

doi:10.3969/j.issn.2097-0013.2024.03.007

鄂尔多斯盆地西缘忠平1井奥陶系乌拉力克组 笔石生物地层划分

王传尚¹, 胡勇², 危凯¹

WANG Chuan-Shang¹, HU Yong², WEI Kai¹

1. 古生物与地质环境演化湖北省重点实验室, 中国地质调查局武汉地质调查中心(中南地质科技创新中心),
湖北武汉430205; 2. 长江大学资源与环境学院, 湖北武汉430100

1. Hubei Key Laboratory of Paleontology and Geological Environment Evolution, Wuhan Center, China Geological Survey
(Geosciences Innovation Center of Central South China), Wuhan 430205, Hubei, China;

2. College of Resources and Environment, Yangtze University, Wuhan 430100, Hubei, China

摘要: 鄂尔多斯盆地西缘奥陶系乌拉力克组页岩气勘探在忠平1井首获突破, 该井黑色页岩的划分与对比是下一步页岩气选区评价的关键科学问题之一。本文通过对岩心笔石化石的研究, 在该井乌拉力克组自上而下建立了 *Nemagraptus gracilis* 带和 *Jiangxigraptus vagus* 带, 并与露头区奥陶系同期地层进行对比, 揭示了盆地西缘奥陶系乌拉力克组黑色页岩具有穿时分布的规律, 进而为页岩气选区评价提供了精准的时间标尺。

关键词: 鄂尔多斯盆地西缘; 乌拉力克组; 忠平1井; 笔石分带; 黑色页岩; 穿时

中图分类号: P534.42

文献标识码: A

文章编号: 2097-0013(2024)-03-0519-09

Wang C S, Hu Y and Wei K. 2024. The Graptolite Biostratigraphy of the Ordovician Wulalike Formation from the Well Zhongping-1 in the Western Margin of the Ordos Basin. *South China Geology*, 40(3): 519-527.

Abstract: The Well Zhongping-1 is the first borehole to achieve a breakthrough for the shale gas exploration on the Ordovician Wulalike Formation in the western margin of the Ordos Basin. The classification and correlation of the black shale for this borehole would be one of the key scientific problems in the successive evaluation of favorable shale gas exploration zones. The *Nemagraptus gracilis* biozone and *Jiangxigraptus vagus* biozone have been established in descending order in this borehole by the study on the graptolite fauna from the drill core. Compared with the coeval strata at the outcrop regions, the diachronous distribution pattern of the black shale in the Wulalike Formation has been revealed in the western margin of the Ordos Basin, which provides the accurate time scale for evaluation and optimization of the favorable shale gas exploration zones.

Key words: the western margin of the Ordos Basin; Wulalike Formation; Well Zhongping-1; graptolite zonation; black shale; diachroneity

收稿日期: 2024-07-09; 修回日期: 2024-07-15

基金项目: 国家自然科学基金项目(42172038)

第一作者: 王传尚(1969—), 男, 博士, 研究员, 主要从事笔石生物地层学及页岩气基础地质研究, E-mail: wangchuanshang@163.com

鄂尔多斯盆地是我国重要的含油气盆地之一,其西缘奥陶系乌拉力克组页岩气勘探近年来取得重要进展。其中,2019年长庆油田钻探忠平1水平井(图1)实现了具有里程碑意义的勘探突破,该井测试日产气 $6.42 \times 10^4 \text{ m}^3$,计算无阻流量为 $26.48 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ (席胜利等,2021)。席胜利等(2021)以该井为例,对乌拉力克组泥页岩的有机地球化学、矿物岩石学、微观孔隙结构以及含气性等参数开展了深入研究,指出乌拉力克组泥页岩储层具有“低TOC、低孔隙度、低含气量、低压力系数、高脆性指数”特征;并提出针对该套“四低一高”的泥页岩储层,继续深化地质综合评价和改造工艺攻关,以期开创我国北方低TOC含量“新型”海相页岩气勘探新局面。自此,鄂尔多斯盆地西缘奥陶系乌拉力克组页岩油气富集条件及勘探方向成为勘探家们关注的焦点问题之一,该层系最近的勘探成果也进一步印证了该组页岩油气的勘探潜力(席胜利等,2023a,2023b;张艳妮等,2022)。

渝东焦石坝地区,是我国首个实现商业开发的大型页岩气田,该区页岩气勘探目标层系为奥陶系五峰组-志留系龙马溪组含笔石黑色页岩。根据最新的研究,该黑色页岩在中上扬子区分布广泛,但具有很强的非均质性,主要是由于前陆盆地演化过程中,随着前陆隆起的迁移,黑色页岩沉积中心也随之迁移,同时,在黑色页岩的顶、底界线存在明显的穿时现象,并在黑色页岩内部发育有沉积间断(Maletz et al., 2019; 王传尚等, 2022)。黑色页岩的高分辨率划分对比不仅为区内构造古地理重建提供了强有力的证据,也为页岩气勘探选区评价提供了可靠依据,区内页岩气勘探不断实现新突破也成为页岩气基础地质原始创新的动力源泉。最近,陈旭等(2021)对该含页岩气地层开展了区域性和全球范围的高精度对比,发挥了笔石化石在黑色页岩地层划分对比中的“金卡尺”作用(陈旭等,2015)。

