

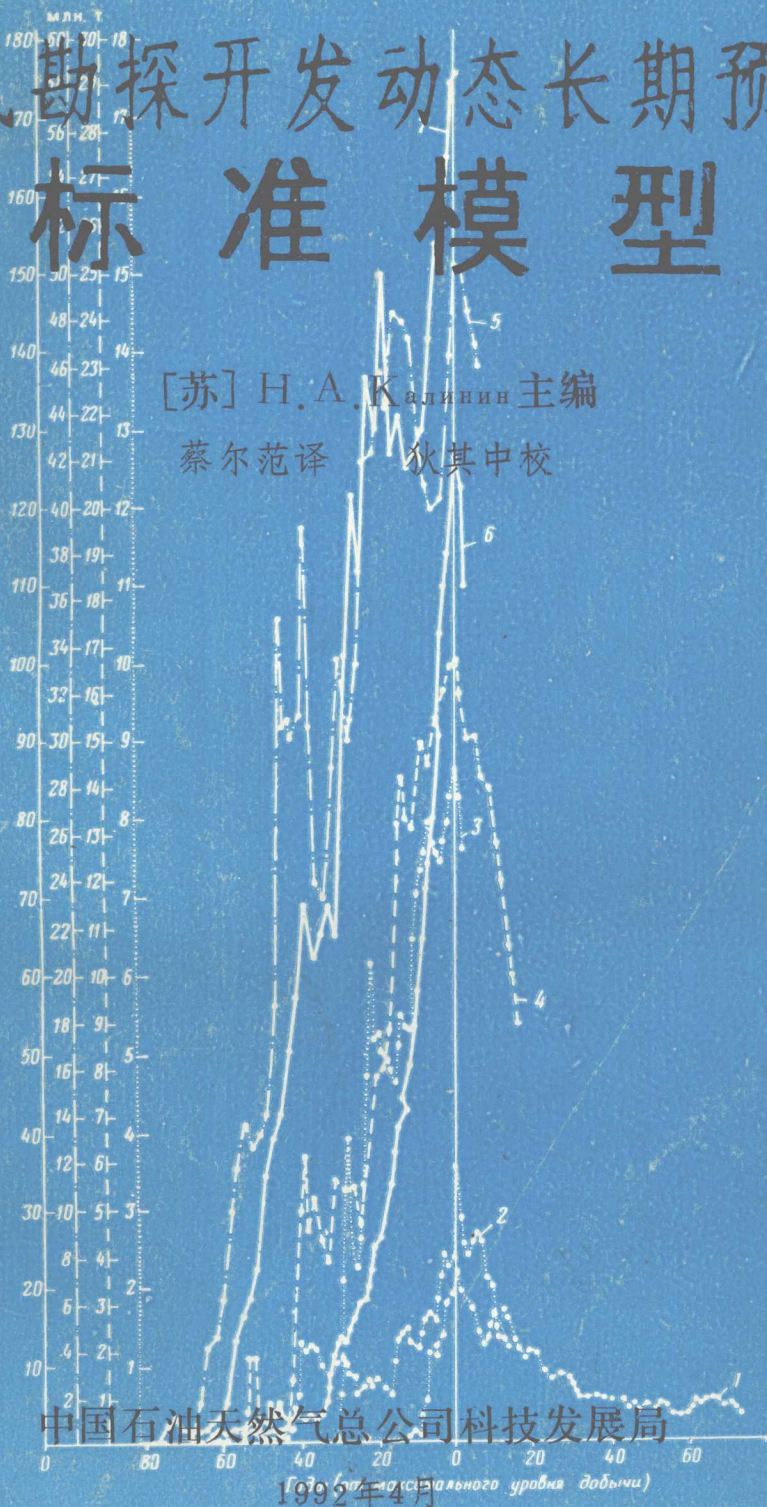
油气田开发系列丛书①

油气勘探开发动态长期预测 标准模型

[苏] Н. А. Калинин 主编

蔡尔范译

狄其中校



中国石油天然气总公司科技发展局

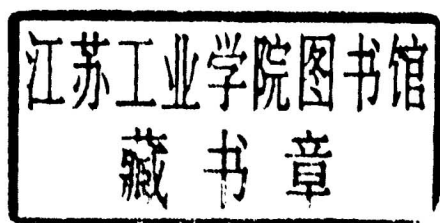
1992年4月

油气田开发系列丛书①

油气勘探开采动态长期预测 标 准 模 型

[苏] Н. А. Калинин 主编

蔡尔范译 狄其中校



中国石油天然气总公司科技发展局

1992 年 3 月

内 容 提 要

对不同类型与质量等级盆地研究了对其建立基础模型与标准模型的方法学, 这些模型可用来对其油、气勘探与开采潜在可能动态作长期预测; 提出了对模型的计算机计算方法, 事实罗列基础特征, 图表形式的模型集, 以及其应用实例。按含油、气盆地相应类型与质量等级, 对以无因次算表为形式的标准模型进行了综合。模型可用来计算长期多方案的储量增量, 油、气产量, 在进行地质勘探工作研究时所用的勘查钻井工作量情况, 以及全国或区域的油、气天然资源勘探工作的战略与战术。

本书是为从事于含油、气盆地油、气资源研究, 以及编制油、气开采长期预测与规划的专家们编写的。

书中有 98 个表, 113 幅图, 参考文献目录 26。

油气勘探开采动态长期预测标准模型

ТИПОВЫЕ МОДЕЛИ

ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ

РАЗВЕДКИ И ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА

蔡尔范译

狄其中校

*

中国石油天然气总公司科技发展局

江汉石油学院印刷中心印刷

*

开本: 787×1092 毫米 16 开本 印张: 21 字数: 450 千字

1992 年 3 月第一版 1992 年 3 月第一次印刷

印数: 001-600

前 言

为了解决在地质勘探工作领域里与国外合作的实际问题,首先应该对这些国家的油、气潜力有个概念。油、气潜力不仅仅可理解为对资源的评价,而且需对其勘探潜在可能动态(油、气勘探与开采,地质勘探工作效率和工作量等等)作预测。

当编制长期合作计划时,为了进行相应的工程与经济计算,必须具有关于油、气潜力的资料。

本书的编著是基于这样的考虑,即它是提高对国外油、气工业物质资源基地潜力可能性预测科学水平的工具,以便在油、气地质勘探工作领域里与这些国家一起编制对双方都有利的合作规划。书中所包含的科学研究成果还可以用来对苏联不同类型和质量等级含油、气区作油、气储量增长、产量的可能潜力与合理水平和勘查钻井工作量及其效率的预测。

