

doi:10.12097/j.issn.1671-2552.2023.2-3.003

内蒙古锡林浩特宝力根地区哲斯腕足动物群的发现及其生物古地理分区

韦一¹, 杨兵^{2*}, 陈喜庆², 雷晓婷³, 鲁与¹, 贾宇龙¹WEI Yi¹, YANG Bing^{2*}, CHEN Xiqing², LEI Xiaoting³, LU Yu¹, JIA Yulong¹

1. 华北科技学院安全工程学院, 河北 廊坊 065201;

2. 自然资源实物地质资料中心, 河北 廊坊 065201;

3. 陕西省自然资源厅信息中心, 陕西 西安 710082

1. School of Safety Engineering, North China Institute of Science and Technology, Langfang 065201, Hebei, China;

2. China Geological Survey Cores and Samples Centre of Natural and Resources, Langfang 065201, Hebei, China;

3. Department of Natural Resources of Shaanxi Province Information Center, Xi'an 710082, Shaanxi, China

摘要:内蒙古锡林浩特宝力根苏木乌勒吉图剖面哲斯组灰岩中发现大量腕足化石, 共计 18 属 23 种。该腕足群落以长身贝目、石燕目为主, 化石组合面貌具有典型的哲斯动物群特征。可将其由下至上划分为 2 个组合: I *Yakovlevia mammata*-*Anidanthus rugosa* 组合; II *Anidanthus ussuricus*-*Rhombospirifer zhesiensis* 组合。其中, 组合 I 地质年代为 Kungurian 期—Roadian 期, 组合 II 地质年代为 Wordian 期。通过对腕足冷暖属性特征研究, 发现组合 I 属于凉水型—分异型, 组合 II 属于凉水型—微渗型。对比其他地区的哲斯腕足动物群可以看出, Kungurian 期—Wordian 期哲斯腕足动物群由单一的凉水型向混生型演化, 造成该变化的原因可能是西伯利亚板块和华北板块间的构造运动和晚古生代冰期作用。

关键词:哲斯腕足动物群; 哲斯组; 凉水型; 古亚洲洋; 晚古生代冰期; 内蒙古

中图分类号:Q915.2; P534.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-2552(2023)02/03-0215-08

Wei Y, Yang B, Chen X Q, Lei X T, Lu Y, Jia Y L. Discovery of the Zhesi brachiopods fauna in Bolgensume area, Xilinhot, Inner Mongolia, and its biogeographical division. *Geological Bulletin of China*, 2023, 42(2/3): 215-222

Abstract: Lots of brachiopods which include 18 genera and 23 species were discovered in Zhesi Formation, Wulejitu section, Bolgensume, Xilinhot, Inner Mongolia. The brachiopod community is mainly composed of Productida and Spiriferida, which show typical Zhesi fauna characteristics. It can be divided into two assemblages from bottom to top: I *Yakovlevia mammata*-*Anidanthus rugosa* assemblage; II *Anidanthus ussuricus*-*Rhombospirifer zhesiensis* assemblage. The geological age of assemblage I is assigned to the Kungurian to Roadian, with the characteristic of cool water facies-differentiation type. The geological age of assemblage II is assigned to the Wordian, with the characteristic of cool water facies-micro-osmosis type. A comparison of Zhesi brachiopods fauna from other regions shows that the Zhesi brachiopods fauna evolved from the cold water type to the mixed type mixed type from Kungurian to Wordian. The cause of this change may be the tectonic movement between the Siberian plate and the North China plate or the Late Paleozoic glaciation.

Key words: Zhesi brachiopods fauna; Zhesi Formation; cool-water type; Paleo-Asian Ocean; Late Palaeozoic glaciation; Inner Mongolia

二叠纪是古亚洲洋演化的关键时期, 内蒙古东部及邻区的构造古地理环境演变分为 3 个阶段, 即

古亚洲洋阶段、兴-蒙海槽阶段和兴-蒙张裂海槽阶段(李宁等, 2015; 田树刚等, 2016; 张生旭等,

收稿日期: 2021-06-18; 修订日期: 2021-10-21

资助项目: 中央高校基本科研业务费《古近纪华北—华南非海相介形类动物化石差异演化及其地质意义》(编号: 3142018004)

作者简介: 韦一(1989-), 女, 博士, 副教授, 从事微体古生物研究。E-mail: ostracods@126.com

* 通信作者: 杨兵(1986-), 男, 硕士, 高级工程师, 从事地层古生物研究及地质矿产调查工作。E-mail: yangbinwbsy@126.com

2022)。与此同时,晚古生代冰期事件对全球古气候也有着重大的影响(Fielding et al., 2008; 杨兵等, 2016; Yang et al., 2020), 该时期古亚洲洋生物系统发生了重大的改变, 尤其是腕足生物, 由石炭纪暖水型生物群向二叠纪冷水型生物转变, 在二叠纪冷水型生物群又发生细微的演化(李宁等, 2015; 田树刚等, 2016)。哲斯腕足动物群是古亚洲洋二叠纪腕足动物的主要组成部分, 该动物群的时空分布对研究古亚洲洋的演化有重要的指示意义。

