

第四分册

综合

烃加工出版社



第十二届
世界石油会议
报告论文集

40574

第十二届世界石油会议 报告论文集

第四分册

综 合



00249584



200440594



烃加工出版社

内 容 提 要

本书汇集了第十二届世界石油会议综合部分的22篇报告论文,主要内容有:油气资源、开发投资、供需展望、储运经营、环境保护和技术转让等,对了解世界石油化学工业的发展现状和趋向,吸收国外企业管理、人员培训、环境保护及技术引进方面的经验有一定参考价值。本书可供石油和石油化工行业从事石油资源、环境保护和技术转让工作的科技、管理人员及有关院校师生参考。

12th World Petroleum Congress Proceeding

John Wiley & Sons Ltd, 1987

第十二届世界石油会议报告论文集

第四分册

综 合

烃加工出版社出版

海丰印刷厂排版

海丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 16开本 13印张333千字 印1—1000

1989年11月北京第1版 1989年12月北京第1次印刷

ISBN T-30043-085-5/Z·005 定价:5.50元

出 版 说 明

第十二届世界石油会议于1987年4月在美国休斯敦举行，参加这届大会的有来自71个国家的1723名代表。以中国石油学会理事长侯祥麟为团长的中国石油代表团也前往参加了这次会议。第十二届世界石油会议历时6天，会上宣读论文105篇。本论文集集中的石油地质、地球物理勘探、油气田开发、钻井、地球物理测井部分由石油部科学技术情报研究所组织有关同志翻译和编辑加工、石油工业出版社出版；石油炼制和石油化工、综合部分由石油化工科学研究院组织翻译，烃加工出版社出版。

全部论文按专业分四册出版：

第一分册——石油地质和勘探

第二分册——油气田开发

第三分册——石油炼制和石油化工

第四分册——综合

目 录

世界的石油、天然气、天然沥青和页岩油资源.....	1
石油和天然气：储量和成本.....	27
世界石油的供需问题——2000年展望.....	41
苏伊士以东的地区性平衡.....	49
石油危机后日本油气需求的变化及燃料之间的竞争.....	58
长期代烃能源.....	68
1936~1985年石油工业的投资及其资金来源.....	74
1985~2000年的可能石油前景：对石油需要量的影响.....	84
石油勘探与石油开发投资.....	90
现有市场中、下游工业的发展.....	95
石油储运业的经营前景.....	105
专家系统用于石油工业——上游部分.....	112
工艺工程中的专家系统.....	117
石油产品对地下水的污染.....	124
对健康的不利影响和危害的管理方法.....	133
温室效应的真相.....	142
石油工业的烃排放及控制方法.....	151
石油炼制和石油化学工业技术转让的一些问题.....	162
对发展中国家的技术转让.....	169
沙特阿拉伯石油工业中的技术引进.....	175
委内瑞拉石油工业技术引进的经验.....	183
对产油国技术转让的分析.....	193

世界的石油、天然气、 天然沥青和页岩油资源

范从武 译 王绍贤 校

Charles D. Masters, US Geological Survey, Reston, Virginia, USA; Emil D. Attanasi, US Geological Survey, Reston, Virginia, USA; William D. Dietzman, Energy Information Administration, Dallas, Texas USA; Richard F. Meyer, US Geological Survey, Reston, Virginia, USA; Robert W. Mitchell, BP Canada, Inc., Calgary, Alberta, Canada; David H. Root, US Geological Survey, Reston, Virginia, USA.

〔摘要〕 世界石油的最终资源量是按第十一届世界石油会议报告的大致相同的分布范围和相同的等级估算的,到1985年1月1日为止,为第十二届世界石油会议做的估算量是:

	石 油 (10亿桶)	天 然 气 (万亿立方英尺)	天然气液态产物 (10亿桶)
累计产量	524	1173	
证实储量	795	3908	59
未发现资源量			
95% 概率	262	2650	
众 数	425	4199	63
5% 概率	927	8591	
最终资源量	1744	9280	

1桶=0.158988米³; 1英尺³=2.8316×10⁻²米³

估算的石油最终资源的两个组成部分,证实储量和未发现的资源在本文的估算中大约有240亿米³(1500亿桶)的补偿变化,已证实的储量增加而未发现的资源减少。储量的变化主要反映了尚未计算在内的由于油田扩大而增加的储量。包括对油田扩大的预测在内,前10年世界发现的储量略低于采出量。未发现的资源量的变化主要基于对苏联和墨西哥资源地质条件的更深入了解,以及美国几个主要地区勘探未取得成功的事实。虽然天然气资源的估价基本上没有变化,但是有迹象表明因市场未形成而大大缩小了报道的天然气资源量。重质原油和超重质原油,天然沥青和页岩油的估价基本上与过去的报告一致,但由于工业开采项目的扩大使这类非常规资源的经济储量增加了。

常规油气资源的分布主要集中在东半球,而非非常规资源明显的为西半球居多,尤其是委内瑞拉和加拿大。虽然最终仅有25%的世界石油资源将在海上发现,但它却占未发现资源的45%。天然气资源的分布极不平衡,而且与储量分布不平衡有关,其产量也不平衡。中东天然气储量是世界上未充分开发能源的最主要地区之一。除了新探区巴伦支海(Barents Sea)估计的天然气资源可能会超过8.6万亿米³(300万亿英尺³)和有待进一步开发的尼日尔三角洲(Niger delta)天然气资源可能超过5.7万亿米³(200万亿英尺³),其中已发现1.4万亿米³50万亿英尺³外,未发现的天然气资源主要集中在未充分勘探的储量分布区。

