

地质科技资料选编（五十六）

# 区域矿产定量评价方法

地质部情报研究所

# 前 言

区域矿产定量评价工作的目的就是要搞清资源远景。这不仅对进行国家和地区资源规划和制定资源战略有一定参考价值，而且也是更好地规划和布置地质勘探工作，多快好省取得地质找矿成果的重要前提。正因为如此，当前这项工作已受到各国普遍的重视。

为了促进这项工作的开展，交流各国在从事这项工作方面的方法和经验，国际地科联于1975年在国际地质对比计划中建立了第98号项目。该项目的题目是：“在资源研究中使用计算机的标准”。自项目建立以来，已先后开过四次会议，对资源编目，资源评价和储量评价的方法和要求提出了一系列的建议，并在世界各地利用这些方法进行了广泛的试验工作。

为了促进我国这项工作的开展，本书介绍了国际地质对比计划第98号项目所推荐的六种进行区域矿产定量评价的方法以及利用这些方法进行区域矿产资源定量评价的实例。这六种方法是：

1. 区域价值估算法：首先选一个与研究地区相似的矿产资源比较丰富的研究程度较高的地区作为标准地区，并主要根据该区矿产已有储量和采出矿石量计算出该区单位区域矿产量和单位区域价值。然后，把计算出的有代表性的单位平均估计值类推到所研究的成矿地质条件与之相似的地区；

2. 体积估算法：在已知含矿盆地先求出矿产体积同整个有利于含矿的沉积建造的体积之比，将这一比值应用到成矿地质条件与之相似的研究区，从而可以根据未知区类似的沉积建造的体积估算出有关矿产的总体积；

3. 丰度估算法：通过一个经验函数（矿产储量与有关元素地壳丰度的关系，一般为 $10^{1.0}$ ），根据有代表性的丰度（一般为元素的区域地球化学背景值）估算可回收的资源数量。苏联有人采取的作法是，先求出研究和开发程度均高的成矿区一定深度内（应考虑矿化侵蚀程度确定，一般为1公里）背景金属总量（区域地球化学背景值乘以体积）与区内矿床金属总量之比，然后将该比值推广到地质条件相似的未知区，据之估算未知区的矿床金属总量。

4. 矿床模拟（造型）法：根据对地质环境相似的已知矿床特征的分析建立特定矿产的矿床模型，然后将研究区的地质特征与之匹配，从而估算研究地区地质环境下的相应矿产的资源潜力。可用经验类比方法，也可用多元统计方法等进行比较。

5. 德尔非法：以多名有关专家对研究地区资源潜力的反复多次的估算意见为基础，经平衡后估算所研究地区的资源潜力；

6. 综合方法：利用上述方法的一部或全部估算资源。

鉴于区域矿产定量评价工作是一项经济性很强的工作，书中还专门介绍了一个成果使用者对区域矿产定量评价的要求。这里要特别指出的是，应当考虑科学技术的发展和有关地区

经济地理条件的变化对矿产资源做出“动态性”评价。

此外，书中还介绍了为对矿产勘查和资源评价提供有益咨询而专门设计的计算机程序“勘查者”。这种程序的基本构思是：将已有的矿床模型、勘查知识和经验输入计算机，建立起“知识库”，然后将所研究地区的资料输入计算机，与之匹配，从而对所研究地区的矿产资源做出评价。

从本书及其他有关文献中可以看出，书中介绍的六种资源定量评价方法还很不完善，对区域矿产所做的定量评价只具有估算性质，目前尚处于广泛的试验验证阶段。从相对精度和适用范围来看，精确度较高的是综合方法和矿床模拟方法，但这两种方法对资料的要求较高，适用于地质研究程度较高地质矿产资源比较丰富的地区。而研究程度较低地区往往不具备使用该方法所必须具备的条件。其次是德尔菲方法和丰度估算方法，这两种方法都比较快速简便，但丰度方法要求有区域地球化学背景值资料，主要适用于具有一定地球化学景观的有色和稀有矿产，一般更适用于同生矿床和主要以矿石矿物形式产出的元素，如铝、锡、钨、铍等。区域价值方法和体积估算法精度可能要更低一些，但区域价值方法适用性广，只要有矿产储量和开采资料以及可靠地质图即可进行工作，而体积方法似乎更适用于对油、气和煤这类资源进行初步定量评价。至于用于矿产勘查和区域矿产资源评价的计算机系统，目前尚处于初期试验阶段，属于数据库中的“知识库”范畴，据报导，八十年代才可能进入实用阶段。

由于我们水平不高，在选题、译校过程中肯定存在缺点和错误，欢迎读者批评指正。地质部矿床地质研究所方法室朱裕生、李裕伟同志和中国科学院地质所数学地质组在选题、译校及审稿方面给予了大力支持，在此一并致谢。

