

床板珊瑚形珊瑚自动鉴定方法^{*}

张松林 严幼因

(地质矿产部南京地质矿产研究所, 南京 210016)

内 容 提 要

根据床板珊瑚形珊瑚的系统分类特点, 自动鉴定程序从高级分类单位开始, 逐步向较低级别进行, 直至将标本鉴定到种。在仔细分析研究属以上级别分类单位鉴定特征性质的基础上, 首次提出了归属度的概念, 通过归属度计算判定被鉴定标本的归属; 在对每一属的各个种进行数值分类的基础上, 利用相似性系数对被鉴定标本进行统计识别, 将标本鉴定到种。

关键词 床板珊瑚形珊瑚 自动鉴定 归属度 相似性系数

化石自动鉴定工作随着电子计算机的不断普及与广泛应用显得愈来愈迫切, 目前我国在这方面的实际工作还很少。实现化石自动鉴定的关键在于传统的鉴定方法与计算机技术的有机结合。我们在床板珊瑚形珊瑚总结工作的基础上, 经过反复研究, 探索出一条实现床板珊瑚形珊瑚自动鉴定的有效途径。系统地开展象床板珊瑚形珊瑚这样一个庞大的分类系统的化石自动鉴定工作在国内尚属首次, 国外也未见及, 它不仅帮助提高床板珊瑚形珊瑚的鉴定效率, 而且对其它各门类化石自动鉴定工作的开展也具促进作用。

一、数据准备

前人对床板珊瑚形珊瑚进行了大量的研究工作, 积累了丰富的描述性资料(林宝玉等, 1988)。为将这些资料转化成适合于计算机处理的形式, 我们通过对这些资料的仔细分析研究, 根据床板珊瑚形珊瑚的系统分类结构, 分别编制了床板珊瑚形珊瑚亚纲 3 超目、10 目、15 亚目、85 科、476 属、2000 余种各分类单位的化石鉴定特征检索表。检索表的形式是一张 m 个特征(列)对 q 个分类单位(行)的表, 表中的数据是各分类单位具体的鉴定特征。每一检索表均假定被鉴定标本属于某一较高的分类单位, 它被用来帮助鉴定较低的分类单位。

表 I 和表 II 为检索表的两个实例。

鉴定特征检索表编制完毕后, 为将检索表转换成适合于计算机处理的形式, 尚需对表中的鉴定特征进行取值, 所谓取值指的是对鉴定特征作逻辑推断和区分。鉴定特征可细分为二态特征、定量特征和多态特征, 其中, 多态特征还可再分为定序的和定性的。我们对不同类型的特征采用相应的取值方法, 以保证不至于歪曲或损失鉴定特征所持有的原始有用信息。鉴

^{*} 地质行业科学技术发展基金资助项目。

定特征取值后,我们应用 dBASE-Ⅱ 关系型数据库管理系统,根据各鉴定特征检索表分别建立数据库。最后,我们按照床板珊瑚形珊瑚的系统分类,采用计算机磁盘操作系统的树形目录结构存储众多数据库文件。

上述工作为床板珊瑚形珊瑚的自动鉴定奠定了基础。

表 1 Family Multisoleniidae Fritz,1937 各属的鉴定特征检索表
Identifying characteristics of genera of Multisoleniidae

