

文章编号: 0253-9985(2006)03-0422-11

柴达木盆地七个泉组和第四系-新近系的分界

孙镇城¹, 乔子真², 景明昌¹, 张海泉², 孙乃达¹, 路艳丽², 王洪江¹

(1. 中国石油大学, 北京 102200 2. 中国石油天然气股份有限公司

青海油田分公司 石油勘探开发研究院, 甘肃 敦煌 736202)

摘要:柴达木盆地东南部三湖坳陷, 已发现 3 个上新统-第四系七个泉组气源岩的气田。把三湖坳陷七个泉组底界当成第四系与新近系的分界是一个误解。基于测井、地震地层和磁性生物地层的研究, 三湖坳陷七个泉组底的年龄为 2.80 Ma 位于涩北新深 1 井 1 747 m。柴达木盆地第四系与新近系分界, 在许多论文中, 有 3 种不同观点: ①奥杜威末, 1.67 Ma (1.80 Ma), 位于涩中 6 井 710 m, 即测井标准层 K_3 以上 19 m; ②松山与高斯分界, 2.48 Ma (2.60 Ma), 位于涩深 1 井 1 460 m, 即 K_{10} 以下 37 m; ③马默思末, 3.05 Ma 位于达参 1 井 2 779 m。上述 3 个分界数据中无一与七个泉组底界对应。距今约 1.80 Ma 的第四系与新近系分界定义已被国际地层委员会 1998 年投票通过, 并于 1999 年经国际地科联批准。因此, 依此定义来看, 三湖坳陷大部分气源岩是晚新近纪-早第四纪的沉积, 尤其是晚新近纪上新世。在柴达木盆地油气勘探开发研究中, 作者建议最好使用地层单位名称七个泉组, 而不用符号 Q_{1+2} 。连接地震反射 T_0 界面 (测井标准层 K_{13}) 和盆地边缘有局部不整合的七个泉组底界的对比, 对于研究构造运动、成气和成藏是很有用的。作为七个泉组底界, 地震反射界面 T_0 的对比, 在柴达木盆地三湖坳陷中央具有实用性、等时性和可操作性等特点。

关键词: 磁性生物地层; 地震反射界面; 不整合; 第四纪; 柴达木盆地

中图分类号: TE111.3

文献标识码: A

Qigequan Formation and Quaternary-Neogene
boundary in Qaidam basinSun Zhencheng¹, Qiao Zizhen², Jing Mingchang¹, Zhang Haiquan²,Sun Naida¹, Lu Yanli², Wang Hongjiang¹

(1. China University of Petroleum, Beijing, 102200 2. Exploration and Development Research

Institute, PetroChina Qinghai Oilfield Company, Dunhuang, Gansu 736202)

Abstract Three gas fields sourced from Pliocene-Quaternary Qigequan Formation have been found in Sanhu depression in southeastern Qaidam basin. It is a misunderstanding to take the base of Qigequan Formation in Sanhu depression as the boundary of Quaternary and Neogene. Based on logging, seismic stratigraphic and magnetostratigraphic studies, the age of the base of Qigequan Formation in Sanhu depression is believed to be 2.80 Ma; it is at a depth of 1 747 m in Xinshen 1 well drilled in Sebei area. There are three different opinions on the Quaternary-Neogene boundary in Qaidam basin in literatures: ①The end of Oduvaj, 1.67 Ma (1.80 Ma); it is at a depth of 710 m in Sezhong 6 well, i.e. 19 m above the log marker K_3 . ②The boundary of Matuyama and Gauss, 2.48 Ma (2.60 Ma); it is at a depth of 1 460 m deep in Seshen 1 well, i.e. 37 m below the log marker K_{10} . ③The end of Mammoth, 3.05 Ma; it is 2 779 m deep in Dacan 1 well. None of the above three boundaries correlates with the base of Qigequan Formation. The definition of Quaternary-Neogene boundary, with an age of 1.80 Ma, has been adopted by the International Commission on Stratigraphy (ICS) through voting in 1998 and accepted by the International Union of Geological Sciences (IUGS) in 1999. According to this definition

收稿日期: 2006-03-28

第一作者简介: 孙镇城 (1935—), 男, 教授 (博士生导师), 地层学和石油天然气地质

基金项目: 中国石油天然气集团公司“九五”油气勘探科技工程项目 (970208-01-01)

tion, most of the gas source rocks in Sanhu depression were deposited during Late Neogene to Early Quaternary, especially in Pliocene. It is suggested in this paper that the stratigraphic unit name of Qigequan Formation rather than the symbol " Q_{1+2} " should be used in petroleum exploration and development research in Qaidam basin. Correlation of the seismic reflector T_0 (log marker K_{13}) and the base of Qigequan Formation with local unconformities at the edge of the basin is very useful for study of tectonic movement, gas generation and reservoiring. As the base of Qigequan Formation, the correlation of seismic reflector T_0 is characterized by practicability, isochroneity and operability in central Sanhu depression in Qaidam basin.

Key words magnetobiostratigraphy, seismic reflector, unconformity, Quaternary, Qaidam basin

柴达木盆地三湖坳陷上新统-第四系内发现大量天然气,已成为我国四大天然气产地之一,由此引起了诸多学者对柴达木盆地第四系下限问题的关注,并力求与全球地层表对接,做了许多有价值的研究,尤其是磁性生物地层学的研究,把盆地第四系研究提高到了一个新高度。在柴达木盆地大量地质调查和油气勘探过程中,根据露头与地下资料进行岩石地层、生物地层、地震地层、年代地层等的研究,形成了一个地方性地层单位——七个泉组,其底界对比线基本上是等时的,但是长期以来,往往简单地把七个泉组底当作第四系下限,还把七个泉组简单地定为 Q_{1+2} ,从而延伸出了不少误解,有必要在此作一讨论。

1 第四系下限

1.1 国际会议的标定与争议

1948年,伦敦举行的第18届国际地质大会决定,将第四系与第三系界线置于意大利晚第三纪地层序列中最初出现气候恶化证据的层位,并且以海相化石变化的记录为准。1984年经莫斯科第27届国际地质大会讨论后,意大利 Vrica 层型剖面就成为国际地层委员会正式承认的第四系下限的标准,曾定年 1.64 Ma。其后,随着古地磁和氧同位素年代学的对比,改为 1.77 Ma 相当氧同位素分期 (MIS) 第 63 期,或 1.79 Ma 相当 (MIS) 第 64 期;后来发现该界面不在奥杜威极性亚带之上,而在该带最上部,于是年龄定为 1.8 Ma^[1]。第四系下限和第四系分统,一直受人关注,长期以来,地质学家们对其作了深入研究与探讨^[1~12]。

