

松辽盆地嫩江组白云岩结核的成因 及其环境意义

刘万洙 王璞琚

(长春地质学院能源系)

[内容提要] 松辽白垩纪陆相盆地嫩江组泥质铁白云岩结核主要呈顺层状产于灰绿色粉砂质泥岩、页岩与介形虫层的互层层序中。其同位素组成 $\delta^{13}\text{C}(\text{PDB})=1.105\pm 2.4$, $\delta^{18}\text{O}(\text{PDB})=-5.174\pm 3.5$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.7078\pm 0.0005$ 。结核多不切割层理,结核内部具水平纹理。该类结核形成于湖平面快速波动过程中的浅水期,属沉积结核和早期成岩结核,椭圆状外形是碳酸盐同生胶结过程中始终受到上覆泥质沉积物持续压实作用的结果。白云岩为海水-淡水混合成因。

关键词 陆相盆地 白云岩结核 成因

嫩江组暗色泥岩是松辽盆地的主要生油层之一^[1]。嫩江组时期是松辽盆地由沉降拗陷向挤压萎缩转化的重要演化时期^[2]。嫩江组沉积期的古环境特征研究对认识松辽盆地的演化历史和油气成因均具有重要意义。以往研究主要基于钻井中获取的各种岩心(屑)和测井、录井资料,所能观测的范围太小,限制了对结核沉积特征的综合分析研究,所以迄今对嫩江组结核成因的研究还不多见^[3]。笔者以松辽盆地东南隆起区姚家站处的嫩江组剖面为基础,结合盆地中部的钻井资料,研究了嫩江组碳酸盐岩结核的沉积层序、结构构造、矿物成分和稳定同位素组成,认为该结核形成于海水注入事件之后的浅水淤积环境,是物源相对贫乏和水体咸化的综合结果。椭圆状外形是由于碳酸盐岩成岩作用略早于相邻泥质岩,在其早期成岩过程中体积收缩,首先产生侧向微拉断,在上(下)未成岩泥质沉积物的持续而缓慢的压实作用下,形成椭圆状。所以该结核具有内部水平纹理、顺序产出、较少切割层理和同层内大小相对均匀等特征。

1 剖面特征

姚家站嫩江组剖面位于吉林省德惠县长哈铁路松花江桥的南岸,出露地层为嫩江组一、二段,同位素年龄为 $81\pm 8\text{Ma}$ ^[4],累积垂直厚度30m。嫩江组标准地层主要依据盆地内部松基4井、吉2井和吉15井等钻井资料确立^[5]。以往对该剖面没有详细报导。现将笔者测定的姚家站第二松花江桥南岸兵营附近的嫩江组含白云岩结核的剖面层序描述如下:

