

文章编号:1671-251X(2021)10-0103-07

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2021030069

基于多系统融合的反风演练指挥平台设计与应用

王宝来, 胡开庚, 陈安国, 韩国庆, 袁志金

(开滦(集团)有限责任公司, 河北 唐山 063018)



扫码移动阅读

摘要:针对目前煤矿反风演练过程中存在的反馈信息不及时、缺乏大数据的有效分析和实时操作不方便等问题,设计了基于多系统融合的反风演练指挥平台。该平台以矿井反风演练过程为依据,将平台服务器和客户端与煤矿现有的安全监控系统、井下人员定位系统、矿车定位系统、综合自动化系统、电力监控系统、视频监控系统等服务器配置在同一个工业环网内,使得服务器和客户端与各系统能够利用相应的协议直接通信,利用大数据技术有效获取相应数据,对数据进行分类、筛选和加工,完成多系统融合。在此基础上设计了实时地图系统、停送电系统、综合报警系统、交互组件系统。实时地图系统可实现地图的动态更新和显示,将人员、风向、瓦斯等重要观测数据以图形化的方式显示在通风系统示意图上,实现煤矿的地理信息管理、分析、辅助决策等;停送电系统可在供电系统示意图上实时显示开关状态,实现了供电线路自动搜索和远程停送电功能,保障停送电的可靠性与安全性;综合报警系统通过文本和语音的形式实时反映平台和现场发生的异常信息,并需要根据启动相应的应急预案,有效减少现场事故的发生;运用交互组件可快速实现远程视频调用、区域人员查看、实时数据获取、人员位置搜索、人员轨迹查询等功能,有效提高了参与反风演练人员的工作效率。现场应用结果表明,该平台可减少参与反风演练人员数量,提高停送电效率,保证演练过程安全可靠,可应用于矿井各种实际灾害状态下的抢险救灾。

关键词:反风演练; 指挥平台; 多系统融合; 实时地图; 综合报警

中图分类号:TD724 文献标志码:A

Design and application of anti-wind drill command platform based on multi-system integration

WANG Baolai, HU Kaigeng, CHEN Anguo, HAN Guoqing, YUAN Zhijin

(Kailuan (Group) Limited Liability Corporation, Tangshan 063018, China)

Abstract: In order to solve the current problems of untimely feedback information, lack of effective analysis of big data and inconvenient real-time operation in the process of coal mine anti-wind drill, an anti-wind drill command platform based on multi-system integration is designed. The platform is based on the mine anti-wind drill process and configures the platform server and client with the existing safety monitoring system, underground personnel positioning system, mine car positioning system, integrated automation system, power monitoring system, video surveillance and other system servers in the same industrial ring network. Therefore, the server and client are able to communicate directly with each system using the corresponding protocols, and big data technology is used to obtain the corresponding data effectively, classify, filter and process the data, and complete the multi-system integration. On this basis, the real-time map system, power outage and transmission system, integrated alarm system and interactive component system are designed. Real-time map system can realize dynamic update and display of maps. The important observation data such as personnel, wind direction and gas are graphically displayed on the

收稿日期:2021-03-22;**修回日期:**2021-10-12;**责任编辑:**张强,郑海霞。

基金项目:开滦集团科技创新项目(GJm2019-17)。

作者简介:王宝来(1968—),男,河北滦县人,高级工程师,硕士,主要从事煤矿信息化与自动化方面的研究工作,E-mail:wblai@kailuan.com.cn。

引用格式:王宝来,胡开庚,陈安国,等.基于多系统融合的反风演练指挥平台设计与应用[J].工矿自动化,2021,47(10):103-109.

