

裁军谈判会议

CD/1423
4 September 1996

CHINESE
Original: ENGLISH

特设科学专家小组提交裁军谈判会议的
关于GSETT-3试验及其与全面禁试条约
国际监测系统地震组成部分
相关方面的报告

内容提要

过去几年来,科学专家特设小组发展了一个试验性全球地震监测系统,用以检验可能应用于未来的全面禁试条约国际监测系统的构想。这些活动就是科学专家小组第三次技术试验(GSETT-3),借鉴了科学专家小组过去的经验,共有60个国家参加。

GSETT-3试验于1995年1月1日进入全面作业阶段,目前正在继续进行。本报告综述从一年半的GSETT-3经验得到的结果和结论。报告中还载有通过实验提出的具体的建议。这些建议可用以帮助从GSETT-3有条不紊地顺利过渡到设想的国际监测系统。

总体构想

GSETT-3的经验证明了当初在CD/1254号文件中阐明的国际地震监测系统的构想是可行的和有效的。这些构想包括:单一的中央国际数据中心;由大约50个基本台站和100-150个辅助台站组成的一个专门设计的高质量地震网络;各参加国的国家数据中心;以及一个为上述各单元之间的数据交换提供支持的现代通信系统。

虽然GSETT-3期间的重点放在地震监测上,但实际试验表明,系统设计具有充分的灵活性,可把其他监测技术所产生的数据的收集、处理、存档和分发工作纳入系统。就此而言,GSETT-3系统可为设想用于国际监测系统的放射性核素、水声和次声监测提供所需的基础设施。事实上,这些构想在拟议的全面禁试条约案文(CD/NTB/WP.330/Rev.1)中已有反映。

台站网络和通信

参加国为GSETT-3试验的进行建立和操作了相关的基本台站和辅助台站。总共有43个基本台站和90个辅助台站参加了GSETT-3网络。拟议条约案文中叙述的基本地震网络和辅助地震网络是从为GSETT-3试验建立的部分网络演变而来的,并根据禁止核试验特设委员会的审议结果作了改进。并非GSETT-3网络内的所有台站都纳入拟议的国际监测系统。不过,目前正在运行的GSETT-3网络已有拟议国际监测系统50个基本台站中的32个以及120个辅助台站中的38个。

特设小组采取了两个步骤,以便从GSETT-3网络有条不紊地过渡到拟议国际监测

系统的地震网络：(1) 将一些不属于国际监测系统的GSETT-3台站撤出GSETT-3网络；(2) 继续鼓励拥有拟议国际监测系统台站的国家加入GSETT-3试验(CD/1398)。一些不准备纳入国际监测系统的台站参加GSETT-3,可暂时替代那些尚未就绪的国际监测系统台站,因而起了有益的作用,而且对于形成发展国际数据中心所需的符合实际的数据处理负荷也是十分重要的。

特设小组为国际监测系统地震台站制订了技术规格并在GSETT-3期间检验了这些规格的效能。特设小组的结论是：对设备技术规格和台站选址考虑都应加以仔细的注意。

GSETT-3在建立和维护数据传送所需的各种类型的通信链路方面提供了广泛的经验。这些通信涉及各种专用卫星、专用陆上线路、微波和无线电中继链路,是各国家数据中心与国际数据中心按双边方式分别建立的。不过,GSETT-3通信安排的计划和装设从费用或效率的角度看不是最佳的。

在GSETT-3期间,使用两类通信手段收集了辅助地震台站的数据：一种是按要求接通的(拨号)电话线路,另一种是通过互联网计算机网络传送的请求。虽然GSETT-3以试验方式利用互联网在费用和效能方面都有好处,但因在实际应用情况下会涉及安全性、及时性和可靠性问题,因此对其在未来条约中的应用可能会使人产生一定的担忧。

国家数据中心

在GSETT-3期间,国家数据中心在可靠台站和通信链路的运转和维护方面发挥了关键作用,也是GSETT-3国际数据中心与参加国之间的有效接口,可通过这个接口获取和评价数据及产品。

除了其提供来自地震台站的数据这一主要的职能外,国家数据中心在GSETT-3试验结果的评价方面也起了积极的作用。许多国家数据中心还提供了以国家或区域网络的数据分析结果为根据的地震事件补充资料。国家数据中心的这种贡献对国际监测系统有用,例如有助于国际监测系统网络的校准。

国际数据中心

经过长时间复杂的准备工作,为GSETT-3建立了一个试验性国际数据中心。自1995年1月1日以来,GSETT-3的国际数据中心一直连续作业,其间只有几次小的间断,它为整个GSETT-3网络充当了数据的收集、处理和分发设施。GSETT-3国际数据中心的性能在试验期间有了很大的改进和扩大。除少数例外,主要技术问题大多已解决。

GSETT-3表明,一个具有与为试验所设国际数据中心相同的结构和规模的国际数据中心可胜任在国际监测系统之下设想的各项工作,这些工作包括:

- 获取全面禁试条约国际监测系统预想的大量地震数据并将这些数据存档;
- 及时对这些大量的数据进行例行分析;
- 编制和分发用于地震监测和系统评价的特定标准产品。

为国际监测系统/国际数据中心设想的许多职能已由GSETT-3国际数据中心实际履行。但是,仍需作进一步的改进,特别是在改进冗余能力和数据安全方面。

地震学方法的绩效

在GSETT-3期间,地震学方法的效绩随试验的进行得到了稳步提高。由于在GSETT-3期间资源有限,在新的地震学构想方面做出的努力极少。优先考虑的是采用传统的地震学方法产生全面的每日公报。一份全面的报告(GSE/CRP/262)记述了绩效评价结果,并且提出了需要作进一步工作的某些具体领域。为提高信号检测和相位关联自动化程度和效率而设计的新软件十分有助于绩效的提高;不过,还有一些程序,如确定深度和震级的程序尚需改进。

虽然在数据处理方面宜达到有效的高自动化程度,但一般都认为分析员复核(和必要时)修改总是需要的。应继续设法改进和完善自动程序,减少分析员在这些程序中进行干预以及对结果作纠正的必要性。

GSETT-3网络目前的检测和定位能力都极不均匀。网络模拟结果显示,随着网络布局接近于国际监测系统网络的布局,这一能力会更加均匀。但仍需对网络进行精调和校准,以便使检测和定位能力达到实际运转的国际监测系统的应有水平。

文件编制

特设小组为GSETT-3编制了一套范围广泛的文件。文件中包括对GSETT-3计划的详细说明、关于GSETT-3作业各方面的详细指令、关于参加GSETT-3的设施的资料,以及试验的评估程序和结果。这套文件的总篇幅约1000页,既有硬拷贝,也有电子形式,然而由于资源有限,这套文件尚不完整。而且,还需要编制未来国际监测系统作业手册所需的补充文件。

GSETT-3的经验表明,编制这样详细的文件很重要。电子形式的文件尤其有用,易于分发,而且可随时更新资料。文件的很大一部分对于编拟设想的国际监测系统作业手册所需文件可供直接参考。

向国际监测系统过渡的建议

在GSETT-3工作中积累的广泛经验基础上,目前正在总结出一些可能对未来国际监测系统的建立和运行有帮助的结果。这些建议可为顺利地由GSETT-3过渡到国际监测系统提供指导。

建议的技术性修改

- 应从GSETT-3网络向国际监测系统网络进行有条不紊的过渡,这包括随着设想的国际监测系统台站的就绪而将它们纳入网络。
- 应不断地评价基本台站和辅助台站的作用,并酌情建议更换台站。
- 应根据 GSETT-3 的经验,全面审查国际监测系统地震台站的技术规格。
- 应评价和启用数据真伪鉴定程序。
- 台站和通信链路的技术特性及可靠性应予以评价并视必要加以提高。
- 应确立比 GSETT-3 效费比更高的国际监测系统数据通信构想。
- 系统各级单元(台站、通信、国家数据中心和国际监测系统/国际数据中心)须具有更多的冗余能力,须更符合安全要求。
- 必需开发出实用、可靠而且使用方便的国际数据中心产品。
- 国际监测系统/国际数据中心必需开发出更好的数据处理软件测试程序。
- 应继续将其他监测技术所得数据纳入GSETT-3国际数据中心系统。

建议对地震学程序的修改

- 应继续精调国际监测系统/国际数据中心的自动数据处理程序,包括检测、相位识别和相位关联。
- 须启用更好的一致性自动检验程序,以减少假事件的数目。
- 应按照科学专家小组制定的计划对网络事件定位程序加以校准。
- 应改进事件定位计算方法和有关不确定性的规格。
- 须改进辅助台站数据提取程序。
- 应审查并改进震级(包括Ms)估算方法。
- 须审查并改进现有事件深度估算方法; 并应考虑另外的方法。
- 应测试和使用计算震源定性参数的方法。

建议的组织性事项

- 编制 GSETT-3 文件, 其方式应使其可用作国际监测系统的完整的最新作业手册及质量保证和培训参考手册。新文件应象在GSETT-3过程中那样,能通过电子方式获取。
- 国际监测系统应拟订和执行一项质量保证计划。
- 需要参考 GSETT-3 的经验, 为建立一个可实际运转的国际监测系统/国际数据中心拟订一项计划。
- 必须更全面地确定国家数据中心相对于国际监测系统/国际数据中心的作用, 包括: 及时和完整的数据存取、数据传输、台站监测和维护及质量保证等方面。
- 应由一个由合格科学家组成的外部独立小组定期对国际监测系统/国际数据中心的科学和技术程序及其产品进行评价。
- 须制定一项计划, 培训未来国际监测系统/国际数据中心的工作人员, 并根据要求培训国家数据中心的工作人员。
- 应继续组织区域讲习会及其他活动, 以协调和促进国际监测系统的活动。

1. 导 言

过去几年来,裁军谈判会议的特设科学专家小组发展了一个试验性全球地震监测系统,用以检验可能应用于未来的全面禁试条约国际监测系统的构想。集这些活动之大成的科学专家小组第三次技术试验(GSETT-3)汲取了多年来地震监测研究的经验,其中包括特设小组曾于1984年和1991年进行的两次全球性技术试验的经验。

GSETT-3系统于1995年1月1日开始全面试验作业。本报告综述了为时已一年半的GSETT-3顺利作业取得的成果和经验。报告中还载有从实验中得出的具体建议。这些建议可用以帮助从GSETT-3系统有条不紊地顺利过渡到设想的国际监测系统。

GSETT-3的基本目标是:

- 参照以往的经验发展和检验试验性国际地震监测系统的新构想;
- 奠定切实可行的基础,以便向裁军谈判会议提供及时的技术资料;
- 发展一种可以演变和修正的试验系统,以满足今后的要求。

为了实现这些目标,特设小组在GSETT-3期间发展和测试了一个试验性地震监测系统,该系统由以下三个主要部分组成:

- 由高度敏感的基本地震台站和辅助地震台站组成的一个网络,这些台站分布于全球而且按国际议定的规则作业;
- 各参加国的国家数据中心,负责管理台站并将数据迅速提供给国际系统;
- 一个试验性国际数据中心,负责收集、处理和存储所记录的数据并将数据和分析结果及时提供给各参加者。

GSETT-3试验的另一个组成部分是使用和评价连接试验性国际数据中心与国家设施的通信链路。此一链路包括高速连续链路和视需要接通的链路。

GSETT-3是在实际运转的条件下对全球地震监测系统的关键特性进行测试的一次史无前例的全球性努力,这些特性包括:

- 迅速采集全球台站网所得到的数据,并在一个中央处理设施处理这些数据;
- 迅速和方便地将可靠的数据提供给所有参加国;
- 数据的收集、处理和分发尽可能做到自动化;
- 将监测系统所收集或产生的所有数据予以永久存档;
- 提供数据安全和质量控制;

- 建立一个足够灵活的结构,以便能够视需要加以修改和改进。

虽然GSETT-3期间的重点放在地震监测上,但系统设计已证明具有充分的灵活性,可把诸如放射性核素、水声和次声等非地震技术所产生的数据的收集、存档和分发工作纳入系统。

2. 地震网络

拟议的条约案文(CD/NTB/WP.330/Rev.1)中叙述的基本地震网络和辅助地震网络是从为GSETT-3试验建立的部分网络演变而来的,并根据禁止核试验特设委员会的审议结果作了改进。本节的目的是描述GSETT-3网络的现况;简介网络中台站和仪器的类型;说明不同类型台站的实际性能和现场条件的影响;并对GSETT-3网络和拟议的国际监测系统网络作了比较。本节末尾就国际监测系统地震组成部分的完成提出了建议。

2.1 GSETT-3的基本地震网络和辅助地震网络及其对国际监测系统网络的贡献

附录A中的表I和表2分别列出了GSETT-3基本地震网络和辅助地震网络的地震台站。表1a和表2a列出了国际监测系统的基本台站和辅助台站,并注明截至1996年8月哪些台站参加了GSETT-3试验;表1b和表2b列出了参加GSETT-3但不属于国际监测系统网络的其他台站。

迄今共有49国家的43个基本台站和90个辅助台站参加了GSETT-3试验。另外,一些国家以其他形式做出了贡献,例如提供国家网络的补充数据,所以总共有60个国家参加了GSETT-3试验。

图2.1示明了国际监测系统的基本地震网络,图中以不同的符号区分地震台阵和三分向台站,并标明了目前参加GSETT-3的台站。国际监测系统的50个基本台站中,有32个目前参加了GSETT-3。

图2.2示明了国际监测系统的辅助地震网络,图中以不同的符号区分三分向台站和台阵,并标明了目前参加GSETT-3的台站。在120个辅助台站中,有38个目前参加了GSETT-3。虽然GSETT-3的辅助网络总共有90个台站,但目前参加GSETT-3的国际监测系统辅助台站只占国际监测系统辅助台站总数的较小部分,其原因有两个:(1) GSETT-3的辅助台站高度集中于北美、欧洲和澳大利亚(已超过了必要的程度),这完全是因为这些台站可供利用,对取得实际经验有助益;(2) 国际监测系统专家们大幅

度削减了这些地区的辅助台站数目,而力求在其他大陆地区、特别是通信困难和能参加的台站不多的地区也实现大致均匀的覆盖。

特设小组制定了一项从GSETT-3网络按部就班地过渡到国际监测系统网络的计划。该计划由两步组成:(1) 将不属于拟议国际监测系统的GSETT-3台站撤出GSETT-3网络;(2) 继续鼓励其他拥有国际监测系统台站的国家加入GSETT-3试验(CD/1398)。

2.2 台站类型、仪器和数据提供率标准

目前参加 GSETT-3 的基本台站中,有16个是台阵台站;其中的14个台阵台站已纳入国际监测系统基本网络;另有17个计划纳入国际监测系统基本网络(表1a)的台站也将是台阵台站。现有的台阵台站在大小和形状上有很大的差异,从大孔径远震台阵到中孔径台阵到小孔径台阵,每个台阵的几何布局和仪器设备都有所不同。如下文所指出的,这些台阵对全球检测能力作出了最主要的贡献,没有必要将某种设计布局强加于国际监测系统台阵,因为每个台阵的布局都是针对当地的特定条件及打算检测的地震事件的分布情况设计的。

