

强震观测研究报告集

(第二集)

专利文献出版社

前 言

众所周知,地震工程发展史上的一次重大突破是30年代美国布设了强震观测台网,于1933年长滩(Long Beach)地震时首次获取了破坏性地震的宝贵记录。自获取并应用强震记录之后,地震工程才由定性发展成为定量的科学,因此强震观测自本世纪30年代问世以来,就一直为国际地震工程界所关注,特别是近20多年来,它在推动地震学理论与实践的进步,在促进近场地震学的形成与发展,以及在防震减灾活动实践中均显示了巨大的作用;发展到今天,强震观测已成为地震学和地震工程学,以及防震减灾实践方面的重要的基础工作。

我国的强震观测工作酝酿于50年代,开始建台于60年代,迄今也已有30余年历史。这些年来,国家地震局和有关部委、大专院校共布设了300个台站,获取了中、强地震及其余震的千余条有价值记录。这些记录广泛应用于地震工程学和地震学的研究,其研究成果也已被我国有关抗震防灾规范采纳,为我国国民经济建设及抗震防灾实践做出了贡献。

与此同时,我国强震观测科技人员在强震观测计划,台网、台阵布设,仪器研制,观测管理,流动观测,数据获取和处理分析,数据库建设及资料交换等方面,开展了大量工作,积累了丰富的经验;同时,还对强震记录的应用开发方面进行了相关研究,取得了丰硕成果。

为了加强强震观测研究技术成果的交流,促进强震观测及其科研工作的发展,国家地震局震害防御司于1992年11月在厦门召开了首届强震观测学术研讨会,并以研讨会论文为基础编纂了论文集,内容涉及强震观测工作的各个方面,充分反映了我局近年来强震观测的科研成果,颇得国内同行的重视。

强震观测工作,在我国乃至全世界都还处于发展阶段,特别在我国,无论台网及台阵设计、仪器装备研制、观测技术、数据获取及分析处理等方面还不够规范及深入,远不能满足地震工程学和地震学及防震减灾实践的要求;我国强震区域广阔,地震区的建设也日益扩大,进一步发展这门学科实属十分必要。有鉴于此,国家地震局震害防御司于1995年10月7日至8日在无锡召开了全国第二届强震观测学术研讨会进行学术交流,内容涉及强震观测国内外的新近发展状况,台网、台阵建设,仪器设备研制、开发,近场地震观测,记录获取及数据处理,以及强震数据在地震预报理论中的应用研究和强震观测技术在工程建设安全实践中的应用等诸多方面,反映了近三年来我国强震观测方面的研究进展。现将以该次会议的论文报告为基础汇集了近期科研报告36篇编成此册,定名为《强震观测研究报告集·第二集》;为了能及时地反映我国强震观测科技人员的科研、技术工作进展及重要的强震数据,特在本集中开辟了《国内强震观测新动态》专栏,以简短通讯的方式介绍国内强震观测的新动态及披露近期所获取的有价值的地震动记录信息,以飨读者。由于这方面的研究是长期性的,准备在今后不定期地召开学术研讨会并陆续出版此种文集。

本着百花齐放,百家争鸣的方针,本文集不求统一的学术观点,文集各篇报告都只代表作者的自己的意见。

国家地震局震害防御司

编者谨识

1996年3月

目 录

关于国家地震局强震观测工作的进展与展望	孙福梁 卢寿德 (1)
国际强震观测的新近动态	彭克中 (15)
唐山响堂三维场地影响台阵	李沙白 谢礼立 (32)
中国水工结构强震观测	高光伊 苏克忠 (48)
数字强震仪记录的长周期误差分析	周雍年 章文波 于海英 (53)
加速度计静态标定方法及设备	杜美琪 (61)
弹性波速测试分析方法的研究	章文波 李沙白 (68)
发展廉价强震观测仪器	陆其鹄 (73)
核电厂地震观测系统	于双久 (77)
强震记录与场地构造的关系	郭玉学 王彦宇 王治山 (84)
DSA-1 强震加速度仪磁带记录的数字回放方法和程序	李沙白 杜美琪 黎家佑 高 东 (93)
根据加速度观测资料研究唐山地震序列的发展应力场	陈培善 肖 磊 白彤霞 (99)
甘肃强震活动的剪应力场与地质构造背景之间的关系	夏恨宏 张树勋 万夫岭 (107)
新疆南天山环境应力场特征	吕桂林 韩 京 陈培善 (1117)
强震记录的瞬态谱分析	沈 萍 郑治真 冯国政 陈大壮 (122)
近场速度记录特征和优势频率初步研究	刘万琴 郑治真 (129)
数字信号模型曲线处理理论评述	陈中林 王 岚 (134)
随机地震地面运动模型	曾心传 秦小军 龚 平 (141)
Warshall 算法在供水系统可靠性分析中的应用	黄兴建 钟国平 (150)
几种快速富里叶变换比较分析	黄 江 胡 坚 王 岚 (155)
爆破地震工程的若干问题	于双久 史令希 (160)
地下核爆炸近场地震动参数衰减规律	于海英 于双久 (172)
尖山铁矿爆破地震动测试与分析	薛 起 梅哲杰 李自红 梁建民 李海亮 王国强 (181)
电子加速器环境振动的观测与分析	藤台湾 张焕生 张天中 任道容 马云生 (186)
克拉玛依市拓湖新村 43 号、44 号住宅楼风振原因研究	吕桂林 胡伟华 (192)
汕头国际大酒店获取的台湾海峡 7.3 级强震记录	谢建清 陈少坚 罗胜年 叶伟元 (202)
山西断陷地震带的强震台网选址调查和晋中南部地区流动观测	任增云 闫维彰 王国强 (210)
* * * * * 专栏: 国内强震观测新动态 * * * * *	
青海共和地区强震观测记录	邹海宁 (221)
1995 年 10 月 6 日河北唐山 ML=5.9 级地震记录	吴惟廉 章文波 于书勤 任增云 赵素芒 李沙白 (227)
1995 年 7 月 22 日甘肃永登 5.8 级地震刘家峡重力坝地震反应记录	夏恨宏 何新社 姚 凯 王怡人 张树勋 车效智 (235)
1995 年 10 月 24 日云南武定 6.5 级强震余震记录	黎家佑 赵永庆 (243)

