doi: 10.3969/j.issn.1005-7854.2026.01.017
引用格式：王华，刘银柱，张万银. 德兴铜矿生产技术协同平台研发与应用[J]. 矿冶，2026，35(1)：130-137.
WANG Hua, LIU Yinzhu, ZHANG Wanyin. Development and application of production technology collaborative platform in Dexing Copper Mine[J]. Mining and Metallurgy, 2026, 35(1): 130-137.

德兴铜矿生产技术协同平台研发与应用

王 华 刘银柱 张万银
（江西铜业股份有限公司德兴铜矿，江西 上饶 334224）

摘 要：针对矿山数字化进程中普遍存在的数据分散，信息共享困难及业务流程标椎化程度不足等问题，设计并研发德兴铜矿生产技术协同平台。平台通过整合基础配置、业务流程管理、技术成果共享和移动应用功能，实现了矿山数据的实时协同与信息共享，有效提升了生产管理效率和远程技术协作能力。平台采用中心数据库与边缘云计算架构相结合的方式，确保了各业务系统间数据的高效流转；并通过集成三维可视化工具与Docker容器化技术，增强了系统的稳定性与可扩展性。研究表明，该平台通过规范业务流程、实施统一数据管理策略，显著优化了跨部门协作模式，有效解决了信息孤岛问题，为矿山数字化、智能化转型提供了重要支撑与实践参考。

关键词：矿山数字化；协同平台；数据标准化；业务流程管理；德兴铜矿
中图分类号：TD67 **文献标志码：**A **文章编号：**1005-7854(2026)01-0130-08

Development and application of production technology collaborative platform in dexing copper mine

WANG Hua LIU Yinzhu ZHANG Wanyin
(Dexing Copper Mine, Jiangxi Copper Co. Ltd., Shangrao 334224, Jiangxi, China)

Abstract: In response to the common issues in the digitalization process of mines, such as scattered data, difficulties in information sharing, and insufficient standardization of business processes, the Dexing Copper Mine Production Technology Collaboration Platform has been established and developed. By integrating fundamental configuration, business process management, technology outcome sharing, and mobile application functions, the platform achieves real-time collaboration and information sharing of mine data, effectively enhancing production management efficiency and remote technical collaboration capabilities. The platform employs a combined approach of a central database and edge cloud computing architecture, ensuring efficient data flow between various business systems. Furthermore, by incorporating 3D visualization tools and Docker containerization technology, the platform improves system stability and scalability. Research indicates that the platform, through standardizing business processes and implementing unified data management strategies, significantly optimizes cross-departmental collaboration models and effectively resolves information silo issues, providing crucial support and practical reference for the digital and intelligent transformation of mines.

Key words: mine digitalization; collaborative platform; data standardization; business process management; dexing copper mine

近年来，信息技术的飞速发展和矿业软件的广泛应用在为矿山生产技术管理和团队协作带来诸多便利的同时，也引入了全新的挑战[1,2]。当前矿山数字化建设过程中仍存在系统建设侧重于企业管理层，

收稿日期：2024-08-30
基金项目：国家重点研发计划项目(2023YFC3904205)
第一作者：王华，硕士，高级工程师，长期从事采矿技术管理工作。E-mail：wanghwua@126.com

资料往往分散存放于共享服务器和个人电脑中，导致数据查找和流转困难、多源异构数据无法共享，难以实现数据的综合利用，进而加剧信息孤岛等问题[3,4]。其次，截至目前，国内现有矿山软硬件缺乏统一数据标准和规范，多数信息传输以纸质或电子文档为主，且数据往往分散于各方人员中，这种情况容易导致版本不对称、信息易丢失、实时性差等后果。除此之外，海量数据缺乏有效的组织及数字化处理与应用，仅限于三维模型的建立或图档的简单存储，难以对目标矿山业务进行精准赋能，大大限制了数据的应用价值[5]。虽然我国数字化矿山建设情况仍有很长的路要走，但三维采矿软件、矿山信息管理系统的蓬勃发展与广泛使用为矿山业务协同化、集成化、共享化奠定了坚实的基础。

