

新疆罗布泊地区第四纪环境演变*

闫 顺 穆桂金 许英勤

(中国科学院新疆地理研究所, 乌鲁木齐 830011)

赵振宏

(新疆地矿局第二水文地质队, 新疆昌吉市 831100)

提 要 新疆罗布泊干涸湖盆中的 K_1 钻孔揭示了该区第四纪沉积地层。孢粉分析表明, 早更新世, 当地发育森林-草原植被, 中更新世以来, 荒漠草原与荒漠交替出现, 湖泊的发育可上溯至早更新世。

关键词 罗布泊 第四纪 孢粉 环境

1 罗布泊自然地理概况

罗布泊洼地位于塔里木盆地东缘, 是塔里木盆地的最低处及汇流中心, 面积约 $5 \times 10^4 \text{ km}^2$, 海拔最低处 780 m, 低于海拔 800 m 的面积约 $2 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。该区气候干燥, 邻近的铁干里克年均降水量不足 20 mm, 年均蒸发量高达 2 600 mm, 年均气温 10.6, 7 月平均气温 26.7, 1 月平均气温 -9.5。区内多大风, 主风向为 NE^[1], 风蚀作用是这一带广泛分布的雅丹地貌的主因。

罗布泊洼地地处干旱区, 生物种群贫乏, 数量稀少, 特别是 70 年代罗布泊由于人为影响而干涸后, 植物属种迅速减少。据 1980 年~ 1981 年考察资料^[2], 仅发现 13 科 26 属 36 种植物。在大片盐壳分布地段和砾石荒漠、雅丹地区几乎均为裸地; 在盐土荒漠上主要有盐节木、盐穗木、盐爪爪、刚毛怪柳、短穗怪柳和芦苇; 在砾质荒漠上散布膜果麻黄、霸王和石生霸王; 在库鲁克沙漠近河床处分布怪柳、胡杨、花花柴、叉枝鸦葱、罗布麻、大叶白麻、黑果枸杞、骆驼刺、白刺、胀果干草、盐爪爪和芦苇等; 库木塔克沙漠则以塔克拉玛干怪柳、沙拐枣、刺沙蓬为主。

2 地层时代划分

罗布泊 K_1 钻孔位于罗布泊洼地湖盆中部, 地理坐标为东经 90 15, 北纬 40 17。钻孔深 100.2 m, 全剖面共分为 92 个自然沉积层, 按由粗至细沉积韵律归为 16 个沉积旋回 (参见图 1)。概括 K_1 孔地层剖面, 全新统厚 2.7 m, 包括 1~ 7 自然层, 表层为盐壳, 表层以下以粘土为主。上更新统厚 14.65 m, 包括 8~ 17 自然层, 以土黄色、土灰色粘土层为主。

* 国家自然科学基金资助项目, 编号 49371065 (Supported by National Natural Science Foundation of China)。
来稿日期: 1996-03; 收到修改稿日期: 1996-12。

中更新统厚 48.86 m, 包括 18~ 72 自然层, 层理近水平, 下部以土灰色、青灰色、灰绿色泥岩夹石膏薄层为主; 上部以青灰色泥质石膏岩、青灰色泥岩与石膏互层为主。下更新统可见厚度 34 m, 包括 73~ 92 自然层, 以青灰色泥岩与土黄色泥岩为主。中更新统与下更新统间呈角度不整合接触, 夹角 15° 。