“八五”期间(1991—1995)新疆境内的强震记录	吕桂林 艾买提 赵纯育 (245)
使用 SSR—1 固态强震仪获取的地震动数字记录	于书勤 (247)
黄河黑山峡大柳树地区强震观测	何新社 (253)
论肃南强震台阵的完善	姚 凯 (259)
京城大厦地震观测及报警系统	杜美琪 (267)

关于国家地震局强震观测工作的进展与展望

孙福梁 卢寿德

(国家地震局震害防御司)

一、前言

中国是世界上地震活动最强烈的国家之一,中国境内地震的发生频度大、强度高、震源浅、震中分布广。自本世纪初以来,中国大陆已发生震级大于6.0的破坏性地震661次;建国以来(1949年3月—1989年9月)共发生震级大于7.0的地震59次。可见随着我国现代化建设的不断发展,建筑物等的抗震问题日趋重要。

减轻地震灾害其最终目标在于充分认识地震这一自然现象,并采取相应措施来减轻地震灾害。强震观测为我们了解地震引起的强烈地震动和各种建筑物对地震动的反应提供了一种有效的手段,近年来强震观测的作用日益明显。但是由于我国强震观测起步晚,加之国力所限,强震观测工作发展一直是缓慢的。因此总结回顾我国强震观测的发展,明确今后强震观测发展的方向和措施,对加强强震观测工作将具有一定的意义。

二、我国强震观测工作现状

国际上强震观测以1933年3月10日在美国长滩地震中获取世界上第一个强震记录作为标志。自60年代以来,由于地震工程学发展的需要促使强震观测有了大的飞跃,数字技术的引进使强震观测又进入一个新的时代;迄今为止,全球强震仪已达7500台之多,其中以美国和日本最多。

我国强震观测工作起步较晚,工程力学研究所开始筹划于1961年;次年在广东省新丰江水库主坝上建立了我国第一个实验性强震观测站。1966年3月邢台大地震发生后,工程力学研究所又在震区开展了捕捉余震的近场流动观测,这在世界上还是首次。嗣后,在邢台、石家庄地区布设了首批固定台站。至此,我国的强震观测工作由试验室阶段向实际观测迈出了关键的一步;在华北平原地震区内,形成了我国的第一个强震观测台网的雏形。

在周恩来总理的关怀下,1966年5月邢台地震工作会议决定,支持开发、生产我国自行研制的RDZ1-12-66型多道电流计记录强震仪系统。第一批RDZ1-12-66型强震仪计83套,从1966年9月起陆续投入观测使用,为在全国各地震区开展强震观测工作,奠定了物质基础。

强震观测台网是强震观测工作最基本、最主要的方面,也是地震及地震工程学科发展水平的一个重要标志。邢台地震以来,我国的强震观测台网从无到有,由小到大,在国内七个主要地震活动区内先后设置了271台强震仪,形成了我国初具规模的固定台网,并结合我国幅员辽阔、强震活动区分散的特点,积极倡导和发展了捕捉强余震的流动观测工作;截至1993年底在全国范围内共出动了50多次流动队,架设了255个流动台次,为我国强震数据的积累做出了贡献。图1给出了中国大陆强震台网分布。图2给出中国大陆强震台网增长情况。表1为中国强震观测台站分类表。表2为我国开展强震观测的单位。

中国强震观测台站分类表

表 1

符 号	台 站 类 型	对 象	仪 器 数 (台)	总 数 (台)
○	自由地表	基岩 土壤 基岩与土壤	78 64 19	161
●	结构及邻近地表	砖结构 多层框架结构 厂房 桥梁 水工结构 港口工程 地下结构 煤矿	9 10 2 6 21 1 1 1	51
●	结 构	砖结构 多层框架结构 厂房 桥梁 水工结构 海洋工程 地下工程 煤矿	14 15 5 3 16 1 2 3	59
截止 1993 年 10 月			总 计	271

我国开展强震观测的单位

表 2

单 位	观 测 目 的	固定台仪器数量 (台)	备用仪器数量 (台)	开展日期
国家地震局 工程力学研究所	近场地震学 地震工程学、结构抗震	73	47	1962
中国建筑科学研究院	工民建结构的 抗震研究	34	16	1974
水利水电科学研究院	水工抗震研究	20	6	1965
同济大学	地震工程学	16	8	1982
甘肃省地震局	地震工程学、结构抗震	21	15	1970
云南省地震局	工程地震学	9	20	1970
广东省地震局	地震工程学	11	7	1970
江苏省地震局	工程地震学	7	10	1973
新疆地震局	工程地震学	19	8	1985
国家地震局 地球物理研究所	近场地震学	—	25	1981
四川省地震局	工程地震学	7	20	1986
青海省地震局	工程地震学	10	—	1989
宁夏地震局	工程地震学	3	—	1989
山西省地震局	工程地震学	10	—	1989
其他单位		31	74	
合 计		271	256	

中国强震观测工作近年来又有了长足的进步。到目前为止,已取得有效的中、强地震加速度记录 1200 多余 ($A_m > 0.02g$),著名的迁安地震波、天津地震波等已广泛应用于工程建设中。近些

