

北京千家店盆地土城子组孢粉组合、时代及气候

贺瑾瑞¹, 南 赞¹, 郝春燕¹, 宋庆伟², 焦润成¹, 李良景¹, 冉淑红¹, 程素珍¹, 吴家悦¹
HE Jinrui¹, NAN Yun¹, HAO Chunyan¹, SONG Qingwei², JIAO Runcheng¹, LI Liangjing¹,
RAN Shuhong¹, CHENG Suzhen¹, WU Jiayue¹

1.北京市地质研究所,北京 100120;

2.中国地质环境监测院,北京 100081

1.Beijing Institute of Geology, Beijing 100120, China;

2.China Academy of Geo-Environmental Monitoring, Beijing 100081, China

摘要:北京千家店盆地土城子组二段的孢粉组合共计 12 属 8 种及 6 种未定种。化石组合以克拉梭粉(*Classopollis* spp.) 在组合中占绝对优势(90%以上),另有一些松柏类的无肋双囊粉,蕨类植物孢子极少,属种分异度及含量远低于裸子植物花粉,仅占孢粉组合的 2.13%。当前孢粉组合为 *Classopollis* 高峰组合,时代应属晚侏罗世早期。另外,结合区内其他生物化石分析,认为土城子期在北方整体较干旱或半干旱的气候条件下,至少在该地区局部有湖泊气候的存在。

关键词:孢粉;土城子组;晚侏罗世早期;古气候;千家店;北京

中图分类号:P534.52;Q91 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-2552(2020)10-1573-07

He J R, Nan Y, Hao C Y, Song Q W, Jiao R C, Li L J, Ran S H, Cheng S Z, Wu J Y. Pollen and spore assemblages, ages and climate of Tuchengzi Formation in Qianjiadian Basin, Beijing. *Geological Bulletin of China*, 2020, 39(10): 1573–1579

Abstract: In this paper, pollen and spore assemblages of the first and second members of Tuchengzi Formation in Qianjiadian Basin, Yanqing, Beijing, were studied and discussed. There are 12 genera, 8 species and 6 undetermined species of pollen and spore in the strata. The dominant pollen and spore assemblage is *Classopollis* spp. (over 90%), and secondary pollen is ribless bicapsular pollen of some conifers. Fern spores are very few, whose genus and species differentiation and content are much lower than those of gymnosperm pollen, accounting for only 2.13% of pollen and spore assemblage. The current pollen and spore assemblage is peak-time *Classopollis* assemblage. It is inferred that its age is early stage of late Jurassic. Based on the analysis of other fossils in the area, it is considered that, under the wholly arid or semi-arid climate conditions of Tuchengzi Period, there at least existed local lake climate.

Key words: pollen and spore; Tuchengzi Formation; early stage of Late Jurassic; ancient climate; Qianjiadian; Beijing

土城子组在中国北方发育广泛,分布东起辽西,西至内蒙古包头,北达锡林浩特,南抵北京中北部。土城子组岩性以杂色粗碎屑岩为主,不利于化石保存,化石发现并不多见。少量的化石具有明显的穿时性,不同门类化石确定的时代也不一致,生物地层学对该地层时代的看法也不一致。通过对双壳类^[1-3]、叶肢介类^[1-2,4]、介形类^[4-6]、昆虫^[1-2,7-8]、恐龙

足迹^[9-10]、木化石^[11-12]和孢粉化石^[5,13-15]的研究,认为土城子组时代为晚侏罗世早期;基于叶肢介类^[16-17]、恐龙足迹^[18]、木化石^[19]和孢粉化石^[20]的研究,认为土城子组时代为中侏罗世;根据介形类^[21-22]、恐龙足迹^[23-27]、恐龙骨骼^[10,28-30]的研究,认为土城子组时代为晚侏罗世;根据恐龙足迹^[31-32]、孢粉化石^[33]资料,认为土城子组时代为晚侏罗世—

收稿日期:2019-07-01;修订日期:2020-03-24

资助项目:北京市地质矿产勘查院项目《北京市延庆千家店盆地土城子组孢粉组合特征研究》(编号:京地[2015]148号)

作者简介:贺瑾瑞(1984-),男,硕士,高级工程师,从事地层学、地球化学研究。E-mail:laurry@qq.com

早白垩世。

北京地区的土城子组分布广泛,受燕山运动影响,主要分布于新城子四海-凤驼梁、千家店、白河堡、妙峰山、髫髻山等伸展背景下的断陷盆地中^[34]。一般认为,沉积物中的孢粉组合可以反映其周围区域植物群,离母体植物越远的地方,孢粉的频度越小。孢粉组合在很大程度上能反映当时、当地植物群的面貌^[35]。到目前为止,北京地区还没有土城子组孢粉化石组合特征的详细报道。本文对北京地区土城子组的孢粉化石组合特征进行研究,可为整个北方地区土城子组及其生物地层学对比提供参考。

