

山西垣曲垣曲系上部的孢粉組合

宋 之 琛

(中国科学院地质古生物研究所)

华北石油普查大队过去曾寄来许多采自垣曲系的标本,經我們进行了分析,未在其中找到孢子和花粉。1958年,作者有机会到垣曲工作,当时曾在一些老前輩的指导下,从垣曲系上部采集了一些标本。分析后,仅在最底部的一块标本中发现了比較多的孢子和花粉。

所謂垣曲系上部系根据华北石油普查大队的意見划出的,他們用 Pg_2^1 的符号表示这一层位。其岩性主要为灰色、灰綠色、淡黃色泥岩、砂質泥岩和泥灰岩等,在其底部有几层薄的褐煤夹层。目前所要討論的孢粉系从最底部的褐煤夹层中分析出的。楊鍾健于1937年研究的一些脊椎动物化石的层位,据說系采自垣曲系的中部和上部,有一部分相当于当前所提到的含孢粉的煤夹层。

形 态 描 述

蕨 类 植 物

水龙骨科 Polypodiaceae

(图版 I 图 1—4, 7—9)

包括在这一組內的孢子可能分属于許多属和許多种。孢子均具单射綫,射綫一般长达两端,射綫之两旁无唇,有的开裂,有的閉合。外壁仅一层,薄、表面平滑。表面一般具有皺褶。孢子的形状为橢圓形和豆形。孢子的大小多不一致,可归納为以下几类:

- 1) 40×28.75 微米,孢子长而窄些,如图 1。
- 2) 37.5×35 微米,孢子闊且較圓,如图 2。
- 3) 长约 35—37 微米,闊为 22.5—27.5 微米,如图 3, 4, 7。
- 4) 长约 27.5—30 微米,闊为 17.5—20 微米,如图 7, 8。

眞蕨目 Filicales

(图版 I 图 5)

孢子的直径为 32.5 微米。

孢子为圓球形,极面为圓形。具三射綫,射綫較短,长度只为孢子半径之半,射綫之边不平,略弯曲。外壁分为两层,表层比里层厚。表面具长短不等的褶皱状紋飾。

水龙骨科 Polypodiaceae

(图版 I 图 6)

孢子的直径为 32.5 微米。

形体为四面体形,极面为圓三角形。具三射綫,长度为孢子半径之 $1/2-2/3$ 。外壁

仅一层,薄。表面平滑。

裸子植物 *Gymnospermae*

银杏科 *Ginkgoaceae*

银杏 *Ginkgo biloba*

(图版 I 图 11, 图版 III 图 6)

就其外形,大小和构造而论,当前的花粉粒和银杏的花粉全同。化石花粉粒的大小为,长 27.5—37.5 微米,闊 17.5—20 微米。

花粉粒具单槽,槽边不平,略呈波紋状。外壁两层,等厚。表面具細顆粒状紋飾。

Ginkgo aff. biloba

(图版 I 图 10,12)

花粉粒长 22.5—23.5 微米,闊 12.5—16.5 微米。

从外形来看,这些花粉粒和银杏(*G. biloba*)的花粉相同,但尺度略小些。银杏花粉粒的大小为:长 27—36 微米,闊 15—21 微米(見“花粉分析”,1950)。

Ginkgoites (花粉)

(图版 III 图 7)

花粉粒就其外形来看頗似银杏的形状,其不同点是化石花粉的尺度很大,为 47.5×25 微米。

扎克琳斯卡婭把外形上类似银杏而尺度大得多的花粉归入 *Ginkgoites* 組中。

罗汉松科 *Podocarpaceae*

罗汉松属 *Podocarpus* sp.

(图版 I 图 13)

化石花粉保存不佳,难以测得正确大小。花粉粒的全长约 75 微米,闊(包括气囊)約 50 微米;本体长 43.75 微米,闊 27.5 微米,气囊的大小为 50×25 微米。

本体为椭圆形或菱形,在背部盖着一个不很大的帽,帽的界限明显。外壁在本体的背部(即帽部)为两层,里层薄,表层厚,发育成櫛。櫛不很厚,輪廓綫为細波紋状。本体腹部的外壁薄,仅一层。帽具顆粒状紋飾,在本体的腹部,平滑无紋飾。

气囊固着于本体的腰部,以广闊的基部遮盖了本体的中下部。气囊的形状不定。表面具多角形的网状紋飾。

松科 *Pinaceae*

松属 *Pinus* (*Diploxylon*)

(图版 I 图 14)

