



亚洲 地震概要

中国地震局监测预报司 编

地震出版社

亚洲地震概要

中国地震局监测预报司 编

地震出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

亚洲地震概要/中国地震局监测预报司编. 北京: 地震出版社, 2007. 10
ISBN 7-5028-3086-1

I. 亚… II. 中… III. 地震—调查—亚洲 IV. P316.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 081141 号

地震版 XT200700024

亚洲地震概要

中国地震局监测预报司 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: 68467972

E-mail: seis@ht.rol.cn.net

经销: 全国各地新华书店

印刷: 北京地大彩印厂

版 (印) 次: 2007 年 10 月第一版 2007 年 10 月第一次印刷

开本: 787 × 1092 1/16

字数: 602 千字

印张: 23.5

印数: 001 ~ 800

书号: ISBN 978-7-5028-3086-1/P · 1325 (3810)

定价: 68.00 元

版权所有 翻印必究

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

序

亚洲陆地约 $4.4 \times 10^7 \text{ km}^2$ ，占全球陆地面积的近 30%；人口 36 亿以上，占世界人口的近 61%，是世界人居密度最高地区。亚洲广原巨峰高八千余米，海底深渊越万余米，均属全球地壳升降起伏之最。亚洲地壳变动甚是强烈，导致巨大震灾频发。1900 年以来的百余年中，全球发生 $M \geq 7$ 地震 1700 余次，发生在亚洲 700 多次，约占全球强震的 41%，可见亚洲防震减灾任务之重要。1976 年中国河北省唐山市 7.8 级大地震死人 24 万有余，几十年来政府和社会一直牵挂和无微不至照顾着大量重伤残患者。十多年的唐山新城重建，是中国人民奋进的奇迹。2004 年印度尼西亚 8.7 级大地震——海啸之巨灾死人 30 余万，波及印度洋沿岸许多国家，至今尚有受灾城乡未得以复建。巨大震灾实为发展中国家之巨大隐患！

此次由中国地震局监测预报司编印的《亚洲地震概要》的第一章首先是简要介绍全球强震活动与全球板块运动——动力学的关系；其次是划分全球三个具有独立构造动力学特征的地震构造系统；第三是以全球 GPS 矢量场简明地表述全球地壳运动状态与全球地震活动类型的相关性。这些都可能有助于对亚洲乃至全球巨大震灾形成机理的研究与预评估。第二章是关于亚洲地区构造活动和变形历史，地震区、带划分及其活动特征的简要描述。第三章是分别对亚洲各个国家（地区）地震构造背景、历史和近代地震活动特点以及地震灾害进行进一步的介绍。为有关国家对强震后可能存

在后续震情的预评估和现场救灾提供基本信息。最后，在附录一和附录二中分别列出亚洲国家（地区）有史记载以来的重要地震和1973年以来 $m_b \geq 6.0$ 地震目录，其主要目的不仅是为了研究亚洲各国强震时空分布规律，更是为了便于迅速了解强震发生所在国震中区的构造背景和历史地震状况的概要，为参与减灾行动提供必要的信息。

本书纳入的地震目录数据和相关研究的概述主要来自自己公开出版的文献和互联网的信息。总之，本书既是工作手册，又是用于研究亚洲地震活动规律之基础数据和参考资料。

邵辉成

2007. 1. 15

《亚洲地震概要》主要编写人员：

车 时 刘桂萍 傅征祥 金学申 邵辉成

王晓青 丁 香 宋喜先 陈尚平

目 录

绪言	(1)
第一章 全球地震构造和地震活动概要	(7)
第二章 亚洲地震构造和地震活动概要	(13)
第三章 亚洲国家 (地区) 地震构造和地震活动概要	(28)
第一节 中国	(28)
第二节 朝鲜和韩国	(51)
第三节 俄罗斯亚洲地区和蒙古	(56)
第四节 哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、 乌兹别克斯坦和土库曼斯坦	(66)
第五节 格鲁吉亚、亚美尼亚和阿塞拜疆	(74)
第六节 日本	(80)
第七节 菲律宾	(93)
第八节 印度尼西亚和东帝汶	(99)
第九节 缅甸、泰国、马来西亚、文莱、新加坡、老挝、 柬埔寨和越南	(107)
第十节 印度、巴基斯坦、尼泊尔、锡金、不丹、孟加拉国、 斯里兰卡和马尔代夫	(120)
第十一节 阿富汗	(138)
第十二节 伊朗	(143)
第十三节 伊拉克、叙利亚、约旦、黎巴嫩、巴勒斯坦、以色列、 沙特阿拉伯、也门、阿曼、科威特、巴林、卡塔尔和 阿拉伯联合酋长国	(148)
第十四节 土耳其和塞浦路斯	(156)
附录一 亚洲国家 (地区) 重要地震目录 (公元前 2150 ~ 公元 2005)	(165)
附录二 亚洲国家 (地区) 近期地震目录 (1973 ~ 2005, $m_b \geq 6$)	(342)

绪 言

本书主要概要介绍了亚洲各个国家（地区）的地震及其灾害和构造背景，并编集亚洲各个国家（地区）历史和近代重要地震的目录，以便于未来亚洲某个国家发生灾害性地震时，公众可从本书中了解该国过去的地震背景和灾害情况。同时，为从事亚洲地震活动特征分析的专业人员，以及对亚洲国家地震活动及其灾害感兴趣的读者提供参考资料。

全球海洋和陆地面积分别占总和的 71% 和 29%。全球有 6 块大陆，按面积大小依次为欧亚大陆、非洲大陆、北美大陆、南美大陆、南极大陆和澳洲大陆。欧亚大陆由亚洲和欧洲组成。亚洲是亚细亚洲的简称，位于东半球的东北部，东濒太平洋，南临印度洋，北滨北冰洋，西靠大西洋的属海地中海和黑海。在世界各洲中亚洲所跨纬度最广，具有从赤道带到北极带几乎所有的气候带和自然带。西北部以乌拉尔山脉、乌拉尔河、里海、大高加索山脉、博斯普鲁斯海峡、达达尼尔海峡同欧洲分界；西南隔苏伊士运河、红海与非洲相邻；东南面隔海与澳洲相望；东北隔宽仅 86km 的白令海峡与北美洲相对（中国地图出版社编制，2003）（图 1）。

