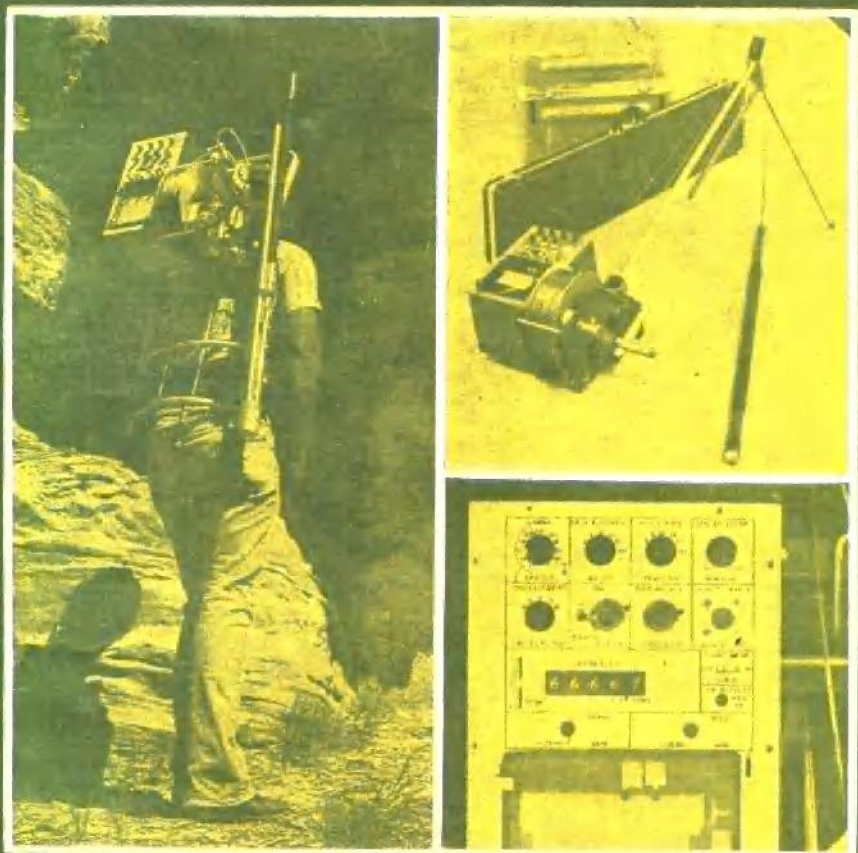


# 放射性测量新技术

第一集



地质出版社

# 放射性测量新技术

## 第一集

( $\gamma$ 测量方法和 $\gamma$ 能谱测量方法)

于铭强 周镭庭 等编  
吴慧山 李瑾明

地质出版社

## 内 容 提 要

本书系统地介绍国外铀矿普查、勘探中广泛应用的各种 $\gamma$ 测量和 $\gamma$ 能谱测量方法的基本原理、测量方法、资料解释和具体实例。全书共分六章，大部分材料取自近年来国际上在这方面的新资料、新成就，以及研制成的各种先进仪器。

本书可供从事铀矿普查勘探工作的生产单位、科研机关和地质院校的物探、化探和地质工作者和师生参考。本书对核技术找水、地震预报和其它应用，都有一定参考价值。

## 放射性测量新技术

### 第 一 集

于铭强 周镭庭 吴慧山 李瑾明等编

地质矿产部书刊编辑室编辑

责任编辑：张怀素 王文孝

地质出版社出版

（北京西四）

地质出版社印刷厂印刷

（北京海淀区学院路29号）

新华书店北京发行所发行·全国新华书店经售

开本：850×1168<sup>1</sup>/<sub>32</sub> 印张：9<sup>3</sup>/<sub>4</sub> 字数：244,000

1983年1月北京第一版·1983年1月北京第一次印刷

插页：一个 印数：1-3,600册 定价：1.75元

统一书号：15038·新961

# 前 言

最近十多年来，放射性测量方法有了很大发展，不仅原来的方法得到了明显改进，而且还出现了许多新方法；放射性找矿技术的应用领域正在逐渐扩大，不仅用于铀矿的普查和勘探，而且还用于寻找其它许多非放射性矿产以及地震预报和寻找地下水源等；与此同时，在铀矿普查、勘探中也越来越多地使用普通物探方法。现在可以肯定地说，几乎所有的放射性找矿技术均可不同程度地用于非放射性矿产的普查和勘探，而所有普通地球物理探矿方法也同样可用于铀矿的普查和勘探。

