

碳酸盐岩沉积环境及岩相古地理的研究

冯增昭

(华东石油学院)

在五十年代以前,人们对碳酸盐岩沉积环境的认识是相当肤浅的,几乎全是“浅海”二字。最早把碳酸盐岩的主要沉积环境“浅海”进行基本类型划分的是伊迪(Edie, 1958)和肖(Shaw, 1964),他们把浅海区分为“陆表海”和“陆缘海”两个基本类型。而欧文(Irwin, 1965)的陆表海清水沉积作用能量带模式、拉波特(Laporte, 1967, 1969)的潮汐作用相带模式、杨等(Young et al, 1972)的潮汐作用相带模式、阿姆斯特朗(Armstrong, 1974)的相带模式、威尔逊(Wilson, 1975)的相带模式,都有一定代表性,都为碳酸盐岩的沉积环境分析提供了新的理论和方法。但是,关于岩相古地理的恢复,尤其是关于岩相古地理图的编制方法,还没有脱离示意

的阶段,水平还是比较低的。

在国内,刘鸿允(1955)的《中国古地理图》、中国科学院地质研究所(1959)《中国大地构造纲要》中的“岩相分布示意图”、卢衍豪等(1965)的中国寒武纪各期的岩相古地理图、以及王鸿祯的中国各地质时代的岩相古地理图,均匀绘出了各地质时代的海陆分布的主要轮廓,对我国碳酸盐岩相古地理的工作起了开拓性的作用,这是十分有益的成果。但是,这些图件大都是从古生物地层学的角度或大地构造的角度得出的。另外也有用岩组法编绘的碳酸盐岩相古地理图,但这种图存在着一系列问题:如把地层的厚薄与水体的深浅等同起来;把白云岩(不管是什么白云岩)与泻湖环境等同起来;把成因根本不同的岩石类型(如石灰

方向的褶皱(新华夏系)不仅是压性或压扭性质的,而且同左旋的断裂有关。到了第三纪,它们明显转变为张性或张扭性。这种东北方向的从压到张,或者郯庐断裂从左旋到右旋的转换,应该怎样理解?在与郯庐断裂相交的东西或北西西方向上,是否也不光是垂直运动,也有水平运动与郯庐相协调?这些问题,在一个统一的平面应力场中如何认识。

这几个问题,对说明我国油气盆地的形成机制、历史演化、类型划分以及与油气生成聚集的关系,可能都有密切的联系。

本文是朱夏总工程师1980年4月22日在《中国中生代盆地构造与演化》论文讨论会上的发言,对含油气盆地研究的意义、方向、内容、方法都作了精辟的分析,我们根据这篇讲话略加整理,并冠以“关于盆地研究的几点意见”的标题,在此发表,以飨读者。

——编者——

岩、白云岩、碎屑岩等)按三角形图进行岩组分类并进而作岩石类型图或岩石类型—岩相图等。所有以上各种岩相古地理图的编制均缺乏岩石学的观点和资料,故不能全面反映出碳酸盐岩的沉积环境。

笔者近年来在对华北下古生界进行沉积环境分析及岩相古地理研究工作中,曾用单因素分析法进行作图,已取得初步成效。所谓单因素,是指能反映沉积环境(主要是古地理环境)的一些独立的因素或变数,如地层厚度、颗粒含量、某些特定的颗粒含量、某种特定的生物组分的含量、某些特定的其他组分含量、某些陆源组分的含量等等。以这些单因素的基础图件(最好是等值线图,或者是分区图或点图)为基础,综合分析,从而作出岩相古地理图。这种图能较全面的反映碳酸盐岩的沉积环境。现以华北早奥陶世冶里期的岩相古地理图为例介绍如下。

