

环太平洋地区 构造地层地体

• 吴正文 蒋荫昌 等译 • 中国地质大学出版社



环太平洋地区构造地层地体

期 限 表

天正六 将 月 日 期

中国地质大学出版社

内 容 简 介

本书系统而又全面地阐明了有关地体学说的名词、术语和概念的基本涵义，并介绍了分析和重塑地体的增生、拼合过程的一般原则和方法。本书还以若干环太平洋国家和地区为实例，运用多学科的研究手段，揭示和再造了这些地区的构造演化全过程。上述内容为研究现代大陆边缘，乃至古大陆边缘的地质学家，提供新的研究思路和方法。

本书可供从事区域地质研究的学者、工程技术人员和地质院校的师生参考。

环太平洋地区构造地层地体

David G. Howell 主编

吴正文 蒋荫昌 等译

责任编辑：张华琰 卢淑英

责任校对 徐润英

中国地质大学出版社出版

(武汉市 喻家山)

中国地质大学出版社印刷厂印刷 湖北省新华书店经销

开本 787×1092 1/16 印张 19.125 插页 3 字数 490 千字

1991年5月第1版 1991年5月第1次印刷

印数1—1000 册

ISBN 7-5625-0570-5/p·191 定价：7.25 元

译 者 的 话

自70年代末以来,随着板块构造的研究重点转向大陆,以及由人工地震揭示出的大陆地壳,乃至岩石圈中普遍存在着层圈滑动构造等大量事实,使人们愈来愈倾向于认为经典的板块构造模式是不可能解释复杂的大陆构造成因及其动力学机制的。正是在这种情况下,板块学说出现了三个新的分支,即:裂谷、地体和推覆构造。毫无疑问,这三个新学说的问世体现了板块学说的进一步发展。因为它们不仅都是属于活动论的思想范畴,而且又能为大陆的复杂构造形成提供更合乎事实的解释。

地体学说起源于对北美西部的科迪勒拉造山带的研究。以 Jones 为代表的美国地质学家在那里发现了许多外来的块体,并命名为地体。他们认为,北美西部是由这些地体所组成的构造拼合体。地体因增生作用而拼合在一起,并使北美大陆的面积往西增长了25%。Howell把地体研究的范围扩展到整个环太平洋地区。他认为在这一地区中,外来地体的总数超过300个。基于这些发现,不少学者认为环太平洋大陆边缘构造演化进程不能用简单的太平洋板块的俯冲模式来解释。这一地区的演化过程中,贯穿着陆块和地体的破裂、离散、碰撞、增生、剪切和拼合的过程。地体学说及其所强调的构造-地层分析方法为板块构造学说开辟了一条崭新的研究思路与途径。

本书译自由David G. Howell主编的“TECTONOSTRATIGRAPHIC TERRANES OF THE CIRCUM-PACIFIC REGION”一书。原书共包含论文42篇,我们选择了其中有代表性的文章17篇。我们希望将本书介绍给读者以达到下述两个目的。其一,通过引进新的活动论观点,使读者了解国际上区域构造研究的新思路与新方法,以利于缩小我国的区域地质学研究与世界先进水平的差距。其二,有利于读者准确地了解和掌握有关地体学说的一些术语和概念的基本涵义与一般的分析原则。

本书由中国地质大学的部分教师集体翻译。各篇文章的译者姓名可在文章的结尾部分查到。本书中的多数文章均经蒋荫昌校订,之后由吴正文统校了全书。由于译、校时间仓促,译文有误之处,敬请读者批评指正。

译者
于北京
1989年11月

目 录

环太平洋地区构造地层地体·····	D.G.Howell, D.L.Jones, E.R.Schermer (1)
活动带内转换地体离散作用的识别·····	J.C.Crowell (26)
环太平洋增生地体中上三叠统双壳类髻蛤属的生物地理意义·····	N.J.Silberling (39)
北大西洋地区的古生代冒地斜及存疑地体: 科迪勒拉的类似物·····	H.Williams (49)
阿拉斯加的古地磁成果及其构造意义·····	
·····	R.S.Coe, B.R.Globerman, P.W.Plumley, G.A.Thrupp (54)
古生物研究成果指示了阿拉斯加地体的新生代迁移·····	
·····	R.von Huene, G.Keller, T.R.Bruns, K.McDougall (85)
加利福尼亚海岸山脉北部的构造地层地体·····	
·····	M.C.Blake, Jr. A.S.Jayko, R.J.McLaughlin (104)
沙林尼亚地块的 U-Pb 年龄和同位素变化——沙林尼亚地体的成因及侵位的意义·····	
·····	J.M.Mattinson, E.W.James (119)
加利福尼亚半岛地体及其邻近的索诺拉地体·····	G.Gastil (135)
墨西哥逆冲带·····	M.F.Campa U. (149)
堪察加与鄂霍次克海的构造演化及对太平洋盆地的影响·····	B.F.Watson, K.Fujita (165)
亚洲大陆边缘台湾区段的裂谷作用、漂移作用和地壳增生作用·····	
·····	W.G.Ernst, C.S.Ho, J.G.Liou (184)
与亚洲大陆构造有关的日本构造地层地体·····	Z.M.Zhang (201)
中菲律宾地体·····	R.McCabe, J.N.Almasco, G.Yumul (215)
澳大利亚东部塔斯曼褶皱系中的存疑地体·····	E.Scheibner (236)
东南亚的构造演化与油气产出的关系·····	A.J.Barber (263)
安第斯山脉的演化与地体的概念·····	I.W.D.Dalziel, R.D.Forsythe (270)
附图代号说明·····	(289)

环太平洋地区构造地层地体

D. G. Howell, D. L. Jones, E. R. Schermer

提 要

近年来的地质和地球物理研究表明,北美科迪勒拉山脉的地壳有很大部分是通过互不相干的构造地层地体的增生作用发展而成的。进一步的研究表明,沿太平洋盆地边缘的绝大多数地段,也出现过这种地体的增生作用。我们通过编制一份比例尺为1:2000万的环太平洋地区构造地层地体草图,探讨了这一广阔地域的地体增生假说。这里,我们将该图的比例尺加以缩小提供给读者,综述一下地体分析的原则,并讨论一下环太平洋地体的特征。

构造地层地体是指由断裂所围限的、具有区域规模的地质实体,每一个地体均以具有不同于相邻地体的地质历史为其自身特征。地体可以分成三种类型:(1)地层地体,由代表大陆碎块、大洋或大陆边缘盆地,以及(或)火山弧等沉积环境的连续地层所组成;(2)破裂地体,以镶嵌于页理化砂岩和蛇纹岩混杂体内的、岩性和时代都不同的岩块为特征;(3)变质地体,以具有区域意义的透入性变质组构的构造块体为代表,这种变质组构要比原岩的组构明显得多,而且又模糊了原岩类型。复合地体是由拼合在一起的两个或两个以上的地体组合而成的,这种拼合作用发生在复合地体增生到某个大陆边缘之前。图上所表示的绝大多数地体是“存疑”的,因为它们起源于别处(异地)是推测的,且至今尚未被证实。

