

# 古代潮汐沉积物的新判据 ——潮汐周期层序

黄迺和 王根发

(武汉地质学院)

**内容提要:** 根据我国东部海岸现代潮坪沉积物和古代潮汐沉积物的研究,新发现一种潮汐沉积物所具有的特殊沉积构造,这种沉积构造可区分出三种类型,特征明显,易于鉴定,反映潮汐运动规律,命名为“潮汐周期层序”。用这种沉积构造作为古代潮汐沉积物的鉴定标志,将大大提高鉴定的可靠性。

**主题词:** 潮汐沉积物 潮汐周期层序 大潮—小潮 粘土层

**第一作者简介:** 黄迺和 女 53岁 副教授 煤田地质学

古代受潮汐作用控制的沉积物主要有障壁岛后泻湖潮坪沉积物,海湾内的潮坪沉积物,低坡度的开阔海岸潮坪沉积物,河口湾内的小型潮坪沉积物以及相应的潮沟沉积物。上述各种类型潮坪(包括潮间带沉积物的一部分潮下沉积物在内)都有一些特征性的沉积构造,前人曾运用青鱼骨刺层理、潮汐层理、双粘土层等标志对古潮汐沉积物进行判别,取得一定效果。

近两年来,笔者在我国东部海岸地带研究现代潮坪沉积物时发现除前人已论述过的特征之外尚有更为特征的沉积构造可作为古潮汐沉积物的新判据,这就是“潮汐周期层序”。

现代沉积物中的潮汐周期层序是在崇明岛和苏北琼港潮坪和潮沟中发现的。崇明岛东端沿海一带是典型的低能潮坪,潮间带宽达十几公里,沉积物细,以粉砂和泥为主,地形非常平缓,潮差仅2米左右;琼港潮坪潮间带也很宽,潮汐能量比崇明岛强很多,潮差大,最大潮差可达7米左右。笔者应用自制的箱式取样器,对这两个现代潮坪和潮沟的表层沉积物进行取样,通过揭片获得较为系统的破坏沉积构造的样品。经过详细研究,现仅对其中最主要的沉积构造——潮汐周期层序的特征和形成机制作一初步分析,以供读者参考。

## 一、现代潮坪沉积物中的潮汐周期层序

现代潮坪沉积物中体现出的潮汐周期层序表现为在垂直剖面上粘土层分布的疏密程度是有规律的,这些粘土层都是在平潮期潮水稳定时的沉积的悬浮物质,所以产生这种规律正是因为潮汐运动本身是有周期性的。潮水涨落是脉动的,涨潮流带来一定量的碎屑物,在潮坪表面沉积一层砂层(或粉砂层),满潮时潮水失去能量出现高潮平潮期,

潮水中携带的细粒悬浮物质得以逐渐沉积,因而在涨潮流所形成的砂层之上沉积一层平潮期薄粘土层。由于崇明岛的落潮流能量很低,潮水缓慢后退,落潮期间在潮间地带一般不会有沉积物,只在潮下带较封闭的环境中沉积一层极薄的砂层,待潮水退到最低水位时又会出现低潮平潮期,潮水中的悬浮物得以再次沉积,形成低潮平潮期粘土层。如此周而复始,在潮汐作用控制下在一个潮汐周期中(即由大潮期经过小潮期再到下一个大潮期称为一个潮汐周期,或由小潮期经过大潮期再到下一个小潮期也是一个潮汐周期,历时14天),从理论上说,在潮下带某些地段应沉积14层高潮平潮期粘土层和14层低潮平潮期粘土层,共计28层粘土层。由于潮水落到最低水位时潮间带是暴露的,因而,在潮间带不会有低潮平潮期粘土沉积物,在一个潮汐周期中只能形成14层粘土层。我国东部海岸的潮汐运动属典型的半日潮,每24小时出现两次潮水涨落,因此在一个理想的潮汐周期中,在潮间带沉积物内应出现28个单粘土层,而在潮下带则应出现28对双粘土层。假设物源碎屑供应物数量是不变的,那么,一次涨潮或落潮带来的沉积物厚度应与潮水能量成正比:即大潮期的沉积物厚而小潮期的沉积物薄,由此可知,一个潮汐周期中所形成的28层粘土层分布的疏密程度应是有规律的,由疏一密一疏,相互交替。由于潮坪表面分布着大量的树枝状潮沟,微地形变化是很复杂的,因而潮坪上各点的沉积物所反映的潮汐周期特点也不相同,最完整的潮汐周期的特征只有在潮间带的粉砂质和泥质潮沟中以及一部分潮下地带才能看到,因为只有上述地带才能经常保持一定的水深。

