

T/HEVCA

海南省电动汽车与充电设施协会团体标准

T/HEVCA 1.7—2023

换电式纯电动重型载货汽车 及共享换电站建设通用技术要求 第7部分：换电系统设备通用技术要求

General technical requirements for battery swap electric heavy goods vehicles and
shared battery swap station

Part 7: General technical requirements for battery swap system equipment

2023 - 12 - 26 发布

2024 - 1 - 1 实施

目 次

前言 II

引言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本构成与分类 2

5 技术要求 3

6 试验方法 8

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。

本文件是T/HEVCA 1《换电式纯电动重型载货汽车及共享换电站建设通用技术要求》的第7部分。T/HEVCA 1已经发布了以下部分：

- 第1部分：总则；
- 第2部分：换电电池系统通用技术要求；
- 第3部分：换电底托通用技术要求；
- 第4部分：换电连接器通用技术要求；
- 第5部分：换电控制器通用技术要求；
- 第6部分：换电系统通讯协议技术要求；
- 第7部分：换电系统设备通用技术要求；
- 第8部分：共享换电站建设及验收技术要求；
- 第9部分：通讯及数据安全要求。

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。

本文件由海南省新能源汽车促进中心提出。

本文件由海南省电动汽车与充电设施协会归口。

本文件起草单位：海南省新能源汽车促进中心、海南省电动汽车与充电设施协会、上海启源芯动力科技有限公司、上海玖行能源科技有限公司、上海融青新能源科技有限公司、中油绿色能源（海南）有限公司、海南省充电产业投资公司、南方电网（海南）电动汽车服务有限公司、海南省充换电一张网服务有限责任公司、南方电网数字电网集团（海南）有限公司、海南电力产业发展有限责任公司、绿动未来投资集团（海南）有限公司、万帮数字能源股份有限公司、海南奥动新能源科技有限公司、上海融和智电新能源有限公司、东风柳州汽车有限公司、汉马科技集团股份有限公司、徐州徐工新能源汽车有限公司、海南远程新能源载货汽车有限公司、海南山益工程机械有限公司、江苏智慧优视电子科技有限公司、国机海南发展有限公司、海南促进新能源汽车科技有限公司。

本文件主要起草人：郭国柱、罗浩亮、何瑞辉、王若蒙、周文杰、刘进、玄先涛、凌凯、张熙远、何滨华、金凯、钟东、黎茹、雒宏武、何文卫、林尤超、陈淮、孙俊伟、李士汉、黎传冠、李伟宁、林杰、赵亮、陈光、陶涛、王运豪、王玉超、陈德、玄先涛、赵银山、吉春宇、何雪海、吴清岩、许林勇、曾伟、刘英山、曹拥华、范志勇、刘子翔、万术伟、苏运荣、林芳弘。

引 言

在“双碳”目标指引下，载货汽车行业正加速向绿色低碳方向发展。其中，换电式纯电动重型载货汽车由于车电分离、快速补能的技术特点，受到行业高度关注。随着换电式纯电动重型载货汽车渗透率不断提高，市场上不同的换电站生产商越来越多，不同技术路径之间差异明显。

T/HEVCA 1旨在规范重型载货汽车换电机构的技术要求和试验方法，统一换电接口的界面型式与结构尺寸，确立换电站设备的技术要求和试验方法，指导换电站的建设与验收，确立数据监管平台的安全管理要求，从而实现不同换电站生产商与电动重型载货汽车生产商之间的产品互联互通，实现换电资源共享。T/HEVCA 1由九部分组成。

