

陈立官 编著

油气
测井
地质

成都科技大学出版社

41895

油气测井地质

陈立官 编著

成都科技大学出版社

内 容 简 介

本书较系统地阐述了测井与地质紧密结合、相互渗透解决油气田地质勘探中重要问题的基本思路 and 具体方法。介绍了不少国内外实例和作者富有成效的研究成果, 包括在很少取心条件下, 利用测井和地质资料, 快速查明油气源岩、沉积相带、缝洞储层、构造和盖层条件等, 特别是在复杂油气地质条件下可以解决一般方法难以解决的问题, 为油气勘探的决策和部署提供依据。本书可供在生产、科研和教学岗位上从事地质勘探开发的地质人员、测井分析人员、研究生及大、中专学生参考。

油 气 测 井 地 质

陈立官 编 著

松 山 责任编辑

成都科技大学出版社出版发行

西南冶金地质印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张6.0625

1990年3月 第1版 第1次印刷

印数 1—4000 字数 136千

ISBN 7-5616-0509-2/TQ·45

定 价 1.80元

前 言

测井地质学是一门正在形成和发展中的新兴边缘学科。它的主要内容是，以地质为基础，将测井与地质紧密结合，解决油气地质问题。它是在测井资料地质解释的基础上逐步形成的。S.J.皮尔森 (Pirson) 1970年首次发表1977年再版的《测井资料地质分析》一书，为测井地质奠定了良好基础。他系统地阐述了测井资料在碎屑岩沉积相带识别、异常压力预测、油气分布与水动力条件等方面的应用。其他不少国内外学者也相继发表了一些性质类似的文章。这些文献对油气地质和勘探起了良好的促进作用。

随着测井技术的迅猛发展，通过测井所获得的信息急剧增加，为地质工作者更广泛、更深入地认识地下地质情况，提供了良好条件和丰富资料。因而很有必要探索在新的技术条件下地质工作怎样在更多的方面向快速、高效的方向发展，以适应油气勘探的迫切需要。作者认为，在不少地质理论、观点和地质模式业已成熟或确立的今天，完全有可能利用测井与地质的深入结合，解决不少相当复杂的地质问题。这是因为，测井具有时效高、资料连续、信息量大的优点，能从多个侧面反映地下情况，每口井都能取得较系统的资料，这是一般地质方法所不能或难以做到的。但测井资料有局限性，它只能反映井点井壁周围小范围的情况，而地质研究则可弥补这方面的缺陷。根据地表和地下地质资料与测井资料的结合，经过分析推理，便可认识空间上区域性的地质规

律和局部地质特征以及油气生成、运移、聚集、保存等方面的条件。根据作者多年来的研究实践，可以比较有把握地说，这条道路不仅可能走通，而且在一定程度上已部分变成现实。诸如在很少取心条件下，进行沉积相带、油气源岩、缝洞储层、生物礁及油气盖层等识别上都已收到良好效果。为此将上述成果反映在这本《油气测井地质》中。当然，测井地质学所能解决的问题远不止这些。本书的目的在于抛砖引玉，引出测井地质百花盛开的局面。

在编写书稿过程中得到了地矿部石油地质专业教学指导委员会的悉心指导，得到了四川石油管理局和西南石油地质局及它们所属矿（探）区的关心和帮助，得到了院、系领导和不少同志的大力支持。完稿后又承蒙四川石油管理局总地质师包茨教授和成都地院李汉瑜教授的精心审查，提出了不少修改意见和宝贵建议，本书责任编辑松山同志付出了辛勤劳动。在此一并致以衷心的感谢。

本书作为国内第一本介绍测井与地质紧密结合解决油气地质勘探问题的参考书，肯定不够成熟和完善，乃至还会有不妥之处，恳请读者批评指正。

作 者

1989年12日

目 录

第一章 油(气)源岩的识别 章

第一节	基本原理	(2)
第二节	确定有机质含量的方法	(8)
第三节	油(气)源岩多指标的定量判别	(14)

第二章 碎屑岩储层相带的划分

第一节	利用测井曲线划分沉积相带的基本原理	(18)
第二节	冲积扇的测井地质特征	(44)
第三节	河道砂体的测井地质特征	(49)
第四节	三角洲砂体的测井地质特征	(59)
第五节	障壁砂坝的测井地质特征	(66)
第六节	潮汐砂体的测井地质特征	(70)
第七节	浊积岩体的测井地质特征	(72)
第八节	风成砂体的测井地质特征	(76)

