



中国岩石圈三维结构丛书之八

Series of Monographs on the Three-dimensional
Structure of Lithosphere in China



中国南海海域 岩石圈三维结构及演化

姚伯初 等 著
万 玲

3D LITHOSPHERE

地质出版社

中国岩石圈三维结构丛书之八

中国南海海域岩石圈 三维结构及演化

姚伯初 万玲 曾维军 李唐根 吴能友 邹和平 著
何丽娟 汪集旻 杨小强 张锡林 朱本铎

地质出版社

· 北京 ·

内 容 提 要

本书以南海历年来地质-地球物理-地球化学综合调查研究成果为基础,通过三条南北向和一条东西向地质断面的编制,运用地震层析成像技术,揭示了南海岩石圈速度、密度和温度的三维结构特征以及南海北部陆缘壳幔相互作用模式,建立了南海岩石圈构造格架,划分了岩石圈构造单元,并进一步从大南海角度探讨了南海新生代演化史,南海南北陆缘岩石圈张裂变形特征。本书可供有关地质科研、生产和教学人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

中国南海海域岩石圈三维结构及演化/姚伯初等著.
北京:地质出版社,2006.12

(中国岩石圈三维结构丛书;8)

ISBN 978-7-116-05070-9

I. 中... II. 姚... III. 南海-岩石圈-三维结构-研究 IV. P587.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 139846 号

ZHONGGUO NANHAIHAIYU YANSHIQUAN SANWEI JIEGOU JI YANHUA

责任编辑:陈军中 祁向雷 刘凤仁

责任校对:郑淑艳

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号,100083

电 话:(010) 82324508 (邮购部)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@ gph.com.cn

