

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

长江上源布曲盆地晚更新世湖相沉积的发现及其古植被与古气候

刘琦胜¹⁾ 赵希涛²⁾ 叶培盛¹⁾ 胡道功¹⁾ 吴珍汉¹⁾ 严富华³⁾ 马志邦²⁾

1) 中国地质科学院地质力学研究所, 北京, 100081

2) 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京, 100029; 3) 中国地震局地质研究所, 北京, 100029

内容提要 在青海省西南部青藏公路东南侧的通天河支流——布曲北岸(33°44′45.2″N, 92°11′28.1″E), 发现一条拔河0~18 m的湖相沉积剖面。湖相沉积物的U系测年结果为88.9~56.2 ka, 确定其沉积时代为晚更新世早中期。结合孢粉分析结果, 本文探讨了青海省西部地区通天河及布曲流域晚更新世早中期的古植被与古气候。初步研究表明, 在该剖面的下部和上部沉积期间, 当地生长松、桦、冷杉等乔木和蒿等草本植物, 气候比较温暖湿润。剖面中部沉积期间, 蒿、藜、禾本科和麻黄等草原植被明显增多, 气候凉爽干燥。剖面沉积期间气候曾经历过温暖湿润和凉爽干燥的波动。植被与气候的变化具有从末次间冰期晚期经末次冰期早冰段到末次冰期间冰段中期的特征。

关键词 长江上源布曲盆地 晚更新世 湖相沉积 U系年龄 古植被 古气候

青藏高原第四纪气候变化, 特别是晚更新世以来高原隆起对亚洲夏季风的影响, 是近年来中外科学家所瞩目的热点科学问题。位于青藏高原西北部、西昆仑山海拔6200 m处的古里雅冰心, 已提供了末次间冰期或深海氧同位素第5阶段(MIS 5)以来的氧同位素变化曲线及其所反映的古气候记录(姚檀栋等, 1997)。

青藏高原是我国湖泊数量最多的地区之一, 也是对气候变化最为敏感的地区, 湖相沉积蕴含了丰富的古气候与古环境信息。近年来有关青藏高原古气候与古环境的研究结果认为: 青藏高原最高湖面发生于40~30 ka BP、28 ka BP和25 ka BP的末次冰期间冰阶或深海氧同位素第3阶段(MIS 3)的晚期(MIS 3a)(Zheng et al., 2000; 李炳元, 2000; Shi et al., 2001), 该时期为青藏高原的“泛湖期”(Zheng et al., 2000)或“大湖期”(李炳元, 2000)。反映了接近或达到间冰期程度的暖湿气候和特别强烈的亚洲夏季风, 估计当时的气温高于现代2~4℃、降水高于现代40%~100%以上(施雅风等, 1999; 赵希涛等, 2002), 则根据对藏北高原与纳木错等湖泊的调查研究, 认为晚更新世早中期的湖泊面积更大, 湖面更高, 最高湖相沉积可达纳木错拔湖139.2 m, 海拔

4850~4860 m, 认为在MIS 5存在着一个几乎横贯藏北高原南半部的大湖, 称之为“羌塘湖”。

在青海高原西部, 特别是青藏公路沿线, 前人曾有过不少有关湖相沉积的报道, 但主要集中于早更新世的“羌塘组”(钱方等, 1982; 刘兰锁, 1982; Qian et al., 1996; 崔之久等, 1998), 并未叙及青藏公路沿线晚更新世早中期湖相沉积的存在, 对于青海西部高原晚更新世早中期的古植被与古气候的研究尚存在空白。本文所报道的布曲盆地晚更新世早中期湖相沉积的发现与研究, 对于了解青藏高原晚更新世早中期的古气候与古环境以及青藏高原“大湖期”或“泛湖期”发生时代的讨论, 提供了新的资料。

1 湖相沉积剖面记录

2002年2月, 我们在从事青藏铁路沿线活动断裂野外调查中, 在青海省西部通天河沿的南西西方向约20 km处的通天河支流——布曲的北岸(33°44′45.2″N, 92°11′28.1″E)(图1), 发现了一套由灰与灰白色粘土质砂、粉砂、细砂与粗砂小砾所组成的湖相沉积基座, 伏于拔河21.5 m的第三级阶地的冲积砂砾层之下, 湖相沉积的出露厚度约18 m(刘琦胜等, 2003), 该沉积基座由于被布曲河水冲刷而形成

注: 本文为“青藏铁路沿线活动断层与地应力测量”项目(编号20024013和1212010340302)资助成果。

收稿日期: 2004-02-18; 改回日期: 2004-04-19; 责任编辑: 王思恩。

作者简介: 刘琦胜, 男, 1947年生。现任中国地质科学院地质力学所研究员。通讯地址: 100081, 北京海淀区民族学院南路11号, 地质力学研究所。

一个很好的天然剖面,剖面沿北东方向延伸大约 2 km。2003 年夏,我们再度对此剖面进行了详细考察。剖面所在地布曲盆地的南部是温泉盆地,北部是沱沱河平原,地势平坦,盆地和平原外缘是高原山地,盆地现今海拔高度 4200~4300 m,据沱沱河气象站 30 年气象资料统计,年均气温 -4.4°C ,年降雨量 282.3 mm,年蒸发量 1646.1 mm。太阳总辐射强度在 $6900\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ (沱沱河)以上。现今植被为高山草甸类型,生长莎草、蒿、藜等草本植物,由于海拔高、气温低,植物生长期短,因而植被低矮稀疏。

