

内蒙古阿拉善地区恩格尔乌苏缝合带 二叠纪放射虫及其地质意义

谢 力¹, 尹海权², 周洪瑞^{1,2}, 张维杰²

XIE Li¹, YIN Hai-quan², ZHOU Hong-rui^{1,2}, ZHANG Wei-jie²

1. 中国地质大学(北京)博物馆, 北京 100083;

2. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083

1. Geological Museum, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

2. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China

摘要:报道了来自恩格尔乌苏缝合带的蛇绿混杂岩硅质外来岩块中的二叠纪阿尔拜虫目放射虫化石,包括 3 属 7 种,可以划分为 2 个放射虫化石组合,能够与日本、美国的放射虫化石带进行对比,其地质时代分别为早二叠世和中二叠世晚期—晚二叠世早期。恩格尔乌苏缝合带位于华北板块和塔里木板块之间,这些放射虫化石的发现为研究恩格尔乌苏缝合带的构造演化提供了新的证据。鉴于其中最新的放射虫组合的地质时代为中二叠世晚期—晚二叠世早期,认为华北板块与塔里木板块之间自中二叠世晚期—晚二叠世早期曾经存在古海洋,即华北板块和塔里木板块的拼合时间是晚二叠世晚期。

关键词:二叠纪;晚二叠世;放射虫;蛇绿混杂岩;恩格尔乌苏缝合带;内蒙古

中图分类号:P534.46;Q913.85 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-2552(2014)05-0691-07

Xie L, Yin H Q, Zhou H R, Zhang W J. Permian radiolarians from the Engeerwusu suture zone in Alxa area of Inner Mongolia and its geological significance. *Geological Bulletin of China*, 2014, 33(5):691-697

Abstract: Details of Permian albailellarians from the exotic siliceous blocks within the Engeerwusu ophiolitic mélange along the Engeerwusu suture zone are presented for the first time. Among them, seven species belonging to three genera were systemically investigated. Most species recorded can be correlated with the Permian radiolarian zones in Japan and the USA. Two radiolarian assemblages were distinguished, indicative of Early Permian and late Middle to early Late Permian respectively. On the basis of the deep-water settings indicated by the albailellarian fauna, the radiolarians extracted from the exotic siliceous blocks within the Engeerwusu ophiolitic mélange along the Engeerwusu suture zone may provide new evidence for the tectonic evolution of the Engeerwusu suture zone between the North China Plate and the Tarim Plate. According to the deep-water setting indicated by the latest radiolarian assemblage of late Middle-early Late Permian epoch, the authors hold that an ocean existed between the North China Plate and the Tarim Plate during late Middle to early Late Permian, and the closure of the ocean between the North China Plate and the Tarim Plate might have occurred during late Late Permian period.

Key words: Permian; Late Permian; radiolarians; ophiolitic mélange; Engeerwusu suture zone; Inner Mongolia

恩格尔乌苏缝合带地处内蒙古阿拉善地区,位于阿拉善地块北缘,处于多个构造单元的结合部,构造极为复杂^[1]。王廷印等^[2-3]通过对该区的地质研究发现了华北板块与塔里木板块之间的恩格尔乌

苏缝合带。20 世纪 70—80 年代,前人在开展 1:20 万区域地质矿产调查工作时,曾对阿拉善地区的超基性岩和基性岩进行了初步的岩石学研究,并采集少量样品完成了主量和微量元素测定。王廷印等^[4]

收稿日期:2013-09-27;修订日期:2014-03-25

资助项目:中国地质调查局项目(编号:基[2010]矿评 01-09-11)

作者简介:谢力(1966-),男,馆员,从事微体古生物学研究。E-mail: hieshli@cugb.edu.cn

对该缝合带及其两侧进行了古生代沉积建造、生物古地理等研究。前人^[1-6]对恩格尔乌苏缝合带的研究多侧重于蛇绿岩的空间分布、岩石的地球化学、年代学等方面,因此恩格尔乌苏缝合带一直缺乏古生物年代证据。

笔者在区域地质调查研究的基础上,对研究区内恩格尔乌苏缝合带典型剖面的蛇绿混杂岩中外来硅质岩块进行了系统的微古样品采集,在硅质岩块中首次发现了放射虫化石。经室内研究,其中部分阿尔拜虫目放射虫保存较好,具地质时代意义,为恩格尔乌苏蛇绿混杂岩带提供了古生物定年依据,并为探讨恩格尔乌苏缝合带的地质演化提供了新的资料。本文讨论了该蛇绿混杂岩外来硅质岩块中的放射虫化石的组合特征和时代归属,并探讨了其生物古地理意义。

