

许海勇, 范益群. 城市地下大空间防灾中的几个重点问题[J]. 灾害学, 2016, 31(3): 91-94. [XU Haiyong and FAN Yiqun. Key Index of the Disaster Prevention of Large Underground Space[J]. Journal of Catastrophology, 2016, 31(3): 91-94.]

城市地下大空间防灾中的几个重点问题^{*}

许海勇^{1,2}, 范益群¹

(1. 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海 200092; 2. 同济大学, 上海 200092)

摘 要: 随着城市浅层地下空间使用日趋饱和, 深层地下空间成为了新的发展方向, 而开发技术和工艺的进步, 也使建设深层和大型地下空间具备了可行性。大型地下空间可能发生的灾害类型与普通地下空间大致相同, 但因其“深、大”的特点, 灾害特性有很大不同, 造成的后果也更为严重, 需要根据地下大空间的特点针对性地进行防灾设计和管理。该文对地下大空间运营阶段的防火、防洪、防震及人防等问题, 初步建立了一个综合评估的体系。为了提高评估的效率, 在各评估分项中挑选了几个关键问题作为控制项指标, 作为对地下大空间进行综合防灾评估的前提条件, 并对这些控制性指标进行分析和讨论。

关键词: 地下大空间; 防灾评估; 火灾; 洪水; 地震; 控制项指标

中图分类号: X43; TU92 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2016)03-0091-04

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2016.03.015

国内大型城市的规划往往无法完全满足日益增长的人口需求, 大力开发城市地下空间成为缓解城市病的重要手段, 一线城市中、浅层地下空间的开发已趋于饱和, 开发利用深层地下空间将会成为新的发展方向^[1]。同时, 地下空间开发技术和工艺的进步, 也使得建设深层和大型地下空间已经具备了可行性。在大型地下空间中, 火灾、洪水、地震和恐怖袭击仍是主要和多发的灾害类型^[2-4], 但由于地下大空间具有既大又深的特点, 常见灾害造成的后果往往更为严重, 应急救援及灾后恢复愈发困难。目前国内缺乏针对地下空间的防灾类规范, 城市地下空间防灾理论研究也比较单一, 大多是针对某一种灾害对地下空间安全的影响, 几乎没有从多灾种角度考虑地下空间的安全情况, 而各灾害并不是独立发生并产生影响的, 只有综合考虑各种灾害类型, 才能真实地反映地下空间的安全程度。国家综合减灾“十二五规划”和国家防灾减灾科技规划^[5-6]均将自然灾害风险评估研究作为国家重点开展和支持的工作, 大型地下空间这样重大的市政工程项目, 更加要将综合防灾作为重点研究课题。笔者所在的课题组针对地下大空间运营阶段的防火、防洪、防震及人防等问题, 初步建立了一个综合评估的体系, 采用层次分析法可对既定的地下大空间项目进行运营阶段的综合防灾评估。考虑到各评估分项中都存在一些关键性指标, 它们是必须满足的, 否

则没有继续进行完整评估流程的必要, 可直接评估为综合防灾不合格。本文将这些重点问题单独列出进行分析和讨论, 为将来城市大规模的地下大空间建设提供参考。

1 城市地下大空间综合防灾体系

根据城市地下大空间可能发生的重大灾害和战争、袭击等因素, 可将综合防灾的评估通过层次分析法分为四个分项, 分别是城市地下大空间防火、防洪、防震以及人防, 如图1所示。

采用层次分析法, 防火分项又可以细分为建筑、标识、消防系统等多个子项来进行评估。由于该综合防灾评估体系并非本文重点, 这里不作更多展开。

考虑到综合评估各分项的评价条款中, 部分对于地下大空间的安全运营是必须满足的条件, 如果不满足则整个地下空间就会面临巨大的安全隐患, 如地下空间防火条款中必须在每一楼层内配备喷淋系统。而有些评价条款是具有可选择性的, 某一项没有达到要求的情况下可以通过其他手段来弥补, 不会给地下空间的正常运营带来麻烦, 课题借鉴《绿色建筑评价标准》^[7]将各分项的评价条款分为控制性指标与一般性指标。

* 收稿日期: 2015-11-10

修回日期: 2016-01-15

基金项目: 上海市科学技术委员会科研计划项目(14DZ1207800)