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京印刷学院实习工厂

开 本:787 mm × 1092 mm^{1/16}

印 张:15.50 彩页:4 面

字 数:340 千字

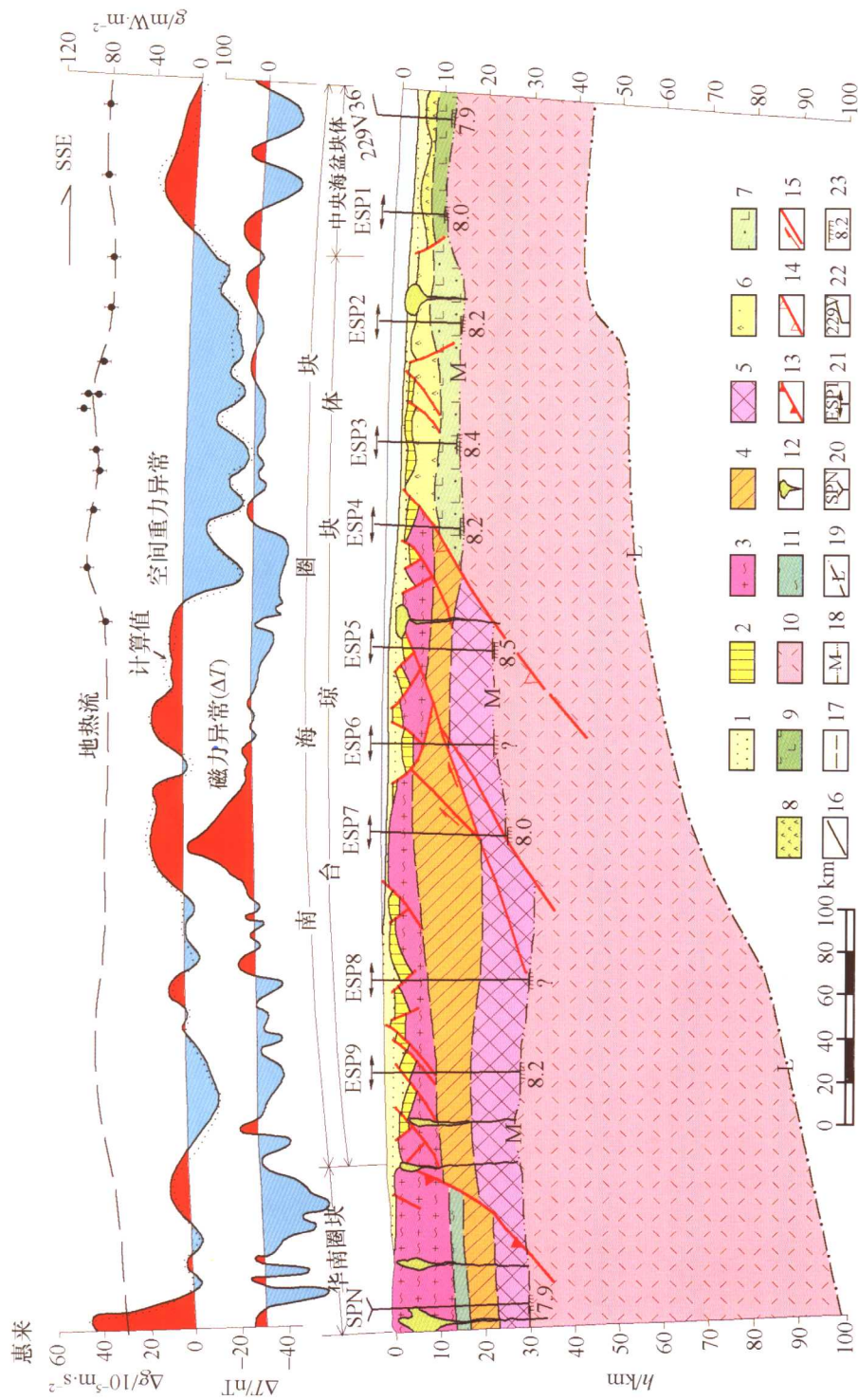
印 数:1—800 册

版 次:2006 年 12 月北京第一版·第一次印刷

定 价:38.00 元

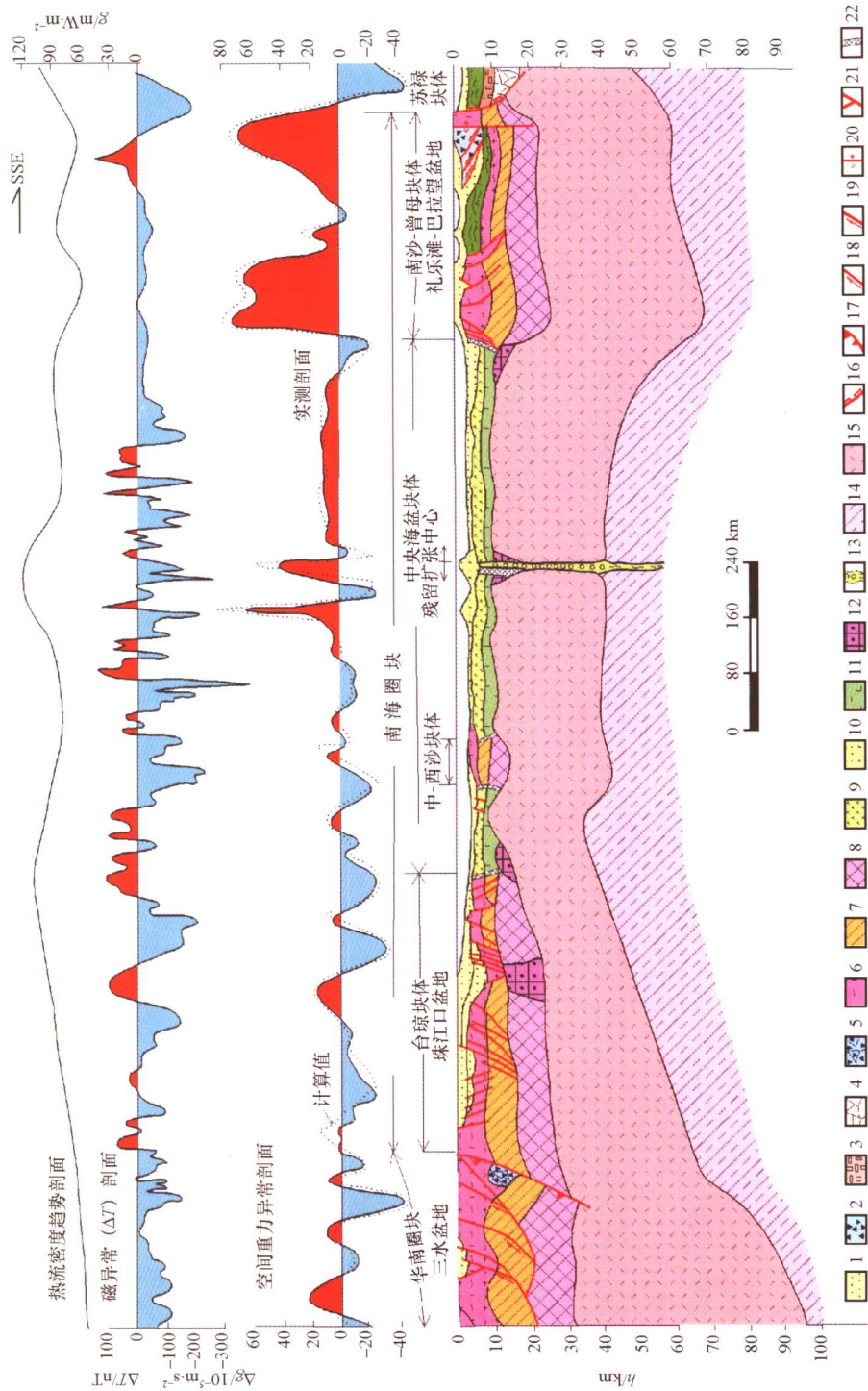
ISBN 978-7-116-05070-9

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社出版处负责调换)



