

文章编号: 1001-6112(2010)05-0409-06

初述造山带古海洋学

高长林, 黄泽光, 陆永德

(中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214151)

摘要:现代造山带研究成果表明,造山带古海洋学这一新学科即将形成。造山带古海洋学应含下述 6 个方面:一是造山带古洋壳(蛇绿岩套)的地质地球化学;二是造山带及其两侧硅质岩形成的大地构造环境;三是造山带古地理学;四是造山带古海洋两侧盆地的形成序列;五是造山带古海洋及其矿产分布规律;六是编制各时期盆地原型分布图,进一步表述造山带古海洋与盆地的时空结构特征。这不仅是进一步深化造山带研究的需要,而且在海相油气资源和沉积、层控矿产勘探中具有重要意义。

关键词:造山带;古海洋学;古地理;盆地

中图分类号:TE121.1

文献标识码:A

ON STUDY OF PALEO-OCEANOLOGY IN OROGENIC BELTS

Gao Changlin, Huang Zeguang, Lu Yongde

(Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China)

Abstract: It was indicated that study of paleo-oceanology in orogenic belt would be a new domain according to the studying results of modern orogenic belt. There are 6 parts in the study of paleo-oceanology, i. e. (1) geological-geochemistry of paleo-oceanic crust (ophiolite suite) in orogenic belt; (2) the tectonic setting of the silicalites formed in orogenic belt and its both sides; (3) paleogeography in orogenic belt; (4) formative sequence of basins in the both sides of the paleo-ocean; (5) distribution of ore deposits and their relation to the paleo-ocean; and (6) mapping of basin prototypes for every tectonic stage. It is not only important to the study of orogenic belts, but also to exploration of marine petroleum resources, sedimentary mineral deposits and stratabound ore deposits.

Key words: orogenic belt; paleo-oceanology; paleogeography; basin

板块构造学说的建立和发展,极大地推动了造山带的研究。然而,当人们进一步研究造山带及其两侧盆地的时空结构特征、沉积矿产分布规律、油气盆地及油气藏的分布规律时,深感已有的板块构造学研究成果资料的不足,甚至或认为板块构造理论仅仅是一个地学理论,难以在沉积矿产和油气地质勘查实践中应用,特别在古生代海相油气普查勘探中的应用。作者在执行全国油气资源战略选区调查与评价项目时,深感有必要进一步加强造山带古海洋学研究,这不仅是进一步深化造山带研究的需要,而且在海相油气资源和沉积、层控矿产勘探选区评价中具有重要意义。造山带古海洋学应含下述 6 个方面的内容。

1 造山带古洋壳的地质地球化学

古洋壳(蛇绿岩套)是板块构造研究的重要课

题之一^[1-4],20 世纪 70 年代以来,人们进行了大量研究工作,然而,这一研究领域中存在多种分歧和误区。某些研究者由于忽视了蛇绿岩是一种独特的镁铁-超镁铁岩的岩石组合这一严格定义,因而存在着任意扩大或改变蛇绿岩定义的混乱现象。在“蛇绿岩多样性”这一思维观点的指导下,有许多不是蛇绿岩的镁铁-超镁铁岩岩石组合,往往错判为蛇绿岩。例如:有人认为地幔橄榄岩且与辉长岩和玄武岩一道产出就是蛇绿岩;有人把辉长岩、辉绿岩看作蛇绿岩;甚至还有人把海相地层中夹有少量基性火山岩建造也当作蛇绿岩来处理;更有甚者,认为造山带中只要有镁铁-超镁铁岩出露就是蛇绿岩,故把典型的非蛇绿岩型造山带镁铁-超镁铁岩也作为蛇绿岩来对待。更令人奇怪的是:有人生搬硬套地把不同时代、不同成因及不同大地构造

收稿日期:2010-03-16;修订日期:2010-08-02。

作者简介:高长林(1945—),男,博士,教授级高级工程师,从事盆地分析和构造地球化学研究。E-mail:gaocl@mail.wuxisuo.com。

基金项目:全国油气资源战略选区调查与评价项目(XQ-2007-02-01)。

背景下形成的镁铁—超镁铁岩、枕状熔岩和放射虫硅质岩等岩石凑成一个蛇绿岩套。值得提出的是,我国学者张旗、周国庆^[1]对中国蛇绿岩作了很好的总结,但十分遗憾的是至今还有一些作者仍概念不清,在一些刊物上发表错论,误导读者,因此有必要进一步统一认识。

1.1 蛇绿岩的定义

张旗等^[1]指出,1972年的彭罗斯会议以特罗斯多斯蛇绿岩为代表,把蛇绿岩定义为具有特定成分的镁铁—超镁铁岩组合,一个发育完整的蛇绿岩从下向上出现以下岩石序列^[5]:1)超镁铁质岩类,由方辉橄榄岩、二辉橄榄岩和纯橄岩组成,具不同程度的蛇纹石化;2)辉长质岩类,常见辉长岩,通常具堆晶结构;3)镁铁质席状岩墙群;4)镁铁质火山杂岩,常具枕状构造。

