

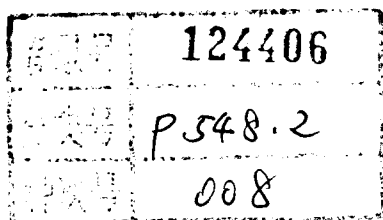


中国东部及邻区中、新生代 盆地演化及地球动力学背景

李思田 路凤香 林畅松 等著



中国地质大学出版社



中国东部及邻区中、新生代盆地 演化及地球动力学背景

59/31/26

李思田 路凤香 林畅松 等著

主要作者（以姓氏笔画为序）：

叶德隆	卢宗盛	孙家振	孙永传	刘天佑
刘少峰	庄新国	朱勤文	任建业	许薇玲
师学明	李忠	李培连	陆永潮	杨士恭
武法东	郑建平	莫宣学	徐常芳	黄其胜
黄焱球	程守田	焦养泉	曾佐勋	解习农



石油0116913



中国地质大学出版社

1997

内 容 提 要

本书系笔者们在多年从事沉积盆地与能源研究的基础上,以当代地球动力学理论为基本思路,研究并概括地阐述了中国东部中、新生代盆地形成、演化及分布的规律性,是由地质、地球物理、岩石-地球化学等多学科专家合作完成的专著。这一基础研究成果对探讨中国岩石圈演化和能源资源聚集的规律性有重要参考价值,可供广大地质工作者,特别是从事能源资源研究的研究人员、高校教师及研究生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

中国东部及邻区中、新生代盆地演化及地球动力学背景/李思田,路凤香,林畅松等著.
武汉:中国地质大学出版社,1997.5

ISBN 7-5625-1239-6

I. 中…

II. ①李…②路…③林…

III. 中国东部-中、新生代-盆地演化-地球动力学

IV. P51

出版发行 中国地质大学出版社(武汉市喻家山·邮政编码430074)

责任编辑 赵颖弘 责任校对 胡义珍 特约编辑 黄凤鸣

印 刷 中国地质大学出版社印刷厂

开本 787×1092 1/16 印张 15.375 字数 400千字

1997年5月第1版 1997年5月第1次印刷 印数1—500册

定价: 50.00元

前言

中国东部的范围在地质上较公认的界限是以贺兰山、龙门山至大雪山这一纵贯中国的地貌-构造带为西界,地球物理上这也是一条明显的梯度带。东部地域集中了中国许多重要的中、新生代含煤及含油气盆地,如中国最大的松辽和渤海湾含油气盆地,它们的油气产量占中国现有油气产量的80%以上。鄂尔多斯在煤储量上是中国最大的煤盆地之一。中国大陆架及边缘海海域也已证实有巨大的油气潜力。正是由于能源资源勘探的要求促进了对盆地的深入研究,因为没有盆地就没有煤和油气资源。80年代以来地质学家以更大兴趣去探索盆地成因及其演化的动力过程,因为这是了解能源资源形成与聚集的理论基础,而阐明这一重要的科学问题又需要在更大的范围内了解地球动力学背景。

中、新生代中国东部是太平洋与特提斯两大体系的影响联合、复合起作用的地区,此外还有来自北部特别是东北部板块相互作用的影响,因而其演化过程复杂而又丰富多彩。

多年来能源勘探和开发积累了极为丰富的有关盆地与能源的实际资料,并出版了大量的著作,但涉及盆地成因与动力过程的较少。90年代以来反映中国岩石圈深部结构的地质地球物理研究成果大量出版,提供了研究盆地演化地球动力背景的基本条件。在地质矿产部“八五”重要基础项目支持下,以“中国东部环太平洋带中、新生代盆地及地球动力学背景”(1992~1995)为题立项,组成了多学科结合的研究集体,从多方面进行了研讨,研究过程中重点解剖盆地15个,观察研究了代表性67口井的深井岩心及钻井地质、地球物理资料,解释分析跨盆地地震剖面逾百条,地表露头剖面23条,并分期进行了盆地分布与同期大地构造格架关系的编图。项目于1995年完成,本专著即研究成果的主要部分,重点探讨的内容及思路如下:

1. 盆地的时空分布及其板块构造背景——重点探讨太平洋、特提斯两大体系对中国东部盆地演化的联合、复合影响

中生代自晚三叠世,即印支运动主幕以来至新生代,中国东部盆地分布有清楚的时空分带性,盆地类型的变化也具有明显的历史阶段性,这些都受控于板块相互作用。多年以来对中国东部盆地演化的驱动力的认识主要着眼于太平洋板块的作用,对特提斯体系的影响则有诸多争论。太平洋及古太平洋体系对中国东部无疑是十分重要的,这里也涉及对环太平洋带或环太平洋区域的认识。

几十年来,环太平洋带即由于其宏伟壮丽的地质景观及丰富的矿产资源而为世界地学工作者所瞩目。中国东部被视为环太平洋带最重要的构成部分之一。环太平洋带在地质上的时空概念由于其复杂性而难于厘定严格的界限。时间上迄今太平洋最早的洋壳年龄为190Ma±(Tamaki, 1992),但日本学者推断还存在更古的洋壳,即Izanagi和Farallon板块。190Ma之前中国东南部大陆边缘仍然存在着明显的板块相互作用的影响。在空间上太平洋板块与欧亚板块相互作用的影响在大兴安岭—太行山—雪峰山这一斜贯中国的地球物理梯度带以东地区影响最为明显,特别是晚中生代以来,在陆上形成巨大规模的裂谷系和陆缘岩浆带,在海域

有裂陷的大陆边缘盆地以及弧后边缘海体系,这些都与太平洋超巨型俯冲带有密切关系。80年代后期国际合作环太平洋区域编图系列包括了整个中国东部地区。

近十余年来,中国地质研究重要的进展之一是特提斯构造带及其动力影响范围向中国东部的延伸。特提斯(或特提斯-喜马拉雅)体系与太平洋体系在中国东部表现出了联合与复合两种影响形式,沉积盆地演化留下了清楚的历史记录。已经查明源于印-澳板块的动力,特别是作为其前锋的印度地块向欧亚板块的楔入对中国东部及海域的构造变格和盆地演化有重要影响。这是一个有重要意义,目前又有诸多争论的问题。因此,研究中国东部盆地形成演化不能只考虑太平洋板块的影响。