一、方法概述

1. 单剖面第一性定量资料的收集

单剖面第一性资料主要来自野外。在野外工作阶段应认真地收集岩石、古生物和地层方面的定量资料,详细描述岩石的各种结构组分、成分特征和它们的相对百分含量。在覆盖区、录井资料是唯一的第一性资料,因此,必须提高录井工作的质量。实验室资料是野外资料或录井资料的有目的的补充、深化和修正。如果实验室分析鉴定资料与野外所收集的资料有矛盾时,如较粗颗粒和基质相对百分含量数据,应以野外收集的资料为准。因野外的定量数据是许多人在广阔的露头上观察描述下来的,而室内数据仅是“一孔之见”。但对于肉眼难以分辨的组分等,则应以室内资料为准。

2. 要重视白云岩成因问题的研究

在野外及室内第一性资料的基础上,应首先解决各类岩石的成因问题,尤其是白云

岩的成因问题。例如华北地区广泛分布的下奥陶统白云岩,笔者从各方面的实际资料论证它是次生交代成因的,即次生白云化作用成因的,不是原生的。因此在岩相古地理分析时必须先恢复其原岩、再进行沉积环境的分析。但有的同志却认为它是咸化海原生沉淀成因的,由此得出的岩相古地貌将大为改观;与此相应的许多理论及实际问题的看法也就不同。不同的岩石成因将导致完全不同的结论。由此可见,在岩相古地理研究之前,如果不解决白云岩的生成机理,不清楚它是原生的还是次生的,而简单的把白云岩都当作咸化泻湖或咸化海的原生沉积,那么将得出错误的结论。

3. 在地层划分对比中要综合考虑各种沉积特征

在地层划分对比中,应用古生物资料应当受到重视,但也要避免纯古生物学倾向。因为用古生物资料确定的地层单位只是古生物地层单位,或者说是某一种属的古生物地层单位,是划分地层的方法之一。此外还有许多划分地层的方法:如用岩石学的资料划分地层及岩石地层单位;用大地构造资料划分地层及构造地层单位等等。用这几种方法划分出来的地层单位,在大的界限上,是一致的,因为沉积岩层的岩性特征、古生物特征、构造特征等都是在统一的大地构造条件控制下的沉积环境中形成的。但是,由于种种客观的和人为的原因,这几种地层单位也常常出现不一致的现象或相互矛盾的现象。这时,最好几种地层单位同时并存统一考虑。

