

扬子台地东南缘斜坡带沉积矿产 及其形成机理和找矿方向

姜月华* 岳文浙 业治铮

(中国地质科学院南京地质矿产研究所, 南京)

提 要: 早古生代扬子台地东南缘斜坡带是我国著名的成矿带之一, 其中产有各种大、中、小型与沉积有关的金属和非金属矿产。通过对几种主要沉积型矿产(磷、石煤等)的探讨, 认为该斜坡带沉积型矿产主要赋存于 3 次缺氧期间所形成的黑色岩系中。

关键词: 斜坡带 沉积矿产 扬子台地东南缘 早古生代

早古生代特别是寒武纪、奥陶纪, 在扬子台地东南缘发育了一条延绵千里的斜坡带, 与该斜坡有关的金属与非金属矿产十分丰富, 是我国著名的成矿带之一。现已探明的大、中型矿床主要有磷矿、重晶石矿、石煤矿、锰矿、钒矿等, 小型矿床或矿点(包括矿化层)有镍、钼、金、银、铂、钯、稀土等。这里仅择几种主要沉积矿产概述之。

1 成矿地质背景

中国南方震旦纪早期沿古扬子地块东南缘发生了裂谷作用, 震旦纪晚期—早古生代南方形成了一拉张海盆及扬子台地和华夏古陆两个块体, 块体边缘长期均为被动大陆边缘。该时期南方可分出 5 大沉积区, 即扬子台地北侧南秦岭斜坡区、扬子台地、扬子台地东南缘江南斜坡区、华南盆地和华夏古陆北侧斜坡区。江南斜坡区虽受这些后期构造变动而改造和破坏, 但至今仍保存相对完好。其规模(境内长约 2000 km、宽几十至几百公里)和矿产拥有量均为国内外罕见。故多年来一直为我国地质工作者所注目。

2 斜坡带几种主要沉积矿产及其形成机理

2.1 磷矿

主要出现于早寒武世早期地层中, 是扬子台地东南缘斜坡带及华南各地磷矿赋存的重要层位。据其产状明显可分结核状和层状磷矿两类: 前者多出现于斜坡带下部和陆隆地区, 规模较小, 分布很广, 产状不稳定, 磷矿层均由大小约 0.3~7.0 cm 的磷结核和碳泥质基质组成, 并常与黑色高碳质泥(页)岩、石煤、硅质岩等互层, 黄铁矿晶体或结核发育。此外, 化石稀少, 仅见少量放射虫^[1]和菌藻、骨针, 显示了当时水体较深, 处于强烈还原环境。后者多见于浅水台地边缘凹陷及斜坡带上部, 规模较大, 呈层状, 产状稳定, 沿侧向延伸可

* 姜月华, 男, 34 岁, 副研究员, 主要从事沉积岩和沉积矿产研究。邮政编码: 210016

达几至几十公里。按照磷块岩内部结构可进一步划分出菌藻磷块岩、内碎屑磷块岩和生物介壳磷块岩 3 类, 菌藻磷块岩是最基本的类型。

关于扬子台地东南缘斜坡带早寒武世磷质来源问题, 多数学者认为是上升洋流, 作者也赞同。因其能比较合理地解释两类磷矿的分布和规模^[2]。大家知道, 早古生代扬子台地南北缘均为被动大陆边缘, 发育着广阔的斜坡带, 洋流带来的富磷质营养水体在上升过程中首先遇到斜坡带。下斜坡和陆隆地区成为上升洋流的第一道屏障, 由于该处水体较深、压力较大, 磷质微生物(菌藻类)不宜生长, Eh、PH 值等也不利于磷质发生大量堆积, 所以在下斜坡和陆隆区仅形成小型结核状磷矿(沉积-早期成岩作用产物); 而在上斜坡带, 洋流上升进入台地后, 水体进一步变浅, 压力再次降低, 上升洋流带来极丰富的营养物质使在古陆边缘或古陆(如康滇古陆)、古岛(如牛首山古岛)之间的海湾泻湖体系中的磷质微生物大量繁殖, 它们直接或间接吸收、赋存, 使磷质大量堆积, 形成特大型至大型层状磷矿床。

