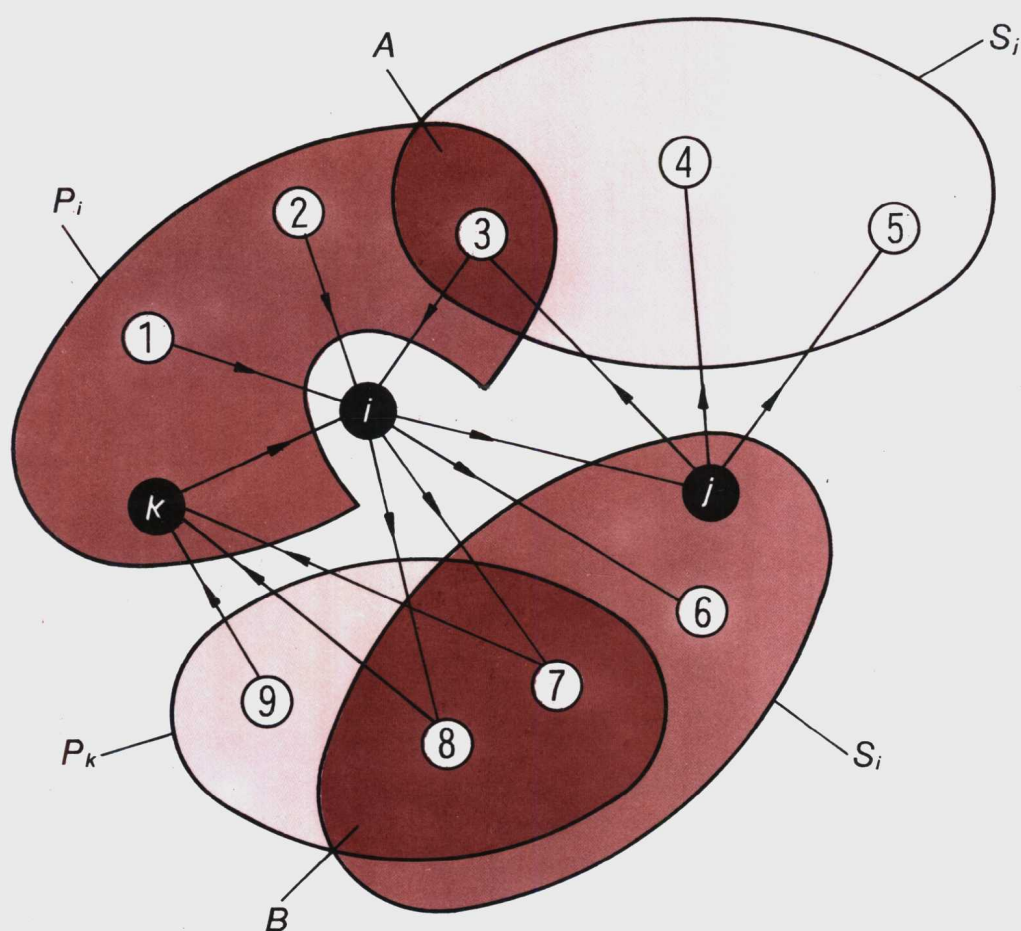


定量生物地层学

——单元组合法

[瑞士] J. 盖克斯 著



海洋出版社

定量生物地层学

——单元组合法

[瑞士] J. 盖克斯 著

白俊峰 译

海洋出版社

1996年·北京

内容简介

这是第一部关于应用图论理论建立的定量地层对比技术(单元组合法)的专著。单元组合法是目前少有的最具有完整的理论体系和具备良好的实际应用效果的定量生物地层学方法之一。著名的J. 盖克斯教授精心设计的这一决策论分析方法是系统地解决化石物种的地层记录本身内在固有的各种矛盾。实践证明,在解决地层学问题上,运用决策论数学模型要比应用统计或概率方法会得到更现实和更合理的结果。

本书的前半部分是对解释高度复杂的生物地层资料的理论分析和处理方案,后半部分详细地给出了利用计算机辅助的单元组合法去分析和解决实际地层问题的大量实例。在阐述理论模型时,作者J. 盖克斯教授都精心和巧妙地将每一数学理论与具体的地层学概念和问题有机地结合起来,再加上译者白俊峰博士详尽而简练的翻译和附加的大量注释,都使本书变得通俗易懂。即使对那些不具有相关数学基础知识的人来讲,想读懂此书也不算是什难事。无论是从事理论研究还是实践工作的地质学家、构造地质学家和古生物学家,都将从这一新的地层学方法中受益匪浅。对从事地质、石油和煤炭方面人才教育和培养的高等院校来讲,这也是一本相当出色的教材。

Corrélations Biochronologiques et Associations Unitaires

Jean Guex

[瑞士] J. 盖克斯 著

白俊峰 译

图书在版编目(CIP)数据

定量生物地层学——单元组合法/(瑞士)J. 盖克斯(Guex, J.)著;白俊峰译. —北京:海洋出版社,1996. 12

书名原文:Corrélations Biochronologiques et Associations Unitaires

ISBN 7-5027-4237-9

I. 定… II. ①盖… ②白… III. 生物学:地层学—定量分析—研究 IV. Q911.6

中国版本图书馆CIP数据核字(96)第23601号

版权登记号:图字 01-96-1451

© 1987, Presses Polytechniques Romandes CH-1015 Lausanne, Switzerland

© 海洋出版社,1996

责任编辑:彭 慧

海洋出版社 出版发行

(100860 北京市复兴门外大街1号)

海洋出版社印刷厂印刷 新华书店发行所经销

1996年12月第1版 1996年12月北京第1次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:13.25

字数:336千字 印数:0~1000册

定价:26.50元

海洋版图书印、装错误可随时退换

谨以此书献给
Dan Patrulius, Carlo Sturani 和 Riccardo Asseretto.