- 26. 深灰色水平层理泥岩 1m
- 25. 灰色(风化面黄色)介形虫灰岩,波状层理 0.2m

① 本文1996年7月8日收稿。

24. 灰绿色断续水平层理泥岩,中间夹一层碳酸盐结核,单体结核椭圆状,长30cm左右,厚5—10cm 2.2m
23. 暗色泥(页)岩夹灰色丘状层理细砂岩,细砂岩的下伏泥岩层面见泥裂构造 0.15m
22. 灰色含介形虫页岩、油页岩 0.9m
21. 灰色水平层理泥岩与浅灰色含介形虫细砂岩互层,见冰晶痕构造 0.9m
- 20—3. 深灰色水平层理油页岩 1m
- 20—2. 灰色含介形虫泥岩,具生物扰动构造 1m
- 20—1. 灰色水平层理泥岩夹一层碳酸盐岩结核,单个结核10—20cm,厚5—8cm,椭圆状 1m
19. 灰色—灰绿色含介形虫粉砂质泥岩、页岩 1m
18. 灰色(风化面土黄色)介形虫灰岩 0.5m
17. 浅灰绿色断续水平层理含介形虫泥岩 0.5m
16. 绿灰色介形虫质粉砂质泥岩,断续水平层理,见生物扰动构造,顶部为5—7cm灰色介形虫灰岩层 0.5m
15. 灰绿色断续水平层理泥岩,油页岩 2m
14. 灰绿色泥岩与介形虫灰岩互层,中间夹两薄层状(0.5—1cm)褐铁矿化的黄铁矿层,顶部为一碳酸盐岩结核层,单个结核长20—50cm,厚7—15cm,椭圆状,顺层产出 1.25m
13. 青灰色水平层理介形虫灰岩 0.3m
12. 灰绿—灰黄色粉砂质泥岩薄透镜状细砂岩,见生物扰动构造 0.35m
11. 灰绿—深灰色泥岩与油页岩,水平层理—断续水平层理,向上介形虫含量增加、生物扰动作用加强,顶部见20—25cm厚的含黄铁矿(剖面表层已褐铁矿化)泥岩 3.25m
10. 浅灰色介形虫灰质细砂岩与灰绿色泥岩互层,水平层理发育,顶部见断续结核层 0.45m
9. 灰色介形虫灰质粉砂—细砂岩夹深灰色水平层理泥(页)岩,粉砂岩具变形层理(C段),细砂岩见平行层理—块状层理(B)段,为浊流成因 0.45m
8. 深灰色油页岩夹薄层状(0.2—0.5cm)褐色介形虫灰岩 1m
7. 绿灰色水平层理泥(页)岩与粉砂岩薄互层,顶部见一碳酸盐结核层,顺层分布,单个结核扁椭球状,长20—40cm,厚7—15cm 1.35m
6. 灰绿色断续水平层理泥岩,顶部为顺层分布的碳酸盐岩结核层,单体长10—30cm,厚5—8cm 0.5m
5. 灰绿色水平层理页岩夹薄层状含介形虫粉砂岩 0.9m
4. 灰黑色油页岩,页理发育,富含介形虫及叶肢介化石,保存完整 0.3m
3. 灰绿色断续水平层理粉砂质泥岩,具生物扰动构造 0.9m
2. 灰绿色泥岩与粉砂岩薄互层,水平层理—沙纹层理 0.9m
1. 深灰色油页岩,页理发育,富含介形虫和叶肢介化石 0.7m

— 整合 —

下伏地层:上白垩统姚家组(红层)

该剖面共观测到五个结核层(层6,7,14,20—1和层24)。

2 碳酸盐岩结核的结构构造、矿物成分和稳定同位素组成

本区嫩江组碳酸盐岩结核均顺层产出,扁椭球状,最大扁平面平行层面,均产于灰色—灰绿色水平层理或断续水平层理泥岩中。结核不切割层理或与层理的切割关系不十分清楚。结核内部具微细水平层理,未见核心与包壳结构。

挑选新鲜纯净的碳酸盐结核样品,用日本日立公司产XD—3型X射线衍射仪测定其矿

物组成,结果列于表1。

上述样品研磨至200目,浓磷酸溶样,用德国菲尼根玛特公司产MAT—251型同位素质谱仪测定碳酸盐岩结核的同位素组成结果列于表2。

表1 嫩江组碳酸盐岩结核的矿物组成
Table 1 Mineral compositions of dolomite concretions in the Nenjiang Formation, Songliao Basin, Northeast China

矿物(%) 样品号	白云石	石英	长石	粘土总量	综合定名
Y6—2	87	3	5	5	铁白云岩
Y14—5	88	4		8	铁白云岩
Y16—2	75	10	5	10	泥质白云岩
Y20—1	89	3	3	5	铁白云岩

表2 嫩江组碳酸盐岩结核的同位素组成
Table 2 Stable isotopic compositions of dolomite concretions in the Nenjiang Formation, Songliao Basin, Northeast China

同位素 样品号	$\delta^{13}C\text{‰}$ (PDB)	$\delta^{18}O\text{‰}$ (PDB)	$^{87}Sr/^{86}Sr$	Z 值 ^[4]
Y6—2	-1.83	-7.05	0.70943	120
Y14—5	0.76	-7.51	0.73633	125
Y16—2	3.97	-0.055	0.70989	135
Y20—1	1.52	-6.08	0.70899	127

注:经等时线拟合得初始 $^{87}Sr/^{86}Sr=0.7091^{[4]}$

3 嫩江组碳酸盐岩结核的成因及其古环境意义探讨

嫩江组中碳酸盐岩有两种存在形式:一是层状介形虫生物灰岩;二是结核状白云岩。根据其沉积层序和结构构造特点,可确定两者均为同生沉积成因。本区白云岩结核的成因涉及到陆相白云岩的成因和扁椭球状结核体的形成过程两个方面。笔者认为该结核状白云岩为淡水与海水混合成因,而其扁椭球外形为早期成岩过程中结晶收缩、层内微拉断、机械压实等作用的综合结果,并进而提出图1所示的结核成因模式。现将主要依据阐述如下。

