

中国地质调查局地质调查技术标准

DD2014—13

岩矿波谱测试技术规程

中国地质调查局

2014年7月

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	2
4.1 目的	2
4.2 工作方法	2
4.3 工作程序	2
5 波谱仪选用	2
5.1 波谱仪主要技术指标	2
5.2 波谱仪选择	2
5.3 波谱仪标定、使用与维护	2
6 波谱测试	3
6.1 准备工作	3
6.1.1 人员准备	3
6.1.2 仪器与资料准备	3
6.1.3 测点布设	3
6.2 野外波谱测试	4
6.2.1 测试时间	4
6.2.2 测试环境	4
6.2.3 测试要求	4
6.2.4 波谱仪操作	5
6.2.5 野外观察	6
6.2.6 样品采集	6
6.2.7 照片拍摄	7
6.2.8 野外记录	7
6.3 室内波谱测试	8
6.3.1 测试时间	8
6.3.2 测试环境	8
6.3.3 测试要求	8
6.3.4 波谱仪操作	8
6.3.5 测试记录	8
7 资料整理	9
7.1 样品整理	9
7.2 波谱数据整理	9

7.3	照片整理.....	9
7.4	岩矿波谱测试记录表整理.....	9
7.5	数据属性记录整理.....	9
7.6	鉴定分析报告整理.....	9
7.7	实际材料图编制.....	10
8	质量检查.....	10
8.1	检查内容.....	10
8.1.1	资料完整性与一致性检查.....	10
8.1.2	波谱数据质量检查.....	10
8.2	检查方法与要求.....	10
9	报告编写和资料提交.....	11
9.1	报告编写.....	11
9.2	资料提交.....	11
9.2.1	提交内容.....	11
9.2.2	提交要求.....	11
附录 A (规范性附录)	岩矿波谱测试记录表.....	12
附录 B (规范性附录)	波谱测试编号命名规则表.....	13
附录 C (资料性附录)	太阳高度角、方位角计算公式.....	14
附录 D (资料性附录)	绿泥石与白云母波谱图.....	16
附录 E (规范性附录)	波谱数据属性记录表.....	17
附录 F (规范性附录)	质量检查记录表.....	20
附录 G (规范性附录)	波谱测试报告编写提纲.....	21
	参考文献.....	22

前 言

本标准依据GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则编写。

本标准由中国地质调查局提出和归口管理。

本标准起草单位：中国国土资源航空物探遥感中心。

本标准主要起草人：闫柏琨、杨苏明、董新丰、梁树能。

本标准由中国地质调查局负责解释。

引 言

岩矿波谱的测试及整理是遥感地质调查与研究的基础性工作。以往的测试工作主要参考相关的技术资料，根据岩矿波谱及使用的仪器特点，结合测试经验完成，没有标准和操作规则。为了规范和统一岩矿波谱测试工作，保证测试数据的质量，提高波谱数据的利用率，促进遥感地质调查技术的应用与发展，中国国土资源航空物探遥感中心根据地质调查局要求，在总结分析以往地物波谱测试工作技术要求的基础上，广泛征求长期工作在生产、科研、教学等遥感地质领域专家的意见，制定了《岩矿波谱测试技术规程》。

岩矿波谱测试技术规程

1 范围

本标准规定了岩矿反射波谱测试的波谱仪选用、野外与室内波谱测试、资料整理、质量检查、报告编写和资料提交的基本技术要求与操作方法。

本标准适用于可见光-短波红外（350~2500 nm）谱段，在野外、室内自然或人工光照条件下，基础地质与矿产资源调查中的岩矿反射波谱测试工作。其它地质调查工作中的岩矿反射波谱测试及中-热红外岩矿波谱测试可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 14950-2009 摄影测量与遥感术语

GB/T 15968-2008 遥感影像平面图制作规范

DZ/T 0167-2006 区域地球化学勘查规范（1: 200 000）

DD2006-01 固体矿产勘查原始地质编录规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

波谱反射率 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。

[GB/T 14950-2009, 定义4.101]

3.2

岩矿反射波谱 reflectance spectrum of minerals and rocks

岩矿波谱岩石或矿物的波谱反射率随波长的分布，本规程简称岩矿波谱。

3.3

非接触式测试 non-contact measurement

采用自然或人工外置光源，波谱仪探头与测试目标之间存在一定距离的波谱测试方式。

3.4

接触式测试 contact measurement

采用探头内置光源，波谱仪探头紧贴测试目标的波谱测试方式。

3.5

反射参考板 reflectance reference

波谱测试中作为参照标准的反射板，亦称为标准板，其反射特性近似为朗伯反射体。

4 总则

4.1 目的

通过岩矿波谱测试，获取岩矿波谱数据及相关资料，为岩矿波谱特性分析、遥感数据处理、信息提取、地质解译、参数反演、真实性检验等遥感地质应用和机理研究提供岩矿波谱数据。

4.2 工作方法

使用波谱仪，在野外或室内采用接触式或非接触式测试方式，获取岩矿波谱数据及相关资料，并进行整理，形成数据与文件。

4.3 工作程序

岩矿波谱测试的基本工作程序包括：波谱仪选用、波谱测试、资料整理、质量检查、报告编写和资料提交。

5 波谱仪选用

5.1 波谱仪主要技术指标

波谱仪主要技术指标应满足如下要求：

- a) 谱段范围为 350~2500 nm，涵盖 1300~2450 nm 谱段；
- b) 波谱响应函数半高带宽优于 10 nm；
- c) 波谱采样间隔优于 2 nm；
- d) 波长精度优于 ± 1 nm；
- e) 仪器的线性度优于 99%；
- f) 对于波谱采集积分时间/增益可调的波谱仪，700 nm、1400 nm、2100 nm 谱段，等效辐射噪声分别小于 1.4×10^{-5} 、 2.4×10^{-5} 、 8.8×10^{-5} W/m²/nm/sr；
- g) 对于波谱采集积分时间/增益不可调的波谱仪，单次测量的单条波谱的平均信噪比不得小于 2000: 1；
- h) 光源功率大小根据波谱仪性能指标合理确定，确保满足波谱测试质量要求，用于接触式测试且波谱采集积分时间/增益可调的波谱仪，探头宜内置功率大于 6.5W 的卤钨灯作为光源，用于非接触式测试且波谱采集积分时间/增益可调的波谱仪，宜采用功率大于 50W 的卤钨灯作为光源；
- i) 反射参考板应朗伯特特性好，性能稳定，光谱选择性小，各向同性，表面均匀、清洁。

