 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i10.12074

An Analysis and Research on Key Design Considerations for Large-Scale Conference Building Crowd Evacuation Systems

Bin Li[1] Boyi Du[2]

1. China Zhongyuan International Engineering Co., Ltd., Beijing, 100089, China

2. Science and Technology and Industrial Development Center, Ministry of Housing and Urban-Rural Development, Beijing, 100044, China

Abstract

As a public space with a high density of occupants, large conference buildings face multiple challenges in their evacuation system design, including the concentration of instantaneous pedestrian flow, the grand scale of spatial dimensions, and the complexity of functional circulation. From the disciplinary perspective of architectural design, this paper systematically analyzes the core design points of pedestrian evacuation systems in large conference buildings, and explores the auxiliary role of computer simulation technology in the verification and optimization of evacuation design. The research indicates that the evacuation design of large conference buildings should shift from passive code compliance to active system performance optimization, establishing a synergistic relationship among the uniformity of safety exits, the redundancy of corridor networks, and the refined control of evacuation distances in large spaces, so as to achieve a balance between safety and spatial use efficiency.

Keywords

large conference buildings; safety exits; evacuation corridors; performance-based design

大型会议建筑人流疏散系统设计要点分析研究

李斌[1] 杜博怡[2]

1.中国中元国际工程有限公司，中国·北京 100089

2.住房城乡建设部科技与产业化发展中心，中国·北京 100044

摘要

大型会议建筑是人员高度密集的公共空间，疏散系统设计面对瞬时人流集中、空间尺度大、功能流线冗杂等多重难题。本文从建筑设计的学科思路出发，对大型会议建筑人流疏散系统的主要设计要点实行分析，研究计算机仿真模拟技术在疏散设计验证和改良中的辅助作用。大型会议建筑疏散设计应由被动的规范合规转向主动的系统性能改良，在安全出口均布性、走道网络冗余度、大空间疏散距离精细控制之间建立协同关系，才能实现安全性以及空间使用能力的平衡。

关键词

大型会议建筑；安全出口；疏散走道；性能化设计

1 引言

大型会议建筑是承载国际会议、学术交流、大型展览、政务活动等公共设施的重要建筑，空间形态以会议厅、多功能厅、展览厅等大跨度空间为主，门厅、序厅、休息区、餐饮区等配套功能为辅。该类建筑在某个时间段内可以聚集几千甚至上万人员，疏散需求有着明显的突发性、集中性特点。一旦发生火灾或者其它紧急情况，人员能否在可用的安全疏散时间内到达安全区域，直接取决于疏散系统设计是否合理、可靠[1]。但是大型会议建筑的疏散设计存在一个内在的张力，建筑空间越大、功能越冗杂、容纳人数越多，疏散安全所要求的出口数量、走道宽度、疏散距离控制就越严格。而此类要求常常和建筑的空间体验、功能组织、使用灵活性产生矛盾，怎样在建筑设计层面协调安全性与空间品质的关系，就是疏散系统设计需要解决的重点问题。

【作者简介】李斌（1983-），男，中国北京人，本科，高级工程师，从事美标，BIM研究。

2 大型会议建筑人流疏散的特殊性分析

2.1 疏散人数的动态性与计算复杂性

大型会议建筑疏散设计首先遇到的就是“设计人数如何确定”的难题。会议建筑人员数量不是固定不变的，而是伴随使用场景的剧烈变化而变化。一个可以容纳两千人的会议厅，在会议间隙、茶歇时段、布展撤展期间人员分布状态是完全不一样的。建筑防火

通用规范GB 55037-2022第7.4.7条规定，除剧场、电影院、礼堂、体育馆外的其他公共建筑，疏散出口、疏散走道以及疏散楼梯各自的总净宽度应根据疏散人数及每100人所需最小疏散净宽度计算确定。分段计算的方式虽然有着操作性，但是没有考虑到建筑整体使用状态的动态变化，依然会在功能转换的时候出现疏散能力与实际需求之间出现错配。

2.2 大空间疏散距离控制的固有困难

大型会议建筑的重点空间，主会议厅、多功能厅、大型展览厅等一般都有几十米甚至上百米的平面尺度。当人员从空间最远点向安全出口移动时，其直线距离远远大于现行规范对常规房间所规定的限值。以《建筑设计防火规范》GB 50016-2014（2018年版）为例，一、二级耐火等级建筑内疏散门或安全出口不少于2个的观众厅、展览厅、多功能厅等场所，室内任一点至最近疏散门或安全出口的直线距离不应大于30m。距离限制在中小型空间中可以满足，但是面积超过万平方米的大型展厅或者会议厅，如果严格控制在30m以内，就会造成安全出口数量急剧增加，严重制约空间使用的完整性以及灵活性。

