

# 基于统一架构的测井仪器环境校正系统设计与实现

柳宁花, 周正志, 贾占军, 贺佳印, 沈 怡, 徐绘宏

中国石油集团测井有限公司北京测井技术开发分公司, 北京

收稿日期: 2025年12月2日; 录用日期: 2026年1月22日; 发布日期: 2026年2月3日

## 摘 要

针对当前测井环境校正技术中存在的实时与测后流程分离、算法复用率低、系统扩展性差以及复杂井眼适应性不足等核心问题, 本文创新性地提出并设计了一种基于统一架构的测井仪器环境校正系统。该系统通过定义标准化的校正算法接口、流程控制接口与管理接口, 实现了算法与业务逻辑的深度解耦; 采用事件驱动的通知机制, 增强了校正过程的可监控性与交互性; 并利用基于XML的配置化文件与反射技术, 实现了运行模式与校正算法的动态挂接与灵活管理。实际应用表明, 该系统不仅在校正精度与系统稳定性方面表现优异, 更在架构灵活性、可扩展性以及用户体验上展现出显著优势, 为应对复杂多变的测井环境提供了强有力的技术解决方案。最后, 本文展望了智能算法集成、云端协同与标准化推广等未来发展方向, 为推动测井数据处理技术的智能化与标准化进程提供了有价值的参考。

## 关键词

测井仪器, 环境校正, 统一架构, 配置化管理, 事件驱动, 软件设计

# Design and Implementation of a Unified Architecture-Based Environmental Correction System for Logging Tools

Ninghua Liu, Zhengzhi Zhou, Zhanjun Jia, Jiayin He, Yi Shen, Huihong Xu

Beijing Branch of Well Logging Technology, China National Logging Corporation, Beijing

Received: December 2, 2025; accepted: January 22, 2026; published: February 3, 2026

**文章引用:** 柳宁花, 周正志, 贾占军, 贺佳印, 沈怡, 徐绘宏. 基于统一架构的测井仪器环境校正系统设计与实现[J]. 软件工程与应用, 2026, 15(1): 1-11. DOI: 10.12677/sea.2026.151001

## Abstract

In response to key challenges in current logging environmental correction technology—such as the separation of real-time and post-processing workflows, low algorithm reusability, poor system scalability, and inadequate adaptability to complex borehole conditions—this paper innovatively proposes and designs a unified architecture-based environmental correction system for logging tools. The system achieves deep decoupling of algorithms from business logic by defining standardized interfaces for correction algorithms, process control, and system management. It enhances the monitorability and interactivity of the correction process through an event-driven notification mechanism. Furthermore, by leveraging XML-based configuration files and reflection technology, it enables dynamic binding and flexible management of operational modes and correction algorithms. Practical applications demonstrate that the system not only excels in correction accuracy and stability but also shows significant advantages in architectural flexibility, scalability, and user experience, providing a robust technical solution for addressing complex and variable logging environments. Finally, this paper outlines future development directions, including the integration of intelligent algorithms, cloud-based collaboration, and standardization promotion, offering valuable insights for advancing the intelligence and standardization of logging data processing technology.

## Keywords

Logging Tools, Environmental Correction, Unified Architecture, Configuration Management, Event-Driven, Software Design

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

测井技术的精确性是油气储层评价与开发决策的生命线。然而，井下仪器获取的原始数据不可避免地受到井眼尺寸、泥浆性质及温度压力等环境因素的严重干扰，导致测量值与真实地层参数之间存在显著偏差。王昊炜的研究表明，即使在现代化的随钻中子测井中，井径变化对孔隙度测量的影响也极为关键，必须进行实时环境校正以保障数据质量[1]。这种环境效应在复杂地质条件下尤为突出，使得高精度的环境校正技术成为提升测井资料实用价值的关键环节。

传统的校正方法严重依赖于基于物理实验的校正图版。尽管姜艳玲、王洪亮等研究者基于斯伦贝谢、阿特拉斯及哈里伯顿等公司的图版，开发了计算机辅助校正软件，实现了从手工查图向自动化处理的飞跃[2]-[4]，但其固有局限性依然明显。刘俊等人的适用性分析报告尖锐地指出，在井眼严重扩径或塌陷的层段，这几套主流软件对中子、密度等曲线的校正效果微乎其微，甚至完全失效[5]。这深刻揭示了传统基于固定图版的校正方法在应对极端、复杂井眼条件时的能力瓶颈。