1 研究材料与方法

本文样品采自北京市延庆千家店盆地土城子组,剖面东起桥堡沟西至石湖南(图1),自下而上可分为3个岩性段:①由复成分砾岩、砂砾岩、凝灰质砂岩构成沉积韵律,夹流纹质凝灰岩、安山质角砾熔岩;②由凝灰质砂岩、粉砂岩和花岗质砾岩构成沉积韵律,夹粗面质流纹质角砾凝灰岩,局部产动物、植物化石;③由复成分砾岩、含砾粗砂岩构成沉积韵律。样品采于土城子组二段深灰色粉砂质泥岩、黑色泥质页岩中,取样位置见图1、图2,共采集

13块孢粉样品,其中样品均取样500g,采样间距平均约5m,总厚度约80m,采用盐酸和氢氟酸法,浸解分离提取化石。

2 孢粉组合特征

13个样品中有3件含孢粉化石,其中1件较丰富,2件极少,另外8件未见任何孢粉。3件样品含517粒孢粉化石,共计12属8种,6种未定种(表1),常见及代表性种属见图版I。孢粉组合面貌如下。

3件样品孢粉组合面貌相同,组成相当单调。克拉梭粉(*Classopollis* spp.)在组合中占绝对优势(90%以上),另有一些松柏类的无肋双囊粉, *Quadraeculina minor*(Rocock) Xu et Zhang(0~0.38%), *Quadraeculina anellaeformis* Maljiawkina (0~0.97%), *Quadraeculina limbata* Maljiawkina (0~0.19%), *Pinuspollenites* sp. (0.58%~0.96%), *Protoconiferus fumarius* (Naumova) Bolchovitina(0~0.96%), *Podocarpidites* spp. (0~0.39%), *Pseudopicea rotundiformis* (Maljiawkina) Bolchovitina (0~0.19%), *Piceites* sp. (0~0.19%) 和 *Alisporites minutisaccus* Clarke(0~0.77%)。

蕨类植物孢子极少,属种分异度及含量远低于

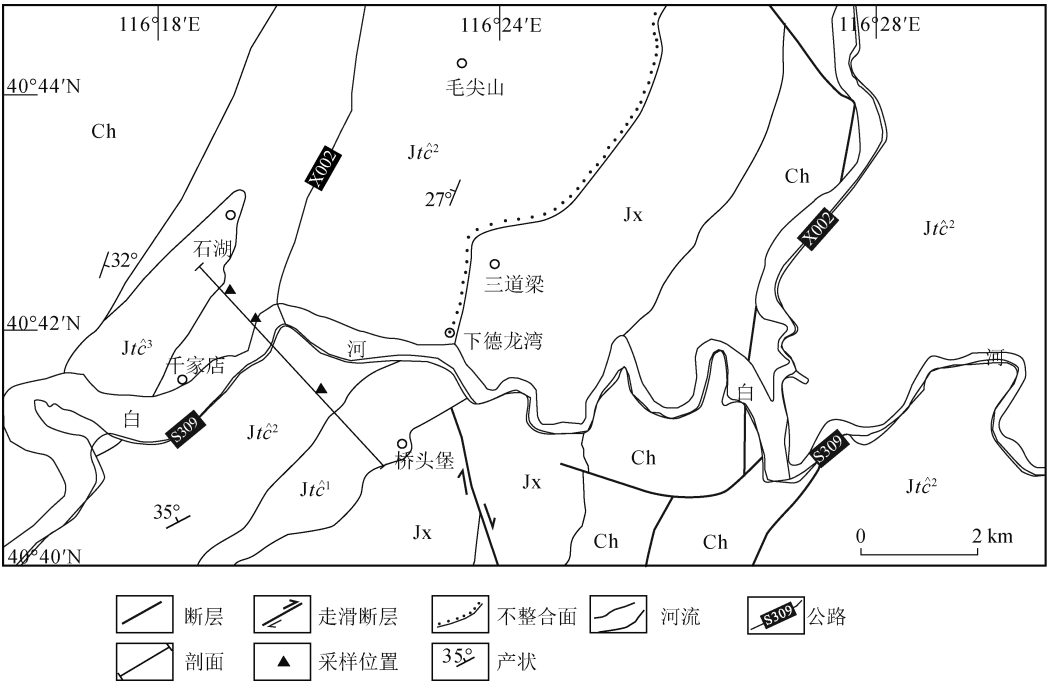


图1 研究区地质略图

Fig. 1 Geological sketch map of the study area

Jt³—土城子组三段;Jt²—土城子组二段;Jt¹—土城子组一段;Jx—蓟县系;Ch—长城系

裸子植物花粉,仅占孢粉组合的 2.13%,共计 4 属 2 种,2 未定种,分别是 *Cyathidites minor* Couper(0~0.97%),*Convernucosporites* sp.(0~0.77%),*Asseretospora parva* (Li et Shang) Pu et Wu(0~0.19%),*Cicatricosporites*? sp.(0~0.19%)。

