

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

科技述评

地层学的分类体系和分支学科

——对修订中国地层指南的设想

王 鸿 祯

〔中国地质大学(北京)〕



地层学的分类体系与名词系统是对地层理论、概念、方法的概括和规范化,是地层工作实践的总结。地层学的分支学科是地层工作中引入新技术、开阔新领域和形成新概念的产物。现已形成的有较稳定研究范围和系统研究方法的分支学科有磁性地层学、地震地层学、化学地层学、定量地层学、事件地层学、生态地层学、构造地层学以及月球地层学等。地层分类和名词系统应以简明合用为主,要避免分类过繁和名词烦琐。分支学科以研究方法为主,无须都建立分类体系。中国地层指南的修订应博采国际之长,保持传统特色,要阐明各类地层系统之间的主次关系,提出较详的程序方法和较全的参照标准,应广泛征求第一线地层工作者的意见并为其服务,并应充分发挥全国地层委员会和地质矿产区域地质调查部门的组织领导作用。

任何学科都包括一些学科分支。随着学科研究内容和范围的不断深入和扩展,新的分支学科不断出现,理论、概念和方法也不断发展和完善。任何学科都要对它的主题研究对象提出分类体系和名词系统。分类体系和名词系统是对学科理论、概念、原则的概括和规范化,是认识和实践的总结,对工作的原则和方法起重要的指导作用,具有重要的实际意义。

地层学是地质学科中的一个基础学科。地层规范和系统概念的提出,如从1881年俄国学者在第二次国际地层会议上提出统一地层名称算起,至今已超过100年。从那时以来,有关地层分类原则和方法的争论从未停止。每当地层研究的内容和手段有重要的扩展和创新,地层的理论概念有重要的发展和改变时,或者地质工作的实践有重要的积累和突破时,地层分类体系的争论必将随之出现,有些问题曾引起长期、持续的争论。例如本世纪初年沉积相概念的兴起使地层研究中横向时代对比问题面目一新,就引起了岩相同时间相论者与岩相同时异相论者之间的长期争论。从1933年的北美地层规范发布,其间历经论争,直到1957年C. O. Dunbar和J. Rodgers的“地层学原理”出版和1961年新的北美地层规范问世,经历了将近30年。苏联建

国后的大量区测制图实践形成了1956年以多层次地层分类为特征的地层规范,但未能摆脱经典地层学派把年代地层看成唯一的或最后的“统一地层分类论”者的影响。德国学派以O. H. Schindewolf和W. Ziegler为代表仍然坚持这一观点。本世纪中叶北美石油地层工作中,大量应用地球物理方法和微体古生物学,导致H. D. Hedberg提出了多重地层分类,总结为1976年的《国际地层指南》。近20年来的学科交叉发展使地层研究的内容和方法更为丰富,“多重地层分类论”更为占支配地位的观点。由此可见,地层分类体系和名词系统历来受到地层分支学科发展的深刻影响。

一、地层学的分支学科概述

为了论述的方便,人们常用“传统地层学”和“现代地层学”两个名词。从学科分支的角度讲,传统地层学包括岩石地层学、生物地层学和年代地层学。简单说来,传统地层学围绕地层学中地层划分和对比这一基本内容,分别从岩性和化石两个方面建立各地区的地层层序,同时建立其与标准年代地层表之间的时间对应关系。现代地层学的主要特征是引入了新技

术新方法,深化和扩展了研究领域,同时也导出了新的理论概念。一些新的研究领域足以构成分支学科的条件是已经具备了相对稳定的研究内容范围,具有较系统的工作方法,并形成了一定的概念体系。当然这些条件都是相对的。现已出现的分支学科大致可分为两种情况:一是主要由于应用新的方法手段开阔了新的研究领域,如物理方法的引入形成了磁性地层学和地震地层学,化学方法的引入形成了化学地层学和同位素地层学,计算机的普遍应用形成了定量地层学,遥感技术的应用形成了月球地层学和遥感地层学等。二是主要由于理论和概念的创新和发展为已有的资料内容从方法上和意义上予以再认识,因而往往具有综合性和解释性特征,如生态地层学、事件地层学和构造地层学等。以下试作一些简单论述。