现将布曲剖面地层自上而下简述如下(图 1):

上覆地层:浅红棕色半固结砂砾层,砾石磨圆与分选良好,为冲积成因。局部夹厚度 30~60cm 的棕黄色粉砂质粘土透镜体。

10. 浅灰色粉砂质粘土。
9. 浅灰色细砂,夹含铁质细砂。
8. 浅灰色粘土质粉砂。
7. 浅灰色(或浅棕灰色)粘土质细砂。
6. 浅灰色细砂。
5. 浅灰色粘土质粉砂。
4. 浅灰色含小砾细砂。
3. 浅灰色细砂。
2. 浅灰色粉砂夹含铁质细砂。

3.5m
1.0m
1.5m
3.5m
2.0m
2.0m
1.5m
2.5m
1.8m
1.6m

~~~~~不整合~~~~~

1. 灰—灰绿色粘土质粉砂。

0.6m

未见底

## 2 湖相沉积的 U 系法年龄测定

我们在该剖面拔河 0.5 m、5 m、10 m 和 16 m 处各取湖相沉积物样品 1 个,做 U 系等时线年代测定,样品位置见图 1。由于样品虽富含碳酸盐但又不是纯碳酸盐,因此适宜采用全溶样品的等时线测试技术(Luo et al., 1991; 马志邦等, 2002),这种方法曾在纳木错沿岸及其邻近的仁错与玖如错的湖相沉积中采用,并已取得了良好的结果。测年样品被分为 <250 目、250~125 目和 >125 目的 3 个子样品进行测试,由本文作者之一马志邦所作的经过校正的 U 系等时线年龄测定结果列于表 1。自剖面的上部到下部 4 个样品的 U 系年龄分别为  $56.2\pm 6.3\text{ ka}$ 、 $61.3\pm 4.3\text{ ka}$ 、 $73.7\pm 6.8\text{ ka}$  和  $89.9\pm 9.2\text{ ka}$ ,属于晚更新世早中期。测年结果与藏北纳木错西北岸和北岸东部的高位湖相沉积年代大体一致(赵希涛等, 2002, 2003; 马志邦等, 2002)。

## 3 古植被与古气候

### 3.1 孢粉组合

我们在布曲剖面自下而上共采集了 29 个湖相

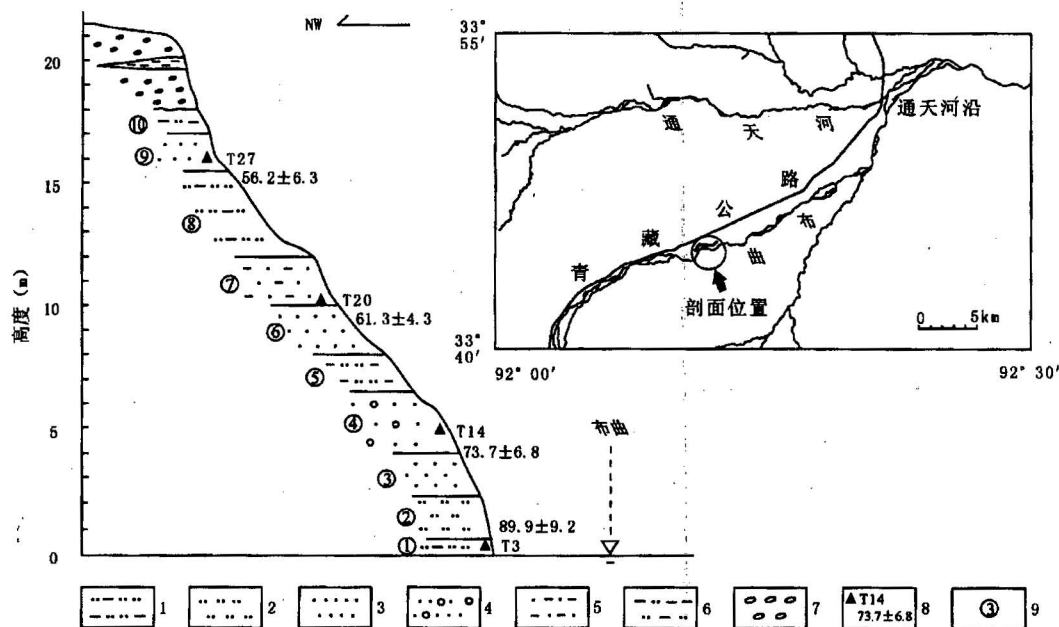


图 1 布曲第三级阶地及其下伏湖相沉积剖面及其地理位置图

Fig. 1 Buqu R. profile showing the third terrace and its underlying lacustrine deposits

1—粘土质粉砂; 2—粉砂; 3—细砂; 4—含小砾细砂; 5—粘土质细砂; 6—粉砂质粘土; 7—砾石; 8—样品和 U 系年龄(ka); 9—分层编号  
1—Clayey silt; 2—silt; 3—sand; 4—sand and granule; 5—clayey sand; 6—silty clay; 7—granule; 8—sample and their U-Series date(ka); 9—bed number

表 1 布曲盆地湖相沉积的 U 系法测年结果  
Table 1 U-series dates of the lacustrine deposits from Buqu R

| 编号  | 样品位置    | 拔河高度(m) | 样品    | $(^{234}\text{U}/^{238}\text{U})_c$ | $(^{230}\text{Th}/^{234}\text{U})_c$ | 年龄(ka)       |
|-----|---------|---------|-------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------|
| T27 | 布曲剖面上部  | 16.0    | 细砂    | $0.969\pm0.029$                     | $0.403\pm0.033$                      | $56.2\pm6.3$ |
| T20 | 布曲剖面中部  | 10.0    | 粘土质细砂 | $1.303\pm0.027$                     | $0.440\pm0.026$                      | $61.3\pm4.3$ |
| T14 | 布曲剖面中下部 | 5.0     | 含小砾细砂 | $1.205\pm0.027$                     | $0.505\pm0.032$                      | $73.7\pm6.8$ |
| T3  | 布曲剖面下部  | 0.5     | 粘土质粉砂 | $1.175\pm0.039$                     | $0.573\pm0.035$                      | $88.9\pm9.2$ |

沉积物样品(图 2,编号 T1~T29)进行孢粉分析,样品间距约 25~80 cm。分析表明,样品中的孢粉种类和数量均很丰富,共统计各类孢粉 3368 粒,可归入 51 个植物自然分类的科、属之内。该剖面孢粉组合的基本特征是乔木植物的花粉较多,占总数的 41.1%~61.2%,其中又以松属(*Pinus*)花粉较多,占总数的 28.2%~46.0%,其次为桦属(*Betula*),占总数的 4.0%~11.5%;灌木及草本植物花粉较少,占总数的 21.6%~46.0%,其中以蒿属(*Artemisia*)、藜科(*Chenopodiaceae*)及禾本科(*Gramineae*)花粉含量较多,分别占总数的 12.6%~24.3%、1.7%~15.8%和 1.6%~6.6%;蕨类植物孢子较少,仅占总数的 8.6%~24.2%,其中以水龙骨属(*Polypodium*)、水龙骨科(*Polypodiaceae*)孢子为主,分别占总数的 1.9%~9.7%、2.8%~10.8%。由于松、桦、蒿及藜等乔木植物和草本植物