2. 盆地演化的动力学过程分析及盆地的成因类型划分

盆地的最简要成因分类是按形成机制划分的,如伸展、挠曲和与走滑运动有关的盆地。按大地构造条件分类有着长远的历史和众多的方案, Dickinson 概称之为地貌-构造分类,如前陆、弧前、弧后、克拉通内等。实际分析许多大盆地的历史几乎总是复杂的,即不同阶段控制盆地的构造体制有别,或同一阶段多种构造因素联合起作用,如伸展与走滑或挤压与走滑联合,这就出现了张扭和压扭等联合的成盆机制。地貌-构造分类仍有其实用性,因其明确地表现了盆地的大地构造位置。但若仅止于此而不进一步进行动力过程分析,那就阻碍了盆地研究的深化。盆地的动力过程分析与板块构造背景相结合,是本专著所力求遵循的准则。朱夏先生早就指出(1986),许多大型盆地是叠合的,是由一系列形成于不同背景的原型组成的。国外对许多大盆地的论述也表明这种情况具普遍性,这种叠合关系的研究对含油气系统的形成和性质至关重要,如油气储量巨大的阿拉伯-伊朗盆地经历了地台—裂谷—拗陷—前陆(P—R—S—F)等阶段的演化和叠合,墨西哥湾盆地经历了裂谷—拗陷—半拗陷(R—S—HS)的叠合(Klemme, 1994)。因此, Dickinson (1993)指出,盆地研究的深化关键在于揭示地球动力学过程,这种过程常常是联合的,并在历史演化中有一定序列性。同一类型盆地的演化也显示了特有的阶段性,如裂谷盆地一般有裂陷、裂后热沉降和反转等演化阶段。当今需要更为精细地做过程解剖,如本项目研究中就曾发现许多中、新生代裂谷盆地演化过程中多幕裂陷和多幕反转,并常有扭动、走滑与伸展过程联合,这些都对油气聚集有重要影响。

3. 盆地演化的深部背景

占环太平洋带盆地大多数的伸展和转换-伸展盆地均明显地受控于岩石圈及其下的深部过程,不管这种过程的初始发生是主动的还是被动的。Scheidegger (1958, 1963, 1982)很早就将“地球动力学”一词的范畴解释为:认识地球表层特征的成因通常指来自地球内部的驱动力和作用过程。板块学说的产生促进了对岩石圈和软流圈的研究,但从理论地球科学和定量动力学模拟的角度研究岩石圈的拉伸、软流圈的隆起及物理化学变化以及盆地的沉降和热状态,则主要是从 McKenzie (1978)开始的。目前尚无精确的地球物理手段研究到软流圈,但本专著试图从大地电磁、重力、大地热流、岩浆岩石学的方法以及盆地模拟的正、反演技术对软流圈上隆程度进行估算,并参考了天然地震层析分析的成果。众所周知上述任何一种方法的精度都有限,并有多解性,但可喜的是所获数据具有大体上的一致性。例如用不同方法计算的结果,中国东部伸展类盆地深部软流圈隆起的高点埋深一般在 55~65km 左右。

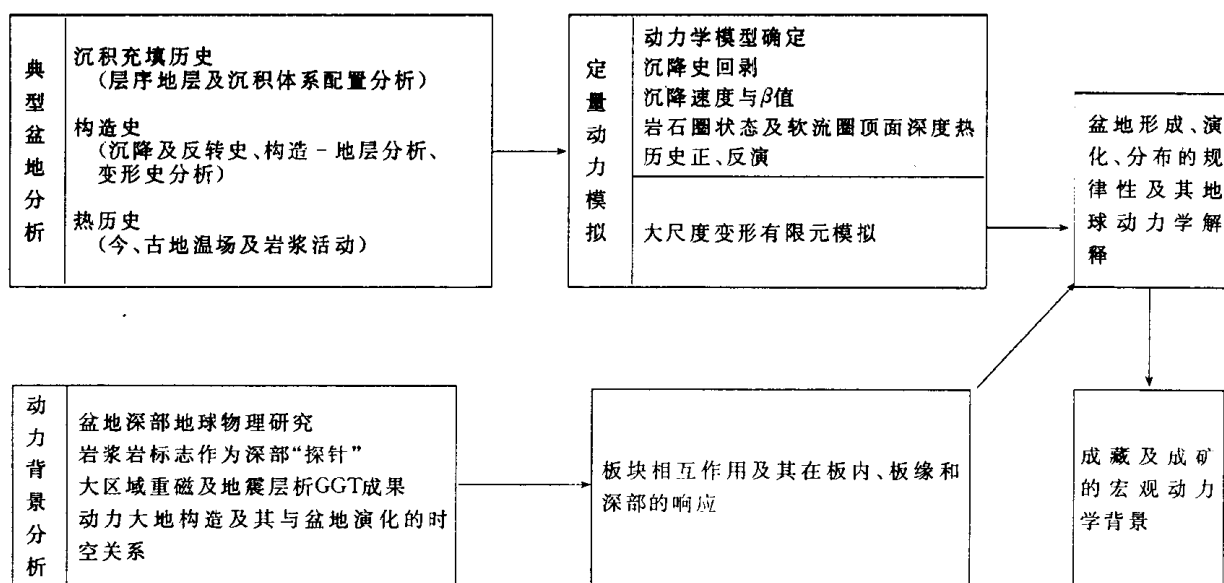
本次研究工作是多学科的集体合作,其中特别加强了岩浆岩石学的研究,火山岩特别是来自深源的玄武岩提供了大量的深部信息——可作为认识岩石圈深部状态的“探针”。它可以反映盆地形成当时的深部状态,这是其他手段难于代替的。

1991年以来,国际上天然地震层析技术的新突破及其所提供的地壳和地幔切面,以及由

此提出的地幔柱理论是令人振奋的成果，深化了对环太平洋地质、盆地形成深部背景的认识，并导致了新模式的提出。

盆地的特征是岩石圈及其深部动力学条件决定的，并由此决定着成藏和成矿条件。就如在裂陷作用区岩石圈减薄和软流圈上隆的程度决定着盆地热状态和沉降，这两个因素又对油气成藏有决定意义。

