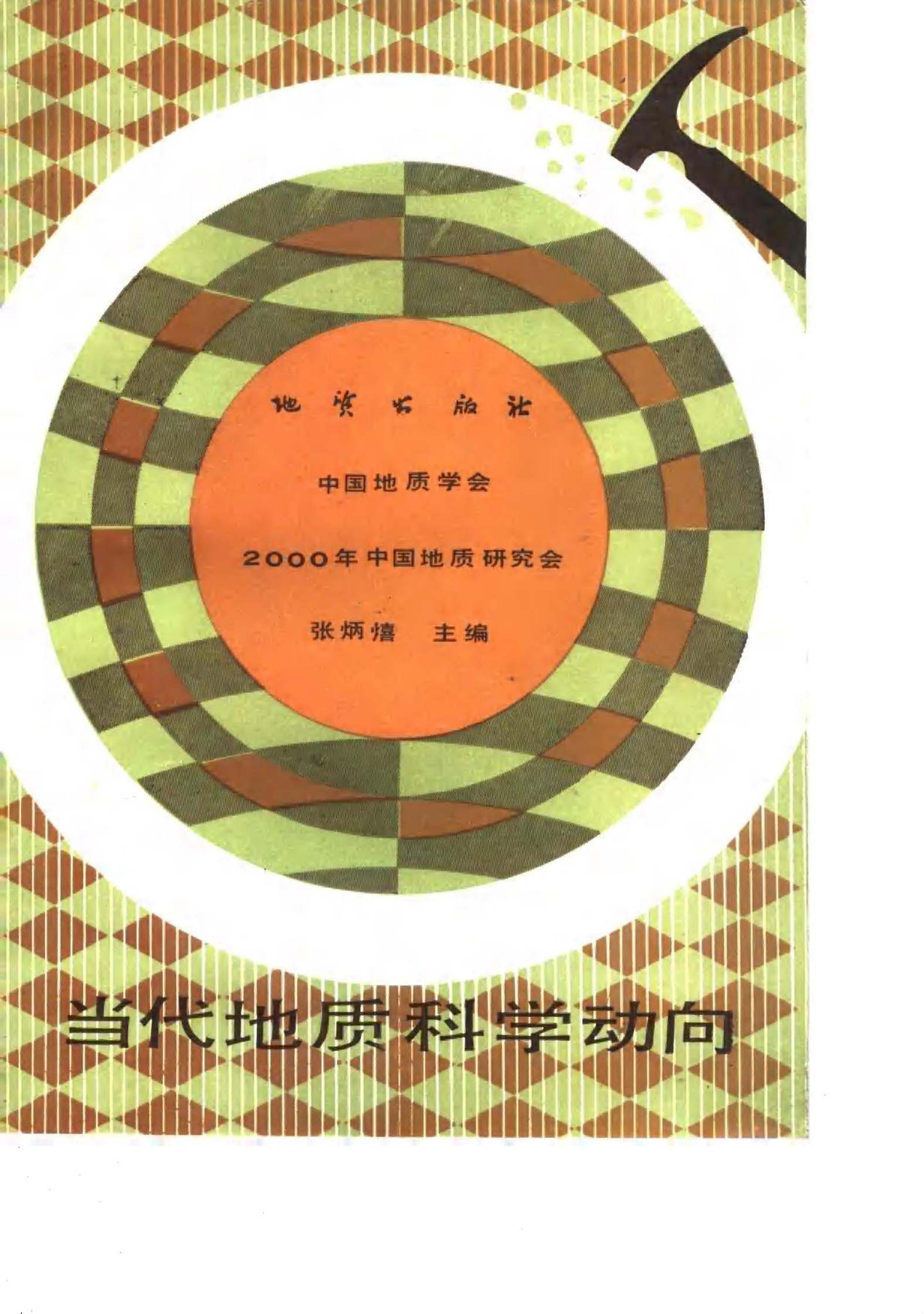




地 质 出 版 社

中国地质学会

2000年中国地质研究会

张炳熹 主编

当代地质科学动向

P5-12
7

当代地质科学动向

中国地质学会二〇〇〇年中国地质研究会

张炳熹 主编

ly77/09



北林图 A00069425

地质出版社

377111

《当代地质科学动向》编委会

主 编 张炳熹

副主编 王泽九 张之一

编 委 (以姓氏笔划为序)

马杏垣 王泽九 叶连俊 池际尚 邹光华 张之一 张宗祜

张炳熹 李鄂荣 杨光庆 杨遵仪 侯鸿飞 涂光炽 黄蕴慧

程裕洪 谢学锦

当代地质科学动向

中国地质学会二〇〇〇年中国地质研究会

张炳熹 主编

责任编辑: 李鄂荣 张之一

地质出版社出版

(北京西四)

妙峰山印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本: 787×1092¹/₁₆ 印张: 18³/₈ 字数: 429,000

1987年1月北京第一版·1987年1月北京第一次印刷

印数: 1-4,505册 定价: 4.35 元

统一书号: 13088·新320

前言

为了配合“二〇〇〇年中国地质”的研究，中国地质学会“二〇〇〇年中国地质研究会组织编写了本书，供各级领导和广大地质科技人员了解当代地质科学发展的动向，以开阔思路，促进我国地质科学的发展。

本书试图重点介绍七十年代末、八十年代初期世界地质科学领域内出现的新理论、新技术、新方法和重要进展，分为地层古生物、矿物岩石、矿产资源、构造地质、水文地质工程地质和环境地质、勘查技术及理论等六个方面。每个方面在概述之后，按重点研究方向选出一些对本学科发展有重要推动意义的前沿课题再作较详细的介绍。