花粉粒全长为 72.5 微米;本体长约 60 微米,闊約 32.5 微米;气囊闊約 40 微米,高約 27.5 微米。櫛寬約 2.5 微米。

本体在側面为椭圆形。外壁共两层。在本体的背部和部分腹部上形成帽,帽的界限不清楚。在帽的表面具細瘤-凸蝕状紋飾,向腹部逐漸变細而成顆粒状紋飾。櫛寬約 2.5

微米,在全部长度上厚度相同,在横断面上有小柱状结构。櫛的輪廓綫是平的。

气囊以狹的基部固着于本体的腹部,并朝向腹部。气囊的形状为橢圓形。气囊上的网很清晰,网眼較大,在气囊的全部表面几乎同样大,在气囊固着处略小些。

描述的花粉粒应属 *Eupitys* 組,和 *Pinus silvestris* 及扎克琳斯卡婭的 *Pinus off. silvestris* 的花粉有很大的相似性,但是,因气囊較大而挤向腹部而略有不同。

松 *Pinaceae*

(图版 II 图 1)

花粉粒的全长为 82.5 微米,本体长 62.5 微米,闊約 40 微米。

本体在側面呈菱形。外壁两层,表面具略伸长的粗顆粒状紋飾。櫛寬約 2—3 微米,两端略薄些。横断面上显小柱状结构。气囊以闊的基部固着于本体上。网較明显。

云杉属 *Picea* sp. (*Eupicea* 組)

(图版 II 图 2)

花粉粒的全长为 62.5 微米;本体长約 55 微米,闊約 30 微米;气囊长 42.5 微米,闊約 25 微米。櫛薄,最寬約 2 微米。

花粉粒在側面的形状接近橢圓形。气囊固着于本体处无夹角,而是平的,同时气囊以闊的基部固着于本体的側面,因之,接触綫的界限不清楚。

本体在側面为橢圓形,在背部外壁略略加厚,故櫛不厚。櫛的横断面显細小柱状结构;櫛向两端逐漸变薄。本体表面具細顆粒状紋飾。

气囊为半圓形,具凸蝕状-破裂网状紋飾。

当前的花粉粒的尺度較一般文献中的要小些。

落叶松属 *Larix* spp.

(图版 I 图 15,16; 图版 III 图 3)

花粉粒的直径为 52.5—80 微米。

花粉粒为圓球状,挤压后成橢圓形或不規則状。表面常具許多不規則的褶皱。外壁两层,等厚或表层略厚些。表面具顆粒状紋飾。

落羽杉科 *Taxodiaceae*

水松属 *Glyptostrobus*? sp.

(图版 II 图 3,8)

花粉粒长 35—41.5 微米,闊約 20—25 微米。

花粉粒为长橢圓形,常沿着长軸破裂成两半,有时在每一半上具有和长軸平行的长褶皱。外壁薄,仅一层。表面平滑或具細顆粒状紋飾。

描述的花粉粒和文献中記載的 *Glyptostrobus* 的花粉完全相似。

落羽杉 *Taxodium* cf. *distichium*

(图版 II 图 10)

花粉粒的直径为 32.5 微米。圓球形,压扁后呈圓形或橢圓形,表面有許多不規則的

褶皱。具一孕头状的不高的突起。外壁两层,等厚。表面具細顆粒状紋飾。

***Sciadopitys* (?) sp.**

(图版 I 图 18)

花粉粒长约 30 微米,闊 22.5 微米。

花粉粒的形状略成椭圆形。远极一面具一单槽,槽的长度和花粉粒的长度平行。外壁共两层,表面排列着不均匀的粗粒状和細瘤状紋飾。

落羽杉科之一 *Taxodiaceae* gen. sp.₁.

(图版 I 图 17; 图版 II 图 4—7,9)

花粉粒的直径为 31—45 微米。

花粉粒为圓球形。压扁后呈椭圆形至圓形,多破裂或变形。花粉粒一般破裂成两半,破裂带多和长軸平行。外壁薄,共两层,分层不清楚。表面具細顆粒状紋飾,并具有不規則的褶皱。

落羽杉科之二 *Taxodiaceae* gen. sp.₂.

(图版 II 图 11,12)

花粉粒长 44—53 微米,闊約 35—40 微米。

花粉粒为圓球形或长圓球形,压扁后呈圓形或椭圆形。花粉粒具一退化的单孔,孔的周围无构造,孔边也不平,故孔并不明显。外壁两层,里层較薄,表层較厚。表面粗糙,具顆粒状紋飾,并有不規則的褶皱。

柏科 *Cupressaceae*

(图版 II 图 14,18)

花粉粒的直径为 27.5—41.5 微米。

花粉粒为圓球形,极面投影呈圓形或椭圆形。外壁一层或两层,薄,有些花粉粒的外壁較厚。表面平滑或具顆粒状紋飾,并具褶皱。

松柏类型之一 *Coniferae* form₁

(图版 III 图 1)

