

很短时间就来到,来不及预警。但日本这一次地震预警系统和民众防灾减灾应急训练还是发挥了很大的作用,纯地震的影响灾害损失已经减少到比较低的水平。

日本在此次强震后,第一时间启动了海啸信息发布程序,各大电视台自动切换电视画面,滚动播发海啸警报;地震海啸发生仅5分钟,日本首相官邸就设立了官邸对策室,并在之后的内阁会议成立紧急对策部,协调指挥全国的地震和海啸灾害应对工作;沿海居民按照既定的应急手册有序撤离,核电站、新干线、机场等重要基础设施紧急关闭。

位于夏威夷群岛的太平洋预警中心立即分4批向53个太平洋沿岸国家和地区发布海啸预警通知。夏威夷州首府檀香山市警报长鸣,当地广播反复播发海啸预警,动员居住在沿海撤离区的居民及时撤离,当局组织大巴疏散当地居民,并开放疏散中心。地震引发的海啸在夏威夷掀起2米多高的大浪,但没有造成人员伤亡和严重财产损失。

## 中国差距

3月11日,日本福岛地震发生后,中国国家海洋环境预报中心发了3次海啸预报消息、2次海啸预警。这也是中国首次发布海啸灾害预警。此次地震海啸在中国沿海的整个传播过程有惊无险,主要是因为受地震断层主轴展布方向约束。此次日本地震海啸的波能主要向东南方向传播,我国大陆及台湾沿岸均不在其主传播方向上,加之沿海大陆架宽广,海啸波能快速衰减。

中国海啸预警的整体水平与日、美等国家相比,差距明显。国家海洋环境预报中心于福江副主任指出,主要表现在4个方面:

### 海啸预警体系不完备

与日本整个国土责任区内设置6个海啸预警中心相比,中国只有国家海洋环境预报中心一个国家级海啸预警中心,各省区虽有应急办公室,在灾害降临之际,只有被动等待接收国家中心发布的预警信息,在如何告知居民并做到及时有序疏散方面,组织动员能力薄弱。

### 预警装备建设欠缺

世界上观测海啸方面最有力的装备是海啸浮标,美国拥有40多个,而且在近10年间投入10亿美元用来建设观测、预警、卫星通讯系统。日本沿海潮位站、地震台站也十分完备,其信息通讯主要通过地下电缆传输。中国经过近几年的发展,部署在沿海的观测台站已经有大约120个,可以实现每分钟自动采样,能够满足分辨海啸波的功能。但就体现观测能力标志性的海啸浮标而言,中国仅有1个,而且是花费1500万元从美国进口,2010年10月才装备在中国南海的。

### 灾情分发系统建设不到位

目前中国的数字预报模式全部基于自主开发,数据分析能力也不差。在预警这个环节,从获取数据到发出预警,目前借助太平洋海啸预警平台,可以满足中国海啸预警70%的功能,但还有30%的能力必须靠自主建设,这是国家要发挥能力的地方。在被称为海啸预警“最后一公里”的灾情分发系统上,相比美国和日本此次海啸预警体系的快速反应、灾情分发系统的高效运转,中国的差距相当大。

### 公民宣教工作滞后

即使解决了“最后一公里”问题,公众尤其是青少年不会应急处理也没用。这个环节出了问题最不能让人接受,但恰恰我们做得还远远不够。海啸总体上发生的概率很低,人们往往遗忘,但不能因为发生少就以为没事,应该加强风险忧患意识。■

(作者单位:中国科学院国家科学图书馆兰州分馆)

## ►张树良

新西兰地处太平洋火山岛弧,为典型的板块俯冲带构造背景,是受地震海啸威胁较为严重的国家(其地震海啸风险主要来自西南太平洋地区和距离较远的太平洋中脊地区)。新西兰历史上有完整记录的海啸灾害事件共51起,其中21起由远源地震引发,11起为区域地震成因,其余19起则为本地地震所致。最近时期即自2001年至今,对新西兰具有潜在威胁的地震海啸平均每2年发生一次,其中包括最近一次2010年的智利地震海啸。