为了较全面地向我国地质战线上的广大科技人员介绍国外研究和应用放射性找矿新技术和新方法的经验，编写了《放射性测量新技术》专集，其中包括放射性矿床和非放射性矿床普查、勘探中正在应用和可能应用的各种放射性找矿技术。为了满足广泛开展铀矿普查、勘探的急需，首先编写了《放射性测量新技术》的第一集和第二集——《 $\gamma$ 测量方法和 $\gamma$ 能谱测量方法》及《气体找矿方法》。其它各集将陆续编写和出版。

本集着重介绍铀矿普查、勘探中应用最广泛的各种 $\gamma$ 测量方法和 $\gamma$ 能谱测量方法，除介绍它们的具体发展和改进外，还介绍各种方法所使用的新型仪器。文中涉及的内容力求新颖和实用。但由于有些方法所包括的方面较多，在篇幅有限的情况下，难于面面俱到地加以介绍，只能顾及重点而舍弃一般。对于有实用价值的新方法和新技术，均作了尽可能详细的介绍。文中所述的各种仪器，都是近几年研制成的先进仪器，对于研制和改进国产仪器以及选购国外产品均有参考价值。

由于编者水平有限，错误和不当之处一定不少，恳请读者提出宝贵意见。

# 目 录

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>第一章 铀矿普查、勘探发展概况</b> .....                                              | 1  |
| 一、新的铀矿普查、勘探高潮 .....                                                       | 2  |
| 二、美国的全国铀资源评价计划 .....                                                      | 2  |
| 三、方法和仪器的发展 .....                                                          | 5  |
| 四、方法的选择及综合应用 .....                                                        | 6  |
| 五、方法试验 .....                                                              | 16 |
| (一)化探取样密度的选择 .....                                                        | 20 |
| (二)取样介质的选择 .....                                                          | 20 |
| (三)地球化学测量样品分析项目的选择 .....                                                  | 21 |
| (四)铀及其它元素的本底值及异常阈的确定 .....                                                | 22 |
| (五)样品的分析方法及所需的灵敏度和精度的选择 .....                                             | 22 |
| (六)影响因素的考虑 .....                                                          | 22 |
| (七)底沉积样品取样时颗粒度的选择 .....                                                   | 23 |
| 六、必需的仪器标定设施 .....                                                         | 23 |
| 七、放射性测量结果的表示单位 .....                                                      | 40 |
| 八、国外地质文献中常见的含量表示单位 .....                                                  | 41 |
| <b>第二章 <math>\gamma</math> 测量和 <math>\gamma</math> 能谱测量的重要概念和数据</b> ..... | 44 |
| 一、应用 $\gamma$ 法和 $\gamma$ 能谱法的依据 .....                                    | 44 |
| 二、 $\gamma$ 法和 $\gamma$ 能谱法探测各类铀矿床的实用性 .....                              | 46 |
| 三、放射性平衡状态的考虑及测定方法 .....                                                   | 48 |
| (一)样品的室内 $\beta/\gamma$ 测定 .....                                          | 52 |
| (二)高分辨率 $\gamma$ 能谱测量法 .....                                              | 54 |
| 四、环境放射性异常 .....                                                           | 56 |
| (一)视环境异常 .....                                                            | 56 |
| (二)真环境异常 .....                                                            | 57 |
| 五、本底辐射 .....                                                              | 58 |

