应具备设置防止人车入侵设施的条件。
4. 线路平面应结合道路等级、交通组织需求和景观设计要求，因地制宜、合理安排与道路横断面的关系，且宜与道路红线平行。
5. 线路平面的选择应避免与国防、军事光缆，高压、次高压燃气等重要管线长距离重合，并宜预留远期横向过轨的市政管线埋设条件。
6. 线路敷设方式应综合考虑城市总体规划、线路总体功能定位、交通组织管理、工程地质和环境气候等因素，以地面线为主，在人口密集区和城市建成区可局部采用高架线或地下线。
7. 车站分布应根据线网规划的换乘节点、城市交通枢纽为基本站点，并结合城市道路布局和客流集散点分布确定。
8. 车站选址应能够服务周边客流，衔接重要交通枢纽，与公交及其它交通方式的换乘便捷。
9. 车站间距应根据城市的现状及规划、线路功能定位和旅行速度目标等要求综合确定，宜为 500m-1000m。
10. 线路选线应考虑国家现行城市环境保护的规定，符合城市环境、风景名胜和文物保护等相关要求。
11. 线路平纵断面应与车辆性能参数相匹配，必要时做安全性检查。

4.1.2 线路平面

1. 线路平面圆曲线半径应根据车辆性能、道路条件、地形条件，环境要求等因素综合比选确定，符合提高列车运行速度的原则。最小曲线半径应符合表 4.1.1 规定；

表 4.1.1 圆曲线最小曲线半径 (m)

线路	圆曲线最小曲线半径	
	一般地段	困难地段
正线、联络线	50	30
出入线、车场线	50	25

2. 车站站台宜设在直线上。当设在曲线上时，应检算车辆限界至站台的距离，并不应大于 180mm，站台范围内的最小曲线半径一般应符合表 4.1.2 的规定；

表 4.1.2 车站曲线最小半径 (m)

车站曲线最小半径		
曲线半径	一般情况	500
	困难情况	300

3. 正线、联络线及车场出入线的圆曲线最小长度不宜小于 15m，在困难情况下不应小于车辆两个相邻转向架间的全轴距；
4. 新建线路不宜采用复曲线，在困难地段应经技术经济比较后采用，复曲线间应设置中间缓和曲线，其长度不宜小于 15m，并应满足超高顺坡率不大于 2‰的要求。
5. 线路平面圆曲线与直线之间应设置三次抛物线型缓和曲线，曲线道岔处除外。
6. 缓和曲线长度应根据曲线半径、列车通过速度及曲线超高等因素，按表 4.1.3 的规定选用；

表 4.1.3 线路缓和曲线长度

L \ V R	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20
3000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2000	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1500	20	15	15	15	—	—	—	—	—	—	—
1200	25	20	20	15	—	—	—	—	—	—	—
1000	30	25	25	20	—	—	—	—	—	—	—
800	40	35	30	25	15	—	—	—	—	—	—
700	45	35	30	25	15	15	—	—	—	—	—
650	45	40	35	30	15	15	—	—	—	—	—
600	50	45	35	30	20	15	—	—	—	—	—
550	55	45	40	35	20	15	15	—	—	—	—

500	60	50	45	35	20	15	15	—	—	—	—
450	60	55	50	40	25	20	15	—	—	—	—
400	60	60	55	45	25	20	20	15	—	—	—
350	60	60	60	50	30	20	20	15	—	—	—
300	60	60	60	60	35	25	25	20	15	—	—
250	—	60	60	60	40	30	30	20	15	—	—
200	—	—	—	60	40	40	35	25	20	15	—
150	—	—	—	—	40	40	40	35	25	20	—
100	—	—	—	—	—	—	40	40	35	25	20
50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40	35

7. 缓和曲线长度范围内应完成直线至圆曲线的曲率变化，轨距加宽过渡和超高渐变；
8. 当圆曲线较短、计算超高值较小时，可不设缓和曲线，但曲线超高应在圆曲线外的直线段内渐变。
9. 位于平交路口的圆曲线，其超高值应根据道路竖向设计、行车运营速度等因素综合确定。困难情况下可不设超高，但应确定速度限制值。
10. 道岔应靠近站台设置，但道岔岔心至有效站台端部不宜小于 15m。

4.1.3 线路纵断面

1. 地面线路纵断面应结合城市道路现状及规划设计。当为现状道路时，宜首先根据道路现状进行拟合，设计为长大坡度。
2. 地面线路轨面高程应结合城市道路排水系统，根据道路条件、排水方向、雨水口方位等因素进行设计，必要时可改造城市排水系统。地面线路的防淹、防洪标准应与所沿道路一致。
3. 地面线路，在平交道口和混行地段，轨面应与道路面齐平。在绿化地段，应根据景观绿化和排水要求设置轨面与路面的高差，轨面高程不宜低于路面。
4. 在既有桥梁区段，纵断面设计应结合桥梁结构型式、轨道结构高度统筹考虑，使轨道平顺、行车舒适和景观协调。
5. 地面线路在路口道岔区的纵断面设计应满足道岔敷设条件，结合路口竖向设计，减少对既有道路的改造。
6. 线路正线最大坡度不宜大于 50‰，困难条件下可采用 60‰，均不计平面曲线对坡度折减值。
7. 地面线路最小坡度的设置应因地制宜，在满足轨道平顺性的前提下，应与道路纵断

面相匹配，并应满足排水要求。

8. 地面车站宜与道路坡度相协调，并应满足车辆的爬坡能力和停车限制坡度。高架车站宜设在不大于 2‰的坡道上。
9. 两相邻坡段的坡度代数差等于或大于 2‰时，应设竖曲线连接，竖曲线的半径应根据车辆运行速度和乘客舒适度，参照表 4.1.4 执行。

表 4.1.4 竖曲线半径(m)

线别		竖曲线半径	
		一般情况	困难情况
正线	区间	2500	1000
	车站端部	2000	1000
联络线、出入线		1000	

10. 道岔范围不得设置竖曲线，竖曲线离开道岔端部的距离不应小于 5m。
11. 线路最小坡段长度不宜小于远期列车计算长度。
12. 相邻竖曲线间的夹直线长度不宜小于 15m。

4.1.4 配线设置应符合下列规定：

1. 应根据运营需求，在相交线路的相应象限设置联络线，联络线的平、纵断面技术参数应与正线相同。
2. 车场出入线可与正线平交，但应满足行车运营的要求。
3. 车场出入线宜设计为双线。在车场规模小、行车间隔大、满足运营需求情况下，可设计为单线。
4. 折返线应根据行车组织交路设计确定，起、终点站和中间折返站应设置列车折返线。
5. 折返线布置应结合车站站台形式确定，可采用站前折返或站后折返形式，并应满足列车折返能力要求。
6. 正线宜每隔 8~10km 设置停车线，其间每隔 3~5km 加设渡线。在路中敷设的线路，停车线可设置于路侧绿化带内。
7. 折返线、停车线的有效长度（不含车挡）应大于远期列车长度+10m。

4.2 运营组织

4.2.1 一般规定

1. 现代有轨电车行车组织设计应基于区域性交通规划、交通衔接、客流出行特征，并从网络化运营、路面交通组织等角度进行运营规划与设计，明确运营规模、运营线路、售检票方式和管理模式。
2. 现代有轨电车行车组织设计应以客流预测为基础。客流预测应以现代有轨电车网络规划为依据，针对客流规模、客流集散量、乘客出行特征等，分初期、近期和远期进行预测，并要充分考虑重要交通接驳站点的客流特征。
3. 现代有轨电车系统运营规模确定应充分考虑乘客出行特征需求、路口交通组织、网络化运营特征、信号优先方式、路权形式、服务水平和运营、投资经济性。

4.2.2 运营组织方案

1. 现代有轨电车运输能力应与相交路口的通行能力相匹配，其骨干线路远期设计高峰小时行车对数不应小于 20 对，且宜采取必要的硬件保障措施和行车优先策略。
2. 现代有轨电车运输能力按照不大于 6 人/平米车厢站席标准进行配置，超员标准为 8 人/平米。
3. 现代有轨电车配线是保证其运营、管理、救援的必要设施，应遵循以下规定：
 - 1) 现代有轨电车配线按照功能需求，可设置单渡线、联络线、出入线、折返线、灯泡线、停车线等。
 - 2) 现代有轨电车可采用站前折返、站后折返或灯泡线调头等方式实现折返。
 - 3) 单渡线的设置应结合路口交通状况、设置间距和故障情况对地面交通影响及组织形式等因素综合考虑，设置间距宜控制在 3~5km 范围内。在拥堵路口，应结合线路条件，设置单渡线，必要时可增设停车线。
 - 4) 停车线的设置应结合线路工程条件，故障救援条件及对地面交通影响等综合考虑。
 - 5) 车辆场的出入线宜设为八字式，并应处理好出入线与现状交通路口的关系，接轨点距离现状路口间距满足道路交通相关法规要求。
 - 6) 现代有轨电车采用网络化运营方式，在初期建设的线路上宜预留实现近期网络化运营的配线条件。
4. 现代有轨电车系统设计旅行速度宜控制在 20km/h 以上。

5. 现代有轨电车系统车辆宜按照初期运营需要配置；网络化运营时，也可按照近期运营需要进行配置；近、远期根据客运量增长的需要增购。
6. 列车运行间隔，应根据各设计年限预测客流量、列车编组及列车定员、系统服务水平、运输效率等因素综合确定，且骨干线路初期高峰时段最小运行间隔不宜低于10min。
7. 现代有轨电车系统行车间隔应与道路交叉口信号控制方式和周期相匹配。当两路有轨电车汇合至同一轨道上运行时，可遵循路口信号相位顺序及先到先通行原则。
8. 现代有轨电车列车最高运行速度应与道路限制速度相适应，沿道路敷设的地面线区间运行速度宜控制在70km/h以下；当道路限制速度较高或封闭条件较好时，可适当高运行速度。
9. 现代有轨电车过路口需减速运行，通过速度一般宜控制在30km/h以下，以确保安全通过路口为原则；路口内通行原则应符合《中华人民共和国道路交通安全法》的规定。
10. 现代有轨电车最大停站时间根据预测客流规模计算得出，计算参数取值要充分考虑车门宽度、售检票方式、站台空间、乘客乘降客流组织方式等对上下车速度的影响。

4.2.3 运营管理

1. 现代有轨电车系统运营管理包含列车运行管理、客运组织、乘务管理、票务管理、以及车辆及设备系统维护管理。
2. 现代有轨电车可采用单一票价或计程票价制，并应纳入城市公共交通票务体系中。
3. 现代有轨电车售检票方式应结合车站用地条件、客流规模、车辆条件等综合考虑确定，一般宜采用车上售检票、车站售检票、车站售票/车上检票三种模式。当采用车上售检票方式时，应醒目位置标明上车门、下车门，当对上下车门不做规定时，各车门均需设置售检票设备设施。
4. 现代有轨电车系统应设运营调度专门机构，可实现分区域或分线指挥管辖范围内的线路运营。运营调度机构应具备对列车运行、供电、客运服务等系统进行集中指挥或监控的能力。
5. 运营管理机构应满足运营管理任务的要求，采用的组织机构应能实现安全、高效管理。

6. 运营管理机构 and 人员数量的安排，应本着依靠科技进步、提高管理效率的原则，精编机构和人员。运营管理定员指标宜控制在 30 人/km 以下。
7. 现代有轨电车在运行中发生故障时，可采取推送或牵引救援方式。当采用推送救援时，必须设置引导人员，确保车辆运行安全。
8. 运营管理机构应制定常态运营、非常态运营情况下的行车组织、列车控制与运行管理模式及突发事件应急处置方案。调度员按照既定的运营计划和列车运行时刻表指挥列车运行，监控各类运营信息，准确掌握列车运营数据，并随时解决运营中出现的突发事件。
9. 列车乘务制度宜采用单司机、轮乘制，并结合售检票模式进行乘务员的配置。
10. 现代有轨电车起终点站应设置司乘人员交接班及必要的管理用房。
11. 车站内应有明显的导向标志，保障客流路径畅通，并具有足够的紧急疏散能力。
12. 应考虑现代有轨电车实现网络化运营后各线路之间的互联互通，预留多交路、多路电车共线运营等组织模式实施的条件。

4.3 交通工程

4.3.1 一般规定

1. 本章内容适用于现代有轨电车地面线路的交通组织设计。
2. 交通组织设计应根据道路网、交通流量与流向、用地条件等因素进行；根据线路路权要求，不同程度地考虑人车分隔、机非分隔、现代有轨电车与常规交通分隔的措施，做到公交优先、安全畅通、减少延误。
3. 现代有轨电车线路应充分考虑其与不同等级道路之间的衔接关系，并兼顾现代有轨电车系统和道路系统的技术要求。
4. 应根据道路线形特征、行人过街、周边环境等条件综合确定车站形式，满足现代有轨电车和社会车辆的行车要求，保证站台乘降安全舒适、疏导迅速、布置紧凑、便于管理。

4.3.2 交通调查与客流预测

1. 现代有轨电车沿线交通调查应包括道路交通设施调查、交通流量调查和信号相位调查。
2. 道路设施状况调查内容应包括路段车道数、交叉口附近渠化车道数、车道功能。

3. 交通流量调查内容应包括各道路交叉口早高峰、午平峰、晚高峰三个时段各流向的各类车型流量，在各进口道上，流量还应区分直行车流量、左转车流量、右转车流量以及掉头车流量。
4. 信号相位方案调查内容应包括交叉口相位数、信号相位及其绿灯、黄灯及全红时长。
5. 客流预测内容除应符合现行国家标准《城市轨道交通客流预测规范》外，还应包括现代有轨电车与其它轨道交通系统换乘客流量、各预测年限沿线地面公交断面客流量、各道路交叉口高峰时段各流向的各类车型流量。
6. 有轨电车的客流预测应满足下列要求：
 - 1) 进行有轨电车客流预测时，除了预测该线路的客流外，还需预测该交通走廊的现代有轨电车的客流需求。
 - 2) 现代有轨电车客流预测除给出运送乘客数量外，还需给出该走廊建设有轨电车后对道路交通的影响分析。
 - 3) 现代有轨电车客流预测时需给出对地面公交线路优化调整方案。

4.3.3 平面交叉口交通组织

1. 现代有轨电车沿线应做好平面交叉口的交通组织设计，处理好与车流和人流的关系，合理布设人行道、车行道及有轨电车车道，并按规定设置交叉口信号、行车标志、标线等交通设施。
2. 在建成区道路上布设现代有轨电车线路时，宜避免平面穿越环岛、错位多叉口和畸形交叉口，必要时对其进行相应改造。
3. 与现代有轨电车同时新建的平面交叉口，进口车道的最小宽度不宜小于 3.25m，困难情况下不宜小于 3.0m；出口车道宽度不应小于路段车道宽度，不宜小于 3.50m；改建交叉口用地受限时，进口车道的最小宽度不宜小于 2.80m，出口道每条车道宽度不宜小于 3.25m。
4. 现代有轨电车车道在平面交叉口处的布置应符合下列原则：
 - 1) 车道应避免对机动车车道分合流区和交织区的干扰；
 - 2) 共享路权区段，在平面交叉口的进口道，有轨电车车道只能与一条行驶方向相同的机动车车道混行；
 - 3) 专用路权区段，在平面交叉口的进口道，机动车进口车道渠化方案应与线路走向相协调，应区分左转车道、直行车道和右转车道；