伴生的岩石有:1)上覆的沉积岩系,见有条带状硅质岩、薄层页岩夹层和少量灰岩;2)斜长花岗岩;3)富钠的长英质侵入岩和喷出岩;4)与纯橄岩相伴的豆荚状铬铁矿。

深海沉积物与蛇绿岩相伴产出,为蛇绿岩的伴生岩石,覆于蛇绿岩之上,其中的微体化石可用来确定蛇绿岩形成的上限时代。应该指出,因在混杂带中有时出现2套放射虫硅质岩,其中之一与洋壳无关,属于外来移置体,必须注意寻找真正蛇绿岩(洋壳性质)上覆的沉积岩系放射虫硅质岩^[6]。

蛇绿岩成员中不包括上覆的硅质岩等深海沉积物,不用“三位一体”的概念^[1]。

1.2 蛇绿岩的鉴定特征

相对准确的蛇绿岩定义是“产于扩张脊的洋壳+地幔序列的岩石组合”^[2]。因此,在蛇绿岩鉴别时,应注意两点:一是区分开洋壳和陆壳岩石组合;二是区分扩张脊与非扩张脊岩石组合。蛇绿岩的鉴定特征是^[1,3]:

1.2.1 造山带古洋壳的宏观可能标志:镁铁—超镁铁岩

因为镁铁—超镁铁岩可产于多类构造环境,所以镁铁—超镁铁岩的存在只能为寻找已被消失了的古洋壳提供宏观可能标志。产于陆壳上的镁铁—超镁铁岩不是蛇绿岩。产于陆壳上的镁铁—超镁铁岩种类很多,包括呈层状或环状侵入岩体、岩墙、小岩株、岩床以及包体等等。夹在沉积岩中的以安山岩为主或玄武岩、安山岩、流纹岩(多数还伴生的火山碎屑岩)的岩石组合不是蛇绿岩。

1.2.2 超镁铁岩的稀土元素:具亏损地幔岩的稀土元素地球化学特征

造山带中的蛇绿岩是构造“冷侵位”。蛇绿岩中,超基性岩应为纯橄岩和斜辉辉橄岩,并应具有亏损地幔岩的稀土元素地球化学特征。

由于地幔化学的不均一性,在古老大陆岩石圈的某些部位,存在着高度亏损的、呈大洋型地球化学特征的地幔(如:美国西南部、东非和西德)^[3]。地幔橄榄岩有大洋下地幔与大陆下地幔之分。大陆下地幔橄榄岩也可以发生部分熔融形成一套镁铁—超镁铁岩组合,例如义敦型岩体,因此不能认为有地幔橄榄岩就是蛇绿岩^[1]。所以,具亏损的稀土元素地球化学特征的超基性岩的存在只能指示有寻找到古洋壳的可能。

1.2.3 鉴定古洋壳的主要标志:镁铁岩的地球化学特征

蛇绿岩套中,席状岩墙和枕状熔岩的地球化学特征是鉴定古洋壳的主要标志之一。

碱性玄武岩、洋岛拉斑玄武岩和钙碱性玄武岩不是蛇绿岩的成员。蛇绿岩中的席状岩墙群的围岩只可能是镁铁质岩(大多数情况下为辉绿岩、少数为辉长岩和玄武岩),蛇绿岩的席状岩墙群可以出现冷凝边。而侵入于陆壳岩石中的基性岩墙群的围岩可以是多类岩石(变质岩、火成岩和沉积岩)。

蛇绿岩套中的玄武岩通常为枕状熔岩,蛇绿岩常常与硅质岩伴生。但不能据此反推,认为只要有枕状熔岩就有蛇绿岩,有放射虫硅质岩就有蛇绿岩。因为枕状熔岩和放射虫硅质岩均可出现在陆壳上的浅水环境^[1]。

1.2.4 鉴定被俯冲消减的古洋壳的决定性因素:2类火山岩带的成对出现

大洋火山岩和主动大陆边缘岩石组合的成对出现,是鉴定被俯冲消减的古洋壳的决定性因素^[3]。

在古洋壳的俯冲消减过程中,最引人注目的是活动大陆边缘上的钙碱性火山岩的形成,这是人所皆知的事实^[7-8],由于俯冲作用而产生的位于古活动大陆边缘的火山岩与所残存的未被俯冲消减的古洋壳火山岩具完全不同的地球化学特征。

现代洋壳火山岩主要是大洋拉斑玄武岩类,它们具有一定的化学成分,其 SiO_2 含量小于52%, TiO_2 含量较高,大于0.8%,稀土元素总量低, $\sum\text{Ce}/\sum\text{Y}$ 比值低,一般不超过2,不富集轻稀土^[3,7]。对于玄武岩样品,一般来说,蛇绿岩套中的玄武岩的REE分布主要是平坦型和轻稀土(LREE)亏损型的,也可以LREE略富集(E—

