



引文格式: 方少伯, 王训练, 周洪瑞, 等. 似犬齿珊瑚属 *Caninophyllum* Lewis, 1929 (四射珊瑚) 两个种个体系统发育特征研究[J]. 西北地质, 2024, 57(2): 24–33. DOI: 10.12401/j.nwg.2024005

Citation: FANG Shaobo, WANG Xunlian, ZHOU Hongrui, et al. Two Species Ontogeny Characteristics of *Caninophyllum* Lewis, 1929 (Rugose Corals)[J]. Northwestern Geology, 2024, 57(2): 24–33. DOI: 10.12401/j.nwg.2024005

似犬齿珊瑚属 *Caninophyllum* Lewis, 1929 (四射珊瑚) 两个种个体系统发育特征研究

方少伯, 王训练, 周洪瑞, 岑武轩

(中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083)

摘要: 四射珊瑚似犬齿珊瑚属 *Caninophyllum* Lewis, 1929 广泛发育于欧洲、亚洲和北美地区石炭纪至早二叠世, 以成年期主隔壁缩短且不发育轴部构造为特征, 由于该属一些种的主、对隔壁特征及轴部构造在成年期特征与原始定义不符, 导致关于 *Caninophyllum* Lewis, 1929 定义存在分歧。根据准噶尔盆地东北缘上石炭统石钱滩组发现的保存较完整的 *Caninophyllum shuangjingziense* Zeng, 1983 与 *Caninophyllum yui* Wang, 1989 个体系统发育特征, 并结合模式种及原始描述, 认为 *Caninophyllum* 在早期个体发育阶段, 原生隔壁(轴连隔壁)便分离为主隔壁与对隔壁, 成年期主隔壁整体呈现缩短趋势, 对隔壁与对部其余一级隔壁等长, 轴部构造不发育。

关键词: *Caninophyllum*; 四射珊瑚; 上石炭统; 准噶尔盆地

中图分类号: P52

文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2024)02-0024-10

Two Species Ontogeny Characteristics of *Caninophyllum* Lewis, 1929 (Rugose Corals)

FANG Shaobo, WANG Xunlian, ZHOU Hongrui, CEN Wuxuan

(School of the Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China)

Abstract: *Caninophyllum* Lewis, 1929 was widely developed in Europe, Asia and North America from the Carboniferous to the Early Permian, characterized by shortened cardinal septum and no axial structure after early neanic stage. There are disputes about the definition of *Caninophyllum* Lewis, 1929 due to the main and cardinal septum characteristics and axial structure of some species of this genus in mature growth stages are inconsistent with the original definition. According to ontogenetic characteristics of the well-preserved individuals of *Caninophyllum shuangjingziense* Zeng, 1983 and *Caninophyllum yui* Wang, 1989 collected from Shiqiantan Formation of Upper Carboniferous, based on the type species and original description, it is believed that the axial septum of *Caninophyllum* Lewis, 1929 in the early stages was separated to the cardinal and the counter septa. Axial septum only present during early neanic growth stage, moreover, in mature growth stage the cardinal septum is shortened, the length of counter septum is equal to average counter septa.

Keywords: *Caninophyllum*; Rugose coral; Upper Carboniferous; Junggar basin

收稿日期: 2023-09-10; 修回日期: 2024-01-09; 责任编辑: 吕鹏瑞

基金项目: 中国地质调查局项目(DD20189612)和国家自然科学基金项目(42172037, 41702023)联合资助。

作者简介: 方少伯(1995-), 男, 硕士研究生, 地质工程专业。E-mail: fang_shao_bo@163.com。

Lewis (1929) 为成年期一级隔壁较长的犬齿类珊瑚单建一属 *Caninophyllum*, 其一级隔壁较长的特征可以与 *Caninia* Michelin in Gervais, 1840 和 *Siphonophyllia* Scouler in McCoy, 1844 相区分。*Caninophyllum* 与 *Paracaninophyllum* 及 *Bothrophyllum* 之间则存在争议。*Caninophyllum* 的大多数种的主隔壁在成年期常缩短 (Lewis, 1929; Fomichev, 1953), *Bothrophyllum* 的大多数种成年期部分一级隔壁末端在轴部融连, 发育不稳定轴部构造 (Hill, 1956, 1981; 俞昌民等, 1963; 俞建章等, 1983; Fedorowski, 2016, 2017)。同时一些被归入 *Paracaninophyllum* (严幼因, 1982)、*Bothrophyllum* (Rowett, 1969; Fedorowski, 1975) 及 *Pseudozaphrentoides* (Groot, 1963) 的个体在成年期主隔壁也常缩短, 具有与 *Caninophyllum* 相似的特征。

Caninophyllum 在个体生长过程中, 不仅在不同个体之间, 而且在同一个体中都显示出较大的形态学变化。同时, 相似的形态学特征也在不同属种的生长阶段中出现, 这种多变性增加了分类学的困难。加之对 *Caninophyllum* 定义范围的不同认识, 不同种类的四射珊瑚被称为该属, 在分类学上存在一定的混乱。

曾彩林等 (1983)、王增吉等 (1989) 和 Yang 等 (2022) 分别研究了准噶尔盆地东北缘上石炭统石钱滩组四射珊瑚, 描述的 *Caninophyllum* 几乎都缺乏系统切片内容, 新种的建立通常基于一两个横向切片和一个纵向切片, 而且横向切片的位置是未知的, 通常作为个体成年期特征进行描述。一般认为只有对保存较完整的珊瑚个体进行系统切片, 对珊瑚个体各个

生长阶段进行研究更有助于明确珊瑚个体系统发育特征 (Fomichev, 1953; Fedorowski, 2016)。笔者基于 *Caninophyllum* 模式标本及原始定义, 对比分析与其相近或相似的属, 通过对保存较完整的珊瑚个体进行系统切片, 揭示上石炭统石钱滩组 *C. shuangjingziense* Zeng, 1983 与 *C. yui* Wang, 1989 的个体发育特征, 进一步明确 *Caninophyllum* 的鉴定特征。

1 化石产地与层位

准噶尔盆地地域广阔, 油气及矿产资源丰富, 地质条件复杂 (夏冬等, 2018; 于景维等, 2021; 张照伟等, 2022; 计文化等, 2022; 何文军等, 2023)。研究区位于新疆准噶尔盆地东北缘克拉美丽山南麓的石钱滩组, 整体呈 NW-SE 向条带状分布, 主要为一套浅海-滨海相泥质灰岩、生物灰岩、砂质灰岩与钙质粉砂岩、砂岩、粉砂岩不均匀互层, 偶夹碳质泥岩和砾岩, 以奇台县北部石钱滩-双井子一带为代表 (剖面坐标为 E 90°35'03", N 44°50'37") (图 1)。文中所描述的四射珊瑚材料均采自准噶尔盆地东北缘奇台县双井子剖面上石炭统石钱滩组 (图 2)。

2 系统古生物学

标本鉴定和描述综合参考了 Hill (1981)、Poty (1981) 和 Fedorowski (2016) 的系统分类方案。所有珊瑚标本都存放在中国地质大学 (北京)。