按当量计算,天然气的最终资源量接近原油的最终资源量,这一点使我们很感意外。假定天然气有更广阔的来源,那么,很大程度上可解释为非常规天然气资源。而且因封闭不充分,气体逸散率也高。

我们仍然认为不会发现能打破现有石油资源分布状况的未勘探的大油气区200亿桶或32亿米³,但中等产油区将继续发展,从维持生产能力,它将在一定程度上使石油市场的竞争更为激烈。

一、前言与定义

在上届世界石油大会上, 油气潜在资源方面的论述, 几乎完全孤立地集中在常规资源方面, 而本届世界石油会议, 对资源利用的互换性有了足够的重视, 或者是通过下游技术的改变或者是资源转化通常是深度加工, 因此, 需要同等看待原油、天然气、天然气液态产物、超重质原油、沥青(天然焦油砂)和油页岩。各种主要资源分类中, 也包括与非常规资源和开采方法相对的传统资源和开采方法, 一方面涉及到用于传统资源提高采收率的概念, 而另一方面, 这种分类还有个致密含气砂岩或重质原油、超重质原油、沥青和油页岩的分布范围问题, 这类资源只能用二次和三次开采法或改质工艺开采和利用, 因此, 在本文的分类中, 我们把常规油气资源与其他资源, 即非常规资源分开来研究(图1a和1b)。

常规石油资源

范围: 全世界

单位: 10亿桶

累积产量 524	已确定的资源		未发现的资源		
	证实的	推断的	概率范围		
	计量的、确定的		95%	众数	5%

经济的	确定的储量 795	未发现的可采资源 262 425 927		
	边际储量 全世界平均采收率提高1%，相当 增加390亿桶油			
不经济的	证实的无经济性的储量 2560	501	817	1807

作者: Masters Attanasi
Dietzman Root

截止日期: 已确定资源量及产量(1985年1月1日)
未发现资源(1986年9月)

图 1a 世界原油资源分类。不经济资源按常规资源平均采收率加权34%计算。粗体线内是已审定的分类

单位: 10亿桶(1米³ = 6.29桶)

关于其他非常规油气资源, 我们着重讨论委内瑞拉的奥里诺科盆地的特大型超重质原油资源和加拿大西部阿尔伯特(Alberta)油区的沥青油砂和重质原油资源, 以及各类油页岩资源。把非常规资源分开来讨论是因为其特殊的物理化学性质降低了它们的商业价值以及采收率太低的缘故, 在划分非常规资源时, 我们还注意到上届世界石油会议关于石油资源分类和术语的规定。本文中, 粘度大于10Pa·S的烃类资源都划入天然沥青类(油砂, 焦油砂和天然沥青), 粘度小于10Pa·S而API重度在10~20之间的定为重质原油, API重度小于10的(比重大于1.000)的定为超重质原油。这种划分是以油藏能量的溶解气含量低到微不足道为前提确定的, 页岩油是油页岩干馏的产物, 油页岩系指用干馏法每907.185千克(每短吨)

至少可抽出37.9升（10加仑）油的富含有机质的页岩。

本文的分类中，API重度在10~20之间的一定数量的重质原油，很明显属于常规与非常规资源间的过渡型。因此，其中一部分被重复计算了，但除了标注的重质原油数量外(图2)，重复计算的量与油气最终资源量相比，是很小的。石油资源分析的总量中还不包括致密含气砂岩中的气，煤层瓦斯气，气体水化物的气和地压储层气等非常规天然气资源。实际上，在一定程度上正在开采的致密含气砂层，只是算储量时把它计入非常规石油资源中。

常 规 天 然 气 资 源

范围：全世界		单位：万亿立方英尺				
累积产量 1173	已确定的资源			未发现的资源		
	证 实 的	推 断 的		概 率 范 围 95% 众数 5%		
	计量的，确定的					
经济的	已确定的储量 3908			2650	4199	8591

作者：Masters, Attanasi,
Dietzman, Root

截止日期：已确定的资源和产量(1985年1月)
未发现的资源(1988年9月)

图1b 世界天然气资源分类。可采的经济资源按常规资源平均
采收率加权80%计算，粗体线内是已审定的分类
单位：万亿立方英尺(1立方米=35.3立方英尺)

常规石油资源的研究结果，都列在图1a和图1b中，这两张图包括了全部油气资源的分类组成，粗线框内是本研究工作最重要的分类组成。从图上看，我们没有计算研究工作中不大可能掌握的一部分判明的推断资源（因已知油田或某些术语定义而增加的资源），虽然从概念上说，估算的数字比计量的和证实的储量多，但我们同样相信，该估算值也不可能包括油田的全部储量增长潜力。当考虑到记载的数量实际上处于美国联邦地质调查局（USGS）的分类系统的证实储量和已确定的资源量之间时，我们把本报告的估算储量称作已确定储量。从图上看，未发现的可采资源包括了一部分经济和技术上尚不可采，而从地质上认为可能的经济边际性资源。

常规石油资源分类的定义，在概念上仍与上届世界石油会议提出的石油分类相同。关于储量，我们注意到了计算上的问题，每年的发现量总是比产量低，而发表的世界储量年度报告则是增长的，当然，储量的增长，不是来自新的发现，而是来自推断储量的升级。由于近几年石油工业界普遍的习惯作法，在油田全面开发的初期就划定了油田的范围，因此，我们也

