

青海湖盆地第四紀孢粉組合及其意义*

楊惠秋 江德昕
(中国科学院兰州地质研究所)

引 言

十九世纪七十年代以来,中外学者在青海湖区进行过多次地质地理调查^[1-5],但对本区第四纪地层迄今研究甚少,也未从其中发现过生物遗体。本文试图根据孢粉组合对本区第四纪地层划分、古气候变化及青海湖形成时间等问题作一初步探讨。

1961 年笔者参加中国科学院青海湖综合考察队,与地质古生物研究所黄宝仁等同志对本区新生代地层进行了系统调查,并系统采集了孢子花粉和介形类分析样品及若干腹足类化石。其中孢粉分析样品共 177 块,经过分离仅在 33 块样品中获得孢子花粉。样品处理采用 В. П. 格里丘克 (Гричук) 分离法,浮选采用镉重液或 $\Pi\kappa-6$ 重液^[6-8]。

由于西北区第四纪孢粉分析尚无基础,这次所获材料又颇不足,故本文对地层时代等问题只能作初步探讨。

一、第四紀地层

青海湖位于东经 $97^{\circ}53'$ — $101^{\circ}13'$ 、北纬 $37^{\circ}28'$ — $38^{\circ}25'$,湖面海拔为 3196 米。青海湖盆地为南祁连山加里东褶皱带的山间盆地,其基底由前震旦纪和下古生代变质岩系构成。

本区第四纪地层发育较全,但出露零星,仅见于河湖阶地。盆地边缘钻井揭露厚 200 余米。根据岩性、岩相及沉积旋迴可分为四组,从老到新如下:

1. 哈达湾组 出露于哈达湾湖阶地及倒淌河上游二级阶地上,并在青 4 孔及青 5 孔¹⁾发现。除在青 5 孔为黄土状岩石外,其余均为淡红色或浅灰色粘土与灰绿色薄层细砂互层之浅水湖相沉积,厚 50 余米。倒淌河剖面所产腹足类化石经地质古生物研究所余汝鉴定为: *Vallonia* aff. *pulchellula* (Muller), *Pupilla* cf. *muscorum* (Linné), *Succinea* sp. 其时代属更新世。

2. 二郎尖组 以二郎尖剖面为代表,为灰绿色粉砂质粘土与灰色细砂砾层交替的湖相沉积,出露厚 15 米,在青 4 孔和青 5 孔厚数十米至百余米。

3. 下布哈河组 出露于布哈河下游及铁布卡一带,厚约 10 米。该组下部为新黄土堆积,如在布哈河下游三级阶地所见,出露厚约 3 米;上部为河湖交替相沉积,岩性为灰黄色细砂或粉砂与粉砂质粘土互层,出露于布哈河下游二级阶地上,厚 4—5 米。

* 本文系在植物研究所徐仁教授指导和鼓励下完成的。徐仁教授修改初稿和英文摘要,植物研究所王伏雄教授和冰川冻土沙漠研究所施雅风教授先后审阅初稿并提出宝贵意见,兰州大学陈庆诚教授、张鹏云、彭泽祥先生和植物研究所姜恕同志在植被方面提出宝贵意见,本所刘中庆同志协助采样,唐澄思、安庆祥同志分析样品和制片,冯爱敏等同志清绘插图,笔者致以深切的谢意。

1) 青 4 孔位于倒淌河口,井深 180 米;青 5 孔位于二郎尖,井深 210 米。

4. 上布哈河组 沉积类型复杂,主要为湖积、洪积、冲积、风积及三角洲沉积。在青2孔¹⁾,岩性为灰色粉砂质粘土夹细砂层及黑色腐殖层。

二、第四紀孢粉組合

我们在青海湖盆地第四系各组的9个剖面中发现孢子花粉(见附表),现将各剖面的孢粉组合分述如下:

1. 哈达湾组:

(1) 哈达湾剖面 蕨类植物孢子占组合中孢子花粉总数的8.3%,木本植物花粉占17.3%,草本植物花粉占74.4%。木本植物主要为松科(Pinaceae, 1.5%)、杨属(*Populus*, 5.2%)、柳属(*Salix*, 6%)、胡桃属(*Juglans*, 1.5%)及栎属(*Quercus*, 3.7%),草本有百合科(Liliaceae, 15.6%)、葱属(*Allium*, 24.6%)及豆科(Leguminosae, 33.6%)等,蕨类仅有水龙骨科(Polypodiaceae)。

(2) 倒淌河剖面 蕨类植物孢子占组合中孢子花粉总数的28.6%,主要为水龙骨科;木本植物花粉占57.1%,有松科(7.1%)、雪松属(*Cedrus*, 10.7%)、柏科(Cupressaceae, 10.7%)、杨属(28.6%)等;草本植物花粉占14.3%,以蒿属(*Artemisia*)为主。

(3) 青4孔下部剖面 以木本植物花粉占优势,占花粉总数的93.9%,有少量草本花粉,占6.1%,而缺乏蕨类孢子。木本植物以松科为主,其中云杉属(*Picea*)占组合中总数的78.8%,此外尚有少量栎属(3%);草本有豆科(3%)及蒿属(3%)。

哈达湾组孢粉组合比较贫乏,下部以百合科、豆科及菊科为主的草本植物占优势,有少量阔叶树种如杨、栎及胡桃等属植物,而松科仅有少量出现;上部则以松科植物占优势,其中尤以云杉为多。

2. 二郎尖组:

(1) 青5孔剖面 蕨类植物孢子占组合中孢子花粉总数的9.8%,木本植物花粉占45.1%,草本植物花粉占45.1%。蕨类有凤尾蕨科(Pteridaceae, 1.4%)及槐叶苹属(*Salvinia*, 8.4%);裸子植物有松科(26.8%)、云杉属(1.4%)、雪松属(2.8%)、松属(*Pinus*, 4.3%)、柏科(1.4%)及麻黄属(*Ephedra*, 1.4%);被子植物木本有柳属(7%),草本有葱属(1.4%)、天冬属(*Asparagus*, 1.4%)、藜科(Chenopodiaceae, 4.3%)、苋科(Amaranthaceae, 5.7%)、蔷薇科(Rosaceae, 1.4%)、夹竹桃科(Apocynaceae, 1.4%)、茜草科(Rubiaceae, 1.4%)、菊科(Compositae, 7%)及蒿属(21.1%)(图1)。

