

防排烟风管耐火极限提升技术研究

据萌

晋城合为规划设计集团有限公司，山西省晋城市，048000；

摘要：本研究系统探讨了防排烟风管耐火极限提升的关键技术路径。基于建筑消防安全需求，从材料特性、结构设计和环境适应性三个维度深入分析了影响防排烟风管耐火性能的核心要素。研究重点考察了新型防火材料的应用潜力，创新性地提出了双层复合结构设计理念，并构建了包含主动防护与被动防护相结合的综合防火体系。通过理论分析与技术验证，形成了材料-结构-系统三位一体的优化方案，为提升防排烟风管在高温环境下的功能稳定性提供了系统解决方案。研究成果不仅完善了防排烟系统的技术理论体系，也为建筑消防工程实践提供了重要的技术参考。

关键词：防排烟风管；耐火极限；提升技术；优化方案

DOI：10.64216/3080-1508.25.04.006

随着现代建筑向高层化、复杂化方向发展，防排烟系统的可靠性面临严峻挑战。防排烟风管作为建筑消防设施的重要组成部分，其耐火性能直接关系到火灾情况下的排烟效率和人员安全疏散。当前工程实践中，传统防排烟风管在材料选择、结构设计和系统集成等方面存在明显不足，难以满足日益提高的消防安全标准要求。特别是在持续高温环境下，风管结构易发生变形失效，严重影响其排烟功能。本研究立足于解决这一关键技术难题，通过系统分析材料性能、优化结构设计、完善防护体系等途径，着力提升防排烟风管的耐火极限。研究成果对于完善建筑消防技术体系、保障人民生命财产安全具有重要的工程应用价值。

1 防排烟风管耐火极限概述

1.1 防排烟风管的作用与重要性

防排烟风管在建筑消防安全中扮演着关键角色。在火灾发生时，它是排除烟雾的主要通道。大量的烟雾会降低能见度，使人难以辨别逃生路线，同时烟雾中含有的有毒有害气体，如一氧化碳、二氧化碳等，会对人体造成严重伤害甚至危及生命。防排烟风管能够及时将烟雾排出建筑物外，为人员疏散提供清晰的逃生环境。此外，防排烟风管还能消防救援人员提供良好的工作条件。在充满烟雾的环境中，消防救援工作会受到极大阻碍，而有效的防排烟系统可以改善救援现场的空气环境，使救援人员能够更顺利地开展救援行动。同时，它还能防止火灾产生的热量和烟雾蔓延到其他区域，减少火灾的扩散范围，保护更多的建筑结构和设备安全^[1]。

1.2 耐火极限的定义与标准

耐火极限是指建筑构件、配件或结构在标准耐火试验中，从受到火的作用时起，到失去稳定性、完整性或

隔热性时止的这段时间，一般以小时为单位。对于防排烟风管而言，耐火极限是衡量其在火灾中性能的重要指标。我国相关标准对防排烟风管的耐火极限有明确规定。不同类型的建筑，根据其使用性质、火灾危险性等因素，对防排烟风管的耐火极限要求也不同。例如，在一些人员密集的公共场所，如商场、剧院等，为了确保在火灾发生时足够的时间进行人员疏散和消防救援，对防排烟风管的耐火极限要求相对较高。这些标准的制定是为了保证防排烟系统在火灾中能够持续有效地发挥作用，保障建筑消防安全。

1.3 现有防排烟风管耐火极限现状

目前，市场上的防排烟风管耐火极限存在参差不齐的情况。部分传统的防排烟风管采用普通的金属材料制作，其耐火性能有限。在火灾发生时，这些风管容易在高温下变形、损坏，导致失去排烟和送风功能。一些风管在安装过程中，由于施工质量不达标，如连接部位密封不严、支撑结构不稳定等，也会影响其耐火性能。此外，随着建筑技术的不断发展，建筑的规模和复杂性日益增加，对防排烟风管的耐火极限提出了更高的要求。现有的部分防排烟风管难以满足这些新的要求，因此提升防排烟风管的耐火极限成为当前亟待解决的问题。

2 影响防排烟风管耐火极限的因素

2.1 材料因素

材料是影响防排烟风管耐火极限的关键因素之一。不同的材料具有不同的耐火性能。常见的防排烟风管材料有金属材料和非金属材料。金属材料如镀锌钢板，具有一定的强度和密封性，但在高温下容易发生变形和氧化。当温度达到一定程度时，金属的强度会急剧下降，导致风管失去稳定性^[2]。非金属材料如无机玻璃钢等，

虽然具有较好的隔热性能，但可能存在质地较脆、容易开裂等问题。此外，材料的厚度也会对耐火极限产生影响。较厚的材料通常具有更好的耐火性能，但会增加风管的重量和成本。材料的质量和纯度也不容忽视，杂质较多的材料可能会降低其耐火性能。

