

DZ

中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T 0205—1999

地面 γ 能谱测量技术规程

1999-09-29 发布

2000-01-01 实施

中华人民共和国国土资源部 发布

目次

前言	Ⅰ
1 主题内容与适用范围	1
2 引用标准	1
3 名词术语	1
4 仪器设备和条件	2
5 工作设计	2
6 仪器设备及其性能检查	4
7 野外工作	5
8 资料的整理与处理	8
9 提交成果与成果验收	10
附录 A(标准的附录) 全国放射性勘查计量站模型主要参数	12
附录 B(标准的附录) 换算系数计算方法	12
附录 C(标准的附录) 地面 γ 能谱测量野外记录表	13
附录 D(标准的附录) 地面 γ 能谱测量异常登记表	13
附录 E(提示的附录) 地面 γ 能谱测量应用依据	13
附录 F(提示的附录) 地面 γ 能谱测量成果报告编写提纲	15
附录 G(提示的附录) 成果报告质量评级标准	16

前 言

本标准参考了我国地质勘查行业试行的地面 γ 能谱测量规范,以及地矿部“七五”、“八五”完成的地面 γ 能谱测量科研成果和各单位进行地面 γ 能谱测量的经验。标准编写过程中主要参考资料有:中国核工业总公司地质总局编写的《地面伽玛能谱测量规范》送审稿(1992年);中国人民武装警察部队黄金指挥部编制的《地质勘查技术管理规范补充规定》(第十一册)(1991年)。

本标准根据地面 γ 能谱测量的应用范围,对工作精度和工作比例尺做出了合理的规定;有关 γ 能谱仪的校准及技术参数和野外观测的要求更趋合理实用和可操作性更强。为利于地面 γ 能谱资料的再利用和数据共享,对野外记录及归档资料等均作出了具体的规定。

本标准的附录A、附录B、附录C、附录D均为标准的附录。

本标准的附录E、附录F及附录G为提示的附录。

本标准由全国地质矿产标准化技术委员会物化探分技术委员会提出和归口。

本标准由中国地质大学(北京)、成都理工学院负责起草。

本标准主要起草人:王南萍、方方、侯胜利、邱元德。

本标准由全国地质矿产标准化技术委员会物化探分技术委员会负责解释。

地面 γ 能谱测量技术规程

1 主题内容与适用范围

本标准规定了地面 γ 能谱测量的工作设计、仪器及其调整、仪器校准(标定)及性能检查、野外工作方法、室内资料整理及提交成果的基本技术要求和技術規則。

本标准适用于基础地质、能源、金属及非金属矿产地质勘查以及解决水文、工程、环境、灾害等有关地质问题的地面 γ 能谱测量。辐射环境评价、建筑材料放射性评价及与地面 γ 能谱测量有关的其他领域也可参照使用。

2 引用标准

下列标准包含的条文通过在标准中引用而构成本标准的条文。在标准出版时,所示版本均为有效。

所有标准都将会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

- GB/T 10630—1997 放射性矿产地质术语分类及代码
- GB/T 14499—1993 地球物理勘查技术符号
- DZ/T 0069—1993 地球物理勘查图图式、图例及用色标准
- GB 6566—1986 建筑材料放射卫生防护标准
- JC 518—1993 天然石材产品放射防护分类控制标准

3 名词术语

3.1 地面 γ 能谱测量

4 应用范围和条件

4.1 应用范围

- a) 地质填图；
- b) 放射性矿产地质勘查，直接寻找铀、钍矿床；
- c) 非放射性矿产地质勘查，寻找与放射性元素钾、铀、钍有共生或伴生关系的金属、非金属、能源等矿产资源；
- d) 水文地质、工程地质及灾害地质勘查；
- e) 环境及建筑材料放射性评价。

4.2 应用条件

- a) 测区基岩露头较好或覆盖层较为均匀；
- b) 不同地质体的钾、铀、钍元素含量的差异可被能谱仪所区分。
- c) 具体工作任务不同其应用条件有所不同。

5 工作设计

5.1 工作任务的确定

根据项目的工作目的，确定具体的工作任务。

- 5.1.1 配合各种比例尺的区域地质调查，进行地质填图，划分岩性、岩相、确定构造带和蚀变带等。
- 5.1.2 在矿产地质勘查的各个阶段，查明并圈定地面 γ 异常形态及规模，研究单参数及多参数异常特征，查明矿化特征及控矿因素，结合地质和地球物理资料，综合评价成矿有利地段，为布置山地工程和钻探工程、圈定矿(化)体或地质体提供依据。
- 5.1.3 在水文地质、工程地质及灾害地质勘查工作中，划分岩性、圈定接触带等。
- 5.1.4 对环境、建筑材料进行放射性评价

a) 根据被测介质中钾、铀、钍元素含量及总道计数率，测定异常范围并查明核素种类，评价环境 γ 辐射水平。

b) 依据 GB 6566—1986 或 JC 518—1993，对建筑材料进行检测，并将其分级归类。

5.2 资料收集

- a) 相应工作比例尺的地形图、最新彩色航空照片；
- b) 地质资料；
- c) 地球物理及化探、尤其是以往放射性测量资料；
- d) 第四纪地质、水文地质、地貌及土壤资料；
- e) 自然地理、交通及经济地理资料；
- f) 其他。