鄂尔多斯盆地西缘乌拉力克组页岩气勘探开发能否借鉴扬子区的成功经验,笔石生物地层学能否发挥“金卡尺”的作用,实现露头区与覆盖区含笔石黑色页岩的精确对比?是鄂尔多斯盆地西

缘页岩气勘探开发所关注的关键性、基础性地质问题之一。以往关于乌拉力克组生物地层的研究较少,且认识分歧较多,或将其置于达瑞威尔阶最上部的 *Hustedograptus teretiusculus* 带(鲍志东等, 1999; 孙肇才和胡显穆, 2002), 或认为其包含 *Hustedograptus teretiusculus* 带 - *Nemagraptus gracilis* 带下部(汪啸风等, 1996; 赵振宇等, 2015)。但相关研究均基于盆地西缘露头区,对于覆盖区笔石生物地层的研究,囿于资料的限制,相关研究尚未开展。而解决鄂尔多斯盆地西缘奥陶系乌拉力克组露头区和覆盖区高分辨率对比问题,则有赖于更多的钻井岩心资料 and 不同构造古地理位置岩心笔石化石的分带对比研究。因此,忠平1井的岩心资料为我们提供了一个管窥覆盖区乌拉力克组时限的珍贵窗口。

1 区域地质背景

鄂尔多斯盆地构造上包括西缘冲断带、天环坳陷、中央古隆起、伊陕斜坡、晋西挠褶带、伊盟隆起、渭北隆起7个一级构造单元(邵东波等, 2019; 付锁堂等, 2021, 席胜利等, 2021)。盆地西部地区总体呈南北向展布,横跨陕西、甘肃、宁夏、内蒙古4个省区,东西宽50~200 km,南北长达600 km,面积约为 $5 \times 10^4 \text{ km}^2$,主要涉及西缘冲断带及天环坳陷两个构造单元(付锁堂等, 2021)(图1b)。盆地西缘奥陶系研究的经典地区是内蒙古乌海地区,该地区自下而上发育三道坎组、桌子山组、克里摩里组、乌拉力克组、拉什仲组、公乌素组和蛇山组(Chen X et al., 2016)。其中,乌拉力克组下部为黑色碳质页岩夹黄绿色粉砂质页岩,偶夹薄层灰岩;上部为黄绿色粉砂质页岩。在盆地西南缘宁夏同心、甘肃平凉、陕西陇县、陕西富平等地奥陶系也广泛出露,其中以陕西陇县龙门洞剖面和甘肃平凉官庄剖面生物地层研究最为详细(Chen X et al., 2016; 张元动等, 2020),前者自下而上发育三道沟组、平凉组和背锅山组,后者自下而上发育三道沟组、平凉组,其中平凉组为二叠系不整合覆盖,换言之,该剖面的平凉组发育不全。而在中央古隆起以东的鄂尔多斯盆地、乃至

