

金庆焕院士 学术论文集

金庆焕 ◎ 著



科学出版社

金庆焕院士学术论文集

金庆焕 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书收集了金庆焕院士从事地质工作以来的重要文献资料,是我国石油地质、海洋地质科学的重要参考资料,反映了金庆焕院士对我国地质事业发展做出的卓越贡献。

本书可供石油地质、海洋地质专业的学生及工作人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

金庆焕院士学术论文集/金庆焕著. —北京:科学出版社, 2014. 10

ISBN 978-7-03-042116-6

I. ①金… II. ①金… III. ①地质学-文集 IV. ①P5-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 231181 号

责任编辑:张井飞 韩 鹏/责任校对:郭瑞芝

责任印制:徐晓晨/封面设计:耕者设计工作室



科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京京华虎彩印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 10 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2015 年 4 月第三次印刷 印张: 12 3/4 插页: 1

字数: 303 000

定价: 198.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)



金庆焕院士

出版说明

中国工程院院士金庆焕先生是我国著名的海洋地质学家和石油地质学家，我国海洋石油地质学的主要奠基人之一和大洋矿产科研的先驱之一。在海洋石油地质领域做出了卓越贡献，在地学界享有盛誉。

本文集收集了金庆焕院士从事地质工作以来的重要文献资料，是我国海洋地质、石油地质科学的重要参考资料。文献来源时空跨度大，各源刊格式标准可能不尽统一，本着尊重历史、忠于原著的原则，所用物理量单位、符号、图例、参考文献等尽量保留原文风貌，未做统一标准的处理。

诚愿以此祝贺金庆焕院士八十华诞！

序 言

中国工程院院士金庆焕先生是海洋地质及海洋石油地质学家，我国海洋石油地质学的主要奠基人之一和大洋矿产科研的开拓者之一。特别是在海洋石油地质学及大洋矿产科研方面做出了重要贡献，在海洋地学界有高知名度。

金庆焕院士自留学归国后，在海洋地质调查生涯的漫长道路上，躬耕实践，勤于思索，宽视野、多领域不断探索，从海洋区域地质、盆地地质分析，到油气有利区带预测和钻探目标评价，特别是早在 1985 年就提出应把烃源岩作为勘探对象的思想。随后通过阅读资料，得知西西伯利亚盆地的上侏罗统特优质烃源岩，其氯仿抽提物达 7%~8%，经钻探获得高达 300t/日的页岩油，并在中石化系统作了介绍。为海域油气勘探注入了新的动力，勘探实践成果丰硕。

金庆焕院士在其学术生涯中，注意国际海洋地学的发展前沿，他锲而不舍、努力工作、刻苦学习，将勘探实践体会流露于笔端，著述颇丰。主笔编写完成了多份相关海域沉积盆地及油气研究和大洋矿产资源评价报告，以及多篇有影响的科学论文。特别是他的《南海地质与油气资源》专著，一直为海洋石油勘探实践者的重要参阅文献，被誉为南海中国海域石油地质研究里程碑式的成果。

为庆贺金庆焕院士八十华诞暨从事海洋地质和石油地质事业六十周年，特选编金庆焕院士近六十年的学术成果集结成册，涉及海洋地质、盆地地质、油气及天然气水合物、大洋矿产等诸多方面内容，其学术思想在众多方面均有重要建树。诚愿以此文集的出版，将有助于广大读者更深入了解金庆焕院士的学术思想和勘探贡献，以立身有道、温润无华的人格魅力影响并进一步推动海洋地质及石油地质学科发展。

A handwritten signature in black ink, consisting of two lines. The top line is a stylized representation of the name 'Jin Qinghuan' (金庆焕), and the bottom line is a smaller, more fluid signature.

