

国家重点基础研究发展计划（973计划）“汶川地震发生机理及其大区动力环境研究（2008CB4257）”项目和中国地震局监测预报司联合资助

东亚大陆大三角地震区 地震活动性概要

傅征祥 吕晓健 郝平 邵志刚 陈丹 编

地震出版社

国家重点基础研究发展计划（973 计划）“汶川地震发生机理及其大区动力
环境研究（2008CB4257）”项目和中国地震局监测预报司联合资助

东亚大陆大三角地震区 地震活动性概要

傅征祥 吕晓健 郝 平 邵志刚 陈 丹 编

地震出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

东亚大陆大三角地震区地震活动性概要 / 傅征祥等

编. —北京 : 地震出版社, 2012.10

ISBN 978-7-5028-4109-6

I . ①东… II . ①傅… III . ①地震地区—地震活动性
—研究—东亚 IV . ① P315.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 161012 号

地震版 XM2756

东亚大陆大三角地震区地震活动性概要

傅征祥 吕晓健 郝平 邵志刚 陈丹 编

责任编辑 : 樊钰

责任校对 : 李珩

出版发行 : 地震出版社

北京民族学院南路 9 号

邮编 : 100081

发行部 : 68423031 68467993

传真 : 88421706

门市部 : 68467991

传真 : 68467991

总编室 : 68462709 68423029

传真 : 68455221

<http://www.dzpress.com.cn>

经销 : 全国各地新华书店

印刷 : 北京天成印务有限责任公司

版 (印) 次 : 2012 年 10 月第一版 2012 年 10 月第一次印刷

开本 : 787 × 1092 1/16

字数 : 269 千字

印张 : 10.25

印数 : 001 ~ 430

书号 : ISBN 978-7-5028-4109-6 / P (4822)

定价 : 35.00 元

版权所有 翻印必究

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

目 录

第一章 绪言	(1)
第二章 东亚大陆大三角地震区地学背景	(4)
第一节 东亚大陆大三角地震区和板内强变形区	(4)
第二节 东亚大陆大三角地震区和高地形、厚地壳以及负布格 重力异常区	(8)
第三节 东亚大陆大三角地震区和活动地块区	(11)
第四节 东亚大陆大三角地震区的动力学背景	(13)
第三章 东亚大陆大三角地震区区域地震活动性	(22)
第一节 全球和地区的地震目录及完整性分析	(22)
第二节 东亚大陆大三角地震区 8 级地震时空分布特征	(27)
第三节 东亚大陆大三角地震区 7.5 级以上地震时空分布特征	(29)
第四节 东亚大陆大三角地震区 7 级以上地震时空分布特征	(35)
第五节 东亚大陆大三角地震区 6 级以上地震震中分布特征	(36)
第六节 东亚大陆大三角地震区的地震强度分布特征	(37)
第七节 东亚大陆大三角地震区震源机制特征	(38)
第八节 东亚大陆大三角地震区活动地块区的地震活动特征	(39)
第九节 东亚大陆大三角地震区活动地块边界带的地震活动特征	(41)
第十节 东亚大陆大三角地震区活动地块边界震源机制特征	(45)
第四章 东亚大陆大三角地震区分区(带)地震活动性	(47)
第一节 西南边界带(喜马拉雅弧)	(47)
第二节 西北边界带(兴都库什—帕米尔—天山—阿尔泰山—萨彦山)	(64)

第三节 东部边界带（中国大陆中轴构造带）.....(93)

第四节 内部区域（青藏活动地块区）..... (113)

第五章 东亚大陆、西亚大陆和东地中海地区地震活动性

 对比分析 (131)

 第一节 构造和动力学背景对比 (131)

 第二节 地震活动对比 (134)

 第三节 震源机制解对比 (143)

 第四节 现代地壳水平运动速度对比 (145)

 第五节 对比分析和讨论 (146)

参考文献 (151)

第一章 绪 言

Gutenberg 和 Richter 在 1954 年出版的《全球地震活动性及其相关现象》(Seismicity of the Earth and Associated Phenomena) 著作中指出 (Gutenberg and Richter, 1954, p.64, p.72 ~ 73), 在全球最重要的地震活动地带中, 除了环太平洋和阿尔卑斯地震带外, 就是非阿尔卑斯带 (Non-Alpide Asia) 的东亚大陆的大三角地震区 (Broad Triangular Area)。阿尔卑斯地震带是一系列连续的弧状构造, 从缅甸弧开始向西横跨亚洲, 经过欧洲地中海的阿尔卑斯弧进入大西洋止于亚速尔群岛。也就是说, Gutenberg 和 Richter (1954) 描述的东亚大陆大三角地震区不包含阿尔卑斯带上喜马拉雅弧段上的地震活动。Gutenberg 和 Richter (1954) 认为非阿尔卑斯带的东亚大陆大三角地震区的顶点在帕米尔 (Pamir) 高原附近 (图 1.1 中圆内带倒三角形的符号表示), 地震活动向东北和东南方向延伸。向东北方向延伸到贝加尔 (Baikal) 湖和以其为标志的凹陷, 称为帕米尔地震带, 构成东亚大三角地震区的东北边界; 向东南方向延伸, 构成大三角地震区的东南边界; 大三角地震区的东边界可能在 105° E 附近。因此, Gutenberg 和 Richter (1954) 定义的东亚大陆大三角地震区, 不包括中国大陆的东部及其沿海地区。Gutenberg 和 Richter (1954) 描述东亚大陆大三角地震区采用的地震资料, 是 20 世纪上半期 (1904 ~ 1952) 记录的强地震活动资料 (图 1.1)。

