

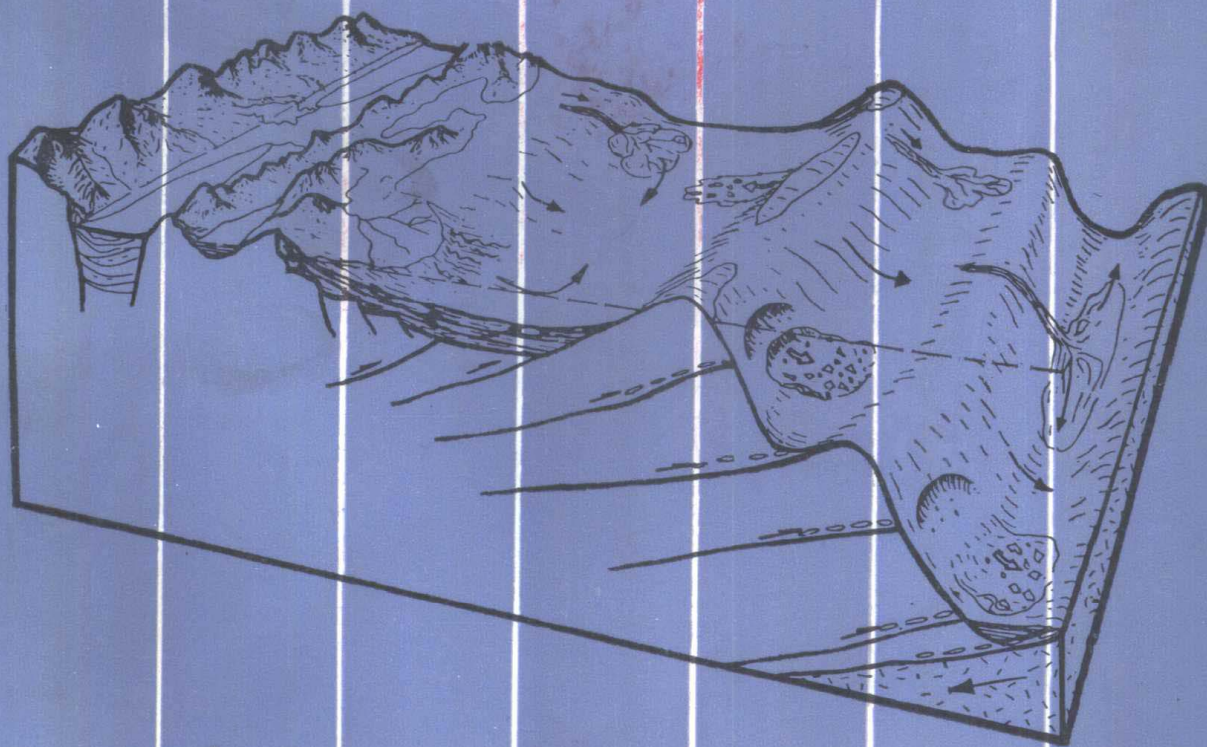
6044

5-6.54

海沟与弧前地质

Trench-Forearc Geology

J.K. Leggett 编



地质出版社

海沟与弧前地质

J. K. Leggett 编

中国地质科学院地质研究所

李春昱 肖序常 黄怀曾 蔡文俊 陈廷愚 等译

地质出版社

内 容 提 要

本书搜集了近十余年来在地球各大陆板块边缘地区进行大量钻探、地球物理探测以及潜水观察的综合地质研究成果,阐述了日本、亚洲和大洋洲、中—南美洲、大西洋、地中海等地区板块边缘的海沟至弧前地区的构造活动、沉积特征,追溯了造山带的古构造、古沉积环境,并论述了相模式、弧前沉积特征和有关蛇绿岩的成因问题。

本书可供从事深部地质、构造地质、海洋地质、区域矿产地质调查及地震地质等的科研、教学及生产方面的科技人员参考。

Trench-Forearc Geology: Sedimentation and Tectonics on Modern and Ancient Active Plate Margins

Published for
The Geological Society of London,
by Blackwell Scientific Publications

Oxford London Edinburgh

Boston Melbourne

1982

海沟与弧前地质

J. K. Leggett 编

中国地质科学院地质研究所

李春昱 肖序常 黄怀曾 蔡文俊 陈廷愚 等译

责任编辑:王休中

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

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: 25¹/₈ 字数: 591,000

1983年12月北京第一版·1983年12月北京第一次印刷

印数: 1—1,910册 定价: 5.90元

统一书号: 13038·新285

译文序言

在会聚板块活动边缘上的岛弧、海沟与弧前盆地地区，有着许多重要的构造、沉积、变质等作用所形成的复杂的地质现象。但过去这类地区的实际资料并不多。例如许多板块构造地质学家常认为地槽主要是位于大陆板块的边缘，并分为大西洋型、安第斯型和岛弧型等等；而在同一类型地槽，常对不同地段的沉积差异未详加区分，更少分析沉积物质的来源及其运移通道。近十余年来国际海洋钻探计划所进行的工作及对海底资源的探索，在很多大陆板块边缘上打了大量的钻孔，作了很多地球物理探测，甚至部分地区进行了潜水观察，取得丰富的实际资料，为研究岛弧及海沟地区地质提供了物质基础。

1980年6月伦敦地质学会在伦敦召开了“现代和古代俯冲带内海沟及弧前沉积作用和构造讨论会”。到会的有十七个国家180多位地学科学工作者。代表们提交很多论文，并进行了热烈地讨论。本书编者J. K. Leggett也是当时与会者之一，在伦敦地质学会的支持下，从会议论文中选取37篇，编成此书。正如编者在序文中所指出的，这些文章大致可分三类：一、资料全新的文章，二、特别有意义地区的评述文章，三、既有新资料，又有新观点的评论。前26篇分地区阐述各地大陆和海洋的研究资料。第27—31篇论述了加利福尼亚的弗朗西斯科和大峡谷地区地质，并从其它可能属于弧前的地区中分出来。第32—34篇塑造了造山带的古构造、古沉积环境，但更具多解性。最后三篇（第35—37篇）论述相模式、弧前沉积岩石学和弧前有关的蛇绿岩成因问题。论文中列举的许多新资料，对今后岛弧和海沟的研究，当会有所启发。特别是研究出露于大陆上的古岛弧和海沟，更是一个很好的借鉴。用现代弧前沉积和构造现象解释古代岛弧与弧前沉积及构造，符合于地质学上将今论古的原则。