著者 J. 盖克斯

谨以此译著纪念我亲爱的双亲白文明先生和张桂兰女士
以及我尊敬的导师安泰庠教授。

谨以此译著向尹衍樑教授和杨守仁教授表示无限的感激之情，
两位恩师对我的成长给予了莫大的鼓励和帮助。

谨向从小学到大学所有教育和传授给我知识的老师们
表示同样的感激之情。

谨向为我求学做出贡献的亲人们表示由衷的谢意。

译者 白俊峰



著者简介

J. 盖克斯教授, 1945 年出生于瑞士。他对现代古生物学(Paleobiology)、菊石的演化学以及对利用化石给沉积岩定年的相关理论问题的研究最感兴趣。这最后一项研究兴趣使他深入研究了离散的生物年代表的特性, 并且依据图论创建了定量地层对比的单元组合法。

在过去的 20 余年中, 他在北非、中东和北美等地区进行了大量的野外工作, 为他的研究工作收集菊石化石。自 1977 年以来, 他一直在洛桑大学教授古生物学和地层学。



译者简介

白俊峰博士, 蒙古族, 1966 年出生于内蒙古扎赉特旗, 1983 年 7 月高中毕业于内蒙古乌兰浩特市第一中学。1983 年 9 月至 1994 年 7 月就读于北京大学地质学系, 在攻读博士学位期间兼任助教, 分别获得理学学士、硕士和博士学位。1994 年 7 月来到中国科学院古脊椎动物与古人类研究所工作, 从事恐龙骨组织学方面的研究工作。

译者序

1990年初,当我师从杨守仁教授做硕士毕业论文而查阅文献时,发现了著名学者J. M. Cubbit 和 R. A. Reyment(1982)主编的《定量地层对比》(Quantitative Stratigraphic Correlation)一书。好奇心驱使我立即借回这本文集并似懂非懂地阅读了一遍,随即我便对“定量地层学”产生了浓厚的兴趣。导师的鼓励和自己的求新意识激起我一定要在论文中应用定量方法的决心,于是找到了适合我当时所做论文(《江西信丰县铁石口地区二叠—三叠系界限综合研究》)内容的“有序最优分割法”和“肖氏图解对比法”。此两种方法的应用取得了非常良好的结果,使我的论文顿时生辉不少。杨教授一直积极鼓励并通力支持我拓展知识面,使得我能够应用古生物学及生物地层学、定量地层学、事件地层学、沉积学、元素地球化学和粘土矿物学等多学科手段顺利地完成硕士学位论文。

其实早在读大学本科三年级时,我就对 Shaw(1964)的《地层学中的时间》(Time in Stratigraphy)这本专著产生了浓厚的兴趣。由于当时忙于自学“有机化学”和“生物化学”这两门课程,因而寄希望于将来读研究生时再钻研“定量地层学”。然而,读了研究生之后,为了减轻多年来一直为我离家在外求学而辛勤操劳的父母亲和姐弟们的负担,同时也有了国家提供的能基本维持每月伙食费的助学金,我毅然决定从此要辅以勤工助学的方式完成学业。由于当时还缺乏勤工助学的社会大环境,谋求自助的艰难使我耗去了大量的宝贵时间,这迫使我早把原来计划钻研“定量地层学”的“冲动”给抛到了九霄云外。

1990年秋,我开始师从安泰详教授攻读博士学位。回想起多年来父母亲和亲人们对我的殷切期望,再加上导师安教授鼓励我一定要根据自己的特长利用读博士的时间在某个新的边缘交叉学科领域里有所钻研和造就,做到不愧为一名北大合格的博士,我早先钻研“定量地层学”的激情又被感召回来,于是开始了艰辛的钻研历程。

我利用两年多时间阅读了定量地层学方面的两本专著、三本文集、两本专刊和其它100余篇论文,还与概率统计系硕士生张勇同学合作编写了UniAM程序。这些文章我都是一字一句地仔细学习的,文中许多数学知识都是我以前未曾学过或是已很生疏了的。为了读懂这些文章,我向数学系的本科生、硕士生和博士生请教了无数次。为了更好地掌握各种定量地层对比方法的计算机程序,我还跟随89级计算机系本科生旁听了一年半的软件专业基础课程。当时我能使用的计算机只是古生物教研室的CPU为8088芯片的PC-XT微机,许多较长的程序实在无法在其上调试和运行,我经常是傍晚6点钟出发跑到同学或朋友那里借用机器,通宵达旦直到第二天早晨6点才往学校赶。就这样,我基本掌握了定量地层学各种方法的原理和操作过程。此外,我编写了7万余字的“定量地层对比技术”一文,但终因出版经费问题而未能发表。

