

银川盆地中更新世以来的孢粉组合与古环境变化

杨振京^{1 2)} 童国榜²⁾ 刘志明²⁾ 徐建明²⁾ 阳小兰³⁾

(1) 同济大学海洋地质与地球物理系, 上海 (2) 中国地质科学院水文地质环境地质研究所, 河北正定;
(3) 河北省科学院地理研究所, 石家庄)

摘 要 通过对银川盆地北部重点井 CK1 孔(深 300.39 m)沉积物进行的系统的孢粉分析, 探讨了银川盆地中更新世以来的植被演替和气候变化, 区域孢粉组合特征清楚地反映了银川盆地 900 ka B.P. 以来古植被经历了 11 个发展演替阶段: 针阔混交林-灌丛草原→针阔混交林-灌木草原→疏林灌木草原→针阔混交林-草原→疏林灌木草原→针叶林-草原→暗针叶林为主的针叶林-草原→灌木草原→针阔混交林-灌丛草原→疏林草原→荒漠草原, 与古植被发展演替阶段相应的气候环境经过了温湿→凉湿→温和→冷湿→温干→凉较湿→冷湿→温干→凉润→温较干→温干的变化。

关键词 孢粉组合 古环境 中更新世 银川盆地

银川盆地为一 NNE 向延伸的梭形断陷盆地^①, 位于 105°45' ~ 107°00' E, 37°50' ~ 39°20' N, 海拔 1 100 ~ 1 200 m, 地势自西南向东北倾斜, 地面平坦。本区为典型的大陆型干旱气候(刘华训, 1985; 钱林清, 1991), 年平均气温 8 ~ 9 °C, 年降水量为 186 ~ 220 mm 左右, 且变率极大(年相对变率达 25% ~ 33%)。年干燥度介于 3.95 ~ 4.65 之间, 自然降水量只及最大可能蒸发量的 1/4 ~ 1/5。区内地带性植被主要是荒漠草原(高正中等, 1988; 吴征镒, 1980), 表现出强烈的旱生特性, 即群落盖度稀疏、科属类型贫乏、群落结构简单、生物产量低劣。建群成分以针茅属(*Stipa*) 为代表的丛生小禾草为主, 其次为强旱生或超强旱生小灌木、半灌木植物, 如耧状亚菊(*Ajania achillodes*)、冷蒿(*Artemisia frigida*)、红砂(*Reaumuria soongorica*) 等。非地带性植被有旱生、盐生的白刺(*Nitraria*) 灌丛群落、沙生的油蒿(*Artemisia ordosica*) 群落、中生草甸假苇拂子茅(*Calamagrostis pseudophragmites*) 群落及沼泽植被等。现在植被的组成及展布严格地受到降水量(或土壤湿度)的控制。

该盆地沉积物南部以含砾粗、中砂为主, 中、北部以粉、细砂为主。第四系地层划分为下更新统银川组(Q_p^1)、中更新统贺兰组(Q_p^2)、上更新统惠农组(Q_p^3)、全新统西大滩组(童国榜等, 1998)。

1 分析方法和资料整理

1.1 孢粉分析

研究中选取了银川盆地惠农重点井 CK1 孔(深 300.39 m)110 块样品系统地开展了孢粉分析研究, 样品实验室处理后, 在镜下共鉴定统计孢粉 20 768 粒, 平均每个样品约 189 粒花粉。这些花粉分属 73 个科属的植物类型, 均为盆地及周边山区或台地的现生植物。

1.2 孢粉浓度分析

孢粉浓度指单位体积或重量的沉积物中所含孢粉粒数(王开发等, 1988)。笔者采取在样品分析过程中加入染色的石松孢子作指示花粉的方法, 在样品鉴定统计的同时, 也统计出指示花粉的数量, 然后按下式计算孢粉浓度:

$$X = \frac{Nn}{N'G}$$

X -孢粉浓度(粒/克); N -加入样品中的指示花粉数; N' -镜下统计的指示花粉数; n -镜下统计的化石孢粉数; G -分析所用样品重量。

根据以上公式计算所得的孢粉浓度数据, 依据其样品的深度做出孢粉浓度曲线(图 1)。

本文为原地质矿产部部控项目“银川平原农业生产基地地下水资源和环境地质综合勘探评价”科研成果之一。

责任编辑: 宫月萱。

第一作者 杨振京, 男, 1966 年生, 同济大学海洋地质与地球物理系博士生, 副研究员, 主要从事第四纪孢粉学与环境研究, 邮编 200092。

①周特先, 1987, 方志敏, 1987, 宁夏地质(23)内部刊物。

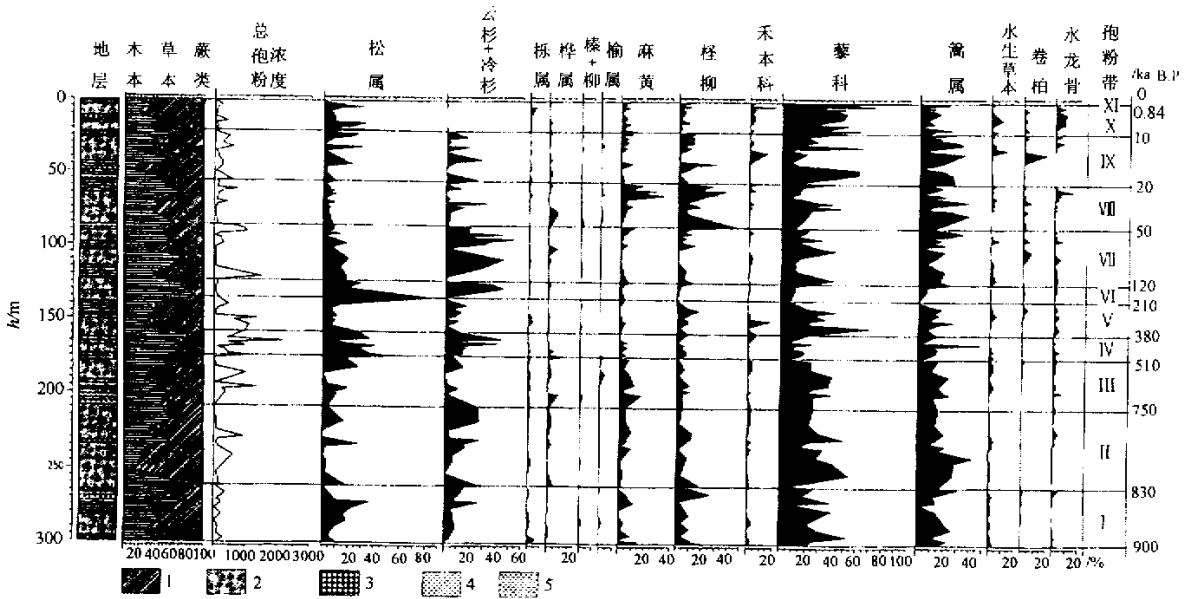


图 1 银川盆地 CK1 孔孢粉图式

Fig.1 Pollen diagram of CK1 drilling well in Yinchuan basin

1-粉砂质粘土 2-粉细砂 3-含砾中砂 4-中沙 5-粘土

1.3 测年分析

地层年代采用了古地磁、¹⁴C、热释光 3 种测年方法,在沿银川盆地长轴方向分布的 6 个钻孔中系统地进行了古地磁测定。区内 6 个钻孔剖面的磁极性柱基本相似,可以对比(图 2)。结果表明,孔深 150~200 m 以上为布容正极性世,其下为松山负极性世。布容正极性世中有 4 个负极性亚时,其深度分别为 27~41 m、67~99 m、88~136 m 及 170 m;对比¹⁴C 及热释光测年数据,它们分别为蒙戈亚时(约 20 ka B.P.)、拉尚亚时(30~60 ka B.P.)、布莱克亚时(±110ka B.P.)及安比拉亚时(460~480 ka B.P.)(孙建中等,1991)。松山负极性中有一个正极性亚时(揭露不全),为哈拉米洛亚时(童国榜等,1998)。