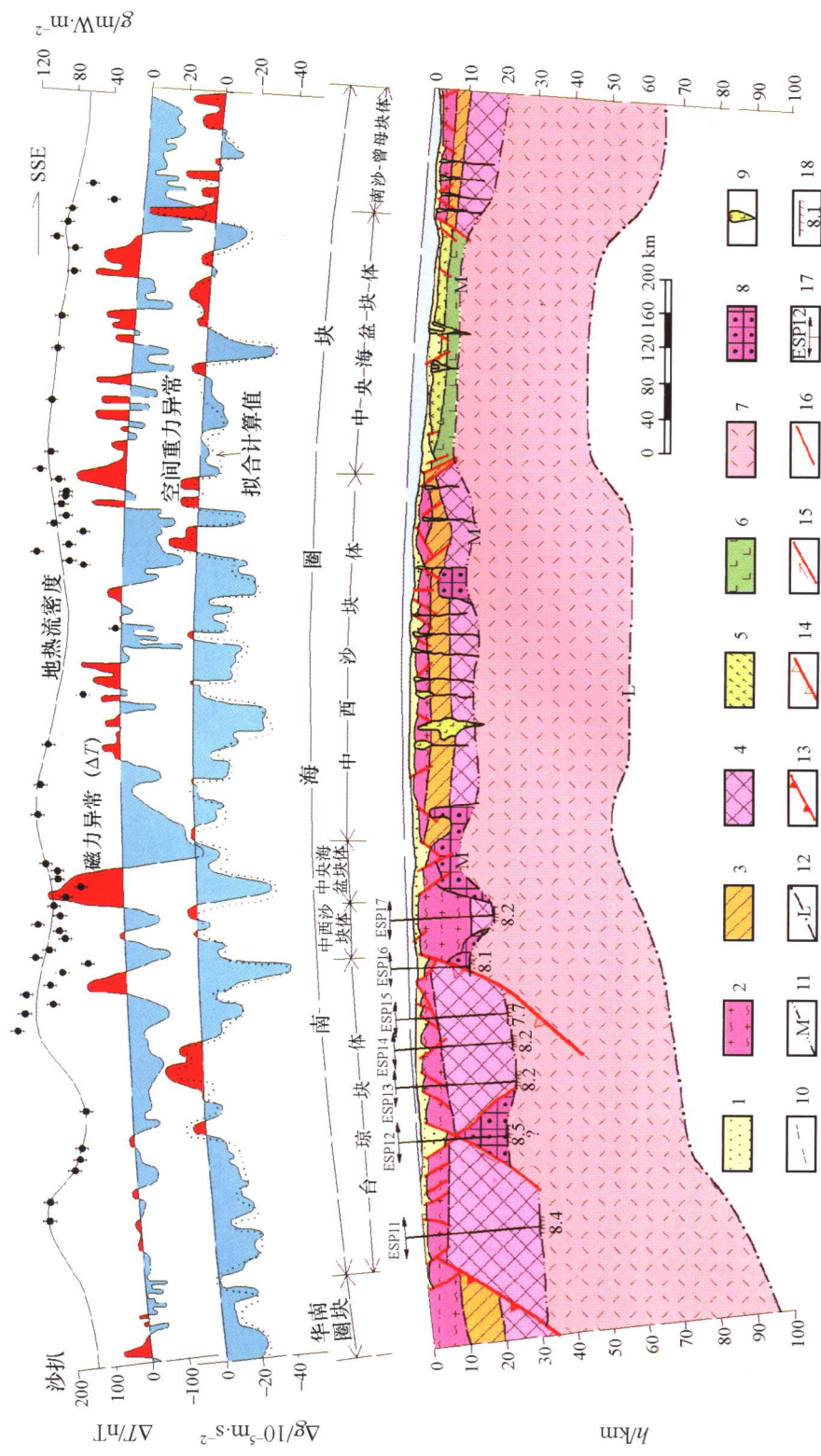
彩图 1 南海东部岩石圈地质断面图

1—新生代沉积层；2—中生代沉积层；3—上地壳层；4—下地壳层上部或中地壳层；5—下地壳层下部或下地壳层；6—中生代大洋层2；7—中生代大洋层3；8—新生代大洋层2；9—新生代大洋层3；10—上地幔固结层；11—壳内低速层；12—新生代超镁铁质层；13—古生代聚铁层；14—中生代聚铁层；15—中生代逆冲断层；16—新生代张性断层；17—壳内分层界线；18—莫霍不连续面；19—岩石圈底界；20—双船扩展排列剖面；21—双船扩展排列剖面；22—声呐浮标站；23—上地幔速度值 (km/s)



