

木城涧煤矿井下安全避险系统的集成与开发

胡镇峰¹, 魏永强², 任吉凯³, 于健浩³, 文斌¹

1. 中国矿业大学(北京)机电与信息工程学院, 北京 100083
2. 中化国际(控股)股份有限公司冶金能源事业总部, 北京 100045
3. 中国矿业大学(北京)资源与安全工程学院, 北京 100083

摘要 对国内外安全避险和应急救援研究现状进行总结, 概述国内安全生产领域关于六大系统建设的情况。以北京昊华能源公司木城涧煤矿井下安全避险系统为例, 阐述系统集成平台的选择及“三维数字化矿山建设平台”实施方案的设计。介绍木城涧煤矿人员定位系统、压风自救系统和供水施救三大系统的集成平台建设, 系统三维功能的实现以及关键的三维 GIS 技术。该平台实现了煤矿井下各类信息系统的统一集成和三维可视化管理, 提高了煤矿安全避险系统的整体联动和应急响应能力。

关键词 安全避险; 三维地理信息系统; 三维可视化; 系统集成

中图分类号 TD771

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2011.32.003

Integration and Development of Underground Safety Hedge System for Muchengjian Coal Mine

HU Zhenfeng¹, WEI Yongqiang², REN Jikai³, YU Jianhao³, WEN Bin¹

1. School of Mechanical Electronic and Information Engineering, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing 100083, China
2. Metallurgy & Energy Center, Sinochem International (Holdings) Co. Ltd., Beijing 100045, China
3. School of Resources and Safety Engineering, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing 100083, China

Abstract The recent development of domestic and international research on the field of coal mine safety hedge and emergency rescue was summarized. The construction of six systems in the work safety field in China was discussed. The reasons for that the research group chose system integration platform and designed 3D digitizing mine construction platform project were given. The three system integration platform construction, including personnel positioning system, pressurized air rescue system, and water supply rescue system, the implementation of 3D function, and key 3D GIS technology were introduced. By taking Beijing Haohua Energy Company's Muchengjian coal mine underground safety hedge system as an example, the platform realizes the unified integration of all kinds of underground information system and 3D visual management for a coal mine. It improves the overall linkage and emergency response ability of coal mine safety hedge system, which promotes the development of coal mine enterprise information construction.

Keywords safety hedging; 3D geographic information system; three-dimensional visualization; system integration

0 引言

煤矿安全生产始终是党和政府极为关切的重大问题。近年来, 随着煤矿安全生产领域信息化建设的不断推进, 中国煤矿企业安全生产水平有了很大提高。煤矿重大事故发生次

数逐年降低, 伤亡人数也逐年减少。2010 年国内煤矿事故起数为 1403 起, 死亡 2433 人, 同比减少 213 起、198 人, 分别下降 13.2% 和 7.5%。煤矿百万吨死亡率相对指标同比下降 10% 以上。安全生产形势得到很大改观。但由于中国矿山安全生

收稿日期: 2011-07-04; 修回日期: 2011-10-25

作者简介: 胡镇峰, 博士研究生, 研究方向为系统集成、信息融合等, 电子信箱: zhu2010@163.com

产基础薄弱,以及体制机制及人员素质不高等深层次原因,安全生产形势依然严峻,重大、特大事故还未得到有效遏制。2010年,国务院23号文提出,2015年以前,全国所有煤矿都要建立完善的井下安全避险六大系统,以提高煤矿安全保障能力,具体包括监测监控系统、人员定位系统、紧急避险系统、压风自救系统、供水施救系统和通信联络系统。煤矿井下安全避险“六大系统”是避免或减少煤矿事故灾害的发生、组织实施应急救援和紧急避险的有效措施,是推进煤矿信息化建设的先进和重要手段。

国外相关机构的学者在安全避险和应急救援方面进行深入的研究,目前国外煤矿的安全避险相关研究主要集中在避难所和救生舱等应急避难设施上面。南非、美国、加拿大、澳大利亚等采矿业发达的国家,均颁布了严格的法规,对矿山井下避难的设置、维护和人员培训等各个方面作了明确的规定,形成了井下固定避难室、移动救生舱、应急逃生和个人救护等成熟的实用技术及装备^[1]。