综上所述，研究的基本思路是以盆地动力学分析为主线，多学科相结合探索地球动力学背景，以揭示成藏和成矿的宏观条件，这一思路与技术路线如下流程框图所示。



盆地动力学问题涉及了地质学的许多重要领域，其研究程度也取决于这些相关领域的进展，迄今笔者还是在有限的资料与数据基础上进行初步探讨，希望这一探讨有助于今后系统的多学科合作研究的开展。

作为本专著主要基础的“中国东部环太平洋带中、新生代盆地演化及地球动力学背景”项目是在地质矿产部科技司领导组织下立项并实施完成的。原项目负责单位为中国地质大学(武汉)沉积盆地与沉积矿产研究所，项目负责人李思田教授。为组织多学科梯队，参加本项目的还包括中国地质大学(武汉)石油系，地球科学学院岩石、古生物及构造等教研室，应用地球物理系，以及中国地质大学(北京)煤田研究室等单位。此外，还特约同济大学陈焕疆教授参加了构造研究，地震局地质所徐常芳、原上海海洋地质调查局许薇玲高工等参加了本专著编写。另外，本专著编写过程中也反映了国家自然科学基金南海大陆边缘盆地分析(4913206)及贺兰山—鄂尔多斯西缘沉积体系、构造演化及能源潜力(48970110)等项目的研究成果。庄新国、解习农、杨士恭、王岫等完成大量与出版有关技术性工作。崔宁、屈友华、杨生科及中国地质大学绘图室承担了图纸清绘工作。整个研究过程中王鸿祯、张炳熹、李廷栋院士给予了多次指导并提出重要的建议，特别是张炳熹先生在1996年组织的一系列跨项目、跨学科专题研讨会上对本专著编写工作给予了巨大的帮助。科技司孙培基高级工程师在项目组织及实施上也给予了巨大的帮助。地质矿产部石油海洋局系统、中国石油天然气总公司系统以及中国海洋石油总公司系统所属有关单位，均在资料使用及研究工作上给予了支持和方便。在此表示衷心感谢！

目 录

前 言	李思田 (1)
第一章 概 论	(4)
第一节 中国东部及邻区中、新生代盆地演化及地球动力学分析	李思田 莫宣学 杨士恭 路凤香 (4)
第二节 中国环太平洋带中、新生代盆地地层序列、烃源岩分布和古气候带迁移	卢宗盛 黄其胜 (19)
第二章 地球物理场及成盆区岩石圈特征	(31)
第一节 中国东部区域及若干重要盆地的地球物理场	刘天佑 师学明 (31)
第二节 中国大陆岩石圈电性结构和深部流体在地壳、上地幔高导层形成中的作用及其与盆地演化的关系	徐常芳 (42)
第三节 中国东部中、新生代盆地热体制特征	庄新国 (51)
第三章 中生代盆地演化及其动力学背景	(62)
第一节 中国东部中生代早期成盆动力学	刘少峰 杨士恭 程守田 (62)
第二节 中国东部晚中生代裂陷作用及其动力学背景	任建业 李思田 林畅松 (77)
第三节 晚三叠世秦岭碰撞造山作用在鄂尔多斯盆地中的沉积响应	焦养泉 李思田 卢宗盛 杨士恭 庄新国 (87)
第四节 早、中侏罗世原始大鄂尔多斯盆地重建及其演化的构造背景	程守田 黄焱球 (102)
第五节 盆地沉降与造山隆起的地球动力学背景和相互作用——以周口坳陷和大别造山带为例 ...	孙家振 韦必则 熊保贤 陈文礼 (117)
第四章 新生代盆地演化及其动力学背景	(124)
第一节 中国及邻区环太平洋带第三纪盆地形成的地球动力学背景	李思田 杨士恭 (124)
第二节 中国东北部第三系走滑-伸展型盆地充填序列及构造演化——以伊通及大民屯为例	解习农 黄焱球 (132)
第三节 东海陆架盆地的层序地层格架及其充填特征	陆永潮 李培连 武法东 解习农 (144)
第四节 东海地区深部构造的地球物理研究与盆地演化	许薇玲 焦荣昌 乐俊英 黄兆熊 (154)
第五节 中国东部内陆裂陷盆地的储层成岩作用及其与构造演化的关系	李 忠 孙永传 陈红汉 (161)
第五章 岩浆岩——研究盆地深部过程的“探针”	(169)
第一节 松辽盆地周边中生代火山作用及其地球动力学背景	路凤香 朱勤文 李思田 谢意红 郑建平 (169)
第二节 渤海湾盆地新生代玄武岩及其与盆地演化的关系 ...	叶德隆 路凤香 朱勤文 郑建平 (186)
第六章 定量动力学模拟	(197)
第一节 中国东部中、新生代裂陷盆地的沉降史、拉伸过程及热背景模拟	林畅松 李思田 张启明 张燕梅 (197)
第二节 印度-欧亚大陆碰撞效应模型分析	曾佐勋 李思田 杨士恭 刘立林 付永涛 (213)
结 语	李思田 (224)

主要参考文献	(226)
英文摘要	(238)
后记	(239)

CONTENTS

Foreword	.....	Li Sitian (1)
Chapter 1 Introduction	.....	(4)
1 Meso - Cenozoic basin evolution and geodynamic analysis in East China and their adjacent areas	.....	Li Sitian Mo Xuanxue Yang Shigong Lu Fengxiang (4)
2 Stratigraphic succession, source rock distribution and paleoclimatic migration of Meso-Cenozoic basins in the Circum-Pacific regions	.....	Lu Zongsheng Huang Qisheng (19)
Chapter 2 Geophysical field and lithospheric characteristics in basin-forming areas	.....	(31)
1 Geophysical characteristics of East China and some important basins	.....	Liu Tianyou Shi Xueming (31)
2 The MT structure of lithosphere of Eastern China, effect of deep fluids on the formation of high conductive layers in crust, upper mantle and their relationship with basin evolution	.....	Xu Changfang (42)
3 Geothermal regime of Meso-Cenozoic basins in East China	.....	Zhuang Xinguo (51)
Chapter 3 Mesozoic basin evolution and their geodynamic setting	.....	(62)
1 Early Mesozoic basin-forming dynamic processes in East China	.....	Liu Shaofeng Yang Shigong Cheng Shoutian (62)
2 Late Mesozoic rifting in East China and their dynamic background	.....	Ren Jianye Li Sitian Lin Changsong (77)
3 Late Triassic sedimentation in Ordos basin responded to orogenism in Qinling belt	.....	Jiao Yangquan Li Sitian Lu Zongsheng Yang Shigong Zhuang Xinguo (87)
4 Reconstruction of Early-Middle Jurassic Ordos depositional basin	.....	Cheng Shoutian Huang Yanqiu (102)
5 Relationship between basin subsidence and uplift processes of orogen — case studies of Zhoukou basin and Dabieshan belt	.....	Sun Jiazheng Wei Bize Xiong Baoxian Cheng Wenli (117)
Chapter 4 Cenozoic basin evolution and their geodynamic setting	.....	(124)
1 Geodynamic setting of Tertiary basin formation in the Circum-Pacific basins	.....	Li Sitian Yang Shigong (124)
2 Basin filling and tectonic evolution of Tertiary transform-extensional basins in Eastern China—case study on Yitong and Damingtun grabens	.....	Xie Xinong Huang Yanqiu (132)