(2) 二郎尖剖面 蕨类植物孢子占组合中孢子花粉总数的6%,木本植物花粉占53.8%,草本植物花粉占40.2%。蕨类有凤尾蕨科及水龙骨科等;裸子植物有松科(8.5%)、云杉属(5.1%)、松属(0.9%)、柏科(3.3%)及麻黄属(2.6%);被子植物木本有杨属(17.1%)、胡桃属(9.4%)、桤木属(*Alnus*, 6%)及桦属(*Betula*, 0.9%),草本有葱属(3.3%)、荨麻科(Urticaceae, 1.8%)、藜科(5.1%)、山黧豆属(*Lathyrus*, 0.9%)、菊科(1.7%)及蒿属(8.5%),此外尚有水生植物眼子菜属(*Potamogeton*, 18%)(图2)。

(3) 青3孔²⁾剖面 蕨类植物孢子占4.2%,木本植物花粉占65.7%,草本植物花粉

1) 青2孔位于布哈河三角洲前缘,井深53米。
2) 青3孔位于哈达湾,井深49米。

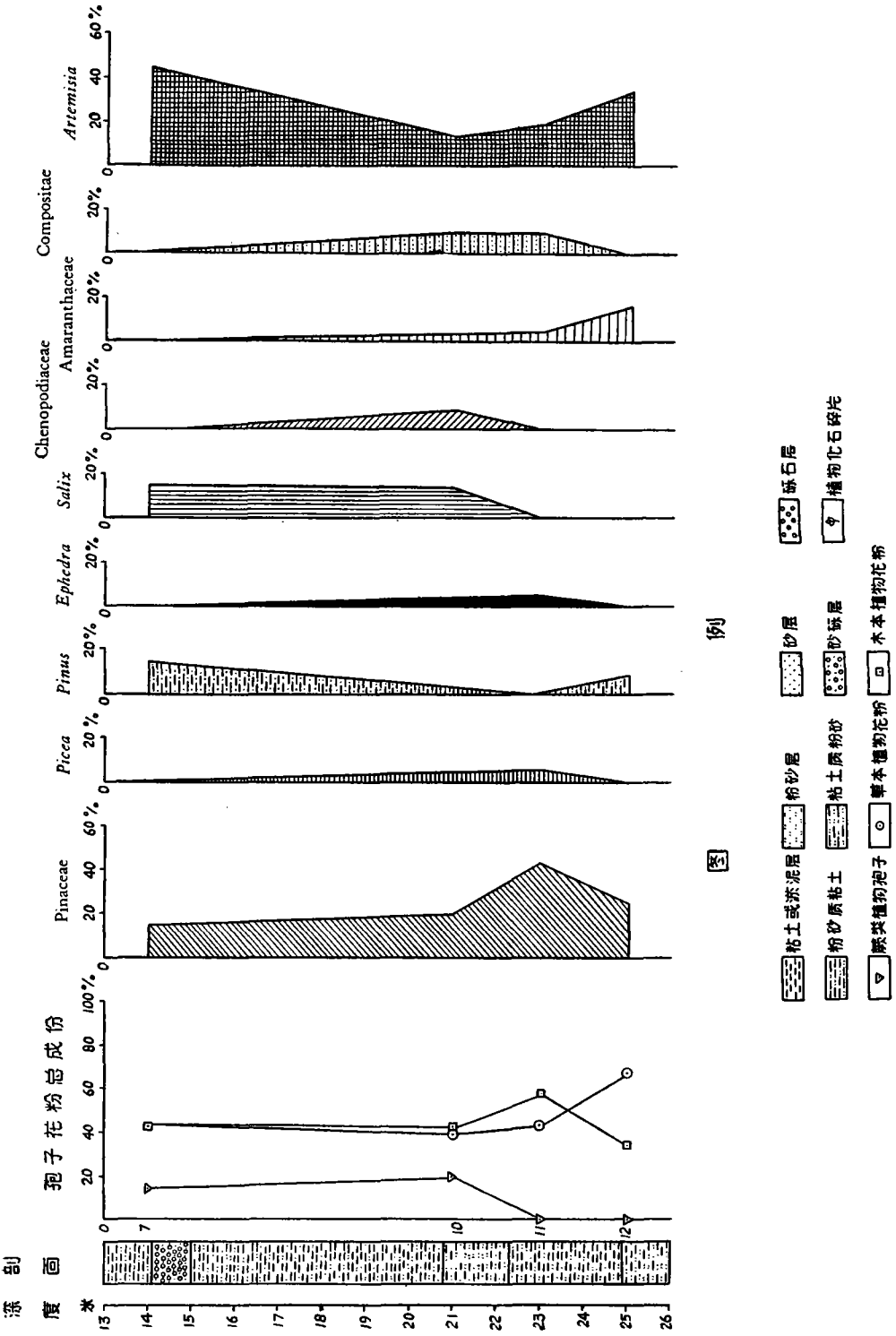
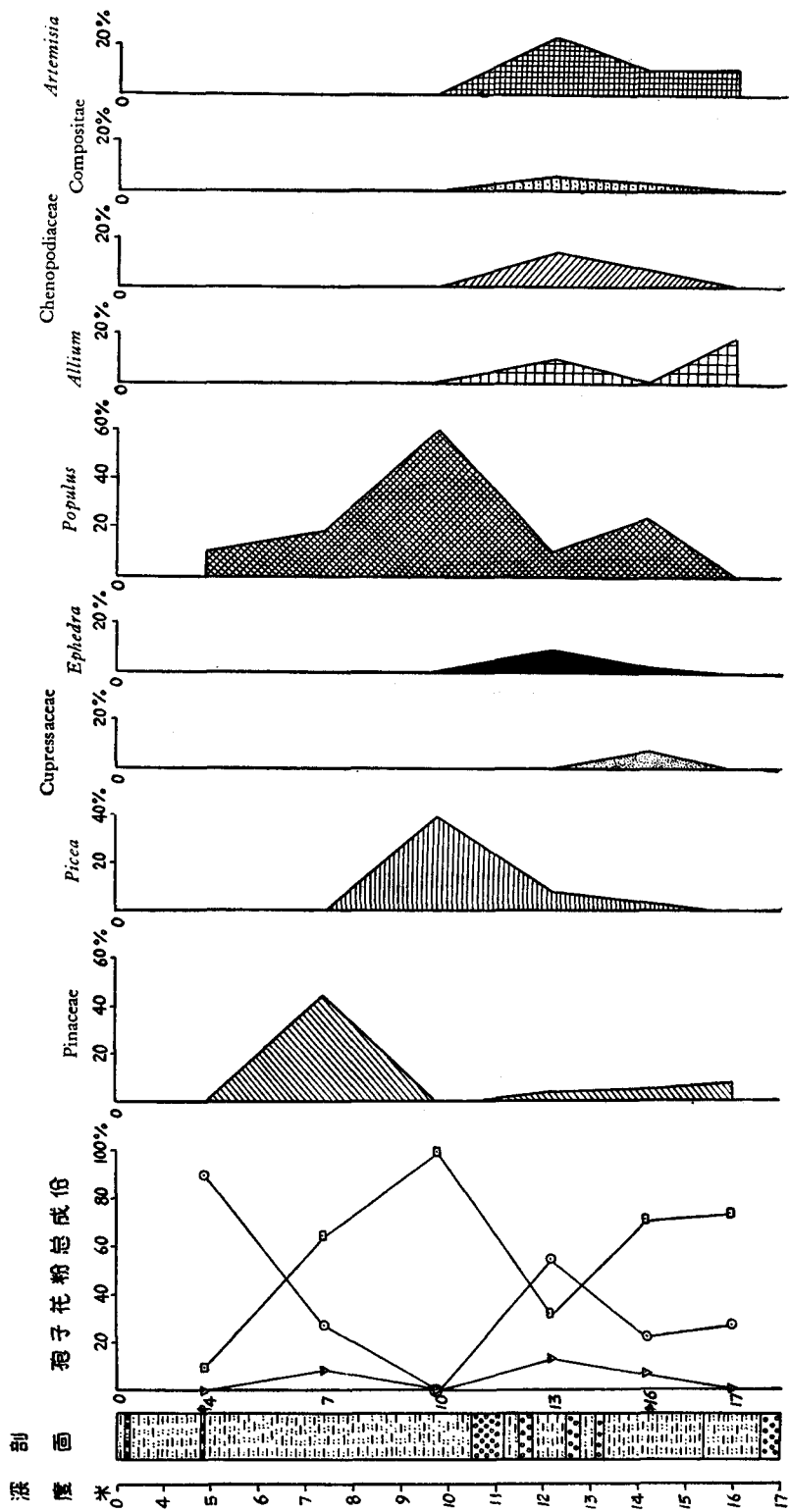


