

## 应用上超点升降曲线 对比陆相地层的不可靠性

陆 伟 文

(武汉地质学院北京研究生部)

陆相盆地中各沉积层上超点的变动范围很宽,用上超点升降曲线来表示水位升降的可能性相当可疑,利用它来对比地层不能令人信服,利用它来预测地层年代在一般情况下是不可靠的。

1977年,美国 Exxon 公司的维尔等人在 AAPG 第 26 号论文集中发表了一系列论文<sup>[1]</sup>,介绍了根据地震剖面来编制沉积层上超点升降曲线,并进而用于地层对比和地层年代预测的方法。我们将他的主要观点归纳为以下几条:

1. 全球范围内,海平面的升降变化是同步的,而海面的高度决定了海岸地带沉积基准面的高度,两者之差甚微,可以忽略。

2. 古沉积基准面的高度可以从地震剖面上的上超点的位置量出。在进行了后期不均匀沉降影响的校正之后,全球范围内上超点的升降也应是同步的。如果将升降变化曲线画出来,各地的曲线形态应是相似而可比的。

3. 因此,只要了解了全球古海平面升降与时代的关系,任何地层年代不明的地区,都无需钻井而可借助于用地震资料编制的上超点升降曲线,预测地下地层的时代。为此,维尔等甚至编出了全球海面在各地史期间升降变化的曲线。

4. 陆相盆地与海虽不连通,但在海面上升期,陆盆中的水面通常也上升。因此,陆相盆地也可做出上超点升降曲线,与全球海面升降曲线对比而大致估计地层年代。

维尔等人的论文发表之后,各国石油地质界广泛注意,“打井前预测地下岩层年代”的新颖设想也引起了我国地质人员的兴趣。论文发表后的第二年(1978),我国就有人按此想法编制地震上超点升降曲线<sup>1,2)</sup>,但效果很不理想。根据现有资料,有些地区测出的“水位变化曲线”是不断上升曲线,第三纪时期水位上升达千米,大大超过根据地质资料推断的全球海面上升幅度。同时,在同一盆地中不同剖面上量出的水位升降曲线,其形态彼此很不相同,很难进行对比。当然,有时也拿来和维尔的“全球曲线”对比,但这样的对比是相当牵强的。

由于实际应用的效果不佳,我们认为对于应用地震上超点曲线来对比地层以至预测

本文1984年6月12日收到,1985年6月6日改回。

1) 徐怀大等,1981,渤海湾地区下第三系沉积特征。

2) 王英民,1984,松辽盆地侏罗白垩系地震地层学研究,武汉地质学院研究生论文。

地层年代的做法应当深入探讨，分析其理论基础是否牢固。

## 一、控制陆上盆地水位的因素

应用水面升降旋回进行地层对比的先决条件之一是各沉积盆地中的水位升降是同向的（变化方向一致），最好是同步的（方向一致，幅度相同）。对互相连通的海洋盆地而言，这一条件可以成立。但对陆相盆地而言，水面的升降是否在全球范围内同向，问题比较复杂。为了说清楚，我们把陆上盆地分为三种情况来讨论，即（1）近海盆地，（2）外流盆地和（3）内流盆地。三种盆地中控制水位高低的因素相差很大。

近海盆地是大陆上近海的低平地区中的沉积盆地，如我国的太湖。虽然沉积相是淡水湖相，但地理上与海为邻，水位与海面接近。如果海水水位略有上升，这些盆地将很快转为海相。海水下降，这些盆地中的水位也会相应调整下降。因此，这些盆地中的水位变化的确与海面的升降有同向乃至同步的特点。

但是，这些盆地在陆上盆地中只占一小部分，而且它们处在容易被上升的海水淹没的地位，地史上海面反复升降的过程中，一定曾经多次被淹没。其中的沉积应当是海、陆、泻湖等相交互成层的，不能把它们看作典型的陆相盆地。因此，真正的陆盆实际上只包括外流盆地和内流盆地两种。

外流盆地是与海洋之间有河道连通、向海排水的盆地，如我国的滇池、洱海，苏联的贝加尔湖之类。它们和近海盆地的区别在于地势比海面高得多，没有重大构造变动时，海水升降不会轻易淹没这些盆地。

