



# 中华人民共和国国家标准

GB/T X X X X -201X

---

## 电动平衡车安全要求及测试方法

Electrical self-balancing vehicles—Safety requirements and test methods

(征求意见稿)

“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

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

中国国家标准化管理委员会

发布

# 目次

前言 .....	II
1 范围 .....	3
2 规范性引用文件 .....	3
3 术语和定义 .....	3
4 测试条件 .....	5
5 一般安全要求 .....	5
6 电气安全 .....	8
7 机械安全 .....	9
8 环境可靠性 .....	9
9 测试方法 .....	10
10 标志和说明 .....	17
附录 A .....	19
参考文献 .....	20

# 前 言

本标准按 GB/T 1.1—2009 给出的规则编制。

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这些专利的责任。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国自动化系统与集成标准化技术委员会(SAC/TC159)归口。

本标准起草单位：纳恩博（北京）科技有限公司，北京机械工业自动化研究所，北京航空航天大学，深圳乐行天下科技有限公司等。

本标准主要起草人：XXX, XXX, XXX, XXX。

# 电动平衡车安全要求及测试方法

## 1 范围

本标准规定了电动平衡车的安全要求及测试方法。

本标准适用于以蓄电池为动力能源的电动平衡车。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件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 2423.22-2012 环境试验 第2部分：试验方法 试验N：温度变化

GB 3565-2005 自行车安全要求

GB 4208-2008 外壳防护等级（IP代码）

GB 4943.1 信息技术设备 安全 第1部分：通用要求

GB/T 5169.16-2008 电工电子产品起火危险试验 第16部分：试验火焰 50W水平与垂直火焰试验方法

GB 12350-2009 小功率电动机的安全要求

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**电动平衡车 electrical self-balancing vehicle**

一种使用轮式移动平台，配备有可充电的电驱动系统，以自主或人工操控模式来保持自主平衡的设备。简称“平衡车”。

### 3.2

**安全告警 safety alarm**

当电动平衡车检测到内部故障（例如电池电压异常、平衡控制单元故障）或者危险驾驶动作、或者机体工作异常等状况时，将向用户发出明确可被用户注意的报警。

### 3.3

**翘板功能 footrest tilting function**

当电动平衡车检测到车辆超速、低电量或过载行驶等状况时，平衡车脚踏板前端自动向上翘起以限制用户在超速、低电量或过载等情况下继续行驶的功能。此功能用以保护用户行驶安全。

### 3.4

**外壳 enclosure**

具有 3.5、3.6、3.7 或 3.8 所规定的一种或多种功能的设备的一个部件。

注：一种类型的外壳可以在另一种类型的外壳里面（例如，电气防护外壳在防火防护外壳里面，或防火防护外壳在电气防护外壳里面）。另外，一种外壳可以提供多种类型外壳的功能（例如，兼有电气防护外壳和防火防护外壳的功能）。

注：改写 GB 4943.1-2011，定义 1.2.6.1

### 3.5

#### 防火防护外壳 fire enclosure

用来使设备内发生的着火或火焰的蔓延减小到最低限度的设备部件。

[GB 4943.1-2011, 定义 1.2.6.2]

### 3.6

#### 机械防护外壳 mechanical enclosure

用来减小有机机械危险和其他物理危险造成伤害的危险的设备部件。

[GB 4943.1-2011, 定义 1.2.6.3]

### 3.7

#### 电气防护外壳 electrical enclosure

用来限制接触可能带危险电压或危险能量水平的零部件的设备部件。

注：改写 GB 4943.1-2011, 定义 1.2.6.4

### 3.8

#### 环境防护外壳 environmental enclosure

用来限制设备外部环境物质进入设备而损坏内部零部件或产生危险的设备部件。

### 3.9

#### 装饰件 decorative part

位于外壳外部不起安全防护作用的设备零部件。

[GB 4943.1-2011, 定义 1.2.6.5]

### 3.10

#### 失稳 crash

当电动平衡车被驾驶时，平衡车姿态或速度发生明显的改变以至于车辆无法继续主动维持平衡，即视为失稳。

### 3.11

#### 漏液 electrolyte leakage

可见的液体电解质的漏出。

[GB/T 28164-2011, 定义 1.3.9]

### 3.12

#### 放电截止电压 discharge cut-off voltage

$U_{do}$

制造商规定的放电终止时电池或电池组的负载电压。

[GB 31241-2014, 定义 3.11]

### 3.13

#### 主动保护元件 active protective device

需要电源来驱动的保护元器件。比如电池管理系统，控制 IC 等。

### 3.14

#### 被动保护元件 passive protective device

不需要借助电源来驱动的保护元器件，比如熔断器。

## 4 测试条件

### 4.1 试验道路应满足以下条件：

- a) 在水泥或柏油路面上进行，路面应平整、干燥、整洁，有良好的附着系数；检验路段应尽量水平，纵向坡度不允许超过0.5%，且全长内任意两点之间的高度差不允许超过1m，横向坡度不允许超过3%；
- b) 在试验道路上设置测试区，测试区试验通道宽度应不小于1m，在此测试区的两端应有足够长的助行区域和保证安全停车的辅助区域，并能够双向行驶。