图 1 青 5 孔钻井剖面花粉式



图例如图1

图2 二郎尖剖面花粉式

占 30.1 %。蕨类主要为水龙骨科；裸子植物有松科(2.8 %)、云杉属(1.4 %)、松属(1.4 %)、柏科(1.4 %)及麻黄属(1.4 %)；被子植物木本有杨属(48.8 %)、柳属(3.5 %)、胡桃属(0.7 %)、栎属(2.8 %)及冬青属 (*Ilex*, 1.4 %),草本有禾本科 (Gramineae, 3.5 %)、百合科(2.1 %)、贝母属 (*Fritillaria*, 0.7 %)、葱属(2.1 %)、天冬属 (8.3 %)、荨麻科(5.7 %)、藜科(0.7 %)、蔷薇科(0.7 %)、菊科(0.7 %)及蒿属(5 %),尚有水生植物眼子菜属(0.7 %)(图 3)。

(4) 青 4 孔中部和上部剖面 蕨类植物孢子占 1.7 %,木本植物花粉占 95.6 %,草本植物花粉占 2.7 %。在整个组合中以裸子植物松科花粉占优势,主要为松属 (39.6 %)、云杉属 (17.4 %)及雪松属 (0.3 %);有少量被子植物木本花粉如杨属 (2.7 %)及桤木属 (1.4 %),草本有天冬属(0.3 %)、桑科 (Moraceae, 0.7 %)、豆科(0.3 %)、菊科(0.7 %)及蒿属(0.7 %);蕨类仅有水龙骨科(1.7 %);此外尚有一些苔藓 (Bryophyta) 孢子。

二郎尖组孢粉组合成分比较丰富,其中阔叶和针叶树种均占重要地位。阔叶树主要有杨、胡桃、栎、桤木及桦等属植物,针叶树有松、云杉及雪松等属植物,草本植物有百合科、菊科、苋科及藜科等,另外尚有淡水水生植物眼子菜和槐叶苹。该组顶部阔叶树种骤然减少,而针叶树种如云杉和松属花粉大大增加。

3. 下布哈河组:

布哈河剖面 含孢子花粉较少,仅有云杉属(8 %)、松属(8 %)、杨属(16 %)、柳属(16 %)、藜科(4 %)、豆科(12 %)、蒿属(12 %)、水龙骨科(24 %)及少量苔藓孢子。

4. 上布哈河组:

青 2 孔剖面 以草本植物花粉占绝对优势,达 95 %,只有少量灌木花粉,占 5 %,而缺乏乔木花粉和蕨类孢子。草本有禾本科 (2.2 %)、葱属(2.2 %)、天冬属(3.6 %)、藜科 (25.9 %)、豆科(5 %)、茄科 (Solanaceae, 1.4 %)、菊科(18.1 %)及蒿属(36.6 %);灌木只有柳属(5 %)。

现将孢子花粉的主要类型描述如下:

鳳尾蕨科 Pteridaceae

(图版 I, 图 1; 图版 VI, 图 1, 2)

