

湖北宜昌黄花场下奥陶统弗洛阶上部 牙形刺生物地层分带及对比

李志宏¹ 陈孝红¹ 王传尚¹ 曾庆奎¹ 汪啸风¹ Stouge S.²

(1. 武汉地质矿产研究所, 湖北 武汉 430223; 2. Geological Museum, University of Copenhagen 1350, Øster Voldgade 5-7, Copenhagen K, Denmark)

摘要: 在宜昌黄花场剖面弗洛期原 *Oepikodus evae* 带牙形刺生物地层系统研究的基础上, 笔者等讨论了 *Stolodus stola*, *L. gladius*, *O. intermedius*, *Oepikodus communis*, *Prioniodus honghuayuanensis* 等重要的多分子器官种分类问题。认为 *Oepikodus evae* 带上部时限范围内并未见 *Oepikodus evae* 分子, 所以与国际地层指南(2000)关于间隔带和延限带的含义相悖。本文通过对黄花场剖面牙形刺样品补充采样、系统检查和厘定原 *O. evae* 带内一些牙形石属种分类, 分析了牙形刺垂向分布特征。厘定了原 *Stolodus stola* 亚带的首现层位, 修订了原 *Oepikodus evae* 带的含义。在此基础上, 以牙形刺带分子首现为标志, 将红花园组上部—大湾组下段自下而上划分为 4 个间隔带和 3 个亚带。其中 4 个间隔带为: *Prioniodus honghuayuanensis* 带, *O. evae* 带, *Trapezognathus diprion* 带和 *Baltoniodus cf. B. triangularis* 带。其中 *Prioniodus honghuayuanensis* 带, *Trapezognathus diprion* 带, *Baltoniodus cf. B. triangularis* 带为新建化石带。并在 *Trapezognathus diprion* 和 *Baltoniodus cf. B. triangularis* 带时限范围内划分 3 个亚带: *Stolodus stola* 亚带, *Oepikodus intermedius* 亚带, *Microzkodina sp. A.* 亚带; 其中 *Oepikodus intermedius* 亚带, *Microzkodina sp. A.* 亚带为新建亚带。由于黄花场剖面中 *Trapezognathus diprion* 带—*Baltoniodus cf. B. triangularis* 带时限范围内发现丰富的 *Reutterodus andinus*, *Oepikodus intermedius*, *Juanognathus variabilis* 等暖水型牙形刺, 故此这两个间隔带可为北美中大陆地区同期地层划分对比提供良好的标准。这一划分方案也为进行洲际间不同生物地理分区的精细地层划分对比提供了详实的资料。

关键词: 下奥陶统弗洛阶; 牙形刺分带; 地层对比; 黄花场剖面; 湖北宜昌

中图分类号: P534.42, Q913.6

文献标志码: A

文章编号: 1000-3657(2010)06-1647-12

1 湖北宜昌黄花场剖面弗洛期牙形刺生物地层研究概况

宜昌黄花场奥陶纪牙形刺生物地层研究自 20 世纪 80 年代起至今有 30 余年的历史: 安太庠等^[1,2]和安太庠^[3], 曾庆奎、倪世钊等^[4], 倪世钊和李志宏^[5], 王志浩等^[6,7], Wang Xiaofeng et al.^[8-11], 汪啸风等^[12], 李志宏等^[13,14]在该剖面做过大量牙形刺生物地层研究工作; 并建立相关牙形刺生物地层序列。特别是在中国地质调查局(200113900072)、国家自然科学基金委

员会(40272020)、全国地层委员会和德国科学交流中心(DAAD)(No.A/03/14709)联合资助下, 通过对黄花场剖面高精度生物、岩石、层序、事件地层和碳同位素地球化学综合研究的基础上, 根据对大湾组下段(厚 12.97 m)及中段下部所采 70 个样品 17520 枚完美保存的牙形刺标本的鉴定、分类与演化的深入研究, 提出以黄花场剖面牙形刺: *Baltoniodus triangularis* (Lindström) 的首次出现(FAD)作为划分全球中/下奥陶统界线的生物标志(Wang Xiaofeng et al.^[10], 汪啸风等^[12]), 该界线距大湾组底界 10.57 m。

收稿日期: 2009-11-09; 改回日期: 2010-01-06

基金项目: 中国地质调查局(200113900072)和中国地质调查局 1:5 万分幅区域地质调查项目(1212010710715)及中国地质调查局地质大调查项目(1212010782005)联合资助。

作者简介: 李志宏, 男, 1956 年生, 副研究员, 主要从事牙形刺生物地层和早古生代地层学研究; E-mail: Lizhihong502@163.com。

已于 2007 年 5 月得到国际地层委员会的批准和认定: 中国湖北省宜昌黄花场剖面为全球中奥陶统及奥陶系第三个阶, 即大坪阶的界线层型剖面 and 点位 (GSSP), 是全球中/下奥陶统界线和奥陶纪第三个阶划分和对比的唯一标准。其中, 牙形刺生物地层研究主要进展是: (1) 首次在该剖面发现典型的 *Baltoniodus triangularis* (Lindström), 其首现位置见于 SHod-16 底部, 距红花园组与大湾组界线之上 10.60 m。经过对该层位大量标本的分析研究, 包括与波罗的海地区典型 *Baltoniodus triangularis* (Lindström) 标本的对比表明, 在全球范围内首次发现 *Baltoniodus triangularis* (Lindström) 的先驱分子: *Baltoniodus cf. triangularis* (Lindström)。后者曾被定名为 *Baltoniodus triangularis* (Lindström) (见 Wang Xiaofeng et al.^[9]; 李志宏等^[14]; 图版 2, 图 7—12), 并非波罗的海典型的 *Baltoniodus triangularis* (Lindström)。上述谱系演化关系的发现不仅为系统古生物分类、也为精细地层划分对比、全球中、下奥陶统层型剖面的确定提供了翔实的资料。(2) 首次在该剖面发现北美中大陆区暖水型牙形刺 *Tripodus aff. laevis*, *Protoprioniodus aranda*, *Prioniodus cowheadensis*, *Retterodus andinus* 等和波罗的海冷水型牙形石: *Macrozarkodina sp. A*, *Periodon sp. A*, *Periodon seleopsis*, *Scolopodus princeps*, *B. triangularis* 等。(3) 在中/下奥陶统界线附近识别出重要的牙形石演化系列: *Trapezognathus diprion* - *Baltoniodus cf. triangularis* - *Baltoniodus triangularis*; *Baltoniodus sp. A* - *Baltoniodus sp. B* - *Baltoniodus navis*, *Microzarkodina sp. A* - *M. flabellum*, *Periodon selenopsis* - *P. flabellum* - *P. sp. A*, *Paroistodus cf. proteus* - *P. originalis* 等演化系列。

1.1 弗洛期牙形石系统古生物学研究存在问题

由于研究背景、条件及相关资料收集等因素影响及对不同生物分区系统古生物属种鉴定、识别与精确对比缺乏实际材料; 特别是弗洛期一些代表性牙形刺鉴定、分类和分带仍存在一些亟待解决的问题^[15-19]。值得说明的是, 宜昌黄花场剖面 *O. evae* 带下伏地层中 *Oepikodus communis* 带为安太岸^[3]所建立。但这个带化石的分类存有争议。Ethinton & Clark^[20]和 John E. Repetski^[21]均认为 *O. intermedius* Serpagli^[22]是 *O. communis* (Ethinton & Clark) 的后定同义名, 但 Svend Stouge^[23]和 David I. Johnston^[24]则认为 *O. intermedius* Serpagli^[22]是一个独特的种。另一关键问