在这钻研的起始阶段,学习本身的困难自不再提,精神和生活上的重压又不断向我袭来。1991年元月父亲离开了人世,我怀念父亲,牵挂着远离我的母亲,精神和情感上承受着巨大的压力和悲痛,以至于当夏季来临时我居然不知春天何时悄悄流逝。此时物价又不断上涨,助学金已难以再能维持我基本的生活费,我生活上又陷入了非常拮据的窘境。正在我处于进退两难困境的关键时刻,于1991年深秋我幸遇恩师光华教育基金会总干事尹衍樑博士,他的谆谆教诲和勉励,使我重新振作起精神,坚定了继续刻苦读书的决心,他的深切关怀以及罗壕才校长、导师安泰详教授和地质系老师们的厚爱,使我连续三年分别获得了NKK奖学金、光华奖学金和泰昌奖学金。这些奖学金既给了我巨大的精神鼓励,又减轻了我生活的负担,使我能够安心学习和钻研定量地层学。

1992 年底我萌生了翻译“Automated Stratigraphic Correlations”(Agterberg, 1990) 和“Biochronological Correlations”(Guex, 1991)(现中译本取名为《定量生物地层学——单元组合法》)这两本重要专著的念头,想以此来推动我国的定量地层学的发展。于是先开始翻译前一本书(该书所述的 RASC & CASC 法为目前概率论范畴内最具理论体系的方法),同时积极着手筹措出版资金。当重点的章节都已翻译完毕时,寻找到出版这本书的资金的希望还是无影无踪,幸运的是出版后一本书的中译本的资金却有希望落实。当我正欣喜之余,传来母亲病重的噩耗,仅一个月之后母亲就忍着巨大的病痛于 1993 年 6 月仓促地去了。我无限感念一生仁爱、俭朴、辛勤为我求学而操劳的母亲!承受着失去父母双亲的悲痛,从 1993 年 6 月至 1994 年 6 月,我全部投入到博士学位论文的撰写之中,翻译计划暂时停止。在博士论文(《内蒙古桌子山中奥陶统乌拉力克组牙形石生物地层及沉积环境》)中应用单元组合法在划分对比地层和判定再沉积化石方面取得了非常良好的结果,再加上首次在研究的地层中识别出等深积岩并据此澄清了以前对沉积环境和生物相的混乱认识,因而出色地完成了学位论文,并顺利通过答辩。

出版“Biochronological Correlations”中译本的经费也几经周折最终于 1994 年底落实到位,此时我已博士毕业来到中科院古脊椎动物与古人类研究所工作。因忙于其它事情,直到 1996 年 6 月才腾出时间开始翻译。6 月初至 7 月初,我翻译完了第 1~8 章,同时还请北大博士生江大勇同学翻译了第 12~14 章。9 月至 11 月,我开始排版、翻译第 9~11 章以及第 15~16 章,校对第 12~14 章和整理图件工作,每日都工作到深夜 1、2 点钟。书中剖面地点名称的大小级别很不一致,为避免因翻译后可能会给读者造成误解,所以剖面名称一律未译。

盖克斯教授独创的单元组合法非常重要,它是目前决策论范畴内最具完整理论体系的定量地层学方法,BioGraph 程序的实际应用效果也非常理想。世界上许多国家的大学和研究机构都在讲授或应用这个方法和程序。例如,阿根廷的罗萨里奥大学;澳大利亚的 La Trobe 大学;加拿大的多伦多大学和 British Columbia 大学;丹麦地质调查所;西班牙的马德里德大学和 Cadix 大学;土耳其的伊斯坦布尔大学;法国的里昂大学、斯特拉斯堡大学、Montpellier 大学、巴黎第六大学和巴黎自然历史博物馆;匈牙利的布达佩斯大学;意大利的米兰大学、比萨大学、Firenze 大学和卡尔加里大学;罗马尼亚的布加勒斯特大学;斯洛文尼亚的卢布尔雅那古生物研究所;日本的 Hokkaido 大学;美国俄勒冈州的波特兰州立大学;中国的北京大学和南京地质研究所。许多学者都特别重视此方法并应用它取得了一系列重要研究成果,特别是 Baumgartner (1984a, b)、Baumgartner et al. (1980, 1995)、Gorican (1993)、Carter (1993) 和 O'Dogherty (1994) 等人关于放射虫分带的重要研究成果基本上是依据单元组合法建立的,即将发表的由多国学者通力合作进行的关于里阿斯世放射虫带的重大研究也得益于此方法。笔者希望本书的出版能够引起中国学者对这一方法的高度重视,并应用它为我们的科研和生产实践服务。洛桑大学地质研究所非常重视这本书,待本书出版后他们准备在瑞士洛桑为本书的出版举行一个庆祝活动,并愿意出资邀请我前往参加这个庆典。

为了配合读者学习和应用单元组合法,盖克斯教授愿意免费提供 BioGraph 程序(联系地址:Prof. Jean Guex, Institute de Geologie, UNIL BFSH 2, CH-1015 Lansanne, Switzerland)。在此,我谨代表中国同行向他表示诚挚的谢意。

由定性研究向定量研究的发展是自然科学的一般发展趋势,愿我国的地层学研究能早日向定量研究方向发展。

白俊峰

1996 年 12 月于中科院古脊椎动物与古人类研究所

前言

本书的目标是阐述如何建立一个复杂生物地层数据的综合体和如何从这个综合体中构建一个仅以沉积岩中的化石内容为基础的相对生物年代表。这样的年代表可以用来给孤立的含化石样品确定相对年代。

