

第 14 卷 第 4 期

ISSN 1005-2127

Vol. 14 No.4

福建地震

FUJIAN SEISMOLOGY

1998

福建省地震学会

福建地震地质工程勘察院竭诚为客户提供优质服务

福州华能电厂(105万千瓦)、马尾煤炭专用码头(2万吨泊位)、厦门跨海大桥、青州大型造纸厂以及福建核电厂前期可行性和福州市抗震防灾规划、福州—厦门高速公路地震安全性评价等大中型工程项目的完成,是本院为社会服务取得显著效益的见证。

本院承担工业与民用建筑场地地震地质、工程地质勘察;高层建筑与新建工程场地地震稳定性、危险性评价及烈度评定;城市地震烈度小区划、地震设防与震害预测、地震破坏快速评估及建筑抗震鉴定;人工爆炸地震观测及地球物理综合勘探;建筑桩基质量检测以及环境震动测试;各类建筑物岩土工程勘探和工程灾害鉴定;工程场地地形变精密测量(地形、三角、水准座标、激光测距等)。欢迎惠顾!

本院地址:福州市华林路203号

电话: 7840061

邮政编码: 350003

福建地震

第14卷(1998年)第4期

1998年12月出版

编辑出版:《福建地震》编辑部

公开发行

发 行:《福建地震》编辑部

ISSN 1005-2127

编委会主任:林思诚

CN 35-1158/P

编辑部主编:林继华

闽工商广临字19号

地址:福州市华林路203号

邮政编码: 350003

电话: 7842961

定价: 2.00元

福建地震

FUJIAN SEISMOLOGY

第 14 卷 (1998) 第 4 期

目 录

城市化防震减灾经济性研究.....	王洪涛 陈 箴(1)
福建数字地震台网试运行期间编目工作的若干问题.....	陈绯雯 江 燕 叶雯燕(9)
福建数字地震台网与模拟台网记录的震相差异初析	薛雪冰(13)
福建数字地震台网地震事件与非地震事件的分析处理	陈绯雯 叶雯燕(18)
厦门城市防震减灾工作刍议	叶 清(21)
永安西南 5.1 级 * 地震前尤溪电磁辐射异常特征的研究	黄其昌(28)
填土地基强夯试验监测研究	叶建辉 黄蓬源(32)
福建中西部断裂活动与断陷盆地演化的初步研究——以上杭盆地为例	王善雄 林东燕(37)
一种单片机可编程温度控制装置	陈雪云 郑玉城(40)
论计算机不间断电源系统	杨成林 朱海燕 杨孝宇(44)

本期责任编辑:陈 箴 陈 桑

FUJIAN SEISMOLOGY

Vol. 14, No. 4 1998

CONTENTS

- Research of Urbanization and Economics of Earthquake Preparedness and disaster Relief Wang Hong Tao Chen Zhen(1)
- Some problems of catalogue edition during trial-operating period of fujian digital seismic network Chen Feiwen Jiang Yan Ye Wenyan(9)
- Preliminary Analysis of the seismic phase difference between Fujian digital seismic network and analogous network. Xue Xuebin(13)
- Analysis of earthquake and non-earthquake events recorded by Fujian Digital Seismic Network Chen Feiwen Ye Wenyan(18)
- Preliminary Discussion on the work of Earthquake Preparedness and Disaster Relief in Xiamen city Ye Qin(21)
- Research of Anomaly Character of Electromagnetic Radiation before M_L 5.1 Youxi Earthquake in southwest of Yongan Huang Qichang(28)
- Monitoring Research of Strong Puning test on Ground Fill foundation Ye Jianhui Huan Pengyuan(32)
- Preliminary Reserch on Evolution of Crack Activeity and Rife Basin in the west - middle region of Fujian Province Wang shansiong Lin dongyan(37)
- Discussion on Uninterrupted Power Source(PUS) Yang Chenglin Zhu Haiyan Yang Xiaoyu(40)
- A Sort of Programmable Thermal Control Devices with Single Chip Chen Xue Yun Zheng Yu Cheng(44)

城市化防震减灾经济性研究

王洪涛 陈 箴
(福建省地震局)

摘 要

本文通过对东南沿海地震背景和地震破坏性经济损失,结合国内外城市化进程中防震减灾经济性对比研究,认为地震破坏的负面效应所带来的经济损失十分巨大。因而必须加强防震减灾工作为保障城市化顺利发展服务。

关键词:地震破坏 城市化 防震减灾 经济效益

一、引 言

我国是一个板块内部多地震的国家,除了受西太平洋地震带影响之外,还受着喜马拉雅地震带所控制。因此我国板内地震活动屡见不鲜,并且存在西部和东部地震构造区。其分界线大致以东经 104° 的“南北地震带”为界。东部地震区主要受西太平洋地震带所影响,西部受喜马拉雅地震带所制约。所以,在全球性的地震活动期(大约10~15年周期),我国都伴随着不同强度的强震活动。无疑这将对我国现代经济建设和城市化发展战略带来严重的挑战。

