

ICS 45.060.20

CCS Q 84

团 体 标 准

T/CCTAS XX—XXXX

储能式自动导向胶轮电车车辆技术指南

Technical guidelines for automated guided rubber-tyre energy storage tram

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2022 年 8 月）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国交通运输协会 发布

目 次

目 次	I
前 言	1
1 范围	2
2 规范性引用文件	2
3 术语和定义	3
4 使用条件	3
5 车辆主要技术规格	4
6 基本要求与一般规定	5
7 车体及内装设备	6
8 车载储能系统	7
9 电气系统	8
10 制动系统	9
11 安全设施	9
12 通讯与乘客信息系统	10
13 RAMS 要求	10

前 言

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

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国交通运输协会新技术促进分会提出。

本文件由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：xxx。

本文件主要起草人：xxx。

储能式自动导向胶轮电车车辆技术指南

1 范围

本文件规定了储能式自动导向胶轮电车的使用条件、车辆主要技术规格、基本要求与一般规定、车体及内装设备、制动系统、电气系统、车载储能系统、安全设施、通讯与乘客信息系统、RAMS要求等内容。

本文件适用于采用中央导向轨导向，橡胶轮胎走行的储能式自动导向胶轮电车（以下简称车辆）。

注：参考《T/CCTAS 30—2022 自动导向轨道交通车辆通用技术条件》的标准架构，其中转向架、空气调节及采暖系统、控制诊断系统、试验与验收、标志、运输与质量保证期限等内容可参照《T/CCTAS 30—2022 自动导向轨道交通车辆通用技术条件》执行。

2 规范性引用文件

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

GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）

GB/T 5111 声学 轨道机车车辆发射噪声测量

GB/T 5599 机车车辆动力学性能评定及试验鉴定规范

GB/T 11944 中空玻璃

GB/T 14894 城市轨道交通车辆组装后的检查与试验规则

GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验

GB/T 17626.11 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验

GB 18045 铁路车辆用安全玻璃

GB/T 19596 电动汽车术语

GB/T 20042.2 质子交换膜燃料电池 电池堆通用技术条件

GB/T 20234.3 电动汽车传导充电用连接装置 第3部分：直流充电接口

GB/T 21413 轨道交通 机车车辆电气设备

GB/T 21561 轨道交通 机车车辆受电弓特性和试验

GB/T 21562 轨道交通 可靠性、可用性、可维修性和安全性规范及示例

GB/T 21563 轨道交通 机车车辆设备冲击和振动试验

GB/T 24338.3 轨道交通 电磁兼容 第3-1部分：机车车辆 列车和整车

GB/T 24338.4 轨道交通 电磁兼容 第3-2部分：机车车辆 设备

GB/T 25119 轨道交通 机车车辆电子装置

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

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

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

GB/T 27930 电动汽车非车载传导式充电机与电池管理系统之间的通信协议

GB/T 28029.2 轨道交通电子设备 列车通信网络 (TCN) 第2-1部分:绞线式列车总线(WTB)
 GB/T 28807 轨道交通 机车车辆和列车检测系统的兼容性
 GB/T 31486 电动汽车用动力蓄电池电性能要求及试验方法
 GB/T 32347.1 轨道交通 设备环境条件 第1部分: 机车车辆设备
 GB/T 32590.1 轨道交通 城市轨道交通运输管理和指令/控制系统 第1部分: 系统原理和基本概念
 GB/T 3449 声学 轨道车辆内部噪声测量
 GB/T 34571 轨道交通 机车车辆布线规则
 GB 38031 电动汽车用动力蓄电池安全要求
 GB 50157 地铁设计规范
 CJ/T 353 城市轨道交通车辆贯通道技术条件
 CJ/T 416 城市轨道交通车辆防火要求
 CJJ/T 277 自动导向轨道交通设计标准
 TB/T 1451 机车、动车前窗玻璃
 TB/T 1484.1 机车车辆电缆 第1部分: 动力和控制电缆
 TB/T 3139 机车车辆非金属材料及室内空气有害物质限量
 QC/T 741 车用超级电容器
 QC/T 897 电动汽车用电池管理系统技术条件

3 术语和定义

CJJ/T 277—2018界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

储能式自动导向胶轮电车 guided rubber-tyre energy storage tram

在配有运行道与导向轨的专用线路上运行, 由储能系统驱动的胶轮式电动车辆。

3.2

轨道 track

由导向轨及其连接零件、运行道、道岔、车档、附属设备等组成的, 直接为列车提供承载和导向的基础设施。

[来源: CJJ/T 277—2018, 2.0.4, 有修改]

