

对通风的新认识

作者: Karel Lambert

翻译: 橙色救援微信公众号

国际消防教官研讨会(The International Fire Instructors Workshop, 即 IFIW)于 2011 年 3 月在印第安纳波利斯召开, 许多消防员和科学家来此授课。其中几场讲座涉及火灾特性的改变对通风的影响。通风在此被定义为在有计划、有步骤、有协调地排出热量、浓烟和其他易燃气体的同时, 用新鲜空气取代之。

1. 火灾方程式

越来越多的人意识到火灾特性正在迅速改变, 在美国, “火灾方程式”被用来解释这种变化。这个公式由五个系数组成: 更大的房屋, 更开阔的空间, 更多的火灾荷载, 隐藏的空间和新型建筑材料。这五部分可以理解为: 火势蔓延更快、达到轰燃所需时间更少、极端火灾现象更多、逃生时间更短和建筑物倒塌更快。

1.1 更大的房屋

美国住房面积的变化清晰可见, 在过去的 30 年里, 房屋面积增加了 40%。比利时住房面积的发展速度并没有那么快。然而过去几十年建筑形势一直在变化, 由于住宅建设用地不足, 越来越多的城镇开发建造多层建筑, 多层公寓的面积也比以前更大。

1.2 更开阔的空间

在老式住宅中, 厨房通常与餐厅分开, 客厅又是另一个空间。这些房间由墙分隔开, 通常有扇门把这些区域隔开。如今, 餐厅和客厅形成一个单独的空间, 开放式厨房也更常见, 这就形成了一个区域。这个空间内含有更多的可燃物和更多空气(氧气), 这导致火灾产生的热量峰值更高。

1.3 更多的火灾荷载

过去的 50 年间, 家具的类型也发生了翻天覆地的变化。现在的座椅是用聚氨酯制成的——一种从石油中提取的产品。因此, 一把现代的座椅要比过去的座椅包含更多的能量, 这类座椅通常被称为“固体汽油”。如果房间里有足够的氧气, 一把现代座椅可以释放相当于 3 到 4 兆瓦(MW)的能量, 2-3 兆瓦的能量就足以使室内火灾发展成轰燃。而一张三人沙发产生的能量是单人座椅的三倍。除了座椅和沙发, 客厅里还有许多其他物件增加火灾荷载。如今这些家具都是石油合成产品, 通常情况下, 由于缺氧无法释放全部热量。因此, 大量热解产物不会充分燃烧, 而是以气态形式留在室内。当有额外的氧气之后, 火力将迅速上升。

1.4 隐藏的空间和新型建筑材料

在美国, 很多房屋都是用木头建造的。过去是使用实心木梁, 最近越来越多地使用定制椽架。工程师们已经开发出了将木材和金属结合在一起的 I 形木梁和框架。在北美, 这被称为“用数学代替质量”。



图 1.1 木制框架 (来源 NIST)

当这些建筑的底部使用板材建造完成后，底部形成了一个很大的隐藏空间，烟气可以聚集在那里。同样，在使用石膏板做隔断时，也会产生隐藏空间，烟气可以在其中流动，甚至在使用木结构的地方引发火灾。如果发生(局部)坍塌，隐藏的火灾可能会蔓延至下一层。最近的研究表明，这类建筑的耐火性能仅 10 分钟，因此美国消防员经常会遇到从地板上向下坠落事故，而在比利时使用这种地板结构是相对少见的。不过木材被更频繁地用作建筑材料，现在美国发生的事情可视为对未来的警示。

2. UL 的研究

全美闻名的保险商实验室 (UL, 即 Underwriters Laboratories) 是世界著名的从事安全试验和认证的专业机构。他们进行各种与火灾有关的研究、耐火试验、检查测试等。他们的研究主要集中在工业领域，但最近也开始涉足灭火救援。研究人员想要了解通风对新型住房火灾特性的影响。UL 拥有一座大型研究库房 (1.338 m²)，研究人员在库内建造了一栋单层房屋和一栋两层房屋，在这些房屋内进行了 15 次火灾实验，观察火灾特性，然后对房屋进行通风。研究了五种不同的情况：

1. 打开前门
2. 打开前门，靠近火源处水平通风
3. 打开前门，远离火源处水平通风
4. 开门前水平通风
5. 打开前门，通过 5 个窗户水平通风

研究结果以在线培训课程的形式发布，对此感兴趣的消防员都应该学习这门课程。课程名称为“通风对现代和传统住宅建筑火灾特性的影响”。课程可以在 www.ul.com/fireservice 上找到。



图 2.1 单层房屋 (112 m²) (照片来源 UL)