矿山企业及相关领域的专家学者通过多种手段在矿山数字矿山化建设过程中取得了一定成效，例如顶层架构设计、建设企业数据中心和数据共享平台等。武拴军等[6]以龙首矿为例，将传统矿山中地、测、采等各生产过程间离散、独立、分割的技术管理模式向三维化、集成化、融合化的高效率企业管理模式转变，从而实现信息的高度共享；马天义等[7]针对矿山生产各专业间不同数据融合的难点，研究基于三维化构建信息协同平台的基本框架，力图解决构建矿山各业务间生产协同的共性问题；段文权等[8]围绕矿山各生产流程间的协同管控模式和实现方法展开研究，有效破除了信息系统间存在的孤岛、断层和壁垒问题。上述方法虽然在一定程度上缓解了矿山数字化现存问题，但由于矿山业务的复杂性和高度不确定性，这些方案在实际应用中往往难以普遍适用[9]。

本文以德兴铜矿为研究对象，提出并研发了矿山生产技术协同平台，通过集成平台基础配置、系统首页、业务流程管理、工作环境管理、技术成果查询与共享、移动端应用等功能，以及业务流程的在线流转，实现矿山数据、信息的实时协同及共享，提升矿山生产管理水平和远程技术协作能力。该研究成果对矿山跨部门、跨区域的数据协同和共享具有重要的借鉴意义。

1 研究背景

德兴铜矿隶属于江西铜业股份有限公司，是国内典型的特大型露天斑岩铜矿，也是江铜集团的核心矿山，至今已开采运营超过60年。矿山主要由铜厂采区和富家坞采区构成[10,11]，日采出矿能力达13万t，年采剥总量约1.34亿t。德兴铜矿负责向大山选矿厂和泗洲选矿厂供矿，其中铜厂采区西破碎站供应泗洲选矿厂，大山选矿厂则由铜厂东破碎站与富家坞破碎站共同供矿，并设有露天粗矿堆，可储存选矿厂约一天的入选矿石量。

在数字化建设方面，德兴铜矿已全面推进矿山系统数字化转型。地质测量与采矿数字化应用主要依托DIMINE三维数字采矿软件平台及基于CAD开发的地测系统；卡车调度方面，已建立包括调度中心、4G专网通信、车铲智能终端及电铲高精度定位系统在内的国产化智能调度系统；采矿装备智能化领域，矿方已部署钻机高精度定位与自动布孔系统，并正在开展三台无人驾驶矿用卡车的试验改造。目前，德兴铜矿正处于智能化装备与传统装备并存的过渡阶段，面临着新旧系统有效衔接、既有系统协同整合等方面的挑战。此外，在质量化验管理方面，矿山质检中心已建成实验室信息管理系统（Lab Information System，LIMS），显著提升了矿石品质控制能力。

上述技术与系统的应用，有力推动了德兴铜矿生产管理向智能化、现代化方向转型。然而，由于矿山系统规模庞大、开采历史长、业务环节复杂，各生产部门在日常工作中仍普遍面临流程标准化不足、信息化水平不高、协同效率低下等问题[12]，不仅造成资源浪费与安全隐患，也制约了矿山整体运营效益与可持续发展。因此，亟需通过引入先进技术与管理方法，优化生产流程，提升信息化与标准化水平，构建统一、高效的生产技术协同平台。

2 平台架构

2.1 建设目标

矿山生产技术协同平台的建设，其核心目标在于建立统一的数据标准与业务流程规范，从而提升矿山企业的管理效率与生产安全性。平台采用B/S（浏览器/服务器）架构，总体设计涵盖用户层、系统应用层与数据层，具体架构如图1所示。通过引入空间数据库技术，平台实现了三维成果数据的规范化与标准化管理，显著提高了数据管理的效率与精度。空间数据库优化了三维数据的存储与查询机制，有效支持复杂地质信息的深度分析与矿山生产计划的精准制定。此外，平台通过整合线上数据流转与业务流程审批，实现了矿山企业内部不同角色（包括决策层、管理层与技术层）在不同场景（如矿山现场、办公室及移动办公）下的高效协同。这种一体化的流程管理不仅大幅提升了工作效率，也显著增强了跨部门

