

滇东南中三叠世拉丁期沉积体系与层序地层格架下的聚锰特征

夏国清, 伊海生, 李盛俊, 武向峰

成都理工大学沉积地质研究院, 成都, 610059

内容提要: 为了研究海平面变化对含锰岩系的影响, 找到沉积型锰矿层的分布规律。本文综合利用地层剖面岩相组合、沉积构造序列、生物化石标志等分析了滇东南地区中三叠世拉丁期含锰岩系的沉积体系与其空间配置格局。在此基础上, 通过对不同古地理背景下层序界面及体系域界面的识别, 建立了研究区中三叠世拉丁期的层序地层格架。总结了锰矿层位的空间叠置关系及其形成机制, 指出海平面快速上升过程中的低速率沉积期最有利于锰矿沉积成矿, 并提出研究区锰矿成矿模式: 由于海平面区域性下降, 由构造活动或风化淋滤带来的锰矿物质, 在凹陷或者低洼部位聚集, 伴随新一轮海平面快速上升, 促使凹陷或者低洼部位更加封闭缺氧, 达到锰矿进一步富集, 最终在蓝绿藻类生物化学作用下成矿。

关键词: 含锰岩系; 沉积体系; 层序地层; 聚锰特征; 中三叠世拉丁期; 滇东南

滇东南地区蕴藏着丰富的锰矿资源, 是近几年来锰矿勘探开发的热点地区。锰矿床赋存于中三叠统法郎组, 前人曾对其进行过详细的研究, 着重对含锰岩系岩相古地理、地球化学特征、锰质来源以及聚锰规律和聚锰模式等方面进行了系统的研究(刘宝珩等, 1994; 吴应林等, 1994; 冯增昭等, 1997; 刘仁福等, 1988; 郑荣才等, 1997; 马雪等, 2009; 章正军等, 1998; 钟建廷, 1986; 钟薇等, 1987), 取得了令人瞩目的成果。但是针对盆地沉积型含锰岩系的层序地层及其对锰矿层的影响所进行的专门研究则相对少见。层序地层学作为一种新的沉积盆地分析方法, 可以很好地揭示海相沉积层中沉积物与海平面升降和构造沉降的成因关系。对于含锰盆地而言, 研究含锰岩系的形成, 预测其分布、厚度变化和储量是进行勘探和开发的关键, 通过分析海平面变化对含锰岩性的形成沉积环境的影响, 提出沉积层序中含锰岩系形成与分布模型, 有利于分析含矿层的分布规律和更好的圈定找矿远景区。因此, 本文在对研究区以往各类勘探报告及研究成果综合调研以及对野外露头剖面分析的基础上, 着重对含锰岩系沉积体系及其层序地层格架下的聚锰特征进行了探讨。结果发现, 海平面变化是控制滇东南地区法郎组聚锰作用的重要因素。

1 区域地质背景与地层概况

滇东南地区地处南盘江盆地西段, 大地构造上位于扬子被动陆缘西南缘, 三大深大断裂(小江、红河、师宗—弥勒)的交汇部位。该区在中三叠世早期(个旧安尼期)发生了三叠纪最大规模海侵, 形成一套巨厚的碳酸盐岩沉积; 个旧末期海水向东北方向退去, 局部地区如白显、斗南、老乌等地区上升为陆遭受剥蚀, 其余地区则继续接受沉积。进入拉丁期, 地壳下降, 海水由东北方向再次侵入, 形成中三叠世第二次海侵期, 这次海侵规模及范围小于早期安尼期海侵(云南省地质矿产局第二地质大队^①), 形成了三面古陆环抱向东北开口的海湾(杨光炽, 1985)。

区内地层出露齐全, 尤以古生界和三叠系地层分布最为广泛。含锰建造主要分布于中三叠统法郎组地层, 为一套海相泥岩、粉砂岩、砂岩夹碳酸盐岩沉积。分为上、下两段, 下段主要由深灰、灰色中厚层泥晶灰岩、生屑泥晶灰岩、白云岩等碳酸盐岩组成; 上段主要由黄灰、灰色泥岩、粉砂岩和细砂岩等碎屑岩组成。产丰富的双壳类和菊石类化石, 时代属中三叠统拉丁尼克阶。与下伏个旧组在区域大部分地区呈假整合接触, 如斗南、老乌、汤得、岩子脚及建水一带, 但在深海盆地中心呈整合接触, 与上覆地

