

# 电风扇异常温升测试及过载保护检测分析

沈皆磊

苏州市计量测试院有限公司 江苏 苏州 215000

**【摘要】**：电风扇属于高频使用的家用电器，异常温升以及过载保护失效都是造成安全事故的主要风险点。本文对绕组散热失衡、通风路径受阻、堵转负载等造成异常温升的原因进行了系统的分析，并根据 GB4706.1 和 GB4706.27 等标准，对温升测试方法和过载保护验证流程做了详细的论述，主要研究了热保护器选型匹配、热熔断体参数设置、动作时序合理性等技术问题。根据典型的不合格案例，分析出设计缺陷和材料选用不当对保护性能的影响，给电风扇生产企业热安全设计优化、检测方案完善提供系统的参考，也可以为监督检查工作提供准确判定的方法支持。

**【关键词】**：电风扇；异常温升；过载保护；安全检测

DOI:10.12417/2811-0528.26.13.080

近几年来，电风扇产品质量安全问题受到广泛关注，监督检查结果表明温升超标和过载保护失效的不合格项目所占比例较高，也是产生着火隐患的主要风险因素。电风扇工作时，电机绕组、控制元件等都会产生热量，需要依靠正常的散热来保持温度的稳定，如果出现堵转、短路或者散热受阻的情况，温度就会很快超过安全范围，如果过载保护不能及时动作，很容易造成绝缘损坏或者起火。目前虽然已经建立了一套相应的检测标准体系，但是在实际操作过程中还存在着测温点布置不合理、过载条件设置不准、保护装置选型不合适等现象。本文以检测技术的角度出发，对电风扇异常温升的原因、标准测试方法和过载保护验证逻辑进行整理，给从业人员提供一些操作性的技术指导，促进电风扇热安全管理的规范化。

## 1 电风扇温升异常的成因分析

### 1.1 电机绕组热耗散失衡

电风扇电机绕组是主要的热源，通电时由于电阻产生焦耳热，其损耗和电流的平方成正比。正常工作时，热量由绝缘层、铁芯传递到外壳上，然后通过叶片的气流带走，达到热平衡的目的。绕组出现匝间短路时，故障点处的电流密度突然增大，局部发热功率成倍增加，热量不能及时散发出去，温升速度远远超过正常水平。设计阶段如果导线线径过小，电流密度过大，就会造成长期温升过高，加速绝缘老化，形成绝缘下降和短路恶化的循环。另外绕制工艺不良造成匝间松散或者绝缘不均，在振动中容易引起磨损，埋下热失控的隐患。绝缘材料的耐热等级要和实际温升相适应，A级（105℃）、E级（120℃）、B级（130℃）等都是常见的耐热等级，超限运行会严重威胁到安全。

### 1.2 通风散热路径受阻

电风扇散热效率很大程度上取决于内部气流组织。台扇、落地扇等开启式结构依靠叶片旋转产生轴向气流，穿过电机带走热量。网罩积尘或者变形造成通风截面减小，气流量变小，对流散热变差，造成绕组端部温度升高。密闭式或者半密闭式的结构主要是靠外壳的导热来实现自然对流，对于壳体的散热面积以及材料的热导率有较高的要求，如果外壳积尘或者接触物影响到对流，那么温升就会偏高。塔扇、无叶风扇等新型产品的风道设计比较复杂，如果风道截面积不够或者弯道曲率不恰当，就会在电机腔体内形成气流死区，造成局部过热。另外环境温度也会影响，标准检测温度为 23℃±2℃，实际使用环境温度可达 35℃以上，减小了传热温差，降低了散热能力，这是造成夏季安全事故较多的原因之一。

### 1.3 堵转与异常负载工况

堵转是造成电风扇温升急剧升高的最严苛的工况。叶片被卡住时，电机停止转动，绕组电流会从额定值突然升高到堵转电流，可以达到额定值的几倍甚至十几倍。此时发热功率和电流平方成正比，短时间之内可以达到正常状态下几十倍的发热功率，如果热保护装置不能及时断开电路，绕组绝缘就会受到热破坏的风险。另外，容性调速型风扇运行电容失效之后，电机就会出现单相不对称运行的情况，造成电流失衡以及部分绕组过载，从而引起异常温升。用户长时间连续使用，在高温环境下，会使得累积温升慢慢接近绝缘材料的耐热极限，存在安全隐患。因此，对这些异常工况有充分的认识，是制订有效的检测方案、保证产品安全的前提。

