

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

下奥陶统反称笔石属(*Anisograptus*)的形态分异与分类

李明, 冯洪真, 刘波

南京大学地球科学系, 现代古生物学和地层学国家重点实验室, 210093

内容提要: 根据安徽省宁国县胡乐地区的反称笔石属(*Anisograptus*)标本, 参照国内外 *Anisograptus* 的 25 种及亚种的资料, 发现反称笔石类的形态变化具有原始枝末端分支推迟和笔石枝密度缩减的特点, 其中, 部分种及亚种的胞管密度较大, 与其他种类区别明显。因此, 笔者等选择原始枝长度、分支密度、胞管密度为分类依据, 将 *Anisograptus* 划分为如下 5 个种类: *A. matanensis* Ruedemann, *A. ruedemanni* Bulman, *A. tetragraptoides* Bulman, *A. compactus* Cooper 和 *A. delicatulus* Cooper。

关键词: 形态分异与分类; *Anisograptus*; 特马道克期; 皖南

反称笔石属(*Anisograptus*)是产于奥陶系底部, 笔石体水平到亚水平伸展的三射型反称笔石。该属于 1937 年由 Ruedemann 建立, 当时仅描述一种即模式种 *A. matanensis*。此后, 除模式种之外又先后建立 24 种及亚种, 其中国外学者建立的种及亚种有 12 个。1998 年, Cooper 等重新讨论了 *A. matanensis*, 并将 Bulman(1941, 1954)建立的 4 个种及亚种(*A. richardsoni* Bulman, 1941, *A. flexuosus* Bulman, 1941, *A. norvegicus* Bulman, 1954, *A. grandis* Bulman, 1954) 归入 *A. matanensis*。但是, Cooper 等(1998)并未讨论中国学者建立的种及亚种的合法地位, 现存 *Anisograptus* 的所有种及亚种的划分标准也不统一。*Anisograptus* 是早特马道克期笔石地层划分的关键属类之一, 研究该属的形态分异和分类, 对提高该时期笔石生物地层划分和对比的精度具有重要的意义。笔者等根据安徽省宁国县胡乐地区 *Anisograptus* 的化石材料, 并参阅国内外 *Anisograptus* 的资料, 对该属的形态学和分类学问题进行研究。研究发现 *Anisograptus* 大部分种及亚种的胞管密度较小, 仅有 3 个种及亚种的胞管密度较大, 且后者在同期地层中很少被发现。但无论是胞管密度大的还是胞管密度小的类群, 其原始枝长度和笔石枝密度均存在着明显的差异。综合考虑 *Anisograptus* 的胞管密度, 原始枝长度以及笔石枝密度, 可以将胞管密度小的笔石类群划分为 3 种类

型, 即: 3 个原始枝均短, 笔石枝密度大(*A. matanensis* Ruedemann); 一个原始枝短(小于 1 mm), 另外两个原始枝长且未见分支, 仅具有 4 个末枝(*A. tetragraptoides* Bulman); 上述两种类型的过渡类型, 原始枝均见分支, 至少有一个原始枝很长, 笔石枝密度较小(*A. ruedemanni* Bulman)。而胞管密度大的类群仅包括, 原始枝短(小于 1 mm), 分支密度大(*A. compactus* Cooper)以及原始枝长度较长, 分支密度相对较大这两种类型(*A. delicatulus* Cooper)。

1 安徽省宁国县胡乐地区早特马道克期的 *Anisograptus*

安徽省宁国县胡乐地区隶属江南斜坡带, 是中国早奥陶世笔石保存较好的地区之一。该地区主要产出早特马道克期的 *Anisograptus* 和十字笔石属(*Staurograptus*), 其中 *Anisograptus* 化石标本尤为丰富(图 1)。*Anisograptus* 产于西阳山组顶部的灰岩地层中(H7, H8, H9), 其首现层位比 *Staurograptus* 的首现层位高(H2a), 且两者的延限无重叠部分。该地区 *Anisograptus* 的胞管密度比较一致(10 mm 内 10~12 个胞管), 但其原始枝长度和笔石枝密度却显示了明显变化。原始枝长度的变化有 3 种情况, 即 3 个原始枝均短, 3 个原始枝中至少有一枝较长, 3 个原始枝中有两枝极长且未见分支。笔石枝密度的

注: 本文为国家自然科学基金项目(编号 40472014)和现代古生物学和地层学国家重点实验室(编号 033102)资助的成果。

收稿日期: 2005-04-27; 改回日期: 2005-09-28; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 李明, 女, 1978 年生。现为南京大学地球科学系在读博士生。通讯地址: 210093, 南京大学地球科学系古生物学与地层学专业; 电话: 025-85927524; Email: ycx-lm@263.net。

变化也可识别出 3 种情况,即随着离开始端距离的增加,笔石枝密度或急剧增加,或缓慢增加,或无明显变化。笔石枝密度和原始枝长度的变化是相关的,一般来说,原始枝长度大的笔石体其笔石枝密度较小,笔石枝密度的增速也较缓,反之亦然(表 1,图 2)。体现原始枝长度和笔石枝密度变化的上述 3 种情况,可能指示了 *Anisograptus* 系统发生的 3 个不同阶段,而 *A. matanensis* Ruedemann, *A. ruedemanni* Bulman 和 *A. tetragraptoides* Bulman 则可视作 3 个系统发生阶段的代表。

