

第八章

台湾的地震学与地球物理学研究

台湾岛位于全球两大地震带之一的环太平洋地震带上，太平洋板块和菲律宾板块的相互碰撞造成了这个地区频繁发生的地震。在台湾，平均每3天就有2次有感地震；从1879年至1974年的95年间，造成灾害的地震达78次——几乎是每年就有一次灾害性地震。

早在日本侵占台湾岛期间，岛上就建有地震台，进行了常规的地震观测工作。地震观测工作在管理体制上受到日本的影响，地震台及有关的工作隶属于气象部门。

五十年代末以来，陆续有一些留学生离台赴外国（主要是美国）学习地球物理学。这些留学生学成后一部份留在美国，分布在大学、研究机构、产业部门，从事着地震学、地球物理学和地球物理勘探等方面的工作。自七十年代初开始，这些留学生便与国内的地震学和地球物理学界有了联系。二十年来，他们与国内许多研究机构、大学以及地震学与地球物理学界个人形成了较密切的联系或合作关系；他们常来往于大陆——台湾，为沟通大陆地球科学界与台湾同行的联系作出了一定的贡献。少部分留美学生，特别是台湾本省的学生，学成之后乃返回台湾，成为目前活跃于台湾地震学和地球物理学界的骨干。这些地震学与地球物理学研究人员主要集中在台北的中央研究院地球科学研究所；此外，在“中央”大学地球物理研究所、“中央气象局”地震测报中心、中正大学地震研究所、台湾大学海洋研究所等单位也有相当数量的地震学、地球物理学研究人员。

一、台湾的地球科学研究所

1. 沿革

台湾的“中央研究院”地球科学研究所简称“中研院地球所。”该研究所筹建于1976年，正式成立于1982年7月，历时六载。实际酝酿准备，还可追溯到1969年。

1969年，邓大量博士（现任美国洛杉矶南加州大学地球科学系教授，新当选的“中央研究院”院士）向台湾当局提出了地震研究的长期计划。1971年，台湾成立了以游世高博士为组长的地震研究组。1972年，台湾开始建设地震台网和强震台网。1973年，“中央研究院”物理研究所设立了以蔡义本博士为组长的地震组。1976年“中研院”委托蔡义本博士负责筹建地球科学研究所。1980年，筹建中的地球科学研究所增设了构造地球物理学和同位素地球化学两个研究组。1982年7月1日地球科学研究所正式成立。

“中研院”地球所的第一任所长是蔡义本博士，第一任副所长是叶永田博士；从1985年至今，所长一职一直由叶永田担任。蔡义本博士系台湾省人，六十年代在美国跟随世界著名的地震学家安芸敬一（K. Aki）教授学习。安芸是美籍日本人，曾任美国地震学会理事长。蔡的主要专长是天然地震学以及地下核爆炸的检测。叶永田博士也是台湾省人，其主要业务专长是地震面波和强地面运动地震学。

2. 人员和机构设置简况

截至1991年5月为止，“中研院”地球所有工作人员77名（其中5名在外进修），包括：研究员8名，副研究员15名，博士后副研究员1名，助理研究员19名，助理12名，技术人员13名，约用人员9名。正、副研究员的年龄在33至48岁之间，多数在40岁以下；助理研究员年龄在26至39岁之间。

“中研院”地球所下辖地震、构造地球物理和地球化学等三个研究组和一个实验室（电子室）。地震研究组23人，构造地球物理研究组21人，地球化学研究组23人，电子室10人。

3. 经费概况

“中研院”地球所经费主要来自“中研院”和“国科会”，每年有约1亿新台币的经费（1989年0.7亿；1990年1.4亿；1991年1.1亿），其中1/3以上用于科学研究，1/5系人事费用。

4. 研究领域

“中研院”地球所侧重于基础性研究，同时从事应用性研究工作。其研究工作的宗旨是增进对地球及宇宙的认识，并将研究成果应用于预防和减轻自然灾害、开发与利用自然资源。所属各组、室均有明确的中长期研究发展计划，每年都要对上一年度的工作做认真的总结并制订出下一年度的研究计划。当前该所的研究工作涉及的领域主要有：地震学、构造物理学、工程地震学、重力学、地磁学、大地测量学、古地磁学、稳定同位素地球化学和放射性同位素地球化学。具体研究内容分述如下：

