

文章编号: 1671-6612 (2019) 02-119-04

论“防排烟规范主体”与安全疏散设施、策略之间的辩证关系

刘朝贤

(中国建筑西南设计研究院有限公司 成都 610041)

【摘要】 将高层建筑火灾时人与烟气的博弈, 比作一盘棋局, 规范主体是“棋手”, 所有设施、方法等都是“棋子”, 棋局的胜负体现棋手的水平。

【关键词】 防烟; 排烟; 部位; 设施; 谋略

中图分类号 TU834 文献标识码 A

On the Dialectical Relation between The Subject of Smoke Control and Exhaust Standards and Safe Evacuation Facilities and Strategies Liu Chaoxian

(China Southwest Architectural Design and Research Institute Co., Ltd, Chengdu, 610041)

【Abstract】 The game between people and smoke in high-rise building fire is compared to a chess game. The main body of regulation is "chess player". All facilities and methods are "chess pieces". The winning or losing of chess game reflects the level of chess player.

【Keywords】 smoke control; smoke exhaust; location; facilities; strategy

0 概述

火灾发生过程中, 防排烟规范标准与烟气的博弈, 犹如一盘棋局。

规范主体为“棋手”, 所有防烟设施、排烟设施和方法策略都是“棋子”, “棋子”本身没有好坏之分, 但“棋子”存在资格问题, 如机械加压送风防烟、机械排烟、可开启外窗自然排烟或自然通风设施等都是合格的“棋子”。压差法、流速法不是棋子, 因压差法在高层建筑中违背了串联气流流动的基本规律, 流速法违背了气流连续性流动的基本原则, 都没有资格成为“棋子”, 而“当量流通面积流量分配法”完全符合气流流动规律已成为合格的“棋子”。

一盘棋的胜负, 取决于“棋手”的“运筹帷幄”和“棋手”对每颗“棋子”的功能、适应条件并能

结合建筑布局作出正确决策, 才能成为好的“棋手”。

1 火灾过程中“棋手”的运作

受篇幅所限, 现举出防烟与排烟方面的案例分析于下。

1.1 防烟方面

1) 《标准》^[3]第3.4.2条中表3.4.2-3是前室不送风、封闭楼梯间、防烟楼梯间加压送风。与《高规》^[1]第8.3.2条中表8.3.2-1防烟方案类同。

(1) 解读: 棋局中是“棋手”将“棋子”机械加压送风置于防烟楼梯间这个部位, 增大防烟楼梯间内的压力 ΔP_L 以抵御烟气的入侵。

(2) 分析: 由于防烟楼梯间是个气密性极差的高茸空间, 火灾疏散过程中半数以上(每个防火

分区按两个安全出入口计)的人要通过防烟楼梯间首层直接对外的安全出口 $M_{W底}$ 或屋面层的安全出口 $M_{W顶}$ 疏散,其开启的频率很高,有时处于常开状态。

根据《标准》3.4.4 条第 2 款规定:

“楼梯间与走道之间的压差应为 40Pa ~ 50Pa”。

假设 $M_{W底}=M_{W顶}$ 均为标准规格的防火门: $1.6\text{m} \times 2.0\text{m}=3.2\text{m}^2$,其漏风量 $L_L=0.827A \times \Delta P^{1/2} \times 3600\text{m}^3/\text{h}$ 。

一个防火门开启时,其漏风量为 $60254\text{m}^3/\text{h} \sim 67366\text{m}^3/\text{h}$ 。

两个防火门同时开启时,其漏风量为 $120508\text{m}^3/\text{h} \sim 134732\text{m}^3/\text{h}$ 。

而《标准》3.4.2 条表 3.4.2-3 中当 $h \leq 100\text{m}$ 时的加压送风量为 $L=45800\text{m}^3/\text{h}$,漏风量远大于送风量,是抵御不了烟气入侵的。

此外,向防烟楼梯间加压,激活了同时开启门数量《标准》中的 N_1 (同《高规》中的“ n ”) 对加压送风量计算很不利,显然方案是不可行的,是“棋手”选择加压部位错误所至。如果“棋手”将加压部位改为只向前室或合用前室,加压楼梯间不送风,可靠性、经济性完全两样。

因为从流体力学的理论一眼就看出:将加压部位由防烟楼梯间向内移至前室或合用前室。

①使 $M_{W底}$ 、 $M_{W顶}$ 直通室外的门洞上增加了一道串联门洞 M_{2k} ,减小了无效气流通路的面积,可降低无效气流流量,而在抵御烟气入侵的有效气流通路上减少了一道串联的门洞 M_{2k} 或门缝 M_{2g} 增大了有效气流通路面积,对抵御烟气入侵有利。

