

浅谈地铁车站火灾数值模拟要点*

吉晴晴¹ 李宣庆²

(1. 长安大学 陕西 西安 710064; 2. 卧龙岗大学 伍伦贡市 2134)

摘要:近年来,我国地铁建设里程呈快速增长的趋势,对地铁车站防灾的要求也不断提高。目前,地铁车站火灾的研究方法主要有数值模拟、现场模拟和比例模型模拟等,从经济性、适用性和易操作程度上来看,数值模拟都具有优势,因此,也是最常用的分析方法。文章根据目前地铁车站火灾数值模拟的现状,分析模拟中需要注意的问题。

关键词: 地铁车站火灾;数值模拟;火源功率;物理模型;网格划分

DOI: 10.3969/j.issn.1672-9846.2014.04.020

中图分类号: U231.96

文献标志码: A

文章编号: 1672-9846(2014)04-0081-04

韩国大邱地铁纵火事故的悲剧警示我们,地铁发生火灾会造成不可逆转的严重后果。我国现行地铁设计规范中要求,地铁一旦发生火灾,必须保证站台站厅全部人员在 6min 之内安全逃生。因此,一方面,我们有必要验证地铁现有的结构是否满足火灾发生时人员可以安全逃生的要求;另一方面,通过对地铁车站火灾工况进行细致研究,我们可以了解火灾工况下的车站环境,对车站的设计和逃生紧急预案措施提出合理建议,避免人员受到伤害。目前选用的研究方法中,现场实测是最有效的方法,可以真实地反映现场情况,但是限制性较大,对于正在运营的地铁难以实现;比例模型可以很好地反映出测试结果,但是投入较大,难以普及;相比之下,数值模拟既具有较好的准确度又方便操作,运用最为广泛。随着我国地铁的快速建设对防灾提出的更高要求,数值模拟也应该具有更高的精度。本文针对提高地铁车站火灾数值模拟的精度,综合目前国内模拟的现状,提出需要注意的几个问题。

1 物理模型的完整性

数值模拟中通常会选择某个城市的地铁车站

作为例子,建立模型进行模拟,然后再分析结果。所选择的车站即是数值模拟中的物理模型。不管运用哪种流体软件,地铁车站火灾数值模拟中首先要建立的是物理模型。一般情况下,物理模型的建立中往往会省略很多不必要的设施,可能会把一些不必要的设备用房和板凳等服务设施忽略,认为这些被省略的设施不会影响到数值模拟的结果。但是,从目前数值模拟的结果来看,有些细部设施是否可以在建模中被忽略还值得商榷。

地铁火灾中烟气的扩散很容易受建筑边界的影响,烟气遇到障碍物易产生“壁面射流”的效应^[1]。北京工业大学的李炎锋用数值模拟的方法研究屏蔽门对地铁火灾烟气扩散的影响,物理模型中考虑了无屏蔽门、全屏蔽门、半封闭门(又称安全门)三种火灾工况,结果表明:火灾初期,屏蔽门有效缓解烟气扩散,但是同时也会造成烟气在轨道内向两侧扩散堆积^[2];北京工业大学的樊洪明通过数值模拟的方法研究地铁车站挡烟垂壁对火灾烟气流动的影响,物理模型中设置不同高度的挡烟垂壁,模拟结果认为挡烟垂壁可以抑制烟气流动提高车站的安全性^[3]。南京工业大学的

*收稿日期:2014-07-20

作者简介:吉晴晴(1990-),女,河南商丘人,长安大学硕士研究生,主要从事桥梁与隧道工程研究。

李宣庆(1990-),男,四川成都人,澳大利亚卧龙岗大学硕士研究生,主要从事金融投资和国际关系研究。

周汝研究了屏蔽门对地铁站台层火灾烟气控制的影响,文章对屏蔽门在火灾工况下的合理开启数量进行探讨,认为屏蔽门在火灾时的不同开启模式可以为城市地铁排烟提供新的思路和方法^[4];张培红和张帅等人在屏蔽门对岛式站台隧道火灾烟气扩散的影响研究中也得到同样的结论,认为对屏蔽门的开启进行优化管理,可以为人员的安全疏散创造有利的条件^[5]。以上都是着眼于地铁车站设备的细节部位进行研究的,得到了具有指导意义的不同结论。类似注重地铁车站内部细节部位的研究呈现越来越多的趋势,从以上结果可以看出,保证物理模型建立的完整性和精细化,有利于提高模拟结果的真实性,得到更准确的结论。