第一作者简介: 许海勇(1985-), 男, 上海人, 博士, 主要从事地下空间的研究. E-mail: xuhaiyong@smedi.com

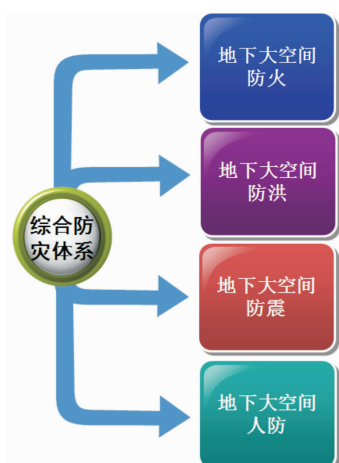


图1 综合防灾体系分项

控制项指标是地下大空间综合防灾必须满足的条款，任何一项不达标则不继续对该建筑进行评估，直接判为综合防灾不合格。在所有分项的控制项指标均满足的情况下，再根据各分项的一般项指标的详细评分结果采用层次分析法最终得到地下大空间的综合防灾评估分级。本文重点分析几个控制项指标的具体实施要点。

2 综合防灾体系中的几个重要问题

2.1 合适的火灾烟气探测设备

在普通地下空间中广泛使用的火灾探测器大都安装在楼层的顶部，直接探测烟气浓度或温度信号，其最大适用楼层高度约为8 m，在此范围内，烟气能够快速上升至顶部，触发探测器报警。然而这类系统在地下大空间中则无法及时发挥作用。大空间建筑早期火灾烟气具有弥散、沉降现象和热障效应等特点，如在地下展览厅等建筑中，烟气不一定能快速达到楼层顶部，这不利于感烟探测器进行探测，即使烟气可以上升到顶部，下面的火势也已发展到相当大的规模，延误了早期报警以及灭火的有利时机。

地下大空间需要与之匹配的烟气感应设备，如红外对射式感烟火灾探测器^[8]，可布置在较低位置，不需要烟雾到达探测器即可完成火灾探测，不受距离的限制，其工作原理见图2。

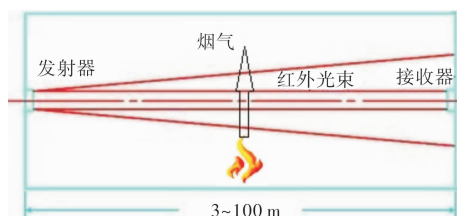


图2 红外感烟火灾探测器原理

2.2 喷淋设备

雨淋系统是指通过火灾自动报警系统或传动管控制，自动开启雨淋报警阀和启动相应消防供水泵后，向洒水喷头供水的自动喷水灭火系统。其特点是启动速度快、覆盖面积大，水量大，适用于8~12 m层高的大空间建筑，如果建筑层高大于这一范围，需同时开启的喷淋阀的数量就必须增多，造成大面积喷水，经济实用性不佳。雨淋系统的喷头布置较密，一般不适合中庭等对建筑美观性要求较高的建筑，而可供选择的还有固定式水炮等其它靠消防给水的灭火系统^[9]。

2.3 内部消防车道

地下大空间内部空气充足，火势发展速度极快，紧靠建筑本身自带的火灾监测、喷淋设施难以有效控制火情，仍需要借助外部力量进行扑灭。《建筑设计防火规范》^[10]规定占地面积大于3 000 m²的商店建筑、展览建筑等公共建筑应设置环形消防车道。但是，地下大空间与地面建筑有很大的不同，消防车在地面建筑两侧的专用车道上，可以对建筑进行喷水灭火，地下建筑却没有这样的条件，因此将通往地面的门洞设计成能满足大型消防车进入，并在地下空间内部设置消防车道显得尤为重要。

2.4 逃生通道与导向标识

逃生出入口烟流和人流分离主要是使火灾烟气的运动方向与人员逃生的方向不一致，如图3所示。地下火灾烟气和人员疏散的方向是一致的，而且人逃生的速度远低于火灾烟气扩散的速度。如果能使人的运动方向和烟气的运动方向分开，将会避免这些危害，并能为人员的疏散争取更多的时间^[11]。

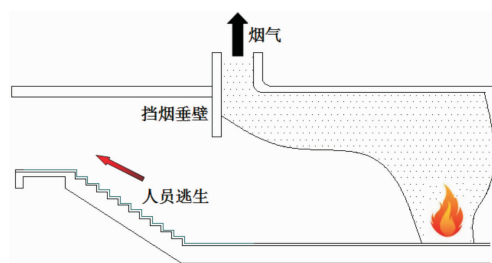


图3 逃生通道的人、烟分流措施

人员在大型地下空间容易迷失方向，当灾情发生周边一片混乱时更是如此，因此在大型地下空间内部任意一处都必须有清晰、连续的标识指向逃生出入口，逃生出入口至出口地面之间也必须设置连续的导向标识，考虑到人、烟分流不可能完全实现，标识系统应该进行合理规划。烟气一般在通道的中高段弥漫，因此需在墙体较低处设置醒目的标识导向牌，如有发光、发声的导向设备更佳。