亚洲大陆东至杰日尼奥夫角（ $169^{\circ}40'W$ ， $60^{\circ}5'N$ ），南至皮艾角（ $103^{\circ}30'E$ ， $1^{\circ}17'N$ ），西至巴巴角（ $26^{\circ}3'E$ ， $39^{\circ}27'N$ ），北至切柳斯金角（ $104^{\circ}18'E$ ， $77^{\circ}43'N$ ）。

亚洲面积 4400 万 km^2 （包括附近岛屿），约占世界陆地总面积的 29.4%，是世界上最大的洲。亚洲大陆与欧洲大陆毗连，形成全球最大的陆块——亚欧大陆，总面积约 5071 万 km^2 ，其中亚洲大陆约占 4/5。亚洲共有 49 个国家和一个地区（图 2，表 1），在地理上习惯分为东亚、东南亚、南亚、西亚、中亚和北亚。

东亚包括中国、朝鲜、韩国、蒙古和日本 5 个国家。

东南亚包括越南、老挝、柬埔寨、缅甸、泰国、马来西亚、新加坡、印度尼西亚、菲律宾、文莱和东帝汶 11 个国家。

南亚包括斯里兰卡、马尔代夫、巴基斯坦、印度、孟加拉国、尼泊尔、不丹和锡金 8 个国家。

西亚也叫西南亚，包括阿富汗、伊朗、阿塞拜疆、亚美尼亚、格鲁吉亚、土耳其、塞浦路斯、叙利亚、黎巴嫩、巴勒斯坦、以色列、约旦、伊拉克、科威特、沙特阿拉伯、也门、阿曼、阿拉伯联合酋长国、卡塔尔和巴林 20 个国家。

中亚包括土库曼斯坦、乌兹别克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦和哈萨克斯坦 5 个国家。

北亚指俄罗斯的西伯利亚地区（中国地图出版社编制，2003）。

亚洲人口 36.6 亿，约占世界总人口的 61%，人口密度居世界第一。人口以中国最多，人口在 1 亿以上的还有印度、印度尼西亚、日本、孟加拉国和巴基斯坦。人口分布以中国东部、日本太平洋沿岸、印尼爪哇岛、印度恒河流域等地最为密集（图 3）（中国地图出版社编制，2003）。

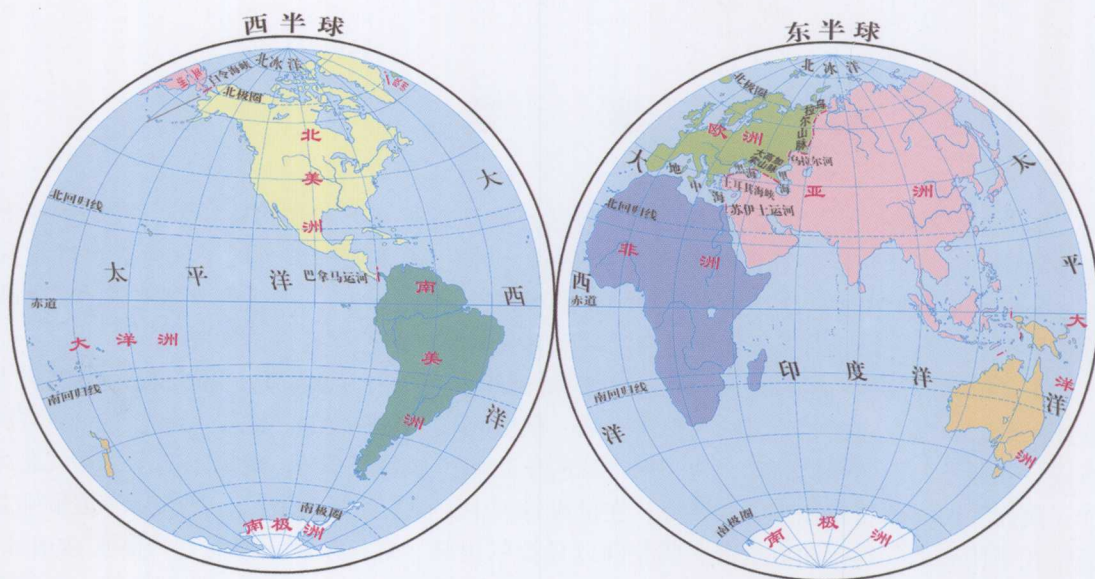


图1 位于东半球东北部的亚洲（地图教学网，2006）



图2 亚洲政区图（地球之旅，2006）

表 1 亚洲国家（地区）、面积、人口和首都（首府）表
(中国地图出版社, 2003)

