

第 30 届国际地质大会论文集



第 7 卷

造 山 带 地 质 填 图

许志琴 任玉峰 邱小平 主编



地 质 出 版 社

137
32

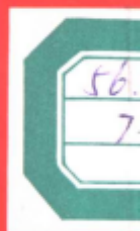
ISBN 7-116-02816-1



9 787116 028166 >

ISBN 7-116-02816-1

P · 2019 定价: 16.00 元



第 30 届国际地质大会论文集

第 7 卷

造山带 地质填图

许志琴 任玉峰 邱小平 主编

内 容 简 介

本卷文集选择了第30届国际地质大会“造山带和地质制图”专题讨论会中有代表性的12篇论文(包括3篇摘要)。造山带是当今地球科学研究的热点之一,特别是造山带动力学机制和后造山作用的隆升与折返。书中主要介绍了国内外著名造山带的实例,如我国的昆仑山、唐古拉山、阿尔金山等,国外的中欧华力西造山带、蒙古古生代造山带、俄罗斯泰梅尔造山带等;探讨了有关造山带的构造特征、成因、发展、模式和机制,后造山作用和新构造的地壳隆升,介绍了利用地貌构造分析进行造山带研究的方法。在制图方面展示了新一代欧洲构造图和我国1:250万地质图的编制成果,并通过图件反映了这些地区的区域地质特征。

本书可供地质、石油、冶金、煤炭、环境等部门从事生产、科研、教育的有关人员参考和使用。

图书在版编目(CIP)数据

造山带 地质填图/许志琴等主编. -北京:地质出版社,1999.8

(第30届国际地质大会论文集;第7卷)

ISBN 7-116-02816-1

I. 造… II. 许… III. 褶皱带-地质填图-国际学术会议-文集 N. P544-53

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第23560号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路29号)

责任编辑:郝粹国 周继荣

责任校对:关风云

北京印刷学院实习工厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:7.25 字数:167000

1999年8月北京第一版·1999年8月北京第一次印刷

印数:1—500册 定价:16.00元

ISBN 7-116-02816-1

P·2019

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

第 30 届国际地质大会论文集

(中 文 版)

陈毓川 赵 逊 张之一 主编
项礼文 蔡爱莉 曹佑功

第 30 届国际地质大会论文集英文版共 26 卷,已由荷兰国际科学出版社(VSP)于 1997 年全部出版。中文版由第 30 届国际地质大会组织委员会编辑,地质出版社出版。

第 30 届国际地质大会论文集卷目

- 第 1 卷:地球的起源和历史
- 第 2 卷:地学与人类生存、环境、自然灾害
- 第 3 卷:全球变化
- 第 4 卷:岩石圈构造和深部作用
- 第 5 卷:现代岩石圈运动 地震地质
- 第 6 卷:全球构造带 超大陆的形成与裂解
- 第 7 卷:造山带 地质填图
- 第 8 卷:盆地分析 全球沉积地质学 沉积学
- 第 9 卷:21 世纪能源矿产和矿产资源 矿床地质 矿产经济学
- 第 10 卷:地学新技术方法
- 第 11 卷:地层学
- 第 12 卷:古生物学 地史学
- 第 13 卷:海洋地质学 古海洋学
- 第 14 卷:构造地质学 地质力学
- 第 15 卷:火成岩岩石学
- 第 16 卷:矿物学
- 第 17 卷:前寒武纪地质学和变质岩石学
- 第 18 卷:化石燃料地质——石油、天然气和煤
- 第 19 卷:地球化学
- 第 20 卷:地球物理
- 第 21 卷:第四纪地质
- 第 22 卷:水文地质
- 第 23 卷:工程地质
- 第 24 卷:环境地质
- 第 25 卷:数学地质和地质信息
- 第 26 卷:比较行星学 地质教育 地质学史

前 言

造山带被人们描述为大陆动力学的“天然实验室”，是地球科学的一个重要研究领域。自20世纪60年代以来，板块构造理论被称为“地学革命”，为造山带引入了新的内涵，如造山带是岩石圈板块相互碰撞的结果。近年来，大量的研究表明，大陆内部存在着巨大的变形和再造山作用，后造山作用的隆升和折返被认为是一项重要的内容。深部地球物理的探索和深部物理作用的研究表明，造山带动力学机制不能用简单的经典板块理论和模式来解释。在大陆内部寻找新的驱动力、探讨造山带成因的时代已经开始了。

