

建筑结构防火设计性能化要求的研究

邱培芳，倪照鹏

摘要：在总结我国建筑物性能化防火设计实践经验基础上，通过对比国内外相关规范对建筑物结构防火设计的规定，提出了建筑物性能化结构防火设计的设计目标、功能目标和性能要求。

关键词：性能化；结构；防火；规范

1 前言

从上个世纪 70 年代开始，英国、澳大利亚、美国等发达国家开始将建筑结构防火的重点从强调单一构件的耐火性能转向整个建筑结构和相关防火体系的协同作用，并逐步开展了以性能为基础的建筑防火技术的研究。1979 年，澳大利亚 Vaughan Beck 开始进行风险评估模型的开创性研究；1985 年，英国建筑法规首次以性能式要求颁布。随后，瑞典、澳大利亚、新西兰、加拿大、美国等国家也相继颁布了以性能要求为主的规范^[1]。

我国从 1980 年末开始开展建筑物性能化防火设计方法的基础研究，从 2000 年前后开始工程应用。尽管各国在建筑物性能化防火设计方法和评估技术的研究及其相关标准制定方面进行了大量工作，但仍有大量问题需要进一步研究。特别是，我国急需制定以性能为基础的防火标准来规范和指导建筑物性能化防火设计与评估工作。为此，我国“十一五”科技支撑项目对此进行了专题研究，建筑结构防火设计的性能化设计目标、功能目标和性能要求的研究是其主要内容之一。

2 国内外相关规范对建筑结构防火的规定比较

2.1 国外相关规范对建筑结构防火的规定

对于建筑结构的设计性能水平，美国《建筑与设施性能规范》^[2]根据结构受不同荷载作用后的容忍限度，将其分为四个等级，即轻微级、中度级、重度级和严重级。

加拿大《国家建筑规范》^[3]则分别通过规定建筑主要构件和次要构件的性能来实现建筑结构的防火、防烟性能。如，规定防火墙必须能预防其倒塌，强调防火墙的耐火性能和防物理碰撞性能。

《新西兰建筑规范》^[4]明确规定了建筑结构在火灾时的稳定性，具体要求如

下：

1) 设计目标：保护人员在火灾时不因结构失去稳定性而受到伤害；保护建筑和其他财产不因火灾导致的结构失稳而遭受损失。

2) 功能目标：建筑结构在受到火灾作用时应保持稳定性，从而

- (1) 允许人员有足够的时间进行安全疏散；
- (2) 允许消防队员有足够的时间进行灭火救援；
- (3) 避免建筑倒塌危及相邻建筑和其他财产。

3) 性能要求：

(1) 构件的耐火性能应与其功能和建筑的火灾荷载、强度及其危害、建筑高度及建筑内外的消防设施相适应。

(2) 构件的耐火性能不应低于同一防火分区内由其支承构件的耐火性能。

(3) 耐火性能较低构件的破坏不应导致要求具有较高耐火性能的构件破坏。

《新加坡防火规范》^[5]在“建筑结构防火”一章中规定了建筑火灾的预防措施，包括通过分隔减小火灾向邻近建筑物蔓延的危险，通过建造稳定、持久的结构来防止建筑物在火灾中不合时宜地垮塌，通过将建筑物分隔成若干防火分区来防止火灾在建筑物内不同区域之间蔓延等。

以上这些国家对建筑结构防火的相关规定，均为性能式的一般性要求。

2.2 我国现行国家标准对建筑结构防火的规定及存在的问题

《建筑设计防火规范》^[6]（GB50016—2006）分别规定了不同建筑的耐火等级及其构件的耐火极限。如对于不同类型和耐火等级建筑的防火墙，均应为不燃烧体且耐火极限不应低于 3h。此外，还对其构造做了详细规定。如“防火墙应从楼地面基层隔断至顶板底面基层。当屋顶承重结构和屋面板的耐火极限低于 0.50h，高层厂房（仓库）屋面板的耐火极限低于 1.00h 时，防火墙应高出不燃烧体屋面 0.4m 以上，高出燃烧体或难燃烧体屋面 0.5m 以上。……”等，该规定主要目的是强调防火墙的分隔和阻断火灾蔓延的作用。实践证明，在火灾中，防火墙能有效地将火灾限制在一定空间内，使其被阻断在防火墙的一侧而不会蔓延至另一侧。

以上仅就《建筑设计防火规范》中对结构防火设计的相关规定进行了举例说明。可以看出，我国规范对结构防火的规定主要为规格式的要求，几乎每项要求都有明确的指标。在进行建筑结构防火设计时，如果达不到相应的规定值，即可视为不合格。

3 建筑构件的主要作用及影响其耐火性能的主要因素

建筑构件根据其在建筑结构中的受力情况和在被动防火系统中所起作用，可分为主要构件和次要构件。主要构件是主要承重受力构件或主要的防火分隔构件，在火灾条件下一旦达到其耐火极限状态，失去耐火性能，可能会导致建筑结构失稳、过早坍塌，从而危及人员疏散与救援或导致火灾大面积蔓延。