近年来,陆相第四系地层工作者强烈主张将更新统底界重新厘定在相当磁极性带 M/G 处,即

刘东生等^[2]以黄土研究为基础的距今 2.48 Ma。“根据国际地质科学联合会的指示,第四纪和新近纪地层分会 1998 年组织了联合投票,关于改变界线的要求没能获得必要的多数票。因此,位于 Vrica 的界线层型被国际地科联于 1999 年 1 月再次正式确认为定义更新统和第四系底界的标准”^[13]。笔者认为,尽管已有表决结果,已有半世纪之争的第四系下限的争论仍将继续,而且越来越多的证据支持 M/G 分界为第四系下限,再次投票也非不可能。但柴达木盆地地方性地层单位七个泉组底界划分对比不应受国内外第四系下限之争而摆动。图 1 展示柴达木盆地第四纪下限划分的 3 种方案及其与七个泉组底界的对应关系 (图 1)。

1.2 地磁极性事件年龄的修正与新旧对照

本文在讨论地磁极性年龄时,使用了南京师范大学刘泽纯^[14,15]和青海油田杨藩^[12]依据 Harland 1982 年的年龄值,据此,通过测井、地震对比,根据沉积速率计算标定了井下测井标准层和介形类化石带的年龄 (图 1),甚至计算了生烃和成藏时间^[16]并绘制了一系列图件。考虑到 20 年来地磁极性事件年龄值时有修正,笔者以一表格 (表 1) 予以对照说明,曼金宁地磁极性年表仍为本文的基础,需要时文中将注解对应的新年龄值。

Cox 1969 年综合火山岩的磁性和 K-Ar 法年龄数据编制了 4.5 Ma 以来的地磁极性年表,并被普遍应用。1979 年,Markinen 和 Dalrymple 利用 K-Ar 法测定中所使用的新常数,编制了约 5 Ma 以来的晚新生代极性年表,这就是目前通用的曼金宁地磁极性年表^[6]。

20 世纪 80 年代以来,随着 DSDP/ODP 岩心测试中新技术的采用以及 Ar-Ar 法的高精度测年,极性界线年龄在不断修正 (表 1)。布容/松山 (B/

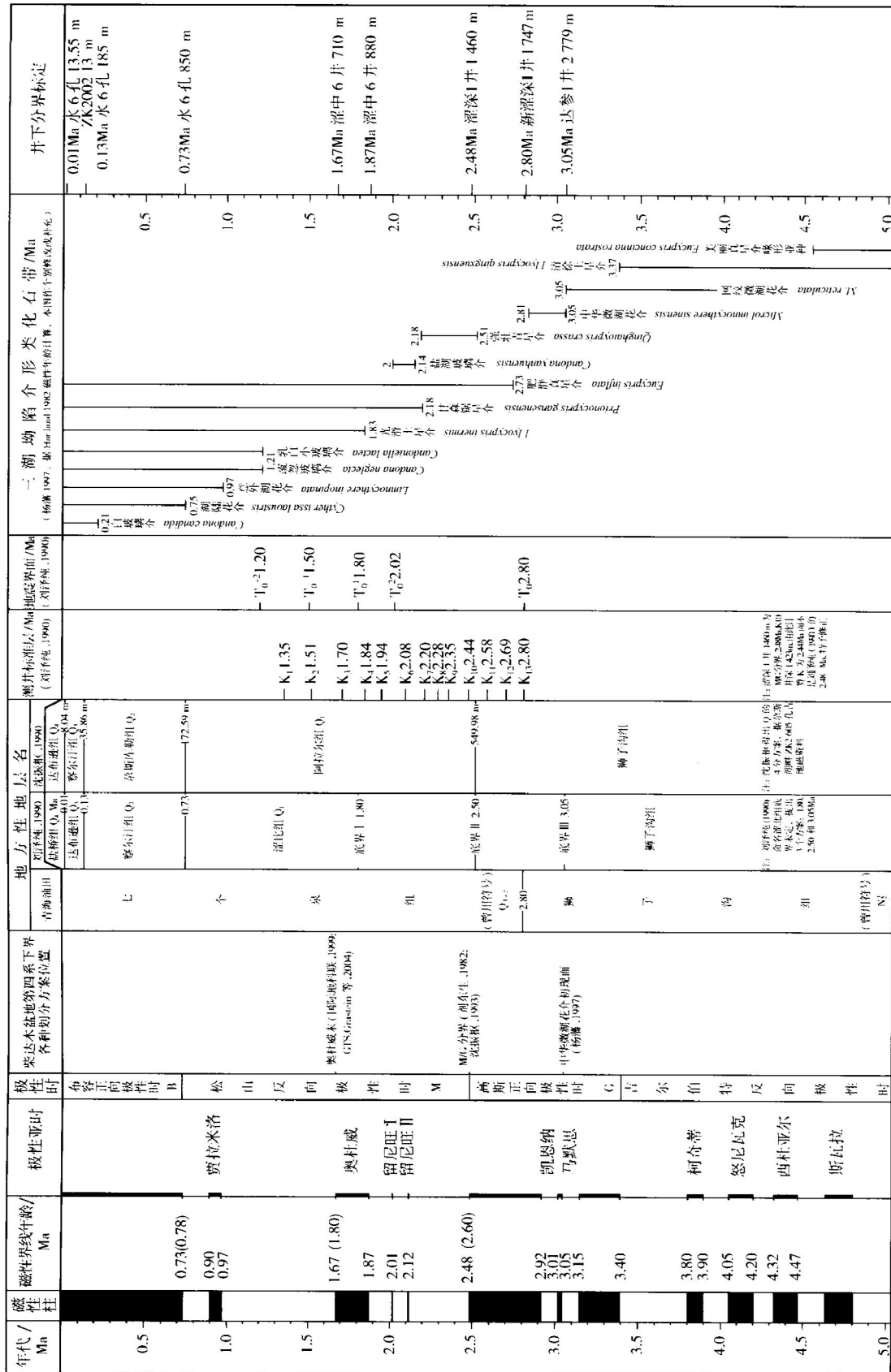


图 1 柴达木盆地二湖坳陷七个泉组与第四系对照 [7]

Fig.1 Comparison of Quaternary with the Qigequan Formation in Sanhu depression of Qaidam basin [7]

表 1 3Ma 以来地磁极性事件年龄^[6]

Table 1 Ages of geomagnetic polarity events during the past 3Ma B.P.^[6]

极性事件	年龄 Ma					Gradstein 等*, GTS, 2004
	Shackleton 等, 1990	Hilgen, 1991	Cande 和 Kent, 1992	Bakshi, 1994	Mankinen 和 Dalrymple, 1979	
布容 松山	0.78		0.78	0.78	0.73	
加拉米洛 (末)	0.99		0.98	0.99	0.90	
加拉米洛 (始)	1.07		1.05	1.05	0.97	
奥杜威 (末)	1.77		1.76	1.78	1.67	1.81
奥杜威 (始)	1.95		1.98	2.02	1.87	
高斯 (末)	2.60	2.59~2.26	2.60		2.48	2.59

* 笔者补充 Gradstein, 2004。

M)界线已被修正为 0.78 Ma 奥杜威事件年龄集中于 1.75~2.02 Ma 高斯事件的结束年龄为 2.50~2.62 Ma^[7]。由于古地磁年代表的修改, B/M 高斯末 (M/G) 界线年龄稍有修改^[1]是可以理解的。目前学术界常用的年龄值 B/M 分界 0.78 Ma 奥杜威顶 1.80 Ma M/G 分界 2.60 Ma^[7], 这些数据也是本文对照曼金宁年表的新修正值 (图 1)。

