

亚洲太平洋地区国家 地震危害管理

——全球地震安全促进会工作组会议论文选

日本东京大学工业科学研究所国际减灾工程中心 编



地震出版社

亚洲太平洋地区国家地震危害管理

——全球地震安全促进会工作组会议论文选

日本东京大学工业科学研究所国际减灾工程中心 编
傅征祥 刘杰 杨满栋 等 译校

地震出版社

内 容 提 要

本书汇集了国际地震工程协会(IAEE)下属的全球地震安全促进会(WSSI),在1992年成立以来第一次召开的“亚洲太平洋地区国家地震危害管理”工作组会议论文。这些论文反映了这些国家和地区的历史地震及灾害情况、地震发生的构造背景、未来地震的危害以及存在的问题等多方面防震减灾科学和管理的研究工作状况。本文集可供地震及其灾害损失预测、防震减灾对策研究的专业人员以及有关的政府公务员阅读参考。

著作权合同登记 图字: 01-98-0333

Seismic Risk Management for Countries of the Asia Pacific Region — Proceedings of the WSSI Work shop —

本书版权归 International center for Disaster-Mitigation Engineering,
Institute of Industrial Science University of Tokyo, 1994.
本书中文版由著作权人授权地震出版社独家出版发行, 1997。
版权所有, 翻印必究。

亚洲太平洋地区国家地震危害管理 ——全球地震安全促进会工作组会议论文选

日本东京大学工业科学研究所国际减灾工程中心 编
傅征祥 刘杰 杨满栋 等 译校

责任编辑: 张晓梅

责任校对: 李 珩

*

地震出版社 出版发行

北京民族学院南路9号 邮码: 100081

中国地质大学轻印刷厂印刷

*

787×1092 1/16 10.125印张 260千字
1998年3月第一版 1998年3月第一次印刷
印数 001—500

ISBN 7-5028-1408-6/P·875

(1937) 定价: 15.00元

译者的话

在联合国国际减灾十年 (IDNDR) 活动的支持下, 国际地震工程协会 (IAEE) 于 1992 年批准成立全球地震安全促进会 (WSSI)。WSSI 于 1993 年 2 月 8 日至 11 日, 在泰国曼谷召开了关于亚洲太平洋地区国家地震危害管理工作组会议。该工作组会议提供了一种机会, 让亚太地区的国家认识面临的地震危害, 以及为完成减灾所要解决的主要问题。参加这次会议的有来自 19 个国家和地区 30 名代表。

会议引起了一些亚洲国家对减灾管理和研究的高度重视。例如, 巴基斯坦、泰国、马来西亚和尼泊尔成立了地震工程师的国家一级组织, 有的还设立了研究地震对建筑物影响的基金。

会议的论文报告由日本东京大学工业科学研究所国际减灾工程中心的 Meguro 和 Katayama 教授于 1994 年 9 月编辑成册 (INCEDE Report-1994-02, 1994 年 9 月), 本书主要是这个报告集的译本。另外, 1993 年 6 月 27 日至 7 月 3 日第七届太平洋科学大会“走向减轻自然灾害”工作组的论文, 其中涉及地震灾害的文章也纳入本文集中。

《亚洲太平洋地区地震危害管理》一书中的论文, 介绍了该区大部分国家和地区的历史地震及灾害情况、地震发生的构造背景、未来地震的危害以及为减轻灾害采取的对策和存在的问题。我们相信该文集的翻译出版, 对于中国同行了解该地区的地震灾害及其对策、促进中国的防震减灾事业会有参考价值。

译者

1997 年 12 月

目 录

全球地震安全促进会 (WSSI) 成立的背景和活动	<i>K. Meguro T. Katayama</i>	(1)
太平洋周边国家的地震危险性 (摘要)	<i>Bruce A. Bolt</i>	(4)
环太平洋板块构造和地质灾害	<i>W. G. Ernst</i>	(6)
美国加州和日本地震减灾 (综述)	<i>Risa Palm</i>	(22)
通过地震区划图减轻地震灾害——澳大利亚城市地区的规划	<i>John M. W. Rynn</i>	(29)
澳大利亚的地震减灾	<i>John M. W. Rynn</i>	(48)
孟加拉国的地震活动性	<i>Jamilur R. Choudhury</i>	(62)
文莱地震	<i>Leong Wai Fong</i>	(83)
印度——印度板块和欧亚板块连续碰撞的地方	<i>Harsh K. Gupta</i>	(89)
印度尼西亚的地震危害管理	<i>H. R. Sidjabat</i>	(103)
马来西亚的地震危害管理	<i>Leyu Chong Hua</i>	(111)
缅甸的地震危害管理	<i>U Htu Aung Cho</i>	(115)
尼泊尔的地震危险和危害管理	<i>A. M. Dixit</i>	(121)
中国台湾的地震减灾	<i>Chin-Hsiung Loh Chau-Shiung Yeh</i>	(130)
泰国的地震减灾现状	<i>Panitan Lukkunaprasit</i>	(136)
越南的地震减灾策略	<i>Nguyen Dinh Xuyen</i>	(146)

