

团 体 标 准

T/ CAMETXXXXX—XXXX

中低速磁浮交通车辆悬浮供电系统技术条件

Power supply system for levitating of medium-low speed maglev vehicle

（征求意见稿）

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中国城市轨道交通协会

发 布

目 次

前 言	II
1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	4
4 缩略语	5
5 使用条件	5
6 系统构成和技术要求	6
7 部件技术要求	7
8 检验方法	11
9 检验规则	17

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国城市轨道交通协会提出并归口。

本标准主要起草单位：中车株洲电力机车有限公司、株洲中车时代电气股份有限公司、中车唐山机车车辆有限公司、湖南磁浮交通发展股份有限公司、北京磁浮交通发展有限公司、苏州和钧新能源有限公司。

本标准主要起草人：彭奇彪、佟来生、李晓春、张文会、李林、曹芬、肖博文、邓江明、宋丽伟、黄小丽、许义景、肖健、魏培华、吴强、杨君、张丽、李志国、黄海涛、杨勇、李铭、唐飞、张益晨、王丽艳、孙晨、刘玲芝、施德旭、梅光宇。

中低速磁浮交通车辆悬浮供电系统技术条件

1 范围

本标准规定了中低速磁浮交通车辆悬浮供电系统的使用条件、系统构成及技术要求、部件技术要求、检验方法、检验规则。

本标准适用于短定子直线感应电机牵引的中低速磁浮交通车辆。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 1402 轨道交通 牵引供电系统电压

GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP 代码)

GB/T 4798.5—2007 电工电子产品应用环境条件 第5部分:地面车辆使用

GB/T 21413.1—2018 铁路应用 机车车辆电气设备 第1部分:一般使用条件和通用规则

GB/T 21414 铁路应用 机车车辆 电气隐患防护的规定

GB/T 21563—2018 轨道交通 机车车辆设备 冲击和振动试验

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—2010 轨道交通 机车车辆电子装置

GB/T 25122.1—2018 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 25343(所有部分) 铁路应用 轨道车辆及其零部件的焊接

GB/T 32347.1—2015 轨道交通 设备环境条件 第1部分:机车车辆设备

GB/T 34571 轨道交通 机车车辆布线规则

GB/T 31467.3—2015 电动汽车用锂离子动力蓄电池包和系统 第3部分 安全性要求与测试方法

IEC 61133:2016 铁路设施 铁路车辆 车辆组装和运行前的整车试验

EN 45545-2 铁路应用 铁路车辆防火 第2部分:材料和零件的防火性能要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

悬浮供电系统 levitation power supply system

为中低速磁浮车辆悬浮提供电能的系统,由悬浮电源、悬浮蓄电池及配电网构成。

3.2

悬浮电源 levitation power supply

向车辆悬浮提供电能并给悬浮蓄电池充电的一种将外部供电电压转换成直流电压输出的变流装置。

3.3

悬浮蓄电池 levitation battery

为中低速磁浮车辆悬浮提供补偿能量，稳定悬浮供电系统母线电压，当悬浮电源失效时作为后备电源使用的储能装置。

3.4

蓄电池额定容量 rated capacity of battery

室温下，完全充电的电池以 $1I_1$ (A) 电流放电，达到制造商规定的放电终止条件时所放出的容量，单位 Ah。

注：本标准规定的室温是指 $25\pm 2^\circ\text{C}$ ，下同。

3.5

蓄电池荷电状态 state of charge

蓄电池按当前放电条件可以释放的容量占额定容量的百分比。

3.6

中功率型锂离子电池 medium power lithium-ion battery

室温下，最大允许持续输出功率 (W) 和 $1C_1$ 倍率放电能量 (Wh) 的比值不小于 3 且低于 10 的锂离子电池。

3.7

高功率型锂离子电池 high power lithium-ion battery

室温下，最大允许持续输出功率 (W) 和 $1C_1$ 倍率放电能量 (Wh) 的比值不小于 10 的锂离子电池。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

