布鲁塞尔建筑火灾：聚氨酯阴燃

翻译：橙色救援微信公众平台

1 介绍

图 1 起火建筑客厅在一楼，屋顶下方是未使用的阁楼空间（图片： JVK）。

2009 年 1 月 21 日，比利时迪克斯迈德（Diksmuide）消防局接警处置一起建筑火灾。这起看似普通的火警却差点要了两名消防员的命。起火建筑为一幢一层的独栋住宅

（见图 1），这幢建筑之前翻修过，现有坡屋顶是后加的，所以下方的阁楼从未使用过。发生火灾时，阁楼内椽条之间正在喷涂聚氨酯(PUR）。通过这种方式增加隔热性，降低房子的能量消耗。喷涂 PUR 的过程会放热，工人必须遵守一定的规章制度，以确保热量不产生聚集。在施工过程中，工人自行扑灭了一场小火，但他们并没有联系消防部门来检查火是否完全熄灭。

1 图 2：阁楼上的木制支撑结构，椽子间的空间相当有限。正因为如此，佩戴空呼的消防员行动受限（图片：迪克斯迈伊德消防部门）.

几小时后，工人们又闻到一股烧焦的味道。尽管什么都没看到，但这次他们还是报了火警。消防队到场后，指挥员爬上阁楼开口，把头探入开口，并未发现任何火灾迹象，决定再派两名消防员背空呼深入阁楼寻找着火点。

他们首先到了施工地点，但什么也没发现。其实他们既没有看到火也没有看到烟。

阁楼里满是由木椽组成的条条框框支撑着屋顶，通道非常狭窄——不利于配戴空呼的消防员行动。侦查小组随即决定搜查阁楼的另一端。因此，他们需要绕过楼梯口，并沿着屋顶向另一端前进。直到此时，一切正常——不见烟雾，感受不到热量。阁楼内充满的似乎只有空气。

2 图 3：火灾发生后，其中一名消防员的战斗服。*（图片：迪克斯迈伊德消防部门）*

此时突然出现一股绿色烟雾，能见度迅速降至零，让消防员们措手不及，他们立刻意识到自己遇到了大麻烦，于是转身向楼梯口走去。烟气开始燃烧，火焰充满了整个阁楼，两名消防员都有生命危险。幸运的是，他们成功地从楼梯口跳了下来。两人都被严重烧伤，战斗服和空呼受损严重。毫无疑问，专业态度救了他们一命：如果没戴好空呼面罩，肯定一点幸存机会都没有。