全球地震安全促进会 (WSSI) 成立的背景和活动

K. Meguro T. Katayama

〔日本东京大学工业科学研究所国际减灾工程中心(INCEDE)〕

1993年2月8~11日,全球地震安全促进会(WSSI)在泰国曼谷召开了亚洲太平洋地区国家地震危害管理工作组会议。WSSI是在联合国国际减灾十年(IDNDR)支持下,经国际地震工程协会(IAEE)批准成立的。曼谷工作组会议是WSSI第一次富有成效的活动。工作组会议是成功的,并成为IAEE和WSSI参与和实现IDNDR目标的一个进展。

一、背 景

IDNDR的最早思想是美国科学院院长F. Press博士在1984年旧金山召开的第八届世界地震工程大会上提出的。该思想在1987年列入联合国的决议中,并于1990年1月1日开始实施。

IAEE是地震工程领域的科学组织,所以它理所当然是实现IDNDR目标的活跃角色。在1992年马德里的IAEE会议上,决定成立WSSI,作为参与IDNDR的承诺。并成立了由7人组成的临时委员会,T. Katayama(IAEE秘书长)和H. C. Shah(斯坦福大学)为主席。1993年2月临时委员会出席在印度德里召开的IDNDR科学技术委员会会议,解释了WSSI的性质和工作计划。之后在曼谷举行了WSSI工作组会议。

全球没有其他区域像亚洲太平洋地区那样具有非常强的地震灾害。历史上,几乎全球自然灾害的85%发生在这个地区。并且,在这个地区注入适中的投资,便可使许多生命和财产免遭损害。这就是WSSI首先决定在曼谷组织工作组会议的理由。

二、目 标

目前,对广义地震危害管理和对狭义上的地震工程的了解是比较深刻的,假如将这些可用的知识综合利用,我们就能够通过管理来减轻灾害的危害。

然而,使我们左右为难的是面临危害的许多国家没有财力去完成必须做的事。采用与这些国家可利用的财力和愿望相适应的综合策略和正确的行动去管理灾害,是一种挑战。

寻找目前采取的行动与未来易损性之间的均衡,是制约地震后果的核心。为了选择最佳的方案,具备必要的知识和能力是基本的。

所以,工作组的目的是把亚洲和太平洋地区易受危害的人们召集在一起,采取防震减灾的措施,讨论他们面临的主要问题是什么。代表IAEE和WSSI出席工作组会议的是一些有充足经费的人,他们倾听了这些声音。

为了使工作组会议目的具体化,提出下列目标:

(1) 了解每个国家为管理地震灾害工作目前提供的财力和需求;

- (2) 提出每个国家开展工作的综合策略；
- (3) 向国际组织提供上述两方面的资料；
- (4) 建立参与国之间的网络；
- (5) 在教育、规划和工程区域合作方面，建立资助的组织。

三、成 果

有 19 个国家和地区的 30 位代表出席了工作组会议。原则上，代表的经费自理。在会议期间，召开了两次 WSSI 临时委员会会议。曼谷工作组会议的成功为以后 WSSI 的活动奠定了基础。

自从工作组会议召开之后，至今已过去了约 20 个月，总结一下 WSSI 的活动是适宜的。在曼谷讨论的一些事情已完成，一些还没有，主要是由于 WSSI 的组织还没有完全建立起来。

IAEE 指导委员会批准了 WSSI 的 11 位执行委员，他们已开过 3 次会，讨论了 WSSI 的工作方针。第一次 WSSI 指导委员会会议于 1993 年 9 月 7 日在东京召开，第二次和第三次会议分别于 1994 年 2 月 7 日在马尼拉和 1994 年 9 月 2 日在维也纳举行。

WSSI 已经组织、合作组织和资助了下列会议：

(1) 1993 年 6 月在日本冲绳召开了题为“走向减轻自然灾害”的工作组会议，会议文章在东京大学工业科学研究所国际减灾工程中心 (INCEDE) 的报告中刊用。

(2) 1994 年 1 月在越南河内召开了东南亚地震构造和地震危险性国际工作组会议。

(3) 1994 年 3 月在印度海德拉巴德召开了非工程设计建筑物抗震国际工作组会议。

(4) 1994 年 9 月在奥地利维也纳召开减轻地震危害——欧洲国家的需求和财力工作组会议。

(5) 1994 年 9 月在罗马尼亚黑海大学召开了会议。

(6) 1994 年 9 月在斐济苏瓦召开了太平洋岛国减灾机遇的工作组会议。

1993 年 11 月在新加坡、吉隆坡和加德满都召开了 3 次高级会议，另外两次将在 1994 年 12 月上旬在达卡和科隆坡举行。WSSI 还在吉隆坡、加德满都和马尼拉为当地的工程师举办了讲座。WSSI 执行委员会在全球许多地区，包括在澳大利亚、哥斯达黎加、印度、印尼、伊朗、日本、马来西亚、尼泊尔、新加坡和美国，介绍其宗旨和目标。WSSI 于 1994 年 5 月在横滨召开的国际减灾大会上举办了展览和设置展板。该大会是由联合国组织的，日本政府为东道主。大会回顾了 IDNDR 前 5 年的活动，规划了后 5 年活动的方向。

曼谷工作组会议唤起了某些亚洲国家为减轻地震灾害而持续努力的信心。巴基斯坦、泰国、尼泊尔、马来西亚因此而成立了地震工程国家级组织；巴基斯坦已加入 IAEE；泰国也准备加入；新加坡的一所大学已获得研究基金的资助，从事苏门达腊地震对新加坡建筑物的影响的研究。