K₁ 孔中取古地磁样 100 余个, 分析结果 参见图 1。0 m~ 70.6 m, 岩石以正向磁化为主, 磁倾角值变化于 30° ~ 80° 间, 在此正向磁化带中零星出现 5 块反向磁化样品。可与曼金宁 (Mankinen, 1979) [31] 磁性年代表中的布容极性世对比, 可以确定: 70.6 m 为布容期与松山期的界线, 即 B/M 界线。70.6 m~ 100.2 m, 样品以反向磁化为主, 磁倾角为负值, 变化于 -10° ~ -60° 之间, 可与磁性年代表中的松山极性世对比, 其中 76.5 m~ 83.5 m、97.5 m~ 100.2 m 处几块样品为正向磁化, 记录了松山期中的正极性事件, 前者为哈拉米洛正极性事件, 后者应为奥尔都维正极性事件。奥尔都维事件发生于 1.67×10^6 aBP~ 1.87×10^6 aBP, 出现于 K₁ 孔底部, 因此, 剖面底界年龄应在 1.87×10^6 aBP 以内, 则全孔地层均属第四系。K₁ 孔 1.15 m 处碳质粘土中测得 ^{14}C 年龄为 $9\,220 \pm 174$ aBP, 此层以下的浅铅灰色中细砂层可做为全新统底界。综合磁性地层、岩石地层、 ^{14}C 年龄和孢粉组合特征, 地层的时代划分为: 早、中更新世界线在 66.2 m, 中、晚更新世界线于 17.05 m, 全新世底界于 2.7 m 处 (参见图 1)。

3 孢粉组合特征

K₁ 孔共采 82 个孢粉样品, 经分析均含孢粉化石, 其中 45 个样孢粉数量丰富, 足达统计要求, 37 个样中花粉较少。总共统计孢粉约 12 000 粒, 包括 31 科 51 个属种的植物孢粉。

根据孢粉的种类和数量变化, 可划分出 15 个孢粉组合带 (图 2), 依据古地磁、 ^{14}C 、岩石地层资料及各带孢粉组合特征确定: 1~ 4 带属早更新世组合, 5~ 10 带属中更新世组合, 11~ 14 带属晚更新世组合, 15 带属全新世孢粉组合, 又可分出 3 个亚组合。

1 带 (95.4 m~ 100.2 m), 孢粉含量少, 不能达到孢粉统计要求, 零星出现的花粉以藜蒿为主, 也见到极个别云杉、榆、桦花粉, 根据表土花粉研究, 当时植被可恢复为荒漠。

2 带 (74.4 m~ 95.4 m), 孢粉含量极为丰富, 组合中乔木花粉占 7.8% ~ 47.9%, 平均 26.5%, 主要有云杉属 (*Picea*) 占 4.4% ~ 24.9%, 平均 13.6%, 松属 (*Pinus*) 占 0~ 8.3%, 平均 3.2%, 桦属 (*Betula*) 占 0~ 7.6%, 平均 3.3%, 榆属 (*Ulmus*) 占 1.2% ~ 5.9%, 平均 3%, 其次有冷杉属 (*Abies*)、柳属 (*Salix*)、杨属 (*Populus*)、赤杨属 (*Alnus*)、鹅耳枥属 (*Carpinus*)、胡桃属 (*Juglans*)、山核桃属 (*Carya*)、栎属 (*Quercus*)、胡颓子属 (*Elaeagnus*)、椴属 (*Tilia*)、铁杉属 (*Tsuga*)、罗汉松属 (*Podocarpus*) 等。灌木、草本花粉占 52.1% ~ 92.2%, 平均 73.5%, 主要有蒿属 (*Aster*) 占 5.3% ~ 24.4%, 平均 14.9%, 禾本科 (*Gramineae*) 占 2.4% ~ 8.1%, 平均 4.8%, 毛茛科 (*Ranunculaceae*) 占 2.9% ~ 12.7%, 平均 5.6%, 白刺属 (*Nitraria*) 占 0~ 15.9%, 平均 5.8%, 紫苑属 (*Aster*) 占 0~ 6.9%, 平均 2.7%, 其次还有菊科 (*Compositae*)、蝶形花科 (*Papilionaceae*)、怪柳属 (*Tamarix*)、沙拐枣属 (*Calligonum*)、霸王属 (*Zygophyllum*)、莎草科 (*Cyperaceae*)、香蒲属 (*Typha*) 占 0~ 20.9%, 平均 4.5%, 黑三

