

Performance-Based Methods in the Application of Airport Terminal Project

huanhuan li^{1,2}, guoqing zhu^{1,2}, juan zhang^{1,2}

¹Faculty of Safety Engineering, China University of Mining and Technology, Jiangsu Xuzhou 221008, China

²State key laboratory of coal resources and safe mining, XU Zhou, China

Email: li_huan1525@163.com.

Abstract: Contraposing the fire problems including large fire compartment, long travel distance in the design of Huaian airport, this paper offers strategies with the using of performance-based research methods and the computer simulation. This paper suggests that the performance-based research is an effective way for the fire knotty problems, maximizes the use of functional and architectural harmony of visual effects and improves the standard.

Keywords: fire; performance; terminal; computer simulation

性能化研究方法在机场航站楼工程中的运用

李欢欢^{1,2}, 朱国庆^{1,2}, 张娟^{1,2}

¹中国矿业大学安全工程学院, 江苏 徐州 221008

²煤矿瓦斯与火灾防治教育部重点实验室, 徐州, 中国, 221008

Email: li_huan1525@163.com.

摘 要: 针对淮安机场设计中防火分区面积超大, 疏散距离超长等消防问题, 运用性能化的研究方法, 并通过计算机模拟, 给出了关于这一问题的解决策略。得出性能化研究方法在解决航站楼建筑消防疑难问题行之有效的办法, 最大限度地实现了建筑使用功能与视觉效果的和谐统一, 起到了完善和补充规范的作用。

关键词: 消防; 性能化; 航站楼; 计算机模拟

1 引言

机场航站楼为满足使用功能并达到视觉效果, 通常都是超大体量、超大面积、超长疏散距离的特殊性建筑。而目前, 国内还没有专门的针对机场航站楼消防设计的规范^[1], 常用的《建筑设计防火规范》^[2]和《高层民用建筑设计防火规范》^[3] (以下分别简称《建规》, 《高规》) 也难以完全适用于该类特殊性建筑^[4]。因此, 各机场航站楼在消防审核过程中多采用性能化设计和专家论证相结合的方法来解决这一难题^[5]。本文以新建的淮安机场航站楼一期工程为例, 就消防性能化研究方法的运用做一简单探讨。

2 工程概述

2.1 工程简介^[6~7]

为满足交通需求, 江苏省淮安市预计在涟水县境

内建设一国内支线机场, 一期工程包括机场跑道、站坪、候机楼、停车场等。航站楼在飞行区东侧, 建筑面积为 12 837 m², 陆侧檐口高度为 17.7 m, 空侧檐口高度 16.2 m, 由办票大厅、远机位候机厅、行李提取大厅及配电室等辅助用房组成。航站楼共两层, 其中 ±0.000 m 标高层是旅客到达层及国内远机位候机大厅, 6.000 m 标高层为国内/国际旅客候机大厅, 共设置 4 个登机桥。

该机场航站区工程的设计目标年为 2040 年, 预测 2040 年旅客吞吐量为 150 万人次, 高峰小时旅客吞吐量为 875 人次。高峰小时旅客进港集中率为 50%, 出港旅客集中率为 55%, 旅客和迎送人员停留时间约 60 min, 行李提取大厅的停留时间约 30 min。根据公式“人数=高峰小时流量×人员停留时间”计算出淮安机场航站楼各区域需要疏散的旅客人数, 机场各区域及人数统计如表 1 所示。

Table 1 the area and number of people of various functions area
表 1 各功能区域面积与人数统计表^[8]

功能分区		建筑面积/m ²	人员数量/人	备注
二层	国内/国际候机厅	4 364	406	全部设消防喷淋（未超标）
	迎客大厅、国内办票大厅	4 300	387	2 300 m ² 设消防喷淋（超标）
一层	国际行李提取厅	1 040	80	全部设消防喷淋（未超标）
	国际办票大厅	1 039	113	全部设消防喷淋（未超标）
	国内远机位候机厅	1 155	125	全部设消防喷淋（未超标）
	配电室、发电机房	224	-	不设消防喷淋（未超标）
	弱电中心、广播室	184	-	设置气体灭火系统（未超标）
	国内行李提取大厅	715	271	全部设消防喷淋（未超标）