二、绘制岩相古地理图的基础图件

1. 单剖面的沉积环境分析图

在岩石成因、地层划分等问题基本解决以后,就可以绘制单剖面的沉积环境分析柱状图。在这一图件中,除了常规的项目如地层(系统组段)、比例尺、层号、厚度、岩性柱图

示、颜色、岩性描述、岩性综述，剖面位置等以外，还应有岩相标志（其中还可分岩石类型、结构、构造、化石、矿物等方面）、颗粒含

量或某种特定的结构组分的含量、陆源物质含量或某种特定的陆源组分含量、沉积环境分析、相段、生储盖有利层段等(见图1图2)。

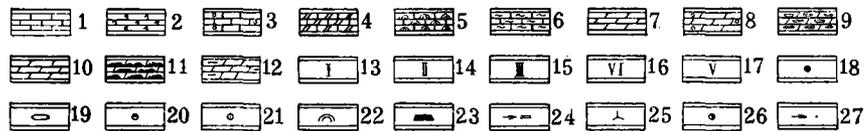
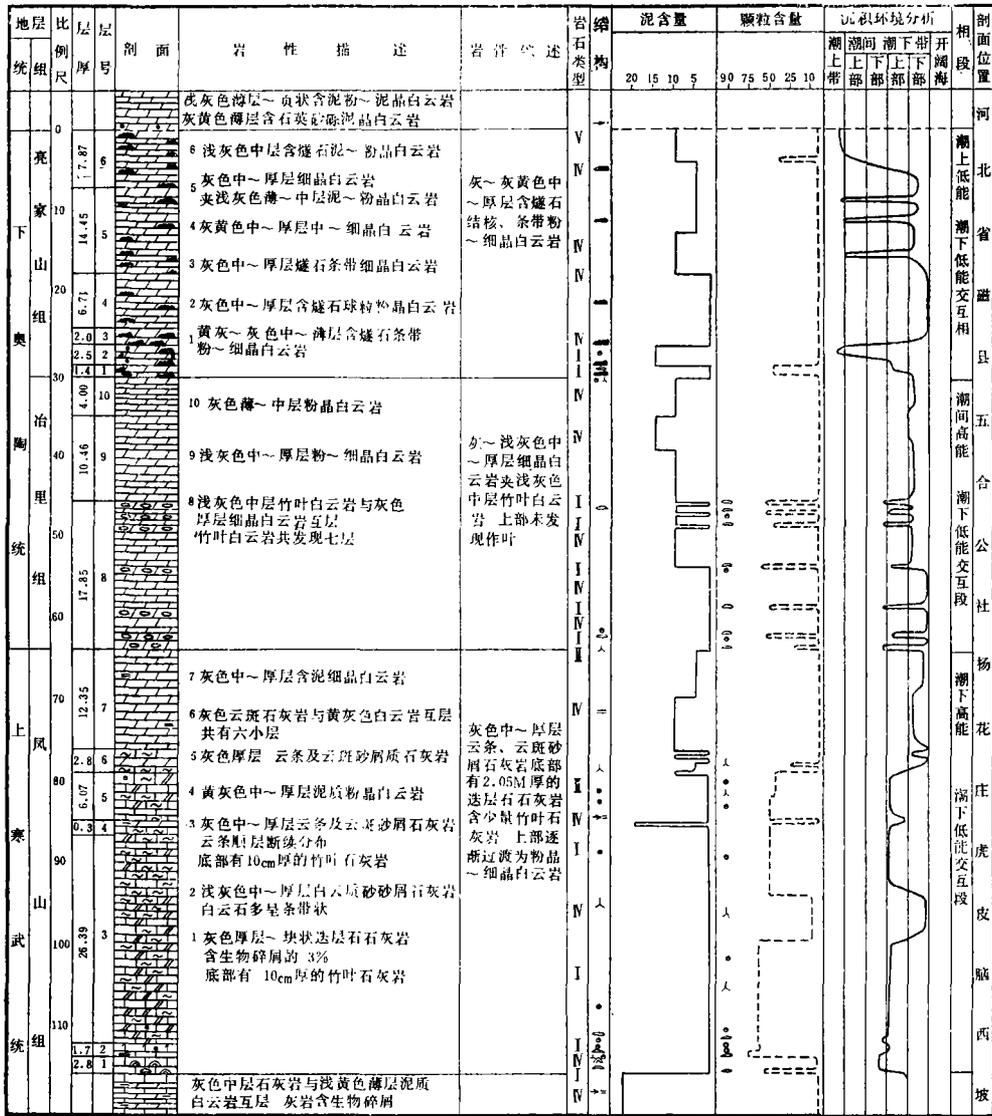


图1 河北省峰峰地区下奥陶统沉积环境分析图 1.石灰岩 2.白云质石灰岩 3.含鲕砾石灰岩 4.云条石灰岩 5.透层石石灰岩 6.花斑石灰岩 7.白云岩 8.含砂屑白云岩 9.竹叶白云岩 10.细晶白云岩 11.燧石条带、结核白云岩 12.含泥质白云岩 13.颗粒石灰岩 14.颗粒质石灰岩 15.含颗粒石灰岩 16.无颗粒石灰岩 17.泥~粉晶白云岩 18.砾屑 19.竹叶 20.砂屑 21.鲕粒 22.透层石 23.燧石 24.外碎屑泥 25.生物碎屑 26.球粒 27.外碎屑砂

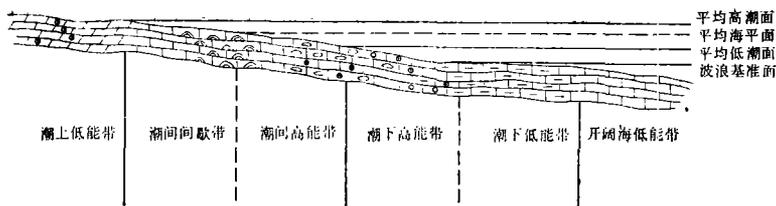


图2 沉积模式图

图中岩石类型 I、II、III、IV、V 分别代表颗粒石灰岩 (颗粒含量 > 50%)、颗粒质石灰岩 (颗粒含量 50~25%)、含颗粒石灰岩 (颗粒含量 25~10%)、无颗粒石灰岩 (颗粒含量 < 10%)、泥粉晶白云岩。前四类指各种颗粒—泥石灰岩, 也包括相应的次生交代的白云岩及含白云石的石灰岩, 第五类指准同生的白云岩。