C_1 ：室温下，蓄电池 1 小时率额定容量 (Ah)。

I_1 ：室温下，蓄电池 1 小时率放电电流，其数值等于 C_1 (A)。

SOC：荷电状态。

BMS：蓄电池管理系统。

RAMS：可靠性、可用性、可维护性和安全性。

5 使用条件

5.1 正常使用条件

5.1.1 海拔

海拔级别应符合 GB/T 32347.1—2015 中表 1 规定的 G1.4 (常规型)。

5.1.2 温度

温度等级应符合 GB/T 32347.1—2015 中 4.3 规定的 T3。

5.1.3 湿度

外部湿度等级应符合 GB/T 32347.1—2015 中 4.4 规定。

5.1.4 雪和冰雹

雪和冰雹应符合 GB/T 32347.1—2015 中 4.7 的规定。

5.1.5 污染液体

污染液体的危险应符合 GB/T 4798.5—2007 中的 5F2 级的规定。系统设计时考虑污染液体的影响。

5.1.6 生物条件

生物侵蚀的危险应符合 GB/T 4798.5—2007 中的 5B2 级的规定。

5.1.7 化学活性物质

盐或化学活性物质应符合 GB/T 4798.5—2007 中的 5C2 级的规定。

5.1.8 机械活性物质

机械活性物质应符合 GB/T 4798.5—2007 中的 5S2 级的规定。

5.1.9 振动和冲击

振动与冲击应符合 GB/T 21563—2018 中的 1 类 A 级的规定。

5.2 特殊使用条件

当使用条件与上述要求有差别时，由供需双方协商确定。

6 系统构成和技术要求

6.1 系统构成

悬浮供电系统一般由悬浮电源、悬浮蓄电池、配电网等构成。

图 1 反映了悬浮供电系统典型关联关系。虚线框内的功能块属于本标准的技术范围，虚线框以外用于描述悬浮供电系统与车辆总体电能供应间的关联关系。

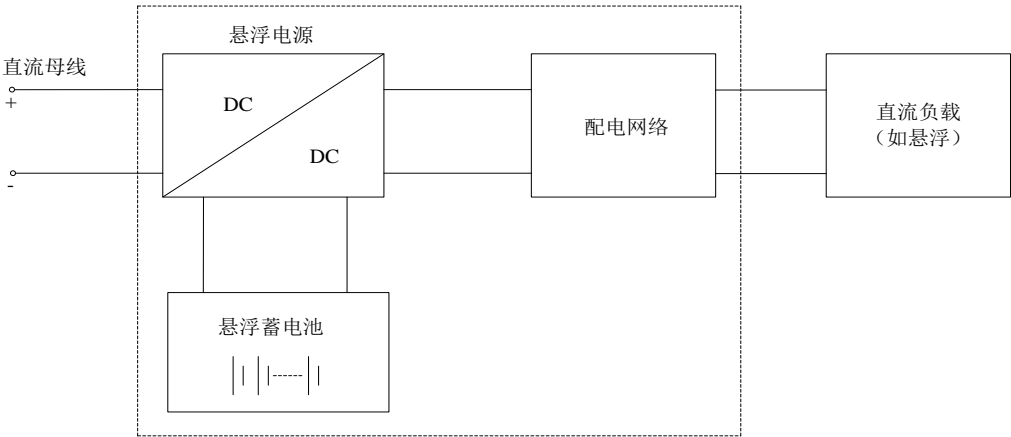


图 1 悬浮供电系统框图

6.2 一般技术要求

- 6.2.1 悬浮供电系统的正、负极均不接地。
- 6.2.2 应设置悬浮供电系统正、负极对地绝缘监测装置。
- 6.2.3 中低速磁浮交通列车编组内每节车辆均应配置悬浮供电系统。
- 6.2.4 悬浮供电系统应具备以下特性：
 - a) 某车辆的悬浮供电系统故障不影响其他车辆悬浮供电系统的正常运行；
 - b) 本车辆的悬浮电源只能向本车的悬浮蓄电池充电；
 - c) 系统容量应满足配电网容性负载的电流冲击。

6.3 功能和性能要求

- 6.3.1 悬浮供电系统各设备、部件的绝缘性能应满足 GB/T 21413.1 的要求。
- 6.3.2 在规定允许的最大、最小输入电压时，悬浮电源的输出应满足蓄电池的充电性能，并符合用户与制造商合同的规定。
- 6.3.3 蓄电池可用容量应符合用户与制造商合同的规定。
- 6.3.4 中低速磁浮交通列车编组内并网供电的悬浮电源负载电流应均衡。

7 部件技术要求

7.1 悬浮电源技术要求

7.1.1 一般技术要求

- 7.1.1.1 悬浮电源的外观、电气和机械接口、外形尺寸、重量、涂装等应符合用户与制造商合同的规定。
- 7.1.1.2 悬浮电源应设置低阻抗接地点。
- 7.1.1.3 悬浮电源应设有明显的安全警示标志，接线端子标识应完整、清晰、准确。
- 7.1.1.4 悬浮电源应装有铭牌，铭牌应至少包含下列信息：型号、序列号、制造年月、重量、额定功率、制造商名称。
- 7.1.1.5 设计结构应具有良好的防火性能，并符合 EN 45545-2 的规定。非金属材料应采用无卤、低烟、无毒、阻燃、可回收利用的材料；电子元器件宜采用环保器件，其装配宜采用无铅焊接工艺。
- 7.1.1.6 安全措施符合 GB/T 21414 的规定。
- 7.1.1.7 悬浮电源的布线应符合 GB/T 34571 的规定；焊接应符合 GB/T 25343 的规定。
- 7.1.1.8 悬浮电源冷却方式可采用强迫风冷或自然风冷，冷却系统冷媒介质的流量应与规定的流量一致。
- 7.1.1.9 悬浮电源暴露在箱体外部的电气接插件防护等级不低于 GB/T 4208—2017 规定的 IP67 的要求，非通风空间的防护等级不应低于 IP55 的要求，通风空间的防护等级不应低于 IP20 的要求。
- 7.1.1.10 悬浮电源振动和冲击性能应符合 GB/T 21563—2018 中 1 类 A 级的规定。