从实践的观点看,本书叙述的方法将尤其会引一些古生物学家和地质学家,他们必须根据潜在的或明显矛盾的生物地层资料来建带和进行地层对比。

众所周知,构建生物年代表的各种困难主要归因于化石记录的不连续特性。我们知道,不同化石的首次出现(或最后消失)之间的关系在彼此相距很远的地质剖面上很少是一致的。要发现在一个大区域范围内对进行重要的生物年代对比有用的基准数据或化石组合经常是极其困难的。

这里论述的理论模型(以“单元组合法”著称)给这些问题中的大多数问题提供了清晰的解决方案。与那些产生“平均”延限的统计和概率分析技术相反,这里的方法是属于纯决策论范畴的方法。在第15章中,我们会说明为什么那些技术中的大多数能产生与原始生物地层观察情况不相符的结果(即所研究样品的化石分类内容未出现在其结果中)。

这里使用的综合体是以参考(即一个年代参考系统)的形式表现的。这些参考的具有年代重要性的单元大致对应于共存延限带和欧佩尔带。这些带在这里是被看成是离散的(即不连续的),彼此之间由分隔间隔给孤立开来。

构建这种带所需的操作是一些基本的,但并不总是简单的。我们将从分析生物年代参考的基本特性开始我们的论述。这能够使我们评价基于复杂的古生物学数据的地层对比的有效性,这还能够帮助读者掌握一些必需的数学知识和算法,这些知识和算法是意识到和理解在不同地点的物种中间频繁地观察到的矛盾地层关系所不可缺少的。

本书中的思路是经过笔者数年的潜心研究而逐渐发展起来的,并以一系列基本要点的形式发表于1977~1984年间。为了避免过多的自我引用,我们将在书中主要提及那些归功于他人的思想。

有两个不同的计算机程序使得分析在目前这本书中多次使用的一些相当复杂的生物地层数据成为可能。最早的一个程序是由Davaud编写并与作者合作发表(Guex and Davaud, 1982、1984、1986)。这个程序的最新版本被称为“DV-86”。另一个被命名为“BioGraph”的程序是最近由Savary在IBM系列微机上开发的(Savary & Guex, 1991)。这个效率非常高的程序将在第6章中予以叙述,它被用来解决本书中大多数复杂的问题。

1992年白俊峰博士开始以信函的方式与我探讨书中的一些理论问题,并指出了书中存在的一些会引起误解和造成歧义的印刷小错误。这一切都证明他的阅读是极其细致的。多次信件来往之后,白俊峰博士最后提出翻译本书并在中国出版的建议。从我们频繁的学术探讨中,我确信白俊峰博士已经不仅准确而熟练地掌握了书中的数学理论和算法,而且还熟悉其它定量地层学的理论和方法。我还发现他对一些地层学理论问题和应用数学模型解决地层学问题方面有其深刻和独到的见解,因而我相信他的翻译一定会比在欧洲出版的法文和英文版本要好。就这样,我欣然地接受了他的友好建议,并为他筹集到了出版资金。在这里,我要特别感谢白俊峰博士所做出的艰辛努力和卓有成效的翻译。我特别高兴本书的中文版能在中国出版。如果中文版的出版能对中国的地质学家们有所受益,那将更使我感到欣慰。

J. 盖克斯

致 谢

我首先要诚挚地感谢瑞士国家科学基金会(SNSF)。如果没有她的资助,本项研究工作是可能实现的。

同 A. Baud、P. Baumgartner、J.-L. Dommergues、L. Edwards、R. Enay、J. Gabilly、H. Hubbard、H. Masson、J. Remane、F. Reuse、G. Scott、D. Taylor、E. T. Tozer、R. Trumpy 和 D. de Werra 的无数次讨论,间接地帮助了我将这些结果以我希望的能让大多数自然学者接受的形式表述出来。这里我要向这些杰出的同行们表示衷心的感谢,感谢他们的鼓励和非常有益的批评。

我尤其要向 F. Reuse 和 H. Hubbard 表示我的感激之情,感谢他们在我修改第 3~5 章方面提出的难以估价的建议。同时也要向英文版的翻译者 B. Burke-Hubbard 和中文版的翻译者白俊峰博士表示同样的感激之情,特别感谢他们的出色翻译,使得更多的读者能方便地阅读我的这本书。

我还要向 J. Savary 和 E. Davaud 在计算机科学方面为我做出的重大贡献表示敬意,他们的贡献使得我能够在本书后面列举的应用实例给出详尽的分析。

最后,但并不是最不重要的,我们尤其要感谢 Presses Polytechniques Romandes 出版社允许我们出版这本中文版并免去任何版税,我还要特别感谢洛桑大学地质研究所为本书中文版的出版提供了资金。

著者 J. 盖克斯

我首先要感谢 Presses Polytechniques Romandes 出版社授予我这本书的中文版权并免去版税,感谢瑞士洛桑大学地质研究所为本书的出版提供了资金,感谢 J. Guex 教授爽快地接受我翻译本书的建议并为我能够出版本书所做的卓有成效的努力,感谢王英华教授在我筹集出版资金时提供的良好建议和帮助,我还要特别感谢马凤珍、彭慧两位编辑和侯连海教授为出版本书做出的巨大贡献。