2.2 石煤矿

早寒武世早期是扬子台地东南缘斜坡带及华南地区石煤形成的重要时期。我国南方下寒武统石煤自北而南可依次划分出南秦岭、扬子、江南和华南 4 个含石煤带, 其中以江南(斜坡)石煤带最为发育(占南方石煤储量 90% 以上)。

石煤可分泥质、硅质和砂质 3 种类型, 它们可以在不同地区出现, 也可以在同一地区呈互层产出。石煤均以高灰(SiO_2 占 70%~90%)、高硫(2%~4%)、低炭(15%~25%)、低发热量(800~1700 卡/克)为特征, 决定了石煤熔点普遍较高(多在 1400℃ 以上)。石煤中赋存有极丰富的金属和非属元素, 尤以 V、Mo、Ni 等含量高为特点。由于石煤资源丰富, 伴生元素储量可观, 有待进一步勘查和综合利用。

石煤通常与黑色碳质泥(页)岩共生, 其中可见海绵骨针和大量菌藻类化石, 并发育大量黄铁矿晶体, 显示了石煤的沉积环境均属于较深水还原环境。研究认为石煤的形成主要与上升洋流带来丰富的营养物质使得海水表层菌藻类生物大量繁殖死亡堆积有关。华夏古陆北侧大陆斜坡虽然沉积环境多属于深水还原环境, 但终因沉积速率过快、海水过于混浊而不适宜菌藻类的大量繁殖, 从而只能在沉积速率缓慢的短暂期间内形成少量的石煤层或透镜体。扬子台地由于其总体沉积界面大多位于氧化界面之上, 沉积物以碳酸盐岩和泥(页)岩沉积为主, 且沉积厚度小, 使菌藻类没有适宜的埋藏保存条件, 因此, 石煤发育差或基本无石煤。扬子台地北侧南秦岭斜坡因后期构造破坏严重, 目前仅在陕南、皖东北等地有少量地层残余, 其中所见到的石煤层应该说只是局部现象而并不代表全部, 今后应注意对隐伏石煤层的勘查。扬子台地东南侧江南斜坡, 当时因处于非补偿的大陆边缘环境, 基本没有陆源粗碎屑物质, 而仅有少量悬浮的粉砂质和泥质物等, 石煤形成期间, 这些悬浮物质量更少, 所以, 在斜坡带石煤多为硅质石煤, 而泥质、粉砂质石煤则较少, 这反映了石煤在沉积速率缓慢、较清水的环境下有利于其大量形成。由于上升洋流不断带来丰富的营养物质, 使海水表面藻类大量繁殖, 具有极高的有机物生产率, 并由此引起下层水体处于严重的缺氧环境, 使得在斜坡带中大量死亡降落的生物体免遭氧化破坏而保存富集, 从而在江南斜坡带特别是相对凹陷的部位成为石煤最有利的沉积场所。

2.3 重晶石矿

重晶石矿也是我国早寒武世早期斜坡带中的一种十分重要的矿产。据查, 在该时期形成

的重晶石矿床约占全国资源总量的 64.99%，其中，在扬子台地东南缘江南斜坡带占 51.78%^[4]。据江南斜坡带已探明的重晶石矿表明，矿床规模从超大型（大于 100 Mt）至小型（小于 1 Mt）均有。通常重晶石矿床矿体形态呈层状或透镜状，厚度一般为 2 m。矿石成分主要为重晶石，此外，还有石英、粘土矿物、黄铁矿、有机质等。矿石的构造具明显的沉积特征，沉积层理清楚，具条带或条纹状构造、结核状构造、块状构造以及滑动柔皱构造等。矿石矿物粒度均较细，为细粒或微粒结构。矿体多与黑色薄层硅质岩或含磷硅碳质泥（页）岩、碳质泥（页）岩呈互层。