网络中的三分向台站比较标准化,这就是说,大多在单一的设置点安装了三个正交的宽频带地震计;但是,就台站的地震计和电子设备而言,仪器方面的差异则是很大的。

特设小组先前制定了国际监测系统地震台站的技术规格(CD/1211);在第四十四届会议上,特设小组开始审议如何根据 GSETT-3 的经验对这些规格加以修订。但在GSETT-3 期间发现,台站不一定必须符合严格的技术规格才能对监测系统作出有意义的贡献。小组仍然认为对设备技术规格和台站选址考虑都应加以仔细注意。

GSETT-3 期间,仔细监测了每个基本台站对于试验性国际数据中心的数据提供率,而且国家数据中心和国际数据中心也力图查明数据漏失的原因。特设小组曾建议对于国际数据中心的数据提供率的合理指标是99%(见GSE/CRP/243),但有必要研究此一指标是否具有成本效益,这是今后的一项任务。GSETT-3 期间,许多台站至试验性国际数据中心的通信线路的通信情况都高度可靠,因此推断,应当能够为国际监测系统设计可靠的通信(见下文)。在许多情况下,数据漏失可归因于台站的问题:电力中断、雷击、设备失灵等等。若要保证99%的数据提供率,台站就需要针对此类问题大为加强,如能源耗量少的设备,充足的备件供应,备有技术人员可即刻赶赴偏远台站进行抢修,而所有这些都影响到台站的费用。

2.3 台站的性能和对网络的修改

GSETT-3 期间,对每个台站提供的地震事件定位数目作了统计。在一定程度上,台站检测范围内地震及其他地震事件(例如爆炸)的发生率和自动检测器的校准调整程度会对这一统计产生影响,但最重要的因素就是台站类型(台阵还是三分向)和环境背景噪声。

从记录事件的数目来看,效绩最好的8个 GSETT-3 基本台站是台阵台站,而且所有8个台站都精心设在静震地点。有些 GSETT-3 基本台站的效用较小,主要是因为背景噪声水平高。GSETT-3 期间,没有决定不让无效用的台站参加,除非发生了严重的通信问题而接收不到数据。但在国际监测系统之下,将随时密切注意台站作用的优劣,并有机会提出对网络加以修改。

2.4 数据真伪鉴定

特设小组曾建议(CD/1185),应对基本台站乃至辅助台站传送来的数据的真伪加以鉴定,以便更加确信数据没有被窜改。鉴定的方法是在数据之后附加一种随数据的改变而改变的记号。特设小组收到了对数据真伪鉴定的构想校验进行实地检验的报告,正面的检验结果证实此一方法是可行的。所检验的鉴定方法很容易检测出有人想要窜改数据和想要接触感测器及数据鉴定硬件。还需要进行更广泛的国际合作,以继续检验和完善数据真伪鉴定的构想。由于台站需添置数据鉴定硬件,费用一定会有所增加。

2.5 通信

在建立和维持数据连续传送和分段传送所需要和所使用的各类通信链路方面,GSETT-3 积累了大量的经验。GSETT-3 期间的基本台站数据通信安排(见GSE/CRP/262)从效费比角度看,其计划和设立均未达到最佳程度,但它主要是个别国家数据中心与试验性国际数据中心在双边的基础上建立的。台站、国家数据中心和试验性国际数据中心三者之间采用了多种不同的通信手段,其中包括专用卫星线路、专用地面电话线路、微波和无线电中继链路。在许多情况下不同方法结合使用。由于GSETT-3 没有共同统一的通信计划,为了节省开支和利用现有的数据线路,挪威、俄

罗斯联邦和美国的国家数据中心还充当了临时通信接转中心接收和转发其他国家台站的数据。

大多数情况下,数据是从台站通过国家数据中心传往试验性国际数据中心的。但在某些情况下,数据是从台站通过数据转接中心传往国际数据中心的,而未经由国家数据中心传送。还有一些情况是,未设国家数据中心的国家台站的数据通过数据转接中心传送。GSETT-3 期间,没有任何情况是数据从基本台站直接传往国际数据中心的。

国家数据中心至试验性国际数据中心的通信链路正常运行时间所占比例相当高。以可能提供的数据总量的百分之几表示的对于国际数据中心的总数据提供率有很大的差异,但长时间超过99%的只有两个国家(法国、日本)。

为 GSETT-3 制定的通信协议和格式在许多国家付诸使用。为基本数据的传送制定了一项协议,使因通信链路中断或两端计算机失灵而造成的数据空缺得以弥补,此种空缺有时长达数天。一般而言,通信链路短时间中断不会造成数据漏失,但会影响试验性国际数据中心接收数据的及时性。这些通信链路发生故障的最常见原因是电力供应不可靠。

GSETT-3 试验使得有可能使用并检验了一种新开发的卫星通信手段:VSAT(甚小孔径终端系统)。若干国家的传输网络(加拿大、美国、法国、以色列)及 GSETT-3 网络中的一些区域链路已经使用了 VSAT 通信系统。由于未来国际监测系统通信网络的数据传输量预期将是 GSETT-3 期间连续传输的地震数据量的两、三倍,似乎宜考虑采用 VSAT 系统这样的专用通信手段。现有的低额定功率 VSAT 台站可利用太阳能,因而对边远和孤单的站址特别适合。一般而言,此种系统的效费比很高。

在 GSETT-3 期间,从辅助台站提取数据使用了两种类型的通信手段:(拨号后接通的)电话线路和通过计算机互联网(Internet)接通 AutoDRM 程序(自动数据索取管理程序)传送请求。后一种程序以电子邮件为基础,由国家数据中心的计算机在收到索取国家数据中心所存储的数据或其他资料的请求后自动作出答复。拨号后接通的办法主要是对没有互联网连接的地点使用的;由于长途电话费很贵,这种通信方式可能会十分昂贵。21个国家的大约24个台站目前使用这种技术,其可靠性不如互联网,但必须考虑的一点是,使用拨号后接通这种通信手段的台站大多位于通信基础设施欠发达的边远地区。各国家数据中心使用的 AutoDRM 系统彼此之间略有不同。经验表明,这种系统确实十分有效,鉴于互联网连接费用目前较低,这种系统符合成本效益。50个以上辅助台站的数据是以这种方式传送给试验性国际数据中心的。虽

然 GSETT-3 以试验方式利用互联网在费用和效能方面都有好处，但因在实际应用情况下会涉及到安全性、及时性和可靠性问题，因此对其在未来条约中的应用人们可能会产生一定的担忧。

使用国际链路向国际数据中心连续提供数据的费用大多很高，平均每年 100,000 美元。此一费用相差很大，但与数据传送的距离或数量没有什么关系，费用的差异往往是当地税率的高低不同造成的。就辅助数据而言，互联网目前是免费供用户使用的。拨号后接通的台站通信费率一般是每分钟数美元，每次通信时间则平均为 5 分钟左右。有些台站的每月通信费用超过 5,000 美元。

2.6 建 议

基于 GSETT-3 的经验，特设小组愿提出下列关于过渡地震网络和通信的具体建议供筹备委员会参考：

- 使 GSETT-3 基本网络和辅助网络有条不紊地过渡到国际监测系统网络；
- 根据 GSETT-3 的经验，完成国际监测系统地震台站技术规格的完善工作；
- 继续评价基本台站和辅助台站对地震事件的检测和定位的作用；
- 进行国际努力，以继续检验和改进数据真伪鉴定的构想；
- 对于一种适于拟议的国际监测系统所有设施的统一的全球通信手段作出全面研究；
- 采用一种 AutoDRM 系统从拟议的国际监测系统的辅助台站提取数据，但这需符合全球通信的整体构想；
- 审查税收对拟议的国际监测系统设址点通信费用的影响。

3. 国家数据中心

国家数据中心是参加国与 GSETT-3 系统的国际组成部分之间的接口。每个参加国经由国家数据中心这一途径提供地震网络台站的原始数据并接收 GSETT-3 试验性国际数据中心的处理结果。

虽然大多数国家数据中心在 GSETT-3 期间提供基本台站和/或辅助台站的数据，但提供其中任何一种来源的数据并不是国家数据中心参加 GSETT-3 的一项先决条

件。由于基本台站和辅助台站的地理分布必须均匀,致使某些国家无需提供这两类台站中的任何一类台站。国家数据中心的存在成为参加国与国际系统之间的联络点,而无论国家数据中心是否还提供地震台站的数据。

另一种办法是达成双边或其他安排,经由其他路径而不经由国家数据中心将基本台站或辅助台站的数据传送给试验性国际数据中心。例如,可经由某个负责处理若干个国家发来的地震数据的通信中心将数据直接传送给国际数据中心。

3.1 国家数据中心的职能

国家数据中心在 GSETT-3 期间的主要职责是:维护基本台站和辅助台站;维护通信链路;向试验性国际数据中心连续传送基本数据;向试验性国际数据中心传送所要求的辅助波形区段;以及向试验性国际数据中心报告任何影响到数据质量的问题。

国家数据中心较不正式的作用是:自愿提供其国家网络的地震公报(称为补充数据);提供反馈或进行研究,以改进 GSETT-3 系统的性能和为评估或评价这一系统做出贡献。其中包括提供与每个地震台站周围地区以内的地震波传播特性有关的数据。这类数据对地震网络的校准十分重要,而校准的目的就是为了对地震事件作精确的定位和可靠的震级估计。

即使一个国家的境内没有属于 GSETT-3 地震网络的基本台站或辅助台站,也鼓励其国家数据中心参加试验。参加的方式可以是提供补充数据,也可以是对试验性国际数据中心的产品进行分析和提供反馈,从而协助对 GSETT-3 的评价。

国家数据中心内部的其他工作和职责依特定国家的需要而定。例如,这些需要也许包括:仔细判读试验性国际数据中心的产品;检索和分析试验性国际数据中心的额外数据;将其他来源的数据纳入考虑;以及将结果送交其他的国家主管部门。特设小组同意通过国家数据中心这一中介而将 GSETT-3 试验所产生的地震数据提供给感兴趣的其他各方。

GSETT-3 国家数据中心所使用的设施因每个国家对其国家数据中心活动的特定要求而有很大的不同。对 GSETT-3 国家数据中心的设备或雇用的工作人员,未作任何具体的规定。

3.2 对 GSETT-3 国家数据中心的评价

就维护地震台站而言,负责的国家数据中心在资源允许的情况下切实做到了这一点。由于资金援助不足,在台站和通信的改进上,一些国家受到了限制。台站和通信可靠性的详细情况见第2章。

有几次在某一台站发生问题时,国家数据中心没有通知试验性国际数据中心。任何影响到传给试验性国际数据中心的数据的技术故障都应尽快告知试验性国际数据中心。有的情况下,在基本台站出问题,试验性国际数据中心很难在正常上班时间以外与国家数据中心的工作人员联络上。

虽然有34个国家承诺提供国家网络公报(补充数据),但在 GSETT-3 期间实际将此种数据传送给试验性国际数据中心的国家的数目增加得很慢,最近一次的统计是23个。

只有极少数国家数据中心提供了地震波在其台站周围地区内传播的当地和区域走时以及振幅衰减曲线图。试验性国际数据中心目前正与各国家数据中心进行个别联系,以取得此种资料。

国家数据中心可通过几种方式参加 GSETT-3 的评价。一些国家数据中心完成了自己的评价研究,并在提交特设小组会议的文件中载述了评价结果。许多评价研究比较了 GSETT-3 系统的地震事件定位结果与有关国家网络的定位结果,这对评价工作组十分有用。提交的一些文件中还载有对 GSETT-3 系统的不同方面进行各种研究的结果,这些文件有助于试验性国际数据中心评价其数据处理和工作程序。

3.3 建议

宜将国家数据中心视为任何愿与国际监测系统交流的国家的技术联络点。国际监测系统/国际数据中心必须掌握必要的信息,使其能够在正常上班时间以外就台站的有关技术问题与任何国家数据中心进行联系。

国家数据中心应将台站和通信链路的维护作为其主要的优先任务,并应采取一切步骤,使基本台站和辅助台站保持良好的数据提供率。影响到这些数据的技术问题应立即告知国际监测系统/国际数据中心。国家数据中心与国际监测系统/国际数据中心保持联系是十分重要的,务使国际监测系统/国际数据中心能够随时掌握台站和通信链路的情况。国际监测系统/国际数据中心还应使用这一链路就所有作业问题向国家数据中心提供反馈。

除了与提供地震台站的数据有关的主要职能以外,国家数据中心还应在国际监测系统网络的校准上发挥积极的作用,办法是提供当地的特定情况及国家网络公报中的高质量补充数据,以协助对地震网络进行微调。国家数据中心尤其应协助国际数据中心找到一些被国际监测系统/国家数据中心网络和某一国家地震网络同时检测到的定位十分良好的事件,用这些事件为国际监测系统/国际数据中心的数据处理工作积累网络校准信息。

GSETT-3 试验期间越来越清楚的一点是,大多数国家数据中心目前还处于运转状态,这就是说它们大多只在正常上班时间工作,其硬件维修制度无法保证及时修复设备。这种作业方式有可能因系统内发生故障而造成大量数据的中断。若需要使国际监测系统具有高水平的运转能力,则必须为备用设备的添置及国家数据中心和台站工作人员的调派和加班费用编制预算。在审议费用问题时,须考虑到这一点。

4. GSETT-3 的试验性国际数据中心

试验性国际数据中心是 GSETT-3 系统的交汇点,是整个网络的数据收集、处理和分发设施。试验性国际数据中心为所有参加者提供产品和服务,并且充当全球系统收集的所有数据的存储设施。试验性国际数据中心还监督全球台站网络的总体作业情况。本章的4.1节简述了试验性国际数据中心的职能,4.2-4.5节讨论了试验性国际数据中心的实际性能,4.6节论述了需要作出的最重要改进。

4.1 主要职能

GSETT-3 试验期间试验性国际数据中心的主要职能是:

- 获取数据。国际数据中心接收台站网络的原始数据和国家数据中心提供的补充数据。所有数据必须符合标准格式和通信协议。试验性国际数据中心有许许多多的通信链路来完成这一任务。
- 存档。所有接收到的数据和试验性国际数据中心的所有产品均通过一种数据库管理系统存入试验性国际数据中心的档案库。每年存档的数据量约为100万兆字节。
- 自动信号检测。试验性国际数据中心对原始数据加以处理,并对检测到的强度高于背景噪声水平的信号加以定性。处理过程中,检查原始