反称笔石科 *Anisograptidae* Bulman, 1950

反称笔石属 *Anisograptus* Ruedemann, 1937

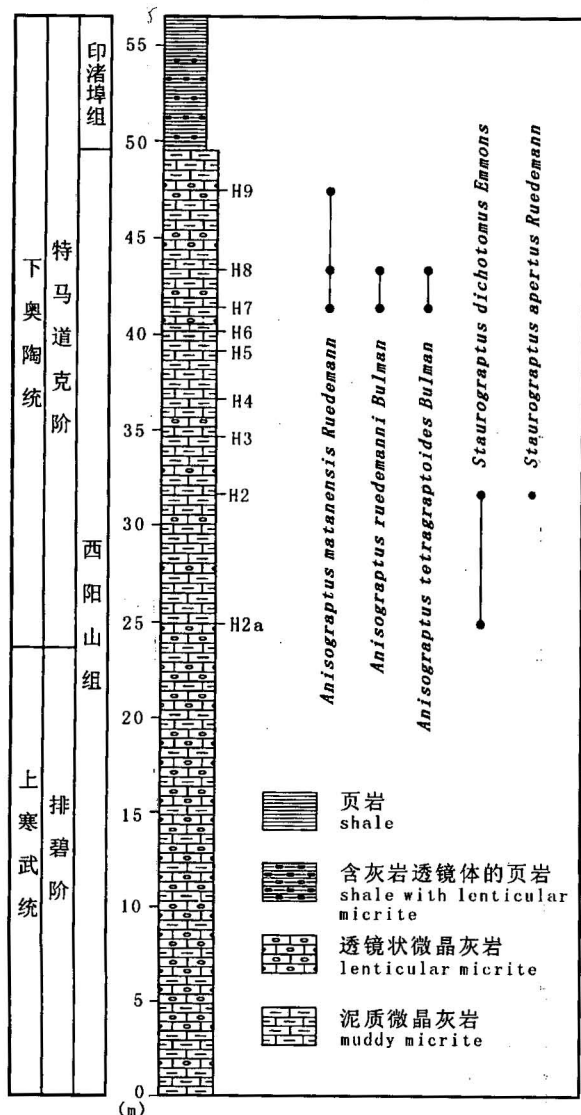


图 1 安徽省宁国县胡乐剖面中 *Anisograptus* 和 *Staurograptus* 的垂向分布

Fig. 1 Vertical distributions of *Anisograptus* and *Staurograptus* in the Hule section in Ningguo County, Anhui Province

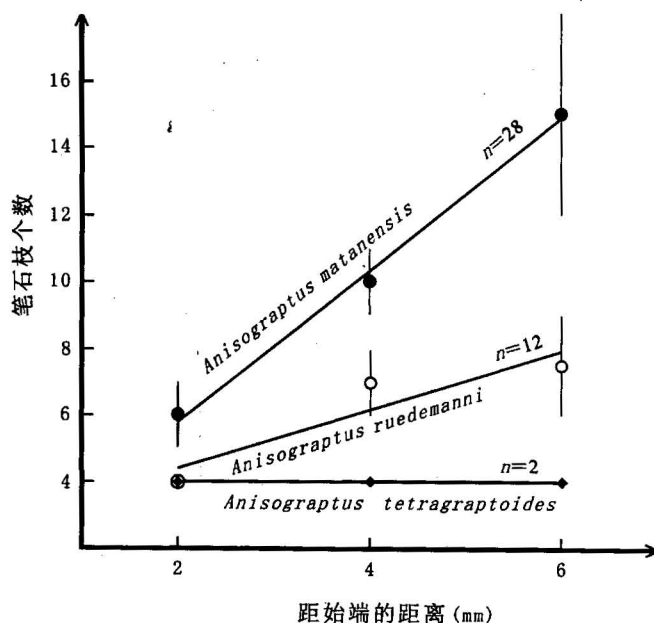


图 2 安徽省宁国县胡乐剖面中 *Anisograptus* 的笔石枝密度变化趋势

Fig. 2 Variation tendencies of stipe density in *Anisograptus* from the Hule section in Ningguo County, Anhui Province
n—用于统计的成年笔石体数目; ●—*A. matanensis* 笔石枝个数的均值; ○—*A. ruedemanni* 笔石枝个数的均值; ◆—*A. tetragraptoides* 笔石枝个数的均值; 回归线—由软件 Excel 绘制
n—Number of mature graptolite rhabdosomes; ●—mean of stipe amount of *A. matanensis*; ○—mean of stipe amount of *A. ruedemanni*; ◆—mean of stipe amount of *A. tetragraptoides*; Regression line—drawn by using Excel

模式种: *Anisograptus matanensis* Ruedemann, 1937

1937 *Anisograptus* Ruedemann, p. 61.

1941 *Anisograptus*, Bulman, pp. 107~108

1998 *Anisograptus*, Cooper et al., p. 28

鉴定特征: 四射型反称笔石, 笔石体呈水平到亚水平伸展, 正分支, 分支密度和末枝的个数变化范围较大。始端发育形式是: 胞管 1^2 和 1^3 均为双芽胞管 (Cooper et al., 1998)。

Anisograptus 是 Ruedemann (1937) 最早定义描述的, 当时 Ruedemann 认为该类标本的笔石体两侧对称, 但由于第一个胞管 $th1^1$ 是一个双芽胞管 (从 $th1^1$ 分别生出一个单芽胞管和一个双芽胞管), 所以笔石体的始端两侧不对称。1941 年, Bulman 重新研究了该属的始端发育情况, 认为 $th1^1$ 不是双芽胞管, 自 $th1^1$ 分别生出的是第二个胞管 $th1^2$ 和一个副胞管, 而 $th1^2$ 才是双芽胞管, 因此, *Anisograptus* 的始端是四射型的。1998 年, Cooper 等通过对该属的

表 1 *Anisograptus* 已知种及亚种的统计资料
Table 1 The data of the known species or subspecies of *Anisograptus*

