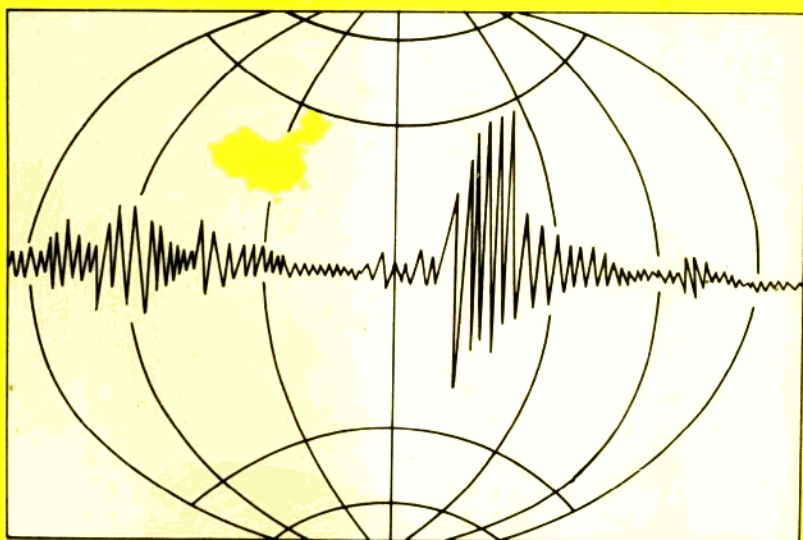


Proceedings of First Across-the-Straits Conference on
Earthquake (1st ASCOE), May 6-8, 1992, Beijing, China

第一届两岸地震学术讨论会 论文集

中国地震学会
两岸发展研究基金会



地震出版社

第一届两岸地震学术讨论会 论文集

主编：丁国瑜 李咸亨

编委：张国民 胡聿贤 谢礼立 沈聚敏
马宗晋 许茂雄 叶永田

编辑：曹 英 吴裕文

序

1992年5月6日至8日在北京举行了“两岸地震工程交流研讨会”。来自大陆和台湾的三十多位地球物理学、地震学、地质学、地震工程学等方面的专家、学者参加了会议。这次会议是在大陆的中国地震学会与台湾财团法人两岸发展研究基金会的共同努力下组织筹办的。

这是一次两岸地震界和地震工程界的专家、学者们的首次聚会，也是开展直接交流的一个开端。会上大家就地震预测及其有关基础研究、地震减灾、地震工程与工程地震以及两岸在地震科技领域的交流合作等四个方面开展了广泛的学术交流与研讨。中国的大陆和台湾都是地震活动频繁的地区，因之为了减轻地震灾害，两岸从事地震和地震工程研究的专家学者们多年来在上述各个方面进行了不懈的努力与艰苦的探索，获得了大量宝贵的资料和丰富的研究成果，在不少领域取得了很有意义的进展。无论是从学术上研究两岸地震活动的关系，还是交流抗震减灾经验造福于人民，两岸地震和地震工程学界开展交流与合作都是十分必要的。在这次研究会上两岸学者共报告了34篇论文，来自台湾的学者并于会后访问了有关学术科研机构。大家聚首一堂，共同探讨了如何最大限度地减轻地震灾害的各种途径和对策。这次研讨会不仅为两岸地震和地震工程界学者提供了一次相互结识、相互了解和相互交流的良好机会，也为今后开展更广泛的交流与合作奠定了基础。

为了让更多的人能看到这次研讨会的报告内容，会议决定将这次会议的论文编辑成册，予以出版。尽管由于两岸交往隔离多年，在一些专业名词和文字的运用方面当前还存在一些差别，这可能给读者带来一些困难，但我们相信这一由两岸地震和地震工程学家撰

写的论文集必将会以其丰富的资料和广泛的内容在增进两岸相互间的了解与合作，推动两岸减灾事业的发展中发挥其应有的积极作用。

中国地震学会理事长

丁 国 瑜

一九九二年六月 于北京

序

兩岸發展研究基金會是由一群台灣學術界、新聞媒體以及企業界年輕的朋友所組成。大家所共同關心的課題，是如何使得分隔兩地的中國人，共享和平、繁榮與福祉。大家也都認為兩岸關係的和緩，進而達成和平、民主的統一，將是考驗這一代中國人智慧的最大挑戰。

