

云南省工程建设地方标准

DB

DBJ—20**

云南省城市有轨电车工程设计规程
(征求意见稿)

Standard for design of city tram engineering
in Yunnan province

20****—** 发布

20**—**—01 日实施

云南省住房和城乡建设厅 发布

云南省工程建设地方标准

云南省城市有轨电车工程设计规程
(征求意见稿)

Standard for design of city tram engineering
in Yunnan province

DBJ***—20**

主编单位: ***

批准部门: 云南省住房和城乡建设厅

施行日期: 20***年 ***月 ***日

***出版社

20** · 昆明

云南省住房和城乡建设厅文件

云建标〔20**〕***号

云南省住房和城乡建设厅

关于发布《****》的通知

****:

*****。

云南省住房和城乡建设厅

20**年**月**日

前 言

根据《云南省住房和城乡建设厅关于印发云南省 2019 年工程建设地方标准编制计划(第一批)的通知》的要求,经编制组广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准、国外先进标准,参照国家标准和国内其他省市地方标准,并在广泛征求意见的基础上,编制了本标准。

本标准的主要技术内容:1 总则;2 术语;3 基本规定、4 交通及市政配套工程;5 行车组织与管理;6 车辆;7 限界;8 线路;9 轨道;10 车站建筑;11 结构工程;12 牵引供电及动力照明;13 行车控制;14 系统设备;15 车辆基地;16 节能环保。

本标准由云南省住房和城乡建设厅负责管理,由中铁二院昆明勘察设计研究院有限责任公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送中铁二院昆明勘察设计研究院有限责任公司(地址:云南省昆明市官渡区春城路福德立交西北角中铁二院昆明勘察设计研究院有限责任公司,邮政编码:650200),以供今后修改时参考。

主编单位: 中铁二院昆明勘察设计研究院有限责任公司

中铁二院工程集团有限责任公司

参编单位: 云南建设基础设施投资股份有限公司

昆明安泰兴滇建筑设计有限公司

文山普者黑有轨电车投资开发有限公司

昆明轨道交通集团有限公司

昆明地铁建设管理有限公司

主要起草人员：****

主要审查人员：***

目 录

1 总 则	- 1 -
2 术 语.....	- 2 -
3 基本规定	- 3 -
4 交通及市政配套工程.....	- 5 -
4.1 交通量预测及评价	- 5 -
4.2 交通综合设计	- 5 -
4.3 道路配套工程.....	- 6 -
4.4 市政管线	- 7 -
5 行车组织与管理.....	- 8 -
5.1 一般规定	- 8 -
5.2 辅助配线设计.....	- 8 -
5.3 其 他.....	- 8 -
6 车 辆.....	- 9 -
6.1 一般规定	- 9 -
6.2 牵引制动性能.....	- 10 -
6.3 列车噪声	- 11 -
6.4 制动系统	- 11 -
6.5 故障运行能力.....	- 11 -
6.6 安全设施	- 12 -
6.7 其它	- 12 -
7 限 界.....	- 13 -
7.1 一般规定	- 13 -
7.2 限界基本参数.....	- 13 -
7.3 建筑限界	- 13 -
8 线 路.....	- 16 -
8.1 一般规定	- 16 -
8.2 线路平面	- 16 -

8.3 线路纵断面	- 17 -
9 轨 道.....	- 19 -
9.1 一般规定	- 19 -
9.2 基本技术要求	- 19 -
9.3 轨道部件	- 20 -
9.4 道床结构	- 22 -
9.5 无缝线路	- 23 -
9.6 减振轨道结构	- 23 -
9.7 轨道附属设备及安全设备	- 23 -
10 车站建筑	- 24 -
10.1 一般规定	- 24 -
10.2 车站总体布置	- 24 -
10.3 车站建筑设计	- 24 -
10.4 车站安全设计	- 25 -
10.5 车站服务设施	- 25 -
11 结构工程	- 26 -
11.1 桥 梁	- 26 -
11.2 路基	- 29 -
11.3 隧道	- 31 -
11.4 车站结构	- 33 -
12 供电系统	- 34 -
12.1 一般规定	- 34 -
12.2 电源及供电系统	- 34 -
12.3 变电所与充电站	- 35 -
12.4 牵引网	- 35 -
12.5 电力监控	- 37 -
12.6 杂散电流腐蚀防护与接地	- 37 -
12.7 动力照明	- 37 -
13 行车控制	- 39 -
13.1 系统组成	- 39 -

13.2	通信系统	- 39 -
13.3	运行控制系统	- 40 -
13.4	调度中心工艺	- 42 -
14	系统设备	- 43 -
14.1	系统设备组成	- 43 -
14.2	车站设备	- 43 -
14.3	防灾报警	- 43 -
14.4	给排水	- 44 -
14.5	通风空调	- 44 -
14.6	售检票	- 45 -
14.7	设备监控	- 45 -
15	车辆基地	- 46 -
15.1	一般规定	- 46 -
15.2	工艺设计	- 46 -
15.3	站场	- 48 -
16	节能环保	- 49 -
16.1	节约能源	- 49 -
16.2	环境保护	- 49 -
	本标准用词说明	- 51 -
	引用标准名录	- 52 -
	附：条文说明	- 54 -

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms	2
3	Basic Requirements	3
4	Traffic and Municipal Complementary Works.....	5
4.1	Traffic Volume Forecast and Evaluation.....	5
4.2	Integrated Traffic Design.....	5
4.3	Road Supporting Works.....	6
5	Traffic Organization and Management.....	8
5.1	General Requirements	8
5.2	Auxiliary Wiring Design	8
5.3	Other	8
6	Vehicle.....	9
6.1	General Requirements	9
6.2	Traction Braking Performance.....	10
6.3	Train Noise.....	11
6.4	Braking System	11
6.5	Failure Operating Capability	11
6.6	Safety Facilities.....	12
6.7	Other	12
7	Bounds.....	13
7.1	General Requirements	13
7.2	Basic Parameters of Gauge.....	13
7.3	Building Clearance.....	13
8	Line	16
8.1	General Requirements	16
8.2	Plane of Line	16
8.3	Profile of Line	17
9	Track.....	19
9.1	General Requirements	19
9.2	Basic Technical Requirements.....	19
9.3	Rail Parts.....	20

9.4	Ballast Structure.....	22
9.5	Seamless Line	23
9.6	Damping Orbit Structure	23
9.7	Track Accessory Equipment and Safety Equipment.....	23
10	Station building.....	24
10.1	General Requirements	24
10.2	Station Layout	24
10.3	Station Architectural Design.....	24
10.4	Station Sfety Design.....	25
10.5	Station Service Facilities	25
11	Structural Engineering	26
11.1	Bridge	26
11.2	Subgrade	29
11.3	Tunnel	31
11.4	Station Structure.....	33
12	Power Supply.....	34
12.1	General Requirements	34
12.2	Power Supply system	34
12.3	Substation and Charging station	35
12.4	Traction Power Network	35
12.5	Power Monitoring	37
12.6	Stray Current Protection and Grounding	37
12.7	Power and Lighting	37
13	Traffic Control	39
13.1	System Composition.....	39
13.2	Communication System.....	39
13.3	Operation Control System	40
13.4	Control Center Process.....	42
14	Vehicle Base	28
14.1	System Composition.....	43
14.2	Station Equipment	43
14.3	Disaster Prevention and Alarm	43
14.4	Water Supply and Drainage	44

14.5	Ventilation and Air Conditioning.....	45
14.6	Ticket Selling and Checking.....	45
14.7	Equipment Monitoring	46
15	Vehicle Base	46
15.1	General Requirements	46
15.2	Process Design	46
15.3	Station Yard.....	48
16	Energy Saving and Environmental Protection	49
16.1	Energy Conservation	49
16.2	Environmental Protection	49
	Explanation of Wording In This Standard	51
	List of Quoted Standards	52
	Addition: Explanation of Provisions	54

1 总 则

1.0.1 为使云南省城市有轨电车工程设计与城市规划建设、城市轨道交通规划建设、有轨电车产业发展相适应，更好促进云南省城市有轨电车工程建设的科学、有序、可持续发展，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于云南省范围内采用钢轮钢轨制式、最高运行速度不超过70km/h的城市有轨电车新建工程的设计。

1.0.3 云南省城市有轨电车工程设计，应符合当地的城市总体规划、城市综合交通规划、城市轨道交通线网规划、公共交通专项规划和城市有轨电车网络布局规划。

1.0.4 城市有轨电车工程设计应遵循国家和云南省的有关方针政策，从全局出发，统筹兼顾，做到安全可靠、技术先进、经济合理。

1.0.5 应按照“统一规划、有序建设、网络运营”的原则，各州市政府从实际需求和可能出发，量力而行，有序发展，合理安排项目建设。规划建设项目应从交通需求和城市规划发展出发，合理把握项目建设条件和建设时机。

1.0.6 云南省城市有轨电车工程设计除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 有轨电车 tram

与道路上其他交通方式共享路权的低运量城市轨道交通方式，线路通常设在地面。

2.0.2 专用路权 exclusive right way

经过交通管理部门确认，符合相关交通管理法律法规，为城市有轨电车规定的时间和空间范围内使用专用通道的权利。

2.0.3 信号优先 signal priority

在有轨电车通行的路口，为有轨电车提供的优先通行服务的道路信号控制模式。信号优先通常分为绝对优先和相对优先两种形式。

绝对优先是指当有轨电车到达路口时，道路信号系统无条件给予有轨电车放行信号，与有轨电车冲突的交通车辆暂缓通行的方式。

相对优先是指当有轨电车到达路口时，道路信号系统在保障其他交通协调运行的前提下，适度给予有轨电车优先通行的方式。

2.0.4 联络线 connecting line

连接两条独立运营线路的辅助线路。

2.0.5 道岔 turnout/switch

车辆从一股轨道转入或越过另一股轨道的线路连接设备。

2.0.6 车载储能装置 vehicle mounted energy storage device

有轨电车牵引动力来源的一种形式，有轨电车结合了电驱动汽车新技术，在车上装载动力驱动装置。目前有轨电车采用的车载储能装置有蓄电池、超级电容等。

2.0.7 运营控制系统 operation control system

为保障列车安全运营和管理的重要设备，主要实现运行控制、数据传输、语音通信、视频监控、售检票等功能。

2.0.8 信号系统 signal system

根据有轨电车与线路设备的相对位置与状态，人工或自动实现行车指挥和有轨电车运行控制、安全间隔控制的信息自动化系统。

3 基本规定

3.0.1 城市有轨电车的建设规模，应在充分考虑客流特征、沿线土地规划、交通规划和工程条件的基础上综合研究确定，应提高项目自我发展和抗风险能力。

3.0.2 有轨电车应根据其所在区域的道路交通环境条件，制定相应的专用路权和信号优先策略。

3.0.3 有轨电车在道路路段和路口允许的最高运行速度、在平交路口等待位置和平交路口渠化的要求，应遵循所在道路的交通标志和标线。应根据封闭路段、专用路权（不封闭）路段和共享路权路段，分别设定有轨电车行驶的速度限值。

3.0.4 当有轨电车线路相交时，宜采用平交。

3.0.5 当有轨电车线路间具有换乘需求时，对区域范围内有条件的线路，应在线路条件、设备配置、资源共享等方面设置或预留线网间网络化运营条件。

3.0.6 线路敷设应根据道路等级和条件，在满足有轨电车优先运营和减少对道路交通干扰的原则下，综合研究确定。

线路应以地面敷设为主，当线路穿越快速路主路、其他城市轨道交通、高速公路、一级公路、铁路等设施时，应采用立交方式；当线路穿越城市主干路、次干路和支路、快速路辅路路口时宜采用平交方式。当道路交叉口规划有立交方式时，线路敷设方式应根据道路规划条件进行设置和预留。

3.0.7 车站站位宜靠近客流集散点，便于和其他城市轨道交通线路、常规公交的换乘。

3.0.8 城市有轨电车宜采用与城市公交相同的运营管理模式，包括票制票价、售检票方式和与其他交通的换乘方式等。

3.0.9 单条线路的系统设计能力宜按高峰小时不小于 20 对/h 控制。

3.0.10 设计年限应分为初期、近期、远期和系统规模四级。初期应为建成通车后的第 5 年，近期应为建成通车后第 10 年，远期应为建成通车后的第 20 年，系统规模应为工程各系统最大的配置能力。

3.0.11 建设成本中的购车规模应按初期配置车数计列；机电设备应按近期需求配置；车辆基地的停车能力和检修规模应按近期需求配置，用地规模应按系统设计能力控制；牵引变电所的布点应按系统设计能力需求配置，设备容量应按不低于近期需求配置。

3.0.12 与道路混行的地面线，应满足相应道路的视距要求。

3.0.13 除与既有道路共用行车道、与既有道路并行的线路外，跨越河流、湖泊和临近河流、湖泊的城市有轨电车地面工程和高架工程，宜按不低于 1/100 的

洪水频率标准设计。

3.0.14 城市有轨电车工程设计应根据不同气候地区的气象条件，相应配置通风空调及采暖设施。

3.0.15 云南省城市有轨电车的车辆与机电设备的选型，应采用成熟可靠、经济适用、安全节能、利于环保的产品，并考虑标准化、系列化、国产化。

4 交通及市政配套工程

4.1 交通量预测及评价

- 4.1.1** 道路交通流量的预测年限，应与有轨电车工程设计年限一致。
- 4.1.2** 有轨电车客流预测的内容，应包括城市交通总体需求预测、现代有轨电车网络客流预测、断面客流预测、站点乘降量预测、站间 OD 客流预测、换乘接驳客流预测、分时客流预测等。
- 4.1.3** 道路交通量预测应包括有轨电车沿线道路交通量、路口机动车流量和行人过街流量等。
- 4.1.4** 客流评价分析，应包括最大断面客流量分析、客运量走势分析、客流空间分布、客流的时段分布及决策分析。
- 4.1.5** 应分析有轨电车对主要道路路段、交叉路口通行能力及服务水平的影响，以此确定改建道路的车道数、交叉类型、车道宽度等。

4.2 交通综合设计

I 一般规定

- 4.2.1** 有轨电车工程应进行交通综合设计，设计内容包括道路交通组织设计、交通安全和管理设施设计。
- 4.2.2** 有轨电车交通组织设计应规范车流和人流的通行轨迹，明确有轨电车、机动车、非机动车、行人等交通参与者的通行空间和时间。
- 4.2.3** 交通安全和管理设施设计包括交通标志、交通标线、防护设施、交通信号灯等。

II 交通组织设计

- 4.2.4** 在紧急和救援情况下，除紧急服务车辆、救援车辆或道路交通安全法规规定允许进入的车辆外，其他社会车辆不得进入有轨电车的专用路权区域。
- 4.2.5** 平面交叉路口范围内，有轨电车的布置应与社会车道的交通组织进行统一协调；当交叉路口内需设置接触网立柱时，立柱应避开交叉路口内交通流线。
- 4.2.6** 人行通道设置应符合下列规定：

- 1 线路和车站范围内应设置行人专用通道，通道应符合无障碍要求；
- 2 与轨行区平面交叉的人行过街通道，宜设置二次过街等候区。

III 交通安全设施设计

- 4.2.7** 有轨电车线路上的交通标志应符合下列规定：

- 1 应设置禁止、警告、指示等专用标志，并应与道路交通标志相协调；
- 2 专用路权路段设置人行横道时，宜面向有轨电车设置人行横道警示标志；
- 3 在横向道路的进口道，宜设置有轨电车警示标志；
- 4 为提高示认性，宜采用主动发光标志。

4.2.8 交通标线设置应符合下列规定：

- 1 城市有轨电车线路设置专用路权时，专用车道与社会车道间应采用隔离设施；条件困难时，可施划黄色虚线；
- 2 交叉路口或广场等，城市有轨电车在空间上与其他交通方式混行的区域，有轨电车通行区域应明显标识；
- 3 交叉路口内宜设置机动车导流标线及禁停区。

4.2.9 防护设施应符合下列规定：

- 1 有轨电车的车站站台与机动车道之间应设置隔离栏。隔离栏应连续设置至人行横道安全岛位置处，隔离栏高度应保证行人不能随意翻越；
- 2 交叉路口内需设置接触网立柱时，立柱周边应设置安全防护岛；
- 3 有轨电车通行区域边缘宜设置反光的轮廓标。

4.2.10 信号灯设计应符合下列规定：

- 1 当有轨电车线路采用专用路权时，与次干路（含）以上相交的交叉路口应采用信号控制；
- 2 交叉路口的信号控制应与整体交通系统协调运行，在采用信号控制的交叉口，有轨电车宜享有优先权；
- 3 有轨电车在交叉路口的信号应接入道路信号机，信号接入方案和选用设备应得到交通管理部门认可；
- 4 有轨电车交叉路口除设置机动车道信号灯外，还应双侧设置专用非机动车道和人行道信号灯。

4.2.11 交叉口除设置机动车停止线外，还应双向设置非机动车道、人行道停止线。停止线距有轨电车限界导流线 1.5~3.0m。

4.3 道路配套工程

4.3.1 因有轨电车路基开挖、管线迁改等原因造成破坏路面，被破坏的既有路面应按照当地相关要求进行恢复。

4.3.2 当有轨电车通行车道为混合路权时，有轨电车辆材料与道路路面铺装材料宜统一，路面强度等技术指标应满足城市道路的相关要求。

4.3.3 有轨电车车站和区间线路占用既有行车道时，应根据道路实际情况实现

行车道的合理过渡。

4.3.4 有轨电车线路敷设在既有城市桥梁上或下穿隧道内时，应符合下列规定：

1 应对新增有轨电车线路的既有城市桥梁进行荷载验算，若既有桥梁无法满足新增荷载要求，应提出增载能力措施；

2 有轨电车不宜布置于带病害的既有城市桥梁上。困难条件下需布置时，应提供桥梁检测报告、提出改造方案，并应经专项论证通过后，方可实施；

3 有轨电车线路敷设于既有下穿隧道内时，应验算下穿隧道的建筑限界、排水设施能力等。

4.3.5 交叉口处的道路路面与有轨电车钢轨间，宜设置过渡板。

4.4 市政管线

4.4.1 有轨电车线路选线应根据现状市政管线的敷设情况，尽量避让市政管线中的重力流管道，不宜对现状市政管线造成重大迁改。

4.4.2 与有轨电车同方向的市政管线，宜搬迁出距外侧轨道 1.5m 范围以外。

4.4.3 横穿有轨电车线路的市政管线，其检查井、阀门井等检修设施应移出有轨电车路权范围。

4.4.4 有轨电车基床表层范围内，不应有埋深在 1.1m 以内的横穿市政管线。埋深在 1.1m~1.5m 范围内的横穿市政管线，应采取防杂散电流措施。

5 行车组织与管理

5.1 一般规定

5.1.1 行车组织设计应根据有轨电车网络布局规划及项目功能定位，结合客流预测、工程建设条件等因素，明确系统选型、行车组织方案和管理模式，合理确定系统的建设规模。

5.1.2 城市有轨电车线路宜按双线、右侧行车设计，列车驾驶采用人工目视驾驶为主。

5.1.3 单条有轨电车线路的系统设计能力不宜小于 20 对/h。在网络化运营情况下，有轨电车线路共线段的列车开行对数，应结合客流需求、道路交通通行能力等因素综合研究确定。

5.1.4 各设计年限高峰时段行车量按客流预测需求进行设计，初期高峰时段不宜小于 10 对/h，初期平峰时段不宜小于 6 对/h。

5.1.5 城市有轨电车全线平均旅行速度不宜低于 20km/h，列车通过平交路口的速度不宜高于 30km/h，并满足地面道路的限速规定。

5.1.6 运营管理机构设置应满足系统运营管理和系统运营特点的要求，通过合理安排组织机构，实现人员精简、管理高效。

5.2 辅助配线设计

5.2.1 宜在沿线每隔 3~5km，设置列车临时折返渡线。

5.2.2 车辆基地出入线应连通上下行正线。

5.2.3 相交线路之间宜设置具备跨线运营条件的联络线。

5.3 其 他

5.3.1 城市有轨电车应设置运营管理中心，具备对列车运行的监视能力和指挥能力。

5.3.2 列车乘务制度宜采用单司机、轮乘制，运营初期列车上宜配置乘务员。

5.3.3 在首末站及每间隔 20km 的车站处，宜设置司机换乘室。

5.3.4 运营管理人员的定员指标初期不宜超过 20 人/km。

6 车 辆

6.1 一般规定

6.1.1 有轨电车车辆应具有安全性、可靠性和先进性，应技术成熟，经济耐用，便于管理维修。除本章规定外，车辆还应符合相应行业标准的要求。

6.1.2 有轨电车车辆应能适应云南省的地理、自然条件和人文环境，并在车辆外形、装饰等环节充分融合当地风景旅游城市的特征。

6.1.3 有轨电车车辆应采用模块化设计，可由多种模块组合形成低地板有轨电车系列。根据客流需求，可采用按模块组合加长或重联等方式运行。

6.1.4 70%低地板车辆系列宜采用的基本组成为： $=Mc+Tp+Mc=$ 。

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；

$+$ ----铰接、贯通道及车间减振器。

6.1.5 100%低地板车辆可由多种模块组成，转向架布置方式可采用浮车型、单车型、铰接型。

6.1.6 高地板车辆可由多种模块组成，转向架布置方式可采用单车型、铰接型。

6.1.7 车辆主要技术参数应符合表 6.1.7-1 的规定。

各型有轨电车车辆基本参数（mm）

表 6.1.7-1

序号	名称	高地板有轨电车	低地板有轨电车	
			70%低地板	100%低地板
1	车辆基本长度/mm	约 34500	约 28000	约 34000
2	车辆宽度/mm	≤ 2650	≤ 2650	
3	车辆高度/mm	≤ 3800	≤ 3700	
4	车体材料	铝合金/不锈钢	铝合金/不锈钢	
5	车内客室通道净高/mm	≥ 2000	高地板区 ≥ 2000	≥ 2100
6	客室通道地板面高度/mm	≤ 1130	低地板区 ≤ 350	≤ 350
7	客室侧门	双开门	≥ 1300	≥ 1300

序号	名称		高地板有轨电车	低地板有轨电车	
				70%低地板	100%低地板
	口宽度/mm	单开门	≥ 800	≥ 800	
8	客室侧门口高度/mm		≥ 1850	≥ 1850	
9	车门型式		电动塞拉门/内藏门	电动塞拉门/内藏门	
10	转向架固定轴距/mm		≤ 1900	≤ 1900	
11	车轮直径/mm		≤ 760	≤ 760	≤ 680
12	车钩高度/mm		≤ 680	≤ 680	
13	受电弓工作高度/mm		3900~5900	3900~5900	
14	轴重/t		≤ 12.5	≤ 11.5	≤ 12.5
15	载员/人	定员 (立席密度 6 人/m ²)	≥ 280	≥ 220	≥ 290
16		超员 (立席密度 8 人/m ²)	≥ 350	≥ 300	≥ 360
17	车辆最小转弯半径/m		≤ 50	≤ 25	
18	车辆最高运行速度/km/h		70	70	
19	最大坡度/%		60	60	

注：1. 车体宽度不包括后视摄像头、后视镜、示廓灯；
2. 采用车载储能设备的车辆高度不大于 3850mm；
3. 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；
4. 高地板车辆基本模块为 2、3 模块；70%低地板车辆基本模块 3 模块；100%低地板车辆基本模块为 4、5 模块。

6.1.8 有轨电车的供电方式，根据项目环境和建设条件可采用下列三种形式：

- 1 DC750V/DC1500V 接触网供电；
- 2 接触网加车载储能装置供电；
- 3 车载储能装置无接触网供电。

6.2 牵引制动性能

6.2.1 有轨电车的最高运行速度：70km/h。

6.2.2 车辆构造速度不小于车辆最高运行速度的 1.1 倍。

6.2.3 额定载荷条件下，在干燥平直轨道上，车轮半磨耗状态，额定供电电压时，起动平均加速度为：

0~40km/h: $\geq 0.95\text{m/s}^2$;

0~70km/h: $\geq 0.6\text{m/s}^2$ 。

6.2.4 额定载荷条件下，在干燥平直轨道上，车轮半磨耗状态，列车从最高运行速度到停车，制动平均减速度为：

常用制动平均减速度： $\geq 1.1\text{ m/s}^2$

安全制动平均减速度： $\geq 1.0\text{ m/s}^2$

紧急制动平均减速度： $\geq 2.0\text{ m/s}^2$ 。

6.3 列车噪声

6.3.1 车辆内部噪音限值和测量方法应符合现行国家标准《地下铁道电动车组司机室、客室噪声限值》GB/T 14892 的规定；当车辆以 70km / h 的速度运行时，司机室内离地板 1.5m 高处噪声水平不应大于 75dB(A)；在客室内离地板面 1.2m 高处等效连续噪声值不应大于 75dB(A)。

6.3.2 车辆外部噪音测量方法应符合现行国家标准《地铁车辆通用技术条件》GB/T 7928 的规定，停车时不应大于 68dB（A）；当车辆以 70km / h 速度运行时，在车外距轨道中心 7.5m、轨面高度 1.5m 处，连续噪声不应大于 79dB(A)。