5.2 波谱仪选择

5.2.1 选择满足本规程 5.1 规定要求的波谱仪。

5.2.2 根据测试目的，选择接触式或非接触式两种不同类型的波谱仪。如需了解岩石整体的波谱特征或研究环境对波谱的影响时，选择非接触式波谱仪；如需了解岩石局部的波谱特征或需要在阴天、阴坡、坑道、井下等光照不足的条件下进行现场测试，宜选择接触式波谱仪。如配备有人工光源的情况下，也可采用非接触式波谱仪。

5.3 波谱仪标定、使用与维护

5.3.1 波谱仪应按厂家规定的时间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反射参考板的反射特性进行标定。

5.3.2 波谱仪搬运及使用过程中, 严禁碰撞与剧烈颠簸。如发生碰撞与剧烈颠簸, 应对仪器进行检查; 如仪器性能发生改变, 应由具有计量资质的单位进行重新标定。

5.3.3 仪器使用过程中, 应尽可能避免反射参考板反射面与其它物体接触, 以保持其清洁度。随着使用次数增加, 波谱仪反射参考板表面附着尘埃较多时, 或反射特征性出现较明显退化时, 应清洁或更换。清洁或更换后宜由具有计量资质的单位对其重新进行标定。

5.3.4 仪器标定、使用与维护应按照仪器说明书规定进行。

6 波谱测试

6.1 准备工作

6.1.1 人员准备

测试工作组一般应配备2~4人, 测区工作条件特殊可适当增配。工作人员专业结构应合理, 至少有1名地质人员。

6.1.2 仪器与资料准备

6.1.2.1 准备满足本规程 5.1 要求的波谱仪, 检查仪器配件是否齐备, 仪器工作是否正常。

6.1.2.2 一个测区或一批样品采用两台以上波谱仪, 采用相同的测试方式测试时, 应进行一致性检查与校正。检查方法为, 在相同的测试条件下, 利用多台波谱仪测试一定数量(不少于 20 个)的亮度差异明显的目标的波谱, 利用最小二乘法计算多台波谱仪之间反射率的乘性与加性偏差, 根据偏差对所有测试的反射率进行校正。

6.1.2.3 根据工作需要准备测区地形图、地质图、遥感影像图及其它资料。

6.1.2.4 野外工作应准备卫星定位手持终端机、罗盘、地质锤、放大镜、照相机、样品袋、记号笔、岩矿波谱测试记录表(见附录 A)等用品和资料。

6.1.3 测点布设

6.1.3.1 根据不同的波谱测试目的, 进行测点布设。布设前应了解岩石裸露程度、交通状况, 分析测区内测试目标的类型、分布, 为测点布设提供依据, 必要时开展野外踏勘工作; 测点布设应参考测区地形地貌, 尽可能避开山体阴影面, 选择光照条件良好, 确保多数布设点为人力所能到达之处。

6.1.3.2 为遥感数据的大气校正、波谱重建、真实性检验与质量评价而进行的波谱测试, 测点应布设在物质成分均一、地形平坦、波谱特征稳定, 且面积较大(不得小于 5×5 个像元)的地方。一个飞行测区布设点一般不少于 5 个。

6.1.3.3 为遥感异常提取、矿物填图结果的验证, 以及研究矿床(点)、找矿靶区、成矿远景区蚀变矿物组合与分布特征而进行的波谱测试, 应垂直蚀变异常与矿物展布方向布设, 布设点密度可根据蚀变异常与矿物分布的均一度合理安排, 蚀变异常与矿物种类、含量、组合变化较小时测点可适度减少, 相反则应增加测点密度。每种蚀变异常与矿物的布设点宜不少于 10 个。

6.1.3.4 为配合遥感地质解译或地质填图工作而进行的波谱测试, 应根据地质单元(遥感解译单元或地质填图单元)的分布布设。对于侵入体等面状地质单元宜以散点形式或交叉测线方法布设, 对于地层、构造等带状和线状地质单元垂直其走向布设。布设点的数量根据地质单元分布面积与地质复杂程度确定, 分布面积越大、复杂程度越高, 布设点的数量应越多。每种地质单元的布设点宜不少于 10 个。

6.1.3.5 对于其它波谱测试目的, 应根据实际测试与应用目标, 合理进行测点布设。

6.1.3.6 布设点应标注在相应比例尺的遥感影像图或地质图、地形图上, 编制岩矿波谱测点布设图。布设点编号要求见附录 B。

6.1.3.7 实际测点应根据野外实际情况调整。

6.2 野外波谱测试

6.2.1 测试时间

非接触式测试要求测试时太阳高度角宜大于 45° ，一般以测区当地时间10:00至14:00时间段为宜，低纬度地区和夏季可适当延长，高纬度地区和冬季应适当缩短。太阳高度角可现场测量，或根据测区的地理纬度、测试日期和时间由公式计算。太阳高度角计算公式、北京时间与地方时的转换公式见附录C。接触式测试对测试时间无要求。