由于建筑的功能和性质的特殊性，使得淮安机场航站楼工程在建筑防火设计中存在一些与现行国家消防规范相矛盾的地方，其存在的主要问题如表 2 所示。

Table 2 analysis exists question in Huai An airport
表 2 淮安机场航站楼存在的问题消防分析

消防系统	初步设计状况	消防问题分析	消防规范要求
防火分区	办票大厅总建筑面积 4 300 m ² 部分空间高度达 17.5 m，无法设置自动喷水灭火系统	防火分区面积超过规范规定的要求	《建规》5.1.7 条：耐火等级为一、二级的民用建筑，每个防火分区的最大允许建筑面积为 2 500 m ² ，当设置自动灭火系统时，该防火分区的最大允许建筑面积可大大增加 1 倍；当局部设置自动灭火系统时，增加面积可按该局部面积的 1.0 倍计算
	办票大厅部分区域疏散距离最长达到 43 m	人员疏散距离大于规范规定的 30 m	《建规》5.3.13 条：一、二级耐火等级的建筑物内的观众厅、展览厅、多功能厅、餐厅、营业厅和阅览室等，其室内任一点至最近安全出口的直线距离不宜大于 30m
安全疏散	国内远机位候机厅只有一个对外安全出口	该区域安全出口数量小于规范规定的要求	《建规》5.3.2 条：公共建筑内的每个防火分区、一个防火分区内的每个楼层，其安全出口的数量应经计算确定，且不应少于 2 个

2.2 性能化研究方法

以上存在的问题反映出对于航站楼等特殊建筑而言，传统的指令性规范在解决其面临的消防问题时遇到了困难，而起源于英美等发达国家的性能化防火设计方法给出了解决矛盾的新思路。所谓性能化设

计^[9]，即采用确定性和概率论方法，基于消防安全工程学的逻辑关系，对拟设计或现有的建筑对象，结合其自身消防特征，建立火灾模型，设定火灾场景，使用计算机模拟火灾的发生和发展，数值化地展示和体现火灾危险的参数值，分析和论证其火灾危害与风险，并根据模拟和分析结果，有针对性地采取相应的技术措施，以获得可以接受的消防安全水平。它不拘泥于指令性防火规范的条文，而是通过科学地计算和计算机的模拟预测未来可能发生的火灾状况，以及所产生的烟气、火焰对人员疏散和结构安全的影响，从而选择与建筑性能、火灾性能相适应的防火设计措施，并使建筑达到不低于指令性防火规范所规定的安全度。其防火设计流程如图 1 所示。

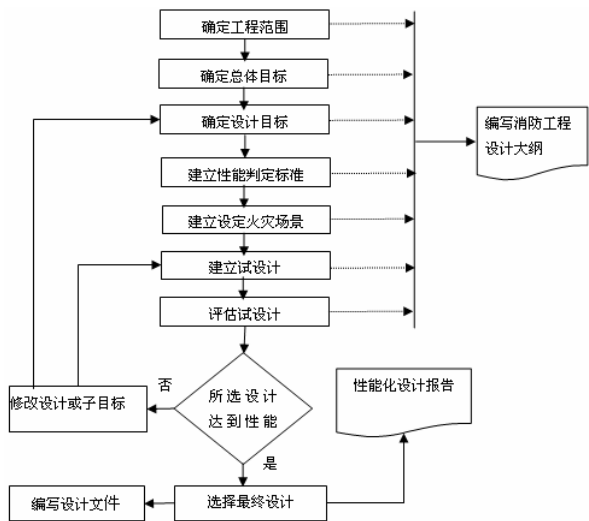


Figure 1 diagram of performance research step^[10]
图 1 性能化研究步骤框图^[10]