进一步剖析现有技术体系，可发现其更深层次的架构性矛盾。正如姜艳玲等所揭示的，现有系统通常为“实时校正”与“测后校正”设计两套独立的流程与代码实现，导致同一校正算法在不同模块中重复开发，代码复用率极低，造成了严重的开发资源浪费与维护困境。此外，各校正模块算法集成方式僵化，缺乏统一的标准接口，使得引入新型校正算法异常困难，系统扩展性严重不足。与此同时，软件工程领域正呈现出“天下大势，分久必合”的平台化、统一化趋势[6]，而企业应用集成与统一通信等领域

的研究也证明,通过构建“平台 + 应用”的松耦合架构,能够高效整合资源、提升开发效率并保障系统稳定性[7]-[9]。反观测井校正软件领域,这种先进的架构思想尚未得到有效应用,各模块“各自为政”,底层逻辑相互独立,形成了一个“信息孤岛”。

针对上述挑战,本文旨在打破传统校正系统的架构壁垒,提出一种基于统一架构的测井仪器环境校正系统创新设计。本设计的核心思想是:借鉴配置化软件架构的理念[10],将校正流程中的变化点抽象为可配置的节点,通过统一接口定义实现算法与业务的解耦;并运用分层、模块化的设计思想,构建一个同时支持实时与测后处理的统一底层平台。该系统通过事件驱动机制增强交互性,利用配置文件管理实现算法的灵活挂接与替换,最终在架构层面解决代码复用、系统扩展和复杂工况适应性等核心问题,为推动测井数据处理软件的标准化、智能化与平台化发展提供一套全新的解决方案。

2. 系统设计

2.1. 统一接口定义

2.1.1. 校正算法接口(IProcessorCommStep)

如图 1 所示,该接口为测井仪器校正算法定义了统一的标准化规范,旨在实现算法实现与校正流程的逻辑解耦。其核心方法包括:

- Initialize: 接收仪器串列表及仪器名称,完成算法所需环境信息的初始化;
- Compute: 作为核心计算单元,依据测量深度及包含电阻率、声波时差等参数的输入值字典,执行校正计算并返回结果;
- Uninitialize: 在校正完成后负责资源的释放与清理。

此外,接口通过属性明确了算法的适用仪器名(Name)、输入与输出曲线列表(InputList, OutputList)以及参数配置(ParameterList, ParameterMap)。这种设计使得算法开发者能聚焦于算法精度与效率的优化,而无需关注底层流程集成,显著提升了模块的独立性与可复用性。

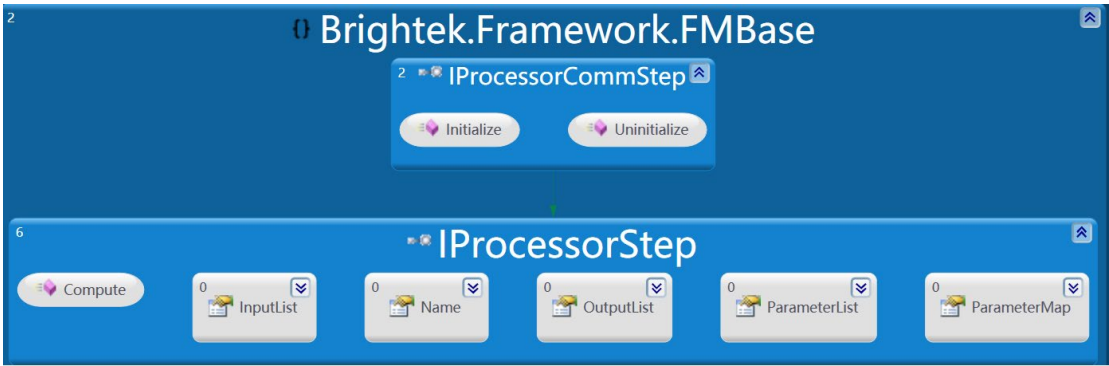


Figure 1. Unified interface definition for correction algorithms

图 1. 校正算法统一接口定义

2.1.2. 环境校正控制模块接口(ICommonEnvCorrBO)

如图 2 所示,该接口封装了校正算法的核心调用逻辑,为业务层的流程控制提供统一服务。其功能构成如下:

- 数据获取: 通过参数查询器(ParamQuery)与曲线查询器(OutputQuery)访问校正所需的参数及曲线信息。
- 流程管理: 提供完整的生命周期方法, Initialize 根据仪器串列表完成模块初始化; PreStartProcessing

依据测井模式(实时/测后)执行预处理；Process 执行核心校正计算；PostStopProcessing 负责滞后曲线等后续处理；Uninitialize 则在流程结束后进行资源清理。

