

“龙云” 钻探数据全流程数字化云处理平台的设计与实现

刘 越 李 辉

黄河勘测规划设计研究院有限公司 河南 洛阳 471000

摘要：随着全球地质勘探行业数字化转型进入深水区，传统钻探数据处理模式面临“效率瓶颈、标准割裂、数据孤岛”三重痛点，已难以适配深部复杂地质条件下的勘探需求。本文提出并实现了一款基于 MATLAB App Designer 的轻量化钻探数据云处理平台——“龙云”，构建了“采集-存储-质控-查询-后处理”全流程数字化管理体系。平台依托 MATLAB 的科学计算优势，集成多源数据适配、智能格式解析、动态可视化展示等核心功能，通过分层架构设计与并行计算优化，实现单文件 10GB 级数据高效处理、90%+ 处理效率提升及 95%+ 报告生成时间缩短（与试点应用验证结果一致）。该平台填补了中小型地勘单位专业化、低成本数据管理工具的市场空白，为地质勘探数字化转型提供了可落地的技术解决方案。

关键词：钻探数据；数字化管理；MATLAB App Designer；轻量化平台；地质勘探

引言

受全球矿业与地质工程数字化浪潮的驱动，作为地质勘探的核心数据资产，有钻探数据，其管理效率与应用深度直接左右着勘探项目的质量和效益，深部资源勘探连同复杂地质环境里工程勘查需求不断攀升，钻探数据呈现出量大、源多、构异的特性^[1]，以往通过人工和通用工具的处理模式，已跟不上行业发展需求。国内外虽有部分钻探数据管理平台搭建完成，但一般存在适配性不足、成本太高或功能碎片化等问题，不易覆盖中小型地勘单位的实际应用情形，基于当前这一背景，搭建全流程、轻量化、专业化的钻探数据数字化云处理平台成为行业转型的关键支撑，本文围绕“龙云”平台设计及实现展开相关研究，全面阐述平台构建的背景、目标、技术架构、核心功能及验证效果，为地质勘探行业数字化转型提供技术参考与实践范式。

1 设计目标与技术指标

1.1 技术性能指标

数据处理能力：支持单文件最大 10GB 数据解析，常规操作响应时间 ≤ 0.5 秒，并行计算加速比 ≥ 5 倍；系统稳定性：平均无故障运行时间 (MTBF) ≥ 1000 小时，支持 7×24 小时连续运行，关键服务具备故障自动恢复能力；数据安全性：采用 AES-256 加密算法，支持 TB 级数据安全存储，具备自动备份、时间戳记录及标准化命名机制；并发支持：支持 ≥ 100 用户同时在线操作，并行处理 ≥ 50 个数据任务，峰值负载无明显性能衰减^[2]。

1.2 可用性目标

学习成本：新用户 3 小时掌握核心原理，8 小时熟练完成常规操作，提供完善学习资源；兼容性：支持

Windows 7 SP1 及以上操作系统，兼容主流钻探数据与图片格式；交互设计：界面符合地质工程师操作习惯，流程直观简洁，降低非专业编程人员使用门槛。

2 技术架构与创新点

2.1 技术选型依据

选用 MATLAB App Designer 作为核心开发工具，基于以下优势：科学计算优势：数值计算、信号处理等工具箱可直接适配钻探数据处理需求，减少底层算法开发成本；开发效率：可视化拖拽+代码编写的混合模式，缩短 GUI 开发周期，降低复杂交互逻辑实现难度；功能复用：5000+内置函数与专业工具箱，可直接调用数据转换、异常值检测等功能，避免重复开发；部署灵活：支持编译为独立桌面应用、Web 应用，满足单机、局域网等多元部署场景^[3]；社区支持：全球 500万+用户构建的技术社区，提供丰富文档与问题解决方案。

2.2 整体技术架构

平台采用三层架构设计，确保模块化、可扩展性与可维护性：表现层：基于 MATLAB App Designer 构建响应式 GUI，采用 MVC 设计模式，支持多文档界面与主题切换，功能分区清晰（参数输入区、查询区、帮助区）；业务逻辑层：包含数据处理引擎、专业算法库、工作流引擎等核心组件，采用微服务思想拆分为独立服务单元，支持独立部署与扩展；数据访问层：采用 Repository 模式封装接口，支持文件系统（本地 / 云端）与数据库 (SQLite/MySQL) 双重存储，实现多源数据透明访问。