5.3 野外踏勘

在全面分析收集到资料的基础上，确定测区范围，选择有代表性的地质物探剖面进行踏勘测量，了解下述内容：

- a) 主要地层、岩体和构造的规模及其分布；
- b) 有代表性的矿床、矿点、矿化点及异常点(带、晕)；
- c) 地形、地貌、基岩、浮土、植被及水系分布；
- d) 初步测量不同地质体中钾、铀、钍元素含量及其总道计数率，了解不同岩性的放射性背景值；
- e) 经济地理、交通条件、居民点分布等。

5.4 方法试验

5.4.1 在以前未做过地面 γ 能谱测量的地区开展工作之前，应进行方法试验。

5.4.2 方法试验应解决下列主要问题:

- a) 被勘查对象与围岩的铀、钍、钾元素含量差异可被仪器所探测;
- b) 确定有效找矿深度。

5.4.3 方法试验最好在远离运积物且覆盖层厚度在 10 m 以上的地方(已知的大型隐伏矿床(体))上进行,但在任何情况下一定要取得对比资料。

5.5 工作精度及工作比例尺选择

5.5.1 工作精度分为两档,一般精度和高精度地面 γ 能谱测量,应根据具体任务要求及勘查对象钾、铀、钍元素含量的高低合理选择工作精度。

5.5.2 工作比例尺选择

- a) 设计工作比例尺不得小于在同一地区与之同时进行的或以前进行过的地质测量和普查的比例尺;
- b) 地质、矿产勘查的工作比例尺及测网密度见表 1。

表 1 工作比例尺及测网密度

矿产勘查	工作比例尺	测网密度, m
区域地质调查	1:100 000	1 000×(50~200)
	1:50 000	500×(50~100)
普查	1:25 000	250×(25~50)
	1:10 000	100×(20~50)
详查	1:5 000	50×(10~20)
	1:2 000	20×(5~10)
	1:1 000	10×(2~5)

c) 水文、工程、环境及灾害地质工作的测网视具体任务而定,一个测区不少于 3 条测线,异常区域内至少有 3 个连续测点。建筑材料(如天然石材)放射性评价在基岩露头可采用 1 m×1 m 的测网密度。

5.6 测区及精测剖面设计

5.6.1 测区范围

测区范围一般应满足下列要求:

- a) 当地面 γ 能谱测量与其他物化探工作配合使用时,最好按同一测网进行;
- b) 包括被勘查对象可能赋存的地段,并向四周有一定的扩展;
- c) 尽可能将已知地质体、矿体、矿化段和山地工程包括在内,以利于推断解释;
- d) 在前人工作的基础上扩大测区面积时,应覆盖以前工作的部分测线和测点;
- e) 面积性测量尽可能采用规则测网。

5.6.2 测线方向

- a) 尽可能垂直于岩体、构造及被勘查对象的总体走向;
- b) 当被勘查对象走向变化较大时,应随之改变测线方向。

5.6.3 精测剖面

在工作区内典型地段至少布置一条地质- γ 能谱精测剖面。

- a) 穿过区内主要地层、岩体和构造,尽可能穿过主要岩石类型分布区;
- b) 基岩出露好;
- c) 最好通过主体异常中心部位,并兼顾已知异常覆盖区;
- d) 明显反映异常特征,便于定量计算的地段;
- e) 采用高精度测量方式,测量点距适当加密,最小地质单元内不少于 3 个测点。

5.7 工作设计书的编写与审批

5.7.1 地面 γ 能谱测量既可与其他种类的物化探工作结合起来设计,也可单独设计。

5.7.2 设计书是地面 γ 能谱测量野外施工、质量检查、成果验收的重要依据,应根据工作任务及主管部门的任务书和合同书等文件进行编制。

5.7.3 设计书的主要内容:

- a) 序言:概述项目来源、目的及任务、工作区自然及经济地理;
- b) 地质概况、地球物理及地球化学特征;
- c) 已取得的地质成果和放射性测量研究程度等;
- d) 与其他物化探方法配合使用的条件;
- e) 工作精度、工作比例尺及方法技术;
- f) 野外、室内预算工作量、必要时进行方法试验的工作量、工作进度;
- g) 质量保证措施;
- h) 预期提交成果及完成期限;
- i) 人员编制,仪器设备配置;
- j) 经费预算。