种 名		10 mm 内胞 管个数	原始枝长度(mm)			距始端 2 mm	距始端 4 mm	距始端 6 mm	
			1	2	3	笔石枝个数	笔石枝个数	笔石枝个数	
<i>A. matanensis</i>		Ruedemann(1937)	11~14	1.0~5.0			—	—	—
		(本文)	10~12	0.4~1.0		0.8~2.5	5~7	9~11	12~18
异 名	<i>A. richardsoni</i> Bulman,1941	11	1.0±			7~8	12~13	15	
	<i>A. lui</i> Mu,1953	12~13	1.0			6	8	10	
	<i>A. minutus</i> Mu,1983	10±	0.8	1.5		6	10	—	
	<i>A. orientalis</i> Mu,1983	10	1.0	2.0		6	11	17	
	<i>A. asiaticus ningguoensis</i> Yu et al. ,1983	10	0.7	1.5~2.5		6	10~12	—	
	<i>A. chongyiensis</i> Li,1984	12	0.2~1.0			7	10~12	14	
<i>A. ruedemanni</i>		Bulman (1941)	12~16	2.0~4.6			3	4~6	7~9
		(本文)	10~12	0.8~2.3		2.8~3.6	4	6~8	6~9
异 名	<i>A. flexuosus</i> Bulman,1941	12	1.0~2.5(个别长 5.0)			3~4	5~6	6	
	<i>A. monseni</i> Bulman,1941	12	1.0~6.0			4	4	6	
	<i>A. grandis</i> Bulman,1954	12~13	3.0~4.0			3	6	7	
	<i>A. norvegicus</i> Bulman,1954	10~11	1.25~3.75			4~5	6~7	8~9	
	<i>A. dissolutus</i> Berry,1960	11~12	2.0~2.8			3	6	7~8	
	<i>A. asiaticus</i> Li et al. ,1985	10	0.8~1.0	2.0	3.0	5	8	8	
<i>A. tetragraptoides</i>		Bulman (1950)	12~13	1.0	未分支		4	4	4
		(本文)	11~12	0.3~1.4	未分支,保存长度 为 8.0~11.0		4	4	4
异名	<i>A. isolatus</i> Bulman,1954	9~10	0.5	未分支		4	4	4	
	<i>A. delicatulus</i> Cooper et Stewart (1979)	17~19	0.2~3.0			6~10	7~14	16~18	
异名	<i>A. diffissus zhejiangensis</i> Mu,1984	20±	0.5~0.7			6	11	—	
	<i>A. compactus</i> Cooper et Stewart (1979)	18	0.4~0.6			8~14	22~25	29	

注: *Anisograptus diffissus* (Harris et Keble), 1928 已被 Cooper 和 Stewart (1979) 分别归入 *A. compactus* 和 *A. delicatulus* 中, 因此, 表中没有列出 *A. diffissus* 的资料。

进一步研究, 认为李积金 (1984) 定义的属 *Toyenograptus* 可能是 *Anisograptus*, 此外, *Bryograptus*, *Clonograptus* 以及 *Didymograptus* 的个别种类也可能应该被归入 *Anisograptus* 中。所以, Cooper 等 (1998) 认为该属的分支密度和笔石体末枝数目变化范围非常大。

Anisograptus matanensis Ruedemann, 1937 (图 3 a, b, c, l)

1937 *Anisograptus matanensis* Ruedemann, pp. 59~62, text-fig. 9.

1941 *Anisograptus matanensis*, Bulman, p. 108, pl. II-5.

1941 *Anisograptus richardsoni* Bulman, pp. 109-110, pl. II-6, text-figs. 2a, b.

1947 *Anisograptus matanensis*, Ruedemann (pars), pp. 291~292, pl. XL VII-4, 9.

1947 *Anisograptus richardsoni*, Ruedemann, pp. 292~293, pl. XL VII-10.

1950 *Anisograptus matanensis*, Bulman (pars), pp. 80~83, pl. VII-7, 10, 12, text-figs. 4b, c, e; 5a, b.

1953 *Anisograptus lui* Mu, 第 30~35 页, 图版

I-5.

1980 *Anisograptus richardsoni*, Erdtmann et Comeau, pp. 723~726, pl. I-1~11, text-fig. 3.

1983 *Anisograptus minutus* Mu, 杨达铨等, 第 361 页, 图版 C X X X III-5~6.

1983 *Anisograptus orientalis* Mu, 杨达铨等, 第 361 页, 图版 C X X X III-3~4.

1983 *Anisograptus asiaticus ningguoensis* Yu et al., 第 503 页, 图版 II-5, 6.

1983 *Anisograptus* cf. *richardsoni*, 俞剑华等, 第 504 页, 图版 I-2, 图版 II-9.

1983 *Clonograptus taishanensis* Li et al., 俞剑华等, 第 505 页, 图版 II-8.

1983 *Clonograptus* cf. *tenellus callavei* (Lapworth), 俞剑华等, 第 505~506 页, 图版 I-13; 图版 II-10.

non 1983 *Anisograptus minutus*, 俞剑华等, 第 504 页, 图版 I-4 (= *Staurograptus dichotomus*).

? 1983 *Anisograptus lautus* Zhao, 赵祥麟, 第 381 页, 图版 IV-5, 18b, 插图 9.

? 1984 *Anisograptus mirus* Lin, Zhou et al., pp.

