



中华人民共和国汽车行业标准

QC/T XXXXX—XXXX

电动汽车用绝缘栅双极晶体管（IGBT）模块 环境试验要求和试验方法

Environmental test requirements and test methods of

IGBT Module for electric vehicles

（征求意见稿）

文稿版次选择

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由全国汽车标准化技术委员会（SAC/TC 114）提出并归口。

本标准起草单位：。

本标准主要起草人：。

电动汽车用绝缘栅双极晶体管（IGBT）模块环境试验要求和试验方法

1 范围

本标准规定了电动汽车用绝缘栅双极晶体管（IGBT）模块环境试验要求和试验方法。

本标准适用于电动汽车用电机控制器的IGBT功率模块环境可靠性试验，其它集成IGBT功率模块功率变换装置可参照使用。

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，仅所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 755—2008 旋转电机 定额和性能

GB/T 2423.1 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 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 2423.5 电工电子产品环境试验 第2部分：试验防范 试验Ea和导则：冲击

GB/T 2423.10 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）

GB/T 2423.22 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验N：温度变化

GB/T 2423.28 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验T：锡焊

GB/T 2423.50 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Cy：恒定湿热

GB/T 28046.3—2011 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第3部分：机械负荷

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

IEC-60749—34 半导体器件-机械和环境试验方法-第34部分：功率循环（Semiconductor devices-Mechanical and climatic test methods Part: Power Cycling）

3 术语和定义

GB/T 29332界定的术语、定义适用于本文件。

3.1

功率模块 Power Module

将两个或两个以上功率半导体分立器件或芯片按一定的电路结构相连接，用弹性硅凝胶或环氧树脂等材料灌封在一个封闭的外壳内的模块。

3.2

功率变换装置 Power Conversion Device

将一种电能转换为其它类型电能的电子设备。

4 缩略语

名称	文字符号
开关状态下最高工作结温	Tjop_max
贮存最低温度	Tstgmin
贮存最高温度	Tstgmax
测试样件	DUT

栅极-发射极间电压	V_{GES}
集电极-发射极间电压（可施加最大电压）	V_{CES}
功率谱密度	PSD

5 试验准备

5.1 试验环境条件

如无特殊规定，所有试验应在下列环境条件下进行：

- 温度：18℃~28℃
- 相对湿度：45%~75%
- 气压：86kPa~106kPa
- 海拔：不超过1000m，若超过1000m，应按GB/T 755-2008的有关规定修正。

5.2 外观检查

测试环境组装前的主要检查项目和要求包括：

- 功率模块壳体无破损；
- 功率模块连接端子无变形、无氧化；
- 功率模块的连接可靠；
- 功率模块紧固件无松脱现象。

6 环境试验要求和试验方法

6.1 环境试验的接受判据

接受判定特性、接受判据和测量条件列于表1。

表1 接受判据

序号	特性	接受判据	测量条件
1	外观	达到外观检查要求	
2	I_{CES}	<USL	规定的 V_{CE}
3	I_{GES}	<USL	规定的 V_{GE}
4	$V_{GE(th)}$	>LSL <USL	规定的 V_{CE} 和 I_C
5	V_{CESat}	<USL	规定的 I_C
6	R_{th}	<USL	规定的 I_C
7	绝缘测试电压	=Visol	数据手册

注：USL——数据手册上限值；LSL——数据手册下限值。

注：由于某些失效机理引起的特性变化可完全或部分地被其他测量的影响掩盖，宜以表1列出的顺序测量特性。这些特性通常在公开的详细规范中给出。它们可能超出初始产品试验规定值。

6.2 试验设定值误差

试验设定值误差不低于表2的要求，并满足实际测量参数的精度要求。

表2 设定值误差

频率	±1%
温度	±2℃
湿度	±5%
电压	±2%
电流	±2%
时间	+5%

6.3 环境试验项目

6.3.1 扫频振动试验

6.3.1.1 试验目的

在规定试验条件下，检验模块的抗振性。

6.3.1.2 试验条件

试验条件参照GB/T 28046.3-2011的规定，模块应经受X, Y, Z三个方向的扫频振动试验，若无特殊规定，根据安装部位，按标准规定严酷限值、试验持续时间等条件实施。