决定外流盆地中相对水位升降（水面相对于盆底的升降）的决定性因素是其排水隘口的高程和盆底高程之差。以四川盆地为例，其排水隘口是三峡。若在此修建了300m高的大坝，盆地中的水位将很快上升而不管海面作何变动。这说明了隘口高度的意义。实际上在地史期中，隘口高度当然不是因筑坝而是因种种地质因素而变化——快速隆升、断层、峡谷的下切侵蚀，都可以使隘口变化。举一个现代正在发生着的变化为例。北美介于安大略湖与伊利湖之间的尼亚加拉大瀑布<sup>[3]</sup>，落差达50m。基底岩石由于不断被冲蚀，每年以1—1.5m的速度向上游退缩。计算表明，几千年之后，瀑布主体将退入伊利湖中。届时3万平方公里的伊利湖盆地中的相对水位将在海面无大变动条件下突然降落几十米。

对第三类陆上盆地——内流盆地来说，决定水位升降的因素是盆地中降雨量和蒸发强度之比。前者愈大，水位愈高；后者愈大，水位愈低。降雨量和蒸发强度又取决于气候条件——风力、风向、空气湿度、温度等等。从根本上说，这里的水位受控于大气条件而非海面水位。

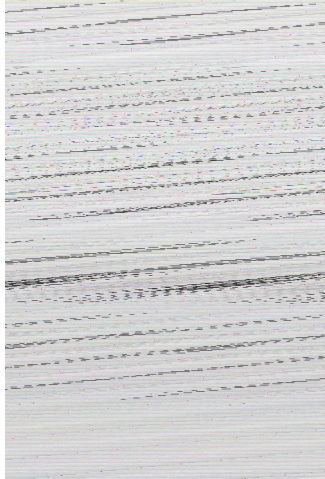
人们可能以为：大气条件还是受海水水位的影响；海水上涨，蒸发面扩大，会使气候趋于温湿多雨，于是陆上盆地中得到的雨量增多。这是把复杂的事物过分地简单化了。现在普遍认为白垩纪是古海面上升最高的时期<sup>[4]</sup>，但是我国许多地方的白垩系是红色粗碎屑沉积甚至膏盐沉积，显示当时处于干燥炎热气候条件下。显然此时内流盆地中的水位不会与海面同向变化，海面在上升，而湖水在下降。

综上所述，我们认为不同的陆上盆地，控制水位变化的因素各有不同。只有近海盆

地中的水位才随海面变化,但它们占少数。真正的纯陆相盆地中水位变化取决于其他条件,大多与海面升降无直接关系。

## 二、盆地的连通与升降曲线的可比性

一条大河往往可以串联或并联上一系列沉积盆地和其他盆地。现在的长江,上游有一些高原上的小山谷盆地,中游有四川、江汉等盆地,支流上有洞庭、鄱阳、南阳等盆地。除了低地平原上的盆地之外,各盆地都有自己的溢流口,形成了许多梯级。梯级之



## 三、盆地类型转化对水位的影响

某一盆地所属类型不是一成不变的,可以随时间而转化。地史上,四川盆地曾经是一个海盆,几经转化变成内流盆地,因而有盐层的沉积。再几经变化,最后由于三峡水道的开通而变成今日的外流盆地。在盆地类型转化之际,例如三峡水道刚被侵蚀穿通之时,必有剧烈而迅速的水位变化。其升降幅度可以远远超过全球海面变动的极值。

我国各沉积盆地具体转化情况还不完全了解。现以研究比较透彻的地中海来说明这个问题<sup>1)</sup>。在中新世之前,地中海是联系印度洋与大西洋的正常海盆,两端均与大洋沟通。中新世,西端与东端的出口相继封闭,地中海变为一个内流盆地。根据直布罗陀海峡今日自大西洋注入地中海的水量计算,在完全封闭的条件下,地中海在几千年内因蒸发量大于降雨量,海平面将大大下降(许靖华根据多方面的证据推算出下降最大幅度为3000m)。不仅如此,从两千余万年前的中新世迄今,地中海西端的直布罗陀海峡反复地关闭和开放,形成了10—15次升降旋回,每次都造成重大水位升降。显然,在这段很长的时间内其水位变化情况与“全球海面”的变化不会有共同之处。

