

维托 A. 戈陶塔斯等著

勘探方法与概念

KANTAN FANGFA YU GAINIAN

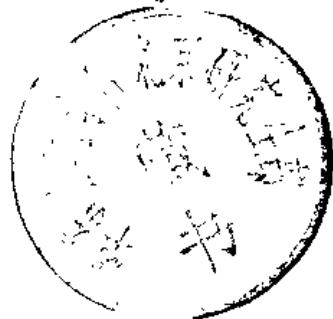
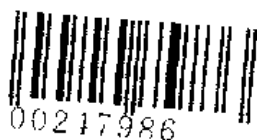
石油工业出版社

7116

勘探方法与概念

维托A. 戈陶塔斯 等著

甘克文 译



200368020

石油工业出版社

内 容 提 要

本译文集包括八篇文章。两篇是有关石油勘探中的风险估价；六篇论述储集岩的预测。本书对石油远景分析和勘探研究工作有参考价值。

可供石油工业经济工作者、石油勘探开发技术人员、科研人员及院校师生。

VITO A. GONAUTAS et al

Exploration methods and Concepts I

Published by the American Association of

Petroleum Geologists Tulsa, Oklahoma, U. S. A.,

1976

*

勘探方法与概念

维托 A. 戈陶塔斯等著

日克文译

*

石油工业出版社出版

(北京东黄城根北口24号)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092毫米^{1/32}开本7^{1/8}印张 1 插图158 千字印1—2,100

1982年5月北京第1版 1982年5月北京第1次印刷

书号: 13037·2322 定价: 0.70元

科技新书目: 26—140

译者序

美国石油地质学家协会于七十年代中期以来，陆续选择过去发表在《美国石油地质学家协会通报》中的有意义的论文，根据专题分类印成“再版丛书”。《油气勘探方法和概念》是这套丛书中的第十六集，目的是预测未发现的、可经济开发的油气聚集。原书包括过去二十年内已发表的再版论文共十五篇，包括风险估价四篇，储集岩预测十一篇。考虑我国的具体情况以及以往的出版物，选译其中有关风险估价的两篇和储集岩预测的六篇编成这本小册子，供我国的石油地质家参考。

前两篇“确定是否值得钻井的远景定量分析”和“地质的定量法”，说明国外在选择探井井位时的慎重态度和预测评价钻探对象时要考虑的各项依据，以及这些依据项目所占的地位及其相互关系。值得指出的是这两篇文章最初发表于1962和1963年，当时美国的新油气田探井成功率是8比1，作者的目的是要求通过这种方法使成功率提高到5比1。的确，虽然美国本土各含油气区已经成熟勘探，进入七十年代后的新油气田探井平均成功率已提高到4至5比1。这总不会是偶然的巧合吧！

后六篇则从不同角度讨论了预测的方法。有的方法与电子计算机的应用相结合，然而如果没有电子计算机的计算，通过图解等方法也可以应用，所以同样具有实际意义。

“定量制图技术的分类和评论”介绍各种编制岩性岩相图的方法，由于在相的背景上还有岩性组合的变化，目的层

地层单元的平面及垂向组分分布的图幅在预测远景中仍然是不可缺少的资料。

“有关碳酸盐岩地层圈闭的孔隙几何学”通过对碳酸盐岩石物理学观察和毛细管压力测量，说明不能象砂岩那样只根据孔隙度和渗透率来评价储集层，也不能单纯地由观察到的孔隙或颗粒大小说明好坏。文章介绍的情况对研究碳酸盐岩储集层是有意义的。

“深度、温度和地质年代对石英砂岩孔隙度的影响”提出了不同地区预测深部砂岩最大孔隙度的方法。当我们考虑勘探深层目的层时，这是不能忽视的因素。

“统计分层法用于储集层估计和数字化录井分析”介绍最适宜的分层方法，一般当特征变化明显时图解法比较方便，但在变化不明显时对比就困难，应用统计法就可提供明确的分层指数大小。