WANG Baolai, HU Kaigeng, CHEN Anguo, et al. Design and application of anti-wind drill command platform based on multi-system integration[J]. Industry and Mine Automation, 2021, 47(10): 103-109.

ventilation system schematic diagram, realizing the geographic information management, analysis and auxiliary decision-making in coal mines. The power outage and transmission system can display the status of the switch in real time on the power supply system schematic diagram to realize the function of automatic search of power supply lines and remote power outage and transmission so as to guarantee the reliability and safety of power outage and transmission. The integrated alarm system responds to the abnormal information of the anti-wind drill command platform and site in real time through text and voice, and activates the corresponding emergency plan system as needed to reduce the occurrence of on-site accidents effectively. Interactive components can quickly realize remote video calls, regional personnel view, real-time data acquisition, personnel position search, personnel track query and other functions. This improves the work efficiency of personnel participating in anti-wind drill effectively. The field application results show that the platform can reduce the number of personnel participating in anti-wind drill, improve the efficiency of power outage and transmission, ensure the safety and reliability of the drill process and can be applied to rescue and disaster relief under various actual disaster conditions in mines.

Key words: anti-wind drill in mine; ventilator system anti-wind operation; big data; command platform; multi-system integration; real-time map

0 引言

根据《煤矿安全规程》规定,矿井每年都要举行一次矿井反风演练。矿井反风演练主要检验通风机系统反风运转的可靠性和稳定性、有害气体涌出量、矿井发生火灾等灾变条件下应急救援指挥系统的响应及矿井人员应急撤离情况。因此,矿井反风演练在积累矿井灾害预防和处理经验中具有重要的现实作用。但现有反风演练存在以下问题:

(1) 报警系统和实时地图能够预警与显示矿井灾变条件下的主要信息,但存在响应速度慢、反馈灾变信息不及时等缺点^[1-2]。

(2) 主要通风机能够实现集中远程控制反风,可以缩短通风机防反风时间,满足反风量要求,但存在实时系统与操作平台之间反复切换、操作过程复杂等缺点^[3-5]。

(3) 调度作业人员可对各种数据进行组织与分析,提供给指挥人员决策,满足反风演练的基本要求^[6-9],但缺乏对现场大数据的有效综合分析,指挥人员不能全面了解矿井信息,指挥决策完全依据现场作业人员的分析和经验判断,具有一定的风险性^[10-12]。

为解决目前煤矿反风演练过程中存在的反馈信息不及时、多个实时系统不融合、数据分析效率低和实时操作不方便等问题,结合煤矿现有的安全监控系统、井下人员定位系统、矿车定位系统、综合自动化系统、电力监控系统、视频监视系统等,应用大数据获取和分析、GIS 等技术,笔者设计了一种基于多系统融合的反风演练指挥平台,在融合多系统的基

础上设计了实时地图系统、停送电系统、综合报警系统、交互组件系统,通过对反风演练过程中多个环节的辅助确认和远程操作,达到减少反风参与人员、提高反风作业效率和安全水平的目的。

1 煤矿反风演练过程

反风演练分为反风前、反风中和恢复正常送风 3 个阶段。具体演练过程如下:

(1) 反风演练前,各单位将反风演练无关的人员撤出升井,并及时汇报给指挥部。

(2) 各单位根据反风演练会议的具体停电计划对各区域进行停电,并及时汇报给指挥部。

(3) 参与反风演练的人员全部到位,经现场指挥确认后汇报给指挥部。

(4) 指挥部下达反风演练开始命令,现场指挥通知作业人员控制通风机,开始反风演练。

(5) 指挥部下达反风演练停止命令,现场指挥通知作业人员控制通风机,停止反风演练并恢复正常送风。

(6) 经指挥部同意,现场指挥通知瓦斯排放人员处理瓦斯,并将结果汇报给指挥部;通知送电人员逐级恢复送电,并将结果汇报给指挥部。

(7) 经指挥部同意,现场指挥组织参与反风演练人员有序撤离,反风演练结束。

2 反风演练指挥平台设计

2.1 平台总体设计

反风演练指挥平台以矿井反风演练过程为依据,采用 C/S 架构,服务器和客户端与安全监控系

统服务器、定位系统数据库服务器、综合自动化系统 OPC 服务器、电力监控系统分站、网络高清摄像头等配置在同一个工业环网内,使得客户端与服务器和网络设备能够利用相应的协议直接通信,服务器应用大数据技术实时获取煤矿安全监控系统、井下人员定位系统、矿车定位系统、综合自动化系统、电力监控系统、视频监视系统等数据,获取的数据有主要通风机编号、电动机负荷、轴承温度、风量、风压、效率,水仓水位,各区域停电情况,反风时间,矿井总进风、总回风,各工作面瓦斯浓度、一氧化碳浓度,矿井与采煤工作面反风率,主要通风机反风效果等,并对数据进行分类、筛选和加工,完成多系统的融合。在多系统融合基础上设计了实时地图系统、停送电系统、综合报警系统、交互组件系统,共同构建形成反风演练指挥平台,平台网络拓扑结构如图 1 所示。