在現階段兩岸現實狀況下，我們基金會願意擺開政治上的爭議，而在增進兩岸同胞善意與瞭解的事務上，多做出一分貢獻。學術應該是沒有政治及意識形態的界線與區隔的，我們認為推動學術交流，不但有利民生，更能經由交流互惠，慢慢培養兩岸中國人民的互信互賴與共利共識，逐步建立國家一體的感覺。

本基金會所以選擇地震科技做為我們推動交流的第一步，正是有鑑於海峽兩岸中國人住的地方，都進入了地震爆發的高危險期，地震可說是兩岸人民共同面臨的天敵。我們也都瞭解到，大陸過去由於大批科研人員的投入，在板內地震方面甚有研究，再加上多次大規模地震後的重建工作，更是在防震與救災方面累積了豐富的經驗。而台灣位於歐亞板塊與太平洋板塊間的菲律賓海板塊邊緣，掌握了板塊直接衝擊的資料，對於海底地震研究，也累積了可觀的成績，如果兩岸的地震專家能夠齊聚一堂，雙方的研究心得與資料數據能夠交換，相信對於兩岸地震預報的準確，防震減災的有效，以及對於兩岸中國人民生命財產安全的保障，都能有更立即與直接的幫助。是以我們決定先以地震研究做為兩岸交流的題材，相信經由這方面的合作，更能增進兩岸中國人民的善意與互利。

本基金會的英文名稱叫做Bridge Across the Straits Foundation，意味著我們願意在海峽兩岸之間的科技交流扮演橋樑的角色，今後本基金會還會就兩岸人民之間共同關切的問題，舉辦各種研討會，結合雙方學者專家坦誠合作。我們希望經由這些科技交流與合作，能為中國未來的和平、民主、統一奠定良好基礎；當然，我們也希望大陸方面各科技領域專家，針就任何具體可行項目，主動與我們聯繫。如此，兩岸科技交流與合作的路子，才會走的更廣更寬。