6.2.2 测试环境

6.2.2.1 非接触式测试

6.2.2.1.1 地面能见度好，天气晴朗，光照良好、稳定；

6.2.2.1.2 风力不得大于4级；

6.2.2.1.3 测点周围有良好的通视条件，高度角 10° 以上无近遮挡物，测试期间测点10 m范围内不应有人员或物体移动；

6.2.2.1.4 测量人员应穿着暗色衣物；

6.2.2.1.5 仪器操作人员距离测试目标0.5 m以上，仪器操作人员与仪器探头组成的平面应垂直太阳入射方向，太阳入射方向不能有其他人员或地物遮挡（图1）。

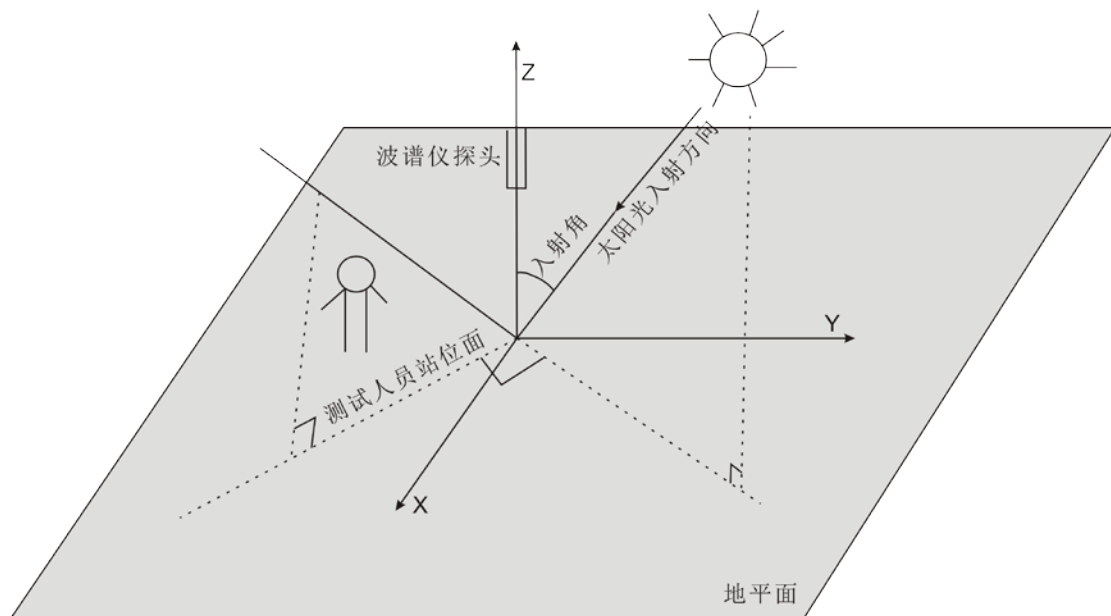


图1 野外自然光照条件下波谱测试几何关系图

6.2.2.2 接触式测试

接触式测试可用于野外与室内、阳坡阴坡、坑道探槽等各种环境下的波谱测试工作，对测试环境没有特殊要求，只要天气等条件不影响测试工作、温度与湿度等环境应满足测量仪器的要求，即可进行测试。

6.2.3 测试要求

6.2.3.1 根据布设点附近地形地貌、地质情况、测试目标裸露情况合理确定。若布设点难以到达，测试目标的照度、裸露情况或地表湿度不适合波谱测试时，可适当调整测点位置，选择适合测试条件的相似点作为测试点。

- 6.2.3.2 将确定的测点用卫星定位手持终端机测定其地理坐标，根据微地形地貌定位并标注于遥感影像图上。
- 6.2.3.3 选择表面比较平坦，能充满仪器的观测视场的岩石原生露头作为测试面。在不研究表面状态对岩石波谱的影响时，可清除测试面上的杂草、浮土、岩石漆等杂物。
- 6.2.3.4 在每一个测点处应围绕测点测试多条波谱，一般不少于3条，具体条数可根据岩性的均一程度确定。各条波谱的采集点分布要尽可能均匀。波谱编号的要求见附录B。
- 6.2.3.5 因地形地貌、目标裸露情况、测试环境等不满足测试要求，又需要进行测试的点，或需要测试岩石新鲜面时，可采集岩石样品进行样品波谱测试。样品采集要求见6.2.6。
- 6.2.3.6 若需要更细致地了解岩石的光谱特征，深入研究波谱的形成机理、影响因素和地质意义时，或标本不适合现场测试（如标本湿度较大、需要加工处理等），应采集样品异地测试或在实验室条件下进行测试。
- 6.2.3.7 现场非接触式测试可将样品平放于采样露头上，或采样点附近光照和环境条件满足测试要求的地段，使测试面平行于地面进行测试。
- 6.2.3.8 每一样品应在不同部位测试波谱，样品波谱编号要求见附录B。测试的位置数可根据样品的颜色、成分、风化等的均一程度确定，一般不少于5个，均一性较差，或采用接触式测试时，测试的位置数应相应增加。
- 6.2.3.9 非接触式测试一般采用仪器探头垂直向下测试；当测试面坡度大于10°，且面向太阳方向时，可垂直测试面测试。测试时仪器探头与测试面法线夹角小于10°，夹角偏差控制在±5°以内，太阳对测试面入射角小于45°。

6.2.4 波谱仪操作

- 6.2.4.1 连接波谱仪、探头、电脑、电源，以及其它波谱仪附件；
- 6.2.4.2 打开波谱仪、电脑，以及测试软件，按照波谱仪操作手册与说明规定的时间开机预热。若在人工光照条件下测试，则需打开人工光源；
- 6.2.4.3 用不透光的物体遮挡仪器探头，使外界光线无法进入探头，采集波谱仪暗电流；
- 6.2.4.4 根据测试方式要求，将波谱仪探头对准测试面。非接触式测试仪器探头与测试面距离宜大于10cm，实际距离应根据测试面大小、波谱仪探头视场角大小确定，确保波谱仪探头视场完全落于测试面内；接触式测试样品测试面应完全覆盖波谱仪探头；
- 6.2.4.5 若在人工光照条件下进行非接触式测试，则需将人工光源对准测试面，与测试面距离宜大于10cm；
- 6.2.4.6 在同样的测试环境下，先后测试反射参考板与测试目标的辐射亮度值，并保存数据。对于增益可调的波谱仪，测试反射参考板与测试目标的辐射亮度值前，应将探头对准反射参考板，对仪器辐射响应进行优化。采用积分时间可调的波谱仪进行非接触式测试时，信号采集积分时间均宜大于5000ms，在自然光照条件下测试时，反射参考板与测点的测试应在4min内完成。采用积分时间可调的波谱仪进行接触式测试时，信号采集积分时间均宜大于1000ms；
- 6.2.4.7 按照下列公式进行波谱计算，一般仪器会根据下述公式自动进行波谱计算，而无需人工计算：

