

# 建筑结构中的耐火性能与防火设计

邵永强 赵伟成 董维凯

平遥县明珠建筑工程有限公司 山西 晋中 031100

**摘要:** 随着城市化进程的加速,建筑火灾的频发及其带来的巨大损失已成为公众关注的热点问题。本文旨在探讨建筑结构的耐火性能及防火设计,以减少火灾对建筑的损害,保障人民生命财产安全。文章首先分析了影响建筑结构耐火性能的主要因素,进而对现代建筑中常用的防火设计方法进行了评述,最后提出了一些提高建筑结构耐火性能的建议。

**关键词:** 建筑结构;耐火性能;防火设计

## 引言

火灾是威胁公共安全的主要灾害之一,而建筑作为人类生活和工作的重要场所,其防火性能尤为关键。近年来,高层建筑和大型公共建筑的快速发展,使得建筑防火问题愈发突出。因此,研究建筑结构的耐火性能,制定合理的防火设计方案,对于提高建筑的安全性具有重要意义。

## 1 建筑结构耐火性能的影响因素

### 1.1 材料性能

建筑材料的热工性能和力学性能是构筑结构耐火性能的基石。在高温环境下,材料的物理和化学性质会发生显著变化,直接关乎结构的整体表现。热工性能方面:材料的导热系数、比热容、热膨胀系数等热工参数决定了其在火灾中的温升速度和热量传递效率。低导热性材料能有效减缓火势蔓延,而高比热容材料能吸收更多热量,降低温度上升速率,从而延长结构的耐火时间<sup>[1]</sup>。力学性能方面:高温会导致材料强度(如抗压、抗拉强度)和弹性模量的显著下降,甚至引发材料变形、开裂或熔化。例如,钢材在高温下会迅速失去强度,发生软化乃至坍塌,而混凝土则可能因内部水分蒸发导致的“爆裂”现象而丧失承载力。

### 1.2 结构形式与构造

建筑的结构形式和构造细节对耐火性能有着深刻影响。钢筋混凝土结构因其内部钢筋被混凝土包裹,形成天然的保护层,能有效隔绝高温对钢筋的直接作用,故展现出良好的耐火性。相比之下,钢结构虽轻质高强,但钢材的热敏感性强,无有效保护时易因高温而迅速丧失稳定性。构造细节方面,如梁柱节点的连接方式、楼板的防火隔离层设置、防火墙和防火带的布局等,都能显著提升结构的整体耐火性能。合理的构造设计能有效阻止火势的水平 and 垂直蔓延,为救援和疏散争取宝贵时间。

### 1.3 荷载比与火灾规模

荷载比反映了结构承受的实际荷载与其设计极限荷载之间的比例关系。较高的荷载比意味着结构在火灾中承受额外应力的能力有限,耐火极限相应降低。因此,合理控制建筑荷载,确保结构在设计时留有足够的安全余量,是提升耐火性能的关键。火灾的温度和持续时间直接决定了对结构材料的热冲击强度。高温不仅加速材料性能的劣化,还可能引发材料的相变或化学反应,进一步削弱结构强度。火灾持续时间越长,结构受损程度越深,耐火极限也就越短。因此,通过有效的火灾预防措施和快速的初期灭火机制,控制火灾规模和蔓延速度,对于保护建筑结构至关重要。

## 2 现代建筑防火设计方法

### 2.1 性能化防火设计

性能化防火设计是一种基于消防安全工程学原理的先进设计理念,它突破了传统规范式设计方法的局限,转而采用更为科学、灵活且针对性的策略来确保建筑物的消防安全。性能化防火设计的核心在于“性能”,即不再仅仅依赖于固定的规范条款,而是根据建筑物的实际使用功能、规模、结构特点、人员密度、火灾风险等因素,设定具体且可量化的消防安全目标。这些目标可能包括限制火灾的蔓延速度、确保人员安全疏散的时间、控制火灾对结构的破坏程度等。为了实现这些目标,性能化防火设计采用先进的计算模型和实验方法,对建筑物的火灾风险进行详细的定量分析和评估。这包括火灾场景的模拟、烟气流动的预测、结构响应的分析等,以确保防火设计方案的科学性和有效性。性能化防火设计的最大优势在于其灵活性。它允许设计师根据建筑物的具体情况,如地理位置、气候条件、使用性质等,量身定制防火方案。这种针对性设计不仅提高了防火效率,还降低了不必要的成本投入,实现了安全与经

济的双重优化。性能化防火设计强调综合考量，不仅关注火灾的直接威胁，还考虑火灾对人员心理、环境破坏、社会影响等多方面的间接影响。同时，它鼓励在设计、施工、使用等全生命周期内对防火性能进行持续监测和评估，以便及时发现并纠正潜在的问题，确保建筑物的长期消防安全。