1.3 第四系下限 3 个方案与七个泉组底界不对应

20 多年来, 柴达木盆地覆盖区七个泉组底界划定在测井 K₁₃ 标准层, 即地震界面 T₀, 已被大多数勘探家接受并应用, 也得到地层古生物研究人员的支持, 七个泉组底改划在强壮青星介 *Qinghaicypris crassa* 与中华微湖花介 *Microlinocythere sinensis* 带分界处 (图 1), 放弃 1999 年前划在中华微湖花介带与网纹微湖花介 *M. reticulata* 带分界处 3.05 Ma 方案, 据刘泽纯^[14] 计算标定现行七个泉组底界在曼金宁地磁极性年表上相当于 2.8 Ma 它不对应于第四系下限 3 个方案中的任何一个。柴达木盆地第四系下限 3 个方案如下:

1) 孙殿卿等^①主张 3.00 Ma 以上。杨藩^[11, 12] 依据柴达木盆地指示低温水体的介形类中华微湖花介 *Microlinocythere sinensis* 的出现, 提出距今 3.05 Ma 或 3.01 Ma 作为第四系下限, 大体相当于马默思反向亚极性时末。杨藩认为“距今 3 Ma 左右是一次规模宏大的新构造运动的开始时期”, “由于强烈的构造运动被认为与青藏高原的强烈隆升——第四纪首要事件相伴而生”, 因而, “把距今 3 Ma 作为第四纪下限同样具有全球意义”^[12]。

这与东非猿人化石研究的观点接近。具体划界在柴达木盆地达参 1 井 2 779 m (图 1)。在七个泉组底界地震 T₀ 以下约 300 m。

2) 刘东生等以黄土研究为基础, 提出松山与高斯即 M/G 界线 2.48 Ma (曼金宁地磁极性年表年龄) 为第四系下限^[2], 被编入《中国地层 (14)》^[17], 该界线具体在柴达木盆地东部涩深 1 井 1 460 m (测井 K₁₀ 标准层以下 37 m) (图 1), 在七个泉组底界地震 T₀ 以上 260 m, 柴达木盆地西部尕斯坳陷 ZK2605 孔 M/G 分界为 540.67 m^[18]。

3) 李传夔等建议第四系底划在泥河湾动物群 (狭意) 相当于晚维拉方或奥杜威事件^[19]。奥杜威末是国际地科联 J. 瑞曼在《国际地层表说明》中指出的, 被国际地科联 1999 年再次确认的方案。在曼金宁地磁极性年表上为 1.67 Ma (表 1), 在 Gradstein 等的地质年代表上为 1.81 Ma (表 1), 现在一般通用新的修正值 1.80 Ma。它相当于柴达木盆地东部涩中 6 井 710 m, 测井标准层 K₃ 以上 19 m (图 1)。在七个泉组底 (测井 K₁₃, 地震 T₀) 以上约 1 031 m。

综上所述, 柴达木盆地七个泉组底界不对应于国内外有影响的第四系下限的 3 种方案。青海省地层表编写小组 1980 年曾把七个泉组底界的时代划为第四纪的开始, 经刘泽纯计算相当于曼金宁地磁极性年表的 2.80 Ma^[14], 但以此年龄当作第四纪开始从未得到国内外研究人员的认可, 与国际不接轨, 但在柴达木盆地应用甚广, 造成了七个泉组底等于第四系下限的误解, 由此把涩北坳陷新近系上新统一第四系的天然气资源笼统都误归为第四系。

① 孙殿卿, 吴锡浩, 浦庆余. 关于中国第四纪冰川地质工作的几点意见. 中国地质科学院地质力学研究所, 1982 (2): 1~10

2 七个泉组含义及其在柴达木盆地东部的对比

七个泉组是柴达木盆地地层对比中一个易于划分和操作的地方性地层单位。刘泽纯^[14]认为七个泉组底 K_{13} (地震反射界面 T_0) 大体位于中华微湖花介的顶界, 相当于 2.80 Ma 它与上述 3 种第四纪下限方案不相对应 (图 1), 因此不能把当前普遍应用的七个泉组底界等同于第四系下限, 这是两个不同的概念。考虑到油气勘探地层对比中的等时性、可操作性原则, 应继续使用有独立含义的地方性地层单位七个泉组, 替代不确切的地层符号“ Q_{1+2} ”。本文就七个泉组的含义、来历与变迁作如下阐述。

2.1 七个泉组的命名剖面 and 含义

1954 年 106 队丈量柴达木盆地七个泉构造西端南翼剖面, 总厚 685 m, 以 K_2 标准层为界, K_2 以上称 N_5 ; K_2 以下称 N_4 。1965—1971 年陆续在 K_2 灰黄色粉砂质粘土夹层内发现标准化石强壮青星介 (*Qinghaicypris crassa*); 在 K_2 以上的灰黄色粉砂

质泥岩条带内发现标准化石肥胖真星介 (*Eucypris inflata*); 另外在 K_2 上、下发现奇妙白花介 (*Leucocythere mirabilis*) 等。1972 年青海油田研究所西部队在 K_2 标准层以下 64 m 发现不整合 (累厚 261 m), 当时被定为七个泉组底, 这就是现今盆地西部七个泉组的含义 (图 2)。在不整合面以下 K_1^{-1} 标准层 (剖面累厚 535 m) 发现狮子沟组 (上新世) 化石, 美丽真星介美丽亚种 (*Eucypris concinna concinna*) 和美丽小玻璃介 (*Candoniella fomosa*)。