如前所述，WSSI 已经是合法的实体。目前，WSSI 的工作是由东京大学 INCEDE 及斯坦福大学民用工程系来完成。有关 WSSI 活动的报道通常通过 INCEDE 新闻通讯季刊发布。我们特别过意不去的是在曼谷工作组会议后，中国台湾的同行出版了 WSSI 亚洲资源网络的新闻通讯。WSSI 的组织机构还不能充分定期地向台湾同行提供新闻资料。

WSSI 多少有点为过去 20 个月中所作的事情自豪。同时也强烈地意识到 WSSI 和它的活动应被全球地震工程师所熟悉，其障碍是时间和人手不足。为了使 WSSI 真正有效地起到促进作用，必须有更多的人加入，并献身于未来的活动中。

(杨满栋、傅征祥译 刘杰校)

太平洋周边国家的地震危险性

(摘要)

Bruce A. Bolt

(美国加州伯克利大学地质和地球物理系)

不论从地震活动的高频率还是从人口的稠密群聚分布来说,沿太平洋边界的地震活动都具有很高的危险性。世界上约 80% 的浅源地震及大多数中源及深源地震释放的能量均在太平洋板块的边界上。很多大地震,如 1923 年的关东地震、1960 年及 1985 年的智利地震、1964 年阿拉斯加地震和 1985 年的墨西哥地震,都发生在太平洋板块的消减带上。包括日本、中国、菲律宾、印度尼西亚、美国、墨西哥、秘鲁、智利和新西兰在内的许多周边国家都拥有作为综合工业基地的大都市。这个地区又拥有发展中的特大城市,其中至少有 10 个城市位于不小于 7 级地震的震源周围 100km 的范围内,它们包括东京、上海、旧金山湾地区、洛杉矶、墨西哥城、秘鲁的利马、智利的圣地亚哥。通过板块构造学理论的应用,对太平洋地震的震源机制及发生速率已经大致清楚。就此而论,太平洋是被几个主要的洋中脊、海沟和地震-火山热点支承,如夏威夷链。这些构造特点决定了该地区具有相当大的地震危险性。在所罗门群岛、大不列颠、新几内亚、印度尼西亚、菲律宾群岛、台湾、日本、阿留申群岛和美国中南部发现很多与消减带伴生的洋-陆板块碰撞的突出例子。这些复杂的碰撞带可以用于估算每个地区最大可信地震和预报该地区强地面运动的震源参数的重要变化。在太平洋板块的一些边界上有一些特殊问题,例如美国西部海滨的转换断层系统。在那里,形变受到了大陆与加利福尼亚海湾和戈达盆地的相互作用的影响。同样,菲律宾群岛、台湾和智利的转换断层在广阔的水平剪切带内产生了涉及地壳块体的平移、旋转和压缩应力。

太平洋地震可能引起很大的海啸。仅上一个 10 年中太平洋的这些毁灭性的海啸就使约 6000 人丧生。例如,1960 年智利康塞普申附近的一次地震产生的海啸就造成了太平洋周围大量财产损失和人员伤亡。日本海 1983 年 5 月的海啸大概造成日本西北海岸 100 人伤亡、毁坏及水灾。沿太平洋周边的 22 个国家受到的一个主要威胁是灾害性的海啸。到目前为止,这些国家中仅有少数几个国家拥有接收太平洋海啸警报中心实时警报的快速通讯系统。

目前已对太平洋沿岸的几个多地震国家的强地面运动的衰减和反应谱做了详细的估算,这可以用来作区划、工程规范和高标准建筑的设计。对于转换断层来说,地震危险性的分析已经发展到包括确定和概率假设的一套方法。对于板块消减构造,需要做一些调整。由于缺少基本观测,对太平洋周边的许多地区作长期危险性分析时都受到影响。最近,尤其是在得到强地面运动记录的 1992 年 4 月 25 日门多锡诺角的逆冲地震以后,对智利、墨西哥、日本和加州北部消减带上的地震部位的短期和长期危险性评定已作了实质性的研究工作。问题是能不能把太平洋一个构造区的弹性应变释放和地震地面运动参数的观测结果推广到另一个构造区。

这篇文章主要讨论 3 种实例记载。首先是卡斯卡迪亚消减带,它被定义为把胡安德府卡板块和相邻的戈达板块带到北美板块下面的消减厚板;板块运动显示了汇聚的速率约为

4cm/a,然而历史上沿俄勒冈一带基本上没有地震活动的记录。需要根据海啸、地面抬升和沿海岸线沉降的野外观测数据,利用改进的大地测量和地质方法来估算这一地区的危险性。

第二种实例记载源于目前对厄瓜多尔基多市地震易损性的研究。基多市在历史上不但遭受了附近的壳内地震破坏而且还遭受了更多的远处消减带地震的袭击,最近一次破坏性地震是在1987年。太平洋周边许多国家共同面临的一个基本问题是基于老式结构物破坏的历史报告对该地区作烈度评估。

第三种研究涉及到加拿大BC-Hydro公用公司完成的对不列颠哥伦比亚1990年地震危险性的回顾。这项研究需要根据区域构造、地质和自然地理的特征以及区域历史地震活动模式提取潜在的孕震带。这些孕震带从夏洛特皇后湾地震活动断层延伸到其北部延伸段阿拉斯加费尔韦塞活动断层,向南延伸到卡斯迪亚消减带。根据对位于海岸带后面的基多市的研究,沿落基山有一个地壳地震区。因此,危险性评估除了海岸以内上百公里的地壳断层作用外还应包括海洋板块的消减作用。