图 2.2 单层房屋 (297 m²) (照片来源 UL)

3. 打开前门=通风

3.1 实验

在 UL 进行的各项测试中，有一项确实令人大开眼界。该测试场景设定为火灾在室内发展一段时间，房屋只有前门可被打开，火势发展到通风受限态，消防部门随即赶到。模拟消防员打开前门进入火场灭火。前门打开后，观察热释放速率(燃烧功率)的变化是非常有趣的。开门之前，火势一直处于通风受限的状态，火势因缺氧受到限制。打开前门后，空气再次涌入，火势迅速发展释放大量热能。从前门打开到热释放速率迅速增加的时间大约为 80 秒，这就是消防员实际进入建筑所需的时间。消防员在相对“低温”的情况下进入起火建筑物，直到突然通风引发轰燃，猝不及防下消防员只能坐以待毙。

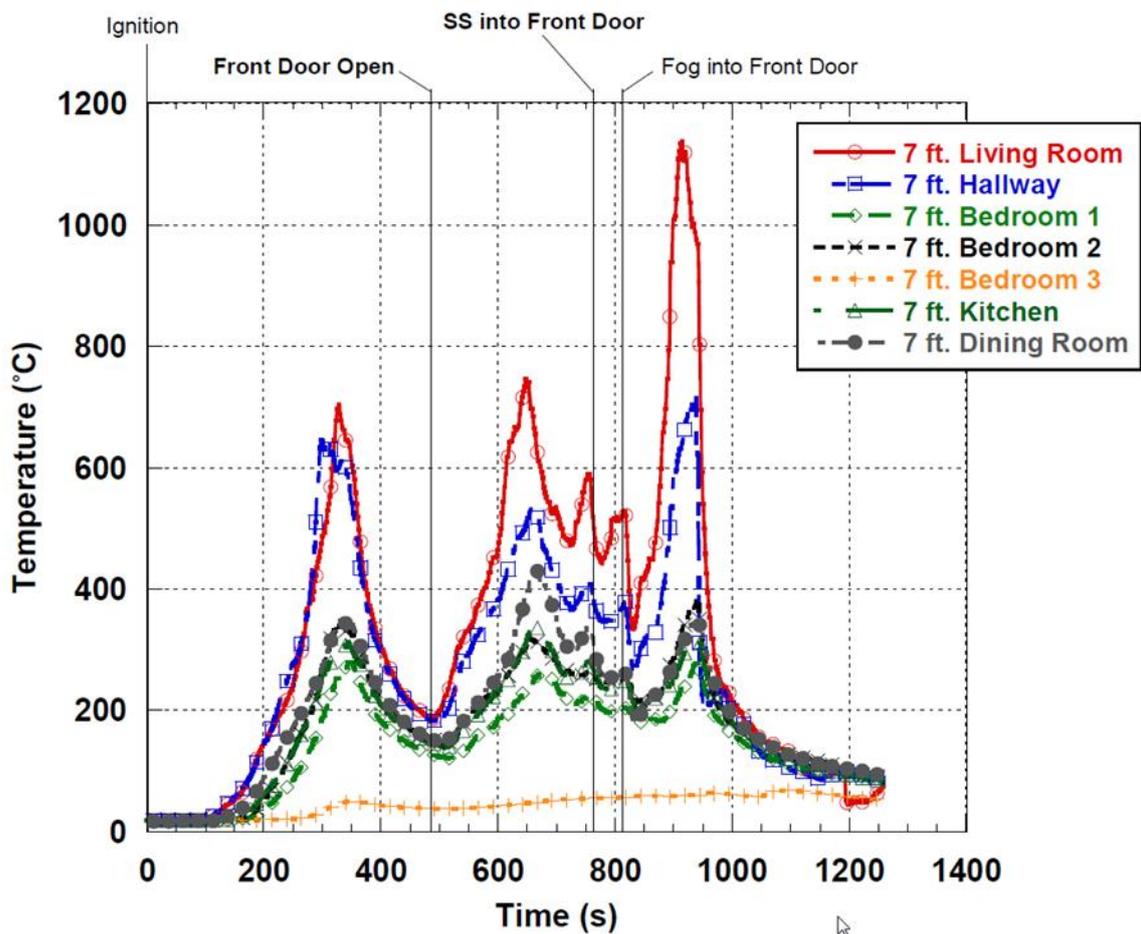


图 3.1 实验温度-时间曲线显示了开门后不久热释放速率开始上升。(图表来源:UL 实验室)

3.2 结论

本实验结果清楚表明，水带未充水、水枪手未就位的情况下，不要开门。从打开门的那一刻起，热释放速率就开始上升。开门后不久，火势就会迅猛发展，只有关上们，才能停止其继续发展。

