

文章编号:1006-2106(2008)10-0070-04

地铁车站空气环境模拟分析软件的研究与开发^{*}

刘英杰^{**}

(铁道第三勘察设计院集团有限公司, 天津 300251)

摘要:研究目的:地铁是一个人群密集且与外界联系面较小的地下空间,必须设置空调通风排烟系统,对其内部空气环境及火灾情况下的烟气流动等因素进行全面控制,为此,重点研究和掌握地铁车站内部空气的温度、速度、流动方向等分布情况,为乘客及地铁工作人员提供和创造适宜的环境条件。

研究结论:地铁车站内部空气环境模拟分析程序软件 TSDI-SCFD1.0,以 CFD 程序软件为平台和基础,能够实现对地铁车站内部空气状况进行三维模拟分析。通过该软件的研究和开发使 CFD 技术成功的应用于地铁设计中,弥补了以往地铁环控模拟计算分析软件的缺陷和不足,直观、形象的可视化结果和详尽、具体的分析数据,可以为地铁环控专业设计人员的系统设计及方案确定提供准确、可靠的依据。

关键词:地铁车站;空气环境;模拟分析;软件研究

中图分类号:U231+.5 **文献标识码:**A

Research and Development on the Air Environment Simulation Software for Subway Stations

LIU Ying - jie

(The Third Railway Survey and Design Institute Group Corporation, Tianjin 300251, China)

Abstract: Research purposes: Subway station is crowded and smaller underground space with the outside world. It is necessary to set up air-conditioning system to control the air environment even in the fire. Therefore, it should be to get the specific detail of subway station, such as air temperature, speed and direction of movement of the distribution, etc.

Research conclusions: Simulation analysis subway station on the air by subway station internal air environment simulation analysis software TSDI-SCFD1.0 is based on the CFD software. It can be able to realize the simulation analysis carrying out 3-D on subway station internal air condition. It is successful to use CFD technology in the subway designs by research and development of TSDI-SCFD1.0. It is made up limitation and shortage that of the previous the subway software. The visible image and detailed analysis data can provide the basis for the subway environment designers.

Key words: subway station; air environment; simulation analysis; software research

1 通风空调系统模拟计算方法与分析

1.1 通风空调系统模拟计算方法

地铁是一个由车站、隧道、出入口等构成的复杂三维空间,其结构和环境的复杂性及特殊性决定了地铁通风空调系统的设计及计算需要采用计算机辅助模拟

计算来进行。

地铁系统的环控模拟,主要是研究地铁内部环境的不稳定空气动力学和热力学方面的问题。具体包括地铁车站正常工况下的三维温度场、气流场分布、污染物浓度分布、平均空气年龄、人体舒适性的模拟研究,以及地铁车站和隧道事故、火灾工况下的三维温度场、

^{*} 收稿日期:2007-11-15

^{**} 作者简介:刘英杰,1966年出生,男,高级工程师,铁道第三勘察设计院集团有限公司城交分院副总工程师。

气流动分布、烟气流动状况等的模拟研究。据了解,国外主要采用以下几种方法和手段来进行地铁通风空调系统的设计、计算与分析。

1.1.1 地铁环控模拟计算(SES)

目前,在国际上广泛用于地铁环控模拟计算分析的程序软件以 SES 为主。该程序是美国交通部 1975 年开发的世界上第一个地铁环控计算机模拟软件,现已从 DOS 版本升级为 WINDOWS 版本,并形成目前的第 4 版。该软件作为设计计算工具,可以模拟地铁内多列车运行时车站、隧道和通风井的温度、湿度、风速以及车站的空调负荷和地下结构的蓄热。

1.1.2 温度层化模型模拟(TSM)

温度层化模型模拟,主要是根据地铁列车的参数及运行情况,对地铁列车的发热量,列车周围的空气环境温度、隧道结构表面温度、土壤蓄热等进行二维的模拟分析,为地铁通风空调系统设计计算提供一定的依据。

1.1.3 计算流体力学模拟(CFD)

1.1.4 计算流体动力学 CFD,是现代模拟仿真技术的一种,是近年发展较快的一种计算机辅助设计技术。其作用是对各种空间气流组织的温度、速度场等进行三维仿真模拟。暖通空调制冷行业是 CFD 技术应用的重要领域之一,我国暖通空调制冷行业已有不少专家、高校和研究机构对 CFD 的应用进行了研究,取得了重要成果。随着 CFD 技术的发展,许多工程领域都用 CFD 技术作为模拟评价、优化设计手段的实例。

1.2 通风空调系统模拟计算方法的比较

地铁通风空调系统设计中会有多种可选方案,计算机模拟的功能之一就是对各种方案的比选优化。对于筹建阶段的地铁系统,对其运营后的气流场与温度场无法进行现场测试,所以计算机模拟能够有效而可靠地对未建成的地铁系统进行预测。对已建成的地铁系统,为了保证正常运营,有些地方如行驶中的列车附近无法进行现场测试,也可以通过计算机模拟来进行分析。同时也可对一些过去没有经过理论计算的感性认识进行验证,如隧道活塞风的变化情况、排烟量对火灾温度场的影响等等。

