



## 松辽盆地北部黑富地 1 井晚二叠世孢粉组合特征及意义

张德军<sup>1,2</sup>, 郑月娟<sup>1</sup>, 张海华<sup>1</sup>, 黄欣<sup>1</sup>, 张健<sup>1</sup>, 陈树旺<sup>1</sup>, 李雨柯<sup>3</sup>

1. 中国地质调查局 沈阳地质调查中心, 辽宁 沈阳 110034;

2. 中国地质科学院地质研究所/自然资源部地层与古生物重点实验室, 北京 100037;

3. 中国地质调查局 牡丹江自然资源综合调查中心, 黑龙江 牡丹江 157000

**摘要:** 首次在松辽盆地北部黑富地 1 井上二叠统四站板岩组采获孢粉化石, 称为 *Protohaploxylinus fertilis*-*Piceapollenites opimus*-*Alisporites communis* 组合, 该组合裸子植物花粉占绝对优势地位, 蕨类植物孢子含量低且属种贫乏。裸子植物花粉以无肋双囊粉含量最多, 其次为具肋双囊粉, 单气囊花粉含量较少, 可与新疆北部准噶尔盆地、塔里木盆地晚二叠世和大兴安岭地区林西组孢粉组合对比, 时代为晚二叠世。孢粉化石赋存井段岩性组合特征与林西组相似, 因此松辽盆地西部大兴安岭地区的林西组可引入松辽盆地内, 原四站板岩组改称林西组。

**关键词:** 孢粉化石; 黑富地 1 井; 上二叠统; 林西组; 松辽盆地

## CHARACTERISTICS OF THE LATE PERMIAN SPOROPOLLEN ASSEMBLAGES FROM HFD1 WELL IN NORTHERN SONGLIAO BASIN: Geological Implication

ZHANG De-jun<sup>1,2</sup>, ZHENG Yue-juan<sup>1</sup>, ZHANG Hai-hua<sup>1</sup>, HUANG Xin<sup>1</sup>, ZHANG Jian<sup>1</sup>, CHEN Shu-wang<sup>1</sup>, LI Yu-ke<sup>3</sup>

1. Shenyang Center of China Geological Survey, Shenyang 110034, China; 2. Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences/Key Laboratory of Stratigraphy and Palaeontology, Ministry of Natural Resources, Beijing 100037, China;

3. Mudanjiang Natural Resources Comprehensive Survey Center, CGS, Mudanjiang 157000, Heilongjiang Province, China

**Abstract:** The sporopollen assemblage of *Protohaploxylinus-Piceapollenites Opimus-Alisporites Communis*, collected for the first time in the Upper Permian Sizhanbanyan Formation from HFD1 well in northern Songliao Basin, is dominated by the pollen of gymnosperms, while pteridophytes are characterized by low spore content and poor species. Of the pollen contents of gymnosperms, non-striate bisaccate pollen is the highest, followed by striate bisaccate pollen, with less monosaccate pollen, which are comparable with the sporopollen assemblages of the Late Permian in Junggar and Tarim basins in Xinjiang and the Linxi Formation in Daxinganling Mountains, indicating the age is also Late Permian. As the lithologic characteristics of the strata with sporopollen assemblages are similar to those of Linxi Formation, the Linxi Formation of Daxinganling Mountains on the west of Songliao Basin can be introduced to replace the former Sizhanbanyan Formation.

**Key words:** sporopollen fossil; HFD1 well; Upper Permian; Linxi Formation; Songliao Basin

收稿日期: 2020-10-12; 修回日期: 2020-11-03. 编辑: 黄欣.

**基金项目:** 国家自然科学基金项目“大兴安岭中南部中侏罗世植物群及地层新探”(42172024), “黑龙江嘉荫盆地晚白垩世中—晚期植物群演替及其古环境背景”(42172017), “松辽盆地及邻区早白垩世陆相地层高精度年代格架”(41790451); 国家重点基础研究发展计划项目“白垩纪中期松辽盆地及邻区陆相储集层与烃源岩研究”(2019YFC0605404); 中国地质调查局项目“松辽盆地北部及外围石炭—二叠系油气地质调查”(DD20190097).

**作者简介:** 张德军(1987—), 男, 博士研究生, 高级工程师, 从事古生物学与地层学研究, 通信地址 辽宁省沈阳市皇姑区黄河大街 280 号, E-mail//532413639@qq.com

**通信作者:** 郑月娟(1964—), 女, 硕士, 正高级工程师, 从事地层古生物研究及油气基础地质调查工作, 通信地址 辽宁省沈阳市皇姑区黄河大街 280 号, E-mail//zhengyueliang666@163.com

## 0 前言

东北地区在大地构造位置上归属于兴蒙造山带(中亚造山带)东段,长期以来被认为是研究古亚洲洋最后消亡的关键地段,因此华北板块与西伯利亚板块的最终缝合位置、拼贴时代一直是东北地区基础地质研究中争论的焦点问题之一。目前多数学者倾向认为西拉木伦河-长春-延吉断裂带是两大板块的最后缝合带,但对最终拼合的时间仍存在分歧,通过对岩浆活动、古地磁、古生物地理区系等多学科的研究,有些学者倾向于最终拼合的时间为晚二叠世<sup>[1-2]</sup>,大多数学者则认为最终拼合的时间为二叠纪末—早三叠世<sup>[3-7]</sup>及早中三叠世<sup>[8-10]</sup>。除了上述研究领域外,研究区二叠纪—三叠纪地层的发育特征也是板块碰撞的重要判别标志。

近年来,针对松辽盆地及外围晚古生代地层先后开展了一系列油气地质调查项目,结果表明:松辽盆地外围晚古生代地层大部分仍未变质<sup>[11-13]</sup>;上二叠统林西组发育有巨厚的暗色泥页岩,具有较好的页岩气资源前景<sup>[14-16]</sup>;松辽盆地深部石炭系—二叠系中发现了天然气藏显示<sup>[17-19]</sup>。对松辽盆地及外围晚二叠世—早三叠世地层发育特征的研究是其晚古生代油气资源调查与勘探的重要基础。

上二叠统是松辽盆地外围最发育的晚古生代地层之一,广泛分布于大兴安岭、小兴安岭北部及哈尔滨东部、吉林中部,分别称林西组、红山组和杨家沟组,分布于松辽盆地内部的称为四站板岩组。分布于松辽盆地西部大兴安岭地区的林西组因处于特殊的大地构造位置,其形成的构造环境,与华北与西伯利亚两大板块最终对接缝合的位置与时代密切相关,长期以来一直受到地质学家关注。林西组中赋含双壳、叶肢介、介形虫、植物及孢粉化石,不同研究者分别对林西组化石组合特征及时代、生物古地理特征等进行了研究和探讨<sup>[20-27]</sup>,认为其时代为晚二叠世,其中植物 *Comia-Callipteris-Iniopteris* 组合也分布于红山组和杨家沟组,因此林西组、红山组、杨家沟组可相互对比<sup>[28]</sup>。

相比之下,因客观条件的限制,松辽盆地内部晚古生代地层研究程度较低,目前能确认的主要为二叠系,前人将其自下而上划分为:下二叠统杜尔伯特板岩组、中二叠统一心组、上二叠统林甸蚀变火山岩组和四站板岩组,但仅在杜 101 井发现可以确定时代的海相动物化石群,并据此建立了中二叠世一心组<sup>[29]</sup>,其他 3

个组均非正式的岩石地层单位。万传彪等<sup>[30]</sup>根据杜 101 井测井资料将杜尔伯特板岩组 and 一心组统一称为哲斯组,将哲斯组引入松辽盆地,认为其可与松辽盆地西部的哲斯组及东部的土门岭组对比。虽然钻遇上二叠统四站板岩组的钻孔很多,但未发现任何化石,只根据岩性组合与盆地周缘林西组及红山组大致对比。