3.3

运行道 running plinth

承载列车荷载并将其传递到下部支承结构的轨道结构。

[来源: CJJ/T 277—2018, 2.0.6]

3.4

蓄电池管理系统 battery management system; BMS

监视储能系统的状态 (温度、电压、荷电状态等), 可为储能系统提供通信、安全、电芯均衡及管理控制, 并提供与应用设备通信接口的系统。

[来源: GB/T 19596—2017, 3.3.2.1.10, 有修改]

4 使用条件

4.1 环境条件

4.1.1 正常工作的海拔高度应符合 GB/T 32347.1 规定的海拔分级 G1.4, 不超过 1400m。

T/CCTAS ××—××××

4.1.2 正常运行的环境温度应符合 GB/T 32347.1 规定的空气温度分级 T3，在-25℃~45℃之间，基准温度分级宜选择 TR2，基准温度 25℃。

4.1.3 最湿月月平均最大相对湿度不大于 90%（该月月平均最低温度为 25℃）。

4.1.4 车辆应能承受风、沙、雨、雪的侵袭及车辆清洗时清洗剂的作用。

4.1.5 车辆应适应地下、地面和高架线路上的运营。

4.1.6 对于有环境条件特殊要求的，可在车辆用户需求书中另行规定。

4.2 线路条件

4.2.1 运行道中心距为 2050mm。

4.2.2 最小平面曲线半径应符合 CJJ/T 277 的有关规定。

4.2.3 最大坡度：一般地段最大坡度不宜大于 60%，困难地段最大坡度不应大于 100%。

4.3 供电条件

4.3.1 列车应通过车载储能系统供电。

4.3.2 列车可采用受流充电或充电枪充电，受流充电时宜采用接触轨-受流器供电，充电电压应在 DC 500 V~DC 900 V 之间。

5 车辆主要技术规格

5.1 车辆型式

动车：带手动操作装置的动车(Mc)、无手动操作装置的动车(M)。

拖车：带手动操作装置的拖车(Tc)、无手动操作装置的拖车(T)。

5.2 列车编组

列车编组可以有多种形式，动拖比配置应根据设计运输能力、列车加速性能、故障运营能力以及救援能力等确定。

5.3 车辆主要技术参数

车辆主要技术参数见表1。

表 1 车辆主要技术参数

序号	名称	参数
1	最高运行速度/km/h	80
2	构造速度/km/h	90
3	车辆长度（车钩连接面之间）a/mm	10 000
4	车辆宽度 a/mm	≤2 650
5	车辆高度 a/mm	≤3 800
6	车内净高/mm	≥2 100
7	地板面高（空载）a/mm	1 110
8	轴重/t	≤10
9	轴距 a/mm	≤7 000
10	车轮中心距 a/mm	2 050
11	每辆车侧门数 a/对	1