- 数据绑定：借助 WireToOutputs、WireToParameters 等方法，建立输出曲线与参数之间的绑定关系，确保数据在模块间的准确传递与交互。
- 控制与交互：集成使能开关(IsEnable)与事件触发器(ProgressChanged)，前者用于动态控制校正功能的启停，后者为实现进度监控与用户交互提供了标准化机制。

该设计将复杂的校正流程封装为一系列标准操作，显著降低了业务逻辑的构建复杂度，提升了系统的可维护性与可扩展性。

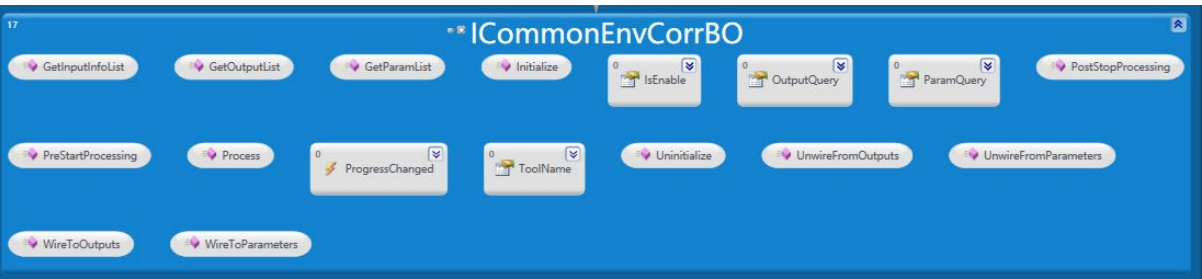


Figure 2. Interface definition of the environmental correction control module  
图 2. 环境校正控制模块接口定义

2.1.3. 环境校正管理模块接口(ICommonEnvCorrMgr)

如图 3 所示，该接口由系统底层实现并封装，旨在为上层软件开发提供可复用的统一管理服务。其功能通过以下机制实现：



Figure 3. Interface definition of the environmental correction management module  
图 3. 环境校正管理模块接口定义

- 初始化与清理：Initialize 方法依据仪器串列表及仪器与算法间的映射关系，完成系统的全局初始化；Uninitialize 方法负责在流程结束时统一释放资源。
- 信息获取与绑定：通过 GetOutputInfoList、GetInputInfoList 等方法获取完整的校正元信息列表，并利

用 WireToOutputs、WireToParameters 等方法维护数据实体间的绑定关系。

- 流程控制：PreStartProcessing、Process 及 PostStopProcessing 方法共同管控校正流程的启动、执行与收尾阶段。
- 动态管控：SetEnable 与 GetEnable 方法支持对特定仪器校正功能的动态启用与状态查询。
- 事件与资源管理：集成事件触发器(ProgressChanged)，用于发布校正进度等实时状态，同时统一管理环境校正相关的业务对象列表(如 EnvCorrBOList 等)，确保系统在复杂任务下的协调运行与整体灵活性。
- 此设计将分布式校正逻辑聚合为统一的管控平面，显著提升了大规模、多仪器测井场景下的系统可维护性与协作效率。

## 2.2. 事件通知机制

通过标准化的事件通知机制，实现了校正过程状态的可观测与可交互，具体设计如下。

### 2.2.1. 事件参数定义

定义了 EnvCorrEventArgs 类作为统一的事件参数载体，该类封装了两个核心属性：

- Progress (进度)：以规范化数值(如 0 至 1 或 0%至 100%)量化表征校正任务的执行进度。
- Status (状态)：以字符串形式描述校正过程的当前阶段(例如：“初始化中”、“计算进行中”、“校正完成”)，精确传达语义信息。

该类的设计为系统各模块间传递过程信息提供了统一且结构化的数据契约。

### 2.2.2. 事件触发与处理机制

系统在校正流程的关键节点(如任务启动、计算周期触发、任务完成)动态引发 EnvCorrProgressChanged 事件。该事件基于 EventHandler <EnvCorrEventArgs>委托构建，确保在事件触发时，能够将封装了实时状态的 EnvCorrEventArgs 对象准确传递给所有订阅模块。

此机制实现了业务逻辑与人机交互、日志记录等功能的解耦。典型应用包括：

- 用户界面模块：订阅此事件，实时驱动进度条与状态文本的更新，为操作人员提供直观的过程反馈。
- 日志记录模块：订阅此事件，自动记录校正详细过程，满足系统事后分析的需求。