经过大量的揭片分析,崇明岛和苏北琼港的现代潮沟沉积物中可识别出以下述三种类型潮汐周期层序

### 1. 递变式潮汐周期层序(简称 $\alpha$ 型层序<sup>1)</sup>)

这是最常见的一种潮汐周期层序,剖面上的特征为以小潮期形成的密集粘土层组为中心,向剖面上下两个方向,粘土层逐渐加宽距离。图版 I, 1 是崇明岛现代蛇曲状潮沟点砂坝前端堆积速度最快部位的样品,该潮沟沉积物是粉砂和泥质的,其表层样品体现了上述潮汐周期层序特征。在照片上部和下部各有一个粘土层间距加密带,显然,这是两个小潮期形成的粘土密集层,构成两个递变式潮汐周期层序,每个层序中都可以找到25—26个浅色的单层粘土层,这与一个半日潮地区应出现的粘土层数目极其相近。照片中部粘土层间距最宽的部位应是大潮期的沉积物,可以这层大潮期沉积物为界区分出上下两个潮汐周期层序,每个潮汐周期各沉积厚度约12厘米左右的沉积物。这个分析是否可信?可再看一些旁证:1984年10月笔者在这个采样点第一次采样时这个点除沉积物外尚有半米左右的水,到1984年12月,此点已被细粒沉积物淤平,根据这一现象推断,此采样点每个月约沉积25厘米左右沉积物,这个沉积速率与在图版 I, 1 上分析出的现象是吻合的,证明12厘米厚的沉积物确实是一个潮汐周期(14天)所沉积的。推算出来的这个沉积速率可能是惊人的,似乎与某些古代岩层中所计算出的一万年沉积几厘米的沉积速率相差太远。其实,地质历史中的突发事件太频繁了,每半个月沉积13厘米的沉积速率是不可能一直持续下去的,同时,潮坪上的沉积物不断地被往返迁移着的潮道所改

1) 如需输入计算机,可特将 $\alpha$ 层序按英文名称 Successive sequences 设代号为S层序

造, 老的潮道沉积物又不断地被新的潮道所改造, 能够在地层中保存下来的沉积物也仅仅是一小部分而已。

### 2. 规律间隔层组式潮汐周期层序 (简称 $\beta$ 型层序<sup>2)</sup>)

是经常与  $\alpha$  层序共生的另一种类型层序。剖面上的特征为小潮期形成密集粘土层组, 下一个小潮期再次出现密集粘土层组, 几个密集粘土层组在剖面上间隔大致相等, 两个密集粘土层之间没有逐渐加宽间隔的递变式粘土层序, 仅有各种小型砂纹层理。图版 I, 2 是在蛇曲状潮沟点砂坝侧缘取的样品, 是同一采样点的上、下两块样品, 上部一块样品中有上下两层密集粘土层, 下部一块样品由于富含水份, 取样时产生人为变形, 但仍可清楚地看到第三个密集粘土层, 这三个密集粘土层大致等距。

上述两种类型潮汐周期层序的共同特点是粘土层平直、稳定, 代表涨潮流和退潮流的沉积物均具有平坦的底形, 说明潮流能量较低。至于  $\beta$  层序的形成机制则可以从以下两方面加以分析: 第一, 由于蛇曲状潮沟的水流能量象一条蛇曲河一样, 各点能量变化很大, 点砂坝的前缘和侧缘水流能量是不同的, 图版 I, 1 样品处于堆积速度最快的点砂坝前缘, 图版 I, 2 样品则正处于由流速最低的堆积岸向流速较高的侵蚀岸转化的中间地段, 其水动力能量必然比点砂坝前缘的能量强; 第二, 潮沟中的潮水在退潮时往往尚未将水退尽, 接着第二次涨潮流即已到来, 至使潮沟中的水流往返运动, 没有真正的稳定时期, 因而潮流中携带的悬浮物没有沉积的机会。基于上述两个原因, 潮沟中水流能量较强的地段 (如凹岸), 在大潮期就不能沉积粘土层, 因而出现了  $\beta$  层序, 由此可见,  $\alpha$  层序和  $\beta$  层序两者可在同一层位上相互转变, 代表同一时期潮沟局部地段水动力能量上小的差异变化; 也可在垂直剖面中相互交替, 代表同一地段不同时期水动力能量上小的差异更替。