MORB),但不能强烈富集(例如,球粒陨石标准化的La不大于100)。N-MORB是LREE亏损的,E-MORB是LREE略富集的。但不能反过来,认为只要是LREE略富集的就是E-MORB。

洋岛玄武岩(OIB)不是蛇绿岩的成员。因为OIB不是与洋盆扩张脊有关而是与地幔热柱(热点)有关。值得注意的是,E-MORB具OIB的某些地球化学特征,但E-MORB首先是MORB,其次,是有OIB物质的带入。也有热点与洋脊重叠的情况,在鉴别时,应将洋岛玄武岩剔除出来。

岛弧型蛇绿岩的玄武岩通常是LREE亏损的,极少见有LREE富集。但LREE亏损的不都是蛇绿岩,不成熟的洋内岛弧玄武岩通常也是LREE亏损型的,洋底高原玄武岩和某些大陆溢流玄武岩也有LREE亏损的情况。

1.2.5 斜长花岗岩特征

蛇绿岩套中也有斜长花岗岩出现,但其规模非常小,这类花岗岩岩石通常与蛇绿岩地壳层位上部的辉长岩和玄武质熔岩共生,形成于扩张的大洋中脊背景。其岩石地球化学特征表明为M型花岗岩。蛇绿岩中的大洋斜长花岗岩是由大洋玄武质岩浆在低压条件下结晶分异形成,因此它的年龄代表了洋壳的形成年龄。由于该类岩石是蛇绿岩中最可能获得锆石的岩石,因此也是用以确定蛇绿岩的准确形成年龄。其矿物组合为斜方辉石、单斜辉石、角闪石、斜长石和铁钛氧化物。岩石化学表现为低 Al_2O_3 ,低MgO,富 Na_2O ,贫 $K_2O(Na_2O/K_2O$ 多数大于3~5);稀土元素继承了玄武质源岩的特征,具有LREE亏损到平缓的稀土配分模式[(La/Yb) $N \leq 1$,弱的 $\delta Eu \leq 1$]异常;微量元素具有总体平缓的曲线形式,伴随明显的Sr和Ti的负异常;具有与MORB一致的Nd和Sr同位素特征^[9]。

2 造山带及其两侧硅质岩形成环境

硅质岩是当前研究的热点之一^[10-11],其中蕴藏着丰富的古气候、古环境、古地理、古构造等重要信息。目前主要开展5个方面研究,一是硅质岩地质特征及其形成构造环境的研究;二是硅质岩的地球化学特征及其形成构造环境的研究;三是硅质岩中的放射虫等生物化石研究;四是硅质岩及其与沉积矿产和油气勘查的研究;五是硅质岩作为工业资源的开发应用研究。

2.1 硅质岩地质特征及其构造环境

硅质岩通常为灰白色—浅灰色,含泥质硅质岩呈深灰色,硬而脆,节理发育,常与碳酸岩相伴,或

与深色泥岩页岩或板岩互层产出,产出形态一般呈似层状、透镜状、不规则状。

硅质岩矿物组成以石英为主,含少量粘土、碳酸盐矿物和有机质杂质或含一定数量的凝灰物质、黄铁矿或硬石膏。

硅质岩受控于其沉积时的构造地质背景、物源区特征、沉积物理化学条件等。关于硅质岩的成因,主要有4种观点:(1)交代成因,即 SiO_2 交代灰岩或陆源细粒碎屑岩;(2)生物成因,即生物吸收海水中的 SiO_2 后形成富硅生物,这些生物死亡后堆积在海底而分解,经化学沉淀形成硅质岩;(3)火山来源,火山喷发物质,经风化、水解形成可溶或胶态的 SiO_2 ,达到饱和时沉淀形成硅质岩;(4)热水成因^[12]。

形成于大洋、被动大陆边缘和主动大陆边缘的硅质岩具有如下的宏观地质特征^[12]。

2.1.1 大洋盆地及洋中脊附近的硅质岩

构成蛇绿岩的上覆岩层。由于构造作用,理想的蛇绿岩套剖面受到了破坏,以构造岩片或混杂堆积形式产出。

产于洋中脊附近的硅质岩为含铁硅质建造,和蛇绿岩伴生。值得注意的是:放射虫硅质岩一般为构造透镜体(长几米至十几米),常混杂在火山碎屑岩、灰岩和枕状熔岩等岩块当中。在碳酸盐岩剖面中,硅质岩建造为几毫米至几厘米的薄层,或呈透镜状、结核状。在泥质岩剖面中,硅质岩建造呈数毫米厚的细纹层状产出,因沉积区与陆源区相距远,故不含陆源碎屑物质。