2 孢粉组合特征

根据镜下孢粉鉴定统计结果,选取木本植物花粉的松属(*Pinus*)、云杉(*Picea*)、冷杉(*Abies*)、栎属(*Quercus*)、桦属(*Betula*)、榆属(*Ulmus*)、榛属(*Corylus*)、柳属(*Salix*)、麻黄(*Ephedra*)、怪柳(*Tamaricaceae*)、草本植物花粉的禾本科(*Gramineae*)、藜科(*Chenopodiaceae*)、蒿属(*Artemisia*)、香蒲(*Typha*)、眼子菜(*Potamogeton*)、蕨类孢子的卷柏(*Selaginella*)、

中华卷柏(*S. Sinensis*)、水龙骨科(*Polypodiaceae*)、水龙骨属(*Polypodium*)等 19 个科属类型,其中根据生态环境的相似性,将云杉与冷杉、榛属与柳属、香蒲与眼子菜、卷柏与中华卷柏、水龙骨科与水龙骨属合并,做出孢粉图式(图 1),根据孢粉图式,本孔划分 11 个孢粉组合带,自下而上各孢粉组合带的特征分述如下:

I 带 松-栎-蒿孢粉组合带(261.00~300.39 m)本带花粉类型较多,组合中木本略高于草本,为总数的 28.10%~79.28%;草本为 20.72%~69.93%,蕨类孢子最少,仅占总数的 0~7.56%。木本植物花粉中乔木植物花粉主要有松、云杉,其次有栎、桦、榆等;灌木植物花粉主要有怪柳、麻黄;草本植物花粉主要有藜、蒿,其次有禾本科及少量水生植物香蒲、眼子菜等。

II 带 松-蒿-桦孢粉组合带(208.50~261.00 m)本带孢粉浓度较大,草本植物花粉占绝对优势,为总数的 31.86%~86.42%,木本植物次之,为总数的 13.58%~68.14%,蕨类孢子少见,孢粉类型较前带有所减少。草本植物花粉主要有藜、蒿,其次是禾本科,还有少量的毛茛科(*Ranunculaceae*)和水生植物等;木本植物主要有松、云杉,其次为怪柳、麻

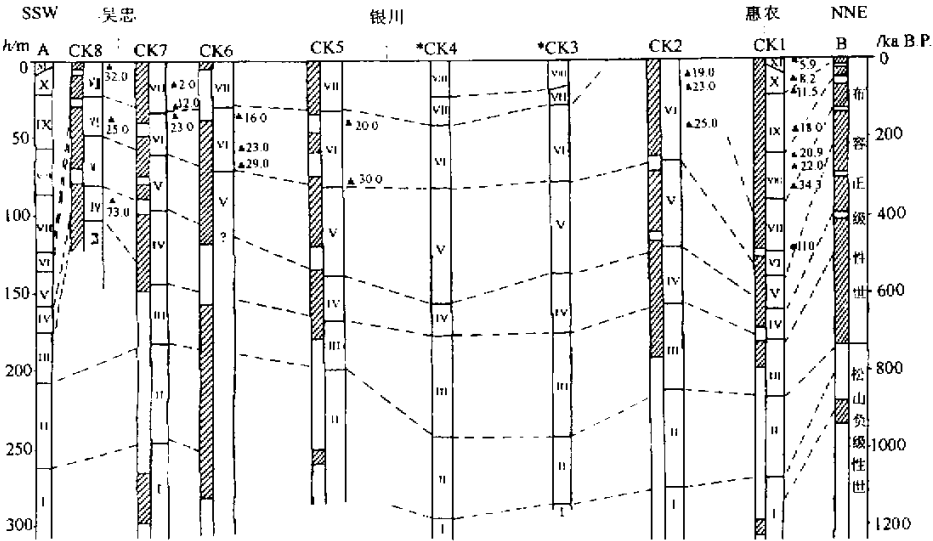


图 2 银川盆地古地磁极性柱及孢粉组合带对比图

Fig.2 Correlative map of paleomagnetic polaris and pollen zones of the Quaternary in Yinchuan basin

A-孢粉组合带 ;B-古地磁极性柱 ;▲¹⁴C 测年 (ka B.P.) ;●热释光测年(ka B.P.)