环太平洋地体的规模变化极大,从在1:2000万图上无法表示的小地体,到大的陆块。虽然许多地体因被增生期后的走滑断裂的肢解而断离,不过除非存在有明显的成因联系,否则我们宁肯采取保守态度,把那些断离的部分作为独立的地体来处理。

根据定义,地体的边界是断裂或复杂的断裂带。边界通常是——但不一定必须是——由兰片岩或蛇绿岩标定的。增生和拼合过程的细节大多数仍不清楚。尽管在增生过程中逆冲断裂作用似乎起了重要作用,可是许多逆掩断层为后期的褶皱和高角度断裂所改造。在太平洋周围的许多地方,低温变质作用和混杂堆积的形成与增生作用相伴生。

虽然地体间的位移量不总是很大的,不过总得有足以使完全不同的岩石并列在一起和使原始相带瓦解的位移量。通过沿断裂走向测定水平断距,得知某些地体的位移量为数百公里数量级。另外一些地体的古生物和古地磁研究表明其位移量超过6000km。

标绘在地体图上的现代太平洋盆地洋底高原的分布和性质,为详细了解增生过程提供了可能。洋底高原包含了大陆碎片、大洋岛群、热点轨迹、残余岛弧和异常厚的成因不明的火山——深成堆积物。通常因撕裂和滑脱作用而与基底分离的、向岸增生地体内的这些同样岩性构造单元的存在表明,大陆增长和造山作用的出现,起因于洋底高原对大陆边缘的碰撞。就一个造山带及其前陆的有效变形而言,增生期后的地体固结作用有可能比最初的增生事件更为重要。

可以把大陆增长和成形看作是地体增生和离散作用的结果。地壳增生导致了大陆增长或扩大；相反，因裂开或滑移而引起的地体离散（解体？）作用导致了大陆的缩小。

我们将讨论一下太平洋周围地区一些已经深入研究的的地体的地层史和构造史，这些地体中有：阿拉斯加、不列颠哥伦比亚、美国西部相邻各州、南美、西伯利亚、中国、澳大利亚和新西兰的地体。

引 言

北美科迪勒拉山脉地壳的很大部分是通过彼此无关的构造地层地体的增生作用而形成的，这一概念近年来得到地质、地球物理和古生物等方面新资料的支持（Jones等人，1981；Jones等人，1983；Coney等人，1980；Davis等人，1978；Blake等人，1982a）。这种增生作用似乎影响了环太平洋的许多陆缘区。为探索这一假说，我们编制了一份环太平洋地体草图。本文的目的在于评述Coney等人（1980）和Jones等人（1983）提出的地体分析概念，同时提出一些太平洋盆地边缘地体的不同类型的实例。本文提出了一种经验性的解释，其用意主要是想促进对这一复杂地区的构造演化问题进行讨论。我们编制的1/2000万地体图是以AAPG环太平洋图集（Jones等人，1982a；Howell等人，1983）为基础的。此图（附图）经折叠后装在本书封底内侧的插袋中。文内未予详细讨论的地体也可在图上查到，而对它们的描述见本文的附录。

地体分析的原则

地体的定义

构造地层地体是一个以断层为边界的、地质历史不同于相邻地体为特征的、具有区域规模的岩块。地体可以以其与众不同的地层作为特征，不过在某些情况下，变质的或构造的烙印是最重要的特性。如果某些地方的相邻地体具有同时代的地层，那就必须证明两个地体的地质历史既不相同又无联系，同时还必须证实缺失可能把它们联系在一起的过渡相。一般说来，地体的基本特点是，现今的空间关系与推断的地质历史相矛盾。随着地质、古生物和地球物理资料的积累，就有可能对地体的边界和分类以及有关的术语进行进一步修正。地体可以归纳为三大类：地层地体，破裂地体和变质地体。每一类地体的实例讨论如下。在附图中，各种次级分类是用不同的颜色加以区分的。

1. 地层地体 这些地体以具有连贯的地层层序为特点，层序中相继的岩石单位间的沉积联系是能够加以证明的。基底岩石可能保存了下来，也可能未保存下来。地层地体内的层序可进一步划出三种主要类型；一些具有复杂地质历史的地体包含一个以上的这些类型：

（1）大陆碎块：这些地体以存在一个一般为前寒武纪的大陆基底和一套覆盖于其上的古生代和中生代的浅海沉积地层为特征，还包括与基底拆离的陆源沉积岩。实例有阿拉斯加的尼克松福克地体（Nixon Fork——NXF），南加利福尼亚的图琼加地体（Tujunga——TUJ），西伯利亚的奥莫隆地体（Omolon——OMO）和新西兰的图华地体（Tuhua——TUH）。

（2）大洋盆地碎块 这些地体的地层特点是具有洋壳特征的镁铁质和超镁铁质岩石序列，以及上覆的浅海沉积物，例如加利福尼亚的德尔港地体（Del Puerto——DPO），阿拉

斯加的楚利特纳地体 (Chulitna—CHU)，西伯利亚的南阿纽伊地体 (South Anyui—SAY) 和中国的昆仑地体 (KUN)。上述每个地体都有蛇绿岩基底和深海沉积物，而时代较新的地层则指示了大陆边缘的沉积环境。这些逐渐递变的层序反映了许多地体的运移变化。本类型还包括从同洋壳基底拆离开的深海沉积物，例如阿拉斯加的平斯顿地体 (Pingston—PMW)，以及海山和洋底高原的碎块。

(3) 火山弧碎块 这些地体主要由火山岩或深成的岛弧根部岩石以及源自类似于现今活动火山弧 (如阿留申弧) 火山岩的沉积碎屑所组成。实例有不列颠哥伦比亚的斯铁钦地体 (Stikine—STK)，阿拉斯加的半岛地体 (Peninsular—PEN)，加利福尼亚的沙林尼亚地体 (Salinia—SAL) 和新西兰的霍科努伊地体 (Hokonui—HOK)。在许多地区，例如在菲律宾和中国的秦岭地体 (QIN)，由于缺乏详细的地球化学和地质数据而难以把这种地体与大洋地体区分开。

(4) 大陆边缘盆地碎块 这种地体主要由浅海到深海相硬砂岩，以及主要呈海底扇积相的陆源长英质碎屑所组成的。构成这类地体的地层，总的说来是一致的，但它们有时与破裂地体相伴生，后者通常含有枕状玄武岩、燧石和深海沉积。实例有新西兰的托莱斯地体 (Torlesse—TOR)，日本的 Shimanto 地体 (SHM) 和南阿拉斯加的 Chugach 地体 (CGH)。