2.1.2 被动大陆边缘硅质岩系的特征

因有稳定的沉积物供应,被动大陆边缘矿物成熟度较高。硅质岩呈浅灰色至灰黑色,少量黑色;结构致密,单层厚度多为毫米级至10余厘米,可见粒序层理。硅质岩与泥岩呈突变或渐变关系,与砂岩呈突变关系。硅质岩可与碎屑岩(砂岩、粉砂岩)及其泥(页)岩、或与碳酸盐岩呈韵律互层,可与大陆拉斑玄武岩共生。

2.1.3 活动大陆边缘硅质岩系的特征

活动大陆边缘沉积物来源复杂,矿物成熟度较低。硅质岩呈层状,厚1~10多厘米,侧向延伸几米至几十米,一般与泥岩或页岩韵律互层,构成条带状硅质岩,很少伴有灰岩。与杂砂岩、页岩及酸性凝灰岩形成连续沉积。

2.2 硅质岩的地球化学特征及其构造环境

海底热泉考察资料表明^[12],仅靠放射虫和海绵等硅质生物很难形成厚度很大的硅质沉积,因为在常温下海水中的硅含量极低($< 10 \times 10^{-6}$),不可能达到

饱和而直接沉淀。但在 150 °C 时,海水中硅的含量达到 600×10^{-6} ; 在 200 °C 时,海水中的含硅量是 50 °C 时的 10 倍。可见硅的溶解度是随水温的增高而增加,富硅的热水遇到冷海水后,呈过饱和状态(硅的含量可能超过常温水中溶解度的 10 倍到 20 倍)。在海底热泉附近,营养丰富,硅质生物十分繁荣,在海底热泉附近能有硅质的直接沉淀。

2.2.1 主量元素特征

Al, Fe, Mn 的关系:硅质岩可形成于多类构造环境,近年来不少学者致力于硅质岩成因的研究,已取得了一些进展,如海相硅质岩的成因可根据 Al—Fe—Mn 三角投点图解明显地区分出富 Al 的生物成因和富 Fe, Mn 的热水成因硅质岩(图 1)^[13]。

K_2O/Na_2O 比值:大量统计数字表明,正常生物化学作用为主的硅质岩的 K_2O/Na_2O 值远远大于 1,与海底火山作用密切相关的硅质岩,其 K_2O/Na_2O 值小于 1。

MnO/TiO_2 值:硅质岩中锰含量常被认为是来自大洋深部的标志元素,运用 MnO/TiO_2 比值判断硅质沉积物离大洋盆地的远近,开阔大洋底硅质沉积物的 MnO/TiO_2 值较高,可达 0.5~3.5,而离大陆较近的大陆坡和边缘海沉积的硅质岩 MnO/TiO_2 值应小于 0.5。

$(MgO/Al_2O_3) \times 100$ 值: Al_2O_3 可作为陆源组分的代表, MgO 可以作为海洋自生组分的代表。可运用 m 值 [$m = (MgO/Al_2O_3) \times 100$] 作为沉积物形成环境中水体盐度的指标,当沉积环境分别是淡水、海陆过渡和海水时,其 m 值分别应是 $m < 1$, $1 < m < 10$ 和 $10 < m < 100$ 。

$CaO/(Fe+CaO)$ 值: $CaO/(Fe+CaO)$ 为海水盐度指标,当其值小于 0.2, 0.2~0.5 和大于 0.5 时分别表明为低盐度、中等盐度和高盐度。

2.2.2 微量元素特征

在一般情况下,典型的热水硅质岩中主要微量元素与 SiO_2 含量呈反消长关系。一般认为,热水硅质岩富含 As, Sb, Au, Ag 等微量元素,但贫 Zr, Sc, La 等。

2.2.3 稀土元素特征

稀土元素是恢复古海洋环境、判别氧化还原环境及判别热水沉积的一个重要依据^[14]。一般来说,热水沉积硅质岩具有稀土总量低, Ce 的亏损较明显,而 Eu 的亏损不明显,甚至出现 Eu 正异常。经球粒陨石标准化后 ($HREE/LREE > 1$) 的配分曲线呈平缓的左倾型,而非热水沉积硅质岩的稀土元素组成与页岩相似,相对富集轻稀土,配分曲线呈平缓右倾型。

硅质岩和页岩中的稀土元素可以作为沉积环境的示踪剂。热水沉积硅质岩从滨海到大洋盆地具有稀土元素(REE)总量降低,重稀土元素(HREE)相对富集和 Ce 亏损明显的特征。洋中脊环境 δCe 平均值为 0.3,大洋盆地环境 δCe 平均值为 0.55,大陆边缘环境 δCe 值变化范围为 0.79~1.54。