题是, Zhen Yongyi et al.^[19]依据贵州桐梓红花园下奥陶统红花园组的牙形刺资料, 在该组顶部建立七分子器官种 *Prioniodus honghuayuanensis* n. sp.; 且认为 *Baltoniodus communis* (Ethinton & Clark) (见安太岸^[1], 图版 4, 图 20-23, 25, 27-29)、(安太岸等^[3]; 图版 19, 图 1-11) 和丁连生等^[25]牙形刺标本 (图版 23, 图 1-12), 并非 *Oepikodus communis* (Ethinton & Clark), 均应归属 *Prioniodus honghuayuanensis* n. sp.。当前在黄花场剖面红花园组顶部—大湾组底部牙形刺样品中所见大量标本与 *Prioniodus honghuayuanensis* Zhen et al.^[19]特征一致, 可由红花园组顶部延至大湾组底部 *O. evae* 带下部 (图 2)。

以往在该剖面弗洛阶上部仅划分 *Oepikodus evae* 带^[13,14]; 汪啸风等^[12]进一步将 *Oepikodus evae* 带细分为下部和上部, 与波罗的海地区同名带^[6,26-28]含义相同。但上述资料包括黄花场剖面 *Oepikodus evae* 带上部时限范围内并未见 *Oepikodus evae* 分子, 而是演替为 *Oepikodus intermedius*。因此以往所建 *Oepikodus evae* 带不符合国际地层指南^[29]关于延限带的含义。

安太岸等^[1,2]和安太岸^[3]在黄花场剖面早奥陶世弗洛期红花园组—大湾组下段建立了若干牙形刺带。自下而上为 *Serratognathus diversus* 带、*Baltoniodus communis* 带、*Oepikodus evae* 带和 *Oistodus meseaus* 带。其中 *Oistodus meseaus* (见安太岸, 1987, 图版 12, 图 16-21, 23)^[3], 在目前看来, 它们应归属到 *Oistodus lanceolatus* Pander^[5,23]。

曾庆鑫、倪世钊等^[4], 倪世钊和李志宏 (见汪啸风等^[5]) 在上述相同剖面及层位建立了 *Triangulodus bicostatus* 带, *Oepikodus evae* 带, *Baltoniodus triangularis* 带, 并在 *O. evae* 带内划分出两个亚带, 即下部的 *Bergstoemognathus extensus* 亚带和上部的 *Stolodus stola* 亚带。其中倪世钊和李志宏^[5]鉴定为“*Baltoniodus triangularis*”的标本, 经检查并非波罗的海地区 Volkhov 阶下部 *Baltoniodus triangularis* (Lindström), 前者既包括 *Gothodus* 分子, 也有 *Baltoniodus cf. triangularis* (Lindström) 分子, 实际上是一个混合分子。经厘定, *Baltoniodus triangularis* (Lindström) 的产出层位是在黄花场剖面 SHod16 层底部 (汪啸风等^[12])。此外在该剖面大湾组下部所产 *Stolodus? pastola* Ni, (见倪世钊、李志宏^[5]第 441 页, 图版 54, 图 21, 22); *Stolodus? nodularis* Ni, (见倪世钊、李志宏^[5]第 440-441 页, 图版 54, 图 6, 12 及 *Stolodus stola* (Lindström) 见

李志宏等^[14]:图版Ⅳ,图16;均应归属为 *Lundodus gladius* (Lindström), 见 Bagnoli & Stouge^[15], Rasmussen^[28]。该剖面上曾被鉴定为 *Tripodus laevis* Bradshaw(Wang xiao-feng et al.^[9];李志宏等^[14]:图版Ⅲ,图1-13);其中部分应归属为 *Tripodus* sp.,另外部分应属 *Tripodus* cf. *laevis* 早期类型^[29]。据此,该剖面弗洛阶牙形石系统古生物分类方面仍存在着一些厘定和修订的必要。

1.2 下奥陶统弗洛阶上部牙形刺生物地层研究进展

2007年以来,随着新一轮1:5万数字化区域地质调查工作的开展,笔者等重新测制宜昌黄花场奥陶系剖面、补采部分样品;并结合以往所采集牙形刺标本进行了系统的研究,厘定和修订了部分牙形刺属种,将牙形刺生物地层研究建立在层型和精确地层划分对比上;结合国际下奥陶统弗洛阶、中奥陶统大坪阶牙形刺研究成果,对本区早奥陶世弗洛期上部红花园组上部—大湾组下段牙形刺带 *Oepikodus evae* 带(包括原 *Oepikodus communis* 带)进行重新划分;其方法是根据国际地层指南^[30]生物带的含义进行顶、底界线划分,以带化石的首次出现为标志。进一步深入研究黄花场剖面下奥陶统弗洛阶的牙形刺属种分类、垂向分布及重要属种的首现位置基础上,厘定了 *Stolodus stola* 亚带的 *Stolodus stola* 首现层位,修订了原 *Oepikodus evae* 带的含义。以牙形刺带分子首现为标志,将红花园组上部—大湾组下段自下而上划分为4个间隔带和3个亚带。其中4个间隔带为:*Prioniodus honghuayuanensis* 带, *O. evae* 带, *Trapezognathus diprion* 带和 *Baltoniodus* cf. *B. triangularis* 带。而 *Prioniodus honghuayuanensis* 带, *Trapezognathus diprion* 带、*Baltoniodus* cf. *B. triangularis* 带为新建化石带。并在 *Trapezognathus diprion* 和 *Baltoniodus* cf. *B. triangularis* 带时限范围内划分3个亚带:*Stolodus stola* 亚带, *Oepikodus intermedius* 亚带, *Microzkodina* sp. A. 亚带;其中 *Oepikodus intermedius* 亚带, *Microzkodina* sp. A. 亚带为新建亚带。并与瑞典厄兰岛北部 Horns Udde 剖面同期地层进行了精细生物地层对比,建立和完善了黄花场剖面下奥陶统弗洛阶上部牙形刺生物地层序列。

2 下奥陶统弗洛阶上部牙形刺带的精细划分和描述

黄花场剖面中/下奥陶统界线附近岩性基本特

征,牙形刺与几丁虫、笔石生物地层序列关系等,汪啸风等^[8]、陈孝红、汪啸风等^[31,32]和 Wang Xiaofeng et al.^[11,12]均有详尽的描述。笔者根据近期牙形刺资料在剖面上垂向分布及组合特征,以带分子首现为标志,由下而上将弗洛阶上部牙形刺生物带作了重新划分和描述(图1~2)。

(1) *Prioniodus honghuayuanensis* 带

Prioniodus honghuayuanensis Zeng 为 Zhen yongyi et al.^[19]依据贵州桐梓红花园下奥陶统红花园组上部牙形刺资料建立,该种广泛见于华南地区。在黄花场剖面,此带以 *Prioniodus honghuayuanensis* 首次出现为标志,位于大湾组底界1.5 m,产于 Hoh-30-4 至 Hoh-30-1 样品中,并可延至大湾组下部 Hod-38-3。顶界以 *Oepikodus evae* 首次出现为标志。主要牙形刺分子除带分子外,还有:*Bergstroemognathus extensus*, *B. extensus robustus*, *Reutterodus* sp., *Scolopodus rex*, *Drepanodus perlongus*, *Juanognathus variabilis*, *Honghuayangnathus yichangensis*, *Serratognathus diversus* 等。值得说明的是,Zhen Yongyi et al.^[19]在贵州桐梓红花园下奥陶统红花园组该组顶部建立七分子器官种 *Prioniodus honghuayuanensis* n.sp.; 实为 *Baltoniodus communis* (Ethinton & Clark) 后定同义名(见安太岸,图版4,图20-23,25,27-29)^[1]和(安太岸等,图版19,图1-11)^[3],并非 *Oepikodus communis* (Ethinton & Clark)。据此本文建立 *Prioniodus honghuayuanensis* 带。