哲斯腕足动物群的研究主要集中在地质年代和动物群冷暖属性两方面。前人对哲斯腕足动物群的地质年代未达成共识, Grabau (1931) 和盛金章 (1962) 先后将其时代定为早二叠世, 李莉等 (1982) 认为其时代为早二叠世晚期。金玉玕等 (1998) 将哲斯组置于中二叠统阳新统茅口阶。王成文等 (2003) 认为, 哲斯组腕足动物群时间跨度为 Kungurian 期—Capitanian 期。此外, 在大多数的研究资料中, 对哲斯腕足动物群冷暖属性的定义过于笼统, 缺乏系统的研究, 多数学者或将其定为凉水型动物群, 或定义成混生动物群。然而, 哲斯腕足动物群在漫长的演化过程中属性会随着环境的变化而发生变化。

本文通过对锡林浩特宝力根苏木乌勒吉图地区斯组腕足动物群进行精细组合划分, 并对各组合的时代及动物群的冷暖属性进行探讨, 区分各时期哲斯腕足动物群冷暖属性的差异, 并讨论其产生差异的原因。

1 地质背景

研究区位于锡林浩特市以西约 20 km 处的宝力根苏木乌勒吉图地区, 剖面位于乌勒吉图以北约 1.5 km 处。哲斯组在该地区分布较广泛, 呈 NNE 向条带状展布, 为一套碎屑岩夹碳酸盐岩组合。剖面由老到新分层描述如下(图 2)。

哲斯组(P_2z)

20. 浅灰色中砂岩 48.1 m
19. 浅青灰色生物碎屑灰岩, 含丰富的腕足化石, 包括 *Anidanthus ussuricus* (Fredericks), *Dictyodostus margaritatus* (Mansuy), *Fallaxoproductus graciosa* Li et Gu, *Gegenella* sp., *Kochiproductus porrectus* (Kutorga), *Linoproductus cora* (d'Orbigny), *Linoproductus neimongolensis* Lee et Gu, *Marginifera gobiensis* Chao, *Monticulifera* sp., *Neospirifer yihewusuensis* Duan et Li, *Orthotetes* sp., *Rhombospirifer zhesiensis*

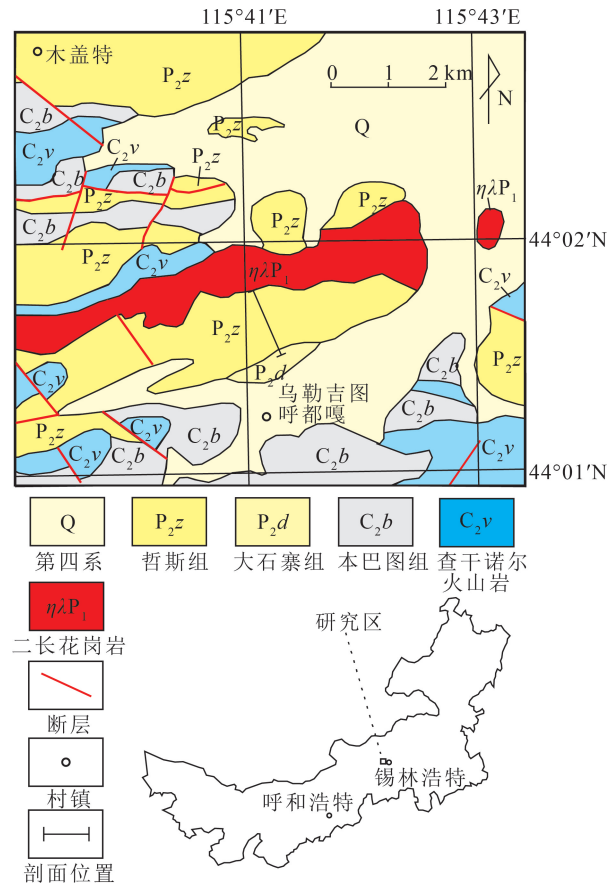


图 1 研究区地质简图

Fig. 1 Geological sketch of the study area

- Duan et Li, *Spiriferella salteri* Tschernyschew, *Spiriferella sinica* Ching, *Stenosisma purdoni* (Davidson), *Waagenoconcha* (*Waagenoconcha*) *elongata* 81.2 m
18. 浅灰色中砂岩 50.9 m
17. 青灰色亮晶灰岩 48.9 m
16. 灰色粗砂岩 23.1 m
15. 青灰色中砂岩 86.5 m
14. 浅灰色砾岩 4.0 m
13. 浅灰色中砂岩 34.1 m
12. 灰色细砂岩 52.0 m
11. 青灰色生物碎屑灰岩, 含丰富的腕足化石, 包括 *Anidanthus kolymaensis* (Lichaew), *Fallaxoproductus graciosa* Li et Gu, *Linoproductus neimongolensis* Lee et Gu, *Liosotella spitzbergiana* (Toula), *Marginifera gobiensis* Chao, *Neospirifer striatus* (Martin), *Neospirifer volatilis* (Duan et Li), *Spiriferella salteri* Tschernyschew, *Yakovlevia mammata* (Keyserling) 9.1 m
10. 浅青灰色中砂岩 42.9 m
9. 灰色砾岩 2.5 m
8. 灰绿色细砂岩 14.5 m

