

钻探工程原始数据高效识别采集系统的开发与实现

杜焱森^{1,2,3}, 杨义勇³, 伍晓龙^{1,2}, 高鹏举^{1,2}, 马汉臣^{1,2},
汤小仁^{1,2}, 黄蒙福^{1,2}, 王耀^{1,2}, 范龙飞^{1,2}, 赵光帅⁴

(1. 中国地质科学院勘探技术研究所, 天津 300399; 2. 自然资源部定向钻井工程技术创新中心, 天津 300399; 3. 中国地质大学(北京), 北京 100083; 4. 正元地理信息集团股份有限公司, 北京 101300)

摘要: 针对钻探工程原始数据采集效率低、人工录入错误率高、数字化转化不彻底等问题, 本研究设计并开发了一套基于现代 Web 技术与多模态大模型的钻探原始数据高效识别采集系统。系统采用前后端分离的架构设计, 整合 Vue3.0、Spring Cloud Alibaba 等主流技术栈, 并创新性引入通义千问 VL-max 视觉语言大模型, 构建了“移动端采集—云端智能识别—结构化存储”的全流程自动化处理体系, 实现对纸质报表图像的精准识别与结构化解析。通过多场景实测验证, 该系统在字段识别准确率、复杂表格适应性及系统鲁棒性方面表现优异, 显著提升了钻探数据录入的效率与准确性, 有效解决了传统采集方式的弊端。研究成果为钻探工程数据的数字化管理、共享复用及深度挖掘提供了关键技术支撑, 对推动钻探行业数字化转型、构建智慧钻探大数据平台具有重要的工程价值与应用前景。

关键词: 钻探工程; 原始数据采集; 智能识别; 多模态大模型; 系统开发; 数字化管理

中图分类号: P634.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-9686(2026)03-0073-07

Development and implementation of an efficient recognition and acquisition system for drilling engineering raw data

DU Yaosen^{1,2,3}, YANG Yiyong³, WU Xiaolong^{1,2}, GAO Pengju^{1,2}, MA Hanchen^{1,2}, TANG Xiaoren^{1,2},
HUANG Mengfu^{1,2}, WANG Yao^{1,2}, FAN Longfei^{1,2}, ZHAO Guangshuai⁴

(1. Institute of Exploration Techniques, CAGS, Tianjin 300399, China; 2. Technology Innovation Center for Directional Drilling Engineering, Ministry of Natural Resources, Tianjin 300399, China; 3. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 4. Zhengyuan Geomatics Group Co., Ltd, Beijing 101300, China)

Abstract: To address the problems of low efficiency, high error rate in manual entry, and incomplete digital transformation in the collection of raw data from drilling engineering, this study designs and develops an efficient recognition and collection system for drilling raw data based on modern Web technologies and multimodal large models. The system adopts a front-end and back-end separation architecture, integrates mainstream technology stacks such as Vue 3.0 and Spring Cloud Alibaba, and innovatively introduces the Qwen-VL-max vision-language multimodal large model. It constructs a full-process automated processing system of "mobile terminal collection-cloud-based intelligent recognition-structured storage", realizing accurate recognition and structured parsing of paper report images. Verified through multi-scenario practical tests, the system performs excellently in terms of field recognition accuracy, adaptability to complex tables, and system robustness, significantly improving the efficiency and accuracy of drilling data entry and effectively solving the drawbacks of traditional collection methods. The research results provide key technical support for the digital management, sharing and reuse, and in-depth mining of drilling engineering data, and have important engineering value and application prospects for promoting the digital transformation of the drilling

收稿日期: 2026-01-23; 修回日期: 2026-02-23 DOI: 10.12143/j.ztgc.2026.03.009

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目“钻探工程综合管理平台优化升级”(编号: DD20240205203)

第一作者: 杜焱森, 男, 汉族, 1986 年生, 高级工程师, 机械工程专业, 硕士, 从事地质机械相关领域研究工作, 天津市东丽区锦鲤道 23 号, yaosendu@126.com。

引用格式: 杜焱森, 杨义勇, 伍晓龙, 等. 钻探工程原始数据高效识别采集系统的开发与实现[J]. 钻探工程, 2026, 53(3): 73-79.

