

层序地层研究——找矿勘探的重要手段

李志明, 刘家军

(中国科学院地球化学研究所, 贵州 贵阳 550002)

摘 要: 层序地层的理论和方法已在油气勘探开发中发挥重要作用, 实践证明层序界面、沉积体系域对沉积、层控型矿床的成矿作用具控制作用。文章从理论和实例阐述了层序界面、沉积体系域的控矿作用, 指出层序地层研究将是找矿勘探的重要手段。

关键词: 层序界面; 体系域; 控矿作用; 找矿勘探

中图分类号: P539.2; P536 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2001)04-0215-04

层序地层学是 20 世纪 70 年代末由美国学者 P. R. Vail, R. M. Mitchum 和 J. B. Sangree 等在地震地层学基础上发展起来的一门学科^[1,2], 其把地质学、地震地层学、沉积学等完美地结合在一起, 从时空四维空间动态地解释了沉积地层的发生、发展过程, 是一种划分和对比分析沉积岩的新方法。由于其在学术上的先进性和实践上的巨大应用价值, 已逐渐被广大地学工作者所认可和接受^[1]。事实上, 层序地层的理论和方法在能源、资源勘探工作中已得到普遍的重视, 并且在更为广泛的构造背景和古地理环境中进行探索和应用^[3], 为寻找与沉积有关的矿藏提供了科学指导思想和技术手段, 尤其在油气勘探开发中发挥了重要作用, 故前苏联科学家称其是油气勘探最精确的方法^[4]; 我国鄂尔多斯盆地层序地层研究的成果不但已有效地用于油气储层分析、富煤单元预测, 并在古大陆暴露面优质高岭土矿床的发现与追索中起了重要作用^[5]。地质实践已经证明, 层序界面和沉积体系域与固液体矿产的成矿作用存在内在的、有机的成因联系^[6]。因此, 盆地层序地层研究对赋存于盆地中各类沉积、层控型多金属矿床的找矿勘探及预测同样具有重要的指导作用。

1 层序地层的核心及研究的关键

1.1 层序地层的核心

层序地层学之所以成为当代沉积地质学领域研究的热点, 就在于它与传统的地层划分、海平面变化和沉积旋回分析有根本的差异, 其核心思想是提出了层序地层学模式, 即建立等时地层格架, 并将相和沉积体系的研究放在等时地层格架中进行, 使层序地层学具有年代地层学和成因地层学的意义, 同时从理论上阐述了层序形成的控制因素^[2,7], 其包括全球海平面变化、构造作用、沉积物供给速度及气候等。其中构造作用和全球海平面变化是海相盆地层序地层的主导因素, 而陆相盆地层序地层的主要控制因素是构造作用^[8,9,10]。

1.2 层序地层研究的关键

层序是层序地层学的基础单位, 是一系列整合的、成因上具有联系的层, 其底、顶均以不整合或相关的整合为界; 层序可进一步细分为沉积体系域, 其是同时期的沉积体系的联合。每一沉积体系域都是海(湖)面升降变化旋回中某一特定阶段的产物。因此, 它们在沉积层序中不但有一定的位置和不同的准层序叠置型式, 而且有不同的沉积相结合和几何形状。不同类型的沉积层序由不同的沉积体系域组成, 如对 I 型海相层序, 由下至上由低位体系域、海进体系域、高位体系域组成。层序与层序之间的不整合面及相关的整合面是层序界面, 其是层序地层学中最重要和根本的界面, 是划分层序的基础, 没有准确地确定层序界面就不能准确地建立层序, 其以

收稿日期: 2001-04-24; 修订日期: 2001-10-09

基金项目: 国家重点基础规划研究项目(G19990443208)资助。

作者简介: 李志明(1968-), 上海人, 工程师, 在读博士, 主要研究方向为盆地演化与成矿作用、矿床地球化学。

后的分析研究就不一定准确;其次,层序界面是一事件的产物或海(湖)面变化期间的产物,它不仅充分反映和体现了学科的指导思想,而且界面本身也具有充分的地质学内容^[11],即层序界面是上下两种沉积体系或地层单元之间的接触关系,是沉积和构造的转换结构面,并且又表现为沉积物性质的转换面、构造活动面和地球化学转换面的多重性和复合性^[12]。所以层序地层研究的关键在于鉴别与判断层序中一些具有特殊成因意义的关键性界面——层序界面(或构造层序界面)。由于这种多重性成因的层序界面与金属矿产的成矿就位有着必然联系^[12],故其也是找矿勘探中需研究的关键面。