5.7.4 设计书经主管部门或项目委托单位审批后方可实施。在工作过程中变更原设计时,须经原审批单位批准。

6 仪器设备及其性能检查

地面 γ 能谱测量可使用便携式四道 γ 能谱仪,也可使用便携式多道 γ 能谱仪。

地面 γ 能谱仪在投入使用之前应对仪器的主要性能进行检查、调整并校准,尤其是仪器的准确度、稳定性必须检查。经检验合格并获得有效检定证书的仪器方可投入使用。

6.1 基本要求

- a) 可在野外直接测定钾、铀、钍元素含量及总道计数率等参数;
- b) 对 ^{137}Cs 的0.661 MeV能量峰的能量分辨率不大于12%;
- c) 具有自动稳谱功能,仪器连续工作8 h,参考源谱峰位漂移小于3%。使用便携式多道 γ 能谱仪时,可采用软件稳谱技术;
- d) 含量检出限分别为:铀小于 2×10^{-6} eU,钍小于 4×10^{-6} eTh,钾小于0.5%;
- e) γ 射线能量在3 MeV以内,能量非线性小于0.5%;
- f) 在 $-5 \sim +45^\circ\text{C}$ 温度范围内,相对湿度90%的条件下与基准条件(温度 20°C 、相对湿度70%)相比,仪器各能量窗计数率的相对误差在 $\pm 15\%$ 以内;
- g) 功耗低,易携带,操作方便,防潮防震。

6.2 推荐测量谱段

地面 γ 能谱测量谱段的选择一般如表2所示。

表2 测量谱段

测量道	测量核素	特征能量,MeV	能量范围,MeV
钾	^{40}K	1.46	1.37~1.57
铀	^{214}Bi	1.76	1.66~1.86
钍	^{208}Tl	2.62	2.41~2.81

6.3 仪器校准

6.3.1 仪器在校准之前,必须经过短期稳定性(见7.3.4.2)和稳谱性能检查,稳谱系统的检查和调整应按仪器使用说明书规定执行。

6.3.2 仪器校准必须在铀、钍、钾饱和模型上进行。我国的饱和模型安放在核工业放射性勘查计量站

内,模型的主要参数见附录 A。

校准方法:将仪器探头先后置于铀、钍、钾饱和模型表面中心位置,采用高精度测量(计数率统计误差不大于 2%),分别测量各道计数率(共 9 个数值),然后按附录 B 中的计算公式算出 9 个换算系数 A_i 、 B_i 、 C_i ($i=1,2,3$),最后在混合模型上检验准确度,检验结果必须满足表 3 的误差要求。表中低含量的允许误差以绝对误差要求,高含量的允许误差以相对误差要求。相对误差的计算公式如式(1):

$$\delta = \frac{(Q_i - Q_0)}{Q_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中: Q_i ——实测含量;

Q_0 ——模型定值。

对检查不合格的仪器,应重新检查或校准。上述工作重复三次,取平均值为仪器的换算系数。

表 3 模型测量允许误差表

元 素	模型含量范围	允许误差	
		绝对误差	相对误差
K	$\leq 1\%$	$\pm 0.3\%K$	
	$> 1\%$		$\pm 10\%$
eU	$\leq 10 \times 10^{-6}$	$\pm 1 \times 10^{-6} \text{eU}$	
	$> 10 \times 10^{-6}$		$\pm 3\%$
eTh	$\leq 25 \times 10^{-6}$	$\pm 1.5 \times 10^{-6} \text{eTh}$	
	$> 25 \times 10^{-6}$		$\pm 5\%$

6.3.3 校准合格的仪器由放射性勘查计量站出具“检定合格证书”。

6.3.4 仪器校准有效期为一年。新仪器在起用之前或仪器大修之后,如更换了探测元器件(如碘化钠晶体、光电倍增管等)、调整了脉冲幅度分析器甄别阈值或仪器性能发生了显著变化,均应重新进行校准。

6.4 放射源的使用和管理

6.4.1 放射源在使用过程中,应尽可能缩短接触时间,避免不必要的附加照射。

6.4.2 放射源必须存放在专用保管箱,箱内应设防辐射措施,避免产生和扩散。

7 野外工作

7.1 准备工作

a) 配备物探技术人员,必要时进行技术培训。

b) 准备较大比例尺的地质图、地形图和彩色航空照片等。

7.2.3 水文、工程、环境及灾害地质等勘查中,测线和测点应按实际情况布置。

7.3 野外测量

7.3.1 测定放射性本底

放射性本底应在工作区内或附近用水面法测定,在水面法无法进行的条件下可用水中法。

a) 水面法。选择水深大于 2 m、水面半径大于 50 m,水质无放射性污染且周围无高山或高大建筑物的淡水水域,将仪器探头悬于水面上测量。取 1 000 s 计数 3 次以上,或 120 s 计数 30 次以上,各道的平均值(计数率或含量)为该道的放射性本底。

b) 水中法。水中法测量值未包括大气放射性效应,其值为仪器自然底数。选择水深大于 1.5 m,水面直径大于 2 m,水质无放射性污染的淡水水域进行。用干净的无放射性污染的塑料薄膜密封仪器探

