

戴金星天然气地质和
地球化学论文集(卷二)

石油工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

戴金星天然气地质和地球化学论文集(卷二)/戴金星著.
北京:石油工业出版社,2000.10
ISBN 7-5021-3180-9

. 戴...
. 戴...
. 戴金星 - 文集
 石油天然气地质 - 文集
 天然气 - 地球化学 - 文集
. P618.130.2-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 76577 号

石油工业出版社出版
(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)
北京施奈德自动化录入排版中心排版
北京密云华都印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 18.5 印张 2 插页 460 千字 印 1—1000

2000 年 10 月北京第 1 版 2000 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-3180-9 TE·2413

定价:35.00 元

前 言

晚霞染满半个天际的一个仲夏傍晚,终身任乡村教师的父亲牵着我的手来到流淌过村中间的小河畔乘凉。河水湛蓝涟漪,微风吹拂着劳累了一天农民们和大小孩子的脸庞,自然为人们解暑。突然河中一处翻起黑水,还带上烂枝败叶并不断有水泡上冒,过一会河面恢复平静。由于这现象一年发生几次,乡亲多以龙脉所致或以迷信解释。但当时父亲对我说这是水底气上冒形成的。这虽是近六十年前的事了,但铭刻在我童年的记忆中,在近三十年我从事天然气地质和地球化学工作后,方才省悟父亲是我从事天然气研究的启蒙老师。

《天然气地质和地球化学论文集》“卷二”与“卷一”不同的是,除了从我至今发表的150多篇论文中选出外,还有少数论文是从我的专著中辑选的。这些论文均为我独著或是第一作者。“卷二”和“卷一”一样按专业分为三篇,即天然气地质篇、天然气地球化学篇和地学拾零篇。每篇基本按论文发表时间由老至新排序,但天然气地质篇中为了突出大中型气田,把三篇有关大中型气田的论文排放在前面。入选的论文都为发表时原貌,仅对其中由于排版所致个别错别字和错处作修正。由于论文发表时间早晚不一,对早期一些论文特别是成文于“文革”时期的或80年代前的发表论文,因当时对文献没有统一要求,故文献只能基本上按原样,以如今要求显然是美中不足的。在“卷二”校编过程中也发现个别图有遗漏,如“生物礁含油气性及其勘探”的图10中图注有“—”及说明,但图面上却没有“—”。为此,查找俄文原文(, . . . , . . . , 1967, No. 3. 49 - 54),原图就漏缺“—”,所以这样缺点就无法补救,敬请读者原谅。

十分庆幸“卷二”是在我国天然气勘探持续大好形势下,宏伟的“西气东输”工程即将启动时出版的。我非常欣慰能为祖国天然气工业快速发展尽了一份力量,能为我国最大两个气田——长庆气田和克拉2气田的发现提前4至5年多次进行科学预测,“卷一”和“卷二”有关论文涉及到这些预测。最近科学普及出版社出版的“心迹——中国院士实话实说”丛书中有个请院士回答得问题,即“您目前最想做的事?”,我回“为祖国天空更碧蓝,为我国将来年产1000亿立方米天然气贡献一份力量。”

作 者

2000年10月15日

作者简介

戴金星 1935 年 3 月生于浙江省瑞安县霞川村,1961 年南京大学地质系毕业。1995 年当选为中国科学院院士。中国科学院地学部第八、九、十届常委、国务院学位委员会第四届学科评议组成员、国家自然科学基金委员会第七、八届学科评议组成员、中国地质学会地质学史研究会副会长、北京市科协常委、中国矿物岩石地球化学学会理事;南京大学、浙江大学、中国科技大学、西北大学、石油大学和青岛海洋大学兼职教授;《天然气地球科学》、《地质科学》、《石油学报》、《石油与天然气地质》、《China Oil and Gas》、《天然气工业》、《石油实验地质》、《中国海上油气》(地质)、《勘探家》、《高校地质学报》和《南京大学学报》(自然科学)的副主编或编委;气体地球化学国家重点实验室学术委员会副主任、有机地球化学国家重点实验室学术委员会委员、油气藏地质及开发工程国家重点实验室学术委员会委员;中国石油勘探开发研究院教授级高级工程师,曾任天然气研究室主任;享受政府津贴、博士生导师。