兩岸發展研究基金會

董事長 丁守中 謹識

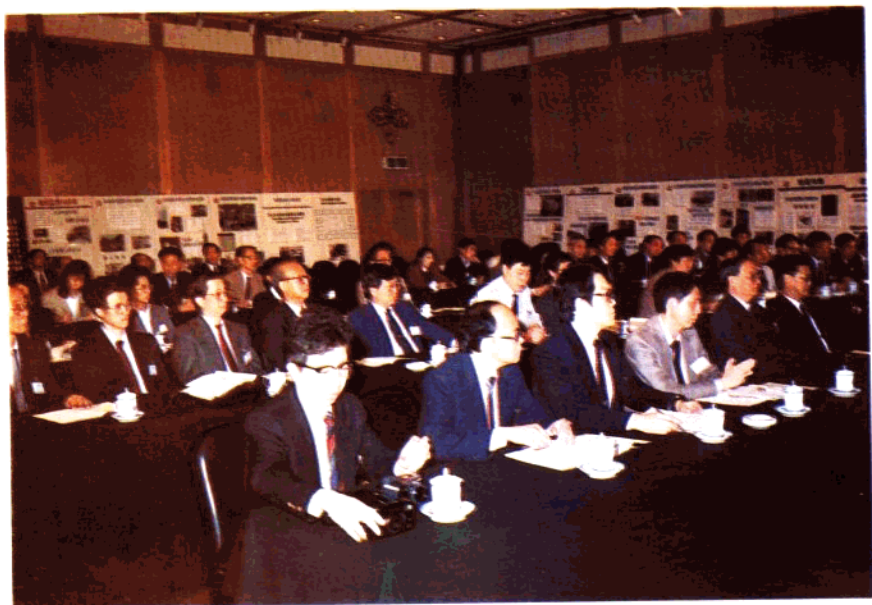
一九九二年六月



1. 第一届两岸地震工程研讨会的全体代表和工作人员合影



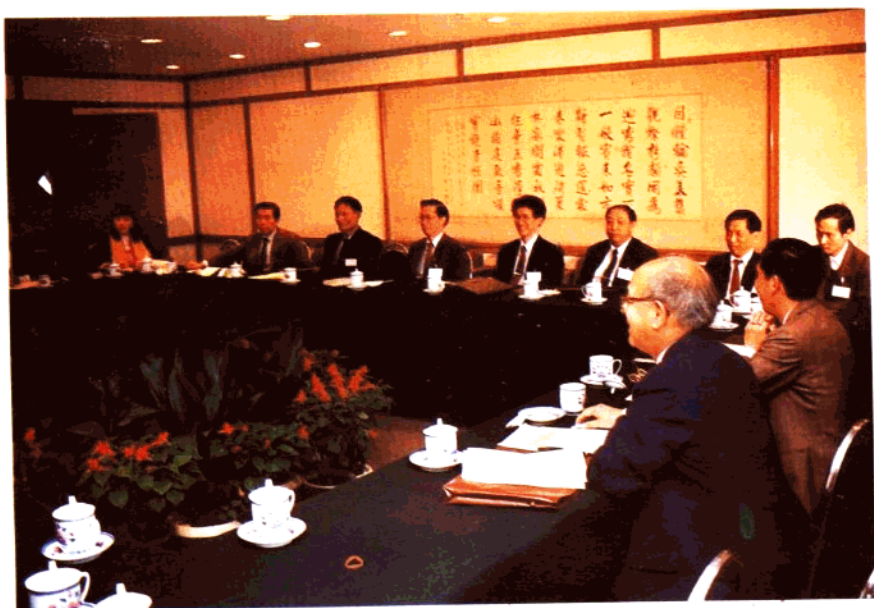
2. 第一届两岸地震工程研讨会开幕式会场



3. 研讨会大会发言会场



4. 代表们就各个专题进行分组讨论



5. 代表们就各个专题进行分组讨论



6. 国家地震局局长方樟顺先生会见两岸发展研究基金会董事长丁守中先生



7. 丁守中先生一行参观国家地震局分析预报中心



8. 李咸亨先生一行参观国家地震局地质研究所

目 录

地震活动性及地震预测研究

中国大陆的地震活动及地震前兆研究	张国民等 (1)
台湾区深井水位变动监测及其应用于地震预测的可行性	余贵坤 (16)
中长期地震预测研究	傅征祥 (29)
地震预报的地震学方法研究	朱传镇 (40)
台湾地震预测研究的现况与展望	叶义雄 (67)
中国内陆活断层的习性特征与地震危险性评估	丁国瑜 (79)
台湾活断层研究之回顾与展望	谢昭辉等 (94)
长江三峡工程区的地质背景和地震问题	胡毓良等 (120)
福建、台湾及其邻近地区三维速度结构、震源深部构造 和板块运动	蔡晋安等 (131)

地震减灾研究

台湾地区的地震防灾研究	叶永田等 (144)
海城地震预报研究综述	岳明生 (177)
中央气象局地震监测网现况与未来地震防灾之角色	辛在勤 (194)
石化企业的灾害及对策	王优龙 (203)
地震灾害科学与减灾系统工程	马宗晋等 (222)
建筑物的震前加固和震后修复	杨翠如 (230)
闽赣地区的地震活动与防震减灾	林思诚 (249)
智能型地理信息系统 (AIGIS) 在城市抗震防灾规划中的应用	王亚勇等 (261)
强震后的恢复与重建决策	叶耀先 (275)

两岸地震工程与工程地震研究

简易震度微区化方法及运用	李咸亨 (298)
强烈地震地面运动模拟	廖振鹏 (308)
地震危险性分析及其应用的新发展	章在墉 (324)
重要工程场地的地震小区划问题	周克森 (333)

地震危险性估计中的综合概率分析方法	胡聿贤 (348)
基于均匀空间强度随机场的地震区划方法	高孟谭 (357)
建筑物耐震分析设计与研究	蔡益超 (371)
地震区结构减轻控制新体系	周福霖 (384)
建筑抗震设计技术的进展	刘大海 (401)
钢筋混凝土抗震结构研究的进展	沈聚敏 (419)
台湾桥梁耐震研究之现状与展望	唐治平 (442)
建筑结构的振动控制研究	张敏政 (451)
重大工程的大型抗震试验研究	陈厚群 (461)
台湾地区地震工程示范计划——学校建筑耐震诊断	许茂雄 (471)
大陆强震观测30年	谢礼立等 (513)
液化势预测	陈国兴等 (530)

