

ICS 73.020

D 10

备案号:1940—1998

EJ

中华人民共和国核行业标准

EJ/T 363—1998

地面伽玛能谱测量规范

Code on ground γ -ray spectrometric survey

1998-03-25 发布

1998-09-01 实施

中国核工业总公司 发布

目 次

前言	Ⅲ
1 范围	1
2 引用标准	1
3 定义	1
4 工作设计	1
5 仪器及校准	3
6 野外工作方法	5
7 室内资料整理	7
8 工作成果	9
附录 A(标准的附录) 换算系数计算方法	13
附录 B(提示的附录) 地面伽玛能谱测量工作设计编写提纲	17
附录 C(提示的附录) 地面伽玛能谱测量成果报告编写提纲	18

前 言

EJ/T 363—89《地面伽玛能谱测量规范》是1989年3月24日发布,1989年10月1日实施的。自实施以来,该标准指导并规范了我国核行业的地面伽玛能谱测量工作,促进了该方法的发展。但该标准中某些内容已不适应当前的需要,并且较局限于核行业内部使用。为了反映我国现阶段地面伽玛能谱测量的水平,并兼顾铀矿勘查以外其它领域有关工作的需要,根据地矿行业地面伽玛能谱测量多年的工作特点和实践经验,对上述标准进行了第一次修订。

本标准附录 A 为标准的附录。

本标准的附录 B、附录 C 为提示的附录。

本标准由中国核工业总公司地质总局提出。

本标准由中国核工业标准化研究所归口。

本标准主要起草单位:中国核工业总公司地质总局、核工业北京地质研究院、核工业东北地质局。

本标准主要起草人:李家俊、陆士立、李葆春。

中华人民共和国核行业标准

地面伽玛能谱测量规范

EJ/T 363—1998

代替 EJ/T 363—89

Code on ground γ -ray spectrometric survey

1 范围

本标准规定了地面伽玛能谱测量的工作设计、仪器及校准、野外工作方法、室内资料整理及提交工作成果的技术要求。

本标准适用于铀矿资源勘查、金、钾盐、油气及其它矿产资源勘查、地质填图及辐射环境影响评价等与伽玛能谱测量有关的领域也可参照使用。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,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 4882—85 数据的统计处理和解释正态性检验

3 定义

本标准采用下列定义。

3.1 地面伽玛能谱测量

使用伽玛能谱仪在地表直接测定土壤或岩石中当量铀(eU)、当量钍(eTh)和钾(K)等核素含量的方法。

3.2 饱和模型

物理特性与矿层近似,能模拟均匀、无限天然放射性体源的伽玛能谱仪校准设施。

3.3 灵敏度系数

单位含量的放射性核素在伽玛能谱仪铀、钍、钾道中分别引起的计数率。

3.4 换算系数

伽玛能谱仪各道中单位计数率所分别代表的 eU、eTh、K 含量。

4 工作设计

在项目执行之前,应明确项目的目的、任务和要求,并据此编制地面伽玛能谱测量工作设计。

4.1 工作目的和任务

中国核工业总公司 1998-03-25 批准

1998-09-01 实施

4.1.1 区调

调查工作区内 eU、eTh、K 含量,计算其比值,了解它们的分布规律,研究区域地质背景和成矿地质条件,为预测找矿远景区及地质填图提供基础资料。

4.1.2 普查

在找矿远景区内通过对 eU、eTh、K 含量及其比值等分布规律的研究,并结合地质构造、矿化特征和其它物化探异常,圈定找矿远景片。

4.1.3 详查

通过对远景片内 eU、eTh、K 含量及其比值的分布特征的综合分析,进一步圈出富铀地段和其它矿产的矿化蚀变范围,查明铀矿或其它矿产的成矿地质条件、矿化特征及控制因素,划出需揭露的远景段,为工程部署提供依据。

4.2 工作比例尺及测网

各工作阶段比例尺及常用测网见表 1,也可根据具体任务确定。区调和普查可采用规则测网,也可采用不规则测网,详查测量应采用规则测网。工作底图应使用大于或等于工作比例尺的地形图。

4.3 工作设计程序

4.3.1 资料搜集与研究

全面搜集与设计有关的地质、物探、化探、水文、航空物探及遥感等资料,对搜集到的资料进行综合分析,设计野外踏勘路线。

4.3.2 野外踏勘

选择有代表性的地质、物探剖面进行踏勘,确定相应的工作精度和方法,了解下述内容:

- 区内主要地层和岩体的 eU、eTh、K 含量及其分布的基本特征;
- 区域主要构造的规模及其基本特征;
- 有代表性的矿床、矿点、矿化点及异常点(带、晕)的基本特征;
- 地形、地貌、气候、植被、基岩出露及水系分布;
- 经济地理、交通条件、居民点分布及生活供应等情况。

表 1 各工作阶段比例尺及常用测网

工作阶段	工作比例尺	网 度 m
区 调	1:500 000	5 000×(250~500)
	1:200 000	2 000×(100~200)
	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)
	1:500	5×(1~2)