引自宁夏地质概论(霍福臣,1989)稍加修改

黄,还有少量落叶阔叶植物桦、栎等;蕨类孢子主要以水龙骨为主。

Ⅲ带 松-桦-栎孢粉组合带(174.00~208.50 m)本带孢粉丰富,种类繁多,孢粉浓度较大,草本植物花粉高于木本,为总数的42.16%~69.52%;木本为30.48%~55.88%;蕨类孢子少见,仅占总数的0~6.99%。草本植物花粉中主要有藜、蒿,其次为禾本科,还有少量的水生植物;木本主要有松、云杉,其次为麻黄、桤柳,落叶阔叶成分较前带增多,主要有桦、栎,还见有少量榆,蕨类植物孢子以水龙骨为主。

Ⅳ带 松-云杉-桦孢粉组合带(158.00~174.00 m)本带孢粉丰富,种类繁多,孢粉浓度高,木本植物花粉含量居绝对优势,为总数的24.22%~84.31%;草本次之,为总数的12.01%~75.00%;蕨类孢子少见。木本植物花粉中主要有松、云杉,乔木植物中落叶阔叶成分与前带相似,主要有桦,其含量达剖面之冠,榆和栎等,构成“松、云杉、桦花粉高带”,灌木植物中有桤柳、麻黄及少量的大戟科(Euphorbiaceae)和胡颓子科(Eleagnaceae)等;草本植物花粉以蒿、藜为主,其次有禾本科、水生植物、豆科(Leguminosae)、毛茛科、蔷薇科(Rosaceae)等。

Ⅴ带 松-藜-蒿孢粉组合带(135.00~158.00 m)本带孢粉丰富,孢粉浓度高,草本植物花粉占优

势,为总数的46.11%~77.36%;木本次之,为16.98%~52.78%;蕨类孢子最少,仅为1.11%~8.19%。草本植物以藜和蒿为主,其次是禾本科,还有少量的毛茛科、豆科、唐松草(Thalictrum)和水生植物等;木本植物主要有松、云杉、桤柳和麻黄,其次还有少量的落叶阔叶植物栎、桦和灌木植物榛和柳等;蕨类孢子主要是水龙骨,其次是卷柏和铁线蕨(Adiantum)等。

Ⅵ带 松-云杉-栎孢粉组合带(123.20~135.00 m)本带孢粉浓度低,孢粉组合中木本植物花粉占绝对优势,为总数的71.15%~89.66%;草本植物花粉为8.05%~25.00%;蕨类孢子仅为2.30%~3.85%。木本植物主要有松,其含量达剖面之冠,构成“松属花粉高带”,云杉及少量的麻黄和桤柳;草本植物以藜和蒿为主,其次有少量的毛茛科和禾本科;蕨类孢子以水龙骨为主,还有少量的中华卷柏和铁线蕨等。

Ⅶ带 云杉-冷杉-松-桦孢粉组合带(86.00~123.20 m)本带孢粉丰富,类型多,孢粉浓度较高,木本植物花粉含量与草本植物花粉含量接近,分别为22.77%~70.94%,27.48%~70.30%;蕨类孢子较少,为0.85%~12.62%。组合中乔木植物云杉和松占有相当的数量,其次为冷杉,还有桦、栎、桤木(Alnus)和胡桃(Juglans)等,其中云杉+冷杉,其含

量达剖面之冠,构成“云杉、冷杉花粉高带”,灌木植物主要有桤柳和麻黄,还出现了胡颓子和接骨木(*Sambularia*)等;草本植物除了藜、蒿占优势外,还有豆科、毛茛科、蔷薇科、唐松草属和石竹科(*Caryophyllaceae*)等;水生、湿生植物常见,有香蒲、眼子菜和狐尾藻(*Myriophyllum*)等;蕨类孢子有水龙骨、卷柏、中华卷柏、铁线蕨等。