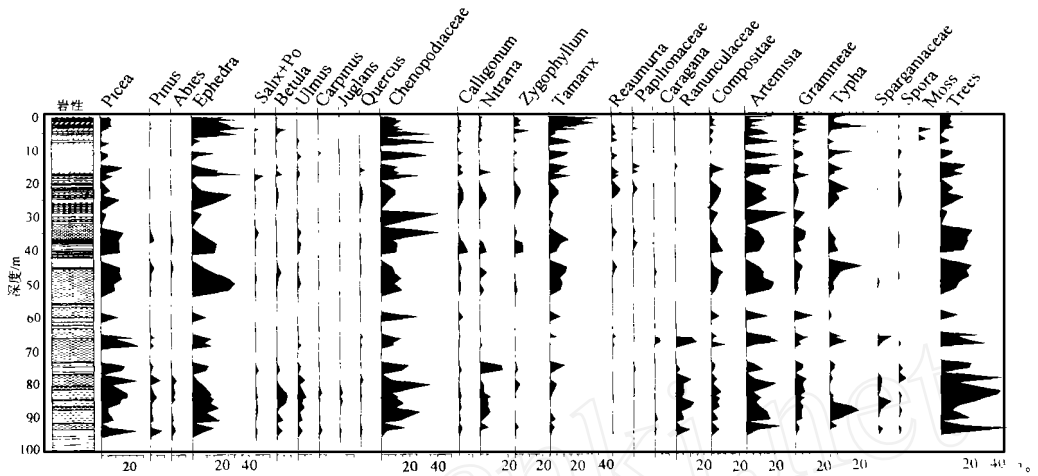


图2 K₁ 孔孢粉图式

Fig.2 Pollen diagram in borehole K₁

18.5%，主要为云杉属(9.4%~14.9%，平均12.7%)、桦属(平均1.7%)、榆属(平均1.1%)，其次有松属、冷杉属、栎属、鹅耳枥属等。灌木及草本植物花粉占78%~86.5%，平均81.5%，主要由蒿属(平均13.9%)、藜科(平均10.5%)、柽柳属(平均10.1%)、菊科(平均5.5%)、禾本科(平均4.1%)、香蒲属(平均10.2%)组成，其次有沙拐枣属、白刺属、霸王属、车前草属、锦鸡儿属(*Caragana*)、十字花科及少量蕨类孢子。这一组合反映的古植被为草原类型，附近还有云杉林生长。从水生植物香蒲在样品中含量高，最高达23.5%，推测本时段湖泊广阔，且为淡水。

7带(41.4 m~45.2 m)，仅见个别花粉，推测为荒漠植被。

8带(34.8 m~41.4 m)，花粉含量较丰富，孢粉组合中乔木植物花粉占16.3%~22.8%，平均19.3%，以云杉属(平均13.7%)为主，其它有松属、冷杉属、榆属、桦属、杨属、柳属、栎属等。灌木及草本花粉中以蒿属(平均11.7%)、麻黄属(平均13.2%)、藜科(平均18.1%)、禾本科(平均6.0%)、菊科(平均5.2%)、柽柳属(平均8.0%)为主，其次有沙拐枣属、白刺属、霸王属、香蒲属及少量孢子。这一组合反映古植被与6带相近，为草原类型，附近有以云杉为主的针叶林存在，气候较湿润、寒冷。

9带(28.2 m~34.8 m)，花粉含量少，乔木植物占5%，有云杉属和榆属，均属外来花粉。灌木及草本花粉类型单调，藜科占41%，蒿属占30%，禾本科占8%，菊科占6%。推测当时古植被为荒漠类型。气候干旱，蒸发强烈，湖泊中沉积了大量石膏。