DU Yaosen, YANG Yiyong, WU Xiaolong, et al. Development and implementation of an efficient recognition and acquisition system for drilling engineering raw data[J]. Drilling Engineering, 2026, 53(3): 73-79.

industry and building an intelligent drilling big data platform.

Key words: drilling engineering; raw data acquisition; intelligent recognition; multimodal large model; system development; digital management

0 引言

钻探工程是资源勘探与地质调查中的关键环节,其作业过程中产生的钻探班报表、钻井液班报表、钻孔弯曲度测量记录等原始数据,完整记录了钻进参数、钻井液性能、钻孔质量等关键内容,是开展后续数据分析、资源储量评估、工程质量管控及科学决策的重要依据^[1-2]。随着矿产资源勘探开发力度的加大与地质调查工作的精细化发展,钻探原始数据的规模呈指数级增长,对数据采集的效率、准确性及数字化程度提出了更高要求^[3]。

传统钻探原始数据采集方式以纸质记录为核心,后续需通过人工录入电子文档或扫描归档,存在诸多突出问题:人工录入模式不仅占用大量人力资源,导致数据处理周期长,且易因人为疏忽引起录入错误,严重影响数据的一致性与可靠性^[4-5];扫描归档虽能实现数据的电子化存储,但图像格式的数据缺乏结构化特征,无法直接用于统计分析、数据挖掘及跨平台共享,极大限制了数据的二次利用价值^[6-7]。

近年来,尽管部分单位尝试引入简单的电子表单系统,但仍未解决纸质数据向结构化数据转化的自动化难题,且对复杂表格、手写体记录的适应性较差^[8-9]。如中国铁路设计集团有限公司黄大中等^[9]开发了基于移动终端的铁路地质钻探数据采集和管理系统,尝试利用OCR技术识别纸质表单,初步实现了对部分纸质记录的替代,能够满足钻探数据电子化归档的需求,在一定程度上提升了数据采集的效率,但该系统仅能处理固定版式和印刷体表格,对手写体、复杂表格及模糊图像识别效果较差。

现有的钻探原始数据采集方式及采集系统在数据信息化方面虽取得了一定成效,但在智能识别、自动采集、语义校验、复杂场景适应等方面存在明显的不足,难以适应钻探数字化转型的发展需求。多模态大模型的快速发展为解决上述问题提供了新的技术路径。视觉语言大模型(Vision-Language Model, VLM)具备图像理解与自然语言处理的融合能力,能够实现对表格图像的语义级识

别与结构化解析^[10-11]。基于此,本研究结合现代Web开发技术与多模态大模型的优势,开发一套高效、准确、智能的钻探原始数据识别采集系统,实现从纸质报表到结构化数据的自动化、智能化转化。该系统的研发与应用,不仅能显著提升钻探数据采集效率与质量,还能为钻探行业数字化转型提供关键技术支撑,对构建钻探大数据平台、推动智慧钻探发展具有重要的理论意义与工程实用价值^[12-13]。

1 钻探原始数据高效识别采集系统的开发

1.1 系统概述

钻探原始数据高效识别采集系统是一套基于现代Web技术与多模态大模型构建的智能化、一体化钻探业务协同平台,旨在彻底改变传统钻探数据采集模式,实现数据采集、识别、解析、存储、管理的全流程自动化与智能化。系统以“高效、准确、便捷、可扩展”为设计原则,针对不同类型钻探工程的报表特点,提供标准化的数据采集与识别方案,支持油气井、地热井、机械岩心钻探等多种场景的应用需求。