这本书于1982年在伦敦出版。我们看到它是在1983年夏季。我们认为这本书值得译成汉文，以供我国地质工作者参考。在中国板块构造研究起步并不太晚，但进展却不够迅速。近几年来我国广大地质人员对板块构造兴趣很浓，想用板块构造理论解释他们接触到的新的构造现象以及有关问题。只是苦于缺乏有关书籍和参考材料。于是中国地质科学院地质研究所的同事们翻译了上述37篇文章*。为减少篇幅，翻译时省去每篇的摘要和参考文献，有少量意义不大的照片及段落也从中删去。我想此书出版对我国地质工作者识别古岛弧与古海沟，将会有所帮助。在中国大陆上没有现代岛弧和海沟，而古岛弧和古海沟，却曾存在过。但识别古岛弧和古海沟并非易事。不能把古陆块都当作古岛弧，并将其旁侧的沉积岩层当作古海沟。而是要作仔细的观察，与现代岛弧和海沟进行对比，然后作出合乎逻辑的推论。在这些工作中，我想此书必将起到有益的参考作用，这就是我们翻译和出版这本书的愿望。

李春昱

1985年5月

* 参加翻译的人员共42人，交出版社前由黄怀曾、蔡文俊对全文进行了初步审校。

前 言

J. K. Leggett

本书限于目前了解到的有关板块构造的论文汇编。七十年代中期,国际海洋钻探计划(IPOD)在近期开展的活动边缘钻探之前,少数地质学家已预言,八十年代初,将会出现有关板块构造属性以及弧前地区沉积作用等方面的地质课题。

前几年进行了人们关注的横贯活动边缘的钻探,取得了不寻常的成果。除了1981年初在巴巴多斯洋中脊还进行钻探外,国际海洋钻探计划已将告一段落。因此1980年似乎是综合分析当代成果和提出探讨问题的一年。有的科研机构已完成了活动边缘海域巡航资料的收集工作,对现代弧前区中的上升地区和古代弧前区的大量研究也取得了丰硕成果。为此,伦敦地质学会的一个专家组(英国沉积学研究小组)在1979年决定召开关于“现代和古代俯冲带内海沟及弧前沉积作用和构造”历时三天的国际会议。1980年6月23—25日讨论会在伦敦Piccadilly地质学会的柏林顿会议厅举行,与会者有来自17个国家的180多位地质学家。

书中绝大部分论文作过宣讲或在讨论会期间作过展出,并引起长时间的热烈讨论。遗憾的是未能将这些有益的讨论意见,编入本书。

为使书名简明扼要,故书名不能一一体现各篇内容。全书重点放在构造和沉积作用方面,但弧前地质的研究可能多于其它地质课题的研究。由于构造与沉积作用很难分开,因此,在许多论文中一并阐述。有的文章还对变质作用和岩浆活动作了论述。

本书大致分为篇幅相当的三类:资料全新的文章;特别有价值的地区评述文章以及既有新资料又有新观点的评论。在最初的会议上,伦敦地质学会出版委员会定稿时决定刊载出大量的评述文章,以便为热衷于海沟及弧前地质的地质学家提供有益的、最新的综合参考资料。

本书大体上分成十一部分,前八部分按地理区分述,涉及日本、中美、南美、阿留申群岛、亚洲和大洋洲、大西洋、地中海及伊朗的莫克兰(Makran)和巴基斯坦等地区,这些章节包含了大陆和海洋的研究资料,已将第九章加利福尼亚的弗朗西斯科和大峡谷区的区域地质,从论述其它可能属于古弧前地质的第十章中分出。因为把它们放在造山带中,给重建古弧前地质环境增加了困难,最后一章的三篇文章论述了相模式、弧前沉积岩石学与弧前有关的蛇绿岩成因问题。

在编辑本书的过程中,编者力求为酷爱本课题的地质学家们提供现在对板块活动边缘弧前地区研究的实况。若真是如此,那么,尽管弧前地质情况变化莫测,以及对某些弧前地区的解释众说纷云,但地质学家们也能从近年来获得的大量资料中得到启发。通过对比可以弄清楚弧前构造的变化,如对四万十带日本西南陆区晚白垩世和早第三纪弧前地质(Taira等)与日本本州滨海弧前晚第三纪特征进行的比较(von Huene和Arthur)。南美洲活动边缘观察到的和中美洲活动边缘通过两个重要的钻探横剖面反映出来的构造演化的差异性(Kulm等, Moberly等和von Huene等)同样给人以深刻的印象。对同一地区的解释也有差异。如Kenyon等和Le Pichon等运用不同地球物理方法对希腊海沟得出了不同的结

论；又如Blake等和Bachman Aalto对同一地体的不同部位进行详细填图后，对加利福尼亚的弗朗西斯科杂岩体也作了截然不同的古地理解释。Wezel 在文章中提醒我们，不要因过于坚持板块构造的观点而造成错误。

我不打算按老一套方式作扼要的总结，但给我总的印象是从近期获得的大量活动边缘弧前地区地质资料中提出了许多新问题，即使不超过也至少和解决的问题一样多。这对地质学的发展是有益的，预计这将更好地促进未来地质科学的发展。如果此书能起到其中之一的效果，我希望它将有助于在今后几年中在海洋和陆地积累解决这些问题的新资料、新方法。

译 肖序常

校 李 钰

目 录

译文序言	李春昱
前言	J. K. Leggett
日本	
一、日本四万十带白垩纪-中新世早期活动边缘沉积	A. Taira等 (1)
二、本州岛北面日本海沟的沉积作用	R. von Huene M. A. Arthur (16)
三、日本中部岛弧与岛弧交接地区及其周围某些弧前褶皱带的构造	小川雄次郎 (32)
四、日本列岛的弧前地质构造	常政志岐 吉文见泽 (43)
中美洲	
五、从墨西哥南部深海钻探计划66线的结果看中美洲海沟和弧前区的相带	J. C. Moore J. S. Wathins等 (49)
六、中美洲海沟内侧大陆坡上的构造作用	T. H. Shipley等 (62)
七、墨西哥南部及危地马拉地区中美洲海沟不同构造环境的沉积作用	K. J. McMillen等 (74)
八、危地马拉外中美洲海沟剖面深海钻探计划67线所获结果概述	R. von Huene等 (84)
九、哥斯达黎加尼科亚半岛中美洲海沟内陆坡的演化	N. Lundberg (91)
南美洲	
十、秘鲁中部弧前地区新生代地壳结构、地层及构造	L. D. Kulm等 (103)
十一、秘鲁南、北部及相邻的厄瓜多尔和智利的大陆边缘、弧前和其他盆地	R. Moberly等 (116)
十二、厄瓜多尔西北博尔本盆地西部的地质	C. D. R. Evans J. E. Whittaker (126)
阿留申	
十三、白令海地区的古板块边界	M. S. Marlow等 (134)
十四、阿拉斯加南部丘冈芝地体的白垩纪海沟沉积	T. H. Nilsen G. G. Zuffa (141)
十五、阿拉斯加科迪亚克岛鬼石组中连贯体的构造演化	T. Byrne (150)
亚洲和大洋洲	
十六、巽他海沟和弧前区的沉积作用	G. F. Moore等 (161)
十七、新西兰北岛俯冲系统的演化	G. J. van der Lingen (171)
大西洋	
十八、一个成熟的弧前系构造：巴巴多斯海岭杂岩	G. K. Westbrook (181)
十九、巴巴多斯苏格兰群的沉积和构造	C. J. Pudsy H. G. Reading (192)