| 序 号 | 鉴 定 特 征 属 名 | 个体横切面 | | 联接构造 | | | 壁孔列数 | | 隔壁构造 | | | 体壁厚薄 | | 床板形态 | | | 时 代 |
|--------|--|-------------|-------------|--------|--------|-----------------------|--------|--------|-------------|-------------|-------------|------|---|--------|-------------|---------------------------------|--------------------------------|
| | | 多 边 形 | 脑 纹 状 | 角 孔 | 壁 孔 | 角 孔 十 壁 孔 | 一 列 | 多 列 | 长 刺 状 | 短 刺 状 | 鳞 片 状 | 厚 | 薄 | 完 整 | 不 完 整 | 呈 同 一 水 平 分 布 | |
| 1 | <i>Priscosolenia</i> Sokolov,1962 | | △ | △ | | | | | △ | | | | △ | △ | △ | | O ₃ |
| 2 | <i>Multisolenia</i> Fritz,1937 | | △ | △ | | | | | | △ | | | △ | △ | | | S ₁ —S ₃ |
| 3 | <i>Mesosolenia</i> Mironova,1960 | △ | △ | | | △ | △ | △ | | △ | | | △ | △ | △ | | S ₁ —D ₁ |
| 4 | <i>Mesosoleniella</i> Lin,1975 | | △ | | | △ | △ | | | △ | △ | △ | | △ | | | S ₂ |
| 5 | <i>Sapporipora</i> Ozaki,1934 | △ | | | △ | | △ | | | △ | | | △ | △ | | | S ₁ —D ₁ |
| 6 | <i>Caliapora</i> Schluter,1889 | △ | | | △ | | | △ | | | △ | △ | | △ | | | D ₁ —D ₂ |
| 7 | <i>Emmonsia</i> Milne-Edwards <i>et al.</i> , 1851 | △ | | | △ | | | △ | | | △ | △ | | △ | △ | | S ₃ —C ₁ |
| 8 | <i>Archypora</i> Chekhovich,1975 | △ | | △ | | | | | | △ | △ | | △ | △ | | | S ₁ |
| 9 | <i>Dictyosolenia</i> Lin et Wang,1981 | | △ | △ | | | | | | △ | | | △ | △ | | △ | S ₂ |
| 10 | <i>Sapporiporella</i> Y. X. Li,1983 | △ | | | △ | | △ | | | | △ | △ | | △ | | | D ₁ —D ₂ |
| 11 | <i>Pachysapporipora</i> Zhang,1981 | △ | | | △ | | | | | △ | | △ | | △ | | | D ₁ —D ₂ |
| 12 | <i>Pachycaliapora</i> Zhang,1981 | △ | | | | △ | △ | | | △ | △ | △ | | △ | | | D ₁ —D ₂ |
| 13 | <i>Caliaporella</i> Zhang,1981 | △ | | | △ | | | △ | | △ | △ | △ | | △ | △ | | D ₁ —D ₂ |
| 14 | <i>Paracaliapora</i> Wang,1981 | △ | | | | △ | | | | | △ | △ | | △ | | | D ₂ |
| 15 | <i>Mariusulites</i> Mironova,1974 | △ | | | △ | | △ | | | | △ | | △ | △ | | | D ₁ —D ₂ |
| 16 | <i>Sparsisolenia</i> Stasinska,1967 | △ | | △ | | | | | | △ | | | △ | △ | | | S ₁ |

注:△表示存在这一特征。下同。

表 I Genus *Mesosolenia* Mironova, 1960 各个种的鉴定特征检索表
Identifying characteristics of the species of *Mesosolenia*

| 序 号 | 鉴 定 特 征 种 名 | 个 体 | | | 体 壁 厚 度 (mm) | 床 板 | | | | 隔 壁 刺 | | | 联 接 构 造 | | | | 时 代 | | |
|-------------|--------------------------------------|-----------|----------------|--------|--------------------------|--------|--------|--------|----------------|-------------|--------|--------|------------------|--------|-----------|----------------|-----------|----------------|----------------|
| | | 横切面 形状 | 大 小 (mm) | | | 水 平 | 形 态 | | 间 距 (mm) | | 长 短 | 数 量 | 无 | 类 型 | | 直 径 (mm) | | 列 数 | 间 距 (mm) |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 多 角 形 | 角 圆 形 | 倾 斜 | 下 凹 | 弯 曲 | 短 | 多 少 | 角 孔 | 壁 孔 | 联 接 管 | | | | | | | | | | |
| 1 | <i>M. festivus</i> (Tchernychev) * | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | 0.15—0.24 | | 0.10—0.40 | S ₃ | |
| 2 | <i>M. biformis</i> C. M. Yu * | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | 0.13—0.22 | 1—2 | 0.14 | S ₂ | |
| 3 | <i>M. hubeiensis</i> Wu * | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | 0.18—0.20 | 1 | 0.40 | S ₁ | |
| 4 | <i>M. multisoleniformis</i> Lin * | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | 0.20—0.40 | | 0.40—0.50 | S ₂ | |
| 5 | <i>M. multispinosa</i> Lin * | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | 0.12—0.20 | | 0.20 | S ₂ | |
| 6 | <i>M. ? ningchiangensis</i> (Yang) * | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | 0.10 | | 0.20 | S ₂ | |
| 7 | <i>M. prima</i> Sokolov et Tesakov * | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | 0.22 | | | S ₂ | |
| 8 | <i>M. prima</i> Sokolov et Tesakov | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | 0.25—0.40 | | 0.20—0.30 | S ₁ | |