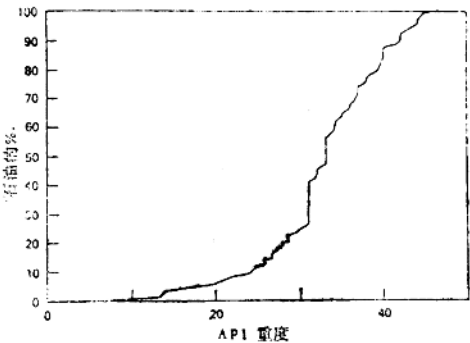


图 2 按API重度划分的世界石油原始储量分布
(API重度 = $\frac{141.5}{比重} - 131.5$)

试图确定全油藏的储量而不管是否已经钻井（就是把计量的或已证实的储量和一部分推断储量加到一起），而且也计算了凡是适宜但尚未利用水驱动和蒸汽驱动法可采出的储量，即探明的储量。我们考虑了计算过程中的不一致方面：在美国，统计计算推断储量包括了全部资源增长因素，而对其他国家我们不可能计算全部已确定的资源。另一方面，我们也意识到了没有及时和系统的统计，使额外增加的储量可能从未登记过，而同时也注意到对各类储量来说，实际上都有一部分是采不出来的。

我们还应着重说明的是，发现的石油储量似乎比通常报道的多，而我们只想计算我们已掌握有数据的即一部分附加储量。对天然气储量的计算也用相同的法则，因对天然气储量了解的不充分，所以只对个别气田做了单独的计算。天然气油储量与报道的数据不一致，我们的估算值中很可能有误差，当有液-气比的具体数据时，就用比值估算，没有液-气比数据时，就按每 2.8万米^3 （1百万英尺³）气平均含天然气液态产物 2.4米^3 （15桶）计算。

已确定的原油地质储量的一部分（约占原始资源的66%）划为不经济的资源（图1a），这类资源的一部分用各种提高采收率方法可能采出，但当前开采是不经济的，这部分就划为经济边际资源。根据美国国家石油委员会的研究结果可以断定，因不确定因素太多，从而不能做出合理的估算。我们曾指出经济边际储量是按采收率普遍提高1%而计算得出的，但它不能作为一种储量评价的方法。

估算的未发现资源，包括地质条件上可能并在预期的合理价格范围内技术上可采的资源。这类资源是以概率分布范围从95~5%计算的，前者是很可能存在的，而后者是给勘探工作者提供一个尽可能高的数值。

世界油气资源评价由于内在的和计算方面的因素，仍然是个容易变动而又主观的过程。纵观历史，就有许多各种各样的表达方法，而且概念上也发生了重要变化。然而，我们现在应论述支持评价工作的依据，这就是我们了解石油的成因，以及对世界地质的了解远远超过了二、三十年前所掌握的程度，但是，确定未知数的任何尝试仍然会受到限制。我们认为以地质条件为基础普遍采用的技术方法不仅提出了绝对资源量的合理范围，而且也给出了各地区间标准一致的相对资源量。如发现率研究^[5,6]结果解释了未发现资源的类比评价法，此外，还根据未发现资源适用的发现率提出勘探前景。除了概念上的重要改变外，我们不期望在总的评价方面有革命性的变化，但确实希望在掌握了发展情况后对局部地区继续作些修改。

估算的常规油气最终资源量定义为累积产量加上已确定的储量再加上未发现资源中出现频率最高的那部分资源量。本研究报告提出的最终资源估算量与上届世界石油会议提出的在数量和地理分布方面变化都不大。估算的石油最终资源量略大于 270亿米^3 （17000亿桶）^[7]，这两类商品按分类组成来看，最终资源分布有了变化，尤其是由于对储量的地质条件有了更深刻的了解，使我们有可能增加了确定的储量，对盆地地质条件的进一步了解，进一步证实了多数已试钻了的有远景的大型圈闭，使未发现资源的估算量降低而保持储量增长的平衡，石油资源的变化比天然气的大。本文以下的章节将论述未发现的资源和储量估算值变化的原因，这些变化形成了现在的这种分布。

二、常规石油储量评价方法

大部分储量是按油田估算的，总储量是按国家和地区统计的（表1a和1b）。主要资料来

源于：日内瓦的S.A.石油咨询公司（Petroconsultants）、《油气杂志》、《世界石油》、《20世纪石油统计》、《国际石油百科全书》。美国能源部能源资料局达拉斯油田处（Dallas Field Office of the Energy Information Administration, US Department of Energy），及许多其他国家提供的油气统计资料。

由各国所得资料的变化要求评价方法也随之变化。没有用下述三个国家的原始油田资料，这三个国家是加拿大、美国和苏联。加拿大的储量数据是由加拿大石油协会提供的，美国和苏联的储量估算在下面讨论。

表 1A 估算的世界常规石油资源和原始储量

(单位：10亿桶)

国家	累积 产量	确定的 储 量	原始 储量	1984年 产 量	未发现的 资 源				最终 资源
					储/采比	95%	众数	5%	
北 美	159.1	83.4	242.5	4.76	17.5	55.7	90.4	197.1	332.9
美 国	135.8	17.4	183.1	3.25	14.6	23.0	27.0	71.0	220.0
加 拿 大	11.4	6.0	17.4	0.53	11.3	9.3	27.3	56.6	44.7
墨 西 哥	11.9	30.0	41.9	0.98	30.5	15.0	25.0	75.0	66.9
其 他						0.5	1.0	3.0	1.0