(张永仙译 杨满栋校)

环太平洋板块构造和地质灾害

W. G. Ernst

(美国斯坦福大学地球科学分校)

一、序

在太平洋洋盆及周缘地区,岩石圈板块的不同运动受控于海底扩张、大陆漂移和板块构造的进程。一般板块厚约 50~200km,平面尺度达几千公里。板块运动的驱动力是地幔对流,它是地球内部因热量引起的重力不稳定而形成的。在近地表,岩石圈板块的结合方式主要有三种类型:离散(扩张)、汇聚(俯冲)和转换(走滑)。三种结合方式形成的边界都伴随强烈的地震活动、火山活动和地块滑移。扩张脊产生新的洋壳,主要位于洋盆内部,以浅源地震和玄武质火山构成的狭窄构造带为特征;俯冲带增生新的陆壳,沿岛弧和活动大陆边缘分布,以由浅源、中源和深源地震构成的向陆倾斜的宽阔构造带为特征,同时具有玄武质和强烈的安山质火山活动。走滑断层一般不产生陆壳或洋壳,但以反映地壳位移的大量的浅源地震和离散式火山活动为特征。在岩石圈板块边界,通常具有不同类型的显著的地壳隆起和沉降,这样,变形的基岩和构造斜面有利于产生大量的物质下滑运动。地震活动、火山活动、地块滑移和沉降、沿海地区洪涝是环太平洋地区人员伤亡和经济损失的重要原因。

海底扩张、大陆漂移和板块构造运动是地球内部能量向地表转化过程的无情表征,我们永远也无法摆脱这些地质影响。然而,了解引起地震、火山和物质运动的原因,将使人类能够找到减轻人员伤亡和经济损失的有效途径。在不同尺度上制定有效的计划应包括如下内容:正确地认识和评估地质灾害;合理的土地利用;建立安全的设施;实时准确的对即将到来的地震、火山或滑坡进行预报。以现今经济实力和技术水平,可以科学地评估场地地质灾害造成的经济损失,从而建设坚固的设施,但还不能准确预测未来的地质灾害。

图 1 为太平洋海底地貌图,可看到两种主要图像:①洋盆边缘大多伴有高耸的火山山系,如安第斯、中美洲、美国西部、加拿大科迪勒拉、南阿拉斯加、阿留申、勘察加半岛、千岛、日本、马利亚纳、印度尼西亚群岛、汤加-斐济和新西兰等;②海岸外侧分布有极深的(7~10km)陡峭的海沟——平行于大陆边缘和岛弧带的狭窄斜坡。这些年轻山脉集中了全球大多数破坏性地震、海啸、火山喷发和滑坡。

太平洋也是全球最大的水体。由于反射率低,输入的太阳能(尤其在热带地区)为全球最强有力的风暴系统提供了驱动力。这样,台风、风暴和沿海洪涝在环太平洋地区造成了巨大的经济损失和人员伤亡。