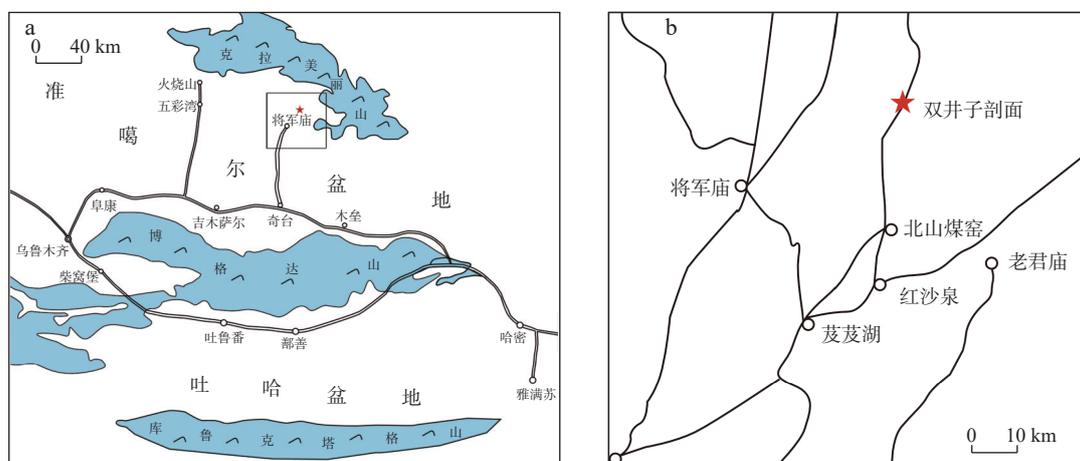
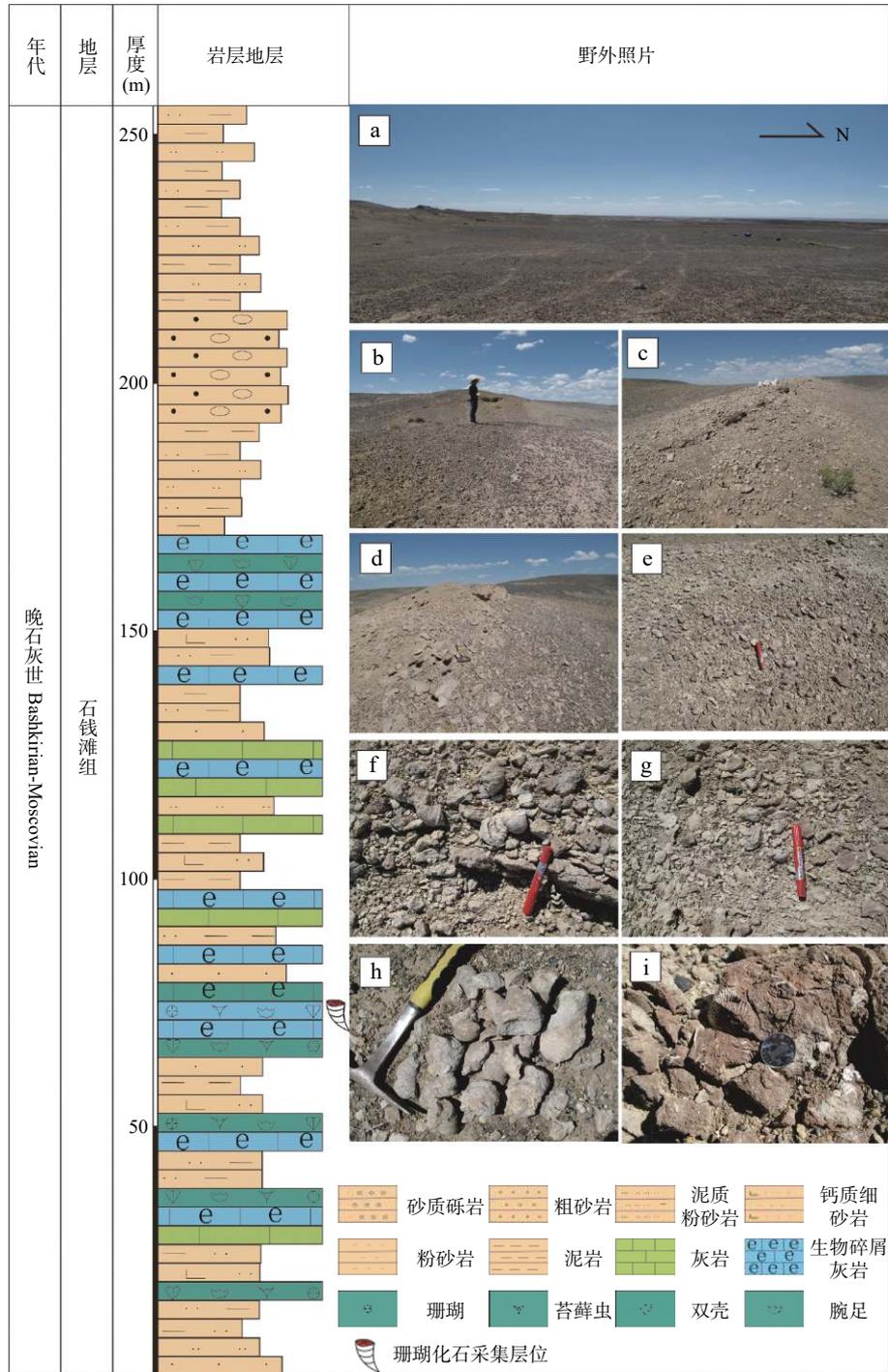


图1 研究区交通位置及双井子剖面位置图 (蓝色为山脉, 五角星为剖面具体位置)

Fig. 1 Traffic and profile location of Shuangjing section in the studied area (The blue color is the mountain range, and the star is the location of the section)



a~g. 野外露头照片; h~i. 珊瑚 *Caninophyllum*

图2 准噶尔盆地东北缘石钱滩剖面石钱滩组(上石炭统)岩石沉积柱状图

Fig. 2 Lithologic column of the Shiqiantan formation (Upper Carboniferous) in the Shiqiantan section, northeast margin of Junggar basin

四射珊瑚亚纲 Subclass Rugosa Edwards et Haime,

1850

十字珊瑚目 Order Stauriida, Verrill, 1865

犬齿珊瑚亚目 Suborder Caniniina, Wang, 1950

沟珊瑚科 Bothrophyllidae Fomichev, 1953

似犬齿珊瑚属 *Caninophyllum* Lewis, 1929

Caninophyllum Lewis, 1929, p.457

Paracandinophyllum Yan, 1982, p.36

模式种: *Cyathophyllum archiaci* Edward et Haime, 1852, p.183, pl.34, fig.7.

