

# GPY 型浅地层剖面仪在湖泊沉积学中的运用

孙顺才 伍贻范

(中国科学院南京地理研究所)

华乐菴

(中国科学院声学研究所, 北京)

**提要** GPY 型浅地层剖面仪是运用声学原理探测水下疏松沉积层的新工具。结合钻孔分析,应用该仪器,可由点及面地获得湖底沉积层垂向上及平面分布上的大量信息,从而克服仅由少量钻孔推测全湖的局限性。该仪器揭示了云南深水断陷湖泊处于裂谷湖前期阶段的特性,以及太湖湖底埋藏的古河道古洼地等特征,此为研究湖泊的成因演变提供重要依据。由此可见,GPY 型浅地层剖面仪在湖泊沉积学研究上,具有良好的应用前景。

我国湖泊众多,类型复杂,湖底沉积物柱样能较敏感地反映与记录湖区的地质、气候、生物等环境演化,其研究有助于恢复环境变迁历史和重建沉积模式,并为石油、煤等沉积矿床提供科学依据与理论基础。以往研究湖底沉积物柱样主要是借助于钻孔,往往是以“一孔之见”来推测全面,这给研究湖盆全貌和演化历史带来较大困难。

笔者运用最新研制的 GPY 浅地层剖面仪,对两个不同类型湖泊的沉积地层进行探测,并结合少数钻孔资料,由点及面,提供湖泊地质构造、沉积地层以及环境演变的信息。

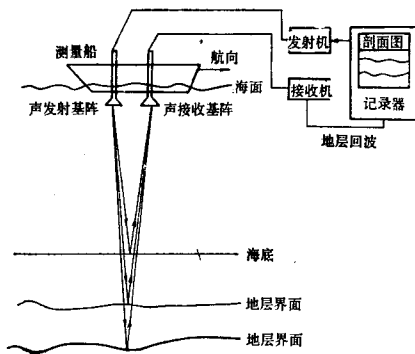


图1 浅地层剖面仪工作原理

Fig.1 The working principle of seismic profiler

## 一、基本原理与特点

GPY 型浅地层剖面仪是一种新型的声学遥测设备,它利用声波在不同地层界面上的反射回波,及时而直观地测绘出湖底沉积地层的结构和分布,再结合少量钻孔资料,便可较快建立和恢复湖泊演变空间模式。它的工作原理示于图1。

该仪器集国际上同类仪器所长,据我国湖泊的具体特点,采用新的信号处理技术研制而成,其性能与特点如下。

(1) 应用范围广,水深2—300m均可运用,对2m左右的浅水湖泊宜用两个声基阵,

一收一发置于船的两侧。

(2) 分辨率高,理论分辨率为 7.5cm,对地层的实际分辨率为 20—40cm。

(3) 记录质量高,地层探测深度最大可达 100m(本次试验着重研究 40m 以内的地层),假地层记录少,可靠性大,图象清晰度高。

(4) 抗干扰力强,即使在内河航道上作业,也不受过往船只的影响。工作船时速可达 10km 左右。

## 二、对断陷湖泊的探测分析

在我国西南某深水湖进行首次试验。该湖位于 NNE 向的大断裂构造带上,构造线穿过湖盆,两侧地层南北向相对移动 2—3km,中部呈地堑式沉陷(见图 2)。据物探资料,湖底疏松沉积物厚达数百米。

