

西南地区假希瓦格 类地层分布规律的研究

杨湘宁¹⁾ 周建平²⁾ 冯 蘅⁽¹⁾

1) 南京大学地球科学系, 南京 100093

2) 中国科学院南京地质古生物研究所, 南京 210008

内 容 提 要

采用“图式对比”方法对西南地区假希瓦格 类 109 种(亚种)的地层分布进行了研究, 计算了这些种(亚种)的区域性地层分布延限, 论述了该地假希瓦格 类的地层分布规律, 并根据其主要属种的地层分布初步建立了西南地区马平阶的“复合标准剖面”。研究结果表明, 西南地区有关剖面马平阶底、顶界线的 类生物地层对比存在较大的误差。建议以贵州紫云扁平剖面作为我国马平阶的层型剖面。

关键词 类 二叠纪 图式对比

1 前言

我国贵州、广西、云南等地的假希瓦格 类* 化石及相关地层“马平阶”的研究已有较好的基础。据初步统计, 上述地区已描述的假希瓦格 类化石多达 109 种(或亚种)(表 1), 以假希瓦格 类属种命名的 类化石带有 15 个(陈旭等, 1983; 陈庚保等, 1991; 肖伟明等, 1986; 周铁明等, 1987; 周建平, 1991, 1993; 盛金章等, 1984; 夏国英等, 1986; 杨湘宁, 1989; 杨湘宁等, 1991, 1993), 它们在我国石炭—二叠纪地层的划分和对比中具有重要意义。

根据周铁明等(1987)的定义, 马平阶的底、顶界线分别以假希瓦格 类的开始出现和大量消失为标志, 其时限大致相当于我国传统“马平阶”上部的 *Pseudoschwagerina* 带或 *Sphaeroschwagerina* 带(陈旭等, 1983)。从生物地层学的角度而言, 西南地区许多剖面皆可找到符合上述定义并具有相似 类化石组合的层位。但是, 由于这一时期大部分 类属种的地层分布延限可达十余米至数十米以上, 类化石带所代表的时限可能相对较长, 因此, 生物地层学上相当的界线是否等时就成为对比时需要进一步研究的问题。此外, 由于沉积环境的差异, 不同剖面含假希瓦格 类地层的厚度常有较大的差别, 相同属种在不同剖面上的延续范围往往不尽相同。这种情况为用常规生物地层学方法研究假希瓦格 类区域性地层分布规律、确定假希瓦格 类各属种的区域性地层分布延限并进而研究本区马平阶的时限带来了困难。

* 指 *Pseudoschwagerina*, *Sphaeroschwagerina*, *Zellia*, *Robustoschwagerina*, *Robustoschwagerinoides* 及 *Longjinina* 6 属, 下同。

表 1 假希瓦格 类数据表

Code	Species Name	Bianping	Yishan	Yanshan	Tiandeng	Babao	CSS Range
1	<i>Pseudoschwagerina uddeni</i>	7...155	-55...-10	-62...-21	-40...-18		4...171
2	<i>p. uddeni russiensis</i>	10...143	-19...-10				10...143
3	<i>P. beedei</i>	7...75	-31...-10		-40...-7		5...118
4	<i>P. beedei uralensis</i>	10...130	-55...12				4...171
5	<i>P. p. arabeeidei</i>					58...154	168...234
6	<i>P. fusiformis</i>	10...223	-19...12				10...223
7	<i>P. fusiformis crassa</i>	22...47					22...47
8	<i>P. fusiformis plicata</i>	33...130			-7...0		33...138
9	<i>P. vulgaris</i>			-9...0			193...210
10	<i>P. vulgaris ashensis</i>	7...142	12...18				7...185
11	<i>P. vulgaris aktjubensis</i>	33...130					33...130
12	<i>P. morsei</i>		-55...-42			19...60	4...170
13	<i>P. miharanoensis</i>		-55...12	-52...-46			4...171
14	<i>P. muongthensis</i>	27...122	-55...12				4...171
15	<i>P. mounghthensis rossica</i>	17...143	-14...-5				17...143
16	<i>P. cheni</i>	7...22	-19...12				7...171
17	<i>P. needhami</i>	114...122	-19...12				93...171
18	<i>P. aktjubensis</i>		-19...10		-40...-7		5...118
19	<i>P. kanmerai</i>	95...107	-19...10				93...166
20	<i>P. texana</i>	15...142	-19...-12				15...171
21	<i>P. primiginee</i>	107...155	-19...-10		-18...-7		77...155
22	<i>P. robusta</i>	107...321	-25...0			164...184	78...321
23	<i>P. citriformis</i>	33...47	-55...20				4...190
24	<i>P. kozlowskii</i>	12...17	-55...12		-33...-18	77...126	4...215
25	<i>P. intermedia</i>	28...200	-19...-10	-9...0			28...210
26	<i>P. truncata</i>	27...154	-19...-10	13...30			27...266
27	<i>P. nitida</i>	10...15	-19...-10				10...118
28	<i>P. zhongzanica</i>	27...33	-19...-10		-40...-18		5...118
29	<i>P. uber</i>	114...122	-19...-10				93...122
30	<i>P. brogii</i>		-19...-10				93...118
31	<i>P. tumidosus</i>		-19...-10				93...118
32	<i>P. montanensis</i>	12...15	-19...-10				12...118
33	<i>P. convexa</i>	12...122	-14...12	-33...-21			12...171
34	<i>P. confinii</i>		0...12				140...171
35	<i>P. aequalis</i>	10...12	0...12		-33...-18		10...171
36	<i>P. rhodesi</i>		6...12	-33...-21			148...171

Code	Species Name	Bianping	Yishan	Yanshan	Tiandeng	Babao	CSS Range
37	<i>P. minuta</i>	130...182	6...12	-9...0			130...210
38	<i>P. elegans</i>		12...18				169...185
39	<i>P. fusulinoides</i>	114...122		-33...-21		94...166	114...242
40	<i>P. civuensis</i>	107...114				0...154	107...234
41	<i>P. renodis</i>	33...142					33...142
42	<i>P. genodis</i>					16...36	139...155
43	<i>P. gerontica</i>	7...17					7...17
44	<i>P. batangensis</i>	69...189			-40...-33		5...189
45	<i>P. leei</i>	200...206					200...206
46	<i>P. ishibajica falx</i>	82...114				39...178	82...250
47	<i>P. minatoi</i>				-7...0		113...138
48	<i>P. xichangica</i>	95...108			-40...-7		5...115
49	<i>P. roeseleri</i>	12...15					12...15
50	<i>P. dallmushi</i>	114...130		-52...-46			112...130
51	<i>Robustoschwagerina nana</i>	155...183	0...18			16...77	139...185
52	<i>R. regularis</i>	174...183	0...18			16...39	139...185
53	<i>R. kahleri</i>	155...219				16...126	139...219
54	<i>R. fluxa</i>	165...174	-19...12	0...7		16...58	93...223
55	<i>R. xiaodushanica</i>	165...174	-10...18	-9...0	13...25	-8...131	115...219
56	<i>R. pimirica</i>		-10...18			58...77	115...185
57	<i>R. guangnanica</i>	279...288				58...148	168...288
58	<i>R. yunnanensis</i>	165...174	-10...12	-9...0		97...201	115...266
59	<i>R. minima</i>		-19...18				93...185
60	<i>R. schellweni</i>	251...321					251...321
61	<i>R. yishanensis</i>		0...18				140...185
62	<i>R. elliptica</i>		-19...18				93...185
63	<i>R. obesa</i>		0...18				140...185
64	<i>R. guangxiensis</i>		-19...18				93...185
65	<i>Robustoschwagerinoides nucleonata</i>		-19...18				93...185
66	<i>R. minutalis</i>					20...50	141...164
67	<i>R. simplex</i>					20...50	141...164
68	<i>Longlinia longlinensis</i>	219...323	15...18				177...323
69	<i>L. changmeensis</i>	312...323					312...323
70	<i>L. spatiosa</i>	283...313				261...271	283...314
71	<i>L. ziyunensis</i>	251...321					251...321
72	<i>L. magna</i>	312...321					312...321
73	<i>L. bianpingensis</i>	312...323					312...323