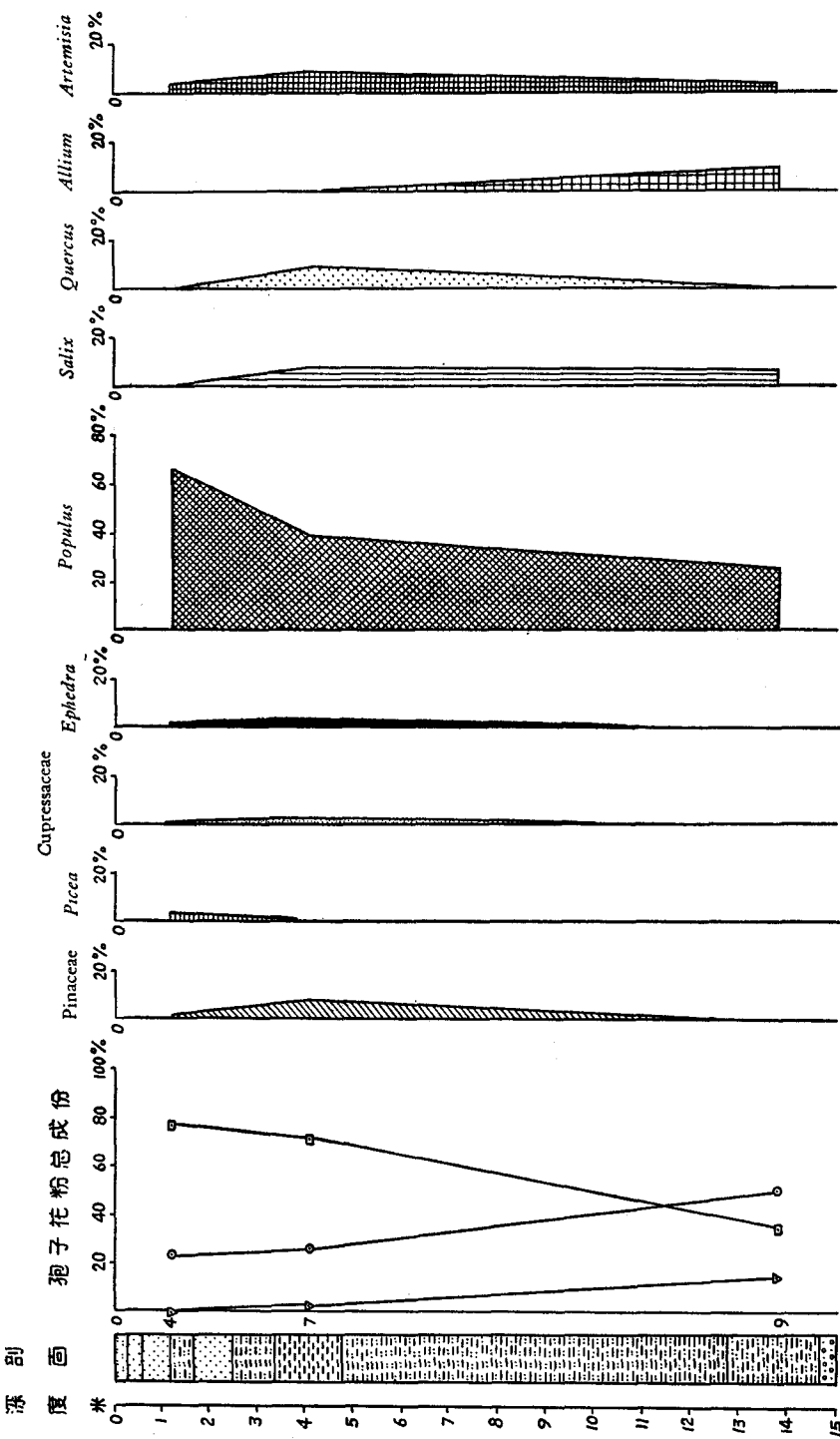
孢子极面观呈钝三角形,三角顶圆。最大直径为 38.20—46.98 μ 。三射线状裂缝明显,具较宽的边缘或不具边缘,射线长几达孢子边缘。外壁两层,外层较厚。表面具瘤状雕纹,瘤突起不高,大小不一,分布不均(标本: 玻片 No. 19, 26, 91)。

松科 Pinaceae

松属第一种 *Pinus* sp. 1

(图版 I, 图 3、5; 图版 VI, 图 5)

花粉具两个发达的气囊,气囊与体的界限明显。花粉粒全长为 55.68—85.26 μ , 体长 38.28—60.90 μ , 体高 34.80—46.98 μ , 囊高 34.80—40.02 μ 。具帽缘,明显或不明显。体上具颗粒状纹理,有的颗粒联成弯曲的线条状或颗粒-网状纹理。气囊外表光滑,向里扩展成大网状,网呈不规则的多边形,靠近体的部分网眼较小,离体远的地方网眼较大,网眼内有颗粒状雕纹(标本: 玻片 No. 21, 50, 89, 138)。



图例如图1

图 3 普 3 孔 钻 井 剖 面 花 粉 式

松属第二种 *Pinus* sp. 2

(图版 I, 图 4)

花粉近球形——长球形, 体长 34.80—48.72 μ , 体高 34.80—50.46 μ , 气囊高 31.32—46.98 μ , 气囊宽 17.40—26.10 μ 。气囊呈长球形, 紧紧并立贴于体下, 从极面看去, 好似包在体中。气囊周围网眼细长, 向中央扩展成大网状, 为不规则的多边形, 网眼内有颗粒状雕纹。体上雕纹不清晰(标本: 玻片 No. 41)。

云杉属几种 *Picea* spp.

(图版 II, 图 1—1b、图 5)

花粉侧面观略呈椭圆形。全长为 78.30—93.96 μ , 体长为 71.34—78.30 μ , 体高为 36.54—64.90 μ , 囊高 33.06—45.24 μ 。气囊分列于体的两侧, 气囊与体在近极基相接处平缓而不形成凹角。气囊短而宽, 具网状雕纹, 网较松属为细, 网脊上有大颗粒, 网眼为不规则的多边形, 靠近体的部分网较细。体上外壁明显分为两层, 外层厚于内层, 外层中具颗粒状纹理, 表面投影颗粒联成细网状雕纹(标本: 玻片 No. 16, 22, 40, 63, 75, 79)。

雪松属一种 *Cedrus* sp.

(图版 IV, 图 1—1b)

花粉全长 73.08—102.66 μ , 全高 40.00—60.90 μ 。气囊较小, 位于远极面体的两侧。从光切面看, 气囊与帽无明显的分界线。气囊表面光滑, 向里扩展成网状, 靠近体的部分网眼较小。帽上具颗粒状纹理, 外壁外层厚, 内层薄(标本: 玻片 No. 3, 5, 96, 117)。

麻黄科 *Ephedraceae*

麻黄 *Ephedra equisetina* Bge.