属征: 单体, 圆锥-锥柱状。从幼年期至成年期一级隔壁均较长, 幼年早期原生隔壁(轴连隔壁)发育, 存在微弱轴部构造; 幼年晚期主隔壁缩短。成年期一级隔壁较长, 不达轴部, 在横板带内略加厚; 主隔壁短, 主内沟显著, 对隔壁与对部一级隔壁等长。鳞板带宽, 多列, 排列规则。横板较完整, 轴部阔穹状, 边缘外斜。

分布: 乌拉尔山脉(Kossovaya, 1986)、顿涅茨克盆地(Fomichev, 1953; Ogar, 2009)、莫斯科盆地(Fedorowski, 1968)、斯匹茨卑尔根(Fedorowski, 1975; Chwieduk, 2009, 2013)、英国(Mitchell, 1980)、西班牙(Rodríguez, 2004)、伊朗中部(Wang et al., 2019)和中国等地(王增吉等, 1982, 1995; 曾彩林等, 1983; 何心一等, 1983; 蔡土赐, 1986; 俞学光等, 1986, 1988, 林英翎等, 1988; 王增吉, 1989; 骆金锭等, 1990; 武世忠等, 1992; 丁蕴杰, 1993; 张雄华, 2002; 郭伟等, 2003; Yang et al., 2022; 王训练等, 2023), 石炭纪至早二叠世。

讨论: Lewis(1929)建立新属 *Caninophyllum*, 并以 *Cyathophyllum archiaci* Edwards et Haime, 1852 为模式种, 将 *Cyathophyllum archiaci* Edward et Haime, 1852 及 *Caninia patula* Michelin, 1846 归于其中。*Caninophyllum* 最显著的特征是成年期一级隔壁较长, 具有犬齿珊瑚型趋势, 不发育包珊瑚型隔壁, 鳞板带较宽。

Lewis(1929)在建立 *Caninophyllum* 时仅将其与 *Caninia* 进行对比, 未与 *Bothrophyllum* 进行对比。在之后的研究中, 部分学者根据主隔壁、对隔壁特征与轴部构造在生长阶段是否发育区分了 *Caninophyllum* 与 *Bothrophyllum* 两属(Hill, 1956; 俞昌民等, 1963; Poty, 1981; 俞建章等, 1983; Kossovaya, 1989; 林宝玉, 1995; Chwieduk, 2013; Fedorowski, 2016), 而部分学者主张将两属互为同义名。Campbell(1957)首次提出 *Caninophyllum* 与 *Bothrophyllum* 模式种之间的差异可能仅限于种之间。Rowett(1969)与 Fedorowski(1975)主张将 *Caninophyllum* 作为 *Bothrophyllum* 的同义名。Hill(1981)认为 *Caninophyllum* 与 *Bothrophyllum* 可能互为同物异名, 并置以问号(对 *Bothrophyllum* 的正模标本进行进一步鉴定和描述)。

Bothrophyllum 是 Trautschold(1879)以产于莫斯科地区 Myachkovo 采石场的 *Bothrophyllum conicum* 为正模标本建立, 认为其是 *Cyathophyllum* 的亚属, 并注释了种名来源为 “*Turbinolia conica* Fisch, 1837”。

cher von Waldheim(1837)(pl.30, figs.4-6)当时描述了3个新种, 其中 *T. conica* 主要特征为主隔壁在轴部融连, 二级隔壁及部分鳞板带缺失。不幸的是 *Bothrophyllum conicum* 模式标本遗失。之后 Dobrolyubova(1937)、Fedorowski(1973)、Ivanovsky(1987)、Kossovaya(2001)(p.154-155)和 Fedorowski(2016)分别对 *Bothrophyllum* 的模式种开展过研究。Dobrolyubova(1937)的选模标本可能来自不同个体, 这一点得到 Ivanovsky(1987)与 Fedorowski(2016)的证实。Ivanovsky(1987)所选的 *B. conicum* 新模标本主要特征如下: ①幼年早期一级隔壁在轴部融连, 二级隔壁及鳞板带不发育。②成年期部分一级隔壁在轴部融连。③成年期主内沟被主隔壁两侧 2~3 对一级隔壁包围, 对隔壁加长显著。

Caninophyllum archiaci Edwards & Haime 正模标本的3个横切面中, 可分别观察到其成年期、幼年晚期与幼年中期特征(Lewis, 1929)(pl.11, figs.1a-c)。*C. archiaci* 幼年早期特征可以在副模标本中观察到(Lewis, 1929)(text-fig.4), 一级隔壁呈内沟珊瑚型, 主内沟不显著, 主隔壁长, 加长的隔壁末端融连。*B. conicum* 幼年早期轴连隔壁始终存在(Ivanovsky, 1987)(pl.1, fig.1b), 与 *C. archiaci* 幼年早期特征较为相似。*C. archiaci* 幼年中期一级隔壁末端融连, 主内沟不显著, 幼年晚期主内沟显著, 且常被缩短的主隔壁占据(Lewis, 1929)(pl.11, figs.1b-c)。而 *B. conicum* 加长的主隔壁与对隔壁末端融连, 形成不稳定的轴部构造。Poty(1981)也认为 *Bothrophyllum* 成年期主隔壁不缩短。*Caninophyllum* 从幼年晚期开始明显缩短的主隔壁可以与在生长阶段主隔壁都较长的 *Bothrophyllum* 相区分。

Lewis 指定模式标本中, *C. archiaci* 成年期轴部构造不发育, 对部一级隔壁与对隔壁等长(Lewis, 1929)(pl.11, fig.1a)。而 *B. conicum* 新模标本成年期部分一级隔壁在轴部融连, 主内沟被主隔壁两侧 2-3 对一级隔壁包围, 对隔壁加长显著(Ivanovsky, 1987)(pl.1, fig.1a)。Stuckenberg(1888)以 *Pseudocaninia conica* Stuckenberg 为模式种建立 *Pseudocaninia* 属。早期生长阶段 *Pseudocaninia* 与 *Caninophyllum* 相似, 唯 *Pseudocaninia* 较长的一级隔壁末端通常在轴部融连, 形成“假中柱”(Lewis, 1931)。大部分学者认为 *P. conica* 即为 *B. conicum*, 主张废除 *Pseudocaninia*(Hill, 1956, 1981; 俞昌民等, 1963; Fedorowski, 1975, 2016)。按照

Lewis(1931)的观点, *Bothrophyllum* 较长的隔壁末端通常在轴部融连形成轴部构造, 是区分 *Bothrophyllum* 与 *Caninophyllum* 的关键。在 Cyathopsidae 与 Aulophyllidae 科中也有部分属在系统发育早期阶段出现原生隔壁, 只有轴连隔壁的长时间存在才能作为稳定的鉴定特征。因此, *Caninophyllum* 与 *Bothrophyllum* 两属的差异在于 *Caninophyllum* 成年期不发育轴部构造, 对隔壁与对部一级隔壁等长, 而 *Bothrophyllum* 存在加长的对隔壁与主隔壁末端相连, 形成轴部构造。

严幼因(1982)根据湖南临武地区的标本建立新属 *Paracaninophyllum*, 模式种为 *P. xianghualingense* Yan, 1982。 *Paracaninophyllum* 与 *Caninia* 幼年期鳞板带都较窄, 不同在于 *Caninia* 成年期一级隔壁短缩, 横板较完整, 主内沟内端开阔, 而 *Paracaninophyllum* 成年期一级隔壁不短缩, 横板分异, 主内沟闭形(严幼因, 1982)。 *Paracaninophyllum* 与 *Caninophyllum* 相似, 差异在于前者个体小, 隔壁数量较少, 鳞板带较窄, 主内沟在个体发育的各个阶段均显著, 横板分异(严幼因, 1982)。许寿永等(1994)将 *Paracaninophyllum* 作为 *Caninophyllum* 的同义名, 认为前者个体较小、隔壁较少与二级隔壁长度相近等特征不能作为属的差异将其与 *Caninophyllum* 区分。林宝玉(1995)也将 *Paracaninophyllum* 作为 *Caninophyllum* 的同义名并置以问号, 未详细阐述原因。 *P. xianghualingense* Yan, 1982 模式种在幼年期一级隔壁加厚显著, 汇集轴部, 主隔壁短, 主内沟显著; 幼年中期, 一级隔壁略微缩短, 主隔壁缩短明显, 主内沟显著; 幼年晚期, 一级隔壁在横板带加厚显著, 二级隔壁发育; 成年期主隔壁短, 其余一级隔壁不缩短, 横板分异, 主内沟闭形(严幼因, 1982, p.36, pl.6, figs.3-5)。 *Paracaninophyllum* 被用来描述与 *Caninophyllum* 具有相似特征但体型较小的个体, 体型的大小在物种命名法中不能用来区分属一级的分类单元, 加之 *P. xianghualingense* Yan, 1982 主隔壁在幼年早期汇集轴部, 幼年中期缩短, 成年期主隔壁短及主内沟显著等特征与 *C. archiaci* 一致, 故将其列为 *Caninophyllum* 的同义名。