我国是一个历史悠久文明古国,早在三千多年前就对地震破坏现象和灾害进行观察记载,其灾情的惨重性触目惊心,可谓自然灾害之首。为了抗御地震灾害,为了生存和繁衍,我国各族人民以自己的智慧,根据不同的地震地质环境探索出防震减灾的实用性对策,为减轻生命财产损失留下了宝贵经验。但是在本世纪50年代之前,由于社会落后和战争影响,限制了地震科学研究发展,所以,广大人民多次蒙受地震破坏灾害之苦。

50年代,我国政府为了发展经济建设和重建现代工业与城市就着手进行全国性的第一代地震烈度区划和相应的地震科学研究,使许多新建的工业体系和城市房屋建设有了抗震设防的科学依据。60年代中期,河北邢台强烈地震之后,在党中央和周恩来总理关怀下,我国成立了独立的地震机构,加强了对地震预报和观测系统性研究,并着手进行第二代全国地震区划研究,从而使我国地震事业走上了新的发展之路。然而,由于地震预报问题是一项难度极大科学问题,即在当代技术条件下,我们对地震成因认识和地震信息的探测还有很大差距。为此,世界各国都根据各个国家的地震环境和国力条件制定防震减灾的战略。面对中国板内地震多发性和复杂性的特点,我国在80年代相继进行第三代烈度区划基础上制定了以地震预报为基础,加强抗震设防的综合防御对策。显而易见,这是一条适应我国改革开放,发展经济与城市化进程的防震减灾之路。

二、地震灾害与城市化

众所周知,地震灾害是一个极具破坏力的天然灾害。一次强烈地震,它不仅造成城市建设的毁灭性破坏,而且使生命蒙受惨重伤亡。所以,往往在人们心目中留下很深的“谈

震色变”心理反应。不言而喻,伴随着现代社会经济建设和城市化发展的趋势,地震灾害防御问题,将对城市化的进程有着深刻的负面效应。如以 1966—1976 年期间我国相继发生的九次地震($M_s \geq 7.0$ 级)之一为例,可知,仅仅一次突发性 7.8 级强烈地震,由于发生在一个人口、工业密集的城市——唐山(1976.7.28),当时只有 13 秒钟的主震袭击就造成了 24 万人的死亡和 20 多万人受伤。经济损失在 100 亿以上。这一惨重的地震灾害至今在人们心中还留下难以磨灭的伤痕。其它如在邢台、松潘、丽江和青海、新疆等地区发生的强震,虽然震中还远离城市,但其波及的破坏也都以万人计和数亿财产损失留下历史一页。这一例子鲜明告诫人们和各级政府决策者,在制定城市化发展经济战略时,不能不将防震减灾问题纳入城市发展规划的方略。并以长远眼光和面对现实的角度,对重点城市和卫星城镇乃至工业基地、水库、港口等采取相应的防震减灾对策,为国计民生的长治久安作出历史性贡献。

福建省地处我国东南沿海地震区,自公元 963 年以来,先后发生过近 30 多次($M_s \geq 4 \frac{2}{3}$ ~8 级破坏性地震,并经历了大约 2 个周期的强震活动即从 1100~1641 年和 1442~现今(见表 1)。其中,在 1600、1604、1918、1994 年,分别在闽粤交界的南澳岛海域、泉州海外和台湾海峡浅滩南缘发生 $M_s \geq 7.0$ 级强烈地震,最大为 1604 年泉州海外 8.0 级大震。这次地震造成所破坏影响——地震烈度,在泉州地区达到 9 度,在厦门至惠安一带达到 8 度,漳州、福州等地区达 7 度。此外,在漳州地区还先后发生较大的 2 次 $M_s \geq 6.0$ 级地震(1185 年和 1445 年),在福州地区发生过 $M_s = 5.7$ 级地震。在闽赣交界的会昌、寻乌、长汀、宁化等地,在漳州地区的华安以及安溪、晋江海域、厦门海外、漳浦等地,都曾经遭受过本地区破坏性的地震灾害。自 1970 年建立福建地震台网以来,20 多年中还记录到约 3000 多次弱震活动(1.0 级—4.5 级),平均每年我省弱震活动约 120 多次。其震中分布以 NE 向条带为主,NW 向次之。而且弱震密集区与历史上强震的潜在震源区密切相关(见图 1)。由图可见,我省及邻区地震活动空间分布具有 NE 成带,SN 分段的特征,即存在长乐——诏安、政和——海丰、邵武——河源地震带和约 18 个潜在震源区。