颗粒含量栏中的颗粒, 主要是指反映较强水动力条件的颗粒, 如砾屑、砂屑、鲕粒、被搬运的生物碎屑等, 暂把粉屑、球粒等排除在外。这一颗粒含量可用作判别沉积环境水动力条件强弱的重要依据。

陆源物质含量, 主要是陆源粘土泥的含量。这一含量是估计的, 可靠性较差。应当用难溶残余分析以及残余物的粒度及成分分析等来补充修正这一数据。

根据图 1 所列项目的定量定性资料, 就可以基本上确定各层、段的沉积环境或岩相特征。

图件内容, 除常规的项目以外, 凡能反映沉积环境特征的内容均可上图。相反, 凡没有什么环境意义的内容, 则最好不上图。图件内容并不是愈多愈好, 应当是每一项都有明确的环境意义。这样才能使图件精炼, 易做, 看起来醒目。

2. 单因素分析法

单剖面或单井的沉积环境分析图很重要, 它是每个剖面或每口井的沉积环境分析工作的总结, 是区域岩相古地理研究的基点。在一定的区域内, 有了一定数量单剖面

沉积环境分析图, 一些相剖面对比图, 还不能马上作出区域性的岩相古地理图。

笔者主张用单因素分析法, 即先分别作出反映该地区层段沉积环境

的单因素的基础图件, 然后再对这些基础图件综合分析, 从而作出区域性的岩相古地理图。

(1) 等厚图

以华北下奥陶统冶里组为例: 根据 22 个露头剖面和钻井的厚度资料, 用内插法, 作出了一幅华北下奥陶统冶里组等厚图 (图 3)。

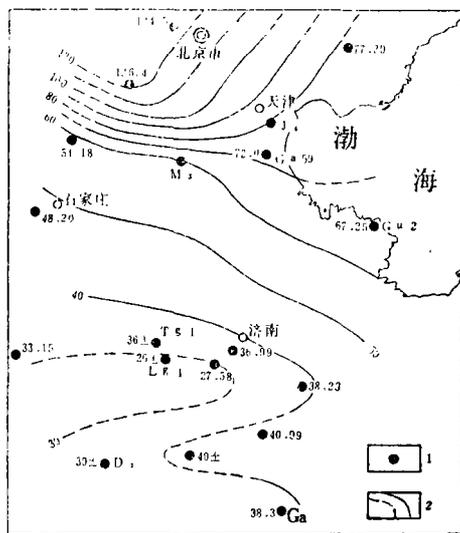


图3 华北下奥陶统冶里组等厚图

1. 取心井 2. 厚度等值线

从等厚图可以看出: 第一, 华北冶里组的厚度由南往北逐渐变厚, 这说明在冶里组沉积时北部下陷比南部强烈。第二, 北京易县地区厚度最大, 这说明冶里组沉积时京易地区下陷幅度最大。第三, 等厚线方向在河北南部及山东地区基本上呈东西向, 与传统的“胶辽古陆”近于直交; 如何解释, 颇须深思。

(2) 颗粒含量等值线图

各剖面冶里组的颗粒含量百分数是这样计算出来的：先把该剖面冶里组所有有颗粒的岩层的厚度及其中的颗粒含量百分数逐层统计出来，各层的厚度乘其颗粒含量百分数，即得该层的颗粒厚度；再把各层的颗粒厚度累计之，并以冶里组的总厚度除此累计的颗粒厚度，即得该剖面冶里组的颗粒含量百分数。