1 采样位置和地质背景

在内蒙古阿拉善地区,恩格尔乌苏缝合带呈北东东向断续延伸 400km 以上,向东北延伸至蒙古国境内,向南西通过酒泉北西与阿尔金断裂带相连^[4]。该缝合带在构造上位于蒙古弧外侧顶部位置,具强烈、复杂的构造变形^[7]。恩格尔乌苏缝合带的南北两侧分别为华北板块和塔里木板块(图 1)。恩格尔乌苏蛇绿混杂岩分布在恩格尔乌苏缝合带中,表现为断裂破碎带^[3],构成了恩格尔乌苏蛇绿混杂岩带。在恩格尔乌苏缝合带实测剖面中,蛇绿混杂岩带由一系列断块和岩片构成,带内不同地质体及地层关系完全遭受破坏,具明显的构造混杂岩特征。在该蛇绿混杂岩带中,各断块和岩片之间属于断层接触关系;但断块内部的

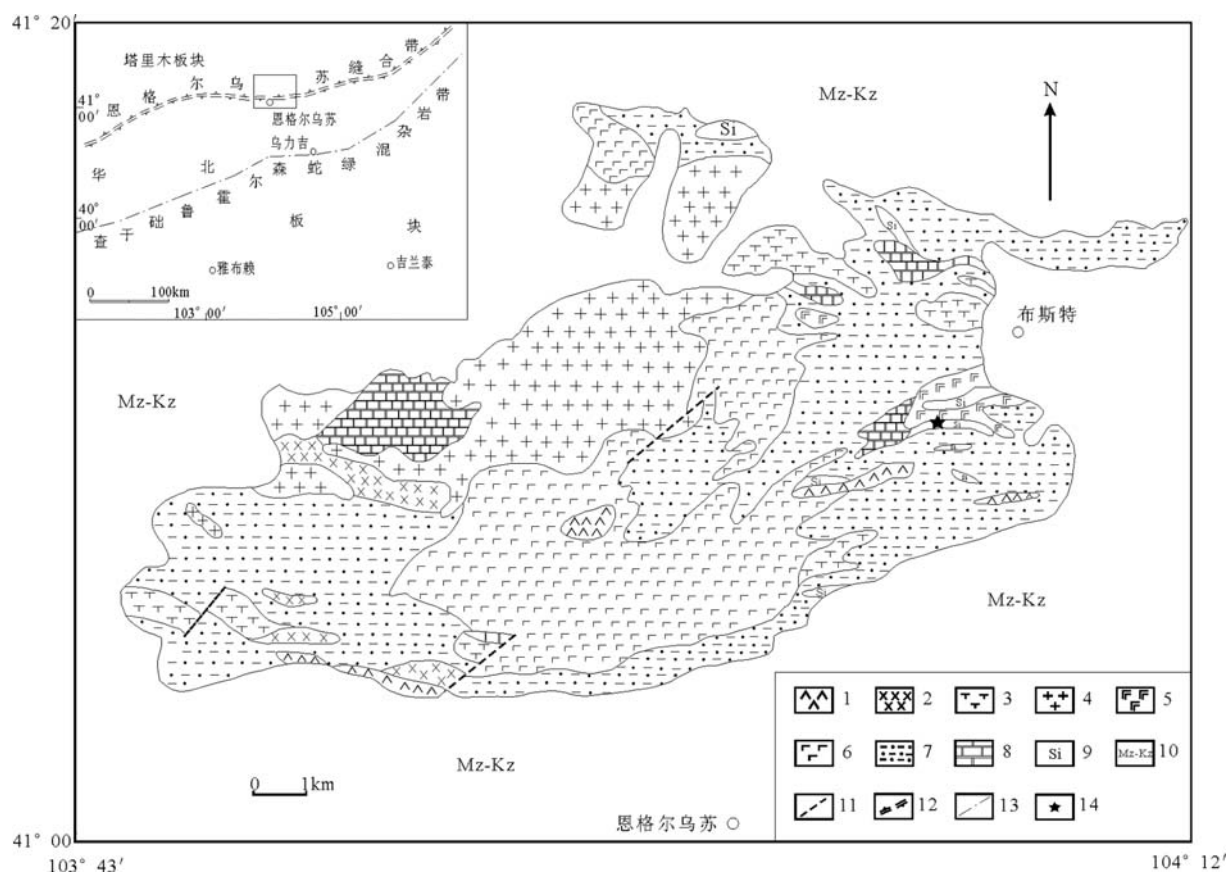


图 1 恩格尔乌苏缝合带地质略图

Fig. 1 Geological sketch map of Engerwusu suture zone, showing sampling sites

- 1—超基性岩岩块:蛇纹岩、变质橄榄岩;2—辉长岩岩块:中细粒辉长岩;3—碎裂岩化花岗岩;
- 4—二长花岗岩;5—玄武岩岩块:枕状玄武岩;6—火山岩基质:碎裂岩化玄武岩;
- 7—沉积岩基质:板岩、千枚岩、变质粉砂岩;8—大理岩;9—硅质岩;10—中-新生代地层;
- 11—断层;12—恩格尔乌苏缝合带;13—查干础鲁-霍尔森蛇绿岩带;14—采样点位置

岩层则呈部分有序排列^[8]。该蛇绿混杂岩带中的岩石具有典型的蛇绿混杂岩特征,包括由超镁铁质岩、辉长岩、安山岩、流纹岩、枕状玄武岩、硅质岩等相对坚硬的岩层构成的外来岩块,以及由凝灰岩、砂岩、泥岩等相对软弱的岩层构成的基质。综上所述,恩格尔乌苏蛇绿混杂岩带中的地层、岩石和构造十分复杂,适于运用非史密斯地层学方法对其中的断块、岩片开展时态、相态和位态综合分析,以进行造山带研究^[8-9]。

含放射虫化石硅质岩样品采自阿拉善右旗恩格尔乌苏附近的恩格尔乌苏缝合带实测剖面中的一个断块(图1、图2)。实测剖面位于布斯特南侧,地处恩格尔乌苏嘎查东北方向约8km处。放射虫硅质岩采样点的坐标为N41°15′、E103°24′。