数据的质量,去除低质量的数据。

- 自动事件定位和定性。试验性国际数据中心使用检测到的信号编制事件清单。清单有若干版本,随着试验性国际数据中心接收和处理的数据越来越多,清单的内容也就日臻完善。对每一事件计算事件的定性参数。对参数值的误差范围加以估计。
- 检索辅助数据。在编制自动事件清单的第一版时,只使用基本数据,但以后的版本也使用辅助数据。试验性国际数据中心根据自动事件的情况,自动提取极可能对事件的定位和定性很有帮助的辅助台站数据。
- 交互式分析。分析员审查原始数据及自动处理结果,以改进事件清单的质量。最后的分析产品是经过审查的事件公报,称为审定事件公报(REB)。
- 试验性国际数据中心的其它产品。试验性国际数据中心将编制公报内容提要及监测系统能力估计,例如不同区域的检测阈值(临界监测)时间变化图。
- 分发。向国家数据中心分发数据和产品。其他用户,例如科学机构,将通过国家数据中心获取数据。国家数据中心可针对其他用户的特定需要建立某种长期预订安排,也可在其他用户提出请求时才作出反应。此外,有可能通过万维网(World Wide Web)与国际数据中心连接,浏览产品及某些数据。
- 系统监测。试验性国际数据中心监测所有台站、通信链路和试验性国际数据中心系统的运行情况,并每日编制一份情况简报。若有问题,则在记录文件中予以记录,存入数据库。
- 文件编制。试验性国际数据中心的所有职能应在有关文件中详细载明,使国家数据中心能够据以再现试验性国际数据中心所产生的结果。

4.2 数据处理作业

所设想的国际监测系统/国际数据中心的许多职能已由试验性国际数据中心实际履行。经过三年多的GSETT-3发展和试验作业,包括过去一年半来的全面连续作业;主要问题已经解决,除少数情况外,职能的履行堪称良好。GSETT-3得出的经验是,在实际履行新的职能后,一般要花长达一年的时间才能解决所有有关的问题。

4.2.1 总体作业经验

自1995年1月1日起,试验性国际数据中心即每周7天、每天24小时全面作业。由于存储实际使用的数据库的磁盘失灵而且当时使用的镜象磁盘系统随后也失灵,试验性国际数据中心的作业在1995年5月中断了7天。1995年除了唯一的这个例外情况之外,试验性国际数据中心处理和分析了每个数据日的数据,产生出20,224起经分析员审查过的事件。但是,对于发生剧烈地震活动的数据日或在发生严重硬件问题之后,试验性国际数据中心未能进行全面分析。

试验性国际数据中心分析工作的最后一步也是最耗费时间的一步就是扫描原始波形数据,以检查自动系统是否遗漏了任何事件。由于时间不足,1995年期间有时未从事这一工作,但从1996年1月22日至6月1日,原则上对所有数据日都完成了这种分析,试验性国际数据中心只在2月发生一长列余震期间对余震进行了所谓的简略分析。6月15日,试验性国际数据中心将交互式分析的时间改为每周5天,但仍然打算对所有数据日进行分析。

目前约有50名人员,包括来访的8至10名国际人员,在试验性国际数据中心进行工作从事与地震技术有关的业务和发展。很大一部分发展工作在试验性国际数据中心以外进行。

4.2.2 数据收集、存档和数据处理

试验性国际数据中心的大多数职能,例如数据收集、存档和分发等,目前都已完全自动化,只需要从旁监测和在发生软件或硬件故障时重新启动/重新配置。为了避免费用过高和为了能随时迅速提供服务起见,自动化是有必要的。只有分析工作才需要在初始的自动处理之后花费大量人力。

试验性国际数据中心接收了40多个基本台站(其中有许多是台阵)的连续数据,尽管软件十分复杂,但发生了一些不严重的问题。然而,这一软件的某些拟议设计功能的开发工作,例如校准信号的处理和用户接口的改进等,尚未完成。

一般而言,数据处理自动化的实际运行情况很良好。大部分问题与原先使用的大容量存储装置的容量和可靠性不够大有关,此一装置已于1996年5月更换。原先使用的大容量存储装置只能容纳3-4个月的数据,速度太慢,不能应付需求。新装置的联机存储能力提高为24倍,预计会可靠得多。1996年5月以前的数据仍存储在旧系统

上。GSETT-3期间还发现,处理报文的软件可能会漏失报文,以至于国家数据中心发来的请求得不到答复。1995年12月对报文系统作了改进,其后没有迹象显示报文被漏失。

4.2.3 自动信号检测和事件定位

初始的自动分析具有较高的质量是很重要的,因为:

- 自动公报是在事件发生后10小时以内完成编制的,所以为各国家数据中心所感兴趣;
- 较好的最初定位可实现辅助台站数据请求的优化;
- 虚假和漏失事件数量有限将减少分析工作的负荷;
- 自动公报对异常事件提供了客观资料(尽管有时不够精确)。

GSETT-3期间,编制了三种不同的自动事件清单:只使用基本数据的 α 事件清单(AEL)以及也使用辅助数据的 α/β 事件清单(ABEL)和界定事件清单(DEL)。DEL是最佳的自动事件清单,于事件发生后大约10小时编制出来,用作交互式分析的出发点。以下所讨论的自动处理的质量是根据DEL的质量判断的。

GSETT-3期间为改进自动处理进行了大量工作。对于第一步,也就是在检测信号方面,研制了一种称为DFX(检测和特征提取)的新程序,并于1996年1月开始使用这一程序。DFX对波形数据的质量控制比以前好得多。在启用这一程序后,错误检测的数量大为减少。一项非常耗费时间的开发工作就是自动检测器的精调,以实现最佳检测。这项工作包括为每个台站分别选定频带、台阵束和检测阈值。然而,在REB载出的所有波至中,仍有30%是分析员加进去的,因而也就是被自动检测器所漏检的。初动时间必须精确才能使事件的定位做到精确。1995年期间,只有20%的自动测定的初动时间得到分析员的认可。使用DFX后,此一比例增至50%。

根据初动时间和检测的震相识别,可生成事件并予以定位。开发了一种称为GA(全球关联)的新程序,并于1996年3月开始使用这一程序。GA的主要优点是计算效率高,即使在发生大的余震序列的日子,也能处理整个国际监测系统网络的数据而不会造成延误。此外,DFX和GA是自动事件清单的质量得到改进的原因之一。目前,在最佳的自动事件清单(DEL)所载列的事件中,约有一半被分析员认为属于假事件或数据不足的事件。在REB载列的所有事件中,15%是分析员加进去的,因而也就是被自动系统所遗漏的。这比1995年的情况改进了很多,1995年约有30%是分析员加进去的。在交互式分析的过程中,对60%的事件深度估计和所有事件的定位作出了修改。

应继续努力改进数据的处理(此一工作也许需要5至10人),以求提高自动产品的质量。然而,使自动处理的质量提高到可以减少分析员人数的地步,仍然是一个非常遥远的目标,甚至是一个难以实现的目标。

4.2.4 辅助数据的提取

辅助网络的作用是改进基本网络生成的事件的定位和震源定性。第一份自动事件清单只使用基本台站的数据,然后才向选定数量的辅助台站自动索取更多的数据。选择向哪些辅助台站索取数据,是以第一份清单中的事件为根据的。然后,根据这些辅助台站的数据对事件的定位加以改进。如果有必要,则重复这一程序,根据第二份清单中的事件提出进一步请求,从而产生第三份自动事件清单。

辅助台站的筛选程序是试验性国际数据中心最经常更动的程序之一。筛选程序的目标是获取对某一事件有用的所有辅助数据,而同时又尽量减少索取的数据量,以便尽可能压缩通信费用。1995年的后6个月中,国际数据中心发出了大约50万起辅助数据请求。GSETT-3的过程中发现了许多问题,以至于REB载列的所有事件有37%在定位时没有使用辅助数据:

- 作为筛选根据的自动事件清单中含有许多假事件或定位错误的事件。此外,许多真实事件被自动处理系统遗漏,必须由分析员在交互式分析的过程中补上。增补的事件或定位严重错误的事件一般无法利用辅助台站,因为在交互式分析的阶段不请求提供辅助数据。另一方面,为假事件提出请求毫无用处,只会增加试验性国际数据中心的通信费用。此一情况因自动事件清单质量的改进而有所改进,但只是略有改进。若要充分利用辅助网络,还应根据经分析员审查过的事件而最后提取辅助数据,随后进行第二轮交互式分析。
- 在提取辅助台站数据方面发生了许多技术问题。这一点在GSETT-3的过程中已大有改进,但仍有一些问题,尤其是对于新加入网络的或位置偏远的台站。目前约有90%的请求得到了答复。
- 试验性国际数据中心使用的辅助台站筛选程序已有所改进,但仍需进一步改进。到目前为止,试验性国际数据中心提取辅助数据的重点一直集中于改进定位,而改进震源定性的工作同样重要。这也许需要更加重视S相、深度敏感震相和面波的提取。

4.2.5 交互式分析

1996年头几个月,有11名地震学家审查自动处理的结果和编制REB。看来,若要在数据日结束后48小时内产生REB,起码需要这么多有经验的分析员。对产生高质量产品来说,交互式分析是绝对有必要的。

REB作为试验性国际数据中心的最后分析产品,其质量在许多方面都堪称十分良好。与可获得的区域公报比较后发现,REB中得到的所有事件几乎都对应上真实的地震事件。在使用稠密的当地网络资料进行详细研究的地区,为数极少的一些REB事件证明是假事件。以下各节较详细地讨论了确定事件参数的方法。

4.2.6 事件定位

GSETT-3 对使用试验性国际数据中心程序确定的地震事件定位的精确度做了初步检验。作为定位程序的一部分,目前计算出了并在 REB 中报告了震中精度概算参数。这一概算不应与反映一已知位置实际定位误差的定位精度混淆在一起。这一精度的计算方法是通过对比较试验性国际数据中心使用参加 GSETT-3 的基本台站和辅助台站数据确定的位置与由已知位置(例如在已知矿区进行的工业爆炸)或由当地或区域网络提供的地震位置独立确定的位置之间的差异得出的。在大多数情况下,GSETT-3 的位置误差均在1000平方公里以上。GSETT-3 位置误差严重有两个基本原因:GSETT-3 网络分布不均或未达最佳状态而且 GSETT-3 没有校准。在 GSETT-3 网络与国际监测系统网络接近的地区进行了一些小规模的小规模的试验。在这些试验中,经过采用校准资料定位精度大为改善。

4.2.7 深度确定

REB中的大多数事件无论其真实深度如何,由于未测定其深度,目前均填成深度零公里。这对震源定性无益。网络校准后,应可为较多的事件测定深度,但仍有必要研究出更好的深度测定法,例如可把波形重叠在一起,找出更多的深度震相,或者也可使用长周期波谱和混用三维速度模型。然而,特设小组承认在这方面所能取得的结果有限。

4.2.8 振幅和震级

振幅是自动测量的。分析员一般不修改自动测量结果。因此,很难估计自动测定的结果有多好。目前,对于交互式分析的过程中补充进的震相,无法测定其振幅。在新的DFX程序中采用按事件进行处理的方法后,即可做到这一点。鉴于振幅对震源定性的重要性,应更加注意可靠地测量所有震相的振幅。

试验性国际数据中心使用振幅和周期计算出震级,目前有三种不同的震级:当地震级(ML)、体波震级(mb)和面波震级(Ms)。在这方面,目的是使试验性国际数据中心能够自动和可靠地计算出震级,使这些震级能够与各地震机构产生的震级进行比较,并使这些震级能够对国家数据中心从事核查工作给予最大的帮助。已着手处理这一问题,但仍需进一步注意。

4.2.9 长周期数据

1995年期间,试验性国际数据中心开始也使用长周期数据计算面波震级Ms。面波震级对事件的定性有很大帮助,但弱震事件的面波震级很难测定。计算面波震级的事件目前还不到10%,检测面波和把面波与事件关联起来的方法应做改进。可利用区域震距内的数据进一步增加与面波相关联的事件的数量,这方面的工作正在进行。

4.3 系统运行

4.3.1 遵守时间表

自动程序的改进使试验性国际数据中心能够严格遵守时间表,即使地震活动增加--如余震序列期--亦是如此。然而,硬件失灵影响到关键部件,可能会导致延误。在运行系统中需要有相当高的硬件冗余度。

将台站网扩展到完整的国际监测系统可能需要更多的资源以便保证遵守时间表。采用新型事件自动处理软件至少应使自动处理部分遵守时间表。将不同技术融汇于最后产品和这样做对时间表的影响这方面的经验极少。

4.3.2 预订和数据分发服务

国家数据中心目前可预订各自动事件清单(除DEL外)和REB,并可预订关于通信链路和台站状况的报告。国家数据中心还可近实时获取试验性国际数据中心正在接收的所有连续波形数据。

GSETT-3期间向国家数据中心转发连续数据的情况有好有坏,但只有极少数国家数据中心要求预订此种数据,因为所需处理的数据量很大。发现并改正了转发软件中的种种小错误。打算改进的主要地方是跟踪连续数据的缺漏之处,以便随后补上。应当也能够转发辅助数据。

其他各项预订服务在GSETT-3期间的运行情况良好,而且还增加了一些有用的服务,例如可以只选列某些地区的事件。尚未实现的是向国家数据中心提供与REB事件相关联的波形区段以及再编制一份载有每一事件的震源定性参数的定性公报。为了使国家数据中心能够从事核查工作,有必要进一步提供这些额外产品。国家数据中心还应当能够即刻接收各种产品而不是一天接收一次。

万维网所列信息的内容和格式有了很大改进,现已被认为十分有用。在数据库查询语言方面有经验的国家数据中心发现直接访问试验性国际数据中心的数据库是一种可极快获取信息的办法,但这不是一种方便用户的办法。

试验性国际数据中心对特定请求作出答复的AutoDRM职能在1995年期间的实际表现不符合运转的国际数据中心的要求。有些请求得不到答复,经常发生延误数小时的情事,而且试验性国际数据中心有时还未等到国家数据中心有机会读到答复之前就删除了答复。延误这么长时间也许可归咎于大容量存储装置的硬件限制,而这一装置已于1996年5月更换。提供与特定事件相关联的波形区段的做法尚未实现,这为国家数据中心请求提供数据造成了麻烦。目前正在开发一种可满足大部分针对特定事件请求的分段数据档案。还有其他一些有用的功能尚未实现,例如请求提供所有检测结果,即使试验性国际数据中心没有把这些检测结果与特定事件关联起来。1995年期间,试验性国际数据中心发送了大约5000起答复,总数据量为2千兆字节。预计在系统投入运转和请求方法更方便用户之后,数量会大为增加。