10带(15.3 m~28.2 m)，孢粉含量丰富，花粉浓度高。组合中乔木花粉占4.7%~17.9%，平均12.5%，主要由云杉属(平均6.6%)、桦属(平均1.5%)、榆属(平均0.8%)、栎属(平均1.2%)组成。灌木及草本花粉占优势，达82.1%~95.1%，平均87.5%，其中蒿属平均15.9%，藜科平均11.5%，禾本科平均4.2%，麻黄属平均17.4%，菊科平均4.9%，柽柳属平均7.8%，香蒲属平均6.7%，沙拐枣属平均2.7%，白刺属平均2.2%，琵琶柴属(*Reaumuria*)平均3.1%，还有霸王属、蝶形花科、唇形科(*Labiatae*)、唐松草属(*Thalictrum*)、百合科(*Liliaceae*)、伞形科(*Umbelliferae*)及少量蕨类孢子。组合反映古植被

为荒漠草原类型,附近有云杉林分布,早期和晚期,水生植物花粉分别高达 14.8% 和 10.2%,表明湖泊水体均比较广阔。

11 带(8.0 m ~ 15.3 m),孢粉含量少,综合 8 个样中的花粉,所得组合中乔木花粉占 8.1%,其中云杉属 5.3%,榆属 2.1%,还有桦属及胡颓子属等。灌木及草本花粉达 91.9%,类型单调,其中藜科 30.2%,柽柳属 13.6%,蒿属 18%,禾本科 5.7%,香蒲属 8.9%。组合中乔木花粉少,均为外来花粉,灌木及草本中以旱生、极旱生成分为主,植被应为荒漠类型。由于出现较多水生植物花粉,反映当时水体面积大,尤其是 19 号样,香蒲高达 17.2%,当时湖泊水质矿化度不高,应为微咸水。

12 带(7.05 m ~ 8.0 m),该组合以灌木及草本占绝对优势,达 95.5%,主要有蒿属、藜科、柽柳属、琵琶柴属、麻黄属、禾本科、紫苑属等,乔木植物花粉仅占 4.5%,均为外来花粉。组合反映古植被为荒漠-荒漠草原类型。样品中出现大量苔藓孢子,分三种类型,总数可达 22.6%,反映了这一时期沼泽广布,据¹⁴C 测得此段年龄为 $26\ 172 \pm 479$ aBP,本段属末次冰期阶段,从植被状况推测,当时植被比目前略好。

13 带(5.5 m ~ 7.05 m),以灌木及草本占绝对优势,达 98%,类型单调,其中藜科 35%,蒿属 17%,麻黄属 32%,其次为柽柳属、琵琶柴属、紫苑属、禾本科等,反映典型的荒漠环境。

14 带(2.7 m ~ 5.5 m),孢粉含量丰富,组合中乔木花粉占 3.5% ~ 10.2%,平均 6.5%,主要由云杉属(平均 3.9%)、桦属(平均 1.9%)组成。乔木花粉含量低,均为外来花粉。灌木及草本花粉占绝对优势,含量达 89.2% ~ 96.5%,平均 93.5%,主要成分有柽柳属(平均 13.3%)、麻黄属(平均 25.1%)、蒿属(平均 7.2%)、香蒲属(平均 11.9%)、藜科(平均 11.3%)、白刺属(平均 1.7%)、沙拐枣属(平均 1.7%)、禾本科(平均 6.7%)等,其次有车前草属、蝶形花科、骆驼刺属(*A. lhaqi*)、百合科、伞形科、十字花科、菊科、莎草科等。本组合花粉丰富,以旱生灌木草本类型为主,反映古植被属荒漠草原类型。组合中香蒲花粉最高达 27.3%,还有许多苔藓孢子,反映这一阶段水体广阔,沼泽发育。

