

造山带区调填图 综合地层学实践

——以四川白玉县登龙、
热加三叠系研究为例

Yao Huazhou

姚华舟著



1:5 万登龙幅、热加幅区域地质调查联测成果之一

造山带区调填图中综合地层学实践

——以四川白玉县登龙、热加三叠系研究为例

姚 华 舟 著

中国地质大学出版社

· (鄂)新登字第 12 号 ·

内 容 简 介

本书是造山带综合地层研究的典型实例。作者在 1:5 万区调填图的基础上,采用以岩石地层学为基础,以构造地层学、火山地层学为先导和主导,进而运用生物地层学、沉积地层学和生态地层学研究的综合地层学方法,卓有成效地确定了川西造山带构造变形强烈、火山岩发育的白玉县登龙、热加三叠纪地层序列,建立了综合地层对比表;提出了“层序敏感岩”(sequence-sensitive rocks)新概念;较系统地论述并实践了以成因分析为基础、以构造背景为对比线索的火山地层学方法;此外,还分析、讨论了以岩石地层学为基础、以造山带地层时空分布规律为基本目标的综合地层学的一般系统结构和实践原则。

本书可供从事科研、区调、教学等工作的广大地质工作者和地质院校师生参考,对造山带区调、区域地层学和理论地层学研究有较重要的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

造山带区调填图中综合地层学实践——以四川白玉县登龙、热加三叠系研究为例/姚华舟著. —武汉:中国地质大学出版社,1994.10

ISBN 7-5625-0961-1

I. 造…

Ⅱ. 姚…

Ⅲ. 造山带-区调填图-综合地层学-四川登龙、热加-三叠系

Ⅳ. P535

出版发行 中国地质大学出版社(武汉市·喻家山·邮政编码 430074)

责任编辑 张华瑛 责任校对 熊华珍

印 刷 中国地质大学出版社印刷厂

开本 787×1092 1/16 印张 6.75 插页 1 图版 20 字数 170 千字

1994 年 10 月第 1 版 1994 年 10 月第 1 次印刷 印数 1—300 册

定价: 16.50 元

对地层学研究来说，就像举行一场接力赛跑，每一种地层学方法只能走完自己的一程。所不同的是，接力赛跑是人为的规定，而不同地层学方法之间的接力则为区域地质条件所限定，这一接力的规程就是综合地层学。

序

从17世纪Steno提出地层叠覆原理以来,地层学已经历了3个世纪。在几经兴衰之后,最近的20年是地层学再度兴盛的新时期,其标志是:由学科交叉产生的地层学分支学科蓬勃发展,层序地层学上升到当代地学的主流地位;地层学哲学思想走在地质学新思潮前列,新技术正被广泛应用。展望世纪之交,生产领域对地层学的应用正方兴未艾,我们对地层学的前景充满乐观。

造山带和稳定区的地层学发展很不平衡。在稳定区,目前层序地层学较好地反映了地层是时、空统一的地质体这一基本属性,又采用了多种新技术、新方法,把地层学推上了生产和科研的主流地位,实现了一次突破,今后的方向可能是地层学与沉积学进一步密切结合,是应用综合方法的高精度地层学,也就是向全息、综合方向发展。对造山带,人们长期套用稳定区的原理和方法,常常不能解决问题,使造山带地层学的研究远远落后于稳定区。现在我们认识到,造山带地层学主要是非史密斯地层学和有限史密斯地层学,即不服从或仅仅有限地服从叠覆原理及侧向连续原理的地层学。姚华舟博士的这本书,是其参加侯立玮研究员所领导的1:5万区调填图工作的成果,以其博士论文为蓝本。其研究以岩石地层学为基础,以构造地层学、火山地层学为主导,进而开展了生物地层学、沉积地层学和生态地层学的研究,解决了该区的地层学问题。这为造山带区调填图的地层学实践提供了一个成功的实例,并从中总结出一套适合于此类地区的地层学方法,我们作为导师,认为值得予以出版推广,供广大读者参考,这也是有关生产单位专家的建议。