# 目 录

## 前 言

|                                     |      |
|-------------------------------------|------|
| 区域价值估算方法.....                       | (1)  |
| 使用单位区域价值概念评价矿产资源.....               | (5)  |
| 体积估算方法.....                         | (30) |
| 估算石油资源的体积方法.....                    | (33) |
| 丰度估算方法.....                         | (45) |
| 利用丰度模型对加拿大某些矿产进行资源评价.....           | (51) |
| 矿床模拟方法.....                         | (59) |
| 使用矿床模拟方法评价资源的潜力——以加里东层控硫化物矿床为例..... | (67) |
| 德尔菲方法.....                          | (76) |
| 资源评价的非地质方面.....                     | (80) |
| 国际地质对比计划第98号项目提出的资源评价方法的小 结.....    | (84) |
| “勘查者”——矿产勘查中的计算机谘询系统.....           | (91) |

# 区域价值估算方法

H. 米桑, B. R. 库珀等人

## 前言

在一个给定地区中被开采的资源, 尽管从其体积、价值和矿种来看, 可能是有意义的, 但充其量只可看作为充分了解的和得到满意开发的资源。确实有这种情况, 即岩石类型已完全确定了, 可是可利用的矿产资源是否存在和它们的重要性却常常未被认识。当研究一些常规参数时, 这样的未知因素也常常由一些短期因素所引起, 如人口, 需求量, 经济和政治原因, 时间和目前可利用的技术等。同时, 经验表明, 一旦每一个这样的因素发生变化, 变化时该区发展所需要的资源评价速度常常远远落后于实际需要, 因而, 一方面阻碍了资源数量的增长, 另一方面, 也反映了制定的矿产资源保护计划是无能为力的。然而, 有人提出, 使用单位区域价值 (U.R.V) 的概念进行评价矿产资源的区域价值估算可以减少信息不足的困难和提高资源远景估计的准确性。此外, 通过采用各种方案, 在各时期的规划中可以使“允许投资的程度”按矿产资源 (贵金属、金属、燃料矿产和建筑材料矿产) 的和特定矿产的未来价值来考虑。

## 资料要求

该法对一个选出地区内开采出的各种资源给出一个综合的量, 并根据其数量和价值与其他相似地区的资源进行比较分析, 以确定:

- (1) 在研究的地区内可能出现哪几种矿产;
- (2) 是否能获得新的资源;
- (3) 已经在开采的资源在未来还可获得多少。

为了同至少是可靠程度相同的资料相比较, 该法假定研究区地质图是可靠的, 因而是有效的。但是, 从概念上来说, 为了确定单位区域价值而进行的计算往往并不能利用在许多地质图上的细节资料, 因此, 我们常采用那些对所有要比较的地区都适用的更通用的术语。图上大部分的细节资料, 在以后接着进行的研究中可用来达到这个目的。下面的研究表明, 利用这些资料, 用单位区域价值标志能精确地指出“所期望的”远景区。

将美国 50 个州的分析结果作为基本资料, 对世界上各种可比较的地区 (加拿大、南非、罗得西亚、新西兰等) 用这种方法进行了分类。每个州的地质组成是根据现有的州地质图和用 70 个标准的时间—岩石单位表示的不同岩石类型的比例按点统计出的。累计的数据提供了 51 种岩石类型的变异度 (或丰度  $= S-1$ ); 因为在所研究地区内矿产资源数量的差别 (Y) 和岩石类型 (X) 之间呈线性关系, 所以开采的矿产资源的差别足以作为一种与世界



(2) 对所使用的所有单元的资料进行综合研究(需要建立立体概念); (a) 选定矿产(或几种矿产)和/或产出位置; (b) 累计时间。用以求出该地区和时间范围内所研究的一种矿产或几种矿产的总量;

(3) 把重量换算成公吨;

(4) 确定价值, 并将其换算成贬值后的美元(即 1967 年的美元值);

(5) 用区域面积去除价值(和/或重量), 得到单位区域价值(和/或单位区域矿产量);

(6) 对现有地质资料进行评价, 以建立一个对比的基础。要研究所使用的地质图的可用性, 如图件的比例尺是否合适;

(7) 在所研究的地质图上打上适当的网格(如  $15 \times 15$  公里的网格), 尽管这个网格可以根据使用者的愿望、要求、所研究的地区和图件的限制进行修改;

(8) 在所打的网格线的交切处按点进行统计, 并记录点上遇到的岩石类型资料;

(9) 利用岩石类型/时代单位换算表将图件符号标准化。使用 14 种岩石类型(石英岩、长石砂岩、变质程度低的杂砂岩、变质程度高的杂砂岩、碳酸盐岩、蒸发岩、酸性侵入岩、酸性喷出岩、基性侵入岩、基性喷出岩、超基性侵入岩、超基性喷出岩、区域变质岩等)和 5 个时代单位[新生代、中生代、古生代、元古代、太古代(图 2)];

