

黄河源区早更新世含植物化石地层的发现及意义

张森琦^{1,2} 王永贵¹ 辛元红¹ 赵 越² 李永国¹
王占昌¹ 石维栋¹ 尚小刚¹

(1. 青海省地质调查院, 青海 西宁 810012;

2. 中国地质科学院地质力学研究所地壳变形地表过程实验室, 北京 100081)

摘要:通过对扎根加陇早更新世湖相地层(1 919.6 ka B.P.)、棒咯涌 K5 号钻孔早更新世河湖相地层(1 135.9~945.4 ka B.P.)、野牛河西岸早更新世河湖相地层(1 548.2~765.4 ka B.P.)以及产于扎根加陇早更新世湖相地层中的植物化石、各剖面孢粉资料的分析,获知黄河源区早更新世早期为亚热带山地针叶林植被景观,地层中木本植物花粉占绝对优势,以针叶植物云杉属、松属、冷杉属、铁杉属为主,是源区动植物发育的鼎盛时期;进入早更新世晚期初,乔木植物花粉迅速减少乃至全部消失,草本植物花粉大幅度增加。晚期末,孢粉出现贫化,以草本植物花粉为主,呈现荒漠草原植被景观。提出了现今黄河源区生态地质环境的形成是地质演化的必然结果。

关键词:黄河源区;早更新世;植物化石;生态环境演变

中图分类号: P534.63 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2006)01-0078-08

黄河源区(以下简称“源区”)系指黄河在青海省果洛藏族自治州玛多县玛多黄河桥以上的流域^[1]。地理坐标为东经 95°53′~98°23′、北纬 33°55′~35°30′,位于青藏高原东部,青海省境内的中南部,海拔均在 4 200 m 以上,面积 20 930 km²,属无冰川分布的多年冻土区。该地区具鲜明的内陆高寒草原气候特征,多年平均气温-3.9℃~-7.9℃,气候条件十分严酷。现代植被以高寒草甸植被和垫状植被为主,局部发育灌丛植被^{[2]①}。

从 20 世纪 60 年代起,本区陆续开展了区域地质、矿产地质及水文地质调查工作,但对早更新世地层的调查、研究主要集中于扎陵湖、鄂陵湖(以下简称“两湖”)北,布青山南的查哈西里一带,均按第四纪冰期—间冰期气候地层学方法做相对划分,时代归属为早更新世晚期^②,缺乏同位素测年资料和古生物资料,研究程度低。2001—2002 年,笔者在实施中国地质调查局“黄河源区 1:25 万生态环境地质调查”时,在“两湖”南巴颜喀拉山腹地的扎根加陇、棒咯涌 K5 号钻孔和野牛河西岸等地发现了多处早更新世湖相地层,特别是首次在扎根加陇湖相地层中发现了植物化石(图 1)。

1 剖面描述

本次发现的早更新世早期地层(Qp₁^{1d})主要分布于黄河正源卡日曲南侧支流拉浪情曲的扎根加陇左岸和拉哈涌右岸,分别有 P5 和 P6 剖面控制,两者岩性和沉积环境基本相同,以扎根加陇 P5 剖面最为典型(图版 I-1);晚期地层(Qp₁²)主要见于棒咯涌 K5 号钻孔中下部和野牛沟食宿站北的野牛河西岸 P37 剖面附近。上述地层主要分布在“两湖”南—巴颜喀拉山主脊以北的拉哈涌盆地和野马滩盆地内。

1.1 早更新世早期冲湖积地层(Qp₁^{1d})

早更新世早期冲湖积地层(Qp₁^{1d})出露于黄河正源卡日曲南,巴颜喀拉山主脊以北的拉哈涌盆地扎根加陇和拉哈涌一带,以扎根加陇一带发育最为典型。地层岩性组合(P5 剖面)为灰白、青灰—褐黄色固结砂砾石层夹细—中、粗砂,含植物化石,地层厚度 17.76 m(图 2)。

P5 剖面位于扎根加陇河南东,天然剖面出露高度 17.76 m。上部与中更新世湖相地层呈侵蚀假整合接触,下部侵蚀不整合于新近纪褐红色泥岩之上。石英颗粒 ESR 年龄为 1 919.6 ka B.P.(第 3 层,前地质矿产部水文地质环境地质