- 二十、据塞纳号潜艇观测资料评述西班牙北面大陆边缘的俯冲作用及构造
..... J. A. Malod等 (205)
- 地中海
- 二十一、希腊海沟的俯冲作用——根据海洋波束和潜水研究探讨厚层蒸发岩
对海沟构造型式的控制作用.....X. Le.Pichon等 (210)
- 二十二、希腊外海岭中部和希腊海沟系的主要线性构造
..... N. H. Kenyon等 (217)
- 二十三、卡拉普洛-西西里弧的构造——造山期后板内变形的结果
..... F. C. Wezel (225)
- 伊朗和巴基斯坦的莫克兰
- 二十四、印度洋西北部阿曼湾莫克兰增生沉积柱之变形R. S. White(234)
- 二十五、莫克兰俯冲岩系北缘(巴基斯坦俾路支西部)晚白垩世—新生代
发展史.....R. S. Arthurton等 (245)
- 二十六、伊朗东南部莫克兰山脉——会聚板块边缘——从白垩纪到现在的活
动情况剖析.....G. J. H. McCall R. G. W. Kidd(256)
- 加利福尼亚
- 二十七、弗朗西斯科海岸带——北加利福尼亚俯冲作用的最新一幕
.....S. B. Bachman(265)
- 二十八、加利福尼亚最北部弗朗西斯科杂岩的沉积与构造K. R. Aalto(277)
- 二十九、北加利福尼亚弗朗西斯科岩系的沉积、变质及构造增生作用
.....M. C. Blake等(288)
- 三十、加利福尼亚皮德拉斯布兰卡角附近部分脱水及固结的弗朗西斯科沉
积物的变形D. S. Cowan(292)
- 三十一、美国加利福尼亚中、北部大谷地弧前盆地的形成和演化
..... R. V. Ingersoll(308)
- 造山带中的弧前地体
- 三十二、东阿尔卑斯和喀尔巴阡山的白垩纪—早第三纪复理石带：阿尔卑
斯-喀尔巴阡岛弧系中“休眠”型、“活动”型深海沟的识别及其板块构造
意义.....R. Hesse(314)
- 三十三、苏格兰南部山地——早古生代增生的弧前地区的剖析
.....J. K. Leggett等(333)
- 三十四、苏格兰南部高地Bail山—Abington地区早古生代增生杂岩北缘的沉
积特征、火山活动、地质构造及变质作用.....B. C. Hepworth等(353)
- 岩相和相模式
- 三十五、俯冲复合体内的沉积相组合..... M. B. Underwood S. B. Bachman(366)
- 三十六、来自与岛弧有关盆地的现代深海砂的成分J. B. Maynard等(375)
- 三十七、俯冲带的产生对岛弧演化与蛇绿岩发育的意义D. E. Karig(384)

一、日本四万十带白垩纪-中新世早期活动边缘沉积

A.Taira H.Okada T.H.Mc D.Whitaker

A.J.Smith

变质不很强烈的四万十带位于三波川变质带和秩父-三宝山变质带的东南，四万十带与它们之间以仙像构造线为界（图1）。从南势诸岛南部沿走向延伸约1800公里至房总半岛，在纪伊半岛宽达70公里，四万十带的出露面积与弗朗西斯科组和加利福尼亚大裂谷岩系的面积之和不相上下。

本文旨在总结四万十带的构造、沉积特征并重塑该岩层的沉积条件。我们相信：该带岩层是白垩纪一早第三纪时期沉积在活动边缘环境（包括增生杂岩体—海沟陆坡坡折带—海沟内坡—海沟）之上的弧前盆地的沉积物在增生期间，活动边缘发生逆冲，并伴随有含洋底枕状玄武岩、玻屑碎屑岩、硅质岩和砂岩岩块的混杂堆积。

四万十带地质概况

四万十超群现出露于南西诸岛、九州南部、四国南部、纪伊半岛、赤石山和关东山以及房总半岛（图1）。这条狭长的构造带沿其延长方向可明显地分为两个主要的构造层：北带（下四万十群）和南带（上四万十群）。前者由侏罗系最上部和白垩系组成；后者由老第三系和下中新统组成。

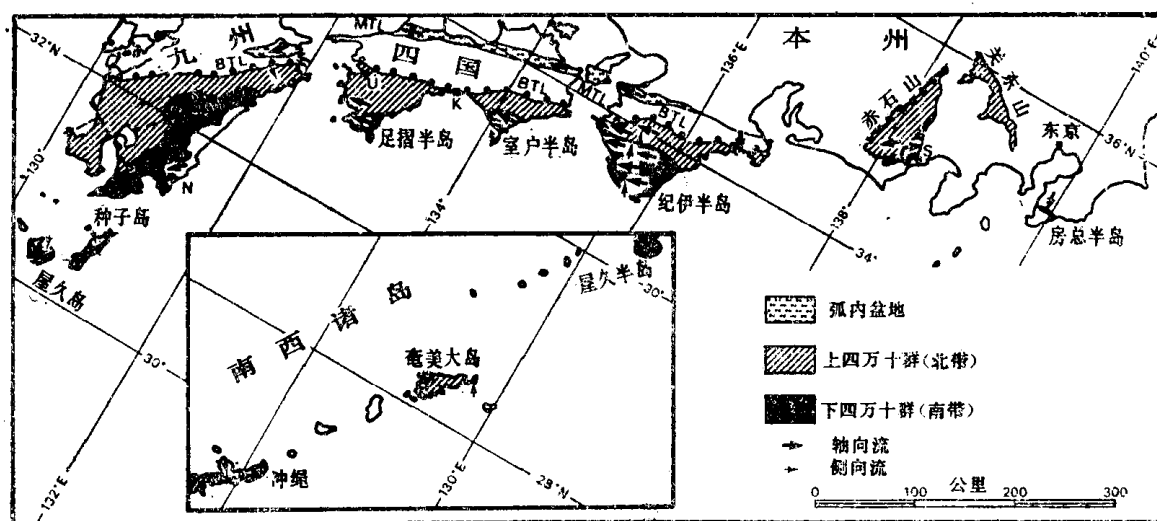


图1 表示上四万十群、下四万十群（附古水流方向）的日本地质图
K为高知，N为日南，S为静冈，U为宇和岛，BTL为仙像构造线，MTL为中央构造线

两群地层都为变质玄武岩和泥岩相，一般上覆有复理石相，总厚度达数公里。岩层强烈变形，常呈单斜褶皱，由于逆冲、叠瓦作用，地层重复现象明显。总的来说，岩石具葡萄石-绿纤石和绿片岩相的低温区域变质特征。

