

我国油田水地球化学的研究 现状与发展趋向简述

张金来

(地质部石油地质综合大队一〇一队)

不久前,中国地质学会石油地质专业委员会主持召开了“中国油田水地球化学学术讨论会”,会议的内容基本反映了我国油田水地球化学的研究现状与发展趋向。

油田水地球化学是石油地质学中的重要内容,是勘探油气的一种手段。建国初期,随着石油普查勘探的发展,引进了国外(主要是苏联)的油田水理论,对我国油气普查勘探起了一定作用。六十年代,已经开始了结合中国实际的探索。但是,由于测试手段比较落后,一般仅停留在常规项目和某些微量组分的研究上。近年来,由于石油普查勘探和开发的深入发展,油田水地球化学逐渐被人们所重视,得到了发展。目前,我国已有一支专业队伍,有一定的手段和技术水平,取得了不少成果,在油气勘探中起到了一定的积极作用。

我国在油田水地球化学理论方面的研究才开始不久,主要涉及下列内容:油田水的起源,油田水化学成分形成的地质、地球化学作用,油田水的分类、垂直分带及油田水的特征与评价区域含油气性的指标等。

陆相油气田是我国的特色。从晚二叠世到第三纪,每个地质时期的陆相沉积岩中都有油田水,较世界其它地区更为发育。多年来,我国油田水地球化学工作者就从盐分特征、有机组分、气体成分、同位素和微量组分等方面总结了我国油田水的特征,不但为发展和建立我国陆相油田水理论奠定了基础,而且还阐释了作为评价区域含油气性的指标。

油田水的盐分特征不仅可以说明油田水化学成分的形成,同时也是油气藏保存条件好坏的标志。由于我国油田水化学成分变化很大,因此在评价区域油气保存条件好坏时,应视不同沉积类型的盆地而异。一般地讲,低、中矿化度(<12 克/升)地区, Cl^- 、 HCO_3^- 、 Na^+ 的富集有利于油气聚集;中高矿化度($12-120$ 克/升)地区, Cl^- 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 的富集有利于油气聚集;高矿化度(>120 克/升)地区, Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 的富集有利于油气聚集。

有的油田水地球化学工作者还研究了油田水盐分特征与原油性质和油气藏类型的关系。

近年来,油田水有机组分的研究普遍受到重视,苯、酚指标得到了比较广泛的应用。环烷酸由于分析技术上的原因,对它的研究一直受到限制。苯、酚在指示含油气性方面有重要意义。例如,在松辽盆地南部油田内苯、酚的含量普遍高于油田外围;在苏北盆地也是一个重要的含油气标志;在冀中坳陷把酚含量大于 0.1ppm 作为油层水和非油层水的界限;在鄂尔多斯地区也是区别油层与水层的重要标志。

烃类气体是油田水的特有气体成分。油田水中常见的有甲、乙、丙、丁烷等。初步研究表明,指示油气存在的特点是组分全、重烃高、不含非饱和烃。

目前,油田水有机组分的研究已逐渐由单一的总量向多组分发展。应用气相色谱、紫外光谱、红外光谱及层析分离技术等研究油田水中的苯系物、酚系物、芳烃、族组分及全烃等已经开始,并聚

讨它们的石油地质意义。初步成果表明,油田水中大都含有苯和甲苯,而且甲苯/苯 >1 往往是油气存在的标志。地下水中如果酚系物内有较高的邻-甲酚、间-甲酚和二甲酚,可判断油气的存在。应用紫外吸收光谱分析地层水中的芳烃,如果在波长222nm和273nm处有明显吸收峰,是油层的特征。油层水中的正构烷特征是奇偶优势消失,红外光谱上以长脂肪碳链的类脂化化合物的吸收峰为主。

对我国油田水的氢、氧同位素研究的初步认识是:油田水中的 δD 增加, δO_{18} 降低和 δD 增高,有利于油气聚集。

原子吸收光谱分析技术的应用,扩大了油田水中微量组分的研究范围。目前我国除对I、Br、B、NH₄的研究外,还对Li、Rb、Cs、Sr、Ba、Ni、V、Mn、Cu、Co、Cr、Ga、Cd、Zn等进行了研究。关于油田水中微量组分富集的机制,说法不一。有人认为,原油经过运移到聚集形成油气藏的整个过程中,由于原油具有较高的吸附能力,从岩石中提取了大量的微量组分,在封闭的环境中,原油中吸附的微量组分转移到油田水中;也有人认为,这些元素参与石油的形成作用,在湖水中为有机质包括细菌所提取,在有机质转化过程中起触媒作用,故它们都见于原油的灰分中,从而与油田水保持含量平衡;还有人认为,油田水中的微量组分主要来源于围岩。最近,有人通过模拟实验证明了这些微量组分在油田水中的富集机制:碱土金属如Sr、Ba等和过渡金属如Ni、Cu、Zn等,符合上述的前两种说法;稀碱金属如Li、Rb、Cs,符合上述的后一种说法。

从微观的角度,应用化学键参数离子势(z/r)、电负性(χ)、极化能(z^2/r)、水化能(L)、交换参数(f_{env}),对上述微量组分进行了研究,发现油田水中的这些组分的浓度分布服从于键参数规律,这一初步成果,扩大了油田水地球化学微观研究的领域。

对我国油田水化学成分形成的研究表明,沉积建造决定了油田水化学成分总的格局,某些地球化学作用对油田水化学成分演化起了改造作用。已进行研究的有:蒸发浓缩作用、生物化学作用、阳离子交换作用、微量组分的富集作用和石油组分的扩散作用等。薄膜渗透对油田水化学成分演化的作用原理是:当溶液进入储集层后,由于其上粘土层起半渗透膜作用,水溶液中的Na⁺比Ca²⁺易于渗透,从而使储集层中的Ca²⁺相对富集。这一作用对我国油田水成分形成的影响,尚缺乏深入研究。