(2) *Oepikodus evae* 带

此带在黄花场剖面分布于 Hod-28 上部—Hod-22, 厚度约2 m。其底界以 *O. evae* 的首次出现为标志。除带分子外,其他重要分子有 *Gothodus costulatus*, *Baltoniodus* sp. A, *Bergstroemognathus extensus*, *B. extensus robustus*, *B. hubeiensis*, *Reutterodus andinus*, *Protopanderodus gradatus*, *Acodus? russoi*, *Juanognathus variabilis* 和 *Oistodus lanceolatus* 等。而 *Bergstroemognathus extensus*, *Scolopodus rex*, *Juanognathus variabilis* 等是由 *Prioniodus honghuayuanensis* 带延续而来。

上述牙形石动物群中,Zheng Yongyi et al.^[19]将 *Honghuayangnathus yichangensis* Ni 和 *Honghuayangnathus hubeiensis* Ni^[3]形态种分子分别作为 Pb, M 和 Sc 分子归属于 *Rhipidognathus? yichangensis* (Ni)。实际上,倪世钊、李志宏(见汪啸风等^[5])已将上述形态种归属为器官种:*Honghuayangnathus yichangensis* Ni,但仅有 P 和 Sc 分

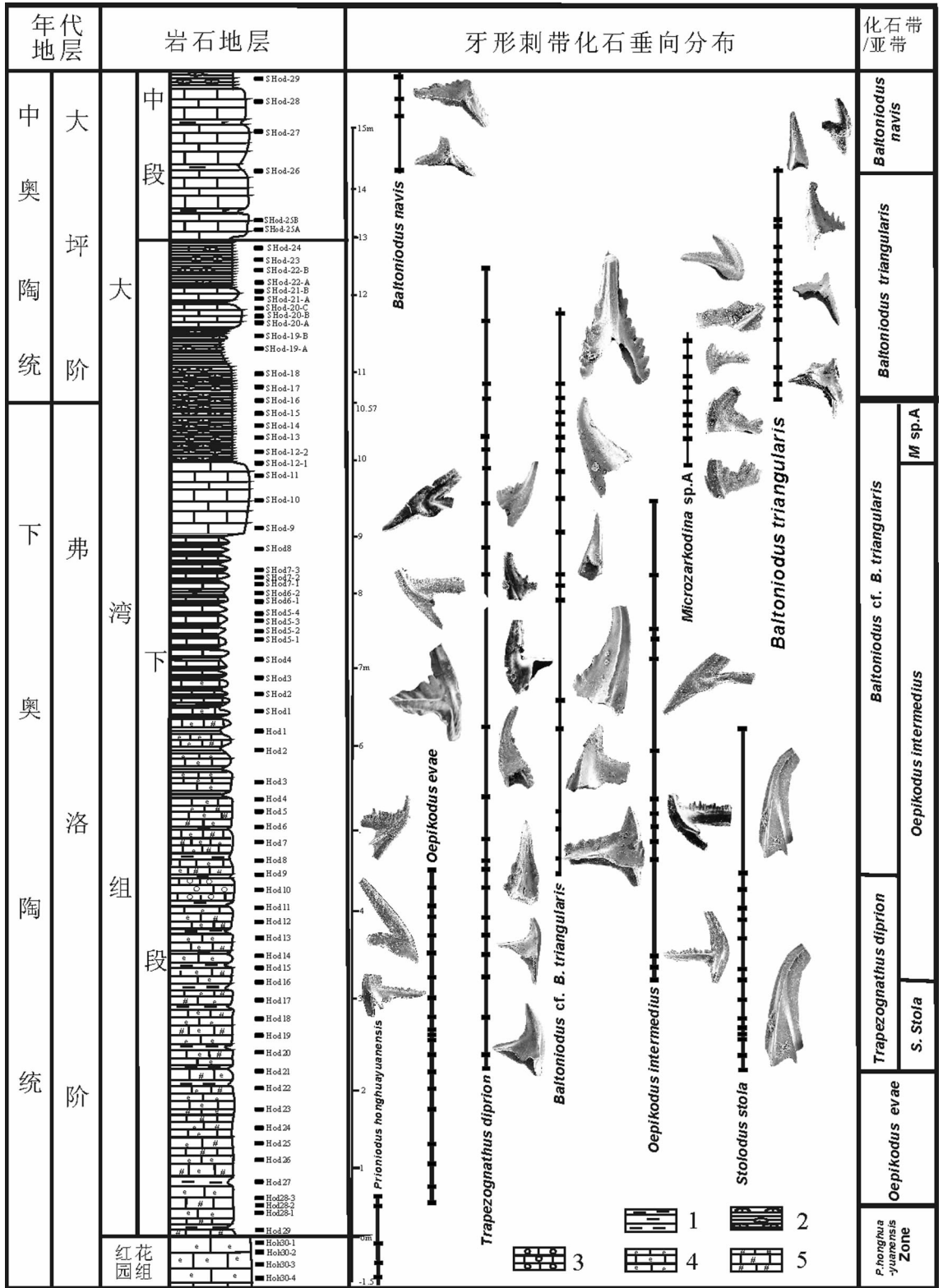


图 2 湖北宜昌黄花场剖面红花园组顶部—大湾组下段牙形石分带和属种分布

1—生物碎屑灰岩;2—砂屑灰岩;3—泥岩;4—含灰岩透镜体泥岩;5—海绿石灰岩

Fig.2 Vertical distribution of conodont species and conodont zones in the Huanghuachang section (upper part of the Honghuayuan Formation—lower part of Dawan Formation) of Yichang, Hubei

1—Bioclasic limestone; 2—Calcuridite limestone; 3—Shale; 4—Shale with nodules; 5—Glaucinite limestone

子组成。Zheng Yongyi et al.^[19] 根据新的资料认为 *Rhipidognathus* 是一个七分子器官种, 并将其厘定为 *Rhipidognathus yichangensis*(Ni)。从当前牙形刺标本分析, 该种分布于红花园组顶部—大湾组底部, 可延至大湾组 *O. evae* 带下部。

Oepikodus evae 带大致对应于笔石 *Didymograptus bifidus* 带下部。与黄花场邻近大坪剖面相同层位牙形刺生物群面貌特征一致, 可直接对比。地质时代为弗洛期早中期。

(3) *Trapezognathus diprion* 带

此带底界以 *Trapezognathus diprion* 的首次出现为标志, 顶界以 *Baltoniodus* cf. *B. triangularis* 的首次出现为标志。位于剖面 Hod-21 至 Hod-9 的地层间隔中, 厚度为 2.2 m。除带分子外, 其他重要分子有 *Periodon seleopsis*, *Stolodus stola*, *Oistodus inaequalis*, *Drepanoistodus forceps*, *Nasusgnathus dolonus*, *Oepikodus evae*, *Bergstroemognathus extensus*, *Gothodus costulatus*, *Juanognathus variabilis*, *Lundodus gladius*, *Periodon* spp., *Reutterodus andinus*, *Tropodus* spp., *Tripodus* aff. *laevis* 等。此外, 此带可见由 *Oepikodus evae* 带延续而来的 *Oepikodus evae*, *Gothodus costulatus*, *Bergstroemognathus extensus* 等; 该带见及 *Baltoniodus* sp. A, 可由 *Oepikodus evae* 带延续而来。