% 按平均API重度的 原始储量	<20°	20~25°	25~35°	>35°
	10	17	33	40

南 美	52.3	58.6	111.0	1.32	44.5	16.0	27.0	77.0	138.0
委内瑞拉和特尼达	41.0	45.7	86.8	0.73	62.3	8.0	15.0	36.0	101.8
阿 根 廷	4.2	1.8	6.0	0.18	16.3	1.0	1.7	5.0	7.7
巴 西	1.6	3.5	5.1	0.17	20.7	1.0	3.0	10.0	8.1
哥 伦 比 亚	2.4	2.5	4.9	0.06	41.7	0.5	1.5	3.4	6.4
厄 瓜 多 尔	1.0	2.5	3.5	0.10	26.3	0.6	2.0	6.0	5.5
秘 鲁	1.5	1.9	3.4	0.07	28.4	0.5	2.0	5.0	5.4
其 他	0.6	0.7	1.2	0.02	35.0	0.9	1.5	13.0	2.7

% 按平均API重度的 原始储量	<20°	20~25°	25~35°	>35°
	15	8	61	16

欧 洲	16.0	35.2	51.4	1.43	24.2	12.9	21.3	48.2	72.7
西 欧	9.8	33.1	43.1	1.27	26.1	12.0	19.0	45.0	62.1
英 国	5.0	8.2	23.3	0.88	20.6	0.8	2.3	5.0	25.5
挪 威	1.6	10.7	12.3	0.25	42.1	7.0	17.0	30.0	19.3
其他(地中海区)	3.2	4.2	7.5	0.13	31.6	1.0	2.0	10.0	9.5
东 欧	6.2	2.1	8.3	0.16	13.4	1.0	2.0	4.0	10.3
罗 马 尼 亚	4.3	1.5	5.8	0.09	16.9				
其 他	1.9	0.6	2.5	0.07	8.8				

% 按平均API重度的 原始储量	<20°	20~25°	25~35°	>35°
	4	4	23	69

国家	累积 产量	确定的 储量	原始 储量	1984年 产量	储/采比	未发现的 资源			最终 资源
						95%	众数	5%	
苏联	85.7	81.0	166.7	4.48	18.1	46.6	77.0	187.0	247.2
非 洲	38.7	68.5	106.9	1.61	42.7	20.0	34.0	90.0	140.9
利比亚	14.5	25.9	40.3	0.40	64.3	4.0	6.0	15.9	46.3
阿尔及利亚	7.5	11.3	18.7	0.23	50.0	0.5	1.5	5.0	20.2
埃 及	3.1	4.7	7.8	0.30	15.9	1.0	2.0	12.0	9.8
突 尼 斯	0.6	1.3	1.9	0.04	30.2	1.0	2.0	9.0	3.9
尼日利亚	10.3	19.2	29.5	0.50	38.3	4.0	7.0	18.0	36.5
其 他	2.7	6.1	8.7	0.14	44.5	8.0	13.0	37.0	21.7
% 按平均API重度的 原始储量		<20°	20~25°	25~35°	>35°				
		2	3	28	69				
中 东	142.3	420.9	563.1	4.20	100.3	62.0	98.0	199.0	661.1
沙特阿拉伯	49.8	166.4	216.2	1.63	102.3	20.0	35.0	65.0	251.2
科威特	21.5	73.1	94.7	0.33	218.9	1.0	2.0	7.0	98.7
中立区	3.9	12.3	16.2	0.15	82.0	1.0	2.0	4.0	18.2
伊 朗	33.0	60.1	93.1	0.80	75.1	11.0	19.0	55.0	112.1
伊 拉 克	17.0	50.7	67.7	0.44	115.2	15.0	35.0	80.0	102.7
阿 联 酋	9.0	45.7	54.7	0.46	100.2	3.0	5.0	13.0	59.7
阿 曼	2.0	5.1	7.1	0.15	33.6	0.4	1.0	4.0	8.1
其 他	6.1	7.5	13.4	0.24	31.5				13.4
% 按平均API重度的 原始储量		<20°	20~25°	25~35°	>35°				
		4	2	61	33				
亚洲/大洋洲	29.9	47.8	77.5	1.94	24.7	37.0	63.0	163.0	140.5
中 国	10.8	23.6	34.3	0.84	34.0	20.0	35.0	93.0	69.3
印度尼西亚	11.4	8.8	20.2	0.47	18.8	4.8	7.9	17.8	28.1
马来西亚/文莱	3.0	4.1	7.1	0.22	18.8	3.0	4.5	10.0	11.6
印 度	1.7	6.2	7.8	0.20	31.3	1.4	2.5	6.8	10.3
澳大利亚和新西兰	2.2	2.0	4.2	0.19	10.6	2.3	4.0	10.5	8.2
其 他	0.8	3.1	3.9	0.03	103.0	3.0	5.2	14.6	9.1
% 按平均API重度的 原始储量		<20°	20~25°	25~35°	>35°				
		3	2	28	67				
南 极 洲						0	0	19	
世界总计	524.0	795.4	1319.1	19.72	40.3	262	425	926	1744
% 按平均API重度的 原始储量		<20°	20~25°	25~35°	>35°				
		5	8	52	37				

表 1B 世界常规天然气估算的原始储量和最终可采资源 (单位: 万亿英尺³)
和世界天然气液态产物已确定的储量和未发现的资源量 (单位: 10 亿桶)