2014 年 8 月 1 日

前 言

1963年5月，我在完成莫斯科大学(大学5年，研究生3年半)的学习任务后回到北京，同年10月初被分配到正在筹建的地质部南京海洋地质科研所。

当时深深地觉得自己存在两方面的不足：一是对中国的区域地质、石油地质很不了解；二是对国内的政治环境和人际关系很不了解。应尽快补上这两课，首先是第一课。当时的国内正处于突出政治和反修的非常时期，我被首批分配参加1966年2月至1967年2月两期“四清”，接受贫下中农和工人阶级再教育。

应广东省老省长陈郁同志的请求，并经李四光部长的同意，南京海洋地质科研所南迁广东湛江，开展南海油气资源调查，从那时起我才开始真正进入海洋地质的科研工作。当时我已经36岁了，人生最宝贵的时光已过去近一半。为了不碌碌无为地虚度年华，不辜负党和人民的长期培养，我几乎不分节假日地忘我工作。先后参加北部湾、珠江口外35个岛屿、珠江口盆地、台湾海峡、南沙海域的油气调查和科研，太平洋多金属结核的科研等工作。

1982年以来担任广海局总工程师，承担大量技术管理工作，为履行好总工程师职责我能深入基层与技术干部广泛接触，相互学习，了解情况。

参加工作以来，主持或参与主持的主要地勘及科研报告有：

1. 北部湾地质构造特征和油气远景评价
2. 南海北部海洋地质综合初查报告
3. 珠江口盆地地质构造特征与油气远景评价
4. 台湾海峡及围区中新世地质与油气
5. 南海西部盆地分析与油气评价
6. 太平洋中部多金属结核及其形成地质环境
7. 南沙海域油气地质

在上述报告中出现了一些亮点，如提出北部湾涠西南凹陷是北部湾盆地一级远景区，经勘探证实北部湾盆地绝大多数油气田均位于涠西南凹陷；珠江口盆地东部的油气地质条件优于西部，经四十多年对外合作和自营的勘探证实，目前绝大多数油气田均位于珠江口盆地东部；锰结核的生长期与沉积期相对应，锰结核剖开后有明显见到其生长间断，即结核中纹层之间存在不整合，它与大洋沉积间断相对应。

多次参加国内外学术会议和出国考察，参加三次大型国际会议并在大会上用英语做报告，1990年，以代表团翻译和秘书的身份，参加地矿部赴苏联考察石油地质和海洋地质，以及苏联科累半岛及外高加索的深部钻探地质成果。

参加工作以来撰写或在国内外学术会议上发表论文34篇，主持编写和参与编写专著5部：《南海北部大陆架第三系》、《南海大陆架第三纪古生物图册》、《南海地质与油气资源》、《海底矿产》、《天然气水合物概论》，并编写了石油成因论文集，主持翻译和

校对苏联科学院 1986 年出版的《太平洋中部铁锰结核》一书，并写出该书简介和书评。

我国天然气水合物调查研究起步较晚，较发达国家落后 30 年。1984 年，我参加在莫斯科举行的第 27 届国际地质大会油气组的学术活动，回来后，阅读了大量论文摘要，发表了《海洋油气勘探概况及石油地质学动向》一文，见《海洋地质译丛》(1985, 1)。在文中介绍了固态天然气——未来的重要能源，据估算陆地固体天然气资源量约 1000 万亿 m^3 ，海洋固体天然气资源量约为陆地的 100 倍。

1990 年 9 月考察西西伯利亚盆地，该盆地面积之大、烃源岩有机质丰度之高、类型之好，实属世界罕见。总结出盆地内页岩油和优质烃源岩有关地球化学资料。首次在国内提出把烃源岩作为勘探对象，并向国内介绍西西伯利亚上侏罗统巴涅诺夫组等生油岩相关地化资料及页岩油的勘探成果。

人生是短暂的，仿佛一瞬间我已进入耄耋之年，十分感谢各位领导、老同志和年轻朋友的帮助和关怀，存在很多缺点和不足请多包涵，近几年，行动不便，给大家增添很多麻烦。谢谢大家！