15 带(0 m ~ 2.7 m),孢粉含量丰富,组合中乔木花粉占 7.5%,主要为云杉属(平均 6.8%)和桦属,仍系外来花粉。灌木及草本花粉占 92.5%,主要成分为柽柳属(平均 25.2%)、麻黄属(平均 22.8%)、藜科(平均 11.1%)、蒿属(平均 9.3%)、禾本科(平均 6.2%)、香蒲(平均 6.5%),其次有白刺属、沙拐枣属、霸王属、骆驼刺属、紫苑属、伞形科、百合科等。组合反映植被为荒漠类型。

4 第四纪环境演变

4.1 早更新世的环境

晚第三纪晚期,塔里木盆地的气候变化是十分明显的,阔叶灌木林无论从种类上和数量上都显著衰减,喜热常绿树种基本绝迹,针叶林减少,草本与灌木植物占据了优势^[4]。随着干旱气候的发展,第四纪全球性气候变冷影响遂成为这里气候演变的主要背景。

K₁ 钻孔中的 2、4 孢粉组合带出现森林-草原类型的组合,尤其是 2 带,出现较多的针阔叶树种,除以云杉、松、冷杉等针叶树为主外,亦有桦、榆、柳、栎等阔叶树种,除此之外,椴、胡桃、鹅耳枥、赤杨、山核桃等在新疆第四纪中罕见的树种亦普遍出现。根据磁性地层、岩石地层及新构造运动分析,基本上排除了属上新世的可能后,笔者以为,这

一发现是对以往新疆早更新世工作的一个重要补充, 反映罗布泊地区的早更新世面貌可能与西部存在较大差距。回顾在塔克拉玛干沙漠塔中一井的工作^[5], 笔者曾发现第四纪中有较多的河谷杨柳林, 说明当时塔里木盆地的气候状况明显优于现代, 罗布泊地区则更好, 有较大面积的森林存在。另外, 在早更新世的组合中, 也发现二个反映荒漠气候环境的孢粉带 (1.3 带), 可以推论, 当时罗布泊地区气候有明显波动, 在湿润期, 植被为森林-草原类型, 在干早期, 植被为荒漠草原或荒漠类型。早更新世末, 强烈的构造运动使该区下更新统变形, 使上覆的中更新统与下更新统间呈不整合接触。

4.2 中更新世的环境演替

中更新世地层出现大量膏质泥岩与石膏沉积, 集中于 18 m ~ 24 m, 26 m ~ 44 m, 68 m 等自然沉积层 (参见图 1)。大量的石膏沉积反映当时湖水矿化度高且富含 Ca^{+2} 和 SO_4^{2-} 离子, 当时湖水的蒸发量远大于补给量, 应属明显的干旱时期。从中更新世各带孢粉组合特征变化可以看出, 湖周围植被经历了荒漠-荒漠草原 (5 带)、草原 (6 带)、荒漠 (7 带)、草原 (8 带)、荒漠 (9 带)、荒漠草原 (10 带) 交替变化的过程。这一时期, 半干旱、干旱气候始终影响着湖周围地区并有 3 次明显的干湿波动。5、7、9 带反映干旱环境, 多数石膏沉积出现于此; 6、8、10 带反映半干旱或相对湿润的环境, 当时湖泊水体宽广, 水生植物繁衍, 香蒲含量普遍增加, 在荒漠草原和草原附近, 分布少量以云杉为主的针叶林。

4.3 晚更新世以来的环境

晚更新世, K_1 钻孔剖面以土黄色、土灰色粘土层和细砂层为主, 当时湖泊水体不深, 边缘沼泽发育, 湖泊补给源较充足, 矿化度不高。孢粉组合反映植被经历了荒漠 (11 带)、荒漠草原 (12 带)、荒漠 (13 带)、荒漠草原 (14 带) 交替出现的过程。在干旱气候控制下, 气候波动显著, 植物成分主要为旱生、极旱生的麻黄、蒿、藜、柽柳、霸王、白刺、沙拐枣、禾本科和菊科等种类, 湖泊中香蒲、芦苇等植物繁衍, 沼泽中有较多苔藓植物。