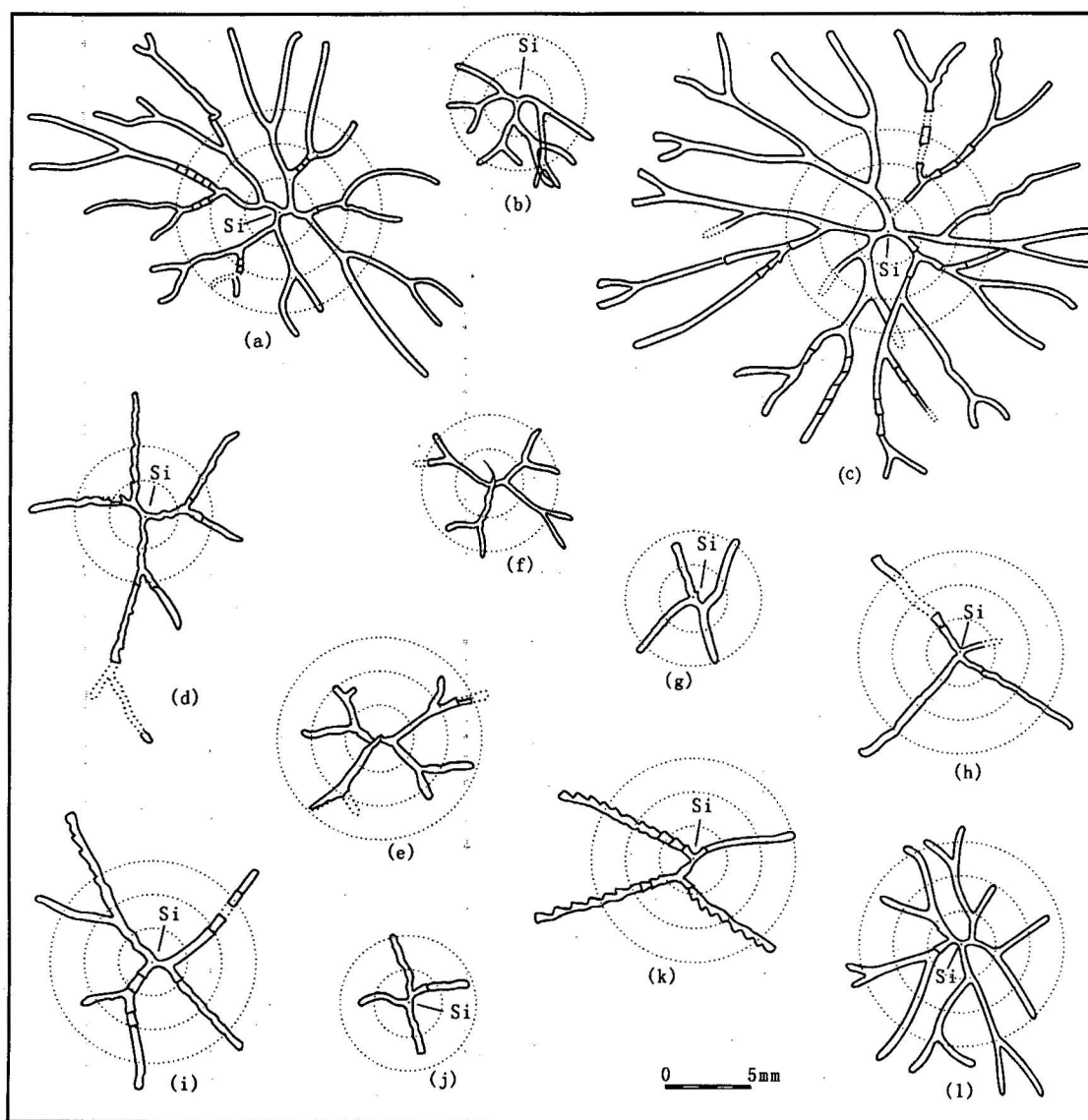


图 3 安徽省宁国县胡乐地区的 *Anisograptus* (以胎管为圆心的同心圆半径分别为 2 mm, 4 mm, 6 mm)

Fig. 3 *Anisograptus* from the Hule area, Ningguo county, Anhui province (Centre of concentric circles is indicated by the sicular position, and their radii are 2mm, 4mm and 6mm, respectively)

a, b, c, l: *Anisograptus matanensis* Ruedemann; d-f, i: *A. ruedemanni* Bulman; g, h, j, k: *A. tetragraptoides* Bulman

1~57, pl. III-10.

1984 *Anisograptus minutus*, Mu et Lin, pp. 174, 175, pl. III-2; pl. IV-1~3.

1984 *Anisograptus orientalis*, Mu et Lin, p. 174, pl. III-3~8.

1984 *Anisograptus chongyiensis* Li, 第 579~580 页, 图版 I-1~3, 插图 1a, b.

1985 *Anisograptus compactus* Cooper et Stewart, Li et al., p. 109, pl. II-3, 4, 9, 10.

1985 *Anisograptus delicatulus* Cooper et Stewart, Li et al., p. 111, pl. I-14; pl. V-11; text-fig. 2a, b.

1985 *Anisograptus matanensis*, Chen, p. 504, fig. 4. 8.

1985 *Anisograptus richardsoni*, Chen, p. 504, figs. 5. 1, 3, 6, 7, 10.

? 1992 *Anisograptus mirus*, 林尧坤, 第 56~57 页, 图版 XX III-5~7, 插图 8.

1998 *Anisograptus matanensis*, Cooper et al., pp. 28~30, figs. 21b~d, 24, 25k~m.

2004 *Anisograptus matanensis*, Jackson et Norford, pp. 331~348, figs. 6H, 6I, 6K.

鉴定特征: 原始枝短, 长度一般小于 2 mm, 个别长达 2.5 mm。笔石体分支 3 到 4 级, 最多可达 6

级以上。笔石枝长度随级数的增加相应加长,但长度增加幅度小,笔石枝密度大。胞管密度小,10 mm 内约 10~14 个胞管。(根据 Bulman(1950)的定义修改)

描述:笔石体直径约 10~29 mm。正分支一般 3~4 级,个别标本可达 6 级。3 个原始枝都很短,其中相对略长原始枝长约 0.8~2.5 mm,略短的长约 0.4~1 mm。二级枝长 1~4 mm 不等,分支角度变化大约 50°~120°。3 级枝长约 1.6~4 mm,分支角度一般 60°左右。笔石枝侧压宽度 0.6~0.8 mm,背压宽度 0.4 mm。胞管直管状,长 1.1 mm 左右,一般 10 mm 内 10~12 个胞管。胎管一般保存不好,大部分呈圆点状保存,个别胎管呈圆锥状保存,长约 0.9 mm 左右。

讨论:图 3a,c 所示的两个标本,曾被俞剑华等(1983)定为 *Clonograptus taishanensis* Li, Ge et Chen 和 *C. cf. tenellus callavei* (Lapworth)。由于标本胎管位置保存不明显,因此原始枝的个数和位置都很难确定。但是,近年来国际特马道克阶的研究资料显示,具有两个原始枝的 *Clonograptus* 一般出于上特马道克阶,下特马道克阶中还尚未发现(Cooper, 1999; Jackson, 2000; Lindholm, 1991; Maletz, 2001)。此外,如果上述标本的胎管(Si)位置如图 3a,c 所示,那么笔石体就具有 3 个原始枝,并且 3 个枝的分支级数基本相同。因此,从分支形式和层位来看,上述标本有可能是保存状态不好的 *Anisograptus*。这两个标本原始枝长度很短(1 mm 左右),分支密度大,分支可达 5 级,形态特征与 *A. matanensis* 相似。

产出层位:安徽省宁国县胡乐剖面西阳山组顶部(H7、H8、H9),时代属早奥陶世早特马道克期。

***Anisograptus ruedemanni* Bulman, 1941**(图 3 d~f,i)

1941 *Anisograptus ruedemanni* Bulman, p. 111, 112, text-fig. 4.