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| (一)宇宙辐射 .....                                                         | 59 |
| (二)大气中的氦子体 .....                                                      | 59 |
| (三)本底的测量 .....                                                        | 61 |
| (四)放射性污染 .....                                                        | 62 |
| 六、 $\gamma$ 射线的散射 .....                                               | 64 |
| 七、晶体的体 积 .....                                                        | 69 |
| 八、有效测量 高度 .....                                                       | 69 |
| 九、影 响 带 .....                                                         | 70 |
| 十、在 $\gamma$ 和 $\gamma$ 能谱测量中影响含量测定的各种效 应 .....                       | 71 |
| (一)几何条件变化的效应 .....                                                    | 71 |
| (二)覆盖层效应 .....                                                        | 71 |
| (三)湿度效应 .....                                                         | 72 |
| (四)基质效应 .....                                                         | 72 |
| (五)温变效应 .....                                                         | 72 |
| 十一、总计数率 $\gamma$ 测量的某些重要参数 .....                                      | 74 |
| (一)钾和钍的铀当量 .....                                                      | 75 |
| (二)仪器的灵敏度 .....                                                       | 76 |
| (三)总计数率 $\gamma$ 辐射仪的标定 .....                                         | 78 |
| (四)高度修正系数 .....                                                       | 78 |
| 十二、 $\gamma$ 能谱测量的参数 .....                                            | 79 |
| (一) $\gamma$ 能谱测量的影响因素 .....                                          | 79 |
| (二) $\gamma$ 能谱测量的某些参数 .....                                          | 81 |
| (三)辐射剂量的测量 .....                                                      | 90 |
| <b>第三章 航空 <math>\gamma</math> 测量和 <math>\gamma</math> 能谱测 量</b> ..... | 92 |
| 一、航空放射性测量的 效 率 .....                                                  | 92 |
| 二、航放测量的应用规模和 效 果 .....                                                | 93 |
| 三、有关航放测量的某些 观 点 .....                                                 | 97 |
| (一)在放射性偏高区找矿 .....                                                    | 97 |
| (二)老区新测 .....                                                         | 97 |
| (三)有用的U/Th和U/K比值参数 .....                                              | 98 |
| 四、航放测量的某些 参 数 .....                                                   | 99 |
| (一)航放测量系统的灵敏度 .....                                                   | 99 |

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| (二)对地分辨率 .....                               | 100 |
| (三)航测线距 .....                                | 104 |
| 五、区域航放测量结果的表示形式及解释 .....                     | 105 |
| (一)几种典型的航空 $\gamma$ 能谱测量剖面图 .....            | 109 |
| (二)平面等值图 .....                               | 117 |
| (三)物化探测量数据的解释 .....                          | 123 |
| 六、航放测量仪器 .....                               | 126 |
| (一)用于航放测量的探测器和探头 .....                       | 126 |
| (二)现代高灵敏度航放测量系统的组成 .....                     | 132 |
| 第四章 地面 $\gamma$ 测量和 $\gamma$ 能谱测量 .....      | 143 |
| 一、汽车 $\gamma$ 测量和汽车 $\gamma$ 能谱测量 .....      | 143 |
| (一)探测器体积的选择 .....                            | 144 |
| (二)探测器的安装位置和取样体积 .....                       | 145 |
| (三)车测仪器的标定和测量前的性能检查 .....                    | 146 |
| (四)新型车测仪器 .....                              | 148 |
| (五)汽车测量的使用规模和效果 .....                        | 151 |
| (六)利用履带式雪上汽车进行的 $\gamma$ 测量 .....            | 153 |
| 二、步行 $\gamma$ 测量和 $\gamma$ 能谱测量 .....        | 153 |
| (一)利用报警器的地面 $\gamma$ 测量和 $\gamma$ 能谱测量 ..... | 154 |
| (二)浅孔和深孔 $\gamma$ 及 $\gamma$ 能谱测量 .....      | 156 |
| (三)地面 $\gamma$ 能谱测量 .....                    | 157 |
| (四) $\gamma$ 辐射取样 .....                      | 171 |
| (五)轻便 $\gamma$ 辐射仪和 $\gamma$ 能谱仪 .....       | 174 |
| 第五章 $\gamma$ 测井 .....                        | 195 |
| 一、 $\gamma$ 测井的理论公式和误差来源 .....               | 195 |
| 二、仪器响应函数变化所产生的误差 .....                       | 197 |
| 三、仪器响应函数对地层参数的依赖性 .....                      | 202 |
| (一)克楚别克响应函数 .....                            | 203 |
| (二)线衰减系数 .....                               | 207 |
| (三)密度和孔隙水效应 .....                            | 209 |
| 四、薄矿层厚度的确定 .....                             | 214 |
| (一)薄矿层厚度的计算 .....                            | 214 |