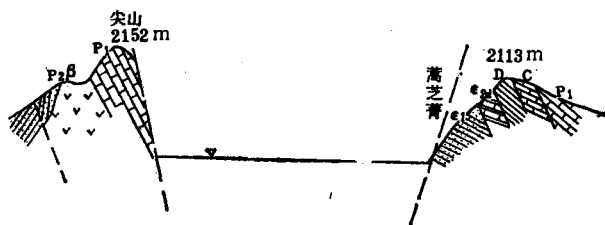


图 2 湖盆地质构造剖面

Fig. 2 The section of geological structure across lake basin

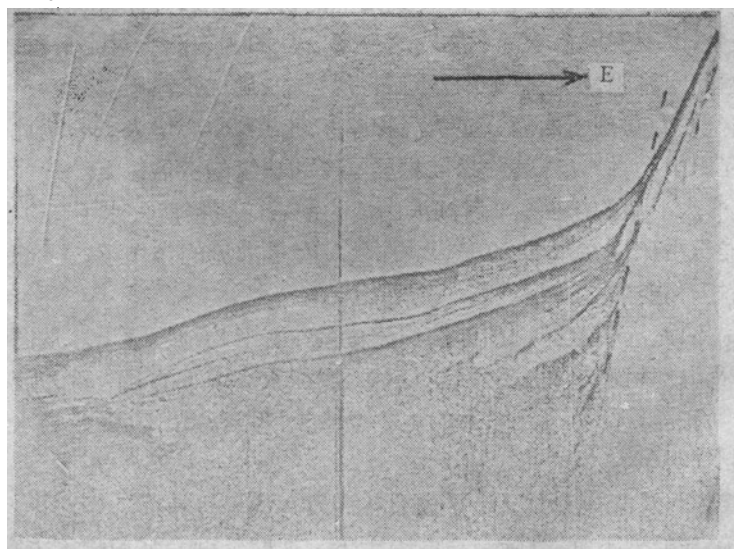


图 3 湖泊东岸探测剖面

Fig. 3 The seismic reflection section across east shore of the lake

图 3 是该湖东岸的湖底地形与地层探测剖面,沉积地层与东岸基岩呈断层接触,东岸为上升断块,沿断裂带的水下地形坡度陡峻,平均坡度达  $5^{\circ}$  以上,而湖底地形十分平坦。

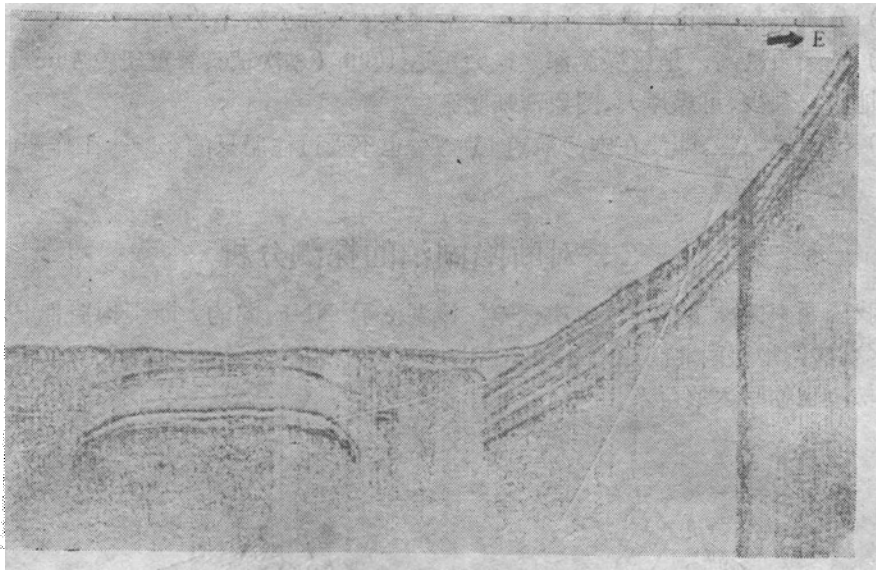


图4 湖盆边缘上升情况

Fig. 4 Ascent in lake basin edges

图4反映湖盆东岸迅速上升,中部新的沉积呈退复式覆盖在原地层之上。

图5是湖泊中部南北向断面,地层受到强烈的挤压褶皱,并伴有一系列的错动。其构造活动延续至今,以至表层松软沉积物随之变形。从图4与图5对比来看,前者为东西向拉张,后者为南北向挤压,反映整个湖盆断裂带具有左旋拉张性质。

图6为湖盆东西向剖面西侧,显示沉积厚度向湖盆中心增大,表明此处不仅是沉降中心,而且是沉积中心,经计算其疏松沉积层厚度为边缘的三倍以上。

图7是湖滨水下扇的剖面,来自湖滨山地的泥石流直接潜入水下,其前缘可达60—70m水深处,堆积主体则在水深20—40m深处。在重力流的作用下,下部地层受到一定程度的牵引、挤压和变形。

