

文章编号:1007—3701(2004)01—0064—04

凝缩段的识别及其地质意义

李 斌¹,邵长国²,陈 涌²

(1. 中国科学院广州地球化学研究所,广东 广州 510640;2. 成都理工大学信息工程学院,四川 成都 610059)

摘要:凝缩段是厚度极薄的海相地层单位,由一种沉积速率极缓慢的深海相沉积物组成。区域上,它们在最大海进期间的延伸最为广泛。凝缩段能将由远海微体化石带证实的年代地层构架与近岸浅海沉积层序的物理地层连接起来,因此它是一个联系浅水与深水沉积相的物理地层纽带,通过地震、测井以及露头资料的分析即可识别。凝缩段在区域性和全球性地层对比中起着极为重要的作用。

关键词:凝缩段;层序地层学;地层划分

中图分类号:P539.2

文献标识码:A

层序地层学 20 世纪 80 年代末期引入我国,得到专家学者的积极推广。在层序地层学中,凝缩段(condensed section)是一个重要的概念,被称为大陆边缘层序地层对比的关键(T. S. Loutit, J. Hardenbol & P. R. Vail 等, 1985, 1990),如图 1 所示。凝缩段可以通过多种方法及资料进行识别,如地震、测井和露头及生物、化学标志,因此,正确认识凝缩段具有重要的地质意义。

1 凝缩段的概念

凝缩段在不同学者的文献中,称谓不同。有的称为“凝缩层”,而徐怀大(1993)将其译为“密集段”^[1]。从目前应用来看,学者们普遍采用“凝缩段”一词。

经典的层序地层学定义凝缩段是以沉积速率极低(小于 1~10 mm/1 000 a)为特征的一种薄层海相地层单元(P. R. Vail, J. Hardenbol 等, 1984)。它们由远洋到半远洋沉积物组成,缺乏陆源碎屑物质,是在海平面相对上升最大、海岸线海侵最大时期在外陆架、陆坡和盆地底部沉积的(T. S. Loutit, 1986)。葛铭等^[2]认为,凝缩段代表在海平

面变化周期(特别是长周期)曲线上相对海平面发生迅速上升达到最大海泛期的沉积单元。因而,凝缩段并非泛指任何一种低速率的沉积物,而是具有等时性的层序地层学概念,即它是层序中最大海泛期的沉积单元。总之,对凝缩段的定义,可以肯定的是它属于缓慢低速率的沉积物。

2 凝缩段的主要特征

凝缩段也称饥饿段,由于沉积物供应不足,沉积速率极低,是海相盆地缓慢沉积的产物,因此沉积物相对较薄。在沉积体系域中位于海侵和高水位体系域之间的最大泛滥面,通常为海平面最高时期的沉积标志。从总体上看,碳酸盐岩中的凝缩段常具有以下特征:

(1)凝缩段常见与明显的海相间断共生,其产

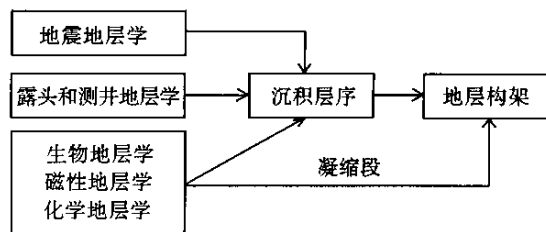


图 1 凝缩段在层序地层学中所起的作用

Fig. 1 Diagram showing the function of condensed section in sequence stratigraphy

收稿日期:2003—05—21

作者简况:李斌(1977—),男,在读博士,主要从事石油地质和构造地质研究。

出形态常呈连续的、具有生物潜穴的薄层,其石化固结程度低(缺失面),或以水下硬底形式产出(Vail 等,1984)。常见生物潜穴、钻孔和各种深水遗迹构造。

(2)主要由灰泥沉积物组成,常具生物扰动构造,典型代表是薄层状泥灰岩、微晶灰岩、生物扰动灰岩和蠕虫状灰岩等,单层厚仅数毫米到数厘米。

(3)凝缩段中常含丰富的多种多样的浮游和底栖生物组合,并常表现为沉积作用和生态环境的转换层,由下伏的浅水沉积及与海侵作用相伴生的底栖生物群落变为深水或较深水沉积及与之伴生的浮游生物组合。

(4)由于凝缩段可分布于从台地到盆地水深跨度大的广阔地区,因此,它具有不同的组分和结构、构造特点。如华南泥盆纪时期,由于同沉积断裂作用形成被动陆缘上的盆—台相间格局,在台地上凝缩段由含原地埋藏、个体完整的腕足化石层、弓石燕化石层、瘤状灰岩等组成,而台间盆地内则为含丰富竹节石的薄层状硅质岩。

