

T/FSQX

佛山市氢能产业协会团体标准

T/FSQX 005—2022

氢能源有轨电车运营技术规范

Regulation for operation technology of hydrogen energy tram

2022 - 03 - 30 发布

2022 - 08 - 29 实施

佛山市氢能产业协会 发布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总则 2

5 线路、路基与轨道 3

6 建筑与结构 4

7 道路和保护区 5

8 供电系统 6

9 通信系统 6

10 信号系统 8

11 综合监控系统 9

12 机电系统及设备 9

13 车辆及车辆基地 13

14 加氢站 16

15 运营管理要求 17

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。

本文件由佛山市氢能产业协会提出并归口。

本文件起草单位：佛山市轨道交通发展有限公司、佛山市质量和标准化研究院、佛山市高明现代轨道交通建设投资有限公司、中车青岛四方机车车辆股份有限公司、上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司、中铁北京工程局集团有限公司、佛山市高明区国联氢能技术有限公司、中铁二院工程集团有限责任公司、四川省尺度建设工程设计有限公司、佛山市氢能产业协会、华检（广东）新能源发展有限公司、佛山氢裕新能源产业投资有限公司、广东工业大学。

本文件主要起草人：张立进、隋佳斌、魏调忠、陈广飞、陈楚、柯兆强、卢锐团、余锋、靳旭炳、喻振云、陈智明、金继光、黄晨、程心苑、麦超明、谭志雄、谭明嘉、冯全克、李艳昆、章建庆、陈祥、冯文锋、郑兴巧、秦岭、苟波、段晚儿、林俊峰、党岱、袁丽、陆庆乐、叶召阳。

氢能源有轨电车运营技术规范

1 范围

本文件规定了氢能源有轨电车运营的术语和定义，以及总则、路线、路基与轨道、建筑与结构、道路和保护区、供电系统、通信系统、信号系统、综合监控系统、机电系统及设备、车辆及车辆基地、加氢站的技术要求和运营管理要求。

本文件适用于氢能源有轨电车规划建设阶段的需求管理和运营阶段的技术管理。

2 规范性引用文件

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

GB/T 16275 城市轨道交通照明
GB/T 24554 燃料电池发动机性能试验方法
GB/T 30012 城市轨道交通运营管理规范
GB/T 38707 城市轨道交通运营技术规范
GB 50016 建筑设计防火规范
GB 50058 爆炸危险环境电力装置设计规范
GB 50150 电气设备交接试验标准
GB 50157 地铁设计规范
GB 50345 屋面工程技术规范
GB 50490 城市轨道交通技术规范
GB 50516 加氢站技术规范
GB/T 50833 城市轨道交通工程基本术语标准
JJG 693 可燃气体检测报警器检定规程
JT/T 1003.1 城市轨道交通列车驾驶员技能和素质要求 第1部分：地铁、轻轨和单轨
JT/T 1004.1 城市轨道交通行车调度员技能和素质要求 第1部分：地铁、轻轨和单轨
T/FSQX 004-2021 能源有轨电车运营管理规范

3 术语和定义

GB/T 30012、GB/T 38707、GB 50157、GB 50490、GB/T 50833界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

氢能源有轨电车 hydrogen energy tram

指以氢能源为动力的轨道交通系统，包括车辆、轨道、机电和建筑结构等系统。

3.2

涉氢作业区域 hydrogen related operation area

开展氢能源有轨电车加氢、检修等作业的生产区域。

3.3

氢动力系统 hydrogen power system

采用氢燃料电池作为动力源，与储能设备共同作用，为车辆的正常运营提供电力的供电系统。

4 总则

4.1 一般要求

- 4.1.1 氢能源有轨电车线路的建设和运营应满足安全、可靠、节能、环保、高效、便捷要求。
- 4.1.2 氢能源有轨电车线路应采用符合国家标准材料与设备，应确保其安全性、可靠性、可用性和可维护性。
- 4.1.3 氢能源有轨电车线路电子电气设备应符合国家电磁兼容相关标准，并应在电磁环境下可靠工作。
- 4.1.4 氢能源有轨电车线路新建、改建的设施设备不应侵入限界；线路平面、纵断面的调整应满足限界要求；线路两侧与建（构）筑物的安全距离应满足相关标准的要求。
- 4.1.5 氢能源有轨电车新线或延伸线建成后，应按国家规范要求进行验收和安全评估，验收合格并通过安全评估的，方可投入运营。既有线改建完成后，应通过规定程序后方能运营。
- 4.1.6 氢能源有轨电车线路应根据客流需求和服务水平，合理配备运能、设施设备系统能力及人员，网络化运营条件下还应考虑运营线路之间的能力匹配。
- 4.1.7 氢能源有轨电车线路各专业应在保证安全的前提下相互配合、高效运行。高峰时段应充分利用线路通过、车站折返、出入场段和存车线等能力来提升行车密度；同时应通过技术、管理等手段提升列车旅行速度。
- 4.1.8 氢能源有轨电车线路在运营期间应确保设施设备能够保持正常稳定运行状态，设施设备的维护、更新、改造应满足国家相关技术标准的要求。
- 4.1.9 氢能源有轨电车线路的制度建设应完备，技术资料应齐全，满足国家相关技术标准的要求。

4.2 安全要求

- 4.2.1 运营安全应遵循“安全第一、预防为主、综合治理”的原则。
- 4.2.2 各种设施设备的运行应保证安全，不应对人身安全和健康构成危害和威胁。
- 4.2.3 各种设备应满足运营的要求，在使用期内应能承受住允许的最大高峰负荷。
- 4.2.4 各种设施应经久耐用，并能耐受住设定条件下的恶劣环境和灾害。
- 4.2.5 各种设施的材质应是难燃、阻燃、低烟、无放射性、不散发毒性、不含石棉纤维、苯、氯、甲醛等，过高温不易燃自爆、塌落变形。
- 4.2.6 应根据国家信息安全等级保护要求建立各类信息的安全保护制度及措施。
- 4.2.7 各个公共活动及设备房间应设有火灾自动报警设施，并设有自动灭火器材。对地下含有可燃物的电气设施应设有不导电、不污染的气体灭火器材。
- 4.2.8 地面、高架线路和建筑物应设有防雷设施和措施，并定期检测和维护，确保乘客和工作人员及设施不受雷击。
- 4.2.9 应设有预防各类突发事件的应急防范措施及防止次生灾害的措施，这些措施包括但不限于预防监视、告警、信息、指挥、处置、救护等。

4.3 网络化要求

- 4.3.1 应考虑网络化运营需求配置轨道交通设施设备，包括乘客服务、运营指挥、资源集中统筹与共享等方面。
- 4.3.2 应统一全网的线路及车站命名规则、导向标志标识、乘客信息服务、票务及清分、应急设施配置等。
- 4.3.3 应实现全网集中调度指挥与应急处置；不同运营主体间应实现信息互通；集中管理的换乘站应具备联动功能。
- 4.3.4 宜统一全网的设施设备标准。应统一资产编码，宜具备网络资产管理功能；应统筹配置检修与应急装备；宜统一设施设备的运营维护人机界面。
- 4.3.5 应按照资源共享原则统筹安排主变电所、控制中心、车辆基地等。
- 4.3.6 宜采用智能化、信息化等技术，实现对客流、设施设备、能耗、环境等对象的在线监测与管理。

5 线路、路基与轨道

5.1 线路

- 5.1.1 线路按运营功能分为正线、辅助线和车场线。辅助线包括车辆基地出入场线、折返线、渡线。
- 5.1.2 线路平面、纵断面条件应与列车运行速度相适应，保证列车运行安全和乘客舒适度，并满足故障及救援时运营调整的要求。
- 5.1.3 辅助线应充分考虑运营安全、效率和灵活性，并满足以下要求：
- a) 折返线应独立设置，折返能力在满足设计行车能力的基础上应留有 10%的余量；
 - b) 终点站应具有站前站后混合折返的功能；
 - c) 停车线应具有与上下行正线双向连通的功能。
- 5.1.4 线路分段开通时，临时终点站的配线设置应满足全线运营和分段运营的折返及救援需求，先开通区段应为后开通区段预留足够的施工长度，确保先开通区段的安全运行。
- 5.1.5 线路基标、百米标、坡度标、曲线要素标等线路标志，限速标、停车标、警冲标等信号标志应配置齐全、安装牢固。
- 5.1.6 拨道、调坡、更换钢轨或道床等作业造成线路几何状态变化的，在完成作业后应根据GB 50157和设计文件对线路平、纵断面进行校核。

5.2 路基

- 5.2.1 路基宽度应满足运营维护及机械化作业的需要。路肩宽度应不小于0.6m，曲线地段的路基外侧应加宽。
- 5.2.2 路基和支挡结构应有足够的强度、稳定性和耐久性。路基应填筑坚实，基床应强化处理，保持干燥、稳定和完好状态，必要时设防护和加固设备。
- 5.2.3 在路基范围内埋设电缆及各种管道时，应保证路基及排水设施的稳定和坚固。挖沟、引水、种植、取土和开采砂石不应影响路基稳定。
- 5.2.4 路基的排水设施应满足防洪、防的要求。
- 5.2.5 当敞开段地势较低时，道床路基外侧应设置挡水墙，钢筋混凝土挡水墙高度应不低于0.5m。
- 5.2.6 正线及车辆基地路基的排水系统设置应与市政排水设施相结合，布置应合理，排水应畅通。
- 5.2.7 路基本体、路基排水及防护设施、路基沉降等状态应定期检查与维护。路基本体、排水设施及防护加固设施的检查和巡查频率不应低于4次/年。
- 5.2.8 路基的冻胀翻浆、边坡冲刷、挤出变形等害应及时加固整治，短期内无法彻底整治的病害，应按规定加强路基的监测和检查，并分期整治。