注: 本文为“十一五”国家科技支撑计划项目(编号 2006BAB01A12-5)的成果。

收稿日期: 2009-10-10; 改回日期: 2010-03-20; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 夏国清, 男, 1982年生。在读博士研究生。矿物学、岩石学、矿床学专业, 主要从事储层矿物岩石学研究。通讯地址: 610059, 四川省成都市成华区二仙桥东三路1号成都理工大学沉积地质研究院; Email: xiaguqing06@163.com。

层乌格组基本呈假整合接触(云南省地质局第五地质队^⑨)。从剖面 and 地质调查路线的岩性出露特征看,该套地层在空间上同期异相特征明显,区域上岩性组合差异性大,沿开远至蒙自岩子脚一线为界,西部是碳酸盐岩为主夹少许碎屑岩建造,以东则是陆源碎屑岩为主夹碎屑灰岩建造。另外,在羊七沟以东则主要沉积一套巨厚的浊流相的碎屑岩建造。地层厚度变化较大,155~2805m 不等,总体呈现西薄东厚的趋势。

2 沉积体系分析

不同沉积环境下所沉积的岩相组合、相序结构不同,层序的界面特征也是存在差异的,因此沉积体系的研究是建立层序地层格架的前提。

在众多前人研究基础上,结合野外剖面观测的各种岩石组合、沉积组构、剖面序列、生物组合以及沉积机理等特征,将南盘江地区中三叠统法郎组划分为碳酸盐台地沉积体系、台地边缘沉积体系、陆棚

沉积体系、盆地沉积体系以及滨岸沉积体系五种沉积体系(图 1)。碳酸盐岩沉积仅在西部个旧、建水一带发育,其他地区碳酸盐沉积不发育或在底部发育,取而代之的是发育碎屑岩沉积。

2.1 碳酸盐台地沉积体系

主要位于沉积区北缘及西缘,可进一步分为局限台地、开阔台地、台沟三种沉积环境。

2.1.1 局限台地

分布于盆地西南端,北临康滇古陆,南靠哀牢山隆起,沿红河断裂呈北西向展布。包括泻湖、潮坪两个相带。平面上常泻湖与潮坪相伴生,纵向上两者以韵律性交替出现为特点,代表海平面的高频升降变化。

(1) 泻湖: 主要由灰色薄—中厚层含泥粉晶灰岩、微晶灰岩、含生屑泥晶灰岩、泥粉晶白云岩、细晶白云岩组成。水平层理发育,局部见条带状构造。岩石中泥质含量较高,生物属种单调,局部可见个体比较完整的有孔虫、介形虫、牙形石、海胆以及腕足类和双壳类碎片。白云石主要形成于成岩期,半自形到细晶,普遍具雾心亮边结构。

(2) 潮坪: 分布于泻湖周边滨岸地区。主要由灰色中薄层状微晶粒屑白云岩、亮晶粒屑白云岩、含生屑的纹层状灰岩、核形石灰岩、叠层石灰岩、以及藻砂屑灰岩、鲕粒灰岩和泥晶灰岩组成,局部层位以含锰矿为特征。发育水平层理、波状层理、斜层理和沙纹层理。岩石中颗粒类型有藻屑、藻团块、层纹石、核形石、叠层石、鲕粒、生物碎屑、内碎屑及球粒等,填隙物有微晶和亮晶方解石,孔隙式一半基底式胶结,生物碎屑包括腕足类、棘屑、有孔虫、介形虫、双壳等。