根据各剖面或井的颗粒含量百分数数据，按照内插法，即可勾绘出华北地区冶里组颗粒含量等值线图（图4）。

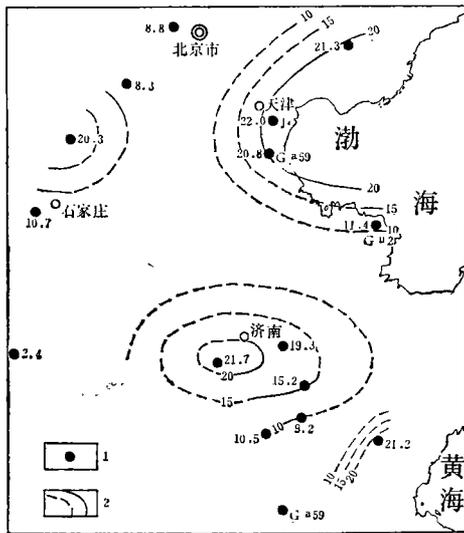


图4 华北下奥陶统冶里组颗粒含量等值线图
1.取心井 2.颗粒含量等值线

从图中可以看出有四个高颗粒含量区，即1) 曲阳(最高含量20.3%)；2) 唐山(最高含量21.3%)、J₄井(最高含量22.0%)、Ga59井(最高含量20.8%)；3) 长清(最高含量21.7%)；4) 莒县(最高含量21.2%)。

根据碳酸盐岩石学的理论，此四个高颗粒含量地区就是冶里组沉积时，冶里海域中四个水动力条件较强地区，即四个高能量地区。

(3) 颜色分区图

根据华北各剖面冶里组岩石颜色的具体情况，我们暂把颜色分为以下五类：

强还原色：包括深灰色、灰黑色；

还原色：包括灰色、浅灰色、黄灰色、浅黄灰色、灰白色；

弱还原色：包括灰绿色、黄绿色；

弱氧化色：包括褐灰色、灰褐色；

氧化色：包括褐色、黄红色、灰紫色、暗灰紫色、紫灰色、棕红色、红褐色。

各个剖面冶里组的岩石颜色均按此五类进行厚度统计，算出各类颜色的岩石厚度占冶里组总厚度的百分含量。按此，即可作出各剖面的颜色类型点图和区域性的颜色分区图（图5）。

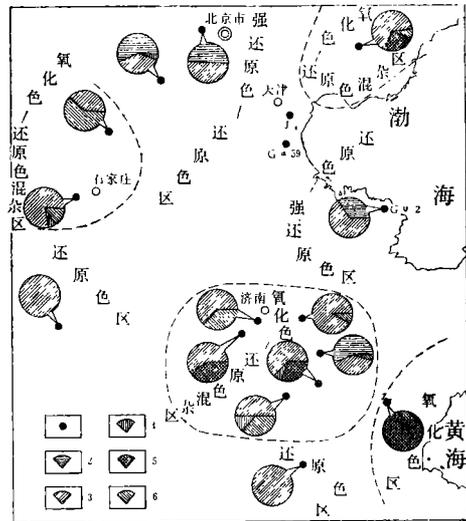


图5 华北下奥陶统冶里组颜色分区图
1.取心井 2.强还原色 3.还原色
4.弱还原色 5.弱氧化色 6.氧化色

从颜色点图及分区图可以看出：第一曲阳井陘地区、唐山地区、鲁中地区为氧化色—还原色混杂区，这三个混杂色区与三个高颗粒含量区的范围基本一致。第二、莒县地区为弱氧化色区，这与莒县高颗粒含量区一致。第三、其他地区为强还原色—还原色区

或还原色区, 这些地区的颗粒含量甚低。

(4) 其他单因素图

有关化石资料的图件很重要。虽然我们未能作出定量的化石资料图件, 但定性的资料也还是有用的, 即华北各地冶里组的化石, 不论其岩性是石灰岩还是白云岩, 都是正常海的化石。这就从古生物的观点证明华北冶里组广泛分布的白云岩并不是什么咸化泻湖或咸化海的原生沉淀产物, 而是次生的。