队友们在室外救助了他们，现场急救后马上转移到烧伤护理中心，他俩在那里接受了很长一段时间的治疗。

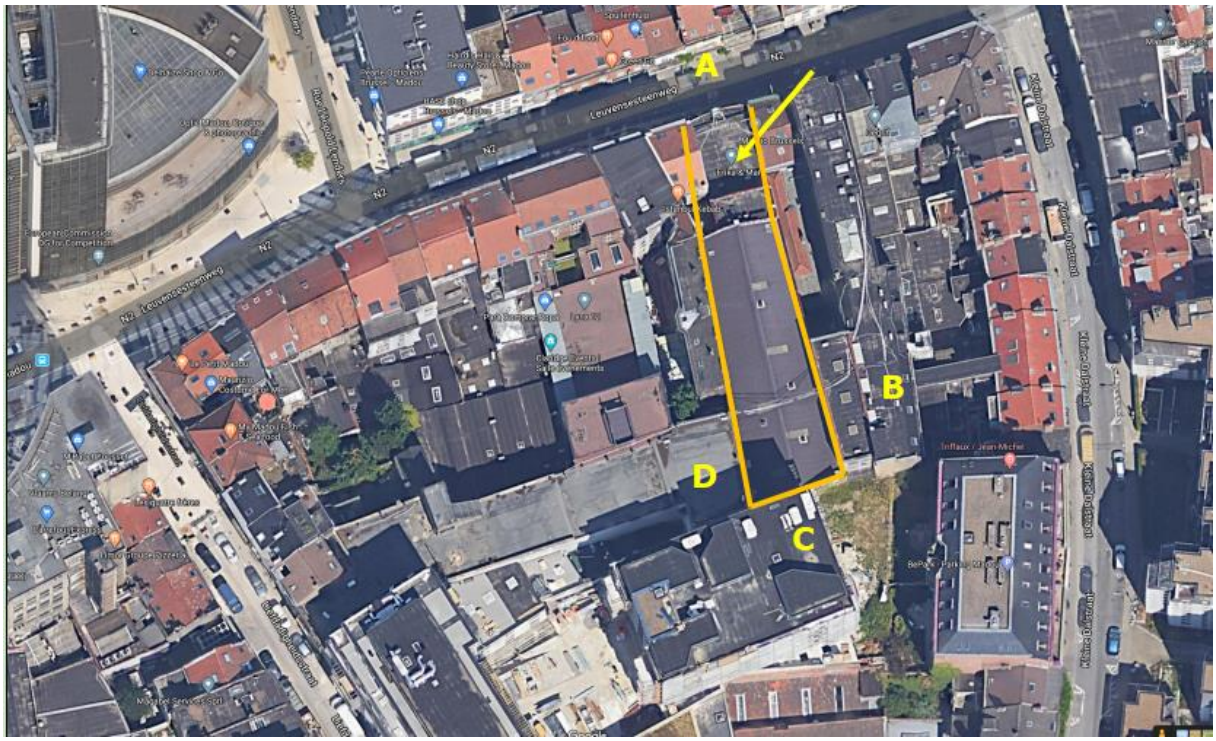
在 2009 年，整场火灾的迅速变化，震惊了消防部门。没有人明白发生原理。显然，阴燃的 PUR 可以瞬间将一个似乎只有空气的房间变成烈火炼狱。

2 布鲁塞尔的可疑烟雾警情

2020 年 2 月 18 日 14 时 20 分左右，布鲁塞尔消防部门（DBDMH=Service for Fire and Urgent Medical Aid 消防和急救局）接到报警称鲁汶市（Leuvensesteenweg）的圣若斯-滕-诺德（Sint-Joost-Ten-Noode）地区有建筑在冒烟。该地区是布鲁塞尔市内的一个小自治区，人口密度极高——达 24000 人/km²（比利时全国平均为 376 人/km²）。

如此高的人口密度意味着建筑之间距离都很近。在比利时的其他地方，房子通常建在路边，庭院被用作花园。但在布鲁塞尔，很多建筑前方的庭院都被占用修建楼房、仓库等，本案例中是一栋公寓楼。因此，消防车往往无法直接到达，该起火灾中也是如此。

“Cité” 消防站的水罐车于 14 点 25 分到达“米拉诺”夜总会，他们只能看到建筑物的正面（A 面）。该建筑南北纵深很长（大约 60 米），B 面和 D 面两侧分别紧挨着“Kleine Dalstraat”和“Liefdadigheidsstraat”。C 面没有毗邻建筑，但距离大约 2 米的地方有一栋的公寓楼。从图 4 我们可以看到建筑路况的复杂性。



3 图 4：起火夜总会周边卫星图. 黄色箭头指示建筑前半部分，稍下点是舞池的方形屋顶。*(来源：谷歌地图)*

2.1 初战到场人员

夜总会的大厅位于建筑的尽头。“Cité”消防站到场后在德鲍切隆（Debaucheron）中士的带领下对火场进行侦察。侦察发现，工人们在装有电子设备的阁楼上对钢制天花板进行焊接作业，施工过程引发阴燃，烟从天花板冒出。指挥员命令铺设一条 45mm 水带线路至阁楼，并正确地预判这次警情不仅是处置疑似冒烟那么简单，需要增援。

建筑火灾作战编成的其他车辆在 14 小时 37 接到出动命令。在布鲁塞尔，建筑火灾出动的车包括两辆水罐车、两辆云梯车、一辆指挥车、一辆救护车和军队医院的移动医疗队（Mobile Medical Team，MMT）（如果当地有的话）。一辆云梯车从“Cité”消防站出动，MMT 从军队医院出发，其余车辆从“Heliport”消防站出发。

2.2 增援到场

“Heliport”消防站的增援队伍于 14 点 43 分到场，总指挥兰伯特（Lambert）少校对现场进行了侦察。夜总会大厅上方的阁楼空间非常大（15m*40m）。阁楼空间呈三角形，由不等距放置的金属格栅梁支撑。中间有一过道，由于金属梁阻碍，即使视野清晰，通行也很困难。