近年来,中国地质调查局沈阳地质调查中心在松辽盆地西缘开展油气基础地质调查工作,以上二叠统林西组为主要目的层实施了多口地质调查井,在位于松辽盆地北部的黑富地 1 井上二叠统四站板岩组中发现晚二叠世孢粉化石,这一发现为进一步完善东北地区晚古生代地层划分对比格架,研究东北地区构造演化以及松辽盆地及外围晚古生代油气基础地质调查提供了基础资料。

## 1 样品采集及分析方法

黑富地 1 井位于松辽盆地北部黑龙江省富裕县境内,构造位置位于松辽盆地西斜坡区(图 1),设计井深 2000 m,完钻深度 2089.4 m。依据古生物化石、岩性、地震解译和电性特征等资料,参考区域地层发育情况,暂将黑富地 1 钻遇地层自下而上划分为:上二叠统林西组、下白垩统泉头组、上白垩统第四系。林西组(2089.4~1386.42 m)上部为灰黑色粉砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩夹灰色砂岩、粉砂岩、紫灰色泥质粉砂岩、粉砂岩,局部夹凝灰岩、凝灰质砂岩等;下部以红柱石板岩、绢云母板岩为主,夹有灰黑色粉砂岩、泥质粉砂岩、灰色粉砂岩、砂岩及少量硅质岩、灰岩等。泉头组(1386.42~1181.8 m)为一套杂色、暗红色砂砾岩沉积,底部以灰紫色细砾岩与下伏地层(林西组)呈不整合接触,在 1338.9 m、1381.1 m 处采获大量孢粉化石,时代为早白垩世晚期—晚白垩世早期(另文报道)。1181.8~202.4 m 为上白垩统,202.4~0 m 为第四系松散砂砾层。

笔者在黑富地 1 井 1386.42~2020.5 m 井段共采集 38 件样品,其中 25 件样品中发现孢粉化石,1515~2020.5 m 井段共计 19 件样品发现了较多的孢粉化石。孢粉化石分析使用盐酸和氢氟酸分别除去钙质和硅质,使用 Olympus BX51 生物显微镜观察鉴定化石。化石分析和鉴定由吉林大学古生物学与地层学研究中心孢粉实验室完成。采样剖面具体层序如下。

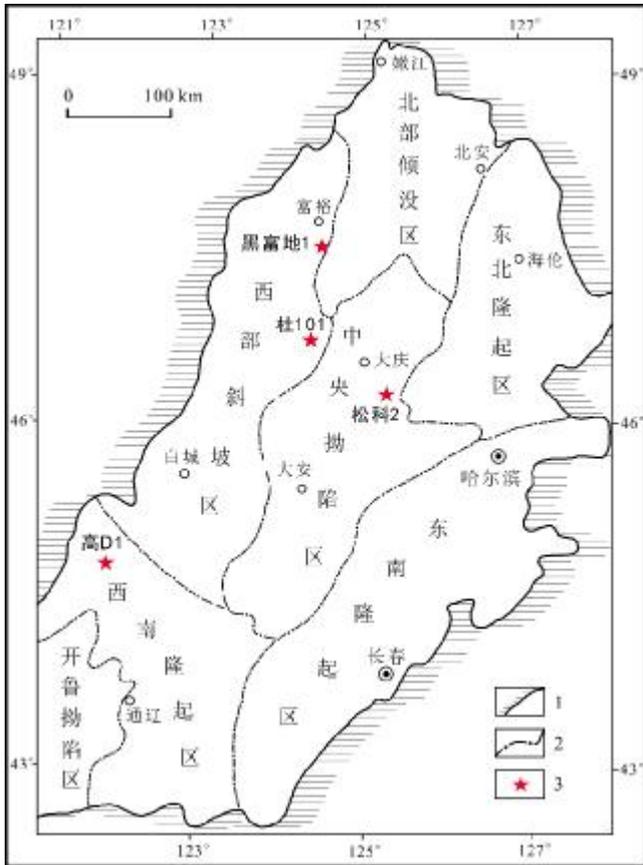


图 1 松辽盆地北部黑富地 1 井位置图

(修改自文献[31])

Fig. 1 Location map of HFD1 well in northern Songliao Basin

(Modified from Reference [31])

1—盆地边界(basin boundary); 2—一级构造界线(first-order tectonic boundary); 3—钻孔及编号(borehole and number)

上覆地层:泉头组(K<sub>q</sub>)灰紫色细砾岩

-----不整合-----

上二叠统林西组(P<sub>2</sub>l)

- 54. 灰黑色粉砂质泥岩夹灰黑色粉砂岩,见灰黑色闪长玢岩脉 15.80 m
- 53. 灰白色凝灰岩夹灰黑色泥质粉砂岩 6.71 m
- 52. 黑色泥质粉砂岩夹灰黑色粉砂岩,含孢粉化石: *Leiotriletes* sp., *Cedripites* sp., *Piceapollenites opimus* 12.47 m
- 51. 灰色粉砂岩 5.30 m
- 50. 灰黑色长石砂岩夹灰黑色泥质粉砂岩及粉砂质泥岩,含孢粉化石: *Cyclogranisporites* sp., *Podocarpidites* sp. 9.70 m
- 49. 灰黑色泥质粉砂岩夹灰色粉砂岩,见灰黑色闪长玢岩脉 18.00 m
- 48. 灰绿色凝灰质粉砂岩 3.20 m
- 47. 灰黑色粉砂质泥岩夹灰黑色粉砂岩、碳质泥岩,见灰色正长斑岩,含孢粉化石: *Cedripites* sp., *Podocarpidites* sp., *Klausipollenites* sp. 36.60 m
- 46. 灰色凝灰质粉砂岩夹灰黑色泥质粉砂岩,多处见灰色闪长玢岩 5.88 m
- 45. 紫灰色粉砂岩 2.32 m