本书共选定了七十三个专题，这是从1984年初开始酝酿，经过三次广泛征求有关方面专家的意见后确定的。在这过程中先后得到了杨遵仪、侯鸿飞、宋天锐、沈其韩、董申保、孙大中、黄蕴慧、田在艺、闻广、王琮、赵鹏大、刘承祚、郭思曾、郭令智、崔盛芹、王思敬、籍传茂、胡海涛、张咸恭、袁道先、吴昌功、罗永国、肖庆辉、吴传壁、项仁杰、何宜章、王家枢、纪忠之、向源富、栾祖谦、戴自希、叶连俊、臧胜远、郑仁诚、周国钧、李廷栋、刘宝珺、何尚盈、程裕淇、张宗祜、余永良、邹光华、杨光庆等同志的大力支持。在条目确定后，我们邀请了国内外九十二位专家分别加以撰写。执笔的专家们在较短的时间内，在各项繁忙任务之余完成了此项工作。

在编写本书之前，对于各专题的内容及写法曾有一个统一的要求，但由于执笔的专家们分散在全国各地，编写中互相联系交流不便，加以各专题的具体情况不同，因此各篇的内容安排和表达方式不尽一致，如有些文章介绍国外研究动向较少，而以国内为主。这些问题我们在汇编时曾试图将章节划分、中外名词术语和人名地名的写法等方面加以统一和弥补，但错误和遗漏终难免除，还希读者加以指正。

由于各学科的发展和相互渗透，各篇章之间不免有交叉重叠之处，为了尊重各学科及专题研究发展的相对独立性，汇编时并未多加删节，由此读者亦可以了解各分支学科和重要课题之间的相互联系和地质科学研究的综合性特点。编审过程中对于文章所持的观点和看法，本着百家争鸣的方针和文责自负的原则，均予以保留。

“十年浩劫”对我国的地质科学发展造成了严重的损害。在此期间客观上形成的“闭关自守”、“固步自封”状态，使我们未能及时掌握六十年代中期到整个七十年代国外地质科学的迅猛发展形势。在党的开放政策指引下，情况有了根本的变化。近年来通过各种渠道和多方面的努力，使我们对外界发展的情况有所了解。但在新技术迅速发展的时代，地质科学无论在宏观或微观方面都在快速地取得丰富而准确的资料，并从定性向定量发展。已有的理论不断地受到冲击和挑战，或在不断地修正补充；新的思路 and 理论也正在孕育和发展。本书所选定的专题还难以反映当代地质科学发展的全貌，特别是最尖端的情况。它们所反映的只能是当前我们普遍感到比较重要的，在我国地质工作中极需引起重视的一些问

题。如果读者能从中得到启发，结合我国实际情况加以对照和提出问题，那就是本书所能企望收到的最高效果了。同时我们还希望广大读者们提出批评和建议，以便我们今后组织类似的编写工作时能有所改进。

本书编辑出版过程中程裕淇、叶连俊、张宗祜、侯鸿飞、黄蕴慧等同志协助组织撰稿并审改部分稿件，使本书的质量得以提高并顺利出版，与读者见面。中国地质学会秘书处郭振明、叶乾涇、浦庆余、禹啓仁等同志参加了部分稿件的校对及插图清绘工作。在此我们对所有为本书作出贡献的专家们表示衷心的感谢！

编 者

一九八五年十一月

目 录

第一部分 地层古生物

地层古生物研究动态概述	杨遵仪 魏家庸 (1)
地层时间的精确鉴定与地质事件	张守信 (3)
地层界线划分的新动向	侯鸿飞 姬再良 (7)
同位素年代学与年代地层学	刘敦一 张自超 (10)
磁性地层学	马醒华 张南海 (13)
地史早期阶段生物的起源与演化	邢裕盛 (16)
痕迹化石研究近况及趋向	吴贤涛 (19)
古生态系统演化与地层学	陈源仁 (23)
分子钟与古生物学	张 昀 (26)
生物作用及其地质意义	罗永国 (31)
考古地质学	闻 广 (33)
间断平衡论	殷鸿福 (35)
新灾变论	张勤文 徐道一 (38)

第二部分 矿物岩石

矿物学进展概述	黄蕴慧 (43)
矿物物理学	陈 丰 (45)
找矿矿物学	王贵安 (48)
成因矿物学	陈光远 (52)
应用矿物学	黄蕴慧 (54)
沉积学发展的现状和趋势	叶连俊 (58)
沉积构造的水力学解释	刘宝珺 (61)
我国沉积碳酸盐岩石学研究现状	曾允孚 (66)
化石礁研究的概况	钱宪和 侯鸿飞 王增吉 (68)
大陆边缘沉积	陈景山 (71)
浊流沉积与等深流沉积	孙 枢 陈海泓 (73)
岩浆作用及岩浆岩概述	池际尚 (77)
火成岩的分布与板块构造及成矿关系	李文达 (81)
火成岩成因的痕量元素和同位素地球化学研究	李兆鼎 (85)
火成岩成因的实验研究	李兆鼎 (88)

花岗岩的成因类型·····	洪大卫 (91)
硅酸盐熔体包裹体研究的新进展·····	夏林圻 (95)
变质岩和变质作用的研究在不断前进·····	程裕洪 (99)
区域变质作用与大地构造的关系·····	沈其韩 (102)
变质作用类型、变质期次和变质旋回·····	董中保 (106)
太古宙绿岩带问题·····	王泽九 肖庆辉 (109)
混合岩和混合岩化作用·····	程裕洪 (112)
交代岩岩石学·····	赵一鸣 (115)
变质岩地球化学·····	孙大中 (120)
变质实验岩石学和变质反应·····	董中保 (122)