5.3 轨道

- 5.3.1 轨道包括钢轨、扣件、轨枕、道床、道岔和轨道附属设备等。轨道应标准统一，便于维护。
- 5.3.2 轨道结构及主要部件的强度、稳定性、耐久性、绝缘性、弹性等应满足GB 50157和列车运行技术要求，邻近环境敏感点区段的轨道应满足振动噪声控制要求。
- 5.3.3 轨距是钢轨踏面下16mm范围内两股钢轨工作边之间的最小距离，直线轨距应满足1435⁺⁶/₋₂ mm的要求，允许误差变化率不大于0.1%，曲线轨距加宽应符合GB 50157的规定。
- 5.3.4 轨道系统应减少钢轨接头数量，宜设置无缝线路。不应在钢轨接头处用气焊扩孔，不应在轨头两侧焊接轨道连接线。
- 5.3.5 轨道尽头的安全距离应满足列车运行工况要求，并按规定设置车挡和警示标志。车挡结构强度应符合GB 50157的规定。
- 5.3.6 高架桥线路跨越铁路、河流、重要路口或小半径曲线地段应按规定设置防脱护轨，如采用槽型轨，可不设置防脱护轨。

5.3.7 道岔区段应具备工作人员的通行条件及作业空间，并保证排水通畅、照明良好。有岔车站应配备人工排列进路必要设备，道岔零部件应配置齐全、有效。

5.3.8 道岔应根据运行工况和道岔状态进行保养和维护，出现以下情况时，应及时维修或更换：

- a) 道岔两尖轨互相脱离时；
- b) 尖轨尖端与基本轨在静止状态下不密贴时；
- c) 尖轨被轧伤，轮缘有爬上尖轨的危险时；
- d) 在尖轨顶面有宽 50mm 及其以上的断面处；
- e) 尖轨或基本轨损坏时；
- f) 辙叉(辙叉心、辙叉望)损坏的；
- g) 护轮轨螺栓危及行车安全时。

5.3.9 应按规定定期对轨道开展巡查，轨距、水平、高低、三角坑等轨道静态几何尺寸的监测频率不低于1次/1月。

6 建筑与结构

6.1 车站建筑

6.1.1 车站规模及通行能力应与客流相匹配，并兼顾正常、非正常、紧急运营状态的运营需求。

6.1.2 车站的地面和高架部分应设置遮阳、隔热、防雨雪、防风、防滑等设施。

6.1.3 地面及高架车站与相邻建筑物防火间距应符合 GB 50016 的要求，并保持消防车道畅通。车站通道、台阶地面的材料应满足防滑要求，室外垂直电梯建筑的结构应满足防水要求，列车站台停靠时的列车驾驶员上下车立岗处地面应做防滑和防静电处理。

6.1.4 车站出入口、通道、站台、楼梯等地面应完好、平整，楼梯及有坡度的区域应设扶手。

6.1.5 高架站车站出入口至站厅、站厅至站台应至少各有一台电梯投入使用。

6.1.6 车站出入口台阶或坡道末端与邻近的道路车行道距离小于 3m 时，应设置护栏或其他安全防护措施；车站出入口与相邻地块内机动车出入口的距离应不小于 15m。

6.1.7 配置折返线的车站应设置列车驾驶员折返休息室并设置厕所等设施。

6.1.8 车站用地范围内应有满足设备运输条件的通道。

6.1.9 车站外立面装饰构件应牢固可靠，易清洁维护。

6.1.10 非开放式车站应设置可燃气体报警系统及通风系统。

6.2 设备机房

6.2.1 设备机房的各个管路、墙洞、竖井等与外部相连通的孔隙应采用防火材料封堵，并统一设置线槽，电源线与数据线应分槽布线；设备机房的地板应做防水处理，室外设备安装位置应数地面硬化处理，并具有防入侵、防雷和排水功能。

6.2.2 给排水管不应穿过变电所、通信机房、信号机房、控制室、配电室、电梯机房、大中型计算机网络中心等设备房间，以及档案室、音像库房等重要资料房间。

6.2.3 设备房内的空气调节送风口、阀门及室内机不应布置在电气设备上方。

6.2.4 供电机房不应设在冷冻机房等场所的经常积水区的正下方，且不宜与厕所、泵房等场所相邻。供电机房应设置电缆沟或电缆夹层，并留有满足设备尺寸的运输通道。

6.2.5 通信、信号等弱电机房的净高应不小于 2800mm；设置防静电地板时，防静电地板垂直高度应不小于 300mm。

6.2.6 通信、信号机房的干线光缆、接地电缆、供电电缆等缆线应在电缆引入室留有备用量，并满足维护需求。

6.3 结构

6.3.1 结构工程应满足强度、刚度，稳定性和抗震要求，并设有可靠的杂散电流防护措施。

6.3.2 应具有结构工程监测系统，对结构沉降和变形等进行监测和分析，监测频率不大于 1 次/12 月。

- 6.3.3 供电、通信、信号等影响运行安全的重要设备不应设置在结构缝下方。
- 6.3.4 跨越路口、河流的高架区间和人行天桥，应符合市政道路、河流的净空要求，必要时可设置防护设施、防撞标识；跨越或者下穿桥梁、河道和人行天桥等，应设置可燃气体报警系统等安全设施。
- 6.3.5 结构存在病害、遇不良地质地段、发现变形较大地段及其他需要重点关注的地点，应根据实际情况加密监测次数。

6.4 其他

- 6.4.1 在地面线、桥隧过渡段、出入段线、车辆基地等处设置的围墙，应符合工程结构抗震和相关规范要求。
- 6.4.2 防护栅栏的设置应符合相关规定，栅栏上的工作人员专用通道、作业门等应设有警示标识。
- 6.4.3 主变电所的设置应避开火灾、爆炸及其他敏感设施、主变电所的消防通道宽度应不小于 4.0m，主要设备的运输通道宽度宜根据运输要求确定。

7 道路和保护区

7.1 道路

- 7.1.1 氢能源有轨电车交通沿线交叉口、路段及场站出入口，宜根据有轨电车驾驶人和其他交通参与者通行需要，设置相关交通安全设施。
- 7.1.2 交通安全设施主要包括交通标志、交通标线、交通信号设施、隔离护栏、反光道钉、闪光灯等。
- 7.1.3 氢能源有轨电车交通专用车道应当设置相应的专用车道标志、标线、隔离栏。
- 7.1.4 氢能源有轨电车交通非专用车道应当设置明显的行车提醒标志。
- 7.1.5 在交叉路口应当设置有轨电车交通专用信号灯、停止线、警示标志、有轨电车交通车道线，并根据实际情况设立禁止超高、轴载质量超限车辆驶入有轨电车交通车道的标志、设施。
- 7.1.6 在交叉路口有轨电车车辆限界范围内应施划黄色网状线。
- 7.1.7 氢能源有轨电车通行区与人行横道相交的区域应设置行人禁止驻足区。
- 7.1.8 交通安全设施不得侵入道路建筑限界，且不得侵入停车视距范围内。
- 7.1.9 氢能源有轨电车沿线路段采用立体过街方式时，立体过街设施应设置明显的禁止烟火及高空抛物等安全提醒标志。
- 7.1.10 氢能源有轨电车采用地下或封闭隧道通行的，应安装相应的可燃气体报警系统并加强通风。
- 7.1.11 路面设施应符合以下条件：
 - a) 道路等级：城市主干路、次干路。
 - b) 路面类型：沥青混凝土路面、水泥混凝土路面。
- 7.1.12 防护设施应符合以下条件：
 - a) 人行护栏：净高不宜低于 1.1m，并不得低于 0.9m，当栏杆有结合花盆设置的，必须有防止花盆坠落的措施；
 - b) 分隔设施：高度应根据需要确定，分隔柱的间距宜为 1.3m~1.5m；结构应坚固耐用、便于安装、易于维修，宜为组装式；颜色应醒目；在符合设置的路段应连续设置，不应留有断口。

7.2 保护区

- 7.2.1 氢能有轨电车交通沿线应设置保护区，相关区域范围应符合国家以及地方的城市轨道交通保护管理要求。
- 7.2.2 在保护区范围内进行外部项目作业时，施工单位应制定安全可靠的作业方案和保护措施。在保护区内进行下列作业的单位，其作业方案应当经过保护区主管单位审核并同意，并采取相应的安全防护措施，进行工程影响监护测量。
 - a) 新建、改建、扩建或者拆除建（构）筑物；
 - b) 挖掘、爆破、地基加固、打井、基坑施工、桩基础施工、钻探、灌浆、喷锚、地下顶进作业；
 - c) 敷设或者搭架管线、吊装等架空作业；