位置

岩石类型号 — 5 —

岩石类型 = (时代) 岩石单位

| 时代   | No. | 沉积岩 |      |           |           |      | 火成岩  |     |     |     |     | 变质岩 |     |     |     | 边缘总和 | 备注 |
|------|-----|-----|------|-----------|-----------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|----|
|      |     | 石英岩 | 长石砂岩 | 杂砂岩<br>低杂 | 杂砂岩<br>高杂 | 杂岩块岩 | 杂岩片岩 | 侵入岩 | 喷出岩 | 侵入岩 | 喷出岩 | 侵入岩 | 喷出岩 | 变质岩 | 变质岩 |      |    |
|      |     | 01  | 02   | 03        | 04        | 05   | 06   | 07  | 08  | 09  | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  |      |    |
| 新生代  | 5   |     |      |           |           |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |      |    |
| 中生代  | 4   |     |      |           |           |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |      |    |
| 古生代  | 3   |     |      |           |           |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |      |    |
| 元古代  | 2   |     |      |           |           |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |      |    |
| 太古代  | 1   |     |      |           |           |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |      |    |
| 边缘总和 |     |     |      |           |           |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |      |    |
| 备注   |     |     |      |           |           |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |      |    |

图 2 将地质图单位转换成时代/岩石单位的换算表

(10) 根据点的统计, 绘制一个总图, 用以表示时代/岩石单位的类别(70 个可能的单元, 统计所包括的实际预测的单元数)。假定  $S$  为一个变量(或多个变量), 那么  $S-1$  就等于变异性;

(11) 绘制变异性表, 内容如下: (a) 表示出各种岩石类型的分布(列出岩石类型数), 以显示地质变异性; (b) 表示出各种矿产的分布(如上), 以显示矿产资源的变异性;

(12) 绘制地质变异度(水平轴)和矿产资源变异度(垂直轴)关系的图解,以获得  $Y = 11.277 + 1.846x$  的线性函数关系。

(13) 将绘制好的图解与所研究地区中的或有类似关系的地区中的已知要开采的矿产进行比较。通过对差异的分析,指出在开发程度较低的地区内可能发现的(或可能出现的)相应矿产。

## 结 果 的 解 释

为了解释通过上面提到的逐步分析结果所积累的数据,我们必须:

1. 将单位区域价值和单位区域矿产量标绘在标准图上,以确定已知存在矿床的区域的位罝,在当前条件下,这是相对于其它将要比较的地区而言的;
2. 根据所预期的价值(即平均值)计算资源潜力;
3. 研究地质条件,并将其与已知的美国的标准(结果)对比,即选择具有相似地质条件的地区,列出这些地区各种矿产的产量表;绘制矿产变异度和地质变异度关系图;确定所比较地区各种矿产是否充足。

很明显,将得出下述三种可能结论中的一种结论:(a) 该区已知资源量与预测的相符;(b) 该区预测资源量高于已知资源量;(c) 该区预测资源量低于实际资源量(即实际生产的矿产量多于地质上推测可能存在的矿产量,说明所使用的地质图有问题)。

综合研究图1和图2,就可得到一个实际应用该方法的适当的例子,即把阿拉斯加当作试验地区加以研究。研究结果表明,如果不考虑在普拉德霍湾目前已开发的石油储量,阿拉斯加就单位区域价值而论,在美国位居所有其它州之后,比美国平均价值低两倍标准离差。从地质条件上看,阿拉斯加,同内华达相比,是有利的(其一倍标准离差在平均值以下),因此,可以预料,从矿产资源潜力看,根据面积相等的地区矿产资源价值也应相等的观点,这种对比会得出有利的结果。在内华达已知的投资数尽管有限,但目前就非石油矿产来看,比阿拉斯加要多得多。因此,内华达和阿拉斯加之间的差异就成了一个预测新资源的标准,可以近似地推测阿拉斯加将来可能获得的资源要比已经在开采的资源多得多。另一方面,如果阿拉斯加的普拉德霍湾的石油储量也算入比较计算,那么该州的位置就上升到美国平均值以上(作为明显异常)。人口和推测的需求量决定了内华达非常有限的投资数。

## 优 点 和 缺 点

区域价值估算方法的优点很多,其主要优点为:

1. 作为制定矿产资源计划的一种工具,该方法简便;
2. 可用于世界任何地区;
3. 成本低,评价周期短,对发展中国家和工业化国家都很适用。

该方法的缺点也不容忽视,其主要缺点为:

1. 该方法必须以“等面积的地壳具有相等的矿产资源”的假设为前提;
2. 该方法取决于矿产资料的有效性和数量;



3. 该方法需要使用可靠的(实际上是综合性的)地质图。

为了执行这个计划,技术人员应包括一名队长、一名地质/资源分析人员、一名计算机分析人员以及选出的技术辅助人员,如穿孔员和数字化仪操作员。

辅助设备包括为提供这类研究所需的基本数据目前由宾夕法尼亚州立大学编制的 COMOD 软件以及包括有磁带磁盘机、电传打字机和图形终端的存取计算机系统。

最后,建议将上述的区域价值估计方法在区域性试验的基础上用于世界各地。为了这个目的,应促使该法投入现场试验,并在下次方法会议上报告试验的情况。此外,还要建议,为了存取和使用,把现有的 COMOD 程序安装到分时计算机上。

奚生译自 《Journal of the International Association for  
Mathematical Geology》1978, Vol. 10, № 5.

