

· 专题 17: 亚洲大陆边缘地质过程与成矿作用 ·

海洋锰结核与陆地海相沉积锰矿 及相关土壤锰结核的对比研究

符亚洲¹, 段建兵^{1,2}, 肖加飞¹

1. 中国科学院 地球化学研究所 矿床地球化学国家重点实验室, 贵阳 550081;

2. 中国科学院大学, 北京 100049

地球上的锰矿资源主要分为两大类: 一类是分布在陆地上, 从早前寒武纪到中-新生代不同地史时期形成的锰矿床; 另一类则分布在大洋中, 迄今仍在不断生长着的富含多种金属元素的海底锰结核和铁锰结壳。在这些锰矿床中, 现代海底锰结核与陆地古代海相沉积锰矿中的锰结核及土壤表生锰结核在外观形态、内部结构构造、成矿元素等某些特征方面有若干类似之处, 但它们又在矿床地质背景、成矿条件、形成机制等方面以及很多具体地质地球化学特征上存在明显差异。为进一步查明这几种类型锰矿床的形成条件、形成环境、成因机制及分布规律, 我们将海洋锰结核同陆地海相沉积锰矿及土壤锰结核进行了对比研究。不同时代的海相沉积锰矿和土壤锰结核在中国多地广泛产出, 我们选取云南滇东南地区的海相沉积锰矿及该区土壤锰结核, 与太平洋 CC 区锰结核进行对比来探讨这几种类型锰矿床的成矿异同。

1 产出状态

滇东南海相沉积锰矿主要为中三叠统法郎组原生氧化锰矿和碳酸锰矿或次生氧化锰矿, 在这些矿床附近的土壤中有大量第四纪土壤锰结核分布。斗南、老乌、大箐等海相原生和次生锰矿均沿着中三叠统法郎组泥岩、粉砂岩及碎屑灰岩不同层面产出, 而且主要形成于不同岩性的界面上, 这些界面通常是不整合或假整合面。如斗南锰矿上、下含矿层主要矿体呈层状、似层状, 其产状与围岩一致, 其中规模较大的几个矿层分别夹在粉砂质泥岩和疙瘩状灰岩之间, 角砾状灰岩与粉砂质泥岩之间, 角砾状灰岩与层纹状粉砂岩之间。老乌锰矿东、西矿段各有一个主矿层, 矿体产状与围岩一致, 其中东矿段主矿层夹在泥质粉砂岩和泥岩之间, 西矿段主矿层产在生物

碎屑灰岩和粉砂质泥岩之间。这些陆地海相沉积锰矿产状情况与海洋锰结核主要产在沉积间断面的情况相似, 表明沉积间断面是海陆原生锰结核和锰矿生成的有利条件。斗南锰矿带中土壤锰结核主要产在残积、坡积和冲积物中, 其分布与原生锰矿的分布密切相关。土壤锰结核层主要分布在中三叠统法郎组含锰岩系分布范围内, 且土壤锰结核层直接以不整合方式覆盖在三叠统地层之上, 这也说明该区土壤锰结核主要生长在间断面之上, 其成矿物质主要来自下伏中三叠统含锰岩系。

2 形态和结构构造

海洋锰结核形态多样, 有球状、椭球状、葡萄状连生及不规则状等, 其大小从几毫米到几厘米不等, 其中 < 2 mm 为微结核。滇东南陆地海相沉积锰矿中, 除块状矿体外, 豆状、鲕状锰结核发育, 其大小与海洋微结核类似。土壤锰结核形状类似于海洋中光滑型球状、椭球状结核, 其大小普遍小于海洋锰结核。不同类型锰结核形态的差异反应了各自生长环境、成矿物质供给和结核形成之后经历的地质作用的差异。在内部构造上, 海洋锰结核、陆地原生锰结核及土壤锰结核, 均具有核心及同心环带构造, 然而海洋锰结核中常见的纹层状、树枝状、叠层状及斑杂状构造在陆地原生锰结核和土壤锰结核中未有发现, 可能是由于沉积期后的成岩作用改造导致陆地原生锰结核失去了这些显微构造, 而频繁的氧化还原淋滤过程则导致土壤锰结核未能保存显微构造。

3 矿物成分

太平洋 CC 区锰结核中锰矿物主要由 δ - MnO_2 、钡镁锰矿和水钠锰矿组成, 还有少量方锰矿、纤锌锰矿等; 铁矿物主要是针铁矿、赤铁矿、四方纤铁矿等; 杂质矿物中除黏土和碎屑矿物外, 还有钙十字

基金项目: 国家自然科学基金项目(41376080)

第一作者简介: 符亚洲(1978-), 男, 副研究员, 研究方向: 矿床地球化学. E-mail: yzh_fu@163.com.

沸石等矿物。陆地沉积锰矿中,原生锰矿物主要为锰氧化物和锰碳酸盐两类,前者以褐锰矿为主,后者以钙菱锰矿或锰方解石为主,2种类型的锰矿物在鲕、豆状结构中呈同心环带状相间交替,此外还有一些方铁锰矿、水锰矿等锰矿物。土壤锰结核中锰矿物与海洋锰结核和原生沉积锰矿有所不同,主要为水钠锰矿、锂硬锰矿和钙硬锰矿等,并含有针铁矿及一些碎屑和黏土矿物。以上三类锰结核矿物成分的差异暗示了其成矿物质来源、形成环境的 Eh、pH 及后期地质改造的差异。

4 化学成分

通过对滇东南海相沉积锰矿中锰结核、土壤锰结核和太平洋 CC 区锰结核的主要化学成分进行对比。可以发现,海洋锰结核和土壤锰结核均富集稀有金属元素、重金属元素和稀土元素,而滇东南原生锰结核中这些元素相对贫乏。海洋锰结核中 Cu、Ni、Co、Zn 等元素含量远高于土壤锰结核,而 Cr 含量则远低于土壤锰结核,两者 Mn、Fe 含量和 Mn/Fe 比值相当,稀土元素含量较为接近,稀土元素配分模式均显示 Ce 正异常,而陆地原生锰结核中 Ce 异常

则在不同圈层有所不同。造成几种类型锰结核化学成分差异主要原因可能是由于成矿物质来源的不同引起的。海洋中 Cu、Ni、Zn 等元素在生物死亡后沉降到海底的过程中或者沉积后,由于溶解作用或成岩作用,释放出 Cu、Ni、Zn 等金属元素到海水或孔隙水中为锰结核的生长提供成矿物质。土壤锰结核则主要靠土壤母质和淋滤作用提供成矿物质。海相沉积锰矿中的原生锰结核则由于后期成岩作用使得大量金属元素流失。

5 成因类型

根据锰结核的物质来源不同,全球海洋的锰结核主要分为水成型、成岩型、混合型和热液型几种主要类型(Hein *et al.*, 2013)。太平洋 CC 区深海锰结核物质来源主要为海水与孔隙水 2 种来源混合,为水成-成岩混合成因。滇东南海相沉积锰矿中原生锰结核成矿环境为陆缘与盆缘接壤的边缘斜坡相的浅海沉积环境,这些原生锰结核是早期同沉积作用形成的产物,后期受到重结晶和交代作用的改造。该区土壤锰结核则属于典型的表生风化淋滤成因。