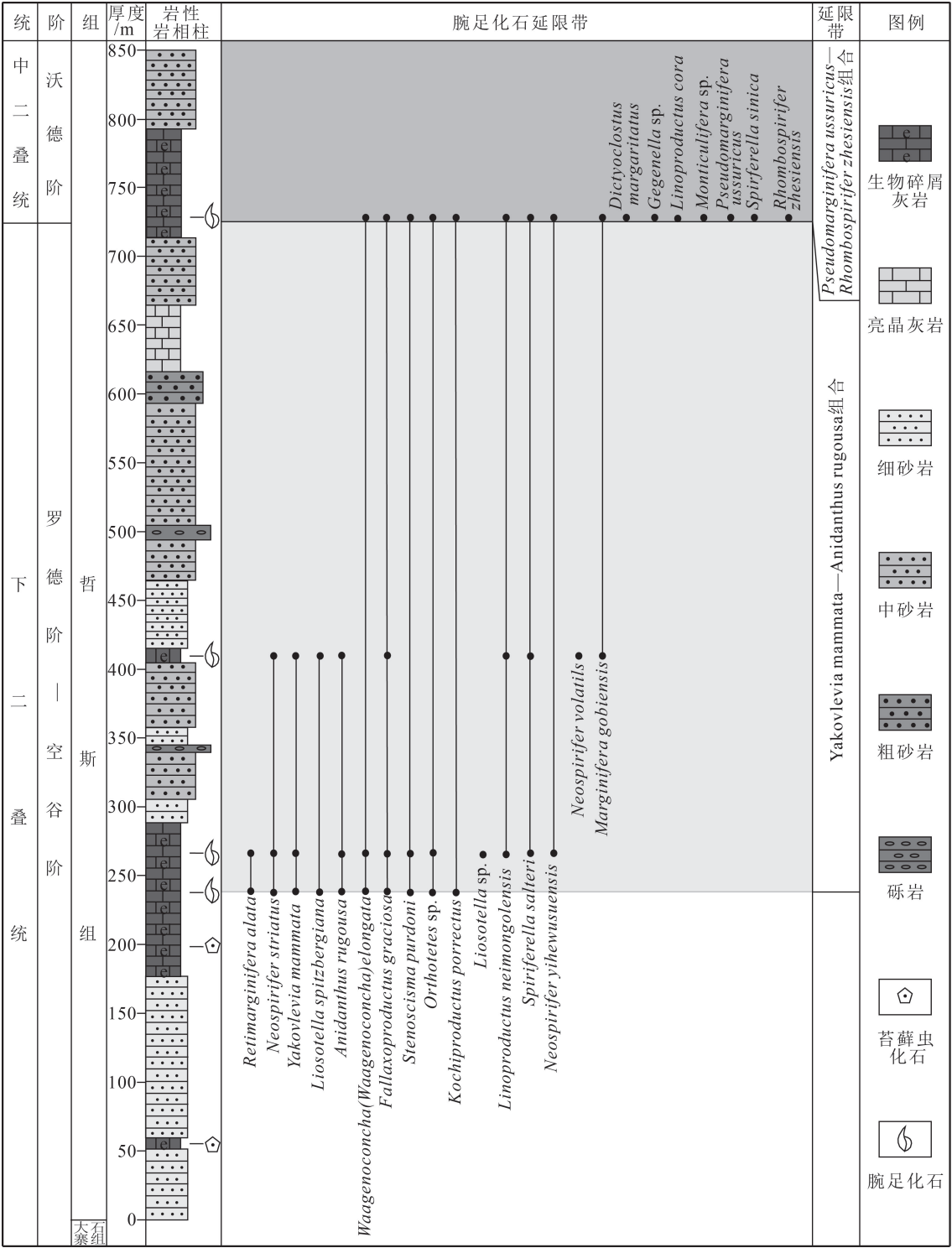


图 2 内蒙古锡林浩特乌勒吉图剖面下—中二叠统哲斯组综合柱状图

Fig. 2 Composite stratigraphic column of Wulejitu section, Xilinhot, Inner Mongolia in Early-Middle Permian Zhesi Formation

7. 灰色砾岩
8.0 m
6. 浅灰色中砂岩
32.5 m
5. 灰绿色细砂岩
20.1 m
4. 青灰色生物碎屑灰岩, 生物化石主要为腕足和苔藓虫, 其中腕足化石采集层位集中在 3 层, 腕足化石包括 *Anidanthus kolymaensis* (Lichaew), *Fallaxoproductus graciosa* Li et Gu,

- Kochiproductus porrectus* (Kutorga), *Liosotella spitzbergiana* (Toula), *Liosotella* sp., *Linoproductus neimongolensis* Lee et Gu, *Neospirifer striatus* (Martin), *Neospirifer yihewusuensis* Duan et Li, *Orthotetes* sp., *Spiriferella salteri* Tschernyschew, *Stenosisma purdoni* (Davidson), *Retimarginifera alata* Waterhouse, *Waagenoconcha* (*Waagenoconcha*) *elongata*, *Yakovlevia mammata* (Keyserling); 苔藓虫化石包括 *Fenestella tessaleta* Liu, *Fistulipora waageniana* Gity
3. 灰绿色细砂岩 149.3 m
2. 青灰色生物碎屑灰岩, 以苔藓虫为主, 少量腕足化石碎片, 其中苔藓虫包括 *Fenestella tessaleta* Liu, *Fistulipora waageniana* Gity 11.5 m
1. 灰绿色细砂岩 52.1 m

整合

大石寨组 (P₁d)

