

Ventsim 三维通风仿真系统在金属矿山的应用

柳明明 谢振华 张建业
(北京科技大学)

摘 要 介绍了金属矿山生产过程中所面临的一些问题,包括复杂矿井通风系统的三维模拟、深部开采引起的高温环境模拟。Ventsim 三维通风仿真系统,可以实现风网解算、风流模拟、热模拟、经济性模拟的功能,能够满足金属矿山三维通风系统管理的要求。实践表明,Ventsim 三维通风仿真系统能够满足矿山信息化管理要求,实现矿井安全、高效、经济运行。

关键词 三维通风仿真 风流模拟 热模拟 污染物模拟 经济性模拟

Application of Ventsim 3D Ventilation Simulation System in Metal Mines

Liu Mingming Xie Zhenhua Zhang Jianye
(University of Science and Technology Beijing)

Abstract This paper introduces some problems occurred during the metal mine production process, including 3D simulation of complex mine ventilation system and simulation of high-temperature environment caused by deep mining. Ventsim 3D ventilation simulation system can realize various functions, such as ventilation network resolving, ventilation simulation, thermal simulation and economic simulation. It could meet the requirement of 3D ventilation system management in metal mines. The practice showed that Ventsim 3D ventilation simulation system could meet the requirement of mine e-managing, and eventually achieve a safe, efficient and economic operation.

Keywords 3D ventilation simulation, ventilation simulation, heating simulation, pollutants simulation, economic simulation

随着矿产资源的不断开发,我国的浅表矿床及开采技术条件相对简单的矿床储量不断消耗,迫使大多数矿山转入深部或复杂矿床的开采^[1]。深部矿床开采带来的问题主要集中在下面两个方面:通风系统越来越复杂,人工管理比较费力,且通风效果不满意;井下温度升高,对员工身心健康造成威胁,影响工作效率。为了满足矿井深部开采需求,并解决以上问题,金码软件(北京)有限公司引进开发出了 Ventsim 三维通风仿真系统。Ventsim 三维通风仿真系统是集通风系统三维仿真、井下环境模拟分析于一体的综合模拟软件。

1 Ventsim 仿真系统主要功能

1.1 系统主要功能

(1)通过整个矿井通风系统真三维建模,实现三维通风仿真,并可进行巷道漫游。

(2)新建矿井通风网络系统设计、网络解算和风流动态模拟;大型生产矿井中后期通风网络系统的变化模拟,优化通风设计;在优化设计的基础上进

行风机性能分析,提高效率,节约电力成本。

(3)矿井自然风压影响分析;支持对深井(超过 500 m 井深)进行空气可压缩性分析。

(4)可直接导入 AutoCAD DXF 文件生成通风网络图,也可将建好的三维模型直接导出到 AutoCAD 中形成通风立体图。

(5)模拟井下柴油机颗粒物、烟雾、粉尘、有害气体扩散路径和浓度,辅助进行灾害预案制定和紧急情况处理。

(6)对井下热源、冷源和湿源进行动态模拟,在三维可视化环境中实现对矿井降温效果进行定量分析。

(7)矿井整个服务周期经济性模拟分析,巷道经济性断面选型,通风系统经济性评价。

柳明明(1985—),男,北京科技大学土木与环境工程学院,硕士研究生,100083 北京市海淀区学院路。

1.2 系统运行界面

Ventsim 系统运行主窗口包括所有通风网络创建、编辑、浏览和模拟的功能。主要分为 4 部分:菜单栏、工具栏、三维视图窗口、状态栏(见图 1)。

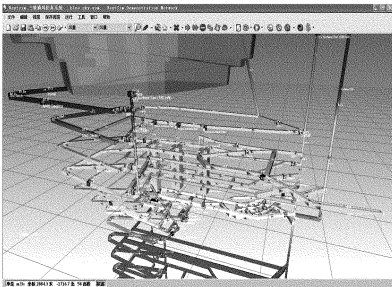


图 1 Ventsim 系统运行主界面

2 三维通风仿真模拟技术应用

2.1 通风系统面临的问题

上世纪的 70 年代末 80 年代初,我国各行各业科学技术的发展进入了一个黄金时期。正是在这一时期,我国的专家学者借鉴和总结了瑞典鲁纳矿的成功经验,消化和引进了矿井通风系统的多级机站通风技术,为我国矿井通风系统带来了巨大的变革,成为矿井通风技术发展的一个标志性的成就^[2]。