### 4.2 驾驶者应满足以下条件：

- a) 若产品最大载重大于等于75kg，驾驶者及其装备的总质量应为75kg，不足75kg时，应使用配重；若产品最大载重小于75kg，则驾驶者及其装备总质量应为产品的最大载重；
- b) 驾驶者应熟练掌握驾驶技术，并熟悉试验方法；
- c) 驾驶者必须配备头盔、护膝、护肘等必备的防护用具；
- d) 驾驶者应按制造商规定操作方法驾驶被试车辆，且整个试验过程中，应尽量保持驾驶姿势无大幅度变动且应避免出现制造商规定的不允许的操作。

### 4.3 试验环境应满足以下条件：

- a) 温度应在电动平衡车标称的工作温度范围内；如无特殊说明，本标准规定的室温为 $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$ ；
- b) 相对湿度不大于75%；
- c) 大气压力86kPa~106kPa；
- d) 试验时平均风速应不大于3m/s，瞬时风速应不大于5m/s；
- e) 试验时应避免雨、雪等天气。

### 4.4 试验车辆应满足以下条件：

- a) 试验整机装备应齐全，并按制造商规定充满电；
- b) 试验整机应按照制造商说明，使其处于可正常行驶时的状态；
- c) 若试验整机上安装测试仪器，应尽量减少对各轮载荷分布的影响，并应尽量减小风阻影响。

## 5 一般安全要求

### 5.1 材料

#### 5.1.1 非金属材料

电动平衡车的非金属外壳、线路板、接插件等非金属材料应满足阻燃要求。非金属外壳、线路板按照 GB/T5169.16-2008 或 GB4943.1-2011 附录 A 进行考核，其可燃性等级应至少为 V-1 级。

接插件等外壳内的非金属元器件和零部件，按照 GB/T5169.16-2008 或 GB4943.1-2011 附录 A 进行考核，其可燃性等级应至少为 V-2 级。

注：本要求不适用于装饰件以及不可能被点燃或不可能传播由设备内部产生火焰的其他零部件。  
当外壳采用热塑性非金属材料时，外壳应符合 7.4 的规定。

### 5.1.2 金属材料

电动平衡车的金属外壳应耐腐蚀，耐腐蚀性可通过适当的电镀或涂覆处理来实现。

为防止带电部件和金属外壳之间可能发生的短路，应为金属外壳设计采用绝缘衬垫，该绝缘衬垫不得采用吸湿性材料，且该衬垫应能够满足平衡车工作过程（包括充电过程）中的温度变化。

## 5.2 外壳

电动平衡车的电气防护外壳、防火防护外壳、机械防护外壳和环境防护外壳应设计为只能依靠如钳子、螺丝刀等类似的工具才能打开，不能仅依靠手工打开。

### 5.3 锐利边缘

电动平衡车外部可能对用户造成刺伤危险的管状物或设备组件的坚硬突出物应具有足够的防护设计（如钝角设计等）以防止刺伤人体。

对于可能构成刺伤危险的螺纹，螺纹超出其内部结合配件的长度应限制在一个螺纹外径的长度内。

## 5.4 安全保护功能

### 5.4.1 超速保护

电动平衡车应具备超过速度限定时持续安全告警，及持续翘板功能或类似保护功能以限制用户继续加速，以保护用户安全。

### 5.4.2 低电量保护

电动平衡车应具备低电量保护功能，即电动平衡车电池组电量低于制造商规定的安全行驶所需最低电量时，应具备持续安全告警和持续翘板功能或类似保护功能以限制用户继续行驶。

### 5.4.3 驻坡能力及保护

电动两轮平衡车应具有驻坡能力及保护功能。按照 9.1.4 规定的方法测试后，电动平衡车应满足以下两种状态的任意一种：

- a) 平衡车无任何报警，并且无断电，电机无失能；
- b) 平衡车持续报警和持续翘板功能或类似保护功能以阻止用户继续行驶。

### 5.4.4 失稳保护

电动平衡车应具备失稳保护功能，防止平衡车失稳后车轮继续旋转对用户或第三人造成危害。按照 9.1.5 规定的的方法测试后，电动平衡车在失稳后其车轮应能在 5 秒内（包含 5 秒）停止转动。

### 5.4.5 过充电保护

电动平衡车应具备过充电保护功能，包含以下三种情况：

- a) 当电动平衡车充电使内部的电池组电压达到其充电限制电压时，应能自动切断充电回路（即充电电流为零）；

- b) 带有能量回收功能的电动平衡车，应具有一定的保护措施防止下坡或减速时能量回收对电池和电池组造成过充电，且平衡车不应由于电池或电池组过压保护而切断放电回路。按 9.1.6 条测试时，电动平衡车同时应不起火、不爆炸，且外壳不破裂、不漏液；
- c) 电动平衡车在充电保护回路单一故障条件下过充电时应不起火、不爆炸，且外壳不破裂、不漏液。单节电池的电压应不超过其工作电压上限。

#### 5.4.6 单节电池欠压报警限速

按照 9.1.7 测试时，电动平衡车应在单节电池欠压时触发安全告警和翘板功能等类似保护措施，且在触发保护功能前，平衡车不应由于电池或电池组欠压保护而切断放电回路。平衡车应不起火、不爆炸，且外壳不破裂、不漏液。

#### 5.4.7 单节电池过压报警限速

按照 9.1.8 测试时，电动平衡车应在单节电池过压时触发安全告警和翘板功能等类似保护措施，且在触发保护前，平衡车不应由于电池或电池组过压保护而切断放电回路。平衡车应不起火、不爆炸，且外壳不破裂、不漏液。