花粉在剖面垂向上有比较明显的变化,因而又可将该剖面的孢粉组合自下而上归纳为 3 个孢粉带(图 2)。

I 带:松、桦、蒿花粉带。位于剖面的下部(拔河高度约 0~3.3 m,T1~10)。该带的特点是乔木花粉多,占总数的 49.2%~61.2%,其中又以松属花粉较多,占总数的 32.7%~46.0%,其次为桦属,占总数的 4.4%~11.4%,另有少量的冷杉属(*Abies*)(2.5%~6.5%)、铁杉属(*Tsuga*)(0.8%~2.5%)、桤木属(*Alnus*)(0.9%~2.5%)、胡桃属(*Juglans*)(0.8%~1.8%),以及个别的油杉属(*Keteleeria*)、罗汉松属(*Podocarpus*)、栎属(*Quercus*)、枫杨属(*Pterocarya*)、榆属(*Ulmus*)、桦属(*Zelkova*)、椴属(*Tilia*)、柳属(*Salix*)、木犀科(*Oleaceae*)和豆科(*Leguminosae*)植物的花粉;灌木和草本植物花粉较少,占总数的 21.8%~31.9%,其中蒿属、藜科及禾

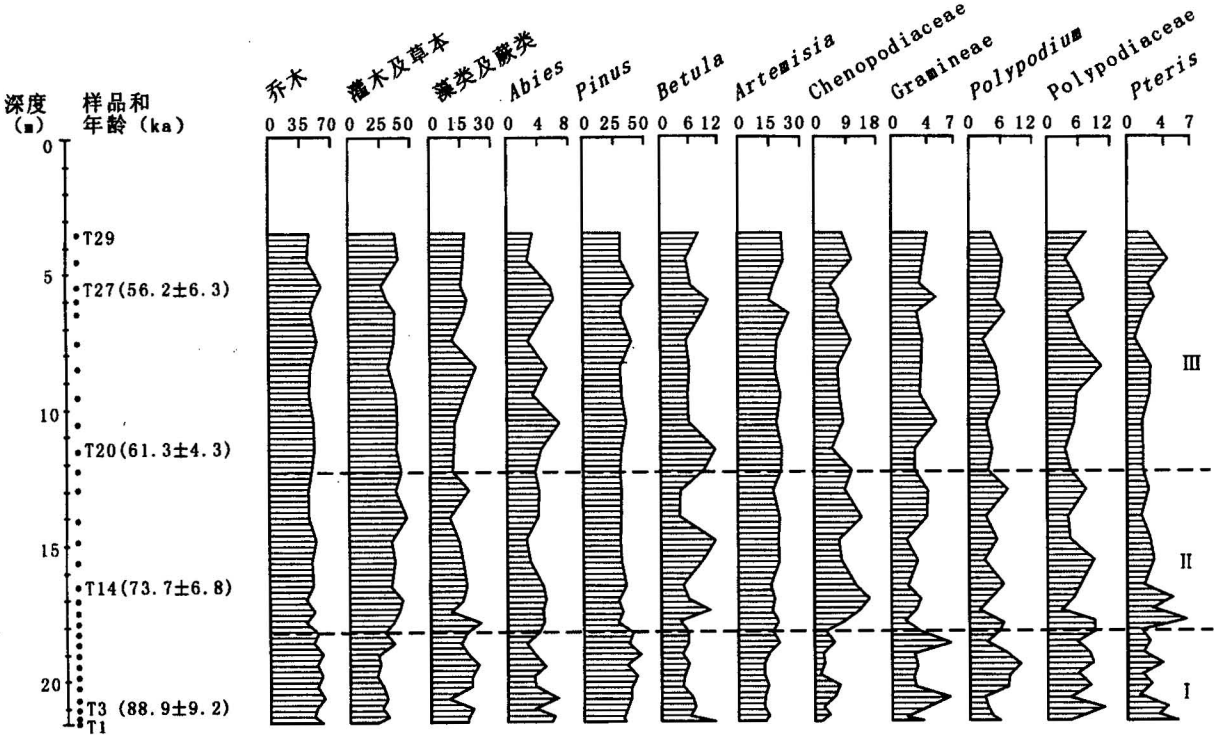


图 2 布曲剖面晚更新世早中期湖相沉积常见孢粉类型的百分含量变化图式  
Fig. 2 Diagram of percentages of common spore and pollen taxa from the Buqu lacustrine deposits

本科等花粉较多,分别占总数的 12.6%~19.7%、1.7%~7.3% 和 1.8%~6.6%,另有少量的菊科(Compositae)(0.7%~4.4%)、榛属(*Corylus*)(0.7%~1.6%)、莎草科(Cyperaceae)(0.7%~1.8%)、狐尾藻属(*Myriophyllum*)(0.7%~0.9%)花粉和零星的麻黄属(*Ephedra*)、紫苑属(*Aster*)、唐松草属(*Thalictrum*)、蓼属(*Polygonum*)、伞形科(Umbelliferae)、石竹科(Caryophyllaceae)、毛茛科(Ranunculaceae)、杜鹃科(Ericaceae)、蔷薇科(Rosaceae)花粉;蕨类植物孢子较少,占总数的 8.6%~23.3%,其中以水龙骨属、水龙骨科及凤尾蕨属(*Pteris*)孢子较多,分别占总数的 2.9%~9.7%、4.3%~10.8% 和 1.4%~5.7% 和少量卷柏属(*Selaginella*)(0.8%~2.5%)、紫萁属(*Osmunda*)(0.7%~1.0%)、真蕨纲(Filicales)(0.8%~0.9%)植物孢子以及个别的石松属(*Lycopodium*)、膜叶蕨属(*Hymenophyllum*)、里白属(*Hicriopteris*)、石韦属(*Pyrrosia*)孢子。

Ⅱ带:松、蒿、藜花粉带。位于剖面中下部(拔河高度约 3.3~9.2 m, T11~19)。该带孢粉组合的特点是灌木及草本植物花粉明显多于Ⅰ带,占总数的 33.6%~46.0%,其中蒿属占总数的 15.9%~20.9%,藜科占总数的 7.1%~15.8%,灌木植物麻黄比Ⅰ带多且连续出现,占总数的 0.8%~3.0%,其次为莎草科(0.9%~1.9%)、禾本科(1.6%~4.1%)和个别的榛属、紫苑属、伞形科、石竹科、蓼属、毛茛科、狐尾藻属等;乔木植物花粉少于Ⅰ带,占总数的 41.1%~52.2%,其中松、桦和冷杉属分别占总数的 28.2%~34.6%、4%~11.5% 和 2.7%~5.0%,其次为少量的铁杉(0.8%~2.4%)、桧木(0.8%~1.8%)、胡桃(0.8%~1.0%)、榆(0.8%~1.0%)、椴(0.8%~1.9%)和零星的云杉属(*Picea*)、栎、栗、桦、柳等属花粉;蕨类植物孢子平均占总数的 9.7%~24.2%,其中以水龙骨属、水龙骨科及凤尾蕨属孢子相对较多,分别占总数的 1.9%~7.3%、2.8%~8.9% 和 1.6%~6.5%,其次为少量的石松(0.8%~1.0%)、紫萁(0.8%~0.9%)和个别的卷柏、膜叶蕨和真蕨纲孢子。

Ⅲ带:松、桦、蒿花粉带。位于剖面上部(拔河高度约 10~20 m, T20~29)。本带的特点是,乔木植物花粉较Ⅱ带多,但比Ⅰ带少,占总数的 43.6%~58.4%,其中又以松粉及桦粉较多,分别占总数的 29.9%~40.8% 和 5.3%~11.5%,其次是冷杉,占总数的 2.7%~6.7%,还有少量的铁杉、桧木和胡

桃,分别占总数的 0.8%~2.6%、0.8%~1.8% 和 0.8%~1.6%,以及个别的栎、榆、桦、椴等属花粉;灌木及草本植物花粉较Ⅱ带少,但比Ⅰ带多,占总数的 26.4%~40.0%,其中以蒿、藜及禾本科等花粉为主,分别占总数的 15.0%~24.3%、4.8%~10.9% 和 2.7%~5.0%,其次是麻黄属和菊科花粉,分别占总数的 0.8%~2.7%、0.8%~1.8%,以及个别的榛属、伞形科、唐松草属、蓼属、杜鹃科、莎草科等植物花粉。蕨类植物孢子较少,占总数的 10.6%~22.2%,其中以水龙骨属、水龙骨科及凤尾蕨属孢子较多,分别占总数的 2.7%~6.8%、3.5%~10.3% 和 0.9%~4.5%,其次为石松、卷柏、紫萁等属和真蕨纲孢子,分别占总数的 0.8%~1.0%、0.8%~3.0%、0.8%~0.9% 和 0.8%~1.0%。