②节制了《标准》中的 N_1 (或《高规》中的“ n ”) 这都是“棋手”运作的失误造成的失败。

2)《标准》3.4.2 条表 3.4.2-4 防烟楼梯间及独立前室,合用前室分别加压送风(与《高规》8.3.2 条中表 8.3.2-2 防烟方案类同)。

(1) 解读:棋局中是“棋手”将一枚“棋子”机械加压送风置于防烟楼梯间,又将相同的一枚“棋子”置于独立前室合用前室,对二者采用分别加压的防烟方式,以抵御烟气的入侵。

(2) 分析:从流体力学空气流动理论分析,分别加压属多点送风,气流流向是不确定的,只能用流体网络分析,才能确定气流流向。“棋手”认为分别加压,气流都是往内走道方向流动的,那只

是一种臆想。研究表明^[6]:除了送入防烟楼梯间的风量全部从防烟楼梯间直接对外的疏散外门流失成为无效气流外,送入前室或合用前室中的一部分风量也通过防烟楼梯间从疏散外门流失。

规范规定分别加压,是想达到防烟楼梯间的压力 P_L 大于合用前室的压力 P_Q ,都是办不到的。直接对外的疏散外门 $M_{W底}$ 、 $M_{W顶}$ 都是往疏散方向开启的,防烟楼梯间内压力是升不上去的。

分别加压是想提高系统的可靠性,实际上,从可靠性框图分析,分别加压的两个系统是一种相互依存的关系,它的总可靠度是两个系统可靠度的乘积,其可靠度不是提高而是降低,事与愿违。由此可见分别加压是不正确的,是不可行的。

3)《标准》3.4.2 条表 3.4.2-1 消防电梯前室加压送风(与《高规》8.3.2 条中表 8.3.2-3 类同)。

(1) 解读:棋局中是“棋手”将“棋子”机械加压送风置于消防电梯间前室,增大消防电梯间前室内的压力,以抵御烟气的入侵。

(2) 分析:消防电梯前室是消防电梯的独用前室,不是疏散通道是只供消防队员运送消防器材和火灾过程中少数伤病员专用的专用电梯,只有一个防火门 M_F ,只在火灾层的下一层或上一层和地面层停靠,与同时开启门数量“ N_1 ”无关(或与《高规》“ n ”无关),与系统负担负数或高度 h (m) 也没有关系,这里将它与疏散通道上的作法完全一样是不靠谱的。

因为独用前室内的缝隙面积很小,只要加压送风系统一启动防火门 M_F 就打不开了,是不能使用的。

4)《标准》3.4.2 条表 3.4.2-2 楼梯间自然通风,独立前室、合用前室加压送风,3.3.11 条规定:靠外墙的防烟楼梯间,尚应在外墙上每 5 层设置总面积不小于 2m^2 的固定窗。(与《高规》8.3.2 条中表 8.3.2-4 类同,表 8.3.2-4 表头中规定:防烟楼梯间采用自然排烟,前室或合用前室不具备自然条件的送风量。8.2.2.2 条规定与《标准》3.3.11 规定相同)。

(1) 解读:棋局中是“棋手”将“棋子”机械加压送风置于独立前室,合用前室,增大独立前室,合用前室内的压力,以抵御烟气的入侵。将可开启外窗自然排烟这颗“棋子”置于防烟楼梯间。

根据《标准》4.1.1 条……应优先采用自然排烟系统。故在内走道设自然排烟外窗 $A_{zck}=1.0\text{m}^2$,

假设系统负担层数 $N=15$ 层按表 3.4.2-2 加压送风量为 $44700\text{m}^3/\text{h}$ 。

(2) 分析：

① 空气流动网络图如图 1 所示。

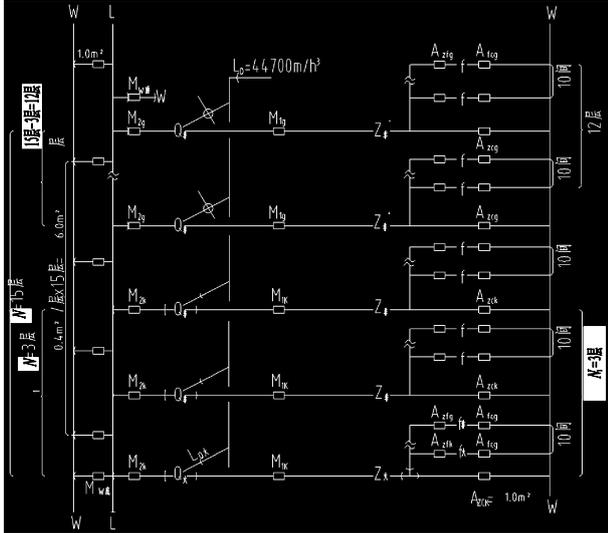


图 1 空气流动网络图

Fig.1 Air flow network diagram

L —防烟楼梯间； $Q_{火}$ —着火层前室； $Q_{非}$ —非着火层前室；
 $Z_{火}$ —着火层内走道； W —室外； $Z_{非}$ —非着火层内走道；
 $f_{火}$ —着火房间； $f_{非}$ —非着火房间； f —着火层以外房间

