



中华人民共和国国家标准

GB/T 40309—2021

电动平衡车 电磁兼容 发射和抗扰度要求

Electrical self-balancing vehicle—Electromagnetic compatibility—Emission and immunity requirements

2021-08-20 发布

2022-03-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 通用要求	2
4.1 工作模式	2
4.2 试验项目	2
4.3 试验配置	3
4.4 试验环境	3
5 发射	3
5.1 传导发射	3
5.2 辐射发射	5
5.3 谐波、电压波动与闪烁	7
6 抗扰度	7
6.1 性能判据	7
6.2 要求与试验	8
7 试验报告	9
附录 A (资料性) 抗扰度常见功能和性能降低现象	11
参考文献	12



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。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国自动化系统与集成标准化技术委员会(SAC/TC 159)归口。

本文件起草单位：上海电器科学研究院、安徽腾奎智能科技有限公司、广东省珠海市质量计量监督检测所、纳恩博(北京)科技有限公司、深圳乐行天下科技有限公司、小米通讯技术有限公司、上海电器设备检测所有限公司、上海机动车检测认证技术研究中心有限公司、无锡市产品质量监督检验院、上海机器人产业技术研究院有限公司、上海电器科学研究所(集团)有限公司、上海添唯认证技术有限公司、广东省东莞市质量监督检测中心、广东省惠州市质量计量监督检测所、南京信息工程大学。

本文件主要起草人：柳龙、邢琳、李东霖、李军、王野、薛实清、郑晓航、陈灏、吴承金、王斌、郑军奇、晋君、陈伟权、王少、万发雨。

电动平衡车 电磁兼容 发射和抗扰度要求

1 范围

本文件规定了电动平衡车电磁兼容的通用要求、发射和抗扰度要求以及试验方法、试验报告要求。本文件适用于以蓄电池为动力能源的电动平衡车。本文件不适用于军用及其他特殊使用用途的电动平衡车。

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 4365—2003 电工术语 电磁兼容

GB/T 6113.104 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第 1-4 部分：无线电骚扰和抗扰度测量设备 辐射骚扰测量用天线和试验场地

GB/T 6113.201 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第 2-1 部分：无线电骚扰和抗扰度测量方法 传导骚扰测量

GB/T 6113.203 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第 2-3 部分：无线电骚扰和抗扰度测量方法 辐射骚扰测量

GB 17625.1 电磁兼容 限值 谐波电流发射限值（设备每相输入电流 ≤ 16 A）

GB/T 17625.2 电磁兼容 限值 对每相额定电流 ≤ 16 A 且无条件接入的设备在公用低压供电系统中产生的电压变化、电压波动和闪烁的限制

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 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验

GB/T 17626.6 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度

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/T 34667—2017 电动平衡车通用技术条件

3 术语和定义

GB/T 4365—2003 和 GB/T 34667—2017 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电动平衡车 electrical self-balancing vehicle

一种基于倒立摆模型和静不稳定原理，配备有可充电的电驱动系统，以自主或人工操作模式来保持动态平衡的轮式载人移动平台。

注：电动平衡车简称平衡车。

[来源:GB/T 34667—2017,3.1]

3.2

最高内部工作频率 **highest internal operating frequency**

受试设备产生或使用的最高基波频率/工作的最高频率,或受试设备工作或调谐的频率。

注:平衡车最高内部频率不包括 WiFi 等无线模块单独使用的工作频率。

[来源:GB 17799.3—2012,3.1.10,有修改]

3.3

端口 **port**

设备与外部电磁环境的特定界面。

[来源:GB 17799.3—2012,3.1.1,有修改]

3.4

外壳端口 **enclosure port**

设备的物理界面,电磁场可以通过它来辐射或侵入。

[来源:GB 17799.3—2012,3.1.2]

3.5

电源端口 **power port**

为设备或相关设备提供电源而使其正常工作的导线或电缆的端口。

[来源:GB 17799.3—2012,3.1.5]

3.6

受试设备 **equipment under test;EUT**

承受电磁兼容性(EMC)符合性测试的设备(装置、器具和系统)。

注:本文件特指电动平衡车。

[来源:GB/T 6113.201—2017,3.4,有修改]

3.7

人工电源网络 **artificial mains network;AMN**

串接在受试设备电源进线处的网络。它在给定频率范围内,为骚扰电压的测量提供规定的负载阻抗,并使受试设备与电源相互隔离。

[来源:GB/T 4365—2003,161-04-05]

