

消防：指挥与战术

翻译：橙色救援微信公众号

假设在 8 月底的一个美丽午后，你和孩子们在玉米地旁散步，其中一个孩子在玉米田里让你与他们玩捉迷藏，你和另外两个孩子一起跑进玉米地，开始玩耍。直到农夫带着他的收割机开始收割玉米前，这一切似乎都很美好。

你开始恐惧的设想，你的一个孩子被收割机伤害了。你大声的喊孩子们，让他们尽快离开玉米地，但他们没有反应，毕竟他们还在玩捉迷藏。

你怎样才能把他们从可怕的危险事故中解救出来？到玉米地里寻找它们，或者去找农夫解释情况并请求停止收割机作业，从而消除危险？

人人都会赞同的正确答案是：先让收割机停止工作。

1 先救人，后灭火

现行的原则规定，当处理涉及建筑物内部有人员被困火灾时，救援优先于灭火「如果有条件实施救人的话」。这是一个很老的原则，它已经被世界各地的消防机构应用了好几个世纪。

1.1 规定的由来

第一个有组织的消防队是在十九世纪初成立的，在那之前，扑救火灾一直是社区的工作。人们拿着水桶排成一排前进，为了快速扑灭火势，还会要求市民去帮助灭火。在某些地方，人们开始思考如何更有效的灭火，在火灾扑救时，也发明了许多消防装备，并且可选择性也增加了。就像今天一样，拯救被困者也是当时的首要任务。

第一个消防队大多是在主要城市内建立的，他们经常处置低层建筑火灾。消防队到达时，往往会出现楼上的居民逃到阳台上或站在窗口附近的情况。大家很快意识到，首先用梯子来救这些人，然后开始灭火更有效。

“先救人，后灭火”一直是消防工作的原则和标准操作程序。实际上，他们原本真正的意思是“首先营救任何可以用梯子从建筑外部救出的人”。由于这句话可能太长了，所以就变成了“先救人，后灭火”。

1.2 有什么变化吗？

在介绍规定的时候，消防员首先用梯子救站在窗户或阳台上的人，之后他们进入建筑内部开始灭火。大多数时候，他们进不了很远的地方。当有较多的烟、热时，他们必须停下来。



图 1.1 十九世纪初消防设备

(照片: [www. MeChelePosiPiels. be](http://www.MeChelePosiPiels.be))

在上个世纪，消防经历了一场技术革命，防护服有了很大的改进。除此之外，呼吸器也普及到了消防工作中。这使得消防员能够进入燃烧着的建筑物，有可能进入到房间中，在这些房间里，由于里面有大量的烟雾和热量，生存的可能性很小。消防员开始像室外救援一样进行室内救援，这一改变，使消防员可以在火场上拯救更多生命。

上世纪 70 年代的石油危机为消防员带来了另一场变革，一开始并不那么容易被注意到。燃料价格开始上涨，一直持续到今天。在石油危机之前，燃料曾经很便宜，但现在却成了一种珍贵的商品，同时住房的隔热性能越来越好。

其结果是，火灾特性也发生了变化，出现了通风受限型火灾。现代火灾对通风的反应与以前有所不同。

目前，我们看到消防队员都佩戴安全防护装备，以便进入燃烧的建筑物，而火灾本身已经变得更加危险。如今“先救人，后灭火”的意义与 200 年前完全不同。在以前，消防员有可能很快找到一个藏匿在建筑内的被困人，毕竟当时的烟雾很少。

从互联网的视频中，我们发现，传统的 50 年代家具火灾与现代家具火灾相比，产生烟气的差异是巨大的。现在对被困者的搜索确实是一个真正意义上的搜索。

所以，现在我们回到这个案例的起点。我们是要先搜寻被困者，还是要先灭火？我们是要跑进玉米地找孩子还是要让收割机停止工作？

1.3 新学说：先灭火，后救人！

消防队面临着越来越多的通风受限型火灾，这些情况下，虽然火势受到氧气的限制，但是仍然会产生大量的烟气。起火区域内，几乎不可能找到幸存者。

Steve Kerber 的研究^[2]发现，当人们躲在另一个靠近火场但关着门的房间时，他们的存活率非常高，而这个房间与起火房间只有一扇紧闭的门。这些房间的温度更低，有毒气体的浓度也更低。这个原理同样也适用于发展阶段的火灾。

