

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

T/CASME

团 体 标 准

T/CASME XXXX—XXXX

eVTOL 用轴向磁通电机技术要求

Specification for ground static test of low-altitude aircraft

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国中小商业企业协会 发布

目 次

| | |
|-------------------|----|
| 前 言 | II |
| 1 范围 | 3 |
| 2 规范性引用文件 | 3 |
| 3 术语和定义 | 3 |
| 4 产品类型与参数要求 | 4 |
| 5 技术要求 | 4 |
| 6 试验方法 | 8 |
| 7 检验规则 | 11 |

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。

本文件由仪坤动力科技（无锡）有限公司提出。

本文件由××××归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

eVTOL 用轴向磁通电机技术要求

1 范围

本文件规定了电动垂直起降飞行器(eVTOL)用轴向磁通电机的分类与型号、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存等内容。

本文件适用于额定功率1kW~200kW的eVTOL用轴向磁通电机的设计、生产、检验和验收。其他类型eVTOL用轴向磁通电机可参照本文件执行。

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 2423.4 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Db 交变湿热（12h+12h循环）

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

GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）

GB/T 11021 电气绝缘 耐热性和表示方法

GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 第3部分：射频电磁场辐射抗扰度试验

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

轴向磁通电机 axial flux motor

一种磁通路径沿电机轴方向分布的电机结构，其定子和转子呈盘式结构布置，磁通方向平行于电机轴线。主要的结构形式有双定子单转子，双转子单定子。

3.2

功率密度 power density

电机单位质量输出的持续额定功率，单位为kW/kg。

3.3

转矩密度 torque density

电机单位体积输出的持续额定转矩，单位为(N·m)/kg。

3.4

峰值功率 peak power

电机输出的持续峰值额定转矩功率，持续时间为30s。

3.5

铁芯定子 core stator

采用无铁磁材料支撑绕组的定子结构。

采用有定子铁芯的定子结构。

3.6

转子 rotor

双转子结构，单转子结构。

4 产品类型与参数要求

4.1 产品类型

4.1.1 应用场景分类

eVTOL用轴向磁通电机按应用场景分为A类：用于eVTOL主推进系统。

4.1.2 按功率等级分类

eVTOL用轴向磁通电机按额定功率可分为以下四级：

- I级：额定功率 $\leq 1\text{kW}$ ；
- II级：额定功率 $1\text{kW}\sim 10\text{kW}$ ；
- III级：额定功率 $10\text{kW}\sim 50\text{kW}$ ；
- IV级：额定功率 $50\text{kW}\sim 200\text{kW}$ 。

4.1.3 按冷却方式分类

eVTOL用轴向磁通电机按冷却方式可分为以下两类：

- 风冷式(F)：依靠空气自然冷却或强制风冷；
- 液冷式(Y)：依靠液体循环冷却。

4.1.4 按结构形式分类

eVTOL用轴向磁通电机按结构形式可分为以下三类：

- 双定子单转子(SSR)：两个定子和一个转子的结构；
- 单定子单转子(SR)：一个定子和一个转子的结构；
- 单定子双转子(SRR)：一个定子和两个转子的结构。

4.1.5 电压平台表示方法

eVTOL用轴向磁通电机按电压平台表示方法可分为以下三类：

- 低压平台(L)：低于 144VDC ；
- 中压平台(M)： $200\sim 600\text{VDC}$ ；
- 高压平台(H)： $600\sim 800\text{VDC}$ 。

4.1.6 型号表示方法

eVTOL用轴向磁通电机的型号应按eV-X-XXX-X-XXX-XXX表示，以下规则表示：

- “eV”表示电动垂直起降飞行器用电机
- 第一个“X”表示应用场景：(A:表示驱动)；
- 第二个“XXX”表示功率等级(I/II/III/IV)；
- 第三个“X”表示冷却方式(F:风冷/L:液冷)；
- 第四个“XXX”表示结构形式(S:表示一个定子,R:表示一个转子)；
- 第五个“XXX”表示电压平台(XXX 标定对应的电压平台数值)。

5 技术要求

5.1 性能要求

5.1.1 功率密度

电机应满足以下功率密度要求：

- 连续工况：I级 $\geq 3.5\text{kW/kg}$ ，II级 $\geq 5.0\text{kW/kg}$ ，III级 $\geq 6.8\text{kW/kg}$ ；
- 峰值工况：I级 $\geq 5.0\text{kW/kg}$ ，II级 $\geq 7.5\text{kW/kg}$ ，III级 $\geq 10.0\text{kW/kg}$ 。