图8为深湖浊流沉积剖面,顶部浊积体覆盖在变形的地层之上。从图7与图8中可见沉积体表层及内部粗糙起伏,反射界面不显,属深水环境下的混杂重力流堆积体。

图9反映湖底埋藏的溶洞及喷发的地下水。尽管位于70多米的水深之下,而喷水、喷气现象十分明显。

以上探测剖面,从某些方面反映了该裂谷湖发育的一些特征。

1. 块状隆起与强烈下沉,且隆起速度大于下沉速度。湖盆沉积物不丰富,呈饥饿型盆地。
2. 在构造上,湖盆具东西向拉张,南北向挤压的特性。
3. 以重力流沉积为主的类复理式建造的碎屑充填模式。
4. 湖底沿断裂带有温泉、地热流外逸,反映该湖仍处于裂谷湖发育的前期阶段。

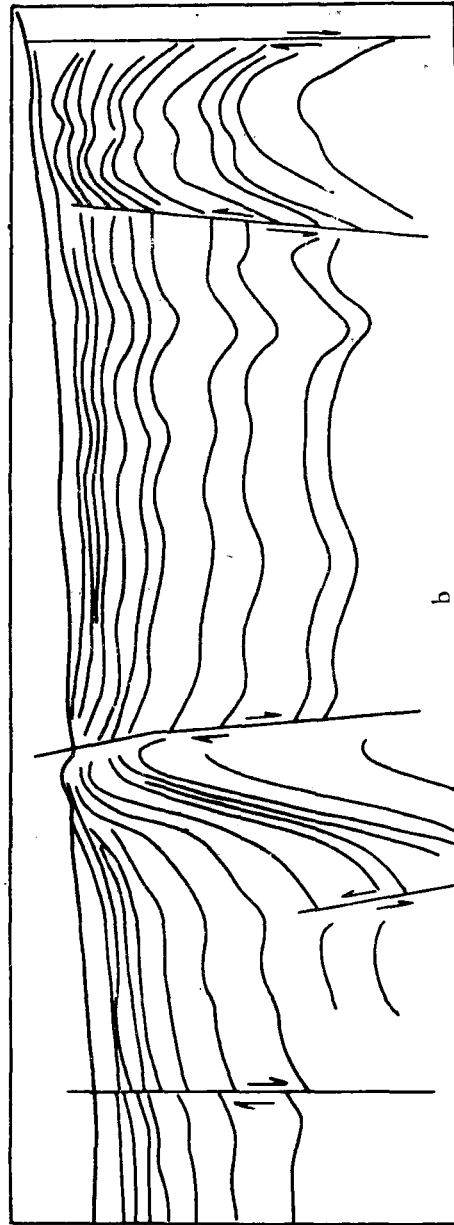
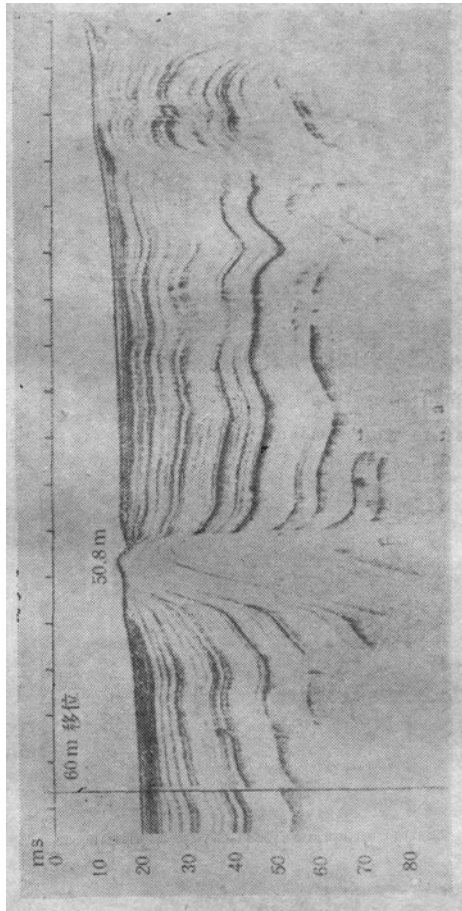