“怀俄明州上白垩统的沉积模型、旋回和三角洲”阐明了沉积模型的应用，最好是以现代沉积作用原理得出古代岩石层序的模型，介绍了海侵和海退旋回模型的区别。特别有意义的是根据模型概念对比地层，有利于研究地层和构造关系，以及进行古地理解释，具有独到的见解。

“砂岩组成和沉积环境”根据理代的和古代的岩样分析，说明砂岩的碎屑组成对沉积环境的变化是敏感的，甚至用岩屑或井壁取芯分析对于研究地层条件都有十分重要的意义。

我们希望这些文章对我国的石油地质学家在远景分析和勘探研究中有所帮助。

译者 一九八〇年五月十一日

目 录

译者序

确定是否值得钻井的远景定量分析

..... 维托A. 戈陶塔斯 (1)

地质的定量法: 描述→数量→成功率

..... 欧文T. 史瓦德 (40)

定量制图技术的分类和评论

..... 小詹姆斯. M. 福尔科桑 (70)

有关碳酸盐岩地层圈闭的孔隙几何学

..... 约翰L. 斯托特 (99)

深度、温度和地质年代对石英砂岩孔隙度的影响

..... 约翰. C. 马克斯威尔 (115)

统计分层法用于储集层估计和数字化录井分析

..... 丹·吉尔 (137)

怀俄明州上白垩统的沉积模型、旋回和三角洲

..... D. O. 阿斯奎斯 (156)

砂岩组成和沉积环境

..... 戴维K. 戴维斯和弗兰克G. 埃思里奇 (172)

确定是否值得钻井的 远景定量分析

维托A.戈陶塔斯

摘要 一种数字分类方式可有助于推导一个新远景区成功的百分比机会，而无论地理位置，任何地质分析家在各个时期都可用这种同样的方法。一个新远景区的地质成功的百分比机会是计算新远景区经济利益的关键。

分类方式中的参数确定远景区具有圈闭、油气聚集及综合机会因素的百分比机会。

图表简化远景区的分析，并指出其是否值得钻井和有经济价值。由于运气不好而失败的统计机会（赌博的毁灭定律）用综合机会因素、风险投资利润及任何机会因素所必须的最少井数来计算和连成图表，以消除猜测。

一项简单公式可计算远景的级别。所以，分级得出的结果按值得钻探的优势排列。

井的分类方式的修订，是远景量化的自然演变。

引 言

对于新的石油地质家甚至一些较有经验的石油地质家来说，最大的难处之一是不能估价新远景区成功的百分比机会。下列问题与之有关。

1. 如何估价一个远景区具有构造圈闭、地层圈闭或两者的混合圈闭机会。
2. 什么是远景区一个已知闭合可能产油的百分比机会？
3. 估价所需大量参数的内在关系是什么？任何两项参

数或两三组线性参数或非线性参数之间是数学关系吗？

4. 所有各种参数的相对价值对于所有的新远景区用同样方法作远景估价是必须的吗？

5. 即使远景具有地质上成功的所有标志，这在经济上是成功的吗？

6. 在低储量区对高储量时，出售远景区的机会是什么？

7. 如何使能估价快而准地考虑到所有相关参数，在经济基础上对比和远景分级。

显然，根据这些提问，在一个新的远景估价中有许多参数要考虑。除非以一贯合理的方式加以估价，很有可能这些参数中的某些不用全部考虑和可能一点也不考虑。本文提出的数字分类方式试图结合所有有关参数。此方式在逻辑顺序中并不比参数的定量化更多，其成果以标准化的形式抄写。作者确信所有有经验的地质家对新远景区在思想上赞成类似的程序。但是，由于参数和参数间的关系太多，不易弄明白，标准化形式应优先采用。