第三部分 矿产资源

矿床学的新进展概述·····	涂光炽 (125)
新发现的重要矿床类型·····	戴自希 (128)
非金属矿产的新类型新用途·····	沈宝琳 (132)
层控矿床·····	涂光炽 (136)
现代成矿作用的研究及其意义·····	王宝枢 (140)
矿床地球化学·····	陈毓川 袁忠信 (144)
成矿模式与成矿系列·····	张炳熹 陈毓川 (148)
油气勘查的新概念与非常规油气资源·····	张宏达 (152)
天然气的多元成因·····	田在艺 戚厚发 (155)
液态和气态矿产开发利用·····	刘曼华 张宏达 (158)
我国煤田地质研究的进展·····	王池阶 (161)

第四部分 构造地质

前进中的构造学概述·····	马杏垣 (165)
板块构造研究的新进展·····	肖序常 王 荃 (167)
海沟-岛弧-弧后盆地体系及俯冲带·····	郭令智 (170)
韧性剪切带·····	肖庆辉 许志琴 (173)
大陆推覆体构造·····	肖庆辉 (176)
裂谷和矿产·····	唐连江 (179)
天文地质研究·····	徐道一 张勤文 (182)

第五部分 水文地质、工程地质与环境地质

水文地质、工程地质与环境地质研究的主要动向概述·····	张宗祜 张之一 (187)
地下水盆地管理·····	毛同夏 (189)
基岩裂隙水、岩溶水介质及水动力特征·····	崔光中 (193)
深部地下水的成矿作用·····	沈照理 (199)

水文地球化学.....	张锡根 (202)
环境同位素水文地质学.....	张之淦 (204)
工程建设地区区域稳定性评价.....	王士天 (206)
工程地质作用及其定量预测.....	王思敬 (212)
地应力测量及其应用.....	王连捷 廖椿庭 (214)
城市地质.....	罗永国 (217)
地震地质.....	丁国瑜 (220)
环境地质学.....	李廷栋 (222)

第六部分 勘查技术及理论

地球物理勘查工作的新进展概述.....	邹光华 (225)
地质—地球物理模式的研究.....	张肇元 (228)
航空物探方法技术发展和应用.....	杨光庆 卓松年 (232)
石油物探和海洋物探.....	林 樑 吴奇之 (236)
大地热流.....	魏大卫 (240)
深部地质.....	肖庆辉 李廷栋 (243)
遥感地质概述.....	杨光庆 (247)
遥感技术在地质资源调查中的应用.....	杨廷槐 薛祖陶 (249)
遥感方法在环境地质研究中的应用.....	陈荫祥 (255)
数字图象处理技术在遥感地质中的应用.....	刘心季 (258)
地质体波谱特性的研究和传感器的发展.....	杨廷槐 (262)
勘查地球化学概述—地球化学探矿.....	谢学锦 (267)
景观地球化学和表生作用带地球化学研究.....	吴传壁 (271)
原生晕形成机理及工作方法.....	邵 跃 (274)
气体地球化学方法的应用.....	伍宗华 (279)
油气化探方法的新进展.....	田在艺 尚慧芸 (281)
数学地质与计算机在地质工作中的应用.....	刘承祚 李裕伟 (284)

第一部分 地层古生物

地层古生物研究动态概述

杨遵仪 魏家庸

近年来,地层古生物学突飞猛进,空前发展。新学说的兴起、新学科的建立,深刻地改变着地层古生物的面貌。

自1882年第二届国际地质大会以来,根据生物界演化而划分的显生宙年代地层单位及地质年代单位(界一代、系一纪、统一世、阶一期、时带一时等)已经确立,但是目前还没有用于前寒武纪地层和第四纪等新地层的国际通用年代地层表。明涅尔(В.В.Меннер)提出了根据地壳发展阶段划分的用于前寒武纪地层的四级年代地层单位和地质年代单位及其年限,以及根据气候变化划分的用于第四系等新地层的七级年代地层单位及其年限。前者有Megathem-Megachron, 40亿年,即整个前寒武纪地层;Acrothem-Acrochroon, 20亿年,即太古代地层或元古代地层;Eonothem(已译为宇)-Eon(已译为宙), 6—10亿年,如里菲、阿费比;Phythem, 3—5亿年。后者有Section, 70—120万年,相当于现称的更新统;Zveno或Link(已译为环), 13—30万年,相当现称的 Q_1 , Q_2 等;Circle, 6—20万年,相当里斯冰期等;Step, 2—7万年;Phase, 0.8—1万年;Stadial, 0.2—0.6万年;Oscillatian, 0.1万年。这样一来,从最大的年代地层单位到最小的年代地层单位,一共是十六级。

瓦里瑟(O.H.Walliser)对事件地层学提出了一些新的论点。他认为,进行事件地层学研究必须抓住生物事件(及生物年代学)和岩石事件这两条线索,并且要把两者结合起来,探讨导致这些事件产生的原发事件(initial event)。如板块的特殊活动、古海洋环境的变化、天体碰撞,以及长期或短期的气候变化或波动等。他认为很多生物事件和岩石事件均能进行全球性的追索。如泥盆纪的汉根伯格页岩事件(全球性的海水变浅)就是一例。他还强调某些地层单位的界线应与天然界线相吻合,应能在野外识别。事件地层学研究可以帮助更精确地对比年代地层界线。