3	Sequence stratigraphic framework and their depositional characteristics responses in East China Sea shelf basin	
	 Lu Yongchao Li Peilian Wu Fadong Xie Xinong (144)	
4	Geophysical studies of deep structure and basin evolution in East China Sea regions	
	 Xu Weiling Jiao Rongchang Le Junying Huang Zhaoxiong (154)	
5	Reservoir diagenesis of intracontinental rift basins and its relationship with tectonic evolution in East China	
	 Li Zhong Sun Yongchuan Chen Honghan (161)	
Chapter 5	Volcanic rock—a “probe” of the deep processes of basin evolution	(169)
1	Mesozoic volcanism and their geodynamic setting surrounding Songliao basin	
	 Lu Fengxiang Zhu Qinwen Li Sitian Xie Yihong Zheng Jianping (169)	
2	Cenozoic basalt of Bohaiwan basin and their relationship with basin evolution	
	 Ye Delong Lu Fengxiang Zhu Qinwen Zheng Jianping (186)	
Chapter 6	Quantitative dynamic modeling	(197)
1	Lithospheric stretching, subsidence and thermal history modeling of Mesozoic basins in East China	
	 Lin Changsong Li Sitian Zhang Qiming Zhang Yanmei (197)	
2	Modeling on effect of Indian-Eurasia collision	
	 Zeng Zuoxun Li Sitian Yang Shigong Liu Lilin Fu Yongtao (213)	
Conclusion	Li Sitian (224)	
References		(226)
Abstract		(238)
Epilogue		(239)

前言

中国东部的范围在地质上较公认的界限是以贺兰山、龙门山至大雪山这一纵贯中国的地貌-构造带为西界,地球物理上这也是一条明显的梯度带。东部地域集中了中国许多重要的中、新生代含煤及含油气盆地,如中国最大的松辽和渤海湾含油气盆地,它们的油气产量占中国现有油气产量的80%以上。鄂尔多斯在煤储量上是中国最大的煤盆地之一。中国大陆架及边缘海海域也已证实有巨大的油气潜力。正是由于能源资源勘探的要求促进了对盆地的深入研究,因为没有盆地就没有煤和油气资源。80年代以来地质学家以更大兴趣去探索盆地成因及其演化的动力过程,因为这是了解能源资源形成与聚集的理论基础,而阐明这一重要的科学问题又需要在更大的范围内了解地球动力学背景。

中、新生代中国东部是太平洋与特提斯两大体系的影响联合、复合起作用的地区,此外还有来自北部特别是东北部板块相互作用的影响,因而其演化过程复杂而又丰富多彩。

多年来能源勘探和开发积累了极为丰富的有关盆地与能源的实际资料,并出版了大量的著作,但涉及盆地成因与动力过程的较少。90年代以来反映中国岩石圈深部结构的地质地球物理研究成果大量出版,提供了研究盆地演化地球动力背景的基本条件。在地质矿产部“八五”重要基础项目支持下,以“中国东部环太平洋带中、新生代盆地及地球动力学背景”(1992~1995)为题立项,组成了多学科结合的研究集体,从多方面进行了研讨,研究过程中重点解剖盆地15个,观察研究了代表性67口井的深井岩心及钻井地质、地球物理资料,解释分析跨盆地地震剖面逾百条,地表露头剖面23条,并分期进行了盆地分布与同期大地构造格架关系的编图。项目于1995年完成,本专著即研究成果的主要部分,重点探讨的内容及思路如下:

1. 盆地的时空分布及其板块构造背景——重点探讨太平洋、特提斯两大体系对中国东部盆地演化的联合、复合影响

中生代自晚三叠世,即印支运动主幕以来至新生代,中国东部盆地分布有清楚的时空分带性,盆地类型的变化也具有明显的历史阶段性,这些都受控于板块相互作用。多年以来对中国东部盆地演化的驱动力的认识主要着眼于太平洋板块的作用,对特提斯体系的影响则有诸多争论。太平洋及古太平洋体系对中国东部无疑是十分重要的,这里也涉及对环太平洋带或环太平洋区域的认识。

几十年来,环太平洋带即由于其宏伟壮丽的地质景观及丰富的矿产资源而为世界地学工作者所瞩目。中国东部被视为环太平洋带最重要的构成部分之一。环太平洋带在地质上的时空概念由于其复杂性而难于厘定严格的界限。时间上迄今太平洋最早的洋壳年龄为190Ma±(Tamaki, 1992),但日本学者推断还存在更古的洋壳,即Izanagi和Farallon板块。190Ma之前中国东南部大陆边缘仍然存在着明显的板块相互作用的影响。在空间上太平洋板块与欧亚板块相互作用的影响在大兴安岭—太行山—雪峰山这一斜贯中国的地球物理梯度带以东地区影响最为明显,特别是晚中生代以来,在陆上形成巨大规模的裂谷系和陆缘岩浆带,在海域