Code	Species Name	Bianping	Yishan	Yanshan	Tiandeng	Babao	CSS Range
74	<i>L. densa</i>		12...18				169...185
75	<i>Sphaeroschwagerina sphaerica</i>	130...292	0...18	0...7	0...25	0...253	128...302
76	<i>S. sphaerica sokensis</i>		0...17			0...104	128...199
77	<i>S. sphaerica kamica</i>	227...282	-10...27				115...282
78	<i>S. sphaerica ovoides</i>	189...223	-10...27				115...223
79	<i>S. parasphaerica</i>	114...122	13...18				114...185
80	<i>S. moelleri</i>	183...251	-15...0	-9...0	0...13		103...251
81	<i>S. subrotunda</i>	244...312	-19...18				93...312
82	<i>S. borealis</i>	233...238					233...238
83	<i>S. paraborealis</i>	189...195					189...195
84	<i>S. glomerosa</i>	238...244	5...12				152...244
85	<i>S. constans</i>	195...200		-9...0			193...210
86	<i>S. constans sphaeroidea</i>	240...245	12...18				169...245
87	<i>S. shamovi</i>	174...183					174...183
88	<i>S. shamovi gerontica</i>	238...244					238...244
89	<i>S. shamovi primitiva</i>	114...271					114...271
90	<i>S. kolvica</i>	183...302					183...302
91	<i>S. bianpingensis</i>	282...312					282...312
92	<i>S. globata</i>		27-57	-9...38			193...281
93	<i>S. volongica</i>	174...183	12...18				169...185
94	<i>S. pulchra</i>	207...292					207...292
95	<i>S. pavlovi</i>	227...233		-9...0			193...233
96	<i>S. guizhouensis</i>	292...302					292...302
97	<i>S. camiolica</i>	238...244					238...244
98	<i>Zellia colaniae</i>	183...234				163...183	183...254
99	<i>Z. chengkungensis</i>		12...35	7...13	-33...25	183...200	28...266
100	<i>Z. heritsch</i>	183...195		-14...-9	13...25		179...219
101	<i>Z. bianpingensis</i>	223...227					223...227
102	<i>Z. crassialveola</i>	207...227					207...227
103	<i>Z. magasp haerica</i>	271...283	-19...20	13...38	0...13		93...283
104	<i>Z. elatior</i>	183...189		-14...7	-40...-7		5...283
105	<i>Z. yishanensis</i>		-19...-10				93...118
106	<i>Z. media</i>	195...270		13...30	-33...0		28...270
107	<i>Z. galatea</i>	183...283		-14...7			183...223
108	<i>Z. colaniae minor</i>	219...283		-9...0			193...283
109	<i>Z. ovata</i>	219...223					219...223

针对这些问题,作者采用“图式对比”(graphic correlation)方法(Shaw, 1964; Miller, 1977; Sweet, 1984)对贵州、广西、云南若干重要石炭—二叠系剖面假希瓦格类的地层分布进行了对比;通过研究该地区假希瓦格类各属种的区域性地层分布延限,初步建立了该地区马平阶的“复合标准剖面”(composite standard section);并在前人有关类生物地层学研究的基础上,对假希瓦格类的地层分布规律作了进一步的阐述。

2 研究方法及材料

“图式对比”是Shaw(1964)提出的一种直观、定量的地层对比方法。研究成果表明,在提高区域范围的地层对比精度、研究古生物属种区域性地层分布延限等方面,“图式对比”是一种行之有效的方法(Sweet, 1984, 1993)。对某一地层进行“图式对比”时,首先必须在区域范围内确定一个该地层中在各剖面皆可识别并且大致等时的参照点(层位),并将各剖面化石属种在剖面上出现的首现(first appearance)和末现(last appearance)层位表示为距该参照点的距离(m);同时,还需在研究区内选择一条化石属种最丰富、沉积连续且化石序列完整的剖面作为对比的“标准参照剖面”(standard reference section)。然后,依据化石属种的多少,在要进行对比的剖面中选择一条化石属种较丰富的剖面与“标准参照剖面”对比,利用线性回归等数学方法计算出该剖面各化石属种出现的最低和最高层位在“标准参照剖面”上的相应层位,并通过对比两剖面的数据来确定各属种在这两条剖面上分布的最低和最高层位。假定一个化石种在“标准参照剖面”上出现的最低层位是8m,最高层位是25m;通过线性回归计算出其在另一剖面出现的最低和最高层位分别相当于“标准参照剖面”的5m和20m。若用这两条剖面来判断该种在研究区内的地层分布,则该种出现的最低层位为5m,最高层位为25m。这样确定的物种地层延限(20m)显然比该种在任一单个剖面上的地层延限要更接近于其在研究区内真正的地层分布延限。在“图式对比”中,首先根据各属种在最初对比的两条剖面上出现的最低和最高层位数据建立初始“复合标准剖面”,其余各剖面依次与其对比。根据同样的方法,每一次对比后根据新的数据重新确定各属种在“复合标准剖面”上出现的最低和最高层位,形成一条新的、包容性更广的“复合标准剖面”,直至各剖面对比完毕并形成区域性的“复合标准剖面”。第一轮对比完成后,还需按原有顺序对各剖面再次进行对比,对各属种在“复合标准剖面”上出现的最低和最高层位进行修正。这种对比通常需要进行8轮左右,至各属种在“复合标准剖面”上的地层分布延限不再变化时为止。

从数学上看,“图式对比”采用相关分析和线性回归等数学手段来研究化石属种在各剖面出现的最低和最高层位,判断同一化石种在各剖面出现的最低和最高层位是否相同,以确定该种在研究区内出现的最低和最高层位,并建立其区域性地层分布延限。因此,作为对常规生物地层划分和对比方法的补充,“图式对比”方法在综合研究古生物动物群的区域性地层分布规律时可起到重要的作用。有关对比结果的沉积学和生物地层学意义,已有学者做过详细阐述(Shaw, 1964; Miller, 1977),本文不再赘述。

2.1 化石及剖面材料

在本文的研究中,作者采用“图式对比”方法对贵州紫云扁平、广西宜山和天等、云南八宝和砚山等5条剖面假希瓦格类6属109种(亚种)的地层分布进行了对比。其中,扁平、

宜山、八宝及天等剖面的化石材料及地层数据系作者根据野外实际研究成果并参照以往的资料(肖伟明等, 1986; 周铁明等, 1987; 杨湘宁, 1989; 周建平, 1993) 整理而成; 砚山剖面的资料引自陈庚保等(1991)。有关类属种(亚种)的名称及其在本文的代码见表 1。

在上述各剖面中, 贵州紫云扁平剖面假希瓦格类属种最为丰富, 有关类化石带的划分比较详细、序列比较完整, 在国内外同期地层的对比中具有重要意义, 因此, 我们将其作为对比的“标准参照剖面”。通过对资料的分析可以发现, 不同剖面上最早出现的假希瓦格类动物群的面貌有所不同。在扁平及宜山剖面, 最早出现的假希瓦格类为纺锤形的 *Pseudoschwagerina* 分子(如 *P. uddeni*, *P. cheni* 等), 稍后才出现圆球形的 *Sphaeroschwagerina* 和 *Robustoschwagerina* 分子; 而在八宝剖面, 最早出现的假希瓦格类却为 *Robustoschwagerina xiaodushanica*。早期假希瓦格类动物群及分布序列上的差异表明, 西南地区不同地点含假希瓦格类地层的底界可能并不相当, 因此, 用其作为“图式对比”的参照点可能会产生较大的误差。野外研究显示, *Sphaeroschwagerina* 在本区开始出现的层位与本区马平期最大海侵层位大致相当, 在区域范围内具有相对较强的等时性。同时, 这类圆球形属种在野外易于发现, 各剖面记录的其出现的最低层位可能相对比较准确、可靠。基于上述考虑, 我们选择 *Sphaeroschwagerina sphaerica* (图版 III, 图 2, 3) 在各剖面出现的最低层位作为本区含假希瓦格类地层对比的参照点(0_m)。

2.2 地层数据的处理

在“图式对比”中, 化石属种在各剖面的地层分布延限(厚度)需转换为属种在各剖面出现的最低与最高层位距参照点的距离(m)。化石属种在一个剖面上的地层分布延限表示为在该剖面出现的最低层位与最高层位之间的距离。在本文的研究中, 我们根据各剖面原始分层的厚度数据, 将各属种在地层中出现的最低和最高层位分别转换为距 *Sphaeroschwagerina sphaerica* 首次出现层位的距离(m), 各剖面上原高于参照点的层位均表示为正数, 低于参照点的层位则以负数表示, 其绝对值等于该种分布层位的厚度。考虑到地层数据表示的习惯, 我们给“标准参照剖面”(即扁平剖面)的参照点加上 130m, 以避免最终形成的“复合标准剖面”出现负数。这样处理后, “标准参照剖面”上的 130m 相当于其它剖面上的 0_m。因此, 最终对比各剖面起点时应减去这增加的 130m(处理方法同 Shaw, 1964; Sweet, 1993)。需要指出的是, 这里所用地层数据的精度取决于各剖面原始分层的厚度大小。本文研究的假希瓦格类属种在各剖面的地层分布数据及其在“复合标准剖面”上的相当层位见表 1。

3 含假希瓦格类地层的“图式对比”