在四万十带的横剖面上，沉积物年代朝海洋方向愈趋年青（图2），且变形强烈的四万十地层和上覆轻微变形的四万十群后的沉积岩呈不整合接触。类似的情况也延伸至四万十带以外的现代海沟的内坡（图2中柱状图5、6）。

南、北两带下部的变质玄武岩，以枕状玄武岩和玻屑碎屑岩为其特征。在南带，该岩相有辉长岩，辉绿岩和蛇纹石。最近，在房总半岛岭冈群的玄武岩岩枕之间发现了能与现代大洋沉积物相比较的“红棕土”。在两带内，大规模的滑塌堆积普遍，而在南带发育较好。

两带上覆复理石相的特点是：陆源浊积岩和泥岩交替出现，有少量酸性凝灰岩夹层。在北带内，零星发现有菊石和inoceramids；而在南带的一些特定层位却发现了双壳类和腹足类。痕迹化石局部富集，如在静冈。总之化石稀少，故四万十超群必须利用砂岩岩性来划分。

北带的砂岩（下四万十群），在组分上长石质含量高，比南带富含石英、分选好的上四万十群的砂岩颗粒粗些，分选性差些。在南带分选好的粗砂岩中，富含浑园状的石英颗粒。这些砂岩更具有锆石-电气石-金红石的稳定重矿物组合以及较高的白云母含量。在两群中，微斜长石为主要成分，但向上递减。长石总量也向上递减。例如，九州的上白垩统砂岩长石含量超过35%；第三纪砂岩长石含量少于35%。而正长石和斜长石之间的比率以及正长石和微斜长石的比率是随地层变化的。例如，Teraoka (1979) 发现从上白垩统向上长石及微斜长石/正长石的比率递减。Okada (1979) 在九州的四万十地层中划分出三条

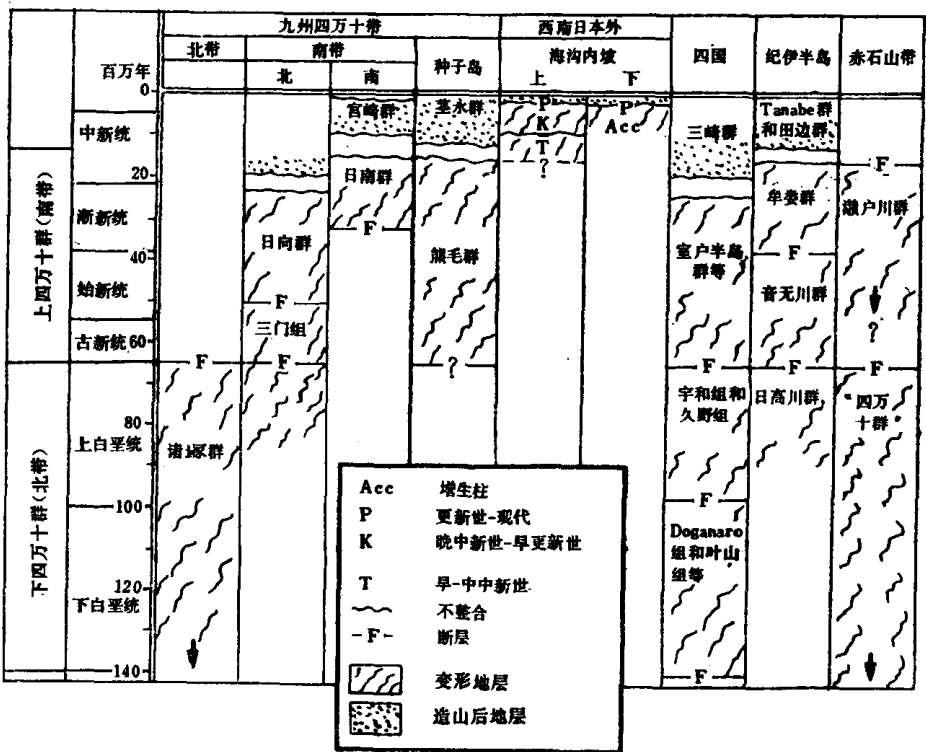


图2 四个地区四万十超群及其邻近的上覆地层的地质简表（许多组名已省略）
九州四个柱状图表明四万十地层（沿海岸连续出现）的时代往南变新。Acc, P, K和T为据声波确定的地层

岩性带。下四万十群（白垩纪）砂岩（1带）分选性差，为棱角状的长石质粗碎屑岩，长石碎屑大于35%。在2带和3带中砂岩富含石英，分选性及滚园度好。2带（上四万十群下部层位，老第三系）和3带（上四万十群上部层位，老第三系上部一下中新统）的砂岩分别含有20—35%和10—20%的长石。因此，可按岩性区分九州和白垩纪、早第三纪早期和晚期的砂岩。

四万十带的区域地质

四 国 南 部

在四国岛南半部的四万十带沿走向延伸约230公里（图3）：与其它地区一样，该带褶皱和断层发育。在四国东部，三角形状的室户半岛沿海岸连续出露；而在西部，沿四万十河出露四万十超群的典型剖面，宽达70公里。

下四万十带（白垩纪）

该带的白垩纪地层与侏罗纪俯冲杂岩（三宝山群）被主要的逆冲断层—仙像构造线一分开（图3、4）。白垩纪地层可分为（1）浅海相；（2）浊积岩相和（3）混杂堆积相。每一岩相之间通常以断层为界。

（1）浅海相主要出露于三个小区：沿仙像构造线（图3、4中的A）；四国西部的宇和地区（图3和图4中的K）；以及沿着靠近白垩系和老第三系界线的白垩纪地层的南部边缘（中筋地区）（图3和图4中的J）。