2.1.2 开阔台地

该相带分布于盆地北西端,沿弥勒—师宗断裂分布,经开远、弥勒、师宗、罗平呈北东向延至贵州境内。为正常浅海碳酸盐岩夹少量角砾状白云岩及碎屑岩沉积。岩石类型主要以灰白色块状粉晶灰岩为主,夹灰、深灰色厚层状白云质灰岩、藻纹层灰岩、生物碎屑灰岩及细粒角砾状白云岩和黄褐、黄绿色薄层状页岩、粉砂质泥岩。发育水平层理,具生物扰动构造,古生物门类多、数量大,以菊石类、双壳类、腕足类、有孔虫、棘皮、海百合为主。

2.1.3 台沟

位于开阔台地相带内部,分布于倘甸—竹园镇一带,其台沟边界一般受北东向的区域性段裂控制。主要的岩石类型有硅质岩、灰岩及页岩和粉砂岩。

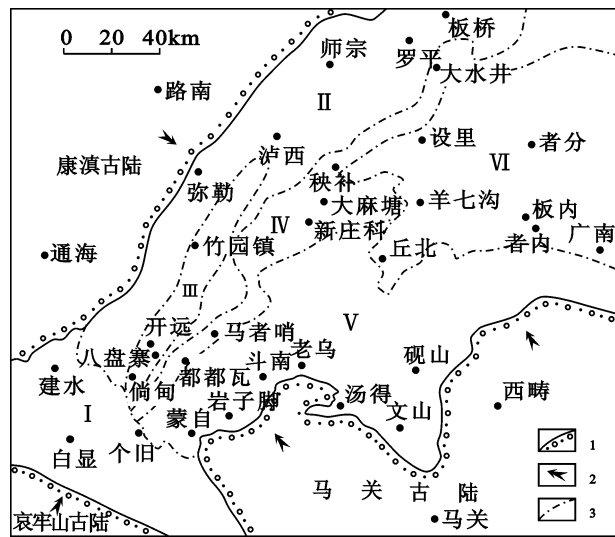


图 1 滇东南中三叠世拉丁期岩相古地理图

(据滇东南中三叠统锰矿远景调查报告修改^⑨)

Fig. 1 The lithofacies distribution and paleogeographic map of Southeastern Yunnan during the Ladinian stage, Middle Triassic

1—古陆边界; 2—物质来源方向; 3—相边界; I—白显局限台地相; II—弥勒—师宗开阔台地相; III—倘甸—竹园镇台沟相; IV—马者哨—秧补台地边缘相; V—斗南陆棚相; VI—羊七沟—广南盆地相

1—ancient land boundary; 2—direction of material sources; 3—lithofacies boundary; I—Baixian restricted platform facies; II—Mile—Shizong open platform facies; III—Tangdian—Zhuyuanzhen platformal trough facies; IV—Mazheshao—Yangbu platform margin facies; V—Dounan shelf facies; VI—Yangqigou—Guangnan basin facies

硅质岩出现在剖面的底部,中部为生物屑灰岩夹含锰灰岩,上部则以页岩夹粉砂岩为主。

硅质岩主要为浅灰、紫红、褐灰、深灰色薄层状放射虫硅质岩、隐晶硅质放射虫岩及硅质泥岩。沉积构造简单,发育水平层理,局部见波状层理。岩石结构以隐晶、泥质、放射虫及凝灰质结构为主,普遍见莓球状黄铁矿。生物群以浮游的放射虫为主,偶见海棉骨针,且保存完好。

灰岩主要为灰、深灰色中—厚层状生物碎屑泥晶灰岩、褐灰色薄—中层状泥晶含锰灰岩、粉晶含锰灰岩及生物屑球粒灰岩和浅灰色薄—中层状生物碎屑泥晶含锰灰岩。发育水平层理,见生物扰动构造。生物碎屑有双壳、介形虫、有孔虫和棘皮等,保存完好。

页岩为浅棕、黄色,发育水平纹层理。富含双壳类和菊石类生物化石,且保存完好。岩石中见莓球状黄铁矿。局部夹粉砂岩,厚度在5~30cm不等,以灰绿色、黄绿色等还原色色调为主。