有裂陷的大陆边缘盆地以及弧后边缘海体系,这些都与太平洋超巨型俯冲带有密切关系。80年代后期国际合作环太平洋区域编图系列包括了整个中国东部地区。

近十余年来,中国地质研究重要的进展之一是特提斯构造带及其动力影响范围向中国东部的延伸。特提斯(或特提斯-喜马拉雅)体系与太平洋体系在中国东部表现出了联合与复合两种影响形式,沉积盆地演化留下了清楚的历史记录。已经查明源于印-澳板块的动力,特别是作为其前锋的印度地块向欧亚板块的楔入对中国东部及海域的构造变格和盆地演化有重要影响。这是一个有重要意义,目前又有诸多争论的问题。因此,研究中国东部盆地形成演化不能只考虑太平洋板块的影响。

2. 盆地演化的动力学过程分析及盆地的成因类型划分

盆地的最简要成因分类是按形成机制划分的,如伸展、挠曲和与走滑运动有关的盆地。按大地构造条件分类有着长远的历史和众多的方案, Dickinson 概称之为地貌-构造分类,如前陆、弧前、弧后、克拉通内等。实际分析许多大盆地的历史几乎总是复杂的,即不同阶段控制盆地的构造体制有别,或同一阶段多种构造因素联合起作用,如伸展与走滑或挤压与走滑联合,这就出现了张扭和压扭等联合的成盆机制。地貌-构造分类仍有其实用性,因其明确地表现了盆地的大地构造位置。但若仅止于此而不进一步进行动力过程分析,那就阻碍了盆地研究的深化。盆地的动力过程分析与板块构造背景相结合,是本专著所力求遵循的准则。朱夏先生早就指出(1986),许多大型盆地是叠合的,是由一系列形成于不同背景的原型组成的。国外对许多大盆地的论述也表明这种情况具普遍性,这种叠合关系的研究对含油气系统的形成和性质至关重要,如油气储量巨大的阿拉伯-伊朗盆地经历了地台—裂谷—拗陷—前陆(P—R—S—F)等阶段的演化和叠合,墨西哥湾盆地经历了裂谷—拗陷—半拗陷(R—S—HS)的叠合(Klemme, 1994)。因此, Dickinson (1993)指出,盆地研究的深化关键在于揭示地球动力学过程,这种过程常常是联合的,并在历史演化中有一定序列性。同一类型盆地的演化也显示了特有的阶段性,如裂谷盆地一般有裂陷、裂后热沉降和反转等演化阶段。当今需要更为精细地做过程解剖,如本项目研究中就曾发现许多中、新生代裂谷盆地演化过程中多幕裂陷和多幕反转,并常有扭动、走滑与伸展过程联合,这些都对油气聚集有重要影响。

3. 盆地演化的深部背景

占环太平洋带盆地大多数的伸展和转换-伸展盆地均明显地受控于岩石圈及其下的深部过程,不管这种过程的初始发生是主动的还是被动的。Scheidegger (1958, 1963, 1982)很早就将“地球动力学”一词的范畴解释为:认识地球表层特征的成因通常指来自地球内部的驱动力和作用过程。板块学说的产生促进了对岩石圈和软流圈的研究,但从理论地球科学和定量动力学模拟的角度研究岩石圈的拉伸、软流圈的隆起及物理化学变化以及盆地的沉降和热状态,则主要是从 McKenzie (1978)开始的。目前尚无精确的地球物理手段研究到软流圈,但本专著试图从大地电磁、重力、大地热流、岩浆岩石学的方法以及盆地模拟的正、反演技术对软流圈上隆程度进行估算,并参考了天然地震层析分析的成果。众所周知上述任何一种方法的精度都有限,并有多解性,但可喜的是所获数据具有大体上的一致性。例如用不同方法计算的结果,中国东部伸展类盆地深部软流圈隆起的高点埋深一般在 55~65km 左右。

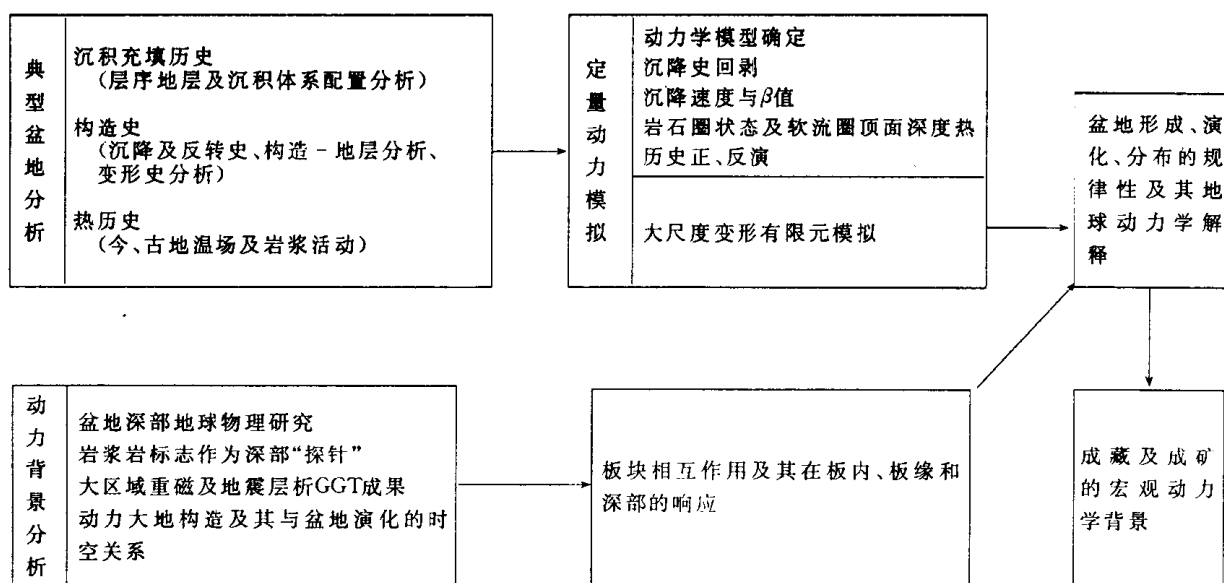
本次研究工作是多学科的集体合作,其中特别加强了岩浆岩石学的研究,火山岩特别是来自深源的玄武岩提供了大量的深部信息——可作为认识岩石圈深部状态的“探针”。它可以反映盆地形成当时的深部状态,这是其他手段难于代替的。