国家	天然气					天然气凝析油					
	累积 产量	确定的 储量	原始 储量	1984年 产量	储/采比	未发现的 资源			最终 资源	确定的 储量	未发现的 资源 众数
						95%	众数	5%			
北 美	707.9	502.8	1202.0	23.10	21	447.7	698.8	1364.0	1898.8	14.9	10.5
美国	635.1	326.9	962.0	18.08	18	185.0	272.0	474.0	1234.0	12.1	10.1
加拿大	56.9	99.2	149.5	3.59	25	153.3	292.0	645.5	483.2	1.6	3.8
墨西哥	15.8	76.7	92.5	1.43	11	70.4	118.9	291.3	211.4	1.2	1.8
其 他	<0.1	<0.1	<0.1			1.0	2.0	6.0	2.0		<0.1
南 美	26.3	123.5	149.9	1.90		82.0	143.0	398.0	292.9	1.9	2.2
委内瑞拉和特立尼达	12.0	74.6	86.6	0.66	64	20.0	40.0	140.0	128.8	<0.1	0.6
阿根廷	6.2	23.6	29.8	0.51	113	10.0	25.0	75.0	54.8	0.4	0.4
巴 西	1.0	2.9	3.9	0.22	46	10.0	40.0	100.0	43.7	<0.1	0.1
哥伦比亚	1.7	6.3	8.0	0.18	12	7.0	12.0	30.0	20.0	0.1	0.2
厄瓜多尔	0.4	2.9	3.3		34	1.0	6.0	13.0	9.3	<0.1	0.1
秘 鲁	0.8	3.8	4.6	0.04	103	2.0	10.0	40.0	14.6	0.1	0.2
其 他	4.3	9.6	13.8	0.29	33	5.9	10.0	24.0	23.8	0.1	0.2
欧 洲	131.3	297.4	428.6	8.35	35	93.2	147.5	301.2	517.2	4.5	2.2
西 欧	94.2	269.5	369.7	6.30	42	93.2	147.5	301.2	517.2	4.0	2.2*
英 国	18.3	58.5	76.8	1.21	48	8.0	16.0	28.0	92.8	0.9	0.2
挪 威	5.2	128.2	133.3	0.99	129	55.0	140.0	240.0	273.3	1.9	1.7
其 他	70.8	82.8	153.6	4.11	20	8.8*	16.4*	27.3*		1.2	0.2
东 欧	37.0	27.9	64.9	2.05	13					0.4	—
罗马尼亚	24.0	12.0	36.0	1.24	9					0.2	—
其 他	13.0	15.9	28.9	0.81	19					0.2	—
苏 联	234.1	1275.4	1509.5	19.40	65	739.0	1227.0	2861.0	2819.3	19.1	18.4
非 洲	12.5	234.7	247.2	1.87	125	199.0	335.0	823.0	582.2	3.5	5.0
利比亚	3.1	22.5	25.6	0.22	102	7.0	18.0	55.0	43.6	0.3	0.3
阿尔及利亚	7.4	126.7	134.1	1.24	101	5.6	18.0	53.0	152.1	1.9	0.3
埃 及	0.8	6.8	7.7	0.15	45	8.0	21.0	60.0	28.7	0.1	0.3
突尼斯	0.2	4.5	4.7			5.0	12.0	35.0	16.7	0.1	0.2
尼日利亚	0.7	47.0	47.8	0.26	13	80.0	136.0	340.0	183.8	0.7	2.0
其 他	0	3.5	3.5			70.0	120.0	314.0	123.5	0.1	1.8
中 东	23.1	1186.9	1210.0	1.32	900	645.0	939.0	1856.0	249.0	17.8	14.0
沙特阿拉伯	3.9	135.2	139.1	0.15	926	200.0	300.0	800.0	339.1	2.0	4.5
科威特	3.4	46.8	50.2	0.11	425	3.0	5.0	10.0	55.2	0.7	0.1
中立区		18.7	18.7			1.0	2.0	5.0	10.7	0.3	<0.1
伊 朗	9.1	496.6	505.7	0.29	1698	300.0	450.0	1000.0	955.7	7.4	6.8
伊拉克	1.0	34.9	35.9	0.04	944	60.0	100.0	200.0	135.9	0.5	1.5
阿联酋	2.5	115.7	118.2	0.40	287	30.0	50.0	100.0	168.2	1.7	0.8
阿 曼		7.2	7.2			5.0	8.0	18.0	15.2	0.1	0.1
其 他	3.1	331.9	335.8	0.33	1005				335.0	5.0	—
亚洲/大洋洲	38.0	287.3	325.3	2.93	98	344.0	565.0	1283.0	890.3	4.3	8.5
中 国	12.5	24.8	31.3	0.37	67	122.0	203.0	467.0	234.3	0.3	3.0
印度尼西亚	7.5	63.5	71.0	0.73	86	47.0	76.4	166.7	147.4	1.0	1.1
马来西亚/文莱	3.7	60.6	61.2	0.33	184	30.0	50.0	150.0	114.2	0.9	0.8
印 度	0.9	19.2	20.1	0.15	131	8.9	16.5	61.7	36.6	0.3	0.2
澳大利亚/新西兰	4.8	72.9	77.7	0.59	124	35.4	64.1	213.9	137.0	1.1	1.0
其 他	8.8	46.3	54.9	0.73	63	77.2	124.3	280.2	179.2	0.7	1.9
南 极 洲											
世界总计	1173.1	3908.0	5081.1	58.90	66	2650.4	4199.4	8590.8	9280.5	58.6	63.0

*仅指北海。

1. 美国确定储量的估算

除阿拉斯加 (Alaska) 外, 美国已探明储量的定义比本文中“确定储量”的概念更严格。已探明的储量只包括那些地质和工程数据相当可靠, 在现有经济和管理条件下未来几年内从已知油气藏可以开采的石油和天然气储量。储量定义严格的后果是, 即使没有新油藏发现, 一个油田估算的最终可采量也是不断增加的。