国家和地区	首都或首府	面积 /km ²	人口 /万人	国家和地区	首都或首府	面积 /km ²	人口 /万人
中华人民共和国	北京	约 9 600 000	129 533	不丹	延布	46 000	60
蒙古	乌兰巴托	1 566 500	245	印度	新德里	2 974 700	102 700
朝鲜	平壤	122 762	2 355	孟加拉国	达卡	143 998	12 400
韩国	首尔	99 262	4 685	斯里兰卡	科伦坡	65 610	1 900
日本	东京	377 800	12 678	马尔代夫	马累	298	27. 8
越南	河内	329 556	7 632	伊朗	德黑兰	1 645 000	6 275
老挝	万象	236 800	530	伊拉克	巴格达	441 839	2 240
柬埔寨	金边	181 035	1 143	科威特	科威特城	17 818	227
缅甸	仰光	676 581	4 640	沙特阿拉伯	利雅得	2 250 000	2 020
泰国	曼谷	513 115	6 178	巴林	麦纳麦	760. 5	61. 6
马来西亚	吉隆坡	329 733	2 270	卡塔尔	多哈	11 437	60
新加坡	新加坡	647	389	阿拉伯联合酋长国	阿布扎比	83 600	276
文莱	斯里巴加湾市	5 765	32. 3	阿曼	马斯喀特	309 500	246
菲律宾	马尼拉	299 700	7 515	也门	萨那	555 000	1 758
印度尼西亚	雅加达	1 904 443	20 790	约旦	安曼	96 188	476
东帝汶	帝力	14 874	84	巴勒斯坦国	* *	(1)	639
哈萨克斯坦	阿斯塔纳	2 724 900	1 495	以色列	* *	(2)	617
吉尔吉斯斯坦	比什凯克	198 500	490	叙利亚	大马士革	185 180	1 700
乌兹别克斯坦	塔什干	447 400	2 441	黎巴嫩	贝鲁特	10 452	330
塔吉克斯坦	杜尚别	143 100	611	土耳其	安卡拉	779 450	6 550
土库曼斯坦	阿什哈巴德	488 100	520	塞浦路斯	尼科西亚	9 251	86. 4
阿富汗	喀布尔	652 300	2 192	阿塞拜疆	巴库	86 600	800
巴基斯坦	伊斯兰堡	796 095	13 058	格鲁吉亚	第比利斯	69 700	544
尼泊尔	加德满都	147 181	2 240	亚美尼亚	埃里温	29 800	380
锡金	甘托克	7 200	50	俄罗斯 (远东地区)			

* *: 1947 年 11 月联大第 181 号决议规定耶路撒冷国际化, 由联合国管理; 1980 年 7 月以色列宣布耶城为其永久、不可分割的首都; 1988 年 11 月新成立的巴勒斯坦国宣布耶城为其首都。

注: (1) 根据联合国关于巴勒斯坦分治决议规定, 在巴勒斯坦地区建立的阿拉伯国面积为 1. 15 万多 km², 后被以色列占领。1988 年 11 月, 巴勒斯坦国宣告成立, 但未确定其疆界。

(2) 根据 1947 年联合国关于巴勒斯坦分治决议的规定, 以色列国的面积为 1. 49 万 km²。目前实际控制 2. 7 万 km²。

亚洲地形的总特点是地势高、地表起伏大, 中间高、周围低, 隆起与凹陷相间, 东部有一列纵长的花彩状岛弧 (图 4) (引自 www. dipa. com)。平均海拔约 950m, 是除南极洲外世界上地势最高的一洲。山地、高原和丘陵约占总面积的 3/4, 其中有 1/3 的地区海拔在 1000m 以上。平原约占总面积的 1/4, 计 1 000 多万 km²。全洲大致以帕米尔高原为中心, 一系列高大山脉向四方辐射伸延到大陆边缘。主要有天山山脉、昆仑山脉、喜马拉雅山脉、阿尔泰山脉、兴都库什山脉、厄尔布尔士山脉、托罗斯山脉和扎格罗斯山脉等。在以上主干山脉之间有青藏高原、蒙古高原、伊朗高原、安纳托利亚高原和塔里木盆地、准噶尔盆地、柴达

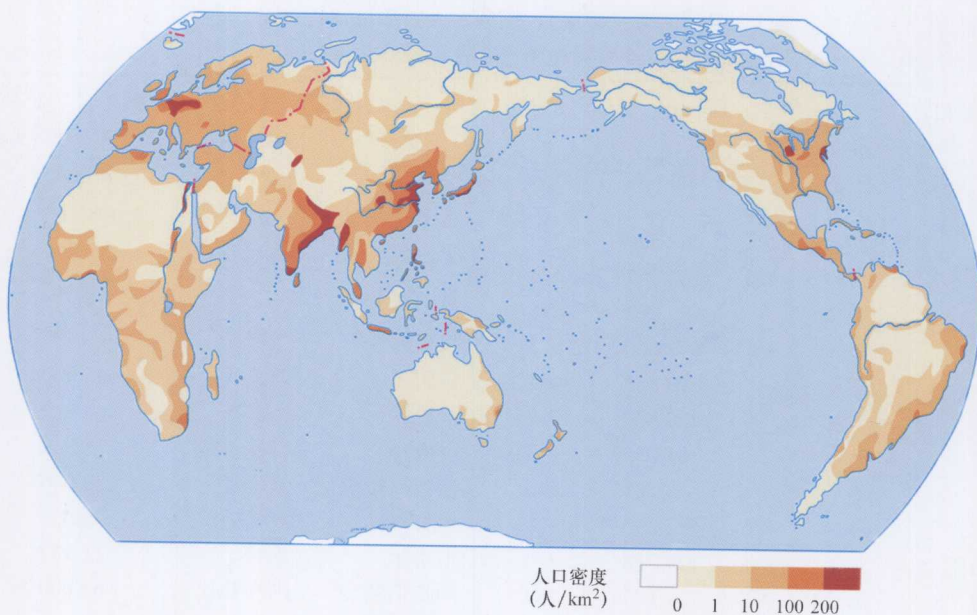


图3 世界人口分布图 (地图教学网, 2006)

