

会展建筑防火设计难点和防火设计策略

乔旭¹ 阚强² 刘庭全²

(1 天津市公安消防局 2 公安部天津消防研究所)

摘要: 会展建筑因功能需要普遍具有建筑面积大、空间高、人员聚集、用途较多等特点, 使得其防火设计在防火分隔、人员疏散、消防设施选型等方面存在诸多难点。通过对国内多个会展建筑防火设计的归纳研究, 总结和明确了需重点解决的难点问题, 针对国内多个会展建筑防火设计中存在的问题, 研究提出了相应的解决方法。

关键词: 会展建筑; 防火设计

1 引言

会展业在我国发展快速, 对推动和促进经济发展发挥了重要作用。国内众多大中型城市为发展会展经济, 完善城市功能, 建设了一大批会展建筑, 如天津梅江会展中心、南京会展中心、广州琶洲会展中心、中国国际展览中心新馆等。

会展建筑是指以展览空间为核心空间, 会议空间作为相对独立的组成部分, 并结合其他辅助功能空间(包括办公、餐饮、休憩等)的大型展览建筑综合体。作为一种现代化的大型公共建筑, 为使建筑造型空间满足高大、空阔、舒适的使用要求, 会展建筑比其他建筑更加追求视觉上的通透性, 而且技术更加现代化、规模更加大型化, 这使得其防火设计存在诸多难点。目前, 国内多数会展中心在建设过程中开展了消防专项研究, 积累了丰富的实践经验, 为今后会展建筑的防火设计提供了有益的借鉴。

2 会展建筑特点

会展建筑主要用于举办会议、展览、大型活动等, 功能用途广泛。为满足不同用途对建筑的需要, 保证室内布置的灵活性, 会展建筑通常高大、开阔。如天津梅江会展中心最大展厅建筑面积为 13550m², 室内净高约 19m; 中国国际展览中心新馆最大展厅的建筑面积为 16090m², 室内净高约 23m。

由于会展建筑用途广泛, 因此建筑内可燃物具有不确定性。当建筑用于举办会议时, 主要可燃物为座椅、沙发等; 当建筑用于举办展览时, 主要可燃物为各

类展品，而且展品比较繁杂，可能包括服装、书籍、食品等各式商品；当建筑用于举办大型文艺活动时，主要可燃物为各类道具、舞美设备等。

各类活动通常选择在周末、节假日举行，因此，会展建筑内人员数量较多，尤其是一些大型招聘会、商品展销会期间更是人员高度密集。由于举办不同活动时，建筑会采取不同的布置和分隔形式，这使得建筑内人员难以熟悉室内环境。

空间高大、可燃物种类多、人员聚集等特点，决定了会展建筑的防火设计会存在一些难点，需采取针对性的技术措施。

3 防火设计的主要难点

3.1 防火分隔

由于展厅空间高大，其防火分区划分是个比较突出的难题。如果采用防火墙划分防火分区，一方面技术上较难实现，另一方面大空间失去了开敞的视觉效果；如果采用防火卷帘划分防火分区，卷帘自重过大，而且目前防火卷帘在设计、使用和维护过程中还存在着诸多问题，大范围的使用防火卷帘增加了不可靠性；如果采用防火分隔水幕划分防火分区，其用水量大，经济性较差，而且由于建筑高度较高，分隔效果会受到影响。

3.2 安全疏散

由于展厅规模大，其长度、宽度均较长，导致展厅内部分区域的疏散距离较长，不能满足现行国家标准的相关要求。此外，现行国家标准对于会展建筑的使用人数无明确规定，设计中的疏散宽度及出口数量能否满足人员安全疏散需要，不能直接复核和判断。

3.3 排烟方式及设计参数

展厅高度较高，如果采用自然排烟方式，效果会受到影响；而受建筑外立面效果以及通风、防雨等限制，排烟窗的设置位置、开启方式受到约束，也直接影响到排烟的效果。展厅如果采用机械排烟，根据现行国家标准相关要求计算得到的排烟量较大，加之现行国家标准对风管材料限定为不燃材料，使得风管自重较大。而通常展厅屋顶造型丰富，跨度大，使得风管布置存在难度。