1. 磁性地层学 (Magnetostatigraphy) 磁性地层学是研究岩层磁性的学科分支,它研究的主要内容是利用岩层中天然剩磁的强度、方向和倾角,确定岩层获得磁性时的古磁极位置和磁极反向等特征。它的技术方法日臻完善,能够应用的岩性类型范围日益扩大。根据已获得的数据,用磁极正、负、平稳及多变等特征划分地层已从新生界下延到中生界至古生界。极移曲线对再造地史上,中生代及以后的古大陆位置已成为主要的依据,对古生代的大陆再造也是重要手段之一。我国在这方面的研究刚刚起步,对华北和扬子地区的中上元古界曾根据磁极位置和极移曲线进行对比^[1]。

2. 地震地层学 (Seismostratigraphy; Seismic Stratigraphy) 地震地层学主要利用地震波反射提供的信息予以地层界面的推断解释。它特别适用于地下和海底,尤其对地层间的超覆面及不整合面的推断具有重要作用,是地下和海上石油探测的有效手段。我国在这方面也较早进行了有成效的工作^[2]。由于这种方法便于肯定海进超覆关系,对区域性以及全球性海水进退的研究有一定的价值^[3]。

3. 化学地层学 (Chemostratigraphy) 化学地层学范围较广,主要内容是利用岩层中化学元素含量分布特征,用于区域地层对比和推断形成时的地球化学环境以及其地球化学演变规律。S. M. McLennan已有系统的专著论述^[4]。在50年代末侯德封教授就曾提出化学地层的概念^[5],在地层对比中主要是利用稳定同位素^[6]、稀土元素的分布图谱,一些微量元素和常见元素的垂直分布也可反映区域性沉积旋回及物质来源的特征。我国关于化学地层的研究限于中上元古界^[7,8]。最近 W. H. Berger和E. Vincent等曾经对化学地层作了总结论述^[9]。

同位素地层学中利用放射性同位素测定年龄已成

为一个较成熟的研究领域,其作用在于为年代地层系统提供年龄标定数据,一般称为地质计时学或纪年学 (Geochronometry)。

4. 定量地层学 (Quantitative Stratigraphy) 定量地层学主要指用计算技术对地层的各种信息数据进行处理,以优化地层的划分和对比,而不是限于某一个学科内容。使用较多的是用化石群的统计分析来提高生物地层学的精确程度。这个工作得到“国际地质对比计划”(IGCP)项目的重视,已经立项研究, J. M. Cobbett等和F. M. Gladstein等均有专著,论述定量地层学的成就和进展^[10,11]。

5. 月球地层学 (Lunar Stratigraphy) 由于登月技术和遥感图象技术的发展和实现,现已能编出月球的概略地质图,并通过判读月面上不同物质单位的分布特征推知其层序关系,从而建立与地球上相似的地层系统。陈旭(1984)曾做过简要介绍。严格讲来,月球地质和月球地层学是一个特殊的课题,但它也是遥感技术与地质地层方法相结合的产物。

6. 事件地层学 (Event Stratigraphy) 地质事件概念的兴起是与地球史研究中突变与灾变概念重新得到应有的重视分不开的。事件概念在地质研究中有广泛的影响。事件地层学将突然发生的灾变事件形成的影响用于地层对比,取得了重要的成果。从60年代N. D. Newell就多次指出生物类群绝灭期在生物史和地球史中的意义。70年代L. W. Alvarez等提出了地层的“界限事件”与天体撞击事件的关系^[12]。O. H. Walliser又加以阐发,讨论了事件地层学与生物地层学和年代地层学的关系^[13]。就其在地层对比和地史分期的作用讲,地层事件主要应指全球性事件,其基本表现则包括全球性地磁场的变化,海平面的变化和大气圈、水圈物化条件的变化以及由此引起的岩石圈(沉积作用)和生物圈(生物绝灭和演化)的明显改变。所谓区域性事件实际上是全球性事件的某些具体表现,而地方性事件如火山喷发和小环境的变革虽也有地层对比的价值,但这些局部变化应否称为事件值得考虑。如果我们把事件概念限制在短期的突变,那么全球性事件的起因主要应是地外的天体撞击或近距离通过,地内的因素最明显的是地磁场极性的改变,它具有无可争议的等时性特征,在地层对比和地史分期中具有重要的意义。相反,像冰川融解形成的全球海水面升降,地幔对流引起的相对集中的板块运动和岩浆活动等较长期的效应是否应列入事件的范畴还可讨论。这些问题吴瑞棠已做了论述和介绍^[14]。应该指出,界线地层研究近年来在国内和国际都得到充分的重视。早期界线研究过于重视一地的所谓“金钉子”(意指一旦确