本长期预测方法是在研究国外地质统计资料的基础上研究出来的。但是它也可适用于苏联国内条件。该课题已研究好些年了[3, 5, 6, 7, 9, 13, 14, 15, 18, 24, 26]。随着规律性的发现和表示天然烃类资源勘探过程特征参数的核实,在研究中可发现有下列过渡,从不同方面对该问题资料进行不完整的整理(对由孔隙介质采出流体过程阶段性的划分,地质勘探工作效果与资源勘探程度关系的发现,开采动态与资源采出程度关系的发现等)逐渐转为建立综合模型,大比例尺地预测全国、区域性行业的发展情况。

本书是过去两本著作[6, 7]的逻辑继续。本书反映了新的实际数据,并对进入标准模型参数的绝对值及其变化动态进行了研究;对以前参数的定性与定量特征进行了核实与补充;还对比了其间的关系,其中包括:油、气储量对产量的保障(储采比),当前储量的采出程度,进行地质勘探工作(勘查钻井)的效率,以及其它指标,在对资料采用自动处理手段的基础上完善了模型(建立了模型在EC型计算机上的计算方法,并用FORTRAN语言编写了程序);对盆地的所有五种类型与不同质量等级首次引入全面的标准模型组合(该组合考虑了资源的定性与定量特征,以及对含油、气盆地、盆地组和全世界(不包括社会主义国家)的不同勘探速度的方案组合);对典型盆地(波斯湾,北海)用所建立的模型组合进行了试算,并检验了其适用性。

标准模型组合以图幅与表格两种形式给出(70个标准模型)。用便携式计算器与无因次数据表就可以对长期计划(地质勘探工作量,油、气储量与开采的发展计划)进行多方案计算。方法与程序可用于有EC型计算机设备的单位。

此外,本书还校核了含油区的相似参数,计算了各阶段勘查钻井的平均效率,各阶段的资源勘探期限;对新增指标(按阶段与按年度勘查钻井的效率动态,已探明油、气储量对采油的保障动态)进行了计算;对长期预测模型进行了校核与补充。

本书没有研究地球物理等其它工作量的情况,但是它们可以根据具体的地质与地理条件,以及所研究区域地质和地球物理研究程度,与勘查钻井工作量成比例的方法来计算。

由于基本研究方法已在著作[6, 7]中发表,本书只以摘要形式编写,并且把主要精力放在核实与补充上。

前 言

为了解决在地质勘探工作领域里与国外合作的实际问题,首先应该对这些国家的油、气潜力有个概念。油、气潜力不仅仅可理解为对资源的评价,而且需对其勘探潜在可能动态(油、气勘探与开采,地质勘探工作效率和工作量等等)作预测。

当编制长期合作计划时,为了进行相应的工程与经济计算,必须具有关于油、气潜力的资料。

本书的编著是基于这样的考虑,即它是提高对国外油、气工业物质资源基地潜力可能性预测科学水平的工具,以便在油、气地质勘探工作领域里与这些国家一起编制对双方都有利的合作规划。书中所包含的科学研究成果还可以用来对苏联不同类型和质量等级含油、气区作油、气储量增长、产量的可能潜力与合理水平和勘查钻井工作量及其效率的预测。

本长期预测方法是在研究国外地质统计资料的基础上研究出来的。但是它也可适用于苏联国内条件。该课题已研究好些年了[3, 5, 6, 7, 9, 13, 14, 15, 18, 24, 26]。随着规律性的发现和表示天然烃类资源勘探过程特征参数的核实,在研究中可发现有下列过渡,从不同方面对该问题资料进行不完整的整理(对由孔隙介质采出流体过程阶段性的划分,地质勘探工作效果与资源勘探程度关系的发现,开采动态与资源采出程度关系的发现等)逐渐转为建立综合模型,大比例尺地预测全国、区域性行业的发展情况。

本书是过去两本著作[6, 7]的逻辑继续。本书反映了新的实际数据,并对进入标准模型参数的绝对值及其变化动态进行了研究;对以前参数的定性与定量特征进行了核实与补充;还对比了其间的关系,其中包括:油、气储量对产量的保障(储采比),当前储量的采出程度,进行地质勘探工作(勘查钻井)的效率,以及其它指标,在对资料采用自动处理手段的基础上完善了模型(建立了模型在EC型计算机上的计算方法,并用FORTRAN语言编写了程序);对盆地的所有五种类型与不同质量等级首次引入全面的标准模型组合(该组合考虑了资源的定性与定量特征,以及对含油、气盆地、盆地组和全世界(不包括社会主义国家)的不同勘探速度的方案组合);对典型盆地(波斯湾,北海)用所建立的模型组合进行了试算,并检验了其适用性。

标准模型组合以图幅与表格两种形式给出(70个标准模型)。用便携式计算器与无因次数据表就可以对长期计划(地质勘探工作量,油、气储量与开采的发展计划)进行多方案计算。方法与程序可用于有EC型计算机设备的单位。

此外,本书还校核了含油区的相似参数,计算了各阶段勘查钻井的平均效率,各阶段的资源勘探期限;对新增指标(按阶段与按年度勘查钻井的效率动态,已探明油、气储量对采油的保障动态)进行了计算;对长期预测模型进行了校核与补充。

本书没有研究地球物理等其它工作量的情况,但是它们可以根据具体的地质与地理条件,以及所研究区域地质和地球物理研究程度,与勘查钻井工作量成比例的方法来计算。

由于基本研究方法已在著作[6, 7]中发表,本书只以摘要形式编写,并且把主要精力放在核实与补充上。

目 录

前言	1
书中所用的基本符号	3
第一部分 计算含油、气盆地勘探模型的数学方法和程序保障	
第一章 建立勘探与采油（气）潜在可能动态长期预测模型的方法学	4
1.1 概况	4
1.2 事实罗列基础特征	9
1.3 作为储量增量与油（气）产量动态模拟方法学基础的一些重要理论原理 ...	17
1.4 预测中所用的参数，及其相互间关系特征	38
1.5 模型的原则纲要	41
1.6 《基础模型》与《标准模型》概念	43
1.7 模型的表示方式	47
1.8 对标准模型应用范围的鉴定	48
第二章 对不同类型与质量等级含油、气盆地勘探与油（气）产量动态模型的计算方法与程序	49
2.1 含油、气盆地勘探基础模型的算法与程序保障	49
2.2 含油、气盆地勘探标准模型的算法与程序保障	60
第三章 对勘探与油（气）开采动态作长期预测的标准模型	68
3.1 实际数据与模型的拟合方法	69
3.2 图表形式的对勘探与油（气）开采动态作长期预测的标准模型	76
第四章 标准模型的应用实例	138
4.1 实际数据与模型的拟合	138
4.2 对北海含油、气盆地勘探与原油开采潜在可能动态的长期预测	141
4.3 对波斯湾含油、气盆地勘探与油（气）开采潜在可能动态的长期预测	145
第二部分 不同类型与质量等级含油、气盆地的标准模型集	
结论	154
附录	315