收稿日期:2005-08-15;改回日期:2005-11-05

基金项目:中国地质调查局地质大调查项目(19991230004121)资助。

作者简介:张森琦,男,1962 生,高级工程师,从事地下水资源及其环境问题与生态地质环境研究工作;E-mail: qhsddy@public.xn.qh.cn。

① 张森琦,王永贵,辛元红,等. 黄河源区 1:25 万生态环境地质调查报告,2002。

② 青海省地质矿产局. 1:20 万扎陵湖幅区域水文地质普查报告,1989。

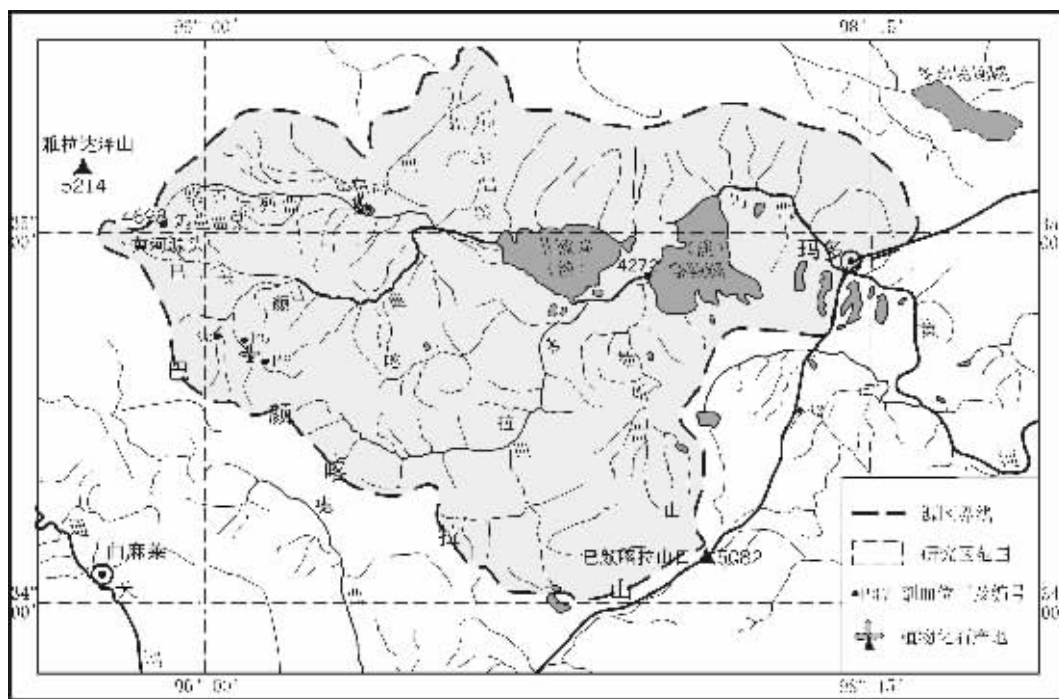


图 1 黄河源区早更新世地层剖面分布位置示意图

Fig.1 Location of the early Pleistocene stratigraphic section in the source area of the Yellow River

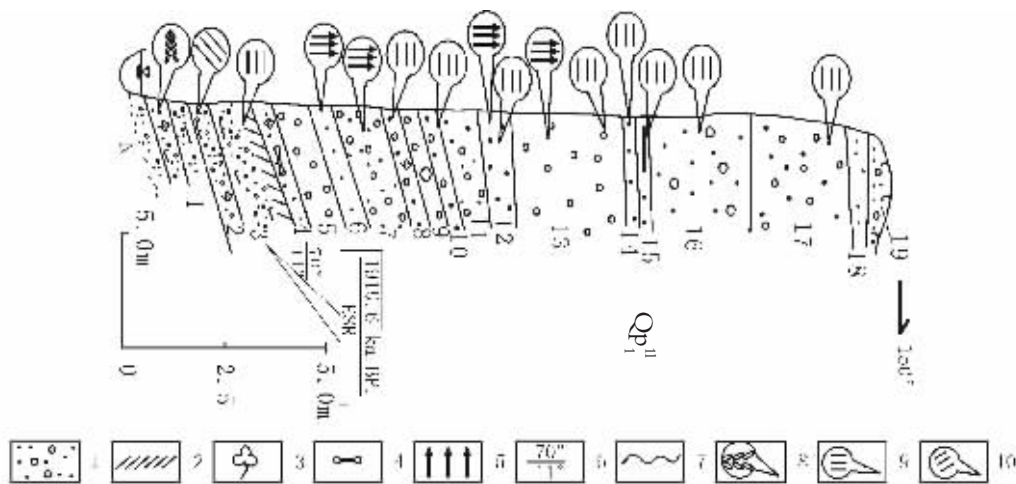


图 2 青海省曲麻莱县麻多乡扎根加陇早更新世湖相地层实测剖面(P5)