图 5 湖底沉积层挤压褶皱断裂分布  
 Fig. 5 The distribution of folds and faults caused by compressing lake bottom sediments  
 a. 原剖面记录; b. 重绘后的剖面。

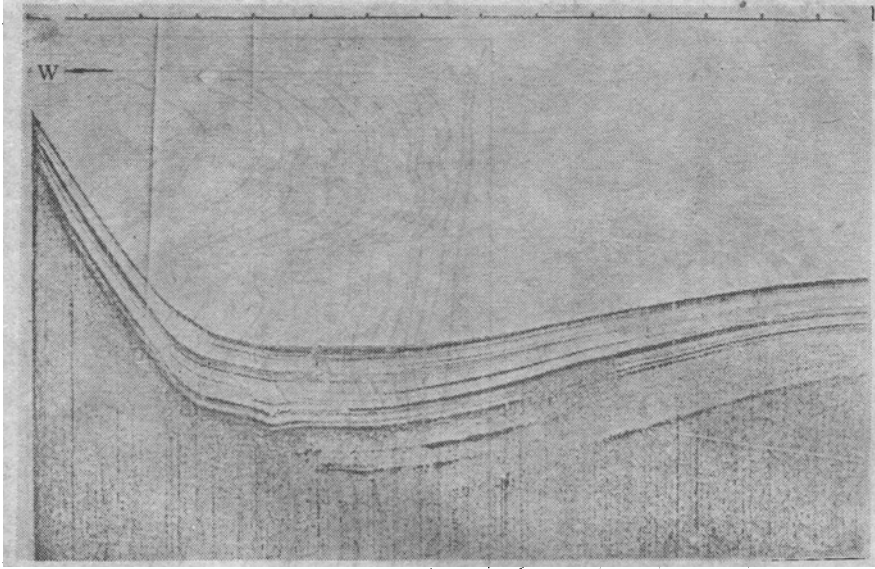


图 6 湖泊东西向断面的西侧

Fig. 6 The western part from east to west section

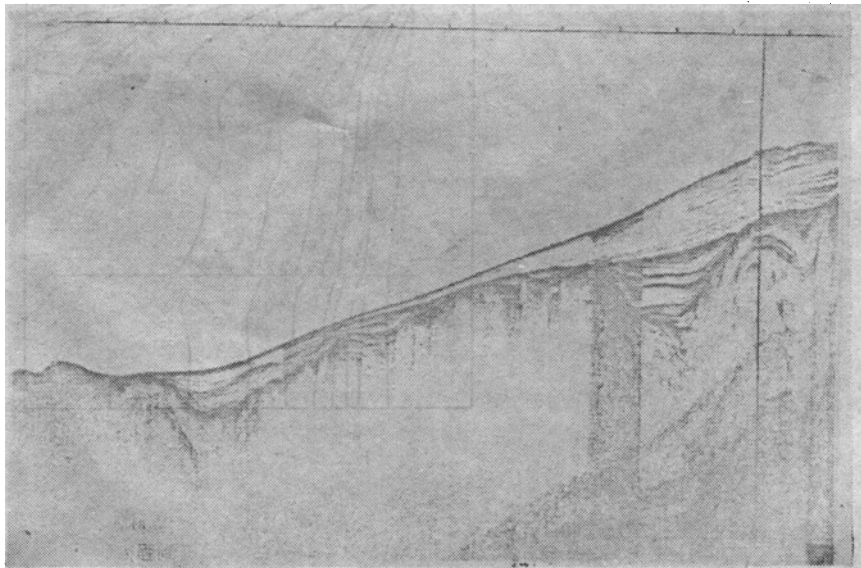


图 7 湖滨水下扇沉积

Fig. 7 Shore-subaquatic fan deposition

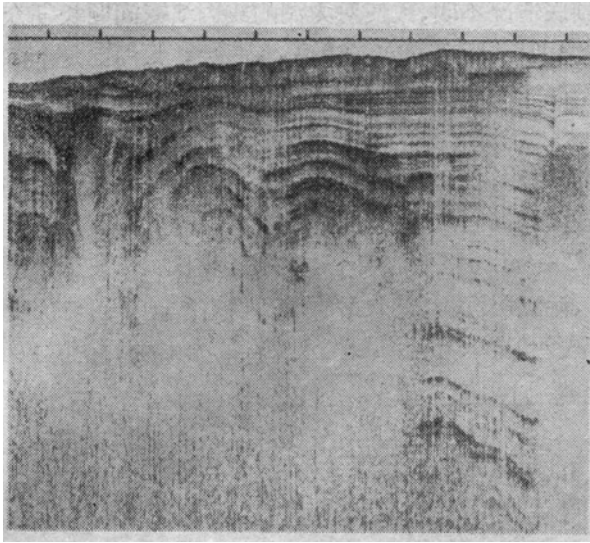


图 8 覆盖在变形地层之上的浊流沉积  
Fig. 8 The turbidity deposition covering over the deformational strata

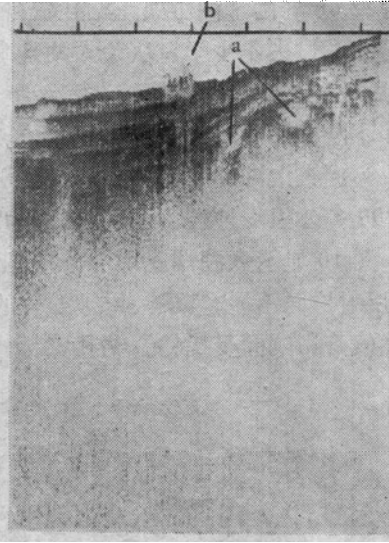


图 9 湖底埋藏的溶洞洞穴(a)和正在喷逸的地下水(b)  