Caninophyllum 形态相近的属有 *Caninia*, *Pseudozaphrentoides*, *Caninostrotion*, *Caninella*, *Arctophyllum* 和 *Gshelia*。

Caninia 与 *Caninophyllum* 不同在于前者成年期一级隔壁显著缩短, 后者隔壁依旧很长, 缺少包珊瑚型

阶段, 同时后者发育较宽的鳞板带。 *Pseudozaphrentoides* 和 *Caninophyllum* 区别在于 *Caninophyllum* 的鳞板区域较宽, *Pseudozaphrentoides* 相对较短的一级隔壁不伸达轴部, 具有包珊瑚型隔壁发育阶段。 *Caninostrotion* Easton, 1943 与 *Caninophyllum* 相似, 不同在于前者一级隔壁在所有象限均加厚, 假中柱发育, 二级隔壁较短。 *Arctophyllum* Fedorowski, 1975 一级隔壁在早期发育阶段呈满珊瑚型, 后期呈犬齿珊瑚型, 其对隔壁较邻近的其他一级隔壁短, 侧隔壁十分发育, 鳞板带较窄的特征可与 *Caninophyllum* 相区别。 *Caninella* Gorsky, 1938 与 *Caninophyllum* 相似, 但是前者鳞板带分异成两部分且一级隔壁呈矛状。 *Gshelia* Stuckenberg, 1888 幼年期发育厚板状中柱, 成年期消失, 可与 *Caninophyllum* 区别。

结合本次采集的标本认为 *Caninophyllum* 具有以下几个特征: ①幼年早期主隔壁伸达轴部, 形成微弱轴部构造, 一级隔壁略呈内沟珊瑚型排列。②幼年晚期至成年期主隔壁缩短, 主内沟显著。③成年期主隔壁缩短, 轴部构造不发育, 对隔壁与对部一级隔壁等长。

Caninophyllum shuangjingziense Zeng, 1983

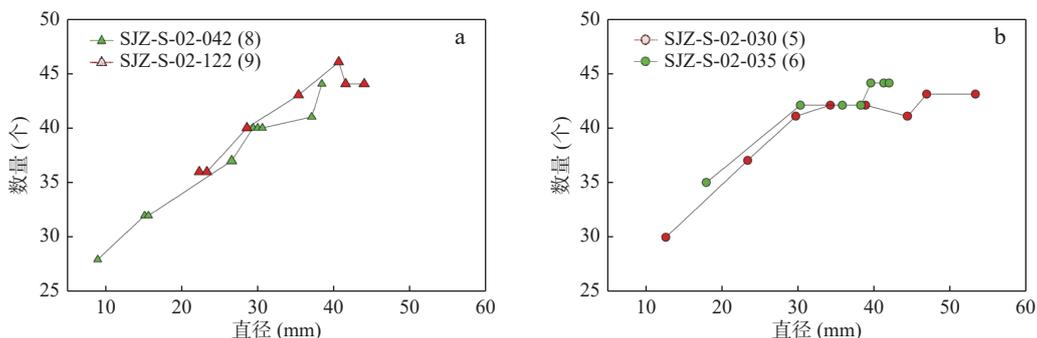
(图 3a; 图 4 中的 1a~1h, 2a~2i)

1983 *Caninophyllum?* *shuangjingziense* Zeng, 曾彩林等, 184 页, 图版 51, 图 4a-f.

1989 *Caninophyllum shuangjingziense* Zeng, 王增吉等, 318 页, 图版 III, 图 7a-b.

描述: 中-大型单体, 弯锥状, 始端保存较完整, 萼部下凹; 外壁覆以生长横纹, 间隔壁脊与隔壁沟不明显, 部分被磨蚀或风化; 体长为 76~81 mm, 最大体径为 57 mm(图 4 中的 1a, 2a)。隔壁两级, 横切面直径 9.2~43.8 mm, 对应隔壁为 28×1~44×2 条。在标本 SJZ-S-02-042(8)中, 直径为 9.2 mm 时, 仅发育一级隔壁。直径为 15.3 mm 时, 二级隔壁发育, 鳞板带出现。指示该种二级隔壁及鳞板带的出现在珊瑚体径为 9.2~15.3 mm。主部一级隔壁在横板带内加厚更为显著。二级隔壁长度约为一级隔壁的 1/10~1/5, 发育连续。内缘鳞板人字形, 外缘鳞板同心状。

幼年早期(图 4 中的 2b), 直径为 9.8 mm, 一级隔壁为 28 条。一级隔壁均加厚, 略呈内沟珊瑚型排列, 部分一级隔壁伸达轴部末端融连。幼年中期-晚期(图 4 中的 1b~1c), 直径为 15.3~15.8 mm, 一级隔壁为 32 条, 主、侧内沟显著, 侧隔壁较短, 主隔壁缩短变薄。



a. *Caninophyllum shuangjingziense*; b. *Caninophyllum yui*.

图3 石钱滩组珊瑚一级隔壁数量与直径关系折线图

Fig. 3 Line chart showing number of major septa versus diameter of studied coral in the Shiqiantan Formation (Symbols joined by lines represent values taken from individual specimens)

一级隔壁在成年期加长增厚, 不伸至轴部, 一级隔壁数目趋于稳定。主隔壁呈现缩短趋势, 主隔壁最短的测量数据为 3.2 mm。主部一级隔壁在横板带内均加厚显著, 主部一级隔壁羽状, 对部一级隔壁放射

状排列, 一级隔壁约为半径的 4/5。对隔壁与对部一级隔壁等长, 轴部构造不发育。随着鳞板带逐渐变宽, 一级隔壁先从对部变薄, 后从主部变薄。成年早期(图 4 中的 1d、2d~2e), 一级隔壁数目略增加, 鳞板带逐渐变宽, 一级隔壁缩短至半径的 4/5。成年中期(图 4 中的 1e~1h、2f~2h), 一级隔壁从对部开始变薄, 成年中期至晚期, 伴随着鳞板带的加宽, 一级隔壁数目趋于稳定。成年晚期(图 4 中的 2i), 主部一级隔壁也开始变薄, 主隔壁较短, 主内沟显著。

讨论: 本种与模式种 *C. archiaci* 隔壁数目相近, 但后者隔壁加厚弱, 主内沟较窄且个体较小等特征与本种不同。本种与 *Caninophyllum tamugangense* Zeng 相比, 后者隔壁数目多, 鳞板带较宽。