2. 破裂地体 这种地体以由岩性和时代都不同的块体所组成为特征，块体通常镶嵌在页理化的页岩、砂岩或蛇纹岩的混杂体内。这类地体中的绝大多数含有蛇绿岩碎块以及浅海灰岩、深海硅质岩和夹有砾岩透镜体的硬砂岩等岩块。此外，许多破裂地体还含有蓝片岩相岩石，这些岩石若不是外来岩块就是一次区域变质的叠加标记。有些破裂地体一直被解释为俯冲杂岩的碎块，当然还有其它可供选择的模式。实例有阿拉斯加的楚加奇地体 (Chugach)，北加利福尼亚的弗兰西斯坎组的中央地体 (CEN) 和不列颠哥伦比亚的卡切溪地体 (Cache Creek—CCK)。

3. 变质地体 这种地体的特点是透入性的区域变质组构遍及整个地体，变质矿物极度发育，致使原始地层的特征和相互关系无法辨认。尽管如此，在确定一个变质地体时，不仅要找出与相邻地体的变质差别，而且还必须证实它们原岩的不一致性。实例有阿拉斯加的育空-塔纳诺地体 (Yukon-Tanana—YKT) 和加利福尼亚的巴德利地体 (Badly—BDY)。

地体的聚合作用

必须把地体历史上的两个相似的、但又无关系的事件区分开。一个是早期事件，亦即拼合作用 (amalgamation)，它把互不相干的地体连接在一起，而这一拼合作用发生在拼合地体贴附到大陆边缘之前。一个是后期事件，亦即增生事件，是指地体 (复合的或单个的) 与大陆的碰撞和焊接作用。这两个事件时间间隔可能很长，也可能很短。拼合和增生的时代可以用三条主要准则来确定：(1) 以沉积方式上覆在两套各具特色、而又紧靠在一起的地层之上的超覆地层，例如把兰吉利亚地体 (Wrangellia—WRN) 和亚历山大复合地体 (ALX) 联接起来的东南阿拉斯加的格拉维纳-纳措廷 (Gravina-Nutiotin) 带，及连接飞弹和美浓地体 (Hida—HID和Mino—MIN) 的日本Nohi流纹岩体就是如此。(2) 在一个地体内突然出现来自相邻不同地体的岩屑例如，在加利福尼亚，斯坦利山₁地体 (Stanley—SIM) 的海陆交互相地层中花岗岩巨砾表明了该地体与沙林纳地体的缝合发生在晚白垩世；不列颠哥伦比亚的鲍瑟 (Bowser) 盆地沉积物中的卡切溪地体的岩屑，证实了它曾与斯

铁钦地体相连接；中国东南湘赣地体（HNJ）的晚泥盆世碎屑岩，表明它来自与之相连的华夏褶皱带地体（CTY）的早古生代火山岛弧系；（3）不同的地层序列焊接在一起，例如，南阿拉斯加的达纳利（Danali）和博特山（Border Range）的断裂之间的所有地体都被55—60Ma的花岗质深成岩焊接成一体。

所谓复合地体，是指在增生作用以前，两个或更多的地体拼合在一起并从此具有同样地质历史的实体。这种拼合的实例包括岛弧—岛弧拼合（亚历山大—兰吉利亚），和破裂的岛弧—大陆—大洋的拼合〔南加利福尼亚的沙林尼亚（Salinia）—图琼加（TuJunga）—斯坦利山（Stanley）—圣西米恩（San Simeon）地体，又称圣卢西亚—奥罗科比亚（Santa Lucia—Orocopia）外来体〕。图琼加地体本身是一个至少由三个不同的前寒武纪地体所组成的基底岩石的复合体，而亚历山大地体包含了前三叠纪的克雷格（Craig）、阿德默拉尔蒂（Admiralty）和安妮特地体（Annette）。虽然西太平洋的许多地体很可能也是复合地体，但因缺乏描述这些地区详细地质情况的英文文献，我们还不能把那些复合地体的个别组元区分开来。

借助于一份总流程图，我们有可能把各地体的相继拼合阶段粗略地表示出来。图1和图2证实了阿拉斯加和南加利福尼亚一些地体的缝合顺序，而图3描绘了西伯利亚的缝合事件。在任何情况下，增生和拼合期都是根据超覆地层的地质关系、深成侵入作用或有特定来源的岩屑作出推断的。

地体的大小

环太平洋地体的规模变化极大。有些具备次大陆的规模，另一些仅有数百平方公里甚至更小的面积。蒙古、中国和澳大利亚的大褶皱带很可能是由许多小地体和仅据现有资料还不能确认的地体碎块所组成。图1所示的地体大小，部分是各地研究所得数字的反映；此外，由于该图比例尺的原因，还把许多地体合起来作为复合地体处理。少数地体现在并不呈连续的整体，而是由彼此独立的块体所组成，不过它们的相关性又是确定无疑的。不连接地体的最明显的实例是兰吉利亚地体，它现在以几个独立的块体形式分布，从俄勒冈州，经不列颠哥伦比亚，到南阿拉斯加，南北跨度达24纬度。然而，古地磁数据表明它的原始跨度可能不到4纬度。圣卢西亚—奥罗科比亚复合地体，由于圣安德列斯断裂系的晚第三纪的向右滑动，被分解成几个长轴为北西向的碎片。

地体边界

根据定义，所有地体之间都必定为断裂或复杂断裂带所分割。这些缝合带的共同特点是具有混杂堆积、蓝片岩和（或）蛇绿岩，但在许多情况下，地体边界是隐蔽的或证据不足的断裂带。如果地体边界未见出露，不能用正常的岩相变化把其两侧的不同地层单位联系起来，那么就可以推断在两者之间有一条断裂存在。

在识别由断裂为边界的地体群和在一个特定地体内的连续构造单元群中，常常出现混乱。例如，照我们的定义，在早期形成的沉积岩或火成岩系之上发育的一套火山弧组合并不能代表一个新地体的形成。这个定义对于地体分析至关重要，但不能正确区分地体和单一地体内完全不同的岩石单元，这就是造成混乱的潜在原因之一。

地体的增生作用

影响绝大多数地体的主要构造事件是它们朝向大陆边缘的增生作用。在许多情况下，这

种碰撞事件导致了强烈褶皱、逆掩、透入性变形和蓝片岩、绿片岩及角闪岩相的重结晶等作用。在某些情况下，所形成的构造岩组具有区域规模；而在另一些情况下，则形成薄而窄的构造变形带。还有一种情况是，走滑断裂作用所造成的位移有可能彻底破坏增生事件的证据。与增生作用有直接联系的火成活动似乎是罕见的，不过低温蚀变现象到处可见，而且局部的、包括深熔作用在内的高温蚀变现象的存在业已得到证实（Hudson 等人，1979；Monger 等人，1982）。

