

ICS 43.020

T40

团 体 标 准

T/CSAE XX — 2020

燃料电池发动机电磁兼容性能试验 方法

Electromagnetic compatibility test methods for fuel cell
engine

(报批稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的该标准所涉必要专利信息连同支持性文件一并附上。

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国汽车工程学会 发布

目 次

前 言.....	4
1 范围	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 试验要求.....	3
5 试验方法.....	9
5.1 总则.....	9
5.2 辐射发射.....	9
5.3 传导发射.....	13
5.4 沿电源线的电瞬态传导骚扰.....	18
5.5 电磁辐射抗扰度.....	18
5.6 静电放电抗扰度.....	23
5.7 磁场抗扰度.....	24
5.8 便携式发射机抗扰度.....	30
5.9 沿电源线的电瞬态传导抗扰度.....	31
5.10 沿信号线的电瞬态抗扰度.....	31
5.11 电性能.....	31
附录 A	2
附录 B	3
表 1 EUT 工作模式定义.....	3
表 2 发射类试验要求.....	3
表 3 抗扰类试验要求.....	3
表 4 电性能试验要求.....	3
表 5 大电流注入法推荐试验严酷等级.....	4
表 6 电波暗室法推荐试验严酷等级.....	4
表 7 静电放电试验严酷等级及功能状态要求.....	4
表 8 磁场抗扰等级.....	5
表 9 便携式发射机抗扰等级.....	5
表 10 12 V 系统使用的试验等级及功能状态要求.....	5
表 11 24 V 系统使用的试验等级及功能状态要求.....	5
表 12 12 V 系统使用的试验等级.....	6
表 13 24 V 系统使用的试验等级.....	6
表 14 试验等级要求.....	6

表 15 系统参数及功能状态要求.....	8
表 16 反向电压及功能状态要求.....	9
表 17 频率步长.....	19
表 18 频率步长.....	24
图 1 瞬时电压下降（12 V 系统）	7
图 2 瞬时电压下降（24 V 系统）	7
图 3 复位试验供电电压.....	8
图 4 启动电压曲线.....	8
图 5 对数天线测试布置示例（燃料电池发动机与 DC/DC 集成）	11
图 6 对数天线测试布置示例（燃料电池发动机）	12
图 7 对数天线测试布置示例（LV 线束在后、HV 线束在前）	13
图 8 传导发射-电压法测试布置示例（LV 电源线-燃料电池发动机）	14
图 9 传导发射-电压法测试布置示例（LV 电源线-DC/DC 变换器）	15
图 10 传导发射-电压法测试布置示例（HV 电源线）	16
图 11 传导发射-电流探头法 LV 线的测试布置示例.....	17
图 12 传导发射-电流探头法 HV 线的测试布置示例.....	18
图 13 大电流注入（BCI）法测试布置示例	20
图 14 对数周期天线测试布置示例（燃料电池发动机和 DC/DC 集成）	21
图 15 对数周期天线测试布置示例（燃料电池发动机）	22
图 16 对数周期天线测试布置示例（LV 线束在后、HV 线束在前）	23
图 17 磁场抗扰性试验布置示例.....	30
图 18 便携式发射机抗扰度的试验布置示例.....	31

前 言

本标准依据 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则编写。

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。

本标准提出单位：中国汽车工程学会汽车测试技术分会。

本标准起草单位：中国汽车技术研究中心有限公司、中汽研汽车检验中心（天津）有限公司、上海重塑能源科技有限公司、潍柴（潍坊）新能源科技有限公司、北京新能源汽车股份有限公司、中汽研（天津）汽车工程研究院有限公司、襄阳达安汽车检测中心有限公司、上海捷氢科技有限公司、奥尔托射频科技（上海）有限公司、北京新能源汽车技术创新中心有限公司、广东省珠海市质量计量监督检测所。

本标准主要起草人：蒋莉、柳海明、陈希琛、王善彬、台述鹏、张旭、高新杰、张妍懿、郝冬、王东升、刘方磊、郁召锋、尹成、梁晨、梁观胜。

本标准为首次制定。

燃料电池发动机电磁兼容性能试验方法

1 范围

本标准规定了燃料电池发动机电磁兼容性能试验方法。

本标准适用于质子交换膜燃料电池发动机系统，其它型式的燃料电池发动机系统可参考执行。

本标准适用于使用氢气作为燃料的燃料电池发动机系统，其他燃料供给系统可参考执行。

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 18655-2018 车辆、船和内燃机 无线电骚扰特性 用于保护车载接收机的限值 and 测量方法

GB/T 19951-2019 道路车辆 电气/电子部件对静电放电抗扰性的试验方法

GB/T 20042.1-2017 质子交换膜燃料电池 第一部分：术语

GB/T 21437.2-2008 道路车辆 由传导和耦合引起的电骚扰 第2部分：沿电源线的电瞬态传导

GB/T 21437.3-2012 道路车辆 由传导和耦合引起的电骚扰 第3部分：除电源线外的导线通过容性和感性耦合的电瞬态发射

GB/T 24548-2009 燃料电池电动汽车 术语

GB/T 28046.2-2019 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第2部分：电气负荷

GB/T 29259-2012 道路车辆 电磁兼容术语

GB/T 33014.1-2016 道路车辆 电气/电子部件对窄带辐射电磁能的抗扰性试验方法 第1部分：一般规定

GB/T 33014.2-2016 道路车辆 电气/电子部件对窄带辐射电磁能的抗扰性试验方法 第2部分：电波暗室法

GB/T 33014.4-2016 道路车辆 电气/电气部件对窄带辐射电磁能的抗扰性试验方法 第4部分：大电流注入（BCI）法

GB 50493-2009 石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计规范

ISO 11452-8 道路车辆 窄带辐射电磁能的电骚扰 第8部分：磁场抗扰度

ISO 11452-9 道路车辆 窄带辐射电磁能的电骚扰 第9部分：便携式发射机

3 术语和定义

GB/T 20042.1-2017、GB/T 24548-2009 和 GB/T 29269-2013 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用，以下重复列出了 GB/T 20042.1-2017、GB/T 24548-2009 和 GB/T 29269-2013 中的某些术语和定义。

3.1 燃料电池 fuel cell

将外部供应的燃料和氧化剂中的化学能通过电化学反应直接转化为电能、热能和其他反应产物的发电装置。

[GB/T 24548—2009, 定义3.1.1]

3.2 燃料电池电动汽车 fuel cell electric vehicle; FCEV

以燃料电池系统作为动力源或主动力源的汽车。

[GB/T 24548—2009, 定义3.1.2]

3.3 尾气 off gas; tail gas

燃料电池堆里排出的气体, 包含未反应气体、生成的气体、和/或惰性气体。

[GB/T 24548—2009, 定义3.1.10]

3.4 额定功率 rated power

制造厂规定的燃料电池堆在特定工况条件下能够持续工作的功率。

[GB/T 24548—2009, 定义3.1.21]

3.5 质子交换膜 proton exchange membrane; PEM

以质子为导电电荷的膜。燃料电池内的一个独立层, 它作为电解质, 和阻隔阳极侧富氢气体和阴极侧富氧气体的屏障。

[GB/T 24548—2009, 定义3.1.1.3]

3.6 质子交换膜燃料电池 proton exchange membrane fuel cell; PEMFC

用质子交换膜做电解质的燃料电池

[GB/T 20042.1-2017, 定义2.3.6]

3.7 通风系统/模块 ventilation system/module

通过机械或自然方式实现燃料电池系统的机壳内外空气交换的系统或模块。

[GB/T 20042.1—2017, 定义2.4.1]

3.8 排气系统/模块 exhaust system/module

负责把燃料电池系统产生的尾气和废弃排放到外界环境中的系统或模块。

[GB/T 20042.1—2017, 定义2.4.3]

3.9 尾气处理系统/模块 exhaust treatment system/module

用于把从电堆中排出的尾气进行处理以达到相关排放标准的系统或模块, 主要为去除或稀释阳极尾气中没有反应的燃料。

[GB/T 20042.1—2017, 定义2.4.10]

3.10 气水分离器 gas/water separator

将燃料电池排出的气体进行冷凝和分离气体中水分的装置。

[GB/T 24548-2009, 定义3.2.1.4]

3.11 燃料电池动力系统 fuel cell power system

包括燃料电池系统、DC/DC 变换器、驱动电机及其控制系统和车载储能装置。

[GB/T 24548-2009, 定义3.4.2]

3.12 燃料电池系统/燃料电池发动机 fuel cell system

包括燃料电池堆和燃料电池辅助系统, 在外接氢源的条件下可以正常工作。

[GB/T 24548-2009, 定义3.4.3]

3.13 燃料电池辅助系统 fuel cell auxiliary system

包括: 空气供应系统、燃料供应系统、水/热管理系统、控制系统、安全保障系统等。

[GB/T 24548-2009, 定义3.4.4]

3.14 空气供应系统 air supply system

对进入燃料电池的空气进行过滤、增湿、压力调节等方面处理的系统。

[GB/T 24548-2009, 定义3.2.2.1]

3.15 气体泄漏 gas leakage

除正常排气、放空外，供气系统和燃料电池系统中出现的气体外泄现象。

[GB/T 24548-2009, 定义3.2.2.6]

3.16 待机状态 standby state

燃料电池系统已具备开机所需的运行条件，可随时接受命令进行启动的状态。

[GB/T 24548-2009, 定义3.5.2.1]

3.17 检测报警装置 detecting alarm device

当环境中可燃气体泄露时，能发出报警信号和控制信号的装置。

4 试验要求

4.1 工作模式划分

EUT根据工作条件的不同可分为模式1、模式2和模式3，具体见表 1。

表 1 EUT 工作模式定义

工作模式	工作条件
模式1	EUT正常工作，推荐按照20%额定功率进行测试，具体可与主机厂和零部件厂商协商
模式2	仅LV上电，通讯正常
模式3	LV和HV均不上电，EUT不工作，且不接电源和负载

4.2 测试项目及要

表 2、表 3和表 4分别给出了EUT发射类、抗扰类和电性能试验要求。

表 2 发射类试验要求

端口	试验项目	参考标准	本部分中的参考章节
EUT	辐射发射	GB/T 18655-2018	4.3
信号线	传导发射-电流探头法	GB/T 18655-2018	4.4
电源线	传导发射-电压法	GB/T 18655-2018	4.5
	沿电源线的电瞬态传导发射	GB/T 21437.2-2008	4.6

表 3 抗扰类试验要求

端口	试验项目	参考标准	本部分中的参考章节
EUT	电磁辐射抗扰度	GB/T 33014.2-2016 GB/T 33014.4-2016	4.7
	静电放电抗扰度	GB/T 19951-2019	4.8
	磁场抗扰度	ISO 11452-8	4.9
	便携式发射机抗扰度	ISO 11452-9	4.10
电源线	沿电源线的电瞬态传导抗扰度	GB/T 21437.2-2008	4.11
信号线	沿信号线的电瞬态传导抗扰度	GB/T 21437.3-2012	4.12

表 4 电性能试验要求

试验项目	参考标准	本部分中的参考章节
直流供电电压	GB/T 28046.2-2011	4.13.1
过电压	GB/T 28046.2-2011	4.13.2
叠加交流电压	GB/T 28046.2-2011	4.13.3
供电电压缓降和缓升	GB/T 28046.2-2011	4.13.4
供电电压瞬态变化	GB/T 28046.2-2011	4.13.5
启动特性	GB/T 28046.2-2011	4.13.6
反向电压	GB/T 28046.2-2011	4.13.7

4.3 辐射发射限值

EUT辐射发射测试结果应满足GB/T 18655-2018中表 7的限值要求。

4.4 传导发射限值-电流探头法

EUT传导发射电流探头法测试结果应符合GB/T 18655-2018中表 6的限值要求。

4.5 传导发射限值-电压法

EUT传导发射电压法对非屏蔽系统及低压人工网络射频端口的测量，测试结果应满足GB/T 18655-2018第6.3.3条表 5的限值要求；屏蔽电源装置传导电压测试结果应符合GB/T 18655-2018附录I中表 I.1的限值要求。

4.6 沿电源线的电瞬态传导发射

EUT的沿电源线的电瞬态传导发射限值应满足GB/T 21437.2-2008附录C中等级III的要求。

4.7 电磁辐射抗扰度

采用大电流注入（BCI）法和电波暗室（ALSE）法相结合的方式进行了试验。其中，在1 MHz~200MHz频率范围内，采用大电流注入（BCI）法，推荐的试验严酷等级见表5；在200 MHz~2 000 MHz频率范围内，采用电波暗室（ALSE）法，推荐的试验严酷等级见表6。试验过程中，EUT不应出现性能下降，功能状态要求应为A类。

表 5 大电流注入法推荐试验严酷等级

试验严酷等级	试验电平 mA
I	25
II	50
III	75
IV	100
X	协商确定

表 6 电波暗室法推荐试验严酷等级

试验严酷等级	试验电平 V/m
I	25
II	50
III	75
IV	100
X	协商确定

4.8 静电放电抗扰度

静电放电抗扰度试验等级及功能状态要求见表 7。

表 7 静电放电试验严酷等级及功能状态要求

EUT工作模式	放电类型	严酷程度等级	功能状态要求
模式2	直接接触放电	±8 kV	A
	空气放电	±15 kV	A
模式3	直接接触放电	±8 kV	A
	空气放电	±15 kV	A

4.9 磁场抗扰度

EUT在0 Hz~150 000 Hz频段内进行磁场抗扰试验，试验等级见表 8。EUT不应出现性能下降，功能状态要求应为A类。

表 8 磁场抗扰等级

频率f/Hz	试验等级/(A/m)
0 (d. c)	900
15~1 000	300
1 000~10 000	300/(f/1 000) ²
10 000~150 000	3