恩格尔乌苏缝合带地质剖面中,该放射虫硅质岩采样点所在断块及其相邻岩片(图2)的岩石学特征描述如下。

84. 灰绿—灰紫色枕状玄武岩。可见的枕状构造相对较少,灰紫色玄武岩延伸方向为80°
85. 底部为灰绿色薄层粉砂岩,上部为灰色细砂岩
86. 硅质岩夹粉砂岩,向西可见硅质岩与紫红色玄武岩直接接触。硅质岩中见有向南陡倾的次级断裂面,沿断裂面岩石破碎,并形成透镜状的构造角砾岩
87. 浅灰—浅灰绿色薄层粉砂岩,与硅质岩之间为过渡关系,单层厚度一般为1~3cm
88. 灰色中粗粒长石石英砂岩
89. 灰—浅灰色巨厚层状砾岩。岩石为砾状结构,厚—巨厚层状

构造,砾石粒径一般为5~20cm,成分有脉石英、细粒石英砂岩及灰岩砾石。砾石磨圆较好,多为圆—次圆状,个别呈次棱角状,胶结方式为基底式胶结。向上渐变为含砾粗砂岩

90. 浅灰—灰白色长石石英砂岩,风化后为灰黄色
91. 浅灰—灰绿色薄层硅质岩
92. 灰绿色厚层灰岩
93. 灰紫色玄武岩

其中,采收放射虫的硅质岩(图2中86层)呈灰绿色,薄层状,单层厚度2~5cm不等。该硅质岩碎裂化较为严重,局部发育有紫红色薄层硅质岩。

2 放射虫化石组合及地质时代

笔者系统地采集了恩格尔乌苏缝合带实测剖面的蛇绿混杂岩中的外来硅质岩块样品。通过硅质岩样品的薄片观察及氢氟酸溶蚀处理,在多数样品中发现了放射虫化石。但大多数样品中的放射虫实体化石因重结晶,已无法鉴定,仅在1件样品(PM028-86-WG1)中获得丰富的放射虫化石,且部分放射虫保存状态较好。该样品(PM028-86-WG1)采自恩格尔乌苏蛇绿混杂岩带一断块内的硅质岩岩层(图2中86层)。由于露头上的硅质岩碎裂化严重,该放射虫硅质岩样品由其所在的硅质岩岩层(图2中86层)露头上不同的硅质岩小碎块构成。其中的放射虫化石包括阿尔拜虫目放射虫和球形放射虫。其中,球形放射虫因重结晶已无法鉴定。阿尔拜虫目放射虫虽然数量较多,但由于化石重结晶严重,只有部分放射虫个体外形

