

北京西山中侏罗世植物群的古气候意义

张英芳¹ 姜均伟²

(1. 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083; 2. 中国石油长城钻探工程有限公司, 北京 100101)

摘要:在北京市门头沟区九龙山南坡中侏罗统的下窑坡组、上窑坡组和龙门组采集植物化石 22 属 38 种。统计资料表明,北京西山中侏罗世植物群以真蕨纲(27.6%)、苏铁纲(25%)和银杏纲(25%)为主,其中真蕨纲的 *Coniopteris*、*Cladophlebis* 分别出现 5 和 17 个形态种。本文通过现生近缘种类分析法和植物的生长状态分析研究古气候。研究表明,含量高的植物化石的现生近缘种类紫萁科、蚌壳蕨科和苏铁纲植物主要生长于温热潮湿的热带或亚热带气候区;*Cladophlebis* 较高的分异度,苏铁纲大型的羽状复叶,木贼目宽大的茎干等植物特征,同样指示较为湿热的气候环境。因此,北京西山中侏罗世植物群反映一种温热潮湿的亚热带气候。并且,化石的属种和数量自下窑坡组、上窑坡组到龙门组的降低反映研究区气候由温热潮湿向干热方向的演变。

关键词:植物化石;古气候;中侏罗世;北京西山

中图分类号:P52;P532 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2010)02-0515-10

气候变化和生态平衡对于经济建设和社会发展有着重大的影响。通过对过去环境变迁的研究可以预测未来人类生存环境的可能变化,意义重大。古植物和现代植物均与环境息息相关,古植物早已被看作是古气候和古生态环境的显示器。通过对植物化石的研究推断古气候特点是古气候学研究中重要而有效的方法之一。

北京西山富产侏罗纪植物化石,其研究历史已有百年之久。在徐仁^[1]和斯行健^[2]等人研究基础上,陈芬^[3]描述北京西山侏罗纪植物化石 43 属 96 种,划分出两个植物组合,认为北京西山早、中侏罗世为温带气候;Duan Shuying^[4]对 Anderson 采自斋堂的 28 属 44 种中侏罗世植物化石进行描述和分析;萧宗正^[5]全面收集化石资料并进行详细研究,将北京西山侏罗纪植物群划分为 3 个组合和 6 个亚组合。之后,新的植物化石较少补充。Vakhrameev^[6]和邓胜徽^[6,7]则在植物古气候上给以较多的论述,一致认同北京西山早、中侏罗世为温带气候。最近,笔者在

北京市门头沟区中侏罗统采集到植物化石 22 属 38 种,这是对北京西山侏罗纪植物化石一次新的有意义的补充。本文正是基于这一成果,结合前人化石资料,对北京西山中侏罗世植物群反映的古气候进行详细的分析和研究。

1 化石产地与层位

北京西山侏罗系广泛出露于西山的百花山向斜、髻髻山—妙峰山向斜、北岭向斜、九龙山—香峪大梁向斜的核部及翼部,为典型的陆相火山—沉积岩系。侏罗系在火山平静期发育了内陆河流、湖泊相及沼泽相等沉积碎屑岩与煤系沉积。侏罗系沉积盆地大,历程较长,层序连续、完整,以中侏罗统的下窑坡组、上窑坡组和龙门组化石最为丰富^[4]。下窑坡组由含砾砂岩、泥岩和煤层组成,以湖滨相和浅水湖泊相为主,植物化石极为丰富。上窑坡组的底部以砂岩为主夹粉砂岩,顶部以粉砂岩为主夹砂岩,富含菱铁质结核,以湖泊相为主,植物化石比较丰富。龙门组

收稿日期:2009-08-31;改回日期:2009-10-20

基金项目:中国科学院创新工程项目(KZCX2-YW-BR-07)和中国地质大学(北京)人文经管学院资源环境管理实验室开放研究基金资助项目(REM 08003)资助。

作者简介:张英芳,女,1975年生,博士生,主要从事古生物学与地层学研究;E-mail: yfjwao@gmail.com。

① Duan Shuying. The Jurassic flora of Zhaitang, Western Hills of Beijing [D]. Department of Geology, University of Stockholm and Department of Palaeobotany, Swedish Museum of Natural History, 1987.

由砾石和粉砂岩组成,以湖泊相为主,河床相为辅,与上窑坡组之间有一沉积间断,所含植物化石不如窑坡组丰富。

本文研究的化石采集点位于北京市门头沟区九龙山南坡,距门头沟区政府西北方向约6 km处的天桥浮村、岳家坡村和龙门村附近(图1)。化石产自中侏罗统的下窑坡组、上窑坡组和龙门组,具体产出层位如图2所示。化石产地地层出露良好,化石保存完整。

天桥浮村附近(下窑坡组):上部灰黄色粗砂岩夹薄层粉砂岩,含 *Equisetum beani*, *Radicitis* spp. 和 *Cladophlebis* sp.等植物化石。中下部为黄灰色粉砂岩含植物化石: *Equisetum beijingensis*, *Cladophlebis beijingsis*, *Cladophlebis argutula*, *Cladophlebis asiatica*, *Coniopteris burejensis*, *Coniopteris hymenophylloides*, *Equisetum laterale*, *Equisetum beani*, *Elatocladus manchurica*, *Ginkgoites* cf. *cibiricus*, *Pityophllum lindstroem*, *Pterophyllum propinquum*, *Nilssoniopteris vittata*, “*Podocarpites*” *mentoukouensis*, *Sphenobaiera lata*, *Todites williamsoni*, *Podozamites lanceolatus*, *Pityolepis* ? *ovatus*, *Pityophllum longifolium*。

天桥浮村附近(上窑坡组):上部灰色砂岩,有脉岩侵入。中部灰褐色砂岩及炭质粉砂岩,含植物化石: *Anomozamites* cf. *major*, *Ctenis kaneharai*, *Baiera* sp., *Cladophlebis tsaidamensis*, *Ginkgoites* cf. *cibiricus*, *Elatides zhangjiakouensis*, *Equisetites beijingensis*, *Nilssonia linearis*, *Pterophyllum* sp., *Ptilophyllum boreale*, *Pterophyllum decurrens*。下部黄褐色细砂岩,含植物化石: *Equisetum laterale*, *Todites williamsoni*, *Cladophlebis asiatica*, *Coniopteris hymenophylloides*, *Ixostrobus lepida*。