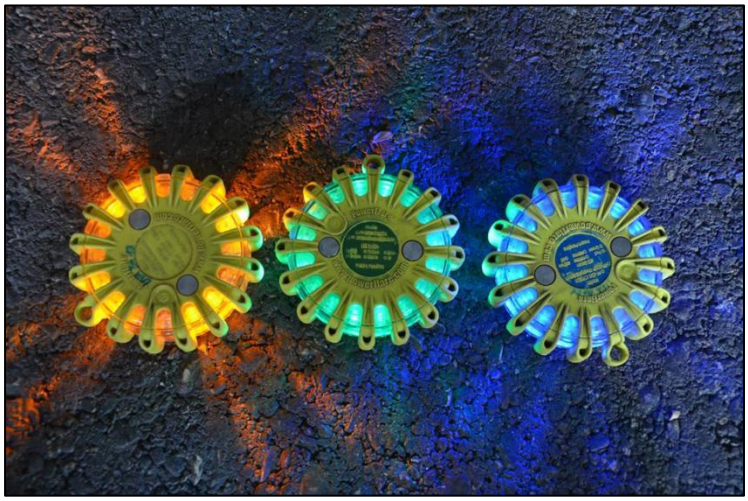
图 5 图片显示了进入阁楼的通道，只有 50 厘米。对于背空呼的人来说，这是非常狭小的空间。*（图片来源：尼古拉斯·弗鲁维尔）*

特别要说的是，要进入阁楼只能通过下层的梯子或楼梯——两个入口的空间都非常有限。此外，阁楼上还有一个大型通风井，导致消防员进出都非常不便。

兰伯特第一次侦察时，阁楼上看不到烟。但他还是马上认识到了消防员面临的潜在危险——情况与 2009 年迪克斯迈德的火灾有很多相似之处：在难以进入的屋顶阁楼内的可燃物中隐藏着的阴燃。他决定到室外，从更直观的角度观察阁楼屋顶。

同时他建议在火场内放置绿色 PUC 来指示撤离路线（遵循贝林根研讨会建议）。如果突发烟雾，消防员可以很容易地通过灯光找到出路（见图 6）。并在 14 点 50 分左右要求第三辆水罐车到场，以保证情况有变时有足够的人手。

当天，联邦警用无人机中队正在消防部门观察实习。他们也遂行出动，派出一架无人机快速升空提供现场画面。这些图像显示了在如图 4 所示复杂的建筑结构。关键是阁楼上方的人字屋顶距建筑正面 20 到 30 米，超出了云梯车的作业范围。



4 图 6：黄色，绿色和蓝色的 PUC（图片： Jean-Paul Heyens）.

无人机图像清楚地显示，屋顶材料是压型钢板。没有明火，但可通过逸出的烟物和钢板变色的位置判断燃烧发生在屋脊周围约一米方圆。浅色的烟雾从屋顶逸出，热成像仪上并未显示温度很高。

在建筑内部，消防员正忙着灭火。但实际上，屋顶下方也覆盖着钢板，这使得灭火效率不高。

兰伯特少校的第二次侦察发现阁楼上已经看到烟雾，能见度下降。这使得灭火行动更加困难。现场面临的情况是，屋顶上有火，扑灭后又复燃。能见度的降低使现场人员越来越难看清实际情况。烟气不断聚集，可能会突然达到可燃下限。兰伯特少校提到了迪克斯迈伊德案例，因为有些消防员知道这个案例，他让消防员提高警惕继续灭火。

当时很明显，要排烟就必须在屋顶开排烟口。于是他离开建筑并呼叫另一名指挥长到场。德佩佩（De Paepe）上尉于 15 时 12 分从所在消防站出发。

图 7 两台指挥车的驾驶员使用白板对现场情况与无线电通讯进行记录。（图片来源：罗伯特 迪考克）

从建筑外可以看到通过 Leuvensesteenweg 上屋顶是不可能的，想要在屋顶开排烟口，通往屋顶的通道至关重要。登高平台车用不上，从后面街道架设云梯车也不太可能。Waterkrachtstraat 街距离米拉诺的 D 面约 80 米。与此同时，指挥车驾驶员费滕斯（Feytens）下士尽力在两面白板上记录现场情况。第二辆指挥车到场后，驾驶员协助他。他们开始对内攻人员进行管控：谁进、谁出，及进出时间。（见图 7）。