定,即成为世界标准)的建立,观点有些局限。事件地层学的优越性是以等时性的突变为中心,以多学科综合对比为主要手段,用于地层界线的研究,既深化了界线本身的意义,也促进了地层学方法的全面发展,应予以充分的估计。

7. 生态地层学(Ecostratigraphy)生态地层学一词开始于50年代的联邦德国。沉积学的发展及其与古生物生态环境研究的结合使生态地层学迅速发展为一门分支学科。金玉环等最近作了简要的评述^[15]。A. Martinson 多次论述了生态地层学及建立研究项目的作用和意义^[16,17],认为生态地层学是生物地层学的必然发展趋势。它把生态系统和沉积环境结合起来。M. B. N. Berry 把生态地层学同地层分带相联系,把根据生态基础建立的生物地层单元提高到一个新的水平^[18]。生态地层学的内容集中在群落带(Coenozone)的研究,方法要求系统的采样和全面的统计,在地层对比、海盆地的环境条件分析以及以生态演变、验证生物演化和丰富生物地层的理论方面都有明显的作用。

8. 构造地层学(Tectonostratigraphy)构造地层学的概念由来已久。本世纪中期S. S. Sloss和W. C. Krumbein 等人对北美大陆内部地层层序的研究,发现由不连续面分隔的地层序列(sequence)在广大面积内具有稳定性,是研究稳定地区构造沉积历史发展的重要方法。构造地层一词最初见于H. E. Wheeler构造地层格局(tecto-stratigraphic pattern)一词^[19]。苏联学者长期使用构造层(structural stage)和大地构造层(tectonic stage),虽属地层体的概括,但与构造旋迴相对应,是作为构造名词提出的。现在使用的synthem一词实质是指以区域不整合面为界限的一套岩层序列,含意与sequence是相同的。约在30年代,北美的沉积地层学者发现宾夕法尼亚系由许多相对稳定的海水进退沉积旋迴层(cyclothem)构成,同时识别了时限不等,规模级别不同的旋迴和韵律。后来W. H. C. Ramsbottom对西欧石炭系旋迴层做了研究划分。这种分隔地层序列的海水进退界面与地震地层学中发现的界面有相似之处。地层和构造学者一向注意地层类型及其所处构造位置的关系和意义,提出“建造”(苏联)和“组合”(association)等名词,但都未用构造地层学一词。最近研究变质岩和古老岩系的学者从填图需要和工作方法出发,对层状变质岩系作了分析,使用了构造地层学和构造地层单位两词,但未给地层单位专名^[20,21]。我认为构造地层学的主要

目的是着重研究地层的构造意义,研究内容是区别地层单元和地层序列的岩性、岩相、成分、结构及分布特征,用以确定其形成的构造环境和大地构造部位,并通过其系列演变、接触关系和变形期次等特征解释地区的构造发展历史。研究手段在野外以实际观察追索和填图为主,室内以沉积分析和构造解释并重,由此建立稳定地区 and 活动地区的不同构造地层系列模式。因此,构造地层学的研究范围包括大陆内部基底变质岩系,盖层沉积岩系和大陆边缘不同构造部位的特种地层和火山岩系,构成地质历史研究和解释的一个重要方面。

二、地层学的分类体系和名词系统

关于地层分类的理论与实践,笔者近年曾有论述^[22]。从70年代国际地层分类委员会(ISSC)成立以来的主要活动也是围绕这个问题。现在所谓“多重地层分类”观点在国际上已占压倒优势,国际地层指南^[23]的修订,趋势也是适当增加新的地层分类和名词。无疑,多重地层分类的基本观点是正确的,但在实践上,第一,要慎重确定究竟哪些分支学科应该和可能建立独立的地层分类单位体系,以免出现分类过繁和名词重复烦琐的弊端。其次,要阐明不同分类体系之间的主次从属关系,以使我们地层工作有一个明确的指导思想。张守信最近曾对地层分类问题作了回顾。以下结合近年国际上地层分类研究的进展趋势,从上述两个方面稍作分析。

