

青海扎陵湖和鄂陵湖盆地第四纪河湖相地层研究

朱大岗 孟宪刚 邵兆刚 韩建恩 王 津 余 佳 吕荣平 钱 程

(中国地质科学院地质力学研究所, 国土资源部新构造运动与地质灾害重点实验室, 北京 100081)

摘要:通过对扎陵湖和鄂陵湖沿岸的湖积阶地中湖相沉积的野外地质调查和实测剖面, 对分布于盆地内的第四纪早更新世—全新世湖相地层进行了详细的研究和划分, 重新厘定了该区第四纪岩石地层单元, 确立了生物地层和年代地层序列。建立了青海东南部地区第四纪早更新世—全新世湖相地层单元—黄河源群(QH), 黄河源群是由第四系下更新统野牛沟组(Qp¹y)、中更新统鄂陵湖组(Qp²e)、上更新统大野马岭组(Qp³d)和全新统黑河乡组(Qh^h)等 4 个组组成。为青藏高原湖泊演化、气候变化、古地理变迁研究, 以及第四纪地层的划分与对比等提供了新资料。

关键词:青海扎陵湖和鄂陵湖; 更新世—全新世; 湖相地层; 黄河源群

中图分类号: P534.63 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2009)06-1218-15

青藏高原是中国海拔最高、湖泊最多的地区, 青海外流区是中华母亲河长江与黄河的发源地^[1]。其中, 位于青海省东南部的扎陵湖和鄂陵湖(在北纬 34°45′~35°05′、东经 97°02′~97°55′一带), 则是黄河的源头湖和该外流区内面积最大的两个大湖^[2]。鄂陵湖又名错鄂湖, 是青藏高原第一大淡水湖, 似钟形, 长轴近南北向延伸; 扎陵湖又名错加郎, 呈不对称菱形, 长轴东西向延伸^[3]。扎陵湖和鄂陵湖扎陵湖盆地介于巴颜喀拉山与其北面的阿尼玛卿山之间, 为一晚新生代断陷盆地。盆地呈 NW-SE 向展布, 长约 500 km, 宽约 150 km, 海拔为 4000~4500 m, 属高原地带。盆地的基底为侏罗纪泥灰岩、砂岩、浅变质岩, 上面不整合堆积了拔湖数百米、厚数十米的第四纪早更新世—全新世湖相沉积地层^[4]。为研究青藏高原第四纪以来的湖泊演化、气候变化、古地理变迁、湖相地层划分等提供了有利的记录。

笔者在开展“青藏高原新构造及晚新生代古大湖研究”、“晚新生代构造气候变动对黄河水系演化影响研究”等项调查研究工作中, 根据野外观测、实

测地层剖面和 ESR 法测年、孢粉分析、介形虫化石鉴定等资料, 结合沉积相、岩相组合等特征, 首次将该地区的第四系下更新统—全新统(河湖相沉积地层)命名为黄河源群(QH), 并将其从新到老划分为: 第四系全新统黑河乡组(Qh^h)、上更新统大野马岭组(Qp³d)、中更新统鄂陵湖组(Qp²e)和下更新统野牛沟组(Qp¹y)(图 1)。

1 扎陵湖和鄂陵湖盆地河湖相地层研究沿革

国内学者对青海东南部扎陵湖和鄂陵湖盆地河湖相地层的研究, 最早起始于 20 世纪 40 年代^[4], 但真正开展地质调查与研究工作的则是 20 世纪 80 年代。前人仅少量报道过扎陵湖和鄂陵湖的湖岸阶地、古湖岸线、第四纪环境与第四纪湖相沉积地层^[5-9]。

王天祯^[7]将青海黄河源地区的第四纪地层划分为 4 个部分, 下更新统以粉砂、亚砂土、亚粘土夹砂砾石层河湖相沉积为主; 中更新统其堆积物主要为冰碛的泥砾和冰水沉积的泥质砂砾卵石; 上更新统

收稿日期: 2009-04-09; 改回日期: 2009-08-16

基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目“青藏高原新构造及晚新生代古大湖研究”(1212010610108)、“青藏高原第三纪重点古湖泊环境演变序列”(1212010511902)、“晚新生代构造气候变动对黄河水系演化影响研究”(1212010711705)和国家自然科学基金项目(40572134)共同资助。

作者简介: 朱大岗, 男, 1951 年生, 研究员, 博士生导师, 从事区域地质、沉积相与古环境研究; E-mail: dagangzhu@sohu.com。

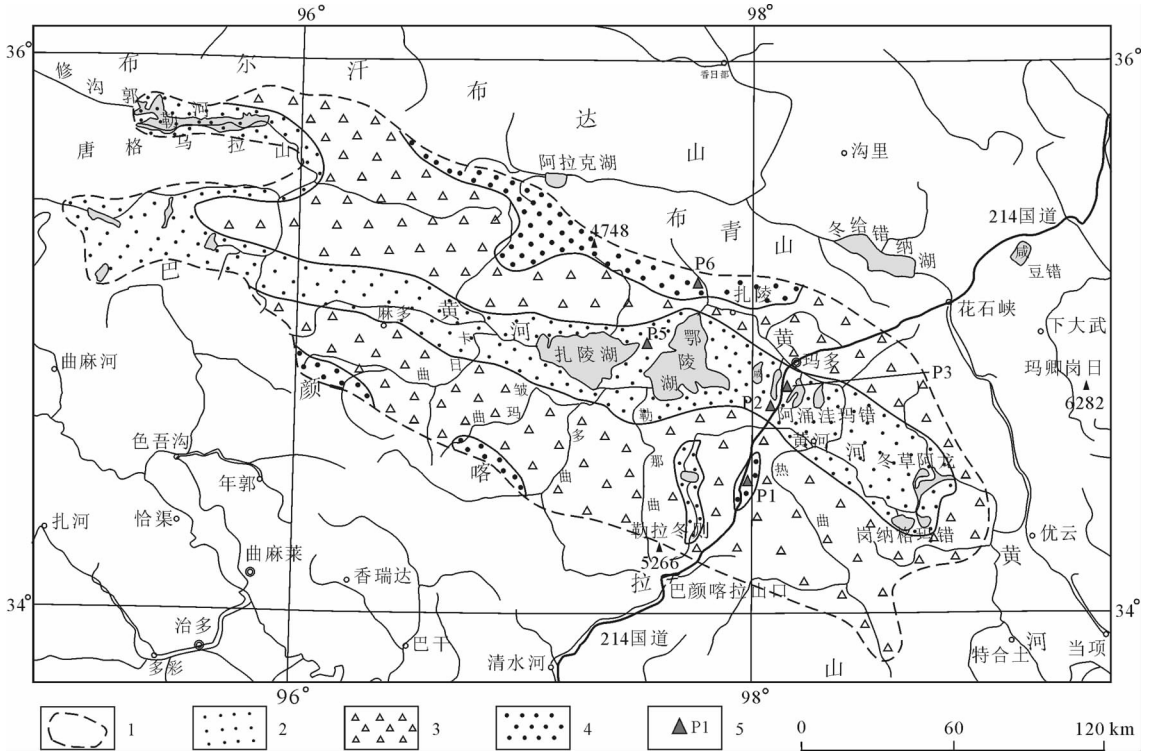


图 1 青海省巴颜喀拉山北麓河湖相地层分布简图

- 1—巴颜喀拉山北麓河湖相沉积的分布范围;2—全新统黑河乡组(Qh)地层集中分布区;
- 3—上更新统大野马岭组(Qp^{3d})和中更新统鄂陵湖组(Qp^{2e})地层零星分布区;
- 4—下更新统野牛沟组(Qp^{1y})地层集中分布区;5—实测剖面位置及编号

Fig. 1 Distribution of the river and lacustrine facies strata in northern Bayankala Mountain area, Qinghai Province

- 1- Distribution of the river and lacustrine facies strata in northern Bayan Har Mountains; 2- Distribution of stratigraphic zones of Heihexiang Formation in Holocene; 3- Distribution of stratigraphic zones of Dayemaling Formation (Qp^{3d}) in Upper Pleistocene and Elinghu Formation (Qp^{2e}) in Middle Pleistocene;
- 4- Distribution of stratigraphic zones of Yeniugou Formation (Qp^{1y}) in Lower Pleistocene;
- 5 - Location of the measured profile and its serial number

其堆积物为冰碛泥砾、冰水相泥质砂砾卵石湖相粉细砂夹砂砾石、冲洪积砂砾卵石;全新统主要堆积物为冰碛泥砾、冲积砂砾卵石、湖积粉细砂及风积砂。但湖相地层出露零星。王绍令等^[8]认为本区湖相沉积虽在整个第四纪时期均有沉积,但主要发生在早更新世,其他时间湖相沉积均不发育,且早更新世、中更新世和上更新世湖相地层只分布在扎陵湖和鄂陵湖的北岸,只有全新世的湖积物才分布于湖滨地带;还根据鄂陵湖滨 200 m 钻孔资料推测,该湖盆属构造湖,湖盆是由断陷形成,其形成时代属中更新世—晚更新世。徐叔鹰^[9]根据 ¹⁴C 测年结果,认为本区湖相沉积的形成时代为晚更新世—全新世。程捷等^[10]将青海东部地区的湖泊演化划分为早更新世、中更新世和晚更新世—全新世 3 个阶段,并认为该