- 4) 采用路中形式布设线路的平面交叉口, 不宜通过压缩中央分隔带的方式增加机动车左转专用车道;
- 5) 采用路侧形式布设线路的平面交叉口, 进口道展宽段与展宽渐变段的长度, 应同时满足线路线形要求和现行《城市道路交叉口规划规范》GB50647 的有关规定。
5. 采用路中形式布设线路, 沿线道路交叉口间距小于 200m 的情况下, 宜取消左转和掉头, 防止道路交通对有轨电车车辆运行的频繁干扰。
6. 线路设计不宜改变平面交叉口的控制标高, 在不影响高等级道路行车舒适的前提下, 可适当调整主要道路纵坡, 兼顾次要道路的行车舒适性。
7. 轨道标高设计不宜改变平面交叉口原有的排水制。交叉口人行横道上游、交叉口低洼处应设置雨水口, 不得积水。
8. 由于线路转弯而形成的转角安全岛, 宜设置实体安全岛, 其面积不宜小于 $7m^2$; 小于该值时, 宜设置标线安全岛。
9. 安全岛内侧宜设置右转机动车专用车道。在与有轨电车线路之间设置必要的防护措施后, 车道转弯半径不应小于 25m。车道应按规划通行车型布设车道加宽。
10. 在安全岛上设置的人行信号灯、有轨电车信号灯、架空接触网宜共杆安装, 立柱位置不应影响安全驾驶视线和路口车辆的通行能力。在安全岛上不宜设置供电设备和信号设备的机箱、机柜。
11. 在平面交叉口, 现代有轨电车架空接触网导线高度应与道路限高匹配, 并应有限高警示。
12. 人行横道不应设置在道岔的可动尖轨处。

4.3.4 平面交叉口信号控制策略

1. 有轨电车线路与相交道路、人行横道的平面交叉口应采用信号控制。
2. 错位 T 型路口, 错位间距小于 50m, 可视为一个十字路口或斜交路口, 设置信号灯。错位间距大于 50m, 可视两个 T 型路口, 分别设置信号灯。
3. 平面交叉口相位设计, 宜将有轨电车相位与机动车相位合并, 并应在避免交通流线冲突的基础上, 因有轨电车而延长原有信号周期。
4. 平面交叉口相位设计, 应考虑不同线路布置形式在平面交叉口相互转换的因素, 合理设置信号周期和相位数。
5. 应针对有轨电车车辆尺寸、动力参数、交叉口大小及车辆串行要求, 核算车辆通过

平面交叉口的最小绿灯时间，保证有轨电车相位的绿灯时间大于最小绿灯时间。

6. 平面交叉口设计，应根据高峰小时正线道路与相交道路的交通流量的相对关系，灵活选用交通信号控制策略。
7. 平面交叉口信号配时设计，绿灯延长或红灯早断时间应遵循以下原则：
 - 1) 宜根据行人从路侧人行道穿越道路所需时间而定，确保行人安全过街。
 - 2) 应以最小绿灯显示时间作为计算绿灯延时显示时间的计算依据。
 - 3) 在同一信号周期中不能同时延长和缩短有轨电车所在的相位时间。

4.3.5 交通衔接

1. 有轨电车应与其他交通方式密切衔接，如其他轨道交通线路、自行车、公共交通、小汽车等。
2. 在道路路中敷设的现代有轨电车线路不宜与常规公交线路、快速公交线路合并设站。
3. 现代有轨电车车站与公交车站的设置距离应符合下列规定：
 - 1) 在路段上，同向换乘距离不宜大于 50m，异向换乘距离不宜大于 150m；
 - 2) 在平面交叉口和立体交叉口，换乘距离不宜大于 150m，并不得大于 250m。
4. 现代有轨电车车站周边应根据城市交通需求设置自行车存车设施。

4.4 限界

- 4.4.1 本限界标准是按照区间列车最高运行速度 70km/h，车站最高运行速度 55km/h 来制定。
- 4.4.2 现代有轨电车工程限界分为车辆限界、设备限界、建筑限界，受电弓限界是设备限界的组成部分。限界尺寸不包含施工误差、测量及变形误差等。
- 4.4.3 建筑限界是在设备限界基础上，考虑了设备和管线安装尺寸后的最小有效断面。在宽度方向上设备和设备限界之间应留出 50mm 安全间隙。
- 4.4.5 建筑限界与设备限界之间无管线或其它设备时的距离，一般情况下应不小于 200mm，特殊困难条件下，应不小于 100mm；
- 4.4.6 区间建筑限界的确定应符合下列规定：
 1. 地下段的建筑限界参照《地铁设计规范》（GB50157-2013）有关规定确定。
 2. 高架线或地面线、U 形槽区间建筑限界的确定应符合下列规定：

- 1) 应按地面或高架线设备限界及设备安装尺寸或疏散（或救援）通道宽度计算确定，各种设备和设备限界的间隙不应小于 50mm；
 - 2) 地面线建筑限界应按路基宽度，两侧排水沟以及管线布置方式等综合确定；
 3. 轨面以上建筑限界高度：接触网受电车型按顶部接触网导线高度+接触网安装高度+200mm 安全间隙确定；储能装置供电车型按照车顶设备限界高度+200mm 安全间隙确定
- 4.4.7 车站建筑限界应符合下列规定：
1. 直线地段
 - 1) 车门处的车厢地板面不应低于站台面，设计时站台面按低于车门处车厢地板面 50mm 确定；
 - 2) 站台边缘至轨道中心线的距离，在站台计算长度范围内按不小于车辆限界+10mm 确定；在站台计算长度范围外应按不小于设备限界+50mm 确定；
 2. 曲线站台边缘与车门之间的间隙，应按线路曲线半径和有无轨道超高计算确定。曲线站台边缘与车辆轮廓线之间的最大间隙不应大于 180mm。
- 4.4.8 道岔区的建筑限界，应在直线地段建筑限界的基础上，根据不同类型的道岔和车辆技术参数，分别按欠超高和曲线轨道参数计算合成后进行加宽。
- 4.4.9 车场限界应符合下列规定：
1. 车场库外限界应按区间限界规定执行。
 2. 车场库内高平台、安全栅栏与车辆轮廓线之间的间隙应不小于 80mm，低平台建筑限界采用车站站台建筑限界。
 3. 受电弓车辆升弓进库时，车库大门应按受电弓限界设计。
- 4.4.10 轨道区管线设备布置原则应符合下列规定：
1. 轨道区内安装的设备和管线（含支架）距设备限界应保持不小于 50mm 的安全间隙。
 2. 强、弱电管线宜布置在线路两线之间的路基中，其间隔应符合强、弱电抗干扰距离的有关规定，一般不小于 500mm。区间内的各种管线布置宜保持顺直。
- 4.4.11 有轨电车道用地界范围内，应根据限界要求和道路相关设计规范，设置必要的隔离设施或限高标志。平交道口接触网导线安装高度应综合考虑各种跨越有轨电车线路的机动车辆高度限界要求。

4.4.12 线间距

1. 两线间轨面以上无设备或绿篱时，综合考虑两线间路基断面中管线布置及电缆检修井空间要求后，最小线间距不宜小于 3400mm；两线间布置接触网立柱时，线间距宜不小于 4300mm。
2. 设置接触网及绿化隔离带时应根据其位置、形式、高度等进行计算确定。曲线段应根据车辆参数计算相应的加宽值。单渡线、交叉渡线等特殊地段线间距应根据实际情况计算协商确定。

4.5 轨道与路基

4.5.1 轨道

1. 基本要求

- 1) 轨道结构应有足够强度、良好的稳定性、耐久性、绝缘性和适量弹性。
- 2) 轨道结构应质量均衡、弹性连续、强度均等、匹配合理、施工简便、维修便捷。
- 3) 轨道设备应安全、可靠、维修量小，并宜标准化、系列化、通用化。
- 4) 轨道养护维修用房、检测和维护设备、备品备件，应根据线网规划及工程运营维修需要配备。

2. 轨道技术标准

- 1) 采用 1435mm 标准轨距。根据车辆走行部位参数和通过要求确定加宽量，一般情况下不加宽。
- 2) 轨顶（底）坡：1:40。
- 3) 曲线最大超高采用 120mm；共享路权地段曲线，宜结合路面坡度合理设置超高。未被平衡超高允许值一般为 75mm，困难情况下为 90mm；过超高不应大于 50mm。
- 4) 扣件间距：正线及配线、试车线：1520~1680 对/km，车场线 1440 对/km。
- 5) 轨道结构高度一般不小于 500mm，绿化地段需结合绿化要求进行道床型式设计。
- 6) 正线、车场试车线宜根据无缝线路计算结果，确定无缝线路设计。

3. 钢轨

- 1) 有轨电车可采用槽型轨或工字型钢轨。采用工字型钢轨时，正线宜采用 60kg/m 钢轨车场线宜采用 50kg/m 钢轨。
- 2) 地面线、高架线共享路权地段宜采用槽型轨。

4. 扣件

- 1) 扣件应具有免维修或少维修的特点, 结构简单、弹性适宜, 具有一定的轨距及高低调整量, 以及具有良好的绝缘和防腐性能。
- 2) 扣件绝缘电阻不应小于 $5K\Omega$,
- 3) 无砟轨道有绿化或硬化要求时, 扣件应采取防护措施。
- 4) 高架线根据无缝线路设计要求采用小阻力扣件。

5. 道床

- 1) 地下线、高架线宜采用无砟轨道, 地面线根据工程特点可采用无砟或有砟轨道。地面线宜采用有砟轨道, 其中共享路权地段应采用埋置式无砟轨道。正线同一曲线范围内宜采用同一种轨道型式。
- 2) 有砟道床最小厚度应符合下列规定:

有砟道床道砟最小厚度表

轨道下部基础类型	正线		配线、车场线
非渗水土路基	双层	道砟 200mm	单层道砟 250mm
		底砟 150mm	
岩石、渗水土路基、混凝土结构	单层道砟 250mm		

注: 不同厚度的道床衔接时, 应设置过渡段。

- 3) 有砟轨道的道床材料、砟肩宽度及堆高、道床边坡、轨枕与道床面距离应满足现行国家标准《地铁设计规范》GB50157 的要求。
- 4) 无砟轨道结构及混凝土轨枕的设计使用年限宜与轨下主体结构一致, 并不得少于 50 年, 材料应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。
- 5) 共享路权地段, 轨道结构之上的道路结构与钢轨相接处应采取密封措施, 下部应采取过渡措施。钢轨两侧一定范围宜采取加强措施, 防止路面损坏。
- 6) 轨道因绿化或混行要求需要埋置时, 钢轨、扣件应采取绝缘、防腐措施。

6. 道岔

- 1) 正线及配线道岔号数不宜小于 6 号, 车场线道岔号数不宜小于 3 号。
- 2) 在路口线路分岔处宜采用曲线道岔连接。曲线半径大小应根据路口、车辆等情况确定。
- 3) 高架线无缝线路根据计算布置伸缩调节器。

7. 减振

- 1) 减振轨道结构应按项目环境影响评估报告书, 确定减振地段位置及减振等级,

减振工程措施应根据项目环评报告和减振产品性能确定。

2) 采取减振工程措施时, 不应削弱轨道结构强度, 稳定性及平顺性。

3) 同一工程的减振措施不宜多于三种, 每一减振措施长度不宜小于远期一列车的长度。

8. 附属设备

1) 高架线独立路权铺设工字型钢轨地段, 应按现行国家标准《地铁设计规范》GB50157 的要求设置防脱轨措施。

2) 线路末端应设车挡。正线、配线及试车线的终端车挡的额定撞击速度不应小于 5km/h, 车场线(不含试车线)终端车挡的额定撞击速度不应小于 3km/h, 并满足车辆、信号等要求。

3) 结合运营需求, 宜设置必要的线路及信号标志。

9. 养护维修

1) 工务部门应结合其维修模式, 对轨道线路设备制定专门的线路维修规程。

2) 保持线路设备完整和质量均衡, 尽量延长线路设备使用寿命。

3) 根据线路设备损耗规律, 有计划、按周期地对线路设备进行更新和修理, 恢复和提高线路设备强度, 增强轨道承载能力。

4.5.2 路基

1. 路基主体工程应以地质、水文勘察资料为依据按土工结构物进行设计, 应具有足够的强度、稳定性和耐久性, 并应满足防洪、排涝、防排地下水要求。

2. 路基工后沉降

1) 应结合工程要求和条件确定合理的路基工后沉降标准并采用具有相应差异沉降协调调整性能的轨道结构。

2) 区间正线有砟轨道路基工后沉降量应满足轨道要求, 一般应不大于 200mm, 路桥过渡段不应大于 100mm, 沉降速率均不应大于 50mm/年。

3) 区间正线无砟轨道路基工后沉降量应满足轨道要求, 一般应不大于 30mm, 均匀沉降且调整轨面高程后的竖曲线半径满足舒适度要求时, 工后沉降可为 50mm。

4) 路桥或路隧交界处的差异沉降不应大于 10mm, 过渡段沉降造成的路基与桥、隧的折角不应大于 1.6‰。

5) 轨道铺设前, 应对路基变形进行观测、评估。不良地质、软土地基地段的无砟

轨道路基工后沉降值应控制在允许范围内。

3. 路基结构

- 1) 无砟轨道路基基床结构分为基床表层、基床底层；
- 2) 根据上部轨道结构要求，基床表层以上可设置无砟轨道支承层、垫层。无砟轨道支承层钢筋混凝土板应满足耐久性设计的要求。无砟轨道支承层、垫层应与轨道道床分块长度相匹配；
- 3) 基床表层宜采用半刚性二灰砂砾或水泥稳定级配碎石；
- 4) 基床底层宜采用 A、B 组填料或级配碎石（砂砾石）填筑。
- 5) 基床厚度应符合现行国家标准《地铁设计规范》GB50157 的有关规定，特别条件下基床厚度应根据荷载、基床不同材料参数，根据布氏理论等计算确定。对有轨电车，当基床表层采用无机混合料、级配碎石时，基床表层厚度不小于 0.4m，当基床底层采用 A、B 组填料时，厚度不小于 0.7m。

4. 压实标准

- 1) 无砟轨道基床表层压实标准应符合表 4.1 的规定：

表 4.1 基床表层压实标准

层位	填料类别	二灰砂砾	水泥稳定级配碎石
	压实指标		
基床表层	地基系数 K_{30} (MPa/m)	≥ 180	≥ 190
	压实系数 K	≥ 0.98	≥ 0.97
	无侧限抗压强度 R_{28} (MPa)	≥ 2.0	≥ 3.5

- 2) 无砟轨道基床底层压实标准应符合表 4.2 的规定：

表 4.2 基床底层 A、B 组填料压实标准

层位	填料类别	砂类土及细砾土	碎石类及粗砾土
	压实指标		
基床底层	地基系数 K_{30} (MPa/m)	≥ 130	≥ 150
	压实系数 K	≥ 0.95	≥ 0.95
	相对密度	0.8	/
	孔隙率	—	≤ 24
	动态变形模量 E_{v0} (MPa)	≥ 40	≥ 40

