

ICS 27.120.99  
F 85  
备案号: 15838-2005

**EJ**

# 中华人民共和国核行业标准

EJ/T 1032—2005  
代替 EJ/T 1032-1996

---

## 航空伽玛能谱测量规范

**Specification for airborne gamma-ray spectrometry**

2005—04—11 发布

2005—07—01 实施

---

国防科学技术工业委员会 发布



060524000017

目 次

前言 ..... II

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 总则 ..... 1

5 技术设计 ..... 2

6 仪器设备 ..... 4

7 仪器校准 ..... 7

8 野外测量及质量要求 ..... 9

9 数据处理和成图 ..... 14

10 推断解释和成果报告以及验收与归档..... 16

附录 A(资料性附录) 航空伽玛能谱测量技术设计编写提纲 ..... 18

附录 B(资料性附录) 航空伽玛能谱仪标准窗数据 ..... 19

附录 C(规范性附录) 航空伽玛能谱测量校准设施 ..... 20

附录 D(规范性附录) 航空伽玛能谱测量的各项参数的确定 ..... 21

附录 E(资料性附录) 航空伽玛能谱测量记录表格式 ..... 26

附录 F(资料性附录) 航空伽玛能谱测量成果报告编写提纲 ..... 34

## 前 言

本标准代替EJ/T 1032-1996《航空伽玛能谱测量规范》。

本标准与EJ/T 1032-1996相比主要有以下技术变化：

- a) 增加了部分航空伽玛能谱测量的新方法、新技术；
- b) 对全球卫星导航定位作了新的规定；
- c) 对数据收录系统等内容作了适当调整。

本标准的附录C、附录D为规范性附录，附录A、附录B、附录E、附录F为资料性附录。

本标准由中国核工业集团公司提出。

本标准由核工业标准化研究所归口。

本标准起草单位：核工业地质局、核工业航测遥感中心。

本标准主要起草人：刘裕华、韩长青、蔡文良、倪卫冲、范云清。

本标准于1996年10月首次发布。

# 航空伽玛能谱测量规范

## 1 范围

本标准规定了航空伽玛能谱测量的内容及技术要求。

本标准适用于放射性矿产地质勘查,也适用于非放射性矿产、区域地质、水文地质、工程地质、环境地质调查,辐射环境监测及核事故灾害评价等。对于晶体体积小于 $3.3 \times 10^{-2} \text{m}^3$ 并且不以放射性矿产地质勘查为目的的航空伽玛能谱测量,也可参照使用。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包含勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 15481 检测和校准实验室能力的通用要求

DZ/T 0142 航空磁测技术规范

EJ/T 363 地面伽玛能谱测量规范

EJ/T 831 地面伽玛总量测量规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

**航空伽玛能谱测量** airborne gamma-ray spectrometric survey

根据天然或人工放射性核素的伽玛射线能量差异,利用航空伽玛能谱测量系统确定地表岩石、土壤和大气中的钾、铀、钍和其它放射性核素含量及其分布的一种方法。

### 3.2

**校准设施** calibration equipments

校准航空伽玛能谱测量系统和确定各种参数的基本设施,包括海上本底校准区、航空放射性测量模型标准装置、动态校准带。

## 4 总则

### 4.1 目的任务

航空伽玛能谱测量通常与航空磁力测量或航空电磁法测量同步进行,对于航空磁力测量的要求,见DZ/T 0142。航空伽玛能谱测量目的任务是发现铀矿化异常,查明放射性核素分布规律,为铀矿勘查选择靶区提供依据。

也可通过航空伽玛能谱数据资料中多种核素的地球化学环境信息,为其它矿产勘查及环境评价等提供依据。

### 4.2 仪器

航空伽玛能谱测量应使用高灵敏度装有下测及上测组合探测器的多道航空伽玛能谱测量系统。该测量系统应具有自动收录数据、导航定位和计算机处理成图功能。

### 4.3 校准

航空伽玛能谱测量系统在野外测量之前应进行校准。

### 4.4 数据处理

航空伽玛能谱测量数据应进行各项参数修正处理、格式转换处理和成图。

4.5 推断解释

应充分利用航空伽玛能谱数据资料，结合区域地质、物化探、水文地质和遥感地质解译等资料，进行综合推断解释。

5 技术设计

5.1 测区选择及布置

5.1.1 测区选择

测区选择应遵循以下原则：

- a) 放射性矿产地质勘查的测区，应选择成矿条件有利和工作程度较低的地区；
- b) 非放射性矿产地质调查的测区，应注意非放射性矿产的特殊性，重点选在与放射性核素有关成矿条件有利的远景区；
- c) 区域地质调查任务的测区，应注意地层或岩性的差别、构造单元的完整性、地质体的规模等因素；
- d) 水文地质、工程地质、环境地质调查和辐射环境监测及核事故灾害评价等测区，应根据具体任务、工作性质和探测对象等具体情况选择。

5.1.2 测区布置

测区布置应遵循以下原则：

- a) 测区范围应大于地质任务所涉及的范围；
- b) 测区形状应尽量规则。在与相邻测区衔接时，应重复 2~3 条测线的宽度。测区范围较大时，也可考虑分年度安排测区。

5.2 测网及测量比例尺选择

5.2.1 测网选择

应根据测量目的任务、探测对象大小及特征、飞行高度和技术装备等具体情况确定测网，并考虑其合理性及其经济效益。

5.2.2 测量比例尺选择

根据具体任务要求和地形、地质条件，在测区内可分区布设不同间距的测线。放射性矿产地质勘查任务的测量比例尺见表1。非放射性矿产地质、区域地质、水文地质、工程地质、环境地质调查，辐射环境监测，核事故灾害评价等工作的测量比例尺见表1。

表1 航空伽玛能谱测量比例尺选择

测量任务	测量比例尺	测线间距 m
成矿远景区的放射性矿产地质勘查	1:25000	250
	1:50000	500
区域远景评价	1:100000	1000
	1:250000	2500

5.3 资料收集与踏勘

5.3.1 资料收集

编写技术设计前，应收集下列与工作任务有关的资料：

- a) 区域地质、水文地质、物探、化探等资料；
- b) 测区的地形、地貌和气象资料；
- c) 其它有关资料。

5.3.2 踏勘

踏勘应包括以下内容：

- a) 落实作业机场;
- b) 了解生活保障条件和交通情况等。

#### 5.4 测线方向选择

测线方向选择原则如下:

- a) 测线方向应尽量垂直于测区内主要地质构造走向或勘查对象的总体走向;
- b) 如测区选在山区,地形高差较大,而且测区内地质构造走向与山系走向一致时,或因日出等原因,允许测线方向与地质构造走向斜交,交角应大于  $45^\circ$  ;
- c) 非放射性矿产地质、区域地质、水文地质、工程地质、环境地质调查,辐射环境监测及核事故灾害评价等工作,应根据工作任务、性质和探测对象等具体情况选择测线方向。

#### 5.5 飞行高度

飞行高度确定原则如下:

- a) 执行放射性矿产勘查和非放射性矿产地质调查任务时,在确保飞行安全的前提下,应尽量降低离地飞行高度,沿地形起伏飞行。在高差不大于  $100\text{m}/\text{km}$  的地区,测线上的平均离地飞行高度应不大于  $100\text{m}$ ;在高差为  $100\text{m}/\text{km}\sim 300\text{m}/\text{km}$  的地区,测线上的平均离地飞行高度应不大于  $120\text{m}$ ;在高差不小于  $300\text{m}/\text{km}$  的地区,测线上的平均离地飞行高度应不大于  $150\text{m}$ ;
- b) 执行区域地质调查任务时,应沿地形起伏飞行,平均离地飞行高度应不大于  $150\text{m}$ ;
- c) 执行水文地质、工程地质、环境地质调查,辐射环境监测及核事故灾害评价等任务时,应根据具体任务和特殊要求确定平均离地飞行高度;
- d) 使用直升机吊挂磁探头进行航空伽玛能谱和航空磁力综合测量时,直升机过山高度应不大于  $100\text{m}$ ;
- e) 在技术设计书中应明确规定平均离地飞行高度和超高率。

#### 5.6 飞行速度与采样速率

##### 5.6.1 飞行速度

飞行速度的确定原则如下:

- a) 航空伽玛能谱测量测线飞行中的速度应按所选用的探测器体积确定。执行放射性矿产地质勘查任务,使用晶体探测器的体积为  $3.3\times 10^{-2}\text{m}^3$  的航空伽玛能谱仪进行测量时,飞行的速度应不大于  $160\text{km}/\text{h}$ ;使用晶体探测器的体积为  $5.0\times 10^{-2}\text{m}^3$  的航空伽玛能谱仪进行测量时,飞行的速度应不大于  $240\text{km}/\text{h}$ ;
- b) 测线上飞行时应尽量保持匀速飞行。

##### 5.6.2 采样速率

测线上飞行时的采样速率一般应每秒采样一次。

#### 5.7 导航定位方法与偏航距

##### 5.7.1 导航定位方法

导航定位方法的选用原则如下:

- a) 导航定位方法应满足测量比例尺对导航定位精度的要求;
- b) 野外测量时,应采用全球卫星导航定位系统(GPS);
- c) 如接收卫星数目不够或在山区低飞卫星信号受到干扰时,可采用照相或录像等其它定位设备。

##### 5.7.2 偏航距

对导航精度要求,应以每条测线测量的实际航迹偏离预定(设计)测线位置的距离(称偏航距)来衡量,其最大偏航距为:

- a) 当比例尺不大于  $1:100000$  时,偏航距应不大于  $200\text{m}$ ;
- b) 当比例尺为  $1:50000$  时,偏航距应不大于  $150\text{m}$ ;

- c) 当比例尺为 1:25000 时, 偏航距应不大于 100m。

## 5.8 数据收录介质与内容

### 5.8.1 数据收录介质

数据收录介质主要有以下几种:

- a) 硬盘、光盘、电子盘或磁带等;
- b) 模拟记录器记录纸带。

### 5.8.2 数据收录内容

数据收录内容包括: 上、下测晶体的全谱数据, 及从全谱数据中提取的总计数率、钾窗计数率、铀窗计数率、钍窗计数率或需要的其它窗数据, 大气氦和宇宙射线计数率, 雷达高度值, 气压高度值, 机外温度值, GPS坐标值或经纬度, 基点号, 测线号, 早晚基线号, 日期、时间等。

模拟记录内容包括: 总计数率, 钾、铀、钍窗计数率, 雷达高度等。

## 5.9 测量精度

测量精度在 $4 \times 10^{-6}$  g/g铀含量背景下应达到定量确定 $1 \times 10^{-6}$  g/g铀含量, 在 $8 \times 10^{-6}$  g/g钍含量背景下应达到定量确定 $2 \times 10^{-6}$  g/g钍含量, 在 $1 \times 10^{-2}$  g/g钾含量背景下应达到定量确定 $2.5 \times 10^{-3}$  g/g的钾含量。