4 通用要求

4.1 工作模式

电动平衡车工作模式分为充电模式与运行模式两种状态。

注1:试验时,充电模式是模拟电动平衡车正常充电,其充电器处于产生最高发射的状态。

注2:试验时,运行模式是模拟电动平衡车正常运行,只有电动平衡车本体,未接入充电器的状态。

充电模式时电动平衡车处于低电量报警状态或制造商声明的充电模式下,应预热 20 min 后进行试验。

运行模式时电动平衡车电量应大于 80% 的状态,正常运行进行试验。

4.2 试验项目

两种工作模式均应进行发射和抗扰度试验,试验项目见表 1。

表 1 试验项目

工作模式	试验项目	
	发射试验	抗扰度试验
充电模式	传导发射、辐射发射、谐波电流、电压波动与闪烁	静电放电抗扰度、射频电磁场辐射抗扰度、快速瞬变脉冲群抗扰度、浪涌抗扰度、射频场感应传导骚扰抗扰度、工频磁场抗扰度、电压暂降/短时中断抗扰度
运行模式	辐射发射	静电放电抗扰度、射频电磁场辐射抗扰度、工频磁场抗扰度

4.3 试验配置

电动平衡车应在制造商规定的典型配置下进行测量。测试时电动平衡车应配置尽量多的具有代表性的功能,若某些典型功能无法同时配置,则应需单独进行测试。发射测量时,在制造商规定的典型使用 and 实际安装条件下,电动平衡车应在测量频率上产生最大骚扰的运行状态下进行测量。

如果电动平衡车存在辅助设备,则电动平衡车在进行运行试验时应连接数量最少且具有代表性的应用端口的辅助设备。

如果制造商要求有外部滤波和/或屏蔽装置或根据用户手册有规定的措施,那么本文件的测试应在加有规定的装置和措施下进行,并且具体的装置和措施应在试验报告中予以阐明。

4.4 试验环境

应在指定环境中进行试验,以确保 EUT 的正确运行。应采用:

- 周围环境温度:15℃~35℃;
- 静电放电抗扰度测试时相对湿度范围 30%~60%,其他测试时相对湿度不大于 75%;
- 空气压力 86 kPa~106 kPa;
- 辐射发射测量场地半电波暗室或开阔试验场要求按 GB/T 6113.104 的规定。

如以上环境条件下电动平衡车不能正常工作,可按照制造商要求的工作环境进行测试,实际的工作环境条件应在试验报告中记录。

5 发射

5.1 传导发射

5.1.1 传导发射要求

电动平衡车应:

- 同时满足用平均值检波器测量时所规定的平均值限值和用准峰值检波器测量时所规定的准峰值限值;或者
- 用带有准峰值检波器接收机测量得到的数据满足平均值限值。

表 2 给出了为电动平衡车电源端子传导骚扰限值。



表 2 电源端子传导骚扰限值

频段 MHz	限值 dB(μ V)	
	准峰值	平均值
0.15~0.50	66~56	56~46
0.50~5 ^a	56 ^a	46 ^a
5~30	60	50
注：在 0.15 MHz~0.50 MHz 频率范围内，限值随频率的对数呈线性减小。		
^a 过渡频率(5 MHz)处应采用较低的限值。		

5.1.2 传导发射试验

5.1.2.1 试验布置

放置电动平衡车在水平参考接地平板上，其朝向与正常使用情况相一致，电动平衡车及电缆通过绝缘支撑与参考接地平板隔离，绝缘支撑的厚度为 0.1 m~0.15 m。

充电电缆本身长度和允差应接近实际应用，该电缆的长度不应超过 1 m，若超过 1 m，则将电缆的一部分在其中心处捆扎成长度不超过 0.4 m 的“8”字型线束，从而使电缆的总长度不超过 1 m。

水平接地平板可作为参考接地平面，其边界至少应超出电动平衡车的边界 0.5 m，面积至少为 2 m×2 m。

在屏蔽室里进行传导发射测试，垂直参考接地平板距电动平衡车边界至少 0.4 m，绝缘支撑厚度为 0.1 m，电动平衡车的边界与人工电源网络(AMN)的最近的表面距离 0.8 m。

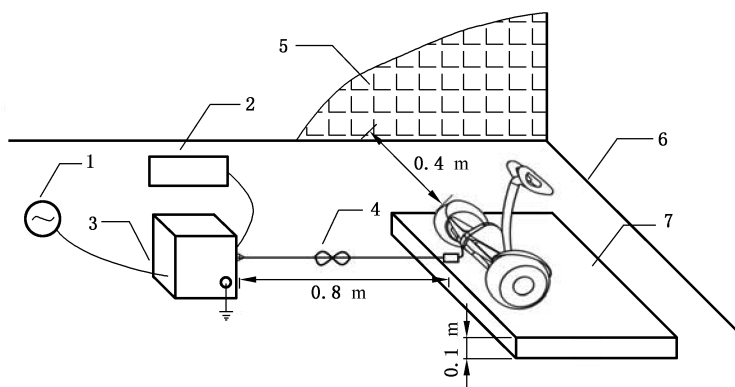
电动平衡车充电电源线缆应连接到 AMN，该 AMN 可置于水平接地平板上并与其搭接，或固定在水平接地平板下方。

