

第 30 届国际地质大会论文集



第 20 卷

地球物理

刘光鼎 郭爱纓 主编



地 质 出 版 社

第 30 届国际地质大会论文集

第 20 卷

地 球 物 理

刘光鼎 郭爱纓 主编

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

第30届国际地质大会的主题是大陆地质。地球物理学则是深部大陆地质研究的一门重要分支学科。本卷内容涉及二维地球物理反演、地震层析成像、地震各向异性、地球动力学、全球地学断面、区域地球物理、大地电磁调查、地幔物理性质研究、矿产预测与地壳分区,以及相应的地震、瞬变电磁、重力等研究方法,可供地球物理研究人员、大专院校师生及其他地学人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

地球物理/刘光鼎,郭爱纛主编.-北京:地质出版社,1999.4

(第30届国际地质大会论文集;第20卷)

ISBN 7-116-02756-4

I. 地… I. ①刘… ②郭… II. 地球物理学-国际学术会议-文集 N. P3-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 02468 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:钟 仁 周继荣

责任校对:李 玫

*

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:10.5 字数:246000

1999 年 4 月北京第一版·1999 年 4 月北京第一次印刷

印数:1—500 册 定价:25.00 元

ISBN 7-116-02756-4

P·1980

(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

目 录

中国大陆基底构造的地球物理解释.....	王懋基(1)
应用二维反演法对萨哈林岛(俄罗斯)深地震折射剖面资料的再解释.....	V. B. Piip(10)
中国地球物理深部探测揭示的构造格局、各向异性和大陆动力学.....	
..... 滕吉文,熊绍柏,张中杰,刘洪兵,尹周勋,杨顶辉,万志超,孙克忠	
..... 胡家富,张秉铭,张 慧(20)	
俯冲带内中深地震高频 P 波的传播对确定地震位置和板片构造的作用	
..... Jer-Ming Chiu, Zen-Sen Liaw, Yun-Tung Yang, Shu-Chioung Chiu	
..... Yu-Chioung Teng(45)	
用垂直地震方法研究中国满洲里—绥芬河地学断面域内地壳上部的拆离断层	
..... 杨宝俊,刘 财,韩立国,张海江,何 敏(54)	
图像识别及地震层析成像技术在加拿大地盾地下构造研究中的应用	
..... R. Mereu, B. Roy, S. Winardhi(63)	
华北北部地震活动区的 MT 资料二维反演和解释	
..... 赵国泽,江 钊,刘国栋,汤 吉,刘铁胜,詹 艳(69)	
中国大陆地壳上地幔地电特征研究	李 立(80)
高温高压下各种岩石的超声波速	徐济安,谢鸿森,张月明(88)
钾盐勘查的综合方法技术	张玉君,李昌国(93)
中国主要金属成矿带的地球物理分析	杨文采,侯遵泽(102)
中国高精度重力勘查技术与应用	左 愚,金宜声(109)
用激发极化法在复杂地质环境中找矿	
..... G. N. Shkabarnya, N. G. Shkabarnya, B. L. Stolov(117)	
高精度反演居里深度与地层界面深度	张明华,管志宁(125)
中国煤炭工业地震勘探技术的新进展.....	时作舟,唐建益,方 正(132)
金属矿地震勘查的方法技术	徐明才,高景华,柴铭涛,王广科(142)
长时窗瞬变电磁测深在油气勘探中的应用.....	严良俊,苏朱刘,胡文宝(149)
地震干涉测距法	李文彬,孙文涛(154)

中国大陆基底构造的地球物理解释

王 懋 基

(地质矿产部航空物探遥感中心, 北京 100083)

摘 要 区域地球物理研究对了解中国大陆基底构造做出了重要贡献。重力趋势模式和磁异常特征可用来绘制前寒武纪基底。具有不同构造特征地体的成对重力异常, 提供了识别缝合带及有关俯冲方向的方法, 横穿数条缝合带的地球物理断面支持这一论据。应用区域均衡异常和自由空间异常有利于深入了解大尺度地壳构造和近代板块动力学。

关键词 区域地球物理 基底构造 中国大陆

1 引言

当今对中国基底构造存在不同的认识, 利用新近编制的重力和航磁图研究基底构造有了重要进展。重磁数据通过适当的滤波和分析处理, 结合地质和其他地球物理资料可用来研究基底构造——主要是应用重力趋势模式和磁异常特征划分前寒武纪基底, 根据成对重力异常标志识别古缝合带, 根据均衡异常和自由空间异常分析古构造的性质。本文提出了中国大陆基底构造格架和主要构造带分布特征的新认识。

2 重力和航磁数据来源

编制中国 1:5 000 000 比例尺的重力及航磁图利用了已有的数据库。航磁数据是从地质矿产部航空物探遥感中心获得的, 测线间距从 500 m, 1~2 km 直到 5~20 km^[1]。为了进行数据处理, 原始观测数据内插成 5 km×5 km 网格。对各测区的磁场水平进行了统一调平, 从数据中消除国际地磁参考场, 进行背景场改正。重力数据由地质矿产部区域重力调查方法技术中心根据不同测量数据编制而成。选择了大约 20 000 个重力点, 测点密度东部约为每 378 km² 一个点, 西部约为每 644 km² 一个点^[2], 数据内插成 10 km×10 km 网格用于数据处理。重、磁数据用计算机绘制等值线, 并绘成彩色立体阴影图。