2 层序界面、沉积体系域控矿作用分析

尽管地质学家很早已认识到沉积、层控型多金属矿床的成因较复杂,成矿物质往往是多来源的,但对其产出明显受一定地层层位及岩相组合控制的原因众说纷纭。利用层序地层学理论来探讨层序界面、沉积体系域控矿作用始见于许效松、牟传龙等(1992, 1993, 1994)^[12]。据有关研究资料^[6, 11, 12, 14],层序界面及其上、下的沉积体系域对成矿作用的贡献主要体现在 6 个方面:

(1) 高水位体系域顶界面及其相应的低水位体系域剖面结构段是良好的容矿及储矿空间;

(2) 高水位体系域及其顶部淡水淋滤改造的高空隙度剖面段(具有古喀斯特界面的高水位体系域)不仅是固、液成矿流体的运移通道,而且是层控型多金属矿产的储矿空间;

(3) 上覆海侵(湖进)地层的超覆,为层序界面赋存矿体提供了良好的圈闭构造(盖层);

(4) 界面时限内的构造运动、火山活动,外动力地质作用地质参数的综合,形成元素地球化学异常结构段——矿源层;

(5) 层序界面后期构造作用的叠加,使成矿物质进一步富集成矿;

(6) 最大海(湖)泛面以上各种体系域的叠置组合构成良好的生、储、盖组合。

所以,从沉积成矿系统^[13]的角度分析,层序界面及沉积体系域自身已具备部分成矿物质、成矿流体

的输运通道及矿石堆积场等成矿系统的基本要素;同时由于层序界面及其上、下的沉积体系域间不仅是地层界面、岩相界面、物性转换界面和构造活动面,而且是多重性的地球化学界面,其制约着成矿的物理化学条件,故又是发生成矿的两个条件(突变成矿和界面成矿^[13])的制约者和兼备者。从而在构造作用下,同生断裂的活动及岩浆活动等导致热液作用的叠加,必然造就沉积、层控型矿床的产出与层序界面、沉积体系域之间具有密切的耦合关系。据前面的分析,层序界面及沉积体系域的控矿作用模式可归纳如下:在全球或区域构造作用背景下,海(湖)平面发生变化,当海(湖)平面下降或稳定时,形成相应的海退(湖萎缩)体系域、高水位体系域、古喀斯特(古风化)面以及层序界面或构造层序界面,其中前三者将形成容矿主岩组,而后者直接控制着赋矿层位;当海(湖)平面上升时,形成的海侵(湖进)体系域同样控制着赋矿层位;故在整个沉积过程中,岩相古地理则既制约着形成容矿主岩组,又制约着成矿带展布;与此同时,发生构造沉降过程时,同生断裂的产生和复活,及由此引发的岩浆活动,使盆地内流体系统对流加强。在热流体系统的活动过程中,一方面淋滤矿源层,使热液中成矿元素不断地富集,当运移至赋矿层位由于物理化学条件的突然改变而成矿就位形成初始层控矿床;另一方面,富含成矿元素的热液也可直接通过断裂系统向上运移至层序界面或构造层面间以及各体系域的特定部位形成沉积喷流型矿床。当沉积喷流型及初始层控矿床又遭受后期构造、热液活动的进一步作用,则进一步富集形成所谓的改造型层控矿床。

3 层序地层研究的找矿勘探前景

目前,层序地层研究在金属矿产找矿勘探中的应用与在油气勘探开发中的广泛应用相比,尚趋于起步阶段。但近几年来,越来越多的地学工作者开始尝试应用层序地层学的研究成果来探讨盆地中金属矿产的成矿富集规律^[6, 11, 12, 14, 15, 16],并应用于找矿勘探中。如王立军等^[12]研究黔西南晴隆大厂锑金矿和安龙戈塘金矿的层序结构(图 1)后指出:两金矿的成矿是构造运动、海平面变化和火山事件综合作用的产物。层序不整合界面及其相应的低水位体系域为其含矿层,并为成矿提供了赋矿空间;层序界面的物性转换和地球化学屏障改变成矿热液活动系统的物