其次各种陆源组分的定量图件也很有用, 它是判断沉积区位于古陆何方、距古陆的远近、以及沉积环境的水动力条件等的重要依据。我们缺乏必须的定量资料, 未能作出这种图件。但是, 应当有这种图件。

此外, 其他特定的结构组分、矿物成分、化学成分, 如有特定的环境意义, 也都应力争作出相应的定量图件。

(5) 岩石等值线图

有的单位在陆源碎屑岩与碳酸盐岩的混杂区或过渡区进行岩相古地理研究时, 曾编绘了一些岩石类型(如砂岩、页岩、石灰岩、白云岩等)的等值线图, 并以此为基础勾绘该地区的岩相古地理图。这种作图方法与岩组法相比, 进了一大步。但是, 与上述的单因素分析法相比, 仍嫌不足, 因为岩石还不是独立的单因素, 如砂岩中还含有灰质, 石灰岩中还含有砂和粘土泥等陆源物质。作岩石的等值线图远不如作砂、粘土泥、灰质、原生或准同生的白云质等单因素的等值线图为好。假如用后者单因素的等值线图作为基础图件, 那勾绘出的岩相古地理图肯定会更加确切中肯。

三、关于华北早奥陶世冶里期古陆和古海洋的探讨

在各种单因素图件的基础上, 并结合区域地质及大地构造的特征, 全面综合分析勾

绘出区域性的岩相古地理图(图6)。

图6为华北早奥陶世冶里期岩相古地理图, 在该图中有二个问题值得探讨:

(1) 关于古陆

图中有两个古陆, 即北部内蒙古陆和东南部的胶辽古陆。由于第一性资料十分不足, 这两个古陆都是按传统的资料和观点暂且确定下来的, 故均用虚线表示。笔者对胶辽古陆是否存在是持怀疑态度的。应当指出, 在这些地区缺失冶里组海相地层并不一定说明这些地区在冶里组沉积时就不是海洋, 就一定是剥蚀区的陆地。这些地区在当时也可能和其他地区一样是古海洋, 同样有海相沉积岩层, 只不过后来被剥蚀掉罢了。假如这些地区当时确实为古陆, 那么在此古陆的边缘就应有边缘相的沉积或有靠近古陆边缘的种种相标志。但是, 在所谓的“胶辽古陆”的边缘地区, 如莒县冶里组剖面中, 我们却未发现任何边缘相的标志, 其岩性、厚度、岩相等特征, 与鲁中地区诸剖面并没有什么两样。那么, “胶辽古陆”何在?

另外, 冶里组等厚线的方向几乎与“胶辽古陆”直交, 这一现象也与“胶辽古陆”的存在是矛盾的。所以“胶辽古陆”存在与否, 其确切位置又在何处, 是应当认真考虑的。

“胶辽古陆”如此, 那么其他地区其他时代的一些古陆的存在与否, 是否也应以同样认真的态度对待呢? 看来, 也应如此。

(2) 关于古海洋

根据前述的几个单因素基础图件, 这个冶里期的古海洋是正常盐度的海, 并不是什么咸化泻湖或咸化海, 它至少可分为三种次一级的古地理单位, 即水下浅滩(或水下高地)、局限海、以及开阔的滩间海。