参考文献

书中所用的基本符号

含油、气盆地及油(气)资源

$\text{НГБ}_{\text{ВК}}, \text{НГБ}_{\text{СК}}, \text{НГБ}_{\text{НК}}$ —分别为高、中、低资源聚合程度的含油、气盆地

$\text{НИПР}_{\text{H}(\Gamma)}$ —原始油(气)可采天然资源

油(气)储量

R —最终(累积)储量增量

$R_{\text{ВД}}, R_{\text{СД}}, R_{\text{НД}}$ —分别为最终(累积)储量增量的具有高、中、低流动性部分

r —储量年增量

$r_{\text{ВД}}, r_{\text{СД}}, r_{\text{НД}}$ —分别为储量年增量的具有高、中、低流动性部分

Σr —到某时刻的累积储量增量

$\Sigma r_{\text{ВД}}, \Sigma r_{\text{СД}}, \Sigma r_{\text{НД}}$ —分别为到某时刻累积储量增量的具有高、中、低流动性部分

$R_{\text{T, H}(\Gamma)}$ —油(气)当前探明储量

$R_{\text{ТВД}}, R_{\text{ТСД}}, R_{\text{ТНД}}$ —分别为油(气)当前探明储量的具有高、中、低流动性部分

$r', R'_{\text{H}(\Gamma)}$ —分别为由于提高油(气)采收率所增加的年与累积储量

油(气)产量

$Q_{\text{H}(\Gamma)}$ —油(气)最终(累积)产量

$Q_{\text{ВД}}, Q_{\text{СД}}, Q_{\text{НД}}$ —分别为最终(累积)产量的具有高、中、低流动性部分

$q', Q'_{\text{H}(\Gamma)}$ —分别为由于提高油(气)采收率所增加的年产量与累积产量

q —年产量

$q_{\text{ВД}}, q_{\text{СД}}, q_{\text{НД}}$ —分别为年产量的具有高、中、低流动性部分

Σq —到某时刻的累积产量

$\Sigma q_{\text{ВД}}, \Sigma q_{\text{СД}}, \Sigma q_{\text{НД}}$ —分别为到某时刻累积产量的具有高、中、低流动性部分

q_{max} —最大可能年产量水平

q_{15}, q_{20}, q_{25} —稳产期分别为 15, 20, 25 年的年稳产水平

勘查钻井

H —勘查钻井最终(累积)工作量

$H_{\text{I}}, H_{\text{II}}, H_{\text{III}}$ —分别为对(I, II, III)阶段的勘查钻井工作量

h —一年勘查钻井工作量

Σh —(当前)勘查钻井累积工作量

勘查钻井效率

W_{CP} —勘探阶段勘查钻井的平均效率

W —勘查钻井的年效率

W_{ak} —(当前)勘查钻井的平均效率, 它等于 $\Sigma r / \Sigma h$

储采比

K —无稳产期的当前储采比

$K_{q_{15}}, K_{q_{20}}, K_{q_{25}}$ —稳产期分别为 15, 20, 25 年的当前储采比

$K_{\text{ИЗБ}}$ —原油采收率

第一部分 计算含油、气盆地勘探 模型的数学方法和程序保障

第一章 建立勘探与油（气）开采

潜在可能动态长期预测模型的方法学

1.1 概况

对理论资料[7, 10], 实验室实验资料[2, 5-9, 13, 16, 19]与地质统计资料[10-20]进行归纳就可以得出下列结论, 即根据对原始可采油、气天然资源 ($\text{НИПР}_{\text{H}(\Gamma)}$) 数量与质量 (聚合程度) 的评价, 以及根据所确定的函数关系[1] (与储量年增量相对应的) 勘查钻井效率与 $\text{НИПР}_{\text{H}(\Gamma)}$ 勘探程度关系; 2) 油 (气) 产量变化动态与 $\text{НИПР}_{\text{H}(\Gamma)}$ 开采程度关系], 可以对外国油、气储量增量与产量的潜在可能动态预测到 2000 年以后。

这些函数关系反映出油、气勘探和开采过程, 具有一定的阶段性: I 阶段的特征是效率最高, 储量、产量年增长量增长; II 阶段一量与产量年增长量急剧下降。I 阶段所开采的基本上是高流动性的油 (气), 而其以后一低流动性的。

地质勘探工作效率与 $\text{НИПР}_{\text{H}(\Gamma)}$ 勘探程度的函数关系取决于自然形成的发现优序性: (在中、小型油田只起次要作用的情况下) 最早发现的主要是超巨型, 巨型和大型油田; 然后, 主要是中、小型油田; 在含油、气盆地勘探的结束阶段, 主要是小油田。

产量动态与 $\text{НИПР}_{\text{H}(\Gamma)}$ 勘探程度的函数关系主要取决于在地层条件下 (孔隙介质中) 油、气天然资源分解为具有高、中、低流动性部分的情况, 以及最大油田的勘探期限。

天然资源的勘探速度与不同类型油田发现的阶段性, 以及流体由孔隙介质采出过程的特征, 只是有着间接的关系。在很大程度上, 他们取决于对油、气的需求, 以及这些或那些国家的经济与其他物质技术可能性。实际上, 由于具有市场特征的技术经济原因, 天然资源的勘探在时间上可以极端地压缩或延长。但这并不排除对工作量完成速度的任何一个方案必然是在阶段所确定工作量的范围内, 即在行业指标 (储量增量, 产量, 钻井工作量等动态) 与天然资源勘探程度和开采程度的函数关系范围内。

根据经验与工作量完成速度的发展趋势, 对含油、气盆地的每一种类型规定了资源勘探不同延续时间的五个方案。例如, 对于具有 $\text{НИПР}_{\text{H}(\Gamma)}$ 高聚合程度的类型 3 含油、气盆地勘探的最有效阶段 I (见表 1, 3 类, 高聚合程度), 根据统计资料可取: 高速 15 年, 较高速 20 年, 中速 25 年, 较低速 30 年, 以及低速 35 年; 对于开采阶段 I 分别为 25, 30, 35, 40 与 45 年。含油、气盆地或含油、气盆地系统 (国家) 总的勘探延续期, 在大多数情况下, 为 40 到 60 年, 甚至更长, 而在额定流体采收率 (原油 0.30 ± 0.03 ; 凝析油 0.60 ± 0.05 与气 0.75 ± 0.05) 的情况下, 开采延续期为 50-80 年, 甚至更长。在

