

论露头剖面层序地层学研究方法： —以柯坪县印干村志留系剖面为例

刘万洙 杜小弟 王璞瑤 匡立春 王东坡

(长春地质学院能源系)

〔内容提要〕 作者认为层序地层学方法原则上适用于每一露头,但最好是沉积滨线坡折附近的露头。系统总结了“横向追踪、多个露头对比综合及区域范围内的精细填图”的露头层序地层学研究方法。最后以柯坪县印干村志留系剖面为例进行说明。

关键词 露头剖面 层序地层学 志留系

1 露头剖面特点及层序地层学方法的适用性

层序地层学是盆地分析的有效方法之一,近几年在我国已得到广泛地开展和普遍的应用,取得了丰硕的成果。但目前开展的层序地层学工作多在地震剖面上进行,露头剖面层序地层学工作较少,原因在于露头剖面规模小,分布局限,相对地震剖面只能算是点剖面(spot outcrops);个别露头难以看到整个沉积序列,加上地层的尖灭、超覆现象不易观察到及后期改造作用,从而使得露头剖面层序地学研究难度较大。那么层序地层学方法在露头剖面上的适用性如何呢?要回答这个问题就要看露头剖面是否具备应用层序地层学的基础和前提,即周期性的相对海平面变化及由此所形成的旋回性沉积层序关系是否存在。回答是肯定的,层序地层学适用于野外露头剖面。那么每一处露头点是否都适合进行层序地层学研究呢?作者认为层序地层学方法原则上可适用于任何一个露头点,但最好是在沉积滨线坡折附近的露头,原因在于:在沉积滨线坡折附近是海平面变化最敏感的地带,在此处沉积物容易发生迁移和改造,并可形成各种沉积体,纵向相变频繁;海平面的变化在沉积物上能准确地记录下来,是进行层序地层学研究的最好场所;沉积滨线坡折从古沉积地形上看位于陆棚上,大致与三角洲内河口沙坝向海端相一致。

2 露头层序地层学研究方法

露头剖面层序地层学方法既不同地震剖面研究方法,也不同于测井研究方法,而有其特殊之处。

对单个露头而言,因其规模小、分布局限、加上后期的构造改造作用,常是层序界面不清、地层尖灭现象难以见到及层序发育不全等。为弥补其不足,必须采用“横向追踪、多个露

头对比综合及区域范围内的精细填图”的研究方法。

2.1 层序界面及其性质的确定

层序界面的确定和划分是进行层序地层学研究的基础。层序界面的性质取决于海平面的下降速率与盆地沉降速率的对比关系,据其特点分为二类,即Ⅰ类层序界面(SB_1)和Ⅱ类层序界面(SB_2)。

Ⅰ类层序界面是在海平面下降速率大于盆地沉降速率时形成的,其特征是在地史上曾暴露地表遭受风化剥蚀,露头剖面上表现为不整合接触,上覆地层的下超及沉积物向盆地中心方向的相移。在垂向上表现为相序的间断、沉积物粒度突变,有时可相伴有古土壤的发育。

Ⅱ类层序界面是在海平面下降速率小于盆地沉降速率条件下形成的。此时有效沉积空间扩大,陆棚沉积向陆地方向上超,其特征是不出现陆上暴露和河流下切现象。野外剖面上表现为整合连续沉积,垂向上表现为相序和沉积物粒度的渐度。

2.2 层序的建立及性质的确定

单个露头上层序常发育不全,加上不同露头因其所处盆地或地区的位置不同及后期改造程度的差异,导致沉积物组成、相带类型和垂向相序不同。尽管不同露头间其沉积特征并不完全相同或相差甚远,但它们所反映出的该地区海平面升降变化趋势是一致的。故为建立工作区完整的纵向层序,可根据海平面升降变化趋势,采用横向追踪及多个露头的综合来完成。

层序的性质取决于层序界面的性质,以Ⅰ类层序界面为底界面的层序,谓之Ⅰ类层序;以Ⅱ类层序界面为底界面的层序,谓之Ⅱ类层序。

2.3 体系域性质的确定

每个层序都可包含有3个体系域,Ⅰ类层序由低水位体系域、海侵体系域和高水位体系域组成;Ⅱ类层序包括陆架边缘体系域、海侵体系域和高水位体系域。需要指出的是3种体系域并非在所有的层序中都存在,其存在与否取决于构造运动、海平面升降、剥蚀作用等因素相互作用的程度。