区早更新世的湖泊范围小,范围也局限于鄂陵湖—扎陵湖的以北地区;中更新世的湖泊范围明显扩大,在位置上也较早更新世的湖泊南移,同时也向东扩展,而此时早更新世的湖泊早已消亡;晚更新世的湖泊经历了两次扩张—收缩变化;到了全新世,除现今还发育的几个湖泊外,大多数地区的湖水已退出,基本上转变为河流环境。

综上所述,前人对扎陵湖和鄂陵湖盆地虽多次进行了调查与研究,但主要是从地貌与环境演变的方面进行的,并未建立新的地层单位。而且在第四系下更新统—全新统河湖相地层方面所做的工作不多,很少涉及第四纪地层厘定、划分与建组工作。因此,本区第四纪河湖相地层序列尚未划分、地层剖面尚未建立起来。

2 扎陵湖和鄂陵湖盆地湖相地层的首次厘定与划分

从地质背景上讲,扎陵湖和鄂陵湖盆地分布在巴颜喀拉、阿尼玛卿南缘与东昆仑南缘—阿尼玛卿这3条左行走滑断裂的交汇部位,南北由巴颜喀拉主脊和东昆仑山、阿尼玛卿山所围限,东、西边界出现一系列不规则的北东走向的小型断块山,使盆地北西端山脉成三角形山体,南西侧则形成北西向延展的山脊线直角相交于北东向山体之上的地貌伸展变形的独特现象^[4,11]。分别注入扎陵湖、鄂陵湖的约古宗列曲、卡日曲、多曲、勒那曲、扎曲,同处于一个NW—SE走向,长约500 km,宽150 km的狭长谷地中。

2.1 扎陵湖和鄂陵湖地区的第四系概况

在青海东南部扎陵湖和鄂陵湖地区进行野外地质调查和实测河湖相沉积地层工作中,笔者通过大量的路线观察、剖面测量、样品采集等细致的野外工作,确定了4个组的顶、底和该套河湖相地层的厚度,并采集到了大量的测试分析样品。

第四系在青海东南部扎陵湖和鄂陵湖一带十分发育,王绍令等^[8]将分布于扎陵湖和鄂陵湖北查哈西里及哈拉滩一带,呈台地或长梁状地形的河湖相沉积物(Q₁^{2dl}),确定其厚度为149 m;徐叔鹰^[9]根据鄂陵湖滨钻孔资料认为第四系的厚度>200 m;程捷等^[10]根据黄河源区河谷中钻孔第四系对比,认为该剖面发育有早更新世、中更新世、晚更新世和全新世河湖相地层,其累积的总厚度>230 m。

2.2 扎陵湖和鄂陵湖盆地第四纪河湖相地层的首次厘定与划分

笔者把青海东南部扎陵湖和鄂陵湖沿岸 T₁ 湖积阶地一直到高位湖相沉积 T₂₉ 中出露的湖相地层,首次厘定为黄河源群(QH)。根据该套湖相沉积中沉积物的岩性、固结程度和岩相的变化,尤其是其中特征的湖积阶地和多级高位湖相沉积的地貌特征、产出位置、相互关系,可将这套近水平产出、以湖积堆积阶地为主的湖相沉积—黄河源群(QH),从新到老首次划分为:第四系全新统黑河乡组(Qhh)、第四系上更新统大野马岭组(Qp^{3d})、第四系中更新统鄂陵湖组(Qp^{2e})和第四系下更新统野牛沟组(Qp^{1γ})(表1)。

3 剖面特征和湖相地层

3.1 扎陵湖和鄂陵湖地区湖相沉积的剖面特征

根据环湖分布湖积阶地的调查表明,扎陵湖和鄂陵湖沿岸发育有多级湖积阶地,分别高出现代扎陵湖(其湖面海拔为4287 m)、鄂陵湖(其湖面海拔为4268 m)3~12 m、15~22 m、25~30 m、35~45 m,以及拔湖50~350m的多级高位湖相沉积。这些湖积阶地多沿湖缘、湖边高地和山坡分布,阶地前缘相对高一般为0.2~2.0 m。其保存厚度在100~50 cm至30~20 cm,越向上越薄,高位湖相沉积多与坡积物一起构成一个个高度不等的小台阶,因而难以区分出它们究竟属于哪一级阶地。它们均由水平层理发育、有时有清晰的微层理和分选良好的砂、粉砂、粘土、亚

表1 青海扎陵湖和鄂陵湖盆地第四纪地层划分沿革
Table 1 Variations of the Quaternary stratigraphic division in Zhaling Lake and Eling Lake basin of Qinghai Province

时代	王天祯 ^[7] (1989)	王绍令等 ^[8] (1992)	徐叔鹰 ^[9] (1995)	程捷等 ^[10] (2005)	本文 (2009)	
第四系	全新统	冰碛、冲积、湖积、风积	冰碛、冲积、湖积、风积	冰碛、冰水沉积、湖积	河流沉积、洪积和湖积	黑河乡组(Qhh)
	上更新统	冰碛、冰水、湖积、冲洪积	冰碛、冰水沉积、湖积、洪积	冰碛、冰水沉积、湖积	湖积、冰碛、冰水沉积、洪积和河流沉积	大野马岭组(Qp ^{3d})
	中更新统	冰碛和冰水沉积	冰碛、冰水沉积、湖积	冰碛、冰水沉积、湖积	湖积、冰碛和冰水沉积	鄂陵湖组(Qp ^{2e})
	下更新统	河湖相沉积	洪积、坡积、河湖相沉积		河湖相沉积	野牛沟组(Qp ^{1γ})

砂土和亚粘土组成。有的地点还产有野牦牛化石(隆埂曲上游一级阶地)、鼠兔和鼠类牙齿化石(大野马岭一、二级阶地)。湖积物以细砂、粘土、泥质粉砂层等湖相沉积为主,其次为砂砾层,砾石含量 5%~80%,以 30%~70%者居多,砾石磨圆度、分选性均较好,成分复杂,有片岩、硅质岩、花岗岩、灰岩、砂岩等。

3.2 扎陵湖和鄂陵湖地区湖相沉积地层

扎陵湖和鄂陵湖沿岸的黄河源群(QH)实测剖面(P₁~P₃、P₅)表明,出露的湖相地层的总厚度>42.99 m。根据该湖相地层剖面中的沉积物差异、堆积物位置不同、阶地关系、地层年龄等特征,可将环扎陵湖和鄂陵湖分布的 T₄ 湖积阶地和高位湖相沉积中的湖相地层划分为 4 个组。每个组的分层、岩性、所含化石、接触关系等基本特征,从新到老概述如下:

3.2.1 第四系全新统黑河乡组(Qhh)

第四系全新统黑河乡组(Qhh)分布于扎陵湖和鄂陵湖沿岸及其狭长谷地中的一级阶地(T₁),实测剖面(P₃)位于玛多县黑河乡东,该处地层出露最完整,故命名为黑河乡组(图 2)。剖面位置为 E98° 8.133', N34° 48.110', 海拔 4252 m(GPS 测量),出露的地层为 T₁ 堆积阶地,靠近湖岸,厚度为 1.79 m,可分为 6 层(图版 I-1)。

上覆:地表土 0.15 m

全新统黑河乡组(Qhh):	1.79m
6.泥质中细粒砂层,含螺壳化石	0.30 m
5.黄褐色中细粒砂层夹草炭层及粗砂层,含螺化石	0.15 m
4.黄褐色细砂层,水平及波状层理发育,产螺化石	0.52 m
3.黑色草炭层	0.22 m
2.黄色粗砂层	0.40 m
1.黑色泥炭层	0.20 m

3.2.2 第四系上更新统大野马岭组(Qp³d)

第四系上更新统大野马岭组(Qp³d)分布于扎陵湖和鄂陵湖南北两岸地势较高处,以湖积阶地的型式产出,实测剖面(P₂)位于玛多县黑水河北岸的大野马岭附近,该处地层出露最好,故命名为大野马岭组(图 3)。剖面起点坐标为:E98° 4' 1.0", N34° 40' 44.1", 海拔 4220 m(GPS 测量),剖面终点坐标为:E98° 4.247', N34° 41.843', 海拔 4260 m(GPS 测量),出露地层为 T₂~T₇ 堆积阶地,厚度为 9.8 m(图版 I-2),上覆全新统黑河乡组(Qhh)中粗粒砂层(T₁),底部与中更新统鄂陵湖组(Qp²e)之间为冲刷不整合