靠近仙像构造线，在高知县称Doganaro组，由砂岩与泥岩互层组成，产有尼欧克姆期的半咸水软体动物化石群，还产有土伦期的正常海洋型生物化石。

在宇和地区，超群主要由早白垩世（阿尔布期）鬼泪群和晚白垩世（科尼亚克期—桑

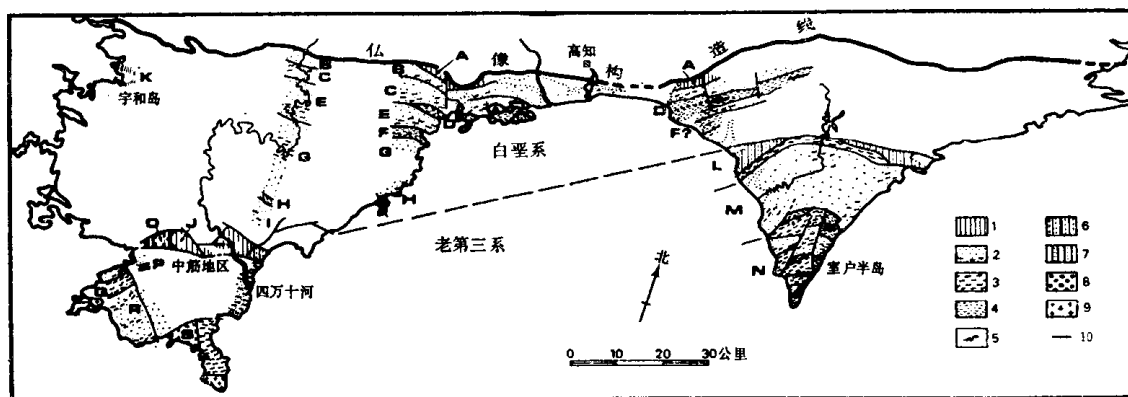


图 3 四国四万十带地质略图

（1）白垩纪浅海相；（2）浊积岩相（波浪符号表示滑塌体）；（3）滑坡堆积岩相和滑塌堆积岩相；（4）混杂堆积相；（5）基性火山岩；（6）始新世砾岩和砂岩；（7）始新世和新新世浅海相；（8）中新世浅海相；（9）中新世花岗岩侵入体；（10）断层。（A）尼欧克姆期—土伦期，浅海相（Doganaro组）；（B）阿尔布期浊积岩相（叶山组）；（C,E,G,I）晚白垩世浊积岩相；（D,F,H）混杂堆积相；（J）康潘期—马斯特里赫特期浅海相（中村组和有冈组）；（K）土伦期—早康潘期浅海相（宇和群）；（L）Ohshima—三崎组；（M）奈半利川组；（N）室户组；（O）早第三纪浅海相（平田组）；（P）古新世混杂堆积相；（Q）始新世滑坡堆积相和滑塌堆积相；（R）始新世浊积岩相；（S）中新世浅海相（三崎组）

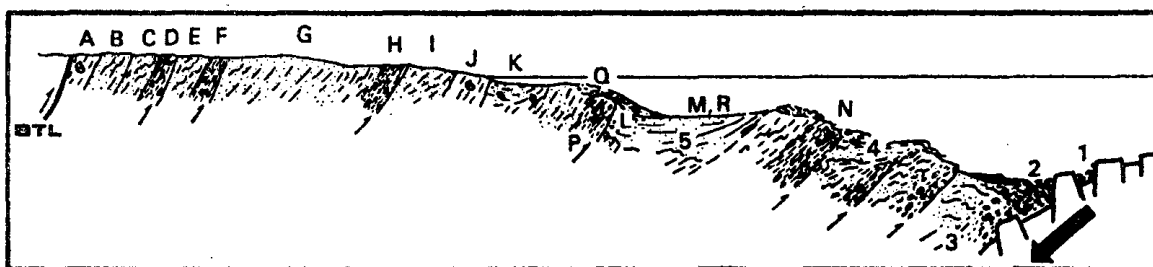


图 4 重建的早第三纪俯冲阶段四万十横剖面构造略图

字母意义同图 3。(1) 海沟外坡内洋壳的张性断裂;(2) 与海沟沉积物混合的玄武岩滑塌堆积物和深海沉积物;(3) 增生的混杂堆积;(4) 位于海沟内坡之上坡栖盆地中的浊积岩堆积和滑坡堆积物;(5) 增生的弧前盆地内的浊积岩。BTL 为伪像构造线

托期) 的宇和群组成。前者以深海沉积为主, 后者为砂岩并夹有大量的软体动物化石。在中筋地区, 有些地带产有晚康潘期到马斯特里克特期的软体动物化石群以及龙介虫 (serpulid) 灰岩和螺旋潜迹 (*Zoophycus*) 痕迹化石并有强烈的生物浊流作用。该相 (浅海相) 大致限定了前缘弧地区的外缘, 在白垩纪时期, 前缘弧外缘区曾明显地向南迁移。

(2) 浊积岩相在四国构成白垩纪四万十带的主要部分。由不同厚度的砂岩层和黑色页岩互层组成, 偶见灰色或红色页岩。常见滑坡、滑塌堆积岩体。该岩层构造走向一般呈东西向, 岩层陡倾; 当局部出现紧闭褶皱时, 由于叠瓦状断层控制了整个构造格架, 使地层层序重复出现, 与层理近于平行的板岩劈理普遍发育。

仅在一些地方见到菊石和inoceromids化石,但是微体化石,尤其是放射虫化石在最近才发现。虽然还不能详细确定构造格架的时代,但已取得重要结果:叶山组这个相的最下部属于阿尔布朗,组成最北的浊积岩带(图3、4之B);往南,几个浊积岩相带(图3、4之C, E, G, I)表现出愈向南年龄愈新。然而,就每一个浊积岩带(一般厚2000—5000米)而言,向北年龄有变新的趋势(据放射虫和地层层序)。这可与现代增生楔状体模式相比较。

在四国西部，科尼亚克到康潘期的浊积岩相（Nonogawa组，图3、4之G）广泛分布。

(3) 混杂堆积相带 (在一些地段它分隔了浊积岩相带——图3、4之D, F, H) 由砂岩、硅质岩 (Chert, 即燧石岩, 下同) 和基性火山岩岩块的杂乱混合物组成, 基质为普遍受到剪切作用的页岩。岩块的大小和形状不一, 但有大量具叶片构造的扁豆状, 透镜状的岩块。据报导, 砂岩岩块与浊积岩层的组分虽有差别, 但基本相似。混杂堆积相中钾长石比其它岩相中的少, 而硅质基质多。基性火山岩岩块的变质程度一般为绿帘石-葡萄石相; 而其大小可从砾石大到填图的单位, 同时普遍能见到枕状构造。在一些较大的块体中, 枕状熔岩之上覆有含金属的黑色泥岩和含红色放射虫硅质岩。在硅质岩中的放射虫年龄比混杂堆积中泥质“基质”及其周围浊积岩相老。例如, 在D带 (图3、4), 含有凡蓝吟期的红色放射虫硅质岩覆于玄武质的枕状熔岩之上, 硅质岩岩块嵌于科尼亚克期-桑托期的基质之中。在南面的混杂堆积相带 (图3、4之H和其它部位), 阿尔布期红色放射虫硅质岩岩块与玄武质熔岩岩块共生, 而该混杂堆积相下伏于科尼亚克期-康潘期浊积岩之下。这些资料说明混杂堆积相内的熔岩和硅质岩是侵位的、来自大洋板块的时代较老的外来岩块, 其中可能混有来自岛弧或大陆边缘的花岗质岩屑。