根据其所含假希瓦格类属种数的多少, 宜山剖面(61种、亚种)首先与“标准参照剖面”(扁平剖面)对比, 产生初始的“复合标准剖面”; 然后, 砚山剖面(25)、八宝剖面(23)及天等剖面(19)依次与其对比, 形成更具代表性的“复合标准剖面”。在本文的研究中, 各剖面的对比在计算机上共反复进行了 10 轮, 至各属种在“复合标准剖面”上的延限不再变化时停止。

3.1 马平阶的“复合标准剖面”

根据上述 5 条剖面的对比结果,我们计算了西南地区假希瓦格 类 109 种(亚种)的地层分布延限,初步建立了西南地区马平阶的“复合标准剖面”(插图 1)。该剖面的起点为 4m,顶点为 323m,厚约 320m。“复合标准剖面”的底界代表了本地区假希瓦格 类出现的最低层位,顶界止于区域范围内假希瓦格 类基本消失、*Pamirina* 开始出现的层位,其顶、底界线符合马平阶的定义(周铁明等,1987)。

本文建立的“复合标准剖面”共归纳了西南地区马平阶假希瓦格 类 109 种(亚种)的地层分布延限及各属、种(亚种)出现的相对序列。与任一单个具体剖面相比,其包含的 类属种更加丰富,反映的 类属种地层分布延限更加完整,在本区内更具代表性,其所代表的时限应更接近于本区马平阶的真正时限。

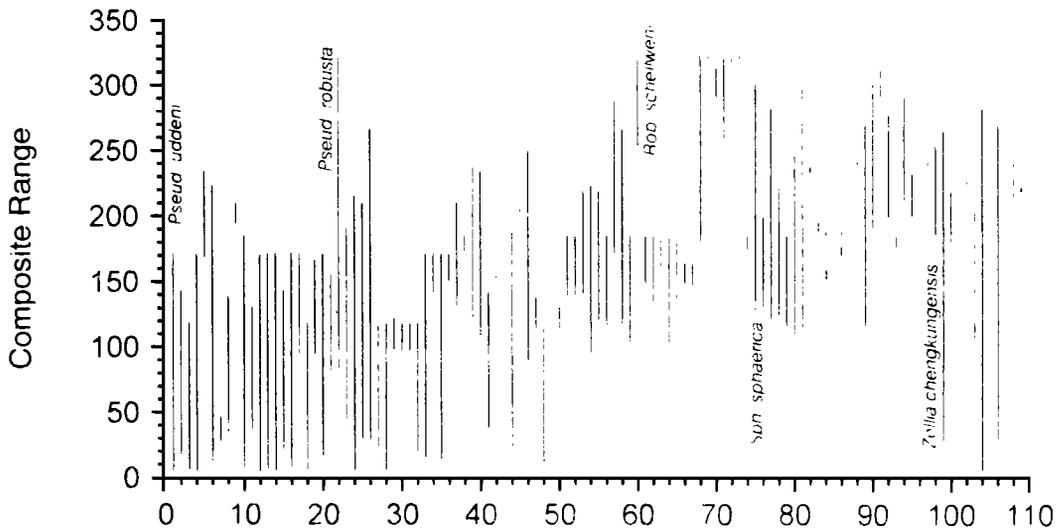


插图 1 西南地区马平阶“复合标准剖面”(CSS)

Composite range of species (subspecies) of pseudoschwagerinids
in the composite standard section (CSS) of Mapping stage, southwest China

纵坐标为 CSS 的层位,横坐标为假希瓦格 类各种、亚种名称的代码(同表 I)。垂直线段的起点、
终点分别为各种(亚种)在 CSS 的首现及未现层位,其长度代表该种(亚种)的地层延限范围。

从“复合标准剖面”上可以看出,本区最早出现的假希瓦格 类分子包括 *Pseudoschwagerina uddeni*、*P. beedei* 以及 *P. morsei* 和 *P. miharanoensis* 等种(亚种);最晚消失的 *Pseudoschwagerina*、*Sphaeroschwagerina* 和 *Robustoschwagerina* 分子分别为 *P. robusta*、*S. bianpingensis* 和 *R. schellwieni*。这些种在区域范围内的出现和消失层位为确定代表马平阶或 *Pseudoschwagerina* 带底、顶界线的首要标准种和辅助标准种(杨湘宁等,1993)提供了进一步的证据。

通过计算发现,不同剖面 类属种地层分布的数据有较好的统计相关性(表 II)。当置信

系数为 95% 时, 宜山、砚山、八宝、天等剖面与“复合标准剖面”对比的估计标准差分别为 3.2m、3.7m、4.1m 和 5.1m。若取其中最大值(5.1m) 来确定对比的精度, 则当不同种(亚种) 在“复合标准剖面”上出现或消失层位的差异、同一种(亚种) 在不同剖面上出现或消失层位(即各自在“复合标准剖面”上的相当层位) 的差异大于 5.1m 时, 这种差异方有统计上的意义。即便如此, 本文建立的“复合标准剖面”的对比误差范围也仅为该剖面厚度的 1.5% 左右, 具有较高的划分与对比精度。而在我国西南地区, 以假希瓦格一类分子做标准种建立的类化石带厚度通常达 10m。例如, *Pseudoschwagerina cheni* 亚带(宜山)、*P. uddeni* 带(扁平)、*P. morsei-Robustoschwagerina xiaodushanica* 带(八宝) 的厚度皆大于 20m, 一个类化石带的厚度可达该剖面地层厚度的 1/5—1/3。因此, 本文采用“图式对比”方法建立的“复合标准剖面”可以作为西南地区马平阶高精度地层划分与对比的基础。

3.2 各剖面与“复合标准剖面”的对比关系

各剖面与“复合标准剖面”的对比关系不仅可以显示各剖面在沉积速率及厚度上的差异, 而且可以反映各剖面上化石属种的分布层位在“复合标准剖面”上的相当层位, 为各剖面间的对比提供较可靠的证据。同时, 这种对比关系还可以揭示代表各属种在本区出现的最低和最高层位的具体剖面, 帮助我们确定本区有关地层顶底界线的代表剖面。

3.2.1 宜山剖面

该剖面与“复合标准剖面”的对比关系如插图 2 所示。对比结果显示, 宜山剖面含假希瓦格一类地层的层位相当于“复合标准剖面”的 4—281m。在该剖面上, 假希瓦格一类分子出现的最低层位, 即该剖面的第 12 层(杨湘宁等, 1993), 相当于“复合标准剖面”的 4m 处, 包括 *Pseudoschwagerina uddeni*, *P. beedei uralensis*, *P. muongthensis*, *P. miharanoensis* 和 *P. kolowskii* 等形态比较简单的纺锤形种类; 产出层位最高的假希瓦格一类分子为 *Sphaeroschwagerina globata*, 它在该剖面消失的层位相当于“复合标准剖面”的 281m 处。这种情况表明, 宜山剖面含假希瓦格一类的地层下部比较完整; 就所含一类动物群的面貌而言, 其上部缺少相当于“复合标准剖面”282—323m 的层位。与“复合标准剖面”相比, 宜山剖面含假希瓦格一类地层上部化石序列不够完整, 缺失约 40m。对数据的进一步分析表明, “复合标准剖面”的起点, 即本区假希瓦格一类出现的最低层位(4m), 是由宜山剖面上假希瓦格一类分子的出现所决定的, 因此, 就现有资料而言, 宜山剖面假希瓦格一类分子首次出现的层位实际上代表了本区假希瓦格一类出现的最低层位。假希瓦格一类分子在扁平剖面首次出现的层位(7m) 比宜山剖面高 3m, 两者的差异小于对比的估计标准差(表 I), 表明这两条剖面 *Pseudoschwagerina* 带或马平阶的底界基本相当。

3.2.2 砚山剖面

该剖面含假希瓦格一类地层的层位相当于“复合标准剖面”的 94—281m, 与“复合标准

表 II 各剖面与“复合标准剖面”对比数据

Correlation parameters of CSS with each section

剖面名称	n	r	b	a	s	s.e.e
宜山	75	0.99	2.5	141	1.6	3.2
砚山	23	0.99	1.9	210	1.8	3.7
八宝	30	0.99	0.70	128	2.0	4.1
天等	20	0.99	3.3	136	2.5	5.1

r: 相关性系数; n: r 等于 0.99 时参加回归对比的数据点数; a, b: 对比线方程 ($y = bx + a$) 参数; s: 标准差; s.e.e: 置信系数为 95% 时的估计标准差。

剖面”的对比关系如插图 3 所示。在该剖面上,假希瓦格 类分布的最低和最高层位分别以 *Pseudoschwagerina uddeni* 的出现和 *Sphaeroschwagerina globata* 的消失为标志,这一点与宜山剖面相似。但是,就其在“复合标准剖面”上的相当层位而言,*P. uddeni* 在砚山剖面出现的层位较其在宜山剖面出现的层位高了近 90m,而 *Sphaeroschwagerina globata* 分布的最高层位则与宜山剖面相同。“图式对比”结果还显示, *Sphaeroschwagerina sphaerica* 在砚山剖面出现的层位相当于“复合标准剖面”的 210m,比其在所对比的其它剖面出现的层位高了约 50—70m。这表明,砚山地区马平期的沉积开始较晚,持续时间较短,含假希瓦格 类地层仅相当于“复合标准剖面”的中、上部,下部及顶部化石序列不完整。

