

“七五”国家重点科技
攻关项目成果简介【1】

编号:75—54—01

天然气(含煤成气)资源评价与勘探 测 试 技 术 研 究

中国石油天然气总公司
中国海洋石油总公司

一九九一年五月

天然气(含煤成气)资源评价与勘探 测试技术研究

课题编号:75—54—01—05

75—54—01—08

75—54—01—10

75—54—01—14

承担单位:石油勘探开发科学研究院及分院

长庆石油勘探局

吉林省油田管理局

大港石油管理局

胜利石油管理局

河南石油勘探局

玉门石油管理局

新疆石油管理局

滇黔桂石油勘探局

石油大学(北京)

西南石油学院

南海西部石油公司

海洋石油勘探开发研
究中心

大庆石油管理局

辽河石油勘探局

华北石油管理局

中原石油勘探局

四川石油管理局

青海石油管理局

安徽石油勘探公司

大庆石油学院

江汉石油学院

渤海石油公司

南海东部石油公司

南京大学

前 言

科学技术是人类的伟大实践之一,是一种在历史上起推动作用的革命的力量。江泽民同志最近指出:科学技术是影响一个国家强盛的关键因素,我们要牢牢把握住 20 世纪 90 年代科学技术的发展趋势,把中国的国力搞上去。

石油工业的发展,曾经是而且越来越明显地依靠科学技术的进步。坚持发挥科学技术的先导作用,是实现石油工业持续稳定发展的保证。在 1986 年制定的《石油工业“七五”期间科技发展规划纲要》中提出,“七五”期间要争取在科学技术上有较大的突破,在勘探开发的主要工艺技术方面,达到八十年代初的世界水平,并为今后十年石油工业的大发展作好技术储备。为实现上述奋斗目标,总公司(原石油部)承担了国家四个项目科技攻关任务。即(1)数字地震勘探和地球物理测井技术;(2)油藏数值模拟和三次采油技术;(3)丛式井钻井技术;(4)油气田地质理论和勘探测试技术。这四个项目共包括 15 个课题,48 个专题。

“七五”国家重点科技攻关计划是国民经济和社会发展第七个五年计划的重要组成部分,是国家科技发展计划的指令性计划。完成这些计划的严肃性是不言自明的。石油系统 37 个单位 3500 名科技人员投入了“七五”科技攻关,同时联合了中科院、国防科委、高等院校及其它有关部门的科技力量。广大科技员以高度负责的精神紧密结合油田生产实际,发扬了艰苦奋斗,埋头苦干,开拓创新、无私奉献的精神,经过五年时间的努力,按照合同要求,圆满地完成了攻关任务,并正式通过了国家验收鉴定,为了宣传这次攻关成果,并促进这些成果尽快地推广应用转变为直接的生产力,决定编制出版《“七五”国家重点科技攻头项目成果简介》,分别介绍 15 个课题的攻关成果。

本成果是简介的第 1 分册,关于天然气的研究。该成果是 75—54 项“油气田地质理论和勘探测试技术”中的子项—天然气(含煤成气)资源评价与勘探测试技术研究”(编号为 75—54—01)的四个三级课题(即 75—54—01—05、75—54—01—08、75—54—01—10、

75—54—01—14)。其中前三个三级课题由中国石油天然气总公司直接组织了油田及外协调单位共 22 个,完成四级专题 28 个。75—54—01—14 课题,委托中国海洋石油总公司组织海洋石油有关单位,共完成四级专题 13 个。这一分册就是对 41 个专题及四个三级课题的成果简介。

中国石油天然气总公司科技发展局
中国海洋石油公司科技发展部
1990 年 12 月

目 录

我国已知油气区天然气藏类型形成条件富集规律及勘探规划研究	
(75-54-01-05)	(1)
我国天然气藏类型富集规律及勘探规划研究	
(75-54-01-05-01)	(4)
烃源岩地球化学及演化特征	
(75-54-01-05-02)	(7)
我国天然气地球化学特征及成因类型	
(75-54-01-05-03)	(9)
天然气运移与封闭条件研究	
(75-54-01-05-04)	(11)
不同成熟度各类源岩模拟产气率研究	
(75-54-01-05-05)	(13)
我国典型凝析气藏形成机制及分布特征	
(75-54-01-05-06)	(19)
华北南部盆地逆冲推覆——伸展拆离构造特征及与天然气的关系	
(75-54-01-05-07)	(22)
世界主要含气盆地特征及天然气富集因素研究	
(75-54-01-05-08)	(25)
松辽盆地北部不同成因类型天然气地化特征和早期资源评价	
(75-54-01-05-09A)	(26)
海拉尔盆地天然气成因类型及早期资源评价	
(75-54-01-05-09B)	(28)
松辽盆地南部天然气地化特征及勘探方向	
(75-54-01-05-10)	(30)
四川盆地碳酸盐岩气藏类型及评价	
(75-54-01-05-11A)	(34)
四川盆地二叠系水文地质条件对油气运移与保存控制的探讨	
(75-54-01-05-11B)	(37)