二、太平洋盆地的区域地质背景

除大洋中脊的浅源地震外,全球的地震分布大部分与大陆边缘和岛弧带相关。浅源(0~

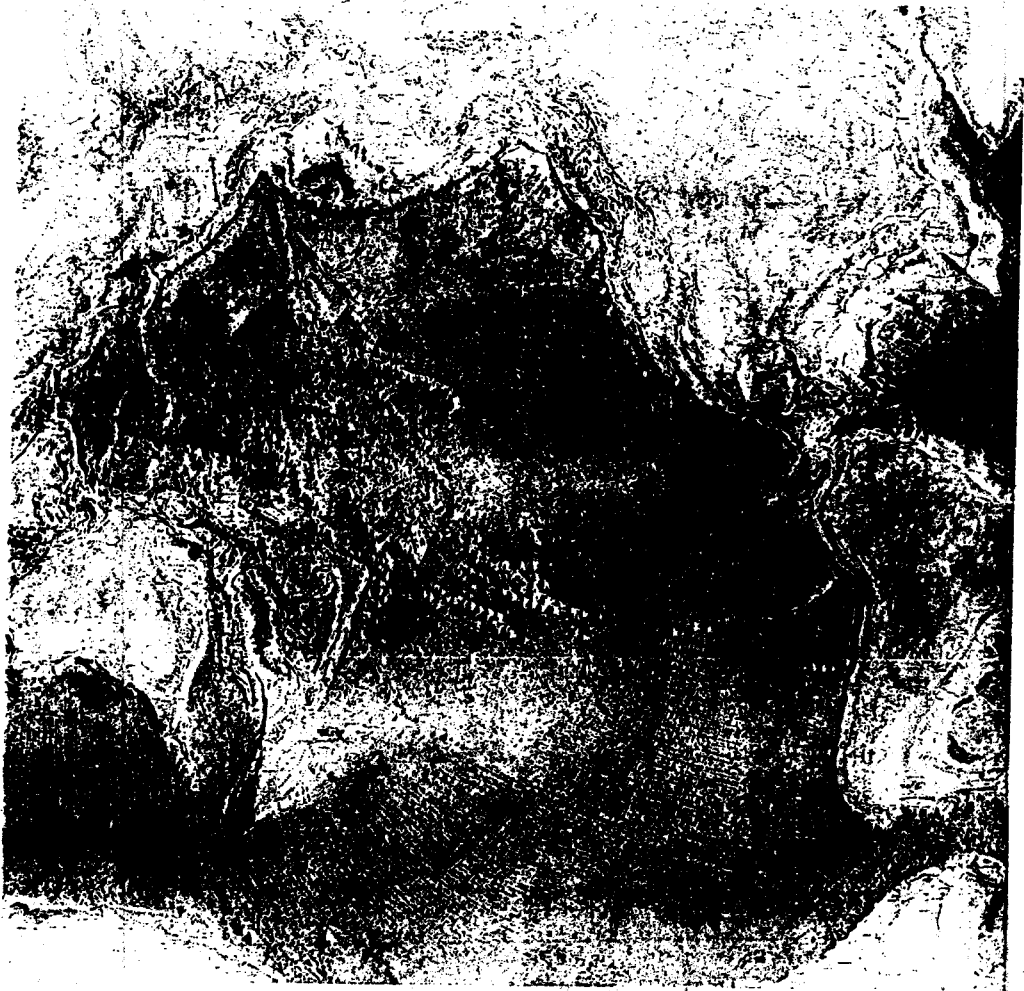


图1 太平洋海盆里海底山脉链和边缘海沟的海底地貌图 (Heazen and Trarp, 1977)

50km) 地震发生在海沟附近, 越靠近大陆, 震源深度越大 (中源地震: 50~200km, 深源地震: 200~700km), 地震震源分布形成向陆的斜面, 穿过岛弧、大陆边缘, 一直伸入大陆内部。图2为1961~1967年全球地震震中分布图。基于海底扩张、大陆漂移和板块构造等概念, 我们认识到地震是由于相邻岩石圈板块之间的相对运动而产生的, 一般来说, 地震震源分布勾画了板块边界 (图3)。

与稳定而古老的大陆内部地区不同, 太平洋周缘以中生代或更年轻的造山带为特征。该区挤压变形现象广泛分布, 说明太平洋边缘结晶基底有显著的横向缩短。在这些褶皱山脉中, 随处可见以断层为边界的微型陆块和众多的洋壳碎片, 这一现象说明, 众多地体沿大陆边缘和岛弧带漂移运动, 并最终在大陆边缘堆积, 使大陆增生。

上述现象是岩石圈板块汇聚运动的重要证据, 描述了世界上最大洋盆的消减进程。在太平洋, 海底扩张运动通过东南印度洋洋脊—东太平洋洋隆系统的活动得到反映, 沿这些巨大的洋中脊产生的扩张速率约为 6~10cm/a, 大约是大西洋中脊扩张速率的 3 倍。然而, 与大