首先,不是每一个地层分支学科都需要有一套地层名词体系,在美国已提出的有磁性地层单位,“岩体”地层单位和不整合间地层单位等^[24]。

磁性地层学已正式作为补充一章准备收入修订后的国际地层指南^[25]。承认了两种分类单位,一是磁性带(magnetozone),一是极性带(magnetostratigraphic polarity zone),实际上磁性带很少使用。

地层学在地质科学中的重要地位是无可争议的,但也不能不恰当的扩大地层包容的范围,以致引起逻辑定义上的困难。例如将岩浆侵入体和岩脉也归入地层范畴^[26],使“地层”和“层状岩石”等基本名词必须改变或加注解。这实际上是把地层等同于地质体,势将引起混乱。北美地层规范(1983)为此增加了“岩体”(lithodemic)地层单位一类,国际地层指南(1987,报告)则采取了审慎态度,只将其列入地层范围,而未给专名。

“不整合间地层单位”经过讨论,北美规范已经收入,命名Allostratigraphic units¹⁾,但仍用“群”、

1) 张守信最近根据希腊词头译为“异体地层单位”,词意不甚妥,应再推敲。

“组”、“段”，只是加allo一词头。ISSC也已正式发表报告，征求意见，准备列入指南的修订版⁽²⁷⁾。这种用单一地质特征厘定的地层类别及其基本单位Synthem实际上与序列(sequence)无异，与岩石地层单位“群”和“超群”关系密切。前节所述构造地层学内容可以包括大陆盖层的序列(sequence)，基底的杂岩(complex)以及大陆边缘区的混杂岩(melange)、蛇绿岩(ophiolite)等。构造地层学与岩石地层学关系密切，如建立专门地层单位，以序列(sequence)和组合(association)较为成熟。

其次，前已述及，北美、欧洲、苏联的地层学者在地层分类理论体系方面仍有分歧。苏联的规范⁽²⁸⁾将地层单位分为1)主要单位：包括通用性(标准性)的，即年代地层单位，附相对应的地质年代；区域性的，指限于一生物区的“局部时带”等，其意似仍属年代地层单位；地方性的，即岩石地层单位。2)特殊单位：即生物地层单位和3)辅助单位：包括岩石地层单位的较低级别和非正式的生物地层单位。其它均未提及。

北美规范(1983)分类内容的特点是全面而庞杂。其表1是框架关系示意图，表2将地层分为物质类和时间及年代类两类。前者并列岩石、岩体、极性、生物、土壤和“异地层”7栏，后者包括年代地层及地质年代、极性年代地层、极性年代以及穿时等五类。它将年代与地层实体并列，以致磁极反向有关的单位三次出现，还将穿时单位单列，包括幕(episode)、相(phase)等。它的优点是便于比较，但显然很烦琐，也缺乏严密的逻辑。

伦敦地质学会1978年修订的地层程序指南⁽²⁹⁾强调了地层学的三种方法——岩石地层学、生物地层学和年代地层学，同时指出生物地层学和年代地层学在实际工作中密不可分。在主要定义中除以上三类，增加了地质时学或纪年学(geochronometry)，在分节论述中增加了地层旋迴和磁性地层学两节。地层旋迴采用了W. H. C. Ramsbottom的3级划分synthem, mesothem和cyclothem，有类于北美规范中的“异地层”。磁性地层学中提出磁性带，并明确指出无须另建立年代磁性地层表。显然，它的倾向性是将地层旋迴、磁性地层和地层纪年都作为年代地层学的辅助和完善手段。联邦德国的地层指南⁽³⁰⁾仍依旧的传统将生物地层等同于年代地层，但未强调其统一性质。前已述及，在最近ISSC征求修订指南意见时W. Ziegler仍然坚持这种观点。