作者简介：沈皆磊，出生年月：1985年08月，性别：男，民族：汉，籍贯：江苏省苏州市，学历：大学本科，职称：助理工程师，研究方向：安规检测。

## 2 温升测试方法与标准要求

### 2.1 适用标准与温升限值

电风扇温升检测严格按照强制性国家标准 GB4706.1 (通用安全要求) 以及 GB4706.27 (风扇) 的有关规定进行, 两者一起构成完整的检测依据体系。标准对于不同的部件给出了明确的温升限值, 按照绝缘等级分为电机绕组 A 级 $\leq 75\text{K}$ 、E 级 $\leq 90\text{K}$ 、B 级 $\leq 95\text{K}$ , 可触及部件中金属材料 $\leq 35\text{K}$ 、非金属材料 $\leq 45\text{K}$ 。测试以环境温度为基准, 要求产品在额定电压和频率下, 一般用最不利的低速档工作, 直到达到热稳定状态为止再进行测量<sup>[1]</sup>。正常工况下测试结果是评价产品热设计合理性的基础, 也是后面异常测试和最终安全判定的数据基准和比较依据。

### 2.2 测温点布置与测量方法

精确的温升测试首先要保证测点的合理布置以及正确的测量方法的选择。电机绕组的标准规定使用电阻法作为标准方法, 用精密比较绕组在冷态和热态下直流电阻值的变化来计算平均温升, 其核心公式为 $\Delta T = (R_2 - R_1) / R_1 \times (K + T_1) + T_1 - T_2$  (K 为常数 234.5), 可以有效地避免由于探头植入造成的测量误差。外壳、网罩等可触及部分全部使用热电偶法直接测量, 探头必须与测点表面紧密接触并保持良好的散热条件。整个测试过程中要持续观测并记载数据, 直至温升差不超过 1K 方才算达到稳定的平衡状态, 之后再通过各个位置得到的最高值同标准规定的限值加以对比来判定是否达标。

### 2.3 异常温升的判定与复测要求

对温升超标的判定要严肃认真、科学合理。首次检测数据超过规定限值时, 首先要系统排除环境温度波动、测温探头接触不良、仪器自身校准误差等所有可能的干扰因素, 在相同条件下进行严格的复测来确定结果。采用电阻法时, 关键的操作要领就是断电后 30 秒内迅速进行第一次热态电阻测量, 或者用外推法拟合电阻-时间曲线, 来推算出断电瞬间更准确的阻值。监督检查时, 应该对超标部位、具体数值和对应环境条件做完整的、详细的记录。对温升值接近限值 (超过 5K) 的临界样品, 在做出最终不合格判定之前, 还要对测量不确定度的综合影响进行评价, 保证每一个结论都是客观的、可靠的。

## 3 过载保护检测方法与分析

### 3.1 过载保护装置的类型与原理

电风扇的过载保护装置是防止持续过热、保证安全的重要部件, 可靠动作成了产品安全防护的最后一道防线<sup>[2]</sup>。目前应用的主要热保护装置主要有两种, 一类是自动复位型热保护器 (温控开关), 当绕组温度达到其动作温度时触点断开, 温度

降到复位点后自动恢复通电; 另一类是一次性动作的热熔断体, 达到规定温度后永久熔断, 必须更换才能继续使用。两类装置各有特点, 自动复位型适合于经常出现短时过载的情况, 用户希望自动恢复运行, 但是容易造成反复动作后性能下降; 热熔断体动作可靠, 不需要复位, 可以明显地提示故障, 常用于直接嵌入绕组的保护设计。高端产品一般采用双保险方式, 即自动复位保护器做日常的过载保护, 热熔断体做极端状况下的唯一可靠的保护元件, 大大提高了整个系统的安全冗余度。

### 3.2 过载保护检测条件与流程

按照 GB4706.1 标准的要求, 要对模拟堵转的极端工况下过载保护功能进行检验。标准检测流程为使电风扇处于额定电压下热稳定状态, 再不断电情况下人为将叶片锁死造成堵转, 形成过载状态。接着持续观测并记载保护装置动作状况, 看它能否在合理的时限内断开电路。合格的判定依据有, 保护动作之后, 各个被测部件的温升不能超过标准限值, 自动复位型装置的产品要能够安全地恢复运行并且没有起火、绝缘损坏等危险, 热熔断体的熔断之后产品应当停止工作并不存在其他风险。整个检测过程中要同时记录绕组温升曲线和电流波形, 得到保护装置实际动作的温度和时间, 再将这些数据同标称参数比较, 最后还要检查绕组绝缘是否良好, 从而对保护功能的有效性做出评价。

### 3.3 热保护参数的合理性评估

热保护装置参数设置是否合理, 直接影响到它的保护效果, 也是设计中不可缺少的部分。保护器额定动作温度应与电机绕组绝缘耐热等级相适应, 留有足够安全余量。B 级绝缘 (130°C) 保护器动作温度一般为 120~125°C。热熔断体的选型也遵照这一准则, 还要顾及安装位置造成的温度感知差别, 直接埋入绕组的熔断体可以真实体现绕组温度, 安装在外壳上的则感知温度较低, 选型时要加以温度补偿。另外, 保护装置的动作时间特性也很重要, 过灵敏会造成正常浪涌电流下误动作, 影响使用; 过迟钝则不能在真实过热时及时保护。在评估的时候要联系保护器的规格书, 对它的动作温度允差、复位温度以及寿命这些参数加以核实, 再参照实测数据, 从而全面评判它的选型是否合理。