AMN 应通过低射频阻抗连接到参考地。

注：将 AMN 的外壳与屏蔽室的参考地直接连接，或者用一个尽可能短而宽(最大长宽比为 3 : 1，且电感小于 50 nH，在 30 MHz 时等效阻抗小于 10 Ω)的低阻抗导体来连接。

传导发射试验布置的示例见图 1。





标引序号说明：

- 1——供电电源；
- 2——测量接收机；
- 3——人工电源网络(AMN)；
- 4——充电电缆；
- 5——垂直参考接地平板；
- 6——水平参考接地平板；
- 7——绝缘支撑。

图 1 电动平衡车的传导发射试验布置示意图

5.1.2.2 试验方法

按 GB/T 6113.201 的规定执行。

5.2 辐射发射

5.2.1 辐射发射要求

采用准峰值检波器测量时,电动平衡车应满足准峰值限值。

表 3~表 4 给出了电动平衡车的 30 MHz~1 GHz 和 1 GHz~6 GHz 辐射发射限值,其中 30 MHz~1 GHz 测量距离分别在 3 m 或 10 m 下测量,1 GHz~6 GHz 辐射发射试验测量距离为 3 m。

表 3 30 MHz~1 GHz 辐射发射限值

频段 MHz	10 m 测量距离		3 m 测量距离
	准峰值 dB(μ V/m)		准峰值 dB(μ V/m)
30~230 ^a	30 ^a		40 ^a
230~1 000	37		47

^a 过渡频率(230 MHz)处采用较低的限值。

表 4 1 GHz~6 GHz 辐射发射限值(3 m)

频段 GHz	平均值 dB(μ V/m)	峰值 dB(μ V/m)
1~3 ^a	50 ^a	70 ^a
3~6	54	74

^a 过渡频率(3 GHz)处采用较低的限值。

5.2.2 辐射发射试验

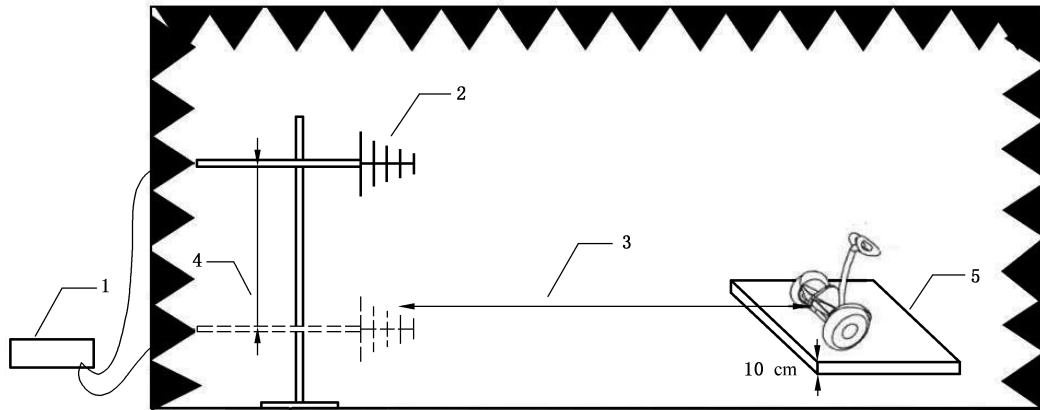
5.2.2.1 试验布置

放置电动平衡车在水平参考接地板上,其朝向与正常使用情况相一致,电动平衡车及电缆通过绝缘支撑与参考接地板隔离,绝缘支撑的厚度为 0.1 m~0.15 m。

充电电缆应是设备制造商所规定的电缆类型和长度。电缆的长度不应超过 1 m,若超过 1 m,则将电缆的一部分在其中心处捆扎成长度不超过 0.4 m 的“8”字型线束(见图 1),从而使电缆的总长度不超过 1 m。

电动平衡车应放置在绝缘支撑上,绝缘支撑厚度为 0.1 m。运行模式测量时,应使电动平衡车轮悬空,平衡车距水平接平板不超过 0.15 m,并保持稳定。

辐射发射试验布置的示例见图 2。



标引序号说明:

- 1——测量接收机;
- 2——接收天线;
- 3——标准测试距离为 3 m 或 10 m;
- 4——为确定最大发射值,测试时应调节接收天线高度,使得天线中心距离地面高度从 1 m~4 m 进行升降;
- 5——绝缘支撑。

图 2 电动平衡车的辐射发射测试布置示意图

5.2.2.2 试验方法

按 GB/T 6113.203 的规定执行。

电动平衡车测量频率上限的选择如下:

- 如果电动平衡车最高内部工作频率低于 108 MHz,则测量只进行到 1 GHz;

- 如果电动平衡车最高内部工作频率在 108 MHz~500 MHz,则测量只进行到 2 GHz;
- 如果电动平衡车最高内部工作频率在 500 MHz~1 GHz,则测量只进行到 5 GHz;
- 如果电动平衡车最高内部工作频率高于 1 GHz,则测量将进行到最高频率的 5 倍或 6 GHz,取两者中较小者。

5.3 谐波、电压波动与闪烁

输入电流不大于 16 A 的电动平衡车谐波电流发射应符合 GB 17625.1 的要求。

额定电流不大于 16 A 的电动平衡车电压波动与闪烁限值应符合 GB/T 17625.2 的要求。

6 抗扰度

6.1 性能判据

6.1.1 概述

按 6.2 的规定执行抗扰度试验期间和试验后,应按 6.1.2~6.1.4 中不同性能判据进行符合性判定(见表 5~表 7),同时详细记录在试验报告中。

在试验计划编制过程中,制造商应提供电动平衡车公开印刷物发布的必要功能说明,并补充抗扰度试验期间和试验之后所需的详细性能判据指标要求。

由制造商规定并在试验期间被评定的一些功能的例子如下,但不限于此:

- 移动功能;
- 仪表显示;
- 电源;
- 通信功能。

电动平衡车抗扰度试验期间和试验之后常见功能和性能降低现象见附录 A。

6.1.2 性能判据 A

在试验期间和试验后,无需操作人员介入,EUT 应能按预期持续工作。当按预期使用设备时,不允许出现低于制造商规定的最低性能等级的降级或功能损失。可用允许的性能降低来代替性能等级。如果制造商没有规定最低性能等级或允许的性能降低,则可以从产品说明书或技术文件中得知,并且用户有理由要求所使用的设备达到此规定。

6.1.3 性能判据 B

试验后,无需操作人员介入,EUT 应能继续按预期的要求工作。当按预期使用设备时,在施加骚扰之后,不允许出现低于制造商规定性能等级的降低或功能损失,可用允许的性能降低来替代性能等级。

在试验期间,性能降级是允许的,但在试验之后,工作状态不应改变,储存的数据不应丢失。

如果制造商没有规定最低性能等级(或允许的性能损失),则可从产品说明书或技术文件中得知,并且用户有理由要求所使用的设备达到此规定。

6.1.4 性能判据 C

在试验期间和试验后,允许出现暂时性的功能损失,且该功能可自行恢复,或者由使用者根据制造商说明,通过控制器操作或 EUT 重新通电后使其恢复。

存储在非易失性存储器内的或由备用电池保护的功能和/或信息不应丢失。

6.2 要求与试验

6.2.1 概述

本文件涉及的设备抗扰度要求和试验按端口(外壳端口、信号端口和电源端口)逐一给出。试验应以完全确定的和可重复的方式进行。

对应基础标准的内容在此不赘述,但在试验实际应用时需要的修改或补充信息仍在本文件中给出(见表5~表7中的“脚注”)。

6.2.2 试验方法

表5~表7给出了外壳端口、信号端口和电源端口的试验项目、试验参数、试验方法和试验要求等内容。

表5 外壳端口抗扰度试验

序号	试验项目		试验参数	单位	试验方法	试验要求	性能判据
1	静电放电抗扰度	接触放电	±4 (充电电压)	kV	按 GB/T 17626.2 的规定执行	接触和或空气放电试验的适用范围见基础标准 空气放电应从较低等级往上施加到规定等级	B
		空气放电	±8 (充电电压)	kV			B
2	射频电磁场辐射抗扰度		80~1 000 3 80%	MHz V/m AM(1 kHz)	按 GB/T 17626.3 的规定执行	规定的试验电平是未调制载波的有效值	A
3	射频电磁场辐射抗扰度		1.4~2.0 3 80%	GHz V/m AM(1 kHz)	按 GB/T 17626.3 的规定执行	规定的试验电平是未调制载波的有效值	A
4	射频电磁场辐射抗扰度		2.0~2.7 1 80%	GHz V/m AM(1 kHz)	按 GB/T 17626.3 的规定执行	规定的试验电平是未调制载波的有效值	A
5	工频磁场抗扰度		50 3	Hz A/m	GB/T 17626.8 的规定执行	应在适当的工频下试验。若设备只在具有一个工频的供电地区使用,则仅需要在该工频下试验 ^a	A
^a 只应用于含有对磁场敏感装置的设备(如 CRT 监视器、霍尔元件、电动麦克风、磁场传感器等)。							