岳家坡村附近(龙门组):上部为浅灰绿色粗砂岩,含 *Equisetum laterale*, *Radicitis* spp.。下部为灰绿色、灰黑色粉砂岩,产植物化石 *Cladophlebis asiatica*, *Cladophlebis* aff. *scariosa*, *Equisetites beijingensis*, *Elatocladus manchurica* 和 *Nilssonia linearis*,化石丰富,保存完好。底部为灰色粗砂岩,含 *Pityophllum longifolium*, *Pityophyllum nordenskioldi*, *Ctenis* sp.。

龙门村附近(龙门组):上部为灰黑色含砾粗砂岩,其下为细砂岩,含植物化石 *Cladophlebis hsienhiana*, *Coniopteris hymenophylloides*, *Coniopteris tatungensis*, *Equisetites* sp., *Baiera* sp., *Podozamites lanceolatus*, *Pterophyllum decurrens*。下部为灰色细砾岩夹灰黑色粉砂岩,再向下是灰黑色粉砂岩,含植物化石

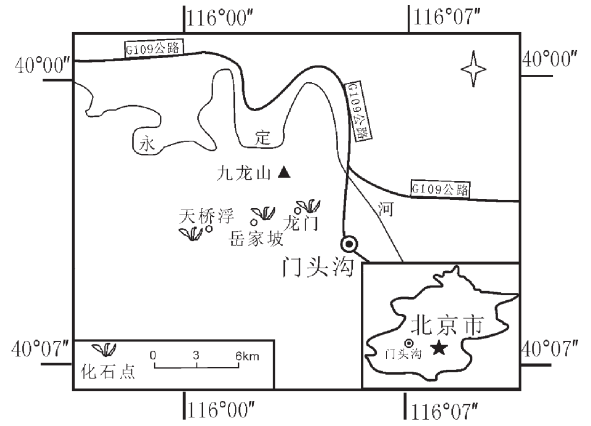


图1 化石点位置图
Fig.1 Map showing locations of fossils

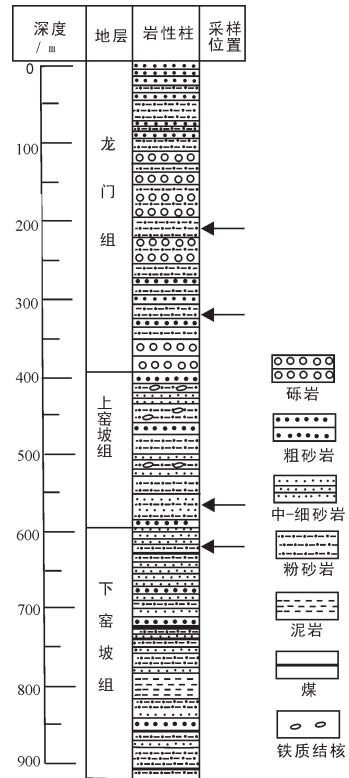


图2 北京西山门头沟区中侏罗统地层柱状图(据陈芬^[3]修改)
Fig.2 Stratigraphic column of Lower Yaopo, Upper Yaopo and Longmen Formations in Mentougou district, the Western Hills of Beijing (modified from Chen Fen^[3])