由于往复锯和无齿锯并不是水罐车上的标配，兰伯特少校要求现场的重型救援车准备好破拆屋顶的器材。他还要求 RISC（布鲁塞尔攀岩队）到场，以确保屋顶的行动并找到屋顶的入口。最后同样重要的是，他请求调集更多的空呼。因为现场气瓶用量很大，需要及时更换气瓶以避免工作中断。

15 点 21 分，在副官范德维恩（Vanderweyen）的带领下，RISC 队开始寻找通往屋顶的路径。这是一项非常艰巨的任务，他们还要在屋顶上建立安全的工作环境。

2.3 火灾升级

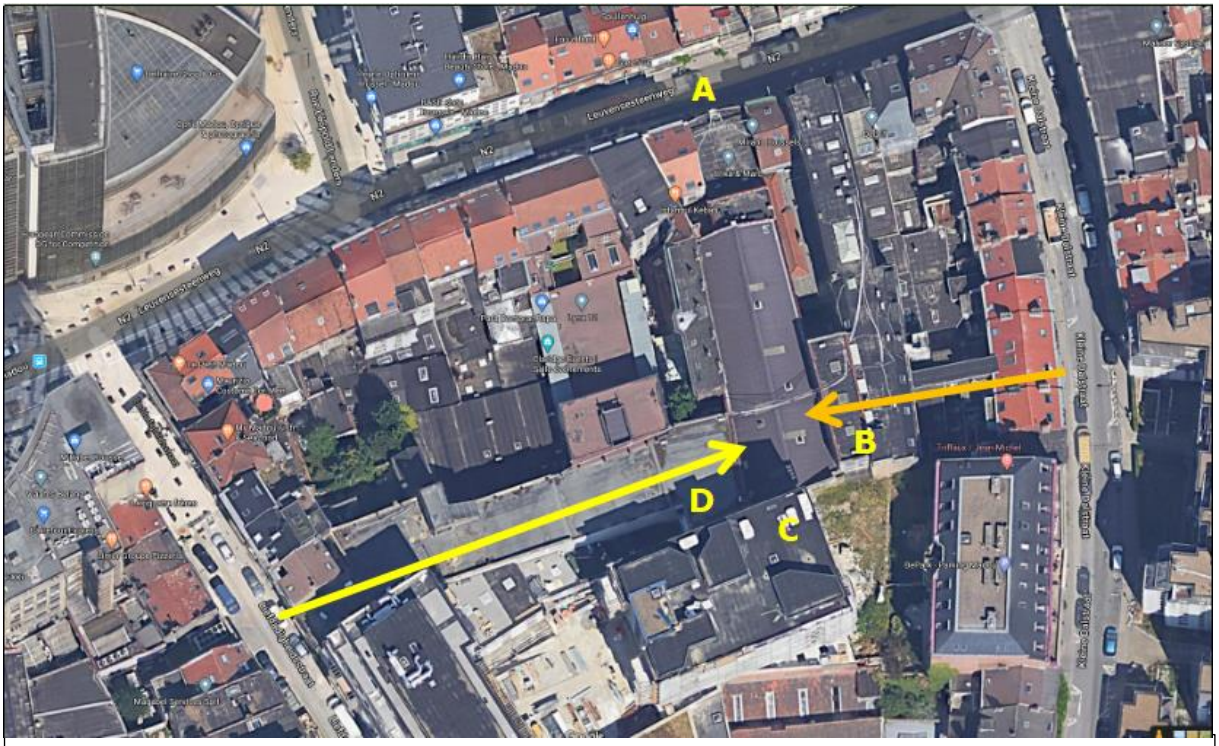
15 时 33 分，本周值班总指挥范・吉塞格姆（Van Gyseghem）上校应兰伯特少校的请求到达。了解情况后，他决定依据建筑的四个侧面分区指挥。每侧一个分队负责，每个分队由一名大队级指挥员带队。为了实现这一点，他决定进一步提升火警等级：增派了第四辆水罐车、一名大队级指挥员（Jalet 少校）、一辆洗消车和 C12 保障车。保障车实际上就是一个移动餐厅，可为参战人员提供饮食保障。范・吉塞格姆上校在指挥部统筹全局，他有白板上的人员内攻时间表和无人机的现场实时图像可供使用。