6.4 制动系统

6.4.1 有轨电车应具有微机控制的制动系统，并应具有电制动、液压制动（或空气制动）、停车制动、磁轨制动等制动方式。

6.4.2 电制动包含再生制动及电阻制动，制动系统优先采用再生制动，将再生电能反馈回电网或储能装置。当负载无法吸收再生电能时，自动应用过压保护电阻制动。

6.4.3 液压制动（或空气制动）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。

6.4.4 有轨电车应具有撒砂功能，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。

6.5 故障运行能力

6.5.1 一列有轨电车，当在超员荷载（AW3）工况下，且丧失 1/2 动力时，应在正线最大坡道上起动，运行到下一站，清客后应能运行至车辆基地。

6.5.2 一列有轨电车，当在空载（AW0）工况下，且在正线上丧失全部动力时，应能由一列空载（AW0）有轨电车救援，并推送至车辆基地。

6.6 安全设施

有轨电车的安全应急设施除应符合现行国家标准《机动车运行安全技术条件》(GB 7258)外, 尚应符合下列规定:

- 1 应配置灭火器材;
- 2 紧急情况下客室侧门应有人工开启疏散乘客的功能, 两侧侧门应能同时开启;
- 3 在车辆客室、司机室内, 前方和两外侧应有视频监控;
- 4 应根据需要配置相应的信号防护设备;
- 5 车体应设置防雷、防漏电保护装置, 车辆内各电气设备应有可靠的保护接地;
- 6 车窗旁应配置安全锤。

6.7 其它

6.7.1 有轨电车运行的平稳性指标应小于 2.5, 脱轨系数应小于 1.2; 纵向冲击率不应大于 1 m/s^3 。

6.7.2 根据云南省气象和环境条件, 封闭车厢内应设置通风空调设备。

6.7.3 根据具体线路运营情况, 有轨电车可具有重联运行功能。

6.7.4 有轨电车防火设计应满足现行行业标准《城市轨道交通车辆防火要求》(CJ/T 416) 的规定及所在城市相关消防条例的要求。

7 限 界

7.1 一般规定

7.1.1 城市有轨电车限界可分为车辆限界、设备限界和建筑限界。按照隧道内外区域分为隧道内限界和隧道外限界，按照运行区域分为区间限界、车站限界和车辆基地限界。

7.1.2 相邻区间线路，当两线间无墙、柱或设备时，两设备限界之间的安全间隙不应小于 100mm；当两线间有墙或柱时，应按建筑限界加上墙或柱的宽度及其施工误差确定。

1 当接触网支柱布置在线路外侧时，最小线间距宜不小于 3600mm；

2 当接触网支柱布置在两线中间时，最小线间距宜不小于 4000mm。

曲线地段的线间距应根据曲线半径、轨道超高和行车速度进行计算。

7.2 限界基本参数

7.2.1 车辆基本参数应符合本规程车辆章节的规定。

7.2.2 轨道基本参数应符合本规程轨道章节的规定。

7.2.3 区间限界列车计算速度为 70km/h，车站限界列车计算速度为 40km/h。

7.2.4 高架线或地面线计算风荷载为 400N/m²；

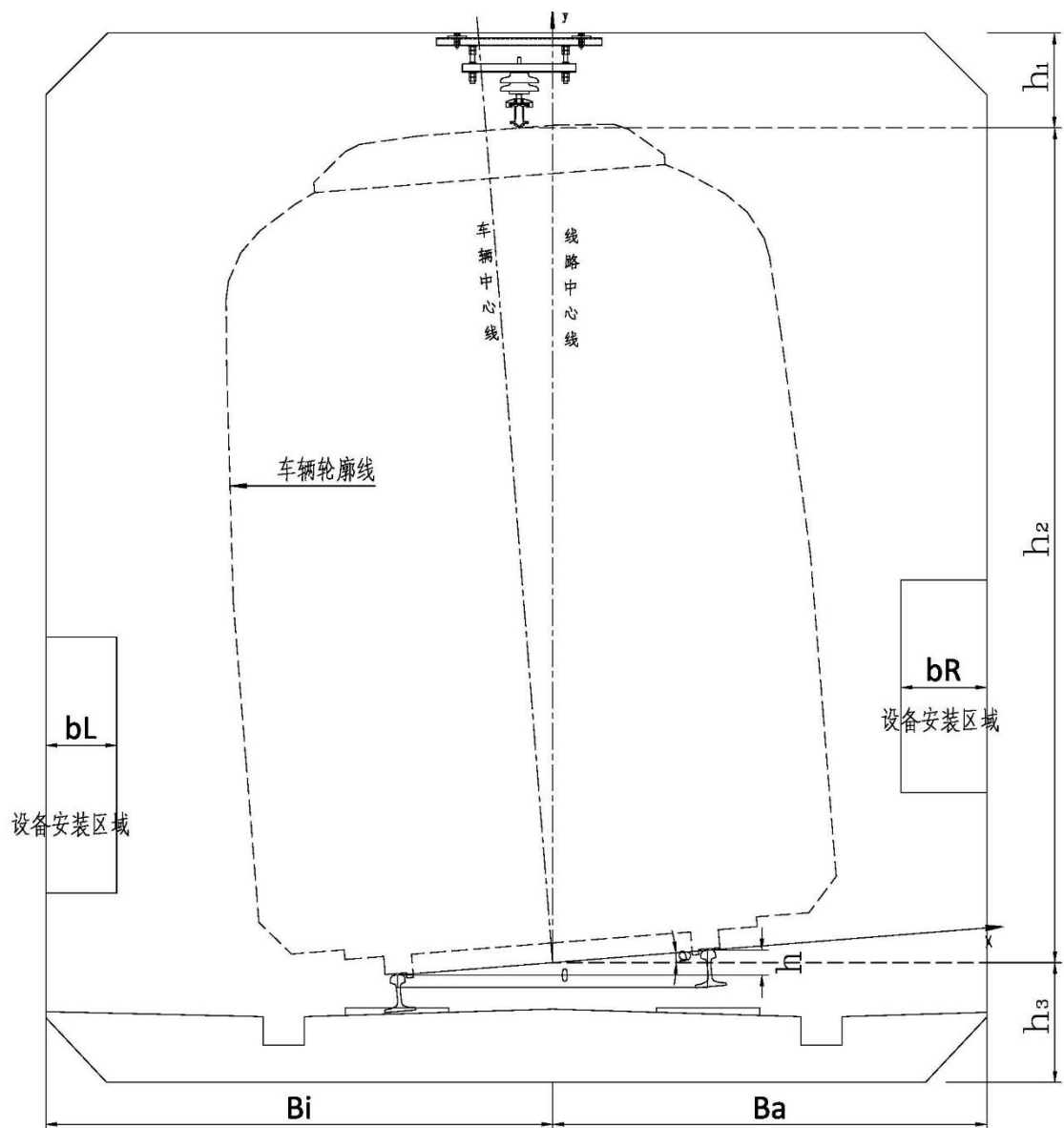
7.2.5 当区间需设置疏散平台时，疏散平台宽度应符合下列要求：

表 7.2.1 疏散平台最小宽度（mm）

区域及条件 设置位置	隧道内		隧道外	
	一般情况	困难情况	一般情况	困难情况
单线（设于一侧）	700	550	700	550
双线共用（设于中央）	1000	800	1000	800

7.3 建筑限界

7.3.1 建筑限界坐标系规定正交于轨道中心线的平面内的直角坐标，通过两钢轨轨顶中心连线的中点引出的水平坐标轴称水平轴，以 Y 表示；通过该中点垂直于水平轴的坐标轴称垂直轴，以 Z 表示。



b_L 、 b_R ——左、右侧的设备等最大安装宽度值（mm）；

c ——安全间隙，取值 50（mm）；

h_1 ——受电弓工作高度（mm）；

h_2 ——接触网系统高度（mm）；

h_3 ——轨道结构高度（mm）；

7.3.2 矩形隧道直线地段建筑限界应在直线设备限界基础上考虑设备安装、人员疏散的空间需求进行加宽；曲线地段矩形隧道建筑限界，应在直线地段建筑限界基础上计算加宽。矩形隧道建筑限界高度，应统一采用曲线地段最大高度。

7.3.3 单线马蹄形隧道宜按采用矿山法施工段的平面曲线最小半径确定隧道建筑限界。

7.3.4 马蹄形隧道在曲线有超高地段，采用隧道中心向线路中心线内侧偏移的

方法解决轨道超高造成的内外侧不均匀间隙量。

7.3.5 隧道外建筑限界的确定应符合下列规定：

- 1 隧道外的区间建筑限界，应按隧道外设备限界及设备安装尺寸计算确定；
- 2 设置接触网支柱或声屏障时，其与设备限界的最小安全间隙不应小于 100mm。
- 3 建筑限界高度应按轨道结构高度、受电弓工作高度和接触网系统高度并考虑绝缘安全距离共同确定。

7.3.6 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。

7.3.7 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 强弱电设备宜分别布置在线路两侧，若必须布置在同侧时，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。

7.3.8 车站直线地段建筑限界应符合下列规定：

- 1 站台面比设计车厢地板面低 50mm；
- 2 计算长度内的站台边缘至轨道中心线的距离，应满足站台不侵入车辆限界要求。计算长度外的站台边缘至轨道中心线距离，宜按设备限界另加不小于 50mm 的安全间隙确定。

7.3.9 曲线站台边缘与车门门槛之间的间隙，应按线路曲线半径和有无轨道超高计算确定。曲线车站站台边缘与车厢地板面高度处车辆轮廓线的水平间隙不大于 180mm。

7.3.10 车辆基地限界应符合下列规定：

- 1 车辆基地库外限界应按区间限界规定执行；
- 2 车辆基地库内高架双层检修平台建筑限界应按行车速度不大于 5km/h、空车、整体道床条件下计算的车辆限界进行设计，高平台及安全栅栏与车辆轮廓线之间应留有 80mm 安全间隙，低平台建筑限界采用车站站台建筑限界；
- 3 当受电弓车辆升弓进库时，车库大门应按接触网导线加不小于 50mm 安全间隙设计。

7.3.11 警冲标设在有行车交汇的两线之间，设置位置满足相邻线设备限界的要求。

8 线 路

8.1 一般规定

8.1.1 线路按运营功能及定位，分为正线、辅助线和车场线。辅助线包含车辆基地出入线、折返线、停车线、联通线、联络线、渡线及安全线。

8.1.2 线路选线应结合城市规划、旅游资源分布、地质地形条件等因素综合确定。

8.1.3 线路应符合运营效益原则，线路走向应布置于主要客流走廊内，应有通勤客流或大型客流集散点的支撑。

8.1.4 线路选线应符合工程安全原则，宜绕避不良水文和不良工程地质地段，宜减少管线迁改，应保护文物和重要建、构筑物，同时应结合施工方法，降低工程实施风险。

8.1.5 线路设计应做到平、纵、横的协调配合，平面顺适、纵断面均衡、横断面合理。

8.1.6 线路选线应满足城市环境的相关规定，应减少对周围敏感点的影响。

8.1.7 车站分布及型式应符合下列规定：

1 车站分布应以布局规划的换乘节点、城市交通枢纽点、客流集散点为基本站点，结合城市道路布局后综合确定，车站布设应体现“以人为本”的原则；

2 车站站位选择应满足用地规划和环境要求，并考虑与其他交通方式的衔接；

3 车站型式可结合道路条件及乘客需求合理选择，可采用岛式、对称侧式、错位侧式、长岛式车站型式。

8.1.8 线路敷设方式应依据城市总体规划和地理环境条件，因地制宜选择，宜采用地面线。应处理好与城市道路的关系，局部地段为保证有轨电车通行效率，结合工程条件可采用地下线或高架线。

8.1.9 有轨电车线路敷设于市政道路红线内时，横断面应结合道路等级、服务功能、交通特性，结合各种控制条件，在规划道路红线宽度范围内合理布设。有轨电车线路敷设于道路红线外时，横断面应结合实际用地范围、远期规划及管线情况合理布设。

8.2 线路平面

8.2.1 正线数目宜为双线，轨距采用 1435mm。

8.2.2 平面最小曲线半径应符合下列规定：

- 1 正线一般情况不宜小于 50m，困难情况下应结合车辆选型具体确定；
- 2 辅助线及车场线应车辆选型情况具体确定；
- 3 车站一般情况不宜小于 400m，困难情况不宜小于 300m。

8.2.3 圆曲线最小长度不宜小于 15m，困难情况下不应小于一辆车的全轴距。夹直线最小长度不宜小于 15m，困难情况下不应小于一辆车的全轴距。

8.2.4 专用路权曲线地段，宜设置超高及缓和曲线，设置方式可参照《地铁设计规范》（GB 50157）。当正线曲线半径 $R \geq 2500\text{m}$ 时，可不设缓和曲线，其超高顺坡应在直线段完成。

8.3 线路纵断面

8.3.1 线路最大纵坡：

1 正线最大坡度不宜大于 50‰，困难情况下不应大于 60‰，储能式供电线路的最大坡度，还应结合车辆供应方的牵引验算成果综合研究确定；辅助线最大坡度不宜大于 60‰；

2 高架区间坡度大于 40‰时，应结合桥梁的结构验算结果确定最大纵坡。

8.3.2 车站坡度宜与道路坡度一致，不宜大于 20‰。

8.3.3 区间线路最小坡度的设置应因地制宜，并应满足道路坡度及排水要求。

8.3.4 地面线平交道口或混行地段的坡度，应与道路等级和道路设计标准相协调，轨面宜与道路路面齐平。困难条件下可不设超高，并明确列车的速度限值。

8.3.5 竖曲线应满足下列规定：

1 车站站台计算长度内和道岔范围内不得设置竖曲线，竖曲线离开道岔端部的距离不应小于 5m；

2 当两相邻坡段的坡度代数差等于或大于 2‰时，应设圆曲线型的竖曲线连接。与道路混行的地段，竖曲线设置应结合市政道路的设计标准，综合研究后合理确定；独立运行地段竖曲线的半径宜按下表中取值。

竖曲线最小半径（m）

表 8.3.5-1

线别		一般情况（m）	困难情况（m）
正线	区间	3000	2000
	端部	2000	800
联络线、出入线		800	

线别	一般情况（m）	困难情况（m）
车场线	800	

8.3.6 线路最小坡段长度不宜小于远期一列车长度，相邻竖曲线间的夹直线长度不宜小于一辆车的全轴距长。

8.3.7 竖曲线与缓和曲线（或超高顺坡段）在有砟道床地段不得重叠，在无砟道床地段不宜重叠。无砟道床地段的竖曲线与缓和曲线重叠时，每条钢轨的超高顺坡率不应大于 1.5‰。

8.3.8 跨越河道、铁路等特殊构筑物时，净高应满足相关行业的要求。有轨电车在局部地段跨越道路时，净高应满足相关城市道路设计要求。

9 轨 道

9.1 一般规定

9.1.1 轨道结构应具有足够的强度、稳定性，并满足运营要求。应具有适当的刚度和弹性，满足稳定性、耐久性和绝缘性要求，确保车辆安全、平稳和舒适度，减少养护维修工作量。

9.1.2 无砟轨道主体结构的设计使用年限不应低于100年。

9.1.3 轨道结构应根据当地具体情况采用成熟的技术和工艺，便于施工和养护维修。

9.1.4 根据环境保护对沿线不同地段的减振、降噪要求，应采取相应的减振、降噪措施。

9.1.5 轨道养护维修用房、检测和维护设备、备品备件，应根据线网及运营维护需求配备。

9.2 基本技术要求

9.2.1 标准轨距为1435mm。曲线地段轨距加宽量应根据车辆走行部位参数和通过要求确定。加宽值应在缓和曲线全长范围内递减，无缓和曲线或其长度不足时，应在两侧直线段递减，轨距递减率不宜大于2‰，困难条件下不应大于3‰。

9.2.2 轨头设坡的槽型轨不设轨底坡，其他型式的钢轨应设置1/40～1/30的轨底坡。在无轨底坡的两道岔间距不足50m的地段，不应设置轨底坡。

9.2.3 轨道曲线超高值应按式9.2.3计算：

$$h = \frac{11.8V_c^2}{R} \quad (9.2.3)$$

式中：h —— 超高值（mm）；

V_c —— 车辆通过速度（km/h）；

R —— 曲线半径（m）。

曲线的最大超高值不得大于120mm，未被平衡超高允许值不宜大于61mm，困难时不应大于75mm。

9.2.4 曲线超高设置应符合下列规定：

1 采用埋入式轨道结构时，轨道曲线超高应采用外轨抬高超高值设置，路口及共用路权地段应结合道路横断面设置；

2 采用非埋入式轨道结构时，隧道内及隧道外U形结构的整体道床地段轨道曲线超高宜采用外轨抬高1/2超高值、内轨降低1/2超高值设置；高架线、地

面线的轨道曲线超高，宜采用外轨抬高超高值设置；

3 超高顺坡率不宜大于2%，困难地段不应大于2.5%。曲线超高值应在缓和曲线内递减，缓和曲线长度不足或无缓和曲线时，应在直线段递减。

9.2.5 轨道结构高度应符合下列规定：

- 1 无砟轨道，结构高度宜采用500mm；
- 2 正线及辅助线有砟轨道结构高度为700mm～950mm，车场线有砟轨道结构高度为550mm～620mm；
- 3 车场库内轨道结构高度为500mm～600mm。

9.2.6 正线及配线上的扣件铺设数量宜为1600对/km～1680对/km，半径小于等于400m或坡度大于等于20‰的地段扣件铺设数量宜为1680对/km～1760对/km。车场线扣件铺设数量宜为1440对/km。

9.3 轨道部件

9.3.1 钢轨应符合下列规定：

- 1 正线及配线钢轨应采用不小于50kg/m的钢轨，埋入式轨道和平交道口宜采用槽型轨；
- 2 车场线宜采用50kg/m钢轨；
- 3 钢轨选型应结合轮轨接触关系分析确定，钢轨应与运营车辆的车轮匹配。正线车站、交叉口、纵断面坡度大于40‰及平面半径小于400m的曲线地段，宜采用全长淬火钢轨；
- 4 钢轨接头应采用对接方式。曲线半径不大于200m的曲线地段应采用错接方式，错接距离不应小于3m。
- 5 不同类型的钢轨连接应保证接头可靠性和特定性，可采用异型轨、异型焊接、接头夹板型式，应进行轮缘槽过渡。

9.3.2 轨道结构应采用弹性扣件，扣件结构应符合下列规定：

- 1 扣件结构力求简单，尽量少维护，具有一定的轨距及高低调整量，并应具有良好的绝缘、防腐性能，高原地区露天地段应有抗紫外线性能；
- 2 无砟道床的节点垂直静刚度宜为20kN/mm～50kN/mm，有砟道床的节点垂直静刚度宜为40kN/mm～60kN/mm；
- 3 高架线铺设无缝线路时，扣件阻力除应满足无缝线路强度及稳定性要求外，梁轨力大小尚应满足桥梁设计要求；

- 4 预应力混凝土轨枕地段宜采用弹性不分开式扣件；
- 5 扣件绝缘电阻干态下不应小于 $1.0 \times 10^8 \Omega$ ，湿态下不应小于 $5k \Omega$ ；
- 6 无砟轨道有绿化或硬化要求时，扣件应采取防护措施。

9.3.3 道岔结构应符合下列规定：

- 1 正线道岔的道床型式宜与正线道床型式相一致；
- 2 正线道岔的钢轨类型应与正线区间的钢轨类型一致，并不得低于相邻区间钢轨的强度等级及材质要求；
- 3 道岔应采用弹性扣件，扣压件型式宜与相邻区间的扣压件一致；
- 4 正线道岔的尖轨和辙叉宜采用合金钢整铸，道岔转辙器和辙叉部位不得设在结构变形缝或梁缝上；
- 5 正线和配线道岔宜采用6号道岔，车场线道岔型号不宜小于3号，咽喉区宜采用3号道岔或梯形组合道岔；
- 6 正线道岔直向允许通过速度不应小于正线设计速度，侧向允许通过速度不宜小于20km/h，菱形交叉允许通过速度应根据线形及制造工艺确定；
- 7 道岔附带曲线可不设缓和曲线和超高，但其曲线半径不应小于道岔导曲线半径；
- 8 应结合全线线路布置，统筹设计全线的道岔，应尽量减少道岔类型；
- 9 有砟轨道地段道岔应采用预应力混凝土岔枕，无砟轨道地段的道岔宜采用预制钢筋混凝土岔枕或预制轨道板；
- 10 埋入式轨道结构地段，道岔转辙器部位应配置排水设施；
- 11 正线道岔应采用无缝道岔。车辆段内两道岔间可设置直线段钢轨连接，插入短钢轨最小长度应满足车辆和信号要求。

9.3.4 轨枕应符合下列规定：

- 1 宜采用有轨枕结构；
- 2 有砟轨道宜采用预应力混凝土轨枕；
- 3 无砟轨道宜采用预制钢筋混凝土轨枕或预制轨道板。

9.3.5 柔性材料应符合下列规定：

- 1 埋入式轨道结构应采用柔性材料包裹系统；
- 2 柔性材料应具备防水性、强度及延展性，并应满足绝缘及防腐性能的要求；
- 3 柔性材料应低于轨顶面。

9.3.6 钢轨伸缩调节器设置应符合下列规定：

- 1 钢轨伸缩调节器宜设在直线地段；当必须设置在曲线地段时，应按伸缩调节器的适用范围选用，且不应设置在与竖曲线重叠处；

- 2 钢轨伸缩调节器基本轨型和材质应与相邻钢轨一致；
- 3 高架线无缝线路应根据计算布置钢轨伸缩调节器。

9.4 道床结构

9.4.1 无砟道床结构应符合以下规定：

- 1 道床结构的设计使用年限应为100年；
- 2 道床应采用钢筋混凝土结构。混凝土强度等级不应低于C40；
- 3 伸缩缝间距不宜大于12.5m，结构变形缝、桥梁梁缝处应设伸缩缝。

9.4.2 有砟道床应符合下列规定：

- 1 应采用一级道砟；
- 2 车场线有砟道床的道床肩宽不应小于200mm，曲线半径不大于300m的曲线地段，曲线外侧道床肩宽应加宽100mm，道床边坡均采用1：1.5；
- 3 有砟道床顶面应与混凝土轨枕中部顶面平齐，其他类型轨枕地段的道床顶面应低于轨枕承轨面30mm。

9.4.3 不同道床结构的过渡段设置应符合下列规定：

- 1 正线、出入线和试车线的无砟道床与有砟道床间应设置弹性过渡段，长度不宜短于全轴距；
- 2 不同减振地段间的过渡方式和长度应根据计算确定。

9.4.4 道床结构型式应符合下列规定：

- 1 正线高架线、地下线宜采用无砟道床，地面线根据工程特点可采用无砟或有砟道床。平交路口地段应采用埋入式无砟道床或道口板；
- 2 出入线和车场库外线宜采用有砟道床；
- 3 车场库内线应采用无砟道床。

9.4.5 无砟道床宜采用有轨枕道床，也可采用预制板式道床等新型道床结构。预制轨枕下的道床混凝土厚度不宜小于100mm，困难条件下不应小于60mm。

9.4.6 正线轨道面宜根据环境条件、景观要求进行铺设，混合路权地段根据混行要求进行铺装。平交路口区段的道床铺装面应与轨面平齐，并应与相邻结构表面铺装结构一致，与钢轨相接处应采取密封措施。

9.4.7 埋入式轨道结构应设置排水系统，排除钢轨轮缘槽与铺装面的积水。转辙机等特殊轨道工程段应设置专门的排水设施。

9.4.8 轨道纵向排水坡度与线路坡度一致，专用路权地段，铺装面横向排水坡度不宜小于3%，并满足排水要求；混合路权段，排水坡的设置应结合道路统筹考虑。

9.4.9 如有杂散电流的防护要求，轨道结构应该满足相关要求。

9.5 无缝线路

9.5.1 无缝线路设计应根据气象及线路温度资料确定设计锁定轨温，并应对轨道结构强度、稳定性等进行计算。

9.5.2 正线无砟道床宜全线铺设跨区间无缝线路，半径大于及等于400m曲线的有砟道床地段及试车线，宜铺设温度应力式无缝线路。线路应根据车辆制式和供电杂散专业要求，尽可能延长铺设无缝线路的范围。

9.5.3 无缝线路的相关计算、设计及位移观测桩的设置等应按现行行业标准《铁路无缝线路设计规范》(TB10015)的规定执行。

9.6 减振轨道结构

9.6.1 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。

9.6.2 采取减振工程措施时，不应削弱轨道结构的强度、稳定性及平顺性。

9.6.3 应根据减振级别采用不同级别的减振产品。同一工程的减振措施不宜多于三种，每一种减振措施长度不宜小于远期一列车的长度。

9.7 轨道附属设备及安全设备

9.7.1 高架线铺设工字型钢轨地段，应设置防脱护轨措施。

9.7.2 在轨道尽头应设置车挡，并应符合下列规定：

1 正线、配线的终端车挡的额定撞击速度不应小于5km/h，并应满足车辆、信号等要求；高架线、试车线终端车挡应能承受车辆以25km/h速度撞击的冲击荷载。地下线终端车挡应能承受车辆以15km/h速度撞击的冲击荷载。

2 车场线终端应采用固定式车挡，额定撞击速度不应小于3km/h，并应满足车辆、信号等要求；

3 地面线终端应设置停车警示牌，高架线终端等重要位置的车挡应设置与车辆相匹配的防爬器设备。

9.7.3 标志设置应符合下列规定：

1 结合运营需求，宜设置必要的线路及信号标志；

2 线路及信号标志应采用反光材料制作；

3 警冲标应设在两设备限界相交处，道岔编号标应设在道岔尖轨附近，其余标志宜安装在行车方向右侧司机可见的位置。

10 车站建筑

10.1 一般规定

10.1.1 车站总体布局应符合城市总体规划、城市综合交通规划、环境保护和城市景观的要求，并处理好与地面建筑、城市道路、地下管线、地下构筑物及施工时交通组织之间的关系，应与外部环境相协调，并符合乘客的乘车习惯。