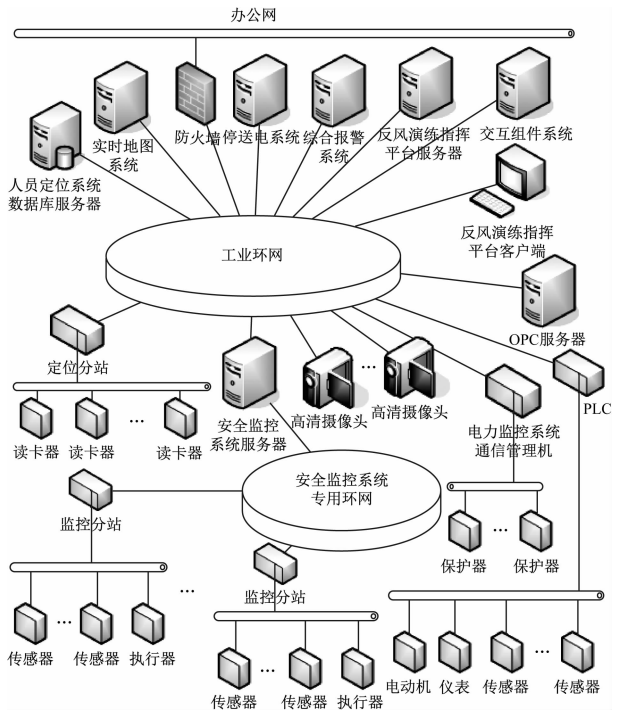


图 1 反风演练指挥平台网络拓扑结构

Fig. 1 Network topology of the anti-wind drill command platform

利用现有的煤矿大数据资源构建一种多任务多源异构数据实时响应的反风演练指挥平台,平台人员分布如图 2 所示。

调度指挥员实时观察反风演练过程的执行进度和报警信息,以便快速做出决策。安全监测员重点观测人员位置、瓦斯、风量、温度等数据变化情况,并对相关的监测报警信息进行处理。停送电操作员根据调度指挥员的要求进行远程停送电操作,同时对相关的供电系统报警信息进行处理。数据管理员负

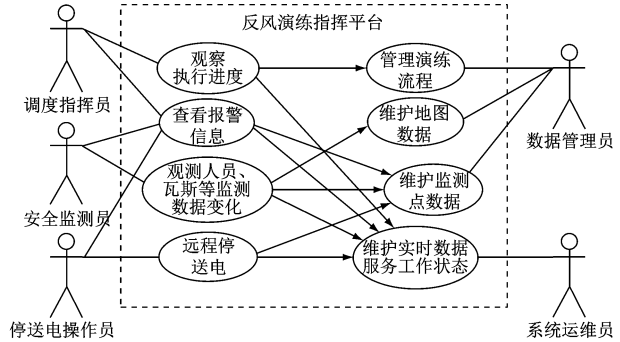


图 2 反风演练指挥平台人员分布

Fig. 2 Personnel distribution of anti-wind drill command platform

责基础数据的录入,以及反风演练流程、地图、监测点等多种数据的维护。系统运维员负责跟踪和处理实时数据服务运行中的各种系统故障,保证实时数据和报警数据的有效性。

2.2 数据获取与分析

(1) 数据获取。矿井反风演练过程需要实时获取多个系统采集的数据,为提高客户端数据解析的效率,服务器将获取的数据编译成统一的格式发送给客户端,实时数据获取关系如图 3 所示。其中,DataSourceDef 表示数据源;PointDef 表示点的定义;PointDataType 表示数字量、模拟量和字符串 3 种数据类型;PointValueDef 表示实时数据定义;Quality 表示数据质量。

