



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 39392—2020

---

## 家用电器专用智能功率模块技术规范

Technical specification of intelligent power module for household appliances

2020-11-19 发布

2021-06-01 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 ..... 2

4 缩略语 ..... 3

5 要求 ..... 3

6 试验方法 ..... 12

7 检验规则 ..... 20

8 标志、包装、运输和贮存 ..... 23

附录 A（资料性附录） IPM 测试工装参考电路 ..... 24

附录 B（资料性附录） IPM 在家用和类似用途电器中的典型应用 ..... 26

参考文献 ..... 29



# 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国轻工业联合会提出。

本标准由全国家用电器标准化技术委员会(SAC/TC 46)归口。

本标准起草单位：中国家用电器研究院、安徽中认倍佳科技有限公司、安徽众家云物联网科技有限公司、广东美的制冷设备有限公司、中家院(北京)检测认证有限公司、嘉兴斯达半导体股份有限公司、珠海格力电器股份有限公司、无锡芯朋微电子股份有限公司、厦门芯光润泽科技有限公司、无锡华润微电子有限公司、青岛海尔智能电子有限公司、工业和信息化部电子第五研究所、浙江盾安禾田金属有限公司、国家电子元器件质量监督检验中心(安徽)、国家智能家居质量监督检验中心、清华大学、西安庆安制冷设备股份有限公司、青岛海尔智能技术研发有限公司、杭州星帅尔电器股份有限公司、四川长虹空调有限公司。

本标准主要起草人：徐鸿、孙民、赵鹏、冯宇翔、戴志展、于玲、易扬波、李红伟、许敏、冯长卿、谢敬仁、钱叶华、李勇德、杨楠、陈媛、汪向荣、李婷婷、严利人、刘杰、陈丽芬、汪超、沙露、侯明、聂圣源、吴红彪、刘志弘、李越峰。



# 家用电器专用智能功率模块技术规范

## 1 范围

本标准规定了家用和类似用途电器专用智能功率模块的物理接口、功能、性能以及电磁兼容性、安全、可靠性等的技术要求与测试方法,并对智能功率模块的检验规则、标志、包装、运输和贮存等做出相关规定。

本标准适用于家用和类似用途电器的智能功率模块。

## 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 2421—2020 环境试验 概述和指南

GB/T 2423.1—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验A:低温

GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验B:高温

GB/T 2423.10—2019 环境试验 第2部分:试验方法 试验Fc:振动(正弦)

GB/T 2423.17—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验Ka:盐雾

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/T 2423.50 环境试验 第2部分:试验方法 试验Cy:恒定湿热 主要用于元件的加速试验

GB/T 2423.60 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验U:引出端及整体安装件强度

GB 4343.1—2018 家用电器、电动工具和类似器具的电磁兼容要求 第1部分:发射

GB/T 4343.2—2009 家用电器、电动工具和类似器具的电磁兼容要求 第2部分:抗扰度

GB 4706.1—2005 家用和类似用途电器的安全 第1部分:通用要求

GB/T 16935.1 低压系统内设备的绝缘配合 第1部分:原理、要求和试验

GB/T 29309—2012 电工电子产品加速应力试验规程 高加速寿命试验导则

GB/T 29332—2012 半导体器件 分立器件 第9部分:绝缘栅双极晶体管(IGBT)

IEC 60749-5 半导体器件 机械和气候试验方法 第5部分:稳态温湿度偏置寿命试验(Semiconductor devices—Mechanical and climatic test methods—Part 5:Steady-state temperature humidity bias life test)

IEC 60749-23:2004+AMD1:2011 CSV 半导体器件 机械和气候试验方法 第23部分:高温工作寿命(Semiconductor devices—Mechanical and climatic test methods—Part 23:High temperature operating life)

IEC 60749-26 半导体器件 机械和气候测试方法 第26部分:静电放电(ESD)敏感性测试 人体模型(HBM)[Semiconductor devices—Mechanical and climatic test methods—Part 26:Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing—Human body model (HBM)]

IEC 60749-27 半导体器件 机械和气候测试方法 第27部分:静电放电(ESD)敏感性测试 机器模型(MM)[Semiconductor devices—Mechanical and climatic test methods—Part 27:Electrostatic

discharge (ESD) sensitivity testing—Machine model (MM)]

IEC 60749-28 半导体器件 机械和气候测试方法 第 28 部分:静电放电(ESD)敏感性测试 带电器件模型(CDM) 器件级[Semiconductor devices—Mechanical and climatic test methods—Part 28: Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing—Charged device model (CDM)—Device level)]

IEC 60749-33:2004 半导体器件 机械和气候试验方法 第 33 部分:加速耐湿 无偏置高压蒸煮(Semiconductor devices—Mechanical and climatic test methods—Part 33: Accelerated moisture resistance—Unbiased autoclave)

IEC 60749-34 半导体器件 机械和气候试验方法 第 34 部分:功率循环(Semiconductor devices—Mechanical and climatic test methods—Part 34: Power cycling)

IEC 62321(所有部分) 电工产品中相关物质的测定(Determination of certain substances in electrotechnical products)

### 3 术语和定义

GB 4706.1—2005 和 GB/T 29332—2012 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**绝缘栅双极型晶体管 insulated gate bipolar transistor; IGBT**

由 BJT(双极型三极管)和 MOS(绝缘栅型场效应管)组成的复合全控型电压驱动式功率半导体器件。

#### 3.2

**智能功率模块 intelligent power module; IPM**

由高压功率开关器件(以 IGBT 为主)、高压栅极驱动电路(HVIC)、无源器件,以及过流、过压、过温等多种保护电路构成单一封装的混合集成功率开关模块。

#### 3.3

**开通延迟时间 turn-on delay time**

高压 IGBT 开通时,从栅极电压正偏压的 10% 开始到集电极电流上升至最终值的 10% 为止的时间。

#### 3.4

**关断延迟时间 turn-off delay time**

高压 IGBT 关断时,从栅极电压下降至其开通值的 90% 开始到集电极电流下降到开通值的 90% 为止的时间。

#### 3.5

**电气间隙 clearances**

二个导电部件之间或一个导电部件与一个绝缘材料表面的金属箔之间,穿过空气的最短距离。

#### 3.6

**爬电距离 creepage distances**

在二个导电部件之间或一个导电部件与易触及的绝缘材料表面的金属箔之间,沿着绝缘材料表面的最短距离。

#### 3.7

**空洞率 void fraction**

空洞占 IPM 正投影面积的百分比。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。  
CDM:带电器件模型(Charged Device Model)  
HBM:人体模型(Human Body Model)  
IC:集成电路(Integrated Circuit)  
IGBT:绝缘栅双极型晶体管(Insulated Gate Bipolar Transistor)  
IPM:智能功率模块(Intelligent Power Module)  
MM:机器模型(Machine Model)  
PCB:印刷电路板(Printed Circuit Board)

5 要求

5.1 外观质量

标志应完整、准确、清晰、耐久;表面无机械损伤;引脚无氧化、无锈迹、无污物、无变形、无折断。塑封表面的器件型号、生产批次、厂商(产地)等标识的印刷应自然且塑封表面不得有磨痕。

5.2 外形尺寸

按 6.3 进行试验,产品规格书需注明 IPM 安装孔、引脚、几何尺寸和封装尺寸、散热面平整度,IPM 实物应符合规格书的规定值。

IPM 安装孔孔径、散热面平整度与电流等级的对应关系见表 1。

表 1 IPM 安装孔孔径、散热面平整度要求

电流等级 A	安装孔孔径 mm	散热面平整度 mm
2~2.5	3.2	≤0.1
10~15	3.2	≤0.1
20~25	3.2	≤0.1
30~35	3.2	≤0.1
50~60	4.5	≤0.1

5.3 电性能

5.3.1 母线电压( $V_{PN}$ )

按 6.4.2 进行试验,应符合 IPM 规格书最大值、最小值、标准值及其测试条件的要求。

5.3.2 控制电压( $V_{ce}$ )

按 6.4.3 进行试验,应符合 IPM 规格书最大值、最小值、标准值及其测试条件的要求。

### 5.3.3 逻辑输入电压( $V_{IN}$ )

按 6.4.4 进行试验,应符合 IPM 规格书最大值、最小值、标准值及其测试条件的要求。

### 5.3.4 PWM(脉冲宽度调制)载波频率

按 6.4.5 进行试验,应符合 IPM 规格书最大值、最小值、标准值及其测试条件的要求。

### 5.3.5 电源欠压保护动作电压

按 6.4.6 进行试验,应符合 IPM 规格书最大值、最小值、标准值及其测试条件的要求。

### 5.3.6 过电流保护动作电压

按 6.4.7 进行试验,应符合 IPM 规格书最大值、最小值、标准值及其测试条件的要求。

### 5.3.7 温度输出及过温保护

按 6.4.8 进行试验,应符合 IPM 规格书最大值、最小值、标准值及其测试条件的要求。

### 5.3.8 错误讯号供电电压( $V_{FO}$ )

按 6.4.9 进行试验,应符合 IPM 规格书最大值、最小值、标准值及其测试条件的要求。

### 5.3.9 错误讯号输出脉宽宽度

按 6.4.10 进行试验,应符合 IPM 规格书最大值、最小值、标准值及其测试条件的要求。

### 5.3.10 输出端漏电流

按 6.4.11 进行试验,应符合 IPM 规格书最大值、最小值、标准值及其测试条件的要求。

### 5.3.11 输入端漏电流

按 6.4.12 进行试验,应符合 IPM 规格书最大值、最小值、标准值及其测试条件的要求。

### 5.3.12 静态电流

按 6.4.13 进行试验,应符合 IPM 规格书最大值、最小值、标准值及其测试条件的要求。

### 5.3.13 开通延迟时间

按 6.4.14 进行试验,应符合 IPM 规格书最大值、最小值、标准值及其测试条件的要求。

### 5.3.14 关断延迟时间

按 6.4.15 进行试验,应符合 IPM 规格书最大值、最小值、标准值及其测试条件的要求。

### 5.3.15 IPM 功耗

按 6.4.16 进行试验,应符合 IPM 规格书最大值、最小值、标准值及其测试条件的要求。

## 5.4 绝缘强度

### 5.4.1 电气强度

按 6.5.1 进行试验,IPM 应无击穿、闪络现象,引脚功能、电性能无异常。

5.4.2 电气间隙

按 6.5.2 进行试验,IPM 的结构应使电气间隙足够承受器具可能经受的电气应力,考虑到表 2 中过电压类别的额定脉冲电压,电气间隙不应小于表 3 中的规定值。其他条件见 GB 4706.1—2005 中第 29 章的相关规定。