#### 5.4.8 充电锁止

电动平衡车在充电过程中应无法开机行驶。

#### 5.4.9 防飞转保护

重量低于 18kg 的电动平衡车开机后，当使用设计的把手装置提起时，平衡车车轮不应持续飞转超过 5 秒。

### 5.5 元件

#### 5.5.1 电池和电池组

电动平衡车的电池和电池组应符合电动平衡车的安全要求，且应能保证电动平衡车可在其预期使用条件下正常运行。如果有平衡车电池和电池组产品标准，产品标准优先于其他通用标准。

#### 5.5.2 充电器

电动平衡车的充电器或电源安全要求应符合 GB 4943.1-2011 的规定。且应与电动平衡车的电池系统相兼容，通过对电池系统和充电器规格书的审查以及本标准中的测试来确定其符合性。

用于连接到电动平衡车电池组端子以进行充电的充电器配备的连接器的，应设计为防止错位和反向极性。

对于户外使用的充电器应符合相关国家标准或行业标准关于户外使用的规定。

#### 5.5.3 电机

电动平衡车的电机应符合 GB 12350-2009 的规定和本标准的电机过载测试。

若电动平衡车的电机不在 GB 12350-2009 适用范围内，则该电机应同时符合本标准 9.2.1 规定的电机过载测试和 9.2.2 规定的电机堵转测试。

#### 5.5.4 熔断器

电动平衡车的熔断器应符合相关国家标准的要求，并适用于其保护的电路的电流和电压。

对于用户可更换的熔断器，熔断器更换标记应置于每个熔断器或熔断器座的邻近位置、或者熔断器座上、或者明显可以看出对应哪个熔断器的其他位置，并标出熔断器的额定值。必须带有特殊熔断特性（如延时或分断能力）的用户可更换熔断器，还应标明熔断器的类型。说明书也应包含用户可更换熔断器的正确的更换信息。

### 5.5.5 电缆及连接器

在室温的环境下，对完全充电的电动平衡车进行放电，以系统允许的最大电流放电至制造商规定的放电极限，并记录。测量电缆和连接器的温度，其任一组件均应满足：

- 电缆和连接器的温度应低于制造商规定的限制温度；
- 电缆和连接器的绝缘性能无损坏。

电动平衡车的外部裸露电缆应能承受 156N 的拉力而不出现内部导体发生位移或损坏，且内部导体与测试前的长度相比，拉长长度不应超过 2mm。

## 6 电气安全

### 6.1 绝缘要求

直接与交流电网连接充电的电动平衡车的电路板及各组件应具有足够的绝缘保护措施，其内部充电电路应与可触及导电部件有效隔离，可选如下方法之一：

- a) 基本绝缘和基本绝缘故障时的保护性接地系统；
- b) 双重绝缘或加强绝缘；
- c) a) 和 b) 的组合。

内置电源充电型电动平衡车的电气间隙、爬电距离和绝缘穿透距离应符合 GB 4943.1-2011 中 2.10 或其替代标准的规定。

对于采用保护接地的内置电源充电型电动平衡车，其保护接地端子和连接端接触的导电部件应符合 GB 4943.1-2011 中 2.6.5.6 其替代标准的规定。

### 6.2 布线要求

在室温的环境下按如下顺序对电缆进行检查：

- a) 电缆应具有良好绝缘且光滑无锐利边缘；
- b) 电缆应有保护，以不会与可能影响绝缘的毛刺、散热片或类似锋利边缘接触。电缆穿过的金属孔表面应足够光滑，或电缆配有套管；
- c) 电缆应可靠固定，以防止电缆与运动部件接触，必要时，可增加其他机械固定。

通过检查，产品应符合 a), b), c)。

电动平衡车在设备正常使用或保养时会拆掉的可分离部件，应不会对电气连接和内部导体引起过度的压力，包括保持接地连续性的导体。

### 6.3 短路安全要求

按 9.2.3 规定的方法测试后，平衡车应不起火、不爆炸，且外壳不破裂、不漏液。

注：若平衡车电池组已通过短路测试，且根据被试平衡车的特点评估后，平衡车整车短路测试与电池组短路无差异时，本标准规定的短路测试可不必进行。

### 6.4 发热要求

电动平衡车的发热要求应符合 GB 4943.1-2011 中 4.5.1 的规定。

应选择适用于元器件和电动平衡车结构的材料，使得平衡车在正常负载下工作时，温度不会超过本标准规定的温度限值。按本标准9.2.4规定的方法测试后，电动平衡车应不起火、不爆炸，且外壳不破裂、不漏液。