Coniopteris beijingensis。

2 植物化石组成及时代

2.1 植物化石组成

所采化石经仔细鉴定共有5纲22属38种,其种类和保存状况如表1所示。其中楔叶纲共3属5

表 1 化石组成和埋藏学分析
Table 1 Analysis of fossil components and taphonomy

| 化石 | 岩性 | 百分比 | 保存状态 | 埋藏类型 |
|--|---------|------|---------------|--------|
| 1 <i>Equisetum laterale</i> | 灰黑色粉砂岩 | 4.2% | 茎干及节隔膜完好 | 原地 |
| 2 <i>Equisetites beijingensis</i> | 灰色泥质粉砂岩 | 1.7% | 茎干基本完好 | 亚原地 |
| 3 <i>Equisetites</i> sp. | 灰黑色粉砂岩 | 0.8% | 茎干的一部分 | 亚原地 |
| 4 <i>Equisetum beani</i> | 灰黑色粉砂岩 | 3.4% | 关节盘完好,粗大清晰的茎干 | 原地 |
| 5 <i>Radicitis</i> spp. | 灰黑色粉砂岩 | 5.1% | 根及附属物完好 | 原地 |
| 6 <i>Coniopteris beijingensis</i> | 灰绿色粉砂岩 | 5.9% | 二次复叶,叶脉清晰 | 原地 |
| 7 <i>Coniopteris hymenophylloides</i> | 灰绿色粉砂岩 | 2.5% | 二次复叶,叶脉清晰 | 原地 |
| 8 <i>Coniopteris burejensis</i> | 灰色粉砂岩 | 1.7% | 二次复叶,叶脉清晰 | 原地 |
| 9 <i>Coniopteris tatungensis</i> | 暗黄色粉砂岩 | 1.7% | 二次复叶,叶脉不清晰 | 亚原地 |
| 10 <i>Todites williamsoni</i> | 灰色粉砂岩 | 1.7% | 一次羽叶,叶脉不清 | 亚原地 |
| 11 <i>Cladophlebis asiatica</i> | 暗黄色粉砂岩 | 4.2% | 二次复叶,叶脉清晰 | 原地 |
| 12 <i>Cladophlebis beijingensis</i> | 暗黄色粉砂岩 | 2.5% | 二次复叶,叶脉清晰 | 原地 |
| 13 <i>Cladophlebis</i> sp. | 暗黄色粉砂岩 | 3.4% | 二次复叶,叶脉清晰 | 亚原地 |
| 14 <i>Cladophlebis</i> aff. <i>scariosa</i> | 暗黄色粉砂岩 | 1.7% | 二次复叶,叶脉清晰 | 原地 |
| 15 <i>Cladophlebis tsaidamensis</i> | 黄色粉砂岩 | 0.8% | 一次羽叶,叶脉清晰 | 原地 |
| 16 <i>Cladophlebis hsienhiana</i> | 黄色粉砂岩 | 2.5% | 二次复叶,叶脉清晰 | 原地 |
| 17 <i>Cladophlebis argutula</i> | 黄色粉砂岩 | 1.7% | 二次复叶,叶脉清晰 | 原地 |
| 18 <i>Pterophyllum propinquum</i> | 深灰色粉砂岩 | 5.1% | 羽轴及裂片完好 | 原地或亚原地 |
| 19 <i>Pterophyllum</i> sp. | 深灰色粉砂岩 | 0.8% | 羽轴及裂片基本完好 | 亚原地 |
| 20 <i>Pterophyllum decurrens</i> | 黄色泥质粉砂岩 | 1.7% | 羽轴及裂片完好 | 原地或亚原地 |
| 21 <i>Ptilophyllum boreale</i> | 黄色泥质粉砂岩 | 0.8% | 羽轴及裂片完好 | 原地或亚原地 |
| 22 <i>Nilssonia linearis</i> | 深灰色粉砂岩 | 4.2% | 羽轴及裂片完好,叶脉清晰 | 原地或亚原地 |
| 23 <i>Ctenis kaneharai</i> | 深灰色粉砂岩 | 1.7% | 羽轴及裂片完好,叶脉清晰 | 原地 |
| 24 <i>Ctenis</i> sp. | 黄色泥质粉砂岩 | 0.8% | 羽轴及裂片基本完好 | 原地 |
| 25 <i>Anomozamites</i> cf. <i>major</i> | 灰色粉砂岩 | 2.5% | 羽轴及裂片完好,叶脉清晰 | 原地或亚原地 |
| 26 <i>Nilssoniopteris vittata</i> | 黄色粉砂岩 | 1.7% | 叶片基本完好 | 原地 |
| 27 <i>Ginkgoites</i> cf. <i>cibiricus</i> | 深灰色粉砂岩 | 0.8% | 羽轴及裂片基本完好 | 亚原地 |
| 28 " <i>Podocarpites</i> " <i>mentoukouensis</i> | 灰黄色粉砂岩 | 2.5% | 裂片基本完好 | 亚原地 |
| 29 <i>Sphenobaiera lata</i> | 黄色粉砂岩 | 1.7% | 叶片完好 | 原地 |
| 30 <i>Baiera</i> sp. | 黄色粉砂岩 | 3.4% | 裂片不清 | 亚原地 |
| 31 <i>Ixostrobus lepida</i> | 黄色粉砂岩 | 2.5% | 叶片完好 | 原地 |
| 32 <i>Pityophyllum longifolium</i> | 黄色粉砂岩 | 5.9% | 叶片完好 | 亚原地 |
| 33 <i>Pityophyllum nordenskioldi</i> | 黄色粉砂岩 | 4.2% | 叶片完好 | 原地 |
| 34 <i>Pityophyllum lindstroemi</i> | 黄色粉砂岩 | 3.4% | 叶片完好 | 亚原地 |
| 35 <i>Podozamites lanceolatus</i> | 黄色粉砂岩 | 4.2% | 叶片完好 | 原地或亚原地 |
| 36 <i>Elatocladus manchurica</i> | 黄色粉砂岩 | 3.4% | 叶片完好 | 原地或亚原地 |
| 37 <i>Elatides zhangjiakouensis</i> | 灰色粉砂岩 | 1.7% | 叶片完好 | 原地 |
| 38 <i>Pityolepis</i> ? <i>ovatus</i> | 暗黄色粉砂岩 | 0.8% | 形状完好 | 原地 |

种;真蕨纲 3 属 12 种,种数最多;苏铁纲 6 属 9 种,种数次之;银杏纲 4 属 4 种,种数最少;松柏纲 6 属 8 种,属种较多。

从表中可以看出,植物化石保存的多为叶部,叶片完整、叶脉清晰,为原地或亚原地埋藏。因此植物化石特征能够反映当时的环境状况。

2.2 植物群的时代

本次所采植物化石真蕨类占的比重最大(31.6%),以锥叶蕨 *Coniopteris* 和枝脉蕨 *Cladophlebis* 丰富为特征,与杨关秀^[8]所描述的中侏罗世植物群特征完全相符。*Coniopteris* 出现 *Coniopteris burejensis*, *Coniopteris hymenophylloides*, *Coniopteris beijingensis*, *Coniopteris beijingsis* 和 *Coniopteris tatungensis* 等 4 个种,锥叶蕨 *Coniopteris* 不同种的植物大量广泛出现在中侏罗世^[9]。其中 *C. hymenophylloides* 是英国中侏罗世约克郡植物群的重要分子,在巴柔期的下三角洲系和巴柔—巴通期的上三角洲系都有分布^[10];该种广泛出现于中侏罗世,是世界分布种,在中国西北、东北、华北及华南地区也都大量出现于中侏罗统^[11]。本次所采植物化石中的 *Equisetum laterale* 也是典型的中侏罗世种^[12]。银杏纲的 *Ginkgoites*, *Baiera* 和 *Sphenobaiera* 大多数繁盛于中侏罗世, *Ginkgoites sibiricus* 的标准产地和层位在俄罗斯伊尔库茨克盆地中侏罗统切列姆霍夫组和扑里萨亚组^[11]。当前植物群与世界上研究最详细最深入的中侏罗世植物群——约克郡植物群相比较^[10,13-16],相同种有 *Equisetum beani*, *Equisetum laterale*, *Todites williamsomi*, *Coniopteris hymenophylloides*, *C. tatungensis*, *C. burejensis*, *Ctenis kaneharai*, *Nilssoniopteris vittata*, *Ginkgoites sibiricus* 和 *Podozamites laceolatus*, 这些植物化石多是中侏罗世的重要分子和标志性分子。因此,植物化石的组成特征表明其时代为中侏罗世。

中国北方地区侏罗纪植物群在中侏罗世达到繁盛高峰,一般由上百种组成,类型丰富多样^[6]。笔者采集的 38 种植物化石与陈芬^[9]——对比发现,有 31 种相同,与 Duan Shuying^①斋堂植物化石有 15 种相同。这些植物化石均产自北京西山中侏罗统的下窑坡组、上窑坡组和龙门组,反映中侏罗世植物群的特征,它们属种的差别应主要是由采集程度不同造成