- 44. 灰黑色粉砂岩与同色粉砂质泥岩互层.含孢粉化石: *Cyclogranisporites* sp., *Alisporites communis*, *Klausipollenites schaubergeri*, *Pityosporites* sp., *Protohaploxylinus expletus*, *P. fertilis*, *P. sp.*, *Cordaitina* sp., *Parvisaccites* sp., *Cedripites permirus* 13.60 m
- 43. 紫灰色泥质粉砂岩夹灰黑色粉砂岩 4.40 m
- 42. 灰黑色泥质粉砂岩与灰黑色粉砂质泥岩互层,局部夹灰色粉砂岩,见灰色正常斑岩脉,含孢粉化石: *Cyclogranisporites* sp., *Alisporites communis*, *Protohaploxylinus fertilis* 27.72 m
- 41. 黑色粉砂岩,含孢粉化石: *Protohaploxylinus fertilis*, *P. bellus* 4.58 m
- 40. 深灰色泥质粉砂岩 0.98 m
- 39. 灰色凝灰岩 1.02 m
- 38. 灰黑色泥质粉砂岩夹黑色粉砂质泥岩及少量灰色岩屑长石砂岩,见灰色细晶岩脉,含孢粉化石: *Cyclogranisporites* sp., *Dictyotriletes* sp., *Piceapollenites* sp., *Protohaploxylinus ferti*, *Zonalasporites delicatus* 10.10 m
- 37. 紫灰色泥质粉砂岩夹同色粉砂质泥岩、粉砂岩及少量灰色粉砂质泥岩,见灰色闪长玢岩 27.5 m
- 36. 灰色、绿灰色粉砂岩 6.00 m
- 35. 紫灰色泥质粉砂岩夹绿灰色泥质粉砂岩、粉砂岩 21.10 m
- 34. 深灰色泥质粉砂岩 9.00 m
- 33. 深灰色细砂岩 8.23 m
- 32. 灰黑色泥质粉砂岩夹灰黑色粉砂岩和灰白色凝灰岩,含孢粉化石: *Piceapollenites opimus*, *Falcisporites sublevis* 6.77 m
- 31. 灰黑色泥板岩 3.00 m
- 30. 黑色红柱石板岩夹少量黑色板岩,见大量灰色细晶岩脉,含孢粉化石: *Cyclogranisporites* sp., *Alisporites communis*, *Klausipollenites* sp., *Platysaccus papilionis*, *P. sp.*, *Piceapollenites opimus*, *Pi. sp.*, *Abiesporites* sp., *Falcisporites sublevis*, *F. nuthallensis*, *Vestigisporites* sp., *Parcisporites scabratus*, *Voltziaceasporites xinjiangensis*, *Protohaploxylinus fertilis*, *Pt. sp.*, *Hamiapollenites indistinctus*, *H. sp.*, *Vittatina* sp., *Florinites luberae*, *Potonieisporites stenolomus*, *Po. sp.*, *Divarisaccus cinctus*, *Samoilovitchisaccites* sp., *Crucisaccites variosulcatus*, *Zonalasporites delicatus* 75.87 m
- 29. 灰黑色泥板岩 2.13 m
- 28. 灰黑色粉砂岩 1.58 m
- 27. 灰色长石细砂岩与灰色粉砂质泥岩互层 1.42 m
- 26. 灰黑色粉砂质泥岩夹灰色粉砂岩,见少量灰色正长斑岩脉 9.40 m
- 25. 灰色粉砂岩夹同色泥质粉砂岩 8.60 m
- 24. 灰色泥质粉砂岩 8.10 m
- 23. 灰黑色粉砂质泥岩 1.15 m
- 22. 灰色岩屑长石粗砂岩 0.55 m
- 21. 灰色粉砂岩夹灰色长石细砂岩 2.20 m
- 20. 灰黑色粉砂岩、细砂岩 6.00 m
- 19. 灰色硅质岩 5.20 m
- 18. 灰黑色粉砂质泥岩 2.62 m
- 17. 灰黑色绢云母板岩,见大量灰色闪长玢岩脉,含孢粉化石:

<i>Cyclogranisporites</i> sp., <i>Calamospora liquida</i> , <i>Alisporites communis</i> , <i>Platysaccus</i> sp., <i>Piceapollenites opimus</i> , <i>P.</i> sp., <i>Cedripites</i> cf. <i>pensilis</i> , <i>Abiespollenites</i> sp., <i>Pityosporites</i> sp., <i>Vesicaspora acrifera</i> , <i>V. exposita</i> , <i>Falcisporites sublevis</i> , <i>Protohaploxylinus fertilis</i> , <i>Pr.</i> sp., <i>Hamiapollenites</i> sp., <i>Striatoabieites pachydermus</i> , <i>Striatopodocarpites</i> sp., <i>Potonieisporites</i> <i>stenolomus</i> , <i>Po.</i> sp., <i>Triangulisaccites boleensis</i>	53.78 m
16. 灰色泥岩	2.90 m
15. 灰黑色粉砂质泥岩,下部夹有灰色粉砂岩,见灰黑色闪长玢岩	7.75 m
14. 深灰色粉砂岩,见灰色正长斑岩脉	5.55 m
13. 灰色长石中细砂岩、灰黑色长石砂岩	3.20 m
12. 灰色长石粉细砂岩夹灰黑色粉砂岩、泥质粉砂岩,见灰黑色闪长玢 岩脉	12.35 m
11. 灰黑色粉砂岩	6.27 m
10. 灰黑色绢云母板岩,见少量灰色闪长玢岩脉	29.98 m
9. 灰色灰岩	1.00 m
8. 黑色绢云母板岩	5.80 m
7. 黑色板岩	4.60 m
6. 黑色绢云母板岩	19.50 m
5. 深灰色粉砂岩,上部夹黑色泥板岩,见灰色正长斑岩脉	19.50 m
4. 绿灰色长石细砂岩,下部见灰色正长斑岩脉	10.18 m
3. 灰色粉砂岩夹少量灰黑色泥板岩,见大量灰色正长斑岩	17.12 m
2. 灰黑色粉砂岩、粉砂质泥岩夹同色细砂岩	8.40 m
1. 黑色绢云母板岩夹灰黑色粉砂岩、粉砂质泥岩,见灰黑色闪长玢岩, 含孢粉化石: <i>Striatoabieites</i> sp., <i>Lunatisporites</i> sp., <i>Potonieisporites</i> sp.	110.40 m

## 2 孢粉化石组合特征

如上文所述,1515~2020.5 m 井段发现了较多的孢粉化石,共鉴定出蕨类植物孢子 3 属 3 种,裸子植物花粉 26 属 38 种(图 2)。蕨类植物孢子有 *Cyclogranisporites* sp., *Calamospora liquida*, *Dictyotriletes* sp. 无肋双气囊花粉有: *Alisporites communis*, *Klausipollenites schaubergeri*, *K.* sp., *Platysaccus papilionis*, *P.* sp., *Piceapollenites opimus*, *Pi.* sp., *Cedripites* cf. *Pensilis*, *Abiespollenites* sp., *Pityosporites* sp., *Vesicaspora acrifera*, *V. exposita*, *Falcisporites sublevis*, *F. nuthallensis*, *Vestigisporites* sp., *Parcisporites scabratus*, *Voltziaceasporites xinjiangensis*; 具肋双气囊花粉有: *Protohaploxylinus expletus*, *P. fertilis*, *P. bellus*, *P.* sp., *Hamiapollenites indistinctus*, *H.* sp., *Striatoabieites pachydermus*, *S.* sp., *Striatopodocarpites* sp., *Vittatina* sp., *Lunatisporites* sp.; 单气囊花粉有 *Cordaitina* sp., *Florinites luberae*, *Potonieisporites stenolomus*, *P.* sp., *Divarisaccus cinctus*,

*Samoilovitchisaccites* sp., *Crucisaccites variosulcatus*, 另有分类位置不明的花粉 *Zonalasporites delicatus*, *Z. rugoverrucatus*, *Triangulisaccites boleensis*。化石在井中的分布如表 1(扫描首页 OSID 二维码可见)。

根据出现的重要分子的数量,称为 *Protohaploxylinus fertilis*-*Piceapollenites opimus*-*Alisporites communis* 组合,组合特征如下:

1) 裸子植物花粉占绝对优势地位(86.96%~100%),蕨类植物孢子较低(0~13.04%),且属种贫乏。

2) 裸子植物花粉以无肋双囊粉含量最多(17.39%~66.67%),其次为具肋双囊粉(16.67%~60.87%),单气囊花粉含量较少(8.33%~18.18%)。含量最高的是 *Protohaploxylinus fertilis*, *P.* sp., *Piceapollenites opimus*, *Pi.* sp., *Potonieisporites* sp., *Alisporites communis*, *Abiespollenites* sp., *Platysaccus* sp., *Falcisporites sublevis*, 其次是 *Hamiapollenites* sp., *Vesicaspora acrifera*, *Parcisporites scabratus*, 零星出现的有 *Pityosporites* sp., *Klausipollenites schaubergeri*, *K.* sp., *Platysaccus papilionis*, *Falcisporites nuthallensis*, *Vesicaspora exposita*, *Vestigisporites* sp., *Cedripites* cf. *pensilis*, *Voltziaceasporites xinjiangensis*, *Protohaploxylinus expletus*, *P. bellus*, *Hamiapollenites indistinctus*, *Striatoabieites pachydermus*, *S.* sp., *Striatopodocarpites* sp., *Lunatisporites* sp., *Vittatina* sp., *Florinites luberae*, *Cordaitina* sp., *Potonieisporites stenolomus*, *Samoilovitchisaccites* sp., *Divarisaccus cinctus*, *Crucisaccites variosulcatus*, *Zonalasporites delicatus*, *Z. rugoverrucatus*, *Triangulisaccites boleensis* 等。