吐鲁番—哈密盆地吐鲁番坳陷天然气远景及勘探方向 (75—54—01—05—12)	(39)
柴达木盆地东部生物气的形成条件及资源前景预测 (75—54—01—05—13)	(41)
准噶尔盆地天然气形成地质条件及资源预测 (75—54—01—05—15)	(43)
楚雄盆地上三叠统煤成气及地质特征研究 (75—54—01—05—16)	(46)
华北地区天然气形成富集规律及资源评价 (75—54—01—08)	(49)
渤海湾盆地天然气形成富集规律 (75—54—01—08—01)	(52)
东濮凹陷深层天然气地质特征及评价 (75—54—01—08—02)	(55)
辽河盆地复式油气藏形成条件及分布规律 (75—54—01—08—03)	(57)
黄骅坳陷天然气形成条件及聚集规律 (75—54—01—08—04)	(59)
冀中坳陷多源天然气的生成富集规律 (75—54—01—08—05)	(63)
济阳坳陷天然气资源评价及勘探方向研究 (75—54—01—08—06)	(64)
辽东湾天然气形成条件 (75—54—01—08—07)	(67)
周口坳陷天然气聚集条件及远景预测 (75—54—01—08—08)	(69)
安徽北部石炭、二叠系煤成气远景及勘探方向 (75—54—01—08—09)	(72)
鄂尔多斯地区上古生界、下古生界天然气富集条件及资源评价 (75—54—01—08—10)	(74)
南海主要盆地大气田形成条件及勘探方向预测 (75—54—01—14—01)	(78)
南海主要盆地天然气的成因类型及烃源岩的确定与评价 (75—54—01—14—02)	(80)
南海北部主要盆地第三系沉积相及区域性生储层分布特征 (75—54—01—14—03)	(84)

南海北部大陆架主要盆地的成因类型和构造区划	
(54-01-14-04)	(86)
北部湾盆地天然气资源预测及评价选区	
(54-01-14-05)	(87)
莺歌海盆地天然气资源预测及评价选区	
(54-01-14-06 ₍₁₎)	(89)
琼东南盆地天然气资源预测及评价选区	
(54-01-14-06 ₍₂₎)	(91)
珠江口盆地天然气资源预测及评价选区的研究	
(54-01-14-07)	(94)
南海北部陆架主要盆地天然气田(藏)类型及气藏类型预测	
(54-01-14-08)	(99)
东南亚地区气田(藏)形成条件及分布规律	
(54-01-14-09)	(101)
天然气勘探的地震技术研究	
(54-01-14-10 ₍₁₎)	(104)
天然气勘探的测井技术研究	
(54-01-14-10 ₍₂₎)	(106)
天然气勘探测试技术研究	
(54-01-14-10 ₍₃₎)	(108)

我国已知油气区天然气类型、形成条件、 富集规律及勘探规划研究

编号:75-54-01-05

承担单位:石油勘探开发科学研究院

本专题属“七五”国家重点科技攻关项目“天然气资源评价与勘探、测试技术研究”的一个三级子课题。专题主要研究内容:

- 1、天然气和气源岩地球化学特征及天然气、凝析油的成因分类、气源对比研究;
- 2、天然气运移和成藏机制研究;
- 3、我国已知油气区天然气藏类型、形成条件及富集规律研究;
- 4、我国已知油气区大气田形成条件及勘探方向研究;
- 5、我国已知油气区天然气勘探规划方案研究。

为确保以上五项研究任务的顺利完成,本专题设置 16 个四级题目,后因种种客观原因,报请 54-01 负责部门同意撤消或推迟两个四级题目。14 个四级课目均按设计要求完成任务,并于 1989 年 12 月由中国石油天然气总公司科技发展部组织进行评审,全部通过验收,其中成果获优秀评价,在 14 个四级题目研究的基础上,本专题按专项合同要求,完成了报告编写工作。