受到一氧化碳等有毒气体影响的被困人员，会逐渐将这些物质吸收进他们的血液。有

毒气体浓度越高，吸收的越快，并且死亡的越快。有毒气体是由火灾燃烧产生的，只要火还在燃烧，烟气浓度持续上升，情况就会恶化。

通过扑灭火灾，有毒烟气会停止产生。通过灭火，烟气的浓度将稳定，甚至减少烟气排放，反过来这又提高了被困人员的生存几率。

在烟雾缭绕的房子里，搜索被困人员是非常困难的。这类似于在玉米地里寻找孩子，搜索火点并不难，通过使用热成像仪（TIC），你可以观察到烟气中的火点或者烟气的流动，可以看到温度的上升，这将帮助你确定起火点所在的方向。

提倡对之前的操作程序进行改变的一个重点是：当消防员进入着火的建筑搜索和救援时，他们通常是在没有水枪掩护的情况下这样做的。他们希望取得良好的进展，不希望水带线路卡在角落或家具上造成任何障碍。即使没有水带线路，搜索多个房间也需要一段时间，在这段时间里，火势将会自由发展。

有许多消防员牺牲的案例，很多都是在燃烧的建筑物内寻找被困人员时而牺牲。在搜救过程中，小火经常迅速蔓延。多数情况下，我们可以先迅速扑灭火势，然后寻找被困人员。

这就产生了一种新的学说，这种学说正在世界各地越来越多地得到应用：“先灭火，后救人”

1.4 消防站点

很多人在读到上面的文字时，都会反对，毕竟，它与当前的理论相矛盾。为了避免在火灾处置中发生相反的情况，消防局组织了多个消防站在一起共同工作。

最先到达现场的车辆可以开始灭火，一旦第二辆车到达，它就可以开始搜索和救援。另一种情况对于火灾而言，是第一批到场消防员准备好水带干线，负责供水的小组之后可以开始搜救了。

当然，这只能在消防车上载有六人的团队时来完成，而且还需要确保第二辆消防车在路上。六人一辆消防车的小组将被分成灭火小组和搜救小组，每个小组由两名消防员组成，一人具体操作、一人指挥。

对两个团队进行适当的训练，并且至少有一个有经验的人在小组中也是非常重要的。在没有后备力量的情况下，完成灭火和搜索任务都是有非常高风险的。

需要考虑的最后一个方面是，这些战术是利用消防车自身有限的水供应来进行灭火的，第二辆消防车需要快速到达现场，提供独立并且不间断的供水保障，提供后备力量。

2 案例：樱花路火灾

即使确定建筑物内没有人，重要的是尽快扑灭大火或控制它，又或者至少不使它蔓延。当多个灭火队出动时，首先与火接触的队伍需要控制好火势。这将提高其他消防队的安全。当然，灭火行动也需要正确执行。

樱桃路火灾，就是由于担心危及其他消防队员的生命安全，消防队员没有立即灭火的一个案例。这场火灾，初战力量到达后，认为是普通火灾，消防员做了他们训练过的事情，去寻找火源。在搜救过程中，火势扩大。两名消防员死亡，三人受伤。