4.3.3 设计书编写与审批

4.3.3.1 设计书是执行项目任务和成果验收、评审的主要依据,由任务承担单位编写。编写提纲见附录 B(提示的附录)。

4.3.3.2 设计书按项目管理权限审批。设计书未经批准不得开展野外工作。在工作过程中需变更设计时,应及时将变更意见呈报原审批单位,经批准后方可实施。

5 仪器及校准

地面伽玛能谱测量应使用四道伽玛能谱仪或多道伽玛能谱仪。经检定合格,获得有效检定证书的仪器方可投入使用。

5.1 对仪器的基本要求

5.1.1 便于携带,坚固耐用,操作简便,防潮防震,功耗低。

5.1.2 仪器连接电缆及其连接件可靠,接触良好。通电检查各项功能正常。

5.1.3 能量分辨 $\leq 12\%$ (对 ^{137}Cs 的661keV全能峰)。

5.1.4 铀道灵敏度 ≥ 0.28 计数/(s $\cdot 10^{-6}\text{eU}$),钍道灵敏度 ≥ 0.11 计数/(s $\cdot 10^{-6}\text{eTh}$),钾道灵敏度 ≥ 2.9 计数/(s $\cdot \%\text{K}$)。

5.1.5 具有自动稳谱功能。在自动稳谱状态下,探头能经受住500~1000nC/(kg \cdot h)镭源和钍源的交替照射,稳谱系统工作正常。

5.1.6 四道伽玛能谱仪各道阈值设置正确。多道伽玛能谱仪应设置铀、钍、钾窗,各窗的能量范围如下:

铀窗 1.66~1.90 MeV

钍窗 2.44~2.77 MeV

钾窗 1.38~1.56 MeV

将上述能量范围内的各道计数分别累加,作为相应窗的计数,对应于四道伽玛能谱仪的铀、钍、钾道计数,用于计算eU、eTh、K含量。

5.1.7 在3MeV以内,能量非线性小于0.5%。

5.1.8 在1000nC/(kg \cdot h)内,伽玛能谱仪各道(窗)计数率的非线性小于2%。

5.1.9 伽玛能谱仪各道(窗)计数率的长期和短期稳定度优于 $\pm 10\%$ 。

5.1.10 在 $-10\sim +55^\circ\text{C}$ 温度范围内,以及温度 40°C ,相对湿度95%的条件下,与基准条件(温度 20°C ,相对湿度70%)相比,伽玛能谱仪各道(窗)计数率的相对误差在 $\pm 15\%$ 以内。

5.2 仪器校准

仪器校准的目的是为了准确测定伽玛能谱仪的换算系数 A_i 、 B_i 、 C_i ($i=1,2,3$)。换算系数准确与否,直接影响仪器测定eU、eTh、K含量的准确度。除了新仪器起用、仪器大修后以及野外工作之前要对仪器进行校准外,在野外工作期间,更换了探测元件(如碘化钠晶体、光电倍增管等),变更了分析器甄别阈,以及一切可能使能谱仪的换算系数发生变化的情况下,均应重新校准仪器。通常情况下,应每年对仪器进行一次校准。

5.2.1 仪器的调整

仪器进行校准之前,应对仪器的各项功能是否正常进行检查,对自动稳谱系统及四道能谱仪各道的阈值进行检查,必要时进行调整,并测定仪器的短期稳定度。

短期稳定度测定方法如下：

a) 开机 8h 内，在混合工作模型上按等时间间隔进行 n 次测量， $n \geq 30$ 。每次测量时间不少于 1min。各道(窗)读数的均方差 σ 应满足(1)式。

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (N_i - N)^2}{n-1}} \leq 1.5 \sqrt{N} \dots\dots\dots (1)$$

式中： N_i ——同一道(窗)中第 i 次读数；

N ——同一道(窗)中 n 个读数的平均值。

b) 连续读取 n 个底数， $n \geq 30$ ，每个读数时间为 1min。各道(窗)读数的均方差 σ 均应满足(1)式。

5.2.2 仪器放射性本底的测定

仪器放射性本底是指宇宙射线、大气中和仪器自身的放射性在仪器读数上的总效应。

仪器放射性本底可应用水面法或模型法测定。

5.2.2.1 水面法

在测区内或邻近的地区，选择半径大于 50m，水深大于 2m，水质无放射性污染的水域，将探头悬于水面上，用四道能谱仪测量各道的计数率或 eU、eTh、K 含量。若使用多道能谱仪，则测量 0~3MeV 能量范围的本底谱，然后计算铀窗、钍窗和钾窗的计数率。总测量时间不少于 30min。取各次读数的平均值作为仪器的放射性本底。

5.2.2.2 模型法

在铀、钍、钾饱和模型上测定换算系数的同时，在饱和本底模型上测量能谱仪各道(窗)的计数率。在计算换算系数时，将铀、钍、钾模型中的各元素含量分别减去本底模型中相应元素的含量，同时将铀、钍、钾模型上测得各道(窗)计数率分别减去本底模型上相应道(窗)的计数率，即可扣除本底对测定换算系数的影响。最后利用测得的换算系数和本底模型上的测量结果，可计算出各道(窗)的仪器放射性本底。

5.2.3 换算系数的测定

换算系数的测定必须在铀、钍、钾饱和模型上进行，然后在混合模型上检验仪器测定 eU、eTh、K 含量的准确度。

在模型上测量时，将探头先后置于各模型的中心位置，读取仪器各道(窗)的计数率。每次读数的测量时间为 1~2min。每个模型上，每个道(窗)至少取用 10 个落在二倍标准误差以内的读数，取其平均值。根据测量结果及模型的定值含量计算换算系数。