在地层学新方法的研究方面,苏联学者提出了一个显生宙的磁性地层表,并且认为当前磁性地层学的主要任务是综合各方面的研究成果,通过国际协商,建立国际统一的古地磁极性地层表及区域性磁性地层表。苏联目前正在进行侏罗系——上新统的气候地层学研究。方法是选择位于苏联不同气候带的经过详细生物地层学研究的中、新生代地层剖面,用Mg, Sr, 同位素测定当时地表水(海水和淡水)及大气的绝对温度,并分析孢粉和微

古生物资料等,恢复古气候,对比古气候事件,建立中、新生代的气候年代表,作为详细对比中、新生代地层的依据。此外,一些学者还提出了用粘土(泥炭、火山灰)的原始固结系数(preconsolidation coefficient) P_c 划分上新统——更新统年代地层单位。

值得一提的是,苏联地层规范有新的变化。目前苏联已经用平行的几类地层划分取代了统一地层划分。在苏联规范中把地层单位分为三大类:1.根据综合特征建立的主要地层单位,包括全球性地层单位:宇—宙、界—代、系—纪、统一世、阶—期、带—时、环—节;区域性地层单位:层位(stratohorizon)、区域带(lona);地方性地层单位:杂岩、岩系(series)、岩套(suite)。2.根据专门特征建立的地层单位——各类生物地层带(与国际地层指南的各类生物地层带基本相同)。3.辅助性地层单位,包括岩石地层单位:体(body)、段(member)、层(band或bed)、标志层;生物地层单位(含动、植物化石群的层)。

古生物学的研究进展及动向主要体现在下列几个方面:

1.早期的生物。早期的生物指前寒武纪(太古代和元古代)出现的生物。其化石记录包括①保存于前寒武纪页岩中的浮游植物、凝源类及其它具有有机壁层的微体化石,②叠层石,③叠层石相、燧石相中的原核生物(如绿菌)细胞残余(保存为矿化立体物)。此外,间接化石证据来自前寒武纪沉积中同位素(尤其是稳定同位素C、S)及其油母质组份的分析。早期生物演化主要事件是(1)生命出现于35亿年以前;(2)化学厌氧异养;(3)厌氧自养微生物也出现于35亿年以前;(4)厌氧光合自养生物可能也早于35亿年出现;(5)喜氧光合自养;(6)兼性新陈代谢生物约发生于29亿年前;(7)专性喜氧生物生成于17~15亿年以前。这些生物的出现,导致微生物遍布全球。

M.R. Walter和G.R. Heys认为从晚元古代至早古生代后生动物如埃迪卡拉动物、小壳化石、节肢动物等兴起,随之叠层石衰落。这是由于后生底栖动物抢吃叠层石的结果。寒武纪时叠层石分散繁殖,组成疏散层次或不成层,可能是生物搅动的叠层石。总之,两类生物的消长关系,明显可见。从叠层石10—5亿年记录中可以看到后生动物抢吃习性和生物搅动作用的演化史。

2.古生态学和生态体系的演化。J.A. Boucot认为显生宙海相平底底栖生物记录可分为12个生态—演化单位,每个单位内有各种平底生物群落组合。它们始终保持属的完整性。这12个生态—演化单位中可能有为数不同的非平底的礁群、有柄海百合群等群落组合型。

每一生态演化单位内的演化与生态因素紧密相联。既没有随机适应辐射,也没有属的漂移(从一个群落漂移到另一群落)。就是说,全面行为及生理并不联成一连续不断的流动。

利用生态演化单位材料可以更好地评价地史中生物分异度变化。显然,地质年代的“纪”不适于做分异测量。因为它们往往和生态演化单位界线不相符合。还须指出,非海相演化大体上和海相的演化不同。其生态演化单位也与海相的有别。

3.脊椎动物(包括早期四足类)的起源和分布。有关脊椎动物中一些重要类群的起源,进化过程中的绝灭等方面,最近几年来取得了不少新的进展。

4.古构造和结构形态学在系统发育分析方面越来越引起古生物学家们的重视。

5.化石的微细构造和化学方面的研究正在不断深入。

6.化石类群的绝灭问题是当前古生物学家热烈探讨的焦点,近年来已取得了重大进展。

7.牙形石(刺)生物学与生物地层学的研究受到了重视。

现代科技成果在迅速向地层学、古生物学研究领域渗透,地层古生物正发生重大的变化。综观我国的地层古生物研究水平,尚与世界先进水平有一定差距,为此提出以下几点仅供参考的建议:

1.用地层学的新理论、新方法总结我们积累起来的丰富的地层学资料,结合我国的实际,认真开展地层学理论和方法的研究,并进一步完善我国的地层指南。在这个领域,我们应该有所发明,有所创造。

2.采用地层学的新理论、新方法进一步加强生物地层学的研究,积极开展和加强年代地层学、岩石地层学、生态地层学、事件地层学、磁性地层学、气候地层学等方面的研究工作。对条件较好的系要抓紧建阶,特别是加强对条件较好的系间界线层型的研究和报导,机不可失。

3.在我国区域地质调查工作中,要大力提倡按我国地层指南的要求进行地层研究工作,以适应当前地层学、地质学研究的需要。

4.地层学的研究需要放眼世界、放眼宇宙。在这方面我们的差距很大,需要积极开展国际合作交流活动。还要提倡好学风,全国各界通力合作,取长补短,切莫闭关自守。

5.我们应当加强古生物学研究的深度和广度,更好地为地质矿产(资源、能源)勘查服务。例如,对重要门类进行全面深入研究,对空白薄弱门类,如微体古生物、尤其是超微化石(钙藻、沟鞭藻等)投以足够力量,尽早赶超国际水平。还要发展边缘学科,如化学古生物学(包括核酸分析)、矿物古生物学(包括分子古生物学)等等。根据我国丰富的材料,针对现行一些有关学说与假说,如物种形成的“间段平衡论”、分类上的支序(分支)说,作出肯定或否定的反应,最好总结出自己的新假说。最后,要及时实现地层古生物学研究设备的现代化,促进工作,早出成果,多作贡献。