戴金星近三十年来从事天然气地质和天然气地球化学研究,是我国天然气学科的主要带头人。他在建立和发展中国煤成气理论、开辟煤成气勘探新领域、各类天然气鉴别理论、无机成因气及其气藏形成条件、大中型气田形成和控制条件及其有利区预测诸方面有重大的建树和贡献。对我国最大的两个气田——长庆气田和克拉 2 气田的发现在 4 至 5 年之前提出科学预测,为中国近期天然气工业快速发展作出重大的理论贡献,故被誉为“中国天然气权威”和“我国煤成气的先驱”。

1998 年和 1999 年他先后主持了南京国际煤成烃学术研讨会和杭州国际碳酸盐岩油气学术研讨会。曾因公赴德国、美国、加拿大、澳大利亚、新西兰、俄罗斯、英国、法国、意大利、奥地利和印度参加学术会议、访问和考察。在中、英、美公开发表论文 150 多篇;出版著作 19 部(3 部为英文,2 部为译著),其中独著或第一作者和主编的 14 部,如:《天然气地质学概论》、《中国天然气地质学》(卷一、卷二)、《中国东部无机成因气及其气藏形成条件》、《中国大中型天然气田形成条件与分布规律》、《天然气地质研究新进展》、《中国天然气的聚集区带》、《Treatise of Natural Gas Geology and Geochemistry in China》、《戴金星天然气地质和地球化学论文集》(卷一)、《Conditions governing the formation of Abiogenic Gas and Gas Pools in Eastern China》和《中国煤成大中型气田地质基础和主控因素》等。

戴金星 1986 年、1991 年和 1996 年先后三次获得国家科技攻关先进个人奖。1987 年和 1997 年两次获国家科技进步一等奖(均为第一名主要贡献者),并先后多次获部级科技进步一、二等奖。

(秦胜飞、夏新宇)

目 录

天然气地质篇

中国大中型气田有利勘探区带.....	(3)
中国大、中型气田形成的主要控制因素	(8)
中国煤成大中型气田形成的主要控制因素	(22)
生物礁的含油气性及其勘探	(32)
我国台湾油气地质梗概	(50)
关于煤系生成天然气量的计算	(59)
向斜中的油、气藏.....	(64)
苏联气田和天然气储量分布的若干特征	(67)
煤成气的研究、勘探与前景展望.....	(92)
中国气藏形成与富集的主要控制因素初探	(95)
天然气在我国未来的能源中占有重要地位.....	(101)
近四十年来世界天然气工业发展的若干特征.....	(105)
无机成因油气理论的梗概.....	(111)
国家“八五”天然气科技攻关丰硕成果梗概.....	(119)
中国含油气盆地中无机成因烷烃气及其气藏初探.....	(125)
论中国东部和大陆架二氧化碳气田(藏)及其气的成因类型.....	(134)
我国天然气资源及其前景.....	(153)
中国煤成气研究二十年的重大进展.....	(158)

天然气地球化学篇

煤成气的成分及其成因.....	(175)
四川威远气田多源气藏的成因分析.....	(184)
天然气碳氢同位素特征和各类天然气鉴别.....	(190)
无机成因气的地球化学依据.....	(229)
中国煤成气的地球化学进展梗概.....	(234)
渤海湾盆地和鄂尔多斯盆地氦同位素组成特征及其对含气性的意义.....	(241)
长庆气田奥陶系风化壳气藏气源研究.....	(247)

地学拾零篇

从油气形成探讨煤变质的温度.....	(259)
我国古代发现石油和天然气的地理分布.....	(267)
煤成油的若干有机地球化学特征.....	(276)
五大连池天然气探源.....	(283)
黑油山——油苗博物馆.....	(287)

SELECTED WORKS OF NATURAL GAS GEOLOGY AND GEOCHEMISTRY (V.2)

Contents

Part Works of Natural Gas Geology

Exploration plays in large and middle gas fields in China	(3)
Main factors controlling the formation of large - medium gas fields in China	(8)
Major controlling factors on the formation of coal - formed large - medium gas fields in China	(22)
Petroleum - bearing characteristics of bioherms and their oil and gas exploration	(32)
Outline on Petroleum geology of Taiwan, China	(50)
The estimation on gas quantity generated from coal measures	(59)
Oil and gas pools in Synclines	(64)
Characteristics of the distribution of gas fields and their reserves of Soviet Union	(67)
Study, exploration and prospect of coal - formed gas	(92)
A primary discussion on the mainly controlling factors of the formation and accumulation of gas reservoirs in China	(95)
Natural gas will play an important role in China's energy resources	(101)
Characteristics on the development of the world natural gas industry during the recent 40 years	(105)
Outline of the theories on nonbiogenic oil and gas	(111)
Synopsis on achievements in national scientific key research project on natural gas in "the Eighth Five - year Plan"	(119)
Primary study on nonbiogenic alkane gas and its reservoir in China's petroliferous basins	(125)
The CO ₂ gas fields(pools)and gas origin on East China and its shelves	(134)
Natural gas resources and its prospects in China	(153)
Significant advancement in research on coal - formed gas in China during the recent 20 years	(158)