该系统核心目标包括:一是实现纸质报表数据的自动化识别与结构化转化,大幅提升数据采集效率;二是降低数据录入错误率,保障钻探原始数据的准确性与可靠性;三是建立标准化的数据存储与管理体系统,促进数据共享与复用;四是提供高质量的钻探数据分析和应用等提供高质量的结构化数据支撑。通过移动端与云端的协同工作,一线工作人员可通过手机APP直接拍摄纸质报表,系统自动完成图像识别、数据解析与上传存储,实现“即拍即传、即识别即归档”的高效采集模式。

1.2 核心技术架构

本系统采用前后端完全分离的微服务架构设计,整体架构自上而下分为终端访问层、前端核心技术栈层、后端微服务核心层、智能识别引擎层4个层级,各层级解耦设计、职责清晰,保障系统的高可扩展性、高可用性与开发便捷性,技术选型兼顾行业成熟度、性能表现与工程实用性,完整技术架构如图1所示。

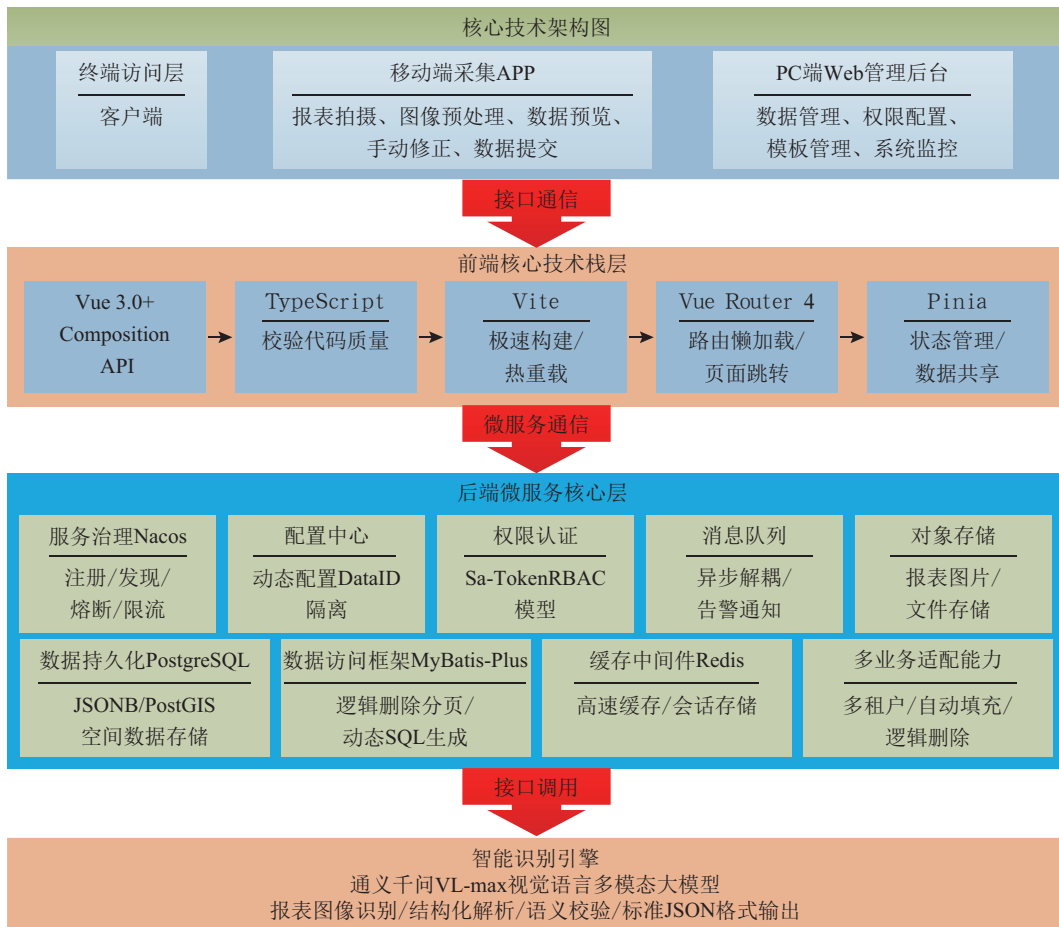


图 1 核心技术架构

Fig.1 The core technical architecture

1.2.1 终端访问层

终端访问层为系统的用户交互入口,包含两大终端载体:一是面向钻探一线作业人员的移动端采集APP,二是面向管理人员的PC端Web管理后台。两者均基于统一的前端技术栈开发,移动端APP实现钻探纸质报表的现场拍摄、图像预处理、识别结果预览修正与数据提交;PC端Web管理后台实现钻探数据的可视化管理、用户权限配置、报表模板维护、系统运行状态监控等核心管理功能,满足不同角色的业务需求。

1.2.2 前端核心技术栈层

前端技术栈以Vue 3.0+为核心开发框架,采用最新的Composition API架构实现响应式编程,大幅提升前端代码的可维护性与组件复用性;引入TypeScript强类型编程语言进行代码开发,在编译阶段完成语法与类型校验,有效降低代码BUG率,提升开发效率与代码质量;依托Vite下一代构建工

具实现秒级热重载与极速打包构建,解决传统构建工具编译缓慢的问题;通过Vue Router 4实现前端路由管理,支持路由懒加载机制,减少页面初始化加载资源,显著提升前端应用的访问性能;采用Pinia作为现代化状态管理库,替代传统Vuex,以简洁的API实现全局状态的统一管理与组件间数据共享,简化前端状态逻辑开发;基于Element Plus组件库完成界面开发,其提供的标准化、可定制化UI组件,保障了前端界面的美观性与交互友好性。