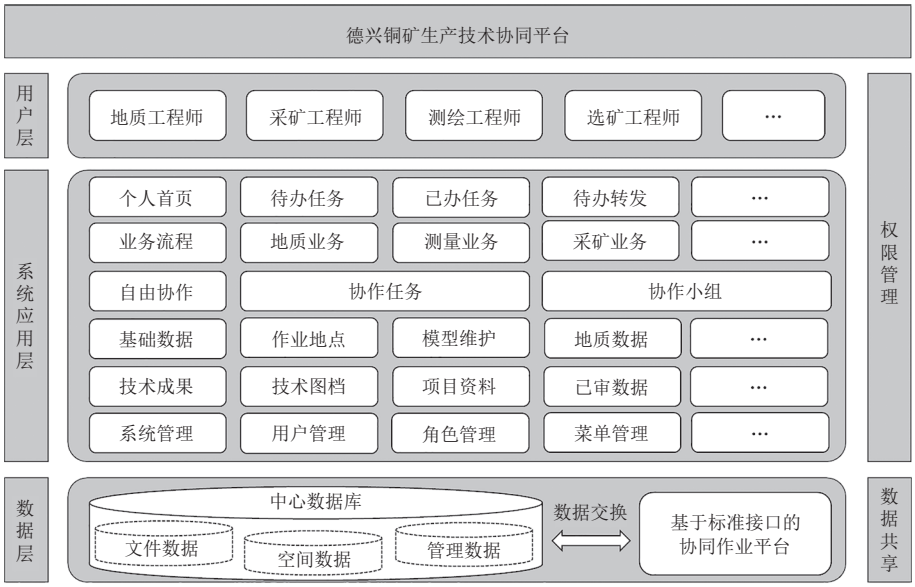


图1　德兴铜矿生产技术协同平台总体架构

Fig. 1　Overall architecture of the production technology coordination platform for Dexing Copper Mine

的信息共享与协作能力。借助互联网技术，平台打破了时间与空间的限制，有力推动了矿山日常生产与技术管理的流程化、信息化与标准化，最终实现矿山企业管理水平与生产效益的整体提升。

2.2　部署架构

德兴铜矿生产技术协同平台的部署架构具备以下四个特点：

1）边缘云数据中心集成：平台所有对接系统均通过矿山已建设的边缘云数据中心实现统一接入，保障系统间的数据交互与信息共享。数据层级涵盖文件数据、空间数据与管理数据，全部集中存储于中心数据库并进行统一管理。通过标准化数据接口，实现数据在中心数据库与各作业平台之间的顺畅流转，促进数据有效交换与共享。该架构不仅提升了信息传输与集中管理能力，也确保了数据在不同系统间的实时交换与无缝对接，强化了数据层与业务平台间的协同，为矿山智能化建设提供坚实的数据支撑。

2）三维可视化平台业务部署：三维可视化数字采矿平台的各项业务系统服务均部署于边缘云服务器集群，为工作站提供稳定的B/S（浏览器/服务器）与C/S（客户端/服务器）服务，满足多样化操作需求。

3）Docker容器技术应用：为兼容不同版本的Linux或Windows操作系统，平台采用Docker容器技术对各业务服务进行封装。此举不仅保障了服务间的独立运行、运维与升级，也显著增强了系统的稳定性与可扩展性，确保各容器服务互不干扰。

4）数据存储与备份策略：针对平台中的关键数据，实施严格的数据备份机制，以应对各类突发情况，确保数据安全。数据存储选用PostgreSQL数据库，凭借其强大的数据处理能力与稳定性，为数据安全存储提供可靠保障。

2.3　数据架构

德兴铜矿生产技术协同平台的数据架构主要包括以下三个特点：

1）空间数据库重构：在充分保留原有矿山CAD地测系统数据的基础上，对空间数据库进行了优化设计与全面重构。新建的空间数据库摒弃传统的文件管理方式，采用数据库集中存储与高效处理模式。数据初始化完成后，支持实时更新、查询共享，并可与其他系统数据无缝对接，形成资源开采全业务链的数据闭环。为确保数据一致性与准确性，在库建设过程中明确了数据标准，包括数据类型定义、数据分类、空间要素分层及属性结构设定。为支持灵活扩展，空间要素表逻辑设计采用“主表—详情表—编码表”模式。