$$\rho_1 = \frac{L_1 - L_3}{L_2 - L_3} \times \rho_2 \dots\dots\dots (1)$$

式中：
 ρ_1 一样品波谱反射率，无量纲；

L_1 —样品辐射亮度值，单位 $W/m^2/nm/sr$ ；

L_2 —反射参考板辐射亮度值，单位 $W/m^2/nm/sr$ ；

L_3 —仪器暗电流，单位 $W/m^2/nm/sr$ ；

ρ_2 —反射参考板波谱反射率，无量纲。

6.2.4.8 在每个工作日波谱测试前，应进行测试试验，检查仪器工作是否正常，检查波谱质量是否满足要求。若同一目标在相同的测试环境与测试方式下，测试 30 条以上的波谱时，应在野外波谱测试结束后，计算其信噪比。以波长大于 2010nm 对所有波段的信噪比的平均值作为波谱信噪比的估算值。每个波段信噪比估算公式为：

$$SNR = \frac{M}{\sigma} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

SNR —信噪比，无量纲；

M —波谱反射率均值，无量纲；

σ —波谱反射率标准差，无量纲。

6.2.4.9 测试过程中，及时检查波谱质量。可根据 2210nm 附近 Al-OH 吸收谱带、2255、2335nm 附近 Fe-OH、Mg-OH、CO₃²⁻吸收谱带是否清晰可辨，曲线是否平滑，是否有明显跳跃与剧烈抖动现象。若所测试波谱存在上述谱带时，谱带清晰可辨；光谱曲线比较平滑，无明显跳跃与抖动现象，则认为波谱质量合格，否则，为不合格（参见附录 D），应及时改正或重测。波谱发生明显跳跃与抖动现象时，可加大积分时间，予以重测。

6.2.4.10 测试完成后，移到下一个点进行测量。当长距离转移、攀越或收工时，应按照仪器操作手册与说明关闭仪器。

6.2.5 野外观察

6.2.5.1 测试过程中，应观察测点及其附近的地质现象及变化情况，包括岩体（颜色、矿物成分、结构构造、风化等）、构造（类型、产状等）、蚀变和矿化等特征。

6.2.5.2 观察波谱特征的变化，特别是吸收谱带的变化，包括谱带的波长位置、深度、形状等。若发现谱带特征有较显著变化，或出现有新的吸收谱带，应仔细观察测试面及其周围的地质特征，特别是岩性和矿物成分的变化，初步判断波谱特征变化的原因。

6.2.5.3 根据所观察的地质特征和波谱特征的变化情况，以及测试目的，决定是否加密测量、追踪测量；确定是否采集室内波谱测试样、岩矿鉴定样和化学分析样。

6.2.6 样品采集

6.2.6.1 采集要求

6.2.6.1.1 采集的样品一般包括波谱测试样、岩矿鉴定样（薄片样、光片样、X 射线衍射分析样）、化学分析样等。根据工作和研究需要确定。

6.2.6.1.2 当研究波谱精细特征和形成机理而采集波谱标本时，应按需要同时采集岩矿鉴定和化学分析标本。如采集的岩矿鉴定样、化学分析样需要在室内进行波谱测试时，采集的样品应能同时满足室内波谱测试、岩矿鉴定、化学分析的要求。

6.2.6.1.3 样品编号的要求见附录 B。固结样品上应在非测试面使用记号笔标记编号，并与样品袋上标号一致。松散样品应装入样品袋内，并在样品袋上标记编号。

6.2.6.2 波谱测试样

6.2.6.2.1 采用打块法或捡块法采集，根据需要采集自然面或新鲜面作为测试面。块状样品测试面应比较平整，尺寸应根据测试时波谱仪覆盖的视场大小确定，长、宽一般应大于2倍视场直径，垂直测试面的厚度一般应大于5 cm，片状岩石样品厚度可视具体情况适当减薄。松散岩矿样品采集量应与固结样品要求的体积一致。

6.2.6.2.2 若需要测试和研究岩矿波谱的方向特性，应采集定向标本。

6.2.6.3 岩矿鉴定样

6.2.6.3.1 当需要对测试岩石准确命名，进一步研究岩石的矿物组成、变质或蚀变特征，及其与光谱特征的关系时，应采集岩矿鉴定样，送实验室作薄片/光片鉴定。

6.2.6.3.2 当需要对岩石中的矿物作物相分析，测定晶胞参数，研究矿物的结晶度、类质同象等特征，深入分析岩矿光谱机理时，应采集X衍射分析样，也可采集待分析矿物的晶体或晶体碎屑。

6.2.6.3.3 岩矿鉴定样采集的规格与要求按DD2006-01中13.2.3条执行。

6.2.6.4 化学分析样

6.2.6.4.1 当需要研究岩石化学成分与光谱特征的关系时，应采集化学分析样。

6.2.6.4.2 当需要研究某一条光谱特征机理时，化学分析样应采集该条波谱测试面上的岩石，若研究某一岩性的光谱特征机理时，应在测点周围每一波谱测试点上采集一小块标本，组合成一个样品。样品量应根据分析的元素和分析方法确定，样品采集重量参考DZ/T 0167-2006中8.3执行。

6.2.7 照片拍摄

6.2.7.1 波谱测试和样品采集时应拍摄照片，照片尽可能反映露头、测试面或样品的自然赋存状态，测试或采集状况、周围地形与环境特征。照片分辨率不低于500万像素。

6.2.7.2 照片编号要求见附录B。

6.2.8 野外记录

6.2.8.1 按照“岩矿波谱测试记录表”（见附录A）记录波谱测试的有关信息。表中选择性信息，以“√”标注。卫星定位手持终端机的定位精度不足以区分临近测点位置时，应在“岩矿波谱测试记录表”中的“测点位置”一栏，描述其空间位置关系。

6.2.8.2 “照片描述”一栏记录照片拍摄的位置与方位、照片反映的地质现象和必要的说明。

6.2.8.3 野外非接触式测试时，“测试面状态”一栏记录测试面对坡度、坡向、湿度、附着物（苔藓、沙漠漆等）、植被覆盖（无、零星、中等—茂密）与植被类型（草木、灌木、乔木）等信息，如无植被与附着物，可省略相应记录。风力、能见度、探头与样品距离、探头与测试面法线夹角根据经验估算，并填写于表内。太阳高度角与方位角在野外工作结束后，根据测点坐标、测试时间，利用公式（见附录C）计算并补填于表内。