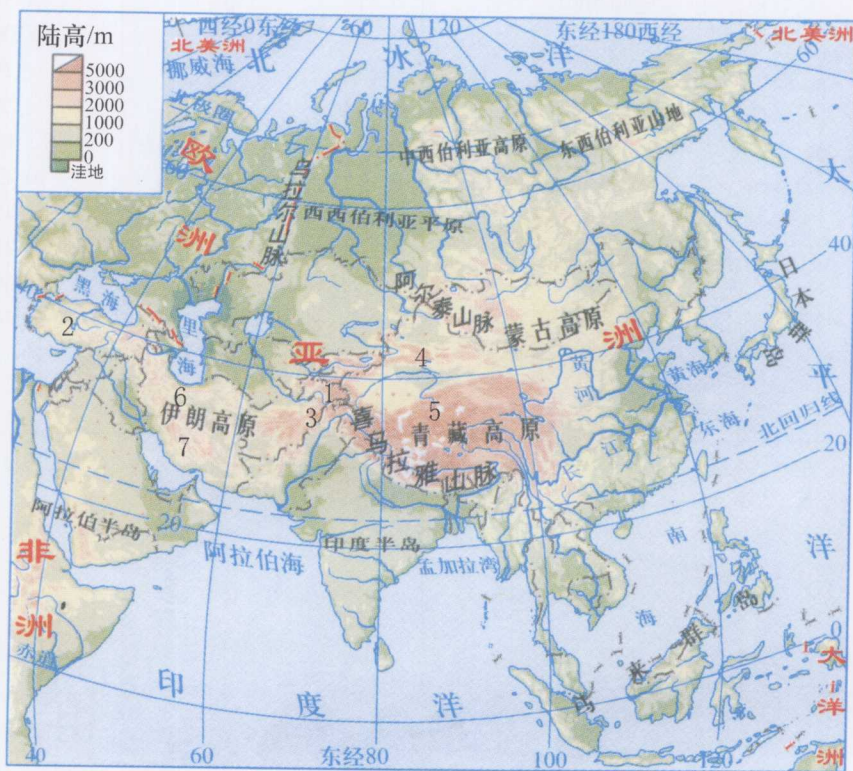


图4 亚洲地形图 (www. dipa. com, 2006)

数字表示图中未标识的高原和山脉: 1—帕米尔高原; 2—安纳托利亚高原; 3—兴都库什山脉;
4—天山山脉; 5—昆仑山脉; 6—厄尔布尔士山脉; 7—扎格罗斯山脉

木盆地等。在山地、高原的外侧分布着面积广大的平原，主要有东北平原、华北平原、长江中下游平原、印度河平原、恒河平原、美索不达米亚平原、西西伯利亚平原等。亚洲既有世界上最高的高原、山脉和山峰，又有世界上著名的平原和洼地。青藏高原素有“世界屋脊”之称，平均海拔 4500m；世界上最高的珠穆朗玛峰，海拔 8844.43m；西西伯利亚平原东西宽1500km,南北长 2300km，大部分地面海拔在 100m 以上；世界最低的洼地是死海，水面低于地中海海面 400m。亚洲不仅陆上起伏极端，且大陆东缘的弧形列岛与太平洋的海底部分也同样表现出起伏极端，列岛上的山脉与极深的海沟伴生。亚洲最高峰与邻近海域最深海沟高低相差约 20km（中国地图出版社编制，2003）。

亚洲是全球地震活动，特别是浅源地震最活跃的地区之一（第一章）。浅源地震的破坏力最大。由于亚洲人口密度大，大多数国家属于发展中国家，抗御地震的能力偏低，导致地震灾害十分严重。根据地震及其灾害目录（时振梁等，1986；中国地震局监测预报司，2001；楼宝棠，1996；美国地质调查所，[http: //USGS/NEIC: Significant Earthquakes of the World for 1981 ~ 2005](http://USGS/NEIC: Significant Earthquakes of the World for 1981 ~ 2005)），在 1900 ~ 2005 年间，全球约发生 1 714 次 7 级以上大地震，其中在亚洲约发生 713 次，占全球的 41.6%。在 1900 ~ 2005 年间，全球因地震死亡人数约为 190 万，在亚洲约为 158 万，约占全球的 83%（表 2）。根据 1900 ~ 2005 年亚洲国家（地区）地震死亡人数统计，以中国的地震生命损失最为严重（约 60 万），其次是印尼（约 27 万）（表 3）。自 1900 年以来，在中国发生了两次死亡人数超过 20 万的重大灾害性地震，即 1920 年 12 月 16 日宁夏海原 8.5 级地震，死亡 235 502 人，1976 年 7 月 28 日河北唐山 7.8 级地震，死亡 242 000 人。2004 年 12 月 26 日印尼苏门答腊以西近海发生 8.7 级地震，诱发巨大海啸，印尼本国死亡 235 800 人。海啸波及印度洋沿岸许多国家，导致斯里兰卡、印度、泰国、索马里、缅甸、马尔代夫、马来西亚和坦桑尼亚等国，分别死亡 30 900、10 700、5 300、150、90、82、68 和 10 人。1923 年 9 月 1 日日本关东发生 8.2 级地震，死亡约 15 万人。1990 年 6 月 20 日伊朗拉什特发生 7.7 级地震，死亡约 5 万人。

表 2 1900 ~ 2005 年全球和各洲地震死亡人数统计

地 区	亚 洲	美 洲	欧 洲	非 洲	其他	全 球
死亡人数/万人	158.9	18.1	12.7	1.6	0.2	191.5
百分比/（%）	83.0	9.5	6.6	0.8	0.1	100.0

注：参见如下三份文献：国家地震局震害防御司编译，1996；本书附录一；

[http: //earthquake. usgs. gov/regional/world/world_ deaths. php](http://earthquake.usgs.gov/regional/world/world_deaths.php)。

表 3 1900 ~ 2005 年亚洲国家（地区）地震死亡人数统计

国 家	死亡人数 /万人	百分比/ （%）	国 家	死亡人数 /万人	百分比/ （%）	国 家	死亡人数/ 万人	百分比/ （%）
中 国	60.4	38.01	印 度	7.3	4.59	阿 富 汗	0.7	0.44
印 尼	27.1	17.05	斯里兰卡	3.0	1.89	尼 泊 尔	0.4	0.25
日 本	16.4	10.32	土库曼斯坦	2.6	1.64	乌兹别克斯坦	0.4	0.25
伊 朗	15.0	9.49	亚美尼亚	2.5	1.57	吉尔吉斯斯坦	0.4	0.25
巴基斯坦	13.0	8.21	塔吉克斯坦	1.2	0.76	其 他	0.1	0.06
土 耳 其	7.5	4.71	菲 律 宾	0.9	0.57	总 和	158.9	100.00

注：参见如下三份文献：国家地震局震害防御司编译，1996；本书附录一；

[http: //earthquake. usgs. gov/regional/world/world_ deaths. php](http://earthquake.usgs.gov/regional/world/world_deaths.php)。