### 3.4 典型不合格案例分析

监督检查中出现的过载保护不合格案例可以分为几种模式。一是选型错误, 例如选择的动作温度高于 A 级绝缘电机的保护器, 造成绕组已经过热损坏但保护未动作。二是安装位置不合适, 把保护器安装在电机外壳上而不是绕组上, 因为外壳温度远低于绕组实际温度, 造成保护动作严重滞后<sup>[3]</sup>。三是热熔断体选择过高、安装不当造成热接触不充分、温度感知不

准。四是一些低成本的产品甚至省略了专用热保护装置,只用电源保险丝来实现过热保护,但是保险丝的特性不能起到有效的过热保护作用。这些案例一起显示了部分企业热保护系统的设计、供应商选择和出厂检验等环节存在着薄弱之处,必须创建起从设计评审、来料检验到成品测试的全过程控制体系。

## 4 检测质量控制与改进建议

### 4.1 检测过程的关键控制要点

温度升高、过载保护检测会造成样品的破坏,操作有误会造造成数据的不准确和样品的破坏。测试前要保证样品功能正常,并做好铭牌参数的记录,作为检测的基准。环境温度应保持在 $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 范围内,并且在整个过程中变化幅度不能超过 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ,最好是在温控实验室内进行,并做好详细的温变记录。热电偶安装要使用高温胶带或者导热硅脂牢固固定,防止测试时由于振动而产生位移。堵转试验时,叶片固定要均匀施力,防止出现不对称力矩损伤轴承,在断电之后立刻执行热态电阻检测,从而削减散热带带来的误差。所有的检测设备必须在有效的计量周期内,数字多用表的电阻测量精度要达到 $0.1\Omega$ 以上,才能满足电机小阻值绕组精确测量的要求。

### 4.2 企业产品设计改进方向

对于常见的不合格项,企业应该从系统角度对产品设计进行改进。根据更高的实际使用环境温度( $40^{\circ}\text{C}$ )重新计算温升裕量,选用耐热等级相适应的绝缘材料,保证槽楔等辅助材料耐热性能一致,防止出现局部薄弱点<sup>[4]</sup>。热保护选型要创建规范的来料检验程序,对每批保护器随机取样进行动作温度测试,不合格的批号不得投入使用。散热结构设计可以采用 CFD

流场仿真技术,对电机内部气流组织进行优化,消除气流死区。另外,企业还要建立关键安全项目的出厂检验规程,对批量生产的温升数据进行统计过程控制,用控制图监控工艺波动,从源头保证产品的稳定性,降低安全风险。

### 4.3 监督抽查检验的精准判定

监督抽查要求检验人员要有很强的判断能力,才能应付边界数据、复杂的失效模式。对温升接近限值的样品,在判定前必须对测量不确定度进行系统的评估,包括热电偶精度、电阻测量误差、环境温控精度、断电后测量延迟等,将合成扩展不确定度作为判定的依据,不能误判。过载保护检测时要同时保存保护装置动作时间以及绕组温升曲线,进而准确判定是保护及时但是绕组基础温升超标还是保护延迟造成温升超标,给生产企业给予明晰的整改导向。对有明显设计缺陷(完全缺少保护装置)的产品,在不合格结论中要具体说明缺陷性质,给后续的监管和风险预警提供有力的技术支撑。对检验结果进行严格的记载,是保证检验结论可以被追查、复核的前提。

## 5 结语

本文研究结果表明,电风扇异常温升测试和过载保护检测是互相联系、不可分割的安全评价体系。只有将温升特性研究同保护功能验证结合起来,才能对产品的热安全性能做出完整、科学的评价。这就需要检测机构掌握标准方法和失效分析,企业要在研发源头进行系统的热安全设计和验证。未来由于标准越来越严格以及消费者的安全意识不断提高,行业安全水平的提高更多地依靠设计、制造、检测、监管等各个环节的紧密配合和共同提高。

## 参考文献:

- [1] 尤文浓.电风扇常见安全不合格问题分析研究[J].日用电器,2025,(03):118-122.
- [2] 本刊讯.电风扇产品存在的主要质量问题有哪些?[J].中国品牌与防伪,2022,(10):43.
- [3] 徐超,张杰妮,姚远,等.电风扇产品质量安全状况分析[J].轻工标准与质量,2020,(06):55-57.
- [4] 电风扇产品质量安全分析报告及电风扇检验项目判定依据和检测方法[J].产品可靠性报告,2020,(05):77-80.