7.3.2 工作基准点选择

在野外驻地开阔的水泥或泥土地面上,选择地面平坦、远离高大建筑物且 γ 辐射场均匀处,用红油漆做好标记(按探头大小划圈),作为仪器稳定性检查的基准点。

7.3.3 选定计数时间

a) 为使各测点的观测精度保持相同水平,应针对各测点或每个地段的铀、钍、钍元素含量的高低选

b) 仪器连续工作 8 h 稳定性检查符合放射性统计规律。

c) 稳定性检查不合格的仪器应重新检查。多次检查仍不合格时应查明原因, 进行调整, 直至检修仪器。

7.3.4.3 长期稳定性检查

仪器长期稳定性检查每天进行。每天出工前和收工后在工作区基准点或工作模型上测定仪器各道的计数率, 采用野外确定的计数时间(在工作模型上可缩短), 读 5 组数取平均值。每次测量平均值与开工前已取得的各测量道平均值对比。钾、铀、钍含量相对误差不超过 $\pm 15\%$, 对工作模型(混合)的铀、钍、钾含量相对误差分别不超过 $\pm 5\%$ 、 $\pm 5\%$ 和 $\pm 10\%$ 。

对检查结果超差的仪器, 应重复检查。若再次检查不合格的仪器则停止野外工作。

7.3.4.4 若收工后发现仪器稳定性超差, 当天测量结果作废。

7.3.5 野外观测

7.3.5.1 观测方式选择

观测方式分为定点测量和连续测量, 可根据工作任务和工作精度选择观测方式, 高精度测量一般都采用定点测量。当岩性较均匀、地形和通视条件良好可采用连续测量方式, 即携带仪器, 让仪器探头距地面高度保持一定, 沿测线方向匀速行进, 测量并记录两测点之间的累计结果。

7.3.5.2 观测精度选择

高精度测量要求观测精度 ϵ 小于 5% , 一般精度的 ϵ 小于 10% 。

7.3.5.3 测量几何条件选择

a) 尽可能保证半无限空间(2π)几何条件;

b) 探头的最佳探测高度为探头晶体与地形最高凸起点一致, 齐膝、齐腰均可。当要求较高的对地分辨率时, 应尽量降低测量高度, 在地形平坦处可置于地面测量。

7.3.5.4 气候条件

雨天不能开展野外工作。遇下雨应立即停止观测, 小雨 3~4 h 后方可继续, 大雨需待土壤干后才能开始工作。

7.3.5.5 同一测区内观测方式、观测精度、测量几何条件(高度)均应保持一致。

7.3.5.6 高精度测量在各点一般取二组读数的平均值为该点的实测值, 统计误差超差则读第三组数后再取平均值。

7.3.5.7 观测过程中发现仪器读数显著变化应立即重复观测, 以确定是仪器故障还是发现异常。关于异常点(带)的处理见 7.3.7。

7.3.5.8 野外观测过程中和发现异常后, 均应对仪器工作电压和稳谱状态等进行检查并记录。

7.3.6 现场记录

a) 观测过程中应注意观察并记录有关地质情况, 如矿化、蚀变、构造以及岩性、植被和土壤湿度等。记录格式见附录 C。

b) 采用微机化 γ 能谱仪时, 仍需填写野外记录本, 每天工作结束, 应将测量结果打印出来, 贴在野外记录本上。

c) 详细填写野外记录表, 尤其是仪器型号、观测精度等。

7.3.7 野外异常点(带)处理

在野外观测中发现 γ 能谱异常点(带)时, 应做如下工作:

a) 重复测量, 以确定异常的存在;

b) 追索异常。采用“十”字剖面法或加密测网的办法, 圈定异常范围, 点线距视具体情况而定;

c) 观察地质现象, 描述异常位置及赋存的地质体、岩性、构造、围岩蚀变、矿化特征等;

d) 在异常极大值部位或异常有利部位(矿化、蚀变等)采集岩石或土壤样品, 供室内研究之用;

e) 异常点(带)应及时登记造册, 进行初步评价, 并提出进一步处理意见;

f) 因地制宜地布置山地工程。

7.3.8 地质- γ 能谱精确剖面测量过程中,要求:

- 与地质技术人员同时进行观测和编录。
- 在有利岩性层位采集样品,在异常段及相邻的 3~5 个测点上应逐点采样。

7.4 采样

在测区范围内,根据具体的工作任务,按岩性、矿化、蚀变、构造等特征采集一定数量的岩石(或土壤)样品,供室内测定钾、铀、钍元素及找矿目标元素(共生或伴生)的含量,研究钾、铀、钍与目标元素的相关关系及成矿规律。