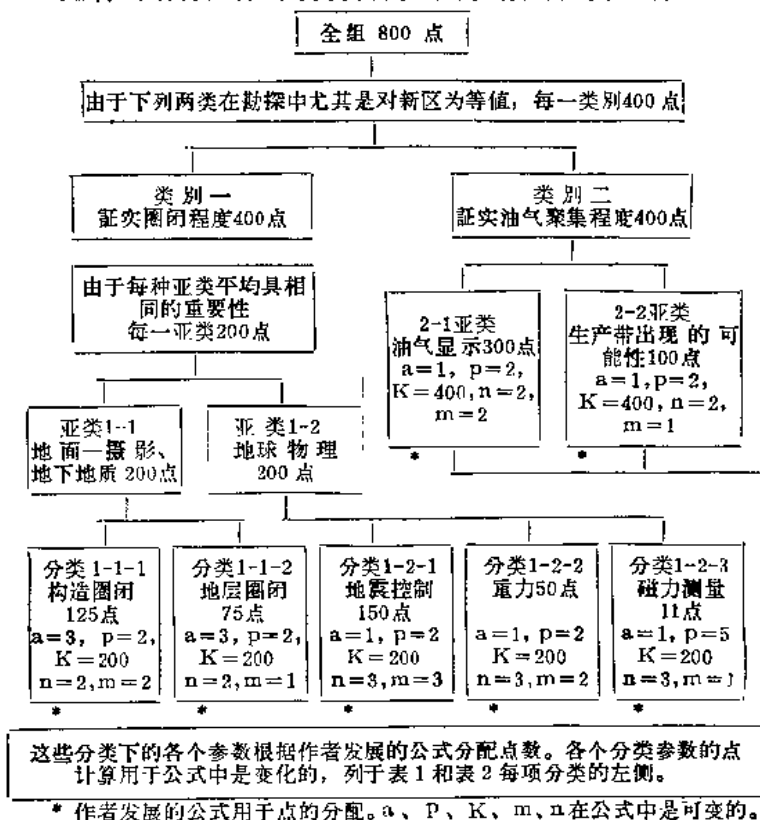
标准化的数字分类方式比偶然的分类方式进步得多。每个地质家可以同样方式计算一个存在圈闭和油气聚集的百分比机会因素。因此，不会发生“为什么地质家用百分之五十的机会因素表示远景区能产‘x’桶油”这样的问题？各个远景区的全部经济分析由地质家作出。在分级之前必须考虑所有的有用资料。经理人员可以更加确信所有的地质家将以同样方式划分远景区，为了迅速检查，地质研究成果采用表格和简短的形式。

在野外地质学中，有许多人认为是赞成定量化的。近二十年来，在地质学科中定量化呈指数上升。这种最佳例子之一是温特渥斯 (Wentworth, 1922, 377~392 页) 的颗粒大

小量化。老的著作是描述全部所包含的颗粒大小——确切大小我们无从了解。温特渥斯的方式使得消除了研究者和读者对颗粒大小的主观解释。在远景评价中消除机会因素的主观解释成分是作者的目的。

一、勘探远景的数字分类方式

完善的勘探远景评价所需的全部参数可分为三种主要类



别：(1)证实圈闭的程度；(2)证实油气聚集的程度；(3)经济。前两类中每类有两种主要亚类。这些亚类的设计包括一切。经济类下面又安排了十一项主要亚类，以对比可能的收入和费用。诺尔曼W. 莱(Norman W. Ley)提出关于若干参数包含和安排的建议(私人通讯)。

图1表示所有有关的类别、亚类、分类及参数的分布和计算点值。前两类武断地分配八百点。据作者的意见，证实圈闭的程度和证实油气聚集的程度在勘探中为等值。从逻辑上讲，在这种点的分配后面考虑没有圈闭就不可能产油。已知一个圈闭，没有油气显示，不靠近产区或没有产油气的砂岩带，那么，油气聚集的可能性极大地减少。

归于类别1的四百点被地面—摄影—地下地质和地球物理二等分。地球物理资料在许多事实中对证明构造圈闭与地面—摄影—地下地质一样有价值。剩下的亚类、分类和参数根据附录I中的论述和公式推导分配点数。

表 I 证实圈闭的程度(类别1)