## 6.5 抗电强度

该要求只适用于直接与交流电网连接的电动平衡车或其组件。

直接与交流电网连接的电动平衡车或其组件应具有足够的抗电强度，测试方法应符合本标准9.2.5的规定。

## 7 机械安全

### 7.1 外壳防护等级

电动平衡车的外壳防护等级应不低于IP34。

### 7.2 静态强度

按9.3.2规定的方法进行静态强度测试后，电动平衡车的任何部分都不应有可见的裂纹或断裂现象，且平衡车应能正常工作，同时平衡车应不起火、不爆炸。

### 7.3 动态强度

按9.3.3规定的方法进行动态强度测试后，电动平衡车的任何部分都不应有可见的裂纹或断裂现象，且平衡车应能正常工作，同时平衡车应不起火、不爆炸。

### 7.4 应力消除

按9.3.4规定的方法进行应力消除测试后，被试平衡车应无明显收缩变形现象。

对于内置电源充电型电动平衡车应通过使用GB 4208-2008规定的直径2.5mm、长100mm的试具进行测试，试具不应触及内部充电电路部分。

### 7.5 把手强度

本要求仅适用于带有把手的电动平衡车。

电动平衡车的把手应具有足够的强度以保证在实际使用条件下的安全性。

按9.3.5进行把手强度测试后，电动平衡车的把手应不断裂或裂开；把手和平衡车之间的固定部件，以及平衡车部件应不断裂或裂开。

注：本要求不适用于仅具备辅助推行功能的把手部件。

### 7.6 鞍座强度

本要求仅适用于带有鞍座的电动平衡车。

电动平衡车鞍座应符合GB 3565-2005中12.3和12.4的规定。

电动平衡车鞍座的强度应符合GB 3565-2005中12.5的规定。

## 8 环境可靠性

### 8.1 振动

按照9.4.1进行振动试验。测试后，电动平衡车应能正常行驶，且外壳应不破裂、不漏液。

## 8.2 跌落

按照9.4.2进行跌落试验。测试后，电动平衡车外壳可有裂纹或破裂，但车体载人部分的主要承载结构应无明显损伤，应不起火、不爆炸、不漏液。

对于内置电源充电型电动平衡车应通过使用GB 4208-2008规定的直径2.5mm、长100mm的试具进行测试，试具不应触及到内部充电电路。

## 8.3 冲击

按照9.4.3进行冲击试验。测试后，电动平衡车应不起火、不爆炸，且外壳应不破裂、不漏液。

对于内置电源充电型电动平衡车应通过使用GB 4208-2008规定的直径2.5mm、长100mm的试具进行测试，试具不应触及到内部充电电路。

## 8.4 温度冲击

按照9.4.4进行温度冲击试验。测试后，被试平衡车应能正常行驶，且外壳应不破裂、不漏液。

## 8.5 局部浸水

按照9.4.5进行局部浸水试验。被试平衡车应不起火、不爆炸，且外壳应不破裂、不漏液。

## 9 测试方法

### 9.1 安全保护功能测试

#### 9.1.1 超速保护

在本标准第4章规定的测试条件下，驾驶者驾驶充满电的电动平衡车在试验道路上行驶，加速直至触发电动平衡车超速保护或电动平衡车超过其规定的最高速度限定。

#### 9.1.3 低电量保护

在本标准第4章规定的测试条件下，驾驶者驾驶至少有50%电量的电动平衡车在试验道路上正常行驶，直至触发平衡车低电量保护或电量过低不足以继续行驶为止。

#### 9.1.4 驻坡能力及保护

驾驶者驾驶充满电的电动两轮平衡车，在制造商规定的最大爬坡度的斜坡上静止并保持5分钟或平衡车报警。斜坡表面应平整、干燥、整洁，有良好的附着系数。

#### 9.1.5 失稳保护

将处于行驶状态（车轮处于旋转状态）的电动平衡车倾斜或姿态改变使其失稳。观察平衡车失稳后其车轮是否在5秒内停止转动。

#### 9.1.6 过充电保护

电动平衡车过充电保护三种情况的测试方法如下：

- a) 用0.2C的恒流充电电流对未充满电的电动平衡车进行持续充电，同时监测电池组电压和充电电流，直到电池组电压达到充电限制电压或充电电流为零。检测当平衡车电池组电压达到充电限制电压时充电电流是否为零；
- b) 将充满电的电动平衡车开机，触发其进入正常行驶状态。在该平衡车的电池组输出端施加0.2C的恒流充电电流对电池组持续充电，以模拟平衡车在下坡或者制动时的能量回收，监测平衡车

电池组电压在达到其规定的充电限制电压 1.1 倍之前，是否出现安全告警并翘板等类似保护措施或平衡车断电停止运行，测试中应同时监测电池组的温度作为参考；

- c) 用完全放电的电动平衡车，将充电保护回路中的零部件设置单一故障（单一故障的分析和确定可参考附录 A）。按照制造商规定的最大充电电流对该平衡车进行恒流充电，同时监测电池组的电压和温度。当达到以下任一条件时，终止试验：
- 直到电池组电压达到 1.1 倍的最大充电电压时停止充电，且温度回到室温或达到稳定条件并额外持续 2h；
  - 充电回路切断（即充电电流为零）；
  - 发生起火爆炸。

在 b) 和 c) 的测试过程中，均应观察平衡车是否有起火、爆炸、外壳破裂或漏液现象。

### 9.1.7 单节电池欠压报警限速

将充满电的电动平衡车，把其中任意一个电池放电到约为规定充满电状态（SOC）的 50%，使电池容量不均衡。

触发电动平衡车进入正常行驶状态，在不影响平衡车正常行驶功能的情况下，在其电池组输出端并联施加电子负载，以模拟其正常行驶，电子负载功率设置为制造商规定的整车额定功率。同时监测电池的电压和电池温度。