本专题由北京石油勘探开发科学研究院负责,参加单位有:大庆石油管理局、四川石油管理局、吉林省油田管理局、青海石油管理局、新疆石油管理局、玉门石油管理局、滇黔桂石油勘探局、石油勘探开发科学研究院万庄分院、石油大学北京研究生部、西南石油学院、大庆石油学院、江汉石油学院,共 13 个单位。参加此项专题攻关的科技人员共 107 人,其中高级职称 49 人,中级职称 36 个,初级职称 22 人,若按全年时人数统计(五年合计)共 520 人。参加攻关的全体科技人员负密切协作,搜集了大量国内外有关天然气数据和文献,并且将理论与实践紧密结合,使之在实践中不断得以提高。攻关期间,深入剖析了四川、柴达木、鄂尔多斯、渤海湾、松辽、准噶尔、塔里木、琼东南、东海、珠江口、三水、苏北、二连、北部湾等我国主要含油气盆地历年的、特别是最新发现的 51 个气田 92 个气藏类型、形成条件和富集规律;据 8 个题目不完全统计;对 1674 个气样、267 个油样、3196 个岩样、22 个源岩热压模拟样,采用先进的仪器进行了 25 个项目分析,获得 258437 个以上分析数据;对大量地震和测井资料,进行综合解释研究,进行了 1 万机时以上计算机计算处理;为阐述我国主要含油气盆地天然气地质特征进行了野外地质调查和全面的综合分析,在以上大量丰富的第一性资料的基础上,经综合研究编写成报告。因此,可以说,本报告是 54-01-05 专题下属 14 个四级题目广大参加者,四年多来在天然气生产实践和研究结合科技攻关的集体成果,是广大攻关者为快速发展我国天然气工业艰辛劳动的共同结晶。

本报告资料丰富、数据可靠,既有实际资料,又有理论综合上升,是一份全面的有关中国天然气地质学理论的综合报告,对今后寻找大气田具有重要的实际指导意义。

1990 年 10 月 21 日在南京召开的“七五”国家重点科技攻关评审验收会上,经专家评

议,评为“优秀报告”,专家们一致认为,该报告整体上达到国内先进水平,部分成果达到国际先进水平。

报告阐述的主要成果:

1. 对我国主要的含油气盆地逐个进行分析,在系统论述和综合研究天然气基本地质特征基础上,在我国首次以气聚集区和气聚集带为纲,总结了不同盆地天然气的分布规律及聚集控制因素,指出了大陆架盆地、中部克拉通盆地和西部盆地是我国勘探大中型气田有利地区,为今后天然气勘探部署提供了科学依据。

2. 从我国天然气地质条件出发,用圈闭形态及成因,储集层特征,油气性质等多因素综合分类法,对我国已知气藏进行了系统分类,同时对我国 16 个中型气田和 20 多个有代表性典型气田进行了深入全面的解剖,总结出控制天然气藏形成和富集的八项基本地质因素,研究了我国大中型气田形成的主要条件。为具体部署寻找气田,特别是大中型气田提供了依据。

3. 在新获得大量天然气和凝析油地球化学资料基础上,结合我国天然气地质特征,对天然气和凝析油各自进行成因分类。天然气分为有机气、无机气和混合气三大类,强调混合气存在的普遍性,除人们通常理解的异岩(地)两源混合气外,我们发现同岩(地)两源混合气具有相当普遍性。凝析油按成因分为六类。

4. 充分利用 1674 个气样分析取得的大量碳、氢、氧、氮、氦同位素资料,总结了这些同位素的各自特征,同时结合气组分、轻烃等成果,并参考了国内外大量有关文献,综合研究提出一整套(四类,22 个指标)鉴别各类成因天然气方法、图版和方程式,是个创新,使鉴别天然气可靠性和准确度大大提高,在生产实践中有广泛实用性和很大的意义,丰富和发展了天然气鉴别理论。

5. 采用先进的测试技术分析了大量样品,取得大量数据,同时收集了大量资料,在此基础上系统地研究了我国 38 个主要烃盆 99 个层系的有机质丰度、类型和生烃潜力,提出了可获得工业油气流下限;在烃源岩宏观研究上,把有机地化和有机岩石学相结合,创造性地提出了生物标志物定量组合判别生源构成、桥梁气源对比法和三种煤相等,并发展了显微萤光研究技术,深入研究了褐煤和树脂体成凝析气油问题,同时指出了其在我国的良好前景。这些在理论上和生产中均有重要意义。