四个水下浅滩(曲阳浅滩、津唐浅滩、鲁中浅滩、莒县浅滩)或四个水下的高地, 主要是根据四个高颗粒含量地区确定下来

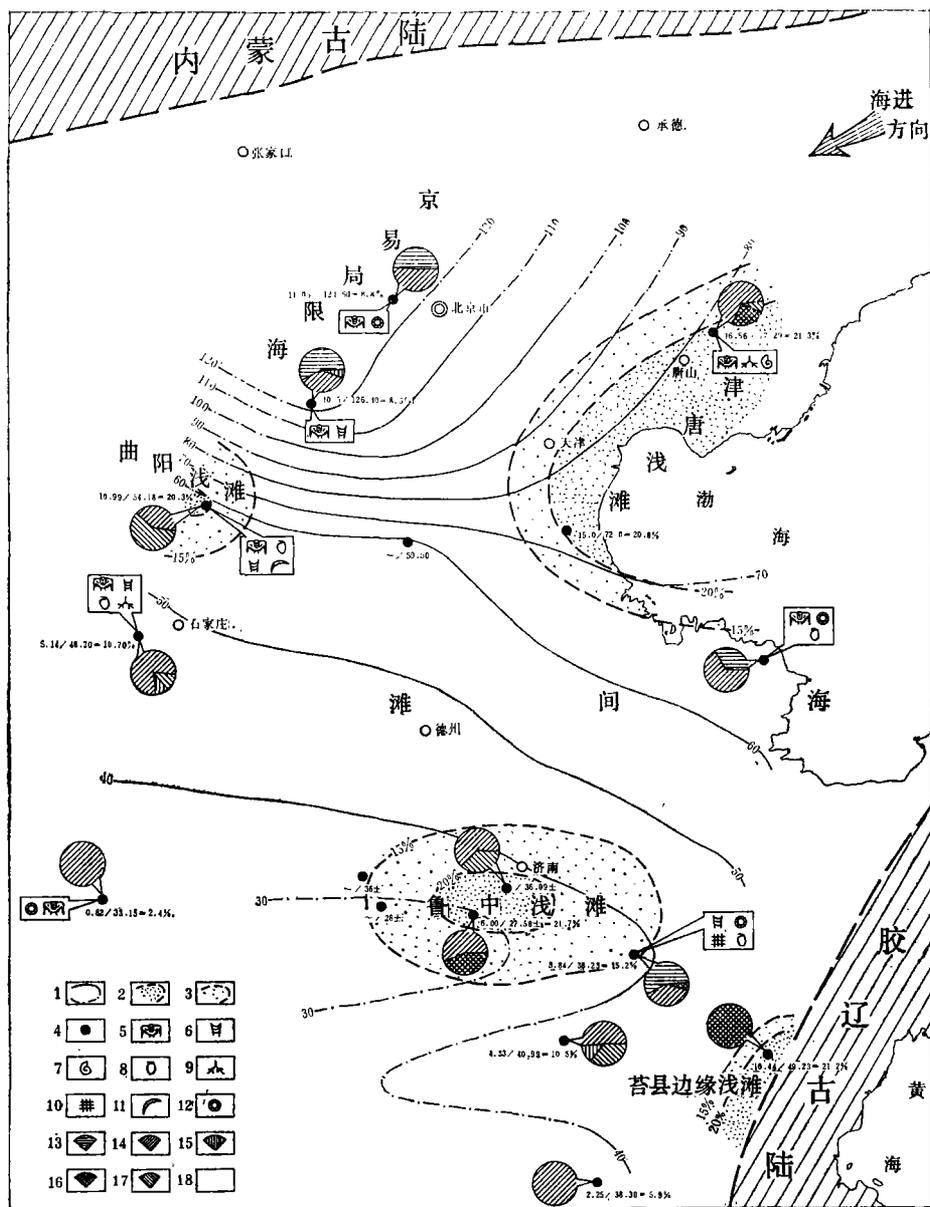


图6 华北早奥陶世冶里期岩相古地理图

- 1.厚度等值线 2.颗粒含量20% 3.颗粒含量15% 4.取心井 5.三叶虫 6.头足类 7.腹足类
8.腕足类 9.树笔石类 10.苔鲜 11.介形虫 12.棘皮类 13.强还原色 14.还原色 15.弱还原色
16.弱氧化色 17.氧化色