换算系数的计算方法见附录 A(标准的附录)。

5.2.4 准确度检查

利用测得的换算系数及饱和混合模型上的各道(窗)计数率，算出的混合模型 eU、eTh、K 含量与该模型的定值含量间的允许误差(超出该模型定值含量不确定度范围的允许值)见表 2。表中低含量的允许误差以绝对误差表示，高含量的允许误差以相对误差表示。

表2 准确度检查的允许误差

元 素	当 量 含 量 范 围	允 许 误 差
eU	$\leq 10 \times 10^{-6}$	$\pm 1 \times 10^{-6} \text{eU}$
	$> 10 \times 10^{-6}$	$\pm 3\%$
eTh	$\leq 25 \times 10^{-6}$	$\pm 1.5 \times 10^{-6} \text{eTh}$
	$> 25 \times 10^{-6}$	$\pm 5\%$
K	$\leq 1\%$	$\pm 3\% \text{K}$
	$> 1\%$	$\pm 10\%$

6 野外工作方法

6.1 准备工作

出队前做好各项准备工作,配备物探技术人员、地质人员、找矿员和仪器检修员。必要时进行技术培训。做好仪器校准工作。

6.2 野外工作方法

6.2.1 测网布设

1:500 000~1:100 000 比例尺区调一般按路线定点测量。测量路线应选在基岩露头好,穿过地层、岩体多,易通行处。测线左右偏离幅度要小于线距的四分之一。测点选择要有针对性,既能研究更多的地质体,又尽量均匀分布。在断层、蚀变带、不同岩性接触带上应适当加密测点。路线及测点要准确标在地形图上。

1:50 000 区调和 1:25 000~1:500 普查及详查应视地质、地形条件及测量目的、要求,确定不规则测网或规则测网。不规则测网应在地形图上标出测线和测点位置。标图点位与实际点位误差不超过 1mm。规则测网应有基线控制测线,用仪器或半仪器进行测点定位。

6.2.2 测量

6.2.2.1 将探头直立在比较平坦的基岩露头或地面上进行测量,要保证辐射立体角为 2π 。

6.2.2.2 若被测对象为正常含量,测量时间为 1~2min,取一次读数。当发现异常时取两次读数。在以石油天然气勘查等为目的的高精度测量中,应取 2~3 次读数。

6.2.2.3 伽玛能谱测量遇雨要停止工作,雨后 3~4h 方可继续工作。

6.2.2.4 出工前要把已知的地层、岩体、断层构造的位置、物探和化探异常事先标在地形图上。沿路线测量时,要认真观察地质现象。

6.2.2.5 在测区内有针对性地采集岩石样品,样品件数不少于 30 件,用于分析铀、钍、钾以及根据任务确定的其它元素,研究铀、钍、钾与其伴生元素的关系,并提供铀钍平衡资料。

6.2.3 伽玛能谱—地质剖面

在区调、普查阶段,每幅图要作 2~3 条贯穿全区的伽玛能谱—地质剖面。剖面位置应选在基岩露头好,地层、岩性出露齐全,接触关系清楚的地段。

在一条剖面上,每一地质单元或岩性不少于 3 个测点,测点最大距离不超过相应工作精度的最大点距。在有利岩性层位取 2~3 个岩石样,做铀、钍、钾及伴生元素的分析。

6.2.4 异常处理

在区调、普查阶段进行路线测量时,对发现的异常点(带),必须做下列工作:

- a) 进行重复测量;
- b) 观察地质现象;
- c) 追索异常,利用剖面法或编录法圈定异常范围,点线距视具体情况而定;
- d) 记述异常位置、形态、异常产出位置的岩性、围岩蚀变、矿化特征、异常规模和控制因素等;
- e) 在异常值最高部位取岩石样,进行铀、钍、钍及伴生元素分析。必要时需取得岩矿鉴定资料;
- f) 对异常进行初步评价,提出进一步工作意见。

6.3 质量保证措施

6.3.1 仪器检查

- a) 仪器的野外短期稳定度检查每两个月进行一次,方法和要求同 5.2.1。
- b) 仪器的野外长期稳定度检查在每天使用仪器前后进行。用仪器测定不饱和混合工作模型和钾工作模型的 eU、eTh、K 含量。每次计数时间为 1min,取 3 次读数的平均值,将其与第一次在驻地测取的相应平均值对比。混合工作模型的 eU、eTh、K 含量相对误差要求 $\leq 5\%$,钾工作模型的 K 含量相对误差应 $\leq 10\%$ 。各次测量结果按时间顺序作 eU、eTh、K 含量变化曲线图。
- c) 野外测量过程中每工作 2h 和发现异常后均应进行仪器工作状态有关参数检查,并做好记录。
- d) 生产期间的备用仪器,每月至少正常开机三天,并在工作模型上测量,误差要求同 6.3.1b)。
- e) 计算含量与直读含量对比,开工时进行一次,以后每两月进行一次。