4. NIST 在一栋学生公寓中进行的实验研究

4.1 建筑情况

阿肯色大学给了美国国家标准与技术研究院 (National Institute of Standards and Technology, 即 NIST) 一栋大楼。这栋楼内有学生公寓，计划拆除。它建于 50 年代，承重结构为混凝土，分隔各个公寓的墙为砖石砌筑。

一楼用于实验，这里有五套独立的学生公寓，由一条长 19 米、宽 2.5 米、高 2.4 米的走廊连接，每套公寓面积为 3.44*4.48 米。



图 4.1 走廊 (图片来源: NIST)

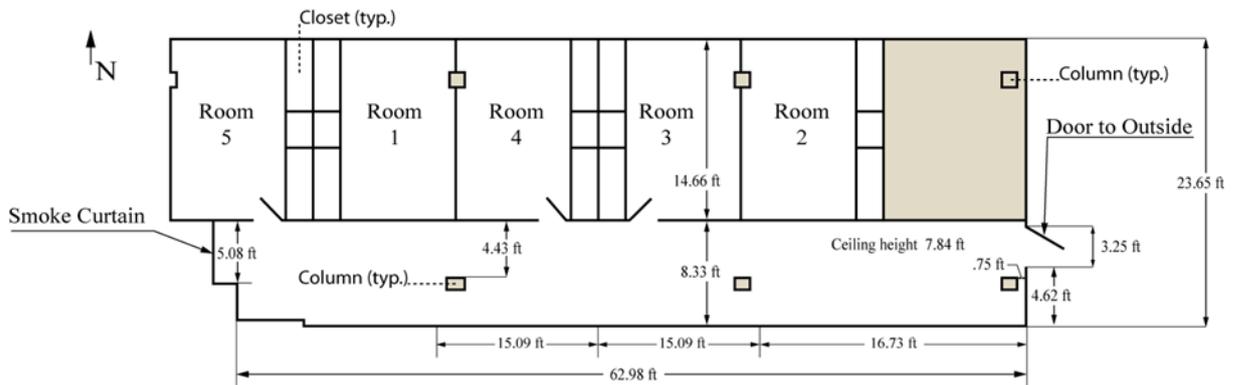


图 4.2 一层平面图 (图片来源: NIST)

4.2 实验

4.2.1 火灾荷载

每间公寓的火灾荷载与标准的学生公寓类似: 地上铺着地毯、一张带枕头的床、一张带电脑的书桌、一些书籍、墙上贴有海报、衣柜等。

4.2.2 测试

第一次测试设定 1 号房间起火, 房门紧闭。210 秒后, 室内温度达到峰值, 随后进入衰减阶段。最高温度在天花板下 30cm 处测得, 为 200°C (见图 4.3)。