6. 通过对三大岩类(碎屑岩、碳酸盐岩、可燃有机岩)13 个源岩样品八个温阶系统的热压模拟实验,全面地分析和综合了各类有机质的成烃机制及热演化规律,获得了三大岩类系列的油、气产率,为盆地模拟及资源评价提供了重要参数,同时丰富了油气生成理论。

7. 利用自己研制的仪器,系统测定了水溶气系数和天然气扩散系数,运用动平衡的观点,以廊固凹陷为例,计算了天然气的生成量、水溶量、油溶量、吸附量和扩散散失量,研究了该区的天然气的运移相态和聚集量,并进行了天然气运聚的二维二相数字模拟。

8. 系统总结了我国天然气的勘探现状和“七五”以来的主要勘探新成果,对我国天然气资源基础,天然气勘探的经济效益,天然气勘探的经济地理条件及天然气储采比等几个影响发展规划的基本因素进行了分析。根据我国天然气的实际发展趋势,既考虑国民经济发展的需求,提出了低、高两个供决策部门考虑的规划方案,并分近期拿储量(“八五”)和长期大发展两个层次,对全国天然气的勘探工作提出具体部署意见,可供我国天然气工业

近、长 期发展规划 参考。

该研究成果密切结合生产,在研究过程中不断用新研究成果和新思路指导天然气勘探工作,使勘探效率及经济效益取得明显效果。



我国天然气藏类型富集规律及 勘探规划研究

编号:75-54-01-05-01

承担单位:石油勘探开发科学研究院

该题目是“七五”国家级天然气科技攻关项目中的一个四级题目,任务是:(1)从我国已知气田中选出一批各种类型的有代表性的气田进行解剖,总结不同地质条件下天然气藏形成基本条件及富集控制因素,用以指导新区的预测工作;(2)研究不同地区天然气地质特征,预测天然气的有利勘探方向;(3)在研究成果、提高认识基础上,做好阶段性及长期性的天然气勘探规划。

这是一个涉及面广,理论性、综合性、特别是实用性都很强的题目,研究基础薄弱,研究有一定的难度。

研究的技术思路和方法主要是:在“六五”煤成气科技攻关成果及各油田勘探及研究成果基础上,从全国出发对我国天然气的基本地质特征、成藏条件及富集控制因素,从生烃史、构造发育史、沉积及成岩变化史多方面进行全面、深入地分析,总结出规律性的认识,做好密切联系生产实际的阶段性及长远性勘探规划,有效地指导当前的天然气勘探部署,同时为领导部门制定我国天然气工业发展规划及做出决策提供扎实的科学依据。

该题目的主要成果是:

1、从我国天然气藏实际情况出发,提出根据圈闭形态成因、储集层特征、(油)气性质等多因素的综合分类方案:把我国天然气藏分为褶曲型、断层、岩性型、地层型四大类十四个亚类,并把四川盆地地质储量大于 $20 \times 10^8 \text{m}^3$ 和全国大部分已报储量的气藏(共 60 个)进行了具体归类。这种分类方案较前人的更为严谨,既能表明气藏的类型特征,又不嫌烦琐;既具科学性,又具实用性。

2、对崖 13-1、威远等地质储量大于 $100 \times 10^8 \text{m}^3$ 的较大气藏和地质上有代表性的气藏(共 12 个)进行了深入系统地解剖,对每个气藏从气源、储集层、盖层和圈闭等几个方面分析评价,最后对气藏的形成进行了综合分析,得出了气藏富集的主要控制因素。在此基础上,并参照国外有关资料,总结出八项天然气藏形成及富集的基本地质因素:

①要有一定厚度的气源岩

含煤层系、暗色泥岩层系和碳酸盐岩系均可作为较大气田的气源岩。关键是气源层系要具有一定的厚度和相当高的生气强度。据 12 个气田统计,气源岩的厚度一般大于 200m,最厚者超过 800m;生气强度最低为 $10 \times 10^8 \text{m}^3/\text{km}^2$ 最高者超过 $60 \times 10^8 \text{m}^3/\text{km}^2$ 。

一定的生气强度是较大气田形成的先决条件,因为只有当生气量大于水溶气量,岩石吸附气量和散失量三者之和时,才有可能形成天然气的聚集。

②“古散失”严重时,二次生气过程对天然气藏的形成有决定性作用

天然气生成、运移过程中,在区域盖层沉积之前,地层沉积间断、抬升、或区域盖层沉积后地层抬升,遭受强烈剥蚀,都会导致天然气的大量散失或散失殆尽。在这种“古散失”