花粉粒长 107.5 微米,闊 42.5 微米。

花粉粒为长椭圆体形,在側面投影中为椭圆形。外壁共两层,里层比表层薄些。表面具顆粒状紋飾。从花粉粒的一端伸出一条似槽的破裂带,长度为长軸的2/3,不达另一端,因之是破裂而非槽。花粉粒表面也具有一些不規則的褶皱。

当前的花粉粒很难推出其亲緣关系,单从外形来看,和中生代的 *Podozamites* 的花粉有些相象。当然 *Podozamites* 在新生代已灭絕,故只能归入 *Coniferae* 一类中。

松柏类型之二 *Coniferae* form₂

(图版 III 图 2)

花粉粒长约 90 微米,闊約 50 微米。

花粉粒为蛋圓形,一端略寬些,从这一端斜伸出一破裂带,长度为长軸之半。外壁两

层,表层比里层厚些,表面具顆粒状紋飾,同时有一些褶皺。

就外形而論,这类花粉粒和中生代的 *Podozamites* 的花粉有些相似。但两者之間可能没有什么关系。

麻黃科 *Ephedraceae*

麻黃属 *Ephedra* sp.

(图版Ⅱ 图 17)

花粉粒长约 35 微米,闊約 20 微米。

花粉粒为紡錘形。表面具似槽的沟,从花粉粒的一端伸向另一端,沟可見者有四条。外壁仅一层,薄,表面具細粒状紋飾。

被子植物 *Angiospermae*

胡桃科 *Juglandaceae*

山核桃属 *Carya* sp.

(图版Ⅲ 图 8)

花粉粒的直径为 32.5 微米。

花粉粒为圓球形,极面为規則圓形,具四孔,集中于花粉粒的一极面,仍沿赤道排列。在花粉粒輪廓綫内部可見一小圓形,系外壁加厚的界限(据艾脫滿的意見)。外壁薄,可見者两层,等厚。表面平滑或具細顆粒状紋飾。

山毛櫸科 *Fagaceae*.

栗属 *Castanea* sp.

(图版Ⅲ 图 4,5,6)

图版Ⅲ图 4 为花粉粒的側面,长 26.5 微米,闊 18.7 微米。图 6 为花粉粒的极面,直径为 17.5 微米。

花粉粒的側面为橢圓形,极面略呈圓形。具三槽和三孔,槽长达极部,孔位于槽的中央,寬大而明显。外壁在孔槽边不变薄。外壁共两层,約等厚,表层在极部較其他部分厚些。表面具細顆粒状紋飾。

就目前孢粉形态的知識看来,*Castanea* 和 *Castanopsis* 的花粉很难区分开,故此属中也可能包括有后者的成分。

櫟属 *Quercus* spp.

(图版Ⅲ 图 9—12)

就其形态和大小而論,所統計的櫟属花粉共有三种类型:

1) 花粉粒具圓形或略圓形的外形,大小为: 长 27.5 微米,闊 25 微米。具三槽,槽粗,中央夹有明显的孔。外壁两层,表层略厚些。表面有顆粒状紋飾,如图 9。

2) 花粉粒的側面为橢圓形,长 23.7—25 微米,闊 18.75—20 微米。具三槽,无孔,槽細长直达两极。外壁薄,分层不清楚。表面有顆粒状紋飾。如图 10,11。

当前的花粉粒頗象 *Q. glauca* Thunb 的花粉。

3) 花粉粒的极面被槽割切成三瓣状,輪廓应为圓形。花粉粒以較大的尺度(直径为

32.5 微米)区别于上述的两类。具三槽而无孔。外壁两层,表层略厚些,在光切面上可见基粒柄的构造。表面具粗颗粒状纹饰。

当前的花粉粒和 *Q. dentata* Thunb 的花粉有相似之点,大小也相当。

榆科 *Ulmaceae*

榆属 *Ulmus* sp.

(图版Ⅲ 图 13)

花粉粒的直径约为 30 微米。

花粉粒极面的轮廓为具角度的圆形,角钝而端圆,故不破坏花粉粒的圆形轮廓。具 4—5 孔,孔椭圆形。外壁两层,表层略厚些。表面具凸蚀状或皱纹状纹饰。

这类花粉粒和 *Ulmus parvifolia* Jacq. 的花粉比较相似。

榆属型 *Ulmus-type*

(图版Ⅲ 图 17)

花粉粒的直径约为 30 微米。花粉粒的极面略呈圆形,具三孔,孔口大,沿赤道排列。外壁一层。表面具皱纹状纹饰。

木兰科 *Magnoliaceae*

木兰属 *Magnolia* spp.