0. 青灰色凝灰质砂岩 未见底

2 生物组合特征和时代

内蒙古锡林浩特宝力根苏木乌勒吉图呼都嘎剖面二叠系哲斯组灰岩中腕足化石极丰富, 经鉴定共计 18 属 23 种 (含 2 个未定种), 其地层分布见图 2。该腕足群落以长身贝目、石燕目为主, 其中长身贝目以 *Yakovlevia* 和 *Linoproductus* 属为主, 石燕目以 *Spiriferella* 和 *Neospirifer* 属为主。此外, 还含有少量的直行贝目、小嘴贝目等。该群落分子有 *Anidanthus kolymaensis* (Lichaew), *Anidanthus ussuricus* (Fredericks), *Dictyoclostus margaritatus* (Mansuy), *Fallaxoproductus graciosa* Li et Gu, *Gegenella* sp., *Kochiproductus porrectus* (Kutorga), *Linoproductus cora* (d'Orbigny), *Linoproductus neimongolensis* Lee et Gu, *Liosotella spitzbergiana* (Toula), *Liosotella* sp., *Marginifera gobiensis* Chao, *Monticulifera* sp., *Neospirifer striatus* (Martin), *Neospirifer volatilis* (Duan et Li), *Neospirifer yihewusuensis* Duan et Li, *Orthotetes* sp., *Rhombospirifer zhesiensis* Duan et Li, *Spiriferella salteri* Tschernyschew, *Spiriferella sinica* Ching, *Stenosisma purdoni* (Davidson), *Retimarginifera alata* Waterhouse, *Waagenoconcha* (*Waagenoconcha*) *elongata*, *Yakovlevia mammata* (Keyserling) (部分属种见图 3)。该组化石具有较强的 *Spiriferella* - *Kochiproductus* - *Yakovlevia* (S-K-Y) 组合特征, 可划为哲斯腕足动物群。

根据化石组合面貌, 可将其分为 2 个组合, 由下至上分别为: I *Yakovlevia mammata* - *Anidanthus*

rugosa 组合, II *Anidanthus ussuricus* - *Rhombospirifer zhesiensis* 组合。

(I) *Yakovlevia mammata* - *Anidanthus rugosa* 组合

Yakovlevia mammata 在该组合中出现频率较高, 据王成文 (2003) 和张松梅 (2002) 统计, *Yakovlevia* 属最早出现在 Moscovian 期, 在 Wordian 期末绝灭, 期间经历了 Kungurian 期和 Wordian 期两度繁盛, 其中 *Yakovlevia mammata* 为 Kungurian—Roadian 繁盛期的特有属种。乌拉尔及泰梅尔等地区是 *Anidanthus rugosa* 的主要产地, 该分子常见于 Kungurian 阶上部—Ufimian 阶中 (张松梅等, 2002), 其中 Ufimian 阶与 Roadian 阶 (孤峰阶) 相当, 在国内常见于银额盆地孤峰阶 (卜建军等, 2013)、内蒙古德伯斯地区大石寨组 *Yakovlevia mammata* - *Pseudomarginifera* (= *Anidanthus*) *aagardi* 组合及西乌旗地区 *Yakovlevia mammata* - *Anidanthus rugosa* 组合中 (王成文等, 2003)。*Retimarginifera* 属为西藏拉萨地块申扎县木纠错剖面下拉组空谷期冷水型动物群 *Alispiriferella* - *Retimarginifera* 组合中的命名分子 (孙天任, 2012)。*Kochiproductus porrectus* 为哲斯腕足动物群极为常见的属种, 该分子延限带较长, 从 Kazimovian 期开始繁盛, 在 Roadian 期中期绝灭 (王成文等, 2003)。该属种虽然无法直接指示精确的时代, 但在 *Yakovlevia mammata* - *Anidanthus rugosa* 组合中可以约束其时代上限。此外, 在该组合下部相邻层位的灰岩中见有大量苔藓虫化石, 经鉴定属种包括 *Fenestella tessaleta* Liu、*Fistulipora waageniana* Gity, 其中 *Fistulipora waageniana* 为栖霞期 (Kungurian 期—Roadian 期早期) 的典型分子 (杨敬之, 1956; 杨敬之等, 1984)。由此可见, *Yakovlevia mammata* - *Anidanthus rugosa* 组合的时代可定为早二叠世 Kungurian 期—中二叠世 Roadian 期。

(II) *Anidanthus ussuricus* - *Rhombospirifer zhesiensis* 组合

该组合中 *Anidanthus ussuricus* 是一个延限带较短的属种, 具有较强的时代意义, 该分子从 Roadian 期开始繁盛, 到 Wordian 期中期绝灭 (张松梅, 2002; 王成文等, 2003)。其在俄罗斯远东地区 (张松梅, 2002; 王成文等, 2003)、锡林浩特克什克腾旗 (杨兵等, 2017) 等地区的 Wordian 阶均为代表性分子。小石燕类的 *Rhombospirifer zhesiensis* 在哲斯敖包剖面 Wordian 阶 *Yakovlevia gigantea* - *Rhombospirifer zhesiensis*