Ⅷ带 麻黄-桤柳-蒿孢粉组合带(56.00~86.00 m):本带木本植物花粉含量与草本植物花粉含量接近,分别为22.76%~76.60%,21.28%~74.80%;蕨类孢子较前带略有增加,为1.09%~14.29%。木本植物主要有桤柳、麻黄、云杉和松,其次还有少量冷杉、桦、榆、栎等乔木植物,报春花科(*Primulaceae*)、大戟科、鼠李科(*Rhamnaceae*)和女贞属(*Ligustrum*)等灌木植物,草本植物主要有藜、蒿,其次是禾本科,还有少量豆科、蔷薇科和水生植物等。桤柳、麻黄与藜、蒿等共生,构成“桤柳、麻黄高带”。蕨类孢子以水龙骨为主,其次还有少量卷柏和中华卷柏等。

Ⅸ带 松-蒿-藜孢粉组合带(21.00~56.00 m):本带孢粉浓度较高,草本植物花粉含量居首位,占孢粉总数的27.56%~90.40%;木本植物花粉次之,为8.80%~70.94%;蕨类孢子含量达剖面之冠,为0~19.12%。草本植物花粉藜和蒿占优势,其次是禾本科,本带中部附近见有唐松草,还出现了少量的毛茛科、菊科(*Compositae*)、豆科等,水生植物明显减少,仅在本带上部看到;木本植物中乔木花粉较前带增多,主要以松和云杉为代表,其次为冷杉,落叶阔叶树种与前带相似,有桦、栎、榆和胡桃等;灌木植物较前带减少,主要有桤柳和麻黄,其次有少量的报春花科、大戟科、胡颓子属和接骨木属等,在本带底部见有少量的唇形科(*Labiatae*)花粉,蕨类孢子以中华卷柏和水龙骨为代表,主要出现在本带的中上部。

X带 栎-藜-蒿孢粉组合带(0.50~21.00 m):本带孢粉组合趋于单调,草本植物花粉占绝对优势,为孢粉总数的28.07%~81.43%;木本植物次之,为13.57%~44.97%;蕨类孢子为0.58%~12.40%。草本植物以藜为主,其次是蒿和禾本科,还有少量的菊科、水生植物等;木本植物中乔木树种以松为主,其次有少量的栎,偶尔见到少量云杉、桦和胡桃等;灌木树种以麻黄和桤柳为主,偶尔见到一些报春花科、大戟科、十字花科(*Cruciferae*)和接骨木属植物花粉,蕨类孢子以水龙骨为主,其次有少量的卷柏。

Ⅺ带 藜-蒿孢粉组合带(0~0.50 m):本带孢粉组合更趋单调,孢粉浓度极高,草本植物花粉占绝对优势,为孢粉总数的98.58%~99.38%,以藜为主,仅见少量的蒿,木本植物花粉中仅见少量的松和

麻黄,没有发现蕨类孢子。

3 植被演替及古环境变化

植物是环境的产物,又作用于环境,它的存在和演替能够准确地反映环境状况,特别是有助于说明气候的变化(张玉兰,1987)。古今自然环境的不同,很大程度上取决于气候的变化,这些变化能为孢粉记录所再现(童国榜等,1995)。银川盆地CK1孔孢粉组合系列的纵向变化,反映了本区中更新世以来植被和古环境的11个演替阶段:

第一阶段(900~830 ka B.P.):以针叶树为主的针阔混交林-灌丛草原。此期孢粉组合以木本花粉接近或略高于草本花粉为特征,木本花粉中以针叶树为主,间有阔叶树种,反映了当时的植被是山地或丘陵分布着以针叶树为主的针阔混交林,主要建群种为松、云杉、栎、榆等,林下生长着水龙骨、卷柏等。平原地区分布着藜、蒿等盐生草本植物和禾本科植物构成的草原,草原中生长着一些麻黄、桤柳等灌木,低凹湖沼中生长有香蒲、眼子菜和狐尾藻等水生植物,反映当时气候温暖潮湿,气温略高于现在。