1991年以来,国际上天然地震层析技术的新突破及其所提供的地壳和地幔切面,以及由

此提出的地幔柱理论是令人振奋的成果，深化了对环太平洋地质、盆地形成深部背景的认识，并导致了新模式的提出。

盆地的特征是岩石圈及其深部动力学条件决定的，并由此决定着成藏和成矿条件。就如在裂陷作用区岩石圈减薄和软流圈上隆的程度决定着盆地热状态和沉降，这两个因素又对油气成藏有决定意义。

综上所述，研究的基本思路是以盆地动力学分析为主线，多学科相结合探索地球动力学背景，以揭示成藏和成矿的宏观条件，这一思路与技术路线如下流程框图所示。



盆地动力学问题涉及了地质学的许多重要领域，其研究程度也取决于这些相关领域的进展，迄今笔者还是在有限的资料与数据基础上进行初步探讨，希望这一探讨有助于今后系统的多学科合作研究的开展。

作为本专著主要基础的“中国东部环太平洋带中、新生代盆地演化及地球动力学背景”项目是在地质矿产部科技司领导组织下立项并实施完成的。原项目负责单位为中国地质大学(武汉)沉积盆地与沉积矿产研究所，项目负责人李思田教授。为组织多学科梯队，参加本项目的还包括中国地质大学(武汉)石油系，地球科学学院岩石、古生物及构造等教研室，应用地球物理系，以及中国地质大学(北京)煤田研究室等单位。此外，还特约同济大学陈焕疆教授参加了构造研究，地震局地质所徐常芳、原上海海洋地质调查局许薇玲高工等参加了本专著编写。另外，本专著编写过程中也反映了国家自然科学基金南海大陆边缘盆地分析(4913206)及贺兰山—鄂尔多斯西缘沉积体系、构造演化及能源潜力(48970110)等项目的研究成果。庄新国、解习农、杨士恭、王岫等完成大量与出版有关技术性工作。崔宁、屈友华、杨生科及中国地质大学绘图室承担了图纸清绘工作。整个研究过程中王鸿祯、张炳熹、李廷栋院士给予了多次指导并提出重要的建议，特别是张炳熹先生在1996年组织的一系列跨项目、跨学科专题研讨会上对本专著编写工作给予了巨大的帮助。科技司孙培基高级工程师在项目组织及实施上也给予了巨大的帮助。地质矿产部石油海洋局系统、中国石油天然气总公司系统以及中国海洋石油总公司系统所属有关单位，均在资料使用及研究工作上给予了支持和方便。在此表示衷心感谢！

第一章 概 论

第一节 中国东部及邻区中、新生代盆地演化及地球动力学分析

中国东部及海域分布着数以百计的中、新生代沉积盆地，是环太平洋带非常重要的组成部分，盆地类型多种多样，其地质演化提供了研究大陆及大陆边缘动力学的不可缺少的信息。多年来这一地区吸引广大中外地质学家进行研究和关注，更重要的原因还在于其巨大的能源资源意义。中国现今储量最大的两个含油气盆地—松辽和渤海湾盆地分布于本区。作为占中国首位的含油气盆地，松辽盆地多年来在油气产量上做了最大的贡献；渤海湾盆地以胜利和下辽河油田为首，其中包括了陆上及渤海海域的一系列油田，近年来在陆上及海上不断有新发现，全盆地统计的总产能将上升为首位。上述两个大型含油气盆地提供了中国石油产量的80%以上。鄂尔多斯盆地中生代埋深达2 000m以上的煤资源量近10 000亿吨，是我国煤资源最丰富、地理位置又居中的盆地，近年来又发现和证实了深部的大气田。中国白垩纪的盆岭式断陷盆地系蕴藏了丰富的低煤阶煤资源，二连、松辽深部和下辽河地区在此类型盆地中找寻中、小型油气田已取得很大成效，如阿南、梨树和陆家堡等。大陆边缘地区东海陆架盆地，近年来在西湖凹陷南部天然气勘探取得的新突破展示了我国这一海域最大的含油气盆地资源潜力。在南海北部的珠江口及北部湾盆地正在形成相当规模的石油产能；继琼东南盆地崖城13-1大气田的发现后，又在莺歌海盆地东区发现了东方1-1等气田。从而成为我国最重要的气田区之一。

由于上述中、新生代盆地在能源资源方面特殊的国民经济意义，多年来在勘探和研究上已有巨大的投入，并取得了丰硕成果。在此基础上阐明盆地成因、演化特征和动力学背景已经具备了较为成熟的条件，从而能从更深的角度认识盆地形成演化的动力学过程，促进能源资源总体分布规律的研究。为了逐步实现这一目标，需要进行多学科的研究和采用新一代技术。首先要吸取相关学科如地球物理、大地构造等方面的新成就，结合盆地研究的实践对盆地成因、演化和分布的规律性进行再认识。其次在多学科结合中特别注意了岩浆岩石学研究的成就，因为岩浆岩的标志不仅能反映区域地球动力学背景，而且能提供成盆期地球深部的许多信息，这是其他方法难以做到的。中国环太平洋带盆地大多数形成于裂陷作用，每个裂陷作用幕岩浆带和沉积盆地都有密切的共生关系，因此这两个领域的交叉研究有其特殊重要性。

一、中、新生代盆地的时空分布

中国区域地质以一条重要的经向为主的构造带分为东西两部分，即以贺兰山—龙门山—大雪山一线作为东西分界。两大部分的岩石圈结构及主要动力学因素有明显差异。广义的环太平洋带也以此线为西界。中国东部西带的四川和鄂尔多斯盆地反映了特提斯-喜马拉雅和太

太平洋构造域的双重影响而具有过渡特征。在地球物理场上,特别是重力场,展示了中国几个重要的梯度带(马杏垣等,1989),其中特别是兴安—太行—雪峰NNE向梯度带最为突出。这一梯度带的形成与太平洋板块及欧亚大陆俯冲引起的壳幔深部结构变化有关,因此许多学者以其为“环太平洋带”的西界(图1-1)。

70年代后期以来,一项重要的进展是根据许多事实揭示出中国东部中、新生代地质演化并不只是受控于太平洋板块与欧亚板块相互作用的影响,来自印度洋板块的影响在中国东部也有明显表现,这种叠加效应日益为更多的地质工作者所认识。将鄂尔多斯和四川盆地列入研究区,正是为了便于讨论这种叠加影响。