6.3.1.3 试验方法

试验方法按GB/T 2423.10执行。

6.3.1.4 试验程序

- a) 试验前对样品进行编号，按照GB/T 29332对样品电参数进行测试并记录数据；
- b) 选定振动方向，将DUT按数据手册安装要求固定在安装夹具上；
- c) 按照振动条件，设定好振动频率、加速度、时间等参数；
- d) 启动振动台，让DUT开始在一个方向上进行振动试验；
- e) 第一个方向振动结束后，变化DUT的安装方向，重复b~d步骤，直至X、Y、Z三个方向试验结束；
- f) 在24~48小时之内，按照GB/T 29332对样品电参数进行测试，并整理报告，相应报告记录表见附录A.1。

6.3.2 随机振动试验

6.3.2.1 试验目的

在规定试验条件下，检验模块的抗振性。

6.3.2.2 试验条件

试验条件参照GB/T 28046.3-2011的规定，模块应经受X, Y, Z三个方向的随机振动试验，若无特殊规定，根据安装部位，按标准规定严酷限值、试验持续时间等条件实施。

6.3.2.3 试验方法

试验方法按GB/T 2423.56执行。

6.3.2.4 试验程序

- a) 试验前对样品进行编号，按照GB/T 29332对样品电参数进行测试并记录数据；
- b) 选定冲击方向，将DUT固定在安装夹具上；
- c) 按照随机振动条件，设定好频率、加速度、持续时间等参数；
- d) 启动振动台，让DUT开始在一个方向上进行随机振动试验；
- e) 第一个方向随机振动结束后，变化DUT的安装方向，重复b~d步骤，直至X、Y、Z三个方向试验结束；
- f) 在24~48小时之内，按照GB/T 29332对样品电参数进行测试，并整理报告，相应报告记录表见附录A.1。

6.3.3 机械冲击试验

6.3.3.1 试验目的

在规定试验条件下，检验模块的抗振性。

6.3.3.2 试验条件

试验条件参照GB/T 28046.3-2011的规定，模块应经受 $\pm X$, $\pm Y$, $\pm Z$ 六个方向的机械冲击试验，若无特殊规定，根据安装部位，按标准规定严酷度、冲击次数等条件实施。

6.3.3.3 试验方法

试验方法按GB/T 2423.5执行。

6.3.3.4 试验程序

- a) 试验前对样品进行编号，按照GB/T 29332对样品电参数进行测试并记录数据；

- b) 选定冲击方向，将DUT固定在安装夹具上；
- c) 按照机械冲击条件，设定好加速度、时间、次数等参数；
- d) 启动振动台，让DUT开始在一个方向上进行冲击试验；
- e) 第一个方向冲击结束后，变化DUT的安装方向，重复b~d步骤，直至X、Y、Z三个方向试验结束；
- f) 在24~48小时之内，按照GB/T 29332对样品电参数进行测试，并整理报告，相应报告记录表见附录A.1。

6.3.4 高温阻断试验

6.3.4.1 试验目的

在规定试验条件下，检验IGBT器件C、E之间在长期高温下的电气稳定性。

6.3.4.2 试验条件

- 电压： $V_{CE}=(0.8\sim 0.9)*V_{CES}$ ， $V_{GE}=0V$ ；
- 温度： $T_j=T_{jop_max}$ （e.g. 150℃\175℃）；
- 时间：1000小时。

注：(0.8~0.9)具体选值可由供需双方确定，建议优选0.8。

6.3.4.3 试验方法

试验方法按GB/T 29332执行。

6.3.4.4 试验程序

- a) 试验前对样品进行编号，按照GB/T 29332对样品电参数进行测试并记录数据；
- b) 将样品进行G、E短接，按照GB/T 29332接线方法将DUT接入测试回路；
- c) 设置规定的试验电压及温度，当达到设定值后，试验开始计时并实施；
- d) 试验时间到后，关闭直流电源及烘箱，样品自然冷却至室温；
- e) 在24~48小时之内，按照GB/T 29332对样品电参数进行测试，并整理报告，相应报告记录表见附录A.1。

6.3.5 高温栅极偏置

6.3.5.1 试验目的

在规定试验条件下，检验IGBT器件G、E之间在长期高温和电压状态下的电气稳定性。

6.3.5.2 试验条件

- 电压： $V_{GE}=\pm V_{GES}$ ；
- 温度： $T_j=T_{jop_max}$ （e.g. 150℃\175℃）；
- 时间：1000小时。