2.2 七个泉组含义的演变

1954 年柴达木地质大队丈量了柴达木盆地第一个地层剖面——西岔沟剖面, 提出 N_5 层组, 意即第三系上新统。

1955 年中国科学院、石油部综合研究队把 N_5 改定为西岔沟系的小灰山统, 地层符号 Th_5 。

1956 年地质部 632 队在盆地东部命名巴龙马海岩系, 对应西部西岔沟剖面小灰山统, 地层符号 $Q_1 - N_2$ 。

1958 年发现冷湖油田后, 在柴达木盆地北缘地区提出了丘陵组一名, 该组上部称上丘陵组, 化石丰富, 地质部和石油部野外队暂用时代符号

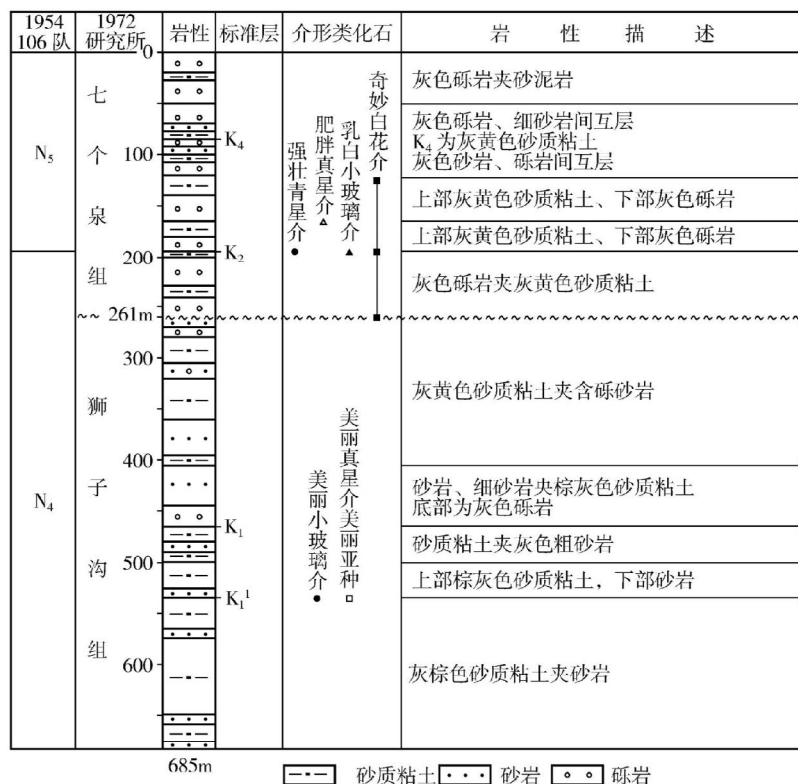


图 2 七个泉构造地层剖面

Fig. 2 Stratigraphic profile of the Qigequan structure

Q_{1+2} 。

1959年在全国地层会议上,青海油田提出七个泉组一名,对应东部的巴龙马海组,暂时沿用地层时代符号 Q_1 。

1965年青海油田研究所正式把东部的巴龙马海组和北缘的上丘陵组,与西部的七个泉组对比,暂时沿用地质部和石油部野外队时代符号 Q_{1+2} 。

1972年青海油田研究所西部队在七个泉构造 K_2 标准层以下 64 m 发现不整合(累厚 261 m)(图 2),被确定为七个泉组底。

1973年研究所在全盆地统一对比后,建议取消上丘陵组和巴龙马海组名称,全盆地统一使用七个泉组,考虑到国内外对第四系下限颇多争议的情况,地层时代符号暂用 Q_{1+2} 。

1980年青海省地层表柴达木分区沿用七个泉组,地层时代符号暂用 $Q_{1+2}q$ 。

从 20 世纪 80 年代以来,青海油田一直使用七个泉组一名,统一了全盆地新生界上部的地层,数十年形成了七个泉组等于第四系下、中更新统 Q_{1+2} ,几乎代替了七个泉组的组名,久而久之,误认为是国际地层表的中、下更新统,概念上出现混乱。

2.3 盆地东部七个泉组露头区与覆盖区的对接

2.3.1 三湖坳陷覆盖区七个泉组含义

1975年开始了三湖坳陷大规模天然气勘探,积累了非常丰富的地质和地震资料。综合 50 年来柴达木盆地岩石地层学、生物地层学、地震地层学和年代地层学研究成果,特别是测井标准层 K_1-K_{13} 的大范围可靠对比;地震反射界面 T_0 与测井标准层 K_{13} 基本吻合且得到公认,形成了一个普遍认可的地层单位,地震 T_0 (测井 K_{13}) 以上的全部沉积层为七个泉组,但时代符号仍沿用了不合理的 Q_{1+2} 。 T_0 或 K_{13} 实际代表的是 2.80 Ma 的一条时间界线^[14],可是国内外还没有提出过 2.80 Ma 可以作为第四系下限。尽管 T_0 (K_{13}) 并不是第四系下限,但它却是一个可操作的、等时的地层界线,其是否与第四系/新近系分界相当,是另一个与国内各地区和全世界接轨的地层时代问题。

2.3.2 露头区与覆盖区七个泉组底界的对接

鸭湖、南陵丘、东陵丘至盐湖构造一线及其以北地区,七个泉组都不同程度地受剥蚀出露地表,

根据涩北二号构造涩中 6 井-涩深 1 井取心井磁性生物地层的系统研究,已对强壮青星介、中华微湖花介等化石带初现面 (FAD) 和末现面 (LAD) 地质年龄作了标定,并对 K_1-K_{13} 测井标准层作了与化石带顶底界的对照刻录^[12 14 15 20~22] (图 1),通过化石带把井下地层与露头区地层作了高精度对比,确定了东部地面露头区七个泉组底界与覆盖区的可靠对比关系。以鸭湖构造为例,覆盖区 T_0 (K_{13}) 可以对接到鸭湖构造综合剖面累厚 557 m 的 K 标准层,因为 K 标准层以上有强壮青星介,以下有中华微湖花介。肯定地说,由于综合利用了生物地层、地震地层、测井地层及磁性地层学方法,已成功地对接了柴达木盆地东部露头区与覆盖区七个泉组的底界,而且是个等时界面。

2.4 盆地北缘露头区七个泉组与盆地东部覆盖区的对接

2.4.1 冷湖六号北翼七个泉组底 K_4 为一局部不整合

20 世纪 50 年代发现冷湖四号、五号油田后,系统展开了冷湖地区的地层研究,1958 年 106 队细测冷湖六、七号构造,该两构造地面标准层 K_3 以上定为 N_2^2 ,青海油田研究所命名为丘陵组。该队把 K_3-K_4 标准层间地层定为 N_2^{2-1} ,命名下丘陵组; K_4 标准层以上定为 N_2^{2-2} ,命名上丘陵组。1960 年前后研究所冷湖队实追 K_4 标准层在冷湖六号北翼发现了与下伏地层有局部不整合关系(图 3)。经系统采集化石,在冷湖七号北翼 K_4 标准层以上 60 m 至剖面顶的层段,发现强壮青星介、肥胖真星介、奇妙白花介等可与盆地西部七个泉组对比; K_4 标准层以下发现上新统化石,遂把 K_4 标准层以上的上丘陵组笼统划归第四系。1965 年把该地层与西部七个泉组、东部巴龙马海组对比,1973 年后全盆地统称为七个泉组。

2.4.2 冷湖七号地面 K_4 标准层与三湖坳陷地震反射界面 T_0 (K_{13}) 的成功对接

1999 年前,青海油田古生物鉴定报告把七个泉组底界置于中华微湖花介与网纹微湖花介的分界 (3.05 Ma),这是第四系下限 3 种方案之一(图 1),比油田东区常用的七个泉组底界 T_0 或 K_{13} (2.80 Ma) 低了约 300 m,通过冷湖七号 K_4 标准

层与三湖坳陷 $T_0(K_{13})$ 的对接, 解决了柴达木盆地北缘七个泉组与三湖坳陷井下的对接, 对接成功归因于地面分界标准层向地震测线的延伸。

把冷湖七号地面 K_4 标准层标定在南北向地

震 244 或 246 测线的相关桩号间, 沿 244 或 246 测线向南追索至东西向 1089 测线, 折向东追索到南北向 294 测线, 再折向北直达涩北 1 号北参 3 井 $T_0(K_{13})$ 标准层 (图 3, 图 4, 图 5)。由此证明三湖