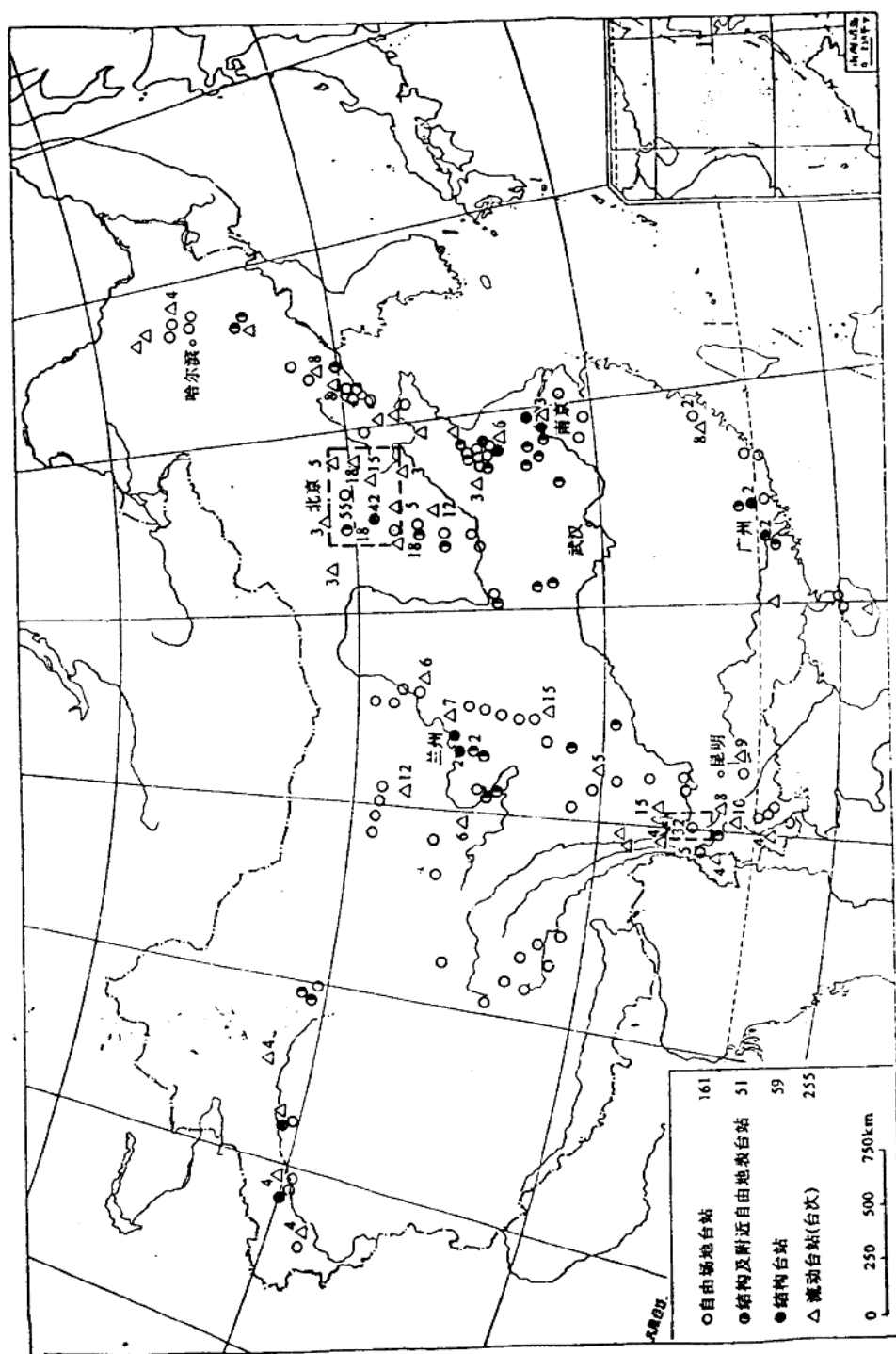


图1 中国大陆震台网分布

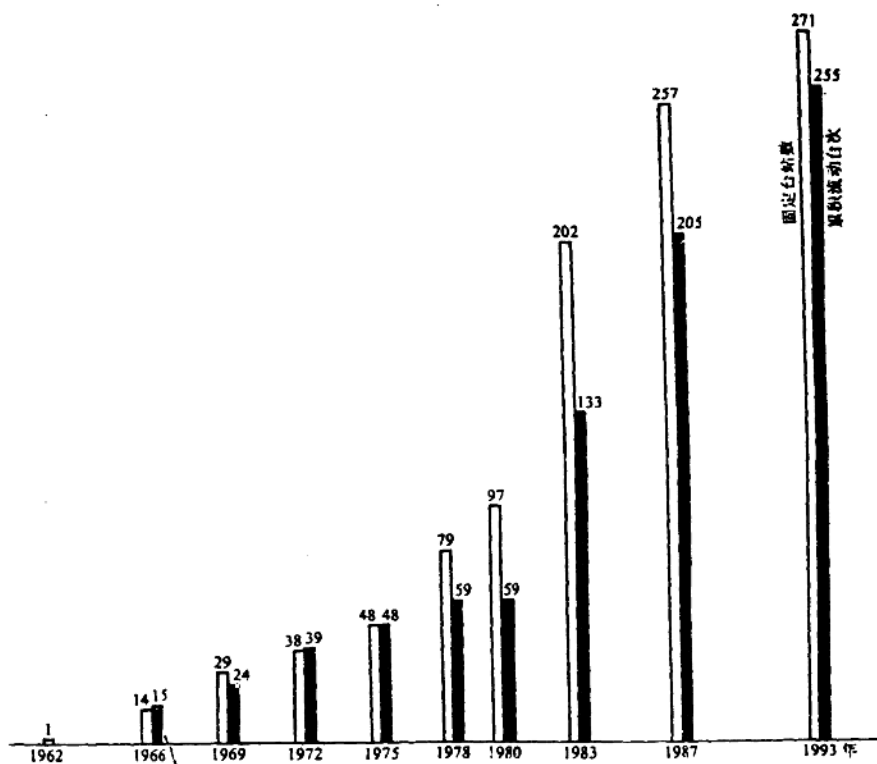


图2 中国大陆强震台网的增长

年来,以国家地震局所属单位为主导的我国强震观测工作发展较明显,观测仪器数量有所增加。在澜沧耿马地震,肃南地震,四川巴塘、小金地震,山西大同地震,台湾海峡地震,青海塘格木地震,甘肃永登地震中取得了一批有价值的记录;在数据处理方面,改进了处理方法,提高了处理质量和速度,在首都圈及四川、云南等地利用世行贷款布设了先进的数字强震观测台网,在唐山地区开展了局部场地影响台阵的建设,取得一批有价值的记录,并制定了一系列用以促进强震观测发展的规章制度、评比办法、联防体制等。