### 3. 攀升式潮汐周期层序 (简称 $\gamma$ 型层序<sup>3)</sup>)

这是一种外貌上与攀升砂纹层理很相似的潮汐特征。当涨潮流带来的碎屑物在潮坪表面形成的底形不是平坦的而是以砂波形式向前移动时, 每一期砂波的上表面都被高潮平潮期的粘土层所覆盖, 如果潮流中的悬浮物有足够的含量, 即可在砂波表面的波峰和波谷部位均匀地盖上一层粘土层, 下一次涨潮流又可在不平整的粘土表面继续向上建筑砂波状的底形。随着潮流能量周期性地减弱和加强, 沉积盆地的总面积减少后又扩大, 单个砂波的波长和波高也同样减小后又增大, 同时, 潮流能量的减弱和增强都是缓慢而有规律的, 因此, 后一次潮流所形成的砂波与前一次潮流所形成的砂波相互重叠, 有的呈同相位叠覆, 也有的呈异相位叠覆。图版 I, 3 即为这种相互叠覆的砂波的断面, 在垂直砂波脊的断面上, 砂波为透镜状, 照片中部可以清楚地看到小潮期的粘土密集层, 上下两个方向, 可见砂质透镜体逐渐加大, 说明已转入大潮期。由于此种类型的潮流底负载所形成的床砂移动是以砂波形式出现的, 足以证明此类型潮流能量已超过形成  $\alpha$  型层序和  $\beta$  型层序的潮流能量。当潮流能量在不同地点或不同时期产生局部变化时, 常可在沉积物中发现在  $\alpha$  层序和  $\beta$  层序之间, 类有  $\gamma$  层序, 有时  $\gamma$  层序为不完整的, 仅

2)  $\beta$  层序如需输入计算机代号按英文译名 Regularly-spaced grouping sequence 定为 R 层序

3) 如需输入计算机, 可将  $\gamma$  层序按英文译名 Climbing sequence 定代号为 C 层序。

能见到少数几个相互叠覆的砂质透镜体。图版 I, 4 即为几种不完整的潮汐周期层序: 最上部可明显地看到粘土层间距向下逐渐加宽, 是一个 $\alpha$ 层序的下半部, 到最宽处出现攀升波纹层理, 显示水流能量增强物源碎屑物供应充分, 说明进入大潮期; 此层大潮期沉积物与其下部的粘土密集层之间可能存在着冲刷作用, 以至于其下部的 $\alpha$ 层序也仅保存下半部。图版 I, 4 的下部还可以见到不完整的 $\gamma$ 层序。

## 二、古代沉积物中常见的潮汐周期层序

对中国上古生代含煤沉积物的研究表明, 古代潮汐周期层序在古潮坪沉积物(主要指古潮沟沉积物)中是广泛存在的, 虽然沉积物经过压实, 使得一个潮汐周期中的粘土层数目不易恢复, 但粘土层的疏密变化规律以及其中大潮期强能量的沉积构造特征是很容易分辨的。

### 1. $\alpha$ 型层序的古代特征

$\alpha$ 型层序常表现为深色的粘土层(或为比重较小的炭质碎屑层)呈水平纹层状, 纹层疏密程度具有旋回性: 以颜色最深的粘土密集层(小潮期粘土层)为中心, 向层序上下两个方向粘土层间距逐渐加宽。由一个粘土密集层到下一个粘土密集层(或由粘土间距最宽部位到下一个粘土间距最宽的部位)垂直厚度一般为 1—5 厘米(少数可达十几厘米)。图版 I, 5 中可见到 $\alpha$ 层序和层序中的双粘土层。图版 I, 6 是被冲刷后残留的 $\alpha$ 层序的下半部, 可见到由上一下由小潮期进入大潮期粘土层本身和粘土层间的沉积物均有加厚现象, 说明随着潮流能量加强, 带来的沉积物数量也有所增加。