解决造山带地层学问题,当然不必都按照这个模式。日本应用构造-地层地体的概念,并对美弥(Miné)等地区作了详细的微古生物填图和同位素填图,识别出一系列地体,重建了日本列岛的中生代地质;北美西海岸、俄罗斯远东滨海区及新西兰许多异地体的地层学及我国三江地区地层研究,采用了相似的方法,取得了明显进展。北秦岭秦岭群、宽坪群和陶湾群在“七五”期间取得的进展,主要是变质地层学、构造地层学和同位素地层学的功绩。在北祁连、新疆北部及浙闽沿海,则火山地层学又占关键地位,其共同点是:都采用了综合的(integrative)或全息的(holistic)地层学途径。造山带的综合地层学有三重含义:第一,对象是综合的,即所研究的地层既有非史密斯地层,也有服从叠覆律的史密斯地层,还有介于二者之间的有限史密斯地层(宏观无序,局部有序);第二,方法是综合的,即举凡变质变形、造山、沉积、生物、生态、同位素等能解决造山带问题的地层学方法,皆取而用之,这些方法又不是并列的,而是统一在综合地层学的系统层次框架中(见本书第一章),是互相联系的;第三,目的是综合的,即不仅解决时代问题,而且服务于建立各分区(岩片、岩板等)地层系统,恢复造山带形成和变质变形史及拼合造山过程这一综合目的。我相信,综合地层学是解决造山带问题的一条重要途径,希望借出版本书的机会,引起更多同行的注意,共同推进此项研究。

殷鸿福 张仁杰

1994.7.28

前 言

在经典意义上,地层学是以叠覆原理、侧向连续原理为基础来描述和划分对比地层的。这对构造变动微弱地区的地层研究显然富有成效。但对构造破坏和变质作用复杂的地区来说,地层的原岩组构被破坏,原始叠覆顺序和接触关系被歪曲,人们所面对的是一套断裂纵横、褶皱强烈、劈理或片理发育、有时是经过明显位移的地层;更有甚者,地层被改造成构造混杂体或杂岩,地层的原始建造特征消失殆尽,这就是目前所称的非史密斯地层与有限史密斯地层,叠覆原理、侧向连续原理在这里的应用受到了限制或根本不能直接应用。

构造地质学家对这类地层的研究起了先锋作用。他们从构造变形和变形序列等主要改造事实的研究出发,结合区域地质背景来探讨和解释地层的成因过程和生成顺序,取得了可喜的成果,并拟定出一些具有一定普遍意义的构造地层学准则,在一定程度上推动了这类地层研究的进展。然而地层学的实践表明,单纯的构造地层学方法也不能全面地解决问题,尤其是不能达到比较深化细致的程度,以满足详细的区域地质填图的需要。其主要原因是构造变形复杂的地区往往也是岩浆作用、沉积建造作用复杂的地区。在这里原岩建造在纵向上的异常多变性与后期构造作用和岩浆作用的复杂性交织到一起了,任何从地层物质属性或成因特征的某一单方面来划分对比地层、确定地层时空分布规律的单一地层学方法在建立整体地层时空格架中所起的作用都是有限的。同时由于多期次的构造变动与岩浆作用,地层的各种物质属性都遭到了不同程度的破坏与改组,各种成因特征亦难以或不可能系统地识别,因而依靠任何单一某个方面都无法在区域范围内准确细致地划分、对比地层,这是包括构造地层学、生物地层学、沉积地层学等在内的任何单一地层学方法都无法克服的基本矛盾。显然,综合运用地层的各种物质属性与成因特征对地层进行全方位、多侧面、多层次的划分对比进而得出地层时空分布规律的结论才是解决问题的根本途径,这就是本书倡导的综合地层学方法。

本书的综合地层学实践是在1:5万区域地质填图基础上开展的。工作区四川白玉县登龙、热加位居金沙江东岸,它在大地构造位置上处于三江褶皱系东缘,是义敦岛弧的一部分,三叠纪以来形成了复杂的火山-沉积建造并经历了多期次变形变质作用和岩浆侵入活动改造。1990—1993年间笔者参加了四川地质矿产局地质科学研究所侯立玮研究员等组织的“1:5万登龙、热加两幅区域地质调查联测”,并具体负责三叠系专题研究工作。根据工作区的客观实际采用了综合地层学研究方法,达到了预想的效果,同时对综合地层学的一般系统格架和实践原则作了分析探讨。针对工作区构造变形复杂、火山岩发育等具体特点,本区三叠系采用了以岩石地层学为基础,以构造地层学、火山地层学为先导和主导,进而开展生物地层学、沉积地层学和生态地层学研究的综合地层研究。其主要内容与成果如下:

(1) 在阐述地层学各分支在地层学实践中的地位与作用基础上,建立了以岩石地层学为基础,以追索地层时空分布为基本目标的综合地层学一般系统格架。

(2) 综合地层建造与改造两方面特点,将本区三叠系划分为2岩群4岩组和1个组,自下而上分别为热加岩群(都萨岩组、杂莫隆岩组)、炯巴岩群(察登岩组、绒学寺岩组)、勉戈组。绒学寺岩组产双壳类7属15种,勉戈组产双壳类6属24种、遗迹化石18属28种,双