(侯鸿飞、姬再良整理)

地层时间的精确鉴定与地质事件

张 守 信

一、地层学中时间概念的状况与问题

时间是地层学四维研究的重要一维。地层学中的时间是用地质学的方法来确定的,用来阐述地球历史时使用的术语。地层的时间鉴定就是对不同地层柱中同一地质事件的同时性和持续期的估价。

地层的时间估价有好几种不同的概念和方法。有的根据事物的几何关系进行推论,如

岩层及岩体的叠覆关系、穿切关系、包含关系和排列类似等。还有根据事件发生的持续期进行绝对时间数字估计，如纹泥的分析，生物演化速率的估算，双壳类同心生长层纹、年轮、箭石生长环和珊瑚表壁层纹的统计，沉积速率、剥蚀速率或盐度增长的估算等。而同位素方法的成功可以提供许多事件的地质年龄。

纯理论的时间概念是同时面。地层序列中的同时面如果是一个可证实的时间面，则当地层变形时，同时面也变形；当地层倒转时，同时面也倒转；当地层被侵蚀时，同时面也被侵蚀。就是说同时面离不开确定它的事实。同时面离开了确定它的事实，同时面就不能确定地层，而被地层所确定。当同时面是用未经证实的其他结果确定时，它们不可能对分析地层的工作提供帮助。我们过去常把事物的一致性理解成同时面，然而，这只是一种假设。因为我们所能证实的仅仅是同一事物，并没有证明是同时面。如果我们所证实的不但是同一事物，而且也是同时面，那就能帮助我们分析地层问题了。以往，年代地层对比中的“同时面”大都是未经证实的同时面，而仅仅是同一事物，这就难免不产生循环论。

地层学从一诞生起就包含着对地质事件的同时性的估价，起初不认为它存在什么问题。自从采用运动学的观点分析地球之后，发现这是一个十分复杂的问题，现代科学水平尚无法完全解决它。然而，地层学需要随时给出这些地质事件的时间估价，这就迫使地层学家既要严肃地进行时间估价，又要给时间估价寻找正确的途径和方法。因此，求证不同地点同一事件的同时性（或增大接近同时面的概率），就成了理论地层学的重要课题之一。它直接是关系着年代地层的精确鉴定。

二、地层时间精确鉴定的标志和限制

地质事件和地质事件的同时性

在地层学中，估价时间要基于两个要素：一个是具有可认识价值的地质事件，另一个是证明不同地点同一事件的同时性。对于后一个要素，现有的科学水平还不能完全解决，因此，和其他科学一样，我们常常要遇到极大的限制。

地质事件指的是根据地层记录的某些特征或现象所推断的某地质时期地球上发生过的一件事情，如根据生物地层延限带的下界和上界设想属种的发生和绝灭，根据岩性变化设想沉积环境的改变，根据地层的褶皱，变质设想发生过的造山幕，根据白垩—第三系界线附近有富铀白色粘土沉积，设想发生过小行星与地球碰撞事件…等等。地质事件有全球性规模的，如地磁极性倒转，也有区域性的，如地壳的升降，物种的发生，迁移和绝灭。有些全球性的事件由于受区域性事件的影响或干扰并不在全球都发生。可见，从观察到的地层特征到做出地质事件的判断，再对地质事件做出同时性的推论或解释，必然是一项十分复杂的科学论证过程。缺乏科学论证得出的同时性结论只能停留在假设的水平上。

三、古生物化石鉴定时间的限制

有人把应用古生物化石鉴定地层的时间看得较简单，存在几种不正确论点。第一个错误论点是“标准化石”论，认为一旦找到这种化石，就可以大胆地对含这种化石的所有岩层进行同时性对比。人们都知道，没有在全球生活过的同一生物，相邻地区生活的有亲缘

关系的群类都是由不同的物种所代表的。因此，我们不能要求过去同时形成的沉积物含有同一物种。第二种错误论点是“全球物种寿命相等”。认为在含有同一物种分布的一切地区里，每个物种快速同时出现，同时达到繁盛高峰，又就地同时消失。第三个错误论点认为每一物种都在层的底部开始出现，在层的顶部最后消失，并认为这一规律在物种分布的任何地区都存在。

在象西欧那样的小区域里，早年把同一化石带视为广布全区的，但这样的时间对比其实用范围是有限的。即便连Spath和Arkell都承认，一个特定的菊石种，从其演化中心向外扩散的时间与其生存的总时间相比尽管很短暂，但是，即便在地质学上也不应忽视这种时差。Arkell指出，有许多资料证实，几个发源于不同中心的种来到某个特殊地区，它们出现的顺序可以不一样。说明同一化石带的远距离时间对比从来就不是可靠的。生物带划分得越细，古生物学家越承认带顺序颠倒的事实。也就是说，不但岩石地层单位有穿时现象，而且化石带也有穿时现象。赫胥黎把不同地点这种排除时间含义的化石种在纵向上不重复的出现顺序一致称作“排列类似”（homotaxis），它不代表真正的同时。排列类似和时间相同的区别尽管如此明确，但仍有许多古生物学家对其持怀疑态度。作等时性对比用的许多种，其中有些在生存期间虽然具有较快速的扩散能力，但是快速扩散本身也保证不了它们首次出现的同时性。排列类似现象在赫胥黎指出其非同时性之前，确曾作为生物地层时间对比的基础，今天仍然有人坚持从排列类似可以推论同时性的论点。生物地层学家有责任为证明排列类似就是同时性对比提供科学依据。