3 讨 论

3.1 土城子组孢粉组合时代

千家店盆地土城子组孢粉组合为 *Classopollis* 高峰组合,繁盛于中侏罗世的杪椌科孢子 *Cyathidites minor* 含量降低,未见被子植物花粉,见极少量疑似海金沙科孢子 *Cicatricosporites*。整个组合显示了晚侏罗世孢粉的植物群面貌,以 *Classopollis* 在组合中占据绝对优势,另有一些松柏类的无肋双囊类花粉,蕨类孢子极少。

苏德英等^[36] 在对中国非海相晚中生代介形虫、孢粉生物地层研究时,认为侏罗纪晚期 *Concavissimisporites*-*Cyathidites*-*Classopollis* 组合中裸子植物花粉居优势,*Classopollis* 含量和类型较中侏罗世有大幅度的增长,蕨类孢子较贫乏,主要是 *Cyathidites* 和 *Concavissimisporites*,见个别 *Cicatricosporites*。侏罗纪晚期 *Cicatricosporites* 开始零星出现,至早白垩世逐渐增多,类型也随之丰富。Pocock^[37]、Brideaux 等^[38] 据孢粉及沟鞭藻(*Gonyaulacysta*-*Pareodinia ceratophora*)划分了加拿大北部及加拿大北极区侏罗系—白垩系的分界。孢粉组合的总体特征表现为自侏罗纪晚期 *Cicatricosporites* 开始零星出现,至早白垩世逐渐增多,类型逐渐丰富。孢粉研究表明,侏罗系—白垩系的界线置于 *concavissimisporites* - *Cyathidites* - *Classopollis* 和 *Appendicisporites*-*Trilobsporites*-*Clavatipollenites* 组合之间,这种组合特征与中国北方侏罗纪晚期和早白垩世早期孢粉组合相似。俄罗斯北部带^[39] 及加拿大北极地区 Mould Bay Formation 下部孢粉组合与研究区组合类似,都表现为 *Classopollis* 属高含量组合,裸子植物花粉和蕨类孢子含量极少。中国晚侏罗世孢粉组合主要见于陕甘宁盆地安定组、冀北—辽西土城子组,可作对比研究。

陕甘宁盆地安定组孢粉同样表现为 *Classopollis* 属高含量组合,其含量最高,且种类繁多,裸子植物花粉含量明显高于蕨类植物孢子,*Cyathidites minor* 含量下

