

内蒙古查干诺尔盐湖晚更新世至 全新世孢粉植物群与古气候^①

江德昕 魏俊超

(中国科学院兰州地质研究所, 兰州 730000)

提 要 本文基于内蒙古二连盆地查干诺尔盐湖 83-CK1 井岩芯样品孢粉分析结果, 将孢粉谱划分为 I、II、III、IV 四个孢粉带; 根据孢粉组合特征讨论了晚更新世晚期以来研究区植被发展和气候演变以及盐湖沉积形成环境等问题。83-CK1 井沉积剖面年龄根据¹⁴C 测定。研究结果表明, 晚更新世晚期(18~15 ka BP)和全新世早期(10~5 ka BP)气候相对温暖湿润, 为盐类矿床形成的预备阶段; 晚更新世末期(15~10 ka BP)和全新世晚期(5 ka BP 至现代)气候干燥寒冷, 是内蒙古盐湖的主要成盐期。

关键词 孢粉植物群 古气候 第四纪 沉积环境 盐湖 二连盆地

分类号 Q 91, P 512

第一作者简介 江德昕 女 63岁 研究员 孢粉学

内蒙古高原盐湖星罗棋布, 是我国内陆盐类矿床主要分布区之一。根据中国盐湖研究总体规划, 1983 年中国科学院青海盐湖研究所组建了内蒙古盐湖考察队对该区盐湖资源开展深入考察和研究。笔者受托完成查干诺尔和吉兰泰等盐湖孢粉分析鉴定, 为盐类矿床形成的古气候条件提供了科学依据。查干诺尔盐湖是内蒙古有代表性的碳酸盐型盐湖, 天然碱储量占全区总储量的二分之一。本文基于查干诺尔 83-CK1 井孢粉谱的研究, 讨论了晚更新世晚期以来植被更替、气候变化、成盐环境和成盐期等问题。

1 自然概况

查干诺尔盐湖位于内蒙古自治区锡林郭勒盟苏尼特右旗境内, 东经 112°54', 北纬 43°16', 面积为 21 km²。该盐湖是二连盆地南缘的一个断陷湖, 湖内发育多层盐类沉积, 主要为天然碱、泡碱、水碱和芒硝。查干诺尔天然碱矿层厚度可达 3m 有余, 总厚达 10.39m, 是内蒙古储量最大的天然碱矿床^[1]。

内蒙古高原西起祁连山麓, 东到大兴安岭, 东西长约 3000km, 南北宽约 540km, 是广阔的内陆高原。查干诺尔盐湖地处高原腹地锡林郭勒—乌兰察布高

原盐湖区沙漠集中分布地带, 湖盆周围缺乏地表径流, 海拔 1000~1400m, 气候温凉干旱, 自然环境属于荒漠草原区。据内蒙古自治区气象统计资料, 苏尼特右旗年平均气温为 2.9℃, 年降水量为 199.30mm, 年蒸发量达 2411.37mm, 气候极为干燥^[1]。

内蒙古高原植被以干性草原为主, 其代表植物为麻黄(*Ephedra Sinica*), 这种耐旱灌木常蔓延丛生于石缝和沙地。习见的旱生草本植物有沙漠冰草(*Agropyron desertorum*)、铁杆紫云英(*Astragalus melilotoides*)、厚叶藜(*Chenopodium acuminatum*)、棉团铁线莲(*Clematis hexapetala*)、甘草(*Glycyrrhiza uralensis*)、沙苦菜(*Ixeris chinensis*)、沙蓬(*Salsola collina*)、沙唐松草(*Thalictrum squarrosum*)等。耐盐草本和灌木有滨藜(*Atriplex littoralis*)、反白藜(*Chenopodium glaucum*)、灯笼花(*Aster triplolum*)、海乳草(*Glaux maritima*)、千年黄(*Limonium bicolor*)、蒲公英(*Taraxacum mongolicum*)、碱蓬(*Suaeda glauca*)、柽柳(*Tamarix chinensis*)等。在流动沙丘地段常有差巴嘎蒿(*Artemisia halodendron*)、酸蓼(*Pteuropteryrum divaricatum*)、旱芦苇(*Phragmites communis* var.

