

团 体 标 准

T/CSAE xx—20xx

汽车芯片电磁兼容性试验方法 第3部分： 驱动芯片

EMC test method of automotive chip — Part 3: Driver chip

(报批稿)

20xx-xx-xx 发布

20xx-xx-xx 实施

中国汽车工程学会 发布

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 缩略语	1
5 试验条件	2
5.1 环境条件	2
5.2 电磁环境	2
5.3 被测样品	2
5.4 试验设备	2
6 试验方法	2
6.1 电磁辐射发射试验	2
6.2 电磁传导发射试验（1 Ω /150 Ω 直接耦合法）	3
6.3 电磁辐射抗扰度试验	3
6.4 电磁传导抗扰度试验（射频功率直接注入法）	4
6.5 脉冲抗扰度试验（非同步瞬态注入法）	4
7 判定准则	4
7.1 电磁辐射发射试验	5
7.2 电磁传导发射试验（1 Ω /150 Ω 直接耦合法）	5
7.3 电磁辐射抗扰度试验	6
7.4 电磁传导抗扰度试验（射频功率直接注入法）	6
7.5 脉冲抗扰度试验（非同步瞬态注入法）	7
8 试验报告	8
附录 A（资料性）驱动芯片的工作状态	9
附录 B（资料性）试验布置示意图	10
B.1 电磁辐射发射试验布置	10
B.2 电磁传导发射试验（1 Ω /150 Ω 直接耦合法）布置	11
B.3 电磁传导抗扰度试验（射频功率直接注入法）布置	11
B.4 脉冲抗扰度试验（非同步瞬态注入法）布置	12
附录 C（规范性）驱动芯片的抗扰度性能等级	13

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。

本文件由中国汽车芯片产业创新战略联盟提出。

本文件由中国汽车工程学会标准化工作委员会归口。

本文件起草单位：工业和信息化部电子第五研究所、北京国家新能源汽车技术创新中心有限公司、圣邦微电子（北京）股份有限公司、中汽研新能源汽车检验中心（天津）有限公司、湖南进芯电子科技有限公司、一汽奔腾汽车股份有限公司、北京经纬恒润科技股份有限公司、中国重型汽车集团、中山大学、襄阳达安汽车检测中心有限公司、北京经济技术开发区国创芯联汽车芯片技术研究中心、北京国创先进技术认证有限公司、广州汽车集团股份有限公司、宇通客车股份有限公司、北京智芯微电子科技有限公司、安立通讯科技（上海）有限公司。

本文件主要起草人：方文啸、陈义强、邵伟恒、王之哲、丁瑞、李齐、陈赛华、李志林、陈海生、张洁、陈希琛、林钊漳、吴修英、王建利、吴飞雪、高梦莹、郭庆波、高崧林、李莎莎、王华春、郭璇、邴俊俊、郑广州、邹广才、雷黎丽、刘英、林树潮、张高杰、石建、陈燕宁、翟振、赵雁飞。

引言

T/CSAE XXX 结合汽车应用需求，对关键汽车芯片规定了特定频率范围内的电磁辐射发射、电磁传导发射、电磁辐射抗扰度、电磁传导抗扰度和脉冲抗扰度的试验方法和判定准则。

T/CSAE XXX 拟分为 3 个部分：

——第 1 部分：控制芯片。目的在于围绕汽车控制芯片的车载应用，摸清我国控制芯片车载电磁兼容性水平，为电磁兼容性限值与等级划分方面提供更多基础数据。

——第 2 部分：电源管理芯片。目的在于对汽车电源管理芯片规定更具操作性的试验方法。

——第 3 部分：驱动芯片。目的在于对汽车驱动芯片规定电磁发射、电磁抗扰度和脉冲抗扰度的试验方法。

汽车芯片电磁兼容性试验方法 第3部分：驱动芯片

1 范围

本文件规定了汽车驱动芯片的电磁兼容性的试验条件、试验方法、判定准则和试验报告。

本文件适用于汽车驱动芯片的电磁兼容性试验，不适用于高压功率驱动芯片。

注：“汽车驱动芯片”以下简称“驱动芯片”。

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 42968.1—2023 集成电路 电磁抗扰度测量 第1部分：通用条件和定义