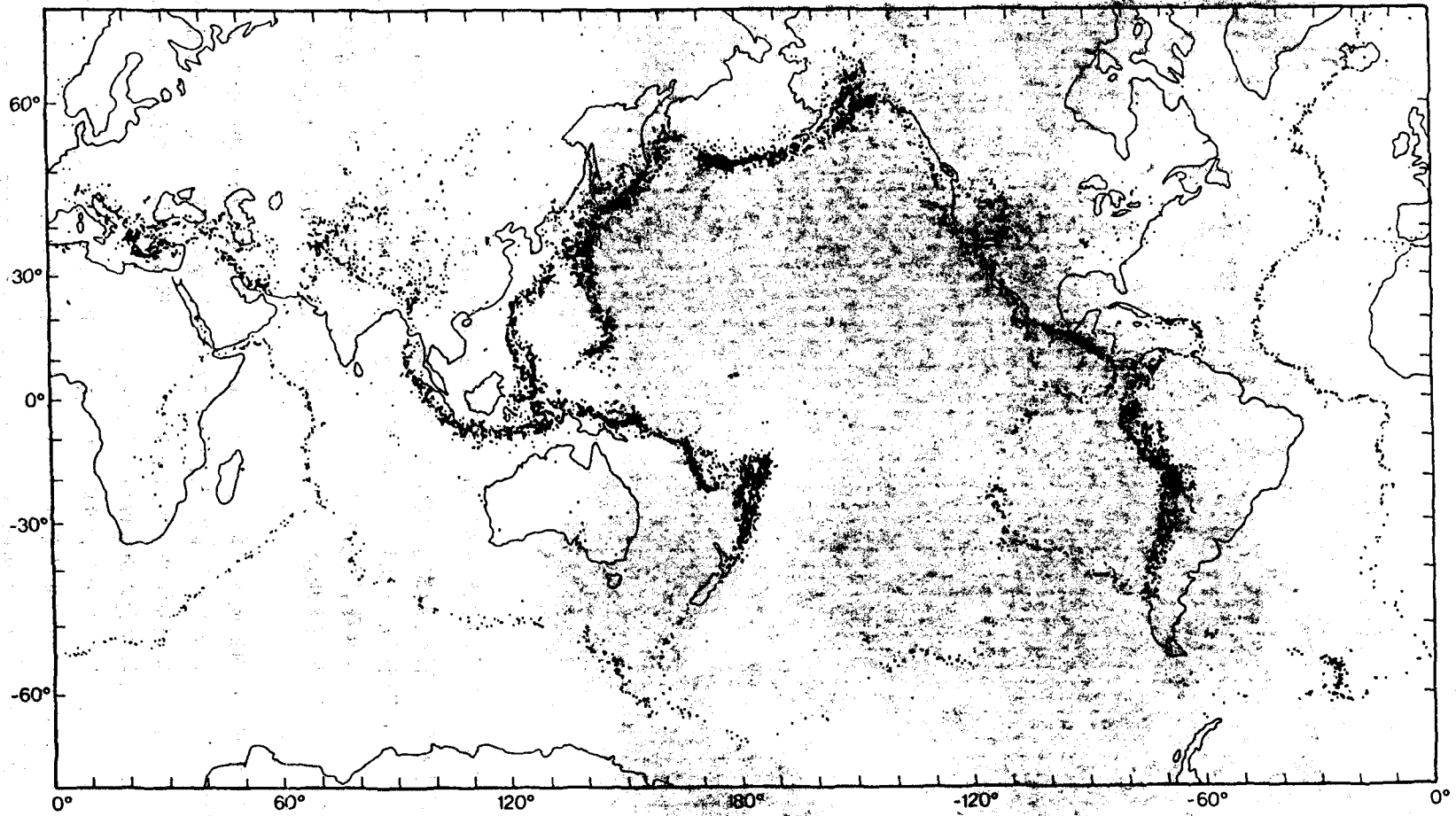


图2 1961~1967年全球地震震中分布图 (据 Borazangi and Dorman, 1969)

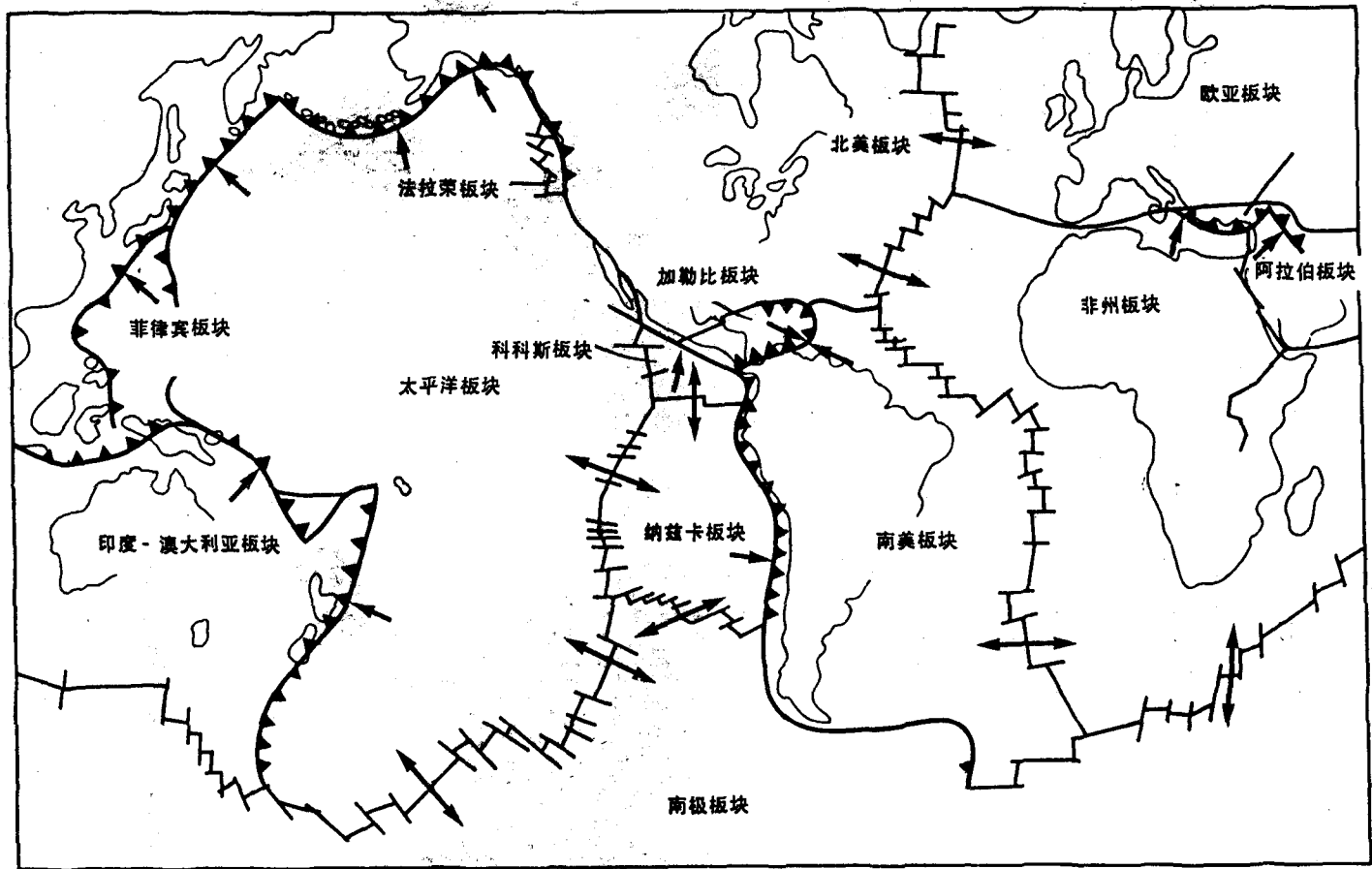


图 3 由地震活动推测的主要岩石圈板块及其边界 [据 Dewey (1972) and Francheteau (1983)]
 汇聚边界以锯齿表示，锯齿指向上覆板块；扩散边界和转换断层用单条细线表示，箭头指示板块相对运动方向

