

青海湖第四纪晚期沉积地震地层特征分析

王 平¹, 安芷生², 常 宏², 王苏民³, 沈 吉³, 李小强², 张毅祥¹,
孙千里², 宋友桂², 艾 莉²

(1. 中国科学院南海海洋研究所, 广东 广州 510301;

2. 中国科学院地球环境研究所, 陕西 西安 710075;

3. 中国科学院南京湖泊与地理研究所, 江苏 南京 210008)

摘 要: 青海湖是我国最大的内陆湖泊, 目前的水域面积约 4 400 km², 流域面积约 29 660 km²。通过在湖内进行高分辨率浅层剖面探测 (Geopulse), 发现不同发育阶段的沉积特征在地震剖面上得到很好的反映。Geopulse 高分辨率浅层剖面穿透深度约 60 m (分辨率为 0.5 m), 沉积层序在湖盆中央近水平展布, 揭示沉积环境相对稳定, 但也有局部的扰动或错断。尤其在南部近岸部位, 上表层沉积出现弯曲, 说明第四纪的晚近期, 青海湖有过新的构造运动。

关键词: 青海湖; 高分辨率浅层剖面; 地震地层

中图分类号: P631.4

文献标识码: A

文章编号: 1008-858X(2009)01-0001-05

1 前 言

为推动“青海湖环境钻探与全球变化”大型国际合作计划, 中国科学院地球环境研究所委托中国科学院南海海洋研究所对青海湖进行地震勘探。目的是弄清它的地质构造和地层沉积特征, 为青海湖的科学钻探提供第一手资料。中国科学院地球环境研究所和中国科学院南海海洋研究所等, 于 2001 年、2002 年和 2003 年连续 3 年分 4 期开展了对青海湖湖底以中、浅地层为主要目标的地球物理调查。完成电火花 (Sparky) 测线约 1 000 km, Geopulse 高分辨率的浅地层剖面 130 km。Geopulse 高分辨率浅层剖面系统工作参数: 发射功率 280 J, 滤波频率 500~3 000 Hz, 记录长度以 100 m 为主, 部分为 200 m。基于电火花地震剖面资料的研究成果^[1], 本文主要讨论 Geopulse 高分辨率浅地层剖面的地震地层特征 (图 1)。

2 地震地层特征分析

所获取的高分辨率浅层剖面均位于青海湖的南湖盆, 其所穿透的最大地层厚度为 60 m (从湖底算起)。青海湖的近代沉积速率为 0.33 mm/a^[2], 沈吉等在 7.45 m 处获得了 18.6 ka 的校正年龄^[3], 7.45 m 岩心的平均沉积速率为 0.4 mm/a, 高分辨率浅层剖面相邻的二郎尖 120 m 钻孔岩芯的古地磁测定, B/M 界限在 120 m 左右, 推测其沉积速率为 0.15 mm/a^[4], 考虑下部地层的压实作用, 0.2 mm/a 作为 60 m 地层的平均沉积速率较为合适。那么, 60 m 沉积地层所涵盖的时间长度约 30 万年左右, 是第四纪中后期的沉积地层。