3) 蕨类植物孢子均为无环三缝孢,以 *Cyclogranisporites* sp. 占绝对优势, *Calamospora* sp. 和 *Dictyotriletes* sp. 零星出现。

## 3 孢粉组合时代分析

该孢粉组合含有丰富的具肋纹和无肋纹的双囊粉,这是上二叠统常见的特征。另外,发现了很多二叠纪常见的孢粉化石属种。含量最高的 *Protohaploxylinus* 是晚二叠世的重要分子<sup>[32]</sup>,在准噶尔盆地二叠系—三叠系、陕甘宁盆地南部二叠统、山东北部上石盒子组、澳大利亚昆士兰 Bowen 盆地二叠

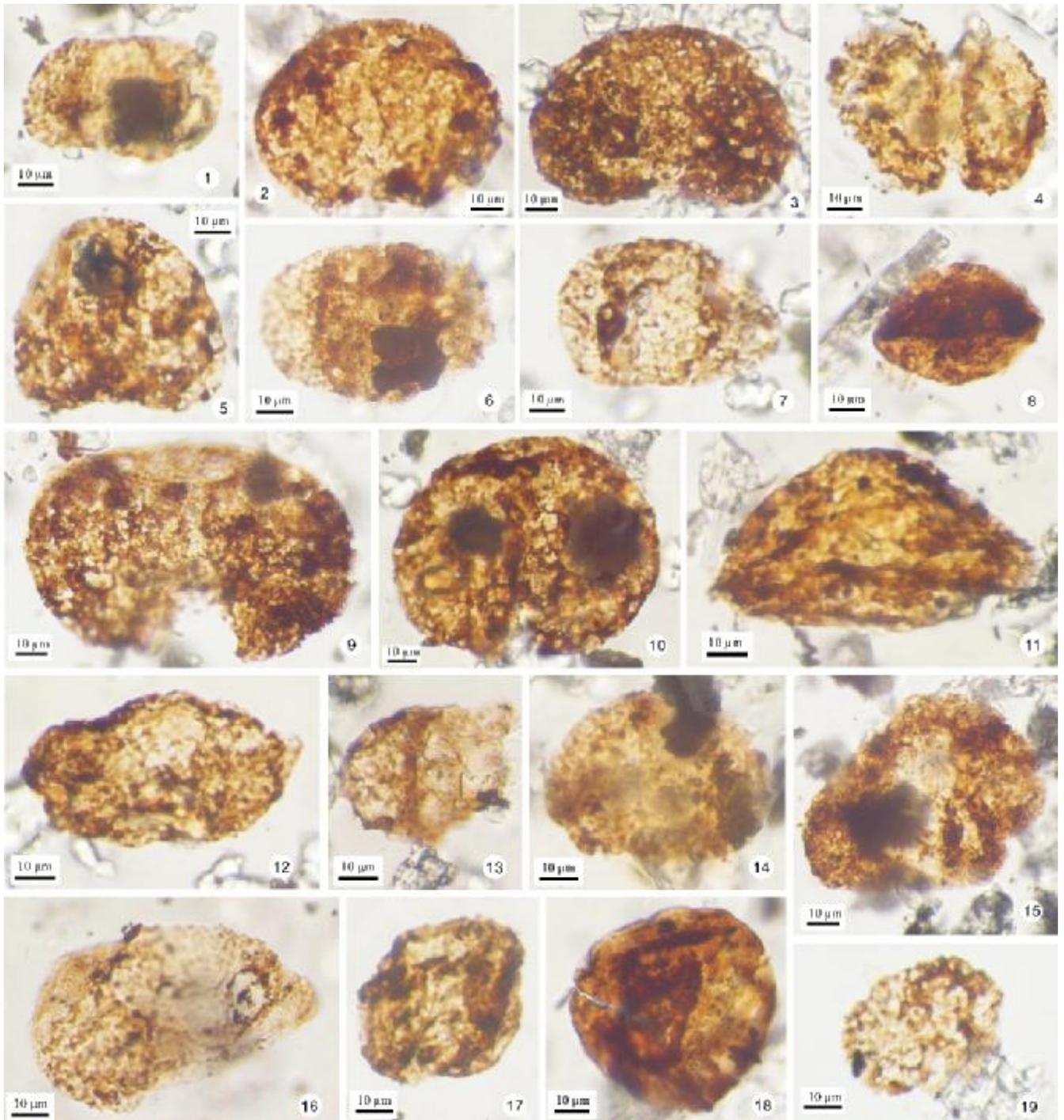


图2 黑富地1井林西组孢粉化石

Fig. 2 Microphotographs of sporopollen fossils from the Upper Permian Linxi Formation in HFD1 well

1—*Alisporites communis*, 样品号:HFD1-25; 2—*Piceapollenites opimus*, 样品号:HFD1-67; 3—*Piceapollenites* sp., 样品号:HFD1-33; 4—*Platysaccus papilionis*, 样品号:HFD1-43; 5—*Vesicaspora acrifera*, 样品号:HFD1-67; 6—*Klausipollenites schaubergeri*, 样品号:HFD1-25; 7—*Falcisporites sublevis*, 样品号:HFD1-43; 8—*Vittatina* sp., 样品号:HFD1-49; 9—*Protohaploxyipinus fertilis*, 样品号:HFD1-25; 10—*Protohaploxyipinus* sp., 样品号:HFD1-43; 11—*Lunatisporites* sp., 样品号:HFD1-83; 12—*Hamiapollenites indistinctus*, 样品号:HFD1-43; 13—*Hamiapollenites* sp., 样品号:HFD1-47; 14—*Cordaitina* sp., 样品号:HFD1-25; 15—*Potonieisporites stenolomus*, 样品号:HFD1-65; 16—*Potonieisporites* sp., 样品号:HFD1-67; 17—*Divarisaccus cinctus*, 样品号:HFD1-53; 18—*Crucisaccites variosulcatus*, 样品号:HFD1-45; 19—*Florinites luberae*, 样品号:HFD1-53(孢粉化石保存在吉林大学地层古生物学与地层学研究中心)

系—三叠系中都有不同程度的分布<sup>[33]</sup>。含量次之的 *Piceapollenites*, *Potonieisporites* 在新疆皮山杜瓦普司格组晚二叠世地层中有较高的含量<sup>[34]</sup>, 塔里木西南晚二叠世杜瓦组的孢粉组合甚至被命名为 *Piceapollenites-Gardenasporites* 组合<sup>[35]</sup>, *Piceapollenites opimus* 曾见于新疆空谷阶金沟组及华北东濮长兴阶—印度阶<sup>[36-37]</sup>, *Potonieisporites stenolomus* 见于新疆平地泉组<sup>[37]</sup>, *Alisporites communis* 见于新疆<sup>[37-38]</sup>, 内蒙古阿鲁科尔沁旗<sup>[25]</sup>、巴林右旗<sup>[39]</sup>、林西<sup>[40]</sup>, 贵州威宁<sup>[41]</sup>等地乐平统一下三叠统底部。*Hamiapollenites*, *Cordaitina*, *Florinites luberae*, *Klausipollenites schaubergeri*, *Platysaccus papilionis*, *Vittatina* 等也为二叠纪常见属种<sup>[33, 42-47]</sup>。*Hamiapollenites indistinctus* 见于新疆地区上二叠统<sup>[37, 48]</sup>。*Divarisaccus* 属模式种产于印度二叠纪地层中, *Divarisaccus scinctus* 见于新疆、贵州北部的二叠系中<sup>[37, 49]</sup>, 在内蒙古阿荣旗见于上二叠统林西组<sup>[50]</sup>。*Crucisaccites variosulcatus* 见于新疆<sup>[37-38]</sup>、甘肃永昌和肃南<sup>[51]</sup>、内蒙古巴林右旗<sup>[39]</sup>二叠系—三叠系初期。*Falcisporites* 分布在二叠系, 新疆北部见于吉木萨尔县三台大龙口泉子街组—锅底坑组, 伊宁县潘吉木的铁木里克组, 吉木萨尔县沙丘河—帐篷沟井区的平地泉组, 韭菜园组底部也有该属化石存在<sup>[52]</sup>, 在田杜瓦地区晚二叠世晚期地层中(梧桐沟组)亦有分布<sup>[43]</sup>, 另外该属也见于大兴安岭地区林西组<sup>[25]</sup>和幸福之路组<sup>[39]</sup>。

