

史密斯地层与非史密斯地层

张克信, 殷鸿福, 朱云海, 王国灿, 冯庆来, 龚一鸣

(中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉 430074)

摘要: 国际地层指南中指出, 地层学应扩展为包括对构成地壳的所有岩石体的描述。所有各类岩石(沉积的、火成的、变质的、固结的和非固结的)都属于地层学和地层分类的总体研究范畴。传统地层学主要针对沉积成因地层, 虽然拓展包括了一部分火山喷出岩, 如熔岩类、火山碎屑岩和火山灰等层状火山岩, 其形成的力学机制基本上是重力机制, 即向地心方向受重力作用逐渐累积。本文将重力机制下形成的地层及其适度扩展物(如沉积变质和沉积火山岩类)称之为史密斯地层。现代地层学概念中, 形成地层的力学机制不仅仅是重力, 而且包括了热力(如蛇绿岩)、机械力或构造力(如混杂岩、构造岩等)。非重力机制或非沉积成因的地层, 亦都有时空顺序, 其顺序服从各自的力学机制和成因, 但不服从史密斯地层的叠覆律; 这些非重力机制形成的地层不属于史密斯地层学的范畴, 本文称之为非史密斯地层。造山带混杂岩区主要依据构造力作用机制不同, 其非史密斯地层形成方式可区分为俯冲剖削拼贴式、俯冲折返拼贴式和仰冲推覆式等。

关键词: 现代地层学; 史密斯地层; 非史密斯地层; 力学机制; 造山带混杂岩。

中图分类号: P53

文献标识码: A

文章编号: 1000-2383(2003)04-0361-09

作者简介: 张克信(1954—), 男, 教授, 博士生导师, 1982年毕业于北京大学, 主要从事生物地层、层序地层、造山带非史密斯地层和地质填图的研究和教学工作。

E-mail: kxzhang@public.wh.hb.cn

1 史密斯地层学及其局限性

1.1 史密斯地层学的产生、发展及基本原理

地层学产生以来的 300 余年, 研究内容基本上属于史密斯地层学(Smith stratigraphy)的范畴。最早的地层学科学奠基人史坦诺在论文《天然固体中的坚硬物》(1669)中提出著名的地层学三定律: 层序叠加律(law of superposition), 即若地层未经变动则下老上新; 原始连续律(law of original continuity), 即若地层未经变动则呈连续体并逐渐尖灭; 原始水平律(law of original horizontality), 即若地层未经变动则呈水平或大致水平产状。史坦诺的三定律第一次把理性带进地层学。

地层学真正成为一门集理性与应用于一体的学科, 始于被称之为“英国地质之父”的威廉·史密斯

(William Smith, 1769—1839)。1793—1799 年, 史密斯参加索美塞得郡(Somersetshire)煤运河施工, 他在 6 年的野外考察实践中, 认识到“每一层都含有独特的生物化石”, 在他的地质图上, 布满了各种化石的地点和符号, 将含相同化石的岩层位置勾画出来, 完成了“不列颠地层表”(1799)。1816 年史密斯出版了被称之为地层学奠基之作的《用生物化石鉴定地层》一书, 提出了著名的“化石层序律”, 即不同时代的地层所含化石不同, 含有相同化石的地层属同一时代。由于生物演化的不可逆性、阶段性和生物较强的迁移能力, 可以将地层中的化石作为一种指示时间先后的符号。史密斯提出用地层中所含化石的划分、对比代替地层本体的划分、对比, 无论是指导思想, 还是操作方法、精度等方面都较地层层序叠加律先进得多^[1]。史密斯的历史功绩在于第 1 次确立了生物地层学的基本原理和方法, 并将其原理成功地应用于地质填图, 完成了英国乃至全球的第 1 张真正的地质图(1815)。直至今今, 全球各国地层划分对比和地质填图仍遵循“史密斯地层法”和“史密斯填

收稿日期: 2003-04-18

基金项目: 教育部项目造山带混杂岩区非史密斯地层研究——以青海东昆仑和拉脊山混杂岩带为例(No. 200228); 中国地质调查局项目: 1: 25 万民和县幅数字地质填图(No. 200213000016)。

图法”的基本原理和方法。利用史密斯开创的生物地层学方法,19 世纪 70 年代末,古生代以来的纪(系)已在欧洲全部建立,为地质学的研究建立了统一的时间坐标。不仅如此,史密斯的化石层序律也开辟了利用地层中所含各种信息、特征等能独立于地层本体之外的标志进行地层划分、对比的新途径,如利用地层的岩性、磁性、化学性质、矿物标志、气候标志、生态标志、突发事件(如火山爆发、撞击、缺氧、海啸等)标志、海面变化标志等进行地层的划分、对比,从而产生的岩石地层学、磁性地层学、化学地层学、矿物地层学、气候地层学、生态地层学、事件地层学、层序地层学等,均为化石层序律思想、方法的延续和扩展,因此,上述地层学学科分支均可归入史密斯地层学的研究范畴。