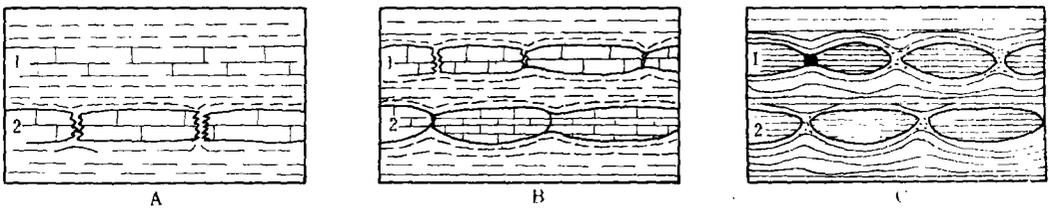


图1 嫩江组白云岩结核扁椭球体的压实成因模式

- A. 先期形成的白云石沉积物(层2)开始结晶,由于上下泥质沉积物的围限和重荷作用,结晶导致的体积收缩产生侧向微拉断,后期形成的白云石沉积物(层1)仍处于准同生(交代)阶段,层2以下的泥质沉积物已处于压实排水阶段,白云石层的微拉断处可作为下伏泥质沉积物的泄水通道。
- B. 白云石沉积层内部的微拉断继续发展,为了最有效地抵抗上覆沉积物的持续垂向压力,微拉断的边缘外凸,整个块体趋于形成弧形轮廓,下伏泥质沉积物的排水作用会部分破坏结核边缘泥岩的原生层理构造。
- C. 白云岩结核形成,其内部保留了水平纹理,结核呈能有效抵抗静压力的扁椭球状,下伏泥质层压实排水作用基本结束,进入早期胶结成岩阶段;泥岩层理主要随结核呈弧形弯曲,于结核间部位可由于泄水作用致使原生层理与结核的关系模糊不清。

Fig. 1 Model showing the compaction genesis of the ellipsoidal dolomite concretions in the Nenjiang Formation, Songliao Basin, Northeast China

- A. The preexisting, crystallized dolomite sediments (Bed 2) are laterally pulled apart due to the confining pressure and overloading by the overlying and underlying argillaceous sediments. B. The faulted blocks display the arc patterns in order to resist validly the steady vertical pressure of the overlying sediments. C. The dolomite concretions are finally formed. These concretions are ellipsoidal, and have internal horizontal lamination.

3.1 沉积层序与结构构造证据

结核层出现在小型向上变深序列的中部,其下为介形虫(泥)灰岩,向上过渡为较深水环境的油页岩沉积。这可能相当于一次海水注入旋回的一套沉积记录。生物集群死亡形成的

介形虫灰岩沉积应代表海水注入事件伊始环境突变期的沉积记录。当海水注入量使盆地内海水与淡水的比例满足白云石沉积(或准同生交代)所要求的Mg:Ca摩尔比(1:1—3:1)时便出现白云石沉积层。当海水注入量增加使上述Mg:Ca摩尔比的平衡遭到破坏、水体加深、有机质通量增加时便形成油页岩沉积。

本区结核具内部水平纹理,不切割层理,不具有核心和包壳结构,说明它们应为同沉积或早期成岩过程中形成。结核与层理的关系不清楚的情况也比较常见,这可能是由于结核结晶成岩略早于下伏泥岩,结核的边缘在下伏泥岩压实排水过程中被用作为泄水通道,结果使结核与周围泥岩层理的原生构造关系模糊不清。

3.2 同位素组成证据

根据Faure(1983)的碳、氧同位素碳酸盐岩成因判别标准^[6],当Z值小于120时为纯淡水成因碳酸盐岩;当Z值大于120时为海相或与海水作用有关的碳酸盐岩。本区结核状白云岩的Z值为120—135(表2),可推断其成因应与海水有关。

沉积岩的初始⁸⁷Sr/⁸⁶Sr比值是沉积当时沉积盆地中同位素均一化的原始同位素组成,是古环境的最有效标志之一^[7]。经等时线拟合测得嫩江组碳酸盐岩的初始⁸⁷Sr/⁸⁶Sr=0.7091,与现代大洋的锶同位素组成(⁸⁷Sr/⁸⁶Sr=0.7093±0.0005^[8])几乎完全一致,说明该白云岩结核形成时沉积盆地中的同位素组成有海水来源。