4.3.3 系统监测

定期向预订此一产品的国家数据中心发送了状况报告。从万维网上可以读到试验性国际数据中心处理工作的近实时流程图,这使得国家数据中心能够在几分钟内

查觉到本国台站处理工作的问题。试验性国际数据中心还进行广泛的内部监测,这方面还应进一步改进,以便能即刻察觉问题并予以补救。

4.4 需进一步测试的程序

少数为国际监测系统/国际数据中心设想的职能目前未在试验性国际数据中心运用,或只是最近才运用,因而对于运用中的问题经验甚少。这类职能包括:

- 真伪鉴定。只在一台传感器上测试了使用私钥为数据加上数字记号然后使用公钥核实数据的构想并证明可行。但没有普遍采用。
- 事件定性。已初步制订了计算整套事件定性参数的例行程序。由于只是刚刚在试验性国际数据中心的数据处理和产品方面运用这类例行程序,在例行程序有何问题和参数是否有用方面国家数据中心几乎毫无经验。
- 经过审定的公报。这一构想涉及采用一套筛选出符合自然现象、或非核爆炸现象、或人工现象的事件判据标准。对这一构想已做了展示,但其效用在很大程度上取决于事件参数,因而试验性国际数据中心关于该产品的实际经验很少。
- 提要式公报。这一构想涉及提供高水平经过压缩的国际数据中心数据、产品和运行状况的摘要。对这一构想已做了展示,但尚未实际检验过。
- 阈值监测。该方法对一具体时间和地点有可能发生的任何地震事件震级上限提供连续不断的评价。已制订出了试验方案并做了展示,但其职能并未在试验性国际数据中心实际运用。
- 其他技术。试验性国际数据中心最近利用为地震数据开发的处理程序着手以其他技术处理数据。水声数据的处理与地震数据的处理最接近,已着手两者的结合。然而,还有许多工作有待完成,尤其是将所有四种技术产生的数据汇编成单一的综合公报尚需进行大量的工作。
- 本报告第6章讨论了文件编制问题。

4.5 人员和培训

4.5.1 GSETT-3期间试验性国际数据中心的人员需要

试验性国际数据中心配备了质量水平最高的专业人员。目前,有65人在试验性国际数据中心工作。应当强调,大部分职位需要专业知识和经验。分析员拥有地球物理学硕士学位或相类似的背景和数年地震分析的经验。硬件和软件工程师拥有计算机科学硕士学位。许多其他职位要求拥有地球物理学方面的高等学位。

4.5.2 培 训

GSETT-3期间,7名来访的国际人员接受了试验性国际数据中心不同方面的在职培训,另有11名专家参加了试验性国际数据中心的发展和评价工作。

来访的国际人员均具备坚实的地震学背景和在本国研究机构工作的广博经验。要胜任试验性国际数据中心的工作,需要额外培训6周至6个月,依职位而定。

4.6 建 议

试验性国际数据中心的地震处理工作因GSETT-3而有了不断改进,目前在许多方面已接近于将实际运转的国际监测系统/国际数据中心可望具有的职能。然而,仍有必要进一步改进。作为长远之计,试验性国际数据中心应当利用科学技术的发展而不断发展。应当不断评估系统的性能以确保其产品的质量和效用。必须扩大试验性国际数据中心的培训计划以满足预计运行的国际监测系统/国际数据中心的需要。为筹划国际监测系统,试验性国际数据中心还可为培训国家设施工作人员做出重要贡献。

试验性国际数据中心的作业质量有时候因硬件和软件发生故障而有所下降。运转的国际监测系统/国际数据中心必须具有充分的硬件冗余,以便能够不中断地连续作业,或者恢复作业而不至于漏失数据。新式的镜象磁盘安装后,应可有所改进,但仍应采取进一步措施。例如,按照规定,国际监测系统的台站或相应的国家数据中心应具有可存储一星期数据的缓冲存储装置。这样,即使国际监测系统/国际数据中心发生严重故障,也总是可以请台站/国家数据中心重新传送,从而挽回漏失的数据。然而,仍须研制可自动做到这一点的软件;试验性国际数据中心目前很难利用台站/

国家数据中心的缓冲存储装置。国际监测系统/国际数据中心的基本数据和辅助数据应与各台站/国家数据中心的数据同样完备。

国际监测系统/国际数据中心的所有软件都应广泛予以测试,然后才在运转的系统中使用。GSETT-3的经验是,即使广泛予以测试,也很难发现新软件的所有缺陷。

前一节已论述过,试验性国际数据中心还须进一步发展。须增加的最重要的新职能是网络校准、广泛的震源定性和数据真伪鉴定。还应使国家数据中心能够较方便地通过预订方式或提出特定请求的方式获取每一事件的波形区段和震源定性参数。融合四种技术汇编成单一的综合事件公报还需进行大量的开发工作。试验性国际数据中心的现有职能,例如选择辅助台站、测定深度和使用长周期数据等,也有可改进之处。自动处理程序应予进一步精调。征求国家数据中心的技术建议并对这类建议加以审查以求改进标准程序这对于试验性国际数据中心和未来的国际监测系统/国家数据中心来说是有益的。

GSETT-3关于事件定位精度的一项关键成果具有两个方面:第一,如拟议的那样,建立全面的国际监测系统基本台站和辅助台站网提供比目前GSETT-3网络所能获得的覆盖率大为改善的全球覆盖率十分重要。第二,认识到改善网络定位过程需要逐个区域对整个国际监测系统加以广泛校准。考虑到拟议的国际监测系统地震网络的规模,这是一项庞大但却必要的任务。网络校准计划需要目前单个国家地震监测方案所拥有的资料。国际监测系统网络一旦完成,对地震区(包括采矿区)的校准应能迅速改进定位精确度。随着可更多地获得地面实测数据和更为详细的区域地质结构模型,校准,尤其是在地震较少的区域,将会继续得到改进。利用大型工业化学爆炸资料可大大加速这一进程并可迅速改善国际监测系统在这类地区内的定位精度。

5. 地震学方法的绩效和能力

本章从地震学方法绩效角度对GSETT-3作了评价。具体而言,本章从统计学角度讨论了试验性国际数据中心的产品,并与一般接受的地震学方法及其他地震数据来源作了比较。由于GSETT-3期间资源有限,在新的地震构想方面所做的工作甚少。给予优先地位的是利用传统的地震学方法编制每日全面公报。以下依次讨论试验性国际数据中心的主要处理步骤。对每一步骤作了论述,并评论了仍需努力的方向和程度,以求作业水平能够与未来国际监测系统/国际数据中心设想的目标相符。GSETT-3于1995年1月1日开始,它在试验过程中有了很大改进;因此,本章只评述1996年1月1日至5月31日期间取得的结果。

5.1 地震学方法的现况和实际使用

5.1.1 信号检测

1996年1月底,为试验性国际数据中心数据处理程序的第一步安装了新的自动检测软件。最近,由于对每个台站的检测处理参数作了调整,在检测器实际性能方面以及在消除伪数据造成的假检测方面,都已有了改进。然而,在所研究的这段期间平均而言,只有6.4%的基本台阵检测结果和6.8%的三分向基本台站检测结果能与审定事件公报(REB)中的事件最后关联起来。自动检测占REB中载列的所有波至的67%。其中,基本台阵占35%,三分向基本台站占22%,辅助台站占10%。

评注:虽然自动检测处理永远无法做到毫无错误和完全有效,但现有的系统仍需大为改进。需对每个台站的检测处理器逐一进行微调。此外,交替检测法可改进效绩。

5.1.2 检测后的处理

新的软件安装后,震相的自动计时和识别有了显著改进。对自动检拾到的信号(“拾波”)进行人工重新计时的情况已有所减少,目前只影响到50%的REB自动检测结果。从下表可以看出,震相识别也有了改进,表中的横排为自动识别的震相,竖排为REB中识别的震相,数值为REB震相的百分比。例如,被自动识别为PKP的震相中,有92%在REB中仍列为PKP,有4%被改为P,等等。应注意,只有在最后公报中载列的主要震相和大于1.0的百分数才在表中列出。

表 5. I

自动 REB	P	PKP	S	Pn	Pg	Sn	Lg	Rg
P	97%	4%	8%	31%	2%	-	-	-
PKP	-	92%	-	-	-	-	-	-
S	-	-	14%	-	-	6%	-	-
Pn	1%	-	4%	66%	18%	-	-	-
Pg	-	-	-	3%	68%	-	-	-
Sn	-	-	13%	-	-	61%	8%	-
Lg	-	-	2%	-	-	2%	61%	8%
Rg	-	-	-	-	-	-	-	64%
Px	-	-	-	-	10%	2%	2%	-
Sx	-	-	50%	-	1%	25%	27%	28%
Tx	1%	3%	8%	-	-	3%	-	-

评注：对于远震P类震相，自动震相识别的质量极高。区域震相的识别情况较差，被正确识别的只占三分之二。远震S相的自动识别结果最差，成功率只有14%。需针对区域震相和S类震相进一步改进和调整震相识别软件。

5.1.3 事件界定

事件界定标准或者以P类震相的数目为根据，或者以检测到的震相的到时、方位角和慢度等界定参数的加权计数为根据。GSETT-3期间，界定标准没有修改。对于自动公报，标准不那么严格，加权计数只须大于或等于3.6；但对于REB来说，基本台阵必须检测到3个初至震相，或者加权计数必须大于或等于4.6。

在所研究的这段期间，45%的所有自动生成事件被分析员剔除，REB中25%的事件是由分析员补上的。然而最近启用新的软件之后减少了需由分析员补上的事件数目。

评注：事件关联软件需进一步改进。自动生成的假事件太多。更重要的是，太多事件被自动处理程序遗漏，需由分析员补上。

5.1.4 辅助数据的提取

GSETT-3期间，由于辅助台站的数量增加，并由于辅助数据提取系统有所改进，利用辅助台站的数据予以定位的事件也比以前多。目前有63%的REB事件是利用一些辅助台站的数据定位的。为此种事件的定位作贡献的辅助台站数目平均为3.5个。统计数字和个案研究都表明，从尽可能提高定位精确度的角度来看，选择从哪些辅助台站检索数据这一工作尚未最优化。

评注：为了充分实现基本台站/辅助台站构想所应具有的定位能力，在区域范围内每个事件的方位覆盖应实现最优化。为此，应更加注意辅助台站的可靠性、辅助台站数据的选择程序和辅助台站的信噪比估计。不妨循序渐进地提取辅助数据，并根据逐步改进的定位结果选择台站。这需要使分析员能够请求和查看辅助台站的数据。

5.1.5 事件定位

在试验性国际数据中心目前使用的事件位置算法是利用震相传播时间的非线性

反演以及台阵方位角和慢度值来测定地震事件的位置和深度的。此一算法还可估计定位误差(或精确度),定位误差以误差椭圆表示:事件的震中有90%的可能性位于地面上的这一椭圆区域内。然而,正如GSETT-3期间由许多国家提供的数据资料所显示的那样,在未经校准的情况下,事件的真实位置不一定位于理论误差椭圆之内。一般而言,如果用于定位的台站方位覆盖不佳,特定事件的定位误差就会较大。与此相应的是,GSETT-3的经验表明,如果使用分布良好的辅助台站的数据,可以使误差椭圆的面积大为减小,尤其是在大陆地区。

下表(5.2)列出了所研究的期间内以定位精度函数表示的不同震级事件的百分比。例如28%的4.0~4.5震级范围内的事件其误差椭圆面积小于1,000平方公里,46%的这一范围内的事件误差椭圆在1,000~10,000平方公里之间;等等。事件的震级与误差椭圆的面积之间具有明显的关系;较大的事件通常可由方位分布更广的更多的台站记录到。由于台站分布不均匀,定位误差因区域而有很大的差异,但仍可从表中得出若干一般性结论。例如,在全部事件中,约有21%的事件误差椭圆小于1,000平方公里,约有35%的事件误差椭圆大于10,000平方公里。同样,如果只限于计算震级(mb)在4.0以上的事件,就会发现35%的事件误差椭圆小于1,000平方公里;23%的事件误差椭圆大于10,000平方公里。

表 5.2 以误差椭圆面积函数表示的每一震级范围内的事件百分比,括号中为绝对数,为1996年1月1日至5月31日的数据。

误差椭圆面积 (平方公里)	< 4.0 (mb)	4.0-4.5 (mb)	4.5-5.0 (mb)	5.0-5.5 (mb)	> 5.5 (mb)
< 1,000	5% (1129)	28% (808)	57% (344)	91% (101)	100% (25)
1,000-10,000	43% (3238)	46% (1347)	32% (193)	6% (7)	- (0)
10,000-100,000	30% (2255)	19% (549)	9% (53)	3% (3)	- (0)
>100,000	12% (909)	7% (211)	2% (12)	- (0)	- (0)

精确的深度估计是事件定位程序的一部分,对于全面禁试条约的国际监测系统/

国际数据中心进行事件“筛选”来说,深度估计是很重要的。GSETT-3期间以下列方法之一测定事件的深度,这些方法按可靠性由大至小排列:利用深度震相限制其范围(有7%的REB事件在所研究的期间内以此法测定深度);定位过程中自动测定(23%);由事件定位程序或由分析员任意给定或限制其范围(70%)。

评注:以定位误差小于1,000平方公里的事件数目表示的定位能力只不过略有改进。即使设想国际监测系统台站的分布会比较均匀,仍还有许多有待改进之处。对于震级大于4的事件,有35%左右的误差椭圆在1,000平方公里以内。精确的深度估计对于国际监测系统/国际数据中心的事件筛选工作十分重要。但在所研究的期间内,70%的REB事件的深度是由自动程序或分析员任意规定的。试验性国际数据中心有必要开始按计划通过校准和通过使用其他程序改进事件的定位,初步的计划见CD/1398号文件附件2。

5.1.6 震源参数

对将近99%的REB事件作了震级估计,测定了mb或ML。约有10%的REB事件没有测算其体波震级mb,这主要是因为目前只对检测到至少一个远震P相的事件计算其mb。此外,只对至少有一个台站距震源不到2,000公里的事件计算其当地震级ML,约有41%的REB事件测定了ML。少数事件没有测定任何震级的原因是,试验性国际数据中心目前缺少适当的分析后处理程序。

与《初步震中测定公报》(PDE--位于美国科罗拉多州博尔德市的国家地震情报中心每周发布的公报)等外部公报比较,现已不那么容易得到明确的结论,因为PDE已开始把GSETT-3的振幅和周期测量结果也纳入其中。但是,PDE在估计震级时,还以大量的独立数据作为根据。一般而言,REB的mb值比PDE约小0.21至0.25个震级单位。这一偏差导致了REB中的弱震事件的数目估计过高。如果检测能力是根据震级/事件发生频率的关系来估计的话,这也导致检测能力的评估过于乐观。与此相反的是,将REB的ML值与国家网络得到的ML值比较后发现,REB的ML震级一般来说,估计得较高,尤其是在欧洲。个别情况下,偏差可整整达一个震级单位。