- d) 取土、采石、采砂、疏浚河道；
- e) 大面积增加或者减少建（构）筑物载荷的活动；
- f) 其他可能危害城市轨道交通设施的作业。

7.2.3 工程影响监护测量的观测频率可按测量规范的要求执行。监护测量实施过程中，可根据变形速率合理调整观测频率；当测量数据达到报警值后，应加大观测频率，并加强施工作业的工况巡查和轨道交通结构本体的巡检。

8 供电系统

8.1 一般要求

- 8.1.1 供电系统应具备电力传输、变换、分配功能，并采取电力监控、防雷接地、能耗管理等措施以保证系统正常运行。
- 8.1.2 供电系统的电度计量计费点设置符合电力部门的规定。
- 8.1.3 供电系统应具备正常、非正常和紧急运行方式，非正常运行方式下的供电能力应能维持正常行车组织，紧急运行方式下的供电能力应能维持应急照明、应急通风、应急操作设备的运行。
- 8.1.4 外部电源应按照一类负荷接入城市电网，集中供电的线路应设置 1 座及以上独立主变电所。
- 8.1.5 供电网络结构类型宜采用环形结构或链型结构，使用 35kV、20kV 或 10kV 的中压电压等级。
- 8.1.6 双回路电源应由不同主变电所或同一主变电所不同母线分别接入，确保双回路电源互为备用。
- 8.1.7 各电压等级电源应设置自动安全联锁装置，应具备电气保护、备用电源自动投切等功能。

8.2 功能要求

- 8.2.1 变电所变压器的容量应满足远期负荷的要求，并预留扩容条件。
- 8.2.2 变电所内应具备设置非线性负荷补偿装置所需的条件。
- 8.2.3 当变电所设有多组继电保护整定值时，应具备远程切换继电保护整定值组的功能。
- 8.2.4 变电所应配置视频监视和门禁系统，并具备远程监控功能。
- 8.2.5 在支架上敷设电缆时，应在固定点采取保护电缆的措施。
- 8.2.6 电力监控系统应冗余配置，并配置专用的传输通道。
- 8.2.7 电力监控系统应具备遥控、遥信、遥测、遥调功能，宜具备遥视功能。
- 8.2.8 电力监控系统应具备实时监控、故障诊断等功能。
- 8.2.9 供电系统的过电压防护措施应满足沿线的气候和线路条件。
- 8.2.10 车站应设置综合接地网，车站内变电所应与其他各类强弱电设备系统共用接地装置，接地电阻宜小于 0.5Ω ，应不大于 1.0Ω 。
- 8.2.11 沿线电缆支架应通过敷设接地金属体予以连通，接地金属体与电缆支架间采用焊接连接。

8.3 运营维护要求

- 8.3.1 各类电气设备应按照 GB 50150 的规定进行预防性试验，并分析、评估其运行状态。
- 8.3.2 各电压等级的验电器和接地线等安全器具的绝缘性能应定期进行检测。
- 8.3.3 供电系统宜具备在线监测、智能维护功能。
- 8.3.4 电缆通道内应具备检修维护的空间，并配备安全电压照明和自动排水设施。
- 8.3.5 区间特别是长大区间应具备对供电设备进行维护、运输及更换的条件。
- 8.3.6 断路器、继电保护装置、干式变压器、UPS 等部位应进行实时监控。

9 通信系统

9.1 一般要求

- 9.1.1 通信系统的配置及容量应满足网络化运营发展的需求，关键设备应冗余配置。
- 9.1.2 网络级通信系统的建立应满足各系统的集中整合、资源共享等需求。

9.1.3 通信系统应采用模块化配置，在发生故障时应具有备用或降级功能，可通过关键设备的冗余配置来维持系统基本功能的运行。

9.1.4 通信系统应建立录音系统，具备对无线、有线、广播等重要语音的录音功能；录音质量应清晰，不应存在串音及杂音。

9.1.5 有轨电车通信系统应满足运营管理所必需的调度、监控、信息传输、乘客服务等功能要求，准确传递语音、文字、图像和数据等多种信息。

9.2 功能要求

9.2.1 专用通信系统宜包含传输系统、无线通信系统、有线电话系统、视频监控系统、广播系统、乘客信息系统、时钟系统、不间断电源系统等子系统，各子系统应具备独立的性能管理、故障管理、配置管理和安全管理等网络管理功能。

9.2.2 传输系统应独立设置，应具备自愈性、可扩展性，主备光通道应分别设于不同路径的光缆中。

9.2.3 传输系统宜为线路级间、线路级与网络级间的以下系统通道提供传输功能：

- a) 无线系统所有基站与核心交换机的中继通道；
- b) 公务电话系统的中继通道；
- c) 视频监控系统图像与控制信号的通道；
- d) 广播系统、乘客信息系统、时钟系统、不间断电源系统等系统的传输通道。

9.2.4 无线系统应统一各线组网原则、信号覆盖方式、频率配置原则、号码资源分配及编号原则、与其他网络的联网方式等，并统一规划各线的基站布置、频率配置等。

9.2.5 无线信号覆盖范围应至少包括控制中心、车站、线路区间、车辆基地。

9.2.6 无线系统应提供有轨电车调度指挥中心调度员、车辆基地调度员等固定用户与列车司机、维修等移动人员之间的通信手段；宜同时满足列车与地面的无线语音及数据通信要求，为运行列车与行车指挥人员之间提供双向带宽数据交互服务。

9.2.7 公务电话系统应统一各线组网原则、配置原则、计费原则、号码资源分配及编号原则，并统一内部电话的冗余汇接，外部电话的冗余出入中继等。

9.2.8 专用电话系统应能满足控制中心与车站、车辆基地、变电所等之间的直接通话功能。

9.2.9 控制中心应按运营需求配置专用电话调度台，车站控制室、车辆基地、变电所等地点应设置电话分机。

9.2.10 视频监控系统应为调度指挥中心调度员、司机等提供有关列车运行、防灾、救灾等方面的视觉信息，具备控制功能，应能监视站台、站厅、出入场线、楼扶梯等公共区域。宜在车站站台、列车车厢等设置监视摄像设备。列车视频监视系统宜由车辆配套提供。

9.2.11 监视器上显示的图像信息应包括线路名、站名、区域名、日期和时间等内容。

9.2.12 视频监控系统应具备不间断图像的记录功能，录像存储时间应满足 90d。

9.2.13 广播系统应具备多信源、跨区域广播功能，监听、检测、负载反馈功能，人工，自动预录和播放等功能。录音保存时间不宜少于 30d，且保存期内的录音记录应完整、不被删除。

9.2.14 广播系统应与火灾自动报警系统联动，并具备消防自动广播或人工广播的功能。

9.2.15 广播系统与乘客信息系统均应获得线路列车运营时刻信息，广播系统和乘客信息系统内容应保持一致。

9.2.16 乘客信息系统应由控制中心统一采编、制作、管理、下发信息，宜具备发布紧急信息的功能。

9.2.17 乘客信息系统应具备终端显示乘客疏散信息的功能。乘客信息系统终端显示屏应避免与其他设备互相遮挡。

9.2.18 乘客信息系统应根据播放模板的需求合理分隔显示屏，能同时播放视频信息和列车到发时间列表。

9.2.19 时钟系统应具备提供统一标准时间信息的功能，各系统具备与网络级时钟同步的功能。

9.2.20 配备集中告警系统时，与专用通信各子系统网管间应采用标准、通用的软硬件接口及协议。

9.2.21 配备综合监控系统时，视频监控系统、乘客信息系统、广播系统在支持综合监控系统操作和联动的同时，应保证系统本身的独立运行。

9.3 运行维护要求

- 9.3.1 通信系统应具有防止计算机病毒侵入并蔓延的安全防范功能。
- 9.3.2 通信系统的重要设备应有冗余设计，起运行状态应实时监测。
- 9.3.3 传输系统、无线通信系统、专用电话系统等专用通信子系统应实时监测，重要设备的状态和故障信息应能及时上传。

10 信号系统

10.1 一般要求

- 10.1.1 信号系统应由运营调度辅助系统、正线道岔控制系统、正线路口信号系统、车载信号系统、车辆基地计算机联锁系统组成。运营调度辅助系统可集成或互联其它相关系统。
- 10.1.2 信号系统设备应具备防雷电及抗电磁干扰能力，应系统、全面考虑设备防雷、接地及抗电磁干扰措施。
- 10.1.3 信号系统安全、可靠地与车辆、通信、供电等系统接口，满足接口功能和性能要求。
- 10.1.4 信号系统的设备结构及软件功能应采用模块化配置，易于系统功能的扩展和升级。
- 10.1.5 信号系统设计最高运行速度应与车辆、限界、线路、结构等速度要求相匹配。
- 10.1.6 列车自动监控（ATS）、联锁等子系统应具备监测诊断和维护管理功能。
- 10.1.7 正线道岔控制系统应实现轨道区段、道岔的转动、锁闭和解锁，以及道岔与信号表示器的正确联锁关系和进路控制。正线道岔控制系统的安全完整性等级应不低于 SIL3 级。
- 10.1.8 正线道岔区需设置道岔防护信号表示器，共用路权的交叉路口需设置电车专用路口防护信号表示器。信号表示器显示距离不小于 150m。