第二阶段(830~750 ka B.P.):以针叶树为主的针阔混交林-灌木草原。本阶段以针叶树为主的针阔混交林中松有所减少,云杉和桦有较大增加,反映气温降低。草本植物藜、蒿较前一阶段繁盛,孢粉浓度增高,平原地区的草原面积扩大,以针叶树为主的山地森林线下降,反映了当时气候温凉。

第三阶段(750~510 ka B.P.):疏林灌木草原。本阶段植物繁盛,孢粉丰富,孢粉浓度较大,森林中针叶树云杉减少,落叶阔叶树种桦、栎、榆等有较大增多,林下湿地生长着水龙骨,森林面积缩小。以藜、蒿植物为主的草原面积扩大,局部分布着以禾本科植物为主的草原,河边沙地生长有麻黄、桤柳等灌木植物,洼地湖沼生长有少量水生植物,当时气候温和略湿。

第四阶段(510~380 ka B.P.):以针叶树为主的针阔混交林-草原。本阶段植物繁盛,孢粉丰富,孢粉浓度高,由于气候变冷,本区植被演变为针叶林或针阔混交林-草原,木本主要由松、云杉、桦、栎、榆、麻黄、桤柳,草本以蒿、藜为主。当时的植被景观可能是森林面积较前一阶段扩大,由于云杉林相当郁闭,林下及其它低凹湿地生长有水龙骨,山坡上生长有麻黄和桤柳灌丛,平原地区生长着以蒿和藜科为主的草本植物,局部湖沼洼地生长有少量水生植物,当时应为冷湿的气候环境。

第五阶段(380~210 ka B.P.):疏林灌木草原。

本阶段气候转暖,松及耐寒冷的云杉大幅度减少,山地森林退缩,边缘坡地麻黄和柃柳灌丛略有增加,形成了以藜和蒿等草本植物为主的草原植被,气候温干。

第六阶段(210~120 ka B.P.):以针叶树为主的针叶林-草原。随着气候转凉,孢粉组合以木本花粉占绝对优势为特征,植被以针叶林为主,林中主要成分为松、云杉,夹杂少量落叶阔叶成分栎、桦,草原面积缩小,主要为藜和蒿,夹杂着少量毛茛科和禾本科等草本植物。反映当时气候凉较湿润。

第七阶段(120~50 ka B.P.):以暗针叶林为主的针叶林-草原。本阶段气候转冷,云杉、冷杉剧增,在海拔较高的山上,形成了以云杉、冷杉为主的暗针叶林,暗针叶林森林线以下林中有以松为主针阔混交林,林中混有少量的桦、栎、桤木和胡桃等,草原面积缩小,仍以藜和蒿为主,反映当时气候冷湿。

第八阶段(50~20 ka B.P.):灌木草原。此阶段木本植物中松、云杉、冷杉等乔木树种大幅度减少,而以大量的柃柳、麻黄为代表的耐旱灌木植物组成的植物群落广泛发育,草原仍以藜和蒿等盐生草本植物为主,反映当时气候温干。

第九阶段(20~10 ka B.P.):以针叶树为主的针阔混交林-灌丛草原。与第一阶段有些相似,孢粉浓度较高,反映了植被比较茂盛,种类繁多。木本植物中松、云杉有所增加,喜温凉的落叶阔叶树种栎、桦、榆夹杂于林间。当时的植被景观可能是在山地及丘陵地带,生长着针叶林,林下潮湿地带生长着卷柏、中华卷柏、水龙骨等蕨类植物,平原地区广泛生长着藜、蒿为代表的草原植被以及柃柳、麻黄等灌丛植被,局部湖沼洼地生长着少量水生植物,气候应比现今温凉湿润。

第十阶段(10~0.84 ka B.P.):疏林草原。本阶段植被稀疏、单调,草本植物占绝对优势,特别是藜较前一阶段有显著增多,其次是蒿和禾本科植物,乔木植物仅以松为主,稀疏的松林中夹杂有少量的栎,草原上生长有一些柃柳、麻黄为代表的灌木植物,反映了当时气候温暖较干。

第十一阶段(0.84 ka B.P.至今)荒漠草原。本阶段植被更趋于单调,以藜科草本植物为代表的荒漠草原植被广泛分布于本区的山地和平原,仅见少量的蒿和零星的松,反映了气候温暖而干旱,与现今相似。