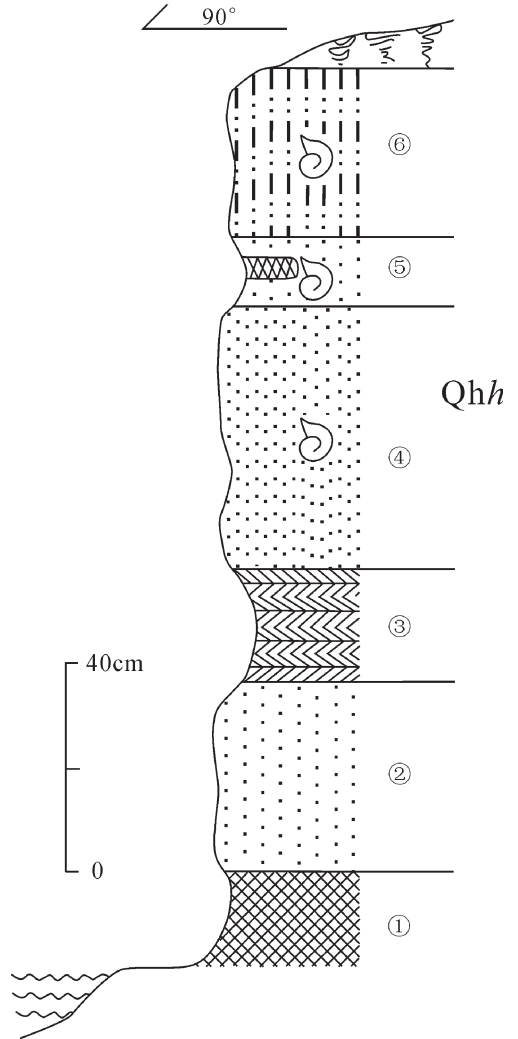


图 2 全新统黑河乡组(Qhh)地层实测剖面
Fig.2 Measured geological section of the Holocene Heihexiang Formation

接触。该剖面中的 T₈~T₁₅ 堆积阶地属鄂陵湖组,出露厚度为 6.2 m, T₁₅ 控制点坐标为:E98° 4.264', N34° 41.328', 海拔 4324 m(GPS 测量),其底部与牛牌山剖面顶相接。

上覆地层:T₁ 全新统黑河乡组(Qhh):中粗粒砂层

——冲刷不整合——

上更新统大野马岭组(Qp ³ d):	9.8 m
T ₂ .土黄色中细粒砂层	0.5 m
T ₃ .土黄色含砾泥质粗砂层,略具水平层理	1.0 m
T ₄₋₃ .土黄色含砾粗砂层,具水平层理,夹深灰色腐植层	1.1 m
T ₄₋₂ .灰黄色砂砾石层	0.4 m
T ₄₋₁ .土黄色砂砾石层夹砂层,具交错层理及水平细层理	1.0 m

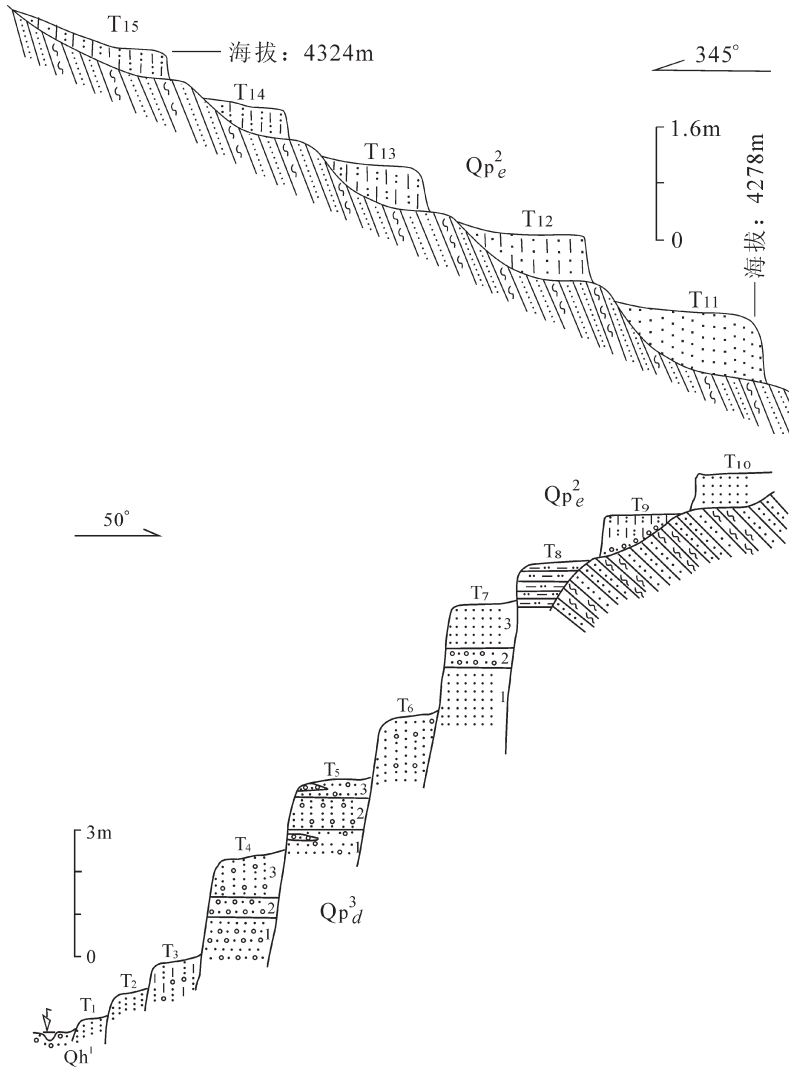


图3 上更新统大野马岭组(Qp³d)地层实测剖面

Fig.3 Measured geological section of the Upper Pleistocene Dayemaling Formation

- T₅₋₃, 灰黄色含砾粗砂层夹砂砾石透镜体 0.4 m
- T₅₋₂, 土黄色含砾粗砂层, 具波状细层理 0.7 m
- T₅₋₁, 土黄色含砾粗砂层夹砂砾石透镜体 0.5 m
- T₆, 土黄色中粗粒砂层与灰黄色含细砾粗砂层互层 1.5 m
- T₇₋₃, 土黄色细砂层水平层理发育 1.2 m
- T₇₋₂, 灰绿色砂砾石层 0.4 m
- T₇₋₁, 土黄色中粗粒砂层 1.1 m

——冲刷不整合——

- 中更新统鄂陵湖组(Qp²e): 6.2 m
- T₈, 灰褐色泥质粉砂岩 0.9 m
- T₉, 土黄色泥质粉-细砂层, 底部见碎石层 1.4 m
- T₁₀, 土黄色细砂层, 平行层理发育, 产介形类化石 1.5 m
- T₁₁, 土黄色细砂层, 产介形类化石 0.8 m
- T₁₂, 土黄色泥质细砂层, 产介形类化石 0.6 m

- T₁₃, 土黄色泥质细砂层, 产介形类化石 0.6 m
 - T₁₄, 土黄色泥质细砂层 0.2 m
 - T₁₅, 土黄色泥质细砂层 0.2 m
- 底部与牛牌山剖面顶相接。

3.2.3 第四系中更新统鄂陵湖组(Qp²e)

第四系中更新统鄂陵湖组(Qp²e)分布于扎陵湖和鄂陵湖南北两岸地势较高处, 以高位湖积阶地的型式产出, 实测主剖面(P₅)位于鄂陵湖西岸牛牌山附近, 该处地层出露最好, 故命名为鄂陵湖组(图4)。剖面起点坐标为: E97°32'43.1", N34°54'31.4", 海拔4326 m(GPS测量), 剖面终点坐标为: E97°31'31", N34°54'27.3", 海拔4615 m(GPS测量), 出露地层为T₁₆~T₂₉堆积阶地, 厚度为7.90 m(图版I-3),

图版 I Plate I



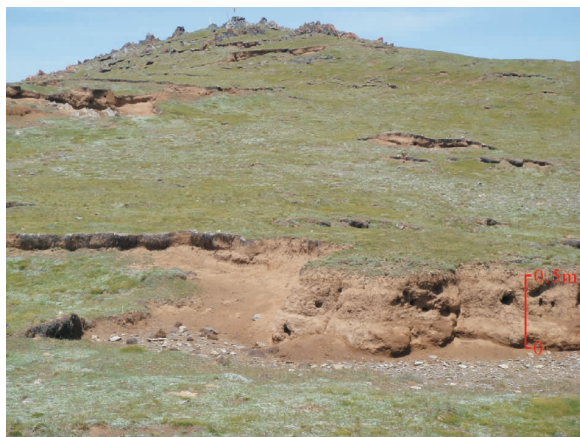
1 青海东南部第四系全新统黑河乡组(Qh)地层(T₁), 镜头朝向 N

1 The strata (T₁) of Holocene Heihexiang Formation(Qh) in southeastern Qinghai Province (T₁), camera lens towards N



2 青海东南部第四系上更新统大野马岭组(Qp³d)地层(T₆),镜头朝向 W

2 The strata (T₆) of Upper Pleistocene Yeniuogou Formation (Qp^{3d}) in southeastern Qinghai Province (T₆), camera lens towards W



3 青海东南部第四系中更新统鄂陵湖组(Qp²e)地层(T₁₂),镜头朝向 N

3 The strata (T₁₂) of Middle Pleistocene Elinghu Formation(Qp^{2e}) in southeastern Qinghai Province (T₁₂), camera lens towards N