10.1.2 车站宜采用标准化设计，车站设备、设施应与景观、人文底蕴和地域特色有机结合和呼应。

10.1.3 车站应考虑无障碍设计和无障碍设施。相邻的市政配套有无障碍设施时，应与其进行无缝衔接。

10.1.4 车站与其他城市公共交通系统站点之间的换乘应便捷。当换乘设施不能同步实施时，应预留接口条件。

10.1.5 根据客流需求，车站周边应设置供乘客安全集散的空间，首末车站宜设置非机动车和机动车停车场。

10.2 车站总体布置

10.2.1 车站总体布置应根据线路特征、运营要求、地上和地下周边环境等条件确定，站台可选用岛式、侧式、混合式三种类型。混合式站台应包括岛式和侧式两种以上站台型式。

10.2.2 车站应根据线路条件独立设置在路中或路侧，也可根据周边环境，与市政人行道、广场或周边建、构筑物结合设置。

10.2.3 应合理组织客流，进出车站的斑马线应结合道路的交通组织综合考虑。

10.2.4 横跨快速路、主干道和交通繁忙或复杂的车站宜采用立体形式组织客流。

10.2.5 车站与市政公共交通系统之间，应有缓冲空间。

10.2.6 地面站宜集中组织乘客进出车站。出入口的总净宽度和数量应根据计算确定，且应满足超高峰小时最大上下车设计客流量的要求。

10.3 车站建筑设计

10.3.1 地面站应由站台、雨棚、服务设施组成。

10.3.2 地面车站有效站台宜根据各设计年限及可能共线运营的有轨电车长度分期实施，并应预留改建或扩建条件。高架或地下车站有效站台应根据远期

及可能共线的有轨电车长度一次实施完成，城市道路的改造应按系统规模要求控制。

10.3.3 侧式站台有效宽度不宜小于 1.5m；岛式站台有效宽度不宜小于 3.0m。

10.3.4 车站应设置遮阳、避雨雨篷，雨篷长度与站台长度相匹配，雨篷悬挂物下缘至站台面的高度不应小于 2.6m。

10.3.5 地面站应设置无障碍坡道，高架及地下车站应设置无障碍设施，宜设置上下行扶梯或预留扶梯安装条件。

10.4 车站安全设计

10.4.1 站台边缘应设安全警示设施，乘降空间应标识清晰，并设置防滑措施。

10.4.2 地面站站台上下客一侧宜设置安全栏杆，栏杆高度不应低于 1.1m，临机动车道一侧应设置防撞安全护栏。

10.5 车站服务设施

10.5.1 车站服务应设施包含坡道、盲道、栏杆、信息标志牌、防撞柱、防撞栏杆等。

10.5.2 车站宜设置站台名、站名牌、信息标志牌、进出站指示导向标识及夜间照明装置和列车信息等服务设施。

10.5.3 站台装修应经济、实用、安全、耐久，便于施工和维修，地面应选用耐磨、防滑、容易清洁、光反射系数小的材料并有排水措施。

10.5.4 高架或地下站，乘客使用的楼梯数量、位置、梯段净宽应满足使用方便和安全疏散的要求，楼梯净宽达四股人流时应加设中间扶手。

10.5.5 车站雨篷屋面宜采用有组织排水，落水管宜暗藏在结构立柱内。

11 结构工程

11.1 桥梁

11.1.1 新建有轨电车专用的桥梁结构，其设计使用年限应为 100 年；改建桥梁工程中利用既有道路桥梁结构的部分，可按既有桥梁结构的剩余使用年限，且不宜低于 50 年。

11.1.2 对有轨电车独立跨越排洪河道的桥梁，应按 1/100 洪水频率标准进行设计，技术复杂、修复困难的大桥应按 1/300 洪水频率标准进行检算；位于防洪频率较低地区的桥梁，可按当地规划洪水频率进行设计，但应确保桥梁结构在 1/100 或 1/300 洪水频率下的结构安全。

11.1.3 桥梁结构设计应满足安全、适用、经济、美观的要求。除满足有轨电车安全运行要求和规定强度外，还应保证在施工和运营阶段具有足够的强度、刚度以及稳定性。

11.1.4 根据轨道、供电、运营控制、消防等各系统设备及管线的埋深要求，桥梁结构应为各专业预留接口条件，并应设置结构防杂散电流和桥面排水措施。

11.1.5 桥梁结构净空尺寸应满足建筑限界及施工工艺的要求，应计入施工误差、测量误差、结构变形及后期沉降的影响。

11.1.6 桥梁结构设计应符合下列规定：

1 除本标规程别注明外，有轨电车专用桥梁结构及构件，应按《地铁设计规范》（GB 50157）及现行的轨道交通规范体系进行结构设计及抗震设计。

2 有轨电车与道路合建的桥梁结构，单独承受有轨电车、汽车荷载的构件分别按照各自规范进行设计；同时承受有轨电车、汽车荷载的结构及构件，除本标准特别注明外，可按道路桥梁适用的现行规范体系进行结构设计及抗震设计。

11.1.7 有轨电车与道路合建的桥梁荷载，除道路相应荷载作用外：

1 有轨电车静活载、有轨电车竖向动力作用、有轨电车引起的土压力、有轨电车离心力、有轨电车制动力（或牵引力）、有轨电车横向摇摆力、无缝线路纵向力：轨道伸缩力、轨道挠曲力做为可变作用进行组合。

2 无缝线路断轨力、脱轨力、更换支座影响、施工临时荷载做为偶然作用进行组合。

11.1.8 有轨电车与道路合建的桥梁，结构承载能力极限状态按道路桥梁适用的现行规范体系，采用基本组合与偶然组合两种作用效应组合方式。

1 结构重要性系数，取 1.1。

2 活载效应应取道路荷载与有轨电车荷载效应的总和，并应包含冲击力、离心力，分项系数取 1.4。

11.1.9 有轨电车与道路合建的桥梁，结构使用极限状态并按道路桥梁适用的现行规范体系，采用频遇（短期效应）组合与准永久（长期效应）组合两种作用效应组合方式。

11.1.10 有轨电车与道路合建的桥梁，结构按极限状态法进行设计时，永久作用效应的分项系数应采用道路桥梁适用的现行规范体系，可变作用的各代表值系数应按表 11.1.10-1 的规定采用；可变作用不同时，组合应按表 11.1.10-2 的规定采用。

可变作用的代表值系数

表 11.1.10-1

编号	可变作用	分项系数	频遇值系数 ψ_{f1}	准永久值系数 ψ_{qj}
1	有轨电车荷载	1.4（含冲击力、离心力）	1.0（不计冲击力）	0.4（不计冲击力）
2	汽车荷载	1.4（含冲击力、离心力）	0.7 （不计冲击力）	0.4 （不计冲击力）
3	人群荷载	1.4	1.0	0.4
4	风荷载	1.1（注）	0.75	0.75
5	温度梯度作用	1.4	0.8	0.8
6	无缝线路纵向力	1.4	0.8	0.8
7	有轨电车横向摇摆力	1.4	0.7	0.4
8	其他作用	1.4	1.0	1.0

注：当风荷载效应在可变作用效应中最大时，分项系数取 1.4。

可变作用的不同时组合表

表 11.1.10-2

作用名称	不与该作用同时参与组合的作用
风力	有轨电车横向摇摆力
有轨电车制动力 （或牵引力）	有轨电车横向摇摆力、流水压力
汽车制动力	有轨电车横向摇摆力、流水压力、支座摩阻力
有轨电车横向摇摆力	风力、有轨电车制动力（或牵引力）、汽车制动力、温度影响力、支座摩阻力

作用名称	不与该作用同时参与组合的作用
流水压力	有轨电车制动力（或牵引力）、汽车制动力
温度影响力	有轨电车横向摇摆力
支座摩阻力	汽车制动力、有轨电车横向摇摆力

注：有轨电车制动力不可与有轨电车梁的支座摩阻力组合，但是可与非有轨电车梁的支座摩阻力组合。

11.1.11 有轨电车与道路合建的桥梁，结构设计时有轨电车荷载与汽车荷载应按可能的最不利荷载进行组合，两者组合时可采用 0.9 汽车效应+1.0 有轨电车效应和 1.0 汽车效应+0.9 有轨电车效应的最大值进行取值；多线有轨电车线路、多条汽车车道时，有轨电车荷载和汽车荷载可按各自相应的规范进行各自的多车道折减。

11.1.12 有轨电车活载及汽车活载的选取应符合下列规定：

- 1 有轨电车静活载应按选定车辆活载图示进行取值；
- 2 汽车荷载根据道路性质和道路等级，按相应规范活载图示进行取值；
- 3 汽车荷载冲击系数、制动力、离心力，应按道路桥梁适用的现行规范体系进行取值；
- 4 有轨电车荷载的动力系数、制动力或牵引力、离心力、横向摇摆力、静活载在桥台后破坏棱体上引起的土压力以及无缝线路纵向水平力、地面汽车撞击力、通航河道船只撞击力、风荷载、温度力、护栏结构作用力，应按《地铁设计规范》（GB 50157）及现行的轨道交通规范体系进行取值。

5 设有接触网立柱的桥梁结构，应考虑接触网支柱柱底的作用荷载。

11.1.13 位于无缝线路固定区的混凝土简支梁，墩台顶纵向水平线刚度应由梁-轨共同作用分析确定；当不做梁-轨共同作用分析时，墩台顶纵向水平线刚度取值不宜小于表 11.1.13-1 的规定。

桥墩（台）纵向水平线刚度限值

表 11. 1. 13-1

结构	跨度（m）	最小水平线刚度（kN/cm）	
		双线	单线
桥墩	≤12	75	45
	16	120	75
	20	145	90
	30	260	165

结构	跨度 (m)	最小水平线刚度 (kN/cm)	
		双线	单线
	40	415	255
	50	590	370
桥台	—	3000	1500

注： 1. 高架车站的车站有效长度范围内，双线桥墩台最小纵向水平线刚度限值可按表中单线桥墩台最小水平线刚度限值 2.0 倍进行取值。

2. 当有轨电车桥梁与其他道路桥梁为一体时，应考虑纵向水平线刚度的空间效应影响。

11.1.14 有轨电车利用既有道路桥梁时，应对既有桥梁结构进行评估，必要时应进行专项检测，对于评估为Ⅲ类及以下的桥梁不宜考虑利用。

11.1.15 有轨电车与道路桥梁合建或对既有道路桥梁进行改建时，有轨电车桥梁上部结构选型应根据路权、总体布置、施工条件等因素综合考虑。

11.2 路基

11.2.1 有轨电车路基工程应具有足够的强度、稳定性和耐久性，能抵抗各种自然因素作用的影响，以保证有轨电车的运营安全。

11.2.2 有轨电车轨道和列车荷载换算土柱高及分布宽度，应符合表10.2.2-1、10.2.2-2的规定。

有轨电车轨道和列车荷载换算土柱高及分布宽度

表10.2.2-1

项 目		型号/单位	数 值		
轨道结构类型		型号	60	59R2	60R2
有轨电车设计轴载		KN	125	125	125
轨道条件	钢轨	kg/m	60	58.2	60.2
	轨枕	根/km	1680	1540	1540
	道床厚度	m	0.29 (0.45)	0.29 (0.45)	0.29 (0.45)
	道床顶宽	m	2.4 (3.4)	2.4 (3.4)	2.4 (3.4)
	道床坡度	1:n	1:1.75	1:1.75	1:1.75
换算土柱	分布宽度	m	2.6 (3.7)	2.6 (3.7)	2.6 (3.7)
	计算强度	KPa	115 (133)	115 (133)	115 (133)
	容重	KN/m ³	20	20	20

项 目		型号/单位	数 值		
	土柱高度	m	2.2 (1.8)	2.2 (1.8)	2.2 (1.8)

注：括号内数值为有砟轨道条件下的计算结果。

11.2.3 路基面宽度应根据正线数目、行车速度、线间距、轨道结构尺寸、曲线加宽、路肩宽度、接触网立柱布设位置、养护形式等计算确定。

11.2.4 路基基床分为基床表层和底层，表层厚度不应小于 0.4m，底层厚度不应小于 0.6m。基床厚度应以路肩施工高程为计算起点。

11.2.5 无砟轨道基床表层应采用级配碎石或级配碎石掺水泥填筑。基床底层采用砾石类、碎石类中的A、B组填料或化学改良土填筑。路基基床各层填料的压实度不应小于表11.2.5-1的规定值。

无砟轨道路基基床各层填料的压实度

表 11.2.5-1

位 置	压实指标	填料类别			
		级配碎石	化学改良土	砂类土及细砾土	碎石类及粗砾土
基床表层	地基系数 K_{30} (MPa/m)	≥ 190	—	—	—
	动态变形模量 E_{vd} (MPa)	≥ 50	—	—	—
	压实系数 K	≥ 0.97	—	—	—
基床底层	地基系数 K_{30} (MPa/m)	—	—	≥ 130	≥ 150
	动态变形模量 E_{vd} (MPa)	—	—	≥ 40	≥ 40
	7d 饱和无侧限抗压强度 (kPa)	—	≥ 350	—	—
	压实系数 K	—	≥ 0.95	≥ 0.95	≥ 0.95

有砟轨道基床表层优先选用砾石类、碎石类中的A1、A2组填料，其次为砾石类、碎石类及砂类中的B1、B2组填料。基床底层选用砾石类、碎石类及砂类中的A、B、C1、C2组填料或化学改良土。路基基床各层填料的压实度不应小于表11.2.5-2的规定值。

有砟轨道路基基床各层填料的压实度

表 11.2.5-2

位 置	压实指标	填料类别		
		化学改良土	砂类土及细粒土	碎石类及砾石类
基床表层	地基系数 K_{30} (MPa/m)	—	≥ 110	≥ 150
	动态变形模量 E_{vd} (MPa)	—	—	—
	压实系数 K	—	≥ 0.95	≥ 0.95

基床底层	地基系数 K_{30} (MPa/m)	—	≥ 100	≥ 130
	动态变形模量 E_{vd} (MPa)	—	—	—
	7d 饱和无侧限抗压强度 (kPa)	≥ 350	—	—
	压实系数 K	≥ 0.93	≥ 0.93	≥ 0.93

11.2.6 无砟轨道路基的工后沉降应符合线路平顺性、结构稳定性和扣件调整能力的要求，还应控制路基与不同结构物交界处的工后差异沉降。有砟轨道的路基工后沉降，区间路基地段路基工后沉降不应大于200mm，路桥或路隧过渡段不应大于100mm，沉降速率不应大于50mm/年。

11.2.7 混合路权段、道路交叉口段应采取一定范围的模量过渡措施。有轨电车轨道结构与市政道路路面结构之间的差异沉降，沥青混凝土路面不应大于5cm，路拱横坡变化率不大于0.35%；混凝土路面差异沉降不应大于7cm，路拱横坡变化率不大于0.5%。

11.2.8 软弱地基及特殊土路基应根据软弱土层的性质、厚度、地下水位等因素合理选择加固措施。不良地质地段应查明不良地质范围、深度、特性等，选择恰当的处理措施。地基处理设计时，可按现行行业标准《铁路工程地基处理技术规程》(TB 10106)的有关规定执行。

11.2.9 支挡结构应满足稳定性、坚固性和耐久性要求。结构类型及设置位置应遵行因地制宜、安全可靠、经济合理、美观实用、植物防护与工程防护措施综合应用的原则。支挡结构设计时，所采用的荷载力系、荷载组合、检算、构造及材料要求，可按照现行行业标准《铁路路基支挡结构设计规范》(TB 10025)的有关规定执行。

11.2.10 路基工程应有完善的排水系统，并宜与既有市政排水设施相结合。排水设施应布置合理，当与桥涵、隧道、车站、轨道等排水设施相结合时，应保证排水畅通。

11.3 隧道

11.3.1 城市有轨电车隧道设计应以“结构为功能服务”为原则，满足城市规划、行车运营、环境保护、抗震、防水、防火、防腐蚀及施工等要求，并应做到结构安全、耐久、技术先进、经济合理。

11.3.2 隧道结构设计应以地质调查、测绘和勘探、试验得到地质勘察成果资料为依据；地质勘察应根据现行国家勘察技术标准及有关规定按不同设计阶段的任务和目的，以及不同施工方法对地质勘探的特殊要求，确定工程勘察的内

容和范围，通过施工中对地层的观察和监测反馈进行验证。

11.3.3 隧道结构的净空尺寸应符合有轨电车建筑限界、轨道类型、维护方式及疏散救援的要求，并应满足使用及施工工艺要求，同时应计入施工误差、结构变形和位移的影响等因素。

11.3.4 作用在隧道结构上的荷载，应根据隧道周边地形、地质条件、埋置深度、结构特征和工作条件、施工方法、相邻隧道间距等因素，按《地铁设计规范》（GB 50157）及《铁路隧道设计规范》（TB 10003）的规定进行分类，并选用与其特点相近的结构设计规范和设计方法。在决定荷载的数值时，应根据现行国家标准《建筑结构荷载规范》（GB 50009）的有关规定及施工和使用阶段可能发生的最不利情况，确定不同荷载组合时的组合系数。

11.3.5 隧道结构方案设计时，应减少施工中和建成后对环境造成的不利影响；并考虑规划引起周围环境改变对结构的作用；对分期建设的线路，应根据线网规划，合理确定节点结构形式及是否同步实施或预留远期实施条件。

11.3.6 隧道的施工方法应结合场地的工程地质、水文地质、环境条件、埋深、结构型式、安全、交通条件、投资和工期等因素，进行技术经济比较后确定。

11.3.7 隧道应设衬砌，衬砌结构的形式及尺寸，应根据围岩级别、工程地质及水文地质条件、埋置深度、环保要求、结构工作特点，结合施工方法及施工条件，通过工程类比和结构计算确定，必要时经过试验论证。

11.3.8 隧道结构形式应与所采用的施工方法相适应，衬砌结构宜设计为封闭式。明挖法施工的结构衬砌可采用整体式现浇钢筋混凝土结构或装配式钢筋混凝土结构；盾构法施工的隧道衬砌可采用装配式钢筋混凝土单层衬砌或在其内现浇钢筋混凝土内衬的双层衬砌，在联络通道门洞区段的装配式衬砌，宜采用钢管片、铸铁管片或钢与钢筋混凝土的复合管片。

11.3.9 矿山法施工的隧道应采用复合式衬砌。应以喷射混凝土、钢拱架（包括格栅拱架和型钢拱架）及锚杆为主要支护手段，根据围岩和环境条件、结构埋深和断面尺度等；通过选择适宜的开挖方法、辅助措施、支护形式及与之相关的物理力学参数，达到保持围岩和支护的稳定、合理利用围岩自承载能力的目的。施工中，应通过对围岩和支护的动态监测，优化设计和施工参数。

11.3.10 隧道结构设计使用年限要根据其服役时间、工程特性等因素综合确定，其耐久性应根据其使用年限、结合所处的环境类别及作用等级确定，并按现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》（GB/T 50476）的有关规定执行。

11.3.11 隧道防排水设计应遵循防、排、截、堵相结合，因地制宜，综合治理，保护环境的原则，采取切实可靠的设计、施工措施满足设备运转、运营安全防水要求；隧道衬砌应采用防水混凝土，其防水等级不低于《地下工程防水技术规范》（GB 50108）的二级防水要求，有特殊要求的设备洞室或车站段应达到一级标准。

11.3.12 建筑材料的选用应满足现行《铁路隧道设计规范》（TB 10003）及耐久性要求。

11.3.13 隧道设计和施工全过程应进行风险评估，制定风险控制措施，将可能发生的各类风险降至合理、可接受的水平，为实现隧道工程安全、稳定、质量、环境、工期、投资等目标提供技术保障，并以安全、稳定风险评估与控制为重点。

11.3.14 位于地震区的隧道洞口、浅埋和偏压地段以及断层破碎带等地段应按现行国家标准《铁路工程抗震设计规范》（GB 50111）进行抗震设防。

11.3.15 隧道施工应根据工程地质、水文地质条件，以及隧道跨度、结构形式，采用合适的施工方法，减少对环境的影响。隧道弃渣应与地方建设规划、地方弃渣规划相结合。

11.4 车站结构

11.4.1 应根据沿线的工程地质、水文地质、气候条件、荷载特性、施工工艺等要求，选择安全可靠、经济合理的车站结构型式。

11.4.2 车站结构设计可根据具体情况，按照选用与之配套的其他现行国家、云南省地方规范(规程)、行业规范（规程）和标准及其他有关强制性标准的规定。

11.4.3 车站结构设计应满足强度、刚度、稳定性、耐久性及抗震要求。

11.4.4 车站结构设计净空尺寸应满足建筑限界、车辆限界、使用功能及施工工艺等要求，并应考虑施工误差、结构变形的影响。

11.4.5 高架车站的结构构件支承或刚接于轨道梁桥上，形成桥-建组合结构体系时，轨道梁及其支承结构应采用与区间桥梁相同的方法进行结构设计，组合结构体系其余构件应按现行建筑结构设计规范进行结构设计。

11.4.6 钢结构及钢连接件应进行防锈与防火处理，并采取保温隔热措施保证结构的使用寿命。

12 供电系统

12.1 一般规定

12.1.1 供电系统应符合安全、可靠、节能、环保和经济适用的原则。

12.1.2 牵引用电负荷等级应不低于二级。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、三级负荷。

12.1.3 供电系统容量应按线路远期运营需求设计，根据城市规划及发展分步实施。

12.1.4 采用架空接触网或架空接触网加储能装置供电方式时，牵引网系统标称电压可采用 DC750V 或 DC1500V。采用车载储能装置无架空接触网供电方式时，牵引网设计应能满足列车车载储能装置的充电要求。

12.2 电源及供电系统

12.2.1 外部电源应根据城市规划、城市有轨电车网络布局规划、城市电网现状及规划进行设计。

12.2.2 供电系统系统设计时应与城市电力部门协商确定下列内容：

- 1** 外部电源及引入方案。
- 2** 一次接线方案。
- 3** 近、远期外部电源容量及电压偏差范围。
- 4** 电能计量要求。
- 5** 电源质量要求。
- 6** 继电保护设置及与城市电网的配合要求。
- 7** 调度管理要求及分工。

12.2.3 外部电源宜采用分散供电方式，并宜有专线电源引入。

12.2.4 供电系统的中压网络宜采用单环网接线。电压等级可采用 10kV、20kV 或 35kV。

12.2.5 当采用架空接触网或架空接触网加储能装置供电方式时，正线牵引网在正常情况下应由两座牵引变电所双边供电。当正线任意一座牵引变电所退出运行时，由相邻的正线牵引变电所越区供电。

12.2.6 当采用车载储能装置无架空接触网供电方式时，正线充电站的分布应结合车辆正常运行储能装置消耗需求设置。

12.3 变电所与充电站

12.3.1 变电所及充电站选址应与城市规划相协调，靠近有轨电车线路，靠近负荷中心，便于外部电源引入及设备运输与维护。

12.3.2 正线变电所及充电站应小型化，与环境相协调，符合环境保护、消防安全的要求，并应满足电力设施安全运行和维护的要求。正线变电所和正线充电站宜采用箱式变电所形式。

12.3.3 正线变电所中压电气接线宜采用单母线接线。

12.3.4 牵引整流机组的负荷特性应不低于表 12.3.4-1 的要求。

牵引整流机组的负荷特性

表 12.3.4-1

负荷	100%额定电流	150%额定电流	200%额定电流
持续时间	连续	2h	1min

12.3.5 采用走行钢轨或导向轨回流的直流牵引供电系统应为不接地系统，牵引变电所中的直流设备应绝缘安装，并设置框架保护。

12.3.6 直流开关设备能力应与牵引机组的过负荷能力相匹配，并应满足系统短路稳定性的要求。

12.3.7 变电所及充电站操作电源应采用直流电源，蓄电池组容量在其正常寿命期内，应满足交流电源停电时持续供电 2h 的要求。

12.3.8 地上牵引变电所、充电站及与地上相邻的地下牵引变电所，每路直流馈线及负母线应设置雷电过电压吸收装置。

12.3.9 当采用架空接触网或架空接触网加储能装置供电方式时，每座牵引变电所宜设置一套牵引整流机组。

12.3.10 当采用车载储能装置无架空接触网供电方式时，每座正线充电站宜设置一台变压器，车辆基地充电站应设置不少于两台变压器。

12.3.11 正线充电站宜设置上下行独立的充电装置。车辆基地充电站宜根据充电分区设置独立的充电装置。

12.4 牵引网

12.4.1 有轨电车牵引系统分为架空接触网供电、车载储能装置供电无架空接触网供电及架空接触网加车载储能装置供电三种方式。

12.4.2 当采用架空接触网无架空接触网供电时，架空接触网宜采用全补偿弹性简单悬挂，并利用走行钢轨回流。同一供电分区内上下行接触网宜采用并联供电。

12.4.3 当采用车载储能装置无架空接触网供电或架空接触网加车载储能装置供电方式时，应根据需要在正线车站和车辆基地设置充电轨，充电时宜利用走行钢轨回流。

12.4.4 接触网和充电轨带电部分距离其它构筑物、轨旁设备、车体之间的最小净距应符合表 12.4.4-1 的规定：

接触网和充电轨带电部分与构筑物、轨旁设备、车体之间的最小净距（mm） 表

12.4.4-1

标准电压	静态	动态	绝对最小动态
DC750V	25	25	25
DC1500V	150	100	60

注：在海拔高于 1000m 的地区上标所列空气绝缘间隙应根据 GB311.1 进行修正。

12.4.5 架空接触网和充电轨除与车辆有相互作用的装置外，任何情况下不得侵入车辆动态限界。

12.4.6 接触网导线高度的确定应与城市道路最小净高要求相匹配，在平面交叉路口，应同时满足各个方向道路的最小净高要求。

12.4.7 上下行线路并行的架空接触网供电区段，宜采用线路中间立杆方式。当城市道路路灯灯杆兼做架空接触网立柱时，应同时满足路灯和架空接触网的功能需求，并应便于路灯和架空接触网的日常维护和检修。