3.4 探测和灭火设施选型

展厅高度通常大于 12m，而当普通闭式喷头布置高度超过 12m 时，喷头不能迅速地感受到地面火源的影响，从而不能迅速动作，会造成灭火延误。在高大

空间建筑中，烟气流动的距离较长，其温度和浓度都会迅速降低。在火灾初期，相当多的烟气可能升不到顶棚便开始发生弥散。此外，高大空间建筑易产生热障现象。因此，顶棚安装式的各种点式感烟及感温火灾探测器在这种空间内均无法及时探测到火灾。为准确及时发现火灾、扑灭火灾，需结合展厅建筑形式及功能特点选择火灾探测设施和灭火设施的类型。

3.5 钢结构防火保护

钢结构与用其他材料建造的结构相比，具有强度高、重量轻、工业化程度高、工期短且抗震性能好等优点，对于高大空间建筑有较好的应用条件。目前，会展建筑较为广泛的采用钢结构。钢结构的缺点在于耐火性能差，虽然展厅空间高大，有较好的蓄烟、纳热能力，可有效减小火灾对结构的影响，但展厅内布置展品的种类、高度等存在较大的不确定性，因此，需合理确定钢结构的防火保护范围及方式。

4 防火设计策略

4.1 防火分隔设计

展厅空间高大、可燃物具有不确定性，为避免火灾的大规模蔓延，展厅应进行有效的防火分隔。展厅周围通常设置有辅助功能房间，如办公室、会议室、库房和设备用房等。为减小这些功能用房与展厅之间火灾时的相互影响，应采取措施将功能用房与展厅进行有效的防火分隔，可采用耐火极限不低于 3.0h 的不燃烧体墙和不低于 1.5h 的楼板将功能用房与展厅进行分隔，房间的门采用甲级防火门，面向展厅的墙上必须开设的窗口，采用固定甲级防火窗。

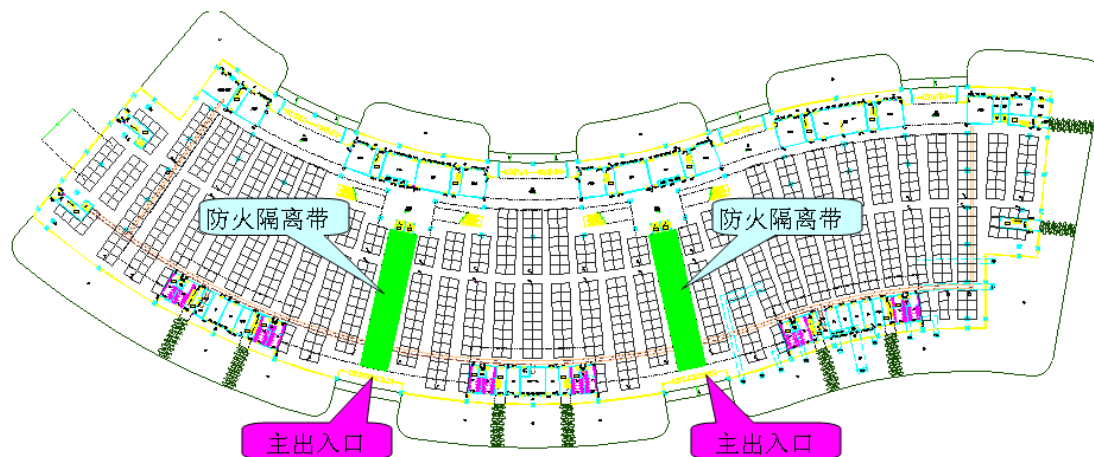


图 1 某展厅防火隔离带设置

当展厅采用防火墙、防火卷帘或防火分隔水幕划分防火分区存在困难时，可

考虑采用“防火隔离带”进行防火分隔，即在展厅内设置一定宽度的净空，防止该净空相邻两侧的火灾相互蔓延。防火隔离带的设置应注意以下几个方面：

- 1) 与展位布置协调，隔离带的设置应尽可能减小对展位布置的影响；
- 2) 能够直通室外，隔离带上无物品摆放且空间开阔，可作为人员理想的疏散通道，隔离带直通室外有助于人员安全疏散；

3) 尽可能减小占地面积，有效提高展厅的利用面积。图 1 显示了某展厅隔离带设置方案，如该展厅沿横向设置防火隔离带，不仅占用面积较大，而且路线曲折，不能通向展厅主出入口，不利于人员疏散。