2.2 台地边缘沉积体系

为碳酸盐岩台地的边缘地带,前缘面向广海,后缘为开阔台地。主要沿开远都都瓦经丘北新庄科、大麻塘呈北东向延伸展布。可进一步划分为台缘礁后泻湖相和生物礁滩相两个亚相。

2.2.1 台缘礁后泻湖相

主要位于开阔台地以南区域。主要岩性为灰色中—厚层细晶白云岩、白云质灰岩、泥晶砂屑白云岩、泥晶藻团粒灰质白云岩及纹层石白云岩,局部夹角砾状白云质灰岩。晶洞构造、膏盐溶孔以及藻纹层和鸟眼构造发育。古生物门类单调而贫乏,以有孔虫、牙形石、钙球为主,偶见腹足类及壳小而薄的咸化瓣鳃类化石。

2.2.2 生物礁滩相

主要分布于开远马者哨—丘北秧补—罗平大水井一带,以开远马者哨剖面为代表,生物礁体一般呈灰白色、暗灰色,主要以蓝绿藻及红藻组成的藻礁为主,常与生物滩相共生形成礁滩复合体。沉积序列上,礁滩相沉积都是在潮下(泻湖)沉积基础之上发展起来的,岩石类型包括泥(亮)晶藻团粒灰岩、藻砂屑灰岩等,见鸟眼构造和石膏夹层;向上过渡为潮间(藻、潮道)沉积,岩石类型包括核形石、层纹石、叠层石含藻团粒泥(亮)晶灰岩和砂砾屑藻球粒灰岩等,发育鸟眼及窗孔构造、席状裂隙、鱼骨状交错层理和底冲刷;顶部常常为潮上(浅滩)沉积,岩石类型有泥晶灰岩、内碎屑灰岩、藻砂屑灰岩、核形石灰岩、叠层

石灰岩以及生屑灰岩、颗粒灰岩和白云石灰岩。每一个沉积序列代表一个海水由深变浅的过程。

2.3 陆棚沉积体系

根据沉积物特点可进一步划分为碳酸盐陆棚体系、混积陆棚体系和碎屑陆棚体系。

2.3.1 碳酸盐陆棚体系

位于台缘礁滩向海的台缘斜坡沉积。主要分布于蒙自岩子脚经砚山斗南、文山老乌和丘北一带。沉积物既有来自台坡边缘礁滩的近源钙屑浊流,也有来自台缘沉积物滑塌形成的碎屑流沉积。主要岩性包括具塑性变形的碎屑灰岩、泥晶灰岩。砾屑成份主要来自浅水台地的泥晶灰岩和藻灰岩砂屑,泥晶化强烈。

2.3.2 混积陆棚体系

常与碳酸盐陆棚体系相邻产出,发育于碳酸盐陆棚向碎屑陆棚过渡的区域,具有从海向陆泥质递减、碳酸盐组分增加的趋势,偶夹生屑滩沉积。以砚山斗南剖面为代表,主要为一套灰、深灰色薄层状泥岩、粉砂岩与紫红色砾屑灰岩及砂屑、粉屑和生物屑或核形石灰岩不等厚互层为特征,其中的砾屑灰岩为风暴流所致。混积陆棚发育有浅水陆棚和浅滩亚相。

2.3.3 碎屑陆棚体系

位于陆棚沉积体系向海最远端,区域上分布较广,砚山、丘北、文山等地皆有出露,以发育泥岩和泥质粉砂岩构成韵律互层为特征,局部发育有暴风浪滞留沉积的介壳灰岩。以文山汤得剖面为代表,主要沉积一套不等厚互层的深灰色、灰绿色泥岩和泥质粉砂岩、粉砂岩、灰白色细砂岩,鲍马序列发育。

2.4 盆地沉积体系

分布于丘北、广南北东广大区域,剖面上表现为巨厚的中至薄层状泥岩与砂岩的韵律互层,鲍马序列发育,见浊积相所特有的水柱迹及均分潜迹化石,槽模、沟模以及重荷模发育,另见泄水构造、火焰状构造。以丘北羊七沟剖面为典型代表,剖面厚度达到2805m。