上四万十带（早第三纪）

四国早第三纪岩相与白垩纪岩相相似，且所有岩相之间的关系较清楚，故能较详细地推断其沉积环境。

四国东南具代表性的室户半岛群说明了这种关系。该群从北到南由 Ohyama-三崎组、奈半利川组和室户组这三套地层组成（图3、4之L, M, N）。超微体化石、放射虫和软体动物化石的时代为始新世早期—渐新世。

始新世的Ohyama—三崎组（图3L, 图4L）由砾岩、砂岩和页岩组成，并形成向上变细的沉积旋迴。砾岩层（显示冲沟、冲淤、大型粒序层理和槽形交错层理）含有来自白垩纪四万十带、秩父带和三波川带弧前地区的各种岩性的巨大砾石。砂岩呈粒序层理、平行层理和槽型交错层理，含有某些典型浊积岩系的大量裂开的碎屑。该组由充填于海底水道或海底峡谷中的砾岩和砂岩、以及可能是上海底扇一部分的水道边滩的薄层页岩和砂岩组成。本组也包含可能为坡脚环境的滑坡和滑塌沉积。

奈半利川组（图3、4之M）含有始新世的超微化石、放射虫和软体动物化石，为浊积岩砂岩（厚达10米）和页岩互层的一套复理石岩系，并伴有少量的凝灰岩。痕迹化石有深水沉积的 *Helminthoidea*, *Nereites*, *Paleodictyon* 和 *Spirorhappe*, 最近在现代海洋沉积面上发现后两种化石的痕迹，从而支持了这种推论。*Paleodictyon* 的深度为1436—3895米，而 *Spirorhappe* 为3358—5119米。古洋流表示主要为自东向西的流向（图1）。

南面的室户组（图3、4的N）为混杂堆积杂岩，包括滑坡-滑塌堆积及复理石混杂堆积，由洋底玻屑碎屑、玄武岩、硅质岩、凝灰岩和砂岩的岩块组成，岩块遍布于受剪切的页岩和凝灰质的基质中。混杂堆积物的时代尚未确定，但受剪切的灰色页岩中的放射虫年龄为古新世和早始新世，这是目前所知室户半岛群中年龄最老的岩层。

在室户组中常见大型滑坡-滑塌沉积，特别在主要的带中，其厚度可达700米。复理石相由向上变粗的岩层组成：页岩（有的为红色）具凝灰岩夹层，向上过渡为许多浊积岩的砂岩层。放射虫表明混杂堆积之后的复理石相时代为始新世。

另外，最近在室户半岛南端津吕组发现了早中新世的有孔虫和放射虫化石。

沉积作用和构造

四国四万十带的岩相和构造类型与位于增生杂岩之上的弧前盆地沉积的其它实例相似（参照Dickinson 和 Seely 1979 图3左下）。四万十超群向南变新的趋势说明增生作用主要发生在白垩纪—早第三纪时期。

室户半岛群最能反映当时的沉积环境（图4）与Ohyama-三崎组和奈半利川组都被认为是始新世时期增生的弧前盆地沉积物（图4之5）。前者为海底水道（或峡谷）中的充填沉积物和陆坡沉积物；后者可能是充填在增生弧前盆地主要部位的海底扇杂岩。室户组可解释为海沟陆坡坡折带到海沟内坡的沉积以及增生基底（俯冲杂岩）。包含大量变质玄武岩杂岩的较宽的混杂堆积带可能形成了海沟陆坡坡折带上的基底高地，被叠瓦状冲断层发育的混杂堆积带分隔的复理石相和滑坡相是位于海沟内坡上较小的坡栖增生盆地中的堆积（图4之4），这与Karig和Sharman（1975），Moore和Karig（1976）和Lewis（1980）介绍的情况相似。

推测整个早第三纪的四万十带岩性相似（有些变化）。在四国西部，广泛发育含浅海沉积岩块的滑坡堆积，如富含大量有孔虫的灰岩以及位于上陆坡的富含软体动物化石的砂

岩岩块 (Hiromi混杂堆积) (图 3 Q, 图 4 Q)。

在白垩纪沉积物中也见类似的特点 (图 4 A—K): 浅海相沉积说明沉积作用在出露的弧前地区的东南方向进行。同时形成的浊积岩 (如 Nonogawa 组) 可能充填在增生的弧前地区 (参见早第三纪的奈半利川组)。其它浊积岩或是海沟充填的沉积, 或是沉积于海沟内坡之上小的坡栖盆地。该相内大量滑坡和滑塌沉积表明浊积岩覆盖物曾发生过相当规模的滑坡及增生混杂堆积基底的重力崩塌。

混杂堆积相的成因尚不清楚, 但是其成因受下列条件所控制: (1) 并入四万十带的大洋板块与整个板块相比是微不足道的, 且仅作为块体出现, 并未发现洋壳大量并入四万十超群的迹象。(2) 混杂堆积相中岩块的大小、形态不同, 这种岩块是滑塌沉积。层状的硅质岩和砂岩块体显示滑坡褶皱。(3) 页岩“基质”剪切构造发育, 伴生大量的石英岩脉。在一些地方, 基质呈片状。(4) 就浊积岩相而论, 混杂堆积物质的时代具有向南变新的趋势, 但混杂堆积相中有时代较老的岩块。

混杂岩相的这些特点说明滑塌沉积物最初可能形成于海沟中, 而诸如玄武质枕状熔岩和放射虫硅质岩的大洋板块物质可能来源于洋壳的断层陡坡或海沟外坡上的海山 (见图 4 之 1、2)。这些充填于海沟的滑塌沉积与岛弧边缘或大陆边缘的碎屑沉积物可以一同增生于弧前地区 (图 4 之 3)。大多数深海沉积物及大洋岩石圈可能已消亡了。

纪伊半岛

四万十超群的露头从四国向东延伸并进入纪伊半岛 (图 1、6)。在仙像构造线和太平洋之间, 厚厚的四万十超群以深色泥岩、浊积岩和砾岩为特征, 而且整个岩系都已变形 (图 6 剖面)。这里的四万十群已由歌山大学的 T. Harata 和岛根大学的 T. Tokuoka 领导的纪州四万十调查组研究过。在他们讨论的纪伊半岛四万十地质的许多问题中, 极为重要的一点是中新世以前的黑潮古陆曾位于半岛的南面。