1941 *Anisograptus monseni* Bulman, pp. 112, 113, text-fig. 5.

1941 *Anisograptus flexuosus* Bulman, pp. 110, 111, pl. II-1~4, text-fig. 3.

1947 *Anisograptus matanensis*, Ruedemann (pars), pp. 291~292, pl. XL VII-1~2, 5~8.

1947 *Anisograptus flexuosus*, Ruedemann, p. 292, pl. XL VII-9.

1950 *Anisograptus matanensis*, Bulman (pars), pp. 80~83, pl. VII-5~6, 8~9, 11, text-figs. 4a,d,

f,g.

1950 *Anisograptus flexuosus*, Bulman, pp. 84~85, pl. VI-13~15, pl. VII-13, pl. VIII-10, text-fig. 6.

1954 *Anisograptus grandis* Bulman, p. 30, 31, pl. VI-3, text-fig. 12.

1954 *Anisograptus norvegicus* Bulman, p. 29, pl. VII-1~5, text-figs. 11a, b.

1960 *Anisograptus dissolutus* Berry, p. 45, pl. IV-5~6.

1983 *Anisograptus asiaticus* Li et al., 俞剑华等, 第 503 页, 图版 I-11, 12.

1983 *Clonograptus minimus* Li et al., 俞剑华等, 第 505 页, 图版 I-8, 9; 图版 II-2.

non 1984 *Anisograptus cf. ruedemanni*, 俞剑华等, 第 535 页, 图版 III-10. (= *Staurograptus apertus*)
1985 *Anisograptus asiaticus*, Li et al., p. 110, pl. X III-2, 3, 8.

1985 *Anisograptus flexuosus*, Chen, p. 504, figs. 2.10; 5.2.

1985 *Anisograptus* sp. Chen, p. 506, fig. 5.8.

鉴定特征:3 个原始枝中至少有一个枝较长,较长的原始枝一般长 2.8~3.6 mm,也可以更长。随着级数的增加,笔石枝长度增长幅度大,因此笔石体分支密度小,正分支 3 级左右,个别成年体分支可达 5 级。胞管密度小,10 mm 内约 10~12 个胞管。(根据 Bulman(1941)的描述修改)

描述:笔石体水平伸展,直径约 18~21 mm,分支松散,正分支 2~3 级。原始枝通常一短两长,个别标本原始枝两短一长或 3 个原始枝均较长。较长的原始枝长度为 2.3~3.5 mm,较短的长度为 0.8~1.2 mm。二级枝长度为 6~8 mm。3 级枝未见分支,保存长度约为 1.5~4.2 mm。笔石枝侧压宽度为 0.6~0.7 mm,背压宽度为 0.4 mm。胞管直管状,长 1 mm 左右,10 mm 内约有 10~12 个胞管。胎管保存不清楚,呈圆点状保存。

讨论:俞剑华等(1983)曾将图 3e 所示的标本定为 *Clonograptus minimus*,认为该笔石体仅具两个原始枝。但笔者等重新观察发现,该标本应该具有 3 个原始枝,它们的相互交角大致为 120°;笔石枝下斜伸展,因此保存时有一个原始枝始部被另一个原始枝压住,呈现出仅有两个原始枝的假相。该种的原始枝较 *A. matanensis* 长(0.9~3.5 mm),分支密度也相对较小,与 *A. ruedemanni* 的幼年体标本的形态类似。

俞剑华等(1984)鉴定为 *Anisograptus cf.*

ruedemanni 的标本,仅保存了 3 个较长的原始枝,它们相互垂直,呈“丁”字形。该标本产出层位很低,与 *Staurograptus* 共生,因此笔者等认为它可能是丢失了一个原始枝的 *Staurograptus apertus* Ruedemann。

产出层位:安徽省宁国县胡乐剖面西阳山组顶部(H₇、H₈),时代属早奥陶世早特马道克期。

***Anisograptus tetragraptoides* Bulman, 1950**(图 3 g,h,j,k)

1950 *Anisograptus matanensis* var. *tetragraptoides* Bulman, p. 83, pl. VII-14~17, pl. VIII-4, 11, text-fig. 4h.

1954 *Anisograptus isolatus* Bulman, pp. 32~33, pl. VIII-3, text-fig. 13.

1983 *Anisograptus matanensis tetragraptoides*, 俞剑华等,第 503 页,图版 II-7.

? 1992 *Anisograptus latipterus* Lin, 第 54~55 页,图版 X X III-3,插图 7.

鉴定特征:原始枝一短两长,较短的原始枝长约 1 mm 左右,较长的原始枝未见分支,笔石体仅具有两级分支,且只有 4 个末枝。胞管密度小 10 mm 内有 9~13 个胞管。(Bulman, 1950)

描述:笔石体直径 17~18 mm 左右,3 个原始枝中,一枝较短,长 0.3~1.4 mm,另外两个原始枝很长且未见分支,保存长度为 8~11 mm。笔石体只有一个原始枝分支,分支仅两级,具有 4 个末枝。二级分支角约 90~120°,二级枝保存长度约 10 mm 左右。正胞管直管状,倾角约 35°左右,10 mm 内 11~12 个胞管。胎管保存不太好,出露长度约 0.8 mm 左右。

讨论:Bulman (1950)建立 *A. tetragraptoides* 时认为,它与具有二级分支的 *Triograptus* 在形态上很类似,但区别在于后者的二级分支距离胎管非常远(约 8 mm),而前者的二级分支距胎管仅 1 mm 左右。陈旭于 1985 年建立的新种 *Triograptus linearis* 仅有一个原始枝分支,另外两个原始枝未见分支,二级枝分支点距胎管很近,约 1 mm 左右。从形态上看,*Triograptus linearis* 与 *A. tetragraptoides* 很相似,且与 *Anisograptus* 共生,可能是 *A. tetragraptoides* 的同义名。