中国东部及邻区中、新生代盆地的分布可分为5个带(图1-2),这5个带地质演化和盆地形成各具特色,并自西向东有递变性。

(1) 西带 主要包括鄂尔多斯、四川和楚雄等盆地,这些盆地皆分布于较稳定的地台基底之上。中生代印支运动主幕之前,下、中三叠统基本上与上古生界连续发育,处于相似的地台演化阶段和相对稳定的构造背景。中生代最主要的构造事件始于中三叠世末期,主要受特提斯构造域的会聚和碰撞影响,盆地周缘造山带形成,在造山区推覆构造带前缘形成前渊。如鄂尔多斯盆地的西南缘和四川盆地的西缘,晚三叠世地层的厚度皆达到3000余米,向盆地内部变薄,呈明显的不对称形态。其形成机制与前陆盆地本质上相同,即岩石圈在负载与挤压效应下挠曲,但构造位置和发育阶段又与国际上研究较多的前陆盆地如北美的Alberta和Appalachian盆地有别。

鄂尔多斯盆地现今近南北向的轮廓是中生代晚期形成的,晚三叠世的鄂尔多斯盆地总体展布近东西向,据钻探和地震解释,华北平原南部东濮地区晚三叠世地层厚达3000m,因此这一与扬子地台和华北地台会聚碰撞有关的前渊是NWW或近EW向的(孙国凡等,1985; Zhang Guowei *et al.*, 1986)。侏罗系以大的区域性不整合面与三叠系相隔,早中侏罗世总体面貌是较稳定的继承性盆地“Successor”,并经历了相对稳定和相对活动期的交替(Hsü, 1989; Li Sitian *et al.*, 1995)。太平洋构造域的色彩始于中侏罗世晚期,盆地的方向由近EW转为NNE向,显示了构造的明显变格。

四川盆地虽较鄂尔多斯盆地复杂,但中生代大的构造事件可以很好地与鄂尔多斯对比。盆地西北侧的晚三叠世前渊向盆地北侧转为近东西向。中三叠世末发生于青藏—三江地区的会聚和碰撞以金沙江缝合带为代表(Huang and Chen, 1987),使川西北块体向东滑移,造成推覆构造带及其前渊。扬子和华北地台碰撞造山产生了来自北部的挤压和负载,也对四川盆地有重要影响。这些构造事件都属于特提斯构造区域的范畴。但四川东部晚中生代和新生代的强烈挤压变形又明显地反映了太平洋板块向欧亚大陆俯冲的影响。

(2) 中带 包括松辽、渤海湾、南阳、江汉—洞庭等盆地,这些盆地皆形成于裂陷作用背景。晚中生代裂陷作用(J₃—K)形成了松辽盆地和早白垩世东北亚洲断陷盆地系;新生代老第三纪为主幕的裂陷作用影响更广,形成了以渤海湾盆地为代表的裂谷系。上述两个裂陷期的盆地皆形成于岩石圈伸展软流圈上隆的构造背景。盆地演化过程中常有不同程度的基底断裂的走滑和地块的旋转。由于叠加了这些影响,盆地演化表现出了张扭性构造体制或转换—伸展作用。

松辽盆地深部由40个断陷组成,以梨树和三肇为代表,主要为半地堑和地堑构造,早白垩世早期充填1000余米至4000m陆相地层。登娄库组超覆于这些断陷之上,早期仍受裂陷作用控制。自中白垩世早期的泉头组开始形成了巨大的坳陷,这样松辽盆地的地层格架为三