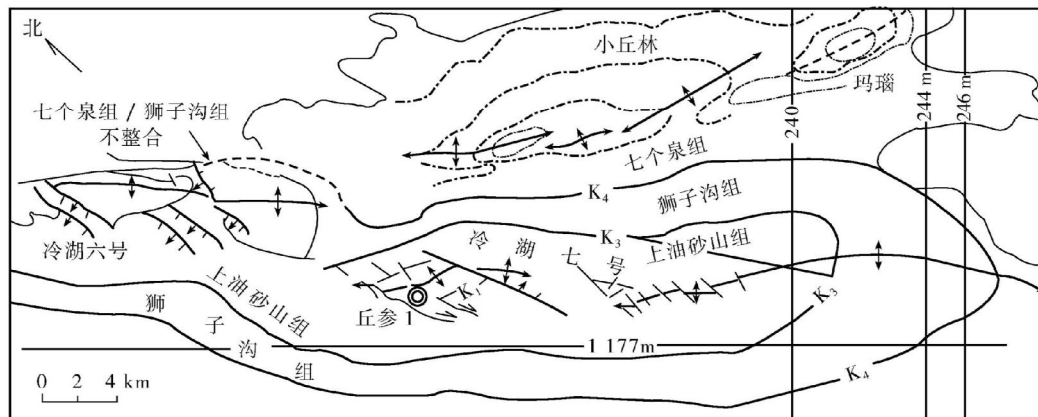


图 3 冷湖六、七号七个泉组底 K_4 和不整合位置

Fig. 3 Map showing locations of the unconformity and the base of Qigequan Formation K_4 in Lenghu 6 and 7 structures

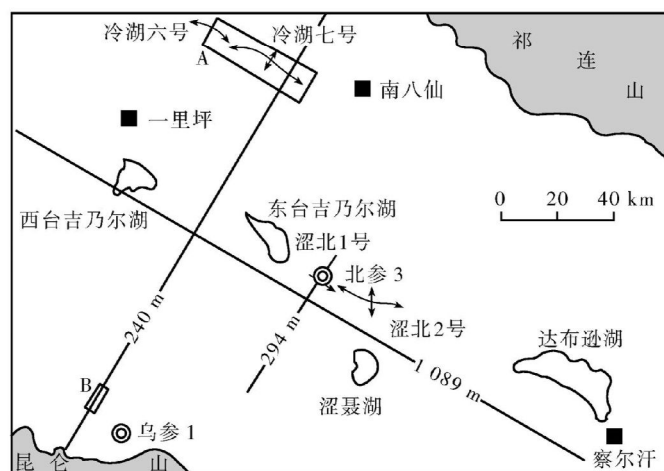


图 4 地震测线 246 1089 294 位置

Fig. 4 Map showing locations of the 246, 1089 and 294 lines

A. 本文图 3 位置; B. 本文图 6 位置

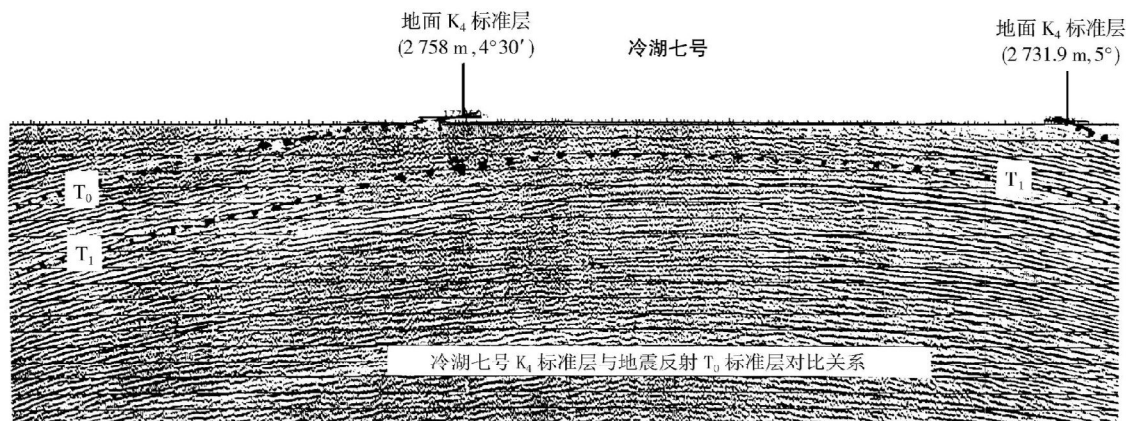


图 5 地震测线 97244 上 T_0 与冷湖七号构造地面 K_4 标准层的连接

Fig. 5 Connection of the T_0 on the 97244 seismic line with surface K_4 marker bed in Lenghu 7 structure

拗陷覆盖区 T_0 相当于露头区冷湖七号地面 K_4 标准层。两者七个泉组底界是等时的。

3 第四系分统与七个泉组 4 分

3.1 第四系分统

20 世纪 50 年代以来,柴达木盆地第四系细分,往往出现 Q_{1+2} 和 Q_{3+4} 等地层符号,仅仅根据岩石特性划分的岩石地层单位,却又标以时代符号,反映了地层划分对比初期的研究程度和认识,从年代地层学角度来看是应予修正的。20 世纪 60 年代我国有关 Q_p 代表更新统 (Pleistocene) 和 Q_h 代表全新统 (Holocene) 的建议一直沿用至今。刘泽纯^[14]在柴达木盆地提出了按地质年龄细分第四纪 Q_1 , Q_2 , Q_3 , Q_4 : 中/早更新世为 B/M 界线,即 0.73 Ma 氧同位素 19 段;晚/中更新世为氧同位素 5 段,即 0.13 Ma 全新统/晚更新世为 $0.010\sim 0.012\text{ Ma}$ 相当于氧同位素 1 段。这个细分方案与沈振枢方案^[18] (图 1) 基本相似,也符合闵隆瑞^[8] 第四系 4 分的方案,闵隆瑞展示了分界新的修正年龄值: B/M 分界 0.78 Ma M/G 分界 2.60 Ma ^[8] (图 1)。

3.2 七个泉组的 4 分与标定

刘泽纯^[14]对应柴达木盆地第四系分统,在三湖拗陷井下七个泉组 4 分为下更新统涩北组 Q_1 、中更新统察尔汗组 Q_2 、上更新统达布逊组 Q_3 和全新统盐桥组 Q_4 (图 1), (沈振枢等^[18], 1993 年提出与此依次相对应的阿拉尔组 Q_1 、尕斯库勒组 Q_2 、察尔汗组 Q_3 、达布逊组 Q_4 , 因命名在后,应予停用)。柴达木盆地鸭湖构造有完整的富含化石的第四系露头剖面未能建组,主要依靠钻孔岩心建组,严格来说是不妥的,但比原来青海油田 Q_{1+2} 和 Q_{3+4} 笼统划分且无地质年龄的做法进了一大步,为今后进一步对比细分打下了基础,给不同时代的第四系以地方性名称,以 0.01 , 0.13 , 0.73 Ma (曼金宁地磁极性年表数据) 作为七个泉组内 4 分的 3 条分界,标定了有地质年龄的界线。图 1 展示了部分研究人员在 $ZK2002$ 孔^[23]、水 6 孔^[18]、涩中 6 井、涩深 1 井和达参 1 井^[12, 14] 七个泉组细分的井深标定 (图 1), 也相应于第四系内部细分的观点。