地质图是区域地质调查研究结果的综合表达，是地质学研究的重要手段。随着计算机科学和技术的应用，地质制图变得越来越高效、快捷，它将对地球科学的发展起到重大的推动作用。

许志琴

1998年6月

目 录

- 利用增生过程中面积损失推测次生压实作用——一种砂模型方法 H. Koyi(1)
东昆仑-唐古拉复合山链中生代地壳演化及其动力学(摘要)
..... 许志琴,杨经绥,李海兵,徐强,陈文,郭正府(6)
造山带后期拉伸热-形变模拟——对中欧华力西造山带的研究 A. Henk(7)
中国东部内蒙古造山带的构造特点及造山作用(摘要) 王瑜(22)
上阿穆尔地区造山带研究——地貌构造分析方法的应用 E. A. Myansnikov(23)
阿尔金山早古生代板块构造 崔军文,赖绍聪,唐哲民,岳永君,李冀湘,邓晋福(28)
蒙古古生代一种新的构造格架 O. Tomurtogoo(42)
中国东部辽南古老变质地体的隆升和后造山作用(摘要) 李海兵,许志琴,曾令森(49)
新构造地壳隆升的基本规律与驱动机制 E. V. Artyushkov, A. W. Hofmann(50)
亚洲北部泰梅尔新元古代和晚古生代造山带与蛇绿岩带的形成模式及其评论
..... V. A. Vernikovsky(72)
新的欧洲国际构造图中的显生宙构造区 V. E. Khain, Yu. G. Leonov,
V. D. Brezhnev, M. L. Kopp, A. V. Rjazantsev, A. L. Vassilchouk(87)
中国区域地质特征概述 马丽芳,阎隆瑞,丁孝志(100)

利用增生过程中面积损失推测次生压实作用

——一种砂模型方法

H. Koyi

(The Hans Ramberg Tectonic Laboratory, Institute of Earth Sciences,
Uppsala University, Uppsala, Sweden)

摘 要 次生(构造)压实作用中的面积(体积)损失可以由分析刚性基底上系列砂模型剖面来计算。面积均衡作用表明:模拟楔在变形中构造压压缩减 50%时,面积损失为 17%。在变形过程中,楔体并未经过均一的压实作用;相反,增生的压实作用是向前陆方向(楔体顶部),而累积的压实作用却向腹地方向(楔体后部)增加。大部分面积损失发生在最年轻的叠瓦构造内。在叠瓦构造形成的两个阶段之间,增生楔模型面积损耗为 3.9%,其中 3%是在其顶部最年轻的叠瓦片内。

利用三种不同深度的层(顶部、中部和底部)可以确定和对比增生模型楔中不同地层界面的三种应力组成(平行增厚、褶皱和叠瓦三部分)。浅层顶部层叠瓦和褶皱缩减 37%,平行增厚只有 17%;而对于较深的底层,叠瓦和褶皱收缩 13.6%,平行增厚为 41%。中层的数据介于两者之间。这些结果表明韧性变形主要发生在深部。自然增生楔其面积损失和平行增厚是由空隙度的次生(构造)缩减、矿物的压溶及组构的发育而形成的。

关键词 后期压实 面积损失 砂模型 不同程度的缩短

1 引言

许多地质工作者利用砂模型来研究增生楔的各个不同方面^[5,3,7,13,11,1,10,9,6]。Daris 等^[5]和 Dahlen 等^[2]对增生楔动力学进行了综合研究并将其与推土机前的雪及砂的变形做对比。在早期的一篇文章中^[9],Koyi(1995)曾讨论过典型增生楔不同方面的内部变形,后来另有文章阐明了砂模型增生柱内面积损失和穿透应力的意义。研究表明面积的均衡作用不能将模型剖面复原至初始状态,而且长度的均衡也不能使位于不同深度的两个地层恢复其不同的初始长度,这使总缩短数有不同程度的变化。

2 模型的描述和变形

由被动成层的疏松砂组成的砂模型在一端缩减 47%(图 1)。该模型为颜色均一的砂,厚度均为 5mm^[12]。剖面连续地用真空清洁剂侵蚀,在变形过程中,每缩短 15%,拍照一次。利用这种方法能够揭示叠瓦片(席)的三维几何形态,并能利用小粒径的砂和厚为 0.2mm 的