煤矿井下安全避险系统是目前国内矿山安全避险方面的研究热点,中国矿业大学(北京)张瑞新指导的课题组在2005—2009年间先后研究开发了基于矿山应急救援预案的第1代、第2代、第3代和第4代煤矿应急救援管理与救援指挥信息系统。该系统已经成为使用单位日常应急资源管理、预案演练和救灾指挥的重要平台^[2],该系统是六大系统中紧急避险系统、通信联络系统软件方面相关研究的先进成果;长沙迈迪信息科技有限公司致力于国内数字矿山建设领域的技术研发、咨询、服务以及培训等,该公司所推出的六大系统解决方案、指挥调度系统平台,建成后可以实现矿山的井上和井下的语音通信、设备跟踪定位、人员、井下关键设备的远程监控,以及各种环境参数的监测监控等;中国矿业大学(北京)孙继平详细研究并阐述了煤矿井下安全避险六大系统的作用和配置方案^[3]。

国内煤矿安全生产领域关于六大系统的建设还处于初期阶段,其软硬件的建设还存在着许多的不足,主要表现在:(1)信息平台建设相互独立,缺少统一规范,资源不能相互共享;(2)缺少安全监测信息与生产环境信息的结合;(3)多数系统平台产品功能不完善,没有应用最新的信息技术,三维可视化技术应用不够广泛。因此,煤矿井下安全避险六大系统的建设等方面存在许多值得研究和完善的课题^[4]。

1 井下安全避险系统集成平台的选择

笔者基于煤矿井下安全避险六大系统的研究分析,根据木城洞煤矿安全生产的实际需求,参与集成开发了煤矿井下安全避险三大系统:井下人员定位系统、压风自救系统、供水施救系统,将完成后的系统称为木城洞煤矿三维可视化应急避险及救援辅助决策系统。

综合国内外各种集成开发平台,在充分对比、分析其优缺点之后,课题组选择北京三维吉斯工程软件科技有限公司研发的“三维数字化矿山建设平台”作为软件的基础集成平

台。由于具有地理、井巷工程、与安全生产相关的实时监测信息,该平台成为矿山安全避险系统的理想集成平台。

1.1 “三维数字化矿山建设平台”简介

“三维数字化矿山建设平台”是国内第一套高度集成了矿井地测、工程信息、安全监测信息、人员定位信息、视频监控图像、束管监测信息、综合自动化监控信息及其他办公系统的信息平台^[5]。该平台有很多优点:例如该平台使用自己研发的三维地理信息系统为三维虚拟仿真的三维建模提供了强大的制作工具;平台按专业开发子系统,个子系统可以单独使用,又可以组合一起形成整体的“三维数字化矿山建设平台”,该平台综合反映了矿山企业信息化的发展趋势,已成为基建矿井、生产矿井、集团公司及厂、矿企业信息化建设的首选产品和更新产品。

三维数字化矿山平台采用全新的技术构架:平台包含一个或多个子系统,多个子系统构成矿级系统平台,多个矿级平台构成集团公司级平台,多个集团分公司级平台构成集团总公司级平台。因此,该系统的应用范围很广泛,从一个子系统的应用到集团总公司的平台建设均可采用。

1.2 “三维数字化矿山建设平台”实施方案

该平台为厂矿企业提供了先进的安全生产综合管理的解决方案,平台以地测和工程数据为基础,自动生成三维的井巷工程立体图,采掘立体图,煤层立体图、三维钻孔图;在矿井采掘立体图中三维显示生产信息、实时动态的监测信息;人员三维分布、有害气体的三维分布、安全与生产设备的三维分布及其运行状态(综合自动化系统监控信息:压风机、主扇、人车、局扇、皮带、风门、水泵),将矿井井上、井下的真实全貌完整地展现出来。该平台还可以集成矿上各类系统,如图1所示。

