

# 室内火灾扑救知识的发展

翻译：橙色救援微信公众号

多年前，我们大多数人就已经开始学习基本的消防课程。甚至有些人已经有十几年的学习经验。80年代开始，社会经历了一个重大的转变。在那个年代，有的消防队已经买了他们的第一辆车。如果我们将第一辆车与我们今天购买的新车进行对比，会觉得差别巨大。

我们建造的房屋以及建筑结构，同样发生了翻天覆地的变化。如今的房子都是用高性能的双层玻璃，甚至是三层玻璃建造的。房屋和建筑物有较厚的隔热层。我们甚至建造了被动型房屋（所谓被动式房屋指仅依靠建筑本身的构造设计，就能到达舒适的室内温度，满足“冬暖夏凉”的要求，不需要单独再另外安装供暖设施的建筑）。

很明显，如果这些建筑发生火灾，我们的扑救方式方法也应该发生变化。现在的消防官兵遇到的火灾，在40年前甚至还没有出现。幸运的是，现代灭火的工具和装备也得到了提升改善。

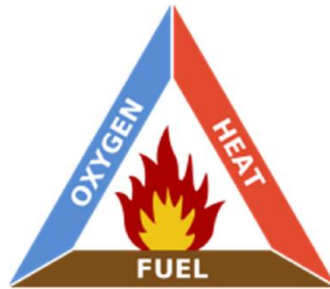
举例来说，目前消防员所使用的水枪与过去使用的水枪差别巨大。关于火灾的知识、火灾科学现在与过去也大不相同。

灭火救援过程中，过去与当前的方法学问同等重要，接下来，我们将围绕两个主题进行讨论。两个主题分别是：燃烧三角模型和通风良好型火灾。

## 1 燃烧三角模型

### 1.1 开始燃烧

每个人都知道燃烧三角模型。我们用它来解释燃烧形成的必要条件，这三个必要条件是可燃物，空气（氧气）和（活化）能量。在这种情况下，“能量”这个词经常被温度或热量所取代，这三个组成条件需要分别达到一定程度才能促成燃烧。



图片 1 燃烧三角模型(graphic: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))

燃烧过程实际上是可燃物与氧气之间的化学反应，该过程伴随着热量或者能量的输出。燃烧开始阶段，会消耗氧气。在空气中，氧气含量 21%。有限密闭空间中燃烧，将会消耗氧气，火焰将逐渐减弱，直到它将氧气耗尽，最后熄灭。

经过计算，空气中含氧量在 14%到 15%之间，燃烧会逐渐熄灭。一个简单的实验是：蜡烛在密封容器中的燃烧实验。燃烧的蜡烛在密闭仪器中，密闭仪器中氧气消耗到一定氧气空气比例，蜡烛自己就熄灭了。

## 1.2 燃烧四边形

有时会提到燃烧四边形，在那种情况下，空气与可燃物有效接触面积比也会被考虑在内。

比方说，我们把一些刨花放在碗里，这将很容易点燃，木屑表面积一大部分暴露在空气中，这意味着有一个很好的可燃物/空气比例。

如果我们试图用相同的点火源点燃一根木梁，它将无法实现。与木屑相比，木梁暴露在空气中的表面积实际上要小很多，也即木梁有一个较差的可燃物/空气接触比例。

## 1.3 燃烧三角形在火灾发展过程中的作用

如果发生极端火灾现象（轰燃，回燃和可燃气体燃烧），燃烧三角形在其中就有重要作用。

无论何时发生上述现象中的任何一个，你可以应用燃烧三角形进行分析。因为，可燃物、氧气和能量，必须形成一定比例才能触发上述现象之一，一个相当简单的例子就是回燃。

在回燃之前，室内有充足的可燃混合物（包括可燃烟气和室内可燃物），火灾高温也保证了能量的供给，也即燃烧三角形的可燃物和能量两项完全满足，只是缺乏供给燃烧的氧气。

当我们将第三方的氧气加入可能发生回燃的室内时，回燃发生。换句话说：我们需要让燃烧三角形的所有三个条件都满足才会形成回燃。这也适用于所有其他极端火灾现象。

## 2 通风良好型火灾

各种火灾研究中发现，火势的发展对火灾起着至关重要的作用。火灾中，空气的含量，决定了火灾的发展情况。

根据通风情况，我们将火灾分为通风良好型与通风受限型火灾。接下来，我们来介绍通风良好的火灾。这种火灾具有足够的通风（空气供应）以继续进行燃烧蔓延。

### 2.1 火灾初期阶段

在某个时间，点火装置点火，装置内通常有 21% 的氧气。所以，在火灾开始的时候，有足够的氧气供火继续燃烧。一段时间后，氧气将被火灾产生的烟气所取代，房间里的氧气百分比会降低。