2）数据采集与管理：平台致力于实现业务数据共享，通过开发统一数据接口，保障各子系统间数据流畅交互。数据采集方面，明确列出了各子系统所需的数据内容、字段、类型及用途，支持多种格式数据的导入与导出，包括：txt、csv、dmt、xls、xlsx等表格数据；dxf、dwg、MAPGIS等图件数据；DIMINE、SUPRAC、Micromine等矿业软件实体模型及其属性数据；以及bmp、jpg、tif、png等图像数据。此外，支持块段模型数据转换与多坐标系转换。数据依托德兴铜矿统一

数据中心与边缘云计算中心，无需额外配置服务器资源，所有系统均部署于边缘云上，并通过高效的数据存储与备份策略确保数据可靠性与安全性。

3）数据入湖与对接：遵循德兴铜矿IT与OT数据采集及入湖标准，平台全面梳理并采集了采矿场及地测中心相关系统与工具软件的全量数据，并完成数据入湖。同时，平台自身产生的全量数据也同步采集并入湖。通过数据湖的数据发布与交互组件，提供数据查询接口，实现从数据湖中快速获取所需数据。实施范围覆盖采矿场与三维可视化数字采矿平台相关的全量生产系统数据，以及地测中心地质、测量、勘探、矿点预报等CAD插件功能所产生的全量数据，确保数据的全面性与准确性。

3 系统实现

系统开发采用多种设计与开发工具：客户端界面原型设计选用GUI Design Studio Professional（Version 4.6.155.0），其内置控件风格类似Windows XP，系统最终界面风格可参考Office 2016；网页端界面原型设计采用Axure RP 9.0.0.3650；程序流程图、业务流程图及架构图设计使用Microsoft Visio 2016与Mind Manager；数据库原型设计采用Power Designer 16；开发工具主要包括VS Code、Unity与Eclipse。

3.1 数据标准

生产协同平台的业务数据主要包括结构化数据与非结构化数据。平台数据规范主要针对各级数据库元素命名标准，包括数据库名、数据表名、数据视图名、字段名、函数名、存储过程名及触发器名。具体命名标准如表1所示。

表1 命名标准

Table 1 Naming standards

数据库元素	说明
数据库名	项目简称+1位数据库类型代码+识别代码+序号
数据表名	主表命名规则：分类_表达业务的名词或名词短语 关联表命名规则：所关联的主表名称通过下划线“_”连接
数据视图名	视图的命名必须以“V”开头，加下划线“_”，紧接与视图用途相关联的短语
字段名	函数的命名以“F_”开头，多个单词间不加“_”，每个单词的首字母大写其他字母小写
函数名	函数的命名以“F_”开头，多个单词间不加“_”，每个单词的首字母大写其他字母小写
存储过程名	存储过程应以“P_”开头，多个单词间不加“_”，每个单词的首字母大写其他字母小写
触发器名	触发器以“TR_”作为前缀，触发器名为相应的表名加上后缀

3.2 功能实现

矿山生产技术协同平台的核心输入要素包括：地测采选领域各岗位人员的专属身份验证信息（用户名与密码）、具体业务待办事项，以及从数据中心动态加载的、与地测采选业务紧密相关的各类输入数据。平台输出内容主要为各岗位人员提供个性化的待办事务列表、重要通知公告、必要提醒信息，以及经过处理的地测采选业务成果数据，确保信息的及时性与有效性。从功能层面，平台涵盖个人首页、业务流程、自由协作、基础数据、技术成果、系统管理六大核心模块，其功能架构如图2所示。

1）个人首页。该模块为用户登录后的首个交互界面，旨在提供个性化的信息展示与便捷导航。首页集中展示待办与已办任务、重要通知等关键信息，并提供快速链接至其他功能模块的入口，帮助用户高效管理日常工作、跟踪任务进度、快速处理事项，从