壳类主要为 *Halobia*、*Pergamidia* 等,其中有国内首见的 *Halobia beyrichi* 等,组合面貌相似于阿尔卑斯、帝汶等地,为卡尼晚期—诺利中期产物。

(3) 把构造层次概念引入地层学,分析了利用构造层次确定地层层序的基本原则并提出了层序敏感岩(sequence-sensitive rocks)概念,据此确定了以断裂接触的热加岩群、炯巴岩群、勉戈组为由下而上的叠覆关系。

(4) 阐述了以成因分析为基础、以构造背景为对比线索的火山地层学方法,以此为指导思想,根据岩石化学分析资料揭示了本区三叠纪火山活动序列:裂谷(具小洋盆性质)(都萨岩组下岩段下部)→岛弧(都萨岩组下岩段上部)→岛弧(绒学寺岩组一、四岩段)→岛弧裂谷(绒学寺岩组六岩段、勉戈组)。这一火山序列适合于义敦岛弧带,可作为地层对比标志。据此本区都萨岩组、杂莫隆岩组应分别与区域上的党恩组—列衣组(早—中三叠世)、根隆组(晚三叠世卡尼早期)大致相当。

(5) 以火山地貌(火山岩厚度变化)为线索,以沉积组构、岩性组合、岩石薄片粒度资料为基础,把本区三叠纪单调的深海一半深海沉积归为三类:火山穹隆相、火山洼地相、盆地-斜坡相,相应的化石群落称火山穹隆群落型、火山洼地群落型、盆地-斜坡群落型。火山穹隆相主要为灰岩、硅质岩、泥岩。火山洼地相为少量灰岩、硅质岩与火山岩紧密共生。盆地-斜坡相以砂泥质浊积岩、静水泥岩沉积为主。碳酸盐岩、硅质岩中可含磁铁矿、绿帘石等岩浆与热液型矿物。作为背景沉积的泥岩具有反映火山喷流的高 Ba、高 Ga、低 Sr 含量。笔者认为这些碳酸盐岩、硅质岩主要为火山喷流沉积成因。火山穹隆群落型中固着底栖生物 *Pergamidia*、海百合较丰富,有六射珊瑚、管栖蠕虫类(vestmentiferan tube worms)(勉戈组)。火山洼地群落型以活动能力较强的 *Schafhaeutlia* 和具有一定游泳能力的 *Halobia*、*Posidonia* 较丰富。盆地-斜坡群落型以产较丰富的 *Halobia* 和 *Nereites* 相遗迹化石为特征。*Pergamidia* 等体大壳厚,产出密度大,与现代大洋深处营海底热液喷流生活的 *Bathymodiolus*、*Calyptogenia* 等十分相似,也可能依靠火山喷流提供基础食源。

(6) 在上述基础上建立了本区三叠纪综合地层对比表。

本书是集体研究的成果,利用了“1:5万登龙、热加两幅区域地质调查联测”取得的基础地质资料并得到国家自然科学基金“川甘交界三叠纪生态地层学”课题资助。先后参加区域地质调查或专题野外工作的有四川地质矿产局、中国地质大学、武汉化工学院等单位约30余人。全文在博士学位论文兼专题报告《四川白玉县登龙、热加三叠系综合地层学》^①基础上修改而成。学位论文详细摘要(约5万字)1992年经评审得到叶连俊、马杏垣、王鸿祯、杨遵仪、卢衍豪、李星学、郝子文、单文琅、汪啸风、朱占祥等28位专家的高度评价,并提出了宝贵修改意见,有关生产单位的专家认为研究成果具有较强的推广意义,建议印发交流或尽快出版。

要说明的是,文稿修改中笔者尽可能地综合了专家们的评审意见,但有些方面由于自己的固执而未作观点上的改变,对其中的错误和不妥之处他们没有任何责任,敬请同行专家和老师们进一步批评指正。

在编写本书的过程中,殷鸿福教授、张仁杰研究员给予了悉心指导并审阅修改了全稿,殷鸿福教授还亲临野外指导工作。负责工作区区调填图的四川地质矿产局侯立玮研究员、胡世华高级工程师对野外与室内工作均给予了热情支持和帮助。中国地质大学谢德凡副教授协助

