

中国 *Abadiella* 三叶虫的种级分类

林天瑞

(南京大学地球科学与工程学院, 南京 210093, lin\_tianrui@aliyun.com)

**摘要** 通过对我国已经正式发表的 abadiellid 类三叶虫的 18 个种(包括 2 个属和 1 个亚属)模式标本的头盖特征进行 Q 型聚类分析,并结合传统定性分析后,再次证明 *Parabadiella* Chang, 1966, *Parabadiella* (*Danangouia*) Chen, 1985 和 *Guangyuanaspis* Chang and Qian, 1974 均是 *Abadiella* Hupé, 1953 的晚出异名;另将该属的 18 个种归并为 9 个种: *A. huoi* (Zhang, 1966), *A. elegans* (Lee, 1978), *A. longmenshanensis* (Lee, 1978), *A. yunnanensis* (Luo, 1981), *A. elevata* (Lee, 1978), *A. hanzhongensis* (Chen, 1985), *A. modaoyaensis* (Chang and Qian, 1974), *A. shaanxiensis* (Zhang and Lin, 1980), *A. wudingensis* (Zhang and Lin, 1980)。本文将对研究我国寒武纪三叶虫系统演化、生物地理分区以及生物地层划分和时代的确定,提供重要依据。

**关键词** Abadiellid *Parabadiella* *Abadiella* *Guangyuanaspis* 三叶虫 聚类分析 寒武系

## 1 前言

*Parabadiella* 一属是张文堂(1966)据产于中国陕西南部南郑传统的下寒武统筇竹寺组的标本而建立的,因认为它是我国最古老的三叶虫,而引起大家的关注。张文堂和钱义元(见卢衍豪等, 1974)、李善姬(1978)、张文堂等(1980)、罗惠麟(1981)、陈润业(1985)、罗惠麟等(1994)等又先后对陕、川、滇等地进行野外调查、考察和三叶虫采集工作,各自陆续发表其研究成果。值得一提的是 Jell(见 Bengtson *et al.*, 1990)在研究产于南澳大利亚 Curramulka 等地寒武纪早期 Parara 灰岩、Wilkawillina 灰岩和 Ajax 灰岩内三叶虫标本后,认为 *Parabadiella* Zhang, 1966 的正模标本遭受挤压变形,导致头盖横向(tr.)伸长,而使虫体许多构造特征与 *Abadiella* Hupé, 1953 的模式标本产生差异,所以他首先提出 *Parabadiella* 和 *Parabadiella* (*Danangouia*) Chen, 1985 亚属是 *Abadiella* 的晚出异名,曾掀起三叶虫学界同仁对 *Parabadiella* 归属问题的讨论:有的赞同 Jell 的意见(林天瑞, 2015; Hou and Bergstrom, 1997; Jago *et al.*, 2002; Jell and Adrain, 2003),有的认为 *Parabadiella* 与 *Abadiella* 两者不宜加以合并(张文堂等, 2001; Chang *et al.*, 1997;

Steiner *et al.*, 2001; Lin, 2008)。

有关我国 *Abadiella* 种的分类,由于各家建立新种的依据和准则不同,又各持己见,导致厘定的种有较多异名现象(见插图 1),应加以整理和修订,以便生产、教学、科研的应用。本文将应用聚类分析,并结合传统定性分析方法探讨我国现有 *Abadiella* 种的分类。

现就我国过去已发表的 abadiellid 类的 18 个种(包含 2 个属、1 个亚属)分别介绍如下:

1. *Parabadiella huoi* Zhang, 1966, 163、184 页,图版 1,图 1,2,图 1 为正模标本,头盖;产于陕西南部南郑传统的下寒武统筇竹寺组。

2. *Parabadiella* (*Danangouia*) *transversa* Chen, 1985, 333、334 页,图版 1,图 1,正模标本,头盖;产于陕西南部南郑梁山传统的下寒武统筇竹寺组中下部。

3. *Parabadiella* (*Danangouia*) *quadrata* Chen, 1985, 334 页,图版 1,图 5,正模标本,头盖;产于陕西南部南郑梁山传统的下寒武统筇竹寺组中下部。

4. *Parabadiella hanzhongensis* Chen, 1985, 332 页,图版 1,图 8,9,正模标本,头盖;产于陕西南部南郑梁山传统的下寒武统筇竹寺组中下部。

收稿日期:2018-01-24

\* 国家自然科学基金项目(41372018)资助。

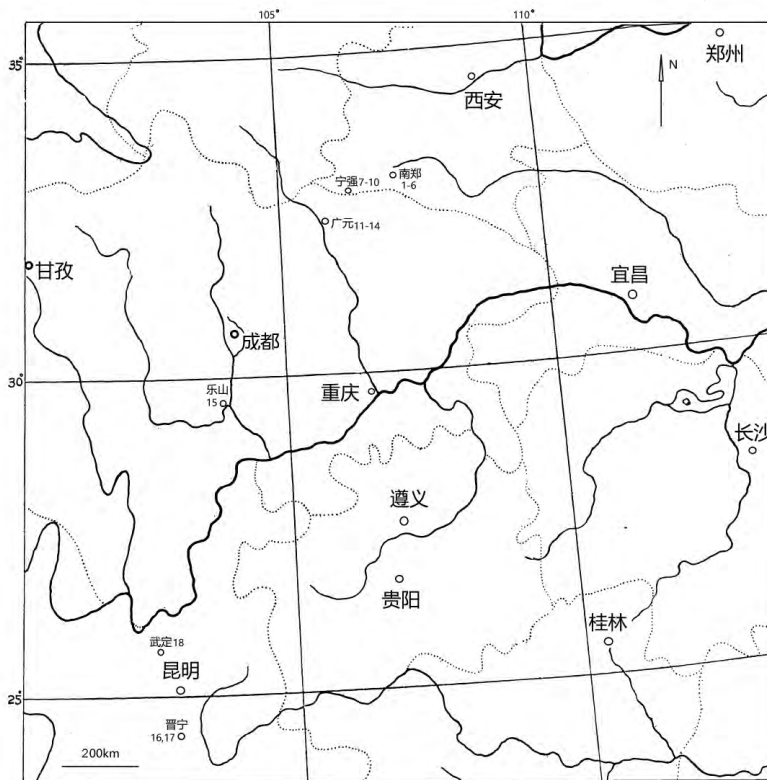


插图 1 我国已发表的寒武纪 abadiellid 类三叶虫的地理分布图  
Distribution of Cambrian abadiellid trilobites in China

