



中国地质调查局地质调查技术标准

DD 2022—1.3

岩心数字化技术规程 第3部分：光谱扫描

**Code of practice for core digitalization
Part 3: Spectral scanning**

自然资源部中国地质调查局

2022年2月

目 次

前言.....	II
引言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 基本要求.....	2
5 准备工作.....	2
5.1 设备准备.....	2
5.2 场地准备.....	2
5.3 人员准备.....	2
5.4 岩心准备.....	2
6 光谱数据及图像采集.....	3
6.1 仪器预热.....	3
6.2 标准参考板测量.....	3
6.3 相机及光谱仪光源调试.....	3
6.4 光谱仪参数设置.....	3
6.5 光谱数据采集.....	4
7 光谱数据处理.....	4
7.1 深度数据校正.....	4
7.2 无效数据剔除.....	5
7.3 光谱数据解译.....	5
8 数据整理与组织.....	5
8.1 岩心图像数据.....	5
8.2 岩心光谱数据.....	5
8.3 岩心光谱扫描记录表.....	5
9 质量检查.....	6
9.1 总体要求.....	6
9.2 完整性检查.....	6
9.3 规范性检查.....	6
9.4 准确性检查.....	6
10 报告编写与资料提交.....	6
10.1 报告编写.....	6
10.2 资料提交.....	6
附录 A（规范性） 岩心光谱扫描记录表.....	7
附录 B（规范性） 质量检查记录表.....	8
参考文献.....	9

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件为《岩心数字化技术规程》的第3部分。《岩心数字化技术规程》已经发布了以下部分：

——第1部分：总则；

——第2部分：表面图像数字化；

——第3部分：光谱扫描。

本文件由自然资源部中国地质调查局提出并归口。

本文件起草单位：中国地质调查局天津地质调查中心、自然资源实物地质资料中心、中国地质调查局南京地质调查中心。

本文件主要起草人：张博、李建国、修连存、刘宏、王家松、张弘、程银行、殷靓、朱强、史维鑫、杨彬、刘宏伟、苗晋杰、回广骥、郭东旭。

本文件由自然资源部中国地质调查局负责解释。

引 言

岩心是了解地下地质信息的基础资料，通过岩心数字化技术，可以无损（或微损）、连续、快速、高密度地获取岩心表面及内部各类信息，如图像、矿物、元素、结构、构造、物性等，实现实体岩心的数字化保存与高效利用，为地质调查、矿产资源勘查、生态环境评价、地质科学研究和防灾减灾等提供技术服务和数据支撑。《岩心数字化技术规程》是指导岩心保管单位和项目承担单位开展岩心数字化工作的基础性和通用性标准规范。鉴于各类岩心数字化技术的工作原理、方法和要求不同，《岩心数字化技术规程》拟由7部分组成。

- 第1部分：总则。确立开展岩心数字化工作需遵循的总体原则和基本要求。
- 第2部分：表面图像数字化。为采集岩心表面图像信息工作确立可操作、可追溯、可证实的程序及要求。
- 第3部分：光谱扫描。为采集岩心光谱反射率及矿物信息工作确立可操作、可追溯、可证实的程序及要求。
- 第4部分：X射线荧光元素测试。为采集岩心元素信息工作确立可操作、可追溯、可证实的程序及要求。
- 第5部分：多尺度CT扫描。为采集岩心内部孔隙、裂隙等结构信息工作确立可操作、可追溯、可证实的程序及要求。
- 第6部分：微区扫描电镜成像。为采集岩心微观区域矿物、元素、结构等信息工作确立可操作、可追溯、可证实的程序及要求。
- 第7部分：物性参数测量。为采集岩心电阻率、磁化率等物性参数信息工作确立可操作、可追溯、可证实的程序及要求。

岩心光谱扫描技术，可通过获取一定波长范围内的岩心光谱信息，反演相应的矿物成分及分布规律，划分蚀变带，进而研究流体运移作用。通过规范地开展岩心光谱数字化工作，可以获取岩心的光谱矿物信息并建立数据库，基于网络在线服务，可以实现远程查询、借阅岩心光谱矿物数据，促进全国岩心数字化资源的共享利用。本标准的制定将进一步规范岩心光谱扫描工作，对提升岩心光谱数字化水平具有重要意义。