(图版Ⅳ 图 1—4)

就大小和形态而论,木兰属的花粉至少可以分为以下两类:

1) 花粉粒为椭圆形,长 80—95 微米,阔 30—42.5 微米。在远极面具一条和花粉粒的长度同样长的槽,槽闭合或开裂,槽腔一般要比槽口宽大些。外壁较厚,有的可达 2 微米,分为两层,表层比里层厚些,表面具颗粒状纹饰,如图版Ⅳ图 1—3 所示。

2) 花粉粒为椭圆形,尺度较小,长约 75 微米,阔 27.5 微米。远极面具一长而阔的槽,槽的两边在中部较接近,两端较开张。外壁厚约 2.5 微米,分为三层,内外两层薄,等厚,中间一层比较厚些。表面具细颗粒状纹饰。

梧桐科 *Sterculiaceae*

苹婆属 *Sterculia* sp.?

(图版Ⅲ 图 18)

花粉粒长 42.5 微米,阔 32.5 微米。

花粉粒在侧面投影中为椭圆形。具三槽和三孔,图 18 的花粉只见二槽。槽长达两端,中央有一个不十分清晰的孔,槽的两端略膨大。外壁共两层,表层较厚,在光切面上可见基粒柄的构造。表面具粗粒状-细瘤状纹饰。

蔷薇科 *Rosaceae*

(图版Ⅲ 图 15)

花粉粒的直径为 21.5 微米。由于槽的割切,花粉粒的极面呈三瓣状,具三槽,外壁两层,约等厚。外壁在槽边不变薄,而有时略挠起。表面具细颗粒状纹饰。

豆科 Leguminosae

(图版Ⅲ 图 16, 16a)

有些花粉粒的側面为椭圆形, 大小为 20×11.5 微米; 有些花粉粒的側面则为闊椭圆形, 大小为 17.5×12.5 微米。具三槽, 槽細, 长达两端, 槽之中央具一不明显的孔, 或为凹陷状的假孔。外壁薄, 分层不清楚。表面平滑或粗糙(細网状紋飾?)。

十字花科 Cruciferae

(图版Ⅲ 图 14, 14a)

花粉粒在側面为闊椭圆形, 在极面为圆形, 直径約为 20 微米。具三槽, 无孔。外壁共两层, 表层厚些, 在光切面上略显基粒柄的构造。接近槽时, 表层略变薄。表面具比較密的顆粒状紋飾。

睡蓮科 Nymphaeaceae

(图版Ⅳ 图 5—7)

花粉粒具四孢体(Tetrad)和单孢体两种类型。在极面时, 四孢体的直径为 87.5 微米, 单孢的直径为 52.5 微米; 在側面时, 单个花粉粒具椭圆形的外形, 长 55 微米, 闊 32.5 微米。

图 5 和 7 的花粉粒均具有一条环槽, 环槽形如腰带, 束于花粉粒的中上部。在图 6 上未能看見环槽。外壁仅一层, 薄, 表面具顆粒状紋飾。

就大小和外壁的结构和紋飾而論, 当前的花粉粒, 尤其是四孢体者, 比較接近睡蓮科的 *Victoria* 属的花粉(見艾脫滿, 图版 XVI 图 268)。Victoria 目前生长于美洲热带。

禾本科 Gramineae

(图版Ⅱ 图 15, 16, 13?)

花粉粒多为圓球形, 直径为 30.5—35 微米。具一单孔, 孔的周围有加厚状之孔环。外壁仅一层, 薄, 表面具細顆粒状紋飾, 并有一些不規則的褶皱。图 13 的孔边不加厚。

水龍科 Hydrocharitaceae**水龍属 Hydrocharia sp.**

(图版Ⅳ 图 9)

花粉粒为蛋圆形, 尺度为 26.25×22.5 微米。花粉粒无孔无槽。外壁仅一层。表面具細刺状紋飾, 刺长可达 2.5 微米。

仙人掌科 Cactaceae(?)**Opuntia? sp.**

(图版Ⅳ 图 11)

花粉粒为球形, 具圓形輪廓, 直径为 57.5 微米。

花粉粒中具有孔, 可以看到的有 4 个, 在外壁边上的凹陷也似孔, 故孔数可能超过 4 个。孔圓形, 开口处的直径达 12.5 微米。外壁甚厚, 約 6—7 微米, 分为两层, 里层甚薄, 表层特厚。表面具凸蝕状或棒状紋飾, 在平面上反映呈凸蝕状或規則皺紋状的图案。

当前的花粉粒和 *Opuntia* 属的花粉最相近。扎克琳斯卡娅曾在威海北部上始新世的沉积中找到过这一属的花粉。

不能鑑定的花粉

三槽粉之一 (*3-colpatae* sp₁.)

(图版Ⅳ 图 8)

花粉粒具蛋圓形的外形,长 37.5 微米,闊 32.5 微米。具三槽,槽长达两端。外壁厚約 2.5 微米,分为两层,里层甚薄,表层很厚。表面具顆粒状紋飾。

三槽粉之二 (*3-colpatae* sp₂.)