序号	名称	参数
12	车钩高度 a/mm	780
13	车轮规格 a	445/65 R22.5
注：a 项点为参考值。		

6 基本要求与一般规定

- 6.1 车体结构设计寿命应不低于 30 年。
- 6.2 车辆的各种设备应按经过规定程序批准的图纸和技术文件制造，并符合有关标准的规定。
- 6.3 列车设计应考虑可靠性、可使用性、可维修性、安全性及全寿命周期成本，宜采用模块化设计，形成系列化。列车应在设备配置、功能、尺寸、接口方面形成标准化。
- 6.4 车辆应与站台及轨旁设备设施等相适应，正常运行工况下不得侵入站台，故障工况下不得侵入轨旁设备设施。
- 6.5 整备状态下的车辆重量不应超过设计值的 3%，每个轮重偏差应在平均值的 2% 以内。
- 6.6 在正常运营过程中，车辆客室地板面距运行道高度应与车站站台面相匹配，车辆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。地板面高度在正常使用情况下均不应低于站台面。
- 6.7 列车应以不低于 15km/h 的速度安全通过最小曲线半径区段，并能在规定的小半径曲线上进行列车正常摘挂作业。摘挂操作时车辆最高速度不应大于 3km/h。
- 6.8 列车在干燥、清洁的平直运行道上，在额定载荷（AW2，立席人数按 6 人/m²计算）下、额定网压下，如无特殊要求，起动平均加速度为：
——列车从 0 km/h 加速到 40 km/h，不低于 1.0 m/s²；
——列车从 0 km/h 加速到最高运行速度，不低于 0.6 m/s²。
- 6.9 列车在干燥、清洁的平直运行道上，在额定载荷（AW2，立席人数按 6 人/m²计算）下，从最高运行速度到停车，如无特殊要求，制动平均减速度为：
——列车平均常用制动减速度(最高运行速度~0 km/h，包括响应时间)，不低于 1.0 m/s²；
——列车平均紧急制动减速度(最高运行速度~0 km/h，包括响应时间)，不低于 1.2 m/s²。
- 6.10 列车纵向冲击率不应大于 0.75 m/s³。
- 6.11 车辆各种设备的冲击振动试验应符合 GB/T 21563 的有关规定，电气设备应符合 GB/T 21413 的有关规定。
- 6.12 车辆运行平稳性指标应满足 GB/T 5599 的要求，车辆运行的平稳性指标应小于 2.5。
- 6.13 车内的允许噪声级应满足如下要求：列车停止在运行道上，所有辅助设备均正常工作时，应按照 GB/T 3449 的要求进行检测，车内的等效连续噪声值不应大于 68 dB(A)；列车在自由声场内，以 (60±3) km/h 匀速巡航通过时，应按照 GB/T 3449 的要求进行检测，车内的等效连续噪声值不应大于 72 dB(A)。
- 6.14 车外的允许噪声级应满足如下要求：列车停止在运行道上，所有辅助设备均正常工作时，应按照 GB/T 5111 的要求进行检测，车外的等效连续噪声值不应大于 68 dB(A)；列车在自由声场内，以 (60±3) km/h 匀速巡航通过时，应按照 GB/T 5111 的要求进行检测，车外的等效连续噪声值不应大于 75 dB(A)。
- 6.15 一列空载列车牵引一列同长度的无动力超员载荷（AW3，立席人数按 8 人/m²计算）的故障列车应在正线最大坡道上起动。当列车损失 1/2 动力时，在超员载荷下，列车应在正线最大坡道上起动，并应能使列车行驶到最近车站。
- 6.16 车辆的各种设备及附属设施应布置合理，安装牢固可靠，并便于检查、维修。
- 6.17 车辆的结构材料、零部件应采用高阻燃性或难燃材料制造。材料的阻燃性、材料燃烧和热分解时挥发的有害气体及烟密度指标应满足 CJ/T 416 的要求，否则应进行阻燃处理或用阻燃、非燃材料加以封罩。

6.18 车辆非金属材料及室内空气有害物质限量应满足 TB/T 3139 的要求。

6.19 车辆密封性能应满足 GB/T 14894 的要求。车体以及安装在车体外部的各种设备的外壳和所有的开孔、门窗、孔盖均能防止雨雪侵入。车体外安装的需要保持内部清洁的电气设备箱应具有不低于 GB/T 4208 中规定的 IP54 等级的防护性能。

6.20 车辆与供电、信号、通信、站台门、轨道等专业之间在技术接口、安装布置上应互相协调，保证各系统正常工作。

6.21 车辆上所有电子与电气设备应符合 GB/T 24338.4、GB/T 25119、GB/T 17626.8 和 GB/T 17626.11 相关电磁骚扰和抗扰度的规定。

6.22 整车对外辐射发射应满足 GB/T 24338.3 的要求，信号系统兼容性（涉及传导干扰电流和轨旁磁场发射等）应满足 GB/T 28807 的要求。

7 车体及内装设备

7.1 车体

7.1.1 同型号车辆应具有统一的基本结构型式。

7.1.2 车体采用整体承载结构，在其使用期限内能承受正常载荷的作用而不产生永久变形，并有足够的刚度，能满足修理和救援的要求。在最大垂直载荷作用下车体静挠度不超过两转向架支承点之间距离的 1/1000。

7.1.3 空车状态下的车辆，停在平直道上并将制动缓解，其车体底架和转向架构架以运行道为基准的高度值，应符合产品技术条件规定。

7.1.4 新设计车辆的车体强度应通过计算和试验证明。在车体底架上承受相当于车辆整备状态时的垂直载荷时，沿车钩中心水平位置施加规定的纵向载荷，其试验合成应力不应超过许用应力。使用的许用应力值应取自用户与制造商均认可的国家现行标准或国际标准。

