

# 《内燃机用交流发电机机 低功耗雪崩整流二极管》

## 标准编制说明（征求意见稿）

### 1. 工作简况

#### 1.1 任务来源

本标准是中国内燃机工业协会“关于下达中国内燃机工业协会 2024 年度第三批团体标准制定计划的通知”（中内协〔2024〕51号）中的计划项目，项目名称“内燃机用交流发电机低功耗雪崩整流二极管”，项目计划号：CICEIA2024021，本标准由贵州雅光电子科技有限公司牵头制定，上海法雷奥汽车电器系统有限公司、潍坊佩特来电器有限公司、金华市灵龙电器有限公司等单位参与制定，计划完成时间 2025年11月。归口委员会：中内协标准化工作委员会。

#### 1.2 主要工作过程

2024年11月22日计划下达后，贵州雅光电子科技有限公司与行业内骨干企业组建了标准编制工作组。通过电话、电子邮件等方式，标准编制工作组成员对标准制定主要时间节点、起草原则、制定依据、标准水平、适用范围和主要技术内容进行了研讨，达成了初步共识。在此基础上，由贵州雅光电子科技有限公司负责编写工作组讨论稿，并发工作组其他成员审核和反馈意见，编制了标准草案。

2025年3月10日，在内燃机电电器分会组织、指导下，举办了一次标准草案讨论会，参加的单位有贵州雅光电子科技有限公司、上海法雷奥汽车电器系统有限公司、潍坊佩特来电器有限公司、金华市灵龙电器有限公司、扬州扬杰电子科技有限公司、贵州恒芯微电子科技有限公司。与会者对标准草案相关内容进行了充分讨论，提出了不少修改意见。标准编制工作组根据会议反馈意见对讨论稿进行了修改，形成了征求意见稿。

#### 1.3 主要参加单位和工作组成员及其所作的工作等

本标准由贵州雅光电子科技有限公司、上海法雷奥汽车电器系统有限公司、潍坊佩特来电器有限公司、金华市灵龙电器有限公司、贵州恒芯微电子科技有限公司共同负责起草。

标准编制工作组成员：向飞、李泽宏、焦利民、李宁宁、李骏、王为、扬长福、周树豪、陈婷、赵玉贵。

所做的工作：向飞为起草工作组组长，扬长福负责本标准的具体执笔起草，李泽宏负责设计验证，周树豪负责部分试验验证，陈婷负责规范标准文本格式，赵玉贵负责标准审查、报批资料的编制以及对各方面的意见及建议进行归纳和整理。

### 2. 编制原则和主要内容

#### 2.1 编制原则

标准编制遵循科学性、先进性、系统性和可行性的原则，与使用需求、技术创新、试验验证、应用推广、行业提升相结合，通过与行业领先企业及主机厂相应技术标准对标，同时注重标准的可操作性与标准可达到性来确定相关技术要求；本文件严格按照 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》的规定进行编写和表述。

本标准的编制还参考了：GB/T 2423 《电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法》、GB/T 2828.1—2012 《计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划》、GB/T 2829—2002 《抽样程序周期检验计数序及表》、GB/T 4023—2015 《半导体器件 分立器件和集成电路 第2部分：整流二极管》、GB/T 4937.12-2018 《半导体器件机械和气候试验方法 第12部分：变频振动》、GB/T 11499—2001 《半导体分立器件文字符号》、JB/T 6697—2006 《机动车及内燃机电气设备 基本技术条件》、JB/T 11983-2023 《农林拖拉机和机械 交流发电机整流二极管》。

## 2.2 标准主要内容

本文件规定了内燃机用交流发电机低功耗雪崩整流二极管的相关术语和定义、技术参数、试验方法等。本文件适用于内燃机用交流发电机低功耗雪崩整流二极管的制造及验收。

## 2.3 解决的主要问题

本标准的制定，填补了内燃机用交流发电机低功耗雪崩整流二极管的空白，解决了无内燃机用交流发电机低功耗雪崩整流二极管行业标准的问题，能够指导低功耗雪崩整流二极管产品的开发、生产、验收和使用，促进内燃机节能、减排，推动行业技术进步。

## 3. 明确是否有对应的国家标准或行业标准

没有对应的国家标准或行业标准。

与国家标准或行业标准间的关系：

本标准制订中引用了GB/T 4023—2015 《半导体器件分立器件和集成电路 第2部分：整流二极管》、JB/T 11983-2023 《农林拖拉机和机械 交流发电机整流二极管》、JB/T 7624-2013 《整流二极管测试方法》。