12.4.8 车载储能装置供电区段，车站充电轨宜利用车站结构架设，充电轨的设置高度应结合充电受电弓的工作需求设计。充电轨的设计应满足充电受电弓动态滑入滑出的需求。

12.4.9 架空接触网的接地线宜采用地面敷设形式。

12.4.10 易受其他交通工具碰撞的接触网设施应采取防护措施。

12.4.11 架空接触网应在下列位置设置电分段：

- 1 牵引变电所直流馈线出口处；
- 2 车辆基地各电化分区连接处；
- 3 车辆基地各库线入口处；
- 4 车辆基地出入线与正线衔接处。

12.4.12 当采用车载储能装置无架空接触网供电方式时，应根据车辆基地充电作业需求合理划分充电分区。

12.4.13 牵引变电所直流快速断路器至接触网间应设置电动隔离开关。

12.4.14 充电站充电装置至充电轨间应设置隔离开关和接触器。

12.4.15 当采用架空接触网供电方式的正线折返线有检修作业需求时，折返线

宜单独分段并设置带接地刀闸的手动隔离开关。

12.4.16 正线大型运输车辆通过的平交道口和车辆基地内平交道口宜设置限界门。

12.4.17 架空接触网应设置避雷器，其间距不应大于 300m，在馈线电缆上网处应设置避雷器，充电轨馈线线缆上网处应设置避雷器。

12.5 电力监控

12.5.1 供电系统应设置电力监控系统，实现遥控、遥信、遥测等功能。

12.5.2 调度中心应设置或集成电力调度系统，能够监视和控制全线供电设施的运行。

12.5.3 采用车载储能装置无架空接触网供电方式时，宜对充电负荷进行均衡控制。

12.6 杂散电流腐蚀防护与接地

12.6.1 兼做回流的走行钢轨应采取抑制杂散电流产生、减少杂散电流向外扩散的防护措施。

12.6.2 兼做回流的走行钢轨应绝缘安装。

12.6.3 无砟道床区段，排流钢筋应可靠焊接，作为杂散电流收集网。牵引变电所附近设置道床排流端子。

12.6.4 对埋深 1.1m~1.5m 范围内的横穿市政管线，应采取加强杂散电流腐蚀防护的措施。

12.6.5 杂散电流设计与安全接地的设计发生矛盾时，应优先满足安全接地的要求。

12.6.6 所有电气装置的外露可导电部分，除有特殊规定外应接地。

12.6.7 车站应利用自然接地极作为强弱电的综合接地装置，其接地电阻应满足各系统设备的接地要求，调度中心接地电阻值应不大于 1Ω 。

12.6.8 车站、调度中心、车辆基地的建筑物及其他户外设施的防雷设计，应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》（GB 50057）和《建筑物电子信息系统防雷技术规范》（GB 50343）的有关规定。

12.7 动力照明

12.7.1 动力照明系统宜采用 TN-S 接地系统，配电电压应采用 380/220V。

12.7.2 动力照明系统的相电压偏差值、谐波电流、无功损耗应能满足电能质量

的相关国家标准。

12.7.3 根据用电设备用途和重要性，通信、运营控制系统、电力监控系统在调度中心的设备宜为一级负荷，其他区域的不应低于二级负荷；变电所操作电源不应低于二级负荷；车站照明、变电所小动力、自动扶梯及垂直电梯等为二级负荷；广告照明、清洁检修电源等不属于一、二级负荷的用电设备为三级负荷。

12.7.4 车辆基地及调度中心的动力照明设计，应符合现行行业标准《民用建筑电气设计规范》（JGJ 16）的有关规定。

12.7.5 用电设备的配电应满足其相应的要求。其中调度中心外的通信、运营控制系统、电力监控系统设备的供电宜采用单电源加 UPS 的配电方式。

12.7.6 车站及区间照明宜与市政道路照明系统相结合。

13 行车控制

13.1 系统组成

13.1.1 行车控制系统应体现高度集成一体化的模式，由通信系统、运行控制系统等组成。

13.1.2 行车控制指挥系统宜采用以行调为核心的综合调度管理系统，基于统一的软件平台，实现运行控制系统、电力监控系统、乘客信息系统、广播系统、视频监控、火灾自动报警等系统的信息集成。

13.2 通信系统

13.2.1 通信系统应为有轨电车行车和运营管理提供稳定、可靠、畅通的语音、数据和图像业务；系统应满足正常运营方式及灾害运营方式的通信需求。在正常运营方式时，应为运营管理提供信息；在灾害运行方式时，应为防灾、救援和事故处理的指挥提供保证。系统应安全可靠、功能合理、设备成熟、技术先进、经济实用。

13.2.2 通信系统宜由传输、无线通信、电话、视频监视、综合电源、信息等子系统组成。

13.2.3 传输系统应采用光纤通信技术，并应满足通信各子系统及运行控制、供电、防灾、售检票等系统的信息传输要求；传输系统应稳定、可靠，不因单个设备或单个通信线路的故障而整体失效。

13.2.4 无线通信系统应提供调度中心调度员、车辆基地调度员等固定用户与司机、维修等移动人员之间的通信手段；宜同时满足有轨电车与地面的无线语音及数据通信要求；无线通信的覆盖范围应包括线路、调度中心、车辆基地、变电所等场所，空间波覆盖的时间地点概率应不小于 95%。

13.2.5 电话系统应含公务电话和调度电话，由电话交换设备及其附属设备组成；电话交换设备应设置在负荷集中、便于管理的地点；电话交换设备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；电话系统宜设置计费管理系统。

13.2.6 视频监视系统应为调度中心调度员等提供有关运行、防灾、救灾等方面的视觉信息，宜在车站站台、交通路口、道岔区等区域设置监视摄像设备；视频监视宜采用集中存储方式，视频图像存储时间不少于 90d。

13.2.7 通信系统电源在调度中心宜按一级负荷考虑，其他区域不应低于二级负荷要求，且宜与运行控制、售检票、门禁等系统合设综合不间断电源系统；综合电源系统应具有集中监控管理功能，蓄电池组的容量应按近期配置，连续供电时间不少于 1h。

13.2.8 信息系统包括信息网络、广播、时钟及乘客信息显示，信息系统应能保证乘客在乘车过程中及时获取到站及运行等信息；应为运营提供统一的标准时间信息；应为运营和管理提供信息网络平台。车站站台信息显示屏应结合车站建筑形式设置。

13.2.9 区间通信主干光、电缆应设置在电缆管道或电缆槽内，主干光、电缆应采用无卤、低烟的阻燃材料，并具有抗电气化干扰的防护层。

13.3 运行控制系统

13.3.1 运行控制系统的轨旁设备、车载设备配置及功能，应适应运营及行车组织要求。

13.3.2 对涉及行车安全的设备必须符合故障-安全原则，安全完整性等级满足下列要求：

- 1 道岔控制器不应小于 SIL4；
- 2 地埋式转辙机不应小于 SIL3；
- 3 司机辅助驾驶装置不应小于 SIL2；
- 4 正线列车占用/空闲检查设备不应小于 SIL4；
- 5 车辆基地计算机联锁系统不应小于 SIL4。

13.3.3 运营列车宜配置车载辅助系统。

13.3.4 有轨电车宜配置司机辅助驾驶装置。当列车速度接近线路限速时，司机辅助驾驶系统应触发车载声光报警。

13.3.5 在正线道岔区，应配置道岔控制系统。道岔应具有自动控制和人工控制功能，同一时间只能具有一种方式操纵道岔。

13.3.6 列车定位宜采用卫星、信标或环线、列车测速设备等综合定位方式，列车定位精度应满足设备控制、集中监视的运营需求。

13.3.7 列车车次号、目的地号、列车位置、车载设备状态等信息，宜采用统一的车-地无线通信系统传输。

13.3.8 车辆基地应配置完整的计算机联锁和微机监测设备，宜采用调车作业方式实现进/出基地及基地内转线作业，进路由值班员人工办理。

13.3.9 平交路口应配置列车位置检测系统，并应与道路交通信号系统接口，应

能实现绝对优先、相对优先、平等通行等控制要求。在特殊工程条件下，路口监测系统应具备与道岔控制系统联动协同控制的条件；在特殊工程条件下应能允许列车在道岔区域停车。

13.3.10 运行控制系统应向道路交通信号系统提供列车接近、到达、离去的位置信息，道路交通信号系统宜负责控制列车信号表示器，引导列车通过路口。

13.3.11 运行控制系统应配置维护诊断设备。

13.3.12 运行控制系统轨旁设备配置应采用通用标准设备，并应满足网络化运营、共线段等互联互通运行的要求。





13.3.13 列车检测设备应能实现列车的准确检测，并应符合轨旁硬化路面及开放环境下防损、防盗、防水、易维修的安装要求。

13.3.14 道岔区应设置进路表示器，共用路权的平交路口应设置列车专用信号表示器。信号表示器显示距离不宜小于最高运行速度下列车正常制动距离。

13.3.15 信号表示器的显示应符合下列规定：

1 正线道岔区进路表示器应符合表 13.3.15-1 的规定。




正线道岔取进路表示器 表 13. 3. 15-1

符号	含 义
	F0，禁止通行
	F1，允许直行
	F2，允许右侧通行
	F3，允许左侧通行

注：F0、F1 和 F2/F3 的组合适用于道岔区域，并根据道岔实际方向选择 F2 或 F3。

2 路口列车专用信号表示器应符合表 13.3.15-2 的规定。

路口列车专用信号表示器 表 13. 3. 15-2

符号	含 义
	F0，禁止通行
	F1，允许通行
	F2，倒计时数字显示

注：1) F0、F1、F2 的组合适用于平交路口。




2) 表示器的颜色可采用白色、蓝色或其他颜色灯光。考虑到路口专用信号表示器与道岔防护信号表示器可能在路口同时设置，宜采用不同的颜色进行区分。

3) F2 倒计时的数值根据路口的实际情况计算确定。

3 车辆基地应采用红/白、蓝/白信号机，并应符合表 13.3.15-3 的规定。

车辆基地信号机

表 13.3.15-3

符号	含 义
	蓝灯，禁止通行
	红灯，禁止通行
	白灯，允许按规定速度通行

13.3.16 轨旁控制设备应集中就近设置。

13.3.17 运行控制系统电源在调度中心宜按一级负荷考虑，其他区域不应低于二级负荷要求。

13.4 调度中心工艺

13.4.1 调度中心宜管理单条或多条有轨电车线路，其建设模式和规模应根据有轨电车线网布局规划和项目的具体情况确定。

13.4.2 调度中心应具有集中调度指挥、设备状态监视及故障诊断报警功能，应实现对在线列车运行管理及监视、系统设备运行状态监视、维修管理及信息发布功能。

13.4.3 调度中心总体工艺布置及设备布置应以行车监视为主。

13.4.4 调度中心工艺布置应经济实用、布局合理，综合通信、运行控制、PSCADA 和售检票等系统宜合设系统设备机房。

13.4.5 调度大厅应设置行车调度台、电力/维修调度台、值班主任调度台。

13.4.6 调度大厅宜设综合显示系统，可对全线列车运行情况、视频监视、供电信息等进行实时显示，显示系统配置应功能适用，经济合理。

14 系统设备

14.1 系统设备组成

14.1.1 有轨电车的车辆段、停车场、车站等应设置必要的系统设备，系统设备的设置应遵循节约投资、功能适用的原则。

14.1.2 系统设备主要包括车站机电设备、给排水设备、通风空调设备、防灾报警设备、环境与设备监控设备以及售检票设备。

14.2 车站设备

14.2.1 通风、空调系统应选用可靠性高、节能、噪声低、运转平稳、模块化、小型化、紧凑型的设备，并应便于安装、维护、维修。

14.2.2 电气设备应具有无自爆、低损耗、低噪声等特点。动力照明设备宜相对集中布置，各级配电开关设备宜预留备用回路，断路器选择应根据海拔高度进行适当降容。有条件的车站、场段宜设置屋面光伏发电系统，并与建筑风格相协调。

14.2.3 污水提升装置应采用节能、环保型设备，并应便于维修。消防泵控制柜应具有手动直接启动功能。

14.2.4 设置于室外的自动扶梯应选用室外型产品，上下平台应配备有防滑措施。自动扶梯应具备变频调速的节能功能。自动扶梯基坑内应采用重力流排水，无条件时采用机械排水，设置油水分离设备。

14.2.5 自动扶梯额定速度大于 0.65m/s 时，上、下水平梯级数量不小于 4 块，0.5~0.65m/s 时，上、下水平梯级数量不小于 3 块，小于 0.5m/s 时，上、下水平梯级数量不小于 2 块。电梯机房要采取防晒及防雨措施。

14.3 防灾报警

14.3.1 FAS 系统应贯彻“预防为主、防消结合”的方针，并遵循国家有关的法规和规定。

14.3.2 车辆段、停车场应设置 FAS 系统。车站及区间应结合具体项目实施情况，研究确定 FAS 系统设置方案。

14.4 给排水

14.4.1 对横穿有轨电车线路的既有给排水管线，应根据现行的相关设计规范及地方法规，结合周边道路及市政设施的实际情况，对影响项目的给排水管道予以迁改。管线迁改应充分考虑有轨电车线路周边地块情况，并结合道路的给排水管线的规划情况综合考虑。

14.4.2 有轨电车的给水水源优先选用城市自来水，充分利用城市自来水管网的水压。当沿线无城市自来水时，可采用其他的可靠水源。

14.4.3 有轨电车的给水系统应满足生产、生活及消防用水对水质、水量、水压的要求。给排水系统应考虑节水措施，供排水设备应选用工艺成熟的节能设备。

14.4.4 高架和地下车站、车辆基地的设计应满足相关消防要求。与道路混行地段地面线的消防系统，应与市政道路消防系统共用。高架线、地下线的消防系统需结合市政消防系统统筹进行考虑，并满足消防验收要求。

14.4.5 有轨电车的排水系统应按雨污分流制考虑。各种污废水的排放必须符合国家或地方相关排放标准的规定，并就近排入城市排水系统。

14.5 通风空调

14.5.1 车站、调度中心、车辆基地、变电所等场所应设置必要的通风、空调及供暖设施。

14.5.2 车站通风、空调及供暖系统设置应根据当地气候条件，优先采用自然通风系统，必要时可设置机械通风或空调及供暖系统。

14.5.3 车站通风、空调及供暖系统的室外空气计算温度、相对湿度应采用当地现行的地面建筑设计指标。

14.5.4 当车站设置有候车区且采用通风系统时，其室内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℃。

14.5.5 当车站设置有候车区且采用空调系统时，夏季计算温度应为 29℃-30℃，相对湿度不大于 70%。

14.5.6 调度中心通风空调设计除满足现行国家标准有关规定外，还应满足以下规定：

1 调度大厅内环境温度宜控制为 16℃~27℃，调度大厅和各系统设备房每小时的温度变化不宜超过 3℃，各系统设备房应按现行国家标准《数据中心设计规范》（GB50174）的有关规定设置，并宜按不低于 B 级要求设计。

2 显示屏前后的温差不宜超过 3℃。

3 调度大厅及设备房应维持正压。

4 调度大厅、运营管理区、设备区的空调系统应分开设置。

14.5.7 车辆基地和变电所等地面建筑，应在满足工艺要求的前提下，按本规程和国家现行有关建筑设计标准的规定设置通风、空调与供暖系统。

14.6 售检票

14.6.1 售检票系统配置应满足运营管理的要求，并应与车站情况相适宜。

14.6.2 售检票系统初期宜采用单一票价制，并预留远期计程、计时票价制的条件。

14.6.3 售检票系统宜采用自动与人工相结合的售票、检票运营模式，车上应配备车载检票设备，车辆内检票设施布置应满足车门双侧开启的要求。

14.6.4 储值票宜采用与公交、轨道交通等兼容的电子票务系统，并结合公交清分的实施情况确定有轨电车售检票系统的清分功能。

14.6.5 售检票系统应满足云南省收费系统的相关规定。

14.7 设备监控

14.7.1 有轨电车的车辆段、停车场、地下区间及设置站房的车站可考虑设置环境与设备监控系统（BAS），环境与设备监控系统的规模应结合机电设备的实施情况确定。

14.7.2 BAS 系统可进行必要的扩展，作为有轨电车综合运行管理平台，或纳入综合运行管理平台接受其统一管理。

14.7.3 BAS 系统的监控对象包括通风空调设备、给排水设备、电扶梯设备及车站照明系统。

14.7.4 BAS 系统应遵循标准、开放的设计标准，便于扩展。

15 车辆基地

15.1 一般规定

15.1.1 车辆基地应包括车辆段、停车场、综合维修中心和必要的生活设施等。物资总库、培训中心宜根据需要设置。

15.1.2 车辆基地的功能定位应根据城市有轨电车网络布局、车辆基地的布局规划、既有车辆基地的设施配置状况及工程选址条件、车辆条件和运营条件综合分析确定，并应根据线网资源统筹基地布局及功能定位。

15.1.3 车辆基地设计应近远期结合，统一规划、分期实施。用地范围应在站场股道和房屋规划布置的基础上按远期规模确定，应满足系统设计能力所需的车辆停放要求。

15.1.4 车辆基地的选址应与城市总体规划协调一致，应有良好的接轨条件。用地面积应满足功能和布置要求，并应具有远期发展余地。应便于城市电力、给水、排水、燃气管线引入及城市道路的连接，具有良好的自然排水条件，宜避开不良工程地质和水文地质地段。

15.1.5 车辆基地应节约用地，有条件时可考虑与地铁车辆基地、公交站场共享。

15.1.6 应对其产生的废气、废液、废渣和噪声等进行综合治理，环境保护设施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投产。

15.1.7 当涉及河道、水利设施、既有道路、规划道路及重要管线迁改时，应与本工程同时施工。

15.1.8 车辆基地应具有新车车辆及大型物资设备的运输和装卸条件；基地内应设环形运输、消防道路和必要的回车设施，应有不少于两个与外界道路相连通的出入口。当运输道路、消防道路与线路设有平交道时，应在路口前安装安全警示标识及限高、限载标识牌。

15.1.9 车辆基地总平面布置应保证基地功能和规模，并应对基地的各项设备、设施与物业开发的内容进行统一规划。总平面布置、房屋设计以及相关设施应统一规划。

15.2 工艺设计

15.2.1 车辆段可根据其作业范围分为大架修段和定修段。大架修段可承担车辆的大修和架修及其以下修程作业；定修段可承担车辆的定修及以下修程的作业；停车场主要承担列检和停车作业，必要时可承担三月检、临修及镟轮作业。

15.2.2 车辆检修宜采用日常维修和定期维修相结合的检修制度。车辆日常维修和定期检修的修程和周期，应根据车辆技术条件、车辆质量和既有车辆基地的检修经验确定，车辆检修修程和检修周期宜符合表 15.2.2-1 的规定。

车辆检修修程和检修周期表

15. 2. 2-1

修 程	检修周期		检修时间 (d)
	周期	公里数 (10 ⁴ km)	
大 修	10 年	90	30
架 修	5 年	45	15
定 修	1 年	9	7
三 月 检	3 月	2.25	1
列 检	每天	—	—

注：1) 列检作业每天进行，其中走行部检查的作业按每周进行考虑；

2) 表中检修时间按部件互换修考虑；

3) 工作量计算时应计入检修不平衡系数：大架修为 1.1，定修、三月检为 1.2。

15.2.3 总平面布置应以车辆运用、检修设施为主体，综合维修中心、物资总库及其他配套设施的功能及作业要求，按有利生产、方便管理和生活的原则统筹安排、合理布置，并应预留远期的发展条件。工艺流程应顺畅、布局应合理紧凑、节约用地，有条件时宜设回转线。

15.2.4 车辆运用整备设施应根据生产需要，配备停车库（棚）、三月检库和列车清洗洗刷设备、加砂设施及相应线路和必要的办公、生活房屋和设施。列检列位设置检查坑数量不宜超过停车列检总列位的 1/7。

15.2.5 尽端式停车列检库停放列车不宜超过 4 列，三月检库停放列车不宜超过 2 列。贯通式停车列检库停放列车不宜超过 6 列，三月检库停放列车不宜超过 4 列。

15.2.6 车辆基地库内线路间距宜符合表 15.2.6-1 的规定。

各车库有关部位最小尺寸 (m)

表 15. 2. 6-1

项目	停车库	列检库	月检/静调库	定临修库	大架修库
车体之间通道宽度（无柱）	1.4	1.8	3.0	4.0	4.5
车体与侧墙之间 通道宽度	1.4	1.6	3.0	3.5	4.0
车体与柱边通道宽度	1.2	1.4	2.2	3.0	3.2
库内前、后通道宽度	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0

15.2.7 洗车设施根据配属车辆数量，可采用机械洗车或人工洗车。配属车辆超

过 12 列的车辆基地宜设置机械洗车设施。

15.2.8 当有轨电车运营有撒砂制动需求时，基地内应配置储砂及上砂设施，宜采用自然干砂。

15.2.9 基地内应设乘务员公寓，规模根据早晚运行列车乘务员人数及其他需留宿作业人员人数确定。

15.2.10 车辆检修设施宜根据检修工艺需要，设置大/架修库、定/临修库、静调库、镟轮库、列车吹扫设施和辅助生产房屋及设施。

15.2.11 镟轮库及其线路应根据总图布置、厂房组合情况合理确定，可单独布置，也可与运用库或检修库合库布置。

15.2.12 车辆段宜设试车线，试车线有效长度应根据车辆性能和技术参数及试车综合技术要求计算确定。

15.2.13 综合维修中心应满足管理范围内线路、路基、轨道、桥梁、涵洞、隧道、房屋建筑和道路等设施的维修、保养需要；并应满足供电、综合通信、运营控制、机电设备和自动化设备的维修和检修工作的需要。

15.2.14 杂品库根据线网资源共享原则，宜集中设置。

15.3 站场

15.3.1 车场线宜为平坡，困难时库外线路的坡度不应大于 1.5‰。

15.3.2 线路路肩高程应根据基地附近内涝水位和周边道路高程设计。沿河附近地区车辆基地的车场线线路路肩设计高程，不应小于 1/100 洪水频率标准的潮水位、波浪爬高值和安全值之和。

15.3.3 站场路基及排水设计应符合国家现行标准《铁路路基设计规范》（TB 10001-2016）和《室外排水设计规范》（GB 50014-2006）（2016 版）的有关规定。

16 节能环保

16.1 节约能源

16.1.1 有轨电车工程节能设计应符合国家、云南省的节能相关规范和标准的规定，符合能源相关规划和供应条件，并执行节能报告及其评审意见和批复意见。

16.1.2 工程总体布局应在保证工程功能的前提下，尽量减少外部能源供应的路线长度及工程系统、设备的数量和自身的能量损耗。

16.1.3 工程设计方案应合理、技术先进。

16.1.4 工程建成运营后的能源消耗，不对当地能源平衡和实现国家和地方节能目标带来不良影响。

16.1.5 有轨电车宜采用钢轨钢轮型式，减少车辆运行能耗。

16.1.6 运营组织、线路的辅助线设计，应提高运营效率、减少车辆的空驶里程。

16.1.7 线路平面设计宜采用较大的曲线半径，坡度设置宜平缓。

16.1.8 车站、车辆基地的厂房宜采用自然通风方式。

16.1.9 办公、调度中心、综合楼等建筑应符合现行国家标准《公共建筑节能设计标准》（GB 50189）等相关建筑节能规范。

16.1.10 机电系统设计应提高系统的运行效率，并采用高效节能设备。有能效等级要求的设备应采用高等级设备，不应采用国家明令禁止和淘汰的设备、工艺。

16.1.11 变电站、车辆基地、调度中心等应尽量考虑线网资源共享，避免重复建设，浪费能源。

16.1.12 宜设置各类能源的计量装置，计量各种能源的消耗量，宜实现统计、分析、对比等功能。

16.2 环境保护

16.2.1 环境保护设计和施工方案，必须遵守国家现行有关环境保护的法律、法令、标准、规范，贯彻执行国家环境保护的方针政策，符合云南省、各州市环保部门的有关规定。

16.2.2 环境保护设计应从实际出发，坚持“以防为主，防治结合，综合治理，化害为利”的原则，执行污染治理设施与本工程同时设计、同时施工、同时投产和使用的“三同时”方针，实现经济效益、社会效益和环境效益的统一。

16.2.3 选线应避让饮用水源保护区、自然保护区、风景名胜区、珍稀动植物栖息地、湿地、重点文物保护单位等环境敏感区。无法避让时，需采取必要的防护措施，并报请有关行政主管部门批准。