研究表明,福建省长乐——诏安地震带在第一个周期中释放的地震总能量约为 7.7×10^{16} 焦耳(相当一次 8.1 级地震),第二个周期至今仅释放 0.96×10^{16} 焦耳(相当一次 $M_s = 7.46$ 级地震)说明该带在第二周期中还有相当的地震积累的能量尚未释放,暗示在未来 100 年内,我省沿海地震带还具有发生一次相当 $6 \frac{2}{3}$ ~7.0 级地震,或几个 6 级地震。其发生的概率 42.3%(一次 7.0 级地震)和 81.4%(6.0 级以上地震)。不言而喻,在我省进行现代化经济建设和城市化进程中不能不对防震减灾工作予以足够重视。俗话说“居安思危”,它不仅是一些有远见卓识决策者所必须的思考,而且对广大人民来说,也是应该普及的防御地震灾害科学意识。这是人类为了生存繁衍,为了日益改善自身生活质量所赋予的与大自然灾害斗争的史命。

表 1 东南沿海地震区各带地震活动期的划分表

地震区、带	活动期	活动阶段	各级地震次数							Mmax
			4 $\frac{3}{4}$ -5 $\frac{1}{4}$	5 $\frac{1}{4}$ -5 $\frac{1}{2}$	5 $\frac{1}{2}$ -5 $\frac{3}{4}$	6-6 $\frac{1}{2}$	6 $\frac{3}{4}$ -7	7 $\frac{1}{2}$ -8		
东南沿海地震区	第一活动期 (?)-1656 年	平静阶段 (?)-1444 年	1						4 $\frac{3}{4}$	
		活跃阶段 1445-1656 年	14	6	1	1	2	8		
	第二活动期 1657 年-现今 (未完)	平静阶段 1657-1796 年	2					5		
		活跃阶段 1791 年-现今	23	4	7	2	1	7 $\frac{1}{4}$		
	第一活动期 1100-1641 年	平静阶段 1100-1444 年								
		活跃阶段 1445-1641 年	3	2	1	1	1	8		
泉州-汕头地震带	第二活动期 1642 年-现今 (未完)	平静阶段 1642-1790 年								
		活跃阶段 1791 年-现今	11	2	4		1	7 $\frac{1}{4}$		
邵武-河源地震带	尚未完成 一个活动期	平静阶段 (?)-1803 年	3	1				5 $\frac{1}{2}$		
		活跃阶段 1804 年-现今	7	1	2			6.1		
政和-海丰地震亚带	不明显	1574 年起-	5	1				5 $\frac{1}{2}$		

三、防震减灾的经济性

在地震预报尚未完全成功之前,为了减轻地震灾害的损失和生命伤亡,世界各轩的地震学家和工程抗震学者,都分别从不同角度致力于防震减灾工程研究和预报科学深入探索。旨在减轻地震破坏性。在工程抗震方面,为了达到既安全又经济的社会效益。显然,我们必须科学合理地采取相应的抗震对策。也就是说,各国政府应当根据国力状况,和地震环境特点,制定防震减灾对策和规范,以达到建筑物“大震不倒,中震可修,小震不坏”的适度效果。目前世界各国对工程抗震采取的策略主要两大方面。其一,力图在强震威胁的震源区,对大、中型工程及生命线工程(如已建的核电站、大型水坝、电力、交通枢纽、化工等)均进行抗震加固工作,以防御强震袭击严重破坏。其二,在地震危险区进行详细的

地震危险性分析,地震烈度和加速度小区划分,震害预测,场地稳定性等研究,并制定相应的防震减灾法规,及工程地震安全性评价工作规范,用以指导抗震防灾工作和作为城市、经济开发区、工业基地等抗震设防,以及土地利用规划的科学依据。