该事件驱动架构显著增强了系统的交互透明度与运行过程的可监控性，为构建响应式、可维护的软件系统奠定了基础。

## 2.3. 配置运行模式与算法挂接

为实现系统运行模式与校正算法的灵活配置与动态加载，本设计采用基于配置文件与反射机制的策略，具体如下。

### 2.3.1. 配置文件设计

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<EnvCorrs>
  <EnvCorr Sensor="HAL6506H" EnvCorrName="HAL6506HEnvCorrCommonBO"/>
  <EnvCorr Sensor="THAL-HAL" EnvCorrName="THALEnvCorrCommonBO"/>
</EnvCorrs>
```

Figure 4. Example of a configuration file

图 4. 配置文件示例



系统采用结构清晰、可扩展的 XML 格式作为配置文件规范，见图 4。其根节点<EnvCorrs>下可定义多个<EnvCorr>子节点，每一子节点对应一种测井仪器的校正配置。例如，配置项<EnvCorr Sensor = "HAL6506H" EnvCorrName = "HAL6506HEnvCorrCommonBO"/>即声明了传感器 HAL6506H 所绑定的校正算法实体。该配置文件同时集成了系统运行模式(如实时或测后)等全局参数，从而通过声明式的配置结构，实现了对多仪器、多场景校正任务的统一与灵活管理。

2.3.2. 配置解析与算法加载

配置管理模块负责解析配置文件。在系统启动时，首先读取运行模式配置，确定系统是以实时校正还是测后校正模式运行。然后，对于每个仪器的配置项，根据仪器名和算法名，通过反射机制在算法实现模块中查找并加载相应的校正算法类，将其实例化并与仪器关联起来。这样，在实际校正过程中，系统能够根据配置准确调用对应的校正算法，实现了算法的灵活挂接，无需修改代码即可适应不同仪器和校正需求，大大提高了系统的适应性和可扩展性。

2.4. 流程整合

如图 5 所示，通过标准化的流程整合，实现了在实时与测后两种模式下的环境校正应用，具体工作流程如下：

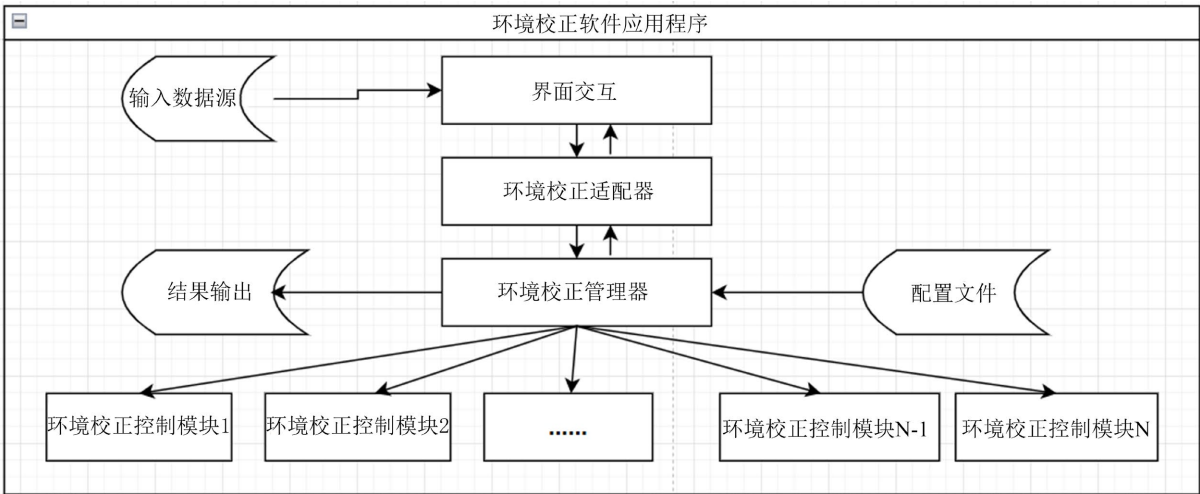