在 1992 ~ 1999 年间, 国际岩石圈计划 (ILP) 完成了全球地震危险性评估计划和编制了相应的图件 (图 5)。图中色标以白色到紫红色表示 10 个等级的地震动大小。定性上, 白色到深绿: 危险性低; 黄色到棕色: 危险性中等; 浅红到红色: 危险性高; 深红到紫红色: 危险性非常高。评估图表明, 未来亚洲的地震危险性是最大的。

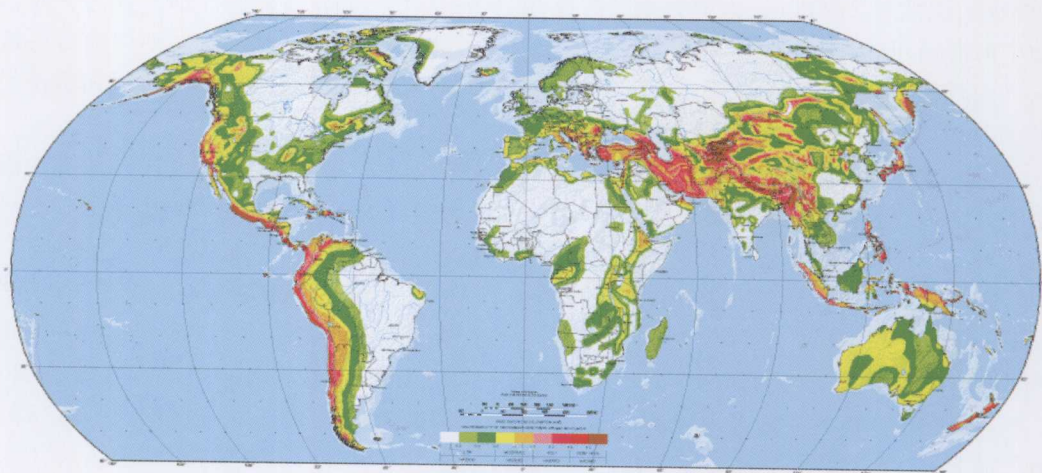


图 5 全球地震危险性分布图 (<http://earthquake.usgs.gov>, 2006)

图中色标以白色到紫红色表示 10 个等级的地震动大小。定性上, 白色到深绿: 危险性低; 黄色到棕色: 危险性中等; 浅红到红色: 危险性高; 深红到紫红色: 危险性非常高

本书第一章和第二章分别概要编辑了全球和亚洲的地震构造和地震活动的一般特征。第三章分别概要编辑了 50 个亚洲国家 (地区) 的地震及其灾害情况; 在其后的附录一中, 编辑了亚洲国家 (地区) 有历史记载以来 (公元前 2150 ~ 公元 2005) 7 级以上大地震和造成灾害的重要地震目录, 以及附录二中亚洲国家 (地区) 近期 (1973 ~ 2005) 6 级以上地震的目录。

由于对地震活动、地震构造和地震机制等方面的研究, 无论是对于全球、区域或国家地区而言, 还存在不同的学术观点和派别。所以, 本书编辑的亚洲国家 (地区) 地震活动、地震构造和地震机制等方面的某些研究结果, 可能不是最终一致的结论, 仅供读者参考。

参 考 文 献

- 国家地震局地质研究所编著. 亚欧地震构造图. 北京: 地图出版社, 1981
- 国家地震局震害防御司编译. 全球重大灾害性地震目录 (2150B. C ~ 1991A. D). 北京: 地震出版社, 1996
- 楼宝棠. 中国古今地震灾情总汇. 北京: 地震出版社, 1996
- 时振梁, 赵荣国, 王淑贞, 王敬贤. 世界地震目录. 北京: 地图出版社, 1986
- 中国地图出版社编制. 世界地图集. 北京: 中国地图出版社, 2003
- 中国地震局监测预报司. 中国大陆地震灾害损失评估汇编 (1996 ~ 2000). 北京: 地震出版社, 2001

第一章 全球地震构造和地震活动概要

地震是一种地球动力学现象。在地球内部的动力环境作用下，地震是岩石圈内部岩体或断裂某些部位上，应力应变积累集中（孕育）、释放（发生）和调整（发展）的过程。大地震发生表现为岩体或断裂大规模的破裂或粘滑。近代地震活动与最新的构造运动过程和活动断层关系密切。新构造运动过程的年龄小于 10 个百万年（大致相当于新生代的第四纪）。在亚洲地区，晚始新世至渐新世间印度次大陆与欧亚大陆发生碰撞以后，受上新世至早更新世间构造运动幕影响而活动或持续活动的断层，称为活断层（丁国瑜，1984）。

1. 全球板块构造学说概要

早在 20 世纪初，有一些科学家已认识到地球表层地壳块体的构造活动不是以垂直运动为主的，而是水平运动的。德国气象学家 Wegener (1915) 依据古地理、古气候、古生物、地质和地球物理的资料，提出了著名的“大陆漂移”学说，并指出，导致大陆漂移运动的力是潮汐力或地球自转伴生的力。然而，Jeffreys (1959) 在 20 世纪 20 年代就指出，这些力太小并不足以推动大陆漂移。Holmes (1931) 提出热对流能够驱动地幔的对流和大陆漂移。之后，直到 20 世纪 50 年代，随着海洋研究、深海钻探、古地磁，地震和地球物理各方面工作的进展，大量的研究结果支持“大陆漂移”的论点。

在 20 世纪 60 年代中后期，相继提出的海底扩张、转换断层和岩石层在岛弧区俯冲等假说 (Le Pichon, 1968; Wilson, 1965)，已经确立了对大陆漂移地质现象和过程综合理解的总格架。几乎同时，Mckenzie 和 Parker (1967)，Morgan (1968) 和 Le Pichon (1968) 都提出了全球板块构造学说。其一般特征是 (图 1.1)：