* 表示种的模式标本, ** 表示模式种,下同。

二、属以上级别自动鉴定

根据床板珊瑚形珊瑚的研究特点,属以上级别(包括属,下同)的鉴定是根据被鉴定标本的有关鉴定特征判断标本的归属。仔细分析研究每一属以上级别分类单位鉴定特征的性质,我们将它们划分为如下几种类型,特征 A:属以上级别分类单位所代表的全部标本都具有的特征,例如表 I 中的 *Mesosolenia* 属,它的全部标本都具有特征联接构造角孔+壁孔;特征 B:属以上级别分类单位所代表的全部标本都不具有的特征,例如表 I 中的 *Mesosolenia* 属,它的全部标本都不具有特征床板呈同一水平分布;特征 C:一组具一定联系的特征,属以上级别分类单位所代表的每块标本具有这一组特征中的 1 个或 1 个以上,例如表 I 中的 *Mesosolenia* 属,它的每块标本具有特征个体横切面多角形或特征个体横切面脑纹状,或两者兼有。

为正确判定被鉴定标本的归属,我们首次提出了归属度的概念,用它来衡量一标本归属于某一属以上级别分类单位的归属程度。设 X 为一被鉴定标本, T 为一属以上级别分类单位, T 具 p 个 A 类特征,分别为 A_1, A_2, \dots, A_p , q 个 B 类特征,分别为 B_1, B_2, \dots, B_q , r 组 C 类特征,第 i 组 C 类特征具 r_i 个特征,分别为 $C_{i1}, C_{i2}, \dots, C_{ir_i}$, 则 X 关于 T 的归属度可用下式进行计算:

$$B = 1 - [\sum_i |T_{Ai} - X_{Ai}| W_{Ai} + \sum_i |T_{Bi} - X_{Bi}| W_{Bi} + \sum_i \sum_j |T_{Cij} - X_{Cij}| W_{Cij}] / [\sum_i W_{Ai} + \sum_i W_{Bi} + \sum_i \sum_j W_{Cij}]$$

上式中 T_{Ai}, T_{Bi}, T_{Cij} 为 T 的各类特征对应的值, W_{Ai}, W_{Bi}, W_{Cij} 为各类特征对应的权。属以上级别分类单位的鉴定特征均按二态特征取值,对“有”或“是”取值 1,对“无”或“否”取值 0。被鉴定标本 X 的相应特征也按二态特征取值为 1 或 0。显然,根据上述 3 类特征的性质,上式中 $T_{Ai}=1, T_{Bi}=0, T_{Cij}=1$ 。在这里我们引入了特征的加权,其目的是为了区别各类特征在鉴定时的不同重要程度。加权的原则是,对 A 类和 B 类特征,其权 W_{Ai} 和 W_{Bi} 均为 1。对 C 类特征,其权是动态的,随 X 与 T 在该类特征上的具体表现而变化:只要 X 具有 T 的第 i 组 C 类特征的某一特征 C_{ik} ,则 W_{Cik} 为 1,其余 W_{Cij} 为 0;如果 X 不具有 T 的第 i 组 C 类特征的任一特征,则任取其中 1 个特征的权为 1,其余 W_{Cij} 均为 0,这实际上即第 i 组 C 类特征在鉴定中只占一份权。某些特征对鉴定无特殊意义,例如表 I 中的特征联接孔一列和特征联接孔多列,被赋权 0。另外,如果两个鉴定特征既经验高度相关又逻辑相关,我们对其中之一赋权 0,使该特征不参加自动鉴定计算。例如,表 I 中的特征体壁厚和特征体壁薄,我们对体壁薄赋权 0。显然,归属度 B 越大, X 归属 T 的可能性就越大。归属度的最大值为 1,最小值为 0。逐个计算 X 关于供判断选择的属以上级别分类单位的归属度,其中最大的归属度指示 X 的最佳归属。

化石的鉴定从较高分类级别向较低分类级别进行。鉴定过程中,如果选择了错误的科或属,就会导致错误地建立新种。为避免这种情况,我们采取了如下的措施:在实施属以上级别的化石鉴定时,根据归属度计算结果,同时给出几个最可能正确的分类单位及其相应的归属度,供鉴定者选择。这样做可将专家意见与计算机计算相互结合,能在较大程度上避免产生错误的选择。显然,还应该确定这样 1 个阈值,当最大的归属度小于此阈值时,便难于判定标