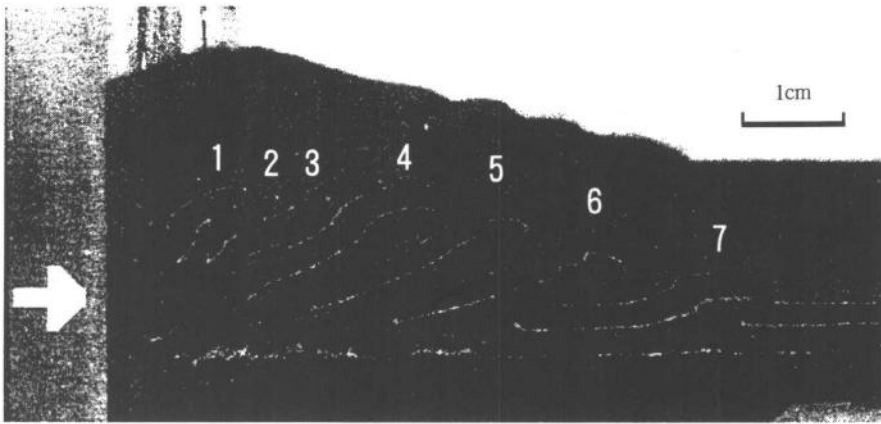


图1 缩短量为40%的砂模型照片
 相片显示了7个叠瓦片。其中的数字表示叠瓦形成的序列。箭头表示缩短方向

砂层详细地计算应力。在砂模型变形中将制备的系列剖面进行连续拍摄,用来计算砂模型的面积损耗和穿透应力。疏松砂具有较低的摩擦性,且具有库仑静电现象,是模拟上部脆性地壳岩石变形的合适材料。这种研究方法是二维的,假定沿 y 轴走向不产生运动,因为垂直于搬运方向的运动相对于平行于搬运方向的运动要小得多。在实验方法中,有意识地忽略了侵蚀、位移和由于相变造成的物质不均一性,以及楔体空隙中流体比率的时间差异、沿滑脱面产生的摩擦变化等复杂的附加因素。这里所描述的砂模型是在水平面和坚硬基底之上产生的变形,因而不能用来解释自然滑脱倾斜或不规则类型的、详细的砂模型变形,以及剖面分析,见图1^[9]。

3 面积损耗和应变划分

3.1 步骤

在变形模型的最后阶段的剖面中,层长度均衡作用于三个不同平面的地层(图2)。层长

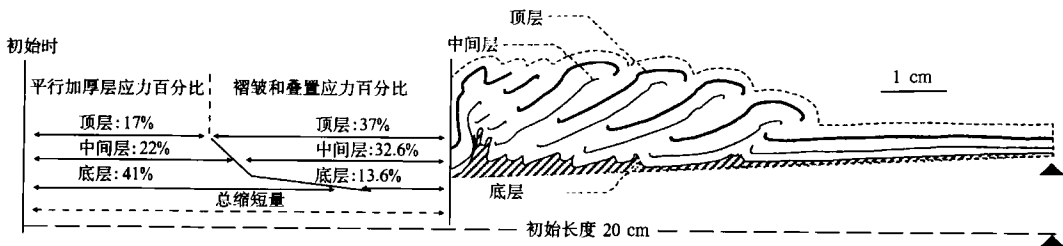


图2 缩短量为44%的模型剖面草图

为了定量计算应力的三个分量(组成),即计算层的平行加厚量、褶皱量和叠置量,对顶层、中间层和底层进行张度均衡。注意:顶层主要为褶皱和叠瓦变形,而底层主要为平行加厚变形

度的均衡作用可用来区分三种应力所占的变形量。这三种应力组成包括层的平行加厚、尖顶褶皱和叠瓦。我们需要测定每个变形层的长度并将之加在一起。因此将位移的部分加在一起,并将之展开,叠瓦和褶皱量即可估算出来(图2)。即将这种“复原”长度与变形长度相比较,来计算叠瓦和褶皱造成的缩减(短)量(图2)。然后,将“复原”长度与砂模型初始(未变形)长度对比,可计算出层的平行加厚的缩减量。