4.10 便携式发射机抗扰度

EUT在26 MHz~5 850 MHz频段内进行便携式发射机抗扰度试验，试验等级见表 9。EUT不应出现性能下降，功能状态要求应为A类。

表 9 便携式发射机抗扰等级

发射机类型	频率/MHz	试验等级/W
10 m	26~30	10(有效值)
2 m	146~174	10(有效值)
70 cm	410~470	10(有效值)
TETRA/TETRAPOL	380~390	10(峰值)
	410~420	
	450~460	
TETRA/TETRAPOL	806~825 870~876	10(峰值)
AMPS/GSM850	824~849	10(峰值)
GSM900	876~915	16(峰值)/2(峰值)
PDC	893~898	0.8(峰值)
	925~958	
	1 429~1 453	
PCS GSM1800/1900	1 710~1 785	2(峰值)/1(峰值)
	1 850~1 910	
IMT-2000	1 885~2 025	CW-1(有效值) PM-1(峰值)
Bluetooth/WLAN	2 400~2 500	0.5(峰值)
IEEE 802.11a	5 725~5 850	1(峰值)

4.11 沿电源线的电瞬态传导抗扰度

仅对系统的12 V或24 V系统的低压供电模块进行试验，试验等级及功能状态要求见表 10和表 11。

表 10 12 V 系统使用的试验等级及功能状态要求

试验脉冲	试验等级/V	最少脉冲数或 试验时间	短脉冲循环时间或脉冲重复时间		功能状态要求
			最小	最大	
1	-112	500个脉冲	0.5 s	5 s	C
2a	+55	500个脉冲	0.2 s	5 s	A
2b	+10	10个脉冲	0.5 s	5 s	C
3a	-165	1 h	90 ms	100 ms	A
3b	+112	1 h	90 ms	100 ms	A

表 11 24 V 系统使用的试验等级及功能状态要求

试验脉冲	试验等级/V	最少脉冲数或 试验时间	短脉冲循环时间或脉冲重复时间		功能状态要求
			最小	最大	
1	-450	500个脉冲	0.5 s	5 s	C
2a	+55	500个脉冲	0.2 s	5 s	A

表 12 (续)

试验脉冲	试验等级/V	最少脉冲数或 试验时间	短脉冲循环时间或脉冲重复时间		功能状态要求
			最小	最大	
2b	+20	10个脉冲	0.5 s	5 s	C
3a	-220	1 h	90 ms	100 ms	A
3b	+220	1 h	90 ms	100 ms	A

4.12 沿信号线的电瞬态传导抗扰度

EUT沿信号线的电瞬态抗扰度试验等级见表 12和表 13要求。施加脉冲期间EUT不应出现性能下降，功能状态要求应为A类。

表 13 12 V 系统使用的试验等级

试验脉冲	试验等级/V	试验时间/min
ICC慢+	+6	5
ICC慢-	-6	5
CCC快a	-60	10
CCC快b	+40	10

表 14 24 V 系统使用的试验等级

试验脉冲	试验等级/V	试验时间/min
ICC慢+	+10	5
ICC慢-	-10	5
CCC快a	-80	10
CCC快b	+80	10

4.13 电性能试验

4.13.1 直流供电电压

仅对系统的12 V或24 V低压供电模块进行试验，试验等级要求见表 14。按表 14给出的供电电压范围试验时，EUT不应出现性能下降，功能状态要求应为A类。

表 15 试验等级要求

低压模块	供电电压	
	$U_{s \min}$	$U_{s \max}$
12 V系统	9	16
24 V系统	16	32

4.13.2 过电压

仅对系统的12 V或24 V低压供电模块进行试验

对于12 V低压供电模块，需进行两组试验：

——在加热箱中将EUT加热到 $T=(T_{\max}-20\text{ }^{\circ}\text{C})$ 。向EUT低压电源输入端施加18 V的电压，持续60 min；功能状态要求至少应达到C类；

——在室温下，向EUT低压电源输入端施加24 V的电压，持续 $60\text{ s}\pm 6\text{ s}$ 。

对于24 V低压供电模块，在加热箱中将EUT加热到 $T=(T_{\max}-20\text{ }^{\circ}\text{C})$ 。向EUT低压电源输入端施加36 V的电压，持续60 min；功能状态要求至少应达到C类。

4.13.3 叠加交流电压

仅对系统的12 V或24 V低压供电模块进行试验。EUT不应出现性能下降，功能状态要求应为A类。

对于12 V低压供电模块，试验条件如下：

——供电电压为16 V，a. c. 电压（正弦）峰值为4 V，电源内阻为 $50\text{ m}\Omega\sim 100\text{ m}\Omega$ ，频率范围扫50

Hz~20 kHz之间, 扫频持续时间为120 s, 扫频次数为5次;

对于24 V低压供电模块, 试验条件如下:

——供电电压为32 V, a. c. 电压(正弦)峰值为4 V, 电源内阻为50 mΩ~100 mΩ, 频率范围扫50 Hz~20 kHz之间, 扫频持续时间为120 s, 扫频次数为5次。

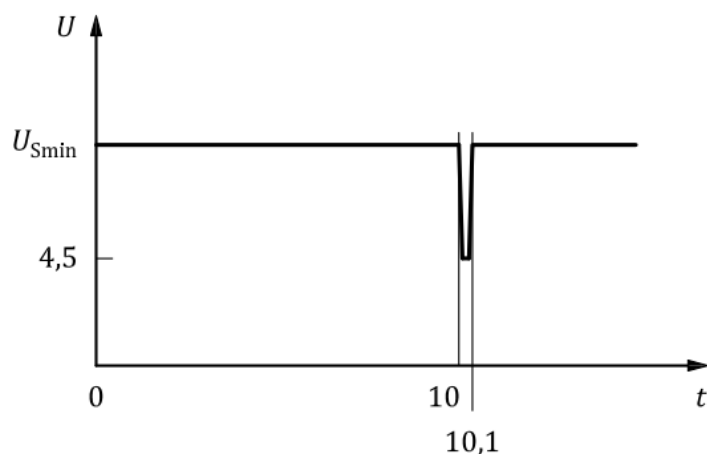
4.13.4 供电电压缓降和缓升

对EUT电源输入端进行下列试验。以(0.5 ±0.1) V/min速率将供电电压由 $U_{s\max}$ 降到0 V, 然后从0 V升到 $U_{s\max}$ 。在表 12规定的供电电压范围内, 功能状态应达到A类; 在供电电压范围外, 功能状态至少应达到C类。

4.13.5 供电电压瞬态变化

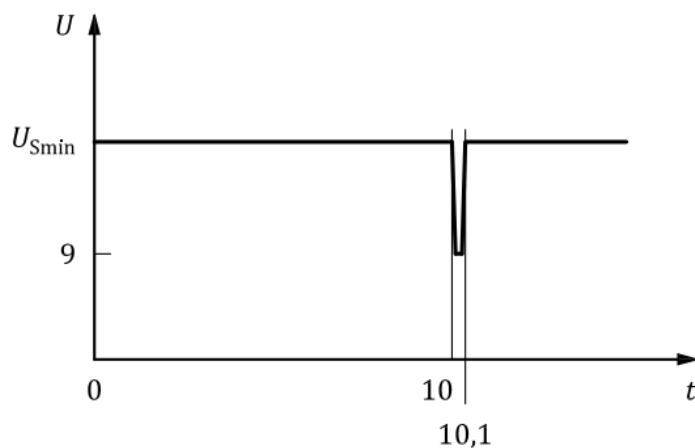
4.13.5.1 供电电压瞬时下降

针对系统的12 V或24 V低压供电模块, 分别将试验脉冲图 1和图 2加到EUT的有效输入端, 上升和下降时间应不超过10 ms。功能状态至少应达到B类。



其中: U——电压, V; t——时间, s。

图 1 瞬时电压下降(12 V 系统)

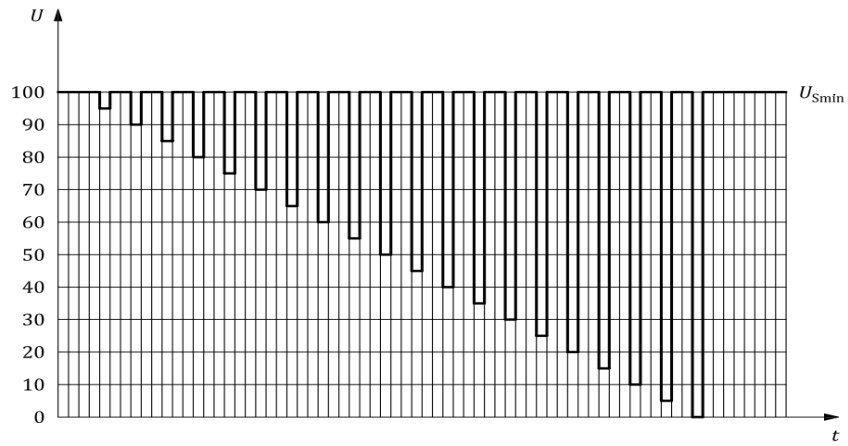


其中: U——电压, V; t——时间, s。

图 2 瞬时电压下降(24 V 系统)

4.13.5.2 对电压骤降的复位性能

供电电压以5%梯度从 $U_{s\min}$ 降到0.95 $U_{s\min}$, 保持5 s, 再上升到 $U_{s\min}$, 至少保持10 s并进行试验。然后将电压降至0.9 $U_{s\min}$ 等, 按图 3所示以 $U_{s\min}$ 的5%梯度继续进行直到降到0 V, 然后再将电压升到 $U_{s\min}$ 。功能状态至少应达到C类



其中： $U_{s\min}$ ——最低供电电压，%； t ——时间，s。

图 3 复位试验供电电压

4.13.6 启动特性

按照图4及表 15给出的启动特性参数同时加到EUT的有效输入端，共进行10次。启动循环之间间隔 1 s~2 s。

表 16 系统参数及功能状态要求

系统参数	供电电压 V		电压 V	持续时间	功能状态要求
	$U_{s\min}$	$U_{s\max}$			
12 V系统	9	16	$U_s=3\text{ V}$ $U_A=5\text{ V}$	$t_r=5\text{ ms}$ $t_6=15\text{ ms}$ $t_7=50\text{ ms}$ $t_8=1\text{ s}$ $t_f=100\text{ ms}$	C
24 V系统	16	32	$U_s=6\text{ V}$ $U_A=10\text{ V}$	$t_r=10\text{ ms}$ $t_6=50\text{ ms}$ $t_7=50\text{ ms}$ $t_8=1\text{ s}$ $t_f=40\text{ ms}$	C

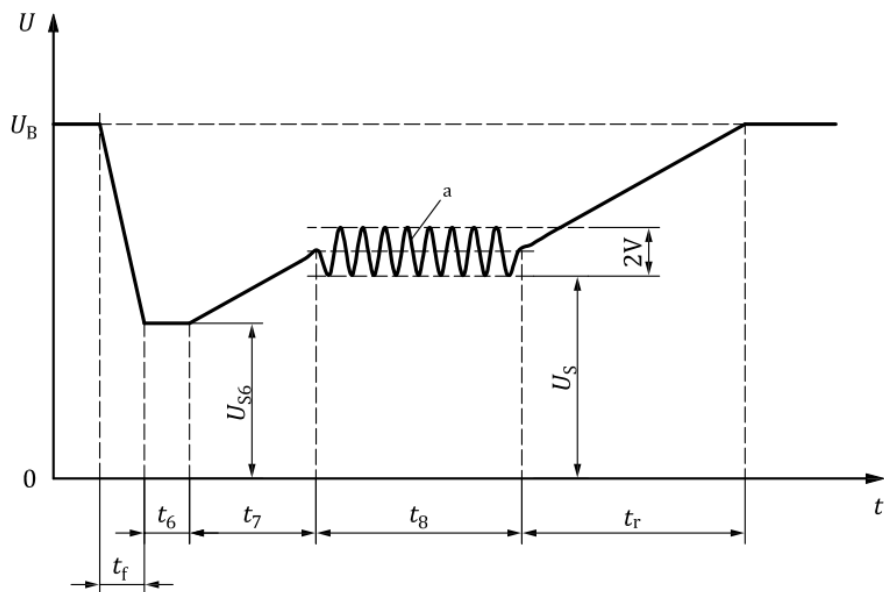


图 4 启动电压曲线

4.13.7 反向电压

用试验电压 U_A （见表 14）反向同时施加到EUT有效输入端子上持续 $60\text{ s} \pm 6\text{ s}$ 。反向电压值及功能状态要求见表 16。

表 17 反向电压及功能状态要求

标称电压 (V)	U_A (V)	功能状态要求
12	14	C
24	28	C

5 试验方法

5.1 总则

装有吸波材料的屏蔽室应符合GB/T 18655-2018中4.3规定，开阔试验场应满足GB/T 6113.104要求。为避免环境噪声的影响，应在试验之前进行环境噪声测试，环境噪声电平比限值应至少低6 dB。样品测试过程中试验室氢气浓度应满足相关标准要求。

测试场地应配备氢气浓度检测系统和检测报警装置，且满足如下要求：

- 不对环境噪声产生影响；满足低于本标准规定限值6dB要求
- 满足一定的场强抗扰度要求。

5.2 辐射发射

5.2.1 试验方法

在 0.15 MHz~2 500 MHz 频率范围内，参考 GB/T 18655-2018 标准中规定的方法进行。

5.2.2 试验状态

EUT 工作在模式 1；若 EUT 为其它工作状态，应在测试计划中明确记录。

如 EUT 包含多个单元，单元之间的连接线宜使用原车上使用的连接线束；若无法实现，电子控制单元和人工电源网络之间的连接线长度应符合本标准规定。线束应按实际情况端接，并带实际负载和激励。

注：若实际无法满足要求，可使用可以满足实际负载工况和参数的模拟负载。

5.2.3 试验布置

图 5 为燃料电池发动机与 DC/DC 集成时辐射发射测试时对数天线的测试布置图示例；棒天线、双锥天线、喇叭天线的布置参照对数天线的测试布置图。

图 5 中标注了天线的三个测试位置①、②和③。其中，位置①为 7 和 25 的线束中心；位置②为 1 和 25 和线束中心；位置③为 1 的中心。棒天线、双锥天线、对数天线测试时，位置①、位置②和位置③均需进行测试；喇叭天线测试时，测试位置②和位置③。