附录:

一. 开幕式讲话

丁国瑜理事长在第一届两岸地震工程交流研讨会 开幕式上的讲话	(538)
丁守中董事长在第一届两岸地震工程交流研讨会 开幕式上的讲话	(539)
何永年副局长在“第一届两岸地震工程交流研讨会” 开幕式上贺辞	(541)

二. 闭幕式讲话

何永年副局长在闭幕式上的讲话	(542)
谢礼立在闭幕式上的讲话	(543)
李咸亨致词	(544)

三. 第一届两岸地震工程交流研讨会会议代表名单

(545)。

1 两岸地震科技交流与合作讨论结论

Contents

Studies on Seismic Activity and Earthquake Prediction

Studies on Seismic Activity and Earthquake Precursors on the China Continent

-Zhang Guomin et al. (1)
- The Monitor of Groundwater Level Fluctuations in Taiwan and
its Possibility as applied to Earthquake Prediction Yu Guey-kuen (16)
- Study on Middle-Long Term Earthquake Prediction Fu Zhengxiang (29)
- Study on the Seismological Methods in Earthquake Prediction Zhu Chuanzhen (40)
- Earthquake Prediction Research in Taiwan Area Yeh Yi-hsiung (67)
- Behaviors of Active Faults on the China Continent and
Seismic Hazard Assessment Ding Guoyu (79)
- Recent Investigation of Taiwan Active Faults Hsien Chao-hui et al. (94)
- Studies on the Geological Background and Earthquake in the Proposed
Three-Gorge-Project Area on Changjiang River Hui Yuliang et al. (120)
- Three-dimensional Velocity Profile, Deep source Structure and
Plate Movemant in Fujian Province and its Vicinity Cai Jin'an et al. (131)

Studies on Earthquake Disaster Reduction

- The Earthquake Disaster Reduction Research in Taiwan Yeh Yeang-tien et al. (144)
- A Review on Research of Haicheng Earthquake Yuc Mingsheng (177)
- Central Weather Bureau seismic Network and Future Plan Shin Tzay-chyn (194)
- Earthquake Disaster of Petrochemical Enterprises and
its Protection Measures Wang Youlong (203)
- Seismic Disaters and Systematic Reduction Engineering Ma Zongjin et al. (222)
- Pre-quake Strengthening and Post-quake Restoring of Buildings Yang Cuiru (230)
- Seismic Activity and Earthquake Disaster Reduction
in Fujian-Jiangxi Region Lin Sichen (249)
- Application of AIGIS to Urban Earthquake Prevention Planning ... Wang Yayong et al. (26)
- Recovering and Reconstruction After Earthquake Ye Yao-xian (275)

Studies on Earthquake Engineering and Engineering Seismology

- A Simplified Method for the Dominate Period Microzonation Map Lee Hsien-heng (298)

Strong Ground Motion Research	Liao Zhenpeng (308)
New Development on Seismic Hazard Analysis and its Application	Zhang Zaiyong (324)
Microzonation of significant Engineering Sites	Zhou Kesen (333)
Probabilistic Method of Seismic Hazard Assessment	Hu Yuxian (348)
Seismic Zonation Method Based on Random Field of Uniform Space and Magnitude	Gao Mengtan (357)
Seismic Analysis, Design and Research of Buildings in Taiwan	Tsai I-chau (371)
New System for Seismic Structure Reduction and Controlling	Zhou Fulin (384)
Advances in Aseismic Technology of Building	Liu Dahai (401)
Advances in Aseismic Reinforced Concrete Structure Research	Shen Jumin (419)
Aseismic Study of Bridges in Taiwan Area	Tang Jhy-Pyng (442)
Research on Vibration and Controlling of Building Structure	Zhang Minzheng (451)
Large-scale Aseismic Experimental Research of Significant Sites	Chen Houqun (461)
Demonstration Project of Earthquake Engineering in Chia-Nan Area —Assessment of Aseismic Capacity for School Building	Sheu Maw-shyong (471)
Present Status of Strong Motion Instrumentation Program on the China Continent	Xie Lili et al. (513)
Assessment of Seismic Liquefaction Potential	Chen Guoxing et al. (530)