第三章 碳酸盐岩储层相模式

第一节	储层相模式	(81)
第二节	海退型滨岸、潮坪、鲕滩等碳酸盐岩储层模式的识别方法	(94)
第三节	礁相的识别	(97)

第四章 碳酸盐岩缝洞储层的测井地质特征

第一节	储层的地质特征	(112)
第二节	储层的测井曲线特征	(118)

第三节	似储层的鉴别.....	(126)
第四节	区分储层好坏的基本标志.....	(143)
第五节	缝洞储层的定量识别.....	(149)

第五章 构造分析

第一节	褶皱.....	(153)
第二节	断层.....	(163)
第三节	不整合.....	(168)

第六章 盖层评价

第一节	关于盖层厚度.....	(174)
第二节	盖层的封堵能力.....	(177)
第三节	多方面考察盖层的可靠性.....	(178)

结束语.....	(186)
----------	-------

参考文献.....	(187)
-----------	-------

第一章 油（气）源岩的识别

关于油（气）源岩的研究，有机地球化学方法具有十分独特的地位和作用，它是最基本也是最有成效的方法。但是它必须以岩心为基础，对于取心不多的地区或层段，要较为可靠地计算生油（气）量，就存在着相当大的困难。近年来一些学者相继提出了利用测井资料鉴别油（气）源岩的建议和具体作法。毫无疑问，这对于含油气盆地油气资源的研究，将起到重大的促进作用。应用测井资料评价油（气）源岩的优点是：费用少、时效高，每口井都能在垂向上连续测定各项有关参数。尤其是像自然伽马这样的测井方法属于常规测井，无论哪个盆地都已积累了相当丰富的资料，具有巨大潜力。问题在于怎样开发这些潜在效益，使之为盆地的油（气）资源评价，发挥应有的作用。同时，要成功地鉴别油（气）源岩，还必须以地质为基础，将测井与地质紧密结合，尤其是与有机地球化学的分析结果相结合，从已知到未知（图1-1），才能奏效。

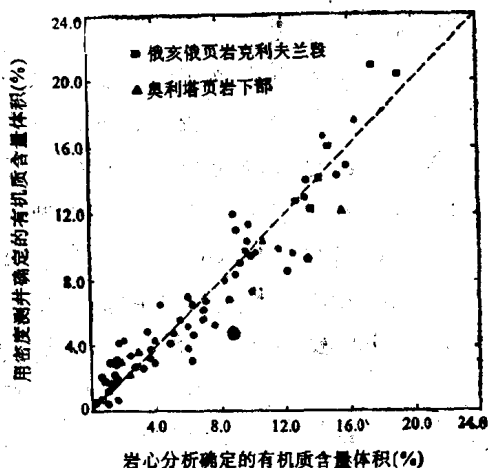


图1-1 岩心分析有机质含量与用密度测井曲线确定的有机质之间的关系 (据Schmoker, 1981)

第一节 基本原理

从目前情况看，用测井地质方法鉴别油（气）源岩，主要在于观察岩石的粒度、颜色以及确定有机质的含量。

碎屑岩也好，碳酸盐岩也好，其中的油（气）源岩都具有颜色较深、较暗和颗粒很细的特点，如深灰、灰黑、黑灰至黑色泥岩、页岩以及深灰、黑灰色泥晶灰岩等，这些特点即使不取心也很容易从岩屑中识别出来。一般来讲，暗色泥页岩或碳酸盐岩往往与含较多的有机质有关。这也就是用肉眼粗略鉴别油（气）源岩的基本标志。为了从定量上判定油（气）源岩，还应进一步利用测井曲线确定有机质含量。

就当前的水平而论，可应用自然伽马、自然伽马能谱、密度、声波和电阻率等测井方法来确定有机质含量。其所依据的基本原理是：

1. 海相沉积物中的有机质（包括泥、页岩和灰岩中的有机质）往往吸附了较多铀的同位素，或者与铀结合成为铀的配合物。这是因为铀的化学性质活泼，易被氧化，在 pH 值低的氧化环境中常形成三氧化铀型氧化物。在还原环境中（ $E_h < 0$, $pH > 4$ ） UO_3 型氧化物与碱性氧化物作用生成新的氧化物和不溶性的氧化铀。如氧化铁被 UO_3 氧化生成褐铁矿，则 UO_3 被还原为不溶性的氧化铀 UO_2 。当 pH 值更高时，铀酰离子 UO_2^{2+} 便和有机质结合而固定下来。岩石中 UO_2 的存在标志着强烈的还原条件。在还原条件下铀还容易被粘土吸附，特别是在碳酸盐和硫酸盐物质存在时更易富集。