除了特征分子外, 当前孢粉组合还可与新疆准噶尔盆地、塔里木盆地及华北等地晚二叠世孢粉组合对比。如与准噶尔盆地锅底坑组中下部、梧桐沟组相同的分子有 20 个属种: *Cyclogranisporites*, *Calamospora*, *Dictyotriletes*, *Alisporites communis*, *Klausipollenites schaubergeri*, *Platysaccus papilionis*, *Piceapollenites*, *Vestigisporites*, *Protohaploxylinus*, *Hamiapollenites*, *Striatoabieites*, *Florinites luberae*, *Potonieisporites*, *Cedripites* cf. *pensilis*, *Vesicaspora*, *Falcisporites nuthallensis*, *Crucisaccites variosulcatus*, *Cordaitina*, *Striatopodocarpites*, *Samoilovitchisaccites*<sup>[37, 44-45]</sup>; 与新疆和田杜瓦晚二叠世梧桐沟组相同的属种有: *Calamospora*, *Alisporites*, *Klausipollenites schaubergeri*, *Platysaccus papilionis*, *Abiespollenites*, *Vesicaspora*, *Falcisporites*, *Protohaploxylinus*, *Hamiapollenites*, *Striatoabieites*, *Striatopodocarpites*, *Vittatina*, *Cordaitina*, *Florinites*,

*Potonieisporites*<sup>[43]</sup>; 新疆皮山杜瓦晚二叠世普司格组最上部主要孢粉化石有 16 个属, 其中 12 个属见于当前孢粉组合中: *Cyclogranisporites*, *Potonieisporites*, *Protohaploxylinus*, *Vittatina*, *Vesicaspora*, *Cordaitina*, *Crucisaccites*, *Piceapollenites*, *Alisporites*, *Striatopodocarpites*, *Hamiapollenites*, *Vestigisporites*<sup>[34]</sup>; 新疆三塘湖盆地晚二叠世芦草沟组占主导地位的 6 个属种全部出现在当前组合中, 具体为 *Cordaitina*, *Hamiapollenites*, *Protohaploxylinus*, *Striatopodocarpites*, *Alisporites*, *Striatoabieites*, 其他相同的属种为 *Calamospora*, *Cyclogranisporites*, *Platysaccus papilionis*, *Crucisaccites*, *Florinites*, *Vittatina*<sup>[33]</sup>。与山西柳林晚二叠世晚期孙家沟组相同的属种为 *Calamospora*, *Cyclogranisporites*, *Cordaitina*, *Florinites*, *Potonieisporites*, *Alisporites*, *Klausipollenites schaubergeri*, *Platysaccus papilionis*, *Falcisporites*, *Pityosporites*, *Vestigisporites*, *Protohaploxylinus*, *Striatopodocarpites*, *Striatoabieites*, *Vittatina*<sup>[53]</sup>。

近年来, 松辽盆地外围晚二叠世林西组也发现孢粉化石<sup>[25-26]</sup>, 其中一些常见于晚二叠世的分子, 如 *Calamospora*, *Cyclogranisporites*, *Vesicaspora*, *Klausipollenites schaubergeri*, *Platysaccus papilionis*, *Piceapollenites*, *Falcisporites sublevis*, *Vittatina*, *Protohaploxylinus*, *Florinites luberae*, *Cordaitina*, *Potonieisporites*, *Vestigisporites*, *Alisporites communis* 也见于当前孢粉组合中。当前孢粉组合与突泉盆地突 D2 井林西组孢粉化石也具有一定的可比性, 相同的属种有: *Cyclogranisporites*, *Alisporites communis*, *Klausipollenites schaubergeri*, *Pityosporites*, *Hamiapollenites indistinctus*, *Lunatisporites*, *Divarisaccus cinctus*, *Piceapollenites opimus*, *Samoilovitchisaccites*<sup>[54-55]</sup>。

综上所述, 当前孢粉组合的时代应为晚二叠世, 且与新疆北部晚二叠世孢粉组合关系较为密切。

#### 4 地层区域对比及意义

松辽盆地是中国陆相生油盆地的典型代表, 白垩纪地层非常发育, 但对白垩系之下地层的研究还较薄弱。随着松辽盆地深部针对晚古生代地层的石油地质综合研究和勘探力度持续加大<sup>[56-57]</sup>, 数十口井钻遇了晚古生代地层, 但地层划分对比一直缺乏有效手段, 依

靠岩性和地震解译很难建立可靠的晚古生代地层系统,杜101井二叠纪海相动物化石的发现,为松辽盆地深层中二叠世地层与盆地周缘的对比提供了可信的依据,大兴安岭地区的哲斯组可引入盆地内,将原杜尔伯特板岩组及一心组统称为哲斯组,但晚二叠世地层的对比一直没有确切的时代依据。

松辽盆地西部大兴安岭地区上二叠统林西组非常发育,研究程度也相对较高,含有双壳、叶肢介、介形虫、植物、孢粉等多门类化石,尤其是多地发现具有明确时代意义的孢粉化石<sup>[25-26, 40, 54, 58]</sup>,在黑富地1井1515~2020.5 m井段发现的孢粉化石组合特征与盆地西部林西组孢粉组合有可比性,含孢粉化石井段的岩性主要为灰色、灰黑色粉砂岩和黑色泥岩,局部夹凝灰岩、凝灰质砂岩,与盆地周边晚二叠世地层岩性相符,因此笔者将大兴安岭地区晚二叠世林西组引入盆地内代替原四站板岩组,将赋含化石井段地层划为林西组。

松辽盆地处于西伯利亚板块、华北板块和太平洋板块挟持的构造复合交切部位,是一个动力学背景十分复杂的盆地,从目前研究情况看,盆地内中晚二叠世地层均可以与盆地周缘对比,说明二叠纪时期包括松辽盆地在内的整个东北地区处于相同的构造背景之下,具有相同的沉积演化历史,推测松辽盆地外围广泛分布的晚二叠世林西组巨厚暗色泥岩,在松辽盆地内部同样分布广泛,有望成为重要的油气勘探层系。

## 5 结论

1)黑富地1井1515~2020.5 m井段发现的孢粉化石组合以裸子植物花粉占绝对优势地位,蕨类植物孢子较低,且属种贫乏。裸子植物花粉以无肋双囊粉含量最多,其次为具肋双囊粉,单气囊花粉含量较少,该孢粉组合的时代为晚二叠世,与新疆北部晚二叠世孢粉组合关系密切。