### 3.2 古植被与古气候

利用沉积物中的孢粉分析是恢复古植被、古气候的有效的基本方法之一(Minckley et al., 2000),但由于孢粉易于被风、水流等搬运,具有较强的传播能力,因而花粉与植被之间的关系复杂。尤其在青藏高原地区,低海拔的孢粉可以通过风等搬运媒介从源区迁移到高海拔地区,从而增加了应用孢粉资料恢复高海拔地区古植被和古气候的难度。但通过高山地区的一些具有指示性的孢粉种属来恢复古植被仍是一种可行的有效的方法(Spear, 1989; Jackson et al., 1994; Lynch, 1996)。此外,也可以通过迁移性较弱的花粉如云杉、冷杉、铁杉等属(Sun et al., 1999)的分布来恢复古植被。最近,吕厚远等(2004)对青藏高原现代表土中的冷杉和云杉花粉的空间分布研究认为,冷杉和云杉花粉的长距离搬运不像松粉普遍,现代青藏高原表土中的冷杉、云杉花粉的分布接近现代山地暗针叶林的地理分布,在现今青藏高原灌丛带、草甸和草原的大多数样品中冷杉和云杉花粉含量小于 2%。翁成郁等(1993)对西昆仑地区表土花粉组合与植被的数量关系研究认为现代西昆仑山干旱地区以藜、蒿、莎草、禾本、麻黄等草本植物花粉为主,与该区域内的植物是吻合的。蒿、藜、莎草花粉与植被间存在线性关系。以上研究对于恢复古植被具有重要的意义。本次样品分析中虽然孢粉的含量和种类均很丰富,但因为有些植物花粉具有很强的迁移能力,在恢复古植被时,不能简单地把它们的数量与植被对应,如松属等花粉。据吴玉书等(1995)对西藏扎布耶盐湖地区现代花粉雨的研究认为,在海拔超过 4000m 的高山草甸和灌木丛带中的松属花粉含量仍可高达 26%,并认为在高原草原区



进行第四纪孢粉研究中,如孢粉组合中出现30%以下的松粉,仍可视作无松区。可见松属花粉中非本地生产的比例很大。至于布曲剖面样品分析中所得到的现今生长于亚热带的铁杉、热带山地的罗汉松等花粉和热带蕨类植物凤尾蕨等孢子显然不是本地产生的,应考虑其从源区远距离迁移来的因素,在恢复古植被时不能当作本地植物对待。此外,由于本次用于孢粉分析的样品间距较大,孢粉资料的时间分辨率并不高,对于布曲盆地及邻区现今表土花粉与植被的数量关系尚缺乏基础性研究资料,因此根据布曲剖面的孢粉分析结果,我们仅对该湖相层沉积期间,古植被及古气候的基本特征作以下概略的分析。

在布曲剖面下部的样品中(T1~10),乔木植物花粉含量较多(49.2%~61.2%),约占各类植物花粉总数的1/2,其中喜温性的针叶裸子植物松较多(32.7%~46.0%)超过总数的1/3,但由于松粉的迁移性很强,可能有25%左右不是本地来源。桦、栎、胡桃、榆等喜温湿环境的温带阔叶被子植物相对较多,其中桦属花粉含量较多,占4.4%~11.4%,含有少量冷杉属(2.5%~6.5%)。草本植物中以广布于温带地区的蒿属居多(15%~24%),约占总数的1/6,大致可代表当时草地的主要植被。蕨类植物约占总数的1/5,以喜暖湿环境的水龙骨科较多(4.3%~10.8%)。反映剖面下部沉积时期气候温暖湿润。

剖面中段的样品中(T11~19),乔木植物桦、栎、胡桃、榆等花粉无论在种类还是在数量上都明显减少,冷杉属含量(2.7%~5.0%)和松属含量(28%~35%)也有所降低。但草本植物增多(34.7%~46.0%),约占总数的2/5,其中又以组成现今草原的三种主要草本植物蒿(15.9%~20.9%)、藜(7.1%~15.8%)及禾本科(1.6%~4.1%)为主,可占总数的1/3,而且其中性喜干凉环境的草本植物藜和麻黄(0.8%~3.0%)较多,合计可占总数的1/10以上,反映剖面中部沉积时期气候凉爽干燥。

剖面上部的样品中(T20~29),乔木植物花粉的数量(43.6%~58.4%)比剖面中段沉积时期乔木花粉数量(41.1%~52.2%)增多,但低于剖面下部样品中的数量(49.2%~61.2%),冷杉属花粉占总数的2.7%~6.7%,与剖面下部沉积时期接近。灌木及草本植物数量(26.4%~40.0%)比剖面中段样品中(33.6%~46.0%)减少,特别是其中适生于干凉环境的藜(4.8%~10.9%)、麻黄(0.8%~2.7%)都明显少于剖面中段样品中的数量(藜:7.1%~

15.8%,麻黄:0.8%~3.0%)。反映这一时期气候温和,温度及湿度比剖面中段沉积期间高,但略低于剖面下部沉积时期。

## 4 结论与讨论

布曲湖相沉积剖面的U系测年结果为88.9~56.2 ka,属于晚更新世早中期。