增生地体内的构造样式变化幅度极大；尽管常见的是同斜褶皱，但即使一个单一地体内，褶皱轴面的倒转方向也很少是不变的。逆掩断层也很普遍，虽然绝大多数断层面已经褶皱。未曾受到后期运动影响的初始增生构造证据极其罕见。

地体的增生和拼合作用的力学机制仍不清楚；不过，这些作用不应与俯冲增生概念混为一谈，因为后者是与俯冲时未固结的深海或海沟沉积物的刮落作用相关的（Scholl 等人，1980）。北美科迪勒拉山脉和西太平洋的许多地体是由沉积地层组成的，这些地层表明在地质历史上曾卷入过俯冲增生作用，而地层的现有构造位置主要反映出它们作为连贯的、强烈石化的物质，不是就位在大陆边缘上，就是就位于早期增生的地体之上。这一点暗示出：许多地体是仰冲的薄片，而这种薄片是大部分现已被消减掉的大板块的仅存残片。

沉积消减作用必须是具有深海和碎屑沉积盖层的洋壳进入到相邻板块之下，这一过程可以伴有、也可以不伴有不断扩大的增生楔的形成；增生楔的形成也许取决于在一个具有超压孔隙水的地带上存在一套特别厚的碎屑沉积地层（Scholl 等人，1980）。诸如海山、洋底高原、洋中脊和大陆碎块等厚的壳体，似乎较难以消减；它们虽然通常是从其基底岩石解体出来的，但仍可作为相对完整的块体而被增生（Ben Avraham 等人，1981）。不过，地体增生过程的运动学和动力学的圆满解释还有待阐明。

增生后的高散作用

尽管科迪勒拉山脉和西伯利亚东北部的主期增生活动结束于早第三纪之前，但在环太平洋的多数地区内，这一活动现仍在继续进行。在这些增生期之后（而且通常同时发生的）是一段长而所知不多的复杂的走滑断裂作用、褶皱作用和逆冲作用时期，这些作用导致了某些地体的解体。地壳的重新配置作用一直在局部地区活动着，它代表了在太平洋盆地四周太平洋板块与大陆板块的连续的相互作用。这种新构造活动的结果是使地体离散，并使形成于增生期的构造进一步复杂化。在北美，诸如圣安德烈斯、Fairweather、Denali、Fraser 河等大型右滑断裂，其最小位移量都达数百公里，有的也许更大。这些断裂，加上繁多的次一级断裂的累计相对运动量，必定有数千公里，有的可能更多。在日本，当增生作用仍在进行时，左行走滑断裂（如中构造线）肢解了地体，并使之离散；而在中国东部，因印度板块往北东方向移动而形成的东西向左行走滑断裂，正在使该地区的地体集合体发生破裂。在北美洲，拉拉米造山运动所形成的晚白垩世早新生代构造被解释为由早期增生的外来地体所组成的低固化地壳的最后一次紧固作用（Coney，1981）。

地体的位移量的测定

环太平洋中以断裂为边界的地体具有不同的地层层序这一事实，暗示了它们无论是彼此之间，或相对于克拉通而言，都发生过相对运移。尽管运移量不一定大，但必定足以使不同的岩石并列到一起，也足以彻底破坏原来的岩相带方位。

人们正在作出很大努力，以便建立北美科迪勒拉山脉各个地体的运动史；此类工作对环太平洋其它地区来说也是需要的。确定相对运动的基本方法是：1）测出诸如海岸线、岩墙群和褶皱枢纽等线性地质单元的错距；2）对比被错开的类似地层层序和特殊的岩石类型；3）对比已移位的生物地理区；4）把受气候控制的岩性（如红层，盐沼）与其全球性的区域延展作对比；5）通过古地磁调查，测定古纬度。

尽管根据水平错距的研究可以对滑动量作出准确的分析，但很少能测出超过500km的错距；相反，古地磁研究有可能为有极大纬度分量的位移提供定量数据。用古地磁数据是不可能测出错距的经度分量的，除非掌握有详细的极移轨迹。对大的位移来说，其它方法基本上是定性的，虽然就具有几十到几百公里范围内的位移而言，直接对比被错断的地层层序可以是相当精确的。现有取自科迪勒拉山脉西部几个地体的古地磁数据清楚地证实，在某些情况下，大规模的往北位移可达数千公里。与这些直移运动匹配的还有呈60°或更大角度的地壳旋转作用（Beck和Cox，1979）。

要进行详尽的地体分析，必须要掌握所有上述能对地体的相对差异运动作出估价的参数。如果两种或两种以上的方法所估算的古纬度基本一致，那么在复原古构造、古地理图时就能树立更大的信心。兰吉利亚地体提供了一个地球物理与地质数据完全一致的范例，其中三叠纪玄武质岩石的古地磁数据表明了赤道附近的古纬度，而覆盖在玄武岩上的三叠纪碳酸岩是以热带潮上浅水环境为特征的盐沼沉积（Amstrong和Mackevett，印刷中）。这些岩石现在出现在北纬62°，相对于克拉通的三叠纪地层而言，其位置完全不得其所。

古地理的再造

地体分析的目的在于：1）鉴定和刻划出地体的特性，并把它们描绘在地体图上；2）把它们各时期的动、植物群特点与主要的生物古地理区联系起来；3）确定地体在各时代所处的古纬度；4）在环太平洋地区进行古太平洋（原始大洋）和周围克拉通地区的古地理重建工作。深海钻探已经确认，现今的太平洋底没有一处是早于中侏罗世的，于是，太平洋盆地的前侏罗纪历史，只能根据以增生外来地体形式贴置在太平洋周缘的碎块来进行探索。

环太平洋地体

对有关太平洋盆地周缘的地质、地球物理文献的广泛研究表明：和北美西部的地体一样，整个环太平洋地区都能区分出许多地体来（见附图）。显然，按照这些关系，一份地体镶嵌图就可表示出整个太平洋地区的特点。我们希望，附图所表示的地体概略分布状况将促进对遍及这一浩瀚地区的所有地体的性质和范围作更精确的描述。下面将扼要讨论几个研究得较细的地体群，包括北美、南美、西伯利亚东北部、中国、澳大利亚和新西兰等地体。

北美洲

与环太平洋的其它地方相比，北美的构造地体研究得比较详细。已经分别出版了阿拉斯加和加拿大西部（Berg等人，1978；Jones和Silberling，1979；Jones等人，1981；Irving等，1980）、加利福尼亚（Bloke等，1982；Irwin，1972，1977）和墨西哥（Campa和Coney，1983）的地体图。这些图件比附图比例尺所允许表示的内容要详细得多。科迪勒拉山脉的增生时间理所当然地正为大家所熟知（如，Monger等，1982；Coney等，1980；Saloeby，