这起事件的悲剧之处在于，后备队员在旁边待命，不允许从外面攻击，因为现场指挥员担心搜救队员会被蒸汽伤害。

现在让我们仔细看看这个案例。

2.1 建筑情况

该建筑位于住宅小区内，这是一排小房子，由三层组成：地下室、一层和二层。重要的是要注意到，一楼的前面和后面有差异。

在后面，院子和地下室在同一水平位置，所以看起来地面上的建筑像有 3 层：一，二层和三层（见图 2.1）。这种情况，会让建筑物两端的消防员感觉混乱。

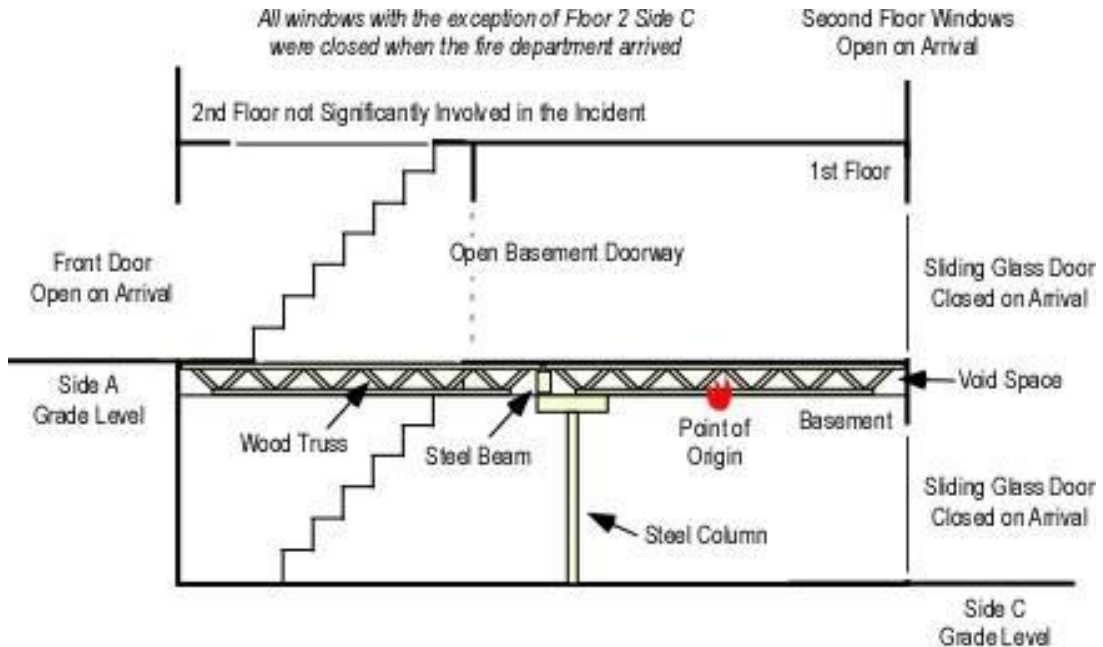


图 2.1 建筑物的横截面。楼的前端位于图纸的左侧。在地下室的院子后端在右侧。

（图：Ed Hartin, www.cfbt-us.com）

这座建筑物有一个木框架。在地下室中设置钢梁和立柱，将地面层的重量传递给地基。房屋正面和背面都是由砖砌成的。在欧洲，这类建筑变得越来越流行，因其需要很少的能量并且很节能。

地下室被用作娱乐室，有一些书架，沙发，酒吧，……换句话说，在这个房间里有大量的火灾荷载（火灾荷载是指单位面积上占有的所有可燃、难燃物料的质量。为便于比较，有时也定义为单位面积内等效可燃物的质量）。

消防队到达后，前门是打开的。消防队到达后门的那一刻，他们发现实际上建筑的第一层滑动窗口已经打开，从后面看，是第二层，剩下的其他窗口都关闭了。

2.2 火场情况

1999 年 5 月 30 日，在樱桃路 3146 号，一场大火从 12 点 15 分开始。烟感报警开始工作，提醒人们抓紧在被烟气困住之前逃离大楼。

事后调查得出结论，火灾起因是地下室的电灯发生电路故障，灯安装在一层地面以下、地下室顶棚的位置。

火势蔓延，大火吞噬了地下室的大部分。突然，地下室发生轰燃，热气从敞开的楼梯间直冲到一层。就在这时，两名消防队员正在一楼的火场进行搜救。他们被迅速发展的火势吞没并牺牲。

2.3 消防队的战术

一到现场，就可以看到大量的浓烟。因此，现场指挥员决定升级警情。在前门可以看到双向流动的烟气，浓浓的黑烟从门里流出。

在前门，第一辆消防车铺设一条低压 38 毫米水带线路进行灭火，消防员携带这条干线进入大楼。第三辆消防车正在铺设一条 38 毫米水带的备用线路。许多比利时消防员，会惊讶地发现出动三辆消防车到火灾现场。

在美国，人们习惯在消防车中放更少的人来完成灭火。许多消防队一辆消防车配置四名消防员，而有的消防队在每辆车配置 3 或 5 人，本文中就是四人的一辆消防车。他们派出四辆消防车和两辆重型消防车到火灾现场，小型消防车向事故现场有序的输送灭火的人员。

其他车辆的消防员开始打破前门的窗户，在美国，人们坚信越早通风越能改善火场情况。最近的研究表明，情况并非如此。

与此同时，第二辆消防车在建筑物后面铺设了一条长长的水带线路。为了实现这一点，他们绕过了 3142 号房屋(见图 2.2)，因为铺设相当长距离的水带线路，他们没有注意到他们已经下降了一个楼层。

他们到达地下室的窗口，这是火点的位置高度。他们到达时，地下室火势处于初期阶段，在这时，它仍然是小火。他们实际上把它描述为几个位置的小火，燃烧的是之前掉落下来的木质天花板。