前人在青藏公路沿线第四纪地质调查中,对于更新世湖相沉积曾给与充分的重视,并曾在昆仑山垭口和青藏公路沿线的若干盆地中发现过早更新世湖相和三角洲相沉积,称其为“羌塘组”(钱方等,1982;刘兰锁,1982;Qian et al.,1996;崔之久等,1998)。羌塘组的ESR和热释光测年为2.8~0.9Ma(崔之久等,1998),属于早、中更新世。其他的更新世湖相沉积见于三岔河组的顶部,其热释光年代为31.65 ka(崔之久等,1998),和现代高原湖盆的外围,如青海湖(39 ka、26 ka,U系测年)、察尔汗盐湖(38.6 ka、24 ka,<sup>14</sup>C测年)等(陈克造等,1990),则属于晚更新世晚期。但对于青海高原西部晚更新世早中期是否存在湖相沉积尚未见前人报道;在青海西部地区,晚更新世早中期湖相沉积的调查研究尚存在空白。青海高原西部大部分地区在晚第四纪早中期,曾是青藏高原内流区的一部分。青藏铁路沿线有不少因近代河流的切割而消失的古湖泊,在这些现代和古代湖泊的周围,留下了不少第四纪湖沼相沉积。近年来我们在青藏铁路沿线地质调查中发现,除天然露头以外,分布在布曲盆地、沱沱河一带的铁路工程钻孔所揭露的也都是湖相层。除在布曲发现了晚更新世早中期的湖相沉积剖面之外,尚在沱沱河等地也发现了晚更新世早中期的湖相地层<sup>①②</sup>,说明在青海高原西部地区晚更新世早中期的湖相沉积不但存在,而且分布还是比较广泛的。

晚更新世青藏高原已接近于现今的高度,植被分布主要受东南或西南季风所带来的降雨和温度影响。据布曲湖相沉积剖面的孢粉分析结果,在该湖相沉积的早期和晚期,当地植被以喜温湿环境的松、桦、冷杉等乔木和蒿等草本植物为主,剖面中段沉积期间,性喜干凉环境的麻黄以及藜、蒿、禾本科等草原植被明显增多,反映剖面沉积期间气候曾经历过暖和湿润—凉爽干燥—温和湿润的波动。布曲剖面下部沉积时期,大致相当于古里雅冰心5阶段晚期,

① 青藏铁路望昆—拉萨段活动断裂勘测成果报告,2002。

② 青藏铁路活动断裂调查与地应力测量,2003。

即 5b 到 5a, 气温波动上升, 至 5a 为暖峰; 剖面中段沉积时期大致相当于 4 阶段冷期; 剖面上部沉积时期大致相当于 4 阶段晚 3 阶段早期, 气温上升。孢粉资料所反映的布曲剖面沉积时期气候的冷、暖波动与古里雅冰心中  $\delta^{18}\text{O}$  所反映的这一时期的气温变化基本一致, 气候的变化具有从末次间冰期晚期经末次冰期早冰段到末次冰期间冰段中期的特征。

布曲剖面的孢粉组合(约  $88.9 \pm 9.2 \sim 56.2 \pm 6.3$  ka BP 期间)与藏北高原纳木错地区末次间冰期以来, 尤其是  $86.5 \sim 53.7$  ka BP 阶段的孢粉组合(赵希涛等, 2003)具有相似的特征; 布曲剖面下部的孢粉组合(约  $88.9 \pm 9.2 \sim 73.7 \pm 6.8$  ka BP 期间)与青海湖湖滨在晚更新世晚期( $39 \sim 26$  ka BP)的孢粉组合(山发寿等, 1993)也具有相似的特征, 都反映暖和湿润的气候环境。上述不同时期, 据不同学者研究, 认为在青藏高原都曾出现过古大湖(施雅风等, 1999, 2002; Zheng et al., 2000; 李炳元, 2000; 赵希涛等, 2002, 2003)。从古气候的相似性和湖相沉积分布的广泛性考虑, 晚更新世早中期在青海高原西部出现古大湖的可能性也是存在的, 但对于这一问题肯定或否定的回答还须作更广泛的深入研究。布曲盆地晚更新世早中期湖相沉积的发现和孢粉分析结果, 填补了青海高原西部晚更新世古地理、古植被与古气候研究的部分空白, 在青藏高原第四纪地层对比、湖泊与水系的变迁和晚更新世气候与环境的演变等重要地质问题的讨论中均具有科学意义。

### 参 考 文 献

- 陈克造, Bowler J M, Kelts K. 1990. 四万年以来青藏高原的气候变迁. 第四纪研究, (1): 21~30.
- 崔之久, 伍永秋, 刘耕年, 葛道凯, 许清海, 庞其清, 阴家润. 1998. 青藏公路昆仑山口天然剖面记录. 见: 施雅风, 李吉均, 李炳元编. 青藏高原晚新生代隆升与环境变化. 广州: 广东科技出版社, 81~114.
- 李炳元. 2000. 青藏高原大湖期. 地理学报, 55(2): 174~181.
- 刘兰锁. 1982. 青藏公路沿线上新世—早更新世孢粉组合及其意义. 青藏高原地质文集, (4)第四纪地质, 冰川, 北京: 地质出版社, 136~150.
- 刘琦胜, 叶培盛, 赵希涛, 马志邦. 2003. 长江上源布曲盆地古湖相沉积的发现及其 U 系年龄. 第四纪研究, 23(1): 111.
- 吕厚远, 王淑云, 沈才明, 等. 2004. 青藏高原现代表土中冷杉和云杉花粉的空间分布. 第四纪研究, 24(1): 39~49.
- 马志邦, 赵希涛, 朱大岗, 吴中海. 2002. 西藏纳木错湖相沉积的年代学研究. 地球学报, 23(4): 311~316.
- 钱方, 马醒华, 吴锡浩, 浦庆余. 1982. 羌塘组 and 曲果组磁性地层的研究. 青藏高原地质文集, (4)第四纪地质, 冰川. 北京: 地质出版社, 112~147.
- 山发寿, 杜乃秋, 孔昭宸. 1993. 青海湖盆 35 万年以来植被演化与环境变迁. 湖泊科学, 5(1): 9~17.
- 施雅风, 刘晓东, 李炳元, 姚檀栋. 1999. 距今  $40 \sim 30$  ka BP 青藏高原特强夏季风事件及其与岁差周期关系. 科学通报, 44(14): 1475~1480.
- 施雅风, 贾玉连, 于革, 杨达源, 范云崎, 李世杰, 王云飞. 2002.  $40 \sim 30$  ka BP 青藏高原及邻区高温大降水事件的特征、影响及原因探讨. 湖泊科学, 14(1): 1~11.
- 翁成郁, 孙湘君, 陈因硕. 1993. 西昆仑地区表土花粉组合特征及其与植被的数量关系. 植物学报, 35(1): 69~79.
- 吴玉书, 肖家仪. 1995. 西藏扎布耶盐湖地区现代花粉雨的初步研究. 云南植物研究, 17(1): 72~78.