严重情况下,后期大幅度沉降发生的二次生气过程对天然气藏的形成至关重要。渤海湾盆地文留和苏桥~文安两个较大煤成气藏的形成与该区石炭~二叠纪煤系二次生气过程密切相关。上述这两个较大气藏均分布在石炭~二叠纪煤系二次生气强度大于 $10 \text{ 亿} \cdot \text{m}^3/\text{km}^2$ 地区内,这一事实即能说明这个问题。此外,塔里木盆地塔北地区天然气的富集也受二次生烃作用的控制。

③水溶气地层后期抬升或向上运移是游离气藏形成和富集的一种重要地质因素

天然气在地下平衡中,或因原始生气强度不够大,或因古散失严重,天然气在地层水中未能达到过饱和状态,则只能形成水溶气藏,而不可能形成游离天然气的聚集。但当地层后期抬升或天然气沿断层及地层上倾方向运移到更高位置时,才能因地层压力下降天然气得以从地层水中游离出来,在合适条件下聚集成游离气藏。

目前对气藏形成中的这种地质因素研究不够。初步分析,威远气田的形成可能与后期(喜山期)地层褶皱抬升,天然气从水中游离出来进行聚集这一地质因素有关。

④较好的储集层是天然气藏形成和富集的必要条件

天然气的分子小,活动能力强,它对储集层物性的要求不如石油那样高。但是,要形成工业性聚集,特别是形成大型气田,较好的储集层也是基本条件之一。

我国 12 个较大气田中,按储层岩性分,有 7 个为砂岩,5 个为碳酸盐岩。砂岩储集层的孔隙度,除四川盆地中坝须二气藏稍低外(5—12%),都在 12% 以上,渗透率普遍大于 $3 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ 。碳酸盐岩储集层的孔隙度一般大于 3%,渗透率大于 $2 \times 10^{-9} \text{ m}^2$ 。国外大型和特大型气田的统计资料表明,除极少数大型致密砂岩气田外,砂岩储集层的孔隙度一般大于 15%,渗透率大于 $5 \times 10^{-2} \mu\text{m}^2$ 。

储集层的厚度对大气田的形成也很重要。我国较大气田储集层的最小厚度为 5—18m(四川盆地磨溪气田)。而且,储集层厚度和孔隙度两者可以相互补偿。

⑤要有良好的区域盖层

天然气不仅能通过大的裂缝和连通孔隙以渗滤形式发生运移和散失,而且能以扩散方式运移和散失。

因此,气藏、特别是大型气藏的形成要求有良好的区域盖层。

我国 12 个较大气田的区域盖层,除文留气田为膏盐层外,其余 11 个均为泥质岩。区域盖层的厚度普遍大于 300m。

在区域盖层存在的前提下,形成气藏的直接盖层厚度不要求很大。例如,四川盆地磨溪气田的直接盖层石膏层只有 6.6m;锦州 20—2 气田的直接盖层钙质泥岩只有 10—40m。相反,缺乏良好的区域盖层,比较厚的直接盖层并不一定能形成工业性天然气聚集。

⑥断层对天然气藏的形成和富集具重要作用

断层对天然气的成藏具积极和消极双重作用。当断层破坏圈闭的完整性和盖层的封闭性时,起消极的破坏作用;然而,在很多情况下断层对天然气藏的形成和富集起重要的积极作用。这主要表现为三个方面:

a 断层遮挡,形成断层圈闭气藏;b 断层把下部气源沟通,在较浅层位形成较富集的天然气藏;c 断层有效地改善了储集层性能。

⑦不整合面和沉积间断是较大气藏形成的重要控制因素之一

鄂尔多斯盆地林家湾气藏天然气的富集与奥陶系顶部沉积间断面有密切关系。我国

目前储量最大的崖13-1气田的形成,显然与深拗陷区的天然气沿上、下第三系之间的不整合面的运移聚集有关。锦州20-2气田的天然气聚集也与东北面辽中凹陷天然气沿下第三系下不整合面的运移有关。

⑧天然气运移向地区的早期圈闭有利于富集天然气

在已知12个较大气田中。大多数都是同生沉积圈闭或古构造圈闭,它们或者临近生气强度中心,或者位于天然气运移的指向地区。

不言而喻,上述关于气藏形成及富集的诸项地质因素,不是孤立地发生作用,只有相互配置得当时,才能形成较大的气田。而且,不同地质条件下的气田,其形成和富集的具体控制因素及主要控制因素也会有不同。