XIX 世纪就开始勘探与开发的国家，其阶段延续期最长。

如果从各种各样的市场情况中抽象出来，只是根据其地质先决条件（对所有的，例如对作为背景的技术经济条件取其平均值），则含油、气盆地勘探阶段的延续期将严格地取决于 $\text{НИПР}_{\text{H}(\Gamma)}$ 的绝对值与聚合程度。

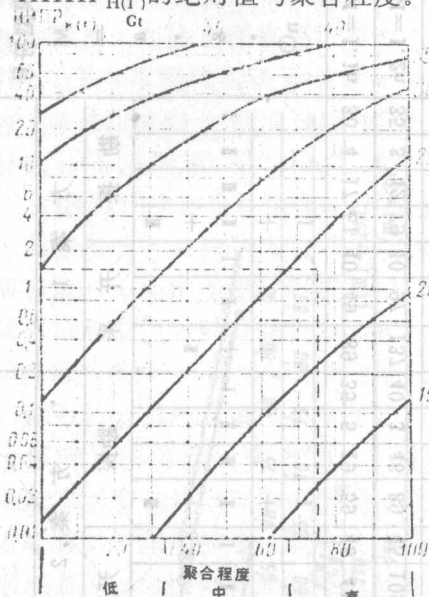


图1 对含油、气盆地根据其 $\text{НИПР}_{\text{H}(\Gamma)}$ 绝对值与聚合程度确定勘探阶段 I 延续期的诺模图

阶段 I 的延续期应看作额定的。盆地勘探的不同技术经济条件都会造成偏离上述额定值的起伏。关于阶段延续期的更为详细资料见表 1 和模型（见第二部分）。

由于注水，注气，热采或其它对油、气层的物理化学作用，即提高天然资源额定采收率（比额定采收率可提高 15% 以上）所增加的油（气）产量，可加到最大或适时稳定产量水平上，或不提高该水平，而只是延长其稳产期若干年（图 2）。这是因为，根据其流动情况，增产的油（气）量实质上不同于开发第一阶段靠天然能量所采出的油（气）产量。增产量是由于提高地层油（气）低流动性部分的流动性而采出的。虽然与此同时在已开发油藏中提高了其具有中等流动性部分油（气）的流动性，但情况向坏的方向变化，因为开始伴随着不断扩展的水淹。油（气）增产量一般只是把产量保持在已达到的最高水平或适时稳定合宜的水平上。

由于模型是根据在现时（额定）采收率情况下所研究出的规律编制的，这对于具有较高采收率的 $\text{НИПР}_{\text{H}(\Gamma)}$ 不应该（没有事先换算为额定的）就直接应用。今后对该问题应作专门研究。但暂时可以有根据地认为，流体开采动态曲线的核实将在 $\text{НИПР}_{\text{H}(\Gamma)}$ 评价的精度范围内。可以认为上述解不仅是正确的，而且与实际开发条件相适应。

重要的是还应该注意到，用所编制模型作的预测表示了含油、气盆地或含油、气盆地系统（国家）的潜在（地质）可能性特征。它们没有考虑可能的预先打算好的控制产量与储量增量水平。预测阐明有根据能达到的远景。尽管如此还不得不指出，所推荐的计算方案，大多数将与国外地质勘探和油（气）产量实际发展计划相符合，因为对每一个国家

例如：对最有效的勘探阶段 I，该关系式可表示为：

1) 对于具有 $\text{НИПР}_{\text{H}(\Gamma)}$ 相同绝对量的含油、气盆地来说，资源聚合程度越高，则勘探阶段 I 的延续期就越短，或反之；

2) 对于具有 $\text{НИПР}_{\text{H}(\Gamma)}$ 相同聚合程度的含油、气盆地来说，资源的绝对量越少，则其勘探阶段 I 的延续期就越短，或反之。