4) 根据展厅的火灾规模合理确定防火隔离带宽度。防火隔离带的宽度应能阻止火灾通过热辐射进行蔓延。假设展厅发生 20MW 的火灾，展出物品受热辐射作用被引燃的最小热流量为 10 kW/m²，根据公式 1 可计算出隔离带宽度不应小于 7.3m，考虑一定安全系数，可取 9.0m。

$$R = \left(\frac{\dot{Q}}{12\pi q} \right)^{1/2} \quad \text{公式 (1)}$$

式中： \dot{Q} —火源热释放速率，kW；

R —距火源中心的距离，m；

q —受辐射作用引燃可燃物的最小热流量。

4.2 安全疏散设计

为减小展厅内人员的疏散距离，保证人员的安全疏散，在疏散设计中需注意：

- 1) 根据展厅平面布置，均匀布置安全出口，在展厅的短边布置安全出口，可有效减少部分疏散距离较长的区域。
- 2) 展厅根据建筑形式、不同的用途合理设置疏散诱导与指示设施，可在地面设置能保持视觉连续的疏散指示标志。

3) 合理确定展厅内人数，设计安全出口数量及疏散宽度。我国相关标准未明确规定展厅的使用人员密度。在实际工程中，通常参考国际相关标准、国内相关研究成果和工程实际情况确定人员密度。表 1 列出了不同国家和地区关于展厅的人员密度系数，表中的人员密度是按展厅的“使用面积”，即建筑面积除去不对公众开放的管理房、设备房和疏散楼梯间、厕所等房间后的面积确定的。国内部分会展建筑展厅的疏散人数计算方法如表 2，人员密度是按展厅的“建筑面积”确定的。

表 1 不同国家和地区关于展厅人员密度系数

参考资料	人员密度系数 (人/m ²)
香港《火警逃生途径守则》(1996 年)	0.5
美国 NFPA 101《Life Safety Code》(2009 年)	0.71
英国《Approved Document B》(2000 年)	0.67
日本《避難安全検証法》(2000 年)	0.5

表 2 国内部分会展建筑展厅疏散人数的计算

项目	人员密度系数 (人/m ²)
大连星海会展中心二期工程	0.5
郑州国际会展中心	0.5
深圳会展中心	0.435
北京奥林匹克会展中心	0.5
中山博览中心	0.5

根据上述分析，展厅的人员密度宜根据建筑面积按不小于 0.5 人/m² 考虑，并建议在展厅出入口设置人流统计装置，当展厅内同一时间人数大于设计值时，应采取措施限制人员进入展厅。

4.3 排烟设计

展厅的空间高大，火灾荷载密度较高，因此，优先考虑采用机械排烟方式。机械排烟设计注意以下几个方面：

1) 合理确定机械排烟量。可根据相关公式，在合理确定火灾最大热释放速率的基础上计算得到产烟量，并考虑一定安全系数确定机械排烟量。产烟量的计算公式可参照 ISO 16735《消防安全工程 – 烟气层计算公式要求》、NFPA 92B《内街式购物中心、中庭和大空间烟控系统指南》。

2) 展厅空间高大，蓄烟能力较强，而且烟气往往升不到顶棚便开始弥散，因此，机械排烟口的位置可不一定布置在展厅的最高处，但排烟口的设置应确保将烟气维持在一定高度，保证人员安全。图 2 显示了与展厅相似的国外某航站楼内排烟管道及排烟口设置，其排烟口并未设置在室内最高处。

3) 展厅内排烟管距离地面较高，受火灾的影响较小。因此，管道材料的燃烧性能可考虑适当降低要求，采用难燃材料，以降低管道重量，便于管道布置。



图 2 国外某航站楼排烟管道及排烟口设置

当展厅内设置机械排烟系统确有困难时，可考虑采用自然排烟。自然排烟的有效开口面积应根据排烟窗开启形式进行核算，不应采用上悬窗。排烟窗应与火灾自动报警系统联动，火灾时能自动开启。自然排烟口的设置应避免展厅各区域内的排烟口间距不宜过大，并应考虑热障现象及展厅外逆风的影响。

4.4 探测和灭火设施设计

可用于展厅内的自动灭火系统有雨淋系统、固定消防水炮灭火系统和自动扫描定位灭火系统。雨淋系统的优点是水量大、覆盖充分、控制火灾蔓延效果好，缺点是必须与火灾报警系统联用，且造价较高、灭火针对性不强、水渍损失大。固定消防水炮灭火系统有手动、远控和自动式等形式，水量大、灭火效果好，但对控火、保护人员不利。自动扫描定位灭火系统保护距离可达 9m 以上，水流量适中、灭火针对性强，相比前两种系统更适用于展厅。自动扫描定位灭火系统型号较多，需结合展厅建筑设计，分析不同类型的喷水流量、保护半径、喷头安装高度、安装方式等确定选型。