5.1.2 转矩密度

电机应满足以下转矩密度要求：

- I级 $\geq 10\text{N}\cdot\text{m/kg}$ ；

- II级 $\geq 15\text{N} \cdot \text{m}/\text{kg}$;
- III级 $\geq 20\text{N} \cdot \text{m}/\text{kg}$ 。

5.1.3 效率

电机在额定工况下的效率应 $\geq 92\%$ ，在峰值工况下的效率应 $\geq 88\%$ 。

5.2 安全冗余设计要求

5.2.1 双三相绕组结构

A类电机应采用双三相绕组结构，确保在单套绕组故障时仍能维持 $\geq 50\%$ 的额定功率输出。

5.2.2 冗余控制系统

电机控制系统应具备冗余设计，包括：

- 至少两套独立的控制电路；
- 故障检测与切换机制；
- 冗余系统应能在 1 秒内完成故障检测与切换。

5.2.3 容错运行能力

电机应具备容错运行能力，在单相断线故障情况下：

- 应能维持 $\geq 70\%$ 的额定转矩输出；
- 应能持续安全运行 ≥ 30 秒；
- 应发出故障预警信号。

5.3 环境适应性要求

5.3.1 温度适应性

电机应在以下温度范围内正常工作：

- 工作温度： $-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ ；
- 储存温度： $-55^{\circ}\text{C} \sim +100^{\circ}\text{C}$ 。

5.3.2 高度适应性

电机应在海拔12000m（对应气压约6.6kPa）的低气压环境下正常工作。

5.3.3 振动适应性

电机应满足RTCA/DO-160G Section 7的振动适应性要求：

- 随机振动：频率范围 20Hz~2000Hz，功率谱密度(PSD) $0.04\text{g}^2/\text{Hz} \sim 0.5\text{g}^2/\text{Hz}$ ，持续时间 10min~60min；
- 正弦振动：频率范围 5Hz~2000Hz，加速度 $5\text{g} \sim 20\text{g}$ ，持续时间 10min~60min。

5.3.4 冲击适应性

电机应满足RTCA/DO-160G Section 9的冲击适应性要求：

- 半正弦波冲击，峰值加速度 $50\text{g} \sim 1000\text{g}$ （取决于安装位置）；
- 脉冲持续时间 $2\text{ms} \sim 11\text{ms}$ ；
- 沿三个正交轴分别施加三次冲击。

5.3.5 盐雾适应性

电机应满足RTCA/DO-160G Section 11的盐雾适应性要求：

- 5% NaCl 溶液，pH值 6.5~7.2；
- 喷雾量 $1.0 \sim 2.0\text{ml}/80\text{cm}^2/\text{h}$ ；
- 循环盐雾测试：每个循环包含 2 小时盐雾喷射（ 35°C ）、4 小时干燥（ 60°C ，湿度 $<30\%$ ）、18 小时湿润（ 50°C ，湿度 95% ）；

——测试循环次数：机身内部设备至少 14 个循环，外部暴露设备至少 28 个循环。

5.3.6 雷电间接效应适应性

电机应满足 RTCA/DO-160G Section 22 的雷电间接效应适应性要求：

- 浪涌电压： $\pm 20\text{kV}$ （机翼外侧设备等级 3）；
- 脉冲电流： $\pm 50\text{A}$ （机翼外侧设备等级 3）；
- 测试波形：W1、W2、W3、W4、W5A、W5B 等六类波形。

5.4 结构要求

5.4.1 转子强度

转子应通过 1.2 倍最高工作转速的离心试验，试验持续时间 ≥ 30 分钟，无永久变形或碎片飞出。

5.4.2 机械强度

电机应能承受 4.2g 的极限载荷，无结构破坏或永久变形。

5.4.3 定子结构

定子应采用以下结构之一：

- 有铁芯分块定子：定子铁芯由多个分块组成；
- 无铁芯定子：采用无铁磁材料支撑绕组的定子结构；
- SMC 定子：采用 SMC 粉末冶金技术制造的定子。

5.5 材料要求

5.5.1 定子材料

- 有铁芯分块定子应采用高牌号硅钢片（厚度 $\leq 0.15\text{mm}$ ）；
- CoFe 合金定子应采用钴铁合金材料（Co 含量 $\geq 30\%$ ）；
- SMC 定子应采用 SMC 粉末冶金材料（磁导率 ≥ 15000 ）。