16.2.4 环境保护设计和施工要坚持科学合理、节约用地的原则，对临时占用的土地应执行现行国家、云南省及各州市有关土地复垦的规定。

16.2.5 线路所经地段，应根据地面建筑物的使用性质、结构和距离，采取轨道减振、噪声防护措施，并符合国家或地方规定的现行相关排放标准和环境质量标准。

16.2.6 生活污水、生产废水应分类集中处理，符合国家或地方现行有关排放标准规定后排放。

16.2.7 车站、车辆基地等的生产、生活垃圾，应分类收集，危险废物应按现行国家有关规定处置，其余固体废物纳入市政环卫系统统一处置。

16.2.8 有轨电车建设应符合国家水土保持法规的有关规定。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，可采用“可”。

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

引用标准名录

1. 《地铁设计规范》(GB 50157)
2. 《混凝土结构设计规范》(GB 50010)
3. 《机动车运行安全技术条件》(GB 7258)
4. 《地铁车辆通用技术条件》(GB/T 7928)
5. 《地下铁道电动车组司机室、客室噪声限值》(GB/T 14892)
6. 《城市轨道交通车辆防火要求》(CJ/T 416)
7. 《低地板有轨电车车辆通用技术条件》(CJ/T 417)
8. 《铁路桥涵钢筋混凝土和预应力混凝土结构设计规范》(TB 10002.3)
9. 《铁路路基支挡结构设计规范》(TB 10025)
10. 《铁路无缝相邻设计规范》(TB 10015)
11. 《无障碍设计规范》(GB 50763)
12. 《铁路桥涵设计规范》(TB 10002-2017)
13. 《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/T H21)
14. 《公路桥梁承载能力检测评定规程》(JTG/T J21)
15. 《铁路工程地基处理技术规程》(TB 10106)
16. 《铁路路基支挡结构设计规范》(TB 10025)
17. 《铁路隧道设计规范》(TB 10003)
18. 《建筑结构荷载规范》(GB 50009)
19. 《混凝土结构耐久性设计规范》(GB/T 50476)
20. 《地下工程防水技术规范》(GB 50108)
21. 《铁路工程抗震设计规范》(GB 50111)
22. 《供配电系统设计规范》(GB 50052)
23. 《民用建筑电气设计规范》(JGJ 16)
24. 《电能质量公用电网谐波》(GB/T 14549)
25. 《20kV 及以下变电所设计规范》(GB 50053)
26. 《高压/低压预装式变电站》(GB 17467)
27. 《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》(GB/T 50064)
28. 《地铁杂散电流腐蚀防护技术规程》(CJJ 49)
29. 《建筑物防雷设计规范》(GB 50057)
30. 《建筑物电子信息系统防雷技术规范》(GB 50343)
31. 《民用建筑电气设计规范》(JGJ 16)

- 32.《数据中心设计规范》（GB 50174）
- 33.《城市轨道交通技术规范》（GB 50490）
- 34.《铁路路基设计规范》（TB 10001-2016）
- 35.《室外排水设计规范》（GB 50014-2006）（2016 版）

云南省城市有轨电车工程设计规程

Standard for design of city tram engineering
in Yunnan province

DBJ/T *—20****

条文说明

编制说明

目 次

1 总 则	- 1 -
2 术 语	- 2 -
3 基本规定	- 3 -
4 交通及市政配套工程	- 5 -
4.1 交通量预测及评价	- 5 -
4.2 交通综合设计	- 5 -
4.3 道路配套工程	- 6 -
4.4 市政管线	- 7 -
5 行车组织与管理	- 8 -
5.1 一般规定	- 8 -
5.2 辅助配线设计	- 8 -
5.3 其 他	- 8 -
6 车 辆	- 9 -
6.1 一般规定	- 9 -
6.2 牵引制动性能	- 10 -
6.3 列车噪声	- 11 -
6.4 制动系统	- 11 -
6.5 故障运行能力	- 11 -
6.6 安全设施	- 12 -
6.7 其它	- 12 -
7 限 界	- 13 -
7.1 一般规定	- 13 -
7.2 限界基本参数	- 13 -
7.3 建筑限界	- 13 -
8 线 路	- 16 -
8.1 一般规定	- 16 -
8.2 线路平面	- 16 -

8.3	线路纵断面	- 17 -
9	轨 道.....	- 19 -
9.1	一般规定	- 19 -
9.2	基本技术要求	- 19 -
9.3	轨道部件	- 20 -
9.4	道床结构	- 22 -
9.5	无缝线路	- 23 -
9.6	减振轨道结构	- 23 -
9.7	轨道附属设备及安全设备	- 23 -
10	车站建筑	- 24 -
10.1	一般规定	- 24 -
10.2	车站总体布置	- 24 -
10.3	车站建筑设计	- 24 -
10.4	车站安全设计	- 25 -
10.5	车站服务设施	- 25 -
11	结构工程	- 26 -
11.1	桥 梁	- 26 -
11.2	路基	- 29 -
11.3	隧道	- 31 -
11.4	车站结构	- 33 -
12	供电系统	- 34 -
12.1	一般规定	- 34 -
12.2	电源及供电系统	- 34 -
12.3	变电所与充电站	- 35 -
12.4	牵引网	- 35 -
12.5	电力监控	- 37 -
12.6	杂散电流腐蚀防护与接地	- 37 -
12.7	动力照明	- 37 -
13	行车控制	- 39 -
13.1	系统组成	- 39 -

13.2	通信系统	- 39 -
13.3	运行控制系统	- 40 -
13.4	调度中心工艺	- 42 -
14	系统设备	- 43 -
14.1	系统设备组成	- 43 -
14.2	车站设备	- 43 -
14.3	防灾报警	- 43 -
14.4	给排水	- 44 -
14.5	通风空调	- 44 -
14.6	售检票	- 45 -
14.7	设备监控	- 45 -
15	车辆基地	- 46 -
15.1	一般规定	- 46 -
15.2	工艺设计	- 46 -
15.3	站场	- 48 -
16	节能环保	- 49 -
16.1	节约能源	- 49 -
16.2	环境保护	- 49 -
	本标准用词说明	- 51 -
	引用标准名录	- 52 -
	条文说明	- 54 -
1	总 则	- 62 -
2	术 语	- 63 -
3	基本规定	- 64 -
4	交通及市政配套工程	- 66 -
4.1	交通量预测及评价	- 66 -
4.2	交通综合设计	- 66 -
4.3	道路配套工程	- 67 -
4.4	市政管线	- 68 -

5	行车组织与管理	- 69 -
5.1	一般规定	- 69 -
5.2	辅助配线设计	- 69 -
5.3	其 他	- 69 -
6	车 辆	- 71 -
6.1	一般规定	- 71 -
6.2	牵引制动性能	- 71 -
6.3	列车噪声	- 71 -
6.4	制动系统	- 71 -
6.5	故障运行能力	- 72 -
6.6	安全设施	- 72 -
6.7	其它	- 72 -
7	限 界	- 73 -
7.1	一般规定	- 73 -
7.2	基本参数	- 73 -
7.3	建筑限界	- 73 -
8	线 路	- 75 -
8.1	一般规定	- 75 -
8.2	线路平面	- 75 -
8.3	线路纵断面	- 76 -
9	轨 道	- 78 -
9.1	一般规定	- 78 -
9.2	基本技术要求	- 78 -
9.3	轨道部件	- 79 -
9.4	道床结构	- 80 -
9.5	无缝线路	- 81 -
9.6	减振轨道结构	- 82 -
9.7	轨道附属设备及安全设备	- 82 -
10	建筑	- 83 -

10.1	一般规定	- 83 -
10.2	车站总体布置	- 83 -
10.3	车站建筑设计	- 84 -
10.4	车站安全设计	- 84 -
10.5	车站服务设施	- 84 -
11	结构工程	- 86 -
11.1	桥梁	- 86 -
11.2	路基	- 91 -
11.3	隧道	- 92 -
11.4	车站结构	- 96 -
12	供电系统	- 98 -
12.1	一般规定	- 98 -
12.2	电源及供电系统	- 98 -
12.3	变电所与充电站	- 98 -
12.4	牵引网	- 98 -
12.5	电力监控	- 98 -
12.6	杂散电流腐蚀防护与接地	- 98 -
12.7	动力照明	- 99 -
13	行车控制	- 100 -
13.1	系统组成	- 100 -
13.2	通信系统	- 100 -
13.3	运行控制系统	- 101 -
13.4	调度中心工艺	- 102 -
14	系统设备	- 103 -
14.1	系统设备组成	- 103 -
14.2	车站设备	- 103 -
14.3	防灾报警	- 103 -
14.4	给排水	- 103 -
14.5	通风空调	- 104 -
14.6	售检票	- 104 -

14.7 设备监控	- 105 -
15 车辆基地	- 106 -
15.1 一般规定	- 106 -
15.2 工艺设计	- 106 -
15.3 站场	- 107 -
16 节能环保	- 109 -
16.1 节约能源	- 109 -
16.2 环境保护	- 109 -

1 总 则

1.0.1 本条是制定本标准的意义和目的。目前我国有轨电车工程已经成为中、小城市的轨道交通线网的骨干线路，同时也是大城市大运量轨道交通系统的重要补充。云南省目前大部分州、市已经规划、建设城市有轨电车，未来将成为城市公共交通出行的重要方式，为规范城市有轨电车的规划和建设，制定本标准是非常有必要的。

1.0.2 本标准只对钢轮钢轨制式、最高运行速度不超过 70km/h 的有轨电车作出规定。

1.0.3 由于城市轨道交通在线网规划阶段的规划名称叫城市轨道交通线网规划，考虑到云南省城市有轨电车在规划设计阶段难以形成完整的、按照城市轨道交通线网规划标准编制的线网规划，故针对有轨电车的线网规划，特别提出了“有轨电车网络布局规划”，以强化其网络化运营要求。

1.0.4 本条规定了执行本标准应遵循的基本原则和设计原则。“安全可靠”是以安全为本，要求应保证达到预期的目的；“技术先进”要求设计合理有效，理论科学，应用可靠；“经济合理”要求在节能环保、国产化、安全可靠、技术先进的前提下，力求经济上的合理性。

1.0.5 本条提出了城市有轨电车的规划建设运营的原则。从需求和城市发展出发，城市有轨电车建设应把握建设条件和建设时机，避免出现规划多、落地少，建成运营后达不到预期效果等现象。

1.0.6 本标准主要针对有轨电车设计提出要求，除执行本标准外，还应符合相关现行国家标准。

2 术 语

本规程只对涉及有轨电车涉及标准的关键术语进行了定义。

3 基本规定

3.0.1 本条为城市有轨电车的建设规模和提高项目抗风险能力、减轻政府财政负担的基本原则。

3.0.2 有轨电车在部分路段上设置了专用路权。在信号控制路口，有轨电车享有信号优先权；在交通饱和度较大的路口需考虑信号的相对优先，无法设置相对优先时，可通过区域协调控制解决行车优先等问题。有轨电车的控制系统与道路交通信号控制系统进行有效衔接，并服从道路信号控制系统的有效控制。

3.0.3 有轨电车限制速度应根据不同地段的路权采用情况，设置相应的速度限值。在城市道路地段敷设的有轨电车线路，还应满足和遵循所在道路的相关要求。

3.0.4 城市有轨电车为中低运量的轨道交通，为方便互联互通和减小工程投资，当线路交叉时，推荐采用平交方式。

3.0.5 从减小工程投资和方便互联互通角度考虑，有轨电车线路在具有换乘需求时，应设置或预留资源共享和网络化运营的技术条件。

3.0.6 与快速路平行的路段，有轨电车通常敷设于快速路一侧；与城市主、次干路和支路并行的路段，视道路条件将有轨电车敷设于路中或路侧。

结合有轨电车沿道路和被交叉道路的实际情况，有轨电车应采用灵活的敷设方式。为减小工程投资，线路敷设方式应以地面线为主。线路敷设方式应结合道路周边规划情况、地形情况和拆迁等情况，灵活选择立交方式。

3.0.7 为方便与其他轨道交通线路和公共交通方式的衔接与换乘，有轨电车车站宜靠近城市客流集散点。

3.0.8 在城市中有轨电车的运营方式基本与公交系统相同，而与现行的地铁、封闭路权的轻轨等运营方式不同，本标准特别提出了其运营模式同常规公交系统一样的售检票方式以及与其他交通系统的换乘等。

3.0.9 本条为有轨电车单条线路高峰小时最低系统设计能力的规定。

3.0.10 有轨电车多采用地面线路，其运营后的升级改造较城市轨道交通容易，但在系统设计中，车辆采用初期（开通第五年）容量进行配置，近期作为机电系统设备的配置年限，开通年的设计规模按照近期考虑，远期则不同于《地铁设计规范》，提前到开通后 20 年。

3.0.11 有轨电车多采用地面线路，其运营后的升级改造较城市轨道交通容易，但在系统设计中，车辆采用初期（开通第五年）容量进行配置，近期作为机电系统设备的配置年限，开通年的设计规模按照近期考虑，远期则不同于《地铁设计规范》，提前到开通后 20 年。

3.0.12 当有轨电车与城市道路混合运行时，从运营安全角度考虑，有轨电车应满足相应道路在视距方面的技术要求。

3.0.13 本标准规定为宜不低于 1/100 洪水位，但也不排除道路标高不满足的条件。

3.0.14 云南省各地的气象、气候变化差异较大，为保证有轨电车系统的正常运营，设计中应根据不同地域的气象气候条件采取相应的措施。原则上，有轨电车车厢内应采用通风空调。

3.0.15 本条为云南省各州市在建设城市有轨电车时，车辆和机电设备选型的基本原则。

4 交通及市政配套工程

4.1 交通量预测及评价

4.1.1 现代有轨电车系统通常敷设于市政道路之上，以交通参与方加入原有市政路网交通系统中，作为交通供给要素，打破原有路网交通组织，改变人们的出行习惯，一定程度上占用道路空间资源，对道路交通组织产生影响，故需对交通组织重新布局、重新调整。因此，应对有轨电车线路走廊带路网进行重新规划设计；规划设计最重要的是对有轨电车道进行交通量预测；交通现状评价；道路通行能力分析；交通安全评价；特别是交叉口饱和度及评价；以指导对有轨电车沿线路网重新进行交通组织设计，确保现代有轨电车系统与原有交通系统安全、有序运行。

4.1.2 有轨电车上下车客流大小及交叉口的行人流量、流向是决定交通组织方案及设施规模的重要因素，因此，客流流量及流向是重要的基础数据。

4.1.3 有轨电车应进行道路运行现状调查和道路交通量预测，以获取有轨电车布线方案及运行组织方、道路交通组织方案、道路改造方案的设计依据；交通调查的内容应包括项目所在地区的城市规划、路网规划、路网状况、道路及交通状况、沿线土地利用现状、沿线环境等。

4.2 交通综合设计

I 一般规定

4.2.1 有轨电车线路与沿线被交叉道路息息相关，周边道路的交通组织、交通设施都可能受影响调整。设计文件编制内容，按《市政公用工程设计文件编制深度规定（2013版）》的交通设施内容编制，本规范把交通服务设施，公交站台的改造列入，主因是关系到有轨电车车站客流导流、疏散接驳等交通组织，纳入项目便于推进实施。因此，交通工程总体设计应综合考虑这些因素。

4.2.2 本条为有轨电车交通组织设计的总体原则。

4.2.3 本条为有轨电车交通安全和设施设计的主要内容。

II 交通组织设计

4.2.6 本条着重考虑上下车的旅客安全，设施完善，避免留下死角。

III 交通安全设施设计

4.2.7 在交叉口横穿有轨电车线路前应设置警告等标志牌；设置行人过街道口时同样也应在面向有轨电车方向设置人行横道标志；面向人行方向设置有轨电车警

告标志，在多雾的地区宜设置主动发光标志。

4.2.8 专用路权有利于行车安全，设置分隔护栏为硬隔离，施划黄色双实线为软隔离，目的是规范车流，各行其道，确保安全，分清责任；交叉口按电车限界画出通行轨迹区域为禁停区域，意在规范、警告、约束机动车、非机动车、行人危险区域范围，确保交通安全。

4.2.9 本着以人为本宗旨，交通安全设施要按《城市道路交通标志和标线设置规范》（GB 51038-2015）、《城市道路交通设施设计规范》（GB 50688—2011）标准设置。

4.2.10 交叉路口信号灯设置与交叉口各向交通流量有很大关系，如何对信号配时进行优化从而使交叉口的通行效率最优，除了理论计算外还需通过实践检验矫正。一般常规信号控制交叉口有轨电车按交通信号行驶；信号优先交叉口有轨电车信号适当优先，一般 10 秒~15 秒；绝对优先信号控制需封闭支路的信号。有轨电车在交叉口应遵行《中华人民共和国道路交通安全法》、《中华人民共和国道路交通安全法实施条例》并遵循现场交警指挥。交警部门掌握对现场指挥、管理、执法权，有轨电车信号必须接入道路信号机，并由交管部门认可管理。交警部门可根据交叉口的拥堵情况适时调整信号配时。

有轨电车横穿道路时，机动车道是分向行驶的；非机动车道和人行道由于经常有行人和非机动车逆行，安全起见非机动车道和人行道的电车线路两侧，都要设置信号灯。

4.2.11 交叉口机动车按停止线停车，遵循信号通行；但由于部分道路不一定施划非机动车道停止线；行人、非机动车也经常不遵循交通规则行驶。因此，除机动车道外，人行道和非机动车道须双向施划停止线。停止线按《城市道路交通标志和标线设置规范》（GB 51038-2015）设置，于距限界边线 1.5m~3.0m。

4.3 道路配套工程

4.3.2 本条提出的思想是有轨电车轨间路面与道路恢复时，宜同时施工，便于路面美观统一。

4.3.4 有轨电车主要以地面方式敷设为主，但在城市范围内跨越河道时和下穿部分主要道路是，不可避免地出现桥梁及隧道等工程。为保证市政配套工程满足有轨电车的安全承载及防灾救援等要求，应对桥梁、隧道以及防灾进行综合研究。本条对线路敷设在既有城市桥梁上或下穿隧道内时进行了规定。

4.3.5 交叉口铺设有轨电车线路，由于开挖有轨电车路床，扰动了交叉口路基的本身。一般情况交叉路口为整体道床，有轨电车路床与市政道路路床不一致、地基础

强度不一样，因此两者容易产生差异沉降，在钢轨处形成跳车。为有效消除钢轨处的跳车，采用钢筋混凝土板进行过渡较为可行。在国内外已建的有轨电车线路实践中，钢轨扣件处采用柔性保护橡胶垫，容易导致这个部位铺筑沥青混凝土压不实，或铺筑混凝土面板强度薄弱不一，很快就出现损坏。因此，宜采用专用混凝土过渡板铺设。

4.4 市政管线

4.4.2 目前我国修建的有轨电车项目，在市政管线的防杂散电流方面没有实际的设计经验，参照国外运营总结的有关经验，带金属材料的市政管线应距离轨道 1.5m 以外。

5 行车组织与管理

5.1 一般规定

5.1.1 有轨电车的行车组织设计基础主要包括：上层规划、需求分析及工程建设条件等，主要设计内容包括：系统选型、行车组织方案和运营管理模式，设计成果可以作为相关专业的资料输入和系统规模控制的依据。

5.1.2 有轨电车线路采用双线、右侧行车与我国现行道路行车规则一致，有利于道路交通管理和乘客组织；列车驾驶模式考虑道路车流量、人流的复杂性，建议采用人工目视驾驶。

5.1.3 有轨电车系统设计能力与所采用的车辆性能、折返道岔类型及平交道口交通条件等因素有关，一般取值不小于 20 对/h。

5.1.4 高峰时段行车量是各设计年限列车配属、各系统规模配置的主要依据，其设计的主要依据是客流预测结果；为了确保有轨电车的服务水平和客流吸引力，建议初期高峰时段的开行间隔不宜大于 6min（即行车量不小于 10 对/h），平峰时段不宜大于 10min（即行车量不小于 6 对/h）。

5.1.5 根据道路交通管理相关规定，交叉口机动车限速一般为 40km/h，考虑城市有轨电车加、减速性能较城市机动车弱，有轨电车通过平交路口的速度宜低于机动车限速。

5.1.6 为了提高有轨电车运营企业的效益，实现企业可持续发展，有轨电车运营管理机构应结合有轨电车系统的特点进行高效化设置，以减少管理定员、降低运营成本。

5.2 辅助配线设计

5.2.1 有轨电车主要敷设于城市道路上，设置停车线条件困难，因此，发生列车故障情况下，考虑将故障车推送或牵引至就近车辆基地。设置单渡线可以便于故障列车救援及临时运营调整。

5.2.2 为提高运营效率和抗风险能力，车辆基地出入线的功能应同时满足收、发车作业需求，因此，出入线有必要联通上下行正线，便于列车出入作业。

5.2.3 有轨电车主要是沿道路采用地面敷设方式，不同线路之间通过平交联络线的方式可以实现不同方向的直达功能，有利于提高线路利用率。

5.3 其他

5.3.1 运营管理中心有利于提高有轨电车运行和调度指挥的效率，尤其在

形成线网以后，还可以进行资源有效整合，提高全网的列车运行、应急指挥效率。

5.3.2 有轨电车建议采用有司机的人工目视驾驶模式，因此，需在前进方向司机室配置单司机，采用四班三运转方式进行司机轮换。考虑有轨电车系统以车上售、检票为主，运营初期列车设置乘务员可以引导乘客投币或刷卡，规范乘客出行习惯，后期可根据具体情况逐步取消乘务员。

5.3.3 为减轻司机工作强度，考虑列车运行时间 1 小时左右，设置相应的管理用房，提供司机休息、换班的场所。

5.3.4 根据国内有轨电车运营管理经验，为有效控制运营成本，初期定员指标不超过 20 人/km。近、远期则根据客流增长情况及运营需求进一步核定。

6 车 辆

6.1 一般规定

6.1.1 本条为对车辆安全性、可靠性、经济性等提出的基本要求。

6.1.2 考虑云南省旅游资源丰富、旅游城市较多，有轨电车应能适应当地文化特色，融合城市特质。

6.1.3 目前，结合国内众多的有轨电车车辆厂家调研情况，各车辆厂家均以模块化设计为主、并形成多种组合，本标准在制定过程中特提出此要求，避免在设计阶段出现过多的专门定制产品，也利于有轨电车行业整体发展趋势和方向。

6.1.4~6.1.7 本条主要针对目前主流的低地板车辆（3 模块 70%低地板及 4/5 模块 100%低地板）基本参数进行规定。考虑到云南省部分旅游城市有观光需求，因此增加了旅游观光型高地板车辆参数。车辆模块数调整时，车辆长度及载员相应调整。

6.1.8 目前国内有轨电车用制式主要为 DC750V，高地板旅游观光型有轨电车可采用 DC1500V 用电制式。供电方式多采用接触网供电、蓄电池/超级电容供电、接触网加蓄电池/超级电容供电，本条对蓄电池/超级电容统称为车载储能装置。

6.2 牵引制动性能

6.2.1~6.2.4 本条针对接触网制式下的各项车辆加、减速度进行了规定。由于无接触网制式的车辆标准较多，且各类车辆控制速度目前尚缺乏统一的规定，且与目前车辆发展主流方向有差别，设计中应以车辆为基础及运行功能进行综合选择与匹配。

6.3 列车噪声

6.3.1~6.3.2 本条针参考现行国家标准《地下铁道电动车组司机室、客室噪声限值》（GB/T14892）及《地铁车辆通用技术条件》（GB/T 7928）对车辆内外部噪音做出基本要求。

6.4 制动系统

6.4.1 本条结合有轨电车技术发展，特别提出了应具有微机控制的制动系统，在保留传统的电制动、液压制动（或空气制动）、停车制动、磁轨制动等制动方式下，微机制动控制需在车辆设计中纳入相应功能。

6.4.2~6.4.3 本规程提出该条款，主要保证有轨电车在液压制动（或空气制动）条件下相互备用，利于行车安全。

6.4.4 要求车辆具有撒砂功能，以保证轮轨粘着力。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。

6.5 故障运行能力

6.5.2 一列有轨电车，当在空载（AW0）工况下，且在正线上丧失全部动力时，应由一列空载（AW0）有轨电车救援，并推送至车辆基地。

6.6 安全设施

6.6.0 本条对车辆配备的安全设施提出基本要求。考虑到有轨电车基本采用公交化运营，路况较复杂，客室侧门应具有人工开启疏散的功能，车辆外侧应设置视频监控，车上配置破窗安全锤。

6.7 其它

6.7.1 考虑乘坐舒适性，明确车辆运行平稳性指标小于 2.5，纵向冲击率不大于 1 m/s³。

6.7.2 根据云南气候早晚温差较大，车厢内应设置空调。

6.7.3 为适应客流变化，有轨电车应具备重联运行功能，以便运营组织。

6.7.4 车辆防火标准除满足行业标准外，还需符合所在城市的相关消防条例。

7 限 界

7.1 一般规定

7.1.1 车辆限界是车辆在直线上正常运行状态下所形成的最大动态包络线，用以限制车辆设计和制造。按隧道内外，分为隧道内车辆限界和隧道外车辆限界。

设备限界是车辆在故障运行状态下所形成的最大动态包络线，用以限制轨道区的设备安装。列车在故障状态下不能突破设备限界。

建筑限界是在设备限界基础上，满足设备和管线安装尺寸后的最小有效断面。建筑限界中不包括测量误差、施工误差、结构沉降和位移变形等因素。建筑限界分为地面建筑限界、隧道建筑限界、高架建筑限界。