1983; Churkin和Eberlein, 1977; Davis等, 1978): 这里我们只能提供几个地区的简况。

阿拉斯加和不列颠哥伦比亚

阿拉斯加由中、新生代增生的地体所组成(图1a)。在阿拉斯加南部,现在正在进行着地体的增生作用,那里的亚库塔特(Yakutat——YAK)岩块已经进入了阿留申海沟(Plafker等,1980)。在很多情况下,变形、拼合和增生作用发生的确切时间虽还不那么肯定,但仍能塑造出初步的构造历史。当前正在进行中的许多工作的目的在于试图澄清阿拉斯加地体历史的复杂性。

北极阿拉斯加复合地体 (AAC, AAD, AAE, AAH, AAN) 曾是影响阿拉斯加地体增生作用的一个主要的“后障” (backstop) (Churkin等, 1980)。这一地体由很可能覆

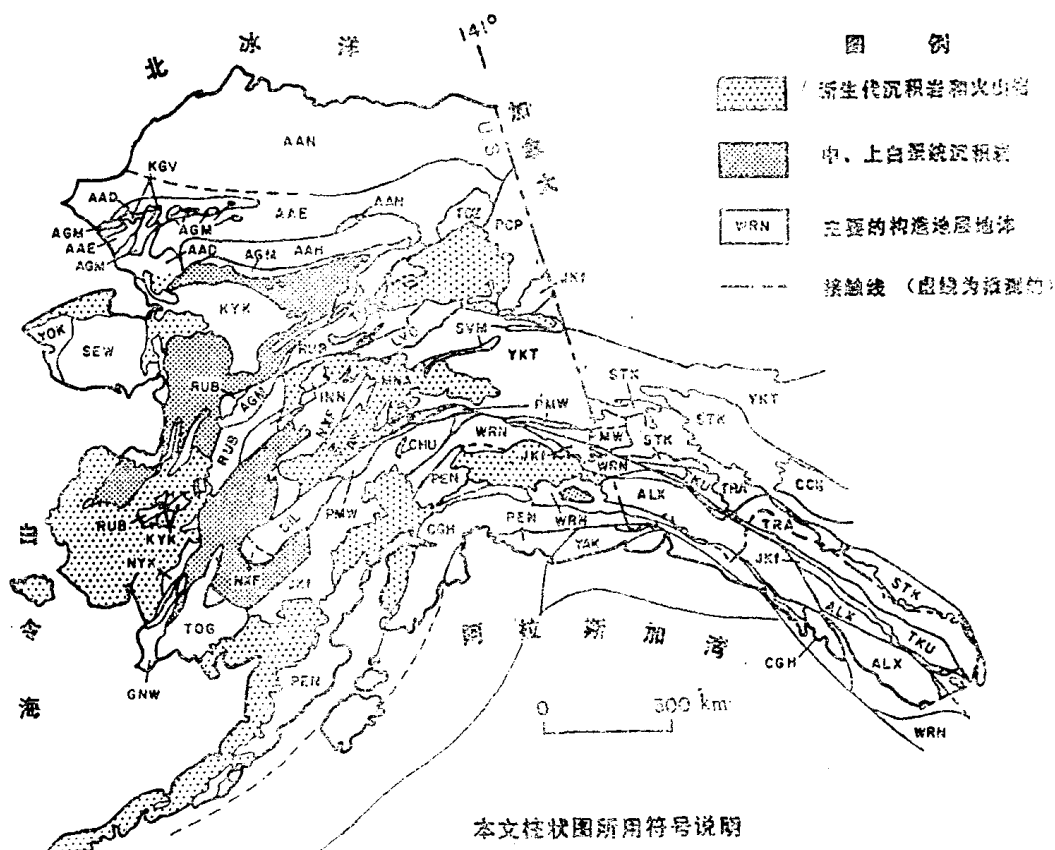


图1a 阿拉斯加地体图

图1—图4柱状剖面图中所用花纹代号见附图代号说明

盖在前寒武纪基底之上的古生代和中生代的陆棚相地层所组成,它可能是从加拿大北部或北冰洋的原始部位经逆时针旋转或移动而到现在位置的。在晚中生代时期,几个大陆、大洋和岛弧地体增生到了北极阿拉斯加地体的南缘。这次增生作用与后者自身运移时间部分是同时的,亦有部分是不同时的。布鲁克斯岭(Brooks Range)的主增生事件发生在早白垩世(凡兰岭—阿普第期?)。由晚古生代至早中生代大洋玄武岩、燧石、灰岩和蛇绿质碎片组成的安格尤查姆(Angayucham—AGM)地体可能相当于此时以巨大的仰冲逆掩岩席方式就位的大洋岛屿和海山。而这些岩席可能曾一度覆盖了现在已成为布鲁克斯岭的大部分地区。因诺克地体(Innok—INN)的构造复杂的深海沉积和火山岩系可能也在此时就位。在这些大洋岩石的就位期间,其它与大陆有亲缘关系的地体以彼此独立的外来体方式往北运移(Roeder和Mull, 1978),这些地体包括恩迪科特地体(Endicott—AAE)和另一些因个体太小无法表示在附图中的地体。往南,像鲁比(Ruby—RUB)和尼克松福克地体那样一些大陆岩块也同时就位并被白垩纪(阿尔必期和更晚)的叠覆地层所覆盖。由已经变质的陆源的沉积、火山质和花岗质岩石所组成的育空-塔纳诺(YKT)地体于中白垩纪到达这里,似乎使上侏罗统一下白垩统的复理石地层发生了变形。虽然经K-Ar法测定,育空-塔纳诺岩石最晚的一次变质作用发生在中白垩纪(Bundtzen和Turner, 1979),但这次变质作用与该区的构造事件间的关系尚不清楚。育空-塔纳诺地体很可能在早白垩世时增生在以南数百公里处,以后沿廷廷纳(Tintina)断层往北运移至今日的位置。取自代纳利(Denali)断裂以北的,把地体缀合在一起的上叠地层和火山岩的古地磁资料表明,这些地体是在古新世之前来到这里的(Jones等, 1982b; Hillhouse和Grommé, 1982)。

在中阿拉斯加山脉的一条宽阔的缝合带(半岛地体以北)内,至少有11个小地体被已经变形的白垩纪复理石(JKf, 图1a)所包围。这些地体中的绝大多数太小,无法在附图中表示,然而它们的地层层序则表现出显著的差别。这些所谓的微型地体显然是许多大地壳块体的碎块或薄片。楚利特纳(CHU)地体是其中的一个例子,它是一个上覆有古生代燧石和浅海相地层,以及含有标志着赤道古纬度动物群的三叠纪地层的泥盆纪蛇绿岩所组成的无根推覆体(Jones等, 1982b; Nichols和Siberling, 1979)。这套三叠纪地层表明它与附近同时代的兰吉利亚的三叠纪地层毫无关系。沿代纳利断层系的后增生的平移断裂作用促进了这一组小的地壳碎块的离散。