研究油田水化学成分的演化,通常采用同蒸发海水进行对比的方法。由于我国陆相油田水源于大陆水,应与大陆蒸发水进行比较,在这方面已取得初步成果。

苏林分类法用于油田水的研究,曾在我国油田水地球化学工作中发挥了作用,但是,随着工作的深入和资料的积累,逐渐感到苏林分类存在不足之处。近年来对这个问题展开讨论的同时,一些研究者对我国油田水分类提出了新的途径、方法和几种方案。这些方案各有优缺点,尚需在实践中进一步验证、补充与修改。

我国习惯于用苏林三个分带的概念。但由于应用苏林分类在我国油田水研究中遇到一定困难,三个分带法没有统一的标准。有的已根据具体地区的地质特点进行分带,还有的根据我国油田水在垂直分布上多层系的特点,主张两个分带。

晚期成油观点的提出和研究,为油田水的起源提供了新的依据。越来越多的人倾向于承认石油或原始石油以水为载体进行运移。其中多数人认为,油田水中沉积水是主要的。沉积油田水的主要储量来源是:泥岩的压实和蒙脱石向伊利石转化时脱水。我国在这方面的资料越来越多,最近,有的应用氢、氧同位素研究油田水的成因,取得良好成果。例如,冀中坳陷根据氢、氧同位素资料确定,下第三系油田水是古大气水渗入与同生沉积水混合形成的。

近年来,油田水地球化学的研究,为石油普查勘探与开发提供的综合性评价成果越来越多,取得了一定效果。松辽盆地南部泉四段利用油水层水与非油水层的化学成分建立判别模式,根据判别模式的综合值(R)图进行区域含油气预测,效果比较好。同时还可用R值判断新探井的水层与油层。例如,有两口井原测并综合解释均为水层,根据R值判断应属油层,后经试油获得工业油流。在华北地区也有类似的例子。

苏北盆地、鄂尔多斯盆地等应用油田水地球化学成果评价油气资源,也取得了较好的效果。

油田水地球化学浅部(或地表)效应,即浅部化探工作,有关单位已进行了二十多年的实验研究,积累了比较丰富的资料,取得了一定成果。除在马家滩、临邑、魏岗和黄金带等已知油田上方发现不同程度的浅部效应外,近年来又有新的进展。例如1968年在内蒙古地确定的效应,经钻探获得了油气显示。松辽盆地南部的浅部效应与红岗、大安等油田和含油区基本吻合,研究者还对该区未勘探区作了预测。

油田水地球化学勘探中注意了综合找矿,已取得许多成果。

计算机技术已开始应用于油田水地球化学研究,提高了分析效果。应用的多元统计方法主要有:因子分析、对应因子分析、聚类分析、判别分析、回归分析及趋势分析等。利用某种指标(如氯)进行趋势分析,根据几个不同地区统计,80%的剩余异常分布在含油范围内。氯与油气并没有直接关系,只是由于油气存在的环境中更有利于氯的富集,因此氯的剩余异常与油气之间具有较高的概率关系。应用线性判别分析,判别水层与油层,据几个地区统计,成功率达70—80%。

利用计算化学方法研究油田水,根据多维非线性映照提供的信息,通过模拟油田水复合电解质溶液实验,用这种溶液的漫散晶格模型进行计算,取得了比较满意的结果。

我国油田水地球化学研究工作今后的发展趋向,大致可以包括以下方面:

继续开展中、新生代陆相含油气盆地油田水地球化学特征、成因、分布规律及其与含油气关系的研究;同时,随着石油普查勘探领域的不断扩大,海相油田水的研究已被提到日程。应紧密结合不同沉积类型的含油气盆地特征,分析研究不同地质历史、不同沉积环境的盆地中地下水的形成、化学特征和分布规律,总结油田水化学成分与含油气性的关系。

加强含油气性指标的研究。在进一步分析研究已有水化学指标的基础上,扩大指标的研究范围,特别要重视有机组分的研究和稳定同位素(如氢、氧、碳、硫)的研究,以不断提高油气勘探效率。

继续探索和研究我国油田水化学成分的分类。在分析已有分类的基础上,总结各种分类的优缺点,结合不同类型沉积盆地的实际情况建立分类的最优模式。

含油气盆地中地下水形成过程与油气藏形成过程的规律性联系的研究,对于探索石油的形成和分布,预测油气聚集规律,评价区域含油性具有重要意义。要从地质历史的角度重建水化学场。

继续研究和总结油田水地球化学浅部(或地表)效应的机理,以提高油气普查勘探效果,适应新的石油普查勘探需要。

大力开展模拟性实验研究和微观研究。油气水与围岩互为介质,并不停地发生着物理的和化学的变化,为了阐明各种地球化学作用的机制,应开展模拟性实验研究,如压出液、排烃量、混合作用、胶体化学作用、薄膜渗透作用、蒸发作用、原油和岩石的浸泡实验等。

先进技术的应用。在测试上,应广泛运用各种色谱、紫外、红外、荧光光谱、质谱等分析技术,加强电子计算机技术和多元统计方法的应用。在不同沉积类型盆地中建立油层与水层的化学判别模式。开展计算机模拟。创造条件建立油田水地球化学数据库。

加强科学研究的协作。油田水地球化学是一门综合性的科学,是石油地质学、水文地质学、地球化学等的相互交叉、相互渗透的科学。它涉及到构造地质学、沉积学、数学地质等多学科。因此,开展学科之间的协作是必要的。同时,应加强生产、科研和教学部门之间的协作,既互通有无,又发挥各自的优势,以期更好更快地促进油田水地球化学研究工作的发展。