防火门开启面积： $M_{1k}=M_{2k}=M_{W底}=M_{W顶}=1.6\text{m}\times 2\text{m}=3.2\text{m}^2$

防火门关闭面积： $M_{1g}=M_{2g}=0.0276\text{m}^2$

内走道房间开启面积： $A_{zfk}=1.0\text{m}\times 2.0\text{m}=2.0\text{m}^2$

关闭时缝隙面积： $A_{zfg}=0.018\text{m}^2$

房间外窗关闭时面积： $A_{fcg}=0.00049\text{m}^2$

内走道外窗开启面积： $A_{zck}=1.0\text{m}^2$

内走道外窗缝隙面积： $A_{zcg}=0.00045\text{m}^2$

② 各通路面积：

《标准》3.3.11 条规定：防烟楼梯间外墙上每 5 层设置有总面积不小于 2.0m^2 的固定窗 15 层共计为 $0.4\text{m}^2/\text{层}\times 15\text{层}=6\text{m}^2$ ；

《标准》3.2.1 条规定：……防烟楼梯间最高部位设置面积不小于 1.0m^2 开口；

防烟楼梯间直通室外的疏散出口 $M_{W底}+M_{W顶}=3.2\text{m}^2\times 2=6.4\text{m}^2$ 。

③ 《标准》3.4.6 条中规定：设计疏散门开启的楼层数 N_1 （《高规》称“ n ”=3）。

④ 总风量 L_Q 分配到火灾层前室 $Q_{火}$ 的风量，为计算方便先不计关闭风口的漏风量， $L_{Q火}$

$=44700\text{m}^3/\text{h}\div N_1=14900\text{m}^3/\text{h}$ ，如果验算着火层 M_{1k} 处抵御烟气入侵的风速 $v_{mlk}<0.7\text{m/s}$ ，方案就是不可靠的。

$L_{Q火}$ 分为两路：一路通过 M_{2k} ，流向开口面积很大的防烟楼梯间，另一路通过 $M_{1k}\rightarrow Z_{火-W}$ 。

$$Z_{火-W} = A_{zck} + 9\left(\frac{1}{A_{zfg}^2} + \frac{1}{A_{fcg}^2}\right)^{-1/2}$$

$$= 1.0 + 9\left(\frac{1}{0.018^2} + \frac{1}{0.00049^2}\right)^{-1/2} = 1.004408367\text{m}^2$$

串联后：

$$M_{1k} \rightarrow Z_{火-W} = \left(\frac{1}{M_{1k}^2} + \frac{1}{Z_{火-W}^2}\right)^{-1/2}$$

$$= \left(\frac{1}{3.2^2} + \frac{1}{1.004408367^2}\right)^{-1/2} = 0.95470715\text{m}^2$$

楼梯间对外开口面积：

$$A_L = 6.0 + 1.0 + 3.2 \times 2 = 13.4\text{m}^2$$

与 M_{1k} 串联后

$$A_d = \frac{3.2 \times 13.4}{(3.2^2 + 13.4^2)^{1/2}} = 3.112480739\text{m}^2$$

根据当量流通面积流量分配法，流向 M_{1k} 和 M_{2k} 的流量分配及流速：

$$v_{mlk} = 14900\text{m}^3/\text{h} \times \frac{0.95470715}{3.112480739 + 0.95470715}$$

$$\times \frac{1}{M_{1k}} \times \frac{1}{3600\text{s}} = 0.303605565\text{m/s} < 0.7\text{m/s}$$

故无法抵御烟气入侵。

说明“棋手”将“棋子”机械加压送风设施置于独立前室、合用前室。在楼梯间采用自然通风的方式是不成立的。

1.2 排烟方面

1.2.1 排烟部位

根据《标准》4.1.3 条 2 款：周围场所应按现行国家标准《建筑设计防火规范》GB50016—2014（以下简称《建规》）中的规定设置排烟设施。而《建规》8.5.2 条、8.5.3 条中规定，需要排烟的部位归纳起来有两处：