与此同时，建筑的电力已经被切断。电力公司的技术人员早些时候到场时表示建筑内有一个高压配电房，根据现场总指挥的命令也切断了连接。天然气公司也在现场，他们的任务是检查大楼内是否有燃气阀门，如果有就关闭。

随后兰伯特少校回到建筑内，对阁楼进行了第三次侦察。当时内攻人员认为情况已经万分危急：阁楼充满烟气，能见度几乎为零。一旦烟气被点燃，内攻人员将无法迅速撤离。

为避免迪克斯迈德的悲剧重演，阁楼上的消防员都撤到外面，灭火工作陷入停滞，仍然无法到达阁楼上方的屋顶。

这意味着这场火灾有突然猛烈蔓延的风险，在高度城市化的环境中（见图 4），情况很快就会失控。于是，兰伯特少校要求再次与范・吉塞格姆上校进行商议，上校预料到火势蔓延，并决定把火场分成三部分：



5 图 8 布鲁塞尔消防部门找到了两条通往米拉诺屋顶的路。贾莱特少校通过克莱恩·达尔斯特拉特街道的一栋建筑找到了一条通道（橙色箭头）。德佩佩上尉带领的队伍从 Liefdadigheidsstraat 街道，走过大约 100 米的多栋建筑的平面屋顶，也到达了起火建筑旁（黄色箭头）。就这样对火灾形成了包围。*（图片：谷歌地图）*

- 兰伯特少校负责起火建筑内部工作。
- 德佩佩上尉负责建筑 D 面。
- 贾莱特少校负责建筑 B 面。

B 侧和 D 侧各部署一辆水罐车，攀岩队一分为二两侧部署。

贾莱特少校带领队伍从克莱恩·达尔斯特拉特街道找到了一个通道。他们可以从 B 侧相邻建筑内看到阁楼的屋顶，与此同时，火势已经蔓延开来，屋脊上已经烧了几米远，他们打破两楼之间的玻璃墙上到夜总会的斜屋顶上。Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.

德·佩佩上尉从 Liefdadigheidsstraat 街道一路从房顶走了 100 多米到米拉诺达夜总会的 D 侧。另外，B、D 两侧都设置了两条 45 毫米供水线路预防火势蔓延，如果夜总会屋顶坍塌，火势可能蔓延至 C 侧公寓楼，两支水枪此时可以冷却外立面。

现场的消防员分布在三条街道上：

- A 面：Leuvensesteenweg
- B 面：Kleine Dalstraat
- D 面：Liefdadigheidsstraat

C 面街道距离火场过远，没有部署力量。（见图 8）。

攀岩队在两边的灭火阵地都设置了锚点，确保屋顶作业消防员的安全。

总指挥范·吉塞格姆（Van Gyseghem）上校将火灾放在立体层面考虑，并要求现场人员做好准备防止火势向下蔓延，因为烟气也在向下扩散。首先，在夜总会大厅放置照明灯；其次，铺设两条 45mm 水带线路来扑灭掉落的燃烧物。

2.4 技战术手段

攀岩队的谢彭斯（Schepens）下士在 17 点 30 分左右开始破拆屋顶。背着空呼、吊在两根绳子上，让这项工作非常费力。同时，屋顶的构造也让破拆工作非常困难。但最终他还是开了个排烟口，大大提高了灭火效率。

在接下来的几个小时里，破拆的排烟口越来越多，在着火点附近破拆隔离带限制了阴燃火势的蔓延。随着时间的推移，屋顶上的洞可以非常有效地排烟，恢复了阁楼上的能见度。A 侧的小组继续内攻，很快控制住火势——从内到外都对火灾形成了包围态势。