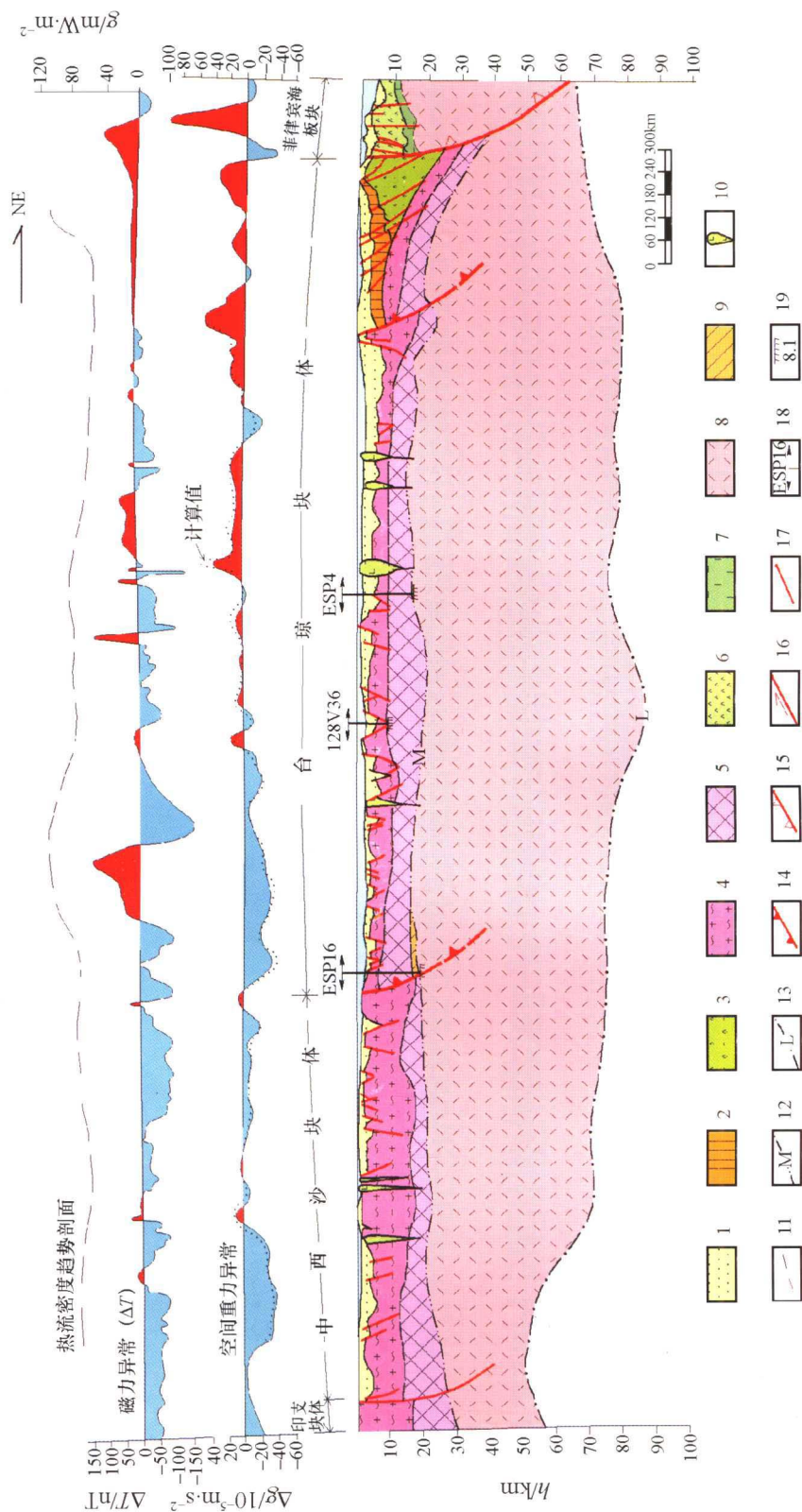
彩图 2 南海中部 (广州-巴拉望) 岩石圈地质断面图

1—新生代沉积层; 2—中生代混杂岩; 3—中、新生代混杂岩; 4—中生代蛇绿岩体; 5—古生代蛇绿岩体; 6—上地壳层; 7—下地壳层上部; 8—下地壳层下部; 9—大洋层 2; 10—扩张期后基性喷发岩; 11—大洋层 3; 12—异常地壳 (幔); 13—岩浆通道; 14—上地幔软流层; 15—土地幔岩石层; 16—新生代聚敛带; 17—古生代聚敛带; 18—中生代仰冲断层; 19—新生代仰冲断层; 20—走滑断层; 21—张性断层; 22—陆洋边界



彩图 3 南海西部岩石圈地质断面图

1—新生代沉积岩；2—上地壳上部；3—下地壳上部；4—下地壳下部；5—大洋层2；6—大洋层3；7—上地幔固结层；8—异常地壳；9—新生代超镁铁质岩；10—壳内分界层；11—莫霍不连续面；12—古生代聚敛带；13—中生代聚敛带；14—中生代聚敛带；15—中生代张性断带；16—新生代张性断带；17—双船扩展排列剖面；18—上地幔速度层 (km/s)



彩图 4 南海北部岩石圈地质断面图

1—新生代沉积岩；2—前新生代沉积；3—混杂岩；4—上地壳层；5—下地壳层；6—大洋层2；7—大洋层3；8—上地幔固结层；9—异常地壳；10—新生代超镁铁质岩；11—壳内分层界线；12—莫霍不连续面；13—岩石圈底界；14—中生代聚敛带；15—新生代聚敛带；16—逆冲断层；17—张性断层；18—双船扩展排列剖面/声响浮标；19—上地幔速度层 (km/s)

中国岩石圈三维结构丛书

编辑委员会

主 任 李廷栋

副主任 袁学诚 肖庆辉 黄宗理 叶天竺

委 员 (以姓氏笔画为序)

万 玲 邓晋福 白星碧 朱介寿

许惠平 肖序常 杨文采 杨宝俊

张兴洲 范本贤 姜 枚 姚伯初

姚培毅 郝美英 耿树方 高 锐

路凤香 管 烨 蔡学林 魏文博

中国岩石圈三维结构丛书

Series of Monographs on the Three-dimensional Structure
of Lithosphere in China

- 1 中国岩石圈三维结构
The Three-dimensional Structure of Lithosphere in China
- 2 中国西部岩石圈三维结构及演化
The Three-dimensional Structure of Lithosphere and its Evolution
in Western Part of China
- 3 中国兴蒙-吉黑地区岩石圈三维结构及演化
The Three-dimensional Structure of Lithosphere and its Evolution
in the Northeast Part of China
- 4 中国华北地区岩石圈三维结构及演化
The Three-dimensional Structure of Lithosphere and its Evolution
in North China
- 5 秦岭-大别-苏鲁地区岩石圈三维化学结构特征
The Three-dimensional Lithospheric Chemical Structure
of Qinling-Dabie-Sulu Area
- 6 苏鲁大别造山带地球物理与壳幔作用
Regional Geophysics and Crust-mantle Interaction in Sulu-Dabie
Orogenic Belt
- 7 中国华南及东海地区岩石圈三维结构及演化
The Three-dimensional Structure of Lithosphere and its Evolution in
South China and East China Sea
- 8 中国南海海域岩石圈三维结构及演化
The Three-dimensional Structure of Lithosphere and its Evolution
in the South China Sea
- 9 中国大陆岩石圈物质组成及演化
The Composition and Evolution of Lithosphere in China Continent

序

地球是一个由多个圈层组成的复杂球体。岩石圈是地球浅部的刚性圈层，由地壳和地幔盖层组成。

地球科学的根本任务在于研究和认识地球，并利用这种认识去保障人类所需的自然资源的供给和人类居住环境的优化。岩石圈是近年来地球科学中发展起来的一个新的研究方向和前沿性研究课题。人们在生产和科学实践中逐渐认识到，研究岩石圈，认识岩石圈，不断充实岩石圈的科学知识，对于探讨地质规律、解析矿产成因、评估地质环境质量和地质灾害形成机理，以及洞察大陆演化的动力学过程等，都具有重要的意义。

正是由于以上的原因，自 20 世纪 50 年代以来，为了从整体上研究和认识地球，国际地学组织先后实施了“国际地球物理年”等国际合作研究计划。特别是从 20 世纪 80 年代开始，为了阐明岩石圈物质组成、结构构造、演化及动力学机制，国际组织实施了“国际岩石圈动力学和演化”及“国际岩石圈-生物圈计划”等大型国际合作研究计划；美国、加拿大，欧洲一些国家也实施了大规模的岩石圈研究计划。用地质、地球物理、地球化学相结合的方法，开展了全球地学断面以及重要造山带、地质区及沉积盆地岩石圈结构构造及深部作用过程的调查研究，取得了诸多创新性研究成果，深化了对岩石圈性质、成因的认识，为建立地球系统科学的知识体系奠定了良好基础。

