

风机散热器风包阻燃抗老化改造对进风效率的影响研究

强洪波, 刘雷, 王建旭, 钟辉

大唐(青岛)风力发电有限公司, 山东 青岛 266000

DOI:10.61369/EPTSM.2026070016

摘 要 : 对于风机散热器而言, 在长期运行过程中受到外部环境、材料的影响, 可能出现氧化和阻燃性能下降等问题, 这些问题会直接影响风力和散热效果。本文主要针对风机散热器阻燃抗老化改造和进风效率等相关问题展开研究, 从风包材料老化机理、风阻特性变化等相关理论层面进行分析, 希望能为散热系统的节能改造和安全运行提供技术参考。

关 键 词 : 风机散热器; 风包; 阻燃抗老化; 进风效率; 风阻优化

Research on the Impact of Flame Retardant and Anti-Aging Renovation of Fan Air Cooler Air Chambers on Inlet Air Efficiency

Qiang Hongbo, Liu Lei, Wang Jianxu, Zhong Hui

Dangtang (Qingdao) Wind Power Generation Co., Ltd. Qingdao, Shandong 266000

Abstract : For the fan radiator, during long-term operation, it is affected by the external environment and materials, and may encounter problems such as oxidation and decline in flame retardancy. These issues will directly affect the wind force and heat dissipation efficiency. This paper mainly focuses on the research on the flame retardant and anti-aging modification of the fan radiator and the air intake efficiency, etc. It analyzes from the theoretical levels such as the aging mechanism of the wind cover material and the changes in air resistance characteristics, aiming to provide technical references for the energy-saving renovation and safe operation of the heat dissipation system.

Keywords : fan radiator; air box; flame retardant and anti-aging; inlet air efficiency; air resistance optimization

风机散热器目前在电力、化工和汽车领域得到了广泛的应用, 主要功能是通过强制对流的模式对设备运行产生的热量进行转移。散热器的外部通常配有风包结构, 主要用于引导气流定向流动, 防止热量回流, 并对内部器件起到保护作用。但是长期处于高温和高湿的环境下, 材料会出现阻燃性能衰减、材质老化的情况, 这样会直接降低设备的安全防护等级, 从而导致散热效率降低、能耗上升。因此, 需要对其进行阻燃抗老化改造, 做好安全防护, 全面提升设备稳定性和进风效率。

一、风机散热器风包阻燃抗老化改造对进风效率的影响分析

(一) 风包材料老化的影响机理

风机散热器的进风效率主要取决于风道系统的总风阻, 需结合风机的基本性能曲线进行匹配。风包是气流通道的边界, 从整体的流通模式来看, 其内部表面相对粗糙, 密封性和外形的保持能力会直接影响整体阻力。未改造之前, 传统的风包材料受到长期热氧化作用会出现表面裂纹、粉化的情况。摩擦系数 λ 与壁面粗糙度正相关。当风包内壁粗糙度增加时, 气流边界层扰动加剧, 涡流耗散增强, 导致相同风机转速下的进风量显著下降。如果风包材料出现老化粉化情况, 风包内壁的微观形貌也会发生明显的变化, 老化后风包的风阻系数会有明显提升, 这就导致风机工作点出现向左下方偏移, 实际风量减少的情况。材料老化还会

导致风包出现局部变形, 甚至坍塌的情况, 这样就会直接改变气流通道的截面形状。如果风机散热器的风包在运行一段时间后, 出现顶部塌陷的情况, 这就会直接减少有效通风面积, 从而进一步恶化通风的条件。因此对风包进行阻燃抗老化改造, 必须保证长期维持光滑、稳定的气流通道的。

(二) 阻燃抗老化材料的性能优势

针对传统材料存在的缺陷问题, 新型阻燃抗老化风包材料主要是采用改性工程塑料或者耐候型复合材料制作而成。从具体的使用情况来看, 主要是添加受阻胺光稳定剂和抗氧剂等助剂, 全面提高整体材料的耐热和抗氧化性能。从实际使用情况来看, 长期使用温度能够达到120摄氏度以上, 而且紫外线抗老化测试结果显示, 3000小时照射后拉伸强度保持率仍大于90%。从阻燃性能来看, 新型材料通过添加无卤阻燃剂, 能够有效提高氧指数, 而且整体的阻燃性能要比传统材料明显更优。阻燃剂和抗老化剂

复合使用并不会对材料表面的光洁度产生负面影响。实验表明，新型材料的初始表面粗糙度仅为2.0μm，且经过加速老化2000小时后仅上升至3.5μm，远低于传统材料老化后的水平。