(图版 II, 图 2; 图版 VI, 图 4)

花粉呈长橄榄形, 长 55.68 μ , 宽 17.40 μ 。具 5 条纵肋, 凹沟中透明线具分枝(标本: 玻片 No. 49)。

眼子菜科 *Potamogetonaceae*

眼子菜属 *Potamogeton*

(图版 II, 图 3; 图版 VII, 图 16)

花粉球形, 直径为 12.18—27.84 μ 。无沟孔。外壁薄, 两层, 几等厚。表面具细网状雕纹, 网均匀(标本: 玻片 No. 7, 9, 12, 108)。

禾本科 *Gramineae*

(图版 VII, 图 18)

花粉近球形, 最大直径为 29.50 μ 。具一远极孔, 孔明显或不明显, 孔周围有一圈加厚。外壁两层, 外层稍厚于内层, 表面雕纹为模糊的细网状(标本: 玻片 No. 54)。

百合科 *Liliaceae*

葱属 *Allium*

(图版 VII, 图 12)

花粉赤道面观呈长圆形, 左右对称, 大小为 $27.84 \times 17.40 \mu$ 。具单沟, 沟边往外凸。外壁两层, 厚度相等, 表面具细致的网状雕纹(标本: 玻片 No. 118)。

杨柳科 *Salicaceae*

杨属一种 *Populus* sp.

(图版 II, 图 4; 图版 VI, 图 8、16)

花粉球形, 直径为 $17.40\text{—}30.40 \mu$ 。无沟孔。外壁薄, 表面具模糊的颗粒状雕纹(标本: 玻片 No. 9, 15, 22, 24, 45, 32)。

柳属一种 *Salix* sp.

(图版 VI, 图 14、15)

花粉长球形, 极面观呈三裂圆形。大小为 $(16.20\text{—}21.98) \times (12.70\text{—}15.66) \mu$ 。具三沟。外壁两层, 外层具明显的基柱, 表面具颗粒组成的细网状雕纹。轮廓线微不平(标本: 玻片 No. 90, 97, 114)。

胡桃科 *Juglandaceae*

胡桃属一种 *Juglans* sp.

(图版 VII, 图 17)

花粉扁球形, 极面观为五边形, 最大直径为 $18\text{—}35 \mu$ 。具多孔, 孔分布不均匀, 偏于赤道或一个极面, 另一极大区域无孔。外壁薄, 雕纹模糊, 约为颗粒状(标本: 玻片 No. 220, 222)。

桦木科 *Betulaceae*

桦属一种 *Betula* sp.

(图版 VI, 图 13)

花粉粒扁球形, 极面观略带稜角, 最大直径为 24.36μ 。具四孔, 孔处外壁升高并分叉, 形成突出的孔。外壁外层略加厚, 内层加厚不显著, 表面具不明显的颗粒状雕纹(标本: 玻片 No. 27)。

榿木属一种 *Alnus* sp.

(图版 VI, 图 11、12)

花粉粒呈扁球形, 赤道面观呈阔椭圆形, 极面观为五边形, 直径为 $15.66\text{—}22.60 \mu$ 。外壁两层, 到孔边内外层分离, 外层凸出于轮廓线, 因此内外层之间形成孔室, 外层在孔处加厚, 到孔边逐渐变薄。具明显的带状加厚(标本: 玻片 No. 178, 219)。

山毛榉科 *Fagaceae*

栎属一种 *Quercus* sp.

(图版 VI, 图 17、18)

花粉处于侧面或极面位置。直径为 17.20—19.14 μ 。具三沟，沟细长。外壁层次不清，表面具粗粒状雕纹(标本：玻片 No. 44, 47, 73)。

藜科 *Chenopodiaceae*

(图版 VII, 图 14、15)

花粉近球形，直径为 15.66—20.88 μ 。具散孔，孔圆形或近圆形，分布均匀，具孔膜，薄而透明，其上有颗粒状雕纹(标本：玻片 No. 48, 101, 116)。

苋科 *Amaranthaceae*

(图版 VII, 图 13)

花粉球形——近球形，直径为 15.66—20.88 μ 。具散孔，孔圆，分布均匀，具孔膜，其上有颗粒状雕纹，孔周围具窄边缘。花粉轮廓线在孔处明显凹进。孔的分布较藜科为稀(标本：玻片 No. 108, 133)。

菊科 *Compositae*

蒿属几种 *Artemisia* spp.

(图版 III, 图 2、3; 图版 VII, 图 4、11)

花粉球形或近球形，赤道面观呈椭圆形，极面观呈三裂圆形，每裂片的中间部分外壁特别厚，至沟边外壁逐渐变薄。极面大小幅度为 12.18—22.62 μ ，赤道面为 (15.66—20.88) \times (13.92—24.36) μ 。花粉具三孔沟，孔不明显。外壁厚，三层，外层中具明显的棒状基柱，中层透明，内层较薄，表面具微弱退化的小刺，正面投影呈细网状(标本：玻片 No. 4, 39, 95, 107, 121, 122)。

三、第四纪植物群及古气候的探讨

从上述孢粉组合可以得出青海湖盆地第四纪植物群发展和气候演变的初步概念。根据 И. М. 波克罗夫斯卡娅 (Покровская) 的典型花粉谱所划分的植被类型^[9]，将本区第四纪植被的发展史划分为两期：1. 森林草原-森林期；2. 草原期。前期气候温湿，后期气候干燥。现分述如下：

1. 森林草原-森林期：

森林草原以哈达湾组植物群为代表，这里以草本植物占优势，也有一些森林成员，主要成分为百合科、豆科、松科、胡桃属、栎属等。该植物群反映当时的气候是温润的。哈达湾组上部植物群以云杉属占优势，呈针叶林景观，其主要成员为云杉属、栎属、豆科及蒿属等。由于云杉能够适应低温和潮湿，说明当时气候一度变冷而仍较湿润。

森林型植被以二郎尖组植物群为代表，这一植物群是继上述植物群发展而来的。其

特点是木本植物占据了显著优势,草本植物退居次要地位,同时植被成分也丰富多样。木本植物以松科的松属及云杉属占优势,尚有雪松属、柏科、胡桃属、桤木属、桦属等,呈针叶阔叶混交林景观。林下草本植物以葱属、藜科、苋科及菊科(包括蒿属)等为代表。该植物群中阔叶树种的增加反映当时气候温和湿润。二郎尖组上部植物群以松科占绝对优势,呈针叶林景观。主要成分为松属和云杉属,林中央有雪松属、杨属及桤木属植物;林下有少量草本植物如豆科及菊科等,尚有一些蕨类和苔藓植物。该植物群反映当时气候温凉潮湿。