2)黑富地1井1515~2020.5 m井段地层的岩性和孢粉化石特征,可与松辽盆地西部大兴安岭地区林西组对比,因此将林西组引入盆地内,代替前人的“四站板岩组”。

3)中晚二叠纪时期松辽盆地与东部大兴安岭地区沉积环境相同,地层可以相互对比。

致谢:孢粉化石由吉林大学地层古生物学与地层

学研究中心张淑芹研究员分析鉴定,审稿专家提出了宝贵的修改意见,在此一并表示衷心的感谢。

## 参考文献(References):

- [1]Huang B H. Biogeography of Late Paleozoic floras of northeastern China [C]//Ishii K, Liu X Y, Ichikawa K. Pre-Jurassic Geology of Inner Mongolia, China. Osaka: Osaka University, 1991: 159-174.
- [2]Wang H, Liu X Y. Paleoplate tectonics between Cathaysia and Angaraland in Inner Mongolia of China [J]. Tectonics, 1986, 5(7): 1073-1088.
- [3]孙德有, 吴福元, 张艳斌, 等. 西拉木伦河—长春—延吉板块缝合带的最后闭合时间——来自吉林大玉山花岗岩体的证据 [J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2004, 34(2): 174-181.  
Sun D Y, Wu F Y, Zhang Y B, et al. The final closing time of the West Lamulun River-Changchun-Yanji Plate suture zone: Evidence from the Dayushan granitic Pluton, Jilin Province [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2004, 34(2): 174-181.
- [4]吴福元, 李献华, 杨进辉, 等. 花岗岩成因研究的若干问题 [J]. 岩石学报, 2007, 23(6): 1217-1238.  
Wu F Y, Li X H, Yang J H, et al. Discussions on the petrogenesis of granites [J]. Acta Petrologica Sinica, 2007, 23(6): 1217-1238.
- [5]Miao L C, Fan W M, Liu D Y, et al. Geochronology and geochemistry of the Hegenshan ophiolitic complex: Implications for late-stage tectonic evolution of the Inner Mongolia-Daxinganling Orogenic Belt, China [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2008, 32(5/6): 348-370.
- [6]童英, 洪大卫, 王涛, 等. 中蒙边境中段花岗岩时空分布特征及构造和找矿意义 [J]. 地球学报, 2010, 31(3): 395-412.  
Tong Y, Hong D W, Wang T, et al. Spatial and temporal distribution of granitoids in the middle segment of the Sino-Mongolian border and its tectonic and metallogenic implications [J]. Acta Geoscientica Sinica, 2010, 31(3): 395-412.
- [7]张磊, 吕新彪, 刘阁, 等. 兴蒙造山带东段大陆弧后 A 型花岗岩特征与成因 [J]. 中国地质, 2013, 40(3): 869-884.  
Zhang L, Lv X B, Liu G, et al. Characteristics and genesis of continental back-arc A-type granites in the eastern segment of the Inner Mongolia-Da Hinggan Mountains orogenic belt [J]. Geology in China, 2013, 40(3): 869-884.
- [8]叶栩松, 廖群安, 葛梦春. 内蒙古锡林浩特、林西地区三叠纪过铝质花岗岩的成因及构造意义 [J]. 地质科技情报, 2011, 30(3): 57-64.  
Ye X S, Liao Q A, Ge M C. Petrogenesis and tectonic significance of Triassic peraluminous granitoids in Xilinhaote and Linxi area, Inner Mongolia [J]. Geological Science and Technology Information, 2011, 30(3): 57-64.
- [9]李益龙, 周汉文, 钟增球, 等. 华北与西伯利亚板块的对接过程: 来自西拉木伦缝合带变形花岗岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄证据 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2009, 34(6): 931-938.

- Li Y L, Zhou H W, Zhong Z Q, et al. Collision processes of North China and Siberian plates: evidence from LA-ICP-MS zircon U-Pb age on deformed granite in Xar Moron suture zone[J]. *Earth Science — Journal of China University of Geosciences*, 2009, 34(6): 931-938.
- [10]李锦轶, 高立明, 孙桂华, 等. 内蒙古东部双井子中三叠世同碰撞壳源花岗岩的确定及其对西伯利亚与中朝古板块碰撞时限的约束[J]. *岩石学报*, 2007, 23(3): 565-582.
- Li J Y, Gao L M, Sun G H, et al. Shuangjingzi middle Triassic syn-collisional crust-derived granite in the East Inner Mongolia and its constraint on the timing of collision between Siberian and Sino-Korean paleo-plates[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2007, 23(3): 565-582.
- [11]王成文, 金巍, 张兴洲, 等. 东北及邻区晚古生代大地构造属性新认识[J]. *地层学杂志*, 2008, 32(2): 119-136.
- Wang C W, Jin W, Zhang X Z, et al. New understanding of the Late Paleozoic tectonics in northeastern China and adjacent areas [J]. *Journal of Stratigraphy*, 2008, 32(2): 119-136.
- [12]张兴洲, 周建波, 迟效国, 等. 东北地区晚古生代构造-沉积特征与油气资源[J]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 2008, 38(5): 719-725.
- Zhang X Z, Zhou J B, Chi X G, et al. Late Paleozoic tectonic-sedimentation and petroleum resources in northeastern China [J]. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 2008, 38(5): 719-725.
- [13]李娟, 郑常青, 金巍, 等. 内蒙古中部地区晚古生代地层接触变质作用研究初探[J]. *地学前缘*, 2011, 18(2): 223-230.
- Li J, Zheng C Q, Jin W, et al. A study of contact metamorphism of Late Paleozoic strata in the middle of Inner Mongolia [J]. *Earth Science Frontiers*, 2011, 18(2): 223-230.
- [14]荆铁亚, 张金川, 孙睿, 等. 内蒙古东南部林西组页岩气聚集地质条件[J]. *天然气地球科学*, 2014, 25(8): 1290-1298.
- Jing T Y, Zhang J C, Sun R, et al. Geological accumulation conditions for Linxi Formation Shale Gas in southeastern Inner Mongolia[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2014, 25(8): 1290-1298.
- [15]张健, 卞雄飞, 陈树旺, 等. 大兴安岭中南部上二叠统林西组页岩气资源前景[J]. *地质通报*, 2013, 32(8): 1297-1306.
- Zhang J, Bian X F, Chen S W, et al. Shale gas resources prospect of Late Permian Linxi Formation in the middle-southern part of the Da Hinggan Mountains[J]. *Geological Bulletin of China*, 2013, 32(8): 1297-1306.
- [16]张健, 孙雷, 苏飞, 等. 松辽盆地西缘高力板断陷油气勘探层系及资源前景[J]. *东北石油大学学报*, 2019, 43(1): 30-39
- Zhang J, Sun L, Su F, et al. Layer series of oil and gas exploration and resource prospect in Gaoliban fault depression in the west edge of Songliao Basin[J]. *Journal of Northeast Petroleum University*, 2019, 43(1): 30-39.
- [17]任胜利, 萧德铭, 迟元林. 松辽盆地基底石炭—二叠系烃源岩生气期研究[J]. *自然科学进展*, 2006, 16(8): 974-979.
- Ren Z L, Xiao D M, Chi Y L. Research on the gas-generating stage of the source rocks in the Carboniferous- Permian basement, Songliao Basin [J]. *Progress in Natural Science*, 2006, 16(8): 974-979. (in Chinese)
- [18]余和中, 蔡希源, 韩守华, 等. 松辽盆地石炭—二叠系烃源岩研究[J]. *沉积与特提斯地质*, 2003, 23(2): 62-66.
- Yu H Z, Cai X Y, Han S H, et al. The Carboniferous-Permian source rocks in the Songliao Basin [J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 2003, 23(2): 62-66.
- [19]赵志魁, 江涛, 贺君玲. 松辽盆地石炭系—二叠系油气勘探前景[J]. *地质通报*, 2011, 30(2/3): 221-227.
- Zhao Z K, Jiang T, He J L. The oil and gas exploration prospect of Carboniferous -Permian in Songliao Basin, northeastern China [J]. *Geological Bulletin of China*, 2011, 30(2/3): 221-227.
- [20]梁仲发. 东北北部及内蒙古东部晚二叠世的一些双壳类化石及几个有关地层问题[C]. *中国地质科学院沈阳地质矿产研究所刊*, 1982(4): 130-148.
- Liang Z F. Some Late Permian bivalve and related stratigraphical questions of eastern Nei Mongol and northern Northeast China [C]. *Bulletin of Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, CAGS*, 1982(4): 130-148.
- [21]王五力. 内蒙古昭乌达盟上二叠统陶海营子组的叶肢介化石[J]. *古生物学报*, 1984, 23(1): 124-131.
- Wang W L. Late Permian Conchostraca from the Taohaiyingzi formation in Juud Meng, Nei Mongol [J]. *Acta Palaeontologica Sinica*, 1984, 23(1): 124-131.
- [22]黄本宏. 大兴安岭地区石炭、二叠系及植物群[M]. 北京: 地质出版社, 1993: 1-141.
- Huang B H. Carboniferous and Permian systems and floras in the Da Hinggan Range[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993: 1-141.
- [23]刘永高, 谭佐山, 刘书金. 内蒙古东部的上二叠统林西组[J]. *内蒙古地质*, 1999(2): 22-27.
- Liu Y G, Tan Z S, Liu S J. Linxi Formation of Upper Permian Series in the eastern Inner Mongola[J]. *Geology of Inner Mongolia*, 1999(2): 22-27.
- [24]张永生, 牛绍武, 田树刚, 等. 内蒙古林西地区上二叠统林西组叶肢介化石的发现及意义[J]. *地质通报*, 2012, 31(9): 1394-1403.
- Zhang Y S, Niu S W, Tian S G, et al. The discovery of Conchostracan fossils in the Upper Permian Linxi Formation of Linxi area, Inner Mongolia, and its geological significance [J]. *Geological Bulletin of China*, 2012, 31(9): 1394-1403.
- [25]郑月娟, 张健, 陈树旺, 等. 内蒙古阿鲁科尔沁旗陶海营子剖面林西组化石新发现[J]. *地质通报*, 2013, 32(8): 1269-1276.
- Zheng Y J, Zhang J, Chen S W, et al. New fossil discovery along the section of Linxi Formation at Taohaiyingzi in Ar Horqin Banner, Inner Mongolia [J]. *Geological Bulletin of China*, 2013, 32(8):