① 姚华舟,1992,四川白玉县登龙、热加三叠系综合地层学,中国地质大学,博士学位论文。

作了大量野外工作和室内整理工作。刘金华副教授、黄思骥高级工程师、张永北同志等协助作了一些室内整理工作。单文琅、朱志澄、邱家骧、莫宣学、吴顺宝、杨逢清等教授分别在构造地层学、火山地层学、生物地层学等方面给予了指导。在野外工作中，为我们牵马引路的藏族同胞、烧水煮饭的四川乡亲也付出了辛勤的劳动和汗水。该书的出版得到了地质矿产部宜昌地质矿产研究所和四川地质矿产局地质科学研究所的资助。在此，一并表示深切的谢意。

作者

目 录

序	殷鸿福 张仁杰
前言	(VII)
第一章 综合地层学的思想方法	(1)
一、地层学概念及其系统科学思想	(1)
二、综合地层学的系统层次特征	(2)
三、综合地层学方法及其在造山带区调填图中的应用	(6)
第二章 岩石地层学研究	(8)
一、组与岩组的概念	(8)
二、岩石地层的含义	(9)
三、研究区岩石地层综述	(10)
四、对前人岩石地层划分方案的厘定	(15)
五、剖面记述	(17)
第三章 构造地层学研究	(26)
一、构造格架	(26)
二、构造群落	(26)
三、构造群落与地层层序	(31)
(一) 构造层次与层序敏感岩	(31)
(二) 热加岩群、炯巴岩群、勉戈组的叠覆关系	(33)
四、构造群落与地层的原始接触关系	(34)
第四章 火山地层学及有关地质问题	(35)
一、火山地层学方法	(35)
二、变质作用对原岩化学成分的影响	(36)
三、岩石成因分析及对比	(37)
四、岩脉的构造性质与地层意义	(48)
五、小结	(51)
第五章 生物地层学	(52)
一、绒学寺岩组二岩段	(52)
二、绒学寺岩组三岩段	(52)
三、勉戈组	(54)
四、生物地层对比	(55)

五、小结	(59)
第六章 沉积地层学、生态地层学	(60)
一、工作方法和基本内容	(60)
二、化石生态及环境意义	(61)
三、碳酸盐岩、硅质岩的成因与地层意义	(66)
四、岩相型与群落型及其基本特征	(68)
五、相序列与相分析	(70)
六、沉积-生态地层格架	(79)
第七章 综合地层对比表	(80)
英文摘要 (Summary)	(83)
主要参考文献	(88)
图版说明	(92)
图 版	

Contents

Foreword	Yin Hongfu Zhang Renjie
Introduction	(Ⅶ)
Chapter 1 Methods of Integrative Stratigraphy	(1)
1.1 Surveying of Stratigraphy and Its Essence of Systematic Science	(1)
1.2 System-level Characters of Integrative Stratigraphy	(2)
1.3 Principles of Integrative Stratigraphy and the Application of Integrative Stratigraphy to Geological Surveying of Orogenic Belt	(6)
Chapter 2 Lithostratigraphy	(8)
2.1 Formation and Rock Formation	(8)
2.2 Definition of Strata	(9)
2.3 Lithostratigraphic Characters and Lithostratigraphic Classification	(10)
2.4 Revision of the Former Lithostratigraphic Classification Regime	(15)
2.5 Description of Some Stratigraphic Sections	(17)
Chapter 3 Tectonostratigraphy	(26)
3.1 Tectonic Framework	(26)
3.2 Tectonic Communities	(26)
3.3 Relationships between Tectonic Communities and Stratigraphic Sequence	(31)
3.3.1 Tectonic Communities and Sequence-sensitive Rocks	(31)
3.3.2 Primitive Superposition Orders of Strata	(33)
3.4 Relationships between Tectonic Communities and Primitive Contact Patterns between Strata	(34)
Chapter 4 Volcanostratigraphy	(35)
4.1 Methods of Volcanostratigraphy	(35)
4.2 Metamorphic Affection to Chemical Composition of Protolith	(36)
4.3 Genetic Analysis of Volcanic Rocks and Stratigraphic Correlation	(37)
4.4 Tectonic and Stratigraphic Significances of Dikes	(48)
4.5 Summary	(51)
Chapter 5 Biostratigraphy	(52)
5.1 Rock Member 2 of RongXuesi Rock Formation	(52)

5. 2 Rock Member 3 of RongXuesi Rock Formation	(52)
5. 3 Miange Formation	(54)
5. 4 Biostratigraphic Correlation	(55)
5. 5 Summary	(59)
Chapter 6 Sedimentostratigraphy and Ecostratigraphy	(60)
6. 1 Methods and Main Contents	(60)
6. 2 Fossil Ecology	(61)
6. 3 Genesis of Carbonate Rocks and Siliceous Rocks and Their Stratigraphic Significances	(66)
6. 4 Facies Types and Community Types	(68)
6. 5 Facies Sequence and Community Sequence	(70)
6. 6 Sedimental-Ecological Stratigraphic Framework	(79)
Chapter 7 Integrative Stratigraphic Correlation Chart	(80)
English Abstract	(83)
Main References	(88)
Explanation of Plates and Plates	(92)