中国大陆的地震活动和地震前兆的研究

张国民 傅征祥 陈修启*

一、中国大陆的地震活动

中国是一个多地震的国家。自公元前 1831 年起有地震的历史记录以来, 至今共记录到 6 级以上 (含 6 级) 强震 800 多次 (图 1)。其中, 大陆地区占 60%, 台湾地区占 40% 左右。这些强震分布区域广阔, 使中国百分之六十以上的国土处于 VI 度和 VII 度以上的地震烈度区。其中, VII 度和 VII 度以上的地区占全国面积的三分之一左右。就城市来说, 60% 的 50 万以上人口的城市位于 VII 度和 VII 度以上地区, 70% 的百万以上人口的大城市位于 VII 度和 VII 度以上的高烈度区中。因此, 地震灾害是海峡两岸共同面临的一个非常严重的问题。

从图 1 可见, 中国大陆的地震活动, 在空间分布上具有很大的不均匀性。东经 107 度以西的中国大陆西部地区, 由于直接受印度板块的强烈碰撞, 地震活动的强度和频度均大于中国大陆的东部地区。表 1 给出本世纪来 7 级以上大震的分区分统计。从中可以看到, 就中国大陆地区而言, 近 90% 的 7 级以上大震发生在西部, 且其释放的地震能量占全国的 95% 以上。

地震活动空间不均匀性最明显的表现是地震成带分布。时振聚等根据地质构造背景和地震的空间分布, 将中国的地震活动划分为 23 个地震带。

地震活动在时间分布上也是不均匀的。表现为地震活动高潮和低潮在时间轴上交替出现。图 2a 是本世纪来中国大陆地区 $M_s > 7$ 级大震的时间分布图。图中显示了地震活动活跃和宁静相互交替的韵律性活动特征。应用多种统计分析方法, 本文作者将图 2 中近百年的大震活动分成 4 个强震活动轮回, 每个轮回过程包含强震活动的平静、过渡和活跃三个阶段。从统计平均的角度, 过三个阶段分别持续 8 年、6 年和 10 年。因此, 一个强震轮回, 平均时间为 24 年。在平静阶段的 8 年间, 不发生或很少发生 7 级或 7 级以上地震。在过渡阶段的 6 年中, 平均发生 3 次 7 级和 7 级以上地震, 即年平均发生率为 0.5 次。而在活跃阶段的 10 年中, 平均共发生 13 次 7 级以上地震, 年平均发生率为 1.3 次。

地震活动的这种时间不均匀性, 是地震学家用以预测未来地震趋势的重要依据。

与此相似, 对于一个地震区或一个地震带, 亦显示出平静和活跃相交替的轮回活动特征, 但轮回的周期要长, 一般为几百年。图 3 是中国历史地震记录最悠久的华北地震区 6 级以上地震的时间分布。尽管早期的地震记录缺失严重, 但仍可以从图中看到, 自公元 800 年以来的一千多年中, 华北地区已经历了四个地震活动的轮回, 地震活动的平均周期为 300 年左右。

