

探析建筑钢结构防火涂料的防火性能及发展趋势

喻清华

重庆巨能建设集团建筑安装工程有限公司 重庆 400000

摘要: 随着城市化进程的加快和高层建筑的增多,建筑安全尤其是防火安全显得尤为重要。钢结构作为现代建筑的核心构件之一,其防火保护尤为关键。防火涂料作为一种有效的防火手段,能够显著提高钢结构的耐火极限。本文系统地分析了建筑钢结构防火涂料的防火性能及其发展趋势。

关键词: 建筑钢结构;防火涂料;性能;发展趋势

在现代建筑工程中,钢结构由于其高强度、施工速度快等优点被广泛应用。然而,钢材在高温下易失去强度,防火安全成为钢结构应用的一大挑战。建筑钢结构防火涂料因此应运而生,它的主要功能是形成一层保护膜来隔离火源,延缓钢结构在火灾中的升温速度,从而保护建筑结构的安全。探讨防火涂料的性能及其改进对于提升建筑安全具有重要的实际意义。

一、建筑钢结构防火涂料概述

1. 防火涂料的定义与作用

防火涂料是一种专门用于提高建筑结构耐火性能的涂料。在建筑钢结构的应用中,它主要通过形成一层保护膜来隔离热量和氧气,延缓钢材在高温下的温度升高,从而保护钢结构的承载能力和稳定性,为人员疏散和火灾扑救争取宝贵时间。此外,防火涂料还能有效减少火灾时有害气体的产生,降低火灾对环境的影响^[1]。

2. 防火涂料的分类

一种主要的分类方式是按照其作用原理分为膨胀型和非膨胀型防火涂料。膨胀型防火涂料在高温作用下会膨胀形成隔热保护层,而非膨胀型防火涂料则依靠其固有的物理厚度来延缓热量传递。此外,还有基于不同施工要求和特殊性能要求的分类,如水性防火涂料、溶剂型防火涂料、纳米复合防火涂料等。每种类型的防火涂料都有其特定的应用条件和性能特点,选择时应考虑钢结构的实际需求和环境因素。

二、建筑钢结构防火涂料的防火性能研究

1. 耐火极限

耐火极限是指涂料能在标准火灾试验条件下保持结构完整性和绝热性的最长时间。对于钢结构防火涂料而

言,其目的在于延长结构的耐火时间,为人员疏散和结构稳定性提供保障。

2. 热量传递性能

防火涂料应具备良好的隔热性能,能够有效降低热量通过钢结构传递的速率,从而保护钢结构在火灾中不会因高温而迅速失去强度。

3. 烟雾产生与毒性

优质的防火涂料在高温或火焰作用下,应该具有低烟、低毒的特性。因为火灾时产生的烟雾和有毒气体往往是导致伤亡的重要因素。

4. 附着力和耐久性

涂料需要具有良好的附着力,确保在火灾中涂层不会脱落,以及在长期的环境因素作用下(如湿度、温度变化、化学腐蚀)仍能保持良好的防护性能。

三、建筑钢结构防火涂料的防火性能提升技术途径

1. 改进涂层基材

传统的基材通常使用有机树脂,如环氧树脂、丙烯酸树脂等,虽然具有良好的附着力和成膜性,但在高温下可能会迅速分解,导致涂层失效。因此,改进涂层基材的研究成为提升防火涂料性能的关键路径之一。一种改进方法是通过物理或化学方式增强基材的热稳定性。例如,引入耐热性更好的无机物,如硅酸盐、磷酸盐等,通过形成无机-有机复合结构,提高基材的耐高温性能。此外,开发新型的高性能树脂也是提升基材防火能力的重要方向。这些新型树脂通过分子设计,引入耐热基团或增加交联密度,从而显著提升其在高温下的稳定性和炭化层的强度^[2]。

2. 优化膨胀型防火涂料的配方

这类涂料在高温作用下会膨胀形成绝缘的炭化层,

隔绝热量传递至钢结构，从而保护结构不受高温破坏。为了进一步提升膨胀型防火涂料的性能，配方的优化尤为关键。首先，选择适合的发泡剂和炭化剂至关重要，这些添加剂在火灾发生时会产生气体，促使涂层膨胀。传统的发泡剂如三聚氰胺，尽管有效但环保问题引人关注，因此研发更环保、效率更高的发泡剂是当前的研究热点。同时，增加协效剂的运用也是提升膨胀效果的策略之一。协效剂可以帮助形成更加均匀和稳定的泡沫结构，提高炭化层的隔热性能和力学稳定性。此外，适量添加阻燃剂，如有机磷化合物和无机硼化合物，可以显著提升膨胀涂层的阻燃效果。