3.3 古生物证据

迄今在嫩江组地区中尚未发现典型海相化石,但“与海水有某种联系”的半咸水或微咸水生生物却比较常见^[9],例如*Brachidontes*短齿蛤,*Fulpioides*类傅蚬属,*Mytilus*壳莱蛤属,*Musculus*二区肋蛤属和*Striarca*线纹蚶属(顾知微,1976);*Sungarichthys*松花鱼,*Jilinichthys*吉林鱼和*Hama*哈玛鱼等(张弥曼等,1977);半咸水沟鞭藻类:*Cleistosphaeridium nengjiangens*嫩江繁棒藻,*Batiacasphaera*杯球藻,*Bosedinia*百色藻,*Chlamydomophorella*斗蓬藻,*Apteodinium*阿普第藻和*Canningia*坎氏藻等属(高瑞祺等,1992)。

这些生物是随海水带入到湖盆地中的,或为适应海水与淡水混合的半咸水环境而发生变异的特殊种属。它们应是海水注入事件的生物记录。

4 主要结论

1. 嫩江组白云岩结核为同沉积或早期成岩结核。
2. 嫩江组白云岩结核多形成于小型向上变深旋回的中部,每一结核层代表一次小规模的海水向湖盆地的注入事件。
3. 白云岩结核的扁椭球状外形是白云岩同生结晶成岩—收缩—微层间拉断—上覆沉积物持续压实等作用的综合结果。在这种情形下只有扁椭球体状外形才能最有效地抵抗垂向静压力。

参 考 文 献

- 1 杨万里、高瑞祺、郭庆福、刘耀光. 松辽盆地陆相油气生成运移和聚集. 哈尔滨:黑龙江科技出版社,1985
- 2 刘招君、王东坡、刘立、刘万洙、王璞珺、杜晓弟、杨光. 松辽盆地白垩纪沉积特征. 地质学报,1992,66(4):327—338
- 3 王璞珺、刘招君、王东坡. 嫩江组黑色页岩—白云质结核—生物灰岩互层序成因与海水侵入的片流模式. 石油与天然气地质,1996,17(4):380—390

- 4 王璞珺、杜晓弟、王骏、王东坡. 松辽盆地白垩纪年代地层研究及地层时代划分. 地质学报, 1995, 69(4): 372—381
- 5 吉林省地质矿产局. 吉林省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1988, P232—233
- 6 Faure G. 同位素地质学原理. 潘耀兰、乔广生译. 北京: 科学出版社, 1983, P307
- 7 Faure G. and Powell J. L. 锶同位素地质学. 中科院贵阳地化所译. 北京: 科学出版社, 1975, P109—122
- 8 赵其渊等. 海洋地球化学. 北京: 地质出版社, 1989
- 9 高瑞祺、张莹、崔同翠. 松辽盆地石油地层. 北京: 石油工业出版社, 1994, P240—250

GENESIS AND ENVIRONMENTAL SIGNIFICANCE OF THE DOLOMITE CONCRETIONS FROM THE NENJIANG FORMATION IN THE SONGLIAO BASIN, NORTHEASTERN CHINA

Liu Wanzhu Wang Pujun

Changchun University of Earth Sciences

ABSTRACT

The argillaceous dolomite concretions occur mainly in the intercalations of the greyish green silty mudstones, shales and ostracod beds in the Nenjiang Formation of the Cretaceous Songliao continental basin. Their isotopic compositions are: $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) = 1.105 ± 2.4 , $\delta^{18}\text{O}$ (PDB) = -5.174 ± 3.5 ; $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.7078 \pm 0.0005$. Generally speaking, these dolomite concretions do not cut the adjacent beddings, and internally have horizontal laminations. It is inferred that the concretions were formed in the shallow-water stage during the rapid fluctuation of lake level, and are assigned to sedimentary and early diagenetic concretions. The authors interpret the dolomite as having a mixed sea water-fresh water origin, and the ellipsoidal shape of the concretions as the result of uninterrupted compaction from the overlying muddy sediments during syngenetic cementation of the carbonate sediments.

Key words: continental basin, dolomite concretion, genesis