铀与有机质结合成的含铀配合物是不易溶解的，在还原环境中它会继续被还原为难溶的四价铀，有机质分解形成的

H_2S 也会使铀酰离子还原为四价铀。有机质演化过程中产生的有机酸使介质的pH值降低，从而铀酰碳酸盐络合物遭到破坏，其放出的铀被有机质吸附或与有机质结合成为铀的有机物。

由于上述原因，富含有机质的海相沉积在自然伽马曲线上比不含有机质或仅含少量有机质的泥、页岩和灰岩有明显的较高读值，或在自然伽马能谱曲线上有较高的铀含量（图1-2、3、4、5）。但在陆相湖盆中的沉积物显然不具备这个特点（图1-6、7、8及表1-1）。

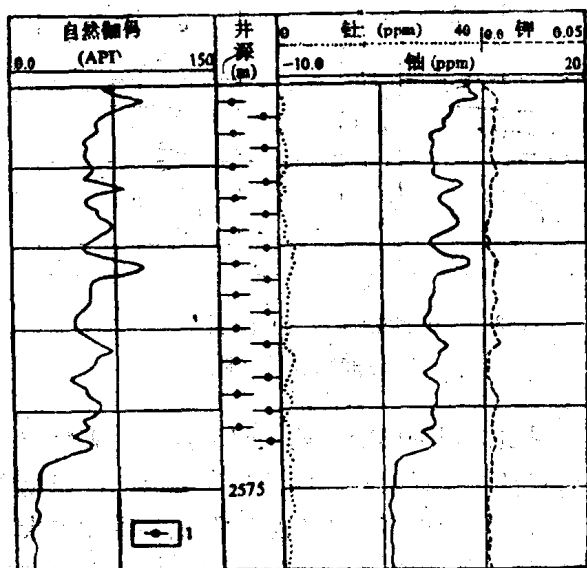


图1-2 碳酸盐岩油（气）源 在自然伽马能谱测井曲线上的反映

1 油（气）源岩（以后符号同）

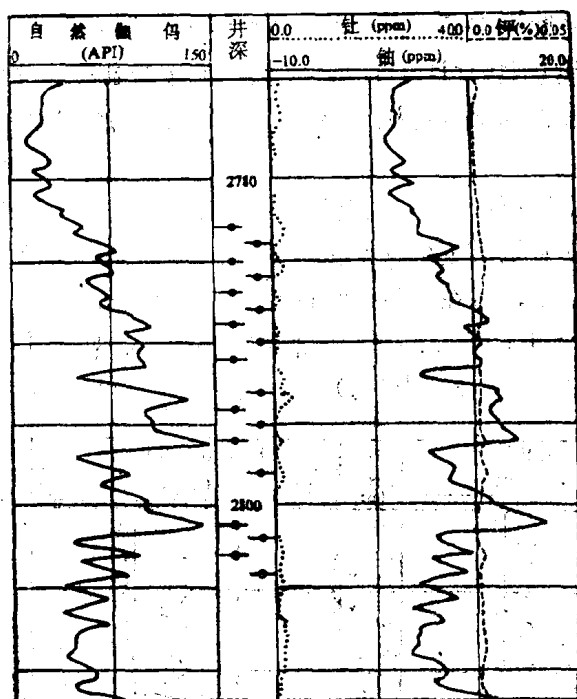


图1-3 碳酸盐岩油（气）源岩在自然伽马能谱曲线上的反映

2. 泥质沉积物由轻重两种组分组成，矿物成分属重组分，水和有机质属轻组分。随着埋深加大，沉积物在压实作用下，孔隙水不断被挤出的结果是沉积物密度加大，声速增高。油（气）源岩比非油（气）源岩具有更多的有机质，虽经压实但仍比后者保留了更多的轻质组分，于是反映在测井曲线上，前者比后者具有较低的密度、较高的声波时差和电阻率（图1-9）。