之后的几个小时，建筑外队员不断在屋顶上打孔，以从物理上隔绝阴燃的火点。同时内攻组不断从内部挖洞来扑灭剩下的燃烧点。

火灾持续了将近 15 个小时，灭火行动最终于 05 时 06 分结束。

图 9 攀岩队在屋顶建立锚点，然后破开玻璃窗进入斜屋顶，消防员就是这样被绳子吊着破拆屋顶。

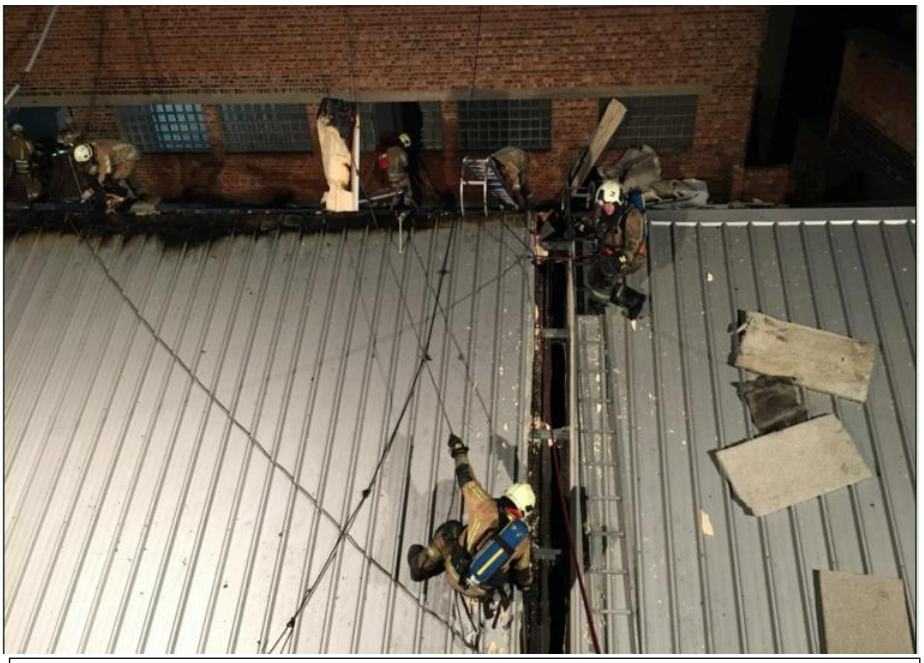


图 10 随着时间的推移，救援人员按屋顶的全长，切割出了一条壕沟。切断了火势蔓延的途径。

3 经验教训

3.1 案例研究的价值

比利时消防部门可以查阅的案例有数百个，其中大多是国外的，比利时的也有一些。一份好的案例研究包含了消防部门对灭火救援行动中的客观总结：

- 计划是什么？
- 发生了什么？
- 哪里出了问题？(不是：谁做错了事？)
- 可以学到什么？（不是，该惩罚谁？）

我们可以从致人死亡的案例中吸取非常宝贵的教训，在完全没有压力的情况下思考并收获经验。
在迪克斯迈德的案例中，我们（和其他人）学习到了聚氨酯隔热层的危险性，以及看似无害的环境是如何突然变成火海的。
荷兰消防学院的里卡多·维尔过去曾指出，可以根据案例来创建关键词。用一个词来总结某种复杂的情况，在交流中，大家一听到这个词就能联想到以下几点：现场情况、可能出问题的点、要采取或不采取的行动等等。
最近，一幢高层建筑发生严重火灾，烟雾的扩散可能造成多人被困。现场出动了 3 辆水罐车，仅用 40 分钟便成功控制住了火势。救援动用了另外四辆水罐车和两辆云梯车。在副指挥的简报中，使用了“我们在格伦费尔！”来简述现场情况，对典型案例形成共识是很有价值的。

3.2 果断升高火灾响应等级

在处置可能扩大或快速蔓延的火灾时，果断升高火灾响应等级是很重要的。必须不惜一切代价避免只关注当下的情况。
在本文案例中，初战到场的中士对现场情况进行了快速而正确的分析：他手头的资源（一辆水罐车）不够。Hij 立即升高火灾响应等级。第一位到现场的指挥长在推断火势发展情况时也做了同样的事情。
当周值班指挥官汤姆·范·吉塞格姆上校再次升高了响应等级，故此现场有足够的人员和车辆装备来控制市中心这个地形复杂、动态变化的火警。（见图 10）。