① 中国科学院兰州地质研究所所长基金资助项目(编号:E97-07-01)

收稿日期: 1997-10-28

acris) 和沙蓬等繁生。在沼泽湿地见有蒙古苔 (*Carex eromopyroides*)、沼针蔺 (*Eleocharis interstincta*)、芦苇 (*Phragmites communis*)、菹草 (*Potamogeton crispus*)、香蒲 (*Typha latifolia*) 等^[2]。

2 孢粉组合

根据查干诺尔盐湖 83-CK1 井岩芯剖面系统孢粉分析结果, 孢粉组合主要由以下植物孢子花粉所组成: 蕨类植物孢子有细叶卷柏 (*Selaginella labordei*)、长毛卷柏 (*S. longipila*)、紫萁属 (*Osmunda*)、水龙骨科 (*Polypodiaceae*) 等; 裸子植物花粉有松 (*Pinus*)、云杉 (*Picea*)、冷杉 (*Abies*)、雪松 (*Cedrus*)、铁杉 (*Tsuga*)、麻黄 (*Ephedra*) 等属; 被子

植物花粉有桦木 (*Betula*)、鹅耳枥 (*Carpinus*)、栎 (*Quercus*)、胡桃 (*Juglans*)、榆 (*Ulmus*)、椴 (*Tilia*)、蒿 (*Artemisia*)、柽柳 (*Tamarix*) 等属以及藜科 (*Chenopodiaceae*)、蓼科 (*Polygonaceae*)、菊科 (*Compositae*)、毛茛科 (*Ranunculaceae*)、唇形科 (*Labiatae*)、百合科 (*Liliaceae*)、禾本科 (*Gramineae*)、莎草科 (*Cyperaceae*) 等(图版 I)。该组合以耐旱灌木和草本植物如麻黄、藜、蒿等占绝对优势, 约占 70% 以上; 耐寒针叶树种如云杉、冷杉、雪松等占有一定地位, 含量可达 10% 以上; 喜暖喜湿阔叶植物如栎、桦、胡桃、榆、椴等处于次要地位, 含量 < 10%; 喜暖湿的蕨类植物时隐时现, 含量 < 7%。根据孢子花粉含量变化, 可将孢粉谱划分为四个孢粉带(图 1), 自下而上分述如下:

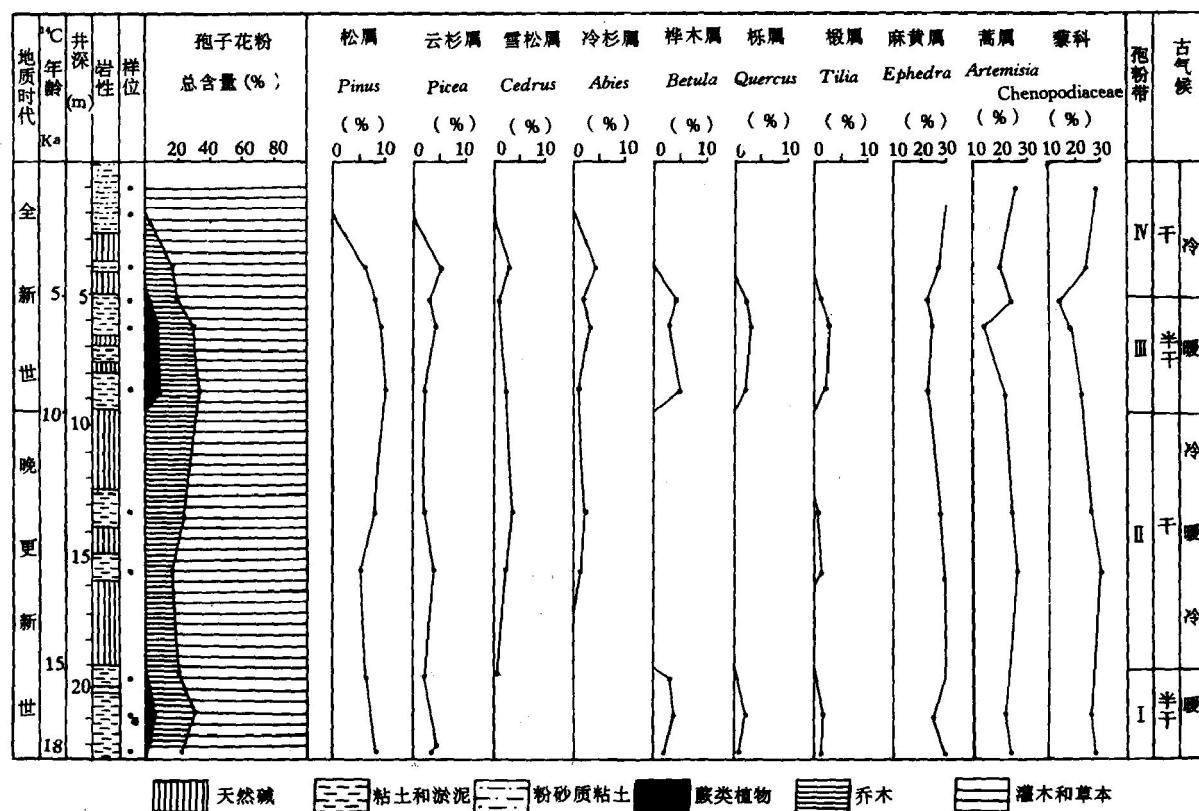


图 1 二连盆地查干诺尔盐湖 83-CK1 井孢粉谱

Fig. 1 Sporo-pollen diagram of the Corehole 83-CK1 from the Qagan salt lake in the Eren basin

I 带: 井深 22.16~19.01m(约 18~15 ka BP)

蕨类植物孢子占 1%~5%, 乔木花粉占 14%~25%, 灌木和草本植物花粉占 70%~85%。蕨类植物有细叶卷柏、长毛卷柏、紫萁属和水龙骨科; 乔木

有松、云杉、雪松、铁杉等针叶树种和桦木、鹅耳枥、栎、榆等阔叶树种; 灌木和草本主要有麻黄属、蒿属、藜科、蓼科、唇形科、百合科和菊科。

II 带: 井深 19.01~9.39m(15~10 ka BP)

乔木花粉占 10%~22%, 灌木和草本植物花粉

占 78%~90%，未见蕨类植物孢子。乔木有松、云杉、雪松、冷杉、桦木、椴等属；灌木和草本主要有麻黄属、蒿属、柽柳属、藜科、蓼科、菊科、毛茛科等。

Ⅲ带： 井深 9.39~5.04m(10~5 ka BP)

蕨类植物孢子占 1%~7%，乔木花粉占 16%~25%，灌木和草本植物花粉占 70%~83%。蕨类植物有细叶卷柏、长毛卷柏和水龙骨科；乔木有松、云杉、雪松、冷杉、桦木、鹅耳枥、栎、胡桃、榆、椴等属；灌木和草本有麻黄属、蒿属、柽柳属、藜科、蓼科、菊科、毛茛科、唇形科、百合科、禾本科、莎草科等。

Ⅳ带： 井深 5.04~2.44m(5 ka BP 至近代)

乔木花粉含量小于 16%，灌木和草本植物花粉占 84%~100%，未见蕨类植物孢子。乔木有松、云杉、雪松、冷杉等属，灌木和草本有麻黄、蒿、柽柳等属以及藜科、蓼科、菊科、毛茛科、禾本科等。

根据¹⁴C 测年，上述 I 带和 II 带年龄为距今约 1.8 万年至 1 万年，相当于晚更新世晚期；Ⅲ带和Ⅳ带年龄为距今约 1 万年至近代，相当于全新世^[1]。