我诚挚地感谢在我学习定量地层学过程中给予我重要帮助的张勇、周莽、布和朝鲁博士、周长发博士、周盛凡博士、冯慧博士、徐茂智博士、岑长华博士、杨小毛博士、李凯林博士,感谢白志强教授给我向北大地质系古生物专业的研究生介绍定量地层学的机会。

我衷心地感谢在我翻译过程中给予我各种帮助的胡耀明、刘丽萍、刘俊、陈红、李本翠、孙晓婷、冯兴无、阎冬、王辉跃、毕顺东、金帆博士、张江永博士、汪筱明博士、李国清博士、张兆群博士、董为博士、王谦博士、熊庆旭博士、王宏伟博士和袁曙宏博士。

我尤其要向徐兴和刘金毅博士表示我的感激之情,感谢两位同事在我翻译疑难句时给予的启发和在使用计算机方面的通力支持与合作;同时也要向江大勇博士表示同样的感激,特别感谢他的出色翻译。

我还要向陈凌云小姐在用方正系统排版方面为我做出的重大贡献表示特别的谢意。

最后,我要特别感谢中国科学院古脊椎动物与古人类研究所的领导、老师和同事们在我工作的两年多里给予我的诸多关照,尤其要向赵喜进教授、吴茂林总经理、陈红小姐、马安娜处长和王士阶主任表示我的诚挚谢意。

译者 白俊峰

目 次

第 1 章 生物年代表的特性	1
1.1 引言	1
1.2 离散年代表的特性	1
1.3 理想参考	2
1.4 原始参考	5
1.5 原始参考的年代学解释	6
1.6 离散的生物年代表	9
第 2 章 参考的半经验法构建	11
2.1 引言	11
2.2 定义	11
2.3 方法	14
2.4 应用实例	16
2.5 小结	20
第 3 章 生物年代参考和图论	23
3.1 地层关系的表述	23
3.2 定义	23
3.3 描述性和技术性术语的定义	26
3.4 间隔图	30
3.5 最大团和单元组合	32
3.6 方法论概述	33
3.7 符号含义概述	35
3.8 一个具体问题:南斯拉夫 Ilerdian 阶的蜂窝虫	37
第 4 章 转换生物地层图	38
4.1 引言	38
4.2 寻找虚拟共生	38
4.3 判定 G^* 中的环和循环	39
4.4 向图 G 中添加虚拟边	41
第 5 章 原始参考、参考和对比	46
5.1 引言	46
5.2 构建单元组合	46
5.3 排序单元组合	47
5.4 图 G_k 和原始参考	48
5.5 辨别单元组合	51

5.6 最佳生物年代分带	53
第6章 BioGraph 程序	58
6.1 引言	58
6.2 约定和定义	58
6.3 方法	58
6.4 BioGraph 程序应用实例	61
第7章 判定再沉积	67
7.1 引言	67
7.2 定义	67
7.3 方法	68
7.4 对蜂窝虫问题的结语	71
7.5 对再沉积问题的结语	73
第8章 化石记录的质量	74
8.1 引言	74
8.2 定义	74
8.3 系数	75
8.4 系数之间的关系	77
第9章 矛盾的生物年代对比	80
9.1 Salt 山脉的下三叠统	80
9.2 岩石地层框架和菊石带	80
9.3 牙形石的地层分布	80
9.4 生物年代解释	82
9.5 讨论	84
第10章 海进—海退旋回	85
10.1 密西西比和亚拉巴马地区的早第三纪底栖有孔虫	85
10.2 基本注释	85
10.3 数据库	85
10.4 单元组合和对比	85
10.5 地层学解释	89
10.6 物种的化石记录质量	90
10.7 问题的复杂性	91
10.8 一个综合生物年代学的例子	93
第11章 穿时的基准数据	96
11.1 加利福尼亚早第三纪的超微浮游生物	96
11.2 数据库	96
11.3 对比和分带	96

11.4 第一个结论·····	97
11.5 基准数据的生物年代离散性·····	99
11.6 与 Deboo 的数据的比较 ·····	105
11.7 问题的复杂性 ·····	106
11.8 建造一个基准数据系列 ·····	107
第 12 章 LAD 的穿时性:可能的原因 ·····	113
12.1 前言 ·····	113
12.2 地中海新第三纪超微浮游生物 ·····	113
12.3 与加利福尼亚的超微浮游生物的比较 ·····	117
12.4 结论 ·····	117
第 13 章 特提斯放射虫岩的时代 ·····	119
13.1 一个复杂的地质问题 ·····	119
13.2 特提斯地区的放射虫带 ·····	119
13.3 生物年代对比和地质解释 ·····	119
13.4 动物群的交替速率 ·····	121
第 14 章 单元组合和菊石带 ·····	124
14.1 引言 ·····	124
14.2 原始数据 ·····	124
14.3 分带 ·····	124
14.4 方法的精度 ·····	124
14.5 有争议的虚拟共生 ·····	129
14.6 古生物学方面的注释 ·····	131
第 15 章 定量生物地层学 ·····	133
15.1 一般性评论 ·····	133
15.2 多变量法 ·····	134
15.3 概率论法 ·····	136
15.4 决策论法 ·····	138
15.5 延限表的比较 ·····	141
第 16 章 带、层型和争论 ·····	144
16.1 引言 ·····	144
16.2 奥佩尔带和单元组合 ·····	144
16.3 系统发育序列和系统发生带 ·····	145
16.4 奥佩尔带、间隔带和基准数据·····	146
16.5 标准带 ·····	149
16.6 顶峰带和高峰带 ·····	150
16.7 层型 ·····	150