——第1部分：总则。目的在于确立换电式纯电动重型载货汽车及共享换电站的基本功能以及换电步骤，确保产品的功能性。

——第2部分：换电电池系统通用技术要求。目的在于确立换电电池系统的结构尺寸、技术要求及试验方法等，用于实现换电电池系统的互换性。

——第3部分：换电底托通用技术要求。目的在于确立换电底托的结构尺寸以及技术要求等，用于实现换电底托的互换性。

——第4部分：换电连接器通用技术要求。目的在于确立换电连接器的结构尺寸、电气接口定义、技术要求以及试验方法等，用于实现换电连接器的兼容性和互换性。

——第5部分：换电控制器通用技术要求。目的在于确立换电控制器的功能要求、性能要求、通讯要求、技术要求以及试验方法等，用于实现换电控制器的兼容性和互换性。

——第6部分：换电系统通讯协议技术要求。目的在于确立换电系统的通讯协议，用于实现换电系统的兼容性和互换性。

——第7部分：换电系统设备通用技术要求。目的在于确立换电系统设备的技术要求以及试验方法等，用于实现换电系统设备的互换性。

——第8部分：共享换电站建设及验收技术要求。目的在于确立换电站的选址、规划、系统、安全与消防要求等，用于指导共享换电站的建设及验收。

——第9部分：通讯及数据安全要求。目的在于确立共享换电站与政府监管平台的数据采集与监管要求，用于实现换电数据的统一管理。

换电式纯电动重型载货汽车及共享换电站建设通用技术要求

第7部分：换电系统设备技术要求

1 范围

本文件规定了换电式纯电动重型载货汽车换电站换电系统设备的基本构成与分类、技术要求和试验方法。

本文件适用于吊装式纯电动载货汽车换电站。不适用于侧换式及底部换电式换电站。

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 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
- GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
- GB/T 2423.3 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验
- GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）
- GB 4793 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求
- GB 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件
- GB/T 7251.1 低压成套开关设备和控制设备 第1部分：总则
- GB/T 8554 电子和通信设备用变压器和电感器测量方法及试验程序
- GB 9254 信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法
- GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
- GB 16796 安全防范报警设备 安全要求和试验方法
- GB/T 16935.1 低压系统内设备的绝缘配合 第1部分：原理、要求和试验
- GB/T 17626 电磁兼容试验和测量技术
- GB/T 17626.2 电磁兼容试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3 电磁兼容试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 18487.1 电动汽车传导充电系统 第1部分：通用要求
- GB/T 19666 阻燃和耐火电线电缆通则
- GB/T 28649 机动车号牌自动识别系统
- GB/T 29317-2021 电动汽车充换电设施术语
- GB/T 34657.1 电动汽车传导充电互操作性测试规范 第1部分：供电设备
- GB 50016 建筑设计防火规范
- GB/T 50065 交流电气装置的接地设计规范
- GB 50217 电力工程电缆设计标准
- GB 50229 火力发电厂与变电站设计防火标准
- JB 7233 包装机械 安全要求
- NB/T 33008.1 电动汽车充电设备检验试验规范 第1部分：非车载充电机

3 术语和定义

GB/T 19596、GB/T 29317-2021界定的及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