回来看我国的情况。东部的若干含油盆地如渤海湾盆地、苏北南黄海盆地、江汉盆地等,按现在的地理状况应属近海地区或海洋盆地。但是在地史上的不同时期就不一定了,例如苏北在泰州组时期部分成为含盐盆地。其中洪泽凹陷中盐层累计厚度近千米,决非一期海水蒸发所能形成,必有多次的盆地类型转换。其后,整个苏北盆地在阜宁期

1) 许靖华, 1980, 沉积学讲稿汇编。

转变为较统一的近海或海陆交互相盆地。在戴南期又转变为分隔剧烈的深而狭小的多个凹陷。此时的地理条件估计是外流水系所串通的盆地。在多次转变过程中,每一凹陷的水位应有剧烈变化。

根据以上讨论,作者得出与维尔不同的看法,即认为如果真能作出各盆地的水位升降曲线,则它们之间同步变化的可能性甚微。陆盆与海盆间如此,陆盆与陆盆之间也如此。

#### 四、水下上超造成的复杂情况

以上讨论的纯属水位变动问题。下面研究一下古水位变动是否能被沉积上超点变化正确反映。开始引起争论的一个现象是水下上超(marine onlap)。

维尔认为沉积层的上超点总是位于水位线附近,他估计两者的高差在50m以内。这样,上超点的升降自然可以大致反映水面升降。但勃朗和菲舍尔<sup>[1]</sup>认为在海面以下2000m以下,海底浊积物堆成的水下扇对着陆坡下侧坡面也能形成上超,这就是水下上超。和沿岸上超比较,水下上超有两个公认的特点:(1)上超点位置和海面相距很远。(2)在海面发生升降变动时,海面越下降,就有越多的浊积沙被送往陆坡以外,海底扇就堆积得越快,水下上超点也上升得越快。这就是说,海面升降的方向和上超点运动的方向相反。

因此,为了正确反映水面升降,只能用沿岸上超点来编制升降曲线,绝不能混进水下上超的资料,否则就会造成混乱。

我国许多陆相盆地中相继发现了浊流造成的水下扇,地下有<sup>[4]</sup>,现代湖盆地也有<sup>[5]</sup>。现在需要考虑的是,上述在海盆中得到的结论,对陆盆沉积是否适用。这就要先来分析一下浊积体在两种盆地中分布的异、同点。

和在海盆中一样,陆盆中的浊积物总趋向于在盆地深凹部分堆积而不停留在沿岸地带。

和海盆中大不相同,陆盆空间狭窄,浊积体和牵引流沉积体不能在沉积地域上充分分离,可能互相叠覆(图1)。同时,也没有陆架转折角等剖面标志可以使人判断某一上超点是水下上超还是沿岸上超(图1,2)。

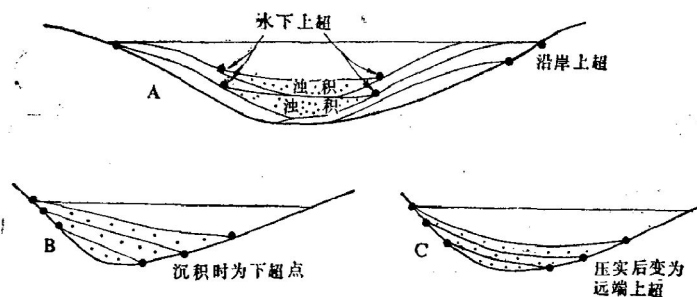


图1 陆相沉积上超点特征

A—浊积与其他沉积物叠覆,水下上超难识别 B—盆地狭小,沉积体前缘容易越过凹陷中心

C—压实后往往形成远端上超

因此,陆盆中不但有水下上超问题,而且由于上超点的性质不易判断而更容易使人迷惑。

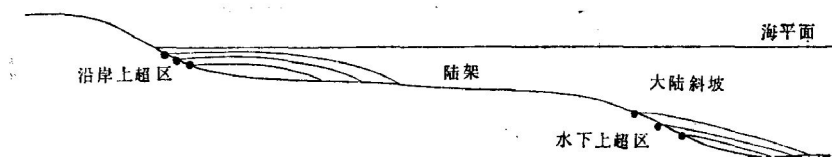


图2 海相沉积特点

浊积物与正常沉积物分离，远端沉积不易形成上超，水下上超区在陆坡之下

渤海莱州湾中下第三系一段陆相地震剖面（徐怀大等，1981，原图17），其上超点界面比邻区有时要多出好几层。考虑其深槽状的古地形特征，很可能有些上超点并非沿岸上超而是浊积体形成的水下上超。