5.5.2 转子材料

- 永磁体应采用高性能钕铁硼材料（磁能积 $\geq 40\text{MGOe}$ ）；
- 转子壳体应采用高强度铝合金（抗拉强度 $\geq 300\text{MPa}$ ）或钛合金材料。

5.5.3 绝缘材料

- 绕组绝缘应采用 H 级及以上绝缘材料；
- 绝缘电阻应 $\geq 1000\Omega/\text{V}$ （冷态）；
- 绕组对机壳的绝缘电阻应 $\geq 20\text{M}\Omega$ （冷态）。

5.6 可靠性要求

5.6.1 MTBF

电机的平均无故障工作时间 (MTBF) 应 ≥ 5000 小时，测试剖面应包含：

- 飞行循环测试（起飞、巡航、降落）；
- 温度-功率循环测试（ $-40^\circ\text{C}\sim 85^\circ\text{C}$ ）；
- 高频振动测试（ $10\text{Hz}\sim 2000\text{Hz}$ ，5g）。

5.6.2 加速寿命试验

电机应通过加速寿命试验，验证其在极端条件下的可靠性：

- 温度循环试验： $-40^\circ\text{C}\sim 85^\circ\text{C}$ ，循环次数 ≥ 50 次；
- 高温高湿试验： $85^\circ\text{C}/85\%\text{RH}$ ，持续时间 ≥ 1000 小时；
- 盐雾试验：5% NaCl 溶液，持续时间 ≥ 100 小时。

5.7 功能安全要求

5.7.1 安全目标

电机系统应满足灾难性失效概率 $\leq 1 \times 10^{-9}$ /飞行小时（运输类）或 $\leq 1 \times 10^{-6}$ /飞行小时（限用类）**的安全目标。

5.7.2 安全评估

电机设计应通过以下安全评估：

- 功能危害性评估(FHA)：按照 SAE ARP4761 进行；
- 失效模式与影响分析(FMEA)：覆盖所有关键功能；
- 故障树分析(FTA)：识别潜在的系统性失效。

5.7.3 软件验证

电机控制软件应达到DO-178C Level B验证等级，确保软件可靠性。

5.8 散热要求

5.8.1 温升限值

电机在额定工况下的温升应满足：

- 绕组温升 $\leq 125\text{K}$ （H级绝缘）；
- 轴承温升 $\leq 80\text{K}$ ；
- 外壳温升 $\leq 80\text{K}$ 。

5.8.2 热成像检测

电机应通过红外热成像检测，验证其散热性能：

- 红外热像仪分辨率 $\geq 640 \times 480$ 像素；
- 热灵敏度 $\leq 50\text{mK}$ ；
- 测试环境：海拔 12000m，温度 $-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ 。

5.9 电气性能要求

5.9.1 绝缘性能

- 绕组对机壳的绝缘电阻应 $\geq 20\text{M}\Omega$ （冷态）；
- 绕组对机壳的绝缘电阻应 $\geq 0.38\text{M}\Omega$ （热态）；
- 绕组对机壳的耐压能力应 $\geq 1500\text{VAC}/1\text{min}$ ，无击穿和闪络。

5.9.2 电气间隙与爬电距离

- 电气间隙应 $\geq 2.5\text{mm}$ （1000VDC 以下）；
- 爬电距离应 $\geq 3.2\text{mm}$ （1000VDC 以下）；
- 电气间隙与爬电距离应满足 GB/T 14711 的规定。

5.10 动态响应要求

5.10.1 加速时间

电机从0转速加速到额定转速的时间应 ≤ 2 秒。

5.10.2 转速波动

在额定负载下，电机转速波动范围应 $\leq \pm 5\%$ 。

5.11 安全保护要求

5.11.1 过温保护

- 应设置过温保护装置；
- 温度检测点应位于绕组、永磁体和轴承处；
- 过温保护阈值应 $\geq 150^{\circ}\text{C}$ （绕组）；
- 过温保护动作应包括：降低功率输出、发出预警信号。