据 ^{14}C 测年数据, 钻孔 1.15 m 处为 $9\,220 \pm 174$ aBP, 5.5 m 处为 $23\,668 \pm 347$ aBP, 推算出此段沉积速率为 0.3 mm/a 。11 号样采于 4.5 m, 按沉积速率推出其年龄为 20 275 aBP; 10 号样采于 4.1 m 处, 对应年龄为 18 955 aBP; 6 号样位于 3.05 m, 对应年龄为 15 490 aBP。因此, 6~11 号样的孢粉组合 (14 带) 代表了盛冰期阶段植被。在盛冰期, 罗布泊地区植被为荒漠草原类型, 显示环境较现代冷且略偏湿。

全新世的孢粉特征反映湖区属荒漠植被, 这一时期麻黄和柽柳是区域的主要植物成分, 其次为藜、蒿、禾草和沙拐枣、白刺等, 香蒲的含量也较高, 反映湖泊边缘沼泽发育。沉积物富含碳质和盐质, 剖面顶部盐壳中含盐量达 80% 以上, 是湖泊干涸产物, 在 3.5 m 以上的地下水中, 矿化度高达 250 g/L 。

据 ^{14}C 测年推算, 2 号样 (0.75 m) 的年龄为 6 013 aBP, 应为中全新世的沉积, 此样中柽柳属占 36.5%、麻黄属占 18.6%、藜科 11.4%、禾本科占 5.4%, 反映植被属典型荒漠类型, 明显有别于我国东部地区中全新世的暖湿环境, 此结果与严富华的结论^[6]一致。

4.4 一些植物花粉与环境的关系讨论

香蒲是一种多年生沼生、水生植物, 分布于温带与热带地区, 现新疆产 6 种^[7], 多生于池沼、河岸浅水处。由于水体干涸, 罗布泊区现已无香蒲生长。 K_1 孔中从下到上发现许多香蒲花粉, 它的存在从一个侧面佐证了罗布泊湖相沉积的连续性, 香蒲出现的几个高峰阶段明显与孢粉组合带中的几个相对湿润期吻合较好。除顶部盐壳外, K_1 孔从下到上未见盐

岩沉积, 仅在中更新世有大量石膏沉积, 从香蒲的现代生境得知, 多数香蒲种不适宜高盐度的水体, 这似乎可以证明, 除了湖泊干涸阶段, 湖水的盐度并不高, 未达到盐岩析出的程度。

怪柳属是古地中海区十分丰富的种类, 以后分化出较年轻的适应于现代荒漠气候的类群, 它们在现代罗布泊地区分布较广, 至少有 5 个现生种^[2]。K₁ 孔中许多怪柳花粉的出现说明了在整个第四纪这类植物一直衍生, 从图 1 可知, 它们的含量在晚更新世和全新世出现峰值, 是当地气候与环境的重要指示植物。

云杉是 K₁ 孔中最常见的乔木花粉, 它的远距离传播能力使其经常出现于完全不生长云杉地区的花粉谱中, 这已在众多的研究中得到证实。中更新世以后, 云杉花粉含量一般少于 10%, 晚更新世一般在 6% 以内, 按表土分析结果^[8,9], 应视为外来花粉, 即不反映当地有云杉林, 最多可认为部分时段周边地区有少量云杉林生长。早更新世组合中, 云杉含量达 15% 左右, 部分样品达 20% 以上, 同时组合中出现较多阔叶落叶树种, 总量(针阔叶花粉合计)最高达 40% 以上, 这是森林的显示。这种情况在新疆平原地区第四纪中属首次发现, 具有重要意义。

最后需指出, 在地质历史时期, 罗布泊的环境演变主要受气候变化制约, 而罗布泊今日的干涸则是由于人类活动对入湖水量的巨大干扰而造成的。

参 考 文 献 (References)