为了计算变形过程中砂模型面积(体积)的损耗量,砂模型楔体面积可在叠瓦构造形成的两个阶段之间度量。换句话说,楔体面积在其刚形成时或新的叠瓦经过全部变形后(这种情况下如第4号叠瓦,图2)测定。在同一时间段,特定的叠瓦(第4号)面积也是在一定的时间内将楔体内面积的损失与相同时间内变形的叠瓦量进行比较得出的。只要在模型的顶部另一个叠瓦形成,则其面积损失视为无效。

3.2 讨论

为了计算模型变形随深度的变化量,将径向应力分解到位于不同地层位置的三个层面

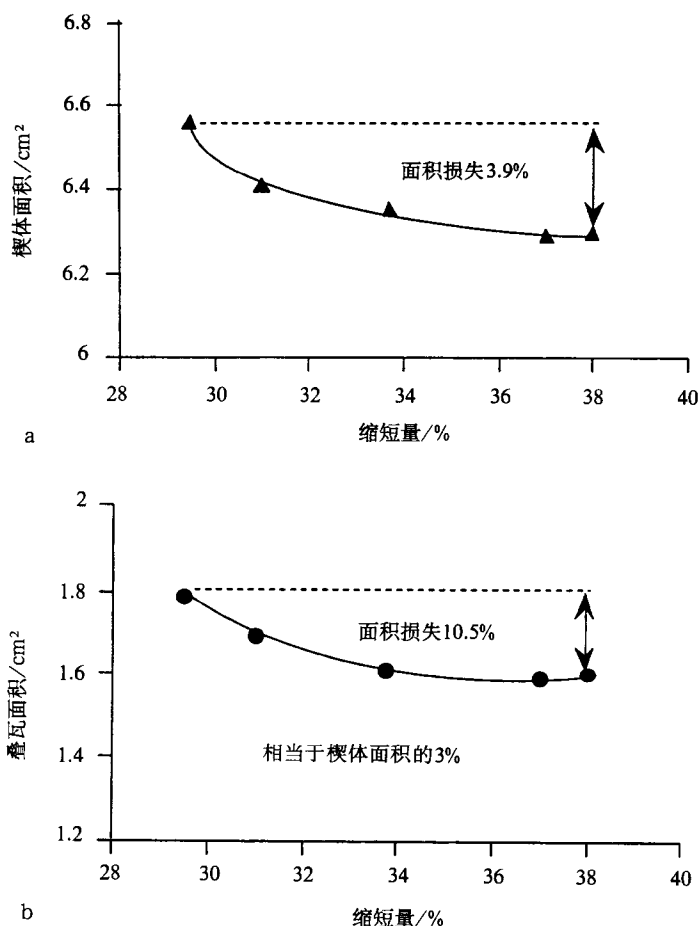


图3 楔体面积(a)和叠瓦面积(b)与缩短量之间的关系

缩短38%时,楔体约损失掉初始面积的4%。在同一阶段,叠瓦损失掉初始长度的10.5%,相当于楔体总面积的3%。这表明,楔体内面积损失的大部分发生在顶部最晚形成的叠瓦内

上(顶部、中部和底部)。早些时候, Koyi^[9]记述了在较深部位增生楔主要是层的平行加厚, 而叠瓦类在较浅部位占主导。现在的分析表明, 浅层能恢复到其初始长度的 83%(图 2), 其余 17%不能恢复, 其在变形中由层的平行增厚所损耗。后一种应力分量在模型中是可恢复的, 因为其初始规模是已知的。但在自然界, 由于初始阶段没有很好的记录, 故难以恢复随深度增加平行增厚的数量。深层只能恢复其初始长度的 59%, 其他整个未恢复的 41%的长度由平行增厚所损耗。这种对比不仅表明增生楔内的变形方式随深度而变化, 而且在自然剖面的增生楔内, 不同岩层的层长度均衡作用会产生不同程度的缩减, 因为较深的岩层比较浅的岩层更难恢复至初始长度, 而且会造成更大比例的体积缩减。因此, 要确定自然界实际的体积缩减, 应在不同地层部位的岩层上进行层的长度均衡实验。