产地层位: 奇台县, 石钱滩组(上石炭统)。

Caninophyllum yui Wang, 1989

(图 3b; 图 5 中的 1a~1i、2a~2h;)

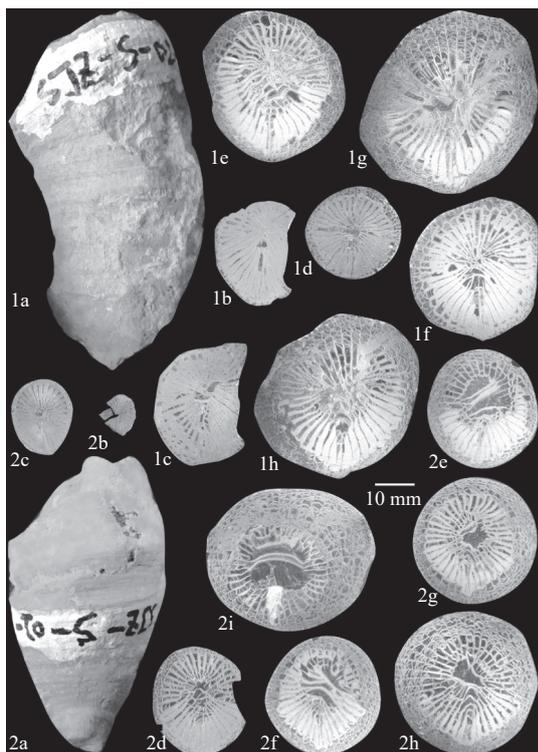
1989 *Caninophyllum yui* Wang, 王增吉等, 第 167 页, 图版 II, 图 1, 3; 图版 III, 图 2。

1989 *Caninophyllum urumqiense* Wang, 王增吉等, 第 166 页, 图版 III, 图 1。

1989 *Pseudozaphrentoides chiui*(Lee et Yu), 王增吉等, 第 165 页, 图版 II, 图 7。

2022 *Caninophyllum urumqiense* Wang, Yang et al., p.8, Text-figs, 5A-C。

描述: 中-大型单体, 圆锥-弯锥状, 始端保存不完整; 萼部杯状凹陷, 保存完整, 外壁覆以生长横纹, 间隔壁脊与隔壁沟明显, 部分被磨蚀或风化; 体长为 88~92 mm, 最大体径为 61 mm(图 5 中的 1a、2a)。隔壁两级, 直径为 12.8~55.3 mm, 对应隔壁为 30×1~44×2 条。



1a~1h. *Caninophyllum shuangjingziense* Zeng, 1983; 1a. 实体照片, 标本编号 SJZ-S-02-042(8); 1b~1h. 横切面; 2a~2g. *C. shuangjingziense* Zeng, 1983; 2a. 实体照片, 标本编号 SJZ-S-02-122(9); 2b~2i. 横切面

图4 准噶尔盆地东北缘石钱滩剖面石钱滩组(上石炭统)四射珊瑚化石

Fig. 4 Rugose coral fossils of Shiqiantan formation (Upper Carboniferous) in the Shiqiantan section, northeast margin of Junggar basin

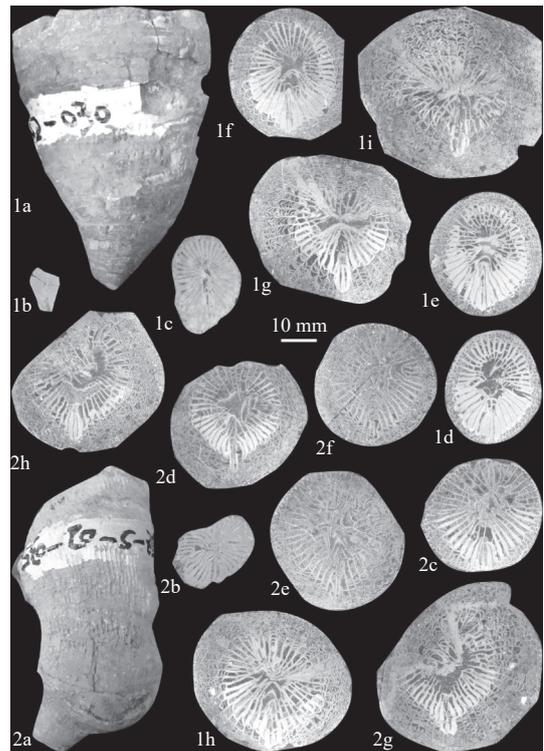
主部一级隔壁在横板带内加厚更为显著。二级隔壁连续,从幼年期至成年期长度变化范围较大,约为一级隔壁的 $1/9\sim 1/4$ 。

幼年早-中期(图5中的1b),直径为12.8 mm,一级隔壁为30条。一级隔壁均加厚,略呈内沟珊瑚型排列,部分一级隔壁伸达轴部末端融。幼年晚期(图5中的1c、2b),直径为18.1~23.5 mm,一级隔壁为35~37条。主、侧内沟显著,侧隔壁较短,主隔壁缩短变薄。除主隔壁、对隔壁外,部分一级隔壁可达轴部。

成年期一级隔壁长而增厚不达中轴,数目趋于稳定。主部一级隔壁在横板带内均加厚显著,主部一级隔壁羽状,对部一级隔壁放射状排列。一级隔壁约为半径的 $3/4\sim 4/5$,主隔壁缩短,末端持续变薄,主内沟显著。对隔壁与对部一级隔壁等长,轴部构造不发育。随着鳞板带逐渐变宽,一级隔壁先从对部变薄,后从主部变薄。成年早期(图5中的1d~1e、2c~2f),一级隔壁数目略增加,一级隔壁缩短至半径的 $4/5$,对部一级隔壁变薄。鳞板带逐渐变宽。成年中期(图5中的1f~1h、2g~2h),一级隔壁缩短至半径的 $3/4$,一级隔壁从对部开始变薄,伴随着鳞板带的加宽一级隔壁数目趋于稳定。成年晚期主隔壁缩短(图5中的1i),主隔壁两侧一对一级隔壁包裹主隔壁形成梨形封闭的主内沟。*Caninophyllum yui*个体发育模式示意图(图6)。

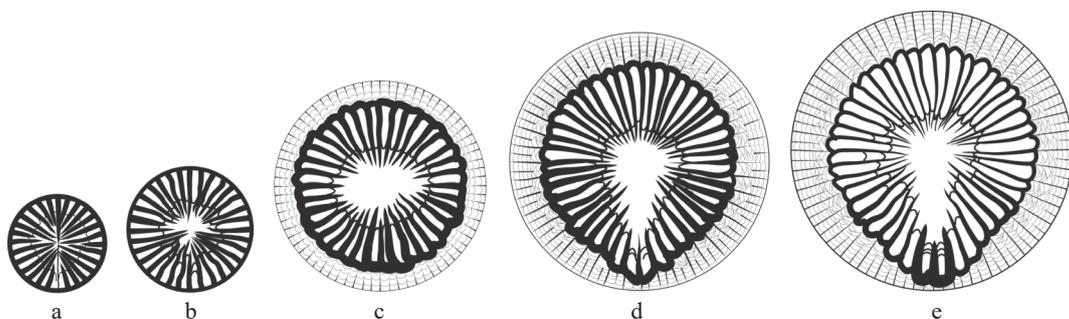
讨论:王增吉等(1989)建立*C. yui* Wang,其幼年期主、侧隔壁缩短,主、侧内沟显著,成年期侧内沟消失,主内沟显著;横板弯曲,中央下凹。*C. yui*的主隔壁在系统发育过程中一般平直,不与主部其余一级隔壁末端融连。主隔壁在成年期缩短显著,对部隔壁不侧向融连,主隔壁两侧的一~4对一级隔壁常包卷主隔壁形成显著的主内沟,幼年期较为显著的侧内沟在成年期消失。