3 前寒武纪基底填图

前寒武纪基底填图的目的是圈定前寒武纪地块的分布, 并确定其基底岩性。我们用剩余重力异常和水平重力梯度确定重力趋势和重力场分区。趋势可以看成是主要岩石单元走向的反映, 而重力域确定了地壳中相关构造的主要区域。异常趋势在确定基底构造中非常有

用,它们具有大的幅度和确定的模式^[3,4]。

在异常趋势图上(图1),可以圈定前寒武纪地块的分布,并确定相邻地块的相对年代,趋势被边界斜截的地块要比边界的年代老,而趋势与边界平行的地块要比其他地块年青,并与边界的年代相同。

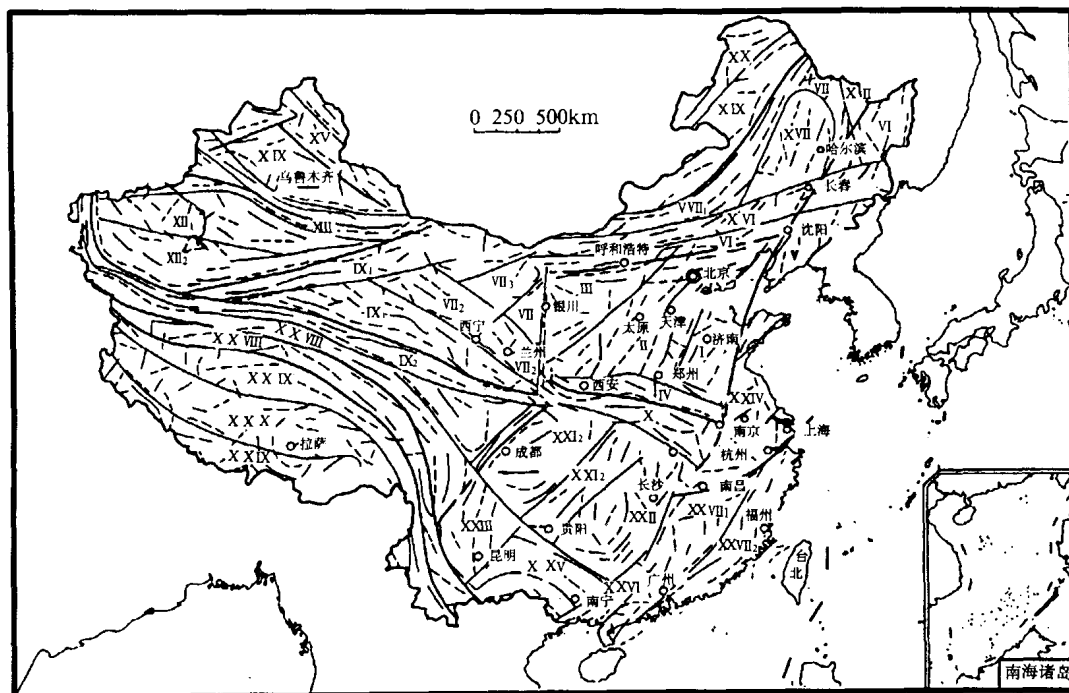


图1 根据局部重力异常描绘的重力趋势图

粗线是大的重力梯级带(成对重力异常),表示重力域边界;长细线是根据趋势推断的边界;短线表示重力异常轴

前寒武纪地块基本上是以明显不规则的趋势为特征,例如准噶尔地块(XIV)、塔里木地块(XII)、阿拉善和西宁-兰州地块(VII)等。圈定前寒武纪地块后,再根据磁场特征(幅度、形状和方向)确定地块的基底性质,可识别出相应不同地质年代的四类前寒武纪基底:磁性($AR-Pt_1$)、中等磁性(Pt_{1-2})、弱磁性(Pt_{1-3})和无磁性(Pt_3)基底,其中磁性基底特征最为明显,显示高幅度和块状形态。图2表示中国大陆磁性基底的分布。中等磁性地块显示平稳场中的宽缓正、负异常,弱磁性地块显示弱的正、负磁场背景。

4 古缝合带的地球物理标志

沿一系列主要地壳块体的边界出现延伸的正、负成对重力异常,这些异常比相邻异常有高的幅度,其中有许多延伸很长。它们通常被认为是碰撞缝合带的一种标志^[5~7]。在地壳块体上目前认为是成对异常的重力梯级带示于图1。研究证明,重力高一般位于年青地体上,负异常总是跨在边界上或大多位于老地壳内,所以接触带通常倾向重力高^[7]。当年青地壳向