1. *Parabadiella huoi* Zhang, 1966, 2. *Parabadiella (Danangouia) transversa* Chen, 1985, 3. *Parabadiella (Danangouia) quadrata* Chen, 1985, 4. *Parabadiella hanzhongensis* Chen, 1985, 5. *Parabadiella nanzhengensis* Chen, 1985, 6. *Parabadiella zhongliangsiensis* Chen, 1985, 7. *Parabadiella shaanxiensis* Zhang and Lin in Zhang et al., 1980, 8. *Parabadiella tenuilimbata* Zhang and Lin, 1980, 9. *Parabadiella obscurata* Zhang and Lin in Zhang et al., 1980, 10. *Guangyuanaspis shaanxiensis* Zhang and Lin in Zhang et al., 1980, 11. *Parabadiella longmenshanensis* Lee, 1978, 12. *Parabadiella elevata* Lee 1978, 13. *Guangyuanaspis modaoyaensis* Chang and Qian in Lu et al., 1974, 14. *Guangyuanaspis elegans* Lee, 1978, 15. *Guangyuanaspis fandianensis* Zhang and Lin in Zhang et al., 1980, 16. *Parabadiella conica* Luo, 1981, 17. *Parabadiella yunnanensis* Luo, 1981, 18. *Guangyuanaspis wudingensis* Zhang and Lin in Zhang et al., 1980.

5. *Parabadiella nanzhengensis* Chen, 1985, 332, 333 页, 图版 1, 图 10, 正模标本, 头盖; 产于陕西南部南郑梁山传统的下寒武统筇竹寺组中下部。

6. *Parabadiella zhongliangsiensis* Chen, 1985, 333 页, 图版 1, 图 11, 正模标本, 头盖; 产于陕西南部南郑梁山传统的下寒武统筇竹寺组中下部。

7. *Parabadiella shaanxiensis* Zhang and Lin in Zhang et al., 1980, 174, 175 页, 图版 47, 图 1—3, 图 3 为正模标本, 头盖; 产于陕西南宁强滴水铺传统的下寒武统郭家坝组。

8. *Parabadiella tenuilimbata* Zhang and Lin, 1980, 175 页, 图版 46, 图 9, 正模标本, 头盖; 产于陕西南宁强滴水铺传统的下寒武统郭家坝组。

9. *Parabadiella obscurata* Zhang and Lin in Zhang et al., 1980, 174, 175 页, 图版 46, 图 11, 正模标本, 头盖; 产于陕西南宁强滴水铺传统的下寒武统郭家坝组。

10. *Guangyuanaspis shaanxiensis* Zhang and Lin in Zhang et al., 1980, 178 页, 图版 47, 图 9, 正模标本, 头盖; 产于陕西南宁强滴水铺传统的下寒武统郭家坝组。

11. *Parabadiella longmenshanensis* Lee, 1978, 202, 203 页, 图版 94, 图 8, 正模标本, 头盖; 产于四川广元上寺长江沟传统的下寒武统筇竹寺组。

12. *Parabadiella elevata* Lee 1978, 203 页, 图版 94, 图 7, 正模标本, 头盖; 产于四川广元上寺长江沟传统的下寒武统筇竹寺组。

13. *Guangyuanaspis modaoyaensis* Chang and Qian in Lu et al., 1974, 88 页, 图版 33, 图 7, 正模标本, 头盖; 产于四川广元上寺青杠坡周家溪传统的下寒武统长江沟组上部。

14. *Guangyuanaspis elegans* Lee, 1978, 213 页, 图版 95, 图 11, 正模标本, 头盖; 产于四川广元上

寺火石岭传统的下寒武统筇竹寺组上部。

15. *Guangyuanaspis fandianensis* Zhang and Lin in Zhang *et al.*, 1980, 179 页, 图版 48, 图 1, 正模标本, 头盖及部分胸部; 产于四川乐山范店乡传统的下寒武统九老洞组。

16. *Parabadiella conica* Luo, 1981, 336 页, 图版 2, 图 6; 图版 3, 图 2—3, 正模标本, 头盖; 产于云南晋宁梅树村剖面传统的下寒武统筇竹寺组玉案山段下部。

17. *Parabadiella yunnanensis* Luo, 1981, 337 页, 图版 1, 图 6, 8—13; 图版 2, 图 1; 图版 3, 图 4, 正模标本, 头盖; 产于云南晋宁梅树村剖面传统的下寒武统筇竹寺组玉案山段下部。

18. *Guangyuanaspis wudingensis* Zhang and Lin in Zhang *et al.*, 1980, 179 页, 图版 48, 图 4, 正模标本, 头盖; 产于云南武定姚营传统的下寒武统筇竹寺组。

## 2 聚类分析

本文通过综合分析各家对该类三叶虫分类的意

见和依据, 提出以下列头盖特征作为对该类三叶虫分类的主要依据: 1) 头鞍长短和形状; 2) 眼叶和眼脊长短及其伸出状态; 3) 头盖的内、外边缘轴向长度; 4) 固定颊眼区宽度; 5) 后侧翼的长短和横向宽度; 6) 面线前、后支长短等。测量上述所选择的 18 个种的正(独)模头盖主要构造的原始数据, 换算出各种构造定量比值数据 8 个(见表 I), 随后进行 Q 型聚类分析。相似性度量采用误差平方和增量方法, 计算出各种标本之间的增量值( $\Delta E$ ), 编制各个种之间的相似关系矩阵(见表 II)。若各个种标本之间误差平方和增量值越大, 则表示两个种之间的差别越大; 反之, 差别越小, 两种之间越近于相似; 如果两种之间其增量值等于零, 则表示两种完全相似。但这里应该指出, 由于标本保存条件、各原作者所指定的模式标本的个体不在同一个发育期、以及在测量过程还会出现一些人为误差因素, 因而导致两块即使是完全相同的种, 所计算出两者之间的误差平方和增量值不一定完全等于零。之后, 笔者应用均值联接方法, 绘制出参与计算种的头盖标本 Q 型聚类分析二维谱系图(见插图 2)。