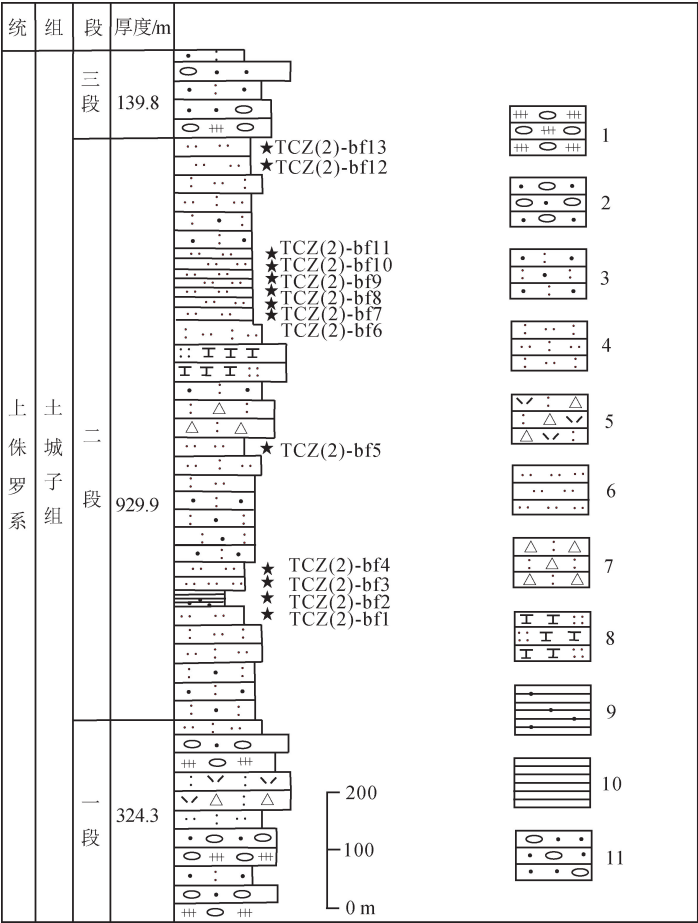


图 2 桥堡沟—石湖剖面柱状图及取样层位示意图

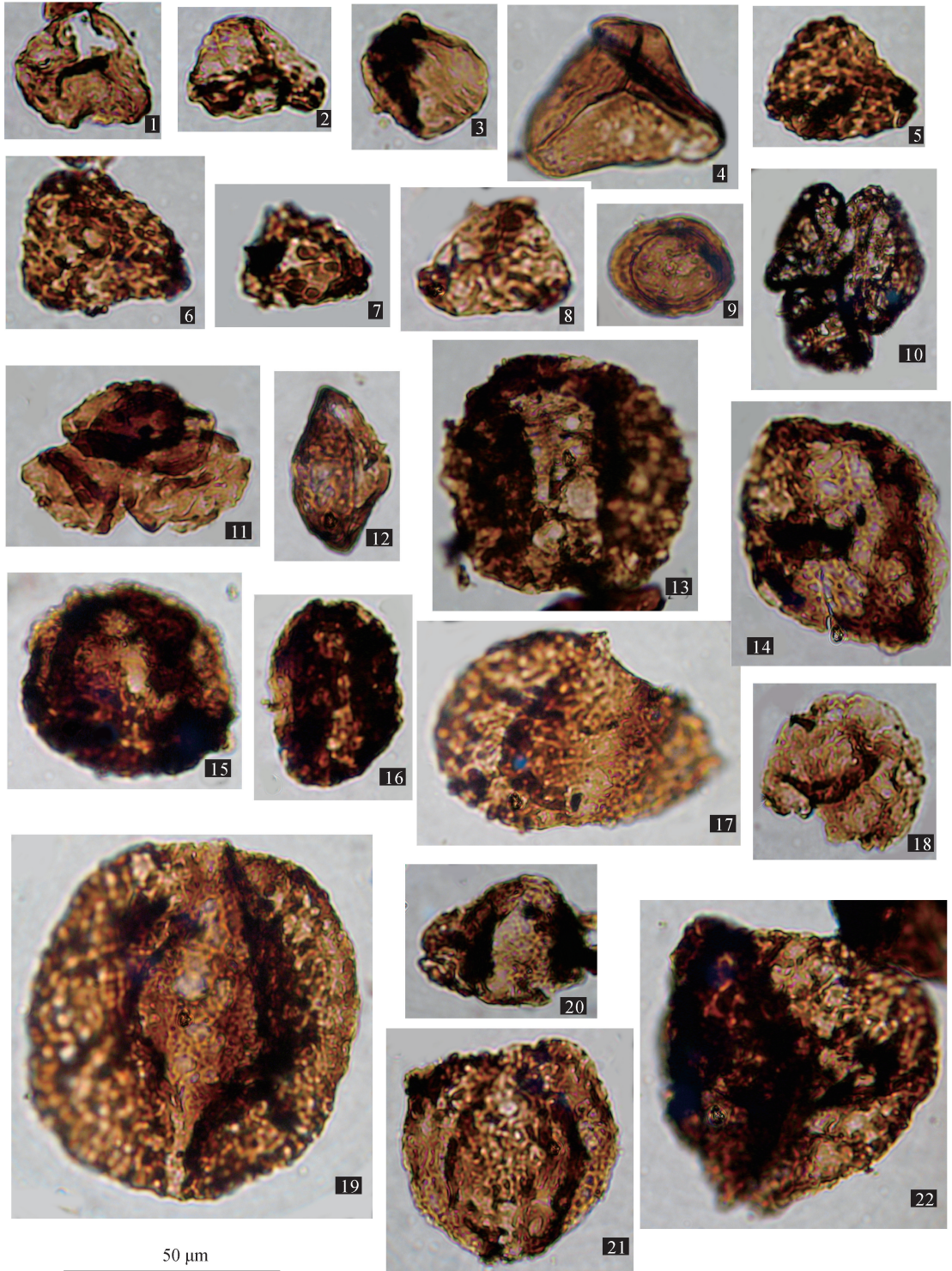
Fig. 2 Stratigraphic column of the Qiaobaogou-Shihu section and sampling horizon

1—复成分砾岩;2—砂砾岩;3—泥灰质砂岩;4—泥灰质粉砂岩;5—流纹质角砾凝灰岩;6—粉砂岩;7—角砾凝灰岩;8—粗面质火山碎屑岩;9—砂质页岩;10—页岩;11—含砾粗砂岩

降,*Klukisporites* 在组合中经常出现,个别样品中发现海金沙科孢子,松柏目两气囊花粉中,罗汉松科、松科花粉较发育^[40]。袁效奇等^[41] 根据上述孢粉特征,结合双壳类、鱼类等化石的时代信息,将安定组确定为晚侏罗世早期。

研究区土城子组孢粉组合类同于辽西北票大板蔡家沟土城子组下部孢粉组合^[13] (*Classopollis* 86.2%,松柏类双气囊花粉 3%)、河北宣化堰家沟土城子组中下段孢粉组合^[15] (*Classopollis* 91%,松柏类双气囊花粉 3%)、北票巴图营子土城子组一段 (*Classopollis* 60.56%,松柏类双气囊花粉 15.49%)^[5]。并判断土城子组孢粉组合特征应为晚侏罗世早期,其孢粉组合典型的特征表现为高 *Classopollis* 和低松柏类两气囊花粉含量(图 3)。