### 2. $\beta$ 型层序的古代特征

常表现为深色粘土层呈水平分布, 也可表现为微弱的缓波状密集粘土层组, 粘土层厚薄不等, 当两次平潮期的粘土层间没有较粗的沉积物时, 几层小潮期粘土层可合并成一个厚层, 达 0.5—2 厘米左右, 图版 I, 7 左边的岩心中延续较长的纹层为几个小潮期粘土层构成的 $\beta$ 层序, 其间断续的粘土和细砂是大潮期水流能量较强的产物。右边岩心中可见到十个 $\beta$ 层序以及层序间的大潮沉积物由薄变厚再由厚变薄的现象, 这是更高一级的潮汐周期变化, 岩心中部最厚的大潮期沉积物中尚可看到 $\alpha$ 层序的特征。

古代的 $\beta$ 层序往往易与其他沉积环境中的砂泥互层沉积物相混淆, 例如, 河流沉积体系中的天然堤沉积物和湖泊因季节变化形成的砂泥互层的季纹层等。如果能注意区分周围一整套沉积物特征, 就不难看出天然堤沉积物是与泛滥盆地沉积物、决口扇沉积物相伴生, 受植物根系的破坏较甚。同时, 天然堤的水动力条件不可能具备潮汐作用中平潮期的稳定状态, 因此, 与平潮期粘土层相比, 天然堤上的细粒沉积物粒度稍粗, 多为粉砂质泥, 分选较差, 砂泥互层的界线常为渐变的, 受生物搅动的程度也要差得多。而湖泊中的季纹层, 从整体上看, 浅色稍粗的夏季层虽较暗色细粒的冬季层为厚, 但两者相差不多, 它们的交替出现可在剖面上形成相当规模的湖泊沉积物, 横向分布亦较稳定。如果仔细观察这些互层状粗细不等的沉积物, 还可看到冬季沉积物慢慢盖到夏季沉积物之上的特征, 两者之间界线不清, 但冬季层与下一个夏季粗沉积物之间会有浊流沉积物所造成的微间断关系。这与 $\beta$ 层序中主要潮流沉积的砂层比平潮期粘土层厚很多的特

征大不相同了，同时， $\beta$ 层序分布较局限，以它总是与 $\alpha$ 层序相伴生的特点与季纹层区别是比较容易的。

### 3. $\gamma$ 型层序的古代特征

J.D.Collinson和D.B.Thompson在他们的《沉积构造》一书中列举的一张古沉积物中透镜状层理的照片可以作为古代 $\gamma$ 型层序的实例，图版1，8中引用了他们的资料。图中显示了清楚的叠覆砂纹的透镜体，它们与一般的攀升波纹层理不同，在同期的砂质透镜体与下一期的砂质透镜体之间可以看到小潮期的粘土层，但砂质透镜体大小的变化规律不如我国现代样品那样明显。

除上述三种潮汐周期层序以外，还可见到一种不完整的潮汐周期层序，这就是“大潮组合层序”，这是潮间坪地势较高部位的特征，也可以在接近潮沟的潮坪沉积物中出现，特点为粘土层全部为单粘土层，粘土层间距大致相等，约为0.5—1厘米左右。从大致等距的粘土层可知这些沉积物全部是大潮时期的沉积物，或可理解为全部是同等潮流能量的沉积物，这是因为潮坪较高的地段，只有大潮期才能被潮水淹没，而小潮时期，潮水仅能在地势低洼处和潮沟中进出。为了应用方便，对这种类型层序笔者采用了成因命名法，称其为“大潮组合层序”，这是古潮间坪沉积物中常见的潮汐周期层序类型之一。