“85”期间国家地震局共完成下列工作:

1. 在全局范围内,逐步合理调整了现有台站,合计:

- 新建 71 台
- 迁建 16 台
- 更新 30 台
- 撤除 22 台

使国家地震局所辖现有固定强震观测台网的台数由1991年的145台/158套增至1995年的197台/216套;且使台网布局更趋合理,增强了重点监视区的监视力度。

2. 引进新技术逐步更新改造国产老旧强震仪,将原来技术老化的RDZ1-12-66型强震仪改造为RDZ1-12-90型强震仪,共计改造了51台,使我国60年代生产的老旧仪器延长其服役寿命、节省投资近100万元人民币,并取得实际效益;特别是在1994年9月16日台湾海峡7.3级地震及1995年7月22日甘肃永登5.8级地震中,都获取了很有价值的记录,为我国强震观测事

业再建新功。另 20 台的改造, 因计划调整, 延至 96 年上半年完成。

3. 添置国产 GQ-3A 型强震仪 20 台提供山西、青海两省开展强震观测工作, 获取了一批有价值的强震记录, 其中 1994 年 9 月 24 日青海塘格木 5.5 级地震记录, 加速度峰值大于 $0.5g$, 十分宝贵。

4. 发展了利用国产 SCQ-1 型强震仪回放系统和微机来实现美国 DSA-1 强震加速度仪记录数字回放的方法, 编制了实用软件一套, 建立 DSA-1 与微机之间的通讯, 完成其数据传送、解码、通道恢复、格式转换, 生成可用的强震数据磁盘文件, 实现 DSA-1 仪器记录的图形显示及打印; 并已成功地用于澜沧、耿马地震 (1998 年 11 月 6 日, $M=7.6$) 强震记录的数据回收与处理。

5. 五年内共在 300 余次地震中获取了 1000 余条加速度记录; 其中不乏很有研究及实用价值的记录, 诸如:

- 1994 年 9 月 16 日台湾海峡 7.3 级地震, 广东局在汕头国际大酒店台获取了软地基高层建筑结构的主震反应记录 (计 10 条);
- 1994 年 9 月 24 日青海塘格木 5.5 级地震, 青海局塘格木台获取了峰值达 $521gal$ 的十分宝贵的地表加速度记录;
- 1995 年 7 月 22 日甘肃永登 5.8 级地震, 兰州所在刘家峡大坝台获取了我国首次完整的重力坝地震反应记录 (计 21 条);
- 1995 年 10 月 6 日河北古冶 4.9 级地震, 工力所唐山国际合作台阵同时有 8 个台站汇集了国际 5 种类型的 12 台套强震仪取得了 36 条集团记录; 其中, 赵各庄台获取了我国东部地区峰值 ($230gal$) 最大的基岩地表加速度记录。

表 3 为“八五”国家地震局强震固定观测台网建设实施及成果效益表。

但是由于我国强震观测工作起步晚, 加之强震观测方面投资所限, 因此 30 余年来, 我国强震观测台网规模仍然很小, 表 4 给出了我国大陆及世界主要国家 (或地区) 强震仪的设置情况及有关数据。与其他国家相比, 无论在单位地震区面积上投入的观测仪器数 (1.3 台/万 km^2), 还是单位仪器的投资费用 (0.07 万美元/台) 等指标上, 我国都处于最低水平, 且远远低于世界平均水平 (5.4 台/万 km^2 及 0.20 万美元/台)。

首先我们分析国产强震仪的使用情况和存在问题。国产强震仪在强震台网中投入使用较多的为 RDZ1 型 (83 台) 和 GQ II、GQ III A 型 (56 台)。RDZ1 型仪器在 70 年代几次大地震 (海城地震、龙陵地震、松潘地震、唐山地震) 中, 取得了一批较有价值的强震记录, 我国强震台网数据库中的数据, 多是以这种仪器获得的。GQ II、GQ III A 型强震仪近年在乌恰地震和澜沧—耿马地震中, 也取得了一些很有价值的记录。

RDZ1 型改型的几种仪器 (HZS-2 和 GQ II 型仪器等), 投入台网观测率不高, QJY 型仪器也早在 70 年代就已停止运行, 这些仪器基本上没有取得较有价值的记录。

安设在官厅水库大坝上的 SG4 型强震仪曾取得唐山地震主震的记录。由于数量有限, 目前在观测台网上运行的只有 2—3 台。

GQN 型模拟磁带强震仪, 也仅生产 10 台左右, 且没有投入台网使用。

数字磁带强震仪 (SCQ1 型) 和固态存储式强震仪, 从技术路线和技术指标上与前几类强震仪相比较, 性能先进, 是今后强震仪的发展方向。但由于对 SCQ1 型强震仪缺少使用经验; 加之仪器耗电大不适合用于台网观测, 因此目前 SCQ1 型仪器主要用于流动观测。固态存储式强震仪 GDS-1000 型还刚刚生产出样机, 投入台网使用还有一段距离。目前服务于中国强震台网各种仪器性能见表 5。