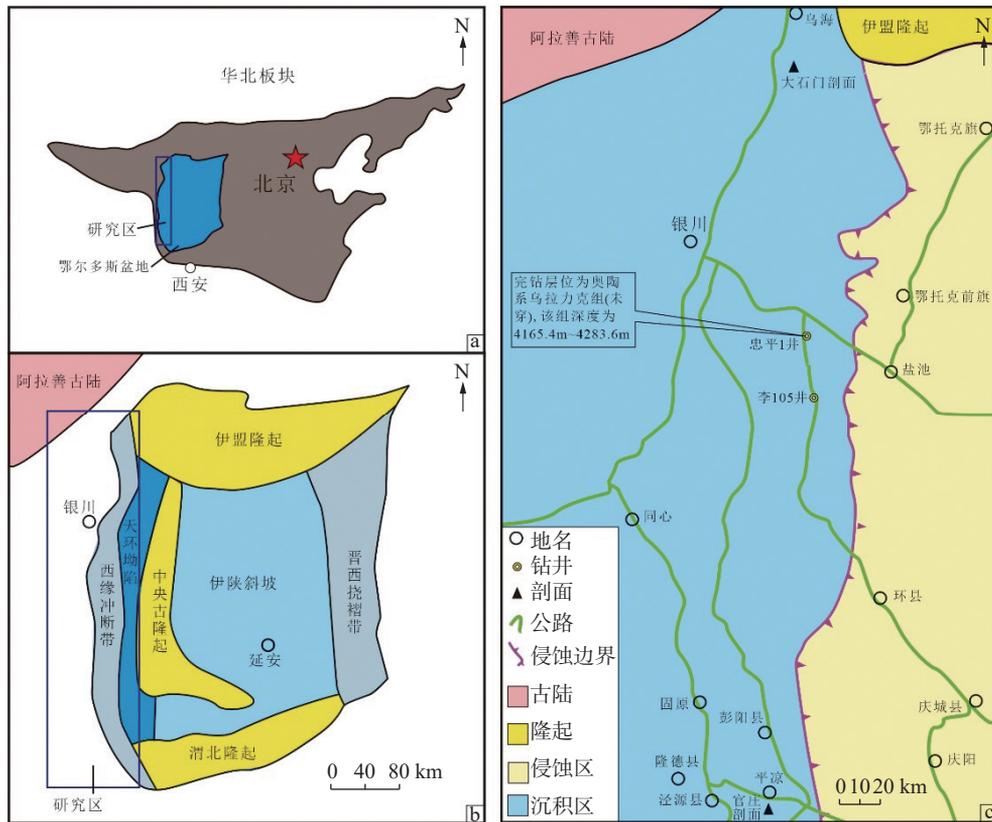


图 1 鄂尔多斯盆地西缘地质背景及钻井位置图

Fig. 1 The geological setting of the western margin of the Ordos Basin

a. 鄂尔多斯盆地在华北板块的位置; b. 鄂尔多斯盆地构造单元划分图; c. 钻井及相关剖面位置图

据席胜利等(2021)修改

华北地台的晋冀鲁豫广大地区,中上奥陶统隆升为陆,遭受剥蚀。中奥陶统达瑞威尔阶沉积了马家沟组由碳酸盐岩和蒸发岩组成的岩性组合(于洲等, 2021; 钟寿康等, 2022)。在华南,与乌拉力克组大致同期的地层包括中-上奥陶统牯牛潭组和庙坡组。乌拉力克组与同期地层的对比详见表 1。

2 忠平 1 井岩心笔石带的划分

忠平 1 井位于宁夏回族自治区盐池县王乐井乡鸦儿沟村,完钻层位为奥陶系乌拉力克组(未穿),该组深度为 4165.4~4283.6 m。岩性特征明显:下部为灰黑色灰质泥岩夹薄层深灰色含灰泥岩,有多层含气层,厚 20~30 m,有机碳含量较高,是较好的烃源岩;中部为厚层状深灰色泥质灰岩夹灰质泥岩;上部以褐灰色灰质泥岩为主,夹少

量薄层灰褐色泥晶灰岩。笔者等 2022 年对该井的岩心进行了仔细观察,对取心段 4166.6~4170.6 m、4185~4199 m 和 4218~4278 m 中保存较好的笔石化石进行拍照,观察样品数共计 206 件。总体而言,忠平 1 井笔石化石较为丰富,个别笔石化石为半立体保存,但化石总体保存较差,多不完整,局部似呈定向特征(图 2),或与底流活动有关。其中,4218~4278 m 岩心段有少量特征较为明显的笔石化石得以保存,为该井乌拉力克组的笔石生物地层划分提供了依据。

该岩心段中目前所发现的重要笔石化石有 *Glossograptus fimbriatus* (Hopkinson)、*Pseudoclimacograptus scharenbergi* (Lapworth)、*Archiclimacograptus meridionalis* (Ruedemann)、*Hustedograptus teretiusculus* (Hisinger)、*Pseudazydograptus incurvus* (Ekström)、*Dicranograptus sinensis* Ge、*Jiangxigraptus vagus* (Hadding)、*Orthograptus*

表 1 鄂尔多斯盆地西缘乌拉拉克组与同期地层的对比

Table 1 Correlation of Wulalik Formation in the western margin of Ordos Basin and contemporaneous strata

年代地层		笔石带 (Chen X et al., 2016)	鄂尔多斯盆地西缘			华北	华南	
统	阶		内蒙古 乌海	甘肃 平凉	陕西 平凉县	河北 邯郸	湖北 宜昌	
上奥陶统	凯迪阶	<i>Diplacanthograptus spiniferus</i>	蛇山组	公乌素组	平凉组	背锅山组	宝塔组	
		<i>Diplacanthograptus caudatus</i>						
		<i>Climacograaptus bicornis</i>						
	桑比阶	<i>Nemagraptus gracilis</i>	乌拉拉克组	三道沟组	三道沟组	马家沟组		牯牛潭组
中奥陶统	达瑞威尔阶	<i>Didymograptus murchisoni</i>	乌拉拉克组	三道沟组	三道沟组	马家沟组	牯牛潭组	
		<i>Pterograptus elegans</i>						
								克里摩里组



图 2 忠平 1 井岩心笔石化石保存状态

Fig. 2 The preservation of the graptolite fossils in the drill core of Well Zhongping-1

whitfieldi (Hall)、*Reteograptus geinitzianus* Hall、*Nemagraptus gracilis* (Hall)等(图 3、图 4)。

2.1 *Nemagraptus gracilis* 带重要笔石化石的延限分析

上述笔石均为 *Nemagraptus gracilis* 带常见的分子,其中, *Pseudazyograpthus incurvus* (Ekström)

局限于 *Nemagraptus gracilis* 带内; *Pseudoclimacograptus scharenbergi* (Lapworth)、*Dicranograptus sinensis* Ge 首现于 *Nemagraptus gracilis* 带,但可上延至上覆笔石带 *Climacograaptus bicornis* 带; *Hustedograptus teretiusculus* (Hisinger)、*Orthograptus whitfieldi* (Hall)、*Reteograptus geinitzianus* Hall、*Glossograptus fimbriatus* (Hopkinson) 则首现于下伏地层,并上延至本带。*Dicranograptus sinensis* Ge 首现于 *Nemagraptus gracilis* 带的中部 (Chen X et al., 2016), 在忠平 1 井见于井深 4231.16 m 处。根据 Chen X et al. (2016) 在内蒙古乌海所确定的笔石延限, *Pseudazyograpthus incurvus* (Ekström) 与带化石 *Nemagraptus gracilis* (Hall) 同时出现。在忠平 1 井的 4242.27 m 处发现了带化石 *Nemagraptus gracilis* (Hall), 但化