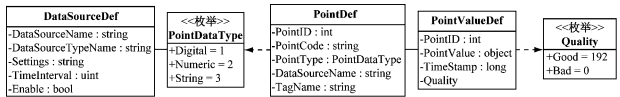


图 3 实时数据获取关系

Fig. 3 Real-time data acquisition relationship

煤矿安全监测系统数据主要包括瓦斯浓度、温度、风速、风向、负压、风门开关等。煤矿安全监测系统使用 WebAPI 发布系统的实时数据和报警数据,便于网络中其他系统调用。

人员定位系统数据主要包括人员的基本信息、区域信息、分站信息、人员位置、人员轨迹、区域人数等。平台服务器通过 OLEDB(Object Linking and Embedding Database,对象中连接嵌入数据库)方式连接人员定位系统数据库获取有效数据。

矿车定位系统是采用人员定位系统的分站接收和发送数据,因此,服务器也通过 OLEDB 方式连接人员定位系统的分站数据库获取有效数据。

电力监控系统分站与主站之间采用 Modbus TCP 协议进行通信,可实现系统服务器与现场供电分站直接通信,能够保障数据实时传输和远程停送电控制。

综合自动化系统 OPC 服务器采用标准 OPC 协议与平台服务器进行通信,实现有效数据的获取。

(2) 数据分析。矿井反风演练过程中,需分析每个单位和区域的井下人员数量、电力监控分站的实时数据、重点人员是否到达待命地点和工作地点、人车的运输过程和通风机的运转方向。

数据分析的主要步骤:为每个任务设置顺序编号和自动确认表达式(由实时数据项、数字、字符和数学运算符号等基本项组成),形成任务列表;自动确认线程启动后,运用 VB 脚本技术,按照顺序编号依次计算判别式结果,顺序编号大的任务必须在顺序编号小的任务确认完成后才能进行计算和确认;记录完成确认的任务,并将其移出任务列表。

2.3 实时地图系统设计

利用 GIS 的相关功能对采集数据进行处理和运算,建立地图信息。实时地图系统是矿井反风演练的重要组成部分,基于 GIS 原理,以矿井通风^[13-14]示意图为背景图层,增加区域人员变化、人车位置、风向、瓦斯、温度等数据集,通过自动采集和更新数据,实现地图的动态更新和显示,直观地反映井下环境变化情况。将人员、风向、瓦斯等重要观测数据以图形化的方式显示在通风系统示意图上,实现煤矿的地理信息管理、分析、辅助决策等。

2.4 停送电系统设计

停送电系统以供电系统示意图为主界面,以开关操作窗口为用户远程控制窗口,在供电系统上实时显示开关状态。当需送电时,先在供电系统示意图上选中开关,然后选择停送电操作工具栏开关,系统自动计算停送电线路,并将停送电开关顺序显示在开关操作窗口中,操作人员由上到下依次选择开关,逐级送电。

2.5 综合报警系统设计

综合报警系统具有报警数据生成、报警数据显示和报警规则设置 3 个功能,其中报警数据生成属于服务器系统功能,报警数据显示和报警规则设置属于客户端系统功能。综合报警系统通过文本和语音的形式实时反映平台和现场发生的异常信息,并根据需要启动相应的应急预案,有效减少现场事故的发生。

报警数据生成是将采集的实时数据和报警规则进行比较,如满足报警条件则生成新的报警记录,反之则结束与此规则相同的报警记录。报警数据生成成为独立的工作线程,按照固定的时间间隔工作。

语音报警采用微软语音引擎技术实现,只对新

发生的报警记录有效,当客户端接收到新的报警内容时,启动语音报警线程,将新的报警内容转换为语音输出。报警文本以弹窗为载体,以列表形式显示,当报警内容出现变化时,自动弹出报警窗口,刷新列表,按照时间倒序排列显示报警内容。

报警规则决定报警的显示内容和报警发生的条件,其数据保存在后台数据库中,在客户端进行设置。

2.6 交互组件系统设计

为便于查询和显示与地图相关联的信息,提高系统的交互性能,设计了基于 MEF (Managed Extensibility Framework,托管可扩展框架)技术的交互组件,如图 4 所示。通过交互组件,可快速实现远程视频调用、区域人员查看、实时数据获取、人员位置搜索、人员轨迹查询等功能,有效提高了参与反风演练人员的工作效率。