图版 I Plate I



1~4.小杪栎孢 *Cyathidites minor* Couper; 5, 6.三角瘤面孢 (未定种) *Converrucosisporite* ssp.; 7.小阿赛勒特孢 *Asseretispora parva* (Li et Shang) Pu et Wu; 8.无突肋纹孢? (未定种) *Cicatricosisporites*? sp.; 9~11.克拉梭粉 (未定多种) *Classopollis* spp.; 12.小四字粉 *Quadraeculina minor* (Pocock) Xu et Zhang; 13~15.矩形四字粉 *Quadraeculina anellaformis* Maljawkina; 16.有边四字粉 *Quadraeculina limbata* Maljawkina; 17.双束松粉 (未定种) *Pinuspollenites* sp.; 18.罗汉松粉 (未定多种) *Podocarpidites* spp.; 19.索沟原始松柏粉 *Protoconiferus funarius* (Naumova) Bolchovitina; 20.小囊阿里粉 *Alisporites minutisaccus* Clarke; 21.圆形假云杉粉 *Pseudopicea rotundiformis* (Maljawkina) Bolchovitina; 22.拟云杉粉 (未定种) *Piceites* sp.

表 1 延庆千家店桥堡沟-石湖剖面土城子组孢粉化石
Table 1 Statistics (in grain) of pollen and spores from the Tuchengzi Formation in Qiaobaogou-Shihu section, Qianjiadian, Yanqing

属种名称	TCZ(2)- bf-2	TCZ(2)- bf-5	TCZ(2)- bf-9
<i>Cyathidites minor</i>	5		
<i>Converrucosporites</i> sp.	4		
<i>Asseretospora parva</i>	1		
<i>Cicatricosisporites?</i> sp.	1		
<i>Classopollis</i> spp.	105	177	195
<i>Quadraeculina minor</i>	1		
<i>Quadraeculina anellaeformis</i>	5		
<i>Quadraeculina limbata</i>	1		
<i>Pinuspollenites</i> sp.	5		3
<i>Protoconiferus funarius</i>	5		
<i>Podocarpidites</i> spp.	2		
<i>Pseudopicea rotundiformis</i>	1		
<i>Piceites</i> sp.	1		
<i>Alisporites minutisaccus</i>	1		
不能鉴定的无肋双囊类花粉	4		

研究区孢粉组合特征区别于林妙琴等^[33]关于辽西北票四合屯土城子组三段孢粉组合特征的研究,其主要表现为松柏类两气囊花粉含量高达 81.53%,*Classopollis* 仅 0.96%。林妙琴等^[33]指出其特征符合该区早白垩世地层孢粉特征组合,认为该区土城子组三段时代应属于早白垩世;并归纳总结了土

城子组自下而上体现出 *Classopollis* 大量减少而两气囊类显著增加的变化规律。据此,研究区土城子组二段 *Classopollis* 含量高达 92.8%,其一、二段应处于土城子沉积期的早期。

前人在千家店盆地的土城子组二段中发现了双壳类^[1]、昆虫^[1,7-8]、叶肢介^[2]、木化石^[11-12]及恐龙足迹^[9],认为这些生物化石应属晚侏罗世早期。

综上,研究区孢粉组合时代应属晚侏罗世早期。这一结论与焦润成等^[42]、贺瑾瑞等^[43]在该剖面土城子组一段下部和二段中上部流纹质凝灰岩夹层中分别获得的锆石同位数年龄 157.62 ± 0.69 Ma 和 157.13 ± 0.96 Ma 相符。另外,在北京其他地区,如汪洋等^[44]在延庆白河堡获得土城子组测年数据为 162.8 ± 11.4 Ma,张计东等^[45]在密云古北口地区获得土城子组测年数据为 161.2 ± 2.3 Ma。根据目前报道的测年结果,北京地区的土城子组主沉积期较集中,燕山地区土城子组的顶底年龄界线应该在 130~163 Ma 之间^[46-51],主体沉积时限应为 146~137 Ma。

3.2 古气候环境

Classopollis 在中生代非常繁盛,国内外许多学者对其所指示的古气候环境进行过讨论。Vakhrameev^[52]、Pocock^[53]认为其母体个体矮小,在结构和习性上像现代的侧柏,生活在干燥的环境中;Filatoff^[54]研究认为,大量的 *Classopollis* 应出现在干旱条件下的灰色-杂色的泥质或砂质岩石中,如