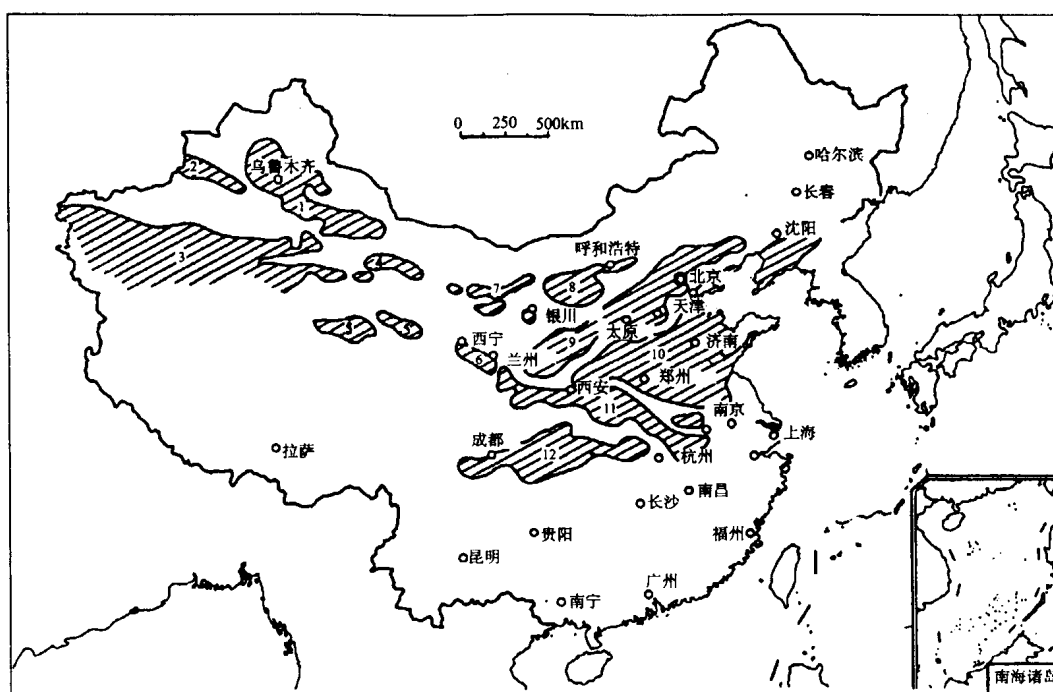


图 2 中国大陆磁性基底分布图

画阴影线面积指示磁性基底区域:1—准噶尔-哈密;2—伊犁;3—南塔里木;4—敦煌;5—柴达木;6—西
宁-兰州;7—阿拉善;8—北鄂尔多斯;9—燕山-吕梁山;10—河淮;11—秦岭-大别;12—扬子

老地壳逆冲时就会发生形变,从而变得更厚、更致密。虽然成对异常的极性对于缝合地体的相对时代是始终一致的,但两种碰撞:陆-陆和陆-弧碰撞会产生不同的重力标志。在某些地区,构造边界上的磁场标志也是明显的,其中正磁异常带与钙碱质岩浆弧有对应关系。应用成对重、磁异常,结合地球物理断面确定缝合带位置可以用下面几个实例加以说明:

克拉麦里缝合带(图3) 此缝合带以复杂的正、负磁异常带表示出来,沿正异常出现的蛇绿混杂岩带和“1”型深成岩^[8]支持准噶尔板块与西伯利亚板块间的碰撞。

中天山缝合带(图3) 此缝合带位于中天山南缘,显示成对重力异常。重力高位于准噶尔板块,重力低位于缝合带上。由于塔里木地块与准噶尔地块间的汇聚作用,发育岩浆弧^[9],形成一条正磁异常带。这个岛弧与大陆块的碰撞过渡为塔里木板块与哈萨克斯坦—准噶尔板块间的陆-陆碰撞带。

西昆仑缝合带(图3) 沿西昆仑山南部,此缝合带位置表示为一条陡重力梯级带,在较薄和较致密的塔里木地块上为较高的重力值。这种特征暗示塔里木地块与昆仑岛弧的碰撞。

喀喇昆仑-澜沧江缝合带(图4) 此缝合带位于冈瓦纳大陆的北缘,以成对重力异常带和重力趋势模式的变化为标志,负异常直接位于沱沱河沿南面的俯冲带上方。西藏板块的地壳密度和厚度大于华南板块,它表征了西藏板块与华南板块碰撞的活动边缘。

雅鲁藏布缝合带(图 4) 此缝合带以陡重力梯级带和冈底斯火山弧及雅鲁藏布蛇绿

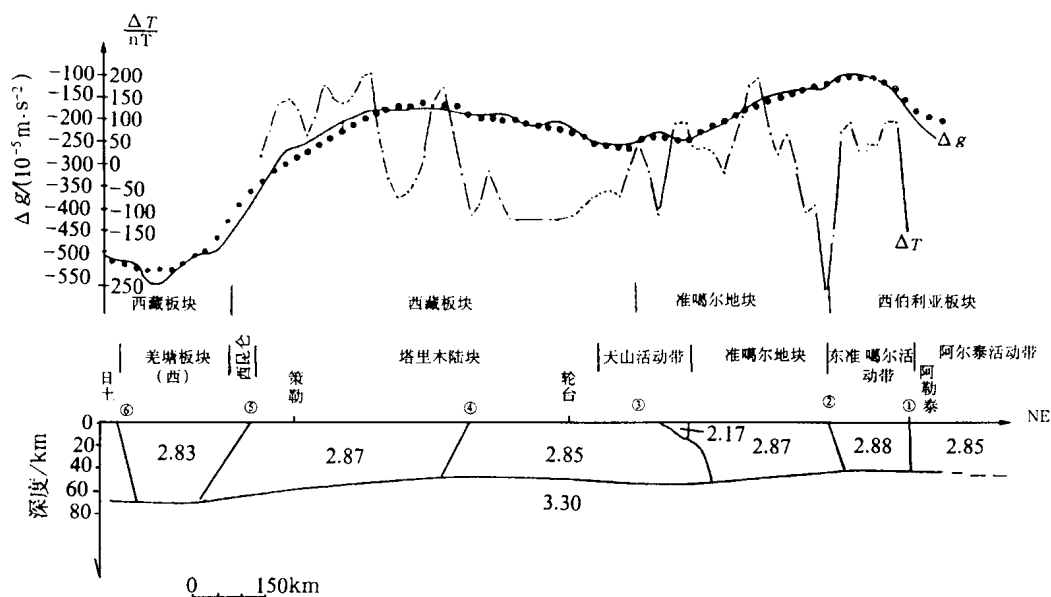


图3 穿越西伯利亚、准噶尔和塔里木板块的阿勒泰—日土地学断面的简化密度模型
密度单位为 t/m^3 , 实心圆表示计算重力异常。主要构造单元: ①额尔齐斯断裂; ②克拉麦里缝合带;
③中天山缝合带; ④中塔里木断裂; ⑤西昆仑缝合带; ⑥班公—怒江缝合带