低功耗雪崩整流二极管与普通的雪崩整流二极管外形相同，但芯片内部结构不同，是一种基于超势垒埋层概念，采用MOSFET流片工艺的二极管，普通的雪崩整流二极管是单一的PN结二极管。目前行业已开始批量使用低功耗雪崩整流二极管，并逐步推广，行业急需有标准指导，因此本团体标准的制定非常急迫。

本低功耗雪崩整流二极管团体标准与行业标准JB/T11983-2023 《农林拖拉机和机械 交流发电机整流二极管》的不同点见下表：

技术指标		本团体标准	JB/T11983-2023标准
正向峰值电压 (V)	35A雪崩管	≤0.65	≤1.15
	50A雪崩管	≤0.62	≤1.05
	60A雪崩管	≤0.60	≤1.04

稳态热阻 ( $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ )	35A雪崩管	$\leq 0.5$	$\leq 0.8$
	50A雪崩管	$\leq 0.4$	$\leq 0.6$
	60A雪崩管	$\leq 0.3$	$\leq 0.55$
瞬态热阻 (mV)	35A雪崩管	$\leq 30$	无
	50A雪崩管	$\leq 25$	无
	60A雪崩管	$\leq 22$	无

低功耗雪崩整流二极管技术要求分为 9 个部分：一般要求、外观、外形尺寸、额定值、电特性值、热特性值、机械性能、耐久性、耐环境试验。

电特性值主要包括正向电压、结温、工作温度、贮存温度、浪涌电流、击穿电压等关键指标，热特性值主要是热阻指标。为适应批量制造测量的需要，定义了瞬态热阻测试标准，指标主要是参考了GB/T 4023—2015《半导体器件 分立器件和集成电路 第2部分：整流二极管》。

机械性能主要是低功耗雪崩整流二极管经受可焊性试验、焊接热试验、引线转矩试验、振动（正弦）试验、引线强度（拉力）试验的性能要求。耐久性是热循环负载试验、高温交流反向偏压试验、装机耐久性试验3类耐久试验。耐环境试验则是温度变化试验、高温贮存试验、低温贮存试验、湿热试验、热冲击试验、密封性试验、盐雾试验7类环境试验要求。

#### 4. 主要试验情况分析

本标准中涉及的技术指标，均由起草小组结合行业产品现状进行讨论后确定。这些指标均为产品的重要性能要求和关键性能参数，直接体现了该产品的技术水平和质量要求，便于作为产品质量和验收判定的技术依据，有利于该产品的技术推广应用。

按照本标准规定的技术内容，在现有内燃机用交流发电机低功耗雪崩整流二极管的技术指标确定的基础上，主要进行了以下检测试验和验证：

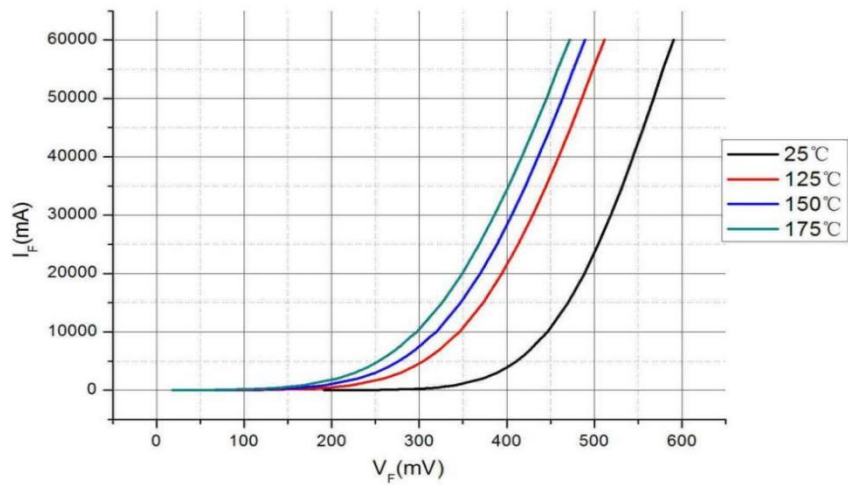
##### （1）正向峰值电压：

- 1) 试验条件： $T_C=25^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$ ， $I_{FM}=100\text{A}$ ， $t_W=0.3\text{ms}$ ， $D\leq 2\%$ 。
- 2) 测试结果：正向峰值电压合格，符合规范要求。