组合(简称 YR 组合)中异常繁盛且最具特色,为该组合的代表性分子(王成文等, 2003)。 *Spiriferella salteri* 在西乌旗嘎顺乌勒地区 *Waagenoconcha* (*Yazengoconcha*) *neimogolica* - *Spiriferella salteri* 组合及内蒙古额济纳旗杭乌拉剖面埋罕哈达组 *Spiriferella* - *Kochiproductus* - *Yakovlevia* 组合(卜建军等, 2011)中极繁盛,且为 *Waagenoconcha* (*Yazengoconcha*) *neimogolica* - *Spiriferella salteri* 组合的定带分子,该组合时代为 Wordian 早期。*Stenosisma purdoni* 是吉林省九台市三台乡范家屯组建组剖面中的常见分子,王成源等(2006)根据牙形石确定其时代可能为 Wordian 期。*Linoproductus cora* 常见于哲斯敖包剖面 *Yakovlevia gigantea* - *Rhombospirifer zhesiensis* 组合(简称 YR 组合)、中蒙边界洪果尔山地区中二叠统阿其德组(卢进才等, 2014)、朝鲜半岛东北部咸北地块中二叠统鸡笼山组(金炳成等, 2012)、内蒙古额济纳旗埋罕哈达组(卜建军等, 2011)。*Liosotella spitzbergiana* 见于内蒙古额济纳旗埋罕哈达组,时代为罗甸期—孤峰期(卜建军等, 2011)。综上可以得出, *Anidanthus ussuricus* - *Rhombospirifer zhesiensis* 组合的时代为中二叠世 Wordian 期。

3 古地理分区讨论

腕足类动物由于分布广泛,且是浅海底栖固着生物,与浮游生物相比扩散能力弱,经常保持着较强的地方性色彩。因此腕足动物是划分生物古地理的理想门类(张松梅, 2002)。关于二叠系腕足生物地理区系的划分,学者们提出了很多方案,主要有三分法、四分法及五分法(张松梅等, 2004)。三分法以 Shi et al. (1993) 为代表,将其由北向南分为冈瓦纳大区、特提斯大区、北方大区,其中冈瓦纳大区和北方大区为凉水型生物大区,特提斯大区为暖水型生物大区。四分法则种类繁多,其中徐桂荣等(1988)将其分为冈瓦纳大区、特提斯大区、北方大区、美洲西部大区; Bambach (1990) 根据温度和地理阻隔将其分为西伯利亚大区、北美大区、特提斯大区和澳大利亚大区;尚庆华等(1997)将其分为冈瓦纳大区、特提斯大区、北方大区和美洲大区。五分法将其分为德克萨斯区、北方区、华夏区、巴拉那区、喜马拉雅区(Shi et al., 1993)。从目前的资料统计情况看,三分法使用率最高,故本文使用三分法。

研究区哲斯组腕足化石可分为三类分子,分别

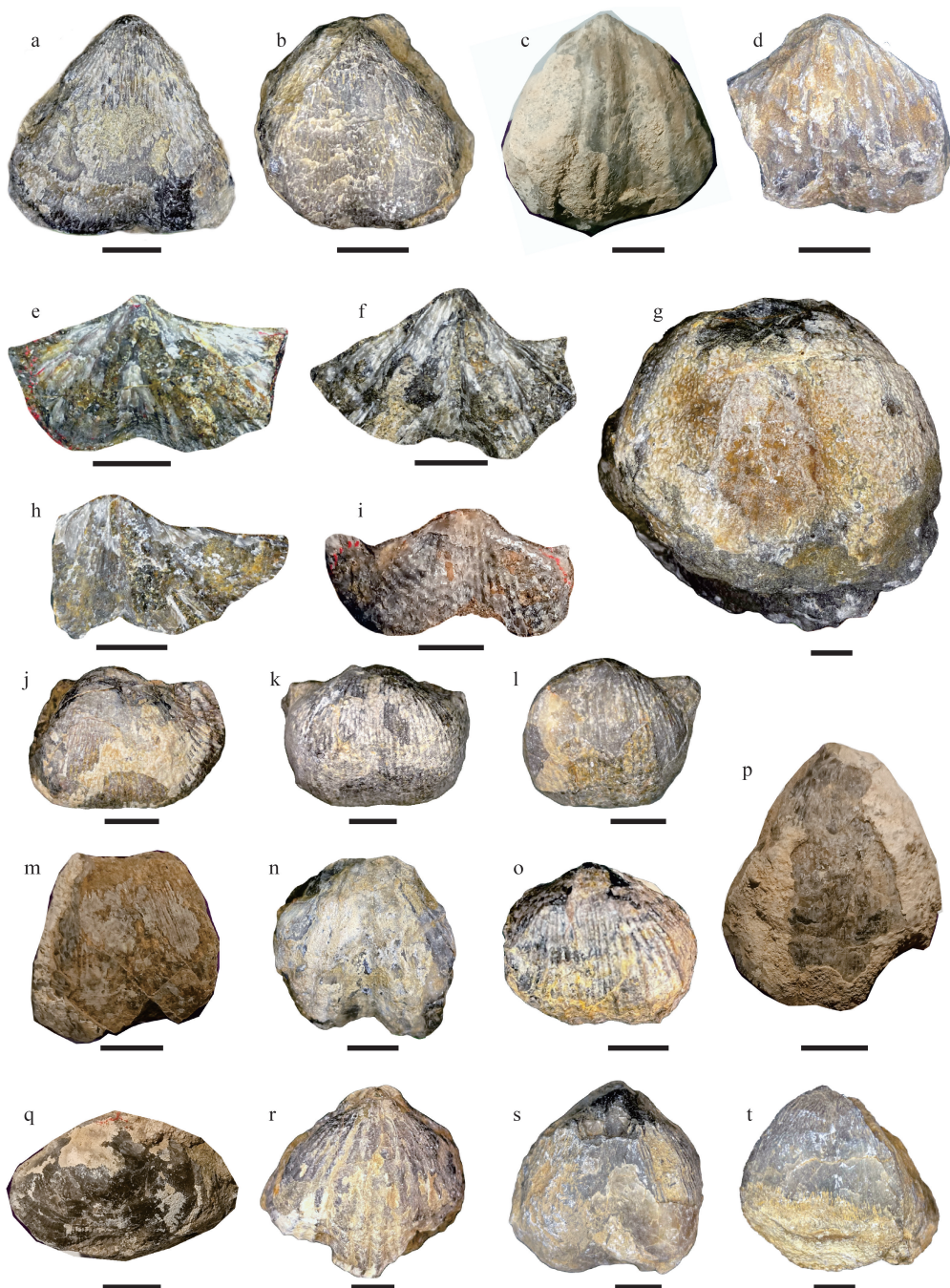
为凉(冷)水型分子、暖水型分子及世界性分子,其中凉(冷)水型分子仅发育于北方大区和冈瓦纳大区,暖水型分子仅发育于特提斯大区,世界性分子可发育于该 3 个大区。