*C. yui*与*C. shuangjingziense*相似,不同在于*C. yui*个体略大,二级隔壁较长,幼年期侧隔壁缩短,侧内沟显著,且成年期主隔壁两侧的一~4对一级隔壁常包卷主隔壁形成显著的主内沟。*C. yui*与*C. shuangjingziense*幼年期一级隔壁呈内沟珊瑚型,可与



1a~2i. *Caninophyllum yui* Wang, 1989; 1a. 实体照片, 标本编号为 SJZ-S-02-030(5); 1a~1i 横切面; 2a~2h. *C. yui* Wang, 1989; 2a. 实体照片, 标本编号为 SJZ-S-02-035(6); 2b~2h. 横切面
图5 准噶尔盆地东北缘石钱滩剖面石钱滩组(上石炭统)四射珊瑚化石

Fig. 5 Rugose coral fossils of Shiqiantan formation (Upper Carboniferous) in the Shiqiantan section, northeast margin of Junggar basin



a. 幼年早-中期; b. 幼年晚期; c. 成年早期; d. 成年中期; e. 成年晚期

图6 *Caninophyllum yui*个体发育模式示意图

Fig. 6 Schematic diagram of *Caninophyllum yui* ontogenetic pattern

幼年期发育包珊瑚型隔壁的 *Caninia cornucopiae* Michelin in Gervais, 1840 进行区分 (Kossovaya, 2016, p.1055, Text-fig.7)。 *Bothrophyllum pater* Ivanovsky, 1967 自幼年期至成年早期, 不稳定的轴部构造始终存在, 主隔壁较长, 对隔壁始终较对部一级隔壁长 (Khoa, 1977, p.377, Text-fig.40, 1a-d)。 *C.yui* 与 *C.shuangjingziense* 幼年早期主隔壁伸达轴部, 形成微弱轴部构造, 与 *B.pater* 相似; 幼年晚期至成年期主隔壁缩短, 主内沟显著; 成年期轴部构造不发育, 对隔壁与对部一级隔壁等长, 可与 *B.pater* 区分。

产地层位: 同上。

3 石钱滩组 *Caninophyllum* 古地理意义

在晚石炭世, 准噶尔盆地东北缘石钱滩组四射珊瑚以 *Caninophyllum-Bothrophyllum-Timania* 组合为特征 (曾彩林等, 1983), 与新双井子剖面的 *Caninophyllum-Gshelia* 组合大致相当 (Yang et al., 2022), 主要是单体双带型, 以 *Caninina* 亚目中 *Cyathopsidae* 和 *Bothrophyllidae* 科为代表的单体珊瑚分子大量发育, 同时缺乏单体三带型和块状复体珊瑚。石钱滩组四射珊瑚组合在属级上与莫斯科盆地、乌拉尔山脉、新地岛、斯匹次卑尔根群岛、加拿大北部群岛及中国南方的珊瑚组合较为相似 (Fomichev, 1953; Fedorowski, 1975; Chwieduk, 2009, 2013; Ogar, 2009), 新双井子剖面石钱滩组报道的 *Arctophyllum intermedium*, 在全球范围内仅在古特提斯洋西北部的乌拉尔山脉、新地岛和斯匹次卑尔根地区发育 (Yang et al., 2022), 表明当时石钱滩组珊瑚动物群可能与附近地区进行少量交流。

同时, 准噶尔盆地东北缘石钱滩组与噶尔盆地南缘祁家沟组在属级上皆出现 *Caninophyllum*, *Bothrophyllum*, *Gshelia*, *Pseudozaphrentoides*, *Caninia*, *Caninella*, *Arctophyllum*, 皆出现 *Caninophyllum urumqiense*, *C.domheri*, *C.tamugangense*, *C.yui*, *Caninella magna* 及 *G.minor*, 显示出非常相似的生物面貌。石钱滩组与祁家沟组相似的生物面貌说明四射珊瑚分子进行良好的交流, 石钱滩组内大量地方种的出现如 *C.shuangjingziense* 与 *C.yui* 指示其具有一定局限性。

4 结论

(1) *Caninophyllum* 在早期个体发育阶段, 原生隔

壁(轴连隔壁)便分离为主隔壁与对隔壁, 成年期主隔壁整体呈现缩短趋势, 对隔壁与对部其余一级隔壁等长, 轴部构造不发育。

(2) 系统切片研究显示 *C.shuangjingziense* Zeng 与 *C.yui* Wang, 在幼年早-中期, 一级隔壁均加厚, 略呈内沟珊瑚型排列, 部分一级隔壁伸达轴部末端融连; 幼年晚期, 主隔壁缩短变薄; 成年期主隔壁缩短, 末端持续变薄, 主内沟显著; 对隔壁与对部一级隔壁等长, 轴部构造不发育; 成年期一级隔壁长而增厚不达中轴, 数目趋于稳定; 随着鳞板带逐渐变宽, 一级隔壁先将对部变薄, 后从主部变薄。

参考文献(References):

- 蔡土赐. 新疆拜城地区晚石炭世四射珊瑚[J]. 古生物学报, 1986, 25(1): 55-62+129-130.
- CAI Tuci. Late Carboniferous teracorals of Baicheng in Southern Tianshan, Xinjiang[J]. Acta Palaeontologica Sinica, 1986, 25(1): 55-62+129-130.
- 丁蕴杰, 许寿永. 广西宜山地区晚石炭世至早二叠世珊瑚[J]. 古生物学报, 1993, 32(6): 693-707+714-715+ 803-806.
- DING Yunjie, XU Shouyong. Late Carboniferous and early Permian coral faunas from Yishan, Gungxi[J]. Acta Palaeontologica Sinica, 1993, 32(6): 693-707+714-715+803-806.
- 郭伟, 林英铄, 刘广虎. 内蒙古西乌旗地区早二叠世皱纹珊瑚化石组合及其地质意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2003, 33(4): 399-405.
- GUO Wei, LIN Yingtang, LIU Guanghu. Early Permian rugose coral assemblage and its geological significance in Xiwuqi of inner Mongolia[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2003, 33(4): 399-405.
- 何文军, 吴和源, 杨森, 等. 准噶尔盆地玛湖凹陷凤城组页岩油储层岩相划分与类型评价[J]. 西北地质, 2023, 56(1): 217-231.
- HE Wenjun, WU Heyuan, YANG Sen, et al. Lithofacies Division and Type Evaluation of Shale Oil Reservoir in Fengcheng Formation of Mahu Sag, Junggar Basin[J]. Northwestern Geology, 2023, 56(1): 217-231.
- 何心一, 翁发. 西藏阿里地区早二叠世珊瑚化石新资料[J]. 地球科学-中国地质大学学报, 1983, 1919(1): 69-78+ 179-180.
- HE Xinyi, WENG Fa. New materials of Early Permian Corals from Ali, Northern Xizang(Tibet)[J]. Earth Science, 1983, 19(1): 69-78+179-180.
- 计文化, 王永和, 杨博, 等. 西北地区地质、资源、环境与社会经济概貌[J]. 西北地质, 2022, 55(3): 15-27.
- JI Wenhua, WANG Yonghe, YANG Bo, et al. Overview of Geology, Resources, Environment and Economy in Northwest China[J]. Northwestern Geology, 2022, 55(3): 15-27.