2.2.4 硅同位素的地球化学特征

硅质岩的 Si 同位素值是判断其成因及其沉积环境的重要指标。我国学者丁梯平等^[15]建立了用 SiF_4 测定硅同位素的方法,提出硅质岩 $\delta^{30}Si$ 值在不同的沉积环境中具有规律性的变化,即从深海→半深海→浅海环境, $\delta^{30}Si$ 值从 0.16→0.4→1.3 逐步增大。

硅质岩的氧同位素组成是研究硅质岩成因的重要依据之一。时代从老到新,硅质岩的 $\delta^{18}O$ 增高反映了地史中古海洋的温度变化,即温度越高, $\delta^{18}O$ 值则越低。

2.3 硅质岩中的放射虫等生物化石研究

放射虫作为海洋微体古生物中的一个重要类群,其生态学知识是重建古海洋、古环境的基础^[16-18]。

许多学者对硅质岩中古生物及古生态做了大量的研究工作,其中放射虫古生物学研究在解决地层时代和沉积环境方面发挥了重要作用。值得提出的是,由于放射虫的种类、富集程度及其组合等受地理纬度、离岸远近、水文状况、海水的水深、温度、盐度、浊度和海底性质等复杂因素的交叉控制。因此,目前利用放射虫生态对硅质岩沉积环境的界定也只能是定性的,即使在同一盆地中也只能是相

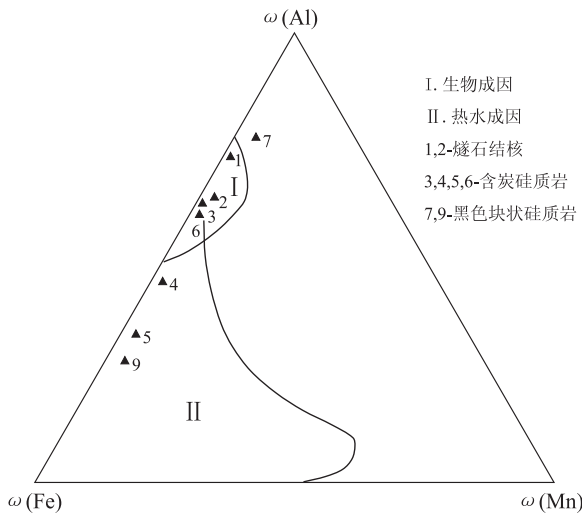


图 1 不同成因硅质岩 $\omega(Al)$ — $\omega(Fe)$ — $\omega(Mn)$ 图解^[13]

Fig. 1 $\omega(Al)$ — $\omega(Fe)$ — $\omega(Mn)$ diagram for silicalites with different origins

表1 放射虫骨骼的硅化作用程度与油气生成阶段对比

Table 1 Relationship between silicification of radiolarian skeletons and generation stage of oil & gas

放射虫骨骼的硅化程度和古温度	成岩阶段	油气生成阶段	
球状蛋白石, 20 °C	沉积作用		
球状蛋白石—CT, 40 °C	沉积变质作用, 30 °C	生物化学天然气, 50 °C	
柱状、低温、鳞石英, 120 °C	破坏作用	早期, 50 ~ 100 °C	
双锥—柱状低温石英, > 180 °C		晚期, 150 °C	主要生油阶段, 150 °C
		> 200 °C	天然气, 200 °C

对的。

2.4 硅质岩及其与沉积矿产和油气勘查

硅质岩与铁、锰、磷、重晶石等矿产具有十分密切的时—空成因关系,也是许多重要矿产(铀、金、钒、铂族元素等)的赋存层位和含矿岩系。

可燃页岩中有大量硅化的放射虫。在陆缘海富有机物的沉积物中,大量放射虫的存在使其成为烃源岩的生物标志。在古海洋中,在含氧量不高时,有利于放射虫的繁殖,是放射虫骨骼形成的最适宜条件。根据放射虫骨骼的硅化作用程度可确定油气生成阶段(表1)^[18]。

3 造山带古地理学

Coward 和 Dietrich^[19]提出造山带在本质上是一个构造反转带(inversion)。前已述及,造山带中的蛇绿岩是已消失了的古大洋壳的残片,现已为构造反转带,而现存的造山带外带代表地质历史时期曾发育的大陆边缘和大陆,当时它们被大洋(或海域)包围。以古地磁资料为主要依据的古地理图,反映古大陆的裂离和拼合。吴根耀^[20-21]提出:(1)造山带的核部地区是构造混杂岩带(以蛇绿岩、混杂堆积等为标志),代表了地质历史上曾发育过的而现已消减(失)了的洋盆,这是构造—古地理重建的关键,但传统的古地理复原的工作方法,不适用于构造反转带。必须“把反转了的构造反转过来”,即运用地质学资料(古气候、生物古地理等方面)、地球物理资料(古地磁)、岩石地球化学资料(岩石组合特征、岩石或矿物的主量元素、微量元素、稀土元素、同位素)恢复地质历史上曾打开的一个洋盆,再把洋岛、海山、陆隆、陆壳残块等示意性地“放回”地质历史上曾打开的一个洋盆。(2)在变形相对较