7.2 基本参数

7.2.5 有轨电车地板面距离道床疏散面高差较小，一般可不专门设置疏散平台。路基、高架区间宜将电缆槽、水沟盖板兼做人行平台（疏散平台），长大隧道或桥梁应考虑疏散救援的方式，留出安全疏散通道。疏散平台面比设计车厢地板面设计低150-200mm。

7.3 建筑限界

7.3.2 车载储能型车体（区间不设接触网），隧道内高度应满足车体顶部设备限界与结构下表面间有不小于200mm的安全间隙。缓和曲线地段矩形隧道建筑限界加宽方法可参照现行《地铁设计规范执行》。

7.3.5 线路沿线应布置限高设施，限高高度应根据接触网导线安装高度、最小保护净距等因素综合确定，限制高度一般不大于5000mm。储能型车体限制高度应满足车顶设备限界加不小于200mm的安全间隙。

7.3.7 区间直线地段安装信号灯等设备后，线路中心线至两侧建筑限界的距离不宜小于1800mm。轨道区混凝土结构体、轨旁设备与接触网带电部分的间隙，符合本规范有关的电气绝缘要求。单渡线区域的道岔转辙机，宜布置在两线之间。交叉渡线区域的道岔转辙机，其中一组宜布置在两线之间，另一组宜布置在线路外侧。

7.3.8 站台面高度（距轨顶）确定是根据新车、空车状态下的车厢地板面高度（设计车厢地板面）作为计算基准，车厢地板面在任何情况下（轮轨磨耗、车体下垂、弹簧变形等）不得低于站台面。车门结构型式对站台计算长度内的站台边缘至轨道

中心线的距离有一定影响，对内藏门、外挂门和塞拉门要结合实际情况确定，具体可参考现行《地铁设计规范》有关内容。

8 线 路

8.1 一般规定

8.1.1 各类线路释义

1 正线：载客运营并贯通车站的线路。可以多线混合运行，也可以独立运行。有轨电车网络建成后，运营线路可以按照需求安排网络化运营方案，同一区间可以允许不同交路车辆运行。

2 辅助线：为配合车辆转换线路或运营方向等某些运营功能服务的、并增加运行方式灵活性的线路，统称为配线。

3 车场线：设在车辆基地（或停车场）内，提供车辆停、保养、修的线路；或各种维修车辆停放的线路。

8.1.2 云南省旅游资源丰富，大部分城市与景区间的交通联系密切且需求大，因此线路选线应线路的性质、功能定位前提下，依据线路在线网中的地位和客流特征，结合城市规划和旅游景点分布综合研究。

8.1.3 线路选线应充分考虑运营效益，大部分城市修建有轨电车目的是既想解决城市的通勤客流、又满足城市与旅游景点的接驳，选线时应考虑两者的需求。

8.1.4 有轨电车选线应重视工程实施的安全原则。应规避不良水文地质、工程地质地段，减少房屋和管线拆迁，保护文物和重要建筑物，主要目的是降低工程风险，实际上既是保证合理工期，又最大程度节约工程造价。

8.1.5 线路设计应做到平、纵、横的协调配合，在有碴道床地段应注意线型组合，线路平面应注意顺适，纵断面均衡，横断面合理。

8.1.6 有轨电车应根据城市环境的相关要求，根据相应的环评要求设置相应的减振降噪措施，根据有轨电车的属性宜避免使用声屏障的降噪措施。

8.1.7 车站分布应以有轨电车网络布局规划的换乘节点、城市交通枢纽点、客流密集点为重要节点，结合城市道路布局确定。车站布设应体现“以人为本”的原则。车站站位选择应满足用地规划和环境要求，并考虑与其他交通方式的衔接。车站型式可结合道路及客流要求布置合理选择，可分为岛式、对称侧式、错位侧式、长岛式。

8.1.8 线路敷设方式应依据城市总体规划和地理环境条件，因地制宜选择，宜采用地面线。应处理好与城市道路的关系，局部地段为保证有轨电车通行效率或结合工程条件，也可采用地下线或高架线；高架线和地下线应控制比例，降低工程投资。

8.2 线路平面

8.2.1 线路宜采用双线，考虑某些特殊功能的线路有可能是单线设置，如某景区的单循环线路。

8.2.2 正线曲线半径的选用，首先是根据地形条件和对地面建筑物及道路的影响而确定。另一方面，主要考虑车辆通过曲线的运行条件，如运行速度、对轮轨的磨损以及产生轮轨噪声等因素。正线圆曲线最小半径规定，是根据车轮在曲线钢轨上的运行轨迹，由于内外轨的长度差异，造成轮对在曲线上滚动运行中产生滑动摩擦，随曲线半径越小，滑动摩擦越大。云南省各地州的城市道路规划和建设差异较大，各城市建设有轨电车时车辆选型差异也较大，因此最小曲线半径选用时除满足道路线型要求外，还应满足当地城市车辆选型的相应要求。

8.2.3 圆曲线最小长度不宜小于 15m，主要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，而可能出现脱轨事故。从国内各厂家的车辆模块来分析一节车长度均不等同，但都小于 15m。从运营安全性考虑，规定取大值，圆曲线长度不宜小于 15m。

对于困难情况地段，允许减小到一节车辆的全轴距，即：车辆两转向架中心轴距+车辆转向架固定轴距。一般可用在正线、低速运行地段，本规定尽量不要出现在正线上。

8.2.4 缓和曲线线形：采用三次方程的抛物线形，使曲率半径由 ∞ -R 过渡变化的合理线形，是轮轨系统多年来设计和运营经验的肯定。缓和曲线是根据曲线半径 R，车辆通过速度 V 以及曲线超高等三种要素确定的。宜在缓和曲线长度内完成直线至圆曲线的曲率变化，包括轨距加宽和曲线超高的递变率。

8.3 线路纵断面

8.3.1 线路最大纵坡

1 线路最大坡度主要根据地形条件和车辆性能取舍。根据目前国内各车辆厂的车辆情况，线路最大纵坡一般不大于 50%，困难情况下不应大于 60%。储能式供电的车辆，在长大坡段的停车后启动的能力仍需车辆厂实际验算后进行取值。

2 参考城市道路设计规范：特大桥、大桥、中桥的桥面纵坡不宜大于 40%，故有轨电车采用高架敷设的长大坡段的线路最大纵坡不宜大于 40%，当应采用大于 40%的纵坡时，应根据桥梁的结构验算成果合理确定最大纵坡。

8.3.2 车站站台范围内的线路应设在一个坡道上，是保证线路轨面与站台的高差是一条直线关系，坡度结合车辆特性及国外实际应用案例，一般情况不宜大于 20%。

8.3.3 区间线路最小坡度的设置应因地制宜，不做强制性要求，但应满足道路坡度

及排水要求。

8.3.4 地面线平交道口或混行地段，其坡度应根据道路等级与道路设计标准相协调，轨面应与道路高程一致，主要目的是保证钢轨面与路面齐平，保证道路行车的平顺性。

8.3.5 车辆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形竖曲线是为改善变坡点(突变点)的竖向舒适度。

8.3.6 线路坡段长度收两种因素制约：一是不宜小于远期一列车的长度，二是满足两个竖曲线之间的夹直线长度。两个因素都是为了满足一列车在运行线路不会出现两种以上坡段、坡度以及竖曲线，改善行车条件。

8.3.7 在有砟道床地段按曲线外轨单侧抬高超高，必定存在外轨超高顺坡点的竖曲线，其应规避线路纵断面变坡点的竖曲线，两种竖曲线不得重叠。无砟道床地段，按超高半抬半降方法实施，竖曲线长度和改正值甚小，可以忽略不计，故允许与线路纵断面变坡点的竖曲线重叠。

9 轨道

9.1 一般规定

9.1.1 轨道是钢轮钢轨有轨电车的主要设备，除引导车辆运行方向外，还直接承受车辆的竖向、横向及纵向力，因此轨道结构应具有足够的强度，保证车辆按照设定的速度安全运行。为了保证舒适性，轨道结构要有适量的弹性，使乘客舒适。当钢轨作为地铁车辆牵引用电回流电路时，轨道结构应满足绝缘要求，以减少泄漏电流对结构、设备及地下管线的腐蚀。

与道路混行的地面线，其有轨电车轨道结构以埋入式道床为主，考虑到后期运营维护的可操作性，有轨电车轨道结构设计宜采用建设高标准，养护维修低标准的原则，以满足有轨电车运营的需求。

9.1.2 轨道结构直接承受车辆荷载，是保证车辆运行安全的重要保障，必须要保证轨道结构的耐久性。

9.1.3 车辆直接运行在轨道上，轨道结构应采用先进和成熟及经过试验合格的部件，轨道结构应技术先进、适用，还要充分考虑后期养护维修的可操作性和便利性，以适应运营的要求。

9.1.4 随着人民生活水平的提高，对环境保护的要求也越来越高，应采取系列的减振降噪措施，达到沿线的环保要求。

9.1.5 为方便工务维修，设计根据需要配备轨道维修用房、维修检测设备、备品备件等。

9.2 基本技术要求

9.2.1 标准轨距为1435mm，槽型轨轨距通过轨头行车边下14mm量取。

9.2.2 槽型轨由于其独特的断面形式，不设轨底坡。

9.2.3 根据车辆通过曲线时平衡离心力、并考虑两股钢轨垂直受力均匀等条件计算曲线超高。根据最高行车速度、车辆性能、轨道结构稳定性和乘客舒适性确定最大超高为120mm。按满足舒适度要求，未被平衡横向加速度取 0.4m/s^2 ，欠超高61mm。交叉口轨道曲线超高应结合道路横断面设计。

9.2.4 隧道内无砟道床轨道曲线超高外轨抬高一半、内轨降低一半，可不增加隧道净空，节省结构的投资，同时能使轨道中心线与线路中心线一致，还能减小超高顺坡段的坡度。地面线、高架线采用全超高，便于保持轨道几何状态。困难地段超高顺坡率不大于2.5‰可有效控制曲线减载率。

9.2.5 各种轨道结构高度按一般的规定，也可根据隧道结构、轨道结构和路基、桥梁的实际情况，在保证道床厚度的条件下确定。有砟道床厚度是指直线、曲线地段内股钢轨部位的轨枕底面与路基基面之间的最小道砟层和底砟层的总厚度。

9.2.6 扣件铺设密度应根据线路平纵断面、车辆参数等条件确定。

9.3 轨道部件

9.3.1 有轨电车选定钢轨类型的主要因素是考虑轨道结构类型、通过总质量、行车速度、轴重、延长大修周期、减少维修工作量和减振降噪。

1 考虑到有轨电车以埋入式轨道结构为主，且轴重 $\leq 12.5\text{t}$ ，故钢轨不宜低于 50kg/m 钢轨，具体轨型可根据铺装型式确定。

2 车场线运行空载车辆，速度又低，采用 50kg/m 钢轨。

3 小半径曲线地段及纵坡较大地段钢轨的磨耗是影响钢轨使用寿命的主要原因。经采取相应措施或选用耐磨钢轨可以延长钢轨使用寿命。

4 正线、辅助线钢轨接头采用对接，可减少车辆对钢轨的冲击次数，改善运营条件。在曲线地段，内股钢轨的接头较外股钢轨的接头超前，曲线内股钢轨应采用厂制缩短轨与曲线外股标准长度钢轨配合使用，以保证内、外股钢轨的接头相错量符合规定。

根据施工和维修的实践，半径等于及小于 200m 的曲线地段钢轨接头采用对接，曲线易产生支嘴，所以本条规定应采用错接，错开距离不应小于 3m ，或大于有轨电车车辆的固定轴距。曲线钢轨接头错开 3m 在很多场合不满足信号的要求，则宜考虑困难条件下可对接，同时采取钢轨补强措施。

不同类型的钢轨连接，要以接头强度高、轨头截面过渡顺滑、顶面易于平顺为原则，有利于行车和维修。

9.3.2 扣件是轨道结构的重要部件，力求构造简单、造价低，不仅具有足够的强度和扣压力，还应具有良好的弹性和适量的轨距、水平调整及绝缘性能，特别对于刚性无砟道床更为重要。

1 扣件的绝缘部件工作电阻应大于 $10^8\Omega$ ，增加扣件绝缘性能对于埋入式道床尤为重要，需增加绝缘材料的使用，如采用绝缘轨距垫、绝缘垫板等，同时对扣件金属零部件进行防腐处理，以延长扣件的使用寿命。

2 埋入式道床的扣件尽量选取零部件少，施工和维修量小的扣件型式，结合道床型式来增加扣件罩的设计，同时扣件罩需要考虑交叉口混行段的承压强度。

9.3.3 道岔是轨道结构的薄弱环节，其钢轨强度不应低于一般轨道的标准。为减少车轮对道岔的冲击，应避免正线道岔两端设置异型钢轨接头，故规定正线道岔的

钢轨类型应与正线的钢轨类型一致。

正线道岔是控制行车速度的关键设备，道岔型号应满足远期运营的需要，道岔直向允许通过速度不应小于区间设计速度，侧向容许通过速度应满足车辆通过能力的需要。

道岔扣件采用弹性扣件，能增强道岔的稳定性和弹性，增加轨距、水平调整量，尤其是无砟道床上的道岔更应采用弹性扣件。

道岔尽量避开隧道结构沉降缝，道岔转辙器、辙叉部位不应有沉降缝和梁缝。若短岔枕位于沉降缝和梁缝时，应调整避开。

有轨电车小半径曲线段多，且半径较小，轨道结构又以埋入式道床为主，为增加道岔过轨面的耐磨性，延长道岔的使用寿命，规定尖轨和辙叉宜采用合金钢整铸。

正线道岔附带曲线不设缓和曲线和超高时，其制作生产工艺需能满足其要求。

9.3.4 轨枕是支承钢轨并将荷载传布于道床的轨道部件。因此，轨枕应具有一定的坚固性、弹性和耐久性。为保证轨道的稳定性和强度，宜采用预应力混凝土轨枕。

9.3.5 柔性包裹材料为特别针对埋入式有轨电车轨道结构型式的一种防护措施。柔性材料的主要作用是绝缘防腐、防水及增强轨道结构的弹性。柔性材料预层密封材料可以很好地与道路路面结合，减缓裂缝的发生。

9.3.6 桥上无缝线路应优先选用小阻力或超小阻力扣件，尽量少用钢轨伸缩调节器。钢轨伸缩调节器的设置位置应按桥上无缝线路计算确定。一般情况下，高架桥道岔两侧设置单向钢轨伸缩调节器即可消除梁轨相互作用力对道岔的影响，从而提高长期运营条件下道岔的可靠性；温度跨度大于100m的钢梁及温度跨度大于120m的混凝土梁等地段，应考虑铺设钢轨伸缩调节器的必要性。

9.4 道床结构

9.4.1 道床结构的强度和耐久性若不满足要求，直接危及行车安全，严重影响正常运营，故作此规定。

1) 无砟道床承受轮轨动荷载，是永久性的土建结构，应该与路基、隧道或高架桥等主体结构的设计使用年限一致。

2) 考虑到有轨电车交叉口轨道结构需与道路一体化设计，轨道结构需考虑与邻接道路的联接措施，以保证整个交叉口的整体性，做到刚度匹配。

9.4.2 车场线在考虑经济性的前提下采用有砟道床，考虑到车场线曲线半径较小，有砟道床的肩部均应该进行加宽。

9.4.3 无砟整体道床的刚度大，有砟道床的弹性较好，为改善行车条件、保持有砟道床的稳定、减少维修工作量，衔接处应设置轨道弹性过渡段。目前国内地铁多

采用有砟道床厚度渐增的办法弹性过渡，有砟道床最小厚度不宜小于250mm，过渡段长度根据实际工程情况选取。

因无砟道床采用弹性扣件，扣件静刚度较小，弹性好，所以，也可采取适当加大无砟道床轨枕间距、加密有砟道床轨枕间距的方法实施弹性过渡。车辆驶入车场库内线时速度低，又是空载，库内无砟道床多采用弹性分开式扣件，与库外线有砟道床衔接可采取适当加大无砟道床轨枕间距、加密有砟道床轨枕间距的方法。

9.4.4 为减少养护维修工作量和增强轨道稳定性，正线高架桥和隧道内宜采用无砟轨道。出入线和车场库外线列车空载行驶，速度低，宜采用有砟轨道。车场库内线因工艺要求一般采用无砟轨道

9.4.5 为保证道床的强度，特对预制轨枕下的道床混凝土厚度作出规定。

9.4.6 有轨电车轨道铺装需结合景观功能需要、城市设计及道路通行的要求进行设计。

9.4.7 有轨电车钢轨轮缘槽与铺装积水，会腐蚀钢轨及其他金属，应设置排水系统排出。此外，钢轨轮缘槽内也会残留机油水，应及时排除，减少环境污染。考虑到有轨电车转辙机大部分为内置式，需考虑道岔转辙机部位设置专门排水设施，接入市政管网。

9.4.8 轨道排水应结合线路条件、集水井位置等综合考虑，确保排水顺畅。

9.4.9 杂散电流防护的原则应为抑制杂散电流的产生，并应减少杂散电流向有轨电车外部扩散。当钢轨作为回流轨时，必须考虑杂散电流对钢轨、扣件、道床及下部混凝土结构的影响，具体防护措施需结合电气要求进行设置。

9.5 无缝线路

9.5.1 无缝线路设计条件应结合云南具体极端轨温条件设计。

9.5.2 铺设无缝线路能增强轨道结构的稳定性，减少养护维修工作量，改善行车条件，减少振动和噪声，所以原则上正线除半径小于400m曲线的有砟道床地段以外均铺设无缝线路。

高架桥上采用无缝线路，应做特殊设计，尽量减小梁轨间的作用力，采用小阻力扣件，且温度跨度大于100m的钢梁及温度跨度大于120m的混凝土梁，在适当位置铺设钢轨伸缩调节器，既能保证轨道的稳定性，又能保证最低轨温下断轨的断缝不超过允许值

9.5.3 钢轨强度、轨道稳定性、钢轨断缝、设计锁定轨温、位移观测桩布置等按照《铁路无缝线路设计规范》(TB10015)检算。

9.6 减振轨道结构

9.6.1 环评影响评估报告是有轨电车工程设计依据，应在轨道设计技术上落实环保部门的批复意见。

钢轨接头振动是振动的主要来源，无缝线路能大大减少接头；弹性扣件静刚度较小，弹性好，因此，采用无缝线路、弹性扣件和无砟道床或有砟道床，能满足一般减振地段的需要，达到环境保护标准。

9.6.2 轨道直接承受车辆荷载，其强度、稳定性是车辆安全运营的前提，因此在任何情况下，都应保证轨道的强度、稳定性，采取轨道减振措施往往从改善轮轨平顺性和加大轨道弹性入手，但是要根据各工程车辆、运营速度、线路条件等进行轨道强度和稳定性检算后，确定轨道结构的弹性，尤其是扣件的弹性。

9.6.3 减振等级的划分与减振产品的减振能力密不可分。减振产品分级使用，目的在于节约投资。为了保持轨道结构的弹性连续、减少维修备件种类等，每一条线路宜尽量减少减振产品的种类。

9.7 轨道附属设备及安全设备

9.7.1 防脱护轨是新型护轨设备，轮缘槽较小，能消除列车车轮因减载、悬浮而脱轨的隐患，当一侧车轮轮缘将要爬上轨顶面时，同一轮对的另一侧车轮的轮背与护轨接触，促使要爬轨的车轮回复到正常位置，防止列车脱轨。防脱护轨设在基本轨内侧，用支架固定在基本轨轨底，安装拆卸方便。可根据实际需要增加安装防脱护轨的地段。

9.7.2 缓冲滑动式车挡也称为挡车器，具有结构简单、安全可靠的优点。在被列车撞击后，车挡能滑动一段距离，有效地消耗列车的动能，迫使列车停住，一般能保障人身和车辆的安全。固定式车挡结构简单，造价低，可满足车场线的安全要求。

9.7.3 视线路实际情况，可增减标志类型。为了司机瞭望清晰，与行车有关的标志应采用反光材料制作，并安装在司机易见的位置上，不得相互遮挡。

10 建筑

10.1 一般规定

10.1.1 有轨电车车站的乘客的乘车习惯宜与城市公交车站一致。

10.1.2 车站的布局、站台设备、设施及景观设计宜采用标准化设计、生产和安装。车站整体考虑景观设计和艺术处理，并应与周边环境相融合，体现人文底蕴和地域特色，满足城市规划和城市景观的要求。设备和设施可因地制宜的选择地面、地下和高架形式；还可选择与车站雨篷合建和分离，也可与周边构筑物进行合建，也可不单独实施土建建设，利用附近建筑物的空间设置在其内部。

10.1.3 车站考虑无障碍设施，是关注残障人的具体体现，车站无障碍设计应符合现行国家标准《无障碍设计规范》（GB 50763）的规定。车站相邻处有无障碍设施时，车站无障碍设施应与其进行平顺衔接。

10.1.4 有轨电车通过车站实现与其他公共交通系统之间的客流转换，会使得整个城市公共交通系统网络化的优势得以发挥，因此有轨电车与不同系统之间的车站能直接或就近换乘，不能时尽可能使两座车站之间具有良好的接驳以方便乘客。

10.1.5 有轨电车以地面站为主，乘客出站后经出入口通道到达道路交叉口，当交叉口设置信号等时，存在乘客需在出入口通道处等待信号灯由红灯变绿后再前行的可能，因此需设置一定供乘客安全聚散的空间。根据线路所在城市地域条件和城市总体规划，有条件、有需求的线路可在起终点设置私人机动车、出租汽车、公交车等日常使用的机动车辆和非机动车停车场。

10.2 车站总体布置

10.2.1 本条对有轨电车的侧式站台和岛式站台型式进行了明确的要求，新建有轨电车可按此要求与规划、市政等部门开展协调，并予以落实。

10.2.2 车站可单独设置，也可结合市政人行道、周边建、构筑物及广场一起设置，但需明确站台范围，且保证各个系统的相对独立性。不可避免车站沿机动车车道之间敷设时，车站与机动车道之间设置的有效隔离的防撞设施

10.2.3 车站的客流组织应结合整个道路系统一起综合考虑，斑马线的设置应与道路系统一致。

10.2.4 车站沿快速路中敷设时，乘客宜采用天桥或地道进出车站。对超高峰小时最大上下车混色机客流量大于5000人的车站且沿道路路中敷设时，应采用立体形式进出车站。

10.2.5 市政公共交通系统包括市政人行道、过街斑马线、市政天桥、地下通道、道路交叉口、地铁车站、公交站等。

10.2.6 地面站集中组织乘客进出站，可减少行人和机动车之间的相互干扰，确保乘客安全。

10.3 车站建筑设计

10.3.2 地面车站有扩展条件，其规模应以初、近期高峰小时客流为依据，结合所处的位置规划与定位综合确定，同时应考虑远期扩展的条件。高架站、地面站工程一旦实施，不具备土建改造条件或改造难度及代价大，其车站规模应按远期或客流控制期高峰时段内的最大设计客流量控制车站规模。

10.3.3 本条文明确的站台有效宽度是指乘客候车的净宽度，不包含雨篷立柱、设备和安全栏杆等设施的宽度。站台总宽应结合站台上构筑物宽度确定。

10.3.4 站台宜选用开敞式雨篷，其体量、造型应考虑城市景观要求。侧式站台雨篷立柱不应侵入有效站台内，岛式站台雨篷立柱宜居中设置，立柱不应遮挡等候乘客的视线和影响乘客通行。

10.3.5 坡道为进出站使用，需兼顾无障碍人员通行，其坡道的坡度不应大于 1:20，坡道宽度应根据计算确定，且不应小于 1.5m。高架及地下车站站台或站厅至地面出入口宜设置上下行自动扶梯。在设置双向自动扶梯困难且提升高度不大于 10m 时，可仅设上行自动扶梯。

10.4 车站安全设计

10.4.1 站台的安全警示设施和乘降空间标识应清晰界定，站台边缘安全线宜结合盲道统一设计。

10.4.2 本条对车站站台的建筑布置进行了明确规定，面对有轨电车上下客侧，可不设置站台门等辅助设施。但在非上下客侧，若为城市交通要道，为保证乘客等待和下车乘客的安全，提出了设置封闭栏杆的要求，栏杆高度执行现行国家标准《民用建筑设计统一标准》GB 50352-2019 的相关规定。

10.5 车站服务设施

10.5.2 有轨电车主要沿道路地面敷设，应尽量利用道路的市政照明和消防，当市政照明不能满足要求时，应设置必要的照明设施。

10.5.4 楼梯设计应符合《民用建筑设计统一标准》（GB 50352-2019）中 6.8 的相关规定。

10.5.5 考虑到城市景观，雨篷设计应简洁大方，易于识别。

11 结构工程

11.1 桥梁

11.1.1 桥梁工程的主要结构损坏或大修对有轨电车的运营影响严重，参照现行《地铁设计规范》(GB 50157)，新建有轨电车以及有轨电车与道路桥梁合建桥梁，设计使用年限应按 100 年设计。对于改建利用既有桥梁部分，可按其剩余年限控制设计，但也应保证相当的使用年限。

11.1.2 考虑到桥梁安全性对有轨电车的重要性，独立新建的桥梁洪水频率应按 1/100 或 1/300 洪水频率标准进行设计。技术复杂、修复困难的大桥一般指特别重要的特大桥或特殊结构桥梁；当建桥区的总体防洪标准低于 1/100 洪水频率标准时，桥梁的防洪频率过高（如造成道路均淹没，有轨电车停运，仅有桥梁高耸），会造成有轨电车工程总体布置困难，工程既不经济也不合理，这时可按当地规划洪水频率进行设计，但应注意设计中需保证桥梁结构在超水位条件下的结构稳定和安全。