在实践中,史密斯地层学是指研究那些层序正常,横向上可以远距离追索对比,构造简单,无变质或变质轻微,海相火山岩系不发育,具较广地理分布的地层学科^[2]。进行史密斯地层学研究,首先要求建立典型剖面(标准剖面、层型剖面),其剖面选择准则有三:(1)构造简单;(2)层序完整、清楚、化石丰富(即保持原始的上下叠覆关系,无沉积缺失,无构造变动造成的缺失等);(3)交通便利。显然,符合上述 3 条准则的史密斯地层标准剖面赋存的最有利位置是地壳构造活动不强的稳定的克拉通区或被动大陆边缘。史密斯地层的原理和法则在板内地台区和稳定区无疑是正确的。但随着 20 世纪后半叶,尤其是近数十年来古大陆造山带研究的深入,史密斯地层学在造山带混杂岩区的地层学实践中存在着严重缺陷,需根据造山带自身特点提出一种新的地层学分支学科对其进行补充。

1.2 史密斯地层学的局限性

传统的史密斯地层学只包括了沉积成因的(含沉积变质的)地层,虽然拓展包括了一部分火山喷出岩,如熔岩类、火山碎屑岩和火山灰等层状火山岩,其形成的力学机制基本上是重力机制,即向地心方向受重力作用逐渐累积,因而由此产生了叠覆律等(传统)地层学三定律。

在造山带区,许多地层体的形成并非仅由重力作用所致,热力作用、机械力作用及它们间的相互复合作用形成的地层体随处可见。传统的史密斯地层研究方法已难以满足造山带地层研究的需要,沿袭了几百年的史密斯地层的原则(层序叠加律、原始连续律、原始水平律、化石层序律及后来提出的瓦尔特

相律)在经过古海洋、古地理、古大陆大地构造相等强烈变动和混杂的造山带区也显得力不从心。原因是造山带地层构成具如下独特性和复杂性^[1]:(1)造山带演化不同阶段、不同大地构造相地层体在极短程内相互拼贴、无序叠置;(2)不同沉积古地理单元地层体在极短程内相互拼贴、无序叠置;(3)不同构造层次(深部—浅表构造层次)的地层体在极短程内相互拼贴、无序叠置;(4)以半深海—深海相海底扇、斜坡扇沉积相建造大量发育为特色,且伴生一系列他生突旋回沉积建造(如塌积、碎屑流、滑坡、滑塌、海啸、震积、火山、负沉积侵蚀或冲刷等)高频发育为特色;(5)生物群以远洋—半远洋微体单细胞浮游生物与极浅海底栖生物混杂为特色;(6)古大洋相当复杂,尤其是中国古特提斯域古大洋,多为多岛洋(海)^[1,3],多岛洋是一个宽阔(可达数十纬度)的但不干净的洋,它在其各个演化阶段,始终充满着由裂解地块、裂谷、海道、微板块与次级小洋(海)盆、火山岛弧、海山与边缘海等不同裂离与聚合程度的、海陆相间的多岛洋盆。故由多岛洋转化而来的造山带地层岩相纵、横向变化很大,并且其中的一些相单元寿命短暂;(7)相同时间间隔内快速堆积厚度巨大的地层体(如海底扇、斜坡扇)和极慢堆积厚度极薄的高度凝缩的地层体(如远洋放射虫软泥沉积)共存,这是稳定地台区地层不能比拟的;(8)在造山带俯(仰)冲碰撞和陆内造山阶段,发生过强烈的构造搬运和构造混杂,构造形迹多样化,垂直不长的地层体往往是众多不同来源、不同时代、不同变形变质程度、不同大小的各种构造岩片拼贴体,地层原始层序被严重肢解、破坏;(9)造山带现存地层体多以各种混杂岩方式出现,尤以产于俯冲带的俯冲增生杂岩楔的原始形成方式与史密斯地层学的“层序叠覆律”老下新上的顺序正好相反,其混杂岩增生方式是老的“片体”在上,新的“片体”阶段性拼贴在老的“增生片体”的斜下方,这种增生片体的原始位置亦与“原始水平律”相悖,即增生片体一般保持较高角度倾斜;(10)在岩石类型和变质程度上,造山带海相和古陆缘火山岩及变质岩普遍发育,尤其是超基性、基性岩系分布广泛,变质作用较强,伴有从百余 km 以下深部超高压变质岩片的折返和同造山期与造山后期岩浆活动,构成极为复杂的地质景观。

因此,传统的史密斯地层学理论与方法在造山带地层研究和填图生产实践中存在诸多局限。在造山带混杂岩地区进行地层工作,首先必须进行高精

度的地质填图,填绘各类岩片(块)、基质所处的构造期次和构造部位,分别对其进行定时(代)、定位(原始位置)、定相(原始形成环境)和变形变质历程研究^[1,3,4],重塑其地层序列(新老次序),分析其形成机制(重力、热力、构造作用力或它们的复合作用),恢复其古大地构造相、古地理、古地貌和古沉积环境。这就要求我们必须更新观念,有必要引入非史密斯地层(non-Smith stratigraphy)这一新的地层学概念,为恢复造山带组成、结构、形成和演化历程服务。

2 非史密斯地层学建立的理论依据及其概念

非史密斯地层一词虽系许清华先生提出,但他并没有阐述它的理论、概念和方法。在国内、经过几年实践和地层学界的讨论^[1~14],现在已有可能对非史密斯地层学建立的理论基础和概念作如下概述。

2.1 现代地层的概念

史密斯地层学或传统地层学主要研究沉积(及沉积变质)成因的地层,其形成机制是重力机制。现在人们认识到,这只是地层的一部分或狭义的地层。那么什么是现代的地层含义?让我们看看国际和中国的地层指南。