2.3 性能化设计的消防安全目标

这是性能化设计的一个最根本的基础。淮安机场航站楼消防安全性能化设计的目标为：

- 1) 保护建筑内人员的生命安全；
- 2) 保护建筑内财产安全，减少火灾蔓延至起火防火分区以外的可能性。通过启动自动喷水灭火系统，将火灾控制在一定的范围内，防止无限制地蔓延；
- 3) 保证机场运营的连续性，将火灾影响控制在局部范围。

3 性能化研究方法的具体运用

从表 2 可以看出,存在的两个主要问题实际上也就是火灾和烟气蔓延以及人员安全疏散的问题。只要能有效解决火灾和烟气蔓延,保证建筑内人员能够安全疏散,那么上述两问题就不再是建筑消防安全的绊脚石。基于此,性能化研究的主要工作就是针对火灾和烟气蔓延对人员安全疏散的影响做重点的定量分析。

3.1 解决防火分区面积超大问题

从表 1 可以看出,存在的两个主要问题其一就是办票大厅面积超规范的问题。针对该问题,将办票大厅作为一个独立的防火分区,用性能化的消防设计方法分析火灾时火蔓延、烟气蔓延及其对安全疏散的影响。根据建筑相关图纸,建立 CFD 计算机数值模拟模型。结合航站楼建筑特性和可燃物分部及种类,设定相应的火灾场景,预测办票大厅内火灾和烟气的蔓延,从而得到人员可用的安全疏散时间。以其中某一火灾场景为例,火源位于大厅正中位置处,火灾增长类型选为 t^2 中速火,最大功率 1.5 MW,室外初始风速为西北风 6.5 m/s,模拟时间为 1 200 s,模拟结果如图 2~3 所示。

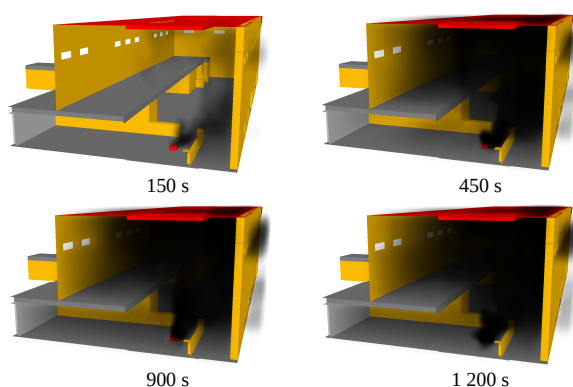


Figure 2 the haze spread process chart in the ticket hall
图 2 办票大厅内烟气蔓延过程图

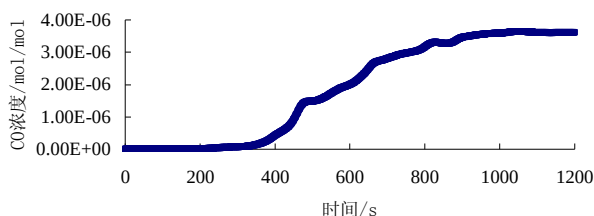


Figure 3 CO density diagram of curves at the place be apart from the ground 2 m near the fire of eixt
图 3 距火源最近安全出口附近距地面 2 m 处 CO 浓度曲线图

通过模拟我们得出,在考虑了自然风的不利因素下,较室外风速为零的理想状态,大厅内的烟气虽然在上升过程中被风吹“散”了,扩大了烟气的影响区域,但是能够更好的利用大厅南立面的高位窗,将烟气排至室外。整个模拟过程中,距离地面 2 m 高度处温度、能见度均未达到人体的耐受极限,从图 3 上看出安全出口处 CO 浓度最大值 4 ppm,远远小于人体耐受极限 500 ppm。大厅南北、东西立面及顶部均设置了排烟窗,所以风向对该大厅烟气蔓延的影响较小,主要取决于风速。因此,将办票大厅做为一个防火分区,其发生火灾时,人员可用的安全疏散时间超过 1 200 s。