4 青海东南部第四系下更新统野牛沟组(Qp¹γ)地层, 镜头朝向 W

4 The strata of Lower Pleistocene Yeniuogou Formation (Qp^{1γ}) in southeastern Qinghai Province, camera lens towards W

其顶部与大野马岭剖面相接。本剖面加上大野马岭剖面、野牛沟剖面中出露的鄂陵湖组地层, 其总厚度>17.10 m。

- 中更新统鄂陵湖组(Qp^{2e}): 7.90 m
- T₁₉-T₁₆.土黄色粉砂质亚粘土,局部含砾,具不甚明显的水平层理 1.90 m
- T₂₀.土黄色粉砂质亚粘土,含白色钙质圆圈,直径为 3~5 mm 0.60 m
- T₂₁.土黄色粉砂质亚粘土,含薄层或透镜状黑色草炭层 0.40 m

- T₂₂.土黄色粉砂质亚粘土 0.60 m
- T₂₃.土黄色泥质粉砂层,水平层理发育 0.95 m
- T₂₅-T₂₄.土黄色粉砂质亚粘土,产介形类化石 1.80 m
- T₂₇-T₂₆.土黄色泥质粉砂层,产介形类化石 1.20 m
- T₂₉-T₂₈.土黄色粉砂质亚粘土 0.45 m

3.2.4 第四系下更新统野牛沟组(Qp^{1γ})

第四系下更新统野牛沟组(Qp^{1γ})零星出露于扎陵湖和鄂陵湖南北两岸地势较高处, 以及鄂陵湖东

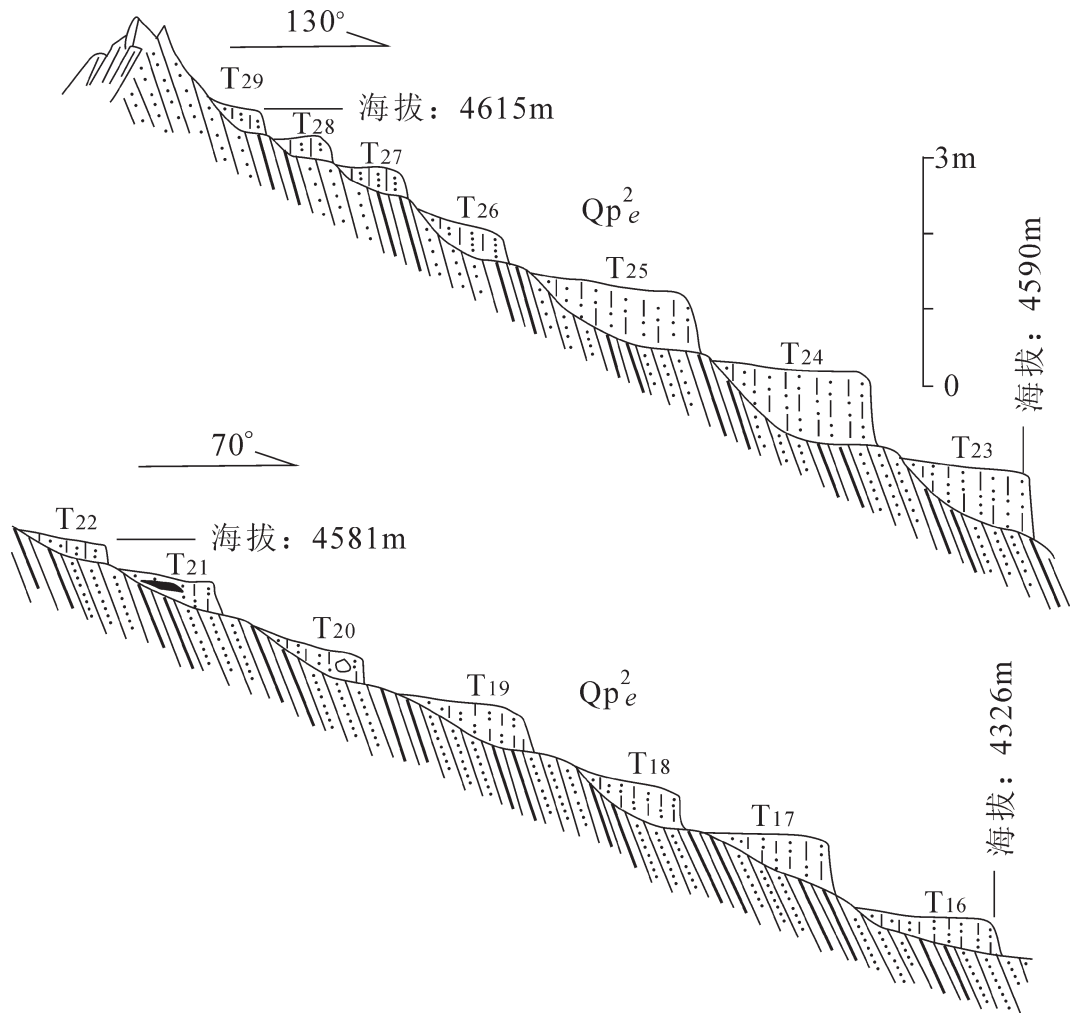


图 4 中更新统鄂陵湖组(Qp^{2e})地层实测剖面

Fig.4 Measured geological section of the Middle Pleistocene Elinghu Formation

部较低处,实测剖面(P₁)位于玛多县南东的野牛沟附近,该处地层出露最好,故命名为野牛沟组(图5)。剖面起点坐标为:E97°59'56.9",N34°31'39.4",海拔4313m(GPS测量);剖面终点坐标为:E98°00'2.4",N34°31'43.8",海拔4306m(GPS测量)。出露地层总厚度为14.30m,分为3层,未见底(图版I-4),上覆中更新统鄂陵湖组,厚度>3m,两组地层之间为冲刷不整合接触。

上覆地层:中更新统鄂陵湖组(Qp^{2e}):

- 5.砂砾石层间夹薄层粗砂层 >2 m
- 4.褐色含砾亚粘土层 >1m

——冲刷不整合——

下更新统野牛沟组(Qp^{1γ}): 14.3 m

- 3.灰褐色砂砾石层 2.0 m
- 2.褐黄色含砾亚粘土层 0.3 m
- 1.灰黄色砂砾石层夹薄层含砾亚粘土层,产野牛腿骨和牙齿化石 12 m

——未见底——

4 生物地层特征与时代讨论

对青海东南部扎陵湖和鄂陵湖盆地采集的河湖相沉积物样品,做了系统的孢粉和介形类分析,现就得到的孢粉、介形类和动植物化石样品的鉴定结果分析如下。

4.1 孢粉鉴定

扎陵湖和鄂陵湖盆地河湖相沉积中219件样品

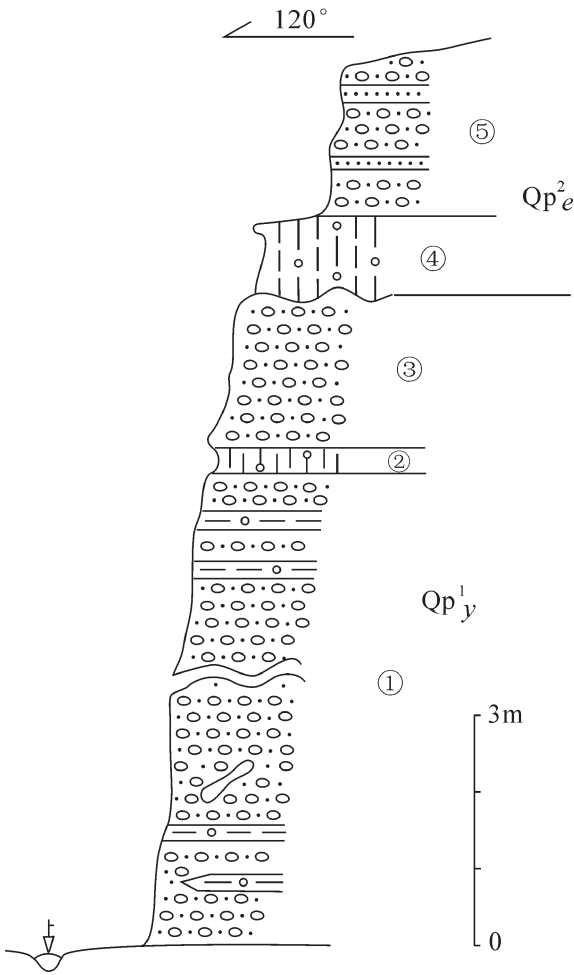


图 5 青海玛多下更新统野牛沟组(Qp¹y)地层实测剖面图
Fig.5 Measured geological section of the Lower Pleistocene Yeniugou Formation

的孢粉组合分析结果表明^①,其植物成分中草本植物花粉含量略高,平均值为 88.9%,木本植物花粉含量为 8.5%,蕨类孢子最少,为 2.6%。草本植物花粉丰富,主要有菊科(Compositae),蒿(Artemisia)、藜科(Chenopodiaceae)、禾本科(Cramineae)、十字花科(Cruciferae)、蔷薇科(Rosaceae)、唇形科(Labiatae)、蚤缀(Arenaria)及莎草科(Cyperaceae)等。木本植物花粉主要有松(Pinus)、云杉(Picea)、柏科(Cupressaceae)、桦(Betula)、鹅耳枥(Carpinus)、栎(Quercus)及耐旱灌木麻黄(Ephedra)、沙棘

