

华南下/中奥陶统界线附近笔石动物群的图形对比研究

王传尚 汪啸风 陈孝红 李志宏 张 森

(宜昌地质矿产研究所,湖北 宜昌 443003)

提要:在下/中奥陶统界线附近笔石的生物地层学研究基础上,笔者选择了华南地区奥陶系台地相、盆地相和位于二者之间的过渡相等不同沉积相区 5 条典型地层剖面,开展了华南下/中奥陶统界线附近笔石动物群的图形对比研究,通过这项研究,进一步明确了华南奥陶系下/中奥陶统界线附近笔石动物群的延限和不同相区笔石动物群的精确对比关系,为开展不同相区之间地层的精确对比奠定了基础。

关键词:下/中奥陶统界线;笔石;不同相区;图形对比

中图分类号:P534.42 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2009)04-0783-07

图形对比(Graphic Correlation)是定量地层学中开展地层精确对比的方法之一。Shaw^[1]在《Time in Stratigraphy》一书中介绍了图形对比的原理和方法,但手工开展这项工作面临着工作量大、技术含量高、枯燥乏味的缺陷,从而使得精确对比评价工作变得非常困难,因而,这一方法在当时并未得到广泛应用。后来,Miller^[2]以此为基础,对这一方法进行了改进,使用直观的图解方式对比地层。随后,Edwards^[3]对这一方法的可靠性进行了验证,表明若干地层剖面的复合序列比任何单个剖面的序列都更加接近真实。随着计算机技术日新月异的发展和高精度地层对比的需要,越来越多的地质学家认识到,图形对比作为一种新的手段,可以佐证不同地区生物带之间的对比,或提供更为准确、精细和分辨率更高的地层划分和对比的结果,并开始使用这一方法。20 世纪 90 年代初,这一方法被引入笔石生物地层学的研究,R. A. Cooper & K. Lindholm 应用图形对比的方法开展了全球早—中奥陶世笔石序列的精确对比研究,并估算出这一时期生物事件的平均时限是 0.7~0.8 Ma,使地层的划分更加精细、地层对比的分辨率

大幅度提高^[4]。随后,R. A. Cooper 将这一方法与同位素年代学相结合,根据笔石页岩的沉积速率研究了澳大利亚早—中奥陶世各阶的时限^[5]。随着图形对比方法的成熟,其研究领域也不断拓宽,Barbara J. Grubb & Stanley C. Finney 应用类似的方法研究了阿拉巴马州中部至弗吉尼亚州北部的南亚帕拉契亚山中奥陶世晚期—晚奥陶世早期笔石页岩的地层对比,并估算了盆地迁移和沉积的速率^[6]。中国对于笔石生物地层学的相关研究开展得比较晚,张元动、陈旭利用图形对比的方法研究了浙江、江西三山地区宁国组的笔石序列和宏演化情况,并介绍了图形对比的原理和方法^[7]。

图形对比的原理是将所测剖面的资料标注到以剖面的底作为原点的坐标系上,通常这些数据大多为化石的首现位(FAD)和末现位(LAD)。如果两个剖面所代表的时限相同、沉积速率一致,两剖面的化石经过充分采集,可以基本反映其首现和末现层位的话,则将这些化石数据标注到坐标系中,标注点就会沿着两轴的平分线排列。用一根线连接这些点就产生了对比线(Line of Correlation, LOC)。对比

收稿日期:2008-11-03;改回日期:2009-01-29

基金项目:国家自然科学基金项目(40742008 和 40272020)和中国地质调查局地质大调查项目(1212010782005)联合资助。

作者简介:王传尚,男,1969 年生,博士,研究员,主要从事笔石和早古生代地层学研究,E-mail: wangchuanshang@yahoo.com.cn。

线体现了两剖面的对比关系,然后,依据该线通过图解或数学方法就能将一条剖面上的数据转换到另一条剖面上去。通过这一过程的反复操作,大量的剖面数据被复合到复合标准剖面(CS)上,据此,地层学家可以预测某一化石在某个剖面的某个层位应当出现,这一预言属性使之在地层对比中可以对地层的缺失和构造重复等现象作出判断。

1 图形对比的方法

图形对比的方法可分为以下几个步骤:1)大量的资料收集和整理;2)在对所有资料分析和比较的基础上,选择一条剖面作为标准参考剖面(Standard Reference Section, SRS),该剖面应是地层发育相对最为齐全的剖面,这一剖面的选择标准应包括以下几点:①地层未被断层所破坏,无缺失或间断存在;②代表了时限最长的地层段;③化石丰富且进行了充分的采样;④化石鉴定准确可信。3)通过计算机程序作出对比线(LOC),将诸方面条件仅次于标准参考剖面(SRS)的剖面的信息合成到标准参考剖面(SRS),标准参考剖面(SRS)就演变成了复合标准(Composite Standard, CS)。4)将研究区其他剖面的化石数据投影到复合标准剖面上,并进行多轮的复合与调整,才能最终完成图形对比的工作。