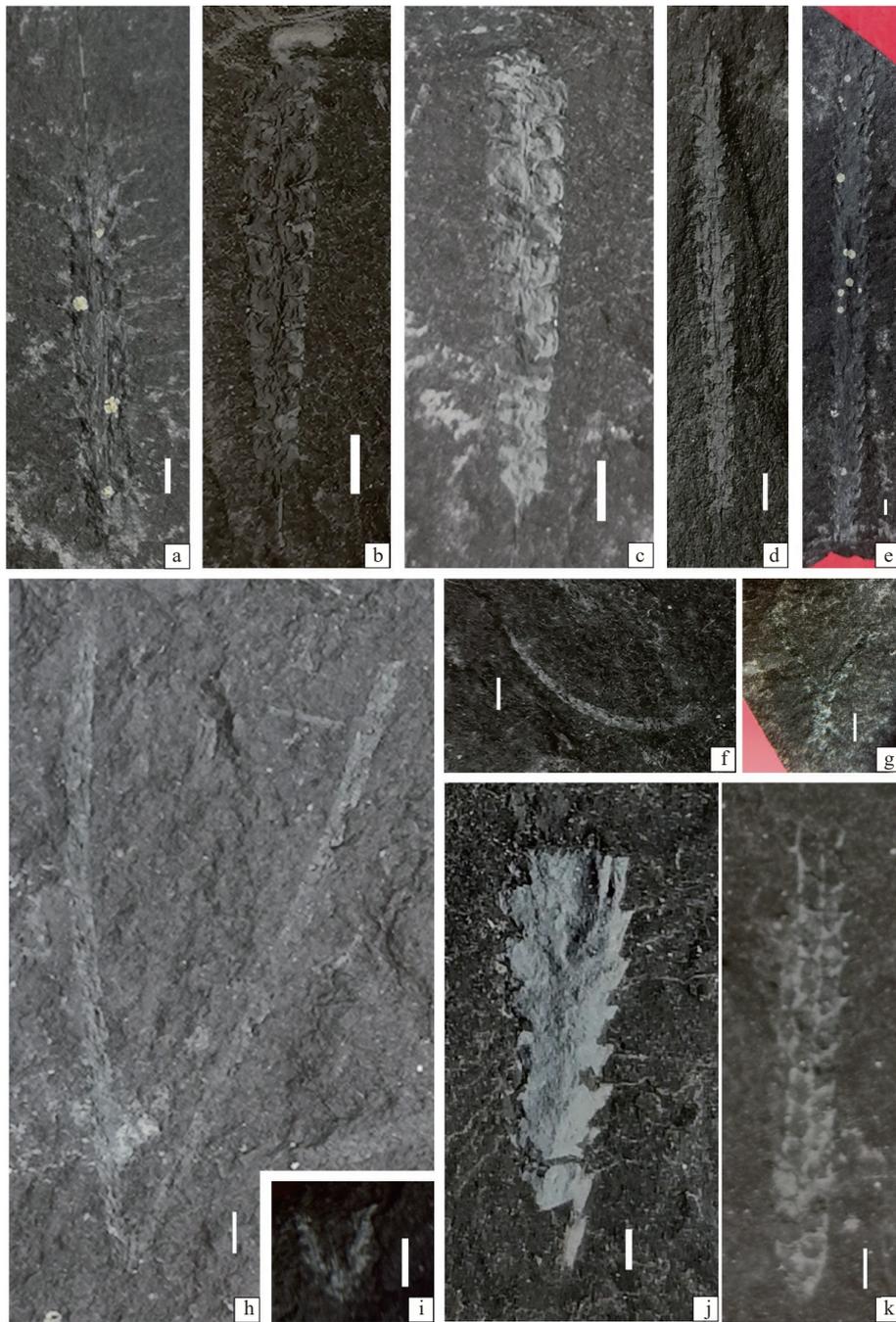


图 3 忠平 1 井重要的笔石化石 (一)

Fig. 3 some key species of graptolite fossils from Well Zhongping-1 (part 1)

a. *Glossograptus fimbriatus* (Hopkinson, 1872), 井深 4275.41 m; b、c. *Pseudoclimacograptus scharenbergi* (Lapworth, 1876), b 井深 4246.8 m, c 井深 4247.59 m; d. *Archiclimacograptus meridionalis* (Ruedemann, 1947), 井深 4248.84 m; e. *Hustedograptus teretiusculus* (Hisinger, 1840), 井深 4274 m; f. *Pseudazygograptus incurvus* (Ekström, 1937), 井深 4273.73 m; g. *Dicranograptus sinensis* Ge, 1983, 井深 4231.16 m; h、i. *Jiangxigraptus vagus* (Hadding, 1913), h 井深 4274 m, i 井深 4273.73 m; j. *Orthograptus whitfieldi* (Hall, 1859), 井深 4221.73 m; k. *Reteograptus geinitzianus* Hall, 1859, 井深 4236.63 m. 线段比例尺为 1 mm.