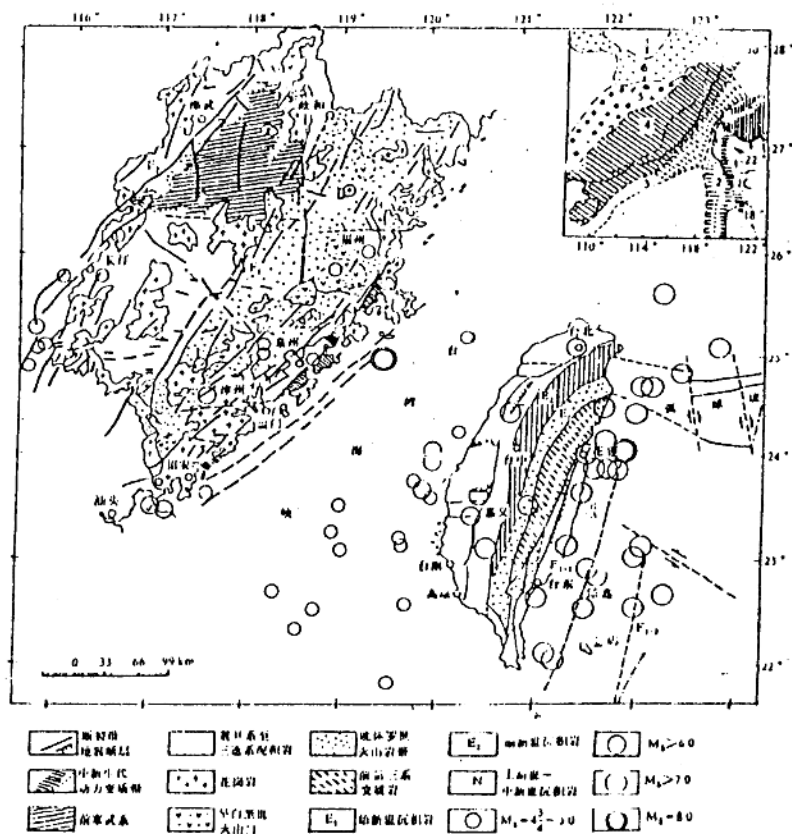


图1 福建、台湾地区构造轮廓与强震分布

- 右上图 1. 琉球—台湾—吕宋板间变形带; 2. 台湾四部板缘变形带;
3. 台湾海峡及东南沿海沉降变形带; 4. 浙、闽、粤隆起变形带;
5. 江西南部缓慢上升变形带; 6. 江西北部相对稳定区。

实践表明,在多地震国家的政府,为了减轻地震灾害,都相应针对地震区划的结果投入一定的资金,用于防震和工程抗震工作。但是,为了获得最佳的经济效益,他们对防震减灾的经济性问题作了深入研究。结果显示,只要各国政府或企业界投入适当的资金,则可以取得十分良好的经济效益和社会效益。

例一:美国地震经济学家预计从1970年—2000年间,因突发性地震可能造成的直接经济损失达21多亿美元,政府如果投入2.1亿美元的抗震设防费用,预计其损失可减少50%,即减少约10亿,其经济效益比率为5。其中,直接花在研究处理工程抗震技术上的

费用仅 1.4—2.1 千万美元,占投入资金 1/15—1/10,如与破坏损失的 21 多亿美元相比,则只占其 1/50—1/75。由此可见其经济效益是十分良好的。

例二:我国政府在 70 年代和 90 年代分别对全国地震区(带)进行地震烈度和加速度区划工作(比例尺 1:400 万),使我国城市规划和工程抗震有了一定的科学依据。但限于该区划的比例尺很小。因此,很难对烈度交界线附近的场地烈度或加速度作出合理的界定。据统计研究指出,在烈度交界线附近如果进行实际的地震安全性评价,明确设防烈度,则可以节约总投资 3—8% (指在Ⅶ—Ⅷ度界线附近地区),而实际用于场地地震安全性评价的费用一般只占工程总投资千分之 1—3,可以得到工程抗震的良好效果。

例三:福州长乐华能电厂,装机容量 105 万千瓦,1983 年拟建之初选址在闽江北岸亭江乡英屿村或南岸长乐县筹东村,其地震基本烈度均为Ⅶ度。为了对该两个场地的工程地震条件和抗震设防参数进行对比研究,我们承担了工程地震评价工作,研究结果认为筹东场址,场地工程地质条件及抗震设防参数低于英屿场址,其中仅仅对软土地基改造可以节约 4.5—7.5 千万元占总投资估算 15 亿元的 3—5%,投入地震评价的资金约 20 万元,只占节约资金 0.4%—0.26%。

例四:1993 年我省龙岩连城附近发生一次有史以来 $M_s=4.9$ 级地震,由于原烈度区划对该区的预测仅为 5 度区。因此,没有任何抗震设防,在遭受到相当地震烈度 7 度的本次地震破坏时,造成的经济损失,经专家们评估达 6.7 千万元。此外,1994 年 9 月 16 日台湾海峡南部发生 7.3 级强震,我省闽东南地区遭受约 1.2 亿元损失。