马宗晋等 (1986) 在研究全球地震系统时, 认为全球存在三大地震系统: 环太平洋、北

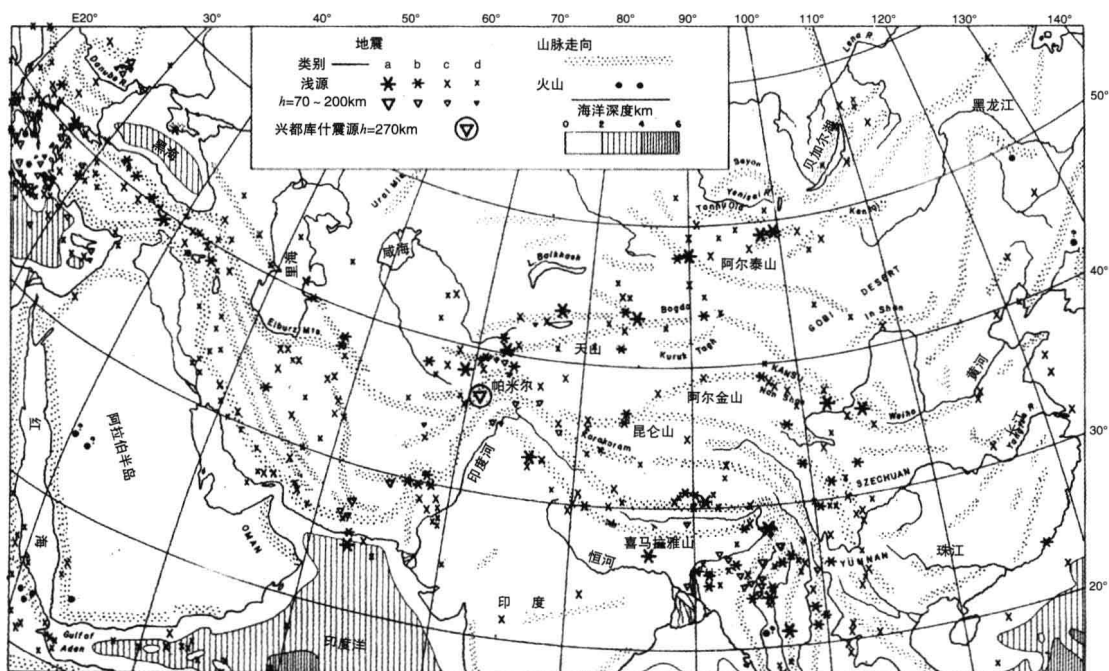


图 1.1 阿尔卑斯带和非阿尔卑斯亚洲大陆部分的地震分布图 (Gutenberg and Richter, 1954)

a: $M=7\frac{1}{4} \sim 8\frac{1}{2}$; b: $M=7.0 \sim 7.7$; c: $M=6.0 \sim 6.9$; d: $M=5.3 \sim 5.9$

半球大陆 ($20^{\circ} \sim 50^{\circ} \text{N}$) 和洋脊地震系统。北半球大陆地震系统包含了 Gutenberg 和 Richter (1954) 提出的阿尔卑斯地震带、非阿尔卑斯地震带 (欧亚大陆) 和北美大陆的地震活动分布 (图 1.2)。

对于北半球大陆地震带, 马宗晋等 (1986) 归纳有如下特征:

(1) 地震集中分布在 $20^{\circ} \sim 50^{\circ} \text{N}$ 之间的纬向带中, 但是, 地震活动频度随经度表现出不均匀性。在欧亚大陆上, 活动主要密集发生在 $12^{\circ} \sim 30^{\circ} \text{E}$, $40^{\circ} \sim 60^{\circ} \text{E}$ 和 $65^{\circ} \sim 105^{\circ} \text{E}$ 区域内, 在它们之间是活动相对弱的地区 ($30^{\circ} \sim 40^{\circ} \text{E}$, $60^{\circ} \sim 65^{\circ} \text{E}$, $105^{\circ} \sim 125^{\circ} \text{E}$)。若把活动相对强和弱的两个相邻地区组成一个地震区的话, 欧亚大陆上可以划分出三个地震区: 东地中海地震区 ($12^{\circ} \sim 40^{\circ} \text{E}$), 伊朗—阿富汗—巴基斯坦地震区 ($40^{\circ} \sim 65^{\circ} \text{E}$) 和中国—蒙古地震区 ($65^{\circ} \sim 125^{\circ} \text{E}$)。北美大陆构成类似的一个地震活动区。在这些地震区的西半部地震活动比东半部强, 东半部和西半部的分界是经向构造带。西半部的地震构造方向都是 NW 向的, 而东半部则是 NE 向的。

(2) 绝大多数的大陆地震是浅源地震, 少部分中源地震发生在地中海爱琴海岛弧、兴都库什和缅甸弧地区。

(3) 在欧亚大陆上的三个地震区的南部边界以及北美大陆地震区的西部边界都非常清晰, 都是全球较重要板块之间的边界。欧亚大陆三个地震区的西半部的南边界都呈弧形, 凸边指向西南, 它们分别是爱琴岛弧海沟、扎格罗斯弧和喜马拉雅弧, 其上的地震活动基本上属于逆断层断裂运动, 在广大的内陆地区则主要是走滑型地震机制。北美大陆地震区的西边界是走滑型的圣安德烈斯断层。

由上述的特征可知, 马宗晋等 (1986) 定义的中国—蒙古地震区 ($65^{\circ} \sim 125^{\circ} \text{E}$) 西半部的高地震活动区, 构成一个三角形的东亚大陆地震活动地区, 其东边界是位于约 105°E 的经向构造带, 西北边界是帕米尔—贝加尔构造带, 与 Gutenberg 和 Richter (1954) 指出的一致

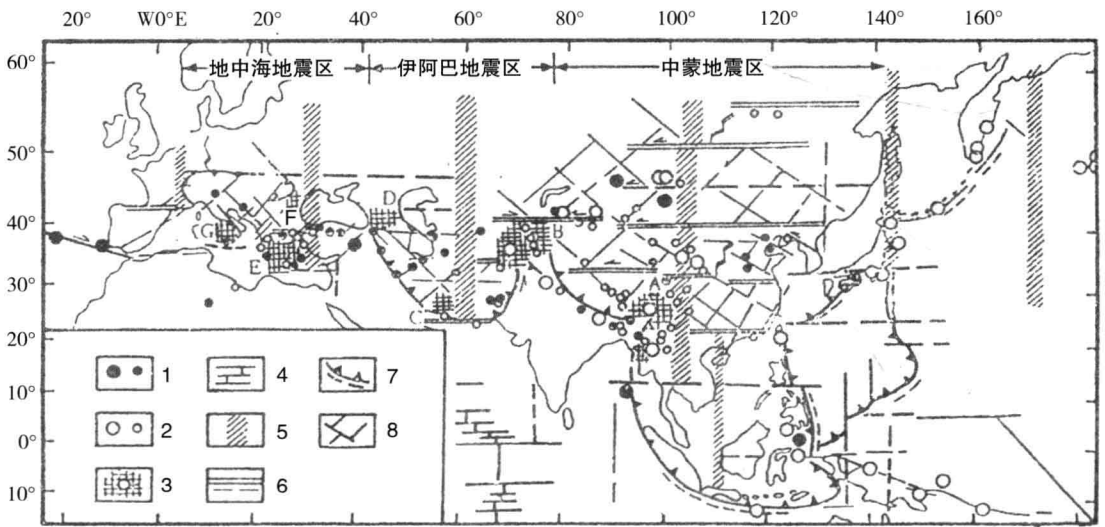


图 1.2 欧亚大陆地震构造系统纲要和地震活动分区图 (马宗晋等, 1986)

1. 地球转速减慢年的浅震震中, 大实心点为 8 级地震, 小实心点为 7 级地震; 2. 地球转速加快年的浅震震中, 大圈为 8 级地震, 小圈为 7 级地震; 3. 中深震震中; 4. 洋中脊构造带; 5. 经向构造带; 6. 纬向构造带; 7. 弧形 (地壳俯冲) 构造带, 虚线表示海沟; 8. 斜向 (交叉) 构造带。A. 雅鲁藏布江南; B. 帕米尔; C. 扎格罗斯山脉东南端; D. 扎格罗斯山脉西北端; E. 爱琴海; F. 喀尔巴阡山脉东南端; G. 意大利东南端及海域