11.1.3 提出了桥梁结构设计的基本原则要求，有轨电车桥梁多数位于城市内或城郊，结构设计应充分考虑桥梁施工期间的本身安全性以及对周边环境的影响。

11.1.4 有轨电车根据供电制式、车辆选型、运管模式等的不同，桥梁设计需要预留不同的接口条件。采用接触网供电的有轨电车，应考虑采取杂散电流防护措施。

11.1.5 桥梁结构设计净空尺寸不仅要满足建筑限界、车辆限界要求等，还应考虑施工误差、测量误差、结构变形及后期沉降影响。因此，满足建筑限界、车辆限界要求等基本条件的同时，根据工程具体情况、参照类似工程等，适当考虑一定的余量。

11.1.6 有轨电车工程常涉及改建或利用既有道路桥梁或与道路桥梁合建的桥梁结构，如果统一按照《地铁设计规范》(GB 50157) 及现行的轨道交通规范体系进行设计，会造成不必要的改建工程和投资增加。有轨电车桥梁结构可分为两种，一种是独立承受有轨电车荷载的桥梁或桥梁构件，另一种是同时承受有轨电车及道路荷载的桥梁或构件，两者的结构设计可采用不同的规范体系。

对于有轨电车专用的梁或桥梁构件，可参照《地铁设计规范》(GB 50157)、《城市轨道交通结构抗震设计规范》(GB 5090) 等现行的轨道交通规范体系进行设计；有轨电车与道路合建的桥梁或构件，根据有轨电车的使用特点，对于涉及强度及稳定性等承载力问题和抗震设计，为了统一结构可靠度，可按道路特点采用道路所适用的现行规范体系进行设计。

11.1.7 有轨电车与道路合建桥梁，荷载作用在使用道路相应规范进行计算时应把有轨电车的相应作用纳入组合一并考虑，一般道路桥梁荷载作用按时间变异分为永久作用、可变作用、偶然作用和地震作用，荷载作用分类汇总如下表：

作用分类表

11.1.7-1

编号	作用分类	作用名称
1	永久作用	结构重力（包括结构附加重力）
2		预加力
3		土的重力
4		土侧压力
5		混凝土收缩、徐变作用
6		静水压力及水浮力
7		基础变位作用
8	可变作用	有轨电车静活载
9		有轨电车竖向动力作用
10		有轨电车竖向静活载引起的土压力
11		有轨电车离心力
12		有轨电车制动力（或牵引力）
13		有轨电车横向摇摆力
14		无缝线路纵向力：轨道伸缩力、轨道挠曲力
15		汽车荷载
16		汽车冲击力
17		汽车离心力
18		汽车引起的土侧压力
19		汽车制动力
20		人群荷载
21		疲劳荷载
22		风荷载
23		流水压力
24		冰压力
25		波浪力
26		温度（均匀温度和梯度温度）作用
27		支座摩阻力

编号	作用分类	作用名称
28	偶然作用	无缝线路断轨力
29		列车脱轨荷载
30		施工临时荷载
31		支座更换影响
32		船舶的撞击作用
33		漂流物的撞击作用
34		汽车撞击作用
35	地震作用	地震作用

注：1、无缝线路纵向力不与有轨电车制动力或牵引力同时组合。

2、有轨电车制动力或牵引力不与有轨电车梁的支座摩阻力组合，但是可以与非有轨电车梁的支座摩阻力组合。

11.1.8 有轨电车与道路合建的桥梁，结构承载能力极限状态按道路桥梁适用的现行规范体系的基本组合中永久作用与可变作用设计值相组合，可按下列式计算：

$$S_{ud} = \gamma_0 S \left(\sum_{i=1}^m \gamma_{Gi} G_{ik}, \quad \zeta_0 \gamma_{LI} (\gamma_{Q1} Q_{1k} + \gamma_{Q2} Q_{2k}), \quad \psi_c \sum_{j=2}^n \gamma_{Lj} \gamma_{Qj} Q_{jk} \right)$$

$$S_{ud} = \gamma_0 S \left(\sum_{i=1}^m G_{id}, \quad \zeta_0 (Q_{1d} + Q_{2d}), \quad \psi_c \sum_{j=2}^n Q_{jd} \right)$$

S_{ud} —承载能力极限状态下作用基本组合的效应设计值；

$S(\)$ —作用组合函数；

γ_0 —结构重要性系数，取 1.1；

γ_{Gi} —第 i 个永久作用的分项系数，按表 11.1.8 采用；

ζ_0 —汽车荷载效应和有轨电车荷载效应的组合系数，按本标准 11.1.11 条取用；

G_{ik} 、 G_{id} —第 i 个永久作用的标准值和设计值；

γ_{Q1} —汽车荷载（含汽车冲击力、离心力）的分项系数。采用汽车车道荷载计算时取 $\gamma_{Q1}=1.4$ ；采用汽车车辆荷载时，分项系数取 $\gamma_{Q1}=1.8$ 。当某个可变作用在效应值超过汽车荷载效应时，则该作用取代汽车荷载其分项系数取 $\gamma_{Q1}=1.4$ ；

γ_{Q2} —有轨电车（含有轨电车冲击力、离心力）的分项系数，取 $\gamma_{Q2}=1.4$ ；当某个可变作用在效应值超过效应有轨电车荷载效应时，则该作用取代有轨电车荷载分项系数取 $\gamma_{Q2}=1.4$ ；

Q_{1k} 、 Q_{1d} —汽车荷载（含汽车冲击力、离心力）的标准值和设计值；
 Q_{2k} 、 Q_{2d} —有轨电车荷载（含有轨电车冲击力、离心力）的标准值和设计值；
 γ_{Qj} —在作用组合中除活载效应（含冲击力、离心力）的其他第 j 个可变作用分项系数，按表 11.1.10-1 取用；
 Q_{jk} 、 Q_{jd} —在作用组合中除活载效应（含冲击力、离心力）的其他第 j 个可变作用的标准值和设计值；
 ψ_c —在作用组合中除活载效应（含冲击力、离心力）的其他可变作用的组合系数，取 $\psi_c = 0.75$ ；
 $\psi_c Q_{jd}$ —在作用组合中除活载效应（含冲击力、离心力）的其他第 j 个可变作用的组合值；
 γ_{Lj} —第 j 个可变作用的结构使用年限荷载调整系数，取 $\gamma_{Lj} = 1.0$ 。

永久作用的分项系数

表 11.1.8-1

序号	作用类别		永久作用分项系数	
			对结构承载能力不利时	对结构承载能力有利时
1	混凝土和圬工结构重力 (包括结构附加重力)		1.2	1.0
	钢结构重力 (包括结构附加重力)		1.1 或 1.2	
2	预加力		1.2	1.0
3	土的重力		1.2	1.0
4	混凝土的收缩及徐变作用		1.0	1.0
5	土侧压力		1.4	1.0
6	水的浮力		1.0	1.0
	基础变位作用	混凝土和圬工结构	0.5	0.5
7		钢结构	1.0	1.0

注：本表序号 1 中，当钢桥采用钢桥面板时，永久作用分项系数取 1.1，当采用混凝土桥面板时取 1.2。

有轨电车与道路合建的桥梁结构承载能力极限状态按道路桥梁适用的现行规范体系的偶然组合中永久作用标准值与可变作用某种代表值、一种偶然作用值相组合，可按下式计算：

$$S_{ad} = S \left(\sum_{i=1}^m G_{ik}, A_d, ((\psi_{f1} \text{ 或 } \psi_{q1})Q_{1k} + (\psi_{f1} \text{ 或 } \psi_{q1})Q_{2k}), \sum_{j=2}^n \psi_{Qj}Q_{jk} \right)$$

S_{ad} —承载能力极限状态下作用偶然组合的效应设计值；

A_d —偶然荷载设计值；

ψ_{f1} —活载效应（含冲击力、离心力）的频遇系数，按表 11.1.10-1 取用；

$\psi_{f1}Q_{1k}$ —汽车荷载频遇值；

$\psi_{f1}Q_{2k}$ —有轨电车荷载频遇值；

ψ_{q1} 、 ψ_{qj} —第 1 个和第 j 个可变作用的准永久值系数，按表 11.1.10-1 取用；

$\psi_{q1}Q_{1k}$ 、 $\psi_{qj}Q_{jk}$ —第 1 个和第 j 个可变作用的准永久值。

11.1.9 有轨电车与道路合建的桥梁，结构使用极限状态按道路桥梁适用的现行规范体系的频遇组合中，永久作用标准值与活载频遇值及其他可变作用相组合，可按下列式计算：

$$S_{fd} = S \left(\sum_{i=1}^m G_{ik}, (\psi_{f1}Q_{1k} + \psi_{f1}Q_{2k}), \sum_{j=2}^n \psi_{qj}Q_{jk} \right)$$

S_{fd} —正常使用极限状态下作用频遇组合的效应设计值；

ψ_{f1} —活载效应（含冲击力、离心力）的频遇系数，按表 11.1.10-1 取用；

有轨电车与道路合建的桥梁结构正常使用极限状态按道路桥梁适用的现行规范体系的准永久组合中，永久作用标准值与可变作用准永久值相组合，可按下列式计算：

$$S_{qd} = S \left(\sum_{i=1}^m G_{ik}, \sum_{j=2}^n \psi_{qj}Q_{jk} \right)$$

S_{qd} —正常使用极限状态下作用准永久组合的效应设计值；

ψ_{qj} —第 j 个可变作用的准永久值系数，按表 11.1.10-1 取用。

11.1.10 有轨电车与道路合建的桥梁，结构按极限状态法进行一体化设计时，按照公路桥梁设计规范将有轨电车的可变荷载参照汽车荷载的分项系数进行组合；有轨电车的可变荷载参与组合的要求参照《铁路桥涵设计规范》（TB 10002-2017）采用，根据产生的机理及发生概率部分荷载可不同时组合。

11.1.11 有轨电车与道路合建的桥梁结构设计中，基本组合公式中 ζ_0 为汽车荷载和有轨电车荷载组合系数。由于同时产生最不利位置的可能性很小，因此采用 0.9 汽车效应+1.0 有轨电车效应或 1.0 汽车效应+0.9 有轨电车效应的组合方式，及总荷载的 0.95~0.97 倍，这包括竖向荷载和水平力。

11.1.12 有轨电车活载及汽车活载的取值，基本原则是汽车荷载按道路的性质按

公路或市政规范取值,有轨电车荷载按有轨电车选型及《地铁设计规范》(GB 50157)及现行的轨道交通规范取值。

11.1.13 对于跨区间无缝线路,为保证桥上无缝线路的稳定性和安全性,必须检算由于温度变化、车辆制动(起动)等产生的钢轨附加应力;同时,为保证桥梁结构的受力安全,应检算相应的墩台附加应力。因而墩台顶的合理线刚度是桥梁及桥上线路设计的关键参数之一。

2017 版《铁路桥涵设计规范》在修订前,针对墩台纵向线刚度问题进行了大量调研和研究工作,对各种标准的铁路的墩台顶纵向线刚度取值标准作了系统梳理;对于有轨电车系统考虑到设计活载较低,制动力作用下钢轨应力和轨梁快速位移均相应降低,本规程墩台顶线刚度限值基本参照了 2017 版《铁路桥涵设计规范》中城际铁路的规定限值。

11.1.14 有轨电车如果利用既有道路桥梁或构件,或改建既有桥梁以满足有轨电车通行要求时,则需对道路桥梁结构进行评估检测。检测主要包括:结构病害检测、混凝土强度无损检测、混凝土耐久性检测、承载能力评估等,必要时可进行荷载试验。评定及分类标准可按现行的《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/T H21)进行;设计荷载可按现行的《公路桥梁承载能力检测评定规程》(JTG/T J21)取值。

11.1.15 有轨电车与道路桥梁合建或对既有道路桥梁进行改建时,应本着尽量利用既有结构、综合效益最优的原则综合考虑,合理确定结构形式及施工方案。

11.2 路基

11.2.2 本条规定了有轨电车路基结构上承受的荷载,在计算路基工后沉降时可按表11.2.2执行。

11.2.3 阐述了路基面宽度的一般性要求,设计中需结合限界要求计算确定。

11.2.4 基床是指路基上部受列车动力作用和水文气候变化影响较大的土层。其状态直接影响列车运行的平稳和速度,本条对基床厚度、填料及其压实标准等作出规定。

11.2.5 控制路基工后沉降是保持线路稳定平顺的基本前提,是电车高速运行的基础。路基的允许工后沉降量依据以下两条原则确定:

(1) 保证电车按照预定的速度安全、舒适地运行。

(2) 在上述前提下做到经济合理,即因减少工后沉降需增加的投资与因工后沉降而需要增加的养护维修费用的总和最小。

由于路基与桥隧工后沉降的不同会造成静态轨道的不平顺,这对电车的平稳运行非常不利,而且会造成轨道维修量大增。因此对过渡段范围的路基,建议允

工后沉降量更小。

工程设计时，路基的工后沉降要求需结合不同轨道的沉降要求执行。

11.2.7 本条对混合路权段、道路交叉口段的有轨电车与道路的过渡要求作出说明。

11.2.8 在各种软弱土或不良地质地段，有实际案例表明地基处理效果直接影响项目的竣工验收和运营。有轨电车和铁路工程有很多相似之处，其地基处理设计可按《铁路工程地基处理技术规程》（TB 10106）并结合自身换算土柱高度、工后沉降要求、设计使用年限等进行计算设计。

11.2.9 本条提出对支挡设计的基本要求。

（1）结合多年各类工程的支挡结构设计经验、教训，支挡结构在各种荷载作用组合下，应满足强度和稳定性的要求。支挡类型除了挡土墙外，需依据现场地形、地质、水文等具体情况结合工程技术条件，从各种支挡类型中选择最合适的方式。不论选择哪种类型，要符合安全可靠、经济合理、便于施工养护的要求。

（2）列车荷载通过轨枕端部在道床内向下扩散至路基面，其扩散角约为 45° 。作用在支挡结构上的荷载力系包括主力、附加力和特殊力。

11.2.10 路基的排水设计是一项重要工作，由于排水不畅造成的路基病害非常严重，在很多地方水对路基的影响在许多方面占据主导地位，是病害产生的首要因素。因此，为减少路基病害，一定要做好路基排水工作。结合大部分有轨电车位于市政道路范围的特性，一定要结合桥梁、隧道、车站及既有市政道路的排水设施，做好路基的排水工作。

11.3 隧道

11.3.1 城市有轨电车隧道修建的目的是为了缩短行车的里程、提高交通便捷、减少环境影响、缓解交通压力。修建隧道可以尽量减少地形自然地貌的改变，可以有效的保护环境，充分利用地下空间，减少建设用地，但城市周边常伴随着复杂的环境条件，受控因素极多，需同时满足城市规划、行车运营、环境保护、抗震、防水、防火、防腐蚀及施工等要求；且隧道造价不菲，在保证隧道功能、结构安全、耐久的前提下采用先进技术，经济合理地建设隧道尤为重要。

11.3.2 在勘察阶段取样进行土工试验时，应尽可能模拟结构在施工或者运营阶段地层的实际应力状态及具体条件，以便得到与现场结构所处环境相符的地层状态。

鉴于工程地质现象的复杂性以及按一定间距布置的勘探点所揭示的地层信息

与实际的地层情况总是存在差异，地质勘察工作应贯穿于工程建设的始终，施工中通过开挖地层状态的观察和监测反馈，对所提出的地质参数进行验证和必要的修正，必要时应根据实际情况修改设计方案和施工方案。

11.3.3 隧道结构的净空尺寸，根据在满足有轨电车建筑限界或其他使用及施工工艺要求的前提下，应考虑施工误差、结构变形和后期沉降等影响而在内部和开挖轮廓中留出必要的余量。

在确定隧道断面尺寸时，应根据工程的具体情况，综合考虑地质条件、隧道埋深、荷载状况、施工方法、结构类型及跨度等各种因素，参照类似工程的实践设定。鉴于目前对影响净空余量的各种因素尚难以分项确定，设计中一般的做法是，考虑诸多影响因素后按综合偏差预留。此外，视施工方法的不同，有的净空余量可在开挖轮廓中预留，如隧道的围岩变形量、超挖量、明挖结构围护墙的倾斜、不平度和位移等。

11.3.4 城市有轨电车隧道一般所经区域环境条件变化较大，根据类似工程经验，对于土质、明挖及浅埋隧道优先选用《地铁设计规范》确定荷载，而岩质隧道参照《铁路隧道设计规范》确定荷载。

有轨电车建筑物由一系列荷载特性和工作状态完全不同的结构组成，尤其是部分结构的荷载作用尚有较强的不确定性，目前尚不具备全部按以概率理论为基础的极限状态法进行设计的条件。因此，本规范规定，隧道结构的设计可视其使用条件和荷载特性等，选用与其特点相近的国家、行业或地方颁发的结构设计规范进行设计。受力明确并具备条件的，宜按极限状态法设计；荷载不甚明确或尚不具备条件的，可按破损阶段或按容许应力法设计；当使用条件、荷载、结构形式、结构尺度、埋深和地质等条件相近，且有成熟的工程案例可以参照时，也可采用工程类比法进行设计。设计所选用的设计规范应在设计文件中予以说明。

11.3.5 隧道工程的修建，不可避免地对周围环境产生影响。有轨电车工程会遇到与既有的建构筑物处于接近或超接近状态，个别情况还需要下穿建、构筑物或既有轨道交通结构物等。隧道结构设计在经济合理的条件下，应力求把隧道施工中及建成后对城市居民生活、临近建、构筑物、地下管线、地下水和总体环境的影响减至最小。

在隧道结构设计时，要根据城市规划方案，尽可能考虑规划建筑物实施过程和建成后产生的附加荷载影响，避免因规划实施造成隧道结构的破坏。

隧道的结构设计，应根据城市轨道交通线网规划，考虑发展的可能性，必要时在近期工程中做出适当的预留。预留方式和预留工程的规模视工程建设期的近、远期工程规划方案的稳定性、所处的工程地质及水文地质条件和工程实施的

影响大小而定，应以尽量减小远期工程实施对隧道安全运营的影响为原则。

11.3.6 为减小对城市地面建构筑物及环境的影响，一般情况下有轨电车隧道宜采用暗挖法施工。其中矿山法适用于从硬岩地层至具备一定自稳能力的第四纪地层的隧道施工。盾构法适用于难于用矿山法施工的第四纪地层、无侧限抗压强度中等偏低的地层和软岩地层的隧道施工，在硬质岩层和含有大量粗颗粒漂石、块石的地层不宜采用。在难于用暗挖法施工、地面空旷且隧道埋深较浅的地段，经技术经济比选确有优势时，可采用明挖法或盖挖法施工。对于特殊结构或近距离下穿既有铁路、公路、地铁或其他城市轨道交通，以及重要和敏感性构筑物及设施的结构，应进行矿山法、盾构法和其他工法的比选。

11.3.7 隧道为永久性建筑物，为避免洞内围岩日久风化及水的侵蚀而发生落石掉块，危及行车安全；建成后能适应长期运营的需要；避免运营中施作衬砌的困难，所以规定隧道应设衬砌，隧道衬砌因其通过的地质情况、结构受力、计算方法以及施工条件的不同，有复合式衬砌（内、外两层衬砌组合而成）、喷锚衬砌（喷射混凝土、锚杆喷射混凝土、锚杆钢筋网喷射混凝土、喷钢纤维混凝土衬砌）、管片衬砌等。

复合式衬砌是新奥法施工隧道的基本结构形式，由内、外两层衬砌组合而成。通常称第一层衬砌为初期支护，第二层衬砌叫做二次衬砌；复合式衬砌内外两层组合的方式有喷锚与整体、装配与整体、整体与整体等多种，一般常用的是喷锚与整体的组合。其优点是能充分发挥围岩的自承能力，调整衬砌受力状态，充分利用衬砌材料的抗压强度，从而提高衬砌的承载力。为了提高防水等级，在初期支护与二次衬砌之间铺设防水层。

管片衬砌宜采用钢筋混凝土板形管片，管片分块、环宽、螺栓接头形式应根据受力要求、掘进设备、管片拼装、防水要求等因素综合确定，并满足《地铁设计规范》的要求。

衬砌结构类型及强度，需能长期承受围岩压力等荷载作用，围岩压力作用又与围岩级别、水文地质、埋藏深度、结构工作特点等有关，因此在选定时，根据这些情况考虑。此外，衬砌结构的选用还受施工方法、施工措施等影响。鉴于地下结构的工作状态极为复杂，影响因素较多，单凭理论计算还不能完全反映实际情况，为了使理论与实践相结合，选用的衬砌更为合理，除根据以上因素外，还要通过工程类比和结构计算并适当考虑施工误差确定。

11.3.8 从保证隧道结构长期稳定的角度考虑，衬砌结构宜采用闭合式。装配式衬砌具有工业化程度高、质量易于控制、施工速度快等优点，且其施工不受低温天气的影响，有条件时应予以积极推广和应用。从国内和国际地铁隧道工程衬砌

的应用情况看，单层衬砌在耐久性、受力、变形和防水等方面均能够较好的满足需求，因此建议一般情况下宜优先采用单层衬砌结构。

11.3.9 复合式衬砌在矿山法施工的隧道中应用广阔，具有能抑制围岩变形、充分发挥围岩自承能力、能适应隧道建成后衬砌受力状态变化等突出优点，尤其适合在地质条件较差的地段或浅埋条件下使用。复合式衬砌的初期支护多用喷锚支护，具有支护及时、柔性的特点，并在一定程度上能够随着围岩的变形而变形，力求最大限度地发挥围岩的自承能力。根据围岩条件，复合衬砌初期支护采用喷射混凝土、锚杆、钢筋网和钢架等支护形式单一或组合施工，并通过监控量测手段及时修正支护措施，待围岩已基本趋于稳定，再进行内层二次衬砌施工，二次衬砌一般采用模筑混凝土。

11.3.10 隧道若为独立载体时，隧道结构和使用期间不可更换的结构构件，按设计使用年限为 100 年的要求进行耐久性设计，以保证在设计使用年限内的结构安全；若与其余工程共为载体（与其他工程共建和共同使用）或有明确的使用年限要求，则设计使用年限应根据工程服役时间、特性或使用年限等因素综合确定；使用期间可以更换且不影响运营的次要结构构件，可按设计使用年限 50 年的要求进行耐久性设计；临时结构宜根据其使用性质和结构特点确定其使用年限。

隧道结构的主体结构主要指直接和间接承担地层荷载和运营期间荷载，保证隧道结构体稳定的结构构件；使用期间不可更换的结构构件是指直接承受运营设备和人群荷载，在使用期间无法更换或更换会影响运营的结构构件。使用期间可以更换的次要构件主要指在地下结构内部的、位于次要部位且更换不影响使用功能和正常运营的结构构件。这些构件原则上可以按照 50 年的设计使用年限进行设计。

不作为使用期间主要受力结构的坡面防护结构，可不考虑耐久性要求，仅满足施工期间的使用即可。但对于可能在设计中部分考虑其承载作用的防护结构（如预加固桩和土钉墙等）来讲，应满足本规范耐久性规定中对材料和构造的要求。

隧道结构的耐久性，主要与使用环境、材料、构造、混凝土的裂缝、施工质量和使用阶段的维护等方面有关。隧道内混凝土结构的环境作用等级可参照国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》（GB/T 50476）的规定执行。

11.3.11 根据现行《地下工程防水技术规范》及《地铁设计规范》中对二级防水规定的规定，根据目前建成运营的隧道情况统计，一般来说少量的湿渍基本不影响电化铁路及地铁隧道的正常运营，如果按照一级防水来要求，实际施作下来效果很难达到，因此将本规范一般地段隧道工程的防水等级定为二级，有特殊要

求的部位或地段根据具体情况确定。

11.3.12 建筑材料根据耐久性 & 现行《铁路隧道设计规范》要求进行选用。

11.3.13 隧道工程应结合所处的工程地质条件、环境等综合因素，分析风险源的种类、性质及风险等级，采取相应的技术措施，对可能存在的工程自身风险和 环境风险进行控制。

安全风险产生的后果主要是人员伤亡，稳定风险产生的后果主要是项目建设和运营过程中可能诱发社会矛盾、造成重大负面影响的各种群体性或个体极端事件，安全风险和稳定风险产生的后果最为严重且直接关系广大人民群众切身利益。同时根据《中华人民共和国安全生产法》（中华人民共和国主席令第 70 号）第三条“安全生产管理，坚持安全第一、预防为主的方针”，本条明确安全、稳定是工程建设的重点。

11.3.14 地震区隧道除洞口、浅埋、偏压地段以及断层破碎带外，对地层条件突变段、结构断面突变段也需考虑抗震设防，按减震与抗震相结合的理念选择合适的支护结构、净空等措施。洞口抗震设防段的长度根据地形、地质条件及设防烈度确定，一般不小于 2.5 倍开挖洞径。

11.3.15 隧道施工方法的选择要综合地质条件、埋深、地表及周边建筑物环境条件及要求、隧道结构型式及断面尺寸、隧道长度、施工工期、运输条件等综合比选确定。

隧道弃渣应符合国家和地方政策及相关规定，最好与地方建设规划、地方弃渣规划与地方填方造地相结合。独立设置的渣场选址除要考虑场地地形、地质、水文条件及其对周边建（构）筑物、交通线路、风景名胜等技术因素外，同时还需做好截排水、挡护设计及复垦、绿化方案。