石保存差(图 4a)。而 *Pseudazygograptus incurvus* (Ekström)在该井的首现层位见于井深 4273.73 m 处。*Jiangxigraptus vagus* (Hadding)可上延至

*Nemagraptus gracilis*带,且在井深 4274 m 处与 *Hustedograptus teretiusculus* (Hisinger)共生。根据上述笔石化石的组合特征,可以明确井深

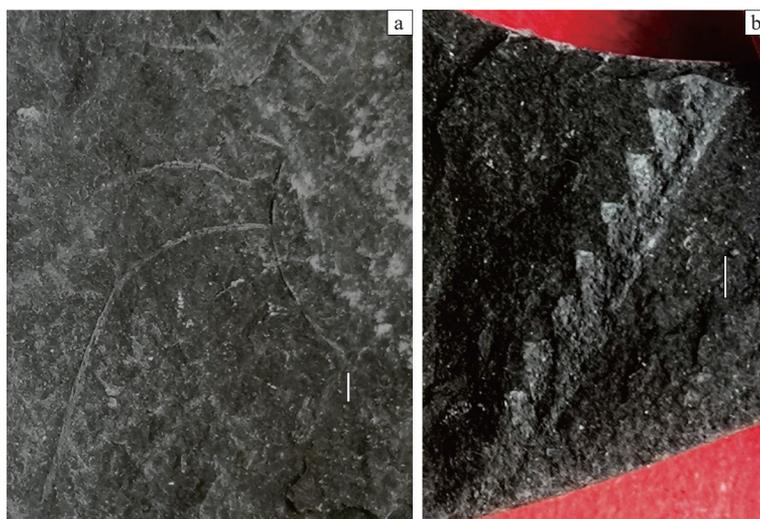


图4 忠平1井笔石化石(二)

Fig. 4 The graptolite fossils from Well Zhongping-1 (part 2)

a. *Nemagraptus gracilis* (Hall), 井深 4242.27 m; b. 对笔石断枝, 井深 4275.41 m. 线段比例尺为 1 mm.

4274 m 以浅为 *Nemagraptus gracilis* 笔石带。

Nemagraptus gracilis 带以带化石的首现为标志, 其底界即为上奥陶统桑比阶的底界。*Nemagraptus gracilis* 分布广泛, 在我国华北内蒙古乌海地区的乌拉力克组、甘肃平凉及陕西陇县等地区的平凉组, 华南湖北宜昌地区的庙坡组、浙江常山地区的胡乐组、江西崇义地区的陇溪组及塔里木新疆柯坪地区的萨尔干组中均有分布。其中, 与其共生的重要化石分子, 如 *Hustedograptus teretiusculus* (Hisinger)、*Pseudoclimacograptus scharenbergi* (Lapworth)、*Orthograptus whitfieldi* (Hall) 等是宜昌地区庙坡组 *Nemagraptus gracilis* 带的常见分子(葛梅钰, 1963a, 1963b; 王传尚等, 2003), 也见于安徽宁国地区胡乐组 *Nemagraptus gracilis* 带(方一亭等, 1989), 前二者亦见于新疆柯坪的萨尔干组(Chen X et al., 2016)。

2.2 *Nemagraptus gracilis* 带与 *Jiangxigraptus vagus* 带界线划分

鉴于 *Nemagraptus gracilis* 笔石带下伏 *Jiangxigraptus vagus* 笔石带的带化石在井深 4274 m 处已经出现, 且 4274 m 以深除 *Glossograptus fimbriatus* (Hopkinson) 以及可能的对笔石断枝外, 并无其他笔石化石出现, 而上述两笔石分子均首现于 *Nemagraptus gracilis* 带之下。*Glossograptus*

fimbriatus (Hopkinson) 在新疆柯坪大湾沟剖面首现于 *Didymograptus murchisoni* 带中下部, 并上延至 *Nemagraptus gracilis* 带; 该种在华南分布广泛, 见于浙江江山宁国组、江西崇义胡乐组、贵州施秉十字铺组、湖南桃江烟溪组和磨刀溪组、湖南新田七溪岭组中等(穆恩之等, 2002)。*Jiangxigraptus vagus* (Hadding) 在新疆柯坪大湾沟剖面产于萨尔干组 *J. vagus* 带-*N. gracilis* 带(Chen X et al., 2016), 在浙江江山见于胡乐组 *N. gracilis* 带下部(宋妍妍等, 2013)。

因此, 笔者等暂将 *Nemagraptus gracilis* 带与下伏 *Jiangxigraptus vagus* 带之间的界线置于 4274 m。另外, 值得一提的是, 在乌海地区, 与 *J. vagus* 带对比的是 *Didymograptus murchisoni* 带的上部, 在本井 4275.41 m 处, 所发现的对笔石断枝(图 4b) 或可为本带与 *Didymograptus murchisoni* 带对比的又一佐证。因对笔石科乃至其所属的均分笔石亚目上限均未穿越中奥陶统达瑞威尔阶而到达上奥陶统(Maletz et al., 2018)。