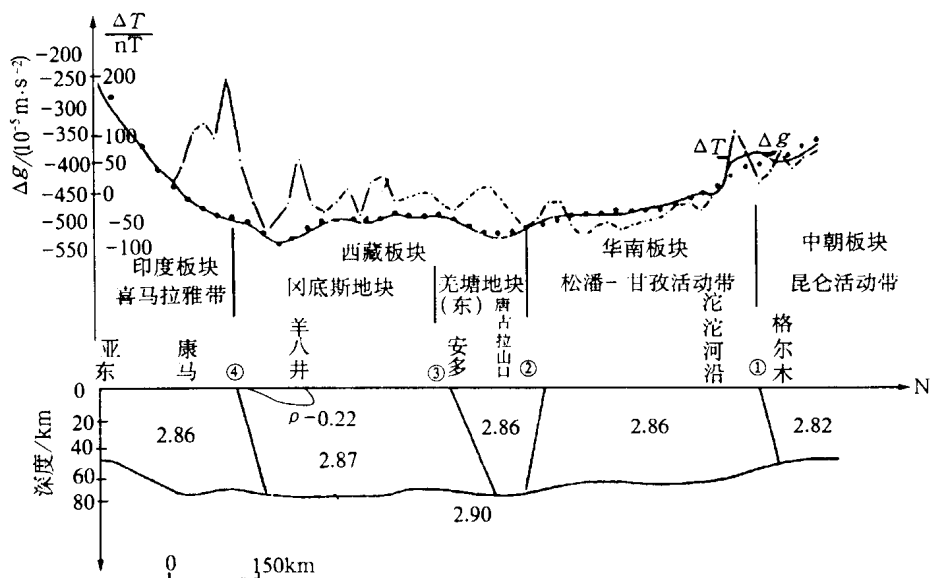


图4 穿越华北、华南和西藏板块的亚东—格尔木地学断面的简化密度模型
密度单位为 t/m^3 。实心圆表示计算重力异常。缝合带: ①昆仑—秦岭; ②喀喇昆仑—澜沧江; ③班公—怒江; ④雅鲁藏布江

岩带产生的强正磁异常带为特征。元古宙西藏地块的地壳比太古宙印度克拉通的地壳厚和致密。这些特征标志着印度与西藏陆-陆碰撞形成的重要缝合带。

5 巨型重力线性体

图 5 给出波长为 500~1 000km 的均衡重力异常图。在中国西部以正、负异常交替为特征的七条引人注目的 NW 走向巨型线性异常具有重要意义。它们是阿尔泰、准噶尔—哈密、天山—祁连山、南塔里木—柴达木、昆仑—巴颜喀拉、西藏—滇西以及喜马拉雅线性异常，理论应力研究认为，这些异常横向尺度大，不能用岩石层支持的质量来解释，所以主张它们可能是地球企图恢复均衡平衡的遗迹^[10]。如果是这种情况，它们代表岩石层的基本划分，并指示古老构造体制的性质，它们的边界通常是缝合带。