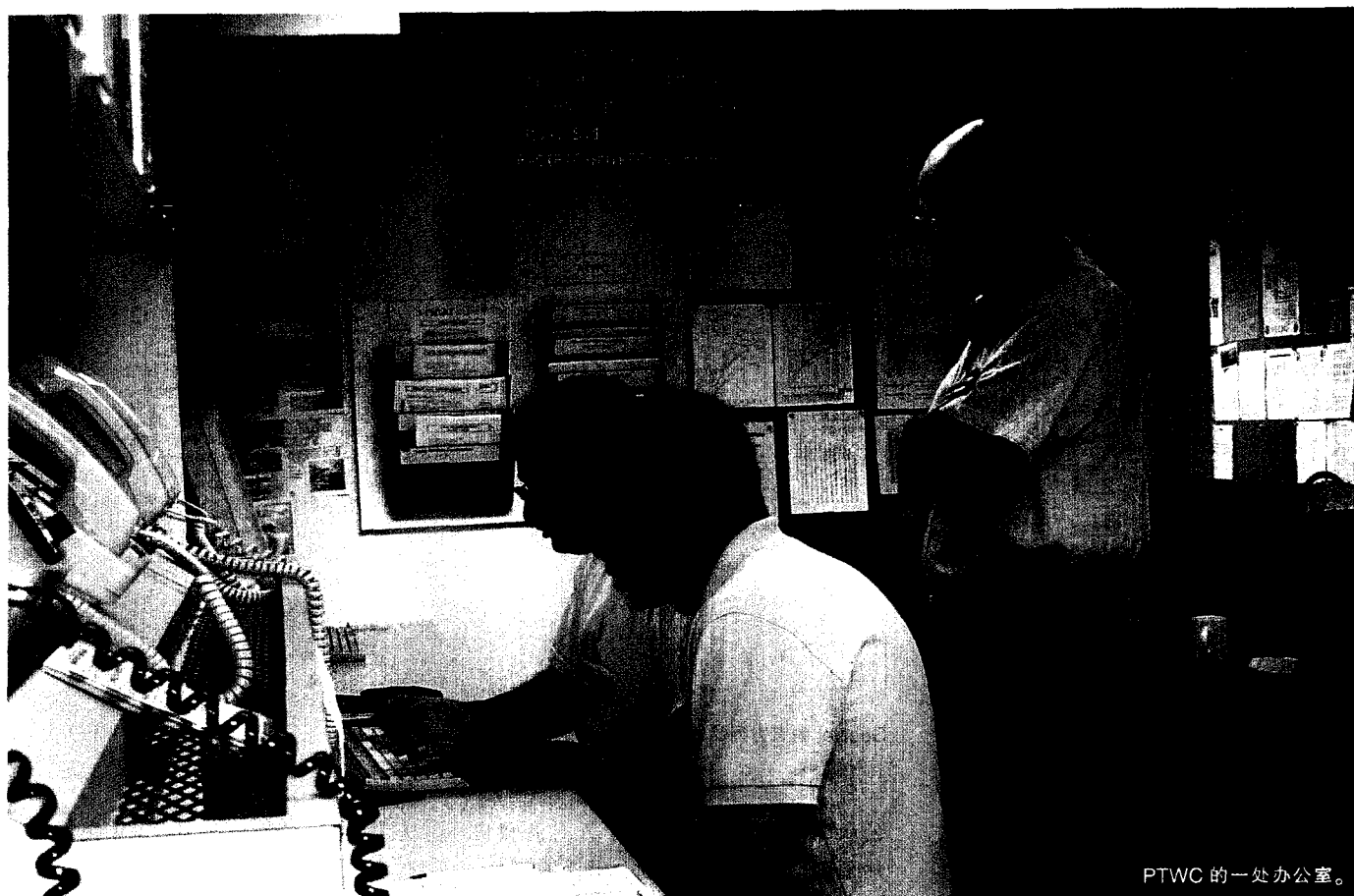
为缓解潜在的地震海啸威胁,为今后可能发生的地震海啸灾害的预防以及灾害减轻提供技术保障,新西兰联合国多方努力构建起集地震海啸预警及监测功能于一体的先进的国家海啸预警系统。该系统刚刚于2010年建成并启用,成为全球致力于地震海啸及其灾害预警研究以及相关先进技术应用的最新范例。

新西兰国家地震海啸预警系统分为预警和信息发布两大功能体系,具体包括地震海啸威胁评估与信息发布系统、GNS响应机制、海啸预测系统以及海啸监测系统。

## 地震海啸威胁评估及信息发布系统

海啸威胁评估及信息发布系统为多级多主体控制系统。各关键控制主体包括:太平洋海啸预警中心(PTWC)、新西兰民防及应急管理部(MCDEM)、新西兰地质与核科学研究院(GNS)、民防与应急工作组。