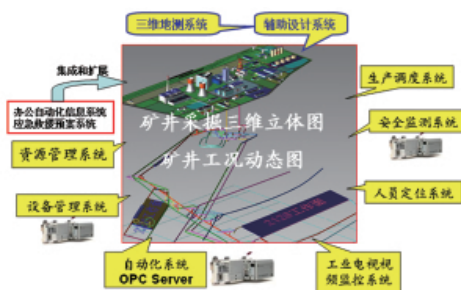


图1 三维数字化矿山系统平台的实施方案

Fig. 1 Implementation plan content of 3D digitizing mining system platform

三维数字化矿山系统平台实施方案的内容包括:(1)三维采掘辅助设计系统;(2)三维地测信息管理系统;(3)生产管理三维可视化信息系统,包括掘进工程信息管理与三维可视化、采矿工程信息管理与三维可视化和矿井生产数据自动存储、处理、统计和自动生成报表;(4)生产、工程进度与工程计划动态管理系统;(5)矿井安全生产实时工况展现系统。

此外,还包括网站构建:通知公告、企业新闻和行业法规等;系统管理:部门信息维护、员工信息维护、单位信息设置、

岗位信息维护、员工权限配置和报表流程等;图形管理;三维采掘工程图管理和 CAD 交换图管理;报表管理:报表具有打印、导出到 Excel 电子表格的功能;实时警钟和文件管理;系统平台扩展:水文监测和应急预案等。如图 1 所示。

2 三维地理信息系统技术的特点

系统三维可视化功能的开发是以三维动画和三维造型设计软件 Autodesk VIZ 为平台,其核心技术是三维地理信息系统(Geographic Information System, GIS)。三维 GIS 对空间对象进行真三维描述和分析,从数据结构到空间查询和建模分析都建立在三维数据模型基础上的地理信息系统。

三维 GIS 的特点:(1) 不仅要表达三维对象,而且还要研究一维、二维对象在三维空间中的表达^[6]。(2) 首要特色是要能对三维对象进行可视化表现。三维对象的几何建模与可视表达在三维 GIS 建设的整个过程中都是需要的,这是其一项基本功能。(3) 三维 GIS 的核心是三维空间数据库。它可由扩展的关系数据库系统也可由面向对象的空间数据库系统存储管理三维空间对象^[5]。(4) 直接在三维空间中进行空间操作与分析,对空间对象进行三维表达与管理,使三维 GIS 明显不同于二维 GIS,在功能上更加强大^[7]。

3 系统功能模块设计与实现

3.1 系统功能

木城涧煤矿井下安全避险系统,又称木城涧煤矿三维可视化应急避险及救援辅助决策系统,是北京昊华能源有限公司木城涧煤矿和中国矿业大学(北京)联合开发的,项目组主要完成的工作包括木城涧整个矿井井下三维立体图和井上井下实物对照图的制作与显示;井下矿井供水施救系统、压风自救系统和人员定位系统的空间位置和属性信息的制作、浏览、查询功能,此外还有各种监测信息的统计、导出报表、打印等功能。

3.2 系统功能模块

系统分为 4 个模块:矿井综合工况系统模块、人员定位系统(报表输出)模块、矿井三维可视化模块和系统管理与设置模块,如图 2 所示。其中矿井综合工况系统模块包括 3 个子系统:人员定位系统、压风自救系统和供水施救系统,其中人员定位系统包括各分水平人员定位系统:150m 水平人员定位系统、250m 水平人员定位系统和 450m 水平人员定位系统。

人员定位系统(报表输出)模块主要用于人员定位相关信息的报表管理,可以进行实时井下人员位置查询和实时下井部门人数查询,按照每月、每周的要求实时产生井下作业人员统计报告、部门下井作业人员统计报告、禁区人员查询报告、超时人员查询报告、数据传输查询报告、井下作业人员下井次数统计表、人员信息报表、系统异常报表;实现系统运行状况统计报表,能够进行浏览、查询、显示和打印。

矿井三维可视化模块包括三维采掘图,三维地质地层图,工程地层一体图,工业广场三维图。点击相应位置,就可

以查看这些图形。这些图形是被提前做好并加载在系统中的,用户可以随时查看这些图形。具有特定权限的用户或者管理员也可以修改、完善、上传这些三维图形。

系统管理与设置模块包括 CAD 交换图管理、文件管理、基础数据管理、报表管理、系统设置、系统帮助和文件下载等小模块。

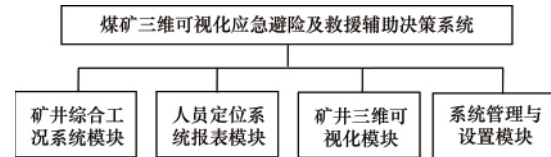


图 2 系统功能模块结构图

Fig. 2 Structure diagram of system function modules

3.3 系统三维功能的实现

系统三维功能的实现主要借助于基础集成平台的核心技术:三维 GIS 技术,利用该技术可以实现强大的三维作图、数据管理及三维动画功能,本系统根据企业提供的矿区工业广场图、井下采掘工程图,制作实现了工业广场三维虚拟动画和三维漫游、井下三维动画和三维漫游等。