因此,在建立物理模型的过程中,我们有必要保持设施的完整性,呈现地铁车站的真实状态,以提高数值模拟的准确性。物理模型中的每一个细节部分都可能会对数值模拟产生影响,切不可贪图建模的方便而随意省略自己认为不重要的部分。

2 合理选择火源位置

合理的选择火源位置是地铁车站火灾数值模拟中的重要部分。火源位置的选择是按照火源发生时最不利情况考虑的,国内外通过数值模拟和现场火灾实验等方法对地铁火源位置的选择都已有研究。在杨昀的地铁火灾场景设计初探,李炎锋的大型地铁换乘站多点火灾情况下的烟气扩散研究,李俊梅的北京地铁车站性能化火灾危险分析,郑志敏的地铁车站火灾烟控模式的数值模拟,史聪灵、钟茂华的某地铁车站站台现场火灾烟气试验^[6-7]等文章中,都对地铁车站中火源的位置做出分析。

结合目前情况,本文认为地铁车站火源位置的选择可以大致划分为两个区域:地铁车站轨行区火源和地铁车站站台区火源。车站轨行区火源位置选择,按照最不利情况应该发生在轨行区中间段的火源,烟气在车站内的扩散区域最容易扩散至站台区,因此,对人员逃生也最为不利。车站站台区火源位置选择,按照烟气扩散的最不利情况应该发生在站台中间位置,考虑到人员疏散至站台需要使用楼梯通道,如果发生在一侧楼梯口处即阻断一个逃生通道,也不利于人员逃生。因此,地铁发生火灾时火源位置的选择可以在站台中间位置处,站台靠近一侧楼梯口处,轨行区中间

位置处。

3 火源功率的选择

地铁设计规范中对于车站内设施、设备的材料都是有防火要求的,需要采用不可燃或不易燃材料。一般来说地铁车站着火的可能性很小,可能的火源点往往是乘客自身携带的行李物品,但是仍不能排除地铁自身设备故障引起火灾、人员故意纵火、危险品爆炸、恐怖袭击等事件。根据火源位置的选择,火源功率也相应的可以分为两个部分:列车车厢火源功率和站台区移动荷载的火源功率。

目前,对于列车车厢火源功率来说,由于实施列车火灾全尺寸实验十分困难,有关地铁火源功率的公开研究数据相对较少,难以从现有的文章中得到确切的数值。国外一些学者更注重10MW情况的火灾实验研究,如美国的Miclea和Mckinney,加拿大的Slusarczyk, Sinclair和Bliemel等都研究了地铁系统在10MW下的火灾工况^[8]。国内学者周允基教授给出地铁火灾的热释放率峰值为35MW,冯炼在论文中采用的列车火灾热释放率峰值为13.6MW,清华大学陈涛等人认为地铁车厢发生火灾后热释放率峰值为10.2MW,广州地下铁道设计研究院的王迪军通过对旧式地铁车厢的研究认为,旧式地铁车厢的火源功率可以达到甚至超过15MW^[9-10]。综合以上因素,由于目前地铁车厢更倾向于采用不可燃材料,所以,本文建议地铁列车车厢火灾热释放率取10MW。

对于移动荷载的火源功率的研究,目前主要集中在行李着火引起的火灾上,香港地铁选用保守的火源功率为2MW,国内的其他研究人员也认为列车旅客的行李着火时最大热释放率不超过2MW。根据对北京、上海、广州、深圳等地铁的实地调查,考虑存在乘坐地铁换乘至其他大型交通枢纽的乘客携带的行李较多,可能会发生人为纵火等因素^[11],所以建议移动荷载的火源功率取5MW。

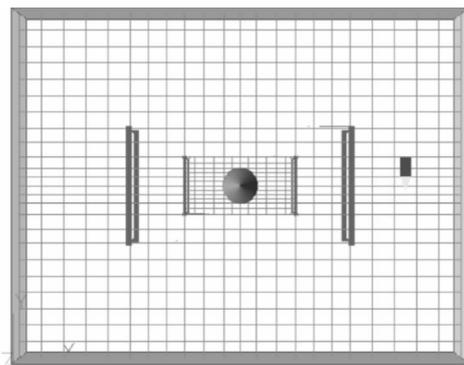
因此,火源功率的选取中地铁列车车厢建议取10MW,移动荷载建议取5MW,为更好反映火灾的真实情况,设置为 t^2 火源。