1.2.3 后端微服务核心层

后端基于Spring Cloud Alibaba 2021.0.3微服务生态与Spring Boot 2.7.1快速开发框架构建核心服务,是整个系统的业务处理核心。其中,Nacos承担服务注册发现与动态配置管理双重职责,实现微服务的自动化注册与健康监测,同时支持Data ID隔离机制,完成不同环境、不同服务的配置解耦与热更新;PostgreSQL作为主业务数据库,原生支持

JSONB 非结构化数据存储与 PostGIS 空间地理数据扩展,完美适配钻探工程中结构化数据与非结构化数据并存的存储需求;MyBatis-Plus 作为数据访问框架,提供多租户插件、自动填充、逻辑删除等实用功能,简化数据库操作代码开发,提升数据访问效率;Redis 作为高性能缓存中间件,对热点业务数据与用户会话信息进行缓存,大幅降低数据库访问压力,提升系统的响应速度;Sa-Token 实现基于 RBAC 的权限管理模型,支持按钮级别的精细化权限控制,保障系统数据的访问安全;RabbitMQ 消息队列实现业务逻辑的异步解耦,主要用于系统异常告警、业务通知推送等场景,避免同步调用导致的服务阻塞;MinIO 作为轻量级高性能对象存储服务,专门负责钻探报表图像、附件等文件的分布式存储与高效访问,满足系统的海量文件存储需求。

1.2.4 智能识别引擎层

智能识别引擎层是本系统的核心技术亮点,依托通义千问 VL-max 视觉语言多模态大模型^[14],通过阿里云灵积 API 完成模型调用,实现对钻探纸质报表图像的智能识别、结构化解析、语义逻辑校验与标准 JSON 格式数据输出,为系统的自动化数据采集提供核心技术支撑,是连接纸质报表与数字化结构化数据的关键环节。

2 钻探原始数据高效识别采集系统的实现

2.1 报表准备与收集

为提升系统对不同场景钻探报表的适应性,首

先开展了全面的报表收集与标准化梳理工作。以钻探班报表为核心,广泛收集了油气井、地热井、机械岩心钻探、水文地质钻探等不同类型钻探工程的原始报表,涵盖了行业内常用的 20 余种报表格式,详细梳理了各类报表的数据项、字段含义、格式规范及逻辑关系。