1.1 生物地层数据库的建立

笔者选取了中国华南地区不同沉积相区下/中奥陶统界线附近代表性含笔石剖面来开展图形对比的研究工作,其中,选择台地相区剖面2条,过渡相区剖面2条,盆地相区剖面1条,共计5条典型的含笔石剖面。首先对上述剖面资料予以整理和分析,并对部分笔石属种的延限按最新的研究成果加以取舍和厘定,特别是对于下垂对笔石类进行了系统分析和研究的基础上(有关下垂对笔石类的研究内容将另文发表),建立各剖面的笔石生物地层数据库,以开展图形对比的研究工作。

从资料的来源看,不但包括了笔者等所重点研究的湖北宜昌黄花场剖面、重庆城口翁溪沟剖面,还大量引用了以往的文献资料,因此,本文图形对比的研究成果是在充分吸收以往研究成果的基础上取得的,兹将生物地层数据库建立所引用的剖面资料列表如下(表1):

1.2 图形对比的过程和结果

本文图形对比的研究内容,是开展全球下/中

表1 图形对比生物地层数据库资料的主要来源
Table 1 Main data resources of the biostratigraphic database for the graphic correlation

剖面代号	剖面名称	沉积相区
HUANGGR	湖北宜昌黄花场剖面 ^[8]	台地相区
WENGX	重庆城口翁溪沟剖面 ^[9]	
HUANT	浙江常山黄泥塘剖面 ^[10, 11]	江南过渡相区
CHENI	江西玉山陈家坞剖面 ^[12]	
CHONGYI	江西崇义过埠樟木曲剖面 ^[13]	盆地相区

奥陶统界线附近图形对比研究成果的一部分,即开展中国华南下/中奥陶统界线附近不同相区地层之间的精确对比,为进一步开展中国笔石和牙形石生物地层的精确对比研究,进而开展全球下/中奥陶统界线附近地层的精确对比奠定基础。

按照前文所述的程序,首先选择位于江南过渡带的浙江常山黄泥塘剖面作为标准参考剖面(SRS),之所以选择该剖面,是因为该剖面是全球达瑞威尔阶底界界线层型剖面,研究程度高,陈旭等^[10]在开展达瑞威尔阶全球界线层型剖面和点位(GSSP)的研究过程中,对该剖面进行了大量和细致的研究工作,其后,又对该剖面 *Corymbograptus deflexus* 笔石带做了细致的补充工作^[11],因此,该剖面 *Corymbograptus deflexus* 笔石带至 *Undulograptus austrodentatus* 笔石带的笔石动物化石经过了详细的采集和深入细致的研究;同时,该剖面地处江南过渡带,其笔石动物群兼具扬子地台和珠江盆地的笔石动物群特点,是理想的标准参考剖面。

选定标准参考剖面后,将江西玉山陈家坞剖面、江西崇义樟木曲剖面、重庆城口翁溪沟剖面和湖北宜昌黄花场剖面依次复合到黄泥塘剖面上,则得到了中国笔石动物群的复合剖面(COMP)。现将图形对比的结果依次说明如下:

1)江西玉山陈家坞剖面:该剖面自印渚埠组顶部至胡乐组共厚86 m,为典型的笔石页岩相沉积,肖承协等^[12]在该剖面共采集笔石化石114层,获得笔石化石10000块左右,是研究程度很高的一条剖面,其笔石动物群特征与浙江常山黄泥塘剖面相同,但鉴于该剖面不含灰岩透镜体,没有牙形石的发现,考虑到以后复合到产牙形石剖面上的需要,因此,没有选择该剖面作为标准参考剖面。从该剖面图形对比的结果看,在 *Azygograptus suecicus* 带之后,其沉积速率可能相对有所降低(图1)。该剖面中奥陶统底