本文建立 *Trapezognathus diprion* 带可与 Bagnoli & Stouge^[15] *Trapezognathus diprion* 带下部直接对比。大致对应于黄花场剖面笔石 *Didymograptus bifidus* 带中部。与黄花场邻近大坪剖面相同层位牙形石生物群面貌特征一致, 可直接对比。地质时代为弗洛期中期。

2.3 *Baltoniodus* cf. *B. triangularis* 带

此带底界以 *Baltoniodus* cf. *B. triangularis* 的首次出现, 顶界以大坪阶底部 *Baltoniodus triangularis* 的首次出现为标志。位于剖面 Hod-9 至 SHod-16 的地层间隔中, 厚度为 6.17 m。除带分子外, 其他重要分子有 *M. sp.A*, *Scolopodus princeps*, *Protopanderodus flouridus*, *Trapezognathus diprion*, *Gothodus costulatus*, *Periodon* cf. *proteus*, *Drepanoistodus forceps*, *Protoprioniodus yapu*, *Tripodus* aff. *laevis*, *Oepikodus intermedius*, *Retterodus andinus*, *Periodon flabellum*, *Scolopodus rex*, *Oistodus laeceolatus*, *Nasusgnathus donodus*, *Stolodus stola*, *Drepanoistodus forceps*, *Oistodus lanceolatus*, *Nasusgnathus dolonus*, *Oistodus lanceolatus*, *Bergstroemognathus extensus*, *Baltoniodus* sp. B 等。其中 *Bergstroemognathus extensus*,

Retterodus andinus, *Scolopodus rex*, *Stolodus stola*, *Protoprioniodus cowheadensis*, *Tropodus* spp., *Rhipidognathus yichangensis*, *Lundodus gladius* 等绝灭于该化石带。新生分子计有 *M. sp.A*, *Scolopodus princeps*, *Protopanderodus flouridus*, *Baltoniodus?* sp. B, *Tripodus* aff. *laevis*, *Drepanoistodus forceps*, *Periodon* cf. *proteus* 等。

本文建立 *Baltoniodus* cf. *B. triangularis* 间隔带, 可与 Bagnoli & Stouge^[15] *Trapezognathus diprion* 带中—上部直接对比。大致对应于黄花场剖面笔石 *Didymograptus bifidus* 带上部—*Azygograptus suecicus* 带下部。与黄花场邻近大坪及兴山建阳坪剖面相同层位牙形刺生物群面貌特征一致^[12], 可直接对比。地质时代为弗洛期晚期。

上覆地层: 大坪阶底部为 *Baltoniodus triangularis* 带^[10,11], 以 *Baltoniodus triangularis* 的首次出现为底界标志。

3 亚带的划分

在上述牙形石 *Trapezognathus diprion* 带和 *Baltoniodus* cf. *B. triangularis* 带的地层间隔中, 依据牙形刺垂向分布特征(图 1)可进一步划分 3 个亚带, 自下而上为:

① *Stolodus stola* 亚带

此亚带分布于剖面 Hod-21 至 Hod-16 中部, 厚度 1.0 m, 底界以 *Stolodus stola* 的首次出现为标志, 顶界以 *Oepikodus intermedius* 的首次出现为标志。除带分子外, 其他重要分子有 *Periodon seleopsis*, *Lundodus gladius*, *Trapezognathus diprion*, *Oepikodus evae*, *Oistodus lanceolatus* 等。其他分子有: *Bergstroemognathus extensus*, *B. extensus robustus*, *B. hubeiensis*, *Reutterodus andinus*, *Protopanderodus gradatus*, *Acodus? russoi*, *Juanognathus variabilis*, *Gothodus costulatus*, *Periodon selenopsis*, 和 *Oistodus lanceolatus* 等。而 *Bergstroemognathus extensus*, *Reutterodus andinus*, *Scolopodus rex*, *Juanognathus variabilis* 等是由 *Oepikodus evae* 带延续而来。其中李志宏等^[14]图版 IV, 图 16 的 distacordiform 分子应与图版 IV, 图 14 prioniodiform 分子一并归属为 *Lundodus gladius*(Lindström, 1955)。该种为 Bagnoli & Stouge^[15] 将无细齿的 P 分子和棱脊上有细齿的 S 分子组成器官属种。 *Lundodus gladius*(Lindström, 1955)^[14] 常见于奥陶系其他剖面大

湾组下部,在陈家河剖面、兴山建阳坪剖面相同层位均可见及;此外,在华南地区同期地层乃至至于波罗的海地区同期地层中也常见。

值得提及的是,以往建立 *Stolodus stola* 亚带^[9]中相关上述两个牙形刺属种 *Lundodus gladius* (Linström,1955)和 *Stolodus stola*(Lindström)的报道:其中[*Stolodus stola*(Lindström)见李志宏等^[14],图版 IV,图 16;倪世钊、李志宏(见汪啸风等)^[9]图版 54,图 8,9;*Stolodus nodularis* Ni,倪世钊、李志宏(见汪啸风等)^[9];图版 54,图 6,12;*Stolodus? Parastola* Ni,倪世钊、李志宏(见汪啸风等)^[9];图版 54,21,22;*Stolodus stola* (Lindström),安太庠等^[9],191-192 页,图板 22,图 20-23;图版 23,图 1-2];对比 Bagnoli & Stouge^[15]根据形态种 P 分子和形态种 S 分子组成 *L. gladius* (Lindström) 器管种的意见,其中包括以往鉴定为 *Stolodus stola* 的具细齿的分子,均应归属 *Lundodus gladius* (Linström,1955)。故本文分别厘定 *Stolodus stola* 和 *Lundodus gladius* (Linström,1955) 的首现层位。与瑞典厄兰岛^[15]同期地层相比,*Stolodus stola* 比黄花场同名化石带层位略低。Svend Stouge 面告笔者等,在陈家河剖面 *Oepikodus evae* 带之底也未见及 *Stolodus stola*,*Toxotodus carlae* 和 *Stolodus? aff. stola* 等;据此认为本剖面 *Stolodus stola* 亚带可与瑞典厄兰岛 *Trapezognathus diprion* 带下部大致相当^[15]。

② *Oepikodus intermedius* 亚带

此亚带分布于剖面 Hod-16 上部至 SHod-12,厚度 6.8 m,其底界以 *Oepikodus intermedius* 的首次出现为标志。顶界以 *Microzarkodina* sp. A 的首次出现为标志。除 *Oepikodus intermedius* 带分子外,其他重要分子有 *Baltoniodus* cf. *triangularis*,*Retterodus andinus*,*Trapezognathus diprion*,*Periodon flabellum*,*Periodon seleopsis*,*Stolodus stola*,*Drepanoistodus forceps*,*Scolopodus princeps*,*Gothodus costulatus*,*Oistodus lanceolatus*,*Drepanoistodus forceps*,*Protoprioniodus yapu*,*Nasusgnathus dolonus*,*Tripodus* aff. *laevis*,*Oistodus lanceolatus*,*Bergstroemognathus extensus*,*Drepanoistodus forceps*,*Baltoniodus* sp. B 等。其中 *Bergstroemognathus extensus*,*Retterodus andinus*,*Scolopodus rex*,*Protoprioniodus cowheadensis*,*Gothodus costulatus*,*Tropodus* spp.,*Oepikodus evae*,*Honghuayuangnathus yichangensis*,*Lundodus gladius* 等均由下伏地层 *Oepikodus evae* 带延续而来。新生分子主要是:*Baltoniodus* cf.