综上所述，古沉积物中的潮汐周期层序是很容易辨认的，其中最常见的是 $\alpha$ 层序，其次为 $\beta$ 层序，大潮组合层序和不完整的 $\gamma$ 层序则较少见。经过广泛地研究，各类潮汐周期层序已越来越多地在我国西南和华北广大地区古生代地层中被发现，说明古代潮汐沉积物虽然经过漫长的地质历史演变过程，但潮汐作用赋与沉积物的独特特征仍能为人们所掌握，这一特征的实用价值，在于只有潮汐作用控制下的沉积物才能具有这种特征，因而，它是没有多解性的。

收稿日期 1985年11月

### 参 考 文 献

- [1] 邵虚生，严钦尚，1982，上海潮坪沉积，地理学报，37卷3期。
- [2] 张国栋等，1984，沉积学报，2卷2期，39—51页。
- [3] 张国栋等，1984，苏北琼港现代潮沟沉积研究，海洋学报，6卷2期。
- [4] Dalrymple, R.W. etc. 1985, Facies Distribution and Sequences in A Sandy Macrotidal Estuary, Cobequid Bay-Salmon River Estuary, Bay of Fundy, Canada Abstracts of Symposium on Modern and Ancient Clastic Tidal Deposits, 1985, by Comparative Sedimentology Division University of Utrecht, Netherlands.
- [5] Collinson, J.D., Thompson, D.B., 1982, Sedimentary Structures.
- [6] Klein, G. D., 1971, A Sedimentary for Determining Palaeo-tidal Range; Geol. Soc. America Bull., 82(9), 2585—2592.
- [7] Reineck, H.E., Singh, I.B., 1973, Depositional Sedimentary Environments.
- [8] Reading, H.G., 1978, Sedimentary (Environments) and Facies.
- [9] Friedman, G.M., Sanders, J.E., 1978, Principles of Sedimentology.

## THE NEW CRITERIA OF ANCIENT TIDAL SEDIMENTS —TIDAL CYCLE SEQUENCES

Huang Naihe    Wang Genfa

(Coal Group, Wuhan College of Geology)

### Abstract

Based on the observation of the recent tidal flat sedimentary structures of Chongming Island and Jianggang Port, three types of tidal cycle sequences have been established.