根据反射结构特征 (如反射振幅、相位、连续性, 反射同相轴间的结构等), 可以划分出 8 个反射界面, 分别为 R₀、R₁、R₂、R₃、R₄、R₅、R₆、

收稿日期: 2008-10-28

基金项目: 本文是国家 973 项目 (2004CB720202) 的研究成果

作者简介: 王 平 (1962-), 男, 博士, 研究员, 从事地质、地球物理研究。

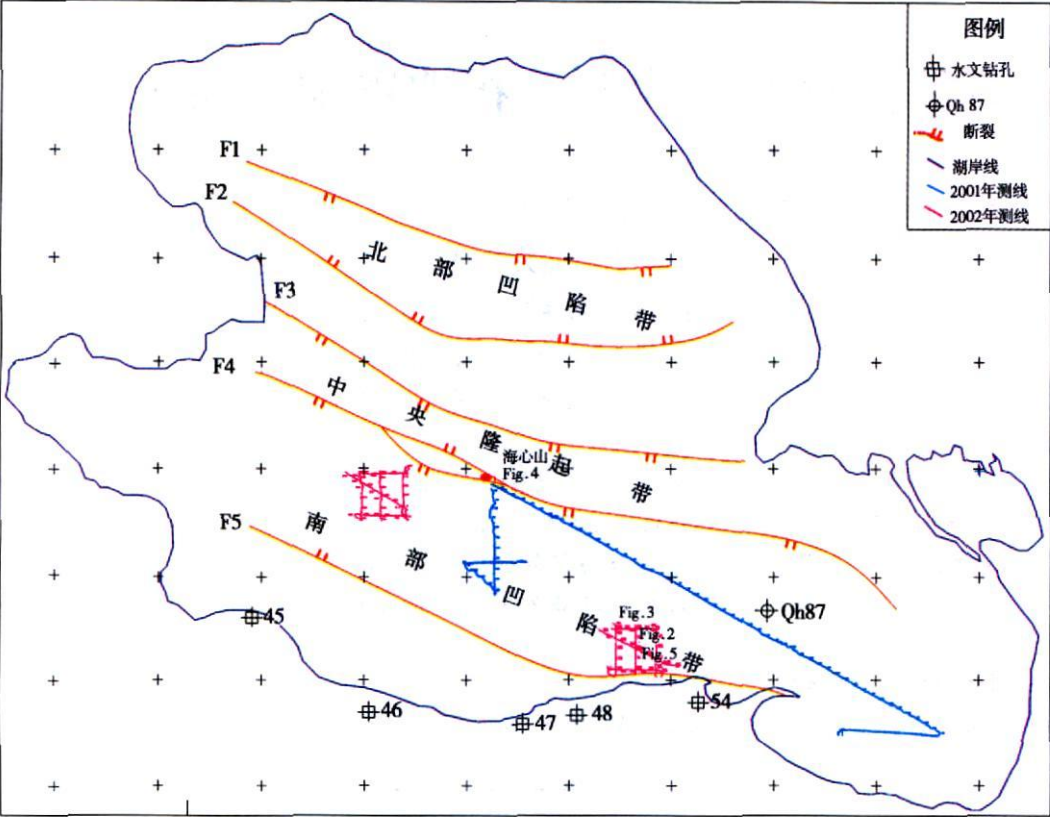


图 1 青海湖高分辨率浅层剖面测线和主要断裂分布图^[1]

Fig 1 High resolution shallow profile survey line and major fracture distribution in Qinghai Lake

R_7 , 它们所对应的地震层序为 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 、 S_5 、 S_6 、 S_7 。为了解释各地震层序的岩性, 利用了青海湖内一个 27 m 的钻孔 (Qinghai Core87) 的地

层岩性资料。浅层剖面上部所划分的地震层序与钻孔揭示的地层进行对比, 两者对应较好 (图 2)。

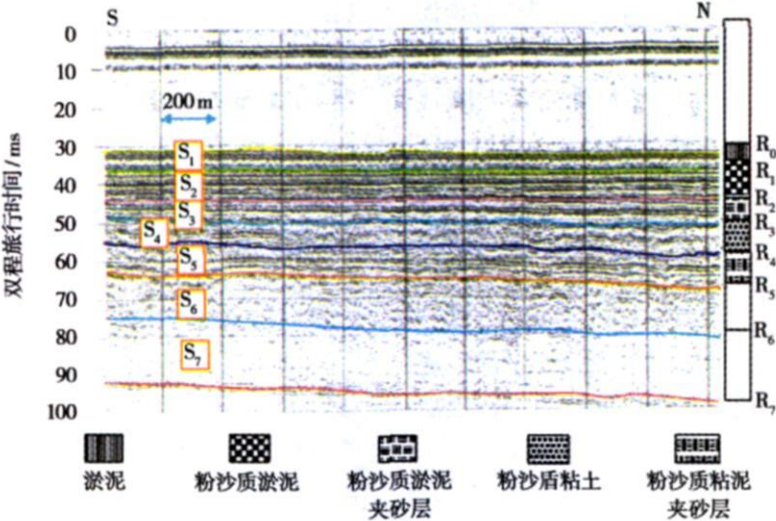


图 2 浅层剖面的地震层序与钻孔地层对比

Fig 2 Comparison between seismic sequence and drilling stratigraphy of Qinghai Lake shallow profile