①地震学 地震是台湾省主要的天然灾害之一。“中研院”地球所在地震学方面的主要研究内容有：地震活动性，地震发生的空间分布和时间变化，地震的震源机制，震源破裂过程和非线性地震学，地震波的传播，地壳和上地幔结构，板块构造。通过地震波、地壳形变、地下水位、跨断层位移、地倾斜、井下体应变、地下水化学、重力与地磁变化等八种手段，进行地震前兆现象的观测和研究。

②工程地震学 主要研究地震危险性和地震引起的强地面运动的特征，为抗震设计提供所需要的基本资料。目前的研究工作包括：地下的地层构造和地形对地面振动的影响，台站及场地效应；地面振动的时空分布；地面振动加速度随距离的衰减；震害分析。

③构造物理学 地球表面的一切物理现象是地球内部性质和构造的反映。通过对地表地球物理现象的观测，如地震、重力、地磁、古地磁、地壳形变等，可以研究地下的构造及其演化。在构造物理学方面，着重研究：台湾地区的地磁和重力异常的测量和解释，综合地球物理及地质资料推求地下构造，探讨台湾现代造山运动，藉全球定位系统（GPS）卫星测量和水准与三边测量方法，进行大区域的地壳变形研究，准备估算现在的板块运动速度，根据微震活动和地球物理勘探方法勘查活断层的位置，供经济建设和地震危险性评估之参考，地磁场变化的定点监测，固体潮重力变化的观测和研究。

④大地测量学 在台湾东部的地震活动区进行高精度水准测量和三边测量，以监测可能的地壳形变。地壳变动的监测系利用两台中程电子测距仪和两台精密水准仪在地壳活动显著的区域内的三角网和水准网进行。此外，还利用各地的潮汐站的平均海平面作高程控制。

⑤地磁学和古地磁学 利用3个连续记录的地磁台和6个便携式磁力仪观测构造活动地区的地磁变化，并进行地球物理解释。古地磁研究系在磁屏蔽室中进行，使用了加热式或交变磁场式退磁仪。还进行了磁性矿物分类、岩石磁化率不均匀性的研究，由岩石剩磁定出古板块的相对运动，台湾北部山前褶皱冲断带第三纪沉积岩的古地磁研究，台湾西南部新生代晚期冲积岩的磁性地层学的研究。

⑥稳定同位素地球化学 主要研究陨石水、地热水、碳酸盐矿泉水以及水化矿泉水的氢、碳和氧的同位素的成份分析以研究台湾地区的地热体系以及有关的热液蚀变，通过沉海沉积的有孔目的同位素分析研究古气候。

⑦放射性同位素地球化学 自然界物质的同位素组成通常是相同的，但有时也会由于核反应、质量分化与放射性衰变等作用

而产生微量变化。这种微量变化提供了许多有关地质、海洋、环境和宇宙科学中的重要讯息，如海底沉积物的沉积速率、海水温度的变化、太阳系形成的时间、岩石的年龄、岩浆的来源及其组成。“中研院”地球所建立了台湾第一个、也是最先进的同位素化学实验室，利用最新颖、最精密、最灵敏的仪器和方法研究同位素组成的变化。现已建立了9套真空系统来收集和纯化从水、含水矿物、有机物、氧化物、碳酸盐与硅酸盐中所分离出的氢、氧、氮和碳，再通过两台质谱仪分析这些气体的同位素组成。现阶段正在研究的课题有：利用铍—铷同位素法探讨台湾岛弧火山岩和澗湖、关西、公馆的玄武岩的成因；以铷—铯定年法测定台湾花岗片麻岩和含云母的岛弧火山岩的年代；研究台湾基底变质岩和沉积岩地层的铍和铷同位素的组成，进而研究中国东南地区地壳演化的情形；用铍同位素定年法研究海洋碳酸岩的形成年代；研究台湾东部蛇绿岩系的碳、氢、氧同位素的组成；利用铀系不平衡系列测定晚第四纪珊瑚的年代及其上升速率；研究来自南中国海及台湾近海岩芯里有孔虫的碳、氧同位素来推测古环境的变化；研究黑潮边缘含氮化合物的氮同位素、探测在亚热带洋中的固氮作用；探索太阳系形成初期铷的同位素是否有异常现象；等等。