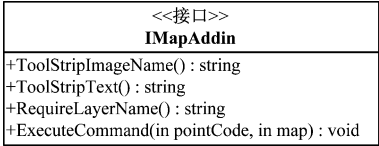


图 4 交互组件接口

Fig. 4 Interface of interactive components

对于远程视频调用、区域人员查看、实时数据曲线等组件,使用时需先在地图上选择图形,然后选择工具栏中组件对应的图标,进而查看结果;而对于人员位置搜索、人员轨迹查询等组件,可直接选择工具栏中的组件图标,弹出操作窗口,完成命令输入,显示结果。

交互组件能够实现与地图中“摄像头”图层的图形交互,图层属性表能够保存访问网络视频所需的参数。该组件也可实现与地图中“区域人员”图层的图形交互,图层属性表能够保存测点编码,作为参数传递给组件。

交互组件可与区域人员、瓦斯、一氧化碳、温度等多个图层进行图形交互,每个图层中均用测点编码属性作为参数传递给组件。组件使用多线程技术从服务器获取相应实时数据,使用 GDI+ 进行绘图。

交互组件能够实现人员定位系统功能,即通过工号或姓名查询人员信息。组件查询结果为主从结构数据集,主表显示人员信息,从表显示轨迹数据。

3 反风演练指挥平台应用

基于多系统融合的反风演练指挥平台已在开滦(集团)有限责任公司吕家坨矿反风演练中得到应用,反风演练过程中,指挥平台自动提示反风演练执

行步骤。

反风演练指挥平台运行界面如图 5 所示。界面左侧显示实时地图,右侧显示实时瓦斯浓度数据。实时地图显示风向、区域人数、一氧化碳浓度、二氧化碳浓度、温度、人车位置、重点人员位置等实时信息,反风前的正常风向用绿色箭头表示,反风风向用红色箭头表示。瓦斯浓度数据按从大到小排列,便于工作人员查看。