Figure 5. Functional module diagram of the environmental correction application

图 5. 环境校正应用程序功能框图

2.4.1. 系统初始化

系统启动时，配置管理模块率先加载并解析配置文件，获取仪器校正配置与运行模式等关键参数。随后，系统依据配置信息，动态创建算法实现模块中对应的校正算法实例，并初始化流程控制模块。该初始化过程确保了系统严格按预设参数完成环境准备，为后续校正任务的可靠执行奠定了坚实基础。

2.4.2. 实时校正流程

在实时校正模式下，流程控制模块持续监听测井仪器的数据流。当新数据到达时，模块立即解析仪器标识，并检索与之匹配的已加载校正算法实例，调用其 Compute 方法执行实时计算。计算过程中，算法依据输入数据与内置逻辑进行处理，并在关键节点触发 EnvCorrProgressChanged 事件，推送进度与状态信息。校正结果被实时返回至数据采集系统，保障了数据的时效性与准确性。同时，用户界面模块通

过监听事件实时更新显示内容，为用户提供了可视化的过程监控，实现了高效、透明的实时校正。

2.4.3. 测后校正流程

测后校正流程与实时校正核心逻辑相似，但采用异步处理模式可以提高系统整体响应性。流程控制模块按配置顺序批量读取存储的测井数据，并针对每个数据点调用相应算法的 `Compute` 方法进行校正。全过程通过同一事件机制发布进度与状态，驱动界面更新与日志记录。这种非阻塞的异步处理机制，有效避免了大规模数据处理对系统其他任务(如数据解释或报告生成)的阻塞，显著提升了系统吞吐量与资源利用率。校正结果最终被持久化存储，为后续的数据分析与地质解释提供高质量的数据基础。

3. 应用案例

3.1. 单只仪器实时井眼环境校正

以“HAL6506H”阵列侧向测井仪器为例，配置文件指定其使用“HAL6506HEnvCorrCommonBO”校正算法。系统初始化阶段，测井采集软件启动后获取仪器串信息，配置管理模块加载配置文件并创建校正流程控制与功能模块实例。实时校正过程中，当接收到“HAL6506H”数据帧时，系统调用对应算法实例进行校正计算，并实时返回校正后的电阻率值，确保数据准确性，见图 6。测井结束后，系统释放资源并执行后处理操作。

