

崔广振 石宝珩 主编

中国地质科学探索

北京大学出版社

献给北大地质学系建系八十周年

中国地质科学探索

主编	崔广振	石宝珩
编委	刘瑞珣	段淑英
	王式洸	潘云唐
	张抗	

北京大学出版社

内 容 简 介

本文集是为纪念北京大学地质学系建系八十周年而编辑的。书中共选编论文 36 篇,包括地层古生物学、构造地质学、地球化学、石油地质学、地震地质学和地热等部分。该书内容涉及面广,综合性、理论性较强,资料丰富,均为最新研究成果,具有较高的学术水平和实用价值,对地质科学研究、寻找地下资源及地震预报均有一定现实意义。可供有关科研、教学、生产部门人员参考,也可作为地质院校高年级大学生、研究生的参考书。

中国地质科学探索

崔广振 石宝珩 主编

*

北京大学出版社出版

(北京大学校内)

北京印刷三厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

787×1092 毫米 16 开本 25.25 印张 520 千字

1989 年 7 月第一版 1989 年 7 月第一次印刷

印数 0001—1200 册

ISBN 7-301-00805-8/P·006

定价 10.15 元

黄汲清题
人才辈出我陶然
八十生辰话大地
未名湖畔且盘桓
马神沙滩忆当年

著名地质学家黄汲清教授题词
马神沙滩忆当年，未名湖畔且盘桓，
八十生辰话大地，人才辈出我陶然。

勤回顾 勇探索 发展中国地质学

李春昱 1988.6.30

已故著名地质学家李春昱教授签名手迹

受本书全体编者和作者之请求,李先生早就答应为该书题词。是时先生病重,难以行文,便托人代为拟稿。先生阅后,欣然同意,当即签署姓名及日期。此签名为先生生平之最后墨宝,它凝聚着老一辈地质学家对新一代地质学者的深切关怀与希望,它将永远激励后代地质工作者为祖国地质事业奋进、开拓。

祝地质科学欣欣向荣

——代序

研究地球历史及其发展规律的地质学不断发展、进步。新的理论体系不断出现,应用地质学也取得了重大进展。更为可喜的是一代新的地质学家日趋成熟。在北京大学校庆 90 周年、迎接北京大学地质系建系 80 周年的日子里,本校地质系 1963 届地层古生物学专业、构造地质学专业、地球化学专业毕业生撰写、出版《中国地质科学探索》论文集是一件很好、很有意义的事情。这表达了他们对母校的情谊,和对地质科学的热爱。

本书的作者都是我的学生。他们于 1957 年考入北京大学地质地理系。那时,正是我从南方调来北大任教的第三个年头。这批热爱专业、虚心好学、热情向上的青年,个个面影仿佛昨日。30 多年过去了,从十八、九岁的青年,已跨入了年近半百的中年。他们在党的培养、教育下,在教学、科研、生产的不同工作岗位上都取得了一定成就;在地质学各分枝学科,如地层、古生物、构造地质、地球化学、岩石、矿物、矿床地质、地震地质等方面颇多建树。其中不少人已成为科研、教学、生产岗位上的骨干力量,成为所从事学科领域的专家,肩负着领导、组织和科研重担。这是恢复北大地质系以来质量较高的一届毕业生。

现在,他们各自撰文,有的将自己研究的最新成果加以论述;有的结合本身的工作,将国内本专业的成就加以回顾、总结和评述,进而提出今后学科发展方向和设想。这些文章水平较高,各有建树。其中不少研究成果卓有创见,对教学、科研、生产及管理工作均很有参考价值。这是他们对母校的一次综合汇报,也是献给母校和庆祝建系 80 周年的最好礼物。因此,本书的编辑、出版是作了一件很好的事情。

作为一个 89 岁高龄的老教师,我为自己的学生们茁壮成长、老一辈科学家开创的事业后继有人而感到无限欣慰。我衷心祝愿他们谦虚谨慎,戒骄戒躁,百尺竿头,更进一步,我期待着他们取得更大的成就。并祝愿地质科学欣欣向荣。