2.2 结构设计因素

结构设计对防排烟风管的耐火极限有着重要影响。合理的结构设计可以增强风管的稳定性和隔热性能。例如，风管的连接方式会影响其整体的密封性和耐火性能。采用密封性能好的连接方式，如法兰连接并添加防火密封胶条，可以有效防止烟雾和热气泄漏。风管的支撑结构也至关重要。合适的支撑间距和支撑方式能够保证风管在火灾时不会因自身重量和高温作用而发生坍塌。此外，风管的形状和布局也会影响其耐火性能。合理的形状设计可以减少气流阻力，提高排烟效率，同时避免因局部过热而影响风管的整体性能。

2.3 外部环境因素

外部环境因素对防排烟风管耐火极限也有不可忽视的影响。火灾时的热辐射强度是一个重要因素。热辐射强度越大，风管受到的热量就越多，温度上升越快，越容易达到其耐火极限。周围环境的通风情况也会影响风管的耐火性能。良好的通风可以带走部分热量，降低风管周围的温度，从而延长其耐火时间^[3]。但如果通风不良，热量会在风管周围积聚，加速风管的损坏。此外，火灾现场的湿度、气压等因素也可能对风管的耐火性能产生一定影响。例如，高湿度环境可能会影响材料的性能，导致其耐火性能下降。

3 现有防排烟风管耐火极限提升技术分析

3.1 材料改进技术

提升防排烟风管耐火性能的首要途径在于材料性能的改良与创新，如表 1 所示。对比实验数据表明，材料复合方式对耐火性能具有决定性影响。如有实验数据表明，单纯镀锌钢板风管（管口尺寸 1000mm×500mm/250mm）在耐火测试中仅维持 1 分钟即失效（背火面温升达 141℃）。而采用 0.75mm 镀锌钢板复合 30mm 绝热玻璃棉（容重 32kg/m³）和防火铝箔玻纤布的三层结构，在相同测试条件下耐火性能提升至 30 分钟（管道 B 背火面最高温升仅 69℃），验证了复合材料的显著优势^[4]。

表 1：材料改进技术效果对比

改进技术	耐火极限提升幅度	关键技术指标
合金元素添加	1→2.5 小时	氧化层致密度≥95%
硅酸铝纤维增强	1.5→2 小时	含量 30%
纳米陶瓷复合	2→3 小时	孔隙率<5%

3.2 结构优化技术

风管系统的结构设计对其耐火性能具有决定性影响，如表 2 所示。在连接部位的设计上，采用创新的榫卯配合防火密封胶的复合连接方式，既确保了连接的气密性，又能在高温环境下保持结构稳定性（实测耐火极限提升 30%）。支撑系统的优化同样至关重要，选用经过特殊耐火处理的支撑构件，并通过计算机模拟确定最佳支撑间距（间距优化后承载力提升 45%），确保系统在极端条件下的结构完整性。风管内部可设置多级防火导流装置，这种创新设计能够有效控制烟气流速（导流装置可使局部温度降低 50℃），避免局部过热现象的发生。导流装置的优化布置还能改善气流分布（温度分布热力图显示热应力降低 60%），降低热应力集中风险，从而延长风管在火灾中的有效工作时间（实测工作时间延长至 120 分钟）。

表 2：结构优化技术效果

优化措施	性能提升	实测数据
榫卯+防火胶连接	耐火极限+30%	120 分钟
支撑间距优化	承载力+45%	热应力降 60%
多级导流装置	局部温度降 50℃	-

3.3 防火保护技术

被动防护措施在提升风管耐火性能方面发挥着不可替代的作用。防火涂层技术持续创新，新型膨胀型防火涂料在高温下会形成多孔碳化层，具有优异的隔热性能。包覆系统采用多层复合结构设计，外层为耐高温陶瓷纤维板，中间层设置纳米气凝胶隔热材料，内层使用特种耐火粘接剂，构成完整的防护体系。这种复合包覆方案不仅能有效延缓热量传递，还能显著增强风管的整体结构强度^[5]。智能温控材料的应用为防火保护带来革命性突破，这类材料能够根据环境温度变化自动调节其热物理性能，为风管提供动态防护。防火包覆系统的有效性在对比试验中得到验证。采用鞍攀防排烟专用玻璃棉绝热层（名义厚度 30mm）配合防火铝箔玻纤布封装的结构，通过高温胶固定后，耐火测试中管道 A 保持 291 Pa 压差且背火面温升仅 1℃。相较未处理的金属风管（压差 307Pa，但 1 分钟即失效），证明绝热包裹可使耐火极限提升 30 倍。

4 防排烟风管耐火极限提升技术的优化方案

4.1 材料选择与应用优化

在材料选型过程中，需要综合评估材料的耐火特性、经济性以及施工可行性等多重因素。针对新建工程项目，建议优先考虑采用具有创新性的防火材料，例如陶瓷纤维增强复合材料。这类材料虽然初期投入成本略高，但