产出层位:安徽省宁国县胡乐剖面西阳山组顶部(H₇、H₈),时代属早奥陶世早特马道克期。

2 *Anisograptus* 的分类学讨论

自 1937 年 Ruedemann 定义 *Anisograptus* 以来,

国外学者已描述了除模式种之外的 11 种及亚种:*A. flexuosus* Bulman, 1941; *A. monseni* Bulman, 1941; *A. richardsoni* Bulman, 1941; *A. ruedemanni* Bulman, 1941; *A. matanensis* var. *tetragraptoides* Bulman, 1950; *A. grandis* Bulman, 1954; *A. isolatus* Bulman, 1954; *A. norvegicus* Bulman, 1954; *A. dissolutus* Berry, 1960; *A. compactus* Cooper et Stewart, 1979; *A. delicatulus* Cooper et Stewart, 1979。国内学者也建立了 13 种及亚种:*A. lui* Mu, 1953; *A. matanensis minor* Wang et Wu, 1977; *A. zhongguoensis* Wang et Wu, 1977; *A. guangdongensis* Wang, Liu et Zhou, 1979; *A. minutus* Mu, 1983; *A. orientalis* Mu, 1983; *A. asiaticus ningguoensis* Yu, Fang et Liu, 1983; *A. lautus* Zhao, 1983; *A. diffissus zhejiangensis* Mu, 1983; *A. mirus* Lin, 1984; *A. chongyiensis* Li, 1984; *A. asiaticus* Li, Ge et Chen, 1985; *A. latipterus* Lin, 1992。Cooper 等(1998)认为, *Anisograptus* 仅包括 6 个种即 *A. matanensis*, *A. ruedemanni*, *A. monseni*, *A. isolatus*, *A. compactus* 和 *A. delicatulus*, 而 *A. richardsoni*, *A. norvegicus*, *A. grandis*, *A. flexuosus* 和 *A. matanensis* var. *tetragraptoides* 均为 *A. matanensis* 的异名。在对 *Anisograptus* 的研究中, Cooper 等(1998)仅涉及部分国外的材料,而中国学者建立的 13 个种及亚种在分类学上的合法性没有被讨论。*Anisograptus* 的模式种 *A. matanensis* 是下特马道克阶(即奥陶系底部) *A. matanensis* 带的带化石,因此,系统研究 *Anisograptus* 形态分异和分类,是提高特马道克阶地层划分和对比精度的关键,具有重要的地层学意义。

根据胡乐地区的化石材料以及国内外的 19 种及亚种的资料,笔者等整理出 *Anisograptus* 种及亚种的基本性状表(表 1)。整理结果显示, *Anisograptus* 明显具有胞管密度大和胞管密度小的两个类群,并且这两个类群分支密度和原始枝长度均呈现出明显差异,根据胞管密度、原始枝长度和笔石枝密度,笔者等对 *Anisograptus* 的分类进行探讨,认为该属基本上可以划分如下 5 个类群。

(1) *Anisograptus matanensis* 是 3 个原始枝均短,分支密度较大,胞管密度小的反称笔石类群。Ruedemann (1937)建立属 *Anisograptus* 时,仅描述了一个种即模式种 *Anisograptus matanensis*,但没有明确的定义。1950 年, Bulman 详细定义了该种,认为该种仅包括笔石体水平伸展的类型,笔石体分支

一般 3 到 4 级,笔石枝长度随着级数的增加而增加。笔石枝侧压宽度 0.7 mm,背压宽度 0.4 mm。10 mm 内 11~14 个胞管。1998 年,Cooper 等重新讨论了 *A. matanensis*,认为该种包括 Bulman (1941, 1950, 1954) 定义的原始枝长度和笔石枝密度变化范围很大的类群: *A. richardsoni*, *A. flexuosus*, *A. matanensis* var. *tetragraptoides* 以及 *A. norvegicus*, 并认为原始枝长度和笔石枝密度的明显差异可以看作是该种的种内变异。笔者等基本采用了 Bulman (1950) 的定义,但笔者等的定义还包括笔石体略下斜的类群,此外, Bulman (1950) 描述的 *A. matanensis* 原始枝一短两长,较短的原始枝不超过 1 mm,另外两个原始枝长度变化范围很大,相应的笔石枝密度变化范围也很大,笔者等依据原始枝长度和笔石枝密度的分类原则对 *A. matanensis* 进行了限定,认为该种 3 个原始枝均短,并且笔石枝密度较大。根据表 1 的数据显示, *A. richardsoni*, *A. lui*, *A. minutus*, *A. orientalis*, *A. asiaticus ningguensis*, *A. chongyiensis* 这 6 个种及亚种的原始枝较短(不超过 2.5 mm);分支密度大,距胎管 2 mm 处笔石枝个数达 6~8 个,距胎管 4 mm 处达 8~13 个。此外,资料中显示上述 6 个种及亚种分支一般 3~4 级,其基本性状与笔者等定义的 *A. matanensis* 非常接近,因此笔者等认为它们可能是 *A. matanensis* 的异名。赵祥麟(1983)定义的 *A. lautus*,成年笔石体(直径 40 mm)分支可达 6 级,并且 3 个原始枝均很短(不超过 1.2 mm),形态类似 *A. matanensis*,但由于该种的胞管性质不明,因此不能确定是否可以归入 *A. matanensis*。汪啸风(1977)定义的 *A. matanensis minor* 原始枝很短(1~2 mm),分支达 4 级,笔石枝密度大,10 mm 内有 12 个胞管,与 *A. matanensis* 的形态类似,但该亚种笔石枝很细,侧压仅 0.5 mm,由于笔石体保存条件不同,笔石枝的粗细也会出现较大的差异,因此,笔者等认为较细的笔石枝可能是保存条状况的差异造成的。从汪啸风等(1979)所附图影(图版 I-5)上看, *A. guangdongensis* 是一个小个体的笔石(直径 3~7 mm),具 2 级分支,3 个原始枝短,长度均不超过 1 mm,与 *A. matanensis* 的幼体形态很类似,可能是 *A. matanensis* 幼体标本。