(Hippophae)等。蕨类植物孢粉主要为水龙骨科(Polypodiaceae)、蹄盖蕨(Athyrium)、铁线蕨(Adiantum)及真蕨纲(Filicale)的分子等。

依据孢粉组合沿剖面的变化,与前述地层划分相对应从上到下可以划分出 4 个孢粉带 A~D。其中,A、C、D 时期为草甸草原植被,环境特征为沼泽附近、偏湿,孢粉 B 带时期为草原植被,该时期附近有耐旱灌木麻黄出现,并达到了剖面的最高值。由此可见,草原附近伴生有湿生莎草科群落,而高地上有耐旱的麻黄、沙棘、白刺等分子。表现出当时的植物群既含有暖温带植物的残留成分,又有向高寒干旱方向发展的趋势,代表着温暖干凉向寒冷潮湿—高寒干旱的气候变化过程^[12-15]。由于还有少量孢粉分析工作尚在进行中,其结果也将另文发表,本文仅引用其目前得出的有关时代方面的结论:从孢粉组合类型与邻区的对比来看,时代可能为早更新世早期—全新世时期^[16-18]。

4.2 介形虫化石鉴定

在青海扎陵湖和鄂陵湖盆地河湖相沉积地层大野马岭和牛碑山剖面中共采集微体古生物样品 50 块,在室内每块样品取干重 50 g,经常规处理分析,在 7 件样品中见介形虫化石 2 属 4 种及 3 个未定种(因化石破碎,无法鉴定到种)。

在大野马岭和牛碑山剖面所见介形虫化石,以布氏土星介 *Ilyocypris bradyi* Sars. 指示缓流水环境,以奇异小玻璃介 *Candoniella mirabilis* Schneider、*Candoniella* sp.、*Ilyocypris* sp. 等指示近静水环境^[19,20],以玛纳斯土星介 *Ilyocypris manasensis* Mandelslam 推测为缓流水环境,以纯净小玻璃介 *Candoniella albicans* (Brady) 推测为近静水环境。

青海黄河源地区的大野马岭剖面,牛碑山剖面中所见介形虫化石均为第四纪常见属种。两个剖面所见化石甚少,很难确定其准确的地质时代,但观其化石的石化程度,推测其时代可能为中更新世—晚更新世^②。

4.3 生物地层的时代划分

根据扎陵湖和鄂陵湖盆地河湖相沉积物的孢粉组合与分带特征,并结合介形类化石的鉴定结果,可

①孢粉分析由中国地质科学院水文地质环境地质研究所童国榜研究员鉴定,2007。

②介形类化石由中国地质科学院地质力学研究所田国强副研究员鉴定,2007。

将扎陵湖和鄂陵湖盆地河湖相沉积划分为不同的生物地层时代,黑河乡组的形成时代为全新世;大野马岭组的形成时代为晚更新世;鄂陵湖组的形成时代为中更新世;野牛沟组的形成时代为早更新世。

5 河湖相沉积的年代地层

5.1 ESR 法测年

在扎陵湖和鄂陵湖盆地的河湖相地层中,大约以 0.8 m 的间隔,采集了 61 个 ESR 测年样品,样品自然风干后,粉碎为 0.2~0.125 mm 粒度,由成都理工大学应用核技术研究所 ESR 实验室梁兴中教授用 KJD-2000N 低本底伽马仪和微机数据采集系统测定 α 和 γ 天然放射性,同时进行含水量校正。分选出 0.2~0.45 mm 粒度单矿物石英样品,每件样品进行热活化处理,每份质量 120 mg,经过热活化的样品需要冷却一周,然后用德国 ER-2000D-SRC 电子自旋共振仪测定其顺磁中心浓度值^[21-23]。

测试结果表明,黑河乡组底部 ESR 年龄为 1.1 万年;大野马岭组顶部的 ESR 年龄为 2.84 万年,底部 ESR 年龄为 12.6 万年;鄂陵湖组顶部的 ESR 年龄为 12.6 万年,底部 ESR 年龄为 70.7 万年;野牛沟组顶部的 ESR 年龄为 76.4 万年,底部 ESR 年龄为 223.9 万年(表 2)。基本介于全新世<1 万年、晚更新世 13~1 万年、中更新世 73~13 万年、早更新世 260~73 万年的年龄范围内^[24-27]。

这是首次获得的扎陵湖和鄂陵湖地区河湖相地层年代学的系统数据,也是青藏高原第四纪湖相沉积年代学研究上的一个重要进展。

5.2 年代地层划分

黑河乡组(Q_hh):前人在鄂陵湖东北入黄河处河北岸 T₁ 阶地中产出的野牛及啮齿类化石进行了测年,其 ¹⁴C 法年龄为 7 580~410 a、(6970±176)aB.P.^[8];在鄂陵湖西北岸由湖滨相砾石夹砂和粘土组成高出湖面 3 m 的砂砾堤,其粘土层 ¹⁴C 法年龄为(5 735±75)a B.P.^[9]。此次测得沉积物的 ESR 法同位素测年结果表明,它们的形成时间小于 1.1 万年,属第四纪全新世时段。

大野马岭组(Q_p³d):青海省地质调查院、中国地质大学(北京)2002 年于黄河源“两湖”地区该套地层底部获取 ESR 测年数据为 102.1~150 ka B.P.,中

上部获得 ¹⁴C 年龄数据为 74.29~10.35 ka B.P.、23.0~10.0 ka B.P.^①。此次测得 ESR 法同位素测年结果表明,它们的形成时间介于 12.6~2.84 万年,属第四纪晚更新世时段。

鄂陵湖组(Q_p²e):青海省地质调查院、中国地质大学(北京)2002 年于黄河源“两湖”地区该套地层底部获取 ESR 测年数据为 717.4~52.0 kaB.P.。此次测得沉积物的 ESR 法同位素测年结果表明,它们的形成时间介于 70.7~12.6 万年,属第四纪中更新世时期。

野牛沟组(Q_p¹y):青海省地质调查院、中国地质大学(北京)2002 年于黄河源“两湖”地区,在下更新统(河湖相地层)所取 ESR 测年结果为 211~74.6 万年;此次测得沉积物的 ESR 法同位素测年结果表明,它们的形成时间介于 233.9~76.4 万年,综合判断其形成时代第四纪早更新世。

因此,扎陵湖和鄂陵湖地区河湖相沉积形成的时间为第四纪早更新世—全新世。

6 黄河源群的建立

6.1 “黄河源群(QH)”由来

笔者于 2007—2008 年,两度在青海东南部扎陵湖和鄂陵湖地区开展河湖相地层剖面实测过程中,除前人发现了环湖分布 T₁~T₄ 湖积阶地,又发现了沿山坡分布的拔湖 50~400 m 的高位湖相沉积。在 T₁~T₂ 湖积阶地中,为含有丰富的介形虫和孢粉化石的泥炭和草炭层的湖(沼)相沉积;T₃~T₄ 湖积阶地和高位湖相沉积,则为含少量的介形虫和丰富的孢粉化石以及腹足类化石的河湖相地层。由于该套地层在青海黄河源区的扎陵湖和鄂陵湖沿岸比较连续和出露完好,跨越的时间段基本包含了整个第四纪,所以,采用“黄河源群”这一名称来命名新建的地层单位。

6.2 黄河源群(QH)地层类别

黄河源群是青海东南部扎陵湖和鄂陵湖盆地内的一个地方性地层名称,隶属于系一级的岩层组合。即新生界、第四系黄河源群(QH)。黄河源群(QH)由第四系全新统黑河乡组(Q_hh)、第四系上更新统大野马岭组(Q_p³d)、第四系中更新统鄂陵湖组(Q_p²e)和第四系下更新统野牛沟组(Q_p¹y)组成。

6.3 黄河源群(QH)的定义

笔者将黄河源群定义为湖水作用下形成的灰褐

①青海省地质调查院,中国地质大学(北京),青海省黄河源地区 1:25 万生态地质调查,2002。

表 2 青海扎陵湖和鄂陵湖地区第四系河湖相沉积物的 ESR 测年结果
 Table 2 ESR dating results of the Quaternary lacustrine sediments in the Zhaling Lake and Eling Lake area, Qinghai Province