四、年代地层精确鉴定的未来趋向

一个地层古生物学家当前所能证明的，无非是化石种在当地的时间顺序，而且只是在单一剖面上实现。这种情况和应用叠覆原理解释岩石地层的组的时间关系一样，不能说明区域性的化石带顺序就包含着时间意义。可见动物群顺序律的应用在现代地层学中也是有限制的。因为它不能给我们提供无限精确的年代学。对于以古生物学为基础的整个地史学来说，这一点是定论。针对年代地层精确鉴定的不足，近二十年来产生了一些增大接近等时面概率的研究新趋势，其中某些预计可能有较值得重视的发展前景。

（一）肖氏图解对比法

美国学者肖（A.B., Shaw, 1964）从运动学的角度出发，提出一个采用化石延续时限的图解对比法，指出了一种精确时间对比的可能性。肖氏图解对比法的基本前提是，化石是一种地质时间和地质事件的最佳指示物，化石在地层中的最早出现或最后消失可以观察。这一方法的基本程序是通过把局部的化石延续时限资料一步步地消化掉，借助图解的办法进行多次复合，使之最后得出一个复合标准剖面的总延续时限。这个方法的基本思想是化石的总延续时限在沉积序列中是受一定的时间控制的，运用传统的运动学公式， $\text{距离} = \text{速度} \times \text{时间}$ ，通过图解求出最佳的时间对比方案。具有真正时间值的绝对年代表仅靠古生物学的方法是不能得到的。传统的古生物年代表所建立的只是一个非等间单位的相对年代表，时间带较宽，界线也不清楚。而肖氏图解法可以发展一种新的年代表，这种年代表可以建立界线确切的精确时间带。它不是用真年龄的时间带度量的绝对地质年代表，而是这种绝对年代表的代用品，除了不表示恒星年外，同样可以起到绝对年代表的作用。

肖氏图解法的另一宝贵性能是允许把今后堆积如山的资料井然有条地在计算机上储存、提取和进行自动的数学处理。这一性能为定量地层学的发展奠定了基础。假若复合标准剖面是由相当多的资料复合而成的话,将对地层学、古生态学和生物进化的研究具有重要的价值。应用属级的垂直分布进行复合,将能用于洲际对比。用一系列的剖面与复合标准剖面进行对比,可以查明物种的地理迁移趋势、确定某地的孑遗种群。用复合标准剖面进行物种发生和绝灭的相对间估价总比用单个剖面要精确得多,对于判断谱系的进化种族关系可以减少主观臆测的成份。正因为如此,当代许多著名生物地层学家和古生物学家把肖氏图解法誉为本世纪对生物地层学具有哲理意义的重大贡献。

(二)磁性地层的极性研究

从大洋中脊连续产生新洋壳的洋底扩张,形成了水平的地壳历史磁性剖面,它和陆地上层状火山岩的纵向磁性剖面相当。这一发现是现代地质学许多重要概念的基础。地磁极性倒转的研究对年代地层的精确鉴定具有重要的意义,它能够提供更比生物演化更为精确的时间划分和对比的基础。目前的科学水平能够证实的全球同时面只有极性倒转面一种,对地层学来说,极性倒转面是可供作时间平行标准用的唯一地质事件。不足的是通过这一途径确定同时面目前只在距今450万年的历史时期中才有显著的效果,即使如此,还要求有同位素年龄测定数据配合使用,方能奏效。

(三)地层学研究的定量化

地层学发展的另一个新动向是定量化的趋势。这一发展趋势在颇大程度上增强了综合大量而复杂的资料 and 解决问题的能力。定量化的趋势带来了新的影响和效果,即(1)把地层的时间对比纳入概率的范围内;(2)为地层学家运用多种生物分带和对比的理论来深入研究生物地层学创造了条件;(3)使原来只是定性的岩石地层和生物地层的研究定量化,为运用大套复杂资料和提高分析问题的质量和效率有了可能;(4)把各式各样地层特征的资料组织成显示时间矢量的线性和数学方式以校正地质年表。导致这一趋势的发展有三个因素:一个是高速计算机的出现;其二是地质数学家与地层学家的成功合作;第三是地质年代表中以百万年精度测量的生物地层带的时间带能得到详细和可靠的校正。由于这些概念比较新奇,许多地层学家也不熟悉统计学方法,又极少参与对这一新趋势的讨论,目前的发展速度受到许多方面的限制,极待普及。当前应着重普及以下三个方面:生物地层定量方法的一般观点和原理、概率地层的意义和应用、沉积作用的类型和岩石对比的定量模式。现在,古生物学家、地质数学家、计算机专家和地层学家已经有了良好合作的开端。预计未来的十年里将是定量地层学巩固的十年,而不是以发展新方法为主的十年。

在时间问题目前尚处于科学水平无法完全解决的情况下,地质学中年代地层对比的同时性还达不到理论的同时,我们所讨论的时间精确鉴定只能是接近理论同时面概率的增大。接近理论同时面的概率越大,时间鉴定的精确性就越强。生物地层学中主张选用演化周期短、变化速度快、扩散速率大和分布范围广的物种的延限带,作为地质同时性鉴定的标准,是符合这一概念的。这就是现代地层学中,年代地层精确鉴定与地质事件研究间的关系和实质。标准就是接近理论同时面概率的增大。