笔者对各类地层单位的主次关系一直持“双重地层分类”观点，即按地层学的两项基本目的任务，将

地层单位分为两类，一类是以建立局部的地层系统为目的，主要以区域性特征为依据的岩石地层单位，和为了改善、补充和验证这个系统服务的地震地层学、构造地层学和磁性(局部)地层学以及化学地层学及其提供的划分单位。所有这些单位之间的界面的一个共同特点是其穿时性。另一类是以建立作为局部地层系统对比标准的全球性年代地层系统为目的，和为了完善及验证这个系统服务的生物地层单位和磁性反向单位。根据定义要求，年代地层单位之间的界面必须是等时面，所以这些单位是概括的，理想的。极性单位界面是全球性等时面。生物带之间的界面虽然可能是局部穿时的，但生物地层研究的主要目的之一则是建立最接近于等时的界面。地质纪年学或时学则是为年代地层系统提供一个准确的年龄标定表。由于条件的限制，有些等时界面只能适用于区域而不能通用于全球。例如喷发岩标志层或一些区域性“时带”只能适用于一个海盆地或一个生物地理区。又如前寒武纪地层只能依据构造岩浆活动及同位素年龄值分出适用于一个构造域的年代地层单位。笔者曾建议称为区域性年代地层单位⁽²²⁾，区域性年代地层单位还可包括苏联使用的区域阶(stratohorizon)和区域时带(Iona)。地层分类简列如下(参照文献⁽²²⁾表2)：

一、时间性地层分类(Temporal stratigraphic classification)

1. 全球性单位：
 - 1) 地质年代单位：宙(Eon)，代(Era)、纪(Period)，世(Epoch)、期(Age)，时(Chron)。
 - 2) 年代地层单位：宇(Eonthem)，界(Erathem)，系(System)，统(Series)，阶(Stage)，时带(Chronozone)。
2. 区域性单位：
 - 1) 地质年代单位：
 - 区域纪(Regio—Period)
 - 区域期(Regio—Age)
 - 2) 年代地层单位：
 - 区域系(Regio—System)
 - 区域阶(Regio—Seage)
3. 辅助性地层单位：
 - 1) 生物地层单位：生物带；时限带(Range zone)，组合带(Assemblage zone)，顶带(Acme zone)。
 - 2) 磁性地层单位：
 - 极性带(Polarity zone)

二、物理地层分类 (Physical stratigraphic classification).

1. 岩石地层单位: 群 (Group)、组 (Formation)、段 (Member)、层 (Bed).
2. 辅助性地层单位: 1) 生态地层单位:
群落带 (Coenozoone)
2) 构造地层单位:
序列 (Sequence, Synthem),
组合 (Association).

三、关于修订“中国地层指南”的设想

由尹赞勋教授主持制定的地层规范草案及地层规范草案说明书 (1961全国地层委员会编) 对地质基础工作和地质填图起了重要的指导作用, 其优点是详细规定了工作程序和符号使用等细节。同时由黄汲清教授提出的中国地层分区也起了阐明地层工作构造基础的作用, 这是国外地层规范中所无的。由尹老主持、张守信执笔的中国地层指南及中国地层指南说明书 (1981全国地层委员会编) 吸收了国际地层指南的先进观点, 也很有特色。由于多种原因, 这个指南未经第一线广大地质地层工作者的充分讨论, 因而限制了其作用的发挥。1979年尹老在总结回顾20年来中国地层工作时^[31]和讲到修订规范时, 都强调博采众长, 择善而从, 也提出了提高生物地层学, 重视地层的边缘分支学科, 重视建阶和建立“活动论的地层学”等重要意见。现就中国地层指南的内容、形式格局和修订程序步骤谈些初步意见。

首先, 指南的内容和指导思想不会有大的改变, 但有些问题应该提出商讨。地层分类一向有一类、三类或多类的争论。现在地磁极性单位已得到较普遍的承认, 化学地层学、生态地层学和构造地层学的研究很可能提出适用的新的分类单位。在这种情况下, 要不再提三类单位? 我同意多重划分和多重单位, 但分析起来, 新的类别都是围绕岩石地层单位和年代地层单位研究而提出的。能否相对突出这各种主要的或基本的单位? 从份量看, 1981年的指南说明书中岩石地层和年代地层各占2页强, 生物地层占3页多。北美规范岩石地层 (连同岩体) 占6页, 如将构造地层计入, 共占8页, 生物地层占2页半, 年代地层占4页半。国际指南岩石地层15页, 生物地层20页, 年代地层 (包括有关问题) 27页。国际讨论中不少人提出生物带划分过细, 主张取消 Oppel 带。看来我们的指南中生物地层部分有些偏多。年代地层方面, 有关阶的建立, 区域性年