1—岩性组合花纹(见文中 P5 剖面说明);2—湖相纹泥;3—植物化石;4—脊椎动物化石;5—自下而上粒径由粗变细;
6—地层产状;7—侵蚀接触界线;8—双向斜层理;9—水平层理;10—斜层理

Fig.2 Section of early Pleistocene lacustrine strata at Zhagenjialong, Maduo Township, Qumarlêb County, Qinghai (P5)

1—Lithologic pattern (see the explanation of section P5 in text);2—Lacustrine varve;3—Plant fossil;4—Vertebrate fossil;5—Upward fining sequence;
6—Attitude (dip/angle);7—Disconformity;8—Herringbone cross-bedding;9—Horizontal bedding;10—Cross bedding

图版 I (plate I)



1—扎根加陇早更新世湖相地层剖面全景；
2~5—扎根加陇早更新世湖相地层中的植物化石
1—Full View of the early Pleistocene lacustrine strata in Zhagenjialong; 2~5—Plant remains in the pleistocene lacustrine strata in Zhagenjialong

研究所第四纪实验室测试,下同)。本剖面多层含有植物化石,以第四层为最多,木本植物茎干常见,直径最大达 40 cm (图版 I—2~5),经南京古生物研究所鉴定为裸子植物,另外还见有脊椎动物骨骼化石,但鉴定给出的地层时代跨度较大(N—Q),不具断代意义。剖面地层组合由顶至底依次为:

上覆地层:中更新世早期湖积青灰—黑色砂砾卵石层

—————侵蚀不整合接触—————

早更新世早期冲湖积地层(Qp₁^{1d}) 总厚度 17.76 m

19.灰黑色含细砾粉砂层。富含现代植物根系 厚度 0.30 m

18.褐黄色粉砂层 0.40 m

17.青灰—褐红色含砾粗砂层。中间偶夹褐红色铁质结核层(厚度 5cm) 2.30 m

16.青灰—褐红色砂砾石层。具水平层理,褐红色铁锰质结核发育 2.70 m

15.土黄—褐红色泥质粉砂层。富含褐红色铁锰质结核 0.20 m

14.青灰—褐黄色细砂层。具水平层理 0.27 m

13.青灰—褐黄色砾石层。粒度自下而上由粗变细,具水平层理 2.70 m

12.灰绿—褐黄色砂层。自下而上由粗砂→中砂→细砂呈规律性过渡,具水平层理 0.80 m

11.青灰—褐红色砂砾石层 0.90 m

10.青灰—褐红色含细砾粗砂层。具水平层理 0.30 m

9.褐红色砾石层。局部夹褐红色铁锰质结核透镜体 0.60 m

8.褐红—灰绿—灰黑色含砾粗砂层。具水平层理 0.30 m

7.灰白—褐黄色砂砾石层。粒度自下而上由粗变细 1.20 m

6.青灰色砂层。自下而上由粗砂→中砂→细砂呈规律性过渡 0.60 m

5.灰白—褐黄色砾石层。自下而上粒径无明显变化 0.70 m

4.褐红色(风化面)、土黄色(新鲜面)中层状固结细砂岩与灰绿色中层状细砂层。富含木本植物化石及脊椎动物化石 0.40 m

3.褐黄(下部)—灰白色(中部)泥钙质砂砾石层 1.06 m

2.灰绿—褐黄色泥钙质胶结砂砾石层。局部夹褐黄色粗砂透镜体,砾石自下而上由粗变细,含植物化石碎片 0.48 m

1.褐黄—灰绿色泥钙质胶结砂卵砾石层。砾石自下而上由粗变细,含植物化石碎片,砾石具典型的双向斜层理,产状:300°∠5°、105°∠22° 1.55 m

—————侵蚀不整合接触—————

下伏地层:新近纪褐红色泥岩

1.2 早更新世晚期—冲湖积地层(Qp₁^{2d})

该套地层见于 K5 号钻孔中下部、野牛河西岸 P37 剖面、洛云年渣北西 P21 剖面及阿莫清桑一带。在棒咯涌 K5 号钻孔中见到的地层岩性为灰绿色深湖相亚粘土,石英颗粒 ESR 年龄为 1 135.9~945.4 ka BP.,控制厚度 19.20 m,侵蚀不整合于新近纪褐红色含砾泥岩之上;野牛沟食宿站北野牛河西岸