表 I *Abadiella* 三叶虫 18 个种头盖构造定量比值数

Ratios of measured cranial features for the 18 species of *Abadiella* trilobites

	W1/W3	Gn1/Gn	Fx/W2	A/G	Pl1/W3	R/A	I/M	S1/S2
1	0.702	1.193	0.624	0.445	0.612	1.110	0.621	0.609
2	0.678	1.402	0.666	0.450	0.663	1.296	0.533	0.812
3	0.768	1.270	0.719	0.552	0.683	1.091	0.481	0.853
4	0.768	1.279	0.788	0.572	0.807	1.207	0.611	0.901
5	0.780	1.192	0.747	0.437	0.889	1.353	0.583	0.710
6	0.542	1.092	0.964	0.583	0.683	1.015	0.624	0.506
7	0.623	1.048	0.710	0.475	0.664	1.169	0.443	0.635
8	0.700	1.119	0.620	0.488	0.621	1.118	0.424	0.892
9	0.596	1.116	0.746	0.555	0.618	1.060	0.403	0.741
10	0.664	1.133	0.700	0.319	0.644	1.735	0.529	0.850
11	1.000	1.089	0.428	0.574	0.637	0.796	0.357	0.725
12	0.709	1.199	0.667	0.527	0.529	0.731	0.664	0.606
13	0.646	1.224	0.858	0.529	0.731	1.296	0.615	1.191
14	0.798	0.957	0.543	0.330	0.584	0.975	0.608	0.883
15	0.681	1.019	0.614	0.506	0.775	1.044	0.645	0.837
16	0.720	1.133	0.713	0.692	0.674	0.740	0.692	0.599
17	0.799	1.214	0.900	0.707	0.781	0.886	0.480	0.634
18	0.878	1.032	0.921	0.294	1.033	1.798	0.709	1.033

A. 眼叶长度, Fx. 固定颊眼区宽度, G. 头鞍长度, Gn1. 两眼叶间头盖宽度, Gn. 头盖轴向长度, I. 鞍前区轴向长度, M. 鞍前沟至头盖前缘间轴向长度, Pl1. 眼叶后端至背沟间宽度, R. 眼脊长度, S1. 面线前支长度, S2. 面线后支长度, W1. 两眼脊内端间头鞍宽度, W3. 头鞍后缘宽度, W2. 与眼叶中间相对位置之头鞍宽度。

A. Length of palpebral lobe, Fx. width of palpebral area of fixigena, G. length of glabella, Gn1. width of cranium between both palpebral lobes, Gn. length of cranium, I. length (sag.) of preglabellar field, M. length between preglabellar furrow and anterior margin of cranium, Pl1. width between posterior ends of palpebral lobe to axial furrow, R. length of eye ridges, S1. length of anterior branch of facial suture, S2. length of posterior branch of facial suture, W1. width at level of anterior ends of eye ridges, W3. glabellar width at occipital furrow, W2. glabellar width at level of median points of palpebral lobes.

表 II *Abadiella* 三叶虫的 18 个种头盖标本间的误差平方和增量

The similarity matrix of the increments of sum of error squares for the cranidia of 18 species of *Abadiella*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	0.0000																	
2	0.0661	0.0000																
3	0.0576	0.0428	0.0000															
4	0.0938	0.0478	0.0267	0.0000														
5	0.0843	0.0643	0.0810	0.0465	0.0000													
6	0.0975	0.2012	0.1452	0.1629	0.1675	0.0000												
7	0.0371	0.0932	0.0659	0.1054	0.0789	0.0791	0.0000											
8	0.0632	0.0680	0.0253	0.0716	0.1079	0.1782	0.0450	0.0000										
9	0.0558	0.0928	0.0389	0.0923	0.1231	0.0810	0.0199	0.0289	0.0000									
10	0.2425	0.1428	0.2514	0.2093	0.1308	0.4016	0.2039	0.2153	0.2734	0.0000								
11	0.1685	0.2815	0.1464	0.2564	0.3023	0.3333	0.1942	0.1358	0.1690	0.5904	0.0000							
12	0.0804	0.2225	0.1298	0.2101	0.2767	0.1233	0.1472	0.1540	0.1146	0.5749	0.1402	0.0000						
13	0.2268	0.1154	0.1067	0.0612	0.1502	0.2965	0.2078	0.1210	0.1717	0.2009	0.4365	0.3729	0.0000					
14	0.0895	0.1809	0.1098	0.1635	0.1875	0.2394	0.1103	0.0613	0.1143	0.3311	0.1269	0.1315	0.2264	0.0000				
15	0.0591	0.1208	0.0608	0.0714	0.0953	0.1362	0.0620	0.0459	0.0646	0.2821	0.1609	0.1244	0.1474	0.0492	0.0000			
16	0.1093	0.2575	0.1365	0.1886	0.2598	0.0986	0.1556	0.1771	0.1224	0.6115	0.1540	0.0279	0.3651	0.1741	0.1102	0.0000		
17	0.1270	0.1936	0.0803	0.1141	0.1717	0.0819	0.1219	0.1472	0.0859	0.5020	0.1744	0.1086	0.2780	0.2303	0.1338	0.0634	0.0000	
18	0.5030	0.3675	0.4414	0.2978	0.2124	0.6112	0.4518	0.4504	0.5405	0.1633	0.8596	0.8761	0.2635	0.5339	0.4279	0.8370	0.6586	0.0000

1. *Parabadiella huoi* Zhang, 1966, 2. *Parabadiella (Danangouia) transversa* Chen, 1985, 3. *Parabadiella (Danangouia) quadrata* Chen, 1985, 4. *Parabadiella hanzhongensis* Chen, 1985, 5. *Parabadiella nanzhengensis* Chen, 1985, 6. *Parabadiella zhongliangsiensis* Chen, 1985, 7. *Parabadiella shaanxiensis* Zhang and Lin in Zhang *et al.*, 1980, 8. *Parabadiella tenuilimbata* Zhang and Lin in Zhang *et al.*, 1980, 9. *Parabadiella obscurata* Zhang and Lin in Zhang *et al.*, 1980, 10. *Guangyuanspis shaanxiensis* Zhang and Lin in Zhang *et al.*, 1980, 11. *Parabadiella longmenshanensis* Lee, 1978, 12. *Parabadiella elevata* Lee, 1978, 13. *Guangyuanspis modaoyaensis* Chang and Qian in Lu *et al.*, 1974, 14. *Guangyuanspis elegans* Lee, 1978, 15. *Guangyuanspis fandianensis* Zhang and Lin in Zhang *et al.*, 1980, 16. *Parabadiella conica* Luo, 1981, 17. *Parabadiella yumanensis* Luo, 1981, 18. *Guangyuanspis wudingensis* Zhang and Lin in Zhang *et al.*, 1980.