图 6 为仅燃料电池发动机辐射发射测试时对数天线的测试布置图示例；棒天线、双锥天线、喇叭天线的布置参照对数天线的测试布置图。

图 6 中标注了天线的两个测试位置①和②。其中，位置①为 1 和 7 的线束中心；位置②为 1 的中心。棒天线、双锥天线、对数天线测试时，位置①、位置②均需进行测试；喇叭天线测试时，仅测试位置②。

图 7 以燃料电池发动机为例给出了 LV 线束在后、HV 线束在前辐射发射测试布置图。

屏蔽配置应按照车辆的实际情况布置。通常所有屏蔽的 HV 部件应低阻抗正常接地（例如 AN、电缆、连接器等）。EUT 和负载均应接地。室外的 HV 电源应经由馈通滤波连接。

除非另有指定，否则与接地平面前端平行的 LV 线束长度规定如下：7 和 25 之间的线束长度为 $1\ 500\text{ mm} \pm 75\text{ mm}$ ；1 和 25 之间的线束长度为 $1\ 000\text{ mm} \pm 75\text{ mm}$ ；26 与 1 之间的距离至少为 $1\ 000\text{ mm}$ 。与地

面前端平行的 HV 线束的长度规定如下：7 和 25 之间的线束长度为 $1\,500\text{ mm} \pm 75\text{ mm}$ ；1 和 25 之间的线束长度为 $1\,000\text{ mm} \pm 75\text{ mm}$ 。HV 试验线束应与 LV 试验线束间距 100_0^{+100} mm 。

所有线束应放置在不导电性、低相对介电常数 ($\epsilon_r \leq 1.4$) 材料上，距接地平面上方 $50\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$ 的位置。

HV 正极电源线和 HV 负极电源线可以是单根的同轴屏蔽线缆，或共用同一个屏蔽层。推荐使用车辆原装 HV 线束。

除非另有规定，否则 EUT 壳体应直接或通过制定阻抗连接到接地平面。

为避免环境噪声的影响，应在试验之前进行环境噪声测试。环境噪声电平应比限值至少低 6 dB。

5.2.4 试验要求

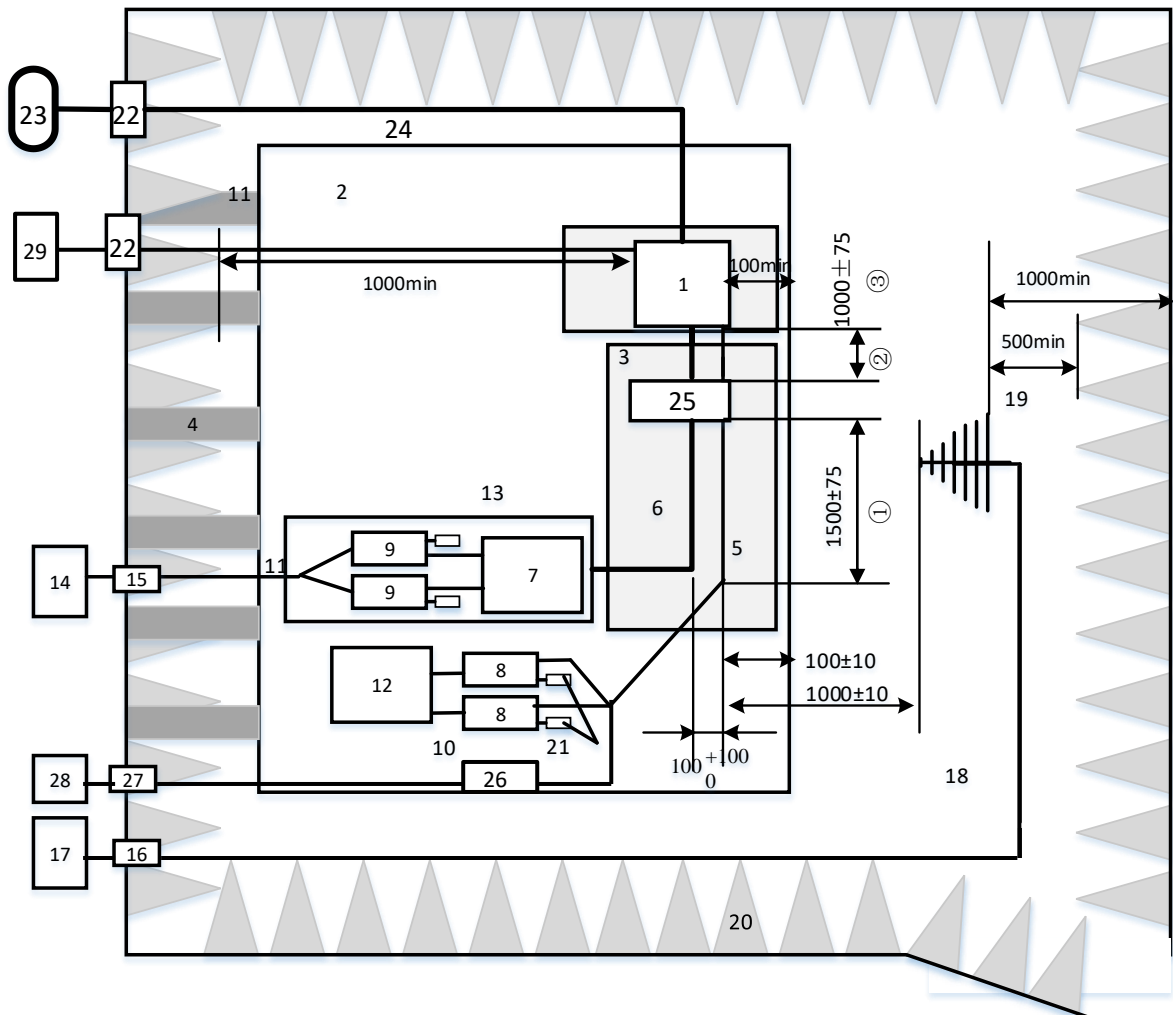
应在装有吸波材料的屏蔽室中进行测量，频率范围为 0.15 MHz~2 500 MHz。

0.15 MHz~30 MHz 只进行垂直极化方向测试；30 MHz~2 500 MHz 应分别在天线垂直极化和水平极化下进行测量。

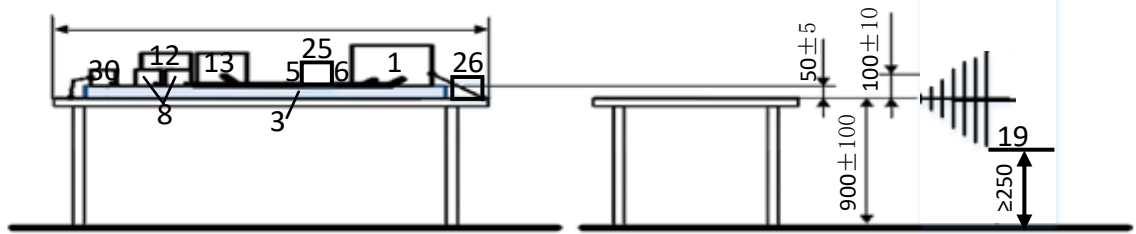
可以使用频谱分析仪或扫描接收机进行测量，测量参数应按照 GB/T 18655-2018 中规定来设置。

单位为毫米

俯视图（水平极化）



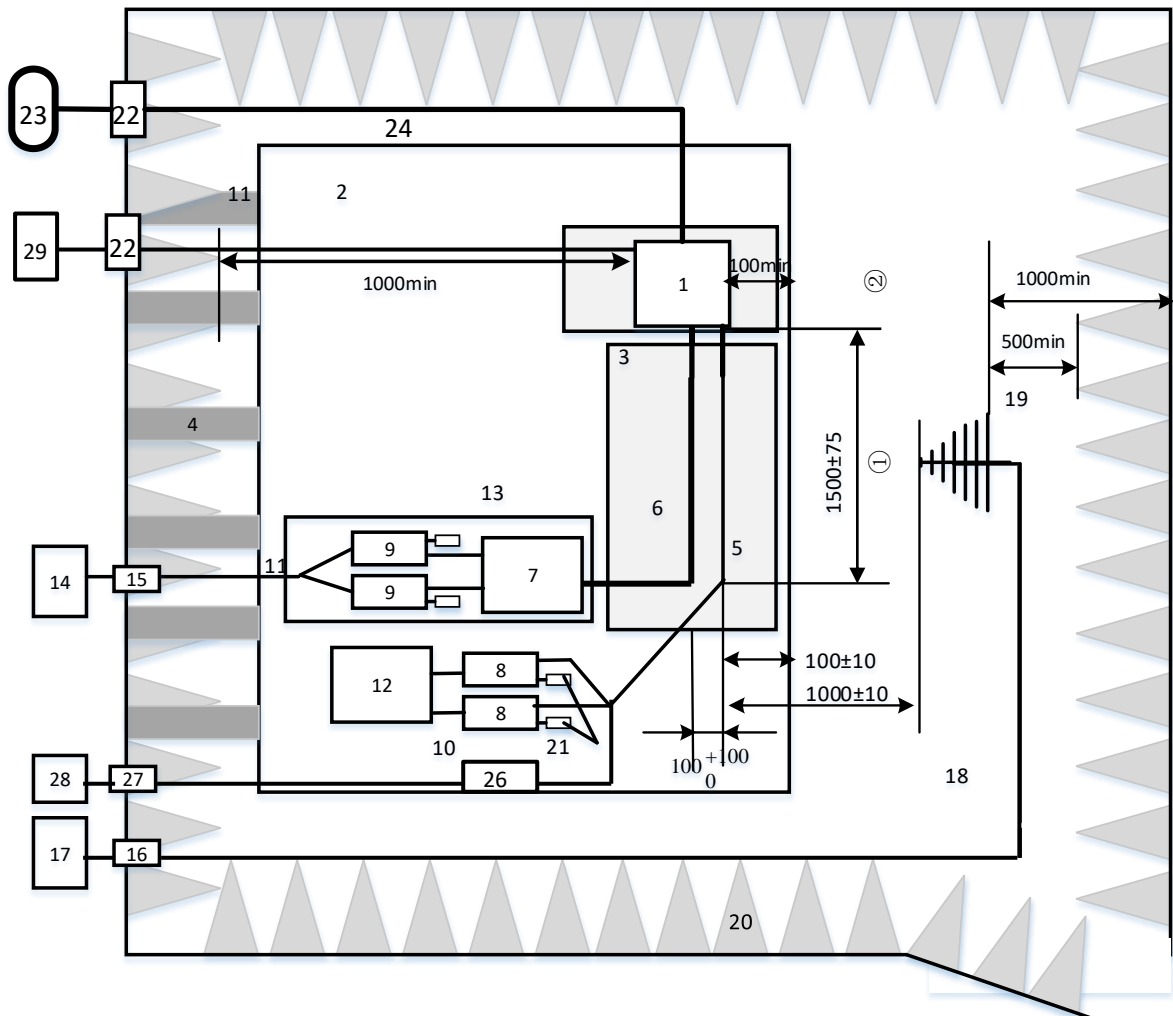
侧视图（垂直极化）



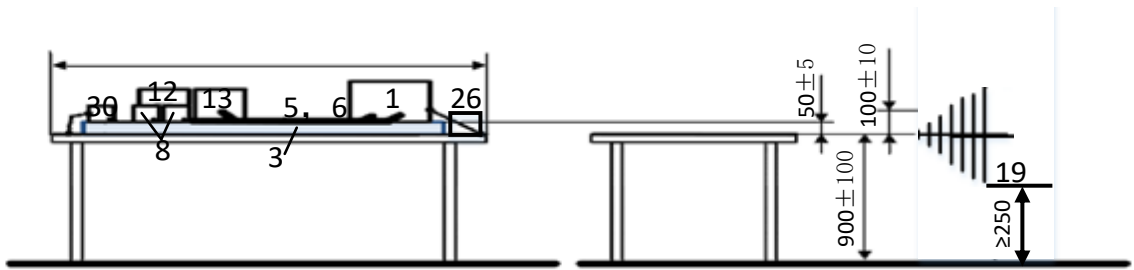
说明:

- | | | |
|----------------|-----------------|---------------|
| 1. 燃料电池发动机 | 12. 低压电源 | 23. 氢气供给系统 |
| 2. 接地平面 | 13. 附加屏蔽盒 | 24. 供气管路 |
| 3. 低相对介电常数材料支撑 | 14. 高压电源 | 25. DC/DC 变换器 |
| 4. 接地带 | 15. 电源线滤波器 | 26. LV 负载模拟器 |
| 5. 低压线束 | 16. 壁板连接器 | 27. 光纤馈通 |
| 6. 高压线束 | 17. 测量设备 | 28. 激励和监测系统 |
| 7. 阻抗匹配网络 (可选) | 18. 同轴电缆 (50 Ω) | 29. 尾气处理系统 |
| 8. 低压人工网络 | 19. 对数天线 | |
| 9. 高压人工网络 | 20. 射频吸波材料 | |
| 10. 低压电源线 | 21. 50 Ω 负载 | |
| 11. 高压电源线 | 22. 气体波导管 | |

图 5 对数天线测试布置示例 (燃料电池发动机与 DC/DC 集成)