太平洋海啸预警中心位于夏威夷,为新西兰地震海啸预警系统的运行指挥部。太平洋海啸预警中心负责监测整个太平洋地震及海平面网络,并根据预先确定的阈值标准发布海啸信息,信息发布包括以下类型:海啸信息通报、海



PTWC 的一处办公室。

## “啸”动新西兰

**编者按:**2010年,新西兰宣布其国家地震海啸预警系统全面建成并投入运行。该地震海啸预警系统的建设联合了包括美国地质调查局(USGS)和美国国家海洋和大气局(NOAA)等权威机构在内的国际多方合作和努力。作为全球太平洋海啸监测网络的重要组成部分和相关先进技术的最新应用范例,其在系统配置、灾害响应及预警信息发布机制等诸多方面均值得借鉴。

海啸信息声明、海啸咨询报告、海啸观测及海啸预警报告。上述发布信息并不被直接采用,而是为新西兰民防及应急管理部发布官方国家报告及预警提供决策支持。

新西兰民防及应急管理部负责发布国家官方海啸通告。由新西兰地质与核科学研究院(GNS)为其提供技术

支持,新西兰民防及应急管理部根据太平洋海啸预警中心的所有相关信息来对新西兰受海啸威胁程度作出判断,并最终通过国家海啸预警系统对外发布官方海啸通告,通告分为以下5种类型:

(1)全国通报:海啸对新西兰无威胁;

(2)全国通报:海啸对新西兰有潜在威胁;

(3)全国警告:海啸对新西兰有威胁;

(4)全国通报:海啸对新西兰的威胁解除;

(5)全国警告:海啸对新西兰的威胁解除。

国家通报或警告以每小时一次(或更高)的频率发布,直至威胁解除通告的发布为止。同时,新西兰民防及应急管理部同媒体之间达成谅解备忘录,以便能够通过公共无线广播和电视台对外及时播报地震海啸国家通报及警告。

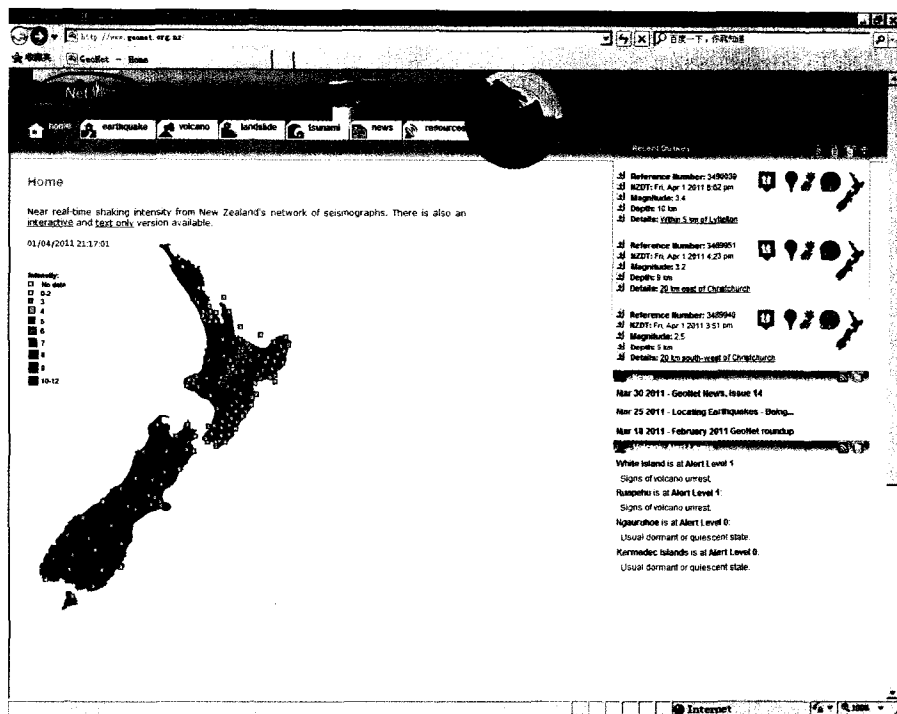
新西兰地质与核科学研究院负责运行维护新西兰国家地质灾害监测系统 GeoNet, 监测并收集有关国家地震、海啸、火山喷发及滑坡等数据。作为国家技术顾问机构,GNS 直接为新西兰民防及应急管理部提供上述地质灾害信息。同时,GNS 特设随时待命的工作组,负责在灾害事件发生之后的 20 分钟内为新西兰民防及应急管理部提供相关服务。