1. 地面、摄影和地下地质(亚类1-1)	
A. 构造圈闭根据下列参数(分类1-1-1)	
(用于确定每个参数值的因素: $P=3$; $a=1$;	
$n=8$; $K=125$)	点数
h. 根据地面、摄影或地下控制关键倾角的可靠证据,	
每一方向分配为7.5点	0-30
g. 提供构造闭合封闭或完成构造闭合所必须的	
证实断层	26
f. 由异常高的区域井提出的可能构造闭合	22
e. 总等厚图或等层厚图显示地层向潜在构造减薄	18

d. 由极限间距的井环绕远景区提出的异常区	14
c. 生产层或潜在生产砂层的地下构造图	9
b. 每个横剖面—用于评价目的的横剖面最多 2 个, 每个剖面 2.5 点	5
a. 附加的地面和地下构造图	1
总计	125

(用于确定每一分类值的因素: $a=3$; $P=2$; $m=2$;

$K=200$; $n=2$)

B. 地层圈闭依据: (分类 1-1-2)

(所用因素: $P=3$; $a=1$; $n=8$; $K=75$).....点数

h. 相变控制石油圈闭。由电测或地面制图证明.....0-18

g. 证实的局部或区域不整合, 提供地层圈闭可能封闭的

要素。由电测或地面制图证明.....0-15

f. 由有效孔隙度、渗透率图证明的渗透率遮挡.....0-13

e. 生产砂层的地下构造图, 受相变和渗透率遮挡的影响。构造

图指出不存在构造闭合。如果圈闭是由于角度不整合, 地下构

造图表示直接由不整合之上或以下层位编制, 以证明存在不整合

.....11

d. 潜在生产层的岩相图.....8

c. 潜在生产层的页岩相图.....6

b. 潜在生产层的岩性比例图.....3

a. 地层横剖面.....1

总数 75

(所用因素: $a=3$; $P=2$; $m=1$; $K=200$; $n=2$)

2. 地球物理 (亚类 1-2)

A. 地震控制 (分类 1-2-1)

(所用因素: $P=3$; $a=1$; $n=6$; $K=150$).....点数

f. 靠近生产层的关键倾角超过地震误差 (50英尺),

每一排列 2 点, 最高 38 点.....38

e. 关键倾角接近, 等于或小于地震误差 (不到 50 英尺);

每一排列 1 点, 最高 32 点	32
d. 如果必要, 提供封闭构造闭合或完善构造闭合的 证实(地震)断层	24
e. 地震证实关键倾角的每一附加层位, 在同一排列或 测线上显示如同潜在生产层, 每组 8 点, 最多 2 组	16
b. 地震横剖面证明的角度不整合, 构造图和剖面图	10
a. 地震记录剖面中证实砂层或剖面尖灭	2
(a=1; P=5; n=3; K=200; n=3)	总数 122
B. 重力 (分类 1-2-2)	
(所用因素, P=1; a=1; n=5; K=50)	点数
e. A 级重力低或高	22
d. B 级重力低或高	18
c. C 级重力低或高	13
b. D 级重力低或高	9
a. 重力断层带, 如果与建议有关	4
(a=1; P=5; K=200; n=3)	总数 67
C. 磁力仪测量 (分类 1-2-3)	点数
a. 磁力仪测量指示潜在的埋藏构造	11
(a=1; P=5; K=200; n=3)	总数 11

二、确定可钻探远景参数的讨论

曾经彻底尝试建立影响圈闭和潜在油气聚集机会各项参数的组合和分量。虽然很可能若干关键参数会忽视或过分看重, 列于表 I ~ II 的参数有助于墨西哥湾沿岸的远景分析。如果读者发现遗漏或不同意该参数的分量, 他可以造相似的表格用于他的探区。

表 I 和 II 中每个参数的计算点值放在该参数的右侧；公式 I 中的 a、P、n、K 值放在每一分类项目之下。列在总点数项中的值是用来确定分配各亚类和分类的总点数。如果读者认定值的其他组合更适合表示参数间的关系，可以自己变更“a”、“P”、“n”和“K”。真正重要的是了解这种点分布的逻辑较分配给任何参数的实际值更重要。十分显然，如果读者普遍同意点的排列或参数间的数学关系是合理的。这一程序最终所要建立的是完整的参数格架，每个参数包含一数字值表示互相之间的一般数学关系。这种方式，远景估价可以标准化和定量化。