2.5 滨岸沉积体系

为研究区区域性海平面下降所导致的台地相沉积被碎屑岩沉积取代而形成,主要发育于盆地北缘中—上部地层中。以罗平板桥镇剖面为代表,主要为一套黄灰色泥岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、粉砂岩和细砂岩组成,含双壳类、菊石类和植物化石碎片。根据沉积特征又可进一步分为滨外、近滨和前滨等微相。剖面以由滨外向近滨至前滨组成向上变

浅的进积序列和由近滨和前滨垂向加积序列最常见。

滨外:以黄灰色、灰绿色泥岩为主,夹泥质粉砂岩和粉砂岩,具水平层理,沙纹层理。发育大量双壳、菊石及海百合化石。局部层位海百合生物化石富集成凝缩层,为最大海侵产物。

近滨:由黄灰色粉砂岩与细粒石英砂岩不等厚互层,局部间加薄层状泥岩,可见水平层理和沙纹层理。

前滨:主要由大套的灰白色中粒石英砂岩组成,局部发育薄层状粉砂岩和泥岩,见交错层理和冲洗层理及波痕构造。

3 层序地层格架分析

3.1 层序界面类型及特点

层序界面的识别是划分层序及层序类型的关键,同时也是层序地层学研究的主要内容之一。在露头层序地层学研究中,层序界面类型的识别主要通过野外对地层岩相资料的收集及基本层序间上一下接触关系等的综合分析而确定。通过对滇东南地区局限台地相、开阔台地相、台沟相、陆棚相及盆地相内有关典型剖面基本层序组合类型、接触关系及精细岩相分析,将层序界面分为 3 种类型。

(1) 不整合面:它主要是在构造抬升作用下先期沉积暴露地表遭受风化剥蚀或者发生沉积间断形成的。如斗南法郎组与个旧组之间的分界面(SB1)表现为暴露不整合面(图 2),在暴露面之上形成一套厚约 5~20cm 的含砾粘土层,砾石表面为代表暴露标志的紫红色、褐黄色铁膜所包裹。因而该界面为一典型的层序界面,从成因类型上看为 I 型层序界面。

(2) 侵蚀面:此类界面主要发育在陆地边缘相带及台地斜坡相带的剖面上,其特征主要表现为冲刷侵蚀而形成的不规则界面,在陆地边缘相带的剖面上表现为一套河流回春作用所形成的底砾岩沉积,研究区大部分法郎组与鸟格组的分界面(SB4)皆属此类,以文山汤得剖面为代表(图 2)。而在台地斜坡剖面上则表现为重力流垮塌沉积,如斗南、羊七沟剖面 S1 层序与 S2 层序分界面(SB2)即为明显的冲刷侵蚀面(图 2)。

(3) 岩性岩相转换面:此类界面主要出现在局限台地、台沟背景中的剖面上,在这种背景下的剖面层序界面表现为岩性岩相的转变,如八盘寨剖面 S3 层序的底界面(图 2),与 S2 层序分界面(SB3)则表

现为硅质岩相与灰岩相的岩性转换面。

3.2 滇东南中三叠世拉丁期层序地层格架

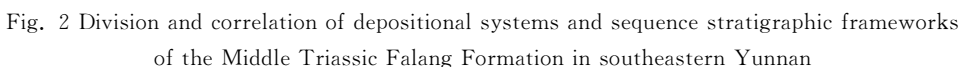
通过上述关键面的识别,本文将研究区中三叠统法郎组划分出 3 个三级层序(图 2)。完整的层序组发育于陆棚相区和盆地相区内,而在台地和滨岸相带上 S1 层序缺失或不发育。

(1) S1 层序地层格架:层序 S1 仅在盆地相和陆棚相区发育,研究区北缘以及西南地区大部分区域缺失。它的底界面 SB1 在斗南地区以典型暴露不整合面为特征,在盆地相区羊七沟、广南一带以岩性岩相转化面为特征,表现为由个旧组灰岩向法郎组泥页岩或粉砂岩岩性转换面。研究区西缘建水一带,以建水县白破村剖面为例,由于该层序的缺失,仅在法郎组底部发育一套厚约 5m 的灰绿色泥质页岩夹灰岩透镜体(云南省地质局区测队^①),说明此间经历过长时间沉积间断。低水位体系域基本缺失,仅在局部发育,而由海侵体系域直接覆盖于下伏安尼阶高水位体系域之上,陆棚区斗南一带海侵体系域底部具暴露侵蚀现象,并出现代表低水位楔的角砾状灰岩(云南省地质矿产局第二地质大队^②)。海侵期主要由多个向上变深的退积型准层序组组成,每个准层序表现为砂岩、粉砂岩与泥岩不等厚互层向上砂岩减少、变薄,而以泥岩为主的特征。海侵的结束以形成一套极薄层状灰绿色泥岩为标志。而高水位体系域则主要形成一套砂泥不等厚互层的向上砂岩逐渐增多、增厚的进积型准层序组。