3.2.3 八宝剖面

对比结果显示,八宝剖面含假希瓦格 类地层的层位相当于“复合标准剖面”的 128—314m,与“复合标准剖面”的对比关系如插图 4 所示。值得注意的是,八宝剖面上最早出现的假希瓦格 类动物群中含有大量的 *Robustoschwagerina* 和 *Sphaeroschwagerina* 分子。而在“复合标准剖面”上,这两个属首次出现的层位在 93m 处,其下的假希瓦格 类动物群以纺锤形的 *Pseudoschwagerina* 为主。这表明,八宝剖面含假希瓦格 类地层的下部序列不够完整,缺失以 *Pseudoschwagerina* 为代表的早期假希瓦格

类动物群,而上部化石序列则相对比较完整,其马平阶顶界(周铁明等,1987)相当于“复合标准剖面”的 314m(当置信系数为 95%时,估计标准差约为 4.1m),考虑到目前 类化石带的厚度及有关地层数据的精度,可以认为其与“复合标准剖面”的顶界(323m)大致相当,是本区含假希瓦格 类地层上部化石序列比较完整的剖面之一。

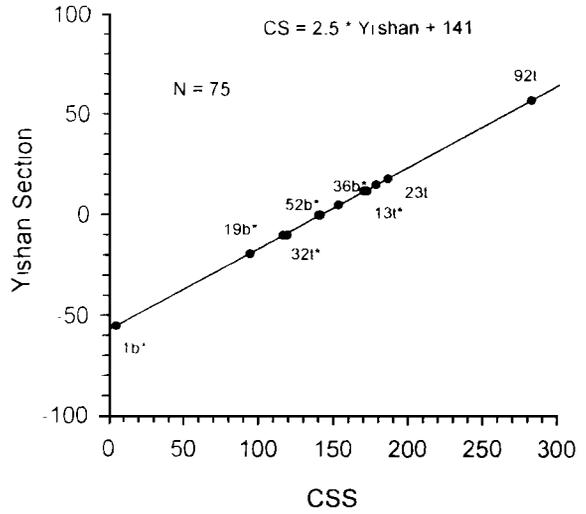


插图 2 广西宜山剖面与“复合标准剖面”的图式对比
Graphic correlation between the Yishan section of Guangxi and CSS

图中数字为种(亚种)名称的代码(同表 I),b,t 分别代表首现和末现的数据;有星号者表示图中有多个数据点重叠。

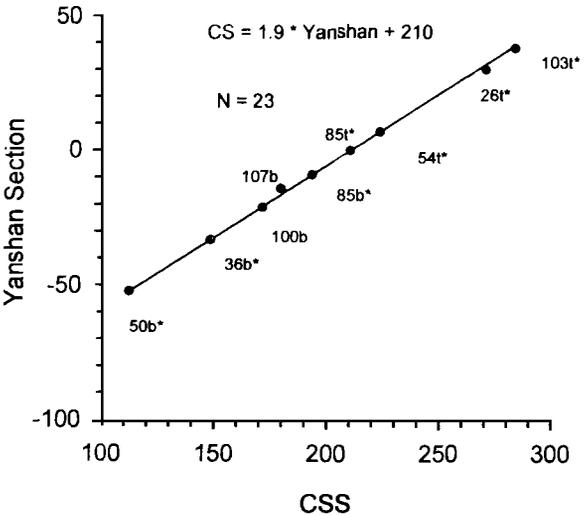


插图 3 云南砚山剖面与“复合标准剖面”的图式对比
(图例见插图 2 说明,下同)

Graphic correlation between the Yanshan section of Yunnan and CSS

3.2.4 天等剖面

该剖面含假希瓦格 类地层的层位仅相当于“复合标准剖面”的 5—219m, 与“复合标准剖面”的对比关系如插图 5 所示。在天等剖面上, 含假希瓦格 类地层始于 *Pseudoschwagerina uddeni* 的出现, 上界则以 *Sphaeroschwagerina sphaerica* 和 *R. xiaodushanica* 等分布的最高层位为代表。分析其 类组合面貌可以发现, 该剖面假希瓦格 类动物群中 *Robustoschwagerina* 和 *Sphaeroschwagerina* 种数稀少, 除上述 2 种外, 仅见有 *S. molleri*。与“复合标准剖面”相比, 天等剖面含假希瓦格 类地层上部 类化石序列不完整, 而该剖面假希瓦格 类首次出现的层位与本区假希瓦格 类出现的最低层位相当。

通过对各剖面与“复合标准剖面”对比关系的研究我们发现, 尽管各剖面假希瓦格 类化石带目前已有一定的基础, 各化石带的含义在各剖面也比较明确, 但是, 在进行含 地层对比时还应注意研究各属种在区域范围内的最大地层分布时限, 分析各属种在不同剖面出现和消失的层位是否等时, 以进一步提高含 地层对比的精度。仍以马平阶的底、顶界线为例, 本文的对比结果表明, 假希瓦格 类在不同剖面开始出现的分子往往有所不同, 其开始出现的层位及大量消失的层位在时间上可能有较大的差异。因此, 研究 类各属种的区域性地层分布时限, 提高不同剖面有关年代地层界线对比的精度依然是值得进一步研究的课题。

4 假希瓦格 类的地层分布规律

假希瓦格 类各属种的区域性地层分布时限可以揭示假希瓦格 类动物群的区域性地层分布规律, 为研究本地区假希瓦格 类动物群的演化提供相对可靠的地层依据。根据“复

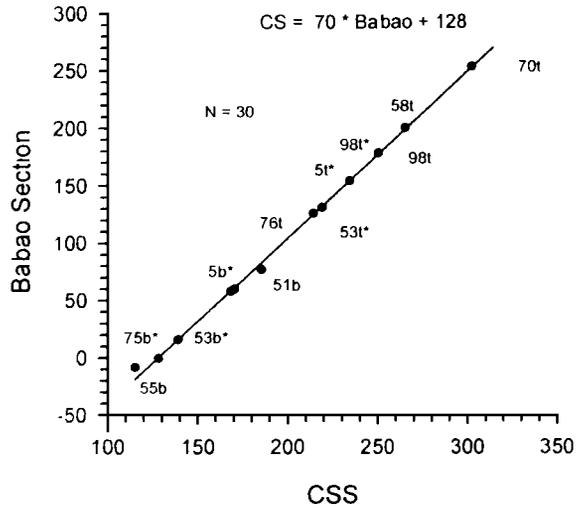


插图 4 云南八宝剖面与“复合标准剖面”的图式对比
Graphic correlation between the Babao section of Yunnan and CSS

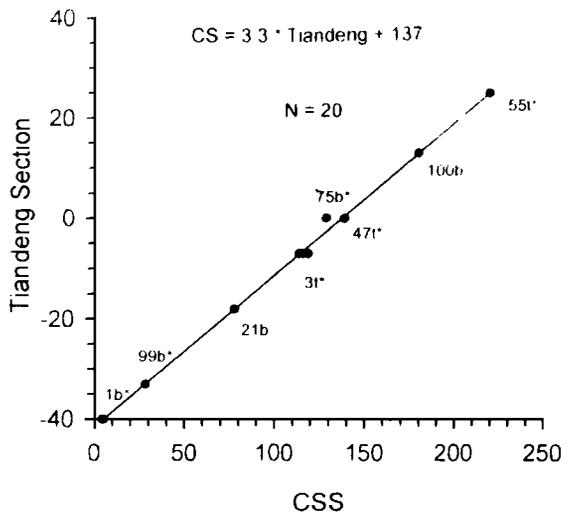


插图 5 广西天等剖面与“复合标准剖面”的图式对比
Graphic correlation between the Tiandeng section of Guangxi and CSS

合标准剖面"各层位出现和消失的种(亚种)数,我们对本区假希瓦格 类的地层分布规律进行了研究。插图6显示了假希瓦格 类在不同层位首现及末现的百分比,统计的地层间隔为20m。研究表明,本区假希瓦格 类动物群的演化历程可以分为3个阶段(插图7),即"爆发式"出现、迅速繁盛和急剧消亡,它们在"复合标准剖面"上所处的层位大致分别为4-93m、93-183m和183-323m。