|                                                           |            |
|-----------------------------------------------------------|------------|
| (二)有效无厚度层的概念 .....                                        | 216        |
| 五、大口径钻孔中套管、钻孔直径和孔中流体(水、泥<br>浆、空气)对 $\gamma$ 测井结果的影响 ..... | 218        |
| (一)套管的影响 .....                                            | 218        |
| (二)钻孔直径和流体(空气、水、泥浆)的影响 .....                              | 220        |
| 六、 $\gamma$ 能谱测井中的能谱稳定方法 .....                            | 222        |
| (一)各种稳谱方法 .....                                           | 222        |
| (二)试验结果 .....                                             | 224        |
| (三)结论 .....                                               | 227        |
| 七、 $\gamma$ 能谱测井中的各种钻孔修正系数 .....                          | 228        |
| (一)标定步骤 .....                                             | 229        |
| (二)钻孔水影响修正 .....                                          | 230        |
| (三)钻孔套管修正 .....                                           | 241        |
| 八、 $\gamma$ 能谱测井中的岩层和薄层效应 .....                           | 244        |
| (一) $\gamma$ 射线谱的岩层效应 .....                               | 244        |
| (二)薄层探测器响应 .....                                          | 250        |
| (三)含铀薄层的分辨 .....                                          | 258        |
| 九、 $\gamma$ 测井仪器 .....                                    | 259        |
| (一)Mount Sopris 1000-C型轻便测井仪 .....                        | 260        |
| (二)Scintrex 公司的KUT型 $\gamma$ 能谱测井仪 .....                  | 262        |
| (三)车载 $\gamma$ 能谱测井仪 .....                                | 263        |
| <b>第六章 水下<math>\gamma</math>测量</b> .....                  | <b>275</b> |
| 一、湖泊水下 $\gamma$ 测量 .....                                  | 275        |
| 二、浅海水下 $\gamma$ 测量 .....                                  | 279        |
| (一)海底 $\gamma$ 能谱仪 .....                                  | 280        |
| (二)操作步骤 .....                                             | 283        |
| (三)成果解释 .....                                             | 284        |
| (四)结论 .....                                               | 287        |
| <b>主要参考文献</b> .....                                       | <b>288</b> |



# 第一章 铀矿普查、勘探发展概况

铀是裂变物质，在国防和民用两个方面都有重要作用。在五十年代，铀主要用于军事目的，进入六十年代后，开始用于发电。铀对于解决未来的能源问题有很大的作用，今后十年原子能发电量估计会有大幅度增长。

铀是制造原子弹及各种核武器的主要原料。对我国来说，发现和开采更多的铀矿床，满足国防和民用两个方面的需要，对加强国防和促进四化有着极其重要的意义。

一公斤U-235的裂变能量相当于3000吨煤。美国1976年的原子能发电量为1910亿度，相当于消耗了4800短吨 $U_3O_8$ 。要用煤发同样的电，约需九千万短吨，或者说一吨 $U_3O_8$ 相当于18750吨煤。用煤和石油发电的运输费用极大，而原子能发电的运输费用几乎可忽略不计。1976年原子能发电费用为每度1.5美分，煤为1.8美分，石油为3.5美分。

到1978年年底，世界上有21个国家共有227座核电站在运行，电功率达11万兆瓦，核发电量占整个发电量的5.8%。美国有48家核电公司。1978年美国核电站提供了2750多亿度电，约占美国总发电量的12.5%。美国1978年的核发电量比1977年增长10%以上。

我国1978年的发电量为2560亿度。如果用铀来发这么多的电，约需6400短吨 $U_3O_8$ ，而用煤则需多达一亿两千万吨。如果我们拥有64万吨 $U_3O_8$ 的储量，就能满足100年的发电需要（按1978年的发电量计算）。由此可见铀对于解决能源问题的重要性。

正由于铀在国防和解决能源不足方面有着特殊的作用，对它的重视程度日益增长，加速铀矿的普查和勘探已成为许多国家的重要课题。

## 一、新的铀矿普查、勘探高潮

在世界的铀矿普查、勘探历史上，由于对铀的需要逐渐增长，在五十年代和六十年代曾出现过两次找铀高潮，每次高潮都使铀储量明显增加。七十年代又出现了世界铀矿普查勘探的第三次高潮。这次高潮以美国1974年开始的全国铀矿资源评价计划为序幕，到1978—1979年已达到相当规模。有些国家的铀矿勘探已达到白热化的程度，为数众多的探矿公司云集于有利地区，争相勘探。1978年，在加拿大的萨斯喀彻温省北部约有150家探矿公司从事铀矿普查、勘探；美国的情况也是如此，私人探矿公司主要集中在美国西部各州已知铀矿区的周围，展开了大规模的勘探活动。1978年，美国用于铀矿勘探的地表钻探量已达历史最高水平（四千八百万英尺），而美国历史上的高峰钻探量（1957和1969）仅为九百多万英尺和二千九百多万英尺<sup>[1]</sup>。1978年，美国20家公司在国外勘探铀矿的总投资为三千五百多万美元。同样，美国的公司也接受国外的勘探投资；按31家美国公司的统计，1978年国外公司对美国的铀矿勘探投资已达到三千九百万美元，占美国1978年三亿一千四百万美元铀矿勘探费用的13%<sup>[2]</sup>。1978年法国矿业公司大大加强了国内外的勘探力量，投资比1977年增加了40%。其它有关国家的情况基本类似。