的。因此,上述植物化石全部是北京西山中侏罗世植物群的组成部分,共有 50 余属 120 余种,化石属种非常丰富,它们共同组成北京西山中侏罗世植物群。

3 古气候分析

本文主要采用两种途径进行古气候分析:一是“现生近缘种类分析法”(Nearest-Living-Relatives,简称 NLR)^[17],就是将今论古,根据所研究的现有的植物与外界环境因素的关系,借以阐明地史时期同类或近亲古植物的生态条件及其生态环境;其建立在化石与现生植物类别的对比上,就是利用现在生存植物种类的生态条件来推测相应的化石种类所生存的生态条件。二是植物生长状态分析,即利用化石植物具体的生长特征分析气候因子的方法。

3.1 现生近缘种类分析

笔者所采化石只是北京西山中侏罗世植物群的一部分,因此本文结合研究比较详细的陈芬^[9]和 Duan Shuying^①的化石资料,分析植物群反映的古气候特征。经统计,除去花果和分类不明的植物化石,北京西山中侏罗世植物化石共有 50 属 126 种。其中楔叶纲植物化石种的数量占全部化石种数的 10.3%,真蕨纲占 27.6%,银杏纲占 25%、苏铁纲占 25%、松柏纲占 12.1%。根据现生真蕨纲、楔叶纲、苏铁纲、银杏纲和松柏纲的生长环境推测北京西山中侏罗世的古气候(表 2)。

当前植物群中真蕨纲植物占的比例最大。真蕨纲在现代是十分繁盛的分类群之一,主要生长在热带—温带的潮湿环境中。当前植物群真蕨纲的 *Cladophlebis* 和 *Coniopteris* 最为丰富,分别出现 17 个和 5 个形态种。*Cladophlebis* 因其小羽片较大,形态及叶脉与紫萁科的化石属 *Todites* 或现生属 *Osmunda* 和 *Todea* 相似,且常与 *Todites* 等伴生,因而常被视为与紫萁科有关。现生紫萁科有 *Todea*, *Leptopteris* 和 *Osmunda* 等 3 个属,前两者主要生活于南半球的南非、澳大利亚和新西兰等地,后者主要分布于北半球的温带。现生的紫萁科的根状茎粗壮、直立,形成树干状的主轴,少数为树形蕨,主要为适应温暖潮湿气候的蕨类。*Coniopteris* 为蚌壳蕨科植物化石,现生蚌壳蕨科为树蕨或树状蕨,有粗大而高耸或短而平

① Duan Shuying. The Jurassic flora of Zhaitang, Western Hills of Beijing [D]. Department of Geology, University of Stockholm and Department of Palaeobotany, Swedish Museum of Natural History, 1987.

表 2 北京西山中侏罗世植物群反映的气候特征

Table 2 Palaeoclimate indicated by Middle Jurassic flora in the Western Hills of Beijing

| 植物化石类别 | 楔叶纲 | 真蕨纲 | 银杏纲 | 苏铁纲 | 松柏纲 |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 现生植物气候环境 | 湿 | 暖湿 | 温湿 | 湿热 | 不明显 |
| 陈芬 ^[3] 43 属 96 种 | 9% | 26.5% | 23% | 20% | 12.5% |
| Duan Shuying(1987) 28 属 44 种 | 13.6% | 25% | 31.8% | 18.2% | 11.4% |
| 本文 22 属 38 种 | 13.2% | 31.6% | 10.5% | 23.7% | 21.0% |
| 北京西山植物群 | 10.3% | 27.6% | 25% | 25% | 12.1% |
| 合计 50 属 126 种 | | | | | |

卧的主干,共有 5~6 属,40 余种,主要分布于热带,少数见于南半球的温带。其中与 *Coniopteris* 最相近的是 *Thyrsopteris* 属^[3],两者皆具有杯状囊群盖。*Thyrsopteris* 为非洲西海岸斐南多岛的特有属,斐南多岛即为现名的比奥科岛,位于赤道附近,属于热带地区。此外,真蕨纲植物还含有少量双扇蕨科植物化石——*Hausmannia* 和 *Clathropteris*。双扇蕨科为典型的热带、亚热带植物,现生双扇蕨科仅分布于热带的印度—马来西亚地区。总之,化石真蕨纲对应的现生植物多生长于温热潮湿的倾向于热带或亚热带的气候条件下,因此当前植物群真蕨纲化石丰富反映一种温热潮湿的气候。一个地区气候的形成受制于全球气候的影响。在中生代全球气候温暖,北部的西伯利亚区通过各个时代氧同位素变化测定的年平均温度为 15~17°C,在邻近的地中海地区的年均温度为 18~24°C,温度梯度是现在的一半。侏罗纪没有极地和亚寒带气候,晚三叠世—中侏罗世以潮湿气候为特征^[5]。因此,受全球温暖气候的影响,北京西山中侏罗世气候温热潮湿,可能为热带或亚热带气候。

当前植物群苏铁纲植物化石丰富,属种数量居第二位。植物化石有 *Pterophyllum*, *Otozamites*, *Ptilophyllum*, *Anomozamites*, *Nilssoniopteris* 和 *Tyrmyia*。还包括属于苏铁目或具有苏铁式表皮构造的叶化石 *Ctenis* 和 *Nilsonia*。现存的苏铁类植物约有 10 属近百种,分布于中美洲、南非、澳洲和东亚的热带、亚热带地区,属于热带、亚热带型植物。中生代苏铁纲也类似,上述各属除 *Nilssonia* 主要生存于温带外,大多属在热带、亚热带大量分布。因此苏铁类的大量存在无疑指示较为炎热的气候类型,属于热带、亚热带的范畴^[7]。根据古地磁资料,华北地块在晚二叠世穿过赤道后,一直向北移动,早侏罗世在 30.4°N,中侏罗世在

31°N^[18];三叠纪—侏罗纪时鄂尔多斯盆地处于 24°~31°N^[19];侏罗纪时柴达木板块位于 29.8°N^[20]。植物大化石及其花粉反映鄂尔多斯盆地和柴达木盆地中侏罗世均为亚热带气候^[12,21,22]。由华北地块的古地磁资料可知北京西山在中侏罗世时大致位于 31°N 附近,与鄂尔多斯盆地、柴达木盆地所处纬度相近,气候应相似;并且 23.7°~32°N 是现代亚热带常绿阔叶林分布区^[23]。所以,丰富的苏铁纲植物及其纬度位置表明北京西山中侏罗世处于亚热带气候区。