李玉伟校, 吴承栋复校

## 使用单位区域价值概念评价矿产资源

John. C. 格里菲思

某一特定地区开采的资源可以根据该区已开采的资源量和它的价值来确定。如果在整个生产期间把这些测量结果积累起来,并在该区(以平方公里计)平均分配,就可以得出该区所开采资源的单位区域矿产量(u.r.w.)和单位区域价值(u.r.v.)。单位区域矿产量和单位区域价值的频率分布可以通过在某些地区进行测量来建立。对美国 50 个州来说,单位区域价值的对数是呈正态分布的,因此,不同的地区可以用平均值和标准误差区间作为划分标准来分类。美国 50 个州的单位区域矿产量和单位区域价值在进行这种对比中可以作为参考背景值使用。美国 48 个相邻州 1905—1972 年生产的全部资源的平均单位区域价值是 54954 美元(按 1967 年美元值计算)。在同一时期,阿拉斯加的单位区域价值是 2738 美元,约为平均单位区域价值的二十分之一,这就使我们能对阿拉斯加矿产资源的未来潜力做出估计,但这种估计一般是偏于保守的。对阿拉斯加单位区域价值做的这种不附带条件的估计,只是根据它的面积进行的。使这种估计进一步完善的方法,是把地质情况作为一个条件变量。美国各州的地质组成都是根据各州可靠的地质图按点统计的,不同的岩石类型也都是用 65 种标准化的时代-岩石单位表示的。从所有 50 个州积累的资料中得到 51 种岩石类型变异度(即丰度 =  $S - 1$ )。各州丰度值的变化范围为,从路易斯安那州的  $S - 1 = 1$  到加利福尼亚州的  $S - 1 = 25$ 。在地质变异度方面,阿拉斯加在各州中约居第七,同亚利桑那,蒙大拿、犹他、内华达和华盛顿州一组。然而,阿拉斯加的主要岩石类型是变质程度较高的硬砂岩,这种特征在地质上只与内华达州相

似。新西兰也具有类似的地质特征。每一地区已开采的矿产资源的变异度都已标准化,并用类似的方法,即丰度 $S-1$ ,做了测量。现已发现,矿产资源变异度( $Y$ )和地质岩石类型变量( $X$ )之间存在线性关系。这两个变量之间的相关程度是 $r^2=80\%$ 。这种关系目前可以作为预测公式使用。我们计算出的阿拉斯加的预测丰度为 $S-1=45$ ,而已知的矿产资源丰度是 $S-1=27$ 。由于内华达( $S-1=49$ )和新西兰( $S-1=36$ )两地区的资源丰度比阿拉斯加高得多,因此很有可能,这两个地区多出的资源在阿拉斯加也应该存在。首先,这就使我们可以极其精确地确定尚未完全开发出来的建筑材料,燃料,金属,贵金属和非金属等矿产资源区。通过查明阿拉斯加可能产生的工业矿产单位区域价值(和单位区域矿产量)的频率分布,我们可以估算出将来在阿拉斯加能找到那些新的资源,还可非常近似地估算出阿拉斯加已经开采的资源在将来还能得到多少。从1880年到1972年阿拉斯加每年的资源价值可以作为时间序列看待,将来的价值可根据不同情况来判断。过去的历史清楚地表明,阿拉斯加每年生产的矿产资源价值主要是取决于为其发展提供资金的“保证程度”。关键词:资源蕴藏量,地质变异度,矿产资源种类。

## 前 言

在不能再生的自然资源的勘查和开发过程中,大部分活动都可以配合使用一些适当的分析仪器。而选择勘查和开发地点却是明显的例外。决定这种活动采取什么方式是很困难的。由于地质上要成矿有利,所以地区要经过挑选。这通常是后见之明,且常常过于简单化了。在普鲁德霍湾出油很久以前(及现在),阿拉斯加从地质上推断对石油生成就是有利的,当然也存在着工作时机和经济方面的问题。然而,既然考虑了这些问题,那为什么要选择这些地区而不选择那些地区呢?这个问题使我还要问:“是什么东西促使对某个特定地区的勘查和开发呢?”可以说,最简单的推动力是利润。因此,选定一个地点,就是因为它比其它地区更有价值。以此推论出另一个基本问题——地壳的价值是多少?特别是地壳上含有用资源的这种特殊地区的面积(或体积)<sup>[1]</sup>有多大?如果我们假定所有地区的价值相等,那就不存在选择一个地区强于另一个地区的合理的根据。这种设想由于考虑得很不成熟而常受到反驳。但是,是否存在着①没有价值的地区或②价值无限的地区呢?显然,一个地区的矿产资源价值是因地区不同而价值不同的变量。由于这些价值相互没有联系,也就没有显示出传统的随机变化。因此,一个地区的矿产资源价值就是区域化变量——这是马瑟伦的论点,他发现并正式给这样一种变量下了定义(Matheron, 1962, 1963等)<sup>[2]</sup>。“区域化变量是个实际函数,在空间每一点都有确定的值。”