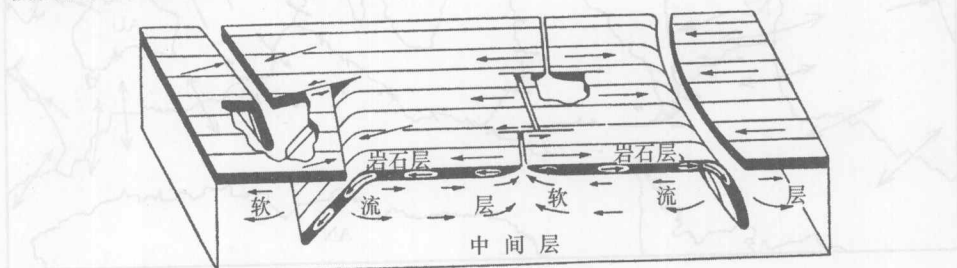


图 1.1 全球板块构造和运动示意图 (Isacks and Oliver, 1968)

(1) 地球的地壳和上地幔组成一个相对刚性的构造层（岩石层），厚度约 100km。在它的下面是软弱得多的软流层，厚度约为几百千米。

(2) 岩石层被划分为几个大的“刚性”板块（板块构造由此得名），这些板块在边界构造力作用下，相互间发生相对的水平运动和位移。几乎所有的构造活动、地震活动和火山活动都发生在板块边界上。

(3) 地球内部热物质从大洋中脊的拉张（位移）带和热点处上涌，熔融的玄武岩凝固

形成新生海洋板块，在地幔对流驱动下向邻近的大陆边缘扩张运动。在洋脊处的构造活动表现为张性断裂和转换平移断裂运动。

(4) 从洋脊开始的海底扩张，在陆缘深海沟处俯冲，使海底物质重新被吸收为地幔物质。在板块消减边缘的构造活动表现为仰冲和逆冲的逆断层运动。

按照全球板块构造观点，地球外层由一些岩石圈板块组成，在整个地质时代，这些板块在相对运动、相互作用和演化。以海底扩张洋脊、深海沟和转换断层、强地震活动带为界，全球岩石圈最初被分为六大一级板块 (Le Pichon, 1968)：欧亚板块，非洲板块，美洲板块，南美、太平洋板块，澳大利亚板块和南极洲板块 (图 1.2) (Gordon and Stein, 1992)。随着研究的深入，进一步细分出一些二级板块，在亚洲有菲律宾海板块、印度板块、阿拉伯板块等 (Gordon and Stein, 1992)。一些研究认为，在欧亚板块内还可以划分出阿尔卑斯二级板块 (国家地震局地质研究所编著, 1981)。阿尔卑斯板块南面是从伊朗扎格罗斯断裂带开始，向西经土耳其彼特利斯带南侧，再经塞浦路斯岛、希腊弧以南，最后通过西西里岛，与阿拉伯板块和非洲板块相邻；阿尔卑斯板块的北面是从阿富汗喀布尔向西，经伊朗科彼特山脉、阿塞拜疆—格鲁吉亚—俄罗斯大高加索山脉、黑海北侧、巴尔干山脉和阿尔卑斯山南侧，然后向南，绕亚平宁半岛西侧至西西里岛，与欧亚板块北部相邻。

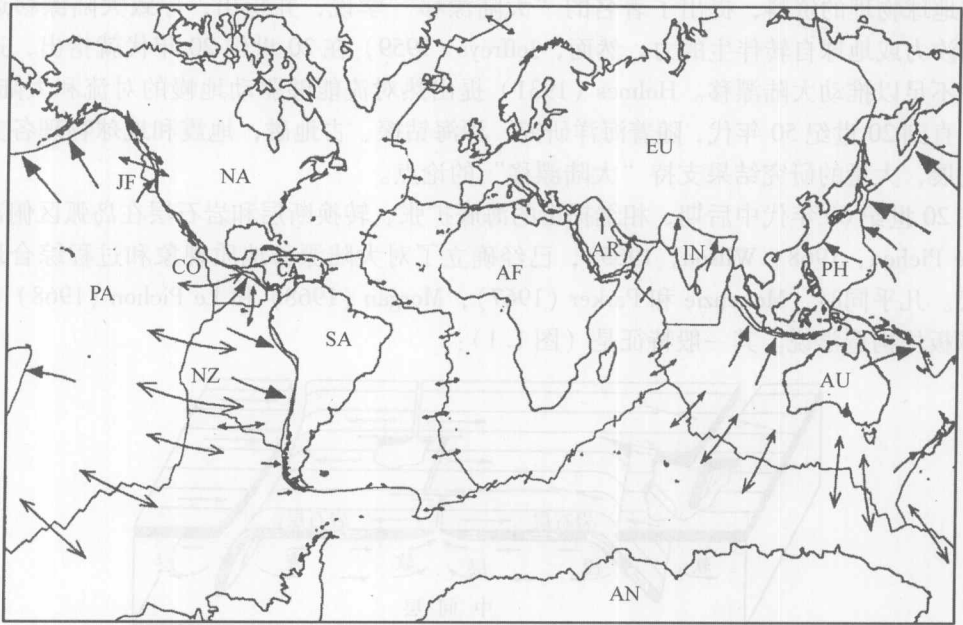


图 1.2 全球板块分布和相对运动的 NUVEL-1 模型 (Gordon and Stein, 1992)

AF—非洲板块；AN—南极洲板块；AR—阿拉伯板块；AU—澳洲板块；CA—加勒比板块；CO—可可斯板块；EU—欧亚板块；IN—印度板块；JF—胡安德福加板块；NA—北美板块；NZ—纳兹卡板块；PA—太平洋板块；PH—菲律宾海板块；SA—南美板块

图 1.2 是有代表性的板块分布图像，以及按 NUVEL-1 全球板块相对运动模型编制的板块几何学和速度分布图 (Gordon and Stein, 1992)。图中，板块边界用理想的细线表示，相对运动速度用箭头表示，箭头长度表示位移的大小。在中洋脊上分离板块用对称的箭头表