6.2.8.4 将新鲜面颜色、风化面颜色、岩石结构、岩石构造记录于表内，“地质描述”一栏记录地层（群、组、段）、地质时代、岩体期次等其它地质信息。将肉眼鉴定的矿物组成填写于“矿物组成”一栏，根据岩石矿物组成、结构、构造，进行野外定名，并填写于表内。

6.2.8.5 若采集的样品进行了显微鉴定、X射线衍射、化学分析等室内鉴定分析，则根据室内鉴定进行综合定名，并将确定的名称补填于表内“综合定名”一栏。

6.2.8.6 一个测点上测试的多条波谱，如测试目标、测试方法等信息相同，则可将波谱编号填写于同一张表内，否则应分表填写，确保每张岩矿波谱测试记录表内的所有波谱的测试目标、测试方法相同。如采集了样品，在“样品描述”一栏记录样品采集的目的。

6.3 室内波谱测试

6.3.1 测试时间

室内波谱测试对测试时间无要求。

6.3.2 测试环境

6.3.2.1 非接触式测试

6.3.2.1.1 应用透过率较低的暗色物体遮挡窗户，减小自然光源对测量的影响，应远离窗户、墙壁等对光线有较大影响的物体，距离宜大于 1.5 m；

6.3.2.1.2 测量人员应穿着暗色衣物；仪器操作人员距离测试目标 0.5 m 以上，光线入射方向不能有其他人员或物体遮挡；

6.3.2.1.3 测试时不得移动仪器、光源、波谱仪探头等测量周围的物体，保证光照条件稳定；

6.3.2.1.4 室内温度、湿度等环境应满足测量仪器的要求；

6.3.2.1.5 应关闭除测试用光源之外的其它所有光源；

6.3.2.2 接触式测试

室内温度、湿度等环境应满足测量仪器的要求。

6.3.3 测试要求

6.3.3.1 非接触式测试时，应将样品放置在平坦的测试平台上，测试平台一般用白纸等光谱吸收特征较弱的材料覆盖，严禁将样品直接放置于材质为有机玻璃等光谱吸收特征很强的测试平台上测试，光源和探头与样品的距离，光源和探头对样品的入射角。

6.3.3.2 室内测试的样品可以是野外采集的波谱样、岩矿鉴定样、化学分析样等，也可以是上述样品经过粉碎后的粉末样，或从上述样品中挑选出的单矿物样品。样品在室内测试时，宜采用接触式波谱测试，也可采用非接触式波谱测试。挑选出的单矿物或粉碎后的粉末样，样品量要求见本规程 6.2.6.2.1。

6.3.3.3 岩矿鉴定样、X 射线衍射样、化学分析样等在送样前一般都应在室内测试其光谱。对于 X 射线衍射和化学分析等样品的粉末副样，还应测试其光谱。

6.3.3.4 每件样品一般应在不同位置测试其波谱。具体要求见本规程 6.2.3.8 条。

6.3.4 波谱仪操作

波谱仪操作按本规程 6.2.4 执行。接触式测试信号采集积分时间宜大于 1000ms，非接触式测试宜大于 3000ms。

6.3.5 测试记录

6.3.5.1 对每件经过波谱测试的样品均应填写一张对应的“岩矿波谱测试记录表”（见附录 A），填写的内容及要求见 6.2.8。

6.3.5.2 若测试的样品在野外采集时已记录了地质信息，室内测试时可不再填写该类信息。若测试的样品是经过加工（粉碎、分选、挑选的单矿物等）而成，应将样品信息（粒度、单矿物名称、种类等）记录于“岩矿波谱测试记录表”的“样品信息”一栏。

6.3.5.3 进行非接触式测试时，应填写测试平台材质和颜色、光源和探头与样品的距离、入射角等信息。

7 资料整理

7.1 样品整理

7.1.1 根据野外采样记录、野外和室内测试的波谱特征，整理样品，确定需要作岩矿鉴定、化学分析的样品及其科目及要求。岩矿鉴定若需要定位、定向制备光/薄片，应在标本上予以圈定，并在送样单中加以说明。

7.1.2 根据岩矿鉴定或化学分析结果，确定进一步作波谱测试的样品。

7.1.3 根据测试结果，对于重要样品长期保存，一般样品保存至资料提交。

7.2 波谱数据整理

7.2.1 对于由多个光电探测器组成的波谱仪，在某些波段上波谱曲线会出现明显的跳跃现象，应根据跳跃点前后波段上的反射率之比校正波谱。校正步骤为：

- a) 计算跳跃点前后波段上的反射率之比；
- b) 跳跃后所有波段的反射率乘以计算的比值。

7.2.2 将不同的波谱仪测得的波谱数据光谱采样间隔重采样为 1nm，以 ASCII 码文本文件形式存储。第一行第一列为“波长”二字，以后各列为波谱名，波谱名应与“岩矿波谱测试记录表”中的记录一致。第二行至最后一行：第一列为波长，单位为纳米，以后各列为反射率数据，各列之间用 5 个以上空格分隔。ASCII 码文本文件的命名要求见附录 B。

7.2.3 将每个测点或样品的所有波谱存放在以测点编号命名的目录下。

7.3 照片整理

7.3.1 将每个测点或样品的所有照片存放在以测点或样品编号命名的目录下，每张照片文件的名称应与记录表中一致。

7.3.2 照片格式为 jpg/tif。

7.4 岩矿波谱测试记录表整理

7.4.1 检查所有岩矿波谱测试记录表，补充填写在波谱测试时未填写的栏目。若进行了岩矿显微鉴定、X 射线衍射分析、化学分析，待得到分析结果后，填写于表内。

7.4.2 所有岩矿波谱测试记录表待补充填写后，以测点为单元，按（测线）测点、样品的编号从小到大的顺序对波谱测试记录表和鉴定/分析报告进行统一整理，装订成册。对于每一测点，按照野外露头测试波谱、样品测试波谱的顺序编排。对于同一测点上有多个波谱或多件样品时，依照先野外，后室内，先非接触式，后接触式测试的原则，按照波谱编号、样品编号从小到大的顺序装订。