表3 “八五”国家地震局强震固定观测台网建设实施及成果效益

1995年12月

执 行 单 位	仪器更新 改造 购置 RDZ1 GQ3A	台 网 优 化						记 录 获 取			报 告 成 果				
		原有 台站/仪器 数量	新建 台数	更新 台数	迁建 台数	拆除 台数	现有 台站/仪器 数量	地震 数量	最大 震级 (Ms)	记录 条数	最大 峰值 (gal)	强震 数据 (册)	发表 论著 (篇)	技术 总结 (份)	
工力所	15	0	79/ 87	25	15	5	15	89/ 98	288	5.8	889	230	4	19	29
新疆局	0	0	19/ 19	3	3	1	0	22/ 22	30	5.8	80	>100	#1	4	10
兰州所	5	0	19/ 19	3	3	4	3	19/ 19	11	5.8	56	122	0	8	29
四川局	2	0	7/ 7	2	1	2	2	7/ 7	0	-	0	-	0	7	7
云南局	6	0	4/ 4	11	1	1	2	13/ 15	10	5.3	30	110	#1	7	15
广东局	9	0	8/ 11	3	3	2	0	11/ 14	4	7.3	40	110	#1	7	10
武汉所	4	0	4/ 4	0	2	0	0	4/ 4	0	-	0	-	0	12	8
江苏局	10	0	5/ 7	1	2	1	0	6/ 8	0	-	0	-	1	3	12
青海局	0	10	0/ 0	9	0	0	0	9/ 9	11	5.8	33	521	1	3	12
山西局	0	10	0/ 0	11	0	0	0	11/ 11	1	4.5	3	>10	0	1	5
宁夏局	0	0	0/ 0	3	0	0	0	3/ 3	0	-	0	-	0	0	3
合 计	51	20	145/158	71	30	16	22	194/210	355	7.3	1478	521	9	93	140
地球所	0	0	0/ 0	3	0	0	0	3/ 6	0	-	0	-	0	3	5
共 计	51	20	145/158	74	30	16	22	197/216	355	7.3	1478	521	9	96	145

与工力所合作完成。

【16】

表 4

	烈度 I>7 地震区面积 (万 km ²)	拥有强 震仪数量 (台、套)	每年投资 (近 5 年平均估计) (万美元)	每台仪器 运行投资 (万美元)	每万平方公里 积设置仪器数量
阿尔及利亚	20	200	50 ^①	0.25 ^①	10.0
加拿大	50	100	25	0.25	2.0
智利	20	100	22	0.22	5.0
中国大陆	397	527	25 ^①	0.07 ^①	1.3
中国台湾省	3	150	50 ^①	0.33 ^①	50.0
印度	60	100	18 ^①	0.18 ^①	1.7
意大利	10	100	20	0.20	10.0
日本	19	1600	250	0.16	84.2
墨西哥	40	100	20	0.20	2.5
原南斯拉夫	10	500	80	0.16	50.0
新西兰	18	240	40	0.17	13.3
土耳其	15	30	?	?	2.0
美国	234	2800	500	0.18	12.0
(加州)	25	1350	200	0.15	54.0
原苏联	300	600	?	?	2.0
全世界	1400	7500	1500	0.20	5.4

注：①包括仪器购置投资在内；

②本表数字为约数（来源于 1978—1988 年各种报告及口头交谈）。

强震观测台网中使用的强震仪，都存在着不同程度的问题。如在目前强震台网现有仪器中，RDZ1 占很大一部分，其技术指标不够先进，部分性能不稳定，包括自动触发系统不稳定，时间服务系统精度不高，纸速均匀性不能保证等，由于 RDZ1 建造于 60 年代，经过 20 多年的使用已属超期服役，造成器件老化，现有台网中大约 80 多台的 RDZ1 仪器近 10 年来基本上没有取得任何记录，部分单位的 RDZ1 仪器放置多年却没有维护管理，早已废弃不用；RZS-2 仪器及 SG4、GQ I 等强震仪大部分已淘汰。加之 GQ II、GQ III A、GQ IV 等强震仪，由于生产质量不佳，造成纸速、光路、触发电路和事件指示等方面的性能不稳定。这些仪器包含在现有台网的 271 台仪器之中，大约占 60%。总的来看，现有台网中能正常运转且能在震时捕捉到记录的仪器很有限。即使获得个别记录，如 RDZ1 型仪器，由于存在严重的记录丢失问题，导致记录应用受到很大的限制。

同时，由于强震观测工作需要做坚持不懈的努力，而经济效益甚微，因此我国从事强震观测的队伍除国家地震局系统较稳定外，其他单位均无专门从事强震观测的队伍，观测人员老化现象严重，人员素质有待提高等等，这些应愈来愈引起重视。

概括地说，30 多年来我国的强震观测事业，是在自力更生的方针下逐步建立、发展而形成了自己的体系，有了一定成绩；同时还应该看到，由于国力限制，投资和发展都是缓慢的，远不能适应国家建设及学科发展的需要；问题表现在中国主要强震活动区内还没有能完整地布设最必须

的、用可靠仪器装备的、工作有效的仪器台网或台阵，以获取对人类世界有着重大意义的地震动近场信息的全面资料。我国强震观测工作存在的问题具体表现在如下几方面：

中国强震观测台网所用仪器一览表

表 5

仪器类型	性 能	制 造 厂 家
RDZ-1	动态范围：(0.001—0.5) g 可调 频率范围：0.5—30Hz 记录通道：12 记录介质：照相纸 (20cm) 触发类型：机械 电 源：DC 24V 浮充电	北京地质仪器厂
RZS-2	动态范围：(0.005—1.0) g 可调 频率范围：0.5—20Hz 记录通道：9 记录介质：照相纸 (20cm) 触发类型：电，机械 电 源：DC ±6V 浮充电	北京地质仪器厂
GQ II 及 GQ IIIA	动态范围：(0.01—1.0) g 频率范围：0—20Hz 记录通道：3 记录介质：8cm 宽胶卷 触发类型：电 电 源：DC ±6V 浮充电	工程力学研究所及 国家地震局地震仪器厂
GQ I	动态范围：(0.005—1.0) g 频率范围：0.5—50Hz 记录通道：9 或 10 记录介质：照相纸 (20cm) 触发类型：电 电 源：DC ±6V 浮充电	国家地震局地震仪器厂
SG-4	动态范围：(0.005—0.5) g 频率范围：0.5—30Hz 记录通道：10 记录介质：12cm 照相纸 触发类型：电 电 源：DC 24V	水电部水利水电科学研究所
SMA-1	动态范围：(0.01—1.0) g 频率范围：0—20Hz 记录通道：3 记录介质：7cm 胶卷 触发类型：机械 电 源：DC ±6V 浮充电 时 标：时间编码发生器	美国 Kinemetrics 公司
SMA-2	动态范围：(0.005—1) g 频率范围：0—50Hz 记录通道：3 记录介质：模拟盒式磁带 触发类型：电 电 源：DC 6V × 4 浮充电	美国 Kinemetrics 公司