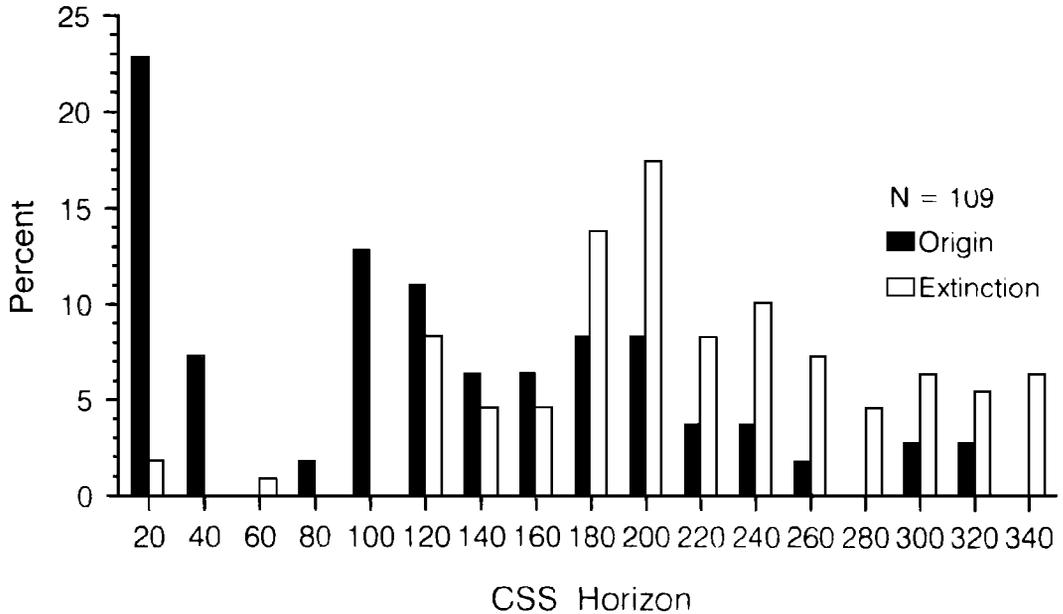


插图6 "复合标准剖面"各层位假希瓦格 类种(亚种)首现及末现百分比(各层位统计的地层间隔为20m)

Percentages of first appearance and last appearance of pseudoschwagerinids species (subspecies) in each horizon of CSS. Stratigraphical interval = 20m of CSS

在所研究的109种(亚种)假希瓦格 类中,有36种、亚种(即总数的34%)首现的层位是在"复合标准剖面"93m以下的地层中(插图7),其中包括*Pseudoschwagerina* 33种(亚种),*Zellia* 3种,它们构成了本区早期假希瓦格 类动物群。这一时期出现的*Pseudoschwagerina* 分子占本区已出现的*Pseudoschwagerina* 种(亚种)总数的67%以上。引人注目的是,有24种、亚种(即总数的49%)首次出现的层位在4-17m之间,包括*Pseudoschwagerina uddeni*(图版I,图17,18),*P. uddeni russiensis*(图版II,图7,8),*P. beedei*(图版I,图13,14),*P. beedei uralensis*(图版I,图1)以及*P. cheni*(图版I,图4),*P. kozlowskii*(图版I,图5),*P. zhongzanica*(图版II,图4),*P. muongthensis*(图版I,图12)和*P. vulgaris ashensis*(图版II,图11)等常见种。但从形态特征上看,这一时期出现的*Pseudoschwagerina* 已表现出明显的分异,并大致可以分为以*Pseudoschwagerina uddeni*、*P. convexa*(图版I,图6)、*P. fusiformis*(图版II,图15,16)或*P. aequalis*(图版II,图1),*P. miharenoensis*、*P. nitida*和*P. texana*(图版I,图3)为代表的6种形态类型(杨湘宁等,1993)。这一时期*Pseu-*

doschwagerina 的地层分布规律和形态分异现象表明,早期假希瓦格 类动物群的演化以 *Pseudoschwagerina* 的迅速辐射为特征。在下部 93m 地层中出现的 *Pseudoschwagerina* 分子还包括 *P. vulgaris aktjubensis* (图版 II, 图 2, 3), *P. fusiformis crassa* (图版 II, 12, 17), *P. fusiformis plicata* (图版 I, 图 2), *P. intermedia* (图版 II, 图 5) 以及 *P. ishibajica* (图版 II, 图 6) 和 *P. primigena* (图版 II, 图 10) 等。

在“复合标准剖面”的 93—120m 处,假希瓦格 类新种(亚种)出现的速率急剧增大(插图 6),导致假希瓦格 类动物群种(亚种)数迅速增加,并很快达到顶峰(插图 7)。在这一层位附近出现的种(亚种)数约占本区假希瓦格 类种(亚种)总数的 25%,代表了该动物群新种(亚种)出现的第二次高峰(插图 6)。对动物群面貌的分析结果表明,这一时期假希瓦格 类的繁盛是与 *Sphaeroschwagerina* 和 *Robustoschwagerina* 的出现联系在一起。在这一层位出现的上述两属的种(亚种)有:

Sphaeroschwagerina subroutounda (图版 IV, 图 4), *S. moelleri* (图版 III, 图 12), *S. sphaeica karnica* (图版 III, 图 11), *S. sphaerica ovoides*, *S. parasphaerica* (图版 III, 图 8, 10), *S. shamovi primitiva*, *Robustoschwagerina pamirica* (图版 IV, 图 2), *R. xiaodushanica* (图版 IV, 图 7), *R. yunnanensis*, *R. elliptica*, *R. guangxiensis* 以及 *R. minima* 和 *R. fluxa* (图版 IV, 图 5)。其中, *S. subroutounda* 和 *R. fluxa* 首次出现的层位(93m)代表 *Sphaeroschwagerina* 和 *Robustoschwagerina* 在本区出现的最低层位。

“复合标准剖面”的 93—183m 大致代表了本区假希瓦格 类的鼎盛阶段(插图 6)。同时,这一时期也是假希瓦格 类更替的重要时期。例如,在下部 93m 以下地层中出现的 *Pseudoschwagerina* 33 种(亚种)中,有 11 种(亚种)在 115—150m 的层位上消失;与此同时,在 93—115m 的层位上又出现了 9 新种(亚种),包括 *Pseudoschwagerina kanmerai* (图版 I, 图 8), *P. tumidosus*, *P. uber*, *P. broggi*, *P. needhami*, *P. minuta* (图版 I, 图 11), *P. dallmuyi* (图版 I, 图 16), *P. ciuensis* (图版 I, 图 9, 10) 和 *P. fusulinoides* (图版 I, 图 7)。同样, *Sphaeroschwagerina* 和 *Robustoschwagerina* 在这一时期也表现出了较高的更替速率。在 93—180m 的层位之间出现的 *Sphaeroschwagerina* 和 *Robustoschwagerina* 种(亚种)数分别占各属总数的 75% 和 93%,但其在这一时期消失的种(亚种)数也分别高达 37% 和 57%。因此,这一时期假希瓦格 类动物群的演替以同时具有较高的出现和消失速率为特征(插图

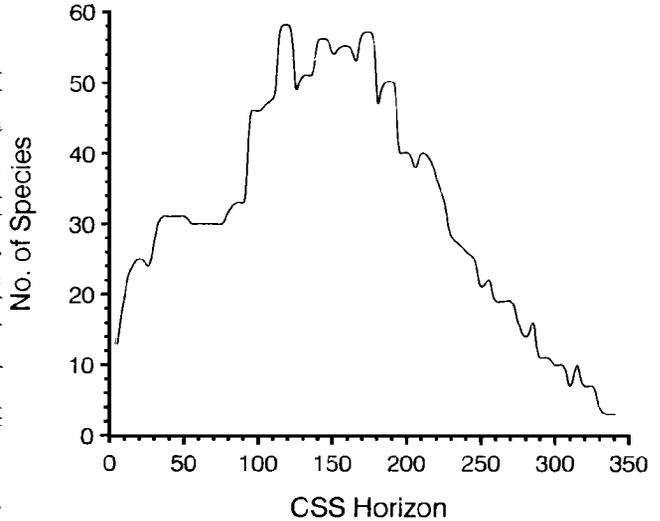


插图 7 “复合标准剖面”各层位的假希瓦格 类种(亚种)数目
(各层位统计的地层间隔为 5m)

Number of pseudoschwagerinids species (subspecies) in each horizon of CSS. Stratigraphical interval = 5m of CSS

6)。在假希瓦格 类繁盛阶段的晚期, *Longlinia* 也开始出现, *L. densa* 首次出现的层位 (169m) 是该属在本区出现的最低层位, 而 *L. longlinensis* (图版 IV, 图 1) 则首次出现在“复合标准剖面”的 177m 附近。