表 2 额定脉冲电压

额定电压 V	额定脉冲电压 V		
	过电压类别 I	过电压类别 II	过电压类别 III
≤50	330	500	800
>50 且 ≤150	800	1 500	2 500
>150 且 ≤300	1 500	2 500	4 000
注 1: 对于多相器具,以相线对中性线或相线对地线的电压作为额定电压。			
注 2: 这些值是基于器具不会产生高于所规定的过电压的假设。如果产生更高的过电压,电气间隙宜相应增加。			

表 3 最小电气间隙

额定脉冲电压 V	最小电气间隙 <sup>a</sup> mm
330	0.5 <sup>b,c</sup>
500	0.5 <sup>b,c</sup>
800	0.5 <sup>b,c</sup>
1 500	0.5 <sup>c</sup>
2 500	1.5
4 000	3.0
6 000	5.5
8 000	8.0
10 000	11.0
<sup>a</sup> 规定值仅适用于空气中电气间隙。	
<sup>b</sup> 出于实际操作的情况,不采用 GB/T 16935.1 中规定的更小电气间隙,例如批量产品的公差。	
<sup>c</sup> 污染等级为 3 时,该值增加到 0.8 mm。	

5.4.3 爬电距离

按 6.5.3 进行试验,基本绝缘的爬电距离不应小于表 4 中的规定值。



表 4 基本绝缘的最小爬电距离

工作电压 V	爬电距离 mm						
	污染等级 1	污染等级 2			污染等级 3		
		材料组			材料组		
		I	II	III a/ III b	I	II	III a/ III b
≤50	0.2	0.6	0.9	1.2	1.5	1.7	1.9 <sup>a</sup>
>50 且 ≤125	0.3	0.8	1.1	1.5	1.9	2.1	2.4
>125 且 ≤250	0.6	1.3	1.8	2.5	3.2	3.6	4.0
>250 且 ≤400	1.0	2.0	2.8	4.0	5.0	5.6	6.3
>400 且 ≤500	1.3	2.5	3.6	5.0	6.3	7.1	8.0
>500 且 ≤800	1.8	3.2	4.5	6.3	8.0	9.0	10.0
>800 且 ≤1 000	2.4	4.0	5.6	8.0	10.0	11.0	12.5
>1 000 且 ≤1 250	3.2	5.0	7.1	10.0	12.5	14.0	16.0
>1 250 且 ≤1 600	4.2	6.3	9.0	12.5	16.0	18.0	20.0
>1 600 且 ≤2 000	5.6	8.0	11.0	16.0	20.0	22.0	25.0
>2 000 且 ≤2 500	7.5	10.0	14.0	20.0	25.0	28.0	32.0
>2 500 且 ≤3 200	10.0	12.5	18.0	25.0	32.0	36.0	40.0
>3 200 且 ≤4 000	12.5	16.0	22.0	32.0	40.0	45.0	50.0
>4 000 且 ≤5 000	16.0	20.0	28.0	40.0	50.0	56.0	63.0
>5 000 且 ≤6 300	20.0	25.0	36.0	50.0	63.0	71.0	80.0
>6 300 且 ≤8 000	25.0	32.0	45.0	63.0	80.0	90.0	100.0
>8 000 且 ≤10 000	32.0	40.0	56.0	80.0	100.0	110.0	125.0
>10 000 且 ≤12 500	40.0	50.0	71.0	100.0	125.0	140.0	160.0
注 1：绕组漆包线认为是裸露导线，但考虑到 GB 4706.1—2005 中 29.1.1 的要求，爬电距离不必大于表 3 规定的相应的电气间隙。 注 2：对于不会发生漏电起痕的玻璃、陶瓷和其他无机绝缘材料，爬电距离不必大于相应的电气间隙。 注 3：除了隔离变压器的次级电路，工作电压不认为小于器具的额定电压。							
<sup>a</sup> 如果工作电压不超过 50 V，允许使用材料组 III b。							

附加绝缘的爬电距离至少为基本绝缘规定值。

加强绝缘的爬电距离至少为基本绝缘规定值的两倍。

功能性绝缘的爬电距离不应小于表 5 规定值。

表 5 功能性绝缘的最小爬电距离

工作电压 V	爬电距离 mm						
	污染等级 1	污染等级 2			污染等级 3		
		材料组			材料组		
		I	II	III a/ III b	I	II	III a/ III b
≤50	0.2	0.6	0.8	1.1	1.4	1.6	1.8 <sup>a</sup>
>50 且 ≤125	0.3	0.7	1.0	1.4	1.8	2.0	2.2
>125 且 ≤250	0.4	1.0	1.4	2.0	2.5	2.8	3.2
>250 且 ≤400 <sup>b</sup>	0.8	1.6	2.2	3.2	4.0	4.5	5.0
>400 且 ≤500	1.0	2.0	2.8	4.0	5.0	5.6	6.3
>500 且 ≤800	1.8	3.2	4.5	6.3	8.0	9.0	10.0
>800 且 ≤1 000	2.4	4.0	5.6	8.0	10.0	11.0	12.5
>1 000 且 ≤1 250	3.2	5.0	7.1	10.0	12.5	14.0	16.0
>1 250 且 ≤1 600	4.2	6.3	9.0	12.5	16.0	18.0	20.0
>1 600 且 ≤2 000	5.6	8.0	11.0	16.0	20.0	22.0	25.0
>2 000 且 ≤2 500	7.5	10.0	14.0	20.0	25.0	28.0	32.0
>2 500 且 ≤3 200	10.0	12.5	18.0	25.0	32.0	36.0	40.0
>3 200 且 ≤4 000	12.5	16.0	22.0	32.0	40.0	45.0	50.0
>4 000 且 ≤5 000	16.0	20.0	28.0	40.0	50.0	56.0	63.0
>5 000 且 ≤6 300	20.0	25.0	36.0	50.0	63.0	71.0	80.0
>6 300 且 ≤8 000	25.0	32.0	45.0	63.0	80.0	90.0	100.0
>8 000 且 ≤10 000	32.0	40.0	56.0	80.0	100.0	110.0	125.0
>10 000 且 ≤12 500	40.0	50.0	71.0	100.0	125.0	140.0	160.0
<p>注 1：对于工作电压小于 250 V 且污染等级 1 和污染等级 2 的 PTC 电热元件，PTC 材料表面上爬电距离不必大于相应的电气间隙，但其端子间的爬电距离按本表规定。</p> <p>注 2：对于不会发生漏电起痕的玻璃、陶瓷和其他无机绝缘材料，爬电距离不必大于相应的电气间隙。</p>							
<p><sup>a</sup> 如果工作电压不超过 50 V，允许使用材料组 III b。</p> <p><sup>b</sup> 额定电压为 380 V~415 V 的器具，其相线间工作电压为 &gt;250 V 且 ≤400 V。</p>							

以上限值适用于海拔高度 2 000 m 及以下区域。  
此范围不满足时，见 GB 4706.1—2005 中第 29 章的相关规定。

5.5 静电放电

5.5.1 HBM 静电放电模式

按 6.6.1 进行试验，HBM 静电放电模式 ≥2 000 V。

### 5.5.2 MM 静电放电模式

按 6.6.2 进行试验, MM 静电放电模式 $\geq 200$  V。

### 5.5.3 CDM 静电放电模式

按 6.6.3 进行试验, CDM 静电放电模式 $\geq 300$  V。

## 5.6 应用 IPM 的电子线路板电磁兼容

### 5.6.1 连续骚扰电压

按 6.7.1 进行试验,应符合 GB 4343.1—2018 中 4.1.1 和第 10 章的要求。

### 5.6.2 断续骚扰电压

按 6.7.2 进行试验,应符合 GB 4343.1—2018 中 4.2、第 10 章、附录 A 和附录 C 的要求。

### 5.6.3 连续骚扰功率

按 6.7.3 进行试验,限值应符合 GB 4343.1—2018 中 4.1.2.1、4.1.2.3 和第 10 章的要求。

### 5.6.4 辐射发射

按 6.7.4 进行试验,限值应符合 GB 4343.1—2018 中 4.1.2.2、4.1.2.3 和第 10 章的要求。

### 5.6.5 静电放电抗扰度

按 6.7.5 进行试验,试验电平应符合 GB/T 4343.2—2009 中 5.1 的要求,试验结果应满足 5.6.10 的性能判据 B。

### 5.6.6 电快速瞬变脉冲群抗扰度

按 6.7.6 进行试验,试验电平应符合 GB/T 4343.2—2009 中 5.2 的要求,试验结果应满足 5.6.10 的性能判据 B。

### 5.6.7 射频场感应的传导骚扰抗扰度

按 6.7.7 进行试验,试验电平应符合 GB/T 4343.2—2009 中 5.3 和 5.4 的要求,试验结果应满足 5.6.10 的性能判据 A。

### 5.6.8 浪涌(冲击)抗扰度

按 6.7.8 进行试验,试验电平应符合 GB/T 4343.2—2009 中 5.6 的要求,试验结果应满足 5.6.10 的性能判据 B。

### 5.6.9 电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度

按 6.7.9 进行试验,试验电平应符合 GB/T 4343.2—2009 中 5.7 的要求,试验结果应满足 5.6.10 的性能判据 C。

### 5.6.10 电磁兼容抗扰度性能判据

下列性能判据适用于 5.6.5~5.6.9。

性能判据 A:在试验过程中 IPM 应按预期连续运行。当 IPM 按预期使用时,其性能降低或动能丧失不准许低于制造商规定的性能水平或可容许的性能丧失。如果制造商未规定最低的性能水平或可容许的性能丧失,则可从产品规格书、文件及用户按预期使用时对 IPM 的合理期望中推断。