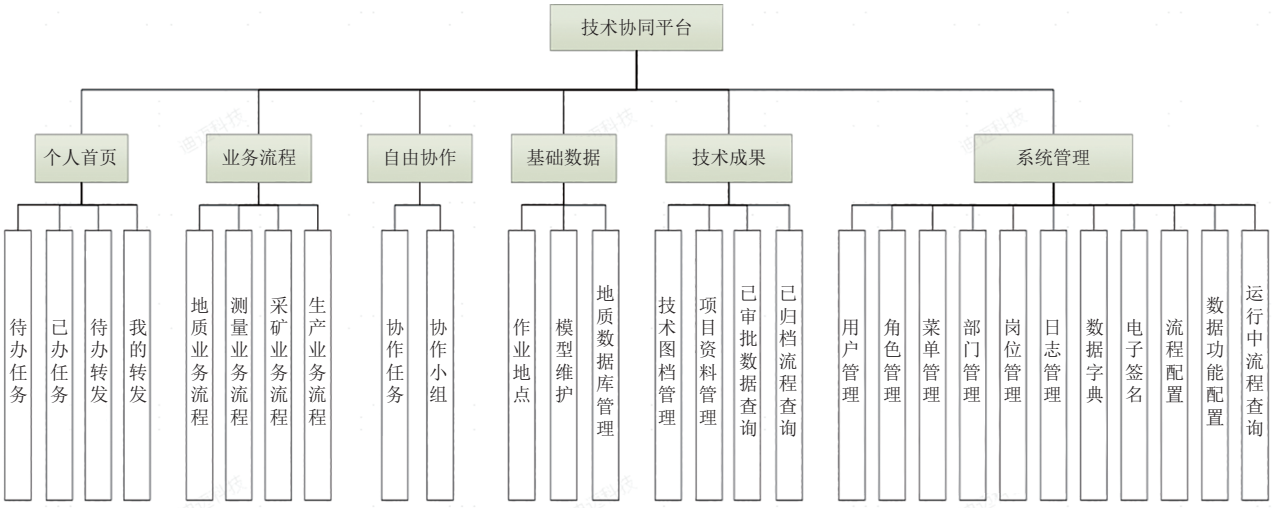


图2 生产技术协同平台功能架构

Fig. 2 Functional architecture of the production technology coordination platform

而优化工作流程，提升工作效率。

2）业务流程。此模块覆盖矿山生产过程中的核心业务活动，主要包括采矿业务流程、生产业务流程与地测业务流程。采矿业务流程涵盖从矿石开采到处理的全环节；地测业务流程包括地质测量、数据采集与分析等活动；生产业务流程则串联矿山全局生产工作。模块通过规范与优化业务流程，旨在提升生产效率与工作质量，确保各项业务有序开展。

以爆破审查业务为例（流程示意如图3），该流程首先由江铜民爆或江铜建设爆破作为发起方启动；随后进入采矿技术员的初审环节，再由副主任或主任进行审批；最终汇聚至采矿主任工程师以及采矿场生产副场长（根据铜厂或富家坞采区而定）进行共同审批。这一系列步骤确保了爆破计划的严谨性与安全性。流程执行中，输入数据包括爆破计划的CAD图纸与Excel表格，为各阶段审批提供依据，并在系统中高效流转与审查。