和其它地区一样, 纪伊四万十超群的地质情况反映了沉积中心向东南方向的迁移。根据 inoceramid 化石 (*I. (Mytiloides) aff. Labiatus* 和 *I. (Platyceramus) amakusensis*) 推测四万十群时代最老为晚白垩世, 不过这些生物可能是搬运到盆地内的, 而由软体动物群确定的最新年龄为中新世早期。

纪伊四万十超群可划分为三个群: 日高川群, 音无川群和牟娄群 (图 2)。各群之间都以向北陡倾的主要逆断层或构造线为界 (图 6)。

日高川群

北边的仙像构造线 (图 6) 和御坊-萩构造线之间, 该群由构造关系复杂的三个组组成。

丹生川组最老, 厚度大于 2 公里, 该组及其同期沉积物可见于仙像构造线和御坊-萩构造线附近。下部一般颗粒较细, 由页岩和泥质浊积岩所组成; 上部, 浊积岩含砂质较多并呈块状, 砾岩通常为粗砾的, 在上部呈夹层, 由许多种岩石的砾石组成, 但以流纹岩为主, 还有花岗岩、砂岩、硅质岩和一些灰岩。其上为龙神组, 厚约 3 公里, 颗粒较细, 由页岩和泥质浊积岩组成, 偶有较多砂质岩层。还有枕状玄武岩和流纹质凝灰岩。

深山组时代最新, 位于龙神组之北, 厚度超过 7 公里, 由块状、通常为砂质浊积岩组成, 可以伴生有玄武岩、放射虫硅质岩, 其次为页岩。

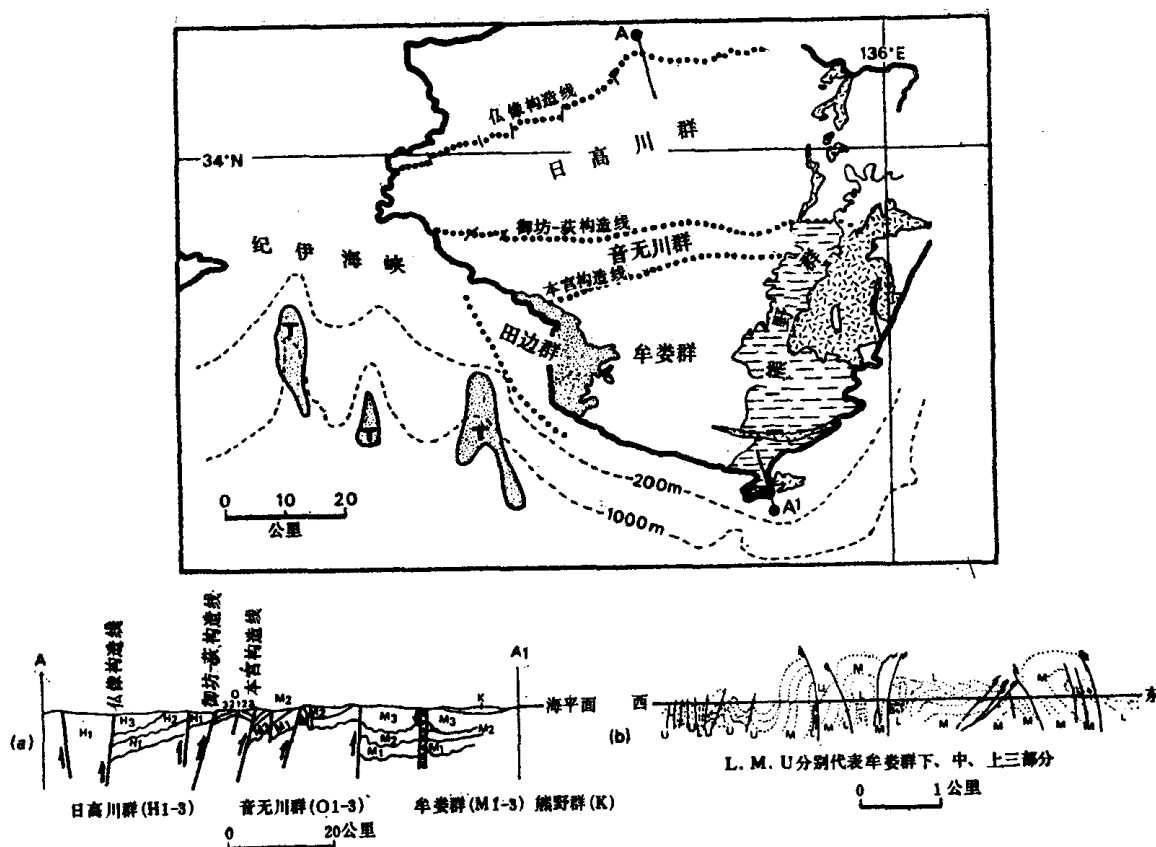


图 6 纪伊半岛地质图及其剖面

中新世田边群和熊野群不整合覆于四万十超群的日高川群、音无川群和牟娄群之上。在纪伊海峡外侧的海底峡谷内，也可见到田边群（T）的露头。剖面（a）即AA'剖面；剖面（b）为通牟娄群的东西向详细剖面

大致与日高川群同时沉积的和泉群浊积岩发育于中央构造线之北的狭窄盆地内（图1）。

音无川群

本群最近才从牟娄群划分出来，厚约1.5公里，出露于御坊-萩构造线与本宫断层之间。尽管尚未发现有可靠的古生物化石证据，但该群主要为始新统。最下部的 Uridani 组以页岩为主，还有玄武岩和酸性凝灰岩。中部为下Haroku组，分布最广，砂质比Uridani组的略多些；上部为上Haroku组，为一套向上变粗的岩系，在其南面的露头中包含有由碎屑到巨砾的Kizekkyo砾岩。碎屑以砂岩碎屑为主，还有硅质岩、花岗岩、酸性火山岩及少量灰岩碎屑。

牟娄群

该群为纪伊半岛四万十超群最南、最年青的岩系，估计厚约7.5—9公里。由化石表明（很可能搬运过）的时代为渐新世—中新世早期。最下部厚约1200米，主要为细粒级，而中部厚度较大，更富砂质并含砾岩夹层。最上部厚3—4公里，具有混合成分，页岩与具泥质、砂质基质的砾岩共生，夹含角砾的泥岩。大量滑塌沉积，宽达数米，出露于半岛南界附近。砾岩中的碎屑主要由酸性火山岩组成，也包括硅质岩、正石英岩、砂岩、花岗岩和灰岩。可见到滑坡景观。碎屑状岩墙普遍发育。该群的特征表明它沉积于物源区附近，然而许多卵石（包括正石英岩）的滚园度极好，其成因机制将在后面讨论。