3 安全出口配置的设计要点

3.1 安全出口数量的量化配置与分布均布性

安全出口数量的确定属于疏散系统设计的基础性工作。现行规范用“百人净宽度”指标建立了疏散人数以及所需疏散总净宽度的定量关系，再融合单个出口的通行能力来确定出口数量。对于大型会议建筑来说，量化过程要特别注意两个要点。一是百人净宽度指标的选取要考虑到人员构成的特殊性。会议建筑的参与者会有很多不熟悉建筑环境的访客、行动不便的老年学者、携带设备或者展示器材的参会人员等。上述因素会实际减少人群的平均移动速度，继而影响安全出口的通行能力。在规范规定的基准值基础上，设计应根据建筑的使用性质做适当的修正。二是安全出口的空间分布要符合均布性原则。大型会议建筑中出现的一个设计偏差就是将主要安全出口集中于建筑前部或者某一侧，造成空间远端的疏散距离明显增大，人流在出口附近形成方向趋同的汇聚。理想状态下安全出口应沿建筑外围均匀布置，使空间内任一点都能获得两个方向且距离大致均衡的疏散选择。

3.2 安全出口形式的适应性选择

大型会议建筑安全出口形式要顾及疏散安全以及空间品质。传统的平开疏散门在大型会议厅主出口处大多显得突兀，部分项目为了追求空间效果而使用玻璃门、旋转门或者隐蔽式设计，上述做法需要慎重考虑其疏散可靠性。《建筑防火通用规范》第7.1.6条规定，除设置在丙、丁、戊类仓库首层靠墙外侧的推拉门或卷帘门可用于疏散门外，疏散出口门应为平开门或在火灾时有着平开功能的门，且应向疏散方向开启。该规定为安全出口形式的选择设定了底线。大型会议厅主入口可以使用“平开功能与空间效果相融合”的设计方略，即把疏散门设计成与幕墙系统协调的大扇玻璃平开门，在平时保持空间通透性，在紧急状态下可以自动释放并平开。门厅处的旋转门应并联设置平开疏散门，保证任一情况下疏散通道的可用性。

4 疏散走道的网络化组织与瓶颈消解

4.1 疏散走道的宽度确定与层级划分

疏散走道是将人员从房间疏散门带领到安全出口的线性空间，其设计要点主要集中在宽度确定和网络组织两个方面。在宽度上，公共建筑疏散走道净宽度不应小于1.1m，高层公共建筑疏散走道最小净宽度根据建筑类别不同而不同。但是对于大型会议建筑来说，走道宽度的确定不能只满足最小值的要求，而应该根据实际通行人流量实行计算校核。会议建筑的疏散走道一般分为三个层次，即连接各个会议厅、展厅房间门以及竖向疏散设施（楼梯间、前室）的“房间级走道”，连接各个功能分区至门厅的“区域级走道”，以及门厅至室外安全区域的“汇集级走道”。不同层级的走道承担的人流量差别很大，其宽度设计应形成梯度，房间级走道来满足房间内人员双向疏散为基准，汇集级走道则要按高峰时段可能借助的最大人流量实行校核。忽视层级差异，把各层级走道统一按最小值设计，是造成疏散瓶颈的常见原因[3]。

4.2 瓶颈消解的空间设计策略

疏散走道网络中的瓶颈一般出现在流线交汇处、方向转换处及走道以及出口的连接段。大型会议建筑中，门厅区域是人流最集中的地方，来自各个方向的多股人流在此交汇，如果空间导向不清或者通行断面不足，就会造成严重的拥堵。消解瓶颈的空间设计方案应在走道交汇处使用“流线分流”的平面组织，使不同功能空间的人员在进入共用走道前就完成方向选择，减少交汇点的人流冲突。同时在走道与安全出口的连接段使用渐扩的平面形态，使走道宽度向出口方向逐渐增大，形成漏斗式流线带领，而不是在出口处突然收窄。第三，利用门厅空间的高度优势设置明确的视觉导向系统，使人员进入门厅后可以迅速辨识出各个安全出口的方向，减少因为方向犹豫而造成的停留。Falcão利用Pathfinder软件实行会议中心疏散模拟，得出结论，当所有的出口都可用，人流分布均匀时，疏散能力最高，而人员因为导向不清而产生的犹豫会大大延长疏散总时间。

5 大空间场所的疏散距离控制与性能化方法

5.1 大空间疏散距离控制的替代性策略

对于大型会议厅、多功能厅等大空间场所，当室内任一点到最近安全出口的直线距离不能满足30m的一般性要求时，可使用以下替代性设计方针。

一是用防火隔离带把大空间分成多个疏散控制单元。在会议厅或者展览厅内部，设置固定隔断、防火卷帘或者有着耐火性能的空间分隔构件，将连续大空间划分为若干面积可控的子区域。每个子区域的疏散距离可按常规标准控制，子区域之间用防火分隔保证火灾不会跨区蔓延。这一方针的核心就是分隔构件的设置要与建筑功能相协调，不能为了满足疏散距离而牺牲空间的完整性与使用灵活性。