triangularis,*Tripodus* aff. *laevis*,*Protoprioniodus yapu*,*Periodon flabellum*, 而 *Bergstroemognathus extensus*,*Protoprioniodus cowheadensis*,*Oepikodus evae*,*Rapidognathus yichangensis*,*Lundodus gladius*,*Baltoniodus* sp. A,*Stolodus stola*,*Periodon seleopsis*, 均在 *O. intermedius* 带内部绝灭。上述牙形石垂向分布、绝灭与新生特征在黄花场邻近剖面同期地层中基本一致。

③ *Microzarkodina* sp. A 亚带

此亚带见于剖面 Shod-12-Shod-16,厚度 0.6 m,其底界以 *Microzarkodina* sp. A 的首次出现为标志。以 *Baltoniodus triangularis* 的首次出现为顶界。除带分子外,其他重要分子有 *Baltoniodus* cf. *B. triangularis*,*Scolopodus princeps*,*Scolopodus rex*,*Gothodus costulatus*,*Oistodus laeolatus*,*Protopanderodus flouridus*,*Nasusgnathus donodus*,*Drepanoistodus forceps* 等。其中,*Protopanderodus flouridus*,*Periodon* cf. *proteus* 和 *M. sp.A* 为新生分子,而 *Retterodus andinus*,*Trapezognathus diprion* 和少量 *Drepanodus* spp. 分子绝灭于该亚带内。*Microzarkodina* sp. A 地质历程和上述牙形刺属种时限特征在黄花场附近陈家河剖面同期地层中的几乎一致^[13]。

4 与波罗的海地区牙形刺带对比(表 1)

4.1 *Oepikodus evae* 带的对比

该带是波罗的海地区 Billingen 亚阶的第二牙形刺带^[20],可划分为下部及上部。下部除产丰富的 *O. evae* 外,重要牙形刺分子有 *Paroistodus parallelus*,*Drepanoistodus forceps*,*Scolopodus rex*,*Periodon flabellum* 和 *Protopanderodus rectus* 等。上部带化石缺乏或稀少,但其他属种仍较丰富,计有 *Drepanoistodus forceps*,*Oistodus lanceolatus*,*Periodon flabellum* 和 *Paroistodus parallelus* 等。Bagnoli & Stouge^[15]研究了瑞典厄兰岛北部 Horns Udde 剖面 Billingenian 亚阶-Kunda 阶的牙形刺,在 Billingenian 亚阶内部建立 *O. evae* 间隔带,*Trapezognathus diprion* 间隔带和 *Microzarkodina* sp. A 间隔带。间隔带均以带化石的首次出现作为界线标志。其中 *O. evae* 间隔带以带分子首次出现为标志,顶界以 *Trapezognathus diprion* 的首次出现为标志。该间隔带除带分子外,其他与黄花场剖面同名带主要相同牙形刺至少计有 8 属 8 种:*Protopanderodus rectus*,*Periodon flabellum*,*Gothodus costulatus*,*Lundodus gladius*,*Oistodus lanceolatus*,*Periodon selenopsis*,*Nasusgnathus dolonus*,*Scolopodus rex* 等;特别是上述牙

表 1 黄花场剖面下奥陶统弗洛阶上部牙形刺带与其他地区相同层位牙形刺带对比
Table 1 Conodont zones of the lower Ordovician (upper part of Fluorian) in the Huanghuachang section in comparison with those employed in some other regions

年代地层		宜昌黄花场 (本文)	Bagnoli and Stouge (1997) ^[15]	Johnston and Barnes (1999) ^[33] 加拿大纽芬兰	Fenny and Ethington (1992) ^[34] 美国北部	Albanesi et al. (1999,2003) ^[35,36] 阿根廷	Telmacheva and Fedorov (2001) ^[37] 俄罗斯西北部			
奥陶系	中统	大坪阶	<i>B. navis</i>	<i>B. navis</i>	<i>B. Navis</i>	<i>altifrons</i>	<i>B. navis</i>	<i>B. navis</i>		
			<i>B. triangularis</i>	<i>M. flabellum</i>		<i>M. flabellum</i>	<i>T. laevis</i>	<i>B. triangularis</i>		
		<i>B. triangularis</i>								
		下统	大湾组	<i>M.sp.A</i>		<i>M.sp.A</i>	未分带	<i>R. andinius</i>	<i>O. intermedius</i>	<i>M.sp.A</i>
	<i>O. intermedius</i>			<i>B.cf. triangularis</i>	<i>T. diprion</i>	<i>O. evae</i>				<i>O. evae</i>
			<i>S.stola</i>							
	<i>O. evae</i>		<i>O. evae</i>	<i>O. evae</i>						
	红花园组		<i>P. honghua-yuanensis</i>		<i>P. elegans</i>	<i>P. elegans</i>				<i>O. communis</i>

形石产地均存在广布型属种如 *Lundodus gladius*, *Nasusgnathus dolonus*, *Scolopodus rex* 和 *Gothodus costulatus* 等。而且 *Lundodus gladius* 的时限及垂向分布特征几乎完全一致(Bagnoli & Stouge, 图 5)^[15], 即由 *O. evae* 带下部延限至 *Trapezognathus diprion* 带内部。瑞典厄兰岛北部 Horns Udde 剖面 *O. evae* 间隔带仅缺乏华南生物区 7 土著分子: *Bergstroemognathus extensus*, *B. extensus robustus*, *Rhipidognathus yichangensis* 及北美中大陆(浅水相区)牙形石: *Reutterodus andinus*, *Juanognathus variabilis* 等。此外, 宜昌黄花场剖面 *O. evae* 带产丰富的复合型牙形刺属种, 如: *Baltoniodu sp.A*, *Gothodus costulatus*, *Bergstroemognathus extensus*, *Rhipidognathus yichangensis*, *Prioniodus honghuayuanensis* 和少量 *Oepikodus communis*(含义同 Stouge & Bagnoli, 图版 5, 图 8-12)^[23] 等。根据黄花场剖面 *O. evae* 间隔

带牙形石的垂向分布, 顶、底界生物标志特征, 认为可直接与波罗的海地区瑞典厄兰岛北部 Horns Udde 剖面同名间隔带(Bagnoli & Stouge)^[15] 直接对比。而且黄花场剖面上所产暖水型牙形石 *Reutterodus andinus*, *Juanognathus variabilis* 等也可作为与北美中大陆地区同期地层划分对比的良好纽带。

4.2 *Trapezognathus diprion* 带的对比

Bagnoli & Stouge^[15] 瑞典厄兰岛北部 Horns Udde 剖面 *Trapezognathus diprion* 带, 其底界标志以 *Trapezognathus diprion* 首次出现为标志; 顶界以 *Microzarkodina sp. A* 的首次出现为标志; 主要牙形石分子计有: *Trapezognathus diprion*, *Stolodus stola*, *Lundodus gladius*, *Gothodus costulatus*, *Oepikodus evae*, *Periodon flabellum*, *Drepanoistodus forceps*, *Scolopodus rex* 等。上述牙形刺在黄花场剖面相同层位均可见及, 牙