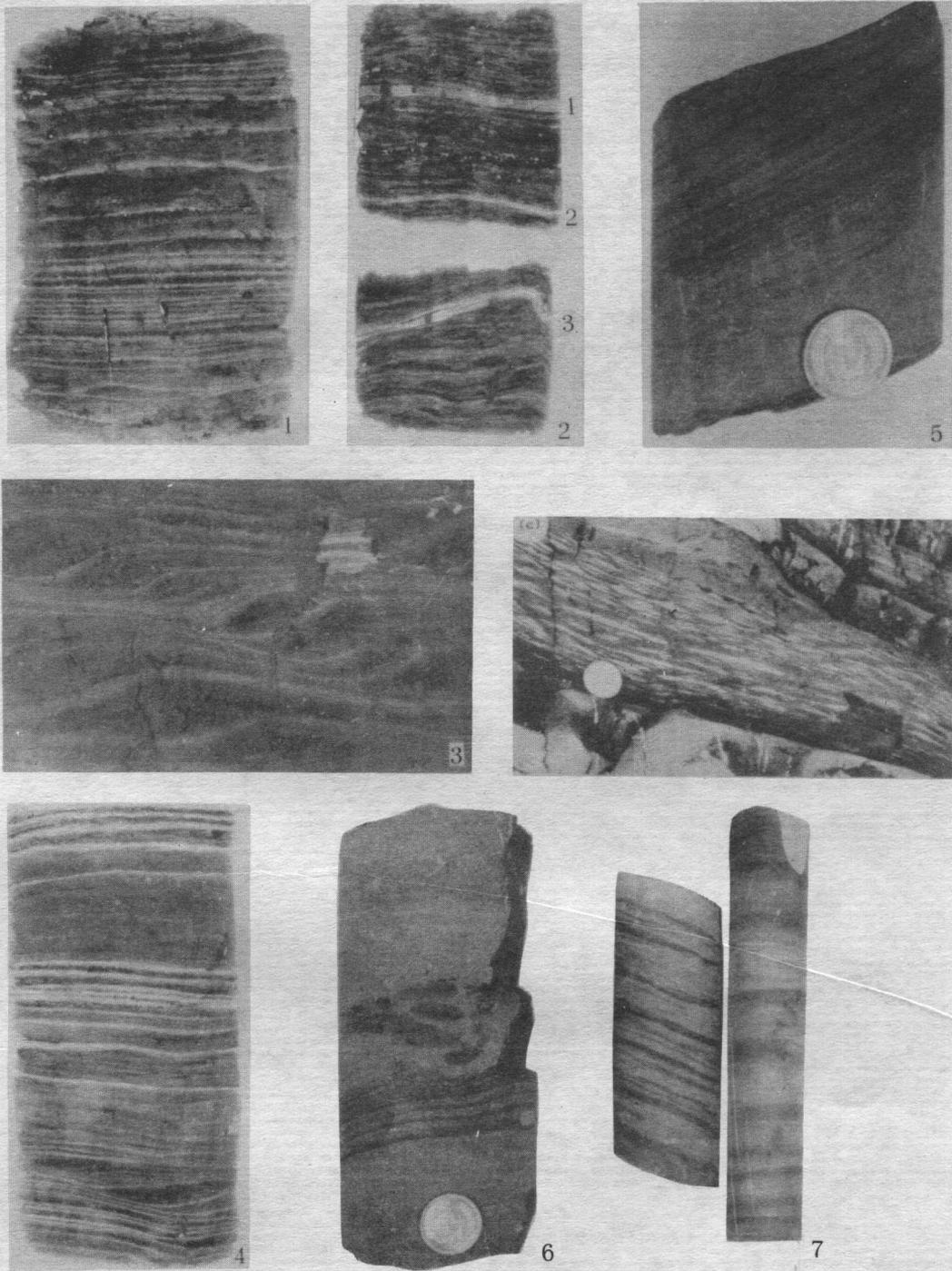
The first type of sequences is called successive sequence of tidal cycle (or  $\alpha$ -sequence), which contains 28 mud beds. The middle of the sequence is composed of a group of densely-concentrated mud beds formed during neap tide, and the springs between them are gradually widened upwards or downwards in the sequence.

The second type of sequences is called regularly-spaced grouping sequence of tidal (or  $\beta$ -sequence). It is characterized by several groups of densely-concentrated mud bed deposited during neap tide, together with small-ripple beddings instead of mud beds deposited during spring tide.

The third type of sequences is called climbing sequence of tidal cycle (or  $\gamma$ -sequence). This type of sequences consists of climbing fine sand lenticles deposited by tidal flow. The scales of lenticles change vertically from large to small, and then from small to large in response to the alternating process of spring tide -neap tide -spring tide. Between spring and neap tide occur mud beds deposited during the period of slack tide.

These three types of tidal sequences make up several interrelated associations. They present either as monotonous  $\alpha$ -sequences, or as vertically and transversally alternative association of  $\alpha$  and  $\beta$ -sequences. Whereas the  $\gamma$ -sequence is always associated with stronger tidal flows.

There are some good ancient examples indicating that above-mentioned structures are of certain practical significance. Plenty of  $\alpha$  and  $\beta$ -sequences and imperfect  $\gamma$ -sequences have been found in the Palaeozoic coal-bearing successions in North China and Southwest China. They can be used as certain criteria to identify ancient tidal sediments.



1. 崇明岛现代潮沟中的  $\alpha$  层序揭片  $\times 1/16$  2. 崇明岛现代潮沟中的  $\beta$  层序揭片  $\times 1/18$  3. 苏北琼港现代潮坪上的  $\gamma$  层序揭片  $\times 1/16$  4. 崇明岛现代潮沟中不完整的  $\alpha$  和  $\gamma$  层序揭片  $\times 1/16$  5. 云南老厂二叠纪煤系地层中的  $\alpha$  层序岩心  $\times 1/2$  6. 云南雨汪二叠纪煤系地层中的  $\alpha$  序岩心  $\times 1/4$  7. 云南雨汪二叠纪煤系地层中的  $\beta$  层序岩心  $\times 1/10$  8. 露头上的  $\gamma$  层序 (据 J. D. Collinson 等)