GB/T 42968.2—2024 集成电路 电磁抗扰度测量 第2部分：辐射抗扰度测量 TEM小室和宽带 TEM小室法

GB/T 42968.4—2024 集成电路 电磁抗扰度测量 第4部分：射频功率直接注入法

GB/T 42968.8—2023 集成电路 电磁抗扰度测量 第8部分：辐射抗扰度测量 IC带状线法

GB/T 43034.3—2023 集成电路 脉冲抗扰度测量 第3部分：非同步瞬态注入法

GB/T 44937.4—2024 集成电路 电磁发射测量 第4部分：传导发射测量 $1\Omega/150\Omega$ 直接耦合法

IEC 61967-1: 2018 集成电路 电磁发射测量 第1部分：一般条件和定义 (Integrated circuits - Measurement of electromagnetic emissions - Part 1: General conditions and definitions)

IEC 61967-2: 2005 集成电路 150kHz-1GHz电磁辐射测量 第2部分：辐射发射测量 TEM小室和宽带TEM小室法 (Integrated circuits - Measurement of electromagnetic emissions, 150kHz to 1GHz - Part 2: Measurement of radiated emissions - TEM cell and wideband TEM cell method)

IEC 61967-8: 2023 集成电路 电磁辐射测量 第8部分：辐射发射测量 IC带状线法 (Integrated circuits - Measurement of electromagnetic emissions - Part 8: Measurement of radiated emissions-IC stripline method)

3 术语和定义

GB/T 42968.1—2023和IEC 61967-1: 2018界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

汽车驱动芯片 automotive driver chip

汽车上用于驱动各系统主芯片、电路或部件进行工作的芯片。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

GTEM: 吉赫兹横电磁波 (Gigahertz Transversal Electromagnetic Wave)

TEM: 横电磁波 (模) (Transverse Electromagnetic Mode)

5 试验条件

5.1 环境条件

除另有规定外, 试验的环境条件应满足下列要求:

——温度: $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$;

——相对湿度: 25%~75%。

5.2 电磁环境

电磁环境不应影响驱动芯片的响应。

5.3 被测样品

试验前应提供被测样品的产品规格书, 包括但不限于下列信息:

- a) 型号和序列号;
- b) 封装形式或尺寸;
- c) 输入和输出电压;
- d) 时钟频率 (如有);
- e) 额定功率。

5.4 试验设备

试验设备至少应包括信号分析仪、示波器、干扰信号源和功率放大器。其中, 信号分析仪底噪应不高于-110 dBm; 示波器带宽应满足信号监测要求, 且采样率应不低于2 GSa/s; 干扰信号源和功率放大器应满足测试需求。

6 试验方法

6.1 电磁辐射发射试验

6.1.1 TEM 小室和 GTEM 小室法

6.1.1.1 按 IEC 61967-1: 2018 中第 5 章、IEC 61967-2: 2005 中第 5 章设置试验参数, 其中, 试验的频率范围应为 150 kHz~6000 MHz。

6.1.1.2 按 IEC 61967-1: 2018 中 6.2、IEC 61967-2: 2005 中 7.3 配置试验板。试验板对被测驱动芯片施加负载时, 被测驱动芯片的所有引脚不应悬空。

6.1.1.3 被测驱动芯片应工作在车载应用的额定满载或典型工作状态, 该工作状态应在试验报告中说明。被测驱动芯片的额定满载工作状态、典型工作状态定义参考附录 A。

注: 推荐的试验工作状态: 驱动芯片工作在典型负载工作状态为推荐的试验工作状态。对于低频应用, 驱动芯片翻转在 65 kHz~150 kHz; 对于中频应用, 驱动芯片翻转频率在 300 kHz~1 MHz; 对于高频应用, 驱动芯片翻转频率大于 1MHz。

6.1.1.4 参考 B.1.1 和 B.1.2 进行试验布置。

6.1.1.5 按 IEC 61967-2: 2005 中第 8 章的方法对被测驱动芯片进行试验。

6.1.1.6 使用接收机测量被测驱动芯片的辐射发射曲线。

6.1.2 带状线法

6.1.2.1 按 IEC 61967-1: 2018 中第 5 章、IEC 61967-8: 2023 中第 5 章设置试验参数, 其中, 试验的频率范围应为 150 kHz~6000 MHz。