3.3 良好的协调

范·吉赛格姆上校在到场后就马上开始了行动协调工作。需要注意的有几个点：

- 烟雾扩散
- 火势蔓延
- 交通影响

其中与警察局的沟通非常重要，火灾对晚高峰的交通影响很大。

事故处置期间分配了三个战区。B 区和 D 区中间隔着起火建筑的屋顶，虽然两队人员可以通过喊话交流，但要从 B 区到 D 区要走很长一段路。因此三个战区在地理位置上距离很远。上校构建的指挥体系如下：三名指挥长，每人负责一个区域。他们共同决策并不时地观察彼此的责任区，以便掌握现场整体情况。所有重要的信息也汇总到范·吉塞格姆上校，使他可以时刻更新对现场的判断并采取多方面的行动。现场无线电通信系统上调了搭建等级，可以在保障侧翼指挥员与上校进行沟通的同时，满足攀岩队与侧翼战斗员在不同的频道交流。此外，本次火灾扑救花了很长时间。现场指挥部与当地政府进行了沟通，协调了一个 DIR-LOG（餐饮保障）。政府指定了当地一家披萨店为现场处置人员配送披萨。各战区相互协调确定彼此的就餐时间。

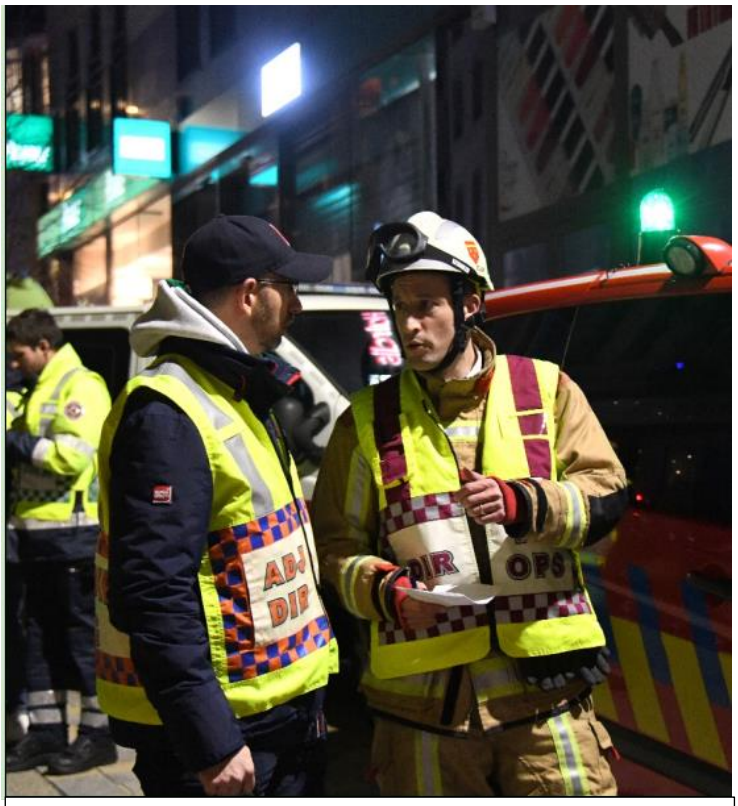


图 1 1 范·吉塞格姆上校与当地政府人员

随着灭火行动的进行，一线人员开始轮换。为避免事故再度升级，该项工作进行了非常精细化的管理。

在整个战斗过程中，有两个人一直在关注背空呼的消防员（见图 7）。这并不是布鲁塞尔消防的标准流程。由于人手匮乏，比利时的大多数消防部门也没有这样做。实际上，每次火灾扑救都应该这样做，火情复杂的情况下，应该安排专人负责空呼管理。

最后要说的是，在火灾扑救期间，与指挥中心的协调工作也需高度重视。这次火灾使用了大量的装备、人员和特种装备。这一切并未影响到其他地区的执勤战备工作。

4 参考文献

[1] *Lambert Karel (2010) Interview about the incident in Diksmuide with Johnny Beernaert and Bart Sansen*

[2] *Weewer Ricardo, personal communication*

[3] *DBDMH (2020) Report about the fire at Leuvensesteenweg*

Karel Lambert