P37 剖面控制的地层岩性为冲湖积砂砾卵石夹粉砂层,未见底,顶部被侵蚀,出露不全,石英颗粒 ESR 年龄为 1 548.2~765.4 ka B.P.;洛云年渣北西 P21 剖面控制的地层岩性以冲湖积为主,颗粒较粗,以冷色调为主。底部为褐黄色固结砂砾岩夹细粒钙质长石岩屑杂砂岩(薄片鉴定结果),上部为弱固结灰绿色砂砾石夹中粗砂层,厚度 19.20 m,侵蚀不整合于新近纪泥岩之上,石英颗粒 ESR 年龄为 840.7~746.6 ka B.P.。

1.2.1 K5 号钻孔岩心剖面

棒咯涌 K5 号钻孔揭露该套地层自上而下依次为:

上覆地层:中更新世早期湖积含砾亚砂土层

—————侵蚀不整合接触—————

早更新世晚期湖积地层(Qp₁^{2d}) 总厚度 19.20 m

10.灰黑色亚粘土。干时岩心断裂面参差不齐,颜色自下而上由深变浅 厚度 10.0 m

11.灰绿色亚粘土。干时易碎成不规则块状 2.70 m

12.灰黑色亚粘土。干时岩心断裂面呈油脂光泽 1.00 m

13.灰绿色亚粘土。干时易碎成不规则碎块 0.60 m

14.灰黑色亚粘土。含棕黑色或黑色木炭屑 0.40 m

15.浅灰色亚粘土。干时易碎成块 1.40 m

16.灰黑色亚粘土。含棕黑色或黑色木炭屑 0.50 m

17.浅灰色亚粘土。干时易碎成块 0.20 m

18.灰黑色亚粘土。含木炭屑 0.50 m

19.浅灰色亚粘土。质纯,干时易碎成块 0.90 m

20.黑色亚粘土。较致密,含木炭屑 0.30 m

21.浅灰色亚粘土。岩性单一,质纯 0.70 m

—————侵蚀不整合接触—————

下伏地层:新近纪褐红色含砾泥岩

1.2.2 野牛河西岸 P37 剖面

该剖面位于野牛河西岸侵蚀陡坎上,天然剖面高 14.97 m,剖面顶底不全(图 3)。该套地层自上而下依次为:

上覆地层:全新世残坡积含砾亚砂土层

—————侵蚀不整合接触—————

早更新世晚期湖积地层(Qp₁^{2d}), 总厚度 14.97 m

13.灰黑色含砾粉砂层。砾石磨圆度较好,富含腐殖质及植物根系厚度 0.30 m

12.青灰色砂砾卵石层夹土黄色含砾粉砂。包卷层理发育,青灰色砂砾卵石磨圆度极好,石英颗粒 ESR 年龄为 765.4 ka B.P. 4.15 m

11.浅红色泥质砂卵砾石层。局部夹青灰色砾石透镜体,砾石磨圆度极好,多呈扁圆—浑圆状,砾石最大扁平面优势产状为 121°∠16° 0.72 m

10.黄色砂砾卵石层。磨圆度极好,多呈扁平状、长条状,具斜层理,自下而上逐渐变缓,至顶部过渡为水平层理。下部多见褐红色粉砂透镜体。斜层理产状:底部 50°∠31°,中部 42°∠15°,顶部 249°∠11° 2.50 m

9.土黄色砂砾卵石层与灰黑色卵砾石层不等厚交替产出。

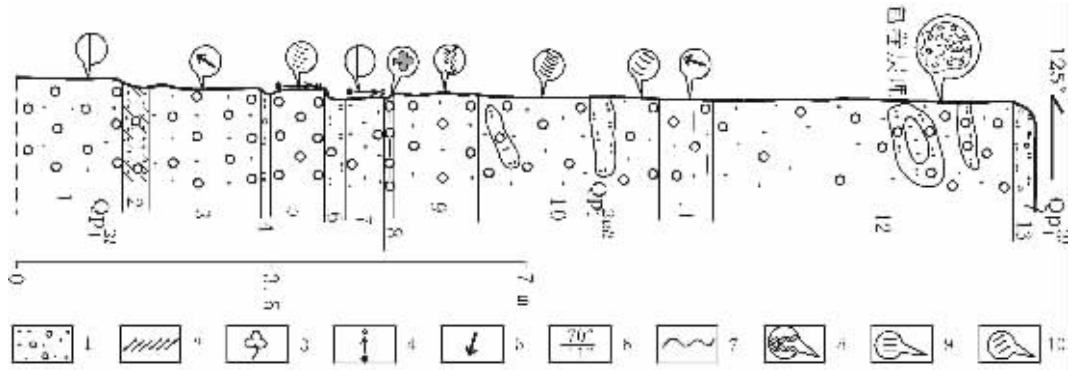


图3 青海省玛多县黑河乡野牛沟西岸早更新世晚期河湖相地层实测剖面(P37)