基于收集到的报表样本,建立了标准化的报表模板库与“提示库”。针对每种报表模板,提取关键字段信息如孔号、钻进日期、层底深度、钻进参数、钻具组合等,定义字段的数据类型、格式要求及逻辑校验规则;同时,为每种模板创建专属的 Prompt^[15]指令,明确模型的识别范围、解析规则与输出格式,引导通义千问 VL-max 模型进行精准识别与结构化输出。通过模板自主学习机制,系统能够不断优化识别逻辑,提升对不同格式报表的适应性与识别准确率。纸质班报表被识别后经过专人审核,通过后完成上传。

2.2 技术实现

2.2.1 开发移动端 APP

移动端 APP 基于 Vue 3.0 与 Element Plus 构建,适配 Android 与 iOS 双系统,提供简洁、易用的操作界面,满足一线施工人员的现场使用需求。APP 的核心功能包括报表拍摄、图像预处理、数据预览、手动修正、数据提交等模块。报表数据采集的基本流程为建立钻探工程信息、数据管理、新增原始数据、选择钻探工程、选择报表类型、拍照识别、完成提交,如图 2 所示。

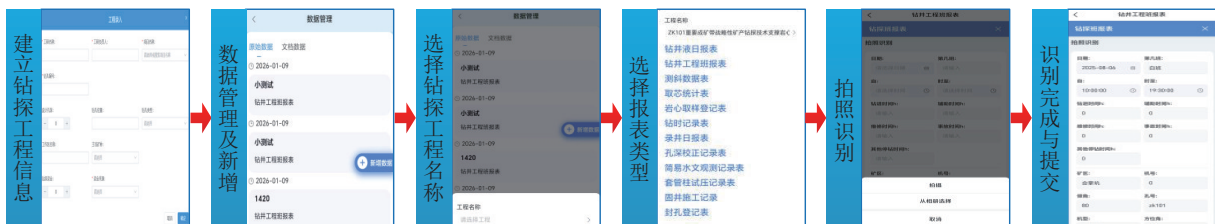


图 2 数据采集流程

Fig.2 The data acquisition process

在报表拍摄环节,APP 提供拍摄引导功能,辅助用户调整拍摄角度、光线条件,确保拍摄图像清晰、无畸变;图像预处理模块对拍摄的图像进行裁剪、去模糊、增强对比度等操作,提升图像质量,为后续识别提供良好基础。用户拍摄完成后,APP 将图像数据上传至云端服务器,通过灵积 API 调用通

义千问 VL-max 大模型进行识别与解析。

2.2.2 技术优势

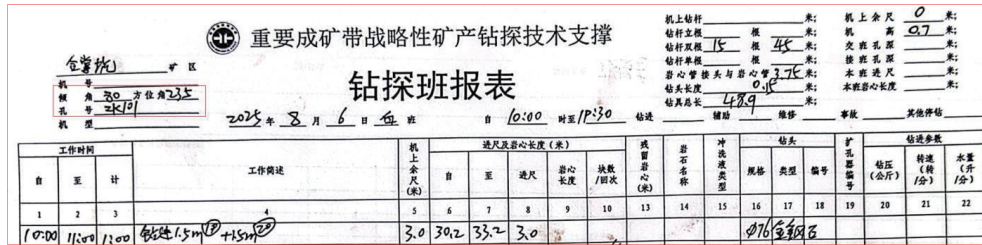
通义千问 VL-max (Qwen-VL) 大模型的引入为系统提供了核心技术支撑,其主要技术优势如下。