2.5 无积水通道

目前国内城市地下空间入口一般都配备防洪闸, 且在出入口楼梯的地步设有排水沟, 这样基本可以解决正常降雨时出入口关键部位的积水问题, 但是当遇到特大暴雨或者洪水涌入, 这样的简单措施显然无法保证通道行走的安全。2011 年 6 月, 北京遭遇 10 年以来最大降雨, 局部地区雨量达到 100 年一遇标准。市区内一号线、四号线、十三号线等线路部分区段停运。如图 4 所示, 水流覆盖了整个楼梯通道且流速非常快, 给行人造成了很大的不便及隐患。



图 4 暴雨涌入地铁入口

根据水流模拟计算, 当地下空间积水深度达到 50 cm 时, 则有可能使得滞留人员无法开门逃生, 当楼梯水深达到 20 cm 时, 滞留人员通过楼梯出逃的概率便很小^[12]。在遇到暴雨涌入地下空间时, 人们通常的第一反应就是逃到高处去, 如果大量的人群集中通过如图 4 这样的漫水楼梯通道时, 不仅疏散缓慢, 还极有可能发生人员摔倒和踩踏事件, 后果不堪设想。

排除这一隐患的方法其实也并不复杂, 最好的方式就是在出入口楼梯设计时增加沿楼梯的排水沟, 而楼梯踏步表面采用部分金属板镂空设计, 如图 5、图 6 所示, 暴雨、洪水涌入时, 楼梯踏步无积水, 水流跌落到设在楼梯的下部结构中的斜向排水沟中, 顺楼梯而下与常规设计的底面排水沟相连通, 而底面排水沟的尺寸也应适当加大, 防止楼梯底部积水涌出。

2.6 极端气象及洪灾预报

暴雨及地面积水是地下空间的洪涝灾害的主要影响因素, 因此根据当地天气预报及时做好地下空间出入口的临时防淹措施, 在一定程度上可以降低洪灾对地下空间造成的影响。对于地铁等

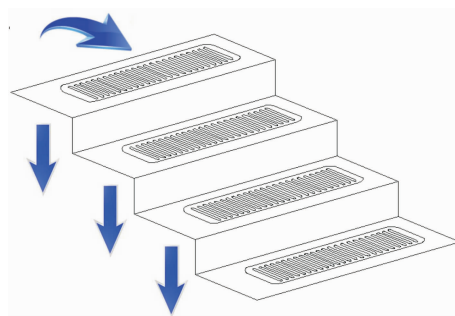


图 5 无积水通道

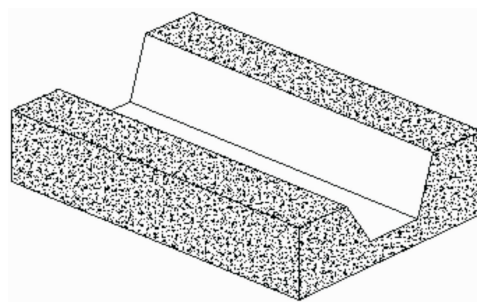


图 6 楼梯下部排水沟

在地下空间相互连通的交通设施, 应在遇到特殊灾害性天气时与有关部门建立联系, 加强预测预报工作, 做好各项防范措施, 暴雨洪灾预报紧急状态下, 地下大空间底层商业等设施应做好随时停业撤离准备, 地铁运营也应做好停运救援的准备, 将灾害的危害程度降到最低。极端气象及洪灾预报应做到“疑灾从有, 积极防备”。

2.7 逃生通道的抗震设计

由于地下空间固有的封闭性特点, 使得它与地面的联通较少, 对新鲜空气的获取只能依赖于通风系统和有限的几个孔口。地下大空间设计时应考虑加强其中一道出入口的抗震设计强度, 方便人员逃生, 对于“生命线”的设计应严于“小震不坏, 中震可修, 大震不倒”的准则, 保证在地震发生后人员逃往地面的途中不发生结构倒塌伤人、结构坠落伤人, 也不会给逃生人员一种前方逃生路线上建筑结构摇摇欲坠的心理暗示。孔口逃生楼梯的设计可与无积水楼梯相结合, 同时做好地下空间逃生的标识导向。