7.4.3 所有记录表按照顺序整理编排后，填写记录表右上角的“第_页/总_页”，若记录表整理人与记录人不为同一人，将记录表整理人填写于记录表下“记录人”中。

7.5 数据属性记录整理

应对波谱数据及相关参数进行整理，按照数据属性记录表定义（见附录E），填写相应表格。

7.6 鉴定分析报告整理

按照测点编号、样品编号顺序分别将显微鉴定报告、化学分析报告、X射线衍射分析报告装订成册。

7.7 实际材料图编制

以地质图或遥感影像图为底图，图中一般应包括测点、野外露头波谱、样品、样品波谱、照片等的编号。图件以能清晰表达和分辨图面内容为原则。以遥感影像图为底图时，制图应符合GB/T 15968-2008

的有关规定。当一个点采集有多条波谱、多件样品、多张照片时，可采用数字范围符号标注，如C2-1~LB3。

8 质量检查

8.1 检查内容

8.1.1 资料完整性与一致性检查

- 8.1.1.1 检查岩矿波谱测试记录表、实际材料图、鉴定或分析报告中编号等相关信息是否一致。
- 8.1.1.2 检查波谱测试记录表是否清晰、准确、完整，补填的内容是否填补齐全。
- 8.1.1.3 检查数据属性记录表的字段是否完整，取值范围、数据类型是否符合要求。
- 8.1.1.4 检查实际材料图标注内容是否完全、规范，图面内容是否清晰可辨。
- 8.1.1.5 照片格式与分辨率以及波谱文件格式是否满足要求。

8.1.2 波谱数据质量检查

- 8.1.2.1 检查波谱曲线是否平滑，有无明显剧烈抖动或不明原因的尖峰或跳跃现象；对出现吸收谱带，特别是 2000~2350nm 谱段内羟基或碳酸根吸收谱带的波谱，检查谱带波长位置和形态是否清晰可辨。对于个别的尖峰或跳跃，在确认为噪声时，可按本规程 7.2.1 的步骤或曲线平滑的方法予以校正。对于 400~2350nm 谱段出现有明显抖动的光谱，应在找出原因后，视情况予以剔除、校正或重测；对于少量的不合格光谱，在不影响地质分析和应用的前提下（如同一测点、同一岩性特征相似的多条波谱）允许予以剔除；若抖动幅度较小，不影响波谱总体特征和谱带形态的分析时，可采用曲线平滑方法予以校正，否则，应予以重测。
- 8.1.2.2 检查常见谱带的形态特征是否出现不易解释的一些异常现象，如出现双峰、次级谱带、形态的变缓、对称度的改变等；检查是否出现成因不明、不易确定的谱带或可疑谱带。如出现上述现象，首先应通过检视这些现象所出现的频次、与周围或附近同类岩石波谱的比对、重复测试或加密测试等方法，判断所出现的现象的性质。若是噪声、测量误差或干扰，可按 8.1.2.1 的方法予以处理；若是值得关注的信息，应视情况采取加密测量、对比测量、补充测量、加密或补采样品，有针对性地确定或增添检测科目等措施。
- 8.1.2.3 检查所采集、送检的样品以及鉴定与分析的科目是否能满足波谱地质成因分析和地质应用的需求。若不能满足，应视情况加密、补采、补送样品，或增加检测科目。

8.2 检查方法与要求

- 8.2.1 采用自检、互检二级检查进行质量检查，质量检查应贯穿于整个测试的各个阶段。
- 8.2.2 在波谱测试过程中，应随时注意所测波谱质量和波谱特征的变化，视实际情况及时确定重测、补测、加密、采样或停工。每个测试工作日结束后，测试组成员对各自的工作进行自检，自检率为 100%，及时检查测试记录和所测波谱质量，补填现场未及填写的可缓填的栏目，若发现质量问题或可疑问题，应视情况予以校正，检查原因或返工。
- 8.2.3 工作阶段或批次测量结束后（如转移驻地等），首先在测试组成员内部进行互检，检查其他测试组成员负责的工作，互检不低于 40%。对发现的问题进行校正或补救后，方能开展下一阶段或批次的测试工作。检查合格率应不低于 95%。
- 8.2.4 每次检查均应填写质量检查记录表（见附录 F），质量自检阶段，检查记录表第 1、4 项中的实际材料图等检查目标尚未制作完成，可不作检查，待质量互检阶段，实际材料图等检查目标制作完成后，进行相应检查，并将结果填入检查记录表第 1、4 项。对于每次检查发现的问题、改正措施与结果应填写于记录表最后一栏。

9 报告编写和资料提交

9.1 报告编写

按附录G规定的提纲编写波谱测试报告。第一章内容主要包括工作来源、测试目的、测试工作概况，第二章内容主要包括测点布设、波谱仪、波谱测试，第三章内容主要包括野外与室内波谱测试的数量、位置以及典型的波谱图，第四章内容主要包括质量检查的过程与结果，第五章包括提交的资料的类型、数量等，附件中包括岩矿波谱测试记录表、波谱数据属性记录表、质量检查记录表、测点布设图、实际材料图、岩矿鉴定分析报告（岩矿鉴定、X射线衍射分析、化学分析等）等。

9.2 资料提交

9.2.1 提交内容

提交内容包括波谱测试报告、波谱数据、岩矿波谱测试记录表、数据属性记录表、检查记录表、照片、测点布设图、实际材料图、岩矿鉴定分析报告（岩矿鉴定、X射线衍射分析、化学分析等）等。

9.2.2 提交要求

9.2.2.1 以纸介质形式提交图件、波谱测试报告，电子版形式所有图件、数据、报告。

9.2.2.2 岩矿鉴定分析报告（岩矿鉴定、X射线衍射分析、化学分析等）应鉴定分析工作结束后1个月内对任务下达单位完成资料提交。

附 录 A
(规范性附录)
岩矿波谱测试记录表

岩矿波谱测试记录表见表A.1。

表A.1 岩矿波谱测试记录表

测区/图幅号：

第___页/总___页

测点编号		波谱编号		测点坐标	经度/°：	
					纬度/°：	
测点位置		样品编号		目标特性	新鲜	
测点高程/m					风化面	
信噪比					粉末样	
测试方法					参考板	
样品测试		露头测试		照片编号		
室内		野外				
接触式		非接触式		照片描述		
测试目的						
样品描述					谱段范围/nm	
野外测试/自然光照条件的非接触式测试						
测试面状态				能见度/Km	风力	
太阳高度角/°	露头面积/m ²			探头与样品距离/m		
	太阳方位角/°			探头与测试面法线夹角/°		
室内测试/人工光照条件下的非接触式测试						
测试平台材质与颜色		与样品距离/m	光源	入射角/°	光源	
			探头		探头	
地质信息						
风化面颜色		新鲜面颜色		岩石结构	岩石构造	
地质描述						
野外定名	矿物组成					
	名称					
综合定名	显微鉴定/X射线衍射矿物组成					
	名称					
化学成分						

