

台湾遭遇百年以来最大地震

——“9.21”集集 7.6 级地震概况

□ 陈运泰 杨智刚

1999 年 9 月 21 日 01 时 47 分,我国台湾省南投县集集镇发生了 7.6 级地震。“9.21”大地震造成了重大的人员伤亡和经济损失。

“9.21”大地震的震中位于日月潭西偏南约 12.5 公里的南投县集集镇附近,台湾“中央气象局”地震测报中心测定的地震震中位置为:北纬 23.85° ,东经 120.78° ,震源深度 1.1km(后修订为 7.0km),震级 $M_L = 7.3$, M_L 是用近台资料测定的“地方震震级”,国家地震信息中心(NEIC)用远台资料测定的“面波震级” M_s 。我地震台网及 NEIC 测定的这次地震震级 $M_s = 7.6$ 。

这是百年来震中位于台湾岛内的规模最大的地震。台湾“中央气象局”将其命名为集集大地震。灾情最重的是南投县,南投县所辖 13 个乡镇无一幸免。因为两条发震的大断层恰从南投县大部分乡镇穿过,在竹山镇会合。两条大断层一起发动,震撼了南投县全境,造成百年罕见的一次大灾难。从这个意义上说,集集地震也可以称为南投地震。

这次地震造成了台湾全岛十分强烈的震感,并波及福建、广东、浙江诸省和江西省部分地区。远连至 700 公里以外的香港,也有部分地区感轻微震荡。

地震造成了重大的人员伤亡,截至 10 月 31 日止,已有 2405 人在地震中丧失生命,11306 人受伤,51 人失踪,埋困 27 人,房屋全部倒塌 9909 栋,半倒塌 7575 栋。据专家估计,地震造成的经济损失高达 92 亿美元。

地震造成了震区公共设施的严重破坏。台中县石岗水坝被震时,水坝主体被断层错开,主坝严重受损。三处闸门断裂,供应台中地区两百万居民的生活用水一夕间流光,水库见底。

中寮变电所是台湾南电北运的枢纽,恰巧紧邻集集镇,地震中严重受创,在地震到来的最初几秒钟就损坏,造成全台湾大范围停电,北部发生限电危机,直至震后第 19 天抢修完成跨接变电所的临时输

电线路后,才解除限电。不过,这一“坏事”也变成了“好事”,不幸中大幸的是因而避免了电线短路及煤气管道泄漏引发的火灾。

台中港发生土壤液化、喷沙及坍塌现象,储槽及原料均受损,预计需要 1 年半的时间才能恢复。

地震也严重破坏了台湾风景名胜地的景观。昔日游览观光胜地的日月潭面目全非,光华岛瘫软在地,树木歪斜,月老祠破碎坍塌,倒在乱石间的月下老人无可奈何地张开双手,……日月潭空留一湖映冷月。

阿里山森林游乐区,神木群步道,阿里山火车站都有建筑物受损。祝山观日楼楼基塌陷,栏杆掉落山谷。1998 年花上亿元才修好的森林铁路,有将近 1 公里长的铁道随着山坡滑入溪谷,铁轨扭曲变形。在石猴风景区,自从有台湾岛就存在的石猴石山,石猴的头部竟被震落,不见了猴头。

9 月 21 日 $M_s = 7.6$ 主震发生后,紧接着发生了一系列余震。截至 10 月 25 日为止,共发生 $M_L \geq 4.5$ 余震 157 次,其中 $M_L \geq 5.0$ 地震 86 次, $M_L \geq 6.0$ 地震 12 次。在主震发生后的头一天里,记录到大、小余震 1760 次,其中 $M_L \geq 4.5$ 余震多达 43 次,第二天大、小余震 1486 次,其中 $M_L \geq 4.5$ 余震 16 次,第三天大、小余震 1474 次,其中 $M_L \geq 4.5$ 余震 4 次,以后,每日 $M_L \geq 4.5$ 余震次数均减至 8 次以下。截至 10 月 25 日,每日 $M_L \geq 4.5$ 余震次数平均约 1~2 次。余震总体上按以日本著名的地震学家大森康吉的名字命名的大森定律衰减。在地震的频度方面,目前,每日 4.5 级以上余震的次数已衰减至平均 1 次左右。但余震衰减是有起伏的衰减,有时仍然是相当强烈的。在地震的强度方面,集集余震序列里的大小地震的比例关系遵从著名的古登堡-里克特定律,震级低一级,地震的个数多 6.8 倍。如 5~6 级的地震个数是 6~7 级地震个数的 6.8 倍,4~5 级的地震个数是 5~6 级地震个数的 6.8 倍,等