(2) *A. ruedemanni* 是原始枝长度较大(至少有一个原始枝长度超过 2.5 mm),分支级数和密度相对 *A. matanensis* 较小,胞管密度小的反称笔石类群,是介于 *A. matanensis* 和 *A. tetragraptoides* 之间的过渡类型。*A. ruedemanni* 是 Bulman 在 1941 年建

立的种,该种与 *A. matanensis* 的区别在于,笔石枝较粗壮,分支密度较小,笔石体略下斜伸展,原始枝较长。笔者等根据 Bulman (1941) 的描述,重新定义了该种,认为该种还应该包括笔石体水平伸展的类型,原始枝较 *A. matanensis* 长,且至少有一个原始枝长超过 2.5 mm,分支密度小,随着级数的增加,笔石枝长度增加范围较大,分支松散。表 1 显示, *A. flexuosus*, *A. monseni*, *A. grandis*, *A. norvegicus*, *A. dissolutus* 及 *A. asiaticus* 最长的原始枝长度均超过 2.5 mm,分支松散(距始端 6 mm 处,笔石枝个数不超过 9 个),笔石体一般仅具 3 级分支,个体较大的笔石体(直径 40~70 mm)分支可达 5 级。上述 5 个种的分支密度和原始枝长度处于 *A. ruedemanni* 的变异范围内,可能是 *A. ruedemanni* 的异名。汪啸风(1977)定义的 *A. zhongguoensis* 分支非常松散,笔石体直径 20 mm,仅具两级分支,形态接近 *A. ruedemanni*,但该种的原始枝较短(1~2 mm),与 *A. matanensis* 的定义接近,因此,该种可能是 *A. ruedemanni* 与 *A. matanensis* 的过渡类型。

(3) *A. tetragraptoides* 只有一个原始枝可见分支(该原始枝长度不超过 1 mm),仅保存两级枝,未见分支的两个原始枝极长,笔石体具 4 个末枝,胞管密度小。*A. tetragraptoides* 于 1950 年由 Bulman 建立,当时该种定义为亚种 *A. matanensis tetragraptoides*。笔者等经研究认为, *A. matanensis*, *A. ruedemanni* 和 *A. tetragraptoides* 的原始枝长度依次加长,笔石枝密度依次递减,并且 3 个类群的原始枝长度和笔石枝密度差别明显,它们可能代表了 *Anisograptus* 系统发生的 3 个不同阶段。因此,笔者等将亚种 *A. matanensis tetragraptoides* 上升为种 *A. tetragraptoides*。*A. isolatus* 虽然保存不完整,但从 Bulman (1954) 所附插图中(p. 32, text-fig. 13)可明显看出,侧向保存的笔石体仅有一个原始枝分支,且仅具两级分支,未分支的原始枝很长(可达 20 mm)。侧向保存的 *A. isolatus* 基本特征与 *A. tetragraptoides* 非常接近,因此将其归入 *A. tetragraptoides* 中。林尧坤(1992)定义的 *A. latipterus* 的形态与 *A. tetragraptoides* 接近,但 *A. isolatus* 的笔石枝极宽(背压宽 0.7~0.9 mm,侧压宽 1.5~1.7 mm),其产出层位位于河北秦皇岛冶里组的 *Adelograptus-Clonograptus* 带,相对 *Anisograptus* 的产出层位较高,因此, *A. latipterus* 是否是 *A. tetragraptoides* 的同义名还不能确定。

(4) *A. compactus* 胞管密度极大(10 mm 内 18

个胞管),原始枝短(0.4~0.6 mm),分支密度大,分支可达6级。1979年 Cooper 和 Stewart 发现 *Staurograptus diffissus* Harris et Keble, 1928 其实仅具3个原始枝,其中一个原始枝极短,分支迅速,呈假四射型伸展,因此将其转移到 *Anisograptus* 中。*S. diffissus* 胞管密度非常大(10 mm 内 20~25 个胞管),并且该种内包括原始枝短、分支密度大和原始枝相对较长、分支密度相对较小的两种类型,因此,Cooper 和 Stewart(1979)以原始枝长度和笔石枝密度为依据,将 *A. diffissus* 的上述二种类型分别归入新种 *A. compactus* 和 *A. delicatulus* 中。*A. compactus* 的笔石体较小(最大直径 20 mm),笔石枝细(0.2~0.4 mm 宽),分支密度大,分支可达6级,末枝可达36个,10 mm 内大概有18个正胞管。

(5) *A. delicatulus* 胞管密度极大(10 mm 内 17~19 个胞管),原始枝相对 *A. compactus* 略长,笔石枝密度相对较小。Cooper 和 Stewart(1979)对 *A. delicatulus* 的原始定义为:笔石体具3个原始枝,一个原始枝极短,因此呈4个原始枝的假象,笔石体平伸到下斜伸展,笔石枝相密度对稀少,笔石枝细(侧压 0.25~0.4 mm 宽),各级枝长度变化范围大,但是第一级枝和第二级枝的长度很短,10 mm 内有 17~19 个胞管。穆恩之(1984)定义的 *A. diffissus zhejiangensis*,胞管密度非常大(10 mm 内 20~24 个胞管),一级枝较短(0.5~0.7 mm),二级、3级枝较长(2 mm 左右),从形态上看 *A. diffissus zhejiangensis* 个体小,分支密度在 *A. delicatulus* 的变化范围内,与 *A. delicatulus* 幼体形态相似,笔者等认为它可能是 *A. delicatulus* 的幼体标本。

参 考 文 献

- 李积金. 1984. 江西崇义早奥陶世的几种笔石. 古生物学报, 23(5): 578~585.
- 林尧坤. 1992. 华北区下奥陶统笔石及其序列. 中国科学院南京地质古生物研究所丛刊, 13: 1~95.
- 穆恩之. 1953. 辽宁太子河流域笔石的初步研究. 古生物学报, 1(1): 23~35.
- 汪啸风, 金玉琴, 吴兆同, 等. 1977. 笔石类. 见: 湖北省地质科学研究所等, 编. 中南地区古生物图册(一)早古生代部分. 北京: 地质出版社, 267~470.
- 汪啸风, 刘义仁, 周国强. 1979. 广东台山早奥陶世新厂期的笔石. 古生物学报, 18(5): 493~530.
- 杨达铨, 倪寓南, 李积金, 陈旭, 林尧坤, 俞剑华, 夏广胜, 焦世鼎, 方一亭, 葛梅钰, 穆恩之. 1983. 笔石纲. 见: 地质矿产部南京地质矿产研究所, 主编, 华东地区古生物图册(一). 北京: 地质出版社, 353~508.
- 俞剑华, 方一亭, 刘怀宝. 1983. 安徽省宁国县胡乐地区奥陶纪新厂期笔石动物群新材料. 南京大学学报(自然科学版), 3: 497~510.