阿拉斯加东南部和不列颠哥伦比亚最早的中生代增生作用由中—晚侏罗世的斯铁钦尼亚(Stikinia)合成地体的碰撞作用所引起。该地体系由斯铁钦(STK)、卡切溪(CCK)、昆士纳里亚(Quesnellia—QNL)和依斯顿(Eastorn—EAS)等地体并合而成(图1)。依斯顿地体由晚古生代和早中生代蛇绿岩和深海相地层组成,而昆士纳里亚地体则是由晚古生代至早三叠世火山弧杂岩的火山质、火山碎屑质和碳酸盐类岩石所组成。卡切溪地体是一套从密西西比纪到晚三叠纪的燧石、泥岩、玄武岩、超镁铁质和碳酸盐岩的岩石组合,这些岩石局部变质至蓝片岩相。这一地体在某种程度上被解释为一个发育在洋壳上的海山(Monger, 1977a; Ben-Avraham等, 1981; Souther, 1977)。卡切溪地体中的碳酸盐礁相地层所含的二叠纪特提斯型纺锤鲎群体,这与相邻的斯铁钦地体不同,后者是一套含北美纺锤鲎群体的火山岛弧杂岩。斯铁钦的古生代和三叠纪岩石的上覆地层为上三叠统一中侏罗统的泰克拉(Takla)和赫泽顿(Hezelton)火山岩;这些火山岩曾被认为盖在斯铁钦、卡切溪和昆士纳里亚之上(Saleeby, 1983),但缺少能证实此种关系的野外证据。此外,卡切溪地体中的放射虫燧石暗示,深海沉积作用一直延续到三叠纪末。

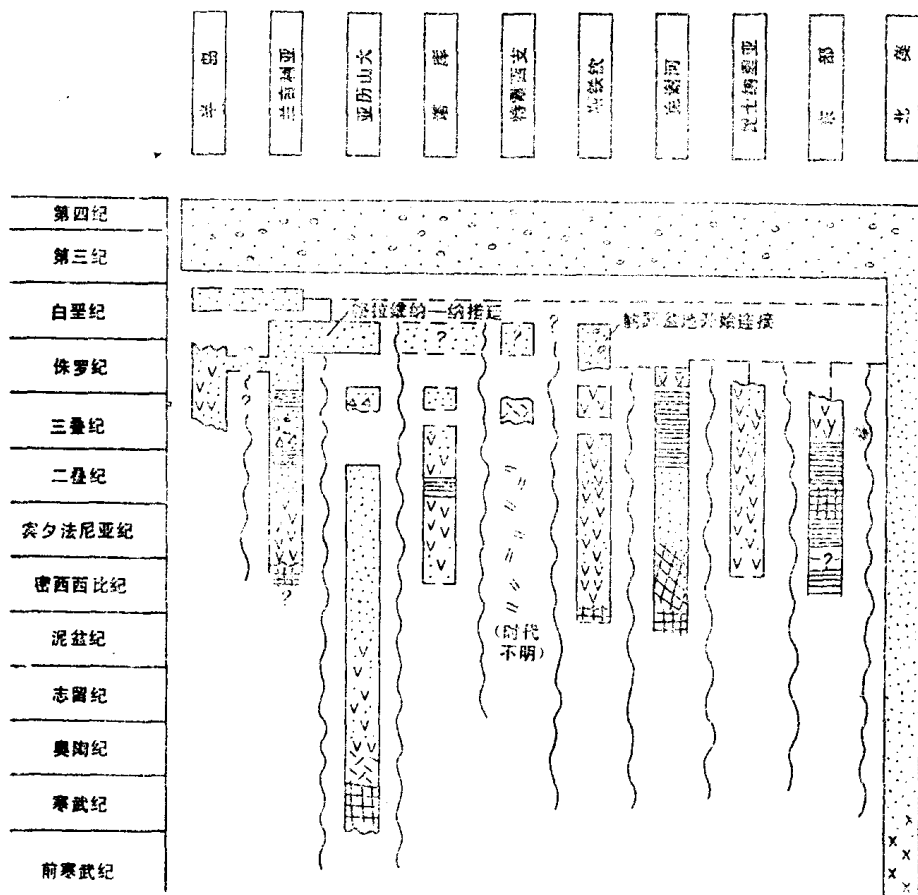


图1b 阿拉斯加增生史的柱状剖面 and 流程图

符号说明同图1a

斯铁钦尼亚和卡切溪—昆士纳尼亚—依斯顿拼合地体间的最确切的关系为中—晚侏罗世的鲍瑟盆地所揭示。尽管该盆地的地层全都出露在斯铁钦地体，但其岩屑组分暗示物源与卡切溪地体有联系。象早—中侏罗世那样新的地层已经变形并形成叠瓦状构造，这表明它在晚侏罗世增生到了克拉通 (Monger等, 1982)。无论如何，含有可能是卡切溪地体和依斯顿—昆士纳里亚地体的最上部地层的岩屑的斯铁钦地体的早(?) 侏罗世混杂堆积，似乎真的说明它们之间有物源联系，因而暗示出这三个地体曾发生过早期拼合作用 (Dauis等, 1978; Monger等, 1982)。取自加拿大南部拼合后的岛弧岩石的古地磁数据证实，它在中生代早期的古纬度是北纬 35° (Monger和Irving, 1980)，这些数据还表明在拼合作用之后，曾有往北的大位移。奥米尼卡(Omineca) 结晶带中的大陆边缘和前寒武纪基底岩石的变质和变形作用显然起始于侏罗纪中期，这两种作用可能导生于斯铁钦合成地体的碰撞作用 (Monger等, 1982)。覆盖鲍瑟盆地的早白垩世地层含有奥米尼卡结晶带的岩屑，这证实了增生作用应发生在早白垩世之前。根据地质关系推断，沿廷廷纳断裂和相关断裂的增生期后的往北离散距离至少有450km (见Tipper等, 1981)。

不列颠哥伦比亚境内科迪勒拉山脉的第二次重要的增生事件涉及到了亚历山大—兰吉利亚—半岛复合地体，该事件概略表示在图1中。亚历山大地体 (ALX) 是一个由奥陶纪和更晚时代的火山岛弧、碎屑质和碳酸盐岩地层组成的三个地体的复合体；兰吉利亚地体 (WRN)