西洋不同，太平洋边缘分布着几乎连续的俯冲带或替代俯冲带的转换断层，太平洋周缘是地球上产生新陆壳并使之进入循环的加工厂。下面我们以美国西海岸地区为例，看一看这个年轻的、充满活力的造山带的演化过程及相关的地质灾害。

三、环太平洋地区美国段的板块运动

图 4 表示世界范围内现代海盆中直接覆盖在玄武质洋壳之上的海底沉积物年龄。海底沉积物由化学沉积、生物化石和高磨圆度碎屑组成。从扩张洋脊喷出的玄武质熔岩冷却固化后，沉积作用就在靠近洋中脊的这些新洋壳上开始缓慢地进行。将海底沉积物的年龄进行区域对比，可勾画出一系列代表沉积开始年代的地球条带。因为它们反映了新洋壳的形成时间，所以这些条带平行于扩展洋脊系统。显然，在靠近现代扩张洋中脊的地区玄武质洋壳及紧靠海底的上覆沉积物年龄最年轻，沿垂直于洋脊的扩展方向，年龄逐渐变老。仍保留在西太平洋的最古老的海底沉积物年龄为 180Ma。在大西洋，海底沉积物年龄显示了镜向对称的双向扩张特征。但在太平洋，如图 5，最初的对称性已被部分破坏。在太平洋，洋壳及上覆高磨圆度沉积层在最多 100~200Ma 的时间里被海底传送带式的运动传递到洋盆边缘的海沟处。由于太平洋周缘海沟处板块消减速率大于扩张脊处新洋壳的产生速率，显然，太平洋洋盆的总面积在逐渐缩小。

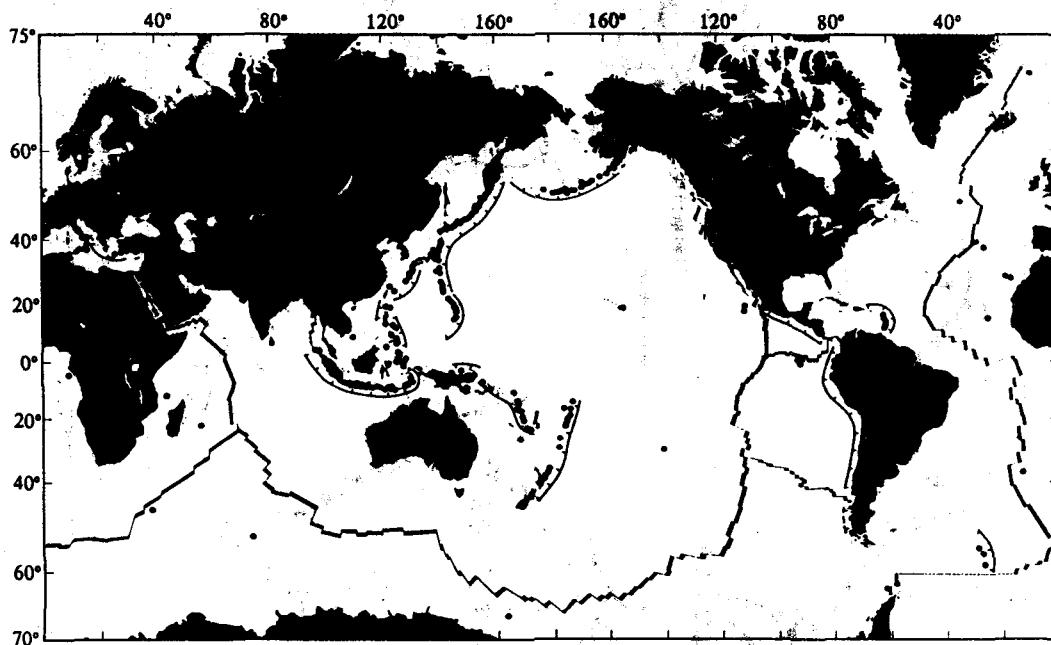


图 4 现代海盆中海底沉积物（直接覆于洋壳之上）的年龄【据 Pitman et al., 1974】

东南印度洋脊位于南极洲的冈瓦纳陆块和澳大利亚、新西兰正中间。此扩张系统大约形成于 80Ma 前。当时，澳大利亚、新西兰与南极洲分离并向北运动。当东南印度洋洋脊向东沿伸至太平洋，即为著名的东太平洋洋隆，其方向转为北东向（图 1）。太平洋洋隆在加利福尼亚湾附近抵触北美大陆，在门多西诺角破裂带以北作为胡安德富卡洋脊重新出现。上述所有