波谱测试人：

记录人：

检查人：

测试日期：

测试时间：

附 录 B
(规范性附录)
波谱测试编号命名规则表

波谱测试编号命名规则见表B.1。

表 B.1 波谱测试编号命名规则表

序号	类别	命名规则
1	布设点	采用“BS测线-测点”表示，测线与测点用数字表示，如“BS2-1”表示2号测线1号布设点。如果未布设测线，测线字段可省略，如“BS-1”。一个测区内布设测线的编号从1开始顺序编起，一条测线上布设点编号从1开始顺序编起。若未布设测线，一个测区内布设点编号从1开始顺序编起。
2	测点	采用“C测线-测点”表示，测线与测点用数字表示，如“C2-1”表示2号测线1号测点。如果无测线，测线字段可省略，如“C-1”。一个测区内测线的编号从1开始顺序编起，一条测线上测点编号从1开始顺序编起。如果无测线，一个测区内测点编号从1开始顺序编起。
3	野外露头波谱	采用“测点编号-LB编号”表示，如“C2-1-LB1”表示C2-1测点测得的第一条波谱。保存波谱的文件名采用“测点编号-LB”表示，如“C2-1-LB”表示保存C2-1测点的所有野外露头波谱的文件。
4	样品	采用“测点编号-YP编号”表示，如“C2-1-YP1”表示C2-1测点采集的第一件样品。
5	样品波谱	采用“样品编号-BP编号”表示，如“C2-1-YP1-BP1”表示样品“C2-1-YP1”测得的第一条波谱。
6	照片	采用测点编号或样品编号后加“-ZP数字”表示，如“C2-1-ZP2”。如进行了野外露头波谱测试，则采用测点编号，如进行了样品测试，则采用样品编号。

附 录 C
(资料性附录)
太阳高度角、方位角计算公式

太阳赤纬计算公式为:

$$\gamma = \frac{-23.45^\circ \times \cos(2 \times \pi \times (d + 10) / 365)}{180^\circ} \times \pi \dots\dots\dots (C. 1)$$

式中:

- γ —太阳赤纬, 单位为弧度 (rad) ;
 - π —圆周率, 单位为度每弧度 ($^\circ$ /rad) ;
 - d —波谱测试日期在一年中日数, 1月1日, 日数为1, 单位为日 (d) 。
- 测区当地时间与北京时间的换算公式为:

$$t_1 = t_2 + \frac{(long - 120^\circ)}{15^\circ} \times 1.0 \dots\dots\dots (C. 2)$$

式中:

- t_1 —测区当地时间, 单位为小时 (h) ;
 - t_2 —北京时间, 单位为小时 (h) ;
 - $long$ —测区当地地理经度, 单位为度 ($^\circ$) 。
- 测区太阳高度角计算公式为:

$$\alpha = \arcsin \left[\frac{\cos(|t_1 - 12| \times 15^\circ \times \pi) \times 180^\circ}{\cos(\theta) \times \cos(\gamma) + \sin(\gamma) \times \sin(\theta)} \right] \dots\dots\dots (C. 3)$$

式中:

- α —太阳高度角, 单位为弧度 (rad) ;
 - t_1 —测区当地时间, 单位为小时 (h) ;
 - θ —测区地理纬度, 单位为弧度 (rad) ;
 - γ —太阳赤纬, 单位为弧度 (rad) 。
- 测区太阳方位角计算公式为:

$$\beta = \arccos \left(\frac{\sin \alpha \times \sin \theta - \sin \gamma}{\cos \theta \times \cos \gamma} \right) \dots\dots\dots (C. 4)$$