本的归属,或许需要建立1个新科或新属。我们针对这个问题作了初步尝试,但并没有获得满意的结果。事实上,只根据1块标本,就让计算机对是否要建立1新科或新属作出回答,是不切合实际。实际工作中应根据归属度的大小,结合专家意见作出正确判断。

三、种级自动鉴定

合理的分类是正确鉴定的基础。实际上,鉴定化石就是把化石归到某一已知的分类单位中去。关于床板珊瑚形珊瑚的分类,目前属以上级别已基本清楚,但属以下的,特别是种一级的划分,尚存在某些混乱,主要表现在种的划分过细,以及“同物异名”现象较为严重。比如,有些标本仅因为个体大小上的微小差异,便被定为不同的种。如此下去,种名势必泛滥成灾,种的划分标准也将越来越难以掌握和运用。

我们对床板珊瑚形珊瑚亚纲的2000余种,在传统属一级分类的基础上,根据数值分类的要求,按属提取各个种的有效鉴定特征作为分类特征,通过特征的取值和标度,采用加权明氏距离估计任意两个种之间的相似性,最后利用系统聚类法实现对每一属各个种的重新厘定。

对表Ⅱ中 *Mesosolenia* 属的各个种,经数值分类计算,取0.3210为界定分类的距离阈值,原定7个种共8个标本被归并成4个种。表Ⅲ是 *Mesosolenia* 属各个种的数值分类结果。

需要说明的是,如果原定的几个种通过数值分类被归并成1种,则该种的命名应遵循动物命名的优先律原则。如表Ⅲ中的2、4、5号种被归并为一个种,遵循优先律原则,4号、5号种应为2号种的同义名种。同理,6号种应为1号种的同义名种。如果原先被确定为1个种的两个标本通过数值分类被定成两个独立种,则其中的非模式标本应重新命名。

设有一块被鉴定标本,假如已将该标本鉴定到属,下一步便是对该标本进行种的鉴定。对被鉴定标本实施种级鉴定以当前属各个种的数值分类为基础。

为鉴定而排列的数据矩阵称为鉴定矩阵(表Ⅳ)。该矩阵由若干子矩阵组成,它纵向划分成Q个方块,每一方块代表一个种, $M = (A, \dots, J, \dots, Q)$ 。每个种由一个或数个代表性标本组成,这些标本在方块J内编号为 a_J, \dots, s_J 。矩阵的行代表标本的n个鉴定特征,此矩阵中特征的值有3个下标, X_{ijk} 为第K种第j标本第i特征的值。矩阵右侧的列向量 u 代表被鉴定标本,其元素 X_{iu} 是被鉴定标本第i特征的值。

我们采用与数值分类时相同的加权明氏距离作为相似性系数,用其度量被鉴定标本和当前属各个种的每一代表性标本之间的相似程度。被鉴定标本 u 与已知属第J种的标本 a_J 之间的距离由下式计算:

$$D_{u,a_j} = \sum_i W_i |X'_{iu} - X'_{ia_j}| / \sum_i W_i$$

式中, X'_{iu} 和 X'_{ia_j} 为 X_{iu} 和 X_{ia_j} 经标度处理后的值, W_i 为第i特征的权。特征的标度即对各特征的值作某种形式的数学变换,以消除由于特征的数值大小和可变性不一可能对自动鉴定效果产生的不良影响。我们采用与数值分类时相同的特征标度方法,即对鉴定矩阵中每一特征的值作正规化变换。正规化变换即将特征的值减去特征的最小值,再将其结果除以特征最大值与最小值的差:

$$X' = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$$

表 ■ Genus *Mesosolenia* Mironova, 1960 各个种的数值分类结果
Numerical taxonomy of the species of *Mesosolenia*