下布哈河组植物群代表森林期向草原期的过渡。当时森林已大大衰退,仅残留松、云杉及杨等属植物,而草本植物种类则略有增加和演替,主要有藜科、豆科及蒿属等。这些特点反映当时气候由温湿趋于干冷。

2. 草原期:

草原植被以上布哈河组植物群为代表,其特征为草本植物占绝对优势,夹有极少灌木,而缺乏乔木树种。其主要成员有禾本科、藜科、菊科(包括蒿属)、豆科及柳属,形成草原景观。该植物群反映当时气候干燥。

综上所述,青海湖第四纪植被发展过程大体为:森林草原→森林→草原,而其间尚有局部的波动。森林草原-森林期的气候基本上是温和湿润的,但有局部的温冷干湿更替现象;草原期的气候干燥,与现在当地气候相近。

在哈达湾组上部,云杉急剧增加,反映气候一度变冷;又在二郎尖组上部,松科占绝对优势,云杉也有显著增加,反映气候又一次变冷。两次气候变冷时期是否相当于冰期有待于进一步研究。

四、地层时代的探讨

第四纪植被分化的复杂性使各地同期的植被差异甚大,但在植物地理分区的基础上对植被发展阶段所作的结论在较大范围内是适用的。Е. Д. 查克林斯卡娅 (Заклинская) 应用植物地理学的方法对哈萨克斯坦和西西伯利亚新生代孢粉资料的研究所得出的一般规律^[10]可以作为我国西北新生代孢粉分析的借鉴。R. W. 钱耐 (Chaney) 认为纬度、海拔和地形是影响植物群分布的重要因素,并指出纬度相近地带新生代植物群对比的可能性^[11,12]。因此,北方已有的标准剖面如早更新世三门组和中更新世周口店阶及蓝田猿人化石层的孢粉组合¹⁾[13-15]均可作为本文对比的依据。

本区第四纪植被发展史的两个时期的植被成分全属泛北极和广泛分布的属,如云杉、松、杨、栎、桦及桤木等属,而缺乏热带和亚热带的成员。这一特征与哈萨克斯坦和西西伯利亚新生代植被发展的第四阶段^[10]大体一致。同时,该第四阶段植被的发展也是从森林到草原,与当前的材料恰巧一致。故本文讨论的植物群应相当于哈萨克斯坦和西西伯利亚新生代植被发展的第四阶段,其时代属于第四纪。因此,本区植被发展的上述两期可以代表第四纪的两个地质时期,现分别讨论如下:

森林草原-森林期相当于哈达湾组和二郎尖组沉积时期。 该期植被的发展与我国北

1) 中国科学院植物研究所等: 陕西蓝田地区新生代古植物学的研究,1964。

方更新世早期至中期植物群的发展基本一致。哈达湾组孢粉组合与河南及山西一带早更新世三门组孢粉组合^[13,14]大致相仿,两者都具有松科、柏科、杨属、柳属、胡桃属、山毛榉科、豆科、百合科及蒿属等成分;同时,哈达湾剖面与三门组的孢粉组合均反映为森林草原型植被。不同的只是哈达湾组缺乏桦木科及榆属等花粉,这可能是由于海拔和地形的不同所致。华北地区中更新世周口店阶的孢粉组合^[15]以木本植物为主,草本植物次之,蕨类含量很少,代表森林型植被。二郎尖组孢粉组合与之相似,不仅也具有以上特征,而且大部分科属与之相同,例如云杉属、松属、柏科、柳属、桦属、桤木属、栎属、禾本科、百合科、豆科、藜科、蔷薇科、菊科、蒿属、水龙骨科及苔藓等均为两者共有的成分。唯二郎尖组的成分较简单,且阔叶树种如桦属等在组合中所占的比例较小,这种差异可能是由于本区地势较高所造成的。同时,二郎尖组孢粉组合与蓝田猿人化石层的孢粉组合^[1]也很相近,两者都有松属、柏科、胡桃属、桦属、蔷薇科、禾本科、藜科及蒿属等成分,唯后者含木本植物种属较少,这也许与当时的地形有关。此外,当前的孢粉组合与西西伯利亚低地更新世孢粉组合^[16]也较相似,后者主要由水龙骨科、云杉属、松属、桦属、桤木属、禾本科、莎草科、藜科、豆科、菊科及蒿属等成员所组成,为温带植物群。综上所述,根据孢粉组合和植被发展阶段的对比,哈达湾-二郎尖组的时代应属更新世(Q_p),或为更新世早期至中期(Q₁₋₂)。由于我国西北第四纪各期孢粉组合的标准尚未确立,故难以根据孢粉组合对上述地层作进一步的划分。但鉴于本区与蓝田和周口店的纬度相近,三者位于同一气候带,二郎尖组与蓝田猿人化石层及周口店阶的孢粉组合又很相似,故二郎尖组的时代有可能也属于中更新世(Q₂)。此外,哈达湾组和二郎尖组中雪松花粉和槐叶苹孢子的发现也说明其时代应早于晚更新世。这两属植物现在在当地已经绝迹,而其花粉孢子在柴达木盆地第三纪地层中普遍存在^[17];雪松花粉尚发现于希夏邦马峰上新世晚期地层²⁾,故其时代不应晚于中更新世。

陈克造、黄第藩等在《青海湖的形成和发展》一文³⁾中提到,“……这两个剖面的上旋迥(兹命名为二郎尖组),根据顶部(二郎尖湖阶地剖面)介形类的研究结果,说明其种群亦属更新世;但从剖面中的层位关系来看,自然应划归晚更新世比较恰当。”我们认为这一结论是缺乏根据的。就当前的孢粉组合看,二郎尖组可能属于中更新世;同时,黄宝仁对二郎尖湖阶地剖面介形类的鉴定和研究,也认为该剖面的时代属更新世早期—中期(Q₁₋₂)⁴⁾,与我们的认识基本一致,并不能作为陈克造等将二郎尖组划归晚更新世的依据。至于剖面中的层位关系,众所周知,则只能说明地层相对的新老关系而不能作为确定地层时代的依据。此外,黄第藩等在《青海湖第四纪地层》(摘要)⁵⁾中认为“哈达滩组⁶⁾与共和类黄土组属同时异相的沉积”而“共和类黄土组与我国北方广泛分布的‘老黄土’相当,其时代属早—中更新统”,又根据在二郎尖组与其下的哈达湾组之间有一个侵蚀面,而得出结论认