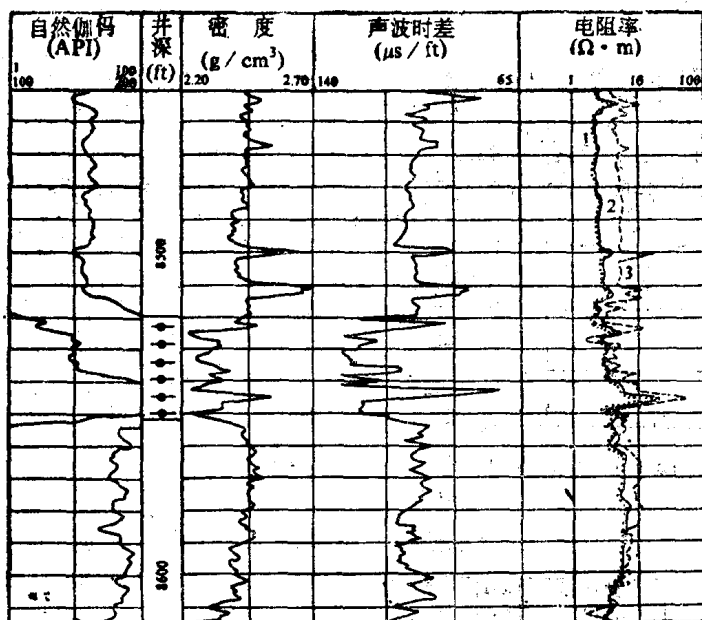


图1-4 北海油区启莫里支阶页岩油源岩在组合曲线上的反映 (Meyer等, 1984)

1. 浅侧向; 2. 深侧向; 3. 微球聚焦

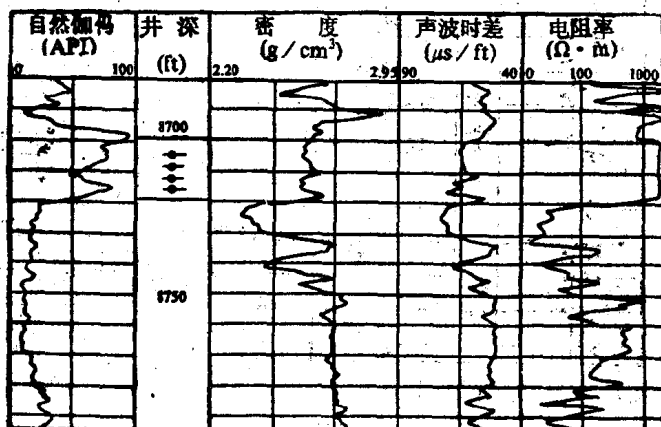


图1-5 中东上侏罗统汉尼法灰岩油源岩在组合曲线上的反映 (据Meyer等, 1984)

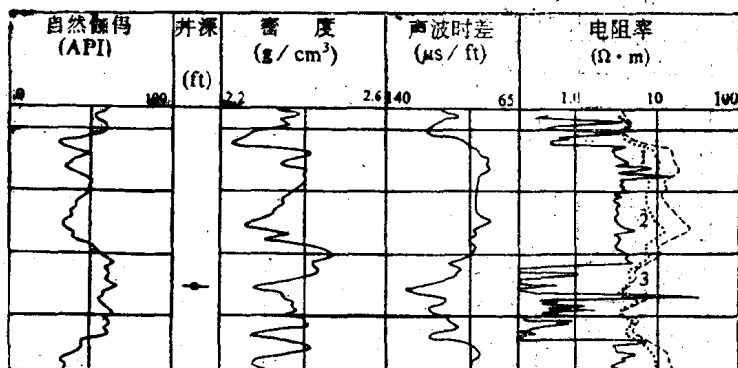


图1-6 泰国中新世湖相薄层油源岩在组合曲线上的反映
(据Meyer等, 1984)