3 乌拉力克组笔石带对比

乌拉力克组源于关士聪和车树政(1955)的乌拉力克层, “分布于拉什仲庙盆地中冈德尔山南部

乌拉力克沟及拉僧庙以东地区,岩性以黑色页岩为主,上部为深灰色砂质页岩,总厚约 30m”。关士聪和车树政(1955)列举了从该层所采集的、经穆恩之鉴定的笔石化石有 *Didymograptus cf. superstes*、*Climacograptus teihardi*、*Amplexograptus sp.*、*Glossograptus sp.* 以及 *Cryptograptus tricornis*。从以上所列化石大致可确定其时代为中奥陶世达瑞威尔期-晚奥陶世桑比期。李文国(1996)在地层清理过程中,将该组定义为“连续沉积于克里摩里组薄层灰岩之上的一套黑色碳质、硅质页岩沉积,其底界以砾灰岩为标志”,Chen X et al.(2016)、张元动等(2020)均从之。

孙肇才和胡显穆(2002)根据野外实测剖面及相关的古生物地层资料,系统开展了鄂尔多斯盆地西南缘奥陶系地层划分与对比研究,将乌拉力克组作为平凉群底部的一个组,被置于中奥陶统下部,与 *Hustedograptus teretiusculus* 笔石带对应,按当前国际奥陶系年代地层划分方案,该笔石带为中奥陶统达瑞威尔阶最上部的笔石带。汪啸风等(1996)根据前人的资料综合分析,认为乌拉力克组包含了下部的 *Hustedograptus teretiusculus* 笔石带和上部的 *Nemagraptus gracilis* 带或该带的下部。Chen X et al.(2016)对出露在内蒙古乌海大石门剖面的乌拉力克组笔石动物群进行了深入研究,其所划分的乌拉力克组大致对应于 *Didymograoptus murchisoni* 带的上部及 *Nemagraptus gracilis* 带的下部,其对应的是中奥陶统达瑞威尔阶上部-上奥陶统桑比阶的下部。张元动等(2020)在总结中国奥陶纪地层时,认为内蒙古乌海地区的奥陶系乌拉力克组大致与 *Nemagraptus gracilis* 带对比,且因该组上覆拉什仲组下部产笔石 *Nemagraptus gracilis* (Hall),因此,该组的时限被认为局限在 *Nemagraptus gracilis* 带内。从上述不同专家的观点看,对乌拉力克组的笔石带划分虽有差异,但大致时限从中奥陶世达瑞威尔期-晚奥陶世桑比期早期则是各位专家的共识。然而,随着钻井资料中笔石化石的研究,乌拉力克组的时限分布比露头区更为复杂,本文所研究的忠平 1 井时限包含了 *Jiangxigraptus vagus* 带上部和 *Nemagraptus gracilis* 带中下部,向南与该井相距

不足 30 km 的李 105 井乌拉力克组黑色页岩的笔石带为 *Nemagraptus gracilis* 带和 *Climacograptus bicornis* 带(王传尚等,另文发表)。关于露头区乌拉力克组的认识也有很大不同。在内蒙古乌海地区,以往将乌拉力克组的底界置于一套砾屑灰岩之下,并认为该组与下伏克里摩里组可能存在不整合(汪啸风等,1996;孙肇才和胡显穆,2002)。该套砾屑灰岩为深水斜坡相碎屑流沉积,虽对下伏地层有一定的侵蚀作用,但不会形成较大的沉积间断。王华清(2024)针对内蒙古乌海地区的乌拉力克组划分问题,提出了应对乌拉力克组重新予以厘定,笔者等也专门讨论了该组的厘定问题(王传尚等,另文发表),厘定后的乌拉力克组在盆地西缘北部乌海地区至少包含了 *Pterograptus elegans*、*Didymograptus murchisoni* 和 *Nemagraptus gracilis* 带等三个笔石带,其时限跨越中奥陶统达瑞威尔阶上部到上奥陶统桑比阶下部。

在盆地西缘南部,被认为与乌拉力克组同期异相的地层为平凉组,该组在甘肃平凉官庄剖面,发育 2 个笔石带,即下部的 *Nemagraptus gracilis* 带和上部的 *Climacograptus bicornis* 带,因该地区的平凉组不整合伏于二叠系之下(Chen X et al., 2016)而发育并不完整。而在陕西陇县龙门洞剖面,龙门洞组自下而上则可识别出 4 个笔石带,即 *Nemagraptus gracilis* 带、*Climacograptus bicornis* 带、*Diplacanthograptus caudatus* 带和 *Diplacanthograptus spiniferus* 带,与下伏三道沟组不整合接触,上为背锅山组藻礁灰岩所覆盖(Chen X et al., 2016),其时限对应于晚奥陶世桑比期-凯迪期早期(表 1)。

忠平 1 井笔石带 *Jiangxigraptus vagus* 带和 *Nemagraptus gracilis* 带,均是全球广布的笔石带,不仅在鄂尔多斯盆地可以实现奥陶系乌拉力克组黑色页岩的精确对比,也可以实现与我国华南、塔里木乃至全球的精确对比。在华南,台地相区的庙坡组黑色页岩发育了 *Hustedograptus teretiusculus* 带和 *Nemagraptus gracilis* 带(汪啸风等,1987;王传尚等,2003);斜坡相区的胡乐组发育 *Hustedograptus teretiusculus* 带、*Nemagraptus gracilis* 带和 *Dicranograptus sinensis* 带(方一亭