6.1.2.2 按 IEC 61967-1: 2018 中 6.2、IEC 61967-8: 2023 中 7.3 配置试验板。试验板对被测驱动芯片施加负载时, 被测驱动芯片的所有引脚不应悬空。

6.1.2.3 被测驱动芯片应工作在车载应用的额定满载或典型工作状态, 该工作状态应在试验报告中说明。

6.1.2.4 参考 B.1.3 进行试验布置。

6.1.2.5 按 IEC 61967-8: 2023 中第 8 章的方法对被测驱动芯片进行试验。

6.1.2.6 使用接收机测量被测驱动芯片的辐射发射曲线。

6.2 电磁传导发射试验 (1 Ω /150 Ω 直接耦合法)

6.2.1 按 GB/T 44937.4—2024 中第 5 章设置试验参数, 其中, 试验的频率范围应为 150 kHz~1000 MHz。

6.2.2 按 IEC 61967-1: 2018 中 6.2、GB/T 44937.4—2024 中 7.2 配置试验板。试验板对被测驱动芯片引脚施加负载时, 被测驱动芯片的所有引脚不应悬空。

6.2.3 被测驱动芯片应工作在车载应用的额定满载或典型工作状态, 该工作状态应在试验报告中说明。

6.2.4 参考 B.2 进行试验布置。

6.2.5 按 GB/T 44937.4—2024 中第 8 章的方法, 对被测驱动芯片的电源引脚、输入控制引脚、驱动输出引脚和通信接口进行试验。被测驱动芯片的警示引脚和其他引脚, 根据用户需求, 确定是否进行试验。

6.2.6 使用接收机测量受试引脚的传导发射曲线。

6.3 电磁辐射抗扰度试验

6.3.1 TEM 小室和 GTEM 小室法

6.3.1.1 按 GB/T 42968.1—2023 中第 4 章、GB/T 42968.2—2024 中第 5 章设置试验参数, 其中, 试验的频率范围应为 150 kHz~6000 MHz。

6.3.1.2 按 GB/T 42968.1—2023 中 6.2、GB/T 42968.2—2024 中 7.3 配置试验板。试验板对被测驱动芯片施加负载时, 被测驱动芯片的所有引脚不应悬空。

6.3.1.3 被测驱动芯片应工作在车载应用的额定满载或典型工作状态, 该工作状态应在试验报告中说明。

6.3.1.4 参考 B.1.1 和 B.1.2 进行试验布置。

6.3.1.5 按 GB/T 42968.2—2024 中第 8 章的方法对被测驱动芯片进行试验。

6.3.1.6 监测和记录被测驱动芯片的功能状态和性能等级。

6.3.2 带状线法

6.3.2.1 按 GB/T 42968.1—2023 中第 4 章、GB/T 42968.8—2023 中第 5 章和第 6 章设置试验参数, 其中, 试验的频率范围应为 150 kHz~6000 MHz。

6.3.2.2 按 GB/T 42968.1—2023 中 6.2、GB/T 42968.8—2023 中 7.3 配置试验板。试验板对被测驱动芯片施加负载时, 被测驱动芯片的所有引脚不应悬空。

- 6.3.2.3 被测驱动芯片应工作在车载应用的额定满载或典型工作状态，该工作状态应在试验报告中说明。
- 6.3.2.4 参考 B.1.3 进行试验布置。
- 6.3.2.5 按 GB/T 42968.8—2023 中第 8 章的方法对被测驱动芯片进行试验。
- 6.3.2.6 监测和记录被测驱动芯片的功能状态和性能等级。

6.4 电磁传导抗扰度试验（射频功率直接注入法）

- 6.4.1 按 GB/T 42968.4—2024 中第 5 章设置试验参数，其中，试验的频率范围应为 150 kHz~1000 MHz。
- 6.4.2 按 GB/T 42968.1—2023 中 6.2、GB/T 42968.4—2024 中 7.3 配置试验板。耦合网络宜设计在试验板上，不宜采用外置耦合网络。试验板对被测驱动芯片施加负载时，被测驱动芯片的所有引脚不应悬空。对于被测驱动芯片的电源引脚、输入控制引脚、驱动输出引脚、通信接口和警示引脚，试验板的耦合网络按 GB/T 42968.4—2024 中 7.5 的规定进行设计。
- 6.4.3 被测驱动芯片应工作在车载应用的额定满载或典型工作状态，该工作状态应在试验报告中说明。
- 6.4.4 参考 B.3 进行试验布置。
- 6.4.5 按 GB/T 42968.4—2024 中第 8 章的方法，应对被测驱动芯片电源引脚、输入控制引脚的全局引脚、驱动输出引脚的全局引脚、通信接口的全局引脚和警示引脚的全局引脚进行试验。被测驱动芯片的受试引脚分类见表 1。
- 6.4.6 监测和记录被测驱动芯片受试引脚的功能状态，记录被测驱动芯片的性能等级。