Part Works of Natural Gas Geochemistry

Component and origin of coal - formed gas	(175)
Analysis on the formation on Weiyuan gas field - the multi - source pool in Sichuan Basin	(184)
The characteristics of carbon and hydrogen isotope in natural gases and identification to all	

kinds of natural gases	(190)
Geochemical proofs of nonbiogenic gases	(229)
Review on progress of coal - formed gas geochemistry	(234)
Characteristics of helium isotopic composition in the Bohai Bay Basin and the Ordos Basin and their significance in gas occurrence	(241)
Research on source rock correlation of the Ordovician reservoir, Changqing gasfield	(247)

Part Sidelights in Geology

Discussing coal metamorphic temperature according to the oil and gas formation	(259)
Geographical distribution of oil and gas discovered in ancient China	(267)
Geochemical characteristics of the oil deprived from coal measures	(276)
The natural gas origin in Wudalianchi	(283)
Black Oil Hill—Oil seepage museum	(287)

天然气地质篇

中国大中型气田有利勘探区带

所谓大、中型气田是指探明储量大于或等于 $100 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的气田。大、中型气田的发现和开发,对加速发展天然气工业具有重要意义。例如,中国海上最大气田崖 13—1 气田 1996 年初投入开发,每年向香港和海南省输气 $34 \times 10^8 \text{ m}^3$,使中国 1996 年气产量比 1995 年增加近 20%。

一、中国大中型气田现状

截止 1995 年底,中国(除台湾省外,下同)在松辽、渤海湾、鄂尔多斯、四川、柴达木、吐哈、塔里木、琼东南、莺歌海和东海盆地共发现了 33 个大、中型气田,其中四川盆地发现最多,为 12 个,川东是我国发现大、中型气田密度最大的地区,共发现 8 个大、中型气田。目前中国最大的气田为鄂尔多斯盆地中部气田,其探明储量占全国气层气总储量的 16.4%,在世界排名第 85 位。大、中型气田发育在第四系至石炭系、奥陶系和震旦系中,储层主要为碳酸盐岩和砂岩。大、中型气田主要富集油型气、煤成气和生物气,个别为混合气,如鄂尔多斯盆地中部气田奥陶系气藏中气源为煤成气和油型气的混合气^[1、2]。这些大、中型气田探明储量占全国气层气探明总储量的 72.0%,其中煤成气型大、中型气田探明储量占全国气层气探明总储量的 40.5%,油型气占 31.5%。在大、中型气田探明总储量中,煤成气占 56.2%(在此所说煤成气是指由 C_1 和 C_2 型干酪根形成的天然气,如柴达木盆地生物气大、中型气田,因它是由 C_1 和 C_2 型干酪根生成),油型气占 43.8%。可见,大、中型气田,特别是煤成气型大、中型气田,在中国天然气工业中占有举足轻重的位置,因此研究大、中型气田有利勘探区带具有十分重要的意义。

二、大中型气田的主要控制因素

大、中型气田有利区带的选择是建立在大、中型气田的主要控制因素研究的基础上。中国学者^[3~6]在这方面进行了一定研究,综合起来有以下主要控制因素。

1. 生气中心及其周缘是大中型气田发育的有利场所

生气中心是指生气强度最大区,它是烃源岩厚度、有机质丰度、有机质类型及成熟度等的综合体现。处于生气中心及其周缘不仅可以源源不断地获得高丰度的气源,而且运移距离短,避免了天然气长途运移的大量散失,故易于气的富集而形成大、中型气田。在此所谓的生气中心,与气藏既可以是同层位,也可以是不同层位的,即可在气藏之上或之下,气藏中的气源通过断裂或储层与源岩直接接触。大、中型气田形成要求有一定的生气强度,中国绝大多数大、中型气田发育在生气强度大于 $20 \times 10^8 \text{ m}^3 / \text{km}^2$ 的地方^[3、4]。