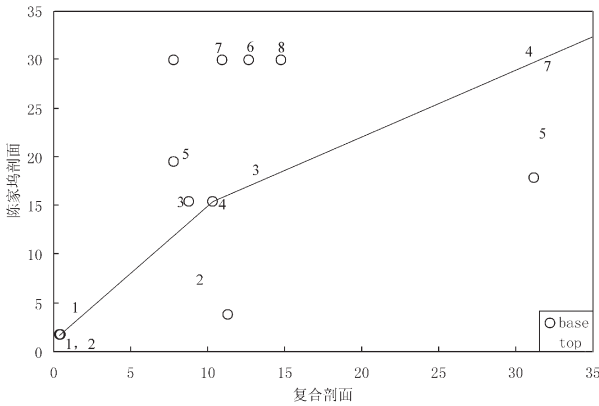


图 1 江西玉山陈家坞剖面与复合剖面的图形对比
 Fig.1 Graphic correlation between the composite section and the Chenjiawu section in Yushan, Jiangxi Province
 1-*Acrograptus filiformis*; 2-*Acrograptus nicholsoni*; 3-*Acrograptus kurki*; 4-*Expansograptus abnormis*;
 5-*Expansograptus praenuntius*; 6-*Isograptus caduceus imitatus*;
 7-*Loganograptus logani*; 8-*Xiphograptus lofiuensis*

界界线附近的笔石带经厘定后,自下而上依次为:
Acrograptus filiformis 带、*Didymograptus bifidus* 带、
Corymbograptus deflexus 带、*Azygograptus suecicus* 带和
Isograptus caduceus imitatus 带。但 *Isograptus caduceus imitatus* 带的划分与对比,目前并未查明,笔者通过图形对比的研究,将在下文对这一问题作进一步的阐述。该剖面 and 标准参考剖面复合后,将大大提高复

合剖面属种延限的精度和可靠性。

2) 重庆城口翁溪沟剖面 and 宜昌黄花场剖面:这两条剖面是本文研究的重点剖面,但遗憾的是在笔石动物群的发育上均有不足之处,翁溪沟剖面上部发育不全,因此, *Azygograptus suecicus* 笔石带不完整;黄花场剖面笔石动物群的丰度较低,同时, *bifidus* 笔石带下部因碳酸盐岩的发育而发育不全。但作为扬子地台型的笔石动物群,复合到复合剖面上,对研究笔石动物群的延限仍然有重要的帮助(图 2),黄花场剖面与复合剖面的图形对比线中有一段接近平行于 X 轴的线段(图 3),该线段位于 *bifidus* 带顶部,是传统 *deflexus* 带对应的区段,这一现象表明,传统 *deflexus* 带在黄花场剖面应对应于一个凝缩段的位置,其厚度很小,但其代表的时限尚需更多的工作确定。

3) 江西崇义剖面:该剖面的笔石动物群是典型的太平洋型笔石动物群,肖承协等^[14,15]在 20 世纪 80 年代对该地区的笔石动物群做过多次研究工作,其后,李积金等^[13]又对该地区的笔石动物群进行了详细研究,本文利用了其中的樟木曲剖面作图形对比研究,将该剖面重要的笔石动物 *Isograptus victoriae lumatus*, *I. caduceus imitatus* 等以及广泛见于江南过渡带的 *Expansograptus abnormis* 等复合到复合剖面上,其图形对比的结果如图所示(图 4)。

经过上述复合过程,最终的图形对比结果如图 5

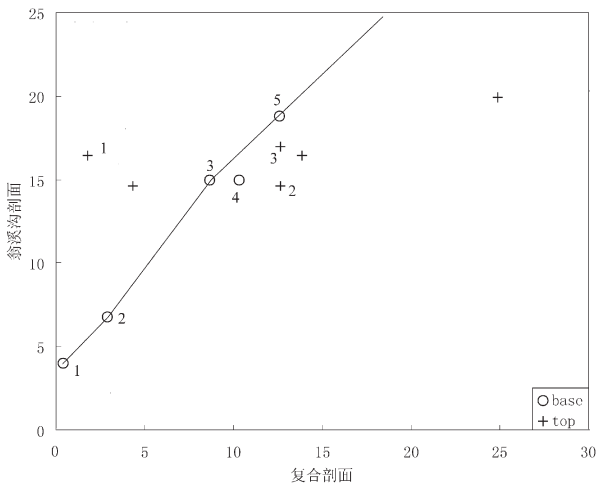


图 2 重庆城口翁溪沟剖面与复合剖面的图形对比
 Fig.2 Graphic correlation between the composite section and the Wengxigou section in Chengkou, Chongqing
 1-*Acrograptus saukros*; 2-*Didymograptellus bifidus*;
 3-*Corymbograptus deflexus*; 4-*Acrograptus kurki*;
 5-*Azygograptus suecicus*