表2 忠平1井笔石带划分及其与全球对比

Table 2 The graptolite zonation of Well Zhongping-1 and its global correlation

年代层	中国 (Chen X et al., 2016)	波罗的海 (Maletz, 2021)	英国 (Maletz, 2021)	北美 (Maletz, 2021)	南美 阿根廷 (Maletz, 2021)	忠平1井 (本文)		
上奥陶统	凯迪阶	<i>Diplacanthogr. spiniferus</i>	<i>Dicranograptus clingani</i>	<i>Dicellogr. morrisoni</i>	<i>Diplacanthogr. spiniferus</i>	<i>Diplacanthogr. spiniferus</i>	<i>Diplacanthogr. caudatus</i>	/
		<i>Diplacanthogr. caudatus</i>		<i>Diplacanthogr. caudatus</i>	<i>O. ruedemanni</i> <i>C. americanus</i>			
	桑比阶	<i>Climacograptus bicornis</i>	<i>Mesograptus foliaceus</i>	<i>Mesograptus foliaceus</i>	<i>Climacogr. bicornis</i>	<i>Diplogr. foliaceus</i>	<i>Climacograptus bicornis</i>	/
中奥陶统		<i>Nemagraptus gracilis</i>	<i>Nemagraptus gracilis</i>	<i>Nemagraptus gracilis</i>	<i>Nemagraptus gracilis</i>	<i>Nemagraptus gracilis</i>	<i>Nemagraptus gracilis</i>	<i>Nemagraptus gracilis</i>
	达瑞威尔阶	<i>Jiangxigraptus vagus</i>	<i>Jiangxigraptus vagus</i>	<i>Husteograptus teretiusculus</i>	<i>Husteograptus teretiusculus</i>	<i>Husteograptus teretiusculus</i>	<i>Husteograptus teretiusculus</i>	<i>Jiangxigraptus vagus</i>
		<i>Pseudamplexogr. distichus</i>	<i>Pseudamplexogr. distichus</i>	<i>Didymograptus murchisoni</i>	/	<i>Pseudamplexogr. distichus</i>	<i>Pseudamplexogr. distichus</i>	/
	<i>Pterograptus elegans</i>	<i>Pterograptus elegans</i>	/	<i>Pterograptus elegans</i>	<i>Pterograptus elegans</i>	<i>Pterograptus elegans</i>	/	

等, 1989); 在盆地相区的七溪岭组上部和陇溪组发育 *Pterograptus elegans* 带、*Nemagraptus gracilis* 带和 *Climacograptus bicornis* 带(张元动等, 2020)。在塔里木, 萨尔干组黑色页岩自下而上发育了 *Pterograptus elegans* 带、*Didymograptus murchisoni* 带、*Jiangxigraptus vagus* 带和 *Nemagraptus gracilis* 带。忠平1井笔石带与波罗的海、英国、北美、南美的对比关系详见表2。

4 结论

(1) 忠平1井乌拉力克组并未钻穿, 而该组上部黑色页岩在井深 4165.4m ~ 4218m 段并未完全取心, 且笔石化石稀少, 保存差, 难以确定笔石带的划分。因此, 该井的笔石带划分仅大致明确了 *Nemagraptus gracilis* 带与下伏 *Jiangxigraptus vagus* 带之间的界线, 该井乌拉力克组的顶底界线尚不明确。

(2) 结合目前所获得的露头区和覆盖区笔石生物地层资料分析, 乌拉力克组从盆地西缘北部的露头区到西缘中部的覆盖区, 笔石带呈现出逐步升高的趋势。即从北向南, 该组底界大致从露头区的 *Pterograptus elegans* 带之底, 经忠平1井

Jiangxigraptus vagus 带, 上升至李105井 *Nemagraptus gracilis* 带之底; 其顶界则从北部露头区 *Nemagraptus gracilis* 带内部(拉什仲组下部仍属 *Nemagraptus gracilis* 带, 张元动等, 2020) 穿过, 至李105井, 则上穿至 *Climacograptus bicornis* 带内。

(3) 笔石生物地层揭示了乌拉力克组黑色页岩自北而南穿时分布的特征, 这一分布规律, 将为区内乌拉力克组黑色页岩的划分对比建立等时地层格架, 从而体现了笔石生物地层在页岩气勘探中对黑色页岩储层划分对比的“金卡尺”作用。

参考文献:

- 鲍志东, 李儒峰, 冯增昭. 1999. 鄂尔多斯盆地东西部奥陶系对比再研究 [J]. 地质论评, 45(4): 375-381.
- 陈旭, 樊隽轩, 张元动, 王红岩, 陈清, 王文卉, 梁峰, 郭伟, 赵群, 聂海宽, 文治东, 孙宗元. 2015. 五峰组及龙马溪组黑色页岩在扬子覆盖区内的划分与圈定 [J]. 地层学杂志, 39(4): 351-358.
- 陈旭, 王红岩, 赵群, 邱振, 陈吉涛. 2021. 中国扬子区奥陶纪末至志留纪初含页岩气地层 [M]. 杭州: 浙江大学出版社.
- 方一亭, 冯洪真, 俞剑华. 1989. 安徽省宁国县胡乐司中奥陶世胡乐组的笔石 [J]. 古生物学报, 28(6): 730-740+825-