第一章 综合地层学的思想方法

一、地层学概念及其系统科学思想

地层学是地质学中最古老的基础学科之一。如果从1669年斯坦诺(N. Steno)提出地层学的基本原理(地层叠覆律、原始水平律、侧向连续律)算起,那么地层学迄今经历了300余年的发展史,其间地层学研究内容不断扩大,概念、方法、基础理论不断更新和完善,逐步形成了目前相对稳定和比较系统的地层科学。

最初地层学的研究内容很单一,主要集中在具有固定时间概念的岩石地层及相应地质时代的研究上。地层时代的识别标志就是岩性,一个连续的岩石地层体具有固定的时间(等时),而且岩石地层单元与相应地质年代使用同一套名称。19世纪初英国的史密斯(W. Smith)提出了用化石鉴定地层时代的方法(化石层序律),使地层学研究内容得到丰富,特别是地层时代的研究有了质的飞跃,地层学进入岩石地层、生物地层、年代地层相揉合的综合研究阶段。至19世纪50年代,格莱斯利(A. Gressly)提出岩相的概念,瓦尔特(J. Walther)又加以发展和引伸并用于地层对比,从此,地层学从纯粹的地层物质对比步入地层的成因研究阶段。

本世纪50年代开始,由于相关学科如沉积学、大地构造学的突飞猛进和新技术、新方法的应用,地层学获得了革命性的进展,涌现出许多新的地层学分支,如事件地层学、生态地层学、化学地层学、磁性地层学、地震地层学、定量地层学、同位素年龄地层学等;有些早期的地层学分支,如成因地层学、构造地层学亦重新获得活力而得到进一步发展。这些新的地层学分支开辟了广阔的研究领域,并深化了传统地层学的研究内容,集中地体现在对地层成因、微观特征、整体性和定量化研究方面。它们与传统地层学共同组成了现代地层学的各个方面,使地层学向着多侧面、多层次、多尺度的系统研究方向发展,从而产生了综合地层学(Integrative Stratigraphy)(Wilgur等,1988;Brenner等,1988),它代表了当前地层学发展的主流。

按照系统科学的系统观和基本原理,综合地层学的实质就是关于地层的系统科学。地层学的各分支学科就是系统的组成要素或子系统,而综合地层学就是由各要素组成的有机统一体——系统。综合地层学包括两方面含义:①在内容上,它包含了地层学各分支,即地层学各分支都是其组成部分;②这些不同组成部分不是无机地组并在一起,而是通过一定结构(即时空格架)联系起来的(图1-1)。综合地层学对应的客观物质系统是地层实体本身,而其组成要素或子系统即各地层学分支对应的物质要素就是地层实体的各物质属性、时间属性和成因特征。

作为现代地层学系统科学思想的另一特征表现是其研究对象和思路不限于地球本身,而是把地球上的地层记录放到宇宙大系统中作综合考察,并着手研究其他天体的地层现象,如地层的天文对比、全球性和区域性地质事件研究(事件地层学)都是在这种思想的指导下或

影响下进行的。月球地层学 (lunar stratigraphy) 则是借助于遥感图像技术和登月技术成果, 通过研究月面上不同物质成分的分布规律推知其层序关系, 它是地层学的研究范围从地球扩展到宇宙其他天体的开端, 也是宇宙大系统进行综合地层对比研究的开端。可以预言, 随着天文技术、航天技术、遥感技术的进一步发展和人类开发太空的需要, 宇宙大系统的综合地层研究将成为未来地层学的重要课题。

二、综合地层学的系统层次特征

就地层学在地质学中所处的位置和整个地质历史而言, 地层学的基本目的和任务是研究表壳岩石 (supracrustal rocks) 在四维空间的分布规律, 即地层体的时空规律, 追索其区域性