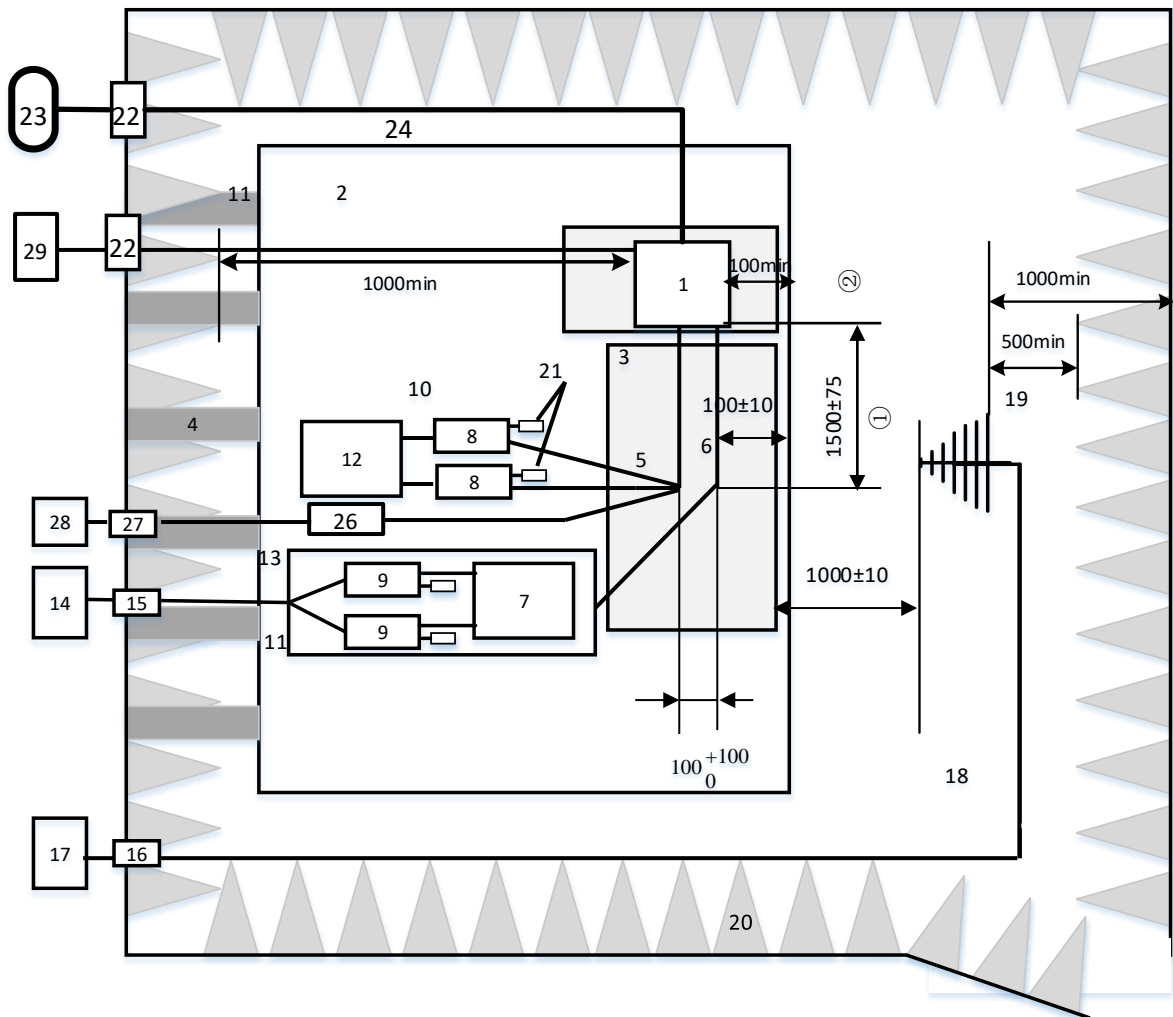
侧视图 (垂直极化)



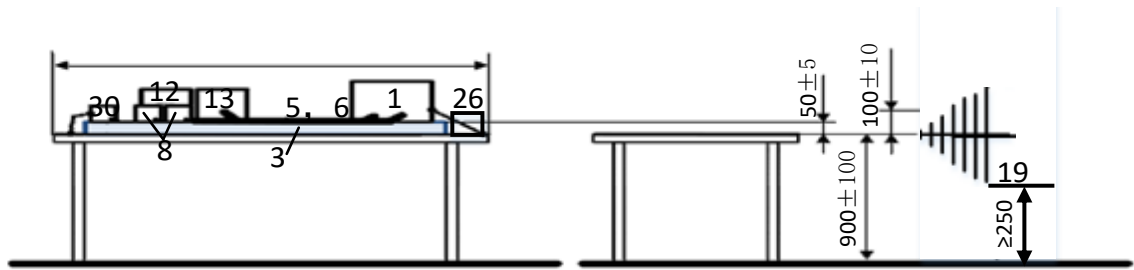
说明:

- | | | |
|----------------|-----------------|--------------|
| 1. 燃料电池发动机 | 11. 高压电源线 | 21. 50 Ω 负载 |
| 2. 接地平面 | 12. 低压电源 | 22. 气体波导管 |
| 3. 低相对介电常数材料支撑 | 13. 附加屏蔽盒 | 23. 氢气供给系统 |
| 4. 接地带 | 14. 高压电源 | 24. 供气管路 |
| 5. 低压线束 | 15. 电源线滤波器 | 26. LV 负载模拟器 |
| 6. 高压线束 | 16. 壁板连接器 | 27. 光纤馈通 |
| 7. 阻抗匹配网络 (可选) | 17. 测量设备 | 28. 激励和监测系统 |
| 8. 低压人工网络 | 18. 同轴电缆 (50 Ω) | 29. 尾气处理系统 |
| 9. 高压人工网络 | 19. 对数天线 | |
| 10. 低压电源线 | 20. 射频吸波材料 | |

图 6 对数天线测试布置示例 (燃料电池发动机)



侧视图 (垂直极化)



说明:

- | | | |
|----------------|-----------------|--------------|
| 1. 燃料电池发动机 | 11. 高压电源线 | 21. 50 Ω 负载 |
| 2. 接地平面 | 12. 低压电源 | 22. 气体波导管 |
| 3. 低相对介电常数材料支撑 | 13. 附加屏蔽盒 | 23. 氢气供给系统 |
| 4. 接地带 | 14. 高压电源 | 24. 供气管路 |
| 5. 低压线束 | 15. 电源线滤波器 | 26. LV 负载模拟器 |
| 6. 高压线束 | 16. 壁板连接器 | 27. 光纤馈通 |
| 7. 阻抗匹配网络 (可选) | 17. 测量设备 | 28. 激励和监测系统 |
| 8. 低压人工网络 | 18. 同轴电缆 (50 Ω) | 29. 尾气处理系统 |
| 9. 高压人工网络 | 19. 对数天线 | |
| 10. 低压电源线 | 20. 射频吸波材料 | |

图 7 对数天线测试布置示例 (LV 线束在后、HV 线束在前)

5.3 传导发射

5.3.1 试验方法

在 0.15 MHz~108 MHz 频率范围内, 参考 GB/T 18655-2018 标准中规定的方法进行。

注: 由于试验布置中的导线本身会产生辐射, 所以传导发射会对辐射发射的测量有影响, 因此推荐在进行辐射发射试验前, 先进行传导发射试验, 判定其符合性。

5.3.2 试验状态

EUT 工作在模式 1; 若 EUT 为其它工作状态, 应在测试计划中明确记录。

5.3.3 试验布置

5.3.3.1 传导发射-电压法

图 8 和图 9 为燃料电池发动机和 DC/DC 变换器集成时 LV 电源线上的传导发射-电压法试验布置, 该测试针对 DC/DC 变换器 (图 8) 和燃料电池发动机 (图 9) 的 LV 电源线进行。屏蔽配置及保护地的连接应为车辆的典型应用。EUT 应按照规定的阻抗连接到地。除非试验计划另有规定, 否则线束的长度应为:

——LV 线的长度为 200_0^{+200} mm;

——HV 线的长度应为 $1\ 700_0^{+300}$ mm, 与接地平面前沿平行的长度应为 $1\ 500\text{ mm} \pm 75\text{ mm}$ 。

所有线束应放置在非导电的、低相对介电常数 ($\epsilon_r \leq 1.4$) 材料上, 距接地平面上方 $50\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$ 的位置。所有线束应放置在距离参考接地平面边缘至少为 100 mm 的位置。

LV 电源线传导发射测量通过连接测量设备和相应的人工网络测量端口依次对电源正极线和电源回线进行测量, 未被测量电源线对应的人工网络的测量端口端接 50 Ω 负载。

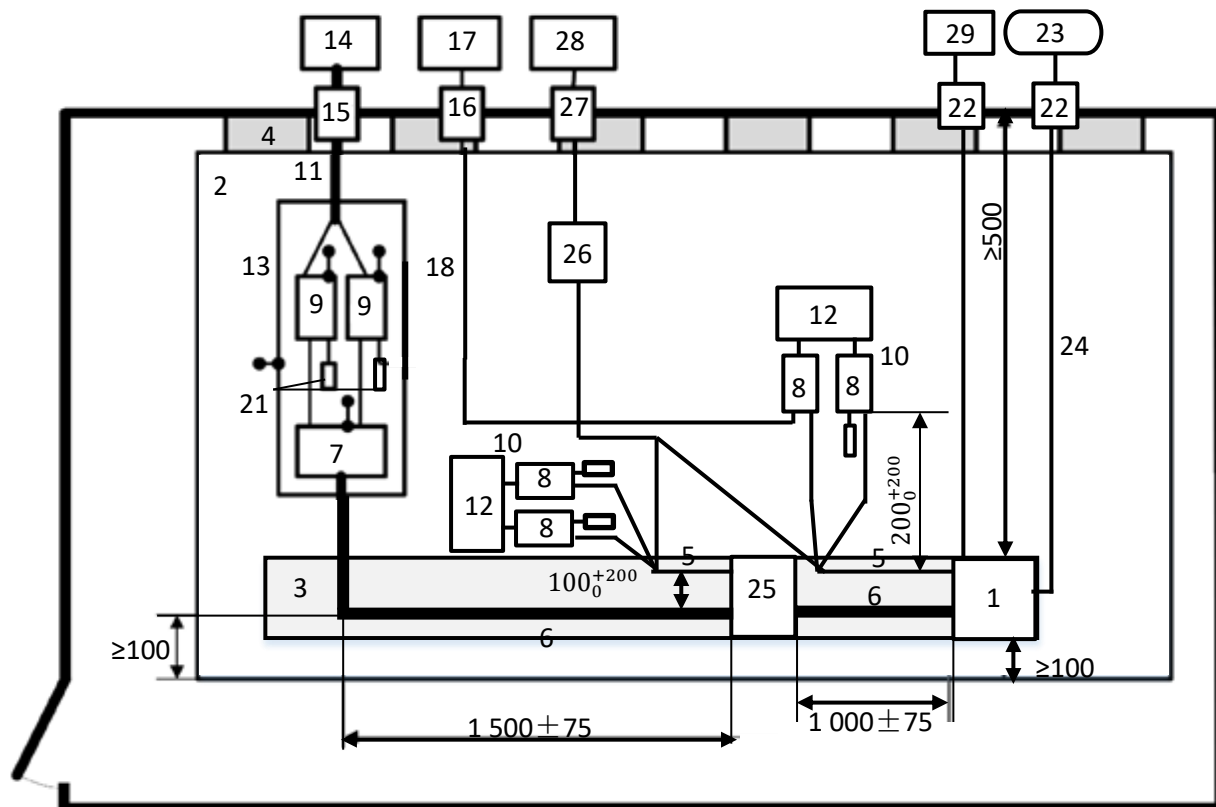
图 10 为燃料电池发动机和 DC/DC 变换器集成时 HV 电源线上的传导发射, 该测试仅针对 DC/DC 变换器 HV 电源线进行。

HV 线束应放置在距参考接地平面前沿至少 100 mm 处。

应在 HV+和 HV-电源线上相继进行试验，通过连接测量仪器到对应的 HV-AN 测量端口，HV-AN 上其他电源线的测量端口端接 50 Ω 负载。

单位毫米

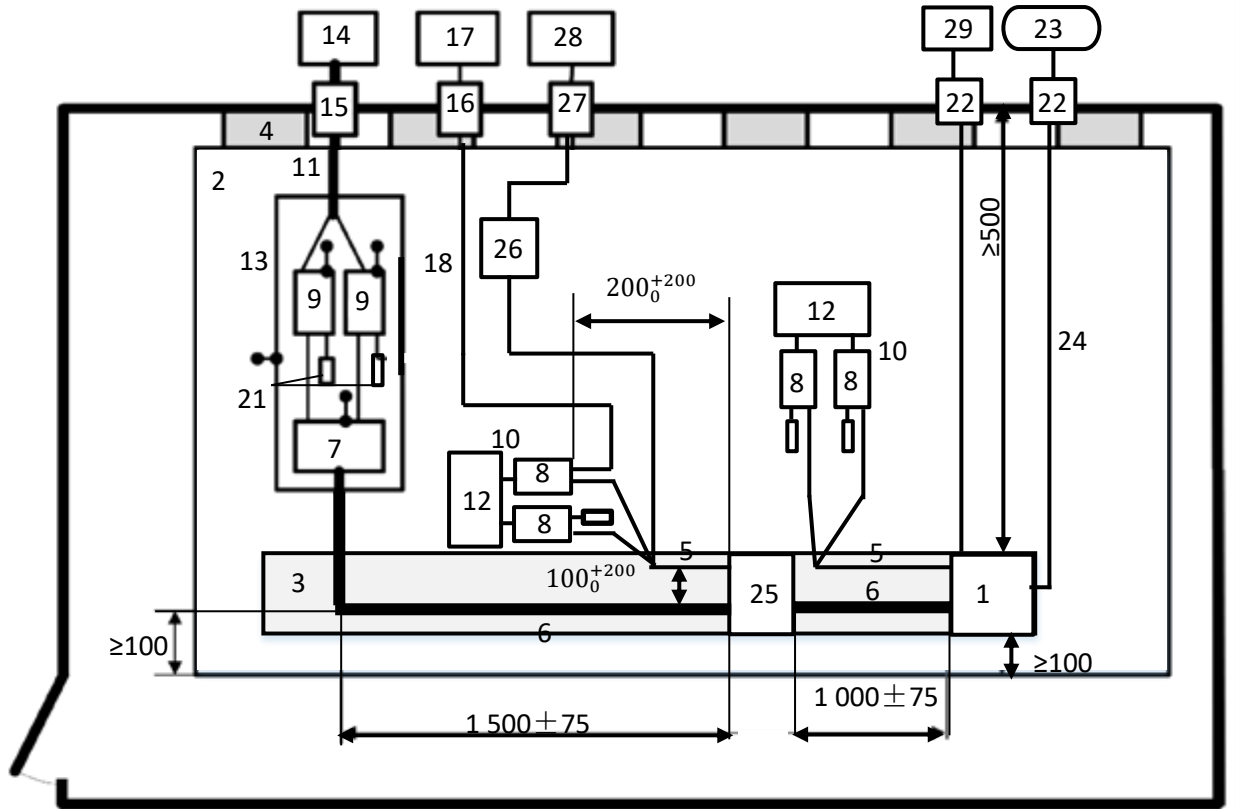
俯视图



说明：

- | | | |
|----------------|----------------|---------------|
| 1. 燃料电池发动机 | 10. 低压电源线 | 21. 50 Ω 负载 |
| 2. 接地平面 | 11. 高压电源线 | 22. 气体波导管 |
| 3. 低相对介电常数材料支撑 | 12. 低压电源 | 23. 氢气供给系统 |
| 4. 接地带 | 13. 附加屏蔽盒 | 24. 供气管路 |
| 5. 低压线束 | 14. 高压电源 | 25. DC/DC 变换器 |
| 6. 高压线束 | 15. 电源线滤波器 | 26. LV 负载模拟器 |
| 7. 阻抗匹配网络（可选） | 16. 壁板连接器 | 27. 光纤馈通 |
| 8. 低压人工网络 | 17. 测量设备 | 28. 激励和监测系统 |
| 9. 高压人工网络 | 18. 同轴电缆（50 Ω） | 29. 尾气处理系统 |