性能化设计方案是否有效,最关键的性能判据就是该评估方案能否保证人员安全疏散,即人员可用的安全疏散时间 (ASET) 是否大于所需要的疏散时间 (RSET)。如果 $RSET < ASET$ [11],可以判定淮安机场的消防疏散设计是安全的;反之,则认为是不安全的。火灾烟气的数值模拟,给出了人员可用的安全疏散时间 (ASET)。所需要的疏散时间 (RSET) 可以通过数学模型计算得出或者是采用模拟软件得出。本文就是采用英国格林威治大学 (University of Greenwich) 开发的 Building-Exodus 软件对不同火灾场景下人员疏散进行设计验算而得到的。计算公式为[12]:

$$RSET = T_d + k(T_{pre} + T_t) = T_d + kT'_t \quad (1)$$

式中: $RSET$ ——总疏散时间(即逃生需要的时间), s;

T_d ——报警时间, s;

T_{pre} ——准备时间(人员的疏散预动时间), s;

T_t ——人员疏散行动时间, s;

T'_t ——软件模拟时间。

k ——安全系数,一般取为 1.2~1.5^[13],这里取 1.5。

通过 Building-Exodus 模拟,办票大厅内人员模拟时间为 113 s,由于机场采用集中报警系统并在各层设置楼层显示器,在公共部位、走廊设置手动报警按钮、警铃及感烟探测器,保守地认为,报警时间为 60 s。代入公式(1)计算得出办票大厅人员所需要的安全疏散时间为:

$$RSET = 60 + 1.5 \times 113 = 230 \text{ s}$$

通过烟气和人员疏散模拟,当办票大厅作为一个防火分区,发生火灾时 $RSET < ASET$,能够保证人员的疏散安全。那么,性能化的研究方法则认为,将办票

大厅作为一个防火分区来处理，是安全可行的。

3.2 解决疏散问题

表 2 中关于疏散主要涉及到两个问题：①办票大厅内疏散距离超长，43 m；②国内远机位候机厅只有一个疏散出口。对于疏散，首先需要针对建筑图纸，模拟计算出该区域内人员疏散模拟行动时间，然进而根据公式（1）算出该区域内人员所需要的疏散时间。

对于国内远机位候机厅，因机场安全的要求，不宜增加另外的直接对外出口。为解决这一矛盾，将借用通向防火分区 B（办票大厅）的出口可作为疏散出口，出口处设置的防火卷帘采取两步降的控制方式。运用软件模拟，得出人员疏散时间。可用的疏散时间的确定，仍采用 CFD 数值模拟得出。具体的结果如表 3 所示。

Table 3 statistics of RSET and ASRT in the ticket office Hall and Terminal
表 3 办票大厅与候机厅 RSET、ASRT 统计表

模拟区域	T_d/s	T'_d/s	RSET/s	ASRT/s	结论
办票大厅	60	113	230	1 200	安全
国内远机位候机厅	60	78	117	172	不安全

从表 3 可以看出：①办票大厅内人员可用的安全疏散时间远大于需要的疏散时间，从人员疏散角度而言可以认定为 43 m 的疏散距离也能保证人员的安全疏散；②国内远机位候机厅按原设计方案排烟（即使入口处的防火卷帘按照两步降的方式控制时）难以保证大厅内人员的疏散安全，必须采取相应的措施加以完善。建议将该区域内的排烟口均匀布置，并加大排烟量并再次运用 CFD 软件模拟。结果表明，调整方案可以提供更多的可用疏散时间，满足人员的安全疏散要求。

3.3 确定性能化评估方案

通过性能化评估后的设计方案，原则上须经过专家论证，对所评估的消防设计方案达到一致共识，方可视为安全可行的设计方案。淮安机场航站楼性能化评估方案，通过了消防专家论证会，并运用于实际工程中。