(2) S2 层序地层格架:从整个研究区来看,几乎看不到低水位体系域沉积,仅在局部地段分布,如斗南、蒙自一带和羊七沟地区,以台地斜坡重力流垮塌沉积为特征。由于沉积背景的差异,该层序岩性有所差异。在西部局限台地地区海侵体系域为一套灰岩、碳质灰岩、泥灰岩、白云岩夹含锰灰岩、豆、鲕粒锰矿层以及生物碎屑灰岩夹层沉积,属潮坪、泻湖沉积,其顶部以形成一套灰绿色薄层状泥页岩作为最大海侵标志。高位体系域由灰岩、白云岩组成,发育潮坪相沉积,高位晚期进入泻湖沉积环境,以一套灰白色白云岩作为本层序的结束。在台沟相区,该层序为一套深水相的硅质岩夹泥页岩沉积,海侵标志不明显。在陆棚相区,海侵体系域与局限台地极为相似,主要为一套粉砂岩、泥岩夹含锰灰岩、锰矿层沉积。伴随海平面的上升,沉积的一层厚约 1.2m 的浅灰色介壳灰岩相当于凝缩段沉积,对应最大海泛面。高水位体系域发育陆棚相沉积,岩石类型有深灰色粉砂岩、泥岩,局部间夹薄层状泥灰岩。在盆

(3) S3 层序地层格架: 该层序普遍缺少低水位体系域, 海侵体系域和高水位体系域区域岩性也存在差异。在局限台地相区, 海侵体系域为一套碳酸盐沉积, 岩性为浅灰色、暗灰色生物碎屑灰岩、泥晶灰岩、含锰灰岩、硅质条带状灰岩, 间夹灰黑色灰质锰矿层, 代表潮坪、泻湖沉积环境。伴随海平面的持

续上升,在顶部形成一套薄层状钙质页岩作为最大海泛标志。高水位体系域则主要沉积一套灰、深灰色泥晶灰岩。台沟相区,海侵体系域主要发育一套台地相的生物碎屑灰岩,泥晶灰岩间夹含锰灰岩和灰质锰矿层沉积,顶部薄层状棕黄色页岩层标志着此次海侵达到最大规模。高水位体系域则主要沉积一套黄灰色薄层装粉砂岩夹泥页岩沉积。在陆棚相区,海侵体系域主要沉积一套砂、泥岩夹少量生物碎屑灰岩、含锰灰岩沉积,砂泥组合中见波状交错层理和低角度板状冲洗交错层理。高水位体系域中主要沉积一套由细砂岩、粉砂岩、泥岩及少量的生物碎屑灰岩组成的向上砂岩比例增加的进积型组合。盆地



相区,海侵体系域,主要由中层状钙质泥岩夹薄层状粉砂岩或细砂岩构成,垂向上以近源风暴岩向远源风暴岩和浊积岩转化,总体显示退积型沉积组合。高水位体系域主要由进积型风暴沉积和浊流沉积。

