

扬子区震旦纪海平面波动与控矿作用

杨瑞东

(贵州地质科学研究所)

震旦纪是扬子区的重要成矿期,这一时期形成了一系列沉积矿床,如贵州的大塘坡锰矿、湖南民乐锰矿、江口锰矿、湘潭锰矿和贵州开阳磷矿、湘西磷矿、保康磷矿、荆襄磷矿等。对于这些矿床的成因已有不少学者进行过论述,但各家观点不尽一致。这些矿床基本上都分布在贝义西(长安)冰期的冰碛岩和南沱期冰碛岩之上。本文以此为基点展开对震旦纪沉积矿产的控矿、成矿因素的探讨。

一、地层概述

下震旦统平袍组(Z_{1p})与下伏板溪群为假整合接触,相当于广西长安组(Z_{1J})和新疆贝义西组的上段。贵州境内局限于榕江—锦屏地区,为厚约 300—415m 的无层理的冰碛岩。广西东北、湖南西南亦发育这套冰碛岩层,它与上覆富绿组呈假整合接触。

富绿组(Z_{1f})相当于莲沱组,其分布范围在贵州境内已扩展至镇远—瓮安—凯里—三都一线和沿河—印江—江口一带。湖南西北及贵州东北、东南部富绿组为陆表海砂、泥岩组合。广西为边缘海碳酸盐岩及砂泥岩组合。富绿组内发育有铁矿、锰矿,如江口铁矿、大塘坡锰矿、湘潭锰矿等。

南沱组由灰绿色、浅紫红色块状无层理的冰碛岩组成。有人认为是重力流形成(洪庆玉, 1984),但最近经李世麟(1989)研究,认为冰川沉积确实存在,而重力流沉积只局限于斜坡带。南沱期冰川沉积分布远大于长安期冰川沉积范围,且沉积厚度大,可达 742—3174m。它与下伏富绿组多呈假整合接触,与上震旦统大部分地区亦为假整合接触。

上震旦统陡山沱组为一套碳质页岩、硅质岩、泥岩和碳酸盐组合,系浅海沉积。组内含有大量的磷块岩,著名的矿床有开阳磷矿、湘西磷矿,荆襄磷矿等。这时期海域明显扩大,为海侵时期。

灯影组以白云岩和硅质岩为主,扬子区西北部由盐类矿产、磷块岩、白云岩组成。

二、冰川作用与海平面波动

引起海平面变化的原因有多种多样,如洋脊增生、冰川作用、地球在宇宙中位置的周期性变化(赤黄交角变化)等等。然而,震旦纪海平面变化似乎是冰川作用起着主要作用。在震旦纪持续近 200Ma 的时间里,发生了两次全球性大冰期,海平面也随之发生相应变化,

即在冰期海平面下降, 间冰期海平面上升。

扬子区在震旦纪时有两期冰期, 即长安冰期和南沱冰期。据四川甘洛县苏雄下震旦统开建桥组最底部玄武岩年龄(全岩法)为 759Ma (四川 106 地质队, 1975), 推测长安期冰川年龄约 730—800Ma。澄江期岩体年龄一般为 680Ma, 云南玉溪陡山沱组海绿石同位素年龄为 658Ma (中科院地质所, 1974), 推测南沱冰碛岩层应为 640—680Ma (廖仕范, 1978)。

这两个冰期可与国外冰期对比。M. F. Glaessner (1971) 认为, 西澳大利亚冰碛岩绝对年龄是 800—660Ma, 与中国震旦纪冰期时限一致。非洲也有与中国南方震旦纪相同层位的冰碛层, 如努来斯、纳马、布什曼期克里泊, 以及西非的日别利亚、比龙帕等冰碛岩。东欧的冰川海相 Laplandin 带及 Varangerian 带冰碛岩, 可与中国南方“Za 及 Zb”对比 (B. S. Sokolov, 1972)。北欧的冰碛岩, 如挪威、格陵兰, 都有上、下冰碛层, 也与中国南方震旦纪冰期对应, 大致年龄为 700—620Ma 和 800—750Ma (Pringle, 1972, Powlsen, 1956)。

综上所述, 震旦纪的冰川作用是全球性的, 即斯特延冰期 (820—730Ma) 和维兰杰冰期 (650—580Ma)。有人曾提出中国南方当时古纬度为 21° 左右, 这样的纬度地区本来难以形成冰川。因此, 可以设想当时地球在宇宙中的位置与现在不一致, 很可能当时赤黄交角很小时, 可导致全球性寒冷, 引起冰川作用。