性能判据 B:试验后 IPM 应按预期继续运行。当 IPM 按预期使用时,其性能降低或功能丧失不准许低于制造商规定的性能水平或可容许的性能丧失。在试验过程中,性能下降是允许的,但不准许实际运行状态或存贮数据有所改变。如果制造商未规定最低的性能水平或可容许的性能丧失,则可从产品规格书、文件及用户按预期使用时对 IPM 的合理期望中推断。

性能判据 C:允许出现暂时的功能丧失,只要这种功能可自行恢复,或者是通过操作控制器或按使用规格书规定进行操作来恢复。

5.7 焊接分层检测

5.7.1 引脚可焊性



按 6.8.1 进行试验,试验样品引脚浸入部分应上锡明亮光滑,只允许有少量分散的如针孔不浸润或弱浸润之类的缺陷,且这些缺陷不出现在同一位置。

5.7.2 引脚耐焊接热

按 6.8.2 进行试验。试验样品试验后恢复 1 h,外观应无损伤,电性能测试应符合 5.3 的要求。

5.8 封装缺陷检测

5.8.1 空洞率

按 6.9.1 进行试验,观察不同位置焊接状况,试验样品的散热片、贴片元器件、驱动 IC、引脚、IGBT、FRD(快恢复二极管)的焊接空洞率要求见表 6,必要时用软件计算。

表 6 焊接空洞率要求表

空洞率	器件				
	散热片	HVIC	引脚	IGBT 芯片	FRD 芯片
单个芯片所有空洞面积 总和占芯片面积/%	≤10%	≤20%	≤10%	≤10%	≤15%
单个芯片最大空洞面积 占芯片面积/%	≤10%	≤10%	≤10%	≤5%	≤10%

注:紧密相邻的多个空洞面积按单个空洞面积计算。

5.8.2 封装分层

按 6.9.2 进行试验,应符合下述要求:

- a) 聚焦在 IGBT/FRD 芯片表面,芯片表面不能有分层现象,芯片位置不能有空洞;
- b) 聚焦在散热片表面,散热片表面不能有分层现象;
- c) 聚焦在驱动 IC 表面,驱动 IC 表面不能有分层现象,芯片位置不能有空洞;
- d) 聚焦在内引脚表面,内引脚表面不能有分层现象;
- e) 聚焦在铝基板功能面,铝基板功能面不能有分层现象,键合线位置不能有空洞;
- f) 聚焦在铝基板背面表面,分层面积不大于 2.5%/孔;
- g) 其他位置的空洞面积不大于 2.5%。

## 5.9 环境耐久性试验

### 5.9.1 高温存储

按 6.10.1 进行试验。试验后,试验样品外观应无损伤,电性能测试结果与试验前初始值偏差在 20% 内。

### 5.9.2 低温存储

按 6.10.2 进行试验。试验后,试验样品外观应无损伤,电性能测试结果与试验前初始值偏差在 20% 内。

### 5.9.3 高温高湿存储

按 6.10.3 进行试验。试验后,试验样品外观应无损伤,电性能测试结果与试验前初始值偏差在 20% 内。

### 5.9.4 温度循环

按 6.10.4 进行试验。试验后,试验样品外观应无损伤,电性能测试结果与试验前初始值偏差在 20% 内。

### 5.9.5 高温蒸煮

按 6.10.5 进行试验。试验后,试验样品外观应无损伤,电性能测试结果与试验前初始值偏差在 20% 内。

### 5.9.6 盐雾

按 6.10.6 进行试验,应符合下述要求:

- a) 试验样品试验后目视检查,其引脚腐蚀面积不超过 3%;
- b) 试验样品试验后,电性能测试结果与试验前初始值偏差在 10% 内。

### 5.9.7 振动和温度综合试验

按 6.10.7 进行试验,应符合下述要求:

- a) 试验样品在低温步进中,低温工作极限能达到产品规格书要求;
- b) 试验样品在高温步进中,高温工作极限能达到产品规格书要求;
- c) 试验样品在快速温度变化中,不应出现故障;
- d) 试验样品在振动步进中,不应出现故障,振动的方均根加速度(见 GB/T 29309—2012 中 3.5) 极限能达到  $12 g_{rms}$ ;
- e) 试验样品在综合应力试验中,不应出现故障。

### 5.9.8 高温反偏

按 6.10.8 进行试验。试验后,试验样品外观应无损伤,电性能测试结果与试验前初始值偏差在 10% 内。

### 5.9.9 高温高湿偏压

按 6.10.9 进行试验。试验后,试验样品外观应无损伤,电性能测试结果与试验前初始值偏差在 10% 内。

#### 5.9.10 低温反偏

按 6.10.10 进行试验。试验后,试验样品外观应无损伤,电性能测试结果与试验前初始值偏差在 10% 内。

#### 5.9.11 功率循环

按 6.10.11 进行试验。试验后,试验样品外观应无损伤,电性能测试结果与试验前初始值偏差在 10% 内。

#### 5.9.12 典型应用场景耐久性

按 6.10.12 进行试验。试验过程中,试验样品不应损坏,试验样品所在测试样机不应发生故障。

若出现故障的原因与试验样品无关,可再更换相关零件后继续进行试验。

试验样品试验后,外观应无损伤,电性能测试结果与试验前初始值偏差在 20% 内。

### 5.10 机械强度试验

#### 5.10.1 振动

按 6.11.1 进行试验。试验后,试验样品外观完好无损伤,气密性良好(对空腔器件),电性能测试结果符合 5.3 规定的额定值。

#### 5.10.2 引出端拉力

按 6.11.2 进行试验。试验后,放大 3 倍~10 倍进行检查,试验样品引脚无断裂(密封弯月面处除外)、松动,引脚和本体不发生移位,结构尺寸、电性能无异常。

由于引脚已变形,不能用专用夹具测试全面电参数,可采用手动测试局部电参数功能,试验结果与试验前初始值偏差在 10% 内。

注:该试验针对通孔插装元器件进行。

#### 5.10.3 引出端弯曲

按 6.11.3 进行试验。试验后,试验样品引脚无断裂、引脚和本体无松动或脱落,结构尺寸、电性能无异常。

由于引脚已变形,不能用专用夹具测试全面电参数,可采用手动测试局部电参数功能,试验结果与试验前初始值偏差在 10% 内。

注:该试验针对通孔插装元器件进行。

#### 5.10.4 抗弯曲强度

按 6.11.4 进行试验。试验后,试验样品外观无损伤,试验结果与试验前初始值偏差在 10% 内。

注:该试验针对表面贴装元器件。

#### 5.10.5 附着力

按 6.11.5 进行试验。试验后,试验样品外观无损伤,引出端焊盘应固定于试验样品上。

注:该试验针对表面贴装元器件。

#### 5.10.6 抗安装冲击力

按 6.11.6 进行试验。试验后,试验样品无裂纹、损伤。

#### 5.10.7 器件跌落

按 6.11.7 进行试验。试验后,试验样品塑封料无破损,引脚无断裂,引脚和本体无松动或脱落,结构尺寸、电性能无异常。

#### 5.11 限用物质

构成 IPM 的各均质材料中,铅、汞、六价铬、多溴联苯、多溴二苯醚、邻苯二甲酸(2-乙基己基)酯、邻苯二甲酸甲苯基丁酯、邻苯二甲酸二丁酯、邻苯二甲酸二异丁酯的含量不得超过 0.1%(质量分数),镉的含量不得超过 0.01%(质量分数)。

### 6 试验方法

#### 6.1 一般试验条件

除非另有规定,所有试验都应在 GB/T 2421—2020 中表 2 规定的测量和试验用标准大气条件下进行。

#### 6.2 外观质量

目检试验样品外观,用不大于 20 倍放大倍数的显微镜观察,观察部位包括 IPM 的正面、反面、引脚。用脱脂棉浸渍清洁溶液( $55\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  的蒸馏水或去离子水)拭擦标志,拭擦 10 s。

#### 6.3 外形尺寸

用游标卡尺等工具测试。

#### 6.4 电性能

##### 6.4.1 通则

以下电性能参数测试条件参见附录 A 提供的参考电路。

##### 6.4.2 母线电压( $V_{PN}$ )

试验方法见 6.4.4。

##### 6.4.3 控制电压( $V_{cc}$ )

试验方法见 6.4.4。

##### 6.4.4 逻辑输入电压( $V_{IN}$ )

根据规格书设定试验样品的母线电压/控制电压,上管与下管驱动信号设为特定的 PWM 的切换频率,对试验样品的输出准位进行量测,确认其工作状态与输入的逻辑是否对应。

##### 6.4.5 PWM 载波频率

对试验样品输入规格书中给定的载波频率,检测试验样品能否正常工作。

##### 6.4.6 电源欠压保护动作电压

给定试验样品的操作电压 15 V,同时设定特定管驱动信号为给定的 PWM 的切换频率,然后按步

长 0.1 V 逐渐降低操作电压,观察对应驱动信号的输出,当输出不出现脉冲波形时,记录此时的电压,即欠压保护动作电压。

#### 6.4.7 过电流保护动作电压

给定试验样品的操作电压 15 V,依据规格书的要求,对试验样品过电流保护的功能脚给一个由 0 V 上升的锯齿波,步长为 0.05 V。后对功能测量,当故障信号端的信号由高跳低时的电压即为过流保护动作电压。