3. 增加纳米材料的应用

近年来，纳米技术在防火涂料中的应用日益增多，特别是在提升建筑钢结构防火涂料的性能方面展现出独特优势。纳米材料因其极高的表面积与体积比和独特的化学物理性质，能够显著提高涂层的防火性能。纳米材料如纳米硅酸盐、纳米氧化物等被广泛应用于改善涂层的隔热性能和增强其结构稳定性。这些纳米粒子不仅提高了涂层在高温下的机械强度，还通过填充涂层内部的微小孔隙，减少了热量通过钢结构的传递。更重要的是，某些纳米材料具有催化成炭的作用，能够在火灾时促进形成更加连续和坚固的炭化保护层。此外，纳米材料还可以作为有效的阻燃剂使用。它们能促进炭化层的形成，并通过吸热作用降低钢结构的表面温度。例如，纳米层状双氢氧化物（LDH）不仅能提供物理阻隔作用，还能在高温下降解释放水蒸气，稀释周围氧气浓度，减缓火焰蔓延速度。

4. 引入无机-有机杂化技术

无机-有机杂化材料结合了无机材料的耐火性、耐腐蚀性和有机材料的柔韧性、高强度等优点，为建筑钢结构用防火涂料的性能提升提供了新的技术途径。这种杂化技术利用化学或物理方法将无机与有机组分结合在一起，形成具有协同效应的复合材料。在无机-有机杂化防火涂料中，无机组分通常是硅酸盐或磷酸盐等矿物质，它们在高温下可以形成陶瓷状的隔热保护层；而有机组分则提供良好的附着力和弹性，确保涂层在日常环境下的使用性能。通过调整两种组分的比例和结构，可以制备出既耐高温又具有良好机械性能的防火涂料。此外，杂化技术还允许通过溶胶-凝胶过程来制备这类材料，这种方法可以在较低的温度下进行，避免了高温处

理过程中材料的老化或降解问题。杂化材料还可以通过添加功能性填料如纳米粒子来进一步增强其性能，例如提高其在极端环境下的耐久性 or 增加其防腐蚀能力。

四、建筑钢结构防火涂料发展趋势

1. 超薄型发展

传统的厚质型防火涂料虽然具有较长的耐火极限，但其重量大、装饰效果差。相比之下，超薄型防火涂料不仅能达到较高的防火性能，而且在涂层厚度和装饰效果上也有显著优势。未来，超薄型防火涂料有望逐步替代传统厚质型产品，成为市场主流。

2. 多功能化发展

未来的防火涂料不仅需要具备优秀的防火性能，还应兼具防腐蚀、防水、隔热等多种功能。这种一体化的解决方案能够为钢结构提供更全面的保护，同时降低维护成本和材料使用。

3. 环保水性发展

环保法规的日益严格和公众对环境保护的关注推动了水性防火涂料的发展。水性涂料以水为溶剂或分散介质，VOC含量低，对环境和人体健康影响小。未来，水性防火涂料的研究和应用将成为该领域的一大趋势。

结语

建筑钢结构防火涂料作为提升建筑安全性的重要措施，已在全球范围内得到广泛应用。通过对现有防火涂料的性能分析，我们可以清晰地看到其发展趋势：未来的防火涂料将更加注重效率与环保的平衡，同时向多功能化和智能化方向发展。通过不断的技术创新和材料改良，防火涂料的应用将为建筑提供更加坚固的安全保障，同时也将促进建筑材料科学的持续发展。在此基础上，进一步的研究应关注成本控制、环境影响评估及新防火材料的开发，以满足未来建筑对防火安全的更高要求。

参考文献

- [1] 刁晓亮, 项凯, 潘雁翀. 不同升温条件对钢结构防火涂料耐火性能的影响[C]//中国消防协会. 2022中国消防协会科学技术年会论文集. 应急管理部天津消防研究所, 2022: 4.
- [2] 贾福兴. 建筑钢结构防火涂料的涂装保护与质量控制[C]//装配式钢结构建筑技术研究及应用. 浙江江南工程管理股份有限公司, 2017: 5.