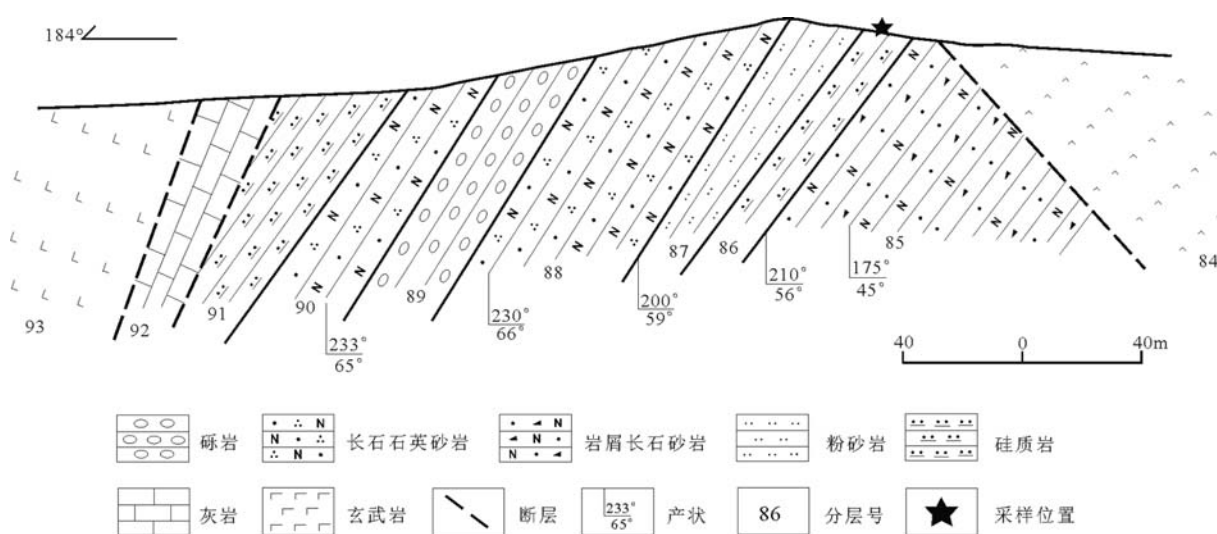


图2 恩格尔乌苏缝合带地质剖面图中放射虫硅质岩采样点位置

Fig. 2 Geological cross section of Engeerwusu suture zone, showing sampling sites

轮廓较清楚,可以鉴定到属或种。阿尔拜虫目放射虫具独特的形态,结构简单、易识别、分布广、演化快,极具生物地层学意义^[10-11]。

从该件样品中鉴定出的放射虫有 *Pseudoalbaillella elegans* Ishiga and Imoto, *Pseudoalbaillella lomentaria* Ishiga and Imoto, *Pseudoalbaillella sakmarensis* (Kozur), *Pseudoalbaillella* sp. A, *Pseudoalbaillella* sp. B, *Albaillella* sp. 和 *Follicucullus* sp. (图版 I)。该样品中已鉴定出的阿尔拜虫目放射虫包括了 2 个不同时代的放射虫化石组合,分别为早二叠世放射虫化石组合和中二叠世晚期—晚二叠世早期放射虫化石组合。其中,早二叠世放射虫化石组合由 *Pseudoalbaillella elegans* Ishiga and Imoto, *Pseudoalbaillella lomentaria* Ishiga and Imoto, *Pseudoalbaillella sakmarensis* (Kozur), *Pseudoalbaillella* sp. A 和 *Pseudoalbaillella* sp. B 构成,其中, *Pseudoalbaillella elegans* 是在日本西南部硅质岩地层中建立的早二叠世 Asselian 阶上部 *Pseudoalbaillella u-forma* II 组合带的特征分子^[12]; *Pseudoalbaillella lomentaria* 则为早二叠世 *Pseudoalbaillella lomentaria* 组合带的命名种,在日本该化石带被归于 Asselian 阶—Sakmarian 阶上部^[13],在美国该化石带被对比为 Wolfcampian 阶中部^[14-15]。 *Pseudoalbaillella sakmarensis* 为 *Pseudoalbaillella lomentaria* 组合带的重要分子,在日本西南地区和俄罗斯分别产于早二叠世中期和萨克马尔阶^[12,15-16]。上述放射虫在世界各地均广泛分布,是早二叠世放射虫的重要分子。因此,可以确定该放射虫化石组合的地质时代为早二叠世。