刺面貌十分相近。但瑞典厄兰岛北部 Horns Udde 剖面 *Stolodus stola*, *Lundodus gladius* 的首次出现层位均较黄花场剖面略低,前者见于 *Oepikodus evae* 带底部,并延至 *Trapezognathus diprion* 带下部;*Lundodus gladius* 的首现层位高于 *Stolodus stola*, 相当于 *O. evae* 的下部。在黄花场剖面上, *Stolodus stola* 与 *Trapezognathus diprion* 首次出现层位相当,均见于 Hod-21 样品中。而 *Lundodus gladius* 的首次出现见于 *O. evae* 的上部。值得提及的是,以往曾建立 *Stolodus stola* 亚带(倪世钊、李志宏;见汪啸风等^[6])及相关上述两个牙形刺属种的报道(李志宏等^[14];图版 IV, 图 16;倪世钊、李志宏,见汪啸风等^[6];图版 54, 图 6, 8, 9, 12, 21, 22;安太庠等^[3]:191-192 页,图版 22, 图 20-23;图版 23, 图 1-2);对比 Bagnoli & Stouge^[15] 根据形态种 P 分子 (*Acodus gladius*, Lindström, 1955a) 和形态种 S 分子 (“*Belodella*” sp. B, Serpagli, 1974) 组成器管种的意见,故本文重新修正上述牙形刺属种,并确定 *Stolodus stola* 的首现层位。据此,黄花场剖面 *Trapezognathus diprion* 带是以 *Stolodus stola*, *Lundodus gladius* 大量富集为特色,主要分布于剖面 Hod-21 至 Hod-9 层位,厚度约 1.0 m,底界以 *Stolodus stola* 的首次出现为标志,顶界以 *Baltoniodus cf. B. triangularis* 的首次出现为标志。伴生其他重要分子有 *Periodon seleopsis*, *Oepikodus evae*, *Oistodus lanceolatus*, *Bergstroemognathus extensus*, *Reutterodus andinus*, *Gothodus costulatus*, *Rhipidognathus yichangensis*, *Prioniodus honghuayuanensis* 等。而 *Bergstroemognathus extensus*, *Reutterodus andinus*, *Scolopodus rex*, *Juanognathus variabilis* 等是由 *Oepikodus evae* 带延续而来。其中 *Lundodus gladius* (Lindström, 1955)^[20] 常见于奥陶系其他剖面大湾组下部,在陈家河剖面、兴山建阳坪剖面相同层位均可见及;此外在华南地区同期地层乃至波罗的海地区同期地层中也常见。该带可直接与瑞典厄兰岛北部 Horns Udde 剖面 *Trapezognathus diprion* 间隔带下部对比。更为准确地说,相当于后者 *Trapezognathus diprion* 带中 *Oepikodus evae* 的延限和绝灭范围内进行对比是适宜的。

4.3 *Baltoniodus cf. B. triangularis* 带的对比

瑞典厄兰岛北部 Horns Udde 剖面 *Trapezognathus diprion* 间隔带中部及上部的牙形刺属种变化不大,仅有 4 种在该带不同层位绝灭,其他属种由该带下部延续而来 (Bagnoli & Stouge, 图 5)^[15]。主要是

Oepikodus evae, *Gothodus costulatus*, *Stolodus stola*, *Lundodus gladius* 在该带不同层位绝灭;而新生分子也较少;仅为 *Paroistodus cf. P. proteus*, *Drepanoistodus contractus*?; 所以 *Oepikodus evae* 的绝灭(样品 622)至 *Stolodus stola* 的绝灭(样品 632)所代表的时限范围可与黄花场剖面本文所建 *Baltoniodus cf. B. triangularis* 间隔带直接对比,它们的上覆地层中均以 *Microzarkodina sp. A* 的首次出现可作为对比标志。略有不同的是:黄花场剖面本文所建 *Baltoniodus cf. B. triangularis* 间隔带的顶界标志位于大坪阶底部,以 *B. triangularis* 的首次出现为标志,与相同剖面 *Microzarkodina sp. A* 的首次出现仅为 0.6 m 的间距。

在黄花场剖面上 *Oepikodus evae* 绝灭于 Hod-9 层位,向上至 *Microzarkodina sp. A* 首次出现层位 (Shod-12),在这个延限范围内绝灭属种计有 7 种:*Oepikodus evae*, *Bergstroemognathus extensus*, *Reutterodus andinus*, *Baltoniodus?* sp.A, *Stolodus stola*, *Lundodus gladius*, *Periodon seleopsis*, 而新生分子计有 *Baltoniodus cf. B. triangularis*, *Drepanoistodus forceps*, *Baltoniodus?* sp. B, *Scolopodus princeps* 之多。*Baltoniodus cf. B. triangularis* 间隔带的顶部 (*Microzarkodina sp. A* 首现 - *B. triangularis* 首现层位) 与瑞典厄兰岛北部 Horns Udde 剖面 *Microzarkodina sp. A* 间隔带直接对比见于黄花场剖面 (Shod-12 - Shod-16) 厚度仅为 0.6 m 间距。该带顶部除带分子外,其他重要分子有 *Microzarkodina sp. A*, *Scolopodus princeps*, *Scolopodus rex*, *Gothodus costulatus*, *Oistodus laeolatus*, *Protopanderodus flouridus*, *Drepanoistodus forceps* 等。其中, *Protopanderodus flouridus*, *Periodon cf. proteus* 和 *M. sp.A* 为新生分子,而 *Reutterodus andinus* 和少量 *Drepanodus spp.* 分子绝灭于该带内。但在瑞典厄兰岛北部 Horns Udde 剖面 *Microzarkodina sp. A* 间隔带中新生分子计有 3 种: *Protopanderodus papillosus*, *Protopanderodus calceatus*, *Jumodontus gananda*, 1 相似种; *Periodon cf. P. flabellum*, 2 未定种: *Tripodus sp.*, *Tropodus sp.*; 绝灭分子: *Periodon flabellum* 和两个未定种。上述牙形刺属种垂向分布、组合特征相似,而且与黄花场附近陈家河剖面同期地层中牙形刺属种几乎一致^[12]。

5 结论

精细生物地层对比研究表明早奥陶世弗洛期瑞典厄兰岛^[15] 牙形刺序列与黄花场剖面 *Oepikodus*

vae, *Trapezognathus diprion*, *Baltoniodus* cf. *B. triangularis* 带可直接对比,牙形刺组合特征、生物群面貌较为接近。但黄花场剖面 *Trapezognathus diprion* 带—*Baltoniodus* cf. *B. triangularis* 带时限范围内发现丰富的 *Reutterodus andinus*, *Oepikodus intermedius*, *Juanognathus variabilis* 等暖水型牙形刺动物群,为北美中大陆地区同期地层划分对比提供了更为精细的地层划分对比依据。同时本文新建牙形刺带和亚带,这一划分方案为进行洲际间不同生物地理分区的精细地层划分对比提供了详实的资料。

致谢:牙形刺属种分类、鉴定得到美国俄亥俄大学 Stig. Bergström 教授和丹麦地质调查局 Seven Stouge 博士仔细审查,并提出宝贵意见;A. Löfgren 教授和 Seven Stouge 博士曾提供波罗的海同期地层牙形刺标本,以便牙形刺鉴定对比。宜昌地质矿产研究所彭中勤、周鹏、曾雄伟、张保民等参加实测剖面、采集样品等野外工作,徐丛华分析样品,在此均表示衷心的感谢。

参考文献(References):