惠灵顿 Geonet 基站官员负责向新西兰民防及应急管理部通报任何对新西兰有潜在威胁的海啸信息,并根据海啸专家小组的意见,为其提供科学建议。

民防与应急工作组及其成员则负责地方海啸响应以及公共预警系统的规划、开发与维护。一旦遭遇海啸威胁,民防与紧急情况组及其成员将直接从新西兰民防及应急管理部接收全国海啸通报及警告,并结合地方威胁评估结果最终决定适宜的公共预警级别。根据实际情况,在地方预警体系中,民防与应急工作组成员也可能包括地方广播公司。

## GNS 响应程序

新西兰地质与核科学研究院(GNS)根据海啸传播时间即从发生源到新西兰最近海岸的时间具体确定海啸传播过程中所产生的不同威胁。本地海啸达到时间通常在 1 小时以内,仅有极短的时间实施官方警告程序,而大部分情况下,本地海啸在 30 分钟之内即到达新西兰最近海岸。因此,新西兰民防及应急管理部正积极推动开展提升



GeoNet 的官方网站首页。

公众的海啸威胁识别及个人对海啸自然预警信号响应能力的公共教育活的。区域海啸达到时间通常也仅为 1~3 小时,因此也没有足够时间实施官方应急响应,而只能在全国通报或警告发布之前,基于地震相关参数的经验阈值对威胁水平作出初步的判断;远源海啸到达时间一般超过 3 小时,将有充足的时间发布国家通报和警告,包括海啸预计到达时间、区域威胁水平以及届时海岸的浪高等信息。

对于本地和区域海啸,具体的响应程序如下:

(1)如果可行,核对 PTWC 发布的海啸观测数据及预警信息,以及来自美国地质调查局(USGS)国家地震信息中心的相关地震信息;

(2)基于上述信息,向新西兰民防及应急管理部提供有关海啸对新西兰威胁的初始建议,为其最终确定适宜的国家海啸通告类别提供依据;

(3)建议 GNS 启动态势管理程序。同包括专家小组在内的相关任务负责

方商讨响应措施,向 MCDEM 提供技术建议并负责答复媒体质询;

(4)如果时间允许,安排联络官员(可能是海啸专家小组成员或专职官员)赶赴 MCDEM 国家应急管理中心,负责向 MCDEM 传达关于海啸威胁的技术建议;

(5)如果时间允许,启动专家研讨程序。首次研讨一般将以电话会议方式进行;

(6)提交有关海啸威胁水平的 PDF 文件,确定海啸预计达到新西兰海岸关键地点的时间,向 MCDEM 提供有关受威胁区域的建议;

(7)在 1 小时之内向 MCDEM 提供海啸专家组的首次详细建议。包括海啸形成的可能性以及如果形成对新西兰的影响等。

按照响应机制的规定,在地震海啸发生之后,必须每 1 小时对上报给 MCDEM 的信息进行更新(在 PTWC 每发布一新信息之后),即使没有新的信息。对于“解除警报”的建议则基于海啸传

播模型给出。

## 地震海啸预测

最有效的建议是基于数值模拟发布海啸预警。尽管目前海啸模拟系统已经发展到可以模拟海啸从发生、传播到产生影响的全过程,从而为海啸到来之前预测其效应提供了可能,并且在某些情况下,对海啸的模拟过程可以于其实际发生,但问题的关键在于确保模拟机构的可靠性。因此,新西兰最初所采用的方法是开发一个预先模拟情景数据库,以便在目前无法实时模拟的情况下获得海啸的近似模式。与此同时,开始利用 SIFT、webSIFT 等工具开展对海啸实时预测的相关研究,并有望应用于未来的海啸预测。海啸评估模拟系统利用了包括预先情景模拟和实时模拟在内的综合方法。

预测数据库的最初开发主要关注预测首次到达新西兰海岸时间超过 3 小时的地震海啸,包括一些更远距离的西北太平洋来源海啸,以及来自太平洋中脊地区的海啸。随后以及目前的工作重点则主要是利用较近区域的海啸模型完善数据库。3 小时的预测时间范围是确保正式官方预警信息发布的最短时限,预测时间范围的缩短则依赖于整个预警系统的进一步改进。