在不同材料对比实验中，加速老化前后，材料表面粗糙度和对应风道局部阻力系数有直接联系，改性 PP 材料的粗糙度增幅最小，传统 ABS 增幅最明显。工程应用时需要考虑各项材料使用的基本要求和成本投入，不仅要结合实际情况，还要综合考量使用成本，选择性性价比最高的材料开展工业化改造。

表 1 不同材料加速老化前后表面粗糙度及风阻对比

材料类型	初始粗糙度 (μm)	加速老化 2000h 后粗糙度 (μm)	粗糙度增幅	风道局部阻力系数
改性 PP	2.0	3.5	较小	低
耐候型复合材料	2.1	3.8	中等	较低
传统 ABS	2.2	6.7	明显偏大	高

（三）改造后进风效率的提升效果

在风机散热器风包阻燃抗老化改造设计中，进风效率可通过实际进风量与理论进风量进行对比分析。理论进风量主要是根据风机特征曲线和风道阻力进行设计和确定，实际风量主要是通过风速仪在进风口截面采集平均值来进行计算的^[1]。在实际进行数据检验时，需要确定风机散热器的型号，然后对其进行风包阻燃抗老化改造，对改造前后的数据进行对比和测试分析，在相同风机转速和环境下，改造后进风速度明显提升，进风效率有明显改善。

从实际研究结果来看，进风效率提升，主要是因为风包内壁的光滑度提高之后，能够对散热器的壳体进行密封加强处理，可以有效消除壳体漏风的情况，从而让更多的气流能够穿过散热芯体。根据传热学原理，散热器的换热量其中为换热系数，为换热面积，为对数平均温差。进风量的增加会直接提高空气侧的雷诺数，从而使对流换热系数增大。

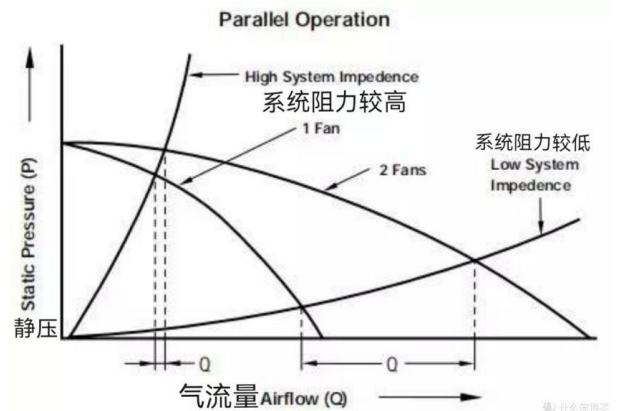


图 1 风机散热器内部结构图

（四）改造对系统能耗与安全性的综合影响

进风效率提升之后，能够有效提高整体的散热效果，也能够对系统能耗控制产生一定的积极作用。在实际研究过程中，考虑到风道阻力降低的情况，在相同送风量的要求下，风机可以有效降低整体运行转速，从而达到节能的效果。从实际的节能运行情况来看，工厂通过对冷却风机系统进行改造测试之后，在维持相

同散热量的前提下，风机电流能够有明显下降，对应输入功率也会明显降低，而且因为风包材料阻燃等级有效提高，散热器整体运行安全性得到保障。改造环节的材料选择是非常重要的，如果材料选择不合适或者施工工艺相对粗糙，反而会造成负面影响。比如某些劣质阻燃材料可能含有卤素，燃烧时会产生剧毒烟雾；或者材料过厚增加自重，导致支撑结构受力过大。因此必须结合整体系统运行的实际情况，依照具体的使用要求合理选择材料和施工方法^[2]。

二、风机散热器风包阻燃抗老化改造的操作实践方法

（一）材料选型与性能验证

开展风机散热器风包阻燃抗老化改造工作，首先应该结合现场的实际情况，选择阻燃抗老化效果较好的材料。在选择材料型号时要综合考虑多重因素，首先分析设备和材料在长期高温和紫外线照射环境下的具体耐受情况和使用效果，同时分析现场是否存在化学腐蚀环境。推荐的改性 PP 材料适用于温度≤100℃、无强腐蚀的室内或半户外环境。对于户外强紫外线的环境，应该选择添加高效光稳定剂的材料；对于高温和特殊的化学环境，也应该结合实际的生产使用需求，考虑 PPS 或 PVDF 材料。材料选择之后还需要对材料的性能进行全方位验证，结合具体行业的材料标准，对各项材料进行垂直燃烧实验，保证材料达到相关等级之后，再开展加速老化试验，通过测试老化后的拉伸强度和冲击强度进行记录分析，还要结合具体的要求对表面的粗糙度进行测量分析，计算预期风阻系数。为保证实际操作效果，可在正式改造之前进行小范围试点测试，这样能够减少不必要的成本投入^[3]。