然而，从他们的角度来看，这是一场地面火灾。因此，他们认为他们的战友是在火场的另一头。窗户被防盗门覆盖着，第二辆车的消防员很快破拆了这些东西，他们开始打破窗户来排烟散热。

然后，他们看到一个通过打开的窗口向内流动的空气气流。此时，消防员们并非本意地制造了一个烟囱效应。在前门，窗户被打破，因此产生了一个排烟口，而在楼下制造了一个进气口（滑动窗口）。烟囱效应使火势发展加速，据后门的消防员说，他们看到了火势的发展。



图 2.2 地面和地下室的地面布局。

(图:Ed Hartin www.cfbt-us.com)

此时此刻，没有消防水枪掩护的消防队员正向地下室寻找被困者。在搜寻过程中，他们发现小火正在迅速蔓延。温度在上升，烟气层中出现了火焰，因此他们决定撤退。撤退期间，他们发现了进入房间的“新鲜空气”，这使他们能够迅速找到返回出口的路。

站在后面的指挥员向现场指挥员请示，请求允许从他的位置出水灭火。这个请求被拒绝了，因为担心形成的蒸汽会给里面的消防员带来太多麻烦。

值得注意的是，现场的每个人都认为两组人员在同一水平位置上工作。有经验的消防员知道，此时使用水枪灭火，被困在火场另一边的消防员会被蒸汽烫伤。

之后不久，消防员发现了火点并开始灭火。然而，他们并不知道初始的火点在他们下面的地下室里。火焰开始变黑，温度一直在上升，分烟层下降，直到能见度为零。

不久之后，灭火的消防员和后备队员开始从一楼撤退，因为热的已经无法忍受了。在接下来的混乱中，三个消防队员落在了后面，被困在了建筑里。

后门的警官又请求现场指挥员允许他从外部灭火，请示再次被拒绝。

三名消防员中有一人意识到出事了，并设法找到了出口。

紧急救援小组被派去营救剩下的两名消防员。由于高温，救援工作不得不中止。

直到后门的警官第三次要求允许外部灭火，才被允许。而此刻，火灾已经在地下室全面发展起来了。

在用水灭完火之后，火势得到了控制。但是，火并没有完全熄灭，它的能量和温度大幅下降。

继续开展新的救援尝试，这一次，救援人员设法搜救两名失踪的消防员。其中一个已经死了。第二天，第二人在医院去世。



图 2.3: 从后门进入。(图:District of Columbia Fire & EMS)

2.4 模拟火灾

樱花路火灾是在发明计算机模拟火灾之后的第一次火灾。美国政府研究所 NIST 的软件可以模拟火灾：火灾发展模拟软件（FDS）。NIST 的科学家模拟建筑并模拟了火灾，以确定确切的火灾发展情况。

这样一来，他们就可以证明，在地下室的滑动窗被破坏之前，火灾处于通风不良、缺少氧气阶段。之后，火势在 60 秒内轰燃^[12]。十年后，Steve Kerber 在 UL 的研究证实了这一结果。

图 2.4 绘制了一段楼梯，并且显示了温度。正门在右手边，后门在左手边。该图为图 2.1 的镜像图，该部分也穿过楼梯后面的房间，这个房间用一扇关着的门与防火间隔开。

如前所述，这个房间里的人有很好的生存机会。这张照片还显示了从地下室冒出来的热的烟气，并且通过地下室的窗户（图片左边）和通往一楼的楼梯流出，空气流动的轨迹清晰可见。

一楼的消防队员在一个相当稳定的环境中工作。地下室窗户被打破的瞬间，形成了空气流动的路径。由于空气的增加，火场就演变成了轰燃，一楼地面温度立即上升。

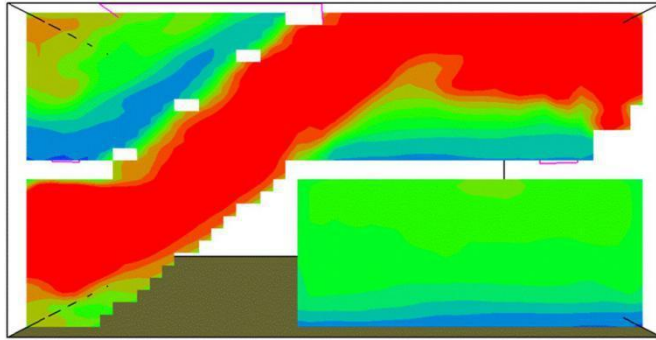


图 2.4 来自 FDS 的图像（图纸：DANMADRZYMowski&RobertVettori）

3 有没更好的做法？

很明显，在这场火灾现场，有很多事情做错了。现在我们拿一些关键点来研究学习。

3.1 灭火

“先灭火，后救人”这是新学说。当扑灭火灾时，常常会有很多混乱情况发生。通常情况下，我们在燃烧的建筑物内爬行，很难确定周围正确的位置状态，事后会感到惊讶(火被扑灭后)。