另外,本系统通过 3D GIS 技术直观展现井下应急救灾避险设施的位置、属性等信息,可以大大提高应急效率,在应急演练或事故发生时,方便查看矿井压风管路、供水管路和矿井避险设施的相关三维可视化属性信息,使决策者做出快速的分析,从而及时做出决策。

3.4 系统集成的实现

本系统以三维数字化矿山系统为基础集成平台,实现煤矿井下安全避险六大系统中指定的三大系统:人员定位系统、压风自救系统和供水施救系统的集成开发。这三大子系统建立在一个相同的平台上,系统之间可以进行基础数据的共享、交互和复用。具体表现为网络集成、数据集成、应用集成 3 个层次的集成^[8]。

其中网络集成解决网络互联问题,包括系统运行的硬件环境、软件环境;数据集成解决数据共享,即互通问题^[9]。系统包括 3 个数据库,为平台的资源共享提供数据支撑;应用集成解决互操作问题。系统提供了与业务需求相关的 4 个应用模块,同一模块使用多源的数据,同一数据可以被多个模块使用,应用集成能够实现不同安全监测信息与生产环境信息的结合,实现生产环境、生产工程的数字化和集成,提高了信息的利用率,实现了资源的共享。

4 系统实现模式及开发工具的选择

4.1 系统实现模式

系统采用数据库系统(数据层)、应用服务器(逻辑层)和浏览器(显示层)3 层体系结构,如图 3 所示。

4.2 系统开发工具

(1) Visual Studio.NET 2005

Visual Studio.NET 2005 是一套完整的开发工具,用于生

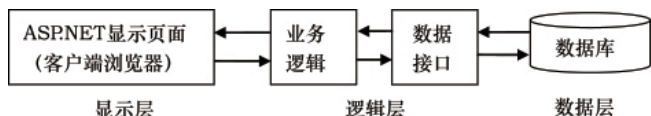


图3 系统三层体系结构

Fig. 3 Three-layer construction of the system

成 ASP Web 应用程序、XML Web Services、桌面应用程序和移动应用程序。Visual Basic.NET 2005、Visual C++.NET、Visual C#.NET 和 Visual J#.NET 全都使用相同的集成开发环境 (IDE), 该环境允许它们共享工具并有助于创建混合语言解决方案。另外, 这些语言利用了 .NET Framework 的功能, 此框架提供对简化 ASP Web 应用程序和 XML Web Services 开发的关键技术的访问^[10]。ASP.NET 建立在 .NET Framework 的编程类之上, 它提供了一个 Web 应用程序模型, 并且包含使生成 ASP Web 应用程序变得简单的控件集和结构。

(2) Microsoft SQL Server 2005

Microsoft SQL Server 2005 是一个功能完备的数据库管理系统。它包括支持开发的引擎、标准的 SQL 语言、扩展的特性等功能。而像存储过程、触发器等特性, 也是大型数据库才拥有的。它有很多优点: 一是容易使用。大多数的中小企业日常的数据应用是建立在 WINDOWS 平台上的。由于 SQL SERVER 与 WINDOWS 界面风格完全一致, 且有许多“向导 (Wizard)”帮助, 因此易于安装和学习; 二是兼容性好。由于今天 WINDOWS 操作系统占领着主导地位, 选择 SQL SERVER 一定会在兼容性方面取得一些优势; 另外, SQL SERVER 2005 除了具有扩展性、可靠性以外, 还具有可以迅速开发新因特网系统的功能^[11]。

4.3 系统主界面

该系统 2010 年 12 月开始立项、调研, 于 2011 年 4 月在木城涧煤矿试运行。目前该系统为木城涧煤矿日常安全生产的井下人员定位、应急演练或事故发生时的压风自救、供水施救、应急避险和救援辅助决策服务。系统主界面如图 4。