- 3) 无砟轨道路堤基床以下部位采用 A、B 组填料和 C 组碎石、砾石类填料时，压实标准应符合表 4.3 的规定：

表 4.3 基床以下部位填料的压实标准

填料类别	砂类土及细砾土	碎石类及粗砾土
压实指标		

地基系数 K_{30} (MPa/m)	≥ 110	≥ 130
压实系数 K	≥ 0.92	≥ 0.92
相对密度	≥ 0.75	—
孔隙率	—	≤ 28

5. 路基排水

- 1) 共享路权区段的轨道路基排水系统应与道路排水一体化设置，独立路权地段在用地界范围可设置独立的轨道路基排水系统，并接入沿线市政排水系统。
- 2) 独立路权地段及共享路权地段的路基排水管渠设计重现期年限不宜低于 5 年，重点积水地段、下穿立交等排水重现期应不小于 10 年。

4.6 车站

4.6.1 一般要求

1. 车站总体布局应符合城市规划、环境保护、文物保护和城市景观的总体要求。
2. 车站设计和服务设施标准应根据客流预测、道路等级、系统设计、车站类型以及不同运营工况等合理确定。
3. 车站设计应满足客流需求，保证乘降安全，疏导迅速、布置紧凑、便于维护和管理，同时应具有良好的通风、照明、卫生和防灾条件。
4. 车站造型应与全线景观规划相结合。设计中应注意建筑体量、造型、用材对周围环境、道路交通的影响，满足防腐蚀、耐擦洗，便于维修的要求。
5. 车站应考虑与其他公共交通之间的衔接。换乘站应选择便捷的换乘形式，不能同步实施时，应预留接口条件。
6. 车站周边宜设置供乘客安全集散的空间和自行车停车场，首末站宜根据交通组织需求和周边条件设置 P+R 停车场或其它换乘设施。
7. 车站宜以地面站为主，采用地下站时宜尽可能浅埋并采用自然通风。
8. 车站应进行无障碍设计，并符合现行国家标准《无障碍设计规范》GB50763 的规定。车站设置的盲道应与城市道路无障碍步行系统相衔接。

4.6.2 平面布局

1. 根据站台与线路的位置关系站台，分为侧式、岛式和混合式三种类型，侧式站台分为对位侧式、错位侧式、单边侧式、线中侧式等；混合式站台包含岛式和侧式两种以上站台形式。

2. 站台形式应综合考虑客流特征、道路交通组织、运营方案、和周边环境等因素综合确定，宜全线保或分段保持一定的连续性。
3. 地面站乘客宜平面进出车站。当车站沿快速路路中敷设时，或高峰小时进出站客流量大于 5000 人时，可采用立体型式进出车站。
4. 沿道路路中敷设的地面站，站台边缘距平交路口的距离应根据客流乘降量、有无立体过街设施等综合确定，且不宜小于 15m。站台与机动车道之间应设置有效隔离的防撞设施。
5. 沿道路一侧敷设的地面站，站台宜结合人行道、市政及休闲广场等周围环境统一整体设计。
6. 沿道路路中敷设的地面站，采用侧式站台时站台最小宽度不宜小于 3.0m，困难情况下不应小于 2.5m；采用岛式站台最小宽度不宜小于 5.0m，困难情况下不应小于 4m。
7. 对于停靠多条线路的车站、起终点站、枢纽站和换乘站的站台乘降区宜在计算最小设计宽度基础上适当加大。
8. 地面车站应设站亭，站亭一般开敞设置，特殊情况时可封闭设置。站亭的设计应简洁、明快、大方、易于识别。
9. 开敞设置的站亭，其顶棚底距离站台面的高度不应小于 3.0m，靠近站台内侧的顶棚边缘与候车座椅之间的距离不宜小于 1.5m。顶棚边缘与站台边缘的距离应满足车辆限界的要求。站亭的屋面不宜向轨行区内排水。
10. 车站采用站内售检票时，采用栏杆、半高站台门、闸机等将站台围合成半封闭或封闭空间。
11. 天桥、地道和无障碍电梯的布置，宜位于有效站台范围之外，满足限界的要求，且不应道路中机动车司机的视线产生影响。天桥和地道的设计应满足《城市人行天桥和人行地道技术规范 CJJ69-95》的相关规定。

4.6.3 车站设施

1. 地面车站主要由站台、站亭和设施三部分组成；设施一般包括坡道、座椅、栏杆扶手、安全档台、导向牌、垃圾桶等；采用立交进出站时，尚应包括楼梯、自动扶梯和无障碍电梯等。
2. 乘客使用的人行楼梯宜采用 $26^{\circ}34'$ 倾角，其宽度单向通行不应小于 1.5m，双向通行不应小于 2.2m。每个梯段不应超过 18 级，且不应少于 3 级。休息平台长宜为

1.2m~1.8m。

3. 车站设置的自动扶梯应采用 30° 。当自动扶梯穿越楼层，扶手带中心至开孔边缘的净距小于 400mm 时，应设防碰撞安全标志。自动扶梯的踏步面至顶部洞口处的建筑物底面垂直净空高度不应小于 2300mm。
4. 设置在站台边缘的栏杆或栏板，其顶面距站台面的高度应大于 1.2m。
5. 设置在道路路中的地面车站，站台和机动车道之间应设置有效的防撞设施台，防撞设施的材料应满足一定的强度要求，高度不应小于 30cm。
6. 地面车站站台边缘的安全线宜结合无障碍盲道统一设计。

4.6.4 无障碍设施

1. 车站出入端应设无障碍坡道，坡度 $\leq 1:12$ ，坡道起终点设轮椅缓冲带，坡道两侧设高低扶手，起终点水平延伸 300mm，无障碍栏杆扶手末端设置盲文提示。
2. 缓冲段、站台宜铺设 300mm 宽地面盲人导向带，并城市道路的盲人导向系统连通，具体要求应符合现行无障碍设计的有关规定。

4.6.5 环境及导向

1. 车站形式应简洁、明快、舒适，以交通功能为主，并与地面环境、结构型式和施工方法相协调。
2. 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。
3. 建筑装饰材料和构件应采用标准化、工厂化、施工装配化。
4. 导向标识必须按制定的统一标准和规格执行，高度及宽度应符合乘客的视觉要求，造型应美观、新颖。
5. 广告箱（灯箱）应结合站亭设计，与装修、照明相协调，宜规格化、统一化，亮度适中。

4.7 供电

- 4.7.1 供电系统应安全、可靠、节能、环保和经济适用。在设计规定的各种运行方式下，供电电压应满足低压用电设备的正常运行。
- 4.7.2 接触网型式应根据城市发展定位、车辆受电和景观等方面要求综合确定，平交路

口宜采用“无架空网”化供电方式。接触网可采用不同的型式，接触网型式可分为架空接触网和接触轨，接触轨包括轨旁式接触轨和嵌地式接触轨。嵌地式接触轨应选用有成熟运营经验的产品。

4.7.3 当有轨电车采用车载电源作为动力时，充电桩的设置应根据车辆专业的要求确定并应符合景观的要求。

4.7.4 有轨电车牵引用电负荷不低于二级负荷。

4.7.5 有轨电车外部电源宜采用分散式方案，直接引自城市电网变电所。

4.7.6 有轨电车宜构建全线中压供电网络，中压网络电压等级可采用 10kV。中压供电网络应满足有轨电车牵引负荷等级的供电要求，并应满足远期运力的供电要求。中压供电网络一次接线与继电保护配置应协调配合。

4.7.7 牵引变电所可按线路敷设情况设于地面、半地下和高架桥下，并应与城市规划协调。牵引变电所的分布应满足远期高峰运营的需要。一座牵引变电所退出时，可采用纵联、横联大双边供电或末端单边供电，保证有轨电车运力；当技术经济合理时，可采用车场牵引变电所对正线支援供电。

4.7.8 公共连接点处供电电压应符合现行国家标准《电能质量供电电压允许偏差》GB/T12325 的有关规定。牵引网系统的标称电压应为直流 750V，系统电压变化范围应满足现行行业标准《城市无轨电车和有轨电车供电系统》CJ/T1 的规定。当有轨电车采用车载电源作为动力时，充电电压的选择应按照车辆要求确定。

4.7.9 供电系统应设置电力监控系统并应满足变电所无人值班的运行要求。

4.7.10 有轨电车兼做回流电路的走行轨与大地之间的过渡电阻值应大于 $2\Omega \cdot \text{km}$ ，走行轨与大地之间应采取特殊绝缘措施。走行轨上任意两点间的平均电压降不得大于 2.5V。任何一段走行轨上的平均电压降，每 100m 不得大于 0.35V。

4.7.11 接地装置应利用结构主体钢筋等自然接地极。当接地电阻不满足要求时，可补充人工接地极。自然接地极和人工接地极不应少于两点连接，并能分别测量其电阻值。

4.8 运营控制系统

4.8.1 运营控制系统由综合运营调度系统、综合通信系统、正线道岔控制系统、路口列车检测系统、车场联锁系统、售检票系统等核心系统组成，如有需要可设置安防系统（含

门禁)和信息化系统。

4.8.2 运营控制系统应采用计算机网络技术、数字通信技术,实现智能化和集成化特点,本着“技术成熟、功能适用、全网兼容、互联互通”原则,在降低工程造价的同时,提高系统性价比。

4.8.3 综合运营调度系统应能实现对有轨电车的运输组织、运行监控、车辆运用、供电监控、环境监控和维修管理等“人-车-路-站-段”一体化、综合化和集成化管理。对日常行车宜采用只监不控方式。

1. 综合运营调度系统应可监控一个区域的多条有轨电车线路。监视多条运营线路时,应保证各条线路具有独立运营或混合运营的能力。系统应充分考虑监控范围和功能等的可扩展性、兼容性。
2. 运营线路上的列车和道岔控制系统应纳入综合运营调度系统监视范围,不宜进行控制。车场宜全部纳入系统的监控范围。
3. 综合运营调度系统应集成电力调度系统。
4. 列车行驶定位宜采用卫星导航定位方式,需配置航位推算等辅助设备。定位精度标准根据工程情况参照《全球定位系统(GPS)测量规范》(GB/T 18314-2001)进行选择。

4.8.4 综合通信系统可由数据承载网系统、电话系统、无线通信系统、视频监控系统、乘客信息系统、广播系统组成。

4.8.5 数据承载网系统应建立统一的数据业务平台,为运营控制系统中的各子系统提供可靠的、冗余的、可重构的、灵活的传输通道,是整个有轨电车系统中的车站、道岔区、路口、变电所、车场、调度中心之间信息交换的平台。

4.8.6 无线通信系统主要提供车地间的数据通信,全网的无线通信系统应具有兼容性,满足互联互通要求。

4.8.7 现代有轨电车应设置电话系统,实现现代有轨电车的调度指挥、运营管理和办公公务功能,包括专用电话、公务电话和无线调度系统。

4.8.8 车站宜设置视频监控和乘客信息设备,可设置广播和客服电话设备。路口可设置视频监控设备。

4.8.9 视频监控系统设置范围宜包括车站、路口、变电所等处。视频监视系统应具有录像的功能,存储时间不少于15天。

4.8.10 道岔控制系统宜采用分散控制方式，在有站房等条件下可采用集中控制。

1. 道岔控制可由接近后通信自动触发、车载遥控或人工手动控制等方式实现。
2. 岔道宜采用地埋式道岔转辙设备，并配备除雪装置，埋地式道岔转辙机防护等级不应小于 IP67。
3. 正线道岔控制设备安全完整性等级应达到 SIL3 级及以上要求。

4.8.11 在需要进行交通信号优先通行控制的路口，应设置路口列车检测系统，向市政路口信号控制系统提供列车接近和离去信息。路口宜设置现代有轨电车专用信号灯，路口信号控制系统宜纳入市政交通体系。

4.8.12 车场道岔控制宜采用联锁集中控制的计算机联锁系统，安全完整性等级达到 SIL4 要求。能对场内的调车作业进行集中控制，实现进路上的道岔、信号机和轨道区段的联锁功能。

4.8.13 售检票系统应纳入城市一卡通，根据客流、车站型式等可采用站台售票或车上售票等方式。

1. 系统一般由一卡通中心清算系统、线路中心系统、车站\车载终端设备、车票等构成。但具体可根据城市一卡通特点及运营要求选择性设置。
2. 本系统宜通过线路中心设置票务清算系统与一卡通中心间的接口来实现系统的票务清分。
3. 售票与检票：现代有轨电车售票可采用单一票价或分段计程票价制。单程车票可采用非回收类车票的一次性纸质车票，储值票采用 IC 卡。单程票可采用人工在列车上向乘客发售的方式，也可在站台上设置自动售票机或人工售票亭。

4.8.14 可根据需要设置安防系统，范围包括车辆段、停车场及其它关键场所。

4.8.15 系统设备应满足城市自然环境条件、车站环境条件抗电磁干扰的要求。

4.9 车场

4.9.1 车场应包括车辆运用、检修、设备系统维修和必要的办公、生活等设施；根据需要可设置物资存储、培训设施。在用地紧张的区域，车场可向空间立体发展，节约用地。

4.9.2 车场的功能、布局和各项设施的配置应充分利用现代有轨电车线网资源及城市既有轨道交通线网资源，在满足功能的前提下，实现资源共享，减少工程投资。

4.9.3 车场的规模应满足车辆运营、维修功能要求，并根据行车交路长度、运行对数、车辆模块数、检修周期和检修时间、技术参数综合计算确定，并应按最不利情况进行校验。

4.9.4 出入线及车场线应满足车辆的正常运行及维修工艺等要求。场坪标高应满足防洪防汛要求。

4.9.5 车辆维修制度宜采用状态修与计划修相结合。

4.9.6 车辆维修模式宜采用社会化委托与专业化检修相结合的模式。

4.9.7 车辆检修宜采用日常维修和定期检修相结合的检修制度，积极推行换件修。

4.9.8 车辆检修修程和检修周期应由车辆制造商提供，未能提供时，可按日常检查、月检、年检、全面检查及大修五个等级修程进行设计。

4.9.9 有轨电车车辆检修周期宜按下表中的规定确定：

表 4.9.1 车辆日常检修修程和定期检修周期表

类别	检修种类	检修周期		检修时间 (天)
		走行里程(万公里)	时间间隔	
定期检修	三级修	100	12 年	20/18
	二级修	50	6 年	10/8
	一级修	12.5	1.5 年	6/4
日常维修	月检	--	1 月	1/1
	列检	——	7 天	3 小时

注：1 表中分子为近期天数，分母为远期天数；

2 表中检修时间是按部件互换修确定的。

4.9.10 车场各种车库有关部位的最小尺寸应符合表 XXX 的规定

表 4.9.2 各车库有关部位最小尺寸表 (m)

项目 \ 库类	停车库	列检库	周月检库	一级修库	二级、三级修库	油漆库
车体之间 通道宽度(无柱)	1.0	2.0	3	4	4.5	2.5
车体与侧墙之间的 通道宽度	1.0	2.0	3	3.5	4	2.5
车体与柱边通道宽度	1.0	2.0	2.2	3	3.2	2.2
库内前、后通道净宽	4	4	4	5	5	3
车库大门净宽	B + 0.6					