7.1.5 当用户需求书中无规定时，车体的试验纵向静态压缩载荷可采用 400KN，拉伸载荷可采用 300KN。

7.1.6 车体的试验用垂直载荷可按照 GB 50157 中的公式计算。强度计算应用最大立席人数按 9 人/m² 计算，站立面积应为除去座椅及前缘 100 mm 外的客室面积，人均体重应按 60 kg 计算：

$$L_{vt} = 1.1 \times (W_c + W_{pmax}) - (W_{cb} + W_{et})$$

式中：

L_{vt} ——车体垂向试验载荷(t)；

W_c ——运转整备状态时的车体重量(t)；

W_{pmax} ——最大载客重量，包括乘务员、座席定员及强度计算用立席乘客的重量(t)；

W_{cb} ——车体结构重量(t)；

W_{et} ——试验器材重量(t)。

7.1.7 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。

7.1.8 车辆应设有架车支座、车体吊装座，并标注允许架车、起吊的位置，以便于拆装起吊和救援。

7.1.9 列车两端宜设排障器，其形状应有利于排除运行道障碍物。

7.2 联结装置

7.2.1 各车辆间应设置半永久性牵引杆，列车前端设置全自动车钩或半自动车钩。

7.2.2 联结装置中应有缓冲装置，其特性应能有效地吸收撞击能量，缓和冲击。该装置能承受的且能完全复原的最大纵向冲击速度为 8km/h，应按列车最大编组重量设计碰撞吸能装置。

7.2.3 在使用自动车钩联结时，应能在车内或控制中心显示车钩的联结和锁紧状态。

7.2.4 车辆之间应设置贯通道，贯通道的隔热、隔声及防雨性能应满足 CJ/T 353 的要求。贯通道渡板应耐磨、平顺、防滑、防夹。贯通道选用的材料应经防腐和阻燃处理，其防火和安全要求应符合 CJ/T 416 的规定。

7.3 列车端部

7.3.1 列车前端可不单独设置司机室，应配备人工驾驶装置，该装置具有禁止他人操作的防护措施。

7.3.2 人工驾驶装置的外型、结构、各种操纵和信息显示设备应符合人体工程学原理的要求。

7.3.3 列车端部应视野宽广，应能使司机在人工驾驶时清楚方便地瞭望到前方信号、供电轨、运行道、道岔和站台。

7.3.4 前窗玻璃应采用当在任何部位受到击穿或敲击时不会崩散的安全玻璃，前窗应设刮雨器与遮阳装置，寒冷地区应采用符合 TB/T 1451 规定的电加热玻璃。前窗玻璃的抗穿透性和抗冲击性应符合 TB/T 1451 的有关规定。

7.3.5 人工驾驶模式下，指示灯、车载信号灯和车内照明均不应使司机瞭望行车信号时产生错觉，并应设置较强照度的照明装置，以适应室内设备检查维修时的需要。

7.3.6 人工驾驶装置的仪表和指示灯在隧道内或晚上关闭照明时以及地面日光下，都能在 500 mm 远处清楚地看见其显示值。

7.4 客室

7.4.1 客室两侧应布置 2 个车门，每侧 1 个，每个门的净开宽度不小于 1 600 mm，高度不低于 1 900 mm。车门宽度应同时根据高峰上下客人数复核通行能力。

7.4.2 客室侧门的开闭一般采用电气控制方式，电机驱动，其传动和控制应安全可靠。侧门的开闭可采用自动控制或由司乘人员人工控制；客室侧门应具有零速保护功能，并具有非零速自动关门的电气联锁及车门闭锁装置，确保行驶中车门的锁闭无误。单个侧门应具有系统隔离功能，在发生故障时可被切除，还应具有在客室内手动操作解锁开闭车门的功能。列车每一侧至少应有一个车门可以从外部进行开启、关闭操作。侧门关闭时应具有缓冲动作，并具备保护措施以避免夹伤乘客。

7.4.3 客室两侧设置适量车窗，车窗为固定式，在部分车窗上部可设置可开闭式楣窗。车门、车窗玻璃应采用一旦发生破坏时其碎片不会对人造成严重伤害的安全玻璃，在部分车窗可设置逃生锤，在遇到紧急情况时能用猛力或尖锐物将其击碎，玻璃性能应符合 GB 18045 的规定。车窗采用中空玻璃时应符合 GB/T 11944 的规定。