4 地质时代讨论

气候冷暖干湿的频繁波动是第四纪的重要特征

之一,孢粉组合能够反映由于气候冷暖变化引起植物群的南迁北移和沉积环境的变化,并已广泛地应用于第四纪地层划分和对比(王开发等,1986)。依据本区的孢粉组合特征,结合古地磁、¹⁴C、热释光等测年资料,可确定本区中更新世以来的地层沉积时代。银川盆地各孢粉组合的沉积时代与河北平原第四纪的冰期气候划分可对比(表1)。

表 1 银川盆地中更新世—全新世孢粉组合与地层时代对比

Table 1 Correlative table of pollen zones and stratigraphic era from Mid-Pleistocene to Holocene in Yinchuan basin						
年代 ka B.P.	地质 时代	地层	本 文		河北平原第四纪 冰期划分(1980) (董国榜等,1983)	
			孢粉 组合	气候波动		
10	Q ₄	全新统西 大滩组	XI X	第三 气候期	温干 温较干	冰后期
120	Q ₃	上更新统 惠农组 (Q ₃ ^{hui})	IX VIII VII	第二 气候期	温凉 温较干 冷湿	第五冰期 第五冰期Ⅱ 第五冰期Ⅰ
750	Q ₂	中更新统 贺兰组 (Q ₂ ^h)	VI V IV III		温凉略湿 温干 冷湿 温和略湿	第四间冰期 第四冰期 第三间冰期
900	Q ₁	下更新统 银川组 (Q ₁ ^y)	II I	第一 气候期	温凉湿润 温湿	第三冰期 第三冰期Ⅱ 间冰期

(1)Ⅰ—Ⅱ孢粉组合带反映植被为以针叶林为主的针阔混交林-灌丛草原→以针叶林为主的针阔混交林-灌木草原,其气候变化为温湿→温凉湿润,向上有转干的趋势。古地磁测定Ⅱ带顶部208 m处年龄约为750 ka B.P.,此处是岩性与环境变化处,沉积旋回由粗厚变细薄,植被由针阔混交林-草原→森林或疏林灌木草原,气候由温凉湿润→温略干,此处以下地层相当于本区下更新统银川组(Q₁^y),为中更新统/下更新统界线,位于B/M界线之下。

(2)Ⅲ—Ⅵ孢粉组合带反映的植被为疏林灌木草原→以针叶林为主的针阔混交林-草原→疏林灌木草原→以寒温针叶林为主的针阔混交林-草原,其气候经历了温和略湿→冷湿→温干→凉较湿润,对应的地层为一套河湖相地层,相当于本区中更新统贺兰组(Q₂^h)。Ⅲ、Ⅳ带孢粉丰富,落叶阔叶乔木树种富集,对应地层岩性较粗,其底界为750 ka B.P.,即第5沉积旋回之底,相当于第2含水组相对隔水层底板之下。Ⅴ、Ⅵ带孢粉贫乏,对应地层岩性较细,其顶界置于CK1孔123 m处,热释光测年为120 ka B.P.,即第11沉积旋回底部。

(3)Ⅶ—Ⅸ孢粉组合带以针叶树种云杉、冷杉和松丰富为特征,其气候经历了冷湿→温干→温凉湿润的变化,对应的地层为一套夹褐色层的灰色河湖相沉积,由粉细砂与粉砂质粘土及粘土质粉砂组成,位于CK1孔22.26~123.00 m井段,据 ^{14}C 与热释光测年数据为10~120 ka B.P.,同本区上更新统惠农组($Q_p^3\text{hui}$)相当。在井深123 m处以上附近,发现一个负极性亚时,对比 ^{14}C 及热释光测年数据,相当于布莱克极性亚时(110 ka B.P.),在区域上具有可比性(图2)。此处位于Ⅶ带底部,孢粉组合反映环境变化显著,岩性由灰色变为灰褐色层,植被由以寒温针叶林为主的针阔混交林变为以暗针叶林为主的针叶林,气候转为冷湿,应为上更新统地层底界。