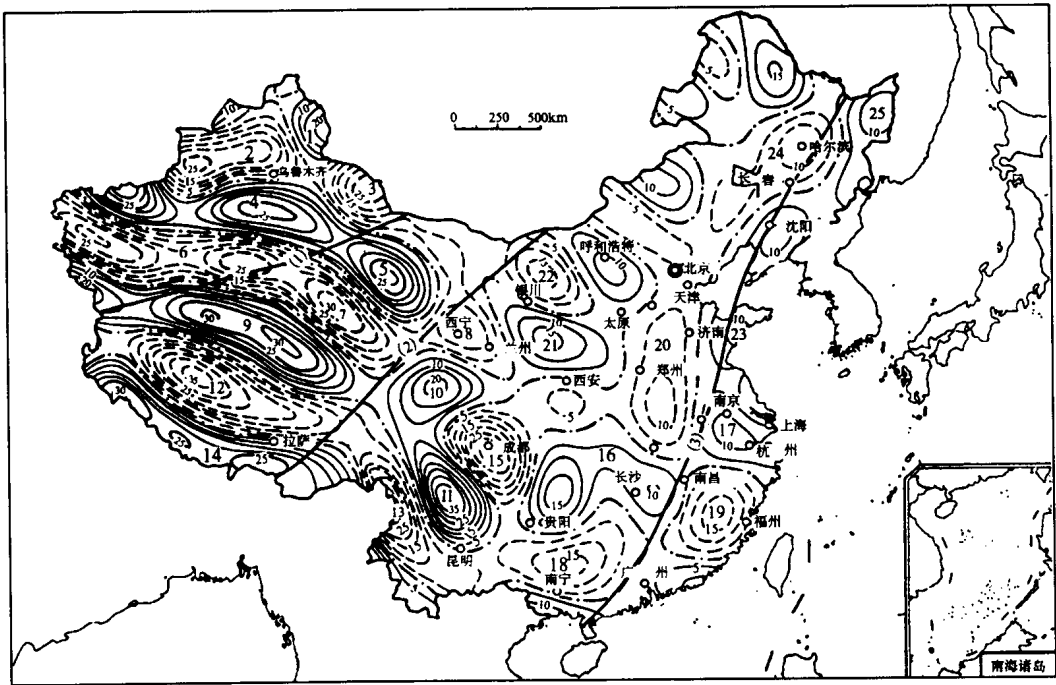


图 5 中国的中波均衡重力异常图

实线表示正异常，虚线为负异常，等值线距为 $5 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ ，粗线表示大的剪切带。主要构造特征的位置：
1—阿尔泰隆起；2—准噶尔-伊犁盆地；3—哈密-三塘铺拗陷；4—天山；5—秦岭；6—南塔里木盆地；7—柴达木盆地；8—西宁-兰州拗陷；9—昆仑山；10—阿尼玛卿山；11—巴颜喀拉山；12—西藏地块；13—滇西隆起；14—喜马拉雅山；15—四川盆地；16,17—江南隆起；18—右江裂陷槽；19—浙闽火山岩区；20—华北拗陷；21—鄂尔多斯-阿拉善地块；22—黄河地堑；23—胶辽隆起；24—松辽拗陷；25—佳木斯隆起
主要剪切带：(1)—阿尔金；(2)—狼山—林芝；(3)—祁连山

在图 5 上还识别出代表巨型剪切带的穿越中国大陆的 3 条巨型线性体，它们是东部的祁连山断裂、中部的狼山-林芝断裂和西部的阿尔金断裂。根据这些线性体两边主要异常的匹配情况，认为这些断裂属左滑性质。

6 区域自由空间重力异常及其与大地构造的关系

局部和区域尺度的自由空间重力异常对影响近代板块作用和古老作用的力提供重要的依据。在长波($\lambda < 1\ 000\text{km}$)自由空间重力图上(图 6),存在四个明显的重力异常,即西北部的一个负异常、华北和东北的一个正异常、华南的一个负异常以及青藏地区的一个正异常。

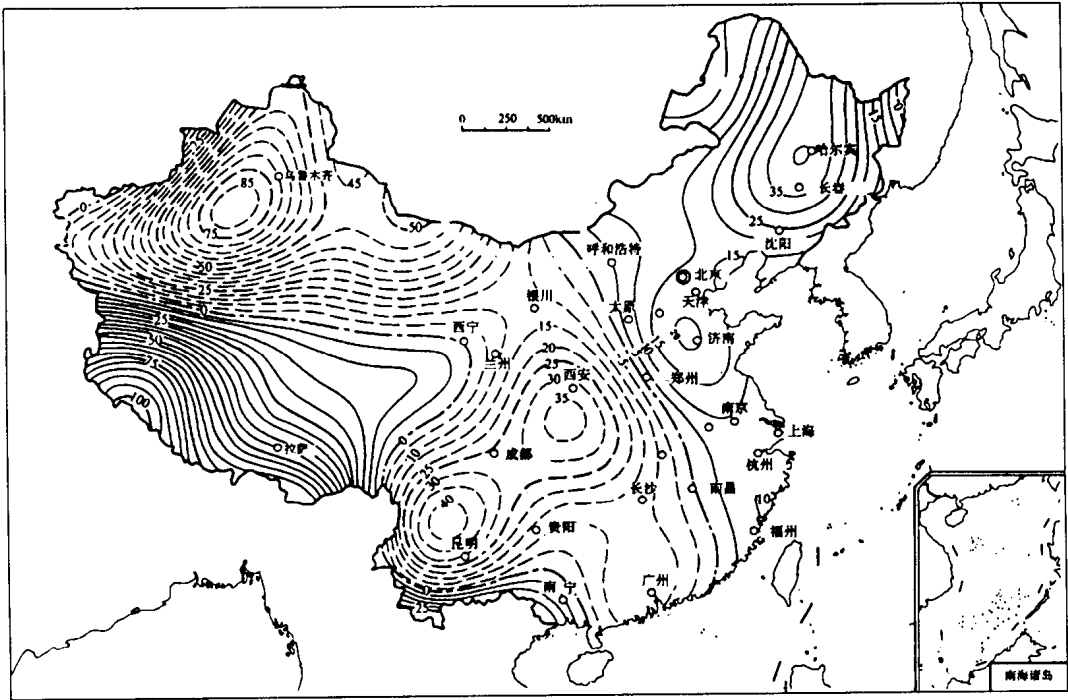


图 6 中国长波自由空间重力图

实线表示正异常,虚线为负异常,等值线距为 $5 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$

它们可能是由地幔中的深部质量集中引起的,可能与早期地球的质量分布有关,或者是由近代应力和热状态引起的。宽阔的正异常解释为由于区域挤压和随后的区域隆起;在稳定地块上的负异常是由于区域下降引起的。这些异常暗示在负异常带内的准噶尔、塔里木、柴达木、阿拉善和扬子地块在古元古代可能曾经是一个统一的陆块。东北的松辽地块与华北克拉通可能有成因上的关系。显然,关于塔里木与华北为原始大陆的传统概念不能认为是正确的。

7 中国的基底构造格架

中国的基底构造略图示于图 7。基底构造格架是伴随着对主要构造单元的识别而建立的,其中包括古大陆边缘、不同时代前寒武纪地块的分布、主要断裂以及其他单元。对下面构造问题的认识具有特别重要的意义(图 8):