## 2.2 处方式防火设计

处方式防火设计，作为传统且广泛应用的防火设计方法，其核心在于严格遵循国家和行业制定的防火规范和标准。这种方法通过详细规定建筑构件的耐火等级、防火间距、疏散通道宽度、消防设施配置等具体参数和指标，为建筑设计提供了明确的指导框架。处方式防火设计的基础是各类防火规范，如《建筑设计防火规范》、《高层民用建筑设计防火规范》等。这些规范基于大量的火灾案例研究、实验数据和经验总结，规定了不同类型、不同用途建筑物的防火设计要求，确保了设计的基本安全性和合规性。由于处方式防火设计主要依赖于现成的规范和标准，设计师在设计过程中只需对照规范进行选择和调整，无需进行复杂的火灾风险评估或性能化分析。这种方法的简便性使得设计周期相对较短，成本较低，适用于大量性、常规性的建筑设计项目<sup>[2]</sup>。然而，处方式防火设计的局限性也在于其“一刀切”的特性。对于某些特殊或复杂的建筑类型，如大型综合体、超高层建筑、地下空间等，仅依靠规范可能无法充分满足其独特的防火需求。此外，随着建筑技术、材料科学以及消防安全理念的不断进步，现有规范可能无法及时反映最新的防火技术和理念，导致设计上的滞后。因此，在实际应用中，处方式防火设计往往需要与其他防火设计方法（如性能化防火设计）相结合，以弥补其不足。通过综合考虑建筑物的具体情况和防火需求，灵活运用规范条款，并在必要时进行适当的创新和调整，可以实现更为全面、有效的防火设计。

## 3 提高建筑结构耐火性能的设计建议

### 3.1 选用高性能防火材料

在建筑设计与施工的精细化过程中，高性能防火材料的选择与应用是提升建筑结构耐火性能的首要环节。这不仅关乎材料的本身性能，还涉及材料间的协同作用、施工工艺以及后期维护等多个方面。

#### 3.1.1 耐高温混凝土

耐高温混凝土通过在普通混凝土中加入耐高温添加剂（如硅灰、粉煤灰等）或采用特殊工艺处理，使得混凝土在高温下能够保持较高的强度和稳定性。这种混凝土具有较低的导热系数，能够有效减缓火势对结构内部

的侵蚀。在选择耐高温混凝土时，应重点关注其耐火极限、高温下的强度保持率以及热膨胀系数等关键指标。同时，需考虑混凝土的施工性能、成本以及与其他材料的兼容性。在关键结构部位，如梁柱节点、楼板等，应优先使用耐高温混凝土，以增强结构的整体耐火性能。此外，还可以通过增加混凝土的厚度或采用复合结构等方式，进一步提高其耐火能力。

#### 3.1.2 防火涂料

防火涂料主要分为膨胀型、非膨胀型和隔热型三大类。膨胀型涂料在高温下能迅速膨胀形成隔热层，非膨胀型涂料则通过自身的高耐火性能来阻隔火势，而隔热型涂料则主要依赖于其良好的隔热性能来降低钢材的温度上升速率。选择防火涂料时，应根据钢结构类型、使用环境以及耐火要求等因素综合考虑。对于大型钢结构，如桥梁、高层建筑的框架等，应采用耐久性强、防火性能优异的涂料<sup>[3]</sup>。在施工时，应确保涂料均匀涂抹，厚度符合设计要求，并注意涂料的维护与更新。防火涂料在使用前应进行严格的性能测试，包括耐火极限测试、热震稳定性测试等，以确保其在实际火灾条件下的可靠性。

#### 3.1.3 其他关键材料的防火选择

电缆与管道应选用阻燃或难燃电缆和管道，以减少火灾时的火势蔓延。对于重要电缆和管道，还可以考虑采用防火槽盒或防火包覆材料进行额外保护。隔断墙应采用难燃材料，如石膏板、矿棉板等，以形成有效的防火隔离。门窗则应选择防火门窗或配备自动喷水灭火系统，以在火灾时迅速隔绝火源。室内装饰材料也应具备阻燃或难燃特性，如使用阻燃地毯、窗帘等。同时，应避免使用易燃易爆的装饰材料，如塑料、泡沫等。

## 3.2 优化结构设计与构造

在建筑结构的设计与构造过程中，通过采取一系列科学合理的措施，可以有效增强结构在火灾中的稳定性和承载力，从而提高整体的耐火性能。这不仅涉及对结构构件的直接加强，还包括巧妙的构造设计来阻隔火势的蔓延。