参 考 文 献

Cubitt, J. and Reyment, R. (eds), 1982, Quantitative stratigraphic Correlation, John Wiley & Sons, Inc, New York

Eicher, D, L, 1976, Geologic time,

Shaw, A, B., 1964, Time in stratigraphy, McGraw-Hill Book Co, New York

地层界线划分的新动向

侯鸿飞 姬再良

地层划分、特别是系、统间的界线确定，历来是地层学研究的主要内容，也是地质对比的统一基础。综观其研究历史，大致可以识别出如下几个阶段。

18—19世纪初欧洲开始建立各个地质系（纪）是根据生物的演化来认识地质演化的，但在具体确立系与系间界线时，则主要根据物理间断和自然特性的变化。因此每一个系都代表一个物理的和生物的自然组合。特别是很多系最初建立于狭小的英伦三岛，这就难免要受到地域的限制，往往会以点代面。例如寒武系的下界、志留系和泥盆系的界线是根据不整合确定的，而泥盆系和石炭系、石炭系和二叠系的界线则根据岩相的变化。这个阶段的界线可称为物理界线(Physical boundary)。

19世纪末到20世纪初，随着地质研究扩展到欧洲大陆和北美，对系及其界线的认识主要是根据生物群的性质，但仍要求生物群变化与自然单位的变化相吻合。这一时期特别强调生物地层的方法，认为高级地层单位是生物带的总和。所以地层界线是自然地由它们所包含的最老和最年轻的生物带的界线来确定，把界线限定在化石带的界线上。后来逐渐发展为“界线层型”的方法，即要求界线层型选择在构造简单，岩层连续、岩相单一、含有全球性的生物对比标志，以及其它有对比价值的化石等剖面。将界线划分在一个连续地层单位的内部，目的是避免或尽量缩小剖面上存在着的间断。他们认为界线本身不是原则，重要的是界线标志具有等时意义，易于全球性对比。这样确定的界线是通过长期讨论，实地考察，互相观摩，充分协商，最后由各国派出的权威代表投票表决的，所以可称做人为界线(Artificial boundary)，俗称“金钉”方法。目前所采用的方法，特别体现在“国际地层指南”一书中，实际代表了国际地科联的主张。

但是，这一正统方法尚在发展过程中就受到了挑战。对“人为界线”提出的争议是由于目前对地质历史过程中突变现象的新认识而产生的。这包括几方面资料的积累。

第一，首先是对生物突然灭亡事件的意义有了新认识。从五十年代开始，由莫尔(R. C. Moore)主持编制的各门类化石的“古生物论文集”陆续问世，在这个基础上纽厄尔(Newell 1962, 1967)统计了显生宙无脊椎化石门类中科一级生物在各时期新生和灭亡的百分比数字，并绘制出了变化曲线图。通过研究各门类化石在地史时期的分布，确定了某些门类化石在短期内突然大量灭亡的事实。尽管有人指出这些图表编制得太粗，只反映了科级分类方面的变化，而没有表明生物量的改变，同时在时间划分上只笼统地划分到世，忽略了某些重要的灭亡事件。但是其基本思想和生物群大规模的突然灭绝现象又唤起了人们的

重新评价。斯科普夫(1974)、拉塞尔(1979)等在研究二叠系和三叠系界线,以及白垩系和第三系界线时都统计了界线上、下生物科、属数量的变化。

劳普和塞普科斯基(1982)编制了新的显生宙各个时期每百万年的生物灭亡图。他们提出两种灭亡模式,一类叫做正常灭亡或隐蔽式灭亡(background extinction),可以理解为同生同死的模式,基于达尔文的模式,即生物消失是由于内因(坏基因)造成的。另一类叫集群灭亡或巨大灭亡(mass extinction),是由外因(坏运气)造成的。

集群灭亡有以下几个特点:①在地质历史上重复出现。目前一般公认至少有六次,即前寒武纪晚期、奥陶纪和志留纪、泥盆纪弗拉斯期和法门期、二叠纪和三叠纪、三叠纪和侏罗纪、白垩纪和第三纪等间的交替时期。欣德沃夫只承认其中的三次,而塞普科斯基却认为有十五次。布考划分显生宙为12个生态单位,其中有7个单位结束于灭亡事件。尽管目前对于巨大灭亡事件的次数看法不统一,但共同的认识是它们在地质历史上不是偶然的或孤立的,而是重复发生,且大致与地质上的系或统的界线吻合。②时间短,具世界性分布现象。如白垩纪和第三纪事件几乎涉及全球,通过对此界线间生物群的详细研究表明白垩纪生物群的灭亡大约一至二百万年。弗拉斯期和法门期界线上灭亡事件也遍及五大洲,它只发生在一个牙形石亚带存在的间隔内,大约只有2.5百万年的时间间隔。③灭亡时期不完全与环境的改变同步。居维叶曾经认为生物大量灭绝往往与不整合一致或相吻合,但现在查明在连续剖面中也存在着生物的突然灭亡事件。纽厄尔(1967)把这种现象称为假连续(Paracontinuity),意指“连续”沉积层序中的生物群不连续。④生物大规模的突发性灭绝不仅反映在相同的生态群中,而且也涉及到很多在生态上完全不同、分类上毫无关系、且生活在不同条件的门类中。

由于对生物大规模灭绝的深入研究,从而出现了古生物演化的新理论——间断平衡论(或阶段平衡论)。这种理论强调生物演化是渐变与突变的结合,往往突变占主导地位,新物种的产生与突变事件后的辐射演化有关。