图 1 的井深标定方案不足之处是,主要依据地磁极性、地震界面追索、测井标准层或辅以沉积速率计算而得,很难向地面露头,尤其是化石不多的七个泉组露头对比追索。

三湖拗陷主要气层在测井 K_1-K_{13} 间,都处于涩北组内部距今 $1.35\sim 2.80\text{ Ma}$ 的沉积,勘探开发过程中 K_1-K_{13} 已成功地进行了上百公里的精细对比,满足了生产的需要,因此当前七个泉组 4 分虽然对天然气开发没有很大实用意义,但是,对柴达木盆地第四系细分对比及其沉积史、构造史、生烃与成藏史的研究是有重要意义的。

3.3 热释光测年的应用

2002 年笔者与德国 Freie 大学地理系 Steffen Mischke 合作,在盆地东部埃姆尼克山南化石丰富的全吉剖面 50 余米第四系露头上,采集了 7 块标本,在德国进行热释光测年 (thermoluminescence dating), 大部分为距今约 0.20 Ma 以来的沉积,属于暖湿的氧同位素 7a 阶段,可以指望在全吉露头测定 Q_3 与 Q_2 之分界,并与水 6 孔 185 m 对比。水 6 孔 185 m 是依据磁性地层柱的标定而来^[18]。七个泉组无论井下或地面露头都有大量砂层,不乏风成沙沉积,是热释光测年的好材料,这是柴达木盆地第四系精细对比的新途径。

4 七个泉组底界局部不整合的认识

曾经把七个泉组底的不整合面当作第四系下限,但是,冷湖六号北翼不整合连接冷湖七号 K_4 标准层,并与地震测线 244 和 246 衔接追向三湖拗陷后,发现它相当于 T_0 (测井 K_{13}), T_0 上下为连续沉积的整合接触。再沿 246 测线向南追索到昆仑山北麓乌参 1 井以西,又变为不整合接触 (图 4 图 6)。 T_0 约为距今 2.80 Ma (曼金宁地磁极性年表),它与 3 种第四纪下限时代 (1.67 , 2.48 和 3.05 Ma) 方案都不符合,说明七个泉组底界不等于第四系下限,必须承认这个事实,“任何一种地质事件都有各自的时间尺度和特定的过度时期,岩石地层界线与年代地层界线不一致是正常现象”^①。本文不主张把七个泉组底界局部不整合面时代 2.80 Ma 当作一个第四纪下限方案介绍给同

① 孙殿卿, 吴锡浩, 浦庆余. 关于中国第四纪冰川地质工作的几点意见. 中国地质科学院地质力学研究所, 1982 (2): 1~10

行,也就是不宜把柴达木盆地地区性构造活动界线夸大为中国或全球性划时代的界线。七个泉组底界局部不整合面的形成主要是区域性构造活动的记录,是喜马拉雅运动后期频繁活动的反映之一。全球不大可能普遍出现一个完全同时的地内构造事件(非地外事件)界线。

在陆相内陆盆地的演化过程中,尤其盆地边缘会出现多个不整合面,例如从三湖坳陷向南追索的地震标准层 T_0 至昆仑山北又变为不整合接触,显示出七个泉组和狮子沟组顶部遭受削截的不整合(图 4 图 6),与冷湖六号北翼为同时的构造运动的反映。该图还显示了狮子沟组上超于上油砂山组的不整合(图 6)。狮子沟组底界 T_1 也是从柴达木盆地北缘冷湖六、七号 K_3 标准层实追到三湖坳陷后,向南追索到昆仑山乌参 1 井以西的, T_1 地质时代大体相当距今 5.10 Ma 即上新世的开始。有趣的是 T_1 与 T_0 之间上新统地层内又显示了一个削截不整合(图 6)。在短短的距今 5.10~2.80 Ma 之间约 2.70 Ma 的沉积时期,在同一条测线上接二连三地出现 3 个不整合,显示了晚期喜马拉雅运动在柴达木盆地边缘的频繁和剧烈程度。

随着青藏高原隆升历史的深入研究,发表了大量论文,有论文提出阿尔金山是最近 0.20 Ma 才升高成为塔里木盆地和柴达木盆地之间的界山^[24]。讨论昆仑山上升历史者更多,但是,柴达木盆地哪一些不整合对应共和运动或昆一黄运动,不是可以随便乱套的,需要研究地面和地下,特别

是地震测线上的接触关系,依次排序。依据磁性生物地层柱配合以地震测线,一个个刻录不整合对应的时代年龄,然后与喜马拉雅运动各幕次对比,并充分考虑到各盆地的滞后性与具体的演化历史。

5 结论

1) 柴达木盆地七个泉组底界的地质年龄为距今 2.8 Ma(曼金宁 1979 地磁极性年表数据),与国内外第四系下限在柴达木盆地的 3 个方案都不对应,所以七个泉组底界不等于第四系下限。岩石地层单位分界与年代地层界线不一致是正常现象,不要随意更改七个泉组底界去凑第四系下限。

2) 柴达木盆地第四系下限有 3 种方案:①奥杜威末 1.67 Ma(新修正值 1.80 Ma)(相当涩中 6 井 710 m. 即涩北井下 K_3 以上 19 m);②松山/高斯(M/G)分界, 2.48 Ma(新修正值 2.60 Ma)(相当井下 K_{10} 以下 37 m);③马默思末 3.05 Ma 相当井下 K_{13} 以下约 300 m。如果按 1999 年国际地科联批准的以奥杜威末 1.80 Ma(曼金宁 1979 地磁极性年表为 1.67 Ma)作为全球第四系下限,那么涩北主要气层属于新近系上新统。陆相第四系研究人员坚持以 M/G 分界 2.48 Ma(新修正值 2.60 Ma)为下限,那么多数气层属于第四系,少数气层属于上新统。争议还在继续,信息和动向值得我们重视。