面波震级Ms对于国际监测系统/国际数据中心的事件筛选工作也很重要。在所研究的这段期间,不到8%的REB事件计算了关联的Ms值,不到5%的REB事件的Ms值是根据两个或两个以上的台站的数据计算出来的。

评注:试验性国际数据中心已采用新的震级计算程序,要评估这些新的程序的影响还需要再等一段时间。但试验性国际数据中心应尽力查明它所报告的mb和ML数

值为何与其他公报中报告的相同事件的数值不同。鉴于事件筛选工作拟议使用 M_s 这一参数,对于GSETT-3期间使用的 M_s 报告程序需给予更大的注意。

5.2 地震学方法在GSETT-3期间的总的绩效

绩效是指网络在多大程度上实现了它的目标,也就是检测出地震事件并予以精确定位。只有在发生了相当多地震活动而且有地震参考公报可供比较的地区,才能评定绩效。国家数据中心作为补充数据(“ γ 公报”)提交的当地或区域参考公报应当有可能成为最准确的根据,但在覆盖范围、质量和编制时间的滞后程度上,这些参考公报有相当大的差异。对于观察全球范围的长期发展情况来说,最有用的是将GSETT-3的REB与PDE作一比较。比较的结果见图5.1,图中的数值是根据PDE中报告的全世界地震活动情况得出的平均值,而不是如所希望的那样根据全球的表面面积得出的平均值。

区域研究表明,在整个太平洋地区,对于弱震事件,REB要比PDE完备得多。因此,从图5.1看出的检测阈值从1995年12月起急剧下降的现象主要反映的是阿拉斯加、加利福尼亚、欧洲和中美洲等地区的情况;GSETT-3在这些地区的台站覆盖相对于PDE网络而言,有了很大改进。尤其是,PDE不再能反映太平洋的地震活动情况。另一方面,图5.1中的平均定位情况图(以REB和PDE均载列的所有事件为根据)仍然相当稳定,它反映出在共同数据集中弱震事件现在多得多。但应指出的是,自1995年5月PDE开始将REB波至也纳入其中之后,定位图就出现了微微的正偏差。

在解读图5.1时,必须考虑到上述防止误解的说明。图中列示了实测检测阈值以及用以表示定位精确度的相应圆的面积,该圆是以位置向量的差为半径得出的。(有人建议以相应于1,000平方公里的圆面积作为国际监测系统的一个指标。)

应指出的是,中间值(或50%值)具有比较不受外部因素影响的好处,但90%值更接近于一般能接受的可靠性概念。图5.1中的检测阈值是根据PDE的 m_b 震级计算的。与PDE的 m_b 值比较,REB的 m_b 值有大约-0.25震级单位的稳定负偏差,这在以上5.1.6节中已提到过。

5.3 估计的GSETT-3能力

能力是指网络检测出地震事件并予以定位的能力,无论这些地震事件可能在何处发生。为了使用内插法从实测的情况推算出非地震区域的情况,在一些地区按实

测情况对网络概率模拟模式进行了校准。图5.2a显示了1996年3月估计的内插网络检测能力(以90%检测阈值表示)。在西北欧、北美、中亚和澳大利亚,检测阈值约等于或小于mb 3.6。南美大部分地区小于mb 4.2,南半球大部分洋域则在mb 4.2至4.6之间。图5.2b显示了1996年3月估计的内插网络定位能力(以震级4事件的90%相应圆半径表示)。GSETT-3的基本台站和辅助台站综合网络当时是以圆点表示的。应注意的是,半径17公里左右即相当于国际监测系统的1,000平方公里指标。在欧洲、北美和澳大利亚,相应圆半径不到30公里(面积不到2,800平方公里);在北纬40度以北的所有大陆地区,半径不到50公里(面积不到7,800平方公里)。东南亚、印度、非洲及中美和南美的定位能力起伏相当大,所有大陆地区的相应圆半径都远远小于200公里(面积125,000平方公里),而南半球大部分洋域和南极洲则仍在400公里(面积500,000平方公里)以上。

评注: 检测能力和定位能力目前都很不均匀。网络模拟表明,随着网络几何布局接近于国际监测系统的布局,此一情况会有所改善。但仍需进行网络调整和校准,以便将检测阈值和定位误差降至运转的国际监测系统期望达到的水平。

5.4 建 议

在以上的具体评注中,已对需要集中注意的领域提出了详细的建议。这些领域包括:辅助台站的使用、位置和深度估计、震级测定、质量保证和网络的普遍校准。GSETT-3评价工作组的前几份报告曾提请注意这些问题。解决这些问题并非易事,需要进行大量的、深入细致的工作。

以下是其他一些较具一般性的建议。就这些建议采取行动,可确保试验性国际数据中心将来能够顺利地过渡到国际监测系统/国际数据中心。

一般性建议:

1. 国际数据中心应考虑集中精力改进其程序和产品,而不要在编制例行的每日公报上多花功夫。从长期来看,如果现在致力于改进,其未来的影响比致力于编制每日公报要大得多。
2. 从以上的建议推论,国际数据中心应拨出更多的资源来执行特设小组拟订的网络校准计划,此一初步的计划载于CD/1398号文件附件2。
3. 需加紧努力对自动处理程序进行微调,以减少分析员的工作负担。
4. 一致性自动检查程序应予以测试,以减少假事件的数量。

5. 应当为国际监测系统制定一项正式的质量保证计划, 并应使未来的国际监测系统/国际数据中心有必要的资源可用于执行此一计划。

6. GSETT-3的经验表明, 应设立一个独立的科学审查小组。该小组应定期举行会议, 审查国际监测系统/国际数据中心的程序、结果和质量保证工作, 提出建议并评估这些建议付诸实行后所产生的影响。

7. 大力鼓励扩大使用辅助台站的数据。扩大使用这类台站的数据可改进事件定位、深度测定和震级估计。

6. 文件编制

编制关于所有设施和程序及硬件/软件使用的全面详尽的技术文件一直是GSETT-3工作的一个重要组成部分。特设小组已经编制和保有一组范围广泛的文件, 既有硬拷贝, 也有电子形式的文件。GSETT-3的经验表明, 编制这组内容详细的文件极为必要。

6.1 文件结构

GSETT-3文件载于特设小组的243号会议室文件, 总共有四大卷及许多技术附件:

第1卷: 计划

本卷自1995年7月分发以来, 一直未修改, 但其中关于参加台站的表和图在进行 GSETT-3试验期间由规划工作组定期予以修订, 并列入了科学专家小组的进度报告。

第2卷: 作业

应特设小组成员的要求, 最近对作业一卷关于试验性国际数据中心的部分作了几次修订, 最近的一次是1996年5月完成的对关于震级计算的章节的修订。目前正在彻底审查数据库的说明, 目的是使这一文件更易于使用。

需进一步修订文件的其他部分, 例如“国际数据中心用户指南”及

“报文格式和通信协议”。

第3卷：设施

本文件提供了目前属于 GSETT-3 网络的各台站的最新情况。

第4卷：评价

一旦评价工作组有了新的结果，即对本卷加以修订。目前，有三份评价报告被收入本卷。

6.2 文件评价

上面所说的范围广泛的文件构成了 GSETT-3 作业手册和程序的基础，其中还载有试验性国际数据中心和国家数据中心作业的技术性摘要说明及评价报告中的结果。打印本约有1,000页，已于1995年7月分发给参加者，其后一直定期予以修订。

试验性国际数据中心已将整组文件以电子方式存储起来，现在已可利用互联网 (Internet) 获取和修订这组文件。电子形式的文件在 GSETT-3 期间证明特别有用，因为信息可以随时更新并易于检索。

虽然在最新的版本中努力作了澄清，但目前的文件内容仍需进一步修订。文件的一些部分已不符合最新情况，或者不够详细。在试验性国际数据中心启用新软件方面，尤其难以跟上情况的变化。

第2卷的所有章节需彻底审查；一些部分正在修订之中。试验性国际数据中心为更新第3卷的内容作了出色的努力。然而，文件中仍然欠缺台站特性方面的许多资料。

国家数据中心也应核实是否已向试验性国际数据中心提供了所有需要提供的信息。国家数据中心可利用试验性国际数据中心已具备的程序联机修订所提供的信息。文件中提到的计算机程序的硬件和软件技术细节也最好在文件中载明。

在这组文件的框架内，已编制出第5卷：指南，其中收录了新的全球关联软件的技术细节。其他软件模块，包括非地震技术的处理软件，应按相同的结构载入文件，因为试验性国际数据中心已经开始处理这些技术所产生的数据。

6.3 建议

编制和更新全面详尽的文件,对于 GSETT-3 规模的系统的适当作业至为重要。可以理解的是,由于 GSETT-3 试验性国际数据中心工作人员的时间安排很紧,文件的编制迄今还不是一项优先工作。但是,应当作出努力,使文件能达到未来全面禁试条约国际监测系统可接受的水平。特设小组建议:

- 应继续使现有的文件更加完备,特别是在技术设施的情况及计算机硬件/软件的详细说明方面;
- 国际监测系统其他技术的作业手册应考虑到 GSETT-3 积累的经验,并应符合 GSETT-3 的过程中制定的标准;
- GSETT-3文件只保存有英文本,为筹划国际监测系统应考虑将这套文件的一部分译成其他文本;
- 未来的国际监测系统的文件应以电子形式存储,以供各参加者通过互联网络或其他适当的手段检索。

7. 关于过渡到国际监测系统的建议

GSETT-3 的目标是发展和测试一种可以演变和修正的试验性国际地震监测系统,以满足未来的要求,并将试验期间能够取得的技术经验提供给裁军谈判会议。

建造一个可实际运转的国际监测系统的工作现在正逐渐理清头绪。GSETT-3 期间取得的经验可用来指引从目前的系统顺利过渡到全面禁试条约国际监测系统的地震组成部分。

编写本报告的一个目的就是协助这一过渡。我们在本章中以清单的形式简要地列举了需要在哪些最重要的方面开展工作,以弥补一个试验性系统与一个实际运转的监测系统之间的差距。为便于参考,前面几章中提出的一些看法也列于清单中,另外增加了一些较具一般性的建议。

清单分为三个部分。第一部分列举了所需的技术性修改,这些修改可视资源的情况而较快地予以落实。第二部分列举了地震学程序应作的改进,其中有许多问题需进行研究,而这是需要时间的。最后一部分列举了宜采取的组织性措施。

7.1 建议的技术性修改

- 应有条不紊地从GSETT-3网络向国际监测系统网络进行过渡,这包括在网络中纳入能够加以利用的设想的国际监测系统台站。
- 应不断地评价基本台站和辅助台站的作用,并酌情建议更换台站。
- 应根据 GSETT-3 的经验,全面审查国际监测系统地震台站技术规格。
- 应评价和启用数据真伪鉴定程序。
- 台站和通信链路的技术特性及可靠性应视必要予以评价和提高。
- 应建立比 GSETT-3 效费比更高的国际监测系统数据通信概念。
- 系统各级单元(台站、通信、国家数据中心和国际监测系统/国际数据中心)须具有更多的冗余能力,更符合安全要求。
- 必需开发出实用、可靠而且使用方便的国际数据中心产品。
- 国际监测系统/国际数据中心必需开发出更好的数据处理软件测试程序。
- 应继续将其他监测技术纳入试验性国际数据中心系统。

7.2 建议的地震学程序修改

- 应继续调整国际监测系统/国际数据中心的自动数据处理程序,包括检测、震相识别和震相关联。
- 须启用更好的一致性自动检验程序,以减少假事件的数目。
- 应按照特设小组制定的计划对网络事件定位程序加以校准。
- 应改进事件定位计算方法和有关不确定性的规格。
- 须改进辅助台站数据提取程序。
- 应审查并改进震级(包括Ms)估计方法。
- 须审查并改进现有事件深度估计方法;并应考虑另外的方法。
- 应测试和使用计算标准震源定性参数的方法。

7.3 建议的组织性事项

- 编制 GSETT-3 文件,其方式应使其可用作国际监测系统的完整的最新作业手册及质量保证和培训参考手册。新文件应可通过电子方式获取,与 GSETT-3 相同。

- 国际监测系统应拟订和执行一项质量保证计划。
- 需要参考 GSETT-3 的经验，为建立一个可实际运转的国际监测系统/国际数据中心拟订一项计划。
- 必须更全面地确定国家数据中心有关国际监测系统/国际数据中心的作用，包括：及时和完整的数据获取、数据传输、台站监测和维护及质量保证等方面。
- 应由一个由合格科学家组成的、独立的外部小组定期对国际监测系统/国际数据中心的科学和技术程序及其产品进行评价。
- 须制定一项计划，培训未来国际监测系统/国际数据中心的人员，并根据要求培训国家数据中心的人员。
- 应继续组织区域研讨会及其他活动，以协调和促进国际监测系统的活动。