10.2 功能要求

- 10.2.1 信号系统宜采用独立的数据传输网络，各子系统宜采用相互独立的传输通道，单传输通道故障不应影响其他传输通道的正常工作。传输通道应热备冗余，切换时不应影响各子系统的正常工作。
- 10.2.2 信号系统应具有对列车运行及信号设备运行状态的回放功能，回放数据的自动存储时间应不小于 30d。
- 10.2.3 信号设备室应配置独立的信号电源设备；信号电源设备应具备短路保护、接地保护、人身安全防护、监测诊断、维护管理等功能。应配置在线式智能不间断电源（UPS）和蓄电池；UPS 宜在正线和控制中心进行热备冗余配置。
- 10.2.4 调度指挥中心设置运营调度辅助系统，实现正线列车运行状态监视、车次号追踪、运行车次时刻表编制、正线设备集中维护管理等功能。
- 10.2.5 为保证有轨电车在道路交叉路口的运行安全，线路与公路平交的道口/路口设置道口/路口信号系统，同时预留与城市公路交通灯信号控制系统的硬件（继电器接点）接口条件。
- 10.2.6 正线道岔区的控制模式至少具备司控模式（自动或人工）和现地控制模式。正常运营情况下道岔控制采用司控模式，道岔区的进路通过信号系统自动办理或由司机在车上人工办理；非正常运营情况和故障情况下宜采用现地控制模式，进路设置采用轨旁控制箱内的现地控制盘进行人工办理。
- 10.2.7 系统的折返能力设计需满足有轨电车、远期最小折返间隔 180s 的运营需求。

10.3 运营维护要求

- 10.3.1 正线轨旁信号设备应充分适应当地的气候环境，应充分考虑不同气候条件下的温度、湿度等环境因素。
- 10.3.2 信号系统投运后，不应擅自减弱、变更信号系统中涉及行车安全的硬件及软件设备配置，安全接口不应修改；必须变更和修改时，应对变更或修改部分进行技术评估论证。
- 10.3.3 信号系统有关功能使用的限制项，应制定安全防护措施并严格执行。
- 10.3.4 车地通信系统应具备网络加密、认证、识别等安全防护功能，并配备防火墙。
- 10.3.5 信号系统的传输网络、应答器、转辙机、信号电源等设备运行状态应实时监测并定期检查。

10.3.6 信号系统整体进行更新改造时，新旧信号系统兼容运行的，应先对两列车升级并至少有 1 个月的上线试用期后，方可开展对其他列车分批次更新升级。新旧信号系统倒切前，应在非运营时段开展不少于 3 次的实战演练，新信号系统经过累计不少于 144h 的不载客运行后方可投入运营。

11 综合监控系统

11.1 一般要求

11.1.1 应实现各机电设备系统之间的资源共享、有序分配、联动控制、集中监控、维护支持等功能，并实现各机电设备系统一体化高效运行管理。

11.1.2 应对车站机电设备控制系统、供配电系统设备、通风空调系统设备、给排水系统设备、照明系统设备、门禁系统设备、视频监控系统设备、广播系统设备、乘客信息系统设备进行监控。

11.1.3 应对火灾自动报警系统设备、自动扶梯与电梯、站台门、卷帘门设备、自动售检票系统设备、通信系统进行监视，宜对自动扶梯与电梯、站台门、卷帘门设备、自动售检票系统设备、信号系统等进行控制，宜对车辆设备、车地无线传输设备、防淹门、区间旁通道门等进行监视。

11.1.4 应满足线路级和车站级两级管理需求，宜满足未来网络级管理需求。

11.2 功能要求

11.2.1 主要设备应冗余配置，系统监控的性能应符合 GB 50636 的相关要求。

11.2.2 应具备对全部监控对象的状态、参数等数据的实时收集及处理功能，并提供统一的、层次清晰的图形化监控显示及操作界面。

11.2.3 应具备监控车辆储氢瓶温度、压力及动力电池温度、电压和电量等车辆状态数据的功能。

11.2.4 应具备单点控制、模式控制、联动控制、时间表控制功能，应具备节能控制、智能控制等功能；应具备对各系统的报警分级管理功能，对网络设备的监控和管理功能。

11.2.5 中央级综合监控系统应具备通过自动或人工方式向全线监控对象发送联动控制、层级控制、时间表控制等中央操作命令的功能，宜与信号 ATS 系统的功能相融合。

11.2.6 车站级综合监控系统宜实现车站机电设备自动化监控和管理功能。

11.3 运营维护要求

11.3.1 综合监控系统宜具备故障智能分析、维修方案智能辅助决策等维护支持功能。

11.3.2 综合监控系统的主要设备及接口应进行定期巡查、测试和软硬件维护。

11.3.3 应对综合监控系统的服务器、工作站设备、数据存储设备、网络设备、通信处理机、不间断电源设备等进行工作状态检查、功能检查以及清扫等常规性维护，周期应不大于 1 年。应对服务器、工作站设备、数据存储设备进行定期检修，全面进行检查和性能测试，必要时更换部件。

11.3.4 综合监控系统应与受监控对象的维护更新保持一致。

11.3.5 影响运行安全的综合监控系统软件调试、硬件维护等工作，应通过评估、审批和授权后方可执行。

12 机电系统及设备

12.1 动力与照明系统

12.1.1 动力与照明系统应为各种低压用电设备提供电能、分配电能及为操作用电设备提供人身和设备安全保护。

12.1.2 动力与照明系统应采用 TN-S 接地系统，配电电压应采 220/380V。

12.1.3 动力与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。

12.1.4 根据用电设备用途和重要性，其负荷等级宜分为二级和三级负荷：

- a) 二级负荷：通信系统、信号系统、变电所操作电源、消防设备、地下车站及隧道内主排水泵、隧道内主雨水泵、车站照明、变电所小动力、自动扶梯及垂直电梯等；

b) 三级负荷：广告照明、清洁检修电源等。

12.1.5 用电设备的配电应满足其相应的要求。其中二级负荷中的通信系统、信号系统、变电所操作电源、消防设备的供电宜采用单电源加 UPS 的配电方式。

12.1.6 中心级电力管理中心应对车站级配电装置的状态位置、故障及保护动作等信号状态信息进行实时采集、显示、告警、存储处理。

12.1.7 高架区间、地面区间的照明宜与市政道路照明系统相结合，车站的照明应参照 GB/T 16275 的相关规定执行。

12.1.8 车站应利用自然接地极作为强弱电的综合接地装置，其接地电阻应不大于 $4\ \Omega$ ，若不满足要求，应补充人工接地极。自然接地极和人工接地极应能分别测量其电阻值。

12.1.9 照明灯具应采用便于安装、拆卸、更换的节能灯具，灯具的安装位置应便于日常维护。

12.1.10 照明的控制方式宜采用智能型。智能控制发生故障时应具有人工操作功能。

12.2 自动售检票系统

12.2.1 新投运的自动售检票系统应与已运营的自动售检票系统兼容，并实现互联互通。

12.2.2 关键设备应冗余设置，重要数据应自动备份。

12.2.3 应具备对客流、票卡、票价等票务数据进行清分及统计分析的功能。

12.2.4 用电负荷应为一类负荷，且应配备后备应急电源。

12.2.5 清分系统、线路中央计算机系统、车站终端设备等自动售检票系统中的任何系统故障时，均不应影响其他系统的正常运行；当故障解除后，系统应能自动进行恢复处理。

12.2.6 非正常运营状态下，自动售检票系统应具备降级和紧急运行模式，并符合票务管理、客流疏导的需求。

12.2.7 自动售检票设备的数量应满足车站客流需求，布局应满足车站客运组织需求，每个售票点正常运行的自助售票机不应少于 2 台。

12.2.8 各终端设备应具备实时上传设备状态及故障信息的功能。

12.2.9 自动售检票终端设备的日志记录功能应简单易懂，日志记录应包括操作日志、维护日志、交易日志等类型。

12.2.10 自动售检票终端设备的所有金属外壳应具备漏电保护及可靠接地措施，以保证运营人员、维修人员及乘客的使用安全。

12.2.11 应设置专用于票、卡、款的存放、清点、交接等作业的票务管理用房。票务管理用房内应保持通信畅通，并具备包括技术防范在内的安全防范措施。

12.2.12 终端设备应满足车站环境要求，所采用的计算机和控制器均应按工业级标准配置。

12.2.13 中央计算机应能与时钟系统同步，并将时钟信息下载到车站计算机系统和终端设备。

12.2.14 自动售票机的乘客显示界面应显示购票提示信息和操作说明，引导乘客进行票务确认和自主操作。

12.2.15 采用车上自动检票与人工检票相结合的运营模式，乘客可持现金或电子票卡（储值卡等）乘车。车上配备车载刷卡机和投币箱，使用电子票卡的乘客上车刷卡，无电子票卡的乘客上车投币。