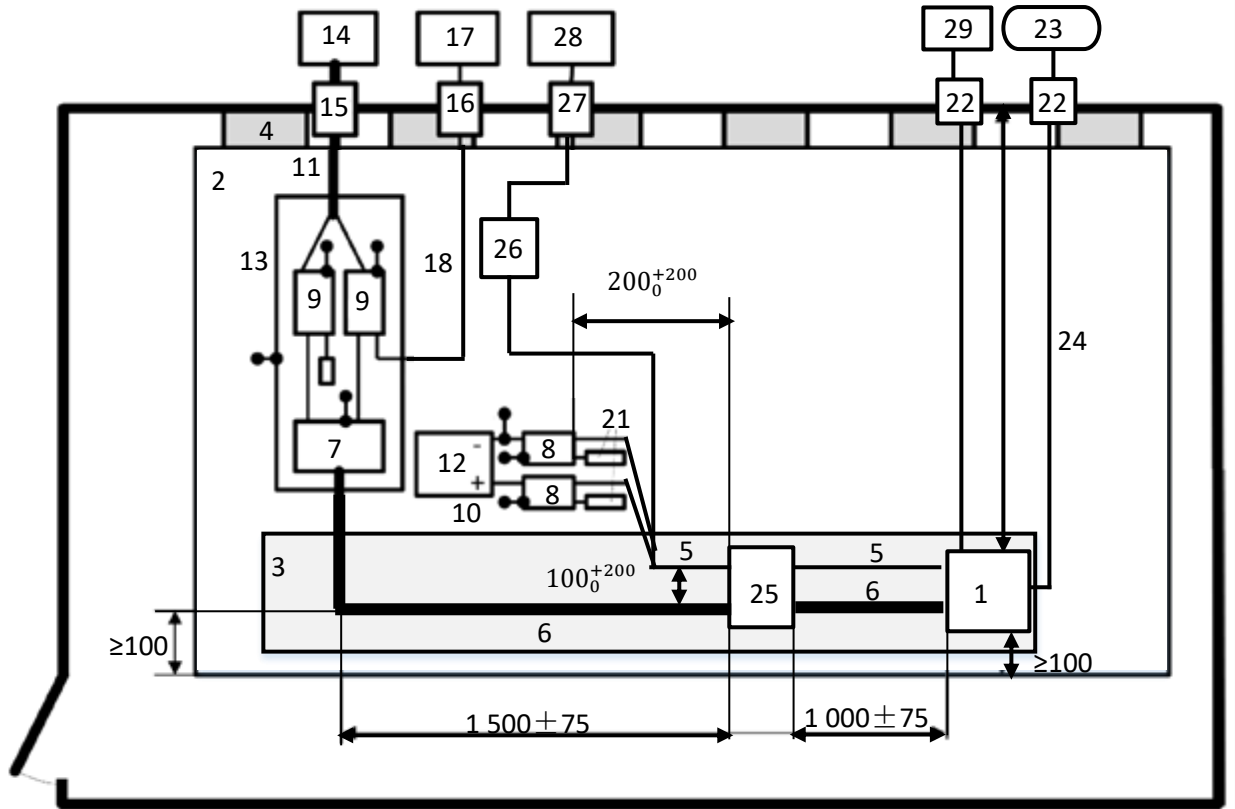
图 8 传导发射-电压法测试布置示例（LV 电源线-燃料电池发动机）



说明：

- | | | |
|----------------|----------------|---------------|
| 1. 燃料电池发动机 | 10. 低压电源线 | 21. 50 Ω 负载 |
| 2. 接地平面 | 11. 高压电源线 | 22. 气体波导管 |
| 3. 低相对介电常数材料支撑 | 12. 低压电源 | 23. 氢气供给系统 |
| 4. 接地带 | 13. 附加屏蔽盒 | 24. 供气管路 |
| 5. 低压线束 | 14. 高压电源 | 25. DC/DC 变换器 |
| 6. 高压线束 | 15. 电源线滤波器 | 26. LV 负载模拟器 |
| 7. 阻抗匹配网络（可选） | 16. 壁板连接器 | 27. 光纤馈通 |
| 8. 低压人工网络 | 17. 测量设备 | 28. 激励和监测系统 |
| 9. 高压人工网络 | 18. 同轴电缆（50 Ω） | 29. 尾气处理系统 |

图 9 传导发射-电压法测试布置示例（LV 电源线-DC/DC 变换器）



说明：

- | | | |
|----------------|----------------|---------------|
| 1. 燃料电池发动机 | 10. 低压电源线 | 21. 50 Ω 负载 |
| 2. 接地平面 | 11. 高压电源线 | 22. 气体波导管 |
| 3. 低相对介电常数材料支撑 | 12. 低压电源 | 23. 氢气供给系统 |
| 4. 接地带 | 13. 附加屏蔽盒 | 24. 供气管路 |
| 5. 低压线束 | 14. 高压电源 | 25. DC/DC 变换器 |
| 6. 高压线束 | 15. 电源线滤波器 | 26. LV 负载模拟器 |
| 7. 阻抗匹配网络（可选） | 16. 壁板连接器 | 27. 光纤馈通 |
| 8. 低压人工网络 | 17. 测量设备 | 28. 激励和监测系统 |
| 9. 高压人工网络 | 18. 同轴电缆（50 Ω） | 29. 尾气处理系统 |

图 10 传导发射-电压法测试布置示例（HV 电源线）

5.3.3.2 传导发射-电流探头法

图 11 为 LV 电源线和控制线的传导发射-电流探头法试验布置，该测试针对 DC/DC 变换器和燃料电池发动机的 LV 电源线和控制线进行。d 为探头与测量位置点的距离。

除非另有指定，否则与接地平面前端平行的 LV 线束长度规定如下：8 和 25 之间的线束长度为 $1\ 500\ \text{mm} \pm 75\ \text{mm}$ ；1 和 25 之间的线束长度为 $1\ 000\ \text{mm} \pm 75\ \text{mm}$ ；26 与 1 之间的距离至少为 $1\ 000\ \text{mm}$ 。与地面前端平行的 HV 线束的长度规定如下：8 和 25 之间的线束长度为 $1\ 500\ \text{mm} \pm 75\ \text{mm}$ ；1 和 25 之间的线束长度为 $1\ 000\ \text{mm} \pm 75\ \text{mm}$ 。HV 试验线束应与 LV 试验线束间距 $1000^{+100}\ \text{mm}$ 。

试验线束应为 $1\ 700^{+300}\ \text{mm}$ ，并且应放置于非导电的、低相对介电常数 ($\epsilon_r \leq 1.4$) 材料上，距接地平面上方 $50\ \text{mm} \pm 5\ \text{mm}$ 的位置。

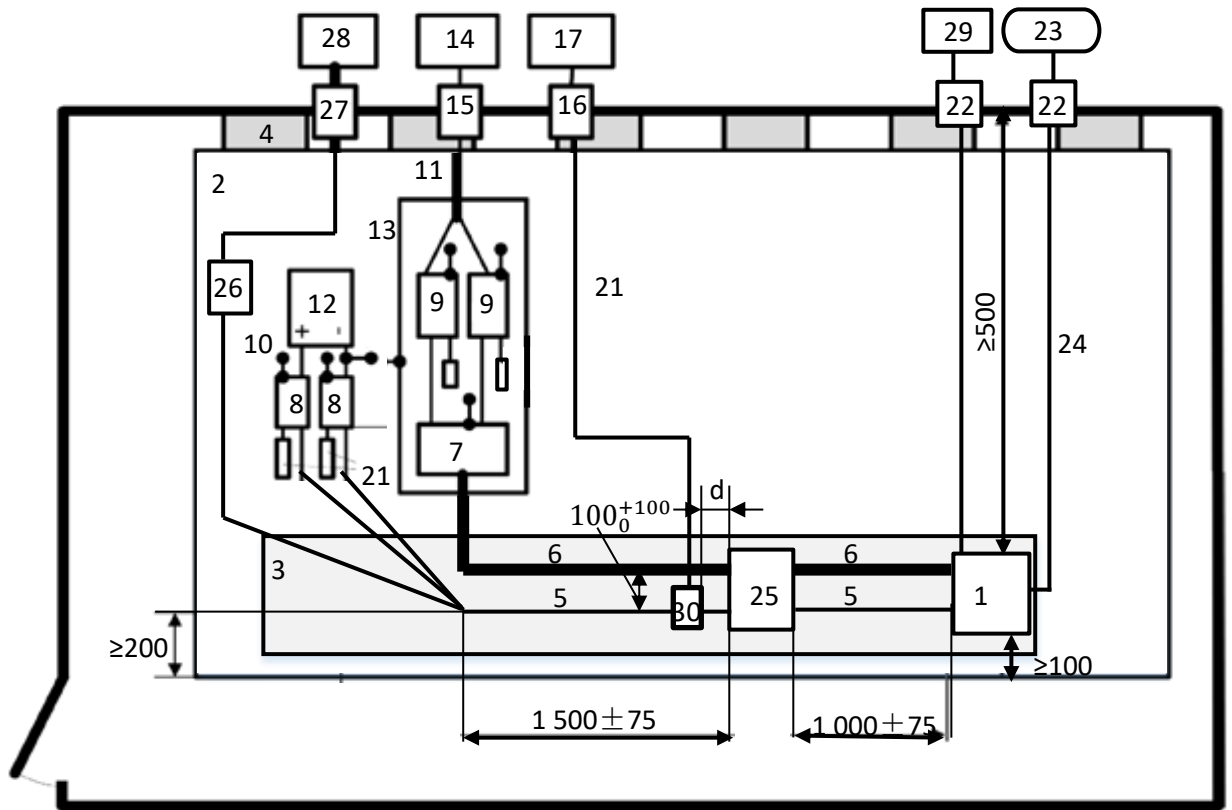
在距离 DC/DC 变换器 50 mm 和 750 mm 两处用探头测量发射；在距离燃料电池发动机 50 mm 处用探头测量发射。

图 12 为 HV 电源线上的传导发射-电流探头法试验布置。

使用电流探头对 HV+电源线、HV-电源线一起进行测量。在距离 DC/DC 变换器 50 mm 和 750 mm 两处用探头测量发射；在距离燃料电池发动机 50 mm 处用探头测量发射。