在“复合标准剖面”的 183m 处, 本区假希瓦格 类种(亚种) 数急剧减少, 183—323m 的层位代表了假希瓦格 类动物群的整体衰亡阶段。

从插图 7 可以看出, 在大约 50m 的地层间隔中, 假希瓦格 类种(亚种) 总数下降的幅度高达 60%。动物群中物种消失百分比的急剧增大(插图 6) 是这一阶段开始的显著标志, 而 *Pseudoschwagerina*, *Robustoschwagerina* 和 *Zellia* 的大量消亡则是造成这种现象的直接原因。由于在构成假希瓦格 类动物群的 6 个属中, *Pseudoschwagerina* 和 *Robustoschwagerina* 分子占有较大的比例(58%), 因此, 这一时期假希瓦格 类种(亚种) 数的急剧减少在很大程度上是由于这两个属的大量消亡造成的结果。具体地讲, *Pseudoschwagerina* 仅有 3 种(亚种) 延续到“复合标准剖面”250m 之上的层位中, 它们是 *P. ishimbajica falx* (图版 II, 图 9), *P. truncata* 和 *P. robusta* (图版 II, 图 13), 消失的层位分别是 250m、266m 和 321m。在此层位之上该属未见任何新种出现。出现于动物群繁盛时期的 *Robustoschwagerina* 的 5 种, 如 *R. kahleri*, *R. fluxa* (图版 IV, 图 5), *R. xiaodushanica* (图版 IV, 图 7), *R. pamirica* (图版 IV, 图 2), *R. guangnanica* (图版 IV, 图 6) 和 *R. yunnanensis* 等, 在“复合标准剖面”288m 的层位之下先后消失。而 *R. schellweni* 则首次出现于“复合标准剖面”的 251m 处, 并延续到 321m 处, 成为该属在马平期晚期的唯一代表。*R. schellweni* 和 *Pseudoschwagerina robusta* 在同一层位(321m) 消失, 标志着 *Pseudoschwagerina* 和 *Robustoschwagerina* 两属在本区的最终消失。出现于中、下部地层中的 *Zellia* 分子中, 有 5 种延续到“复合标准剖面”250m 以上, 它们是 *Zellia chengkungensis*, *Z. media* (图版 II, 图 18), *Z. megasphaerica*, *Z. elatior*, *Z. colaniae* 和 *Z. colanae minor*。进一步的分析表明, 这些种的地层分布时限相对较长(插图 1), 最终消失的层位在 270—283m 附近。

从种(亚种) 的数量上看, *Sphaeroschwagerina* 在衰亡阶段的假希瓦格 类动物群中占有较大的优势。在已发现的 *Sphaeroschwagerina* 中, 有 14 种(亚种), 即该属的种(亚种) 数的 61%, 延续至或出现于“复合标准剖面”的 240m 以上(插图 1), 占这一时期动物群种(亚种) 总数的 47%。*Sphaeroschwagerina sphaerica karnica* (图版 III, 图 11), *S. pulchra* (图版 III, 图 13), *S. globata*, *S. glomerata* (图版 III, 图 4, 5), *S. constans sphaeroidea* (图版 IV, 图 3), *S. shamovi gerontica* (图版 III, 图 14), *S. carliolica* (图版 III, 图 15) 以及 *S. kolvica* (图版 III, 图 9) 和 *S. bianpingensis* (图版 IV, 图 11) 等可作为这一时期 *Sphaeroschwagerina* 的代表分子。分析结果表明, *Sphaeroschwagerina* 大量消亡的层位是在“复合标准剖面”的 280m 附近, 比 *Pseudoschwagerina* 和 *Robustoschwagerina* 大量消亡的层位高 30m 左右。该属最终消失的层位为 312m, 以 *S. bianpingensis* 的消失为标志。

作为马平期末期假希瓦格 类动物群中的重要分子, *Longlinia* 在这一时期的演化分异尤为引人注目。在已描述的 6 种中, *L. spatiosa*, *L. ziyunensis* (图版 IV, 图 10), *L. magna*, *L. bianpingensis* 和 *L. changmeensis* (图版 IV, 图 9) 首次出现的层位均在“复合标准剖面”的 250m 之上(插图 1)。野外观察发现, 在扁平及八宝剖面, 该属的某些种可以作为假希瓦格 类的子遗分子延续到“常么阶”; 在有些地区, 该属的个别种甚至可以延续至更高的层位与

Misellina 分子共生(董文兰, 1981; 盛金章等, 1984)。需要指出的是, *Longlinia* 目前仅发现于我国西南地区, 国外未见报道, 有关该属的地理、地层分布及在地层对比中的意义尚需进一步研究。

综上所述, 本区假希瓦格 类的地层分布延限(插图 1) 代表了假希瓦格 类动物群在本地区的整个演替历程, 而地层中化石属种(亚种) 数目的变化(插图 7) 则与动物群分异度的变化密切相关。纵观本区假希瓦格 类的地层分布可以看出, 本区假希瓦格 类种(亚种) 数经历了两次急剧增加的过程, 标志着假希瓦格 类动物群两个重要演替阶段的开始。“复合标准剖面”的底界是假希瓦格 类在本地区出现的最低层位。在剖面底部的 $3m$ ($4-7m$) 地层中出现的 *Pseudoschwagerina* 有 15 种(亚种) 之多。由于本文建立的“复合标准剖面”的估计标准差为 $3.2-5.1m$ (表 1), 因此, 这些种(亚种) 实际上可能是在相同层位同时出现的。这种情况表明, 早期假希瓦格 类动物群具有很高的成种速率(插图 6) 和“爆发式”出现的特点。动物群中种(亚种) 数的第二次剧增发生在“复合标准剖面”的 $93m$ 处附近, 与 *Sphaeroschwagerina* 和 *Robustoschwagerina* 在本区的出现和迅速繁荣密切相关, 标志着本区假希瓦格 类动物群鼎盛阶段的开始。需要指出的是, 这两次种(亚种) 数增加的过程都是在很短的地层间隔中完成的, 因此, 其经历的时间可能相对较短; 同时, 在种(亚种) 数第二次剧增的层位 ($93m$) 附近未见老种(亚种) 的消失, 新、老种(亚种) 在地层中呈重叠分布。这种情况表明, 在 *Pseudoschwagerina*, *Sphaeroschwagerina* 和 *Robustoschwagerina* 的演化过程中, 分支演化是其形成新种(亚种) 的主要方式。本区假希瓦格 类地层分布的另一重要特征是, 在“复合标准剖面”的 $185m$ 处附近, 动物群中绝灭速率急剧上升(插图 6)、种(亚种) 数骤然下降(插图 6)。尽管假希瓦格 类动物群的整体绝灭过程持续的时间相对较长, 少数种甚至可以延续至“常么期”, 但是, 在很短的地层间隔中有大量的种(亚种) 消失, 表明假希瓦格 类动物群的整体衰亡可能与一次较大的绝灭“脉冲”(pulse) 密切相关。“爆发式”出现、迅速繁荣和骤然衰落是本区假希瓦格 类动物群整个演化过程的突出特点。

5 讨论

就 类化石研究而言, 我国西南地区含假希瓦格 类地层的底界与俄罗斯等相关地层的对比始终未能圆满解决。作者认为, 要解决这一问题, 首先必须研究各自区域范围内 类各属种的地层分布延限, 建立区域范围内综合的高精度 类化石序列, 本文建立的“复合标准剖面”可作为进一步开始此项工作的基础。同时, 类研究者应当对假希瓦格 类属种分类的原则、种级分类单元的鉴定标准进行讨论, 解决假希瓦格 类有关属种分类混乱的问题, 为含假希瓦格 类地层的准确对比提供可靠的古生物学基础。

根据“复合标准剖面”上各种(亚种) 的地层分布延限, 我们对本区假希瓦格 类的地层分布规律进行了阐述, 并对动物群的演化型式进行了初步分析。需要指出的是, “复合标准剖面”上各种(亚种) 出现的层位对进一步研究有关假希瓦格 类种级分类标准、种的鉴定尺度提供了新的线索。例如, 在“复合标准剖面”底部 $4-7m$ 的层位上首次出现的 *Pseudoschwagerina* 达 15 种(亚种) 之多。如前所述, 本文建立的“复合标准剖面”的对比误差在 $3.1-5.1m$ 之间。由于这些种(亚种) 出现的层位差异小于估计标准差, 因此可以认为它们首次出现的层位相同。在同一层位一个属同时首次出现如此之多的种(亚种), 这种现象显然值得进

一步的研究。一方面,这种现象与 *Pseudoschwagerina* 早期爆发式演化的特点有关;另一方面则可能反映了不同作者对 *Pseudoschwagerina* 种的鉴定有不同标准和尺度的问题。对实际材料的分析表明,有些标本之间差异很小,当其来自不同剖面且难以准确对比其产出层位时,往往会被鉴定为不同的种或亚种。但是,图式对比的结果却显示,这些种(亚种)在本区首次出现的层位相同或在地层中呈重叠分布,这时,将这些标本之间的差异视为种内的形态变异则似乎更为合理。例如, *Pseudoschwagerina beedei* 和 *P. beedei rulensis* 以及 *P. vulgaris*、*P. vulgaris ashensis* 和 *P. aktjubensis* 在“复合标准剖面”的同一层位首现或在地层中重叠分布,而各亚种之间的形态差异很小,这些亚种的分类位置显然需要进一步研究。其它种(亚种)中也有类似的问题。作者将撰另文对这些种(亚种)的分类问题进行详细讨论。