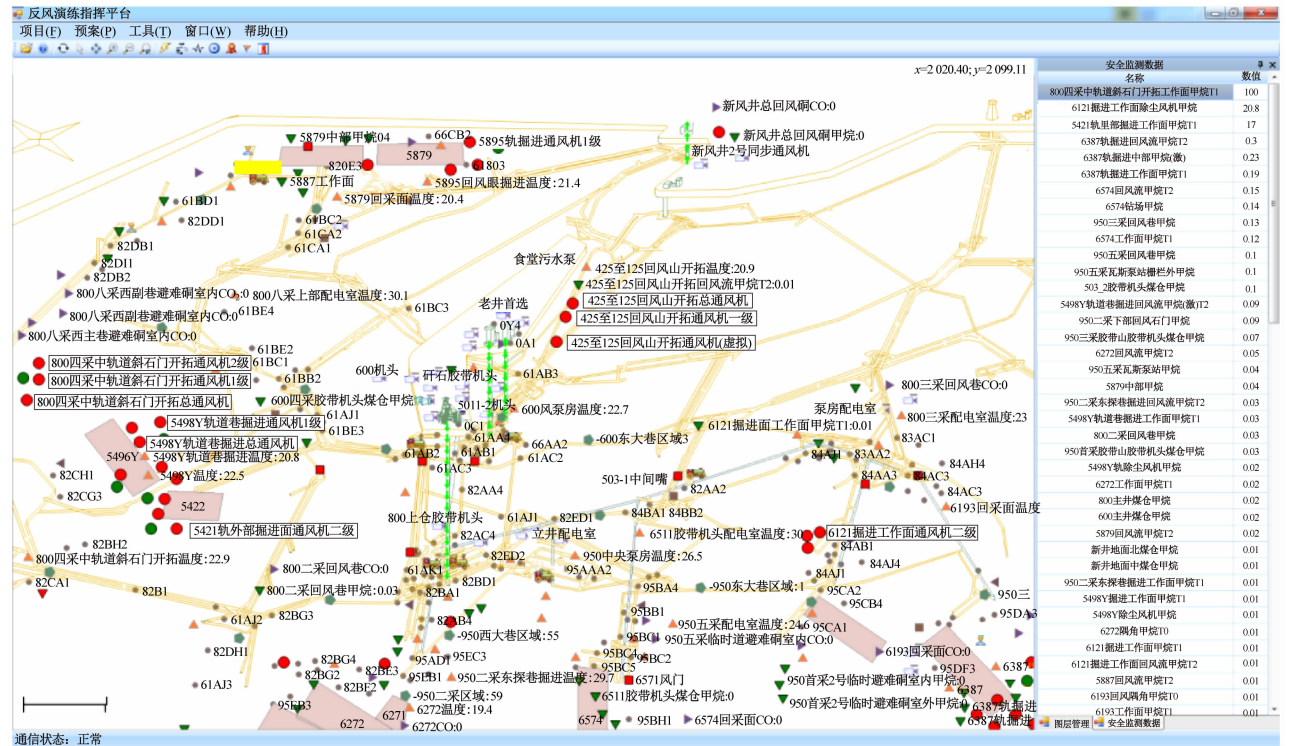


图 5 反风演练指挥平台运行界面

Fig. 5 Operation interface of anti-wind drill command platform

反风演练过程中的多数确认工作不再需要人员到现场进行,由反风演练指挥平台自动确认即可满足要求。对于部分无法由系统自动确认完成的步骤需要工作人员手动确认。当所有预案执行完后,工作人员将预案的执行流程生成日志,保存在文本文件中。

反风演练指挥平台实现的实时地图及对多个系统的数据融合,从人员、设备、环境等方面真实有效地反映了矿井现场实际情况,通过对数据接口、报警、预案的管理和配置,能够应用于矿井各种实际灾害状态下的抢险救灾过程。

反风演练指挥平台提供了瓦斯实时监测列表,将各区域的瓦斯实时数据从大到小排列,方便调度指挥人员及时查看瓦斯数据,提前作出安排,避免现场瓦斯积聚。当瓦斯达到报警值时,平台显示报警窗口,并进行语音播报。

反风演练指挥平台提供了井下水位监测列表,将各泵房水位集中显示,水位达到报警值时进行语音报警,方便调度指挥员及时安排人员处理,避免井下积水。

停电系统界面如图 6 所示。左侧为供电系

统,绿色表示开关为闭合状态,红色表示断开状态,红色线路为系统根据工作人员选择的目标开关自动计算的送电路线。右侧为停电电操作界面,开关依据送电路线排列,并显示实时状态。送电时,工作人员从上往下依次选中,进行送电操作,开关由红变绿表示送电成功;停电时,需从下向上依次完成操作。

通过分析计算供电系统示意图开关连接关系,实现了停送电线路搜索,能够直观地将停送电开关进行分级显示;通过与供电分站直接通信,实现了停送电远程操作,特种作业人员能够通过平台进行远程停送电操作,提高了停送电效率。

反风演练指挥平台积累了大量的反风演练数据,为反风演练过程的进一步优化提供了参考,能够帮助决策者更加合理地调度资源、安排现场参与人员。

4 结论

(1) 基于多系统融合的反风演练指挥平台以矿井反风演练过程为依据,采用 C/S 架构,将平台服务器和客户端与煤矿现有系统服务器配置在同一个工业环网内,使得服务器和客户端与各系统能够利