例五:福州市区抗震设防规划研究,1991 年市建委投入 30 万元资金,对该市 200 多平方公里场地进行地震、地质小区划研究,历时二年。经过对场地条件钻探、测试及地震危险性分析、地震加速度、反应谱计算等综合研究,将福州市场地工程地质划分为四个大区、十个亚区、十个地段。在此基础上将福州市可供建设利用的场地分为三类,其中Ⅰ类场地占 2.8%;Ⅱ类场地占 83.2%;Ⅲ类场地占 14%。并且分别得出不同场地类别的设计地震动参数和震害特征(见表 2),从而为本市的土地利用规划和建设布局提供科学依据。其经济意义在于:如果按照地震小区划分进行建设布局和土地利用,则可以使将近 86% 场地按 0.95—0.139 伽设计地震动参数进行抗震设防,即可达到明显减轻地震灾害作用,而不必按 7—8 度进行设防(7—8 相当 0.140—250 伽)。则可节约抗震减灾资金 8%。假如福州市每年建设资金投入 30 亿元(包括房地产业建筑和基本建设),则可以节省抗震设防费 1.5 亿元(其中 3% 为适度抗震费用)。而如果福州市不进行抗震设防的话,那么一旦出现中强地震($M_s \geq 5$ 级)的袭击,福州遭受损失,预计在 100 亿元以上。因为福州市历来的工业、民用的建筑物(约 70%)没有抗震能力。

表 2 福州市区抗震土地利用规划一览表

抗 震 区、段 区划分	场地条件		地面变形 (或失效) 及防治 措施		建筑 场地 类别	设计地震参数				
	地形地貌	地质特征	全新 世活 断层	场地条件 对地震动 的影响		第二设防水准 峰值 烈度 (度)	地震 加速 度 (伽)	地震 动周 期 (秒)	第一设防水准 α_{max} (g)	T_g (秒)
有 利 地 段	A_1	侵蚀中山区 在中生代 火山岩、花 岗岩上覆 盖较薄残 坡积层	无	在深切沟谷 两侧坡积物 发育地段可 能发生小规 模滑坡;在 岩质陡坡裂 隙发育地段 有可能发生 崩塌	I	7	94.6	0.18	0.07	0.2
	A_2	主要为 O_2-2 砂 砾、碎石堆 积、局部地 段还发育 O_4-1 洪积 物	无	无	II	7	139.6	0.26	0.095	0.3
	A_3	冲海积平原区 在地下 20 米内发育 着厚度不 等的淤泥 层(I)	无	无	III	7	124	0.27	0.095	0.4

由于软夹层的影响,其地震反应对短周期建筑物具有“减震”作用,对长周期具有“加震”作用,其地震动卓越周期向长周期方向移动。

续表 2

抗震区、段 区划分	场地条件		全新世活断层	地面变形 (或失效) 及防治 措施	场地条件 对地震动 的影响	建筑 场地 类别	设计地震参数				
	地形地貌	地质特征					第二设防水准 峰值 加速度 (度) (加)	地震 周期 (秒)	amax (g)	T _g (秒)	
不利地段	B ₁	侵蚀、剥蚀条带状低残丘、孤丘(相对高度>50米)在基岩上发育较厚,不等厚的残坡积层。	无	在土体边坡不稳定地段易发生小规模滑坡。在此建造应采取抗滑措施	由于局部地形的影响其烈度(或加速度)有所增大。	I、II	7 ⁺				
	B ₂	冲海积平原区在地下20米内发育厚度不等、平均剪切波速 V _s ≤140 米/秒的淤泥(I)	无	无	A ₃	III	7	132	0.29	0.092	0.45
	B ₃	同上在地下15米内发育全新世中细砂层	无	可能发生轻微~中等液化。应根据建筑物的重要性和液化等级采取相应抗液化措施	液化后吸收地震能量,其烈度(或加速度)有可能减少。	II	7 ⁻	按 A ₃ 取设计地震参数			
	B ₄	同上在近地表处发育低刚度(V _s =80~90米/秒的淤泥)	无	可能发生轻微的附加沉陷	A ₃	I、II	7按 A ₃ 或 B ₂ 取设计地震动参数				

$\alpha_{\max}$ - 最大水平地震影响系数; T_g - 反应谱特征周期。说明:福州市区无危险地段

如上所述,为了促进现代社会向城市化发展的趋势,虽然在防震减灾工作上需要付出一定的资金,但是从保障城市人民生命财产和国家的工农业体系正常运行的经济性来看,其付出的代价是微乎其微,而获得潜在经济效益及社会效益却是巨大。此外,当我们现在对城市(镇)分别进行地震小区划分的研究时,还对各城(镇)的土地利用问题,进行场地功能与防震对策规划及定量分析。因而,可以为土地开发利用和房地产业提供很有价值的科学参数,如场地岩土力学性质、场地地震设防加速度、土层卓越周期以及潜在震害特征等,从而,能够真正识别和提高土地的经济价值,对吸引国外的投资者产生不可估量的作用。