侯德封 1988.12.30

心中的歌献给母校

——代前言

北大,我们亲爱的母校,您源于90年前的“京师大学堂”。在漫长的岁月中,您留下了秀丽的青松翠柳,清彻的泉湖溪流,雄伟古朴的楼塔亭阁,欢乐的笑语弦歌。还有那,巍然屹立的斗大金字——奋进、严谨、求实、创新,绚丽璀璨,闪烁辉煌。您始终是一条青春的历史长河,培育了一代代莘莘学子,永流不尽。

在那难忘的动荡年代——1957年,我们怀着求知的欲望,为追求人生的真谛,从祖国的四面八方来到这块圣洁之地——燕园。我们献给您人生的精萃——20岁上下的青春年华;您赐给我们求知、求学、求民主、求真理的基因,启迪人生哲理的仙人指,打开知识宝库的金钥匙,为人民服务的优秀品质,为共产主义献身的崇高理想。

在北大,六个春夏秋冬,多少风风雨雨,多少苦苦乐乐。我们永远魂牵梦绕那燕园的四时佳景,未明湖上的粼粼水波;我们永远依恋那书斋的琅琅书声,五四广场的熊熊篝火;更有那——庄严无畏的独立思考,耿介不阿的人格操守,永无止境的科学求索,勇锐顽强的进取拼搏。我们真正的人生,就从北大这块圣地开始。

北大地质系——哺育我们的母系,您起始于80年前“京师大学堂地质学门”,您与中国近代地质科学事业一道成长。章鸿钊、丁文江、翁文灏、李四光……,中国地质事业先驱者的光辉名字永远和您联系在一起,与您相映生辉。您培养了中国地质学界一代代权威巨将,您为祖国地质事业输送了一批批骨干栋梁。1952年的院系调整,母校最无私的把您奉献,您与兄弟高校的地质系科一起熔铸成新中国高校战线上的学府——北京地质学院,今日的中国地质大学。1955年又恢复北大地质系,称地质地理系,这里又成为地质科学研究和培养人才的重要基地。

我们是复系后的第三届学生,伴随着系科的复兴而成长。在暴风雨前夕的1963年,我们奔赴祖国的四面八方,在不同的岗位上奋进、攀登。在25年的旅途中,我们和当代每一个中国知识分子一样,经历了酸甜苦辣,坎坎坷坷,都有自己的褒贬荣辱,功过。到如今,岁月的犁铧给我们额头留下了条条皱纹,已是“人到中年”。然而,复杂的经历告诉我们,今天更要珍惜这大好时光的分分秒秒,在祖国地质事业的画卷上留下我们点点墨迹。我们58名校友在高等院校、科研院所、生产单位和管理岗位上勤勤恳恳,兢兢业业,均做出了一定贡献。在我们之中已成长了一批荣获奖励,享誉国内外的古生物学家、构造地质学家、地球化学家、石油地质学家和地震地质学家。

在刚刚庆祝母校九十周年校庆之后,我们又迎来了地质学系建系80周年。在这喜庆的日子里,我们愿将这本《文集》献给母校,献给母系。这是一颗赤子之心,字字句句饱含着赤子之情,也是您的学生25年来在地质事业上耕耘的部分结晶。

颌首瞻前,我们前辈的治学态度、献身精神,永远是我们的楷模;回首顾后,一代新人锐意进取,大胆创新,激我上进。我们正击楫中流,一往直前,奋力拼搏,多作贡献。我们只是伟大母校长河中的几滴水珠,万朵漩涡中的几缕浪花。但是,我们能够说:敬爱的母校,我们没有辜负您的辛勤培育,我们心中的衷曲,永远加入您青春的歌。

地质学系63届全体校友

1988.12.30于燕园

目 录

地层-古生物学

古生物学研究中的生物统计学方法	郭胜哲(1)
中国古生态学的回顾与展望	潘云唐(14)
中国古生代牙形刺生物地层	王成源(23)
中国石炭纪菊石研究述评: I. 早石炭世菊石	阮亦萍(36)
中南地区泥盆系及其腕足类生物地层	杨德丽(47)
中国东部沿海地区早第三纪海侵地层与蒸发岩的关系	徐宝政(64)
南海表层沉积物中硅质微体化石的溶解作用	陈文斌(76)
斋堂植物群的特征及其地质时代	段淑英(84)
西藏白垩纪及第三纪大有孔虫的几个生物地层问题	章炳高(94)
福建地区石炭纪生物地层研究	吴 岐(100)
云南东部晚前寒武纪微化石	宋学良(110)
论科氏仓鼠(<i>Kowalskia</i>)的进化	吴文裕(118)