4 模型网格的划分

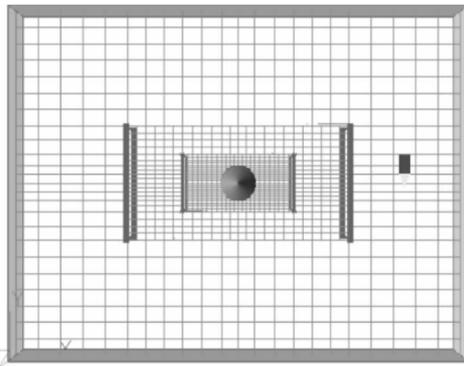
在数值模拟计算中,除物理模型的建立和参数的设置可以提高计算的准确度之外,模型网格的合理划分则会更直接的决定着数值模拟计算的

精度。同样的模型和参数,精细的网格划分会出现更规整的计算结果,而如果网格划分过于粗糙,不仅会降低结果精度,很有可能会出现计算不收敛的情况。一般地铁车站的火灾模拟中,会用到 PHOENICES、FLUENT 等流体计算软件。这些软件中都会提供自动的网格划分功能,对于一般的计算是足够的,但是,对于地铁车站的火灾模拟则需要对一些细节部位进行重新更细致的划分,特别是作者想重点研究的区域,如火源附近的区域,屏蔽门附近区域,楼梯口附近区域,挡烟垂壁附近区域等。同时,要特别注意,网格划分要规整,不同区域之间交接的地方网格划分的密度要平稳过渡,不宜变化过大。

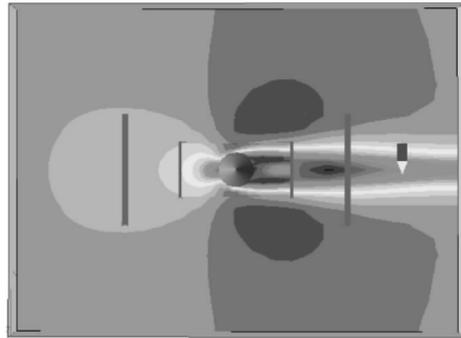
在 PHOENICES 中运用 Fine - grid - embedding 功能可以对网格进行自定义划分。下面以一个流体计算中的小例子来验证网格合理细分的重要性。Flow over a cylinder 的例子中,分别对模型进行 a, b 两种情况的网格细化,其中情况 a 是 PHOENICES 软件默认的网格划分,划分后的效果如下图 1 和图 2 所示,对应的数值模拟风速云图结果,如图 3 和图 4 所示。



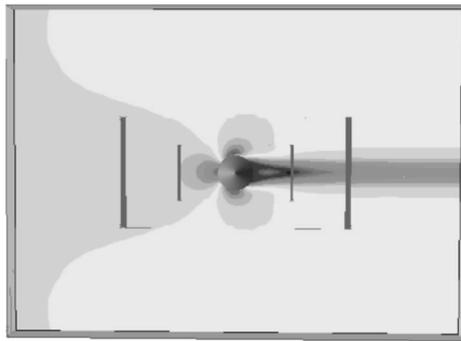
Flow over a cylinder.
图 1 网格划分 a



Flow over a cylinder.
图 2 网格划分 b



Flow over a cylinder.
图 3 a 种网格划分的结果



Flow over a cylinder.
图 4 b 种网格划分的结果

从上图结果可以看出,两种网格划分下模拟结果的风速大致趋势是一致的,风速都是沿着 cylinder 中心向周围扩散,风速强度呈现左侧略低于右侧的趋势,最大值都出现在紧挨 cylinder 的上下两侧。对比两种网格划分的数值结果,可以看出,虽然右侧风速较强的区域, a, b 情况下的风速均处在 1.0 - 1.2m/s 之间,但是 a 情况下风速最大值为 1.214m/s, b 情况的风速最大值为 1.602m/s,相差 0.4m/s 之多。同样的设置,不同的网格精度的划分,使得计算的结果相差甚远,这就提醒我们,在地铁车站火灾数值模拟中一定要注意网格的合理划分,以提高计算结果的精度。

5 建议

以上对地铁车站火灾数值模拟中需要注意的几个问题进行了简要阐述,建议在数值模拟中一定要注重物理模型的优化,合理设置参数,正确合理的划分网格,为得到更加精确的模拟结果打下良好的基础。