是一个上覆有厚度很大的三叠纪水下和陆上溢流玄武岩和高原碳酸盐岩的晚古生代安山质火山弧。半岛地体 (PEN) 以早侏罗世安山质弧为特征, 与在附近的兰吉利亚找到的同时代非火山地层迥然不同。兰吉利亚和半岛地体的晚侏罗世和白垩纪地层基本相同, 这说明拼合作用应早于晚侏罗世。兰吉利亚和亚历山大地体的拼合作用不晚于中侏罗世, 这一点因覆盖在这两个地体之上的晚侏罗世一中白垩世格拉维纳-纳措廷带的复理石、深海沉积和火山岩的存在而得以证实 (图1)。已经测定的兰吉利亚逆冲断裂和褶皱作用的时代为巴列姆期以后、阿尔必期之前。这次构造作用被认为是兰吉利亚地体与北美大陆初始碰撞的标志。最新的盆地地层的区域性透入变形和碰撞后的侵入体年龄表明, 在晚白垩世 (后森诺曼) 时曾有过最后一次大规模拼合的增生作用 (Coney, 1981; Jones 等, 1982b; Saleeby, 1983)。据认为, 不列颠哥伦比亚西部海岸深成侵入杂岩中的晚白垩世变质作用和岩浆活动是由这次碰撞作用引起的 (Monger 等, 1982)。

美国西部

大约从800Ma至400—350Ma前这一时期内, 北美西部存在一个被动边缘。第一次重要的显生宙增生作用出现在密西西比纪的安特勒 (Antler) 造山运动期间, 此次造山运动使由大洋边缘地层所组成的罗伯茨山脉 (Roberts Mts.) 异地体就位。大致与此同时的其它碰撞作用, 可能是出现现象在加拿大落基山脉和爱达荷州科伯盆地组 (Copper Basin Formation) 中找到的富含燧石砾石的地层的原因, 而这些地层的古水流数据表明, 其西应有一个供应源的地体 (Nilsen, 1977)。

内华达州中西部的松诺米亚 (Sonomia) 复合地体 (包括GLC, WKL, EKL, NSI) 含有戈尔孔达 (Golconda—GLC) 外来体和沃克湖 (Walke Lake—WKL) 地体的晚古生代碎屑岩层, Speed (1979) 曾指出它就位于二叠—三叠纪的松诺米亚造山期内。内华达州以南或以北地区, 未发现其它晚古生代—三叠纪的增生证据。

尽管几个含有早古生代和中生代深海相地层和蛇绿岩物质的地体, 在晚古生代和早中生代时发生过增生, 但这些事件发生的精确时代仍然不明确。这些事件包括东克拉马斯地体 (Eastern Klamath—EKL) 的前奥陶纪蛇绿岩和火山弧地层以及北内华达山脉地体 (NSI) 的下古生界蛇绿岩与大陆边沿地层的复合; 这些增生作用可能与松诺米亚造山运动的时间重合, 因此Speed (1979) 将EKL和NSI地体纳入了松诺米亚地体。另外一些地体含有特提斯的二叠纪纺锤鲎和晚古生代—三叠纪蛇绿岩及深海沉积, 如克拉马斯山脉西部古生代和三叠纪复合地体 (TRP) 与内华达山脉的卡拉韦拉斯复合地体 (Calaveras—CLV) 就是这样。前寒武纪带和冒地槽地层的往南移位 (Silven和Anderson, 1974) 以及古生代和早中生代增生地体与构造走向的交切 (Davis等, 1978), 暗示出中侏罗纪曾发生过一次可能由走滑断裂所导致的大陆边缘的截切作用。

在中、新生代期间, 几次独立的事件使地体增生到华盛顿、俄勒冈和北加利福尼亚 (Blake等, 1982)。第一个时代明确的事件是中—晚侏罗世的内华达造山作用。它可能与诸如西克拉马斯 (Western Klamath—WKM) 和海岸山脉蛇绿岩—大谷地体 (DPO, ELC, STM) 的侏罗纪蛇绿岩及岛弧地体的增生作用有联系。这些增生作用伴有蓝片岩相变质作用和混杂堆积的形成。在白垩纪中期 (约90Ma前) 的海岸山脉造山运动期间, 使弗朗西斯科地体 (FRA) 内的海山增生, 并形成了中央地体 (CEN) 的部分混杂堆积。在大约55Ma前, 诸如圣卢西亚—奥罗科比亚外来体 (讨论见后文) 和由海山火山岩与沉积岩组成的锡莱齐亚

(Siletzia——SLA) 地体的增生作用伴有再次活动往西的逆冲作用。约在38Ma前的第三纪晚期增生的地体, 包括弗朗西斯科岩系的海岸(COS)和金山脉(King Range——KIN)等地体。这两个复合地体(COS、KIN)的某些部分可能在其它地体直接增生于加利福尼亚州边缘之前已经拼合了, 不过为了把这种关系定得更准确些, 尚需做更多的工作。在加利福尼亚南部的半岛山脉和加利福尼亚陆缘地带, 地体到中新世才就位(见下文)。

加利福尼亚南部

图2是加利福尼亚南部地体的放大图, 并表示了这些地体的地层和增生历史的流程图解。影响加利福尼亚南部地区克拉通边缘第一次显生宙的重要增生事件是大约在55Ma前的圣卢