#### 6.4.8 温度输出及过温保护

给定试验样品的操作电压 15 V,稳定后,根据应用场景选取常用的温度点验证规格书中的温度输出功能。将试验样品放置到规定的过温保护上限值环境中,稳定一段时间后,对功能测量。当产生故障信号后,降温到过温保护下限值,测量输出是否恢复正常。

#### 6.4.9 错误讯号供电电压( $V_{FO}$ 引脚)

给定试验样品的操作电压 15 V,依据规格书的要求,对试验样品的过电流保护的功能脚给一个规定的错误信号供电电压。后对功能测量输出是否符合要求。

#### 6.4.10 错误讯号输出脉宽宽度

给定试验样品的操作电压 15 V,依据规格书的要求,对试验样品的过电流保护的功能脚给一个超过保护动作的电压准位。后对功能测量,当故障信号端的信号由高跳低时的维持时间即为错误讯号输出脉宽宽度。

#### 6.4.11 输出端漏电流

给定试验样品的操作电压 15 V,同时设定上管与下管驱动信号为低电平 0 V,对试验样品内的每个功率开关进行测试,测试方法同 GB/T 29332—2012 中 6.3.4 的要求。

#### 6.4.12 输入端漏电流

给定试验样品的操作电压 15 V,同时设定上管与下管驱动信号为低电平 0 V 与高电平 5 V,对试验样品内的每个驱动管脚在高低电平时的输入电流进行量测。

#### 6.4.13 静态电流

给定试验样品的操作电压 15 V,同时设定上管与下管驱动信号低电平 0 V,对试验样品的输出电流进行量测。

#### 6.4.14 开通延迟时间

试验样品的动态设置测试方法同 GB/T 29332—2012 中 6.3.11。但因为无法对内部的 IGBT 的驱动电压进行量测,所以与功率器件定义不同。定义如图 1 所示。





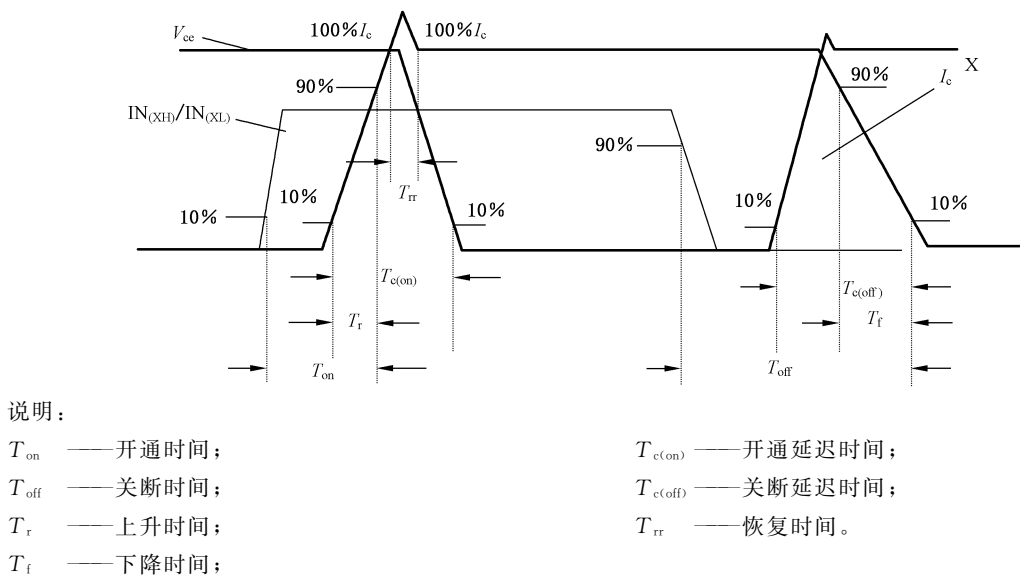


图 1 延迟时间电流、电压波形图

给定试验样品的操作电压 15 V，将试验样品的输入端视为闸级端，设置同 GB/T 29332—2012 中 6.3.11，定义参照图 1 的说明。

6.4.15 关断延迟时间

给定试验样品的操作电压 15 V，将试验样品的输入端视为闸级端，设置同 GB/T 29332—2012 中 6.3.12，定义参照图 1 的说明。

6.4.16 IPM 功耗

在进行单相桥臂、单颗 IGBT 的开关波形测试时，将  $T_{on}$  ( $T_{on} = t_{d HSON} + t_r$ ) 或  $T_{off}$  ( $T_{off} = t_{d HSOFF} + t_f$ ) 时间段的  $I_C$  和  $V_{CE}$  进行积分运算， $P = \int I_C \cdot V_{CE} dt$ ，便可得出单次开通或关断的能量损耗，即  $E_{ON}$  和  $E_{OFF}$ 。

测试条件： $V_P = 310\text{ V}$ ， $V_{CC} = V_{BS} = 15\text{ V}$ ， $I_C = 15\text{ A}$ ， $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$ ， $V_{IN} = 0\text{ V} \sim 5\text{ V}$ ，感性负载。

注：当  $V_{IN}$  从 0 V 升到 5 V 过程中，IPM 开通；当  $V_{IN}$  从 5 V 降至 0 V 过程中，IPM 关断。

波形图定义如图 2 所示。

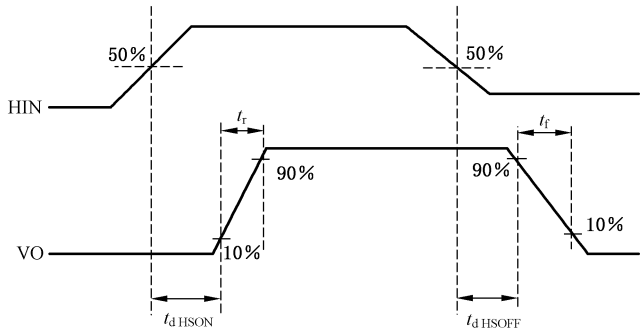


图 2 IPM 开关波形图

6.5 绝缘强度

6.5.1 电气强度

在试验样品带电部件与散热基片间加载 1 800 V<sub>AC</sub>, 50 Hz 或 60 Hz 的耐压试验 1 min, 漏电流不超过 1 mA。

6.5.2 电气间隙

电气间隙的测量方法按 GB/T 16935.1 规定进行。

6.5.3 爬电距离

爬电距离的测量方法按 GB/T 16935.1 规定进行。

6.6 静电放电敏感度测试

6.6.1 HBM 静电放电模式

按 IEC 60749-26 开展 HBM 静电放电模式测试。

静电放电电阻: 1.5 k $\Omega$ , 静电放电电容: 100 pF, 放电次数 3 次, 时间间隔: 1 s。典型测试原理图如图 3 所示。

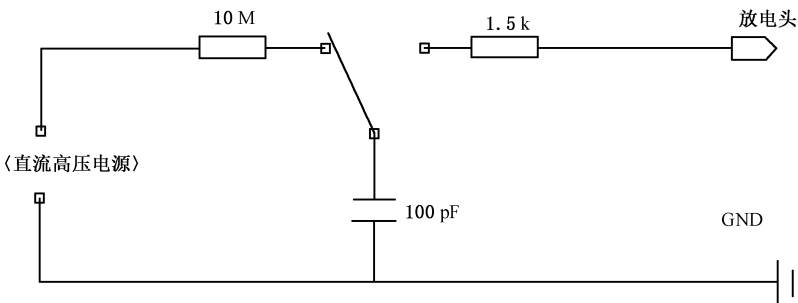


图 3 HBM 静电放电模式典型测试原理图

6.6.2 MM 静电放电模式

按 IEC 60749-27 开展 MM 静电放电模式测试。

静电放电电阻: 0  $\Omega$ , 静电放电电容: 200 pF, 放电次数 3 次, 时间间隔: 1 s。典型测试原理图如图 4 所示。

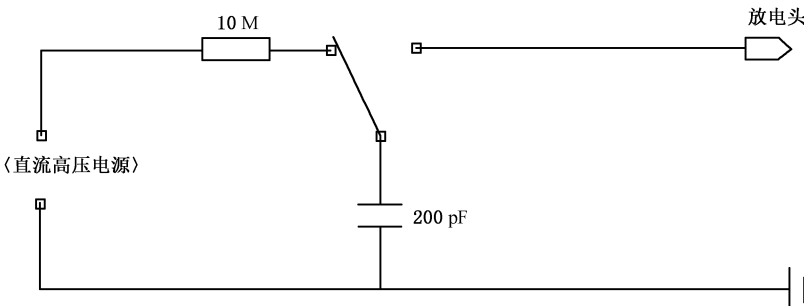


图 4 MM 静电放电模式典型测试原理图

### 6.6.3 CDM 静电放电模式

按 IEC 60749-28 开展 CDM 静电放电模式测试。

试验前,使用离子风扇或其他方法处理以确保试验样品不带电。

试验时,试验样品引脚向上放置于铺有绝缘层(如,塑料层)的金属带电电极上,对金属带电电极通以 500 V 高压电源进行充电 1 s,充电完成使用探针对试验样品引脚接地放电。典型测试原理图如图 5 所示。