测试直到平衡车出现安全告警并翘板等类似保护措施或平衡车断电停止运行。

### 9.1.8 单节电池过压报警限速

将充满电的电动平衡车，除了其中一个电池，其他电池均放电到规定的完全放电状态，然后把未放电的电池放电到约为规定充满电状态（SOC）的 50%，以便在充电前产生不均衡状态。使用标配充电器将该平衡车充满电。

触发其进入正常行驶状态。在该平衡车的电池组输出端施加 0.2C 的恒流充电电流（该充电电流应为抵消平衡车维持运行状态所需的输出电流后的值）对电池组持续充电，以模拟平衡车在下坡或者制动时的能量回收，监测平衡车电池组电压在达到其规定的充电限制电压 1.1 倍之前，平衡车是否出现安全告警并翘板等类似保护措施或断电停止运行。

### 9.1.9 充电锁止

对未充满电的平衡车进行开机三次，保证平衡车均可正常开机行驶。

使用制造商规定的标配充电器对处于关机状态下的该平衡车充电。充电过程中将平衡车开机三次。若平衡车无法开机，则测试结束；若平衡车可正常开机，则检测其是否可行驶。

### 9.1.10 防飞转保护

将电动平衡车开机使其进入正常行驶状态，通过人工或测试设备使其车轮处于旋转状态。使用设计的把手装置提起平衡车时，记录从提起平衡车车轮开始飞转到车轮静止的持续时间。

## 9.2 电气安全测试

### 9.2.1 电机过载测试

电机过载测试是评估电机承受过载情况下的安全性能。

电机应首先选择装在平衡车内进行测试，同时监测电机绕组的温度。为便于测试，电机可单独进行测试。

电机首先在最大正常负载条件下运行，然后增加负载，使得电流适当的递增，而电机电源电压维持

在原来的值。当温度达到稳态条件，再次增加负载。这样，负载是以适当的步态逐渐增加，直到过载保护器起作用或电机绕组成为开路。

确定每个稳态期的电机绕组温度，记录最大温度值，应不超过表 1 中的限值。

表 1 过载测试电机绕组温度限值

温度等级	A 级 (105)	E 级 (120)	B 级 (130)	F 级 (155)	H 级 (180)
温度限值/°C	140	155	165	190	215

### 9.2.2 电机堵转测试

电机堵转测试是评估电机在承受堵转情况下的安全性能。

电机在平衡车使用时的电压下堵转 7 小时或达到稳定状态，应取其较长者。电机装在平衡车内进行测试，同时监测电机绕组的温度。电机也可以脱离平衡车单独进行测试。

记录电机绕组最大温度值，应不超过表 2 中的限值。

表 2 堵转测试电机绕组温度限值

电动机类别	极限温度/°C				
	105 (A 级)	120 (E 级)	130 (B 级)	155 (F 级)	180 (H 级)
1) 试验工作时间 30s 或 5min 或由计时器控制工作时间和使用时由人看管的电动机	200	215	225	240	260
2) 阻抗保护电动机	150	165	175	190	210
3) 保护器在第 1 小时内起保护作用的电动机	200	215	225	240	260
4) 保护器在第 1 小时后起保护作用的电动机	175	190	200	215	235

### 9.2.3 短路测试

将充满电的平衡车，通过不大于 20mΩ 的电阻对平衡车的充电端口正负极或内置电源充电型平衡车的内置电池组输入端口正负极进行短路，且应在电池保护电路中任何保护装置单一故障条件下进行短路（单一故障的分析和确定可参考附录 A）。测试中应实时监测被试平衡车的温度。

平衡车应保持短路状态直到其温度降回到室温或发生起火爆炸。

### 9.2.4 温度测试

在该测试中应始终监测平衡车的电池、电机等零部件的温度以及用户可以接触到表面的温度。按如下步骤测试：

- a) 在室温下，将完全放电的电动平衡车，用制造商规定的标配充电器以最大充电参数进行充电，直到电池上监测到的电压、电流达到制造商规定充满电的状态；
- b) 将完全充满电的平衡车在制造商规定的最大负载条件下进行放电，监测电池的电压和电流直到

平衡车达到规定的放电截止电压 ( $U_{do}$ )；

- c) 重复步骤 a) 和 b)，直至完成 2 个完全的充放电循环。

在充电和放电的循环期间，应保证电动平衡车的电压、电流和测得的温度不得超过制造商规定的参数限值。

所测得的材料和元器件的温度不得超过GB 4943.1-2011中表4B的规定。

所测得的使用者可接触区域内的可触及零部件的温度应不超过GB 4943.1-2011中表4C的规定。

## 9.2.5 抗电强度测试

### 9.2.5.1 预处理

防潮处理应当在温度为 $(40\pm 2)^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为 $(93\pm 3)\%$ 的湿热箱中放置120小时，在湿热期间，样品不通电不开机。

在进行湿热处理前，样品应在 $t^{\circ}\text{C}\sim(t+4)^{\circ}\text{C}$ 的环境中放置至少4小时。其中 $t$ 为 $20^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ 之间不会产生凝露任一方便的温度值。