这一阶段，因为氧气足够支撑燃烧发展。因此，我们可以说，这个阶段的火灾是由燃料控制的。这意味着，燃料的数量将决定火灾发展进程。

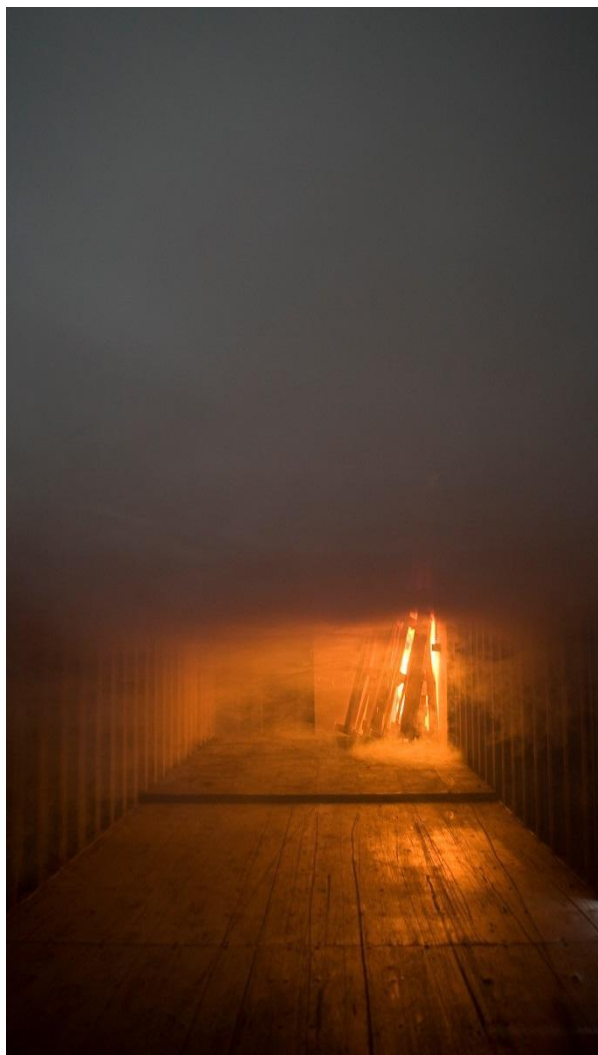
在开始阶段，点火源（例如香烟）将与可燃物相互作用。可燃物一开始会产生烟气，换句话说，在点火之后，会发生阴燃。一般来说，越来越多的可燃物会卷入到火灾中，着火面会变大，温度也会开始上升，过了一会儿，产生的烟气就会被点燃，这些火焰本身就产生了辐射热。

一旦烟气中有火焰，燃烧过程就会加速。从火焰中发出的辐射热可以到达更远的地方。起火点附近的物体的温度将开始上升。

当这些物体获得足够的热量时，它们首先会释放蒸汽，然后再释放热解气体。两种气体都是浅色的（白色到灰色）。

## 2.2 燃烧发展阶段

一旦点燃的浓烟开始燃烧，火势进入发展阶段。在室内，很明显可以看到火灾在发展。有大量的烟雾可见，而且温度显著上升，烟气将开始下降，它是由受到热辐射的室内可燃物热解和燃烧产生的烟气组成的。



在发展阶段，烟气的中性面（或叫中性区域）会出现（见图 2）。直观地从图上解释，我们可以在烟层的底部画一条线。

在烟气层中，气相可燃物数量将继续增加，而在烟气层下仍然有大量的氧气存在。此外，烟气层下的能见度仍然相当不错。

随着火势越来越大，烟气层将会下降。这种烟气层下降的速度是观察火灾发展速度的指标。快速下降的烟气层表明快速发展的火灾，并且该火灾非常危险。

一段时间后，烟气层中的火焰会引燃天花板，火焰开始在天花板上水平蔓延。在这一点上，烟气层中有一个火焰面。这火焰逐渐开始在烟气中穿过。这种现象被称为“滚燃（即火焰与烟气充分混合后的预混燃烧）”，滚燃的出现，标志着火灾发展阶段的结束，下一阶段的开始。由于来自烟气层的辐射热，环境温度将会迅速上升，这时，将发生轰燃。