式中：

β —太阳方位角，单位为弧度（rad）；

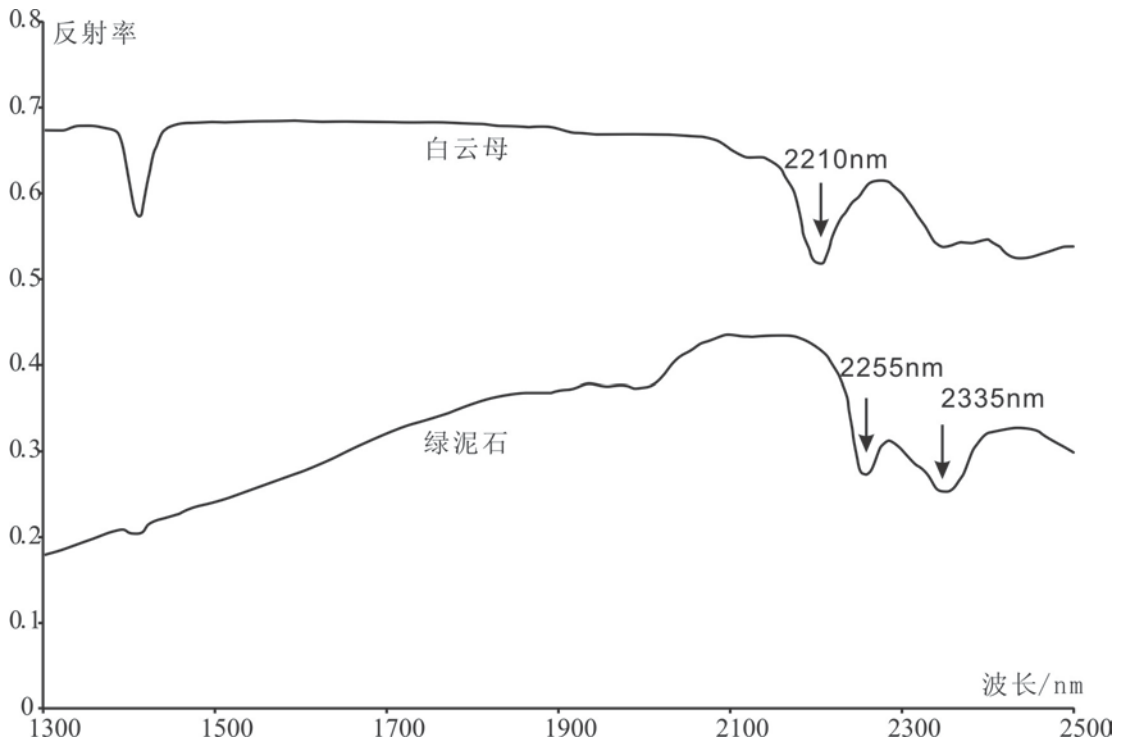
α —太阳高度角，单位为弧度（rad）；

θ —测区地理纬度，单位为弧度（rad）；

γ —太阳赤纬，单位为弧度（rad）。

附录 D
(资料性附录)
绿泥石与白云母波谱图

绿泥石与白云母波谱图见图D. 1。



图D. 1 绿泥石与白云母波谱图

附 录 E
(规范性附录)
波谱数据属性记录表

表E. 1至E. 8给出了波谱数据属性记录表的格式及要求。

表E. 1 波谱数据属性主表

字段	数据类型	属性
数据编号	正整数	关键字
波谱文件名	字符/文本	
人员编号	字符/文本	与F. 2中“人员编号”对应
观测编号	字符/文本	与F. 3中“观测编号”对应
波谱仪编号	字符/文本	与F. 4中“波谱仪编号”对应
反射参考板编号	字符/文本	与F. 6中“反射参考板编号”对应
观测方法	字符/文本	露头或采样、野外或室内、接触式或非接触式
目标参数编号	字符/文本	与F. 8中“目标参数编号”对应

表E. 2 人员属性记录表

字段	数据类型	属性
人员编号	正整数	关键字
姓名	字符/文本	
邮箱	字符/文本	
电话区号	字符/文本	
电话	字符/文本	
手机	字符/文本	
单位名称	字符/文本	
专业	字符/文本	

表E.3 观测属性记录表

字段	数据类型	属性
观测编号	正整数	关键字
经度	正实数（精确到小数点后6位）	
纬度	实数（精确到小数点后6位）	
海拔	实数	
省份名称	字符/文本	
市县名称	字符/文本	
观测日期	字符/文本	
观测时间	字符/文本	
太阳高度角	正实数	接触式测试不填
太阳方位角	正实数	接触式测试不填
探头入射角	正实数	接触式测试不填
室内光源入射角	正实数	接触式测试不填
波谱仪探头与目标距离	正实数	接触式测试不填
光源与目标距离	正实数	接触式测试与自然光照条件下的测试不填
信噪比	正实数	
照片文件名	字符/文本	
植被类型	字符/文本	草本、灌木或乔木
植被覆盖度	字符/文本	无、零星或中等一茂密
风力	字符/文本	
能见度	字符/文本	好或不好
光照条件	字符/文本	良好、稳定或差、不稳定

表E.4 波谱仪属性记录表

字段	数据类型	属性
波谱仪编号	正整数	关键字
型号	字符/文本	
购买日期	字符/文本	
生产商	字符/文本	
起始谱段	正整数	
终止谱段	正整数	
波谱采样间隔	正实数	
波谱分辨率	正实数	
等效辐射噪声	正实数	
信噪比	正实数	
波长精度	实数	
线性度	字符/文本	

表E.5 反射参考板属性记录表

字段	数据类型	属性
反射参考板编号	正整数	关键字
生产商	字符/文本	
长	正整数	
宽	正整数	

表E.6 目标参数属性记录表

字段	数据类型	属性
目标参数编号	字符/文本	关键字
目标名称	字符/文本	
颜色	字符/文本	
矿物组成	字符/文本	
测试目的	字符/文本	
样品描述	字符/文本	
目标特性	字符/文本	
岩石结构	字符/文本	
岩石构造	字符/文本	
地质描述	字符/文本	
SiO ₂	正实数	
Al ₂ O ₃	正实数	
TiO ₂	正实数	
Fe ₂ O ₃	正实数	
FeO	正实数	
MnO	正实数	
MgO	正实数	
CaO	正实数	
Na ₂ O	正实数	
K ₂ O	正实数	
P ₂ O ₅	正实数	
CO ₂	正实数	

附 录 F
(规范性附录)
质量检查记录表

质量检查记录表见表F. 1。

表 F. 1 质量检查记录表

第__次检查

第__页/总__页

检查测点						
抽检率	合格率		检查		合格	
序号	检查内容		是	否	是	否
1	矿波谱测试记录表、实际材料图、鉴定或分析报告中编号等相关信息是否一致					
2	岩矿波谱测试记录表是否清晰、准确、完整					
3	数据属性记录表的字段是否完整，取值范围、数据类型是否符合要求					
4	实际材料图标注内容是否完全、规范					
5	照片格式与分辨率是否满足要求					
6	波谱数据整理的格式是否满足要求					
7	波谱质量是否满足要求					
存在的问题、改正措施与结果						

检查人

检查日期

附 录 G
(规范性附录)
波谱测试报告编写提纲

第一章 前言

第一节 工作来源

第二节 测试目的

第三节 测试工作概况（起止时间、人员分工）

第二章 波谱测试

第一节 测点布设（布设的原则与依据以及布设结果）

第二节 波谱仪（波谱仪名称、型号、主要技术指标）

第三节 波谱测试（测点分布、测试方式、样品采集）

第三章 测试结果

第四章 质量检查

第五章 资料提交

附件

岩矿波谱测试记录表

波谱数据属性记录表

质量检查记录表

测点布设图

实际材料图

岩矿鉴定分析报告（岩矿鉴定、X射线衍射分析、化学分析等）

参 考 文 献

- [1] GB 3101-93 有关量、单位和符号的一般原则
 - [2] GB 3102.1-93 空间和时间的量和单位
 - [3] GB 3102.6-93 光及有关电磁辐射的量和单位
 - [4] DZ/T 物探化探遥感勘查技术规程规范编写规定
 - [5] 王锦地, 张立新, 柳钦火, 张兵, 尹球. 中国典型地物波谱知识库. 科学出版社. 2009
-