1) 中国科学院植物研究所等：陕西蓝田地区新生代古植物学的研究,1964。
2) 徐仁等：希夏邦马峰高山栎化石层的发现和其在第四纪研究上的意义,1964。
3) 见地理学报第 30 卷第 3 期第 221 页。该文二郎尖组与本文二郎尖组一致,二郎尖湖阶地剖面即本文之二郎尖剖面。
4) 黄宝仁：青海湖盆地第四纪介形虫的初步鉴定,1961。
5) 见中国第四纪研究委员会第二届学术会议论文摘要汇编,1964。
6) 哈达滩组即本文之哈达湾组。

为二郎尖组属晚更新世。我们认为：二郎尖组与哈达湾组之间的侵蚀面仅在钻孔中见到，是否能代表区域性的侵蚀间断尚有疑问。即使这一侵蚀面是区域性的，但从现有的孢子花粉和介形类化石材料看来，其时代也不应在晚更新世与中更新世之间，而可能在中更新世与早更新世之间或在中更新世晚期与早期之间。因为，就更新统内部而言，北方普遍存在三次侵蚀间断，不仅在上更新统与中更新统之间，而且在中更新统与下更新统之间以及中更新统上部与下部之间都普遍存在侵蚀面甚至不整合，如在山西沁水、吕梁，陕西铜川，河南三门峡等地均可见到^[18]。黄第藩不是从已有的化石材料出发，根据侵蚀面上下地层的时代来确定侵蚀面的时间，而是先肯定二郎尖组与哈达湾组之间的侵蚀面相当于上更新统与中更新统之间的侵蚀面，从而推出二郎尖组的时代属于晚更新世，这是不恰当的。

代表草原期的上布哈河组的孢粉组合以草本植物占绝对优势，而缺乏乔木树种，其成分均见于当地表土的孢粉组合中，如禾本科、百合科、藜科、豆科、菊科及蒿属等。由于该植物群只有当地现代分布的植被成员，而与其以下各剖面的植物群截然不同，认为其时代应属于全新世（Q_h）。

我们从下布哈河组所获得的材料太少，难以根据孢粉组合讨论其时代。但因该组下部为新黄土，故应不早于晚更新世；同时，其上部（布哈河剖面）含有云杉属、松属及杨属等乔木花粉，说明应早于上布哈河组。因此，该组可能属于晚更新统（Q₃）或尚包括部分全新统（Q₃₋₁）。

五、青海湖形成时间及其演变的探讨

第三纪末新构造运动的结果使本区在基底断裂的基础上下陷成盆地。第四纪初期哈达湾组在哈达湾和倒淌河等地均为浅水湖相沉积，说明当时青海湖已经形成，但湖水不深。继哈达湾组沉积的二郎尖组在青 4 孔、青 5 孔和二郎尖等剖面均为典型湖相沉积，厚度达百余米，其中分布水生植物眼子菜的花粉和槐叶苹的孢子，说明当时湖体较大，湖水较深，现处湖泊边缘的二郎尖和倒淌河口一带均位于深水之中。眼子菜和槐叶苹均为淡水水生植物，其存在反映当时湖水为淡水。至下布哈河组沉积时，湖盆边缘堆积了黄土或湖河交替相沉积，说明当时湖体已在缩小，哈达湾及二郎尖等地均已露出水面。如果以上各组的地质时代暂且依据前述的探讨，那么，青海湖可能形成于早更新世，而全盛于中更新世，至晚更新世湖水开始浓缩。

青海湖的浓缩应为地壳上升、气候变干的结果。这一变迁无论从岩相变化或植被更替方面均得到了反映。二郎尖组沉积时，湖相沉积分布最广，厚度最大；至下布哈河组沉积时，边缘不见湖相沉积，而出现黄土堆积，反映其间应有一次地壳上升运动。从植被的更替来看，二郎尖组植物群为本区第四纪最丰富的植物群，当时喜温喜湿的阔叶树种如栎木、桦木、胡桃和栎树等得到较良好的生长；而下布哈河组植物群则十分贫乏，木本树种稀少，草本中主要为耐旱的蒿属和藜科植物，说明在二郎尖组沉积之后，地势显著升高，气候从温湿变为干冷。因此，推测在中更新世之末、晚更新世之初，新构造运动加剧，使本区发生强烈上升。

（收稿日期：1965 年 4 月）

参 考 文 献

[1] Filchner W., Kartenwerk der Erdmagnetischen, Forschungsexpedition nach Zentral-Asien 1926—28, Erster Teil: China und Tibet 1, Dr. A. Petermanns Mitteilungen Band. XLVII, H. 215—217, 1933.

[2] 孙建初：青海湖，地质论评，第3卷第5期，1938。

[3] 李承三等：甘肃青海地理考察纪要，地理，第4卷第1—2期，1944。

[4] 施雅风等：青海湖及其附近地区自然地理（着重地貌）的初步考察，地理学报，第24卷第1期，1958。

[5] 中国科学院地质研究所等：祁连山地质志，第一卷，科学出版社，1960。

[6] Гричук В. П. и Заклинская Е. Д., Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палео-географии, деревья и кустарники СССР, 1948.

[7] 周昆叔等：山西离石王家沟陈家崖老黄土埋藏土壤中的孢粉及植物残体，中国第四纪研究，第3卷第1—2期，1961。

[8] Мазуров С. М., Посвольский М. В., Яновский В. В., Исследование в области получения новых тяжелых жидкостей для спорово-пыльцевого диатомового и минералогического анализов, Разведка и охрана недр, вып. 5, 1955.

[9] Покровская И. М. и др., Пыльцевой анализ, Москва, 1950.

[10] Заклинская Е. Д., Принципы палеофлористического обоснования расчленения кайнозойских отложений кадахстана и прилегающих частей Западно-Сибирской низменности, Известия АН СССР, Серия Геологическая 10, 1958.

[11] Chaney R. W., Plant Distribution as a Guide to Age Determination, Jour. Wash. Acad. Sci., vol. 26, No. 8, 1936.

[12] Chaney R. W., A Pliocene Flora from Shansi Province, Bulletin of the Geological Society of China, vol. 12, 1933.