1. 微球聚焦; 2. 浅侧向; 3. 深侧向

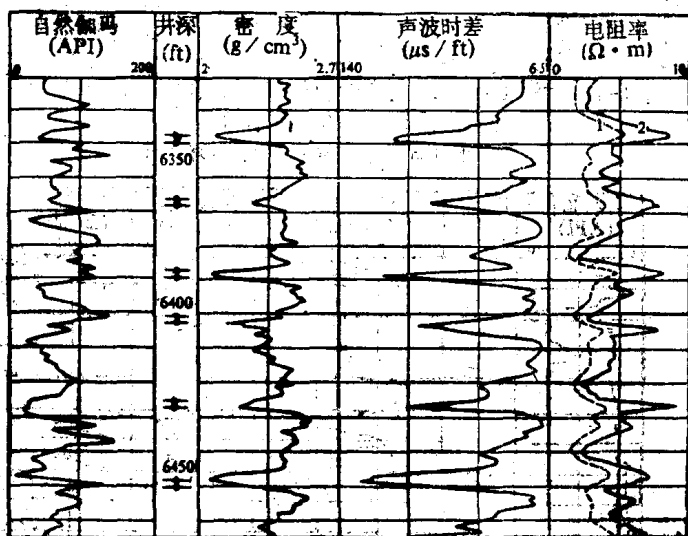


图1-7 印度尼西亚上新世湖相油源岩在组合曲线上的反映
(Meyer等, 1984)

1. 感应; 2. 电位

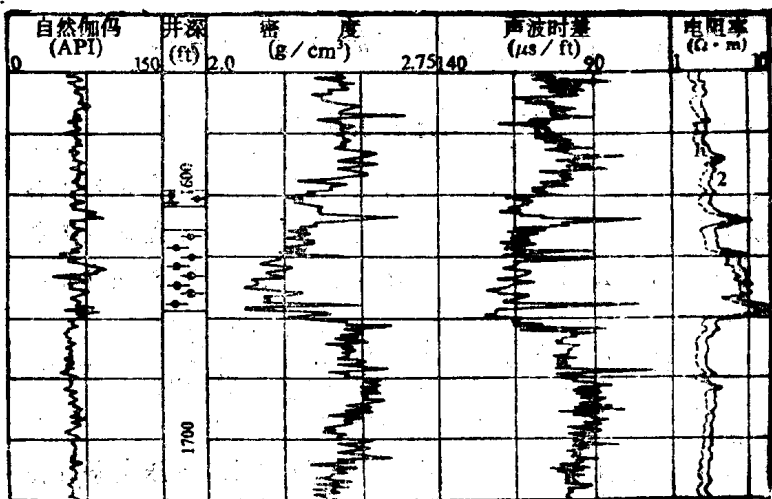


图1-8 夹有灰岩薄层的页岩油源岩在组合曲线上的反映
(据Meyer等, 1984)

1. 感应; 2. 电位电极系

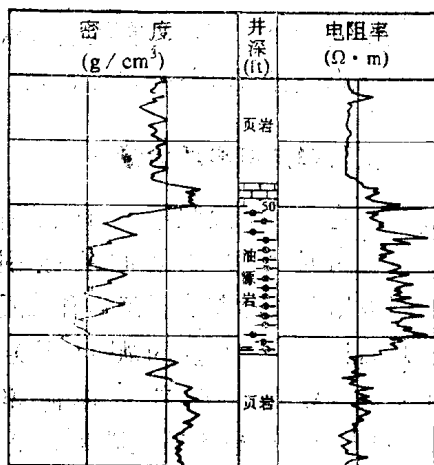


图1-9 页岩油源层
在密度和视
电阻率曲线
上的反映
(据Meyer等, 1984)

第二节 确定有机质含量的方法

一、利用泥页岩密度确定有机质含量

首先应根据岩心实验室分析资料找出有机质含量与不含有机质泥（页）岩和富含有机质泥（页）岩密度差之间的相关关系（图1-4、5、7、9），然后按下式计算有机质含量：

$$\left(\begin{array}{c} \text{有机质含量} \\ \text{体积百分数} \end{array} \right) = \frac{\text{不含有机质的泥(页)岩密度} - \text{油(气)源岩密度}}{\text{不含有机质的泥(页)岩密度} - \text{有机质的密度}} \times 100\%$$

上式的假设条件是：不管是否为油（气）源岩，其压实条件是相同的。为了便于计算，可把有机质的密度近似地看成水的密度。至于不含有机质的泥（页）岩和油（气）源岩〔即富含有机质的泥（页）岩〕，其密度可从密度测井曲线上求出。值得注意的是当岩石中含有大量黄铁矿等重矿物或井径极不规则时，岩石的密度值将被歪曲，使所算得的有机质含量可信度降低。要指出的是，计算结果还应按图1-1校正。