构造地质学

论“华夏古大陆”	水 涛(126)
攀西地区的岩石—大地构造演化: 综述	丛柏林(137)
西秦岭地区主要褶皱构造运动初步分析	王汉卿(146)
破火山口铀矿田构造	王灿林(160)
四川的新断块运动	赖祥符(168)
江苏地区中生代以来的推覆构造	穆曰孔(177)
岩组分析的显微构造解释	刘瑞珣(188)

地球化学

中国最古老的岩石	阎月华(195)
中国原生锡矿床的时空分布、分类及主要特征	宋学信(208)
含矿热系统的热力学分析与预测	张荣华(220)
造山带基性—超基性岩研究中的几个问题	张 旗(231)
中国天然金刚石研究的某些进展	郭九皋(240)
辉石某些超微结构的观察及其地质意义	黄婉康等(251)

中国东部榴辉岩造岩矿物的矿物化学.....	王式灏(260)
北祁连山的高压低温变质作用.....	张之孟(274)
酒西盆地老第三系沉积物中的粘土矿物.....	严润娥(292)

石油地质学

中国石油地质学的发展与油气资源评价.....	石宝珩(300)
板块构造理论在石油地质学中的应用.....	姚慧君(313)
沉积盆地的演化和结构.....	张 抗(322)
塔里木盆地参沙 2 井原油的地球化学特征与油源探讨.....	杨 斌(334)

地震地质学及地热

中国工程地震研究与进展	李裕彻、葛治洲(346)
潜在震源区的图象识别研究.....	叶 洪(352)
我国活动断层研究的回顾与展望.....	汪一鹏(362)
西藏的地热活动及其与深部构造的关系.....	鲁连仲(371)

CONTENTS

STRATIGRAPHY-PALAEONTOLOGY

An introduction of biometrical methods in study of palaeontology	Guo Shengzhe(1)
Retrospect and prospect of development of palaeoecology in China	Pan Yuntang(14)
Paleozoic conodont biostratigraphy of China	Wang Chengyuan(23)
Review on the studies of the Carboniferous ammonids in China;	
I. Early Carboniferous ammonids	Ruan Yiping(36)
The Devonian in the South-Central China and its brachiopod biostratigraphy	Yang Deli(47)
The relation between Eocene transgressive series and evaporites in Eastern shore of China	Xu Baozheng(64)
The dissolution of siliceous microfossils in surface sediments of the South China sea	Chen Wenbin(76)
Characteristics of the Zhaitang flora and its geological age	Duan Shuying(84)
Some biostratigraphical problems of the Cretaceous and Tertiary larger foraminiferans in Tibet	Zhang Binggao(94)
Study on the Carboniferous stratigraphy in Fujian with a discussion about the exist of the oldland along the Eastern coast of Fujian	Wu Qi(100)
Microfossils of the Late Precambrian in Eastern Yunnan province	Song Xueliang(110)
A brief discussion on the evolution of <i>Kowalskia</i>	Wu Wenyu(118)

STRUCTURAL GEOLOGY

Investigation on the "Cathaysia"	Shui Tao(126)
Geotectonic evolution of Pan-Xi region;a synthesis	Cong Bolin(137)
A tentative analysis of the main folding movements in Western Qinling mountains	Wang Hanqing(146)
Uranium orefield structure in calderas	Wang Canlin(160)
New fault-block tectonic movement in Sichuan	Lai Xiangfu(168)
Meso-Cenozoic nappe structures of Jiangsu province	Mu Yuekong(177)
Microstructural explanations for fabric analysis	Liu Ruixun(188)

GEOCHEMISTRY

The oldest rocks in China	Yan Yuehua(195)
Distribution,classification and main features of primary Tin deposits in China	Song Xuexin(208)
Thermodynamic analysis and predict on the ore-forming hydrothermal system	Zhang Ronghua(220)
The problems about basic ultrabasic rocks within orogenic belts	Zhang Qi(231)
Some advances in study on the natural diamonds in China	Guo Jiugao(240)
Observation of some ultrastructures in pyroxenes and its geological significance	Huang Wankang,Wang Yenguo & Kang Zhenchuan(251)