[13] 宋之臻：三门系植物化石和孢子花粉组合的研究。中国第四纪研究，第1卷第1期，1958。

[14] 刘牧灵：河南陕县会兴镇会兴沟早更新世堆积中的孢粉组合初步研究，中国第四纪研究，第4卷第1期，1965。

[15] 孙孟蓉：周口店中国猿人化石层的孢子花粉组合，中国第四纪研究，第4卷第1期，1965。

[16] Голубева Л. В. и др., Спорowo-пыльцевые спектры четвертичных отложений западной и центральной Сибири и их стратиграфическое значение, Труды геологического института АН СССР, вып. 31, 1960.

[17] 徐仁等：柴达木盆地第三纪沉积中的孢粉组合及其在地质学上的意义，古生物学报，第6卷第4期，1958。✓

[18] 刘东生等：中国的黄土，地质学报，第42卷第1期，1962。

[19] 中国科学院植物研究所形态室孢粉组：中国植物花粉形态，科学出版社，1960。

[20] Erdtman G., An Introduction to Pollen Analysis, Waltham, Mass. 1943.

[21] Erdtman G., Pollen Morphology and Plant Taxonomy, Angiosperms, 1952.

[22] Erdtman G., Pollen and Spore Morphology/Plant Taxonomy, Gymnospermae, Pteridophyta, Bryophyta, 1957.

THE SPORE AND POLLEN ASSEMBLAGES FROM THE QUATERNARY DEPOSITS OF THE CHINGHAI LAKE BASIN AND THEIR SIGNIFICANCE

H. C. YOUNG AND T. H. CHIANG

(Geological Institute of Lanchow, Academia Sinica)

ABSTRACT

The Quaternary deposits of the Chinghai Lake Basin have not yet been studied systematically. Based on the geological field investigations, these deposits are tentatively divided into the Hatawan, the Erhlangchien, the Lower Puhaho and the Upper Puhaho Formations in ascending order by the authors. The lowermost one is a shallow water lake deposit, composed of pink clays interbedded with thin-layered yellowish green fine sands. The second one is a typical lacustrine sediment which consists of greyish green clays and clayey silts intercalated with thin-layered grey sands or pebbles. The third one comprises fluvio-lacustrine sediments and loesses. The uppermost one contains proluvial, alluvial, eluvial, lacustrine, deltaic and aeolian deposits. The total thickness of these formations is about 200 metres.

In all four formations, fossils are rarely found. The authors have tried to settle the problem of the geological ages of these deposits throughout palynological investigation. Thus, 177 rock samples collected from eight natural profiles and five boring-profiles of the above mentioned deposits have been studied. Unfortunately only a small quantity of pollen grains and spores has been obtained from 33 samples of them. Forty-four species (or forms) of pollen and spores referred to 35 genera are described, and a part of pollen spectra of pollen-bearing profiles are presented in this paper. Besides these, the stratigraphical division and the palaeoclimatic and palaeogeographic conditions of the Quaternary Period in this region are discussed preliminarily.

From the Hatawan Formation, a few spores of Polypodiaceae and a number of pollen grains of *Picea*, *Cedrus*, *Pinus*, *Pinaceae*, *Cupressaceae*, *Populus*, *Salix*, *Juglans*, *Quercus*, *Allium*, *Artemisia*, *Liliaceae*, *Leguminosae*, etc. have been observed. Among them, the pollen grains of herbaceous plants are dominant, and the tree pollen grains are secondary in frequency.

The Erhlangchien Formation is comparatively rich in spores and pollen. Many pollen grains of *Picea*, *Cedrus*, *Pinus*, *Ephedra*, *Pinaceae*, *Cupressaceae*, *Populus*, *Salix*, *Juglans*, *Alnus*, *Betula*, *Quercus*, *Potamogeton*, *Allium*, *Asparagus*, *Artemisia*, *Gramineae*, *Liliaceae*, *Urticaceae*, *Chenopodiaceae*, *Amaranthaceae*, *Rosaceae*, *Compositae*, etc. and some spores of *Salvinia*, *Pteridaceae*, *Polypodiaceae*, and *Bryophyta* have been obtained from it. The pollen flora is characterized by the predominance of the pollen grains of woody plants and the diminution of those of herbaceous plants.

In the Lower Puhaho Formation, the microflora is very poor. So far only some pollen grains of *Picea*, *Pinus*, *Populus*, *Salix*, *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Leguminosae*, etc. and a few spores of fern and moss have been found.

In the Upper Puhaho Formation, there are some pollen grains of *Salix*, *Allium*, *Asparagus*, Gramineae, Chenopodiaceae, Leguminosae and Compositae (including *Artemisia*). The pollen of herbaceous plants are absolutely dominant. The other prominent feature of this microflora is the absence of pollen of arboreal plants and spores of fern.

According to the spore and pollen assemblages, the development of the vegetation of the Quaternary Period in this region may be divided into two stages, the stage from forest—steppe to forest and that from forest to steppe. In the former stage, thermophilous and hygrophilous trees, such as aspen, alder, birch and oak, were flourishing there. The climate of Chinghai Lake Basin during that time, therefore, should be warmer and moister than that of the present. At the beginning of the latter stage, however, such xerophilous herb as Chenopodiaceae, *Artemisia*, etc. had prevailed in the area, thus it indicated that the climate was rather dry. Since then, the vegetation had been changing gradually into the steppe, just like that of the present, and the climate was trending towards semi-aridity.

Comparing the preceding spore and pollen assemblages with those of North China, West Siberia and Kazakstan of Central Asia, the authors suggest that the lower three formations are of Pleistocene Epoch, and the upper one is of Holocene Epoch in age. Owing to the similarity between the spore and pollen assemblage of the Erhlangchien Formation and that of the Choukoutien Stage, it is possible that the Erhlangchien Formation may be equivalent to the Choukoutien Stage, belonging to Middle Pleistocene. The age of the Hatawan Formation may possibly be considered of Early—Middle Pleistocene, and that of the Lower Puhaho Formation may be of Late Pleistocene or Late Pleistocene to Holocene.

Based on the pollen analysis, the authors consider that the Chinghai Lake had already appeared during the Early Pleistocene and that in the Middle Pleistocene, it should be a fresh lake with the largest width and depth in its history. After that time, however, the lake began to diminish and to concentrate strikingly. It may be assumed that the diminution and concentration of the lake are probably due to the elevation of the earth's crust on the end of the Middle Pleistocene. This is indicated both by the shifts of floras and by the variations of the sedimentary facies during the interval.