金庆焕

2014 年 8 月

目 录

出版说明

序言

前言

苏联对中太平洋铁锰结核研究的概况.....	1
我国油气勘探简况及新进展.....	7
21 世纪可能的新能源——天然气水合物	10
珠江口盆地上第三系油源的初步探讨	20
海洋油气勘探概况及石油地质学动向	35
珠江口盆地形成机制浅析	41
南沙海域区域地质构造	48
南沙万安盆地油气分布特征	59
万安盆地中部拗陷——巨大的富生烃拗陷	68
洋底新发现的固体矿产资源和西北太平洋构造的有关问题	79
北黄海东部拗陷中新生代构造演化	87
拉曼光谱原位观测水合物形成后的饱和甲烷浓度.....	100
南海曾母盆地油气地质条件及其分布特征.....	107
Southeastern extension of the Red River fault zone (RRFZ) and its tectonic evolution significance in western South China Sea	115
红河断裂带东南的延伸及其构造演化意义.....	132
南海北部陆缘新构造运动对晚期油气成藏的影响.....	145
我国天然气水合物开发技术应用研究.....	154
我国天然气水合物未来勘探开发战略和发展对策.....	162
中国海洋油气资源状况与战略思考.....	175
广州海洋地质调查局五十年.....	181

苏联对中太平洋铁锰结核研究的概况^{*}

金庆焕

南海地质调查指挥部

摘要 本文较详细地评介了苏联科学出版社 1986 年出版的新书《太平洋中部铁锰结核》。该书以“门捷列夫”号考察船几个航次的实际资料为基础,全面系统地总结了中太平洋铁锰结核形成与赋存的规律。本文对中太平洋海区的地质构造及古海洋学、结核类型、底层水与间隙水、结核的生长速率等问题进行了概述。

20 世纪 80 年代以来,苏联采用了旨在缩小调查面积和提高工作精度的地质区块调查方法。《太平洋中部铁锰结核》一书系总结了苏联近几年的调查成果,并广泛参考了美国、西德和日本等国发表的大量文献编写而成。该书共分十章,内容极为丰富,并具有一定的深度。

该书已由地矿部海洋地质研究所、海洋地质调查局及南海地质调查指挥部有关同志翻译,由金庆焕审校,预计年内出版。该书的翻译出版对我国刚起步的锰结核调查和科研定会有较大的参考价值。

现将该书分为以下几个方面问题作一概述。

1 中太平洋的地质构造及古海洋背景

根据深海钻探 116 号孔及地质调查资料,中太平洋海盆的地壳厚度为 5~8 公里,其中层 I 厚度仅数百米,层 II 厚度 1~2 公里,层 III 厚度 4~5 公里。中太平洋海盆最老洋壳为晚侏罗世(约 1.35 亿年)。海盆的玄武岩是在板内构造火山活动体制下形成的。在白垩纪时,中太平洋海盆已属深海环境。在白垩纪早、中期,中太平洋的碳酸盐补偿深度为 4000 米,至坎佩尼-麦斯特里希特阶为 4500 米。海盆以中新世的沉积速率为最高。此时在碳酸盐补偿深度以下发育了放射虫软泥沉积。中新世晚期。这一地区开始出现活跃的南极底流。

深海调查与钻探资料表明:位于克拉里昂和克利帕顿断裂之间的 C-C 区层 I 的厚度为 100~528 米,该区的碳酸盐补偿深度自东向西增大,西部为 4800~5000 米,东部为 3600~3800 米,东部碳酸盐补偿深度减小的原因可能与该区水层底部有机碳流量加强

^{*} 金庆焕,1987.苏联对中太平洋铁锰结核研究的概况——《太平洋中部铁锰结核》一书评价,海洋地质动态,10,1~3,11,5~6。

而导致 CO_2 浓度增高有关,或者,受到东太平洋洋隆的热液作用影响之故;C-C 区的沉积存在明显的不连续性,在有些地段海底直接出露晚始新世放射虫软泥成早渐新世的钙质放射虫软泥。