Fig. 9 The buried karstic caves under the bottom strata (a) and the escaped spring water (b)

### 三、对浅水湖泊的探测与分析

太湖是我国第三大淡水湖泊, 面积达 2427.8km<sup>2</sup>, 平均水深仅 1.89m, 最大水深也

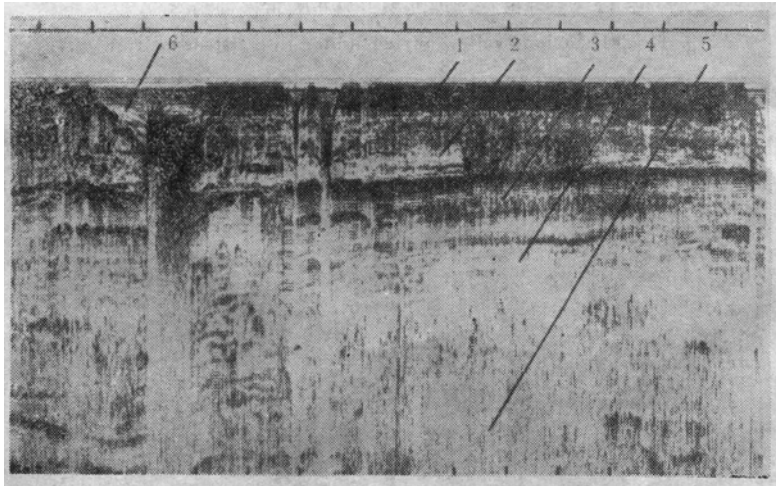


图 10 太湖湖底地层记录

Fig. 10 The record of seismic reflection profile of Taihu Lake  
1. 坚硬的黄土层(厚 2—4m); 2. 沙泥互层沉积, 局部地方沉积层序受到强烈的扰动, 属滨海潮坪沉积类型(厚 6—7m); 3. 粘土与砂土互层沉积, 顶部及层中有厚粘土层, 层位延续稳定, 属滨海及三角洲前缘沉积(厚 7—8m); 4. 厚层粘土层, 滨海湖沼沉积(厚 10—12m); 5. 厚层湖相粘土层; 6. 黄土层中被淹没的河道。

只有 2.6m。由于湖中缺乏钻孔资料,湖底情况不明,致使对太湖的成因演变问题长期众说纷纭。过去不少学者认为太湖是个古潟湖。距今 6000 年前高海面时,太湖原是个海湾,后被长江南岸和钱塘江北岸沙嘴包围而成潟湖。也有学者认为太湖是个构造盆地,被泥沙不断充填逐渐演变为浅水湖泊。