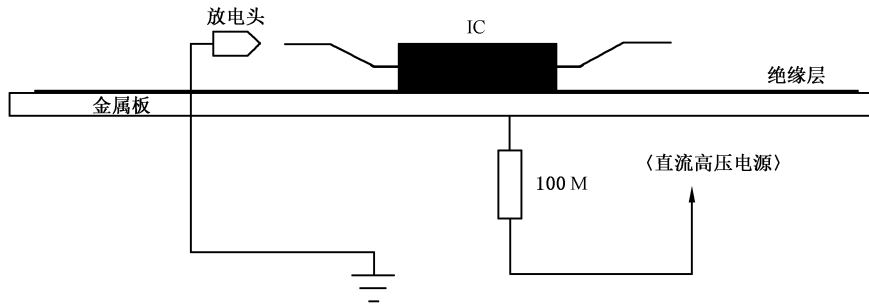


图 5 CDM 静电放电模式测试原理图

## 6.7 应用 IPM 的电子线路板电磁兼容试验方法

### 6.7.1 连续骚扰电压

按 GB 4343.1—2018 中第 5 章和第 7 章的方法进行试验。

### 6.7.2 断续骚扰电压

按 GB 4343.1—2018 中第 5 章、第 7 章和附录 D 的方法进行试验。

### 6.7.3 连续骚扰功率

按 GB 4343.1—2018 中第 6 章和第 7 章内容的方法进行试验。

### 6.7.4 辐射发射

按 GB 4343.1—2018 中第 7 章和第 9 章的方法进行试验。

### 6.7.5 静电放电抗扰度

按 GB/T 4343.2—2009 中 5.1 的方法进行试验。

### 6.7.6 电快速瞬变脉冲群抗扰度

按 GB/T 4343.2—2009 中 5.2 的方法进行试验。

### 6.7.7 射频场感应的传导骚扰抗扰度

按 GB/T 4343.2—2009 中 5.3 和 5.4 的方法进行试验。

### 6.7.8 浪涌(冲击)抗扰度

按 GB/T 4343.2—2009 中 5.6 的方法进行试验。

### 6.7.9 电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度

按 GB/T 4343.2—2009 中 5.7 的方法进行试验。

## 6.8 焊接分层检测

### 6.8.1 引脚可焊性

将试验样品引脚浸过助焊剂后,沿轴线方向浸入  $240\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 245\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、Sn96.5-Ag3-Cu0.5 的熔融焊锡槽中  $2\text{ s}\sim 3\text{ s}$ ,样品本体距熔融焊料  $1.6\text{ mm}$ ,取出后用 3 倍~10 倍放大镜观察。

### 6.8.2 引脚耐焊接热

将试验样品引脚浸过助焊剂后,沿轴线方向浸入  $(260\pm 5)^{\circ}\text{C}$  的 Sn96.5-Ag3-Cu0.5 熔融焊锡槽中  $(10\pm 0.5)\text{ s}$ ,本体距熔融焊料  $1.8\text{ mm}$ 。

## 6.9 封装缺陷检测

### 6.9.1 空洞率

用 X-Ray 检测试验样品的贴片元器件、IC、引脚、IGBT、FRD 等的焊接空洞率。

在进行空洞率准确测量时,尽量调整到较高放大倍数测量。测量时要求所选取边框与试验样品外形尽量一致。

### 6.9.2 封装分层

用超声波扫描检测试验样品的分层情况,分别在每一个模具位置抽 1 个模块进行声扫。

## 6.10 环境耐久性试验

### 6.10.1 高温存储

按 GB/T 2423.2—2008 中 5.2,将试验样品放在  $(155\pm 3)^{\circ}\text{C}$  的高温环境下,放置 168 h。试验样品试验后在常态下恢复 2 h,进行电性能检测。测试应在测试条件除去后的 96 h 内完成。

### 6.10.2 低温存储

按 GB/T 2423.1—2008 中 5.2,将试验样品放在  $(-40\pm 3)^{\circ}\text{C}$  的低温环境下,放置 168 h。试验样品试验后在常态下恢复 2 h,进行电性能检测。测试应在测试条件除去后的 96 h 内完成。

### 6.10.3 高温高湿存储

按 GB/T 2423.50 开展测试。将试验样品放在温度为  $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度为 85%的环境下,累计放置 168 h 后,取出充分除去表面水滴,试验样品试验后常态下恢复 2 h,进行电性能检测。

### 6.10.4 温度循环

按 GB/T 2423.22—2012 中第 8 章,温度范围  $-40_{-10}^{+0}\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 125_{+0}^{+15}\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,转换时间为 5 min(以冲击箱的极限能力为准),高、低温各保持 30 min,做 200 个周期,试验样品试验后常态下恢复 2 h,进行电性能检测。

### 6.10.5 高温蒸煮

按 IEC 60749-33:2004 进行测试。

温度  $(121 \pm 2)^\circ\text{C}$ , 气压 202 kPa (2ATM), 相对湿度 100% 的环境下, 当温湿度升到设定值开始计时, 当结束测试温湿度开始下降时停止计时, 累计放置  $48^{+2}_0$  h, 试验样品试验后常态下恢复 2 h~48 h 以内, 进行电性能检测。

试验采用电阻率大于  $1\text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$  的蒸馏水或去离子水, 试验完毕后, 蒸煮仪内腔应无锈迹、水垢、污渍。

#### 6.10.6 盐雾

按 GB/T 2423.17—2008 开展测试, 5% NaCl 溶液, 盐雾沉降量  $1\text{ mL}/(80\text{ cm}^2 \cdot \text{h}) \sim 2\text{ mL}/(80\text{ cm}^2 \cdot \text{h})$ ,  $T_a = (35 \pm 2)^\circ\text{C}$ , 试验 48 h 后, 用纯净水冲洗干净, 自然晾干 2 h~3 h, 进行电性能检测。

#### 6.10.7 振动和温度综合试验

按 GB/T 29309—2012 开展测试。试验中, 试验样品按照产品规格书中的典型工作值进行加载, 工作模式可由供需双方进行协商。

#### 6.10.8 高温反偏

按 IEC 60749-23:2004 中 5.2.3.3 进行测试。

环境温度  $T_a = (125 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。按 GB/T 29332—2012 中 7.2.5.1 进行测试。

控制电路加额定电源, IPM 内部的 IGBT 的 C-E 极上加电压  $V_{\text{CE}} = \text{最大额定电压} \times 0.8$ , 使  $V_{\text{GE}} = 0\text{ V}$  (即驱动电源引脚上加额定电压, 信号输入脚无效)。在半数试验样品的上桥臂 IGBT 的 C-E 极上加电压, 在另外半数试验样品的下桥臂 IGBT 的 C-E 极上加电压。

带电  $168^{+5}_0$  h 后, 切断电源, 试验样品试验后常态下恢复 2 h, 按 6.4 测试试验样品的电参数。

#### 6.10.9 高温高湿偏压

按 IEC 60749-5 的测试方法。

试验环境温度  $85^\circ\text{C}$ , 相对湿度 85%。按 GB/T 29332—2012 中 7.2.5.2 进行测试。

控制电路加额定电源, IGBT 的 C-E 极上加电压  $V_{\text{CE}} = 100\text{ V}$ ,  $V_{\text{GE}} = 0\text{ V}$  (即驱动电源引脚上加额定电压, 信号输入脚无效)。在半数试验样品的上桥臂 IGBT 的 C-E 极上加电压, 在另外半数试验样品的下桥臂 IGBT 的 C-E 极上加电压。

带电  $168^{+5}_0$  h 后, 切断电源, 试验样品试验后常态下恢复 2 h, 按 6.4 测试试验样品的电参数。

#### 6.10.10 低温反偏

试验环境温度:  $(-15 \pm 2)^\circ\text{C}$ 。按 GB/T 29332—2012 中 7.2.5.1 进行测试。

控制电路加额定电源, IGBT 的 C-E 极上加电压  $V_{\text{CE}} = \text{最大额定电压} \times 0.8$ ,  $V_{\text{GE}} = 0\text{ V}$  (即驱动电源引脚上加额定电压, 信号输入脚无效)。在半数试验样品的上桥臂 IGBT 的 C-E 极上加电压, 在另外半数试验样品的下桥臂 IGBT 的 C-E 极上加电压。

带电 24 h 后, 切断电源, 试验样品试验后常态下恢复 2 h, 按 6.4 测试试验样品的电参数。

#### 6.10.11 功率循环

按 IEC 60749-34 的方法测试。用功率循环测试系统控制试验样品的 IGBT 间歇式开通、关闭, 关闭期间强制冷却降温, 使 IGBT 的结温变化幅度达  $\Delta T_{\text{vj}} = (95 \pm 5)^\circ\text{C}$ , 测试 5 000 个周期后, 按 6.4 测试试验样品的电参数。

#### 6.10.12 典型应用场景耐久性

按照家用和类似用途电器中的典型应用场景, 将应用试验样品的家电整机置于测试场景中进行

测试。  
测试条件参见附录 B,并由供需双方协商确定。

6.11 机械强度试验

6.11.1 振动

按 GB/T 2423.10—2019 中第 8 章、附录 A 和附录 B 的测试方法测试,将试验样品牢固地固定在振动台上,然后在试验样品的 XYZ 三个相互垂直方向上分别振动 2 h,振动频率为 10 Hz~55 Hz,振动的位移峰值振幅为 1.5 mm。

6.11.2 引出端拉力

按 GB/T 2423.60 要求,将试验样品主体固定,沿离开试验样品的引出端轴向施加拉力,按表 7 中要求的拉力保持(10±1)s(拉力应逐渐施加,没有任何冲击)。

表 7 引脚拉力强度要求

外引线标称截面积 $S$ $\text{mm}^2$	相应的圆形引出端截面的直径 $d$ $\text{mm}$	拉力 N
$S \leq 0.05$	$d \leq 0.25$	1
$0.05 < S \leq 0.07$	$0.25 < d \leq 0.3$	2.5
$0.07 < S \leq 0.2$	$0.3 < d \leq 0.5$	5
$0.2 < S \leq 0.5$	$0.5 < d \leq 0.8$	10
$0.5 < S \leq 1.2$	$0.8 < d \leq 1.25$	20
$S > 1.2$	$d > 1.25$	40

