

基于导航的煤矿井下实时主动安全监察系统研究

党王聪¹ 赵广丽¹ 兰巍² 李磊³

1 陕西澄合山阳煤矿有限公司, 陕西 渭南 710000

2 陕西智引科技有限公司, 陕西 西安 710000

3 陕西云诺荣智科技有限公司, 陕西 西安 710000

[摘要] 如何充分利用矿井海量数据, 实时主动为井下安全监察管理提供现场决策支持, 从依靠专家经验的主观模式, 升级到依靠数据和资料的客观模式, 提高现场检查效果, 是目前煤矿亟待解决的问题。文章就是为了解决上述井下安全检查缺失现场决策工具问题的。填补数据服务于现场安全检查的空白, 充分挖掘煤矿海量数据的价值。

[关键词] 三维数字孪生; UWB 高精度定位; GIS 地理信息系统; 手机导航; 矿业大数据

DOI: 10.33142/ec.v6i9.9420

中图分类号: TD77

文献标识码: A

Research on Real-time Active Safety Monitoring System for Coal Mine Underground Based on Navigation

DANG Wangcong¹, ZHAO Guangli¹, LAN Wei², LI Lei³

1 Shaanxi Chenghe Shanyang Coal Mining Co., Ltd., Weinan, Shaanxi, 710000, China

2 Shaanxi Zhiyin Technology Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710000, China

3 Shaanxi Yunnuo Rongzhi Technology Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710000, China

Abstract: How to fully utilize the massive data in the mine and proactively provide on-site decision-making support for underground safety supervision and management in real time, upgrading from a subjective mode relying on expert experience to an objective mode relying on data and information, and improving the effectiveness of on-site inspections, which is currently an urgent problem to be solved in coal mines. The article aims to address the issue of missing on-site decision-making tools for underground safety inspections mentioned above, so as to fill the gap in data service for on-site safety inspections, and fully explore the value of massive coal mine data.

Keywords: 3D digital twins; UWB high-precision positioning; GIS geographic information system; mobile navigation; mining big data

引言

目前, 全国各地矿业公司及煤矿建立了多种安全管理系统和安全体系, 如“NOSA 五星安健环”“双重预防系统”以及各专业垂直安全管理系统等, 并根据“双重预防”理论, 建设了安全风险和隐患管理系统, 实现了对风险和隐患的综合管理。但所有的风险隐患数据都来源于安全专家的分析判断, 数据质量与人(安全专家)的因素直接相关。虽然煤矿积累了大量数据, 但对井下现场安全生产、安全检查没有形成“基于大数据分析”的决策支撑作用, 虽然实现了信息化管理, 但实际上现场生产安全预防仍处于较为落后的“人工”模式。

本研究解决了井下生产现场缺失安全决策工具问题的, 实现煤矿海量数据从地面综合应用, 到井下现场有针对性应用的突破, 填补煤矿大数据服务于现场安全生产的空白, 充分挖掘煤矿海量数据的价值, 从本质上提高煤矿生产现场安全效果。

1 研究内容

1.1 研究改变传统的陪检模式

研究井下安全检查人员, 无须陪检人员, 只需手持防爆智能手机, 利用手机 APP, 通过井下导航系统的引导进

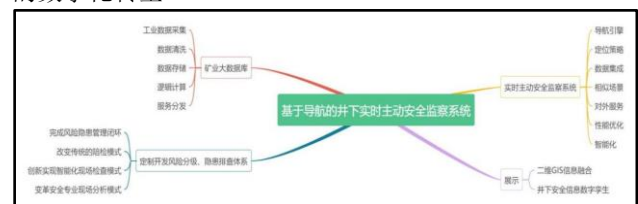
行自主检查。不仅减轻了矿井人员迎检负担, 还避免了因人情产生的避重就轻的情况。

1.2 研究新实现智能化现场检查模式

研究导航系统根据检查人员位置, 自动筛选出对应的检查设备、重点检查项目、设备参数实时数值、历史出现过的安全隐患等内容, 检查人员在丰富信息的基础上, 进行深度安全检查^[1]。

1.3 研究变革安全专业现场梳理模式

研究变革安全专业现场梳理模式, 实现安全管理专业的数字化转型。



2 系统开发架构模式及成果

系统设计分为四个部分, 一是全矿基于位置的数字孪生部分, 二是井下导航部分, 三是数据集成部分, 四是终

端部分。

其中,井下导航部分由地面导航服务器、工业环网、井下无线网络系统、井下精确定位系统组成。其中无线网络是由定位基站中 4G、5G 模块或者 WIFI 模块提供,精确定位是由定位基站中 UWB 模块提供;数据集成部分,包括数据库服务器、应用服务器,负责集成相关数据;终端部分,在井下防爆手机中安装本系统 APP,实现导航和数据支持服务,在地面 PC 中有管理界面,对本系统进行常规管理。