6.3.5.3 试验方法

试验方法按GB/T 29332执行。

6.3.5.4 试验程序

- a) 试验前对样品进行编号，按照GB/T 29332对样品电参数进行测试并记录数据；
- b) 将样品进行C、E短接，按照GB/T 29332接线方法将DUT接入测试回路；
- c) 设置规定的试验电压及温度，当达到设定值后，试验开始计时并实施；
- d) 试验时间到后，关闭直流电源及烘箱，取出样品自然冷却至室温；
- e) 在24~48小时之内，按照GB/T 29332对样品电参数进行测试，并整理报告，相应报告记录表见附录A.1。

6.3.6 高温高湿阻断试验

6.3.6.1 试验目的

在规定试验条件下，检验IGBT模块带电抵御高温高湿恶劣环境的能力。

6.3.6.2 试验条件

- 电压： $V_{CE}=(0.8\sim 0.9)*V_{CES}$ ， $V_{GE}=0V$ ；
- 湿度：85%RH；
- 温度：85℃；
- 时间：1000小时。

注：(0.8~0.9)具体选值可由供需双方确定，建议优选0.85；如无法满足以上要求，可按 $V_{CE}=80V$ 测试，以上测试条件需供需双方认可。

6.3.6.3 试验方法

试验方法按GB/T 2423.50执行。

6.3.6.4 试验程序

- a) 试验前对样品进行编号，按照GB/T 29332对样品电参数进行测试并记录数据；
- b) 将样品进行G、E短接，按照GB/T 29332接线方法将DUT接入测试回路；
- c) 将接好线的DUT放置于恒温恒湿箱中，设置规定的试验电压、温度及湿度，当达到设定值后，试验开始计时；
- d) 试验时间到后，关闭直流电源及恒温恒湿箱，取出样品自然冷却至室温，静置两小时以上；
- e) 在24~48小时之内，按照GB/T 29332对样品电参数进行测试，并整理报告，相应报告记录表见附录A.1。

6.3.7 功率循环试验

6.3.7.1 试验目的

在规定试验条件下，检验模块键合线及焊料在频繁温度变化条件下的电气性能、热性能以及机械性能。

6.3.7.2 试验条件

条件1：

- 起始温度： $T_{jop_max}-100^{\circ}C$
- 温度： $\Delta T_j=100^{\circ}C$ ；
- 负载电流： $\geq 0.8I_{CN}$
- 循环：30000~100000次；
- 循环时间： $t_{on}\leq 5s$ ； $t_{off}\leq 15s$ 环时间；
- 寿命终止判断： V_{CEsat} 增加 $\geq 5\%$ ； V_F 增加 $\geq 5\%$ ； R_{th} 增加 $\geq 20\%$ 。

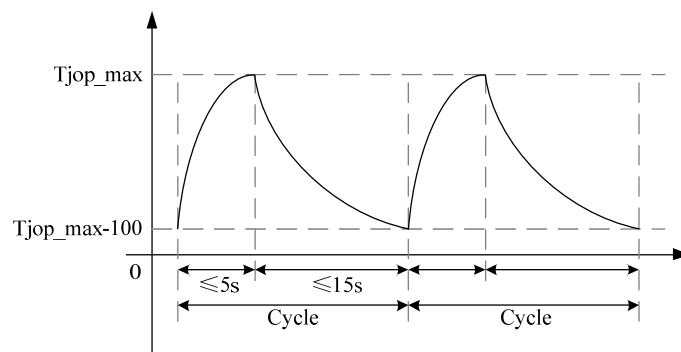


图1 条件1循环

条件2：

- 起始温度： $T_{jop_max}-100^{\circ}C$
- 温度： $\Delta T_j=100^{\circ}C$ ；
- 负载电流： $\geq 0.8I_{CN}$
- 循环：10000~30000次；

- 循环时间： $1.5\text{min} \leq t_{\text{on}}$ ； $t_{\text{off}} \leq 4.5\text{min}$
- 寿命终止判断： V_{CEsat} 增加 $\geq 5\%$ ； V_{F} 增加 $\geq 5\%$ ； R_{th} 增加 $\geq 20\%$