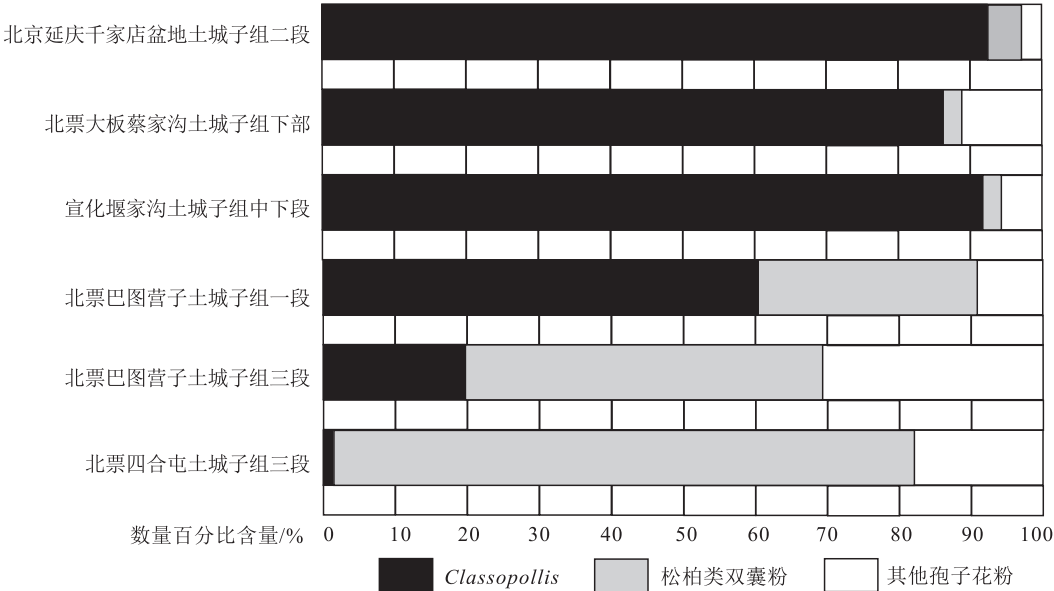


图 3 土城子组不同剖面孢粉组合特征对比图

Fig. 3 Comparison of sporepollen assemblages in different section of Tuchengzi Formation

蒸发盐等;王从凤等^[55]认为,产生 *Classopollis* 的掌鳞杉科生长于温暖、干旱的环境;苗淑娟^[56]分析认为, *Classopollis* 含量愈高,其生长的环境愈干旱;余静贤等^[57]认为, *Classopollis* 的母体生长时需要干热气候。

一般认为,土城子组在不同盆地发育的程度不一,形成的环境和沉积序列不同,所含生物化石有异,但其共同点是均在干热气候条件下形成的红杂色陆相碎屑岩。千家店盆地土城子组整体以红杂色碎屑岩为主,但局部有灰绿色和黑色粉砂或泥质页岩出现。 *Classopollis* 的高峰组合加之本文样品 TCZ(2)-bf-2 取自千家店盆地土城子组第二段黑色页岩层中,并有大量动植物化石发现^[1-2],黑色页岩层的出现表明当时局地处于静水的还原环境。由此表明,在北方整体较干旱或半干旱的气候条件下,至少在局地有湖泊气候的存在。

4 结 论

(1)本文详细报道了北京地区土城子组孢粉组合。延庆千家店地区晚侏罗世早期的孢粉组合以 *Classopollis* 高含量,少量松柏类的无肋双囊粉,极少蕨类植物孢子和无被子植物孢粉为特征。

(2)根据其孢粉组合特征,可与陕甘宁盆地安定组、冀北-辽西土城子组二段或中下部层位产出孢粉组合对比,其时代为晚侏罗世早期,并与盆地剖面上的测年数据吻合。

(3)根据本次孢粉组合特征研究,结合前人研究成果,认为研究区高含量的 *Classopollis* 指示气候环境为干热气候,土城子组沉积期内局地会出现相对潮湿的湖相气候环境。

