地质化验室检测数据质量控制与误差来源分析

杨晓柯　黄静婷
广西壮族自治区第六地质队　广西 贵港　537100

摘　要　地质化验检测数据是矿产资源勘查、地质环境评价、岩土工程勘察等工作的核心基础依据，数据的精准度与稳定性直接影响各类地质成果的可靠性。地质化验室检测流程涵盖样品采集、预处理、仪器检测、数据核算多个环节，全过程极易产生各类误差，造成数据偏离真实值，引发检测结果失真。本文以地质化验室实际检测工作场景为依托，梳理检测工作全流程的质量管控要点，深度剖析各类误差的产生诱因与内在规律，结合现场实操经验优化质量控制实施路径，为地质化验检测数据精度提升、检测流程规范化落地提供实操性参考，助力地质检测工作标准化、精细化开展。

关键词　地质化验室；检测数据；质量控制；误差来源；数据精度

Quality Control of Testing Data and Analysis of Error Sources in Geological Laboratories

Yang Xiaoke, Huang Jingting
The Sixth Geological Team of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Guigang 537100, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China

Abstract　Geological testing data serve as the core foundation for mineral resource exploration, geological environment assessment, and geotechnical engineering investigation, and the accuracy and stability of such data directly affect the reliability of various geological results. The testing process in geological laboratories covers multiple stages, including sample collection, pretreatment, instrumental detection, and data calculation, throughout which various errors are highly prone to occur, causing data to deviate from true values and resulting in distorted testing results. Based on the actual testing work scenarios of geological laboratories, this paper reviews the key points of quality control throughout the entire testing process, deeply analyzes the causes and inherent patterns of various errors, and optimizes the implementation path of quality control in combination with field practical experience, so as to provide practical reference for improving the accuracy of geological testing data and standardizing the testing process, and to support the standardized and refined development of geological testing work.

Key words　Geological Laboratory; Testing Data; Quality Control; Error Sources; Data Accuracy

地质化验检测是地质工作体系中不可或缺的技术环节，各类岩石、土壤、矿石及水体样品的成分、含量、物性指标检测结果，是判定地质构造特征、矿产资源储量、地质环境风险的核心数据支撑。当下地质勘查行业的规范化程度持续提升，各类地质工程与资源评价工作对化验数据的精度、重复性和溯源性要求不断提高，传统粗放式的检测管理模式已经难以适配行业发展需求。地质化验工作工序繁杂，每个操作环节的细微偏差都会累积形成整体数据误差，部分隐蔽性误差无法通过常规数据校对发现，会长期影响地质成果的准确性。多数基层化验室在日常运营中，仍存在质量管控体系落地不到位、误差溯源不精准、过程管控碎片化等问题，导致检测数据稳定性不足。基于地质化验实操场景开展质量控制体系优化，精准识别各类误差的产生机制，能够从流程层面规避数据失真问题，切实提升地质化验工作的实操质量[1]。

1　地质化验室检测数据质量控制体系构成

1.1 检测前期基础质量管控

地质检测前期筹备工作的规范性，从源头决定着后续数据的基础精度，管控的重点在于样品接收、存储和设备预处理等多个实操环节。送检的地质样品来源复杂，在不同的区域、不同类型样品物理性状有明显的区别，样品接收过程中的信息核对、外观核验、分类存放等操作细节，都会影响到样品原始状态；样品存储环境的温湿度、密封情况以及存放时间把握不好，会引起样品发生风化、氧化、吸湿等情况，直接影响样品的物质成分结构，给后续检测带来数据偏差的风险。检测仪器的前期调试及校准也是前期管控的重要内容之一，长期连续使用检测设备会发生光路偏移、参数漂移、部件磨损等问题，没有经过精准校准的设备直接投入使用进行检测，会产生系统性的数据偏差。实验耗材的选型和预处理也不容小觑，试剂纯

度、器皿洁净程度、稀释液体的配比精度等都可能会影响样品检测的初始环境，耗材残留杂质、试剂配比失衡的问题会导致微量检测的数据失真，这种前期隐藏问题很难通过后期数据复核来纠正。