16.8 综合生物年代学和标准选择	152
16.9 化石带的有效性	152
附录	154
附录 A Palmer(1965)的数据库	154
附录 B Drobne(1977)的数据库	157
附录 C Sweet(1970)的数据库	160
附录 D Deboo(1965)的数据库	162
附录 E Sullivan(1964,1965)的数据库	170
附录 F Muller(1978)的数据库	178
附录 G Baumgartner(1984a)的数据库	183
附录 H Dommergues 和 Meister(1987)的数据库	185
附录 I Schaaf(1985)的数据库	188
参考文献	192
主题索引	199

第 1 章 生物年代表的特性

1.1 引言

本书讨论利用复杂的生物地层资料来建立生物年代表的系列问题。

这种年代表是相对的。其含义是这种年代表描述的是关于那些具体持续年限不确定的间隔(如带)之间的一个相对先后顺序而已。现有几类有明显差别的生物年代表。这里我们只提一下其中最重要的(图 1.1)：

1. 根据某种化石的相对丰度所建立的连续生物年代表,该种化石与所研究的一组化石中的其它化石相比,它的保存不易受外界环境的影响(如受成岩作用的影响)。构成这种年代表的单元(如富集带和顶峰带)是连续的。Remane(1963)的几丁虫带即属于此种年代表。
2. 由分隔某一物种的首次出现(或绝灭)与另一物种的首次出现(或绝灭)的间隔为单元所构成的连续生物年代表,这些间隔单元就是目前微古生物学家所使用的“间隔带”。
3. 由唯一的和相互排斥的物种组合为单元所构成的离散年代表,这样的单元彼此之间不连接,为分隔间隔所隔开。这些单元相似于“共存延限带”和“奥佩尔带”。

在本书中,我们对这 3 种年代表中的离散年代表最感兴趣。因为在大多数情况下,生物地层资料是非常不连续的,用这样的资料不可能建立连续的带。很明显,不连续的地层资料只能产生离散的带。

在这样的带中查找出物种首次出现(或绝灭)的顺序以及考虑那些被用来建立一个时间参考系统的不同种类化石的相对丰度都是一些次要的问题,这些问题将在本书的第 11 章和第 16 章中讨论。我们将始终如一地在本书中严格区分“生物地层学”和“生物年代学”这两个易被混淆的概念。

“生物地层学”是一个一般性术语,它指那些涉及到研究沉积岩中化石内容的方方面面(古生物清单、生物相的研究和确定生态带等)。“生物年代学”被局限在从一个化石组合中辨识出具有确定该组合相对年代的特征化石的这一概念上。

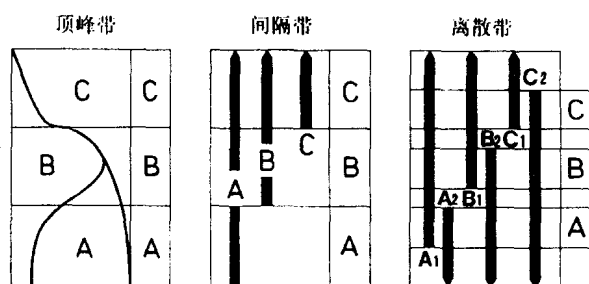


图 1.1 带的主要类型

下面我们还将严格区分两种不同的延限表：

1. 一个仅仅表示化石在某些具体剖面地层中的叠覆和共生关系的原始延限表,它不考虑化石在地层关系上的年代(时间)重要性,这种延限表叫做“原始参考”(Protoreferential)。参见第 1.4 节的详述。
2. 利用另外的确凿信息,对原始参考的各个单元进行了横向可追踪性确定后所得到的延限表,称为“生物年代参考”(Biochronological Referential)或简称“参考”(Referential,参见第 1.5.3 节)。在第 1.4.2 节中,我们很快就会明白,这些额外的信息对辨别化石的地层分布是受时间控制还是受生态控制来讲,是非常必要的。

1.2 离散年代表的特性

一个离散的年代表要比连续的年代表具有更多的一般性特征。在某些方面,它类似于矿物学家所使用的硬度计,所不同的是硬度为时间轴上的相对年代所代替。

根据沉积岩中的化石内容来构建离散的年代表并不总是一件容易的事。这些困难主要起因于独立于分类和采样以外的几个主要因素：

1. 沉积的不连续性；
2. 化石纵向记录的不连续性(沉积物质的选择性保存或缺乏化石化作用)；
3. 对化石的空间分布的生态或生物地理控制作用；
4. 再沉积作用、混染作用、沉积或成岩浓缩作用。

因此,生物地层学家赖以用来建立生物年代表的化石资料是分散和不连续的,并且每种化石总的时空分布[图 1.2 的 $D(x)$]通常只有一小部分被保存在沉积岩中。由于再沉积作用造成的混染,古生物数据有时还靠不住。

这就意味着,在不同地点所观察到的不同化石种之间的相对地层位置并不总是一致。图 1.3 这个例子,表示几个化石种在 4 个不同剖面中出现在明显矛盾的位置上。这个例子说明了当利用这样的化石资料建立可靠的年代表时所面临的困难。我们将在下面几章中研究这些困难和问题。