续表

仪器类型	性能	制造厂家
CRA-1	动态范围: 36dB, 最大量程: 1g 频率范围: 0—50Hz 记录通道: 12 记录介质: 7 英寸胶卷 触发类型: 电 电 源: DC 6V×4 浮充电	美国 Kinometrics 公司
PDR-1	动态范围: 102dB, 最大量程: 2g 频率范围: 0—50Hz 记录通道: 3 记录介质: 数字盒带 触发类型: 程控触发 事前存贮: 2.5s, 5s 采 样 率: 100/s, 200/s 电 源: DC ±12V 浮充电	美国 Kinometrics 公司
PDR-2	动态范围: 72—114dB, 最大量程: 2g 频率范围: 0—50Hz 记录通道: 6 记录介质: 数字盒带 触发类型: 程控触发 事前存贮: 3072 采样 采 样 率: 200/s 电 源: DC 12V 浮充电	美国 Kinometrics 公司
SMAC-B	动态范围: (0.01—1.0) g 频率范围: 0—10Hz 记录通道: 3 记录介质: 28cm, 腊纸 触发类型: 机械 电 源: DC 1.5V×10	日本明石公司
SMAC-Q	动态范围: (0.005—1.0) g 频率范围: 0—20Hz 记录通道: 3 记录介质: 3.5cm, 胶卷 触发类型: 电	日本明石公司
其 他 ^①		

注: ①其他仪器包括 A-700, DR-200, DCS-302, DSA-1, GQ-1A 及 SCQ-1, SSA-1, SSA-2, SSR-1 等类型, 主要做近场地震学的其他研究;

②本表统计截至 1987 年 12 月。

- (1) 在不少高烈度区, 强震观测尚属空白, 台网不能有效覆盖, 以致大震漏记。
- (2) 具有中国特色的机动观测系统尚不健全, 装备落后, 人员素质有待加强。
- (3) 观测仪器多半仍停留在国际 60 年代水平, 不能有效地获取地震动全过程及全空间的完整信息, 急待用数字、智能技术加以更新和补充。
- (4) 全国地震动资料处理内容尚欠丰富、标准不统一, 限制了已获取资料信息的正确、有效利用。

三、强震观测发展趋势和战略

当今国际上, 随着地震研究的不断深化和工程建设的不断发展, 强震观测工作从它的目标、方

法，一直到记录成果的开发利用都正在发生一系列新的变化。可以预料，强震观测作为研究地震及地震工程的重要手段之一，今后仍将保持其令人瞩目的活跃发展的势头；特别是对近场地震学的深入研究，强震观测工作将发挥其无与伦比的威力；从属于这样一个发展目标，为要求精确提供完整的地震动全空间及全过程的信息，必然会对观测仪器装备、观测技术方法、记录处理分析及观测管理业务等各个环节提出新的发展要求：

(1) 在观测仪器装备方面，要求仪器具备尽可能大的动态范围，频响特征的两端（首先是向长周期端）展得更宽，配置高精度绝对时钟，尽可能大的预记触发前信息的存储能力，更可靠的地震识别及仪器起动系统。同时还应发展适应于各种特殊环境（高、低温，高压，高湿及水中）的观测多种物理量（线速度，应力，应变及相应旋转量）的专门仪器。仪器的能耗尽量减小，同时将发展利用太阳能来自动补充仪器耗能。电信传输及遥测技术亦将在一些特定的仪器台网予以应用。当然，在我国，现有的常规观测仪器在一定时期内仍将会予以重视和相应发展的。

(2) 在观测台阵技术上，当今所发展的密集仪器观测台阵技术将得到充分的实践和运用。

(3) 在观测管理方法上，“无人值守，巡回管理”仍然是今后一段时间内主要的管理方式；不过也必然会以现代技术加以充实，在某些特定地区（诸如荒漠、危险山区，重大工程场区，地震活动长期频繁地区……），亦将会引入有线遥测技术以替代人工巡检的管理方法。

(4) 在记录的处理及运用上，将更进一步精确地定量研究观测记录的各种可能误差的产生、传递及影响特征，提出更合理的实用的误差防止及校正办法，以使观测记录得以恢复其本来的真实面目。在记录及资料应用上，将健全资料信息密集、管理科学的数据库系统，以为各应用提供完善的服务。

不言而喻，所有上述这些发展，都离不开现代数字技术的不断引进和支持。近年来在强震观测工作发展和逐步实践中可以看出，应用数字强震仪及数字回放系统之后，大大提高了数据获取精度和效率，明显提高了数据处理和分析的速度。这些经验告诉我们，强震观测落后于研究和工程建设需要的被动局面，必须而且只有引用现代数字技术的支持才能得以根本改观。因此，可以预言，数字技术在强震观测中的广泛应用，必然给其各环节的发展带来全新的动力。强震观测的数字纪元已经来到，它的前途难以估量。

根据上述对强震观测总的发展趋势的估计，并结合我国强震观测目前的实情和国力水平，“九五”期间，我们应积极推选如下策略：

(1) 加强强震观测固定台网的建设

目前我国强震观测台站的数量和质量远远不能满足实际需要，因此有必要在地震活动性强的地区有计划地增设固定台，更新一部分设备陈旧的台站，同时根据不同的研究目的，建设专用台阵。九五期间，力争固定台增加至 500 台（新增 200 台，更新 100 台）左右，其中包括各专用台阵。