目前,C-C 区的底流作用较弱,但在更新世(主要是早更新世,即松山地磁反向期的下部)和渐新世时,南极底流作用十分活跃,其结果,一方面导致海底某些地段遭受冲刷,而使较老的沉积层直接暴露于海底;另一方面由于南极底流的冲刷所造成的再搬运和再沉积作用,使 C-C 区的大部分地段第四系厚度比较稳定。

赤道太平洋的表层水团具有较高的生物生产力。而位于其南北两侧的亚热带海域,由于南北热带锋线分割了赤道环流系统和巨大的亚热带反气旋,在这一反气旋中循环着生物贫乏的亚热带水团。太平洋的亚热带海域被称为海洋沙漠,这不仅由于其气候干燥,更主要因其水团的生物生产力极低。赤道太平洋的生物生产力由东往西降低。

2 锰结核的类型

根据目前的研究成果,可划分出沉积型(或水成型)和成岩型两类锰结核。

沉积型锰结核是由水体中呈胶体状态的金属元素沉淀而成。有机碳酸盐贝壳溶解后所提供的各种状态金属元素赋存入水体中,由于有机质的分解,在中太平洋的 800 米水深处存在一个含氧量极小区。在这里四价锰被还原成二价锰,形成二价锰的极大区,并往下扩散。随后由于氧的增加,二价锰被氧化成四价锰,这类氧化锰胶体水化物具有较大的比面积,对溶于水中的金属元素是一种良好的吸附剂,因而形成了锰结核。

沉积型锰结核具有以下一些特点:①结核表面比较光滑;②结核的 $\text{Mn}/\text{Fe} < 2.5$,铁、钴、钛和铅的含量较高,属于铁质矿物相;③形态多的为葡萄状,另外,这类结核具有较薄的同心圆或放射状构造;④这类结核与底质类型无关;⑤结核生长速率高,但结核中有用金属元素含量相对较低;⑥结核中的矿物以偏锰酸矿为主。

成岩型锰结核属于锰质矿物相,其形成与深海放射虫软泥的成岩过程有关。在成岩早期,放射虫软泥处于半液体状态,由于有机质的缓慢分解,pH 和 Eh 递减所造成的地球化学环境使沉积物中的四价锰还原成二价锰。二价锰具有较高的溶解度,造成沉积物间隙水中二价锰增加,并垂直向上扩散到沉积层顶面。底流的脉动作用导致半液态的放射虫软泥被周期性地搅混。这样,沉积物上部锰富集的过程得以持续不断。

成岩型锰结核具有以下一些特点:①结核的表面比较粗糙;②结核中 $\text{Mn}/\text{Fe} > 5$,锰、铜、镍、锌的含量较高;③这类结核一般为单核,并具有较厚的层状同心圆构造;④成岩型结核与底质的地球化学环境关系密切;⑤这类锰结核生长慢,但微量元素含量较高,且与锰结核联系较紧密;⑥结核中的矿物以钡镁锰矿为主。

较低的沉积速率和较强的底流作用是形成锰结核的有利因素。调查资料表明,在海底面以上约 200 米处已不存在高速度的底流。因此,现代沉积物主要发育在深海丘陵的顶部和斜坡上,同样,在这些地段发育有高丰度、低品位的沉积型锰结核;而在深水注

地内, 由于高速底流的冲刷作用, 往往形成低丰度、高品位的锰结核。

由于海底滑坡作用导致不同成因类型和形态的锰结核混杂于一处: 这为辨别锰结核的原始地质产出条件、成因类型及实验室测试带来困难。

锰结核的核心部分往往由硅藻、有孔虫、放射虫、鲨鱼齿等有机残屑及火山岩碎屑和宇宙尘等组成。

在太平洋赤道区, 不仅海底表层赋存有锰结核, 有些地段于表层以下 20 厘米和 6~7 米处尚有埋藏锰结核。有的埋藏锰结核密集成层。在太平洋北部赤道带, 埋藏锰结核的 49% 赋存于更新世至上新世沉积层中。而在太平洋北部近赤道带, 埋藏的高丰度锰结核赋存于更新世至始新世沉积层中。经查明, 在几千万年内, 有些地段见到三层埋藏锰结核。