除了浊积体造成水下上超之外，陆相盆地中还容易发生所谓的远端上超，这也是一种水下上超，上超点可以出现在各种不同的水下深度。在海盆中由于沉积体的远端边界很少可能越过宽广的海盆而达到另一侧的斜坡上，所以除非受到后期构造影响，不容易出现远端上超。陆盆的宽度深度都小得多，沉积体很容易越过盆底最深部底而在对岸坡下尖灭，于是造成了远端上超。

国内有些研究者认为即使在陆盆中也不太可能出现远端上超。但是，越过盆底深部的沉积体完全可能在沉积时期生成远端下超，以后再由压实作用将之变为远端上超（图1）。

在我国东部某些箕状凹陷的地震剖面上，远端上超的清晰程度常超过近端上超，苏北溱潼凹陷的剖面可作为例证（图3）。这个凹陷在形态上是南断北超的小凹陷，地层界面普遍南倾。凹陷的南缘是一系列大断层。戴南组的沉积物在南部含有大量粗砾石而且较厚，在北部则以细、粉砂为主而且较薄。显然，沿盆地倾向来看，沉积物搬运方向是由南向北的（走向上由东而西为主）。近端上超点应当位于盆地南缘，即断裂发育带附近。由于断裂带的地震剖面会受到种种干扰，又因为上超沉积物是粗杂砾岩，属于反射模糊的地层，这里的上超点位置很难确定。于是，人们在编制升降曲线时自然地要找所谓爬坡剖面，也就是上凹陷的北坡去找那些沙泥分异较好因而反射清晰的上超点，正好找到最可能出现远端下超的地点。可以说，这是在许多箕状凹陷中进行类似工作时都会遇到的问题。

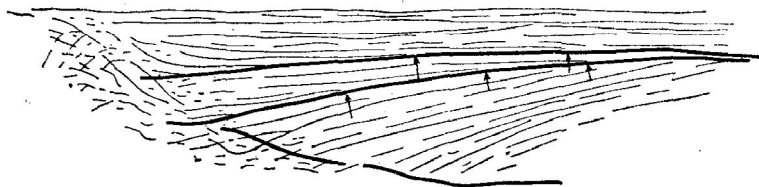


图3 溱潼凹陷地震剖面  
（据地质矿产部第六物探大队）

箭头标示爬坡上超点。根据沉积厚度与粒度变化趋势，这些上超点原来可能是水下的远端上超点或下超点，经构造扭斜后才转到较高位置



## 五、相邻测线上上超点逆向变动的原因

某些情况下，上超点也可能出现在远远高于盆地水位的地方。

在我国西北工作的地质人员容易了解，高大山脉与盆地交界处，总有由许多冲积锥连成的冲积裙。冲积裙的脊线，实际上就是现代沉积物上超在基岩上的上超点连线。垂直于山麓走向作剖面，剖面切过脊线的交点就是上超点。裙顶线是起伏不定的，其垂直幅度可以超过百米以上。现在，我们将把裙顶线上较高的位置称为高上超点（图4中的A点），较低的位置叫做低上超点（图4的B点）。高上超点必然是大冲积锥的顶点，靠近切穿山崖的谷口。低上超点应位于相距较远的两谷口之间。