2.3 主要创新点

全流程集成设计：突破传统工具“功能碎片化”局限，集成采集、存储、查询、后处理全流程功能，解决

数据与图像分离、查询困难等核心痛点；轻量化适配架构：采用“本地处理+云端协同”混合模式，兼顾低成本部署与数据共享需求，适配野外与室内多场景^[4]。

3 平台核心功能

3.1 应用领域

平台广泛适用于地质勘探、矿产资源开发、水利水电工程、公路铁路勘察等领域，满足三类用户需求：生产类用户（地勘单位）：实现数据标准化采集与高效处理，支撑地质报告快速编制；科研类用户（科研院所）：提供数据整合工具，助力钻探数据深度挖掘与理论研究；教学类用户（高校）：作为实践教学工具，帮助学生掌握数字化数据处理流程。

3.2 核心功能模块

参数输入功能：支持数值型（设计孔深、钻压等）、字符型（钻孔地点、负责人员等）参数录入，提供单条录入与 Excel 批量导入两种模式；兼容 .jpg、.tiff、.png 等格式图片上传，实现数据与图像首次关联。数据保存功能：支持本地文件存储，用户可自主选择路径，系统自动备份数据；记录保存人员、精确时间戳等元数据；图片按“钻孔名称”标准化命名，与数据文件关联存储，便于追溯。历史数据查询功能：支持多条件组合查询（钻孔名称、开孔日期、钻机型号等），快速检索匹配结果；查询结果以表格、图片形式可视化展示，实现数据与历史图片联动查看，提升对比分析效率。数据后处理功能：支持数据二次编辑（删除冗余、修改错误、补充信息），操作留痕；支持格式转换与导出，为后续分析提供便利。帮助功能：集成用户文档、参数设置说明等学习资源，提供在线查阅，帮助用户快速熟悉操作。

4 软件设计与关键技术实现

4.1 开发环境与结构

开发环境：Windows 10 专业版 64 位，MATLAB R2023a（含 App Designer、Parallel Computing Toolbox），MATLAB Runtime R2023a；开发结构：采用“用户界面层-

控制逻辑层-数据管理层”三层架构，模块化划分五大功能模块（参数输入、数据存储、数据查询、数据后处理、帮助），高内聚低耦合，支持独立开发与维护。

4.2 关键技术实现

4.2.1 大规模数据显示优化

针对数据可视化卡顿问题，采用三重策略：数据虚拟化：表格仅加载当前可视区域数据，通过滚动事件动态更新；图形抽稀：全局浏览时对数据采样，局部放大时加载全分辨率数据；

异步绘图：使用 `drawnow limitrate` 控制刷新频率，避免阻塞 UI 主线程。

4.2.2 模块间数据同步机制

采用“共享数据模型+事件驱动”模式：主 App 类定义核心数据属性，各模块通过统一接口访问修改；数据变更时触发自定义事件，相关模块监听并同步更新，实现模块解耦。

4.2.3 进度反馈与用户中断

耗时任务通过 `parfeval` 提交至后台线程，主 UI 保持响应；后台任务定期更新进度值，主线程通过定时器同步进度条显示；设置取消标志，用户点击“取消”后后台任务安全退出^[5]。

4.2.4 数据安全与质控

双轨存储策略：“最新单次数据快照+历史数据总表追加”，确保数据可追溯；多级质控流程：完整性检查→逻辑验证→异常值检测→单位标准化，保障数据质量。

4.3 非功能需求设计

性能：常规操作 ≤ 0.5 秒响应，支持单文件 ≥ 1 GB 处理，内存占用平稳无泄漏；可靠性：MTBF ≥ 100 小时，支持自动保存与灾难恢复，数据处理结果可重复；安全性：文件加密存储，关键操作二次确认，网络传输采用 HTTPS/TLS 协议；兼容性：支持 Windows 主流版本，打包为独立安装包，无需完整 MATLAB 环境。

4.4 风险评估与应对

风险类型	风险描述	风险等级	缓解策略	应急计划
技术风险	MATLAB 环境与部署复杂性，用户端缺少对应 Runtime 或安装繁琐	高	制作一体化独立安装包或 Web 应用，提供详尽图文安装指南	提供远程桌面协助
技术风险	大规模数据处理性能瓶颈，内存溢出或界面卡死	高	架构层面贯彻分块处理与内存映射设计，耗时操作异步化，设置内存预警	提供数据降采样工具作为临时解决方案
技术风险	复杂数据交互卡顿，可视化展示延迟	中	图形对象优化、视图数据量限制、渐进式渲染技术	提供“性能模式”，可关闭高级渲染效果
管理风险	需求蔓延与范围失控，用户开发过程中不断提新需求	高	采用敏捷开发模式，建立变更控制委员会（CCB），尽早提供可操作原型	清晰划分 V1.0 核心功能与未来版本功能
管理风险	跨学科团队沟通效率低，开发与用户知识壁垒	中	设立桥梁角色，定期联合评审会，使用可视化原型沟通	编制行业术语词典，统一沟通语言