本文的研究结果表明,若以台地边缘相(即贵州扁平剖面)的沉积速率为计算标准,我国西南地区马平阶“复合标准剖面”的厚度大约为 320m。就本区目前研究比较详细的几条剖面的情况来看,贵州猴场扁平剖面(肖伟明等,1986)马平阶的一类化石序列最为完整,其厚度与本区马平阶“复合标准剖面”的厚度相当,因此,该剖面马平阶的时限最接近本区马平阶的真正时限。插图 8 为各剖面 *Pseudoschwagerina* 始现面和未现面及其在“复合标准剖面”上对应层位的三维示意图,可以看出,在本区其它剖面上,虽然可以找到符合马平阶顶底界线定义的层位,但有的底界偏高(如云南八宝剖面、砚山剖面),有的则顶界偏低(如广西宜山剖面、天等剖面);从地层厚度看,这些剖面上马平阶的厚度较“复合标准剖面”少了约 40—134m,即缺失的部分可达“复合标准剖面”总厚度的 1/8—1/3。这种情况表明,这些剖面上马平阶的时限与本区马平阶的真正时限可能有较大的差异,若按传统生物地层学方法进行对比,其结果在地质年代上将产生较大的误差。

鉴于假希瓦格 类化石在定义马平阶底、顶界线中的重要地位,根据目前的研究结果,我们建议将贵州猴场扁平剖面作为我国马平阶的层型剖面,广西宜山马脑山剖面以及云南八宝剖面可分别作为马平阶底、顶界线的辅助层型剖面。

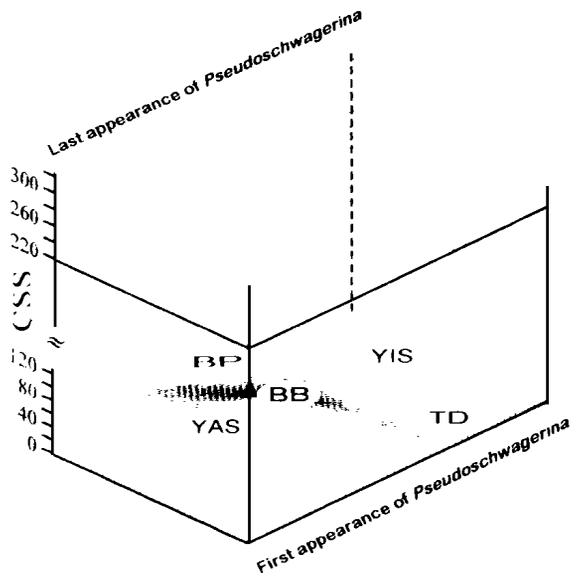


插图 8 各剖面 *Pseudoschwagerina* 首现及未现面与马平阶“复合标准剖面”底、顶界对比关系示意图

Diagram showing the correlation relationship between the horizons of the first and last appearances of *Pseudoschwagerina* in each section with the lower and upper boundaries of CSS of the Maping stage

BP:扁平剖面(Bianping section); YIS:宜山剖面(Yishan section);
BB:八宝剖面(Babao section); YAS:砚山剖面(Yanshan section);
TD:天等剖面(Tiandeng section)

本文初稿承中国科学院南京地质古生物研究所盛金章教授、周祖仁副教授审阅并提出宝贵意见,谨此致谢。

参 考 文 献

- 陈 旭、王建华,1983: 广西宜山地区晚石炭世马平组的 类。中国古生物志,新乙种,第 19 号,科学出版社。
- 陈庚保、张遵信、杨成芳、王向东,1991: 云南石炭系界线的研究及其 类化石。云南科技出版社。
- 杨湘宁,1989: 广西宜山马平组 类化石的分带。现代地质,3(3):293-308。
- 杨湘宁、郝诒纯,1991: *Robustoschwagerinids* 的个体发育及其在演化分析中的意义。古生物学报,30(3):277-307。
- 杨湘宁、周建平,1993: 广西、云南的 *Pseudoschwagerina* 化石及其地层意义。微体古生物学报,10(1):1-12。
- 肖伟明、王洪第、张遵信、董文兰,1986: 贵州南部早二叠世地层及其生物群。贵州人民出版社。
- 周建平,1991: 广西隆林常么马平组 类化石带——兼论石炭-二叠系分界。古生物学报,30(2):396-405。
- 周建平,1993: 广西天等地区晚石炭世—早二叠世含 地层及化石带。古生物学报,32(5):596-610。
- 周铁明、盛金章、王玉净,1987: 云南小独山石炭二叠系界线及 类分带。微体古生物学报,4(2):123-157。
- 夏国英、李家骧、王云慧、董文兰,1986: 广西隆林地区石炭—二叠系的 带和界线。中国地质科学院宜昌地质矿产研究所所刊,第 11 号,61-92 页。
- 董文兰,1981: *Robustochwagerina* 在广西隆林的发现。地层学杂志,5(4):306-307。
- 盛金章、王玉净、钟碧珍,1984: 云南东部的几种 *Robustoschwagerina*。古生物学报,23(5):523-530。
- Miller, F. X. 1977: The graphic correlation method in biostratigraphy. In Kauffman, E. E. and Hazel, J. E. (eds.): Concepts and Methods of Biostratigraphy, pp. 165-186. Stroudsburg, Pennsylvania: Hutchinson and Ross.
- Shaw, A. B., 1964: Time in Stratigraphy. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Sweet, W. C., 1984: Graphic correlation of upper middle and upper Ordovician rocks, north American mid continent province, U. S. A. In Bruton, D. L. (ed.): Aspects of the Ordovician System. pp. 23-25. Palaeontological Contributions from the University of Oslo, No. 295, Universitets-forlaget.
- Sweet, W. C., 1993: A conodont-based high-resolution biostratigraphy for the Permian-Triassic boundary interval. In Sweet, W. C. et al., (eds.): Permian-Triassic Events in the Eastern Tethys. pp. 120-133. London: Cambridge Univ. Press.

[1995 年 6 月 6 日收到]

A COMPREHENSIVE STUDY ON STRATIGRAPHICAL DISTRIBUTION OF PSEUDOSCHWAGERINIDS IN SOUTHWEST CHINA

Yang Xiang-ning¹⁾, Zhou Jian-ping²⁾ and Feng Heng¹⁾

1) Department of Earth Science, Nanjing University, Nanjing 210093

2) Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica, Nanjing 210008

Key words fusulinids, Permian, graphic correlation

Summary

Graphic correlation technique (Shaw, 1964) has been used to study the stratigraphical

distribution of 109 species (or subspecies) of pseudoschwagerinids* from Guizhou, Guangxi and Yunnan of Southwest China. The pseudoschwagerinid-bearing strata in this region are referred to the Maping Stage with a lower boundary marked by the first appearance of Pseudoschwagerininae and an upper boundary defined at the extinction of the most pseudoschwagerinids (Zhou *et al.*, 1989).

From the biostratigraphical point of view, the horizons which satisfy the above definition for the lower and upper boundaries of the Maping Stage can be recognized in many sections in Southwest China. However, the pseudoschwagerinid faunae near the boundaries of Maping Stage in different sections are often composed of different species (Yang *et al.*, 1993). For example, the earliest pseudoschwagerinid fauna is dominated by *Pseudoschwagerina uddeni* (Beede et Kniker) in the Bianping section of Guizhou (Xiao *et al.*, 1986) but by *Sphaeroschwagerina sphaerica* (Scherbovich) in the Babao section of Yunnan (Zhou *et al.*, 1987). A similar problem also exists in the correlation of the upper boundary of Maping Stage based on fossil fusulinids.