5.11.2 过流保护

- 应设置过流保护装置；
- 过流保护阈值应 ≥ 1.2 倍额定电流；
- 过流保护动作应包括：切断电源、发出故障信号。

5.11.3 缺相保护

- 应设置缺相保护装置；
- 缺相保护应能在 0.5 秒内检测到缺相故障；
- 缺相保护动作应包括：降低功率输出、发出故障信号。

6 试验方法

6.1 外观与尺寸

6.1.1 外观质量通过目视检查评定。

6.1.2 外径和轴向长度使用分辨率不低于 0.01 mm 的数显卡尺或激光测距仪测量，取三个不同方位的测量值算术平均作为结果。

6.2 材料性能

6.2.1 定子铁芯材料的比总损耗需在频率 400 Hz、磁通密度 1.0 T 正弦条件下进行测定。测试方法按照 IEC 60404-2:2014 的规定执行，使用爱泼斯坦方圈或单片测试系统。对于非晶合金或软磁复合材料，需提供与等效硅钢片的对比数据以确保其低损耗特性符合设计要求。

6.2.2 永磁体样品应在 120 °C 恒温环境中放置 1000 小时，然后冷却至室温。采用振动样品磁强计或亥姆霍兹线圈系统按 GB/T 13560—2023 规定的方法测定剩磁 和 内禀矫顽力，并计算磁性能衰减率。该测试旨在验证永磁体在长期高温环境下的稳定性，确保其在 eVTOL 电机中长期使用的可靠性。

6.2.3 结构件材料的力学性能应由供应商提供符合相应材料产品标准的检测报告。具体来说，碳纤维缠绕铝合金转子盘需要提供拉伸和剪切强度测试报告；钛合金端盖则应通过 X 射线探伤确认内部无缺陷，确保其在高应力条件下的机械强度和安全性。

6.2.4 防护等级按 GB/T 4208—2017 规定的方法进行 IP67 试验。

6.3 运行性能

6.3.1 功率、转矩、效率及转矩脉动

6.3.1.1 功率、转矩、效率及转矩脉动应在电力测功机台架上测定，环境温度控制在 (25 ± 2) °C。测试方法参照 GB/T 1032—2023 第 8 章执行，转矩信号采样频率不低于 10 kHz。

6.3.1.2 测试过程中，记录电机在不同工况下的输入电功率与输出机械功率，并计算效率。超压/欠压试验分别在 1.1 倍额定电压和 0.9 倍额定电压下重复进行，确保电机在不同电压条件下的稳定运行。

6.3.2 振动速度有效值

6.3.2.1 振动速度有效值应按照 GB/T 10068—2020 规定的方法测量。

6.3.2.2 振动传感器安装于轴承座外壳，采样频率不低于 9 Hz。测试结果用于评估电机在运行过程中的机械振动情况，确保其在长时间运行中不会因振动导致部件损坏。

6.3.3 噪声声压级

6.3.3.1 噪声声压级应在半消声室中按 GB/T 10069.1—2023 规定的方法测量。

6.3.3.2 测点位于距电机表面 1 米的假想球面上，使用 A 计权声压级进行测量。测试结果用于评估电机在运行过程中的噪音水平，确保其在实际应用中不会对操作人员或乘客造成不适。

6.3.4 效率 MAP

6.3.4.1 效率 MAP 通过在 20%~120% 额定转速、10%~120% 额定转矩范围内以 10% 步长进行网格化扫描获得。

6.3.4.2 测试程序参照 GB/T 18488.2—2024 附录 B。通过绘制等高线图，可以直观地展示电机在不同工况下的效率分布情况，帮助优化电机的设计和应用。

6.4 控制性能

6.4.1 转速和转矩控制精度

6.4.1.1 转速和转矩控制精度应在闭环稳态工况下记录 10 秒内的波动范围，并按目标值的相对偏差计算。

6.4.1.2 测试方法参照 GB/T 18488.2—2024 中 9.4.3。控制器应在典型飞行工况指令序列下运行，确保其在各种工况下的精确控制能力。

6.4.2 动态响应时间

6.4.2.1 动态响应时间通过施加阶跃指令（如 10%→100%额定转速），使用采样率不低于 20 kHz 的数据采集系统记录响应曲线，测量进入 $\pm 2\%$ 目标带所需时间。