岩心数字化技术规程

第3部分：光谱扫描

1 范围

本文件规定了岩心光谱扫描的准备工作、光谱数据及图像采集、光谱数据处理、资料整理、质量检查、报告编写与资料提交等的基本要求和操作方法。

本文件适用于可见光—短波红外波段（400 nm~2500 nm）的岩心光谱数据获取与处理工作。热红外波段（8000 nm~14500 nm）可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

DD 2022—1.1 岩心数字化技术规程 第1部分：总则

DD 2022—1.2 岩心数字化技术规程 第2部分：表面图像数字化

3 术语和定义

总则界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

光谱数据解译 interpretation of spectral data

从采集的岩心光谱数据中提取矿物信息的过程。

3.2

光谱反射率 spectral reflectivity

物体对某一波长电磁波的反射辐射通量与其入射辐射通量之比。

[来源：GB/T 14950—2009, 4.101]

3.3

光谱分辨率 spectral resolution

表征对辐射随波长变化细节分辨能力的参数，通常用光谱带宽表示，即辐射测量通道之光谱响应曲线峰值的1/2处所对应的波长间隔。

[来源：GB/T 33988—2017, 3.3]

3.4

标准白板 standard whiteboard

光谱测试中作为参照标准的光学性能稳定的反射板，其反射特性近似为朗伯反射体。

[来源：DD 2014—13, 3.5, 有修改]

3.5

光谱标样 **spectral standard sample**

光谱特征稳定、表面均匀的用于监测岩心光谱扫描仪稳定性的已知样品。

4 基本要求

4.1 开展岩心光谱扫描工作前，应收集钻孔（井）岩心所属工作区相关地质资料，并通过综合分析和研究，基本了解工作区待测岩心各岩性单元的矿物类型及其标准光谱曲线特征。

4.2 岩心光谱扫描以钻孔（井）为单元进行，扫描完成后应提交相应的技术资料。

4.3 岩心光谱扫描采用的光谱仪应满足以下主要技术指标：

——波段范围：涵盖 400 nm~2500 nm；

——光谱分辨率：400 nm~2500 nm 应优于 10 nm；

——图像分辨率：不低于 100 DPI；

——定位精度：应优于 0.1 mm；

——光谱数据采集探头：应适应直径 40 mm~200 mm 口径的岩心；

——信噪比：应优于 500:1（反射率为 50% 的条件下测试）。

4.4 根据岩性变化情况及研究需要确定扫描间隔，一般为 5 cm，重点钻孔、重要层位和关键段岩心可加密至 2 cm~5 cm；岩性单一的巨厚层岩性段，可放宽至 10 cm~25 cm。重点钻孔、重要层位和关键段岩心的选取应符合 DD 2022—1.1 第 5 章的要求。