弱的地区(原大陆斜坡地区和被卷入造山作用的克拉通边缘地区),造山极性清楚。传统的古地理工作方法,仍可借鉴,但必须结合构造复位进行,可根据平衡剖面资料和各种地质证据(地壳缩短量、推覆位移量、剪切平移断距)确定构造—古地理单元。

4 造山带古海洋两侧盆地的形成序列

造山带两侧盆地的形成序列研究也就是盆地原型的并列和迭加研究。

朱夏^[22-23]提出了盆地原型的概念:“在地质发展历史一定阶段的一定运动体制下形成发展的统一的沉降大地构造单元。……一个盆地,尤其是大型盆地,总是包含着若干个由不同的地球动力学机制产生的不同结构部分,我们称之为‘原型’(prototype)”。张渝昌提出^[24]:“可以从盆地各种结构中按照不同的盆地沉降作用及其组成实体的演化关系划分出若干个单一的结构单元,而每一种结构都是同某一阶段沉降动力机制相关。这种单一的结构单元是一种构造形式,也是一个沉积实体。我们称之为盆地的‘原型’”。何登发等^[25]认为:“相应于盆地发展的某一个阶段(相当于一个构造层的形成时间),有相对稳定的大地构造环境(如构造背景与深部热体制),有某种占主导地位的沉降机制,有一套沉积充填组合,有一个确定的盆地边界(虽然此边界常常难以恢复),这样的盆地实体可以称作该阶段的‘盆地原型’(prototype)或‘原型盆地’”。

我们认为:盆地原型是指单一的结构单元,是一种构造形式,也是一个沉积实体,而不是它们的组合—盆地。因此,可以按古海洋历史演化发展阶段,根据结构单元、构造形式、沉积实体的地质、地球物理和地球化学特征划分盆地形成阶段和盆地原型,进而按地质历史演化阶段分别排出古海洋两侧盆地的空间分布和形成序列^[26-28]。

综上所述,只有通过造山带古海洋演化史的研究,才能获得威尔逊旋回的相关资料,才能获得造山带古海洋演化阶段划分资料,进而可获得盆地演化序列和盆地原型识别的相关信息^[29-32]。

5 造山带古海洋及其矿产分布规律

李双建等^[33]研究认为,扬子地区上奥陶统五峰组烃源岩与下志留统龙马溪组烃源岩的发育因素有明显的不同。五峰组沉积处于全球冰期的高峰阶段,在扬子地区发育大规模上升洋流,提高了有机质的生产率,现今广泛分布的高有机质丰度的薄层硅质岩,是上升洋流的最好标志。龙马溪组沉

积处于全球冰期过后的暖期,上升洋流的规模不大,影响范围仅局限于当时扬子克拉通周缘深水斜坡,优质烃源岩主要发育在海侵的初期,主要原因是海平面的快速上升,限制了陆源碎屑的注入,保存了海底的缺氧环境。

卢家烂^[34]研究认为,在低成熟阶段,石油和油田卤水能成为成矿流体的重要组成部分;石油的生成和初次运移对分散的 Pb, Zn 具有强烈的活化和富集能力。高硫低熟原油对水溶液中 Cu, Pb, Zn 多金属元素具有强烈的萃取能力。

现代海底成矿作用给矿床界有关成矿理论提供了新启迪。20 世纪 70 年代,人们借助于深海潜深器在太平洋中脊直接观察到正在进行中的现代洋底成矿作用。观察结果表明,成矿作用大致起始于洋底海水下渗,流经沉积层及下伏的玄武岩层,在渗流过程中汲取了一些金属元素,并将这些金属元素搬运到压力释放处,即洋中脊,并会同来自中脊上溢的含矿岩浆热液,形成了黑烟囱、白烟囱等有关的矿产。

20 世纪 80—90 年代,在实验室进行了喷流成矿的模拟,并在太平洋、大西洋、印度洋等洋中脊的若干地方观察到这种正在进行的成矿作用。此外,人们也试图对今天大陆上出现的某些矿床类型、成矿现象及蚀变岩石与洋底喷流成矿进行对比(如早前寒武纪形成的条带状铁矿床、火山岩和火山沉积岩中的块状硫化物矿床等),一些学者倾向于古老洋底沉积喷流成因。应该指出,现代海底成矿作用是多样的、复杂的,除了与洋中脊、洋壳玄武岩的喷流、深水铁锰结核及结壳等成矿以外,产于高硅质酸性火山岩破火山口的硫化物矿床已引起了人们的关注。