- 林宝玉, 许寿永, 贾慧贞, 等. 皱纹珊瑚与异形珊瑚 [M]. 北京: 地质出版社, 1995: 1-778.
- LIN Baoyu, XU Shouyoung, JIA Huizhen, et al. Monograph of Palaeozoic Corals. Rugosa and Heterocorallia[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1995, 1-778.
- 林英铄, 武世忠. 广西隆林隆或地区早石炭世皱纹珊瑚 [J]. 古生物学报, 1988, 27(5): 565-583.
- LIN Yingtang, WU Shizhong, 1988. Early Carboniferous rugose corals from Longhuo area of Longlin, Guangxi[J]. Acta Palaeontologica Sinica, 1988, 27(5): 565-583.
- 骆金锭, 徐涵秋. 福建晚石炭世-早二叠世早期的四射珊瑚动物群 [J]. 古生物学报, 1990, 29(6): 668-693+783-788.
- LUO Jinding, XU Hanqiu. Rugose coral fauna of Late Carboniferous and Early Permian in Fujian[J]. Acta Palaeontologica Sinica, 1990, 29(6): 668-693+783-788.
- 王增吉, 俞学光. 西藏东部江达觉拥地区晚石炭世的四射珊瑚 [A]. 青藏高原地质文集 [C], 1982: 38-45+192-193.
- WANG Zengji, YU Xueguang. Late Carboniferous coral in the Jiangda Jueyong area of eastern Tibet[A]. Geological literature of the Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau[C], 1982: 38-45+192-193.
- 王增吉, 俞学光. 新疆乌鲁木齐祁家沟晚石炭世四射珊瑚 [J]. 中国地质科学院院报, 1989, 19: 157-171.
- WANG Zengji, YU Xueguang. Late Carboniferous rugose corals from the Qijiagou in Urumqi[J]. Bulletin of the Chinese Academy of Geological Sciences, 1989, 19: 157-171.
- 王增吉, 俞学光. 柴达木盆地北缘石灰沟晚石炭世的四射珊瑚 [J]. 地球学报, 1995(3): 310-327.
- WANG Zengji, YU Xueguang. The late Carboniferous rugose corals from Shihuigou on the north margin of the Qaidam basin[J]. Acta Geoscientia Sinica, 1995(3): 310-327.
- 武世忠, 林英铄. 辽宁太子河流域晚石炭世早期地层 (本溪组) 及皱纹珊瑚 [A]. 中国石炭纪珊瑚文集 [C]. 长春: 吉林科学技术出版社, 1992: 64-112.
- WU Shizhong, LIN Yingtang. Early Late Carboniferous stratigraphy (Benxi Formation) and rugose corals in Taizihe River Valley, eastern part of Liaoning Province[A]. Professional Papers of Carboniferous Corals of China[C]. Changchun: Jilin Science and Technology Press, 1992: 64-112.
- 王训练, 岑武轩, 周洪瑞, 等. 新疆乌鲁木齐地区上石炭统祁家沟组四射珊瑚古生态学研究 [J]. 西北地质, 2023, 56(1): 194-202.
- WANG Xunlian, CEN Wuxuan, ZHOU Hongrui, et al. Research on Paleocology of the Upper Carboniferous (the Qijiagou Formation) Rugose Corals in Urumqi, Xinjiang Uygur Autonomous Region[J]. Northwestern Geology, 2023, 56(1): 194-202.
- 夏冬, 彭玉旋, 罗照华, 等. 新疆石炭-二叠纪双亚幔柱特征及其对矿产资源的约束 [J]. 西北地质, 2018, 51(4): 10-23.
- XIA Dong, PENG Yuxuan, LUO Zhaohua, et al. Characteristic of Carboniferous-Permian Double Sub-mantle Plumes in Xinjiang and Their Constraints on Mineral Resources[J]. Northwestern Geology, 2018, 51(4): 10-23.
- 许寿永, 叶干. 广东连县早石炭世皱纹珊瑚及其地层 [A]. 地层古生物论文集 [C]. 1994, 24: 35-59.
- XU Shouyong, YE Gan. Early Carboniferous rugose corals and stratigraphy of Lianxian, Guangdong[A]. Professional Papers of Stratigraphy and Palaeontology[C]. 1994, 24: 35-59.
- 严幼因. 湖南临武地区丰宁世皱纹珊瑚 [J]. 长春地质学院学报, 1982, (3): 29-43.
- YAN Youyin. The Fengning (Low Carboniferous) Rugose from Linwu, Hunan[J]. Journal of Changchun Institute of Geology, 1982, (3): 29-43.
- 俞昌民, 吴望始, 赵嘉明, 等. 中国的珊瑚化石 [M]. 北京: 科学出版社, 1963: 1-390.
- YU Changmin, WU Wangshi, ZHAO Jiaming, et al. Coral fossils in China[M]. Beijing: Science Press, 1963: 1-390.
- 俞建章, 林英铄, 时言, 等. 石炭纪二叠纪珊瑚 [M]. 吉林: 吉林人民出版社, 1983: 1-357.
- YU Jianzhang, LIN Yingtang, SHI Yan, et al. Carboniferous and Permian Corals[M]. Jilin: Jilin People's Publishing House, 1983: 1-357.
- 于景维, 季汉成, 史燕青, 等. 准噶尔盆地阜东斜坡区三叠系韭菜园子组成岩作用特征及其对储层物性影响 [J]. 西北地质, 2021, 54(2): 99-110.
- YU Jingwei, JI Hancheng, SHI Yanqing, et al. Diagenesis and Its Effects on the Reservoir Property of the Triassic Jiucayuanzi Formation of Fudong Slope, Junggar Basin[J]. Northwestern Geology, 2021, 54(2): 99-110.
- 俞学光, 王增吉. 贵州独山卡浦石炭纪四射珊瑚新属种 [A]. 地层古生物论文集 [C], 1986, (3): 73-92.
- YU Xueguang, WANG Zengji. New Genera and species of Carboniferous tetracorals from Kapu of Dushan County, Guizhou Province[A]. Professional Papers of Stratigraphy and Palaeontology[C], 1986, (3): 73-92.
- 俞学光, 朱相水. 江西高安壶天群上部的四射珊瑚 [A]. 地层古生物论文集 [C], 1988, (3): 81-105.
- YU Xueguang, ZHU Xiangshui. Rugose corals from upper part of Hutian Group of Gaoan, Jiangxi[A]. Professional Papers of Stratigraphy and Palaeontology[C], 1988, (3): 81-105.
- 曾彩林, 蔡土赐. 珊瑚纲部分 [A]. 见: 新疆地质局区域地质调查大队. 西北地区古生物图册新疆维吾尔自治区分册 (二) 晚古生代 [M]. 北京: 地质出版社, 1983: 113-217.
- ZENG Cailin, CAI Tuci. Corals section[A]. In: Regional Geological Survey Brigade, Xinjiang Geological Bureau (ed.), Paleontology Atlasin of Xinjiang(II), Late Paleozoic[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1983: 113-217.
- 张雄华. 黔南紫云、晴隆晚石炭世及早二叠世四射珊瑚 [J]. 古生物学报, 2002, 41(2): 283-294.
- ZHANG Xionghua. Late Carboniferous and early Permian rugose corals from ziyun and Qinglong, Qiannan[J]. Acta Palaeontologica Sinica, 2002, 41(2): 283-294.
- 张照伟, 李文渊, 丰成友, 等. 中国钴-镍成矿规律与高效勘查技术 [J]. 西北地质, 2022, 55(2): 14-34.