## 5.10 技术设计编制与审批

### 5.10.1 技术设计编制

技术设计编写提纲参见附录A。

### 5.10.2 审批

技术设计应组织专家进行审查, 并经项目主管部门批准后方可进行野外施工。在实施过程中不应随意更改设计。

## 6 仪器设备

### 6.1 概述

航空伽玛能谱测量系统包括机载测量系统和地面基站两部分。

### 6.2 机载测量系统及技术要求

#### 6.2.1 机载测量系统

机载测量系统由下列设备组成:

- a) 航空伽玛能谱仪;
- b) 飞行高度测量设备, 如雷达高度计、气压高度计等;
- c) 导航定位设备, 如 GPS、照相或录像设备等;
- d) 数据收录设备;
- e) 辅助设备。

#### 6.2.2 技术要求

##### 6.2.2.1 探测器体积

探测器体积根据任务要求, 可使用不同体积的下测探测器。上测探测器体积不应小于  $4.2 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ 。

##### 6.2.2.2 晶体分辨率

晶体分辨率用峰值最大幅度二分之一处的宽度(FWHM)与最大峰值能量之比的百分数来表示。对于 $^{137}\text{Cs}$ , 在 0.662 MeV 峰时, 晶体分辨率应优于 12%。测量系统连续工作 12h 后, 系统分辨率变化应保持在开始测量值的 $\pm 0.5\%$ 以内。

##### 6.2.2.3 峰位漂移的调整

探测器恒温 72h 后, 应调准  $^{137}\text{Cs}$  和  $^{208}\text{Tl}$  的峰位, 测量系统再连续工作 7h, 峰位漂移不应超过开始测量值的  $\pm 1\%$ 。对自动稳谱的仪器, 预热后  $^{208}\text{Tl}$  的峰位漂移应在  $\pm 1$  道之内。

#### 6.2.2.4 仪器的死时间

仪器的死时间应不大于  $8\mu\text{s}$ 。

#### 6.2.2.5 能谱非线性

能谱非线性应不大于  $1.5\%$ 。

#### 6.2.2.6 能谱仪的标准窗

能谱仪的标准窗数据参见附录 B。

#### 6.2.2.7 雷达高度计

雷达高度计测量范围应在  $0\text{m}\sim 450\text{m}$ 。

#### 6.2.2.8 气压高度计

气压高度计测量范围应在  $0\text{m}\sim 4600\text{m}$ 。

#### 6.2.2.9 GPS

应选用航空型 GPS。根据任务要求, 可使用测量精度为米级 GPS 或差分 GPS。

#### 6.2.2.10 照相或录像设备

照相或录像设备选用航空型照相机或录像机。

#### 6.2.2.11 数据收录设备

数据收录设备选用带有多通道、数据校准、处理分析等功能的数据自动收录设备和模拟数据收录设备。

#### 6.2.2.12 数字测温计

数字测温计测量范围应在 “ $-40^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$ ”。

### 6.3 地面基站及功能

#### 6.3.1 地面基站

地面基站由下列设备组成:

- a) 计算机;
- b) 打印机;
- c) 记录设备;
- d) 稳压电源。

#### 6.3.2 地面基站的功能

地面基站的功能是对机载测量系统所收录的数据进行检查、质量评价、格式转换、复制和校准数据的处理。

### 6.4 机载测量系统的安装要求和性能检查

#### 6.4.1 机载测量系统的安装要求

在安装机载测量系统之前, 需要对飞机进行放射性本底检查和清除干扰, 全面清除飞机上的放射性物质, 直至舱内的放射性本底比停机坪本底低  $10\%$ , 并且进行必要的改装。机载测量系统的安装具体要求如下:

- a) 探测器应安装在机舱内向下  $120^{\circ}$  的视角范围内屏蔽物尽量少的部位。如使用多个探测器, 应尽量集中安装;
- b) GPS 接收天线应安装在仰视角大于  $10^{\circ}$  的范围内无遮挡物的位置;
- c) 使用航迹照相机或航迹录像机时, 镜头应安装在机舱底部  $120^{\circ}$  视角范围内无遮挡物的位置, 并避开飞机发动机的排气管和其它有油污的地方;



- d) 仪器的主体、探测器及其它设备应安装在机舱内便于操作和维修的位置，并且符合其说明书的相关规定及其飞行安全的要求。

#### 6.4.2 机载测量系统的性能检查

##### 6.4.2.1 概述

机载测量系统校准之前应进行各项性能检查。

##### 6.4.2.2 能谱仪稳定性的检查

能谱仪进行大修和更换主要部件时，应在常温下进行仪器稳定性检查。稳定性检查的方法如下：

- a) 能谱仪的稳定性检查应在探测器恒温72h后，进行人工增益调节；自动稳谱仪，预热稳定后自动进行增益调节；
- b) 探测器应放在环境本底稳定的地方。当本底很低时，可适当外加测试源，提高计数率；
- c) 每次稳定性检查时仪器应连续工作7h，每小时记录一组数据，每组数据的记录时间不小于10min；
- d) 对七组测量数据进行处理时，取其中最大和最小的两组数据与另外五组数据的平均值比较，其变化应不超过 $\pm 5\%$ 。

##### 6.4.2.3 数据收录和导航定位设备性能检查

数据收录和导航定位设备性能检查要求如下：

- a) 数据收录设备应按其说明书的要求进行检查，其中各项参数的检查结果应符合说明书的要求；
- b) GPS应在测量前进行全天候连续定点观测；
- c) 在测量工作的前期、中期、后期应对GPS进行静态检查，每次检查时间不少于2h；
- d) 采用照相定位时，照相间隔不大于3s。

##### 6.4.2.4 飞行高度测量设备性能检查

###### 6.4.2.4.1 雷达高度计性能检查

雷达高度计的指示误差应不超过 $\pm 2\text{m}$ 。电源的电压变化影响和温度稳定性应符合说明书规定的指标。

###### 6.4.2.4.2 气压高度计性能检查

在0m~4572m范围内气压高度计的指示误差应不超过 $\pm 3\text{m}$ 。电源的电压变化影响应符合说明书规定的要求。

##### 6.4.2.5 数字测温计性能检查

机外数字测温计的指示误差应不超过 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。

#### 6.5 机载测量系统与地面基站的管理

机载测量系统与地面基站的管理要求如下：

- a) 机载测量系统应设专人负责保管、维护和检修；
- b) 探测器使用中要防止温度剧烈变化，其环境温度的变化梯度每小时应小于 $10^\circ\text{C}$ ，并应防潮、防震。在运输过程中，应装入固定的防潮、防震、防温度剧烈变化的专用包装箱中；
- c) 机载测量系统与地面基站的各种技术资料(仪器说明书、仪器登记卡、运行记录本等)应妥善保管；
- d) 地面基站应定期进行维护。

#### 6.6 仪器检查与维护

##### 6.6.1 仪器检查

###### 6.6.1.1 飞行前的检查

飞行前的检查内容和方法如下：

- a) 检查仪器工作状态是否正常；
- b) 检查并调整雷达高度计零点；

- c) 每架次飞行前使用  $^{137}\text{Cs}$  和  $^{208}\text{Tl}$  标准源对测量系统进行增益调整：
  - 1) 恒温稳谱的仪器，用  $^{137}\text{Cs}$  和  $^{208}\text{Tl}$  标准源进行增益调整，并对分辨率、峰位漂移和能谱非线性进行检查；
  - 2) 自动稳谱的仪器，用  $^{137}\text{Cs}$  标准源进行增益自动调整，要求所有晶体的  $^{137}\text{Cs}$  峰位漂移不超过  $\pm 0.2$  道，记录各晶体的增益值、分辨率和  $^{137}\text{Cs}$  的峰位，并根据测区放射性核素的高低选择合适的稳谱峰及其计数水平，应控制稳谱的时间间隔，保证在进入基线测量前，完成一个稳谱周期；
- d) 检查并清除飞机上的放射性物品；
- e) 检查 GPS 接收机的收星情况，并输入已转换到 WGS-84 坐标的航路点经纬度(或坐标值)及其它需人工设置的参数。如使用其它导航设备，应按各设备规定的要求作好飞行前的准备；
- f) 各项检查情况应及时记入运行记录本。

#### 6.6.1.2 飞行后的检查

飞行后的检查内容和方法如下：

- a) 仪器检修员应向值班操作员了解仪器工作情况，并记入运行记录本；
- b) 飞行后不应应对仪器进行调整；
- c) 用标准源对测量系统进行检查，以确定系统分辨率、峰位和能谱非线性的变化，并与飞行前的检查结果进行比较。

#### 6.6.2 仪器维护

野外和室内仪器的维护要求如下：

- a) 机载测量系统在野外工作期间，应按说明书的要求进行定期维修和技术指标的检查；
- b) 机载测量系统每工作100h后，应对各设备的风扇及电路板除尘一次，对每条晶体进行分辨率和能谱非线性检查，对多道分析器进行阈值检查；
- c) 当野外测量结束后，对恒温稳谱测量系统晶体的温度要分段降低，然后断电。每段降温时间不小于4h；
- d) 测量系统运回单位后，在室内应及时测量各个晶体的分辨率，并对整套系统进行保洁和检修；
- e) 检修好的仪器，应进行7h以上的稳定性检查，对各备用部件和电路板也应通电检查，通电时间不小于6h；
- f) 仪器在室内保管期间，每10d 应通电一次，每次运行时间不小于1h；
- g) 记录和保存仪器维护检测资料。

### 7 仪器校准

#### 7.1 校准准则和要求

##### 7.1.1 校准准则

7.1.1.1 航空伽玛能谱测量系统每年在投入使用前应在能够证明资格、测量能力和溯源性的放射性勘查计量站进行校准。放射性勘查计量站应根据该测量设备的校准内容及方法制定计划。

7.1.1.2 航空伽玛能谱测量系统的各种校准设备应具有放射性勘查计量站提供的校准证书方可投入使用。

7.1.1.3 校准的相关规定见 GB/T 15481，校准设施见附录 C。

7.1.1.4 航空伽玛能谱测量系统在野外使用过程中，如果更换了仪器的探测器或飞机时，应在校准设施上重新进行校准后方可投入使用。

##### 7.1.2 校准要求

航空伽玛能谱测量系统的校准具体要求如下：

- a) 校准应在天气晴朗时进行;
- b) 校准时系统工作状态应和测量时工作状态保持一致;
- c) 使用高灵敏度的地面能谱仪对飞机的放射性本底进行详细检查, 并应有文字记录;
- d) 校准前应对探测器加温 72h, 调节好增益: 如采用自动稳峰系统时, 应至少达到一个稳峰周期, 保证峰位在规定的位罝。测量晶体的分辨率和峰位, 保存原始记录。

## 7.2 校准内容

### 7.2.1 概述

校准的内容包括:

- a) 雷达高度计和气压高度计;
- b) 飞机本底和宇宙射线本底;
- c) 能谱仪的剥离系数和地面灵敏度;
- d) 大气氡修正系数、高度衰减系数和空中灵敏度。

### 7.2.2 雷达高度计

雷达高度计的校准要求如下:

- a) 以输出电压作为高度数据的雷达高度计, 应进行校准, 目的是求得电压和高度之间的换算系;
- b) 校准飞行应在地形平坦地区进行;
- c) 校准飞行时应选择 30m、60m、90m、120m、150m、210m、240m、300m 八个飞行高度;
- d) 每个高度飞行两次, 每次飞行时间为 1min; 每个高度飞行时应记录飞行高度, 标明起始、结束方位标识;
- e) 飞行中应保持平稳飞行, 高度变化应不超过 $\pm 5\%$ 。

### 7.2.3 飞机本底、宇宙射线本底、气压高度计

飞机本底、宇宙射线本底、气压高度计的校准要求如下:

- a) 飞机本底、宇宙射线本底和气压高度计校准应在海上本底校准区进行;
- b) 校准飞行时应从 1800m、2100m、2400m、2700m、3000m、3300m、3600m、3900m、4200m 九个飞行高度中选择等间距的五个飞行高度;
- c) 每个高度飞行 10min, 飞行方向任选, 但要保持同一高度, 高度变化不超过 60m; 每个高度都应该有始、末标识, 并记下气压高度和方位; 为避免陆地尘埃影响, 飞行时应尽量选择风从海洋刮向陆地方向时进行;
- d) 确定飞机本底和宇宙射线本底的计算方法见附录 D;
- e) 以输出电压作为高度值的气压高度计, 应通过校准, 使用拟合的方法求出电压和气压高度之间的换算系数。

### 7.2.4 剥离系数和地面灵敏度

剥离系数和地面灵敏度的校准要求如下:

- a) 校准前应保证模型周围 50m 范围内无放射性污染。模型表面应清洁干燥。应在本底模型上测量每条晶体、每箱晶体和整个探测器系统的分辨率和峰位;
- b) 校准顺序应按本底模型、钾模型、钍模型、铀模型、钾钍钍混合模型依次进行, 要求每个模型先后应进行两次, 并且应连续完成。校准时要求探测器系统的中心应位于模型中心正上方。每个模型每次校准时间为 5min;
- c) 校准时按顺序记录, 例如本底模型编号为 1001、1000, 它表示为第一次、第二次校准的记录, 其它依次类推;
- d) 校准结束后, 不应対仪器进行调节, 应在本底模型上再次对每条晶体、每箱晶体和整个探测器系统进行分辨率和峰位检查;

e) 确定剥离系数和地面灵敏度的计算方法见附录D。

## 7.2.5 大气氢修正系数、高度衰减系数和空中灵敏度

### 7.2.5.1 概述

大气氢修正系数、高度衰减系数和 120m 高度的空中灵敏度应在已知地面放射性核素含量的动态校准带上进行校准。

### 7.2.5.2 动态校准带的要求

动态校准带的要求如下：

- a) 地形相对平坦，具有明显地标，长度大于 3km，宽度大于 1km；
- b) 附近有宽度大于 1km、长度大于 3km、深度大于 2m 的水域；
- c) 钾、铀、钍含量均匀并已知。

### 7.2.5.3 校准要求

校准的要求如下：

- a) 在动态校准带上空选择 60m、90m、120m、150m、180m、210m、240m、300m 八个高度，每个高度飞行四次，飞行顺序先由低至高，同一高度飞行两次，然后由高向低，同一高度飞行两次；
- b) 每一高度的每一次飞行都应包括水、陆两部分，其飞行时间均不小于 1 min，陆地部分由地标确定，水面部分要在水域最宽处的中央飞行；
- c) 按选择的飞行高度飞行时，每个飞行高度变化应不超过  $\pm 10\%$ ，陆地部分飞行航迹偏离地标应小于 20m；
- d) 每次飞行应有陆地、水域始末标识。按飞行高度进行编号，如 601 表示 60m 高度第一次飞行，其余依此类推。

7.2.5.4 大气氢修正系数、高度衰减系数和空中灵敏度的计算方法见附录 D。

7.2.5.5 空中灵敏度还应在野外测量期间以基线为检查带，进行空、地对比。

## 7.3 校准数据的处理和验收

### 7.3.1 概述

校准数据应在地面基站进行处理后求出各项参数。

### 7.3.2 数据的初步验收

数据的初步验收内容包括：

- a) 检查全部原始校准数据资料；
- b) 检查数据处理中间结果和全部参数值；
- c) 提供校准结果不确定度分析的初步意见和存在的问题。

### 7.3.3 数据的最终验收

数据最终验收在野外生产后进行，其内容包括：

- a) 校准结果准确性的最终结论；
- b) 提交可用于数据处理的各项参数。

## 7.4 仪器校准提交的资料

仪器校准提交的资料应作为原始资料保存、上交，其内容包括：

- a) 全部原始资料，包括原始带（盘）、飞行报表、操作员记录、导航定位资料、飞机放射性本底检查结果；
- b) 数据处理结果，包括各项参数值和部分计算参数的有关数据列表；
- c) 野外检验带空、地对比结果。

## 8 野外测量及质量要求

## 8.1 野外测量

### 8.1.1 野外测量前的准备

野外测量前应做好以下准备工作：

- a) 野外测量开始前应做好机场筹建、测区申报、生产保障、后勤保证等工作，以保证按时调机；
- b) 在野外测量开始前，项目负责人应组织技术人员按设计要求，拟定详细的飞行计划；
- c) 调机后，项目负责人应向机组人员介绍工作任务和测区情况，应组织有关人员参加视察飞行；
- d) 向机组提供划有测线的地形图、测线 GPS 数据和飞行报表。

### 8.1.2 野外测量飞行

8.1.2.1 每架次飞行之前和飞机落地之后应对仪器的工作状态进行现场检查，其内容及方法见 6.6.1.1、6.6.1.2 的规定。

8.1.2.2 野外测量飞行包括基线飞行、测线飞行、重复线飞行。具体要求如下：

- a) 基线飞行要求基线长度为 4km~8km。基线上飞行高度为 120m。在每架次测线飞行前和飞行后进行；
- b) 测线飞行一般沿地形起伏飞行，在局部地形复杂的地区，可采用爬高接线法和下滑飞行法。应尽量避免测线分段测量，如遇特殊情况分段飞行时，不同架次飞行的线段要加以区分。当进行接线飞行时，要重复 1km 左右。发现矿化信息时应加密测线；
- c) 重复线飞行应尽量均匀分布在测区内，重复线的数量应大于总测线数量的 3%。

8.1.2.3 雨天和雨后的第一天不允许飞行。

8.1.2.4 基线和测线应分别编号，同一测区不应重复。每条测线上基点号从小到大累加，不允许颠倒和重复，超出累加范围可重新开始编号。

8.1.2.5 每一架次飞行的原始数据记录介质中，应打上飞行前、后的检查和基线飞行、测线飞行的文件标志，并及时填写记录表。

8.1.2.6 对自动稳谱的仪器，在空中应经常检查稳谱峰位和晶体分辨率。

8.1.2.7 数据收录系统如带有模拟记录器时，操作员应在模拟纸带内侧清楚地填写日期、姓名、各道道号、测线号、测线方向、各种方位标及仪器工作状态。

8.1.2.8 仅带有图形显示设备时，应设置钾计数率、铀计数率、钍计数率、总计数率、雷达高度及 GPS 定位数据等参数，进行空中实时观察和收录。

8.1.2.9 非放射性矿产地质、区域地质、水文地质、工程地质、环境地质调查，辐射环境监测及核事故灾害评价等的野外测量飞行，可参照 8.1.1 和 8.1.2.1~8.1.2.8 执行。

### 8.1.3 野外资料整理

#### 8.1.3.1 各种原始资料的编录

8.1.3.1.1 数据收录系统如带有模拟记录器时，操作员应在模拟纸带内侧清楚填写日期、姓名、各道道号、测线号及方向、各种方位标、对空中出现各种问题的记录。在条件具备时，应记录地质观察情况。如只带有图形显示介质时，则需要正确设置好各种参数，以便空中实时观察并收录在记录介质上，供地面回放检查，并根据需要打印。

8.1.3.1.2 当带有空中磁带和模拟纸带时，则每个架次的空中磁带和模拟纸带都应填写标签。填写内容包括测区名、机场、架次号、测线号、基点号、日期、队名、操作员姓名、仪器型号、质量评价、异常号等。

#### 8.1.3.2 航空放射性异常和高场

##### 8.1.3.2.1 异常和高场的标准

异常和高场的标准应按测区(段)同一种岩性统计的背景平均值( $C$ )及其均方差值( $\sigma$ )进行衡量，测量值为 $A$ 时，偏高场、高场和异常的划分标准如下：

- a) 当  $C+2\sigma \geq A > C+\sigma$  时为偏高场;
- b) 当  $C+3\sigma \geq A > C+2\sigma$  时为高场;
- c) 当  $A \geq C+3\sigma$  时为异常。

#### 8.1.3.2.2 异常和高场的区分

根据异常和高场的标准对异常和高场进行筛选, 确定具有找矿意义、值得进一步检查或揭露的异常和高场。确定步骤可先根据模拟纸带上的峰形特征(幅度、宽度、性质)进行预选, 经地面基站处理绘制剖面图, 并求出背景值, 结合地质条件进行综合分析, 最终确定异常或高场。

按顺序对异常和高场进行编号。编号原则如下:

- a) 钾异常编为HFK-XX;
- b) 钍异常编为HFT-XX;
- c) 铀(或铀钍混合)异常编为HFU-XX;
- d) 航空放射性高场编为HG-XX。

#### 8.1.3.3 航迹恢复

##### 8.1.3.3.1 GPS 定位数据的航迹恢复

应将WGS-84坐标值利用地面基站转换成BJ-54坐标值, 按下列方法绘制航迹图:

- a) 将各基点的GPS定位数据换算到选定的坐标系上;
- b) 绘出每条测线的航迹, 检查偏航情况;
- c) 绘出航迹图。

##### 8.1.3.3.2 照相方法的航迹恢复

首先将胶片进行冲洗, 然后逐幅进行判读、对比, 将实际飞行的轨迹描绘在航线地形图上, 然后透绘到航迹图上。在航迹图上应注明测线(或线段)的方向、起止位置及航迹恢复基点号, 并用一定的符号表示。

##### 8.1.3.3.3 录像方法的航迹恢复

根据录像带回放进行判读、对比, 将实际飞行的轨迹描绘在航线地形图上, 然后透绘到航迹图上。在航迹图上应注明测线(或线段)的方向、起止位置及航迹恢复基点号, 并用一定的符号表示。

#### 8.1.3.4 数据预处理

数据预处理要求如下:

- a) 地面基站人员接收飞行原始数据磁带(盘)、飞行报表和操作员记录等原始资料, 并检查是否齐全, 填写内容是否一致, 磁带(盘)是否处于写保护位置等;
- b) 按照选定的数据预处理程序进行处理, 以检查仪器工作状况和原始数据质量, 达到数据进一步处理和自动绘图的要求。

#### 8.1.4 原始资料的提交

应提交的原始测量资料的种类如下:

- a) 飞行报表和操作员记录表;
- b) 磁带(盘)及登记表;
- c) 航迹图;
- d) 地质编码图;
- e) 测区接图表;
- f) 航迹胶卷和录像带;
- g) 模拟记录纸带;
- h) 地面基站打印结果;

- i) 各种原始记录(晶体分辨率记录表、能谱峰漂统计表、飞行高度统计表、基线测量飞行记录表、航空放射性异常记录表和仪器检查原始记录等)；
- j) 提交的报表、登记表格式参见附录E。

#### 8.1.5 地面检查工作

地面检查工作的内容包括：

- a) 地质调查；
- b) 航空放射性异常的地面检查；
- c) 航空放射性高场的地面检查；
- d) 航空放射性异常和高场的揭露。

##### 8.1.5.1 地质调查

地质调查应包括以下内容：

- a) 搜集前人资料，了解测区地质特征、构造情况和成矿特点。根据测区地质情况研究放射性场的分布特征、产出的地质背景；
- b) 经野外实地观测，选择有利的地段进行地质剖面观测，对测区内各类岩石取样及测量其物性参数。通过观察测区内具有代表性的矿床、矿点，了解地质构造和成矿特点；
- c) 地质调查后对资料进行整理、汇总和分析，提出测区内主要找矿类型和找矿标志。

##### 8.1.5.2 异常的地面检查步骤

异常的地面检查步骤可分为：

- a) 初步检查：对异常做比例尺为1:10000的一般踏勘性检查。圈定异常范围，查明异常的引起原因，了解远景区，提出初步评价意见；
- b) 详细检查：在初步检查的基础上，对较好异常做进一步的详细检查。用较大的比例尺(1:5000或1:2000)进行地质、物探面积性详查，大致查明异常成因、规模和矿化特征，提出评价意见。

##### 8.1.5.3 异常的地面检查要求

异常的地面检查要求如下：

- a) 对航空放射性异常应进行地面检查；
- b) 对每个异常的初步检查面积应大于2km<sup>2</sup>，详细检查面积可根据初步检查结果而定；
- c) 地面检查时应因地制宜地运用地质、物探、化探及地表揭露等手段，以达到充分评价异常的目的，其要求见EJ/T 831和EJ/T 363；
- d) 对地面检查中新发现的地面异常进行编号登记，并阐述地质、物探特征；
- e) 每一个异常点经检查后，应填写记录表，格式参见附录E。

##### 8.1.5.4 高场的地面检查步骤

高场的地面检查步骤可分为：

- a) 概查：以路线观察为主对高场做一般性踏勘了解。比例尺采用1:25000或1:10000。概查结束后提出需要进一步检查的区域或地段；
- b) 检查：对概查提出的区域或地段进行面积性检查，比例尺为1:10000或1:5000。通过检查圈定高场范围，分析区域场分布特征，评价地质找矿意义。

##### 8.1.5.5 高场的地面检查要求

高场的地面检查要求如下：

- a) 对确定的高场应进行地面检查；
- b) 检查面积应控制到背景值；
- c) 对概查或检查过程中发现的地面异常，进行编号登记，并阐述地质、物探特征，提出处理意见；
- d) 检查后，应填写记录表，格式参见附录E。

#### 8.1.5.6 异常和高场地表揭露要求

对有找矿远景的异常和高场应进行地表揭露,了解其规模、形态、产状、控矿因素及矿化情况。异常和高场的地表揭露要求如下:

- a) 根据实际情况,揭露工程可选用剥土、探槽和探井;
- b) 依据地质、物探工作成果,确定揭露地段,合理布置工程;
- c) 进行地质、物探编录和采集岩矿石标本及样品。

#### 8.1.5.7 提交的资料

8.1.5.7.1 凡经地面检查的异常和高场,应提交初步和详细检查、概查和检查以及地表揭露的文字报告和相应的图件,还应提交异常和高场检查表、记录本以及地表揭露的原始资料。

8.1.5.7.2 对于所提交的资料具体要求:

- a) 初步检查提交的文字报告内容应包括异常点的地质概况、检查结果及异常地质解释。提交的图件为1:10000的地质草图和物探综合图(路线剖面图);
- b) 详细检查提交的文字报告内容应包括异常点的地质概况、工作方法、检查结果、异常评价及下一步工作意见。提交的图件为1:100000或1:50000交通位置图和1:5000或1:2000地质草图及伽玛详测等值线图;
- c) 概查和检查提交的文字报告内容应包括高场的地质概况、检查结果及高场地质解释。提交的图件为1:10000的地质草图和物探综合图(路线剖面图);
- d) 地表揭露提交的文字报告内容、图件和详细检查相同,另外应增加山地工程揭露评价意见和取样分析数据、山地工程平面分布图(若工程不多时可合并在地质草图上)、山地工程地质、物探编录图、实测剖面图等。

#### 8.1.6 航测原始资料检查验收

##### 8.1.6.1 原始资料检查

8.1.6.1.1 野外原始资料检查可分为自查、互查、中间检查和最终检查,其内容包括:

- a) 自查和互查:飞行报表和操作员记录表,磁带(盘)及登记表,航迹胶卷和录像带,模拟记录纸带,晶体分辨率记录,能谱峰漂统计结果,飞行高度统计结果,基线飞行记录,航空放射性异常记录和仪器检查原始记录等;
- b) 中间检查:飞行报表和操作员记录表,磁带(盘)及登记表,航迹胶卷和录像带,模拟记录纸带,晶体分辨率记录,能谱峰漂统计结果,飞行高度统计结果,基线飞行记录,航空放射性异常记录和仪器检查原始记录,航迹图,地质编码图,测区接图表,地面基站处理结果等;
- c) 最终检查:飞行报表和操作员记录表,磁带(盘)及登记表,航迹胶卷和录像带,模拟记录纸带,晶体分辨率记录,能谱峰漂统计结果,飞行高度统计结果,基线飞行记录,航空放射性异常记录和仪器检查原始记录,航迹图,地质编码图,测区接图表,地面基站处理结果,地面异常、高场检查报告和揭露报告及图件等。

8.1.6.1.2 每个架次飞行结束后都应进行自查和互查,每月应将检查结果、完成的工作量、取得的成果和存在的问题以月报形式上报,在完成野外生产任务一半时进行中间检查,野外生产任务完成后进行最终检查。

##### 8.1.6.2 原始资料验收

原始资料验收的要求如下:

- a) 野外测量飞行结束后,应向项目的实施(主管)单位提出对航测资料现场验收申请;
- b) 项目的实施(主管)单位应组织专家按设计书的技术要求对航测资料进行现场验收,项目负责人应提供野外生产的全部原始资料,并提交测线布置、仪器设备工作状况、野外生产过程、任务完成情况、野外生产质量、取得的成果和资料数据处理情况等内容的工作总结;



c) 原始资料经验收合格后才能转入数据处理成图阶段。

## 8.2 质量要求

### 8.2.1 质量要求的内容

#### 8.2.1.1 概述

野外测量进行质量检查的内容包括:机载测量系统质量、仪器校准质量和、野外测量质量。

#### 8.2.1.2 机载测量系统质量要求

机载测量系统的质量要求及评价方法:

- a) 碘化钠晶体的  $^{137}\text{Cs}$  分辨率应优于 12%。否则应予以更换;
- b) 对  $^{208}\text{Tl}$  的 2.62 MeV 峰而言,下测晶体峰漂要小于 3 道,上测晶体峰漂要小于 5 道。当下测晶体峰漂在 3 道~5 道内,其数据需经漂移修正后方可使用。当下测晶体峰漂超过 5 道时,应重飞。当仪器采用自动稳峰时,峰位漂移在  $\pm 1$  道范围之内时所采集的数据有效;
- c) 系统工作状态应通过仪器检查和早、晚基线测量来监控。使用早、晚基线各窗的平均计数率,计算出变化率,来监测大气氛的变化;
- d) 导航定位设备和测高设备的质量通过定期校准来监控。

#### 8.2.1.3 仪器校准质量要求

所有校准设备应具有放射性勘查计量站出具的校准证书或检定合格证书方可使用。

#### 8.2.1.4 野外测量质量要求

野外测量质量要求如下:

- a) 每架次飞行允许错码率不大于 0.3%;
- b) 平均离地高度和超高率应符合技术设计要求的指标;
- c) 偏航距应符合 5.7.2 的规定;
- d) 导航精度:在航迹恢复后,通过计算全测区测点的平均偏航距或各偏航距组(如每 50m 为一组)内出现的频数及所占的百分比按 5.7.2 的要求评价导航质量。根据偏航距指标,偏航距可分为合格和不合格;
- e) 定位精度:GPS 的定位精度可通过地面某固定点位连续观测(大于 30min),根据该点观测的坐标数据,求出静态定位精度,其值在 10m 范围之内;
- f) 飞行高度:飞行高度的评价用平均离地高度进行衡量,也可统计全测区离地高度分组出现的频数及所占的百分数评价野外测量飞行高度;
- g) 航空伽玛能谱测量总精度:航空伽玛能谱测量总精度用系统各项测量误差的总和来评价;也可使用两条基准线(含量要有差别)进行计算。测量总精度要求能够分辨钾 ( $2.5 \times 10^{-3} \text{g/g}$ )、铀 ( $1 \times 10^{-6} \text{g/g}$ )、钍 ( $2 \times 10^{-6} \text{g/g}$ ) 核素的变化。

##### 8.2.1.4.1 下列情况应重飞:

- a) 仪器出现故障;
- b) 操作失误;
- c) 无定位数据;
- d) 偏航距超过 5.7.2 的规定,且测线连续长度大于 10km。

## 9 数据处理和成图

### 9.1 数据处理

数据处理包括:

- a) 数据编辑;
- b) 数据定位;
- c) 数据滤波;

- d) 能谱数据的各项修正;
- e) 能谱数据转换成地面放射性核素含量;
- f) 数理统计分析;
- g) 其它特殊要求的数据处理。

#### 9.1.1 数据编辑

数据编辑方法如下:

- a) 测线数据应齐全;
- b) 在同一测区内不允许出现相同的测线号。如一条测线分为几段测量, 应以不同段号区分开;
- c) 应去除尖峰信号及无线电噪声干扰数据。

#### 9.1.2 数据定位

##### 9.1.2.1 坐标系及投影的选择

根据成图比例尺的不同, 坐标系及投影的选择如下:

- a) 成图比例尺不小于1:500000时使用克拉索夫斯基椭球坐标系, 高斯投影;
- b) 成图比例尺不大于1:1000000时使用克拉索夫斯基椭球坐标系, 正轴等角投影。

##### 9.1.2.2 选择中央参考经线及坐标偏移值

根据成图比例尺, 按国际分幅选择中央参考经线及坐标偏移值。

##### 9.1.2.3 定位数据的处理

9.1.2.3.1 GPS 定位数据的处理应按 8.1.3.3.1 的规定进行。

9.1.2.3.2 当使用照相(或录像)进行定位时, 其定位数据按下列方法进行处理:

- a) 将航迹恢复图数字化, 求出图中各控制点的坐标;
- b) 绘出数字化后的航迹图, 与原航迹恢复图对照, 检查并消除数字化过程中的错误;
- c) 计算相邻两控制点之间飞机实际飞行速度。如某段实际飞行速度不合理, 应重新检查航迹照片(或录像)和航迹恢复图;
- d) 用线性内插求出各基点坐标并与空中测量的能谱数据合并。

#### 9.1.3 数据滤波

9.1.3.1 应对野外生产的数据进行数字滤波, 以减少统计噪声或干扰因素的影响。

9.1.3.2 滤波可采用等权滑动平均和不等权滑动平均的方法, 也可自行设计数字滤波器。滤波器类型选择和窗口的大小应经过反复试验进行确定。

#### 9.1.4 能谱数据的各项修正

##### 9.1.4.1 修正顺序及方法

应按照下列顺序进行能谱数据的各项修正:

- a) 飞机本底(含仪器本底)修正;
- b) 宇宙射线本底修正;
- c) 剥离修正;
- d) 大气氡修正;
- e) 高度衰减修正;
- f) 各项修正方法及计算公式见附录D。

##### 9.1.4.2 各项修正的技术要求

修正时应遵照下列技术要求:

- a) 在进行某项修正后, 如出现某窗的某一采样点的计数小于零的情况, 应作检查分析, 查明原因后将该计数置为零, 以免影响后续的修正;
- b) 在修正过程中, 应对中间计算量进行数字滤波。

### 9.1.5 放射性核素含量换算

使用各种修正后的计数率，按附录D中公式(D.37)、公式(D.38)和公式(D.39)计算地面的 $^{40}\text{K}$ 、 $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 核素的含量。

### 9.1.6 条带干扰的修正

应根据早晚基线、相邻测线、相邻架次的情况对数据作适当修正。

### 9.1.7 数据统计分析

按地质单元对全测区各参数作统计，求出最大值、最小值、平均值、均方差等；根据解释需要可选择做主成分分析、方差分析、协方差分析及提取核素分布异常信息等。

### 9.1.8 比值计算

9.1.8.1 能谱数据转换成地面放射性核素含量后，一般情况下应计算 $^{238}\text{U}/^{40}\text{K}$ 、 $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$ 、 $^{232}\text{Th}/^{40}\text{K}$ 比值。

9.1.8.2 为防止出现比值失真，钾含量小于 $2.5 \times 10^{-3} \text{ g/g}$ 、钍含量小于 $2 \times 10^{-6} \text{ g/g}$ 的点不参与比值计算。

## 9.2 图件

### 9.2.1 基础性图件

基础性图件包括：总计数率，钾、铀、钍含量等值线平面图。

### 9.2.2 选择性图件

根据需要，可绘制下列图件：

- a) 航迹图；
- b) 飞行高度图；
- c) 总计数率，钾、铀、钍含量的剖面平面图；
- d) 比值图（ $^{238}\text{U}/^{40}\text{K}$ 、 $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$ 、 $^{232}\text{Th}/^{40}\text{K}$ 等）；
- e) 多参数综合剖面图；
- f) 地质单元统计直方图；
- g) 铀异常图；
- h) 假彩色三元合成图；
- i) 其它数据处理的图件。

### 9.2.3 成图比例尺

成图比例尺应等于或小于航空测量比例尺。

### 9.2.4 分幅成图

可根据需要确定分幅或不分幅。分幅时，图件应按国际分幅成图。不分幅时，图件按整个测区成图。

## 10 推断解释和成果报告以及验收与归档

### 10.1 推断解释的基本要求

10.1.1 推断解释是报告编写的基础，推断解释应遵循从已知到未知的原则，在推断解释基础上，编写报告和编制相应的成果图件。

10.1.2 放射性矿产地质勘查的航空伽玛能谱资料在推断解释时应充分地搜集地质、物探、化探、水文、遥感地质、钻探和铀矿床、铀矿点、铀矿化点及异常点等各种资料，并对这些资料进行整理和分析。在推断解释中，应考虑到地形、植被、气象条件、定位精度、飞行高度以及人为因素等各种影响因素，并加以识别。在深化推断解释工作过程中，应采取定性解释和定量解释相结合的方法，选择和运用各种解释手段、各种数理统计分析方法以及必要的信息提取方法。

10.1.3 对寻找非放射性矿产，区域地质调查，水文地质、工程地质、环境地质调查，辐射环境监测以及核事故灾害评价等，应视工作的特殊要求采用不同的解释方法和技术。

## 10.2 成果报告

10.2.1 航空伽玛能谱测量工作结束后,应及时进行数据处理,编写报告。报告要求简明扼要,内容完整。

10.2.2 放射性矿产地质勘查的航空伽玛能谱测量成果报告编写提纲参见附录 F。

10.2.3 非放射性矿产地质、区域地质、水文地质、工程地质、环境地质调查,辐射环境监测以及核事故灾害评价等的航空伽玛能谱测量成果报告应根据合同的要求编写。

## 10.3 报告附图

10.3.1 放射性矿产地质勘查的航空伽玛能谱测量成果报告中应附的图件包括基础性图件、选择性图件和成果图件;成果图件主要包括:异常(或高场)分布图,推断岩性(相)地质图,成矿预测图,数理统计图,其它推断解释图件。

10.3.2 非放射性矿产地质、区域地质、水文地质、工程地质、环境地质调查,辐射环境监测以及核事故灾害评价等的航空伽玛能谱测量成果报告附图应根据合同的要求编制。

10.3.3 报告附图应在技术设计书中明确规定。

## 10.4 成果报告的评审与验收

10.4.1 成果报告编写完毕后,应经项目实施单位初审后,向项目的主管单位提出评审验收申请。

10.4.2 项目主管部门组织专家进行评审,项目实施单位应提交成果报告、全部附图和附表以及有关的其它资料。

10.4.3 成果报告应经项目主管部门评审验收、修改合格后,才能进行资料归档。

## 10.5 资料归档

10.5.1 航空伽玛能谱测量系统全部校准资料、野外生产原始资料、网格数据、成果报告、附图和附表应保存在能够长期存储的介质上(纸制和光盘等)。

10.5.2 野外生产原始数据和经过处理后的最终资料(包括各种成果图件的成图文件)应分开保存。

10.5.3 数据文件至少应复制两份。存储介质应加上写保护,存放在该介质所要求的存储环境中。

10.5.4 文字报告按要求及时归档。

**附录 A**  
**(资料性附录)**  
**航空伽玛能谱测量技术设计编写提纲**

**A.1 前言**

**A.1.1 目的任务**

简述项目来源、任务、选区依据、工作时间、提交成果等有关要求。

**A.1.2 测区范围及工作量**

简述测区位置、测区经纬度、测量比例尺、测量工作量（测线长度、测量面积）；附小比例尺航测范围图。

**A.1.3 测量时间安排**

简述野外作业，室内编图，基础图件草图验收和成果报告编写时间的计划安排。

**A.2 测区地质、区域地球物理、地球化学特征**

**A.2.1 地质、地球物理、地球化学研究程度**

简述测区地质、地球物理、地球化学研究程度（附测区研究程度图）。

**A.2.2 地质概况**

综述区内地层、构造、岩浆岩分布和主要矿产的分布规律。

**A.2.3 区域地球物理、地球化学特征**

综述测区地层、岩（矿）石的物性参数特征（附物性参数统计表）、区域地球化学特征及参数。论述开展航测工作的基础和前提。预测在推断构造、填图及找矿方面或其它探测对象的效果。

**A.3 工作及质量要求**

**A.3.1 飞行条件、仪器设备**

简述作业使用的机场、机型。航测使用的仪器类型、数据收录系统、导航定位方法等。

**A.3.2 测网布置**

简述航测比例尺、测线方向、测线线距；控制线（切割线）方向、控制线（切割线）线距（附航测测网布置图）。

**A.3.3 测量方法及质量要求**

**A.3.3.1 飞行高度**

简述测区地形变化情况，确定的飞行高度及超高率应满足任务书/合同书/规范或规定的要求。

**A.3.3.2 导航定位**

简述航测系统使用的定位方式，导航定位的质量要求。

**A.3.3.3 辅助测量**

当进行航空伽玛能谱和航空磁力综合测量时，航磁作为辅助测量。简述航磁测量的有关要求，磁补偿系统要求达到的水平、垂直补偿精度，控制线飞行时航测系统的仪器状况及气象要求。

**A.3.3.4 磁日变观测**

综述用于磁日变观测的仪器设备、收录系统、磁日变站址的选择原则及磁日变观测的有关技术要求。

**A.3.4 测量仪器及工作要求**

简述航测系统的仪器性能、技术指标。在出野外前、开工前、正式飞行前、飞行生产中航测系统各检测环节的工作程序及技术要点。

### A.3.5 资料处理及基础图件编制

#### A.3.5.1 资料处理

简述测量数据预处理、资料标识工作要求。

#### A.3.5.2 基础图件编制

简述航测基础图件成图使用的数据处理软件，基础图件编制前的各项改正，提供基础图件的种类。

### A.3.6 测量质量评价

#### A.3.6.1 原始资料评价

简述原始资料（动态噪声水平、导航定位、飞行高度、空中收录系统的误码率等）的评价准则及评价结果。

#### A.3.6.2 测量总精度

简述测量总精度使用的统计技术和要求达到的测量精度。

### A.4 资料解释和预期成果

简述航测资料解释的基本思路，采用的技术路线，预期地质效果；提交阶段性和最终成果的名称、图件种类及验收时间。

### A.5 组织管理

简述项目组人员组成、职责、分工及技术装备。

### A.6 经费预算

按照有关预算规定执行。

### A.7 保证措施

组织措施、质量保证、生产安全等。

## 附 录 B (资料性附录) 航空伽玛能谱仪标准窗数据

国际原子能机构建议的航空伽玛能谱仪标准窗数据（1976），见表 B.1。

表B.1 航空伽玛能谱仪标准窗数据表

窗 名	最小能量 keV	最大能量 keV	主 峰 keV	放射性核素
K	1370	1570	1460	<sup>40</sup> K
U	1660	1860	1765	<sup>214</sup> Bi
Th	2410	2810	2614	<sup>208</sup> Tl
总计数	410	2810	—	—
宇宙射线	3000	∞	—	—

附录 C  
(规范性附录)  
航空伽玛能谱测量校准设施

C.1 概述

航空伽玛能谱测量的校准设施有三种，即海上本底校准区、航空放射性测量模型标准装置和动态校准带。

C.2 海上本底校准区

海上本底校准区是一个距海岸大于10km，最小范围为105km×70km的专门划定的海域。用于确定飞机（含仪器）本底和宇宙射线本底。

C.3 航空放射性测量模型标准装置

C.3.1 航空放射性测量模型标准装置的构成及其用途

航空放射性测量模型标准装置是一组其物质成分与天然岩矿石接近，已知钾、铀、钍含量，并以天然岩矿石粉末为填料，用高标号水泥胶结的五个大板状混凝土模块。它用于确定剥离系数（包括康普顿散射系数）和上下测晶体耦合系数（带有上测晶体时）等参数，校准航空伽玛能谱仪的地面灵敏度。