11.4 车站结构

11.4.1 车站结构型式，取决于线路敷设方式，如采用路基还是桥梁、隧道等，同时受工程地质、水文地质及周边环境条件的限制，选择安全可靠、经济合理的施工方案和结构型式是必要的。

11.4.2 车站结构类型多种多样，应根据车站具体结构型式合理确定计算模型，选用与之配套的现行国家、云南省地方规范(规程)、行业规范（规程）和标准，及其他有关强制性标准的规定。

11.4.3 结构抗震设计应满足国家相关规范的要求，如有相关部门批准的地震安全性评价，工程的抗震设防烈度应按批准的地震安全性评价结果确定。

11.4.4 结构净空尺寸不仅要满足建筑限界、车辆限界要求等，还应考虑施工误

差、结构变形的影响，因此在满足建筑限界、车辆限界要求等基本条件的同时，可根据工程具体情况、参照类似工程等适当考虑一定的余量。

11.4.5 当车站设置在桥梁上，形成桥-建组合结构体系时，应根据结构型式合理确定车站结构计算模型，并满足现行国家、行业规范（规程）和标准的要求。

11.4.6 钢结构及钢连接件为保证其耐久性及安全性，应考虑其防锈措施及防火处理措施。

12 供电系统

12.1 一般规定

12.1.2 由于有轨电车线路功能定位及客运能力要求的不同，将会影响运营设备的种类，且相应设备的可靠性要求也会不同，因此不同有轨电车用电负荷的最高负荷等级不可一概而论。

12.2 电源及供电系统

12.2.4 中压网络采用单环网接线有利于降低工程投资及建设规模。中压网络电压等级应根据用电容量、供电距离、外部电源数量、资源共享条件、城市电网现状及其发展规划等因素，经技术经济比较确定。

12.3 变电所与充电站

12.3.2 有轨电车供电设施主要以牵引部分为主，动力照明部分相对较少，变电所和充电站可脱离车站建造。正线变电所及充电站一般设置在道路两侧或绿化带内，箱式变电所体量较小，具有节约土地资源、环境友好的优势。

12.3.9 在谐波含量满足要求的前提下，有轨电车每座牵引变电所宜设置一套牵引整流机组，有利于降低变电所工程投资，节约土地资源。

12.4 牵引网

12.4.14 充电轨架设高度一般不大于 4400mm，为保证人身安全，充电回路通常仅在车载储能装置有充电作业需求时导通，同时为实现车辆基地中充电回路快速切换，充电装置与充电轨间应设置接触器。

12.5 电力监控

12.5.3 车载储能装置通常采用大功率充电方式，为避免多辆列车同时充电对供电系统设备或系统产生较大的过负荷冲击，宜对充电负荷进行均衡控制，保证供电系统安全、可靠运行。

12.6 杂散电流腐蚀防护与接地

12.6.8 车站的建筑物防雷分类等级，应按照现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057 中的重要或人员密集的公共建筑物进行计算。

12.7 动力照明

12.7.1 TN-S 接地系统把中性线 N 和专用保护线 PE 严格分开，系统运行安全可靠。

12.7.2 动力照明系统遵循的电能质量国家标准，主要包括但不限于以下标准：《GB/T 12325 电能质量 供电电压偏差》、《GB/T 12326 电能质量 电压波动与闪变》、《GB/T 14549 电能质量 公用电网谐波》等。

12.7.3 通信、运营控制系统在调度中心的设备，需对全线进行管理及控制，在具备条件时宜按一级负荷考虑，其他区域不应低于二级负荷的要求。

12.7.5 调度中心外的通信、运营控制系统、电力监控系统设备也非常重要，在对其配电时应综合考虑市政电源情况，有条件时提供两路市政电源，条件困难时宜采用单市电源加设备自带 UPS 的配电方式。

12.7.6 有轨电车工程照明与城市道路照明结合设置，充分利用市政资源，但对于特殊的桥梁段或隧道段，且为有轨电车专用路权的地段，宜按现行国家标准《地铁设计规范》（GB50157）的要求设置照明系统。

13 行车控制

13.1 系统组成

13.1.1 行车控制系统主要由通信系统和运行控制系统组成，通过各个系统的密切配合，完成对有轨电车的行车调度和乘客服务。

13.1.2 行车控制指挥系统可以按各系统单独建设、分立设置，也可以在各单独建设的各系统基础上，再基于统一的软件平台来建设一个综合调度系统，来实现对运行控制系统、电力监控系统、乘客信息系统、广播系统、视频监控、火灾自动报警等运营相关系统的信息进行统一、集中、综合的管理和使用。

13.2 通信系统

13.2.1 通信系统应为有轨电车行车和运营管理提供稳定、可靠、畅通的语音、数据和图像业务；系统应满足正常运营方式及灾害运营方式的通信需求。在正常运营方式时，应为运营管理提供信息；在灾害运行方式时，应为防灾、救援和事故处理的指挥提供保证。系统应安全可靠、功能合理、设备成熟、技术先进、经济实用。

13.2.2 通信系统宜由传输、无线通信、电话、视频监视、综合电源、信息等子系统组成。有轨电车以地面上敷设方式为主，原则上仅包括专用通信功能。

13.2.3 传输系统不因单个设备或单个通信线路的故障而整体实效，宜考虑采用双网冗余配置方式。

13.2.4 无线通信系统宜采用综合承载方式同时满足有轨电车与地面的无线语音及数据通信要求。

13.2.5 电话系统应含公务电话和调度电话，由电话交换设备及其附属设备组成；电话交换设备应设置在负荷集中、便于管理的地点；电话交换设备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；电话系统宜设置计费管理系统。

13.2.6 视频监视系统宜采用集中存储方式，视频图像存储时间不少于 90d，传输系统容量应考虑为视频监视系统提供视频传输通道。

13.2.7 通信系统电源负荷等级可根据具体的用电条件确定，具备条件的，调度中心按一级负荷考虑，其他区域不应低于二级负荷要求，且宜与运行控制、售检票、门禁等系统合设综合不间断电源系统；正线综合电源设备宜设置在区间变电所内，车辆基地综合电源设备宜设置在弱电综合电源室。

13.2.8 信息系统所包括的信息网络、广播、时钟及乘客信息显示系统，根据实际

情况可采用合设或分设方式。

13.2.9 区间通信主干光、电缆应设置在电缆管道或电缆槽内，电缆管道或电缆槽宜由土建专业统一考虑。

13.3 运行控制系统

13.3.1 有轨电车基于司机目视行车的原则，列车运行由司机人工驾驶，车载司机辅助防护装置仅作为司机人工驾驶的辅助设备。司机以轨旁信号表示器的显示为行车凭证，人工确保与前车、行人及各种障碍物的安全间隔，并且列车运行的速度限制由司机遵守相关的线路限速标志来人工实施。

13.3.2 对于行车控制系统，本条结合有轨电车的运行特点对安全完整性等级进行了明确规定，在设备招标阶段需对相应的承包商予以明确。

13.3.3 根据需要可配置车载辅助系统。工程车等其他工程维护用车不应配置车载辅助系统。

13.3.4 为减轻有轨电车司机作业压力，宜配置司机辅助驾驶装置。

13.3.5 本条对正线道岔区的设备配置进行了要求，为满足有轨电车正线转线、折返等作业需求，同时提高运营效率，应配置道岔控制系统。

13.3.6 对于有轨电车的定位功能，可根据线路的特点及定位的精确度需求进行合理的配置。

13.3.7 运行控制系统车载与调度中心的数据传输通常采用无线传输技术，由于数据量不大，可与通信系统合用车-地无线传输通道。

13.3.8 有轨电车车辆基地的功能定位与地铁、轻轨的车辆基地类同，为满足车辆基地内的作业需求，应配置完整的计算机联锁和微机监测设备。由于有轨电车车辆基地内作业相对简单，可采用全调车作业的方式。

13.3.9 在市政路口，针对有轨电车平等通行、相对优先和绝对优先的通行方案，以及不同类型路口的具体情况确定交通配时，以实现路口信号和道路交通信号的统筹控制。当在前方需要转线或线上有障碍等特殊工程条件下，路口监测系统应具备与道岔控制系统联动协同控制的条件；在行车前方遇到障碍车辆无法前行时，应能允许列车在道岔区域停车。

13.3.10 在市政路口，有轨电车仅为路口交通的一部分，为了实现市政路口安全、高效通行，有轨电车的接近、到达、离去信息应传给道路交通信号系统，由道路交通信号系统作为市政路口信号的控制主体，按既定的通行策略控制对应的信号表示器，引导有轨电车、机动车、行人等通过路口。

13.3.11 运行控制系统配置维护诊断设备，主要为实现系统故障远程诊断和报警，

利于行车安全。

13.3.12 有轨电车的网络布局规划通常为多条线路，但每条线路的建设规划通常受地方政府人口、经济等方面的影响而导致建设时序不一。因此，为使后续线路接入后能满足网络化、共线运营等互联互通的需求，运行控制系统轨旁设备应采用通用标准设备。

13.3.13 本条对道岔控制系统的列车空闲/占用检测设备的需求进行了描述。首先应满足道岔控制系统对列车空闲/占用检测的要求，并且适用于有轨电车特殊的工程环境，同时设备应利于线路开通后的运营维护检修。

13.3.14 为指示有轨电车在道岔区和路口的通行，应在道岔区设置进路表示器，通常为直向和侧向两个方向。在平交路口，为避免路口其他通行主体（机动车、行人等）对交通指示灯的误认，应设置有轨电车专用信号表示器，该信号表示器仅对有轨电车有效。

13.3.15 对于有轨电车信号表示器，其指示与控制功能不同于常规公交，也不同于地铁、轻轨及铁路等交通信息，本条对有轨电车信号表示器进行了明确的规定，对新建有轨电车系统提出了统一的要求。

13.3.16 对于轨旁控制设备应集中就近设置的要求，主要是为了满足限界及现场环境要求，标准中对该条进行了明确规定。

13.3.17 由于有轨电车通常采用基于人工驾驶的行车模式，自动化程度相对不高，系统电源具备条件的可在调度中心考虑采用一级负荷，其他区域应不低于二级负荷的要求。

13.4 调度中心工艺

13.4.1 有轨电车一般会规划多条线路，调度中心可结合具体的线网规划，考虑采用线路调度中心或线网调度中心的建设模式。

13.4.2 本条规定了调度中心的基本功能。

13.4.3 调度中心最核心的任务就是行车调度，因此总体工艺布置及设备布置应以行车监视为主。

13.4.4 本条规定了在条件允许的情况下，各系统设备房应合设。

13.4.5 本条规定了调度大厅调度台的设置要求。

13.4.6 调度中心设置综合显示系统，有利于运营管理人员快速获取线路的综合信息，同时考虑到有轨电车的线路规模、投资规模以及监控信息规模，综合显示系统的配置应具备性价比。

14 系统设备

14.1 系统设备组成

14.1.1 有轨电车的车站、车辆段、停车场、调度中心等建筑规模较小，且大多为地面建筑，机电设备的设置相对简单，因此系统机电设备的设置应与建筑规模相适应，不宜配置过高。

14.1.2 有轨电车的机电设备和系统主要分为两类，一类是与行车运营直接相关的，纳入行车控制系统的范畴，其余的如动力照明设备、通风空调设备、防灾报警设备、环境与设备监控设备以及售检票设备等，纳入车站设备的范畴。

14.2 车站设备

14.2.1 节能型产品是轨道交通首选。

14.2.2 高海拔地区断路器选择与一般地区应有所区别，故作一定的降容使用。云南地区日照充分，建筑屋面设置光伏发电系统对项目节能减排起到积极促进作用，宜加以利用。

14.2.3 手动直接启动功能可以避免二次回路控制失效所带来的安全隐患。

14.2.4 基坑内应采用重力流排水可以降低工程实施难度。

14.2.5 云南地区日照时间长，电梯机房防晒措施要加强。

14.3 防灾报警

14.3.1 “预防为主、防消结合”是我国消防工作的基本方针，有轨电车的防灾报警系统建设，也许遵循该基本方针，同时需遵循国家的相关法规和规定。

14.3.2 有轨电车一般情况不存在区间隧道，且仅设置开放式站台，故不考虑防灾报警设备；但如果存在设置设备房的车站或地下区间，则应考虑设置相应的防灾报警设备，且宜纳入车辆段或停车场 FAS 系统统一考虑，节约设备及定员。

14.4 给排水

14.4.1 有轨电车的设计，需做专项的给排水管线迁改设计。管线迁改应充分结合沿途周边地块及道路上的近远期规划，避免有轨电车建成后，由于给排水管线不满足市政建设的需求而导致二次开挖；同时管线迁改方案应征求管线的产权单位意见，确保迁改管线的设计既经济适用又满足各方的实际需求。

14.4.2 有轨电车一般都会沿着交通流量密集的市政道路修建，而此类市政道路的供水设施一般都比较完善，具备有轨电车选用城市自来水的条件。优先选择城市自来水作为有轨电车的给水水源并充分利用城市自来水管网的水压，既能减少新建水源和净水设施设备，节约了工程投资，又缩短了工程建设工期。当沿线区间暂无城市自来水的引接条件时，应做经济比选。当采用长距离输水管方案比新建水源方案更为经济时，仍优先选择城市自来水，反之采用其他的可靠水源。

14.4.3 节水节能是工程设计首要考虑的环节，有轨电车的给排水设计也应考虑充分、可靠并适用的节水及节能措施，同时所选用的供水及排水设备应具备当工艺成熟、节能效率高的特性。

14.4.5 有轨电车的排水系统应采用雨污分流制。雨水系统的设计应满足当地海绵城市建设的相关规定和要求；排水系统应因地制宜，尽量采用自流排水，减少提升环节，做到既节能又方便运营维护。

14.5 通风空调

14.5.1 通风、空调及供暖设施是工程建设不可或缺的一部分，有轨电车工程建设中应设置相关设施保证有轨电车区间、车站、车辆基地等各场所必要的环境条件。

14.5.2 云南地区气候多样，有温和、寒冷、夏热冬冷、夏热冬暖4个建筑气候区，其中约80%地区属温和地区，应充分利用自然条件。同时，对寒冷地区、夏热冬冷地区及夏热冬暖地区可考虑设置机械通风或空调及供暖设施。

14.5.3 有轨电车车站、附属建筑等均以地面建筑为主，室外空气计算参数可以采用现行的地面建筑设计指标。

14.5.4 有轨电车高架、地面站，按本规程执行。地下站应按照现行国家标准《城市轨道交通技术规范》（GB 50490），设置通风空调设施。

14.5.5 有轨电车高架、地面站，按本规程执行。地下站应按照现行国家标准《城市轨道交通技术规范》（GB50490），设置通风空调设施。

14.5.6 有轨电车工程中调度中心相关设备、工艺对环境要求相对较高。为保证调度中心的正常运行，对调度中心主要设备用房作出具体要求。

14.6 售检票

14.6.1 有轨电车售检票模式可采用车上售检票、车站售检票或两种方式相结合的方案，具体的方案选择应与运营管理模式相适应。

14.6.2 售检票系统的票制可采用单一票制、区域票制、计程计时票制等多种制式，根据有轨电车的功能定位，建议初期采用单一票制，但应预留计程计时票制的条件，

以满足后期线路延伸或运营方式的调整。

14.6.3 有轨电车的售票、检票模式，应与运营管理模式一致，如果采用车上检票的模式，车载检票设备的布置应与车辆车门的设置相匹配。

14.6.4 有轨电车作为城市公共交通的一种，具备条件的应与城市一卡通兼容，便于乘客出行。

14.6.5 售检票系统作为收费系统，其票价制定、收费方式等应满足云南省收费系统的相关规定。

14.7 设备监控

14.7.1 设备监控系统可大大提高有轨电车机电设备管理的自动化水平，具备条件的，建议设置 BAS 系统，但其系统构成方案应结合机电设备设置情况及系统投资水平确定。

14.7.2 综合运行管理平台可以大大提高有轨电车运营管理水平，因此建议投资条件允许的情况下，可考虑将 BAS 系统升级为综合监控系统，达到对有轨电车进行综合运行管理的目的；如果综合运行管理系统由运行控制系统统一实施，则 BAS 系统应具备纳入其统一管理的条件。

14.7.3 本条规定了 BAS 系统的主要监控对象。

14.7.4 本条规定了对 BAS 系统软件的基本要求。

15 车辆基地

15.1 一般规定

15.1.1 车辆基地包括车辆段、停车场、综合维修中心和必要的生活设施。考虑有轨电车规模一般较小，物资总库、培训中心根据需求确定是否设置。

15.1.2 车辆基地的功能定位，应根据有轨电车网络布局规划、既有车辆基地的状况和设计的工程具体情况分析确定，目的是避免功能过剩或不足，力求布局和设施的合理配置，避免重复建设造成浪费。

15.1.3 车辆基地属于大型建设工程，投资大且大多是地面工程。因此，在今后扩建不影响正常生产和环境的情况下，可实行分期实施，以免远期设施搁置多年不用而造成浪费。

15.1.4 车辆基地选址原则性要求，要与城市总体规划协调一致，便于市政接驳。

15.1.6 车辆基地生产所产生的废气、废液、废渣和噪声等应进行综合治理，满足环保要求。环境保护设施应满足与主体工程同时设计、同时施工、同时投产。

15.1.7 车辆基地建设时应注意避让保护既有河道、水利设施、道路、管线等，需迁改时应先于或与本工程同时施工。

15.1.8 车辆基地作为全线的后勤保障基地，应设置新车及大型物资设备的装卸场地，一般采用材料线兼作新车装卸线。采用接触网供电的车辆基地，道路与线路平交时，为考虑到接触网的安全应设置限高标识牌。

15.1.9 车辆基地的总平面布置在保证功能的前提下，各设备设施应统一规划。

15.2 工艺设计

15.2.1 车辆段分为大架修段和定修段，大架修段一般集中设置，定修段及停车场一般分线设置。

15.2.2 根据我国有轨电车检修的情况及管理水平，推荐采用日常维修和定期检修相结合的检修制度。

车辆检修周期的各项指标仅用于工程设计时作为确定车辆段规模的依据。随着科学技术的发展和管理水平的不断提高，检修制度还会逐步完善，参数可能会有变化，运营单位在接受工程之后，可根据运营的实际情况作适当的调整，不断完善。

表中检修周期有两种指标，即走行公里数和时间间隔。在各设计阶段，计算车辆段规模时应采用走行公里数指标；在预可行性研究阶段或可行性研究阶段，有时不可能得到详细的行车资料，可采用时间间隔作业计算依据。

15.2.3 车辆段担负车辆的定期检修和日常维修任务，每天进出车频繁，与正线关系密切，而且线路、设备和房屋建筑多，工艺要求严格。因此车辆基地的总平面布置，应以车辆段运用检修设施为主体。考虑到有轨电车转弯半径一般较小，有条件的情况下尽量设置回转线，满足车辆调头作业，尽量减少偏磨。

15.2.4 车辆运用整备设施包括停车/列检库(棚)、三月检库和列车清洗洗刷设备、加砂设施及相应线路。列车清洗洗刷设备主要指洗车机，不包括吹扫设备。车辆走行部件的检查频率按每周检查考虑，因此检查坑设置按停车列检总列位的 1/7 设置。

15.2.5 考虑到有轨电车车长偏短，从尽量减少咽喉区节约用地的前提考虑，建议尽头式停车列检每线按不超 4 列位考虑，贯通式停车列检每线不超过 6 列。

15.2.6 车辆基地各车库有关部位最小尺寸参考现行《地铁设计规范》确定，设计时不宜小于表中尺寸要求。如由于车辆构造或作业方式有较大变化时，可根据实际需要作适当调整。

15.2.7 机械洗车设施生产效率高，但价格也较高。对于停车规模不大的停车场，设置机械洗车设施不仅占用土地较多，设备闲置率也较高，故停车列检超过 12 列位的车辆基地，设置机械洗车设施。

15.2.8 考虑到云南省地形起伏较大，有轨电车线路坡度较大，有撒砂需求时应配置储砂上砂设施，宜采用自然干砂。

15.2.9 基地内应设乘务员公寓，规模应考虑、早晚运行列车乘务员、轮值班组长、段场值班员、新车调试司机、维修中心工程车司机等。

15.2.10 车辆检修设施根据车辆基地功能定位设置，大/架修一般按集中设置；定修及以下修程检修设施一般分线设置。

15.2.11 镟轮库根据总平面布置情况考虑，尽量降低对段内通道的影响，可单独布置或与大库合库布置。

15.2.12 试车线宜尽量设置在车辆段内，试车线应尽量满足全速试车，困难条件下满足低速试车要求。

15.2.13 综合维修中心可每线设置或多条线共同设置 1 处，应满足管辖范围内基础设施、机电设备的维修、保养的需要。

15.2.14 结合城市有轨电车网络布局规划的内容，为适应后续的网络化运营，类似特殊危险品储存间可不分线设置，利用网络资源共享的原则集中设置。

15.3 站场

15.3.1 有轨电车车辆基地内咽喉区较短，且车辆经常在车场线上进行停车作业，

因此车辆基地内线路尽量要求设置为平坡，困难条件下坡度不大于 1.5‰。

15.3.2 本条从车辆基地后续运营安全综合考虑，对防内涝进行明确规定。对于部分城市防内涝要求高于本标准要求的，按照当地的防内涝要求设计。

15.3.3 本条从国家现行标准出发，对站场路基排水提出了基本要求。

16 节能环保

16.1 节约能源

16.1.1 根据《中华人民共和国节约能源法》、《固定资产投资项目节能审查办法》（国发 201644 号），有轨电车项目必须进行节能审查。在符合云南省当地的能源相关规划和供应条件的前提下，应根据节能报告及其评审和批复意见开展节能设计，并达到国家和云南省地方节能相关标准的规定。

16.1.2 为加快转变经济发展方式，推动产业结构调整和优化升级，完善和发展现代产业体系，根据《国务院关于发布实施〈促进产业结构调整暂行规定〉的决定》（国发 200540 号），国家颁布了《产业结构调整指导目录》。有轨电车节能设备的选择应以最新颁布的目录为指导，采用高效节能的设备，不应采用国家明令禁止和淘汰的落后工艺设备。

16.1.3 工程设计方案应先进技术，除特殊情况外已经被淘汰或过时技术不应采用。

16.1.4 有轨电车项目的能源消耗较大，设计方案应是满足功能前提下的节能方案，不应当地节能目标的实现带来困难。

16.1.5 钢轮钢轨型式的有轨电车与胶轮导轨电车、无轨电车相比，车轮滑动摩擦阻力最小，相同重量下牵引能耗最低。因此，无其他特殊情况，应优先选择钢轮钢轨型式的有轨电车。

16.1.7 较大的曲线半径和平缓的坡度，有利于降低牵引耗电量。

16.1.8 地面的厂房等建筑，应采用自然通风，减少耗电。

16.1.9 办公、调度中心、综合楼等地面建筑，应按照既有相关规范执行。

16.1.10 有轨电车节能设备的选择，应以国家颁布的《产业结构调整指导目录》目录为指导，采用高效节能的设备和工艺设备。

16.1.11 变电站、车辆基地、调度中心等，可在有轨电车网络布局规划的基础上进行共享设计，以达到减少投资、避免能源浪费的目的。

16.1.12 一次能源、资源的消耗均需要计量，有轨电车主要是电力消耗，此外停车场和车辆段等场段基地还有水、油、气、煤等资源的消耗。通过设置能源计量装置，有利于运营掌握能源消耗的情况，作为节能管理的依据。

16.2 环境保护

16.2.1 根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价

法》及相关建设项目分类管理目录，所有类型的新建、扩建、改建的有轨电车项目须进行环境影响评价。按照城市与区域环境保护等相关规划，根据环境影响报告书及其批复意见开展环境保护设计，达到国家和云南省环境保护相关标准的规定。

16.2.2 有轨电车工程应按照云南省噪声、地表水等环境功能区划、沿线道路、环境敏感区、环境敏感建筑，合理规划线路、车站、车辆基地等的布设。根据环境影响报告书及其批复意见，采取经济、合理、有效的环境保护措施。

16.2.3 区域内分布有饮用水源保护区、自然保护区、风景名胜区、珍稀动植物栖息地、湿地、重点文物保护单位等环境敏感区时，项目选线选址过程中应优先考虑避让；确实无法避让的，需根据施工期、运营期等不同施工阶段特点，采取保护生态环境、水环境等方面的必要防护措施，并报请有关行政主管部门批准。

16.2.4 坚持科学合理节约用地的原则，合理规划线路、车站、车辆基地、临时工程等的布设。对施工营地、施工场地、取弃土场等临时工程占用的土地应执行《土地复垦条例》、《土地复垦条例实施办法》等现行国家、云南省及各州市有关土地复垦的规定。

16.2.5 有轨电车工程的噪声应符合现行国家标准《声环境质量标准》(GB 3096)、《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348)以及《城市区域环境噪声适用区划分技术规划》(GB/T 15190)的有关规定。有轨电车工程的振动应符合现行国家标准《城市区域环境振动标准》(GB 10070)的有关规定。

16.2.6 车辆基地等的生活污水和生产废水排放应符合国家标准《污水综合排放标准》(GB8978)或地方有关排放标准的有关规定。

16.2.7 车站、车辆基地等产生的生产、生活垃圾处理处置应符合现行《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》、《危险化学品安全管理条例》等的规定和要求。

16.2.8 根据《中华人民共和国水土保持法》、《开发建设项目水土保持技术规范》(GB 50433)等开展项目水土保持工作。