使用 SES 软件,可以验证设计者所选定的地铁通风空调系统构成方案及系统运行模式的合理性,以便完成地铁通风空调系统的设计。需要注意的是,该软件本身也存在着一定的局限性。例如 SES 的模拟原理是伯努利方程(Bernoulli's equation),这就决定了它无法反映车站及隧道内场分布的详细情况。只能将地铁系统简化为一维模型进行处理,只能计算某一点的气流速度大小,而具体的变化情况诸如方向和具体流

动情况则无法反映。所以,SES 软件的最终输出结果是一维的,它只能从数据上计算特定断面的一些参数。而地铁系统中的车站及隧道部分显然是三维模型,因此,如果了解地铁车站及隧道中空气的温度、速度、流动方向等详细的分布情况,就必须考虑借助使用其它的研究方法和手段来实现。

采用 CFD 技术,可以对地铁车站及隧道的温度场、气流场、污染物的浓度分布及排放、人体舒适性,以及火灾情况下的通风模式、烟气流动状况及此情况下的温度场和气流场,进行三维可视化仿真模拟。CFD 的功能十分强大,它经过一次完整的计算后,就可以得到任意一个断面的任意方向上的温度、湿度、压力、平均空气年龄,以及 PPD(预期不满意百分率)与 PMV(预期平均评价)等随时间的连续变化值。并且,模拟得出的计算数据经处理后的可视化结果是十分直观形象的。因此,它所模拟出的结果较 SES 软件更加直观,得到的结果也更加具体,能够为地铁环控系统提供充分的依据。

2 车站内部空气环境模拟分析程序软件的研究与开发

2.1 车站内部空气环境模拟分析程序软件的研究与开发

近年来,CFD 分析软件作为研究地铁车站空气环境的辅助工具,已经为工程设计的科学化和合理化提供了先进的技术手段。由于地铁中的地下车站与一般地面建筑在结构形式、功能等许多方面存在着较大的差异,同时从工程设计的便捷、高效、可靠性原则出发,设计人员希望能够将 CFD 分析软件直接应用到工程设计领域。因此,编制开发用于地铁车站内部空气环境 CFD 模拟分析的专用平台和程序软件是非常必要的。为此,铁道第三勘察设计院集团公司从 2003 年开始与天津大学联合,研究开发出了地铁车站空气环境模拟分析程序软件 TSDI-SCFD1.0,并通过了技术评审。

目前,比较成熟的通用 CFD 软件主要有:英国 CHAM 公司的 PHOENICS、美国 ANSYS 公司的 ANSYS CFX、Creare 公司的 Fluent、Computational Dynamics Ltd. 公司的 STAR-CD 等。据了解,Fluent、CFX、Phoenix 软件在国内使用范围广、用户多,这些软件一般都向用户提供一定的二次开发功能。其中,PHOENICS 对用户开放了输入文件,在其核心的计算模块、前处理模块及后处理模块的基础上,开发流体与流动的专用平台是具有可行性的。就提供给用户的可开发度和性价比 2 个方面来讲,PHOENICS 是优越于其它软件的。因此,设计中选择了 PHOENICS 作为地铁车

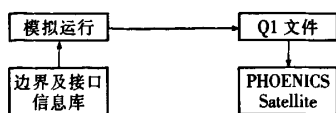


图3 模拟运行的流程图

下的结果输出流程如图4所示,火灾工况下的结果输出流程如图5所示。

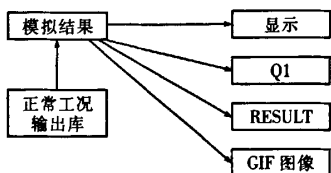


图4 结果输出流程图(正常工况)

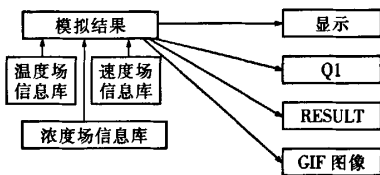


图5 结果输出流程图(火灾工况)

4 软件成果的应用与检验

研究开发出的地铁车站内部空气环境模拟分析程序 TSDI-SCFD1.0 软件成果,经过了地铁工程设计的应用及地铁运营实际效果的检验。铁道第三勘察设计院集团公司与相关单位联合,对国内部分城市地铁(北京、深圳)进行了现场实测,并结合地铁消防验收和火灾模拟试验(深圳、天津)的数据和结果,对软件及软件的计算结果进行了验证和校正。利用该软件完成了地铁既有改造车站气流场的模拟比较,确定了车站站厅、站台均匀送风的系统方案。进行了东北地区(沈阳、哈尔滨)地铁车站温度场的模拟分析,制定了相应的环控系统设计理念。