在火灾发展阶段，越来越多的可燃物卷入火灾。氧气供应充足的情况下，火焰的前端会蔓延，火灾规模也会变大，火场需要越来越多的氧气。

与此同时，特别是空气中氧气的百分比也会开始下降，尤其是在室内空间的上层，弥漫着燃烧产生的烟气。火灾仍然是燃料控制的，但正在向通风控制型火灾转变。

图片 2 在小屋中间高度区域我们发现了深灰色的烟雾。而下面有很好的能见度。（图片：斯特夫范德斯米森——Zaventem 消防部门）

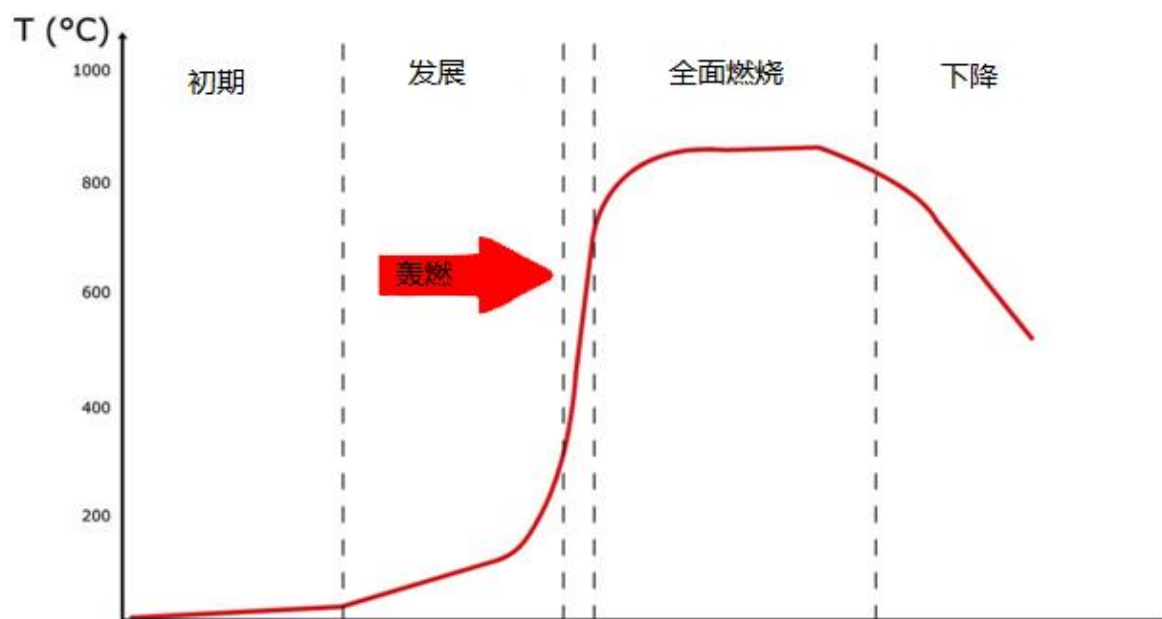
## 2.3 轰燃

在火灾发展阶段，房间里的所有可燃物都开始受热分解。燃烧过程产生了大量的烟气，这种烟气有一定量的可燃气体，如一氧化碳。

烟气层本质上是一个热可燃烟气的储藏库，随着烟气和空气的不断卷吸预混，气体混合物被点燃，温度迅速上升，几秒钟后，一个房间里的火就会演变成一场大火，吞没了整个房间。

接着，我们看到了火灾从二维向三维立体火灾过渡。这意味着我们可以将轰燃定义为：它是一种突然的、连续的，火灾从发展阶段到全面燃烧阶段的转变。

房间发生轰燃后，整个房间都会被大火吞没。燃烧过程中，参与燃烧的可燃物数量大大增加。此时，火灾的发展需要更多的氧气参与，火灾也变成了通风控制型。因为，进入全面燃烧阶段需要更多的氧气，要获取足够多的氧气，只有通风才能实现。



图片 3 通风良好的燃烧 (Graphic: Karel Lambert)

## 2.4 全面燃烧阶段

一旦一场火灾发生后，整个室内空间都将被火焰侵袭，房间内的任何东西都会被烧毁。周边建筑构件（例如地板、天花板、墙壁、……）的耐火性能，决定了火灾是否会由室内发展蔓延到其它房间。如果一扇门打开了，隔壁的房间很快也会被火势蔓延，并发展成轰燃现象。

有可能在 A 房间里有一个完全充分燃烧的火灾（轰燃后），而 B 房间则处于火势发展阶段（轰燃前），处于完全燃烧阶段的房间最终将被烧毁。

## 2.5 下降阶段

随着火灾的持续，它会消耗越来越多的燃料。在燃烧阶段结束时，火灾的强度将下降，烟气的产生也会减少，流入的空气量就会增加，燃烧中涉及的可燃物变少，氧气量将增加。在某个时候，燃烧的形式从通风控制型回到燃料控制型。

熄灭过程中，仍然有一些可燃物足够热，可以继续燃烧。火的强度可能要小得多，但持续受热分解产生气体对消防员来说仍然是一个风险。