表 1 驱动芯片的受试引脚分类

引脚分类	全局引脚	局部引脚
输入控制引脚	√	/
驱动输出引脚	√	/
通信接口	√	/
警示引脚	√	/
其他引脚	用户规定	

注：“√”代表“属于”，用于区分芯片的引脚为全局引脚或局部引脚。“/”代表“不属于”。

6.5 脉冲抗扰度试验（非同步瞬态注入法）

- 6.5.1 按 GB/T 43034.3—2023 中第 7 章设置试验参数。
- 6.5.2 按 GB/T 43034.3—2023 的 9.2 配置试验板。耦合网络宜设计在试验板上，不宜采用外置耦合网络。试验板对被测驱动芯片施加负载时，被测驱动芯片的所有引脚不应悬空。对于被测驱动芯片的电源引脚、输入控制引脚、驱动输出引脚、通信接口和警示引脚，试验板的耦合网络按 GB/T 43034.3—2023 中第 5 章的规定进行设计。
- 6.5.3 被测驱动芯片应工作在车载应用的额定满载或典型工作状态，该工作状态应在试验报告中说明。
- 6.5.4 参考 B.4 进行试验布置。
- 6.5.4 按 GB/T 43034.3—2023 中第 10 章的方法，应对被测驱动芯片的电源引脚、输入控制引脚的全局引脚、驱动输出引脚的全局引脚、通信接口的全局引脚和警示引脚的全局引脚进行试验。
- 6.5.5 监测和记录被测驱动芯片受试引脚的功能状态，记录被测驱动芯片的性能等级。