C.3.2 航空放射性测量模型标准装置的平面展布图

航空放射性测量模型标准装置的平面展布图见图C.1。

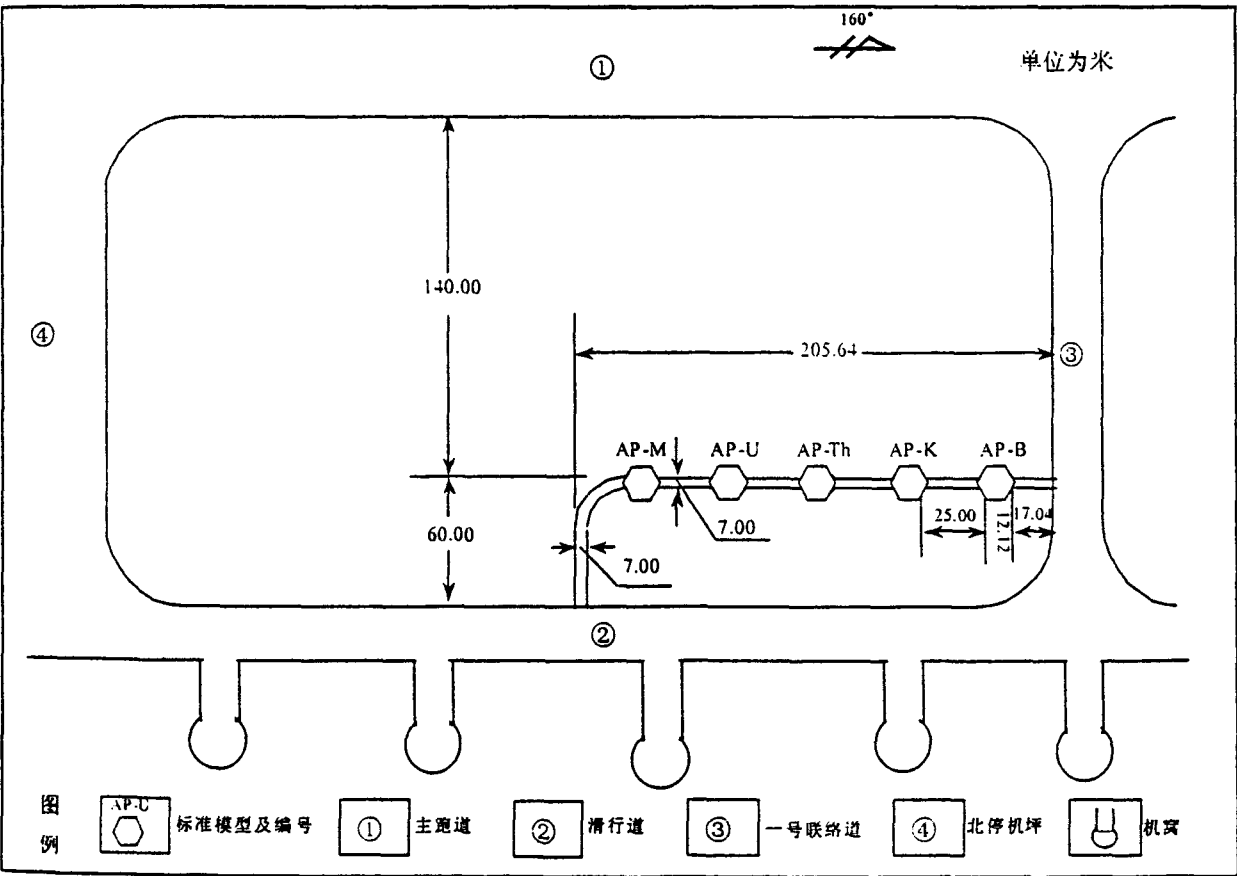


图 C.1 航空放射性测量模型标准装置的平面展布图

### C.3.3 航空放射性测量模型标准装置的放射性核素含量

航空放射性测量模型标准装置中放射性核素含量定值见表C.1。

表 C.1 航空放射性测量模型标准装置中放射性核素含量定值表

模型编号	放射性核素含量		
	$^{238}\text{U}$ ( $\times 10^{-6}$ )	$^{232}\text{Th}$ ( $\times 10^{-6}$ )	$^{40}\text{K}$ (%)
AP-B	$0.69 \pm 0.07$	$1.80 \pm 0.02$	$0.19 \pm 0.01$
AP-K	$1.18 \pm 0.06$	$2.42 \pm 0.06$	$5.60 \pm 0.03$
AP-T	$1.04 \pm 0.05$	$57.31 \pm 0.41$	$0.20 \pm 0.01$
AP-U	$28.42 \pm 0.43$	$2.22 \pm 0.03$	$0.25 \pm 0.01$
AP-M	$18.84 \pm 0.33$	$40.17 \pm 0.34$	$3.80 \pm 0.03$

注 1: 表中数据系可靠程度为95%的区间估计值。  
注 2: AP-U、AP-M 中的  $^{238}\text{U}$  含量系  $^{226}\text{Ra}$  的当量含量。

### C.4 动态校准带

动态校准带是一个地形相对平坦, 具有明显地标, 长度大于3km, 宽度大于1 km; 且附近有宽度大于1 km, 长度大于3km, 深度大于2m的水域, 钾、铀、钍含量均匀的天然区带。用于确定大气氡修正系数、高度衰减系数等参数, 校准航空伽玛能谱仪的空中灵敏度。

## 附录 D

### (规范性附录)

#### 航空伽玛能谱测量的各项参数的确定

#### D.1 在海上本底校准区确定飞机本底和宇宙射线本底

通过海上本底校准区的高高度飞行来确定飞机本底和宇宙射线本底。在广阔的水面上进行高高度飞行时, 大气中 $^{214}\text{Bi}$ 及地面影响等于零, 此时测量的仅是飞机本底和宇宙射线本底。飞机本底为常数, 见公式(D.1):

$$R_{ai} = R_{wi} - R_{ci} \dots\dots\dots (D.1)$$

式中:

$R_{wi}$ ——第*i*道的本底计数率的数值, 单位为计数每秒(1/s);

$R_{ai}$ ——第*i*道的飞机本底计数率的数值, 单位为计数每秒(1/s);

$R_{ci}$ ——第*i*道的宇宙射线本底计数率的数值, 单位为计数每秒(1/s)。

宇宙射线本底为变量, 见公式(D.2):

$$R_{ci} = C^k \cdot C_i \dots\dots\dots (D.2)$$

式中:

$C^k$ ——任意一个高度*k*上(3~6)MeV能量范围内实测的计数率的数值, 单位为计数每秒(1/s);

$C_i$ ——宇宙射线本底对第*i*道的影响系数。 $C_i$ 可以通过两个不同高度上本底测量由公式(D.3)求得:

$$C_i = \frac{\Delta R_{wi}}{\Delta C} \dots\dots\dots (D.3)$$

$$\Delta C = C^2 - C^1 \dots\dots\dots (D.4)$$

$$\Delta R_{wi} = R_{wi}^2 - R_{wi}^1 \dots\dots\dots (D.5)$$



式中:

$C'$  —— 第一个高度上(3~6)MeV能量范围内实测计数率的数值, 单位为计数每秒(1/s);

$C^2$  —— 第二个高度上(3~6)MeV能量范围内实测计数率的数值, 单位为计数每秒(1/s);

$R_{wi}^1$  —— 为第*i*道第一个高度本底计数率的数值, 单位为计数每秒(1/s);

$R_{wi}^2$  —— 为第*i*道第二个高度本底计数率的数值, 单位为计数每秒(1/s);

由于宇宙射线本底值较小, 故实际数是以1000计数每秒(1/s)中的值来表示的。

## D. 2 在航空放射性测量模型标准装置上确定剥离系数、上下测晶体偶合系数和地面灵敏度

### D. 2.1 方法一

对于任一模型, 有公式(D. 6)、(D. 7)、(D. 8):

$$\begin{aligned}\Delta Q_K &= \Delta KK \cdot R_K + \Delta KU \cdot R_U + \Delta KT \cdot R_T \\ &= \Delta KK \cdot (R_K + \frac{\Delta KU}{\Delta KK} \cdot R_U + \frac{\Delta KT}{\Delta KK} \cdot R_T) \dots\dots\dots (D. 6)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta Q_U &= \Delta UK \cdot R_K + \Delta UU \cdot R_U + \Delta UT \cdot R_T \\ &= \Delta UU \cdot (\frac{\Delta UK}{\Delta UU} \cdot R_K + R_U + \frac{\Delta UT}{\Delta UU} \cdot R_T) \dots\dots\dots (D. 7)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta Q_T &= \Delta TK \cdot R_K + \Delta TU \cdot R_U + \Delta TT \cdot R_T \\ &= \Delta TT \cdot (\frac{\Delta TK}{\Delta TT} \cdot R_K + \frac{\Delta TU}{\Delta TT} \cdot R_U + R_T) \dots\dots\dots (D. 8)\end{aligned}$$

式中:

$\Delta Q_K$ 、 $\Delta Q_U$ 、 $\Delta Q_T$  —— 分别为该模型含量减去本底模型含量后的剩余钾、铀、钍含量, 分别用%、 $10^{-6}$ eU、 $10^{-6}$ eTh表示;

$R_K$ 、 $R_U$ 、 $R_T$  —— 分别为该模型上钾、铀、钍道计数率减去本底模型上钾、铀、钍道计数率的剩余计数率, 单位为计数每秒(1/s);

$\Delta KK$ 、 $\Delta UU$ 、 $\Delta TT$  —— 分别为各模型上的钾、铀、钍道的格道, 单位分别为%/计数每秒、 $10^{-6}$ eU/计数每秒、 $10^{-6}$ eTh/计数每秒;

$\Delta KU$ 、 $\Delta KT$ 、 $\Delta UK$ 、 $\Delta UT$ 、 $\Delta TK$ 、 $\Delta TU$  —— 分别为各模型上铀对钾、钍对钾、钾对铀、钍对铀、钾对钍、铀对钍的影响, 单位为单位含量/计数每秒。

对上述6个变量通过解方程得到6个剥离系数:

$$S_{KU} = \frac{\Delta KU}{\Delta KK}, \quad S_{KT} = \frac{\Delta KT}{\Delta KK} \text{ 指在钾道中铀和钍的影响;}$$

$$S_{UT} = \frac{\Delta UT}{\Delta UU}, \quad S_{UK} = \frac{\Delta UK}{\Delta UU} \text{ 指在铀道中钍和钾的影响;}$$

$$S_{TK} = \frac{\Delta TK}{\Delta TT}, \quad S_{TU} = \frac{\Delta TU}{\Delta TT} \text{ 指在钍道中钾和铀的影响。}$$

剥离系数还与飞行高度有关, 主要是由于空气对伽玛射线的康普顿散射和吸收作用, 其中尤以 $S_{UT}$ 对计算铀含量有很大关系。因此, 它随高度的影响需使用公式(D. 9)进行修正:

$$S_{UT}(h) = S_{UT} + \beta h \dots\dots\dots (D. 9)$$

式中:

$S_{UT}(h)$  —— 经高度修正的剥离系数;

$S_{UT}$  —— 未经高度修正的剥离系数;

$h$  —— 飞行高度, 单位为米(m);

$\beta$  —— 修正系数, 单位为每米(1/m)。一般采用经验值0.000249/m。

此外, 任一模型的上测铀道计数仍然受到地面放射性影响, 故也存在着康普顿散射修正问题, 其修正公式为公式(D. 10):

$$R_U'' = C'_{UK} \cdot R_{KS} + C'_{UU} \cdot R_{US} + C'_{UT} \cdot R_{TS} \dots\dots\dots (D. 10)$$

式中:

- $R_U''$  —— 减去本底模型后的上测铀道计数率的数值, 单位为计数每秒 (1/s);
- $R_{KS}$  —— 经剥离后的下测钾道的计数率的数值, 单位为计数每秒 (1/s);
- $R_{US}$  —— 经剥离后的下测铀道的计数率的数值, 单位为计数每秒 (1/s);
- $R_{TS}$  —— 经剥离后的下测钍道的计数率的数值, 单位为计数每秒 (1/s);
- $C'_{UK}$  —— 下测钾道计数率对上测铀道计数率的影响系数, 亦称上下测晶体偶合系数(可以通过解方程求得);
- $C'_{UU}$  —— 下测铀道计数率对上测铀道计数率的影响系数, 亦称上下测晶体偶合系数(可以通过解方程求得);
- $C'_{UT}$  —— 下测钍道计数率对上测铀道计数率的影响系数, 亦称上下测晶体偶合系数(可以通过解方程求得)。

地面灵敏度可从经剥离后的计数率和已知模型含量来求得。

## D.2.2 方法二

剥离系数的确定:

- a) 剥离系数的确定也是在航空放射性测量模型标准装置上求得的。只是其使用符号不一, 为  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  和  $a$ 、 $b$ 、 $g$ (即 D.2.1 中的  $S_{UT}$ 、 $S_{KT}$ 、 $S_{KU}$ 、 $S_{TU}$ 、 $S_{TK}$ 、 $S_{UK}$ )。它是国际原子能机构建议采用的符号;
- b) 剥离系数确定的公式是基于在模型上测得钾、铀、钍窗计数率  $n_K$ 、 $n_U$ 、 $n_T$  与模型中的钾、铀、钍含量  $Q_K$ 、 $Q_U$ 、 $Q_T$  成公式 (D.11) ~ (D.13) 的线性关系。

$$n_K = S_{KK} \cdot Q_K + S_{KU} \cdot Q_U + S_{KT} \cdot Q_T + b_K \quad \text{..... (D.11)}$$

$$n_U = S_{UK} \cdot Q_K + S_{UU} \cdot Q_U + S_{UT} \cdot Q_T + b_U \quad \text{..... (D.12)}$$

$$n_T = S_{TK} \cdot Q_K + S_{TU} \cdot Q_U + S_{TT} \cdot Q_T + b_T \quad \text{..... (D.13)}$$

式中:

$b_K$  —— 钾窗的本底计数率的数值, 单位为计数每秒 (1/s);

$b_U$  —— 铀窗的本底计数率的数值, 单位为计数每秒 (1/s);

$b_T$  —— 钍窗的本底计数率的数值, 单位为计数每秒 (1/s);

(它们包括模型周围地面的辐射、飞机及仪器的放射性、宇宙射线和大气氡的贡献);

$S_{ij}$  ( $S_{KK}$ 、 $S_{KU}$ 、 $S_{KT}$ 、 $S_{UK}$ 、 $S_{UU}$ 、 $S_{UT}$ 、 $S_{TK}$ 、 $S_{TU}$ 、 $S_{TT}$ ) —— 表示  $j$  ( $j=K, U, Th$ ) 元素的单位含量在  $i$  ( $i=K, U, Th$ ) 窗的计数率的数值, 单位用计数每秒/单位含量 (%、 $10^{-6}$ eU、 $10^{-6}$ eTh) 表示;

$n_K$  —— 钾窗的下测计数率的数值, 单位为计数每秒 (1/s);

$n_U$  —— 铀窗的下测计数率的数值, 单位为计数每秒 (1/s);

$n_T$  —— 钍窗的下测计数率的数值, 单位为计数每秒 (1/s);

$Q_K$  —— 航空放射性测量模型标准装置的钾含量的数值, 用%表示;

$Q_U$  —— 航空放射性测量模型标准装置的铀含量的数值, 用 $10^{-6}$ eU表示;

$Q_T$  —— 航空放射性测量模型标准装置的钍含量的数值, 用 $10^{-6}$ eTh表示。

通过矩阵可求得  $S_{ij}$ , 剥离系数用公式 (D.14) ~ 公式 (D.19) 求得:

$$\alpha = S_{UT} / S_{TT} \quad \text{..... (D.14)}$$

$$\beta = S_{KT} / S_{TT} \quad \text{..... (D.15)}$$

$$\gamma = S_{KU} / S_{UU} \quad \text{..... (D.16)}$$

$$a = S_{TU} / S_{UU} \quad \text{..... (D.17)}$$

$$b = S_{TK} / S_{KK} \quad \text{..... (D.18)}$$

$$g = S_{UK} / S_{KK} \quad \text{..... (D.19)}$$

## D.3 在动态校准带上确定大气氡修正系数、高度衰减系数和空中 120m 灵敏度

### D.3.1 大气氡修正

## D.3.1.1 方法一

大气氡修正是采用上测探测器探测氡本底来进行修正。大气氡修正使用公式(D.20)：

$$R_{\text{Bi}} = \frac{R_{\text{up}} - lR_{\text{dw}}}{m - l} = \frac{R_{\text{up}} - [R_{\text{US}} + (C'_{\text{UK}}/C'_{\text{UU}}) \cdot R_{\text{KS}} + (C'_{\text{UT}}/C'_{\text{UU}}) \cdot R_{\text{TS}}]}{m - l} \quad \text{..... (D. 20)}$$

式中：

$R_{\text{Bi}}$ ——大气氡修正值的数值，单位为计数每秒（1/s）；

$R_{\text{up}}$ ——上测铀道计数率的数值，单位为计数每秒（1/s）；

$R_{\text{dw}}$ ——下测铀道计数率的数值，单位为计数每秒（1/s）；

$m$ ——晶体几何系数。其计算公式见公式(D.22)；

$l$ ——屏蔽系数。其计算公式见公式(D.21)。

$$l = (R_{\text{up}}^{\text{L}} - R_{\text{up}}^{\text{W}}) / (R_{\text{dw}}^{\text{L}} - R_{\text{dw}}^{\text{W}}) \quad \text{..... (D. 21)}$$

$$m = R_{\text{up}}^{\text{W}} / R_{\text{dw}}^{\text{W}} \quad \text{..... (D. 22)}$$

式中：

$R_{\text{up}}^{\text{L}}$ ——动态校准带陆地部分经剥离修正后的上测铀道计数率的数值，单位为计数每秒（1/s）；

$R_{\text{up}}^{\text{W}}$ ——水体部分经剥离修正后的上测铀道计数率的数值，单位为计数每秒（1/s）；

$R_{\text{dw}}^{\text{L}}$ ——动态校准带陆地部分经剥离修正后的下测铀道计数率的数值，单位为计数每秒（1/s）；

$R_{\text{dw}}^{\text{W}}$ ——动态校准带水体部分经剥离修正后的下测铀道计数率的数值，单位为计数每秒（1/s）。此外， $l$ 和 $m$ 还与高度有关，见公式(D.23)和(D.24)：

$$l = l_0 + l_{\text{coef}} \cdot h \quad \text{..... (D. 23)}$$

$$m = m_0 + m_{\text{coef}} \cdot h \quad \text{..... (D. 24)}$$

式中：

$l_0$ 、 $m_0$ ——地面零米高度的值；

$l_{\text{coef}}$ 、 $m_{\text{coef}}$ —— $l$ 、 $m$ 随高度 $h$ 变化的系数，单位为每米（1/m）；

$h$ ——飞行高度，单位为米（m）。

## D.3.1.2 方法二

第一步是确定上下测探测器对大气氡计数率之间的关系。这在水面上进行一系列飞行测量可得。因为水体上测得数据去掉飞机和宇宙射线本底外，只剩下氡计数，此时各窗计数率变化只是空中 $^{214}\text{Bi}$ 的变化。所以，上下测探测器对大气氡的计数之间为公式(D.25)～公式(D.28)的线性关系。

$$u_i = a_i U_i + b_i \quad \text{..... (D. 25)}$$

$$K_i = a_k U_i + b_k \quad \text{..... (D. 26)}$$

$$T_i = a_t U_i + b_t \quad \text{..... (D. 27)}$$

$$I_i = a_i U_i + b_i \quad \text{..... (D. 28)}$$

式中：

$u_i$ ——上测铀窗中氡的计数率的数值，单位为计数每秒（1/s）；

$K_i$ ——下测钾道中氡的计数率的数值，单位为计数每秒（1/s）；

$U_i$ ——下测铀道中氡的计数率的数值，单位为计数每秒（1/s）；

$T_i$ ——下测钍道中氡的计数率的数值，单位为计数每秒（1/s）；

$I_i$ ——下测总道中氡的计数率的数值，单位为计数每秒（1/s）；

$a(i)$ 、 $b(i)$ —— $i=(U, K, T, I)$ ，校准常数，通过实测可求得。

第二步是确定上下测探测器对地面辐射的计数之间关系。上测探测器对地面辐射的计数率 $u_g$ 取决于地面的铀和钍含量。这和下测探测器的铀、钍窗对地面辐射也取决于地面铀和钍的含量一样。所以，上测探测器地面组分与下测探测器地面组分有公式(D.29)的关系。

$$u_g = a_1 U_g + a_2 T_g \quad \text{..... (D. 29)}$$

式中:

$u_g$  —— 地面组分对上测铀窗的影响的数值, 单位为计数每秒 (1/s);

$U_g$  —— 地面组分对下测铀窗的影响的数值, 单位为计数每秒 (1/s);

$T_g$  —— 地面组分对下测钍窗的影响的数值, 单位为计数每秒 (1/s);

$a_1$ 、 $a_2$  —— 校准常数, 通过一组  $u_g$ 、 $U_g$ 、 $T_g$  计算值, 使用最小二乘法就可确定。

此外, 对于每个窗的计数都由地面辐射和空中氡两部分组成, 即公式 (D. 30) ~ (D. 32):

$$u = u_g + u_r \quad \text{..... (D. 30)}$$

$$U = U_g + U_r \quad \text{..... (D. 31)}$$

$$T = T_g + T_r \quad \text{..... (D. 32)}$$

式中:

$u$  —— 消除飞机和宇宙射线本底后的上测铀窗计数率的数值, 单位为计数每秒 (1/s);

$U$  —— 消除飞机和宇宙射线本底后的下测铀窗计数率的数值, 单位为计数每秒 (1/s);