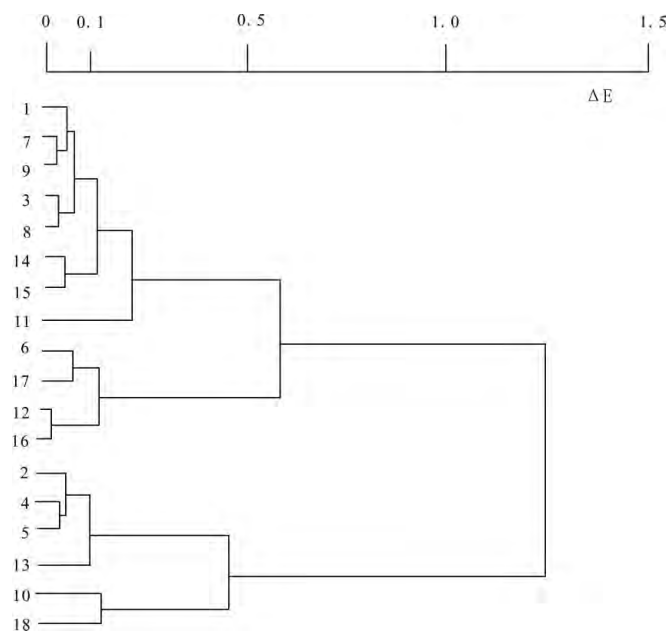


插图 2 *Abadiella* 三叶虫的 18 个种头盖标本 Q 型聚类分析谱系图  
Dendrogram from Q-mode cluster analysis of 18 species of *Abadiella*

18 个种的说明请见表 II。

See Table 2 for data of the 18 species of *Abadiella*.

### 3 分类探讨

当我们在谱系图(见插图 2)上取增量值为 0.1 水平时(相当传统的分类种的界限),18 个种模式标本很自然地分成 A、B、C、D、E、F、G、H、I 等 9 个群。

**A 群** 该类群以 *Parabadiella huoi* Zhang, 1966 为代表,即相当于 *Abadiella huoi* 种群。它由原 *Parabadiella huoi* Zhang, 1966(1), *Parabadiella shaanxiensis* Zhang and Lin in Zhang et al., 1980(7), *Parabadiella obscurata* Zhang and Lin in Zhang et al., 1980(9), *Parabadiella (Danangouia) quadrata* Chen, 1985(3), *Parabadiella tenuilimbata* Zhang and Lin in Zhang et al., 1980(8)等 5 个种组成。

**B 群** 该类群以 *Guangyuanaspis elegans* Lee, 1978 为代表,即相当于 *Abadiella elegans* 种群。它由原 *Guangyuanaspis elegans* Lee, 1978(14), *Guangyuanaspis fandianensis* Zhang and Lin in Zhang et al., 1980(15)等 2 个种组成。

**C 群** 该类群以 *Parabadiella longmenshanensis* Lee, 1978 为代表,即相当于 *Abadiella longmenshanensis* 种群。它由原 *Parabadiella longmenshanensis* Lee, 1978(11)1 个种组成。

**D 群** 该类群以 *Parabadiella yunnanensis* Luo, 1981 为代表,即相当于 *Abadiella yunnanensis* Luo 种群。它由原 *P. yunnanensis* Luo, 1981(17), *Parabadiella zhongliangsiensis* Chen, 1985(6)等 2 个种组成。

**E 群** 该类群以 *Parabadiella elevata* Lee, 1978 为代表,即相当于 *Abadiella elevata* 种群。它由原 *Parabadiella elevata* Lee, 1978(12), *Parabadiella conica* Luo, 1981(16)等 2 个种组成。

**F 群** 该类群以 *Parabadiella hanzhongensis* Chen, 1985 为代表,即相当于 *Abadiella hanzhongensis* 种群。它由原 *Parabadiella (Danangouia) transversa* Chen, 1985(2), *Parabadiella hanzhongensis* Chen, 1985(4), *Parabadiella nanzhengensis* Chen, 1985(5)等 3 个种组成。

**G 群** 该类群以 *Guangyuanaspis modaoyaensis* Chang and Qian in Lu et al., 1974 为代表,即相当 *Abadiella modaoyaensis* 种群。它由原 *Guangyuanaspis modaoyaensis* Chang and Qian in Lu et al., 1974(13)1 个种组成。

**H 群** 该类群以 *Guangyuanaspis shaanxiensis* Zhang and Lin in Zhang et al., 1980 为代表,即相当于 *Abadiella shaanxiensis* 种群。它由原 *Guangyuanaspis shaanxiensis* Zhang and Lin in Zhang et al., 1980(10)1 个种组成。

**I 群** 该类群以 *Guangyuanaspis wudingensis* Zhang and Lin in Zhang et al., 1980 为代表,即相当于 *Abadiella wudingensis* 种群。它由原 *Guangyuanaspis wudingensis* Zhang and Lin in Zhang et al., 1980(18)1 个种组成。

现从 Q 型聚类分析角度,并结合传统定性分析方法,对上述 18 个 abadiellid 类三叶虫的属(亚属)、种,提出一些修订和合并意见。

在 A 种群中 *Parabadiella huoi* Zhang, 1966(1)是张文堂(1966)根据采自陕西南部南郑传统的下寒武统筲竹寺组标本而建立的 *Parabadiella* 的模式种。主要特征:头盖平缓凸起,呈方形或长方形,横向较宽。背沟浅而窄。头鞍凸起,呈锥形或切锥形,有 3 对头鞍沟。颈沟宽,颈环后部有一颈刺。眼叶中等大小。眼脊长而斜伸。内眼颊(即固定颊眼区)很宽。眼前翼横向呈亚三角形。中脊非常显著,后部与头鞍前侧带相连,前侧带在头鞍前与眼脊相连。边缘沟有中等宽度及深度。前边缘平缓和向前微拱曲。后侧翼伸出眼叶后端的距离较短。面线前支微向外斜伸,面线后支甚短,斜着向后并向外伸延。

该群中原 *Parabadiella shaanxiensis* Zhang and Lin in Zhang et al., 1980(7)和 *P. obscurata* Zhang and Lin in Zhang et al., 1980(9)两个种,都是由张文堂等(1980)据采自陕西宁强滴水铺传统的下寒武统郭家坝组标本而建立的。他们认为前者与原模式种(1)主要区别是眼脊向后斜伸甚微,几乎呈水平横伸,眼叶稍短,后端距后侧沟较远,面线前支较向外分散,面线后支与眼脊交角大于  $90^\circ$ 。后侧翼纵向较宽。而后者特征不同于该属其他种是中脊、前侧带、眼前颜线及眼脊的两分现象均模糊不清,面线前支短并与中轴交角极小,外边缘横向较短而纵向较宽,内边缘及眼前翼较窄。但笔者应用定量分析,计算(1)种分别与(7)和(9)两新种头盖标本之间的误差平方和增量的结果,其增量值分别为 0.0371 和 0.0558(即  $\Delta E_{1,7}=0.0371$  和  $\Delta E_{1,9}=0.0558$ )(见表 II,下同),另计算(7)和(9)两新种之间的增量值为 0.0199(即  $\Delta E_{7,9}=0.0199$ ),其三者增量值都很小,标本又产于同一地区和同层位,三种