(图版Ⅳ 图 10)

花粉粒的外形为椭圆形,长约 45 微米,闊 32.5 微米。具三槽,細长达两端。外壁两层,表层較里层厚些,在光切面上并显基粒柄的结构。表面具顆粒状紋飾。

菌类孢子 Fungi

(图版Ⅲ 图 19)

孢子为圓球形或长圓形,直径約为 13 微米。外壁一层,表面平滑或粗糙。往往結成一团。

討 論

(一) 垣曲系时期的植物羣

从一块煤中我們分析出了下列植物的孢子花粉: 水龙骨科, 銀杏科, 罗汉松属, 松属, 云杉属, 落叶松属, 落叶杉科, 柏科, 松柏类, 麻黄属, 山核桃属, 栗属, 櫟属, 榆属, 木兰属, 梧桐科, 薔薇科, 豆科, 十字花科, 睡蓮科, 禾本科, 仙人掌科(?)和一些不能鑑定的类型。它們的百分含量見下頁表。

如把百分比归納成三組,那么,蕨类孢子占 26.2%, 裸子植物占 35.07%, 被子植物占 39.15%, 其中,草本成分很少,約为 6.68%。不难看出,当时是一个森林型植被。由于裸子植物和木本被子植物的分量几乎相等,故当时可能为一混交林。其中,山毛櫟科(栗属和櫟属)、木兰科和裸子植物的銀杏科、落羽杉科和柏科等植物占着优势。水龙骨科和草本植物等就在林冠下生长,而睡蓮科便生长于森林附近的沼泽中。被子植物或許生长于比較低平之处,而比較高的山坡或山上生长着比較耐寒的松科和柏科。在草本植物中有禾本科,豆科,十字花科参加。

特別值得一提的,我們曾找到一粒形态上頗似 *Opuntia*(?) (仙人掌科) 的花粉。众所週知,仙人掌科(包括 *Opuntia*)目前分布于美洲,是热带美洲沙漠地区的植物,它的存在值得回味,扎克琳斯卡娅教授在研究威海北部上始新世沉积中的孢粉組合时,早就发现过仙人掌科的 *Opuntia* 的花粉,同时还找到仙人掌科的 *Echinocactus* 的花粉。她引用 M. Г. Попов 的意見,認為这些植物是白堊紀和古新世的一些子遺成分。由于她同时还发现了代表沙漠地带的許多藜科的花粉,所以認為上始新世,当地就已出現了沙漠地带。在我們的組合中,几乎全无耐干旱的草本成分,所以 *Opuntia*(?) 的个别花粉只能認為是子

表 1 垣曲系上部的孢粉組合

植物名	标本编号	垣 13	垣 14	垣 19			
	含量(粒—%)						
Polypodiaceae (monolete)				52—23.1	26.2%		
Polypodiaceae (trilete)				7—3.1			
<i>Ginkgo</i>	4	1	10	6—2.65	35.07%		
<i>Ginkgoites</i>				5—2.2			
<i>Podocarpus</i>				1—0.45			
<i>Pinus</i>				5—2.2			
<i>Picea</i>				1—0.45			
<i>Larix</i>				1—0.45			
Taxodiaceae				2		15—6.66	
Cupressaceae				3		25—11.11	
Coniferae				6		18—8	
<i>Ephedra</i>						2—0.9	
<i>Carya</i>	6	2	2	1—0.45	38.67%		
<i>Castanea</i>				15—6.66			
<i>Quercus</i>				24—10.66			
<i>Ulmus</i>				3—1.33			
<i>Magnolia</i>				9—4.0			
Sterculiaceae				2—0.9			
Rosaceae				5—2.2			
Leguminosae				6—2.65			
Cruciferae				3—1.33			
Nymphaeaceae				9		2	2—0.9
Gramineae						2	4—1.8
3-colpatae							7—3.13
Cactaceae?							1—0.45
不能鑑定者		2	5—2.2				

遺成分了。

其次,值得注意的,在我們的組合中柔荑花序的樺科、胡桃科、楊柳科等的花粉几乎完全沒有,榆属花粉也很少,这不能不归之于植被带的原因。柔荑花粉和目前一些温带最普遍的植物是克里什托佛維奇教授所划分的“图尔盖”植物羣的主要成分,在这个植被区内根据克里什托佛維奇的意見,曾生长过夏綠林植被。因之,垣曲植物似乎应归入克里什托佛維奇的“波塔瓦”植物羣区,可是波塔瓦植物羣区的最特别的成分,如:棕櫚,桃金娘,山龙眼,樟树等,在我們的組合中也很少。当然,植被区的形成主要受气候条件的影响,就是在同一植被区内,正如克里什托佛維奇的意見,由于地区如此广大(可能各处的气候也有些差别),可以再分为許多亚区,各亚区之間的植物成分自会有些区别。若此,作者乐意接受錢耐教授所提的、以克里什托佛維奇教授在叙述植物羣的分区时所根据的气候带的名字来代替地名的名字,即以温带植被区代替克里什托佛維奇的图尔盖植物区,以热带-亚热带