中二叠世晚期—晚二叠世早期放射虫化石组合由 *Albaillella* sp. 和 *Follicucullus* sp. 构成。晚二叠世阿尔拜虫最初被发现于日本西南^[17-19]。其后,在世界各地先后报道了许多晚二叠世阿尔拜虫^[14,20-25]。晚二叠世阿尔拜虫的主要特征是具有一个强壮的腹刺^[26],该时期的阿尔拜虫具有很多过渡类型^[27]。晚二叠世早期的阿尔拜虫壳体比较扁平,顶锥边缘较平直,具有一个粗大的腹刺,位于壳体靠近下方的部位^[26,28]。样品中的 *Albaillella* sp. 的壳形特点与晚二叠世早期阿尔拜虫的特征相吻合,与晚二叠世的 *Albaillella triangularis*^[26-29] 比较相似;样品中的 *Follicucullus* 属放射虫分布于中二叠世中晚期—晚二叠世早期之间^[30-33]。该属在晚二叠世早期逐渐衰亡^[11]。 *Follicucullus* sp. 与中二叠世晚期的 *Fol-*

licucullus porrectus^[34-37] 壳形特征相似。据此,将该放射虫化石组合的地质时代确定为中二叠世晚期—晚二叠世早期。

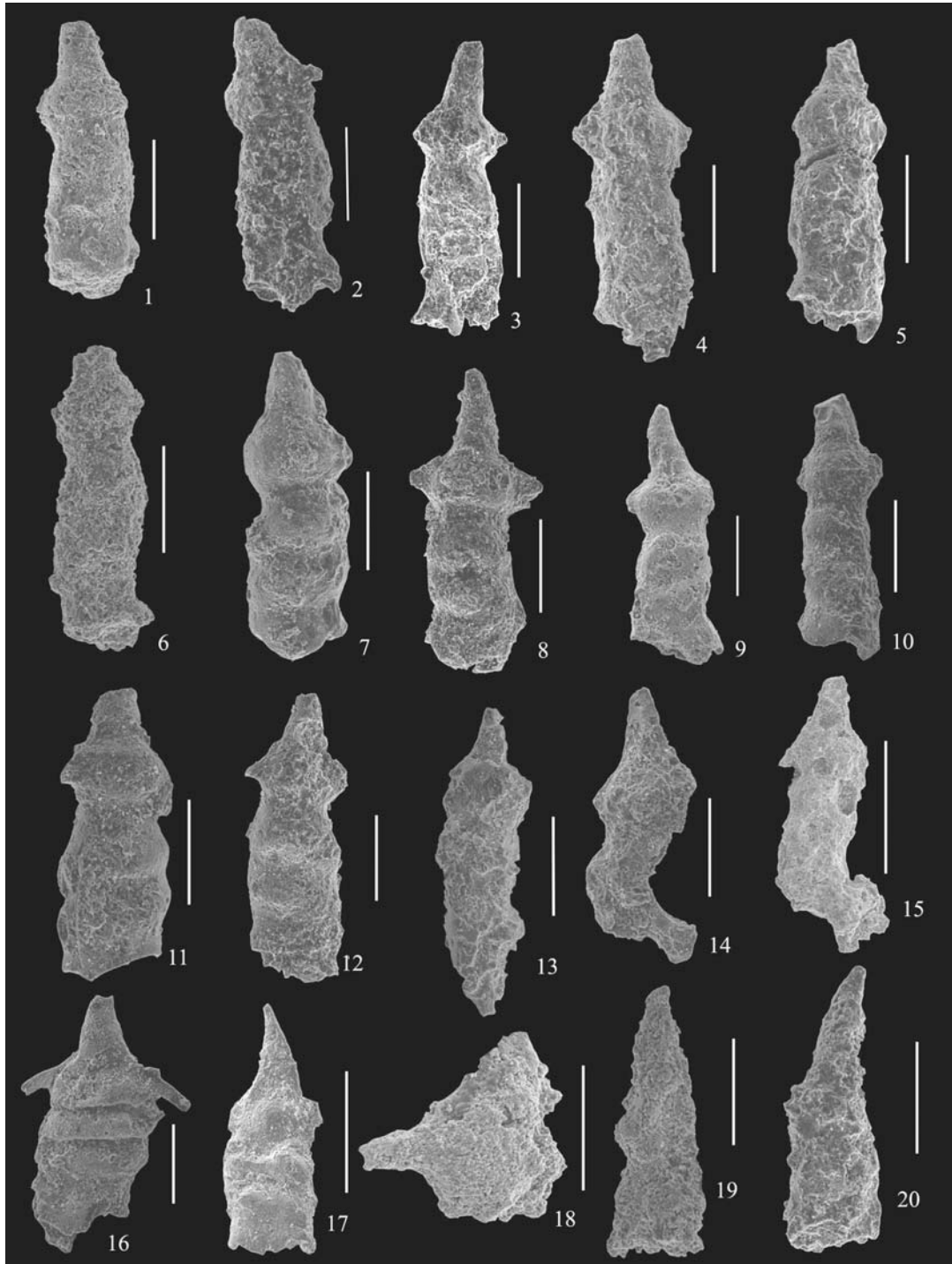
3 地质意义

20 世纪 90 年代初发现了华北板块与塔里木板块间的恩格尔乌苏缝合带^[2-3],其作为一条重要的大地构造分界线倍受关注。但是,该缝合带位于阿拉善境内,地处偏僻、人烟稀少,研究程度较低。前人^[1-6]对恩格尔乌苏缝合带的研究多侧重于蛇绿岩的空间分布、岩石的地球化学、年代学等方面。由于恩格尔乌苏缝合带蛇绿混杂岩中的外来硅质岩块反映了其形成时华北板块与塔里木板块之间存在着深水海盆沉积,因此对于外来硅质岩块中放射虫的研究能够为揭示恩格尔乌苏缝合带的构造演化历史提供重要的生物证据。