- [1] 安太庠, 杜国清, 高琴琴, 等. 湖北宜昌黄花场地区奥陶系牙形石生物地层 [C]//中国微体古生物学会第一次学术会议论文集. 北京: 科学出版社, 1981:105-113.
An Taixiang, Du Guoqing, Gao Qinqin, et al. Conodont biostratigraphy of Huanghuachang, Yichang of Hubei[C]//Selected Papers on the 1th Convention of Micropalaeontology Society of China. Beijing: Science Press, 1981:105-113(in Chinese).
- [2] 安太庠, 杜国清, 高琴琴. 湖北奥陶系牙形石[M]. 北京: 地质出版社, 1985:36-64.
An Taixiang, Du Guoqing, Gao Qinqin. Ordovician Conodonts from Hubei, China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1985:1-64 (in Chinese with English abstract).
- [3] 安太庠. 中国南部早古生代牙形石[M]. 北京: 北京大学出版社, 1987:39-43, 119-238.
An Taixiang. The Lower Paleozoic Conodonts of South China[M]. Beijing: Peking University Publishing House, 1987:1-238, pls.1-35 (in Chinese with English abstract).
- [4] 曾庆鑫, 倪世钊, 徐光洪, 等. 长江三峡东部地区奥陶系划分与对比[J]. 中国地质科学院宜昌地质矿产研究所所刊, 第6号. 北京: 地质出版社, 1983:1-16.
Zeng Qingxuan, Ni Shizhao, Xu Guanghong, et al. Subdivision and correlation on the Ordovician in the eastern Yangtze Gorges, China [J]. Bulletin of Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, 1983, 6:1-68(in Chinese with English abstract).
- [5] 倪世钊, 李志宏. 牙形石[C]//汪啸风, 等. 长江三峡地区生物地层学(2), 早古生代分册. 北京: 地质出版社, 1987:386-447.
Ni Shizhao, Li Zhihong. Conodonts [C]//Wang Xiaofeng, et al (eds.). Biostratigraphy of the Yangtze Gorges Area, II, Early Paleozoic Volume. Beijing: Geological Publishing House, 1987: 386-447 (in Chinese with English abstract).
- [6] 王志浩, 伯格斯特龙 S M, 莱恩 H R. 华南奥陶系达瑞威尔阶底界附近的牙形刺[J]. 微体古生物学报, 1999, 16(4):325-350.
Wang Zhihao, Bergström S M, Lane H R. Conodont provinces and biostratigraphy in the Ordovician of China [J]. Acta Palaeontologica Sinica, 1996, 35 (3):26-58(in Chinese with English abstract).
- [7] 王志浩, 吴荣昌. 湖北宜昌奥陶纪特马豆克期晚期—桑比期早期牙形刺多样性初探[J]. 古生物学报, 2007, 46(4):430-440.
Wang Zhihao, Wu Rongchang. Ordovician conodont diversification of Yichang, Hubei Province [J]. Acta Palaeontologica Sinica, 2007, 46(4): 430-440 (in Chinese with English abstract).
- [8] Wang Xiaofeng, Chen Xiaohong, Li Zhihong, et al. The Huanghuachang section, near Yichang, China, proposed as global stratotype for the base of the Middle Ordovician Series [J]. In: ISOS, Website. 2002:1-13.
- [9] Wang Xiaofeng, Chen Xiaohong, Li Zhihong, et al. The Huanghuachang section, potential as Global stratotype for the base of the middle Ordovician Series [C]// Albanesi G L, Beresi M S, Peralta S H (eds.). Ordovician from the Andes. In: In: Serie correlacion Geologica, 2003,17,153-159. Tucuman, -Issn 1514-4186.
- [10] Wang Xiaofeng, Stouge S, Erdtmann B D, et al. A proposed GSSP for the base of the Middle Ordovician Series: the Huanghuachang section, Yichang, China[J]. Episodes, 2005, 28 (2):105-117.
- [11] Wang Xiaofeng, Svend Stouge, Chen Xiaohong, et al. The Global Stratotype Section and Point for the base of the Middle Ordovician Series and the Third Stage (Dapingian) [J]. Episodes, 2009, 32 (2): 96-113.
- [12] 汪啸风, Stouge S, 陈孝红, 等. 全球下奥陶统—中奥陶统界线层型候选剖面—宜昌黄花场剖面研究新进展[J]. 地层学杂志, 2005, 29(增刊):467-489.
Wang Xiaofeng, Stouge S, Chen Xiaohong, et al. Advances on the potential GSSP for the base of Middle Ordovician Series — Huanghuachang section [J]. Journal of Stratigraphy, 2005, 29 (Supp.): 467-489(in Chinese with English abstract).
- [13] 李志宏, 陈孝红, 汪啸风, 等. 湖北宜昌黄花场中/下奥陶统界线附近牙形石生物地层研究进展 [J]. 地球科学, 2003, 28 (增刊): 113-123.
Li Zhihong, Chen Xiaohong, Wang Xiaofeng, et al. New progress on the study of the conodont biostratigraphy from the Lower — Middle Ordovician boundary interval at the Huanghuachang section in Yichang, Hubei [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 2003, 28 (Supp.):113-123(in Chinese with English abstract).
- [14] 李志宏, 王志浩, 汪啸风, 等. 湖北宜昌黄花场剖面中/下奥陶统界线附近的牙形刺[J]. 古生物学报, 2004,43(1):14-31.
Li Zhihong, Wang Zhihao, Wang Xiaofeng, et al. Conodonts