车库大门净高	$H + 0.4$
--------	-----------

注：1 B——车辆的宽度；

2 H——车辆高度（受电弓电动车辆按受电弓落弓高度计算）；车库大门净高未考虑受电弓升弓进库状态下的高度；

3 静调库各部分尺寸可按照一级修库设计。

4.9.11 设备系统维修中心是现代有轨电车工程范围内的轨道、建筑、供电以及运营控制系统设备的运用、维修和管理的机构

4.9.12 设备系统维修设施应以巡检、现场检修、零部件更换为主，修理为辅，机电设备大、中修宜委外，并根据专业特点分设维修车间、巡检工区。

4.9.13 设备系统维修设施的机构宜根据各专业的性质分设工务、供电、和运营控制系统等车间，可就近利用既有城市轨道交通相关维修资源。

4.9.14 车场内应设救援办公室，并应配备相应的救援设备和设施。救援办公室受轻轨运营调度中心指挥。

4.9.15 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，以及直通轻轨运营调度中心的防灾调度电话。

4.9.16 救援用的车辆宜利用车场和维修中心的车辆，并应根据救援需要设置专用地面工程车和指挥车。

4.10 景观与绿化

4.10.1 景观设计应贯穿有轨电车设计的全过程。景观工程应与主体工程同时设计、同时施工、同时投入运营。

4.10.2 景观设计应综合考虑与用地环境的关系，包括：历史文脉、文化习惯和地理环境等，应坚持社会性、经济性、生态性、地域性和历史性的原则。

4.10.3 景观设计应符合城市总体规划、分区规划和详细规划的要求，综合考虑其与路网结构、建筑分布、绿地系统和空间环境等的内在联系，使现代有轨电车景观和城市景观形成一个有机整体。

4.10.4 景观设计应通过对线路特点、客流性质、现状环境、规划条件等的分析研究，确定全线景观设计定位。在满足功能要求的前提下，景观设计应对线路敷设方式、供电系统、车辆型式等的选择有一定指导作用。

4.10.5 景观设计主要包括：车站、接触网、桥梁、景观照明、车站设施和绿化等。应妥善处理好各类景观之间的关系，形成由远至近，由线到点、由大到小、层层深入的综合景观环境。

4.10.6 景观设计应着重处理好以车站为核心区的节点环境，利用车站建设完善和改造城市节点环境。在满足功能的前提下，严格控制车站体量。

4.10.7 桥梁设计包含市政路桥和人行过街天桥，应通过合理选择结构方案、确定结构部件比例和完善景观细部等手法，形成具有整体节奏感、韵律感和时代感的城市节点环境。

4.10.8 架空接触网的设计应简洁美观。立柱位置的选择宜与周围环境结合，隐蔽设置，无法结合时应精细设计。充电桩宜与车站站亭结合协调设置。

4.10.9 照明应与建（构）筑物等被照对象及周边环境相协调，并体现被照对象的特征、功能、风格、文化内涵及周围环境等因素。照明灯具和附属设备应妥善隐蔽安装。

4.10.10 绿化应采用适宜地域生长环境的植物，合理配置乔、灌、草，注重季节变化。

4.10.11 车辆应具有流畅优美的线条，车体和车窗的设计应兼顾车内外人流的观景需求。色彩、材料、内饰、设施等的设计应以人文本，车内外设计应协调统一。

4.10.12 线路穿行于文物保护建设控制地带时，宜首选箱式变电所，条件允许时也可选择地下变电所。

4.10.13 景观设计应重视保护文物古迹，合理利用原有人文环境，发挥其文化和景观价值。

4.11 环境保护

4.11.1 一般规定

1. 现代有轨电车工程设计应遵守现行国家及城市环境保护法律、法规和技术规范的规定，并应采取必要的环境保护措施，达到各项环境保护标准的要求。

2. 环境保护设计应遵循统一规划、合理布局、综合治理、防治结合的原则。

3. 有轨电车工程应根据建设项目环境影响报告书及环境保护主管部门批复文件，落实环境保护目标及其污染防治要求。

4. 污染防治设施应根据工程设计年限，按远期预测客流量和最大通过能力设计，并与主

体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

4.11.2 噪声与振动控制

1. 有轨电车工程设计应从线路敷设、车辆选型、土建结构、轨道、声屏障等多方面采取综合环保措施，减少对周围环境的噪声与振动影响。
2. 有轨电车列车及设备运行对外部环境的噪声影响应符合现行国家标准《声环境质量标准》GB3096 的有关规定；车场的厂界噪声应符合现行国家标准《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB12348 的有关规定。
3. 现代有轨电车车辆运行对外部环境的振动影响应符合现行国家标准《城市区域环境振动标准》GB10070 的有关规定。
4. 有轨电车车辆运行引起的建筑物振动与二次辐射噪声应符合现行行业标准《城市轨道交通引起建筑物振动与二次辐射噪声限值及其测量方法标准》JGJ/T170 的有关规定。
5. 声屏障设计应满足声学性能、安全性、稳定性及耐候性等要求，并应符合下列规定：
 - 1) 声屏障设计目标值（声屏障插入损失）应由声环境保护目标处运营时段的车辆运行噪声昼间、夜间等效声级预测值（不含背景噪声）与所在环境功能区昼间、夜间噪声限值的差值来确定；
 - 2) 声屏障的总长度应覆盖相应的声环境保护目标，并不应小于远期车辆长度。声屏障两端的附加延伸长度应计算确定，且不宜小于 50m；
 - 3) 声屏障设计应避免由于阳光或灯光照射而造成对周围环境的眩光影响；声屏障的形式、材料、色彩等设计应与沿线城市景观相协调。

4.11.3 污水与废水处理

1. 当现代有轨电车车场附近设有城市污水排水系统，车场的生活污水应排入市政污水管道。
2. 当车场周围无城市污水排水系统时，应对生活污水进行处理，并应达到国家污水排放标准后排放。
3. 车场含油废水应进行厂区内污水处理，并应达到国家污水排放标准后排放。
4. 车场洗车废水经处理后应做到循环利用，循环利用的冲洗用水水质应符合国家污水再生利用水质标准。

4.11.4 大气污染防治

1. 车场供暖热源应采用市政热网，无条件时应优先采用无污染热源。
2. 锅炉大气主要污染物排放浓度应符合现行国家标准《锅炉大气污染物排放标准》GB13271 的规定。
3. 食堂操作间应安装油烟净化设施，油烟排放浓度应符合现行国家标准《饮食业油烟排放标准》GB 18483 的有关规定。

4.11.5 电磁防护

变电所及列车运行产生的工频电场、工频磁场等电磁辐射对公众环境的生物效应影响应符合现行国家标准《电磁辐射防护规定》GB8702 和现行行业标准《500kV 超高压送变电工程电磁辐射环境影响评价技术规范》HJ/T 24 的有关规定。

4.12 节约能源

4.12.1 一般规定

1. 有轨电车设计应贯彻国家能源政策，遵守国家及地方的节能法规、标准，科学合理利用能源。
2. 有轨电车节能设计应从优化工程方案、选用节能型设备、完善使用管理，并应做到降低能耗，提高能源利用率。
3. 节能设施应与有轨电车工程同时设计、同时施工和同时投入使用。

4.12.2 车站及其他建筑

1. 车站建筑围护结构的热工设计，应符合现行国家标准《公共建筑节能设计标准》GB50189 的有关规定。
2. 车站的平面布局，应有利于冬季日照和避风、夏季和其他季节减少受热和利用自然通风。
3. 车站应采用节能灯具，并应便于维修更换和清洁保养。
4. 车场内的厂房、车库等建筑的节能设计应符合现行国家标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189 的有关规定执行。

4.12.3 运营组织

1. 运营组织应根据线路的客流特点，制定具有节能效益的列车运行交路，行车间隔和列

车编组。

2. 运营组织应根据全日不同的客运量，安排各时段列车开行对数。

3. 在满足旅行速度的条件下，宜增加列车区间惰行时间，减少列车停站时间。

4.12.4 车辆

1. 车辆应采用节能型车辆，车体宜采用减轻自重的材料。

2. 车辆宜选用高性能的空调机组，额定工况下空调机组能效比不应小于 2.3；车辆空调机组应根据客室载客量的变化自动调整客室新风量，在满足客室内环境要求的条件下，车辆空调系统应以最节能的方式运行。

3. 车辆照明宜选用节能型照明灯具及光源；地面及高架线路运行的列车，宜根据外部光线强度的变化，采用光控或其他控制方式对客室内主照明进行控制。

4.12.5 供电

1. 供电系统应选择节能设备，并应选择减少供电系统本身的能耗的变压器容量与导线截面。

2. 在满足可靠、电能质量要求的前提下，宜减少环网电缆长度及设备数量，并降低设备和线路损耗供电分区。

3. 变电所的位置应靠近负荷中心；有条件时，主变电所与降压变电所应资源共享。

4. 变电所应设置电能质量管理体系。变电所除专用消防、人防电源回路外，220/380V 回路应配置多功能表，并有网络接口。

5. 供电系统考虑车辆再生制动能量吸收措施时，装置选择应通过经济技术综合比较确定。

4.12.6 照明

1. 照明配电系统设计应遵循“合理供配电原则”；根据用电负荷的分布特点，照明配电室宜设在负荷中心处。

2. 车站正常照明和广告照明宜采用 LED 光源，照明灯功率因数不宜低于 0.9。

3. 车站站台正常照明、车场及区间线路路灯宜采用光控技术。车站采用分时、分段控制。区间线路照明实际情况容许时，可考虑取消设置。

4. 正常照明照度取值应符合现行国家标准《建筑照明设计标准》GB50034 和《城市轨道交通照明》GB/T 16275 的有关规定。

5. 车场正常照明电源宜采用光伏发电技术。

4. 12. 7 给水与排水

1. 卫生器具及配件应采用节水型卫生器具并符合现行行业标准《节水型生活卫生器具标准》CJ164 的有关规定，卫生洁具应采用非接触式或感应式冲洗装置。
2. 车场内部冲厕、绿化及地面冲洗水给水水源应优先采用城市再生水。当车场周围无城市再生水时，车场内生产废水或生活污水经处理达标后，可作为中水回用。
3. 洗车库的废水应就地经过处理后重复利用。
4. 车场绿化浇洒应采用喷灌、微灌等高效节水方式。
5. 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。

4. 12. 8 运营控制系统

1. 控制系统宜集中设置 UPS 电源。
2. 在满足设计要求和质量可靠的前提下，各控制系统设备均宜选用高效、节能的设备与器材。
3. 控制系统应跟踪系统设备新技术、新工艺的发展，结合工程实践，宜采用性价比高、节能效果好的设备。

5 车辆

5.1 一般规定

5.1.1 现代有轨电车车辆类型及编组应根据当地的客流预测、环境条件、线路条件、运输能力要求等因素综合比较选定。车辆基本型式为钢轮钢轨、多模块铰接型低地板车辆。

1. 车体宽度：采用 2.65m 系列车型；
2. 地板最低高度：低地板车 $\leq 350\text{mm}$ ；高低板车：500~950mm；
3. 车辆牵引控制系统：可分为鼠笼异步电机或永磁同步电机；
4. 车体材料可采用不锈钢或铝合金车体；
5. 受电方式：可选用架空接触网方式、地面供电方式、储能供电方式；
6. 按最高速度：分为最高速度 70km/h、100km/h 系列车型；
7. 车辆最大紧急制动减速度不小于 2.5m/s^2 。

表 5.1 车辆主要技术参数

序号	名称		70%低地板有轨电车车辆	100%低地板有轨电车车辆
1	车辆基本长度 (mm)		≤ 30000	≤ 36000
2	车辆宽度 (mm)		2650 (或 2400)	2650 (或 2400)
3	车辆高度 (mm)		≤ 3700	≤ 3650
4	车内客室通道净高 (mm)		高地板区 ≥ 2000	≥ 2100
5	客室通道地板面高度 (mm)		低地板区 ≤ 380	≤ 350
6	客室侧门口宽度 (mm)	双开门	1300	1300
		单开门		800
7	客室侧门口高度 (mm)		≥ 1850	≥ 1850
8	转向架固定轴距 (mm)	轮对式	≤ 1900	≤ 1800
		独立车轮式	≤ 1850	
9	车钩高度 (mm)		≤ 660	≤ 660
10	受电弓工作高度 (mm)		3900~5600	3900~5600
11	轴重 (t)		≤ 12	≤ 12.5

注 1：独立车轮轴距为同一转向架两端的两同心独立车轮所形成的同心轴线之间的距离。

注 2：车辆宽度不包含后视摄像头或后视镜。

注 3：车辆高度为包含储能装置（如设置）的高度。

注 4：车辆基本长度为车辆定员在 300 人左右的基本长度，如加长或缩短车辆应按与之匹配的模块进行组合，其最大组合长度应符合道路交通的规定。

5.1.2 现代有轨电车车辆技术要求除应符合本章规定外，尚应符合现行国家标准《城市轨道交通车辆通用技术条件》GB/T 23431 的相关规定。

5.1.3 车辆组装后的检查和试验应符合现行国家标准《城市轨道交通车辆组装后的检查与试验规则》GB/T 14894 的相关规定。

5.1.4 车辆应确保在寿命周期内正常运行时的行车安全和人身安全，同时应具备故障、事故和灾难情况下对人员和车辆救助的条件。

5.1.5 车辆及其内部设施应使用不燃材料，或无卤、低烟的阻燃材料。

5.1.6 车辆应采取减小振动和噪声对环境产生有害影响的减振与降噪措施。

5.1.7 现代有轨电车车辆使用条件应符合下列规定：

1. 线路条件应满足下列要求：

线路轨距为 1435mm；

最小平面曲线半径：正线 $\geq 30\text{m}$ ；车场线和辅助线 $\geq 25\text{m}$ ；

最小竖曲线半径： $\leq 500\text{m}$ ；

坡度：若无特殊规定， $\leq 60\%$ 。（未考虑曲线折减）。

2. 受电方式：

架空接触网：受电弓；

地面供电：受流器；

充电装置：储能装置。

3. 供电电压：

DC750 V（波动范围 DC500V~DC900V）。

4. 因城市所处地区不同而存在使用条件差异时，用户与制造商可在合同中另行规定使用条件。

5.1.8 车辆客室地板面距轨面高度应与车站站台面相协调，车辆空车与重车高度调整装置应能有效地保持车辆地板面高度不因载客量的变化而明显改变。地板面高度在任何使用情况下均不应低于站台面。