在《国际地层指南》(第二版)^[15]第二章“地层分类原理”的“A. 概述”中写道:“从广义上讲,整个地球都是分层的,因此所有各类岩石——沉积岩、火山岩及变质岩都属于地层学和地层分类的研究范畴”。在第三章“定义与程序”的“1. A. 定义,1 地层学”又写道:“非成层岩石体——沉积火山岩和侵入火成岩及成因不明的块状变质岩所提供的信息,在地层学方面的重要价值已变得非常明显……地层学的定义应扩展为包括对构成地壳的所有岩石体的描述……所有各类岩石——沉积的、火成的、变质的,固结的和非固结的——都属于地层学和地层分类的总体研究范畴。”

在《中国地层指南及中国地层指南说明书》(修订版)^[16]的第一章“一般概念”中写道:“地层学(stratigraphy)是研究构成地壳的所有层状或似层状岩石体固有的特征和属性,并据此将它们划分为不同类型和级别的单位。进而建立它们之间的空间关系和时间顺序的一门基础地质学科。构成地壳的各类层状或似层状的岩石——沉积岩(包括固结的

或未固结的沉积物)、火山岩及变质岩都属于地层学的研究范畴”。

两指南的地层含义有所不同,国际指南的含义非常广泛,中国指南则将它限制为“构成地壳的所有层状或似层状岩石体”,并未如国际指南那样明确地说“整个地球都是分层的”,特别是没有明确包括如“侵入火山岩”、“非固结的”这些类岩石。中国指南所说的“构成地壳的所有层状或似层状岩石体”,亦有一定的模糊性,并未明确指明沉积层以下被康腊面分隔的陆壳上层、陆壳下层及莫霍面、古登堡面、莱曼面等以不同地震波速面分开的层状或似层状岩石体是否属于地层学的范畴。但是,在该指南中,有一节专述“特殊岩石地层单位”,包括岩群、岩组、杂岩、滑塌岩、构造岩、混杂岩、蛇绿岩等7种。这就明确地把洋壳中、洋陆转换带(缝合线)中、和至少部分非沉积成因的上陆壳中形成的岩石算作地层了。

从以上两指南的叙述可见,地层的定义已扩展到非沉积成因的岩石。

由上可见,在现代地层学概念中,沉积成因的地层只是地层的一部分。在国际地层指南表述的概念中,它只是地层的一小部分,只包括地球或地壳的最上部——沉积层。在中国地层指南中,它被暗含地认为是“正常”地层,而将其与“特殊”地层相对。这些“特殊”地层以及国际地层指南中广义的地层的大部分,都不服从叠覆律,按笔者的理解,属非史密斯地层的范畴。

2.2 广义的或理论的非史密斯地层学概念

史密斯地层学是指适用“地层三定律”,特别是“叠覆律”的地层,它是重力机制下形成的地层,实质上就是沉积成因(含沉积变质)的地层及其适度扩展物,如沉积火成岩类。

根据国际地层指南的地层定义,形成地层的力学机制不仅仅是重力,而且包括了热力(如蛇绿岩)、机械力或构造力(如混杂岩、构造岩等)。这些非重力机制形成的地层不服从史密斯地层三定律,因而不属于史密斯地层学的范畴,我们称之为非史密斯地层。

热力机制形成的地层,其形成方向基本上与重力相反,不是向地心收缩,而是由地心向外膨胀,露出地表以后,虽然在局部有叠覆关系,但总体上仍呈层状向外(两侧)膨胀扩展。因此它的新老关系或时间—空间顺序不符合叠覆律,而服从热力机制所决定的膨胀、分异、穿插切割关系。例如蛇绿岩,它底部的变质橄榄岩通常形成在先;往上为堆晶岩,堆晶岩

的每一旋回虽然有一个从超镁铁岩到浅色层序的序列,但它是通过分异结晶作用形成的岩浆分异序列,并不是史密斯层序;稍后形成的岩墙群,则穿插切割先存的蛇绿岩层序,并非上、下关系。岩墙群内部,后成的岩墙沿破裂侵位于老岩墙中,并无叠覆关系。

在构造力或机械力机制中,很重要的一类是板块边界上的扩展力或压缩力,其基本方向是水平力,而重力成为次要因素。它所形成的地层时间—空间顺序,服从于机械力的主应力方向,故不一定造成叠覆。例如在板块俯冲棱柱增生体中形成的构造混杂岩,基本上是侧向增长,逐个拼贴在俯冲(仰冲)带上,往往是老的在侧上方,新的在侧下方。

非重力机制或非沉积成因的地层,亦都有时空顺序,其顺序服从各自的力学机制和成因,但不服从叠覆律,笔者称之为非史密斯地层。它们的生成顺序不符合史密斯层序,一般称之为无序(指不符合史密斯层序)。

在非史密斯地层中还包括另一类地层。它们是原始沉积成因的,如深海硅质岩、复理石、磨拉石等,但由于处在造山带中,被后来的变质变形移位等作用切成一个个小岩片,并按构造力的作用拼贴到混杂带中。作为混杂地层的一个基本单位,这类地层单元(即岩片)的形成顺序,也不是按史密斯地层的叠覆律形成的,但各个单元(岩片)的内部,有时仍保留了原始沉积的史密斯层序,有时则已剪切破裂或被构造置换到不可辨认了。在前一种情况下,属于总体无序局部有序(史密斯层序)。