样品编号	地层	年龄/ 10^4 a	样品编号	地层	年龄/ 10^4 a
P3E-2	黑河乡组	0.8 ± 0.2	P5T11E-2	鄂陵湖组	38.0 ± 3.5
P3E-1	黑河乡组	1.0 ± 0.2	P5T11E-1	鄂陵湖组	39.1 ± 4.0
P2T1E-1	黑河乡组	1.1 ± 0.2	P5T10E-2	鄂陵湖组	40.1 ± 4.0
P2T2E-1	大野马岭组	2.84 ± 0.3	P5T10E-1	鄂陵湖组	41.5 ± 4.0
P2T3E-2	大野马岭组	3.53 ± 0.4	P5T9E-2	鄂陵湖组	42.8 ± 4.0
P2T3E-1	大野马岭组	3.82 ± 0.4	P5T9E-1	鄂陵湖组	44.2 ± 4.5
P2T4E-3	大野马岭组	4.45 ± 0.4	P5T8E-2	鄂陵湖组	45.4 ± 4.5
P2T4E-2	大野马岭组	5.59 ± 0.5	P5T8E-1	鄂陵湖组	47.0 ± 4.5
P2T4E-1	大野马岭组	6.37 ± 0.5	P5T7E-2	鄂陵湖组	48.1 ± 5.0
P2T5E-2	大野马岭组	6.88 ± 0.8	P5T7E-1	鄂陵湖组	49.5 ± 5.0
P2T5E-1	大野马岭组	7.36 ± 0.8	P5T6E-2	鄂陵湖组	50.9 ± 5.0
P2T6E-2	大野马岭组	8.10 ± 0.8	P5T6E-1	鄂陵湖组	51.2 ± 5.0
P2T6E-1	大野马岭组	9.40 ± 1.0	P5T5E-2	鄂陵湖组	52.0 ± 5.0
P2T7E-4	大野马岭组	10.1 ± 1.0	P5T5E-1	鄂陵湖组	53.2 ± 5.0
P2T7E-3	大野马岭组	11.6 ± 1.2	P5T4E-2	鄂陵湖组	55.0 ± 5.5
P2T7E-2	大野马岭组	12.2 ± 1.2	P5T4E-1	鄂陵湖组	56.6 ± 5.5
P2T7E-1	大野马岭组	12.6 ± 1.2	P5T3E-2	鄂陵湖组	8.1 ± 5.8
P2T8E-2	鄂陵湖组	12.6 ± 1.0	P5T3E-1	鄂陵湖组	59.4 ± 6.0
P2T8E-1	鄂陵湖组	15.2 ± 1.2	P5T2E-2	鄂陵湖组	60.4 ± 6.0
P2T9E-2	鄂陵湖组	17.0 ± 1.6	P5T2E-1	鄂陵湖组	61.8 ± 6.0
P2T10E-2	鄂陵湖组	19.2 ± 1.9	P5T1E-2	鄂陵湖组	62.9 ± 6.3
P2T10E-1	鄂陵湖组	20.5 ± 2.0	P5T1E-1	鄂陵湖组	64.6 ± 6.3
P2T11E-2	鄂陵湖组	21.1 ± 2.0	D01E-1	鄂陵湖组	66.2 ± 6.5
P2T11E-1	鄂陵湖组	21.8 ± 2.0	D01E-2	鄂陵湖组	67.6 ± 6.6
P2T12E-2	鄂陵湖组	23.5 ± 2.0	P1E-5-3	鄂陵湖组	70.7 ± 7.0
P2T12E-1	鄂陵湖组	25.9 ± 2.0	P1E-5-2	野牛沟组	76.4 ± 7.0
P2T13E-2	鄂陵湖组	26.1 ± 2.0	P1E-5-1	野牛沟组	87.0 ± 8.0
P2T13E-1	鄂陵湖组	26.7 ± 2.3	P1E-4	野牛沟组	90.1 ± 9.0
P2T14E-1	鄂陵湖组	27.2 ± 2.3	P1E-3	野牛沟组	97.1 ± 9.0
P2T15E-1	鄂陵湖组	30.6 ± 3.0	P1E-2	野牛沟组	103.1 ± 10.0
P5T14E-1	鄂陵湖组	33.4 ± 3.0	P1E-1	野牛沟组	113.4 ± 10.0
P5T13E-1	鄂陵湖组	34.1 ± 3.0	P6E-5	野牛沟组	184.0 ± 18.0
P5T12E-2	鄂陵湖组	35.7 ± 3.0	P6E-4	野牛沟组	207.6 ± 20.0
P5T12E-1	鄂陵湖组	36.8 ± 3.5	P6E-3	野牛沟组	223.9 ± 20.0

注:数据由成都理工大学应用核技术研究所 ESR 实验室梁兴中教授测定。

色、灰色、灰黄色、土黄色湖泊相沉积物,覆于三叠纪砂岩、泥灰岩、浅变质岩之上,含有丰富的孢粉、介形类和腹足类化石,地层测年在240万年以来的砂质粘土-细砂层-粗砂层-砂砾石层-泥质粉砂层-粉砂质亚粘土层-黑色泥炭层。以青海东南部扎陵湖和鄂陵湖盆地的黑河乡、大野马岭、鄂陵湖、野牛沟等地出露的湖相、河湖相沉积物为代表,形成时代属第四纪早更新世—全新世,其特征如前文所述。因此,根据扎陵湖和鄂陵湖地区实测第四纪河湖相地层剖面、同位素测年、孢粉分析等资料,并结合沉积相、岩相组合等特征,将该套河湖(沼)相地层命名为黄河源群(QH)(图6)。

6.4 黄河源群(QH)与青藏高原第四系对比

青藏高原已经建组的第四纪湖相地层有:北喜马拉雅小区的贡巴组(Qp¹q)、帕里组(Qp¹p)、哈门错组(Qp²h)和亚里组(Qh¹y);藏南小区的香孜组(Qp¹x)、加不拉组(Qp²j)和沉错组(Qh¹c)^[28-30],第四系佩估错群(QP),后者包括下更新统拉洋组(Qp¹l)、中更新统茫家冻组(Qp²m)、上更新统帮荣组(Qp³b)和全新统罗马仁布组(Qh¹l)^[31];羌塘—三江小区的早更新统羌塘组(Qp¹q)^[32];冈底斯—念青唐古拉小区的猪头山组(Qp¹z)、拉弄组(Qp²l)、夏穷错组(Qp¹⁻²x)、同旧藏布组(Qp³t)、七弄杂组(Qh¹q)和棚厂组(Qh¹p)、全新统盐湖组(Qh¹y)^[33]、晚更新统—全新统纳木错群(Qp³、Qh)N,后者包括上更新统干玛弄组(Qp³g)和全新统扎弄淌组(Qh¹z)^[34]。以及秦祁昆小区的共和组(Qp¹⁻²g)、七个泉组(Qp¹⁻²q),钻孔中的阿拉尔组(Qp¹a)、尕斯库勒组(Qp²g)、察尔汉组(Qp³c)、达布逊组(Qh¹d)。但是,在青海东南部除钻孔外一直未发现较完整的第四纪湖相沉积剖面,因此也就未能在该区建立起地表较为连续出露的第四纪湖相沉积地层序列。

笔者此次发现的青海东南部扎陵湖和鄂陵湖地区湖相沉积较完好,是目前青藏高原已知最为连续的第四纪湖相沉积之一,故建立了黄河源群(QH),可以做为一个新的标尺,与青藏高原上出露的其他第四纪湖相地层进行对比(表3)。

7 结论与讨论

(1)野外根据沉积岩性、地层年龄、所含化石、固结程度和岩性的变化,可将青海东南部扎陵湖和鄂陵湖盆地的河湖相地层划分4个组;室内孢粉分析、

地层系统		柱状图	层厚(m)	阶地	ESR(Ma)	描述			
界	系								
新	第四系	黄河源群	黑河乡组	0.30	T ₁	泥质细砂层含螺化石			
				1.49	-0.80 -1.00	土黄色砂层夹黑色泥炭层含螺			
			Qh ¹	0.50	T ₂	2.84	土黄色中细粒砂层		
			1.00	T ₃	-3.53 -3.82	土黄色含砾泥质粗砂层具水平层理			
			大野马岭组	2.50	T ₄	-4.45 -5.59 -6.37	土黄色含砾粗砂层,砂砾石层具交错层理和水平层理		
				1.60	T ₅	-6.88 -7.37	土黄色含砾粗砂层夹砂砾石透镜体,具波状细层理		
				1.50	T ₆	-8.10 -9.04	土黄色中粗粒砂层与灰黄色含砾粗砂层互层		
				1.20	T ₇	-10.1 -11.6	土黄色细砂层,水平层理发育		
			Qp ³	0.40	-12.2	灰绿色砂砾石层			
				1.10	-12.6	土黄色中粗粒砂层			
			中生代	更新统	鄂陵湖组	0.90	T ₈	-12.6 -15.2	灰褐色泥质粉砂岩
						1.40	T ₉	-17.0	土黄色泥质粉-细砂层,底部见碎石层
	2.30	T ₁₀ T ₁₁				-19.2 -20.5 -21.1 -21.8	土黄色细砂层,平行层理发育,产介形类化石		
	1.60	T ₁₂ T ₁₃				-23.5 -30.6	土黄色泥质细砂层,产介形类化石		
	1.90	T ₁₄ T ₁₅				-33.4 -39.1	土黄色粉砂质亚粘土层,局部含砾,略具水平层理		
	1.60	T ₁₆ T ₁₇				-41.1 -47.0	土黄色粉砂质亚粘土,夹少量草炭层,产介形类化石		
	0.95	T ₁₈ T ₁₉				-48.1 -49.5	土黄色泥质粉砂层,水平层理发育		
	1.80	T ₂₀ T ₂₁				-50.9 -51.2 -52.0 -53.2	土黄色砂质亚粘土,产介形类化石		
	1.20	T ₂₂ T ₂₃				-55.5 -59.4	土黄色泥质粉砂层,产介形类化石		
	0.45	T ₂₄ T ₂₅				-60.4 -64.6	土黄色粉砂质亚粘土层		
	2.00	-66.2 -67.6				砂砾石层夹薄层粗砂层			
	全新统	下更新统				QH	1.00	-70.7	褐色含细砾亚粘土
			2.00	-76.4 -87.0 -90.1	灰黄色砂砾石层				
			0.30	-97.1	褐黄色含细砾亚粘土				
2.00			-103.1 -113.1 -184.0	灰黄色砂砾石层夹薄层含砾亚粘土层,产哺乳动物牙齿化石					
-207.6									
-223.9									