管型	35A低功耗雪崩整流二极管				
测试参数	正向峰值电压				
序号	$V_{FM}(\text{V})$	序号	$V_{FM}(\text{V})$	序号	$V_{FM}(\text{V})$
1	0.588	11	0.594	21	0.583
2	0.590	12	0.594	22	0.586
3	0.589	13	0.589	23	0.585
4	0.595	14	0.574	24	0.588
5	0.589	15	0.583	25	0.586
6	0.583	16	0.587	26	0.587
7	0.576	17	0.585	27	0.586
8	0.588	18	0.587	28	0.586
9	0.588	19	0.586	29	0.588
10	0.584	20	0.586	30	0.587

管型	50A低功耗雪崩整流二极管				
测试参数	正向峰值电压				
序号	$V_{FM}(V)$	序号	$V_{FM}(V)$	序号	$V_{FM}(V)$
1	0.567	11	0.566	21	0.568
2	0.568	12	0.571	22	0.568
3	0.58	13	0.569	23	0.567
4	0.568	14	0.571	24	0.571
5	0.563	15	0.565	25	0.566
6	0.5692	16	0.569	26	0.567
7	0.583	17	0.577	27	0.566
8	0.576	18	0.562	28	0.566
9	0.572	19	0.5688	29	0.568
10	0.564	20	0.566	30	0.567

管型	60A低功耗雪崩整流二极管				
测试参数	正向峰值电压				
序号	$V_{FM}(V)$	序号	$V_{FM}(V)$	序号	$V_{FM}(V)$
1	0.548	11	0.558	21	0.549
2	0.535	12	0.532	22	0.551
3	0.538	13	0.532	23	0.552
4	0.545	14	0.536	24	0.534
5	0.546	15	0.552	25	0.551
6	0.551	16	0.542	26	0.547
7	0.546	17	0.545	27	0.546
8	0.548	18	0.547	28	0.546
9	0.548	19	0.546	29	0.538
10	0.554	20	0.556	30	0.547



正向伏安特性图

(2) 热循环负载

- 1) 试验条件:  $T_c=50^{\circ}\text{C}\sim 190^{\circ}\text{C}$ , 加热电流 $I_{F(AV)}$  为额定正向平均电流, 降温时间 $T \leq 3\text{min}$ , 循环次数为3000次。
- 2) 试验方法: 按GB/T 4023-2015中7. 4. 6的规定。
- 3) 试验结果: 试验后测试合格,  $V_{FM}<1.1\text{USL}$ 、 $I_{RRM1}<2\text{USL}$ 。

试验项目	电 耐 久 性			
	热 负 载 循 环			
试验管型	MCDA35L			
参数符号	试验前		试验后	
	VFM	IRRM1	VFM	IRRM1
	(V)	( $\mu\text{A}$ )	(V)	( $\mu\text{A}$ )
测试条件	$I_{FM}=100\text{A}$	$V_{RRM}=18\text{V}$	$I_{FM}=100\text{A}$	$V_{RRM}=18\text{V}$
合格标准	$\leq 0.62$	$\leq 30$	$\leq 0.68$	$\leq 60$
试验样品1	0.585	9.48	0.591	12.87
试验样品2	0.587	9.13	0.595	12.34
试验样品3	0.588	9.21	0.592	12.91
试验样品4	0.588	9.47	0.597	12.37
试验样品5	0.586	8.45	0.588	11.34
试验样品6	0.592	7.76	0.595	9.11
环境温度	22 $^{\circ}\text{C}$		22 $^{\circ}\text{C}$	



热循环负载试验

(3) 发电机效率

委托长沙汽车电器检测中心进行发电机效率测试, 采用同一台电机, 分别装配使用低功耗雪崩整流二极管和普通雪崩整流二极管的整流桥, 对比测试结果, 发电机效率提升超过2%。



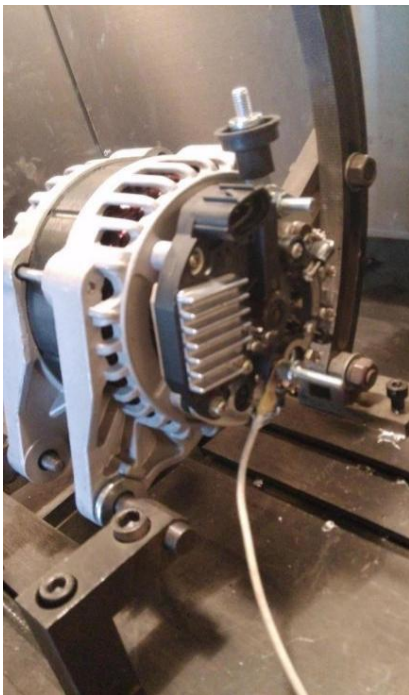
表1 1#发电机 VDA 效率第一次测试数据 (整流桥为普通雪崩整流桥)