- 1—岩性组合花纹;2—湖相纹泥;3—植物化石;4—由底至顶由粗变细;5—古流方向;
- 6—地层产状;7—侵蚀接触界线;8—双向斜层理;9—水平层理;10—斜层理

Fig.3 Section of early Pleistocene lacustrine strata on the west bank of the Yeniu Gully, Heihe Township, Madoi County, Qinghai (P37)

- 1-Lithologic pattern (see the explanation of section P5 in text);2-Lacustrine varve;3-Plant fossil;4- Upward fining sequence;5-Direction of paleocurrents;6-Attitude (dip/angle);7-Disconformity;8-Herringbone cross-bedding;9-Horizontal bedding;10-Cross bedding

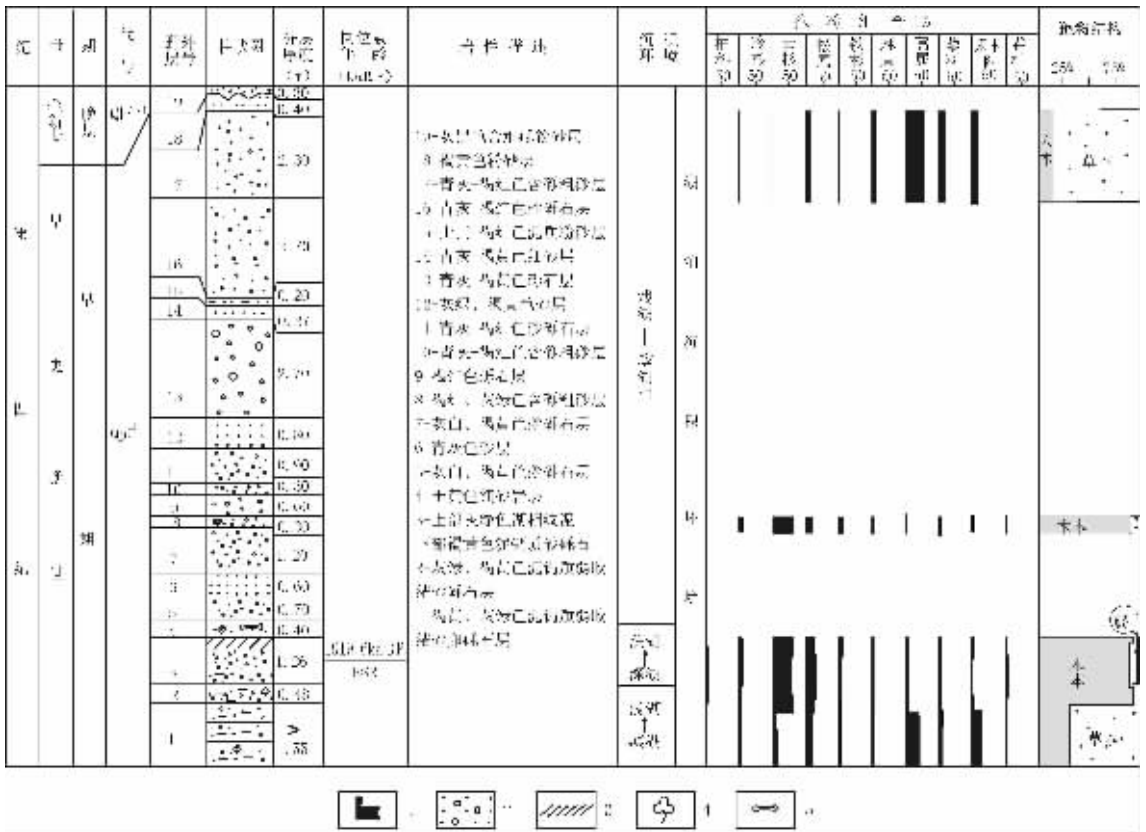


图4 扎根加陇早更新世湖相地层综合柱状图

- 1—孢粉棒节图;2—岩性组合见“岩性描述”栏对应层说明;3—湖相纹泥;4—植物化石;5—脊椎动物化石

Fig.4 Composite column of early Pleistocene lacustrine strata of Zhagenjialong

- 1- Sporopollen assemblage;2-Lithologic assemblage (see the explanation of the related beds of the column of lithologic description);
- 3-Lacustrine varve;4-Plant fossil;5-Vertebrate fossil