防潮处理后立即进行9.2.5.2的试验。

### 9.2.5.2 试验程序

本试验应在预处理后进行。

本试验程序应符合GB 4943.1-2011中5.2.2的规定。其中峰值工作电压为电动平衡车的最大充电电压。

## 9.3 机械安全测试

### 9.3.1 外壳防护等级测试

电动平衡车外壳防护等级的测试方法应符合GB 4208-2008的规定。

### 9.3.2 静态强度测试

在室温下，对于无座椅电动平衡车，通过截面尺寸为 $102\text{mm}\times 254\text{mm}$ 的支撑件（如木块等）向脚踏板中心点施加三倍于制造商规定重量上限的静态负载。在5秒内逐渐施加负载并保持30秒。

若脚踏板有两块或多块或由多部分组成，则应在每一块或每一部分的中心处按上述方法平均分配施加负载。

对于带座椅电动平衡车，应在座椅面中心点以同样方式施加三倍于制造商规定重量上限的静态负载。

### 9.3.3 动态强度测试

#### 9.3.3.1 预处理

测试前被试平衡车需在温度为 $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 、湿度为 $(50\pm 5)\%$ 或温度为 $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 、湿度为 $(65\pm 5)\%$ 的环境下放置24小时。

如果平衡车脚踏板或支架等承载结构部件由塑料材料组成（装饰件除外），则样品应至少在 $(-5\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 的环境下或者制造商宣称的最低工作温度，取较低值，放置6小时。

#### 9.3.3.2 试验程序

本测试在样品预处理完成后，应在1分钟内开始测试，且5分钟内完成测试。

在处于开机状态的电动平衡车的脚踏板中心处，通过截面尺寸为 $102\text{mm}\times 254\text{mm}$ 的支撑件（如木块等）施加制造商规定的最大载重的负载。

从平衡车轮胎最下端距地面300mm的高度垂直跌落，重复跌落3次。跌落时应始终保持对脚踏板所

施加的负载。

### 9.3.4 应力消除试验

通过该试验评估热塑性非金属外壳在模压或注塑过程中释放内部应力所引起的任何收缩或变形,从而导致危险部件暴露或电气间隙减小。

按如下步骤进行:

- a) 将完全放电的平衡车放在对流循环的烘箱中,温度设定为恒温 70℃,保持时间为 7 小时;
- b) 从烘箱中取出被试平衡车,冷却到室温。

### 9.3.5 把手强度测试

本测试仅适用于带有把手的电动平衡车。

测试时在平衡车把手末端的中心 75mm 宽幅上施加拉力,在 5~10 秒内从 0 增加到 F 大小的拉力,然后维持 1 分钟。

如果一个平衡车有多个把手,那么可以允许将拉力均匀分摊到多个把手上测试。但对于小于 25kg 的电动平衡车,若用户可以只用单个把手就可以拎起整个平衡车,则每个把手都应承受 F 大小的拉力。

其中,

- a) 当把手为搬运把手时,拉力 F 应等于平衡车总重量(包括可拆卸背带)4 倍的力,其施加方向为铅垂向上;
- b) 当把手为操控把手时,拉力 F 应等于 300N,其施加方向为把手末端水平面的四个水平方向,每个方向各测试一次。当操控把手同时具有搬运功能时,F 应等于平衡车总重量(包括可拆卸背带)4 倍的力。

注:本测试不适用于仅具备辅助推行功能的把手部件。

### 9.3.6 鞍座强度测试

电动平衡车鞍座的测试方法应符合 GB 3565-2005 中 30.1 和 30.2 的规定。

## 9.4 环境可靠性试验

### 9.4.1 振动试验

#### 9.4.1.1 运输振动

在第4章规定的测试条件下,将被试平衡车固定安装在振动试验平台上,按表3试验剖面进行正弦振动试验加载,使被试平衡车承受沿三个空间垂直轴方向的振动。如制造商无特殊规定,测试从Z轴开始,然后是Y轴,最后是X轴,Z轴为平衡车处于正常行驶姿态时垂直于水平地面的轴。

表 3 正弦振动试验剖面

频率范围 (Hz)		加速度 (gn)/振幅 (mm)	持续对数循环 (7Hz~200Hz~7Hz)
7	18	1gn	15分钟
18	25	0.8mm	
25	200	2gn	
回到7Hz重复循环			
X、Y、Z三轴向各重复12个循环			

### 9.4.1.2 工况振动

在第4章规定的测试条件下，在温度为 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的环境下，将被试平衡车固定安装在振动试验平台上，振动测试在三个方向上进行。试验剖面见表4~表7。如制造商无特殊规定，测试从Z轴开始，然后是Y轴，最后是X轴，Z轴为平衡车处于正常行驶姿态时垂直于水平地面的轴。

每个方向的测试时间为21小时。如果用两台同样的测试样品进行测试，则测试时间可减少为15小时；如果用三台同样的测试样品进行测试，则测试时间可减少为12小时。

测试完成后应对被试平衡车进行一次放电循环。

表 4 X 轴 PSD 值

频率Hz	功率谱密度 (PSD) $\text{g}^2/\text{Hz}$	功率谱密度(PSD) $(\text{m}/\text{s}^2)^2/\text{Hz}$
5	0.0125	1.20
10	0.03	2.89
20	0.03	2.89
200	0.00025	0.02
r. m. s	0.96g	9.42 $\text{m}/\text{s}^2$

表 5 Y 轴 PSD 值

频率Hz	功率谱密度 (PSD) $\text{g}^2/\text{Hz}$	功率谱密度(PSD) $(\text{m}/\text{s}^2)^2/\text{Hz}$
5	0.04	3.85
20	0.04	3.85
200	0.0008	0.08
r. m. s	1.23g	12.07 $\text{m}/\text{s}^2$