12.3 自动扶梯与电梯

12.3.1 自动扶梯应具备变频调速的节电功能。

12.3.2 设置于室外的自动扶梯应选用室外型产品，上下平台应配有防滑措施，并配置油水分离设备。

12.3.3 自动扶梯应能满足高强度的可靠使用，每天连续运行时间不应小于 20h，每周不应小于 140h，每 3h 应能以 100%制动载荷连续运行 1h。

12.3.4 自动扶梯的额定速度不应小于 0.5m/s，宜选用 0.65m/s。

12.3.5 自动扶梯处宜设置摄像监视装置。

12.3.6 自动扶梯的防逆转保护、电机过载保护、驱动链条断链保护、梯级断裂保护、围裙板安全保护、超速运行保护等安全装置，电梯的超速运行保护、冲顶保护、遛梯保护等安全装置应满足有关规定，保护动作准确、可靠。

12.3.7 具有防灾疏散功能的自动扶梯应具有双电源供电，电源能自动切换。

- 12.3.8 自动扶梯宜上下行同时设置，应配置明确的运行方向指示灯。
- 12.3.9 自动扶梯应具有乘客安全乘梯的语音提示装置。电梯具备车站控制室、轿厢、控制柜或机房三方通话功能。
- 12.3.10 自动扶梯出入口应设置紧急停止装置，并应具有防止误操作的保护措施。整个自动扶梯长度内紧急停止装置的设置间距应不大于 30m。
- 12.3.11 自动扶梯使用标志、安全标志和安全须知应齐全醒目。
- 12.3.12 电梯应接受调度指挥中心 BAS 的监控。
- 12.3.13 电梯内部应设置视频监视装置。
- 12.3.14 电梯额定载重不应小于 1000kg。
- 12.3.15 电梯的额定速度不应小于 0.63m/s。
- 12.3.16 发生火灾时，电梯应自动返回到设定层，并打开梯门且开启保持时间应在 1min 以上。
- 12.3.17 电梯使用标志、安全标志和安全须知应齐全醒目。
- 12.3.18 电梯底坑内应具备排水设施，不应有影响电梯安全运行的漏水和渗水。室外电梯井道顶部应符合 GB 50345 规定的二级防水等级。

12.4 站台门

- 12.4.1 运行强度应符合每天运行 20h，每 90s 开关一次且全年连续运行的要求。
- 12.4.2 门体结构强度应满足城市轨道交通环境最不利载荷效应组合情况下对风载荷、挤压力及冲击力的要求，门体机构不应出现永久变形以及结构框架垮塌。
- 12.4.3 站台门玻璃应为通透性好的安全玻璃。滑动门应具备障碍物探测功能，能探测到厚度为 5mm~10mm、最小宽度为 40mm 的硬障碍物；遇到障碍物后应释放关门力，滑动门自动弹开，等待障碍物移除后重新关门；在开关门重复次数达到设定次数后如仍不能关闭和锁紧，滑动门应全开并报警。
- 12.4.4 滑动门的最大作用力应不大于 150N。
- 12.4.5 直线站台的站台门，其滑动门门体与车体最宽处的间隙，当车辆采用塞拉门时，应不大于 130mm，当采用内藏门或外挂门时，应不大于 100mm。滑动门门体与车体最宽处的间隙超出规定时，滑动门框上应设挡板或采取其他安全措施。
- 12.4.6 直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应不大于 100mm；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应不大于 180mm。水平间隙超出规定时，站台门的轨道侧应配置异物探测、灯带等辅助装置或采取其他安全措施。
- 12.4.7 站台门设备与相邻的装饰材料、管线、照明灯具等设备之间应保持绝缘。防踏空橡胶条宜直接固定在滑动门地槛上。
- 12.4.8 正常运行条件下，站台门任何故障都不应造成滑动门的自动开启。
- 12.4.9 滑动门、应急门、端门等应能可靠锁闭，应具备在轨道侧可手动开门，在站台侧可用钥匙打开。应急门、端门应能向站台侧旋转 90° 平开，打开过程应顺畅，不受地面及其他障碍物（含盲道）的影响。端门、应急门、滑动门的检修盖板前应预留能使检修盖板打开至设计位置的空间。
- 12.4.10 站台门门机驱动备用电源宜采用不间断电源，不间断电源应能满足在 30min 内至少完成开、关滑动门 3 次循环的供电需要。
- 12.4.11 站台门与列车车厢宜保持等电位。当与钢轨有联接需求时，站台门与走行轨应采用单点等电位联接，门体与走行联接等电位电阻值不应大于 0.4Ω，正常情况下人体可触及的站台门金属构件应与车站结构绝缘，门体与车站结构之间的绝缘电阻不应小于 0.5MΩ。当站台门与列车车厢无等电位要求时，站台门应通过接地端子接地，接地电阻不应大于 1Ω。
- 12.4.12 自站台门边缘起向内 1m 范围的站台地面装饰层下应进行绝缘处理，当绝缘性能受环境影响下降时，应及时对绝缘层性能进行整治或对乘客可触及的站台门金属构件上采取贴绝缘膜或其他安全措施。
- 12.4.13 站台门的监控系统应能监视和记录站台门的所有运行状态，记录的信息应包含各控制级的命令、门体反馈信息及故障报警等日志，并能实时反馈站台门电源系统状态，异常时应在车站控制室提供直观的报警提示。
- 12.4.14 紧急控制盘、就地控制盘、站台门控制屏和电源屏等应具有较高的防水防尘等级，宜采取下

进线方式布置进出线缆。

12.4.15 网络化运营条件下,各线站台门紧急控制盘、就地控制盘的面板布局及操作方式宜统一。

12.4.16 站台门安全标志、使用标志和应急操作指示应齐全醒目。站台门门体玻璃的醒目位置应设置防撞标识。

12.5 消防及给排水系统

12.5.1 消防设计应符合 GB 50016 的有关规定。

12.5.2 地面建筑的消防给水系统的设置应按现行国家标准、规范的规定执行。

12.5.3 涉氢作业区域内消防及给排水设备应满足相应的防爆等级要求。

12.5.4 给水系统水质、水量、水压应满足线路的生产、生活用水要求。给水水源应采用城市自来水,并应充分利用城市自来水水压。当无城市自来水时,应采取其他可靠的给水水源。

12.5.5 轨道两侧排水沟连通管管底不应高于排水沟沟底。

12.5.6 消防及给排水管道应固定牢固,有防止冲击的突发应力措施,气体灭火系统管道支座、吊架等应固定牢固,防止气体释放时产生的震动破坏管网系统。

12.5.7 消火栓、气灭系统等消防设备的紧急操作流程应简单易懂,并张贴在醒目位置。

12.5.8 给排水系统设计应满足生产、生活和消防的需要,并与城市给排水系统相适应。各种污水排放,必须符合国家或地方相关排放标准的规定,并分类集中、就近排入城市排水系统。

12.5.9 给水系统应满足生产、生活和消防用水对水压、水量、水质和水温的要求。坚持节约用水、综合利用的原则,选用技术成熟、经济合理的节水和节能设备。

12.5.10 道路排水应排除汇水区域的地面径流水和影响道路功能的地下水,其形式应根据当地规划、现场水文地质条件等确定。

12.5.11 立体交叉道路排水宜采用高水高排、低水低排。

12.5.12 地面建筑应满足本地区 50 年一遇的暴雨强度雨水排放要求。

12.6 火灾自动报警系统

12.6.1 涉氢作业区域内火灾自动报警设备应满足相应的防爆等级要求。

12.6.2 火灾自动报警主机应设置在 24h 有人值守的值班室内。车辆基地无人值守场所的火灾自动报警,应纳入车辆基地消防控制室火灾报警主机监控管理。

12.6.3 车辆基地建有上盖物业开发综合体或车站与商业建筑相通时,车辆基地与上盖物业、车站与商业建筑的火灾自动报警系统应各自独立,互不干扰,并保证火灾时实现信息互通。

12.6.4 火灾自动报警系统应设置维护工作站,宜具备下列功能:接收、显示、储存、统计、查询、打印火灾自动报警系统设备的状态信息,发布设备故障报警信息,建立火灾自动报警系统设备维护计划及档案。

12.7 门禁系统

门禁系统控制器安装地点的环境应符合设备运行要求,并具有良好的散热通风条件。

12.8 通风、空调和采暖系统

12.8.1 高架车站、封闭声屏障区间、车辆基地等内部空气环境应采用通风、空气调节与供暖进行控制。

12.8.2 通风、空调系统应采用节能控制技术。车辆基地和控制中心设备用房的通风与空气调节系统应能满足运营设备 24h 运转的功能需求。通风设备应接受环境与设备监控系统、火灾自动报警系统的指令,实现对通风设备运行监控和火灾事故情况下的通风、排烟联动。