等。

台湾岛位于全球最大和最活跃的地震带—环太平洋地震带(若按所释放的能量计算,全球 85% 的地震发生在这个地震带)上,位于欧亚大陆板块和菲律宾海板块的交界处。在台湾的西南部,欧亚大陆板块沿着马尼拉海沟向东朝着菲律宾海板块下方俯冲;而在其东北部,菲律宾海板块又沿着琉球海沟向西北朝着欧亚大陆板块下方俯冲,形成了一个错综复杂的板块汇聚,相互碰撞构造。这种错综复杂的板块汇聚、相互碰撞造成了这个地区频繁发生的地震。从 1900~1996 年,近 100 年来台湾所观测到的地震多达 154124 次,其中,7 级以上地震就有 44 次。在台湾,几乎每年就有一次造成人员伤亡和财产损失的危害性地震;而大的危害性地震,包括这次地震在内,自 1900 年以来,就有 11 次之多(表 1)。

表 1 台湾地区自 1900 年以来发生的危害性地震

(据王乾盈,1997)

编号	时间 年月日	地点	震级	震源深度/ 公里	伤亡人 数/人	房屋 损坏
1	1904.11.06	嘉义附近	6.3		303	3840
2	1906.03.17	梅山、民雄	7.1	浅	3643	20987
3	1909.04.15	台北附近	7.3	80	60	1172
4	1916.08.28	浊水溪上游	6.4		175	5499
5	1935.04.11	苗栗	7.1	10	15329	54688
6	1941.12.17	嘉义草岭	7.1	10	1091	15606
7	1946.12.05	台南新化	6.3	0	556	4038
8	1951.10.22	花蓮	7.3	0	932	2382
9	1951.11.25	玉里	7.3	5	343	1598
10	1964.01.18	台南白河	6.5	20	756	36320
11	1999.09.21	南投集集	7.6	7	13711	17484

一次 7 级地震发生时震源破裂通常达数 10 至 100 多公里长,地震破裂的详细情况可以通过反演由地面上布设的地震台站记录下的地震波波形得知。现已清楚,集集大地震是由沿着走向为北北东—南南西至近北—南方向的断层错动产生的,该面向东缓缓倾斜(倾角 28°),地震时,位于断层东面的“上盘”向相对于在西面的“下盘”向上、向北运动,即所谓的左旋—逆断层错动。这个错动非常强烈,在有的地点地面运动的水平运动加速度为 983 伽(Gal),超过了一个重力加速度(一个重力加速度是 980 伽)。在有的地方地面错动(移位)的距离竟长达 9 米。

集集大地震余震的震中分布在北北东—南南西至近北—南的方向上一长约 100km,宽约 40km 的大致为矩形的区域内。而余震震源的深度分布,总体上,越向北越深,越向南越浅,与欧亚大陆板块向东俯冲,菲律宾海板块向西北俯冲的地震构造一致,说明 9 月 21 日集集大地震的发生和欧亚大陆板块

与菲律宾海板块的汇聚、相互碰撞、俯冲密切相关。

地震是海峡两岸人民共同面临的灾难,祖国大陆和台湾,就其地震活动的强度和频率以及遭受地震所造成的灾难程度而言,都堪称全球之最。在预测预防地震、减轻地震灾害方面,两岸的交流与合作具备互补性。在台湾,地球物理和地震科学研究方面,仪器设备、实验条件、技术装备先进精良,研究经费充足,讯息系统通畅发达。特别是在地震监测系统、强震观测、浅层地球物理勘探、地体构造物理以及工程地震方面均有较高水平;在科学研究面向生产实际、为经济发展服务的同时又重视基础研究,以及所系结合、教学与科研相等长等方面,也有可供借鉴的良好经验。惟受地域限制,在某些领域还受到人员数量过少的限制,在研究的广度和深度方面难以面面俱到。特别是在地震预测的研究与实用化、地壳、上地幔深部探测、地震灾害的预测与评估等方面,或比较薄弱,或未见起步。祖国大陆在 1966 年邢台地震以来逐渐形成和发展起来的以预防为主,综合防御的防震减灾工作方针指导下,无论是在地震预测研究及其实用化,还是在大陆地震构造、地震观测技术、地震震源过程、地震预测与评估、结构抗震、救灾重建等研究方面的成果、经验和教训,对台湾同行专家学者、乃至有关行政人员,无不有借鉴之处。辽阔的地域,丰富多样的大陆地震和地球物理现象,也是以地球为研究对象的地震与地球物理学家理想的施展才华之地。在这些方面,两岸的交流和合作,存在着彼此可以取长补短,互相互利的基础。