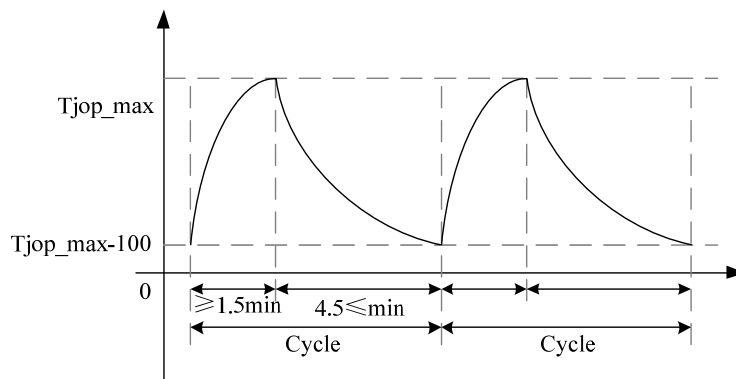


图2 条件2循环

6.3.7.3 试验方法

试验方法按IEC 60749-34执行。

6.3.7.4 试验程序

- a) 试验前对样品进行编号，按照GB/T 29332对样品电参数进行测试并记录数据；
- b) 按照GB/T 29332接线方法将DUT接入试验回路，并将DUT需固定在散热器上，安装完毕后，检查线路；
- c) 给DUT施加小的电流，确认试验台及试验回路是否工作正常；
- d) 确认正常后，按试验条件施加大的电流及设定冷却水水温，依次分别反复调节使其达到规定的试验条件1和条件2；
- e) 试验过程中需要监控 V_{CEsat} 、 V_{F} 、和 R_{th} ，当 V_{CEsat} 增加 $\geq 5\%$ 、 V_{F} 增加 $\geq 5\%$ 、 R_{th} 增加 $\geq 20\%$ 任一条件满足时终止试验，并记录循环次数；
- f) 在24~48小时之内，按照GB/T 29332对样品电参数进行测试，并整理报告，相应报告记录表见附录A.1。

6.3.8 温度冲击试验

6.3.8.1 试验目的

在规定试验条件下，检验模块封装结构和材料在高低温循环变换条件下的电气及热性能。

6.3.8.2 试验条件

- 温度： $T_{\text{stgmin}}--T_{\text{stgmax}}$ (e.g. $-40^{\circ}\text{C}--125^{\circ}\text{C}$)；
- 循环： >1000 次；
- 高温存储时间： $\geq 30\text{min}$ ；
- 低温存储时间： $\geq 30\text{min}$ ；
- 温度转换时间： $\leq 5\text{s}$ 。

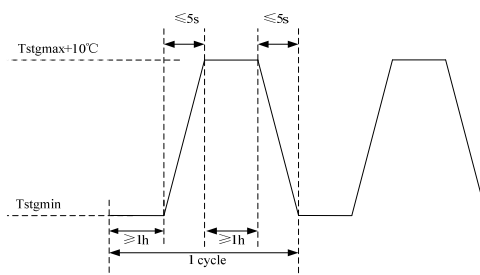


图3 工况循环

6.3.8.3 试验方法

试验方法按GB/T 2423.22执行

6.3.8.4 试验程序

- 试验前对样品进行编号，按照GB/T 29332对样品电参数进行测试并记录数据；
- 将样品放置在温度冲击试验箱中；
- 根据要求的试验条件设置好高低温度、驻留时间以及循环数等参数后实施试验；
- 试验结束后，24~48小时内完成样品的参数测试，整理报告，相应报告记录表见附录A.1。

6.3.9 温度循环试验

6.3.9.1 试验目的

在规定试验条件下，检验模块封装结构和材料在高低温循环变换条件下的电气及热性能。

6.3.9.2 试验条件

- 温度：Tstgmin--Tstgmax（e.g. -40°C--125°C）；
- 循环：>1000次；
- 高温存储时间：≥30min；
- 低温存储时间：≥30min；
- 温度变换速率：≥18°C/min。

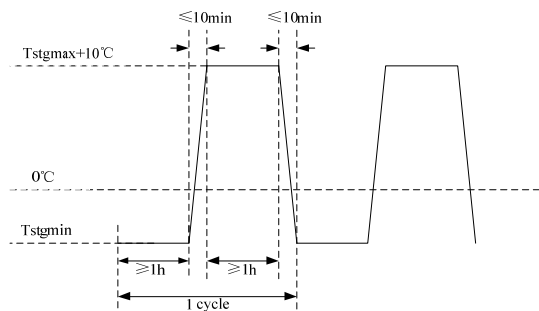


图4 工况循环

6.3.9.3 试验方法

试验方法按GB/T 2423.22执行。

6.3.9.4 试验程序

- 试件于试验前对样品进行编号，按照GB/T 29332对样品电参数进行测试并记录数据；
- 将两部温度柜分别调温至规定之高温及低温条件；
- 将试件置于低温柜中，并依规定之驻留时间进行保温；
- 将试件移于高温柜中，并依规定之驻留时间进行保温；
- 高、低温转移时间依试验条件规定执行；
- 按规定循环次数重复d-e步骤；
- 试验结束后，24~48小时内完成样品的参数测试，整理报告，相应报告记录表见附录A.1。高温贮存测试