当前植物群银杏纲植物和苏铁纲一样丰富,属种数量居第二位,有 *Ginkgo*, *Ginkgoites*, *Baiera*, *Sphenobaiera*, *Czekanowskia*, *Sphenarion*, *Phoenicopsis* 和 *Stenorachis* 出现。现存银杏纲仅有 1 属 1 种,为 *Ginkgo biloba*,属落叶乔木,此属的天然分布仅零星见于中国的东南山区。现代银杏主要生活于亚热带中低山和排水良好的平原地带,喜温凉但并不特别喜湿。而在侏罗纪,银杏目为一造煤植物^[24],其中至少有一部分为喜湿的树种^[7]。所以银杏纲植物的丰富反映温湿的气候。众所周知,气候的形成除了受纬度位置的影响,海陆位置也是重要影响因素之一。尽管中侏罗世还没有形成强烈的东亚季风^[25],北京西山地处华北板块东缘,距海近^[26],面朝广阔的太平洋,中间没有高大地形的阻挡,太平洋的湿润气流很有可能影响到近海的北京西山,降水充足,形成较为湿润的气候。因此,丰富的银杏纲植物反映一种温湿气候。

当前植物群的松柏纲植物含量少,有 *Pityocladus*, *Pityophyllum*, *Podozamites*, *Ferganiella* 和 *Elatocladus* 等。现生松柏纲约有 650 种,其生境复杂而多样,分布从热带一直到北极地区,但主要在温带和寒带;生境从平原、低地到高山;既有适于沼泽生活的湿生类型,也

有可以生存于戈壁地带的旱生类型;多为常绿树种,但也有落叶类型。因此气候指示性不明显。

楔叶纲是当前植物群中占比例最小的,主要由木贼目的 *Equisetites*, *Equisetum*, *Neocalamites* 和 *Radicitis* 化石组成。现生的 *Equisetum* 多生长在池塘、沟渠、河湖、沼泽等水体边缘,为喜湿种类。*Equisetites* 为全球性分布植物,可适应于多种气候环境,但以温暖潮湿气候区为主。通常 *Equisetites* 和 *Equisetum* 的大量存在指示温暖的气候和潮湿的生境^[7]。

综上所述,根据现生近缘种类分析,北京西山中侏罗世植物化石反映一种偏于温热、湿润的亚热带气候。

3.2 植物生长状态分析

生物分异度最明显的变化是具有从赤道向两极由高到低的梯度,随纬度的降低分异度增高^[7]。当前植物群中 *Cladophlebis* 一个属出现 17 个形态种,分异度很高,指示植物群所处的地理纬度偏低,可能为热带或亚热带区。

苏铁目的 *Anomozamites*, *Pterophyllum* 和 *Nilssonia* 各属化石,都保存为一次羽状复叶,羽叶较大。羽叶长度一般大于 10 cm,最长的在 24 cm 以上^[9],羽叶宽度 3~10 cm,叶脉简单,为平行叶脉,叶膜厚或为革质叶,与现生的苏铁目叶片极为相似,代表热带、亚热带潮湿气候下的常见特征。*Ptilophyllum boreale* (图版 I -a) 和 *Otozamites* sp. 植物化石少量见到。*Ptilophyllum* 和 *Otozamites* 主要保存于非含煤地层中,其往往具有短而粗壮或球状的茎干和疏松型的次生木质部,较厚的角质层以及下陷气孔器等抗干旱特征,主要分布于热带、亚热带的欧洲—中国区^[28]、赤道区和澳大利亚区^[7]。因而 *Vakhrameev* 把 *Ptilophyllum* 看作为热带和亚热带气候的指示性植物^[9]。总之,植物化石的叶片特征及 *Ptilophyllum* 和 *Otozamites* 的出现表明北京西山可能为亚热带气候。

当前植物群中 *Equisetite beijingensis* (图版 I -c)

保存的茎干宽约 4.5 cm,长度超过 6 cm。*E. beijingensis* 茎干最宽的可达 12 cm^[9]; *Equisetum beani* (图版 I -b,d,e,f) 保存的关节盘化石,最大的直径可达 10 cm 以上;未定种名的 *Equisetite* sp.1 茎亦宽 8 cm^[9]。而现生的 *Equisetum* 20 多种,均为草本,茎干较细,只有 1~2 cm。从植物的发展来看,随时代变新 *Equisetite* 茎干由粗变细,但是到了侏罗纪, *Equisetite* 茎干已经变得比较窄小。在典型的中侏罗世英国约克郡植物群,也只有个别的 *Equisetum beani* 较宽^[13]。因此茎干宽大的 *Equisetum* 和 *Equisetite* 在北京西山中侏罗世较多地出现显示环境中热量和水分比较充足,特别有利于植物的生长发育。此外,还出现带有大量根毛的根部化石 *Radicitis* spp. 和具有宽大叶片的银杏纲植物化石 *Sphenobaiera lata* (图版 I -f)。总之,上述植物特征表明研究区内水热充足,温热潮湿,可能为亚热带气候。

3.3 北京西山中侏罗世气候演化

北京西山自下窑坡组向上,经上窑坡组到龙门组,植物的数量和比例发生较大的变化(表 3)。

喜湿的楔叶纲植物比例减少,从窑坡组下段的 10.1% 降到龙门组的 7.7%,反映气候变得干旱。生活在热带和亚热带的苏铁纲植物从 20.5% 增加到 28.1%;而喜温凉的银杏纲植物的比例显著下降,从 30.4% 降到 14.8%,显示气候变得更为炎热。真蕨植物的比例由 30.4% 增大到 32.2%,但从其组成上发现,生活在温暖潮湿环境中小羽片宽大的 *Cladophlebis* 植物减少;而分布于现代热带、亚热带和南半球温带地区的树蕨状植物 *Coniopteris* 普遍存在,同样说明气候变得更为炎热。并且,下窑坡组植物化石统计有 70 种,到上窑坡组减少为 39 种,龙门组只有 27 种,化石的数量也大大减少,由于气候变得干热,很多植物已不适应在这种环境下生存。总之,北京西山中侏罗世气候有向干和热的巨大变化。这与中国河南^[29]、四川^[30]、新疆^[31]、青海^[32]和中亚、西