7.1.2 功能和性能要求

- 7.1.2.1 悬浮电源应具有自检功能。
- 7.1.2.2 悬浮电源应具有故障记录功能并具有故障数据下载接口，通过该接口可实现悬浮电源的维护、监测、故障数据下载和转存，并可通过软件对下载的故障数据进行分析。
- 7.1.2.3 悬浮电源应具有可以和车辆网络通信的接口，通过该接口可实现网络对悬浮电源的监控。
- 7.1.2.4 悬浮电源应能在空载、轻载、额定负载下正常工作，并具有过载能力。
- 7.1.2.5 悬浮电源输入主回路、输出主回路对地绝缘电阻值不应小于 $10\text{M}\Omega$ ，控制电源主回路对地绝缘电阻值不应小于 $5\text{M}\Omega$ 。
- 7.1.2.6 悬浮电源的设计电气间隙与爬电距离应符合 GB/T 21413.1 的规定。
- 7.1.2.7 悬浮电源各部件应具有良好的绝缘保护性能，各电压等级电路介电强度应符合 GB/T 21413.1

—2018 中表 C.1 规定。

7.1.2.8 悬浮电源至少应具有过压、欠压、短路、过流、过热保护。

7.1.2.9 额定工况运行时，悬浮电源的效率不应小于 0.9。

7.1.2.10 悬浮电源主电路温升应符合 GB/T 21413.1—2018 中 9.2.2.2 的规定，控制电路温升应符合 GB/T 21413.1—2018 中 9.2.2.3 的规定。

7.1.2.11 悬浮电源电磁兼容性能应满足 GB/T 24338.4 所规定的限值要求。

7.1.2.12 悬浮电源噪声等级的选取应由用户与制造商协商确定，噪声等级见 GB/T 25122.1—2018 中的表 2。

7.1.2.13 输入端任何一段时间的供电中断、输出端任何一段时间的负载中断、输出端负载突变都不应对悬浮电源有任何损伤。

7.1.2.14 在符合 GB/T 1402 规定的输入电压跳变情况下，悬浮电源输出特性应符合规定。

7.1.2.15 悬浮电源在额定输出功率条件下的温升应符合用户与制造商合同的规定。

7.1.3 RAMS 要求

符合 GB/T 25122.1—2018 中 4.1.4 的规定。

7.1.4 使用寿命

符合 GB/T 25122.1—2018 中 4.1.5 的规定。

7.1.5 输入特性参数

悬浮电源的输入直接连接到列车（牵引系统）直流供电母线，输入电压特性应符合 GB/T 1402 的规定。

7.1.6 输出特性参数

悬浮电源输出特性参数见表 1。

表 1 悬浮电源输出特性参数

项目		参数	备注
额定值	额定输出电压	DC330V（±5%范围可调）	额定输出电压与蓄电池的浮充电压一致。
	额定输出功率	由供需双方协商确定	
	额定工作点效率	≥0.9	额定工作点指额定输出电压、额定输出功率。
	蓄电池充电模式	恒流 恒压	
	蓄电池充电限流	由供需双方协商确定	
	直流纹波系数	≤5%	额定电压、额定输出功率时的电压纹波系数。
动态特性	启动条件	控制电源+输入电压下直接启动	
	启动时间	≤10s	输出电压建立时间
	最大电压上升率	33V/s	
	过载能力	130%额定负载,持续时间不小于 10s	