- 1 Li Jiaofeng, Xia Xuncheng. The climatic characteristics of the Lop Nur region. In Xia Xuncheng et al (ed). The Scientific Exploration and Research on the Lop Nur. Beijing: Science Press, 1987. 118~ 131. (In Chinese) [李江风, 夏训诚. 罗布泊地区的气候特征. 见 夏训诚等编. 罗布泊科学考察与研究. 北京: 科学出版社, 1987. 118~ 131.]
- 2 Shen Guanmin. Composition and distribution of flora. In Xia Xuncheng et al (ed). The Scientific Exploration and Research on the Lop Nur Region. Beijing: Science Press, 1987. 253~ 261. (In Chinese) [沈观冕. 罗布泊植物区系组成及其分布. 见 夏训诚等编. 罗布泊科学考察与研究. 北京: 科学出版社, 1987. 253~ 261.]
- 3 Mankinen EA, Dalrymple GB. Revised geomagnetic polarity time scale for the interval 0~ 5 m. y. B. P. *Journal Geophysics Research*, 1979, **84**: 615~ 626.
- 4 Wang Shuji, Yan Shun. Cenozoic evolution of geographical environment in north and south sides of the Tianshan Mountains. *Acta Geographica Sinica*, 1987, **42**(3): 211~ 220. (In Chinese) [王树基, 闫顺. 天山南北麓新生代地理环境演变. *地理学报*, 1987, **42**(3): 211~ 220.]
- 5 Yan Shun, Xu Yingqin. Analysis of pollen from 2 drill holes in Taklimakan desert of Xinjiang. *Xinjiang Geology*, 1990, **8**(4): 342~ 349. (In Chinese) [闫顺, 许英勤. 新疆塔克拉玛干沙漠中二个钻孔的孢粉分析. *新疆地质*, 1990, **8**(4): 342~ 349.]
- 6 Yan Fuhua, Ye Yongying. The sporo-pollen assemblage in the Luo 4 drilling of Lop Lake in Xinjiang and its significance. *Seismology and Geology*, 1983, **5**(4): 75~ 80. (In Chinese) [严富华, 叶永英. 新疆罗布泊罗 4# 孢粉组合及其意义. *地震地质*, 1983, **5**(4): 75~ 80.]
- 7 Collegium Agricultural Aug. - 1 Xinjiangese. Claves plantarum Xinjiangensium. Urumqi: Xinjiang Peoples' Press, 1982. 57~ 61. (In Chinese) [新疆八一农学院编著. 新疆植物检索表. 乌鲁木齐市: 新疆人民出版社, 1982. 57~ 61.]
- 8 Li Wenyi, Yao Zujun. A study on the quantitative relationship between pinus pollen in surface sample and pinus vegetation. *Acta Botanica Sinica*, 1990, **32**(12): 943~ 950. (In Chinese) [李文猗, 姚祖驹. 松科花粉与植物间关系数值研究. *植物学报*, 1990, **32**(12): 943~ 950.]
- 9 Yan Shun. The discussion on the pollen of pine family in the surface soils in Xinjiang. *Arid Land Geography*, 1993, **16**(3): 1~ 9. (In Chinese) [闫顺. 新疆表土中松科花粉分布探讨. *干旱区地理*, 1993, **16**(3): 1~ 9.]

QUATERNARY ENVIRONMENTAL EVOLUTION OF THE LOP NUR REGION, CHINA

Yan Shun Mu Guijin Xu Yingqin

(The Xinjiang Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011)

Zhao Zhenhong

(The 2nd Group of Hydrogeology, Xinjiang Bureau of Geology and Mineralogy, Changji 831100)

Key words Lop Nur Region, Quaternary, pollen, environment

Abstract

The Lop Nur depression is at the east margin of the Tarim Basin. It is the lowest place and the conflux center of the basin, covers about 50 000 km². The lowest place is 780 m above sea level. The bio-species in the region are limited and their quantity is rare. Especially the species are rapidly reduced after the lake dried up due to human activities in 1970's. The data from the field survey of 1980 and 1981 show 13 families, 26 genera and 36 species.