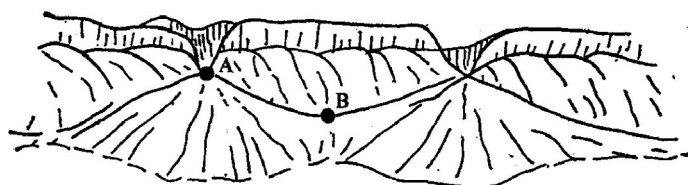


图4 冲积裙顶线高度与谷口位置的关系

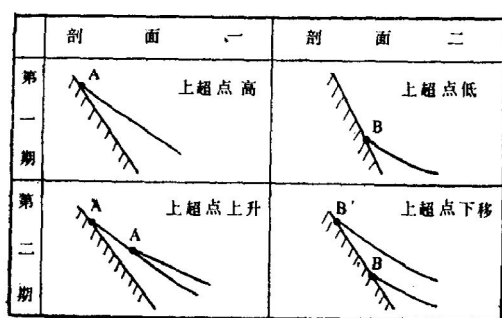


图5 穿过图4中A、B两点且与断崖垂直的剖面上上超点的变化

山崖与盆地的巨大高差，说明这里存在持续活动的断层。现在，我们垂直于山崖断层作两条剖面，一条通过图4的A点，一条通过B点。两条剖面示如图5。上面是第一期的情况。

如果这条断层仍在继续发展，象许多凹陷的边界断层那样，是一个同生断层，而且它不仅倾向位移，也有走向位移，是一种所谓的“斜向断层”（自然界中的普遍情况），那么，经过一定时期之后，由于沿走向的滑移，原来对准图4 A点的谷口可能移到两谷口之间。而原来正对谷间的低上超点现在却对准了谷口位置。这时，A点附近新的上超点A'的高度可能比A较低（图5左下），而B点附近新上超点B'却比B高得多（图5右下）。

观察图5的下部两剖面可以看到一个十分有趣的现象。两条相邻剖面上看到的上超点升降方向正好相反。如果用来说明水位变化，左下剖面的解释是水位下降，右下剖面的解释是水位上升。如果用来说明盆地连通状况，就要解释成：两剖面可能分别位于两个小盆地中，水系不相连通。如果硬要用来对比地层，就只好把不同时代的峰、谷硬拉在一起。反正都是锯齿形的线条，总能凑合上的。但对比就出现了错误。

上述情况并非故意安排的、只适用于西北山区的罕见特例。正相反，我国第三系许多断陷盆地中，发育了许多极厚的冲积扇沉积，其古地理环境、构造状况和沉积物分布和上面描述的山麓地区的特点是非常相似的。这就提醒我们：即令地震工作在断裂带能排除干扰做出反映当时上超点变化的升降曲线来，也不能轻信它所提供的水位升降信息。

我们也不可认为水面以上的沉积全是临时性的,不会保留在地层记录中。许多断层的下降盘下降了数百乃至数千米,造成了巨厚的冲积扇相山麓沉积,表明决非一切高出水面的沉积都不能保存下来。如果水面以上的沉积都保存不了,不但在古环境研究中将不再有研究冲积扇的必要,而且也无必要再谈研究这里的上超点曲线。因为山间盆地的边缘相带几乎无例外的是冲积扇相,而且盆地中的上超点几乎全位于这个相带的上缘。

## 六、结 论

1. 陆上盆地可分三类,只有近海盆地的水位与海平面是同向变化的。外流盆地和内流盆地的水位升降与海面升降受不同的因素控制,不能认为是同向变化的。

2. 外流盆地的相对水位决定于溢流口高度。内流盆地中的水位决定于气候因素。

3. 在陆盆中,各沉积层的上超点可以位于水面附近,也可能位于水下各种深度或水面以上的高处,变动范围很宽。

4. 海底扇中的上超点也在水下深处,但是在地震剖面上容易从其构造位置了解它是水下上超,避免做出错误处置。陆盆中的水下上超点由于与牵引沉积物在空间上叠覆因而难于与正常的沿岸上超相区别。

5. 海盆中远端上超出现的机会少于陆盆,如有发现则多与后期构造变动有关。陆盆中的远端上超由于物源方向多样化,也较难与正常近端上超区别。

6. 陆相盆地中,上超点高程的波动较海盆剧烈。在一定条件下某条剖面的某一层上超点上升,而相邻的另一剖面上同一层的上超点却会下降。

7. 因此,用陆盆中的上超点升降曲线来代表水位升降曲线的可能性相当可疑。利用它来对比地层不能令人信服。用这类曲线来预测地层年代在最好的情况下也只能是辅助标志,一般情况下应认为是不可靠的。