- | | |
|--|--|
| <p>磨圆度好,多呈扁圆、浑圆状,具双向斜层理,产状:
218°∠33°,65°∠29°。总体具上粗下细的逆粒序
沉积特征</p> <p>1.18 m</p> <p>8.褐红色泥质卵石层。磨圆度好,多呈浑圆状,含植物
化石碎片</p> <p>0.12 m</p> <p>7.灰黄色含砾粗砂层。磨圆度好,多呈扁圆状,具水平
层理,自下而上砾石含量趋少,粒径趋小,石英颗
粒 ESR 年龄 818.9 ka B.P.</p> <p>0.53 m</p> <p>6.褐黄色含砾粉砂层。磨圆度一般,呈次棱角一次圆状,
层面水平</p> <p>0.27 m</p> <p>5.褐黄色砾石层夹灰黑色卵砾石层。二者比例约为 3:1,
磨圆度均较好,以扁圆、浑圆状为主。具斜层理,产
状:45°∠27°,45°∠12°,顶部渐变为近水平,石英颗粒
ESR 年龄 1548.2 ka BP.</p> <p>0.79 m</p> | <p>4.浅褐红色含砾粉砂层。磨圆度好,多呈次圆—浑圆状,
具水平层理</p> <p>0.09 m</p> <p>3.褐黄色砂砾卵石层夹灰黑色砾石层。磨圆度均好,
多呈扁圆—浑圆状,前者富含铁质,后者有碳质包
裹现象。砾石定向排列,具水平层理</p> <p>1.55 m</p> <p>2.褐黄色含砾亚砂土层。砾石磨圆度一般,呈次棱角
一次圆状,个别为浑圆状,砾石杂乱分布于亚砂土
中,且含有星点状碳质团块</p> <p>0.37 m</p> <p>1.土黄色砂砾卵石层。磨圆度好,呈浑圆状及扁圆状,
具水平层理</p> <p>1.40 m</p> <p>—————未见底—————</p> <p>从地层的空间分布分析,早更新世拉哈涌盆地—野马滩
盆地可能构成一似连非连、范围较大的古湖盆,也有可能与
“两湖”北—布青山南早更新世古湖连为一体。</p> |
|--|--|