- 1269-1276.
- [26]杨兵,张雄华,葛梦春,等.内蒙古林西地区晚二叠世—早三叠世孢粉组合及三叠系的发现[J].地球科学——中国地质大学学报,2014,39(7):784-794.
- Yang B, Zhang X H, Ge M C, et al. Late Permian-Early Triassic palynological assemblages in Linxi, Inner Mongolia and discovery of Triassic strata[J]. Earth Science — Journal of China University of Geosciences, 2014, 39(7): 784-794.
- [27]郑月娟,张健,张海华,等.大兴安岭中段晚二叠世林西组介形虫化石及环境意义[J].吉林大学学报(地球科学版),2020年,50(6):1776-1786.
- Zheng Y J, Zhang J, Zhang H H, et al. New Discovery of ostracods of Upper Permian Linxi Formation in central Da Hinggan Mountains and its significance[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2020, 50(6): 1776-1786.
- [28]郑月娟,黄欣,孙跃武,等.松辽盆地及外围石炭系—二叠系划分与对比[J].地质与资源,2018,27(1):1-15.
- Zheng Y J, Huang X, Sun Y W, et al. The Carboniferous-Permian stratigraphic division and correlation in the Songliao Basin and its peripheral areas[J]. Geology and Resources, 2018, 27(1): 1-15.
- [29]迟元林,王璞珺,单玄龙,等.中国陆相含油气盆地深层地层研究——以松辽盆地为例[M].长春:吉林科学技术出版社,2000:1-233.
- Chi Y L, Wang P J, Shan X L, et al. Study on non-marine deep stratigraphy of oil-bearing basin in China: An example from Songliao Basin[M]. Changchun: Jilin Science and Technology Press, 2000: 1-233.
- [30]万传彪,孙跃武,薛云飞,等.松辽盆地杜101井晚古生代地层划分与对比[J].世界地质,2019,38(2):889-899.
- Wan C B, Sun Y W, Xue Y F, et al. Late Paleozoic stratigraphic division and correlation in Well Du 101 in Songliao Basin[J]. Global Geology, 2019, 38(2): 889-899.
- [31]万传彪,孙跃武,薛云飞,等.松辽盆地西部斜坡区新近纪孢粉组合及其地质意义[J].中国科学:地球科学,2014,44(7):1429-1442.
- Wan C B, Sun Y W, Xue Y F, et al. Neogene palynological assemblages in the west slope of Songliao Basin and their geological implications [J]. Science China Earth Sciences, 2014, 57 (10): 2486-2497.
- [32]刘洪福.新疆哈密库莱二叠—三叠纪地层的发现及其意义[J].西北大学学报,1992,22(2):209-218.
- Liu H F. Discovery of the Permian-Triassic Strata in the Kulai, Hami, Xinjiang province and their significance [J]. Journal of Northwest University, 1992, 22(2): 209-218.
- [33]尹凤娟,刘洪福,华洪.三塘湖盆地晚二叠世芦草沟组孢粉组合[J].石油与天然气地质,2002,23(4):392-396.
- Yin F J, Liu H F, Hua H. Late Permian sporopollen assemblage from Lucaogou Formation in Santanghu Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2002, 23(4): 392-396.
- [34]朱怀诚.新疆皮山杜瓦普司格组晚二叠世孢粉的发现[J].地层学杂志,1997,21(3):219-223.
- Zhu H C. Discovery of Late Permian spores and pollen from the Pusige Formation of Pishan, Xinjiang [J]. Journal of Stratigraphy, 1997, 21(3): 219-223.
- [35]朱怀诚.塔里木西南早三叠世早期孢粉组合及二叠系/三叠系界线研究[J].科学通报,1997,42(3):301-303.
- Zhu H C. Discovery of the Earliest Triassic spores and pollen from southwest Tarim and Permian-Triassic (P-T) boundary [J]. Chinese Science Bulletin, 1996, 41(24): 2066-2069.
- [36]刘户琴,蒋飞虎,罗海琴.东濮凹陷“高阻红层”的孢粉组合及地质时代[J].古生物学报,2011,50(2):219-229.
- Liu H Q, Jiang F H, Luo H C. Spore-pollen assemblages of the “high-resistivity red-beds” in the Dongpu depression and their geological age[J]. Acta Palaeontologica Sinica, 2011, 50(2): 219-229.
- [37]欧阳舒,王智,詹家祯.新疆北部石炭纪—二叠纪孢子花粉研究[M].合肥:中国科学技术大学出版社,2003:1-700.
- Ouyang S, Wang Z, Zhan J Z. Palynology of the Carboniferous and Permian strata of northern Xinjiang, northwestern China[M]. Hefei: University of Science and Technology of China Press, 2003: 1-700.
- [38]Zhu H C, Ouyang S, Zhan J Z, et al. Comparison of Permian palynological assemblages from the Junggar and Tarim basins and their phytoprovincial significance [J]. Review of Palaeobotany and Palynology, 2005, 136(3/4): 181-207.
- [39]郑月娟,苏飞,陈树旺,等.内蒙古巴林右旗下三叠统幸福之路组化石新发现[J].地质通报,2013,32(9):1423-1435.
- Zheng Y J, Su F, Chen S W, et al. New discovery of fossils in the Lower Triassic Xingfuzhulu Formation, Bairin Right Banner, Inner Mongolia [J]. Geological Bulletin of China, 2013, 32(9): 1423-1435.
- [40]Sun Y W, Zhang S Q, Wan C B, et al. Lopingian palynomorphs in the Linxi Formation, Inner Mongolia, China [J]. Journal of the Geological Society of Japan, 2012, 58: 228.
- [41]Yin H F, Yang F Q, Yu J X, et al. An accurately delineated Permian-Triassic boundary in continental successions [J]. Science in China Series D: Earth Sciences, 2007, 50(9): 1281-1292.
- [42]刘兆生.吐哈盆地北缘二叠系与三叠系界线[J].地层学杂志,2000,24(4):310-314.
- Liu Z S. The Permian-Triassic boundary on the northern Margin of the Turpan-Hami Basin of Xinjiang, NW China [J]. Journal of Stratigraphy, 2000, 24(4): 310-314.
- [43]侯静鹏.新疆和田杜瓦地区晚二叠世孢粉组合[J].新疆地质,1990,8(1):47-55.
- Hou J P. Late Permian spores and pollen assemblage in Duwa district, Hotan, Xinjiang [J]. Xinjiang Geology, 1990, 8(1): 47-55.