几十年来，我国开展了规模宏大的地质调查、地球物理探测、地球化学勘查及岩石圈地质研究工作，中、小比例尺区域地质调查和航空磁测已覆盖全国陆地及毗邻海域的部分地区；以爆破地震为主的地球物理测深剖面已完成约 50000 km，并完成了大量其他方法的地球物理探测工作。20 世纪 80 年代以来，我国参与了国际岩石圈研究计划，进行了 11 条地学断面以及碰撞造山带超高压变质作用和动力学、沉积盆地成因及全球地震活动性等的研究，并在苏北实施了深度达 5100 余米的大陆科学钻探工程。多年来的地质调查研究积累了极为丰富的数据和资料。

为了系统总结我国深部地质、地球物理调查及岩石圈研究成果，国土资源部于 2000 年制定并实施了“中国岩石圈三维结构”专项研究计划。该计划包括 3 个重点研究项目：中国岩石圈三维结构数据库、重点区段岩石圈三维结构特征、中国大陆岩石圈三维结构及其演化与动力学。研究的任务和总目标是：以现代地学理论为指导，以新技术方法为手段，对已积累的岩石圈数据、资料进行多学科综合研究，揭示中国岩石圈三维结构及演化规律，为国土资源规划、管理、保护和合理利用提供科学依据，为国家经济社会可持续发展规划提供科学基础，为创建地球系统科学理论开辟科学的突破口。

参加该专项研究和管理工作的包括来自中国地质科学院地质研究所、中国地质科学院矿产资源研究所、中国地质科学院机关、国土资源部国际合作与科技司、中国地质调查局、中国地质大学（北京）、中国地质大学（武汉）、吉林大学、成都理工大学、同济大学、中国地质调查局广州海洋地质调查局、中国石油化工集团上海石油规划设计研究院、中国地

质调查局天津地质矿产研究所、国土资源信息中心实物地质资料中心等 14 个单位 100 多位科研和科技管理专家。

在全体参研专家、学者们的辛勤劳作和精心研究下，圆满地完成了专项计划任务，达到了预期目标，各个项目和课题都在各自的研究领域取得了丰硕的科学成果。

“中国岩石圈三维结构数据库”是我国建立的第一个全国性的岩石圈结构数据库，它由 9 个原始数据库、3 个成果数据库和 2 个总库共 14 个子库组成。该数据库收录的数据量大，学科涵盖面广；数据库软件先进，管理系统灵活实用；并可通过互联网实现信息的国际交换与数据共享，将成为我国岩石圈探测研究成果信息化和数据共享的范例。

各重点区段课题均以地学断面资料为基础，开展了地质、地球物理、地球化学等多学科综合研究，总结了区段内造山带、盆地和克拉通等构造单元岩石圈结构特征及相互间的时空联系，初步建立了岩石圈三维结构可视化模型。通过研究深化了对中国岩石圈物质组成及结构构造的认识，在中国东部，岩石圈与软流圈之间显示分层不明显的过渡带的存在，岩石圈呈现明显的“上老下新”年龄结构。在青藏高原近南北向巨型航磁异常带部位，在岩石圈深部也发现更为明显的近南北向的构造带，显示了岩石圈表层与深部构造的极端不均一性。

在岩石圈数据库及重点区段岩石圈结构研究的基础上，围绕“中国大陆岩石圈三维结构及其演化与动力学”这一主题，开展了综合研究和成果的集成，汇集编制了表达中国岩石圈结构和演化的系列图件；划分了中国大陆及其邻近海域岩石圈构造单元和岩石圈构造类型，总结了各岩石圈构造单元基本特点；论证了中国岩石圈地球物理场及地球化学场特征；探究了中国岩石圈物质结构及化学结构；进行了岩石圈三维结构的数值模拟，探讨了中国岩石圈的演化及动力学过程。

为了充分展现专项研究的成果，为有关部门和地学界奉献尽可能多的有关中国岩石圈的信息，除提交“中国岩石圈三维结构数据库”和“中国岩石圈三维结构特征图集”外，我们根据合同书的要求，在研究报告基础上编著了《中国岩石圈三维结构丛书》。这套丛书包括一部全国性论著和 8 部区域性专著，分别论述了全国和 6 个区段的岩石圈构造单元及秦岭、大别-苏鲁两个造山带岩石圈三维结构及其演化特征。

科研实践和科学成果说明，国土资源部实施“中国岩石圈三维结构”专项研究计划是一个有远见卓识之举。

通过专项研究计划的实施，建立了具有现代科学技术水平的“中国岩石圈三维结构数据库”，对我国积累的海量地质、地球物理、地球化学调查研究资料和数据进行了系统汇集；对一些面临散失和行将毁损的珍贵资料进行了抢救性收集、整理和转存；对大部分地球物理剖面进行了资料的再处理、再解释，挖掘出了更多地质信息。

通过专项研究计划的实施，取得了一批高水平的和创新性的科学成果，缩短了在中国岩石圈研究上与发达国家的差距。对中国岩石圈进行了地质、地球物理、地球化学相结合的综合研究，划分了中国岩石圈构造单元和类型，总结了岩石圈的若干特点和演化规律，揭示出若干新的事实和新的现象，深化了对中国岩石圈三维结构及其演化过程的认识，为解决资源、环境勘查、评价的一些重大科学问题奠定了基础。

通过专项研究计划的实施，推动了科研单位、高等院校和地质勘查单位的结合，实现了岩石圈研究的强强联合，巩固和发展了一些岩石圈研究基地和科研群体，培养出一批年

轻的岩石圈研究人才，打造出一支老中青相结合的、水平较高的岩石圈研究队伍，为我国今后较大规模的岩石圈研究提供了某些方面的组织和人才保障。

通过专项研究计划的实施，不但解决或深化了一批岩石圈研究中的重大科学技术问题，而且在岩石圈物质组成及结构构造上发现若干奇异的新现象，揭露出一批有待进一步深入研究的科学问题。同时，积累了一些岩石圈研究的经验。这些科学问题和经验可供日后岩石圈研究者借鉴。