单位毫米

俯视图



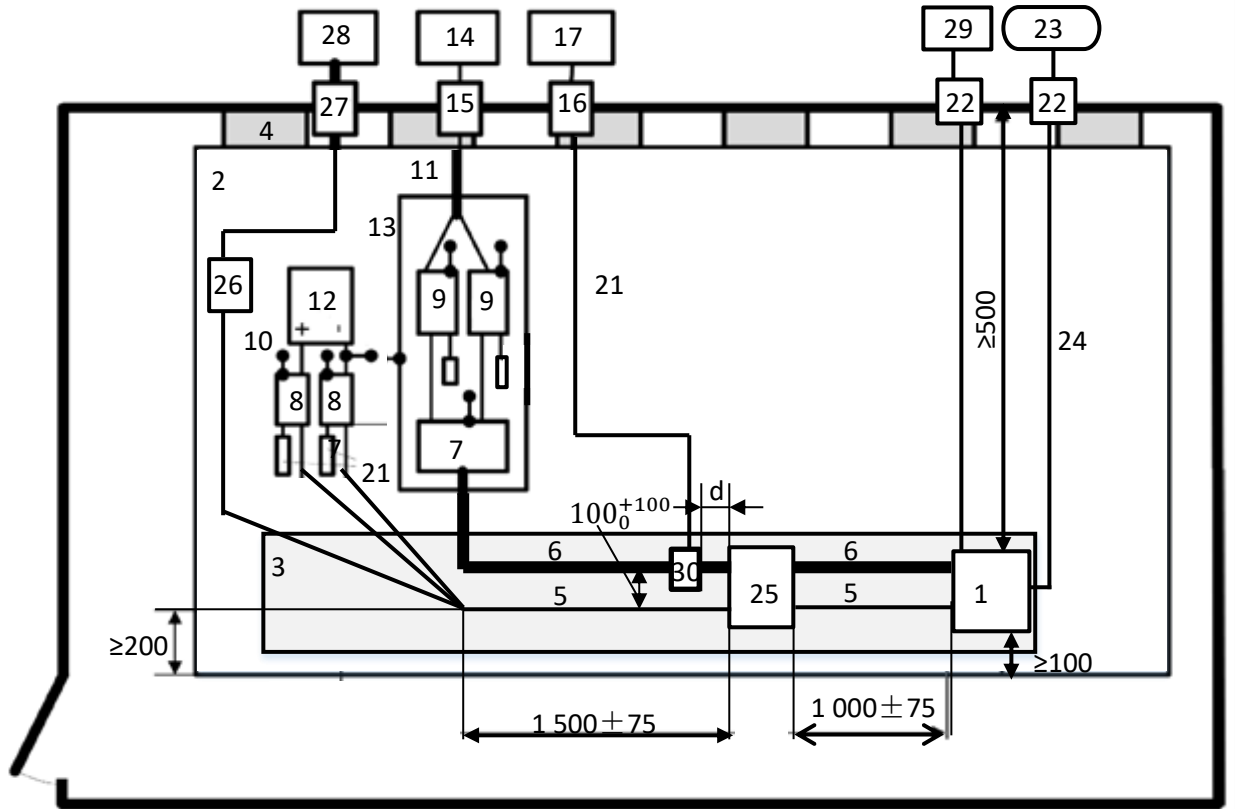
说明：

- | | | |
|----------------|----------------|---------------|
| 1. 燃料电池发动机 | 11. 高压电源线 | 23. 氢气供给系统 |
| 2. 接地平面 | 12. 低压电源 | 24. 供气管路 |
| 3. 低相对介电常数材料支撑 | 13. 附加屏蔽盒 | 25. DC/DC 变换器 |
| 4. 接地带 | 14. 高压电源 | 26. LV 负载模拟器 |
| 5. 低压线束 | 15. 电源线滤波器 | 27. 光纤馈通 |
| 6. 高压线束 | 16. 壁板连接器 | 28. 激励和监测系统 |
| 7. 阻抗匹配网络（可选） | 17. 测量设备 | 29. 尾气处理系统 |
| 8. 低压人工网络 | 18. 同轴电缆（50 Ω） | 30. 电流探头 |
| 9. 高压人工网络 | 21. 50 Ω 负载 | |
| 10. 低压电源线 | 22. 气体波导管 | |

图 11 传导发射-电流探头法 LV 线的测试布置示例

单位毫米

俯视图



说明:

- | | | |
|----------------|-----------------|---------------|
| 1. 燃料电池发动机 | 11. 高压电源线 | 23. 氢气供给系统 |
| 2. 接地平面 | 12. 低压电源 | 24. 供气管路 |
| 3. 低相对介电常数材料支撑 | 13. 附加屏蔽盒 | 25. DC/DC 变换器 |
| 4. 接地带 | 14. 高压电源 | 26. LV 负载模拟器 |
| 5. 低压线束 | 15. 电源线滤波器 | 27. 光纤馈通 |
| 6. 高压线束 | 16. 壁板连接器 | 28. 激励和监测系统 |
| 7. 阻抗匹配网络 (可选) | 17. 测量设备 | 29. 尾气处理系统 |
| 8. 低压人工网络 | 18. 同轴电缆 (50 Ω) | 30. 电流探头 |
| 9. 高压人工网络 | 21. 50 Ω 负载 | |
| 10. 低压电源线 | 22. 气体波导管 | |

图 12 传导发射-电流探头法 HV 线的测试布置示例

5.4 沿电源线的电瞬态传导骚扰

按 GB/T 21437.2-2008 规定, 测试 EUT 的 LV 电源线上的瞬态传导骚扰。
EUT 工作在模式 2。

5.5 电磁辐射抗扰度

5.5.1 试验方法

通用试验条件应符合 GB/T 33014.1-2016 的规定。

按照 GB/T 33014.4, 采用“替代法”使用电流注入探头将骚扰信号直接耦合到 LV 线束上进行抗扰度试验。

按照 GB/T 33014.2, 采用“替代法”建立试验场强, 在天线垂直极化的情况下进行抗扰度试验。

所有试验的频率步长 (对数或线性) 不得大于表 17 规定。每个测试频点的驻留时间不得小于 2 s。
若无特殊规定, 则试验信号的调制应满足:

- 1) 调幅 (AM): 适用频率范围为20 MHz~800 MHz, 调制频率为1 kHz, 调制深度为80%;
- 2) 脉冲调制 (PM): 适用频率范围为800 MHz~2 000 MHz, 脉宽为577 μ s, 周期为4 600 μ s。

表 18 频率步长

频段 MHz	线性步长 MHz	对数步长 %
1~20	1	10
20~200	5	5
200~400	10	5
400~1 000	20	2
1 000~2 000	40	2

5.5.2 试验状态

EUT 工作在模式 2; 若 EUT 为其它工作状态, 应在测试计划中明确记录。

场强标定时, EUT 运行需要的所有辅助设备不应放置在暗室内, 其他设备与参考点间的距离不得小于 1 m。

为确保试验结果的可复现性, 试验时信号发生设备及线路配置应与标定时相同。

如 EUT 包含多个单元, 各单元之间的连接线宜使用原车上使用的连接线束, 如果无法实现, 电子控制单元和人工电源网络间的连接线长度应符合本标准规定。线束应按照实际情况端接, 并带真实负载和激励。

5.5.3 试验布置

5.5.3.1 大电流注入 (BCI) 法

注入探头与 EUT 连接器距离 d 应为 150 mm。频率范围为 1 MHz~200 MHz。

应按照图 13 的试验布置进行试验。

屏蔽配置应按照车辆的系列配置。通常所有屏蔽的 HV 部件应低阻抗正常接地 (例如: AN、电缆、连接器等)。EUT 和负载应接地。室外的 HV 电源应经由馈通滤波器连接。

除非另外指定, 否则与接地平面前端平行的 LV 线束、HV 线束长度应均为 $1\ 500\ \text{mm} \pm 75\ \text{mm}$ 。HV 试验线束应与 LV 试验线束间距 $100_0^{+100}\ \text{mm}$ 。

所有线束应放置在不导电性、低相对介电常数材料 ($\epsilon_r \leq 1.4$) 上, 距接地平面上方 $50\ \text{mm} \pm 5\ \text{mm}$ 的位置。

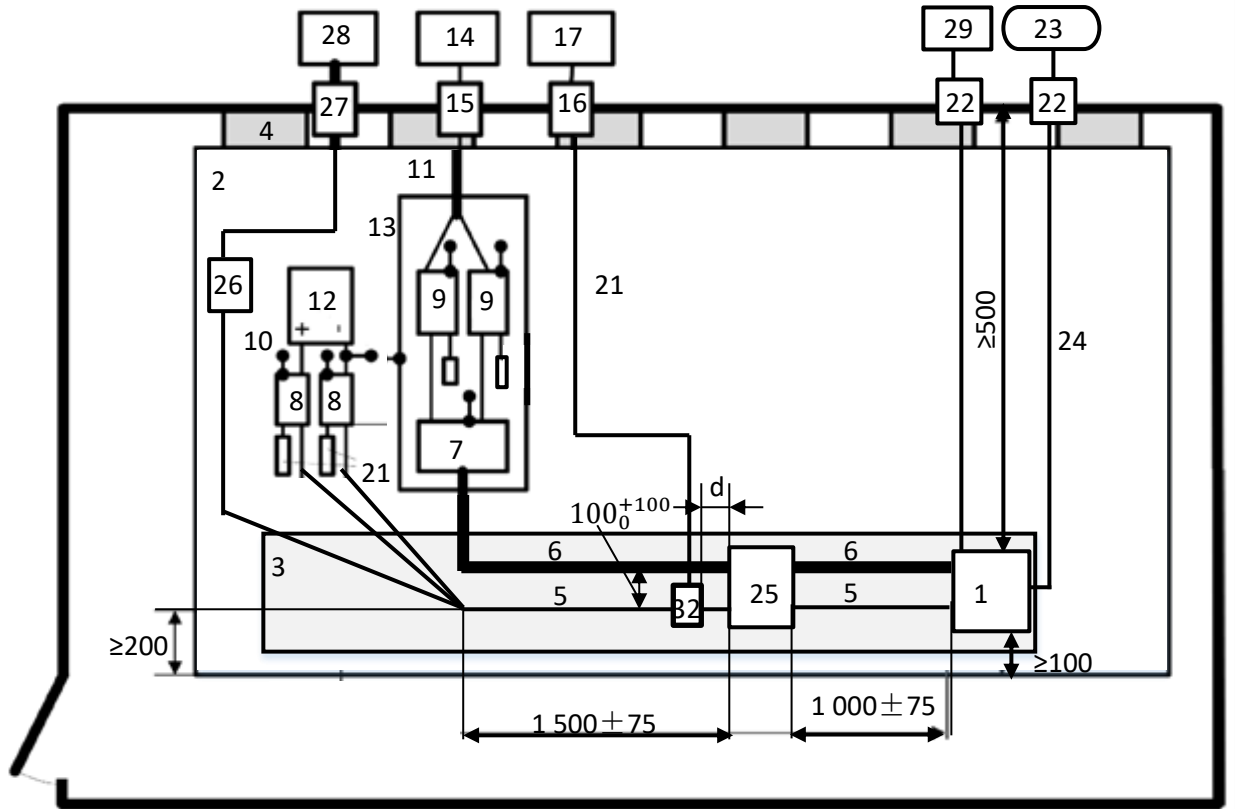
车辆使用的原装 HV 线束可以选择使用。

除非另有规定, 否则 EUT 壳体应直接连接到接地平面上。当通过指定阻抗连接到接地平面上时, 应记录到试验报告中。

除非另有规定, 否则大电流注入法仅适用于 LV 线束。

单位毫米

俯视图



说明:

- | | | |
|----------------|-----------------|---------------|
| 1. 燃料电池发动机 | 11. 高压电源线 | 23. 氢气供给系统 |
| 2. 接地平面 | 12. 低压电源 | 24. 供气管路 |
| 3. 低相对介电常数材料支撑 | 13. 附加屏蔽盒 | 25. DC/DC 变换器 |
| 4. 接地带 | 14. 高压电源 | 26. LV 负载模拟器 |
| 5. 低压线束 | 15. 电源线滤波器 | 27. 光纤馈通 |
| 6. 高压线束 | 16. 壁板连接器 | 28. 激励和监测系统器 |
| 7. 阻抗匹配网络 (可选) | 17. 信号发生器和功率放大器 | 29. 尾气处理系统 |
| 8. 低压人工网络 | 18. 同轴电缆 (50 Ω) | 31. 电流注入探头 |
| 9. 高压人工网络 | 21. 50 Ω 负载 | |
| 10. 低压电源线 | 22. 气体波导管 | |

图 13 大电流注入 (BCI) 法测试布置示例

5.5.3.2 电波暗室 (ALSE) 法

屏蔽配置应按照车辆的系列配置。通常所有屏蔽的HV部件应低阻抗正常接地 (例如AN、电缆、连接器等)。EUT和负载应接地。室外的HV电源应经由馈通滤波连接。

除非另外指定, 否则与接地平面前端平行的LV线束、HV线束长度应为 $1\,500 \pm 75$ mm。HV试验线束与LV试验线束间距 100_0^{+100} mm。所有线束应放置于无导电性、低相对介电常数 ($\epsilon_r \leq 1.4$) 材料上, 距接地平面上方 50 ± 5 mm 位置。

除非另有规定, 否则EUT壳体应直接连接到接地平面上。当通过指定阻抗连接到接地平面上时, 应记录到试验报告中。

图 14 为燃料电池发动机与 DC/DC 集成时辐射发射测试时对数天线的测试布置图示例, 频率 1 GHz 以下使用对数周期天线, 1 GHz 以上使用喇叭天线。图 14 标注了天线的三个测试位置①、②和③。其中, 位置①为 7 和 25 的线束中心; 位置②为 1 和 25 的线束中心; 位置③为 1 的中心。对数周期天线测