7.5 质量检查

7.5.1 检查点布置原则

- 检查测量工作量不得少于总工作量的 10%,且总点数不少于 30;
- 对有矿化及有地质意义的异常点(带)100%要进行检查,一般异常点(带)做 50%的检查,并追溯到背景场 3~5 个测点;
- 检查线应布置在地质上有意义或工作质量有疑问的剖面,以互检或自检方式进行。

7.5.2 方法及要求

- 同一测点同一台仪器两次测定的含量或同一测点不同仪器测定值的含量误差要求见表 4。

表 4 含量测量误差要求

元 素	含量单位	含量范围	绝对误差 Δ		相对误差 $\delta, \%$	
			一般精度	高精度	一般精度	高精度
eU	$\times 10^{-6}$	≤ 10	$\leq \pm 2.0$	$\leq \pm 1.5$		
		> 10			± 20	± 15
eTh	$\times 10^{-6}$	≤ 15	$\leq \pm 3.0$	$\leq \pm 2.0$		
		> 15			± 20	± 15
K	$\%$	≤ 5	$\leq \pm 1.0$	$\leq \pm 0.5$		
		> 5			± 20	$\leq \pm 10$

表中:

$$\Delta = |Q_1 - Q_2| \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$\delta = \frac{Q_1 - Q_2}{(Q_1 + Q_2)/2} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中: Q_1 、 Q_2 分别为第一次和第二次测量的含量值。

- 剖面检查测量与基本测量的曲线形态应基本相似,各元素含量检查测量合格率不小于 80%。

$$\eta = \frac{m}{n} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中: η ——合格率;

m ——合格点数;

n ——检查总点数。

- 整个测区检查测量总点数的合格率不小于 80%。

7.5.3 检查测量不符合要求者应查明原因,必要时可再次进行检查。再次检查不合格的测线资料作废,重新观测。

8 资料的整理与处理

8.1 资料整理

8.1.1 在计算元素含量或编制图件之前,对野外记录本、异常登记表、仪器长期稳定性检查记录本等原始资料逐一检查核对。

8.1.2 计算钾、铀、钍元素含量

a) 仪器读数以计数率表示时,取各测点上多次读数的平均值,然后按仪器校准给出的换算系数计算出钾、铀、钍元素含量。能直读含量的仪器可直接采用显示的含量。

b) 采用高精度测量时,应扣除放射性本底。放射性本底以计数率表示时,应在各道(窗)平均计数率中先扣除本底,然后再计算含量;放射性本底以含量表示时,在实测结果中直接扣除。

8.1.3 阶段性成果图示

8.1.3.1 仪器稳定性散点图

将仪器野外工作期间每天出工前、收工后的稳定性检查按时间顺序绘制成散点图。

8.1.3.2 实际材料图

a) 区域地质调查和普查阶段用大于或等于工作比例尺的地形(地质)图作实际材料图的底图,详查阶段可用厘米纸作底图。

b) 图上内容包括:测量路线及编号、基线、测线及编号、测点编号以及实测的钾、铀、钍元素含量、检查测量结果、异常点位置及编号、采样点位置及编号等。

c) 基本测量结果用一种颜色(黑色)表示,检查测量结果用另一种颜色(红色)表示。

d) 视图面内容多少,可将全部数据资料编制在一张图上,也可制成单元素图。当数据、图面内容较多时,可将同一地质体相同岩性相邻测点的数据取平均值表示。

e) 可用计算机绘制实际材料图。

8.1.3.3 剖面平面图

为及时指导生产,应在剖面测量结束数天内将结果绘制在剖面平面图上。

a) 将各条测线按工作比例尺绘制在有地质成果的底图上。

b) 以能反映有意义的弱异常为原则,选择合适的纵比例尺,各测点间用折线连接,特高点用波折线连接,并标上数值。

8.2 资料处理

8.2.1 参数统计

8.2.1.1 计算平均值及标准偏差

不同地质单元、不同地层、不同岩性反映的 γ 场特征不同,应分别统计其钾、铀、钍元素含量、比值和总道计数率的背景平均值($\bar{C}_0$)、标准偏差(S_0)和变异系数(CV)等参数,计算公式如下:

$$\bar{C}_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$S_0 = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{C}_0)^2} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$CV = \frac{S_0}{\bar{C}_0} \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中: X_i ——第 i 个测点上的某道的测量值;

n ——样本数。

计算 $\bar{C}_0$ 、 S_0 时,应采用稳健统计方法,即逐次去掉测量值小于 $\bar{C}_0 - 3S_0$ 和测量值大于 $\bar{C}_0 + 3S_0$ 的点,直至合格为止。样本数 n 不得小于 30。

8.2.1.2 异常下限的确定

背景值和异常值是相对而言的,异常可以是正异常(高于背景平均值)或负异常(低于背景平均值)。通常异常下限按下列公式计算:

$$T = \bar{C}_0 \pm kS_0 \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中: T ——异常下限;