2 成气区内古隆起(构造)易形成大中型气田

古隆起(构造)或同沉积构造是早于或与生烃同期形成的圈闭,又位于成气区内,故无论是与主要生烃期的时间匹配上,还是为气藏的保存功能及为二次成藏提供优越条件上,均有利于

富集和保存天然气,从而形成大、中型气田。

3 潜伏的低、中阶煤系中或其上、下与之关联的大中型圈闭有利于大中型气田的发育

煤系是“全天候”的气源岩,能长期不断地提供充足的气源。因此,煤系中或与其关联的上、下的大、中型圈闭易获得充足的煤成气,而形成大、中型气田。尽管成煤作用全过程均可成气,但考虑到运储条件的匹配,低、中煤阶更利于煤成气排出、运移和聚集,如在国内外已经发现了大量这种类型的大、中型气田^[5~7]。

4 成藏期晚形成大中型气田的概率就大

天然气各组分结构简单、分子小、密度小、粘度小和吸附能力小,具有易溶解、易扩散和易挥发的特点。因此,成藏期早的气藏难以保存和聚集大量天然气。例如,鄂尔多斯盆地西缘刘家庄气田,在50Ma中散失天然气量相当于该气田目前储量的266倍,即在这段时期内由于扩散使该气田由中型转变为小型气田。在柴达木盆地第四系发现了台南等三个中型气田,虽然盖层泥质岩孔隙度平均在26%以上,渗透率为 $(0.1 \sim 0.2) \times 10^{-3} \mu\text{m}^3$,即盖层条件不佳,但于是在第四纪后期成藏,仍可形成中型气田。

5 生气区内大面积孔隙型储层有利于大中型气田的形成

生气区内大面积孔隙型储层的发育,既可作为天然气富集的大体积孔隙空间,又可成为天然气运移的良好输导层。四川盆地川东气区由于在 36300km^2 范围内发育一套孔隙度一般大于5%的石炭系白云岩,已在此发现了8个大、中型气田。川南气区主要产层为阳新统裂缝性致密石灰岩,没有发现一个大中、型气田。

6 良好的区域盖层对大中型气田形成有利

盖层及封盖条件是天然气聚集成藏的重要因素,其中区域盖层决定着大、中型气田的形成与否。据戚厚发等统计^[4]:中国16个大、中型气田除文留气藏为盐膏层外,其余15个为泥质岩,厚度普遍大于300m。

三、大中型气田的有利勘探区带

气田的分布是不均匀的,大、中型气田只分布在盆地某些地区和地带。以下将根据大、中型气田的六个主要控制因素综合评价中国主要盆地大、中型气田的有利勘探区带(图1)。

1. 塔里木盆地

该盆地中、下侏罗统含煤地层是主要气源岩之一,在库车、英吉苏和塔西南发育三个沉积中心,同时又都是生气中心^[7]。库车生气中心最大生气强度达 $100 \times 10^8 \text{m}^3/\text{km}^2$,该生气中心北翼保存条件不好,而中心及其南翼则有利于大、中型气田的形成。目前已在南翼轮台凸起上发现牙哈和英买7两个中型气田;塔西南生气中心最大生气强度为 $50 \times 10^8 \text{m}^3/\text{km}^2$,已在生气中心东南部发现柯克亚中型气田,该生气中心及周缘是大、中型气田发育的有利区带;英吉苏生气中心位于盆地东部,过去勘探未予以重视,该生气中心最大生气强度为 $60 \times 10^8 \text{m}^3/\text{km}^2$,应是大、中型气田的有利发育区带(图1)。

塔里木盆地寒武—奥陶系是油型气的一个主要气源岩层,在满加尔坳陷气源岩厚度较大。寒武系碳酸盐岩最大生气强度达 $440 \times 10^8 \text{m}^3/\text{km}^2$,生气中心在满加尔坳陷,紧邻此生气中心北侧的塔北隆起南部与南侧的塔中隆起北部是大、中型气田的有利勘探区带。此外,塔西南麦盖提斜坡也是油型气大、中型气田的有利区带(图1)。