除阿拉斯加外, 美国油气田范围的扩大, 可由1966~1979年发表的按发现年编排的最终油气可采数据来说明 (见参考文献8中表3和表14), 根据已知油田储量增长的规律, 计算出增长系数, 然后逐年估算已知油田未来储量的增长。

1979年以后的发现量, 是按70年代的出现率用外推法估算的, 发现率大约为每钻探0.3米 (1英尺) 可得石油储量 2.2×10^3 (14桶), 天然气储量 3.96×10^3 (140000英尺³)。到目前为止, 这些发现量仅有一部分被正式划为探明储量, 其余部分将在1985年1月1日以后, 定为已知油田的修正储量或增长储量。用增长系数估算1979年后的发现量, 划归为探明储量和待分类储量, 以及1979~1980年从已知油气田增加的储量 (见表2计算结果), 因此, 表1A中美国的确定储量包括已知油田内预期的新发现, 新的注水和蒸气驱动项目投产后可能增加的储量, 和已知油藏的扩大。

表 2 已确定的美国油气储量的组成 (1米³=6.29桶, 1米³=35.3英尺³)

	石油(10亿桶)	天然气(万亿立方英尺)
1. 原始储量(截止1980年1月1日)	177.5 ^①	905.6 ^③
2. 已发现油田的原始储量(1980年1月1日~1985年1月1日)	5.6 ^②	56.4 ^④
3. 原始储量(截止1985年1月1日)	183.1	962.0

①包括预测的增加量152亿桶。

②包括预测的增加量38亿桶。

③包括预测的增加量93.4万亿英尺³。

④包括预测的增加量27.5万亿英尺³。

2. 美国以外的储量估算

苏联非官方发表的石油储量估算中, 只有《世界石油》杂志估计为129亿米³ (810亿桶)⁽⁹⁾, 可能包括了未来油田的增加, 这是根据苏联储-采比与美国储-采比对比以及逐个盆地分析得出的最终石油储量分布来推断的。苏联的原始天然气储量是由位于日内瓦的石油咨询公司提供的。

其他国家, 还没有得到可计算油田增长系数的油气储量数据, 但是, 油田增长现象是世界性的, 表1A和1B中仅是预期增长的一部分, 在多数情况下, 有可能通过油田研究和注水、注蒸汽项目的效益分析, 把已知油田储量的增加考虑进去 (见示例⁽¹⁰⁾), 本文考虑了北海、北非、尼日利亚及南部海岸地区。中东 (以色列和土耳其除外), 拉丁美洲和远东 (日本、澳大利亚和新西兰除外) 将来注水开采增加的石油储量。这些地区的油气田已由美国能源部能源资料局详细研究过, 储量估算包括了已知油藏注水和充分开发而增加的可采储量。

为了补偿未报道的储量和不规则的年增加量, 我们也根据以往的开采数据作了调整。已知大油田的产量递减率通常都小于7%/年, 油田储量是增加的, 如果需要的话, 至少可按储-采比14:1进行开采, 除非有证据表明递减率大于7%/年。

表1A也说明了石油原始储量按API重度的分布情况,这些数据来自日内瓦石油咨询公司,德威茨石油数据系统(Duights Petroleum Data System),和公布的石油统计资料。多数国家集总的数据库基本齐全,正如图2和表1A所示,世界常规石油原始储量的89%高于API重度25,52%的API重度介于25~35之间,37%的API重度高于35,而仅有5%在API重度20以下,API重度低于10的原始储量也许不到1%。由分析计算出的重质原油量约为105亿米³(660亿桶),但研究了各个油田和地区的情况之后,我们有证据证明,重质原油储量在386亿米³(2430亿桶)以上(见第6节),重质原油储量增加的最终结果将改变按API重度分析的分布特点。

天然气确定储量的估算(表1B)是根据国家的统计资料,单个气田的数据是非常少的,因为许多地方天然气的开采都是非商业性的,所以,天然气数据一般没有石油数据那样齐全。

三、常规石油未发现资源的评价方法

世界上大部分地区,未发现的经济可采的石油资源是用修改过的delphi⁽¹¹⁾法评估的,目的在于估算经济上可采的资源,但在深水区和极地冰雪覆盖条件下,即使尚未表明技术经济上可采,我们也估算了大油田的最终可采储量。我们用其他来源的资料估算了美国和加拿大的未发现资源,对加拿大来说,我们了解加拿大地质调查局资料评价秘书处正在进行的工作,他们的成果不仅可靠,而且比我们预期能得到的更新。关于美国,联邦地质调查局正在作新的评价,但是,评价结果到1988年才能得到,因此,本文中选用壳牌石油公司(Shell Oil Company)的最新报告来进行评价。

某些部分,我们完全修改了以前的研究结果,并重新评价了上届石油会议报告的盆地,大部分重新评价的结果进一步证实了以前的结论,因此,新的工作,包括不同的数据和资源计算方法,起到了对研究成果提高可靠性和可信度的作用。总起来说,在资料充分和可用的现阶段,对重大的石油远景地区都进行了评价的。

我们的评价方法要求研究已勘探过的地区,特别注意控制石油资源分布、质量和数量的地质因素。主要的研究要素是各盆地的体积、面积、岩石性质及已确定模拟盆地的可比性,通过准备工作都取得了统一标准。此外,发现率的历史数据和工程项目如有可能就都编制成图表。根据这些数据和分析,通过相似盆地的体积对比法,绘制勘探发现和采油曲线或者探区分析,计算出了一组资源数据。

评价方法本身带有主观性,地质研究和资源计算结果都提交给世界能源资源规划研究小组的地质家了,他们中的每一个人都以当前经济上可采的资源为依据,作出各自的评价,对各评价区作出的初步评价如下:

- (a) 相应于概率95%以上的低资源估价;
- (b) 相应于概率5%的高资源估价;
- (c) 相应于最大概率分布的最可能发生的资源估价值。

然后公布各个估算结果并取用平均值,最终结果是根据每个评价者的个人经验看法,通过讨论得出的。根据多数意见,可进行2、3次迭代处理。如果在盆地尚未发现有工业开采价值的石油,那么,盆地有工业价值的石油的概率是主观估计的,并把条件评价调整为非条件评价,最终估算结果是平均值,并把这些数据与对数正态曲线相拟合,用图表显示经济可

采资源量的变化范围, 计算集中趋势的各个统计度量。

评价中的统计学问题与集中趋势的范围有关, 而且还涉及到组合统计范围内大量数值的问题, 理论上, 评价应在整个概率区域内进行计算, 最好的估算公式是有90%的可能性, 石油的实际分布在按95%和5%的概率计算的数值之间出现。然而, 为了实际应用, 常常提供集中趋势的一个数值, 最常用的是平均值, 因为对已知分布来说, 它的概率很容易确定, 而且与其他估算值相加运算方便。评价用的数据很少是齐全的, 失败的勘探活动的不充分报道就更为普遍。最后的结果是不能很好控制低概率(5%)的评价值, 而且常把趋势估计过高端点趋势5%使平均值相对大于集中趋势的其他度量。因此, 比较稳定的中位数和众数能比平均值提供更好的单数概念。此外, 本文的意向不仅在于阐述评价值的范围, 而且还同我们1983年那份报告作对比, 以说明评价工作的发展。因而, 我们还要发表众数, 通过对比, 读者会注意到众数小于中位数和平均值。

评价通常是按盆地做的, 而综合是按国家和地区做的。如果各评价间是相互独立的, 那么, 综合值的许多构成部分使区域评价成为不真实的窄值域。然而, 回顾评价过程, 我们认为各评价之间实际上存在着明显的相关性, 在评价中, 从一个盆地到另一个盆地, 石油分布的概念是相同的, 而且大体上是同一评价小组承担全部评价工作。显然, 虽说盆地之间的地质条件可能是相互独立的, 但石油分布的概念基本上却是相关的, 相关程度究竟多大是不可能确定的, 但我们认为它一般应大于50%, 在进行综合评价时, 人为的选定有75%的相关性^[15]。

四、常规石油储量及其发现率的计算分析

截止1985年1月1日的油气原始储量及其组成部分——确定的储量和累积产量, 按国家和地区总量分别列于表1A和表1B中。石油储量仅比累积产量多50%, 而天然气储量比累积产量大3倍以上, 这一事实清楚的说明, 石油市场的销路比天然气更好, 4年多来, 石油原始储量总计增到240亿米³(1510亿桶), 其中新发现储量占52亿米³(330亿桶), 而其他扩增的储量占188亿米³(1180亿桶)。本文中, 其他扩增的储量特别大, 这是由于上届世界石油会议报告的疏忽所造成的, 美国少算37亿米³(234亿桶)的证实和推断储量; 委内瑞拉没有计算22亿米³(137亿桶)证实储量; 考虑到苏联油田的增加(见第二节中2部分), 本报告增加约32亿米³(200亿桶)储量。更多的扩增储量主要来自较新的北海油田的增长和老油田的重新评价。有趣的是, 几乎全部扩增储量都在中东以外地区, 造成中东在世界储量中所占份额的下降, 由于这种变化的特点, 我们认为, 其变化的范围和数量都是暂时的。

世界石油储量的分布仍然相当狭窄, 大约75%的油气原始储量分布在北美, 已发现苏联和中东地区(见图3和图4)的石油量在16亿米³(100亿桶)以上的仅有22个盆地(表3)。包括苏联的盆地发现的159亿米³(1000亿桶)在内, 全世界总计原始储量为1630亿米³(10260亿桶)。阿拉伯-伊朗地区的一个盆地就占世界已发现石油储量的42%, 占22个主要盆地石油储量的54%。油气的不均匀分布说明了, 能使油气大量生成并圈闭的因素是盆地的固有特性, 而且通常在勘探的初期阶段就已明确了。

在储-采比(R/P)的对比中发现了, 所选领域内的优势和将要增加的证据的另一个衡量标准(表1A), 对世界石油来说, 储-采比为40, 但中东地区的储-采比超过了100, 其他三个主要产油国的储-采比大大超过了50或60, 其他地区的储-采比很少超过10~20的, 通过多数

盆地的对比,特别是同中东地区对比,清楚地表明,不久的将来储量会下降,从而生产潜力也下降。

天然气储量(见表1B)分布也是不均匀的,仅阿拉伯-伊朗和西西伯利亚两大盆地就占世界原始储量的54%。虽然,很有可能天然气储量少极了,但我们认为,天然气生成的地质条件与现有的储量分布是一致的,即使充分报道,我们这个比例也不会有大的变化。因为天然气资源不像石油那样得到了充分利用;所以,天然气的储-采比也没有多大意义。但是,十分清楚,苏联是世界天然气资源最集中的一个地区,市场潜力明显扩大,年开采量为0.55万亿米³(19.4万亿英尺³),而中东地区,年开采量只有368亿米³(1.3万亿英尺³),市场的扩展很不可靠。但总有一天,这个人口较少的地区会在与其他能源竞争中向用户地区输送天然气。

表 3 世界主要石油盆地的石油原始储量

单位: 10亿桶 (1米³=6.29桶)