多级机站通风系统是目前我国应用最广泛的一种通风系统,其主要应用在金属矿山通风系统中,具有漏风小,有效风量高等优点^[3]。但是这种通风方法在实际应用中比较复杂,由于多级机站风机布置数量较多,风流容易变化,可控性差,如果不能很好地对其运行状况进行模拟,不仅会影响矿山安全生产,而且也造成不必要的经济损失。因此,必须研究一种能够对多级机站通风系统进行模拟的软件,保证通风系统稳定运行。

其次,随着采矿技术的发展,矿井通风网络也越来越复杂。尤其是同时存在高温热害与矿井延伸等因素的矿井,其矿井通风网络极其复杂。而且,未来金属矿山开采深度将不断增大,深部开采通风线路增长,通风阻力增大,使得确保矿井通风系统稳定性变得更加重要^[4]。但是难以采取有效手段进行准确的通风系统风流模拟,使得矿井通风环境的管理变得异常困难。

2.2 复杂通风网络的三维仿真模拟

Ventsim 三维通风仿真系统提供多种模型建立方式,可手工绘制或直接导入 AutoCAD DXF 文件生成通风网络图。默认采用三维透视图显示方式,能够更准确地模拟网络布置,采用可视化的数据显示方式,并可以根据需要进行有选择的数据显示。系

统还具有自定义图标功能,可以对自然通风、可压缩性气流进行分析。

Ventsim 仿真系统通过其强大的建模、风流模拟功能,为矿井多级机站通风系统的建立提供三维可视化效果模拟,帮助确定机站级数、获得各个巷道的风量、风路阻力、并进行风机选型等。

针对多级机站通风系统风流状况难以模拟的状况,Ventsim 仿真系统能够方便实现对其进行实时动态模拟,准确掌握风机运转状况,从而及时发现问题,采取对策。首先采用计算机图形系统建立矿井三维通风网络模型,通过赋值、风流模拟,同时使风流与风机动态运转,获得通风系统的运行状况。由于多级机站通风系统中使用的风机数量较多,且有分区通风等多种复杂通风方式,当改变 1 台风机运转状况时,即会对整个通风系统稳定性造成影响,因此,当改变风机运行状况后,可以通过风流模拟快速获得其对整个风网的影响。

Ventsim 仿真系统通过使用自定义图标功能,可以对井下所有风机进行定位,如图 2 所示。

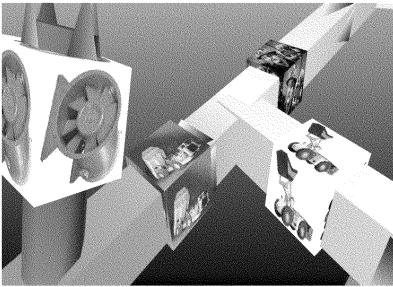


图 2 Ventsim 系统自定义图标显示风机位置

Ventsim 三维仿真系统内部具有目前最常用的风机数据库,在系统建模、风流模拟的同时,系统能够从风机数据库中选取合适的备选风机,供用户进行优选。对所选风机通过多次风流模拟以选择最合适的型号,达到最终满意效果。在多级机站通风系统进行风网优化时更加具有应用价值。

Ventsim 三维通风仿真系统能够对不同情况下的矿井通风系统参数变化情况进行模拟。由于矿井通风系统变化受到多个因素影响,对于复杂矿井通风系统,如果采用人工计算,费时费力而且准确性较低。因此,要对时刻变动的矿井通风系统进行实时控制,必须能够快速进行风网解算,风流模拟,才能减少不必要的损失。Ventsim 采用最常用的 Hardy-cross 法进行风网解算(回路法),根据模型属性数据、风量平衡定律、风压平衡定律、风阻定律来建立数学模型,经过多次反复拟合修正,使各分支风量达