| 数值分类种号 | 原种号 | 鉴定特征 种名 | | 个 | | 体壁厚度 (mm) | 床板 | | | | 隔壁刺 | | | | 联接构造 | | | | 时代 | | | |
|--------|-----|------------|---|-----------|------------|--------------|----|----|----|----|------------|---|---|----|------|-----------|-----------|----------------|----------------|------------|----|------------|
| | | | | 横切面 形状 | 大小 (mm) | | 形态 | | | | 间距 (mm) | | | | 长短 | 数量 | 无 | | | 直径 (mm) | 列数 | 间距 (mm) |
| | | | | | | | 水平 | 倾斜 | 下凹 | 弯曲 | 短 | 多 | 少 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 角形 | | | 圆形 | | | | | |
| 1 | 1 | △ | △ | 0.40—0.60 | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | 0.15—0.24 | 0.10—0.40 | S ₃ | | | | |
| | 6 | | △ | 0.40—0.55 | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | 0.10 | 0.20 | S ₂ | | | | |
| 2 | 2 | △ | △ | 0.45—0.75 | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | 0.13—0.22 | 1—2 | 0.14 | S ₂ | | | |
| | 4 | △ | △ | 0.45—0.60 | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | 0.20—0.40 | 0.40—0.50 | S ₂ | | | | |
| | 5 | △ | △ | 0.30—0.60 | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | 0.12—0.20 | 0.20 | S ₂ | | | | |
| 3 | 7 | △ | △ | 0.70—1.00 | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | 0.22 | | S ₂ | | | | |
| | 8 | △ | △ | 0.75—1.20 | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | 0.25—0.40 | 0.20—0.30 | S ₁ | | | | |
| 4 | 3 | △ | △ | 0.50—1.20 | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | 0.18—0.20 | 1 | 0.40 | S ₁ | | | |

表 IV 鉴定矩阵与向量 u
Identifying matrix and vector u

| | 种 A 的标本 aA...rA | | 种 J 的标本 aJ...sJ | | 种 Q 的标本 aQ...tQ | 被鉴定标本 u |
|---|--------------------------------------|-------|--------------------------------------|-------|--------------------------------------|-----------------|
| 1 | X _{1aA} ...X _{1rA} | | X _{1aJ} ...X _{1sJ} | | X _{1aQ} ...X _{1tQ} | X _{1u} |
| 2 | X _{2aA} ...X _{2rA} | | X _{2aJ} ...X _{2sJ} | | X _{2aQ} ...X _{2tQ} | X _{2u} |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| n | X _{naA} ...X _{nrA} | | X _{naJ} ...X _{nsJ} | | X _{naQ} ...X _{ntQ} | X _{nu} |

诸特征的值经正规化变换后,其变化范围均在 0—1 之间,且为无量纲数据。被鉴定标本各特征的值同样被施于上述变换。显然,当被鉴定标本某一鉴定特征的值超出鉴定矩阵中各个标本相应特征的值的变化范围时,对被鉴定标本该特征的值变换将达不到正规化的要求(变换后的值大于 1 或小于 0),但这一般不影响鉴定结果。特征的权是衡量特征在分类中重要程度的一个定量标志。为区别各特征在分类中的不同重要程度,必须对特征进行加权。上面计算两标本间距离时所采用的特征权值也与数值分类时采用的特征权值相同。分别计算被鉴定标本与每个种的各代表性标本之间距离的平均值,该值可用来衡量被鉴定标本与每个种的相似程度,距离越大,相似程度越低。如果这些平均值中的最小值小于数值分类时界定分类的阈值,则被鉴定标本即被归入与该最小值相对应的种。否则,我们认为被鉴定标本应代表 1 新种,但实际上能否据此建立 1 新种,还有待于进一步的研究。实际工作中,一旦建立了新种,就应该将其添加到它所在的属,供以后鉴定其它标本时利用。添加新种后,种的鉴定特征的变化性可能会有所改变,当添加的新种为数不多时,通常不会引起严重问题,但如果添加的新种较多,就应该对这些新种所在属的全部种(包括新种)重新进行数值分类,以获取更合理的分类结果。

四、自动鉴定实例

设有一块床板珊瑚形珊瑚标本 X,描述如下:个体细小,横切面为规则的五边形至六边形,体径 0.3—0.7mm;体壁较薄,厚度 0.05—0.08mm。床板完整,中央微下凹,床板间距 0.2—0.4mm。壁刺短少。壁孔及角孔均较为发育,孔径 0.3—0.5mm。

如果对被鉴定标本的归属情况一无所知(仅知道是床板珊瑚形珊瑚),则自动鉴定自亚纲开始,逐步向较低级别进行,并可一直将标本鉴定到种。但在很多情况下,我们对床板珊瑚形珊瑚的系统分类情况比较了解,根据标本的某些特征,可明确判定标本的初步归属,比如标本应归某一目或某一科甚至某一属,这时的自动鉴定就没有必要自亚纲开始,而只需自标本初步归属的分类单位开始。