(1) 中国大陆由几个不同的陆块镶嵌而成,中间被增生褶皱带所分开;(2) 古元古代时,

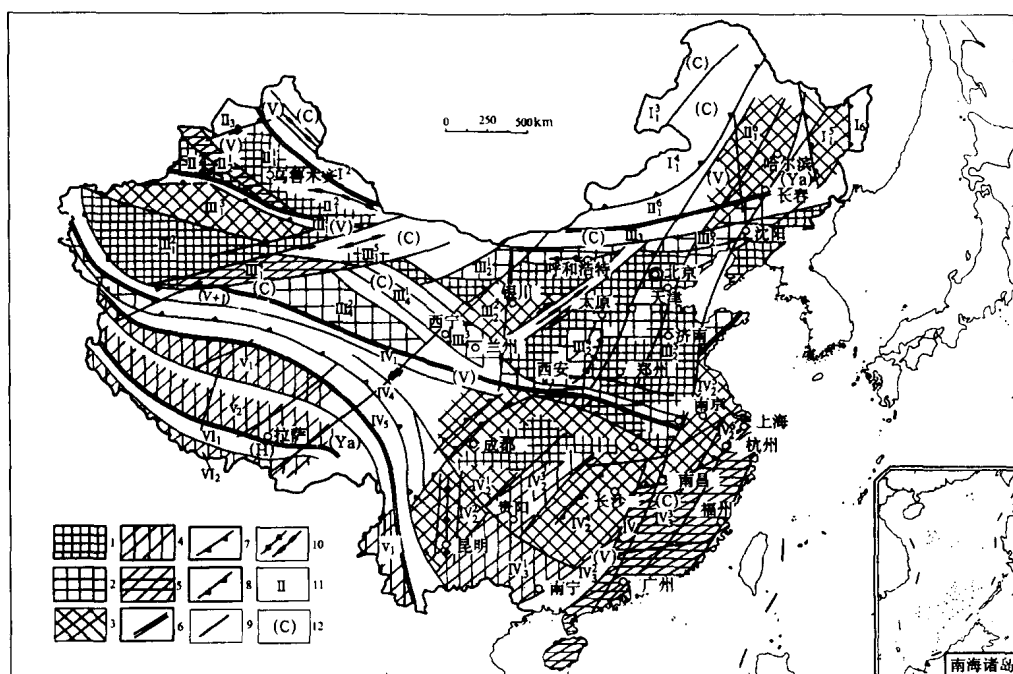


图7 中国大陆基底构造略图

前寒武纪基底: 1—磁性($AR-Pt_1$); 2—中等磁性(Pt_1-2); 3—弱磁性(Pt_1-3); 4—无磁性(Pt_3); 5—再造地块; 6—古缝合带; 7—古俯冲带; 8—逆冲带; 9—主要断裂; 10—裂谷(a)和裂陷槽(b); 11—构造单元; 12—褶皱带(括弧内字母代表褶皱时代)

天山与祁连山可能连接在一个统一的造山带中;(3)当祁连海槽打开时,阿拉善地块从柴达木地块分裂出来;(4)介于祁连山与北秦岭之间的西宁-兰州地块是从柴达木地块被狼山-林芝左旋走滑断层分离出来;(5)塔里木与柴达木地块原来曾经是单一地块,可能在新元古代时被阿尔金走滑断裂所切割而分开;(6)中国东南部曾经是一古陆块^[11~13],新元古代时沿绍兴-萍乡-茶陵-北海界线与扬子地块拼接。随后,自古生代和中生代以来,经历了几期地壳再造,从多次拉张和侵入及火山活动所表征的复杂构造,以及在地块边界上和横贯地块的裂陷槽中重力异常趋势的变化,可以证明地壳的再造作用。

8 结论

区域地球物理对了解板块构造在中国大陆发展中的重要因素做出了贡献。承认前寒武纪板块构造是基于对不同构造单元的识别,其中特别是古大陆边缘。中国大陆的基底地块及其盖层的主要特征是多次基底活化的结果,反映在重力异常趋势模式、成对重力异常和航磁异常上。地壳块体间的边界往往对应于地壳构造的突变或大的逆冲,地壳的再造通常发生在老地块与年青地块拼接的边界,经再造的前寒武纪地块的某些地区没有明显的地质和地球物理界线。