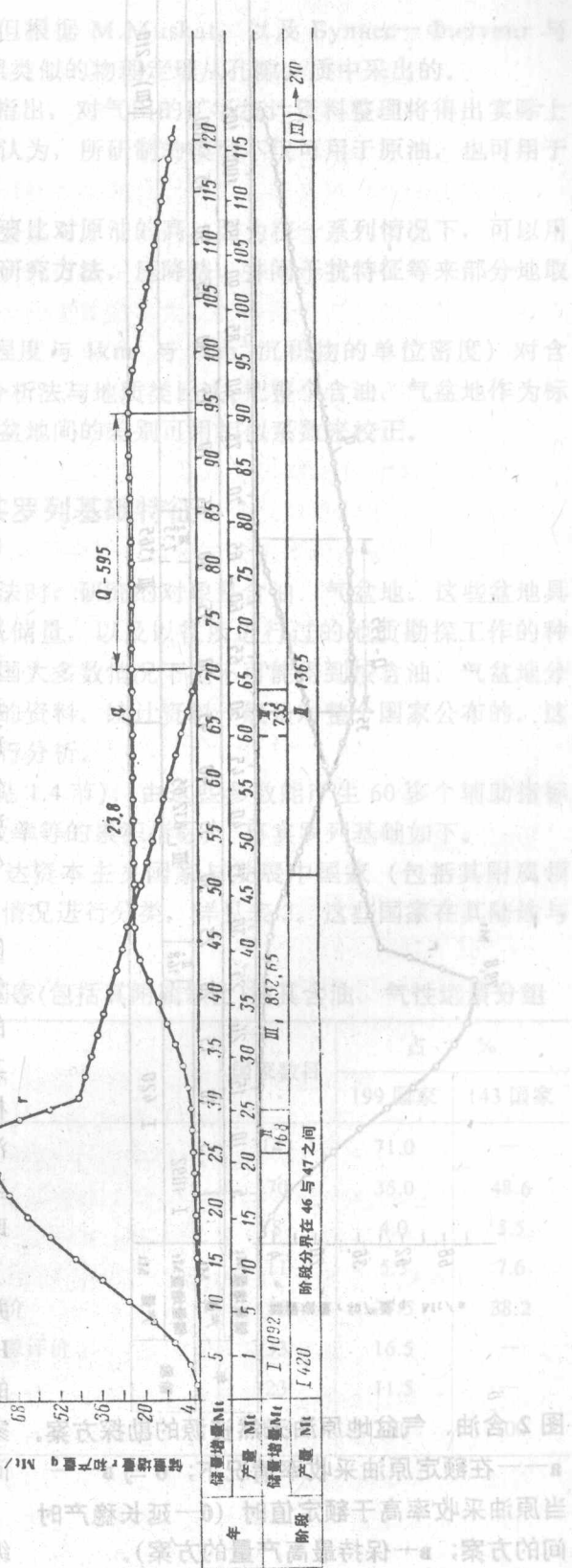
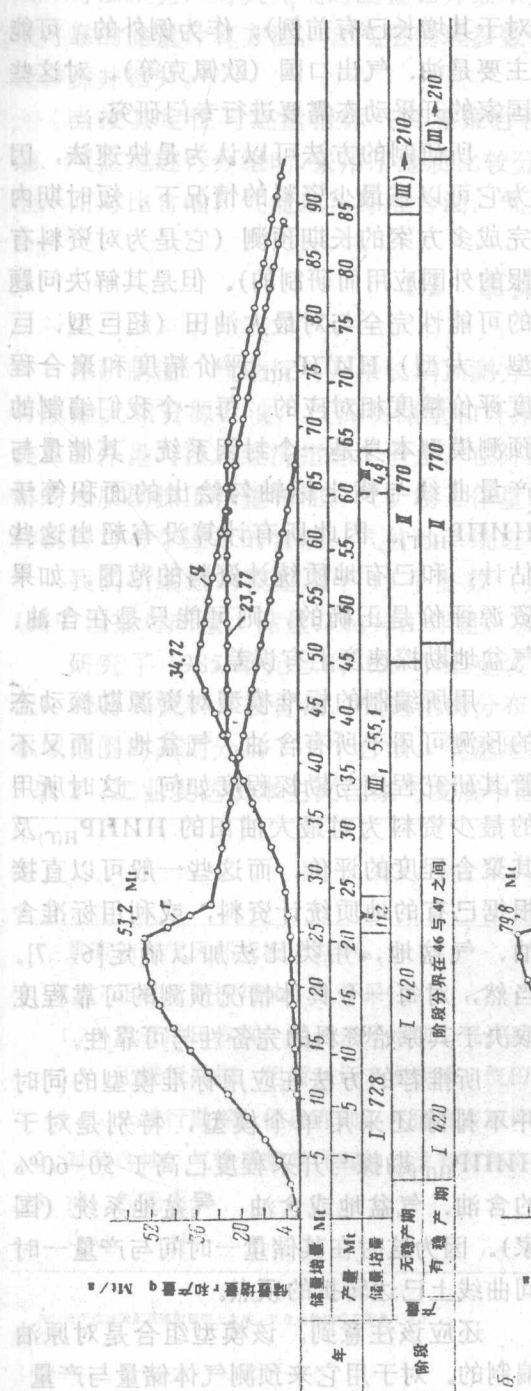
诺模图的纵坐标为相对应于五种含油、气盆地类型的 $\text{НИПР}_{\text{H}(\Gamma)}$ 量，横坐标为资源聚合程度。在平均统计资料的基础上，对该坐标网格绘上勘探阶段 I 等延续期线。在诺模图上含油、气盆地 $\text{НИПР}_{\text{H}(\Gamma)}$ 的坐标数据与其以百分数表示的聚合程度的交叉点就是所寻找的勘探阶段 I 的延续期。例如，如果 $\text{НИПР}_{\text{H}(\Gamma)}$ 为 1.5 Gt，而其聚合程度为 75%，则其勘探阶段 I 的延续期将为 24 年（见图 1）。这样所求得

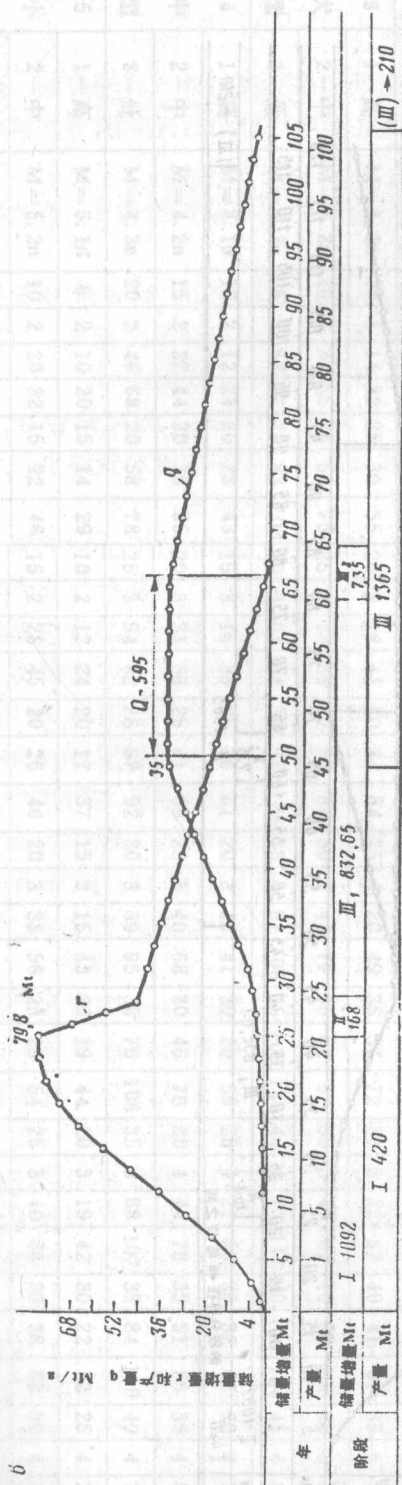
表 1 含油、气盆地或含油、气盆地系统(国家)勘探与油、气开采长期预测标准模型目录