的；而西南边界是喜马拉雅弧构造带，与 Gutenberg 和 Richter (1954) 指出的非阿尔卑斯地震带相区别。

本书沿用马宗晋等 (1986) 定义的东亚大陆大三角地震区的概念。

综上所述，位于欧亚板块东南部的东亚大陆大三角地震区的概念，主要是基于强地震震中分布的活动图像提出的，与此同时，地学研究者从构造和动力学的角度去探讨大三角地震区的地震活动特征和机理。因此，大三角地震区地震活动性的含义不仅是指地震的时空强分布的图像，也包括地震活动的构造和动力学背景分析。

到 20 世纪末，约 100 年的仪器记录到大量的全球地震活动。图 1.3 是 1964 ~ 1996 年间东亚地区地震 ($M_b > 4.5$) 震中分布图 (许忠淮, 2001)，进一步显示出上述东亚大陆大三角地震区的面貌 (图 1.3 中用黑线勾画)。

由图 1.3 可见，与西太平洋俯冲带连续和狭窄的地震带相比，在东亚大陆地区约 $65.0^{\circ} \sim 107.0^{\circ} \text{ E}$ ， $15.0^{\circ} \sim 60.0^{\circ} \text{ N}$ 地理范围内的大三角地震区，是地震十分离散和成块状分布的地区，其主体位置是中国、蒙古、印度北部及其周边地区。东亚大陆大三角地震区绝大多数是浅源活动，不多的中源地震 (深度 $70 \sim 300 \text{ km}$) 集中发生在兴都库什—帕米尔和缅甸地区。

在以下几章中，将分别描述东亚大陆大三角地震区及其分区 (带) 的构造、动力学背景和地震活动性。由于离散性的大陆地震活动，不仅出现在东亚大陆，也存在于西亚大陆和东地中海地区沿岸地区中，所以，在第五章中对比分析了东亚大陆—西亚大陆—东地中海地区地震活动性的异同特征等，为探讨其复杂性的机理提供观测素材。

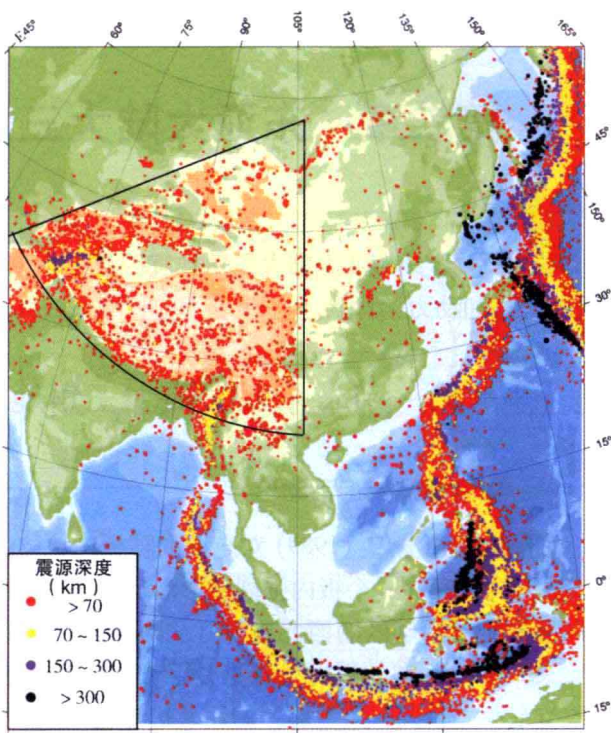


图 1.3 东亚地区地震震中分布图
($M_b > 4.5$, 1964 ~ 1996, 资料来源 ISC) (许忠淮, 2001)
图中用黑线勾画出东亚大陆内部地震活动密集的一个大三角形的区域

第二章 东亚大陆大三角地震区地学背景

本章概要介绍东亚大陆大三角地震区具有特色的地学（包括构造、地形、地壳厚度、近代形变等）和动力学背景。

第一节 东亚大陆大三角地震区和板内强变形区

一、板内强烈变形活动区

丁国瑜和卢演涛（1989）对东亚大陆板内块体的现代运动（图 2.1）的分析研究表明，在东亚大陆内部存在一个板内强烈变形活动区（白色图例）。

强烈变形活动区的西北边界（从阿富汗的兴都库什，经俄罗斯贝加尔，直达俄罗斯远东），是一条 NE 向的板内强烈变形活动区和相对弱变形区（点分布图例）之间的分界线，它大致与东亚大陆大三角地震区的西北边界相一致（图 1.3）。沿着该西北边界的兴都库什、帕米尔、天山、阿尔泰和萨彦等山脉，形成一种右侧阶梯雁列山系的地形，直到与贝加尔裂谷带连接，它是中亚变形区和西伯利亚稳定地台的分界（Boris Dehandschutter's, 2006, Study of the recent structural evolution of continental basins in Altai-Sayan of Central Asia）（<http://users.Telenet.be/boris.dehandschutter's/index.html>）。

强烈变形活动区的东边界沿着 105°E 附近，由北向南是近乎南北向的贺兰山—龙门山—安宁河—则木河—小江断裂，是强烈变形活动区和相对完整的鄂尔多斯与四川地块（竖线图例）的分界（图 2.1），它大致与东亚大陆西部大三角地震区的东边界相一致（图 1.3）。

强烈变形活动区的西南边界，是板内强烈变形活动区（喜马拉雅弧）和印度板块北部相对弱变形区之间的边界带（图 2.1），它与东亚大陆大三角地震区的西南边界相吻合（图 1.3）。

因此，东亚大陆大三角地震区的地震活动的总体图像可能与东亚大陆板内强烈变形区密切相关。

二、速度和应力场分布

为了获得覆盖东亚大陆大地测量连续的速度场，Calais 等（2006）结合三种 GPS 测量结果：①蒙古、贝加尔裂谷带和俄罗斯阿尔泰的测量，包括 110 个测量场址，其中 64 个在 1994 ~ 2004 年间至少有 3 期测量；以及 3 个连续观测站。②中国 1998 ~ 2005 年的 83 个观测台站，其中 27 个站在 1999 年开始改成连续观测，其他 56 个站是每年观测 10 天。③东南亚的 41 个场址 1991 ~ 2002 年的资料，得到东亚大陆地表现代的速度和应变场分布。

1. 速度场

图 2.2 和图 2.3 分别是东亚大陆 GPS 速度场和速度剖面。图 2.2 表明基于印度南部的班加罗尔（Bangalore）和海德拉巴（Hyderabad）场址的测量，印度和欧亚大陆之间的汇聚速度是 38 mm/a 。图 2.2 描述了东亚大陆西部的喜马拉雅和阿尔泰之间的 NNE 向运动，东部的