二、中国大陆地区地震前兆观测研究的概况

1966 年 3 月, 在中国河北省邢台地区发生 7.2 级地震, 造成 8 千多人死亡和巨大的经

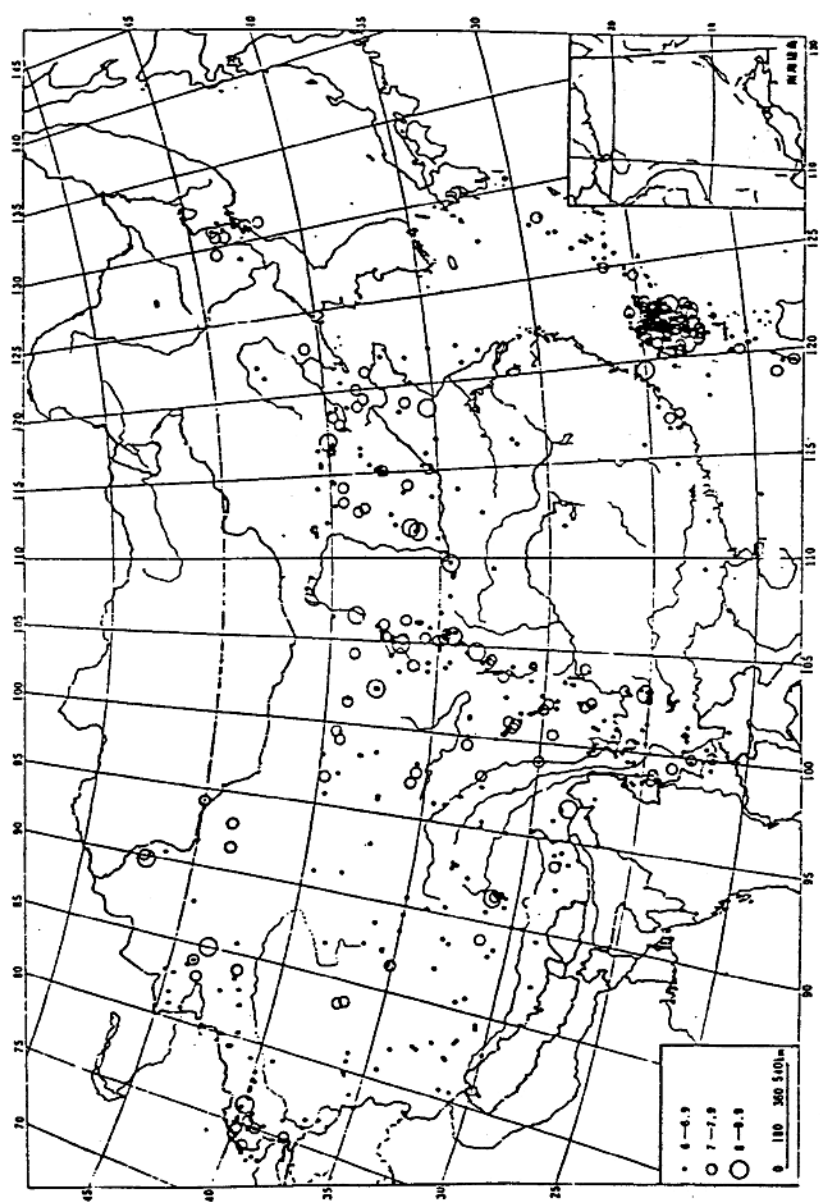


图1 中国 $M_s > 6$ 级浅源地震分布 (公元前1831年~公元1989年)