第二,是把地球与天文学紧密联系在一起,而获得的对突然事件原因的新解释。宇宙中有一些短时期突变的自然现象,因此对认识地球历史过程中的灾变有很大启发。这些灾变大致包括:①陨石或小行星或彗星碰撞地球。陨石坑在地球、月球和小行星表面上的发现,表明这种灾变现象在宇宙中相当普遍,而且具有十分重要的地质意义。麦克拉伦曾指出,假如一颗巨型的陨石落在大西洋,可以掀起20000英尺高的巨浪,并使近岸土地裸露、海水高度混浊,以致杀死近岸浅海区生活的靠滤食为生的底栖生物。铂族金属的富集说明彗星上含有各种氰化物,假如彗星撞击地球时,就会毒害地球上的生命。②超新星的爆发。它在短时间内产生极大能量,从而影响地球气候和生物圈。③太阳的特大爆发。目前大量的资料证明太阳的活动与地球的灾变有着密切的联系。

由于把地球与天文现象联系在一起,因此为地球上生物突然大规模灭绝找到了新的解释。这是与居维叶时代把灾变归之于超自然“神力”的解释的重要区别。天体事件给地层学带来了重大的影响,以致麦克劳伦说:“地层学已被深深地卷入在全球范围内寻找可能由地球内部因素、太阳系变化或天文事件所造成的旋回机制。”同时,“新灾变论”的出现为按照自然界线划分地层的设想提供了新依据。这种理论强调用事件划分界线,以一个或几个生态域内动植物组分的突然变化为特征。他们所持的理由是:①显生宙的所有系、以及大部分统、阶的界线最早是根据生物突变识别和建立的。②自然界线具有明显的标志,

不仅体现在生物灭绝方面,而且在特定时间内含有特定岩性,瓦利塞尔把此岩相称为“特定时间相”(TSF)。③自然界线具有全球分布特性,而且还具有同时性、易于对比。因此,他们极力反对界线层型的概念,要求国际地层委员会重新审订界线时,应当把坚持和阐述自然划分做为其原则(瓦利塞尔,1984)。对此学派划分的界线我们可称之为灾变界线(Catastrophic boundary)。由于这一观念还正在发展中,能否构成地层界线研究历史中的一个阶段,还有待进一步检验。

其次,在地球内部因素方面也有新的解释。海平面升降以及大陆漂移的新认识,为系与系间界线的划分也提供了新的依据。自寒武纪以来,周期性的大规模海平面升降一直在发生。由于海平面上升引起的海侵,几乎在全球都是同步发生的,所以说海平面的进退规程与系与系之间的界线密切相关。如奥陶系与志留系、志留系与泥盆系以及白垩系与第三系间等均为海退海进变化的急剧时期。一些研究者认为海平面的升降可能与大陆漂移有关。每次大规模的海侵可能与大洋中脊新的大洋壳形成以及大陆板块漂移迅速加快相吻合。而海退则与终止大洋壳的增生、大陆板块暂时趋于停滞期相一致。同时海平面的升降直接影响到陆地和海洋中生命的演化和扩展。大规模的海侵时期,新的生物门类会爆发兴起、数量会迅速增加,分布范围几乎遍及全球。根据海平面的进退规程的急剧变化来确定系与系间的界线也具有很重要的意义。

那么,如何来看待这些自然界线呢?麦克劳伦在总结志留纪和泥盆纪界线时曾一语道破了这个问题的实质。他并不否认“自然界线”的意义,关键是如何证明它的同时性。我们认为“大规模生物灭亡事件”的界面不一定等时,生物分异度是逐渐降低的。各门类化石同步灭亡时间的详细证据很难确定。例如二叠纪三叶虫、四射珊瑚更像是正常消失,而腕足类、筳中的大部分分子在二叠纪结束之前分异度就已逐渐降低,很难找到一个确切的同時灭亡的界面。瓦利塞尔强调的泥盆纪和石炭纪自然界线在西德和华南不完全是同时的。根据牙形石分带的详细研究,西德的海神石类灭亡面比之华南可能要早0.5—1个牙形石带。另外,关于白垩纪和第三纪界线上的界线粘土层中含有大量的金属铀,应当说是灾变事件最重要的证据,也可以说是一个很好的界面。但是对贵金属异常有着不同的解释。另外一个事实值得注意,根据许靖华等对南大西洋524区钻孔的研究,在白垩纪和第三纪界线上铀异常的富集层位不仅在界线上明显找到,而且在界线之下5厘米处也明显发现,也就是说这个异常不是集中在一个面上,而是集中在界面附近的一段地层内。这样就很难确定出一个“自然界线”①的层位。同时,所谓“自然界线”也和“人为界线”一样,不是在所有的国家和地区以及各种不同的相区都能发现的。例如在中国陆相的白垩纪和第三纪界线之间很难找到一个“自然界线”。

从实践的观点来看,目前所通过的界线都是避开“自然界线”,往往略高于“自然界线”,选择在一个全球易于对比、易于识别的生物带的底界。如泥盆系—石炭系界线标志选择在自然事件之后的牙形石 *Siphonodella sulcata* 首次出现的位置,奥陶纪和志留纪界线重新选择在海退相赫南特贝动物群灭亡,新的海侵开始后第二个笔石带 *acuminatus* 的底界。

这表明“人为界线”在地层委员会是占统治地位的。但由于照顾到优先原则,而历史上的界线又多是自然界线,所以选择界线过程中还是考虑“自然界线”的,并尽可能使二者接近,不过原则是一定避开间断。

① natural boundary 亦可译为特征界线,指按照事物的自然状态、明显的标志所划分的界线。