含油、气盆地		模型符号		按勘探 ^② 与开采阶段(I、I、III)延续期的模型方案(n=1-5),年																																
类 聚合程度 分 类 型	M = a · ε · n ^①	方 案 1				方 案 2				方 案 3				方 案 4				方 案 5																		
		勘 探		开 采		勘 探		开 采		勘 探		开 采		勘 探		开 采		勘 探		开 采																
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II															
		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1														
1	M=1.1n	30	4	17	51	40	49	89	35	5	19	59	45	44	99	40	5	21	66	50	59	109	45	6	22	73	55	63	118	50	6	24	80	60	68	128
2	M=1.2n	35	3	42	79	40	97	137	40	3	46	89	45	105	150	45	4	48	97	50	115	165	50	4	53	107	55	122	117	55	5	56	116	60	130	190
超巨型	M=1.3n	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2	M=2.1n	20	3	17	40	30	41	71	25	4	21	48	35	46	81	30	4	22	56	40	50	90	35	5	24	64	45	55	100	40	5	26	71	50	58	108
巨型	M=2.2n	25	3	36	64	30	72	102	30	3	42	75	35	81	116	35	4	46	85	40	89	129	40	4	51	95	45	98	141	45	5	55	105	50	105	155
3	M=2.3n	30	3	58	91	30	123	153	35	3	65	103	35	136	171	40	4	71	115	40	155	195	45	4	77	126	45	165	210	50	5	83	138	50	177	227
大	M=3.1n	15	3	14	32	25	30	55	20	3	18	41	30	34	64	25	4	20	49	35	37	72	30	5	22	57	40	41	81	35	5	26	66	45	44	89
2	M=3.2n	20	3	32	55	25	50	75	25	3	38	66	30	56	86	30	4	43	77	35	62	97	35	5	47	87	40	68	108	40	5	53	98	45	73	118
3	M=3.3n	25	3	53	81	25	83	108	30	3	61	94	30	95	125	35	4	67	106	35	105	140	40	4	73	117	40	114	154	45	4	82	131	45	123	168
4	M=4.1n	10	2	12	24	20	23	43	15	3	15	33	25	26	51	20	3	18	41	30	29	59	25	4	21	50	35	32	67	30	4	24	58	40	35	75
中	M=4.2n	15	2	27	44	20	35	55	20	3	33	56	25	41	66	25	3	40	68	30	46	76	30	4	44	78	35	51	86	35	4	50	89	40	55	95
型	M=4.3n	20	2	46	68	20	58	78	25	3	54	82	25	67	92	30	3	69	95	30	76	106	35	4	68	107	35	84	119	40	4	76	120	40	91	131
5	M=5.1n	8	2	10	20	15	14	29	10	2	12	24	20	17	37	15	3	15	33	25	19	44	20	3	19	42	30	22	52	25	4	21	50	35	25	60
小	M=5.2n	10	2	20	32	15	22	46	15	2	28	45	20	26	46	20	3	33	56	25	29	54	25	3	40	68	30	38	68	30	4	45	79	35	36	71
型	M=5.3n	15	2	37	54	15	36	51	20	2	46	68	20	43	63	25	3	54	82	25	48	73	30	3	62	95	30	54	84	35	4	70	109	35	59	94

① a——含油、气盆地类型;b——资源聚合程序;n——方案(根据含油、地勘探速度);
② 勘探阶段 II 的延期以整数年给出。

到... 关系... 强... 百... 面... 而因... 游... 整... 因... 内... 育... 愿... 野... 的... 新... 些... 果... 研... 杰... 不... 用... 气... 射... 同... 干... 的... 国... 一... 量...





明确地保证了其模型对资源合理勘探速度的选择。此外，应考虑到绝大多数国家关心由自己天然资源的油、气来保障民族经济的发展。因此，尽最大可能地来利用石油与天然气（所有国家在油、气需求方面都明显地落后于美国的需求水平，因而，对于其增长已有前例）。作为例外的，可能主要是油、气出口国（欧佩克等），对这些国家的开采动态需要进行专门研究。

所研制的方法可以认为是快速法，因为它可以在最少资料的情况下，短时期内完成多方案的长期预测（它是为对资料有限的外国应用而研制的）。但是其解决问题的可能性完全与对最大油田（超巨型、巨型、大型） $\text{НИПР}_{\text{H}(\Gamma)}$ 评价精度和聚合程度评价精度相对应的。每一个我们编制的预测模型本身是一个封闭系统，其储量与产量曲线与横坐标轴勾绘出的面积等于 $\text{НИПР}_{\text{H}(\Gamma)}$ 。因此所有计算没有超出这些估计，和已有地质统计资料的范围。如果资源评价是正确的，则可能只是在含油、气盆地勘探速度上有误差。

用所编制的标准模型对资源勘探动态的预测可用于所有含油、气盆地，而又不 管其研究程度与勘探程度如何。这时所用的最少资料为对最大油田的 $\text{НИПР}_{\text{H}(\Gamma)}$ 及其聚合程度的评价，而这些一般可以直接根据已有的地质统计资料，或利用标准含油、气盆地，用类比法加以确定[6, 7]。当然，对每一个具体情况预测的可靠程度取决于其原始资料的完备性与可靠性。

所推荐的方法在应用标准模型的同时并不排除还采用单个模型，特别是对于 $\text{НИПР}_{\text{H}(\Gamma)}$ 勘探与开采程度已高于50—60%的含油、气盆地或含油、气盆地系统（国家）。因为这时在其储量一时间与产量一时间曲线上已达转折的顶点。

还应该注意到，该模型组合是对原油编制的。对于用它来预测气体储量与产量

图2 含油、气盆地原油天然资源的勘探方案。
a——在额定原油采收率情况下；b——当原油采收率高于额定值时（b—延长稳产时间的方案；b—保持最高产量的方案）。

增长动态的可能性，目前研究得很少。但根据 M.Muskat，以及 Булес—Фиттинг 与 Виков—Ботсем 的资料，这些流体是按照类似的物理定理从孔隙介质中采出的。

А.И.Гриценко, В.И.Ермаков 等人指出，对气田的矿场统计资料整理将得出实际上与油田相同的结果。因此，可以有根据地认为，所研制的模型不仅可用于原油，也可用于天然气，但要考虑到其某些条件。

可以认为，对天然气的勘查钻井效率要比对原油的高，因为在一系列情况下，可以用较可靠的储量计算方法，含气层物理参数研究方法，压降法，井间干扰特征等来部分地取代详探井钻井。

当按其定性 with 定量指标（资源聚合程度与 1km^2 与 1km^3 沉积物的单位密度）对含油、气盆地进行分组时，采用了地质比较分析法与地质类比法，把整个含油、气盆地作为标准，而对比含油、气盆地与标准含油、气盆地间的差别可用相似系数来校正。

1.2 事实罗列基础特征

在研制油、气勘探与开采长期预测方法时，研究的对象是含油、气盆地。这些盆地具有原始天然资源，油、气探明储量和开采储量，以及以往所进行过的地质勘探工作的种类、工作量与技术经济指标。但是，在外国大多数情况下是不可能得到按含油、气盆地分解的地质勘探工作量和油、气矿场工作量的资料。统计资料一般是对整个国家公布的。这样就只得对每个国家的含油、气盆地系统进行分析。

我们所编制的模型用了 17 个参数（见 1.4 节），由这些参数能产生 60 多个辅助指标（其中包括对产量、储量、钻井工作量、效率等的累积指标）。事实罗列基础如下。