的。当海平面下降时，这些地区的海底位于浪底以上，为高能环境及氧化环境，沉积物以竹叶状砾屑石灰岩为主，其颜色也以氧化色为主；当海平面上升时，这些地区的海底

位于浪底以下，为低能环境及还原环境，沉积物主要为石灰岩（颗粒很少或没有），其颜色也以还原色为主。这两种岩石频繁交互，正说明冶里期海平面升降频繁。但总的

看来,这四个地区的能量条件比周围的海域为大,水体较浅,是广大的古冶里海中的四个水下浅滩或水下高地。

当然,这四个水下浅滩也存在着差异性。鲁中浅滩的沉积厚度较小,说明该处下陷幅度不大;曲阳浅滩和津唐浅滩的沉积厚度较大,说明其下陷幅度较大。这说明它们的大地构造背景是不同的。还有,曲阳浅滩和津唐浅滩也可能是相互联结的,即可能是一个近于东西向大浅滩,但由于资料不足,还不敢把二者联系为一体。莒县浅滩靠近“胶辽古陆”(假如它存在的话,或其边缘如图中所示的话),正位于沂沭断裂带上,具体情况还待进一步探讨。

在北京易县地区的海域,北有内蒙古陆(假如有内蒙古陆,而且其位置又如图中所绘的话),东西又有水下浅滩,如果东西两个浅滩是相互联结的话,则其东、南、西三方均为浅滩,因此,其水流及波浪作用均受到限制,故名之曰“京易局限海”。此局限海的沉积岩性特征(颗粒含量少,以还原色和强还原色为主)说明它的水体能量较低,水体也可能较深。另外,此局限海地区的冶里组厚度也最大,说明这一较深水的局限海域也是下陷幅度最大的地区。这样的地区对生油是有利的。

其它海域为水流畅通的开阔海或滩间海,基本上都是潮下低能环境,故生成的岩石也大都颗粒含量很少,颜色也以还原色为主。由于第一性资料不够,还有不少问题难以确定。

总之,山东河北两省的古冶里海范围广阔,水底地形有一定起伏,下陷幅度各地也不一致,但水体深度都不大;这是一个典型的内陆海或陆表海。

以上,以华北下奥陶统冶里组的沉积环境分析和岩相古地理图的编制为例,进行了方法的论述。其中,着重地论述了单因素分析

法。正是通过这一单因素分析法,笔者才在古冶里海中划分出了一些次一级的古地理单位,并对一些传统的理论、观点、方法和成果提出了一些不同的看法。但是,碳酸盐岩沉积环境分析及岩相古地理研究,尤其是其岩相古地理图的编制,是个重大的课题,国内外都还处于探索和开拓的阶段。笔者也是一个探索者。本文提出的一些观点和方法,对这一课题的发展或有一得之助乎?是所愿也。不当之处,尚希指正。

参 考 文 献

- [1] 刘鸿允(1955): 中国古地理图。科学出版社。
- [2] 中国科学院地质研究所(1959): 中国大地构造纲要。科学出版社。
- [3] 卢衍豪等(1965): 中国寒武纪岩相古地理轮廓初探。《地质学报》,第45卷,第4期。
- [4] 李耀西等(1975): 大巴山西段早古生代地层志。地质出版社。
- [5] 范嘉松等(1979): 论古代海洋碳酸盐沉积环境基本模式。《地质科学》,1979年,第4期。
- [6] 冯增昭(1979): 华北早奥陶世岩相古地理新探。地质科学,1979年,第4期。
- [7] Armstrong, A. K. (1974): Carboniferous carbonate depositional models, preliminary lithofacies and paleotectonic maps, Arctic Alaska. Bull. AAPG, Vol. 58 № 4, p. 621—645.
- [8] Edie, R. W. (1958): Mississippian sedimentation and oil field in Southeastern Saskatchewan. Bull. AAPG, Vol. 42, № 1, p. 94—126.
- [9] Irwin, M. L. (1965): General theory of epeiric clear water sedimentation. Bull. AAPG, Vol. 49, № 4, p. 445—459.
- [10] Laporte, L. F. (1967): Carbonate deposition near mean sealevel and resultant facies mosaic: Manlius Formation (Lower Devonian) of New York State. Bull. AAPG. Vol. 51, № 1, p. 73—101
- [11] Young, L. M. et al. (1972): Carbonate facies in Ordovician of Northern Arkansas. Bull. AAPG, Vol. 56, № 1, p. 68—80.