7.4.4 客室内布置适量的客室座椅，座椅形状应满足人体工程学要求。

7.4.5 内墙板宜采用易清洗、装饰性好的阻燃材料制造。地板布应具有耐磨、防滑、防水、防静电和阻燃性能。客室的座椅、装饰及广告等的制作均应使用难燃或高阻燃材料，应满足 TB/T 3139 的要求。

7.4.6 客室内应设置数量足够，牢固美观的立柱、扶手杆，并可根据需要加装适量的吊环。

7.4.7 客室内部的照明装置应安全、静音、防破坏，电源设备应保证乘客无法接触。

7.4.8 客室应有足够的灯光照明，正常情况下，在距地板面高 800mm 处的照度平均值不低于 300 lx。在正常供电中断时，备有紧急照明，其照度应不低于 50 lx。

7.4.9 每列车中至少应设置一处轮椅专用位置并应有乘轮椅者适用的抓握或固定装置。

8 车载储能系统

8.1 车载储能系统一般以电池或电容为储能载体，通过管理系统进行可循环电能存储、释放，一般包含电能存储单元、管理系统、高压电路、低压电路、冷却系统、机械总成及相关辅助设施等。

- 8.2 采用锂离子蓄电池作为车载储能系统时，性能要求应符合 GB/T 31486 的规定，安全性能应符合 GB 38031 的规定。
- 8.3 采用超级电容器作为车载储能系统时，性能要求应符合 QC/T 741 的相关规定。
- 8.4 采用氢燃料电池作为车载储能系统时，性能要求应符合 GB/T 20042.2 的相关规定。
- 8.5 车载储能系统应能与车辆其他控制设备进行信息交互，应选用以下通信方式：
 - 多功能车辆总线（MVB）通信：MVB 通信应符合 GB/T 28029.2 的规定；
 - 以太网通信：具有以太网通信接口；
 - 控制器局域网网络（CAN）通信：具有 CAN 2.0 接口。
- 8.6 车载储能系统的蓄电池管理系统应符合 QC/T 897 的相关规定。
- 8.7 车载储能系统应具备国标充电桩充电功能，充电插座应满足 GB/T 20234.3 中规定的接口要求，与地面充电机的充电协议应符合 GB/T 27930 的规定。
- 8.8 车载储能系统应具有电压监测功能、温度监测和报警功能。
- 8.9 车载储能系统应具备熔断保护及物理隔离机制，具备绝缘监测功能和手动断开保护功能。
- 8.10 车载储能系统设备的连接端子应固定牢靠、不易脱落且有绝缘防护，不应裸露在外。设备内外部应有明显可见的带电高压设备警示标识。
- 8.11 列车应配置两组或以上车载储能系统并联支路，当一组储能系统故障时，剩余系统应具备满足列车返回车辆段的用电要求。

9 电气系统

- 9.1 电气系统应有良好的绝缘保护。各电路应能经受耐受电压试验，试验时应将电子器件和电气仪表加以防护或隔离，使其不承受电路耐受电压。
- 9.2 主电路、辅助电路、控制电路应有可靠的保护。各种保护的整定值、作用时间、动作程序应正确无误。主电路的过电流保护还应与牵引变电站的过电流保护相协调，在各种短路状态下能够可靠地分断，并应有故障显示和故障切除装置，以维持列车故障运行。
- 9.3 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电体的等电位联结。
- 9.4 各电路电流回线应独立连接到回流排上，回流排应与车体任何裸露导电部件绝缘。电流回线不应危及过电流保护装置和接地装置的动作。
- 9.5 各电路的电气设备联结导线应采用多股铜芯电缆，电气耐压等级、导电性能、阻燃性能均应满足 TB/T 1484.1 的要求，电缆所用材料在燃烧和热分解时不应产生有害和危险的烟气。使用光缆和通信电缆应满足产品技术条件要求。
- 9.6 电线电缆的敷设应合理排列汇集，主、辅、控电路的电线电缆应分开走线，满足电磁兼容性的要求，并用线卡、扎带等捆扎卡牢。不得已交叉时，高压线缆的接触部分应有附加绝缘加强。穿越电器箱壳的线缆应用线夹卡牢，与箱壳临靠部位应加装护套。电线管槽应安装稳固，防止车辆运行引起损伤；线管、线槽应防止油、水及其他污染物侵入。车辆布线规则可参照 GB/T 34571 的规定。
- 9.7 电线电缆端头与接头压接应牢固、导电良好；两接线端子间的电线不允许有接头。每根电线电缆的两端应有清晰持久的线号标记。
- 9.8 电力牵引宜采用变频调压的交流传动系统。
- 9.9 牵引电机应符合 GB/T 25123.2 或 GB/T 25123.4 的规定，电子设备应符合 GB/T 25119 的规定，电力变流器应符合 GB/T 25122.1 的规定。
- 9.10 牵引系统应能够充分利用轮胎附着系数，能够自动调整牵引力或电制动力的的大小，并应具有反应及时的防空转、防滑行控制。