有些学者认为: 在半液态的沉积物表面之所以能赋存相当致密的锰结核是由于海底沉积物中存在一种能将锰结核上挤的弹性力; 一旦这种弹性力消失, 锰结核被新的沉积物所覆盖而成为埋藏锰结核。

3 底层水与间隙水

研究底层水和间隙水中的金属元素的浓度、赋存状态及其他地球化学性状对探讨锰结核和锰结壳的形成具有十分重要的意义。

各种金属元素在底层水和间隙水中主要以胶体状态存在, 但在这两类水中锰、钴呈悬浮状态和胶体状态的含量亦有差别, 底层水中粗悬浮状态锰和钴的含量比间隙水中少, 而它们的胶体状态则相反。

在间隙水中悬浮状态钴的浓度比底层水中低。镍和锌在间隙水中主要呈溶解状态, 在底层水中亦未见到呈悬浮状态的镍。

底层水中的金属浓度要比上覆水层的高, 在放射虫带的底层水尤其如此。

间隙水中锰、铁、镍、铜等金属元素浓度要比底层水中高, 其中锰在间隙水中的浓度要比底层水的浓度高出五个数量级。但在某些特殊情况下, 其浓度可产生倒转, 形成浓度梯度负值。

由于沉积层的成岩作用所造成的间隙水和底层水之间金属元素的浓度差, 在底层水和海底界面上由扩散作用产生金属流。深海沉积层通过成岩作用进入底层水的金属流强度按下列顺序排列: 钙质软泥—硅质黏土—红色黏土。

金属元素在间隙水中的迁移现象确实存在。不同层位间隙水的化学分析表明, 铁、锰、铜等元素在间隙水中的含量由下而上增加。另外, 在横向上靠近锰结核的沉积物间隙水中锰的含量低, 而在远离锰结核的沉积物间隙水中锰的含量高, 这表明金属元素通过间隙水自下向上迁移, 并被锰结核吸收。

理论计算表明, 为保持锰结核中等生长速度, 需要来自沉积物至底层水的金属锰流量为数十至数百微克/平方厘米千年, 而所需的金属铜流量要比金属锰少得多。

锰结核和沉积物是迁移金属元素的最有效的吸附剂, 但两者对底层水和间隙水中迁移金属元素的吸附能力差别较大。锰结核从底层水中吸收钴和镍的能力比沉积物从底层

水中吸收钴和镍要强,只有铈是例外,锰结核从底层水中吸收锌的量要比从间隙水中吸收的量少。

沉积层间隙水中的金属元素或者被锰结核所吸收,或者被沉积物所吸收。在一个地区如锰结核和沉积物对金属元素的吸收能力相近,则这一地区的结核丰度较低。实验分析表明:在结核丰度较低的底层,沉积物吸收间隙水中锰钴等元素的60%;而在无结核的深层,沉积物吸收间隙水中90%以上的锰和钴。

由于沉积层间隙水中金属元素的由下而上迁移,在沉积物-海水界面上存在一系列地球化学参数梯度(即地球化学障壁区)。这一地球化学参数梯度值虽不大,但它在较长的地质时期内(以数百万年计)对锰结核的形成起着重要的作用。