7 判定准则

7.1 电磁辐射发射试验

7.1.1 TEM 小室和 GTEM 小室法

将6.1.1.6测量的辐射发射曲线与图1、表2进行比对，判定被测驱动芯片的TEM小室和GTEM小室法试验的限值等级。

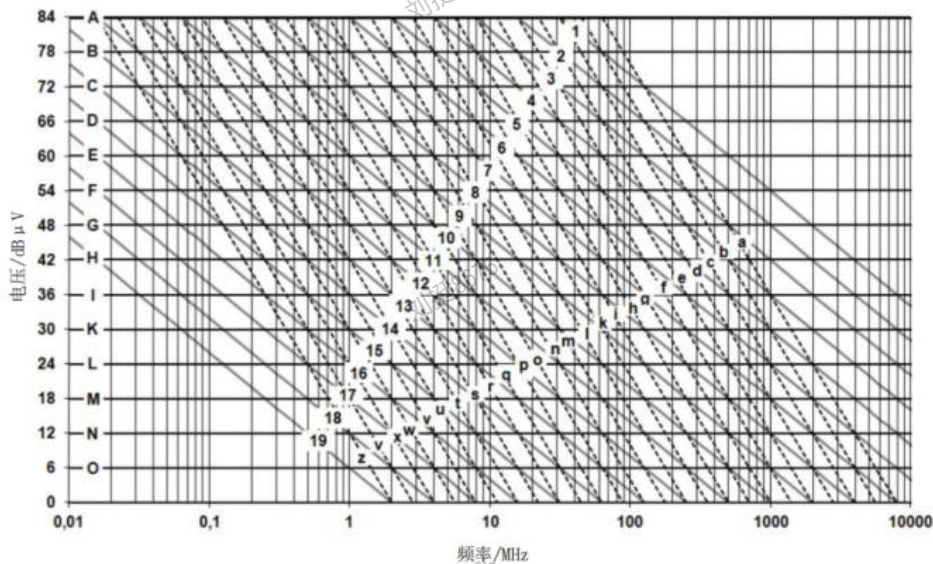


图1 发射等级方案

表 2 TEM 小室和 GTEM 小室法限值等级

限值等级	TEM/GTEM小室法
I	I
II	L
III	N
C	用户规定

7.1.2 带状线法

将 6.1.2.6 测量的辐射发射曲线与图 1、表 3 进行比对，判定被测驱动芯片带状线法的试验等级。

表 3 带状线法限值等级

限值等级	带状线法
I	F
II	H
III	K
C	用户规定

7.2 电磁传导发射试验（1Ω/150Ω直接耦合法）

将 6.2.6 测量的受试引脚传导发射曲线与图 1、表 4 进行比对，判定被测驱动芯片 $1\Omega/150\Omega$ 直接耦合法的试验等级。

表 4 $1\Omega/150\Omega$ 直接耦合合法限值等级

限值等级	150 Ω 直接耦合合法		1 Ω 直接耦合合法	
	全局引脚	局部引脚	全局引脚	局部引脚
I	8-H	6-F	10-K	8-H
II	10-K	8-H	12-M	10-K
III	12-M	10-K	14-O	12-M
C	用户规定			

7.3 电磁辐射抗扰度试验

7.3.1 TEM小室和GTEM小室法

将 6.3.1.6 监测的功能状态和性能等级（等级划分见附录 C）与表 5 进行比对，判定被测控制芯片 TEM 小室和 GTEM 小室法的试验等级。

表 5 TEM 小室和 GTEM 小室法试验等级

抗扰度等级分类	TEM/GTEM 场强/(V/m)	性能等级
I	200	等级 A、等级 C
II	400	等级 A、等级 C
III	800	等级 A、等级 C
C	用户规定	

7.3.2 带状线法

将 6.3.2.6 监测的功能状态和性能等级（等级划分见附录 C）与表 6 进行比对，判定被测驱动芯片带状线法的试验等级。

表 6 带状线法试验等级

抗扰等级分类	带状线法场强 (V/m)	性能等级
I	200	等级 A、等级 C
II	400	等级 A、等级 C
III	800	等级 A、等级 C
C	用户规定	

7.4 电磁传导抗扰度试验（射频功率直接注入法）

将6.4.6监测的受试引脚功能状态和性能等级（等级划分见附录C）与表7进行比对，判定被测驱动芯片射频功率直接注入法的试验等级。

表 7 射频功率直接注入法试验等级

抗扰等级分类	DPI 前向功率 dBm		性能等级
	全局引脚	局部引脚	
I	18	0	等级 A、等级 C
II	24	6	等级 A、等级 C
III	30	12	等级 A、等级 C
C	用户规定		

7.5 脉冲抗扰度试验（非同步瞬态注入法）

将 6.5.6 监测的受试引脚功能状态和性能等级（等级划分见附录 C）与表 8 和表 9 进行比对，判定被测驱动芯片的脉冲抗扰度试验等级。

表 8 非同步瞬态注入法试验等级（12 V 系统）

脉冲类型	抗扰度 限值 等级	脉冲抗扰度受试引脚分类/耦合					性能等级
		全局引脚				局部引脚	
		1	2	3	4	5	
		直接注入	1nF	直接注入 带滤波	1nF 带滤波	10pF	
脉冲 1	I	-75 V		-75 V			等级 C
	II	-112 V	n/a	-112 V	n/a	n/a	
	III	-150 V		-150 V			
脉冲 2a	I	37 V		37 V			等级 A、 等级 C
	II	55 V	n/a	55 V	n/a	n/a	
	III	112 V		112 V			
脉冲 3a	I	-112 V	-112 V	-112 V	-112 V	-112 V	等级 A、 等级 C
	II	-165 V	-165 V	-165 V	-165 V	-165 V	
	III	-220 V	-220 V	-220 V	-220 V	-220 V	
脉冲 3b	I	75 V	75 V	75 V	75 V	75 V	等级 A、 等级 C
	II	112 V	112 V	112 V	112 V	112 V	
	III	150 V	150 V	150 V	150 V	150 V	