换电通道 battery swap channel

换电车辆进行换电操作时，用于停放车辆的区域，包括引导与辅助停泊设施。

3.2

泊车位 parking space

换电车辆进行换电操作时，满足换电操作范围需求的车辆停放位置。

3.3

电池系统更换设备 battery swap equipment

由电池系统固定或解除固定的单元，以及吊装设备组成。

3.4

车辆识别系统 vehicle identification system

在换电车辆进入换电站时，对车辆信息(车牌信息、车型信息、状态信息、VIN码信息等)进行识别并与车辆进行数据交互的系统。

3.5

车辆识别单元 vehicle identification unit

能够自动识别车辆唯一身份信息(如号牌、VIN号等)的设备单元。

3.6

引导装置 guide device

对系统各部分的工作状态、事件，以及对站(场)内状况，用声音、图形或文字等声光信息作出告知、提醒或报警提示的装置。

3.7

车辆姿态识别设备 vehicle position distinguish equipment

用于识别车辆停放位置、电池包所在位置的设备。

3.8

吊装设备 lifting equipment

用于将电池系统吊装至规定位置的专用设备。

3.9

电池系统存储托架 battery pack storage rack

用于承载电池系统的设备。

4 基本构成与分类

换电系统设备的基本构成与分类见图1。其中，车辆识别系统包括车辆识别单元、引导装置及换电控制器。

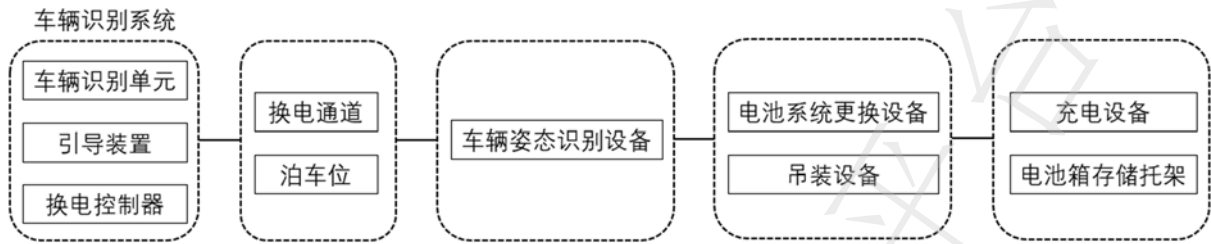


图1 换电系统设备构成示意图

5 技术要求

5.1 环境要求

5.1.1 工作环境应满足下列要求：

- a) 环境温度：-20℃～65℃；
- b) 相对湿度：在5%～99%。

5.1.2 换电系统和设备应能适应周边环境的变化，环境适应性应满足下列要求：

- a) 车辆识别系统应具备耐温度交变性能。车辆识别系统应能耐受温度由-20℃～65℃变化的影响，在温度循环变化后，系统应启动正常，逻辑正确；
- b) 电池系统更换设备应具备耐湿热性能。电池系统更换设备在温度65℃、相对湿度99%的条件下，应启动正常，逻辑正确；
- c) 换电通道结构应具备耐盐雾腐蚀性能。换电通道结构应采用耐腐蚀材料或做防腐处理，在换电通道的使用周期内不应有腐蚀引起的结构或功能失效。

5.2 功能要求

5.2.1 车辆定位

5.2.1.1 换电通道应具备引导与辅助车辆停车位置的功能，使换电车辆停靠于泊车位内。

5.2.1.2 换电通道内的外露传感器应采用高盐雾版设备。

5.2.2 车辆到位检测

5.2.2.1 换电通道应具备车辆到位检测功能，能够监测换电车辆是否处于泊车位内。换电通道在确定车辆稳定、安全停于泊车位时，方能允许进行换电操作。

5.2.2.2 在设置泊车位时，应考虑所服务各种车型的电池系统在车身上的相对位置不同，保证车上电池系统位于电池系统定位系统的识别范围内。

5.2.3 换电时间

一个完整的换电过程时间应不大于5 min。

5.2.4 车辆与电池系统位置检测

车辆姿态识别设备应具备电池系统位置检测功能，能够检测车辆X轴方向、Y轴方向、Z轴方向的距离偏差及车辆X轴的角度偏移。

5.2.5 防止碰撞

换电通道及进出口宜具备防撞措施。

5.2.6 电池系统更换

5.2.6.1 吊装系统应具备吊具到位检测功能、电池系统到位检测功能等，吊装过程安全可靠。

5.2.6.2 吊装系统与车辆及电池系统直接接触的操作机构部分应采用导向结构，防止吊具在运动过程中因运动精度过低或无法精确匹配电池系统姿态，与电池系统顶部碰撞导致损坏。导向结构的导向范围在X/Y方向上都应达到 ± 50 mm。电池系统吊装机构宜设置限速，防止惯性过大导致损坏。

5.2.6.3 吊具在连接并固定电池系统时，应选择电池系统顶部抓举区X/Y方向的外框进行连接与固定，宜采用双侧各两点连接的四点连接方式。吊具中的连接装置宜采用钩锁形式，挂住电池系统抓举区外框上的连接点。

5.2.7 电池系统定位

5.2.7.1 换电系统设备应具备固定电池系统的定位、导向双重结构，并具备电池系统固定到位检测功能，确保满足电池系统解锁/锁紧的需求，确保电池系统在运输过程中不会跌落。电池系统更换设备宜具备定位失效检测和告警功能，防止电池系统和车身对接异常导致损坏，吊装系统适配的抓举特征应设置在换电电池系统上投影面内。

5.2.7.2 换电系统设备应能精确定位电池系统的位置，精度宜优于导向机构的导向能力并有余量。可采用视觉定位、激光定位等方式进行电池系统的定位，此时应在识别区设置识别特征（特定尺寸、颜色、符号等），且需要保证识别特征被环境污损后的识别成功率。

5.2.7.3 导向机构应采用高锰钢、合金钢或其他耐腐蚀材料。

5.2.8 限位保护功能

换电通道内所有运动机构应具有行程、极限保护功能，包括软件限位和硬件限位装置，确保运动机构在安全范围内动作，防止因超出位置极限造成危害。

5.2.9 断电保护功能

换电通道应具备断电保护功能。若换电过程中突然断电，各运动部件应在100 ms内停止工作，并发出告警提示，不得出现跌落、飞车等失控现象；恢复供电时，应处于停机状态，接收到操作指令后方可继续换电流程。