7.1.7 控制电源特性参数

7.1.7.1 悬浮电源的控制电压应选取 DC 110V。

7.1.7.2 控制电压的变化应满足 GB/T 25119—2010 中 5.1.1.1 的要求。

7.2 悬浮蓄电池技术要求

7.2.1 蓄电池类型

悬浮蓄电池应选用中、高功率型锂离子电池。

7.2.2 蓄电池部件构成

构成蓄电池的部件见图 2。

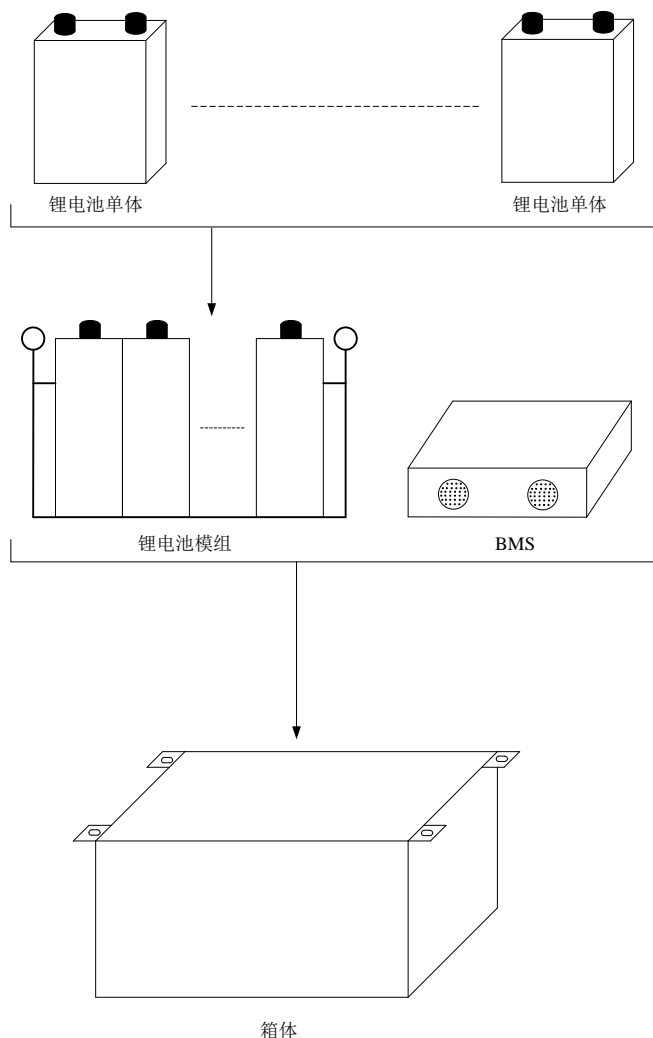


图 2 悬浮蓄电池部件构成示意图

7.2.3 一般技术要求

7.2.3.1 蓄电池的外观、电气和机械接口、外形尺寸、重量、涂装等由供需双方协商确定。

7.2.3.2 蓄电池箱体应设置低阻抗接地点。

7.2.3.3 蓄电池箱体应设有明显的安全警示标志，接线端子标识应完整、清晰、准确。

7.2.3.4 蓄电池箱体应装有铭牌，铭牌应至少包含下列信息：型号、序列号、制造年月、重量、额定容量、制造商名称。

7.2.3.5 蓄电池防火性能应符合 EN 45545-2 的规定。设计结构应具有良好的防火性能；非金属材料应采用无卤、低烟、无毒、阻燃、可回收利用的材料；电子元器件宜采用环保器件，其装配宜采用无铅焊接工艺。

7.2.3.6 安全措施应符合 GB/T 21414 的规定。

7.2.3.7 蓄电池的布线应符合 GB/T 34571 的规定；焊接应符合 GB/T 25343 的规定。

7.2.3.8 蓄电池防护等级不应低于 GB/T 4208—2017 规定的 IP55 的要求,接线端子处、连接器的防护等级不应低于 IP67 的要求。

7.2.3.9 蓄电池的设计应考虑散热或加热措施,保证电池工作在适宜的温度范围内。

7.2.3.10 蓄电池的设计电气间隙与爬电距离应符合 GB/T 21413.1 的规定。

7.2.4 功能和性能要求

7.2.4.1 蓄电池正、负极接线端子对箱体的绝缘电阻值不应小于 $10\text{M}\Omega$ 。

7.2.4.2 蓄电池浮充电压在 $\text{DC } 330\text{V} \pm 5\%$ 范围内,恒流充电电流最大不应超过 $1C_1$ (A)。

7.2.4.3 蓄电池瞬时最大允许放电电流不应小于 $10I_1$ (A)。

7.2.4.4 蓄电池室温充电试验,充电特性应符合用户与制造商议定的技术条件。

7.2.4.5 蓄电池室温放电试验,放电容量不应低于额定容量的 100%。

7.2.4.6 蓄电池室温倍率放电试验,放电容量不应低于额定容量的 80%。

7.2.4.7 蓄电池室温倍率充电试验,充电性能不应低于额定容量的 70%。

7.2.4.8 蓄电池低温放电试验,放电容量不应低于额定容量的 70%。

7.2.4.9 蓄电池高温放电试验,放电容量不应低于额定容量的 90%。

7.2.4.10 蓄电池室温荷电保持与容量恢复试验,荷电保持容量不应低于额定容量的 85%,恢复容量不低于额定容量的 90%。

7.2.4.11 蓄电池高温荷电保持与容量恢复试验,荷电保持容量不应低于额定容量的 85%,恢复容量不低于额定容量的 90%。

7.2.4.12 蓄电池储存性能试验,高温储存恢复容量不应低于额定容量的 90%。

7.2.5 安全性要求

7.2.5.1 蓄电池振动冲击性能应符合 GB/T 21563-2018 中 1 类 A 级的规定。

7.2.5.2 蓄电池挤压试验时,不应发生外部起火、爆炸。

7.2.5.3 蓄电池温度冲击、湿热循环、盐雾、过温、短路、过充电、过放电试验时,不应发生泄露、外壳破裂、外部起火、爆炸。

7.2.5.4 蓄电池外部火烧试验时,不应发生爆炸。

7.2.6 主要零部件技术要求

7.2.6.1 箱体

7.2.6.1.1 箱体应有足够的机械强度和刚度,结构设计应考虑便于测试和吊装。

7.2.6.1.2 箱体的表面涂层应完整、均匀、光洁平整。

7.2.6.1.3 箱体骨架宜采用不锈钢或铝合金材质,蒙皮采用铝合金材质。

7.2.6.1.4 箱体所有焊缝应均匀平整、无焊穿、裂缝、夹渣及气孔等现象。

7.2.6.2 电池单体

7.2.6.2.1 电池单体表面应平整光滑、无裂纹、划伤、缺损或变形等缺陷,应有完整、清晰及正确的标志。

7.2.6.2.2 电池单体端子应无锈蚀,极性标识应正确、清晰。

7.2.6.2.3 电池单体外形尺寸、质量应符合生产厂家提供的产品技术条件。

7.2.6.2.4 电池单体应具备安全阀。

7.2.6.2.5 室温下,电池单体的 1 小时率放电容量不应低于额定容量的 100%。

7.2.6.2.6 电池单体标准循环寿命不应低于 3000 次。

7.2.6.2.7 除振动和机械冲击项点外,电池单体安全性要求和测试方法应符合 GB/T 31467.3 的规定。

7.2.6.3 蓄电池管理系统

7.2.6.3.1 蓄电池管理系统应具有以下功能:

——单体电池电压、电流、温度监测功能;

- 单体电池间电压、电流均衡功能；
- SOC 计量功能；
- 过充、过放、超温、短路等保护功能；
- 通讯功能；
- 热管理失效保护功能；
- 故障定位上传功能。

7.2.6.3.2 蓄电池管理系统应满足 GB/T 25119 的要求，电磁兼容性应满足 GB/T 24338.4 的要求。

7.2.6.3.3 蓄电池管理系统电压检测的精度应达到 $\pm 3\text{mV}$ ；温度检测误差应在 $\pm 1^\circ\text{C}$ 的范围内；电流检测的精度应达到 0.5%。

8 检验方法

8.1 系统试验

悬浮供电系统部件装车后应随整车一起进行系统试验。

8.1.1 电绝缘试验

按 IEC 61133:2016 中 8.7 的规定进行耐压试验和绝缘阻抗试验。

8.1.2 蓄电池充电特性试验

检查蓄电池及其充电机（悬浮电源）的充电特性，下列参数应符合规定要求：

- a) 恒流充电电流；
- b) 恒流充电终止电压；
- c) 浮充电压；
- d) 浮充电流。

试验应分别在规定的直流牵引网压最小值和最大值输入条件下进行。

8.1.3 蓄电池容量试验

试验开始前确保蓄电池处于满电状态。

关闭悬浮电源，由蓄电池独立向车辆悬浮提供电能。测量蓄电池放电电流、放电电压、放电时间，直到规定的放电终止条件，计算蓄电池放电容量。

蓄电池容量测量值不应小于规定值。

8.1.4 均流试验

验证并网供电的悬浮电源分配负载电流是否均衡。

测量（稳态时）编组内各车辆工作正常的悬浮电源负载电流 I_n ($n=1, 2, 3, \dots$)，计算平均负载电流 \bar{I} ，按式（1）计算出的最大负载电流偏差占平均负载电流的百分比不得超过 10%。

$$\frac{ABS(\max(I_n - \bar{I}))}{\bar{I}} \times 100\% \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (1)$$

编组内各车辆悬浮电源均正常、有悬浮电源故障情况下，最大负载电流偏差占平均负载电流的百分比均应满足上述指标。

8.2 部件试验

8.2.1 悬浮电源试验方法

8.2.1.1 目视检查

按 GB/T 25122.1-2018 中 4.5.3.1 进行试验。

8.2.1.2 验证尺寸和公差

按 GB/T 25122.1-2018 中 4.5.3.2 进行试验。

8.2.1.3 称重试验

按 GB/T 25122.1-2018 中 4.5.3.3 进行试验。

8.2.1.4 标志检查

按 GB/T 25122.1-2018 中 4.5.3.4 进行试验。

8.2.1.5 冷却系统性能试验

按 GB/T 25122.1-2018 中 4.5.3.5 进行试验。若冷却系统具备过滤器或使用液态冷媒介质时，还应分别进行空气过滤器的有效性检查和泄露试验。

8.2.1.6 轻载试验

按 GB/T 25122.1-2018 中 4.5.3.10 进行试验。

8.2.1.7 防护等级试验

按 GB/T 25122.1-2018 中 4.5.3.6 进行试验。

8.2.1.8 噪声测量

按 GB/T 25122.1-2018 中 4.5.3.12 进行试验。

8.2.1.9 功率损耗测定

按 GB/T 25122.1-2018 中 4.5.3.14 进行试验。

8.2.1.10 负载突变试验

按 GB/T 25122.1-2018 中 4.5.3.16 进行试验。

8.2.1.11 绝缘电阻试验

按 GB/T 25122.1-2018 中 4.5.3.8 进行试验。

8.2.1.12 介电强度试验

按 GB/T 25122.1-2018 中 4.5.3.7 进行试验。

8.2.1.13 安全性要求检查

按 GB/T 25122.1-2018 中 4.5.3.17 进行试验。

8.2.1.14 冲击和振动试验

按 GB/T 25122.1-2018 中 4.5.3.18 进行试验。

8.2.1.15 电磁兼容试验

按 GB/T 25122.1-2018 中 4.5.3.19 进行试验。

8.2.1.16 网压跳变试验

按 GB/T 25122.1-2018 中 4.5.3.20 进行试验。

8.2.1.17 供电短时中断试验

按 GB/T 25122.1-2018 中 4.5.3.21 进行试验。

8.2.1.18 输出特性试验

按 GB/T 25122.1-2018 中 7.5.2 进行试验。试验应分别在规定的最小输入电压、最大输入电压下进行，检查额定输出功率时的输出电压、直流纹波电压。

8.2.1.19 启动和重新启动试验

按 GB/T 25122.1-2018 中 7.5.3 进行试验。

8.2.1.20 短路试验

按 GB/T 25122.1-2018 中 7.5.4 进行试验。

8.2.1.21 过载能力试验

按 GB/T 25122.1-2018 中 7.5.6 进行试验。

8.2.1.22 温升试验

按 GB/T 25122.1-2018 中 7.5.7 进行试验。

8.2.1.23 负载中断试验

按 GB/T 25122.1-2018 中 7.5.8 进行试验。

8.2.2 蓄电池试验方法

8.2.2.1 通用测试条件

除非另有规定，试验应在室温、相对湿度 15%~90%、大气压力为 86kPa~106kPa 环境中进行。

测量仪器、仪表的测量精度要求如下：

- 电压测量装置：准确度不低于 0.5 级；
- 电流测量装置：准确度不低于 0.5 级；
- 温度测量装置：±0.5℃；
- 时间测量装置：±0.1%；
- 尺寸测量装置：±0.1%；
- 重量测量装置：±0.1%；