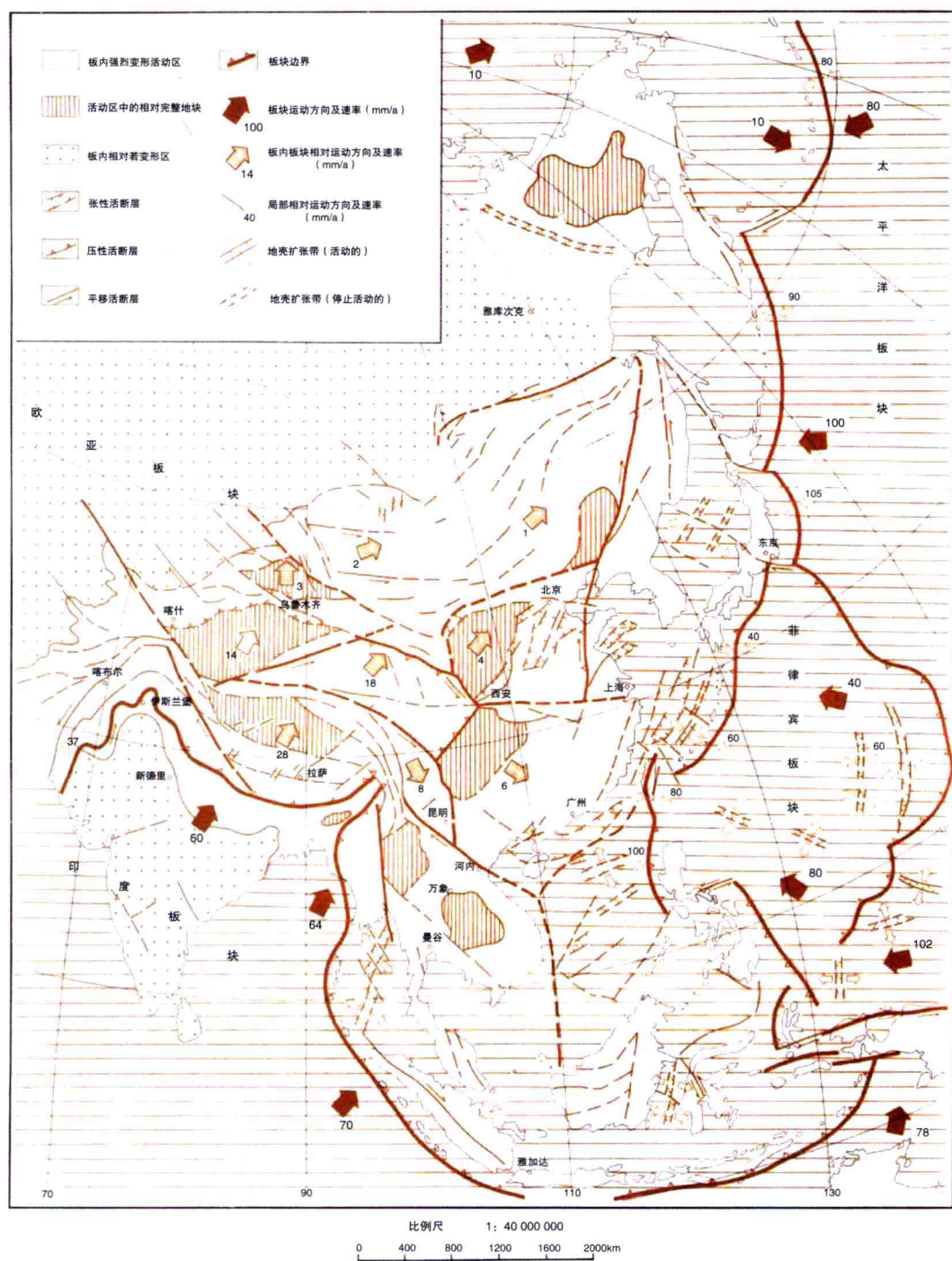


图 2.1 中国及周边东亚地区现代板块和板内运动状态略图 (丁国瑜和卢演涛, 1989)

中国大陆向 E—SEE 运动的大格局，以及喜马拉雅东部弧束附近西藏东部的顺时针旋转运动 (Calais et al., 2006)。

图 2.2 中勾画的西速度剖面 (A 区)、中间速度剖面 (B 区) 以及东速度剖面 (C 区) 的西南部，大致覆盖了东亚大陆大三角地震区。

西速度剖面 (图 2.2 的 A 区) 中 (图 2.3 上图)，平行剖面走向的速度 (棕色竖线点) 表明是一致的 NNE 方向速度，速度大小向北稳定减小，表示 NNE—SSW 方向的缩短。大约 20mm/a 的总缩短被喜马拉雅山调节。余下的 17mm/a 分配到西藏—西伯利亚地台，天山西区调节了大部分 (在西部是 17mm/a，向东减少到小于 10mm/a)。沿着剖面走向垂直方向 (SSE) 的水平速度 (蓝色竖线点)，在西藏—塔里木—天山地带明显小于平行剖面方向的速度，在西藏—塔里木部分地区还出现向西的运动；在阿尔泰以北，跨出大三角地震区，平行和垂直剖面走向的运动速度都趋于零。

在中间速度剖面 (图 2.2 的 B 区) 上 (图 2.3 中图)，沿着剖面走向的速度 (棕色竖线点) 表明水平速度显示出较复杂的图像，喜马拉雅山和西藏调节了约 20mm/a，祁连山以北没有缩短。西藏的 NNE—SSW 缩短被 17 mm/a 的 ESE 向运动所调节。祁连山以北跨过蒙古西部，直到贝加尔裂谷带，速度方向 ESE，大小为 3 ~ 5 mm/a。沿着剖面走向垂直方向的水平速度 (蓝色竖线点)，在印度北部—西藏南部明显小于平行剖面方向的速度，在西藏北部—祁连山—蒙古杭爱山两者运动速度趋同。注意到越过杭爱山东南端 (约在 105° E 以东)，即越