(1) 高分辨率图像识别能力:传统的 OCR 识别技术通常先压缩图片再提取文字,容易丢失字段。

Qwen-VL 原生支持 448×448 像素及任意长宽比的图像输入,并引入“动态视觉 token”机制,能够直接处理大图、长图及高清照片,无需进行图像分割,有效避免了分割导致的细节丢失问题,确保对报表图像像素级细节的精准识别。

(2)智能版式分析能力:该模型在预训练阶段完成了“开放域检测框回归”训练,能够自动识别表

格的结构信息,同步输出每个字段的层级归属与坐标位置。例如对于机械岩心钻探班报表中“孔号、倾角、方位角”等存在逻辑关联的字段,能够实现自动分组,与 OCR 识别技术相比无需额外开发版式分析模块,大幅简化了系统设计。纸质钻探班报表与自动识别后相应字段的对比情况如图 3 所示,显示字段均能够精准识别并自动分组归类。



(a)纸质报表部分字段



(b)自动识别字段

图 3 字段识别情况对比

Fig.3 Comparison of the field recognition performance

(3)多语义校验能力:Qwen-VL 的语言模型底座融合了钻探工程领域语料,能够将图像特征与领域知识进行联合推理,利用上下文语义自动纠正识别错误,而 OCR 识别技术不具备语义判断能力。如当识别到深度数据为 15.3 m 后,若下一行出现深度为 15.2 m 的逆序数据,模型会自动提示“深度逆序”并给出置信度,辅助用户进行数据校验,实现了“看得懂”到“写得对”的跨越。

(4)标准化结构化输出:模型支持通过 Prompt 直接定义输出格式,能够按照钻探工程规范直接输出标准 JSON 格式数据,无需额外开发后处理脚本进行字段映射;支持嵌套结构的数据输出,包含钻进深度、进尺、岩心长度、钻头型号、钻进参数等完整数据项,大幅提升了数据处理效率。

3 实际应用测试

为验证系统的实际应用效果,选取了油气井、

地热井、机械岩心钻探 3 个典型场景的钻探班报表进行测试,收集了 500 份不同格式、不同手写风格极具代表性的纸质报表作为测试样本,从识别准确率、鲁棒性和效率等方面进行全面评估。

3.1 识别准确率测试

识别准确率测试主要针对字段识别的正确性进行评估,分为整体字段识别准确率、关键数值字段准确率及复杂表格识别准确率 3 个维度^[16],测试结果如表 1 所示。

测试结果表明,系统在不同场景下的识别准确率均达到 92% 以上,其中关键数值字段的识别准确率超过 95%,能够满足钻探工程原始数据采集的基本要求。对于复杂表格中的合并单元格,Qwen-VL 模型能够准确识别其结构关系,避免字段归属错误;对于不同风格的手写体,模型通过领域语料的预训练,具备较强的适应性,识别准确率稳定在 92% 以上。

表1 识别准确率测试

Table 1 The recognition accuracy test

测试维度	测试样本	识别准确率/%
整体字段识别	500份报表,共计45100个字段	≥92.4
关键数值字段识别	500份报表,共计36780个关键数值字段(深度、时间、岩心长度、孔号等)	≥95.7
复杂表格识别	260份包含合并表格、手写体的复杂报表,共计21865个字段	≥92.1

3.2 鲁棒性测试

鲁棒性是指系统在遇到异常情况时,依然能够维持其核心功能、稳定性和安全性的能力。鲁棒性

测试采用异常输入测试法,模拟系统在实际应用中可能遇到的异常情况,评估系统的稳定性与容错能力^[17]。测试场景及结果如表2所示。

表2 鲁棒性测试

Table 2 The Robustness test

测试场景	测试内容	测试结果
图像质量异常	模糊图像、倾斜图像、光线过暗/过亮图像	自动进行图像增强和矫正,无系统崩溃,但识别准确率下降≤5%
异常数据输入	字段缺失、数据格式错误、逻辑矛盾数据	自动检测异常并提示用户,保留已识别的正确数据,支持手动补充修正
高并发访问	50个用户同时上传报表图像,每秒请求量≤50	系统响应时间≤48 s,无请求数据丢失,无数据错乱
网络波动	上传过程中网络中断、信号不稳定	支持断点续传,网络恢复后自动完成上传识别,无数据丢失