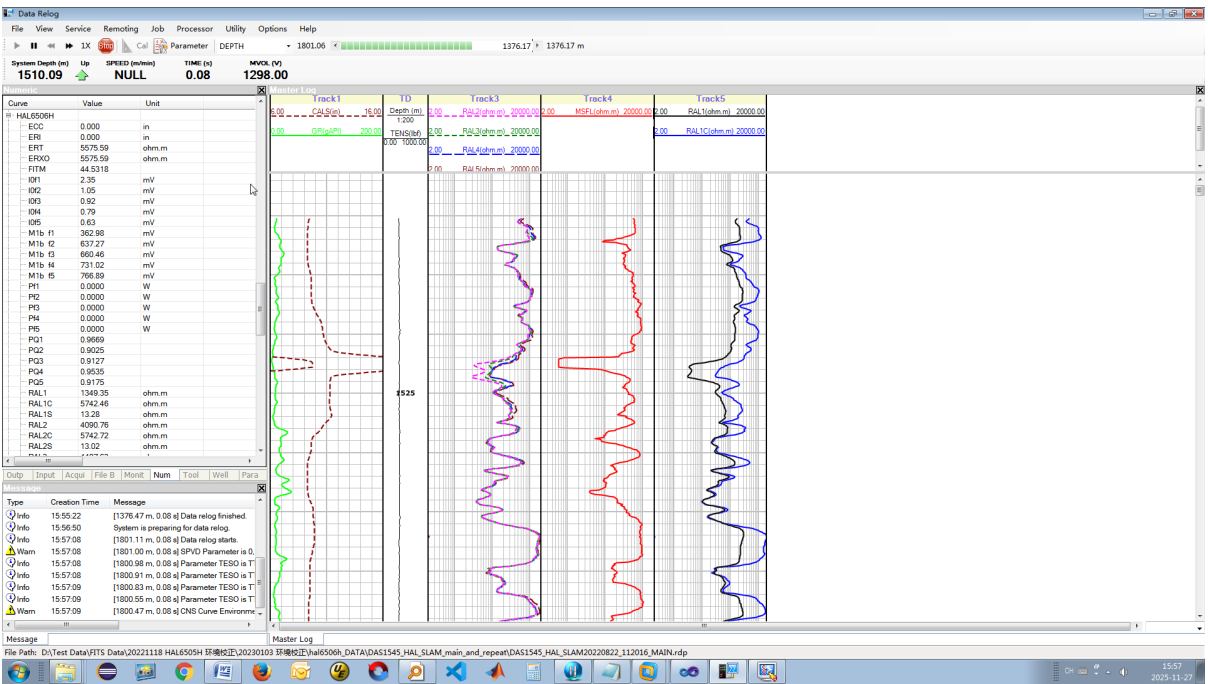


Figure 6. Real-time environmental correction process for a single tool  
图 6. 单仪器实时环境校正过程

3.2. 单只仪器测后井径环境校正

使用与实时校正相同的配置文件。如图 7 所示，测后校正软件启动后，加载存储的测井数据文件，配置管理模块解析配置文件并创建校正实例。用户点击“Apply”后，流程控制模块读取数据并调用校正算法，通过事件通知机制实时更新进度状态，采用异步处理方式不影响其他系统操作，校正完成后存储结果以供后续分析。

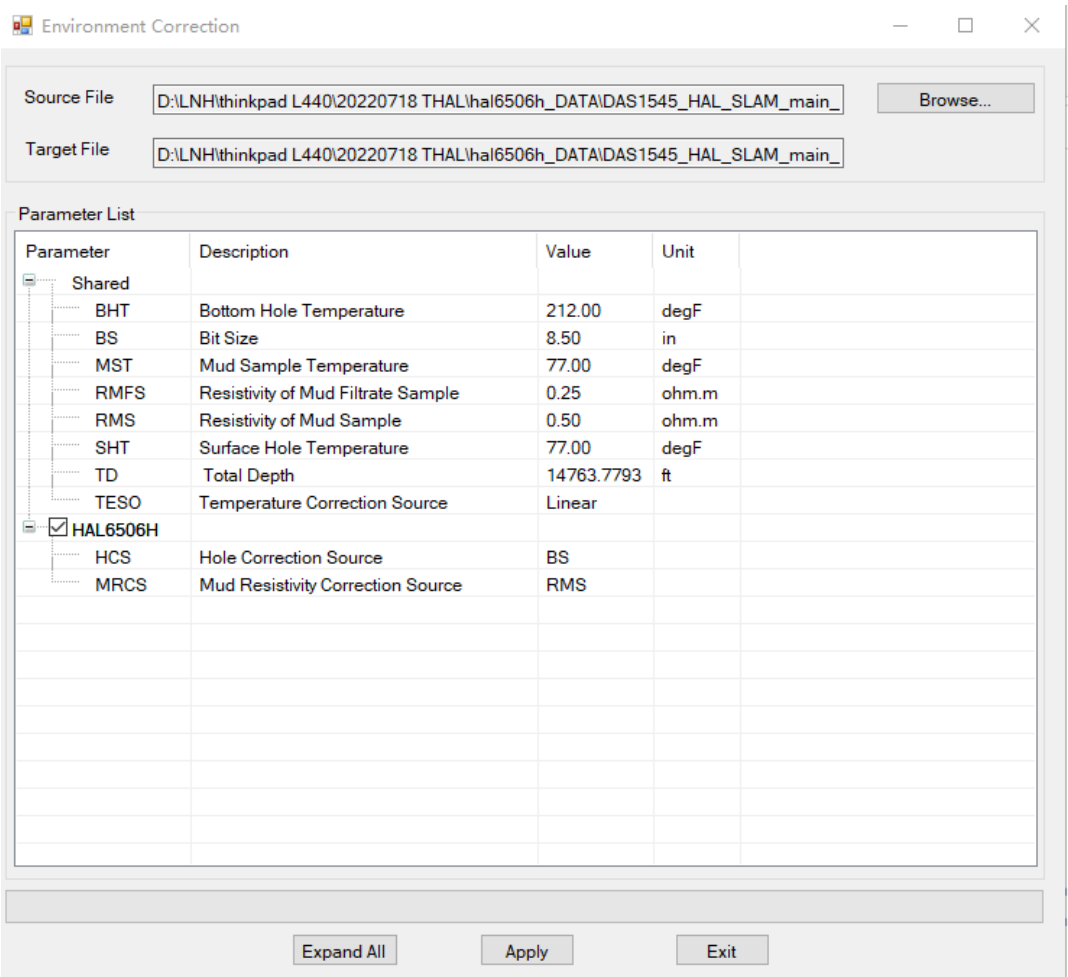


Figure 7. Post environmental correction software interface for a single tool  
图 7. 单仪器测后环境校正软件界面

3.3. 多仪器实时环境校正

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<EnvCorrs>
  <EnvCorr Sensor="HAL6506H" EnvCorrName=" HAL6506HEnvCorrCommonBO"/>
  <EnvCorr Sensor="THAL-HAL" EnvCorrName="THALEnvCorrCommonBO"/>
  <EnvCorr Sensor="TDLT-B" EnvCorrName="TDLTEnvCorrCommonBO"/>
  <EnvCorr Sensor="TLDT-B" EnvCorrName="TLDTEnvCorrCommonBO"/>
  <EnvCorr Sensor="TGDT-B" EnvCorrName="FITGRCorrCommBO"/>
  <EnvCorr Sensor="GRSPEC" EnvCorrName="GRSPECEnvCorrCommonBO"/>
  <EnvCorr Sensor="TCNT-B" EnvCorrName="FITTCNSEnvCorrCommonBO"/>
  .....
</EnvCorrs>
```