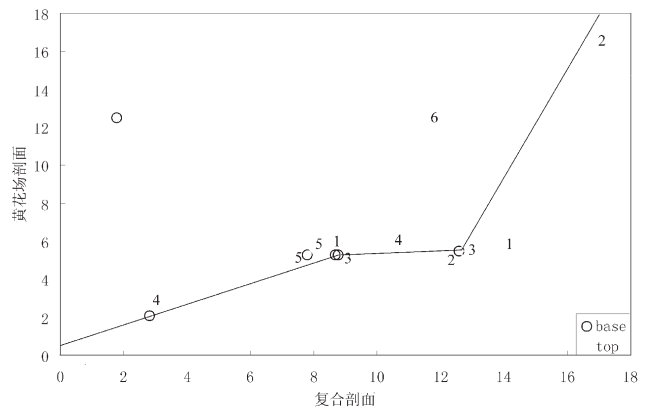


图 3 湖北宜昌黄花场剖面与复合剖面的图形对比
 Fig.3 Graphic correlation between the composite section and the Huanghuachang section in Yichang, Hubei Province
 1-*Acrograptus kurki*; 2-*Azygograptus suecicus*; 3-*Corymbograptus deflexus*;
 4-*Didymograptellus bifidus*; 5-*Tetragraptus bigsbyi*;
 6-*Expansograptus suecicus*

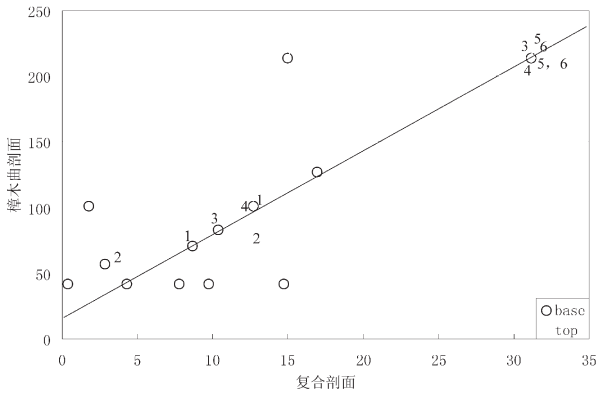


图4 江西崇义奥陶系樟木曲剖面
与复合剖面的图形对比

Fig.4 Graphic correlation between the composite section
and the Zhangmuqu section in Chongyi, Jiangxi Province

- 1-Corymbograptus deflexus; 2-Didymograptellus bifidus;
- 3-Expansograptus abnormis; 4-Isograptus v. lunatus;
- 5-Arienigraptus zhejiangensis; 6-Undulograptus sinodentatus

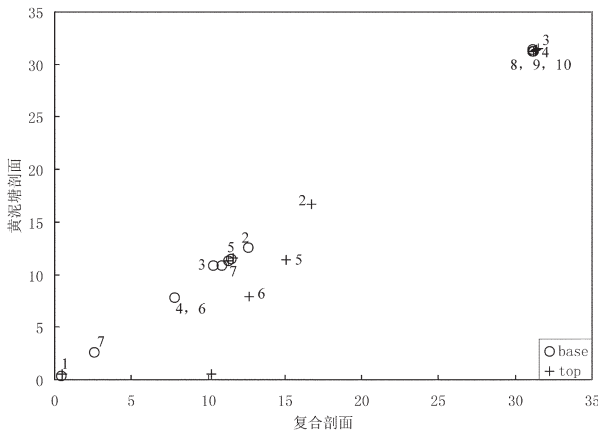


图5 浙江常山黄泥塘剖面(SRS)
与复合剖面的图形对比

Fig.5 Graphic correlation between the composite section
and the Huangnitang section (SRS) in Changshan,
Zhejiang Province

- 1-Acrograptus filiformis; 2-Azygograptus suecicus;
- 3-Expansograptus abnormis; 4-E. praenuntius;
- 5-Expansograptus suecicus; 6-Tetragraptus bigsbyi;
- 7-Expansograptus linearis; 8-Exigraptus clavus; 9-Arienigraptus
zhejiangensis; 10-Undulograptus sinodentatus

表2 国内5条重要的中奥陶统底界线剖面笔石动物
化石复合延限(SRS=黄泥塘剖面)

Table 2 Graptolite composite ranges of the 5
important boundary sections across the base of Middle
Ordovician in China (SRS=Huangnitang section)