低水位体系域是海平面迅速下降低于滨线坡折以下时的产物,其底界面为Ⅰ类层序界面;一般可分为3个独立单元:盆地扇、斜坡扇和低水位楔形体。盆地扇是在斜坡下面或盆地沉积的海底扇,它的形成是斜坡上峡谷的侵蚀和陆架上河谷下切作用形成的碎屑物质快速堆积的结果。斜坡扇是重力流在斜坡底部的沉积。低水位楔形体以陆架上下切谷的充填为特征,上覆在陆坡上,呈楔形体,下切在盆底扇或斜坡扇上。其顶面是海侵面。

陆架边缘体系域是Ⅱ类层序中最下面的体系域,其底界是Ⅱ类层序界面。

海侵体系域是Ⅰ类和Ⅱ类层序的中间体系域,其底界面是陆架边缘体系域低水位体系域顶部的海侵面。顶面是一个海泛面,是最大洪水面。凝缩层位于海侵体系域内,是海平面上升速率最快和海平面达到最高位时,碎屑物质带入最少的时期,深水部位处于非补偿性的饥饿状态下形成的。常由富含有机质的黑色页岩、油页岩、黄铁矿层或具硬底构造的碳酸盐岩组成,是很好的生油层。

高水位体系域位于Ⅰ类和Ⅱ类层序的上部,由一个或多个加积准层序组成。向陆地方向,它上超在层序的边界上,向盆地方向下超在海侵体系域的顶面上。其顶面可以是Ⅰ类或Ⅱ类层序界面。

低水位体系域其几何形态为扇形或楔状,空间延展性差。沉积物粒度上表现为粗细混

杂、分选性差,结构成熟度、成分成熟度低,岩石呈杂基支撑。岩相上表现为盆地扇、斜坡扇、冲积扇、扇三角洲沉积。

陆架边缘体系具成层性、空间延展性好,沉积物成分成熟度、结构成熟度较好,多表现为滨岸砂体(坝),且发育低角度斜层理。

海侵体系域层厚较低水位体系域为薄,粒度要细,随着海侵的继续沉积物粒度逐渐变细,因而海侵体系域常具正粒序结构,成分成熟度、结构成熟度较好。凝缩层从岩性上看多为黑色含碳泥页岩、有机质页岩、油页岩、原生黄铁矿层、含磷泥岩、硅质岩,发育水平层理或块状层理。

高水位体系域是在海平面下降的条件下形成的沉积体。其沉积物组成粒度较海侵体系域明显变粗,由一套进积型准层序组构成。

3 研究实例

3.1 剖面概况

剖面位于新疆维吾尔自治区柯坪县印干村,该志留系剖面共厚 667.5m,其中中上志留统塔塔埃尔塔格组(S₂₋₃t)厚 254m,下志留统柯坪塔格组(S₁k)厚 413.5m。岩性为灰色、黄绿、紫红细粒长石石英砂岩夹粉砂质泥岩、细砾岩,砂岩中发育大型槽状、楔状交错层理。底部为含磷结核砾岩,见 10cm 厚黄褐色铁质风化壳。根据岩性组合、沉积构造等特征,该剖面上划出潮坪相、潟湖相、障壁岛相和陆棚相四种沉积相类型。以上四种相在垂向上的叠置,构成了该剖面的垂向相序特点(图 1)。