5.1.9 车辆应能以规定的速度安全通过最小半径的平面曲线区段，并可在曲线上进行列车正常摘挂作业。

5.1.10 车辆最高运行速度为 70、100 km/h。车辆的构造速度应高于车辆最高运行速度的 10%或 10km/h。

5.1.11 车辆在地面或高架线路上运行时，8 级风应缓行，9 级风应停运，12 级风时停放的车辆应可保持稳定。

5.2 车辆制式与编组

5.2.1 低地板有轨电车车辆应采用模块化设计，可由多种模块组成，也可多编组重联运营，形成低地板有轨电车系列。

5.2.2 70%低地板（约 70%客室通道地板面可无台阶通过）有轨电车车辆系列宜采用的车辆基本组成为： $=Mc+Tp+Mc=$ 。

注：Mc—— 一端设司机室、有一动力转向架支撑，另一端为铰接支撑且有贯通道及车间减振器的车辆模块；

Tp—— 有一非动力转向架支撑，车顶设受电弓，两端均为铰接且有贯通道及车间减振器的车辆模块；

= —— 连挂车钩（可为简易车钩、半自动车钩或者全自动车钩）；

+ —— 铰接、贯通道及车间减振器。

5.2.3 100%低地板（全部客室通道地板面均可无台阶通过，允许采用不超过 6%的坡道过渡）有轨电车车辆系列应由动车模块、拖车模块、中间模块和铰接装置组成。

1. 动车模块应分为带司机室动车(Mc)、带受电弓动车（MP）；

2. 拖车模块应分为带受电弓拖车(TP)、无受电弓拖车(T)；

3. 中间模块应分为无受电弓中间模块（Z）、带受电弓中间模块(ZP)。

注：100%低地板车辆模块编组可由上述不同型式的车辆根据客流预测、设计运输能力、线路条件、环境条件及运营组织等要素确定

5.3 基本要求

5.3.1 车辆限界计算方法应符合国家现行 CJJ 96 限界标准的规定，如需通过干线铁路运输时，车辆还应符合现行国家标准《标准轨距铁路机车车辆限界》GB146.1 规定。

- 5.3.2 整备状态下的车辆自重不应大于合同规定值的 3%。
- 5.3.3 车辆动力转向架的每根动轴或同心轴线上的测量轴重与该车的测量平均动轴轴重之差不应超过 $\pm 2\%$ 。
- 5.3.4 车辆每个车轮的测量轮重与该轴或同心轴线上两轮的测量平均轮重之差不应超过 $\pm 4\%$ 。
- 5.3.5 新造车辆同轴或同心轴线上车轮直径之差不应超过 0.5 mm；同一动力转向架各轮直径之差不应超过 1 mm；同一非动力转向架各轮直径之差不应超过 2mm。
- 5.3.6 车辆应能以规定的速度安全通过各曲线区段，并在规定的曲线区段进行两辆车的连接与分解作业。
- 5.3.7 车辆应设架车、吊车、复轨等位置及结构，其功能应符合车辆维护和救援的规定。
- 5.3.8 动态特性参数应符合以下规定：
1. 最高运行速度为 70 km/h（如业主要求高于 70km/h，可自行协商）。
 2. 倒车行驶速度不应大于 10 km/h。
 3. 牵车联挂速度不应大于 3 km/h。
 4. 平均加速度（在平直线上，车轮半磨耗，AW2 载荷条件下）
 - 车辆速度从 0 加速到 40 km/h，不应小于 0.95 m/s^2 ；
 - 车辆速度从 0 加速到 70 km/h，不应小于 0.6 m/s^2 。
 5. 牵引瞬时加速度：不应大于 1.3 m/s^2 。
 6. 牵引纵向冲动率：不应大于 1.0 m/s^3 。
 7. 制动性能应符合表 5.2 的规定。

表 5.2 制动性能要求

序号	制动性能	常用制动	紧急制动 1	紧急制动 2	安全制动
1	最低减速度 $a \text{ (m/s}^2\text{)}$	1.1	1.2	2.0	1
2	最大响应时间 $t \text{ (s)}$	1.5	1.5	0.85	2
3	制动最大冲动限制 $\text{(m/s}^3\text{)}$	1.5	4	8	4
注 1：表 2 中所规定的车辆减速度，为在平直线上、良好的粘着条件、AW3 载荷					

工况的环境下，车速从 70 km/h 到 0 km/h 的平均减速度。

注 2：紧急制动 1，为制动模式指令采用安全回路方式（如：司机安全警惕、门安全回路等）。

注 3：紧急制动 2，为制动模式指令采用司控器方式。

注 4：安全制动为上述制动模式中的最高等级模式，可独立地、不受单一故障影响地操作。

注 5：最大响应时间：自制动指令发生变化开始至达到设定减速度的 90%为止的一段时间。

5.3.9 车辆内部等效噪声应符合 GB/T 23431 的相关规定。

5.3.10 车外等效噪声应符合 GB/T 23431 的相关规定。

5.3.11 车辆上的各种设备冲击、振动水平应符合 IEC 61373 的规定。

5.3.12 车辆电气设备电磁兼容性能试验及限值应符合 EN 50121 的规定。

5.3.13 车辆内部、外部电气设备防护应符合 IEC 60529 的规定。

5.3.14 车辆电气设备及电路的接地保护、绝缘保护、电气安全等通用规则应符合 EN 50153 的规定。

5.3.15 车辆电气设备布线、接线规则宜符合 TB/T1507 的规定；电气配线应符合 TB/T1484.1 的规定。

5.3.16 车辆电气通信网络用电缆应符合 TB/T1484.4 的规定。

5.3.17 车辆动力学试验及性能宜符合 GB/T 5599 的规定。

5.3.18 车辆防火设计要求宜符合 EN45545 的规定；如果有其他要求，请在合同中明确。

车辆应有相应的防腐、隔音、隔热、降噪措施，其表面处理及防腐涂装应符合以下规定：

1. 铝合金或需涂装的不锈钢车辆结构表面处理应采用机械预处理，铝合金车辆表面粗糙度（Ra）不应小于 $5\mu\text{m}$ ，需涂装的不锈钢车辆表面粗糙度（Ra）不应小于 $1.6\mu\text{m}$ ；
2. 车辆防腐涂装底漆、面漆、涂料供货、涂装、阻尼涂料供货、涂装质量应分别符合 TB/T2260、TB/T2393、TB/T2879.1、TB/T2879.5、TB/T2932 和 TB/T2879.6 的规定；
铝合金车辆结构防腐涂装所用防锈底漆中不应含有铁质颜料。

5.3.19 车辆密封性应符合 IEC 61133 的规定。

5.3.20 在粘着允许的范围内,车辆在超员载荷工况下,在丧失 1/2 或 1/3 动力的情况时,应具有在正线最大坡道上起动和运行到最近车站的能力。空载车辆应具有在正线线路的最大坡度上牵引另一辆超员载荷的无动力车辆运行到下一车站的能力。

5.4 车体及车辆连接

5.4.1 车体应采用不锈钢或铝合金材料和整体承载结构。在使用期限内承受正常载荷时不应产生永久变形和疲劳损伤,并应有足够的刚度和满足修理和纠正脱轨的要求。

5.4.2 车体的试验用纵向静载荷,当用户和制造商在合同中没有规定,采用的荷载值应不低于 0.4 MN。

5.4.3 车体试验用垂直载荷应按下列公式计算:

$$Lvt=1.1 \times (Wc+Wpmax) - (Wcb+Wet)$$

式中: Lvt —车体垂向试验载荷 (t)

Wc —运转整备状态时的车体重量 (t);

$Wpmax$ —最大载客重量,包括乘务员、坐席定员及强度计算用立席乘客的重量 (t)。

Wcb —车体结构重量 (t);

Wet —试验器材重量 (t)。

5.4.4 车辆结构设计寿命不应低于 30 年。

5.4.5 车体结构的内外墙板之间及底架与地板之间应敷设吸湿性小、膨胀率低、性能稳定的隔热、隔音材料。

5.4.6 车辆模块之间应根据需要设置铰接装置及车间减振器,以满足车辆模块之间的连接与载荷分配,保证车辆顺利通过曲线段的要求。

5.4.7 车辆模块之间应设有贯通道,满足车辆通过曲线段和乘客通行的要求,以及方便车辆检修等工作的分解要求。

5.4.8 车辆模块之间设置的电气连接装置应能满足车辆通过曲线段时安全、可靠地工作,以及方便车辆检修等工作的分解要求。

5.4.9 车辆两端应设有车钩及吸能装置,保证两连挂车辆顺利通过曲线段,满足救援要求,对事故撞击具有一定等级的防护能力。

5.4.10 具有重联运行功能要求的车辆,车辆之间宜采用带有电气连接的全自动折叠车钩;对于固定重联编组的车辆,也可采用单独的便于操作的车辆连接器。

5.5 司机室

5.5.1 司机室布置应能保证司机有清晰的视野,可方便、安全地操作。

5.5.2 司机应能通过前窗及侧窗方便清晰地观察前方信号、轨道、轨旁设备、接触网(轨)等沿线的状况;通过监视装置随时观察客室内的状况;站停时,通过司机室外两侧后视镜装置应能清晰地观察整个站台及各车门状况;运行时,通过司机室外两侧后视镜装置应能清晰地观察车辆两侧及侧后方的交通状况。

5.5.3 司机应能清楚地观察和方便地触摸到司机室内各种操作手柄、开关、显示仪表、显示屏、信号显示灯、无线通讯话筒等设施。

5.5.4 司机室应设雨刷器、遮阳帘。

5.5.5 司机室设置的司机座椅应具有能自由调整高度及前后位置、沿中心轴旋转、方便快速离开等功能。

5.5.6 司机室与客室之间应设隔门及隔断。隔门及隔断应有良好的透视性。隔门的净开宽度不应小于 550 mm,高度不应低于 1800 mm。

5.5.7 司机室内应有良好的密封性、保温性、防尘性;布线、雨刷器、前照灯等与车体的接口,以及司机室区域的车体均需密封;应设有防止清洗客室的积水渗入司机室内的结构。

5.5.8 司机室或其附近应设工具箱。

5.5.9 司机室应至少设 1 个灭火器,所处位置及固定方式应便于使用,其灭火能力应符合司机室环境要求。

5.5.10 司机室地板布应具有防静电、防滑、耐磨、防水的性能。

5.6 客室

5.6.1 客室内装及设施的设计应符合安全可靠、方便使用及维护、舒适性适度的规定。

5.6.2 客室内装及设施的防火应符合 GB/T6771 的规定,并符合相关装修材料有害气体排

放标准的规定。客室地板布应具有防静电、防滑、耐磨、防水的性能。

5.6.3 室应根据车辆运用条件，设置足够数量的双开式客室门；与司机室相邻处应尽量设单开式客室门；采用的塞拉门应符合 EN14752 的规定；门玻璃应采用安全玻璃，并符合 GB18045 的规定。

5.6.4 客室门应有可靠的机械锁闭、故障隔离、紧急解锁、重开门等安全设计；应具有司机集中控制开关门和左侧、右侧开关选择，开门与牵引互锁，障碍探测，司机旁路控制，故障诊断、显示和记录，开（关）门时的声、光提示，以及开（关）门状态、故障隔离状态显示等功能。

5.6.5 客室窗应部分采用可上部开闭的车窗。窗玻璃应采用安全玻璃，并应符合 GB18045 的规定。

5.6.6 客室应设置应急锤。

5.6.7 客室应设置乘客座椅，座椅设计应符合人体工程要求。

5.6.8 客室内应设置立柱、扶手等设施。

5.6.9 贯通道应具有安全性、防水性、隔热性、隔音性，以及使整车车内通透的性能。

5.6.10 室应至少设 2 个灭火器，所处位置及固定方式应容易识别、安全可靠、便于使用，其灭火能力应符合客室环境的要求。

5.6.11 客室门、贯通道等客室内设施的布置，应满足在不大于 30 秒内（含开关门时间）快速集中或疏散乘客上下车的需要。

5.6.12 客室应设置残疾人轮椅位。

5.7 空调系统

5.7.1 客室空调制冷能力应符合 GB/T23431 的规定。司机室可采用独立空调系统，司机室内温度、风量等应另行规定。

5.7.2 车辆应具有充分利用自然通风的装置。

5.7.3 车辆应依据环境温度设置车内独立采暖装置，其采暖能力应符合 GB/T23431 的规定。

5.7.4 空调制冷时，客室按 AW2 载客人数计算的人均新风量不应少于 10 m³/h，司机室人均新风量不应少于 30 m³/h；仅采用机械通风时，客室按 AW2 载客人数计算的人均新风量不应少于 20m³/h，司机室人均新风量不应少于 30m³/h。

5.7.5 司机室空调送风应设有风量、风向可调的送风口。

5.7.6 空调制冷系统应设有温度传感器，并应具有温度自动调节功能。

5.7.7 空调机组应符合 TB/T1804 的规定。

5.7.8 客室电热装置应尽量在各车体模块两侧的窗下均布，并应符合 TB/T2704 的规定。

5.7.9 客室电热装置应采用集中控制，并可根据需要分档控制启、停。

5.7.10 司机室电热装置应单独控制。采暖时，应保证司机腿部空间的局部温度高于其头部温度。

5.7.11 空调和电热装置均应具备相应的电气保护功能。

5.7.12 车辆空调系统应有可靠的排水、防水设计。

5.8 转向架

5.8.1 转向架应具有良好的运行平稳性、足够的小曲线通过能力、低噪声以及运行安全性。

5.8.2 转向架分为动力转向架和非动力转向架，两者均可采用轮对式或独立车轮设计，且应尽可能减小转向架的固定轴距和总质量。

5.8.3 车轮应采用具有特殊踏面形状的专用车轮，轮对或同心轴线上两独立车轮内侧距宜为 1360 mm。

5.8.4 转向架构架应为焊接结构，其材料应具有良好的可焊性、耐大气腐蚀性。构架设计寿命不应低于 30 年，寿命期内不允许进行结构性焊接修正。

5.8.5 转向架应采用橡胶弹性车轮，其橡胶件的设计使用寿命不应低于 60×10⁴ km 或 5 年（以先到限的为准）。

5.8.6 车轴、轴桥、短轴、弹性轮轮芯和轴箱的设计使用寿命不应低于 30 年。

5.8.7 转向架应尽可能采用免维护单元轴承,轴箱轴承的免维护周期不应小于 60×10^4 km 或 5 年 (以先到限的为准);轴箱设计应便于轮对或车轮橡胶件的更换。

5.8.8 转向架应采用两系悬挂装置,其参数设计应避免转向架与车体产生共振。

5.8.9 转向架的设计应保证一系、二系悬挂元件故障时不影响车辆运行的安全。

5.8.10 转向架与车体的纵向连接强度,应符合 3g 纵向加速度冲击的规定,相关部件的应力水平不超过材料的屈服极限;在 5g 纵向加速度冲击条件下应保证转向架与车体不发生分离。

5.8.11 车体与转向架、转向架构架与轮对或车轮之间的连接应符合整车起吊的规定。

5.8.12 在线路无润滑系统的条件下,转向架应装设轮缘润滑装置。

5.8.13 转向架适宜位置应安装轨道扫石器。

5.8.14 转向架设计应易于维护,特别是应便于牵引电机、制动闸片的更换和车辆地板面高度的调整。

5.8.15 转向架应符合车辆不落轮镟修踏面的规定。

5.9 制动系统

5.9.1 车辆制动系统应至少具有既独立又相互配合的电制动、摩擦制动两种基本方式,并应保证车辆在各种状态下所需的制动力。当电制动失效时,摩擦制动应能自动投入使用,并应保证所需的制动力。电制动应具有优先于摩擦制动使用的功能,其中摩擦制动可分别采用空气介质和液压介质,也可采用空-液混合方式(摩擦制动力是由液压系统提供的,而其控制是通过压缩空气实现的)。