对于火灾自动报警系统，表 3 列出了可应用于展厅的火灾探测系统的比较。一般，光电火焰探测和图像火焰探测等火焰探测装置不受热障现象的影响，适用于火灾发展迅速，并产生强烈光和火焰辐射的场所，不适用于阴燃火。红外光束感烟火灾探测、吸气式烟雾火灾探测、光截面图像感烟火灾探测等探测装置，能够及时探测到处于阴燃阶段的火灾，但易受热障现象和光路上障碍物的影响而无法正常工作。因此，当选用易受热障现象影响的探测装置时，应采取措避免屋面下方温度偏高或调整设施安装高度，距离展厅屋面保持一定距离；采用光探测装置时，应充分考虑展厅内布置形式，避免被遮挡。

表 3 可应用于展厅的火灾探测系统的比较

探测系统	传感机理	探测距离	控制面积	抗振性	热障影响	安装方式
吸气式感烟探测	接触式 吸气感烟	吸气孔参照点 式感烟探测器	依据吸气孔	好	有	顶棚吸气管
普通光束对射探测	减光式 光电感烟	100m	1400 m ²	差	有	空间中部侧墙， 需准直
反射光束感烟探测	减光式 光电感烟	50~100m	<1400 m ²	一般	有	空间中部侧墙， 需准直
光截面图像感烟探测	图像式 感烟	30~100m	>1400m ²	好	有	空间中部侧墙， 无需准直
光电火焰探测	热辐射 感火焰	15-30m	300 m ²	好	无	空间中部侧墙， 无需准直
图像火焰探测	图像式 感火焰	100m	1200 m ²	好	无	空间中部可定位， 无需准直

4.5 钢结构防火设计

展厅钢结构的防火保护，可根据火灾下钢结构的力学性能分析结果确定。一般，通过分析火灾危险性确定设定火灾场景，采用计算流体动力学软件及传热学理论，计算受火灾影响区域的钢构件温升，再将构件的温度作用加到整体结构模型中，采用结构分析软件分析火灾对钢结构体系的影响。

在分析钢结构的耐火性能时，为保证结构防火保护可靠，应遵循火灾场景的设计原则，选择火灾增长速率快、发热量大的可燃物，并应考虑自动灭火系统、排烟系统等失效情况下的火灾场景。计算时，应选择处于最低位置且尺寸较小的钢构件以及应力比较大的构件作为最不利构件进行分析。

根据展览的具体情况确定可燃物的分布高度。目前，国内众多大型展览中，展位的高度大多为 3.0m~6.0m，甚至出现多层展位的情况。一旦展位顶部发生火灾，火源距离屋顶钢构件近。因此，在计算分析中应认真确定可燃物的高度，并将该高度作为布展时的限制高度。

在分析结构的耐火性能时，应关注结构形式，尤其注意预应力结构形式。预应力结构对温度较为敏感，即使是较小的温度变化都有可能导致结构失效。因此，在分析过程中不能简单以温度作为结构失效的判定准则。

5 结语

随着我国会展经济的快速发展,会展建筑建设必将迎来新一轮发展。会展建筑空间高大、开阔,有较强的蓄烟、纳热能力,有利于人员辨识方向及疏散,对建筑的消防安全有利;但与此同时,会展建筑内可燃物和人员数量多、易产生烟气弥散现象和热障现象、普通消防设施难以适用以及广泛采用钢结构,给防火设计带来挑战。在设计过程中应具体问题具体分析,有针对性的提出解决方案,充分保证建筑的消防安全。

参考文献

- [1] 阚强、姜明理等. 某大型国际会展中心防火分区划分可行性分析[J]. 消防科学与技术, 2005(1)
- [2] 范维澄、孙金华、陆守香等. 火灾风险评估方法学[M]. 北京: 科学出版社, 2004
- [3] 香港屋宇署. 火警逃生途径守则 [s], 1996
- [4] NFPA 101, Life Safety Code [s], 2009
- [5] Approved Document B[s], 2000
- [6] 避難安全檢証法[s], 2000
- [7] 公安部天津消防研究所. 建筑物性能化防火设计技术导则[R]. 国家十五重点科技攻关项目专题研究报告, 2004
- [8] ISO 16735:2006, Fire safety engineering - Requirements governing algebraic equations - Smoke layers[s], 2006
- [9] NFPA 92B, Guide for smoke management systems in malls, atria and large area[s], 2000

——本文发表于《消防科学与技术》(2011年第9期)