非史密斯地层研究的兴起,来源于造山带区地质填图,特别是中国西部造山带地区地质填图实践的需要^[1,8]。中国东部大部分是相对稳定的台区,西部则大多是造山带,它与东部有三点不同:一是造山带的原型是大陆边缘和洋壳,它所卷入的非沉积地层(混杂岩、蛇绿岩等)多;二是造山隆升剥露后,出露的非史密斯成因的地层和古老的地壳多;三是有些沉积地层因造山变形变质而有序化。它们急需非史密斯的概念和方法予以研究。

由此可见,非史密斯地层是一个崭新的研究领域,其范围很大。近几年我国对非史密斯地层研究大都集中在造山带混杂岩区。造山带类型复杂多样,不同类型的造山带有着各自不同的形成机制、演化历程和各自不同的三维结构,但各类造山带有其共性,其共性就是造山带的接合部在整个演化历程中,曾经历过强烈的构造搬运和构造混杂过程,即“非史密斯

斯化”过程。因此,用传统的地层学方法难以很好地恢复造山带复杂的演化历史。如何对造山带混杂岩地区进行精细的地质调查就成了亟待解决的问题,造山带混杂岩区的非史密斯地层研究亦应运而生。非史密斯地层学方法是从地层学角度对造山带混杂岩区进行深入细致剖析研究的有效途径。在非史密斯地层新的理论与方法指导下,进行混杂岩区非史密斯地层研究,不仅可以大幅度提高造山带混杂岩分布区地质填图质量,进一步提高我国造山带区地质研究与环境资源调查评价水平,而且也是建立大陆动力学等地学新理论体系的关键。

3 造山带混杂岩区非史密斯地层方法应用

研究造山带区混杂岩的目的是进行基质和外来岩片(块)的划分、对比研究,对基质的划分研究可根据基质的变质程度不同分别采用岩石地层单位群组或岩群岩组进行填图单位划分;对基质中的外来岩片(块)可视规模大小分别进行构造岩片(块)划分,建立混杂岩地层的填图单位。选择有代表性的岩片(块)进行物态(物质组成)、时态(时代确定)、相态(沉积相)、位态(原生大地构造环境,如洋脊、弧前、弧后、岛弧、前陆等)构造古地理部位恢复、变形和变质历程调查^[1,3,4]。通过对构造岩片四维裂拼复原分析^[1,3,4]研究,探讨造山带形成、演化历程和现今三维物质组成与结构。要求在剖面上要分别按岩片(块)和基质对混杂岩内部物质组成逐块(片)逐层详细描述,采集岩矿、古生物、岩相、构造定向、岩石地球化学、粒度分析等样品,选择不同类型的岩片(块)采集古生物或同位素年龄测试样。特别要注意岩片(块)与基质之间、岩片(块)与岩片(块)之间(在混杂岩中,常常岩片(块)与岩片(块)直接以断裂带接触)接触关系(断裂)特征性质的调查。

构造岩片(块)是非史密斯地层的研究对象——混杂岩的基本构件之一,那么,它必然亦是非史密斯地层的基本构件之一,也是造山带非史密斯地层地质填图的基本单位之一^[1,3,4,17]。

造山带一般都经历了多期板块裂解与拼合的复杂演化过程,使地层广泛非史密斯化,从中型构造尺度来看,不同层次、不同产状、不同性质、成生于不同时期的断裂所分割的多级次构造岩片(块)组合是造

表 1 造山带混杂岩区非史密斯地层类型划分

Table 1 Classification of non-Smith strata in mélangé belts of orogenic regions

混杂类型	大地构造环境	混杂的力学机制与混杂方式	混杂岩岩片(块)类型	无序状态	非史密斯地层类型
滑混岩类	拉张环境为主	重力+构造力(张性为主);重力流,震积,海啸,礁缘崩塌等	滑动岩块 sli 滑塌岩块 slu	总体有序 局部无序	沉积混杂型 非史密斯地层
基本混杂类型	构造混杂类	先期拉张环境岩片主要形成于汇聚俯(仰)冲碰撞环境	构造力(压性和压剪性为主)+热力;俯冲刮削拼贴式,俯冲折返拼贴式,仰冲推覆式等	总体无序 局部有序	热—构造混杂型 非史密斯地层 构造混杂型 非史密斯地层
复合混杂类型	构造—热—沉积混杂类	先期形成于拉张、汇聚、俯冲、仰冲、碰撞等环境,后经陆内变形变质环境改造	构造力+热力+重力	存在各种 无序状态	复合混杂型 非史密斯地层

山带非史密斯地层最重要特征之一。根据造山带地质填图的初步成果,笔者从填图尺度将其划分为岩片(块)和超岩片(块)2级^[1,17]。

不同学者对岩片(slice)可能有不同理解。王涛等^[18]将岩片定义为“从强变形带限定、与相邻地质体不可对比的、并无正常连续叠复(沉积的、正常构造接触的)关系的单一岩层体或多个有原始成生联系的岩层组合体”。岩石及其组合是划分岩片的主要依据。岩片之间不应有可对比的岩层,否则,应视为同一岩片,即使有强变形带分割。王涛等^[18]对“超岩片(super slice)”所下的定义是:由特征各异、归属(地层的、构造的)不明、相对独立而又具变质变形总体相似性而区别于相邻岩系的构造岩片(块)拼合的变火山—沉积岩系。