资料显示,研究区哲斯组大多数为冷水属性的分子,其中 *Anidanthus*, *Kochiproductus*, *Neospirifer*, *Spiriferella*, *Stenosisma*, *Liosotella*, *Retimarginifera* 均为典型的两极性分子,分布于北方大区和冈瓦纳大区(卜建军等, 2011)。*Yakovlevia* 为北方大区分子。*Fallaxoproductus graciosa*, *Rhombospirifer zhesiensis* 为内蒙古哲斯地区的土著分子。*Waagenoconcha* (*Waagenoconcha*), *Marginifera*, *Orthotetes*, *Linoproductus*, *Gegenella* 为世界性分子,在北方大区和特提斯大区均有分布,常见于江苏、浙江、江西、安徽、甘肃、内蒙古等地区(杨殿忠等, 2004)。*Dictyoclostus* 属为典型的特提斯大区分子,在贵州扁平剖面见于二叠系,且该属常伴有大量暖水型簕类(冯儒林, 1998)。*Monticulifera* 属常见于特提斯大区四川华蓥山、贵州遵义(曾勇, 1991)、安徽安庆等地区的栖霞组(常美丽, 1982)。

从化石属种数量比例计算,在研究区 *Yakovlevia mammata* - *Anidanthus rugosa* 组合中两(冷)水型分子属种所占比例为 75%,世界性分子属种所占比例为 25%,未见暖水型分子。*Anidanthus ussuricus* - *Rhombospirifer zhesiensis* 组合两(冷)水型分子属种所占比例为 50%,世界性分子属种所占比例为 37.5%,暖水型分子所占比例为 12.5%。需要指出的是,在研究区发现的化石中,以 *Anidanthus*, *Kochiproductus*, *Neospirifer*, *Spiriferella*, *Stenosisma*, *Liosotella* 属为代表的凉水型分子在化石丰度上远高于其他属种,所以如果从化石丰度计算,凉(冷)水型分子所占比例更高。

不同古生物地理区系的生物在同一地区的同一时代地层中同时出现的现象称为生物混生现象。殷鸿福(1988)根据前人资料,把古生物区系混生情况分为 5 种类型,分别为分异型、微渗型、混合型、超覆型、深潜型。其中,无混生现象被称为分异性,由一种类型占主体(世界性分子不在统计行列);混入少量异类分子称为微渗型。从上述分析结果可以看出,研究区哲斯腕足动物群 2 个组合,下部 *Yakovlevia mammata* - *Anidanthus rugosa* 组合为冷水型面貌,而上部 *Anidanthus ussuricus* - *Rhombospirifer zhesiensis* 组合逐渐混入少量暖水型动物群,为微渗型,该结果与内蒙

图版 I Plate I



a~t. 乌勒吉图剖面—中二叠统部分常见腕足化石; a, b. *Waagenoconcha* (*Waagenoconcha*) *elongata* (腹视); c, d. *Spiriferella* *sinica* (腹视); e, f. *Neospirifer* *yihevuensis* (腹视); g. *Kochiproductus* *porrectus* (腹视); h. *Neospirifer* *volatile* (腹视); i. *Retimarginifera* *alata* Waterhouse (腹视); j~l. *Yakovlevia* *mammata* (腹视); m. *Linoproductus* *cora* (腹视); n. *Spiriferella* *salteri* (腹视); o. *Dictyoclostus* *margaritatus* (腹视); p. *Linoproductus* *neimongolensis* (腹视); q. *Liosotella* sp. (腹视); r. *Stenosisma* *purdoni* (背视); s, t. *Fallaxoproductus* *graciosa* (腹视) (比例尺为 1 cm)

古锡林浩特地区哲斯组 Wordian 期哲斯腕足动物群冷暖属性结论一致(杨兵等, 2017)。此外, 从时空上看, 大部分地区哲斯动物群上部组合比下部组合中暖水型分子含量高(表 1)。由此可以看出, 从

Kungurian 期到 Wordian 期哲斯腕足动物群由凉水型生物群向混生生物群演化, 说明在该时间段北方大区生物与特提斯大区腕足生物在该地区逐渐发生交流。造成该变化的因素可能有如下两方面。

表 1 古亚洲构造域各地区哲斯腕足化石组合对比
Table 1 Comparison of the Zhesi brachiopods fauna from different regions in Paleo-Asian tectonic domain