- 俞剑华, 刘怀宝, 方一亭. 1984. 江西修水流域新厂期反称笔石科(*Anisograptidae*)化石. 古生物学报, 23(5): 532~541.
- 赵祥麟. 1983. 辽宁本溪新厂期早期的树笔石. 古生物学报, 22(4): 369~387.

References

- Berry W B N. 1960. Graptolite Fauna of the Marathon Region, West Texas. University of Texas Publication, 6005: 179.
- Bulman O M B. 1941. Some dichograptids of the tremadocian and Lower Ordovician. Annals and Magazine of Natural History, 11(7): 100~121.
- Bulman O M B. 1950. Graptolites from the *Dictyonema* Shales of Quebec. Quarterly Journal of the Geological Society of London, 106: 63~99.
- Bulman O M B. 1954. The Graptolite Fauna of the *Dictyonema* Shales of the Oslo Region. Norsk Geologisk Tidsskrift, 33: 1~40.
- Chen Xu. 1985. Earliest Ordovician Graptolites from Western Zhejiang, China and Their Faunal Distribution. Journal of Paleontology, 59(3): 495~510.
- Cooper R A, Stewart I. 1979. The Tremadoc Graptolite Sequence of Lancefield, Victoria. Palaeontology, 22: 767~797.
- Cooper R A, Maletz J, Wang Haifeng, et al. 1998. Taxonomy and Evolution of Earliest Ordovician Graptoloids. Norsk Geologisk Tidsskrift, 78: 3~32.
- Cooper R A. 1999. Ecostratigraphy, zonation and global correlation of earliest Ordovician planktic graptolites. Lethaia, 32: 1~16.
- Erdtmann B D, Comeau D J. 1980. A New *Anisograptus* Faunule from the Goodwin Formation (Tremadoc, Early Ordovician) of Cambrian-Ordovician Boundary. Journal of Paleontology, 54(4): 719~727.
- Harris W J, Keble R A. 1928. The *Staurograptus* Bed of Victoria. Proceedings of the Royal Society of Victoria, 40: 91~95.
- Jackson D E, Lenz A C. 2000. Some Graptolites from the Late Tremadoc and Early Arenig of Yukon, Canada. Canadian Journal of Earth Sciences, 37: 1177~1193.
- Jackson D E, Norford B S. 2004. Biostratigraphical and Ecostratigraphical Significance of Tremadoc (Ordovician) Graptolite Faunas from the Misty Creek Embayment and Selwyn Basin in Yukon and Northwest Territories. Canadian Journal of Earth Sciences, 41: 331~348.
- Lapworth C. 1880. On new British graptolites. Annals and Magazine of Natural History, 5(5): 149~177.
- Lapworth C. 1898. An Intermediate Textbook of Geology. 13th edition. Edinburgh and London.
- Li Jijin, Ge Meiyu, Chen Xu. 1985. Xinchangian (Early Ordovician) *Anisograptid* Fauna from Taishan, Guangdong. Palaeontologia Cathayana, 2: 103~135.
- Lindholm K. 1991. Ordovician graptolites from the early Hunneberg of southern Scandinavia. Palaeontology, 34(2): 283~327.
- Maletz J, Egenhoff S. 2001. Late Tremadoc to early Arenig graptolite faunas of southern Bolivia and their implications for a worldwide biozonation. Lethaia, 34(1): 47~62.
- Mu Enzhi, Lin Yaokun. 1984. The Xinchangian Graptolites from Western Zhejiang. In: Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica, ed. Stratigraphy and Palaeontology of Systemic Boundaries in China, Cambrian-Ordovician Boundary (1). Hefei: Anhui Science and Technology Publishing House, 165~182.
- Ruedemann R. 1904. Graptolites of New York, Part 1. New York

- State Museum Memoir, 7.
- Ruedemann R. 1937. A New North American Graptolite Faunule. American Journal of Science, 33(193): 57~62.
- Ruedemann R. 1947. Graptolites of North America. Geological Society of America, Memoir, 19: 1~652.
- Zhou Zhiyi, Wang Zhihao, Zhang Junming et Lin Yaokun. 1984. Cambrian-Ordovician Boundary Sections and the Proposed Candidates for Stratotype in North and Northeast China. In: Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica, ed. Stratigraphy and Palaeontology of systemic boundaries in China, Cambrian-Ordovician Boundary (2), Hefei: Anhui Science and Technology Publishing House, 1~57.

Morphologic Differentiation and Taxonomy of *Anisograptus* from the Lower Ordovician

LI Ming, FENG Hongzhen, LIU Bo

Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing, 210093; State Key Laboratory of Palaeobiology and Stratigraphy, Nanjing, 210008

Abstract

The specimens from the Hule area of Ningguo County, Anhui Province and the data of all known 25 species and subspecies in the world shows that *Anisograptus* has apparent morphologic differentiation in the length of primary stipes, the spacing of dichotomies and the density of thecae. Therefore, this paper selects these three morphologic characteristics as the principle for the taxonomy of *Anisograptus*. Accordingly, *Anisograptus* is here divided into 5 species, i. e. *A. matanensis* Ruedemann, *A. ruedemanni* Bulman, *A. tetragraptoides* Bulman, *A. compactus* Cooper, and *A. delicatulus* Cooper.

Key words: *Anisograptus*; morphologic differentiation and taxonomy; Tremadoc; southern part of Anhui Province