5.2.10 自检功能

车辆识别系统应具备自检功能，当系统出现故障时应及时准确的上报故障信息，并采取必要的保护措施，避免发生危险及财产损失。

5.2.11 车辆信息识别

车辆识别系统应能读取到车辆VIN码，并将车辆VIN码作为识别车辆的唯一身份。

5.2.12 鉴权识别

车辆识别系统可以通过与车辆和远程云平台的无线通讯，进行车辆与换电站的鉴权通信。

5.2.13 车辆型号信息识别

车辆识别系统应能够自动识别录入系统的车辆型号。

5.2.14 车辆其他信息识别

车辆识别系统宜能够自动识别录入系统的车辆的品牌等信息。

5.2.15 语音播报/文字提示

5.2.15.1 车辆识别系统能够对车辆停靠的位置信息进行文字或语音提示，显示电池包正确停靠区域和当前电池包所在位置，指示司机驾驶车辆将电池包移动到正确停靠区域。

5.2.15.2 车辆识别系统应具备语音播报和文字提示功能，为换电客户提供清晰的信息，播放或显示引导车辆驶入或驶离信息，车辆信息，是否允许换电等提示信息；语音及文字信息，宜能够有效的引导客户进行换电。

5.2.16 应急控制

车辆识别系统应具备手动输入车辆信息的功能，当发生故障无法正常识别车辆信息时，可以通过手动方式输入号牌、车辆型号等重要信息。

5.2.17 数据存储和压缩

车辆识别系统应能够自动存储车辆身份信息、进站时间、离站时间等重要信息，断电时存储信息不应丢失，存储的信息可通过通信接口导出到外部存储介质。数据存储时间不少于30天，支持历史数据查询功能。

5.2.18 系统校时

车辆识别系统应具备手动或自动校时功能(参照标准北京时间)，24 h累计时钟误差小于等于3 s。

5.2.19 车辆信息监测

车辆换电过程中，车辆识别系统应能获取车辆状态数据。数据应至少包含下列内容：

- a) 车辆挡位状态；
- b) 驻车状态；
- c) 换电锁状态；
- d) 电池系统到位状态；
- e) 车辆VIN码；
- f) 电池系统编码；
- g) 行驶里程等。

5.2.20 通信安全

车辆识别系统与车辆之间，车辆识别系统内部远程通信设备与终端控制设备之间，数据交互宜进行加密处理。

5.2.21 防结露保护

换电站内应安装风机、空调等通风除湿设备，防止设备表面产生结露。

5.2.22 充电设备

5.2.22.1 充电设备的充电参数应满足动力电池系统的充电要求，最高输出电压宜不低于750 V，恒功率区间应涵盖电池系统电压范围。

5.2.22.2 充电设备应能获取电池的SOC、最高与最低温度、总电压、电流、电芯电压数据以及各种警告与保护状态信息，并上传至监控系统。

5.2.22.3 充电设备应具备灯光显示功能，对每个回路充电过程中的运行状态进行指示显示。

5.2.22.4 充电设备应具备一个不小于7寸显示屏，可显示充电过程中的SOC、电压、电流等参数。显示屏应具备本地启停和参数设置操作等功能。

5.2.22.5 充电设备应具备与电池转运设备的连锁功能，防止连接器的带电插拔。

5.2.22.6 充电设备与电池系统之间宜按照GB/T 18487.1及GB/T 34657.1的要求具备导引电路。

5.2.22.7 充电设备的安全保护功能宜满足NB/T 33008.1的要求。

5.2.22.8 充电设备宜设置在室内，防护等级宜不低于IP32。

5.2.22.9 充电设备中应至少设置有1组设备能满足双枪充电的应急输出能力。

5.2.23 吊装设备

5.2.23.1 吊装设备额定载荷应大于负载(见表1)，并在明显位置标注额定载荷。在正常使用条件下不应发生明显形变或失效。

表1 吊装设备额定载荷应大于负载

电量	负载
282 kWh	2.8 吨
350 kWh	4.3 吨

- 5.2.23.2 吊装设备应具备防摇及防止坠落的设计。
- 5.2.23.3 吊装设备的抓具应采用高锰钢、合金钢或其他耐腐蚀材料。
- 5.2.23.4 吊装系统应具备电池到位检测功能，在插拔电池连接器前应对电池状态或接插件状态进行确认。
- 5.2.23.5 吊装设备应具有行程极限保护功能。
- 5.2.23.6 吊装系统各设备的各动作之间应能够安全互锁，防止误操作情况下电池坠落。
- 5.2.23.7 吊装设备应具备单步操作（半自动）转运电池的功能。
- 5.2.23.8 吊装设备的导轨及主要运动部件（如大小轮，齿轮齿条，卷筒）的表面应定期涂油。