6.3.2 测线检查

检查线主要布置在成矿有利或工作质量有怀疑的地方,以互检方式进行。检查工作量不少于总工作量的 5%。检查测量与原始测量的误差要求见表 3。
表中:

$$\Delta = |X_1 - X_2| \dots\dots\dots (2)$$

表 3 测量误差要求

元 素	当量含量范围	绝对误差 Δ	相对误差 δ	合格率
eU	$\leq 10 \times 10^{-6}$	$\leq 2.0 \times 10^{-6}$		$\geq 80\%$
	$> 10 \times 10^{-6}$		$\pm 20\%$	
eTh	$\leq 25 \times 10^{-6}$	$\leq 2.5 \times 10^{-6}$		$\geq 80\%$
	$> 25 \times 10^{-6}$		$\pm 10\%$	
K		$\leq 1.0\%$	$\pm 10\%$	$\geq 80\%$

$$\delta = \frac{X_1 - X_2}{\frac{X_1 + X_2}{2}} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中: X_1, X_2 ——分别为第一次、第二次测量的含量值。

在低背景地区进行高精度测量时,其允许误差(ϵ)为 $\epsilon_U \leq 0.5 \times 10^{-6} \text{eU}$, $\epsilon_{Th} \leq 1.0 \times 10^{-6} \text{eTh}$, $\epsilon_K \leq 0.2\%K$ 。

$$\epsilon = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{i1} - X_{i2})^2}{2n}} \dots\dots\dots (4)$$

式中, X_{i1}, X_{i2} ——分别为 i 测点第一次、第二次测量的含量值;

n ——检查点数。

若检查结果不合格,应增加检查工作量至 10%。若仍不合格,则应全部返工。

6.3.3 异常点(带)检查

具有矿化及有地质意义的异常点(带)应进行 100% 检查,一般异常点(带)做 50% 检查。

7 室内资料整理

7.1 eU、eTh、K 含量计算

7.1.1 在计算含量之前,对野外记录要逐项核对。

7.1.2 只显示计数率的仪器,对各测点读数取平均值。按附录 A 中的含量计算公式计算各测点 eU、eTh、K 含量。计算含量精确到小数点后一位有效数字。

7.1.3 仪器放射性本底扣除方法有两种:

a) 仪器放射性本底以各道(窗)计数率表示时,应在各道(窗)平均计数率中先扣除本底,再计算含量。

b) 仪器放射性本底以 eU、eTh、K 含量表示时,在计算结果中扣除本底。

7.1.4 能显示含量的仪器可直接使用显示的含量。

7.2 实际材料图的编制及要求

a) 区调和普查测量用大于或等于工作精度的地形图作实际材料图的底图;详查测量可在厘米纸上绘制实际材料图。

b) 图件内容包括:测量路线及编号、测点编号及各测点 eU、eTh、K 含量、检查测量含量、岩石取样位置和其它工作成果(含山地工程)。

c) 基本测量结果用黑色上图,检查测量着红色。

d) 视图面复杂程度,可将全部内容编制在一张图上,也可制成单元素图。当数据较多,图面不易表示时,可将同地质体或同岩性的相邻点取平均值表示。要标上异常点。

e) 为了及时指导生产,各种测量成果应在三天内标到实际材料图上。

7.3 参数统计及表示

7.3.1 统计并计算测区(图幅)内地层、岩体的主要岩性及特定地质环境(如岩体相带等)的 eU、eTh、K 含量背景值(X)、标准偏差(S)、变异系数(C_v)、eTh/eU、eU/K、eTh/K 及其它参数,并填在相应的表格内。

7.3.2 背景值、标准偏差和变异系数的确定

参照 GB 4882—85 进行正态、偏度、峰度检验,检验各元素服从何种分布。

通常采用下列公式计算各参数值:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots\dots (5)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2}{n-1}} \dots\dots\dots (6)$$

$$C_v = \frac{S}{X} \dots\dots\dots (7)$$

式中: X ——背景值;

S ——标准偏差;

C_v ——变异系数;

X_i ——第 i 个测点某元素的含量值;

n ——样本数, n 应大于或等于 30 个测点。

计算 X 、 S 时,应剔除含量值 $X_i \geq X + 3S$ 的测点。当统计曲线正偏斜时,可用累积频率展值法确定 X 、 S 。

7.3.3 编制测区(图幅)内主要地层、岩体的元素含量频率分布直方图。

7.4 成果登记和上图要求

7.4.1 成果登记

工作中发现的异常点和岩石取样分析结果均应及时登记造册。

7.4.2 区调阶段各测点和取样点位置统一由 1:50 000(或 1:100 000)地形图图幅号和经纬公里数组成。图幅号代表该点所在的图幅,其后的六位数字表示点位。前三位为经线公里数,后三位为纬线公里数,单位均为 0.1km。例如,图 1 中的 1 号点距 21km 经线东 200m,距 91km 纬线北 500m,该点的位置为“M5286A212915”。2 号点的位置为“M5286A229891”。在实际材料图上标明点位及自然编号(如 1,2……),在成果登记本上应写自然编号及点位全称。

7.5 成果图的编制及要求

7.5.1 成果图的种类及要求

eU、eTh、K 含量及 eTh/eU、eTh/K、eU/K 比值的等值线图和地面伽玛能谱综合成果图应作为正式图件提交。

表 4 中列出了三种等值线图的着色要求。这三种图均为全着色图(空白工作区除外),底图为地质素图。等值线间距根据整个测区 eU、eTh、K 含量及标准偏差确定。比值图的等值线间距应分别根据整个测区三个比值的变化范围确定。着色参照表 4 中的顺序,小比值区着蓝色,大比值区着红色。