6.4.2.2 测试结果用于评估电机在快速变化工况下的响应速度，确保其能够迅速适应飞行器的各种动态需求。

6.4.3 容错控制能力

6.4.3.1 容错控制能力通过硬件注入或软件模拟方式制造单相开路、位置信号丢失等典型故障，验证系统在故障发生后的输出维持能力和故障上报行为。

6.4.3.2 测试结果用于评估电机控制系统在故障条件下的安全性和可靠性，确保其能够在故障情况下继续提供必要的推力并及时上报故障状态。

6.5 启动性能

6.5.1 常温启动性能

6.5.1.1 常温启动性能应在额定电压下直接启动，记录从静止到 90%额定转速的时间及启动转矩峰值；测试方法按 GB/T 1032—2023 中 8.5 执行。

6.5.1.2 测试结果用于评估电机在常温条件下的启动能力，确保其能够在短时间内达到所需的转速。

6.5.2 低温启动性能

6.5.2.1 低温启动性能测试时，将电机整机置于 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境箱中保温 2 小时，通电预热至绕组温度不低于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后启动，按 6.5.1 的方法测试启动转矩。

6.5.2.2 测试结果用于评估电机在极端低温条件下的启动能力，确保其在寒冷环境中仍能可靠启动。

6.6 电气性能

6.6.1 绝缘电阻

6.6.1.1 绝缘电阻应使用直流 500 V 兆欧表测量，分别在冷态和热态下进行；测试方法按 GB/T 20160—2023 中 6.2 执行。

6.6.1.2 测试结果用于评估电机在不同温度条件下的绝缘性能，确保其在高温运行时不会出现绝缘失效。

6.6.2 工频耐电压试验

6.6.2.1 工频耐电压试验应按 GB/T 755—2008 中 9.3 规定的方法进行，试验电压为 2 倍额定电压，持续 1 min。

6.6.2.2 测试结果用于评估电机在过电压条件下的耐受能力，确保其在电网波动时不会发生击穿或闪络现象。

6.6.3 匝间耐冲击电压试验

6.6.3.1 匝间耐冲击电压试验应按 JB/T 9615.1—2020 规定的方法进行，通过双通道示波器比较波形一致性判定结果。

6.6.3.2 测试结果用于评估电机绕组在高压冲击条件下的绝缘性能，确保其在瞬态高压条件下不会发生短路或损坏。

6.7 热管理性能

6.7.1.1 温升试验在额定负载下连续运行至热平衡状态（连续 30 min 温升变化 ≤ 1 K），使用埋入式 PT100、红外热像仪和热电偶同步记录各部位温度，温升值按 GB/T 1032—2023 第 9 章规定的方法计算。

6.8 环境适应性

6.8.1 高低温工作和存储试验

高低温工作和存储试验应按 GB/T 2423.1—2008 和 GB/T 2423.2—2008 规定的方法进行。测试结果用于评估电机在极端温度条件下的工作性能和存储稳定性，确保其在不同气候条件下均能正常工作。

6.8.2 交变湿热试验

交变湿热试验应按 GB/T 2423.4—2008 规定的方法进行，共 2 个循环（48 小时）。测试结果用于评估电机在高湿度环境下的绝缘性能和机械性能，确保其在潮湿环境中不会发生腐蚀或绝缘失效。

6.8.3 低气压试验

低气压试验应在气压 50 kPa 的环境舱中进行，电机满负荷运行 1 小时后测量绕组温度。测试结果用于评估电机在高空低气压条件下的散热能力和性能稳定性，确保其在高海拔地区仍能正常工作。

6.8.4 振动试验

振动试验应按 GB/T 2423.10—2019 规定的方法进行，振动谱可结合 eVTOL 实际飞行剖面设计。测试结果用于评估电机在复杂振动环境下的机械强度和稳定性，确保其在飞行过程中不会因振动而损坏。

6.9 电磁兼容性

6.9.1 射频电磁场辐射抗扰度

射频电磁场辐射抗扰度应按 GB/T 17626.3—2016 规定的方法进行，场强 10 V/m，频率范围 30 MHz~1 GHz。测试结果用于评估电机在强电磁干扰环境下的抗干扰能力，确保其在无线电频段内不会受到外部干扰影响。

6.9.2 屏蔽效能

屏蔽效能应按 GB/T 12190—2023 规定的方法测试，频率范围 30 MHz~1000 MHz。测试结果用于评估电机外壳的电磁屏蔽性能，确保其能够有效阻挡外界电磁干扰，保护内部电子元件不受损害。

6.10 可靠性

6.10.1 平均无故障工作时间通过加速寿命试验推算，试验应力包括高温（85 ℃）和高负载（1.2 倍额定），试验剖面参考 GB/T 38661—2020 附录 C。