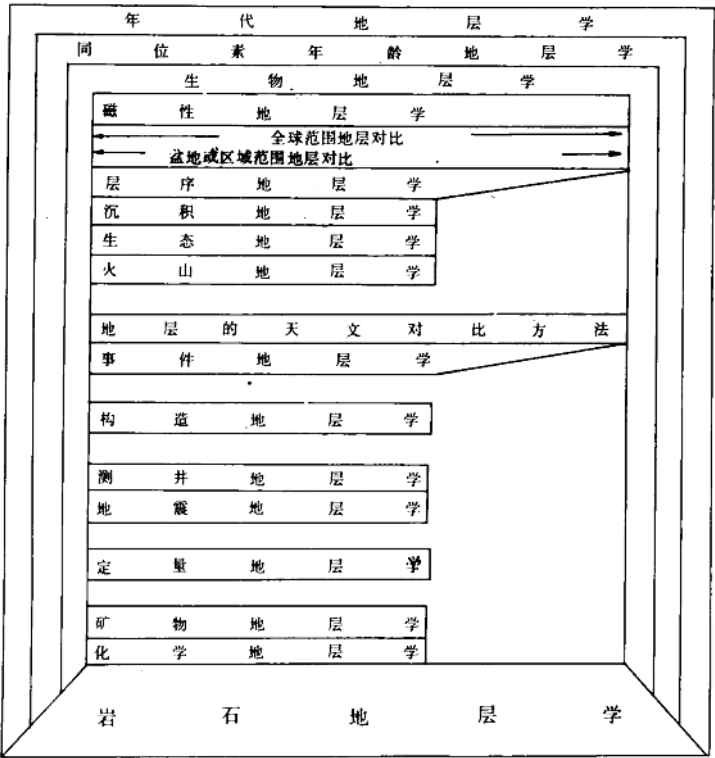


图 1-1 综合地层学的一般系统层次结构

内部层次中并列的磁性地层学、事件地层学、构造地层学、测井地层学等均只能在已知或给定的时间间隔内进行连续性或等时性对比, 地层单元本身不能说明它所处的时代, 即不能说明它在整体地质年代系统中所处的位置。高层次的生物地层学则能够做到这一点, 但其应用范围仅限于显生宙。同位素年龄地层学不仅能做到这一点, 而且适用于所有地质年代, 因此处于更高层次。年代地层学是对各类地层的总括, 处于最高层次。岩石是地层学的物质基础, 因此, 岩石地层学贯穿于地层学的各个层次

乃至全球范围的整体特征。从这一基本目的或总的任务出发,地层学的不同分支,即综合地层学各组成部分显然起着不同的作用、处在不同的位置和层次(图1-1)。

由于生物进化的不可逆性,并且这种不可逆性在不同时代表现出可识别的明显不同的形态和结构特征,这一特点决定了生物地层学对于建立地层时空格架的可靠性和相对独立性,奠定了它在综合地层学中较高层次的地位。目前使用的年代地层系统——全球性地层时空格架,特别是显生宙以来的年代地层单元主要是靠生物地层方法建立和识别的。

同位素年龄地层学方法是建立年代地层格架的一种较为独立的方法,在综合地层学中占有重要位置。目前显生宙以来的国际上较通用的阶以上年代地层单位基本上都测得了相应的同位素年龄值,隐生宙系以上的年代地层单位亦获得相应同位素年龄值(Cowie等,1989;Harland等,1989)。对隐生宙年代地层系统,由于生物地层方法的应用受到限制,同位素年龄地层方法几乎起着主导作用。

磁性地层学是近20年来发展较快的地层学方法,特别是对晚古生代以来的地层格架的深入研究取得了突出进展,分别建立了相应的极性巨带、超带、带、亚带、微带等磁极性地层单位(Harland等,1982)。由于磁性单位界面是全球性等时面,因此磁性地层学对于全球地层格架的详细研究有着特殊的意义。但与生物地层学不一样,磁性地层学自身有着很大的依赖性,它用于划分对比地层的标志——岩石的剩余磁性没有一定的变化方向,也就是说地球磁极性的变化是可逆的,表现为正向极性与反向极性的相互交替,因此如果没有其他年代地层或生物地层背景资料作基础,单凭岩石的剩余磁性不能判别不同地区地层的层位是否相当,也不能确定地层的时代。

层序的概念提出很早(Sloss等,1948),但层序地层学作为一门地层学分支学科是在1987年正式提出的(Vail,1987),并在其后至今近8年中得到迅速发展。层序地层学在本质上属成因地层学范畴,它通过研究不同地点或地区的相对海平面变化进而追索区域性、全球性海平面变化规律,并以此为线索进行区域性乃至全球性的等时性地层对比。但目前层序地层学的所谓区域性、全球性等时对比还主要局限于陆表海、陆架海和大陆边缘的沉积地层,对构造升降频繁的地槽区特别是火山喷发对沉积盆地控制明显的优地槽区地层对比作用不大,而且与磁性地层学的“毛病”一样,它只能在一定年代地层学或生物地层学背景下进行等时性对比,更确切地说,它只能在一个已知的年代地层或生物地层间隔内作等时性对比。实际上除了生物地层学、同位素年龄地层学及在此基础上建立起来的年代地层学外,所有其他以岩性、物性、成因为标志建立起来的全球性、区域性或盆地范围内的地层格架中的时间对比都是在已知或给定的年代地层或生物地层间隔内进行等时性或相对等时性对比。因此,以岩性、物性、成因为基础研究地层体时空分布规律的沉积地层学、火山地层学、磁性地层学等在综合地层学系统结构中均处于基础层次,而生物地层学、同位素年龄地层学则处于较高层次。