On mineral chemistry of the eclogites from Eastern China	Wang Shiguang(260)
High pressure-low temperature metamorphism in north Qilian,China	Zhang Zhimeng(274)
Clay minerals in Paleogene sediments of Jiuxi Basin,Gangsu province	Yan Rune(292)

PETROLEUM GEOLOGY

The development of petroleum geology and evaluation of petroleum resources in China	Shi Baoheng(300)
Application of plate tectonic in petroleum geology	Yao Huijun(313)
The evolution and texture of sediment basins	Zhang Kang(322)
Geochemical characteristics and source rock study of the oil from well Shacan 2 in the Tarim Basin	Yang Bin(334)

SEISMOGEOLOGY AND GEOTHERM

Developments and studies on engineering seismology in China	Lee Yuche & Ge Zhizhou(346)
Pattern recognition applied to the determination of potential seismic sources	Ye Hong(352)
A review and prospect of the active fault research in China	Wang Yipeng(362)
Relation between the geothermal activity in Tibet and the deep structure	Lu Lianzhong(371)

古生物学研究中的生物统计学方法

郭 胜 哲

(地质矿产部沈阳地质矿产研究所)

生物统计法已成为当代古生物研究中一种必不可少的工具。本文系统地介绍了生物统计法的基本理论及概念。着重对常用的双变量分析的工作方法、步骤进行了具体的论述。

一、简 介

从本世纪三十年代,在欧美古生物学界就有人倡导并尝试使用生物统计法(Biometric methods),至五十年代得到较为广泛的使用。现在已成为古生物研究中对种及亚种进行鉴定和区分的一种必不可少的工具。我国学者王钰(1949)、耿良玉(1979)对腕足类及介形类化石进行了统计分析研究的尝试。但是,目前在我国古生物学界尚未广泛采用生物统计学方法,应当引起我们足够的重视。

生物统计法是描述一个分类单位的特征,直接与度量数据连系起来,较为直观和精确的方法。现代古生物学对种的描述不再仅仅限于一个正型标本(Holotype),而是把可以相互繁殖的生物群体(Interbreeding population)作为基本分类单元。因此,种的特征应扩展为构成该种的所有个体的组合特点。这就需要一种能够简单明了地概括一系列特征的表示方法,即生物统计学方法。人们常常忽视统计学的正规计算,随便记录标本的重要特征。例如,用一块典型标本的一个度量数据就代表一系列的算数平均值;在一个样品中量出最大的和最小的标本就草率地得出种的变异范畴。可是,这类样品通常包含有不同年龄组合的个体,许多特征的变异范畴与其固有的生物变异毫无关系。这就必须求助于生物统计法来确定变异的相对分散系数(Coefficient of relative dispersion)。每个种的描述都以观察研究标本为基础,由此推断生物群体的情况。那么,如何判断两个样品具有某些不同的特征,是采自同一生物群体,还是采自不同生物群体呢?这就要求助于分类鉴别(Taxonomic discrimination)了。这些生物统计学方法是客观的,不带偏见的。

生物统计法是对定量的形态特征数据进行统计处理。但是,它在分类学上的应用是有限度的。首先,许多重要的分类特征无法用数据来表示;其次,有些分类特征虽有定量的数据,但使

作者:副研究员,长期从事我国北方地层-古生物学研究,于1981—1983年赴澳大利亚昆士兰大学进修,副教授于著名珊瑚化石权威P. Hill教授。

用非统计学方法可以更加有效地确定。例如,属一级分类单位,通常以有限的比较稳定的特征来确定,很少要求统计学方法进行描述和区分。相反,对于种及亚种一级分类单位,它们的区别是建立在一种总的组合演化趋势上,而不是在某些明显不同的关键特征上。种与种或亚种与亚种之间的过渡,则要求生物统计法以一定的精度来记录动态演化过程及其结果。