图2 系统整体架构图

2.1 系统整体采用前后端分离模式

前后端分离已成为互联网项目开发的业界标准使用方式,并且前后端分离会为以后的大型分布式架构、弹性计算架构、微服务架构、多端化服务(多种客户端,例如:浏览器,车载终端,安卓,IOS 等等)打下坚实的基础。这个步骤是系统架构从猿进化成人的必经之路。核心思想是前端 HTML 页面通过 Ajax 调用后端的 restful api 接口并使用 json 数据进行交互^[2]。

从项目维护和扩展的角度上说,随着系统流量的增加,和项目架构的不断的演进,项目势必要进行升级扩展和结构优化。传统的开发模式中前后端代码耦合在一起,造成了代码的可读性以及可扩展性不高,给后期项目的维护和扩展增加了难度,增加了维护和扩展成本,可能会影响项目的更新上线速度,降低系统的访问流量,对企业造成损失。

从开发的角度来看,传统开发模式中开发人员在开发过程中,不仅要设计后端的结构和功能,还要设计制作前端页面,最后将两者融合在一起,这会影响开发速度,增加开发时间。并且还会增加编程人员学习的成本,整个项目的前后端都是一个人设计实现,要求开发人员熟悉前后端开发技术,但是前后端开发技术多达十几种,对开发人员来说是一个极大的负担。因其对开发人员要求较高,且开发周期较长,势必会增加项目开发的成本。但是前后端分离模式的出现较好地解决了这个问题。

因此本项目用前后端分离的开发模式是十分合理和必要的。

(1) 系统前端开发选型为: Vue+ElementUI

Vue 是一套用于构建用户界面的渐进式 JavaScript 框架,开发者只需要关注视图层,它不仅易于上手,还便于与第三方库或既有项目的整合。是基于 MVVM (Model-View-ViewModel 即:视图层-视图模型层-模型层)

设计思想。提供 MVVM 数据双向绑定的库,专注于 UI 层面。

(2) 后端工业数据采集技术开发语言为 Java。

Java 具有大部分编程语言所共有的一些特征,被特意设计用于互联网的分布式环境。Java 具有类似于 C++ 语言的形式和感觉,但它要比 C++ 语言更易于使用,而且在编程时彻底采用了一种以对象为导向的方式。

2.2 成果

将煤矿已有的矿井数据转变成服务,在安全管理方面提高工作手段的科学性,实现安全管理专业数字化转型。

建设井下导航平台:基于井下 UWB 人员精确定位系统和 GIS 地理信息系统,采用三维数字孪生建模,最终形成井下导航平台。

矿业大数据集成:以井下地点为主线,集成环境、设备、工业自动化、地测、安全风险和隐患、员工健康、采掘工程等数据。

为井下现场安全检查提供决策支持服务:提供安全检查线路规划、巡查路线导航、辅助决策井下现场安全检查等功能。

建设更符合煤矿实际情况的风险和隐患管理体系。

3 系统主要功能

3.1 线路规划

一是能对多人对多个检查地点的场景(比如集团公司季度达标检查组下矿检查时),进行检查线路规划,此项操作在手机端完成,实现移动办公;二是能对业务处室日常下矿检查提供线路规划服务;三是对线路中设备、设施形成检查清单;四是在应急状态下,能根据危险情况,自动规划撤离路线。

3.2 导航服务

在移动端,根据矿井三维巷道数据自动生成地图,进行在线导航和离线导航。

在线导航:具备流行导航 APP 基本功能,实现线路优化设计、预览、实时跟踪导航(固定方向、前进方向两种模式)、语音提醒(当前位置提醒、井下交通安全提醒、危险因素提醒)等功能,安全引导检查人员沿线路进行检查。

离线导航:对于矿井无线通信信号或 UWB 信号覆盖盲区,补充蓝牙定位和二位数定位。导航引擎要具备离线地图数据缓存功能,通过在固定地点设置蓝牙信标或二维码,结合缓存地图数据,实现离线导航^[3]。

3.3 图层功能

为简化导航界面,将数据进行分层管理。包括巷道图层、设备图层、设施图层、传感器(数据)图层、风险图层、隐患图层等,可由检查人员进行设置。

3.4 井下安全检查辅助决策支持

对沿途检查地点,提供与地点相关的环境、设备、工业自动化、地测、安全风险和隐患、员工教育和健康、采掘工程等数据纵向和横向查询服务。

纵向服务:同一地点不同时间的纵向数据服务,即该地点近期或历史上出现过哪些风险和隐患,整改情况,有

过哪些异常;

横向服务: 对与本地地点相似的设备设施或工作场景, 近期或历史上出现过哪些隐患或异常。

系统具备拍照功能, 并辅助检查人员生成检查线路工作报告, 生成隐患内容, 对接到矿井安全隐患管理系统中。

3.5 考核数据质量

在本系统中, 根据当前地点, 通过以下三个数据对比, 监督井下数据质量: 一是查询应该产生的数据, 二是查询已经产生的数据, 三是在当前地点现场观察到的数据。还可以查询当前地点同一数据历史记录, 对于上传不规律的现象进行现场监督。