开展了地铁车站及区间火灾烟气流动的仿真模拟,优化了环控系统火灾运行模式及防排烟措施。利用该软件通过对地铁车站火灾工况进行模拟计算,根据得出的计算数据和直观形象化的结果可以分析出火灾强度、火源位置,燃烧时间,烟气流动,排烟形式及排烟量等对地下车站内部空间环境的影响,由此可以制定有效的防排烟措施和人员疏散方案,保证火灾工况下地铁车站内的乘客及工作人员的安全撤离,同时为消防人员创造扑灭火灾的条件。

随着实际工程设计的应用,还将不断地对软件进行补充完善,以期达到更好的使用效果,最大限度的满足地铁建设和地铁设计的需要,同时为今后在更大范围的应用及更多领域的推广奠定基础。

5 结论

(1)以 CFD 程序软件为平台进行的基础研究,开发的地铁车站内部空气环境模拟分析程序软件 TSDI-SCFD1.0,可以对地铁空间的相关环境因素和参数进行三维模拟计算分析。

(2)通过对地铁车站内部空气环境模拟分析程序软件 TSDI-SCFD1.0 的研究与开发,使 CFD 技术成功的应用于地铁设计中。

(3)地铁车站内部空气环境模拟分析程序软件 TSDI-SCFD1.0,为地铁环控系统的设计提供了一种新的设计手段和方法。

参考文献:

- [1] 王英辉,涂光备,邹同华. 基于通用 CFD 的地铁车站热环境模拟系统的开发与应用[C]//北京:2004 年全国暖通空调专业委员会空调模拟分析学组学术交流论文集, 2004.
- [2] 谭洪卫. 计算流体力学在建筑环境工程上的应用[J]. 暖通空调, 1999, 29(4): 31-36.
- [3] 铁道第三勘察设计院. 地铁车站负荷及流场的设计研究项目总结报告[R]. 天津: 铁道第三勘察设计院, 2005.

(编辑 张 滨)

作者: [刘英杰, LIU Ying-jie](#)
作者单位: [铁道第三勘察设计院集团有限公司, 天津, 300251](#)
刊名: [铁道工程学报](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF RAILWAY ENGINEERING SOCIETY](#)
年, 卷(期): 2008(10)

参考文献(3条)

1. [王英辉, 涂光备, 邹同华](#) [基于通用CFD的地铁车站热环境模拟系统的开发与应用](#)[会议论文] 2004
2. [谭洪卫](#) [计算流体动力学在建筑环境工程上的应用](#)[期刊论文]-[暖通空调](#) 1999(04)
3. [铁道第三勘察设计院](#) [地铁车站负荷及流场的设计研究项目总结报告](#) 2005

本文读者也读过(10条)

1. [姜允涛, 高峰, 张学文, JIANG Yun-tao, GAO Feng, ZHANG Xue-wen](#) [大型展览大厅空气分布模拟分析\(1\)](#)[期刊论文]-[低温建筑技术](#)2006(4)
2. [王英辉, 涂光备, 邹同华](#) [基于通用CFD的地铁车站热环境模拟系统的开发与应用](#)[会议论文]-
3. [江泳, 欧阳沁, 朱颖心](#) [站端送风地铁车站站台气流组织模拟分析](#)[会议论文]-2002
4. [王鹏飞, 刘荣华, 符建文, WANG Peng-fei, LIU Rong-hua, FU Jian-wen](#) [电梯轿箱空气品质及改善方案](#)[期刊论文]-[建筑热能通风空调](#)2008, 27(5)
5. [姜允涛, 高峰, 张学文, JIANG Yun-tao, GAO Feng, ZHANG Xue-wen](#) [大型展览大厅空气分布模拟分析\(II\)](#)[期刊论文]-[低温建筑技术](#)2007(1)
6. [张振迎, ZHANG Zhen-ying](#) [采用低温送风技术的列车内部热环境模拟](#)[期刊论文]-[制冷空调与电力机械](#) 2007, 28(5)
7. [闫峰, Yan Feng](#) [空气泄入式扩压器内流场分析](#)[期刊论文]-[火箭推进](#)2009, 35(4)
8. [江娜, 刘卫华](#) [座舱气流组织和人体热调节的数值模拟技术的研究现状及发展](#)[会议论文]-2007
9. [陈娟](#) [浅谈地铁地下车站环控设计问题](#)[会议论文]-2008
10. [王海龙](#) [大岗山水电站地下洞室动态热工数值模拟研究](#)[学位论文]2006

引用本文格式: [刘英杰, LIU Ying-jie](#) [地铁车站空气环境模拟分析软件的研究与开发](#)[期刊论文]-[铁道工程学报](#) 2008(10)