当钻了足够的远景区以后，可以做定量数据的统计研究，根据这一方式估计远景。一个好的统计举例可指示这一方式的精度。

表 I 中，在地面、摄影和地下地质、构造圈闭项下，参数“a”附加的地面和地下构造图只给一个点，这样做是因为附加地下制图不同于潜在的生产层，会增加潜在生产层构造解释的信用。这些附加的图也可以证实断层的相对位移和断层轨迹的方向。

任何潜在生产层组中的一个圈闭，只是当存在相变、不整合和渗透率遮挡，并确实提供圈闭存在的百分比机会时，估计为构造—地层圈闭。

如果地层圈闭是唯一的圈闭机理，并且若干远景层组如此受影响，作为分隔的实体，评价每一地层圈闭。然后，最高值的地层圈闭用于发现该远景区圈闭的百分比机会。事实上远景区内存在的多层地层圈闭在评价中认为是一种“正”因素，并在计算每口井排油总储量时加以考虑。

表 II 在“生产井或干井中的油气显示”项下，估价每个

表 II 证实油气聚集的程度(类别 2)

生产井或于井中的油气显示, 地面油气苗 或 与 建议有关的潜在生产量图
(亚类 2-1)

(采用因素: $P=1$; $a=1$; $n=10$; $K=300$) 点数

j. 在远景区或附近有生产砂层的水面, 确定远景区的生产范围.....	55
i. 在远景区中或其附近生产砂层的水面不清.....	49
h. 远景区或附近井喷.....	44
g. 远景区或附近井中有多层显示.....	38
f. 远景区或附近有多处油气苗.....	33
e. 远景区或附近一层砂岩有显示.....	27
d. 远景区或附近有一处油气苗.....	22
c. 远景区或附近有地球化学、放射性、细菌的晕圈, 或者任何其他此类测量指示潜在的生产区.....	16
b. 水动力资料说明潜在在生产区的位置.....	11
a. 利用生产层压力资料, 在水平面约下倾方向允许外推 油气柱的范围.....	5

($a=1$; $P=2$; $n=2$; $K=400$; $m=2$) 总数 300

趋势呈现的可能性 (亚类 2-2)

(所用因素: $P=1$; $a=1$; $n=3$; $K=100$) 点数

c. 优越的趋势连续性.....	50
b. 良好的趋势连续性.....	33
a. 趋势连续性可以或不连续.....	17-0

($a=1$; $P=2$; $K=400$; $n=2$; $m=1$) 总数 100

新的远景区时只用最好的十个参数。参数“a”用于生产砂层, 下倾方向的水面不清, 但地层压力、油气水梯度已知。由此可以外推下倾的生产界限。

表 II 第 3 类经济项下的亚类并不分配点值。每口井的最后价值与最终费用相比较。这样比较有助于确定远景区是否

有经济意义。

三、圈闭和生产机会因素的定义

有关圈闭和潜在产油气储集层的机会因素(CF)必须明确分开。因为圈闭的机会因素视表 I 中的所有参数而定,它以定量的方式考虑全部有利证据(见表 I),以确定圈闭存在的百分比机会(PCFT)。

生产层存在的机会因素是油气聚集存在的百分比机会(PCFHA),所有的有利数据(见表 I)以固有的定量方式相关。

圈闭和油气聚集的综合机会因素(CCF)是专门目的层组的圈闭百分比机会因素和油气聚集百分比机会因素的产物。如果预测的不只一个生产层组,综合机会因素必须由各个层组确定。最高的综合机会因素用来确定远景级别和所有潜在生产层组的总储量,在井的经济方面应重视单井的排油能力。

表 III 经济(类别 3)

收入(亚类3-1)
a. 所钻的每口井的排油面积
b. 预期每一英亩的产量
c. 假定的砂层纯厚度英尺
d. 预期生产类型 × 每桶或每千立方英尺的流速 × 纯工作利益
支出(亚类3-2)
a. 井的费用(估计干井费用)
b. 租地费
c. 地球物理测量费
d. 远景区一般地质费用