- 827.
- 付锁堂,付金华,席胜利,黄正良.2021.鄂尔多斯盆地奥陶系海相页岩气地质特征及勘探前景[J].中国石油勘探,26(2):33-44.
- 葛梅钰.1963a.鄂西中奥陶统庙坡组中的笔石(I)[J].古生物学报,11(1):71-91.
- 葛梅钰.1963b.鄂西中奥陶统庙坡组中的笔石(II)[J].古生物学报,11(2):240-261.
- 关士聪,车树政.1955.内蒙古伊克昭盟棹子山区域地层系统[J].地质学报,35(2):95-108.
- 李文国.1996.内蒙古自治区岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社.
- 穆恩之,李积金,葛梅钰,林尧坤,倪寓南.2002.中国笔石[M].北京:科学出版社.1-1205.
- 邵东波,包洪平,魏柳斌,蔡郑红,武春英,周黎霞,曹岩刚.2019.鄂尔多斯地区奥陶纪构造古地理演化与沉积充填特征[J].古地理学报,21(4):537-556.
- 宋妍妍,张元动,张举.2013.浙西赣东北奥陶纪晚达瑞威尔期—早桑比期笔石序列新见[J].地层学杂志,37(2):144-154.
- 孙肇才,胡显穆.2002.鄂尔多斯盆地西南缘奥陶系的对比划分意见及其对中西部油气勘探的意义[J].海相油气地质,7(4):41-58+5.
- 汪啸风,倪世钊,曾庆銮,徐光洪,周天梅,李志宏,项礼文,赖才根.1987.长江三峡地区生物地层学(2)早古生代分册[M].北京:地质出版社.
- 汪啸风,陈旭,陈孝红,朱慈英.1996.中国地层典奥陶系[M].北京:地质出版社.
- 王传尚,汪啸风,陈孝红,李志宏.2003.峡东地区奥陶系庙坡组地球化学异常与海平面变化研究[J].地质地球化学,31(2):57-64.
- 王传尚,汪啸风,危凯,曾雄伟,王建坡,李炎桂.2022.湘鄂西地区志留纪海平面变化与层序地层划分对比[J].华南地质,38(1):67-78.
- 王华清.2024.华北板块西缘奥陶系乌拉力克组笔石及地层研究[D].中国科学院大学硕士学位论文.
- 席胜利,莫午零,刘新社,张雷,李剑,黄正良,王民,张春林,朱秋影,言语,周能武.2021.鄂尔多斯盆地西缘奥陶系乌拉力克组页岩气勘探潜力——以忠平1井为例[J].天然气地球科学,32(8):1235-1246.
- 席胜利,刘新社,黄正良,赵会涛,张才利,刘洋.2023a.鄂尔多斯盆地中奥陶统乌拉力克组页岩油气富集条件及勘探方向[J].天然气工业,43(3):12-22.
- 席胜利,魏嘉怡,张才利,王红伟,井向辉,杨亚娟,刘刚,李涵,张艳.2023b.鄂尔多斯盆地海相页岩油勘探发现及意义[J].石油学报,44(2):253-269.
- 于洲,周进高,李程善,宋晓娇,罗超,吴兴宁,吴东旭,胡琮.2021.鄂尔多斯盆地西缘奥陶纪克里摩里期—乌拉力克期构造—岩相古地理特征[J].天然气地球科学,32(6):816-825.
- 张艳妮,李荣西,席胜利,姚泾利,黄何鑫,赵帮胜,吴小力,杨玲.2022.鄂尔多斯盆地西缘奥陶系乌拉力克组页岩沉积环境及有机质富集机制[J].中南大学学报(自然科学版),53(9):3401-3417.
- 张元动,詹仁斌,王志浩,袁文伟,方翔作.2020.中国奥陶纪地层及标志化石图集[M].杭州:浙江大学出版社.
- 赵振宇,孙远实,李程善,张庆.2015.鄂尔多斯盆地奥陶系地层划分与对比研究[J].特种油气藏,22(5):9-17+151.
- 钟寿康,谭秀成,胡广,聂万才,杨梦颖,张道锋,郑剑锋,许杰,董国栋,肖笛,卢子兴.2022.古地理格局对膏盐岩-碳酸盐岩共生体系沉积分异的控制——以鄂尔多斯盆地中东部奥陶系马家沟组五段6亚段为例[J].石油勘探与开发,49(4):728-740.
- Chen X, Zhang Y D, Goldman D, et al. 2016. Darriwilian to Katian (Ordovician) Graptolites from Northwest China[M]. Hangzhou: Zhejiang University Press.
- Maletz, Jörg, Toro B A, Zhang Y D, Vandenberg A H M. 2018. Part V, Second Revision, Chapter 20: Suborder Dichograptina: Introduction, morphology, and systematic descriptions[J]. Treatise Online 108: 1-28.
- Maletz Jörg, Wang C S, Wang X F. 2019. Katian (Ordovician) to Aeronian (Silurian, Llandovery) graptolite biostratigraphy of the YD-1 Drill core, Yuanan County, Hubei Province, China[J]. Papers in Palaeontology, 7(1): 163-194.
- Maletz Jörg. 2021. Part V, Second Revision, Chapter 7: Biostratigraphy[J]. Treatise Online 146: 1-22.