6 造山带及其两侧盆地原型平面图的编制

任一科学理论都需要相应的技术方法与之配套,否则该理论就不可能发展和应用,地质制图是用来表述地质学理论在时—空分布的技术。在造山带及其两侧盆地原型平面图的编制中,运用了“原盆为体,改造划界”的思维方式^[24]。所谓“原盆为体”,即是运用造山带古海洋学的理论和方法,研究厘定出古海洋及其大陆边缘,根据盆地原型的理解划出盆地;所谓“改造划界”即是综合运用地质学、地球物理学和地球化学的理论和方法,厘定出具有划界意义的断裂构造,用于构造单元的划分。

7 讨论与结论

造山带古海洋学这一新学科即将形成。造山带古海洋学应含下述 6 个方面,一是造山带古洋壳(蛇绿岩套)的地质地球化学,本文提出蛇绿岩(古洋壳)的 5 个鉴定特征,为古洋壳的鉴定提供了一个基本程序方法;二是造山带及其两侧硅质岩,主要有 5 个方面研究内容,其中蕴藏着丰富的古气候、古环境、古地理、古构造等重要信息;三是造山带古地理学,这为造山带及其两侧盆地的研究提供不可缺少的基础资料;四是造山带古海洋两侧盆地的形成序列研究,也就是盆地原型的并列和叠加研究。通过造山带古海洋演化史的研究可获得威尔逊旋回的相关资料和古海洋演化阶段划分资料,进而可获得盆地演化序列和盆地原型识别的相关信息,再根据结构单元、构造形式、沉积实体的地质、地球物理和地球化学特征鉴别出盆地原型,提出古海洋两侧盆地的空间分布和形成序列;五是造山带古海洋及其矿产分布规律,上升洋流使得有机质的生产率大大提高,产出高有机质丰度的烃源岩;六是编制各时期盆地原型分布图,进一步表述造山带古海洋与盆地的时—空结构特征,地质制图是用来表述地质学理论在时—空分布的技术,运用“原盆为体,改造划界”的思维方式进行造山带及其两侧盆地原型平面图的编制。可以相信,造山带古海洋学学科的形成和发展,不仅是进一步深化造山带研究的需要,而且在海相油气资源和沉积、层控矿产勘探选区评价中也具有重要意义。

参考文献:

- [1] 张旗,周国庆. 中国蛇绿岩[M]. 北京:科学出版社,2001: 1—182.
- [2] 张旗. 蛇绿岩与地球动力学研究[M]. 北京:地质出版社, 1996:108—116.
- [3] 高长林,秦德余,吉让寿,等. 东秦岭俯冲消减古洋壳的地球化学鉴定[J]. 石油实验地质,1990,12(2):135—146.
- [4] 蔡雄飞,刘德民. 造山带古海洋恢复的思路和研究方法[J]. 海洋地质动态,2005,21(7):33—36.
- [5] COLEMAN R G. Ophiolites, ancient oceanic lithosphere[M]. Berlin:Springer-Verlag,1977.
- [6] 王玉净,舒良树. 中国蛇绿岩带形成时代研究中的两个误区[J]. 古生物学报,2001,40(4):529—532.
- [7] GILL J B. Orogenic andesites and plate tectonics[M]. Berlin: Springer-Verlag,1981.
- [8] 高延林. 青藏高原古洋壳恢复与重建问题讨论[J]. 青海地质,2000,(1):1—8.
- [9] 李武显,李献华. 蛇绿岩中的花岗质岩石成因类型与构造意义[J]. 地球科学进展,2005,18(3):392—397.

储层为 25%~30%;Ⅲ类储层为30%~35%。

5 结论

在储层综合评价过程中,可采用聚类分析方法对参数进行优选,以减少评价时所使用参数的数量。本次评价储层时,从 9 个参数中优选的 6 个参数分别是:砂厚、砂地比、泥质含量、变异系数、孔隙度、渗透率。

采用灰色关联分析法,可确定储层的权系数;采用拐点法,可确定分类阈值。对鄂尔多斯盆地中西部地区长 6 油层组的储层评价分为 3 类;三角洲前缘水下分流河道主体以 I 类和 II 类储层为主,呈面积较大的连续条带状分布;三角洲前缘水下分流河道侧翼以 III 类储层为主。该结果与生产实际相一致,对下一步勘探和开发具有指导意义,取得了较好效果。

参考文献:

[1] 李海华,张彦霞,王保华. 松辽盆地长岭断陷层碎屑岩储层微

观特征研究[J]. 石油实验地质,2009,31(6):557-562.

[2] 裘亦楠,薛叔浩. 油气储层评价技术[M]. 北京:石油工业出版社,1997.

[3] 孙红志,刘吉余. 储层综合定量评价方法研究[J]. 大庆石油地质与开发,2004,23(6):8-10.

[4] 吕红华,任明达,柳金诚. Q 型主因子分析与聚类分析在柴达木盆地花土沟油田新近系砂岩储层评价中的应用[J]. 北京大学学报,2006,42(6):740-745.