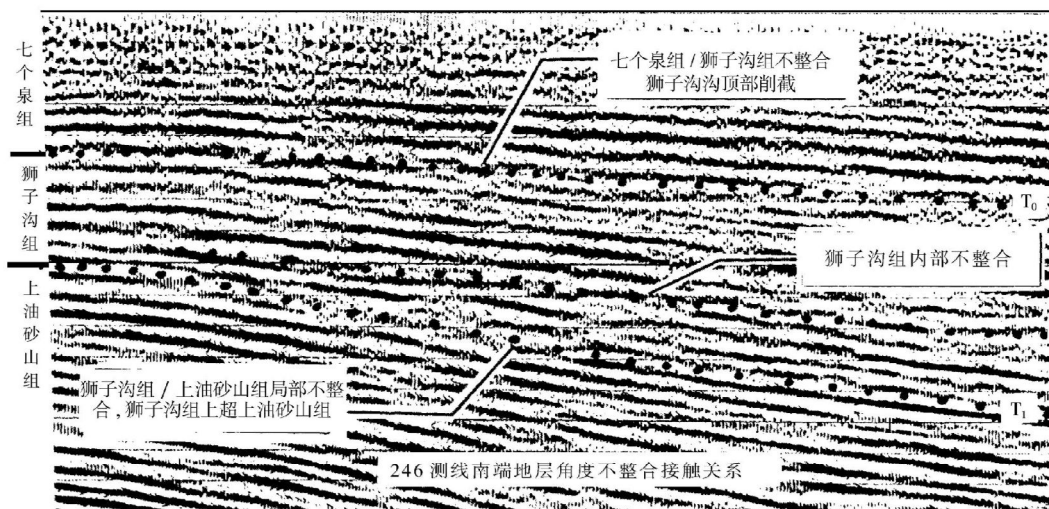


图 6 昆仑山前 246 测线显示的 3 个不整合

Fig. 6 Three unconformities on the 246 seismic line in front of Kunlun Mountain

3) $T_0(K_{13})$ 是盆地对比七个泉组底界具有等时性,反映构造活动,易操作的地层界线,有其实用意义。建议停用不合理的旧地层符号 Q_{1+2} ,使用七个泉组一名。

4) 东部覆盖区七个泉组底界地震反射界面 T_0 (测井 K_{13}),与柴北缘露头区冷湖六、七号构造七个泉组底的 K_4 标准层为等时界面, K_4 标准层在冷湖六号北翼与下伏狮子沟组为局部不整合接触。该不整合与 246 测线乌参 1 井以西的局部不整合是同一时间构造活动的反映,有区域性地质意义。

参 考 文 献

- 汪品先. 更新统下界的半世纪之争 [J]. 第四纪研究, 2000, 20 (2): 178~181
Wang Pinxian. Lower boundary of Pleistocene debate over a half century [J]. Quaternary Science, 2000, 20 (2): 178~181
- Liu T S, Ding M L. Pleistocene stratigraphy and Plio-Pleistocene boundary in China [A]. In: Liu T S, Ding M L, eds. Quaternary geology and environment in China [M]. Beijing: China Ocean Press, 1982. 1~6
- 刘东生. 第四纪环境 [M]. 北京: 科学出版社, 1997
Liu Dongsheng. Quaternary environments [M]. Beijing: Science Press, 1997
- 刘东生, 施雅风, 王汝建, 等. 以气候变化为标志的中国第四系地层对比表 [J]. 第四纪研究, 2000, 20 (2): 108~127
Liu Dongsheng, Shi Yafeng, Wang Rujian, et al. Table of Chinese Quaternary stratigraphic correlation remarked with climate change [J]. Quaternary Science, 2000, 20 (2): 108~127
- 丁仲礼, 孙继敏, 余志伟, 等. 黄土高原过去 130 ka 来古气候事件年表 [J]. 科学通报, 1998, 43 (6): 567~574
Ding Zhongli, Sun Jinmin, Yu Zhiwei, et al. Paleoclimate events chronology of Loess Plateau during the past 130 000 years [J]. Chinese Science Bulletin, 1998, 43 (6): 567~574
- 刘嘉麒, 王文远. 第四系地质定年与地质年表 [J]. 第四纪研究, 1997, 17 (3): 193~202
Liu Jiaqi, Wang Wenyuan. Quaternary geological dating and time scale [J]. Quaternary Science, 1997, 17 (3): 193~202
- 刘嘉麒, 刘强. 中国第四纪地层 [J]. 第四纪研究, 2000, 20 (2): 129~141
Liu Jiaqi, Liu Qiang. Quaternary stratigraphy in China [J]. Quaternary Science, 2000, 20 (2): 129~141
- 闵隆瑞, 迟振卿. 对中国第四系中统划分方案的回顾与讨论 [J]. 第四纪研究, 2000, 20 (2): 101~107
Min Longrui, Chi Zhenqing. Discussion on plans of dividing Quaternary to series in China [J]. Quaternary Science, 2000, 20 (2): 101~107
- 张一勇, 李建国. 第三纪年代地层研究和第三纪年代地层表 [J]. 地层学杂志, 2000, 24 (2): 120~124
Zhang Yiyong, Li Jianguo. The Tertiary chronostratigraphic researches and Tertiary chronostratigraphic chart of China [J]. Journal of Stratigraphy, 2000, 24 (2): 120~124
- 周晓丹, 王伟铭. 全球上新统-更新统界线层型剖面 and 点位介绍 [J]. 地层学杂志, 2002, 26 (2): 156~159
Zhou Xiaodan, Wang Weiming. An introduction to the global Pliocene-Pleistocene boundary stratotype section and point [J]. Journal of Stratigraphy, 2002, 26 (2): 156~159
- 杨藩. 从介形类化石的分布试论柴达木盆地东部地区第四系的划分和对比 [A]. 见: 中国微体古生物学会, 编. 中国微体古生物学会第一次学术会议论文选集 [C]. 北京: 科学出版社, 1981. 45~539
Yang Fan. Subdivision and correlation of Quaternary strata in eastern Qaidam basin by using Ostracoda as palaeoclimatological indicator [A]. In: Micropalaeontological Society of China, ed. Selected papers on the 1st convention of Micropalaeontological Society of China [C]. Beijing: Science Press, 1981. 46~539
- 杨藩, 孙镇城, 马志强, 等. 柴达木盆地第四系介形类化石带与磁性柱 [J]. 微体古生物学报, 1997, 14 (4): 378~390
Yang fan, Sun Zhencheng, Ma Zhiqiang, et al. Quaternary Ostracoda zones and magnetostratigraphic profile in the Qaidam basin [J]. Acta Micropalaeontologica Sinica, 1997, 14 (4): 378~390
- 金玉环, 王向东, 王玥. 国际地层表说明 [J]. 地层学杂志, 2000, 24 (增刊): 321~329
Jin Yuxuan, Wang Xiangdong, Wang Yue. Explanatory note to the international stratigraphic chart [J]. Journal of Stratigraphy, 2000, 24 (S0): 321~329
- 刘泽纯, 孙世英, 杨藩, 等. 柴达木盆地三湖地区第四纪地层学和其年代学分析 [J]. 中国科学 (B 辑), 1990, 11: 1 201~1 212
Liu Zechun, Sun Shiying, Yang Fan, et al. Quaternary stratigraphy and its chronology analysis from Sanhu region of Qaidam basin [J]. Science in China (Series B), 1990, 11: 1 201~1 212
- 刘泽纯, 陈晔. 柴达木盆地深钻孔岩心分析 300 万年来环境变化过程 [M]. 南京: 南京师范大学出版社, 2000
Liu Zechun, Chen Ye. Environment changes of Qaidam basin during the last 300 Ma B. P. based on analysis of deep wells' cores [M]. Nanjing Press of Nanjing Normal University, 2000
- 周翥虹, 周瑞年, 管志强. 柴达木盆地东部三湖地区第四纪气藏类型及富集规律 [A]. 见: 戴金星, 编. 天然气地质研究论文集 [C]. 北京: 石油工业出版社, 1989. 41~48
Zhou Zhuhong, Zhou Ruinian, Guan Zhiqiang. Types and enrichment regularity of the Quaternary gas reservoirs in the south region of East Qaidam basin, Northwest China [A]. In: Dai Jinxing, ed. Collected papers on the geological studies of natural gases [C]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1989. 41~48
- 周慕林. 中国地层 (14) [M]. 北京: 地质出版社, 1988. 1~20
Zhou Mulin. Stratigraphy of China (No 14) [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1988. 1~20
- 沈振枢, 程果, 乐昌硕, 等. 柴达木盆地第四纪含盐地层划分及