四、结 语

地震灾害是客观存在的自然现象,尤其随着现代工业社会迅速发展和人口向城市日益聚集的情况下,其破坏性和经济损失尤为严重。因此,人们不得不从综合防御角度为减轻城市化发展过程中的地震灾害而努力奋斗。当前,在福建省沿海及内陆都在进行大规模的经济建设和城市化发展之中,毫无疑问,将首先遇到与地震灾害防御的问题,为了能够最大限度的降低地震灾害损失。显然,有远见卓识的决策者,应当投入适当的资金,做好防震减灾的有关工作,吸引国内外投资者把有限的资金投入地震危险性相对较小,场地条件较好的地区,或者选择只要采取适当的抗震设防措施也能达到较好抗震效果的场地,不言而喻,为达到上述较好的潜在经济效益,则必须依靠现代工程地震技术和震害研究,以及地震预报的进展。总之,社会在发展,人类在与地震灾害作斗争中也将逐步从必然王国向自由王国迈进。

Research of Urbanization and Economics of Earthquake Preparedness and disaster Relief

Wang Hong Tao Chen Zhen

(Seismological Bureau of Fujian Province, Fuzhou, 350003)

Abstract

In this paper, through the contradistinctive research of the economical loss of destructive earthquakes in southeast foreland region and the economics of earthquake preparedness and disaster relief, we recognized that the economical loss as a result of destructive earthquake is tremendous. So we have to strengthen the work of earthquake preparedness and disaster relief so as to serve for favorably developing urbanization.

Keywords: Earthquake Destruction; Urbanization; Earthquake Preparedness and Disaster Relief; Economic efficiency.

福建数字地震台网试运行期间 编目工作的若干问题

陈绯雯 江 燕 叶雯燕

(福建省地震局数字遥测地震台网中心)

摘 要

本文对福建数字地震台网试运行期间在测定地震参数、编辑地震目录和台网观测报告等方面存在的问题及其解决过程作简短回顾。

主题词:编目 问题

福建数字地震台网中心编目室从98年5月1日起开始着手台网的编目工作,从一开始我们就按编目《规范》的要求、以编报地震月报目录和台网观测报告作为最终目标,在工作过程中,我们发现了数字台网在地震参数测定和编辑目录、报告等方面存在的问题并逐一加以解决。本文以几个较为突出的问题为例,对问题从发现到解决的全过程作了简短的回顾。

一、时间服务问题

数字地震台网的时间服务系统采用接收GPS卫星信号,数据采集器内的同步时钟通过逐步同步算法自动消除钟差,提供同步精度优于 ± 5 微秒的标准UTC/UNSO时间信号。

我们在分析98年5月份的永安地震时发现:震中距约50公里的永安和龙岩台都有清晰的PG-SG震相,两台SG-PG值相等,PG到时却相差1.0秒左右;震中距约150公里的南平和厦门台,也出现相同的情况。我们在分析台湾地震时也发现:如果用震相清晰的PN、SN到时查走时表算发震时刻,则各台的发震时刻相差太大,据此我们开始怀疑数字台网的时间服务系统存在问题。

由于数字台网接收GPS信号对钟时无任何可供查证的记录,我们一方面从加强模拟台网对钟入手,在确定模拟台钟差 $=0.0$ 的前提下,对比同一摆墩上的模拟台与数字台的震相到时;另一方面对比数字台网中同一地震S-P值相等的两个台的P到时。在积累了大量数据之后,初步判断数字台网中有厦门、永安、永春、平潭、东山、莆田、闽清等七个台的时间服务存在问题。后经乙方检测,证实了我们的判断。

以上七个台的GPS板至八月份已全部更换完毕,目前尚无明显迹象表明数字台网的时间服务存在问题。但也无任何实时检测机制能够证实数字台网的时间服务系统提供了连续同步的精度优于 ± 5 微秒的标准时间信号。

在数字台网取代模拟台网之后,将不存在两个台网时间服务系统的直接对比,所以我们要求修改后的网内震定位软件和交切法ISLOC定位软件在定位结果中提供用S-P值

查走时表计算的每个台的发震时刻,这是一个能够较直观地反映台网时间服务情况的指标,同时发震时刻也有助于判断地震定位的精度。

二、网内地震定位问题

数字台网的人机交互处理系统提供了网内震定位软件定位网内地震。作为一种多台定位软件,网内震定位软件不考虑对编目《规范》要求编报的网内单、双台地震作特殊处理。而7至9月份可编报的网内单、双台地震数量有132个,占全部可编报地震总数的34%,不可能被排除在编报范围之外。为解决这个问题,我们在网内震定位软件的基础上自行编制程序,对网内单、双台地震作如下处理:

1. 因单、双台地震无法定位,所有单、双台地震的震中距和发震时刻均由S-P值查走时表得到;

2. 根据《规范》,S-P值 ≤ 3.0 秒的单、双台地震,以S-P值最小的台站的经纬度作为定位结果中的震中经纬度;3.0秒 $< S-P \leq 15.0$ 秒的单、双台地震,在定位结果中只给出发震时刻和震级。