测试转速 测试条件	1800r/min	3000r/min	6000r/min	10000r/min
电压 V	14.18	14.38	14.38	14.38
电流 A	45.03	45.05	45.11	45.100
扭矩 N.m	5.543	3.270	1.846	1.319
转速 r/min	1808	3005	6018	9999
效率%	60.84%	62.96%	55.76%	46.96%
综合效率	$P=25\%P_{1800}+40\%P_{3000}+25\%P_{6000}+10\%P_{10000}=59.03\%$			

表2 1#发电机 VDA 效率第二次测试数据 (整流桥为 MCDA 高效整流桥)

测试转速 测试条件	1800r/min	3000r/min	6000r/min	10000r/min
电压 V	14.28	14.37	14.37	14.38
电流 A	45.56	45.58	45.56	45.26
扭矩 N.m	5.352	3.191	1.803	1.399
转速 r/min	1802	3008	6007	10002
效率%	64.42%	65.16%	57.72%	44.42%
综合效率	$P=25\%P_{1800}+40\%P_{3000}+25\%P_{6000}+10\%P_{10000}=61.04\%$			

发电机效率测试表



AETC  
长沙汽车电器检测中心

报告编号: B01-010-2016  
第 2 页 共 2 页

检验报告

序号	检测项目	样品编号	检测方法	检验要求	检测结果	备注
01	VDA 效率测试	1	GB18490 中 3.2.7.1 条	测试交流电压在 1800 r/min, 3000 r/min, 6000 r/min 和 10000 r/min 各转速点连续 30min 后的发电机效率, 测量条件: 环境温度 25℃, 发电机由 50% 额定电流 (转速为 6000 r/min 时获得的电流) 交流发电 VDA 的效率, 根据以下公式定义: $VDA = (0.25 \times (1800) + 0.4 \times (3000) + 0.25 \times (6000) + 0.1 \times (10000)) \times (0.1 \times (10000))$	见附表 表1	表1

表1 1#发电机 VDA 效率第一次测试数据 (整流桥为普通雪崩整流桥)

测试转速	1800r/min	3000r/min	6000r/min	10000r/min
电压 V	14.18	14.38	14.38	14.38
电流 A	45.03	45.05	45.11	45.100
扭矩 N.m	5.543	3.270	1.846	1.319
转速 r/min	1808	3005	6018	9999
效率%	60.84%	62.96%	55.76%	46.96%
综合效率	$P=25\%P_{1800}+40\%P_{3000}+25\%P_{6000}+10\%P_{10000}=59.03\%$			

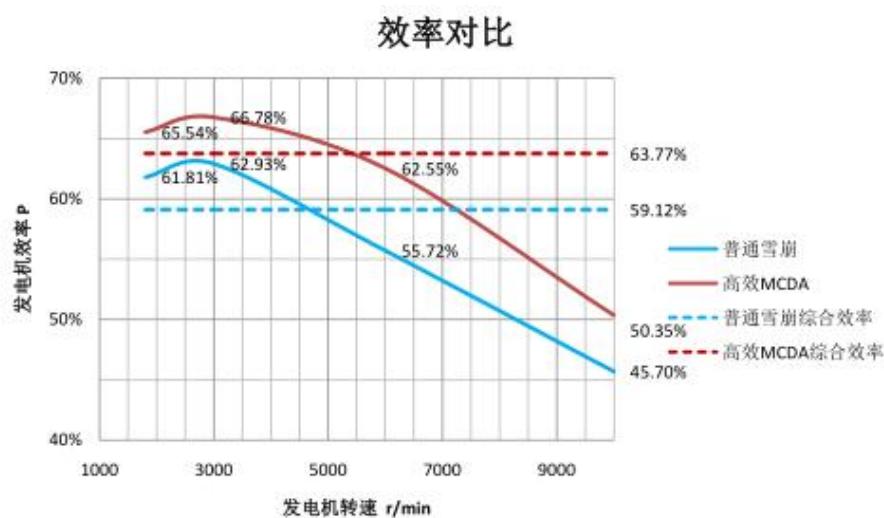
表2 1#发电机 VDA 效率第二次测试数据 (整流桥为 MCDA 高效整流桥)