在模型变形开始, 体积缩减由穿透应力造成, 并使未变形的砂层增厚。随着缩减的继续, 发生岩层的尖顶化。Mulugeta 和 Koyi^[12]展示了增生楔的体积损失相对于楔体幕式生长的每一幕。这里变形的任一阶段面积(体积)损失不是恒定的, 而是随深度和侧向而变化的。在早期剖面中, 应力的深度变化间接地反映了面积损失随深度的变化, 做了一定的解释。在这个剖面中, 楔体的侧向面积损失变化被记录下来。正如在 NanKai 的增生柱所推测的那样^[8], 在该柱体顶端的软沉积物缩减较为广泛, 不仅能适应沿叠瓦逆冲带和剪切带所产生的位移, 而且模型楔内活跃的顶部代表着楔体所经历的大部分穿透应力。叠瓦变形两个阶段之间的楔体面积均衡作用表明, 楔体内总面积损失的 76%产生于最年轻的顶部叠瓦之中(图 3)。在变形同期, 整个楔体损失只占其面积的 3.9%, 其中 3%由最年轻的叠瓦所占据, 这种叠瓦片在变形同期损失了其初始面积的 10.5%(图 3)。这些结果证明, 在楔体顶部新增生的物质经历了第二次构造压实, 而在楔体的后部, 含有较老的叠瓦片, 已被强烈地压实, 随着变形的加剧, 已不能容纳更多的构造压实。总之, 累积的压实作用在楔体的后部最高, 而增生的压实作用在顶部最高。换句话说, 随着楔体的生长, 增生的压实作用集中在模型顶部新增物质中, 楔体后部相对转变为坚硬的块体。在楔体顶部增生物质时无需很大的应力。在基底斜坡或摩擦中同构造侵蚀或任何变化可以引起局部变形, 从而改变这种情形。

4 结论

根据砂模型系列剖面分析表明:

- (1) 如果不能计算出第三种应力分量即层平行缩减, 层的长度均衡作用不能计算出缩减总量。
- (2) 位置(指深度)不同的地层经历的应力是可变的, 层的平行缩减在较深的地段占主导而叠瓦在浅部占主导。这些地层的层长度均衡作用缩减比例不同。
- (3) 次生(构造)压实作用伴随着面积(体积)的损失, 并集中在楔体顶部最年轻的叠瓦内。

致谢 感谢 David Gee 和 Ruud Weijermars 对此手稿进行阅读和提出宝贵意见, 感谢瑞典自然研究会(NFR)所给予的经费资助。

(刘淑春、岳密娜译, 李明路校)

参 考 文 献

- [1] B. Colletta, J. Letouzey, R. Pinedo, J. F. Ballard and P. Bale. Computerized X-ray tomography analysis of sandbox models; Examples of thin-skinned thrust systems. *Geology*, 1991, 19, 1063~1067.
- [2] F. A. Dahlen, J. Suppe and D. M. Davis. Mechanics of fold and-thrust belts and accretionary wedges (continued): Cohesive Coulomb Theory. *J. Geophys. Res.*, 1984, 89, 10087~10101.
- [3] F. A. Dahlen. Noncohesive critical Coulomb wedges; and exact solution. *J. Geophys. Res.*, 1984, 89(10), 125~133.
- [4] C. D. A. Dahlstrom. Balanced cross sections. *Can. J. Earth. Sci.*, 1969, 6, 743~747.
- [5] D. Davis, J. Suppe and F. A. Dahlen. Mechanics of fold-and-thrust belts and accretionary wedges. *Jour. Geophys. Res.*, 1983, 88, 1153~1172.
- [6] M. A. Gatscher, N. Kukowski, J. Malavieille and S. Lallemand. Cyclical behaviour of thrust wedges: Insight from basal friction sandbox experiments. *Geology*, 1996, 24, 135~138.
- [7] D. E. Karig. Physical properties and mechanical state of accreted sediments in the Nankai Trough, Southwest Japan Arc. *Geol. Soc. Am. Memoir*, 1986, 166, 117~133.
- [8] D. E. Karig and N. Lundberg. Deformation bands from the toe of the Nankai Accretionary prism. *J. Geophys. Res.*, 1990, 95(B6), 9099~9109.
- [9] H. Koyi. Mode of internal deformation in sand wedges. *Journal of Structural Geology*, 1995, 17, 293~300.
- [10] Liu H., K. R. McClay and D. Powell. Physical models of thrust wedges. In: *Thrust Tectonics* (edited by McClay, K. R.), 1991, 71~81.
- [11] G. Mulugeta, and H. Koyi. Three-dimensional geometry and kinematics of experimental piggyback thrusting. *Geology*, 1987, 15, 1052~1056.
- [12] G. Mulugeta and H. Koyi. Episodic accretion and strain partitioning in a model sand wedge. *Tectonophysics*, 1992, 202, 319~333.
- [13] Zhao W. L., D. M. Davis F. A. Dahlen and J. Suppe. Origin of convex accretionary wedges; evidence from Barbados, *J. Geophys. Res.*, 1986, 91, 10246~10258.