三、海平面波动与控矿作用

扬子区震旦纪所形成的大量矿产中, 以锰及磷块岩尤为重要。对于它们的成因曾有化学沉积、生物化学成因和热液成因等诸种解释。笔者根据锰、磷层的区域分布和在地层剖面上的位置及矿层中的微量元素、同位素等特征的研究, 认为海平面(冰川引起)升降变化控制着矿源物质的供给, 从而也控制着锰、磷、铁矿的分布和形成。

贵州及湖南震旦纪的锰矿、磷矿分别位于平袍期(长安期)和南沱期冰川沉积之上的海侵层系的底部(图 1, 2)。古地理位置为稳定克拉通地块(扬子地块)边缘或内部高地及水下隆起的周缘。这些地区洋流或海流发育, 营养丰富, 生物繁盛, 有利于生物化学作用而形成磷块岩及锰矿床。这在磷块岩及锰矿中发现有大量藻类化石便是佐证。

冰川作用、洋流上涌是怎样控制锰、磷、铁的成矿呢? 首先, 冰期海平面下降, 陆地扩大, 侵蚀作用增加。风化形成的 P、Mn、Fe 随着地表水流入海洋; 其次, 当时沿桂北罗城、龙胜入湖南通道、黔阳、新化, 东偏湘乡、醴陵, 入赣西萍江、广寒寨、宜春丰城发育一套玄武岩与巨厚的海相层互层岩石组合。据湖南区调队 (1985) 研究, 玄武岩由拉斑玄武岩系列、钙碱质系列和碱性玄武岩系列组成。强烈的火山作用可提供大量的 P、Mn、Fe; 第三, 据 P. Vieillard 等 (1984) 计算, 磷灰石在 0°C 比在 25°C 的海水中溶解度大 1000 倍, Mn、Fe 亦如此。而且, 如海底压力增大, 则 P、Mn、Fe 的溶解度将更大。因此, 磷、锰、铁等在海水中的溶解度在冰期增大, 含量增多, 储备增加, 其机理用图 3 表示; 最后, 间冰期气候转暖, 冰雪消融, 海平面上升, 海洋面积扩大, 角动量增大, 从而强化大洋循环, 导致“洋流上升”, 富含 P、Mn、Fe 的海洋底部水体上升进入克拉通边缘或腹地。由于温度升高, 压力下降, 海水中的 P、Mn、Fe 溶解度便随之大大降低, 在生物作用参与下, 在克拉通边缘或腹地发生 P、Mn、Fe 的沉聚 (图 3), 形成具有工业价值的磷、锰、铁矿床。

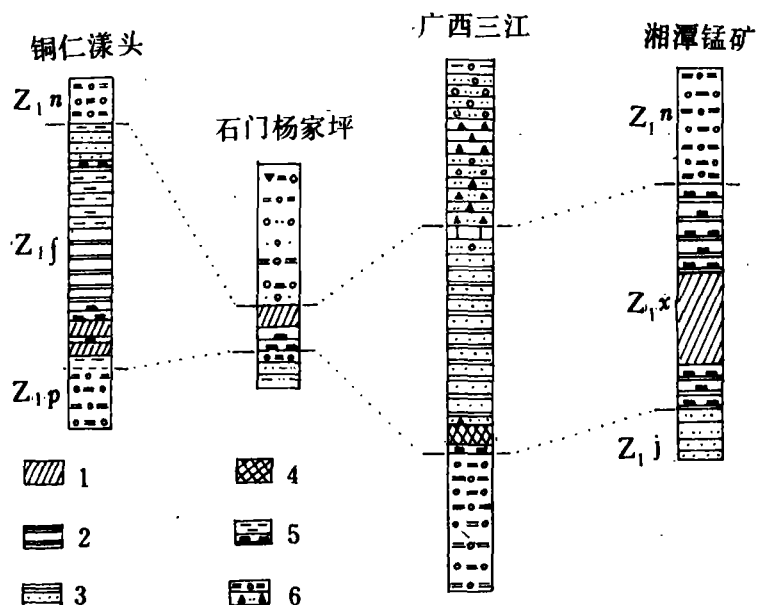


图 1 扬子区早震旦世锰、铁矿床地层剖面

1-锰矿; 2-硅质岩; 3-砂岩、页岩; 4-铁矿; 5-泥岩、碳质岩; 6-砾岩、角砾岩

Fig. 1 Stratigraphic sections through the Early Sinian manganese and iron deposits in the Yangtze area

1=manganese deposit; 2=siliceous rock; 3=sandstone and shale; 4=iron deposit; 5=mudstone and carbonaceous rocks; 6=conglomerate and breccia