6.3.10 高温贮存试验

6.3.10.1 试验目的

在规定试验条件下，检验IGBT模块在持续高温下的电性能稳定性。

6.3.10.2 试验条件

- 温度： $T_a = T_{stgmax}$ （e.g. 125℃）；
- 时间：1000小时。

6.3.10.3 试验方法

试验方法按GB/T 2423.2执行。

6.3.10.4 试验程序

- a) 试验前对样品进行编号，按照GB/T 29332对样品电参数进行测试并记录数据；
- b) 按规定设定好试验温度，将产品置于耐高温托盘上，放置于高温烘箱中；
- c) 高温烘箱开始升温，到达设定温度后，试验开始计时；
- d) 试验时间到后，关闭高温烘箱，取出样品自然冷却至室温；
- e) 在24~48小时之内，按照GB/T 29332对样品电参数进行测试，并整理报告，相应报告记录表见附录A.1。

6.3.11 低温贮存试验

6.3.11.1 试验目的

在规定试验条件下，检验IGBT模块在持续低温下的电性能稳定性。

6.3.11.2 试验条件

- 温度： $T_a = T_{stgmin}$ （e.g. -40℃）；
- 时间：1000小时。

6.3.11.3 试验方法

试验方法按GB/T 2423.1执行。

6.3.11.4 试验程序

- a) 试验前对样品进行编号，按照GB/T 29332对样品电参数进行测试并记录数据；
- b) 按规定设定好试验温度，将产品置于托盘中，放置于低温箱中；
- c) 低温箱开始降温，当到达设定温度后，试验开始计时；
- d) 试验时间到后，关闭低温箱，取出样品自然升温至室温；
- e) 在24~48小时之内，按照GB/T 29332对样品电参数进行测试，并整理报告，相应报告记录表见附录A.1。

6.3.12 锡焊焊接温度测试

6.3.12.1 试验目的

在规定试验条件下，检验焊接端子在承受较高焊接温度时，承受热效应的能力。

6.3.12.2 试验条件

- 温度： $260 \pm 5^\circ\text{C}$ ；
- 时间： $10 \pm 1\text{s}$ 。

6.3.12.3 试验方法

试验方法按GB/T 2423.28执行。

6.3.12.4 试验程序

- a) 试验前对样品进行编号，按照GB/T 29332对样品电参数进行测试并记录数据；
- b) 将焊锡炉升温至规定温度；
- c) 待焊锡炉中焊锡完全熔化后，将焊接端子浸入焊锡中规定的时间；

- d) 将进行过焊接的样品静置于室温环境一个小时以上；
- e) 在24小时之内，按照GB/T 29332对样品电参数进行测试，并整理报告，相应报告记录表见附录A.1。

6.3.13 锡焊可焊性试验

6.3.13.1 试验目的

在规定试验条件下，检验焊接端子的上锡焊接效果。

6.3.13.2 试验条件

- 温度：235±5℃；
- 等级：老化等级3。

6.3.13.3 试验方法

试验方法按GB/T 2423.28执行。

6.3.13.4 试验程序

- a) 试验前对样品进行编号；
- b) 将焊锡炉升温至规定温度；
- c) 待焊锡炉中焊锡完全熔化后，将焊接端子浸入焊锡中规定的时间；
- d) 取出样品，将焊接端子放在放大镜下观察，依照GB/T 2423.28规定，计算上锡面积是否满足要求；
- e) 整理报告，相应报告记录表见附录A。

附 录 A
(规范性附录)
表 A.1 报告记录表

时间		测试人员		模块编号	
地点					
项目	条件	试验前数据	试验后数据	评价标准	结果
V _{CES}					
V _{GES}					
I _C					
I _{CM}					
V _{CE*sus}					
V _{CEsat}					
V _{GE(th)}					
I _{CES}					
I _{GES}					
C _{ies}					
C _{oes}					
C _{res}					
Q _G					
r _g					
t _{d(on)}					
t _r					
t _{on}					
E _{on}					
t _{d(off)}					
t _f					
t _{off}					
t _z					
E _{off}					
R _{th}					
Visol					
外观					