植被区代替波塔瓦植物区。这样,或许更适于广泛的应用。因之可以这样说,垣曲缺乏最特别的“波塔瓦”成分是由于处于亚热带-热带植被区之北部,因此热带成分难以生长。

(二) 垣曲植物羣所反映的气候

Reid 和 Chandler 在讨论伦敦植物羣时,曾提到木本植物成分变化的问题。据她们的计算,始新世时(伦敦植物羣),木本植物成分在植物羣中占 95%,之后,逐渐减少,到 Hordle 植物羣时占 85%,渐新世(Bembridge 植物羣)时—57%, Pon-de-Gail 植物羣时—51%,上新世下部(Reuverian 植物羣)时—57%,上新世中部(Tegelian 植物羣)时—28%,上新世上部(Cromerian 植物羣)时—22%,目前在英国伦敦木本植物的成份占植物羣的17%。在解释这个现象时,他一方面提到了植物羣由木本向草本演替的问题,另一方面提到木本植物成分和气候的关系。在热带,以木本植物成分的比重很大为其特征,由热带转向温带,木本植物的成分逐渐减少。因之,自中始新世后,木本植物成分的减少表明气候的变冷。垣曲系组合中的木本成分为 67%,较垣曲现在的森林草原植被中的木本植物比重为高。这一事实足以表明当时的气候比目前要温暖得多。下面探讨一下组合中各类植物目前的分布范围,这对判断气候特征更有帮助。

占高比重的蕨类孢子是首先要提到的。水龙骨科目前最广泛的分布区是在长江以南。除去一些分布比较广泛的植物,如松科,柏科,蔷薇科,豆科等以外,表中所提到的植物,大多分布于比较温暖的地带,如罗汉松主要分布于热带-亚热带,银杏属野生于我国西南地区,山核桃属、木兰属、梧桐科等大多分布于长江以南的亚热带地区。山毛榉科在温带虽有分布,但在亚热带分布更广泛。可能在櫟属和栗属(其实 *Castanea* 和 *Castanopsis* 的花粉很难分开,这里不无 *Castanopsis* 的成分)中有常绿的成分。特别有趣的是仙人掌科的 *Opuntia*(?) 和睡莲科的 *Victoria*(?) 的发现,它们均分布于热带。因之,有理由可以设想我们的组合确切反映亚热带的气候,虽然也有一些热带植物,但典型的热带植物成分,在我们的组合中则缺少,所以很难涉及热带气候。总之,当时垣曲的气候相当于我国长江流域以南的热而雨量较多的气候,若以纬度计之,较今日的位置偏南了约 10° 左右。

(三) 垣曲系的时代

P. Я. Абузярова 研究过土克曼地区的与垣曲几乎同纬度(北纬 $36^{\circ}35'$)的 Бадхыза 的上始新世沉积中的孢粉组合,其中含有:水龙骨科、落羽杉科、桃金娘科、胡桃科、五加科、漆树科、禾本科(一种竹)、石松科、紫萁科、桦科、楝科和 Restionaceae 型的花粉或孢子,并有樟科和山龙眼科的叶部化石。她引用 Н. Д. Василевская 的意见,指出 Бадхыза 在始新世时存在着波塔瓦区的热带和亚热带植物羣。诚然,Бадхыза 的孢粉组合和我们的不同处是有桃金娘科, Restionaceae 和山龙眼科等真正热带成分,而我们的孢粉组合只反映亚热带气候,因之时代也比较晚一些。

查克琳斯卡娅研究过威海北部上始新世沉积中的孢子花粉组合。在这里应该提一下我们的组合中所缺少的一些植物,它们是:苏铁科、买麻藤属、樟科、柿科、桃金娘科、山龙眼科和棕榈等。她发现了我们也发现的仙人掌科的 *Opuntia*(?) 和我们没有发现的 *Echinocactus*(?) 花粉。威海北部上始新世的植物羣同样以含比较多而典型的热带成分而区别于垣曲当前的植物羣。她在哈萨克斯坦地区进行了多年的研究之后,最近提出了植物羣变迁的肯定的总结性意见。她认为在哈萨克斯坦地区,在古新世和始新世时具有亚

热带植物群的特征,其中参有热带森林成分,上始新世时为参有沙漠羣落的干旱成分的亚热带植物群,下渐新世时为混杂温带落叶成分的亚热带植物群,中渐新世时为混杂亚热带子遗成分的温带植物群,上渐新世一下中新世时为温带植物群了。