- ZHANG Zhaowei, LI Wenyuan, FENG Chengyou, et al. Study on Metallogenic Regularity of Co–Ni Deposits in China and Its Efficient Exploration Techniques[J]. *Northwestern Geology*, 2022, 55 (2): 14–34.
- Campbell K S W. A Lower Carboniferous brachiopodcoral fauna from New South Wales[J]. *Journal of Paleontology*, 1957, 31: 34–98.
- Chwieduk E. Early Permian solitary rugose corals from Kruseryggen (Treskelodden Fm., Hornsund area, southern Spitsbergen)[J]. *Geologos*, 2009, 15: 57–75.
- Chwieduk, E. Palaeogeographical and Palaeoecological significance of the Uppermost Carboniferous and Permian rugose corals of Spitsbergen[M]. Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu. Poznań. *Seria Geologia*, 2013, 23, 1–270.
- Dobrolyubova T A. Solitary corals of the Myachkovian and Podolskian horizons, Middle Carboniferous, Moscow Basin[M]. *Trudy Paleontologicheskogo Instituta, Akademiya Nauk SSSR*, 1937, 6, 5–92.
- Fedorowski J. Early Bashkirian Rugosa (Anthozoa) from the Donets Basin (Ukraine). Part 6. The Family Aulophyllidae Dybowski, 1873[J]. *Acta Geologica Polonica*, 2017, 67: 459–514.
- Fedorowski J, Gorianov V B. Redescription of tetracorals described by E. Eichwald in “Paleontology of Russia” [J]. *Acta Palaeontologica Polonica*, 1973, 18, 3–70.
- Fedorowski J. On some upper Carboniferous coelenterata from Bjørnøya and Spitsbergen[J]. *Acta Geologica Polonica*, 1975, 25: 27–78.
- Fedorowski J. On the genus *Bothrophyllum* Trautschold, 1879(Anthozoa, Rugosa)[J]. *Acta Geologica Polonica*, 2016, 66: 1–41.
- Fedorowski J. Upper Viséan tetracoralla from some borings in the Lublin Coal Measures (Poland)[J]. *Acta Palaeontologica Polonica*, 1968, 13: 203–217.
- Fischer de Waldheim (= Fischer von Waldheim), G. *Oryctographie du Gouvernement de Moscou. De l’imprimerie d’Auguste Semen*[M]. Imprimeur de l’Académie Impériale Médico-Chirurgicale. Moscou, 1837: V+202.
- Fomichev V D. Rugose corals and stratigraphy of the Middle and Upper Carboniferous and Permian deposits of the Donets Basin[M]. *Trudy Vsesoyuznogo Nauchno-issledovayelskogo Geologicheskogo Instituta (VSEGEI), Moscow*, 1953, 1–622 (In Russian).
- Groot de G E. Rugose corals from the carboniferous of Northern Palencia (Spain)[J]. *Leidse Geologische Mededelingen*, 1963, 29(1): 1–123.
- Hill D. Coelenterata, Supplement 1, Rugosa and Tabulata. In: *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part F(W)*[M]. Geological Society of America and University of Kansas Press, Lawrence, 1981, 1–762.
- Hill D. Rugosa[J]. In: Noore R C (ed.). *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part F, Coelenterata*[M]. Geological Society of America & University of Kansas (New York, Lawrence), 1956, 165–219.
- Ivanovsky A B. The rugosans described by Stuckenberg (1888–1905)[M]. Nauka, Moscow, 1987, 1–44 (In Russian).
- Kossovaya O L. Middle Carboniferous of Moscow Synclize (southern part), Volume two[M]. Moscow: Biostratigraphy, Nauchnyi Mir, 2001, 1–328.
- Kossovaya O L. New data on the morphogenesis and phylogeny of the Late Carboniferous and Early Permian rugose corals[J]. *Memoirs of the Association of Australasian Palaeontologists*, 1989, 8: 109–113.
- Kossovaya O L. Class Coelenterata[J]. In: Muraviev I C, Grigorieva A D (Eds). *Atlas of the upper Carboniferous and lower Permian fauna of the Samara Bend*[M]. Kazan: Izdatelstvo Kazanskogo Universiteta, 1986, 62–69.
- Lewis H P. On the Carboniferous coral *Pseudocaninia* (Stuckenberg) and *Pseudocninia ongiseptata* sp. n.[J]. *The Annals and Magazine of Natural History*, 1931, 10: 225–235.
- Lewis H P. On the Avonian coral *Caninophyllum*, gen. nov., and *C. archiaci* (Edwards and Haime)[J]. *Annals and Magazine of Natural History*, 1929, 10(3): 456–468.
- Mitchell M. The distribution of Tournaisian and early Viséan (Carboniferous) coral faunas from the Bristol and south Wales areas of Britain[J]. *Acta Palaeontologica Polonica*, 1980, 25(3): 577–585.
- Ogar V V. *Bothrophyllum conicum* (Fischer, 1837) (Rugosa) from the Middle and Upper Carboniferous of the Donets Basin[J]. In: *Fossil flora and fauna of Ukraine: paleoecological and stratigraphic aspect*[M]. Proceedings of the Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine; Kyiv. 2009, 61–68.
- Poty E. Recherches sur les Tétracoralliaires et les Hétérocóraliaires du Viséan de la Belgique[J]. *Mededelingen Rijks geologische Dienst*, 1981, 35: 1–161.
- Rodríguez S, Hernando J M, Rodríguez–Curt L. Study on the upper Viséan cyathopsids (Rugosa) from the Sierra del Castillo Unit (Córdoba, Spain)[J]. *Coloquios de Paleontología*, 2004, 54: 69–82
- Rowett C L. Upper Paleozoic stratigraphy and corals from the east-central Alaska Range[J]. *Alaska. Arctic Institute of North America*, 1969, 23: 1–120.
- Stuckenberg A. Corals and bryozoans from the upper stage of the central Russian Carboniferous limestone[J]. *Trudy Geologicheskogo Komiteta*, 1888, 5, 1–44.
- Trautschold H. Die Kalkbrüche von Myatschkowa. Eine Monographie des Oberen Bergkalks. Société Impériale des Naturalistes de Moscou[J]. *Mémoire*, 1879, 14: 1–82.
- Wang X D, Gorgij M N, Yao L. A Cathaysian rugose coral fauna from the upper Carboniferous of central Iran[J]. *Journal of Paleontology*, 2019, 93(3): 399–415.
- Yang Sunrong, Yao Le, Hou Zhangshuai, et al. A Pennsylvanian rugose coral assemblage from eastern Junggar Basin, Northwest China[J]. *Palaeoworld*, 2022, 1–14.