测试结果显示,在图像质量异常、数据输入异常、高并发访问、网络波动等异常场景下,系统能够维持核心功能的正常运行,通过自动矫正、异常提示、断点续传等机制实现降级,未出现系统崩溃、数据丢失或泄露等问题,具备较强的鲁棒性,能够适应钻探工程复杂的现场应用环境。

3.3 效率对比测试

将系统与传统人工录入方式进行效率对比测试,选取相同的50份钻探班报表,分别采用系统采集与人工录入方式,统计数据处理完成时间,该时间指的是从数据产生到完成电子存储的总时间,结果如表3所示。

表3 效率对比测试

Table 3 The efficiency comparison test

数据采集方式	测试样本量/份	平均单份报表处理时间/min	总处理时间/min	人员投入/人
系统识别	50	2.5	125	1
人工录入	50	15	750	2

系统识别采集方式所需1人负责现场操作和核对数据,人工录入采集方式需2人分别负责录入和审核数据。对比结果表明,系统识别采集方式的单

份报表平均处理时间仅为2.5 min,总处理时间较传统人工录入方式缩短83.3%,且无需专门的录入与审核人员,大幅降低了人力成本。

4 结论

本研究针对钻探工程原始数据采集效率低、错误率高、数字化程度不足等问题,设计并实现了一套基于现代Web技术与多模态大模型的钻探原始数据高效识别采集系统。通过前后端分离架构的构建,整合Vue 3.0、Spring Cloud Alibaba等主流技术栈,并引入通义千问VL-max视觉语言大模型,实现了“移动端采集—云端识别—结构化存储”的全流程自动化处理。

实际应用测试表明:系统的整体字段识别准确率≥92.4%,关键数值字段识别准确率≥95.7%,复杂表格识别准确率≥92.1%,能够满足钻探工程数据采集的精度要求;在鲁棒性方面,系统能够适应图像质量异常、网络波动、高并发访问等复杂场景,具备较强的稳定性与容错能力;与传统人工录入方式相比,系统将数据处理效率提升83.3%以上,大幅降低了人力成本。

该系统有效解决了传统钻探数据采集方式的弊

端,实现了钻探原始数据的高效、准确、智能化采集,为钻探数据的数字化管理、共享复用及深度挖掘奠定了坚实基础,对推动钻探行业数字化转型、构建智慧钻探大数据平台具有重要的工程实用价值。

参考文献(References):