但1980年之后，由于铀的市场价格趋向降低，某些国家的铀矿勘探活动减少。

## 二、美国的全国铀资源评价计划

美国于1974年开始执行一项为期十年的全国铀资源评价计划。这项计划的规模在美国铀矿勘探史上是空前的。从研究的深度和广度来看，从动员的人力、物力以及从组织和协调的规模来看都是少有的。它的主要目的是为美国政府及时地和准确地提供有关

美国铀资源的资料，为美国政府制订核能长期发展计划服务。第二个目的是向采矿部门提供有关美国的铀资源和铀需要量的资料，以及改进铀矿勘探方法和勘探技术<sup>[3,4,5]</sup>。

美国全国铀资源评价计划的内容包括许多研究和评价项目，其中有：（1）图幅区的地质研究和评价；（2）图幅区的航空 $\gamma$ 能谱踏勘测量和有利图幅区的详测；（3）图幅区的水化学和底沉积踏勘测量和有利图幅区的详测；（4）以研究深部地质情况为目的的深部钻探研究；（5）世界级铀矿床的研究（即研究国外已发现的，但美国尚未发现的铀矿类型，以便在美国圈出有利区）；（6）中等铀含量（0.01%至0.05%  $U_3O_8$ ）铀矿床的研究；（7）低含量铀资源（100ppm以下）的研究；（8）勘探方法和仪器的研究；（9）地质专题研究等。

美国本土（大陆部分）共有621块 $2^\circ$ （经度） $\times 1^\circ$ （纬度）图幅区。每块图幅区均有25万分之一比例尺的地形图和地质图。根据工作的轻重缓急和按照铀资源评价计划的具体安排，将分期分批对全部621块图幅区逐一进行地质研究、航空放射性测量（以下简称航放测量）和地球化学测量（以下简称地化测量）。按照要求，在对图幅区进行地质研究之前，必须先进行航放和地化测量。计划在1983年年底之前首先完成对272块图幅区的地质研究，对其中的116块图幅区计划于1980年年底完成地质研究，其余的所有图幅区的研究计划于1985年年底完成。也就是说，到1985年后，美国的每一块图幅区将有比较全面的地质研究和物化探测量报告和图件。这将为此后进行进一步的选区和铀矿勘探提供有利的依据。图1-1是美国图幅区的研究计划图。

美国在执行铀资源评价过程中，每年都从事一定数量的地质专题研究和勘探方法及探测仪器的研究，同时还建造为铀矿资源评价和铀矿勘探服务的各种设施，如仪器标定模型等。有关美国铀资源评价计划中物化探测量的具体内容和成果以及方法和仪器的改进，将在本书各集中分别介绍。