$\bar{C}_0$ 、 S_0 ——背景平均值和标准偏差;

k ——经验系数(一般为整数),根据测区具体情况而定。

8.2.2 数据处理

地面 γ 能谱测量结果受岩性及土壤湿度的影响。在野外测量中应对这些因素进行详细记录,高精度测量中应进行修正。

岩性校正可采用钍归一法。常用的数据处理方法较多,可根据实际需要选用。

8.3 图件编制

地面 γ 能谱测量图件分为基础图件和成果图件两大类,尽可能采用计算机成图。

8.3.1 基础图件编制

8.3.1.1 测区位置图

a) 作图比例尺一般应与工作比例尺相同。

b) 参数曲线的高度不宜超过两条测线距离,对超过部分可采用波折线并加注数值的方法表示。

c) 对有意义的异常地段,可缩小或放大参数比例尺专门绘制,对其范围在图框中加框标明。

8.3.1.2 平面等值线图

a) 平面等值线图的异常下限由公式(10)求出,等值线间距视图面大小及异常幅值等情况而定,一般是等间距的。

b) 若各地质单元的背景平均值差异很大时,用公式 $\frac{X_i - \bar{C}_0}{S_0}$ 将数据转化,然后编制等值线图。

c) 平面等值线图一般用彩色图,其着色要求符合 DZ/T 0069—1993。

8.3.2 成果图件

针对不同的工作任务,综合分析地面 γ 能谱测量数据及其他物化探成果,结合地质资料反复推断解释,编制综合成果图。因工作对象和任务不同、研究程度不同,成果图无一固定模式,按项目任务要求而定。一般完成以下几类:

8.3.2.1 地质 γ 能谱剖面图

a) 附地质剖面图;

b) 水平比例尺与工作比例尺相同,垂直比例尺视参数大小而定,标明剖面方向;

c) 标注岩石、土壤采样点位置及编号、元素含量等。

8.3.2.2 多参数综合解释成果图

a) 根据地质-地球物理-地球化学模式,选择合适的数据处理方法,对原始数据进行滤波、转换、计算,形成新的平面或立体图;

b) 根据项目具体任务选择合适的成果表示方式,编制相应的综合解释图。

8.3.2.3 有条件时,可用地面放射性测量工作站对测量结果进行人机交互解释,绘制各种图件和图像,其中包括曲面图、色块图、切割剖面图像、彩色相关图像和彩色合成图像。

8.3.2.4 按项目要求提交的其他成果图件。

9 提交成果与成果验收

9.1 提交成果

9.1.1 成果报告

9.1.1.1 地面 γ 能谱测量工作结束后,应提交成果报告,由项目承担单位编写。成果报告编写提纲参见附录 F。

9.1.1.2 地面 γ 能谱测量成果报告可单独提交,也可作为该区地质工作报告的一部分提交。

9.1.1.3 如工作中有专题研究内容,要单独编写报告,作为成果报告的附件一并提交。

9.1.2 成果图件

9.1.2.1 提交所有基础图件,它们包括:

- a) 铀、钍、钾元素含量及总道计数率实际材料图。
- b) 铀、钍、钾元素含量及总道计数率剖面平面图。
- c) 铀、钍、钾元素含量及总道计数率剖面等值线图。

- d) 铀钍、铀钾和钍钾比值平面等值线图。

9.1.2.2 提交的成果图件有:

- a) 地质- γ 能谱测量剖面图。
- b) 按项目具体任务编制的综合解释成果图。

9.1.3 资料

9.1.3.1 找矿远景区(片、段)有关资料

根据找矿远景区(片、段)规模、成矿条件、异常明显程度分级。远景区资料包括:

- a) 主要异常登记表(参见附录 D);
- b) 异常点(带)检查评价资料;
- c) 工程验证资料。

9.1.3.2 原始资料

- a) 仪器检定合格证书。
- b) 岩石、土壤样品钾、铀、钍元素含量及其他目标元素含量分析结果。
- c) 仪器准确度、稳定性检查原始数据及散点图。
- d) 测区放射性本底实测数据。
- e) 野外记录本(附磁盘,数据用 ASC II 码表示)。
- f) 其他。

9.2 成果报告验收与评审

9.2.1 成果报告由工作设计审批单位评审验收,也可受权有关单位组织验收。

9.2.2 成果报告验收依据

- a) 项目任务书、委托(合同)书和设计书。
- b) 本规程中 7.5 及 9.1 内容。

9.2.3 成果报告评审

9.2.3.1 评审组织

初审由项目承担单位组织,终审由上级主管部门或任务委托单位组织。

9.2.3.2 评审内容

- a) 野外与室内完成工作量及工作质量;
- b) 成果报告编写与图件编制水平;
- c) 成果科技水平。

附录 A

(标准的附录)