Figure 8. Example of a multi-tool environmental correction configuration file  
图 8. 多仪器环境校正配置文件示例

系统同时处理多台仪器的实时校正。配置文件分别指定多只仪器的校正算法，见图 8。系统初始化阶段加载并实例化多个校正算法。在实时测量过程中，流程控制模块根据仪器名分别调用对应算法，触发



事件更新各自进度状态，用户界面分别显示，确保多仪器数据同步校正与实时传输，实时校正软件界面如图9所示。

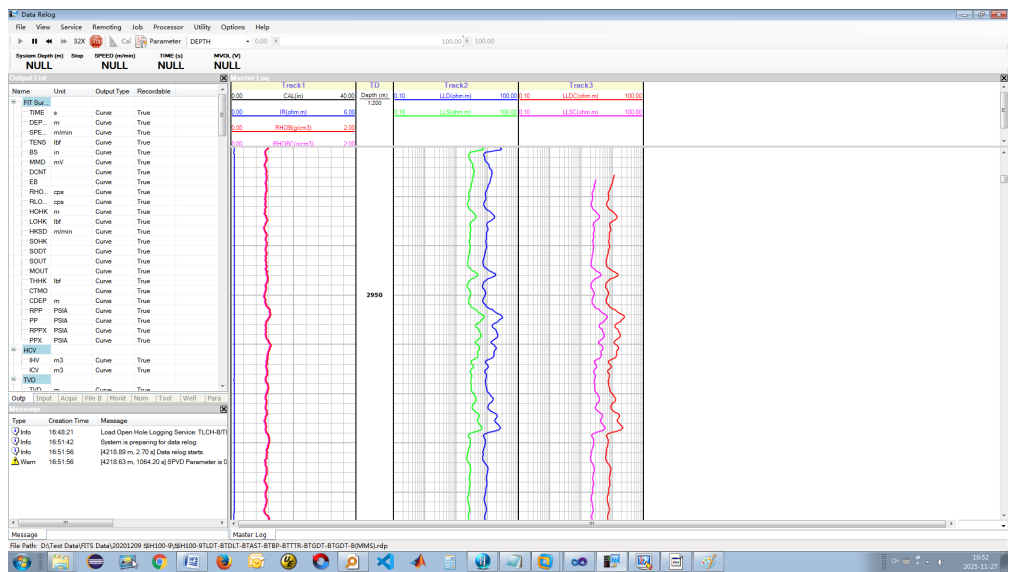


Figure 9. Real-time environmental correction process for multi-tools  
图9. 多仪器实时环境校正过程

### 3.3. 多仪器测后环境校正

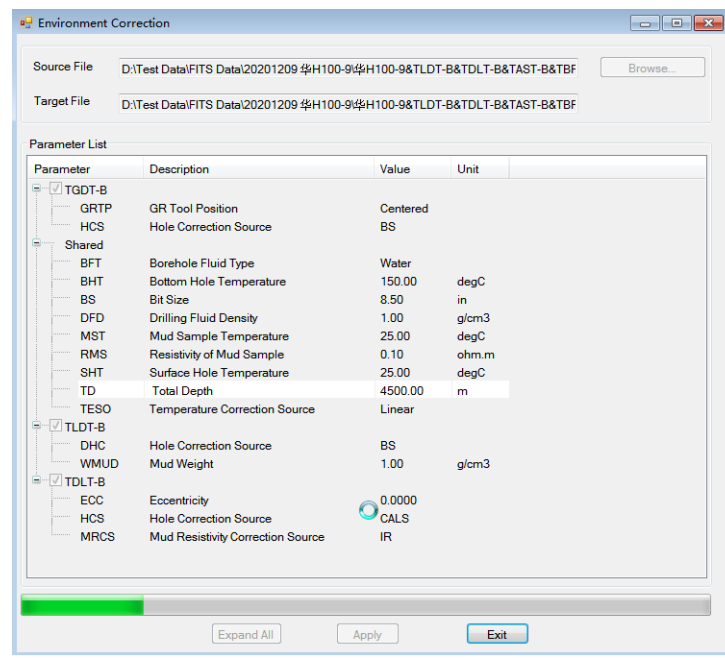


Figure 10. Post environmental correction process for multi-tools  
图10. 多仪器测后环境校正过程

配置文件与多仪器实时校正相同。测后环境校正软件启动后，加载数据文件并初始化多个校正实例。用户触发“Apply”后，系统采用多线程异步处理各仪器数据，互不干扰，通过事件机制更新进度，校正