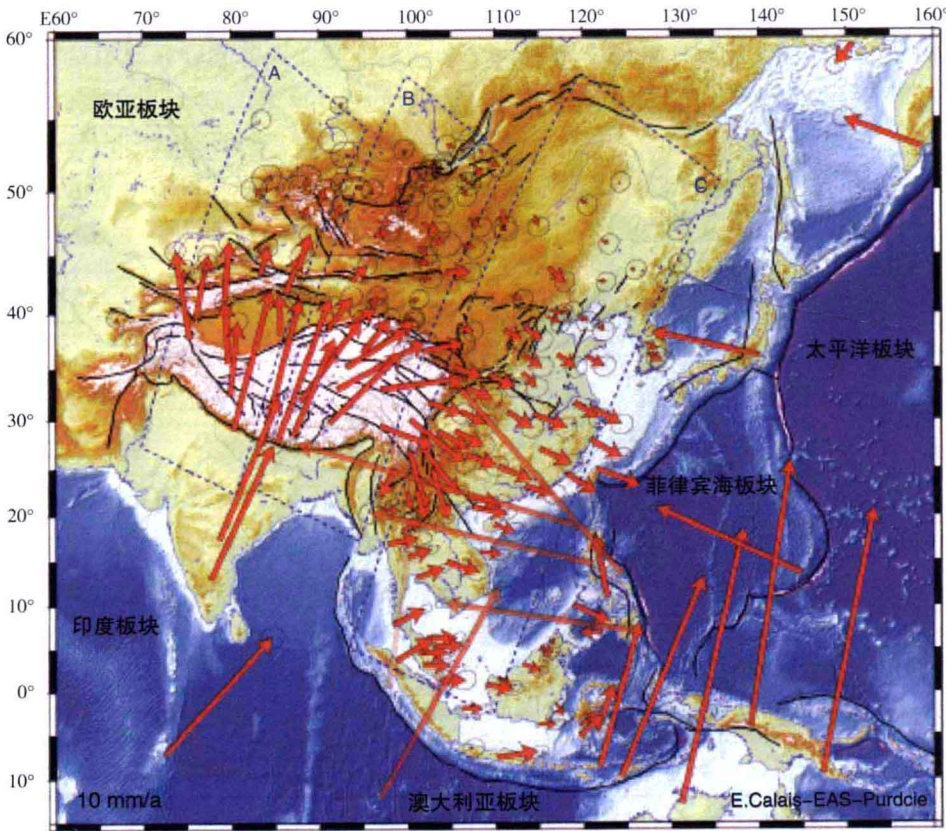


图 2.2 相对欧亚板块的东亚地区水平 GPS 速度场 (Calais et al., 2006)
虚线框是三个剖面的区域 (A, B, C)

出大三角地震区的东边界，平行剖面的速度趋于零。

在东剖面（图 2.2 的 C 区）上（图 2.3 下图），在蒙古东部、中国北部和南部一带（相当于大三角地震区的东边界及其邻近地带）东西两侧，水平运动多数表现为由 NE 或 NEE，指向 EW 或 SE 运动顺时针转动的图像。

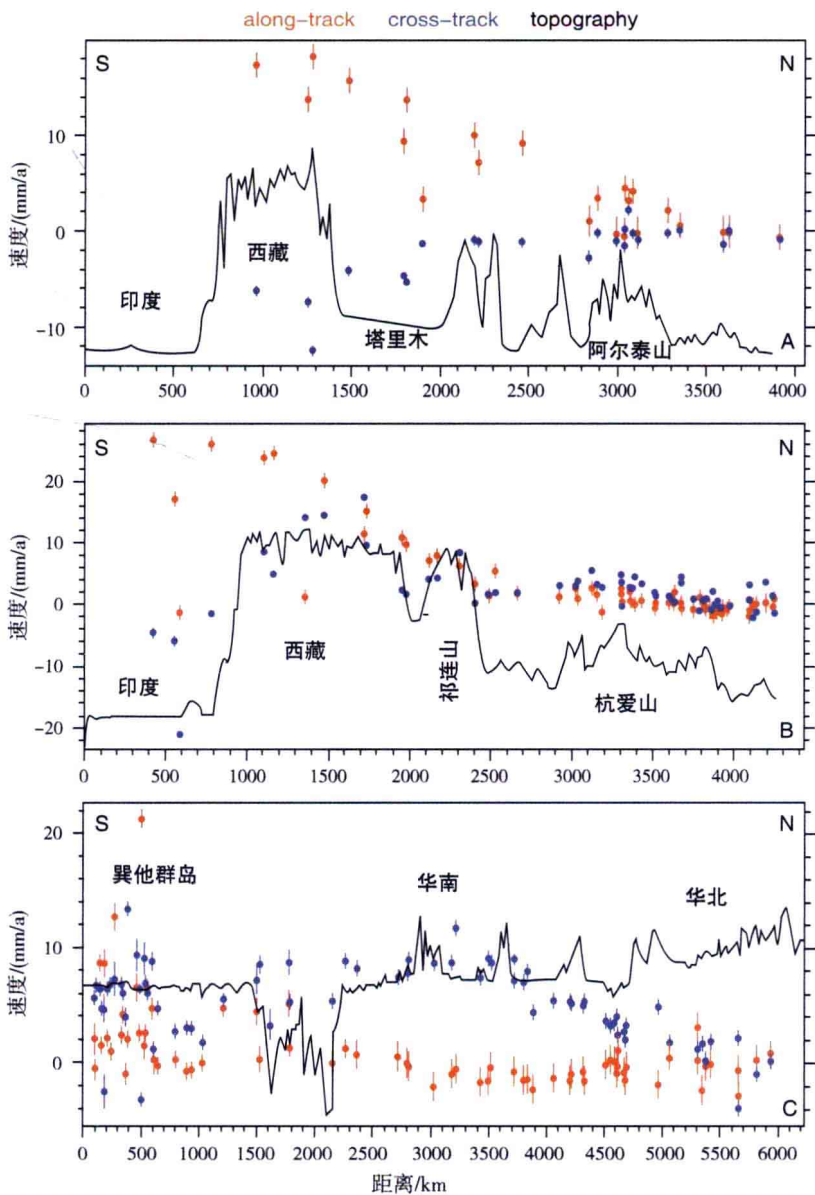


图 2.3 上、中和下图分别是图 2.2 东亚大陆中的 A、B 和 C 区域的 GPS 水平速度剖面（Calais et al., 2006）
棕色竖线点和蓝色竖线点分别是 GPS 速度在平行剖面（along-track）和垂直剖面（cross-track）方向上的分量，
黑色线是地形变化。剖面位置见图 2.2

2. 应变分布

Calais 等（2006）通过使用 Delaunay 三角测量划分研究区，计算每一个三角形应变率张量的第二不变量 $E=\sqrt{(\varepsilon_{ij}\varepsilon_{ij}/2)}$ ，或有效应变率， $E=\sqrt{(\dot{\varepsilon}_{ij}\dot{\varepsilon}_{ij}/2)}$ （式中 $i、j$ 是应变率张量分量）。

表达研究结果的图 2.4 表明，在大三角地震区内（喜马拉雅山、西藏、帕米尔—天山、阿尔泰山和戈壁阿尔泰山，除了塔里木盆地），应变率张量的第二不变量都大于 $3 \times 10^{-9}/a$ ，在喜马拉雅山、缅甸和沿着青藏高原东边缘最大值达到 $(2 \sim 3) \times 10^{-8}/a$ ，与周边外围地区（基本上小于 $3 \times 10^{-9}/a$ ）有显著的差别。与先前的研究结果一致（Wang et al., 2001 ; Zhang et al., 1988）。