表 3 北京西山中侏罗世植物群植物化石的统计对比
Table 3 Statistical correlation of Middle Jurassic plant fossils in different formations of the Western Hills, Beijing

| 地层 | 化石种数 | 楔叶纲 | 真蕨纲 | 苏铁纲 | 银杏纲 | 松柏纲 |
|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 龙门组 | 27 | 7.7% | 32.2% | 28.1% | 14.8% | 17.2% |
| 上窑坡组 | 39 | 13.2% | 21.1% | 26.4% | 28.9% | 10.4% |
| 下窑坡组 | 70 | 10.1% | 30.4% | 20.5% | 30.4% | 8.5% |

图版 I

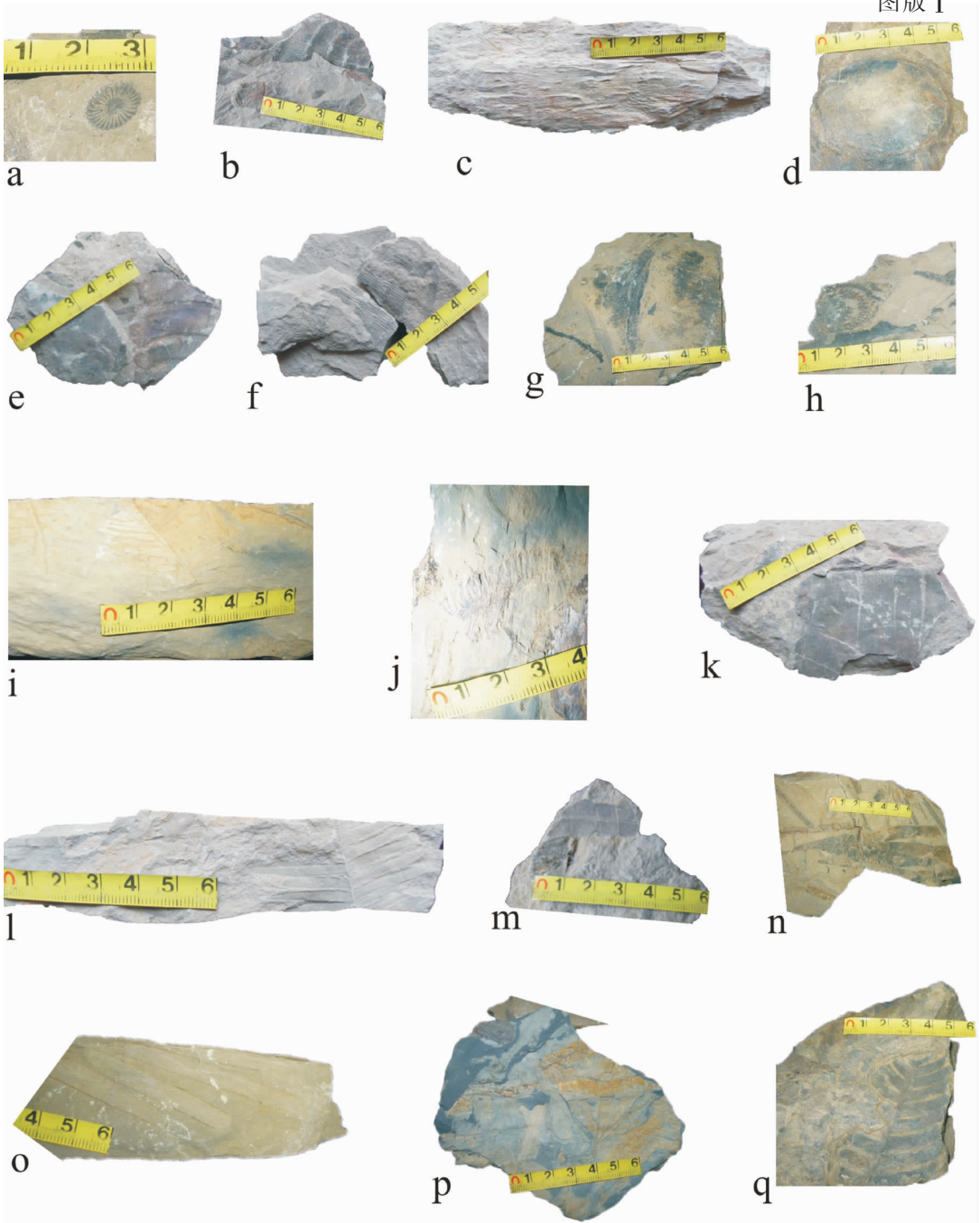


图 a *Equisetum laterale* Phillips 产于:天桥浮,上、下窑坡组,中侏罗世
 图 b、d、e、f、g *Equisetum beani* (Bunbury) Harris b、e、f为茎干化石;d、g为关节盘化石 产于:天桥浮,下窑坡组,中侏罗世
 图 c *Equisetites beijingensis* Chen et Dou 产于:岳家坡,龙门组;中侏罗世
 图 h *Equisetites* sp. 产于:龙门村,龙门组,中侏罗世
 图 i *Ptilophllum boreale* (Heer) Seward 产于:天桥浮,上窑坡组,中侏罗世
 图 j *Ixostrobus lepidus* (Heer) Harris 产于:天桥浮,上窑坡组,中侏罗世
 图 k *Ctenis kancharai* Yokoyama 产于:天桥浮,上窑坡组,中侏罗世
 图 l *Nilssonia linearis* Sze 产于:天桥浮,上窑坡组,中侏罗世
 图 m *Anomozamites cf. major* (Brongniart) 产于:天桥浮,上窑坡组,中侏罗世
 图 n *Sphenobaiera lata* (Vakhrumnev) Dou 产于:天桥浮,下窑坡组,中侏罗世
 图 o *Podozamites lanceolatus* (L. et H.) Braun 产于:龙门村,龙门组,中侏罗世
 图 p *Ginkgoites cf. sibiricus* (Heer) Seward 产于:天桥浮,下窑坡组,中侏罗世
 图 q *Pterophyllum propinquum* Goepfert 产于:岳家坡,龙门组,中侏罗世