黄第藩、梁狄刚,塔里木盆地油气生成与演化,1995。

图 1 中国大、中型气田有利勘探区带

2 准噶尔盆地

准噶尔盆地南缘天山山前是中、下侏罗统含煤地层沉降中心,也是生气中心,最大沉积厚度为 2000 m,暗色泥岩最厚约 500 m,煤层厚度一般为 30 ~ 50 m,最厚超过 150 m,生气强度最大为 $120 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$,且在生气中心及其南侧发育三排与生气中心走向一致的构造带。由于这里中、下侏罗统的中心埋深在 5000 m 以上,所以在生气中心可以寻找下生上储的大、中型气田,其北部中央隆起也是勘探煤成气型大、中型气田的有利地区(图 1)。

3 吐哈盆地

台北凹陷丘东是中、下侏罗统的沉积中心,也是生气中心,最大沉积厚度约 2000 m,暗色泥岩最厚达 1300 m,煤层一般厚 40 ~ 80 m,最大生气强度为 $30 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 。在丘东生气中心南侧已发现丘东中型气田,该中心及其周缘是煤成气大、中型气田的有利区带(图 1)。

4 柴达木盆地

盆地中南部三湖新拗陷第四系沉积了巨厚的咸水湖相夹沼泽相,最大厚度超过 3200 m,下部发育有 1500 m 的大套生气岩,其中夹有物性好的细砂岩和粉砂岩,形成自生自储组合,同生背斜带又有好的圈闭。气源岩有利生气范围近 15000 km^2 ,其中最有利生气范围约 4500 km^2 。第四纪形成生气中心,最大生气强度为 $80 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ ^[5],已在生气中心轴部西边及北翼发现台南等三个中型生物气田。该生气中心,特别是生气中心东部和南翼是寻找生物气大、中型气田的有利区带(图 1)。

5 鄂尔多斯盆地

该盆地有下古生界的油型气和上古生界的煤成气两套主要气源岩^[1,2]。综观全盆地生储盖运聚保诸因素,勘探大、中型气田的有利区带主要在盆地北部。上古生界在北部乌审旗和南

部庆阳有两个生气中心,乌审旗最大生气强度为 $80 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$,庆阳为 $50 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$;奥陶系生气中心也有南北两个,北部在米脂—靖边—盐池一带,最大生气强度为 $40 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$;南部生气中心在彬县,最大生气强度在 $50 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 以上,但该中心南部保存条件欠佳。所以从上、下古生界生气中心综合评价,鄂尔多斯盆地延川—吴旗一线以北,乌审旗—鄂托克旗一线以南是大、中型气田的有利勘探区(图 1),其上、下生气强度可达 $120 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 。中部气田就基本上在上、下古生界生气中心处。

6 四川盆地

四川盆地勘探大、中型气最佳区带在川东,因为这里既有大面积分布的石炭系孔隙性白云岩,又有开江古隆起和志留系生气中心(最大生气强度为 $125 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$)的很好匹配^[6],所以,尽管川东气区已发现了 8 个大、中型气田,但勘探大、中型气田的潜力仍然很大。目前开江古隆起剩余资源量为 $3700 \times 10^8 \sim 5000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。温泉井构造带、明月峡构造带、云安场构造带、南门场构造带、华蓥山西石炭系地层圈闭带是发现大、中型气田的有利勘探目标(图 1)。

川西上三叠统煤系发育,在龙门山前灌县一带形成沉降中心(最厚达 4200 m),有利气源岩为 500~800 m,既是沉降中心又是生气中心,生气强度最大大于 $100 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 。因此在川西生气中心及其周缘是寻找煤成气大、中型气田的有利区带,目前在此已发现中坝、新场两个中型气田(图 1)。

此外,乐山—龙女寺古隆起南部也是勘探油型气大、中型气田的有利区带。

7 莺歌海盆地

莺歌海盆地面积为 $1.36 \times 10^4 \text{ km}^2$,是新生代强烈沉降的沉积盆地,上第三系三亚组和梅山组厚达 7700 余米,为封闭或半封闭的海湾沉积,乐 30—1—1A 井梅山组有机碳为 1.5% 左右,主要为Ⅱ型干酪根,三亚组和梅山组是主要烃源岩。同时盖于梅山组之上的莺歌组底部及黄流组的未熟源岩,在底辟活动最强烈地区,由活动热流体热量所致可能转化成气。莺歌海盆地轴部强烈沉降并形成南北向许多泥底辟,其上形成多种圈闭,泥底辟把下伏油气携带到上覆圈闭中形成气田。例如,目前在盆地中发现东方 1—1 和乐 15—1 两个大、中型气田即属于此类。莺歌海盆地天然气资源量为 $22390 \times 10^8 \text{ m}^3$,盆地泥底辟发育区有利于发现大、中型气田(图 1)。