12.8.3 通风、空调系统设备机房的地面应做防水处理,室外设备安装位置的地面应做硬化处理,并具有防入侵和排水功能。

12.8.4 通风、空调系统的设备、管道、阀门以及辅件等安装位置应预留操作、测量、调试和维修的空间。

12.8.5 重要设备和管理用房宜备用多联机空调系统,管理用房根据使用需求可采用局部冷暖空调。

12.8.6 通信、信号机房应具备独立的温湿度控制功能,机房内的环境温度、环境相对湿度、灰尘粒子

浓度应按通风与空调标准执行，并应满足通信、信号设备设置和使用的要求。

12.8.7 厕所、污水泵房应具有独立的机械排风设施。

12.8.8 防火阀安装位置应便于应急操作和复位操作，对于受安装条件限制而不便于操作的防火阀应采用全自动防火阀。

12.8.9 带保温材料的风管和水管敷设应尽量避开区间和建筑风道，以防止保温材料脱落而影响区间正常运行。空调通风管道、风口及水管的敷设位置均应避开下方设备。

12.8.10 车辆基地内的列检库、检修库、洗车库等涉氢厂房宜采用自然通风；当采用自然通风不能满足日常及事故通风效果时，可补充机械排风装置。

12.9 运行维护要求

12.9.1 照明控制设备应定期维护，照明绝缘线路应定期检测，灯具失效更换时应保持光源色温一致。

12.9.2 车站照明、通风、空调与采暖系统，自动扶梯，电梯，站台门，自动售检票的运行状态、故障状态等宜实现监控，在监控终端实现简单命令控制。

12.9.3 自动售检票系统的软件调试、维护、变更、升级等工作，应经过技术评估、审批和授权后方可执行，执行时应由专人监控；中央软件升级、参数下发、黑名单更新等，应在非运营时段进行。

12.9.4 应对自动售检票系统的服务器、工作站设备、网络设备、存储设备、车站终端设备、配电箱、不间断电源设备等进行外观检查、安装状态、工作状态检查以及清扫等常规性维护，周期不应大于6个月。应对自动售检票系统的服务器、工作站设备、网络设备、车站终端设备进行定期检修，全面进行检查和性能测试，必要时更换部件。

12.9.5 电梯、自动扶梯、的预防性保养周期应不超过15d，超大客流或超长自动扶梯应视情况增加保养频次。

12.9.6 应对站台门的门体结构、门机系统、电源系统、监控系统等进行外观检查、安装状态、工作状态检查以及清扫等常规性维护，周期不应大于3个月。应对监控系统、门机系统驱动设备进行定期检修，全面进行检查和性能测试，必要时更换部件。

12.9.7 站台门、火灾自动报警系统、环境与设备监控系统、门禁系统、气灭系统等设备软件的变更或升级，应经过技术评估、审批和授权后方可执行。

12.9.8 门禁系统应进行火灾联动测试，确保门禁系统在接收到火灾报警发出的火警信息后能按要求打开门锁。综合后备应急控制盘上的门禁释放按钮应定期测试，确保门禁锁电源能正常切断。

12.9.9 通风系统宜每年开展1次防排烟系统的防排烟能力测试。

12.9.10 通风、空调和采暖系统中涉及消防的设备，维护后应进行相应功能试验和系统联动试验，确保系统满足消防要求。

12.9.11 应对环境与设备监控系统的服务器、工作站设备、综合后备盘、现场监控与通信设备、不间断电源设备等进行外观检查、安装状态、工作状态检查以及清扫等常规性维护，周期不应大于1年。应对环境与设备监控系统的服务器、工作站设备、现场监控与通信设备进行定期检修，全面进行检查和性能测试，必要时更换部件。

12.9.12 应定期测试环境与设备监控系统的控制装置和通信网络冗余，确保主备控制装置和通信网络应能实现自动切换。

12.9.13 每年应由符合消防技术服务机构从业条件的单位，对建筑消防设施开展全面的检测。

13 车辆及车辆基地

13.1 车辆

13.1.1 一般要求

13.1.1.1 宜采用100%低地板氢能源车辆，车辆限界应符合国家现行相关限界标准的规定，车辆客室地板面距轨面高度应与车站站台面相协调，地板面高度在任何使用情况下均不应低于站台面。

13.1.1.2 氢能源车辆应具备在本地区气候环境条件下正常运行的功能，确保在寿命周期内正常运行时的行车安全和人身安全，同时应具备故障、事故和灾难情况下对人员和车辆救助的条件。

- 13.1.1.3 同一条轨道交通线路的氢能源车辆应采取相同标准，宜做到模块化设计和车型统一。
- 13.1.1.4 车辆内部噪音不应大于 75dB；车辆外部噪音停车时不应大于 68dB，以 70km/h 速度运行时不应大于 79dB。
- 13.1.1.5 车辆内部和外侧应无可能造成客伤的凸出部件。过道处、扶手等不应有可能造成乘客伤害的尖角或突出物。
- 13.1.1.6 列车上非乘客使用的重要设备或设施应具有锁闭措施。列车客室地板应耐磨、防滑、防水，行走安全，边缘清晰易辨。客室结构、车厢及座椅的状况应保持良好。
- 13.1.1.7 对于购置列车或转厂生产的首列车，应先行开展型式试验验证车辆性能。新购置列车均应开展动态功能测试，测试应先在试车线进行，并做好安全防护措施。在满足冲突点防护、车门与动车互锁、溜车防护和超速防护等安全功能要求后，方可进行正线测试。测试合格后，方可投入运营。
- 13.1.1.8 列车车门防夹警示、车门防倚靠警示、紧急报警提示、车门紧急解锁操作提示、消防设备提示等安全标志应齐全醒目。

13.1.2 机械系统

- 13.1.2.1 氢能源车辆应设架车、吊车、复轨等位置及结构，其功能应符合车辆维护和救援的规定。车体外部用于救援或起复的结构部位应设置醒目标志。
- 13.1.2.2 客室窗应部分采用可上部开闭的车窗，窗玻璃应采用安全玻璃，并应符合相关国标的规定。
- 13.1.2.3 客室门、贯通道等客室内设施的布置，应满足在不大于 30s 内(含开关门时间)快速集中或疏散乘客上下车的需要。
- 13.1.2.4 客室应根据车辆运用条件，设置足够数量的双开式客室门：司机室与客室之间应设隔门及隔断，隔离门锁宜采用关门自锁结构；客室门开度应不小于 1300mm，车门有效净高度不应低于 1800mm，隔门的开宽度不应小于 550mm。
- 13.1.2.5 客室门应有可靠的机械锁闭、故障隔离、紧急解锁、重开门等安全设计：应具有司机集中控制开关门和左侧、右侧开关选择，开门与牵引互锁，障碍探测，司机旁路控制，故障诊断、显示和记录，开(关)门时的声、光提示，以及开(关)门状态、故障隔离状态显示等功能。
- 13.1.2.6 客室车门应具有安全连锁，确保车速大于 5km/h 时不能开启，车门未全关闭时不能起动列车。列车运行中的客室车门应不会因故障导致意外打开。
- 13.1.2.7 车体和安装车体外部的各种设备的外壳和所有开孔、门窗、孔盖等应能防止雨雪侵入。车门关闭后，应能防止水进入车辆或进入门内侧的水能自行排出，不应影响门部件的功能。
- 13.1.2.8 车钩应能满足相邻车辆悬挂系统失效及极限轮径差等最不利条件组合情况下的列车安全运行要求。
- 13.1.2.9 车钩应具备能量吸收、缓冲功能，车钩联接时不应受振动和冲击而分离。
- 13.1.2.10 在通风系统正常工作情况下，客室内静态正压应维持在 30Pa~50Pa 之间。
- 13.1.2.11 空调通风系统应具备安全保护功能。
- 13.1.2.12 转向架悬挂系统应具备减振功能，失效后应能保证列车运行。

13.1.3 电气系统

- 13.1.3.1 列车应设置报警系统，客室内应设置乘客紧急报警装置，乘客紧急报警装置应具有列车司机与乘客间双向通信功能。
- 13.1.3.2 客室内应设置能显示列车到站、运行方向等信息的设备。
- 13.1.3.3 车辆的牵引系统应具备防空转功能，制动系统应具有防滑保护功能。
- 13.1.3.4 车辆应具备牵引回路的断路保护功能，与混合动力源（氢燃料电池与牵引蓄电池）断路器的整定值应匹配。
- 13.1.3.5 列车电制动和基础制动之间的混合与过渡应平滑，并优先发挥电制动能力。
- 13.1.3.6 车辆之间意外分离时，车辆应能自动实施紧急制动。
- 13.1.3.7 车辆控制系统应具有控制、自诊断及监控功能，并具备接收、判断、储存、发送车辆各系统的状态信息、故障信息的功能。

13.1.3.8 车辆控制系统应在通信网络冗余的基础上设置硬线冗余。车辆控制和监控系统应具有车辆运行和故障信息自动采集记录、显示、读出和打印功能，并兼有对列车及其辅助设备的控制功能。断电后数据存储期不宜少于 30d。

13.1.3.9 车辆两端驾驶室均应具有操纵功能，但同一时间仅一端处于可控制状态。

13.1.3.10 车辆应配备乘客信息系统，应涵盖客室内的视频监控功能。视频内容应实现本地存储，宜实现实时上传功能。

13.1.3.11 车辆电气设备应具备抗干扰能力，不应影响通信、信号和其他系统的正常功能造成影响。

13.1.3.12 辅助供电系统的容量应能满足车辆控制系统、车辆照明、车门驱动、车辆乘客信息系统、供风、空调通风(含采暖)及车辆设备通风等系统的负载需求。

13.1.3.13 车辆各电气设备金属外壳或箱体应采取保护性接地措施。

13.1.4 氢动力系统

13.1.4.1 氢动力系统的选型需满足有轨电车的正常使用需求。

13.1.4.2 氢动力系统氢燃料电池模块净输出功率不应少于 200kW，氢燃料电池模块净输出功率在 10000 工作小时衰减率不能超过 10%。氢燃料电池在-25℃应能正常启动。氢燃料电池模块性能需满足 GB/T 24554 及相关标准要求。氢燃料电池模块用氢应满足相关标准要求。氢燃料电池模块需具备远程通信和诊断功能、故障诊断和寿命预测功能。