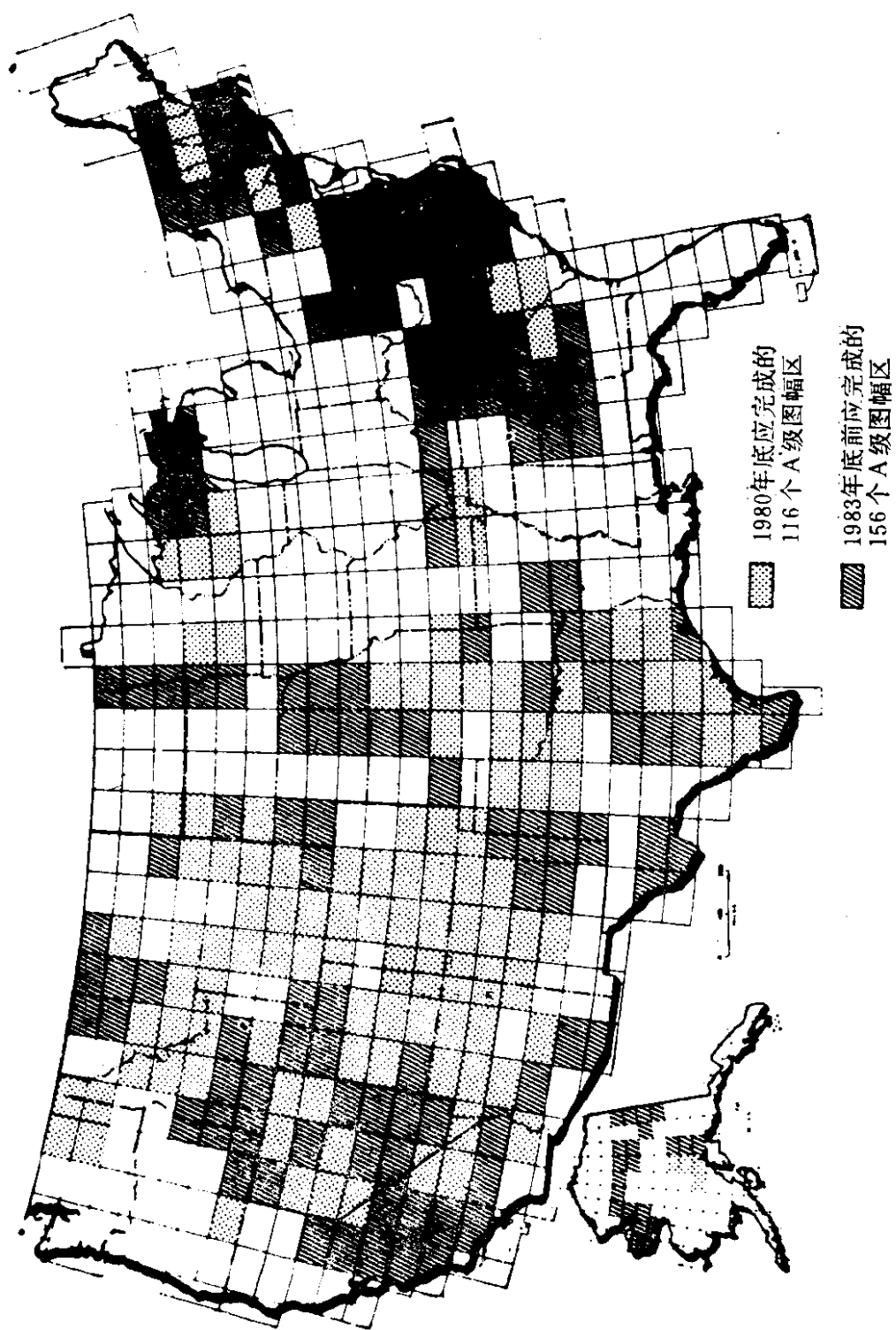


图 1-1 美国铀资源评价计划的图幅区研究计划图

### 三、方法和仪器的发展

从世界范围来讲，大规模的铀矿普查、勘探历史仅有三十多年，与其它矿种相比还是很短的。铀矿的普查、勘探方法仍然处在不断发展和完善的过程中。随着铀矿普查、勘探的不断发展，原有的老方法不断得到改进，新方法不断出现。特别是为了适应深部找矿的需要，已经发展了一些深部找矿方法，当前正在研究和试验的一些新方法也都与攻深找盲密切相关。

尽管铀矿的勘探史较短，但就单一矿产来说，铀矿的普查、勘探方法可能是最多的，新老方法和辅助方法加在一起约达30—40种之多（表1-1）。虽然对一个具体探矿单位或探矿公司来说，不可能同时使用所有的方法，但可供选择的范围是很宽的。就一个国家的整体来看，有些国家所使用和正在研究试验的方法，几乎涉及到表1-1所列方法的大部分。从事铀矿普查、勘探的地质人员和物化探人员，应尽量全面地了解方法发展的概貌和应用效果，这样便可根据实际条件选用比较适当的方法或确定方法研究和试验的方向；此外还可得到许多有益的启示，甚至导致很重要的新发现。例如，在出现了长时间累积测量氦的径迹蚀刻法后，紧接着又研究成了多种累积测量 $\alpha$ 粒子的方法：硅探测器法、 $\alpha$ 热释光法和 $\alpha$ 卡法等。表1-1的方法是根据日常积累的资料和近两年的新资料编列出来的，其中有许多方法是正在试验的新方法。有关每种方法的详细内容，将分别在本书的以后各集内介绍。