1.2 检测过程动态质量管控

检测实施阶段是数据生成的核心阶段，也是质量控制的重要环节，在整个过程中进行动态化的过程管控可以有效降低随机性误差。在样品预处理操作中，破碎、研磨、缩分、消解等实际操作的力度、时长、温度把控有偏差，则会造成样品不均一，某些组分富集或者流失，造成同一批次样品检测的数据离散度较大；在仪器检测的过程中，环境波动会影响设备的运行状态，如实验室温度骤变、震动干扰、粉尘堆积等因素都会打乱仪器的稳定运行参数，会让单次检测数据出现无规律的偏差；检测人员的实操熟练程度和操作规范性会对数据的质量有着重要影响，如微量取样、试剂添加、仪器参数调节等精细操作，人工操作的细微偏差会直接转化成数据误差，并且不同的操作人员有不同的操作习惯，会造成同一批样品检测结果的重复性降低。因此，过程质量管控要贯穿于每一个检测操作之中，通过对检测状态的实时监控，以及规范化操作流程、把控环境变量，实现对检测过程的动态约束，减少人为及环境因素带来的质量隐患[2]。

1.3 检测后期数据复核管控

检测完成之后的数据整理、核算、复核的工作，是对整个数据最后准确性保证的收尾工作，同时也是弥补前期检测偏差的重要手段。仪器直接输出的原始数据有大量基础参数，在实际工作中有些数据还需要根据样品特性和实验环境做换算和修正，数据换算过程中公式的套用错误、数值保留不正确以及单位转换失误等都会造成精准检测数据的人为失真；在数据初步整理后，需要结合同一批次空白样品、平行样品、标准样品的检测结果进行比对核验，单一样品的检测数据不能够排除偶然误差的存在，而批次数据之间的关联性分析可以快速发现异常数据；数据归档之前的数据复核工作也容易出现流程简化的现象，某些化验室仅核对数据数值，并未开展数据溯源性核查，使得部分存在操作隐患的不合格数据得以留存，影响最终地质成果的应用价值。

2 地质化验检测数据主要误差来源分析

2.1 系统性误差成因

系统性误差具有稳定性、重复性的特征，是地质化验检测中影响数据整体精度的核心误差类型，多由固定性因素长期作用产生，会导致整批次检测数据持续偏离真实数值。检测设备的固有偏差是系统性误差的主要诱因，设备出厂精度偏差、长期使用后的部件老化、校准周期超标，会让仪器始终处于固定偏差状态，所有检测样品的结果都会呈现同向偏移。实验室固定实验条件不达标也会催生系统性误差，长期恒定的温湿度偏差、试剂批次纯度差异、固定器皿的残留污染，会形成固定的实验环境偏差，持续干扰样品检测反应过程。检测方法的适配性缺陷会造成规律性数据偏差，部分传统检测方法适配的样品类型有限，针对特殊高杂质、高硬度地质样品，检测方法的灵敏度不足，无法精准捕捉样品组分含量，形成固定的方法误差。这类误差不会随检测次数增加而消失，隐蔽性极强，常规数据复检难以发现，会持续降低批次检测数据的整体精准度，对批量地质检测工作的影响最为显著。

2.2 随机性误差成因

随机性误差无固定规律、单次出现，多由偶然因素引发，会造成单条或少量检测数据异常，是检测数据离散性超标的主要原因。检测过程中的瞬时环境波动是常见诱因，实验室突发的气流扰动、短暂电压波动、周边设备运行带来的震动，都会瞬间改变仪器检测状态，造成单次检测数值波动。人工操作的偶然失误也会产生随机误差，取样时的微量取样偏差、试剂添加的瞬时剂量偏差、仪器参数微调的细微失误，不具备重复性，仅会造成单次检测结果偏离。样品自身的瞬时状态变化同样会引发随机偏差，部分地质样品遇空气瞬时氧化、研磨后局部颗粒分布不均，会使同一样品不同点位的检测结果出现细微差异。随机性误差无法彻底规避，但其波动范围具备可控性，多数基层化验室对这类误差的管控关注度不足，容易将偶然异常数据判定为有效数据，影响地质数据统计的合理性。

2.3 粗差性误差成因

粗差性误差属于大幅度的数据偏差，在数值上离真实值非常远，完全脱离正常的误差波动范围，基本上是由人为失误和流程失控造成。在样品管理过程中出现的失误是粗差产生的原因之一，如样品编号混乱、批次错乱、样品被污染或者丢失，会造成检测样品与送检样品不一致的情况，从而直接生成完全失真的无效数据；检测过程中的严重不规范行为也会造成大幅偏差，消解温度失控、反应时长不够、试剂添加错误等重要工序上的失误都会彻底破坏样品检测体系，让数据变得完全失效；数据记录及整理中的人为失误也可能会带来粗差，原始数据抄写错误、数值录入有误、批次数据混淆等低级失误，会让合格的检测数据变成错误数据。粗差对于检测成果的破坏力