层序 S_2 介于 R_1 和 R_2 之间, 是一套空白的反射结构为主的地震层序, 代表未成层的软性淤泥;

层序 S_3 介于 R_2 和 R_3 之间, 是平行的层状反射结构, 反射同相轴连续、强振幅、高频, 是一套砂、泥互层式沉积结构, 其底部为成层性略差的块状沉积物;

层序 S_4 介于 R_3 和 R_4 之间, 是似平行、带有倾斜的层状发射结构, 反射同向轴连续, 振幅较强、高频, 是一套砂、泥互层式的沉积结构, 其底部存在空白反射特征, 是成层性较差的细粒沉积物;

层序 S_5 介于 R_4 和 R_5 之间, 是一套反射结构多变的沉积, 局部为空白反射结构, 反射的同相轴不连续, 弯曲变形严重, 成层性差, 是沉积后经扰动的泥质沉积物;

层序 S_6 介于 R_5 和 R_6 之间, 反射特征与层序 S_3 相似, 但其底部有同相轴弯曲现象, 反映其底部沉积物形成后有较大的变动, 反射同相轴基本连续, 反射振幅较弱, 频率较低, 是一套砂、泥互层的沉积物;

层序 S_7 介于 R_6 和 R_7 之间, 除其底界唯一较连续的反射面外, 整套层序为一空白的反射特征, 成层性差, 横向岩性变化也较大, 是一套

泥质为主的沉积物;

层序 S_8 介于 R_6 和 R_7 之间, 反射特征与层序 S_3 相似, 底部倾斜, 局部在测程内未见底界, 层序内可见一些层状结构, 但不连续, 反映其横向变化较大, 是一套砂、泥互层的沉积物。

从已有的 27 口湖心钻孔资料分析, 所对应的地震层序 S_1 至 S_8 可以和钻孔揭示的沉积序列很好地对比。

3 地震地层序列特征与第四纪晚期构造运动

根据电火花地震剖面资料分析, 可在青海湖分出两个拗陷带和一个隆起带^[1]。

北部拗陷带: 由 F_1 和 F_2 断裂控制, 呈 NEE 向, 其内发育 1 个盆地——青海湖北部盆地;

南部拗陷带: 由 F_4 和 F_5 断裂控制, 呈 NEE 向, 其内发育两个次一级盆地——青海湖南部盆地和东部盆地, 两个盆地之间未见断裂分隔, 仅为一低凸起。

根据 Geopulse 高分辨率浅层剖面资料分析, 青海湖区第四纪晚期的构造运动不甚剧烈, 在湖盆的中央, 沉积序列大致水平且连续稳定 (图 3)。

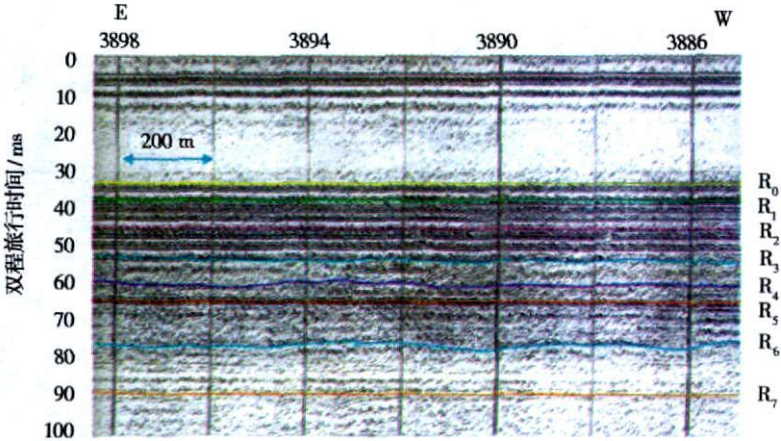


图 3 湖盆的中央的浅层剖面反映了稳定的沉积环境

Fig. 3 Shallow profile of the central part of lake basin that reflects the stable sedimentary environment