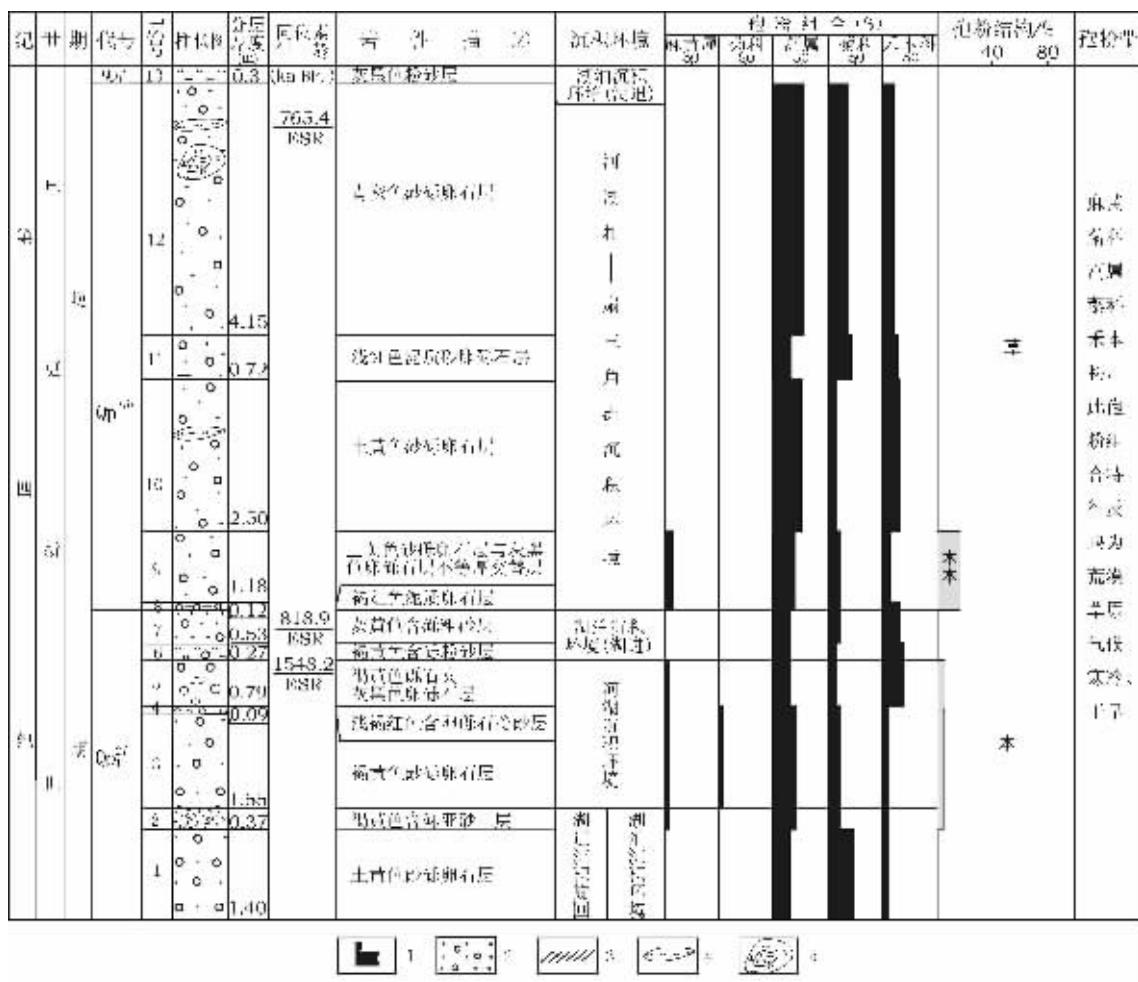


图 5 野牛沟西岸早更新世晚期河湖相地层综合柱状图

1—孢粉棒节图;2—岩性组合花纹纹“岩性描述”栏对应层说明;3—湖相纹泥;4—透镜体;5—包卷层理

Fig.5 Composite column of early Pleistocene fluvio-lacustrine strata on the west bank of the Yeniu Gully

1-Sporopollens assemblage;2-Lithologic assemblage (see the explanation of the related beds of the column of lithologic description);

3-Lacustrine varve;4-Lens;5-Convoluted bedding

2 黄河源区早更新世地层的划分及时代讨论

依据上述早更新世不同时期地层的空间分布、同位素年龄、岩性及孢粉组合等可以看出,扎根加陇一带 P5、P6 剖面控制的地层处于早更新世地层的底部,总体为成湖之初的滨湖—浅湖相沉积;K5 号钻孔见遇的地层形成于早更新世中期,为大湖期深湖相沉积;野牛河西 P37 剖面控制的地层则处于早更新世地层的顶部,代表着湖泊萎缩、消退与河流回春阶段的沉积,总体构成相对完整的沉积旋回。

3 地层剖面记录的生态环境地质演变信息

3.1 早更新世早期生态环境演变

根据扎根加陇剖面的地层岩性组合、同位素测年资料及孢粉分析成果等综合分析,早更新世早期,黄河源区呈现出亚热带山地针叶林植被景观。剖面地层中孢粉丰富,孢粉组成中木本植物花粉占绝对优势,占花粉总量的 30.4%~94.5%,以针叶植物花粉云杉属、松属为主,还有冷杉属、铁杉属和松科等。灌木植物花粉有麻黄属、杜鹃科和白刺属等;草本植物花粉占 4.4%~69.6%,有蒿属、禾本科、藜科、毛茛科、豆科和唇形科等。另外还有喜湿的蕨类植物孢子卷柏属和水龙骨科。根据上述孢粉资料分析,当时黄河源区气候凉湿,适于针叶植物生长发育。综合对比表明该时期是黄河源区动植物发育的鼎盛时期,到处是一片郁郁葱葱的针叶林植被景观和动物乐园。后期气候逐渐向干冷趋势发展,孢粉含量减少(图 4)。

其辅助剖面 P6 记录的早更新世早期生态环境演变与本剖面基本吻合,两剖面的古生态环境指标均确切反映出了该时期黄河源区古生态环境的景观特征。

3.2 早更新世晚期生态环境演变

3.2.1 早更新世晚期中间阶段生态环境演变(K5 钻孔剖面)

孔内早更新世中—晚期湖相地层的孢粉组成表明,卡日曲流域在早更新世早、晚交替时期,生态环境经过短暂的恶化后,进入晚期中间阶段,一度变得适宜动植物的生长和发育。位于钻孔底部的热释光测年结果为 1135.8 ka B.P.,中部为 945.4 ka B.P.。5 件孢粉样分析成果表明本段孢粉丰富,木本植物花粉占孢粉总数的 71.4%~91.6%,以云杉属、松属为主;落叶阔叶植物花粉有榆属、漆树属、桦属和柳属等;灌木植物花粉有麻黄属及怪柳科;草本植物花粉占 8.40%~28.6%,以蒿属、藜科、禾本科为主,还有莎草科、唇形科、菊科、毛茛科、唐松草属和律草属等;蕨类植物孢子可见水龙骨科。

3.2.2 野马滩地区早更新世晚期生态环境演变(P37 剖面)