研究区 冰期事件	本文	内蒙古锡林浩特 哈尔呼舒地区	内蒙古额济纳旗和 阿拉善右旗地区	内蒙古德伯斯地区
Wordian 期回暖事件	<i>Anidanthus ussuricus</i> - <i>Rhombospirifer zhesiensis</i> 组合 (凉水型,微渗型)	哈尔呼舒剖面哲斯 腕足动物群 (凉水型,微渗型) (杨兵等,2017)	<i>Spiriferella</i> - <i>Kochiproductus</i> - <i>Yakovlevia</i> 组合 (混合型)(卜建军等,2011)	<i>Yakovlevia</i> <i>Baiyinsensis</i> - <i>Paucispinifera gobiensis</i> 组合 (混合型)(张松梅,2002)
Roadian 期 的降温事件	<i>Yakovlevia mammata</i> - <i>Anidanthus rugosa</i> 组合		<i>Spiriferella saranae</i> - <i>Yakovlevia Mammata</i> 组合(凉水型, 分异型)(张研,1990)	<i>Yakovlevia</i> <i>mammata</i> - <i>Anidanthuskolymaensis</i> 组合(凉水型,微渗型) (张松梅,2002)
Kungurian 期 降温事件	(凉水型,分异型)			

构造方面,据田树刚等(2016)总结,中二叠世,随着华北板块持续向北推移,尤其早期(大石寨期)以大规模火山喷发为标志的板块运移加速,使多岛洋(古亚洲洋)迅速变窄转变成兴-蒙海槽。洋盆变窄使古亚洲洋两侧陆块的生物有了交流的可能,尤其是一些浮游幼体,可随着洋流漂向对岸(张松梅,2002)。

除构造运动对哲斯腕足动物群的发育及特征属性有所约束外,很多学者认为,晚古生代冰期也是影响其发育的另一个重大环境因素。晚古生代冰期是地球历史发展中最重要转折期之一,该时期全球范围内发生了由泥盆纪“温室地球”到石炭纪—早二叠世“冰室地球”的转变,全球的古地理、古气候、古海洋、古生态均发生了显著变化(Gastaldo et al., 1996; 杨兵等, 2016; Yang et al., 2020)。据 Crowell(1999)研究表明,该转折期共持续了约 100 Ma,时间跨度从早石炭世 Tournaisian 期—中二叠世 Capitanian 期,中途经历多次温度波动。从研究资料看,晚古生代冰期在南方大陆的证据较多(Fielding et al., 2008),但 2012 年 Fujimoto 对中亚的蒙古地区也进行了报道(Fujimoto et al., 2012)。与该地区哲斯腕足动物群时间跨度对应的晚古生代几次温度变化事件分别是 Kungurian 期降温事件、Roadian 期的降温事件及 Wordian 期回暖事件(Fielding et al., 2008)。Kungurian 期降温事件、Roadian 期的降温事件促使哲斯腕足动物群以单一冷水型生物群面貌发展,到 Wordian 期回暖事件,使北方大区的范围缩小,加之古亚洲洋由多岛洋转变为兴-蒙海槽,地理隔离区变窄,促进了特提斯大区腕足向该地区辐

射,导致哲斯腕足动物群由冷水型生物面貌转变为混入少量暖水型分子的微渗型冷水型生物面貌。

4 结 论

通过对内蒙古自治区锡林浩特宝力根苏木乌勒吉图剖面二叠系哲斯组的剖面实测,在该地区哲斯组灰岩中发现大量腕足化石。因其典型的哲斯动物群面貌特征,将其归为哲斯动物群,确定其地质时代为二叠纪,并得出如下结论。

(1)哲斯组灰岩中产出的腕足共计 18 属 23 种,由下至上可划分为 I *Yakovlevia mammata* - *Anidanthus rugosa* 组合, II *Anidanthus ussuricus* - *Rhombospirifer zhesiensis* 组合。其中,组合 I 的时代为早二叠世 Kungurian 期—中二叠世 Roadian 期,组合 II 的时代为中二叠世 Wordian 期。

(2) *Yakovlevia mammata* - *Anidanthus rugosa* 组合中,凉水型分子约占属种总量的 75%,剩余均为世界性分子,无暖水型分子,为典型的北方大区凉水型动物群; *Anidanthus ussuricus* - *Rhombospirifer zhesiensis* 组合中,凉水型分子约占属种总量的 50%,约占 37.5%,暖水型分子约占 12.5%,属于北方凉水型,微渗型。

(3)研究区哲斯腕足动物群由组合 I 的分异型凉水动物群转变为组合 II 的微渗型凉水动物群,可能是由构造运动和晚古生代冰期共同作用的结果。

参考文献

Crowell J. Pre-Mesozoic ice ages: their bearing on understanding the climate system, Boulder, Colorado [J]. Geological Society of America