(1) 内走道：

① 在《建规》8.5.2 条第 4 款规定：高度大于 32m 的高层厂房（仓库）内长度大于 20m 的疏散走道，

其他厂房（仓库）内长度大于40m的疏散走道；

②在《建规》8.5.3条第5款规定：建筑内长度大于20m的内走道。

(2) 着火房间：

①在《建规》8.5.2条第1.2.3款的房间；

②在《建规》8.5.3条第1.2.3.4款的房间；

③在《建规》8.5.4条的房间；

1.2.2 排烟方案

根据《标准》中4.1.1条规定：建筑排烟系统的设计应根据建筑的使用性质、平面布局等因素，优先采用自然排烟系统。

(1) 内走道采用可开启外窗自然排烟。

①解读：棋局中“棋手”将“棋子”可开启外窗自然排烟置于内走道排除由着火房间窜入内走道的烟气。

②分析：由于从着火房间窜入内走道的烟气是经过换热冷却，掺混后温度 $\gt 180^{\circ}\text{C}$ 的低温烟气，其热压作用在可开启外窗上缘产生向外喷出的速度小，无力与外窗迎面风力相抗衡，烟气是排不出去的，即使采取两个对开方向的外窗，或者对室外风速很小的地域，或某个时段烟气可以排得出去。但因为内走道属于有限空间，烟气进入内走道后背压升高，会阻碍加压空气通过前室或合用前室与内走道之间的防火门 M_1 用于抵御烟气入侵的气流 L_{M1} 通过，且使其成为动态的无法计算的量，会使所有加压送风量的计算方法都无法适应，这是个谋略问题，只能采用机械排烟设施。“棋手”采用的“棋子”是不妥当的。

(2) 着火房间优先采用可开启外窗自然排烟的问题。

解读：棋局中“棋手”对所有着火房间都采用可开启外窗自然排烟这颗“棋子”优先的提法不科学。所谓优先，是两种方案都成立才有自然排烟优先之说。如果只有其中某一种方案就不存在优先的问题。

①对只有一个朝向外墙的着火房间，只有自然排烟极限高度 H_{jh} （m）以下的房间才能自然排烟， H_{jh} 以上的房间只能采用机械排烟，别无选择。

②对有多个朝向外墙的着火房间^[8]，任何高度的房间都可自然排烟，不存在优先之说。

2 总结

规范主体——“棋手”就是火灾前线的总指挥，指挥官只有对自己部下的每一个兵——“棋子”的

长处、短处、优点、缺点能干什么、不能干什么了如指掌，才能用兵如神，战无不胜。

(1) 机械加压送风防烟这颗“棋子”只能用于前室或合用前室，绝不能用于防烟楼梯间。

(2) 可开启外窗自然排烟这颗“棋子”只能用于烟气温度很高，具有外窗的着火房间，不能用于疏散通道更不能用于防烟楼梯间。

①着火房间只有一面外窗时，只有自然排烟极限高度 H_{jh} （m）以下能自然排烟^[7]。

②着火房间具有多个朝向可开启外窗时，任何高度都可采用开启外窗自然排烟^[8]。

(3) 防排烟系统只有一种：即向前室或合用前室的机械加压送风与内走道机械排烟相接合的一体化防排烟系统。

(4) “棋手”的水平高低，就是规范《标准》的好坏的唯一衡量标准。

(5) 棋局的失败是“棋手”的失败，也是规范《标准》的失败。

2001—2005年《中国消防手册》统计的资料表明全国共发生火灾120万起，造成12268人死亡，有3/4的人系吸入有毒、有害烟气直接导致死亡的，平均每年熏死1841人。防排烟规范的宗旨是确保火灾时的安全疏散，规范的宗旨没有实现，这些无辜的亡灵该向谁问责？值得深思！

参考文献：

- [1] GB50045—95[2005年版],高层民用建筑设计防火规范[S].北京:中国计划出版社,2005.
- [2] GB50016—2014,建筑设计防火规范[S].北京:中国计划出版社,2014.
- [3] GB51251—2017,建筑防烟排烟系统技术标准[S].北京:中国计划出版社,2017.
- [4] DGJ08—88—2006(J10035—2006),建筑防排烟技术规程[S].上海:上海新闻市出版局,2006.
- [5] 郭铁男.中国消防手册 第三卷 第三篇 建筑防火设计[M].上海:上海科学技术出版社,2006.
- [6] 刘朝贤.对防烟楼梯间及其合用前室加压送风防烟方案的流体网络分析[J].暖通空调,2011,41(1):64-70.
- [7] 刘朝贤.对自然排烟极限高度的探讨[J].制冷与空调,2007,(4):56-60.
- [8] 刘朝贤.高层建筑房建开启外窗朝向数量对自然排烟可靠性的影响[J].制冷与空调.