二是设置安全疏散通道作为辅助疏散通道。对于不能有效划分的大空间，在空间内部或者边缘设置专用于疏散的通道，该通道用防火分隔构件与使用空间隔离，形成一条受保护的疏散途径。当大空间内人员不能直接看到或者到达安全出口时，可以进入最近的疏散通道实行安全疏散。

三是增加主动消防设施的可靠性来换取疏散距离的放宽。当建筑内全部设置自动喷水灭火系统时，现行规范允许安全疏散距离按规定增加25%。工程逻辑是主动灭火设施有效控制了火灾的发展速度，延长了可用安全疏散时间，然后给更长的疏散距离留出了安全余量。对于大型会议建筑来说，合理使用该条款可以在不明显增加出口数量的情况下，对大空间的疏散距离限制实行适当的放宽。

5.2 性能化设计方法的引入与建筑学意义

当上述替代性方案都不能完全解决大空间疏散距离问题的时候，性能化设计方法就成为必要的技术途径。性能化设计的重点就是比较可用安全疏散时间和必需安全疏散时间的量化关系，前者是火灾场景模拟得到的，折射建筑环境在火灾条件下维持可通行状态的时间，后者是人员疏散模拟得到的，折射人员从初始位置移动到安全区域所需的时间。当ASET大于RSET时，可以认为疏散设计的安全水平是可接受的。从建筑设计的思路来说，性能化方法的意义不单是解决合规问题，它给设计者给出了一种在安全框架内追求空间自由度的合法化工具。大型国际会议中心的设计利用计算机仿真模拟技术，用高大中央大厅实现安全疏散以及辅助灭火救援的融合，在保证安全的时候保持了重点空间的空间品质。这说明，性能化设计不能简单地理解为“规范规避手段”，而应该被看作大空间建筑疏散设计的理性延伸，它要求设计者对建筑的使用状态、人员行为、火灾发展有比规范条文更深度的理解，在此基础上做出有依据的设计判断[4]。

6 仿真模拟辅助设计验证

计算机仿真模拟成了大型会议建筑疏散设计验证的重要手段。使用Pathfinder、MassMotion等软件实行疏散模拟，可以清楚地看到人员从各个初始位置向安全出口移动的过程，找出出口前的排队长度、走道中的拥堵位置以及整体疏散完成时间。Falcão对波尔图会议中心的研究说明，凭借模拟各种出口组合方案的结果，可以找到疏散瓶颈的位置，使用双扇紧急门可以大大提高每秒通行人数。仿真模拟应该被当作设计决策的验证工具和改良依据，而不是设计本身的替代品。模拟结果的可靠性取决于输入参数的合理性，人员分布状态、行走速度、出口选择行为、预动作时间等参数必须与建筑实际使用特征相匹配，不能简单使用软件默认值。大型会议建筑中不同功能空间人员在紧急情况下的交互行为，前导人员对后续人流方向的带领效应[5]。

美标IBC对于集会场所（Group A）规定，人员超过49人或者公共途径行程超过75英尺时，必须设置不少于两个出口，两出口间距不得小于建筑最大对角线长度的1/4。NFPA 101的性能化设计途径，用工程分析来验证替代方案的等效安全性。MassMotion已按ISO 20414:2020完成21项重点能力验证，其模拟疏散时间以及实测偏差可控制在1%至10%。美标中喷淋系统（NFPA 13）的要求也可以给预动作时间取值给予依据]。

7 结语

大型会议建筑的人流疏散系统设计属于一项包含空间布局、流线组织、规范适用和技术验证的综合性工作。其主要难题在于大空间形态以及功能复合性使得常规的疏散设计方法不能直接套用，而简单增加出口数量或者放宽距离限制又会减少建筑的空间品质和使用能力。在疏散走道上建立层次分明的网络体系，用宽度梯度及空间带领消解流线交汇处的瓶颈；在大空间上用防火隔离带、安全通道、主动设施补偿、性能化验证相结合的方式精细控制疏散距离这个核心变量，当疏散途径的组织及建筑的空间结构、功能流线形成有机整合的时候，安全性目标和空间品质追求之间就不再是此消彼长的关系，而是可以相互支撑的统一体。

参考文献

[1] 张洪波.浅析楼宇自控系统在大型会议会展类建筑中的应用[J].绿色建造与智能建筑,2024,(8):85-88.

[2] 李汶芊.大型公共建筑工程中机电设备安装工程施工技术与管理创新研究——以白云国际会议中心二期项目为例[J].工程技术研究,2023,8(18):216-218.

[3] 彭锦志,冉启兵,倪天晓,张新,金鑫.大型会议建筑消防设计思路探讨——以某大型国际会议中心为例[J].现代职业安全,2023,(5):70-73.

[4] 王宇君.大型会议会展建筑出入口控制的应用探索[J].价值工程,2023,42(4):99-102.

[5] 洪菲,王犀,郝思怡,邢富路.大型会展中心项目建筑设计要点浅析——以天津国家会展中心项目为例[J].建筑科学,2020,36(9):8-16.