笔者对岩片所下的定义是:岩片(slice)是指以构造拼合边界所分割的具有一定物质构成的地质体,在地质填图中具可填性,是非史密斯地层基本单位之一,也是非史密斯地质填图的基本单元之一^[1]。对岩片(块)的正确划分是最基本、最重要的,岩片(块)的厘定和划分可按如下原则进行:(1)必须是以构造拼合边界所分割的地质体,即岩片四周均被断裂围限,该断裂绝不是同一地质体内部的断裂,而是与不同地质体相拼合的构造界面。(2)相邻岩片在岩性、岩相、变形、变质程度和时代上具明显差异。尤其是被一断裂带所分割的2个相邻地质体,如在岩相

上不连续、变质程度、变形样式和时代上有一项不同者,即可区分为2个岩片。

超岩片(super slice)是在同一大的构造旋回期(如晋宁期、加里东期、海西期等),亲源关系密切,大致经历了相似变形、变质历程的一套岩片(块)组合体。超岩片的大小一般宽数 km,长达数十至数百 km。在造山带 1:50 万地质图上,在岩石地层单位编图的基础上,采用超岩片进一步解剖混杂岩区较好,但对有特别重要意义的岩片(如蛇绿岩岩片、超高压含柯石英榴辉岩岩片、深海放射虫硅质岩岩片等)可在 1:50 万地质图上夸大表示。

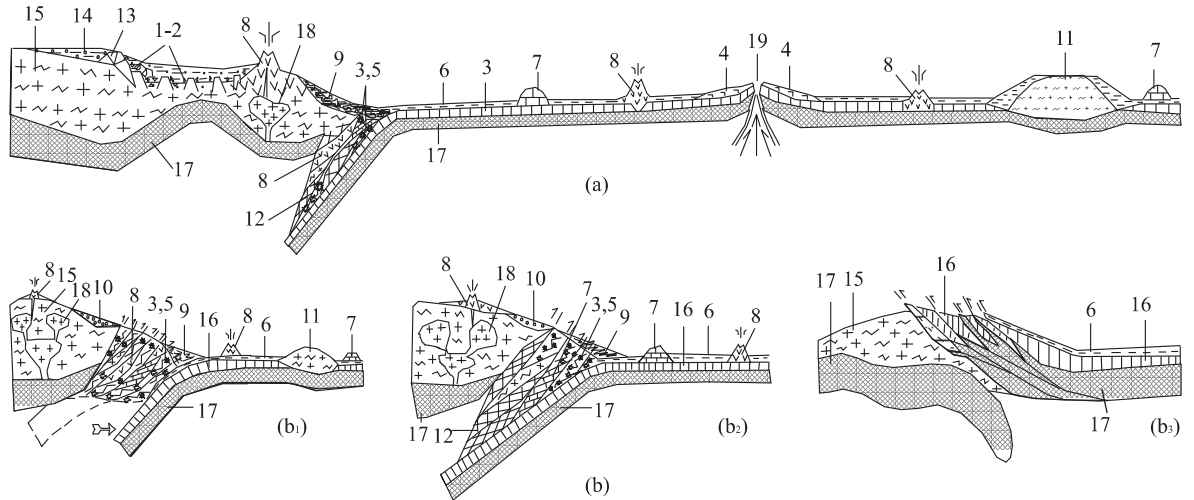
根据造山带地质填图实践,笔者主要依据造山带混杂建造的力学机制和混杂方式的不同,提出了一个造山带混杂岩区较为详细的非史密斯地层划分方案(表 1)。非史密斯地层混杂岩岩片(块)的特征列于表 2。

热—构造混杂型和构造混杂型非史密斯地层是造山带板块聚敛俯冲带常见的一种混杂建造。俯冲带在消减板块下潜过程中,盆地中先前在重力机制下形成的原始复理石沉积、同沉积滑塌岩块,与先前在热力机制下形成的蛇绿岩和火山弧及早先裂解的陆壳碎片等最终一并带入俯冲带内遭受剪切,发生构造混杂,从而形成由冲断层滑动造成的柔皱层和包括从俯冲盘和仰冲盘分别刮离和大洋壳刮下的蛇绿岩在内的俯冲杂岩体。由这种混杂作用形成的非

表 2 造山带混杂岩非史密斯地层岩片(块)常见类型及主要特征

Table 2 Major slice types and their characteristics in non-Smith strata of orogenic regions