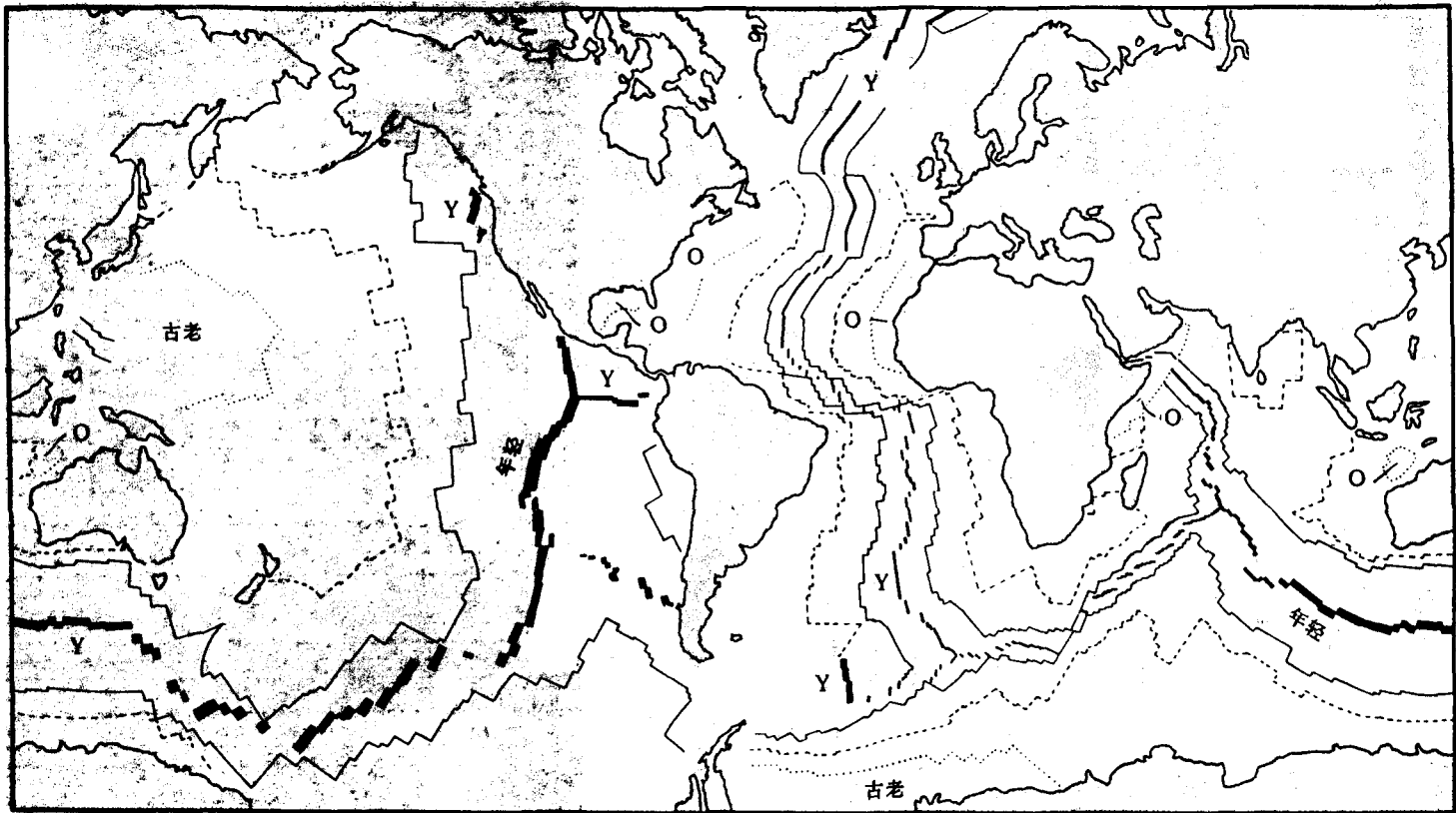


图5 太平洋海底沉积物及下伏玄武岩洋壳的年龄
 据图4, 第三系沉积层年龄小于 66 Ma, 侏罗系沉积层年龄超过 144 Ma

段落都是同一条板块扩散边界，但在加利福尼亚附近，扩张洋脊被上覆陆壳的北美岩石圈板块阻截。

太平洋海底对称性的破坏可通过重建板块运动历史得到解释。现在，与最近的地质时期一样，东太平洋洋隆的东翼向东和南东方向运动，随后俯冲伸入上覆陆壳的北美和南美岩石圈板块之下。现代俯冲地区表现为智利-秘鲁和中美洲海沟，从西侧移进大洋深处的板块包括法拉荣 (Farallon)、科科斯 (Cocos)、纳兹卡 (Nazca) 和南极板块 (图 3)。然而，在大西洋海底扩张驱动下，南美、北美板块向西缓慢运动，吞蚀东太平洋洋隆的东翼。这样，作为南美和北美板块边界的岩石圈板块汇聚边界逐渐向西运动，缓慢靠近位于东太平洋的板块离散边界。

两种边界抵触的地方，如加利福尼亚，海沟和洋脊相互破坏，一种新生的转换断层系统逐渐形成，用于调整北美板块和太平洋板块不同方向的运动。两种边界最初遭遇发生在 29 Ma 前加利福尼亚湾中部。从那时起，岩石圈板块离散边界和汇聚边界相遇的两点通过大陆转换断层相连接，构成西北和东南一对洋脊-海沟-转换断层型三联点，板块运动的碰撞和转换作用通过这一对三联点的演化开始在加利福尼亚西部发展，洋脊和海沟在碰撞中相互破坏。大陆转换断层，这种被动的板块边界是由一系列近平行的走滑断层构成的较宽的构造带，其中圣安德烈斯断层最为著名。图 6 描述了 37Ma、20Ma 前及现代三个时期的板块构造图像。

虽然海啸、滑坡、地面沉降和沿海洪涝是相关现象，但我们主要研究地震和火山喷发这两种最引人注目的地质灾害。

四、地震区——以加利福尼亚为例

地震集中分布在岩石圈板块边界，因为它们为板块间相互运动的一种表现 (图 2)。在大