本文只是从理论上阐述在地铁车站火灾数值模拟中需要注意的问题,除了网格划分的问题之外,并未对其他问题进行数值模拟结果的对比验

证研究,其它问题尚待另文探讨。

6 总结

保证模型建立的完整性和参数设置的正确性,是数值模拟成功的关键。地铁车站火灾的数值模拟中应该充分考虑实际情况,认真把握好数值模拟中需要注意的细节问题,逐步使模拟过程细致化,使模拟结果精确化,不断适应地铁防灾的更高要求,为地铁防救灾甚至地铁的设计规划提出安全合理的建议,从而增加火灾工况下人员安全逃生的几率。

参考文献:

- [1] 霍然,胡源,李元洲. 建筑火灾安全工程导论:第2版[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社,2009:15.
- [2] 李炎锋,边江,冯霄. 屏蔽门对于地铁火灾烟气扩散影响研究[C]//2013中国消防协会科学技术年会论文集,2013:347-349.
- [3] 樊洪明,尹志芳,张丹,李炎锋. 地铁车站挡烟垂壁对火灾烟气流动的影响分析[J]. 防灾减灾工程学报,2011,(1):81-84.
- [4] 周汝,何嘉鹏. 屏蔽门对地铁站台层火灾烟气控制影响研究[J]. 铁道学报,2008,(5):64-67.
- [5] 张培红,张帅,于谨. 屏蔽门对岛式站台隧道火灾烟气扩散的影响[J]. 沈阳建筑大学学报(自然科学版),2007,(5):795-797.
- [6] 史聪灵,钟茂华,胥旋,张岚,何理,石杰红. 某地铁车站站台现场火灾烟气实验[C]//2012(沈阳)国际安全科学与技术学术研讨会论文集,2012:393-398.
- [7] 李炎锋,王超,杜修力,侯从兰,樊洪明. 大型地铁换乘站多点火灾情况下的烟气扩散研究[J]. 土木工程学报,2010,(S2):405-409.
- [8] [11]杨昀,曹丽英. 地铁火灾场景设计初探[J]. 自然灾害学报,2006,(4):121-125.
- [9] 王迪军,罗燕萍,李梅玲. 地铁隧道火灾人员疏散与烟气控制[J]. 消防科学与技术,2004,(4):345-347.
- [10] 冯炼. 地铁火灾烟气控制的数值模拟[J]. 地下空间,2002,(1):61-64.

长航局着力打造“万里长江文化长廊”

据《中国水运报》报道,记者从2014年12月9日武汉召开的“长江航运宣传思想文化工作推进会”获悉,长江航务管理局(以下简称长航局)将紧紧抓住国家建设长江经济带的“钻石机遇期”,充分发挥文化引领作用、提升行业文化整体实力,率先串起长江文化珍珠链,形成“万里长江文化长廊”。

“依托黄金水道推动长江经济带发展,为长航宣传思想文化工作拓展了广阔空间,迫切需要兴起长江航运文化建设新高潮。”长航局党委书记黄强表示,长江航运系统将进一步发挥文化的导向、凝聚和教育作用,积极引导全行业把建设长江经济带与“一条主线四个长江”发展战略紧密结合,把深化改革开放、加快转变经济发展方式与长江航运转型升级、科学发展紧密结合,提高行业综合素养、弘扬行业拼搏精神、激发行业创新活力、凝聚行业正能量、塑造行业好形象,为加快流域经

济社会发展作出“长航贡献”。

近年来,长江文化星光璀璨、高潮迭起:长江航运职工精气神书法展在沿江15次布展,享誉大江南北;“讲述长江故事——我们的中国梦”文艺作品征集活动圆满成功;“长江梦”长航文艺小分队赴长江基层一线慰问演出;长江组诗、长江组歌精品联袂问世;中华长江文化大系64册全部付印,长江大合唱成功问世,当代长江航运发展盛世修史,长航系统涌现出了一系列文化品牌。

下一步,长航局将大力实施“文化强航”战略,全面深化拓展文化建设“六大工程”,即:学习型行业建设工程、文化示范工程、文化品牌工程、文化阵地工程、形象宣传工程、行业楷模工程,合力推进长江经济带建设发展,争取建成“万里长江文化长廊”,展现流域之美、行业之美和文化之美。