完成后统一存储结果，提升整体处理效率，校正界面如图 10 所示。

通过阵列侧向测井仪器的井经实时环境校正、测后井径环境校正以及多仪器同步校正等多个应用案例的验证，本系统在实际测井作业中表现出良好的性能：

- 1) 在实时校正模式下，系统能够及时响应仪器数据流，完成快速准确的环境校正；
- 2) 在测后校正场景中，系统通过异步处理机制保证了大批量数据处理的效率；
- 3) 在多仪器协同作业时，系统展现了良好的并发处理能力和资源管理效率；
- 4) 事件通知机制使操作人员能够实时掌握校正进度，显著提升了作业透明度。

## 4. 结论与展望

### 4.1. 技术优势与创新价值

本文提出了一种基于统一架构的测井仪器环境校正系统，通过理论创新与关键技术突破，系统性地解决了传统校正方案中的多项核心问题。相较于现有技术，本系统在以下方面展现出显著优势：

1) 架构统一与算法复用：针对传统方案中实时与测后校正流程分离、代码冗余度高的痛点，本设计通过统一的接口规范与分层架构，实现了校正算法与业务流程的深度解耦。这不仅彻底解决了同一算法在不同模块中的重复实现问题，还通过配置化的算法挂接机制，灵活适配多样化的测井需求，从而显著提升了代码复用率与软件开发效率。

2) 系统灵活性与扩展能力：本系统整体架构具备高度的灵活性与可扩展性，克服了同类技术中常见的硬编码或扩展性不足的缺陷。通过 XML 配置文件与反射机制，实现了校正算法与仪器配置的动态加载与管理，无需修改核心代码即可集成新型仪器与算法。集成的事件通知机制进一步增强了系统的交互能力与用户体验，使其更具智能性与友好性。

### 4.2. 技术前景展望

基于当前的研究成果与实践经验，本技术的未来发展可围绕以下几个方向进行深入探索：

1) 智能校正算法的深度集成：随着人工智能技术的发展，未来可将机器学习、深度学习等智能算法与现有校正系统深度融合。通过构建智能校正模型，实现对复杂环境因素的自主识别和自适应校正，进一步提升系统在极端工况下的校正能力。

2) 云端协同架构的拓展应用：考虑构建基于云平台的分布式校正系统，实现测井数据的云端存储、协同处理和远程监控。这种架构不仅能够支持大规模数据的高效处理，还能为用户协同作业提供技术支持，推动测井数据的标准化和共享化进程。

3) 标准化与产业化推广：推动系统架构和接口规范的标准化工作，建立行业通用的环境校正技术标准。通过产学研合作，加速技术成果的产业化转化，为我国石油勘探开发行业提供更加先进、可靠的技术支撑。

## 5. 总结

本研究成功设计并实现了一套基于统一架构的测井仪器环境校正系统。该系统通过创新的架构设计与关键技术的攻关，有效解决了传统方法在架构分离、代码冗余及算法集成灵活性等方面的固有缺陷。应用结果表明，该系统在校正准确性、系统稳定性、架构灵活性及用户体验方面均具备显著优势，为测井环境校正提供了一套更为完善与高效的解决方案。展望未来，通过持续的技术迭代与应用拓展，本工作有望引领测井数据处理技术向智能化、标准化的方向纵深发展，并为我国石油勘探开发事业的技术进步作出实质性贡献。

---

## 参考文献

- [1] 王昊炜. 井径在随钻中子测井中的校正应用[J]. 今日自动化, 2023(8): 162-164.
- [2] 姜艳玲. 常规测井资料井眼环境校正软件开发[J]. 石油工业计算机应用, 2010, 18(2): 39-40.
- [3] 姜艳玲, 常俊, 胡振平, 等. 测井资料环境校正方法研究及软件开发[J]. 测井技术, 2011, 35(B12): 660-663.
- [4] 王洪亮. 复杂井眼条件下的测井环境校正技术[J]. 新疆石油科技, 2006, 16(2): 32-38.
- [5] 刘俊, 董彦喜, 李洪奇, 王洪亮, 姬嘉琦, 毛尚明, 顾军峰. 放射性测井资料环境校正软件适用性分析[J]. 国外测井技术, 2004, 19(2): 15-18, 20.
- [6] 王勇. 软件底层的统一大势[J]. 软件世界, 2008(7): 10.
- [7] 林木. 企业应用集成平台的架构研究与设计[J]. 软件, 2020, 41(6): 121-126.
- [8] 罗有平, 汲锡林. 统一通信客户端软件架构研究[J]. 无线电工程, 2018, 48(4): 253-256.
- [9] 罗有平, 周炳然. 统一通信应用服务器软件架构研究[J]. 计算机与网络, 2018, 44(1): 58-60.
- [10] 方明. 论配置化软件架构在水利信息化软件中的应用[J]. 治淮, 2024(8): 16-17, 20.