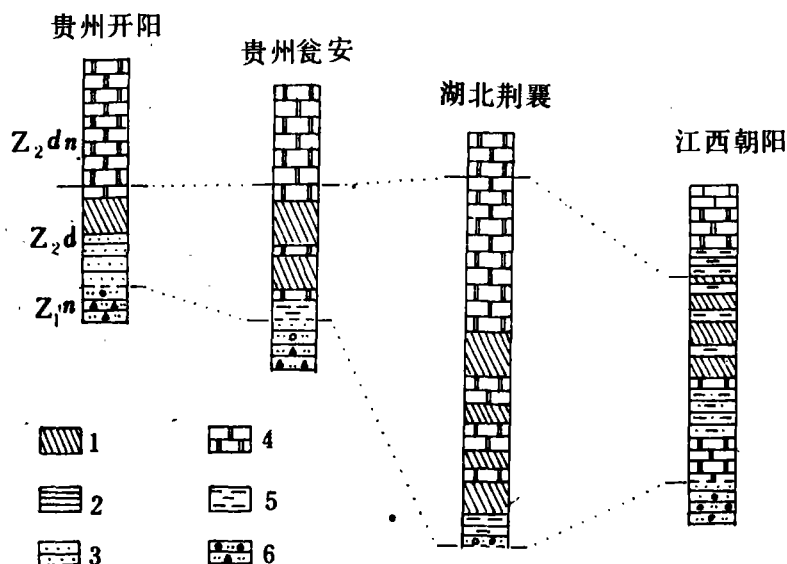


图 2 中国南方陡山沱期大型磷块岩矿床地层剖面 (据王胜龙, 1984)

1-磷块岩; 2-页岩; 3-砂岩; 4-白云岩; 5-泥岩; 6-砾岩、角砾岩

Fig. 2 Stratigraphic sections through the major Doushantuoian phosphorite deposits in southern China

(after Wang Shenglong, 1984)

1=phosphorite; 2=shale; 3=sandstone; 4=dolomite; 5=mudstone; 6=conglomerate and breccia

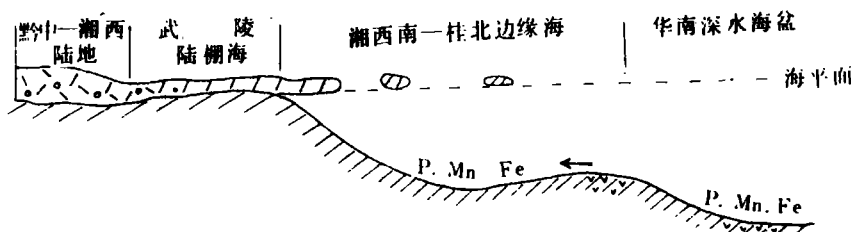


图3 早震旦世扬子海域磷、锰、铁海盆示意图(据王毓耕等资料编绘)。

Fig. 3 Sketch map showing the location of the phosphorite-, manganese- and iron-impounding basins in the Yangtze sea area during the Early Sinian (modified from Wang Yangeng et al.)

贵州、湖南和广西赋存于富绿组内的重要锰矿就是通过上述作用过程形成的, 它们是由于震旦纪全球第一个冰期——斯特延冰期(中国南方为长安期或平袍期)之后, 气候转暖, 冰雪消融, 海平面上升, 发生全球性海进, 海洋扩大, 海洋循环增大, 导致洋流上涌, 使富含 Mn、Fe、P 的洋底水体上升进入扬子地块边缘或内部, 结果形成了由滨岸到台地的大塘坡锰矿、民乐式锰矿、江口式锰矿、湘潭式锰矿和广西三江式铁矿等一系列矿床(图4)。锰矿中含有火山凝灰, 磷质含量高等说明其矿源主要来自湖南境内的火山物质。另据刘巽锋等(1989)对贵州锰矿对应分析亦证实这一观点。

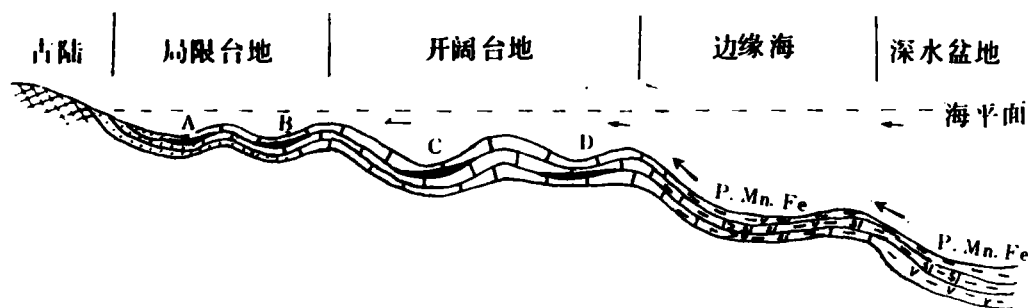


图4 早震旦世“洋流上涌”成锰的成矿模式

A=大塘坡锰矿; B=民乐锰矿; C=江口锰矿; D=湘潭锰矿

Fig. 4 Mineralization model of the manganese deposits resulting from the Early Sinian "upwelling current"