代地层单位的性质, 前寒武纪及第四纪的特殊要求, 均应有说明。岩石地层方面, 对陆相盆地、大陆边缘等不同条件下群、组建立的灵活运用以及多种手段的采用, 也可适当讨论。特别应当讨论区域制图中填图及编图单位问题, 俾能在地质基础工作的第一线发挥较多的作用。生物地层方面则应适当简化类别, 明确研究程序, 适当引入生态地层等概念方法。

其次, 关于“指南”的形式, 应继承我们的优良传统, 并参考国际上的先进做法予以改进。作为一个规范性的文件和工具书, 应文字简炼、定义明确, 程序清楚是必要的。但为了帮助使用者理解, 引起思考和研讨, 说明书也是非常重要的。说明书应对“指南”正文的内容和方法有适当的展开, 要注意灵活性, 在程序和方法上应有适当的举例。地层符号虽属细节, 但在基础地质工作中使用甚广, 1960年的“规范”有详细的使用说明, 是一个优点。特别是前寒武纪及内陆盆地岩石地层单位的级别运用比较复杂, 应有说明。

苏联和北美的“规范”都不另附说明书。苏联“规范”的五个附录颇为实用。“国际指南”和“北美规范”的附录则属另一性质, “国际指南”的详细文献目录是一特色。

我们的规范可以适当增加附录。除文献外, 还可收入诸如地层分区、标准阶分带等内容, 使其在一定程度上具有简明手册性质, 俾能为第一线广大地质工作者所欢迎, 并应吸收他们的宝贵意见。尹老曾特别提到“活动论地层学”的方向。近年不少同志提出新一代地层工作和新一代地质图的问题。我认为按照活动论的大陆边缘界线进行地层分区^[32], 并分区考虑区域性和地方性的地层名词系统, 不独对区域地质调查能起指导作用, 也是今后审订地层命名, 使其逐步达到标准化和制度化的工作起点。

第三, 修订程序应采取少开会、多通讯的办法, 广泛征求广大第一线工作者的意见, 又必须提出总体的构想和恰当的问题, 便于集中意见。具体做法可由全国地层委员会和地质矿产部地质矿产区域地质调查部门协同组织, 最好能与具体项目任务相结合 (例如全国地层分区系统或断代地层典等), 可以收到理论与实践相互促进的效果。顺便提及, 全国地层委员会也应考虑工作方式和组织形式, 以对全国地层工作起到应有的总体和经常的领导作用。