在讨论如何从分散和矛盾的生物地层资料中建立一个生物年代参考(即一个年代参考系统)之前,我们先来讨论一下由化石种的生存阶段所定义的单元构成的生物年代参考的详细特征。为此,明确区分下面两个问题是非常重要的：

1. 从原始的生物地层资料中建立一个优化的综合体(我们称之为原始参考)的问题；
2. 从这样的综合体中确定出具有年代意义的带的问题。

这些基本讨论为我们提供了一个判定一个有效综合体中的哪些因素可以作为重要年代对比之基础的框架。

1.3 理想参考

每种生物都有它们各自的一段生活阶段,其相应的时间被称为“生存间隔”[Existence Interval, 图 1.2 的 $J(x)$]。假定我们知道全部所研究化石种的生存延限。此时,这些物种的年代分布就可以用“理想参考”(Ideal Referentials)来表示(图 1.4),这一“理想参考”显示了所有物种各自的延续时间。

使用理想参考图,可以用这样两种方式给含化石的地层确定年代：

1. 用理想参考图最左侧一系列的增量 i (图 1.4),它将不同种的出现和(或)消失的时间分隔开,也即用化石种的出现和(或)消失情况来确定年代；
2. 用化石种的生存间隔的交叉来确定年代,也即只使用化石种的共生组合情况提供的信息来确定年代。其推理如下:如果一个层位含有物种 x ,则该层就是在 x 物种生存的那段时间内沉积的;如果一个层位含有 x 和 y ,那么该层就是在 x 和 y 共存(共生)那段时间内沉积的。依此类推,用这种方法,我们总可以为某一含化石地层确定年代。在此方法中,有用的最小间隔是物种生存间隔的最大交叉(也即最大共生阶段,如图 1.4 中的 $\max$),这些最短的间隔(物种的最大共生组合)被那些分隔间隔所隔开(如图 1.4 中的 $\min$)。

现在假设有位面临实际野外问题的地质学家,他手头上有一个理想参考,想利用这个理想

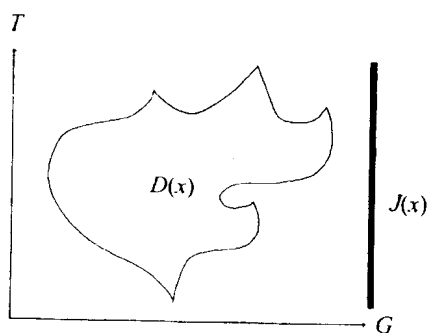


图 1.2 $D(x)$ 为物种 x 的生存范围; $J(x)$ 为物种 x 的生存间隔; G 代表地理空间, T 代表时间(单位为年)

参考给实际的含化石层位确定一个相对年代。他很快就会发现,即使拥有理想参考,在所有信息当中,真正有用的信息仅仅是那些有关物种生存间隔交叉的信息。事实上,对实际地层问题中的化石种在理想参考图中的分隔间隔附近出现和(或)消失的相对位置,他是无法确切地给出的。