- 沉积环境 [M]. 北京: 地质出版社, 1993 1~ 162
- Shen Zhenshu, Cheng Guo, Yue Changshu, et al. The division and sedimentary environment of Quaternary salt-bearing strata in Qaidam basin [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993 1~ 162
- 19 李传夔, 吴文裕, 邱铸鼎. 中国陆相新第三系的初步划分与对比 [J]. 古脊椎动物学报, 1984, 22(3): 163~ 178
- Li Chuankui, Wu Wenyu, Qiu Zhuding. Chinese Neogene subdivision and correlation [J]. Vertebrata Palasiatica, 1984, 22(3): 163~ 178
- 20 孙镇城, 党玉琪, 乔子真, 等. 柴达木盆地第四系倾斜式气藏的形成机理 [J]. 中国石油勘探, 2003, 8(4): 41~ 44
- Sun Zhencheng, Dang Yuqi, Qiao Zizhen, et al. Forming mechanism of gas reservoirs with inclined gas-water interface of Quaternary in Qaidam basin [J]. China Petroleum Exploration, 2003, 8(4): 41~ 44
- 21 孙镇城, 曹丽, 张海泉, 等. 柴达木盆地全球末次冰期介形类动物群的演变 [J]. 古地理学报, 2003, 5(3): 365~ 376
- Sun Zhencheng, Cao Li, Zhang Haiquan, et al. Evolution in ostracoda in the great ice age of last glacial stage in Qaidam basin [J]. Journal of Palaeogeography, 2003, 5(3): 365~ 376
- 22 Sun Zhencheng, Feng Xiaojie, Li Dongming, et al. Cenozoic ostracoda and palaeoenvironments of the northeastern Tarim basin, western China [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1999, 148: 37~ 50
- 23 陈克造, Bowler J.M. 柴达木盆地察尔汗盐湖沉积特征及其古气候演化的初步研究 [J]. 中国科学 (B 辑), 1985, 5: 463~ 471
- Chen Kezao, Bowler J.M. Sedimentary feature of the Qarhan salt lake in Qaidam basin and primary study of its palaeoclimatic evolution [J]. Science in China (Series B), 1985, 5: 463~ 472
- 24 朱允铸, 钟坚华, 吴必豪, 等. 阿尔金山上升史与塔里木、柴达木成盐关系初探 [J]. 石油与天然气地质, 1990, 11(2): 136~ 143
- Zhu Yunzhu, Zhong Jianhua, Wu Bihao, et al. Preliminary approach to relationship between uplifting history of Alin Mountains and salt-forming condition in Tarim and Qaidam basins [J]. Oil & Gas Geology, 1990, 11(2): 136~ 143

(编辑 李树森)

“2006 年 AAPG 年会”主题

2006 年 4 月 8 日至 12 日, 由美国石油地质协会主办的“2006 年 AAPG 年会”在美国休斯顿召开。

今年会议的主题是“完善探索、履行诺言 (perfecting the search, delivering on promises)”。会议大致分 6 个方面展开研讨: 1) 21 世纪能源化世界、勘探开发的挑战、全球经济中的油气资源前景; 2) 成与败——勘探中的教训; 3) 碎屑岩和碳酸盐岩裂缝等非常规储层的油气区带勘探; 4) 深水和陆架硅质碎屑岩相模式、浅海到陆相硅质碎屑岩相模式、碳酸盐岩相模式——新进展及储层特征, 勘探开发的集成与创新; 5) 成熟盆地新近发现与区带, 未来能源目标; 6) 环境工程和勘探地质学职业培训。

1) 在以“21 世纪的能源化世界”为主题的讨论中, 各石油公司的上游主管对世界能源的前景从不同视角进行了展望。

2) 在以“如何战胜 21 世纪勘探开发的挑战”为主题的讨论中, 各个石油公司的主张非常集中, 都认为如何管理和使用好人才与技术是取胜的关键。

3) 在以“如何赢得石油终结游戏”为主题的讨论中, 发言人对油气的发展趋势进行了预测, 对“全球储量发现的高峰 (大约在 20 世纪 70 和 80 年代) 已经过去”的认识基本一致, 但对于“全球石油产量的高峰何时到来”的认识则参差不齐: 保守的估计在 2010 年之前, 乐观的估计则在 2035 年之后。

4) 以“非常规储层”为主题的讨论会场异常火爆, 反映了这一勘探开发领域即将由“非常规”转为常规。本次讨论的议题主要集中在对页岩油气的实例分析及研讨。这对我国勘探程度比较高的东部地区有很好的启示作用。

5) 本次会议最具特色的是以“成与败——在勘探中所得到的教训”和“被忽略的勘探目标分析: 失去的机会和得到的教训”为主题的讨论。与会者的讨论非常热烈, 与我们国内的各类勘探研讨只讨论成功经验、回避讨论失败教训的情况形成鲜明对照, 值得我们借鉴。

6) 在 2000—2005 年发现的 7 个巨型油田、24 个巨型气田大多分布于临近主要洋盆的被动大陆边缘 (澳大利亚 5 个, 尼日利亚 3 个, 巴西 1 个, 墨西哥湾 2 个, 沙特 1 个)、裂谷及反转裂谷 (哈萨克斯坦 3 个, 印度、北海、中国各 1 个)、大陆及岛弧碰撞带边缘 (伊朗扎格罗斯带 5 个, 特里尼达和波利维亚各 1 个) 和走滑构造带 (缅甸、中国各 1 个)。这些领域仍是将来大型、巨型油气田发现的主要地区。

7) 从成熟盆地勘探到世界前沿盆地 (新领域) 的油气勘探成果看, 关键是坚持勘探、做更细的研究与对比 (包括岩心、测井资料、地层对比等)、钻井及过程技术的应用等, 往往可在已发现油气田的地区发现原先被忽视或遗忘的油气田。

本次年会对被动大陆边缘、裂谷盆地、前陆盆地、克拉通及边缘的碳酸盐岩等众多勘探领域的地质理论与评价技术进行了广泛的讨论。其中, 有关被动大陆边缘的深水领域和碳酸盐岩台地研究的成果最为丰富, 研究的内涵与外延得以扩展。

(钱基)