6.11.3 引出端弯曲

按 GB/T 2423.60 要求,将试验样品主体固定,在引出端末端的轴向垂直方向悬挂施加弯曲力的砝码,按表 8 中要求增加弯曲力,将试验样品主体在 2 s~3 s 内在垂直平面倾斜大约 90°,然后以同样的时间使其恢复到初始位置作为 1 次弯曲。每个方向弯曲 1 次,共 2 次。

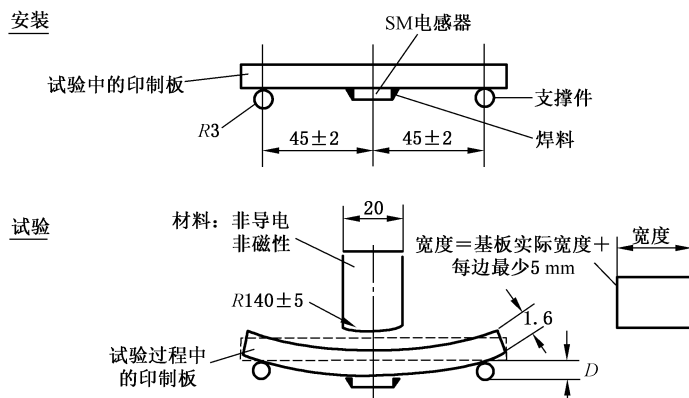
表 8 引脚弯曲强度要求

截面模量 $Z^a$ $\text{mm}^3$	相应的圆截面引出端直径 $d$ $\text{mm}$	推力(容差 10%) N
$Z \leq 0.001\ 5$	$d \leq 0.25$	0.5
$0.001\ 5 < Z \leq 0.004\ 2$	$0.25 < d \leq 0.35$	1.25
$0.004\ 2 < Z \leq 0.012$	$0.35 < d \leq 0.5$	2.5
$0.012 < Z \leq 0.05$	$0.5 < d \leq 0.8$	5
$0.05 < Z \leq 0.19$	$0.8 < d \leq 1.25$	10
$Z > 0.19$	$d > 1.25$	20
<sup>a</sup> $Z = \pi d^3 / 32$ 。		

#### 6.11.4 抗弯曲强度

按 GB/T 2423.60 的要求,将贴片器件焊接在厚度为 $(1.6 \pm 0.2)$  mm 的 PCB 上,然后将焊接有试验贴片器件的 PCB 放置在如图 6 所示的试验装置中,按 1.0 mm/s 的速率弯曲,弯曲距离 2 mm;维持时间为 $(5 \pm 1)$  s;维持 PCB 弯曲状态下测量贴片器件的电参数。

单位为毫米



注 1: PCB 板材与板厚按照实际设计选取(例如,板材:FR-4;厚度: $1.6 \text{ mm} \pm 0.2 \text{ mm}$ ),焊盘尺寸由供需双方进行协商。

注 2: 焊接要求用钢网刷锡膏过回流焊,禁止手工焊。

图 6 试验装置示意图

#### 6.11.5 附着力

按 GB/T 2423.60 进行试验,按照 6.11.4 中的方法安装贴片器件,用推力器具与试验样品无冲击地接触,然后对贴片器件的主体(与试验基板平面垂直的试验样品正面中心)逐步匀速增加推力至 5 N,并保持 $(10 \pm 1)$  s。

#### 6.11.6 抗安装冲击力

按产品规格书的要求安装力矩最大值,调整电批的扭力,在散热器上安装试验样品,先后安装 3 次。

#### 6.11.7 器件跌落

试验样品跌落 1 m 高,按 1 个面、3 条边(针对单列直插式封装模块)或 2 条边(指双列直插式封装模块无引脚的二短边),跌落到木板地面(用 1 cm 厚木板当成木地板),各跌 1 次。

#### 6.12 限用物质

按 IEC 62321(所有部分)的测试方法测试试验样品中的铅、汞、镉、六价铬、多溴联苯和多溴二苯醚、邻苯二甲酸(2-乙基己基)酯、邻苯二甲酸甲苯基丁酯、邻苯二甲酸二丁酯、邻苯二甲酸二异丁酯十种限用物质含量。

### 7 检验规则

#### 7.1 成品检验

IPM 的成品检验可分为型式检验和交收检验。

型式检验和交收检验的检验项目、要求和试验方法见表9。

表9 检验项目

序号	检验项目	本标准		成品检验	
		要求	试验方法	型式检验	交收检验
1	外观	5.1	6.2	✓	✓
2	外形尺寸	5.2	6.3	✓	✓
3	母线电压	5.3.1	6.4.2	✓	✓
4	控制电压	5.3.2	6.4.3	✓	✓
5	逻辑输入电压	5.3.3	6.4.4	✓	✓
6	PWM载波频率	5.3.4	6.4.5	✓	✓
7	电源欠压保护动作电压	5.3.5	6.4.6	✓	✓
8	过电流保护动作电压	5.3.6	6.4.7	✓	✓
9	温度输出及过温保护	5.3.7	6.4.8	✓	✓
10	错误讯号供电电压	5.3.8	6.4.9	✓	✓
11	错误讯号输出脉宽宽度	5.3.9	6.4.10	✓	✓
12	输出端漏电流	5.3.10	6.4.11	✓	✓
13	输入端漏电流	5.3.11	6.4.12	✓	✓
14	静态电流	5.3.12	6.4.13	✓	✓
15	开通延迟时间	5.3.13	6.4.14	✓	✓
16	关断延迟时间	5.3.14	6.4.15	✓	✓
17	IPM 功率	5.3.15	6.4.16	✓	✓
18	电气强度	5.4.1	6.5.1	✓	—
19	电气间隙	5.4.2	6.5.2	✓	—
20	爬电距离	5.4.3	6.5.3	✓	—
21	HBM 静电放电模式	5.5.1	6.6.1	✓	—
22	MM 静电放电模式	5.5.2	6.6.2	✓	—
23	CDM 静电放电模式	5.5.3	6.6.3	✓	—
24	连续骚扰电压	5.6.1	6.7.1	✓	—
25	断续骚扰电压	5.6.2	6.7.2	✓	—
26	连续骚扰功率	5.6.3	6.7.3	✓	—
27	辐射发射	5.6.4	6.7.4	✓	—
28	静电放电抗扰度	5.6.5	6.7.5	✓	—
29	电快速瞬变脉冲群抗扰度	5.6.6	6.7.6	✓	—
30	射频场感应的传导骚扰抗扰度	5.6.7	6.7.7	✓	—
31	浪涌(冲击)抗扰度	5.6.8	6.7.8	✓	—
32	电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度	5.6.9	6.7.9	✓	—



表 9 (续)

序号	检验项目	本标准		成品检验	
		要求	试验方法	型式检验	交收检验
33	引脚可焊性	5.7.1	6.8.1	√	—
34	引脚耐焊接热	5.7.2	6.8.2	√	—
35	空洞率	5.8.1	6.9.1	√	—
36	封装分层	5.8.2	6.9.2	√	—
37	高温存储	5.9.1	6.10.1	√	—
38	低温存储	5.9.2	6.10.2	√	—
39	高温高湿存储	5.9.3	6.10.3	√	—
40	温度循环	5.9.4	6.10.4	√	—
41	高温蒸煮	5.9.5	6.10.5	√	—
42	盐雾	5.9.6	6.10.6	√	—
43	振动和温度综合试验	5.9.7	6.10.7	√	—
44	高温反偏	5.9.8	6.10.8	√	—
45	高温高湿偏压	5.9.9	6.10.9	√	—
46	低温反偏	5.9.10	6.10.10	√	—
47	功率循环	5.9.11	6.10.11	√	—
48	典型应用场景耐久性	5.9.12	6.10.12	√	—
49	振动	5.10.1	6.11.1	√	—
50	引出端拉力	5.10.2	6.11.2	√	—
51	引出端弯曲	5.10.3	6.11.3	√	—
52	抗弯曲强度	5.10.4	6.11.4	√	—
53	附着力	5.10.5	6.11.5	√	—
54	抗安装冲击力	5.10.6	6.11.6	√	—
55	器件跌落	5.10.7	6.11.7	√	—
56	限用物质	5.11	6.12	√	—
注：“√”为必检项目，“—”为非检项目。					

IPM 在下列情况之一时,应进行型式检验:

- a) 试制、试产的新产品确认时;
- b) 连续生产每年至少进行一次;
- c) 间隔一年以上生产时;
- d) 产品的设计、工艺、材料有重大变动时;
- e) 主管部门认为有必要时。

注:典型应用场景耐久性在 b) 情况下可不进行。

## 7.2 抽样方案及合格判定

交收检验的抽样方案及合格判定由供需双方协商确定。

## 8 标志、包装、运输和贮存

### 8.1 产品标志

包装箱应有清晰的标志,标志内容如下:

- a) 型号及名称;
- b) 制造厂名或厂标;
- c) 数量、质量、制造年月和批次编号;
- d) 出厂日期或出厂编号;
- e) 出口产品的包装箱应有限用物质标识。

### 8.2 包装和运输

#### 8.2.1 一般要求

IPM 应有包装,包装用材料应防静电、不应含有影响器件质量的酸性、碱性或其他腐蚀性的物质。需要长期贮存或长途运输的元件应作防潮包装。

IPM 在避免受到机械损伤和直接雨淋的条件下可用任何运输工具运输。

#### 8.2.2 包装件运输跌落试验

取生产包装好的一件 IPM 成品,先后进行运输跌落试验(先底面再四个侧面的顺序将包装箱各跌落一次,试验面与冲击面平行,冲击面为坚硬的水平面)。包装运输跌落试验完毕后,检查试验样品受损、变形情况,对受损样品拍图说明;再测试试验样品的电参数有无异常。