在靠近海心山隆起区, 湖底的沉积也受隆起的影响, 随之起伏 (图 4)。但其浅表层 (15 m

厚) 沉积结构仍保持了近似平行的层状结构, 说明这种起伏是受后期隆升所影响的。

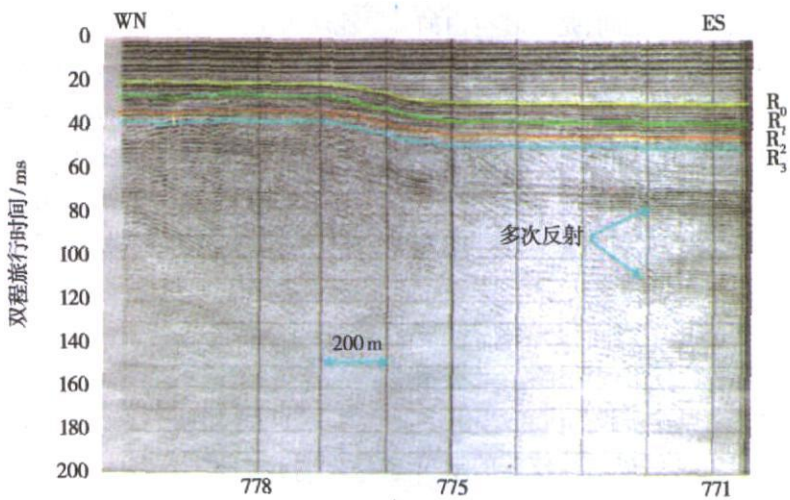


图 4 海心山东南的浅表层沉积仍为平行结构但有些起伏
Fig 4 Near surface parallel structure with slight fluctuation to the southeast of Haixinshan islet

而在湖的南岸, 浅层剖面反映了边界断裂 E5 所引起的差异升降运动, 湖盆中央与湖盆南部边缘存在明显的构造边界 (图 5), 此边界断裂有一定的继承性, 新一期在旧边界的基础上向南推进。在高分辨率浅层剖面上可看出, 构造运动错断发生在沉积厚度约 30 m 处, 垂直断

距约 3 m。根据 0.2 mm/ 的沉积速率计算, 构造运动可能发生在 15 万年左右。这与前人研究认为青海湖地区 15 万年左右发生强烈的构造运动相一致^[5-7]。而到了湖底, 则表现为断阶, 错断可达 3 m。可能是更新一期的构造运动的痕迹。

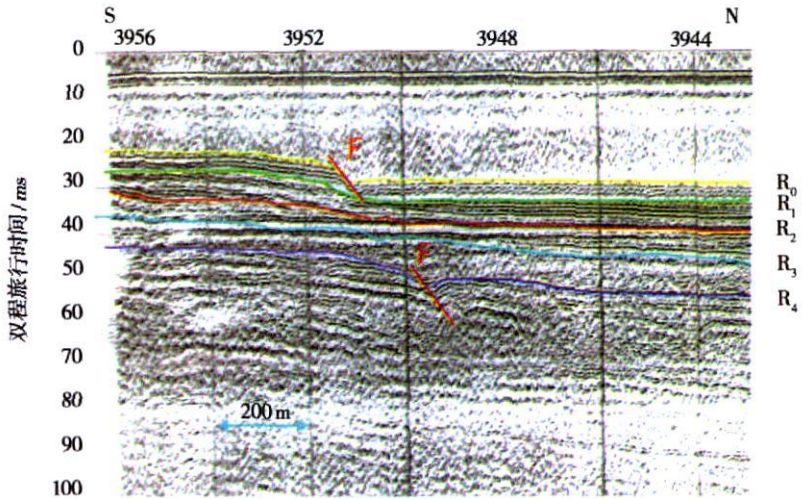


图 5 青海湖南部边界的差异升降有其继承性
Fig 5 Differential uplift of south boundary of Qinghai Lake was inherited