为提升流程效率，平台在业务流程中实现了并

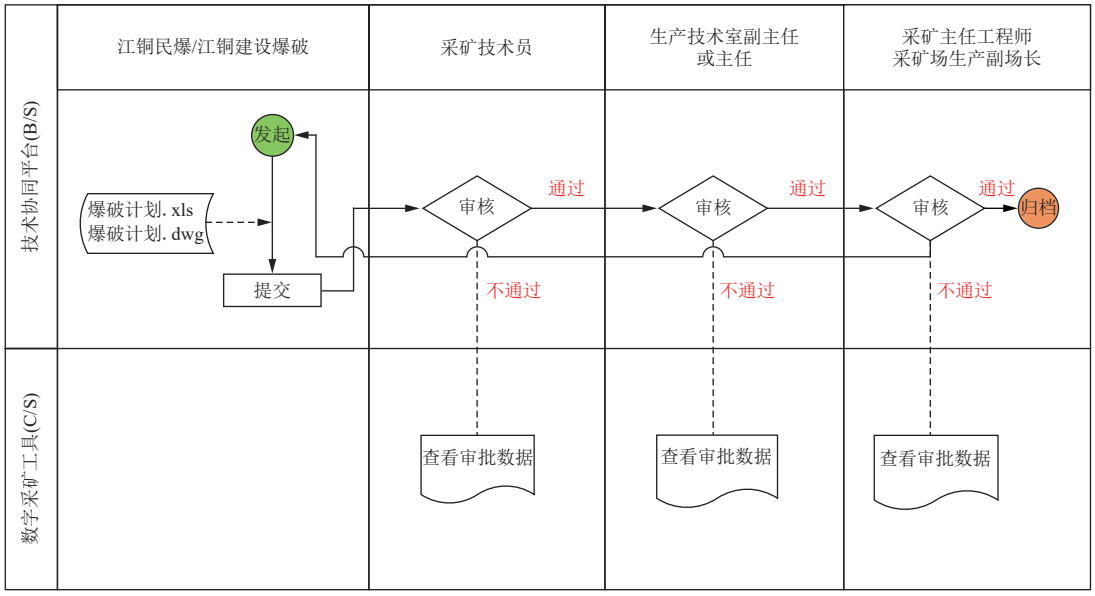


图3 爆破计划审查业务流程图

Fig. 3 Blasting plan review workflow diagram

行审核机制。在并行审核环节，各审核角色人员同时收到待办提醒，审核操作无先后顺序约束；若所有审核人均同意，则流程进入下一环节；若任意一人不同意，流程即被驳回至相关节点，视为并行审核不通过。流程定义完成后，矿山核心数据库将自动构建相应的业务数据表，集中存储与管理标准化处理后的爆破计划数据，从而保障数据的准确性、一致性与可追溯性，为安全生产提供坚实数据支撑。

3）自由协作。该模块为用户提供灵活的协作平台，支持根据实际需求组建协作小组、分配任务并设定作业地点（系统界面如图4所示）。模块促进跨部门、跨专业的协同工作，加强团队沟通与合作，并配备任务跟踪与反馈机制，确保协作任务及时完成、过程有效管理。

4）基础数据。作为平台的数据中心，此模块负责管理与存储矿山生产过程中的各类基础数据，包括地质数据、矿体模型、测量数据等。通过对数据进行标准化处理与集中存储，保障数据的一致性与准确性，并为其他功能模块提供数据支持。模块还支持数据的实时更新与共享，便于用户获取最新生产信息。

5）技术成果。此模块用于查询与管理矿山生产过程中的生产资料及技术图档等资源。图5展示了模块中的图档管理功能，该平台集展示、查询、管理于一体，不同权限账户可查询对应的工作成果及最新版本数据。所有数据在外业作业完成后，通过平台业务模块存入系统，支持分类检索、空间检索、流程检索等多种方式快速定位业务数据，并支持历史数据版本追溯。该模块便于用户归档与应用最新技术成果，推动矿山技术创新，同时通过分类管理为用户快速查找目标领域资料提供便利。

6）系统管理。作为平台的管理中枢，该模块负责用户管理、角色管理、权限管理、流程管理及运行日志查询等功能。通过对用户与角色的管理保障平台安全稳定；通过权限管理控制不同用户的操作权限，确保数据保密性与完整性；通过流程管理优化业务效率；通过运行日志监控平台状态，及时发现并解