4.5 宜采用图像与光谱矿物同步扫描的方式开展工作。

5 准备工作

5.1 设备准备

5.1.1 所选光谱仪应满足 4.3 规定的技术指标。光谱仪应由具有计量资质的单位对仪器的波长、辐射响应等特性以及标准白板的反射特性等进行标定。

5.1.2 开展岩心光谱扫描之前，应采用光谱标样对光谱仪、光源等进行检查，如仪器性能出现异常，应重新对仪器进行标定。

5.1.3 保持标准白板的清洁度，避免与其它物体接触。当标准白板表面附着尘埃或光谱特征出现较明显退化时，应清洁或更换。

5.2 场地准备

5.2.1 岩心光谱扫描工作应选择无强磁场、无腐蚀性气体、远离火（热）源的室内场所，不应将仪器置于振动、潮湿和阳光直射的地方。

5.2.2 采用可见光—短波红外波段时，场地温度应确保在 5 °C~35 °C 之间。

5.2.3 采用热红外波段时，场地温度应确保在 20 °C~25 °C 之间，波动不大于 3 °C。

5.3 人员准备

5.3.1 岩心光谱扫描至少应配备 2 名经过专业培训的技术人员，其中 1 人应具有实时监测光谱曲线和图像质量的能力。

5.3.2 技术人员在光谱扫描过程中应穿着暗色弱反射衣物。

5.4 岩心准备

5.4.1 岩心整理与清洁

5.4.1.1 按照 DD 2022—1.1 中 6.2 的要求进行岩心整理与清洁。

5.4.1.2 采集光谱数据前要确保岩心表面干燥、无覆盖，地质现象清晰可见。

5.4.1.3 岩心盒（箱）材质宜为塑料或木制，颜色应为暗色或原木色，如岩心盒（箱）颜色不规范，应更换岩心盒（箱）后再采集光谱数据。

5.4.2 待扫描岩心信息记录

5.4.2.1 开展岩心光谱扫描前，应先录入待扫描钻孔（井）的基本信息，具体见 DD 2022—1.1 附录 A。

5.4.2.2 将每盒岩心的起始深度、终止深度、回次信息、各回次实际长度等信息记录在纸质版和电子版“岩心光谱扫描记录表”（见表 A.1）中，便于后期深度校正。

6 光谱数据及图像采集

6.1 仪器预热

岩心光谱扫描仪启动后预热，待仪器性能和光源稳定后再开始扫描。

6.2 标准参考板测量

采用可见光—短波红外波段时，应使用标准白板进行测量，具体要求如下：

- a) 根据岩心孔径和岩心盒（箱）底部厚度，测算岩心表面中轴线高度。将标准白板放置于光谱仪探头正下方，并确保与岩心表面中轴线的高度一致。
- b) 对标准白板的光谱进行测量，结果应满足仪器技术参数要求。
- c) 每更换一盒岩心，应测量一次标准白板。
- d) 测量时应由专业人员戴防护手套进行操作，避免污染标准白板。每次测量后需保存数据。
- e) 便携式光谱仪标准白板测量参照执行。

6.3 相机及光谱仪光源调试

6.3.1 将岩心盒放置到工作台上，使岩心盒内岩心摆放方向与光谱扫描行进方向平行。按照 DD 2022—1.2 中 6.2.4 给出的操作方法，根据岩心的颜色和明暗度调节相机光圈或相机软件参数，使岩心图像接近岩心的自然形态，地质现象清晰可见。

6.3.2 通过调整光谱仪光源高度或角度，使光源聚焦到参考板上表面所在高度位置。

警示：光谱仪光源调试过程中，必须佩带护目镜及防护手套，防止被光源灼伤！

6.4 光谱仪参数设置

在采集软件上设置相应的扫描参数，设置的参数包括：文件名称、岩心盒（箱）号、岩心盒（箱）隔槽数量、隔槽宽度、岩心盒（箱）长度、岩心盒（箱）起始深度、扫描间距等。要求如下：

- a) 文件名称：以“工作区_钻孔（井）号”命名，如“河北黑山铁矿_ZK01”；
- b) 岩心盒（箱）号：填写阿拉伯数字，如“001”，即为第一盒（箱）岩心；
- c) 岩心盒（箱）隔槽数量：填写阿拉伯数字，如“03”，即表示该岩心盒（箱）有 3 个隔槽；
- d) 岩心盒（箱）隔槽宽度：填写阿拉伯数字，单位为毫米，如“65”，即表示隔槽宽度为 65 mm；

- e) 岩心盒（箱）长度：填写阿拉伯数字，单位为厘米，如“100”，即表示岩心盒（箱）长度为 100 cm；
- f) 岩心盒（箱）起始深度：填写阿拉伯数字，精确到小数点后两位，单位为米，如“3.14”，即该盒（箱）岩心的起始深度是 3.14 m；
- g) 扫描间距：填写阿拉伯数字，单位为厘米，如“5”，即表示每隔 5 cm 采集一次数据。

6.5 光谱数据采集

完成参数设置后，开始光谱数据采集，具体如下：

- a) 采集光谱标样的光谱数据时，应观察曲线是否平滑，是否有明显跳跃或剧烈抖动现象，与近期光谱曲线相比是否发生明显变化。若出现异常，需重新定标；
- b) 采集岩心的光谱数据及图像时，现场技术人员应注意采集探头的位置是否偏离岩心中轴线，若由于岩心摆放位置不当导致测试点偏离岩心中轴线，则需要重新摆放好岩心位置后对这盒岩心再次扫描；
- c) 现场技术人员应实时观察光谱曲线和图像质量，曲线是否平滑，是否有明显跳跃或剧烈抖动现象，图像是否清晰、色调是否正常，若出现异常，应查明原因（参考板污染、光源位置错位等），并详细记录；
- d) 采集过程中应观察机械移动平台的工作状态，如有异响、卡顿等现象时，应停机检查。排除故障，重新定标后采集数据；
- e) 采集完一盒（箱）岩心数据后，按照 6.4 重新设置参数，采集光谱标样的光谱数据后，进行下一盒岩心光谱采集。