13.1.4.3 氢动力系统若采用高压气态储氢方式，储氢瓶设计工作压力不应低于 35MPa，使用寿命不应低于 15 年，储氢瓶的选用需满足相关国标的要求。

13.1.4.4 氢动力系统燃料电池应具备在各种工况下的冷却功能。

13.1.4.5 氢动力系统需具备储能系统：储能系统可采用动力蓄电池、动力蓄电池+超级电容和超级电容等。

13.1.4.6 氢动力系统 DC-DC 模块应具备转化效率高、输入电压范围宽、输出电压稳定的特性。

13.1.4.7 氢动力系统能量控制器应满足车辆使用的技术条件要求。

13.1.4.8 氢动力系统的各部件噪音指标应满足整车标准要求。

13.1.4.9 氢动力系统储氢模块的设计、使用、检测应满足国家相关法规及标准的规定要求。

13.1.4.10 氢动力系统在故障状态时，仅动力电池供电情况下，车辆仍能满足就近交路运营回场。

13.1.4.11 氢动力系统中储氢模块为高压特种设备，需满足相关特种设备安全认证。

13.2 车辆基地

13.2.1 车辆基地建筑的功能布局、强度、稳定性、耐久性应满足车辆检修、综合维修、物资仓储等生产管理的需要。

13.2.2 车辆基地各检修列位数应根据运营车辆全年走行公里、检修周期、检修时间等计算确定。

13.2.3 车辆基地内不同线路之间应设置联络线，确保列车在基地内实现线路之间便捷的转线。

13.2.4 配属车辆由运用车、备用车和检修车组成，以列为单位。备用车的配置数量不宜大于运用车的 10%，检修车的配置数量不宜大于运用车的 15%。

13.2.5 车辆基地内建筑物的朝向和自然通风应满足不同建筑物的功能需求。列检库、检修库、洗车库等高厂房宜采用自然通风。

13.2.6 车辆基地应具备出入口控制、监控、报警、警戒等功能，宜划分生产、生活、办公区域。

13.2.7 车辆基地内的设施设备宜实现标准化配置。

13.2.8 生产性库房检修爬梯应与墙体预埋角钢焊接牢固，钢爬梯应做防锈处理。库内水管应根据防寒需求做好防寒措施。

13.2.9 车辆基地的周界以及列检库、检修库、加氢站等涉氢作业区域应有安全护栏、通道门等围蔽设施，并满足封闭管理要求；车辆基地应有不少于 2 个具备使用条件并与外界道路相通的出入口。

13.2.10 车辆基地内宜设置包括视频监控系统、周界报警系统、门禁系统、巡更系统、可燃气体报警系统、火焰探测报警系统等安全生产设备。

13.2.11 车辆基地内应设置治理废气、废液、废渣和噪声的条件和设施。

13.2.12 车辆基地内应具有良好的排水系统，应满足防洪、防淹要求。

13.2.13 铰链库基坑宜设置空调。

13.2.14 车辆基地中的铰链库应与列检库、检修库、加氢站等涉氢作业区域分开设置；易燃物品库应独立设置，应按存放物品的不同性质分库设置，并与其他建筑物保持安全距离。

13.2.15 车辆基地安全标志应齐全醒目，道路、平交路口、站场线路、试车线等应设有安全距离、限高等设施和安全警示标志。

13.2.16 列检库、检修库宜按照甲类火灾危险性厂房设计，库内电气设备应符合现行国家标准 GB 50058 等标准的规定。

13.2.17 列检库、检修库入口处应设置人体静电清除装置，库内各股道设防静电接地装置。

13.2.18 车辆基地列检库、检修库库内的火灾报警设备应采用设备保护级别为 Gb 的防爆设备，设备类别为 IC，电气设备温度组别为 T6，其中手动报警按钮、声光报警器均采用本质安全型产品，可燃气体探测器采用隔爆型产品；钢管配线的电气线路应做好隔离密封。

13.3 运行维护要求

13.3.1 氢能源车辆设备的布局应预留检修的条件和空间。

13.3.2 氢能源车辆带氢进入列检库、检修库前必须检查储氢系统及安全报警装置，确保其工作正常，且无泄漏、无故障发生。同时检查库内可燃气体报警系统已开启并正常工作。

13.3.3 氢能源车辆的氢燃料电池系统、储氢系统等涉氢设备均衡修时（非动火作业），须将储氢瓶氢气压力降至 2MPa~3MPa 方可进行。

13.3.4 氢能源车辆进行铰链、储氢瓶故障修复等作业前，或长期停放前，储氢瓶均应采用氮气进行吹扫置换，待瓶内含氢量不超过 0.2%（体积分数）或含氧量不超过 0.5%（体积分数）方可进行。

13.3.5 氢能源车辆的氢燃料电池系统、储氢系统等涉氢设备开展检修作业时，须使用防爆工器具，作业前后应着重检测涉氢设备的管路、阀件及连接处的氢气泄漏情况。

13.3.6 进入涉氢场所的人员应当穿戴防静电工作服和防静电鞋，严禁带入火种；作业时应当使用不产生火花的工具；氢气设备运行时，禁止敲击、带压维修和紧固。

13.3.7 车辆的空调等系统或部件应根据季节气候变化特点调整维护检测标准。

13.3.8 转向架、氢动力系统车辆的关键部件应进行定期检测。当出现危及行车安全的故障时，列车不应上线运营并及时修复。

13.3.9 车辆的牵引系统、制动系统、氢动力系统和走行系统等运行状态应进行实时监测。

13.3.10 车辆基地的检修库内应设置车顶检修平台和地沟。检修地沟应具有通风条件且配备照明系统，宜采用柱式检查坑。灯具、插座、风扇、配线敷设均需防爆保护不应突出检修地沟两侧壁。检修地沟应设置排水设施，并具有防止下水倒灌的措施。

13.3.11 车辆基地内建筑、道路，特别是围墙的沉降和开裂应进行定期监测，影响使用或危及安全时应及时修复。

13.3.12 车辆基地应配备不落轮镟床、公铁两用救援车、架车机、车辆自动清洗机、抢修救援设备及其他专用检修设备，宜配备试验设备和在线检测设备。

13.3.13 不落轮镟床应具有轮对自动测量功能，宜配置车辆牵引装置。

13.3.14 公铁两用救援车在牵引车辆时，应具备在最大坡度条件下的牵引和制动能力。

13.3.15 车辆救援设备应配备在专用车辆上，满足抢修要求。

13.3.16 架车机应具有紧急停止、复位、同步运行等功能，并满足单辆车或多辆车架车检修的要求。

13.3.17 可燃气体报警系统应按 JJG 693 规定，每年至少检定 1 次。

14 加氢站

14.1 加氢站与车辆基地相邻时，两者之间应设置有效的分隔设施；加氢站的车辆出入口，不宜与车辆基地场内道路直接连通。

14.2 加氢站应设置 2 台及以上氢气压缩机，每台氢气压缩机应配套拥有独立通道的充装系统，满足两列及以上车辆同时开展加氢作业；独立通道间可设旁通阀等作为连通装置。

14.3 加氢站应配置储氢容器，氢气储量应满足车辆的每日用氢需求。

14.4 加氢站应配备氮气置换装置，供车辆储氢系统开展氮气置换作业使用。

14.5 加氢站应结合车辆基地就近设置，站址选择、总平面布置、加氢工艺及设施、消防与安全设施、建筑设施、给水排水、电气装置、采暖通风、施工/安装和验收、氢气系统运行管理的其他要求按照国家标准 GB 50516 执行。

15 运营管理要求

15.1 一般要求

15.1.1 运营单位应按有关规定取得经营资格，应符合 T/FSQX 004-2021 的相关规定。

15.1.2 运营单位应建立健全组织机构，设置行车组织、客运服务、设施设备维护和安全管理等部门，涉氢管理工作应该纳入安全管理部门。并保障各部门职责明确、分工合理、衔接紧密，制定切实可行的运营组织管理程序。

15.1.3 运营单位应配置具备相应岗位资格能力的生产、技术、管理等工作人员，并建立岗位责任制，保障定员合理、责任落实。

15.1.4 运营单位应建立健全安全管理、涉氢管理、行车组织、客运组织与服务、设施设备运行维护、车站与车辆基地管理、应急预案等规章制度和操作办法。

15.1.5 运营线路每天非运营时间内的检修施工预留时间应满足设施设备检修维护的需要。

15.1.6 运营单位应定期对服务质量、生产安全、重要设施设备故障等运营指标进行统计和分析。运营指标计算内容和方法应符合有关规定。

15.2 运营组织

15.2.1 行车组织工作应实行 24h 工作制。行车日期划分以零时为界，零时以前办妥的行车手续，零时以后仍视为有效。

15.2.2 运营单位应制定行车组织规则，明确轨行区管理、车辆救援、施工组织和正常情况下行车组织和非正常行车组织等内容。运营单位应按照行车组织规则及其细则做好行车组织工作。