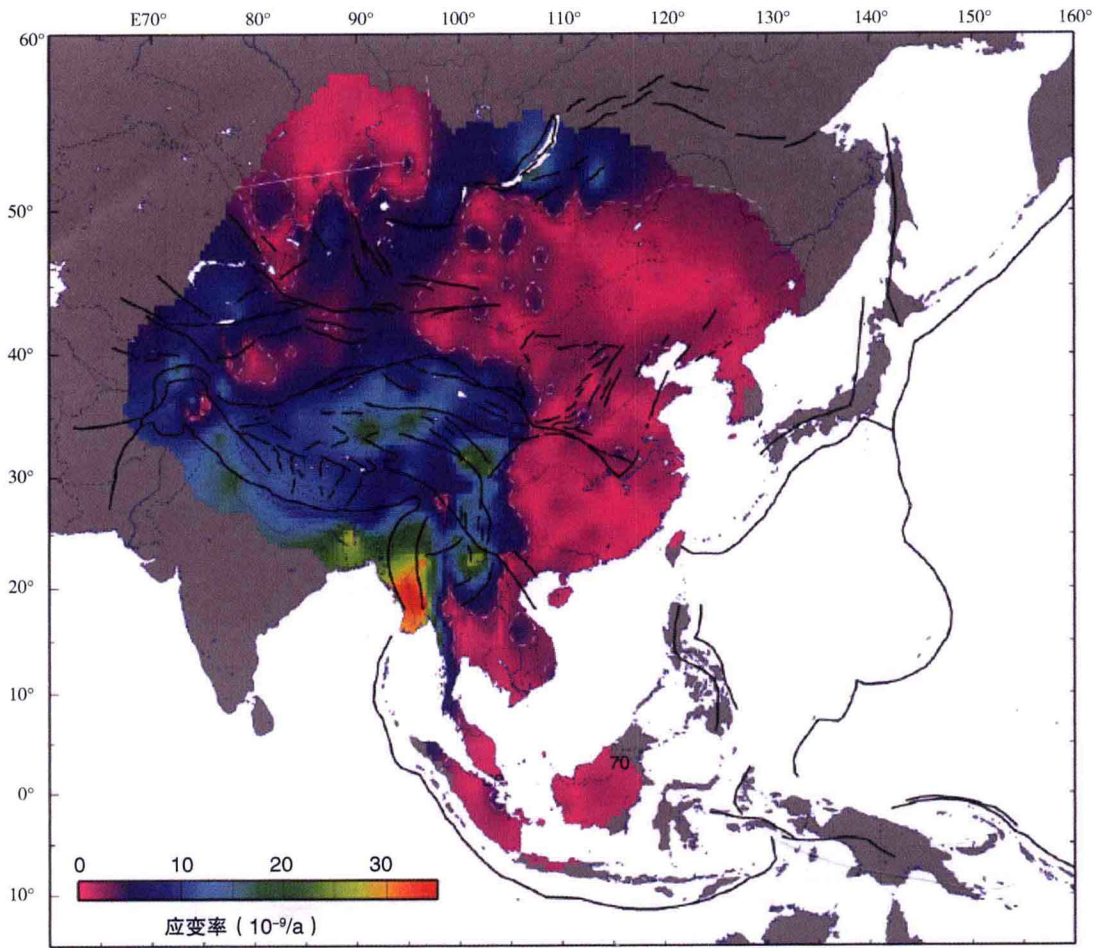


图 2.4 由 Delaunay 三角测量计算的东亚大陆应变率张量的第二不变量分布 (Calais et al., 2006)
白色虚线表示 $3 \times 10^{-9}/a$ 的等值线

第二节 东亚大陆大三角地震区和高地形、厚地壳以及负布格重力异常区

一、东亚大陆大三角地震区的地形

图 2.5 是亚洲大陆东部的地形图。显然，东亚大陆大三角地震区是亚洲大陆的高海拔地区，青藏高原的平均海拔 3000 ~ 5000m。亚洲大陆海拔超过 3000m 左右的山脉基本上集中分布在东亚大三角地震区中，包括喜马拉雅山、帕米尔、天山和阿尔泰山，构成所谓“中亚山脉三角” (Cobbold and Davy, 1988)。大三角地震区南部边界附近有该区最高的喜马拉雅峰海拔 8844.43m，超过海拔 7400m 山峰有中国昆仑山脉的公格尔山、大雪山脉的贡嘎山和天

山山脉的托木尔山；塔吉克斯坦的索莫尼峰。大三角地震区东部边界大致是由北向南，沿着俄罗斯萨彦山东端或贝加尔湖西端—蒙古西部多山区东缘，以及青藏高原东缘（约 105° E），是地形陡变边界。

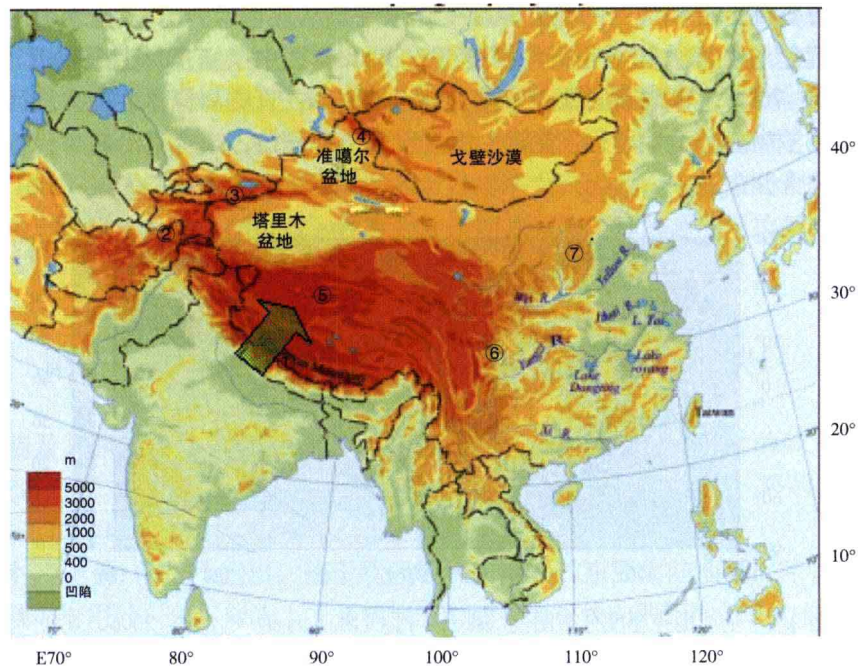


图 2.5 亚洲大陆地形图 (<http://www.soi.wide.ad.jp/class/20060029/slides/01/13.html>)

绿色箭头示意印度板块向 NE 运动与欧亚板块碰撞。①喜马拉雅山；②帕米尔高原；③天山山脉；④阿尔泰山脉；⑤青藏高原；⑥四川盆地；⑦太行山

二、东亚大陆大三角地震区的地壳厚度

研究地壳厚度的方法可以基于地震学方法（深震折射和反射数据，地震面波和远震数据），以及非地震学方法（重力、磁、电和古地磁，地质填图、岩石学、地球化学和深部钻探、热流）。根据 Mooney (2004) 的综合研究，全球大陆地壳厚度在 16 ~ 72km 范围内，多