图6 青海扎陵湖和鄂陵湖地区第四系黄河源群地层岩性综合柱状图

Fig.6 Composite columnar section of strata and lithology of the Quaternary Yellow River Source Group strata in the Zhaling Lake and Eling Lake area, Qinghai Province

介形类鉴定和 ESR 法测年结果表明,青海东南部扎陵湖和鄂陵湖盆地河湖相沉积地层的形成时间为第四纪早更新世—全新世。

(2)根据岩石地层、生物地层和年代地层的综合研究结果,将该地区的第四系下更新统—全新统河

表 3 青藏高原第四系湖相地层的划分对比
Table 3 Classification and correlation of Quaternary strata in Qinghai-Tibet plateau

Table with 7 main columns: 地层系统, 西部高原地区, 本文(2009), and sub-columns for various geological units like 亚里组, 沉槽组, 纳木错群, etc.

注:除(1)、(2)、(3)外均引自《中国地层典—第四系》[20];●为钻孔资料。

湖相沉积地层命名为黄河源群(QH),并将其从新到老首次划分为:第四系全新统黑河乡组(Qhh)、第四系上更新统大野马岭组(Qp3d)、第四系中更新统鄂陵湖组(Qp2e)和第四系下更新统野牛沟组(Qp1y)。

(3)在青海东南部扎陵湖和鄂陵湖盆地出露的黄河源群总厚度>42.99 m。其中,黑河乡组的厚度为1.79 m;大野马岭组的厚度为9.8 m;鄂陵湖组的厚度>17.1 m;野牛沟组的厚度为14.3 m。

(4)青海东南部扎陵湖和鄂陵湖盆地的黑河乡组、大野马岭组、鄂陵湖组和野牛沟组的地层层序十分清楚,在区域地质调查中具较强的可对比性。同时,这4个组的地层中所含动植物化石都较丰富,对地层单元时代的确定和研究第四纪生物地层具有重要意义。

(5)青海东南部扎陵湖和鄂陵湖盆地第四纪早更新世—全新世湖相沉积中多级湖积阶地的确立,既为扎陵湖和鄂陵湖盆地在第四纪早更新世—全新世时期湖泊演化阶段划分提供了依据,又将下更新统野牛沟组、中更新统鄂陵湖组、上更新统大野马岭组和全新统黑河乡组地层确切地划分开,使其有顶有底。对于探讨青藏高原隆升过程中的湖泊反映、分析第四纪以来青藏高原的环境变化规律等,都提供了实际资料。

(6)青海东南部扎陵湖和鄂陵湖盆地黄河源群

的确定,为研究青藏高原第四纪以来湖泊演化、气候变化、古地理变迁和环境演化,以及青藏高原和全球第四纪早更新世—全新世河湖相地层的详细划分与对比,都提供了新资料 and 重要依据。

致谢:工作中得到孙立蓓、马天林、王建平研究员的具体指导和大力帮助,在此一并表示衷心的感谢。

参考文献(References):

[1] 青海省地质矿产局. 青海省区域地质志 [M]. 北京:地质出版社, 1991.
[2] 王苏民, 窦鸿身. 中国湖泊志[M]. 北京:科学出版社, 1998.
[3] 朱大岗, 孟宪刚, 郑达兴, 等. 青藏高原河流湖泊生态地质环境遥感调查与研究[M]. 北京:地质出版社, 2007.
[4] 徐近之. 黄河最上游[J]. 地理学报, 1948, 15(2/3):31-40.
[5] 青海省地方志编纂委员会. 青海省志——长江黄河澜沧江源志

- [M]. 郑州:黄河水利出版社, 2000.
Compilation Committee of the Chronicles of Qinghai Province. Qinghai Province Annals—Changjiang, Yellow, and Lancang Rivers Resource Region Annals [M]. Zhengzhou: Yellow River Conservancy Publishing House, 2000 (in Chinese).
- [6] 玛多县志编纂委员会. 玛多县志[M]. 北京:中国县镇年鉴出版社, 2001.
Compilation Committee of the Chronicles of Maduo County. Macluo Country Annals [M]. Beijing: Chinese County Yearbook Press, 2001 (in Chinese).
- [7] 王天祯. 青海河源地区的第四纪地层划分[J]. 西北地质, 1989, 4: 1-51.
Wang Tianzhen. Division of the Quaternary geology sedimentary in the source area of the Yellow River [J]. Northwestern Geology, 1989, 4: 1-51 (in Chinese with English abstract).
- [8] 王绍令, 李位乾. 黄河源区第四纪地层及古地理环境演化探讨[J]. 冰川冻土, 1992, 14(1): 45-54.
Wang Shaoling, Li Weiqian. Approach on the Quaternary strata and the palaeogeographical environmental evolution in source region of the Yellow River [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 1992, 14 (1): 45-54 (in Chinese with English abstract).
- [9] 徐叔鹰. 黄河源区晚第四纪环境变迁[J]. 铁道师院学报(自然科学版), 1995, 12(4): 36-45.
Xu Snying. Environmental changes of Late Quaternary in source region of the Huanghe River [J]. Journal of Suzhou Railway Teachers College, 1995, 12 (4): 36-45 (in Chinese with English abstract).
- [10] 程捷, 姜美珠, 咎立宏, 等. 黄河源区第四纪地质研究的新进展[J]. 现代地质, 2005, 19(2): 39-246.
Cheng Jie, Jiang Meizhu, Zan Lihong, et al. Progress in research on the Quaternary geology in the source area of the Yellow River [J]. Geoscience, 2005, 19(2): 39-246 (in Chinese with English abstract).
- [11] 孙延贵, 姚安平, 巨生成, 等. 青藏高原中北部地貌变形的遥感表征及其生态地质学意义[J]. 国土资源遥感, 2004, 2: 47-50.
Sun Yangui, Yao Anping, Ju Shengcheng, et al. Remote sensing characteristics of the geomorphic deformation in mid-northern Qinghai-Tibet plateau and their eco-geological significance [J]. Remote Sensing for Land & Resources, 2004, 2: 47-50 (in Chinese with English abstract).
- [12] 朱大岗, 孟宪刚, 赵希涛, 等. 西藏纳木错和藏北高原古大湖晚更新世以来的湖泊演化与气候变迁 [J]. 中国地质, 2004, 31(3): 269-277.
Zhu Dagang, Meng Xiangang, Zhao Xitao, et al. Evolution and climatic change of Nam Co of Tibet and an ancient large lake in the northern Tibetan Plateau since the late Pleistocene [J]. Geology in China, 2004, 31 (3): 269-277 (in Chinese with English abstract).
- [13] 朱大岗, 孟宪刚, 邵兆刚, 等. 西藏札达盆地及周缘高山区第四纪冰川堆积及冰川进退程讨论[J]. 中国地质, 2006, 33(1): 86-97.
Zhu Dagang, Meng Xiangang, Shao Zhaogang, et al. Quaternary glacial deposition and glacial advance and retreat in the Zanda basin and its surrounding mountains in Ngari, Tibet [J]. Geology in China, 2006, 33 (1): 86-97 (in Chinese with English abstract).
- [14] 王津, 朱大岗, 孟宪刚, 等. 西藏札达盆地古格组剖面沉积环境演化特征[J]. 中国地质, 2006, 33(5): 1005-1012.
Wang Jin, Zhu Dagang, Meng Xiangang, et al. Features of the change in Pliocene depositional environment at the Guge Formation section in the Zanda basin, Tibet [J]. Geology in China, 2006, 33 (5): 1005-1012 (in Chinese with English abstract).
- [15] 朱大岗, 孟宪刚, 邵兆刚, 等. 西藏阿里札达盆地早更新世早期沉积及其古气候与古环境变化 [J]. 中国地质, 2006, 33 (6): 1276-1284.
Zhu Dagang, Meng Xiangang, Shao Zhaogang, et al. Early Pleistocene deposits and paleoclimatic and paleoenvironmental changes in the Zanda basin, Ngari area, Tibet [J]. Geology in China, 2006, 33 (6): 1276-1284 (in Chinese with English abstract).
- [16] 张玉芳, 张俊牌, 徐道明. 黄河源区全新世以来的古气候演化[J]. 地球科学, 1995, 20(4): 335-345.
Zhang Yufang, Zhang Junpai, Xu Daoming. Paleoclimate evolution of the Yellow River source areas since Holocene Epoch [J]. Earth Science —Journal of China University of Geosciences, 1995, 20 (4): 335-345 (in Chinese with English abstract).
- [17] 于庆文, 张志, 王永标, 等. 青海托素湖地区第四纪晚期孢粉组合特征及古气候变迁[J]. 地球科学, 1999, 24(2): 121-124.
Yu Qingwen, Zhang Zhi, Wang Yongbiao, et al. Late Quaternary sporopollen association and palaeo-climatic evolution in Tuosuohu area, Qinghai Province [J]. Earth Science —Journal of China University of Geosciences, 1999, 24 (2): 121-124 (in Chinese with English abstract).
- [18] 潘保田, 徐叔鹰. 青藏高原东部晚第四纪自然环境演化探讨[J]. 科学通报, 1989, 34(7): 534-536.
Pan Baotian, Xu Shuying. Discussion of natural evolution during Late Quaternary in eastern Qinghai-Tibet Plateau [J]. Chinese Science Bulletin, 1989, 34 (7): 534-536 (in Chinese).
- [19] 黄宝仁, 杨恒仁, 尤坤元. 西藏南部和西南部上新世及第四纪介形类[C]//西藏古生物(第10分册). 北京:地质出版社, 1982: 326-348.
Huang Baoren, Yang Hengren, You Kunyuan. Pliocene and Quaternary Ostracoda from southern and southwestern Xizang [C] //Comprehensive Scientific Expedition to the Qinghai-Xizang Plateau, Academia Sinica, Book IV. Beijing: Geological Publishing House, 1982: 326-348 (in Chinese).
- [20] 王强. 察尔汗盐湖的突然形成与地表系统巨变——据介形类研究[J]. 地质力学学报, 1998, 4(4): 82-87.
Wang Qiang. Abrupt formation of the Charhan Salt Lake and the megaevolution of the earth surface system——on the basis of ostracoda [J]. Journal of Geomechanics, 1998, 4(4): 82-87 (in Chinese with English abstract).
- [21] 梁兴中, 童运福. 古剂量勘查技术 [J]. 物探化探计算技术, 1996, 18(增刊): 27-30.