这一专项研究计划的实施和成功，是与全体科技人员的辛勤劳作和刻苦钻研分不开的，是与上级各部门的领导的关怀和指导分不开的。同时，也是与各协作单位的支持和协同分不开的。这里需要特别指出的是，部国际合作与科技司和黄宗理司长、崔岩副司长、白星碧副处长，中国地质调查局和叶天竺原局长、孟宪来局长、张洪涛副局长、彭齐鸣主任，中国地质科学院及张彦英院长、董树文副院长，中国地质科学院地质研究所及许志琴前所长、汪东波所长、耿元生副所长等，自始至终给予该专项计划极大的关注指导和鼎力支持，对计划的顺利实施发挥了重要作用。在这里向支持该专项计划的各级领导部门、各协作单位以及有关领导和专家、学者表示衷心的感谢。

这套丛书连同“中国岩石圈三维结构数据库”和“中国岩石圈三维结构特征图集”，集中反映了“中国岩石圈三维结构”专项研究计划所取得的研究成果。我们期望这些成果能够对发展岩石圈的有关理论和实际应用方面发挥较大作用，对深入研究中国岩石圈结构构造及其演化做出较大贡献。我们真心诚意地期望地学界同仁们的批评指正。

李廷栋
2005年3月

前 言

为了揭示中国岩石圈三维结构特征及其演化规律,深化对中国大陆形成、演化及大陆动力学的认识,查明岩石圈三维结构特征与矿产资源(含能源)形成、分布以及与地质灾害成因机理之间的内在联系,从而为国土资源规划与开发利用、为国民经济可持续发展提供深部地质科学依据,为地球科学的理论创新和发展做出贡献,国土资源部将“中国岩石圈三维结构”研究列入了“十五”期间的重点科技专项计划。

该专项计划由中国地质科学院地质研究所负责,中国地质大学、吉林大学、成都理工大学、广州海洋地质调查局和上海石油规划设计研究院等单位参加。专项计划包括3个项目、6个区段课题。

项目Ⅰ,建立中国岩石圈三维结构数据库。包括网络数据库、深地震反射与宽频地震数据库、大地电磁测深数据库、大地热流测量数据库等14个子库。由中国地质科学院地质研究所负责,吉林大学、同济大学等参加。

项目Ⅱ,6个地区(区段)的岩石圈三维结构研究。包括:

(1)青藏高原-西北盆山岩石圈三维结构研究。中国地质科学院地质研究所承担,中国地质科学院矿产资源研究所参加。

(2)兴蒙-吉黑地区岩石圈三维结构研究。吉林大学(地球科学学院)承担。

(3)华北地区岩石圈三维结构研究。中国地质大学(北京)承担。

(4)东秦岭-大别-苏鲁地区岩石圈三维结构研究。中国地质科学院地质研究所和中国地质大学(武汉)承担。

(5)华南地区(含东海)岩石圈三维结构研究。成都理工大学负责,天津地质矿产研究所和中国地质大学(北京)参加。其中东海海域岩石圈三维结构研究,由上海石油规划设计研究院承担。

(6)南海海域岩石圈三维结构研究。广州海洋地质调查局承担。

项目Ⅲ,中国大陆岩石圈三维结构及其演化和编图。由专项计划专家组负责,各项目、课题组的有关人员参加。

上述3个项目的实施计划,分别为:

项目Ⅰ,2000年9月—2005年12月;

项目Ⅱ,2000年9月—2004年6月;

项目Ⅲ,2004年6月—2006年7月。

为了确保上述专项计划的顺利实施,达到预期标准和实现预期目标,在国土资源部国际合作与科技司的领导下成立了专项计划专家组。专家组成员有:李廷栋(组长)、袁学诚、肖庆辉、黄宗理、叶天竺。部国际合作与科技司主管本项目专家为白星碧。由专家组负责专项计划实施过程中的全面技术指导、各阶段的计划落实与检查、组织召开各项技术业务会议和进行统一管理等工作,并直接承担项目Ⅲ的综合研究任务。

为了加强专项计划实施过程中的项目管理,在专家组领导下,在中国地质科学院地质研究所建立了专项计划办公室,成员有:耿树方(主任)、范本贤、郝美英和姚培毅。办公室承担专项计划的日常管理工作,协助专家组制定有关的统一技术标准,草拟各项文件,筹办各项会议及编写各项总结等等,以确保专项计划的顺利实施。

本专项计划建立的“中国岩石圈三维结构数据库”,以及专项计划各项研究成果构成的“中国岩石圈三维结构系列丛书”与相关“图集”,将为实行岩石圈信息资源共享,全面了解和认识中国大陆岩石圈三维结构特征,发展和创新地球科学理论,发挥重要作用;将为国土资源规划部署,矿产资源勘查、研究,地质环境与地质灾害评估等,提供深部地质资料依据。

广州海洋地质调查局承担了项目Ⅱ中课题六“南海海域岩石圈三维结构及其演化”。2000年7月广州局领导立即组织有关人员进行调研,于10月提交了“南海海域岩石圈三维结构及其演化”可行性研究报告。该报告通过了岩石圈项目专家组的审查,在此基础上撰写了课题设计,并于2000年11月签订了国土资源部科技项目委托研究与开发合同书,合同书批准号为20001010205。

签订任务合同书后,本课题组严格履行合同,按照设计任务、内容和项目要求组织实施。根据专家组的意见,联合国内有关研究方面有突出能力和特色的单位及个人来合作研究,课题分别与中国科学院地质与地球物理研究所、中山大学地球科学系、成都理工大学应用地球物理系、中国科学技术大学地球与空间科学系、天津海军测绘研究院等单位开展合作研究。

各协作单位所承担和完成的工作如下:天然地质面波层析成像由成都理工大学地球物理系承担,负责人朱介寿教授;岩石圈热结构研究工作由中国科学院地质与地球物理研究所承担,负责人汪集旸院士;地球化学研究由中山大学地球科学系承担,负责人邹和平教授;卫星测高重力异常计算由天津海军测绘研究院承担,负责人黄漠涛研究员;地幔流场和岩石圈应力场计算由中国科学技术大学傅容珊教授承担。