对于太平洋中脊所有潜在大规模俯冲带区域内传播时间大于 3 小时(从发生源到新西兰)的一系列的 earthquake 海啸均纳入模拟范围,地震强度分为 3 个级别: Mw8.7、Mw 9.0 和 Mw 9.3。南美洲震源海啸采用基于 Monte-Carlo 技术的风险预测模型,其余震源海啸模型则利用美国国家海洋和大气局(NOAA)FACTS 服务器创建。所有震源海啸模型被设计为连续发生(即海啸顺次接续发生)。

对于每一个震源海啸模型均被用于生成新西兰周围浪高及海流的时间序列边界条件,重点关注区域为 165°E 至 180°E 以及 49°S 至 33°S。

情景模拟结果同历史事件记录进行比照,所选定的历史事件包括 1868 年、1960 年的秘鲁地震海啸以及 1964 年的阿拉斯加地震海啸。

为方便获取,预测数据库中每一情景下新西兰海岸带的受威胁水平图均已以 PDF 格式文件存储,文件同时具有交互应用功能,可以通过地图和表格超级链接查询任何情景的受威胁情况。此外,文件还支持打印格式。

## 海啸监测

新西兰海啸监测网络用于监测和评估地震海啸达到新西兰诸离岛以及两大主岛的情况。监测网络于 2010 年全面建成,整个网络包含 19 个监测站点。其中 5 个监测站位于离岛(Raoul Island (2 个)、Chatham Island、Norfolk Island 和 Macquarie Island),专门监测经过新西兰两大主岛的区域震源海啸以及远源海啸;7 个站点位于高风险海岸(North Cape、Manukau、Great Barrier Island、East Cape、Castlepoint、Kaikoura 以及 Puysegur),专门用监测到达主岛的首轮海啸;另外 7 个站点建在受海啸威胁的人口稠密地区(包括 Auckland、Tauranga、Gisborne、Napier、Wellington、Christchurch 以及 Dunedin),用于发布海啸发生之后的警报解除信息。

每一海啸监测站海浪高度的确定均借助两个设在海里的水下压力传感器完成。传感器的安置方式包括附着在垂直结构上(如码头)或固定于海底。传感器同数据记录设备相连,这些数据记录设备用于记录有关海平面的实时数据,取样频率为每秒 10 次。设备的计时精度则借助外置的 GPS 单元实现。与之相配套的设备还包括遥感勘测设备和太阳能供电系统。

海啸数据以近实时传送方式传送至设在 Lower Hutt 的 Geonet 数据管理中心,专门服务于国家及国际海啸顾问专家使用。所有用于紧急响应及研究目

的海啸数据均可在 Geonet 网站免费获取。新西兰海啸监测网络致力于太平洋海啸数据收集与共享的国际合作。

## 未来计划

目前的情景数据库正在被扩展至涵盖范围更为全面的区域事件模型数据集,特别是在低强度地震海啸数据。同时,经过修正的一系列海洋测绘网格也正在开发之中,其精度到达 10 角秒,覆盖新西兰整个海岸带近海海域。更为精确的网格模拟将用于确定近海海平面高度,以及对远源海啸情景的重新模拟计算。

系统目前的情景 PDF 文件所揭示的受威胁范围为海岸带区域近 40 公里长度范围。支持海啸预警的新的海岸带数据库正在开发之中,未来新的数据将同现有边界数据相结合作为确定影响海啸效应的自然因素和人口密度因素的依据。

情景模拟缺陷之一是一切真实事件不可能同某一模拟情景精确对应,因为海啸的实际发生地点一般不可能同模拟情景中的地点精确对应,并且在大多数情况下,地震级别不得不在与模拟级别最相近的范围之内,或者模拟结果受到经验值的影响。

此外,新西兰海啸及其影响的历史数据库的开发工作也即将完成。该数据库将为 Geonet 开发团队和海啸专家小组进一步提高海啸预测精度提供支持。

未来对地震海啸的研究重点将是关注低感知度地震海啸,因为低感知度地震海啸使当地居民的及时疏散和撤离几乎不可能,而且给迅速精确确定地震震级造成困难。同时,在未来的地震海啸预警中利用海岸带连续观测站点的实时 GPS 数据流的可能性也正在论证过程中,这将有助于预先确定可能引发海啸的地震。■

(作者单位:中国科学院国家科学图书馆兰州分馆)