The boring site of K₁ locates at the middle of the dried up Lop lake, at 90°15' E and 40°17' N. Depth of the well is 100.2 m. The core is totally divided into 92 layers according to natural sedimentation, and classified into 26 depositional cycles in terms of rhythmic sedimentation from coarse to fine. In general, Holocene series is about 2.70 m thick, including the layers from No. 1 to 7. The surface is salt crust, and then mainly clay underneath, upper Pleistocene series is about 14.65 m thick, including the layers from No. 8 to 17, and mainly composed of earthy yellow and earthy gray clay; mid-Pleistocene series is about 48.86 m thick, including the layers from No. 18 to 72. Its lower part is mainly composed of earthy gray, dark gray and grayish green mudstone with thin beds of gypsum, and upper part is mainly the exchange of dark gray muddy rocky gypsum, mudstone with gypsum. At the top there is a buried weathering crust. The mid-Pleistocene series is unconformable with an angle about 15° on the lower Pleistocene. The lower Pleistocene series is about 34 m of visible thickness, including the layers from No. 73 to 92, and mainly composed of dark gray mudstone and earthy yellow mudstone. Many muddy gypsum beds and gypsum mudstone beds are interbedded in the middle part. The strata decline with an angle change from 15° to 5° top down.

In Paleogene the bio-group was carrying very important characteristics of the Tethys region, and the climate of the basin was mostly warm, and produced large coniferous forest and broad leaf forest with some bushes, herb and hydrophytes. The climate of the Tarim Basin changed sharply from Miocene to Pliocene. The broad and deciduous leaf forest reduced by means of either species or total quantity, and the ever green species extincted basically. The coniferous forest decreased, but herb and bush plants occupied the region.

According to the variety of species and quantity of pollen found, the whole profile is divided into 15 pollen zones (Fig. 1). The zones from No. 1 to 4 belong to early Pleistocene, from No. 5

to 10 belong to mid-Pleistocene, from No. 11 to 14 belong to later Pleistocene, and No. 15 belongs to Holocene including 3 sub-zones. In the early Pleistocene the pollen and spore show coniferous-broad leaf forest and steppe. The trees composed of *Picea*, *Pinus*, *Abies*, *Betula*, *Ulmus*, *Salix* and other including *Tilia*, *Juglans*, *Carpinus*, *Alnus*, *Carya*, etc. Abundant gypsum mudstone and gypsum beds appear in the mid-Pleistocene strata of the K₁ core. It implies that the lake water was in high mineral contents and rich of Ca²⁺ and SO₄²⁻, and that the evaporation capacity was much higher than precipitation, and stand for outstanding arid time. The pollen assemblages of the mid-Pleistocene indicate that the vegetation in the vicinity of the lake had an alternative process from desert-steppe type, then steppe, desert, steppe, desert to desert-steppe. It was dominated by semiarid or arid climate with clear alternation from arid to moist environment in the surrounding region of the lake. In the later Pleistocene the lake water was not very deep, and surrounded by swamp and peat lands. Hydrophyte was abundant. Mineral contents of the lake water were not very high. The pollen assemblages show 2 circles of alternation of the vegetation evolution from desert to desert-steppe. Under the domination of arid climate alternation of the climate was remarkable.

In Holocene series, swamps and peats were well developed around the lake. The lake water was in very high mineral contents. The deposits contain very rich carbon and salt materials. The crust at the top of the profile contains salt over 80%, which is the products while the lake is dried up. The mineral contents of ground water above 3.50 m deep is even as high as 250 g/l. In the mid-Holocene deposits, the pollen shows a type of desert vegetation, and does not show the Optimum environment as it does in the East China.

作者简介

闫顺, 生于 1949 年, 1970 年毕业于西安矿业学院地质系。毕业以来主要从事地质普查、新生代环境古地理等研究工作, 现任中国科学院新疆地理研究所研究员。