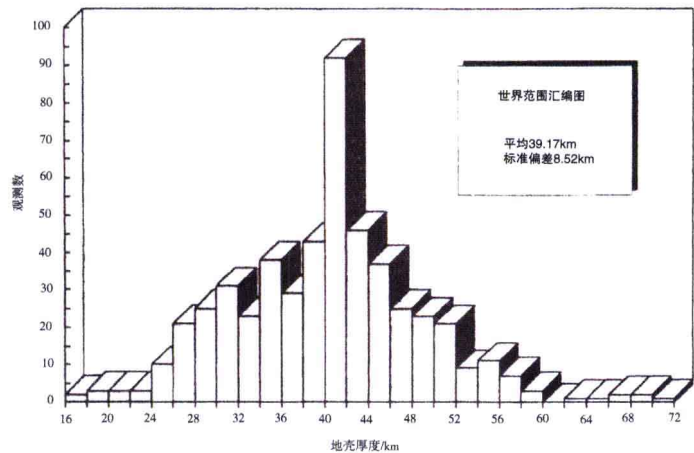


图 2.6 全球大陆地壳厚度直方图 (Mooney, 2004)

在 30 ~ 50km 之间，小于 25km 和超过 60km 的很少，平均厚度为 39km (图 2.6)。海区的地壳厚度比较薄。

图 2.7 是 Laske 等 (2006, 互联网) 编就的全球最新 2° × 2° 格点的全球地壳厚度分布图。从图上可看出，亚洲地区的地壳厚度变化范围是从几千米到 70 多千米，而东亚大三角地震区是明显超过全球大陆地壳平均厚度 (约 39km，图中淡绿色标上限附近) 的明显增厚区，达到 40 ~ 70km，青藏高原地壳厚度为 60 ~ 70km；青藏高原以北广大地区地壳厚度为 40 ~ 60km。这样的地区大体上沿着新生代强烈造山带分布，或者说沿新生代板块碰撞边界带和强烈影响带分布。

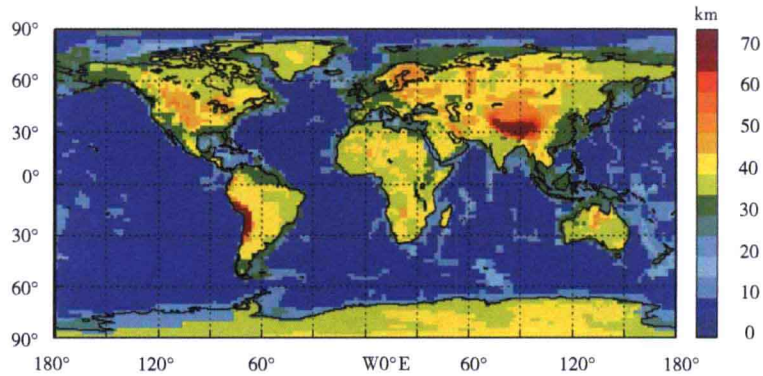


图 2.7 全球地壳厚度分布图 (Laske , G., G. Masters and C. Reif, 2006, 互联网)

三、东亚大陆大三角地震区的重力异常

作用在地球表面一个物质单元上的重力是地球中的引力和地球旋转的联合效应。如果地球是一个旋转的球对称体，这个球体的重力场就是地球的参考重力场。而地球的地形和密度

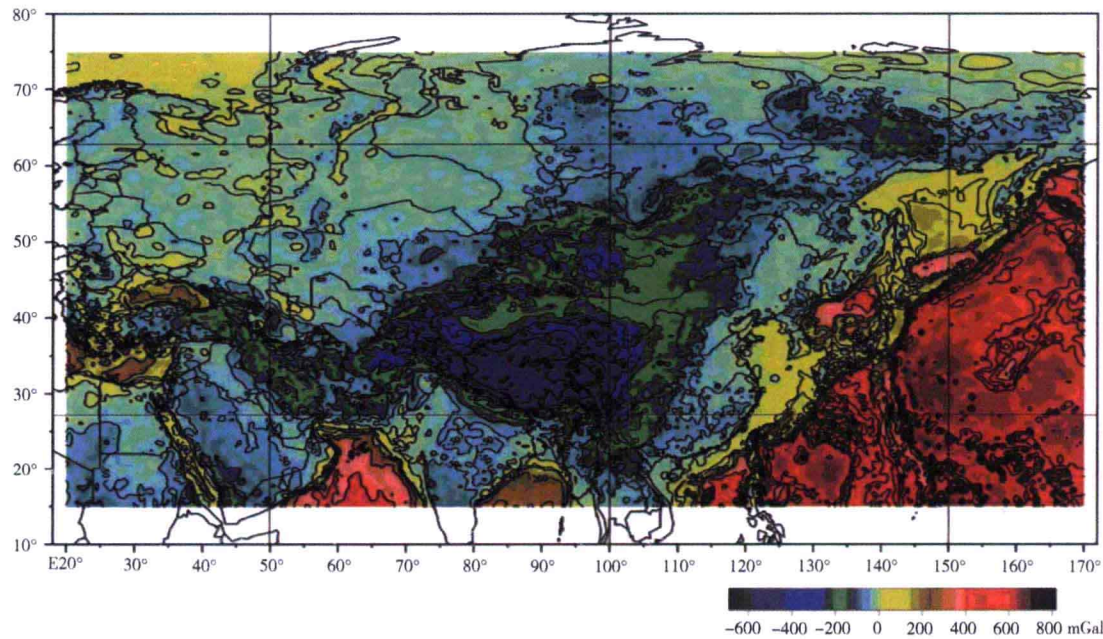


图 2.8 欧亚大陆布格重力异常分布图 (30' × 30' 网格分辨) (冯锐等, 2007)

的不均匀性引起的重力变化,称为重力异常。消除了局部(短波长)地形对引力的影响后,得到布格重力异常,但是它不能消除大区域(长波长)对地形的影响。由于水平尺度很大的山脉,会使岩石圈向下弯曲;同时,因为地壳岩石比地幔岩石轻,导致大山脉下面有低密度的根(Turcotte et al., 1982)。因而,布格重力异常是地壳上地幔密度分布和构造变化的叠加效果。

冯锐等(2007)基于 IGG97L 重力场模型,研究了欧亚地区的布格重力异常特征(图 2.8)。认为在欧亚大陆部分的东亚大陆大三角地震区中,青藏高原区的布格重力异常为异常低(负)的区域(-200 ~ -530Gal),其下有异常低密度的根;外围的兴都库什—贝加尔—云南是次之的低值区(-100 ~ -200Gal),其他广大区域的负异常不大;因此,东亚大陆大三角地震区大体上是岩石圈岩石密度异常低的区域。注意到在伊朗高原和土耳其高原周边是布格重力异常较低的地带。

第三节 东亚大陆大三角地震区和活动地块区

中国大陆及其邻近的东亚地区晚新生代和现代构造变形的活动地块运动研究有许多成果(邓起东, 1980; 张文佑, 1984; 马杏垣, 1989; 丁国瑜, 1989, 1991; 邓起东等, 1994; 张培震等, 1999, 2003; 等)。