现距第二次全国地层会议又已十年。以上所述只是地层工作中的一个方面, 不揣固陋, 敬请指教。

参 考 文 献

- [1] 李铨、冷坚, 1986, 湖北神农架地区中上元古界与峡东和蓟县标准剖面的对比。前寒武纪地质, 3, 第56—72页。
- [2] 徐怀大、胡震中, 1979, 地震地层学在黄骀拗陷的初步应用。石油物探, 第3期, 第1—22页。
- [3] Vail, P. R., Mitchum, R. M. and Thompson, S., 1977, Global cycles of relative changes of sea level. In Payton C. C. ed. Seismic stratigraphy: applications to hydrocarbon exploration. AAPG Mem. Vol. 26, pp. 83—97.
- [4] McLennan, S. M. 1982, On the geochemical evolution of sedimentary rocks. Chemical Geology Vol. 37, pp. 335—350.
- [5] 侯德封, 1959, 地层与地球化学概念。地质科学, 第3期, 第68—71页。
- [6] 陈锦石, 1985, 地层学与稳定同位素。地层学杂志, 第9卷, 第2期, 第42—148页。
- [7] 秦正永, 1985, 化学地层在前寒武系及滹沱系与长城系关系研究中的应用。前寒武纪地质, 2, 第147—160页。
- [8] 秦正永、杨季恩、蒋明媚, 1986, 中国燕山及神农架中晚元古代沉积盆地化学地层对比。前寒武纪地质, 3, 第301—320页。
- [9] Berger, W. H. and Vincent, E., 1981, Chemostratigraphy and biostratigraphic correlation—exercise in systematic stratigraphy. Oceano. Acta Vol. 4, Supple. Vol. pp. 115—127.
- [10] Cobbett, J. M. and Reymont, R. A., 1983, Quantitative stratigraphic correlation. John Wiley and Sons, 301 pp.
- [11] Glastein, F. M., Agterberg, F. P., Brower, J. C. and Schwarzbacher, W. S., 1985, Quantitative stratigraphy. Kluwer Acad. Publ. 632 pp.
- [12] Alvarez, L. W., Alvarez, W., Assaro, F. and Michel, H. V., 1980, Extraterrestrial cause for the Cretaceous—Tertiary extinction. Science, Vol. 208, No. 4448, pp. 1095—1108.
- [13] Walliser, O. H., 1984, Global events, event stratigraphy and "chronostratigraphy" within the Phanerozoic. 27th IGC, Abstr. 1, p. 208.
- [14] 吴瑞棠, 1986, 事件地层学——一个新的挑战。地质论评, 第32卷, 第4期, 第405—411页。
- [15] 金玉珏、张守, 1983, 生态地层学述评。地层学杂志, 第7卷, 第3期, 第235—239页。
- [16] Martinson, A., 1978, Project ecostratigraphy. Lethaia Vol. 11, No. 1, p. 84.
- [17] ———, 1979, Ecostratigraphy: limit of applicability Vol. 13, No. 4, p. 363.
- [18] Berry, M. B. N., 1983, On the relationship between ecostratigraphy and zoological stratigraphy. Newsl. Strati. Vol. 12, No. 2, pp. 84—97.
- [19] Wheeler, H. E., 1960, Early Palaeozoic tectonostratigraphic patterns in the United States. 21st IGC, Rpt. 8, pp. 47—56.
- [20] 竺国强、张伯南、陈健, 1985, 试论变质岩区地层研究的构造地层学方法。成都地质学院学报, 第4期, 第28—43页。
- [21] 单文琅、付昭仁, 1987, 区域变质岩区填图的构造地层准则。地球科学, 第12卷, 第5期, 第559—566页。
- [22] 王鸿祯, 1982, 从地层规范观点论“震旦”一词的使用与中国前寒武纪的时代划分。地层学杂志, 第6卷, 第4期, 第241—246页。
- [23] Hedberg, H. D. (ed), 1976, International stratigraphic guide. John Wiley and Sons, 200pp.
- [24] NACSN, 1983, North American Stratigraphic Code, NACSN 1983 AAPG Bull. Vol. 67, No. 5, pp. 841—875.
- [25] ISSC and SMPT, 1979, Magnetostratigraphic units—A supplement chapter of the ISSC Intern. Strati. Guide. 1979, Geology, Vol. 7, pp. 538—563.
- [26] ISSC, 1987, Stratigraphic classification of igneous and metamorphic rock bodies 1987, ISSC Geol. Soc. Amer. Bull. Vol. 99, pp. 440—442.
- [27] ISSC 1987, Unconformity-bounded stratigraphic units., 1987, ISSC Geol. Soc. Amer. Bull. Vol. 98, pp. 232—237.
- [28] Zhamoida A. I. (ed), 1979, Stratigraphic code of the USSR. 1979 Leningrad.
- [29] 吴同甲译 (C. H. Holland et al.), 1980, 地层层序指南。地层学杂志, 第4卷, 第4期, 第316—324页。
- [30] 朱志康译, 1980, 地层指南概述——德国地科联地层委员会关于使用地层方法的介绍。地层学杂志, 第4卷, 第1期, 第75—80页。

作 者 简 介

王鸿祯, 生于1916年, 1939年毕业于北京大学(西南联合大学), 多年来从事地层古生物, 古地理及大地构造的科研和教学工作, 曾任北京大学教授, 北京地质学院教授、副院长, 武汉地质学院教授、院长, 现任中国地质大学(北京)教授, 中国科学院学部委员。