属种名称	首现位	末现位
<i>Acrograptus filiformis</i>	0.40	2.00
<i>Acrograptus saukros</i>	0.40	10.22
<i>Acrograptus affinis</i>	0.41	0.47
<i>Acrograptus nicholsoni</i>	0.41	8.50
<i>Expansograptus suecicus</i>	1.78	15.10
<i>Expansograptus linearis</i>	2.60	11.30
<i>Didymograptus bifidus</i>	2.82	12.65
<i>Expansograptus praenuntius</i>	7.80	31.20
<i>Tetragraptus bigsbyi</i>	7.80	12.65
<i>Corymbograptus deflexus</i>	8.67	12.67
<i>Acrograptus kurki</i>	8.76	13.84
<i>Phyllograptus angustifolius</i>	9.72	14.35
<i>Phyllograptus anna</i>	9.72	24.91
<i>Expansograptus abnormis</i>	10.33	31.20
<i>Loganograptus logani</i>	10.90	31.40
<i>Azygograptus suecicus</i>	12.60	16.72
<i>Isograptus caduceus imitatus</i>	12.67	31.15
<i>Isograptus victoriae lunatus</i>	12.67	31.15
<i>Azygograptus eivionicus</i>	13.67	14.79
<i>Expansograptus hirundo</i>	13.84	31.40
<i>Azygograptus ellesi</i>	14.37	14.40
<i>Baltoniodus triangularis(C)</i>	14.44	15.59
<i>Xiphograptus lofuensis</i>	14.75	15.10
<i>Tetragraptus reclinator</i>	15.00	***
<i>Acrograptus adamantinus</i>	16.90	24.91
<i>Arienigraptus zhejiangensis</i>	31.15	31.50
<i>Isograptus victoriae maximodivergen</i>	31.15	***
<i>Pseudograptus manubiatus</i>	31.15	***
<i>Pseudotrigraptus ensiformis</i>	31.15	***
<i>Undulograptus sinodentatus</i>	31.15	31.40
<i>Exigraptus clavus</i>	31.20	***
<i>Exigraptus nanus</i>	31.20	31.40

2 讨论与结论

尽管前人对华南地区奥陶系地层划分对比从不同的角度做过大量的工作,如通过层序地层学和海平面变化的研究讨论区域的沉积相变化和地层对比问题^[16],具有重要的借鉴意义。本文从笔石生物地层学的角度,通过图形对比研究,对华南中奥陶统底界附近的地层进行对比研究,为华南中奥陶统底界附近地层的精确对比奠定了基础。现根据图形对比研究的结果,将中国华南地区下奥陶统上部—