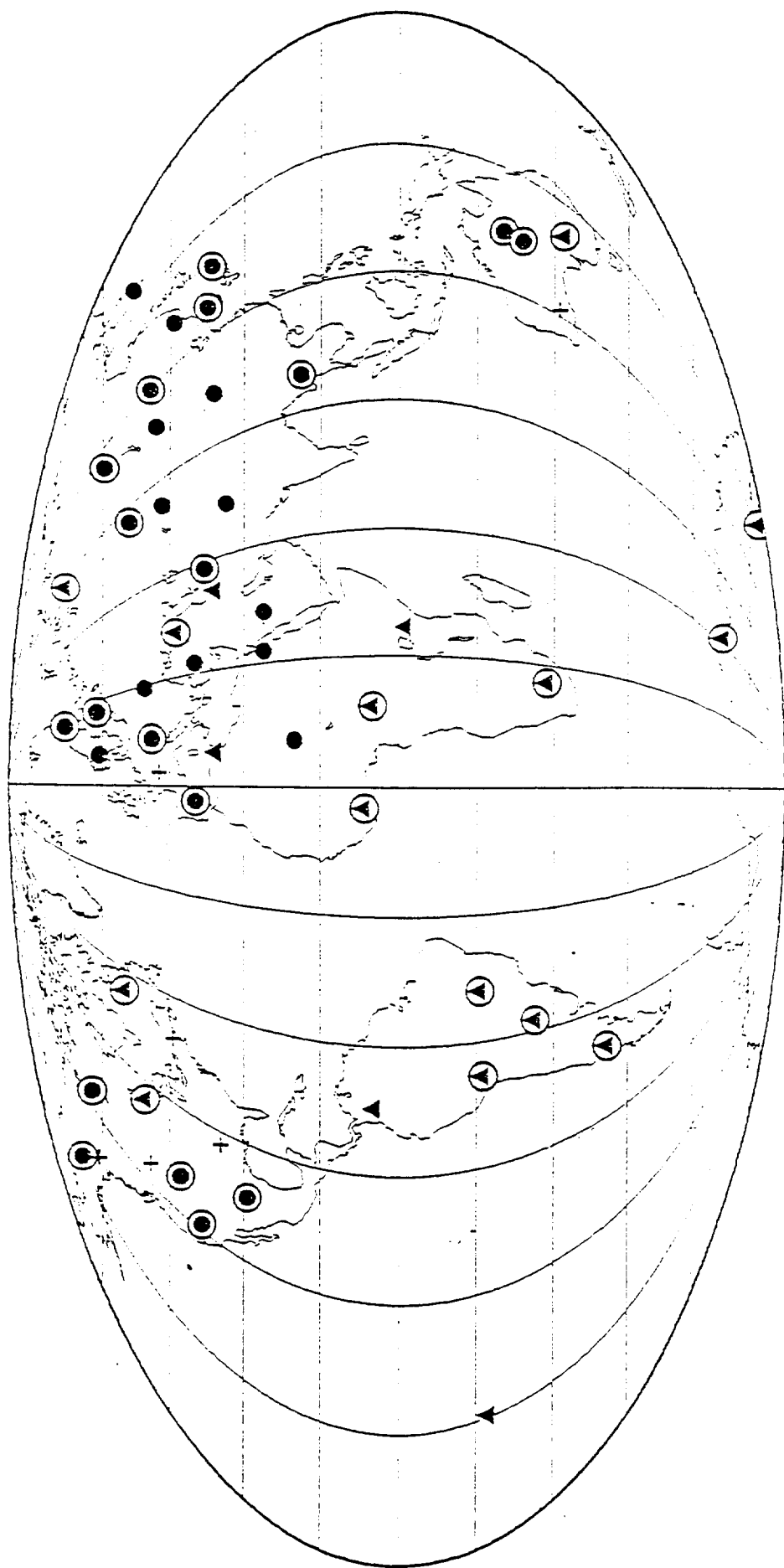


图2.1 国际监测系统的基本地震台站。实心圆点代表现有和计划中的台阵，实心三角代表三分向台站。圆环代表目前参加GSEIT-3的国际监测系统基本台站。十字符号代表未设想用于国际监测系统的GSEIT-3基本台站，表1b列出了它们的清单。

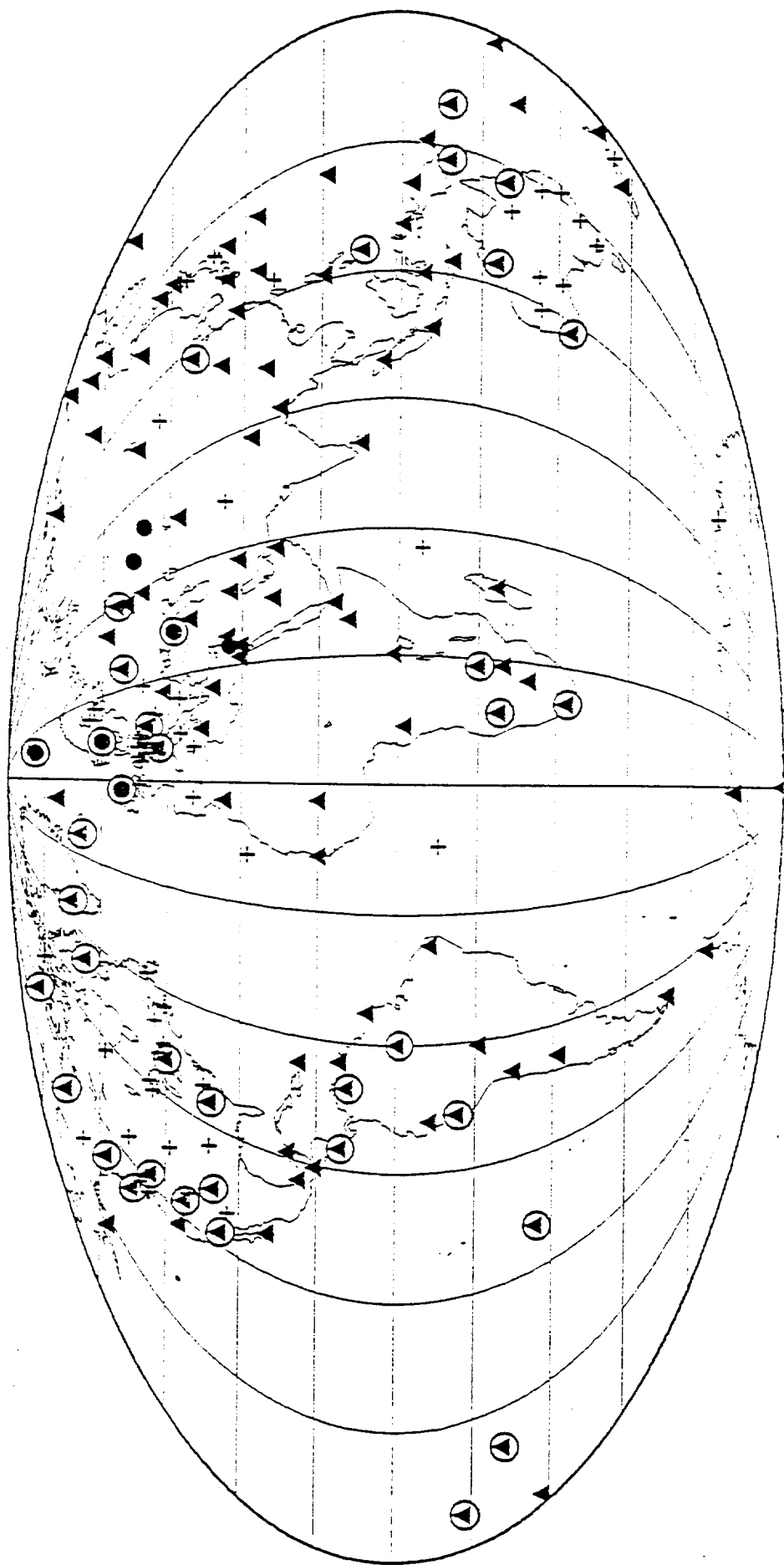


图2.2 国际监测系统的辅助地震台站。实心圆点代表现有和计划中的台阵，实心三角代表三分向台站。圆环代表目前参加GSEIT-3的国际监测系统辅助台站。十字符号代表未设想用于国际监测系统的GSEIT-3辅助台站，表2b列出了它们的清单。



地震：概况/网络/产品/文件编制/其他事项/求助

工作流程监测

a 状态

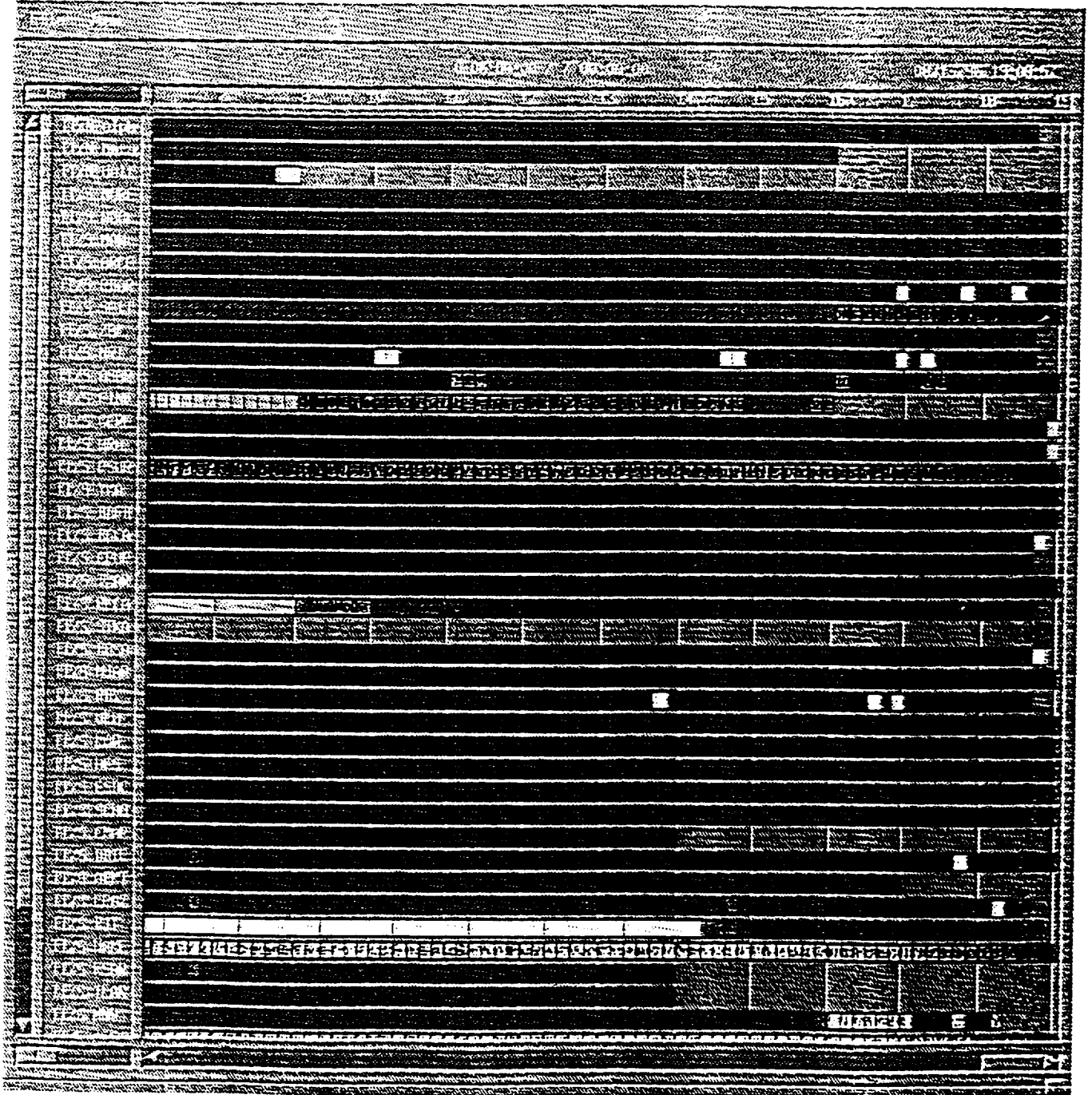


图4.1. 二作流程图实例。这类图表是由试验性国际数据中心以电子方式近实时提供的，它反映了试验性国际数据中心的处理状态。

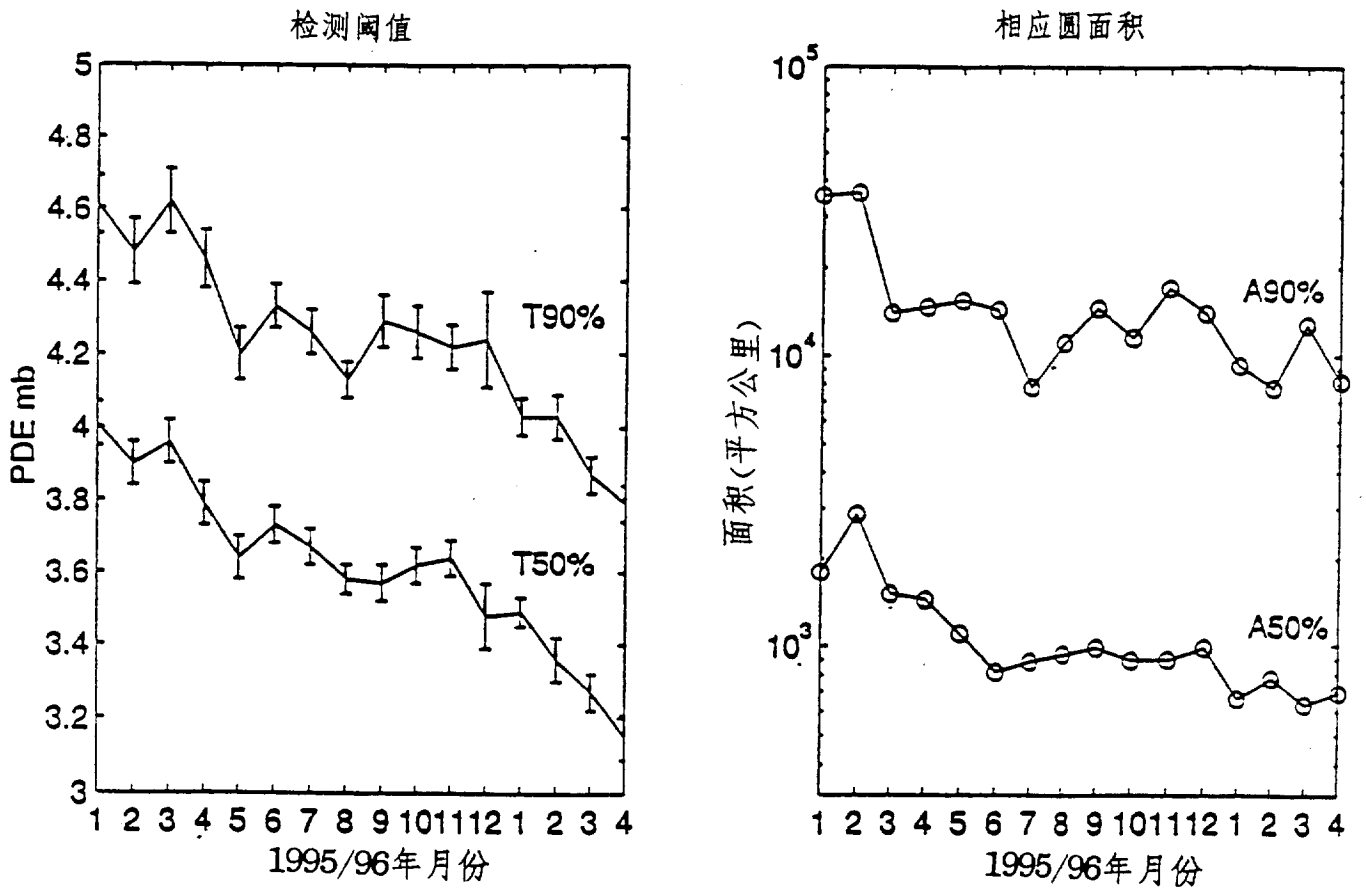


图5.1. GSETT-3期间按月份反映出的检测性能(左图)和定位性能(右图)一览。该图以比较美国出版的《震中初步测定》公报(PDE)为基础,因而所反映的是PDE报告的全世界地震活动的平均值。