用于铀矿普查、勘探的仪器，也像方法一样，种类型号繁多，每年都出现一批新仪器。目前国外所研制的铀矿普查、勘探仪器中，测井仪器、轻便 $\gamma$ 能谱仪、航空 $\gamma$ 能谱仪和射气仪等型号繁多，有些仪器已达到相当高的水平。已研制成一批用小型计算机或微处理机控制的高精度、高效率仪器。在本书各集内的有关方法部分，将分别介绍各方法所使用的国外先进仪器。

在铀矿普查、勘探中，大多数物化探方法的应用水平、工作

效率和可靠程度以及方法的潜力，与所用仪器的性能有很大关系；没有可靠的仪器，就没有可靠的方法。因此，要想有效地应用方法，正确地选择和使用仪器是很重要的。仪器的选用要根据工作要求和实际条件确定。如果你在火山岩地区工作，选用 $\gamma$ 能谱仪是很有利的。如果你想在野外直接测量每种岩性的当量铀含量值，则可选用能直接用数字显示ppm eU的轻便辐射仪或轻便 $\gamma$ 能谱仪等等。如果对各种不同性能的各种仪器一无所知或知之不多，就难于选择适当的仪器。

适用于每种方法的仪器型号很多，仪器的性能也有很大差别。以轻便 $\gamma$ 能谱仪为例，型号五花八门，功能和结构各异，有一体型的和分设型的，有多用型的和单用型的，有积分型的和微分型的，有单道的、两道的、三道的、四道的、五道的和六道的等等。其它各类仪器也大致类似。仪器的选择是否正确，并不在于所选择的仪器是否是同类仪器中最好的，而要看所选的仪器是否能满足预计的工作要求。选择了最先进的仪器却只利用其一小部分功能，不能说是正确地选用了仪器，而只能说是一种浪费。但在价格大致相同的同一级仪器中，选择性能较好和功能较全的仪器是完全必要的。

#### 四、方法的选择及综合应用

从表1-1中可见，用于铀矿普查、勘探的方法很多。一个具体的探矿单位，不可能同时使用许多种方法，而只能根据工作区的地质条件、工作要求和工作的不同阶段，选用较有效的几种方法。以一种方法为主要方法，其它方法作为补充，或取各种方法对解决特定问题的所长。

方法的选择和方法的应用效果与许多因素有关。首先的一条是对地质情况了解的深度，主要表现在选区是否正确。选区不准，方法再先进，方法的综合应用程度再高，也不会获得预期效果。然而，在选区正确或比较符合客观实际的情况下，要找到具

表 1-1 各种铀矿普查、勘探方法及相应仪器

| 方 法                                  | 简 要 说 明                                                 | 仪 器 设 备                                                                                   |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 一、航空测量：<br>1. 总计数率航空 $\gamma$ 测量     | 现在仍有许多探矿公司使用，1978年美国44家公司完成的航测工作总计为57万测线英里，其中总计数率航测占42% | 所用仪器设备简单，可采用轻便仪器配用大探头和记录器                                                                 |
| 2. 总计数率航空 $\gamma$ 测量及磁测综合测量         | 同上，磁测作为辅助方法                                             | 使用一般航测辐射仪和磁力仪                                                                             |
| 3. 航空 $\gamma$ 能谱测量                  | 比总计数率优越，所测参数多，且可根据U/Th或U/K比鉴别异常                         | 可采用轻便 $\gamma$ 能谱仪配用大探头和记录器。                                                              |
| 4. 航空 $\gamma$ 能谱测量及磁测的综合测量          | 同上                                                      | 一般多采用性能较好的四道 $\gamma$ 能谱仪。高灵敏度航空 $\gamma$ 能谱测量多采用256、512或1024道 $\gamma$ 能谱仪，配用方晶体上测/下测探头等 |
| 5. 航空 $\gamma$ 能谱测量、磁测及电磁三系统或多系统综合航测 | 有些公司已开始采用以找铀为目的的三系统航测                                   | 同上，并配用相应仪器设备                                                                              |
| 6. 航空微迹（尘）测量                         | 对找铀来说是利用机载系统取地表层样品，然后在室内用裂变径迹法分析铀                       | 机载取样系统                                                                                    |
| 二、汽车测量方法：<br>1. 总计数率 $\gamma$ 测量     | 高效率找铀方法之一，多国采用                                          | 可用轻便 $\gamma$ 辐射仪配用大探头，使用专用仪器或淘汰的航测仪                                                      |
| 2. 总计数率 $\gamma$ 测量和磁测综合测量           | 同上                                                      | 多采用功能较好的仪器                                                                                |