即便碰到出入口堵塞、人员无法逃到地面的情况下, 也应保证通风系统的正常运转, 因为良好的通风是地下空间人员能否生存的关键。

2.8 水、电管道的敷设

地下结构的震害调查表明, 在遭受震害的地下结构构件中, 混凝土中柱和箱型结构刚度发生突变部位发生破坏的震害最为严重^[13], 损坏程度相对突出, 故有理由认为混凝土中柱和结构刚度发生突变部位是地下结构的薄弱环节, 如图 7 所

示。因此地下空间重要的水、电管线不应敷设在这些地方。



图7 地下结构的破坏情况

考虑到地震可能造成水管破裂引发地下空间积水,因此地下空间用电管线不应通过容易发生积水的部位,避免发生漏电时人员过水触电。

3 结论

本文借鉴相关现行规范的框架,通过对地下大空间综合防灾体系的梳理,初步筛选出地下大空间防灾需要特别注重的几个关键问题,主要包括以下几点:地下大空间防火中的烟气探测、喷淋系统、内部消防车道、逃生通道与导向标识;地下大空间防洪中的无积水逃生通道以及极端天气预报应急机制;地下大空间抗震中的“生命线”抗震设计以及管道的敷设问题。其中有些问题在普通地下空间中可能并不重要,如内部消防车道以及无积水逃生通道,但在地下大空间中,这两点对及时控制火情以及人员的快速逃生都至关重

要。在未来城市大力发展大型地下空间的起步之际,如能在设计中考虑并注重本文所述的多个重点问题,将对提高地下大空间建筑的整体防灾性能具有一定的意义。

参考文献:

- [1] 贾建伟,彭芳乐. 日本大深度地下空间利用状况及对我国的启示[J]. 地下空间与工程学报, 2012, 8(S1): 1339-1343.
- [2] 彭建,柳昆,阎治国. 地下空间安全问题及管理对策探讨[J]. 地下空间与工程学报, 2010, 6(1): 1-6.
- [3] 姜厦,刘曙光,钟桂辉. 上海地下交通设施防洪调查[J]. 地下空间与工程学报, 2010, 6(3): 611-618.
- [4] 还毅,方秦,陈力. 大型地下空间结构地震风险评估方法[J]. 解放军理工大学学报(自然科学版), 2010, 11(4): 445-450.
- [5] 国务院办公厅. 国家综合防灾减灾规划(2011-2015年)[EB/OL]. (2011-12-08)[2015-07-01]. http://www.gov.cn/jzwgk/2011-12/08/content_2015178.htm.
- [6] 科学技术部. 国家防灾减灾科技发展专项规划[EB/OL]. (2012-05-24)[2015-07-01]. http://www.most.gov.cn/mostinfo/xinxifenlei/fgzc/gfxwj/gfxwj2012/201206/t20120608_94919.htm.
- [7] 上海市建筑科学研究院(集团)有限公司. DG/TJ08-2090-2012 绿色建筑评价标准[S]. 上海:上海市建筑建材业市场管理总站, 2012.
- [8] 徐放,王卓甫,郑伟. 建筑中庭火灾探测器的应用研究[J]. 消防科学与技术, 2010, 29(11): 977-980.
- [9] 王圆敏. 大空间建筑消防给水系统的优化研究[D]. 重庆:重庆大学, 2012.
- [10] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB 50016-2014 建筑设计防火规范[S]. 北京:中国标准出版社, 2014.
- [11] 经富民. 地下建筑防排烟策略研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学, 2011.
- [12] 申若竹. 地下空间洪水入侵的机理及防洪对策研究[D]. 天津:天津大学, 2012.
- [13] 张志国,肖明,陈俊涛. 大型地下洞室地震灾变过程三维动力有限元模拟[J]. 岩石力学与工程学报, 2011, 30(3): 509-523.

Key Index of the Disaster Prevention of Large Underground Space

XU Haiyong^{1,2} and FAN Yiqun¹

(1. Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co. Ltd., Shanghai 200092, China;
2. Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: With the exhaustion and saturation of the shallow underground space, the development of urban area is more and more relying on the excavation of deep underground space. Nowadays, the advanced technology of high strength concrete, excavation method in soft soil and ground deformation control make it possible to build underground space with a larger scale, span length and depth. The common disasters and hazards that large urban underground space faces are the same as that of ordinary underground space, but considering the damage and the rescue difficulties, more attention should be paid to the influence of disasters on large underground space. The study and research on the evaluation of the disaster prevention system of underground space still have not raised enough attention yet. The comprehensive assessment of the disaster prevention system is set up based on the study of the characteristics of large underground space itself and disaster effects. Several key indexes selected from the prevention rules of fire, flood, and earthquake are discussed.

Key words: large underground space; disaster prevention assessment; fire; flood; earthquake; key index