5.9.2 电制动中再生制动应优先于电阻制动。

5.9.3 摩擦制动应具有独立执行制动的功能和与电制动交替平滑转换的混合制动功能。

5.9.4 车辆还应设有独立的磁轨制动装置。

5.9.5 制动系统应具有防滑功能。

5.9.6 停车时,制动系统应具有自动施加保障停车安全的保持制动功能。

5.9.7 长时间停车时，制动系统应具有在最大坡道、AW3 载重、最大风速条件下，保障车辆长时间不溜车的停放制动功能。实现该功能的制动装置，应采用弹簧施加的停放制动力，并仅以机械方式传递制动力。

5.9.8 车辆应具有撒砂功能，可在恶劣气候条件下保持所需的粘着力，满足最大紧急制动所要求的性能。撒砂装置所用砂子的质量和种类应依据试验或可比较的经验确定。

5.9.9 在最大紧急制动模式启动或另有规定的条件下，撒砂装置应能自动启动。

5.9.10 车辆制动模式配置应符合表 5.3 的规定。

表 5.3 制动模式配置

序号	制动模式	电制动	摩擦制动	车轮防滑保护装置	载荷测量装置	撒砂或等效装置	磁轨制动
1	常用制动	√	※	√	※	※	×
2	紧急制动 1	√	※	√	※	※	※
3	紧急制动 2	√	√	※	※	√	√
4	安全制动	×	√	※	※	※	※
5	保持制动	×	※	×	※	×	×
6	停放制动	×	※	×	×	×	×
注：车辆应根据其使用条件确定不同的制动模式配置，做出必选（√）、可选（※）、不选（×）的选择。							

5.10 牵引及辅助电源系统

5.10.1 车辆牵引系统应采用交流传动和 1C1M 控制方式，且应设有两个或两个以上牵引单元；当牵引单元数大于等于 4 个时，宜采用 1C2M 控制方式。

5.10.2 牵引系统应具有为车辆提供所需的牵引和电制动能力，对牵引和制动过程的防空转、防滑、冲动实施控制的功能，坡停启动、牵引系统故障检测与隔离等功能。

5.10.3 牵引电机宜符合 TB/T3001 的规定；牵引逆变器性能宜符合 TB/T2437 的规定；电阻制动宜符合 TB/T1393 的规定。

5.10.4 受电弓系统应符合受电装置与网线接触力为 60N ~150N 的规定，应具有车辆高压用电与过电压保护以及避雷的功能。采用储能元件供电的车辆受电弓应满足储能系统充电相关要求。

5.10.5 车辆辅助电源系统应具有两个或两个以上辅助供电单元和多种冗余备用的设置。

5.10.6 辅助电源逆变器输出特性，应与车辆的辅助交流负载和直流负载匹配。

5.10.7 蓄电池容量应符合司机室内照明、车内应急照明、头灯、尾灯、无线通信、广播等安全设备用电 30 min 以上的规定。蓄电池装置应具有安全防护功能的箱体，良好的内部和外部通风环境，其安装位置应符合 EN50272-3 的规定。采用部分接触网供电要求的车辆蓄电池容量应满足无网区运行要求。

5.10.8 车辆应配置与受电系统互锁的外接电源装置。当受电系统不工作时，外接电源应能为车辆辅助电源系统供电，满足蓄电池充电和交直流负载供电要求。

5.10.9 辅助电源系统应具有为车辆提供正常使用时的辅助供电、单元故障时的扩展辅助供电（空调系统负载需减半）、受电系统失效时的应急供电和检修供电等功能。

5.11 照明系统

5.11.1 司机室内部照度应符合地板中央照度为 $4\text{ lx} \sim 5\text{ lx}$ ，司机台面照度为 $7\text{ lx} \sim 10\text{ lx}$ 的规定。

5.11.2 在各种光源及相应设施条件下，司机室内照明应符合仪表显示、指示灯在日光及夜间无照明时，均应在 500mm 距离处清楚看见其显示及读值的规定；应符合仪表显示、指示灯等司机室内所有光源的灯光，均不妨碍司机操作和对行车视觉信息观察的规定。

5.11.3 司机室内照明应符合内部检修照明的规定。

5.11.4 客室内部应具有足够照度的照明，其照度应符合 GB/T23431 规定的客室照度、应急照明照度及其测量的规定。

5.11.5 车辆外部两端应设有头灯。头灯应具有根据车辆使用工况（如：行车方向、停车、倒车等。）进行开闭、调节灯光强度（强光和弱光）、微调照射角度（水平与垂直方向）、首尾端转换功能，且应具有防水功能。

5.11.6 车辆头灯强光照度在紧急制动距离范围内不应小于 2 lx 。

5.11.7 车辆外部其它灯光信号显示应符合道路交通的规定。

5.12 控制及监控诊断系统

5.12.2 车辆宜采用网络控制系统，与运行安全相关的控制除网线外还应有硬线冗余。

5.12.2 人工驾驶模式应至少具有以下功能：

1. 确定车辆的可操作端位置（钥匙开关）功能；
2. 运行方向选择功能；
3. 运行模式选择功能；
4. 人工操作控制手柄实施牵引、惰行、常用制动、最大减速度的紧急制动操作功能；
5. 无人警惕功能；
6. 可独立操作的安全制动功能；
7. 由司机对全部辅助设备实施手动控制功能。

5.12.3 系统应有时钟、车辆主要设备的运行状况及其故障的自动信息收集、记录、显示功能。

5.12.4 系统应有对辅助设备的控制功能。

5.12.5 系统应有故障信息识别、处理及指导功能。

5.12.6 系统应有故障数据的读出、分析功能。

5.12.7 主要子系统应具有自诊断功能。

5.12.8 系统操作应具有正常运行、驾驶员支持、维修支持、试运行测试模式的监控诊断功能。

5.12.9 系统应有通过显示屏进行系统时间设定、轮径设定、操作人员登录功能。

5.12.10 系统应具有数据记录功能。该功能可根据需要增设数据记录，对车辆运行过程中涉及行车安全的控制指令及车辆状态信息进行实时记录，还可通过外设方便数据下载，并由专门的分析软件进行数据分析或事件回放。

5.12.11 安全制动指令等级应高于系统的其它运行控制指令，车辆故障安全导向所自动施加的制动指令等级应高于系统的控制及监控指令。

5.12.12 系统通信网络传输功能应有网络冗余设计。

5.12.13 系统应考虑与车载信号设备、车载售票设备等接口。

5.13 通信、广播及信息显示

- 5.13.1 车辆应设置独立的无线通信系统。
- 5.13.2 无线通信系统应具有调度中心随时与本车司机进行无线通信联络的功能、调度中心通过本车广播系统对乘客进行播音的功能、本车司机与车站值班员通信、与车辆段运转室值班员通信的功能。
- 5.13.3 车辆应设置有线广播系统。
- 5.13.4 有线广播系统应具有自动报站、本车司机对车内/外乘客广播、本车两端司机室对话、客室乘客与司机紧急对讲、预录制紧急广播、本车司机对本车广播控制、高级别广播优先等广播功能。
- 5.13.5 车内客室各侧门上方应设行车路线、行车方向、行车及停车位置的信息显示装置。
- 5.13.6 车内客室应在旅客方便观察到的位置，设动态信息显示等装置。
- 5.13.7 车外司机室端上方应设置终点站信息显示装置。
- 5.13.8 车外两侧应设置侧灯显示装置。
- 5.13.9 车外司机室端应设置尾灯（红色），尾灯应根据行车方向、停车、倒车进行自动调节灯光显示，尾灯灯光可视距离应符合紧急制动距离的规定。
- 5.13.10 车外司机室端应设置鸣笛装置。
- 5.13.11 车内应设置由司机室控制的客室监控系统。
- 5.13.12 应考虑与 TCMS 的通信接口、车载售票系统接口。
- 5.14 安全设施和应急措施
 - 5.14.1 司机台上应设置紧急制动操纵装置、快速制动按钮和警惕按钮。
 - 5.14.2 司机室内应设置客室侧门开闭状态显示灯。
 - 5.14.3 司机室前端应装设可进行远近光变换的前照灯，前照灯在车辆前端紧急制停距离处照度不应小于 21x。列车尾端外壁应设有红色防护灯。
 - 5.14.4 现代有轨电车车辆应遵守道路交通相关要求。且列车应按现行国家标准《机动车运行安全技术条件》GB7258 的相关规定，设置转向灯、刹车灯、示宽灯、鸣笛装置、排

障器等设施。

5.14.5 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。

5.14.6 各电气设备保护性接地应可靠，接地线应有足够的截面积，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体等电位联结。

6 建设管理

6.1 一般规定

6.1.1 现代有轨电车项目建设应满足国家建设程序要求，具体应包含线网规划、项目建议书、可行性研究、初步设计、施工图设计、工程施工、系统联调与试运行、试运营条件评审、试运营、竣工验收、项目后评价等程序。其中线网规划阶段应完成客流预测、环境评价、交通评价等相关专项内容。

6.1.2 现代有轨电车项目可行性研究阶段应编制客流预测等支撑性专题报告。

6.1.3 现代有轨电车项目竣工验收后，行政主管部门应组织项目试运营条件评审，并批复试运营经营许可证。

6.1.4 现代有轨电车项目应建立勘察设计、工程施工和运营维护“三网合一”的精密测量控制网。

6.1.5 现代有轨电车项目建设管理，除应遵循本标准外，还应符合国家法律、法规及有关强制性标准的规定。

6.2 建设程序

6.2.1 线网规划阶段

1. 现代有轨电车线网规划必须与城市综合交通体系规划、城市公共交通专项规划及地铁等其他制式的城市轨道交通规划相协调，与城市的经济发展、环境保护、文物保护和防灾减灾等相协调。
2. 编制现代有轨电车线网规划，需要论证建设的必要性、线网功能与定位，研究现代有轨电车线网与城市轨道交通线网、公交线网的关系，分析项目建设时序，并提出合理的近期实施方案。
3. 拟建设城市轨道交通项目的城市（以下简称“拟建城市”）组织编制的现代有轨电车线网规划方案，应依据国家有关法规取得相关政府授权部门的审批或许可。现代有轨电车线网规划方案报拟建城市规划部门审批。经批复的现代有轨电车线网规划作为推进有轨电车线路规划建设的依据。

6.2.2 项目建议书阶段

拟建城市组织编制的项目建议书，应依据国家有关法规取得相关政府授权部门的审批或许可。现代有轨电车项目建议书一般宜报送发展改革部门审批。已批复的项目建议书作为有轨电车项目立项的依据。

6.2.3 工程可行性研究阶段

1. 拟建城市或其授权的项目业主或建设单位应组织编制可行性研究报告及相关专题报告。专题包括但不限于环境影响评价报告、社会稳定风险评估报告、客流预测报告、工程场地地震安全性评价报告、地质灾害危险性评估报告、建设项目用地预审、交通影响评价报告等，具体以国家有关法规或政府相应审批规定及要求为准。专题报告按具体要求报相关政府部门或有关单位等进行审批、审查。可行性研究报告及已批复的专题报告报送政府发展改革部门或其授权单位审批。
2. 采取政府和社会资本合作（PPP）模式的现代有轨电车项目，在工程可行性研究获批后，可进行社会投资人招标。
3. 项目建设单位或实施主体确定后，宜尽快确定运营单位，以便运营单位参与项目建设过程，确保项目建设满足运营要求。

6.2.4 初步设计阶段

建设单位组织编制项目初步设计及概算，上报上级主管部门审批。

6.2.5 施工图及施工图审查阶段

建设单位组织编制施工图设计，并上报主管部门或委托第三方开展施工图审查工作。

6.2.6 项目招投标阶段

建设单位组织开展工程招投标工作，确定项目施工、监理、设备供应等各参建单位。

6.2.7 施工阶段

建设单位依据国家有关法规完成项目建设用地许可证、土地使用权证、建设工程规划许可证和建筑施工许可证等必要手续办理后，方可组织施工。

6.2.8 试运行阶段

1. 现代有轨电车工程冷、热滑试验成功，系统联调结束后，运营单位组织开展试运行

工作，通过不载客列车运行，对运营组织管理和设施设备系统的可用性、安全性和可靠性进行检验。

2. 试运行之前应做好现代有轨电车与行人、车辆的路权划分，并做好相关宣传工作，降低冲突事件。
3. 试运行相关要求按照国家有关规定执行，试运行时间不得少于 3 个月。

6.2.9 试运营阶段

现代有轨电车工程项目整体系统可用性、安全性和可靠性经过试运行检验合格，并满足国家相关规定后，政府行政主管部门应组织项目试运营条件评审。运营单位获得试运营行政许可证后，组织开展正式运营前的载客运营活动，试运营时间宜为 1 年。

6.2.10 竣工验收阶段

建设单位组织项目相关参建单位开展项目的竣工验收工作，竣工验收标准及相关程序按照国家相关法律及强制性标准规范执行。

6.2.11 项目后评价阶段

现代有轨电车工程项目正式运营 1-2 年以上，应依据国家政府投资建设项目监管有关规定由地方政府组织进行后评价，从项目的功能后评价、过程后评价、经济后评价、影响后评价、可持续发展评价等方面进行后评价。

6.3 工程管理

6.3.1 开工前应当收集国家、行业、地方有关轨道交通工程质量安全监督管理、竣工验收和质量保修等方面的法律、法规、规章和标准，并严格贯彻执行。

6.3.2 建设工程质量管理

1. 工程质量标准必须符合现行国家有关工程施工质量验收规范和标准的要求。
2. 参建单位应建立质量管理体系，并落实相关的工程质量管理责任。
3. 参建单位和设备供应商应具有相关资质，相关专业人员持证上岗，人员配备应符合合同约定及相关法律法规要求。
4. 取得开工报告或施工许可证前，应到建设行政主管部门办理工程质量监督手续。
5. 施工过程中，施工单位应及时收集、整理有关技术资料，建立、健全工程质量档案，

工程竣工后及时向建设、运营、行政主管部门移交和备案。

6. 工程完工后，应按设计标准及验收规范进行验收，未经验收和验收不合格的不得使用。
7. 工程竣工质量保修范围、保修期限和保修责任应在建设合同中予以约定，并符合国家有关法律规定。

6.3.3 建设工程安全管理

1. 参建单位应建立安全管理组织机构和体系，完善安全管理制度，明确各级安全职责，确定安全管理目标，提出具体的安全保证措施，实施安全文明施工。
2. 参建单位应具有安全生产资质，特种作业人员持证上岗，各级安全人员配备符合有关规定。
3. 取得开工报告或施工许可证前，应到建设行政主管部门办理工程安全监督手续。
4. 根据《安全生产法》、《建设工程安全生产管理条例》、《城市轨道交通建设工程质量安全事故应急预案管理办法》和地方政府有关法律法规、规章制度等进行应急管理，包括应急预案的编制和应急演练。
5. 危险性较大的分部分项工程施工专项方案编制和工程实施应符合住建部《危险性较大的分部分项工程安全管理办法》的规定。

6.3.4 工程建设进度管理

1. 进度管理报批程序

施工单位应按照工程项目总体进度计划编制详细的施工进度计划，施工进度计划经建设单位批准后实施。施工进度计划是控制工程进度的依据，建设单位和监理单位有权按照施工进度计划检查工程进度情况。