- [44]侯静鹏. 新疆准噶尔盆地南缘锅底坑组孢粉组合与二叠系-三叠系界线讨论[C]. 地层古生物论文集, 2004, 28: 177-203.  
Hou J P. Two spore-pollen assemblages of Guodikeng Formation and discussion on the Permo-Triassic boundary in Junggar Basin, Xinjiang [C]. Professional Papers of Stratigraphy and Palaeontology, 2004, 28: 177-203.
- [45]侯静鹏, 王智. 新疆北部二叠纪孢粉组合[C]//中国地质科学院地质研究所, 新疆石油管理局勘探开发研究院. 新疆北部二叠纪-第三纪地层及孢粉组合. 北京: 中国环境科学出版社, 1990: 1-208.  
Hou J P, Wang Z. Spore-pollen assemblages from the Permian of northern Xinjiang, China[C]//Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Xinjiang Petroleum Administration. Permian to Tertiary strata and palynological assemblages in the north of Xinjiang Beijing: China Environmental Science Press, 1990: 1-208.
- [46]王蕙. 塔里木盆地棋盘-杜瓦地区早二叠世孢粉组合中的新物种[J]. 古生物学报, 1985, 24(6): 663-671.  
Wang H. New forms of Early Permian spore-pollen assemblages from southwest Tarim Basin [J]. Acta Palaeontologica Sinica, 1985, 24(6): 663-671.
- [47]王蕙. 塔里木盆地棋盘-杜瓦地区早二叠世孢粉植物群及生态环境[J]. 古生物学报, 1989, 28(3): 402-414.  
Wang H. Early Permian palynofloras from Qipan-Duwa areas, Tarim Basin, Xinjiang and their paleoenvironment [J]. Acta Palaeontologica Sinica, 1989, 28(3): 402-414.
- [48]王世新, 胡长安, 罗桂昌, 等. 吐哈盆地沙尔湖煤田晚二叠世地层再认识[J]. 新疆地质, 2011, 29(3): 275-283.  
Wang S X, Hu C A, Luo G C, et al. Recognition of the Late Permian strata in Shaerhu coalfield in Turpan-Hami Basin, Xinjiang [J]. Xinjiang Geology, 2011, 29(3): 275-283.
- [49]罗正江, 王睿, 詹家祯, 等. 新疆准噶尔盆地东北缘孔雀坪剖面二叠纪金沟组孢粉组合及其地层意义[J]. 微体古生物学报, 2014, 31(3): 311-319.  
Luo Z J, Wang R, Zhan J Z, et al. Sporopollen assemblage from the Permian Jingou Formation at the Kongqueping section in the northeast margin of the Junggar Basin, Xinjiang, NW China and its stratigraphical significance [J]. Acta Micropalaeontologica Sinica, 2014, 31(3): 311-319.
- [50]黄欣, 郑月娟, 张健, 等. 内蒙古阿荣旗林西组孢粉化石新发现[C]//中国古生物学会第28届学术年会论文摘要集. 沈阳: 中国古生物学会, 2015: 87.  
Huang X, Zheng Y J, Zhang J, et al. New discovery of sporopollen fossils from Linxi Formation in Arun Qi, Inner Mongolia [C]//Abstracts of Papers of the 28th Annual Meeting of Chinese Paleontology Society. Shenyang: Chinese Paleontology Society, 2015: 87. (in Chinese)
- [51]Ouyang S, Zhu H C, Wang H. Permian palynofloras from Yongchang and Sunan of Gansu Province and their phytoprovincial characteristics [J]. Chinese Science Bulletin, 1999, 44(9): 831-834.
- [52]Ouyang S, Norris G. Earliest Triassic (Induan) spores and pollen from the Junggar Basin, Xinjiang, northwestern China [J]. Review of Palaeobotany and Palynology, 1999, 106(1/2): 1-56.
- [53]侯静鹏, 欧阳舒. 山西柳林孙家沟组孢粉植物群[J]. 古生物学报, 2000, 39(3): 356-368.  
Hou J P, Ouyang S. Palynoflora from the Sunjiagou Formation in Liulin County, Shanxi province [J]. Acta Palaeontologica Sinica, 2000, 39(3): 356-368.
- [54]张德军, 张健, 郑月娟, 等. 内蒙古自治区兴安盟突泉盆地 TD-2 井晚二叠世孢粉的发现及其油气地质意义[J]. 中国地质, 2020, 47(3): 798-809.  
Zhang D J, Zhang J, Zheng Y J, et al. Discovery of Late Permian pollen and spores in TD-2 borehole in Tuquan Basin of Hinggan League of Inner Mongolia and their oil and gas geological implications [J]. Geology in China, 2020, 47(3): 798-809.
- [55]张德军, 张健, 郑月娟, 等. 内蒙古自治区突泉盆地 TD-2 井地层时代归属的探讨[J]. 地质论评, 2019, 65(S1): 109-110.  
Zhang D J, Zhang J, Zheng Y J, et al. Discussion of the stratigraphic time in the TD-2 borehole in Tuquan Basin, Inner Mongolia [J]. Geological Review, 2019, 65(S1): 109-110. (in Chinese)
- [56]张健, 孙雷, 何大祥, 等. 松辽盆地滨北西部上二叠统林西组烃源岩生物标志化合物的特征及意义[J]. 地质与资源, 2019, 28(4): 350-357.  
Zhang J, Sun L, He D X, et al. Biomarker compounds in the source rocks of Upper Permian Linxi Formation in western Binbei area, Songliao Basin: Characteristics and implications [J]. Geology and resources, 2019, 28(4): 350-357.
- [57]陈树旺, 许光, 杨建国, 等. 松辽盆地及外围油气资源基础地质调查——“十三五”阶段进展与未来工作展望[J]. 地质与资源, 2021, 30(3): 221-231, 248.  
Chen S W, Xu G, Yang J G, et al. Foundational geological survey for oil and gas resources in Songliao Basin and its periphery areas: Progress and prospect [J]. Geology and resources, 2021, 30(3): 221-231, 248.
- [58]张德军, 张健, 郑月娟, 等. 大兴安岭南二叠纪-三叠纪之交孢粉化石及古气候环境分析[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2019, 49(5): 1350-1361.  
Zhang D J, Zhang J, Zheng Y J, et al. Discovery and paleoclimatic significances of Permian-Triassic sporopollen fossils from southern Da Hingnn Mountains [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2019, 49(5): 1350-1361.