最大，它会导致一组甚至是多组检测数据作废，耽误地质工作的进度，大部分粗差都可以通过流程管控以及双人复核来避免[3]。

3 地质化验检测数据质量控制优化策略

3.1 完善设备校准与运维机制

设备状态的稳定性是从源头上减少系统性误差的关键，在常态化的设备运维和校准中，摒弃传统故障维修、定期校准的粗放式管理方式，根据各种检测设备的使用频率及精度要求设定不同的校准周期，对于频繁使用的光谱仪、原子吸收仪等精密设备，缩短校准间隔，并且搭配日常零点校准、空白校准，实时修正设备参数漂移的问题；设备日常运维需要落实精细化管理，定期对仪器光路、检测探头、管路系统进行清理维护，及时更换老化的磨损部件，避免设备固有的偏差不断积累；建立设备使用台账，完整记录设备校准的时间、运维的内容以及使用的状态，实现设备偏差的可溯源、可管控，根据不同类型的地质样品检测需求，提前调试设备参数，匹配最优的检测工况，从硬件层面上稳定检测的基础精度[4]。

3.2 规范全流程实操作业标准

在全流程的操作中推行规范化管理，可以最大限度减少人为和随机性误差的影响，并且通过对流程化作业的约束，控制各实操环节中的自由偏差。对样品接收、存储、预处理、检测以及数据整理的所有工序都做出详细的作业规范要求，明确不同类型地质样品的存储条件、预处理参数、检测操作的标准，从而消除由于操作人员个人习惯而产生的操作偏差；加强实操过程中对关键步骤（如消解、取样、配比）的过程监督，避免因人工偶然操作失误导致数据异常；根据实验室检测工作的实际情况，合理管理试剂模式，统一试剂购买渠道及试剂存储方式并定期核验试剂纯度，以避免试剂品质影响检测结果。标准化作业并不是固化了所有操作细节，只是统一了核心管控标准，留有合理的实操适配空间，在保证数据稳定性的前提下适配不同的样品检测需要[5]。

3.3 构建多层级数据复核管控体系

多层级复核可以准确地排查各种类型的误差，特别是隐蔽性的系统误差以及偶发性的粗差，做到检测数据闭环的质量控制。落实样品平行检测、空白对照、标准样品比对的常态化检测制度，在多个组的数据之间进行对比，发现批次数据存在系统的偏移问题，并及时修正检测参数及操作偏差；建立双人分级复核制度，一级复核主要检查原始数据记录、数值换算、录入是否正确，排查人为造成的粗差，二级复核在批次数据的离散度、关联性和合理性上做深入核验，识别隐蔽性误差；搭建数据溯源管理，保留样品的操作记录、设备参数、实验环境、原始数据等全过程的信息，对于出现异常数据时能迅速找到误差源头并有针对性地优化管控流程。不断总结检测数据中的误差规律，结合日常检测案例优化管控要点，逐渐减小各类误差的波动范围，不断提升检测数据质量[6]。

4 结束语

地质化验检测数据误差产生的过程涵盖了整个检测流程，不同类型误差的形成机理、影响范围以及管控方式各不相同；并且各种系统的、随机性的、粗差互相叠加，是导致检测数据失真的最主要原因；而对数据的质量控制不是某个环节的管控工作，而是对样品、设备、操作、数据的全过程系统化管理，只有准确地分辨出误差类型并追溯到误差成因，有针对性地落实好设备运维、操作规范、数据复核等工作，才能有效地减少数据偏差。因此，地质化验实验室要摒弃碎片式的质量管控模式，构建全流程、可溯源、动态化的质量管控体系，结合日常工作中的实际操作不断优化管控细节，精准规避各类检测误差，保证地质化验数据的准确性、稳定性和可靠性，为各项地质工作的顺利进行提供可靠的数据支持。

参考文献

[1]王文娟.金属矿物分析化验中的质量控制要点分析[J].世界有色金属,2023(16):226-228.

[2]张奎元.岩石矿物分析化验中的质量控制探析[J].冶金管理,2023(1):70-71.

[3]王晓东.地质矿物样品化验误差处理方法研究[J].中国金属通报,2021(12):167-169.

[4]孙丰全,王建茹,周冰.岩石矿物分析化验中的质量控制要点[J].中国金属通报,2020(8):163-164.

[5]祁钢虎.谈矿石化验质量的误差产生原因与处理方法[J].中国金属通报,2020(6):244-245.

[6]周欢.关于矿石样品化验误差处理方法探究[J].化工管理,2018(28):68-69.

（本文编辑 曹 阳）