根据测年结果和孢粉资料分析,该区从早更新世早期末

进入晚期初,生态环境发生了明显的变化,出现生态环境恶化现象,表现在乔木植物花粉迅速减少乃至全部消失,草本植物花粉大幅度增加等方面。进入晚期,孢粉出现贫乏,且以草本植物花粉为主,有蒿属、藜科、禾本科、豆科、毛茛科和唇形科等;灌木植物花粉仅见麻黄属。以上孢粉组合特征与变化表明,早更新世晚期喜凉湿的乔木植物及灌木植物全部消失,野马滩地区演变为荒漠草原植被景观,气候变得寒冷、干旱(图 5),气候及生态环境较其早期明显变差。

4 结 论

(1)早更新世早期黄河源区为亚热带山地针叶林植被景观,地层中木本植物花粉占绝对优势,以针叶植物云杉属、松属、冷杉属、铁杉属为主,是源区动、植物发育的鼎盛时期;进入早更新世晚期初,乔木植物花粉迅速减少乃至全部消失,草本植物花粉大幅度增加。晚期末,孢粉出现贫乏,以草本植物花粉为主,呈现荒漠草原植被景观。

(2)黄河源区生态环境地质调查新获得的黄河源区较完整的早更新世地层资料表明,黄河源区早更新世无冰川活动,以内陆湖泊环境为主,早期呈现亚热带山地针叶林植被景观,是源区动植物发育的鼎盛时期,当时海拔低,降水量大,生态地质环境状况良好。

(3)源区早更新世早期扎根加陇湖相地层中直径达 40 cm 的植物茎干化石及针叶植物云杉属、松属、冷杉属、铁杉属孢粉到现代黄河源区被高寒草甸植被和垫状植被主宰的生态环境逆向演替,说明以高原隆升为主因的自然地质作用是导致黄河源区生态地质环境不断趋于恶化的主要地质原因之一。

参考文献(References):

- [1] 青海省地方志编纂委员会.青海省志(七)·长江黄河澜沧江源志[M].郑州:黄河水利出版社,2000.217.
Compilation Committee of the Chronicles of Qinghai Province. Chronicles of Qinghai Province (VII): Sources of the Yangtze River, Yellow River and Lancang River [M]. Zhengzhou: Yellow River Water Conservancy Publishing House, 2000.217 (In Chinese).
- [2] 张森琦,王永贵,赵永真,等.黄河源区多年冻土退化及其环境反映[J].冰川冻土,2004,26(1):1~6.
Zhang Senqi, Wang Yonggui, Zhao Yongzhen, et al. Permafrost degradation and its environmental response in the Yellow River[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2004, 26 (1): 1~6 (in Chinese with English abstract).

Discovery of early Pleistocene strata containing plants fossils in the source area of the Yellow River and significance

ZHANG Sen-qi^{1,2}, WANG Yong-gui¹, XIN Yuan-hong¹, ZHAO Yue², LI Yong-guo¹,
WANG Zhan-chang¹, SHI Wei-dong¹, SHANG Xiao-gang¹

(1. Qinghai Institute of Geological Survey, Xining 810012, Qinghai, China;

2. The Key Laboratory of Crust Deformation and Processes, Institute of Geomechanics,
Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: The authors analyzed early Pleistocene lacustrine strata at Zhagenjialong (1919.6 ka B.P.), in borehole K5 (1135.9–945.4 ka B.P.) and on the west bank of the Yeniu River (1548.2–765.4 ka B.P.) and fossil plants and sporopollen data in various section in early Pleistocene lacustrine strata at Zhagenjialong. The analytic results show that in the early part of the early Pleistocene there occurred a subtropical hilly coniferous forest vegetation landscape in the source area of the Yellow River, and that in the strata woody plants predominate, mainly including needle leaf plants such as *Picea*, *Pinus*, *Abies* and *Tsuga*, indicating a flourishing period of animal and plant growth in the source area. At the beginning of the late Early Pleistocene, pollen of arborous plants was rapidly reduced and even all disappeared, and pollen of herbaceous plants increased significantly. At the end of the late part, sporopollen was diluted, with pollen of herbaceous plants predominating, showing a landscape of desert steppe vegetation. The formation of the present eco-geological environment in the source area of the Yellow River is the inevitable result of geological evolution.

Key words: source area of the Yellow River; early Pleistocene; plant fossil; eco-environmental evolution

About the first author: ZHANG Sen-qi, male, born in 1962, senior engineer and master, engages in the study of groundwater resources and its environment problems and eco-geological environment; E-mail: qhsddy@public.xn.qh.cn.