[5] 邓聚龙. 灰色预测与决策[M]. 武汉:华中理工大学出版社,1992.

[6] 易德生,郭萍. 灰色理论与方法[M]. 北京:石油工业出版社,1992.

[7] 刘吉余,彭志春,郭晓博. 灰色关联分析法在储层评价中的应用[J]. 油气地质与采收率,2005,12(2):13-15.

[8] 宋子齐,王静,路向伟,等. 特低渗透油气藏成岩储集相的定量评价方法[J]. 油气地质与采收率,2006,13(2):21-23.

[9] 谭河清,彭存仓,武国华,等. 灰色聚类分析在孤东地区油气勘探中的应用[J]. 石油与天然气地质,2003,24(1):97-101.

[10] 赵虹,党彝,姚泾利,等. 鄂尔多斯盆地姬源地区延长组长 2 低阻油层成因机理[J]. 石油实验地质,2009,31(6):588-592.

(编辑 韩 或)

(上接第 414 页)

[10] 崔春龙. 硅质岩研究中的若干问题[J]. 矿物岩石,2001,21(3):100-104.

[11] 李红敬,解习农,周炼,等. 扬子地区二叠系硅质岩成因分析及沉积环境研究[J]. 石油实验地质,2009,31(6):564-569.

[12] 盛吉虎. 硅质岩沉积地球化学研究现状[J]. 河南地质情报,1996,(4):11-15,37.

[13] 高长林,何将启. 北大巴山硅质岩的地球化学特征及其成因[J]. 地球科学——中国地质大学学报,1999,24(3):246-250.

[14] MURRAY R W. Rare earth element as indicators of different marine environments in chert and shale[J]. Geology, 1990,18:268-271.

[15] 丁梯平. 稳定同位素地球化学研究新况[J]. 地学前缘,1994,1(3-4):191-198.

[16] 常凤鸣,庄丽华,阎军. 放射虫研究在古海洋学中的进展[J]. 海洋科学,2002,26(4):20-24.

[17] 王一刚,文应初,洪海涛,等. 四川盆地及邻区上二叠统一下三叠统海槽的深水沉积特征[J]. 石油与天然气地质,2006,27(5):702-714.

[18] 黎发文,陈钦保. 放射虫在形成潜在烃源岩中的作用[J]. 国外油气地质信息,2002,(4):55-58,91.

[19] COWARD M P, DIETRICH D. Alpine tectonics: an overview[M]//COWARD M P, DIETRICH D, PARK R G, eds. Alpine Tectonics. Oxford:Blackwell, 1989:1-29.

[20] 吴根耀. 造山带古地理学:在盆地构造古地理重建中的若干思考[J]. 古地理学报,2005,7(3):405-416.

[21] 吴根耀. 造山带古地理学重建区域构造古地理的若干思考[J]. 古地理学报,2007,9(6):635-450.

[22] 朱夏. 论中国含油气盆地构造[M]. 北京:石油工业出版

社,1986.

[23] 朱夏. 活动论构造历史观[J]. 石油实验地质,1991,13(3):201-209.

[24] 张渝昌. 中国含油气盆地原型分析[M]. 南京:南京大学出版社,1997:1-450.

[25] 何登发,贾承造,童晓光. 叠合盆地概念辨析[J]. 石油勘探与开发,2004,31(1):1-7.

[26] 高长林. 盆地原型之理解[J]. 石油实验地质,2006,28(4):385-390.

[27] 高长林,叶德燎,黄泽光,等. 中国晚古生代两大古海洋及其对盆地的控制[J]. 石油实验地质,2005,27(2):104-111.

[28] 高长林,黄泽光,方成名. 南秦岭泥盆纪:周缘前陆盆地和新生海洋盆地并列[J]. 石油实验地质,2009,31(2):136-141.

[29] 高长林,黄泽光,叶德燎,等. 中国早古生代三大古海洋及其对盆地的控制[J]. 石油实验地质,2005,27(5):439-449.

[30] 黄泽光,方成名,杨潇,等. 东秦岭—大别造山带及两侧晚古生代构造环境与油气意义[J]. 石油实验地质,2009,31(2):142-148.

[31] 黄泽光,高长林. 秦岭—大别造山带北侧盆地序列及油气前景[J]. 石油实验地质,2007,29(1):25-32.

[32] 何治亮,程喆,徐旭辉,等. 东秦岭—大别及两侧大地构造旋回与油气勘探前景[J]. 石油实验地质,2009,31(2):109-118.

[33] 李双建,肖开华,沃玉进,等. 南方海相上奥陶统一志留统优质烃源岩发育的控制因素[J]. 沉积学报,2008,26(5):872-880.

[34] 卢家烂,庄汉平,刘文均. 有机质在层控铅锌矿床中作用的实验研究[J]. 沉积学报,1997,15(2):226-231.

(编辑 叶德燎)