到预定的精度时结束计算。此时所得到的近似风量,即可认为是要求的自然分配的风量,从而对矿井通风系统进行优化,使矿井通风系统稳定运行。

3 高温矿井热环境模拟技术应用

3.1 高温矿井热害现状

目前,世界各主要采煤国家相继进入深部开采。随着开采深度的逐步增加,地温也随之升高,从而导致井下工作环境温度也升高,恶化了工作条件。我国最新实施的《煤矿安全规程》规定,生产矿井采掘工作面空气温度不得超过 26℃,机电设备硐室的空气温度不得超过 30℃^[5]。影响井下温度升高的主要因素是围岩温度。矿井的井下围岩温度都按照自然规律变化,即深度越大,岩温越高,随着深度的增加地温梯度也增大。而且,井上气候条件、机电设备放热、地下水 and 地质构造等,也会影响井下温度变化。

高温作业环境不但极大消耗着职工体力,降低劳动效率,也影响着职工的身心健康,不利于安全生产。同时由于高温,加大了通风费用及人工工资,直接影响到矿井生产成本的控制,也影响到矿井职工队伍的稳定,制约着企业的经营与发展^[6]。

通过大量文献研究,发现制定高温矿井热害方案时,一般需要研究的内容较多,如常规通风方案、通风网络优化、气候预测和热环境综合评价等。人工进行热环境综合评价非常困难,因此,必须结合计算机技术,才能方便准确地对井下热环境进行模拟。

3.2 Ventsim 三维仿真系统对高温矿井热环境模拟

Ventsim 三维通风仿真系统是利用数值计算方法对高温巷道内热环境进行模拟。通过计算机对描写流动与传热问题的离散方程予以求解。

Ventsim 仿真系统热模拟中热源分两类考虑。一类是工程热源,如加热制冷工程,包括显热、潜热、冷源、柴油机引擎等,并且提供热量计算工具;另一类是围岩类型,包括导热系数、扩散性等属性。对这些属性数据进行赋值,就可以进行热模拟。

系统通过风流模拟、热模拟,可以快速定位高温区域。热模拟是通过两个离散模拟来实现的。经过多次风流模拟、热模拟进行修正以达到温度和风流

基本平衡。可以根据精度要求在设置选项中设置迭代次数使 Ventsim 系统自动地对网络进行多次模拟以达到平衡。模拟成功后,可以通过数据显示或颜色管理器查看模拟结果,整个矿井温度高低一目了然,有助于制定防治热害措施。

4 结 论

Ventsim 三维通风仿真系统以其良好的可视化效果和简单易学的特点,逐渐成为矿井通风设计和通风管理最强有力的工具,而且其应用不仅适用于金属矿山,对于煤矿同样具有非常好的使用效果。

(1)系统采用真三维图形技术,通过建模,将复杂的矿井通风系统以三维图形的方式简单、直观地展现出来。通过对不同区间数据进行着色,使通风过程的关键数据和薄弱环节一目了然,进而采取适当的改进措施。

(2)针对深部开采矿井出现的高温、污染问题,通过热模拟与污染物模拟查找热源与污染源,从而根本改善井下工作环境,保护工人身体健康,提高工作效率。

(3)系统提供的多种模拟分析工具,在三维可视化的环境中对多级机站通风方法的安全性、合理性和经济性进行分析,在保证通风系统安全的前提下合理节约通风成本,从而有效提高矿井通风效率 and 安全管理水平。

参 考 文 献

[1] 胡汉华. 金属矿山热害控制技术研究[D]. 长沙:中南大学, 2007.

[2] 陈喜山,梁晓春,李 杨,等. 金属矿山矿井通风技术的新进展[J]. 金属矿山,2002(9):55-57.

[3] 王五松,王克宏. 井下多级机站通风系统改造[J]. 矿业快报, 2001(12):20-22.

[4] 田洪建,王树刚. 矿井通风网络多功能模拟可视化的实现[J]. 煤矿安全,2008(4):42-44.

[5] 黄颖华,沈斐敏. 高温矿井降温技术研究动态[J]. 安全与健康,2006(11):30-31.

[6] 龙腾腾. 高温独头巷道射流通风热环境数值模拟及热害控制技术研究[D]. 长沙:中南大学,2008.

(收稿日期 2010-07-28

+++++

· 信息苑 · 北洛河铁矿深部开拓工程二期通风系统投入运行

近日,北洛河铁矿深部开拓工程二期通风系统投入运行。该系统于 2010 年 7 月底安装调试成功,8 月 18 日实现远程控制,并投入使用。8 月 21 日至

22 日,对井下各水平的通风情况进行了测试,效果良好,达到设计要求。

(张晓玮 吴怀国)