2. 进度管理制度包括：进度计划编制、审批制度，进度计划预警制度，检查考核评比制度，例会制度。

3. 进度计划的调整

施工进度计划不符合合同要求或与工程的实际进度不一致的，施工单位应向监理单位提交修订的施工进度计划，并附具有关措施和相关资料，由监理单位报送建设单位。

4. 进度计划保障措施

根据影响项目管理目标的原因和实际情况，采取相应的组织措施、管理措施、技术措施

和经济措施。

- 1) 组织措施: 确定项目组织结构、任务分工、管理职能分工、工作流程组织和项目管理班子人员等。
- 2) 管理措施: 包括合同措施, 分析由于管理的原因而影响项目目标实现的问题, 调整进度管理的方法和手段, 强化施工管理和加强合同管理等。
- 3) 技术措施: 分析由于技术(包括设计和施工的技术)的原因而影响项目目标实现的问题, 并采取相应的措施, 如调整设计、改进施工方法和改变施工机具等。
- 4) 经济措施: 分析由于经济的原因而影响项目目标实现的问题, 针对存在的问题, 采取措施确保不因经济原因而影响工程进度。

6.3.5 管线改迁

1. 管线改迁工程的设计与实施应与现代有轨电车主体工程的实施相结合, 管线改迁工程设计应了解、掌握现代有轨电车主体工程施工工法、工序、工期的要求, 结合工程特点, 使管线改迁工程满足主体工程施工的需要, 并结合交通疏解方案, 使交通疏解期间管线正常使用。
2. 应结合规划线网建设时序安排, 在管线改迁过程中, 同步考虑规划管线的实施需求, 尽量一次到位, 减少重复建设。
3. 管线改迁宜结合地下空间的开发利用, 有条件的地方可考虑建设综合管廊。

6.3.6 关键技术管理

1. 工程测量
 - 1) 现代有轨电车工程平面和高程系统应与所在城市的平面和高程系统一致。
 - 2) 工程实施前应在城市一、二等平面和高程控制网的基础上, 建立专用平面、高程施工控制网, 其与现有城市控制网重合点的坐标和高程校差应分别不大于 50mm 和 20mm。
 - 3) 工程施工前应对已建成的平面、高程控制网进行复测, 建设期间应对其进行复核, 复核频率要符合相关规定。
2. 轨道工程
 - 1) 轨道工程所包含的钢轨、扣件、柔性材料等设备以及钢筋、混凝土等材料均应符合设计文件及轨道设备技术规格书的规定, 应有出厂合格证明文件并经检验合格后

方可使用。

2) 整体道床轨道宜采用散铺架轨法施工。

3) 钢轨焊接宜采用闪光焊接, 并应进行型式检验和生产检验。钢轨焊接接头应按操作工艺规程施焊, 应进行超声波探伤和外观检查, 并应符合现行焊接标准的规定。

4) 整体道床轨道施工的轨距、扣件布置、曲线超高、混凝土标号和钢轨锁定温度等应符合设计规定。

5) 道岔制造图应满足车辆与控制系统接口条件与设计的要求, 出厂前应进行试拼; 道岔施工应符合设计规定。

6) 轨道、扣件与道岔宜进行阻尼材料包裹。

7) 轨道工程应满足设计要求, 并按相关施工验收规范要求进行验收。

3. 供电系统

1) 供电系统应根据建设要求, 结合现代有轨电车线网规划, 从可行性研究阶段开始会同政府主管职能部门和电业部门协商确定下列内容:

- 主变电所设置位置及外电源方案;
- 主变电所一次接线方案;
- 城市电网近、远期的规划资料及系统参数;
- 近、远期外部电源容量及电压偏差范围;
- 外部电源的电能量要求;
- 城市电网变电站出线继电保护与现代有轨电车供电系统进线继电保护的设置和时限配合;
- 电力调度要求及管理分工。

2) 接触网施工应符合下列要求:

- 基础表面应平整、棱角完整, 无漏浆、漏筋等现象。基础外形尺寸、地脚螺栓外露长度、间距允许偏差应符合下表的规定。

项目	允许偏差
螺栓外露长度	± 20
螺栓相互间距 (法兰式混凝土支柱)	$\pm 2 (\pm 1)$
螺栓中心位置 (法兰式混凝土支柱)	$\pm 2 (\pm 1)$
螺栓埋深	+ 200
混凝土保护层	± 10
基础横断面尺寸	± 20

- 同一组软、硬横跨两基础中心连线应垂直于线路中心线, 软横跨施工偏差不应大于

3°，硬横跨施工偏差不应大于 2°。

- 腕臂安装底座与支柱密贴，底座槽钢（或角钢）呈水平，腕臂各部件处在同一垂面内（不包括定位装置）。顶端管帽封堵良好，螺纹外露部分均涂防腐油。
- 设计无明确要求时定位管应水平，在平均温度时应垂直于线路中心线。
- 悬挂点接触线高度应符合设计要求，施工允许偏差不应大于 $\pm 30\text{mm}$ 。接触线拉出值的布置应符合设计要求，允许偏差 $\pm 30\text{mm}$ 。在任何情况下其导线偏移值（相对于受电弓中心）不宜大于设计允许最大值。
- 接触网设备除与机车车辆有相互作用的设备外，任何情况下不得侵入车辆设备限界。
- 冷滑试验及送电开通前，应对影响安全运营的路内、外电力线路，建筑物及树木进行全面检查。

4. 综合通信系统

1) 当形成有轨电车网络时，应建立服务于网络化运营的通信系统，包括：共用信息传输网系统、网络中心时间同步系统、网络公务电话交换系统、网络无线交换系统和网络化的技术防范集成系统等。

2) 通信系统由运营通信、民用通信、公安通信等三部分组成；新线线路建设时应统一设计，并在条件允许的情况下实现三部分在传输、电源、设备用房等方面的资源共享。

3) 通信系统构架及设备配置应确保其安全性和可靠性，通信系统应实现 24h 不间断地运行。通信系统在故障时应具有相应的备用或降级使用功能，或启动关键部件的冗余配备来确保系统基本功能的实现。

4) 通信系统设备应采用模块化设计，易于扩展和平滑升级，并应满足便于安装、操作和维护的要求。

5) 通信各子系统应按工业级标准设计，具有安全防范机制，防止计算机病毒侵入。通信各子系统间、及通信系统与其他系统的接口，应具备切断电脑病毒在系统间蔓延的能力。

5. 正线道岔控制系统

1) 正线道岔控制系统宜采用分散控制方式，具备条件处可采用集中控制。

2) 系统应适应建设地区运行环境的要求，满足运营管理模式和行车组织方式的要求。

3) 系统应具备远程监控和故障报警功能，具有兼容性，达到互联互通。

4) 系统性能应具有高安全性和可靠性、使用性能良好、维护方便、具有良好的电磁兼容性、冗余结构，符合故障—安全的原则，系统必须通过第三方机构安全认证。

5) 系统设备必须符合设计要求的安全防护等级标准。

6.3.7 接口管理

1. 现代有轨电车项目所涉及的专业技术涵盖了城市规划、土木工程、机电设备、信息技术及环保卫生等众多领域。在建设过程中,各专业项目之间需进行相互协调,密切配合,以保证满足现代有轨电车工程的各项设计要求,充分发挥项目的全部功能。
2. 接口管理工作贯穿于建设全过程,在工程建设各阶段应根据各阶段工作目标和工程建设具体情况确定接口管理工作内容的重点。地方政府宜成立现代有轨电车建设统一协调、统一指挥的专门机构,协调各有关部门对现代有轨电车建设的接口协调和相关配合支持工作。
3. 建设单位是接口管理的主体,应建立以建设单位为核心的项目接口管理体系,各参建单位在建设单位统一组织协调下实施工程接口管理。各参建单位应建立接口组织管理机构,健全管理规章制度,明确各自的职责和 workflows,通过建立合理的沟通协调途径和争议解决机制,减少冲突的发生。
4. 各参建单位的接口工作分工和管理要求应在合同文件中明确规定。建设单位可根据接口管理的对象、范围和特点,委托具有相应经验的参建方具体负责指定的接口管理工作。
5. 根据接口与项目范围的关系,接口管理工作可分为内部接口管理和外部接口管理。
 - 1) 内部接口管理包括项目内部不同阶段、不同参建单位、设计各专业、施工各专业之间接口的衔接和约束条件,明确接口界面、任务或任务组合的实施顺序,整合现代有轨电车项目多工点、多系统、多专业、多单位的项目管理服务,实现现代有轨电车项目各部分、各专业工程的功能平衡和投资比例合理,保证项目目标的顺利实现。

内部接口确认可采用授权、会议、文件、会签、检查、项目进展报告等方式。

依据项目合同和接口管理程序协调确认的内部接口的接口要求,应在项目实施中予以落实。

- 2) 外部接口管理应处理协调现代有轨电车项目与城市规划、建设用地、文物保护、道路交通、供电供排水、环境景观、人防消防、地质和地震灾害、铁路、航空、航运等之间的有效衔接和约束条件,在符合相关法规和城市公共利益基础上,明确项目实施的外部条件和具体要求。

外部接口管理一般应由建设单位牵头，根据接口分类和外部管理要求，明确责任部门和责任人，具体落实相应外部接口沟通和协调工作。

外部接口确认可采用文件、会签、传真、会议和项目进展报告等方式。

外部接口工作计划应依据工程总进度计划、基本建设程序和相关逻辑关系制定和实施，明确外部接口工作的时间节点和管理要求，保证工程的有序开展。

3) 应明确外部接口事项与项目内部接口工作的衔接关系，保证接口管理工作的统一性。

4) 应建立外部接口管理应急制度，明确出现影响现代有轨电车工程关键的外部接口问题的具体应对程序，及时予以应对处理。

1 工程接口管理计划应与项目管理的其他各类计划相协调。

2 建设单位应采取如下管理措施：

1) 组织制定系统的项目接口管理方案，并明确各参建单位的接口管理权责分工和阶段目标。

2) 合理设置标段和合同包，在招标文件和合同文件中明确接口管理的界面与职责。

3) 发挥设计总体（总承包）单位的作用，授权其全面负责设计和技术接口的具体管理工作。

4) 组织各参建单位编制工程接口管理文件，明确各系统间的接口任务。

5) 建立接口检查的标准和管理要求，检查和确认项目接口管理情况，发现问题及时要求整改。

6) 加强对系统结合部位、系统联调、试运行的接口管理。

6.3.8 系统调试

1. 系统调试对象包含车辆、供电、机电、智能控制系统（运营控制、运营管理）等内容。系统调试工作包括单设备调试、单系统调试和联合调试。

2. 联合调试是指在单系统调试、接口试验成功的基础上，进行全系统模拟运行和整合调试，验证各系统运行是否仍然正常、各系统之间的匹配程度及稳定性、系统的能力和故障状态下的应急处置方案的能力，发挥各系统之间的联动功能，实现人、机、环境的最佳匹配，达到设计要求，满足运营需求。

3. 联合调试应由建设单位组织，运营、安监、施工、监理、设计及设备供应等相关单位参加，调试完成后应共同提出联合调试报告。

4. 系统调试目的

- 1) 实现现代有轨电车系统的综合集成。
- 2) 实现设备系统之间的最佳整体匹配。
- 3) 通过安全分析提高系统安全性。
- 4) 为运营提供成熟的技术系统。
- 5) 培训运营队伍，提供解决商务争议的技术依据。

5. 系统调试内容

- 1) 对系统设备进行技术修正和完善，实现最佳整体匹配和整体性能。
- 2) 对各设备系统的预期功能及技术要求，进行验证和确认。
- 3) 对各设备系统的可靠性、可用性、可维护性及安全性进行验证和确认。
- 4) 通过联调联试验证和确认现代有轨电车系统的运输能力、服务质量和社会经济效益。
- 5) 实现某些子系统的特殊调试试验，例如必须在现代有轨电车系统联调时才具备调试条件的试验。

6.3.9 工程环境

1. 建设单位对建设项目环保工作负有领导、检查、督导、协调的职责。施工单位是工程项目环保工作的责任主体，对所承担的标段工程环保工作负直接责任。
2. 建设项目环境保护应贯彻执行环境保护设施工程与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用的“三同时”制度。
3. 建设单位根据建设项目环境影响评价报告书、初步设计文件、主管部门批复意见等，识别和评估环境因素，确定环境管理目标，落实建设项目实施过程中各阶段污染防治措施。
4. 根据建设项目环境影响报告和总体环保规划，制订并实施建设期间的环境保护计划，有效控制污染物及废弃物的排放，并进行有效治理。
5. 建设单位应贯彻落实绿色环保与文明施工要求，要求施工单位采取有效措施控制好施工噪声、扬尘，保护生态环境，防止因工程建设和投产后引起的生态变化与扰民，防止水土流失。
6. 建设项目工程环境管理应符合《建设工程施工现场消防安全技术规范》GB50720、《建筑施工现场环境与卫生标准》JGJ146 及《施工现场临时建筑物技术规范》

JGJ/T188 等标准，同时应制定污水管理制度、废气扬尘管理制度、噪声管理制度、固体废物管理制度、危险废弃物管理制度及危险品、易燃易爆品管理制度等，达到以下目标：杜绝重大环境污染事故；污染物达标排放率 100%；固体废弃物处理符合国家、地方相关规定，危险废物处置率 100%。

6.3.10 建设风险管理

1. 现代有轨电车工程建设应根据工程特点和要求实施工程建设风险管理，将项目中的各类建设风险或事故造成的不利影响、破坏和损失降低至合理、可接受的水平，并应减少人员伤亡和对周边环境造成的影响破坏。
2. 工程建设风险管理工作应由建设单位负责组织，各参建单位应承担现行法律、法规规定的和合同约定的风险管理实施责任。
3. 现代有轨电车项目建设风险管理应实施风险动态管理，并应将风险动态管理与控制贯穿项目建设管理的全过程。
4. 按照现代有轨电车工程建设工作内容与实施过程，建设风险管理应分为以下几个阶段：规划阶段风险管理、可行性研究风险管理、勘察与设计风险管理、招投标与合同风险管理和施工风险管理。
5. 建设风险管理流程包括风险识别、风险评估、制定风险管理策略、提出风险管理解决方案和风险监督评价。
6. 建设单位应牵头参建各方建立工程建设风险管理体系，明确的组织机构和管理人员，加强工程建设风险管理各方、各阶段的沟通与协调，并应编制风险记录和管理文件。
7. 建设单位应加强重大建设风险的管理工作，重点组织对重大关键性节点工程、采用新技术、新材料、新工艺、新型车辆、新设备系统工程及复杂难点单项工程进行建设风险分析，并应针对建设中的关键工序或难点进行专项建设风险论证与评估。
8. 针对现代有轨电车工程具体工程特点与实施过程，应采取经济、可行、主动的处置措施来规避、转移、降低风险。
9. 现代有轨电车工程施工前，相关参建单位应针对建设风险编制专项控制方案和应急预案，履行必要的审查和专家论证程序，并建立工程施工预警监测系统，制定工程施工预警监测指标及标准，实行施工风险动态跟踪管理，并制定风险处置措施。
10. 有轨电车项目建设发生险情时，应适时启动应急机制，成立现场抢险指挥部，并按照应急预案要求，采取切实可行的积极措施，避免事故进一步扩大。