$T$  —— 消除飞机和宇宙射线本底后的下测钍窗计数率的数值, 单位为计数每秒 (1/s)。

将公式 (D. 25) 和 (D. 29) 代入公式 (D. 30), 得到公式 (D. 33):

$$u = a_1 U_g + a_2 T_g + a_0 U_r + b_0 \quad \text{..... (D. 33)}$$

公式 (D. 33) 中  $U_g$ 、 $T_g$  再用公式 (D. 31)、(D. 32)、(D. 27) 代入, 则得公式 (D. 34):

$$U_r = \frac{u - a_1 U - a_2 T + a_2 b_1 - b_0}{a_0 - a_1 - a_2 a_1} \quad \text{..... (D. 34)}$$

### D. 3.2 高度修正

使用公式 (D. 35) 进行高度修正:

$$R^{120} = R^h \cdot e^{\mu(H-120)} \quad \text{..... (D. 35)}$$

式中:

$R^{120}$  —— 空中120m高度上经康普顿散射修正后的计数率的数值, 单位为计数每秒 (1/s);

$R^h$  —— 实际飞行高度  $h$  时经康普顿散射修正后的计数率的数值, 单位为计数每秒 (1/s);

$H$  —— 标准大气压、标准温度下的飞行高度, 单位为米 (m);

$\mu$  —— 高度衰减系数, 单位为每米 (1/m)。 $\mu$  值可用公式 (D. 36) 求得。

$$\mu = \frac{\ln R^{120} - \ln R^h}{H - 120} \quad \text{..... (D. 36)}$$

### D. 3.3 空中120m灵敏度的计算

通过上述一系列修正求得各道的120m高度上的计数率和地面已知含量之间关系, 即为空中系统灵敏度  $S_K$ 、 $S_U$ 、 $S_T$  (计数每秒/单位含量)。

### D. 3.4 放射性核素含量的计算

经过上述所有参数确定后, 公式 (D. 37) ~ (D. 39) 就是用于实际含量计算的公式:

$$Q_K = \frac{1}{S_{K1}} \cdot R_{KS} \cdot e^{\mu_K(H-120)} \quad \text{..... (D. 37)}$$

$$Q_U = \frac{1}{S_U} \cdot (R_{US} - R_{BS}) \cdot e^{\mu_U(H-120)} \quad \text{..... (D. 38)}$$

$$Q_T = \frac{1}{S_T} \cdot R_{TS} \cdot e^{\mu_T(H-120)} \quad \text{..... (D. 39)}$$

式中:

$Q_K$ 、 $Q_U$ 、 $Q_T$  —— 分别为钾、铀、钍的含量, 分别用%、 $10^{-6}$ eU、 $10^{-6}$ eTh表示。

附 录 E  
(资料性附录)  
航空伽玛能谱测量记录表格式

航空伽玛能谱测量记录表格式见图 E. 1～图 E. 9。

飞行报表					
年	月	日	由	时	分
			到	时	分
驾 驶 员: _____		领航员: _____		机场名称: _____	
航 操 员: _____				飞机型号: _____	
测区地形图幅: _____				飞行架次: _____	
飞行测线: _____				飞行气象: _____	
仪器号: _____					
磁带(文件)号: _____					
录像带或胶卷号: _____					
纸带号: _____					
飞 行 记 录					
测线号	方位	特征点号	基点号	测线长 km	备注

图E. 1 飞行报表格式

操作员记录表				模拟记录仪量程			
日 期: _____		机型机号: _____		1 _____ 满量程 _____			
测区编号: _____		机场名称: _____		2 _____ 满量程 _____			
飞行架次: _____		预置高度: _____		3 _____ 满量程 _____			
飞行时间: _____ 起飞 _____ 落地 _____				4 _____ 满量程 _____			
飞行测线: _____				5 _____ 满量程 _____			
机外温度: _____ 始 _____ 终 _____				6 _____ 满量程 _____			
气 压: _____ 始 _____ 终 _____							
磁带(文件)号: _____		录像带或胶卷号: _____		纸带号: _____			
能谱采样率: _____		磁力仪采样率: _____		磁力仪灵敏度: _____			
驾驶员: _____		领航员: _____					
操作员: _____							
飞 行 记 录							
测线号	方位	基点号		测线时间		测线长 km	备注
		开始	结束	开始	结束		

图 E. 2 操作员记录表格式

飞行月报表								
工作任务: _____			测 区: _____		机型机号: _____			
时 间: _____			报告单位: _____		报 告 人: _____			
日期	飞行架次	飞行小时	累计飞行小时	测线长度 km	累计测线长度 km	测线飞行小时	效率 km/h	备注

图 E. 3 飞行月报表格式

基线测量记录表																	
测 区: _____					机 场: _____												
仪 器 号: _____					机型机号: _____												
时 间: _____ 年 _____ 月 _____ 日 至 _____ 年 _____ 月 _____ 日																	
填表单位: _____					项目负责: _____					填 表 人: _____					单位: 计数每秒		
日期	早基线					晚基线					早晚变化 %					备注	
	TC	K	U	Th	U <sub>up</sub>	TC	K	U	Th	U <sub>up</sub>	TC	K	U	Th	U <sub>up</sub>		

图 E. 4 基线测量记录表格式

晶体分辨率记录表														
测 区: _____					机 场: _____									
仪 器 号: _____					机型机号: _____									
时 间: _____ 年 _____ 月 _____ 日 至 _____ 年 _____ 月 _____ 日														
填表单位: _____					项目负责: _____					填 表 人: _____				
日期	飞行前				飞行后				备注					
	<sup>137</sup> Cs %		<sup>208</sup> Tl %		<sup>137</sup> Cs %		<sup>208</sup> Tl %							
	下测	上测	下测	上测	下测	上测	下测	上测						

图 E. 5 晶体分辨率记录表格式

能谱峰漂统计表											
测 区: _____		机 场: _____									
仪 器 号: _____		机型机号: _____									
时 间: _____ 年 _____ 月 _____ 日 至 _____ 年 _____ 月 _____ 日											
填表单位: _____		项目负责: _____								填 表 人: _____	
日期	飞行 前后	峰位 (道)								备注	
		地面检查				漂移					
		<sup>137</sup> Cs		<sup>208</sup> Tl		<sup>137</sup> Cs		<sup>208</sup> Tl			
		下测	上测	下测	上测	下测	上测	下测	上测		

图 E.6 能谱峰漂统计表格式

飞行高度统计表													
测 区: _____		机 场: _____											
仪 器 号: _____		机型机号: _____											
时 间: _____ 年 _____ 月 _____ 日 午		填表单位: _____											
项目负责: _____		填 表 人: _____											
测线号	测线平均 飞行高度	测线总 基点数	<120m		120m~ 150m		150m~ 210m		210m~ 300m		>300m		备注
			基点数	%	基点数	%	基点数	%	基点数	%	基点数	%	

图 E.7 飞行高度统计表格式

### 航空放射性异常(高场)检查表

### 号航放异常(高场)地面检查简报

编写者: \_\_\_\_\_  
项目负责: \_\_\_\_\_

编写单位: \_\_\_\_\_

20 年 月 日

图 E.8 a) 航空放射性异常(高场)地面检查简报封面格式



交通位置:

异常特征:

地质概况:

图 E. 8 b) 航空放射性异常(高场)地面检查简报内容首页格式

<p><u>地面检查程度:</u></p>
<p><u>物化分析结果:</u> (或能谱仪测量 <math>10^{-6}\text{eU}</math>、<math>10^{-6}\text{eTh}</math>、<math>\%K</math>)</p>
<p><u>初步地质评价:</u></p>
<p><u>下一步工作意见:</u></p>
<p><u>附图及备注:</u></p>

图 E. 8 c) 航空放射性异常(高场)地面检查简报内容续页格式



图 E.8 d) 航空放射性异常(高场)地面检查简报内容续页格式

[illegible]

图 E.9 航空放射性异常记录格式

附录 F  
(资料性附录)  
航空伽玛能谱测量成果报告编写提纲

## F.1 前言

前言应包括:

- a) 工作的任务与目的。使用的测量系统和运载工具类型和型号;
- b) 测区行政位置和交通、地形、气象情况,测区与历年航测区拼接关系(附小比例尺插图);
- c) 野外飞行测量和室内工作时间,任务完成情况与投资完成情况;
- d) 野外施工和报告编写过程中存在的主要问题,说明这些问题是否已解决和如何解决的;
- e) 项目组成员介绍。

## F.2 工作方法和测量质量

### F.2.1 测区布置

包括测区范围、测线方向、测量比例尺。

### F.2.2 导航定位和飞行高度的质量

包括导航定位和飞行高度的质量,应附上各种图表和数据资料。

### F.2.3 仪器和测量工作质量

包括航空伽玛能谱测量系统及其配套设备的工作质量,各种因素对仪器记录的影响及其消除方法和评价方法,确定的参数质量,各种图表和数据资料是否齐全。

### F.2.4 数据处理及编图质量

包括数据处理及编图质量情况,应附上各种图表和数据资料。

### F.2.5 地面调查工作及质量

包括野外异常查证的工作方法及质量,应附上各种图表和数据资料。

## F.3 地质和地球物理概况

### F.3.1 区域地质概况

综述区内地层、构造、岩浆岩分布和主要矿产的分布规律。

### F.3.2 测区的地球物理特征

简述测区的地球物理特征,根据原有的和实测的岩石和矿石的伽玛能谱参数资料、航空伽玛能谱资料并结合地质、航磁及其它物(化)探资料、水文地质资料、钻探资料等,分析各种地层、火成岩、矿产和构造在航空伽玛能谱测量中的可能反映。阐明完成测量任务的前提条件和干扰因素。

### F.3.3 测区以往地质和物(化)探研究程度

说明工作地区以往地质、物(化)探研究程度及对这些工作的评价。

## F.4 工作成果

### F.4.1 航空放射性场的分布规律

简述测区放射性核素铀、钍、钾及其总量的分布特点。

### F.4.2 航空放射性场所反映的区域地质特征

根据场的特点,结合地质、航磁和其它物化探资料,进行对比分析,编制测区的推断岩性(相)地质图。

### F.4.3 异常的推断解释

根据高场和异常地面检查结果并结合地质、航磁和其它物探化探资料，对异常和高场进行解释。对于寻找铀矿和其它矿产有意义的异常应重点阐述。附航空伽玛能谱异常、高场一览表。

#### F.4.4 区域成矿特征和找矿远景预测

根据区域成矿规律，结合区域航空放射场、异常和矿点分布特点，划分找矿远景区，编制“异常分布和成矿预测图”并对该图的编制原则和使用予以说明。

#### F.5 结论与建议

对推断解释的主要地质成果进行概括性的总结，提出对测区进一步工作的建议。具体内容应包括：

- a) 论述对设计书规定的各项地质任务所取得的地质成果和地质结论。说明未解决的或未能得出肯定结论的地质问题，提出值得进一步探讨的问题；
  - b) 根据所得出的主要地质结论，提出下一步工作建议，说明这些工作建议的具体任务、方法手段、施工程序和应注意的问题等。
-