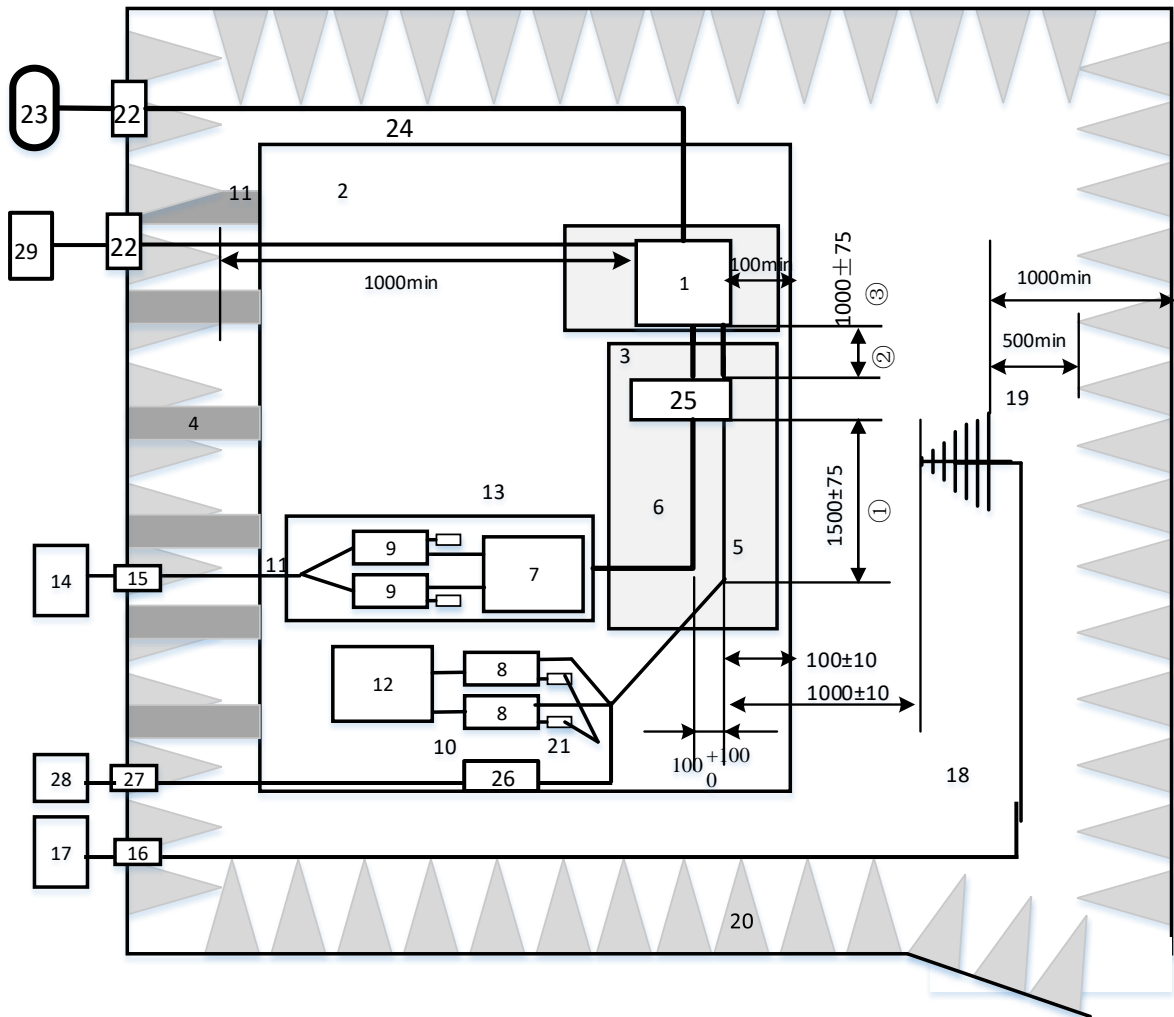
试时，位置①、位置②和位置③均需进行测试；喇叭天线测试时，位置②和位置③需进行测试。

图 15 为燃料电池发动机测试时对数天线的测试布置图示例。图 15 中标注了天线的两个测试位置①和②，其中位置①为 1 和 7 的线束中心，位置③为 1 的中心。对数周期天线测试时，位置①和位置②均需进行测试；喇叭天线测试时，仅位置②进行测试。

图 16 以燃料电池发动机为例给出了 LV 线束在后、HV 线束在前的测试布置示例。

单位毫米

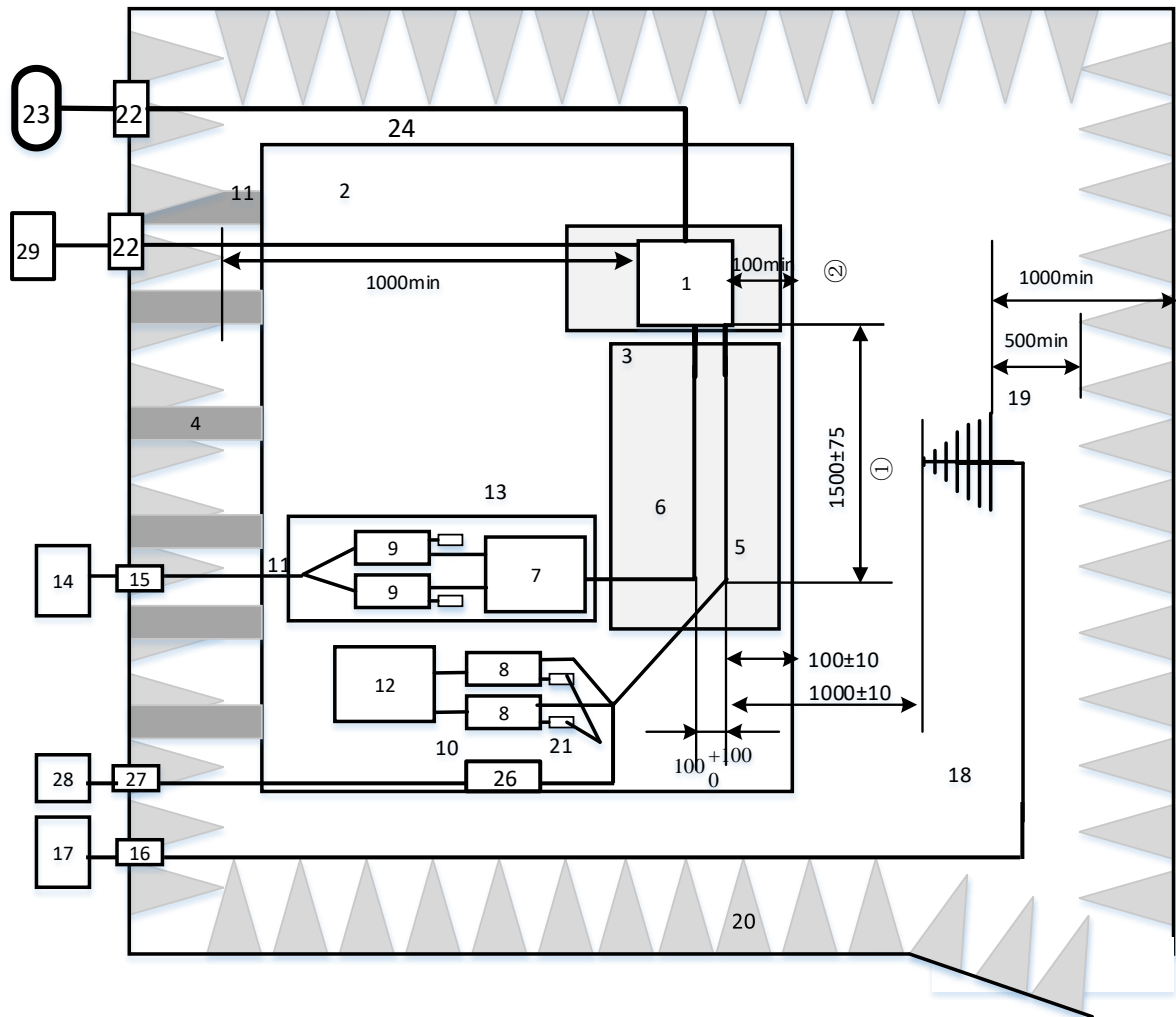
俯视图



说明：

- | | | |
|----------------|-----------------|---------------|
| 1. 燃料电池发动机 | 11. 高压电源线 | 21. 50 Ω 负载 |
| 2. 接地平面 | 12. 低压电源 | 22. 气体波导管 |
| 3. 低相对介电常数材料支撑 | 13. 附加屏蔽盒 | 23. 氢气供给系统 |
| 4. 接地带 | 14. 高压电源 | 24. 供气管路 |
| 5. 低压线束 | 15. 电源线滤波器 | 25. DC/DC 变换器 |
| 6. 高压线束 | 16. 壁板连接器 | 26. LV 负载模拟器 |
| 7. 阻抗匹配网络（可选） | 17. 信号发生器和功率放大器 | 27. 光纤馈通 |
| 8. 低压人工网络 | 18. 同轴电缆（50 Ω） | 28. 激励和监测系统 |
| 9. 高压人工网络 | 19. 对数周期天线 | 29. 尾气处理系统 |
| 10. 低压电源线 | 20. 射频吸波材料 | |

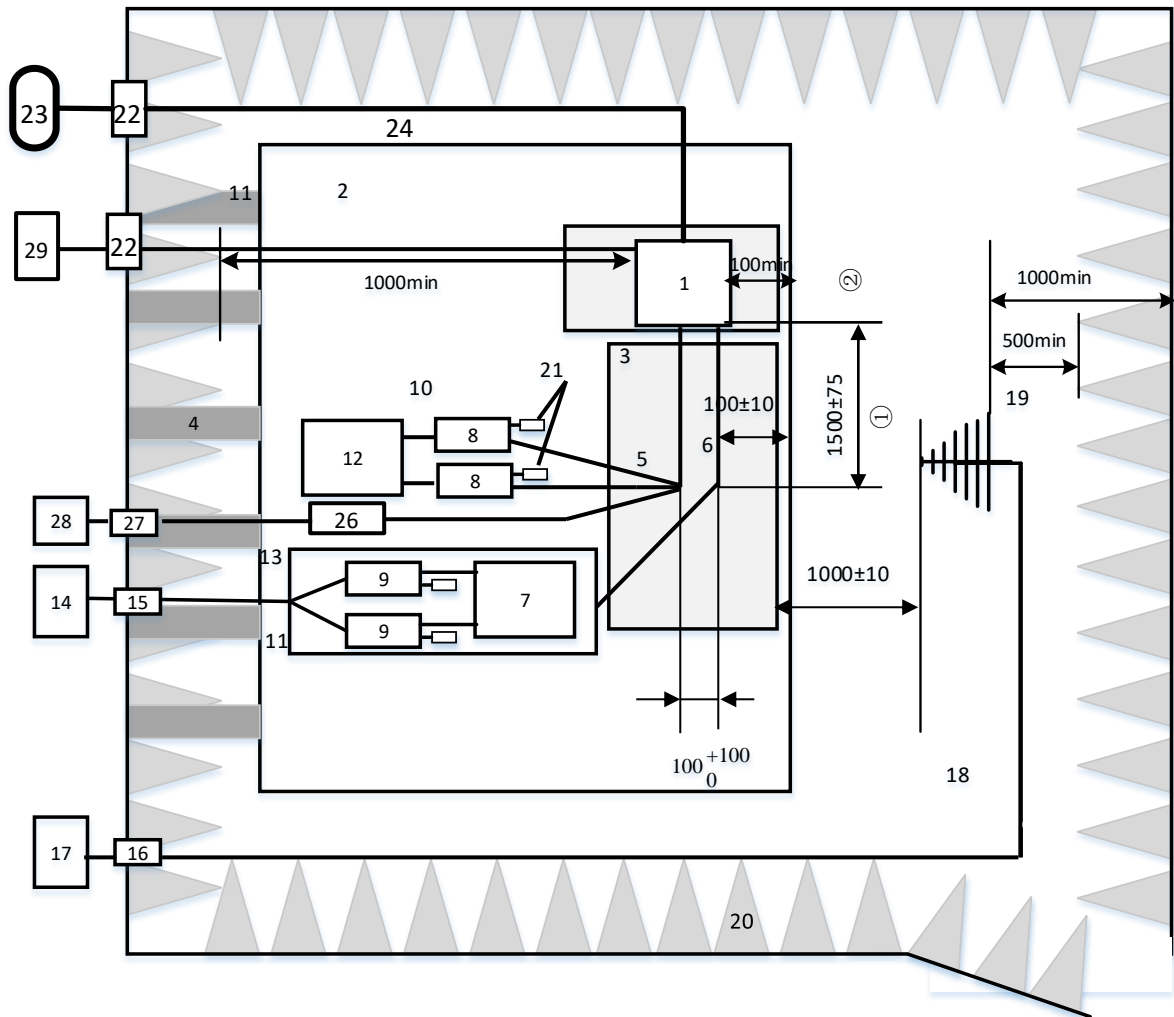
图 14 对数周期天线测试布置示例（燃料电池发动机和 DC/DC 集成）



说明:

- | | | |
|----------------|-----------------|---------------|
| 1. 燃料电池发动机 | 12. 低压电源 | 23. 氢气供给系统 |
| 2. 接地平面 | 13. 附加屏蔽盒 | 24. 供气管路 |
| 3. 低相对介电常数材料支撑 | 14. 高压电源 | 25. DC/DC 变换器 |
| 4. 接地带 | 15. 电源线滤波器 | 26. LV 负载模拟器 |
| 5. 低压线束 | 16. 壁板连接器 | 27. 光纤馈通 |
| 6. 高压线束 | 17. 信号发生器和功率放大器 | 28. 激励和监测系统 |
| 7. 阻抗匹配网络 (可选) | 18. 同轴电缆 (50 Ω) | 29. 尾气处理系统 |
| 8. 低压人工网络 | 19. 对数周期天线 | |
| 9. 高压人工网络 | 20. 射频吸波材料 | |
| 10. 低压电源线 | 21. 50 Ω 负载 | |
| 11. 高压电源线 | 22. 气体波导管 | |

图 15 对数周期天线测试布置示例 (燃料电池发动机)



说明：

- | | | |
|----------------|-----------------|---------------|
| 1. 燃料电池发动机 | 12. 低压电源 | 23. 氢气供给系统 |
| 2. 接地平面 | 13. 附加屏蔽盒 | 24. 供气管路 |
| 3. 低相对介电常数材料支撑 | 14. 高压电源 | 25. DC/DC 变换器 |
| 4. 接地带 | 15. 电源线滤波器 | 26. LV 负载模拟器 |
| 5. 低压线束 | 16. 壁板连接器 | 27. 光纤馈通 |
| 6. 高压线束 | 17. 信号发生器和功率放大器 | 28. 激励和监测系统 |
| 7. 阻抗匹配网络（可选） | 18. 同轴电缆（50 Ω） | 29. 尾气处理系统 |
| 8. 低压人工网络 | 19. 对数周期天线 | |
| 9. 高压人工网络 | 20. 射频吸波材料 | |
| 10. 低压电源线 | 21. 50 Ω 负载 | |
| 11. 高压电源线 | 22. 气体波导管 | |

图 16 对数周期天线测试布置示例（LV 线束在后、HV 线束在前）

5.6 静电放电抗扰度

试验时的环境条件如下，当采用其它试验条件时，应记录在试验报告中。

- 环境温度：25 °C ± 10 °C；
- 相对湿度：20%~60%；
- 推荐温度 20 °C 和相对湿度 30%。

静电放电抗扰度试验按照 GB/T 19951-2019 中第 8 章和第 9 章的要求进行，在工作模式 2 和工作模式 3 时对 EUT 依次进行直接接触放电和空气放电测试。