因此需要取地壳的样品,并估计地壳中资源的价值。完成这项任务的一个方法是估算出一个地区的资源价值<sup>[3]</sup>,再除以它的面积使其标准化,得出的就是区域化变量,称为单位区域价值(u.r.v.)。

[1] 所有引用的面积都可以扩展成体积,方法是,乘以一个0.5—5英里(10.8—8公里)的变量即可。

[2] 奥列(1976)对使用区域化变量理论进行填图的问题做了极好的介绍。

[3] 一个地区能够估价资源包括可再生的和不可再生的矿产资源。

## 作为分析框图的简单控制模型

通过对矿产资源开发系统进行简单控制模拟来研究单位区域价值的变化是很合适的（图1）。在这个图中，矿产资源系统放在它的社会政治环境中，它包括输入，黑框程序和输出。输入有两类：一种是获得特征，如导致投资和进行基地建设的社会经济因素等等，另一种是固有特征，即产生矿产资源的地质作用。这些输入经过寻找资源的勘查，及其后的开采，发展和市场出售等黑框中的过程，最后转变成输出，用美元和吨表示的输出被换算成单位区域价值。

这种模型是通过在输出端从市场需求开始的反馈回路方法来提供的，这说明市场需求是

主要的推动力，它通过改进工艺冲击着全过程。从理论上讲，需求也影响资本的投资（输入）。这点可能常常是理论多于实践，因此我提出：“保证程度”在模型的这部分是很有影响的。大多数人似乎认为，矿产资源数量是固定的，因此是可以用完的，地质也是固定的常数。遗憾的是，我们不能掌握这个真实情况，工作时所利用的必定比实际存在的少。造成市场需求，勘查等方面发生变化的各种活动改变了我们对资源的定义，新资源的发现常常会增加我们的地质知识，而新的地质知识反过来又使我们增进对资源的了解等等。

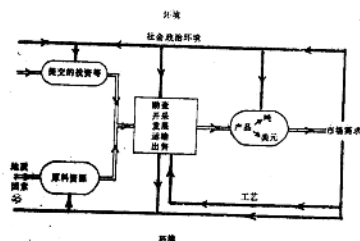


图1 矿产资源系统简单控制模型

这种模型帮助我们将该系统的各个方面分开，这些方面在我们迄今研究中所给予的重视程度不同。尽管辛格（1971）指出了人口在决定需求方面的重要性，但在社会经济输入方面完成的很少。在单位区域价值和人口变量之间约有三分之二是相关的。虽然这种过程可以正式作为对输入产生输出起作用的转换函数，它实际上也同样可以作为黑框过程来处理。

测重点主要是放在单位区域价值输出和地质及矿产资源输入方面。因此，矿产资源可以通过研究以过去的生产记录为基础的，用美元和吨位表示的单位区域价值的变化来估算。这些单位区域价值是区域化变量，可以把对它们的研究作为在其它具有同样面积（或体积）的地区进行资源评价的基础。这种粗略的估算可以用条件变量来修正，如通过挑选地质上相类似的地区进行对比来修正。

## 单位区域价值概念的发展

地壳中可以利用的矿产资源可以看作是矿产的蕴藏量。我们的任务是估计蕴藏量的大小和价值。估算方法是，计算某一经过挑选的地区（具代表性的地区）过去所生产的累计资源量，并除以该区的面积，这就得到了这个经过挑选的地区的单位区域价值。从我们迄今的研究来看，不存在完全没有资源（价值）的地区，也不存在目前资源已完全枯竭的地区。因此，我们的估计是保守的。这种估算方法有两个独立特征：一个是地区固有特征（如影响它的地质作用），它决定（1）是否有任何资源存在，和（2）有多少资源存在。一个地区已开采的资源总量在这两个端点之间的什么地方，取决于另一特征——获得（社会经济）特征。

对这种蕴藏量最早做出估计的是布朗德尔和文图拉（1954，1956），布朗德尔和卡劳特（1961）。他们的工作为阿莱斯（1975）<sup>[4]</sup>对阿尔及利亚前寒武纪地盾进行评价打下了基础。后来，格里菲斯（1966，1967 a）强调应估计矿产资源的蕴藏量，并试图对堪萨斯的单位区域价值作出估计。美国各州的单位区域价值（1911—1964）的对数是呈正态分布的，这在后来的研究中已再次得到证实。一旦确定有这种分布，一个地区单位区域价值的最好的估计就是这种分布的平均值或预测值；这就是按州计算的单位区域价值分布的几何平均值，相当于单位区域价值对数的算数平均值。计算单位区域价值的标准程序是使用称作 CDMOO 的计算机程序设计的。