11. 建设单位应组织督促工程各参建单位开展和加强建设风险管理教育培训,提高管理人员和施工人员的风险防范意识,降低风险事件的发生。

6.3.11 验收

1. 过程验收的分部分项工程质量应满足设计和使用要求,并符合国家有关工程施工验收规范、标准及合同约定。
2. 工程验收分为单位工程验收、项目工程验收、竣工验收三个阶段。有关工程验收的组织程序、验收条件和内容等应符合住建部“建质[2014]42号”文规定。
3. 专项验收一般包括档案验收、消防验收、规划验收、环保验收、防雷验收、节能验收、人防验收、电梯验收等项目。

表 6.3.1 工程建设专项验收内容

	专项验收名称	验收依据	验收单位
1	档案验收	城市建设档案管理规定	城建档案馆
2	消防验收	建设工程消防监督管理规定	公司消防部门
3	规划验收	中华人民共和国城市规划法	规划部门
4	环保验收	建设项目竣工环境保护验收管理办法	环保部门
5	防雷验收	防雷装置设计审核和竣工验收规定	气象局防雷办
6	节能验收	民用建筑节能管理规定	建设主管部门
7	人防验收	省市人防工程竣工验收备案管理办法	民防部门
8	电梯验收	省市电梯安全监察和质量监督办法	质量技术监督部门

6.3.12 建设监理

1. 现代有轨电车工程实行监理的,建设单位和施工单位应在专用合同条款中明确监理内容及监理权限等事项。监理单位应当根据建设单位授权及法律规定,代表建设单位对工程施工相关事项进行检查、查验、审核、验收,并签发相关指示。
2. 有关建设监理内容应执行《建设工程监理规范》GB/T50319、《建设工程监理合同(示范文本)》和《建设工程施工合同(示范文本)》。

7 运营管理

7.1 一般规定

7.1.1 有轨电车运营管理一般包括人员、行车、客运、设备设施、车辆、安全、技术等方面管理内容，运营公司应根据其运营规模、运营特点制定符合自身要求的管理办法。

7.1.2 运营单位应确定运营服务宗旨，保障有轨电车安全、有效、灵活运营，为乘客提供舒适、准点服务，为城市提供绿色交通。

7.1.3 运营单位应提前介入项目的设计、建设过程，根据运营需求，优化设计与建设标准。

7.1.4 有轨电车运营管理应执行国家道路交通相关法律法规，并应得到当地政府在政策、法规等方面的支持，保证有轨电车建设、运营的可持续发展。

7.1.5 有轨电车运营开通前需通过《有轨电车试运营基本条件》的评估许可。

7.1.6 有轨电车运营筹备阶段应按当地物价局要求进行票价听证。

7.1.7 运营单位应进行分期财务预算，建立资产管理体系，加强资产管理和风险控制的能力。

7.1.8 运营单位宜采用信息化的手段来辅助运营，降低运营成本，提高运营效率，保障运营安全。

7.2 运营筹备及试运营

7.2.1 有轨电车应成立专门运营管理单位或由轨道交通运营部门进行运营管理。当采用公私合营（Public-Private-Partnership）模式时，根据项目需求，ppp 项目公司可自行成立运营公司。

7.2.2 有轨电车在建设初期，应着手筹建运营部门，建立组织架构、制定管理模式，培训运营人员，且运营人员应参与工程建设调试、验收和交付工作。

7.2.3 运营单位应设立行车、客运、设备及设施维护等运营保障的基础部门，招聘、培训相关人员，建立组织架构。

7.2.4 运营单位应根据当地乘客出行和运营线路特征，制定相应的行车、客运、设备运行与维修保养等规章制度，为试运营奠定基础。

7.2.5 有轨电车应在分项系统调试完成后，进行联合调试。联合调试由建设单位组织，运营、施工、监理、设计及设备供应等相关单位参加，调试过程应提出联合调试报告；

7.2.6 联合调试完成后，应对轨道、车辆、供电、通信、信号设备等分项系统进行不少于 3 个月的试运行。

7.2.7 在试运营之前，应制定完善相关的实施方案、操作流程及各种应急预案，确保试运营顺利进行。

7.2.8 有轨电车系统宜经过至少为期一年的试运营，并积累经验，建立健全规章制度，培养专业技术人员。经相关部门组织验收后，可转入正式运营。

7.2.9 试运营管理

1. 运营单位应在列车试运行考核合格后方可组织进行试运营工作。
2. 运营单位应编制完善行车、客运、设备运行与维修保养等规章制度。
3. 运营单位应编制试运营期间的设备故障、行车组织、客运服务、公共事件等应急预案。
4. 运营单位应进行必要的应急处理和救援抢险的演练，具备应急处置能力。
5. 试运营期间，每日运营时间宜控制在不小于 12 小时。
6. 运营单位在组织试运营前，应编制试运营列车运行时刻表及运作命令，并进行内部演练。

7.3 人员管理

7.3.1 运营单位应制定完成生产、技术及管理等工作岗位的定岗、定职、定薪、考核、培训等规章制度。

7.3.2 有轨电车司机需拥有汽车 C 级或以上级别证件并考取 P 票方可驾驶电车。有轨电车特种车辆司机需拥有 A 级证件。

7.3.3 有轨电车调度员需考取调度员上岗资格证。

7.3.4 一线岗位人员需定期进行身体检查。

7.3.5 一线岗位人员脱离岗位 6 个月以上或发生责任事故，需进行身体与心理检测并重新考取上岗证。

7.3.6 运营单位应根据岗位工作类别，定期组织员工进行专业操作技能和安全规章制度的培训。

7.3.7 行车一线岗位人员需接受行车组织规则、车辆与行车设备设施的基础知识、故障判断及初步处理、非正常行车等内容的培训。

7.3.8 行车一线人员在上岗前应进行车辆故障、社会车辆侵限、火灾、脱轨等事故模拟操作演练。

7.3.9 一线岗位人员应定期进行安全教育（包括岗前三级安全教育）、事故案例教育。

7.3.10 运营单位应根据不同岗位人员安排不同级别、不同方式的周期性培训。

7.3.11 运营单位培训方式包括内部培训、外聘讲师培训、外出培训、咨询公司培训等。

7.4 行车组织

7.4.1 一般要求

1. 行车时间以北京时间为准，行车日期划分以零时为界。
2. 行车组织应实行集中管理、逐级负责的制度。
3. 有轨电车行车指挥应坚持现场由司机目视驾驶为主、整体由调度统一指挥的原则。
4. 运营单位应制定正常情况、非正常情况、应急情况下的行车组织方案。
5. 行车组织按双线单向组织运行。
6. 双线集中的运营线路一般按左侧信号显示行车，除有轨电车专属信号外，还应按地面交通信号行驶。
7. 行车用语要求规范，联控用语要求实行复诵制度。
8. 运营时间内的施工抢修作业，应以先通后复为原则。
9. 运营线路并网后的共线段需提高运营效率，保障线路畅通。
10. 运营车辆应根据交通法规、路权及运营环境等实际情况制定相应的限速要求。
11. 车场行车应制定调车、洗车、调试等相关的作业办法。

7.4.2 指挥层级

1. 运营单位应根据线网规模设置运营控制中心作为最高级指挥中心。
2. 行车组织可分为多个指挥层级，坚持低级服从高级指挥原则。
3. 各级调度员需服从运营控制中心值班主任指挥。
4. 非行车指挥人员禁止下达任何行车调度命令。

7.4.3 应急管理

1. 运营单位应建立专、兼职应急抢险队伍，配备应急所需专业器材、设备并进行日常维护。
2. 运营单位应编制针对性及操作性较强的突发事件应急预案，并定期进行演练。
3. 运营单位应与外协单位建立有效、可靠的沟通机制。
4. 应急预案应坚持统一指挥、逐级负责、快速反应、协同配合的原则。
5. 运营单位宜建立统一的应急指挥中心，承担各类突发事件的指挥、协调、处置工作，或授权运营控制中心承担应急指挥工作。

7.5 客运服务

7.5.1 信息沟通

1. 运营单位应利用站台通信设施和媒体提前发布运营调整信息。
2. 设置客服中心，受理乘客咨询及投诉工作。
3. 收集网络上与运营单位的相关各种信息，进行正面宣传。

7.5.2 旅途服务

1. 在大客流车站宜考虑设置引导客流的护栏。
2. 根据客流预测，组织人员在大客流车站进行疏导。
3. 对乘务员进行急救资质培训。
4. 在临时变更运营计划的情况下，乘务部门宜规范对乘客的安抚用语。

7.5.3 票务管理

1. 有轨电车可采用单一票价或计程票价制，并应纳入城市公共交通票务体系中。
2. 根据票制异同，运营单位应选择相应的设备并考虑设备设置办法。
3. 运营单位应制定严格的票务管理办法，防止票款流失。

7.5.4 KPI 指标

1. 运营单位应按日、周、月、年的时间节点对主要运营指标进行统计。
2. 主要运营指标包括：客运量、运营里程、开行列次、事故率、关键故障、耗电量、票务收入、其它经营性收入、运营成本等。

7.6 车辆管理

7.6.1 一般要求

1. 新车应进行载重、爬坡、千公里等多种试验后方可投入运营。
2. 车辆维修应针对各专业设置工程师，负责车辆运用、检修的协调工作。
3. 车辆选型时，需考虑配套设施是否满足不同车型需求，车型尽量统一。
4. 列车内安全标识、引导标识、无障碍设施、灭火器、广播通信等设备应合理设置。
5. 车辆厂家应提供详细的故障处理指南。
6. 有轨电车车辆应提供可以放置行车备品的备品柜。

7.6.2 车辆运用与维护

1. 根据运营需求，车辆部门应制定相应的运用车、维修车、备用车计划。
2. 根据车辆实际技术状态、走行公里、使用时间确定检修周期和检修规程、可采用日检、双周检、月检、年检（定修）、大修、厂架修等。
3. 车辆保养与维修应加强与信号、通信等系统的协调与配合。
4. 运营单位应编制车辆维修操作规程，建立车辆维修档案管理制度维修记录应至少保存五年。
5. 运营单位应制定车辆保洁制度，车体清洗可定期进行，客室保洁可分为运营时段的简单处理与回段后的整体保洁。
6. 运营单位应对车辆维修保养的易耗品进行详细的分类管理，包括易耗品的功能描述、使用效果等进行管理。
7. 根据轮缘损耗情况，车辆应定期进行调头作业。

7.7 设备设施管理

- 7.7.1 运营单位应建立包括轨道及路基、绿化养护、杂散电流检测、供电系统、通信系统、信号系统、消防与给排水系统、火灾自动报警系统等设备系统的台帐，包括设备名

称、数量、分布地点、接收时间、预计使用寿命和备品备件清单等内容。

7.7.2 运营单位应保障设备设施技术状态良好，无侵限现象。

7.7.3 运营单位应针对设备设施制定日常巡检、测试、维修的周期性计划。

7.7.4 对设备机房、变电所等场所进行门禁管理，不得随意更改系统设置或接入其它电子设备。

7.7.5 运营单位应根据不同设备的使用特点，逐步由计划修向状态修转变。

7.7.6 变电设备及计量器具应由具备资质的单位进行周期检验，运营单位保存检验报告。

7.7.7 设备维修管理模式一般分为自主维修和委外维修两种，应在考虑公司整体发展规划、运营规模、城市地域特点等情况后，选择较为经济的维保方式。

7.7.8 运营单位应在保障运营的前提下，根据维修作业的影响范围、作业时间等进行分类并合理安排设备设施的维修与施工。

7.7.9 运营单位应对设备采购合同、安装调试交验手册、竣工资料、操作手册、图纸和培训手册等进行存档管理。

7.7.10 运营单位应对设备设施建立管理指标，包括故障率、故障影响、可靠度等进行统计，加强对责任部门或委外单位的管理。

7.7.11 设备设施各系统部门应建立有效的沟通协作机制，以便于进行联合作业。

7.8 安全管理

7.8.1 一般要求

1. 运营单位应设立安全生产管理机构，保证安全生产所必需的资金投入。
2. 运营单位应配备专、兼职安全生产管理人员。
3. 运营单位应确立安全生产责任制，实行安全生产目标分级管理、逐级落实安全生产目标并进行监督考核。
4. 运营单位应加强从业人员劳动保护、做好防毒、防尘、防辐射、防噪、防寒保暖、防暑降温等工作，不断改善从业人员劳动条件。

7.8.2 安全管理制度

1. 运营单位应建立安全生产管理制度，使安全生产规范化、制度化、标准化。
2. 运营单位需实行安全事故责任追究制度，严格事故调查处理。
3. 运营单位应严格限制可燃物使用，对易燃品保存及使用制定严格的管理制度。

7.8.3 安全隐患管理

1. 运营单位应针对人员、设备、环境、管理等安全风险因素，建立重大安全隐患台帐，制定安全隐患源管理制度。
2. 运营单位应定期进行安全隐患排查工作，对于查出的隐患采取相应的防空措施并公司内通报。
3. 运营单位应定期跟踪安全隐患整改情况，对重大安全隐患整改情况进行监督。

7.8.4 安全教育

1. 运营单位应建立健全安全生产教育培训制度，落实培训计划、安排培训事项、认真组织实施。
2. 对从业人员进行安全生产教育培训，考核不合格者禁止上岗作业。
3. 当采用新工艺、新技术、新设备时需对从业人员进行专门的安全知识和生产技能培训。
4. 组织开展典型事故案例分析，并将本公司的事故案例编辑成册，让新员工吸取经验教训。
5. 运营单位应建立安全培训档案管理制度，对各类型的安全教育做好记录。
6. 运营单位应采取多种形式，向社会大众宣传安全知识，提高公众安全意识。

7.8.5 安全检查

1. 运营单位应开展定期和不定期的安全检查。
2. 运营单位应开展专项安全检查、季节性安全检查、节前安全检查和重大活动安全检查等安全检查活动。
3. 运营单位应对安全检查活动中检出问题进行责令、限期整改。

7.9 技术质量管理

7.9.1 一般要求

1. 运营单位应按国家法律法规要求，对其特种设备及计量器具进行检验检测。
2. 运营单位应建立技术管理部门，保证运营相关技术改造所需的资金投入。
3. 运营单位宜从各专业选拔优秀人才组建技术管理部门。
4. 运营单位应确立技术管理目标，制定技改研究项目，分项分专业进行生产监督管理，不断提高相关专业工作效率。
5. 技术管理部门应负责新设备引进、验收以及技术改造。

7.9.2 技术文件管理

1. 运营单位应对工程竣工图纸及设备设施联动关系进行校验，将校验结果存档并形成报告公布。
2. 技术管理部门应牵头编制、修编公司各专业操作规程和文本规章，对文本规章进行统一的保密管理、档案管理。
3. 根据运营过程中发现的问题，运营单位应对相关规章文本进行复查、修订。
4. 运营单位宜每 3-5 年对各类技术操作规程、制度文本进行复查、修订。

7.9.3 技术改造管理

1. 运营单位应建立技术改造管理办法，规范技改的申报、审批、落实流程。
2. 运营单位应对技改项目进行成本、收益、风险评估。
3. 运营单位应不断升级与运营服务相关的技术准备。