工作模式 2 时，不对受试设备的连接器针脚及针座进行直接放电测试。

工作模式 3 时，模拟装配过程中或维修时人体对 EUT 的直接放电，对 EUT 搬运时容易触及的（但不限于）凹形连接管脚、壳体、按钮、开关、显示屏、壳体上的螺母和开口施加放电。

针对每个试验点，在每种电压等级下，施加至少 6 次放电影响：3 次正极性，3 次负极性，放电间隔最少为 5 s。放电试验点先承受一种极性的放电试验，再承受反极性的放电试验。

5.7 磁场抗扰度

磁场抗扰度试验按照本标准图 17 的试验布置进行。所有试验的频率步长（对数或线性）不得大于表 18 规定。

EUT 工作在模式 2；若 EUT 为其它工作状态，应在测试计划中明确记录。

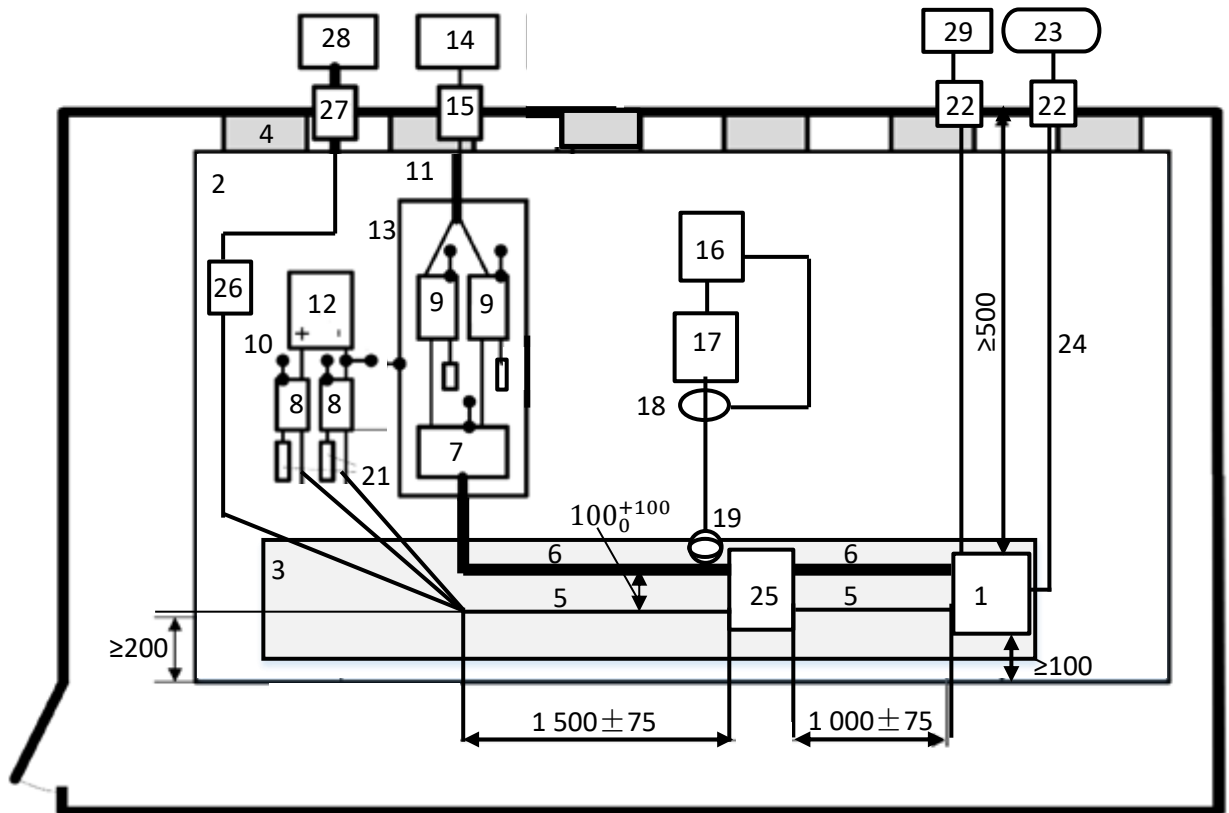
电磁线圈应分别放置在 DC/DC 变换器和燃料电池发动机上表面进行测试，至少包括控制器和主要传感器位置点。

表 19 频率步长

频率范围 kHz	线性步长 kHz	对数步长 %
0 (d.c)	—	—
0.015~0.1	0.01	10
0.1~1	0.1	10
1~10	1	10
10~150	10	10

单位毫米

俯视图



说明：

- | | | |
|----------------|------------|---------------|
| 1. 燃料电池发动机 | 11. 高压电源线 | 22. 气体波导管 |
| 2. 接地平面 | 12. 低压电源 | 23. 氢气供给系统 |
| 3. 低相对介电常数材料支撑 | 13. 附加屏蔽盒 | 24. 供气管路 |
| 4. 接地带 | 14. 高压电源 | 25. DC/DC 变换器 |
| 5. 低压线束 | 15. 电源线滤波器 | 26. LV 负载模拟器 |

- | | | |
|----------------|-------------|-------------|
| 6. 高压线束 | 16. 示波器 | 27. 光纤馈通 |
| 7. 阻抗匹配网络 (可选) | 17. 信号发生器 | 28. 激励和监测系统 |
| 8. 低压人工网络 | 18. 电流探头 | 29. 尾气处理系统 |
| 9. 高压人工网络 | 19. 电磁线圈 | |
| 10. 低压电源线 | 21. 50 Ω 负载 | |

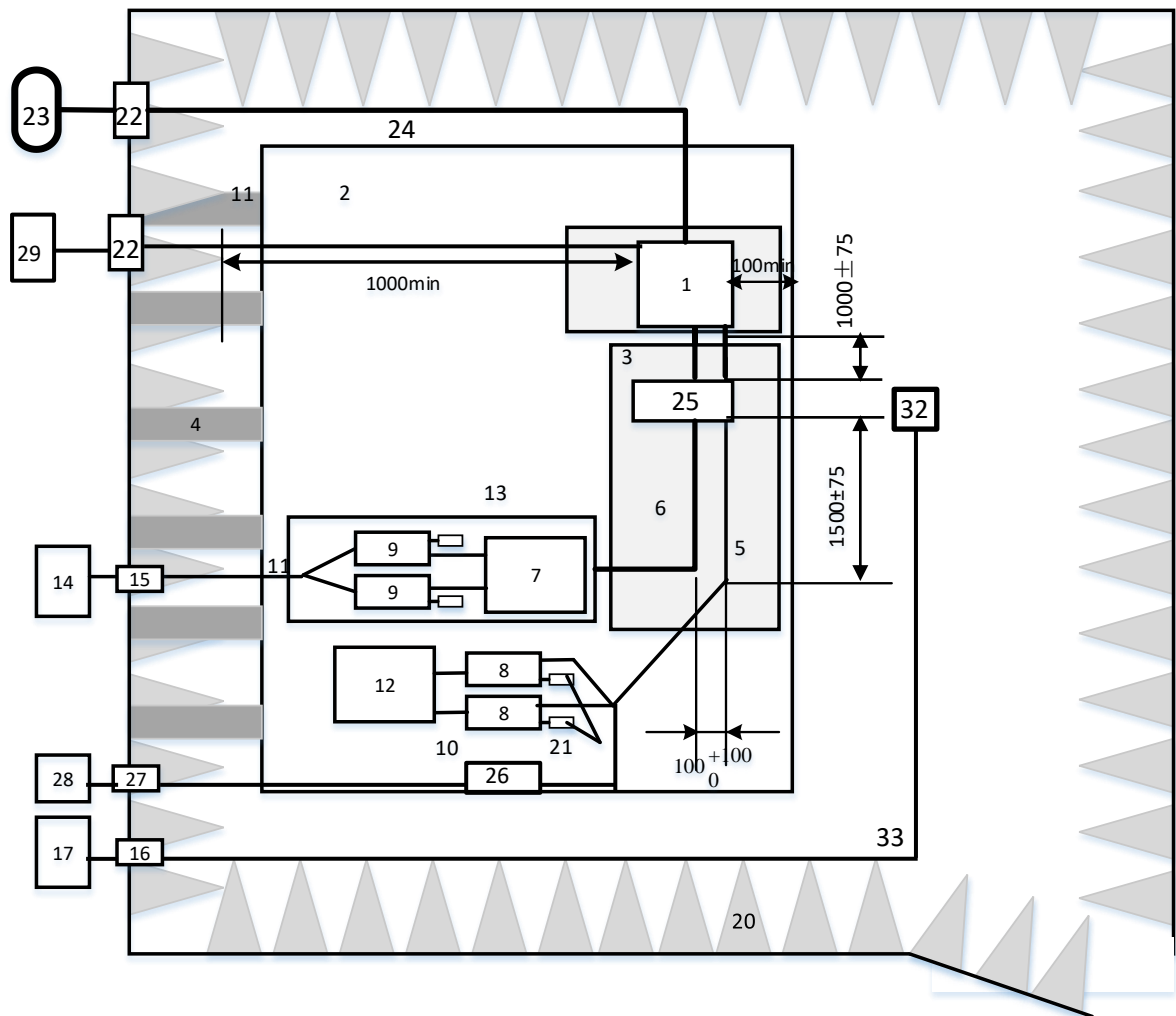
图 17 磁场抗扰性试验布置示例

5.8 便携式发射机抗扰度

试验应按照本标准图 18 的试验布置进行。EUT 工作在模式 2；若 EUT 为其它工作状态，应在测试计划中明确记录。便携式发射机应分别放置在 DC/DC 变换器和燃料电池发动机上表面进行测试，至少包括控制器和主要传感器位置点。

单位毫米

俯视图



说明：

- | | | |
|----------------|------------|---------------|
| 1. 燃料电池发动机 | 12. 低压电源 | 23. 氢气供给系统 |
| 2. 接地平面 | 13. 附加屏蔽盒 | 24. 供气管路 |
| 3. 低相对介电常数材料支撑 | 14. 高压电源 | 25. DC/DC 变换器 |
| 4. 接地带 | 15. 电源线滤波器 | 26. LV 负载模拟器 |
| 5. 低压线束 | 16. 壁板连接器 | 27. 光纤馈通 |

- | | | |
|---------------|---------------------------|-------------|
| 6. 高压线束 | 17. 射频信号发生器、放大器、定向耦合器和功率计 | 28. 激励和监测系统 |
| 7. 阻抗匹配网络（可选） | | 29. 尾气处理系统 |
| 8. 低压人工网络 | 20. 射频吸波材料 | 32. 便携式发射机 |
| 9. 高压人工网络 | 21. 50 Ω 负载 | 33. 高频中轴双绞线 |
| 10. 低压电源线 | 22. 气体波导管 | |
| 11. 高压电源线 | | |

图 18 便携式发射机抗扰度的试验布置示例

5.9 沿电源线的电瞬态传导抗扰度

按 GB/T 21437.2-2008 规定，在 EUT 的 LV 电源线上施加脉冲 1, 2a, 2b, 3a, 3b，用于评价 EUT 对耦合到非电源线路的电瞬态发射的抗干扰性能。

EUT 工作在模式 2。

5.10 沿信号线的电瞬态抗扰度

按 GB/T 21437.3-2012 中 3.4.4 感性耦合钳（ICC）方法规定，在 EUT 信号线上施加慢脉冲+和慢脉冲-，用于测试 EUT 对车辆供电系统的瞬态传导的抗扰性能。

按照 GB/T 21437.3-2012 中 3.4.2 容性耦合钳（CCC）方法规定，在 EUT 信号线上施加快脉冲 a 和快脉冲 b，用于测试 EUT 对车辆供电系统的瞬态传导的抗扰性能。

试验时 EUT 工作在模式 2。

5.11 电性能

电性能试验按照 GB/T 28046.2-2011 中规定的试验方法执行。试验时 EUT 工作在模式 2。

附录 A
(规范性附录)
功能状态分类

A.1 目的

本附录规定了EUT的功能状态分类方法。所描述的过程仅适用于本标准给出的EUT抗扰性能测试。

A.2 EUT的功能状态分类

EUT的功能状态按以下分类：

A类：EUT在施加骚扰期间和之后，能执行其预先设计的所有功能；

B类：EUT在施加骚扰期间，能执行其预先设计的所有功能；然而，可以有一项或多项的功能指标超出规定的偏差。在停止施加骚扰之后，所有功能自动恢复到正常工作范围内；

C类：EUT在施加骚扰期间，不执行其预先设计的一项或多项功能，但在停止施加骚扰之后能自动恢复到正常工作范围内；

D类：EUT在施加骚扰期间，不执行其预先设计的一项或多项功能，在停止施加骚扰之后通过简单的“操作或使用”复位动作之后才能恢复到正常操作状态；

E类：EUT在施加骚扰期间，不执行其预先设计的一项或多项功能，且如果不修理或不替换设备或系统，则不能恢复其正常操作状态。

附录 B
(资料性附录)
试验报告要求

为了保证上述试验的可重复性，试验报告宜包括：

- EUT、辅助设备的信息，例如商标、型号、序列号等；
 - EUT、辅助设备的典型工作状态；
 - 试验设备的信息，例如制造商、型号、序列号等；
 - 试验的一般要求，例如试验布置、频率范围、测试等级、性能判据等；
 - 试验时采用的特殊条件或要求，例如屏蔽外壳、不同的试验等级及环境条件等；
 - 由制造商和需求方定义的性能水平；
 - 在骚扰施加过程中或之后，EUT上观察到的任何现象和该现象持续的时间；
 - 合格/不合格判定的基本原则；
 - EUT的特殊使用条件，例如：电缆的长度或类型、屏蔽或接地、或工作条件等；
 - 任何其他需要在试验报告中说明的问题。
-