在这里有必要提一下山旺植物群,根据原作者的意见认为它属中新世上部。在进行孢粉分析后,我们认为山旺植物群应属中新世的中上部,它反映着温带植物群的特征,其中还含有一定数量的亚热带成分。

回头来看看垣曲的组合,如上所述,它以缺乏典型的热带成分而不同于土克曼和咸海北部的组合,故不能属于始新世。但是我们的组合也未反映温带植物群的特征,故不能放入中新世。它代表着亚热带的特征,同时也参有少许的热带和温带成分,因此把这样的植物群归入渐新世(可能是下渐新世)是十分恰当的。所以笔者认为垣曲系上部最底部煤夹层的时代属下渐新世。

笔者十分钦佩杨鍾健于二十多年前提出的关于垣曲系的时代的意见。杨鍾健认为垣曲系的中部和上部属上始新世至下渐新世,这是因他所研究的标本有些系采自垣曲系的中部。而作者只研究了上部的标本,未研究中下部(未分析出东西),看来上始新世的地层一定存在,作者也推想垣曲系的中下部可能属始新世。

笔者十分感谢徐仁的指导和对本文所作的修改。

参 考 文 献

- [1] 李悦言, 1937: 山西垣曲盆地新生代地质,地质评论, 2卷4期。
- [2] Hu, H. H. and W. Chaney, 1940: A Miocene Flora From Shantung, Province, China.
- [3] Kryzstofovich, A., 1929: Evolution of the Tertiary Flora in Asia. New phyt. 28.
- [4] Lee Yuch-ye, 1938: The Early Tertiary Deposits of the Yuanchü Basin on the Honan-Shansi Border. *Bull. Geol. Soc. China*, vol. 18, 1938.
- [5] Reid and Chandler, 1933: The London Clay Flora.
- [6] Young, C. C., 1937: An Early Tertiary Vertebrate Fauna From Yuanchü. *Bull. Geol. Soc. China*, vol. 17, 1937.
- [7] Абузарова, Р. Я., 1956: Спорово-пыльцевые Комплексы Эоценовых Отложений Туркмении (Бадхыза). Бот. Жур., Том 41, № 9.
- [8] Заклинская, Е. Д., 1954: Спорово-пыльцевые Спектры Верхнего Эоцена Северного Приаралья. Доклады Академии Наук СССР, Том 99, № 4.
- [9] —, 1958: Принципы Палеофлористического Обоснования Расчленения Кайнозойских Отложений Казахстана и Прилегающих Частей Западно-Сибирской Низменности. Известия Академии Наук СССР, Серия Геологическая, 1958, № 10.

SPORO-POLLEN COMPLEX OF THE UPPER PART OF THE YUANCHU SERIES, YUANCHU, SHANSI

SUNG TZE-CHEN

(*Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica*)

(ABSTRACT)

In 1958, the writer had a chance to make a trip to the Yuanchu district for the study of the Yuanchu series, and some rock samples from the upper part of this series were collected for palynological investigation.

The upper part of Yuanchu series consists mainly of grayish, greenish and light yellowish clays, shales, sandy clays, and at the bottom intercalated with some thin layers of brown coal. Of which only one brown coal has yielded sufficient amount of spores and pollen for the present study.

Vegetation of the Yuanchu Series. Spores and pollen of the following plants have been obtained from the brown coal: Polypodiaceae—26.2%, Ginkgo—2.6%, Ginkgoites—2.2%, Podocarpus—0.45, Pinus—2.2, Picea—0.45, Larix—0.45, Taxodiaceae—6.66, Cupressaceae—11.11, Coniferae—8%, Ephedra—0.9, Carya—0.5, Castanea—6.66, Quercus—10.66, Ulmus—1.33, Magnolia—4%, Sterculiaceae—0.9, Rosaceae—2.2, Leguminosae—2.65, Cruciferae—1.33, Nymphaeaceae—0.9, Gramineae—0.9, 3-colpatae—3.13, Cactaceae(?)—0.45 and indeterminate grains—2.26.

Spores amount to 26.2% of the total number of microfossils; pollen grains of Gymnospermae being 35.07%, and those of Angiospermae—38.67%, of the latter herbaceous elements are very few (—6.68%). The writer thinks that, vegetation of Yuanchu at that time was a forest. Because the pollen grains of Angiospermae and Gymnospermae are almost of equality, it would represent a mixed forest.

It is very interesting to find that the morphological character of a pollen form is very like that of *Opuntia* (?) of Cactaceae. Same type of pollen with those of *Echinocactus* of the same family has been also found in an Upper Eocene bed of Northern Aral by prof. Zaklinskai. Being known that this plant at present only grows at the tropic zone of America. She points out that those plants are the relics of Cretaceous and Paleocene, The writer agrees this view.