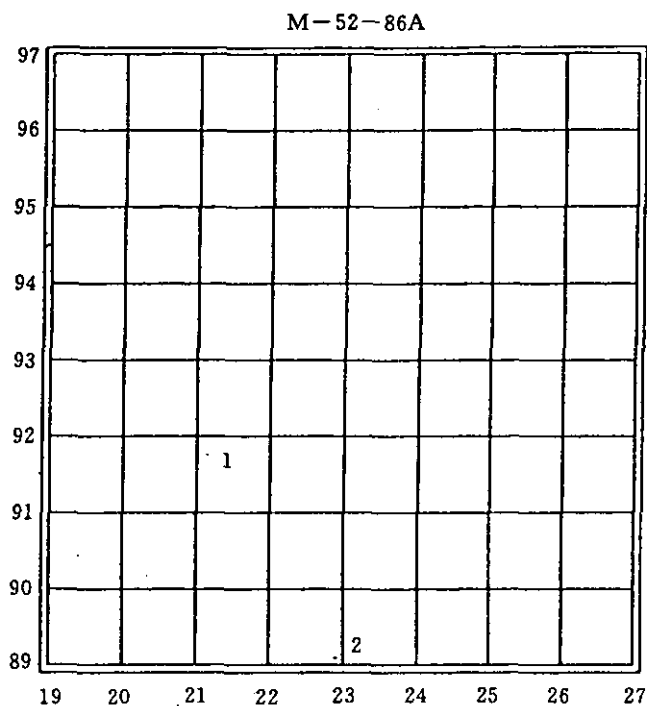


图1 点位表示示意图

表4 含量等值线图的着色要求

成果图名称	单位	着色区间			
		蓝色	浅黄色	浅红色	红色
地面伽玛能谱 eU 含量等值线图	10^{-6}	<3	3~6	6~9	>9
地面伽玛能谱 eTh 含量等值线图	10^{-6}	<12	12~24	24~36	>36
地面伽玛能谱 K 含量等值线图	%	<2	2~4	4~6	>6

在地质图上编制“地面伽玛能谱综合成果图”时,应标明矿床(点)、矿化点、异常点(带、晕)、铀远景区段范围、编号和级别等。其它图件如平面剖面图、标准偏差图、变异系数图等,可根据工作需要编制,不要求作为正式图件提交。

8 工作成果

8.1 成果分析

8.1.1 铀矿

8.1.1.1 异常点、异常带、异常晕的标准和异常性质划分原则

a) 异常点:eU(或 eTh、K)含量大于地质体背景值的三倍,并且受岩性、层位或断层、蚀变带控制,延伸长度小于 20m 的异常称异常点。

b) 异常带:eU(或 eTh、K)含量达到异常点标准,且其连续延伸长度达 20m 以上的异常

称异常带。

c) 异常晕:eU(或 eTh、K)含量高出地质体背景值三倍标准偏差,但未达到异常点标准的异常称异常晕。含量低于异常晕的弱异常可分为偏高晕和高晕。

偏高晕: $X+S \leq Q < X+2S$

高晕: $X+2S \leq Q < X+3S$

异常晕: $X+3S \leq Q < 3X$

其中:X——地质体 eU(或 eTh、K)的背景含量;

S——背景含量的标准偏差;

Q——异常晕的 eU(或 eTh、K)含量。

d) 异常点的铀钍性质划分以测区内地质体 eU、eTh 含量的背景值、标准偏差为依据,参考已知铀、铀钍混合、钍矿床(点)上铀、钍元素分布特征的经验数据。异常点(晕)的铀钍性质划分原则见表 5。

使用上述划分原则应结合当地的铀、钍矿化特征,地质、地球化学环境等各种因素综合分析,确定划分标准。

表 5 异常点、异常晕铀钍性质划分原则

铀钍性质名称	eU 含 量	eTh 含 量	eTh/eU
铀异常点	$\geq 3X_U$	$\leq X_{Th}$	< 1
铀钍混合异常点	$\geq 3X_U$	$\geq X_{Th} + 2S_{Th}$	$1 \sim 6^{2)}$
钍异常点	$\leq X_U$	$\geq 3X_{Th}$	> 6
铀异常晕	$\geq X_U + 3S_U$	—	< 3
铀钍混合异常晕	$\geq X_U + 3S_U$	—	$3 \sim 6^{2)}$

1) X_U 、 X_{Th} 、 S_U 、 S_{Th} 为地质体 eU、eTh 含量的背景值和标准偏差。
 2) eTh/eU 有时取 6,有时取 5 或 7,应结合地表钍矿化强弱而定。eU 含量大于 100×10^{-6} 时,即使 eTh/eU 大于 6(或 5、7)也定为铀钍混合异常点。

8.1.1.2 铀矿找矿远景区(片、段)的划分原则及分级

a) 区调阶段找矿远景区的划分原则:

1) 具有丰富的铀源,相对富铀区总面积大于一百平方公里。相对富铀区系指 eU 含量高(如 $eU \geq X_U + S_U$),eTh/eU 低(如 $eTh/eU \leq 3$)的区域;

2) 在确定的远景区内,应同时有相应比例尺的重力测量成果和航空伽玛能谱测量、航空磁测解释成果;