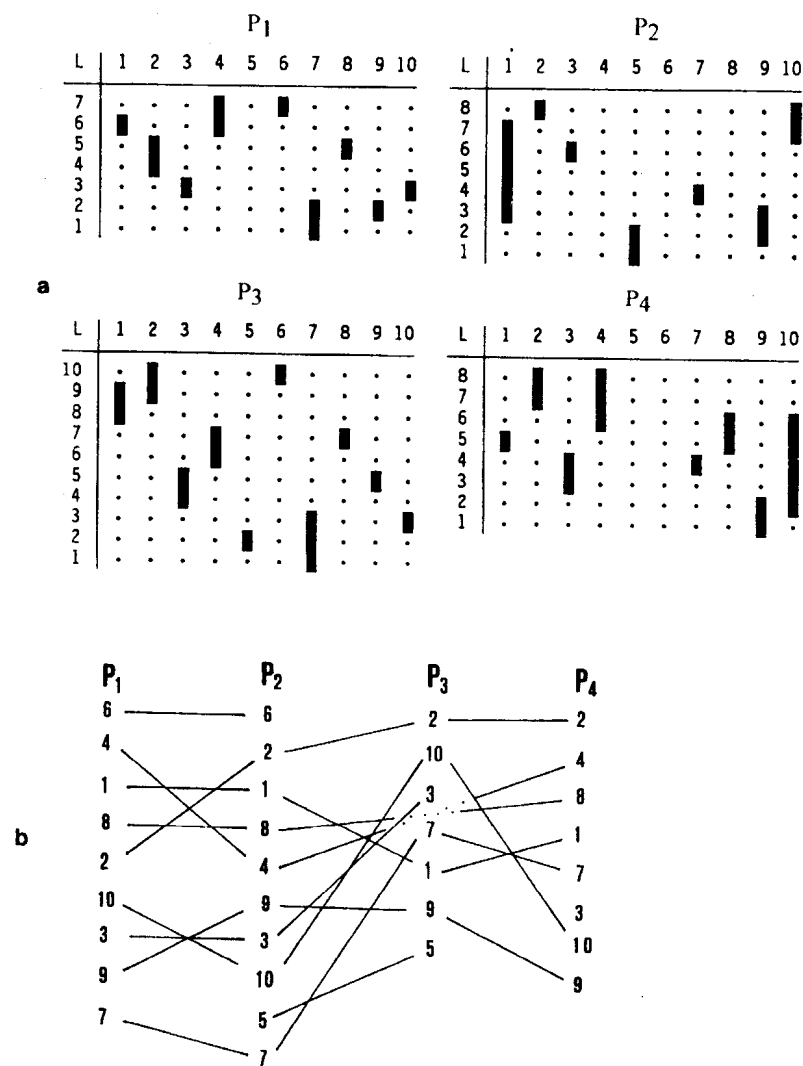


图 1.3 a. 10 个物种(1~10)在 4 个剖面 P₁—P₄ 中的实际分布(L 代表层); b. 10 个物种在这 4 个剖面中首次出现的相对位置

假设 3 个物种 x , y 和 z 事实上是按照图 1.5a 中的顺序出现。然而,由于化石记录的问题,这 3 个物种完全可以按照图 1.5b 中 I 所示的颠倒顺序出现在实际地层中。这个例子说明,理想参考(图 1.5)有关 x , y 和 z 出现顺序的信息仅仅说明了这个剖面化石记录的不完整性而已。

另一方面,如果 x , y 和 z 在某一实际剖面中出现的情况如图 1.5b 中 D 所示,此时虽然 x , y 和 z 出现的顺序与理想参考中的一致,但地质学家仍不能认定在实际剖面中化石种的首次出现即等同于物种真正的首次出现,它们在时间上仍存有差距。

换句话说,一个沉积层中出现物种 x ,它仅能告诉地质学家该层是在物种 x 生存阶段内沉积的;同样,一个沉积层中含有物种 x 和 y ,它仅说明该层是在物种 x 和 y 共存的那段时间内

沉积的,如此而已。

由此可见,理想参考中有用的年代信息仅是那些有关物种生存间隔交叉的信息。对于理想参考的使用者而言,只有物种的出现是有意义的。由于此种原因,在开始时我们不考虑图 1.4 中的增量 i , 并且我们可以将理想参考简化,使其仅给出一个按次序排列的非连续单元的组合序列(图 1.6), 该序列的每个单元组合分别对应于物种生存间隔的每个最大交叉(最大共生组合)。

这个简化的理想参考上的物种共存间隔彼此之间是完全不同的, 它们各自对应于一个唯一的物种组合, 这样的化石组合的唯一性可以由很简单的标准来表示。

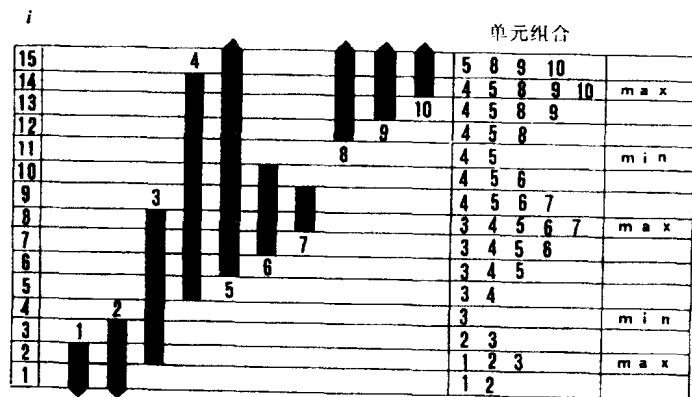


图 1.4 理想参考。 i 代表分隔物种的首次出现和消失的增量; max 代表物种生存间隔的最大交叉; min 代表分隔间隔

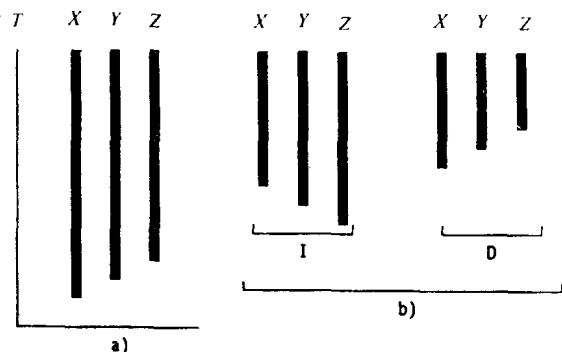


图 1.5 a. 3 个物种 x, y 和 z 的实际持续年限, T 为以年为单位的时间轴。b. I 表示 3 个物种 x, y 和 z 以与它们实际出现的次序相反的顺序出现在某个实际剖面中; D 表示 3 个物种 x, y 和 z 以与它们实际出现的次序相同的顺序出现在另一个实际剖面中

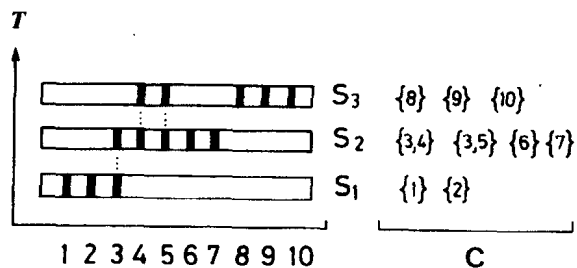


图 1.6 简化的理想参考。 S_1, S_2, S_3 为由图 1.4 中 10 个物种(1~10)的共生间隔的最大交点构成的离散单元; C 表示带 S_1-S_3 的特征元素(物种和物种对)