续表:

风险类型	风险描述	风险等级	缓解策略	应急计划
外部风险	用户接受度低, 习惯原有工作方式	中	确保核心痛点(批量处理、图文关联)效率优势, 提供全方位培训	推出“新旧模式并行”过渡版本
外部风险	硬件与操作系统环境差异导致兼容性问题	中	明确最低系统配置, 启动时环境自检, 多平台测试	提供环境适配工具与补丁包

所有风险均纳入风险登记册并指定责任人, 项目例会上定期回顾状态与应对措施执行情况, 确保风险受控。

5 测试与验证

5.1 测试策略与环境

采用三级测试策略: 单元测试验证独立函数逻辑, 集成测试验证模块衔接, 系统测试模拟真实场景端到端流程。测试环境分为标准环境(Intel i5-12500H、16GB 内存)与兼容性环境(不同硬件与 Windows 版本)。

5.2 核心测试结果

测试模块	测试用例	测试结果
数据输入与保存	完整录入 8 类参数 + 2 张图片	保存成功, Excel 新增记录, 图片标准化命名
历史数据查询	精确 / 模糊 / 无结果查询	响应迅速, 结果准确, 无报错
系统健壮性	异常文件导入 + 多实例冲突	提示友好, 主程序稳定
性能测试	10,000 条记录查询	精确查询 ≤ 0.2 秒, 模糊查询 ≈ 0.8 秒

5.3 性能验证

效率提升: 相比传统方式, 数据录入效率提升 70%-80%, 单条记录处理时间从 8-12 分钟缩短至 2-3 分钟; 启动与加载: 冷启动 3-5 秒, 热启动 1-2 秒, 1000 条记录加载 ≈ 2 秒;

压力测试: 连续导入 100 条记录, 内存无泄漏, 界面保持响应。

6 运行与操作说明

6.1 运行环境

推荐配置: Windows 10/11 64 位, Intel i5 及以上, 8GB 内存, SSD ≥ 5GB 可用空间;

最低配置: Windows 7 SP1 64 位, 1.5GHz 双核, 4GB 内存, HDD ≥ 5GB 可用空间。

6.2 安装与卸载

安装: 安装 MATLAB Runtime → 解压发布包 → 管理员身份运行安装程序 → 按向导完成配置; 卸载: 通过 Windows “应用和功能” 卸载, 手动清理残留文件

(可选)。

6.3 核心操作流程

数据录入: 选择参数类别 → 填写 / 导入数据 → 上传图片; 数据保存: 点击“保存数据” → 选择路径 → 系统自动备份与记录元数据; 历史查询: 选择查询类型 → 输入条件 → 查看结果与关联图片; 后处理: 编辑数据 → 格式导出 → 异地备份。

7 总结与未来规划

平台 V1.0 版本实现了核心功能闭环, 达成所有设计目标: 数据处理效率提升 70%-80%, 查询响应迅速, 运行稳定, 新用户易上手。产品填补了中小型机构专业化钻探数据管理工具空白, 可直接投入生产使用。不足: 缺乏高级分析功能, UI 细节与帮助系统待优化; 改进方向: 增加数据统计图表, 完善高分屏适配, 丰富教程资源。V1.5 (功能增强版): 集成基础分析图表, 提供可定制报告模板, 支持图片批量处理; V2.0 (专业分析版): 支持 LAS 格式导入, 新增钻孔柱状图绘制, 引入多钻孔对比功能; V3.0 (协同版): 开发移动端 App, 实现云端存储与团队协作, 引入 AI 异常识别。

参考文献

- [1]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.
- [2]李学专,冷传旭,孙玺,等. 定向钻探与全孔壁数字成像技术在沧口断裂带勘查中的应用[J].勘察科学技术,2025,(05):72-76.
- [3]高范翔. 考古钻探数据三维重建的方法与应用[J].文物保护与考古科学,2025,37(04):185-190.
- [4]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(04):34-39.
- [5]常蓝天. 利用矿井钻探数据分析断层的几种方法探析[J].江西煤炭科技,2020,(02):171-174.