3 植被更替与气候演变

根据孢粉分析结果，查干诺尔湖区 1.8 万年以来植被发展和气候演变可分为以下四个阶段：

第一阶段： 晚更新世晚期(约 18~15 ka BP)

以孢粉谱 I 带所反映的植物群为代表，第一阶段植被以草原为主，同时存在针叶阔叶混交林，为森林-草原植被。森林由松、云杉、雪松、铁杉等针叶树种和桦木、鹅耳枥、栎、榆等阔叶树种混合组成，林下有卷柏、紫萁、水龙骨等蕨类植物生长。草原由灌木和草本植物组成，以麻黄、蒿、藜为主，其次为蓼科、菊科、唇形科、百合科等。松科的松、云杉、雪松、铁杉均为常绿乔木，多产于北半球温带，铁杉喜暖，现今在我国分布于秦岭及长江以南；桦木科的桦木和鹅耳枥为北温带森林的重要组成树种，壳斗科的栎和榆科的榆均为喜暖树种；细叶卷柏和长毛卷柏分布于云南、贵州、四川等地，生长于林下湿地，紫萁和水龙骨也为喜暖喜湿蕨类植物；麻黄、蒿、藜则为典型耐旱植物^[3,4]。从孢粉植物群的生态看，这一阶段植被景观反映本区当时气候相对温暖湿润，属温带半干燥型。

第二阶段： 晚更新世末期(15~10 ka BP)

以孢粉谱 II 带所反映的植物群为代表，第二阶段植被以荒漠草原为主，中期出现稀疏松林或杂木

林。草原主要由麻黄、蒿、柽柳、藜、蓼等耐旱灌木和草本植物组成。稀疏松林或杂木林主要成分为松和云杉，或与少许耐寒的雪松和冷杉等针叶树混生，或与少许喜温湿的椴、桦等阔叶树混生。第二阶段植被景观反映温凉干燥气候，但中间有相对暖湿时期，出现冷→暖→冷的气候变化。

第三阶段： 全新世早期(10~5 ka BP)

以孢粉谱 III 带所反映的植物群为代表，第三阶段植被与第一阶段相似，仍以草原为主，同时有针叶阔叶混交林，为森林-草原植被。森林的主要成员为松、云杉、雪松、栎、桦木、鹅耳枥等，胡桃、榆、椴等阔叶树在林中也有一定位置，林下有卷柏、水龙骨等蕨类植物生长。草原的主要成分有麻黄、蒿、柽柳、藜、蓼等耐旱灌木和草本植物，此外尚有毛茛科、唇形科、百合科、禾本科、莎草科、菊科等。第三阶段植物繁茂，植被景观反映当时气候相对温暖湿润，属温带半干燥型气候。

第四阶段： 全新世晚期(5 ka BP 至近代)

以孢粉谱 IV 带所反映的植物群为代表，第四阶段植被以荒漠草原为特征。草原由旱生灌木和草本植物组成，主要成分除麻黄、蒿、藜外，尚有柽柳科、蓼科、毛茛科、禾本科和菊科的耐旱耐盐属种。在外围山地有松、云杉、冷杉和雪松稀疏分布，未见阔叶树种和蕨类植物。这一阶段的植被景观反映气候再度变干变冷，属温凉干燥气候，与本区现今气候相似。