4 锰结核(壳)的生长速率

在太平洋中部,锰结核的生长速率低于沉积速率,其间相差2~3个数量级,并且各地段的锰结核生长速率亦不相同。

绝大多数锰结核直接出露于由不同时代沉积物覆盖的海底。在大洋边缘沉积速率较高的半深海地区,锰结核赋存于由全新世沉积覆盖的海底,锰结核的形成时间为全新世。在沉积速率较低的太平洋深海区,锰结核覆于由更新世至始新世的不同时代沉积组成的海底面上,一般来说,海底出露的沉积物的时代即为锰结核形成时代的下限。但事实上往往不是如此,锰结核的开始生长期通常与十分缓慢的沉积期和沉积间断期相一致。资料表明:在3.5百万年和12百万年前,曾分别出现过两次南极底流活跃期,此时的古海洋和沉积环境有利于锰结核的形成。在沉积间断期,锰结核依靠底层水中金属元素的不断供应而生长;而在恢复沉积作用后,锰结核的生长则主要依靠间隙水供应金属元素。

当沉积速率 >3 毫米/千年时,锰结核则停止生长。如这种地质条件持续一段时间,锰结核或被埋藏。

锰结核年龄的测定方法可分为直接法和间接法两大类。

直接法是测定 ^{230}Th 、 ^{231}Pa 、 ^{234}U 和 ^{226}Ra 等铀系放射性同位素,利用 ^{10}Be 和 ^{26}Al 等宇宙成因的放射性同位素以及K-Ar在锰结核中的剩余含量及其变化来计算锰结核的年龄。结果表明,应用这类方法测得的锰结核生长速率为几毫米/百万年。需要指出的是:根据 ^{226}Ra 含量所限取的锰结核生长速率为0.7~65毫米/千年,即比其他直接方法测得的锰结核生长速率高出几个数量级;另外,由于锰结核往往不具有正常的层状结构,因此在进行分层测年时会导致不同年代矿层的混淆。

间接方法是根据古生物、古地磁、氨基酸、玄武岩橙玄玻璃化程度等资料来确定锰结核的生长速率。

根据锰结核中所含钙质超微化石,测得其生长速率为1~39毫米/百万年。

深海锰结核根据所测定的布容-松山期磁极性倒转,计算其生长速率为几毫米/百万年。而半深海锰结核由于生长较快,未进入布容-松山期磁极性倒转,因此应用古地磁法不可能求出这类锰结核的生长速率。

当锰结核的核心由骨质碎屑组成时,则可根据氨基酸的消旋作用测出其核心的年龄。按此方法计算的锰结核生长速率为 0.4~10.3 毫米/百万年。

应用此方法的前提是假定骨质碎屑一旦下沉至海底后,在其周围即开始形成锰结核。

当锰结核以玄武岩碎块为其核心,锰结壳以玄武岩为其基座时,可用 K-Ar 法测定玄武岩的年龄作为其生长的下限年龄,进而推算出两者的生长速率。但玄武岩喷发后并非立即在其上生长锰结壳,而往往经历一段水下风化作用,故所推算的锰结壳生长速率一般均偏小。鉴此,目前采用玄武岩的橙玄玻璃化程度来测定锰结壳的生长速率。资料表明:玄武岩的水下风化速率为 2~4 毫米/百万年,玄武岩经受水下风化后形成橙玄玻璃层,根据橙玄玻璃层厚度求取锰结壳开始生长的下限年龄,进而计算出锰结壳的生长速率(一般为 2~20 毫米/百万年)。

在北太平洋海区,有些学者根据锰结核中示踪原子上⁵⁴Mn 的含量,计算出锰结核的生长速率为 7.7~11.4 毫米/百万年(而在东太平洋隆起则高达 33~816 毫米/百万年)。

在西北太平洋的锰结核中可分出四层含锰异常层,它们均与第四纪四个冰期相对应。经计算,求得结核单层的生长速率为 2~5 毫米/千年。

5 关于锰结核的几个问题

(1) 有机质对深海沉积成岩作用起主要作用。由于有机质的分解提高了介质的碱度和还原环境,使四价锰被还原成易溶的二价锰而进入间隙水中,随后与其他元素一起向上迁移,最后加入锰结核。