课题组成员具体分工如下:姚伯初和万玲全面负责项目的组织和实施,万玲和曾维军负责4条地学断面的编制、南海全区构造图编制及构造单元划分,吴新林、陈泓君负责地震层析成像图件和地幔流场图件的制作。书稿撰写分工如下:前言由姚伯初、万玲和吴能友编写。第一章区域地质特征,第一节南海围区中新世代地层,其中华南地区和印支地区由李唐根编写,加里曼丹地区由姚伯初编写;第二节南海海域地形地貌基本特征由朱本铎编写;第三节南海海域重磁场特征和第四节南海海域基底特征由张锡林、李唐根编写。第二章岩石圈二维结构特征,第一节东部地学断面、第三节西部地学断面、第四节北部地学断面由万玲编写,第二节中部地学断面由曾维军编写。第三章岩石圈三维结构特征,第一节速度结构和密度结构由姚伯初编写,温度结构由何丽娟、汪集旸编写。第二节岩石圈构造单元划分由曾维军编写。第四章岩石圈热结构特征由何丽娟、汪集旸编写。第五章南海北部岩石圈火成岩地球化学特征由邹和平、杨小强和吴能友编写。第六章大南海地区在新生代的构造演化和第七章关键问题探讨由姚伯初编写。书稿由姚伯初、万玲负责统稿和修改。

本课题所有计算机制图由邓惠荣、薛红和陈泓君承担。项目执行过程中得到了广州海洋地质调查局各级领导的大力支持和指导,在此一并表示衷心的感谢。

课题进行过程中,项目专家组和项目办公室多次组织各课题组成员进行及时的沟通与交流,并邀请加拿大有关专家来华讲学,使本课题受益匪浅,为高质量完成课题任务提供了有力的保障。本课题研究工作是集体劳动的成果,凝结着上上下下多方面研究人员的艰辛和汗水。

南海是西太平洋最大边缘海之一。北靠华南大陆,南至加里曼丹岛,东临菲律宾群岛,西接中南半岛,面积 $350 \times 10^4 \text{ km}^2$,属于我国传统海疆范围内的海域面积 $187 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。在大地构造上,南海属于华南地块的南缘,它在新生代位于欧亚板块、印度-澳大利亚板块和太平洋-菲律宾海板块相互作用的关键部位,又是太平洋构造域与特提斯构造域的联结地带。新生代以来,南海地区经历过多次岩石圈张裂、海底扩张及区域沉降,是我国唯一发育有洋壳的边缘海。由于南海地区的岩石圈发生张裂和海底扩张年代比大西洋晚(后者为侏罗纪到白垩纪,海底扩张至今仍在进行),因此,岩石圈张裂和海底扩张的构造遗迹,如张裂变形、热状态、岩石圈变形、均衡状态等仍保留在岩石圈中;其存在历史又比红海地区长(后者为中新世),因此南海地区陆缘保留了被动大陆边缘构造发育史的全部记录,是研究边缘海构造与演化、大陆边缘张裂与分离、海底扩张历史的理想场所,也是世界上研究张裂边缘岩石圈变形的最理想地区之一。

南海地区蕴藏着丰富的石油与天然气资源,已引起亚太地区和世界的关注。南海周边国家和地区纷纷投入资金,或与国际石油公司合作勘探开发该地区的油气资源。大油气田的发现和开发为周边国家的经济发展注入了新的活力。

南海所具有的特殊地质构造位置和蕴藏着丰富的矿产资源,受到了国内外地质学界的高度重视。自20世纪50年代以来,国内外地质学家和政府南海地区进行了大量的地质调查和研究工作,取得了一系列重大的地质成果。自改革开放以来,我们通过国际合作,与美国哥伦比亚大学拉蒙特-多尔蒂地球观测所联合在南海北部陆缘采集了3条地质断面,这对研究大陆岩石圈在张性应力场作用下的变形特征是非常重要的资料,但对其共轭边缘——南海南部陆缘的岩石圈结构仍知之甚少。利用大西洋型大陆边缘的共轭边缘来研究大陆岩石圈在张性应力场作用下的变形特征,是当前地学研究上的前沿课题,而南海地区是研究这一问题的理想地方。因此,需要研究南海地区岩石圈的三维结构,了解大陆岩石圈在张性应力场作用时是怎样变形的,从而了解岩石圈的变形特征并提出适合的变形模式,为解决这一地学前沿课题做出贡献。

南海是西太平洋边缘海之一,其起源至今仍是一个有争论的问题。有的学者认为与燕山运动造山带的岩石圈拆沉有关,有的认为与全球板块运动方向调整有关,有些学者则认为与印度板块同欧亚板块碰撞有直接联系。这是一个有关大陆动力学的问题,也是当前地学的前沿课题。

在特殊构造背景下形成的南海洋盆,其周围大陆边缘的性质不同:北部为被动大陆边缘,西部是走滑边缘,东部为俯冲边缘,南部是挤压边缘。在这些边缘上发育着不同类型的新生代沉积盆地。通过研究南海地区新生代的构造演化史和岩石圈的变形特征,来研究这些沉积盆地的构造演化史,对比分析这些盆地的油气资源之分布特点,使我们能认识到沉积盆地油气资源与深部构造及地球动力学的关系,这也是当前地学的前沿课题。