7 光谱数据处理

7.1 深度数据校正

7.1.1 光谱数据的深度信息与实际深度存在误差。钻孔（井）岩心整体采取率不低于 85%时，宜以岩心盒（箱）为单元进行深度校正；钻孔（井）岩心整体采取率低于 85%时，宜以回次为单元进行深度校正。

7.1.2 根据岩心光谱扫描记录表（见表 A.1）记录的信息，以回次（箱）为单元计算实际采取率、实际扫描间距进行深度数据校正。

7.1.3 计算各回次（箱）的实际采取率，计算公式为：

$$P = \frac{L}{H_2 - H_1} \dots \dots \dots (1)$$

式中：

- P —实际采取率；
- L —现场测量的各回次岩心实际长度，单位为厘米（cm）；
- H_1 —各回次（箱）的起始深度，单位为厘米（cm）；
- H_2 —各回次（箱）的终止深度，单位为厘米（cm）。

7.1.4 计算各回次（箱）的实际扫描间距，计算公式为：

$$S = \frac{S_0}{P} \dots \dots \dots (2)$$

式中：

- S —实际扫描间距，单位为厘米（cm）；

S_0 —初始设定的扫描间距，单位为厘米（cm）；

P —实际采取率。

7.1.5 计算各回次（箱）光谱数据采集点的实际深度，计算公式为：

$$H = H_1 + S * n \dots\dots\dots (3)$$

式中：

H —光谱数据采集点的实际深度，单位为厘米（cm）；

H_1 —各回次（箱）的起始深度，单位为厘米（cm）；

S —实际扫描间距，单位为厘米（cm）；

n —该回次光谱数据采集点的顺序数。

7.2 无效数据剔除

岩心盒（箱）、油漆等为无效数据，应进行剔除。选择各类非岩心物质的光谱特征参数作为参考数据，计算光谱数据与参考数据的相似度，一般大于90%视为无效数据（干扰严重时可根据实际情况适当调整）。

7.3 光谱数据解译

7.3.1 用光谱求导、去包络线等方法增强岩心光谱特征的差异对比性。

7.3.2 根据实测光谱曲线与标准矿物曲线相似度，确定矿物种类。

7.3.3 提取吸收深度、吸收波长位置、半高宽、不对称性、特征面积等光谱特征参数，计算矿物的分布和相对含量。

7.3.4 矿物的种类至少应提取到亚族。

8 数据整理与组织

8.1 岩心图像数据

应对岩心光谱扫描过程中形成的图像数据进行整理与组织，具体要求见DD 2022—1.2的8.1。

8.2 岩心光谱数据

8.2.1 光谱数据文件应建立三级文件夹整理。包括：项目所有钻孔（井）岩心的光谱数据，单个钻孔（井）的光谱数据，单个钻孔（井）的原始光谱反射率数据（L0）、单个钻孔（井）处理后的光谱反射率数据（L1）、单个钻孔（井）解译后的矿物数据（L2）。

8.2.2 一级文件夹存放项目所有钻孔（井）的光谱数据，文件夹以“项目编码_SPE”命名。

示例：DD2020009 项目的岩心光谱数据，命名为“DD2020009_SPE”。

8.2.3 二级文件夹存放所测钻孔（井）所有的光谱数据，以“钻孔（井）号_SPE”命名。

示例：钻孔 ZK01 的光谱数据，命名为“ZK01_SPE”。

8.2.4 三级文件夹为钻孔（井）的原始光谱反射率数据（L0）文件夹、单个钻孔（井）处理后的光谱反射率数据（L1）文件夹和单个钻孔（井）解译后的矿物数据（L2）文件夹，共同存储在二级文件夹内，命名规则分别为“钻孔（井）号_L0_SPE”、“钻孔（井）号_L1_CSV”和“钻孔（井）号_L2_CSV”。