混杂岩岩片(块)类型	代号	主要特征
1 滑动岩块	sli	半固结的沉积物块体沿破裂的底面整体移动,内部几乎无柔皱变形和旋转作用。
2 滑塌岩块	slu	半固结的沉积物块体沿破裂的底面整体移动,内部柔皱变形和旋转作用强。
3 蛇绿岩岩片	Op	洋壳或似洋壳岩石圈碎片,其岩石组合为地幔变质橄榄岩、超镁铁—镁铁质堆晶杂岩、席状岩墙群、枕状熔岩等。
4 玄武岩岩片	β	由与洋壳演化有关的大套枕状玄武岩或非枕状玄武岩构成的构造岩片。
5 超镁铁质岩岩片	Σ	为蛇绿岩的超基性岩岩石组合部分的残片,主要为地幔变质橄榄岩、超镁铁—镁铁质堆晶杂岩、席状岩墙群等。
6 深海硅、泥质岩片	sa	与蛇绿岩密切伴生的放射虫硅质岩,硅化粘土和泥岩、硅化沉凝灰岩等。
7 碳酸盐岩海山岩片	ca	主要指洋盆中的非火山海山,没有陆源物质参与,多数为生物建隆形成碳酸盐岩海山(台)、相伴远洋硅岩及压缩层序,有时产生具绿藻纹层的铁锰壳和铁锰结核。
8 火山(岛)弧岩片	va	火山海山或火山弧残片。由喷出的火山岩、火山弧的深成岩根部和来源于火山的沉积碎屑构成。
9 复理石岩片	fw	巨厚的再沉积深海、半深海碎屑岩序列。由来自大陆边缘的石英长石质碎屑所构成,杂基支撑为主。
10 磨拉石岩片	ml	为造山沉积再旋回产物,包括从陆相到海相的一系列沉积体系,其碎屑模型图解中是一个岩屑—石英区域。
11 裂解块体岩片	sl	原来从大陆裂解出来的一些块体(地体),后又被拼贴于大陆边缘。沉积体富含石英,反映沉积作用的多旋回。或在碰撞带(或俯冲带)中被卷入的一些被裂离的变质基底岩系块体。
12(超)高压变质岩片	hp	特指俯冲于地壳深部发生(超)高压变质后又折返于地壳浅部的岩石,如含柯石英榴辉岩。

图 1 造山带构造混杂岩类非史密斯地层各种混杂岩岩片(块)形成的大地构造背景模式^[1,3]Fig. 1 Models for different tectonic settings of non-Smith mélangé slice in orogenic belt^[1,3]

a. 各种构造混杂岩岩片(块)成生原始位态及大地构造环境; b. 汇聚、碰撞环境中各种构造混杂岩岩片(块)就位(变位)模式; b₁. 俯冲刮削拼贴式; b₂. 俯冲折返拼贴式; b₃. 仰冲推覆式。图中 1—12 含义见表 2; 13. 礁; 14. 陆架边缘浅海沉积; 15. 陆壳; 16. 洋壳; 17. 岩石圈地幔; 18. 同造山侵入体; 19. 洋扩张脊。

史密斯地层体,显然是在板块聚敛俯冲过程中构造力与热事件力共同作用混杂的结果。如雅鲁藏布江、西金乌兰—金沙江、东西昆仑^[19,20]、祁连等蛇绿构造混杂岩带等均属此种类型。

图 1 所示为造山带热—构造混杂型非史密斯地层各种混杂岩岩片(块)形成的大地构造背景及成生过程模式图,可大体剖析为 2 个成生阶段: a 阶段为各种构造岩片成生原始位态及大地构造环境,如在离散大地构造背景下其原始成生环境可出现活动裂谷、裂解地块、弧后盆地、火山岛弧、弧前盆地、陆缘增生楔、斜坡带复理石楔、海底扇、海山、深海平原、

扩张脊等;在陆—陆碰撞和陆内造山背景下可出现复理石盆地、磨拉石盆地、背驮式盆地、转换裂谷及拉分盆地等。b 阶段为俯(仰)冲、对接、碰撞和陆内汇聚作用导致山脉隆升而发生的地壳大幅度削减、缩短和增厚过程中,在造山带结合部所发生的强烈的非史密斯化过程。如在俯(仰)冲过程中在俯(仰)冲带可能存在的情况为:(1)洋岛、海山及海底高原、裂解地块(具陆壳基底)、洋壳(蛇绿岩)等随大洋岩石圈向大陆岩石圈的俯冲而拼贴于大陆边缘。拼贴过程中这些大小不同、来源有别的块体被夹持于刮削混杂堆积物中,这一非史密斯化过程可称为俯冲

刮削拼贴式。随着时间推移,俯冲带可能常呈现跳跃式后退方式,将其刮削混杂物层层拼贴在活动陆缘面向海沟一侧,形成巨大厚度的陆缘俯冲增生杂岩楔,巨大的增生杂岩楔在2个块体碰撞过程中常起着“缓冲垫”的作用,或最终可制止2个或更多块体的会聚对接,形成一种对接时造陆不造山或延迟造山的大地构造环境。一般增生楔成生层序大体上遵循老的在上、新的在下,与史密斯地层学的“层序叠加律”相悖,更不遵循“原始连续律”。(2)洋壳岩片或陆壳岩片俯冲于大陆岩石圈之下发生超高压变质后通过构造折返作用又回返到地壳浅部,经历了俯冲增压和折返减压2个阶段,如现今展露于大别造山带一带的含柯石英榴辉岩。该过程可造成不同构造层次的各种构造岩片相互拼贴,可称之为俯冲折返拼贴式。(3)洋壳或大洋岩石圈在会聚过程中向陆壳(或大陆岩石圈)仰冲推覆,如阿曼山脉的形成。在非大陆上驮碰撞型造山带中,常可发育碰撞前仰冲的巨大蛇绿岩推覆体,这种由仰冲成生的混杂方式可称之为仰冲推覆式。

沉积混杂型非史密斯地层由沉积混杂岩(又名滑混岩(olistostrome)^[21])构成,可区分出滑动岩块和滑塌岩块两类,被认为与造山带构造演化阶段的拉张大地构造背景密切相关,如弧后扩张盆地、裂谷和大陆边缘的震积、海啸及礁缘崩塌。这类滑混岩块的内部层序通常易于用史密斯地层方法恢复。