研究了 1985 年元旦时 199 个工业发达资本主义国家与发展中国家（包括其附属领土）的有关资料。按含油、气远景的分布情况进行分类，详见表 2。这些国家在其陆地与水域范围内共划分出 339 个含油、气盆地。

表 2 工业发达资本主义国家与发展中国家(包括其附属领土)按其含油、气性远景分组

国家组	国家数目	占 %	
		199 国家	143 国家
1. 具有油、气天然资源，其中：	143	71.0	—
1.1 正进行勘探与油、气开采	70	35.0	48.6
1.2 已有油田发现，但还未开始油、气开采	8	4.0	5.5
1.3 正进行勘探，但暂时还未发现油、气田	11	5.5	7.6
1.4 未进行勘探，但已有油、气预测资源评价	55	27.5	38.2
2. 对其含油、气性远景是怀疑的，没有预测资源评价	33	16.5	—
3. 油、气无远景	23	11.5	—
小 计	199	100	100

注：关于这些国家及其附属领土含油、气性远景资料见附录 1 与 2。

按其 $\text{НИПР}_{\text{H(Г)}}$ 勘探与开采程度把这些国家分组 (表 3)。

最多的是还没有进行钻深井地质勘探工作的国家与领土 (具有不同远景的 176 个国家中的 89 个, 或超过半数)。原油资源开采程度超过 30% 的有 14 个国家 (约为 20%), 勘探程度大于 30% 的有 35 个国家 (51%)。这说明工业发达资本主义国家与发展中国家天然资源的勘探程度和开采程度总的来说是低的。尽管这样, 关于油、气开采工业发展远景的上述数字并未给出完整的概念, 它只是说明对矿藏研究程度的不足。为了不产生似乎建立油、气开采工业新矿物资源基地远景非常大这样的错觉, 应该指出, 在这些众多国家中, 按其总的地质先决条件, 大多数国家的天然资源是有限的。按照含油、气盆地天然资源的聚合程度, 工业发达资本主义国家与发展中国家大致可以像按照不同类型油田总数那样来划分。资源量最多的 (85.5% 的 НИПР) 集中在占 28% 的含油、气盆地 (类型 1, 2 和 3), 而其余的 14.5% НИПР 则分布在 72% 的含油、气盆地 (类型 4 和 5) 里。在正进行勘探的盆地不能期望有像波斯湾这样的含油、气盆地出现。这些盆地里的很多个 $\text{НИПР}_{\text{H(Г)}}$ 的平均单位评价值为 0.5–0.6 Gt [6]。

表 3 工业发达资本主义国家与发展中国家按其油(分子)、气(分母) НИПР 的勘探程度与开采程度分组 (1985 年元旦)

该国工作现状	国家数目	НИПР _{H(Г)} 勘探程度, %				НИПР _{H(Г)} 开采程度, %			
		I < 10	II 10–30	III 30–50	IV > 50	I < 10	II 10–30	III 30–50	IV > 50
含油、气盆地处于勘探与开发	69	$\frac{14}{18}$	$\frac{20}{17}$	$\frac{11}{13}$	$\frac{24}{21}$	$\frac{19^*}{37^{**}}$	$\frac{32}{17}$	$\frac{10}{6}$	$\frac{4}{2}$
含油、气盆地处于	19	$\frac{4}{7}$	—	—	—	—	—	—	—
含油、气盆地未投入勘探	55	—	—	—	—	—	—	—	—

* 此外, 在塞内加尔、苏丹、南非共和国、巴布亚-新几内亚等国已有原油探明储量, 但还未开始开采。

** 此外, 在苏丹、莫桑比克、索马里、坦桑尼亚、瑞士、巴布亚-新几内亚、南非共和国有探明天然气储量, 但还未开始开采。

具有中、低资源聚合程度, 并且资源勘探与开采已达到第 II 阶段 (勘探与开采程度大于 50–60% $\text{НИПР}_{\text{H(Г)}}$, 见表 3) 的含油、气盆地或含油、气盆地系统 (国家) 很少, 处于第 III 阶段 (大于 60–70% $\text{НИПР}_{\text{H(Г)}}$) 的更少。因此, 对于绝大多数国家说来, 只是对第 I 阶段用地质统计资料能够较完全地表示其特征, 对第 II 阶段——表示其特征的能力极弱, 而对第 III 阶段——几乎不能表示其特征。因此在编制模型时, 统计资料的这个缺陷可以用对流体由孔隙介质采出动态的理论和实验室研究 [2, 5–7, 9, 10, 13, 16, 18, 19] 来弥补。

不同类型与质量等级含油、气盆地地质勘探工作的效率主要是根据美国、波斯湾以及其他区域与国家含油、气盆地工作经验, 用外推与解释的方法来确定的。

正如已强调的那样, 油、气资源的资料在对这些矿藏的勘探和开采动态动作长期预测时成为基本的出发点。工业发达资本主义国家与发展中国家油 (包括凝析油)、气天然资源的评价在最近几十年内经历了明显的进化 (图 3)。

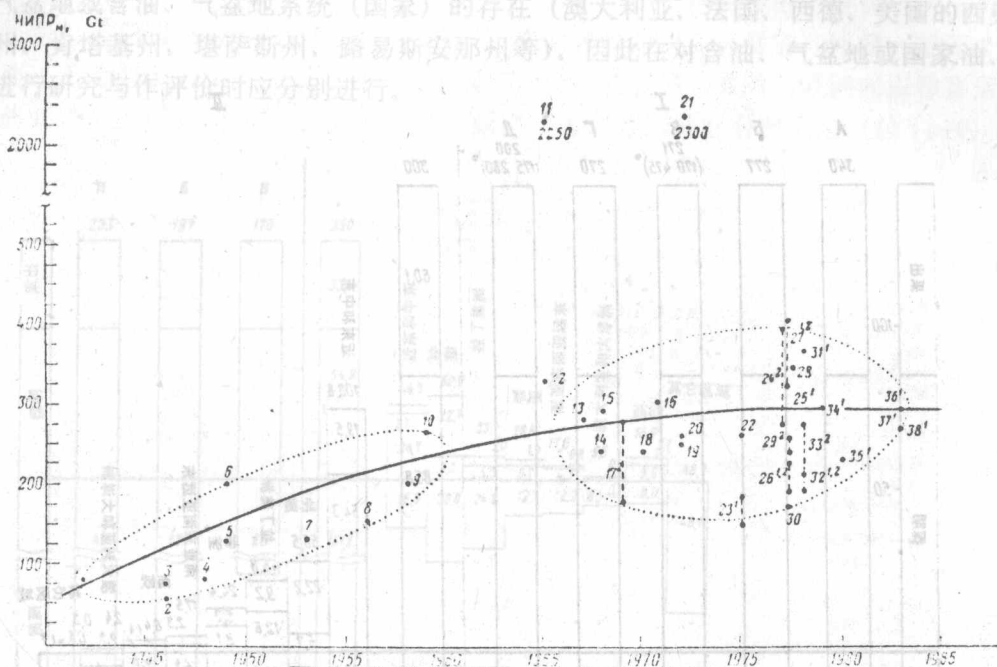


图3 世界 $NIIP_H$ 评价的进化[6]