- 姚檀栋, Thompson L G, 施雅风, 秦大河, 焦克勤, 杨志红, 田立德, E. Mosley-Thompson. 1997. 古里雅冰芯中末次间冰期以来气候变化记录研究. 中国科学(D 辑), 27(5): 447~452.
- 赵希涛, 朱大岗, 吴中海, 马志邦. 2002. 西藏纳木错晚更新世以来的湖泊发育. 地球学报, 23(4): 329~334.
- 赵希涛, 朱大岗, 严富华, 吴中海, 马志邦, 麦学舜. 2003. 西藏纳木错末次间冰期以来的气候变迁与湖面变化. 第四纪研究, 23(1): 41~52.

### References

- Chen Kezao, Bowler J M, Kelts K. 1990. Palaeoclimatic evolution with in the Qinghai—Xizang (Tibet) Plateau in the last 40 000 Years. Quaternary Sciences, (1): 21~30 (in Chinese with English abstract).
- Cui Zhijiu, Wu Yongqiu, Liu Gengnian, Ge Daokai, Xu Qinghai, Pang Qiqing, Yin Jiarun. 1998. Records of natural exposures on the Kunlun Shan Pass of Qinghai—Xizang Highroad. In: Shi Yafeng, Li Jijun, Li Bingyuan, ed. Uplift and Environmental Changes of Qinghai—Xizang (Tibetan) Plateau in the Late Cenozoic. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 81~114 (in Chinese).
- Jackson S T, Smith S J. 1994. Pollen dispersal and representation on an isolated, forested plateau. New Phytologist, 128: 181~193.
- Li Bingyuan. 2000. Greatest lake period on the Tibetan Plateau. Acta Geographica Sinica, 55(2): 174~181 (in Chinese with English abstract).
- Liu Lansuo. 1982. The Pliocene—early Pleistocene spore-pollen assemblage along the Qinghai—Xizang highway and its significance. Contributions to the Geology of the Qinghai—Xizang (Tibet) Plateau (4). Beijing: Geol. Pub. House, 136~150 (in Chinese).
- Liu Qisheng, Ye Peisheng, Zhao Xitao, Ma Zhibang. 2003. Discovery of lacustrine deposits in Bu Qu Basin of Changjiang River source and their U-Series dating. Quaternary Sciences, 23(1): 111 (in Chinese).
- Lu Houyuan, Wang Shuyun, Shen Caiming, et al. 2004. Spatial pattern of modern Abies and Picea pollen in the Qinghai—Xizang Plateau. Quaternary Sciences, 1: 39~49 (in Chinese with English abstract).
- Luo S D, Ku T L. 1991. U-series isochron dating: A generalized method employing total-sample dissolution. Geochimica et Cosmochimica Acta, 55: 555~564.
- Lynch E A. 1996. The ability of pollen from small lakes and ponds to sense fine-scale vegetation patterns in the Central Rocky Mountains, USA. Review of palaeobotany and Palynology, 94: 197~210.
- Ma Zhibang, Zhao Xitao, Zhu Dagang, Wu Zhonghai. 2002. U-Series

- chronology of lacustrine deposits from the Nam Co Lake, north Tibet Plateau. *Acta Geoscientia Sinica*, 23(4): 311~316 (in Chinese with English abstract).