图4 自由协作模块系统界面

Fig. 4 System interface of the free collaboration module

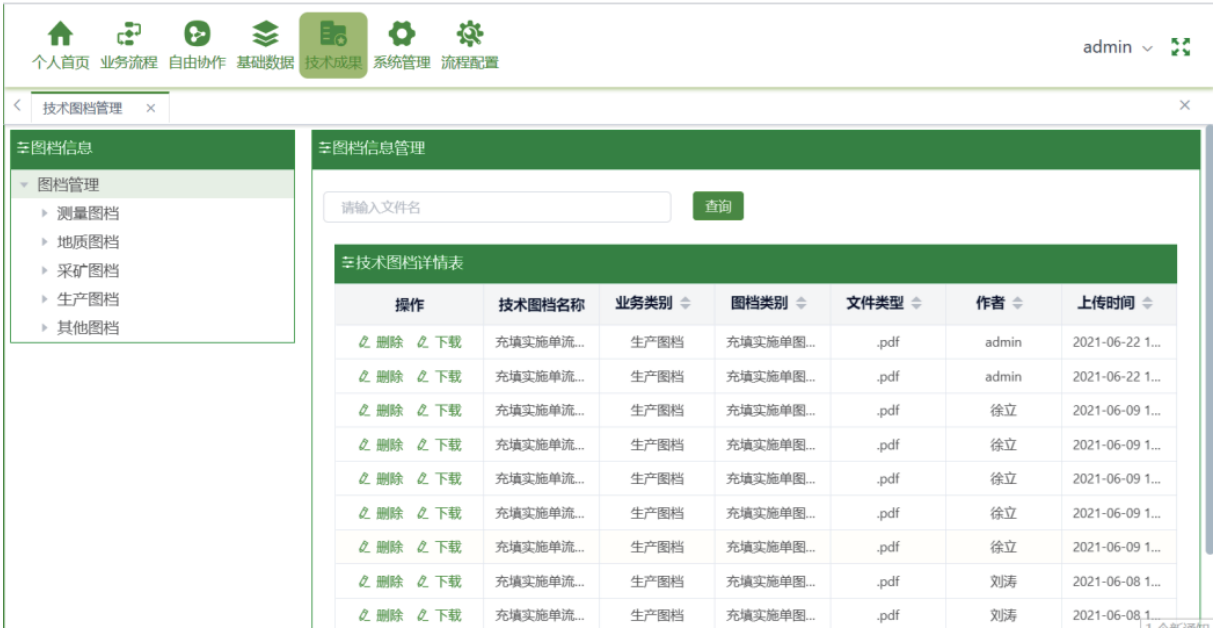


图5 技术成果模块系统界面

Fig. 5 System interface of the technology achievements module

决问题，保障系统正常运行。

通过上述功能实现，矿山生产技术协同平台有效提升了矿山企业的生产管理与技术水平，有力推动了矿山行业的信息化与智能化进程。智慧矿山的建设与应用将为矿山企业的可持续发展与技术升级提供强有力支持，促进生产安全、效率与经济效益的全面提升[13]。

3.3 系统应用

在PC端，平台采用B/S（浏览器/服务器）架构进行部署。用户通过浏览器即可访问平台各项功能，无需在本地安装复杂客户端，显著降低了系统维护成本与技术门槛。B/S架构还具有良好的扩展性与灵活性，能够更好地适应业务需求变化，为用户提供稳定可靠的使用体验。

在移动设备端，平台基于H5技术开发，支持集成至企业微信或阿里钉钉等常用企业通信工具。集成后，用户可在日常办公软件中便捷地发起流程、接收待办提醒、进行流程审核与归档。此外，移动端应用支持在线查看三维模型数据与二维CAD图纸（如图6所示），使用户能够随时随地获取并处理相关技术数据，极大地提升了工作效率与灵活性。



图6 移动端应用

Fig. 6 Mobile application

4 结论

1）平台通过数据集中化存储，优化了数据管理流程，解决了传统分散管理模式下的数据断层、遗失及版本混乱问题，显著提升了数据完整性、准确性与安全性，同时降低了技术人员的数据搜集与处理成本。

2）平台借助数据标准化策略，打通了不同业务环节、部门与岗位间的数据壁垒，实现了数据的高效共享与直接复用，有效缓解了“信息孤岛”现象，并减少了重复加工成本。

3）平台通过业务流程标准化与组织结构优化，构建了扁平化、协同高效的管理模式，明确了岗位职责与数据接口，促进了跨部门、跨专业的高效协作，为矿山数字化、智能化转型提供了系统性支撑。

参考文献

[1] 毕林，王晋淼. 数字矿山建设目标、任务与方法[J]. 金属矿山，2019(6): 148-156.
BI L, WANG J M. Construction target, task and method of digital mine[J]. Metal Mine, 2019(6): 148-156.