基于中国地震烈度区划图对未来五十年内地震活动性的预测，考虑到必要的工作环境和条件，新增强震台主要布设在下述地区：

- ①首都圈重点监视区；
- ②新疆地震区（喀什、巴楚、库车及乌苏地区）；
- ③甘、宁、青强震活动区。（河西走廊、祁连山中段；青海共和盆地；贺兰山、西海固地区）；
- ④川滇地震区（鲜水河—安宁河—龙门山断裂交汇处；滇西地区；澜沧—勐遮断裂）；
- ⑤山西断陷地震带（临汾盆地和晋中地区）；
- ⑥郯卢断裂南段及南黄海地震区；

⑦东南沿海经济开发区(海口、广州及汕头地区)。

图3为九五期间预布设强震观测台网地区规划图。

(2)在积极稳步发展我国强震台网的同时,大力加强流动观测,提高大震($M>6$)、近场($\Delta<20\text{km}$)强震记录的获取率

强震台网的规模、仪器品质和强震数据的数量和质量,在很大程度上反映了一个国家地震工程学和强震地震学的水平。强震数据,特别是大震、近场数据不足,至今仍是各国科学家再三强调的问题。这一点对我国来说尤为突出。在一次地震事件中,由多台仪器获取一组强震记录的例子相当少。因此必须积极稳步发展我国的强震台网,以布设模拟式仪器为主。但是由于我国地震区域广大,强震仪器相对较少,台网覆盖率在世界强震台网中处于最低水平而国力有限,短期内难以从根本上改变现有台网状况,因此靠固定台网仪器获取强震近场记录的几率仍然很小。如唐山主震时华北台网获取的记录,深圳地震时华东台网获取的记录及澜沧—耿马地震时滇南台网获取的记录,地面测点最大加速度值均不超过 $0.1g$ 。由此可见,固定台网的收效不大。

根据短临预报开展的流动观测,由于发布地震预报的次数不多,开展流动观测的事件屈指可数。海城地震预报成功,流动观测却没有派出,我们要引以为戒,健全流动观测与地震预报之间的联系渠道。由于地震预报还处于摸索阶段,准确率很低,如工程力学所的滇西台网(10台仪器)、康定台网(5台仪器)是根据地震预报意见设置的半固定、半流动性质的台网,至今已坚守多年,未获取有价值的记录。因此应加强震后的流动观测。

大震后的流动观测是获取强震记录的有效途径,特别是在地震活动进入新的活跃期的今天,流动观测是弥补强震观测仪器不足的最现实的办法。早在1966年邢台地震时,我国就首创了对大震后的强余震进行流动观测。如1988年11月30日澜沧—耿马地震中云南省地震局布设的流动台网获取了迄今为止我国最大的加速度($A_m=0.541g$)记录。至今强震流动观测已进行近50余次(达255台次)。我国强震观测数据库资料90%以上是由流动观测台站得到的。地面最大加速度值超过 $0.1g$ 的约50余条记录全部是由流动观测获取的。

近30多年实践表明,强震流动观测是获取强震记录的积极有效的方法,在一段时间内,集中主要力量,建立和充实强震流动观测是今后强震观测的方向。流动观测以发展数字式仪器为主,提高大震近场记录获取率,使强震数据这一重要的科学积累能有较快的增长。

(3)加强专用强震观测台阵的建设,为科学理论发展提供最急需的基础数据

随着地震工程和近场地震学研究的深入,带有明确目的、布设专用强震台阵的需求日益迫切。

国际地震和地球内部物理协会(IASPEI)、国际地震工程协会(IAEE)的联合专家组所倡议的局部场地条件对地震动影响的国际试验计划,是一个突出的例子。他们建议优先发展的专用台阵如下:

①局部场地条件对地震动影响台阵。旨在研究不同地质条件对地震动的影响,特别是地下介质的各向异性和非线性特征对地震动的影响。

②活动断层对地震动影响台阵。研究断层几何参数对地震动的影响,断层破裂机制(冲断层、走滑断层、正断层)对地震动特征,特别是高频部分的影响。

③高耸结构地震反应台阵。研究高耸结构在地震荷载作用下的反应,特别是长周期部分的反应。

美国、日本等已布设了大规模的专用强震台阵,如美国Parkfield的孔隙水压力和液化台阵,日本Sendai和Ashigara谷的两个场地影响试验台阵;中国台湾路通的SMART-1台阵,美国Parkfield附近的Turkey Flat的场地影响试验区。所有这些试验场地都处于地震活动性高的地区。

