



供图: Imagine China

The Characteristics of Major Disasters in Urban Underground Space and its Prevention

城市地下空间主要灾害特点及防治

文 / 韩 新 / Han Xin / 同济大学上海防灾救灾研究所副研究员、博士

城市地下空间的综合开发利用是解决城市人口、环境、资源三大难题的重大举措。由于地下空间的外围是土壤或岩石,只有内部空间,没有外部空间,一方面它对很多灾害的防御能力远远高于地面建筑;而另一方面,当地下空间内部出现某种灾害时,所造成的危害又将超过地面同类事件。因此,既要充分利用地下空间良好的防灾功能,使之成为城市抵御自然灾害和战争灾害的重要场所,又要重视地下空间内部防灾技术的研究,防止灾害的发生,或将灾害的损失降低到最低限度。

城市地下空间主要灾害及防灾特点

一、城市地下空间主要灾害类别

日本曾对 1970~1990 年发生于日本国内、国外的各种地下空间灾害事故案例进行归类,列出的各种灾害顺序如表 1 所示。

表 1 中火灾案例约占事故总数的 1/3,是最不容忽视的地下空间灾害,水灾案例虽然不多,但一旦发生之后,它在地下空间所造成的危害将远远超过地面同类事件。根据我国 1997~1999 年的火灾统计(见表 2),每年地下建筑火灾发生次数约为高层建筑的 3~4 倍,火灾中死亡人数约为高层建筑的 5~6 倍,造成的直接经济损失约为高层建筑的 1~3 倍。因此,地下建筑的防火比地面建筑显得更为重要。

二、城市地下空间防灾特点

地下空间的最大特点是封闭性。首先,在封闭的室内空间中,容易使人失去方向感,特别是

表1 1970 ~ 1990年日本地下空间各种灾害事故统计

灾害类别		火灾	空气污染	施工事故	爆炸事故	交通事故	水灾	犯罪行为	地表沉降	结构损坏	水暖电供应	地震	雪和冰雹事故	雷击事故	其他	合计
发生次数	日本国内	191	122	101	35	22	25	17	14	11	10	3	2	1	72	606
	日本国外	270	138	115	71	32	28	31	16	12	111	7	2	2	74	809
事故比例 (%)		32.1	18.1	15.1	7.4	3.7	3.7	3.3	2.1	1.6	1.5	0.7	0.3	0.2	10.2	100

资料来源:《中国城市地下空间开发利用研究》中国工程院课题组

表2 1997~1999年中国高层建筑与地下建筑火灾数据统计

火灾损失	火灾次数(次)			死亡人数(人)			直接经济损失(万元)		
年份	1997	1998	1999	1997	1998	1999	1997	1998	1999
高层建筑	1297	1077	1122	56	47	66	9682.6	4650.9	4749.9
地下建筑	4886	3891	4059	306	288	340	14101.7	13350.4	12952.7

资料来源:上海市消防局提供

那些大量进入地下空间但对内部布置情况不太熟悉的人,迷路是经常发生的。在这种情况下发生灾害时,心理上的惊恐程度和行动上的混乱程度要比在地面建筑中严重得多;内部空间越大,布置越复杂,这种危险就越大。其次,在封闭空间中保持正常的空气质量要比有窗空间困难得多,进、排风只能通过少量风口,在机械通风系统发生故障时很难依靠自然通风作为补救。此外,封闭的环境使物质不容易充分燃烧,在发生火灾后可燃物的发烟量很大,对烟的控制和排除都比较困难,对内部人员的疏散和外部人员的进入救灾都是不利的。

地下空间的另一个特点是处于城市地面高程以下,人从室内向室外的行走方向与在地面多层建筑中正好相反,这就使得从地下空间到地面开敞空间的疏散和避难都要有一个垂直上行的过程,比下行要消耗体力,从而影响疏散速度。同时,自下而上的疏散路线,与内部的烟和热气流自然流动的方向一致,因而人员的疏散必须在烟和热气流的扩散速度超过步行速度之前进行完毕,由于这一时间差很短暂,又难以控制,故给人员疏散造成很大困难。再有,这个特点使地面上的积水容易灌入地下空间,难以依靠重力自流排水,容易造成水害,其中的机电设备大部分布置在底层,更容易因浸水而损坏,如果地下建筑处在地下水的包围之中,还存在工程渗漏水 and 地下建筑物上浮的可能。此外,地下结构中的钢筋网及周围的土或岩石对电磁波有一定的屏蔽作用,妨碍使用无线通信,如果有线通讯系统和无线通讯用的天线在灾害初期即遭破坏,将影响到内部防灾中心的指挥和通信工作。