什么是无脊椎古生物学关于种的概念呢? Mayr et al. , (1953)给种的定义是:“一组实际上(或潜在地)能够相互繁殖的生物群体。它能从其它类似的生物组合中再生隔离出来。”虽然大多数古生物学者接受这一概念,但把它应用于化石种就会马上遇到两个主要困难。首先,必须划分种群谱系,但实际上很少保存有生物谱系的连续化石记录;其次,从来没有任何直接的证据可以说明化石有机体的繁殖习性。这就要求古生物学家在分析异地群落时做许多工作,即从形态学,地理学及地层学方面进行推断。不正确的分析必将导致把某些有效种当作一个种捏合在一起,而把某些生态表型的(Ecophenotypic)变异硬性分开成为不同的种。另外,人们把不同地点同时发育的亚种叫地理亚种(Geographic subspecies),而把一个地质时期内不同时间发育的亚种称为年代亚种(Chronologic subspecies)。有人主张把亚种一名限定在地理亚种的概念上。另一些人指出,实际上二者没有本质的区别,它们都代表了遗传变异的物质积累;此外,也很难根据地层记录得出两个地层沉积时间完全相同的结论。种和亚种都应被理解为一个集合体,它们由一些地方群体组成,而两个群体从来不会是完全相同的。

二、生物统计分析的某些分类学步骤

(一) 样品的特征化表示

任何一对(生物特征)变量,只需计算 7 个数($N, \bar{x}, \bar{y}, Sx, Sy, r$ 及 OR_x) 就足以满足统计学特征化的要求。这些统计数据是对标本文字描述的补充。单纯的统计数据不可能完全记录哪怕是最简单生物类型的形态特征;而单纯的文字描述及图影也无法完全表现样品的基本组合特征。

(二) 统计鉴别

分类问题必须回答:两个样品是相同的还是不同的。当然,从来没有两个完全相同的样品。对其差别有两种解释:a)它们可能采自同一个完全相同的生物群体,只是由于样品采集有限,造成了差别;b)它们可能实际上代表了完全不同的生物群体。第一种差别称为“统计学上无意义”,第二种则叫做“统计学上有意义”。统计鉴别就要判断这种“有意义”或“无意义”,并计算出由于抽样采集造成的样品间差别有多大或然率。尤其当样品较小,变异很大,而形态差异不明显时,正规的统计分析就显得格外重要。

(三) 分类鉴别

当确定两个样品在统计学上有区别之后,我们必须决定,在分类学上是否确认这些差别。这个判断过程就是分类鉴别,它是建立在形态学,地理学和地层学的综合研究基础上的,而不单纯依赖生物统计数据。

三、双变量分析

依据统计数据求出两个相关的生物群体在形态特征上的重叠或交叉。这可有三种分析方法:a)单变量分析(Univariate analysis);b)双变量分析(Bivariate analysis);c)多变量分析(Multi-

variate analysis)。其中,多变量分析过于抽象且太费时间;单变量分析在同一时间只考虑单一特征,易使我们陷入以静止观点来研究生物化石;而双变量分析却能考虑相关特征生长的动态发育,又不费时间,目前得到广泛的应用。生物承袭下来的是一种生长型式,即达到成熟阶段所经过的历程,而不是一个静止的成年阶段的特征。

(一) 某些重要统计数据的计算

生物统计研究必须计算样品重要特征的数据。我们以 x, y 表示一对相关变量,它们分别代表横、纵两个坐标轴。可以代表一个腕足动物的壳宽和壳长;一个珊瑚的直径和隔壁数目;一个棘皮动物萼部的高和直径;或其它任何一对变量。二者在生长中的关系代表了有机体的重要形态特征。一些重要统计数据的计算如下:

N = 每一对度量特征的数量(或标本数量)

$$\left. \begin{array}{ll} \bar{x} = x \text{ 的平均值} & \bar{x} = \frac{\sum(x)}{N} \\ \bar{y} = y \text{ 的平均值} & \bar{y} = \frac{\sum(y)}{N} \end{array} \right\} \quad (1)$$

$$\left. \begin{array}{ll} S_x = x \text{ 的标准偏差} & S_x = \sqrt{\frac{\sum(d^2)}{N-1}} = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N-1}} \\ S_y = y \text{ 的标准偏差} & S_y = \sqrt{\frac{\sum(d^2)}{N-1}} = \sqrt{\frac{\sum(y - \bar{y})^2}{N-1}} \end{array} \right\} \quad (2)$$