盆 地	地 区	原 始 储 量	第1个大油田 发现年
Arabian-Iranian Basin	中 东	558	1908
Songliao Basin	中 国	15	1959
Huabei Basin Complex (N. China B.)	中 国	11	1962
Western Siberia Basin	苏 联 (1)		1961
Kura Basin (South Caspian)	苏 联		1969
Volga-Ural Basin	苏 联		1943
Terek-Caspian Foredeep (Mid-Caspian)	苏 联		1946
Barents Sea Basin (incl. Timan-Pechora)	苏 联、挪 威		1962
North Sea Graben System	北 海	32	1969
Sirte Basin	利 比 亚	38	1958
Trias Province	阿尔及利亚、突尼斯	14	1956
Niger Delta	尼日利亚、喀麦隆		
Western Canada	埃 及、几内亚	31	1958
Sedimentary Basin	加 拿 大	16	1948
Permian Basin	美 国	31	1926
Gulf Coast Basin	美 国	28	1930
San Joaquin Basin	美 国	13	1887
Arotio Slope	美 国	11	1968
East Texas Basin	美 国	11	1929
Retorma-Akal Belt	墨 西 哥	27	1960
Tampico-Misantla Basin	墨 西 哥	11	1901
Maturin Basin	委内瑞拉	24	1928
Maracaibo Basin	委内瑞拉、哥伦比亚	55	1914

(1) 推测苏联5个盆地的储量约1000亿桶。

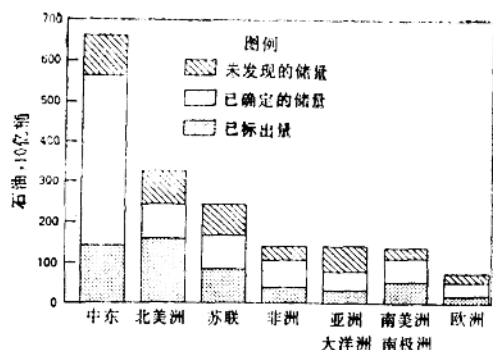


图3 截止1985年1月1日累积石油产量和已确定储量的区域分布以及未发现资源的最可能值

图5表明世界石油每5年的发现量与年产量的对比。把按地区性表示的发现资源归并成三大部分：①图的上部代表中东；②图的中部包括苏联、东欧和远东；③图的底部代表非洲、西欧和西半球。虽然我们努力收集未来增长的各种要素，但前几个5年期间所示的发现量仍然未能如实地反映，图5与上届世界石油会议发表的同类图的对比表明，1960~1965年期间储油几乎没有增加是因为没有大的发现，1965~1970年间发现的油田增加约25%，最近两个5年期间，即1970~1975年和1975~1980年每期发现的油田增加约30%。虽然我们可以期望一些额外的增长，但是，在70年代初就已显示出世界的采油量已经超过了其发现量，80年代初世界对石油的期望还没有明显的减少，而现在大多数人确实感觉到了石油发现与开采之间的巨大差距，虽然过去的10年间世界上进行了空前规模的找油工作，但并没有改变这种局面，很明显，找油的目标正在减少。此外，1970年前的几乎每个5年期间，中东左右着世界油气的发现，虽然目前似乎有下降趋势，其实，即使不发现新的特大含油气区，它也能再恢复控制油气发现的地位。

图6表示以发现和开采数据为基础的每5年期末世界已确定的石油储量。同图5一样，图的上部代表中东；中部代表远东，苏联和东欧，底部代表西欧、非洲和西半球。从图上可以看出，自40年代中期以来，中东就占世界储量的一半以上，虽然1965年后每年的发现量有明显的下降。由于其产量比总储量和发现量小得多，所以才出现这种情况。世界已确定的储量正在缓慢减少，如果世界的需求量没有大的变化，下降趋势将继续下去。

远东/大洋洲，苏联和东欧的储量仍保持相对稳定（图6），但苏联开采的高速度（45亿桶/年或7.2亿米³）和远东及中国的日益工业化，不断需要新的重大发现，才能维持储量水平。图底部所代表的总区域（西半球，西欧和非洲）储量的增长是由于长期积极勘探的结果，50年代初期，南美洲占发现量的大部分，而从50年代末到60年代末，非洲控制着该总区域的发现。70年代，西欧和墨西哥持续的发现率，使该期间已确定的储量仍然处于相对稳定状态。

全世界估算确定的天然气液态产物储量为9.32亿米³（586亿桶）或占估算确定的石油储量的7.4%（表1B），苏联的天然气液态产物储量为估算确定的石油储量的23.6%，美国估算确定的天然气液态产物油储量为确定的石油资源的25.5%，苏联的高百分比是由于天然气液态产物含量虽少，但储量却非常大，而美国储量虽少，但天然气含有丰富的液态产物，由于天然气液态产物的估算是根据天然气的储量进行的，所以，未完全发表的天然气资源使天然气液态产物的估算偏低。

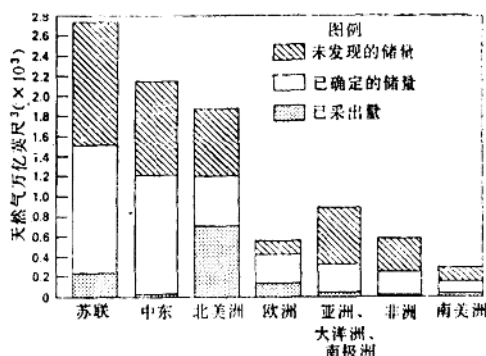


图4 截止1985年1月1日累积天然气产量和已确定储量的区域分布和未发现资源的最可能值