8 琼东南盆地

盆地面积为 34000 km^2 ,崖城组、三亚组(下部)和莺黄组(下部)含煤,均为气源岩,其中崖城组为主力气源岩。盆地生储盖组合好,圈闭多,为一含气盆地。盆地天然气资源量为 $16253 \times 10^8 \text{ m}^3$,仅有 6% 转化为储量,故天然气勘探潜力还很大。特别是盆地的西部是勘探煤成气大、中型气田的有利地区(图 1),因为该区崖城组为生气中心,生气强度达 $40 \times 10^8 \sim 60 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$,并在其西部已发现崖 13—1 大气田。

9 东海盆地

该盆地面积为 $25 \times 10^4 \text{ km}^2$,新生代沉积厚度超过 10000 m。第三系有多套煤系可作为气源岩,天然气资源量为 $24803 \times 10^8 \text{ m}^3$,仅有 1.1% 转化为储量,故天然气勘探潜力还很大。目前研究较多的仅有西湖凹陷。始新统平湖组是该凹陷的主力气源岩,在凹陷中部和南部煤系源岩厚度达 500 m,已进入主生气期。根据生储盖组合与圈闭及古构造、沉积中心组合评价,平湖构造带、平北构造带和苏堤构造带是寻找大、中型气田的有利区带(图 1)。

除上述主要大、中型气田有利区带外,次要大、中型气田有利区带见图 1。

参考文献

[1] 关德师,张文正,裴戈.鄂尔多斯盆地中部气田奥陶系产层的油气源.石油与天然气地质,1993,14(3):191

- [2] 张士亚.鄂尔多斯盆地天然气气源及勘探方向.天然气工业,1994,13(4)
- [3] 石宝珩,戚厚发,戴金星,孔志平.天然气地质研究论文集.北京:石油工业出版社,1985,1~7
- [4] 戚厚发,孔志平,戴金星,李东旭等.天然气地质研究.北京:石油工业出版社,1992.8~14
- [5] 戴金星,李先奇,王佩忠.天然气地质研究.北京:石油工业出版社,1992.1~7
- [6] 戴金星,宋岩,张厚福.中国大中型气田形成的主要控制因素.中国科学 D 辑,1996,26(6):1~8
- [7] 戴金星,李先奇.中亚煤成气聚集域东部气聚集带特征.石油勘探与开发,1995,22(5):1~7

中国大、中型气田形成的主要控制因素

至 1995 年底,我国在四川盆地、鄂尔多斯盆地、塔里木盆地、莺—琼盆地、渤海湾盆地、松辽盆地、柴达木盆地、吐—哈盆地、东海陆架盆地和台西盆地已发现了 33 个大、中型气田(未包括台西盆地 2 个在内,见表 1、图 1)。其探明总储量占全国气层气探明总储量的 72%。因此,研究其形成的主要控制因素,无论在理论上还是在实践上均具有重大意义。

表 1 中国大、中型气田气的类型、产层岩性、年代表

盆地名称	序号	探明时间	大、中型气田名称	气的类型	储层	
					年代	岩性
四川	1	1959	卧龙河	油型气	T _{1j} 、C	碳酸盐岩
	2	1965	威远		Z ₂	
	3	1972	中坝	煤成气为主	T	砂岩、碳酸盐岩
	4	1986	大池干井	油型气	C	碳酸盐岩
	5	1987	磨溪		T	
	6	1989	双家坝		C 为主	
	7	1990	福成寨			
	8	1991	高峰场			
	9	1992	铁山			
	10	1993	五百梯			
	11	1994	龙门			
	12	1994	新场	煤成气	J	砂岩
渤海湾	13	1969	兴隆台	油型气	E	
	14	1974	板桥	煤成气		
	15	1976	文留		O、P	
	16	1983	苏桥			
塔里木	17	1987	锦州 20	油型气	E	砂岩
	18	1985	柯克亚	煤成气	N	砂岩
	19	1992	吉拉克	油型气	T	
	20	1992	雅克拉		K、J、	砂岩、碳酸盐岩
	21	1993	英买 7	煤成气	R 为主	砂岩
22	1994	牙哈				
松辽	23	1987	汪家屯		K	
	柴达木	24	1989	台南	Q	砂岩
		25	1990	涩北二号		
26	1991	涩北一号				
东海	27	1990	平湖	煤成气	E	砂岩
	28	1995	宝云亭			
莺—琼	29	1990	崖 13—1	煤成气	E	砂岩
	30	1995	乐东 15—1		N	
	31	1995	东方 1—1			
鄂尔多斯	32	1992	中部气田	混合气	O	碳酸盐岩
吐—哈	33	1992	丘东	煤成气	J	砂岩