$OR_x = x$ 值的变化范围

(二) 相关生长

图 1A 是一个分散点图,由一对相关变量(x, y)的数据投在坐标图上构成。这些数据测自一个理想的生物个体的不同发育阶段,它们在生长过程中的关系就代表了生物体的重要形态特征。在这个理想条件下,各点都落在一条平滑的曲线上,而这条曲线代表了相关生长的型式或历程,称为相关生长线(Line of relative growth)或简称为生长线。大多数生长线的特点是它们非常接近于具有函数关系 $y = bx^a$ 的曲线。可见,这一生长线的两个度量数值以不同的速率增长, y/x 的比值也随生物个体的生长而变化。这种生长方式叫简单异速生长。通过对动、植物变异的广泛研究,肯定了这种关系。它不仅代表了单个生物体的个体发育生长型式,也代表了某一时间内一个生物群体特征数值的静态分布。

上述生长线的函数等式中,参数 a 及 b 很重要。指数 a 称为生长比,是一纯数,代表两个生长速率的比值,在坐标图上是生长线的斜率。系数 b 称为初始生长指数,当 $x = 1$ 时,它就等于 y 的绝对值。为了对异速生长数据进行数学处理,可以把上述含指数的等式变为线性对数等式,即 $Y = aX + B$, 其中 $X = \log x, Y = \log y, B = \log b$ 。则各数据均落在一条直线上构成图 1B。

当然,对具体的样品来说,情况很复杂,这些测得的数据点不可能恰好落在一条平滑的曲线上。可是,它们几乎总是趋向于接近一条简单异速生长线。我们进而推断整个生物群体都近于遵循一个简单异速生长型式。可以认为那些与理想曲线不一致的分散点或差异是由于固有的生物变异、形变或度量中的误差引起的。图 1C 表示一个围绕异速生长线的各数据点的束状分布。由于变异的绝对量和个体大小成正比,随着个体生长,分散量(偏离生长线的距离)也增

不

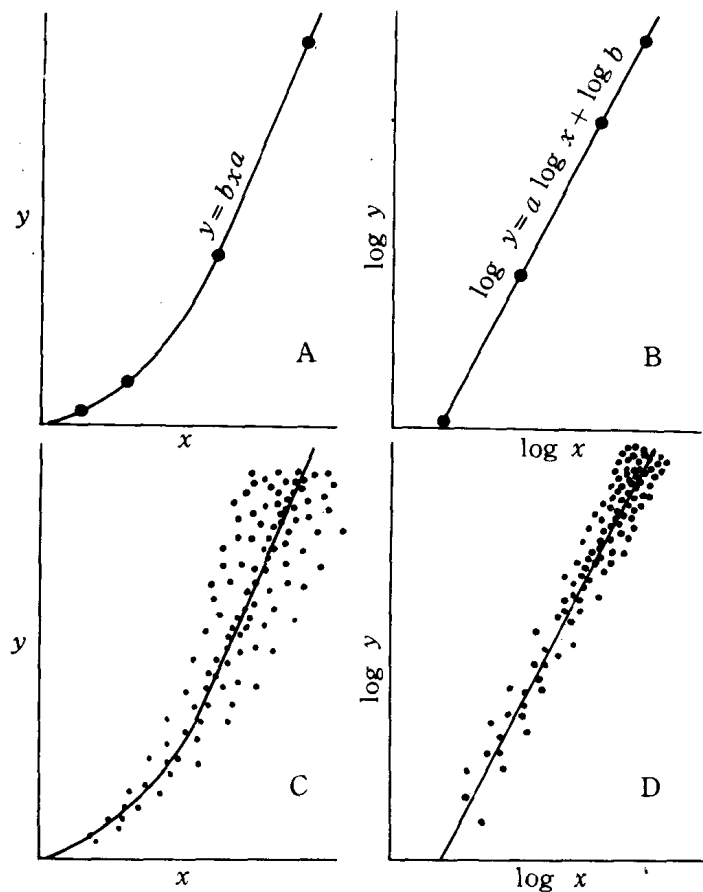


图1 假想的分散点图。表示两组线性度量单位(X,Y)的相关生长(据 Imbrie, 1956)。

以对数表示图 1C 的各数值点,它们均接近于一条直线,分散量基本上是个常数。由于采集的样品往往仅包含个体大小范畴的一小部分,在实际生长线曲率很大或分散量很小时,仍可用异速生长型式表示;而当曲率很小或分散量很大时(或二者兼有),则可用直线方程表示:

$$y = ax + b$$

a = 生长线的斜率, b = y 轴上的截距。由于 b 通常不等于零, x/y 的比值随个体生长而变化。

(三) 相关生长参数的估计

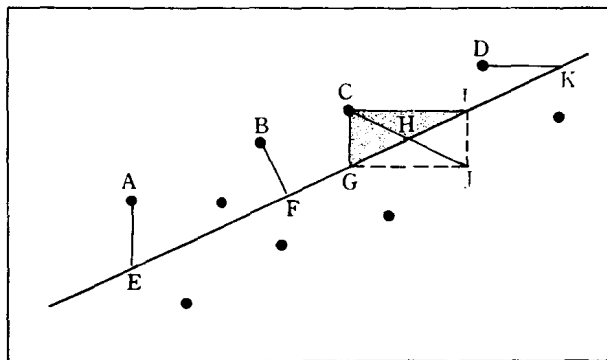


图 2 限定生长线的几种方法(据 Imbrie, 1956)。

1. 生长线的限定 每一组相关生长的观察数据中都包含一些固有的分散性或变异。我们必须设法建立最接近或最符合于观察到的趋势的生长线。通常用生长比 (a) 及初始生长指数 (b) 来限定生长线,它们也可被认为代表了样品所在生物群体的生长参数。如何判断生长线符合生长趋势,最简单的办法是把观察到的数据投到坐标图上,然后用目估法通过这些数据点的中间划一条生长线。假如,样品的变异小,研究的目的也不要求太精确,这样做是可行的。当我们希望用较客观的代数方法来解决时,可归纳有四种方法:

a) 主轴线(Major axis)法 它使线外各点到该线的垂距平方和为最小,则该线可以为代表了生长趋势,图 2 中,BF 代表了这种垂距。这个方法在直观上是合理的,但它的斜率随着度量单位的变化而变,不适宜解决分类问题。

b) y 对 x 的回归线(Regression of y on x)法 它使线外各点对该线纵向(垂直)偏离的平方和为最小。偏离以该点到 x 轴的垂距计算。图 2 中,AE 代表了该点的回归垂距。这一方法有一严重缺点,即它假定所有分散都产生于一个变量中的偏离。生物学认为,这是不合理的,生物变异及度量误差总是反映在两个变量(x 及 y)中。

c) x 对 y 的回归线(Regression of x on y)法:它使线外各点对该线横向(水平)偏离的平方和为最小。偏离以该点到 y 轴的平距计算。图 2 中,DK 代表了该点的回归平距。该方法的缺点同上。

d) 还原主轴线(Reduced major axis)法:它使线外各点平行 x, y 轴作线并交于该线所包围的三角形面积之和为最小。如图 2 中,三角形 GCI 即是。在实践及理论上这个方法是计算异速生长的最好途径,由它得出的生长型式与共同线性度偏差很小,不超过 1%,可忽略不计。

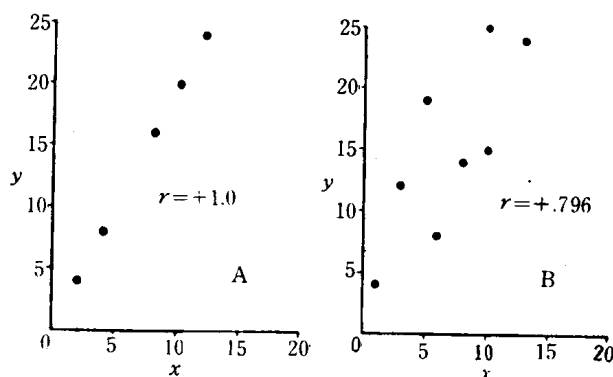


图 3 分散点图及其代表的相关系数(据 Imbrie, 1956)。

2. 相关系数 一个变量随另一个变量成比例地变化,则这两个变量是相关的。图 3A 的各点正好落在一条直线上,该线与 x 及 y 轴有一定夹角。图 3B 表示另一组数据呈束状围绕一条直线分布。从统计学上讲,后者的相关性较前者要小。相关系数代表线性相关的强度,变化范围在 1 与 0 之间。1 代表最好的线性相关,0 代表无相关关系。一个变量随另一个变量增加而加大,则相关系数为正值;反之,如随另一变量减少而加大,则为负值。相关系数计算公式如下:

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}} \quad (3)$$

3. 统计计算 计算直线方程 $y=ax+b$ 的生长比(a)及初始生长指数(b)的公式如下:

$$\begin{cases} a = \frac{S_y}{S_x} \\ b = \bar{y} - \bar{x}a \end{cases} \quad (4)$$

$$(5)$$

生长比的标准误差

$$\sigma_a = a \sqrt{\frac{1-r^2}{N}} \quad (6)$$

如果原始数据不能用一条直线精确地表示,其生长趋势将接近于曲线 $y = bx^a$ 。把原始数据换算为对数,呈直线方程 $Y=aX+B$

$$\text{则} \quad a = \frac{S_Y}{S_X}, B = \bar{Y} - \bar{X}a, \sigma_a = a \sqrt{\frac{1-r'^2}{N}}$$

其中, $S_Y = Y$ 的标准偏离, $S_X = X$ 的标准偏离, $\bar{X} = X$ 的平均值, $\bar{Y} = Y$ 的平均值, $r' = X$ 及 Y 的相关系数。

(四)统计鉴别

对两个样品的相关生长型式计算后,就要进一步判断样品生长型式的差别有多大。许多情况表明,用各个数据作出的图形显示生长线很不一致。当然,不用统计学方法也可确定它们的差别。可是,在很多情况下,尤其当样品小而变异大时,就必须求助于统计学的客观估价。

如果两个样品的生长线以直线方程表示,其统计鉴别有如下情况:图 4A 表示两个样品的生长型式在斜率及位置上都不相同($a_1 \neq a_2, b_1 \neq b_2$);图 4B 表示二者斜率相同($a_1 = a_2$),但位置不同($b_1 \neq b_2$);图 4C 表示斜率不同,但以初始生长指数测得的位置差别却等于零;图 4D 表示二者生长型式完全相同,差别只表现为个体大小不同。应注意,由于初始生长指数不等于零($b_1 = b_2 \neq 0$),两个样品的 y/x 比值是不同的。图 4 中 A、B、C 三种情况明显表示两个样品的生长型式是不同的。我们着重讨论两个样品生长型式相同时(如图 4D),双变量分析的统计鉴别问题,其步骤如下。

1. 计算每个样品的基本双变量统计数据

样品 1. $N_1, \bar{x}_1, \bar{y}_1, S_{x_1}, S_{y_1}, r_1$

样品 2. $N_2, \bar{x}_2, \bar{y}_2, S_{x_2}, S_{y_2}, r_2$

2. 为限定一条相关生长线 $y = ax + b$, 计算样品的必要统计数据

样品 1. a_1, σ_{a_1}, b_1

样品 2. a_2, σ_{a_2}, b_2

3. 检验样品所在生物群体的生长线是否有相同的斜率。

$$Z = \frac{a_1 - a_2}{\sqrt{\sigma_{a_1}^2 + \sigma_{a_2}^2}} \quad (7)$$

当 $Z < 1.96$ 时,由于偶然原因引起斜率差别($a_1 - a_2$)的或然率 $P > 0.05$;当 $Z > 1.96$ 时,这种或然率 $P \leq 0.05$;如果 $Z > 2.58$ 时,或然率 $P = 0.01$ 。在大多数分类工作中,如果 $P < 0.05$ (即 $Z > 1.96$),就表明斜率不等,其差别在统计学上有意义;如果 $P > 0.05$ (即 $Z < 1.96$),则被认为两个样品生长线斜率相同,必须还要进一步检验生长线位置的差别。

4. 检验样品所在生物群体的生长线在不同大小的个体上是否相同。当确定两个样品的生