对于附建于地面建筑的地下室来说,除以上两大特点外,还有一个特殊情况,即与地面建筑上下相连,在空间上相通,这与单建式地下建筑有很大区别,因为单建式地下建筑在覆土后,内部灾害向地面上扩展和蔓延的可能性较小,而地下室则不然,一旦地下发生灾害,对上部建筑物构成很大威胁。在日本对内部灾害事例的调查中,就有相当一部分是灾害起源于地下室,最后酿

成整个建筑物受灾的情况。

韩国大邱地铁火灾实例分析

一、事故经过

2003年2月18日上午9时54分,1079号地铁列车即将驶入韩国大邱市地铁车站的中央路站。纵火者金大汉突然从随身携带的黑色提包内取出一个塑料瓶,并用打火机点火,虽经周围乘客全力阻止,火势还是迅速蔓延开来。大火首先烧着了1079号列车,接着蔓延到对面驶来的1080号地铁列车。起火后,车站的电力系统立刻自动断电,站内一片漆黑。车内没有自动灭火装置,列车门无法打开。几秒钟后,浓烟开始扩散。1079号列车司机员奋力救火,身受重伤。1080号列车司机员拨下控制钥匙逃离现场,导致大量人员伤亡,成为最大的事故责任人,后逮捕。整个事故造成死亡192人;受伤148人;失踪289人;财产损失47亿韩元,地铁重建费用516亿韩元。

二、主要原因分析

(一)列车座椅采用可燃物装饰。韩国地铁列车座椅基材原为耐燃材料,后加上易燃的丝绒色套,以致3号车厢起火后,火势迅速蔓延,耐燃材料在高温烘烤后也开始剧烈燃烧,并释放出大量有毒烟气,导致众多乘客窒息死亡。

(二)地铁车站采用侧式站台。由于该地铁车站采用侧式站台,两列列车停靠在一起,间距只有1.4米,导致1079号列车的火势蔓延到1080号列车,使1080号列车的车厢也燃起熊熊大火。

(三)列车门无法开启。1079号列车起火到站后车门按常规打开,然而就在车厢内的乘客纷纷争先恐后地往外逃生之时,车厢门又突然关闭,断电后再无法打开,使许多乘客未能及时逃生。1080号列车到站后,列车驾驶员既没有及时把列车驶离车站,又没有及时指导乘客疏散撤离,而是只顾自己逃生,列车的车厢门紧紧关闭,以致乘客被困在车厢内坐以待毙。只有4号车厢内一名曾担任过10年列车长的乘客凭借丰富的经验,启用紧急开关打开车门,才使一部分乘客通过4号车厢死里逃生。

(四)缺乏有效的应急照明设施。火灾事故发生时,不仅列车无电,车厢内一片漆黑,而且车站内的电源自动中断,站厅也漆黑一片。许多乘客逃出了车厢,在一片漆黑的站台上不知逃生方向。浓烟、烈火、高温,加上伸手不见五指的黑暗环境,加剧了人们的恐慌。混乱逃生中,造成人被挤倒,被踩死踩伤。

(五)消防设施不完善。韩国的地铁内虽然安装了火灾自动报警和通风排烟系统等消防设施,但不够完善,在火灾时没有发挥有效的作用,难以对付如此严重的火灾事故,尤其是在车站的站台层没有设置自动喷水灭火系统,列车在车站中燃烧时,不能及时出水冷却灭火。

(六)缺乏有效的应急排烟系统。火灾发生时,电力、信号系统中断,强排风系统无法开启,整个线路也没有大功率的吸入式排烟车。滚滚浓烟夹带着有毒气体从车站的安全出口喷涌而出,大量浓烟加速了人员的窒息死亡。

(七)应急反应处置不当。地铁控制中心接到警报信息后,控制中心值班人员掉以轻心、判断失误、反应迟钝、处置不力,指令1080号列车继续开往中央路站,并停靠在正燃烧着的1079号列车的边上,任浓烟烈火蔓延上去,以致两列列车全部葬身火海。