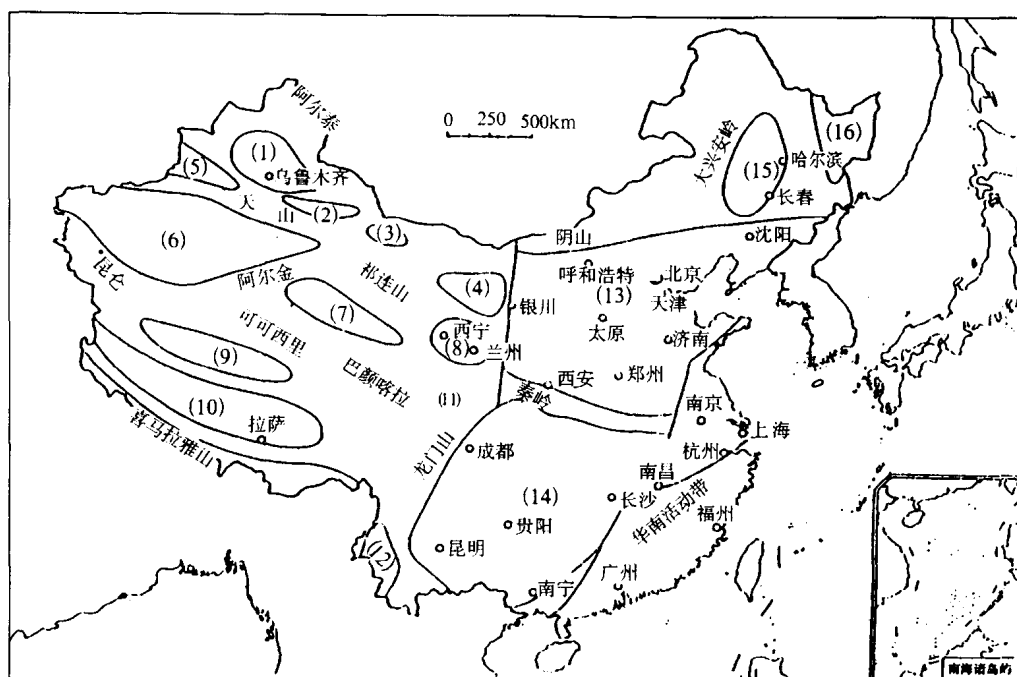


图8 表示可能的前寒武纪地块和主要褶皱带略图

括弧中的数字为前寒武纪地块：(1)—准噶尔；(2)—吐鲁番；(3)—马宗山；(4)—阿拉善；(5)—伊犁；(6)—塔里木；(7)—柴达木；(8)—西宁—兰州；(9)—羌塘；(10)—冈底斯；(11)—若尔盖；(12)—保山；(13)—华北；(14)—扬子；(15)—松辽；(16)—佳木斯

有两种重力异常对大地构造分析最有用：一种是由古老构造特征和岩石层形变引起的短波和长波自由空间重力异常；另一种是与已知地质密切相关的均衡重力异常。

根据已有资料，我们提出了对中国大陆基底构造架的新认识，主要是对古缝合带、前寒武纪地块及其构造属性以及主要构造特征的识别。了解古构造体制对于基底构造的认识是特别重要的。

参 考 文 献

- [1] 地质矿产部航空物探总队编. 1:4 000 000 中国及毗邻海区航空磁力异常图技术说明书. 1989.
- [2] 地质矿产部地球物理地球化学勘查局. 中国布格重力异常图 1:2 500 000 说明书. 1989.
- [3] Thomas, M. D., et al.. Structural fabric of the North American continent, as defined by gravity trends. Inter. Basement Tectonics Ass. Pub., 1992, No. 7.
- [4] Wellman, P.. Gravity trends and the growth of Australia; a tentation, J. Geol. Soc. Austr., 1976, 23, 11~14.
- [5] Thomas, M. D.. Ancient collisional continental margins in the Canadian Shield: Geophysical signatures and derived crustal transects. Inter. Basement Tectonics Ass. Pub., 1988, No. 8.
- [6] Thomas, M. D.. Tectonic significance of paired gravity anomalies in the southern and central Appalachians. Geol. Soc. Amer. Memoirt., 1982, 158.
- [7] Wellman, P.. Development of the Australian Proterozoic crust as inferred from gravity and magnetic anomalies. Precambrian Res., 1988, 40-41, 89~100.

- [8] 蔡文俊. 新疆准噶尔东北缘板块构造初步研究. 见:中国北方板块构造论文集(第1集). 北京:地质出版社,1986.
- [9] 胡受奚,郭继春,顾连光等. 加里东造山带在东天山构造格架中的重要地位及其地质特征. 见:新疆地质科学(第一辑). 北京:地质出版社,1990.
- [10] Sprente, K. F., E. Rkanasewich, Gravity modelling and isostasy in Western Canada, J. Can. Soc. Expl. Geophys., 1982,18,49~57.
- [11] Grabau, A. W., Stratigraphy of China, Part 1, Paleozoic and older, The Geological Survey of Agriculture and Commerce, 1924,6(528).
- [12] 张文佑,中国大地构造纲要. 北京:科学出版社,1959.
- [13] 水涛,徐步台,梁如华等. 中国浙闽变质基底地质. 北京:科学出版社,1988.

应用二维反演法对萨哈林岛(俄罗斯) 深地震折射剖面资料的再解释

V. B. Piip

(Department of Geology, Moscow State University,
119899 Vorobyovy Gory, Moscow, Russia)

摘 要 作者在国立莫斯科大学用二维非均匀模型对南萨哈林岛及其周边地区的 9 条深地震折射测线资料进行了再解释。地震测深工作是由地球物理研究所和萨哈林综合研究所于 1963 年至 1964 年期间完成的。在本研究中,我们利用齐次函数法的计算机技术对折射走时曲线进行了反演。齐次函数法是一种将折射走时曲线转换为速度场的简单二维自动反演技术。利用该技术计算出的地震测深断面可包含每个测点的速度值及速度梯度值、速度层界面、倾斜与陡峭断层、褶皱带以及其它地质特征。9 条地震测线的长度由 250 km 至 750 km 不等。获得的断面精细结构的深度为 30~60 km。再解释后得到的地震测深断面与早期的解释结果仅在主要界面的深度和平均速度值方面是一致的。新的研究结果证明,已知的活动俯冲带正在向海洋方向“回卷”(roll back)这一构造模型。在南萨哈林岛的地震测深断面及速度平面图上可以识别出残余的海洋板块和俯冲带的残片。认为在活动的 Kuril 岛弧背后有俯冲带的残片存在。上述地震测深断面的解释结果是在没有任何假设与初始模型的前提下,完全根据观测的地震数据得出的。