除了上述基础性的、长期性的研究工作外，“中研院”地球所还开展了一些短期的、特殊项目的研究。

5. 主要研究设施

“中研院”地球所的主要研究设施有如下20种。

① 遥测地震台网 台湾遥测地震台网（缩写为TTSN）由覆盖台湾地区的25个野外地震台站记录地震讯号，通过商业用的电话线或无线电将其传输到“中研院”地球所。这个台网可以准确地测定 $M_L \geq 2.0$ 级地震，其主要目的是长期监测台湾地区的地震活动。

②地震研究观测台站 这是一个装备有先进的、多频道、宽频带、高灵敏度的深井数字地震仪和数字磁带记录的地震观测系统。

③模拟和数字磁带记录的便携式地震仪 这两种地震仪用于微震和余震的详细观测。

④强震仪台网 在岛内主要城镇和重要的工程建筑已布设了92台标准的强震仪，以记录地震引起的强地面运动，研究震源的特性、建筑物对地震的响应、地震动的衰减效应并进行震害分析。

⑤强地面运动台阵 “中研院”地球所与曾任国际地震学与地球内部物理学协会主席的美国伯克莱加州大学的博尔特(B. A. Bolt)教授合作，在台湾东北部的罗东布设了一个有42个子台的数字加速度仪台阵，台湾地震学家称之为“罗东强震阵列”以记录地震引起的近场地面运动的时一空变化，为地震学和工程学研究提供服务。

⑥磁力仪 三台连续记录和六台便携式质子旋进磁力仪，用于对台湾地区的地磁场进行研究。

⑦重力仪 三台微伽级的拉科斯特—隆贝格(LaCoste Romberg) D型重力仪，用于对台湾省内600多个测点及数条测线进行重力测量和固体潮观测。

⑧古地磁实验室 拥有一个磁场约200至300伽马的磁屏蔽室，一台旋进磁力仪以用于测量岩石磁化强度以及一台翻转去磁装置，用于除去交变场岩石的剩余磁性。

⑨质谱仪 一台VG602E型质谱仪。

⑩真空系统

⑪差温分析器

⑫岩相显微镜

⑬立体显微镜

⑭水氢氘气和计数系统

⑮连续水氧监测系统 安装在台湾北部的两套监测器，记录每小时的氧含量，以研究水中氢含量的异常变化和地震活动性的关系。

⑯固体源热电离同位素比质谱仪。

⑰净化化学室 以便在超净化状态下进行同位素和微量元素的分析。

⑱数据处理系统 新添置了一台DEC2100工作站，一部地震资料处理系统用的光盘机等。

⑲图书馆 有关地球科学的专业性藏书约5千册，专业期刊近百种。

⑳车辆 卡车两部，供野外工作使用。

二、台湾的地球物理学学术活动

台湾的地球物理学领域的学术活动相当活跃。以“中研院”地球所为例。该所每年发表的学术论文和完成的研究报告一般在100篇左右（1990年发表论文84篇，研究报告22篇）。在“中研院”地球所，除日常研究工作外，还经常邀请外国地球科学家、美籍华裔的地球科学家举行学术讲座、交流研究经验。近年来，在台湾举行过一些双边学术讨论会，实施了较大规模的科研计划。

1. 台一日减轻多种自然灾害学术讨论会

2. 台、美、日生命线地震工程研讨会

1985年11月25日至27日，台、美、日三方学者几十人在台湾大学内举行了“台、美、日生命线地震工程研讨会”。“生命线工程”是有关交通、燃料、能源、电力、供水、电讯等输送与收集系统的概称。根据台湾地区的构造背景和地震记录，台湾是世界上近年内可能发生大地震的地区之一，当前地震预测还达不到很准确的地步，如果一旦发生强震，其破坏力惊人，故生命线系统的