全国放射性勘查计量站模型主要参数

我国的放射性饱和模型均安放在核工业放射性勘查计量站内,各计量站模型的主要参数见表(A1):

表 A1 全国放射性勘查计量站模型主要参数

模型及主要元素含量 模型站名及通信地址	铀模型	钍模型	钾模型	混合模型		
	Q_U $\times 10^{-6}$	Q_{Th} $\times 10^{-6}$	Q_K %	Q_U $\times 10^{-6}$	Q_{Th} $\times 10^{-6}$	Q_K %
核工业放射性勘查计量站 (河北石家庄 183 信箱,050002)	292.0	505.0	5.98	100.5 6.19	306.3 23.12	0.8 2.53
核工业放射性勘查东北计量站 (辽宁沈阳市 801 信箱,110121)	105.65	205.28	7.36	82.36	158.95	2.91
核工业放射性勘查中南计量站 (湖南长沙县 504 信箱,410151)	137.66	180.87	4.85	58.76	135.5	3.12
核工业放射性勘查华东计量站 (江西南昌县 79 信箱,330200)	135.84	277.39	5.31	118.02	268.09	2.6
核工业放射性勘查西南计量站 (四川西昌市 202 信箱,615000)	190.8	386.38	4.67	63.17	192.57	4.67
核工业放射性勘查华南计量站 (广东乳源县 9 信箱,512700)	197.25	494.82	4.92	94.69	293.33	0.19
核工业放射性勘查西北计量站 (甘肃天水市 33 信箱,741020)	85.97	183.95	4.92	52.8	138.77	4.92

附录 B

(标准的附录)

换算系数计算方法

换算系数在饱和的铀、钍、钾模型上测定。根据地面 γ 能谱测量原理,分别在每个饱和模型上测量,可建立(B1)线性方程组(共九个方程),求得灵敏度系数 a_i, b_i, c_i :

$$\begin{cases} N_U = a_1 C_U + b_1 C_{Th} + c_1 C_K \\ N_{Th} = a_2 C_U + b_2 C_{Th} + c_2 C_K \\ N_K = a_3 C_U + b_3 C_{Th} + c_3 C_K \end{cases} \quad \dots\dots\dots (B1)$$

或采用(B2)线性方程组(共九个方程),可求得九个换算系数 A_i, B_i, C_i :

$$\begin{cases} C_U = A_1 N_U + B_1 N_{Th} + C_1 N_K \\ C_{Th} = A_2 N_U + B_2 N_{Th} + C_2 N_K \\ C_K = A_3 N_U + B_3 N_{Th} + C_3 N_K \end{cases} \quad \dots\dots\dots (B2)$$

式中: N_U, N_{Th}, N_K ——分别为模型上用能谱仪测得的铀、钍、钾道(窗)净计数(扣除放射性本底); $a_i, b_i, c_i (i=1, 2, 3)$ 分别为能谱仪各道对铀、钍、钾的灵敏度,单位分别为计数率/ $1 \times 10^{-6} \text{eU}$ 、计数率/ $1 \times 10^{-6} \text{eTh}$ 、计数率/ $1\%K$,其下标 1, 2, 3 分别对应能谱仪的铀、钍和钾道(窗); C_U, C_{Th}, C_K 为模型的铀、钍、钾

含量,单位分别为 $1 \times 10^{-6} \text{eU}$ 、 $1 \times 10^{-6} \text{eTh}$ 和 $\%K$; A_i 、 B_i 、 C_i ($i=1,2,3$) 为能谱仪的换算系数。

附录 C

(标准的附录)

地面 γ 能谱测量野外记录表

测区 日期		天气 仪器型号		操作者 观测精度		计算者 核对者						
点/线	距离 m	计数 时间 s	仪器读数				含 量			测点描述 (岩性/植被、湿度等)	采样 登记	备注
			总道	铀道	钍道	钾道	铀 ×10 ⁻⁶	钍 ×10 ⁻⁶	钾 %			

附录 D

(标准的附录)

地面 γ 能谱测量异常登记表

序 号	异常编号	异常位置	发现日期
异常规模			
地质地球 物理特征 描 述			
评价意见			

附录 E

(提示的附录)

地面 γ 能谱测量应用依据

E1 基础地质研究

天然放射性元素钾、铀、钍的地球化学特性决定了它们在地壳岩石中的正常分布(表 E1),据此可进

行地质填图和基础地质研究:

表 E1 地壳中放射性元素的含量
(克拉克等, 1966)