### 3.2.1 增大构件截面与强化连接

一是增大截面尺寸：对于关键的承重构件，如梁柱、楼板等，通过适当增加其截面尺寸，可以显著提高构件的耐火极限和承载力。这主要是因为较大的截面能够提供更好的热阻，减缓火灾对构件内部的侵蚀，同时增加构件的惯性矩，提高其抗弯和抗剪能力。二是强化连接节点：结构连接节点是火灾中容易失效的部位。因此，应采用高强度的连接材料和可靠的连接方式，如焊

接、螺栓连接等，并考虑在节点处设置防火保护层，以减少火灾对连接性能的破坏。

### 3.2.2 设置防火隔离带与分隔构造

一是防火隔离带：在建筑结构中设置防火隔离带，如防火墙、防火隔板等，可以有效阻隔火势的蔓延，保护相邻区域免受火灾波及。防火隔离带应设置在建筑的关键部位，如楼梯间、电梯井、管道井等，以确保火灾时人员的安全疏散和消防救援的顺利进行<sup>[4]</sup>。二是分隔构造：通过合理的建筑布局 and 分隔构造，将建筑划分为多个防火分区，每个分区内设置独立的消防设施，如自动喷水灭火系统、防火门等。这样可以在火灾初期将火势控制在较小范围内，防止火势的迅速扩大。

### 3.2.3 考虑结构冗余与可替代路径

一是结构冗余设计：在结构设计中考虑冗余度，即设置多条传力路径和备用构件，以确保在部分构件受损时，结构仍能保持稳定和承载力。这种设计可以提高结构的整体抗震和抗火性能。二是可替代疏散路径：在建筑内部设置多条疏散通道和可替代的疏散路径，以确保在火灾时人员能够迅速疏散到安全地带。同时，应确保疏散通道的宽度、照明和指示标志的清晰度符合规范要求。

## 3.3 完善消防设施与管理

为确保建筑物在火灾面前具备强大的防御与应对能力，必须精心规划并配置一系列高效、可靠的消防设施，同时建立起严密的消防安全管理机制。

### 3.3.1 完善消防设施配置

一是自动喷水灭火系统：作为火灾初期控制火势的关键设施，自动喷水灭火系统应覆盖建筑物的关键区域，如走廊、楼梯间、机房、仓库等。系统应设计合理，确保喷头布置均匀，水压稳定，能够在火灾发生时迅速响应，有效扑灭初期火灾。二是火灾自动报警系统：该系统应集成烟感、温感等多种探测器，覆盖建筑物的各个角落，实现火情的早期发现。报警系统应与消防控制室相连，确保火警信息能够迅速传递，为及时响应提供有力支持。三是其他消防设施：根据建筑物的特点和需求，还应配置气体灭火系统、泡沫灭火系统、消防栓系统、应急照明与疏散指示系统等。这些设施应相

互协调，形成完整的火灾防控体系。

### 3.3.2 加强消防安全管理

根据建筑物的实际情况，制定详细的消防安全管理制度，包括火源管理、电气安全、易燃易爆物品管理等方面的规定。确保员工和居民了解并遵守这些制度。定期对员工和居民进行消防安全培训，提高他们的消防安全意识和自救互救能力。同时，组织消防演练，模拟火灾场景，检验应急响应流程和消防设施的有效性。建立日常巡查制度，对建筑物的消防安全状况进行定期巡查。对于发现的隐患和问题，应及时整改并记录。同时，加强与消防部门的沟通与合作，接受其指导和监督。

### 3.3.3 构建智能消防管理系统

利用物联网、大数据等技术手段，构建智能消防管理系统。实现对消防设施运行状态的实时监控和数据分析，及时发现并预警潜在的安全隐患。通过智能系统实现对消防设施的远程控制和调度。在火灾发生时，能够迅速启动应急响应程序，调动周边消防资源，提高灭火救援效率。

## 结语

建筑结构的耐火性能和防火设计是保障建筑安全的关键环节。本文通过分析影响建筑结构耐火性能的因素及现代建筑防火设计方法，提出了一些提高建筑结构耐火性能的建议。未来，随着新材料、新技术的不断涌现，建筑防火设计将面临更多的挑战和机遇。因此，我们需要不断深入研究，探索更加科学有效的防火设计方案，为构建安全、和谐的社会环境贡献力量。

## 参考文献

- [1]薛岗.建筑框架结构耐火性能评价方法.天津市,应急管理部天津消防研究所,2021-09-19.
- [2]张铁壮.结构耐火性能分析在建筑性能化防火设计中的实施[J].天津化工,2020,34(02):77-78.
- [3]杜宝.基于性能化防火设计的大型商业综合体防火设计探究[J].消防界(电子版),2024,10(05):90-92.
- [4]吴娟.建筑结构设计中的防火设计的研究[J].住宅与房地产,2016,(09):74.