6.10.2 1000 h 耐久试验按 GB/T 38661—2020 第 8 章规定的方法进行，每 100 h 记录关键性能参数。

6.11 安全性能

6.11.1 超速试验将转子加速至 1.2 倍最高工作转速并保持 2 min，停机后采用三坐标测量仪或激光位移传感器检测永久变形量。

6.11.2 保护功能验证通过依次模拟过流、过压、欠压、过温、超速、缺相等故障状态，记录控制系统的响应动作（如降功率、切断输出、发送故障码）。

6.11.3 故障转矩突变测试在满负荷运行时突然切断电源或通信链路，使用高速扭矩传感器记录转矩变化过程，计算转矩跌落斜率。

7 检验规则

7.1 检验分类

电机的检验分为：

- 出厂检验：每台产品出厂前必须进行的检验；
- 型式检验：在新产品定型、设计/工艺/材料重大变更、或定期质量复核时进行的全面检验。

7.2 出厂检验

每台电机应按表1规定的项目进行出厂检验。所有出厂检验项目均合格，方可判定该台产品合格；任一项目不合格，即判为不合格，不得出厂。

表 1 出厂检验项目

| 序号 | 检验项目 | 检验方法依据 |
|----|-----------|--------|
| 1 | 外观质量 | 6.1.1 |
| 2 | 外形尺寸 | 6.1.2 |
| 3 | 绝缘电阻 | 6.6.1 |
| 4 | 工频耐电压试验 | 6.6.2 |
| 5 | 匝间耐冲击电压试验 | 6.6.3 |
| 6 | 空载运行性能 | 6.3.1 |
| 7 | 防护等级 | 6.2.4 |

7.3 型式检验

7.3.1 凡属下列情况之一者，应进行型式检验：

- 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；
- 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- 正常生产时，每满 3 年进行一次例行型式检验；
- 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- 国家或行业监管机构提出型式检验要求时。

7.3.2 型式检验样品应从出厂检验合格的产品中随机抽取，数量不少于 2 台。

7.3.3 型式检验项目覆盖本文件第 5 章全部技术要求，具体见表 2。

7.3.4 所有型式检验项目均合格，方可判定型式检验通过；若某项不合格，允许加倍抽样复测该项，复测仍不合格，则判定型式检验不通过。

表 2 型式检验项目

| 序号 | 检验项目 | 检验方法依据 |
|----|-------------|--------|
| 1 | 外观与尺寸 | 6.1 |
| 2 | 材料性能 | 6.2 |
| 3 | 运行性能 | 6.3 |
| 4 | 控制性能 | 6.4 |
| 5 | 启动性能 | 6.5 |
| 6 | 电气性能 | 6.6 |
| 7 | 热管理性能 | 6.7 |
| 8 | 环境适应性 | 6.8 |
| 9 | 电磁兼容性 (EMC) | 6.9 |
| 10 | 可靠性 | 6.10 |
| 11 | 安全性能 | 6.11 |

7.4 检验报告

7.4.1 每次出厂检验和型式检验均应出具正式检验报告。

7.4.2 检验报告至少包含以下内容：

- 产品型号、序列号；
- 检验类型（出厂/型式）；
- 检验项目、方法、结果；
- 检验日期、环境条件；
- 检验人员与审核人签名；
- 判定结论（合格/不合格）。

7.5 合格判据

7.5.1 出厂检验合格判据

出厂检验要求所有在表1中所有项目均须一次性通过，若任一项目不符合第5章规定的技术要求，则判定该台产品出厂检验不合格，不得出厂。

7.5.2 型式检验合格判据

型式检验要求所有在表2中所有项目均满足第5章规定的技术要求；若某项检验结果不符合要求，允许对同一批次产品加倍抽样复测该项，复测结果全部合格则判定型式检验通过，否则判定为不通过，且型式检验不通过时应暂停该型号产品的生产与交付，直至完成设计、材料或工艺整改，并重新通过全部型式检验项目。

7.5.3 特殊说明

对于可靠性试验（如1000 h耐久试验、MTBF验证），允许使用同设计平台的代表性样机进行验证，不要求每批次重复；

对于环境适应性和EMC等破坏性或高成本试验，在无设计变更的前提下，型式检验报告有效期可延长至5年，但需每年提供质量一致性声明。