4 层序地层格架下锰矿聚锰特征分析

锰矿发育受很多地质条件的控制,最重要的是构造运动和沉积环境。前者主要通过断裂、构造隆升的方式对锰矿来源的控制,后者则主要包括岩相古地理条件和相对海平面变化条件。

对于法郎组锰质来源的问题前人已经做过相当的研究(郑荣才等,1997;章正军等,1998;马雪等,2009)。研究区大部分锰质来源于盆地南缘马关古陆泥盆系含锰硅质岩层,局部来源于区域性深大断裂带,这一点可以通过锰矿床分布区域加以肯定,它们基本分布于盆地靠近南缘的建水—开远—文山一带。古地理条件同样对锰矿的形成起到一定的控制作用,锰矿床主要分布于局限台地、台沟和陆棚沉积环境,锰矿层主要位于水体环境较深的氧化还原界面附近(杜秋定,2009)。同时,滇东南中三叠世拉丁期处于被动大陆边缘,海平面变化对于聚锰作用的发生有着重要的影响。研究区法郎组有两个含锰段,下含锰段位于法郎组的中一下部,上含锰段位于法郎组中—上部,它们分别从属于层序 S2 和层序 S3,层序 S1 基本不发育锰矿层。从锰矿层在层序内分布特征来看,锰矿层主要发育于海侵体系域(图

3)。层序 S2 内发育的下部含矿层形成于海侵体系域早期,靠近初始海泛面(TS);层序 S3 内所发育的上部含矿层基本形成于海侵体系域的晚期,靠近最大海泛面(mfs),八盘寨上部含矿层靠近初始海泛面(TS)。锰矿层发育的共同特征为皆处于海侵过程的非补偿性低速率沉积环境,对于海侵期来说,由于海平面的快速上升,沉积物可容纳空间将会增大,也就是说,锰矿层形成于可容纳空间快速增大的过程,需要有持续存在的可容纳空间,以容纳快速堆积的含锰物质。

由此,可以推测出滇东南地区锰矿成矿模式:由于海平面区域性下降,从越北古陆古老含锰基底风化淋滤后的锰质伴随海水或者河流带入海洋,或是由深大断裂热液提供的锰质来源,在凹陷或者低洼部位聚集。而后海平面快速上升,使凹陷或者低洼部位进入封闭缺氧环境,由于锰在还原条件下溶解度增加(许效松等,1991),从而使锰矿进一步富集。最后,在蓝绿藻类生物化学作用下促使锰矿成矿(杜秋定,2009)。

5 结论

(1) 研究区中三叠世沉积体系空间配置由盆缘向盆内,由局限台地沉积体系到开阔台地沉积体系,再到台缘沉积体系,最后过渡到陆棚沉积体系和深水盆地沉积体系。其中代表封闭条件的局限台地、台沟和陆棚地带为聚锰的有利场所。

(2) 研究区拉丁期可划分出三个三级层序,其中 S2、S3 在全区发育齐全,而 S1 仅在陆棚和盆地相深水区发育,其他地区缺失或不发育。

(3) 锰矿层在层序格架中的位置与其所处的沉积环境关系密切,主要发育于海平面快速上升过程的海侵体系域。

(4) 滇东南地区锰矿沉积模式:由于海平面区域性下降,由构造活动或风化淋滤带来的锰矿物质,在凹陷或者低洼部位聚集,伴随新一轮海平面快速上升,促使凹陷或者低洼部位更加封闭缺氧,达到锰矿进一步富集,最终在蓝绿藻类生物化学作用下成矿。

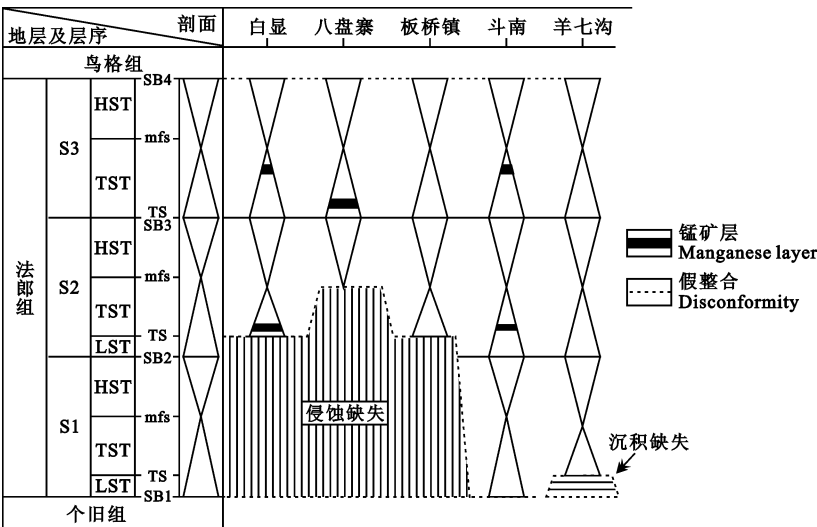


图 3 锰矿层在层序地层格架中的位置
Fig. 3 Distribution of manganese layers in the sequence stratigraphic architectures