4 结 语

通过对青海湖的地球物理调查研究, 我们
(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

发现海心山附近有一个 NWW 向的隆起带, 隆起带以北的沉积拗陷受正断层控制, 晚第三纪至第四纪的沉积地层发育齐全, 但朝北岸地层有抬升、减薄和尖灭的现象。在隆起带以南为

地堑式沉积拗陷, 其内发育有南部盆地和东部盆地。盆地内晚第三纪至第四纪的沉积地层发育齐全、连续、变形小、厚度大。

湖盆中央, 在高分辨率浅层剖面所能穿透的沉积层内, 其浅层沉积是稳定、连续的, 几乎是平行的层状结构。在湖的南部边界断层处, 其浅层沉积发生弯曲或错断, 这是由于边界断层的活动影响所致。而且还发现, 这种错断是分期且有继承性的。

致谢: 本文的地球物理资料采集过程中得到中科院盐湖所马海州研究员、杨波高工和青海湖渔场的大力支持; 参与资料采集的中科院南海海洋所、地球环境所和南京地理湖泊所科研人员付出了艰辛的劳动, 在此对所有支持和参加本项工作的人员致以衷心感谢!

参考文献:

[1] An Z S, Wang P, Shen J, et al. Geophysical survey on the tectonic and sediment distribution of Qinghai Lake basin

[J]. Sciences in China series D: earth sciences, 2006, 49 (8): 851—861.
[2] 黄麒, 青海湖沉积物的沉积速率及古气候演变的初步研究 [J]. 科学通报, 1988 (22): 1740—1744.
[3] 沈吉, 刘兴起, Matsumoto R 等. 晚冰期以来青海湖沉积物多指标高分辨率的古气候演化 [J]. 中国科学 D 辑, 2004, 34 (6): 582—589.
[4] 袁宝印, 陈克造, Bowle J M 等. 青海湖的形成与演化趋势. 第四纪研究, 1990 (3): 233—243.
[5] Li J J. The environmental effects of the uplift of the Qinghai-Xizang Plateau. Quaternary Science Reviews, 1991, 10 (6): 479—483.
[6] 潘保田. 贵德盆地地貌演化与黄河上游发育研究 [J]. 干旱区地理, 1994, 17 (3): 43—50.
[7] 赵振明, 刘百箴. 青海共和至甘肃兰州黄河河谷地貌的形成与青藏高原东北部隆升的关系 [J]. 西北地质, 2003, 36 (2): 1—12.
[8] 中国科学院兰州地质研究所, 等. 青海湖综合考察报告 [M]. 北京: 科学出版社, 1979, 1—23.
[9] 中国 1:1000000 地貌图编辑委员会西宁幅地貌制图研究组. 祁连山区域地貌与制图研究 [M]. 北京: 科学出版社, 1992.

Analysis on the Characteristic of Seismic Stratigraphy of Later Quaternary Sediment in Qinghai Lake

WANG Ping¹, AN Zhi-sheng², CHANG Hong³, WANG Sumin¹, SHEN Ji¹, LIXiao-qiang²,
ZHANG Yixiang³, SUN Qian li¹, SONG You gu¹, AILi¹

- (1. South China Sea Institute of Oceanology Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301;
2. Institute of Earth Environment Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710075;
3. Nanjing Institute of Geography and Linnology Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)

Abstract Qinghai Lake is the largest inland closed basin lake in China with an water area of 4 400 km² and a drainage area of about 29 660 km². Based on the geopulse high resolution sub-bottom profile survey, the later quaternary sediment characteristics in the lake are revealed on the sub-bottom profiles clearly. The penetration and resolution of the sub-bottom profiles are 60 m and 0.5 m respectively. The profiles in the basin center present a near level sediment stratum that reveals a stable sedimentary environment of the lake. However, there are also some disturbed sediment layer or small faults in basin boundary, especially in the south nearshore area of the lake. It suggests that there was neo-tectonic movement in later quaternary in Qinghai lake.

Key words: Qinghai lake; High resolution profile; Seismic stratigraphy