上述研究表明,恩格尔乌苏缝合带的蛇绿混杂岩中存在着早二叠世和中二叠世晚期—晚二叠世早期阿尔拜虫目放射虫化石组合。该放射虫组合赋存于蛇绿混杂岩中的外来硅质岩块中,放射虫以阿尔拜虫为主,球形类型的放射虫也有发育,未见海绵骨针,此组合符合深水相放射虫组合的特征^[38]。此外,从放射虫硅质岩的沉积特点看,该硅质岩呈灰绿色,岩层较薄且平整,反映该沉积盆地距陆源区较远。前人^[1]对恩格尔乌苏蛇绿混杂岩带的地球化学特征研究认为,恩格尔乌苏蛇绿混杂岩带本身的地质特征及其地球化学性质均具有洋壳的性质。因此可以认为,在恩格尔乌苏缝合带所代表的洋盆中存在着早二叠世及中二叠世晚期—晚二叠世早期的深水相硅质岩沉积,即华北板块与塔里木板块之间在早二叠世和中二叠世晚期—晚二叠世早期存在着深水沉积盆地。

王廷印等^[4]对该缝合带及其两侧沉积建造和古生物组合的区域对比表明,恩格尔乌苏缝合带以南和以北区域在整个古生代其沉积建造和古生物组合截然不同。前人的古地磁研究认为,位于恩格尔乌苏缝合带以南贺兰山南段的中宁石峡沟泥盆系平均纬度为 2°N^[39],而位于恩格尔乌苏缝合带以北的珠斯楞泥盆系的古纬度为 18°N^[40],但是两地的现代纬度仅相差 3.5°^[4],这表明自泥盆纪以来两地靠拢了约 1000km。直至二叠纪晚期,该缝合带南北两区域均表现为陆相沉积的上二叠统哈尔苏海组^[4,41-42],

图版 I Plate I



放射虫化石均保存在中国地质大学(北京)博物馆。除图 15、17 以外,
15、17 的比例尺为 1:200 μm , 其他放射虫化石的比例尺均为 1:100 μm

1~6. *Pseudoalbaillella elegans* Ishiga and Imoto; 7~12. *Pseudoalbaillella lomentaria* Ishiga and Imoto;
13. *Pseudoalbaillella* sp. A; 14~15. *Pseudoalbaillella sakmarensis* (Kozur);
16~17. *Pseudoalbaillella* sp. B; 18. *Albaillella* sp.; 19~20. *Follicucullus* sp.