- 9.11 辅助供电系统应由辅助变流器和蓄电池等组成。辅助变流器应符合 GB/T 25122.1 的规定，其容量应能满足车辆各种工况下的使用需求。
- 9.12 列车辅助供电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。
- 9.13 蓄电池的浮充电性能良好，其容量应能够满足车辆在正线故障及紧急情况下的应急照明、外部照明、车载安全设备、广播、通讯、应急通风、车门控制等系统工作不低于 45 分钟，以及 45 分钟后列车车门能开关门一次的要求；满足在全自动运行停车场远程唤醒休眠车辆相关车载设备的供电要求，其中车辆休眠时长应根据运营需要确定。
- 9.14 采用车顶安装的气动或电动受流器时，设计和试验应符合 GB/T 21561 的规定。
- 9.15 受流器应具有静态和动态受流的功能，满足在站台、运行区间、车辆段等环境下列车充电的要求，受流时对供电设施或受流器均无损伤或异常磨损。
- 9.16 受流器与接触轨的接触压力应稳定可靠，受流器的结构设计应满足接触轨的接口要求。
- 9.17 受流器的绝缘耐压性能应符合 GB/T 21413 中对应电压等级的要求。

10 制动系统

- 10.1 列车应采用计算机控制的制动控制系统，应具备电制动和空气制动两种制动方式。空气制动应具有相对独立的制动能力，即使在牵引供电中断或电制动出现故障的意外情况下，也应能保证空气制动发挥作用，使列车安全停车。
- 10.2 制动系统应具有常用制动、紧急制动功能，列车在平直道上实施紧急制动时，应能在规定的距离内停车。
- 10.3 制动系统应根据空重车载荷自动调整制动力大小。
- 10.4 电制动与空气制动应能协调配合，常用制动应充分利用电制动功能并具有冲动限制。电制动时应由车载储能系统回收电制动能量，电制动与空气制动应能实现平滑转换，在电制动力不足时空气制动按总制动力的要求补充不足的制动力。
- 10.5 空气制动用基础制动装置可采用鼓式制动装置或碟片式制动装置。车辆基础制动装置的闸片应耐磨可靠，方便维护更换。
- 10.6 列车应有停放制动功能，保证在线路最大坡度、最大载荷的情况下施加停放制动的列车不会发生溜逸。制动力应仅通过机械方式产生并传递。
- 10.7 列车应有两台或两台以上独立的电动空气压缩机组，当一台机组失效时，其余压缩机组的性能、排气量、供气质量和储风缸容积应均能满足整列车的供气要求；压缩机组应设有干燥器和自动排水装置，压力调节器和安全阀动作值应准确、可靠。储风缸的容积还应满足压缩机停止运转后列车三次紧急制动的用风量。
- 10.8 压缩空气管路可采用不锈钢、铜或橡胶材料，空气管路与接头的连接应安全可靠。储风缸安装前应做防锈、防腐和清洁处理，以利气路畅通。
- 10.9 空气系统的气密性应符合 GB/T 14894 的要求，系统（主风缸、制动管路、空气悬挂、空气控制装置等）的压力值在关闭气路后 5min 内下降不应超过 20kPa。
- 10.10 在列车意外分离时，应立刻自动实施紧急制动，保证分离的列车自动制动，并应立即将列车状态自动上传至线路控制中心。

11 安全设施

- 11.1 车辆应设置全自动驾驶模式、限制人工驾驶模式和非限制人工驾驶模式下保证行车安全的电气设备。车辆自动化等级可参考 GB/T 32590.1 中的要求，其中，GoA3 级和 GoA4 级为全自动驾驶等级。
- 11.2 应在手动操作装置内设置司机紧急停车按钮。