图5.2a) 检测能力: GSETT-3网络-1996年3月

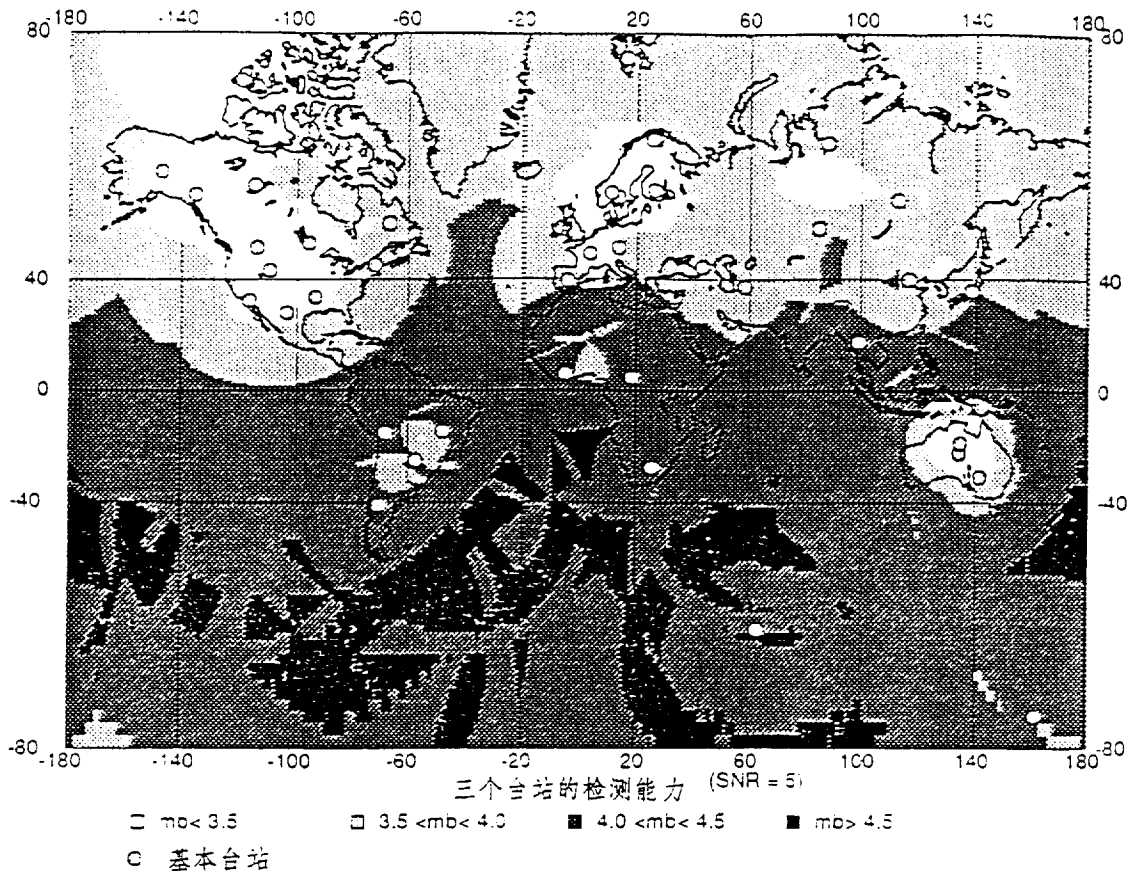
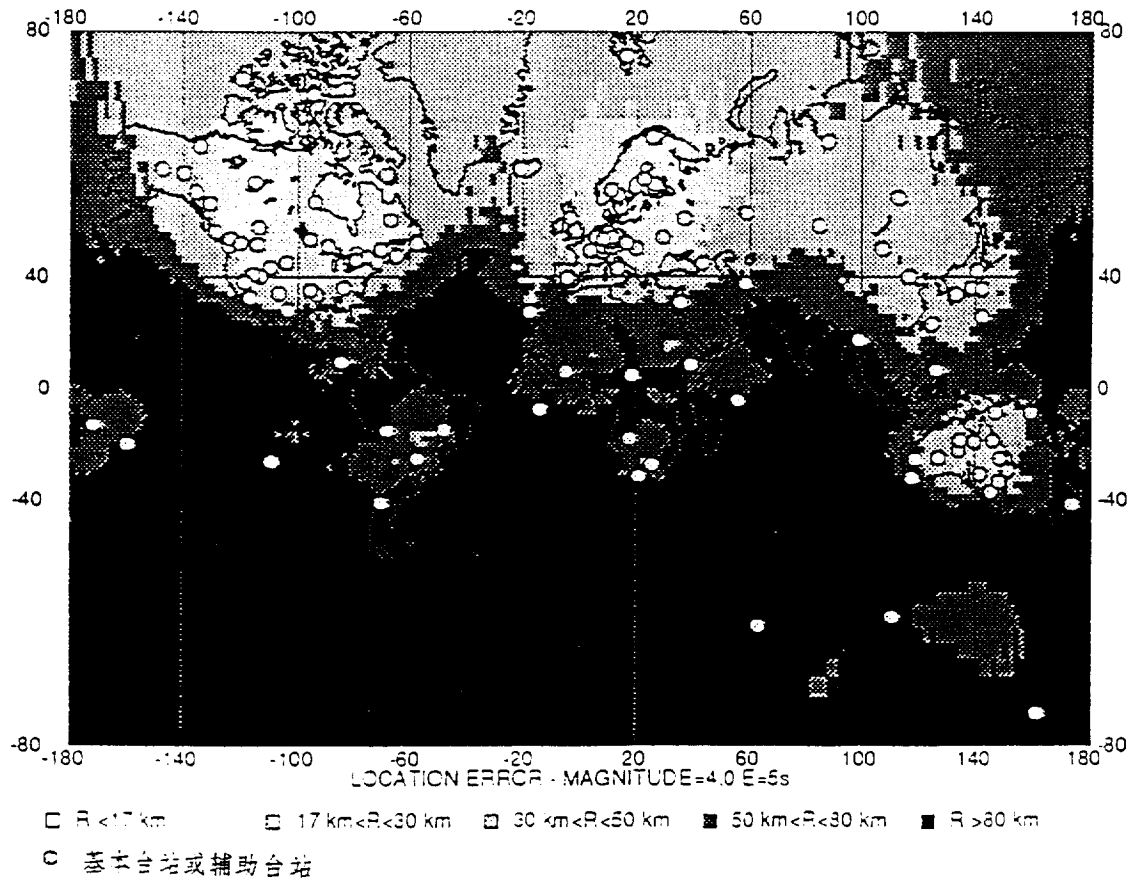


图5.2b) 定位能力: GSETT-3网络-1996年3月



附件一

表 1 a: 构成国际监测系统基本网络的地震台站清单

	台站的 负责国	地 点	纬 度	经 度	类 型	截至1996年 8月是否参加 GSETT-3
1	阿根廷	PLCA 帕索弗洛斯	南40.7	西 70.6	三分向	是
2	澳大利亚	WRA 北部地方,沃勒曼加	南19.9	东134.3	台 阵	是
3	澳大利亚	ASAR 北部地方,艾利斯斯 普林斯	南23.7	东133.9	台 阵	是
4	澳大利亚	STKA 南澳大利亚州,斯蒂 芬斯克里克	南31.9	东141.6	三分向	是
5	澳大利亚	MAW 南极洲,莫森站	南67.6	东 62.9	三分向	是
6	玻利维亚	LPAZ 拉巴斯	南16.3	西 68.1	三分向	是
7	巴 西	BDFB 巴西利亚	南15.6	西 48.0	三分向	是
8	加拿大	ULMC 马尼托巴省,伯耐湖	北50.2	西 95.9	三分向	是
9	加拿大	YKAC 西北地区, 耶洛奈夫	北62.5	西114.6	台 阵	是
10	加拿大	SCH 魁北克省, 谢弗维尔	北54.8	西 66.8	三分向	是
11	中非共和国	BGCA 班 吉	北05.2	东 18.4	三分向	是
12	中 国	HAI 海拉尔	北49.3	东119.7	三分向> 台阵	是
13	中 国	LZH 兰 州	北36.1	东103.8	三分向> 台阵	否

表 1 a (续)

	台站的 负责国	地 点	纬 度	经 度	类 型	截至1996年 8月是否参加 GSETT-3
14	哥伦比亚	XSA 埃尔罗萨尔	北04.9	西 74.3	三分向	否
15	科特迪瓦	DBIC 丁伯克罗	北06.7	西 04.9	三分向	是
16	埃 及	LXEG 卢克索	北26.0	东 33.0	台 阵	否
17	芬 兰	FINES 拉赫蒂	北61.4	东 26.1	台 阵	是
18	法 国	PPT 塔希提	南17.6	西149.6	三分向	否
19	德 国	GEC2 弗赖翁	北48.9	东 13.7	台 阵	是
20	待 定	待 定	待 定	待 定	待 定	否
21	伊朗(伊斯兰 共和国)	THR 德黑兰	北35.8	东 51.4	三分向	否
22	日 本	MJAR 松 代	北36.5	东138.2	台 阵	是
23	哈萨克斯坦	MAK 马坎奇	北46.8	东 82.0	台 阵	否
24	肯尼亚	KMBO 乞力马姆博戈	南01.1	东 37.2	三分向	否
25	蒙 古	JAVM 扎布哈朗特	北48.0	东106.8	三分向> 台 阵	否
26	尼日尔	新站址	待 定	待 定	三分向> 台 阵	否
27	挪 威	NAO 哈马尔	北60.8	东 10.8	台 阵	否

表 1 a (续)

	台站的 负责国	地 点	纬 度	经 度	类 型	截至1996年 8月是否参加 GSETT-3
28	挪 威	ARAO 卡拉绍克	北69.5	东 25.5	台 阵	是
29	巴基斯坦	PRPK 帕 里	北33.7	东 73.3	台 阵	否
30	巴拉圭	CPUP 佛罗里达镇	南26.3	西 57.3	三分向	是
31	大韩民国	KSRS 原 州	北37.5	东127.9	台 阵	是
32	俄罗斯联邦	KBZ 哈别兹	北43.7	东 42.9	三分向	是
33	俄罗斯联邦	ZAL 扎列索沃	北53.9	东 84.8	三分向> 台 阵	是
34	俄罗斯联邦	NRI 诺里尔斯克	北69.0	东 88.0	三分向	是
35	俄罗斯联邦	PDY 佩列杜伊	北59.6	东112.6	三分向> 台 阵	是
36	俄罗斯联邦	PET 堪察加彼得罗巴甫洛夫斯克	北53.1	东157.8	三分向> 台 阵	否
37	俄罗斯联邦	USK 乌苏里斯克	北44.2	东132.0	三分向> 台 阵	否
38	沙特阿拉伯	新站址	待 定	待 定	台 阵	否
39	南 非	BOSA 伯绍夫	南28.6	东 25.6	三分向	是
40	西班牙	ESDC 松塞卡	北39.7	西 04.0	台 阵	是

表 1 a (续)

	台站的 负责国	地 点	纬 度	经 度	类 型	截至1996年 8月是否参加 GSETT-3
41	泰 国	CMTO 清 迈	北18.8	东 99.0	台 阵	是
42	突尼斯	THA 塔 莱	北35.6	东 08.7	三分向	否
43	土耳其	BRTR 贝尔巴希 台阵须迁至凯斯金	北39.9	东 32.8	台 阵	否
44	土库曼斯坦	GEYT 阿利别克	北37.9	东 58.1	台 阵	是
45	乌克兰	AKASG 马 林	北50.4	东 29.1	台 阵	否
46	美利坚合众 国	LJTX 得克萨斯州,拉希塔斯	北29.3	西103.7	台 阵	是
47	美利坚合众 国	MNV 内华达州, 迈纳	北38.4	西118.2	台 阵	是
48	美利坚合众 国	PIWY 怀俄明州,派恩达尔	北42.8	西109.6	台 阵	是
49	美利坚合众 国	ELAK 阿拉斯加州,艾尔森	北64.8	西146.9	台 阵	是
50	美利坚合众 国	VNDA 南极洲, 万 达	南77.5	东161.9	三分向	是

符号解释:

三分向>台阵: 表示该台站一开始可作为三分向台站在国际监测系统中作业,过一段
时间后可改进为台阵。

表 1 b: 参加GSETT-3 基本网络但未被选入国际监测系统网络的其他地震台站清单

	台 站 的 负 责 国	地 点	纬 度	经 度	类 型
1	澳大利亚	WOOL 伍利巴尔	南31.1	东121.7	三分向
2	加拿大	WALA 怀特敦湖	北49.1	西113.9	三分向
3	加拿大	WHY 怀特霍斯	北60.7	西134.9	三分向
4	法 国	LOR 洛尔姆	北47.3	东 3.9	三分向
5	挪 威	NORES 哈马尔	北60.7	东 11.5	台 阵
6	美 国	LBNH 里斯本	北44.2	西 71.9	三分向
7	美 国	MIAR 艾达山	北34.5	西 93.6	三分向
8	美 国	NPO 北极	北64.8	西146.9	三分向

表 2 a: 构成国际监测系统辅助网络的地震台站清单

	台站的 负责国	地点	纬度	经度	类型	截至1996年 8月是否参加 GSETT-3
1	阿根廷	CFA 丰塔纳上校镇	南31.6	西 68.2	三分向	否
2	阿根廷	USHA 乌斯怀亚	南55.0	西 68.0	三分向	否
3	亚美尼亚	GNI 加尼	北40.1	东 44.7	三分向	否
4	澳大利亚	CTA 昆士兰州, 查特斯堡	南20.1	东146.3	三分向	是
5	澳大利亚	FITZ 西澳大利亚州, 菲茨罗伊克罗辛	南18.1	东125.6	三分向	是
6	澳大利亚	NWAO 西澳大利亚州, 纳罗金	南32.9	东117.2	三分向	是
7	孟加拉国	CHT 吉大港	北22.4	东 91.8	三分向	否
8	玻利维亚	SIV 圣伊格纳西奥	南16.0	西 61.1	三分向	否
9	博茨瓦纳	LBTB 洛巴策	南25.0	东 25.6	三分向	否
10	巴西	PTGA 皮廷加	南 0.7	西 60.0	三分向	是
11	巴西	RGNB 北里奥格兰德	南 6.9	西 37.0	三分向	否
12	加拿大	FRB 西北地区, 伊考鲁特	北63.7	西 68.5	三分向	是
13	加拿大	DLBC 不列颠哥伦比亚省, 迪斯莱克	北58.4	西130.0	三分向	是

表 2 a (续)

	台站的 负责国	地 点	纬 度	经 度	类型	截至1996年 8月是否参加 GSETT-3
14	加拿大	SADO 安大略省, 萨多瓦	北44.8	西 79.1	三分向	是
15	加拿大	BBB 不列颠哥伦比亚省, 贝拉贝拉	北52.2	西128.1	三分向	是
16	加拿大	MBC 西北地区, 莫尔德贝	北76.2	西119.4	三分向	是
17	加拿大	INK 西北地区, 因纽维克	北68.3	西133.5	三分向	是
18	智 利	RPN 复活节岛	南27.2	西109.4	三分向	是
19	智 利	LVC 利蒙-贝尔德	南22.6	西 68.9	三分	否
20	中 国	BJT 白家瞳	北40.0	东116.2	三分向	是 作为基本 台站
21	中 国	KMI 昆 明	北25.2	东102.8	三分向	否
22	中 国	SSE 余 山	北31.1	东121.2	三分向	否
23	中 国	XAN 西 安	北34.0	东108.9	三分向	否
24	库克群岛	RAR 拉罗通加	南21.2	西159.8	三分向	是
25	哥斯达黎加	JTS 拉斯洪塔斯德阿班加雷斯	北10.3	西 85.0	三分向	是
26	捷克共和国	VRAC 弗拉诺夫	北49.3	东 16.6	三分向	是