伯利亚地区^⑤等地植物大化石及其孢粉化石反映的气候演化趋势一致。

4 结 论

(1)采自北京市门头沟区九龙山南坡下窑坡组、上窑坡组和龙门组的 22 属 38 种化石属于中侏罗世植物化石。北京西山中侏罗世植物群以真蕨纲(27.6%)、苏铁纲(25%)和银杏纲(25%)植物为主。真蕨纲以蚌壳蕨科的 *Coniopteris* 和可能属于紫萁科 *Cladophlebis* 占优势。

(2)植物群的现生近缘种类分析和不同植物根、茎、叶的生长状态分析表明北京西山中侏罗世气候温湿潮湿,为亚热带气候。虽然前人一致认同北京西山为温带气候,但是在侏罗纪全球温暖气候的大背景下,北京西山中侏罗世处于近 31°N 的古纬度,形成亚热带气候是很有可能,况且如果在温带气候条件下生长有如此丰富的苏铁纲植物是不太合理的。

(3)下窑坡组、上窑坡组和龙门组植物化石属种和数量的减少显示中侏罗世古气候向干、热方向的演化,与国内外多处植物化石反映的气候变化一致。

参考文献(References):

- [1] 徐仁. 中国标准化石,植物(中生代部分)[M]. 北京:地质出版社, 1954:1-99.
Xu Ren. Standard fossils of China, Plant fossils (In Mesozoic) [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1954:1-99(in Chinese) .
- [2] 斯行健, 李星学, 李佩娟. 中国中生代植物, 中国各门类化石, 中国植物化石(第二册)[M]. 北京:科学出版社, 1963:1-429.
Si Xingjian, Li Xingxue, Li Peijuan. Plant in Mesozoic, Plant Fossils of China (The Second Volume)[M]. Beijing: Science Press, 1963: 1-429 (in Chinese) .
- [3] 陈芬, 窦亚伟, 黄其胜. 北京西山侏罗纪植物群[M]. 北京:地质出版社, 1984:1-136.
Chen Fen, Dou Yawei, Huang Qisheng. Jurassic Flora of West Hills Beijing [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1984:1-136(in Chinese with English abstract).
- [4] 萧宗正, 杨鸿连, 单青生. 北京中生代地层及生物群[M]. 北京:地质出版社, 1994:1-135.
Xiao Zhongzheng, Yang Honglian, Shan Qingshen. The Stratigraphy and Biological Group in Mesozoic of Beijing [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994:1-135 (in Chinese).
- [5] Vakhrameev V A. Jurassic and Cretaceous Floras and Climates of the Earth[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1991:1-318.
- [6] 邓胜徽, 刘永昌, 袁生虎. 内蒙古西部雅布赖盆地中侏罗世晚期

植物群[J]. 古生物学报, 2004, 43 (2):205-220.

- Deng Shenghui, Liu Yongchang, Yuan Shenghu. Fossil plants from the late Middle Jurassic in Yabuli basin, western Inner Mongolia, China [J]. Acta Palaeontologica Sinica, 2004, 43 (2):205-220 (in Chinese with English abstract).
- [7] 邓胜徽. 中生代主要植物化石的古气候指示意义[J]. 古地理学报, 2007, 9(6):559-574.
Deng Shenghui. Palaeoclimatic implications of main fossil plants of the Mesozoic [J]. Journal of Palaeogeography, 2007, 9(6):559-574 (in Chinese with English abstract).
- [8] 杨关秀. 古植物学[M]. 北京:地质出版社, 1987:1-330
Yang Guanxiu. Palaeobotany [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1987:1-330(in Chinese) .
- [9] 李星学, 周志炎, 蔡重阳, 等. 中国地质时期植物群[M]. 广州:广东科技出版社, 1995:1-542.
Li Xingxue, Zhou Zhiyan, Cai Chongyang, et al. Geological Period Flora of China[M]. Guangzhou:Guangdong Science & Technology Press, 1995:1-542(in Chinese).
- [10] Harris T M. The Yorkshire Jurassic Flora, I. Thallophyta - Pteridophyta [M]. London:Brit. Mus. Nat. Hist., 1961:1-212.
- [11] 商平, 付国斌, 侯全政, 等. 新疆吐哈盆地中侏罗世植物化石[J]. 现代地质, 1999, 13(4):403-409.
Shangping, Fu Guobin, Hou Quanzheng, et al. Middle Jurassic fossil plants from Turpan-Hami Basin, Xinjiang, northwest China [J]. Geoscience, 1999, 13 (4):403-409 (in Chinese with English abstract).
- [12] 李佩娟, 何元良, 吴向午, 等. 青海柴达木盆地东北缘早、中侏罗世地层及植物群[M]. 南京:南京大学出版社, 1988:1-231.
Li Peijuan, He Yuanliang, Wu Xiangwu, et al. Early -Middle Jurassic Stratigraphy and Flora in Qinhai Qaidam basin northeast margin [M]. Nanjing: Nanjing University Press, 1988:1-231 (in Chinese).
- [13] Harris T M. The Yorkshire Jurassic flora, II , Caytoniales, Cycadales and Pteridosperms [M]. London: Brit. Mus. Nat. Hist, 1964:1-191.
- [14] Harris T M. The Yorkshire Jurassic Flora, III . Bennettitales [M]. London:Brit. Mus. Nat. Hist, 1969:1-186.
- [15] Harris T M. The Yorkshire Jurassic Flora, V. Coniferales [M]. London: Brit. Mus. Nat. Hist, 1979:1-166.
- [16] Harris T M, Millington W. The Yorkshire Jurassic Flora, IV. 1. Ginkgoales, 2. Czekanowskiales [M]. London: Brit. Mus. Nat. Hist., 1974:1-150.
- [17] Chaloner W, Creber B. Do fossil plants give a climatic signal? [J]. Geol. Soc., 1990, 147:343-350.
- [18] 杨振宇. 华北地块显生宙古地磁极移曲线与地块运动[J]. 中国科学(D辑), 1998, 28(增刊):44-57.