3.6 数据集成

集成环境、设备、工业自动化、地测、安全风险和隐患、员工健康、采掘工程等数据, 对于有系统的数据, 直接对接应用系统, 对于没有应用系统的数据, 提供录入界面。

3.7 基础管理

包括基础信息管理、蓝牙信标和二维码管理, 数据清洗分类管理、与其他系统接口管理、图层管理、地图管理、行业标准管理、数据质量管理、数据和应用备份与恢复。

其中基础信息管理包括组织架构、人员、权限管理, 矿井巷道三维数据管理, 巷道、硐室、出入口、交叉点、变坡点等标准化主数据管理。

接口管理包括与其他应用系统的实时数据交换管理。

地图管理包括井下地图实时更新, 符合矿井实际情况。地图引擎要实现在移动端和 PC 端的适配, 移动端侧重井下导航, PC 端侧重基础管理^[4]。

数据质量管理要有数据正常值范围管理、数据间勾稽关系管理, 并且完成三种校验: 一是应有数据总量、已经上传数据总量对比, 自动筛选出不符合的情况; 二是同一数据历史传输规律不符合上传规则的情况; 三是不符合数据正常范围的异常数据。

提供数据和应用备份与恢复技术方案。

4 与其他系统对接

本系统与下述各系统实现对接, 并按照地点进行数据索引, 当相关工作人员手持本应用终端时, 导航终端根据当前地点快速筛选上述数据, 为现场检查人员提供决策支持服务。

环境数据 (安全监测监控系统)

设备数据 (设备生命周期管理系统)

工业自动化数据 (工业自动化系统)

地测数据 (水文地质系统)

安全风险和隐患数据 (《双方系统》, 或者叫《全层级安全管理系统》, 是依靠安全专家下井到工作现场, 去检查, 并将检查的问题输入该系统)

员工健康数据 (无系统)

采掘工作面设计和工程数据 (无系统)

人员位置数据 (人员定位系统)

井下冲击地压数据 (井下冲击地压防治系统)

5 结论

本系统起到数字化转型引领示范作用。符合国家煤矿数字化转型发展规划, 符合体验提升、效率提升和模式创新三个数字化转型方向, 符合“将已有数据转变成服务, 转变工作方式”的数字化转型核心特征, 是典型的数字化转型案例。

同时将井下导航、煤矿海量数据与井下现场安全检查结合起来, 提供安全检查线路规划、巡查路线导航、辅助决策井下现场安全检查等功能, 形成创新安全监察工作模式。主要体现在以下几点:

基于智能实时导航系统思想, 根据位置变化实时主动触发相关安全检查工作, 将被动工作, 变为主动防御执行。

将汽车导航系统思想应用于矿井, 突发安全因素实时提醒, 同时提供参考解决方案。

将煤矿“双重预防”等各类安全管理相关大数据深化整合, 将安全大数据实时应用于井下工作。

基于矿井 CAD 动态生成井下地图, 减少后期维护工作量。

【参考文献】

- [1] 白仲航, 孙意为, 许彤. 基于设计任务的概念设计中产品数字孪生模型的构建 [J]. 工程设计学报, 2020(6): 65-67.
- [2] 蔡远利. 数字孪生技术的概念、方法及应用 [Z]. 第 20 届中国系统仿真技术及其学术年会 (20th CCSSTA 2019). 2019.
- [3] 张浩, 林权威, 陆剑峰. UWB 定位技术及智能制造应用 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2020.
- [4] 钟耳顺, 宋关福, 汤国安, 等. 大数据地理信息系统 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2020.

作者简介: 党王聪, 男, 37 岁, 陕西澄城人, 注册安全工程师, 电气工程师, 现任陕西澄合山阳煤矿有限公司信息中心主任, 主要从事煤矿信息化、数字化技术研究; 赵广丽, 男, 37 岁, 河南尉氏人, 煤矿开采助理工程师, 现任陕西澄合山阳煤矿有限公司副总经理, 主要从事煤矿开采安全技术研究; 兰巍 (1976.6—), 男, 陕西大荔人, 1997 年 7 月毕业于太原理工大学机械专业及其自动化专业, 1997 年 8 月参加工作, 工作期间自考取得江西科技学院软件工程毕业证, 2018 年 12 月取得机电高级工程师资格证书, 现就职于陕西智引科技有限公司, 担任副总经理一职, 主要从事煤矿信息化、智能化相关工作; 李磊, 男, 42 岁, 陕西三原人, 网络高级工程师, 现就职于陕西云诺荣智科技有限公司, 担任总经理一职, 主要从事煤矿信息化、智能化相关工作。