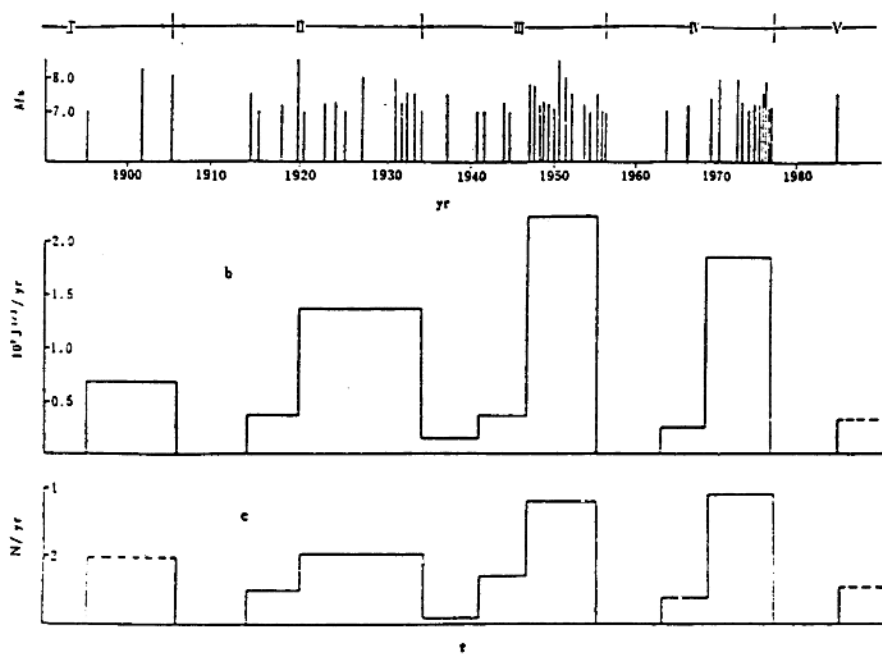


图2 中国大陆 $M_s > 7$ 地震时间分布和强震轮回划分

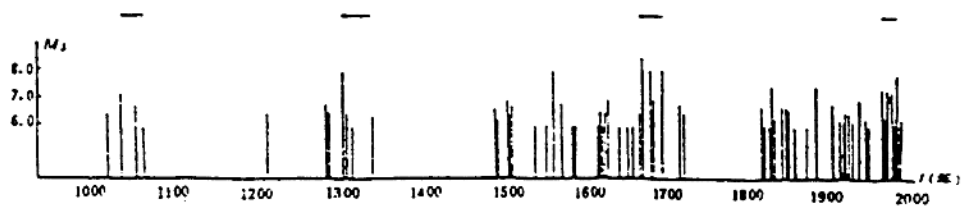


图3 华北 $M_s > 6$ 地震时间分布

济损失。严重的地震灾害激起社会与公众对地震预报的强烈要求，因此，以邢台地震现场为发源地，在中国大陆地区开始了以地震前兆观测研究为基础的大规模地震预报探索。

邢台地震后，中国大陆进入了一个强震活跃期。从1966年至1976年，在华北和西南的9个地区发生了12次7级以上大地震和一系列6级强震。在这种形势下，地震前兆和地震预报的研究迅速发展。经过邢台地震以来25年的努力，逐步建立了多学科的地震前兆观测系统。其中地震学的观测系统规模最大，它包括400多个测震台站，6个有线电信传输台网和近20个无线遥测台网。在地震前兆观测方面，建立了包括地壳形变、地下水动态、水化学、地电阻率、地磁、重力、应力应变等学科的前兆观测台网。各学科前兆台网的数量列于表2中。从表中可看到，中国大陆地区的地震前兆观测已初具规模，总数达1729个台站。此外还有数量众多的地壳形变、地磁、重力等地球物理方法的流动观测，总线路达15万公里。

以上述地震前兆观测为基础，二十五年来，已在100多次5级以上地震前观测到了一千几百条地震前兆异常现象。其中1966年至1985年的20年中共有60次5级以上地震的震例，其前兆异常现象已统一整理汇编，分三册出版。1986至1990年的40多次震例正在汇编中。本文介绍已经系统整理的1966至1985年的60次震例，并且对这些震例的前兆现象进行讨论。

图4是1966至1985年60次震例的震中分布图。这些震例分布于中国大陆的18个省、直辖市、自治区。最小地震为5.0级，最大为7.8级。在这60次地震前，共观测到各类前兆异常927条。其中地震学预报方法的异常311条，约占总数的三分之一。其异常项目包括地震活动图象分析中的地震条带、空区、频度、应变释放、b值、前兆震群、前震活动、震源和介质参数中的应力降、Q值、波速比、应力轴方向等共31种异常分析项目。地震学以外的其它前兆手段共观测到616条异常，异常种类包括地壳形变、地下水动态、水化学、地电阻率、地磁、重力、气象等。张肇诚等把927条异常归为11类观测手段，75种异常项目（见表3）。

上述震例资料给出的一个最显著的特点是地震前兆的多样性和综合性。60个震例给出的近千条异常涉及到地球物理场、地球化学场、应力应变场、构造活动场等多种学科的广阔领域。从而说明地震的发生是一个极其复杂的综合性的自然现象。伴随地震的孕育和发生，将产生多方面的异常现象，如地震活动、地壳形变、地下流体变动、大地电场、磁场、重力场以及地壳介质多种物理性质的变化等。单项前兆是地震孕育过程在某个侧面的反映。因此，只有把多种前兆置于一个统一的孕震过程中去研究，包括研究多种前兆与孕震过程的关联，多种前兆之间的内在联系和综合物理机制，多种前兆的时空强综合特征及其与未来地震三要素的关系等，才能全面理解和认识地震的孕育过程，进而达到判定地震孕育和预报地震的目的。

三、地震前兆特征的研究及其在地震预报中的应用

分析上述60个震例中的近千条前兆异常，可以归纳出如下一些特征。

1、前兆异常可分为趋势性异常和突发性异常两种基本类型

在大震前，观测到趋势性和突发性两种不同类型的异常。趋势性异常持续时间长，一般为一至数年，变化速率缓慢，异常形态稳定。而突发性异常出现在震前数天之内，呈跳跃式的快速变化形态。图5是海城7.3级地震前的趋势异常和突发性曲线。其它大地震，