- Liang Xingzhong, Tong Yunfu. A method of paleodose exploration [J]. *Compu Tingtechniques for Geophysical and Geochemical Exploration*, 1996, 18(supp.):27-30 (in Chinese with English abstract).
- [22] Bluszcz A, Goslar T, Hercman H. Comparison of TL, ESR and ^{14}C dates of speleothems [J]. *Quaternary Science Reviews*, 1988, 7: 417-421.
- [23] Ye Y G, Diao S B, He J, et al. ESR dating studies of palaeo-debris-flow deposition Dongchuan, Yunnan Province, China [J]. *Quaternary Geochronology*, 1998, 17: 1073-1076.
- [24] 朱大岗, 孟宪刚, 邵兆刚, 等. 西藏阿里札达盆地上新世—早更新世河湖相地层年代学研究[J]. *中国地质*, 2007, 34(6):983-992.
- Zhu Dagang, Meng Xiangang, Shao Zhaogang, et al. Chronology of Pliocene-early Pleistocene lacustrine strata in the Zanda basin, Ngari area, Tibet[J]. *Geology in China*, 2007, 34 (6) : 983-992(in Chinese with English abstract).
- [25] 中国地质调查局编. 青藏高原区域地质调查野外工作手册[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 2001.
- China Geological Survey. The Field Work Handbook of the Regional Geological Surveys in Qinghai-Tibet Plateau [M]. Wuhan:China University of Geosciences Press, 2001 (in Chinese).
- [26] 《中国地层典》编委会编著. 中国地层典—第四系[M]. 北京:地质出版社, 2000.
- The Editor Committee of China's strata. The Quaternary System [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2000 (in Chinese).
- [27] 全国地层委员会编. 中国地层指南及中国地层指南说明书(修订版)[M]. 北京:地质出版社, 2001.
- The National Commission on Stratigraphy. The Stratigraphy in Guide and Explanatory of China [M]. Beijing:Geological Publishing House, 2001 (in Chinese).
- [28] 西藏自治区地质矿产局. 西藏自治区区域地质志 [M]. 北京:地质出版社, 1993:250-256.
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Xizang Autonomous Region. Regional geology of Xizang (Tibet) Autonomous Region [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1993:250-256 (in Chinese with English abstract).
- [29] 中国科学院青藏高原综合科学考察队. 西藏地层 [M]. 北京:科学出版社, 1984:127-396.
- Scientific Expedition Team of Qinghai-Tibetan Plateau, Chinese Academy of Sciences. Quaternary Strata of Tibet [M]. Beijing: Science Press, 1984:127-396 (in Chinese).
- [30] 朱大岗, 孟宪刚, 邵兆刚, 等. 西藏阿里札达盆地上新世—早更新世河湖相地层的重新厘定与划分[J]. *地质通报*, 2005, 24(12): 1111-1120.
- Zhu Dagang, Meng Xiangang, Shao Zhaogang, et al. Redefinition and redivision of the Pliocene-early Pleistocene lacustrine strata in Zanda basin, Ngari, Tibet, China [J]. *Geological Bulletin of China*, 2005, 24 (12):1111-1120(in Chinese with English abstract).
- [31] 朱大岗, 邵兆刚, 孟宪刚, 等. 西藏佩估错盆地第四纪湖相地层厘定与划分及佩估错群的建立[J]. *地质通报*, 2008, 27(7):1035-1043.
- Zhu Dagang, Shao Zhaogang, Meng Xiangang, et al. Redefinition and redivision of the Quaternary lacustrine strataand establishment of the Paikú Co Group in the Paikú basin, Tibet, China [J]. *Geological Bulletin of China*, 2008, 27 (7):1035-1043 (in Chinese with English abstract).
- [32] 浦庆余, 吴锡浩, 钱方. 青藏公路沿线唐古拉地区的第四纪地质问题[C]//青藏高原地质文集(4)第四纪地质、冰川. 北京:地质出版社, 1982, 19-33.
- Pu Qingyu, Wu Xihao, Qian Fang. The Quaternary geology problem of the Tanggula Mountain region along the Qinghai-Xizang Highway [C]// Professional Paper on Geology Studies of Qinghai-Xizang Plateau (4). Beijing : Geological Publishing House, 1982:19-33 (in Chinese).
- [33] 郑绵平, 向军, 魏新俊, 等. 青藏高原盐湖 [M]. 北京:科学出版社, 1989, 112-134.
- Zheng Mianping, Xiang Jun, Wei Xinjun, et al. Saline Lakes in the Qinghai-Xizang Plateau [M]. Beijing:Science Press, 1989, 112-134(in Chinese with English abstract).
- [34] 朱大岗, 赵希涛, 孟宪刚, 等. 西藏纳木错第四纪湖相地层划分及纳木错群的建立[J]. *地质通报*, 2002, 21(11):708-716.
- Zhu Dagang, Zhao Xitao, Meng Xiangang, et al. Division of Quaternary lacustrine strata in the Nam Co area and establishment of the Nam Co Group Tibet [J]. *Geological Bulletin of China*, 2002, 21 (11):708-716 (in Chinese with English abstract).

A study of the Quaternary lacustrine strata in Zhaling Lake and Eling Lake basin of Qinghai Province

ZHU Da-gang, MENG Xian-gang, SHAO Zhao-gang, HAN Jian-en, WANG Jin,
YU Jia, LV Rong-ping, QIAN Cheng

(Key Laboratory of Neotectonic Movement & Geohazard, Ministry of Land and Resources; Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: Based on field geological work and section survey of the lacustrine strata in the lacustrine terrace around the bank of the Zhaling Lake and the Eling Lake, the authors studied and divided the strata, defined the rock and stratigraphic units, set up the biostratigraphic and chronostratigraphic sequence of Early Pleistocene – Holocene epoch in the study area. The Huangheyuan (QH) stratigraphic unit and the Early Pleistocene – Holocene lacustrine strata in southeastern Qinghai were established. The Yellow River Source Group (QH) stratigraphic unit was divided into four formations, i.e., the Yeniugou Formation (Qp^{1y}) of Lower Pleistocene, the Elinghu Formation (Qp^{2e}) of Middle Pleistocene, the Dayemaling Formation (Qp^{3d}) of Upper Pleistocene and the Heihexiang Formation (Qhh) of Holocene. The results provide new data for the lake evolution in Qinghai–Tibet plateau, the climate variation, the paleogeographic changes, and the division and correlation of Quaternary strata in Qinghai–Tibet plateau.

Key words: Zhaling Lake and Eling Lake in Qinghai Province; Pleistocene–Holocene epoch; lacustrine strata; Yellow River Source Group

About the first author: ZHU Da-gang, male, born in 1951, senior research, supervisor of doctor candidates, engages in the study of regional geology, sedimentary facies and paleoenvironment; E-mail: dagangzhu@sohu.com.