Other interesting fact is that Amentiflorae (such as Salicaceae, Juglandaceae, Betulaceae etc.) and Ulmaceae etc. are almost or completely absent in the Yuanchu complex. As we know that Amentiflorae were the chief components of the Turgai province, named by prof. Kryshstofovich. Absence of these elements would mean that it was a part of Poltava province of Kryshstofovich. But the essential components of Poltava, such as Proteaceae, Myrtaceae, Cinamomum, Palmae etc. are also wanting. The reason of this fact has been discussed by kryshstofovich in a paper, he says that "of course, this huge territory is not quite uniform in its flora and could certainly be divided into several subprovinces." Therefore at that time Yuanchu was laid on the northern part of poltava, typical tropical plants in this region were almost lacked.

Climate of the Yuanchu flora. Reid and Chamdler have discussed the change in the woody character of the flora in their monograph, and pointed that ".....passing from the tropic to the cold region the proportion of woody plants diminishes it is probable that much of the change in ligneous was due to change of climate." So that woody character of the flora may reflect

the climatic condition. The woody elements in the Yuanchu flora amount to 67%, while the present vegetation of Yuanchu is a forest-steppe, therefore, the climate at that time would be milder than that of the present. Further study the range of every plant for the climatic character is very important. Here the writer only gives a rough and simple discussion. Most of plants listed in the table, grow at present in the south of the Yangtze River, such as, *Ginkgoaceae*, *Carya*, *Magnolia*, *Sterculiaceae* and *Fagaceae* (partly), while *Podocarpus*, *Cactaceae* (?) and *Victoria* (?) definitely grow in the tropic. So that, the writer thinks that the Yuanchu flora reflects a sub-tropic rather than a tropic climate, polypodeceous elements may support this view, because polypodeceous plants mainly grow in subtropic zone.

Age of Yuanchu flora. Comparing the Yuanchu flora with the Upper Eocene spore-pollen complexes of Turkman and Aral region studied by Abyzarova (П. Я. Абузарова) and Zaklinskai, the writer found that the typical-tropical elements—*Cycadaceae*, *Gnetales*, *Lauraceae*, *Myrtaceae*, *Proteaceae* and *Palmae* are wanting in the former complex. As we know, the Upper Eocene complexes of Turkman and Aral reflect a tropic-subtropic climate, then the Yuanchu flora would reflect a cooler climate, the age of the Yuanchu flora would be later than the Turkman and Aral flora. It would also be older than Shanwang flora, because the latter is a temperate forest mixed with a few subtropical components. In a word, Yuanchu complex represents a subtropical forest mixed with some tropic elements, therefore, the basal portion of the Upper part of the Yuanchu Series may be dated to Oligocene possibly Lower Oligocene.

The writer completely agrees with the view of prof. Y. Y. Young, who has pointed out the mid-upper part of the Yuanchu Series to Upper Eocene-Lower Oligocene, as the writer only studied the upper part of Yuanchu Series, the lower part would belong to Upper Eocene.

图版说明

图版 I

- 1—4, 7—9, Polypodiaceae
5. Filicales
6. Polypodiaceae
- 10, 12. *Ginkgo* aff. *biloba*
11. *Ginkgo biloba*
13. *Podocarpus*
14. *Pinus* (diploxylon)
15. *Larix* (垣 13)
16. *Larix* (垣 14)
17. Taxodiaceae gen. sp.
18. *Sciadopitys?*

×800.

除注明者外,其余属垣 19 号标本。

图版 II

1. Pinaceae
2. *Picea*.
- 3, 8. *Glyptostrobus?*
- 4—7, 9. Taxodiaceae gen. sp.
10. *Taxodium* cf. *distichum*
- 11, 12. Taxodiaceae (垣 13)
13. Monocotyledon (Gramineae?)
14. Cupressaceae
- 15, 16. Gramineae
17. *Ephedra*
18. Cupressaceae

×800.

除注明者外,其余属垣 19 号标本。

图版 III

- 1, 2. Coniferae } (垣 13)
3. *Larix* }
- 4, 5. *Castanea*
6. *Ginkgo biloba*
7. Ginkgoites
8. *Carya*
- 9—12. *Quercus*
13. *Ulmus*
- 14, 14a. Cruciferae
15. Rosaceae
- 16, 16a. Leguminosae
17. *Ulmus*-type.
18. Sterculiaceae
19. Fungi.

×800.

除注明者外,其余属垣 19 号标本。

图版 IV

- 1—3. *Magnolia* (垣 13)
4. *Magnolia* (垣 14)
5. Nymphaeaceae (垣 13)
- 6, 7. Nymphaeaceae (垣 14)
8. 3-colpatae
9. *Hydrocharia*
10. 3-colpatae
11. Cactaceae?

×800

除注明者外,其余属垣 19 号标本。