A=Datangpo manganese deposit; B=Minle manganese deposit;

C=Jiangkou manganese deposit; D=Xiangtan manganese deposit

锰矿的沉积往往需要一个缺氧环境, 锰矿层之下往往有黑色页岩; 菱锰矿中 $\delta^{13}\text{C}$ 变化范围是 30.01—52.0‰, 比地史时期一般海水 $\delta^{13}\text{C}$ 最大值 30.0—35.0‰还大, $\delta^{13}\text{C}$ 为 -7—-10‰, 比震旦纪一般海水的 $\delta^{13}\text{C}$ 高 10‰左右(震旦纪的海水 $\delta^{13}\text{C}$ 为 -15—-22‰, Hoefs, 1981), 表明大塘坡等锰矿的含锰层位具有一个高 $\delta^{13}\text{C}$ 值。由于海面所引起洋流上升, 使得富 Mn、P、Fe 水体涌入这些相对缺氧环境而形成富磷的锰矿床, 在锰矿层内含有大量的放射虫(黄慧琼、刘宝珺等, 1988), 可能是洋流从深水区带到浅水区的。

海平面上升引起的成锰作用在欧洲白垩系地层内可得到证实。白垩纪森诺曼阶及土伦

阶之间存在着一个 $\delta^{13}\text{C}$ 高值, 它是由于海平面上升引起的洋流上涌将深海大洋水体带入陆棚浅海所致, 而陆棚白垩灰岩中 $\delta^{13}\text{C}$ 值与锰的富集之间存在正相关关系 (Schlanger, 1987; Kennedy, 1974)。中国南方震旦纪大塘坡、民乐、湘潭等锰矿层内亦存在一个 $\delta^{13}\text{C}$ 高值, 且与海平面上升 (初期) 相对应, 因此, 可以说锰矿的形成与海平面上升引起的洋流上升有着密切的关系。

综上所述, 贵州及广西、湖南震旦纪锰矿的矿源主要来自湘桂边缘海, 而陆源是次要的。锰矿的形成受间冰期的海平面上升所控制。

中国南方晚震旦世磷块岩的成因, 众多学者 (孟祥化等, 1984; 吴昌炽等, 1984; 赵忠伟, 1982; 周茂基、盛章琪等, 1984) 认为是“洋流上升”形成的。这时期形成的开阳、荆襄、保康和湘西等磷矿均分布于南沱冰碛层之上的海侵层序下部 (图 2)。贵州磷块岩系中常含有火山灰和氟, 被认为是从附近优地槽中带上来的 (采勒, 1964; 孟祥化, 1984)。磷块岩系中常伴有黑色页岩及黑色硅质岩。由于洋流上升作用, 形成元素从深水区至浅水区有规律分布 (图 5), 这种元素分布规律在寒武纪、震旦纪“洋流上升”形成的磷块岩系中常常见 (戴文晗, 1988)。磷块岩中有机碳含量很高 (最高达 11.58%), 并且其中轻重稀土元素之比 ($\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{y}=10.5-1.43$) 与上扬子地块东部边缘同期凝灰岩中的轻重稀土元素比 ($\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{y}=1.03$) 接近 (杨卫东, 1990), 而与下伏南沱组及板溪群的轻重稀土元素比 ($\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{y}=2.81-3.93$) 相差甚大。

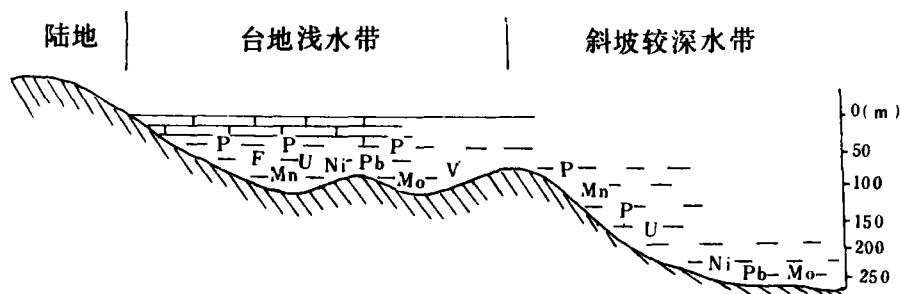


图 5 洋流上升形成的元素分布序列

Fig. 5 Model showing the element distribution caused by "upwelling current"