5.2.24 电池系统存储托架

电池系统存储托架的功能应满足 GB/T 33341 的相关要求。

5.3 性能要求

5.3.1 换电通道尺寸

换电通道中的停车位尺寸宽度宜不小于4000 mm，高度宜不小于4800 mm。

5.3.2 电池系统升降行程

吊装设备的升降高度应满足电池系统更换的要求，起升行程宜不大于2600 mm。

5.3.3 承载能力

换电通道（或地面）总体承载能力应不小于载货汽车49吨载荷的要求。

5.3.4 电池系统更换设备定位精度

电池系统更换设备的水平与垂直重复定位精度应优于5 mm。

5.3.5 电池系统定位容错

电池系统更换设备装配/拆卸电池系统时，允许电池系统或车辆的位置偏差应不小于50 mm。

5.3.6 识别范围

车辆识别单元识别距离应不小于2 m。

5.3.7 动态识别

车辆识别单元应能够识别以0 km/h~10 km/h速度范围内通过识别区域的车辆信息。

5.3.8 识别正确率

车辆身份信息识别正确率应达到100 %。

5.3.9 信息捕获率

车辆身份信息捕获率应达到100 %。

5.3.10 充电设备

- 5.3.10.1 充电互操作测试参考 GB/T 34657.1 的规定。
- 5.3.10.2 在充电前应进行绝缘检测，在充电过程中，应能显示待机状态、充电状态、故障或告警状态等，并具备短路保护、过流保护、过热保护、过充保护功能。

5.3.10.3 充电设备告警、充电开始/结束时间等均应有事件记录，同时具备数据储存功能，应能保存至少 20 次充电过程曲线（每一路均需要），事件记录和曲线具有掉电保持功能。具备故障前后 30 秒数据记录及上传的功能。

5.3.10.4 充电设备应接入上级监控系统，在充电过程中，充电设备应能随时响应上级监控系统数据召唤和远程控制。

5.3.10.5 充电设备应具备与外部通信的相关接口。

5.3.10.6 充电设备软件应具备远程升级功能。

5.3.10.7 充电设备应具备直流输出计量功能，直流计量回路分流器精度等级不应低于 0.2 级，表计精度等级不应低于 1.0 级，并具备便于计量检定的接口。

5.3.11 吊装设备

5.3.11.1 吊装设备的安全防护应满足 JB 7233 的规定。

5.3.11.2 吊装设备应有清晰醒目的操纵、润滑等安全警示标志，安全标志应符合 GB 2894 的规定。

5.3.12 电池系统存储架

5.3.12.1 电池系统存储架宜具有烟雾报警装置。

5.3.12.2 电池系统存储架应与带电部件可靠绝缘。

5.4 安全性能

5.4.1 电源适应性应满足下列要求：

a) 电源：AC380 V $\pm$ 15 % 或 AC220 V $\pm$ 15 %；

b) 频率：50 Hz $\pm$ 1 Hz。

5.4.2 接地性能

5.4.2.1 换电通道接地要求应符合 GB/T 50065 中 7.1.2、8.1、8.2 所规定的低压系统接地要求。

5.4.2.2 所有被控对象需要接地的，必须安全可靠接地，接地形式可采用与集装箱共用接地的形式，设备接地电阻应小于 4 Ω ，采用 TN-S 供电系统，零地线不得相互替代。