（二）结构与密封强化

在风包结构的系统设计和研究中，应该考虑整体结构的设计模式和要点，同时考虑内部结构的分布情况，尽量采用流线型的设计模式，保证整体的结构封闭性较强。改造的时候还需要采用分体式模块化的结构，对其进行分块结构和模块化设计，能够便于后续的拆卸和日常维护。在进风口设计中，应该考虑进风的流向模式，将其设计成喇叭状，这样能够减少入口气流的阻力损失。在风包和散热器壳体之间的连接处，应该使用耐高温密封条，比如可以采用硅橡胶进行填充，并且运用不锈钢卡箍进行固定。对于原有老化的风包和已经变形的风包应该先进行拆除，然后对残留的碎片进行彻底清理，再结合现场的使用要求，重新预制新风包。在实际检测时，需重点排查密封性问题，可以通过烟雾测试或者压差法进行验证，在风包内充入微压烟气，检查各接缝处有无泄漏^[3]。

（三）表面涂层与抗老化处理

对于金属材质的风包，比如镀锌板或者不锈钢材质的，可以在表面涂刷一层阻燃抗老化的涂层。在涂层材料选择方面要考虑具体的生产环境的要求，可以选用有机硅改性聚酯漆，添加纳米二氧化钛以增强抗紫外线能力。涂层厚度控制在50~80μm，操作的时候应该采用喷涂工艺，要保证整体表面覆盖均匀。还要定期对风包的表面进行系统化清洁，相关部门应该安排专门的清洁人

员和团队，可以每半年开展一次系统化清洁，对附着的积尘和油污进行去除，这样能够有效延缓设备的老化程度，而且能够保证设备处于低风阻的运行状态。在养护处理的时候应该制定详细的处理方案，并且安排专人严格按照方案落实各项养护计划，后续还需对养护的结果进行检查。只有常态化开展养护工作，才能减少部件的损坏，也能快速提升故障应对能力^[4]。

（四）检测维护与效果评估

对风机散热器进行系统化改造之后，应该梳理具体的改造细节，还应该对每个环节的改造情况进行详细记录，建立检测、维护管理档案，定期对进风效率的变化情况进行跟踪记录与问题整改。在实际研究中要明确关键检测指标，对进风口的风速分布情况、风机电流和功率以及散热器的出风温度进行检测和记录，可以每季度进行一次检测，并且与改造之前的技术数据进行对比。分析具体的检测数据变化情况，如果通过对比数据发现进风效率下降超过5%，应安排专人对风包老化和密封损坏情况进行检查，并及时提出相应的解决对策。同时还可以采用红外热成像仪对风包外表面的使用情况进行检测和扫描，主要判断是否存在局部过

热的区域，及时发现存在的异常情况，并且对评估的结果和综合指标进行详细的记录。管理人员应对定期检测工作的落实情况进行检查，若发现某些部门或人员在检测维护中存在懈怠或疏忽的问题，应及时将责任落实到个人。只有强化人员的责任意识以及明确各部门工作要求，才能保证检测工作真正发挥实效。

三、结束语

综上所述，对于风机散热器风包的阻燃抗老化改造而言，应结合具体的项目建设情况，制定全方位的安全管理计划，要采用安全性和能效性兼具的技术。通过对材料老化引发的风阻增加情况和进风效率下降问题进行分析，通过比对和验证的方式选用新型材料，降低表面粗糙度，全面提升进风效率。同时还要落实节能改造和安全升级的基本要求，在未来应进一步探索智能检测系统在风包老化监测运行中的实际应用，对整体系统开展预测性维护。

参考文献

-
- [1] 李潼，黄翔，薛直勤，等. 基于蓄冷水池的风机盘管串联散热器大温差供冷系统应用分析 [J]. 制冷与空调 (四川), 2025, 39(3): 419-425.
- [2] 贾希存. 卸料平台蒸汽暖风机与热水散热器供暖系统研发 [Z]. 河北省: 中节能 (秦皇岛) 环保能源有限公司, 2025-05-21.
- [3] 彭海军. 5MW 风机润滑油散热器散热特性分析与研究 [D]. 江苏科技大学, 2019.
- [4] 邵强，黄南，熊辉，等. 功率组件中强迫风冷散热器风道的风阻估算与风机选型 [J]. 大功率变流技术, 2017, (2): 38-41.