- [1] 王达,赵国隆,左汝强,等.地质钻探工程的发展历程与展望——回顾探矿工程事业70年[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(9):1-31.
WANG Da, ZHAO Guolong, ZUO Ruqiang, et al. The development and outlook of geological drilling engineering—To review the 70th anniversary of exploration engineering[J]. Exploration Engineering(Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019, 46(9):1-31.
- [2] 陈德.矿山钻探工程中的钻孔事故及其预防处理探析[J].世界有色金属,2025(21):121-123.
CHEN De. Exploration into drilling accidents and their prevention and treatment in mining drilling engineering[J]. World Nonferrous Metals, 2025(21):121-123.
- [3] 侯秀宏,李永生,苏攀云,等.勘探工程数字化技术在矿产勘查中的应用[J].世界有色金属,2024(11):172-174.
HOU Xiuhong, LI Yongsheng, SU Panyun, et al. Application of digital system of exploration engineering in mineral exploration[J]. World Nonferrous Metals, 2024(11):172-174.
- [4] 王磊.地质勘查数据采集系统的设计与实现[D].北京:北京邮电大学,2022.
WANG Lei. Design and implementation of geological exploration data acquisition system[D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2022.
- [5] Villarroya S, Viqueira J R R, Cotos J M, et al. GeoDADIS: A framework for the development of geographic data acquisition and dissemination servers[J]. Computers & Geosciences, 2013, 52:68-76.
- [6] 原野.基于物联网技术的煤矿地测超前钻探数据监测方法[J].能源与节能,2025(12):91-93,97.
YUAN Ye. Data monitoring method for advanced drilling in coal mine geological survey based on IoT technology[J]. Energy and Conservation, 2025(12):91-93,97.
- [7] 韩春磊.钻井工程运行管理中的实时数据采集技术优化研究[C]//第十届工程技术管理与数字化转型学术交流会议论文集.南宁:广西网络安全和信息化联合会,2025:303-305.
HAN Chunlei. Research on optimization of real-time data acquisition technology in drilling engineering operation management[C]//Proceedings of the 10th Academic Exchange Conference on Engineering Technology Management and Digital Transformation. Nanning: Guangxi Federation of Cybersecurity and Informatization, 2025:303-305.
- [8] 魏洁,刘元雪,詹胜.多参与方协同场景下钻井数据智能录入的业务规则冲突消解技术[J].中国科技信息,2025(24):52-54.
WEI Jie, LIU Yuanxue, ZHAN Sheng. Conflict resolution technology for business rules in intelligent entry of drilling data under multi-stakeholder collaboration scenarios[J]. China Science and Technology Information, 2025(24):52-54.
- [9] 黄大中,温晓鹏,李红刚.基于移动终端的铁路地质钻探数据采集和管理系统研究[J].铁道标准设计,2023,67(4):34-39.
HUANG Dazhong, WEN Xiaopeng, LI Honggang. Research on railway geological drilling data acquisition and management system based on mobile terminal[J]. Railway Standard Design, 2023,67(4):34-39.
- [10] 傅中正.基于大模型调整的多任务图像识别算法研究[D].北京:中国地质大学(北京),2024.
FU Zhongzheng. Research on multi-task image recognition algorithm based on large model tuning[D]. Beijing: China University of Geosciences, 2024.
- [11] 张艺莹.基于属性描述的图像识别技术研究[D].合肥:中国科学技术大学,2025.
ZHANG Yixuan. Research on attribute-based image recognition technology[D]. Hefei: University of Science and Technology of China, 2025.
- [12] Fang Z Q, Yuan Z H, Li Z Y, et al. Cross-modality image interpretation via concept decomposition vector of visual-language models[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2025,35(4):3024-3038.
- [13] Radford A, Kim J W, Hallacy C, et al. Learning transferable visual models from natural language supervision[C]//Proceedings of the 38th International Conference on Machine Learning. Online: PMLR, 2021:8748-8763.
- [14] 倪翠霞,徐迪.大语言模型运行机制基础研究——以通义千问大语言模型为例[J].科学技术创新,2025(9):101-104.
NI Cuixia, XU Di. Basic research on the operating mechanism of large language models—Using the TongYi Qian Wen large language model as an example[J]. Scientific and Technological Innovation, 2025(9):101-104.
- [15] Mao C Z, Teotia R, Sundar A, et al. Doubly right object recognition: A why prompt for visual rationales[C]//2023 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). Vancouver, BC: IEEE, 2023:2722-2732.
- [16] 林鸿靖.基于深度学习图像处理技术应用下VI视觉识别系统的应用研究[J].信息系统工程,2025(12):131-134.
LIN Hongjing. Research on the application of VI visual recognition system based on deep learning image processing technology[J]. China CIO News, 2025(12):131-134.
- [17] 章威,李辰琦,胡逢法,等.基于图像识别的对抗鲁棒性评测系统[J].计算机系统应用,2023,32(3):150-156.
ZHANG Wei, LI Chenqi, HU Fengfa, et al. Adversarial robustness evaluation system based on image recognition[J]. Computer Systems & Applications, 2023,32(3):150-156.

(编辑 王文)