示扩张板块边界，由于板块相互推开，那里产生新的地壳；在其他地方用单向实心箭头划在俯冲会聚板块边界上，箭头指向逆掩的板块，由于板块相互消减和碰撞，那里的地壳消失到地球内部。附上无箭头垂线表示转换板块边界，由于板块相互滑动，那里地壳不产生也不消失。箭头长度表示 25Ma 以来仍维持目前相对的角速度条件下的位移量。表 1.1 列出了全球主要板块的面积（Jacquelyne Kiouss and Tilling，2006），从中可以看出，太平洋板块的面积最大，欧亚板块居第三位。

表 1.1 图 1.2 中全球主要板块的面积

板块名称	面积/km ²	板块名称	面积/km ²
Pacific (PA) 太平洋	103 300 000	Nazca (NZ) 纳兹卡	15 600 000
North American (NA) 北美	75 900 000	Indian (IN) 印度	11 900 000
Eurasian (EU) 欧亚	67 800 000	Philippine (PH) 菲律宾海	5 500 000
African (AF) 非洲	61 300 000	Arabian (AR) 阿拉伯	5 000 000
Antarctic (AN) 南极洲	60 900 000	Caribbean (CA) 加勒比	3 300 000
Australian (AU) 澳洲	47 000 000	Cocos (CO) 可可斯	2 900 000
South American (SA) 南美	43 600 000	Juan de Fuca (JF) 胡安德福加	250 000

建立在假设岩石层刚性板块漂移在软流层之上的全球板块构造学说，能够很好地说明和解释全球大尺度的构造活动现象，特别是显示出在板块边界上的巨大构造变形。该学说诞生之后受到质疑的重要问题是，关于单一的全球尺度地幔对流如何驱动板块运动尚不清楚之外，还面临如何说明“刚性”板块内部的构造变形和其他地质现象等。实际上，全球板块构造学说假定的刚性板块是一种“相对”的概念，它是相对软流层而言是“刚性”坚硬的；同时，是为了建立全球第一级大尺度板块相互之间水平运动崭新概念而采用的一种“近似”，这种情况下的“刚性”板块假设是相对合理和允许的。

2. 全球尺度地震活动分布的一般特征

Engdahl 等（1998）对 1964 ~ 1995 年全球发生的约 100 000 个地震事件（具有良好的远震走时资料）进行了重新定位。重新定位的结果已经应用在全球本尼奥夫带的高精度确定、全球和区域层析影像以及地球结构的研究中。重新定位的全球地震活动分布图像见图 1.3（Engdahl et al.，1998），图中用红、绿和蓝色分别表示浅源、中源和深源地震的震中位置。图 3 表明，全球地震活动震中分布具有明显的不均匀性。

全球地震活动集中分布在 4 个地震带（区）内（Mogi，1985），这种分布特点明确地阐明了这些地震带（区）与板块运动机制的有机联系。这 4 个地震带（区）是：

(1) 大洋脊地震带。

其地理位置包括大西洋、北冰洋和印度洋洋脊地震带，以及从墨西哥伸向太平洋的一支太平洋洋脊地震带（图 1.2 和 1.3）。根据板块理论的研究，上述这些洋脊断裂带，热的地幔物质从深部上涌并冷却凝固而形成新生的海洋板块。中洋脊断裂系统在宏观上是连续的，但在许多地方显示着不连续的错断（图 1.2 和 1.3），相当于洋脊与一些洋底的破裂带交错，即两段分开的洋脊顶部由走滑断层相连，称为脊对脊的转换断层（Wilson，1965）。这些复合的断裂系统能解释大洋脊地震带上存在的张性正断层和走滑断层的地震活动方式。

(2) 环太平洋地震带。

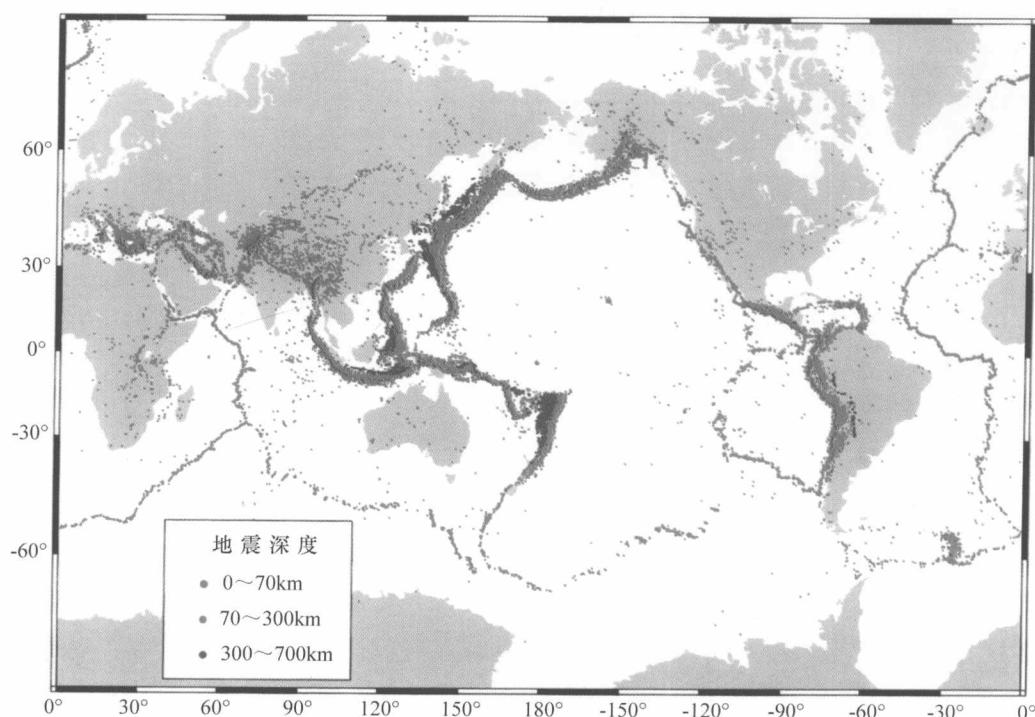


图 1.3 全球地震活动分布 ($M_w \geq 5.2$) (Engdahl et al., 1998)