所示,各化石属种大致沿一条直线分布,各笔石属种的延限见表2,从复合的结果看,各关键的笔石动物属种的延限是合理的(图6)。

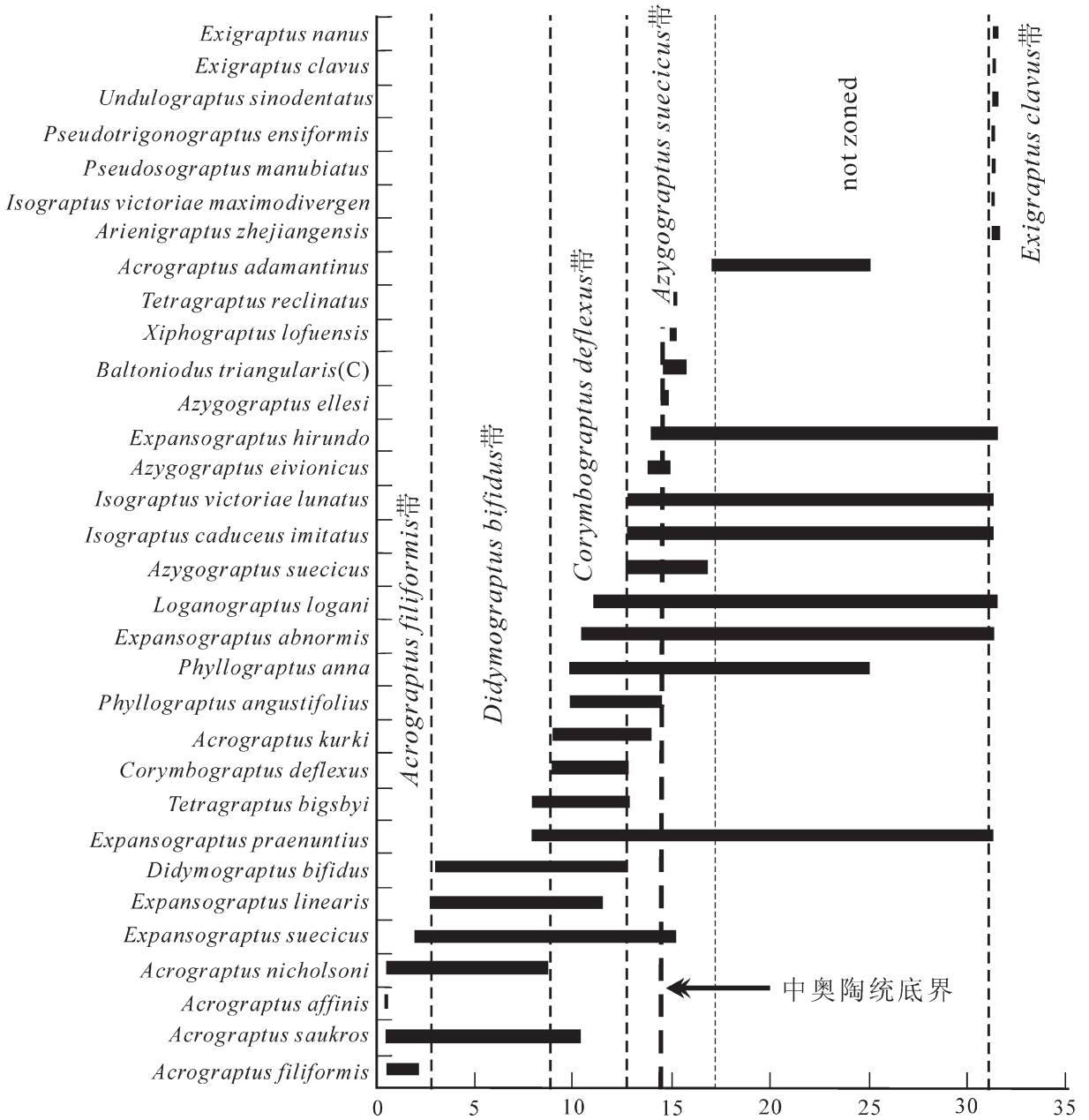


图 6 国内 5 条重要的中奥陶统底界界线剖面笔石复合延限
 Fig.6 Graptolite composite ranges of the 5 important boundary sections
 across the base of Middle Ordovician in China

中奥陶统下部地层的笔石带划分与对比简述如下:

Acrograptus filiformis 带:以带化石的首现为标志,与 *A. nicholsoni*, *A. saukros* 等共生,主要分布于贵州三都、桐梓等地,在本次图形对比所涉及的剖面中,仅见于江南过渡带的黄泥塘剖面和陈家坞剖面。该带与前人的 *Pendeograptus fruticosus* 带^[7]可直接对比。

Didymograptellus bifidus 带:以带化石的首现为标志,与穆恩之等(1979)所提出的 *D. eobifidus* 亚带基本相当。该带化石在江西崇义、重庆城口翁溪沟等地分布广泛,在湖北宜昌也有发现,但笔石动物丰度相对较低,其共生的笔石动物除下伏笔石带上延的尖顶笔石分子外,尚有 *Expansograptus linearis*, *Expansograptus praenuntius*, *Tetragraptus bigsbyi* 等。

Corymbograptus deflexus 带: 这一笔石带长期以来并未得到透彻的理解, 以致于曾在全球范围内引起对比的混乱, 事实上, 真正的 *C. deflexus* 在英国出现在上覆的 *D. (s.l.) simulans* 带, 而在所谓的 *C. deflexus* 带中, 带化石十分罕见, 相反, *Didymograptus (s.l.) varicosus* 却十分丰富, 英国学者将 *Corymbograptus deflexus* 带予以废弃, 以 *D. (s.l.) simulans* 带取而代之^[8]。汪啸风等^[9]在全球中奥陶统底界界线层型剖面与点位(GSSP)的研究中, 将本带并入到 *bifidus* 带中, 但考虑到本带在区域上的对比意义, 本文仍将该带予以保留。该带共生的笔石化石除下伏笔石化石上延的分子, 主要为: *Acrograptus kurki*, *Phyllograptus angustifolius*, *Phyllograptus anna*, *Loganograptus logani* 等。本带上部还出现了在江南过渡带广为分布的 *Expansograptus abnormis*。

Azygograptus suecicus 带: 本带以带化石的首现为标志, 在黄花场剖面, 笔者详细采集了笔石化石(Hod3、Shod14、Shod15-29 等均为所采集笔石化石的样品号), 根据笔石组合的变化, 可以将黄花场剖面 *A. suecicus* 生物带分为上、下两部分或两个间隔带。下间隔带位于 Hod3 层和 Shod14 层之间, 主要产 *Azygograptus suecicus*, *A. eivonicus*, *Phyllograptus anna* 等笔石; 上间隔带(Shod15-29)以产 *Azygograptus ellesi*, *Tetragraptus* sp., *Expansograptus* sp., *Pseudotrigonograptus* sp. 以及平伸和下斜 *Xiphograptus svalbardensis* 为特点。