4 结论

(1)现代地层学概念中,沉积成因的地层只是地层的一部分。在国际地层指南表述的概念中,它只是地层的一小部分,只包括地球或地壳的最上部——沉积层。沉积成因地层主要是在重力机制下形成的。本文将重力机制下形成的地层及其适度扩展物(如沉积变质和沉积火山岩类)称之为史密斯地层。(2)现代地层学概念中,形成地层的力学机制不仅是重力,而且包括了热力(如蛇绿岩)、机械力或构造力(如混杂岩、构造岩等)。非重力机制或非沉积成因的地层,亦都有时空顺序,其顺序服从各自的力学机制和成因,但不服从史密斯地层的叠覆律;这些非重力机制形成的地层不属于史密斯地层学的范畴,本文称之为非史密斯地层。(3)在热力—构造力作用下,热—构造混杂型非史密斯地层是造山带板块聚敛俯冲带常见的一种混杂建造。其非史密斯地层形成方

式可区分为俯冲刮削拼贴式、俯冲折返拼贴式和仰冲推覆式等。(4)非史密斯地层近年在国内的兴起,主要起因于从地层学角度对造山带混杂岩区进行地层划分对比和地质填图的需要。它是现代地层学分支学科之一。现代众多的地层学分支大多都是通过研究板内稳定区域地层而建立的,因此不能简单地将稳定区建立的地层学各分支学科的理论、技术与方法移植到活动区(造山带)地区,要针对造山带地区的特色进行合理地嫁接、移植,这种有针对性的嫁接和移植的目的是反对机械套用,应具体情况具体分析,取现代地层学各分支学科之精髓,以一系列较为成熟的新技术和新理论为基础,以建立造山带区各个构造单元较高精度的地层年代序列为目的而展开调查。

非史密斯地层是刚刚诞生的一个新兴的地层学学科分支,目前尚未建立完善的理论体系,技术方法还不成熟,尤其是目前国内有部分学者不赞同非史密斯地层的存在^[22]。非史密斯地层(学)理论、方法体系的建立和完善还将付出数代人的艰辛探索和努力。本文愿为该学科的成长和发展“增砖添瓦”,推动非史密斯地层研究深入开展。

参考文献:

- [1] 张克信,殷鸿福,朱云海,等. 造山带混杂岩区地质填图理论、方法与实践[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 2001. 165.
ZHANG K X, YIN H F, ZHU Y H, et al. Theory, method and practice to geological mapping in mélange district of orogenic belts [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2001. 165.
- [2] 王乃文,郭宪璞,刘羽. 非史密斯地层学简介[J]. 地质论评, 1994, 40(5): 482.
WANG N W, GUO X P, LIU Y. Brief introduction on non-Smith stratigraphy [J]. Geological Review, 1994, 40(5): 482.
- [3] 殷鸿福,张克信,王国灿,等. 非威尔逊旋回与非史密斯方法——中国造山带研究理论与方法[J]. 中国区域地质, 1998, (增刊): 1—9.
YIN H F, ZHANG K X, WANG G C, et al. Non-Wilson cycle and non-Smith method theory: method in studying China orogenic belts [J]. Regional Geology of China, 1998, (Suppl): 1—9.
- [4] 张克信,陈能松,王永标,等. 东昆仑造山带非史密斯地层序列重建方法初探[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1997, 22(4): 343—346.