- Yang Zhengyu. Apparent polar wander path and tectonic movement of the North China Block in Phanerozoic[J]. Science in China(Ser. D), 1998, 28(Supplement):44-57(in Chinese).
- [19] 黄华芳, 杨占龙, 彭作林. 鄂尔多斯盆地油气地质的古地磁研究[J]. 沉积学报, 1995, 13(4):162-169.
- Huang Huafang, Yang Zhanlong, Peng Zuolin. Paleomagnetic study on the oil-gas geology of the Ordos Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1995, 13(4):162-169 (in Chinese with English abstract).
- [20] 汤良杰, 金之钧, 张明利. 柴达木盆地构造古地理分析 [J]. 地学前缘, 2000, 7(4):421-429.
- Tang Liangjie, Jin Zhijun, Zhang Mingli. An analysis on tectono-paleogeography of the Qaidam Basin ,NW China[J]. Earth Science Frontier, 2000, 7(4):421-429(in Chinese with English abstract).
- [21] 尹凤娟, 侯宏伟. 陕西彬县地区中侏罗世延安组孢粉植物群及其意义[J]. 植物学报, 1999, 41 (3):325-329.
- Yin Fengjuan, Hou Hongwei. Middle Jurassic sporopollen assemblage from the Yan'an Formation in Binxian County, Shaanxi Province and its significance[J]. Acta Botanica Sinica, 1999, 41 (3):325-329 (in Chinese with English abstract).
- [22] Wang Yongdong, Volker Mosbrugger, Zhang Hong. Early to Middle Jurassic vegetation and climatic events in the Qaidam Basin, Northwest China [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2005, 224:200-216.
- [23] 武吉华, 张坤, 江源, 等. 植物地理学(第四版)[M]. 北京:高等教育出版社, 2004:1-382.
- Wu Jihua, Zhang Kun, Jiang Yuan, et al. Phytogeography (The fourth volume)[M]. Beijing: Higher Education Press, 2004:1-382 (in Chinese).
- [24] 王士俊, 唐修义, 张井, 等. 吐哈盆地侏罗纪成煤植物及其与煤成油的关系[J]. 煤田地质与勘探, 1997, 25(6):26-28.
- Wang Shijun, Tang Xiuyi, Zhang Jing, et al. Jurassic coal forming plants in Tuha basin and its relationship with oil form coal[J]. Coal Geology & Exploration, 1997, 25(6):26-28(in Chinese with English abstract).
- [25] Chandler M A, Rind D, Ruedy R. Pangaean climate during the Early Jurassic: GCM simulations and the sedimentary record of palaeoclimate [J]. Geological Society of America Bulletin, 1992, 104:543-559.
- [26] 刘建忠, 李三忠, 周立宏, 等. 华北板块东部中生代构造变形与盆地格局[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2004, 24(4):45-54.
- Liu Jianzhong, Li Sanzhong, Zhou Lihong, et al. Mesozoic tectonics and basin distribution in the eastern North China Plate [J]. Marine Geology & Quaternary Geology(in Chinese with English abstract).
- [27] 赵锡文. 古气候学概论[M]. 北京:地质出版社, 1992:1-259.
- Zhao Xiwen. Generality of Paleoclimatology [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1992:1-259(in Chinese).
- [28] Watson J, Sincock C A. Bennettiales of the English Wealden [J]. Palaeontographical Society Monographs, 1992, 588:1-228.
- [29] 曾勇, 范炳恒, 沈树忠. 华北地台南缘中侏罗世气候变热的古植物学证据[J]. 煤田地质与勘探, 1998, 26(5):1-3.
- Zeng Yong, Fan Bingheng, Shen Shuzhong. Paleobotanic evidences about climate getting hot from Middle Jurassic in Southern border of North China Platform [J]. Coal Geology & Exploration, 1998, 26(5):1-3(in Chinese with English abstract).
- [30] 孟繁松. 三峡库区中侏罗世植物化石及所指示的气候环境[J]. 华南地质与矿产, 1999, 3:19-26.
- Meng Fansong. Middle Jurassic fossil plants in the Yangtze gorges area of China and their Palaeoclimate environment[J]. Geology and Mineral Resource of South China, 1999, 3:19-26(in Chinese with English abstract).
- [31] 黄嫔. 新疆三塘湖盆地塘浅 3 井中侏罗世孢粉组合[J]. 微体古生物学报, 2002, 19(2):178-192.
- Huang Pin. Middle Jurassic sporopollen assemblages from Tangqian -3 well of the Sangtanghu Basin, Xinjiang [J]. Acta Micropalaeontologica Sinica, 2002, 19 (2):178-192 (in Chinese with English abstract).

Paleoclimate significance of the Middle Jurassic flora in the Western Hills of Beijing

ZHANG Ying-fang¹, JIANG Jun-wei²

(1. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

2. Greatwall Drilling Company, PetroChina, Beijing 100101, China)

Abstract: Plant fossils of 38 species in 22 genera in Middle Jurassic were collected from Lower Yaopo Formation, Upper Yaopo Formation and Longmen Formation on the southern slope of the Jiulong Hill in Mentougou district, Beijing. Statistical data show that the Middle Jurassic flora of the Western Hills in Beijing is dominated by Filicopsida (27.6%), Cycadopsida (25%) and Ginkgopsida (25%), among which Coniopteris with 5 species and Cladophlebis with 17 species were found. The Nearest Living Relatives Method and morphologic features analysis were used to analyze palaeoclimate. The result indicates that the nearest living relative plants of dominant fossils are Osmundaceae, Dicksoniaceae and Cycadopsida, which mainly live in a humid-warm tropical or subtropical climate, and warm-humid climate is also identified from the diversity of Cladophlebis, large feathery compound leaves of Cycadopsida and coarse stems of Equisetales, etc. Consequently, the Middle Jurassic flora in the Western Hills of Beijing reflects a humid-warm subtropical climate. In addition, the climate had changed into drier and warmer according to the species and the quantity reduction of plant fossils from the Lower Yaopo Formation through Upper Yaopo Formation to Longmen Formation.

Key words: plant fossils; palaeoclimate; Middle Jurassic; Western Hills of Beijing

About the first author: ZHANG Ying-fang, female, born in 1975, doctor candidate, mainly engages in the study of paleontology and stratigraphy; E-mail: yfjjwao@gmail.com.