系统的柱状取样分析表明:在放射虫软泥表层有机碳含量为 0.25%~0.48%,而在 10~20 厘米深处,降为 0.1%~0.2%,相反,由下而上二价锰在放射虫软泥中的含量却增至 10%。

(2) C-C 区的锰结核主要富集于南北两个矿区(南矿区:北纬 5°~6°;北矿区:10°~12°)。而位于两矿区附近的赤道带轴部锰结核较少。

就底质类型而言,锰结核主要赋存于放射虫软泥上,C-C 区的放射虫软泥主要是在早中新世、中中新世和更新世时形成的。而 C-C 区的赤道带轴部,因中中新世时碳酸盐加速沉积而不利于锰结核的形成。

(3) 锰结核的上半部属沉积成因,而其下半部则属成岩成因。由于成因上的差异,锰结核的上半部和下半部在形态、矿物类型、金属元素组成及含量、结核的生长速率和结核的单层厚度上均存在较大的差异。

锰元素的价态亦存在差异,锰结核上半部的二价锰含量远比其下半部高数倍,其原因是二价锰通过间隙水向上迁移加入锰结核的下部后即遭氧化变成四价锰。

海底箱式取样提供锰结核的原始地质产状,因此分析这类锰结核样品为揭示其上半部和下半部的差异提供了可能。

(4) 锰结核(壳)不仅其生长速率较低,而且在其形成过程中往往出现间断,这是由

于锰结核(壳)的形成受控于古海洋和沉积环境。目前认为:锰结壳的生长与南极底流活跃期密切相关。调查和研究资料表明,中太平洋莱恩海山的锰结壳最厚为8厘米。可分出两个主要生长期:根据测年结果较年轻的外层结壳的年龄小于12~14百万年,即与中新世中晚期的南极底流活跃有关;而较老的内层锰结壳的测年资料为38~45百万年,恰与始新世晚期—渐新世早期南极底流活跃相吻合。

当深海的沉积速率大于锰结核的生长速率时,锰结核则停止生长。而锰结核的形成可能主要与晚中新世和更新世两次南极底流活跃期密切相关。

鉴此,在计算锰结核(壳)的平均生长速率时必须注意这特点。

我国油气勘探简况及新进展*

金庆焕 苏向学

南海地质调查指挥部

1 勘探简况

我国早在公元前 256~251 年,就在四川省邛崃县钻盐井时发现了天然气。新中国成立前,我国先后在台湾、陕西延长、甘肃老君庙、新疆独山子、四川隆昌等地发现并开采了石油和天然气。新中国成立后,我国的地质学家大力开展油气普查工作,取得了重大进展。1963 年,实现了石油基本自给。

1973 年开始出口原油和成品油,改变了石油输入国的地位。1978 年以来,原油年产量一直保持在 1 亿吨以上。1984 年,年产原油量 1.1453 亿吨,出口原油 2223.75 万吨。

我国陆地上沉积岩分布面积约 424 万平方公里,其中海相沉积岩分布面积约 250 万平方公里,陆相沉积岩分布面积约 360 万平方公里(包括古海相沉积岩分布重叠的地区),可供寻找石油的区域约 390 万平方公里。陆地上沉积岩总体积约 2000 多万立方公里,可能的生油岩总体积约 480 万立方公里,此外,我国还有 120 多万平方公里的大陆架,具有找油远景的海域达 80 万平方公里。

我国共有各类沉积盆地 340 多个(其中面积大于 1 万平方公里的有 60 多个),目前已钻探了 30 多个盆地,在 15 个盆地约 33 个油气区中发现油田 219 个,气田 71 个,在 50 个盆地内见到了油气显示。目前,我国已建成和基本建成 16 个油气生产基地,主要有大庆、胜利、任丘、辽河、中原、大港、克拉玛依、南阳、吉林、江汉和苏北。

外国专家估计中国的石油资源量大致是 300~1000 亿吨。我国地质学家认为,300~600 亿吨比较稳妥。许多油气资源丰富的地区,只探明了浅部的一部分储量,还有很多地区没有很好地进行普查勘探。这些都说明,油气资源的潜力确实很大。