从重晶石矿石富集轻稀土元素、丰度曲线呈明显缓倾斜和 Eu 亏损等特点判断，似乎为壳源；而矿层底板含磷和重晶石结核碳质页岩（围岩）中轻稀土元素和重稀土元素丰度曲线表现为相对平直的特点，与重晶石矿层稀土模式有较大差别，似为大陆沉积，从而可以认为形成重晶石的 Ba 不是来自陆源。另据对重晶石矿物硫同位素分析表明，早寒武世形成的重晶石 $\delta^{34}\text{S}$ 值（+32.60‰~+56.99‰）均大于同时代海洋硫酸盐 $\delta^{34}\text{S}$ 值（+30‰）。这种大于同时期海洋硫酸盐 $\delta^{34}\text{S}$ 值的主要原因是与成矿环境处于深水斜坡带低能环境有关。

研究认为早寒武世扬子地台北缘斜坡带重晶石矿床的形成主要与深部张裂带热卤水或火山喷发有关。热卤水或海底火山喷发释放出的大量金属和非金属元素， Ba^{2+} 是其中的一种。上升洋流把这种富钡海水从深处带至斜坡带，在经过下斜坡时，因压力较大、Eh、pH 等条件也不利，因此仅形成中小型的重晶石矿床，而至中上斜坡带因压力减小，和有利的 Eh、pH 条件，使重晶石大量沉淀，形成了特大型或大型矿床。

2.4 锰矿

锰矿是中奥陶世扬子台地东南缘斜坡带重要的矿床之一。锰矿床多呈点式分布，原生矿石为碳酸锰。在湘中桃江地区中奥陶统已发现了一系列锰矿床（点），例如益阳的南坝、桃江的清塘—石洞、万家洞、响涛源、宁乡的月山等。矿床规模以中、小型为主，矿体呈透镜状、层状产出，沿走向常相变为含锰灰岩、含锰硅质重力流或含铁锰质泥（页）岩。以响涛源锰矿床为例，含锰层位位于胡乐组、磨刀溪组黑色岩系中，碳酸盐岩重力流和陆源浊积岩为储矿层。锰矿顶底板为黑色泥岩、板岩或硅质泥岩，矿层厚度一般不超过 2 m，矿体长约数百米，间断延续约 10 km 以上。原生锰矿石为菱锰矿，具层纹状、条带状和块状构造，细粒结构。表生带常氧化为氧化锰（包括软锰矿、硬锰矿和锰土），具网络状、多孔状、土状等结构。层纹状或条带状锰矿层通常由菱锰矿和黑色泥（页）岩互层（厘米级）组成，并常见软硬层形成的层间滑动现象。

关于斜坡带沉积锰矿的形成机理，可能与斜坡带同生断裂活动引起的海底热水喷气以及当时全球性的海洋缺氧有关。与桃江锰矿邻近的鄂赣皖等地区至今还未在相同时代的地层中发现锰矿床，但这并不等于不存在锰矿。研究认为今后在赣鄂皖地区寻找锰矿的重点应集中在鄂东南及赣西北一带，因为这些地区不仅临近桃江，而且沉积背景与桃江式锰矿更相似，有望通过更进一步的工作而有所发现。

2.4 金银矿化层

研究认为南方寒武-奥陶纪斜坡带是 AuAg 富集的重要地带，赋矿层主要是下寒武统下部地层，其次为上奥陶统上部地层。根据对皖赣鄂斜坡带黑色岩系随机采样分析显示，下寒武统某些层段 Au 的含量可达 89.0×10^{-9} ，Ag 达 12.0×10^{-6} ，分别相当于地壳克拉克值