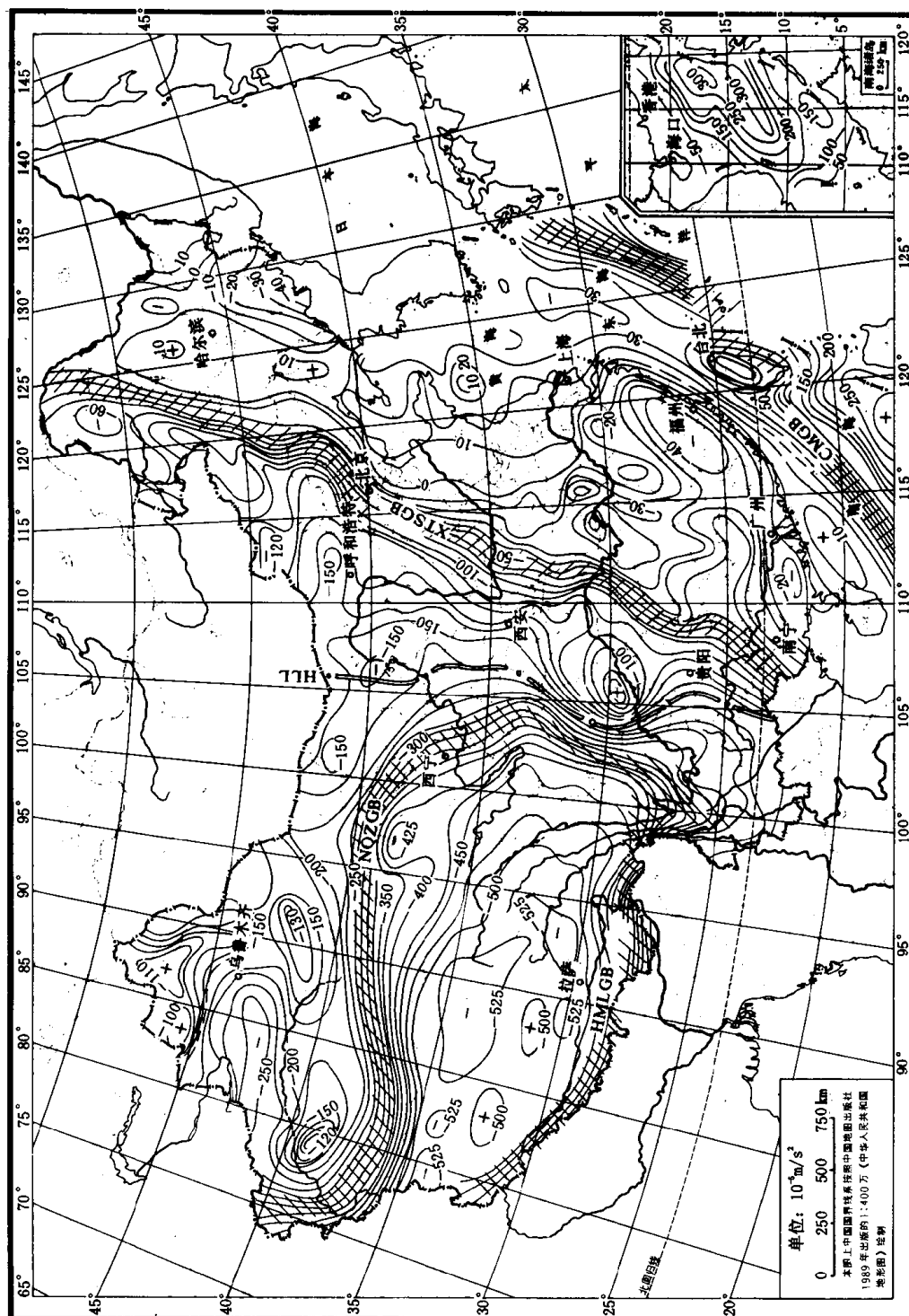


图 1-1 中国的重力场中梯度带的分布 (据地质矿产部物探研究所, 1996)

HLL. 东西部构造分区界线; XTSGB. 兴安-太行-雪峰重力梯度带;

NQZGB. 青藏北缘重力梯度带; HMLGB. 喜马拉雅重力梯度带; CMGB. 大陆边缘重力梯度带

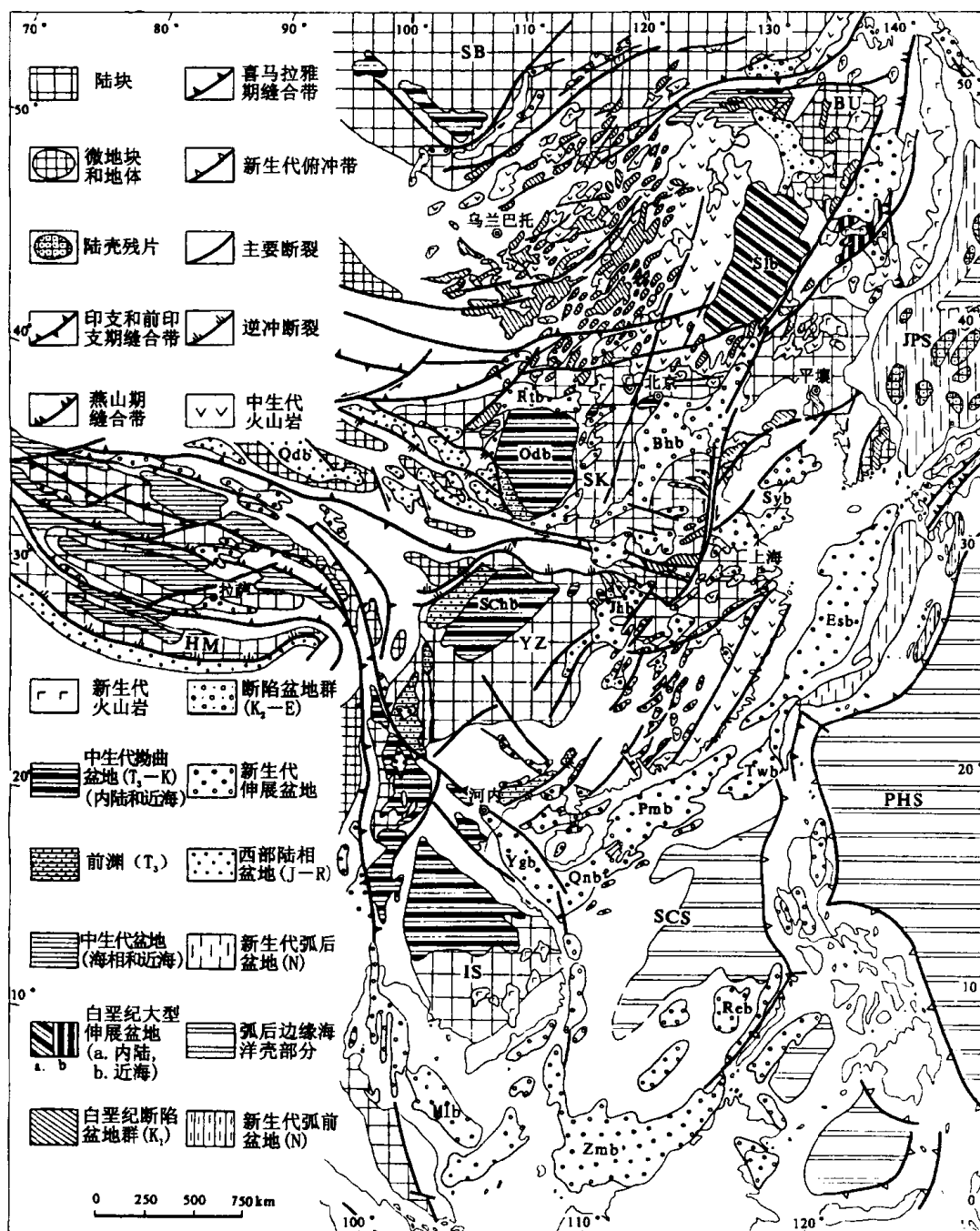


图 1-2 中国东部及邻区中、新生代盆地分布及构造背景图

SB. 西伯利亚地块; SK. 中朝地块; YZ. 扬子地块; IS. 印支地块; HM. 喜马拉雅地块; BU. 布列亚微地块; SCS. 南中国海; PHS. 菲律宾海; JPS. 日本海; Slb. 松辽盆地; Bhb. 渤海湾盆地; Jhb. 江汉盆地; Rtb. 河套盆地; Odb. 鄂尔多斯盆地; Schb. 四川盆地; Qdb. 柴达木盆地; Syb. 南黄海盆地; Esb. 东海盆地; Twb. 台西南盆地; Pmb. 珠江口盆地; Qnb. 琼东南盆地; Ygb. 莺歌海盆地; Zmb. 曾母盆地; Mlb. 马来盆地; Reb. 礼乐滩盆地