- across the Lower—Middle Ordovician boundary in the Huanghuachang section of Yichang, Hubei[J]. *Acta Palaeontologica Sinica*, 2004, 43 (1):14–31 (in Chinese with English abstract).
- [15] Bagnoli G, Stouge S. Lower Ordovician (Billingenian kunda) Conodont zonation and provinces based on Sections from Horns Udde, North Oland, Sweden[J]. *Boll. Soc. Paleont. Italiana*, 1997, 35:109–163, 8pls.
- [16] Löfgren A. Conodonts from the lower Ordovician at Huneberg, South central Sweden[J]. *Geol. Mag.*, 1993, 130(2):215–232.
- [17] Löfgren A. Arenig (Lower Ordovician) conodonts and biozonation in the eastern Siljan district, central Sweden [J]. *Journal of Palaeontology*, 1994, 68 (6):1350–1368.
- [18] Löfgren A. The middle Lanna / Volkhov Stage (middle Arenig) of Sweden and its conodont fauna [J]. *Geol. Mag.*, 1995, 132 (6): 693–711.
- [19] Zhen Yongyi, Liu Jianbo, Percival I G. Revision of two Prionodontid species (Conodonts) from the Early Ordovician Honghuayuan Formation of Guizhou, South China [J]. *Records of the Australian Museum*, 2005, 57:303–320.
- [20] Ethington R L, Clark D L. Lower and Middle Ordovician conodonts from the Ibex area, western Millard County [J]. *Utah. Brigham Young Univ. Geol. Studies*, 1981, 8 (2):1–160.
- [21] Repetski, J E. Conodonts from El Paso Group (Lower Ordovician) of westernmost Texas and southern Mexico [J]. *New Mexico Bureau Mines and Mineral Resources, Memoir*. 1982, 40:1–121.
- [22] Serpagli E. Lower Ordovician conodonts from Precordillera Argentina (Province of San Juan)[J]. *Boll. Soc. Paleont. Italiana*, 1974.13:17–98, 26 text2figs., 31 pls.
- [23] Stouge S, Bagnoli G. Early Ordovician conodonts from Cow Head Peninsula, Western Newfoundland [J]. *Palaeontographia Italica*, 1988, 75:89–179.
- [24] Johnston D I, Barnes C R. Early and Middle Ordovician (Arenig) conodonts from St. Pauls Inlet and Martin Point, Cow Head Group, Western Newfoundland, Canada [J]. *Geol. Palaeont.*, 2000, 34:11–87, 16 Taf.
- [25] 丁连生, 陈敏娟, 曹海虹, 等. 奥陶系牙形刺化石带的划分与对比[C]//王成源主编. 下扬子地区牙形刺—生物地层与有机变质成熟度的指标. 北京:科学出版社. 1993:35–47.
Ding Liansheng, Chen Minjuan, Cao Haihong, et al. Chapter II, Ordovician conodont biostratigraphy and lithofacies paleogeography [C]//Wang Chenyuan(ed.). *Conodonts of Lower Yangtze valley—An Indexes to Biostratigraphy and Organic Metamorphic Maturity*. Beijing: Science Press, 1993:35–47(in Chinese with English abstract).
- [26] Lindström M. Lower Ordovician conodonts of Europe [J]. *Mem. Geol. Soc. Amer.*, 1971, 127:21–61.
- [27] Löfgren A. A Arenigian and Lanvirian conodonts from Jaem tland, northern Sweden[J]. *Fossils and Strata*, 1978, 13:1–129.
- [28] Rasmussen J A. Conodont biostratigraphy and taxonomy of the Ordovician shelf margin deposits in the Scandinavian Caledonides [J]. *Fossil and Strata*, 2001, 48:1–176.
- [29] Stouge S, Wang Xiaofeng, Li Zhihong, et al. The base of the Middle Ordovician Series using graphic correlation method. <http://www.ordovician.cn>.
- [30] 金玉珂, 戎嘉余, 陈旭, 等译. 国际地层指南—地层分类, 术语和程序[M]. 北京:地质出版社, 2000:35–41.
Jin Yukan, Rong Jiayu, Chen Xu (eds.). *International Stratigraphic Guide—A guide to Stratigraphic Classification, Terminology and Procedure, Second Edition*, (International Subcommission on Stratigraphic Classification of IUGS International Commission on Stratigraphy). Second Edition Copublished by the International Union of Geological sciences and the Geological Society of America. Beijing: Geological Publishing House, 2000:35–41(in Chinese).
- [31] 陈孝红, 汪啸风, 李志宏, 等. 湖北宜昌黄花场中/下奥陶统界线附近几丁虫组合及其地层学意义[J]. *地层学杂志*, 2002, 26(4): 241–247.
Chen Xiaohong, Wang Xiaofeng, Li Zhihong, et al. The chitinozoan assemblages across the Middle and Lower Ordovician boundary at the Huahuachang section, Yichang, Hubei, China and its stratigraphical significance [J]. *Journal of Stratigraphy*, 2002, 26 (4):241–247 (in Chinese with English abstract).
- [32] 陈孝红, 汪啸风, 李志宏, 等. 扬子区中奥陶统大湾阶底界精细生物地层分带与对比[J]. *古生物学报*. 2003, 42(3):317–327.
Chen Xiaohong, Wang Xiaofeng, Li Zhihong, et al. Elaborate biostratigraphic subdivision and correlation of the basal Dawan stage (Middle Ordovician) in Yangtze Platform, China [J]. *Acta Palaeontologica Sinica*, 2003, 42 (3):317–327 (in Chinese with English abstract).
- [33] Johnston D I, Barnes Ch R. Early and Middle Ordovician (Arenig) conodonts from St. Pauls Inlet and Martin Point, Cow Head Group, Western Newfoundland, Canada [J]. *Geologica et Palaeontologica*, 1999, 33:21–70.
- [34] Finney S C, Ethington R L. Whiterockian graptolites and conodonts from the Vinini Formation, Nevada: Biostratigraphic implications [C]//Webby B D & Lauries J R (eds.). *Global perspectives on Ordovician Geology*. Rotterdam: Balkema A A. 1992:153–169.
- [35] Albanesi G L, Ortega G, Barnes C R, et al. Conodont-graptolite biostratigraphy of the Gualcamayo Formation (Middle Ordovician) in the Gualcamayo—Guandacol rivers area, Argentina Precordillera [J]. *Acta Universitatis Carolinae Geologica*, 1999, 43 (1/2):45–48.
- [36] Albanesi G L, Carrera M G, Cañas F L, et al. The Niguivil section, Precordillera of San Juan, Argentina, proposed GSSP for Lower/Middle Ordovician boundary [C]//Albanesi G L, Beresi M S, Peralta S H (eds.). *Ordovician from Andes. INSU GEO, Serie Correlación Geológica*, 2003, 17:33–40.
- [37] Tolmacheva T, Fedorov P. The Ordovician Billingen/Volkhov boundary interval (Arenig) at Lava River, northwestern Russia[J]. *Norwegian Journal of Geology*, 2001, 81:161–168.

Conodont zonation and correlation of upper part of Fuluoian of Lower Ordovician in Huanghuachang section, Yichang, Hubei

LI Zhi-Hong¹, CHEN Xiao-Hong¹, WANG Chuan-Shang¹,
Zeng Qing-luan¹, WANG Xiao-Feng¹, Stouge S.²

(1. Wuhan Institute of Geology and Mineral Resources, Wuhan 430205, Hubei, China;

2. Geological Museum, University of Copenhagen 1350, Øster Voldgade 5-7, Copenhagen K, Denmark)

Abstract: Based on a systematic study of the conodont biostratigraphic data in the former *Oepikodus evae* zone of the Fuluoian in the Huanghuachang section, the authors discussed several problems concerning the apparatus classification of some important multi-element conodonts: *Stolodus stola*, *L. gladius*, *O. intermedius*, *Oepikodus communis*, *Prioniodus honghuayuanensis*. The upper part of the former *Oepikodus evae* zone, without the zonal index fossil *Oepikodus evae* itself in the Huanghuachang section, conflicts with the definition of interval zone and range zone in International Stratigraphic Guide (2000). Through further collecting conodont samples, checking and revising some of the conodont general and species in the former *O. evae* zone, the authors analyzed the vertical conodont distribution. The interval from the base of Honghuayuan Formation to the top of Lower Member of Dawan Formation was divided to 4 interval zones: *Prioniodus honghuayuanensis* zone, *O. evae* zone, *Trapezognathus diprion* zone and *Baltoniodus* cf. *B. triangularis* zone, and 3 subzones: *Stolodus stola* subzone, *Oepikodus intermedius* subzone and *Microzarkodina* sp.A, in upward succession. The *Prioniodus honghuayuanensis* zone, *Trapezognathus diprion* zone and *Baltoniodus* cf. *B. triangularis* zone are new zones, and the *Oepikodus intermedius* subzone and *Microzarkodina* sp.A are new subzones in this paper. The former *Stolodus stola* subzone is revised herein.

Abundant warm-water fauna conodonts, including *Reutterodus andinus*, *Oepikodus intermedius*, *Juanognathus variabilis*, were found in *Trapezognathus diprion* zone - *Baltoniodus* cf. *B. triangularis* zone in the Huanghuachang section; consequently, these two zones could be serving as a standard for the stratigraphic division and correlation of the relevant strata in central continent of North America. Furthermore, the above bio-stratigraphic division scheme can supply reasonable advice for the precise stratigraphic division and correlation for different biogeographical zones among different continents around the world.

Key words: Fuluoian; Lower Ordovician; conodont zone; stratigraphic division and correlation; Huanghuachang section; Yichang

About the first author: LI Zhi-hong, male, born in 1956, associate researcher, mainly engages in the study of conodont and Early Paleozoic stratigraphy; E-mail: Lizhihong502@163.com.