续表 1-1

| 方 法                     | 简 要 说 明                                                   | 仪 器 设 备                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 3. $\gamma$ 能谱测量        | 高效率找铀方法之一，多国采用                                            | 可采用轻便 4 道 $\gamma$ 能谱仪配用大探头或采用自动化程度较高的专用车测仪器         |
| 4. $\gamma$ 能谱测量和磁测综合测量 | 同 上                                                       | 多采用功能较好的仪器                                           |
| 5. 汽车微迹（尘）测量            | 在航空微迹测量初试成功后研究成的方法                                        | 采用车载取样系统                                             |
| 三、地面步行测量：               | 普遍采用的不可缺少的基本方法                                            | 所用仪器型号甚多                                             |
| 1. 报警器 $\gamma$ 测量      | 以找异常为目的                                                   | 多采用小型或袖珍式辐射仪（250°—270° 大表头辐射仪，用方晶体的小型辐射仪及有数字显示器的辐射仪） |
| 2. 网格定点 $\gamma$ 测量     | 用于普查和详测                                                   | 多数仪器具有数字读数器，给出的读数以“脉冲/秒”表示，个别仪器能直接指示 eU 含量           |
| 3. 固定高度 $\gamma$ 测量     | 为消除微地形影响和增大探测体积、将探头置于地面以上一定高度上（齐膝、齐腰、齐肩高度）测量              | 可采用高灵敏度的大探头，置于后背上                                    |
| 4. 浅孔 $\gamma$ 测量       | 用小型机械打浅孔，探头放入孔中测量                                         | 使用分设型一般辐射仪                                           |
| 5. 深孔 $\gamma$ 测量       | 同上，但孔深达 10 多米至 20 余米                                      | 使用多用型或专用辐射仪                                          |
| 6. 犁耕 $\gamma$ 测量       | 苏联采用，但仅适用于面积较大的、平坦的边远区，用拖拉机牵引开沟器开 1 米深长沟，探头置于开沟器下部，边开沟边测量 | 用一般辐射仪与自动记录器配套                                       |



| 7. $\beta + \gamma$ 测量                                  | 用于坑道内和野外测量 (含量测定和平衡破坏测定)    | 使用 盖革辐射仪 (一体型或分体型)                                                         |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 8. 带屏 $\gamma$ 测量 ( $\gamma$ 辐射取样)                      | 用于较精确的测量或详测, 所用方法分差示测量和定向测量 | 一般辐射仪配备各种屏 (小角度开口铅屏, 轻便板状屏等); 也有专用仪器, 能显示两次测量的差值                           |
| 9. 地表微迹 (尘) 测量                                          | 此项技术可用于多种矿产普查, 包括找铀         | 轻便野外取样系统                                                                   |
| 四、地面步行 $\gamma$ 能谱测量, 同上 2, 3, 4, 5, 6, 8 各项            | 国外已逐渐推广野外 $\gamma$ 能谱测量     | 有大量可供选用的轻便 $\gamma$ 能谱仪 (4—6道); 1981 年加拿大已研制成带微理机的 128 道多用型轻便 $\gamma$ 能谱仪 |
| 五、水下 $\gamma$ 能谱测量:<br>1. 湖底 $\gamma$ 能谱测量              | 以找铀矿为目的和填图 (加拿大)            | 使用多用型轻便 $\gamma$ 能谱仪, 配备特种结构的探头和船上记录仪器及测点定位设备                              |
| 2. 海底 $\gamma$ 能谱测量                                     | 以地质填图为目的 (英国)               | 同上                                                                         |
| 六、测井方法:<br>1. 三参数 ( $\gamma, R, SP$ ) 常规测井              | 三参数测井是西方国家最普遍采用的铀矿测井方法      | 使用轻便或车载测井仪器设备                                                              |
| 2. 多参数测井 ( $\gamma, R, SP, n-n, \gamma-\gamma, \dots$ ) | 目前正在研究和使用的功能较多的多参数测井系统      | 车载型测井系统的自动化程度较高, 有多种形式输出: 模拟、打字、磁带记录, 速度自控、深度自动标定; 有的测井仪能直接用打字机打出铀含量、层厚和深度 |