#### 8.2.3 包装件运输跌落要求

试验后,要求:

- a) 包装箱应无散包现象;
- b) 试验样品引脚无变形、外观无破损;
- c) 电参数测试结果符合 5.3 规定的额定值。

### 8.3 贮存

IPM 应存放在环境空气温度 15℃~40℃,相对湿度不大于 80% 的清洁、通风良好、周围无腐蚀气体的环境中。包装箱包装的 IPM 贮存期为两年。

## 附录 A

### (资料性附录)

## IPM 测试工装参考电路

### A.1 高侧输入、输出功能测试

高侧输入、输出功能测试原理图如图 A.1 所示。

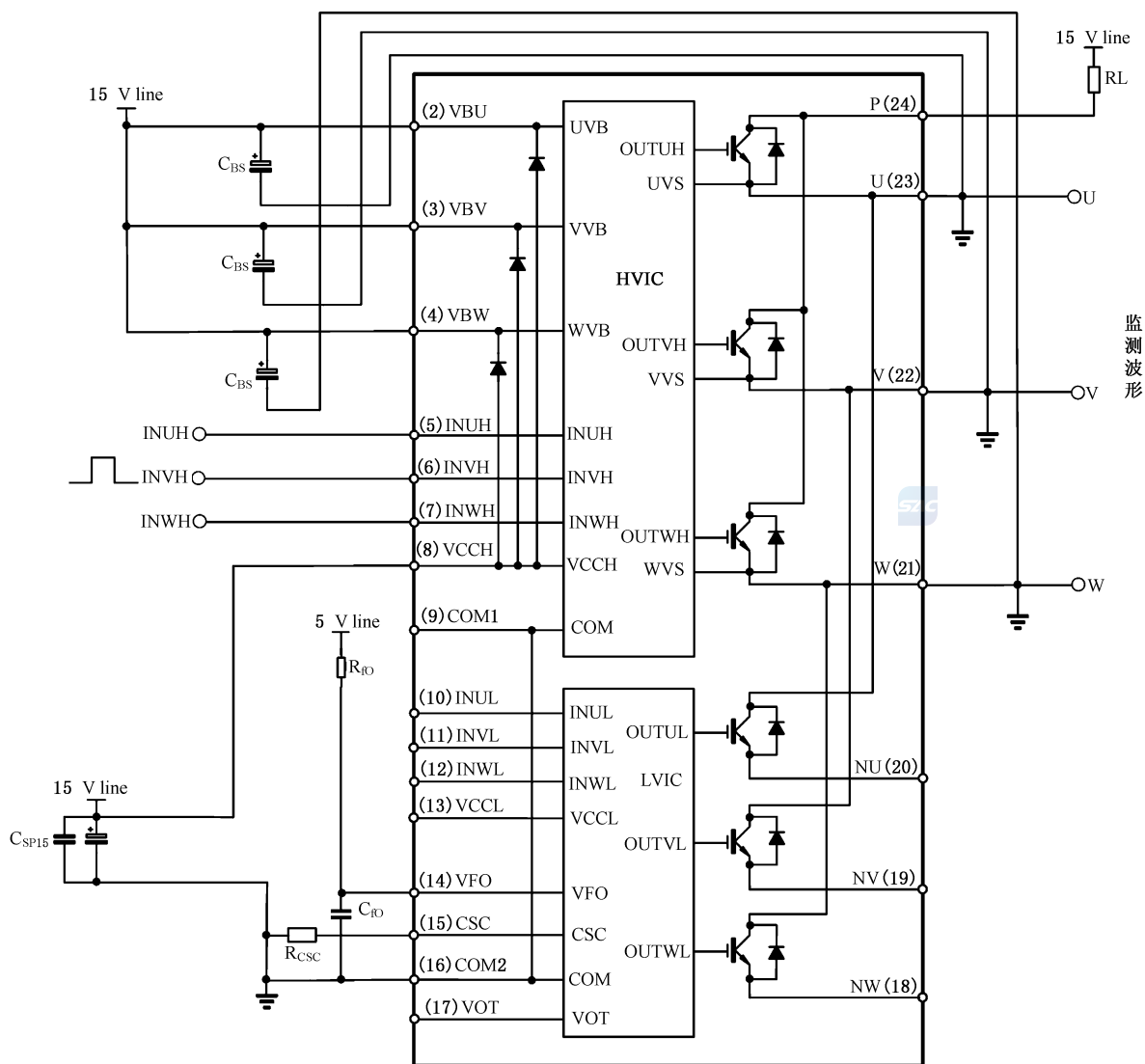


图 A.1 高侧输入、输出功能测试原理图

## A.2 低侧输入、输出功能测试

低侧输入、输出功能测试原理图如图 A.2 所示。

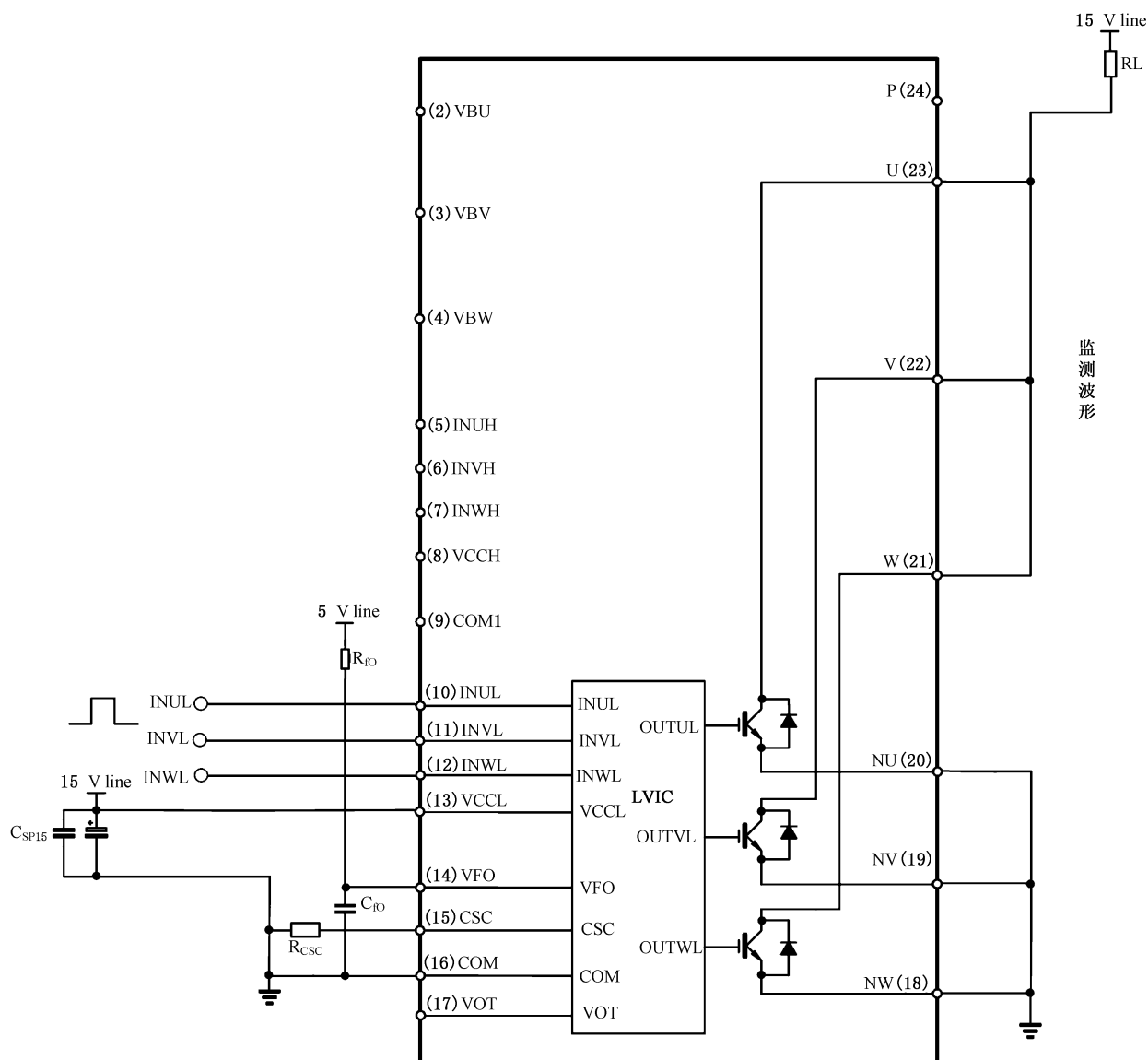


图 A.2 低侧输入、输出功能测试原理图

在进行 A.1 和 A.2 测试时,为避免试验过程中产生高温应在 IPM 上搭载散热片,散热片尺寸见表 A.1。

表 A.1 散热片尺寸

IPM 额定电流	5 A	8 A	10 A	15 A	30 A
散热片尺寸 $L(\text{mm}) \times W(\text{mm}) \times H(\text{mm})$	61×40×50	61×40×50	96×35×32.5	96×35×50	142×39.4×174

附 录 B  
(资料性附录)

IPM 在家用和类似用途电器中的典型应用

由于变频控制带来的优越性,越来越多的产品中会使用到该项技术。家用和类似用途电器中的 IPM,主要用于控制变频电机。

表 B.1 列出了几种 IPM 在家用和类似用途电器中的典型应用。

表 B.1 家用和类似用途电器中 IPM 的典型应用

家用和类似用途电器种类	典型控制应用	应用说明
热泵、空调器和除湿机	电动机-压缩机	控制电动机-压缩机转速、扭矩,调节冷媒流量、压力
	室内、外风机	控制风机转速、扭矩,调节冷凝器、蒸发器的热交换。 控制室外机风机进行反向吹扫
电动洗衣机、干衣机	电动机	控制驱动转筒电机的转动速度、扭矩,以进行洗涤、漂洗、脱水等不同工作程序
电冰箱	电动机-压缩机	控制电动机-压缩机转速、扭矩,调节冷媒流量、压力
吸油烟机	风机	控制风机转速、扭矩,调节排风量
电风扇	风机	控制风机转速、扭矩,调节送风量