- Memoir, 1999, 192: 1-106.
- Fielding C, Frank T, Birgenheier L, et al. Stratigraphic imprint of the Late Palaeozoic Ice Age in eastern Australia: a record of alternating glacial and nonglacial climate regime[J]. Journal of the Geological Society, 2008, 165(1): 129-140.
- Fujimoto T, Otoh S, Orihashi Y, et al. Permian per-glacial deposits from central Mongolia in Central Asian Orogenic Belt: a possible indicator of the Capitanian cooling event[J]. Resource Geology, 2012, 62(4): 408-422.
- Gastaldo R A, Dimichele W A, Pfefferkorn H W. Out of the icehouse into the greenhouse: a Late Paleozoic analogue for modern global vegetational change[J]. GSA Today, 1996, 6(10): 1-7.
- Grabau A W. Natural History of Central Asia[M]. American Museum of Natural History, New York, 1931: 1-665.
- Rambach R K. Late Palaeozoic Provinciality in the Marine Realm[C]// Mckerrow W S, Scotese C R. Palaeogeography and Biogeography. Geological Society Memoir, 1990: 30-323.
- Shi G R, Archbold N W. Distribution of Asselian to Tastubian (Early Permian) Circum-Pacific brachiopod faunas[J]. Memoir. Association. Australas Palaeontols, 1993, 15: 343-351.
- Yang B, Zhang X H, Qie W K, et al. Variabilities of carbonate $\delta^{13}\text{C}$ signal in response to the late Paleozoic glaciations, Long'an, South China[J]. Frontiers of Earth Science, 2020, 14(1/2): 344-359.
- 卜建军, 段先锋, 牛志军. 内蒙古西部额济纳旗及邻区中二叠统腕足类动物群的特征和时代[J]. 地质通报, 2011, 30(6): 943-954
- 卜建军, 吴俊, 段先锋, 等. 银根-额济纳旗盆地恩格尔乌苏一带二叠系腕足类动物群及其意义[J]. 地质科技情报, 2013, 32(3): 1-5.
- 曾勇. 四川华蓥山栖霞组腕足动物组合[J]. 地层学杂志, 1991, 15(2): 150-152.
- 常美丽. 安庆栖霞组的腕足类化石[J]. 古生物学报, 1982, 26(6): 753-766.
- 冯儒林. 澳大利亚型早二叠世腕足动物群在贵州扁平剖面的发现及其科学意义[J]. 贵州地质, 1998, 13(3): 187-213.
- 金炳成, 刘永江, 韩国卿, 等. 吉林—延吉—朝鲜咸北地区晚古生代沉积特征及其构造演化意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2012, 42(增刊 1): 296-305.
- 金玉玕, 王向东, 尚庆华, 等. 国际二叠纪年代地层划分新方案[J]. 地质论评, 1998, 44(5): 478-488.
- 李莉, 谷峰, 李文国. 内蒙古西乌珠穆沁旗地区下二叠统腕足动物新资料[J]. 中国地质科学院沈阳地质矿产研究所所刊, 1982, 4: 113-129.
- 李宁, 王成文. 吉中地区晚古生代腕足动物古生物地理与环境的协同演化[J]. 古生物报, 2015, 54(2): 250-260.
- 卢进才, 魏仙样, 魏建设, 等. 蒙古国南戈壁省二叠系岩性组合特征及其与内蒙古银额盆地的对比[J]. 地质通报, 2014, 33(9): 1400-1408.
- 尚庆华, 金玉玕. 二叠纪腕足动物地理区系演化特征[J]. 古生物学报, 1997, 36(1): 93-113.
- 盛金章. 全国地层会议学术报告汇编·中国的二叠系[M]. 北京: 科学技术出版社, 1962: 1-95.
- 孙天任. 西藏木纠错和安木剖面二叠纪腕足运动群及其生物古地理意义[D]. 中国科学院研究生院博士学位论文, 2012: 1-149.
- 田树刚, 李子舜, 张永生, 等. 内蒙东部及邻区晚石炭世—二叠纪构造古地理环境及演变[J]. 地质学报, 2016, 90(4): 688-707.
- 王成文, 张松梅. 哲斯腕足动物群[M]. 北京: 地质出版社, 2003: 1-272.
- 王成源, 王平, 李文国. 内蒙古二叠系哲斯组的牙形刺及其时代[J]. 古生物学报, 2006, 45(2): 195-206.
- 徐桂荣, 杨伟平. 二叠纪[C]//殷鸿福, 等. 中国古生物地理学. 武汉: 中国地质大学出版社, 1988: 176-197.
- 杨兵, 夏浩东, 杨欣杰, 等. 晚古生代冰期研究进展[J]. 地质科技情报, 2016, 35(2): 140-151.
- 杨兵, 张雄华, 杨欣杰, 等. 内蒙古锡林浩特二叠系哲斯组腕足动物群特征及其意义[J]. 地质通报, 2017, 36(10): 943-954
- 杨殿忠, 夏斌. 晚石炭世早期腕足动物地理区划[J]. 新疆地质, 2004, 22(2): 143-150.
- 杨敬之. 湖北长阳几个二叠纪环口目苔藓虫[J]. 古生物学报, 1956, 4(2): 163-173.
- 杨敬之, 陆麟黄. 西南地区早二叠世苔藓虫新资料[J]. 古生物学报, 1984, 23(1): 36-61.
- 殷鸿福. 中国古生物地理学[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1988: 1-223.
- 张生旭, 陈凤杰, 丁继双, 等. 内蒙古巴林右旗林西组粉砂岩碎屑锆石 U-Pb 年龄及其对古亚洲洋最终闭合的制约[J]. 地质通报, 2022, 41(10): 1757-1771
- 张松梅, 蔡朝阳. *Amidanthus* (腕足动物) 的分布及其意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2002, 32(2): 105-110.
- 张松梅, 王成文. 兴蒙造山带中二叠世哲斯期腕足动物古生物地理归属[J]. 地球科学进展, 2004, 19(增刊): 70-73.
- 张松梅. 兴蒙造山带中二叠世哲斯期腕足动物群及其意义——以凉水型为主[D]. 吉林大学博士学位论文, 2002: 1-163.
- 张研. 内蒙古巴丹吉林沙漠南缘额肯阿尔斯楞地区早二叠世腕足动物群[J]. 中国地质科学院西安地质矿产研究所所刊, 1990, 28: 57-64.