应归成一个种。说明上面所提构造,如斜伸甚微、稍短、较近、较窄、模糊不清差异性等词句的比较,没有多少实际性分类学意义,有的可能是属于种内构造变化范围,有的是保存过程产生的不同程度的形变结果。所以以后两者应为 *Parabadiella huoi* Zhang, 1966(1)的晚出异名。

该群中 *Parabadiella tenuilimbata* Zhang and Lin in Zhang et al., 1980(8)是张文堂和林焕令(见张文堂等, 1980)据采自陕西宁强滴水铺传统的下寒武统郭家坝组标本建立的新种。他们认为它也(1)种非常相似,其主要区别是内边缘窄,中脊短而较弱,眼前翼纵向窄,眼叶稍短,眼脊几乎平伸,后侧翼纵向较宽,面线前支短并与眼脊交角大于  $90^\circ$ 。笔者认为这些差别不应该做为建立新种的依据,有的仅能成为个体发育过程中种内构造的变异结果。另从计算该种与(1)种头盖标本之间的误差平方和增量值为 0.0632(即  $\Delta E_{1,8}=0.0632$ )。说明两种很相似,两者可以加以合并,种名(8)也应为(1)种的晚出异名。

*Parabadiella (Danangouia) quadrata* Chen, 1985(3)是由陈润业(1985)据产于陕西南部南郑梁山传统的下寒武统筇竹寺组中下部标本建立的新种,他认为该种与 *Parabadiella (Danangouia) transversa* Yin(可能为 Chen 的笔误)主要不同之处在于头盖近方形,头鞍沟倾斜角度较大,头鞍较长而中段平直。但从传统定性分类角度,该新种的头盖、头鞍、固定颊眼区等形状以及眼脊和眼叶大小、位置等与 *Parabadiella tenuilimbata* Zhang and Lin in Zhang et al., 1980(8)没有多大区别。从定量分析角度,计算该新种(3)与(8)种头盖标本之间的误差平方和增量值为 0.0253(即  $\Delta E_{3,8}=0.0253$ ),其增量值也十分小,两者又组成一个小群,说明(3)种也是(1)种的晚出异名。

在 B 种群中 *Guangyuanaspis elegans* Lee, 1978(14)是李善姬(1978)据产于四川广元上寺火石岭传统的下寒武统筇竹寺组上部标本建立,它与 *Guangyuanaspis modaoyaensis* Chang and Qian in Lu et al., 1974(13)的区别是前者具有明显的头鞍前中脊和颈瘤,前缘向前拱曲度大及其中部略向前尖出。笔者认为该种的头盖和固定颊眼区形状、具一明显的中脊以及眼脊和眼叶特征与(1)种较相似。计算它(14)分别与(1)和(13)种头盖标本之间的误差平方和增量值为 0.0895 和 0.2264(即  $\Delta E_{1,14}=0.0895$ ,  $\Delta E_{13,14}=0.2264$ ),说明(14)与(13)相似

性较(14)与(1)的差。

*Guangyuanaspis fandianensis* Zhang and Lin in Zhang et al., 1980(15)是由张文堂等(1980)据产于四川乐山范店乡传统的下寒武统九老洞组的标本而提出的新种,他们认为这一种的特征是内边缘上的中脊显著。中脊与 *G. shaanxiensis* Zhang and Lin in Zhang et al., 1980(10)相似,而与 *G. modaoyaensis* Zhang and Lin in Zhang et al., 1980(13)不同。头鞍沟及颈沟则与 *G. modaoyaensis* Zhang and Lin in Zhang et al., 1980 相似,宽而较浅,因而与 *G. shaanxiensis* Zhang and Lin in Zhang et al., 1980 不同。但笔者通过计算(15)种分别与(1)、(10)、(13)、(14)种头盖标本之间的误差平方和增量的结果,其增量值分别为 0.0591, 0.2821、0.1474 和 0.0492(即  $\Delta E_{15,10}=0.2821$ ,  $\Delta E_{15,13}=0.1474$  和  $\Delta E_{15,14}=0.0492$ ),其中以(15)种与(14)种头盖标本之间的误差平方和增量值最小,并连接成小群,说明两个种最相似,应加以合并,前者种名应是后者晚出异名。

在 C 种群中 *Parabadiella longmenshanensis* Lee, 1978(11)是李善姬(1978)据产于四川广元上寺长江沟传统的下寒武统筇竹寺组标本建立,她认为该种与原模式种(1)区别在于后者头鞍两侧背沟有规则地向前收缩,头鞍呈锥形,眼叶短于眼脊并向外,弯曲度亦较大,固定颊后侧翼呈次三角形。通过计算,该种与(1)种头盖标本之间的误差平方和增量值为 0.1685(即  $\Delta E_{1,11}=0.1685$ ),两者头盖标本之间的误差平方和增量值又偏大,这与作者(李善姬)的结论一致。

在 D 种群中 *Parabadiella yunnanensis* Luo, 1981(17)是罗惠麟(1981)据采自云南晋宁梅树村剖面传统的下寒武统筇竹寺组玉案山段下部标本建立的。他认为该种与 *Parabadiella huoi* Zhang, 1966(1)主要区别是:内边缘较宽,外边缘较平直,眼叶较大,后侧翼横向较短;与 *P. conica* Luo, 1981 比较,主要区别在于本种头盖较宽,外边缘较宽平,内边缘稍窄,中脊宽而平,鞍沟较深。*Parabadiella zhongliangsiensis* Chen, 1985(6)是陈润业(1985)据产于陕西宁强滴水铺传统的下寒武统郭家坝组标本而提出的。他认为该种与 *Parabadiella huoi* Zhang, 1966(1)最相似,区别在于新种头盖较长,头鞍较窄,颈沟两端向后内倾斜角度较大,颈刺较粗壮。笔者应用定量分析,计算(1)种分别与(6)和(17)两新种头盖标本之间的误差平方和增量值分别

为 0.0975 和 0.1270 (即  $\Delta E_{1,6} = 0.0975$  和  $\Delta E_{1,17} = 0.1270$ ), 而(6)和(17)两新种头盖标本之间的误差平方和增量值为 0.0819 (即  $\Delta E_{6,17} = 0.0819$ ), 两者增量值最小, 两者较相似, 又连接呈一个小群, 所以两者应加合并, 因而前者种名(6)是后者(*P. yunnanensis*)的晚出异名。