根据上述标本某些明显的特征,我们断定 X 应该归属床板珊瑚超目、蜂巢珊瑚目、蜂巢珊瑚亚目的多管珊瑚科。如果需要进一步知道该标本应归何属,是否为新种,其鉴定步骤如下:首先进行属级鉴定,即判定 X 归属多管珊瑚科的哪一属。依据多管珊瑚科所属各属的鉴定特征检索表的构成,输入被鉴定标本的有关鉴定特征,根据归属度计算,我们得出被鉴定

标本归属可能性最大的 3 个分类单位及其相应的归属度分别为: (1) *Mesosolenia* Mironova, 1960 (100.000%); (2) *Pachycaliapora* Z. Q. Zhang, 1981 (90.909%); (3) *Sparsisolenia* Stasinska, 1967 (83.333%)。根据归属度大小, 我们判定 X 应该归属 *Mesosolenia* Mironova, 1960。

将被鉴定标本 X 鉴定到属后, 下一步是种级鉴定, 即将 X 鉴定到种。依据中管珊瑚属所属各种的鉴定特征检索表的构成, 输入被鉴定标本的有关鉴定特征, 通过自动鉴定计算, 我们得出被鉴定标本与已知属各种之间的最小平均距离值为 0.2424, 与该值对应的种是 *M. biformis* C. M. Yü, 1962。中管珊瑚属诸种数值分类时界定分类的距离阈值为 0.3210, 最小平均距离值小于此阈值, 因此, 被鉴定标本不应该是 1 新种。被鉴定标本应该是 *M. biformis* C. M. Yü, 1962。该种的同义名种如下: (1) *M. multisoleniformis* Lin in Y. X. Li *et al.*, 1975; (2) *M. multispinosa* Lin in Y. X. Li *et al.*, 1975。与被鉴定标本最接近的同义名种为 *M. multisoleniformis* Lin in Y. X. Li *et al.*, 1975, 距离值为 0.2276。

参 考 文 献

- 张松林, 1990: 床板珊瑚形珊瑚的数值分类研究, 南京地质矿产研究所所刊, 11(1): 29—37。
张松林、武耀诚, 1991: 应用 dBASE-Ⅲ 建立床板珊瑚形珊瑚数据库。南京大学学报(地球科学), 2: 195—201。
林宝玉、池永一等, 1988: 床板珊瑚形珊瑚。地质出版社。
周冠雄编著, 1986: 计算机模式识别。华中工学院出版社。
蔡元龙编, 1986: 模式识别。西北电讯工程学院出版社。

[1991 年 3 月收到, 1993 年 9 月修改]

AN APPROACH TO AUTOMATIC IDENTIFICATION OF TABULATOMORPHIC CORALS

Zhang Song-lin and Yan You-yin

(Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Nanjing 210016)

Key words tabulatomorphic corals, automatic identification, degree of membership, similarity coefficient

Summary

The automatic identification of tabulatomorphic corals is realized by the following steps. First of all, hundreds of retrieval tables of the fossil-identification features of each

taxonomic unit from the genus above are created, on the basis of the currently published 3 superorders, 10 orders, 15 suborders, 85 families, 15 subfamilies, and 476 genera of the subclass Tabulatomorpha in the world and 2 225 species found in China. Secondly, after the coding of the identification features, these tables are stored under a tree structure database system by applying dBASE-Ⅲ, with each table corresponding to a database. Finally, according to the systematic taxonomy of tabulatomorphic corals, the automatic identification of an unknown specimen is progressively proceeded from a higher taxonomic unit to a lower unit until species. If the unit is from the genus above, the degree of membership is determined after the weighing of the features, with the highest degree indicating the belongingness of the unknown specimen to a specific unit. On the other hand, in case the unit is the species, a similarity coefficient is used to measure the similarity of an unknown specimen to each species of a specific genus based on the numerical taxonomy of the already known specimens of the genus, which redefines the species of the genus through scaling the features, weighing the features, determining the similarity coefficient between every two of the known specimens, and cluster analysis of all the known specimens. The best coefficient shows the species decision of the unknown specimen.

An identification example is given in this paper, with very satisfying result.