表6 信号端口抗扰度试验

序号	试验项目	试验参数	单位	试验方法	试验要求	性能判据
1	快速瞬变脉冲群抗扰度	±0.5 (开路试验电压) 5/50 5 或 100 (重复频率)	kV Tr/Th ns kHz	按 GB/T 17626.4 的规定执行	使用容性耦合夹 ^b	B

表 6 信号端口抗扰度试验 (续)

序号	试验项目	试验参数	单位	试验方法	试验要求	性能判据
2	射频场感应的传导骚扰抗扰度	0.15~80 3 80%	MHz V AM (1 kHz)	按 GB/T 17626.6 的规定执行	规定的试验电平是未调制载波的有效值 ^{a、b}	A
^a 试验电平可按流入 150 Ω 负载的等效电流来确定。 ^b 仅适用于根据制造商的功能技术规范总长度可能超过 3 m 的电缆端口。						

表 7 电源端口抗扰度试验

序号	试验项目	试验参数	单位	试验方法	试验要求	性能判据
1	快速瞬变脉冲群抗扰度	±1 (开路试验电压) 5/50 5 或 100 (重复频率)	kV Tr/Th ns kHz	按 GB/T 17626.4 的规定执行		B
2	浪涌抗扰度 线对地 线对线	1.2/50(8/20) ±2 (开路试验电压) ±1 (开路试验电压)	Tr/Th μs kV kV	按 GB/T 17626.5 的规定执行	浪涌测试应从较低等级往上施加至规定等级	B
3	射频场感应的传导骚扰抗扰度	0.15~80 3 80%	MHz V AM (1 kHz)	按 GB/T 17626.6 的规定执行	规定的试验电平是未调制载波的有效值 ^a	A
4	电压暂降抗扰度	0%额定电压 0.5 周期	V 个	按 GB/T 17626.11 的规定执行	电压在过零(0°相位角和 180°相位角)处切换 ^b	B
		40%额定电压 10 周期	V 个			C
		70%额定电压 25 周期	V 个			C
5	短时中断抗扰度	0 % 额定电压 250 周期	V 个	按 GB/T 17626.11 的规定执行	电压在过零(0°相位角)处变动 ^b	C
^a 试验电平可按流入 150 Ω 负载的等效电流来确定。 ^b 仅适用于输入端口。						

7 试验报告

试验结果应记录在一份综合的试验报告中,该试验报告应具有足够多的细节以提供试验可重复性。

试验报告应包含至少以下信息：

- 电动平衡车产品信息(如产品型号、额定功率、电压频率、额定电流、电池额定电压、电池充电电压、电池额定容量等)；
- 辅助设备相关信息；
- 充电电缆信息；
- 电动平衡车内部最高工作频率；
- 测试布置照片；
- 试验方案；
- 测试模式；
- 试验设备和配置；
- 试验数据和结果。



附录 A

(资料性)

抗扰度常见功能和性能降低现象

电动平衡车在做相关抗扰度试验时,其常见功能和性能降低现象见表 A.1 及表 A.2。

表 A.1 电动平衡车抗扰度试验常见功能和性能降低现象(运行模式)

功能	常见性能降低现象
仪表/显示	有仪表显示,非预期报警,显示异常,如屏幕跳动,乱码;没有仪表显示,非预期报警
电机以固定速度转动。如果有定速巡航的可使用定速巡航	速度发生明显变化
电源关闭	电源非预期关闭
无线连接	连接异常,连接不上或者损坏,搜索不到蓝牙等
注:包括但不限于以上现象。	

表 A.2 电动平衡车抗扰度试验常见功能和性能降低现象(充电模式)

功能	常见性能降低现象
仪表/显示	电量显示异常或者是不显示。有仪表显示,非预期报警,显示异常,如屏幕跳动,乱码;没有仪表显示,非预期报警
电机不工作	异常启动
电源关闭	电源非预期关闭
无线连接	连接异常,连接不上或者损坏,搜索不到蓝牙等
正常充电	充电电流波动 $\geq 10\%$
注:包括但不限于以上现象。	

参 考 文 献

- [1] GB 17799.3—2012 电磁兼容 通用标准 居住、商业和轻工业环境中的发射
-