3、对我国陆上渤海湾、松辽、四川、鄂尔多斯、塔里木、准噶尔、柴达木等七大含气(油)盆地的天然气地质特征,已知天然气的纵横向分布及控制因素进行了深入分析和总结,在此基础上预测了有利勘探方向。综合分析我国天然气地质特征,认为陆上最可能找到大中型气田的地区主要是四大盆地,即中部含气区的四川盆地、鄂尔多斯盆地,西部含气区的塔里木盆地、准噶尔盆地。我国海域,南海的莺歌海—琼东南—珠江口盆地和东海盆地,天然气地质条件比陆上更优越,无疑也是寻找大中型气田的有利地区。

4、在系统分析和总结我国天然气勘探状况、储量构成、勘探程度、勘探成果及天然气资源状况基础上,提出了天然气发展的低、高两个规划方案。供决策部门参考,并分“近期拿储量”、“和“长期大发展”两个层次对全国天然气勘探部署和科学探索井(或区域探井)提出了具体建议。

该成果系统、科学地对有关天然气地质问题及勘探规律进行了全面的研究。研究工作已按设计要求全面圆满完成了任务。成果总体上达到国内先进水平。

烃源岩地球化学及演化特征

编号:75-54-01-05-02

承担单位:石油勘探开发科学研究院

江汉石油学院

该项目采用点面结合、有机地球化学与有机岩石学紧密结合,研究自然演化与人工热压模拟相结合,在国内外典型实例解剖对比的大量实际资料基础上,系统分析研究了我国湖相泥岩、海相碳酸盐岩及煤系的成烃地球化学特征和产烃潜力。着重讨论了烃源岩展布及成烃母质、丰度、烃源岩的类型及演化、气源对比、煤成烃机制及各类源岩生烃潜力评价等问题。

该项研究自 1986 年开始至 1989 年结束,先后提供阶段成果小结 4 份,发表论文 6 篇,最终成果总结报告一份。

主要成果如下:

1、系统研究了我国 38 个主要含油气盆地 99 个层系的有机质丰度、类型和生烃潜力,总结出了各盆地或层系的生烃强度的资料,提出了可获工业油气流盆地或层系的生烃强度的下限值。

2、把有机地球化学与有机岩石学紧密结合起来研究有机质的类型与演化,不仅在研究方法上有一些创新,如树脂体的三分,木栓质体的二分,荧光体和渗出沥青体在煤成烃上的意义,而且首创生物标志物定量组合判断成烃母质生源构成和环境的方法,提出了四项生源构成参数,并指出了碳酸盐岩、碎屑岩和煤这三类烃源岩在基本地球化学特征、生物标志化合物组成和芳烃组成(特别是茈类)上的明显差别。

3、大大发展了利用显微荧光特性研究成烃母质类型和成烃演化特征的方法,并取得了良好的结果,指出显微组分的光性变化与烃源岩中烃类的生成紧密相关,并且提出了有关参数和指标。

4、进行了四种类型干酪根和 12 个烃源岩的热压模拟,总结了它们的成烃演化特征,获得了有关产气率和产油率的资料。这一成果为资源量预测提供了可贵的实验地球化学证据。

5、在气源对比中,通过三个典型实例的解剖,应用首创的“桥梁过渡气源对比法”结合生物标志化合物的指纹(包括新检出的双杜松烷等),成功地对二个气区或气田的气源岩作出了判别。

6、在煤系的成烃研究中,系统地研究褐煤和树脂体的成烃问题,鉴定了有关生物标志组合和生源定量构成,指出了我国寻找树脂体成因的未成熟和低成熟石油的良好前景。

7、论证了吐鲁番盆地煤成油和南华北石炭~二叠系煤成烃,从南华北的研究中划分出三种煤的有机相,并研究了这三种煤相的形成环境、有机地球化学和显微组成特征,以及它们在生源构成和生烃潜力上的差别。

确定吐鲁番七克台原油主要来自该区侏罗纪八道湾煤系,属典型的煤成油。吐鲁番盆地的侏罗煤系含有丰富的壳质组分,煤成烃是一个重要的找油领域。

在南华北石炭—二叠系Ⅱ煤相中的荧光镜质体具有一定的产烃潜能,由于镜质体数量的巨大,是一个值得重视的源岩层系。

该项成果有如下几项关键技术和成果创新:

1、烃源岩饱和烃馏分单体化合物鉴定率80—90%。首创生物标志物组合研究与定量判别成烃母质生源构成和沉积环境,提出各类源岩的生源构成参数,作为烃源岩评价之一。

2、源岩有机显微组分的精细研究和有机显微组标志定量统计,对未成熟、低成熟源岩树脂体显微组分以及与之共生的渗出沥青的成烃指示意义研究,明确指出褐煤中的渗出沥青体是煤系源岩在未成熟和低成熟阶段生成烃类并且发生初次运移的有机岩石学标志。提出我国寻找树脂体成因煤成烃的源岩判别标准。

3、首创以凝析油、储层沥青及 C_7 轻烃单体为“桥梁”,结合生物标志物指纹进行气源对比的“桥梁过渡气源对比法”。

4、烃源岩成烃演化的热压模拟,对源岩的四种有机质类型和12个不同形成条件的各类源岩,进行多种装置和条件的模拟,获得了各类源岩不同演化阶段的气、液态烃产率。

5、显微荧光研究技术的引进和大力发展,对源岩有机组分显微荧光性的研究,尤其是对可溶有机物芳烃馏分荧光特性的研究有创新,丰富了芳烃地球化学演化的内容,以显微组分光性变化探索源岩的成烃演化规律,建立了有关参数和指标。

6、芳烃化合物系列的鉴定“三芴”系列组成研究烃源岩形成环境。

7、有机地球化学和有机岩石学综合指标划分三个煤的有机相,用以评价石炭—二叠纪煤系烃源岩。

8、各种有机地球化学和有机岩石学方法结合,研究第三系和侏罗系煤成烃问题。指出了在我国沿海、近海第三系源岩中寻找树脂体成因未成熟、低成熟油气的良好前景;论证了吐鲁番盆地七克台原油为该地区侏罗纪煤系的煤成油。

该项成果“在烃源岩宏观研究上,在有机地球化学与有机岩石学结合上都有突出的贡献。创造性地提出了生物标记物组合研究与定量判别成烃母质生源构成和沉积环境、桥梁气源对比法和三种煤相等,并发展了显微荧光研究技术,深入研究了褐煤和树脂成油。总体说来,达到了国内先进水平,其中生物标记物组合识别生源构成、树脂成烃研究和显微荧光研究技术等均有创新,达到国际先进水平,具有重要的理论和实际意义”。

我国天然气地球化学特征及成因类型

编号:75-54-01-05-03

承担单位:石油勘探开发科学研究院

按照设计书的要求,研究主要内容:(1)我国主要含油气盆地各类天然气的地球化学特征和成因类型的划分;(2)天然气的地球化学研究在气源对比、天然气运移、气藏形成及其在天然气勘探上应用;(3)综合研究各类天然气的(有机的、无机的)鉴别指标,提出一些新的鉴别指标和方法;(4)解剖几个气藏有关源岩包体中天然气组分及其碳、氢同位素等组成,探讨气藏的气源对比及形成条件。

本题目由北京石油勘探开发科学研究院承担,石油大学北京研究生部协作完成,参加课题的科技人员参阅了国内外大量的有关天然气地化特征及天然气成因的文献,进行了广泛的综合科考,掌握该学科国内外的研究水平,经过多次会议讨论,按课题任务书的要求制定了一系列计划和方案。从1986年至1989年9月三年多以来,先后在我国松辽二连、渤海湾、南华北、南襄、江汉、苏北、三水、楚雄、四川、柴达木、鄂尔多斯、塔里木、准噶尔、北部湾、琼东南、珠江口、东海等主要含油气盆地以及在东北五大连池云南硫磺塘、四川甘孜、海南岛、广东丰顺等地采集了大量有机气和无机气样,还有14个煤矿中的瓦斯气,共有天然气样981个和66个源岩热模拟气样进行了气组分、甲烷及其同系物硫、氢同位素、二氧化碳碳同位素,稀有气体氦、氩同位素等多项分析。此外,还进行了25个油岩、146个岩样及11个矿物包裹体的有关地球化学分析,共取得了12024个分析数据。在大量的第一性资料的基础上提升总结,同时综合大量国内外天然气地球化学研究成果和分析数据编写了10万字的文字报告。编图58张。基础资料的扎实丰富,国内外资料的融汇提升,使本报告的研究成果具有较高的技术难度和复杂程度,并且在国内外目前研究水平上又有了进一步的提高。89年12月初总公司在昆明召开的“七五”国家重点科技攻关课题评审会上,经专家组评审,被评为“优秀报告”。