收入对支出 (亚类3-3)

- a. 计算的综合机会因素 (CCF) 中, 利润和风险投资比 (P/RI) 的绝对最小值
- b. 预期的 P/RI
- c. 预期 P/RI 超过最小 P/RI 的倍数
-

四、圈闭和油气聚集存在的远景 百分比机会定量分析

已经准备好的图表是为了迅速分析圈闭百分比机会因素 (图2-4) 和油气聚集百分比机会因素 (图6)。编制的图2-4 给于每种圈闭类型的最大点数等于圈闭存在百分之100的机会。纵座标表示百分比机会因素, 横座标为相应圈闭的点数。

图表的运用由图2中的一组虚线证明。这粗线条指出了远景估计为180点时, 构造闭合具有百分之99的圈闭百分比机会因素, 一个断层闭合为百分之80圈闭百分比机会因素, 倾角断层闭合为百分之76圈闭百分比机会因素。

所有可能的构造、地层或构造-地层混合圈闭类型的最大点数, 可根据由表I得出的分级方式建立。点并不分配给补充的参数。在表I中, 分类1-1-1, 参数(h): “如果有可靠的证据各个基本方位存在倾角”, 因此点数是可信的, 但并非“临界间距的井围绕远景区”(参数a)。

图5表示本文考虑的所有圈闭类型的图表。高角度逆断层或逆掩断层则表示不出来。这是人为的。无论是正断层、逆断层、逆掩断层或平移断层, 断裂圈闭石油的机理是一样的。因此如果远景区存在任何类型的断层并提供圈闭, 分配的点数如表I分类1-1-1项下的参数g。

参见附录 I 表 IV 所列每种圈闭类型的参数和最大点值。

图 6 绘制的形式与图 2-4 相似。计算证实油气聚集程度估价的最大点数是 105 点。即使该类本身分配有 400 点，这 105 点反映百分之百的机会。

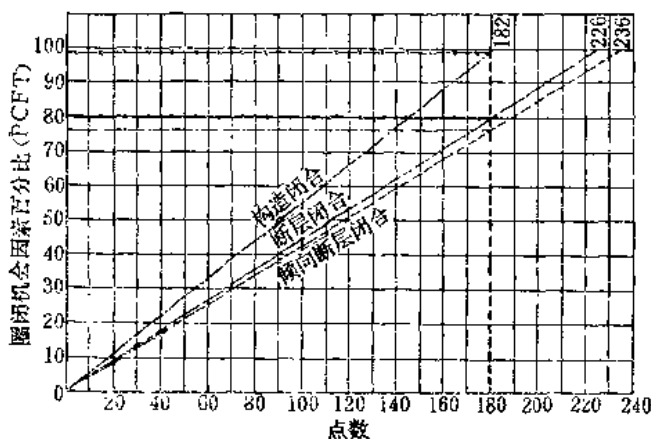


图 2 构造圈闭存在的百分比机会

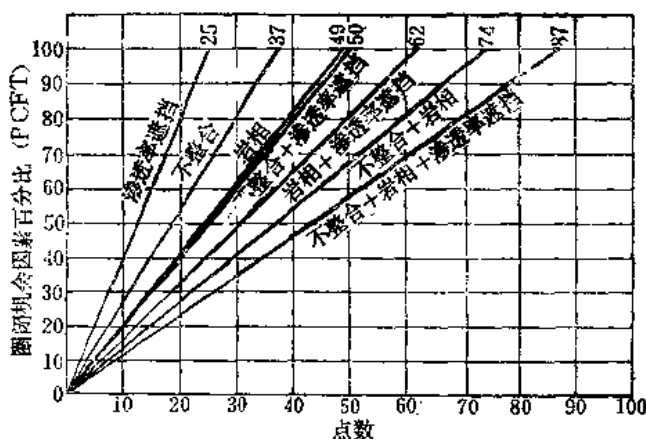


图 3 地层圈闭存在的百分比机会