表 9 非同步瞬态注入法试验等级（24 V 系统）

脉冲类型	抗扰度限值等级	脉冲抗扰度受试引脚分类/耦合					性能等级
		全局引脚				局部引脚	
		1	2	3	4	5	
		直接注入	1nF	直接注入 带滤波	1nF 带滤波	10pF	
脉冲 1	I	-300 V		-300 V			等级 C
	II	-450 V	n/a	-450 V	n/a	n/a	
	III	-600 V		-600 V			
脉冲 2a	I	37 V		37 V			等级 A, 等级 C
	II	55 V	n/a	55 V	n/a	n/a	
	III	112 V		112 V			
脉冲 3a	I	-150 V	-150 V	-150 V	-150 V	-150 V	等级 A, 等级 C
	II	-220 V	-220 V	-220 V	-220 V	-220 V	
	III	-300 V	-300 V	-300 V	-300 V	-300 V	
脉冲 3b	I	150 V	150 V	150 V	150 V	150 V	等级 A, 等级 C
	II	220 V	220 V	220 V	220 V	220 V	
	III	300 V	300 V	300 V	300 V	300 V	

8 试验报告

试验报告应至少包含下列信息：

- 驱动芯片的基本信息（例如工作电压、电流、功率、封装形式或尺寸、型号和序列号等）；
- 驱动芯片的试验项目名称；
- 受试引脚（如有）；
- 试验板配置及参数；
- 试验板上驱动芯片的运行模式（如执行程序）或工作状态；
- 驱动芯片的监测条件及状态判定准则（正常及异常）；
- 试验设备描述，如名称、制造商，型号，序列号和校准状态等；
- 试验环境条件；
- 试验布置图；
- 试验实物图；
- 试验结果曲线；
- 其他需要说明的信息。

附录 A

（资料性）

驱动芯片的工作状态

满载或典型负载工作状态：指驱动芯片的输出功率达到额定设计容量的工作状态，即实际输出功率等于额定功率，效率通常要求大于90%。此时驱动芯片的所有功能模块均处于最大负载运行状态，包括电压转换、电流分配及保护机制等。

空载工作状态：指电驱动芯片的输出引脚未连接负载或负载电流极低（接近 0 A），但输入电源仍保持供电的状态，静态电流小于 10 μ A，部分电源通道关闭（如 DC-DC 转换器停振），仅保留必要模块（如看门狗、唤醒电路）。此时驱动芯片仅维持基础功能，如待机电压监测和唤醒逻辑。