我国对南海的海洋地质调查始于20世纪50年代,当时仅以局部调查为主。大规模的地质、地球物理调查从70年代初期开始展开,广州海洋地质调查局一直作为南海地质调

查研究的主要单位,承担了大部分调查任务,到目前为止,已在南海采集综合地球物理测线近 25×10^4 km,钻井6口。综合研究成果体现在《南海地质与油气资源》和《南海地质地球物理图集》中。20世纪70年代末至80年代,广州海洋地质调查局两度与美国哥伦比亚大学拉蒙特-多尔蒂地球观察所合作,完成了一系列的调查和研究工作,成果反映在《中美合作调研南海地质专报》一书中。该项合作在南海北部采集了3条地学断面,揭示了岩石圈的结构特征。“七五”后期广州海洋地质调查局完成的《广州-巴拉望地学断面》初步揭示了南海区域深部地质构造特征。“八五”期间,广州海洋地质调查局承担了地矿部深部地质调查研究课题《南海盆地形成与演化研究》,取得了一系列卓有成效的成果,标志着南海地质的研究向深部推进。80年代后期以来,广州海洋地质调查局承担了《南沙海域油气勘查》国家专项,使南海的调查范围由以往的中北部为主拓展到南部海区。

其他单位对南海的调查研究主要有:中国科学院南海海洋研究所20世纪70年代对南海做过零星调查,80年代后期在南沙海域做过部分综合调查,其成果主要反映在《南海地质构造与陆缘扩张》一书中。近年来,该所与德国基尔大学和日本东京大学在南海北部边缘有过合作研究。国家海洋局杭州第二研究所于80年代前期对南海南部做过部分水深和重磁测量,后又与法国合作,对南海中部进行调查。

国外对南海的调查在20世纪20年代即已展开。自60年代以来,出于能源、国防等方面的需要,利用新技术、新方法加强了对南海地区的调查,研究程度以东部和南部较高,其中取得重要进展的有CCOP的调查研究,揭示了南海中部的地壳速度结构,根据近东西向磁条带的确定,提出了中晚渐新世一早中新世的南北扩张模式,迄今这一模式已得到绝大多数地质学家的认可。此外,由CCOP和IOC联合发起的SEATAR计划,旨在推动东亚与东南亚地区构造演化与矿产资源生成关系的研究。第一期工程于70年代末完成,其成果为研究东南亚地区的构造活动及资源评价提供了重要依据。第二期工程设计了以南海为中心的6条地学断面,计划80年代末完成,至1991年仅少数断面按计划完成。

20世纪60年代末期,板块构造理论的确立引起了一场前所未有的地学革命,但建立在大洋研究基础上的板块理论面对大陆上纷繁复杂的地质构造现象,遇到了众多难以解决的问题。在这一背景下,相继开展的“国际上地幔计划”(IUMP)、“国际动力学计划”(IGP)和“国际岩石圈计划”(ILP),拉开了向地球深部探索的序幕。通过深部地质的研究,在揭示地壳深部结构、岩石圈不均一性、板块构造演化、造山带和裂谷带的形成机制等方面取得了巨大的成就,不断丰富和完善了板块构造理论,同时也推动了地质科学向多学科、高层次、高技术综合研究方向发展。始于80年代后期的《全球地学断面计划》(GGTP),是国际岩石圈计划的一个重要前沿课题,通过大量地学断面的编制,建立区段岩石圈结构模型及其数据库,为探索全球的岩石圈结构及其演化规律提供依据,这也是南海地质研究的必然趋势,在南海的前期工作已为此奠定了坚实的基础。

为此,国土资源部于2000年设立了“中国大陆岩石圈三维结构及其演化”项目,“南海岩石圈三维结构及其演化”是其中的一个课题。本课题的研究目标和任务是:用现代地学理论和新技术新方法,通过收集整理和综合解释南海海域的地质、地球物理资料,以3条南北向和一条东西向岩石圈断面为基础,开展区域地质、地球物理、地球化学等多学科综合研究,揭示南海海域岩石圈三维结构及其演化历史,探索其对海域矿产资源分布

的控制作用。在实施本课题时,我们分析认为有下列关键技术和地质问题需要在实践中解决。

南海岩石圈变形的对比研究。大陆岩石圈受到张性应力场作用时是如何变形的,可以通过对变形后的共轭边缘岩石圈结构之观测,了解其变形后的特征,然后做对比研究,分析其变形特征,这是研究工作的一个方面。另一方面,大陆岩石圈的变形过程怎样呢?这需要进行南北共轭边缘的对比研究。

印度板块在 65 ~ 45 Ma 前与欧亚板块发生碰撞,这一碰撞事件对欧亚板块新生代构造产生了重要影响。而南海海盆在新生代发生了海底扩张,产生了新生代南海小洋盆。现在的问题是,印度板块与欧亚板块的碰撞,与南海新生代海底扩张之间有何关系?是直接的因果关系还是间接的构造影响?我们希望通过南海地区岩石圈三维结构特征之研究,对此问题作一科学的回答。

在南海南部边缘分布着一系列新生代沉积盆地,如万安盆地、曾母盆地、南薇盆地、礼乐盆地、文莱-沙巴盆地、南沙海槽盆地等。这些盆地今天的地壳及岩石圈结构与盆地构造演化的关系,是目前盆地动力学研究的重要问题,也是一前沿科学问题。大陆岩石圈的构造演化结果之一是在其表面产生沉积盆地,因此沉积盆地的构造演化史是与岩石圈的构造演化史密切相关的。如何正确地认识这一关系,是目前地学上的一个难题。这个问题也是本课题面临的难题,是需要攻关的科学问题。

经过两年的研究工作,我们已完成 4 条地学断面的编制、岩石圈三维速度与密度结构的计算和分析、岩石圈温度分布与热厚度及其热强度的计算和讨论、南海北部岩石圈地球化学特征、深部动力学分析等工作,对诸如大陆岩石圈在张性应力场作用下的变形特征、大南海在新生代的构造演化历史、印度板块与欧亚板块的碰撞对南海新生代海底扩张的影响、南海沉积盆地的演化历史及油气资源分布特征等重要地学问题进行了探讨,并编写了研究报告和书稿。

中国岩石圈三维结构专项计划

办公室与本书作者

2004 年 7 月 13 日