表 6 Y 轴 PSD 值(电池组位于脚踏板下方)

频率Hz	功率谱密度 (PSD) $\text{g}^2/\text{Hz}$	功率谱密度(PSD) $(\text{m}/\text{s}^2)^2/\text{Hz}$
5	0.01	0.96
10	0.015	1.44
20	0.015	1.44
50	0.01	0.96
200	0.0004	0.04
r. m. s	0.95g	9.32 $\text{m}/\text{s}^2$

表 7 Z 轴 PSD 值

频率Hz	功率谱密度 (PSD) $\text{g}^2/\text{Hz}$	功率谱密度(PSD) $(\text{m}/\text{s}^2)^2/\text{Hz}$
5	0.05	4.81
10	0.06	5.77
20	0.06	5.77
200	0.0008	0.08
r. m. s	1.44g	14.13 $\text{m}/\text{s}^2$

### 9.4.2 跌落试验

将充满电的电动平衡车，从车轮距离试验表面 $(h \pm 0.01)$  m的高度上跌落在混凝土或类似硬度的试验表面上，同一方向重复跌落三次。

跌落方向应为用户在手持或举起平衡车时最有代表性的方向。试验表面厚度不低于76mm，且该表面区域需足够大以能容下跌落下来的平衡车样品。

其中，跌落高度h数值见表8。

表 8 跌落高度 h 数值表

电动平衡车整车（含电池组）重量M	跌落高度h
$M \leq 18\text{kg}$	1m
$18\text{kg} < M \leq 40\text{kg}$	0.8m
$M > 40\text{kg}$	0.5m

如果平衡车车体载人部分的主要承载结构或防护性外壳为塑料件，则在跌落试验前，被试平衡车应在-10℃（或制造商规定的最低工作温度，二者取较低温度）条件下存放至少4小时，将样品从冷环境中取出后立即进行跌落试验。

#### 9.4.3 冲击试验

将充满电的电动平衡车样品按照正常行驶状态用刚性支架紧固在试验装置上，支架支撑着试验样品的所有安装面。

按照表9的参数或制造商宣称的条件及平衡车评估要求进行冲击试验。冲击的时候应该考虑产品的重量和平衡车的承重范围，且平衡车的六面都需要进行测试。

表 9 冲击参数

平衡车重量以及平衡车承重范围	脉冲波形	加速度	持续时间	冲击次数
$\leq 12\text{kg}$	半正弦波	50gn	11 毫秒	每个面 3 次
$> 12 \leq 100\text{kg}$	—	25gn	15 毫秒	每个面 3 次
$> 100\text{kg}$	—	10gn	20 毫秒	每个面 3 次

#### 9.4.4 温度冲击试验

被试平衡车应满足本标准4.4条规定的条件，试验前应对被试平衡车进行目视检查和功能检查，以确保平衡车完好无损且可正常开机行驶。温度冲击试验应按GB/T 2423.22-2012中第7条的规定进行。

其中，低温 $T_A$ 为 $(-20 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，高温 $T_B$ 为 $(60 \pm 2)^\circ\text{C}$ ；两个温度下的暴露持续时间均不小于6小时；试验循环数为5。

测试完成并恢复后，对被试平衡车进行目视检查，若无外壳破裂、漏液等可见故障后，开机三次以检测其是否可正常开机行驶。

#### 9.4.5 局部浸水试验

在室温下，将充满电的电动平衡车浸入5%（质量百分比）的NaCl水溶液中，水的高度和平衡车的浸水姿态应能保证被试平衡车的电池组部分全部浸入水中。浸水时间为5分钟。

浸水后取出被试平衡车，在室温下将其静置72小时。试验过程中，始终观察平衡车是否有起火、爆炸、外壳破裂或漏液等异常现象。

### 10 标志和说明

#### 10.1 总则

标志和说明包括电动平衡车的正确安全使用和维护信息。以上信息应不仅针对用户的正常使用和维护，也针对维修人员。以上信息应充分考虑使用、维护和维修的安全性，尤其是可更换电池组和选配附件的安全使用说明。标志、符号和书面警告必须明确易懂，尤其关于电动平衡车功能和安全相关的内容。易懂的记号（象形图）的使用优先于书面警告。

#### 10.2 产品铭牌

##### 10.2.1 铭牌信息

电动平衡车的产品铭牌应包含必要的告知用户的信息及其规格参数：

- 产品名称及型号；
- 制造商名称或者商标，制造商地址；
- 电池额定容量和额定电压；
- 最大充电电压；
- 最大载重；
- 最高速度；
- 最大爬坡角度；

其中允许将电池容量和额定电压、制造商名称或者商标、制造商地址标志在外包装上或使用说明书中。其他标示说明应标在平衡车上用户能够看到的明显位置。

##### 10.2.2 耐久性

电动平衡车的车体铭牌应经久耐用，清晰易辨。

通过观察并进行如下测试检查是否合格：

用手拿浸水的布擦拭铭牌15秒后，再用浸过汽油的布擦拭15秒。试验后铭牌标记仍应清晰，不应出现损坏或卷边，不应轻易用手将其从粘贴表面揭掉。

注1：用印、铸、压或刻做的铭牌标志不进行本试验。

注2：建议所用汽油为溶剂乙烷，其芳族含量体积比最大为0.1%，贝壳松脂丁醇值为29，初沸点约为65度，干点约为69度，密度为0.66g/cm<sup>3</sup>。