5.4.3 绝缘电阻

绝缘电阻的要求应符合 GB/T 16935.1 中 4.2.3、4.2.4、4.2.5 所规定的峰值电压以及过电压条件下绝缘配合的要求。

5.4.4 介电强度

介电强度应符合 GB/T 18487.1 中 11.5 所规定的冲击耐压的要求。

5.4.5 接触电流

接触电流应符合 GB 16796 中 5.4.1 所规定的可触及部分防电击条件的要求。

5.4.6 外壳防护

5.4.6.1 整站室内设备防护等级不低于 IP32，室外设备防护等级不低于 IP54。

5.4.6.2 车辆识别系统中户外安装的部件应采取密封措施，防止雨雪等其他水和灰尘等进入内部产生有害影响，外壳的防护等级为 IP50。

5.4.7 阻燃/耐火等级

阻燃/耐火要求应符合 GB 50229 中 3.0.1、3.0.2 所规定的耐火等级的要求和 GB 50016 中 10.1.10 所规定的消防电气系统的要求。

5.4.8 充电设备

5.4.8.1 机械安全要求

5.4.8.1.1 螺栓、螺母等紧固件及各零件应可靠固定，防止松动，不应因振动而脱落。

5.4.8.1.2 对进入工作区人员存在风险的区域，应在工作区外设置安全警告提示和必要的防护措施。

5.4.8.2 电气安全要求

5.4.8.2.1 充电设备的电路控制系统应符合 GB 5226.1 的要求。安全可靠，控制准确，各电器接口联接牢固并加以编号。操作按钮应灵活、指示灯显示应正常。

5.4.8.2.2 充电设备应有急停装置，按下急停应能切断设备功率变换模块交流输入电压与设备的直流输出。

5.4.8.2.3 所有外露导电部分都应按 GB 5226.1 中 8.2.1 的要求连接到保护联结电路上。接地端子或接地触点与接地金属部件之间的连接应具有低电阻值，其电阻值应不超过 1 Ω 。

5.4.8.2.4 电气设备的所有电路导线与保护连接电路之间应按照 GB/T 8554 和 GB/T 4793 规定经受至少 60 s 时间耐电压试验。

5.4.8.2.5 充电设备应具备门限连锁保护功能。

5.4.9 吊装设备

5.4.9.1 机械安全要求

5.4.9.1.1 换电站内电池系统更换设备应有电池系统固定的导向结构，确保在固定过程中不发生碰撞或连接未成功情况，电池系统更换设备应确保电池系统在传输过程中不会产生不必要的位移。

5.4.9.1.2 换电站内电池系统支撑结构要作用在电池系统上已注明的支撑结构点位置上，防止局部压强大损害内部的电池。

5.4.9.1.3 应对换电站中的运动机构如升降机构、行走机构、旋转机构和传动机构等进行安全风险评估，并提出相应的防范措施，防止对车辆及人身构成直接或间接的安全威胁，如挤压、冲击等。

5.4.9.2 电气安全要求

5.4.9.2.1 吊装设备的电路控制系统应符合 GB 5226.1 的要求。安全可靠，控制准确，各电器接口连接牢固，宜在连接点处须加装温度传感器对连接质量进行实时监控，并加以编号；操作按钮应灵活、指示灯显示应正常，应有急停装置。

5.4.9.2.2 所有外露导电部分都应按 GB 5226.1 中 8.2.1 的要求连接到保护连接电路上。接地端子或接地触点与接地金属部件之间的连接，应具有低电阻值，其电阻值应不超过 0.1 Ω 。

5.4.9.2.3 电气设备的所有电路导线与保护连接电路之间应按照 GB/T 8554 和 GB 4793 的规定经受至少 60 s 时间耐电压试验。

5.4.10 电池系统存储托架

电池系统存储托架的性能应满足 GB/T 33341 的相关要求。

6 试验方法

6.1 环境要求

在本文件中，除特殊要求外，试验均在测量和试验用标准大气条件下进行，即：

- a) 环境温度：15 $^{\circ}\text{C}$ ～35 $^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 环境湿度：45 %～75 %；
- c) 大气压力：86 kPa～106 kPa；
- d) 空气中不应含有腐蚀金属、破坏绝缘、导电和爆炸物质，且每项试验期间，标准大气环境条件应相对稳定。

6.2 功能试验

系统在正常工作状态下，按使用说明书或其他操作说明文件中的操作程序逐项进行功能验证。

6.3 性能试验

6.3.1 尺寸

使用量具对换电通道的长度、宽度、高度进行测量。

6.3.2 承载能力

6.3.2.1 换电通道直接使用地面的，在没有特殊要求的情况下，核验地勘报告、设计院图纸、施工验收文件即可，无需测试。

6.3.2.2 换电通道使用定制结构的，测试方法如下：

- a) 调整车辆配重或使用模拟工装，使车辆（工装）总重达到最大承载量 $\pm 5\%$ ；
- b) 驾驶试验车辆驶入换电通道进行换电；
- c) 换电完成后驶离换电通道。