(5)在海底构造运动较强烈的沉积盆地中,碳酸盐层序中的凝缩段可以是薄层的分布广泛的海底火山喷发沉积。

3 凝缩段的识别

3.1 凝缩段的地震识别

在地震剖面上,通常可识别位于高水位体系域进积倾斜沉积体底部的凝缩段,而每一个倾斜沉积体则下超在下伏海进或低水位体系域之上(图 2)。因此,下超面是凝缩段存在与否的一个最好识别标志。因为前积下超的存在意味着前积层的前端及远端为沉积作用缓慢的细粒沉积物。

地震层序分析中,退积结构是基准面迅速上升过程中其沉积物供给速率降低、沉积作用向陆地地方向退缩时期形成的,故其底部和前端也是一个凝缩段发育的区带(图 2)。另外,在上超模式出现的盆地中心部位,发育大量细粒沉积,也是凝缩段出现的部位。

3.2 凝缩段的测井响应

凝缩段在测井曲线上的响应,主要是极低的电阻率、高自然伽玛。它的部位常常处于一个向上变细或加深的(退积型)叠加模式和一个向上变粗或

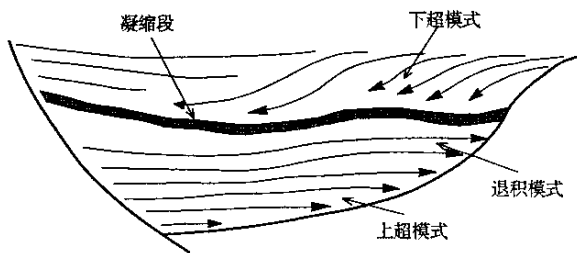


图 2 凝缩段的地震识别

Fig. 2 Distinguishing condensed section from seismic section

变浅的(进积型)地层之间(图 3)。由于凝缩段形成于最大海泛期,其测井曲线表现稳定,具有区域可比性,是区域地层对比的有利工具。

3.3 凝缩段的岩石学识别

凝缩段代表时间跨度很长但沉积速率极低条件下的饥饿性沉积。由于沉积物与海水的长期接触引起各种海解与成岩作用,在硅质碎屑岩层系的凝缩段中,常常出现页岩、自生的海绿石、菱铁矿、磷灰石、原生的白云石等。其中,对含海绿石的凝缩段的研究显得尤为重要^[3],因为不同演化阶段的海绿石具有不同的年龄时限,这对断代十分重要。

4 凝缩段的成矿作用

凝缩段由于是盆地内部和外部相互作用的结果,经历时间长,因而表现为静水、低能、低速,沉积作用极不活跃。这是由于沉积速度放慢,介质动能低,提供陆源碎屑的能力微弱,导致介质的携带能力降低,各种外部掺和作用差,故有利于盆内海解作用和成矿作用的进行,有利于多金属矿石在海盆的自分散体系中通过缓慢的化学和生物作用以及碎屑悬浮物的机械沉积生成。这种长期缓慢的沉积作用不活跃时期,往往有利于残余和多金属沉积矿床聚集。

凝缩段往往是某个构造旋回后期的产物,代表了区域海盆的各种物理、化学条件的变化点,反映了盆内沉积作用的变化阶段,因而具有充足的堆积、剥蚀时间,具有良好的矿源条件,成矿作用易于发生。凝缩段的成矿作用在地质历史中广泛存在,如我国厂坝特大型铅锌矿床就是一个凝缩段成矿作用的很好实例。该矿床位于甘肃某地,是热卤水

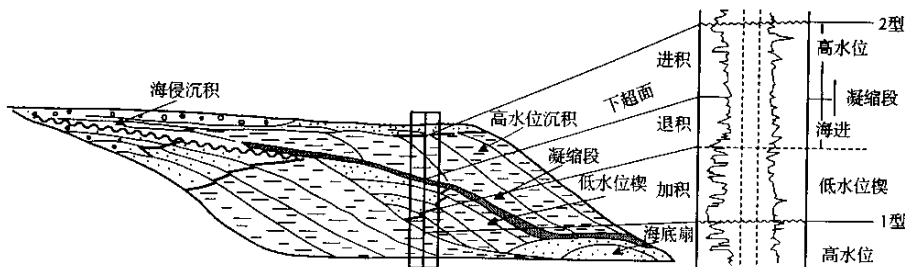


图3 凝缩段在层序中发育的位置及其测井响应

Fig. 3 Sketch showing the place of condensed section in sequences and the well logging respond

参与同生沉积作用类型。同生沉积作用的标志,主要是矿石的纹带状构造与围岩的水平纹层相一致。厂坝特大型铅锌矿床赋存在黑云母石英片岩与结晶灰岩之间,即在中泥盆世的王家山组陆源碎屑岩和晚泥盆世早期的厂坝组不纯碳酸岩地层之间,这是成矿的有利部位,是一系列沉积环境和沉积速率变化的转折端。