3) 已发现较好的找矿线索;

4) 具有有利于铀元素迁移并富集成矿的地质环境。

b) 普查测量阶段找矿远景片的划分原则:

1) 有相对富铀区存在,总面积达几至几十平方公里;

2) 区内有较好的铀矿化异常点(带)。

c) 详查测量阶段找矿远景段的划分原则:

- 1) 具有一定规模的铀或铀钍混合异常晕及成矿有利的地质条件,矿化明显,存在较好的铀矿异常点(带);
- 2) 基本查明铀矿化控制因素,如岩性、构造、蚀变等因素;
- 3) 总面积一般为零点几至几平方公里。

d) 找矿远景区(片、段)的分级:

一般可分为两级。一级找矿远景区(片、段)规模大,成矿有利信息明显,成矿条件好,有希望取得好的地质成果。其它为二级找矿远景区(片、段)。

8.1.2 钾盐矿产

8.1.2.1 钾异常的标准同 8.1.1.1。

8.1.2.2 钾盐矿找矿远景区的划分原则:

- a) 多数钾盐矿产于干旱地区沉积盆地的近代洼地内。
- b) 远景区的地面伽玛能谱测量结果的主要特征是 K 含量高($K \geq X_K + 2S_K$), eU 和 eTh 含量低于或等于区域背景值,有可溶性钾存在。
- c) 钾异常面积应大于数平方公里。

8.1.3 其它矿产

用地面伽玛能谱测量寻找金、油气及其它矿产是通过研究矿产产出的地质环境,地球化学环境(蚀变带)等达到间接找矿的目的。根据该矿种的矿化类型及产出的地质条件分析 eU、eTh、K 的分布特征,从而确定地面伽玛能谱测量方法的有效性,进行找矿远景区(片、段)划分。

8.1.4 其它

用地面伽玛能谱测量进行地质填图,应在研究不同地层、岩性、岩体、蚀变带和断裂构造等与 eU、eTh、K 分布特征关系的基础上进行。

辐射环境的评价、工程物探等任务的成果,应结合任务要求和 eU、eTh、K 的分布特征进行分析。

8.2 成果检查

凡提交的一级远景区(片、段)均应认真检查核实。一般应加密二至三条剖面进行较详细的研究,查明地质控制因素。取异常、矿化和岩石样品,分析铀、钍含量或根据工作任务确定的其它元素含量。研究区域(矿化点上)铀钍平衡特征。需要时使用其它物探、化探手段进行查证。对提交的远景片、段,特别是远景段,必须使用槽、井探工程验证。必要时需用浅钻了解矿化向深部变化的趋势。

二级远景区(片、段)应检查 50% 以上,检查要求参照上述规定。

8.3 成果报告

8.3.1 文字报告

工作成果报告是地面伽玛能谱测量工作的全面总结,是对取得的资料深化认识的必要阶段,应认真编写。

地质勘查项目的成果报告编写提纲见附录 C(提示的附录)。其它项目的成果报告内容可根据任务和要求确定。

8.3.2 提交图件和资料

8.3.2.1 提交下列图件(或按项目任务要求确定):

- 地面伽玛能谱 eU 含量等值线图;
- 地面伽玛能谱 eTh 含量等值线图;
- 地面伽玛能谱 K 含量等值线图;
- 地面伽玛能谱 eTh/eU 等值线图;
- 地面伽玛能谱 eTh/K 等值线图;
- 地面伽玛能谱 eU/K 等值线图;
- 地面伽玛能谱测量综合成果图。

8.3.2.2 远景区(片、段)主要异常点登记表及有关资料。

8.3.3 原始资料

全部原始资料,包括野外原始记录,仪器性能测试记录,仪器放射性本底测量记录,仪器检定证书,实际材料图,主要地质体的铀、钍、钾含量,标准偏差,变异系数,比值等参数的统计资料及元素含量频率分布直方图等均应编目造册,存档备查。

8.4 成果验收

工作成果按本规范技术要求验收。

附录 A
(标准的附录)
换算系数计算方法

A1 铀、钍、钾道(窗)灵敏度的计算公式

根据地面伽玛能谱测量原理,可建立以下三元一次方程组:

$$N_U = a_1 U + b_1 T + c_1 K \quad \text{..... (A1)}$$

$$N_T = a_2 U + b_2 T + c_2 K \quad \text{..... (A2)}$$

$$N_K = a_3 U + b_3 T + c_3 K \quad \text{..... (A3)}$$

式中: N_U, N_T, N_K ——分别为能谱仪测得的铀、钍、钾道(窗)计数率(扣除仪器放射性本底后);

U, T, K ——分别为测量对象中的 eU、Th、K 含量,单位分别为 1×10^{-6} eU、 1×10^{-6} eTh、%K;

$a_i, b_i, c_i (i=1, 2, 3)$ ——分别为能谱仪各道(窗)对铀、钍、钾的灵敏度,单位分别为:计数率/ 1×10^{-6} eU、计数率/ 1×10^{-6} eTh、计数率/1%K,其下标 1、2、3 分别对应于能谱仪的铀、钍、钾道(窗)。

在饱和铀、钍、钾模型上进行测量,每个模型上均可以建立上述三个方程。根据这三个模型上建立的九个方程可以解出九个灵敏度:

令:

$$\Delta = \begin{vmatrix} U(U) & T(U) & K(U) \\ U(T) & T(T) & K(T) \\ U(K) & T(K) & K(K) \end{vmatrix}$$

则:

$$a_1 = \frac{\begin{vmatrix} N_U(U) & T(U) & K(U) \\ N_U(T) & T(T) & K(T) \\ N_U(K) & T(K) & K(K) \end{vmatrix}}{\Delta} \quad \text{..... (A4)}$$

$$a_2 = \frac{\begin{vmatrix} N_T(U) & T(U) & K(U) \\ N_T(T) & T(T) & K(T) \\ N_T(K) & T(K) & K(K) \end{vmatrix}}{\Delta} \quad \text{..... (A5)}$$

$$a_3 = \frac{\begin{vmatrix} N_K(U) & T(U) & K(U) \\ N_K(T) & T(T) & K(T) \\ N_K(K) & T(K) & K(K) \end{vmatrix}}{\Delta} \quad \text{..... (A6)}$$

$$b_1 = \frac{\begin{vmatrix} U(U) & N_U(U) & K(U) \\ U(T) & N_U(T) & K(T) \\ U(K) & N_U(K) & K(K) \end{vmatrix}}{\Delta} \dots\dots\dots (A7)$$

$$b_2 = \frac{\begin{vmatrix} U(U) & N_T(U) & K(U) \\ U(T) & N_T(T) & K(T) \\ U(K) & N_T(K) & K(K) \end{vmatrix}}{\Delta} \dots\dots\dots (A8)$$

$$b_3 = \frac{\begin{vmatrix} U(U) & N_K(U) & K(U) \\ U(T) & N_K(T) & K(T) \\ U(K) & N_K(K) & K(K) \end{vmatrix}}{\Delta} \dots\dots\dots (A9)$$

$$c_1 = \frac{\begin{vmatrix} U(U) & T(U) & N_U(U) \\ U(T) & T(T) & N_U(T) \\ U(K) & T(K) & N_U(K) \end{vmatrix}}{\Delta} \dots\dots\dots (A10)$$

$$c_2 = \frac{\begin{vmatrix} U(U) & T(U) & N_T(U) \\ U(T) & T(T) & N_T(T) \\ U(K) & T(K) & N_T(K) \end{vmatrix}}{\Delta} \dots\dots\dots (A11)$$

$$c_3 = \frac{\begin{vmatrix} U(U) & T(U) & N_K(U) \\ U(T) & T(T) & N_K(T) \\ U(K) & T(K) & N_K(K) \end{vmatrix}}{\Delta} \dots\dots\dots (A12)$$

式中： (U) 、 (T) 、 (K) ——分别表示铀、钍、钾模型。

A2 含量计算公式

从式(A1)~(A3)可以解出：

$$U = \frac{\Delta_1}{\Delta_i} \dots\dots\dots (A13)$$

$$T = \frac{\Delta_2}{\Delta_i} \dots\dots\dots (A14)$$

$$K = \frac{\Delta_3}{\Delta_i} \dots\dots\dots (A15)$$

式中：

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} N_U & b_1 & c_1 \\ N_T & b_2 & c_2 \\ N_K & b_3 & c_3 \end{vmatrix} \quad \Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & N_U & c_1 \\ a_2 & N_T & c_2 \\ a_3 & N_K & c_3 \end{vmatrix}$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & N_U \\ a_2 & b_2 & N_T \\ a_3 & b_3 & N_K \end{vmatrix} \quad \Delta_4 = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

若忽略钾对铀、钍道(窗)的影响,则 $C_1=C_2=0$,这时,含量计算公式可简化为:

$$U = \frac{b_2}{\Delta_5} N_U - \frac{b_1}{\Delta_5} N_T \quad \text{..... (A16)}$$

$$T = \frac{a_1}{\Delta_5} N_T - \frac{a_2}{\Delta_5} N_U \quad \text{..... (A17)}$$

$$K = \frac{1}{c_3} (N_K - a_3 U - b_3 T) \quad \text{..... (A18)}$$

式中:

$$\Delta_5 = a_1 b_2 - a_2 b_1$$

A3 换算系数的计算公式

为了便于计算含量,通常采用以下含量计算公式:

$$U = A_1 N_U + B_1 N_T + C_1 N_K \quad \text{..... (A19)}$$

$$T = A_2 N_U + B_2 N_T + C_2 N_K \quad \text{..... (A20)}$$

$$K = A_3 N_U + B_3 N_T + C_3 N_K \quad \text{..... (A21)}$$

式中: $A_i, B_i, C_i (i=1, 2, 3)$ —— 换算系数。

根据饱和铀、钍、钾模型上测量的结果,每个模型均可建立上述三个方程。从三个模型上建立的九个方程可以解出这九个换算系数:

$$A_1 = \frac{\begin{vmatrix} U(U) & N_T(U) & N_K(U) \\ U(T) & N_T(T) & N_K(T) \\ U(K) & N_T(K) & N_K(K) \end{vmatrix}}{\Delta_6} \quad \text{..... (A22)}$$

$$A_2 = \frac{\begin{vmatrix} T(U) & N_T(U) & N_K(U) \\ T(T) & N_T(T) & N_K(T) \\ T(K) & N_T(K) & N_K(K) \end{vmatrix}}{\Delta_6} \quad \text{..... (A23)}$$