与层序地层学有着密切联系的是生态地层学和沉积地层学(sedimentostratigraphy),它们均属成因地层学之列。生态地层学利用“群落”这一对时空变化敏感的生物自然组合为线索研究地层的形成环境和基本的形成作用,并试图在生物地层或年代地层基础上根据化石群落的空间展布特征谋求更为细致的地层划分和对比。沉积地层学则侧重于地层的物理特征和物理作用,如沉积物结构构造、沉积动力、沉积作用和沉积过程等方面的研究(尽管有时把化石生态也列为其研究内容,但那只是辅助性的),在此基础上建立相应的沉积模式,然后根据沉积模式进行多少带有推测性的地层对比(Brenner等,1988)。实际应用中生态地层学与沉积地层学常常是不可分割的,特别是在生态地层学发展尚不成熟的今天,生态地层学在很

大程度还依赖着沉积地层学。

一般而言,一个基本的生态地层或沉积地层单位都是地方性或盆地范围内的,比基本的磁性地层单元或层序地层单元的延伸范围小得多。

事件地层学和地层的天文地质对比也属成因地层学范畴,它们的直接研究对象可以是地层记录的任何一个方面——沉积的、火山的、生物的和化学元素的等,这亦是其他地层学方法必须涉及到的物质内容。因此,事件地层学或地层的天文地质对比没有超出其他地层学方法之外的特殊研究对象,所不同的在于成因解释。事件地层学以突变论、灾变论(新灾变论)为指导思想或成因解释的基本思想,以探明并解释地层记录中确实存在的突发、稀有的地质事件,这对于在一定的年代地层或生物地层背景下进行区域性甚至全球性接近等时性的地层对比显然大有益处。

地层的天文对比方法的核心是把地球上的地层记录同宇宙天体的活动结合起来,用高层次的天文周期与地球上的地质旋回作对比,用地质事件解释地球上地层中的某些特殊物质记录(这也是事件地层学的研究内容),显然这些有助于建立全球范围的地层格架。

由于火山物质为垂向堆积(vertical accretion)或快速的侧向堆积(lateral accretion),因此,同一火山层基本为等时体或其界面基本为等时面。这一特点决定了火山地层学能够在区域地层构架的建设中发挥重要作用。在火山岩发育的造山带,火山喷发韵律和旋回的识别对地层的划分对比甚至可以起主导作用。

作为对地层物质基础的客观描述,岩石地层学是地层学最基本、最直观的方面。它的研究本身不导出地层时代或层序的概念,但它可借助于具有成因意义的叠覆原理在一定程度上、一定范围内建立地层序列。从岩石地层学基础上衍生出来的矿物地层学、化学地层学也是以描述地层物质内容的时空规律为目标的,它们都以地层本身的物质组成为描述对象,但层次不同。岩石地层学以宏观岩石学特征或岩石的总体面貌为研究对象,以此为标准来划分地层并进行一定的连续性对比。化学地层学从化学元素这一微观角度来研究地层,但一般只有微量元素、稀土元素、某些同位素具有重要研究意义,而全岩化学分析只作为岩石地层研究中原岩恢复或岩石定名的一项内容。矿物地层学是岩石地层学与化学地层学之间的过渡层次或称中间层次,它主要是利用某些特殊矿物,如重矿物,来划分和对比地层。岩石、矿物、化学元素组成了地层物质内容的全部,成为综合地层学各分支学科的共同物质基础。各地层学分支所建立的地层层序或地层格架最终都要归结在地层的物质基础——岩石的时空分布规律上。可以说,地层学的初衷和最终目的就是要弄清作为地层的物质基础——岩石的分布规律,并为其他各项地质研究提供一个时空格架。因此,岩石地层学是综合地层学的根本或基础,贯穿于综合地层学研究的始终,任何地层学分支学科的实践都要直接或间接地涉及它们。