沉积作用和构造

四万十超群的三个群实际上代表了三套岩系，每一套岩系向上都变粗，说明它们或是在一个简单的浅水地区沉积的，或者是由于物源区的物质不断输入所致。群与群之间有几种型式的间断，但尚不清楚是否仅仅由构造事件所引起。现在构造线将三个群完全分开（图6），所以构造线本身就代表着重要的地壳运动面。

不同群的古水流流向（图8）揭示了以东西向搬运为主，但是向南、向北的方向也很重要。在牟娄群内，有些是自西向东的流向。

超群的褶皱和断层发育（图6剖面），常见地层陡倾、直立及倒转，而且走向断层较多。Harata等（1978）指出，在纪伊半岛仙像构造线以南的地层已缩短了30—40%。在牟娄群内，Suzuki（1975）注意到了与沉积同期的构造现象，认为其中的主要褶皱由滑坡所形成，并出现碎屑岩脉。在牟娄群地区，为了弄清滑坡沉积和早期褶皱的关系，尚有许多情况需研究。多数褶皱与沉积作用几乎是同时发生的，而褶皱作用和多数的断层作用在中新世中期的田边群和熊野群不整合堆积前就已结束。古生物和放射虫年龄清楚地显示了牟娄群与上述两个群之间的间隔时间很短。

纪伊半岛四万十岩系最后发生的地质事件反映了类似沉积状况，包括滑坡、局部性滑塌沉积物、滚圆的石英卵石、冲蚀沟、纯砾岩或比较纯的砾岩，甚至具有波痕，所有这些都受到近同生褶皱作用的影响。纪州四万十调查组（1970）认为这些现象正是比较靠近现已消失了的“黑潮大陆”南部的证据。但是，Tokuoka和Okami（1979）最近的工作（尽管他们仍坚持南部为物源地）向我们指出：早第三纪时期，正石英岩卵石是从北部的早白垩世手取组中搬运来并重新沉积的。牟娄群的花岗质片麻岩的巨砾中测出黑云母 K-Ar 年龄为63.3百万年，白云母为70.4百万年，说明片麻岩可能来源于领家变质带。

赤石山和关东山

Ogawa和Horiuchi等（1978）已描述过遭受强烈切割的山区的四万十地层。赤石带走向北北东-南南西，在西部由仙像构造线将该带与领家三波川、秩父和三宝山带分开；在东部则由丝鱼川-静冈构造线将该带与中新世地层隔开。西部以大规模平卧褶皱为代表，东部以南北走向的复背斜为代表。变质作用一般达绿帘石或绿片岩相。四万十地层，厚数公里，由浊积岩、砂岩、泥岩和滑坡沉积物组成；局部为灰岩和硅质岩；在下、中部伴生有玄武岩和流纹质凝灰岩。下部的“四万十群”其时代为侏罗纪晚期和白垩纪（图2）；上部的濑户川群时代为早第三纪，可能延续至中新世。

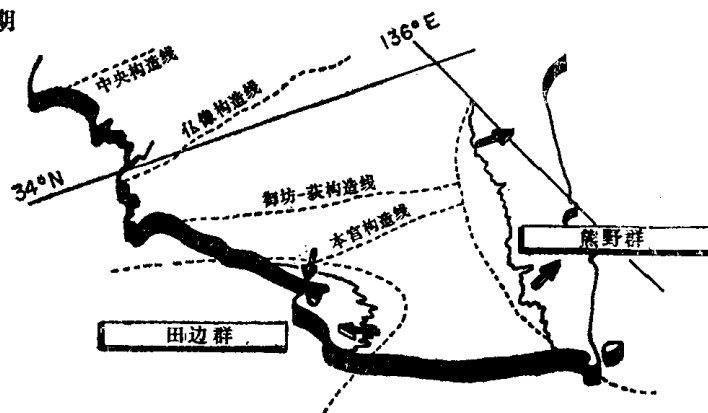
在东西走向的关东带，北部的Ogochi群，时代为早-晚白垩世，由含 *Inoceramus* 的石英砂岩或长石砂岩和富泥质的滑坡沉积组成。在南部，晚白垩世的小仙群由砂岩、泥岩和浊积岩组成，形成了具滑坡特征的砂质三角洲冲积裙（Sandy deltaic apron），也有玄武岩、英安质凝灰岩和硅质岩。在关东山，缺失老第三系。

Ogawa和Horiuchi（1978）认为：四万十地层的岩石是岛弧-海沟间隙和海沟陆坡的沉积物，由于无震海岭北端的伊豆微大陆向北移动而碰撞，引起了四万十地层的后期变形；Ogawa（1981）还指出，横向运动也很重要。

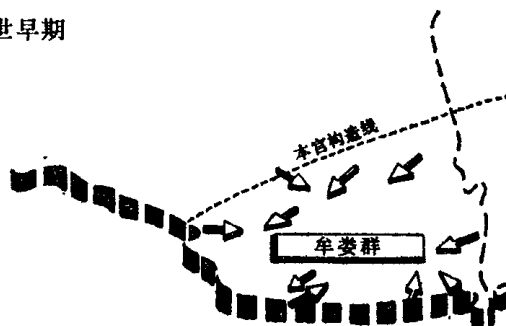
房总半岛

房总半岛南部的岭冈群代表最东部的四万十地层，厚度较小（1000余米），由半深海硅质页岩、复理石型砂岩、页岩和滑塌沉积组成，并夹有玄武岩、蛇纹岩，原先认为是早第三纪地层，但是最近在岭冈群下部发现了中新世的放射虫。

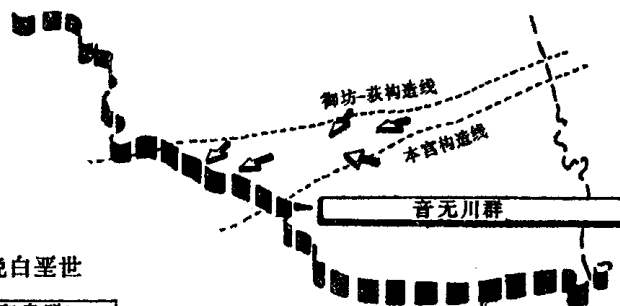
IV. 中新世中期



III. 渐新世到中新世早期



II. 始新世?



I. 晚白垩世



图 8 从纪伊半岛四万十（地层）向上直至中新世中期地层古水流方向的变化