上述事实说明, 磷块岩中磷质来自上扬子地块东部边缘的湘桂边缘海。在冰期, P、Mn 等元素在海水中溶解度大, 海水中溶有大量的磷; 在间冰期, 海平面上升, 洋流上涌, 富磷底水上升进入克拉通边缘或内部, 由于压力及温度改变, 磷大量沉聚下来, 经生物地球化学作用形成磷块岩矿床。

在台地前缘斜坡上部, 由于压力、温度等物化条件变化不大 (与边缘海相比), 因而只有部分磷质沉聚而形成如三江、怀化等结核状、透镜状磷块岩。当富磷水体进入浅水区 (台地区) 时, 压力大大降低, 温度 (水温) 明显升高, 磷在海水中溶解度大幅度下降, 使得磷大量沉聚。除此之外, 台地区发育着大量的生物, 它们对磷的沉聚亦起重要作用, 因此, 在台地区沉积了开阳、荆襄、湘西、保康等磷块岩矿床 (图 6)。

本文得到陈文一高级工程师指导, 在此谨以感谢!

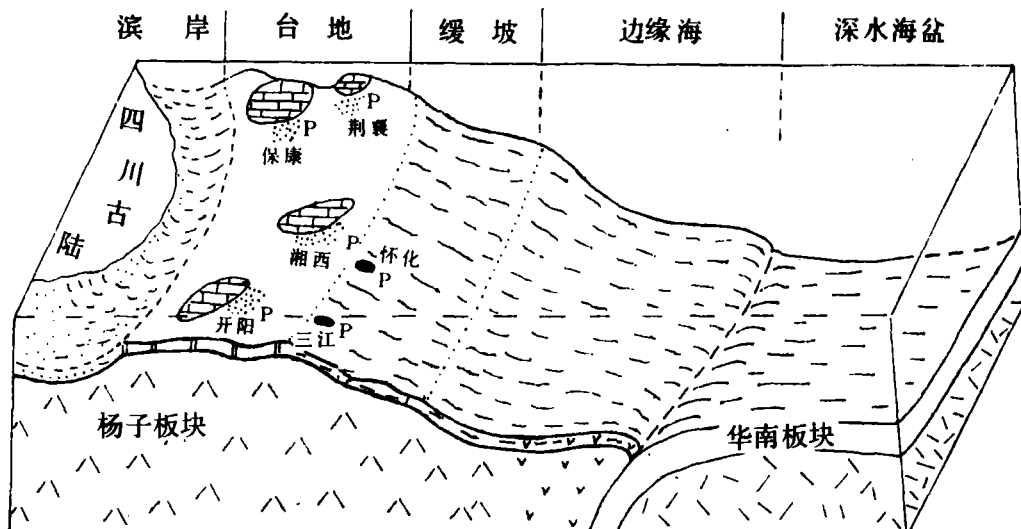


图6 华南晚震旦世聚磷沉积作用模式 (据孟祥化资料编制)

Fig. 6 Depositional model of the Late Sinian phosphorus accumulation in southern China

参 考 文 献

第五届国际磷块岩讨论会议论文集 (北京), 1984, 地质出版社。

全球沉积地质计划, 1987, 岩相古地理通讯, 第5期。

SINIAN SEA LEVEL FLUCTUATIONS AND ORE-CONTROLLING PROCESSES IN THE YANGTZE AREA

Yang Ruidong

(Guizhou Institute of Geological Sciences)

Abstract

On the basis of the distribution of the Sinian manganese, phosphorite and iron deposits in the lower part of the transgressive sequences on the Chang'an and Nantuoian tillite horizons, the sea level fluctuations created by glaciation are believed to be the main controls on the formation and distribution of the Sinian phosphorite, manganese and iron deposits, and thus the mineralization models of the Sinian phosphorite and manganese deposits in the Yangtze area are proposed. In addition, the characteristics of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{34}\text{S}$, rare earth elements and trace elements from the Sinian manganese- and phosphorite-bearing series are similar to the diagenetic and mineralization characteristics caused by the Cenomanian—Turonian (Cretaceous) sea level rises in Europe. This demonstrates the correctness of the theory of "upwelling current" caused by the Sinian post-glacial sea level rises.