测井地层学、地震地层学的共同本质是它们的研究对象或地层划分对比的标准是地层物质反映出来的物质属性而不是地层物质实体本身,这也是它们与岩石地层学、矿物地层学和化学地层学的根本区别。但同岩石地层学、矿物地层学和化学地层学一样,测井地层学、地震地层学也是以地层的物理特征为研究对象,它们的研究本身不能导出地层时代或地层层序的概念,只能借助于具有成因意义的地层叠覆律在一定范围内建立各地层单元的相对新老关系,并进行连续性(而不是等时性)对比。

作为反映地层物质组成的岩性特征(岩石、矿物、元素)和由物质组成决定的物理属性必然是紧密相关且是一一对应的,二者为地层的相同级别,即相同层次的组成部分。从这个意义上讲,测井地层学和地震地层学在综合地层学中所处的位置或层次与岩石地层学、矿物

地层学和化学地层学是相当的。

测井地层学和地震地层学在区域或盆地范围内对深部地层的物质组成、分布的研究和地层格架的建立有着其他地层学方法无与伦比的作用。

随着计算机技术的推广应用,定量地层学在地层学中取得了愈来愈重要的位置。“国际地质对比规划”已对此立专项研究。定量地层学没有一定的物质内容作为研究对象,而是用数学方法和计算机技术处理地层的各种数据,以进一步优化地层的划分和对比,但这实际上是地层学各个分支学科必须也必然涉及到的定量研究内容。因此,严格说来定量地层学并不是一个独立的地层学分支而是地层学的一种手段。

长期以来,对地层学的研究在很大程度上是围绕地层的原始建造(formation)特征展开的,生物地层学、磁性地层学、层序地层学、沉积地层学都属于这个范畴,甚至岩石地层学也过分地强调其原始建造含义。但地层是个开放系统,它在形成后并非一成不变,而是要经历不断的不同程度的变形变质和变位——改造。应该说,地层的改造特征与其建造特征在地层系统中占有相等或相同级别的位置,这是符合系统论的结构与层次原则的。构造地层学就是以地层的变形变质变位特征——改造特征为研究对象,它弥补了传统地层学的某些不足,使地层学自身成为一个相对完整独立的知识和技术系统。而且,在变形变质作用强烈的造山带,构造地层学方法在区域地层研究中常常起着先导和主导作用。根据前人研究成果和笔者在工作区的实践体会,构造地层学基本研究方法内容与内容可归纳为以下三个方面:

(1) 根据总体变形变质、岩性组合和边界特点(与围岩是断裂接触还是正常接触)划分相应的地层单位,确定基本构造格架。对这类地层划分曾出现叠、部、节、套等十分拗口的单位名称。笔者认为,变形变质组构与变质矿物是岩性的一个方面,以此为基础的构造地层学的地层划分实质上也是岩石地层划分,因此,已赋予变形变质含义的岩石地层单位“群、组、段、岩群、岩组、岩段、杂岩”(见第二章)同样可作为构造地层学地层划分的基本单位名称,而不必建立或采用既无新义且拗口的其他单位名称。

(2) 根据不同尺度的面理、线理(包括区域构造走向)和褶皱的相互关系——叠加、交割、干扰和变形变质程度确定各地层单元的变形变质期次,建立相应的构造群落与构造序列。显然,对同一构造带的大套层序而言,老地层必然经历了比新地层更多更长久的变形变质,因此,通过构造序列对比和区域构造方向研究可间接确定不同地层单元的相对新老和原始接触关系(整合与不整合)。

在变形变质不太复杂的条件下,一般可利用原始层理或与之平行的其他面理 S_{0-1} 与其同褶皱劈理 S_2 的几何关系判别地层的正常与倒转,这就是野外地质工作中常常用到的雷斯法则。当 S_2 与 S_{0-1} 倾向相反时地层正常;如二者倾向相同,当 S_{0-1} 倾角小于 S_2 时地层正常,大于 S_2 时地层倒转。对于叠加褶皱,可分别利用 S_3 与 S_2 、 S_2 与 S_{0-1} 的几何关系恢复褶皱形态,确定地层相对新老关系。

(3) 构造层次与地层层序。虽然岩石地层单位普遍穿时,但就总体而言,大套地层层序仍符合地层叠覆律,即老地层总体上位于新地层之下。因此,在一定地温梯度范围内老地层必然处于比新地层更高的温度和压力条件下,所以同一构造应力场中老地层必然表现出与新地层不同的变形变质行为,形成不同构造群落,前者显示出相对较深的构造层次(tectonic level)。据此,可以在一定范围内根据变形变质层次反序地确定地层新老关系。

要说明的是,根据构造层次间接地确定地层顺序,必须以相似的原岩建造和相似的构造部位为基础,并要考虑到同构造期岩体侵入等造成的局部地热异常,因为构造层次同时受控