图4 系统主界面

Fig. 4 Interface of the system

5 结论

(1) 该系统实现并集成了木城涧煤矿的三大系统: 人员定位系统、压风自救系统和供水施救系统, 解决了系统之间普遍存在的信息孤岛问题, 提高了企业信息化管理水平。

(2) 实现了煤矿井下安全避险和应急救援决策三维可视化。本系统平台通过三维立体图展现各方面的综合信息, 具有直观、全面的特点, 提高了生产矿井的信息化水平, 大大提高了企业形象; 实现煤矿三维可视化统一管理, 提高了煤矿安全避险系统的整体联动和应急响应能力, 为减少和降低事故发生所造成的人身伤害和财产损失提供了信息化的保障手段。

(3) 该系统与安全生产信息与环境信息有机结合, 可以使矿井工况综合展现。

参考文献 (References)

- [1] 李爱民. 国外采煤国建设避难所的经验[EB/OL]. [2010-10-15]. <http://hi.baidu.com/88617603/blog/item/f5455aeeaf104c1d439c923.html>
- [2] Li Aimin. Experience for construction of coal mining refuge of foreign countries. [EB/OL]. [2010-10-15]. <http://hi.baidu.com/88617603/blog/item/f5455aeeaf104c1d439c923.html>
- [3] 赵志刚, 张瑞新, 郭庆勇, 等. 煤矿灾害事故预案演练信息系统的研究与应用[J]. 煤矿开采, 2007, 12(2): 78-79.
- [4] Zhao Zhigang, Zhang Ruixin, Guo Qingyong, et al. Coal Mining, 2007, 12(2): 78-79.
- [5] 孙继平. 煤矿井下安全避险“六大系统”的作用和配置方案[J]. 工矿自动化, 2010, 4(11): 1-2.
- [6] Sun Jiping. Industry and Mine Automation, 2010, 4(11):1-2.
- [7] 吕鹏飞, 郭军. 我国煤矿数字化矿山发展现状及关键技术探讨 [J]. 工矿自动化, 2009, 9(9): 16-20.
- [8] Lu Pengfei, Guo Jun. Industry and Mine Automation, 2009, 9(9): 16-20.
- [9] 陈冬云. 基于 GIS 三维可视化仿真技术的虚拟战场地形研究[J]. 硅谷, 2011(1): 61.
- [10] Chen Dongyun. Silicon Valley, 2011(1): 61.
- [11] 于宁. 三维 GIS 技术的若干问题探讨[J]. 交通科技与经济, 2011, (2): 115-117.
- [12] Yu Ning. Technology & Economy in Areas of Communications, 2011, 2(64):115-117.
- [13] 刘陵, 方军, 陈利生, 等. 三维 GIS 的研究现状及其发展趋势 [J]. 矿山测量, 2011, 4(2): 71-75.
- [14] Liu Ling, Fang Jun, Chen Lisheng, et al. Mine Surveying, 2011, 4(2): 71-75.
- [15] 张维明. 信息系统集成技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002: 105-132.
- [16] Zhang Weiming. Information system integration technology [M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2002: 105-132.
- [17] 乔建行, 任惠英, 王荣娟. 软件系统集成 [M]. 北京: 科学出版社, 2005: 131-153.
- [18] Qiao Jianxing, Ren Huiying, Wang Rongjuan. Software system integration [M]. Beijing: Science Press, 2005: 131-153.
- [19] Parsons A, Randolph N. Visual Studio 2005 高级编程[M]. 吴雷译. 北京: 清华大学出版社, 2008: 67-84.
- [20] Parsons A, Randolph N. Visual Studio 2005. high-level programming [M]. Wu Lei trans. Beijing: Tsinghua University Press, 2008: 67-84.
- [21] Beauchemin B, Sullivan D. SQL Server 2005 开发者指南 [M]. 何玉洁, 顾小波译. 北京: 清华大学出版社, 2007:17-33.
- [22] Beauchemin B, Sullivan D. A guide for SQL Server 2005's developers [M]. He Yujie, Gu Xiaobo trans. Beijing: Tsinghua University Press, 2007: 17-33.

(责任编辑 董晓军)