主要成果:

一、在前人天然气两分(有机气和无机气)法基础上,提出了天然气划分三大类:有机气、无机气和混合气。我们提出混合气作为三大类之一,是因为除前人认为混合气是有机气与无机气混合成油型气与煤型气混合之外,即异岩两源混合,特别还强调:其一,同源岩形成的有机气与无机气的混合气,简称之同岩两源混合气。我们在源岩热模拟实验和天然产状的天然气中均发现同岩两源混合气;其二,自然界存在的天然气大部分是混合气。基于以上两点,我们把天然气三分法,它推进与拓宽了天然气的分类研究,特别两岩同源混合气是国内外未曾发现报导。

二、对天然气常见和有重要经济价值的烷烃气和二氧化碳的碳、氢同位素组成的特征和规律作了全面、系统、深入的研究。总结了有机烷烃气碳同位素特征:①有机烷烃气的 $\delta^{13}\text{C}$ 值随 R_o 增大而增加;②有机烷烃气的 $\delta^{13}\text{C}$ 值随其分子中碳数增加而增大;③相同或相近成熟度源岩形成的煤型烷烃气的 $\delta^{13}\text{C}$ 值比油烷烃气对应组分的 $\delta^{13}\text{C}$ 值重;④烷烃气中某种或某些组分被细菌氧化致使该剩余组分的 $\delta^{13}\text{C}$ 值变重。无机烷烃气碳同位素两

个特征:①一般无机甲烷 $\delta^{13}\text{C}$ 比有机甲烷 $\delta^{13}\text{C}$ 值重;②无机烷烃气的 $\delta^{13}\text{C}$ 值随其分子中碳数增加而减少。二氧化碳的碳同位素特征:①有机成因的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ 比无机成因的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ 轻,我国有机成因 $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ 的主频率段比无机成因的主频率段至少轻 6%。有机烷烃气的氢同位素特征:①热解成因烷烃气的 δD 值随烃气分子中碳数增加而增大;②热解成因烷烃气的 δD 值有随源岩成熟度增大而增加的趋势;③烷烃气中某种或某些组分被细菌氧化致使其剩余部分的 δD 值变重。

三、将地质特征和地球化学特征紧密结合,把天然气—油—源岩作为整体,综合研究出一套(四类,即同位素、气组分、含油性、轻烃,22 个指标)系统的鉴别各天然气的指标、图版和方法,如有机甲烷和无机甲烷的鉴别、有机二氧化碳和无机二氧化碳的鉴别、油型气与煤型气的鉴别不同演化阶段的油型气的鉴别等。其中有机和无机二氧化碳硫鉴别图版、 $\delta^{13}\text{C}_1$ — $\delta^{13}\text{C}_2$ — $\delta^{13}\text{C}_3$ 有机不同成因烷烃气鉴别图版和煤成气 $\delta^{13}\text{C}_{\text{C}_{1-3}}-\text{R}_0$ 图版及其回归方程等,在国内外均属创新。首次系统提出了区分无机成因气的有效指标,对我国开展无机气研究具有重要意义。

四、综合应用天然气地球化学资料和方法对我国有代表性类型的气田(威远、万金塔)进行了典型解剖,利用天然气组分、烷烃气碳同位素、二氧化碳同位素、稀有气体氦、氩同位素等地化特征,结合具体地质资料,对气田天然气中诸组分的成因进行了探讨和研究,发现多源气藏屡见不鲜,单源气藏罕见,很可能这是一个全球性普遍规律,这一规律的发现,对天然气藏成因类型研究和天然气勘探都具有重要指导意义。“我国多源气气藏的特征及其形成条件”阶段成果,经专家鉴定认为:在国内属领先水平,多源气藏的特征研究工作已达国际水平。

五、对我国天然气常规组分第一次进行了全面、系统的归总研究,指出影响天然气组分的内在因素(天然合成因型、源岩成熟度、源岩母质类型)和外在因素(天然气产状、运移作用、生物降解作用、混合作用),总结出在各种条件或影响因素下,天然气组合的分布特征。

六、运用天然气地球化学成果具体解决我国多气源、多产层、构造复杂、断层发育的油气区的气源追踪、天然气运移途径和方向,及时确定勘探新气层的气源属类(鄂尔多斯盆地地下古生界气源的确定),紧密为天然气勘探提供依据与服务。