注 释 / Notes

① 云南省地质矿产局第二地质大队. 1984. 云南省砚山县斗南锰矿典型矿床研究报告.

② 云南省地质局第五地质队. 1979. 云南省砚山县斗南锰矿区戛科、白姑矿段详细勘探地质报告.

③ 云南省地质矿产局第二地质大队. 1984. 滇东南中三叠统锰矿远景评价调查报告.

④ 云南省地质局区测队. 1973. 1:20 万建水幅区域地质调查报告地质部分.

参 考 文 献 / References

杜秋定,伊海生. 2009. 滇东南中三叠统法郎组锰矿床微生物成因的新证据. 地质科技情报,28(5):127~132.

冯增昭,鲍志东,李尚武. 1997. 中国南方早—中三叠世岩相古地理. 北京:石油工业出版社,3~158.

刘宝珺,许效松. 1994. 中国南方岩相古地理图集(震旦纪—三叠纪).

北京:科学出版社,126~144.

刘仁福,田宝坤,时子祯,郝如锡,李宏臣. 1988. 滇东南地区中三叠世法郎组含锰建造的地球化学特征. 地质找矿论丛,3(4):1~19.

马雪,伊海生,李盛俊. 2009. 滇东南锰矿物源区分析及锰质来源. 云南地质,28(1):87~94.

吴应林,朱洪发,朱忠发. 1994. 中国南方三叠纪岩相古地理与成矿作用. 北京:地质出版社,1~130.

许效松,黄慧琼,刘宝珺,王视耕. 1991. 上扬子地块早震旦世大塘坡期锰矿成因和沉积学. 沉积学报,9(2):63~72.

杨光炽. 1985. 云南锰矿地质特征. 见:中国锰矿地质文集. 北京:地质出版社.

章正军,丁俊,赵珉. 1995. 滇东南三叠纪层序地层及盆地演化. 北京:中国地质大学出版社.

钟建廷. 1986. 斗南锰矿成矿规律的初步探讨. 地质论评,32(6):583~588.

钟薇,王筱仙. 1987. 滇东南锰矿相区划分及其找矿方向. 中国锰业,(1):1~4.

Research on Manganese-accumulation Features in Middle Triassic Ladinian Sedimentary System and Sequence Stratigraphic Framework, Southeastern Yunnan

XIA Guoqing, YI Haisheng, LI Shengjun, WU Xiangfeng

Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu, 610059

Abstract: The aim of this paper is to study sea level changes on the impact of manganese ore and its distribution. The depositional systems and spatial distribution as well as temporal evolution of the manganese-bearing intervals in Ladinian stage of Middle Triassic in Southeast Yunnan are analyzed based on the lithofacies associations, sedimentary structures and biological fossils from stratigraphic sections. Ladinian sequence stratigraphic frameworks is established according to identification of sequence and system tracts surfaces under different paleogeographical backgrounds. The writers summarize spatial superimposed relationships and formation mechanism of manganese deposits, and preliminary analyse the manganese ore formation model. It is suggested that low deposition rates period of rapid sea-level rising is most conducive to manganese precipitations, and manganese ore-forming model is established in the study area; regional sea-level fall, manganese material from tectonic activity or leaching weathering, enrich in the depression or low-lying land, with next rapid sea-level rise, promote these position more closed and poor oxygen, further enrichment of manganese, finally mineralized under the biochemical process of bluegreen algae.

Key words: manganese-bearing sequence; depositional system; sequence stratigraphy; manganese-accumulating features; Middle Triassic Ladinian Stage; Southeastern Yunnan