3. 对震群序列中可判定为同一序列的单、双台地震,可人为设定S-P值的上限和下限,如果S-P值落在设定的范围内,则以主震经纬度为震中经纬度。

此外,在使用过程中我们也发现了网内震定位软件一些不尽人意之处,因此自行修改后的网内震定位软件中还增加了以下功能和内容:

1. 震相数据按P到时先后排序,以便检查震中距是否随P到时增加而增大;
2. 每个台的用S-P值查走时表计算的发震时刻,以便判断震相到时是否在同一到达线上;
3. 增加标注震相初动符号的功能;
4. 在定位结果文件中显示每个台的地动位移及其周期;
5. 可对量取地动位移时错量在其他分向的错误作出标记;
6. 可对未经积分量取的速度位移作出标记,以免震级计算错误。

三、网外近震定位问题

监测台湾及其邻近海域地震是福建地震台网的主要工作之一。原模拟台网自1971年起至今一直使用交切法定位台湾地震。由于台网偏一侧,震中距约数百公里,交切法只能成为台湾地震定位的首选方法。而数字台网的人机交互处理系统提供的网外近震定位软件Eddyloc并非交切法,98年5至8月我们用Eddyloc软件定位台湾地震,发现存在以下问题:

1. Eddyloc定位结果中体现定位质量的指标无法如实反映定位精度;
2. 如果个别震相数据分析错误,则可能导致定位结果出现严重错误,而反映定位质量的指标无法识别这种错误;
3. 对同一个地震取相同的震相数据,分别用Eddyloc和模拟台网历来使用的交切法定位,则大多出现几十公里在的系统误差。

基于上述理由,我们要求乙方提供用于定位网外近震的交切法定位软件ISLOC,定位结果文件格式与修改后的网内震定位软件一致,并增加以下功能和内容:

1. 可任意选台参加定位,以便筛选出最佳台网布局和定位精度;

2. 对于同时出现多种震相的地震,可挑选占多数的震相种类参加交切震中;

3. 在计算机屏幕上显示震中交切图,用以人为确定震中位置和定位精度;

至九月份 ISLOC 定位软件已全部修改完毕,7 至 9 月的网外近震全部用 ISLOC 定位。对比 7、8 月份数字台网和模拟台网测定的网外近震地震参数,我们发现两个台网测定的震中位置的偏差与台网自身对网外近震的定位精度基本上处于同等水平。

四、震级问题

在本台网建设之前,数字台网(速度型记录)的震级(ML)问题一直没有比较成熟的解决方案。也就是说,没有可直接套用的 ML 震级系统。日本采用统计方法,大量地震对比后求经验公式。这种方法对建设中的本区域台网来说行不通。通过比较,发现数字台网震级总是比位移记录台网偏小,平均网内震小 0.5-0.6 级,网外震小 0.8-0.9 级。比较模拟震级公式

$$ML = \log \frac{A_{cw} + A_{ns}}{2} + R(\Delta)$$

与速度记录震级公式

$$ML = \log \frac{(A_{cw} \times T_{cw} + A_{ns} \times T_{ns})/2}{2\pi} + R(\Delta),$$

发现造成差值的根源在于周期 T。两种记录图上,同一组波的同一位置,速度波比位移波周期要小。亦即一个位移波周期内,地动速度变化了两、三个周期以上。另一个问题是,对本台网的大量网外台湾震,速度波最大幅度一般在第一组 S 波,位移波却经常在后面几组。这种情况下,周期差值最大。网内震无此情况,故震级差会稍小。按此分析,即使在 S 波列找到幅度与周期之积最大的波,也未必对应于位移最大幅度。分析人员不同,算出的震级不一样,经验公式的总结就失去了统一的前提条件。而且台网记录到的地震很少,可供比较的台站(数字台网、模拟台网都有记录,摆类型也相同)更少,加上建设过程中仪器性能不稳定,统计工作极可能得不到任何结果。

有鉴于此,我们放弃了统计途径,决定采用把速度记录积分成位移记录的方法。在前期准备工作中,用 PITSA 软件在 DOS 下试积分,手工算震级与模拟台网震级比较,发现积分结果用双振幅算得的震级与模拟台网震级符合得非常好。乙方到本台网正式修改源程序时,我们双方共同发现了标定公式中有一个 2 倍错误,造成所有震级预差 0.3 级。这个系统误差去掉后,采用积分结果,短周期记录得到了与模拟台网相一致的震级。宽频带记录则先作 1Hz 以上高通滤波后再积分。

我们对比了 7、8 月份数字台网和模拟台网用同一震级公式测定的震级 ML,发现在 59 个可供对比的地震中,两台网平均震级偏差 $\leq \pm 0.2$ 的地震占 86%;偏差 $\leq \pm 0.1$ 的地震占 64%。