凝缩段在地史中成矿作用是广泛的。由于凝缩段具有良好的矿源条件,又具有充足的堆积空间和场地以及剥蚀时间,因而利于多金属矿石、特别是硫酸盐矿石缓慢地化学沉积。如我国下寒武统下部的含炭、含硅质、含海绵骨针的黑色页岩;在扬子地台、江南过渡区、华南地槽广泛分布含炭质和有机质高的凝缩段,使许多金属富集。因此这种凝缩段可以作为找矿标志,且效果甚佳。我国许多锰矿也产在凝缩段中。凝缩段与多金属成矿特征相一致,两者呈正相关关系。当然并不是说所有凝缩段都能成矿,成矿作用的先决条件是区域地球化学背景和足够的矿质来源,这是重要的控矿因素,只有把堆积因素和控矿因素两者有机结合起来考虑,才能提高凝缩段的找矿效果。

5 凝缩段在板块构造上的意义

凝缩段是构造稳定的标志,在板块构造上的作用也比较显著。板块运动最基本运动形式是开裂和碰撞。开裂可以形成盆地、裂谷、拗拉槽、地槽、大洋等。大洋的出现是开裂的最高形式,这是新板块形成的标志。因而凝缩段的出现往往可以视为板块开裂的标志,而凝缩段在地表出露的宽度,可以代表当时大洋裂开的宽度。

6 凝缩段的石油地质意义

凝缩段是层序地层学在研究大陆边缘盆地并建立大陆边缘层序模式的过程中提出来的。大量的研究表明,凝缩段的存在,在大陆边缘层序断裂带、区域地层对比以及油气成藏条件分析中,均具有重要意义。

6.1 区域地层对比

由于凝缩段是在相对海平面上升和海岸线突然海进,从而导致沉积速率极低的时期产生的,故随着海进,先存在的陆架地区和陆源物质盆地的较深部分,物质减少。根据这些特征,再结合测井等其他资料,凝缩段能够建立起年代地层框架,在区域地层对比中发挥重要作用,被称作是大陆边缘层序年代确定和对比的钥匙^[4]。

6.2 生烃和封盖作用

凝缩段在层序上出现在海进体系域(TST)或低水位体系域(LST)和高水位体系域(HST)之间,往往形成湖泊或浅海相泥质岩,其上下均为较粗粒的砂体,而凝缩段中含有大量的有机质,具有巨大的生烃潜力,是有利的烃源岩。烃源岩的形成常受古地理演化的控制。如湖泊水体相对宁静,生物含量高,另外由于周围地势高,四周陆地上的生物残体也一起向盆地输送,使有机质大量富集,由此形成的烃源岩有机碳含量高,生烃潜力大。高水位体系域沉积砂体以进积为特征,往往是具有良好的孔渗性储集体,但其本身细粒泥岩沉积不发育。而凝缩段常常与进积砂体前源形成指状交叉的砂泥互层,从而起到了有效的封盖作用。

总之,处于生烃门限深度以下的凝缩段对油气的生成起着主要的贡献作用,属于烃源岩;而生烃

门限深度以上的凝缩段对油气则主要起着封挡作用,属于盖层;储集岩主要形成于高水位体系域(HST)的晚期和海进体系域(TST)的沉积砂体。

参考文献:

[1]徐怀大,王世凤,陈开远.地震地层学解释基础[M].武汉:中国地质大学出版社,1990.

[2]葛铭,孟祥化,陈荣坤,等.海绿石质凝缩层——克拉通盆

地层序地层划分对比的关键[J].沉积学报,1995,13(4): 1—15.

[3]Alessandro Amorosi,Maria Carla Centineo. Anatomy of a condensed section: the Lower Cenomanian Glaucony-rich deposits of Cap Blanc-Nez (Boulonnais, Northern France). SEPM Special Publication,1998,66:405—413.

[4]C. K. 威尔格斯.徐怀大,等译.层序地层学原理[M].北京:石油工业出版社,1993.

Recognition of condensed section and its geological significance

LI Bin¹, SHAO Chang-guo², CHEN Yong²

(1. Guangzhou Institute of Geochemistry, China Academy Sciences, Guangzhou 510640, China; 2. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: Condensed section is a very thin sequence stratigraphy unit and consists of pelagic facies and bathyal facies deposits through very slow aggregation during transgression period. Condensed section can connect chronostratigraphic units proved by pelagic microfossils and neritic strtigraphy. Recognition of condensed section through seismic, well logging and outcrop observation is of great geological significance for global worldwide stratigraphic division and contrast.

Key words: condensed section;sequence stratigraphy;stratigraphic division