东昆仑-唐古拉复合山链中生代地壳演化及其动力学(摘要)

许志琴 杨经绥 李海兵 徐 强 陈 文 郭正府

(中国地质科学院地质所,北京 100037)

东昆仑-唐古拉中生代复合山链由昆仑地体(包括北昆仑地体和南昆仑地体)、巴颜喀喇-松潘-甘孜地体和羌塘-唐古拉地体组成。古特提斯和新特提斯的一系列俯冲和消减使得昆仑、巴颜喀喇-松潘-甘孜、羌塘-唐古拉地体与冈瓦纳古陆发生合并、碰撞,形成中生代造山作用,导致古特提斯和新特提斯复合叠置山链的形成。

古特提斯(阿尼玛卿洋和金沙江洋)张开于古生代一早三叠世,将昆仑、巴颜喀喇-松潘-甘孜和羌塘-唐古拉地体分开。从早三叠世到晚三叠世,古特提斯发生俯冲作用。阿尼玛卿洋向北俯冲于昆仑地体之下,金沙江洋向南俯冲于羌塘-唐古拉地体之下。由于大洋俯冲角度的不同,形成了不同构造环境的俯冲体系。这三个地体于三叠纪末碰撞,形成500km宽的北印支造山带。班公-怒江洋在侏罗纪张开,将唐古拉-羌塘地体和冈瓦纳古陆分开。到侏罗纪末期,唐古拉-羌塘地体与冈瓦纳古陆碰撞,形成南唐古拉造山带。最终,东昆仑-唐古拉复合山链形成。自白垩纪以来,东昆仑-唐古拉地区一直处于隆升状态。

造山带后期拉伸热-形变模拟

——对中欧华力西造山带的研究

A. Henk

(Institut für Geologie, Universität Würzburg, Pleicherwall 1,
97070 Würzburg, Germany)

摘 要 本文利用二维热-形变有限元模型研究了中欧华力西造山带后期地壳增厚的演化方式,研究工作沿其内带至未变形前陆的岩石圈规模的断面进行。该研究主要是对控制造山带后期拉伸作用和地壳根部的破坏作用、尤其是增厚地壳的重力不稳定性进行定量估价。模拟结果表明,重力不能单独重塑所观察到的石炭—二叠纪地壳减薄的时间和数量。除了重力外,恢复华力西褶皱带内部大约 30km 的地壳厚度还需板块边界张应力。仅 10 MPa 的应力就能造成 35% 的拉伸量,而且模拟预测值和实际观察到的数据吻合良好。总之,模拟断面附近从斯蒂芬期至赤底期的演化并非由承袭华力西地壳增厚的重力所致,而是与威斯特法末期板块边界应力的改变有关。

关键词 数字模拟 重力 拉伸(作用) 地壳增厚 应力

1 引言

在维宪期和赤底期之间(350~255 Ma)中欧的同期和晚期华力西的演化以变质杂岩的迅速折返和许多晚石炭世—二叠纪拉伸盆地的发育为特征。华力西地壳根部未保存下来,而且现在的地壳未受到第三纪裂谷化作用和阿尔卑斯造山带的干扰,表现为约 30 km 的均一厚度^[4]。许多学者^[22,23,12,24,13,6]对比了青藏(西藏)高原、高原和盆地以及山脉区,认为增厚地壳的重力滑塌作用是控制华力西褶皱带后期演化的主要作用。长期以来人们一直认为均衡补偿的增厚地壳区域处于拉伸偏差应力状态^[2,30,12],但其它几种作用可归结为造山带的同期或后期增厚拉伸。他们认为最重要的是与会聚侧向挤出、地势和热释放的地壳增厚重力的不稳定性、软流圈上涌以及由于分层或对流侵蚀造成的增厚岩石圈的下部分离。此外,板块边界应力的改变可大大地增强后造山带的拉伸。