其后的研究包括加利福尼亚（Singer, 1971, Labovitz, 1976），南非（Menzie, 1977）和新西兰（Watson, 1977）的单位区域价值分析。美国矿产资源价值中的变化也是既按整体（Griffiths and Menzie, 1975），又按州（Griffiths, Menzie and Labovitz, 1975）描述的，在孟席，拉博维茨和格里菲斯（1977）的文章中对这些研究已做了全面评述。

## 单位区域价值举例

使用单位区域价值方法估计感兴趣地区的资源需要用在过去的年代里有实际产量的地区的资料作背景材料。因此，选用美国和它的 50 个州作背景材料是合适的。一般都承认，阿拉斯加仍是一个开发不充分的州，因此，用其它 49 个州的资料可以估计阿拉斯加未来矿产资源开发的潜力。

[4] 这些作者使用个别年份的产量作为它们估算的基础。

表 1 以美国为一个整体来估计阿拉斯加矿产资源价值

| 地 区            | 面积(平方公里)  | 1880—1972年产量的累计<br>价值 (1967年的美元值) | 价 值<br>(平方公里) |
|----------------|-----------|-----------------------------------|---------------|
| 美国 (50个州)      | 9,363,123 | 920,824,200,000 <sup>a</sup>      | 98,345        |
| 阿 拉 斯 加        | 1,518,807 | 4,401,731,000 <sup>b</sup>        | 2,898         |
| 夏威夷(1905—1972) | 16,706    | 413,949,055                       | 24,778        |
| 美国 (48个相邻州)    | 7,827,610 | 916,008,519,900                   | 117,023       |

a. 格里菲斯和孟席 (1975)。

b. 改正过的数字 (1880—1972)。

美国 (所有 50 个州) 在 1880—1972 年期间开采的资源价值列在表 1。从中可以看到, 单位区域价值是每平方公里 98,345 美元。同一时期阿拉斯加的单位区域价值是每平方公里 2,898 美元。如果我们不算阿拉斯加和夏威夷(1905—1972) [6], 那么, 这 48 个相邻州的单位区域价值就是 117,023 美元/平方公里 (参阅 Griffiths and Menzie, 1975, 表 1); 这个数字约为阿拉斯加价值的 40 倍, 说明阿拉斯加确实有着非常光明的未来。

这些数字代表着不同地区单位区域价值的算术平均值; 查看各州的资料并确定它们的频率分布看来更为合适。可以看出, 美国 50 个州的单位区域价值 (表 2) 呈对数正态分布, 这点已被三个时期 (表 3) 的对数所证实。

在这个表中, 估计分布的偏倚系数 ( $b_1 = \frac{1}{2}$ ) 和峰凸系数 ( $b_2$ ) 的矩量值与其期望的参数值 ( $\beta_1 = 0, \beta_2 = 3$ ) 没有显著差异; 它们显示出的变化只是由采样的误差所造成的。因此, 通过平均值和标准误差就可看出是对数正态分布了。不同时期标准误差方面的变化不大, 显示出稳定在  $\sigma = 0.5$  左右的趋势。远未得到充分开发的情况从整体分布上看得很清楚。

由于明显呈对数正态分布; 因此平均值加和减二倍标准误差就包括了图中 95% 的地区, 因此, 采用平均值和标准误差区间来校正 50 个州的位置顺序, 用这个顺序作为与其它感兴趣地区进行对比的根据是合适的。用这种方法排列的各个州的顺序如图 2 所示。