为调查太湖湖底情况和疏松沉积地层特性,我们在钻孔分析的基础上,在湖面上进行了 200 多公里浅地层剖面探测,这为解开太湖成因演变之谜,提供较有力的依据。

图 10 显示太湖湖底地层分布,上层 2—4m 为坚硬的黄土层,厚层块状,声波迅速传递,反射界面不显,其下为质地松软的砂、泥互层沉积,有水平层理,但有些地方可能因受天然气等影响而受扰动。钻孔资料分析表明,层中富含海相浅水底栖的介形虫、有孔虫及

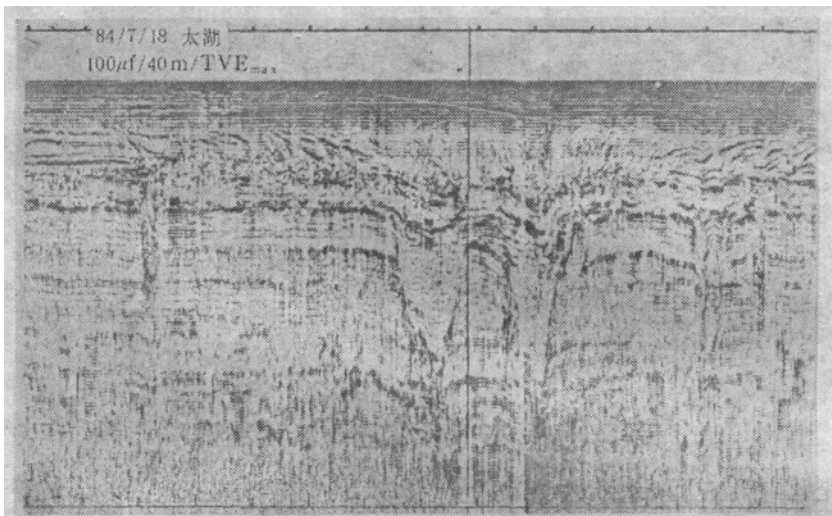


图 11 被埋藏在潮坪沉积下分布的古侵蚀沟谷

Fig. 11 The ancient valley buried under tide flat deposition

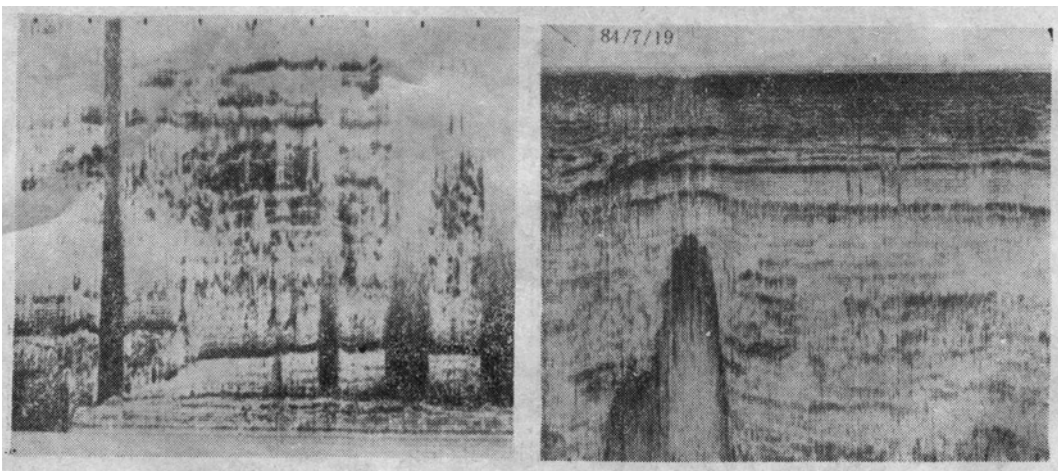


图 12 海相层中的天然气体沿河道底部向外逸出情况

Fig. 12 The nature gas in the marine sediment escaped along the bottom of ancient river