3.2 层序地层特点

根据地层间接触关系、岩相组合和垂向相序特点,在剖面上划出一个 I 类层序。该层序包括低水位体系域、海侵体系域

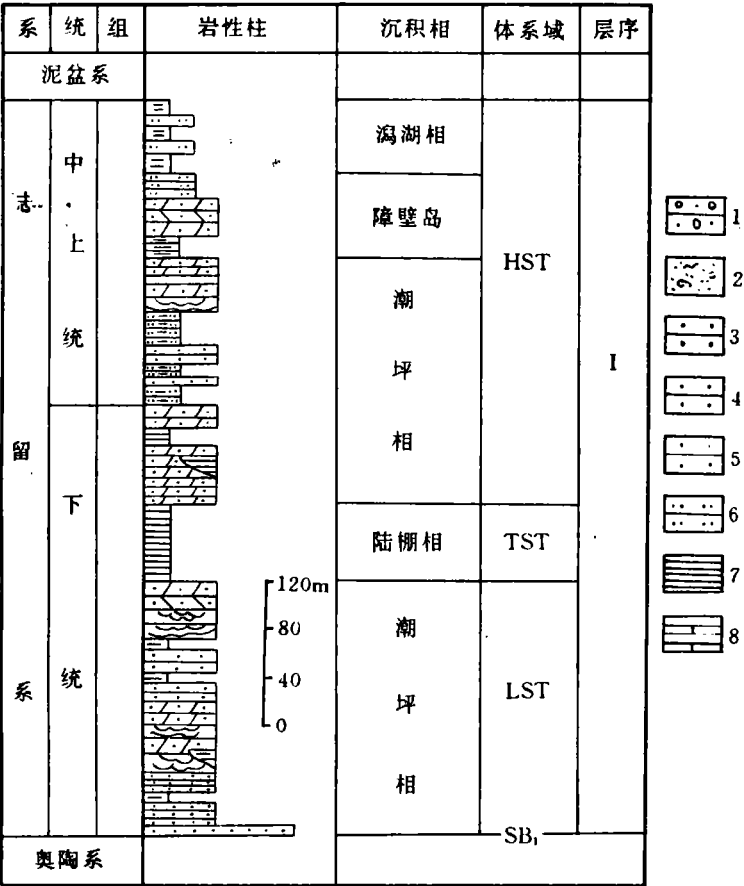


图 1 柯坪县印干村西志留系剖面岩相、层序分析图

1. 含砂砾岩; 2. 铁质风化岩; 3. 粗砂岩; 4. 中砂岩;
5. 细砂岩; 6. 粉砂岩; 7. 泥质岩; 8. 灰质页岩

Fig. 1 Lithofacies and sequences of the Silurian section in western Ying'an Village, Keping, Xinjiang

1 = sand-bearing conglomerate; 2 = ferruginous weathered rock; 3 = coarse-grained sandstone; 4 = medium-grained sandstone; 5 = fine-grained sandstone; 6 = siltstone; 7 = argillaceous rock; 8 = lime shale

和高水位体系域(图 1)。

该层序底面为下志留统的柯坪塔格组与下伏上奥陶统的印干组之间的平行不整合面,发育含磷结核砾岩和 10cm 厚的黄褐色铁质风化壳,表明曾经长期暴露、剥蚀,为 I 类层序界面。该层序属 I 类层序。

在长期暴露之后,开始海侵,接受了柯坪塔格组的沉积。柯坪塔格组的下段构成低水位体系域。由于该时期海侵速度很慢,海平面变化很微弱,水体很浅,此时沉积速率与沉积容纳空间的增长速率基本相等,沉积了一套加积型的由潮坪相组成的准层序组组合,构成低水位体系域。

随后海平面快速上升,沉积速率大大低于沉积空间的增长速率,水体迅速加深,沉积物供应匮乏,以很缓慢的速率形成垂向加积型的笔石页岩。其中间夹富含磷质泥质条带,构成了凝缩层段。这套笔石页岩沉积构成了海侵体系域,对应着柯坪塔格组的中段。

高水位体系域由柯坪塔格组的上段和塔塔埃尔塔格组构成。在海平面上升至最高后,海平面开始较快回落,此时沉积速率大于沉积空间增长速率,形成了柯坪塔格组上段和塔塔埃尔塔格组下段的一套向上变厚、粒度向上变粗的由潮坪相、障壁岛相和潟湖相构成的加积型准层序组。到了塔塔埃尔塔格组上段则由一套由潮坪相组成的退积型准层序组构成,此时海平面略有回升。

在成文过程中得到徐公愉先生的帮助,特致谢!

A UNIQUE RESEARCH METHOD OF THE OUTCROP SEQUENCE STRATIGRAPHY: AN EXAMPLE FROM THE SILURIAN SECTION IN YINGAN VILLAGE, KEPING, XINJIANG

Liu Wanzhu Du Xiaodi Wang Pujun

Kuang Lichun Wang Dongpo

Geoenery Department, Changchun University of Earth Sciences

ABSTRACT

Sequence stratigraphic principles can be applied to the study of all the outcrops, especially those near the depositional shoreline break where the sea-level changes can be sensitively recorded. In this paper, the authors have summarized a unique method, i. e. "laterally tracing, multioutcrop correlation and regionally detailed mapping" which is especially applicable to the spot outcrop study. As an example of this method, the Silurian outcrops from Yingan Village, Keping, Xinjiang are described, and the results of the study of sea-level changes are also presented.

Key words: spot outcrop, sequence stratigraphy, Silurian