理化学条件,并为成矿热液提供矿质来源;层序界面的后期构造活动的叠加为成矿的进一步富集创造了条件。从而指出滇西南玄武岩分布区的东南部边缘地带,构造圈闭的层序不整合界面之上是寻找大厂—戈塘式锑金矿的有利部位;杨蓬清等^[15]对川北甘南地区三叠纪露头层序地层研究后发现:金矿床(点)分别位于层序 3, 7, 8, 9 中,均分布于各层序的高位体系域,海平面曲线上位于上述层序的最大海侵期。故指出本区今后寻找金矿时,应注意上述含矿层序的高位体系域的含矿特征,可作为寻找大型金矿的有利地段。可见,从找矿的角度出发,层序界面确定的不是一个“点”,而是区域性分布的一个“面”^[12],故层序地层研究用于找矿勘探及预测应比其他任何方法更具有实用价值,一旦有新的发现,将对整个区域或盆地的找矿勘探具有指导意义。另一方面,目前层序地层研究成果尚未应用于陆相盆地内沉积、层控型多金属矿床的找矿勘探,而陆相盆地中该类矿床同样异常发育,并且矿体明显受地层层位控制,如我

国滇西的兰坪—思茅盆地。据我们的初步研究发现,虽然各矿床的赋矿层位不同,但所有的赋矿层位不是构造层序界面,就是体系域间或内部的岩相突变面。显然,在陆相盆地演化过程中,构造层序界面及沉积体系域对盆地内成矿物质的就位等也具有控制作用。尽管陆相盆地内部的构造分区明显,沉积分异大,地层相变快,盆地水域面积较局限且变化大^[17],给层序地层的研究带来了一定困难,但只要从构造—沉积分析出发,结合事件地层分析作为陆相盆地层序地层研究的思路,那么层序地层的研究成果对找矿勘探同样具有指导意义。另外,涂光炽曾强调中低温成矿流体与油气在产生、运移、储集等方面有惊人的相似性^[18],而产于沉积盆地中的沉积、层控型矿床的成矿温度一般为中低温,故应借鉴层序地层研究在油气勘探与开发中的成功经验,不断探索,使层序地层研究在找矿勘探中发挥应有的作用。可以预见,层序地层研究将成为找矿勘探的重要手段。

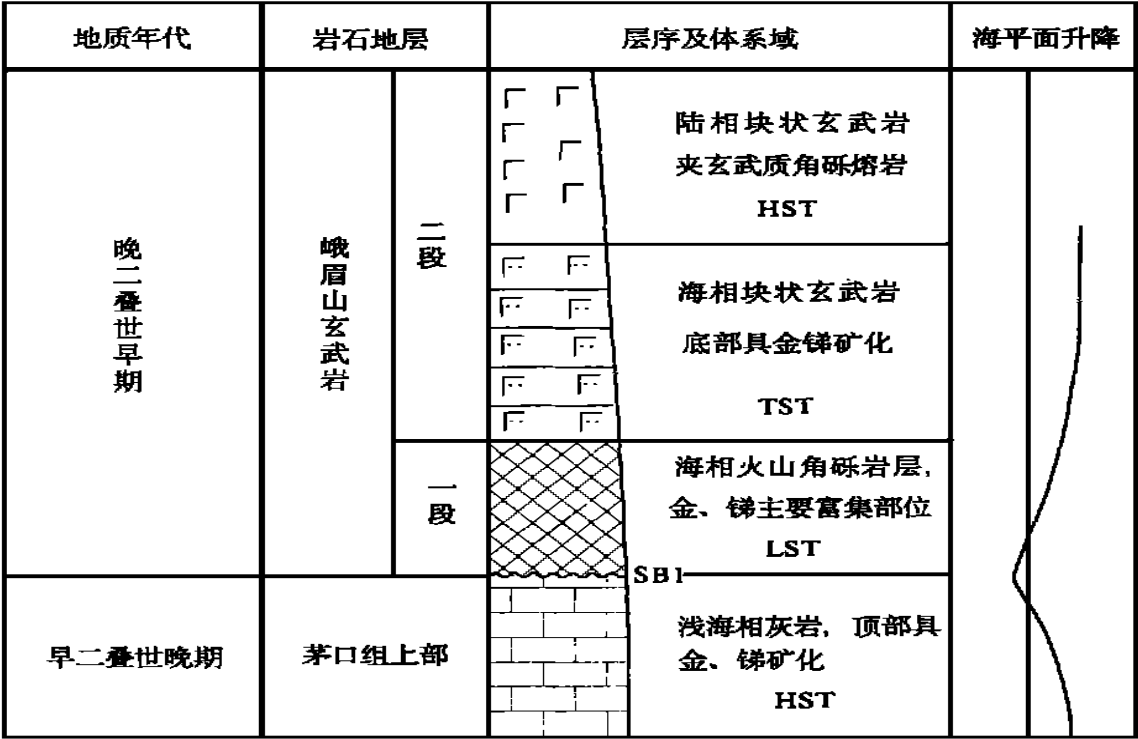


图 1 晴隆大厂锑金矿与沉积体系域关系(据文献[12])