($\text{Au } 5 \times 10^{-9}$ 、 $\text{Ag } 0.07 \times 10^{-6}$) 的 18 倍和 170 倍^[3]。另据对湘黔地区下寒武统斜坡带的研究发现, 在黑色页岩中 Ag 含量可达 $10 \sim 30 \text{ g/t}$ ^[4]。湖南慈利下寒武统黑色页岩中含 Au 为 400×10^{-9} , 同时在黔东南寒武系杨家湾组黑色页岩中也见数个金矿化点^[1]。

关于古斜坡带黑色岩系(特别是下寒武统下部) Au 的富集因素主要与下列两点有关: ① 与华南震旦纪—早寒武世早期强烈拉张的构造背景有关。拉张使断裂带热卤水或火山喷气等活动频繁, 释放出大量金属和非金属元素, Au 是其中的一种, 由于洋流或其他底流的影响, 这种含 Au 海水溶液很快在各地扩散并被吸附沉积, 使沉积物中 Au 含量背景值大大提高; ② 和本区黑色岩系含有很高的有机炭有关。有机炭含量在下寒武统下部泥(页)岩中一般为 $1.0\% \sim 12.57\%$, 硅质岩 $0.4\% \sim 6.69\%$, 石煤 $3.26\% \sim 30\%$, 灰岩 $0.48\% \sim 3.7\%$ 。有机炭(可分活性炭、高分子烃类化合物和有机酸 3 类, Radtke) 在沉积过程中能吸附包括海水中的 Au 一起沉淀, 或者和含 Au 络合物发生反应, 形成含 Au 的有机化合物或螯合物在适宜的条件下发生沉淀, 从而在斜坡带初步形成大范围的含 Au 矿源层或含 Au 建造。成岩作用阶段, 这种含 Au 源层或含 Au 建造在脱水作用或区域变质作用、热水循环作用或岩浆热液作用影响下, Au 络合物经过进一步迁移、沉淀富集, 可在有利部位成矿。

3 斜坡带金属和非金属元素成矿特点

由上面讨论的几种矿产可知, 在早古生代江南斜坡带与沉积有关的矿产(磷、钼、钒、锰、金、银、石煤等) 都赋存在 3 次缺氧期间所形成的黑色岩系之中。成矿层位主要为下寒武统下部地层如荷塘组、水井沱组等, 其次为中奥陶统胡乐组或磨刀溪组等以及上奥陶统五峰组或新岭组等。在这些层位中又以下寒武统矿产最为发育。斜坡带沉积型矿产的另一显著特点是各种矿产出现均具有一定的规律, 即在中上斜坡带多出现大型或超大型矿, 而在下斜坡带多为中、小型矿, 例如磷矿在下斜坡带多为小型结核状, 而至上斜坡带以中-大型层状磷矿为主; 重晶石矿在下斜坡带以小-中型矿为主, 而至中、上斜坡带则为大型和超大型矿较常见(如贵州天柱大河边超大型重晶石矿、安徽绩溪石榴村大型重晶石矿); 石煤矿在上斜坡带多为大型或超大型矿(如仅在赣北一地斜坡带在垂深 300 m 以上地质储量约计百亿吨^[5]), 而在下斜坡带大型石煤矿相对较少, 多为中、小型。因此, 今后应该进一步加强斜坡带岩相古地理工作, 以便在找矿过程中更快、更准确地发现大型或超大型隐伏矿床。

参 考 文 献

- 1 刘宝珪, 许效松, 潘杏南等. 中国南方古大陆沉积地壳演化与成矿. 北京: 科学出版社, 1993, 100~230.
- 2 姜月华, 岳文浙, 业治铮. 中国南部早寒武世磷矿类型和成因. 矿物岩石地球化学通讯, 1993, (3): 159~160.
- 3 姜月华, 岳文浙, 业治铮. 华南下古生界缺氧事件与黑色页岩及有关矿产. 有色金属矿产与勘查, 1994, 3 (5): 272~278.
- 4 李文炎, 余洪云. 中国重晶石矿床. 北京: 地质出版社, 1991, 22~23.
- 5 王和中. 赣北早古生代石煤岩系及其找矿前景. 江西地质, 1986, (3/4): 78~86.