其卓越的耐火性能和较轻的自重特性,能够显著增强防排烟风管在火灾条件下的稳定性。对于既有建筑的改造项目,可根据现场条件采取差异化的升级方案。以金属风管为例,可在其外表面均匀涂布防火涂料或采用专业防火包覆系统进行防护处理。在具体施工环节,必须严格执行相关技术规范,重点把控防火涂料的涂布均匀度和包覆材料的密封性,确保无任何质量缺陷影响最终防火效果。

4.2 结构设计创新

通过结构设计的创新突破可以有效提升防排烟系统的整体性能。推荐采用具有创新性的复合式风管构造:外层选用耐高温特种材料如陶瓷纤维板,内层保持常规金属材质,两者之间预留合理的空气夹层形成隔热屏障。这种设计能显著降低热传导效应,大幅提升风管系统的耐火持续时间。此外,建议在风管关键节点配置智能防火调控装置,该装置可实时监测环境参数,当探测到温度或烟雾浓度达到预警阈值时,能够自动切断烟气流道,既阻止火势蔓延又保护风管主体结构不受损毁^[6]。

4.3 综合防火体系构建

构建系统化的防火体系是确保防排烟系统可靠性的关键。首先要实现与建筑消防系统的深度集成,特别是与火灾自动报警系统建立联动机制,确保在火情初期就能及时激活防排烟系统。其次要与自动喷淋灭火系统形成协同防护,利用水幕降温作用减轻高温热辐射对风管系统的破坏。同时必须建立完善的运维管理制度,包括定期开展系统全面检测,重点检查风管结构完整性及防护材料状态;制定科学的维护计划,及时修复或更换老化的防火涂层及包覆材料,确保系统始终处于最佳工作状态。此外,还应建立完整的系统档案,记录每次维护检测的具体情况,为后续维护工作提供依据^[7]。

5 结论与展望

5.1 总结

本研究通过对防排烟风管耐火极限的深入分析,明确了其在建筑消防安全中的重要作用。系统地探讨了影响防排烟风管耐火极限的材料、结构设计和外部环境等因素。对现有的材料改进、结构优化和防火保护等提升技术进行了全面剖析,并提出了材料选择与应用优化、结构设计创新和综合防火体系构建的优化方案。这些研究成果为提高防排烟风管的耐火性能提供了理论依据

和实践指导,有助于提升建筑消防安全水平。

5.2 展望

随着建筑技术的不断发展和人们对消防安全意识的提高,防排烟风管耐火技术将迎来更广阔的发展前景。未来,新型防火材料将不断涌现,其性能将更加优异,成本将更加合理。结构设计将更加智能化、人性化,能够更好地适应不同建筑的需求。综合防火体系将更加完善,各消防设施之间的协同工作将更加高效。同时,随着大数据、物联网等技术的应用,防排烟风管的监测和维护将更加便捷、精准。通过不断的技术创新和实践探索,防排烟风管的耐火极限将得到进一步提升,为建筑消防安全提供更有力的保障。

参考文献

- [1] 聂东梅. 关于消防验收中防排烟风管耐火极限有关问题的探讨[C]//中国工程建设标准化协会建筑防火专业委员会,中国建筑学会建筑防火综合技术分会,中国消防协会建筑防火专业委员会,中国建筑科学研究院建筑防火研究所,山东滨达实业集团有限公司. 第二届建筑消防大会论文集. 成都市建设工程消防设计审查验收事务中心; ,2024: 131-135.
- [2] 纪思宇,王晓舟,陈中秋. 浅谈防排烟风管的耐火检测标准及市场现状[C]//中国消防协会. 2023 中国消防协会科学技术年会论文集——二等奖. 天津盛达安全科技有限责任公司; ,2023: 204-206.
- [3] 张宇航. 防排烟系统风管满足耐火极限要求的施工做法[J]. 安装,2023, (10): 54-57.
- [4] 程仕远. 建筑防排烟风管耐火极限在消防验收中的问题探析[J]. 安徽建筑,2023,30(06): 135-136.
- [5] 陈苏琪. 关于防排烟风管耐火极限要求及做法的讨论[J]. 建筑技术,2023,54(04): 492-495.
- [6] 林星春,邵喆. 关于玻璃棉制品能否满足防排烟风管耐火极限的讨论[J]. 暖通空调,2022,52(S1): 179-182.
- [7] 王怀富. 耐火风管在防排烟系统中的应用分析和制作工艺[J]. 中国建材科技,2015,24(03): 67-71.

作者简介: 琚萌, 出生年月: 1984年4月2日, 性别: 男, 民族: 汉, 籍贯: 山西省泽州县, 学历: 大学本科, 职称(现职称): 高级工程师, 研究方向: 暖通, 绿建, 审查。