2 陆地油气普查的新进展

1981 年以来,我国陆地油气普查取得了较大的进展。在东部地区突破了复合油气藏的勘探,在西部地区突破了逆掩断层带的勘探,从而打开了新的找油找气领域。1981~1984 年,中国新增石油地质储量约 20.6 亿吨,并且出现了持续增长的趋势。

* 金庆焕,苏向学.1985.我国油气勘探简况及新进展(中英文).CCOP 第 22 届年会论文集。

在胜利油田,继发现孤东大油田之后,最近又在东营以南 10 公里处的万全村附近发现一个新的富集高产含油区,在已打完的 11 口探井中,井井见油。其中已试油的 5 口井中,最高日产原油 240 吨。这个含油区油层厚度大,现已初步控制含油范围 50 平方公里。

在辽河油田,位于沈阳市西北的一个地区,新找到一个面积约 800 平方公里,石蕴藏量达 1.4 亿吨的油田。据已喷油的 41 口井统计,平均日产原油已突破 1000 吨大关。

在中原油田,新找到一批储量可观的含油构造。其中白庙探区,有一口井日产天然气 20 多万立方米;文留构造带上的一口井日产原油 259~325 立方米。

在华北油田,位于大王庄东北的一口井,于震旦亚界白云岩中获得日产原油 114 立方米、天然气 10 万立方米。这也是目前我国第一口井深超过 5000 米的工业油井。

在塔里木盆地,位于沙雅隆起上的一口探井于 5000 米以下的奥陶系海相碳酸盐岩中获得工业油流,日产原油 1000 多立方米,气 200 万立方米。经三个地震队的地震勘探,初步估计塔里木盆地的油气资源量远远超过新疆全区已探明的储量。

在准噶尔盆地,乌尔禾地区和老油区打出一批日产 50~100 吨的油井。说明在目前的克拉玛依油田下面,还有一个比克拉玛依更大的油田。

在松辽盆地南部,经过四年地震勘探,圈出有希望的含油圈闭构造 25 个,在德惠凹陷钻获天然二氧化碳气工业气流及凝析油。

在二连盆地,1985 年探明可采储量 1 亿吨。

在四川盆地,发现了七个新的含气构造。特别是发现了生物礁高储层,开辟了新的找气领域。1985 年又在两个新的构造和一个断裂带获得了工业气流。

在苏北盆地,黄桥地区于上古生界试获日产 73 万立方米的天然二氧化碳气。

3 海上油气勘探的新进展

我国地质学家早在 20 世纪五十、六十年代就开始调查沿海石油资源。石油普查勘探从陆上大规模转向海洋,则始于七十年代。先后在沿海地区发现了渤海、黄海、东海、南海珠江口、北部湾、莺歌海和台湾浅滩南七大含油气盆地。

我国近海石油工业的真正兴起,是在八十年代初。根据我国新制定的对外开放政策,中国海洋石油总公司于 1982 年初开始海上石油对外合作的第一轮招标。至 1983 年底,与九个国家 27 家石油公司签订了 18 个石油勘探开发合同。第二轮招标目前正在进行中。

在渤海,中日合作区已完成探井 27 口,发现和证实了 8 个含油构造,有 18 口井见油气流。在埕北油田,完钻的生产井已达 56 口,从 1985 年 9 月起已开始正式生产。目前,仅有 6 口井生产,全部油井投产后,可年产原油 40 多万吨。

在南黄海,1981 年由 BP 公司钻了两口基准井。1983 年后,在南部合同区钻了三口探井,有一口井见油。在北部合同区尚未钻探。

在东海,继平湖一井突破工业油流后,最近又钻了两口井,玉泉一井和灵峰一井都见到了油气显示。另外,在该海区钻遇始新统、古新统海相地层并首次钻遇片麻岩基