含植物化石。据此认为,该缝合带南北两侧区域分属华北板块和塔里木板块,二者在早二叠世之后或稍晚相拼合。

综上所述,依据最新的放射虫组合所代表的地质时代为中二叠世晚期—晚二叠世早期,认为存在于华北板块与塔里木板块之间的古洋盆最后的闭合时间在晚二叠世早期之后。结合两侧晚二叠世晚期陆相地层和植物化石的存在,可以确定华北板块与塔里木板块的拼合时间是晚二叠世晚期。

致谢:放射虫化石的鉴定及成文过程中得到中国地质大学(武汉)冯庆来教授的悉心指导,中国地质大学(北京)地球科学与资源学院本科生李辉和李永利同学参与了放射虫硅质岩样品处理,在此一并表示感谢。

参考文献

- [1] 吴泰然,何国琦. 内蒙古阿拉善地块北缘的构造单元划分及各单元的基本特征[J]. 地质学报, 1993, 67(2): 97–107.
- [2] 王廷印,王士政,王金荣. 阿拉善北部恩格尔乌苏蛇绿混杂岩带的发现及其构造意义[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 1992, 28(2): 194–196.
- [3] 吴泰然,何国琦. 阿拉善地块北缘的蛇绿混杂岩带及其大地构造意义[J]. 现代地质, 1992, 6(3): 286–295.
- [4] 王廷印,王士政,王金荣. 阿拉善地区古生代陆壳的形成和演化[M]. 北京: 地质出版社, 1994: 1–215.
- [5] 王金荣,宋春晖,高军平,等. 阿拉善北部恩格尔乌苏蛇绿混杂岩的形成机制[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 1995, 31(2): 140–147.
- [6] 王行军. 内蒙古阿拉善地区蛇绿岩的地球化学特征及其构造意义[D]. 中国地质大学(北京)博士学位论文, 2012: 4–14.
- [7] 李述靖,张维杰,耿明山,等. 内蒙古地质构造特征及形成演化概论[M]. 北京: 地质出版社, 1998: 94–95.
- [8] 张克信,殷鸿福,朱云海,等. 造山带混杂岩区地质填图理论、方法与实践——以东昆仑山造山带为例[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2001: 1–165.
- [9] 冯庆来,叶玫. 造山带区域地层学研究的理论、方法与实例剖析[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2000: 1–94.
- [10] Aitchison J C. Albaillellaria from the New England Orogen, eastern NSW, Australia[J]. Marine Micropaleontology, 1993, 21: 353–367.
- [11] 冯庆来,吴俊,张磊,等. 华南乐平统放射虫生物地层学研究进展[J]. 古生物学报, 2009, 48(3): 465–473.
- [12] Ishiga H. Paleozoic radiolarians[C]// Ichikawa K, Mizutani S, Hara I, et al. Pre-Cretaceous terranes of Japan. Publication of IGCP Project 224, 1990: 285–295.
- [13] Ishiga H, Imoto N. Some Permian radiolarians in the Tamba District, Southwest Japan[J]. Earth Science, 1980, 34: 333–345.
- [14] Blome C D, Reed K M. Radiolarian biostratigraphy of the Quinn River Formation, Black Rock Terrane, north-central Nevada; correlations with eastern Klamath Terrane geology[J]. Micropaleontology, 1995, 41: 49–68.
- [15] 冯庆来, 刘本培. 滇东南八布蛇绿混杂岩中的早二叠世放射虫化石[J]. 地球科学, 2002, 27(1): 1–3.
- [16] Kozur H. Albaillellaria (Radiolaria) aus dem Unterperm des Vorurals[J]. Geologisch-Palaeontologische Mitteilungen Innsbruck, 1981, 10: 263–274.
- [17] Takemura A, Nakaseko K. A new Permian radiolarian genus from the Tamba Belt, Southwest Japan[J]. Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan. New Series, 1981, 124: 208–214.
- [18] Ishiga H, Kito T, Imoto N. Late Permian radiolarian assemblages in the Tamba District and an adjacent area, Southwest Japan[J]. Earth Science, 1982, 36: 10–22.
- [19] Kuwahara K, Sakamoto M. Late Permian Albaillella (Radiolaria) from a bedded chert section in the Gujo-hachiman area of the Mino Belt, central Japan[J]. Journal of Geosciences, Osaka City University, 1992, 35: 33–52.
- [20] Cheng Y. Upper Paleozoic and Lower Mesozoic radiolarian assemblages from the Busuanga Islands, North Palawan Block, Philippine[J]. Bulletin of National Museum of Natural Science, Taiwan, 1989, 1: 129–175.
- [21] 吴浩若, 李洪生. 滇西孟连地区的石炭纪和二叠纪放射虫化石[J]. 微体古生物学报, 1989, 6(4): 337–343.
- [22] Noble P, Renne P. Paleoenvironmental and biostratigraphic significance of siliceous microfossils of the Permo-Triassic Redding Section, eastern Klamath Mountains, California[J]. Marine Micropaleontology, 1990, 15: 379–391.
- [23] Rudenko V S, Panasenkov E S. New findings of Upper Permian radiolarians in Primorye: New data on the Paleozoic and Mesozoic biostratigraphy of the southern Far East[J]. Project N 272 of IGCP, Collection of Scientific paper, Vladivostok, Far eastern Branch of the USSR Academy of Sciences, 1990: 117–124.
- [24] Tumanda F P, Sato T, Sashida K. Preliminary Late Permian radiolarian biostratigraphy of Busuanga Island, Palawan[J]. Philippines Annual Report of the Institute of Geoscience, University of Tsukuba, 1990, 16: 39–45.
- [25] 王玉净, 李家骧. 二叠纪放射虫 *Follicucullus bipartitus* – *F. charveti* 组合带的发现及其地质意义[J]. 微体古生物学报, 1994, 2: 201–212.
- [26] Kuwahara K. Paleontological study of Late Permian Albaillella (Radiolaria)[J]. Journal of Geosciences, Osaka City University, 1997, 40: 15–36.
- [27] Kuwahara K. Phylogenetic lineage of Late Permian Albaillella (Albaillellaria; Radiolaria)[J]. Journal of Geosciences, Osaka City University, 1999, 42: 84–101.
- [28] Kuwahara K. Evolutionary patterns of Late Permian Albaillella (Radiolaria) as seen in bedded chert sections in the Mino Belt, Japan[J]. Marine Micropaleontology, 1997, 30: 65–78.