控制大、中型气田,特别是大型气田形成与分布的因素很多,如大地构造单元、盆地类型与

图 1 中国各时期发现的大、中型气田分布图

大小、天然气成因类型等诸多宏观因素^[1]。目前从大地构造单元与盆地类型的综合研究可以肯定,大气田主要分布在构造稳定的克拉通(年轻和古老)盆地,并主要是大型盆地。但在中国地质条件比国外复杂的条件下,仅研究这些宏观性、方向性的控制因素是不够的。下面拟在前人对大、中型气田宏观控制因素研究的基础上,论述有利于勘探大、中型气田选区评价的、可操作性的主要控制因素。

一、生气中心及其周缘

生气中心系指生气强度最大区,它是烃源岩厚度、有机质丰度、有机质类型及成熟度等的综合体现。生气中心及其周缘不仅可以源源不断获得高丰度的气源,而且运移距离短。避免了天然气在长途运移中的大量散失,故易于气的富集而形成大、中型气田。在此所谓的生气中心,既可以与气藏同层位,也可以与气藏不同层位,在其上或其后;气藏通过断裂或储层与源岩直接接触获取气源。

四川盆地川东气区发现的 8 个大、中型气田,均处于主要气源岩志留系的生气中心及其周缘(图 2)。该气源岩最大残厚可达 650 m。川东志留系生成的油型裂解气,扣除自然扩散和地层水的溶解等损耗,剩余气量为 $11440 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[2],生气强度最大达 $125 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$,气源充沛,为川东气区众多石炭系大、中型气田的形成奠定了雄厚的物质基础。川西地区是上三叠统沉降中心,在龙门山前金河灌县一带,厚逾 4200 m。有利烃源岩为 500 ~ 800 m,生气强度最高大于 $100 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$,新场和中坝两个大、中型气田就在该生气中心的上覆及其周

图2 四川盆地川东气区大、中型气田分布和志留系生气中心关系

边^[3]。

鄂尔多斯盆地中部气田是我国最大的气田,具有石炭—二叠系煤成气与奥陶系油型裂解气的双向气源^[4~6]。中部大气田恰处于石炭—二叠系的乌审旗和庆阳两个生气中心之间,同时也位于奥陶系生气中心里。这些生气中心都为中部大气田提供了丰富的气源。

塔里木盆地牙哈大、中型气田位于生气强度 $60 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 处,其北为生气强度达 $100 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 的库车生气中心。在柴达木盆地中南部的三湖地区第四系生气中心北缘,生气强度分别为 $35 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 和 $30 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 处,发现了台南、涩北一号与涩北二号3个大、中型气田^[7](图3)。冀中拗陷苏桥中型气田也发现在石炭—二叠系生气中心一带^[8]。

我国海上大气田崖13—1气田位于琼东南盆地西部,西面濒临凹陷,东面紧邻崖南断陷崖城组生气中心,生气强度达 $40 \times 10^8 \sim 60 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$,是主要的气源;西侧莺歌海盆地的烃源岩也是重要气源^[9]。

国外众多的大、中型气田也主要分布在生气中心及其周缘。例如,世界上大、中型气田分布丰度最大的俄罗斯西西伯利亚盆地内带北区(大约在北纬 64° 之北),至少发现了19个大气田、18个中型气田。世界最大气田乌连戈伊气田探明储量达 $8.0915 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。这些大、中型气田都分布于生气中心及周缘,在生气强度大于 $30 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 的地区。

大、中型气田形成要求一定的生气强度,其所在处生气强度越大对大、中型气田形成越有利。我国绝大多数大中型气田所在处生气强度大于 $20 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ ^[10,11]。我国主要大、中型气田处生气强度见表2。大、中型气田所以要求一定的生气强度,是因为形成大、中型气田需要大量的气源,特别是当天然气聚集系数越小,要求气源量则越大。所以,没有相当大的生气强度,就难满足形成大、中型气田的支撑气源量,故就不可能形成大、中型气田了。