本项研究受到 Braun 和 Beaumont^[5]、Govers 和 Wortel^[16]工作的激励。他们利用二维有限元模拟造山作用背景下岩石圈的拉伸。其工作重点集中于假定的具有 70 km 厚的由于瞬间均匀加厚的喜马拉雅型造山带。本研究应用相似的方法模拟了华力西造山带特定的地球动力学演化方式,并考虑到会聚作用和地壳加厚过程中的热能释放。主要目标是:①研制数字模型来重建中欧晚华力西演化的一级特征;②确定控制地壳增厚的后期拉伸作用的因素。

接下来的问题是华力西后期演化是否与先期华力西造山作用有关,或者在二叠—石炭纪除了影响中欧地球动力学演化的简单重力滑塌作用外,是否还有其它作用。

2 研究区内华力西构造带演化

泥盆—二叠纪期间欧洲的演化很大程度上取决于冈瓦纳、波罗的海和几个微板块的接近和碰撞。大陆碰撞由于推覆和叠置造成地壳加厚,最终形成华力西造山带^[14,13,15]。所有华力西盆地内洋壳削减极可能到泥盆纪末结束。早石炭世以后的地球动力学演化被认为是碰撞阶段。造山带内部会聚作用在约 325 Ma 前停止,而在华力西造山带的外部则持续至 305 Ma^[31]。在内带,地壳碰撞与结晶杂岩的折返、大量花岗岩的侵入以及高温低压变质同时或稍后发生^[13,21]。在华力西内带大量的同会聚折返对会聚末期地壳的增厚具有重要的指示意义,因为在大陆碰撞期间,地壳的增厚部分被同会聚侵蚀尤其是构造剥蚀所抵消。

会聚同期或期后的拉伸作用最终形成大量的北东—南西向盆地^[23]。尽管局部下沉从威斯特法 A 期已有记录,但广阔的盆地演化是在斯蒂芬期之后开始的。在古生代末期,华力西区域大部已经增厚的地壳又增加了大约 30 km 的厚度。局部来说,地壳已经下降至海平面之下,正如推测的那样,部分前期造山带发生了迅速的镁灰岩期海侵^[23,12,31]。

3 数字模拟

有限元技术可用来研究晚华力西岩石圈的形变和温度。数字模拟是根据有限元软件 ANSYS(注册商标为休斯顿 Ansys 公司)进行的。假设华力西岩石圈的物理特性沿走向相对稳定,那么造山作用就能充分利用二维方法进行描述。当然,这种平面应力的假设对于真正的造山带和造山作用的复杂性肯定是一种简化,但可以认为这样对于更复杂的三维模拟迈出了重要的一步。

数字模拟主要集中在中欧华力西褶皱带的横剖面上,包括从内带至未变形前陆的一半剖面(图 1)。另一半的大部分受阿尔卑斯的影响而变模糊了,限制了数字模拟方法的使用。模拟断面(图 1 中的 A—A')垂直于华力西褶皱带北东—南西向构造单元,称之为莱茵海西带、萨克森图林根带和摩尔达努比带。断面的西北端位于未受华力西造山作用影响的岩石圈段。模拟开始于华力西内带会聚阶段的末期,即纳缪尔期(320 Ma)。初始模型设计大致为当时华力西岩石圈的物理状态。

3.1 模型的含义

模型包含参考的岩石圈区域、过渡带以及构造加厚的岩石圈(图 2)。模型岩石圈侧向不仅厚度可变,而且成分、初始温度等均可变。热计算的边界条件是表面温度为 0℃、通过模型的热流值不变。形变模型的边界条件为:在对称轴处允许发生垂直位移,模型的左右不发生倾斜。均衡反弹力作用于模型的顶部和底部,正如作用于地壳的底部那样。位移和力的边界条件选择性地作用于模型的前陆边缘,以便对拉伸和压缩作用进行模拟。

热—形变耦合用两种几何上一致的有限元格栅进行模拟,用来求解连续的热和形变方程。两个有限元格栅对造山带内部的直立轴是对称的(图 2)。只有造山带的左边一半需要模拟。然后计算由热膨胀和位移造成的耦合的温度和热应力。