岩石类型	K(%)	U(1×10^{-6})		Th(1×10^{-6})		Th/U	
	平均	平均	范围	平均	范围	平均	范围
地壳平均值	2.1	3		12		4	
基性火成岩	0.5	1	0.2~3	3	0.5~10	3	3~5
中性火成岩	1~2.5	2.3	0.5~7	9	2~20	4	2~6
酸性火成岩	4	4.5	1~12	18	5~20	4	2~10
砂质沉积岩	1.4	1	0.5~2	3	2~6	3	
泥质沉积岩	2.7	4	1~13	16	2~47	4	1~12
石灰岩	0.3	2	1~10	2		1	
黑色页岩	2.7	8	3~250	16		2	宽
红土	低	10	3~40	50	8~132	5	宽
变质岩		取决于母岩类型					

E2 矿产地质勘查

地面 γ 能谱测量根据容矿岩石中的原生晕,或者根据疏松风化产物或覆盖沉积物中的次生(表生)晕和分散流来查明放射性或非放射性矿床。铀是重要的不同矿床指示元素之一。通过研究岩石或土壤中铀、钍、钾元素的富集和贫化、它们的比例特征在特定地质-地质构造条件下与其他指示元素之间的正或负的相关关系,并查明异常成因,达到圈定矿体或地质体的目的。

铀、钍、钾三种放射性元素在特定条件下的重新分布(一种元素相对于另外两种元素的富集或其中两种元素相对于另一种元素的富集),都是地质和地球化学过程作用的结果。利用地面 γ 能谱测量方法寻找非放射性矿产资源,不仅仅是寻找放射性元素含量的增高地段,关键是研究被测对象中各种放射性元素的比例、不同矿种或不同成矿阶段这些元素相对富集和亏损的规律,以及成矿母岩与围岩的放射性元素分布特征。某些矿种的基本找矿特征见表 E2。

由于地质构造和地球化学作用的复杂性,同一类型的矿床在不同地区可以具有完全不同的地质规律和找矿特征,应结合地质、地球化学景观、物化探资料、山地和钻探工程验证等资料进行综合分析和综合解释。

表 E2 地面 γ 能谱测量找矿基本特征

矿化类型	成因类型	放射性元素含量特征					
		U	Th	K	U/Th	U/K	Th/K
铀		高					
锡、钨和铀-钼	热液交代型	高	高	低			
铜-铀	热液交代型	高			大		

E3 辐射环境综合评价

E3.1 建筑材料按 GB 6566—1986 中内外照射指数进行评价,超标材料不可用作公共用房和民用建筑。

E3.2 天然石材按 JC 518—1993 中分类控制值分为 A、B、C 三类,分级使用,控制其使用范围。

E3.3 在天然石材矿床地质勘查过程中,采用 JC 518—1993 的分类控制值对岩(矿)石进行放射性水平预评价,评价准则参见上述标准。

附 录 F

(提示的附录)

地面 γ 能谱测量成果报告编写提纲**F1 前言**

- a) 工作目的与任务;
- b) 工作区位置及范围;
- c) 交通及自然、经济地理;
- d) 完成工作量及完成时间;
- e) 主要成果。

F2 地质、地球物理及地球化学特征

- a) 地质概况;
- b) 地球物理特征;
- c) 地球化学景观及地球化学特征;
- d) 前人研究成果,尤其是放射性测量成果。

F3 方法有效性及适用性分析**F4 工作方法**

- a) 测网的设计与实施;
- b) 野外观测方法及放射性本底测定方法;
- c) 数理统计与数据处理方法技术。

F5 质量评述

- a) 测网定位精度;
- b) 仪器校准及准确度;
- c) 仪器短期、长期稳定性检查结果;
- d) 野外观测精度及误差统计结果;
- e) 异常点(带)检查结果及其评价处理意见。

F6 工作成果

- a) 地质填图成果;
- b) 异常解释推断及成矿远景预测;

- c) 影响因素研究;
- d) 其他。

F7 结论与建议

- a) 对已解决问题作出地质结论,对未解决的地质问题说明原因。
- b) 提出下一步应作的工作,说明其意义,拟用方法技术,应注意问题等。

附录 G

(提示的附录)

成果报告质量评级标准

地面 γ 能谱测量成果报告的质量评级标准:

G1 优秀报告

原始记录准确、清晰、完整、可靠;图件齐全,内容得当、美观,图示规范;工作设计合理;野外及室内工作规范,仪器性能稳定可靠,野外工作量及质量检查达到设计要求,解释推断方法正确;成果报告语句通顺、精炼,论据充分,成果突出。

G2 良好报告

原始记录准确、清楚、基本完整、数据可靠;图件齐全,内容基本得当,图示规范;工作设计基本合理;野外及室内工作规范,仪器性能稳定可靠,野外工作量及质量检查基本达到设计要求,解释推断方法基本正确;成果报告语句通顺,论据基本充分,成果明显。

G3 合格报告

原始记录基本完整、数据基本可靠;图件基本齐全,图示基本规范;工作设计基本合理;野外及室内工作基本规范,仪器性能稳定可靠,野外工作量及质量检查基本达到设计要求,解释推断方法基本正确;成果报告语句通顺,成果一般。