关键词 地震 折射 二维反演 俯冲带 萨哈林岛

1 南萨哈林岛的俯冲带残片

在国际地球物理年之后的一段时间内,在南萨哈林岛沿 9 条剖面开展了详细的地震测深工作(图 1)。其中最详细的放炮观测系统之一就是横跨南萨哈林岛的剖面 19(图 2)。早期的地震资料解释结果发表于 1971 年^[1]。在本研究中,我们采用齐次函数近似的二维反演方法对当时接收到的折射初至波进行了反演。有关该反演方法的详细介绍可见文献[2,3]以及本文的下一节“解释方法”。

现在,让我们来着重讨论利用上述方法得到的地震测深断面结果(图 3)。沿纬向分布的剖面 19 穿越了南萨哈林岛的蛇绿岩出露区。该断面的主要特征是发现了俯冲带的残片。海洋下地壳和地幔向西倾斜 20°,其深度由鄂霍次克深海平原的 10 km 向西急剧加深至剖面中部的 20 km,形成一组覆盖层。海洋板块在这里倾斜,同时在断面的上部还可以识别出向上仰冲的海洋板块。而在 30~50 km 的深度上,残留洋块再度出现 20°左右的西倾。断面西部为具有层状结构的大陆地壳和地幔。地壳厚度约 35 km。由本测区内另外两条沿径向分布、并与本剖面基本垂直相交的地震测深剖面——剖面 18 和剖面 20 的解释结果,可以证实

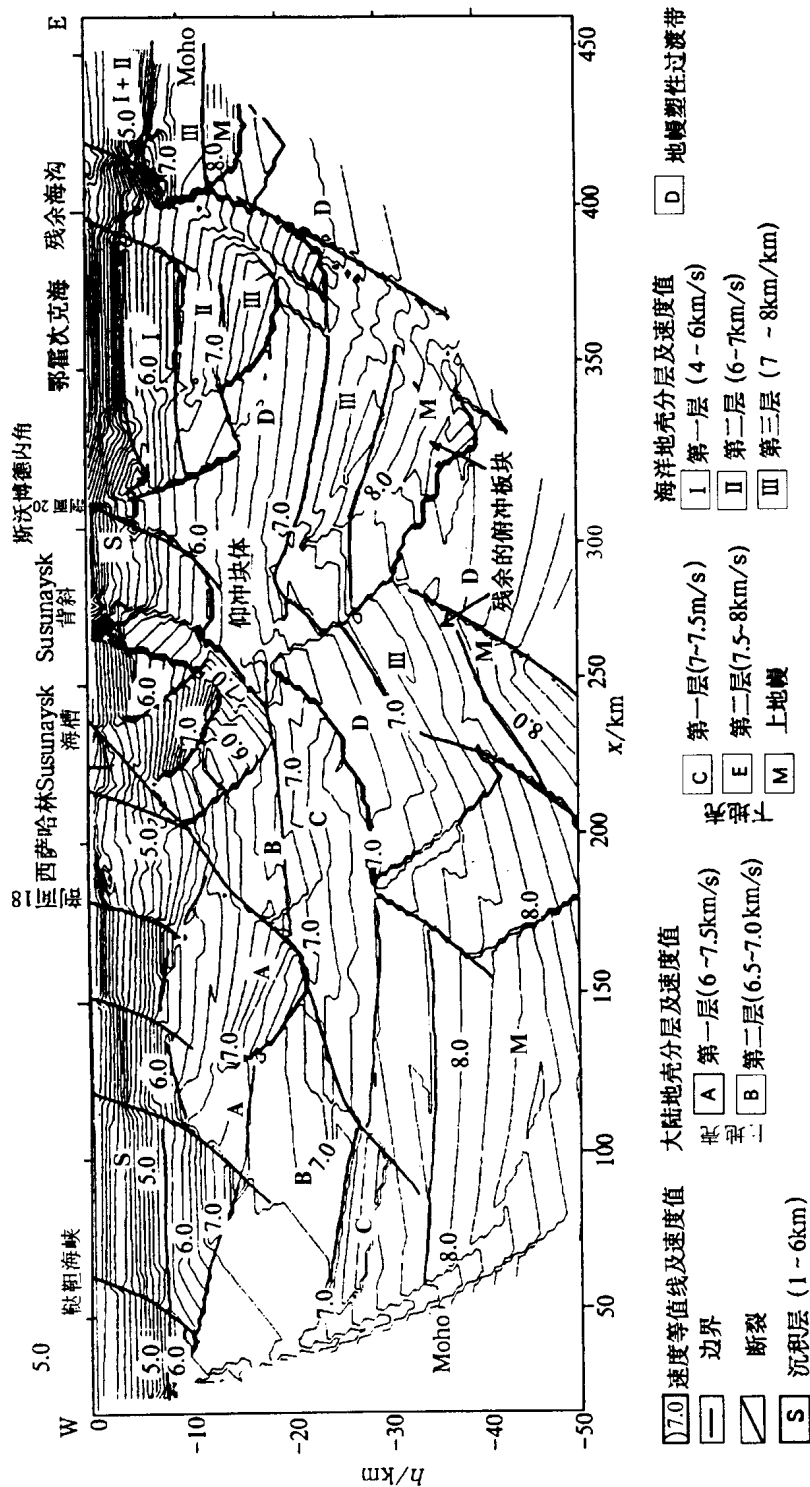


图 3 穿越南萨哈林岛剖面 19 的地震测深断面图及其地质解释

该断面的主要特征是在断面东部发现俯冲带的残片, 速度等值线的间隔为 0.2km/s