二、利用泥（页）岩声速资料确定有机质含量

和密度测井一样，声速测井也同样能反映不含有机质的泥（页）岩和富含有机质的泥（页）岩之间的差别（图1-6、7、8）。因此，可以应用声波时差资料确定有机质含量。富含有机质的泥（页）岩比不含有机质的泥（页）岩，在压实条件相同条件下，具有较高的时差或电阻率（图1-5）。当井径极不规则和岩层中含较多黄铁矿时，时差曲线受到的影响比密度曲线要小些。但是自于声波时差受

到水和有机质密度差、岩石的矿物成分、碳酸盐及粘土含量、孔隙流体压力等因素的影响较大，不宜单独使用，除非有充分的岩心分析资料做基础。

三、利用泥（页）岩电阻率资料确定有机质含量

油（气）源岩往往是薄层结构，因而在电性上非均质性显著。这种非均质性在微球聚焦测井曲线上反映特别明显，其电阻率比双侧向测井曲线值为高（图1-6）。在相同的岩性和压实条件下，油（气）源岩的电阻率比非油（气）源岩的电阻率为高。据B.L.Meyer等人（1984）的观察，成熟的油（气）源岩，其电阻率比未成熟的油（气）源岩要高10倍甚至更多。因电阻率的高低受温度影响很大，为了在相同条件下作比较，可用Arps 1972年提出的公式把电阻率都换算到75°F。

$$R_{75} = R_T \times (T + 7) / 82$$

式中T为地层温度°F， R_T 乃温度为T时地层的电阻率。

由于电阻率受井径、探测深度、泥浆电阻率、垂直分辨率等多种因素的影响，在应用时要特别慎重。为了提高计算结果的可靠性，最好将电阻率与密度或声波时差结合起来作交会图（图1-14、15）。

四、利用岩石的天然放射性资料确定有机质含量

如前所述，岩石中的有机质含量越多，自然伽马值也就越高。为了更有成效地确定泥（页）岩中有机质的含量，1989年J.W. Schmoker将自然伽马射线强度与岩石密度结合起来，导出了求取有机质含量的公式：

$$C_{org} \left(\begin{array}{l} \text{有机质含量} \\ \text{体积百分数} \end{array} \right) = \frac{r_B - r}{1.378A} \times 100\%$$

式中 r_B 、 r 分别为不含有机质泥(页)岩与富含有机质泥(页)岩的岩石密度； A 为自然伽马射线强度与密度交会图的斜率(图1-10)，不同地区和不同层段为不同的常数值。

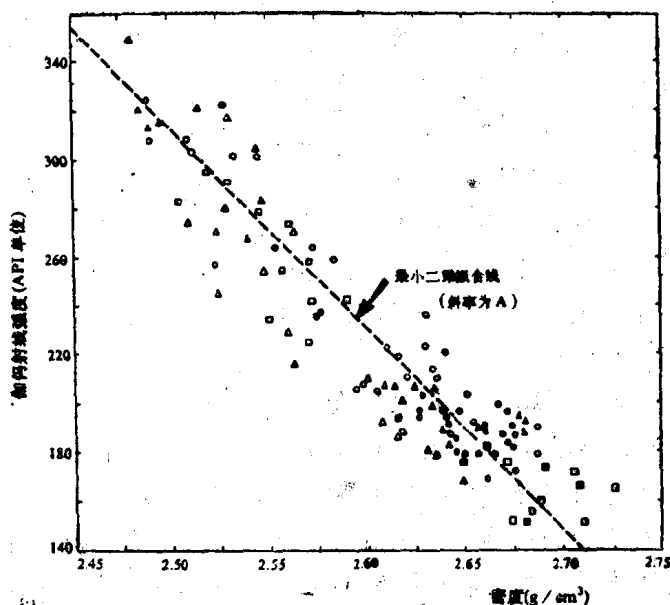


图1-10 伽马射线强度与密度交会图
(据Schmoker, 1981)

应当指出，该公式只适用于伽马射线强度是有机质含量定量标志的地区和层段。

理论与实验研究表明，自然伽马射线强度是铀、钍、钾三种放射性元素的综合反映，受多种因素的制约，并不是任