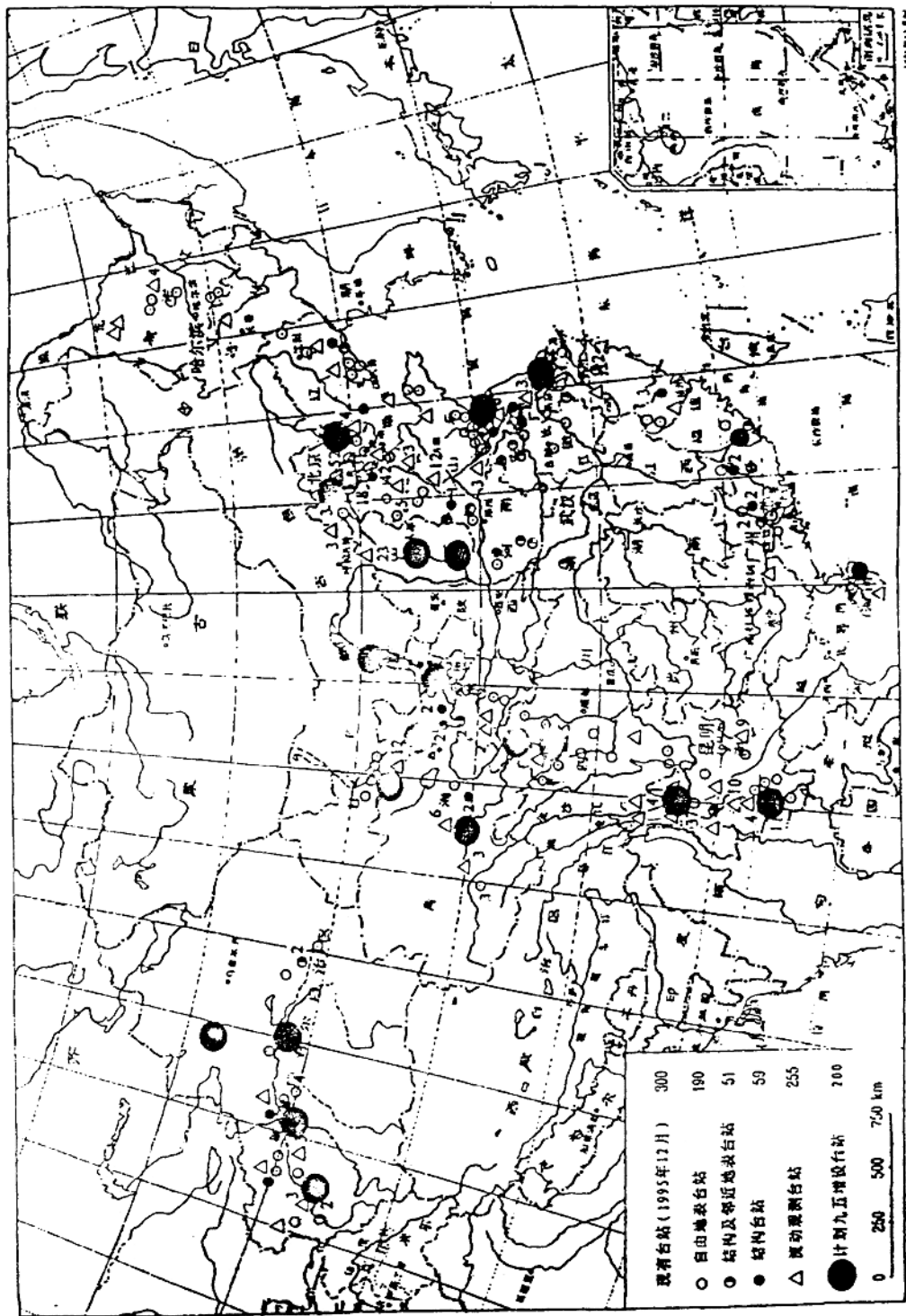


图3 中国大陆强震台网分布及规划图

中等的或大的地震是可能发生的。SMART-1 台阵已经取得了一批重要数据 (震级 M : 4—7, 震中距: 3—100km)。我国也已在唐山地区布设了一个局部场地条件影响台阵。结合我国实际情况, 今后应加强如下有关强震台阵的建设:

鲜水河断裂震源机制台阵;

滇西北场地效应台阵;

民乐盆地近场地震动台阵;

南黄海软土地基高层建筑反应台阵;

高耸结构 (如电视塔结构) 反应台阵;

响堂局部场地影响台阵等等。

(4) 积极发展强震观测技术

随着强震仪器, 特别是数字仪的迅速发展, 观测技术必须与之同步。过去的强震仪是专门设计用于地震工程研究的, 由于仪器性能的不断提高, 强震记录已为地震学家所重视。传统的“无人值守, 定期巡回检查”的方法, 已不能完全满足需要了。应发展有线遥测技术, 在有条件的地区 (如首都圈), 利用市政电话线和微机通信技术, 采取“随机”占线的方式, 建设有线遥测台网是可行的。还应建立标准绝对时间服务系统, 发展精度达毫秒级、功耗低的绝对计时设备和时间校正技术。随着力平衡式传感器的推广使用, 需要发展对这种大动态 ($>100\text{dB}$)、宽频带 (0—50Hz) 的传感器的性能进行标定的设备和计量方法。

(5) 加强强震记录的应用研究

强地震动的预测研究一直是地震工程研究的一个重要方面。一般地说, 地面运动特征和震源、传播途径、场地条件有关。过去的研究, 大多将震源的贡献简单地用一个参数——震级来表示, 难以将震源的影响全面反映出来。近年来, 国外已有很多学者 (如 Aki, Anderson, Hanks, Luco, Trifunac 等) 进行了从强震记录计算多震源参数的研究, 基于几种震源辐射谱模型来预测地面运动。我们也应加强这方面研究。

震级、震中距这两个参数在地面运动的统计分析中是很重要的。唐山实验台阵观测的经验表明, 用近场强震加速度记录来确定震中、震源深度和震级, 不仅是可行的, 而且可大大提高参数的准确性和可靠性。应将此方法逐步纳入强震观测的例行规程中。可以说, 应用强震记录研究范围广泛, 尤其在编制地震区划图、编制抗震防灾规划及在地震预报中都有广阔的应用前景, 强震观测记录在系统研究地震波产生和传播规律, 探索震源模式和发震机制, 确定余震迁移特性, 计算近源地层的速度结构, 进行地震危险性分析, 验证和改进结构现有抗震分析方法和设计, 确定新结构抗震设计标准等方面都有不同程度的应用, 应该加强这方面的研究。

(6) 发展强震加速度记录常规处理与分析方法的新版本和强震数据库

在已有的模拟光记录常规处理方法的基础上, 改进滤波器的选择, 更合理地确定截断频率, 改进微分和积分算法, 改进软件设计, 实现多功能人机对话、图形显示, 建立强震记录的标准的一格式。

随着数字仪器的推广使用, 迫切的问题是对数字记录一回放系统的误差的系统分析, 并提出有效的校正办法, 建立数字强震记录常规处理的例行程序。Iwan, Trifunac 等已就此课题做过一些研究, 但还不成熟, 我国应迅速开展这一课题的研究。

建立以微机—光盘为基础的强震数据库和台站技术档案的数据库, 不仅对强震记录的使用和管理是必要的, 而且可以进一步开展国际间强震数据的交换。

(7) 研制的第四代固态存储式数字地震仪“九五”期间尽快投入使用