附录 B
(资料性)
试验布置示意图

B.1 电磁辐射发射试验布置

B.1.1 TEM 小室法试验布置

TEM 小室法试验布置见图 B.1。

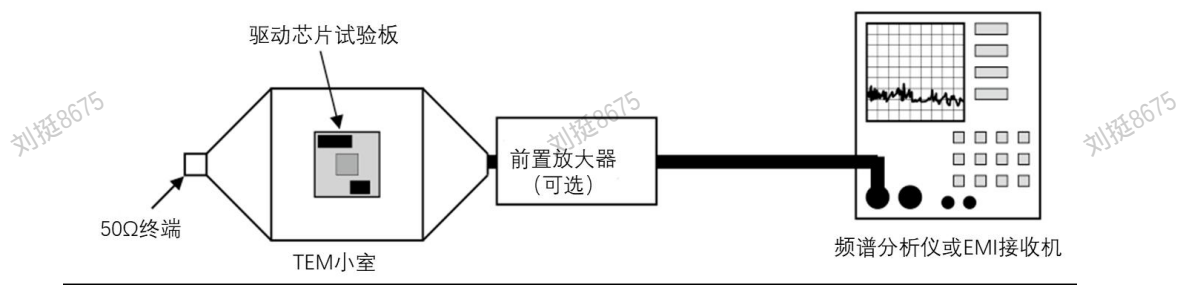


图 B.1 TEM 小室法试验布置图

B.1.2 GTEM 小室法试验布置

GTEM 小室法试验布置见图 B.2。

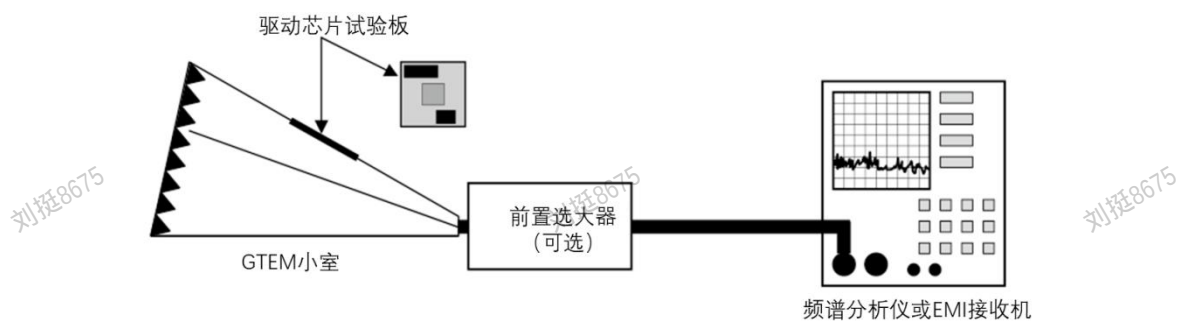


图 B.2 GTEM 小室法试验布置图

B.1.3 带状线法布置

带状线法试验布置见图 B.3。

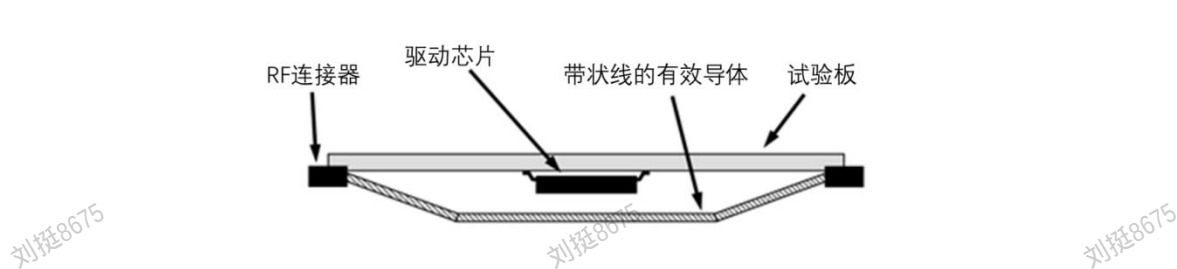


图 B.3 开放式带状线布置图的横截面视图

B.4 脉冲抗扰度试验（非同步瞬态注入法）布置

非同步瞬态注入法试验布置见图 B.6。

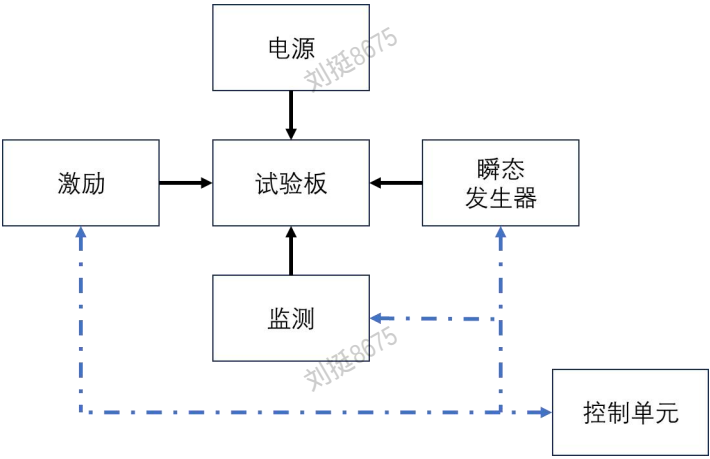


图 B.6 非同步瞬态注入法试验布置

附 录 C

(规范性)

驱动芯片的抗扰度性能等级

等级 A: 驱动芯片在受到干扰期间和干扰之后, 驱动芯片的所有监控功能都在规定的允差范围内;

等级 B: 在试验期间一个或多个监测信号的短时性能降低并不能对驱动芯片进行评价。因此, 这种分类可能不适用于驱动芯片。

注: 试验期间, 通过其错误处理, 驱动芯片的一个或多个监测信号的短时性能降低是可接受的。对于驱动芯片试验, 这种错误处理在大多数情况下是未知的。

等级 C: 驱动芯片的至少一个监测功能在干扰期间超出了规定的允差, 但在受到干扰后自动返回到规定的允差。

等级 D: 驱动芯片至少一个监测功能在干扰期间超出规定的允差范围, 并且不能自行恢复。通过手动干预恢复正常运行:

等级 D1: 复位后正常;

等级 D2: 重新上电后正常;

等级 E: 驱动芯片至少一个监测功能在干扰后不在规定的允差范围内, 无法恢复正常运行。