(4)Ⅹ—Ⅺ孢粉组合带以藜科,蒿属占绝对优势为特征,反映自然环境与今相似,植被为荒漠草原,气候波动频繁,较为干温,对应的地层在孔深22.20 m以上,为一套河流湖沼相沉积,由黄褐、灰褐色粘土、粉砂质粘土及粘土质粉砂与灰色、灰绿色粉细砂组成,分选好,具水平层理,具有2个沉积旋回,其底部常含砾。 ^{14}C 测年结果在井深3.5 m处为 5.9 ± 0.4 ka B.P.,13.0 m处为 8.28 ± 0.28 ka B.P.,可见该地层时段约为5.0~10 ka B.P.,相当于本区全新统西

大滩组。

致谢 成文过程中,同济大学王开发教授和河北省科学院地理所许清海研究员给予了悉心的指导,笔者深表敬意和感谢!

参 考 文 献

- 高正中,戴法和.1988.宁夏植被.银川:宁夏人民出版社.65~228.
霍福臣.1989.宁夏地质概论.北京:科学出版社.211~221.
刘华训.1985.中国荒漠地带的植被.赵松乔主编,中国干旱地区自然地理.北京:科学出版社.92~124.
钱林清.1991.黄土高原气候.北京:气象出版社.
孙建中,赵景波等.1991.黄土高原第四纪.北京:科学出版社.20~27.
董国榜,柯曼红,于淑凤.1983.河北平原第四纪孢粉组合及其地质意义.海洋地质与第四纪地质.2(4):91~104.
董国榜,石英,范淑贤,张俊牌等.1995.银川盆地晚第四纪环境特征.地球科学——中国地质大学学报.20(4):421~425.
董国榜,石英,郑宏瑞,张静等.1998.银川盆地第四纪地层学研究.地层学杂志.22(1):43~51.
王开发,金小凤.1986.滦河三角洲晚更新世以来沉积的孢粉组合及其地质意义.海洋通报.3(3):55~62.
王开发,徐馨.1988.第四纪孢粉学.贵阳:贵州人民出版社.
吴征镒.1980.中国植被.北京:科学出版社.
张玉兰.1987.河北阜城地区晚第四纪孢粉组合及其古植被和古气候演替.同济大学学报.15(2):209~216.

Pollen Assemblages and Paleoenvironment Changes in Yinchuan Basin since Mid-Pleistocene

Yang Zhenjing^{1,2)} Tong Guobang²⁾ Liu Zhiming²⁾ Xu Jianming²⁾ Yang Xiaolan³⁾

(1) Department of Marine Geology and Geophysics, Tongji University, Shanghai; (2) Institute of Hydrology and Environmental Geology, CAGS, Zhengding, Hebei; (3) Institute of Geography, Hebei Academy of Sciences, Shijiazhuang, Hebei)

Abstract This paper has carried out a systematic analysis of pollen in sediments from the key Borehole CK1 at the depth of 300.39m in northern Yinchuan Basin, and studied vegetation succession and climatic changes of this basin since Mid-Pleistocene. The regional features of pollen assemblages clearly show that Yinchuan basin has experienced 11 developing stages in paleovegetation succession since 0.90Ma B.P., i.e., coniferous-broad-leaf mixed forest and brush grassland→coniferous-broad-leaf mixed forest and shrub grassland→sparse woods and shrub grassland→coniferous-broad-leaf mixed forest and grassland→sparse woods and shrub grassland→coniferous forest and grassland→coniferous forest mainly composed of dark coniferous trees and grassland→shrub grassland→coniferous-broad-leaf mixed forest and brush grassland→sparse woods and grassland→desert grassland. The paleoenvironment corresponding to the succession of paleovegetation has undergone humid temperate→humid cool→temperate→humid cold→temperate arid→comparatively humid cool→humid cold→temperate arid→cool moist→comparatively temperate arid→temperate arid climate. These results provide valuable information for detailed research of climatic changes and environmental evolution in this area.

Key words pollen assemblage paleoenvironment Mid-Pleistocene Yinchuan basin