从图形对比的结果看, *A. suecicus* 的首现略晚于 *I. v. lunatus* 的首现层位, 而中奥陶统底界界线生物标志牙形石 *Baltoniodus triangularis* 与 *A. ellesi* 的首现基本一致。在斜坡相区本带与 *E. abnormis* 笔石带可大致对比, 但正如前文所述 *abnormis* 的首现层位较本带的底界略低。

未命名笔石带: 这一未命名笔石带与前人所建立的 *Isograptus caduceus imitatus* 带^[17]的范围是一致的, 即以 *A. suecicus* 的末现位与 *Exigraptus davus* 的首现位之间的地层间隔, 作为本带的范围, 但前人所建带的带化石 *Isograptus caduceus imitatus* 的首现经本次图形对比发现与 *A. suecicus* 的首现基本一致, 同时, 该笔石带在浙江的横塘剖面、丰足剖面、黄泥塘剖面等典型剖面中也未得到充分证实^[10, 17], 因此, 笔者认为, 本带暂作为一个未命名带处理, 以嗣后续工作加以补充和完善。

Exigraptus davus 带: 本带是本次图形对比所涉及的层位最高的一个笔石带, 以带化石的首现为标志,

带化石与 *Undulograptus sinodontatus* 的首现一致, 因此, 本带与扬子地台腹地的 *Undulograptus sinodontatus* 带可以直接对比。

总之, 作为全球中奥陶统底界界线层型的黄花场剖面, 其界线生物标志为牙形石 *Baltoniodus triangularis*, 其层位经图形对比研究证实与 *A. ellesi* 的首现基本一致。换言之, 中奥陶统底界界线位于 *A. suecicus* 带内部, 而 *A. suecicus* 的首现略晚于 *I. victoriae lunatus* 的首现层位。在斜坡相部分地区 *A. suecicus* 带由 *E. abnormis* 笔石带所取代, 但 *abnormis* 的首现层位较 *A. suecicus* 带的底界略低。在盆地相区, 中奥陶统底界的界线生物标志, 则与 *Isograptus victotiae* 的首现层位基本一致, 但这一结论尚需要通过与国外典型剖面(加拿大纽芬兰剖面)的图形对比研究加以证实, 相关的研究成果正在整理中, 此处不再赘述。

参考文献(References):

- [1] Shaw A. Time in stratigraphy[M]. McGraw-Hill, New York, 1964: 1-365.
- [2] Miller F X. The graphic correlation method in biostratigraphy[C]//Kauffman E G and Hazel J E (eds.). Concepts and Methods of Biostratigraphy. Dowden, Hutchinson and Ross, Inc. 1977.
- [3] Edwards L E. Insight on why Graphic Correlation (Shaw's method) works[J]. J. Geol., 1984, 92(5): 583-597.
- [4] Cooper R A, Lindholm K A. Precise worldwide correlation of early Ordovician graptolite sequences [J]. Geological Magazine, 1990, 127: 497-525.
- [5] Cooper R A. A relative timescale for the Early Ordovician derived from depositional rates of graptolite shales [C]//Webby & Laurie (eds.). Global Perspectives on Ordovician Geology. Balkema, Rotterdam, 1992: 3-21.
- [6] Grubb B J, Finney S C. Graphic correlation of Middle Ordovician graptolite-rich shales, Southern Appalachians: successful application of the technique to apparently inadequate stratigraphic sections[J]. Graphic Correlation, SePM special publication. 1995, 53: 151-158.
- [7] 张元动, 陈旭. 笔石复合标准序列与宏演化—以浙赣边区下奥陶统宁国组上部的笔石研究为例[J]. 古生物学报, 1994, 34(2): 250-262. Zhang Yuandong, Chen Xu. Graptolite composite standard sequence and macroevolution—with graptolite from Ningguo Formation of Zhejiang-Jiangxi Border area as an example [J]. Acta Palaeontologica Sinica, 1994, 34 (2): 250-262 (in Chinese with English abstract).
- [8] Wang Xiaofeng, Svend Stouge, Bernd-D. Erdtmann, 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.