- Minckley T, Whitlock C. 2000. Spatial variation of modern pollen in Oregon and southern Washington, USA. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 112: 97~123.
- Qian Fang, Ma Xinghua, Wu Xihao, Pu Qingyu. 1982. Study on the magnetic strata from the Qiangtang and Quguo Formations. *Contributions to the Geology of the Qinghai—Xizang (Tibet) Plateau* (4). Beijing: Geol. Pub. House, 112~147 (in Chinese).
- Qian Fang, Zhang Jingqi. 1996. Discovery of the *Hipparion* sp. at the Kunlun pass of Golmud and quantitative study on neotectonism. *Journal of Geomechanics*, 2(English supplement): 139~147.
- Shan Fashou, Du Naqiu, Kong Zhaochen. 1993. Vegetational and environmental changes in the last 350 ka in Erlangzhan, Qinhai Lake. *Journal of Lake Sciences*, 5(1): 9~17 (in Chinese with English abstract).
- Shi Yafeng, Liu Xiaodong, Li Bingyuan, Yao Tandong. 1999. The correlation between the event of most strong summer monsoon and precession cycle on the Qinghai—Tibetan Plateau during 40~30 ka BP. *Chinese Bulletin*, 44(14): 1475~1480 (in Chinese with English abstract).
- Shi Yafeng, Yu Ge, Liu Xiaodong, Li Bingyuan, Yao Tandong. 2001. Reconstruction of the 30~40 ka BP enhanced Indian monsoon climate based on geological records from the Tibetan Plateau. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 169: 69~83 (in Chinese with English abstract).
- Shi Yafeng, Jia Yulian, Yu Ge, Yang Dayuan, Fan Yunqi, Li Shijie, Wang Yunfei. 2002. Features, impacts and causes of the high temperature and large precipitation event in the Tibetan Plateau and its adjacent area during 40~30 ka BP. *Journal of Lake Sciences*, 14(1): 1~11 (in Chinese).
- Spear R W. 1989. Late — Quaternary history of high elevation vegetation in the White Mountains of New Hampshire. *Ecological Monographs*, 59: 125~151.
- Sun Xiangjun, Li Xu. 1999. A pollen record of the last 37 ka in deep sea core 17940 from the northern slope of the South China Sea. *Marine Geology*, 156: 227~244.
- Weng Chengyu, Sun Xiangjun, Chen Yinshuo. 1993. Numerical characteristics of pollen assemblages of surface samples from the west Kunlun Mountains. *Acta Botanica Sinica*, 35(1): 69~79 (in Chinese with English abstract).