15.2.3 运营单位应建立以下规章制度：

- a) 安全管理类：以安全生产责任制为核心的安全管理制度和安全生产投入制度；
- b) 行车管理类：包括行车组织规则、调度工作手册和施工管理办法等；
- c) 客运服务类：包括客运服务质量标准、客运服务工作规范和票务管理办法等；
- d) 设备维护类：包括各专业系统设备的运行规程、检修规程和检修管理制度等；
- e) 操作办法类：包括各专业系统设备的操作手册、列车驾驶员操作手册和故障处理指南等；
- f) 应急处置类：针对交通事故、氢气泄漏、火灾、爆炸、列车脱轨、洪涝、地震等突发事件的应急预案制定事故处理流程、乘客服务信息应急发布、乘客伤亡事故处置和运营事故调查处理等制度。

15.2.4 运营人员应符合下列规定：

- a) 列车驾驶员、调度员、客运服务员和其他人员应具备岗位业务知识和技能，通过健康检查和心理测试；
- b) 列车驾驶员的技能和素质要求应符合 JT/T 1003.1 的要求取得公安机关交通管理部门颁发的 P 类驾驶执照在培训期间应接受车辆故障、火灾、停电和脱轨等险情的模拟操作训练驾驶里程不少于 1000km；
- c) 行车调度员的技能和素质要求应符合 JT/T 1004.1 的要求并取得上岗证；
- d) 客运服务员应取得岗位资格证并具备协助列车驾驶员处理紧急突发事件能力；
- e) 设备维修人员应具备设备维修技能并取得上岗证；
- f) 特种设备作业人员应取得相关部门颁发的特种设备作业人员证并取得特种设备作业资格证。

15.2.5 行车组织工作应以运营时刻表为基础，应该明确首尾班车时间、上线运营列车以及加氢列车数量、加氢列车加氢时间、峰期设置、行车间隔等，乘务计划和列车运用计划应与列车运行计划相匹配。

15.2.6 氢能源有轨电车组织加氢列车加氢作业时不能影响正线正常的运营服务。

15.2.7 氢能源有轨电车根据列车满氢状态最大运行里程来制定加氢周期。根据不同季节能耗情况制定相应时刻表。

15.2.8 列车发车间隔应保持一定服务水平,维持乘客较好的舒适度,高峰小时列车最小发车间隔不应大于10min。

15.2.9 氢能有轨电车运营线路运营指标应达到以下要求:

- a) 列车时刻表兑现率:不低于95%;
- b) 列车发车正点率:不低于95%;
- c) 列车退出正线运营故障率:不高于1次/千列公里;
- d) 运行控制系统故障率:不高于0.05次/千列公里;
- e) 供电系统故障率:不高于0.05次/千列公里;
- f) 车辆系统故障率:不高于1次/千列公里;
- g) 非限速情况下旅行速度:不低于20km/h。

15.2.10 运营单位应对列车运行速度进行规定,并按规定的速度组织列车运行,列车运行速度不得超过允许的最高运行速度。

15.2.11 高峰运行时段,在单向运行各区段内,列车乘客站席最大密度为每平方米5人-6人的区间数量(或长度),不宜大于全程的20%。

15.2.12 列车停站时间(含开关门时间)应根据沿线各车站上下乘客量的实际需求进行设置,最小停站时间不应低于20s,最大停站时间不宜超过60s。运营单位应通过技术和管理措施提高开关门作业效率,缩短停站时间,提高列车运行效率。

15.2.13 列车驾驶员出退勤交接点根据线路长度设置在线路终点站、车辆基地内或者加氢站休息点。

15.2.14 线路中断运行时,行车调度员应尽量安排故障区段内的列车停于站台范围;若故障列车无法自行运行至站台时,应安排列车救援或区间疏散。

15.2.15 运营期间影响正常行车的设备故障处理、抢修施工,应在确保安全的前提下采取措施先恢复有限条件行车。

15.2.16 设施设备调试、设备系统升级、试车线试车等重大施工,应提前制定专项施工组织方案,明确安全要求和不影响正常运营的措施。

15.2.17 运营期间线路采用单程购票或单程付费方式进行乘车,如有连接线网,可根据线网实际运营情况采取合适的票务政策,满足对超时、超程等票务事务处理。

15.2.18 当车站出现大客流情况到达一定程度时,应采取客流分级管控措施,结合实际情况采取客流控制措施。大客流时车站可采取以下客流管控措施:

- a) 利用车站站台、通道、天桥等公共区域通过设置间断铁马或伸缩栏杆,疏导上下车客流,减少交叉客流产生的影响;若公共区域的乘客人数较多时,控制进入站台候车的乘客人数;
- b) 在进站通道外部采取临时疏导措施,通过设置临时导向标志、隔离带,采用铁马分流或人工引导、广播宣传分批引导进入站台候车;
- c) 控制中心视实际客流情况或现场人员反馈情况进行行车组织调整,通过加开临时列车、适当延长停站时间进行客流疏导工作;
- d) 运营单位应做好乘客信息发布管理,正线设置导向柱、PIS屏等相关告知乘客运营信息内容,列车设置广播、PIS屏用于告知乘客运营信息内容。

15.3 安全管理

15.3.1 一般规定

15.3.1.1 运营单位是氢能源有轨电车安全运营的责任主体,应根据《中华人民共和国安全生产法》及相关法律法规要求建立安全生产制度、设置安全生产管理机构、配备安全生产管理人员,开展安全生产管理活动。

15.3.1.2 运营单位应确保安全生产管理工作落实到位,切实保障运营秩序和人身安全。

15.3.1.3 运营单位应结合运营生产需求,制定本单位涉氢安全生产规章制度和操作规程及应急救援预案。

15.3.1.4 运营单位应严格限制可燃物品的使用，并制定可燃物品安全使用管理规定。

15.3.2 风险管理

15.3.2.1 风险辨识范围应涵盖运营范围内的常规和非常规活动、工作人员、乘客、其他相关人员、设施设备及环境因素。

15.3.2.2 应根据包括大客流、设施设备老化等风险点致险因素及其指标控制要求，对风险点进行监测、评估、预警，及时掌握安全风险状态和变化趋势，并做好安全防范。

15.3.2.3 应将辨识出的风险点及其应急措施等信息及时告知相关人员，包括本单位员工、进入风险点工作区域的外部人员及乘客等。

15.3.2.4 运营单位应根据氢气泄漏风险对场段区域进行划分，确立不同等级的管理区域，区域间应采用隔离措施，并制定相应管理制度。

15.3.3 检查及评价

15.3.3.1 应定期对线路、轨道、结构工程、车辆、供电、通信、信号、消防、特种设备、应急照明等设施设备和环境状态以及客流变化等情况进行安全隐患排查，开展风险评估，健全风险防控措施。

15.3.3.2 应加强检查危险性大的、易发的、事故危害大的系统、部位、装置、设备，重点检查危险品仓库、加氢设备、轨行区、车场、消防设施设备、机房、关键岗位、关键作业、现场安全管理等内容。

15.3.3.3 运营线路应定期进行安全评价，运营十年以下的线路宜每五年进行一次安全评价，运营十年以上的线路宜按不低于三年一次频率进行安全评价。

15.3.4 事故管理

15.3.4.1 运营单位应根据国家和行业事故管理有关规定建立运营事故调查处理管理规定，主要包括事故等级、事故报告、事故调查、责任判定、损失认定等内容。

15.3.4.2 运营单位应建立事故责任追究管理规定，明确责任认定依据、责任追究对象、责任追究标准等内容。

15.3.4.3 运营单位应定期做好事故统计分析，并每年制定符合本地实际的安全控制指标。

15.4 应急管理

15.4.1 运营单位应建立并健全应急管理体系，完善应急管理组织机构设置。

15.4.2 运营单位应建立并健全应急指挥机制，针对可能发生的各类突发事件编制并完善应急预案，组织开展应急预案的培训和演练，并持续改进。

15.4.3 运营单位应贯彻“安全第一，生命至上”的要求，当出现涉氢突发事件时，及时疏散人员，积极采取措施最大限度地减少人员伤亡和财产损失。

15.4.4 运营单位应主动与所在地应急管理部门对接，建立应急联动机制。

15.4.5 运营单位应建立专、兼职应急抢险队伍，配备应急所需要的专业器材、设备，并定期开展应急抢修抢险培训，提高应急处置能力。

15.4.6 因突发大客流、设施设备故障、环境状态异常、自然灾害等原因可能导致运营突发事件时，运营单位应及时向相关岗位专业人员发出预警；可能影响线路运营安全时，运营单位应及时报告当地主管部门，并及时向公众发布预警信息。

15.4.7 涉氢事件处置完毕后，运营单位应采用现场监测与专业定期巡检相结合的手段对受影响区域连续进行检查监控，避免次生、伴生灾害发生。