6.3.3 重复定位精度

电池系统更换设备在满载和空载的条件下，分别在轨道上沿X方向和Y方向往复行走（即满载X方向和Y方向，空载X方向和Y方向，总计4种），往复行走1次停10 s，在行程两端使用刻度尺标记，每3次记录一次刻度尺度数，往复行走15次；电池系统更换设备满载和空载，分别收放吊具，收放1次停5 s，在行程末端用刻度尺标记，每3次记录一次刻度尺度数，往复行走15次，分别对比满载和空载的刻度，测试结果应符合5.3.5的要求。

6.3.4 电池系统定位容错

电池系统定位容错试验应满足下列步骤：

- a) 电池系统更换设备调试完成后，记录电池系统或车辆正常定位的X/Y坐标值；
- b) 换电车辆（或模拟工装）驶入换电通道停稳后，换电设备切换至手动模式，按照设备允许定位容错偏差，手动调整车辆X/Y坐标值至极限位置；
- c) 定位完成后，使用半自动模式继续进行下一步换电操作直至换电完成。
- d) 测试结果应符合5.3.6的要求。

6.3.5 识别正确率

号牌识别正确率测试按GB/T 28649中5.1.5部分要求进行。

6.3.6 信息捕获率

车辆图像捕获率测试按GB/T 28649中5.1.7部分要求进行。

6.4 安全试验

6.4.1 电源适应性

6.4.1.1 电压波动适应性应满足，用自耦变压器或可调交流电源给系统供电，测试电压分别设定为额定电压的85%-90%-95%-100%-105%-110%-115%。每调整到一档电压并稳定后，都分别开启和关闭换电通道系统电源开关，检查逻辑和功能是否正常。

6.4.1.2 频率波动适应性应满足，用可调频交流电源给系统供电，测试电压为额定电压，频率分别为49Hz-50Hz-51Hz。每调整到一档频率并稳定后，都分别开启和关闭换电通道系统电源开关，检查逻辑和功能是否正常。

6.4.2 接地性能

换电系统设备接地要求应符合GB/T 50065中7.1.2、8.1、8.2所规定的低压系统接地要求。

6.4.3 绝缘电阻

绝缘电阻的要求应符合GB/T 16935.1中4.2.3、4.2.4、4.2.5所规定的峰值电压以及过电压条件下绝缘配合的要求。

6.4.4 抗电强度

抗电强度按GB/T 18487.1中11.4的要求进行检测，结果应符合5.4.4的规定。

6.4.5 接触电流

接触电流按GB/T 7251.1中10.11的方法进行检测，结果应符合5.4.5的规定。

6.4.6 外壳防护

按照GB/T 4208要求对整站的关键设备进行IP等级测试，测试结果应符合5.4.6的规定。

6.4.7 阻燃/耐火等级

按照GB 50016要求进行检测，结果应符合5.4.7的规定。

6.4.8 电磁兼容性

电磁兼容性能按GB/T 17626和 GB/T 9254相关标准要求开展试验，结果符合5.5的规定，具体方法如下：

- a) 静电放电抗扰度按 GB/T 17626.2 要求进行；
- b) 射频磁场抗扰度按 GB/T 17626.3 要求进行；
- c) 浪涌抗扰度按 GB/T 17626.5 要求进行；
- d) 辐射射频骚扰按 GB 9254 要求进行。

6.5 环境适应性能

6.5.1 耐低温性能

按GB/T 2423.1要求执行，温度根据系统类型选择对应温度条件，试验时间8 h（采用零部件分项试验的方法进行）。

6.5.2 耐高温性能

按GB/T 2423.2要求执行，温度根据系统类型选择对应温度条件，试验时间8 h（采用零部件分项试验的方法进行）。

6.5.3 耐湿热性能

电池系统更换设备耐湿热性能试验按GB/T 2423.3进行，温度+40℃、相对湿度98%，保持48 h后（采用零部件分项试验的方法进行），应启动正常，逻辑正确。

6.5.4 耐盐雾腐蚀性能

换电通道外表面应满足GB/T 10125中720h耐盐雾测试的要求。