- Wu Yushu, Xiao Jiayi. 1995. A preliminary study on modern pollen rain of Zabuye salt lake area, Xizang. *Acta Botanica Yunnan*, 17(1): 72~78 (in Chinese with English abstract).
- Yao Tandong, Thompson L G, Shi Yafeng, Qin Dahe, Jiao Keqin, Yang Zhihong, Tian Lide, E. Mosley-Thompson. 1997. Climate variation since the last interglaciation recorded in the Guliya ice core. *Science in China (series D)*, 27(5): 447~452 (in Chinese).
- Zhao Xitao, Zhu Dagang, Wu Zhonghai, Ma Zhibang. 2002. The development of Nam Co Lake in Tibet since Late Pleistocene. *Acta Geoscientia Sinica*, 23(4): 329~334 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Xitao, Zhu Dagang, Yan Fuhua, Wu Zhonghai, Ma Zhibang, Mai Xueshun. 2003. Climatic change and lake-level variation of Nam Co, Xizang since the last interglacial stage. *Quaternary Sciences*, 23(1): 41~52 (in Chinese with English abstract).
- Zheng Mianping, Meng Yifen, Wei Lejun. 2000. Evidence of the Pan-Lake Stage in the Period of 40~28 ka BP on the Qinghai—Tibet Plateau. *Acta Geological Sinica*, 74(1): 266~272.

## Discovery of Late Pleistocene Lacustrine Deposits in the Buqu Basin of the Yangtze River Source and Its Palaeovegetation and Palaeoclimate

LIU Qisheng<sup>1)</sup>, ZHAO Xitao<sup>2)</sup>, YE Peisheng<sup>1)</sup>, HU Daogong<sup>1)</sup>, WU Zhenhan<sup>1)</sup>,  
YAN Fuhua<sup>3)</sup>, MA Zhibang<sup>2)</sup>

1) *Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100081*

2) *Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100029*

3) *Institute of Geology, China Seismological Bureau, Beijing, 100029*

### Abstract

A section of lacustrine deposits of the Late Pleistocene was discovered in the Buqu Basin of the Changjiang (Yangtze) River source. The lacustrine deposits have U-series ages of 88.9 ka to 56.2 ka. Based on the U-series dating and sporo-pollen analysis, this paper presents a discussion on the paleovegetation and paleoclimate of the Buqu Basin and its adjacent regions during the interval 88.9~56.2 ka BP of the Late Pleistocene. A preliminary study shows that the evolution of vegetation and climate has experienced features of the late stage of the last interglaciation through the early stage of the last glaciation to the middle stage of the interglaciation of the last glaciation.

**Key words:** Buqu Basin of the Yangtze River source; Late Pleistocene; lacustrine deposits; U-series age; paleovegetation; paleoclimate