Fig. 1 Diagram showing the relationship between the Dachang antimony-gold deposit and depositional system tract in Qinglong, Gui zhou

HST. 高水位体系域 TST. 海侵体系域 LST. 低水位体系域 SBI. 层序界面

参考文献:

- [1] 罗立民. 河湖沉积体系三维分辨率层序地层学——以准噶尔盆地东部北 27 井区侏罗系头屯河组为例[M]. 北京: 地质出版社, 1999. 1-4.
- [2] 朱利东, 刘登忠, 王国芝, 等. 兰坪盆地侏罗纪陆相层序地层研究[J]. 地层学杂志, 2001, 25(1): 40-43.
- [3] Posamentir H W, Weimer P. Siliciclastic sequence stratigraphy and petroleum geology—where to from here? [J]. AAPG Bull, 1993, 77(5): 731-742.
- [4] 张文华. 层序地层学中的若干问题[J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(2): 18-21.
- [5] 李思田, 林畅松, 解习农, 等. 大型陆相盆地层序地层学研究——以鄂尔多斯中生代盆地为例[J]. 地质前缘, 1995, 2(2-3): 133-136.
- [6] 许效松. 层序地层学在沉积学和油储勘查中研究的关键点[J]. 岩相古地理, 1996, 16(6): 55-62.
- [7] 程日辉, 王东坡. 陆相层序地层学进展[J]. 岩相古地理, 1996, 16(4): 11-20.
- [8] 李思田, 杨士恭, 林畅松. 论沉积盆地的等时地层格架和基本建造单元[J]. 沉积学报, 1992, 10(4): 11-20.
- [9] 魏魁生, 徐怀大. 华北典型箕状断陷盆地层序地层学模式及其与油气赋存关系[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1993, 18(2): 139-149.
- [10] 王东坡, 刘立. 大陆裂谷盆地层序地层学的研究[J]. 岩相古地理, 1994, 14(3): 1-9.
- [11] 刘宝君, 李文汉. 层序地层学研究与应用[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1994.
- [12] 王立全, 牟传龙. 层序界面多重性控矿机制分析[A]. 地质矿产部成都地质研究所, 中国地质科学院特提斯地质研究中心. 特提斯地质(第22号)[C]. 北京: 地质出版社, 1998. 57-67.
- [13] 翟裕生. 论成矿系统[J]. 地质前缘, 1999, 6(1): 13-27.
- [14] 王剑, 刘宝君, 汪金榜, 等. 桂中北层控铅锌矿与海平面变化[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 1996.
- [15] 杨蓬清, 杨恒书. 川北甘南三叠纪露头层序地层和找矿研究[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1997, 22(1): 8-13.
- [16] 吴朝天, 陈其英, 杨承运. 湘西黑色岩沉积演化与含矿系列[J]. 沉积学报, 1999, 17(2): 167-175.
- [17] 李增学, 魏久传, 兰恒星, 等. 山东黄县早第三纪断陷盆地低水位和扩张体系域聚煤作用分析[J]. 沉积学报, 1999, 17(2): 245-251.
- [18] 陈衍景, 于芳. 陆内碰撞体制流体作用及成矿作用研究的意义和现状[J]. 地球科学进展, 1995, 10(4): 318-322.

AN IMPORTANT APPROACH FOR ORE EXPLORATION: STUDY OF SEQUENCE STRATIGRAPHY

LI Zhi-ming, LIU Jia-jun

(Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China)

Abstract: The theory and method of sequence stratigraphy has played very important roles in exploration and development for oil and gas. It is also proved practically that sequence boundary and depositional system tract control the mineralization of sedimentary and strata-bound ore deposits. The authors expound the ore-controlling of sequence boundary and depositional system tract according to metallogenic theory and examples, and point out that studies of sequence stratigraphy is an important approach for ore exploration.

Key words: Sequence boundary; depositional system tract; ore-controlling; ore exploration.