(八)消防力量不足。整个地铁火灾救援需要的人力是804人,实际可能动员到达现场的只有439人,而且也不是一下子就能到位,在第一时间内,现场到达人数只有96人。有些消防队距离比较远,需要30分钟时间才能赶到,影响了在第一时间进行救援工作。同时,消防装备也不能满足救援工作需要。消防队员的空气呼吸器和烟雾透视器只能维持20~30分钟,但要深入地下空间救人灭火,这点时间远远不够。

(九)通信系统失灵。发生事故的当天,报警人员是通过手机报警的,接警系统不能像追踪固定电话一样能立即确定报警人的确切位置,GPS系统也派不上用处。由于是地下火灾,消防队员

和急救人员配备的无线通信设备显得不足,在他们配戴空气呼吸器的状况下,根本无法使用这些设备进行通信。此外,很多市民不熟悉119报警方法,119控制中心接受报警时,却得不到具体情报信息,也是导致消防出动指令延误的原因之一。

城市地下空间防火对策

一、建筑防火设计。防火分区是有效防止火区扩大和烟气蔓延的重要措施,在地下空间火灾中其作用尤其突出。根据建筑的功能,分区面积一般不应超过500平方米,而安装了喷水灭火装置的建筑可适当放宽。地下空间必须设置足够多和位置合理的出入口。一般的地下空间必须有两个以上的安全出口。参考日本地下街的要求,两个对外出入口的距离应小于60米。对于那些设置若干防火分区的地下空间,每个分区都应有两个出口,其中一个出口必须直接对外,以确保人员的安全疏散。对于多层空间,应当设有让人员直达最下层的通道。同时,必须有明显的安全出口和疏散指示标志。

二、防排烟系统设计。许多案例表明,地下空间火灾中死亡人员基本上是因烟致死的。为了人员的安全疏散和扑救火灾,在地下空间中必须设置烟气控制系统,设置防烟帘与蓄烟池等方法有助于限制烟气蔓延。负压排烟是地下空间的主要排烟方式,可在人员进出口处形成正压进风条件,排烟口应设在走道、楼梯间及较大的房间内。为了确保楼梯前室及主要楼梯通道内没有烟气侵入,还可进行正压送风。对设有采光窗的地下空间,亦可通过正压送风实现采光窗自然排烟,采光窗应有足够大的面积,如果其面积与室内平面面积之比小于1/50,则应增设负压排烟方式。对于掩埋很深或多层的地下空间,应当专门设置防烟楼梯间,在其中安置独立的进风与排烟系统。

三、火灾探测与灭火系统设计。地下空间应加强火灾自救能力。(一)探测设备的重要性在于能够准确预报起火位置,应当针对地下空间的特点选择火灾探测器,例如选用耐潮湿、抗干扰性强的产品。(二)安装自动喷水灭火系统是地下空间主要消防手段。我国已有不少地下空间安装了这种系统,但仍不普遍。(三)地下空间不许使用毒性大、窒息性强的灭火剂,例如四氯化碳、二氧化碳等,以防对人们的生命安全构成危害。

四、事故照明及疏散诱导系统设计。地下空间除了正常照明外,还应加强设置事故照明灯具,避免火灾发生时内部一片漆黑。同时应有足够的疏散诱导灯指引通向安全门或出入口的方向。有条件的建筑还可使用音响和广播系统临时指挥人员合理疏散。

五、使用管理。(一)加强对地下空间中存放物品的管理和限制。不允许在其中生产或储存易燃、易爆物品和着火后燃烧迅速而猛烈的物品,严禁使用液化石油气和闪点低于60的可燃液体。(二)地下空间装修材料应是难燃、无毒的产品。(三)应确定合理的公共地下空间物使用层数和掩埋深度。一般埋深达5~7米时应设上下自动扶梯,地下部分超过二层时应设置防烟楼梯。

同时,应进一步制定《地下空间防火设计的性能化规范》,用以指导建筑设计人员采取更加科学合理、经济有效的防火对策,从而更有力地保护地下空间的防火安全,保障人民的生命安全和减少财产损失。

参考文献:

- [1]中国城市地下空间开发利用研究.中国工程院课题组.中国建筑工业出版社 2001年10月.
- [2]地下空间内部灾害特点与综合防灾系统.童林旭.《地下空间》1997第17卷第1期,第43-46页.
- [3]建筑火灾安全工程导论.霍然、胡源、李元洲编著.中国科学技术大学出版社,1999年11月.

作者联系方式:韩 新 hanxin@mail.tongji.edu.cn

责任编辑:欧阳忠伟