近年来中美合作在青藏高原西昆仑山古里雅冰帽进行冰芯钻取和研究，取得了卓有成效的进展，对末次间冰期以来的气候变化已获得完整记录^[5]。有趣的是，内蒙古高原查干诺尔盐湖 83-CK1 井孢粉谱所反映的晚更新世末期以来气候冷暖变化与青藏高原古里雅冰芯所记录的末次冰期晚冰阶晚期至冰后期冷暖事件可以对比。古里雅冰芯 δ¹⁸O 研究结果表明：在晚更新世末期(16~10.5 ka BP)即末次冰期晚冰阶晚期，δ¹⁸O 值由 16 ka BP 的 -20‰ 上升至 12 ka BP 的 -16‰ 后，又下降至新仙女木(Younger Dryas)冷期内的 -19‰，显示了冷→暖→冷气候变化；全新世(即冰后期)早期(10~6 ka BP) δ¹⁸O 值上升至 -12.5‰，高于现代温度 1.5℃，为暖期；全新世(即冰后期)晚期(5 ka BP 以来)再次出现剧烈降温，δ¹⁸O 约在 -17‰ 上下，延续至近代温度才回升^[6]。如上所述，根据孢粉分析结果，查干诺尔盐湖晚更新世末期(15~10 ka BP)出现冷→暖→

冷气候变化;全新世早期(10~5 ka BP)为暖期;全新世晚期(5 ka BP至近代)为相对冷期。因此,查干诺尔盐湖孢粉谱所反映的气候冷暖变化与古里雅冰芯记录的冷暖事件一致,说明内蒙古高原气候冷暖变化与青藏高原具有一致性。

4 盐湖形成环境与成盐期

内蒙古盐湖沉积可分为粗碎屑物沉积、细碎屑物沉积和蒸发盐类沉积三种类型。粗碎屑物沉积包括粗砂和细砂一般分布于湖盆边缘和湖盆底部,是盐湖形成早期的产物。细碎屑物沉积包括粘土和淤泥分布于湖盆内部,形成于蒸发盐类出现之前,是成盐预备阶段的产物。蒸发盐类沉积包括碳酸盐、硫酸盐和氯化物等盐类沉积是盐湖的主要沉积类型,分布于湖盆中心,是盐湖发展到成盐阶段的产物。

蒸发盐类沉积是干燥气候条件下的产物,盐湖矿床的形成无疑与气候条件密切相关。盐湖湖表卤水一般在夏季析出石盐,冬季析出芒硝和片碱,说明石盐形成于干燥温暖气候条件,芒硝和片碱形成于干燥寒冷气候条件。卤水冷冻(-10℃)实验证明,天然碱、泡碱、芒硝等蒸发盐均形成于干燥寒冷条件^[1]。

孙大鹏(1987)将盐湖的形成与演化划分为两个阶段,即成盐前的预备盆地阶段和成盐盆地阶段^[7]。在预备盆地阶段,气候相对温湿,植被繁茂,湖相泥质沉积发育,水体为淡水或微咸水。在成盐盆地阶段,气候干冷,植被稀疏,湖盆水体逐渐缩小和咸化,蒸发盐层渐次形成。

如前所述,查干诺尔盐湖1.8万年以来植被发展和气候演变可分为四个阶段,第一阶段即晚更新世晚期(约18~15 ka BP)和第三阶段即全新世早期(10~5 ka BP)植被景观反映相对温暖湿润气候;第二阶段即晚更新世末期(15~10 ka BP)和第四阶段即全新世晚期(5 ka BP至近代)植被景观反映寒冷干燥气候。就沉积物而言,第一阶段即Ⅰ带(井深22.16~19.01 m)和第三阶段即Ⅲ带(井深9.39~5.04 m)主要为粘土和淤泥沉积,夹少许天然碱薄层;第二阶段即Ⅱ带(井深19.01~9.39 m)和第四

阶段即Ⅳ带(井深5.04~2.44 m)主要为天然碱层,夹少许淤泥层(见图1)。因此,本区晚更新世晚期以来植被发展和气候演变的第一阶段和第三阶段具备成盐前预备盆地阶段的气候和沉积特征,属于盐湖形成与演化的预备盆地阶段;第二阶段和第四阶段具备成盐盆地阶段的气候和沉积特征,属于成盐盆地阶段。