In order to make a high-resolution correlation of the fossil pseudoschwagerinids in different sections, the author studied the stratigraphical distribution of 109 species (or subspecies) found in the Bianping section of Guizhou (Xiao *et al.*, 1986), Yishan and Tiandeng sections of Guangxi (Yang, 1989; Zhou, 1993), Babao and Yanshan sections of Yunnan (Zhou *et al.*, 1987; Chen *et al.*, 1991). With the Bianping section of Guizhou as the reference section, a composite standard section (CSS) has been established for the Maping Stage in Southwest China to calculate the composite range of these pseudoschwagerinid species in this region (Fig. 1). The correlation relationship between the CSS and each individual section is summarized in Fig. 2—Fig. 5. It turns out that the earliest species of pseudoschwagerinids appearing in Southwest China are *Pseudoschwagerina uddeni* (P1. I, figs. 17, 18) and several other species of this genus with a fusiform shape such as *P. beedei* Dunbar et Skinner (P1. I, figs. 13, 14) and *P. kozlowskii* Dunbar et Newell (P1. I, fig. 5). The first appearance of *Sphaeroschwagerina* is at the horizon of ^{93}m in the CSS, which is about ^{89}m ($\pm 5.1\text{m}$) higher than the horizon representing the first appearance of *Pseudoschwagerina* in this region. It has also been found that in the CSS the final disappearance of *Sphaeroschwagerina* is at ^{312}m while that of both *Pseudoschwagerina* and *Robustoschwagerina* M-Maclay, 1956 sensu Yang et Hao, 1991 is at ^{322}m . The disappearances of these important pseudoschwagerinid genera in the CSS are marked by the disappearances of *Sphaeroschwagerina subrotunda*, *Pseudoschwagerina robusta* (Meek) (P1. I, fig. 3) and *Robustoschwagerina schellweni* (Hanzawa) respectively. The result of the graphic correlation has also revealed that the horizon of the first appearance of *Pamirina* in

* Referring to the genera *Pseudoschwagerina*, *Sphaeroschwagerina*, *Zellia*, *Robustoschwagerina*, *Robustoschwagerinoids* and *Longlinia* in this article.

this region is equivalent to that of the final disappearance of *Pseudoschwagerina* and *Robustoschwagerina* in the CSS. The upper boundary of the Maping Stage in Southwest China could be specified at the horizon of 322m in the CSS.

The result of this study has further demonstrated that the Maping Stage is most complete in the Bianping section of Guizhou. Fig. 8 shows the correlation relationship between horizons representing the first appearance of pseudoschwagerinids and the extinction of most pseudoschwagerinid species in different sections. Based on the current data and results of this study, it is suggested that the Bianping section of Guizhou should be considered as the stratotype for the Maping Stage in Southwest China.

图 版 说 明

标本保存于南京大学地球科学系。除注明者外,所有标本均采自贵州紫云县猴场扁平剖面,产出层位为该种(亚种)在“复合标准剖面”(CSS)上的相当层位。除注明者外,所有切面皆为轴切面,照片皆放大 8 倍。

图 版 I

1. *Pseudoschwagerina beedei uralensis* Rauser 登记号:JD04。层位:CSS10-143m。
2. *Pseudoschwagerina fusiformis plicata* Scherbovich 登记号:JD08。层位:CSS33-138m。
3. *Pseudoschwagerina texana* Dunbar et Skinner 登记号:JD20。层位:CSS15-171m。
4. *Pseudoschwagerina cheni* Kahler et Kahler 登记号:JD16。层位:CSS7-171m。
5. *Pseudoschwagerina kozlowskii* Dunbar et Newell 登记号:JD24。层位:CSS4-215m。
6. *Pseudoschwagerina convexa* Thompson 登记号:JD33。层位:CSS12-171m。
7. *Pseudoschwagerina fusulinoides* (Schellwien) 登记号:JD39。层位:CSS114-242m。
8. *Pseudoschwagerina kanmerai* Sada 登记号:JD19。层位:CSS93-166m。
- 9, 10. *Pseudoschwagerina ciwuensis* Zhang 登记号:JD40-1, JD40-2。层位:CSS107-234m。
11. *Pseudoschwagerina minuta* Zhang 登记号:JD37。层位:CSS131-210m。
12. *Pseudoschwagerina muongthensis* (Deprat) 登记号:JD14。层位:CSS4-171m。
- 13, 14. *Pseudoschwagerina beedei* Dunbar et Skinner 登记号:JD03-1, JD03-2。层位:CSS4-171m。
15. *Sphaeroschwagerina borealis* Scherbovich 登记号:JD82。层位:CSS233-238m。
16. *Pseudoschwagerina dallmusi* Thompson 登记号:JD50。层位:CSS112-130m。
- 17, 18. *Pseudoschwagerina uddeni* (Beede et Kniker) 登记号:JD01-1, JD01-2。层位:CSS4-171m。

图 版 II

1. *Pseudoschwagerina aequalis* Kahler et Kahler 登记号:JD35。层位:CSS10-171m。
- 2, 3. *Pseudoschwagerina vulgaris aktjubensis* Sacherbovich 登记号:JD10-1, JD10-2。图 3 标本产自广西宜山马脑山剖面。层位:CSS33-130m。
4. *Pseudoschwagerina zhongzhanica* Zhang 登记号:JD28。层位:CSS5-118m。
5. *Pseudoschwagerina intermedia* Rauser 登记号:JD25。层位:CSS28-215m。
6. *Pseudoschwagerina ishimbajica* Rauser 登记号:JD41。层位:CSS33-142m。
- 7, 8. *Pseudoschwagerina uddeni russiensis* Rauser 登记号:JD02-1, JD02-2。层位:CSS10-143m。
9. *Pseudoschwagerina ishimbajica flax* Rauser 登记号:JD46。层位:CSS82-250m。
10. *Pseudoschwagerina primigena* Rauser 登记号:JD21。层位:CSS77-155m。
11. *Pseudoschwagerina vulgais ashensis* Scherbovich 登记号:JD11。广西宜山马脑山剖面。层位:CSS33-130m。

- 12, 17. *Pseudoschwagerina fusiformis crassa* Scherbovich 登记号:JD07-1, JD07-2。层位:CSS22-47m。
 13. *Pseudoschwagerina robusta* (Meek) 登记号:JD22。层位:CSS78-321m。
 14. *Zellia galatea* Ciry 登记号:JD107。层位:CSS183-223m。
 15, 16. *Pseudoschwagerina fusiformis* Krotow 登记号:JD06-1, JD06-2。层位:CSS10-223m。
 18. *Zellia media* Kahler et Kahler 登记号:JD106。层位:CSS28-270m。

图版 III

1. *Sphaeroschwagerina pavlovi* (Rausser-Chernousova) 登记号:JD95。广西宜山马脑山剖面。层位:CSS194-233m。
 2, 3. *Sphaeroschwagerina sphaerica* (Scherbovich) 登记号:JD75-1, JD75-2。图3的标本产自广西宜山马脑山剖面。层位:CSS128-302m。
 4, 5. *Sphaeroschwagerina glomerata* (Schwager) 登记号:JD84-1, JD84-2。层位:CSS152-244m。
 6. *Sphaeroschwagerina paraborrealis* Han 登记号:JD83。层位:CSS189-195m。
 7. *Sphaeroschwagerina shamovi* (Scherbovich) 登记号:JD87。层位:CSS174-185m。
 8, 10. *Sphaeroschwagerina parasphaerica* Zhang 登记号:JD79。层位:CSS114-185m。
 9. *Sphaeroschwagerina kolvica* Scherbovich 登记号:JD90。层位:CSS183-302m。
 11. *Sphaeroschwagerina sphaerica karnica* Scherbovich 登记号:JD77。层位:CSS115-282m。
 12. *Sphaeroschwagerina moelleri* Rausser 登记号:JD80。层位:CSS103-251m。
 13. *Sphaeroschwagerina pulchra* Kahler et Kahler 登记号:JD94。层位:CSS207-292m。
 14. *Sphaeroschwagerina shamovi geronica* Scherbovich 登记号:JD88。层位:CSS238-244m。
 15. *Sphaeroschwagerina carniolica* Kahler et Kahler 登记号:JD97。广西宜山马脑山剖面。层位:CSS238-244m。

图版 IV

1. *Longlinia longlinensis* (Dong) ×6。登记号:JD68。层位:CSS177-323m。
 2. *Robustoschwagerina pamirica* Leven et Scherbovich ×6。登记号:JD56。层位:CSS115-185m。
 3. *Sphaeroschwagerina constans sphaeroidea* Scherbovich 登记号:JD86。广西宜山马脑山剖面。层位:CSS169-245m。
 4. *Sphaeroschwagerina subrotunda* Ciry 登记号:JD81。层位:CSS93-312m。
 5. *Robustoschwagerina fluxa* (Li) ×6。登记号:JD54。层位:CSS93-185m。
 6. *Robustoschwagerina gunnannica* Sheng, Wang et Zhang ×6。登记号:JD57。层位:CSS168-288m。
 7. *Robustoschwagerina xiaodushanica* Sheng, Wang et Zhang ×6。登记号:JD55。层位:CSS115-219m。
 8. *Sphaeroschwagerina parasphaerica* Zhang 登记号:JD79。层位:CSS114-185m。
 9. *Longlinia changmeensis* (Xia) ×6。登记号:JD69。层位:CSS312->323m。
 10. *Longlinia ziyunensis* (Zhang et Dong) ×6。登记号:JD71。层位:CSS251-321m。
 11. *Sphaeroschwagerina bianpingensis* Zhang ×6。登记号:JD91。层位:CSS282-312m。