五、目录和报告的产出问题

数字台网的人机交互处理系统只提供了各个地震的独立定位结果文件。为了按照编目《规范》要求的格式产出地震目录和观测报告,我们自行编制程序完成了以下这项工作。

目录中有几项内容,分析地震时不能自动生成。这包括震中地名、地区位号、资料来源、备注和网外近震的定位精度。我们要求乙方修改界面,在归档时可由分析人员输入这

些内容,写到定位结果文件中;

1. 对于发生在陆地上的地震,根据县市分界和省界电子地图,结合中文地名代码库可自动判断并生成震中地名和地区位号;

2. 对于发生在海域的地震,震中地名可根据分析人员归档时输入的地名代码查地名代码库得到,地区位号则直接套用;

3. 资料来源也直接套用;

4. 备注栏主要针对单、双台地震,这可以从定位结果文件中的 S-P 值对应生成;备注“爆破”视定位结果文件中的备注字段是否为“*”号给出;

5. 网外近震用交切法定位,归档时分析人员依据交切图上的震中离散度输入相应的定位精度,自动生成到目录和报告中。

因为目录和报告包含中文,UNIX 的中文处理功能太差,而改在 WindowsNT 下进行。先用 Visual C++ 编成汇总程序,把 UNIX 下已归档的震相和定位结果汇总成文本文件,再用 Excel 进行格式转换,直接生成完全符合编目《规范》的地震目录和观测报告。

以上问题的发现与解决并不意味着数字台网的编目工作已大功告成。首先,我们目前采用积分方法计算震级在学术界还存在争议;其次,人机交互处理系统的操作界面还有待进一步完善,以适应编目工作的需要。

参考文献

- [1] 国家地震局科技监测司,地震观测技术,地震出版社,1995。
- [2] 国家地震局,《区域台网地震月报目录与地震观测报告编报技术规范》,国家地震局,1997。

Some problems of catalogue edition during trial-operating period of fujian digital seismic network

Chen Feiwen Jiang Yan Ye Wenyan

(Center of Digital Telemetering Seismic Network
Seismological Bureau of Fujian Province)

Abstract

This paper briefly reviews some problems and their solutions during the network's trialoperating period in several ways such as earthquake parameter determination, earthquake catalogue edition, network observation reports, etc.

Keywords: catalogue edition, problem

福建数字地震台网与模拟台网记录的震相差异初析

薛雪冰

(福建省地震局数字地震遥测台网中心)

摘 要

本文通过对数字台网记录的地震震相和波形的分析,初步比较了模拟台网与数字台网记录波形,认为数字台网地震波震相具有高频成份表现突出,及初动清晰的特点,并对此作了进一步的探讨。

关键词:数字台网、记录对比、高频、波形、周期、振幅。

一、前 言

福建数字地震台网1997年开始建设,到1998年4月基本建成开始了试运行,7至9月是考核验收期。在这段时间里仪器运行情况良好,资料记录可靠性高。为此,笔者以长期从事地震分析工作的实际经验和认识,对数字台网记录的地动速度波形和模拟台网记录的地动位移波形进行比较分析,为进一步分析数字台网记录的地震震相提供参考。

二、资料选取及震相波形比较

从数字地震台网所记录到的地震波形上看,地震的频率比模拟台网更高,高频成份表现突出,震相丰富,从周期、振幅、特别是从波群的形态上看也有所不同。尤其是在PN波段的前一部份,看得非常清楚,周期密集,波峰带有毛刺状。而从模拟台网的记录波形上看,周期大,波形及波峰都光滑清晰。

例如:1997年7月17日12点51分发生在台湾嘉义6.1级地震:

在图1至图4的记录中,有别于背景的干扰,在数字台网记录中体现了地动速度波形。其主要表现是高频成份含量高,周期密集,带有许多毛刺状。在交互式地震分析处理系统软件中,由于提供了对波形的放大缩小等编辑功能,利用计算机,笔者把数字台网的记录的地震按每分钟120mm长度打印,而模拟台网的记录按原样复印。所以这两种记录的时间标度是一致的。

对于台湾地区的地震波震相分析,在很大程度上是半经验半理论式的,首先必须以震相为准,然后再从发震时刻,震中位置误差,交切图的离散情况进行校正,模拟台网判定一个地震震相往往是依照振幅、波形、相位内容的顺序,而数字台网的分析震相,应当从波形、周期、振幅这三方面依次进行,在模拟台网记录的地震,如果遇到波形限幅的大震,SN波在分析过程中会造成一定的困难。而数字台网在编目过程中可以借助计算机,利用分析处理系统软件所提供的“窗口”放大、缩小的功能,初动和震相都比较清晰,能较容易地判断出地震震相。