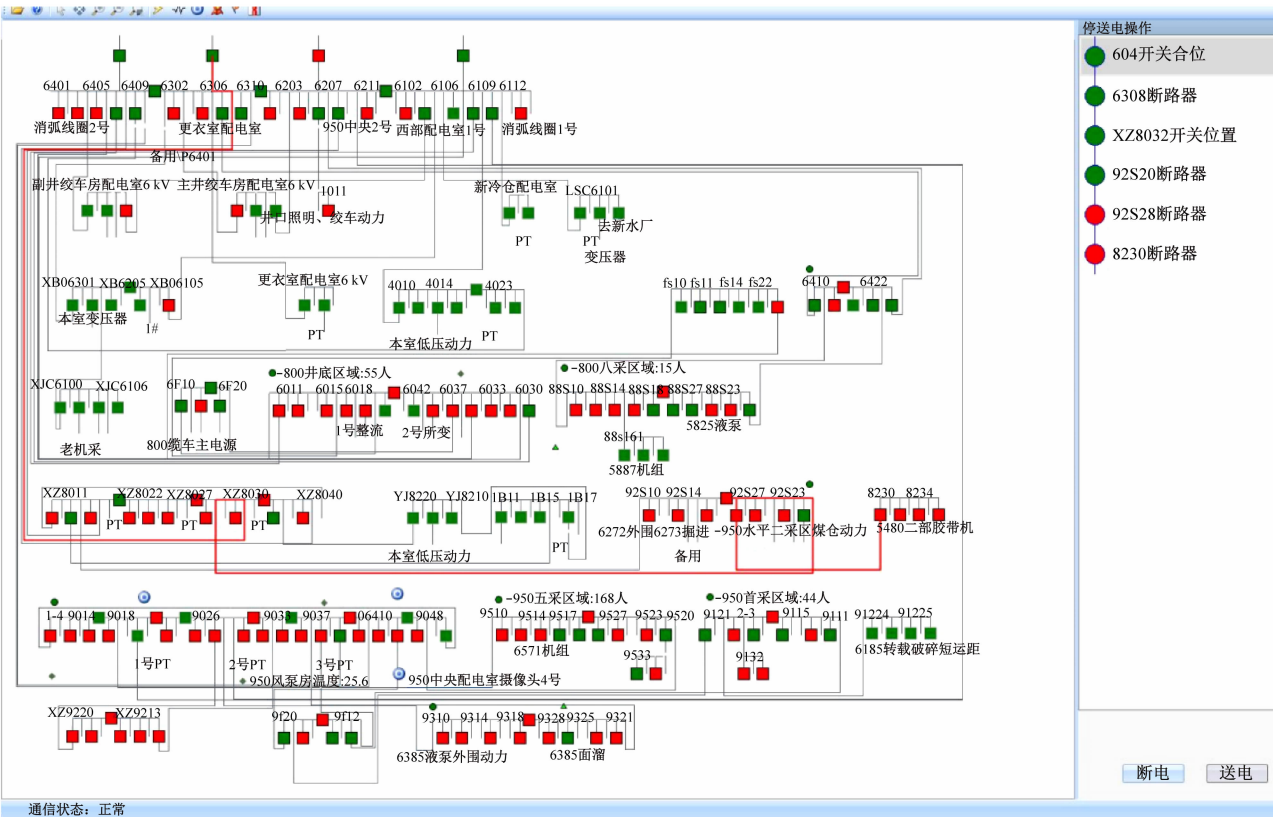


图 6 停送电系统界面

Fig. 6 Interface of power outages and transmission system

用相应的协议直接通信,利用大数据技术有效获取煤矿安全监控系统、井下人员定位系统、矿车定位系统、综合自动化系统、电力监控系统、视频监视系统等数据,并对数据进行分类、筛选和加工,完成多系统的融合。

(2) 实时地图系统可实现地图的动态更新和显示,直观地反映井下环境变化情况;停送电系统实现了供电线路自动搜索和远程停送电功能,保障停送电的可靠性与安全性;综合报警系统通过文本和语音的形式实时反映平台和现场发生的异常信息,并根据需要启动相应的应急预案,有效减少现场事故的发生;通过交互组件,客户端可快速实现远程视频调用、区域人员查看、实时数据获取、人员位置搜索、人员轨迹查询等功能,实现了实时数据和分析结果的可视化显示,有效提高了参与反风演练人员的工作效率。

(3) 应用效果表明,该平台可减少参与反风演练的人员数量,提高停送电效率,保证演练过程安全可靠,可应用于矿井各种实际灾害状态下的抢险救灾。

参考文献 (References):

[1] 王宝来,王满福,栾弘,等. 煤矿反风演练指挥平台中

实时地图显示功能的设计与实现[J]. 煤炭与化工, 2019,42(7):78-81.

WANG Baolai, WANG Manfu, LUAN Hong, et al. Design and implementation of real-time map display function in mine anti-wind exercise command platform [J]. Coal and Chemical Industry, 2019,42(7):78-81.