根据板块构造学说,大洋脊处新生增厚的海洋板块,在洋脊推力和地幔流的驱动下,向两侧运动。对于环太平洋地震带的情况(图 1.2 和 1.3),太平洋洋脊两侧的海洋板块,在两侧或与大陆岩石层板块会聚,在巨大的走滑断层上相互滑过(如美国的圣安德烈斯转换断层);或与大陆边缘岛弧区(如欧亚和北美大陆边缘的日本和阿留申岛弧)会聚、弯曲和俯冲,在岛弧向洋一侧深海沟下面的板块弯曲部分,产生局部张应力而发生正断层地震活动,在岛弧与俯冲板块交界面上及邻近发生逆断层地震活动。这些都是板间地震。在下沉到地幔中的海洋岩石层板块内部发生中深源地震,这是在上地幔环境中板块内部发生的剪切破裂。中深源地震在环太平洋的日本岛弧和汤加群岛等地段特别发育。总之,环太平洋地震带上的不同类型地震活动和机制,通过海洋板块与大陆板块相互运动、会聚、弯曲、俯冲和下沉的过程,能较完整地理解。

(3) 地中海—喜马拉雅地震带。

该地震带位于非洲、阿拉伯和印度等大陆板块由南向北与欧亚大陆板块相互碰撞的边界上(图 1.2 和 1.3),因而,这里的地震震源机制绝大多数表现为逆断层活动。另外,在地中海—喜马拉雅地震带上的地震活动分布不如环太平洋地震带那样集中狭窄。而地震带南面的边界是十分清楚的,北面的边界模糊,与欧亚大陆内部的地震活动合在一起,显得较离散(图 1.2 和 1.3)。

(4) 大陆地震区。

在板块边界之外,在亚洲大陆、北美大陆和非洲大陆内部,地震活动也比较活跃(图 1.2 和 1.3)。特别是亚洲的中国大陆和北美大陆,它们由地震活动性很高的板块边界所围

绕。这些地区内的地震活动机制不仅受板块边界上板块相互运动作用方式的影响，同时也受板内活动断层运动方式的制约。

按照所述板块理论去描述地震发生的地理分布的同时，自然地吧地震划分为两大类：板间地震和板内地震（Kanamori and Anderson, 1975）。这是两种构造运动环境下产生的地震类型。上述的全球地震活动带中，大洋脊地震带、环太平洋地震带和地中海—喜马拉雅地震带上的浅源地震，基本上是板间地震；而大陆地震区的地震基本上都是板内地震。另外，在俯冲板块中发生的中深源地震亦看作板内地震（Isacks and Oliver, 1968）。

上述的全球板块构造学说，在解释全球绝大多数地震集中发生在板块分离、会聚边界和转换断层上，以及在理解震源机制和震源深度等方面，取得极大的成功。同时，全球运动板块之间边界上的相互作用方式，制约着板内地震活动和形变图像的观测研究，证明全球板块构造学说仍然是具有魅力的。

马宗晋等（1986）基于对全球地震构造特征的研究，将全球划分为三大地震系统：①环太平洋地震系统；②北半球大陆地震系统；③洋脊地震系统。

马宗晋等（1986）将 Mogi（1985）地震带划分的地中海—喜马拉雅地震带和大陆地震区中的北美大陆地震区，组成一个纬向的北半球大陆地震带（ $20^{\circ} \sim 50^{\circ}\text{N}$ 之间的纬向带），形成全球尺度的地震系统，它是包括北半球欧亚大陆和北美大陆的地震带。全球约 17% 的 7 级以上和 20% 8 级以上浅源地震发生在北半球的大陆地震带内（表 1.2），全球 80% 7 级以上大陆地震活动集中发生在北半球的大陆地震带内（马宗晋等，1986）。欧亚大陆地震区是北半球大陆地震带的主体。绝大多数的欧亚大陆地震是浅源地震，少部分中源地震发生在欧洲地中海爱琴海岛弧、亚洲兴都库什和缅甸弧地区。

表 1.2 1899 ~ 1980 年全球三大地震系统的强震频度（ N ）统计表

地震带	浅源地震 ($h < 70\text{km}$)				中源地震 ($h = 70 \sim 300\text{km}$)				深源地震 ($h > 300\text{km}$)			
	N (M_s ≥ 7.0)	$\frac{N}{\sum N}$ %	N (M_s ≥ 8.0)	M_s (max)	N (m_b ≥ 7.0)	$\frac{N}{\sum N}$ %	N (m_b ≥ 8.0)	m_b (max)	N (m_b ≥ 7.0)	$\frac{N}{\sum N}$ %	N (m_b ≥ 8.0)	m_b (max)
环太平洋	622	75.6	34	8.5	261	92.2	1	8.1	76	98.7	0	7.7
北半球大陆	138	16.6	9	8.6	21	7.4	0	7.6	1	1.3	0	7.0
洋脊	30	3.7	0	7.9	1	0.4	0	7.0	0	0	0	
其他	33	4.1	2	8.2	0	0	0		0	0	0	
总和	823	100	45		283	100	1		77	100	0	

在北半球大陆地震带的欧亚大陆上，地震活动主要集中在 $12^{\circ} \sim 30^{\circ}\text{E}$ ， $40^{\circ} \sim 60^{\circ}\text{E}$ 和 $65^{\circ} \sim 105^{\circ}\text{E}$ 区域内，在它们之间或邻近区域是活动相对弱的地区，呈现出明显的空间不均匀性。若把活动相对强和弱的两个相邻地区组成一个地震区，欧亚大陆上可以划分出 3 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（ $65^{\circ} \sim 125^{\circ}\text{E}$ ）（马宗晋等，1986）。不言而喻，这 3 个地震区内西半部地震活动比东半部强，西半部的地震构造方向都是北西向的，而东半部则是北东向的。

同时，欧亚 3 个大陆地震区的南部边界都是全球较重要板块之间的边界。每个地震区的