在 E 种群中 *Parabadiella elevata* Lee, 1978 (12)是由李善姬(1978)据采自四川广元上寺长江沟传统的下寒武统筇竹寺组标本而建立, 她认为该种主要特征是头盖凸起高, 头鞍高凸, 中部略收缩, 中脊非常显著, 眼叶、颈环、外边缘等均凸起高, 内边缘狭。*Parabadiella conica* Luo, 1981(16)是罗惠麟(1981)据采自云南晋宁梅树村剖面传统的下寒武统筇竹寺组玉案山段下部标本建立的。该种与 *Parabadiella huoi* Zhang, 1966(1)主要区别是: 头鞍呈锥形, 鞍沟极浅, 内边缘较宽, 中脊细长, 眼叶较宽大, 后侧翼横向更短。笔者应用定量分析, 计算(1)种分别与(12)和(16)两新种头盖标本之间的误差平方和增量的结果, 其增量值分别为 0.0804 和 0.1093 (即  $\Delta E_{1,12} = 0.0804$  和  $\Delta E_{1,16} = 0.1093$ ), 而(12)和(16)两新种头盖标本之间的误差平方和增量值为 0.0279 (即  $\Delta E_{12,16} = 0.0279$ )。两者增量值最小, 又构成一个小群, 应加以合并, 因此后者种名(16)应为前者 *Parabadiella elevata* Lee, 1978(12)的晚出异名。

在 F 种群中 *Parabadiella (Danangouia) transversa* Chen, 1985(2), *Parabadiella hanzhongensis* Chen, 1985(4)和 *Parabadiella nanzhengensis* Chen, 1985(5)三个种都是陈润业(1985)据采自陕西南部南郑梁山传统的下寒武统筇竹寺组中下部的标本建立的, 而且是在同一篇文章上发表的新种。他认为 *Parabadiella hanzhongensis* Chen, 1985(4)与 *Parabadiella huoi* Zhang, 1966(1)的主要区别为头盖较宽, 眼脊倾斜角度较小, 固定颊较宽, 眼前翼亚横方形或亚三角形, 头鞍沟倾斜角度较小, 颈环无颈刺, 后边缘极狭。而(2)种与(4)种区别在于前者内边缘上无明显的中脊, 头前侧带不太发育, 颈环上无颈刺, 面线前支向外扩张角度较小。(4)种区别(1)种在头盖较宽, 眼脊倾斜角度较小, 固定颊较宽, 眼前翼亚横方形或亚三角形, 头鞍沟倾斜角度较小, 颈环无颈刺, 后边缘极狭。(5)种与(1)种区别是眼叶和眼脊较粗壮, 眼脊向后外倾斜角度较小, 头盖较宽, 眼前翼呈亚长方形, 后侧翼较短, 颈刺较粗壮。笔者就(1)种分别与(2), (4), (5)种之间头盖标本之

间计算误差平方和增量, 其增量值分别为 0.0661、0.0938、0.0843 (即  $\Delta E_{1,2} = 0.0661$ ,  $\Delta E_{1,4} = 0.0938$ ,  $\Delta E_{1,5} = 0.0843$ )。而(2)分别与(4), (5), (13)种头盖标本之间的误差平方和增量的计算结果, 其增量值分别为 0.0478, 0.0643, 0.1154 (即  $\Delta E_{2,4} = 0.0478$ ,  $\Delta E_{2,5} = 0.0643$ ,  $\Delta E_{2,13} = 0.1154$ ), 说明(2)与(4), (5)种最相似, 又是同产于一个地区和层位, 因而三者应加以合并, 保留建立在先的 *Parabadiella hanzhongensis* Chen, 1985(4)种名, 其(2)和(5)种名成为前者(4)种的晚出异名, 应给予废弃。

在 G 种群中 *Guangyuanaspis modaoyaensis* Chang and Qian in Lu et al., 1974(13)是张文堂和钱义元(见卢衍豪等, 1974)据采自四川广元上寺青杠坡周家溪传统下寒武统长江沟组上部的标本建立 *Guangyuanaspis* 新属的模式种, 并认为这一属与 *Abadiella*, *Parabadiella* 比较相似, 暂置于 *Abadiellidae* 科。该种与 *Parabadiella* 原模式种(1)主要区别是中脊、眼脊及头鞍前侧带均模糊不清, 眼叶较短, 后侧翼纵向较宽, 面线后支较长, 无颈刺及眼前颜线, 头鞍沟、颈沟、背沟等均较宽、较浅。Jago 等(2002)以传统定性方法分析, 林天瑞(2015)又以已发表的 *Abadiellidae* 科三叶虫中的两个亚科 20 个属(亚属)、种(包括 16 个属、1 个亚属和 3 个种)模式标本的头盖特征进行 Q 型聚类分析, 并结合传统定性分析后, 认为 *Guangyuanaspis* Chang and Qian in Lu et al., 1974 也是 *Abadiella* Hupé, 1953 的晚出异名。现在笔者又计算 *Guangyuanaspis modaoyaensis* Chang and Qian in Lu et al., 1974 (13)与 *Parabadiella* 模式种(1)头盖标本之间的误差平方和增量值为 0.2268 (即  $\Delta E_{1,13} = 0.2268$ ), 由于两者间的误差平方和增量值较大, 又曾置于不同种群中, 因而两种应加以区分开来。

在 H 种群中仅 *Guangyuanaspis shaanxiensis* Zhang and Lin in Zhang et al., 1980(10)1 个种, 该种是张文堂等(1980)据产于陕西宁强滴水铺传统的下寒武统郭家坝组标本而提出, 它与 *Parabadiella* 模式种(1)主要区别是眼脊向后斜伸甚微, 几乎呈水平横伸, 眼叶稍短, 后端距后侧沟较远, 面线前支较向外分散, 与眼脊交角大于  $90^\circ$ , 后侧翼纵向较宽。笔者通过应用聚类分析方法, 计算 *Guangyuanaspis shaanxiensis* Zhang and Lin in Zhang et al., 1980 (10)与 *Parabadiella* 原模式种(1)头盖标本之间的误差平方和增量值为 0.2425 (即  $\Delta E_{1,10} =$

0.2425), 两者间的误差平方和增量值较大, 又曾归属不同种群中, 其结论与传统定性分析的是一致的, 两者应加以分开。

在 I 种群中 *Guangyuanspis wudingensis* Zhang and Lin in Zhang *et al.*, 1980(18) 也是张文堂等(1980)据采自云南武定姚营传统的下寒武统筇竹寺组标本而建立。它与原 *G. modaoyaensis* Chang and Qian in Lu *et al.*, 1974(13) 主要区别在于头鞍呈长卵形, 不是锥形, 固定颊略宽, 外边缘窄而更向前拱曲。笔者对 *Guangyuanspis*