[6] 1880—1923 年各州的资料来自美国地质调查所, 1924—1972 年各州的资料来自矿业局。

表 2 美国各州所开采的矿产资源的单位区域价值，  
以1967年美元值计算（1905—1972）

| 州         | 面 积<br>(平方公里) | 累计价值           | 单位区域价值<br>(美元/平方公里) | 单位区域价值的对数<br>(log美元/平方公里) |
|-----------|---------------|----------------|---------------------|---------------------------|
| 1. 亚拉巴马   | 133,667       | 11,364,654,696 | 35,022              | 4.9295                    |
| 2. 阿拉斯加   | 1,518,807     | 4,159,712,439  | 2,739               | 3.4376                    |
| 3. 亚利桑那   | 295,024       | 20,226,896,247 | 68,560              | 4.8361                    |
| 4. 阿肯色    | 137,539       | 6,846,569,453  | 49,779              | 4.6970                    |
| 5. 加利福尼亚  | 411,015       | 69,588,956,609 | 169,310             | 5.2287                    |
| 6. 科罗拉多   | 270,000       | 13,661,542,680 | 50,598              | 4.7041                    |
| 7. 康涅狄格   | 12,973        | 846,566,521    | 65,256              | 4.8146                    |
| 8. 特拉华    | 5,328         | 78,242,951     | 14,685              | 4.1669                    |
| 9. 佛罗里达   | 151,670       | 6,041,796,133  | 39,835              | 4.6003                    |
| 10. 佐治亚   | 152,489       | 3,856,850,945  | 25,293              | 4.4030                    |
| 11. 夏威夷   | 16,706        | 413,949,055    | 24,778              | 4.3941                    |
| 12. 爱达荷   | 216,413       | 5,043,425,237  | 23,305              | 4.3674                    |
| 13. 伊利诺斯  | 146,076       | 32,977,377,150 | 225,755             | 5.3536                    |
| 14. 印第安纳  | 93,994        | 11,981,576,088 | 127,471             | 5.1054                    |
| 15. 衣阿华   | 145,791       | 4,911,801,443  | 33,691              | 4.5275                    |
| 16. 堪萨斯   | 213,064       | 22,188,913,319 | 104,142             | 5.0176                    |
| 17. 肯塔基   | 104,623       | 26,656,799,509 | 254,789             | 5.4062                    |
| 18. 路易斯安那 | 125,675       | 68,638,059,322 | 546,155             | 5.7373                    |
| 19. 缅因    | 86,027        | 795,879,843    | 9,251               | 3.9662                    |
| 20. 马里兰   | 27,394        | 2,919,086,001  | 106,559             | 5.0276                    |
| 21. 马萨诸塞  | 21,386        | 1,682,779,875  | 78,686              | 4.8959                    |
| 22. 密执安   | 150,779       | 21,162,013,569 | 140,351             | 5.1472                    |
| 23. 明尼苏达  | 217,736       | 21,260,811,657 | 97,645              | 4.9896                    |
| 24. 密西西比  | 123,584       | 5,087,395,097  | 41,165              | 4.6145                    |
| 25. 密苏里   | 180,487       | 10,950,507,277 | 60,672              | 4.7830                    |
| 26. 蒙大拿   | 381,087       | 11,529,312,200 | 30,254              | 4.4808                    |
| 27. 内布拉斯加 | 200,147       | 2,054,957,876  | 10,267              | 4.0115                    |
| 28. 内华达   | 286,299       | 5,412,366,685  | 18,904              | 4.2766                    |
| 29. 新罕布什尔 | 24,097        | 362,037,480    | 13,530              | 4.1313                    |
| 30. 新泽西   | 20,295        | 5,827,132,180  | 287,121             | 5.4581                    |
| 31. 新墨西哥  | 315,155       | 19,525,019,399 | 61,962              | 4.7921                    |
| 32. 纽约    | 128,402       | 13,071,024,164 | 101,798             | 5.0077                    |
| 33. 北卡罗来纳 | 136,198       | 2,221,100,679  | 16,308              | 4.2124                    |

| 州         | 面 积<br>(平方公里) | 累计价值            | 单位区域价值<br>(美元/平方公里) | 单位区域价值的对数<br>(log美元/平方公里) |
|-----------|---------------|-----------------|---------------------|---------------------------|
| 34. 北达科他  | 183,022       | 1,840,790,854   | 10,058              | 4.0025                    |
| 35. 俄亥俄   | 106,765       | 27,559,379,943  | 258,131             | 5.4118                    |
| 36. 俄克拉何马 | 181,090       | 43,439,516,951  | 239,878             | 5.3800                    |
| 37. 俄勒冈   | 251,181       | 1,883,975,995   | 7,500               | 3.8751                    |
| 38. 宾夕法尼亚 | 117,412       | 95,124,749,805  | 810,179             | 5.9086                    |
| 39. 罗德岛   | 3,144         | 159,769,983     | 50,817              | 4.7060                    |
| 40. 南卡罗来纳 | 80,432        | 1,136,734,422   | 14,133              | 4.1502                    |
| 41. 南达科他  | 199,552       | 2,335,996,684   | 11,706              | 4.0684                    |
| 42. 田纳西   | 109,412       | 7,185,553,577   | 65,674              | 4.8174                    |
| 43. 得克萨斯  | 692,408       | 153,136,548,471 | 221,165             | 5.3447                    |
| 44. 犹他    | 219,932       | 16,723,514,007  | 76,039              | 4.8810                    |
| 45. 佛蒙特   | 24,887        | 1,540,295,865   | 61,892              | 4.7916                    |
| 46. 弗吉尼亚  | 105,716       | 9,620,203,531   | 91,000              | 4.9590                    |
| 47. 华盛顿   | 176,617       | 3,749,907,531   | 21,232              | 4.3240                    |
| 48. 西弗吉尼亚 | 62,629        | 49,442,930,947  | 789,457             | 5.8973                    |
| 49. 威斯康星  | 145,439       | 3,330,256,338   | 22,898              | 4.3598                    |
| 50. 怀俄明   | 253,597       | 14,412,498,324  | 56,832              | 4.7546                    |