对于次要构件，尽管对于结构整体稳定和承载以及防火的作用相对较小，但如能在火灾初期有效阻止火灾和烟气蔓延，同样可为建筑内人员的安全疏散、消防救援人员的灭火和救援活动提供条件。因此，在建筑结构防火设计时，同时考虑次要构件在防火、防烟等方面的重要作用及其对建筑主要构件的影响，也是十分必要的。

构件的耐火性能主要受其受火条件下的稳定性、完整性和隔热性决定。不同构件，影响其耐火性能的因素尽管略有差异，但主要影响因素基本一致。

1) 材料的高温或燃烧性能。大量试验结果表明，构件的完整性受构件材料的影响较大。如果构件材料容易发生爆裂，在受火时构件就易局部穿透，从而失去完整性。如材料受热易发生塑性变形或会分解燃烧且难形成足够厚度的碳化保护层，使构件承载力下降或变形过大，会导致构件失去稳定性而发生破坏。

2) 材料的导热系数和构件厚度。材料的导热系数越大，热量越易于传到背火面；或者构件的厚度越厚，背火面达到某一温度的时间也越长，从而使其具有良好的隔热性能。

3) 构件的应力比、截面尺寸和形状、表面保护情况、受力状态以及支承条件和计算长度等也对构件的耐火稳定性影响较大。

4) 建筑内的环境条件，如火灾荷载及其强度、建筑高度、消防设施配置情况等外部因素也会对构件的耐火性能产生一定影响。

因此，在设计建筑构件时应该充分考虑影响构件耐火极限的相关因素，使构件具有良好的耐火性能，保证其在建筑防火、防烟方面的作用。

4 建筑结构的防火设计目标、功能目标和性能要求

结构的防火设计目标应是保证所设计建筑在受到火灾作用时应实现的基本要求，应体现公众和投资者的安全期望。功能目标应能清楚描述建筑结构要实现其防火设计目标所应具备的基本功能要求。性能要求则是能够用于判定设计是否满足功能目标的详细要求。如对于“为消防车辆提供及维持适当的车道”这一功能目标，其性能要求有“车道的净空高度和净宽度应满足消防车通行的要求”、

“车道两侧建筑物的突出物或附属设施不应影响消防车的通行”和“车道的地面承载力应满足消防车满载时的轮压要求”等。

综上所述，建筑结构的防火设计目标、功能目标和性能要求可确定如下：

1 设计目标

在预计的火灾作用下，建筑结构或构件应具有足够的耐火性能和防止火灾蔓延的作用。

2 功能目标

1) 建筑构件能避免因其在火灾中发生变形或破坏而导致建筑结构的破坏或失去承载力；

2) 构件的破坏不会危及建筑内人员的疏散安全和灭火救援人员的安全；

3) 建筑构件能避免在火灾中发生难以修复或影响重要功能的使用的变形或垮塌、减少灾后结构的修复费用和难度，缩短结构功能的恢复期；

4) 预防因构件破坏而加剧火灾或导致火灾蔓延至其它防火区域或相邻建筑物。

3 性能要求

1) 建筑构件的耐火性能应与构件的功能、建筑的功能与用途、建筑内的预计火灾荷载、火灾强度及其持续时间、建筑高度与体量以及建筑内外的消防设施相适应；

2) 建筑承重构件在火灾作用下，应具有足够的承载力；

3) 建筑分隔构件的燃烧性能和耐火极限在设计时间内应能防止火灾和烟气的蔓延；

4) 建筑物中各构件的耐火性能应具有合理的关系，在火灾作用下主要构件的变形不应超过允许变形值；

5) 在火灾作用下，建筑结构能为人员安全疏散提供足够的时间。

5 结论

在确定我国建筑结构的防火设计目标、功能目标和性能要求时，应结合我国的经济技术发展与火灾状况，考虑建筑物的高度、体量、功能和消防安全与建设投资的合理关系。建筑构件的防火设计应根据其性能目标及其功能目标和性能要求，分清主次构件，分别确定不同构件的具体设计要求。只有合理确定建筑结构或构件的相关性能要求，才能更科学、合理地完成建筑结构防火设计，确保建筑的消防安全性能。

参考文献:

- [1] Brian J. Meacham, The Evolution of Performance-based codes and fire safety design methods. NIST-GCR-98-761.
- [2] 国际规范委员会标准 (ICC), 建筑与设施性能化规范[S], 2006 年.
- [3] 加拿大国家标准, 加拿大国家建筑规范[S], 2005 年版.
- [4] 新加坡国家标准, 新加坡防火规范[S], 2004 年版.
- [5] 新西兰国家标准, 新西兰建筑规范[S], 2004 年版.
- [6] GB50016-2006, 建筑设计防火规范[S].
- [7] GB50045-95 (2005), 高层民用建筑设计防火规范[S].

——本文发表于《第三届全国结构抗火学术交流会论文集》(2009 年 10 月)