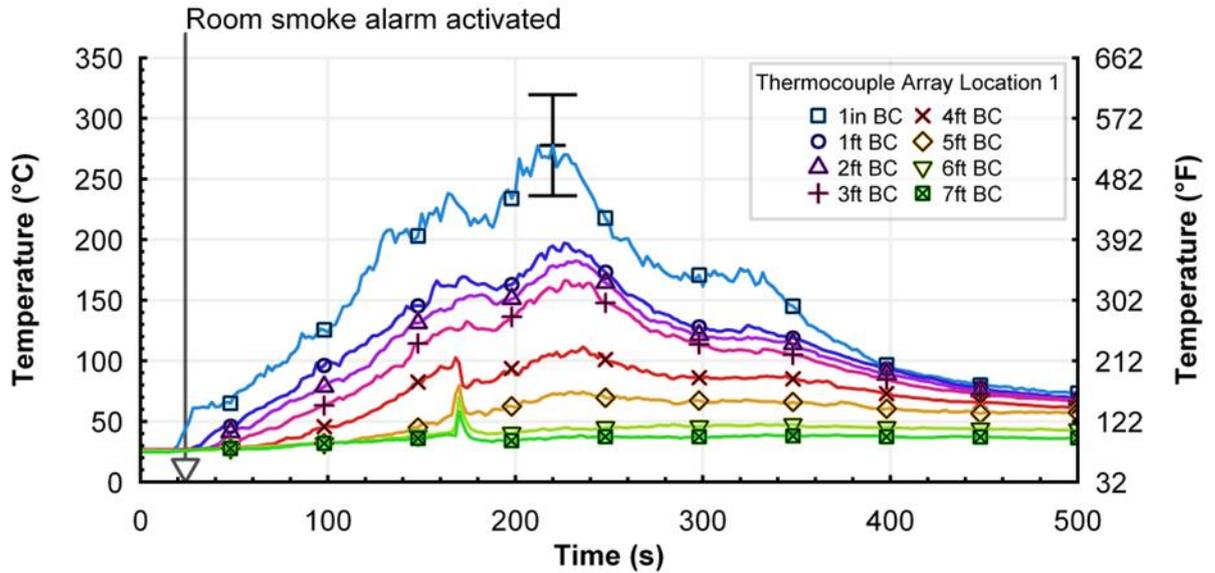


图 4.3 关门状态下室内温度变化（图表来源：NIST）

在 5 号房间进行真火测试时门是开着的，相似的房间却产生了完全不同的结果。先是形成了热烟气层温度明显高于第一次实验。200 秒后，天花板下方的温度开始迅速上升，400 秒后发生轰燃。与第一次测试相反，整个房间都被大火吞噬了。此外必须指出的是，这场火灾实际上会危及整栋建筑。如果有烟雾探测器，居民们就能够疏散到安全的地方。然而，火灾会迫使热烟气体进入走廊和相邻房间，如果消防员不及时干预，火势将迅速扩大。

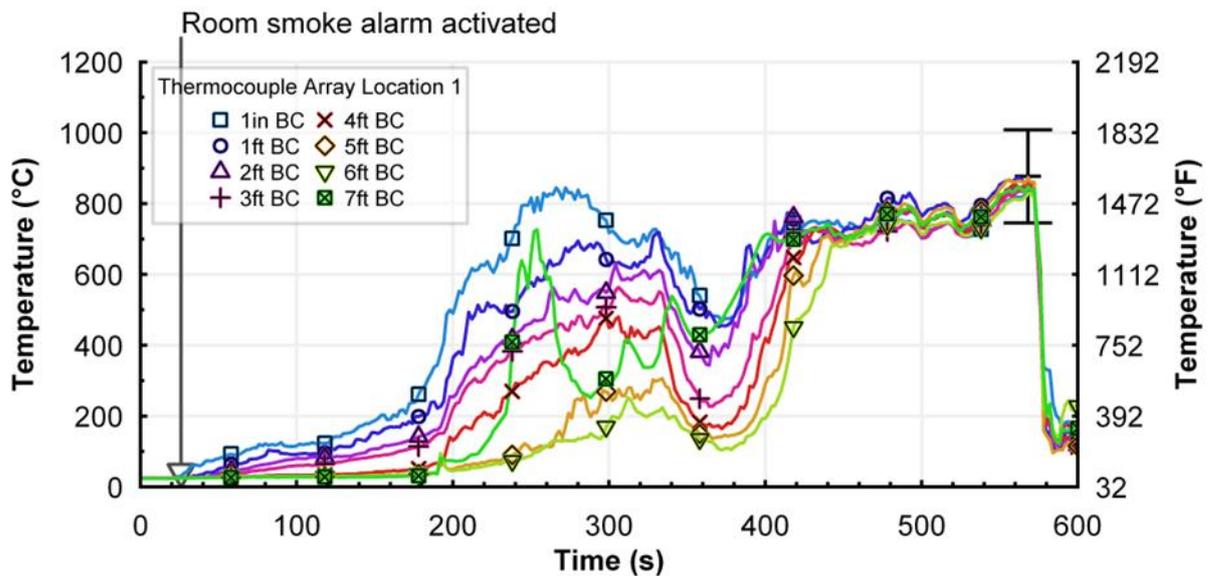


图 4.4 开门房间内的温度变化。200 秒后温度明显升高。轰燃大约在 400 秒后发生。（图表来源:NIST）

4.3 结论

这组实验再次清楚地向我们表明，通风对火灾特性具有重要意义。在正常大小的房间里，只要门窗紧闭，火灾就不会发展成轰燃。消防人员能够以几种不同的方式利用这一结论。关上开着的门，可以减缓正在火势的发展。另一方面，消防员必须意识到：打开一扇门，空气会涌入房间。新流入的空气将使火势更加猛烈。在极端情况下，这将导致通风引发的轰燃。因此，通风对灭火行动有利也有弊。谁控制了空气流通，谁就能控制火灾发展……

5. 参考书目

- [1] *Kerber Stephen & Madrzykowski Dan, Fire Dynamics for the fire service, presentation at FDIC, 2011*
- [2] *Kerber Stephen, Ventilating today's residential fires, presentation at FDIC, 2011*
- [3] *Madrzykowski Dan, The impact of ventilation on Line-of-duty Deaths, presentation at FDIC, 2011*
- [4] *Hartin Ed, www.cfbt-us.com*
- [5] *Kerber Steve, Impact of ventilation on fire behavior in legacy and contemporary residential Construction, 2011*