致谢:感谢项目组成员的大力支持,感谢中国科学院南京地质古生物研究所实验室黎文本老师对孢粉样品的鉴定,感谢审稿老师对本文提出的宝贵意见。

参考文献

- [1] 萧宗正,杨鸿连,单青生.北京中生代地层及生物群研究[J].地质论评,1993,(5): 442-450.
- [2] 萧宗正,杨鸿连.北京中生代地层及生物群研究[M].北京:地质出版社,1994: 3-25.
- [3] 王思恩,季强.中国陆相上侏罗统土城子阶综合报告[C]//第三届全国地层委员会.中国主要断代地层建阶研究报告.北京:地质出版社,2008: 105-114.
- [4] 王思恩,李罡.冀北-辽西地区上侏罗统土城子组的新叶肢介化石[J].古生物学报,2008,47(3): 319-325.
- [5] 王五力,张宏,张立君,等.土城子阶义县阶-标准地层剖面及其地层古生物、构造-火山作用[M].北京:地质出版社,2004: 1-69, 175-182, 203-244.
- [6] 王五力.东北地区古生物图册(二),介甲目[M].北京:地质出版社,1980: 59-124.
- [7] 洪友崇.河北后城组昆虫化石的新发现和后城昆虫群的建立[J].北京地质,1997,1: 1-7.
- [8] 洪友崇,萧宗正.北京延庆后城组蜚蠊目、鞘翅目长翅目化石(昆虫纲)[J].北京地质,1997,3: 1-9.
- [9] 张建平,邢立达, Gierlinski G D, 等.中国北京恐龙足迹的首次记录[J].科学通报,2012,59(2/3) 144-152.
- [10] Zhao X J. Reptiles [C]//Wang S E. The Jurassic in China. Beijing: Geological Publishing House, 1985: 286-291.
- [11] 崔广振.北京发现硅化木群[J].植物杂志,1984,(4): 14.
- [12] 段淑英.北京硅化木林[J].植物学报,1986,(3): 331-335, 353-354.
- [13] 蒲荣干,吴洪章.辽西中晚侏罗世孢粉组合[J].沈阳地质矿产研究所所刊 4 号,1982: 169-181.
- [14] 蒲荣干,吴洪章,郭盛哲.辽宁西部中生界孢粉组合及其地层意义//辽宁西部中生代地层古生物(2) [M].北京:地质出版社,1985: 121-212.
- [15] 张望平.中国东部一些地区侏罗纪孢粉组合[C]//中国地质科学院地质研究所地层组著,中国东部构造-岩浆演化及成矿规律(二),中国东部侏罗纪-白垩纪古生物及地层.北京:地质出版社,1989: 1-20.
- [16] 王五力.辽宁西部中生代叶肢介化石.辽宁西部中生代地层古生物(3) [M].北京:地质出版社,1987: 135-201.
- [17] 张文堂,陈丕基,沈炎彬.中国的叶肢介化石[M].北京:科学出版社,1976: 1-325.
- [18] 张永忠,张建平,吴平,等.辽西北票地区中一晚侏罗世土城子组恐龙足迹化石的发现[J].地质论评,2004,50(6): 561-566.
- [19] 郑少林,张武,丁秋红.辽西中上侏罗统土城子组植物化石的新发现[J].古生物学报,2001,40(1): 67-85.
- [20] 张路锁,张树胜,赵克明.从孢粉化石证据论冀北后城组的时代[J].地层学杂志,2009,33(4): 407-412.
- [21] 庞其清.河北燕山地区陆相侏罗-白垩系介形类化石及其界限[J].河北地质学院学报,1984,(3): 1-16, 95-99.
- [22] 杨仁泉.河北侏罗-白垩纪介形类化石组合及其地层意义[J].河北地质学院学报,1984,(4): 30-46.
- [23] Yabe H, Inai Y, Shikama T. Discovery of dinosaurian footprints from the Cretaceous (?) of Yangshan, Chinchou [J]. Proc. Imp. Acad. Tokyo, 1940, 16(10): 560-563.
- [24] 柯舒文,洪大卫,提姆科普,等.记河北省后城组新发现之小型兽脚类足迹[J].古脊椎动物学报,2009,47(1): 35-52.
- [25] Xing L D, Harris J D, Sun D H, et al. The Earliest Known Deinonychosaur Tracks from the Jurassic-Cretaceous boundary in Hebei, China [J]. Acta Palaeontologica Sinica, 2009, 48(4): 662-671.
- [26] Xing L D, Gerap D, Gierlinski G D, et al. A Probable Crouching Theropod Dinosaur Trace from the Jurassic-Cretaceous Boundary in Hebei, China [J]. Geological Bulletin of China, 2012, 31(1): 20-25.
- [27] Xing L D, Liu Y Q, Kuang H W, et al. Theropod and possible ornithomimid track assemblages from the Jurassic-Cretaceous boundary Houcheng Formation, Shangyi, northern Hebei, China [J]. Palaeoworld, 2013, 23(2): 200-208.