图 13 湖底沉积层下被埋藏的古潜山

Fig. 13 Ancient hiding mountain buried under the bottom deposition

半咸水相的腹足类化石;层中尚夹有磨圆的泥砾,属滨海潮坪沉积,且受到风浪的强扰动。第三层为粘土与砂互层沉积,其顶部及层中均有厚层粘土层分布,层位稳定,上部尚见有被侵蚀的沟谷分布(如图 11 所示)。根据钻孔资料,层中含海相介形虫及有孔虫,属滨海及三角洲前缘沉积类型。第四层为厚层粘土层,厚 10—12m,属滨海湖沼相沉积。第五层分布于 32—33m 以下,而厚层湖相粘土层,含陆相介形虫化石。

图 12 为黄土层被侵蚀后,下部地层中形成的天然气沿河道底部向外逸出的情况。图 13 显示被沉积物埋藏的古潜山。

太湖湖底基本上由黄土层构成,其上仅有数厘米至数十厘米的湖相淤泥覆盖,不少地区湖底直接裸露,只有在局部的淤积地带及古河道和古洼地内,湖相淤泥厚度才超过 1m。浅地层探测剖面揭示太湖湖底埋藏着众多古河道与洼地,反映在太湖形成之前,这里曾是广泛覆盖着黄土的冲积平原。由此,我们可得出太湖成因演变的新认识:自晚更世以来,太湖曾遭广泛海侵,且由浅海环境随之海退而逐步演变成湖坪环境。至晚更新世末,成为广阔黄土覆盖的冲积平原。太湖位于这黄土冲积平原的低洼地上,渲泄不畅,积水成湖。

#### 四、结 语

1. GPY 浅地层剖面仪为我国湖泊沉积学的研究提供了新的手段。它能较清楚地反映湖底数十米之内的地层分布、沉积构造和构造变动,这就为推断湖泊环境变迁提供可靠信息。通过对我国西南断陷湖泊及太湖的探测,证实了这种手段的优越性。

2. 应用 GPY 浅地层剖面仪,突破了仅用少量钻孔推测带来的局限性。湖中钻探十分困难,浅地层剖面仪与钻探相结合,可由点及面,相互补充验证。另外,浅地层剖面探测还有助于确定湖中最佳钻孔位置,以便深入对比分析。

3. GPY 浅地层剖面仪的探测是据声学反射特性的原理,所探测地层须有明显的声学界面。另外,要求湖底有层富含水的细粒沉积物构成的声学耦合层。若沉积层无此条件,则难以得到满意的结果。

4. GPY 浅地层剖面仪的判读分析目前大都还是根据地质学、沉积学的经验。今后应加强综合指标分析,应用计算机处理,充分利用新技术提供更多的信息。

#### 参 考 文 献

- [1] 孙顺才等, 1983. 抚仙湖沉积相研究. 科学出版社, 1—16 页。
- [2] 施成熙等, 1981. 江苏湖泊志. 江苏科技出版社, 132—138 页。
- [3] Degens, E. T., 1978. The Geology of Lake Van Ankara. Hamburg, pp. 20—30.



## THE APPLICATION OF GPY SEISMIC PROFILER IN THE LAKE'S SEDIMENTOLOGY

Sun Shuncaï, Wu Yifan

*(Nanjing Institute of Geography, Academia Sinica)*

Hua Luosun

*(Acoustic Research Institute, Academia Sinica, Beijing)*

### ABSTRACT

GPY seismic profiler is a new type of remote echo-sounding equipment. It is also a new instrument incorporating the advantages of other instrument and the new signal treating technique. Its advantages include the broad application (the water depth from 2 m to 300 m), high resolution (from 0.2—0.4 m), high quality of record, clear figure, prevention of the strong noise and so on.

The apparatus was used to measure sediments in two lakes: the deep lake in Yunnan Province and the shallow Taihu Lake. Measurement of the former lake showed the lake was developed along the great faulted belt. The mountains on both sides of the lake were strongly uplifted and the center part, however, continued to sink, causing the strata compressed, folded, dislocated and deformed. That reflected the dynamic nature of left-handed separation. The gravity flow and deposition is mainly of the type of recent deposition. There are also many springs escaped along the fault at bottom of the lake. So it belongs to the primary stage of the rift lake development.

Taihu Lake is one of the typical shallow lake. The bottom of the lake consists of hard loess sediment. Some channels and depressions lie on the loess sediment. All that demonstrated that the Taihu Lake was a plain which was once covered by the loess materials before the lake formed.