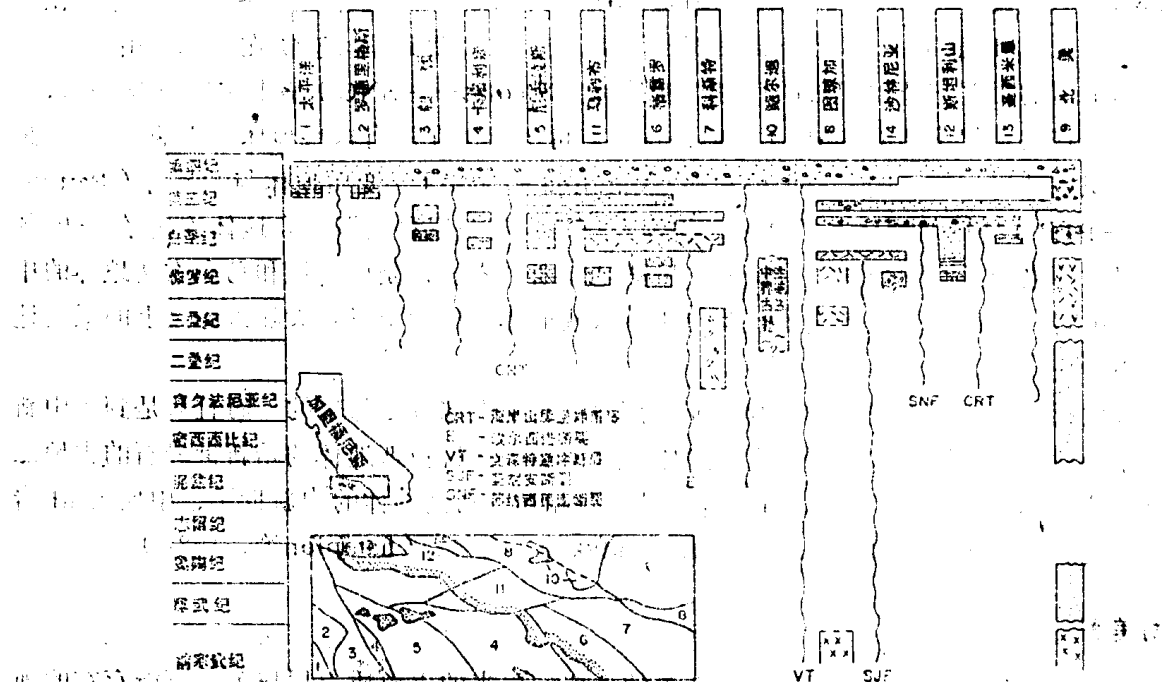


图2 加利福尼亚南部增生史的柱状剖面 and 流程图

符号说明同图1a

西亚—奥罗科比亚外来体的增生作用 (Vedder等, 1983)。这一外来体是一个晚期拼合的复合地体(SAL, SSM, STM, TUJ), 其中出现有早期与拼合无关的缝合事件。萨利尼亚地体(SAL)由一个白垩纪中期的火山弧所组成, 它构成了一套不均匀的前深成岩的地层。对这些变质岩进一步研究也许能揭示出一个或多个其它地体的存在。图琼加地体(TUG)是一个大陆碎块, 至少有三个前寒武纪地体所组成 (Powell, 1982); 斯坦利山地体(STM)由中侏罗世蛇绿岩和出露的前弧沉积物所组成, 构造上, 其下为圣西米恩地体(SSM)——一个破裂的弗朗西斯科混杂堆积地体。据深成侵入的缝合作用和超覆地层推断, 在中—晚白垩世之前萨利尼亚地体与图琼加地体已连接在一起了。物源关系和超覆地层表明, 斯坦利山和萨利尼亚两地体是在坎佩尼期拼合的 (Vedder等, 1983)。鲍尔迪地体(BDY)由已经变质的侏罗纪(bas)沉积地层组成, 变质作用是在晚白垩世—早第三纪的高温高压条件下进行的, 在此变质期内, 该地体有可能增生到圣卢西亚—奥罗科比亚地体或北美大陆之上。始新世地层超覆于圣卢西亚—奥罗科比亚复合地体的所有部分和北美边缘, 这表明在这之前增生

作用已经发生。

古地磁数据证明, 圣卢西亚—奥罗科比亚具有远距离移动和复合而成的特点 (Champion 等, 1980; McWilliams 和 Howell, 1982)。在 160Ma 前, 斯坦利山地体位于北纬或南纬的低纬度处 (14°) ; 而在森诺曼—桑托期, 它位于南纬或北纬的 6° 处。超覆地层的古地磁测定暗示, 斯坦利山—沙林尼亚复合地体以后曾往北移动, 从坎佩尼—麦斯特里希特期的北纬 21° , 到早古新世的北纬 25° 。这一时期的加利福尼亚边缘的古纬度是北纬 45° 左右; 这一事实支持了拼合作用的发生要早于加利福尼亚南部增生作用的地质依据。

加利福尼亚南部其它重要的地体群的拼合作用贯穿了侏罗纪和白垩纪, 而且大致是在 16—17Ma 前的早—中中新世时期增生的。年龄值为 125—105Ma 的深成岩体把科蒂兹 (Cortez——CRZ, 一个大陆碎块)、格雷罗 (Guerrero——GUE, 一个晚侏罗纪—白垩纪的火山岛弧) 和加利福尼亚 (Malibu, 一个变质的侏罗纪岛弧, 见图 2) 等地体缝接在一起。由侏罗纪蛇绿岩和上覆的白垩纪地层组成的尼科拉斯地体 (Nicolas——SNC) 增生在这一合成体之上的时间是在白垩纪中期 (90Ma) 之前, 这一点可由超覆在所有这些地体之上的前弧盆地和海底冲积扇地层加以证明。把卡塔利那 (Catalina——CAT) 变质地体与帕顿脊 (Patton Ridge——PTR) 硬砂岩地体与科蒂兹—格雷罗—加利福尼亚—尼科拉斯复合地体连接在一起的超覆地层, 不老于第三纪中期。最新的、显然是外来的岩石, 是尼科拉斯和加利福尼亚两地体的中新世火山岩; 明确无误地表现为超覆在所有这些地体与加利福尼亚大陆边缘之上的最老地层是上中新统。

这些地层关系似乎表明, 加利福尼亚南部海岸的绝大部分是外来的, 而且只是到了中新世晚期才出现增生作用。这一点已由古地磁数据证实: 尼科拉斯地体的始新世岩石的古地磁显示出, 该地体往北移动了 19° , 而取自尼科拉斯和加利福尼亚两地体的中新世早、中期火山岩的数据则表明它们往北运移了 $10—15^{\circ}$ (Luyendyk 等, 1982; Champion 等, 1981)。

南美洲

南美的地体分析还是初步的。安第斯弧的侏罗纪以来的火山质盖层掩盖了可能存在的地体。无论如何, 可以依据 Dalziel 等人 (1974) 的著作推断出智利南部有地体存在, 根据 Maresch (1974) 和 Case 等人 (印刷中) 的文章可判定加勒比地区也有地体存在。这些作者还为加勒比地区的地体研究提供了比较齐全的参考文献。

在委内瑞拉的加勒比山脉中, 海岸科迪勒拉山脉地体 (Cordillera de la Costa——CDC) 由前中生代的片麻岩基底和上覆的侏罗纪—白垩纪的陆源石英质碎屑岩 (经变质达角闪岩相) 所组成。该地体局部含榴辉岩。考卡瓜 (Caucagua) —埃尔蒂那科 (El Tinaco) —帕拉科托斯 (Paracotos) 复合地体 (CET) 内的考卡瓜—埃尔蒂那科地体, 也含有一个前中生代的片麻岩基底和白垩纪的石英质碎屑岩, 但它的未达绿片岩相的变质历史显然不同于 CDC 地体。这一复合地体的帕拉科托斯部分是由晚白垩世葡萄石—绿纤石相的变质硬砂岩组成的, 它可能是加勒比山脉中的其它地体碰撞时瓦解的边缘盆地的一个碎块。中白垩世晚期的岛弧火山质和火山碎屑质地层构成了库拉镇地体 (Villa de Cura——VDC); 这些岩石覆盖在年龄超过 100Ma、变质程度达蓝片岩和绿片岩相的火山岩系之上 (Maresch, 1984)。库拉镇的这一火山岩系以飞来峰形式出现, 有人曾把它与库拉索中脊 (Curacao Ridge) 的同时代阿鲁巴—布兰奎拉 (Aruba-Blanquilla) 岛火山弧作对比 (Maresch, 1984), 可是, 重要的是库拉镇的变质火山岩时代可能早于阿鲁巴—布兰奎拉火山岩, 所以在能证实这样一