8.2.2.2 外观检查

目视检查蓄电池的外观及标志，表面应平整、无外伤、无污物、无腐蚀，箱体不得有变形及裂纹。

8.2.2.3 铭牌检查

蓄电池箱体上应有清晰的永久性铭牌，至少包括以下信息：

- 制造商名称；
- 产品型号或序列号；
- 生产日期、重量；
- 额定容量。

8.2.2.4 外形尺寸及重量检查

测量蓄电池的外形尺寸及重量，应符合制造商提供的产品技术条件。

8.2.2.5 极性检查

用电压表检测蓄电池接线端子极性，应与端子极性标识一致。

8.2.2.6 绝缘电阻测量

用 1000V 兆欧表测量蓄电池正极对外壳、负极对外壳绝缘电阻，不应小于 $10\text{M}\Omega$ 。

8.2.2.7 防护等级试验

按 GB/T 4208—2017 进行试验。

8.2.2.8 充电试验

室温下，以 $1I_1$ (A) 电流放电至制造商规定的放电终止电压，搁置 1h（或制造商提供的不超过 1h 的搁置时间），然后按制造商提供的充电方法进行充电。若制造商未提供充电方法，则依据表 2 所列步骤进行充电。

表 2 蓄电池充电步骤

步骤	充电电流/A	跳转条件	跳转步骤
1	$1I_1$	任一单体达到充电截止电压	2
2	$0.5I_1$	任一单体达到充电截止电压	3
3	$0.2I_1$	任一单体达到充电截止电压	4
4	$0.1I_1$	任一单体达到充电截止电压	5
5	$0.05I_1$	任一单体达到充电截止电压	停止

充电停止后，搁置 1h（或制造商提供的不超过 1h 的搁置时间）。

8.2.2.9 室温放电容量试验

按如下步骤测试蓄电池室温放电容量：

- 蓄电池按 8.2.2.7 方法充电；
- 室温下，蓄电池以 $1I_1$ (A) 电流放电至任一单体达到制造商规定的放电终止电压；
- 计量放电容量（以 Ah 计）和放电能量（以 Wh 计），记录放电过程蓄电池所有单体最高温度点的温升；
- 重复步骤 a) ~c) 5 次，当连续 3 次试验结果的极差小于额定容量的 3%，可提前结束试验，取最后 3 次试验结果平均值。

（注：放电过程中，任一单体最高温度不得超过 65°C ，否则停止试验）。

试验测得的蓄电池室温放电容量不应低于额定容量。

8.2.2.10 室温倍率放电容量试验

按如下步骤测试蓄电池室温倍率放电容量：

- 蓄电池按 8.2.2.7 方法充电；
- 室温下，蓄电池以 $8I_1$ (A) 电流放电至任一单体达到制造商规定的放电终止电压；
- 计量放电容量（以 Ah 计）和放电能量（以 Wh 计），记录放电过程蓄电池所有单体最高温度点的温升；

（注：放电过程中，任一单体最高温度不得超过 65°C ，否则停止试验）。

试验测得的蓄电池常温倍率放电容量不应低于额定容量的 80%。

8.2.2.11 室温倍率充电试验

按如下步骤测试蓄电池室温倍率充电性能：

- a) 室温下，蓄电池以 $1I_1$ (A) 电流放电至任一单体达到制造商规定的放电终止电压；
- b) 室温下，蓄电池以 $2I_1$ (A) 电流充电，直至任一单体达到制造商规定的充电终止电压，充电时间不超过 30min；
- c) 搁置 1h；
- d) 室温下，蓄电池以 $1I_1$ (A) 电流放电至任一单体达到制造商规定的放电终止电压；
- e) 计量放电容量（以 Ah 计）。

试验测得的蓄电池放电容量不应低于额定容量的 70%。

8.2.2.12 低温放电容量试验

按如下步骤测试蓄电池低温放电容量：

- a) 蓄电池按 8.2.2.7 方法充电；
- b) 在 $-20 \pm 2^\circ\text{C}$ 环境温度下搁置 24h；
- c) 在 $-20 \pm 2^\circ\text{C}$ 下，蓄电池以 $1I_1$ (A) 电流放电至任一单体达到制造商规定的放电终止电压（该电压不得低于规定室温放电终止电压的 80%）；
- d) 计量放电容量（以 Ah 计）。

试验测得的蓄电池低温放电容量不应低于额定容量的 70%。

8.2.2.13 高温放电容量试验

按如下步骤测试蓄电池高温放电容量：

- a) 蓄电池按 8.2.2.7 方法充电；
- b) 在 $55 \pm 2^\circ\text{C}$ 环境温度下搁置 5h；
- c) 在 $55 \pm 2^\circ\text{C}$ 下，蓄电池以 $1I_1$ (A) 电流放电至任一单体达到制造商规定的放电终止电压；
- d) 计量放电容量（以 Ah 计）。