防震，关系到公众的安全。

这次会议提醒了人们，在台湾会发生大地震并非是危言耸听，只是“什么时候”的问题，因此如不注意防震，可能造成不堪设想的后果！

3. 大规模的地震研究计划

1987年1月22日，台湾“行政院国科会”表示，在1987—1992年的5年内，以1.3亿新台币支持一项大规模的地震研究计划，大幅度地更新现有设备，使台湾的地震资料收集工作进入一个更精确、深入和完整的新阶段。

三、台湾地球物理国际学术交流与合作

在与外界的地球物理学术交流与合作研究方面，主要有：

①与美国洛杉矶南加州大学的地震预测研究联合计划；

②与美国伯克莱加州大学博尔特教授的“罗东强震阵列”的合作研究计划；

③台湾—美国—日本的合作研究计划。

后一个计划是台、美、日合作对台湾东部地震带进行海陆联合监测和地震折射的计划。计划的主要目的是在台湾东部地区扩建地震仪台阵，以对地震活动性进行海陆联合监测。该台阵包括由夏威夷地球物理研究所、夏威夷大学和台湾遥测地震台网设计制造的、具有世界上最先进的地震探测装置的10台海底地震仪（OBS）和属于中研院地球所的30台轻便短周期地震仪。通过补充的海底地震仪的数据，改进由台湾遥测地震台网测定的台湾东部地区地震的精确定位。通过这项计划记录到的地震还用以校正震源位置，以修正台湾遥测地震台网过去测定的以及今后将记录和测定的地震的位置。该计划始于1985年6月1日，完成于1986年5月31日。

四、合作与交流是两岸地球物理学家的共同愿望

台湾地区的地震是太平洋板块和菲律宾板块相互碰撞造成的“板(块)间地震”。与此形成对照的地震是发生在中国大陆内部的“板(块)内地震”。板间地震与板内地震的特征及其预测,一直是地球物理学界关注的问题。中国大陆和台湾正是开展这一研究的重要场所,两岸地球物理学家可以通过考察、对比,研究板间地震与板内地震的异、同,为解决上述问题作出贡献。

地壳形变观测是地震监测预报的一种主要手段,对地壳形变进行重复测量和连续观测,特别是在时间上和空间上加密切测,可望提高捕捉到地震前兆地壳形变的可能性。“全球定位系统”(GPS)通过安装在各观测站上的接收机,接收来自GPS人造卫星的电讯号,可以达到这一目的。“全球定位系统”地壳形变连续观测网的建立,可以解决传统的大地测量方式观测大范围地壳形变精度低、费工费时以及无法连续观测的缺点,也可解决常用的伸缩仪、倾斜仪、应变仪等地震前兆仪器虽然分辨率高但因其设置间距短、仪器漂移以及仪器易受大地震机械运动产生不稳定性等原因而不能用于监测大范围地壳形变的问题。海峡两岸如能联合进行台湾岛弧—中国大陆东南沿海的“全球定位系统”的测量,无疑将是对当前世界地球科学的一个贡献。

地震预测本身是当今科学的一大难题,然而也仅仅是减轻地震灾害的诸多环节中的一个环节。为了减轻地震灾害,还需要预测未来可能发生的地震所造成的强烈地面运动,设计足以抵御这种震动的建筑物。台湾地震频繁,是观测、记录和研究地震引起的强烈地面运动的理想场所之一。台湾的地震学家与外国合作,多年来取得了堪称世界一流的第一手资料和研究成果。建立和发

展海峡两岸在地震强地面运动观测与研究方面的合作，对于大陆的地震学家和地震工程师，将可从台湾同行学习到宝贵的经验，对于台湾的同行，也将可得到将其研究成果推广和扩大到大陆地震的机会。

台湾的地球物理工作，主要是由“中生代”和“新生代”等一批中青年地球物理学家担当的，他们经费充足，但毕竟人数极其有限。地球物理学是以地球为研究对象的一门科学，广袤的中国大陆是海峡两岸地球物理学家施展才能的舞台，大陆和台湾的地球物理学家通过合作和交流，可以取长补短，为地球物理学的发展、为减轻自然灾害、造福中国人民作出贡献。

近来这种合作和交流正在向前发展。可以预料，海峡两岸地球物理学界的交流和合作，将有可能发展到比较系统、全面的新阶段。

（陈运泰）