综上所述,盐湖矿床形成于干燥气候下的咸水湖盆,而在成盐之前存在一个气候相对温暖湿润,湖水较深、水体微咸的成盐预备阶段。从孢粉分析结果看来,干燥寒冷气候有利于碳酸盐型盐湖矿床的形成;而相对温润气候又是成盐前预备阶段不可缺少的条件。基于查干诺尔盐湖孢粉组合研究,晚更新世晚期和全新世早期气候相对温润,为成盐预备阶段;晚更新世末期和全新世晚期气候干燥寒冷,为内蒙古天然碱盐湖的两个主要成盐期。

致谢 中国科学院青海盐湖研究所孙大鹏教授提供岩芯样品和地质资料,中国科学院兰州地质研究所杨惠秋教授提供技术帮助,杜金娥实验师分析样品,作者谨致深切谢忱。

参考文献

- [1] 郑喜玉,张明刚,韩智明,董继和,张保珍,高章洪,孙大鹏,徐昶,王克俊.内蒙古盐湖.北京:科学出版社,1992,1~297.
- [2] 耿伯介.中国植物地理区域.上海:新知识出版社,1958,1~128.
- [3] 王伏雄,钱南芬,张玉龙,杨惠秋.中国植物花粉形态.北京:科学出版社,1995,1~446.
- [4] 中国科学院北京植物研究所.中国蕨类植物孢子形态.北京:科学出版社,1976,1~449.
- [5] 姚檀栋, Thompson L G, 施雅风, 秦大河, 焦克勤, 杨志红, 田立德, Mosley-Thompson E. 古里雅309m深孔冰芯中末次间冰期以来气候变化研究. 冰芯与寒区环境实验室年报, 1996, 2: 47~59.
- [6] 姚檀栋, Thompson L G, 施雅风, 秦大河, 焦克勤, 杨志红, 田立德, Mosley-Thompson E. 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), 1997, 27(5):
- [7] Sun Dapeng. Soda lakes and origin of their trona deposits on the Nei Mongol plateau of China. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 1987, 5: 351~362.

Late Pleistocene to Holocene Palynofloras and Paleoclimate of Qagan Salt Lake, Inner Mongolia