$NIIP_H$ 评价的作者：1—М.Пратт, Л.Уикс, д. Стебингер；2—С.Двюк；3—А.Пожье；4, 5—Уикс；6—Леворсон；7—Т.Мак-Найттон；8—Хабберт；

9, 10—Л.Уикс；11—М.К.Калинко；12—Т.Хенюрик；13—П. Риман；14—《壳牌》石油公司；15, 16—Уикс；17—Хабберт；18—Моуди；19—Уормен；20—П.Боке, Р.Брассер, Д. Массерон；21—М.С.Моделевский；22—И.Моуди；23—Р.Синкклер；24—К.Хауртон, И.Кендалл；25—《伊尔文格》石油公司（美国）；26—К.Вильсон（ВАЭС）；27—И.Керр；П. Денрерьи等28专家；28—25%回答；29—65%回答；30—10%回答；31—М.С.Моделевский；32—《Еххон》公司；33—《潘特》商行；34—全苏国外地质研究所；35—Ф. Бендер；36—Н.А.Калинин；37—X届世界能源会议，К.Вильсон；38—XI世界石油会议，Б.Раммер

1.不包括社会主义国家； 2.在虚线表示范围内的评价

到1972年随着盆地地质地球物理研究程度的提高和积极开采，原油资源的估计量不断地增加，由80Gt增加到450Gt（某些估算甚至达到2250—2300Gt）。但从1973年开始，在能源危机的背景下，它们相对稳定在中等（额定）水平上；原油加凝析油 300 ± 50 Gt；天然气 250 ± 50 Tm³，并且今后有某些下降趋势（图4—7；图4与图5第II部分的估算精度为 ± 0.1 ）。考虑到非实质性和不固定的意见分歧，保持额定估计量是可能的。重要的是应注意到1985年元旦时工业发达资本主义国家与发展中国家油、气天然资源的开采程度是相对不高的： $NIIP$ 开采程度—原油60Gt（23.1%），天然气33.8Tm³（16.6%）； $NIIP$ 勘探程度——原油143.8Gt（55.4%），天然气91.3Tm³（44.8%）。

对于整个工业发达资本主义国家与发展中国家1985年元旦时估算的 $NIIP_{H(T)}$ 值和主要行业统计数据已列入表5，而对于个别国家的见附录1—5。表5中的上述数据表明，还有很多资源（原油76.9%，天然气83.4%）可供继续开采。但是它们主要表示这样一



油、气盆地或含油、气盆地系统（国家）的存在（澳大利亚、法国、西德、美国的西弗吉尼亚州，肯塔基州，堪萨斯州，路易斯安那州等）。因此在对含油、气盆地或国家油、气潜力进行研究与作评价时应分别进行。

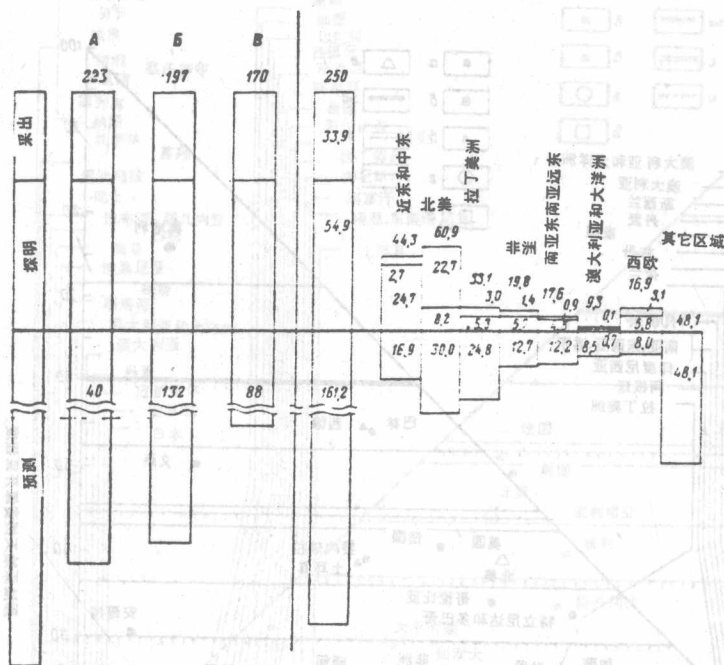


图 5 工业发达资本主义国家和发展中国家总的 (I) 与按洲 (II) [6]1985 年元旦时对天然气资源的评价, Tm^3

A—1978 年 X 届世界能源会议, Г. Мендел, П. Депперли; Б—1982 年, XI 届世界能源会议, Ф. Бендер; В—1983 年, XII 届世界石油会议, Б. Раммер, Т. Хелбаутн

对于绝大多数国家, 由不同研究者所在的资源评价相互间是符合或接近的。但也有一些盆地与国家的评价差异很大 (澳大利亚, 阿根廷, 巴西, 加拿大, 哥伦比亚, 秘鲁与某些其他国家)。

表 4 1982—1983 年期间所发表资料有差异的例子

资 料 来 源	国 家	储 量		产 量	
		油, 10^3 桶	气, 10^9 英尺 ³	油, 桶/天	气
World Oil, 1983, NO.3, p.197	缅甸(1982)	—	—	30 000	—
Bull. AAPG, 1983, No.10, p.67	缅甸	—	—	23 200	—
World Oil, 1983, No.3, p.197	缅甸	—	144.4	—	—
Petr. Econ, 1983, No.8, p.50	缅甸	—	100.0	—	—
World Oil, 1982, NO.3, p.197	澳大利亚	1 622 051	—	—	—
Oil and Gas J. 1982, No.28	澳大利亚	1 709 000	—	—	—

关于国家的储量、产量、钻井以及其他工作量的地质统计资料, 通常取自国内、外出版物。资料来源是权威性的, 但所公布的数据并非总是相符合的。表 4 为其有差别的例