示例：ZK01 的岩心原始光谱数据，命名为“ZK01_L0_SPE”。

8.2.5 光谱原始数据包括光谱原始数据和仪器定标数据。

8.2.6 光谱数据格式应为 CSV 或 TXT。

8.3 岩心光谱扫描记录表

8.3.1 以钻孔（井）为单位，按照记录深度由浅到深的顺序将纸介质版岩心光谱扫描记录表统一整理，并装订成册。同时，补充填写现场记录过程中漏记的栏目，并核对记录深度、回次信息、岩心长度等是否有误、是否有重复记录等。

8.3.2 完成每个钻孔（井）的光谱扫描工作后，应及时将纸质版记录的内容录入电子表格。

9 质量检查

9.1 总体要求

9.1.1 数据扫描完成后，需要对数据质量进行检查，并填写质量检查记录表（见附录 B）。

9.1.2 检查方式、比例应符合 DD 2022—1.1 中 9.1 的要求。

9.1.3 质量检查内容应包括资料的完整性、规范性和准确性。

9.1.4 每次检查发现的问题，要及时记录，查找原因，视情况校正或重新开展岩心光谱扫描工作。

9.2 完整性检查

9.2.1 检查钻孔（井）概况表、岩心光谱扫描记录表中的必填项数据是否齐全。

9.2.2 检查原始图像与光谱数据（L0）、处理后的光谱数据（L1）、解译后的矿物数据（L2）等是否齐全。

9.2.3 检查每一项数据是否完好，有无数据丢失、数据坏点等。

9.3 规范性检查

9.3.1 检查各类文件的格式是否规范。

9.3.2 检查各类文件命名是否规范。

9.3.3 检查各类文件夹的整理与组织是否符合要求。

9.4 准确性检查

检查岩心光谱扫描记录表中记录的信息与实际钻孔（井）岩心的相关信息是否一致。

10 报告编写与资料提交

10.1 报告编写

编写岩心光谱扫描报告，报告提纲见 DD 2022—1.1 的 10.1。

10.2 资料提交

提交的资料包括：

- a) 岩心光谱扫描技术报告（纸质和电子版）；
- b) 包含岩心光谱扫描原始数据、处理数据和解译数据的数据集及元数据；
- c) 包含数字化过程记录、质量检查记录的各类记录表（纸质和电子版）。

附录 B
(规范性)
质量检查记录表

质量检查记录表见表B.1。

表 B.1 质量检查记录表

档号(或项目编号)		钻孔(井)号	
案卷题名			
操作人员		检查人	
检查类型	<input type="checkbox"/> 自检 <input type="checkbox"/> 互检 <input type="checkbox"/> 抽检		
光谱扫描时间		检查时间	
检查内容		结果	
数据完整性	各类表格中必填项数据是否填写完整	完整或×××项内容缺少	
	各类数据是否齐全	各类数据齐全或×××项数据缺失	
	每一项数据是否完好, 有无数据丢失、数据坏点等	所有数据完好或×××盒岩心光谱数据丢失或有坏点	
数据规范性	数据格式是否规范	规范或×××格式不规范	
	数据命名是否规范	规范或×××命名不规范	
	数据的整理与组织是否规范	规范或×××整理与组织不规范	
数据准确性	附录A中信息与实际钻孔(井)岩心的相关信息是否一致	数据准确或×××不准确	
整改情况			

参 考 文 献

- [1] GB/T 14950—2009 摄影测量与遥感术语
 - [2] GB/T 33988—2017 城镇地物可见光-短波红外光谱反射率测量
 - [3] DZ/T 0078—2015 固体矿产原始地质编录规程
 - [4] DZ/T 0195—1997 物探化探遥感勘查技术规程规范编写规定
 - [5] JJF 1007—2007 温度计量名词术语及定义
 - [6] DD 2010—05 实物地质资料馆藏管理技术要求
 - [7] DD 2014—13 岩矿波谱测试技术规程
 - [8] DD 2014—14 机载成像高光谱遥感数据获取技术规程
-