试验测得的蓄电池高温放电容量不应低于额定容量的 90%。

8.2.2.14 室温荷电保持与容量恢复能力试验

按如下步骤测试蓄电池室温荷电保持与容量恢复能力：

- a) 蓄电池按 8.2.2.7 方法充电；
- b) 在室温下储存 28d；
- c) 室温下，蓄电池以 $1I_1$ (A) 电流放电至任一单体达到制造商规定的放电终止电压；
- d) 计量荷电保持容量（以 Ah 计）；
- e) 蓄电池再按 8.2.2.7 方法充电；
- f) 室温下，蓄电池以 $1I_1$ (A) 电流放电至任一单体达到制造商规定的放电终止电压；
- g) 计量恢复容量（以 Ah 计）。

试验测得的蓄电池荷电保持容量不低于额定容量的 85%，恢复容量不低于额定容量的 90%。

8.2.2.15 高温荷电保持与容量恢复能力试验

按如下步骤测试蓄电池高温荷电保持与容量恢复能力：

- a) 蓄电池按 8.2.2.7 方法充电；
- b) 在 $55 \pm 2^\circ\text{C}$ 环境温度下储存 7d；
- c) 室温下搁置 5h 后，蓄电池以 $1I_1$ (A) 电流放电至任一单体达到制造商规定的放电终止电压；
- d) 计量荷电保持容量（以 Ah 计）；
- e) 蓄电池再按 8.2.2.7 方法充电；

- f) 室温下, 蓄电池以 $1I_1$ (A) 电流放电至任一单体达到制造商规定的放电终止电压;
- g) 计量恢复容量 (以 Ah 计)。

试验测得的蓄电池荷电保持容量不低于额定容量的 85%, 恢复容量不低于额定容量的 90%。

8.2.2.16 储存性能试验

按如下步骤测试蓄电池储存性能:

- a) 蓄电池按 8.2.2.7 方法充电;
- b) 在室温下, 蓄电池以 $1I_1$ (A) 电流放电 30min;
- c) 在 $45 \pm 2^\circ\text{C}$ 环境温度下储存 28d;
- d) 在室温下搁置 5h;
- e) 蓄电池按 8.2.2.7 方法充电;
- f) 室温下, 蓄电池以 $1I_1$ (A) 电流放电至任一单体达到制造商规定的放电终止电压;
- g) 计量放电容量 (以 Ah 计)。

试验测得的蓄电池放电容量不低于额定容量的 90%。

8.2.2.17 振动和冲击试验

按 GB/T 21563 进行试验。

8.2.2.18 挤压试验

按 GB/T 31467.3-2015 中 7.6 进行。

8.2.2.19 温度冲击试验

按 GB/T 31467.3-2015 中 7.7 进行。

8.2.2.20 湿热循环试验

按 GB/T 31467.3-2015 中 7.8 进行。

8.2.2.21 盐雾试验

按 GB/T 31467.3-2015 中 7.11 进行。

8.2.2.22 过温试验

按 GB/T 31467.3-2015 中 7.13 进行。

8.2.2.23 短路试验

按 GB/T 31467.3-2015 中 7.14 进行。

8.2.2.24 过充电试验

按 GB/T 31467.3-2015 中 7.15 进行。

8.2.2.25 过放电试验

按 GB/T 31467.3-2015 中 7.16 进行。

8.2.2.26 外部火烧试验

按 GB/T 31467.3-2015 中 7.10 进行。

9 检验规则

9.1 系统检验规则

悬浮供电系统随整车一起进行的系统试验分为例行检验、型式检验。

9.1.1 例行检验

例行检验是对系统的基本参数、功能等是否符合技术条件和设计任务书的要求而做的试验。对每辆车都要进行试验。

9.1.2 型式检验

型式检验是对系统的基本参数、性能等是否符合技术条件和设计任务书的要求所做的全面考核。原则上型式检验集中在一列车上进行。

9.1.3 系统检验项目

悬浮供电系统检验项目见表 3。

表 3 悬浮供电系统检验项目

序号	检验项目	例行检验	型式检验	检验方法条款	技术要求条款
1	电绝缘试验	√	√	8.1.1	6.3.1
2	蓄电池充电特性试验	√		8.1.2	6.3.2
3	蓄电池容量试验		√	8.1.3	6.3.3
4	均流试验		√	8.1.4	6.3.4

9.2 悬浮电源检验规则

悬浮电源的检验分为出厂检验、型式检验。

9.2.1 出厂检验

9.2.1.1 对每台出厂的悬浮电源，制造商都应进行出厂检验，检验合格并出具合格证后方可出厂。

9.2.1.2 在出厂检验过程中，若任意一项不合格，均判该产品不合格。

9.2.2 型式检验

9.2.2.1 检验样品在出厂检验的合格品中抽取，数量为 1 台。

9.2.2.2 型式检验全部项目应在同一次抽样的样品上进行，检验项目全部合格时，该产品合格；若发现任意一项不合格，则该产品不合格。

9.2.2.3 凡具有下列情况之一者，应进行型式检验。

- a) 新产品试制完成时；
- b) 产品的结构、工艺或材料的变更影响到产品的某些特性或参数变化时，应部分或全部检验；
- c) 出厂检验结果与上次型式检验结果发生不允许的偏差时；
- d) 连续生产的定型产品每满四年时；
- e) 转厂生产或停产二年及以上重新生产时。