测试转速	1800r/min	3000r/min	6000r/min	10000r/min
电压 V	14.28	14.37	14.37	14.38
电流 A	45.56	45.58	45.56	45.26
扭矩 N.m	5.352	3.191	1.803	1.399
转速 r/min	1802	3008	6007	10002
效率%	64.42%	65.16%	57.72%	44.42%
综合效率	$P=25\%P_{1800}+40\%P_{3000}+25\%P_{6000}+10\%P_{10000}=61.04\%$			

以下空白

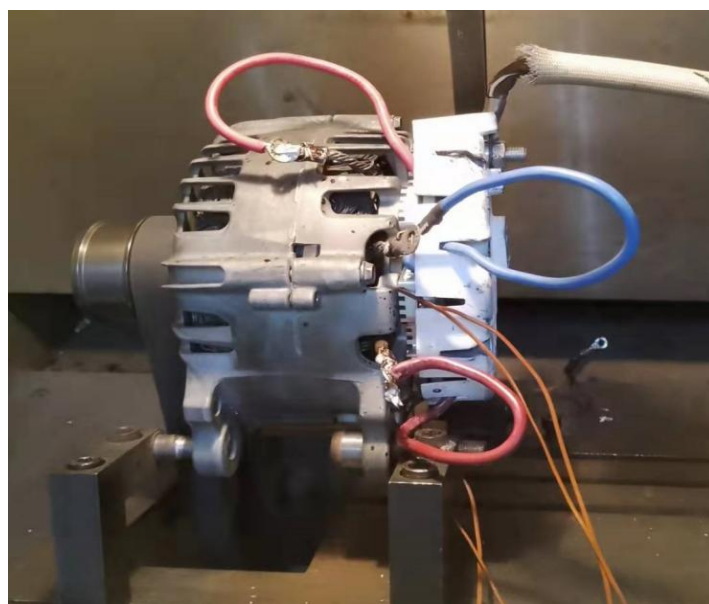
发电机效率测试试验

委托美国博格华纳测试雅光MACD低功耗雪崩整流二极管的使用效率，测试结果比普通的雪崩二极管效率也明显提升，见下图：



转速 Speed	1800	3000	6000	10000
雪崩二极管 Avalanche diode	61.81%	62.93%	55.72%	45.70%
MCDA 高效二极管 MCDA Low loss diode	65.54%	66.78%	62.55%	50.35%
雪崩二极管综合效率 Avalanche diode efficiency	59.12%			
MCDA 综合效率 MCDA efficiency	63.77%			

相比传统标准雪崩二极管，采用**MCDA**高效二极管的发电机综合效率提升约**4.6%**



发电机效率测试试验

## 5. 文件中涉及专利的情况

本文件不涉及专利问题。

## 6. 预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

该标准的制定，将使内燃机用交流发电机低功耗雪崩整流二极管具有统一的检测与试验方法，统一技术指标的评定依据，将有利于该产品的研发，提高企业的技术创新能力，以满足行业发展的需求，推动行业积极健康发展。

**7. 与采用国际标准和国外先进标准情况，与国际、国外同类标准水平对比情况，国内外关键指标对比分析与测试的国外样品、样机的相关数据对比情况**

本标准没有采用国际标准。

本标准制定过程中未查到同类国际、国外标准。

本标准在制定过程中未测试国外的样品、样机。

本标准水平为国内先进水平。

**8. 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的协调性**

该文件与现行相关法律、法规、规章及相关文件协调一致。

**9. 重大分歧意见的处理经过和依据**

无重大分歧意见。

**10. 标准性质的建议说明**

建议本标准为推荐性团体标准。

**11. 贯彻标准的要求和措施建议**

该文件制定完成并发布后，建议由中国内燃机工业协会标准化工作委员会在行业企业内组织宣贯实施，推动企业及时采用本标准。企业可按照本标准的规定和要求，对企业内部的标准（或技术文件）进行修订，或根据本标准的实施时间拟定企标的整改过渡措施。

建议该文件的实施日期为正式发布后。

**12. 废止现行相关标准的建议**

无。

**13. 其它应予说明的问题**

无。

《内燃机用交流发电机机  
低功耗雪崩整流二极管》  
标准编制工作组