- ZHANG K X, CHEN N S, WANG Y B, et al. A preliminary research on the sequence reconstruction of non-Smith stratigraphy in eastern Kunlun orogenic belt [J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 1997, 22(4): 343—346.
- [5] 冯庆来. 造山带区域地层学研究的思想和工作方法[J]. *地质科技情报*, 1993, 1(3): 51—56.
- FENG Q L. Principles and methods for the regional stratigraphic studies of orogenic belts [J]. *Geology Science and Technology Information*, 1993, 1(3): 51—56.
- [6] 罗建宁. 大陆造山带沉积地质学研究的几个问题[J]. *地质前缘*, 1994, 1(1—2): 177—183.
- LUO J N. Research on the sedimentary geology and petrology of continental orogenic belts [J]. *Earth Science Frontiers*, 1994, 1(1—2): 177—183.
- [7] 龚一鸣, 杜远生, 冯庆来, 等. 关于非史密斯地层的几点思考[J]. *地球科学——中国地质大学学报*, 1996, 21(1): 19—26.
- GONG Y M, DU Y S, FENG Q L, et al. Thinking about non-Smith stratigraphy [J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 1996, 21(1): 19—26.
- [8] 于庆文, 其和日格. 中国西部造山带 1: 25 万地质填图理论与方法的几点思考[J]. *中国区域地质*, 1998, (增刊): 10—17.
- YU Q W, Qihai Rag. Thinking about 1: 250 000 geological mapping theory and methods in orogenic belts, western China [J]. *Regional Geology of China*, 1998, (Suppl): 10—17.
- [9] 杜远生, 盛吉虎, 丁振举. 造山带非史密斯地层及其地质制图[J]. *中国区域地质*, 1997, 16(4): 439—443.
- DU Y S, SHENG J H, DING Z J. Non-Smith strata in the orogen and their geological mapping [J]. *Regional Geology of China*, 1997, 16(4): 439—443.
- [10] 杜远生, 张克信. 关于非史密斯地层学的几点认识[J]. *地层学杂志*, 1999, 23(1): 78—80.
- DU Y S, ZHANG K X. Discussions on non-Smith stratigraphy [J]. *Journal of Stratigraphy*, 1999, 23(1): 78—80.
- [11] 郭宪璞, 刘羽, 王绍芳. 非史密斯地层学的试验研究[A]. *地质科学研究论文集*[C]. 北京: 中国经济出版社, 1996. 11—19.
- GUO X P, LIU Y, WANG S F. Experimental research about non-Smith stratigraphy [A]. *Transactions of geoscience research* [C]. Beijing: Chinese Economy Publishing House, 1996. 11—19.
- [12] 金玉环, 曹长群. 非层状岩的地层分类和研究[J]. *地层学杂志*, 2000, 24(增刊): 341—346.
- JIN Y G, CAO C Q. Stratigraphic classification and integrated study of the non-stratified rocks [J]. *Journal of Stratigraphy*, 2000, 24(Suppl): 341—346.
- [13] 汤加富, 秦得厚, 吴传荣, 等. 关于构造地层学研究与构造地层单位使用的讨论[J]. *地层学杂志*, 2000, 24(增刊): 347—351.
- TANG J F, QIN D H, WU C R, et al. Discussion on the study of tectonostratigraphy and application of tectono-stratigraphic units [J]. *Journal of Stratigraphy*, 2000, 24(Suppl): 347—351.
- [14] 王五力. 试论构造地层学、非史密斯地层学和造山带地层学[J]. *地层学杂志*, 2000, 24(增刊): 352—358.
- WANG W L. Discussion on tectonostratigraphy, non-Smith stratigraphy and orogen stratigraphy [J]. *Journal of Stratigraphy*, 2000, 24(Suppl): 352—358.
- [15] Amos Salvador. 国际地层指南[M]. 第二版. 金玉环, 戎嘉余, 译. 北京: 地质出版社, 2000. 171.
- Amos Salvador. *International stratigraphic guide* [M]. Second Edition. Translated by JIN Y G, RONG J Y. Beijing: Geological Publishing House, 2000. 171.
- [16] 全国地层委员会. 中国地层指南及中国地层指南说明书[M]. 北京: 地质出版社, 2001. 59.
- China National Committee of Stratigraphy. *Chinese stratigraphic guide* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2001. 59.
- [17] 王国灿, 张克信, 梁斌, 等. 东昆仑造山带结构及构造岩片组合[J]. *地球科学——中国地质大学学报*, 1997, 22(4): 352—356.
- WANG G C, ZHANG K X, LIANG B, et al. Texture and tectonic slices of the eastern Kunlun orogenic belt [J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 1997, 22(4): 352—356.
- [18] 王涛, 裴先治, 胡能高, 等. 一种特殊类型的变质火山——沉积岩系及其单位划分问题[A]. 见: 陈克强, 汤家富. 构造地层单位研究[C]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1995. 60—66.
- WANG T, PEI X Z, HU N G, et al. A special kind of metavolcano-sedimentary rock series and the classification of its units [A]. In: CHEN K Q, TANG J F, eds. *Study of tectono-stratigraphy units* [C]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1995. 60—66.
- [19] 张克信, 黄继春, 骆满生, 等. 东昆仑阿尼玛卿混杂岩沉积地球化学特征[J]. *地球科学——中国地质大学学报*, 1999, 24(2): 111—115.
- ZHANG K X, HUANG J C, LUO M S, et al. Sedimentary geochemical features of A'nimaqing mélange

- zone in eastern Kunlun Mountains [J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 1999, 24(2): 111–115.
- [20] Zhang K X, Huang J C, Yin H F, et al. Application of radiolarians and other fossils in non-Smith strata; exemplified by the A'nimaqing mélange belt in eastern Kunlun Mountains [J]. *Science in China (Series D)*, 2000, 43(4): 364–374.
- [21] Horton J W Jr. Mélanges and olistostromes of the US Appalachians [J]. *Geological Society of American Special Paper*, 1989, 228.
- [22] 方宗杰. 关于非史密斯地层之我见[J]. *地层学杂志*, 1998, 22(4): 304–307.
- FANG Z J. Remarks on non-Smith stratigraphy [J]. *Journal of Stratigraphy*, 1998, 22(4): 304–307.

Smith Strata and Non-Smith Strata

ZHANG Ke-xin, YIN Hong-fu, ZHU Yun-hai, WANG Guo-can, FENG Qing-lai, GONG Yi-ming
(*Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China*)

Abstract: International Stratigraphic Guide pointed out that stratigraphy should be defined as the description of all rock bodies constituting the earth crust. Hence, all kinds of rocks, including sedimentary, igneous, metamorphic, solidified and unsolidified rocks, should be considered as research contents of stratigraphy. While traditional stratigraphy mainly studies strata by gravitative deposit, though including some parts of bedded volcanic rocks such as lava, pyroclastic rocks and volcanic ashes. Smith strata are regarded as the strata deposited in gravity, including related strata such as depositional metamorphic and volcanic rocks in this paper. Whereas in modern stratigraphy, the mechanic mechanism of strata origination includes not only gravity, but also thermal (ophiolite), mechanic and tectonic forces (orogenic mixtite and tectonite). In these above-mentioned non-gravitative conditions, the strata, formed with their own mechanisms but not with the overlap rules of Smith stratigraphy, are called non-Smith strata here. In the orogenic belt mélange regions, formations of non-Smith strata could be classified into subduct-scrape-match, subduct-return-match and subduct-overthrust types.

Key words: modern stratigraphy; Smith strata; non-Smith strata; mechanism; orogenic belt mélange.