- [29] 吴俊, 冯庆来. 广西晚长兴期放射虫生物地层学及其与牙形石带的对比[J]. 中国科学(D 辑), 2008, 38(12): 1543–1552.
- [30] Ormiston A, Babcock L. *Follicucullus*, new radiolarian genus from the Guadalupian (Permian) Lamar Limestone of the Delaware Basin[J]. Journal of Paleontology, 1979, 53: 328–334.
- [31] Caridroit M, De Wever P. Description de quelques nouvelles especes de *Follicucullidae* et d'Entactinidae (Radiolaires polycystines) du Permien du Japon[J]. Geobios, 1984, 17: 639–644.
- [32] Ishiga H, Miyamoto T. *Follicucullus* (Radiolaria) from the Upper Permian Kuma Formation, Kyushu, Southwest Japan[J]. Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan. New Series, 1986, 141: 322–335.
- [33] De Wever P, Dumitrica P, Caulet J P. et al. Radiolarians in the Sedimentary Record[M]. Gordon and Breach Science Publishers, France, 2001: 1–533.
- [34] Sashida K, Salyapongse S. Permian radiolarian faunas from Thailand and their paleogeographic significance Permian of Southeast Asia [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2002, 20: 691–701
- [35] Ito T, Zhang L, Feng Q L, et al. Guadalupian (Middle Permian) Radiolarian and Sponge Spicule Faunas from the Bancheng Formation of the Qinzhou Allochthon, South China[J]. Journal of Earth Science, 2013, 24(2): 145–156.
- [36] 杨文强, 冯庆来, 沈上越, 等. 泰国北部难河构造带二叠纪放射虫、硅质岩和玄武岩[J]. 地球科学, 2009, 34 (5): 743–751.
- [37] Jasin B, Harun Z. Radiolarian Biostratigraphy of Peninsular Malaysia — An update[J]. Bulletin of the Geological Society of Malaysia, 2011, 57: 27–38.
- [38] 冯庆来. 放射虫古生态的初步研究[J]. 地质科技情报, 1992, 11 (2): 41–46.
- [39] 潘江, 霍福臣, 曹景轩, 等. 宁夏陆相泥盆系及其生物群[M]. 北京: 地震出版社, 1987: 132–134.
- [40] 朱鸿, 贺正轩. 阿拉善地块北部边缘古生代地层古地磁研究及其板块构造演化的探讨[C]//朱鸿, 郑昭昌, 何心一. 阿拉善地块边缘古生代生物地层及构造演化. 武汉: 武汉地质学院出版社, 1987: 154–159.
- [41] 郑昭昌, 朱鸿. 阿拉善地块边缘古生代地层发育及构造发展 [C]//朱鸿, 郑昭昌, 何心一. 阿拉善地块边缘古生代生物地层及构造演化. 武汉: 武汉地质学院出版社, 1987: 1–19.
- [42] 内蒙古自治区地矿局. 内蒙古自治区岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996: 101–102.