图 B.1 中列出 IPM 在家用和类似用途电器中的典型应用示意图。

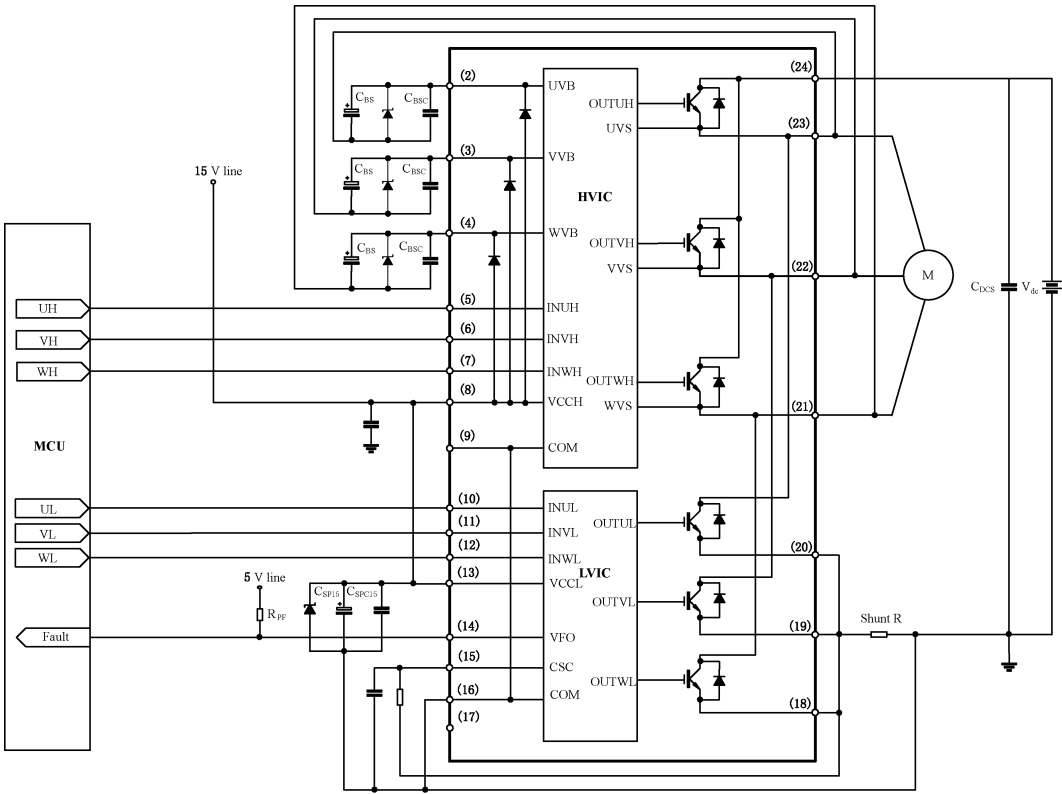
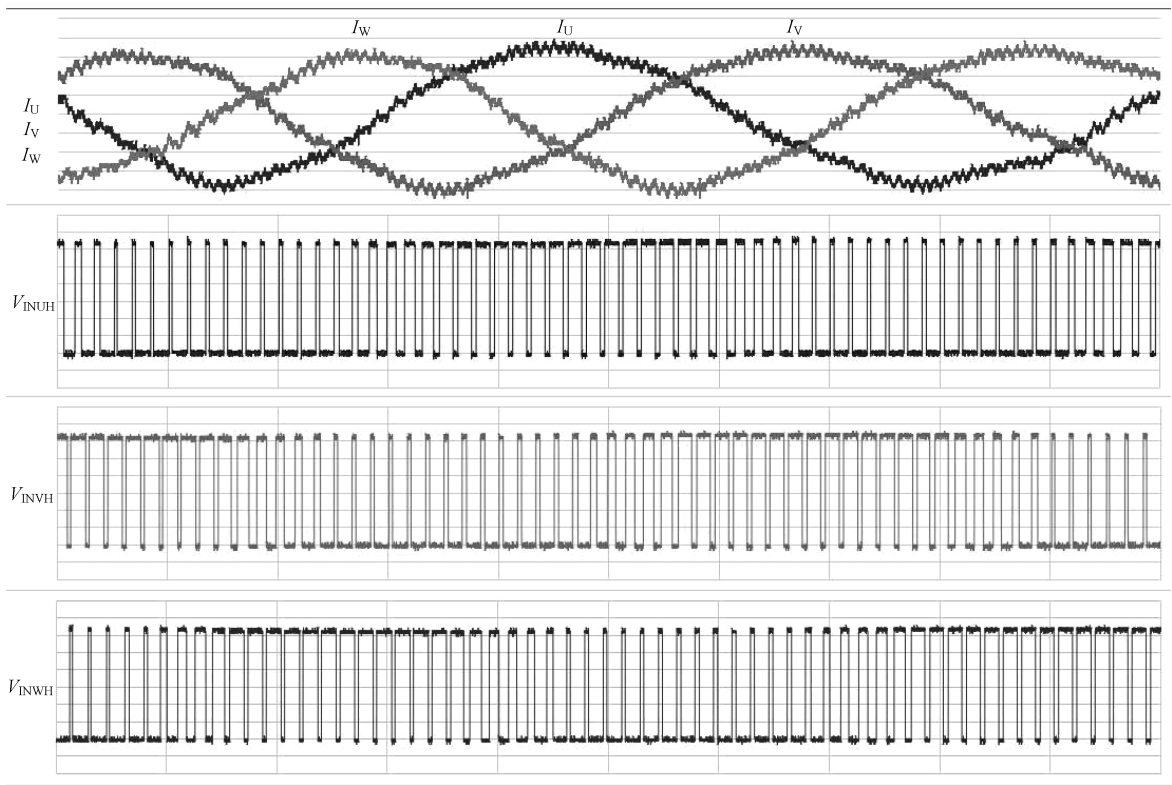


图 B.1 IPM 在家用和类似用途电器中的典型应用示意图



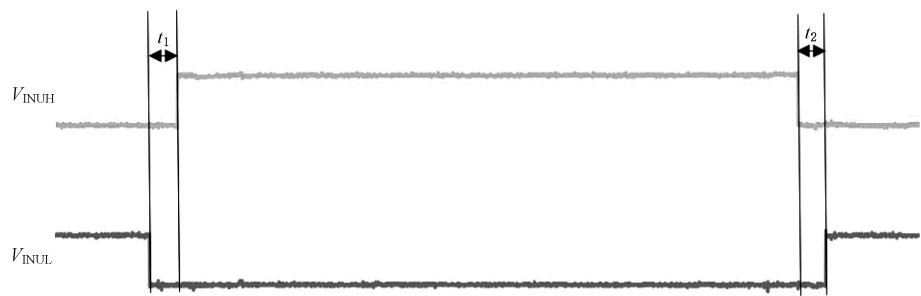
根据不同的电动机特性、不同的应用场景与需求,可采用不同的变频控制技术实现对电动机的控制。图 B.2 是 SPWM(正弦脉宽调制)方式控制永磁同步电机的输入、输出信号示意。



说明：  
 $V_{\text{INUH}}$ ——U 相上桥输入电压；  
 $V_{\text{INVH}}$ ——V 相上桥输入电压；  
 $V_{\text{INWH}}$ ——W 相上桥输入电压；  
 $I_{\text{U}}$ ——U 相输出电流；  
 $I_{\text{V}}$ ——V 相输出电流；  
 $I_{\text{W}}$ ——W 相输出电流。

图 B.2 SPWM 控制方式下 IPM 的输入输出信号示意图

IPM 输入端单相的上桥驱动输入电压与下桥驱动输入电压不能同时为高电平,在上桥(下桥)由低电平转换到高电平之前,下桥(上桥)需先转换到低电平状态,即需要有死区保护,例如图 B.3 中所示的  $t_1$ 、 $t_2$  时间。



说明：  
V<sub>INUH</sub>——U 相上桥输入电压；  
V<sub>INUL</sub>——U 相下桥输入电压；  
t<sub>1</sub>、t<sub>2</sub>——死区时间。

图 B.3 IPM 中 U 相输入信号上、下桥臂输入电压关系示意图

对于耐久性试验，目前采用的方法是依据整机产品的要求，将 IPM 应用到整机产品上进行所要求周期条件的测试。

对于洗衣机产品上使用的 IPM，可见 GB/T 4288—2018 中 5.17 无故障运行的要求进行，无故障运行次数或时间见表 B.2。

表 B.2 洗衣机无故障运行次数或时间的规定值

型式	无故障运行次数(时间)
半自动及全自动洗衣机	以一个完整的“常用(标准)洗涤程序”为一次，波轮/搅拌式洗衣机 2 000 次，滚筒式洗衣机 2 300 h
离心式脱水机及脱水装置	按断续周期工作，共 6 000 次

对于热泵、空调器类产品上使用的 IPM，在常温环境下，按整机产品的额定电压、额定频率进行制冷或制热运行。制冷模式设定温度为产品可设定的最低温度；制热模式设定温度为产品可设定的最高温度；设定风速为产品可设定的最高风速。连续运行 1 000 h。

对于其他产品中使用的 IPM，可以参照洗衣机产品或者热泵、空调类产品的方法，根据产品预计的使用寿命，经供需双方协商，确定测试条件与周期。



参 考 文 献

- [1] GB/T 4288—2018 家用和类似用途电动洗衣机
-