台湾有堪称世界一流的“气象局”地震测报中心地震观测台网(CWBSN)拥有 75 个地震台,对该台网内的地震可以迅速处理,2 至 3 分钟内即可给出定位结果。台湾的地震速报系统在集集大地震中发挥了良好的作用,对发生在该台网内的地震,如这次“9.21”大地震来说,该台网是一个优良的地震台网,但是对于发生在台湾海峡中的地震来说,该台网偏向海峡东侧,对发生在海峡中的地震,定位精度甚差。祖国大陆福建省地震局测震台网现在也拥有世界一流的数字地震观测台网,该台网也可以很好地控制(监测)台网内的地震活动,但是对于发生在其东面台湾海峡中的地震,也存在同样问题:台网偏向海峡西侧,对发生在海峡中的地震,定位精度同样很差。例如 1994 年 9 月 16 日台湾南部地震,台湾台网定为 5.4 级,祖国大陆台网定为 7.3 级,两地台网定的震中位置则相差数十公里,震源深度及其他参数也大相径庭。海峡两岸,即使

绿色产业和环保科技产业 将是台湾 21 世纪发展的重点产业

□ 刘霜柱

当前全球环保意识的日益高涨,贯穿于经济活动中的环保要求也随之强烈。因此,绿色产业(也称作环保产业)和环保科技产业应运而生,乘势发展,成为大势所趋。不少专家预测,绿色产业和环保科技产业将是 21 世纪人类的重点产业之一,它的发展前景不可估量。尤其是环保管理系统已导入全球市场,成为解决环保问题的经济手段;使全球培养绿色竞争力的竞争拉开了帷幕。台湾也积极加入了这一行列。

1. 国际环保公约已成为国际贸易的通行证

鉴于全球经济发展带来的地球村遭受环境严重污染的严峻形势,早在 1992 年各国在巴西召开的“地球高峰会议”中,与会各国一致支持永续发展的理念,决定以 21 世纪议程作为全球推动永续发展的行动纲领。鉴于此,各国或地区企业的生产和发展如不把环保纳入成本,将无法掌握 21 世纪国际商情的脉动,错失商机,失去竞争力。在现实环境中,各国或地区的厂商面对竞争者、顾客、环保法规等方面的压力时,就必须不断寻求创新,善于运用环保法规来刺激开创新符合环保要求的绿色产品。使产品的总

成本降低,产品的价值和资源生产力提高,从而提高企业的竞争力。全球市场对绿色产品的溢价越高,抢先投入创新的绿色产品竞争力就越强。

2. 台湾将加强发展绿色产业和环保科技产业,使之成为 21 世纪重点产业之一

台湾较为缺乏天然资源,环境资源条件也十分薄弱。因此,近年来环保产业的发展较大,台行政当局已将环保产业列为十大新兴产业之一。台湾的环保产业涵盖较为广泛,包括污染处理及设备业、环保制造业、环保工程、环境检验及废弃物清除处理业等。近年来在当局和民间的共同努力下,环保产业日见蓬勃。现在岛内环保厂家已有 700 多家,其中从事环境工程业者 500 家,而污染防治设备厂商也有近 80 家。为鼓励辅导环保产业的发展及工厂使用环保设备,未来“促进产业升级条例”修正后,凡业者采购岛内外环保设备均可享受投资抵减 20% 的公平待遇;而进口污染防治设备可免关税;购置水、空气污染防治设备则可加速折旧。另外,业者也可享有低利融资贷款的优惠措施。

台当局为了提升产品在国际市场上的竞争力,

都拥有世界一流的地震观测系统,但如果继续像过去和现在这样,单靠偏在一侧的地震台网的记录来监测对于两岸造成威胁的海峡中的地震的话,定位和测定其他地震参数的精度和速度绝不会有根本的改善,这对于快速、正确、准确地给出海峡中的地震的位置和各种参数、监测震情以及震后快速反应、抗震救灾都是十分不利的。对于进一步利用地震波进行地壳、土地幔深部结构的探测也是不利的。分别两害,合则两利。只有联合起来,形成一个统一的地震观测系统,置海峡中的地震于这个统一的地震观测系统监测范围之内,才能从根本上改善海峡中的地震定位状况,提高监测水平。

台湾海峡仅宽 100 多公里,采用无线传输或卫

星传输方式来传输地震信号是可行的。金门岛与台湾岛现已有海底电缆沟通,若能实现金门地震台与厦门地震台地震信号的互相传输,海峡两岸的其他地震台站的地震信号便可通过这一渠道互相传输到对方的记录中心。组成跨越海峡的地震监测系统,实现地震数据的实时传输与处理,在技术上是完全可行的。

地震是人类的“天敌”,对付地震这个海峡两岸中国人的共同天敌的问题,应当说是与海峡两岸人民的平安福祉密切相关、功德无量的善事。应当而且能够早日实现合作。两岸在减轻地震灾害方面的交流与合作前景广阔,应当而且也能够对促进两岸关系的良性发展做出贡献。