8. 根据陆上盆地的水位变化的同相性来推断盆地之间的连通情况也是不可靠的。根据上超点曲线的相似性来推断盆地之间的连通与否,出现错误的可能性将更大。

## 参 考 文 献

- [1] C.E.佩顿编,1977,地震地层学。牛毓荃等译,1980,石油工业出版社。
- [2] Nils-Axel Mörner,1981,Revolution in Cretaceous sea-level analysis. *Geology*, V. 9, P. 344-346.
- [3] A. & L. Holmes, 1978, Principles of physical geology, 3rd edition, P. 329-330.
- [4] 孙永传等,1980,水下冲积扇——一个找油的新领域。石油实验地质,第3期。
- [5] 孙顺才等,1983,抚仙湖沉积相研究。中国科学院地理研究所集刊,1号。
- [6] P.R.Vail, J.Hardenbol, 1980, Sea-level changes during the Tertiary.

## PLAUSIBILITY IN USING SEISMIC ONLAP CURVE TO CORRELATE NON - MARINE SEQUENCES

Lu Weiwen

( Beijing Graduate School of Wuhan College of Geology )

### Abstract

Seismic onlap curves, which was called by P. R. Vail et al "the curves of relative changes of sea level", have been used in correlating continental sequences. This extensive useage, however, sounds doubtful to us owing to the following facts: 1. There are 3 kinds of continental basins according to their ( water ) interconnection with ocean. Water surface in two out of the three kinds, the drainage basins and interior basins, are controlled by the elevation of overflow and climatic conditions respectively. The border basins, i.e., the sole kind that has water surface rising and falling synchronously with sea level, can be considered as peripheral parts of sea basins, and not really continental ones. 2. The onlap points of continental deposits might float within a very wide elevation range, thousand meters above, beneath, or about the lake surface. 3. It is more difficult to distinguish normal ( coast ) onlap and abnormal ones ( under-water and areal onlaps ) in seismic sections of non-marine sequences than in marine sequences, and may cause lots of confusions. We suggest that onlap curves can not be taken as the curves of relative changes of lake level, not to mention their application in correlation of non-marine sequences. It is unreliable to use the similarity of seismic onlap curves to deduct the connectivity between onlap basins.

## 冀中南部地区奥陶系石灰岩首次获得特大高产油井

冀中坳陷深县-束鹿凹陷, 位于宁晋县境内荆丘潜山的第一口探井——晋古二井, 1985年12月15日经酸化求产, 日产原油 2172 t, 天然气 25.35 万立方米。

晋古二井于井深4623m进入奥陶系, 7吋套管先期完成于4633m。后钻至井深5204.3m完钻。揭开奥陶系 581.3m, 先后经两次电测、四次中途测试, 证实油水界面在 5100m, 含油高度477m。12月15日用121.9m<sup>3</sup>、浓度为28%的盐酸, 对4633—4914m裸眼段进行酸化, 放喷求产。油管单翼30mm, 套管单翼25mm油咀, 日产油2172t, 天然气25.35万立方米。不含水, 油气比117m<sup>3</sup>/t, 井口温度98℃, 油压30atm、套压106atm, 井口压力稳定, 原油性质好, 比重0.8210, 粘度0.00304 Pa·s, 凝固点19℃, 胶质沥青质7.07%, 含蜡20.43%, 含硫0.07%, 初馏点73℃。根据潜山顶面构造图计算其圈闭面积为11km<sup>2</sup>, 闭合幅度700m, 闭合深度5200m。根据测试资料可控制相当可观的石油地质储量。

担负这口井钻探任务的是华北石油管理局二公司6073钻井队。他们发扬奋勇拼搏的精神, 克服重重困难, 严格按照地质和工程设计精心施工。与有关单位密切配合, 取全取准地质资料, 快速、优质、安全地完成了钻探任务。创造了用一口井探明油水界面、控制含油面积和地质储量的深井钻探新水平。

这口井不仅在奥陶系获高产, 沙三段也见40m厚的油层。石炭-二叠系石盒子组砂砾岩中亦见良好油气显示。事实再次证明, 冀中地区油气资源丰富, 奥陶系深潜山也可以找到高产油源, 勘探前景非常广阔。

( 赵龙华 )