$$A_3 = \frac{\begin{vmatrix} K(U) & N_T(U) & N_K(U) \\ K(T) & N_T(T) & N_K(T) \\ K(K) & N_T(K) & N_K(K) \end{vmatrix}}{\Delta_6} \quad \text{..... (A24)}$$

$$B_1 = \frac{\begin{vmatrix} N_U(U) & U(U) & N_K(U) \\ N_U(T) & U(T) & N_K(T) \\ N_U(K) & U(K) & N_K(K) \end{vmatrix}}{\Delta_6} \quad \text{..... (A25)}$$

$$B_2 = \frac{\begin{vmatrix} N_U(U) & T(U) & N_K(U) \\ N_U(T) & T(T) & N_K(T) \\ N_U(K) & T(K) & N_K(K) \end{vmatrix}}{\Delta_6} \dots\dots\dots (A26)$$

$$B_3 = \frac{\begin{vmatrix} N_U(U) & K(U) & N_K(U) \\ N_U(T) & K(T) & N_K(T) \\ N_U(K) & K(K) & N_K(K) \end{vmatrix}}{\Delta_6} \dots\dots\dots (A27)$$

$$C_1 = \frac{\begin{vmatrix} N_U(U) & N_T(U) & U(U) \\ N_U(T) & N_T(T) & U(T) \\ N_U(K) & N_T(K) & U(K) \end{vmatrix}}{\Delta_6} \dots\dots\dots (A28)$$

$$C_2 = \frac{\begin{vmatrix} N_U(U) & N_T(U) & T(U) \\ N_U(T) & N_T(T) & T(T) \\ N_U(K) & N_T(K) & T(K) \end{vmatrix}}{\Delta_6} \dots\dots\dots (A29)$$

$$C_3 = \frac{\begin{vmatrix} N_U(U) & N_T(U) & K(U) \\ N_U(T) & N_T(T) & K(T) \\ N_U(K) & N_T(K) & K(K) \end{vmatrix}}{\Delta_6} \dots\dots\dots (A30)$$

式中：

$$\Delta_6 = \begin{vmatrix} N_U(U) & N_T(U) & N_K(U) \\ N_U(T) & N_T(T) & N_K(T) \\ N_U(K) & N_T(K) & N_K(K) \end{vmatrix}$$

利用公式(A19)~(A21)和上述九个换算系数,即可从铀、钍、钾道(窗)的计数率换算出eU、eTh、K含量。

附 录 B

(提示的附录)

地面伽玛能谱测量工作设计编写提纲

B1 设计编写提纲

- B1.1** 序言(简述工作目的、任务、工作地区地理位置、范围、交通条件和气候状况等)
- B1.2** 区域地质概况及地球物理、地球化学特征
- B1.3** 工作程度,已取得的主要成果
- B1.4** 设计依据,所采用的工作精度、工作方法及工作量
- B1.5** 与任务有关的技术和保证质量的技术措施
- B1.6** 队伍编制,仪器设备
- B1.7** 经费预算
- B1.8** 工作安排、进度、完成时间、预计提交成果及要求

B2 附图

- B2.1** ××地区伽玛能谱测量设计图
- B2.2** ××地区工作程度(含成果)图
- B2.3** 伽玛能谱—地质剖面图

B3 附表

- B3.1** 工作量一览表
- B3.2** 仪器设备一览表
- B3.3** 人员编制表
- B3.4** 经费预算明细表

附录 C

(提示的附录)

地面伽玛能谱测量成果报告编写提纲

- C1 报告名称:××省××地区地面伽玛能谱测量成果报告。
- C2 前言:说明伽玛能谱测量工作任务、工作区范围、工作精度、完成实物工作量、设计完成情况、取得的主要成果。
- C3 地质概况:概要说明工作区的大地构造位置、地层及主要岩体分布情况;区内与矿化有关的构造、铀矿化及其它矿产分布等;与矿化有关的围岩蚀变,主要含矿岩性。
- C4 地面伽玛能谱测量工作方法:说明测网的布设及精度,工作仪器型号、校准及野外工作状态。
- C5 工作区内主要地层、岩体和主要岩性的 eU、eTh、K 含量背景参数(X、S、Cv)特征。
- C6 eU、eTh、K 含量区域分布特征及相应地质控制因素;eU、eTh、K 含量异常晕区域分布规律特征与地层、岩体、构造、蚀变等的关系;eU、eTh、K 含量低背景区与地质构造的关系。
- C7 工作区内主矿床、矿点的 eU、eTh、K 含量分布特征;结合矿化、异常点、异常晕分布和地质、物探、化探、水化学及遥感等资料对地面伽玛能谱测量成果进行综合解释,划分找矿远景区(片、段)。
- C8 与 eU、eTh、K 含量有特殊关系的地质、构造的解释。
- C9 质量评述:用数据、图表说明野外工作质量(其中包括野外测量仪器的长期稳定度、短期稳定度、准确度、检定结果及检查测量的重现性)和室内工作质量。
- C10 方法有效性分析:分析运用地面伽玛能谱测量找铀矿的有效性,研究特殊地质环境的有效性,研究其它矿产产出地质环境的有效性。
- C11 进一步工作意见:提出进一步工作的建议。