[2] 王李管，陈鑫. 数字矿山技术进展[J]. 中国有色金属学报，2016, 26(8): 1693-1710.
WANG L G, CHEN X. Advancing technologies for digital mine[J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 2016, 26(8): 1693-1710.

[3] 陈鑫，高峰，谢雄辉，等. 矿山生产技术协同平台研发与应用[J]. 黄金科学技术，2021, 29(3): 449-456.
CHEN X, GAO F, XIE X H, et al. Development and application of collaborative platform for mine production technology[J]. Gold Science and Technology, 2021, 29(3): 449-456.

[4] 马朝阳，张元生，郭策，等. 矿冶行业设备上云工业互联网平台建设与实践[J]. 矿冶，2024, 33(4): 622-630.
MA C Y, ZHANG Y S, GUO C, et al. Construction and practice of equipment on cloud industrial internet platform for mining and metallurgy industry[J]. Mining and Metallurgy, 2024, 33(4): 622-630.

[5] 董文明，谭期仁. 湖山铀矿生产技术协同平台研发及应用[J]. 黄金科学技术，2022, 30(6): 968-977.
DONG W M, TAN Q R. Development and application of Husab mine production technology collaboration platform[J]. Gold Science and Technology, 2022, 30(6): 968-977.

[6] 武拴军，王永定，王俊超，等. 数字化协同平台在龙首矿的应用[J]. 现代矿业，2024, 40(2): 86-91.

WU S J, WANG Y D, WANG J C, et al. Application of digital collaborative platform in Longshou mine[J]. Modern Mining, 2024, 40(2): 86-91.

[7] 马天义, 寇向宇, 张翼翔, 等. 矿山地测采信息协同平台的基础体系研究及应用[J]. 采矿技术, 2023, 23(4): 222-226.
MA T Y, KOU X Y, ZHANG Y X, et al. Fundamental system and application of a geological-survey-mining information collaborative platform[J]. Mining Technology, 2023, 23(4): 222-226.

[8] 段文权, 赵辉军, 刘敬智, 等. 金属矿山生产全流程协同管控技术与平台研究[J]. 矿业研究与开发, 2022, 42(12): 172-179.
DUAN W Q, ZHAO H J, LIU J Z, et al. Research on whole-process collaborative management and control technology and platform for metal mine production[J]. Mining Research and Development, 2022, 42(12): 172-179.

[9] WANG J, BI L, WANG L, et al. A mining technology collaboration platform theory and its product development and application to support China's digital mine construction[J]. Applied Sciences, 2019, 9(24): 5373.

[10] 吴易航, 张士海. 德兴铜矿大型露天边坡的监测技术[J]. 采矿技术, 2024, 24(3): 124-128.
WU Y H, ZHANG S H. Monitoring technologies for large open-pit slopes at Dexing copper mine[J]. Mining Technology, 2024, 24(3): 124-128.

[11] 汪伟, 吴碧娟, 武超峰, 等. 德兴铜矿床富家坞采区水文地质特征研究[J]. 矿产勘查, 2023, 14(10): 2006-2015.
WANG W, WU B J, WU C F, et al. Hydrogeological characteristics of the Fujiawu mining area of Dexing copper deposit[J]. Mineral Exploration, 2023, 14(10): 2006-2015.

[12] 张丹, 李垚萱. 新时代应急管理中安全生产标准化的数字化模式探究[J]. 矿冶, 2020, 29(4): 133-136.
ZHANG D, LI Y X. Research on the digital mode of safety production standardization in emergency management in the new era[J]. Mining and Metallurgy, 2020, 29(4): 133-136.

[13] 王启健, 于涛. 黄金智慧矿山大数据分析平台研究与开发[J]. 有色金属(矿山部分), 2021, 73(6): 25-31.
WANG Q J, YU T. Research and development of big data analysis platform for intelligent gold mine[J]. Nonferrous Metals (Mining Section), 2021, 73(6): 25-31.