#### 10.3 安全警示标识

电动平衡车本体及其充电器和电池组本体的外部应具有必要的安全警示标识，以告知用户安全使用。必要时，应提供使用、操纵、维护和拆卸电动平衡车时预防措施的安全警示标识。

安全警示标识包括但不限于：

- 平衡车应在其醒目位置标有“仅适用XX充电器”等类似警示说明；
- 平衡车应有工作极端温度的高温/低温部件的警告和标志；

- 充电器铭牌应标明“仅供XX电动平衡车使用”等类似警示说明；可在户外使用的充电器，其铭牌应标明户外使用条件；
- 平衡车充电器应有接口标志和说明；
- 电池警示标识应符合相关电池产品标准的规定；
- 适当的其他安全警示。

#### 10.4 说明书

电动平衡车说明书应包含必要的使用、操纵、维护和拆卸电动平衡车时的相关说明及使用信息，包括但不限于：

- 电动平衡车的尺寸和重量，以及载重或负载能力的限制；
- 电动平衡车的外壳防护等级；
- 电动平衡车工作、储存和充电的环境温度限制和状况（如室外或室内充电）；
- 电动平衡车的充电方法；
- 电动平衡车的储存、运行和回收处理方法；
- 将电动平衡车关闭或切换至某种操作模式的要求和方法；
- 电动平衡车操作环境和使用限制的详细说明，包括但不限于环境条件，路面条件，如行驶路面的坡度、速度、有效载重等；
- 电动平衡车在使用和行驶时可能导致危险情况操作环境及潜在风险说明。提供合适的培训信息以免异常操作和意外操作，如突然转弯、急加速或急减速等；
- 用户年龄和身体状况等限制性条件信息；
- 用户上下平衡车的步骤和用户注意事项；
- 用户佩戴头盔、护膝、护肘等护具的防护措施的说明信息；
- 适当的其他安全警示。

附录 A  
(资料性附录)  
保护电路和安全分析

电动平衡车的电池系统保护电路应在电动平衡车的整车寿命周期内,都能维持电池工作在其正常充放电工作范围内。如果超过了正常限值,保护电路应限制或关闭充放电过程来防止超过正常限值。应通过查看电池规格书和安全分析和本标准的测试来检验其符合性。当进行安全分析时可按以下方法进行:

a) 应对电动平衡车的电气系统进行潜在危害分析(包括FMEA),分析其是否有通过设计或其他方式,来识别和避免可能的危险情况(如起火、爆炸等)。安全分析方法应符合GB/T 7826-2012或、GB/T 7829-1987或GJB/Z 1391-2006的规定;

b) 在a)中的分析,应找出系统中可能会导致平衡车电池起火、爆炸等危险情况的潜在故障,列出系统对防止这些故障提供的保护类型与保护等级。分析中应考虑到保护电路/系统中的保护元器件的单一故障的状况;

c) 在进行a)中的分析时,关键性安全(指故障后可能导致如起火、爆炸等危险情况的安全保护)不应依赖主动保护元件来保护,除非满足以下其中之一条件:

——除主动保护元件外,还有一个冗余的被动保护元件;

——除主动保护元件外,还有一个冗余的主动的保护,当第一级别主动保护没电或者失效的情况时,冗余的主动保护元件还可以正常提供保护;

——当电路无电或者主动保护元件失效时,整个电路还是安全的。

d) 在第c)条中影响重要安全性的元件,必须要通过一定的功能性测试,此测试应参考适当的功能安全要求标准,除非其会在本标准的其他测试中评估。电动平衡车电气系统的功能安全标准可以参考以下任一针对电气系统和软件系统保护设计的标准:

——GB 14536.1-2008 家用和类似用途电自动控制器 第1部分:通用要求;

——GB/T 20438.1-2006 电气、电子、可编程电子安全相关系统的功能安全 第1部分:一般要求;

——UL 991 固体器件安全控制的测试标准;

——UL1998 可编程器件软件标准。

## 参 考 文 献

- [1] GB/T 18029.8-2008 轮椅车 第8部分: 静态强度,冲击强度及疲劳强度的要求和测试方法
  - [2] GB/T 18029.14-2012 轮椅车 第14部分: 电动轮椅车和电动代步车动力和控制系统要求和测试方法
  - [3] GB 17761-1999 电动自行车通用技术条件
  - [4] ISO 13482-2014 Robots and robotic devices—Safety requirements for personal care robots
  - [5] ISO 12405-1:2011 Electrically propelled road vehicles — Test specification for lithium-ion traction battery packs and systems — Part 1: High-power applications
  - [6] CQC 1125-2016 电动平衡车安全技术规范
  - [7] ANSI/CAN/UL-2272 Electrical Systems for Personal E-Mobility Devices
  - [8] UL 991 Tests for Safety-Related Controls Employing Solid-State Devices
  - [9] UL 1998 Software in Programmable Components
  - [10] ASTM F2641-08(2015) Standard Consumer Safety Specification for Recreational Powered Scooters and Pocket Bikes
  - [11] 成大先, 机械设计手册[M]. 第五版. 北京: 化学工业出版社, 2008.
-