9.2.3 检验项目

悬浮电源检验项目见表 4。

表4 悬浮电源检验项目

序号	检验项目	出厂检验	型式检验	检验方法条款	技术要求条款
1	目视检查	√		8.2.1.1	7.1.1.1
2	验证尺寸和公差		√ ^a	8.2.1.2	7.1.1.1
3	称重试验		√	8.2.1.3	7.1.1.1
4	标志检查	√		8.2.1.4	7.1.1.3
5	冷却系统性能检查		√	8.2.1.5	7.1.1.8
6	轻载试验	√		8.2.1.6	7.1.2.4
7	防护等级试验		√	8.2.1.7	7.1.1.9
8	噪声测量		√	8.2.1.8	7.1.2.12
9	功率损耗测定		√	8.2.1.9	7.1.2.9
10	负载突变试验		√	8.2.1.10	7.1.2.13
11	绝缘电阻试验	√		8.2.1.11	7.1.2.5
12	介电强度试验	√		8.2.1.12	7.1.2.7
13	安全性要求检查		√	8.2.1.13	7.1.1.6
14	振动和冲击试验		√	8.2.1.14	7.1.1.10
15	电磁兼容试验		√	8.2.1.15	7.1.2.11
16	网压跳变试验		√	8.2.1.16	7.1.2.14
17	供电短时中断试验		√	8.2.1.17	7.1.2.13
18	输出特性试验		√	8.2.1.18	7.1.5
19	启动和重新启动试验		√	8.2.1.19	7.1.5
20	短路试验		√	8.2.1.20	7.1.2.8
21	过载能力试验		√	8.2.1.22	7.1.5
22	温升试验		√	8.2.1.23	7.1.2.15
23	负载中断试验		√	8.2.1.24	7.1.2.13
^a 某些尺寸和公差可由出厂检验检查。					

9.3 悬浮蓄电池检验规则

悬浮蓄电池的检验分为出厂检验和型式检验。

9.3.1 出厂检验

9.3.1.1 对每台出厂的悬浮蓄电池，制造商都应进行出厂检验，检验合格并出具合格证后方可出厂。

9.3.1.2 在出厂检验过程中，若任意一项不合格，均判该产品不合格。

9.3.2 型式检验

9.3.2.1 检验样品在出厂检验的合格品中抽取，数量为1台。

9.3.2.2 型式检验全部项目应在同一次抽样的样品上进行，检验项目全部合格时，该产品合格；若发现任意一项不合格，则该产品不合格。

9.3.2.2 蓄电池型式检验的样品采用与正常生产中相同的材料、设备和工艺生产并随机抽取。一次抽试4只锂电池，其中有一只不合格需第2次加倍抽试，如仍有一只不合格时，则认为该批锂电池不合格。

9.3.2.3 凡具有下列情况之一者，应进行型式检验。

a) 新产品试制完成时；

- b) 产品的结构、工艺或材料的变更影响到产品的某些特性或参数变化时，应部分或全部检验；
- c) 出厂检验结果与上次型式检验结果发生不允许的偏差时；
- d) 连续生产的定型产品每满四年时；
- e) 转厂生产或停产二年及以上重新生产时。

9.3.3 检验项目

蓄电池检验项目见表 5。

表 5 悬浮蓄电池检验项目

序号	检验项目	出厂检验	型式试验	检验方法条款	技术要求条款
1	外观检查	√		8.2.2.2	7.2.3.1
2	铭牌检查	√		8.2.2.3	7.2.3.3
3	外形尺寸及重量检查	√ ^a	√	8.2.2.4	7.2.3.1
4	极性检查	√		8.2.2.5	7.2.3.3
5	绝缘电阻测量	√	√	8.2.2.6	7.2.4.2
6	防护等级		√	8.2.2.7	7.2.3.8
7	充电试验		√	8.2.2.8	7.2.4.5
8	室温放电容量试验		√	8.2.2.9	7.2.4.6
9	室温倍率放电容量试验		√	8.2.2.10	7.2.4.7
10	室温倍率充电试验		√	8.2.2.11	7.2.4.8
11	低温放电容量试验		√	8.2.2.12	7.2.4.9
12	高温放电容量试验		√	8.2.2.13	7.2.4.10
13	室温荷电保持与容量恢复能力试验		√	8.2.2.14	7.2.4.11
14	高温荷电保持与容量恢复能力试验		√	8.2.2.15	7.2.4.12
15	储存性能试验		√	8.2.2.16	7.2.4.13
16	振动和冲击试验		√	8.2.2.17	7.2.5.1
17	挤压试验		√	8.2.2.18	7.2.5.2
18	温度冲击试验		√	8.2.2.19	7.2.5.3
19	湿热循环试验		√	8.2.2.20	7.2.5.3
20	盐雾试验		√	8.2.2.21	7.2.5.3
21	过温试验		√	8.2.2.22	7.2.5.3
22	短路试验		√	8.2.2.23	7.2.5.3
23	过充电试验		√	8.2.2.24	7.2.5.3
24	过放电试验		√	8.2.2.25	7.2.5.3
25	外部火烧试验		√	8.2.2.26	7.2.5.4
^a 仅对外形尺寸检查					