[2] 陈安国,王宝,刘建文,等. 煤矿反风演练指挥平台中报警功能的设计与实现[J]. 煤炭与化工, 2019, 42(8):78-80.

CHEN Anguo, WANG Bao, LIU Jianwen, et al. Design and implementation of alarm function in coal mine reverse wind drilling [J]. Coal and Chemical Industry, 2019,42(8):78-80.

[3] 魏引尚,贾玉泉,王奕博,等. 矿井通风系统分级控制研究[J]. 工矿自动化, 2018,44(12):30-33.

WEI Yinshang, JIA Yuquan, WANG Yibo, et al. Research on grading control of mine ventilation system [J]. Industry and Mine Automation, 2018, 44(12):30-33.

[4] 王延平,范京道,闫振国,等. 基于通风等效面积的矿井通风难易程度分析方法[J]. 工矿自动化, 2020, 46(6):53-58.

WANG Yanping, FAN Jingdao, YAN Zhenguo, et al. Analysis method of mine ventilation difficulty based on ventilation equivalent area [J]. Industry and Mine Automation, 2020,46(6):53-58.

[5] 王晓阳. 矿井主要通风机反风集中远程控制系统的应
用[J]. 西部探矿工程,2020,32(7):133-134.
WANG Xiaoyang. Application of centralized remote
control system for the main ventilator reverse
ventilation in mine [J]. West-China Exploration
Engineering,2020,32(7):133-134.

[6] 蒋金庆. 矿井主要通风机反风集中远程控制系统研究
与应用[J]. 煤矿现代化,2019(1):76-77.
JIANG Jinqing. Research and application of
centralized remote control system for the main
ventilator reverse ventilation in mine[J]. Coal Mine
Modernization,2019(1):76-77.

[7] 陈海文. 矿井通风系统反风演习的必要性[J]. 能源技
术与管理,2018,43(4):86-87.
CHEN Haiwen. Necessity of anti-wind exercise of
mine ventilation system[J]. Energy Technology and
Management,2018,43(4):86-87.

[8] 刘文达. 煤矿通风机故障诊断和异常度预警应用研究
[J]. 煤炭工程,2019,51(增刊 2):155-158.
LIU Wenda. Application research on fault diagnosis
and abnormality warning of coal mine ventilator[J].
Coal Engineering,2019,51(S2):155-158.

[9] 张超. 多风井联合反风演习及效果分析[J]. 山东煤炭
科技,2019(6):216-218.
ZHANG Chao. Effects analysis of anti-wind exercise
with multiple ventilating shafts [J]. Shandong Coal
Science and Technology,2019(6):216-218.

[10] 于功江. 矿井主通风机风量及负压调节方式设计[J].
煤炭工程,2018,50(11):22-24.
YU Gongjiang. Design of air volume and negative
pressure regulation mode for mine fan [J]. Coal
Engineering,2018,50(11):22-24.

[11] 马磊,赵利军. 煤矿通风安全制约因素相关问题的研
究[J]. 内蒙古煤炭经济,2016(15):73-74.
MA Lei,ZHAO Lijun. Study on related problems of
restricting factors of coal mine ventilation safety[J].
Inner Mongolia Coal Economy,2016(15):73-74.

[12] 尹方洲. 矿井灾变时期井下通风自动化控制系统探讨
[J]. 煤炭工程,2018,50(1):60-61.
YIN Fangzhou. Discussion on automatic control of
ventilation system during coal mine disaster[J]. Coal
Engineering,2018,50(1):60-61.

[13] 王平,赵红泽. 基于 GIS 的通风设施可视化监测监控
系统研究[J]. 煤炭工程,2017,49(3):94-95.
WANG Ping,ZHAO Hongze. Research on visualized
monitoring and control system for ventilation facilities
based on GIS [J]. Coal Engineering, 2017, 49 (3) :
94-95.

[14] 杨战旗,郝天轩. 矿井通风安全智能监测监控系统研
制[J]. 工矿自动化,2017,43(9):110-114.
YANG Zhanqi,HAO Tianxuan. Development of
intelligent monitoring and control system for mine
ventilation safety[J]. Industry and Mine Automation,
2017,43(9):110-114.