*wudingensis* Zhang and Lin in Zhang *et al.*, 1980(18) 与 *G. modaoyaensis* Chang and Qian in Lu *et al.*, 1974(13) 头盖标本之间的误差平方和增量进行计算, 其增量值为 0.2635 (即  $\Delta E_{18, 13} = 0.2635$ ), 两者间的误差平方和增量值较大, 又曾归属不同种群中, 其结论也与传统的定性分析一致, 因此两者应加以分开。

综上所述笔者对前人应用传统的定性分析所建立的 abadiellid 类三叶虫的 18 个种, 通过定量分析方法, 修订和合并成 9 个种, 其具体的情况见表 III。

表 III Abadiellid 类三叶虫的 18 个种头盖标本的定性分类与 Q 型聚类分析结果对照表

Comparison between the qualitative taxonomy and quantitative taxonomy of abadiellid trilobites

种名代号	定性分类 (qualitative taxonomy)	定量分类 (quantitative taxonomy)	产地及层位 (locality and horizon)
	张文堂, 1966; 卢衍豪等, 1974; 李善姬, 1978; 张文堂等, 1980; 罗惠麟, 1981; 陈润业, 1985	本文 (修订)	
1	<i>P. huoi</i> Zhang, 1966	<i>A. huoi</i> (Zhang, 1966)	陕西南郑传统下寒武统筇竹寺组
2	<i>P. (D.) transversa</i> Chen, 1985	<i>A. hanzhongensis</i> (Chen, 1985)	陕西南郑梁山传统下寒武统筇竹寺组中下部
3	<i>P. (D.) quadrata</i> Chen, 1985	<i>A. huoi</i> (Zhang, 1966)	陕西南郑梁山传统下寒武统筇竹寺组中下部
4	<i>P. hanzhongensis</i> Chen, 1985	<i>A. hanzhongensis</i> (Chen, 1985)	陕西南郑梁山传统下寒武统筇竹寺组中下部
5	<i>P. nanzhengensis</i> Chen, 1985	<i>A. hanzhongensis</i> (Chen, 1985)	陕西南郑梁山传统下寒武统筇竹寺组中下部
6	<i>P. zhongliangsiensis</i> Chen, 1985	<i>A. yunnanensis</i> (Luo, 1981)	陕西南郑梁山传统下寒武统筇竹寺组中下部
7	<i>P. shaanxiensis</i> Zhang and Lin, 1980	<i>A. huoi</i> (Zhang, 1966)	陕西宁强滴水铺传统下寒武统郭家坝组
8	<i>P. tenuilimbata</i> Zhang and Lin, 1980	<i>A. huoi</i> (Zhang, 1966)	陕西宁强滴水铺传统下寒武统郭家坝组
9	<i>P. obscurata</i> Zhang and Lin, 1980	<i>A. huoi</i> (Zhang, 1966)	陕西宁强滴水铺传统下寒武统郭家坝组
10	<i>G. shaanxiensis</i> Zhang and Lin, 1980	<i>A. shaanxiensis</i> (Zhang and Lin, 1980)	陕西宁强滴水铺传统下寒武统郭家坝组
11	<i>P. longmenshanensis</i> Lee, 1978	<i>A. longmenshanensis</i> (Lee, 1978)	四川广元上寺长江沟传统下寒武统筇竹寺组
12	<i>P. elevata</i> Lee, 1978	<i>A. elevata</i> (Lee, 1978)	四川广元上寺长江沟传统下寒武统筇竹寺组
13	<i>G. modaoyaensis</i> Chang and Qian, 1974	<i>A. modaoyaensis</i> (Chang and Qian, 1974)	四川广元上寺传统下寒武统长江沟组上部
14	<i>G. elegans</i> Lee, 1978	<i>A. elegans</i> (Lee, 1978)	四川广元上寺传统下寒武统筇竹寺组上部
15	<i>G. fandianensis</i> Zhang and Lin, 1980	<i>A. elegans</i> (Lee, 1978)	四川乐山范店乡传统下寒武统九老洞组
16	<i>P. conica</i> Luo, 1981	<i>A. elevata</i> (Lee, 1978)	云南晋宁梅树村传统下寒武统筇竹寺组
17	<i>P. yunnanensis</i> Luo, 1981	<i>A. yunnanensis</i> (Luo, 1981)	云南晋宁梅树村传统下寒武统筇竹寺组
18	<i>G. wudingensis</i> Zhang and Lin, 1980	<i>A. wudingensis</i> (Zhang and Lin, 1980)	云南武定姚营传统下寒武统筇竹寺组

注: A. = *Abadiella*, D. = *Danangouia*, G. = *Guangyuanspis*, P. = *Parabadiella*

致谢 感谢林海燕女士协助笔者在文中有关聚类分析过程中的部分计算工作。也感谢学报审稿专家的宝贵评审意见和建议!

参 考 文 献 (References)

Bengtson S, Conway Morris S, Cooper B J, Jell P A, Runnegar B N,

1990. Early Cambrian Fossils from South Australia. *Memoir of the Association of Australasian Palaeontologists*, 9: 1—364.  
 Chang W T, Repina L N, Geyer G, 1997. Suborder Redlichiina Richter, 1932. In: Kaesler R L (ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part O, Arthropoda 1 (Trilobita Revised)*, Vol. 1. Laurence and Boulder: University of Kansas and Geological Society of America. 429—471.  
 Chen Run-ye (陈润业), 1985. Lower Cambrian trilobites from Liang-