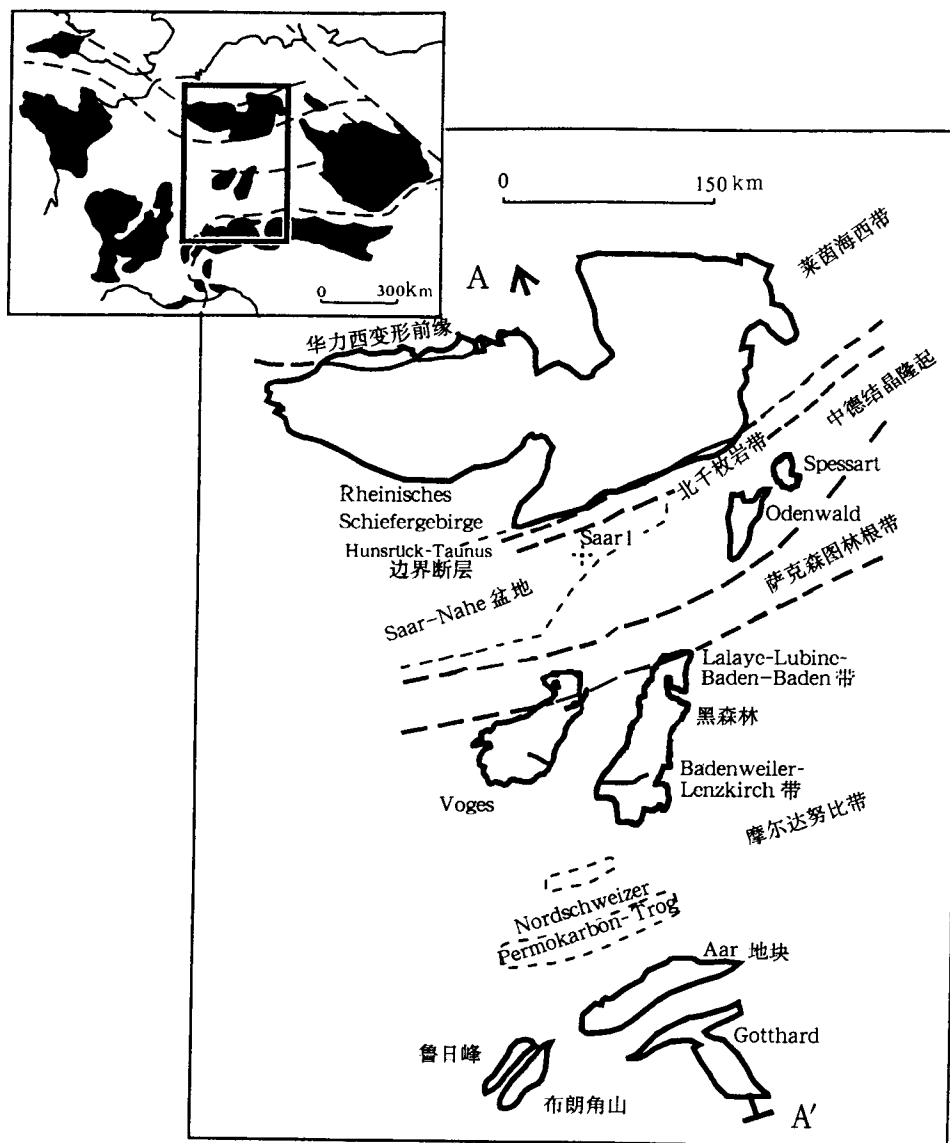


图1 中欧华力西构造和二叠—石炭纪盆地简图

(据 Franke, 1988 和 Pfiffner, 1993 修改)

阿尔卑斯华力西基底单元表示在前中生代位置上。A-A'表示造山带内带至未变形前陆的模式断面

3.2 热和形变特性

假定岩石圈由三层组成,即上地壳、下地壳和地幔岩石圈。这三层所采用的热参数和流变参数见表1。依据传导和对流的二维热传输方式计算岩石圈温度场。重要组分的折返在 Spessart 大约为 16 km 厚。更多的资料来自 Saar-Nahe 盆地的沉降分析,该盆地位于萨克森图林根带基底的顶部。结果表明,从盛斯特法期至赤底期,地壳拉伸了 35%,从而推断盛斯特法期以前的地壳厚度约为 40 km^[18]。从以上各种情况分析得出,在 320 Ma 时,萨克森图