丁国瑜和卢演铸(1989)指出,位于欧亚板块东南部的东亚大陆地区,除了受印度板块向北碰撞的动力作用外,还可能受太平洋板块和菲律宾海板块向西俯冲的动力作用(图 2.1)。图 2.1 描述了上新世(十余 Ma)以来,尤其是更新世晚期和全新世(1Ma)以来,东亚各个板内块体现代相对运动的形式、方向、速率及它们相互运动的整体协调状况。

在东亚大陆西部(约 105° E 以西),相当于东亚大陆大三角地震区,由于受到印度板块以约 60mm/a 的速率向北运动的作用,中国青藏高原地区地壳缩短、增厚、强烈隆起,并作顺时针方向的扭动。在高原内部形成了一系列沿着 NW-SE 向断层的左旋剪切滑动。其中,最活跃的鲜水河断裂和昆仑山北缘断裂将青藏地块划分为南北两部:南部地块以约 28mm/a 的速率,北部地块以 18mm/a 的速率向北及北东方向运动。在高原内部及其附近的一些菱形地块周围,则由于向北的运动和挤压形成了一系列高高隆起的链状再造山带。出现了以青藏高原为中心的向北、向东和向东南的扇形辐射状地壳块体运动格局。如塔里木地块是在以平均 14mm/a 左右的速率向北运动,挤压天山,使之再造山隆起。柴达木地块除本身发生褶皱外,还向北东方向以约 18 mm/a 的速率运动。川滇菱形地块以约 10 mm/a 的速率向南东方向运动,在其边界上出现一系列活动强度高的斜冲或走滑断裂。

可以看出,分布于青藏高原边缘及天山再造山带两侧的活动断裂,走向近 EW 的多表现出逆冲活动,走向 NE 或 NW 向的则多为兼有逆冲成分的走滑活动。它们的平均错动速率一般为 5 ~ 10 mm/a 或稍大。

天山以北的准噶尔地块向北运动的速率已减至 2 ~ 4 mm/a 左右。但由于受北部贝加尔一带活动的影响,蒙古西部地块和阿尔泰山区的部分断层又显示了较高的活动性。一系列 8 级地震的强烈活动,如 1931 年我国的富蕴 8 级地震、1905 年蒙古的杭爱 8.5 级地震和 1957 年蒙古戈壁阿尔泰 8.5 级地震等都形成了巨大的地表位移。阿拉善地区是介于青藏高原北部地块、鄂尔多斯以及蒙古西部地块之间的一个相对稳定的地带。

东亚大陆东部(约 105° E 以东)除中国台湾省外,周围板块运动导致的表部变形与位移

较西部明显减弱，没有强烈的新的再造山作用，但板块俯冲导致的深层物质活动及溢出十分明显。在中国华北等地新生代初期强烈进行的大规模裂陷作用及伴随的火山活动，在新第三纪以后已经大为减弱，地壳变形进入了裂陷之后的均夷调整，各地块间的相对扭动变形增强。鄂尔多斯地块向东北方向运动（运动速率约为 4mm/a ），同时有相对周围块体作逆时针方向的扭转。四川、扬子地块在不同程度上相对周围块体向东南运动，并具有一定的顺时针扭动，运动速率约为 $4 \sim 6\text{mm/a}$ 。东南沿海一带由于受西太平洋、菲律宾海板块活动以及冲绳海槽和南海盆地局部扩张的影响，活动断裂的平均滑动速率较华南其他地区稍高，约为 $1 \sim 3\text{mm/a}$ 或稍小。沿海的一些与区域主要构造走向相交的活动横断层，其错动方向自北而南由 NEE-SWW 逐渐变化为 NNW-SSE，显示出沿海一带大陆呈扇状向海辐散的蠕动图像。

总的来看，中国板内块体相对运动的状况，虽然程度不同地受到前新生代构造格架的制约，但明显地反映出它们与印度板块、西太平洋板块、菲律宾海板块及欧亚板块的相对运动状态有着密切联系，并且显示出有一定的区域性特征（丁国瑜等，1989）。

在以往研究的基础上，张培震等（2003）较系统地描述了中国大陆活动地块特征。活动地块是形成于晚新生代、晚第四纪（10 万 $\sim$ 12 万年），至现今仍然有强烈活动的构造带所分割和围限、具有相对统一运动方式的地质单元。活动地块边界构造活动强烈。活动地块具有分级性，高级别地块内部可能存在次级地块。地块内部的构造活动有两种形式：一种是相对稳定，不发生大幅度构造变形；另一种是内部次级地块之间发生相对运动，具有一定的构造活动性，但不论是其活动强度还是频度都远小于边界活动构造带。活动地块的运动不仅受到板块边界力的驱动作用，还受到深部动力作用；地块的底边界可能受不同层次的拆离带或滑脱带所控制，因深部动力作用不同，所表现在浅表的脆性构造变形和强震活动也不同。

根据上述活动地块的性质，张培震等（2003）将中国大陆及其邻近的东亚地区的活动地块划分为两级：I 级为活动地块区（active tectonic-block region）（简称地块区），II 级为活动地块（active tectonic-block）（简称地块）（图 2.9）。I 级活动地块区是青藏、西域、南华、滇缅、华北和东北亚 6 个（图 2.9 中以 A、B、C、D、E 和 F 表示），是全球构造活动最强烈的地区之一。

东亚大陆大三角地震区的位置，与青藏、西域和滇缅三个 I 级活动地块区的位置一致。可能表明大三角地震区的地震活动，与这三个 I 级地块区晚新生代和现代的构造活动密切相关。

I 级青藏地块区以喜马拉雅主逆断层为南界；北界是帕米尔逆断层—阿尔金—海原走滑断裂带；东界沿龙门山逆断裂，安宁河—则木河—小江断层和红河断裂带（图 2.9）。该地块区涉及到中国青藏高原，以及印度、不丹、尼泊尔、锡金、克什米尔、巴基斯坦、阿富汗和塔吉克斯坦的全部或部分区域。I 级青藏地块区内由南向北依据喜马拉雅、喀喇昆仑—嘉黎、玛尼—玉树、东昆仑和西秦岭—德令哈断裂带，划分出拉萨、羌塘、巴颜喀拉、柴达木和祁连 II 级地块；基于三江和鲜水河断裂带划分出川滇 II 级地块。

I 级西域地块区南界与青藏地块区北界接合，西边界沿着天山—阿尔泰—萨彦山系，向东与贝加尔裂谷连接，是由欧亚大陆相对强和弱形变区的分界推测的构造带；东边界是沿着蒙古博尔内断裂带—蒙古阿尔泰断裂带东端的近 SN 向的推测构造带，以及中国贺兰山断裂带（图 2.9）。该地块区涉及到中国西北部，以及塔吉克斯坦、吉尔吉斯斯坦、哈萨克斯坦、俄罗斯和蒙古的部分区域。I 级西域地块区内，依据南天山、北天山、富蕴—蒙古阿尔泰和博尔内断裂带，划分出塔里木、天山、准噶尔、萨彦、阿尔泰和阿拉善 II 级地块。