- shan District of Nanzheng, Shaanxi. *Acta Palaeontologica Sinica* (古生物学报), **24**(3): 332—336 (in Chinese).
- Hou X G, Bergstrom J, 1997. Arthropods of the Lower Cambrian Chengjiang fauna, southwest China. *Fossils and Strata*, **45**: 1—116.
- Hupé P, 1953. Contribution a l'étude du Cambrien inférieur et du Précambrien III de L'Anti-Atlas Marocain. Division des Mines et de la Géologie, Service Géologique, Notes et Mémoires, **103**: 1—402.
- Jago J B, Lin Tian-rui (林天瑞), Dunster J N, 2002. A new species of the trilobite *Abadiella* from the Lower Cambrian of the Eastern Officer Basin, South Australia. *Acta Palaeontologica Sinica* (古生物学报), **41**(3): 428—433 (in Chinese with English summary).
- Jell P A, Adrain J M, 2003. Available generic names for trilobites. *Memoirs of the Queensland Museum*, **48**(2): 331—551.
- Lee Shan-ji (李善姬), 1978. Trilobita. In: Southwest Region Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences (中国地质科学院西南地质科学研究所) (ed.), *Palaeontological Atlas of Southwest China, Sichuan* (1). Sinian to Devonian. Beijing: Geological Publishing House. 179—284, 568—583 (in Chinese).
- Lin Huan-ling, 2008. Chapter 3: Early Cambrian (Chiungchussuan, Tsanglangpuan and Lungwangmiaoan). In: Zhou Zhi-yi, Zhen Yong-yi (eds.), *Trilobite Record of China*. Beijing: Science Press. 37.
- Lin Tian-rui (林天瑞), 2015. Discussion on Chinese *Parabadiella*, Moroccan *Abadiella* and Australian *Abadiella huoi*, and on the taxonomic problem of the abadiellid trilobites viewed from cluster analysis. *Acta Palaeontologica Sinica* (古生物学报), **54**(3): 358—368 (in Chinese with English summary).
- Lu Yan-hao (卢衍豪), Zhang Wen-tang (张文堂), Qian Yi-yuan (钱义元), Zhu Zhao-ling (朱兆玲), Lin Huan-ling (林焕令), Zhou Zhi-yi (周志毅), Qian Yi (钱逸), Zhang Sen-gui (章森桂), Wu Hong-ji (伍鸿基), 1974. Cambrian trilobites. In: Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica (中国科学院南京地质古生物研究所) (ed.), *Handbook of Stratigraphy and Palaeontology, Southwest China*. Beijing: Science Press. 82—107 (in Chinese).
- Luo Hui-lin (罗惠麟), 1981. Trilobites from the Chiungchussu Formation (Lower Cambrian) in Meishucun of Jinning, Yunnan Province. *Acta Palaeontologica Sinica* (古生物学报), **20**(4): 331—340 (in Chinese with English summary).
- Luo Hui-lin (罗惠麟), Jiang Zhi-wen (蒋志文), Tang Liang-dong (唐良栋), 1994. Stratotype Section for Lower Cambrian Stages in China. Kunming: Yunnan Science and Technology Press. 1—183 (in Chinese).
- Steiner M, Zhu Mao-yan, Weber B, Geyer G, 2001. The Lower Cambrian of eastern Yunnan trilobite-based biostratigraphy and related faunas. *Acta Palaeontologica Sinica* (古生物学报), **40** (Supplement): 63—79 (in English with Chinese summary).
- Zhang Wen-tang (张文堂), 1966. On the classification of Redlichia-acea, with description of new families and new genera. *Acta Palaeontologica Sinica* (古生物学报), **14**(2): 135—185 (in Chinese with English summary).
- Zhang Wen-tang (张文堂), Babcock L E (巴比库克), Xiang Li-wen (项礼文), Sun Wei-guo (孙卫国), Luo Hui-lin (罗惠麟), Jiang Zhi-wen (蒋志文), 2001. Lower Cambrian stratigraphy of Chengjiang, eastern Yunnan, China, with special notes on Chinese *Parabadiella*, Moroccan *Abadiella* and Australian *Abadiella huoi*. *Acta Palaeontologica Sinica* (古生物学报), **40**(3): 294—309 (in English with Chinese summary).
- Zhang Wen-tang (张文堂), Lu Yan-hao (卢衍豪), Zhu Zhao-ling (朱兆玲), Qian Yi-yuan (钱义元), Lin Huan-ling (林焕令), Zhou Zhi-yi (周志毅), Zhang Sen-gui (章森桂), Yuan Jin-liang (袁金良), 1980. Cambrian Trilobites Faunas of Southwestern China. *Palaeontologia Sinica* (中国古生物志), Series 159, new B, **16**: 1—497 (in Chinese with English abstract).

## ON THE TAXONOMIC PROBLEM OF THE *ABADIELLA* TRILOBITES

LIN Tian-rui

(School of Earth Sciences and Engineering, Nanjing University, Nanjing 210093, China, lin\_tianrui@aliyun.com)

**Key words** *Abadiellid*, *Parabadiella*, *Abadiella*, *Guangyuana sp.*, Trilobita, cluster analysis, Cambrian

### Abstract

In the present paper, the method of “Q-mode cluster analysis” is used in a taxonomic study of 18 cranidia belonging to abadiellid trilobite genera

(subgenera) of traditional early Cambrian age. The statistical measurement of similarity is incremental sum of error squares ( $\Delta E$ ). The author uses the variables in the eight quantitative ratio form (see table 1). The resemblance relation matrices of all specimens are formed through

calculation of the increments of sum of error squares between those specimens (see table 2). Finally, the two-dimensional dendrogram is drawn by stepwise calculation (see text-fig. 2).

The dendrogram (text-fig. 2) shows nine specific groups by the association line having a value of increments of sum of error squares 0.1. They correspond as follows:

Group A (= *Abadiella huoi*)—containing 5 species: *Parabadiella huoi* Zhang, 1966 (1), *Parabadiella shaanxiensis* Zhang and Lin, 1980 (7), *Parabadiella obscurata* Zhang and Lin, 1980 (9), *Parabadiella (Danangouia) quadrata* Chen, 1985 (3), *Parabadiella tenuilimbata* Zhang and Lin, 1980(8).

Group B (= *Abadiella elegans*)—containing 2 species: *Guangyuanaspis elegans* Lee, 1978(14), *Guangyuanaspis fandianensis* Zhang and Lin, 1980(15).

Group C (= *Abadiella longmenshanensis*)—containing only 1 species: *Parabadiella longmenshanensis* Lee, 1978(11).

Group D (= *Abadiella yunnanensis*)—containing 2 species: *Parabadiella yunnanensis*

Luo, 1981 (17), *Parabadiella zhongliangsiensis* Chen, 1985(6).

Group E (= *Abadiella elevata*)—containing 2 species: *Parabadiella elevata* Lee, 1978 (12), *Parabadiella conica* Luo, 1981(16).

Group F (= *Abadiella hanzhongensis*)—containing 3 species: *Parabadiella (Danangouia) transversa* Chen, 1985 (2), *Parabadiella hanzhongensis* Chen, 1985 (4), *Parabadiella nanzhengensis* Chen, 1985(5).

Group G (= *Abadiella modaoyaensis*)—containing only 1 species: *Guangyuanaspis modaoyaensis* Chang and Qian, 1974(13).

Group H (= *Abadiella shaanxiensis*)—containing only 1 species too: *Guangyuanaspis shaanxiensis* Zhang and Lin, 1980(10).

Group I (= *Abadiella wudingensis*)—containing also only 1 species: *Guangyuanaspis wudingensis* Zhang and Lin, 1980(18).

Through the application of combined cluster analysis with traditional qualitative analysis in the study of 18 species of abadiellid trilobites in this paper, the opinion on lumping and transferring the studied species is proposed (see table 3).