表 3 美国不同时期按州计算的单位区域价值统计概况

| 年                      | log 10 (单<br>位区域价值<br>/单位面积) | 单位区域价值<br>(美元/单位<br>面积) | a     | $(b_1)^{\frac{1}{2}}$ | $b_2$ | 统计范围            |
|------------------------|------------------------------|-------------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------|
| 1911—1964 <sup>a</sup> | 4.865                        | 73,282                  | 0.555 | 0.015                 | 2.510 | 49 <sup>f</sup> |
| 1911—1964 <sup>b</sup> | 4.4517                       | 28,294                  | —     | —                     | —     | 49 <sup>f</sup> |
| 1905—1967 <sup>c</sup> | 5.151                        | 141,480                 | 0.513 | -0.184                | 2.521 | 48              |
| 1905—1967 <sup>d</sup> | 4.7632                       | 57,964                  | —     | —                     | —     | 48              |
| 1905—1972 <sup>e</sup> | 4.755                        | 56,885                  | 0.517 | -0.105                | 3.054 | 50 <sup>f</sup> |
| 1905—1972 <sup>e</sup> | 4.7832                       | 60,696                  | 0.499 | 0.143                 | 2.347 | 49              |

a. 格里菲斯 (1960). 现时的美元/平方公里。

b. 格里菲斯 (1960). 现时的美元/平方公里。

c. 格里菲斯和辛格. 1967年美元值/平方公里。

d. 同 c.

e. 本文。

f. 包括阿拉斯加。

目前最好是根据 48 个州的平均值, 即 54,954 美元 (1967 年美元值/平方公里), 来估计阿拉斯加的预测值。阿拉斯加是在平均值以下, 超过二倍标准误差, 为 2738 美元 (1967 年





都不是什么了不起的成就。事实上，这样的开发水平对阿拉斯加来说已经是相当保守的了。图2表明，新西兰和津巴布韦都是荒凉的地区，但它们的开发程度却不同，因此我要再次强调：最重要的条件是投资的保证程度而不是外部的明显不可改变的障碍。普鲁德霍湾油田和阿拉斯加输油管线路就是在荒凉条件下从事开发的例子，显然代表着很高的投资保证程度。假定有100亿桶石油，每桶12美元<sup>[6]</sup>，那么这样就为表1的总价值增加1200亿美元，由此得到的单位区域价值是81,907美元/平方公里（其对数是4.913），这样，阿拉斯加的位置将大大高于图1中的平均值的位置。由于这必定不是阿拉斯加唯一的资源，甚至也不是阿拉斯加唯一的石油资源产地，因而很明显，阿拉斯加完全可以进入至少比图2平均值高一个标准误差的那些州的行列。

南非的单位区域价值接近于美国各州的平均值（见图2）。但在这种情况下，主要矿产却是很不相同的。在美国，石油占很大的比例，燃料约占总价值的三分之二。在南非，价值最大的是金，金刚石和煤。因此，我们可以得出结论：

1. 成功并不一定取决于某一种特定类型的资源。

2. 利用所有可以得到的资源，不只是利用那些暂时获得高额利润的资源，这种作法是可行的。完全有可能，如果过分依赖单一资源而忽略其它资源，那么当这种可获利的资源枯竭时，再发展剩下的资源在经济上就不合算了。

在图3中，美国各州的单位区域价值的对数都用空间直方图表示出来。很明显，最富的州是宾夕法尼亚和西弗吉尼亚及居第三位的路易斯安那（见图2）。这些州资源的大部分是燃料，石油和煤，而第四个州新泽西却没有燃料。它之所以位居第四，主要是因它拥有极好的砂和砾石资源以及它靠近几个大的人口中心区。这再一次证明资源种类不是控制因素。

对比象堪萨斯和内布拉斯加这样的两个相邻州是很有意思的，这是两个比较典型的中西部州；它们的面积大体相同，但它们的单位区域价值却差一个数量级，分别为104,115和10,270美元（1967年美元值/平方公里）。两个新英格兰州佛蒙特和新罕布什尔面积也差不多，地质条件也相似，但佛蒙特的单位区域价值是61,875美元/平方公里，新罕布什尔的单位区域价值是13,527美元/平方公里，前者约为后者的4.5倍。这些特点说明，只要对所有资源都提供相等的机会，那么，生产的价值就是投资的函数。

辛格（1971）用趋势面去拟合1911, 1930, 1950, 1970和1990年美国各州单位区域价值的对数（一律使用1968年美元值），形成的趋势图表明，1970年以前，价值最大的地区分布在阿巴拉契亚山脉西北部，然后这种地区可能顺着阿巴拉契亚山脉向南迁移进入阿巴拉契亚西南地区。目前除了单位区域价值之外，人口也有向西南移动的趋势。

[6] 根据 Zaffran 和 Horper (1977) 资料的估算数。