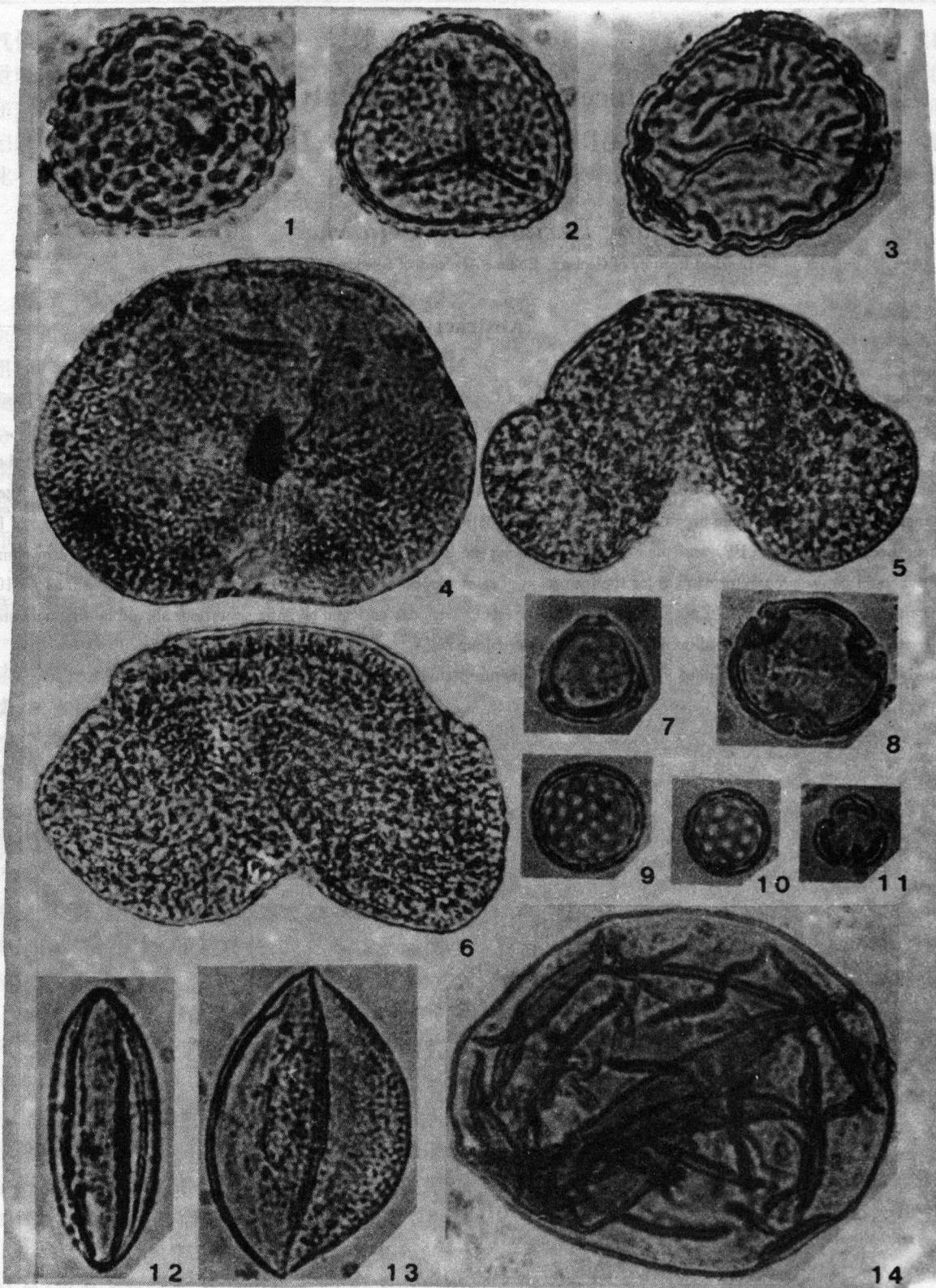
Jiang Dexin and Wei Junchao

(Lanzhou Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000)

Abstract

Based on the sporo-pollen analyses of the core samples of Corehole 83 - CK1 from the Qagan Salt Lake in the Eren Basin of the Inner Mongolia, the sporo-pollen diagram were divided into four palynofloral zones, i. e. Zone I, Zone II, Zone III, and Zone IV in this paper. In accordance with the characteristics of the sporo-pollen assemblages, the problems on the vegetational evolution and the paleoclimatic changes in the past 18 ka as well as the sedimentary environment of salt lake were discussed. Ages of the sedimentary section of Corehole 83 - CK1 are based on ^{14}C dating. The results of this study indicate that the late stage of Late Pleistocene Epoch (18~15 ka BP) and the early stage of Holocene Epoch (10~5 ka BP) with relatively wet and warm climatic conditions should be the preparatory stages for the formation of saline deposits; the last stage of Late Pleistocene Epoch (15~10 ka BP) and the late stage of Holocene Epoch (5 ka BP to the present) with dry and cold climatic conditions should be the main stages for the formation and evolution of saline deposits in the Inner Mongolia.

Key Words Palynoflora Paleoclimate Quaternary Sedimentary environment Salt Lake Eren Basin



图版说明 (全部图形放大 800 倍)

1. 细叶卷柏 *Selaginella labordei*
2. 紫萁属 *Osmunda*
3. 长毛卷柏 *Selaginella longipila*
4. 云杉属 *Picea*
5. 松属 *Pinus*
6. 雪松属 *Cedrus*
7. 鹅耳枥属 *Carpinus*
8. 椴属 *Tilia*
9. 藜属 *Artemisia*
- 10-11. 萩科 *Chenopodiaceae*
12. 麻黄属 *Ephedra*
13. 百合科 *Liliaceae*
14. 禾本科 *Gramineae*