- [9] 王传尚, 汪啸风, 陈孝红, 等. 华南下/中奥陶统界线附近笔石相的分异与全球下/中奥陶统界线生物标志的选择 [J]. 现代地质, 2004, 18(1):89-95.
Wang Chuanshang, Wang Xiaofeng, Chen Xiaohong, et al. The differentiation of graptolite biofacies across the Lower/Middle Ordovician boundary in South China and the selection of bio-marker for global Lower/Middle Ordovician boundary [J]. Geoscience, 2004, 18(1): 89-95(in Chinese with English abstract).
- [10] Chen Xu, Bergstrom S M. Base of the Austrodentatus Zone as a Level for Global Subdivision of the Ordovician [M]. Palaeoworld (special issue), 1995, 5:1-117.
- [11] 陈旭, 许红根, 俞国华, 等. 浙江常山黄泥塘 *Didymograptus (Corymograptus) deflexus* 带的笔石 [J]. 古生物学报, 2003, 42(4): 481-491.
Chen Xu, Xu Honggen, Yu Guohua, et al. Graptolites of the *Didymograptus (Corymograptus) deflexus* zone from Huangnitang, Changshan, Zhejiang [J]. Acta Palaeontologica Sinica, 2003, 42(4): 481-491(in Chinese with English abstract).
- [12] 肖承协, 陈洪治, 夏天亮, 等. 江西玉山古城一带早、中奥陶世笔石地层 [J]. 地层学杂志, 1991, 15(2):81-99.
Xiao Chengxie, Chen Hongye, Xia Tianliang, et al. Early-Middle Ordovician graptolite beds of Guchen, Yushan County, Jiangxi [J]. Journal of Stratigraphy, 1991, 15 (2):81-99 (in Chinese with English abstract).
- [13] 李积金, 肖承协, 陈洪治. 江西崇义早奥陶世宁国期典型太平洋笔石动物群 [M]. 北京: 科学出版社, 2000:1-188.
Li jijin, Xiao Chengxie, Chen Hongye. Typical Pacific Graptolite Fauna from the Ningkuoan of Early Ordovician in Chongyi, Jiangxi [M]. Beijing: Science Press, 2000:1-188 (in Chinese with English abstract).
- [14] 肖承协, 夏天亮, 王昭雁. 对江西崇义地区奥陶系新观察 [J]. 地层学杂志, 1982, 6(1):64-71.
Xiao Chengxie, Xia Tianliang, Wang Zhaoyan. New observation on the Ordovician in Chongyi area, Jiangxi Province [J]. Journal of Stratigraphy, 1982, 6(1):64-71(in Chinese).
- [15] 肖承协, 陈洪治, 谢文伟. 赣西南下奥陶统樟木曲组笔石带的修正和补充 [J]. 华东地质学院学报, 1988, 11(3):208-215.
Xiao Chenxie, Chen Hongye, Xie Wenwei. Revision and updating of graptolite zones of Zhangmuqu Formation in southwest Jiangxi [J]. Journal of East China College of Geology, 1988, 11(3): 208-215(in Chinese with English abstract).
- [16] 肖传桃, 朱忠德, 李相明. 中扬子台地下奥陶统含礁层系序地层研究 [J]. 中国地质, 2003, 30(3):274-280.
Xiao chuantao, Zhu Zhongde, Li Xiangming. Sequence stratigraphy of Lower Ordovician reef-bearing strata in the Middle Yangtze platform [J]. Geology in China, 2003, 30 (3):274-280(in Chinese with English abstract).
- [17] Zhang Yuandong, Chen Xu, Yu Guohua, et al. Ordovician and Silurian rocks of Northwest Zhejiang and Northeast Jiangxi Provinces, SE China [M]. Hefei: University of Science and Technology of China Press, 2007:1-189.
- [18] Cooper A H, Rushton A W A, Molyneux S G, et al. The stratigraphy, correlation, provenance and palaeogeography of the Skiddaw Group (Ordovician) in the English Lake District [J]. Geological Magazine, 1995, 132(2):185-211.

Graphic correlation of graptolite fauna near the Lower/Middle Ordovician boundary in South China

WANG Chuan-shang, WANG Xiao-feng, CHEN Xiao-hong, LI Zhi-hong, ZHANG Miao
(Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang 443003, Hubei, China)

Abstract: Based on the biostratigraphic study of graptolites near the Lower/Middle Ordovician boundary, the authors selected five typical stratigraphic section in such Ordovician sedimentary facies of South China as platform facies, basin facies and the transitional facies between the above two facies to conduct graphic correlation of the graptolite faunae near the Lower/Middle Ordovician boundary. The results shed further light on the duration of graptolite faunae near the Lower/Middle Ordovician boundary in South China and the precise correlation of graptolite faunae in different facies, thus laying a foundation for the precise stratigraphic correlation of different facies.

Key words: Lower/Middle Ordovician boundary; graptolite; different facies; graphic correlation

About the first author: WANG Chuan-shang, male, born in 1969, doctor, senior researcher, mainly engages in the study of graptolite and Early Paleozoic stratigraphy; E-mail: wangchuanshang@yahoo.com.cn.