11.3 车辆前端应装设前照灯，且在车辆紧急制动距离处照度不应小于 2 lx。列车尾端外壁应设有可视距离足够的红色防护灯。

11.4 车辆内应有各种警告标识，包括紧急制动装置、带电高压设备、消防设备及电气箱内的操作警示标识等。

11.5 客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。

11.6 车辆应设置烟火报警装置（特殊约定除外）。

11.7 列车应具有在特殊情况下紧急疏散乘客的能力，车门设计应能满足安全疏散的需要。当线路设有疏散平台时，紧急情况下乘客应能在客室内打开疏散平台侧的车门，非疏散平台侧的车门应锁闭。

12 通讯与乘客信息系统

12.1 列车应具有客室内与行车控制调度中心进行双向通讯的功能。

12.2 列车应具有人工广播及自动报站的装置。客室内设有扬声器用于预告前方停站，并应设有线路、车站向导标志等乘客信息设施。

12.3 客室内应设置乘客手动报警和能与行车控制调度中心对讲的装置，紧急情况下乘客可向行车控制调度中心报警，行车控制调度中心在乘客报警时应能立即识别报警车辆。

12.4 在车辆贯通道区域应设置运行区段显示装置。

12.5 列车应设车载视频监控装置。

12.6 列车可设多媒体显示系统。

13 RAMS 要求

13.1 列车的 RAMS 应符合 GB/T 21562 中的相关规定。

13.2 可靠性

13.2.1 列车可靠性的指标应在车辆用户需求书中规定。列车平均无故障时间应定义为：总运行时间/故障次数；列车平均无故障运营间隔里程应定义为：总运行里程/故障次数。故障种类可包括服务故障、晚点故障、列检故障。

13.2.2 服务故障：列车不能继续维持商业运营或对商业运营造成较大影响的故障，包括救援、掉线、未出库：

——救援：需要另外一列车将故障列车拖回车辆段；

——掉线：需要立即疏散乘客，列车空车返回车辆段。或将乘客运送至终点站后，列车返回车辆段；

——未出库：由于车辆某一部件不能正常工作导致列车不能按所排定的运行图上线运营，需由其它列车替代其投入运营。

13.2.3 晚点故障：列车因故障在线路上停车时间等于或超过制造商与买方约定的时间。

13.2.4 列检故障：车辆运营中由司机发现的车辆故障及检修人员检查中发现的故障。

13.3 可用性

13.3.1 提高系统可用性的方式，不应少于以下内容：

——可设置冗余或后备系统以消除单点故障；

——定义故障情况下的降级模式操作（如列车限速）；

——提高系统的可维护性，减少故障发生后的修复时间；

——准备充分的维护资源（如能胜任的维护人员、检测工具、备品备件等），减少故障发生后的修复时间。

13.4 可维护性

13.4.1 车辆设计满足方便性、可接近性：

- 维修最小可更换单元部件时无需拆除其它最小可更换单元；
- 接近测试点，连接点和连接柱无需先决条件；
- 方便获得计算机监控系统内的信息；
- 进行监控测量时，便于接近参考点；
- 方便接近润滑点，液位控制点和灌注孔；
- 进行性能试验时，设备进出点要设置恰当，应避免装、拆板、盖和支架。

13.4.2 车辆同种部件具备互换性，无须作任何调整。

13.4.3 车辆设计应考虑维修工艺的科学与合理性，以便拆卸最小可更换单元时减少事先准备的工作数量、拆卸时间和需要的专用工具。

13.4.4 车辆设计时，应通过功能分析使相关功能部件模块化，以提高部件的可诊断性。

13.4.5 应尽可能对易发生故障、损坏或磨损的部件设置监测功能。

13.5 安全性

13.5.1 应进行隐患识别，包括：初步危害分析、子系统危害分析、接口危害分析、操作与支持危害分析等。

13.5.2 应建立隐患登记册，制定减轻措施，并将有关的减轻措施管理纳入系统设计、开发、生产及测试中。

13.5.3 应编制安全案例，用以证明产品符合规定的安全需求，安全案例至少应包括：系统定义、质量管理报告、安全管理报告、技术安全报告、相关系统的安全案例、结论。

13.5.4 列车功能安全完整性至少包含以下要求：

- 常用制动 SIL2；
 - 列车级紧急制动 SIL4；
 - 客室侧门允许打开 SIL2；
 - 运行过程中防止车门意外打开 SIL2。
-