这就是为什么要尽快侦察火情和控制火势，这不是鲁莽的个人英雄主义的借口！对于 IC 现场指挥官来说，了解火灾现场发生了什么是很重要的。想要从外部灭火的消防员需要获得批准，或者至少需要通知 IC 现场指挥官他们将开始灭火。

与消防员习惯做法相反的是，外部灭火不能用直流水。当一场火灾从外部以直流水射水灭火时，会产生大量的蒸汽，在里面灭火的消防员会很难受。除此之外，外部直流水灭火的效率非常有限。

可以通过使用科学的水枪控制技术减少大量蒸汽的产生，就可以将小火扑灭。当火场热量太高时，可以选择一种介于点射和扫射之间的技术。当然，很难在纸上解释这一点，仍然需要进行真火训练，只有这样才能显示水枪的使用效果。

如果允许后门的消防员从外面进攻，火灾就不会发展成轰燃。也许在打开地下室的窗户后，用水枪点射扑灭这起小火灾也是有可能的。



图 4 CFBT 中水枪点射在训练室中的使用（照片：Christophe Gardin）

3.2 通风的影响

在这起致命的事件过程中，通风起了关键作用。在美国，拆除或破坏尽可能多的窗口是标准程序。FDS 模拟显示，在第一层上创建开口几乎不会引起任何变化。直到地下室的滑窗打开，里面的情况才迅速恶化。

世界各地，排烟并不是解决一切的做法。然而，我们仍然可以通过打开一个房间的门窗来产生同样的结果，窗户也会因热量积聚而破裂。通风不足的火势，也会因创建一个空气通道而发生改变，如果这发生在打开一扇门时，就会增强火势。

对这种情况作出迅速和适当的反应是很重要的，在樱桃路火灾中，立即用正确的水枪灭火是应对该类火灾的正确方法。

3.3 气体冷却

最后一个值得注意的因素是气体冷却或 3D 技术，这些技术在美国很少使用。即使在比利时，人们对这种技术的使用还没有足够的认识。

热烟从楼梯中流出，进入一层。不久，一层的烟气层就会被点燃，情况就会恶化。假设灭火人员在整个推进过程中，一直在冷却烟气，烟气层就会含有大量的惰性蒸汽。

这不会阻止轰燃发生，但它会帮助灭火人员多争取一些逃生时间，这些珍贵的时间可以让他们撤离出来并且活下来。

4 最终的思考

研究像樱桃路这样的火灾案例，是非常有趣的学习方式，网上也有很多案例研究。橙色救援的社群也会经常组织分析讨论，但是，很重要的一点是，我们都是人类，要意识到事后诸葛亮都很容易，真实的情况可能还有所不同。

我们的目标是让灭火救援工作更安全、更有效，案例研究是一种低成本的方法来帮助实现这一目标。

5 参考文献

- [1] *CFBT instructor course, Croatia, november 2011*
- [2] *Kerber Steve, Impact of ventilation on fire behavior in legacy and contemporary residential Construction, 2011*
- [3] *Lambert Karel, Baaij Siemco, Brandverloop: technisch bekeken, tactisch toegepas*
- [4] *Cursus Formateur Flashover, IPF Hainaut, oktober 2008*
- [5] *Bengtsson Lars-Göran, Enclosure Fires,2001*
- [6] *Grimwood Paul, Hartin Ed, Mcdonough John & Raffel Shan, 3D Firefighting,*

Training, Techniques & Tactics, 2005

- [7] *NIOSH rapport 99 F-21, Two firefighters die and two are injured in a townhouse fire, November 1999*
- [8] *Grimwood Paul, Eurofirefighter, 2008*
- [9] *3D Firefighting Course, Germany, oktober 2009*
- [10] *Lambert Karel, New insights into ventilation, De brandweerman, mei 2011*
- [11] *Hartin Ed, Fire Behavior case study - Townhouse fire: Washington, DC*
- [12] *Madrzykowski Daniel & Vettori Robert, Simulation of the dynamics of the fire at 3146 Cherry Road NE Washington DC, april 2000*