- [28] Zhao X, Cheng Z, Xu X. The earliest ceratopsian from the Tuchengzi Formation of Liaoning, China[J]. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 1999, 19: 681–691.
- [29] Zhao X J, Cheng Z W, Xu X, et al. A new ceratopsian from the Upper Jurassic Houcheng Formation of Hebei, China[J]. *Acta Geol. Sin.* 2006, 80: 467–473.
- [30] 董枝明. 辽宁朝阳地区土城子组的蜥脚类恐龙化石[C]//邓涛, 王原. 第八届中国古脊椎动物学学术年会论文集. 北京: 海洋出版社, 2001: 29–33.
- [31] 柳永清, 旷红伟, 彭楠, 等. 冀西北尚义上侏罗统一下白垩统后城组恐龙足迹新发现及生物古地理意义[J]. *古地理学报*, 2012, 5: 617–627.
- [32] 邢立达, Harris J D, Gierli G D. 记河北赤城上侏罗统一下白垩统土城子组窄足龙-巨齿龙(兽脚类恐龙)足迹组合及其古生态学意义[J]. *古脊椎动物学报*, 2011, 49(4): 423–434.
- [33] 林妙琴, 李建国, 彭俊刚. 辽西北票四合屯早白垩统土城子组三段孢粉组合及其意义[J]. *微体古生物学报*, 2016, 33(3): 261–271.
- [34] 邵济安, 孟庆任, 魏海泉, 等. 冀西北晚侏罗世火山-沉积盆地的性质及构造环境[J]. *地质通报*, 2003, (10): 751–761.
- [35] 黎文本. 中国早白垩统孢粉植物群及其地理分区——中国古生物地理区系[M]. 北京: 科学出版社, 1983: 142–151.
- [36] 苏德英, 李友桂, 余静贤, 等. 中国非海相晚中生代介形虫、孢粉生物地层[J]. *地质学报*, 1983, (4), 329/346: 425–426.
- [37] Pocock S A J. The Jurassic – Cretaceous Boundary in northern Canada. *Rev. [J]. Palaeobot–Palynol*, 1967, 5: 129–136.
- [38] Brideaux W W, Fisher M J. Upper Jurassic – Lower – Cretaceous Dinoflagellate assemblages from Arctic Canada[J]. *Geol. Surv. Can, Bull.*, 1976, 32: 259–265.
- [39] Vakhrameev V A. Paleobotanical data and the Jurassic – Cretaceous boundary[J]. *Men. B, R. G. M.*, 1975, 85: 213–220.
- [40] 赵俊峰. 鄂尔多斯盆地直罗—安定期原盆恢复[D]. 西北大学博士学位论文, 2007.
- [41] 袁效奇, 傅智雁, 王喜贵, 等. 中国北方侏罗系(V)鄂尔多斯地层分区[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003: 5–100.
- [42] 焦润成, 贺瑾瑞, 王荣荣, 等. 北京北部千家店土城子组 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素测年及启示[J]. *中国地质*, 2016, 43(5): 1750–1760.
- [43] 贺瑾瑞, 焦润成, 南赟, 等. 北京延庆千家店盆地土城子组古生物化石及古气候沉积环境——延庆地区首次发现疑似恐龙骨骼化石[J]. *地质通报*, 2017, 36(8): 1319–1329.
- [44] 汪洋, 姬广义. 北京延庆白河堡地区后城组时代的初步探讨[J]. *北京地质*, 2003, (4): 1–5.
- [45] 张计东, 李翔, 李广栋. 古北口逆冲推覆构造及土城子组脆韧性变形带特征[J]. *中国地质*, 2002, (4): 392–396.
- [46] Cope T. Sedimentary Evolution of Yanshan Fold – Thrust belt, Northeast China [D]. Stanford, California: Stanford University, 2003: 230.
- [47] 杨进辉, 吴福元, 邵济安, 等. 冀北张—宣地区后城组, 张家口组火山岩锆石 U-Pb 年龄和 Hf 同位素[J]. *地球科学—中国地质大学学报*, 2006, 31(1): 71–80.
- [48] 张宏, 韦忠良, 柳小明, 等. 冀北—辽西地区土城子组的 LA-ICP-MS 测年[J]. *地球科学*, 2008, 38(8): 960–970.
- [49] Zhang H, Wei Z L, Liu X M. Constraints on the age of the Tuchengzi Formation by LA-ICP-MS dating in northern Hebei – western Liaoning, China[J]. *Science in China: Earth Sciences*, 2009, 52(4): 461–470.
- [50] Swisher C C, 汪筱林, 周忠和, 等. 义县组同位素年代新证据及土城子组 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄测定[J]. *科学通报*, 2001, (23): 2009–2012.
- [51] 张长厚, 邓洪菱, 李程明, 等. 燕山板内造山带中部“承德逆冲构造”的褶皱相关断裂构造模型[J]. *地学前缘*, 2012, 19(5): 27–40.
- [52] Vakhrameev V A. Range and paleoenology of Mesozoic conifers, the Cheirolepidiaceae[J]. *Paleont. zh.*, 1970, 70(1).
- [53] Pocock S A J. Palynology of the Jurassic sediments of Western Canada[J]. *Paleontographica Abteilung B Palaeophytologie*, 1972, 130: 12–36.
- [54] Filatoff J. Jurassic palynology of the Perth Basin[J]. *Western Australia. Palontographica.*, 1975, B, 154(1/4): 1–113.
- [55] 王从凤, 黎文本. 河北丘县早白垩统孢粉组合[J]. *古生物学报*, 1981, 20(6): 527–537.
- [56] 苗淑娟. 内蒙古固阳含煤盆地中生代地层古生物——孢子花粉[M]. 北京: 地质出版社, 1982: 161–213.
- [57] 余静贤, 郭正英, 茅绍智. 松花江南部白垩纪孢粉组合[C]//地层古生物论文集(第十辑). 北京: 地质出版社, 1983: 1–118.
- ①北京市地质矿产局地质研究所. 北京市区域地质调查说明书(新家堡幅). 北京: 全国地质资料馆, 1998: 1–10.