4 结论

通过 CFD 数值模拟和 Building-Exodus 疏散模拟，

可以看出，在规范没有规定或者现有设计达不到标准要求的情况下，以性能化为基础的消防安全设计方法在解决实际问题、处理设计与规范之间的矛盾等方面，都发挥了重要作用。淮安机场航站楼采用性能化的研究方法，实现了建筑需求和消防安全两者兼顾的目标。在适用规范出台之前，运用性能化研究方法对该类建筑进行消防安全设计评估，无疑是解决消防疑难问题行之有效的办法。

References (参考文献)

[1] Li Yinqing. Building fire performance-based design[M] Beijing: Chemical Industry Press, 2005:185.
李引擎 建筑防火性能化设计[M] 北京: 化学工业出版社, 2005: 185.

[2] The Ministry of Public Security of the People's Republic China. GB50016-2006 Code of Design on Building Fire protection and prevention [S]. Beijing: China Planning Press, 2006.
公安部. GB50016-2006 建筑设计防火规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2006. .

[3] The Ministry of Public Security of the People's Republic China. GB50045-95 Code for fire protection design of tall buildings. [S]. 2005 ed Beijing: China Planning Press, 2005.
公安部. GB50045-95 高层民用建筑设计防火规范 [S]. 2005 版, 北京: 中国计划出版社, 2005.

[4] Zhang Honghe, Sun Baosheng. Performance-based design for Airport Terminal Project[J] Fire Science and Technology 2007, 26(2): 143-145.
张鸿鹤, 孙宝盛. 机场航站楼工程消防性能化设计探讨[J] 消防科学与技术, 2007, 26(2): 143-145.

[5] Sun Yu, Wang Haiou, Liu Ji. Performance based fire safety design apply on Airport Terminal in Loujiabao[J] Fire Science and Technology, 2003, 22(2): 103-106.
孙宇, 王海鸥, 柳季. 龙家堡机场航站楼性能化消防安全设计的运用[J] 消防科学与技术, 2003, 22(2): 103-106.

[6] Shanghai Civil Aviation Airport Design and Research Institute Co., Ltd. Feasibility Study Report for Civil airport in Huai An, jiangsu province[R].
上海民航新时代机场设计研究院有限公司. 江苏淮安民用机场工程可行性研究报告[R].

[7] Shanghai Civil Aviation Airport Design and Research Institute Co., Fire design files for Airport terminal project in Huai An[G].
上海民航新时代机场设计研究院有限公司. 淮安机场航站楼工程消防设计专篇[G].

[8] Zhu Guoqing, Li Huanhuan, Zhang Lei. The research of performance based fire protection engineering for airport terminal in huaian. Xuzhou: research center of industrial safety engineering technology in CUMT, 2009.
朱国庆, 李欢欢, 张磊等 淮安机场航站楼性能化防火技术研究[R] FSDR8-09 徐州: 中国矿业大学工业安全工程技术研究中心, 2009.

[9] Custer R L P, MEACHAM B J. Introduction to performance-based fire safety [M]. Boston, MA, USA: Society of Fire Protection Engineers, 1997.

[10] Zhu Guoqing. Performance based fire protection design method Aapply on Special Construction[D] Xuzhou: Faculty of Safety Engineering, China University of Mining and Technology, 2007.
朱国庆. 特殊建筑性能化防火设计方法及工程应用研究[D]. 徐州: 中国矿业大学安全工程学院, 2007.

[11] Huo Ran, Yuan Hongyong. Performance-based building fire

- safety and design [M]. Hefei: Anhui Science and Technology University Press, 2003.
- 霍然, 袁宏永. 性能化建筑防火与设计[M]. 合肥: 安徽科学技术大学出版社, 2003.
- [12] Fan Weicheng, Sun Jinhua, Lu Shouxiang. Fire risk assessment methodology[M]. Beijing: Science Press, 2004.
- 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.
- [13] ISO/WD 16733, Fire Safety Engineering-Selection of design fire scenarios and design fires, Nov 2003.