表 2 a (续)

	台站的 负责国	地点	纬度	经度	类型	截至1996年 8月是否参加 GSETT-3
27	丹 麦	SFJ 格陵兰, 南斯特伦菲尤尔	北67.0	西 50.6	三分向	是
28	吉布提	ATD 阿尔塔隧道	北11.5	东 42.9	三分向	否
29	埃 及	KEG 库塔姆亚	北29.9	东 31.8	三分向	否
30	埃塞俄比亚	FURI 富 里	北 8.9	东 38.7	三分向	否
31	斐 济	MSVF 维提岛, 莫纳萨武	南17.8	东178.1	三分向	否
32	法 国	NOUC 新喀里多尼亚, 拉盖尔港	南22.1	东166.3	三分向	否
33	法 国	KOG 法属圭亚那, 库鲁	北 5.2	西 52.7	三分向	否
34	加 蓬	BAMB 班贝	南 1.7	东 13.6	三分向	否
35	德国/南非	VNA 南极洲, SANAE站	南71.7	西 2.9	三分向	否
36	希 腊	IDI 克里特岛, 阿诺伊亚	北35.3	东 24.9	三分向	否
37	危地马拉	RDG 拉比尔	北15.1	西 90.5	三分向	否
38	冰 岛	BORG 博尔加内斯	北64.8	西 21.3	三分向	是
39	待 定	待 定	待 定	待 定	待 定	否
40	印度尼西亚	PACI 西瓜哇, 芝比农	南 6.5	东107.0	三分向	否

表 2 a (续)

	台站的 负责国	地 点	纬 度	经 度	类型	截至1996年 8月是否参加 GSETT-3
41	印度尼西亚	JAY 伊里安查亚, 查亚普拉	南 2.5	东140.7	三分向	否
42	印度尼西亚	SWI 伊里安查亚, 萨龙	南 0.9	东131.3	三分向	否
43	印度尼西亚	PSI 苏门答腊, 帕拉帕特	北 2.7	东 98.9	三分向	否
44	印度尼西亚	KAPI 南苏拉威西, 卡邦	南 5.0	东119.8	三分向	否
45	印度尼西亚	KUG 东努沙登加拉, 古邦	南10.2	东123.6	三分向	否
46	伊朗伊斯兰 共和国	KRM 克尔曼	北30.3	东 57.1	三分向	否
47	伊朗伊斯兰 共和国	MSN 马斯吉德苏莱曼	北31.9	东 49.3	三分向	否
48	以色列	MBH 埃拉特	北29.8	东 34.9	三分向	否
49	以色列	PARD 帕罗德	北32.6	东 35.3	台阵	否
50	意大利	ENAS 西西里, 恩纳	北37.5	东 14.3	三分向	否
51	日 本	JNU 九州, 大分	北33.1	东130.9	三分向	否
52	日 本	JOW 冲绳, 国头	北26.8	东128.3	三分向	否
53	日 本	JHJ 伊豆诸岛, 八丈岛	北33.1	东139.8	三分向	否
54	日 本	JKA 北海道, 上川-朝日	北44.1	东142.6	三分向	否

表 2 a (续)

	台站的 负责国	地点	纬度	经度	类型	截至1996年 8月是否参加 GSETT-3
55	日本	JCJ 小笠原群岛, 父岛	北27.1	东142.2	三分向	否
56	约旦	— 阿什科夫	北32.5	东 37.6	三分向	否
57	哈萨克斯坦	BRVK 博罗沃耶	北53.1	东 70.3	台阵	否
58	哈萨克斯坦	KURK 库尔恰托夫	北50.7	东 78.6	台阵	否
59	哈萨克斯坦	AKTO 阿克纠宾斯克	北50.4	东 58.0	三分向	否
60	吉尔吉斯斯坦	AAK 阿拉-阿尔恰	北42.6	东 74.5	三分向	否
61	马达加斯加	TAN 塔那那利佛	南18.9	东 47.6	三分向	否
62	马里	KOWA 科瓦	北14.5	西 4.0	三分向	否
63	墨西哥	TEYM 尤卡坦州, 特皮克	北20.2	西 88.3	三分向	否
64	墨西哥	TUVM 韦拉克鲁斯州, 图桑德佩蒂	北18.0	西 94.4	三分向	否
65	墨西哥	LPBM 下加利福尼亚州, 拉巴斯	北24.2	西110.2	三分向	否
66	摩洛哥	MDT 姆德勒特	北32.8	西 4.6	三分向	否
67	纳米比亚	TSUM 楚梅布	南19.1	东 17.4	三分向	是

表 2 a (续)

	台站的 负责国	地 点	纬 度	经 度	类型	截至1996年 8月是否参加 GSETT-3
68	尼泊尔	EVN 埃佛勒斯	北28.0	东 86.8	三分向	否
69	新西兰	EWZ 南岛,埃雷旺	南43.5	东170.9	三分向	否
70	新西兰	RAO 拉乌尔岛	南29.2	西177.9	三分向	否
71	新西兰	URZ 北岛,乌雷韦拉	南38.3	东177.1	三分向	否
72	挪 威	SPITS 斯匹次卑尔根	北78.2	东 16.4	台阵	是 作为基本 台站
73	挪 威	JMI 扬马延岛	北70.9	西 8.7	三分向	否
74	阿 曼	WSAR 瓦迪萨林	北23.0	东 58.0	三分向	否
75	巴布亚新几内亚	PMG 莫尔兹比港	南 9.4	东147.2	三分向	是
76	巴布亚新几内亚	BIAL 比阿亚岛	南 5.3	东151.1	三分向	否
77	秘 鲁	CAJP 卡哈马卡	南 7.0	西 78.0	三分向	否
78	秘 鲁	NNA 纳纳	南12.0	西 76.8	三分向	是
79	菲律宾	DAV 棉兰老,达沃	北 7.1	东125.6	三分向	是
80	菲律宾	TGY 吕宋,塔盖泰	北14.1	东120.9	三分向	否

表 2 a (续)

	台站的 负责国	地点	纬度	经度	类型	截至1996年 8月是否参加 GSETT-3
81	罗马尼亚	MLR 罗苏山	北45.5	东 25.9	三分向	否
82	俄罗斯联邦	KIRV 基洛夫	北58.6	东 49.4	三分向	否
83	俄罗斯联邦	KIVO 基斯洛沃茨克	北44.0	东 42.7	台阵	是
84	俄罗斯联邦	OBN 奥布宁斯克	北55.1	东 36.6	三分向	是
85	俄罗斯联邦	ARU 阿尔季	北56.4	东 58.6	三分向	是
86	俄罗斯联邦	SEY 谢伊姆昌	北62.9	东152.4	三分向	否
87	俄罗斯联邦	TLY 塔拉亚	北51.7	东103.6	三分向	否
88	俄罗斯联邦	YAK 雅库茨克	北62.0	东129.7	三分向	否
89	俄罗斯联邦	URG 乌尔加尔	北51.1	东132.3	三分向	否
90	俄罗斯联邦	BIL 比利比诺	北68.0	东166.4	三分向	否
91	俄罗斯联邦	TIXI 季克西	北71.6	东128.9	三分向	否
92	俄罗斯联邦	YSS 南萨哈林斯克	北47.0	东142.8	三分向	否
93	俄罗斯联邦	MA2 马加丹	北59.6	东150.8	三分向	否
94	俄罗斯联邦	ZIL 济利姆	北53.9	东 57.0	三分向	否

表 2 a (续)

	台站的 负责国	地 点	纬 度	经 度	类型	截至1996年 8月是否参加 GSETT-3
95	萨摩亚	AFI 阿菲亚马卢	南13.9	西171.8	三分向	是
96	沙特阿拉伯	RAYN 赖因	北23.6	东 45.6	三分向	否
97	塞内加尔	MBO 姆布尔	北14.4	西 17.0	三分向	否
98	所罗门群岛	HNR 瓜达尔卡纳尔岛, 霍尼亚拉	南 9.4	东160.0	三分向	是
99	南 非	SUR 萨瑟兰	南32.4	东 20.8	三分向	是
100	斯里兰卡	COC 科伦坡	北 6.9	东 79.9	三分向	否
101	瑞 典	HFS 哈格福什	北60.1	东 13.7	台阵	是 作为基本 台站
102	瑞 士	DAVOS 达沃斯	北46.8	东 9.8	三分向	是
103	乌干达	MBRU 姆巴拉拉	南 0.4	东 30.4	三分向	否
104	联合王国	EKA 埃斯克代尔缪尔	北55.3	西 3.2	台阵	是
105	美利坚合众国	GUMO 马里亚纳群岛, 关岛	北13.6	东144.9	三分向	否
106	美利坚合众国	PMSA 南极洲, 帕默站	南64.8	西 64.1	三分向	否
107	美利坚合众国	TKL 田纳西州, 塔卡里奇卡温斯	北35.7	西 83.8	三分向	是

表 2 a (续)

	台站的 负责国	地点	纬度	经度	类型	截至1996年 8月是否参加 GSETT-3
108	美利坚合众国	PFCA 加利福尼亚州, 皮农弗拉特	北33.6	西116.5	三分向	是 作为基本 台站
109	美利坚合众国	YBH 加利福尼亚州, 怀里卡	北41.7	西122.7	三分向	否
110	美利坚合众国	KDC 阿拉斯加州, 科迪亚克岛	北57.8	西152.5	三分向	否
111	美利坚合众国	ALQ 新墨西哥州, 阿尔伯克基	北35.0	西106.5	三分向	是
112	美利坚合众国	ATTU 阿拉斯加州, 阿图岛	北52.8	东172.7	三分向	否
113	美利坚合众国	ELK 内华达州, 埃尔科	北40.7	西115.2	三分向	是
114	美利坚合众国	SPA 南极洲, 南极	南90.0	--	三分向	否
115	美利坚合众国	NEW 华盛顿州, 纽波特	北48.3	西117.1	三分向	是
116	美利坚合众国	SJG 波多黎各, 圣胡安	北18.1	西 66.2	三分向	否
117	委内瑞拉	SDV 圣多明各	北 8.9	西 70.6	三分向	是
118	委内瑞拉	PCRV 拉克鲁斯港	北10.2	西 64.6	三分向	否
119	赞比亚	LSZ 卢萨卡	南15.3	东 28.2	三分向	是
120	津巴布韦	BUL 布拉瓦约	待通知	待通知	三分向	否

表 2 b: 参加GSETT-3辅助网络但未被选入国际监测系统网络的其他地震台站清单

	台 站 的 负 责 国	地 点	纬 度	经 度	类 型
1	澳大利亚	ARMA 阿米代尔	南30.4	东151.6	三分向
2	澳大利亚	CSY 凯西	南66.3	东110.5	一分向
3	澳大利亚	FORT 福雷斯特	南30.8	东128.1	一分向
4	澳大利亚	MEEK 米尔萨拉	南26.6	东118.5	一分向
5	澳大利亚	QIS 芒特艾萨	南20.6	东139.6	一分向
6	澳大利亚	RMQ 罗马	南26.5	东148.8	一分向
7	澳大利亚	TOO 图兰吉	南37.6	东145.5	三分向
8	澳大利亚	WARB 沃伯顿	南26.2	东126.6	三分向
9	澳大利亚	YOU 杨	南34.3	东148.4	三分向
10	保加利亚	VTS 维托沙山	北42.6	东 23.2	三分向
11	加拿大	LMN 喀里罗尼亚山	北45.9	西 64.8	三分向
12	加拿大	DAWY 道森城	北64.1	西139.4	三分向

表 2 b (续)

	台 站 的 负 责 国	地 点	纬 度	经 度	类 型
13	加拿大	DRLN 迪尔莱克	北49.3	西 57.5	三分向
14	加拿大	EDM 埃德蒙顿	北53.2	西113.4	三分向
15	加拿大	EEO 埃尔德	北46.6	西 79.1	一分向
16	加拿大	FCC 邱吉尔堡	北58.8	西 94.1	三分向
17	加拿大	GAC 格仑阿莱德	北45.7	西 75.5	三分向
18	加拿大	LMQ 拉马尔拜	北47.5	西 70.3	三分向
19	加拿大	PGC 太平洋地球科学站	北48.7	西123.5	三分向
20	加拿大	PMB 彭伯顿	北50.5	西123.1	三分向
21	加拿大	PNT 彭蒂克顿	北49.3	西119.6	三分向
22	加拿大	RES 雷索卢特湾	北74.7	西 94.9	三分向
23	加拿大	TBO 桑德湾	北48.6	西 89.4	一分向
24	埃塞俄比亚	AAE 亚的斯亚贝巴	北 9.0	东 38.8	三分向

2 b (续)

	台 站 的 负 责 国	地 点	纬 度	经 度	类 型
25	芬 兰	KAF 康阿斯温米	北62.1	东 26.3	三分向
26	芬 兰	VAF 上斯塔罗	北63.0	东 22.7	三分向
27	德 国	BRG 贝格吉斯许贝尔	北50.9	东 13.9	三分向
28	德 国	BFO 黑森林	北48.3	东 8.3	三分向
29	德 国	BUG 波鸿	北51.4	东 7.3	三分向
30	德 国	CLZ 克劳斯塔尔- 采勒费尔德	北51.8	东 10.4	三分向
31	德 国	CLL 科尔海姆	北51.3	东 13.0	三分向
32	德 国	FUR 费尔斯腾贝格	北48.2	东 11.3	三分向
33	德 国	GRFO 格拉芬贝格	北49.7	东 11.2	三分向
34	德 国	MOX 莫克萨	北50.6	东 11.6	三分向
35	德 国	TNS 陶努斯山	北50.2	东 8.4	三分向
36	匈 牙 利	PSZ 皮什克斯	北47.9	东 19.9	三分向

表 2 b (续)

	台 站 的 负 责 国	地 点	纬 度	经 度	类 型
37	以色列	BGIO 巴尔吉尤拉	北31.7	东 35.1	三分向
38	意大利	AQU 阿奎拉	北42.4	东 13.4	三分向
39	意大利	VSL 维拉萨尔多	北39.5	东 9.4	三分向
40	日 本	OGS 父岛	北27.1	东142.2	三分向
41	日 本	ISG 石垣岛	北24.4	东124.2	三分向
42	日 本	KKJ 上阁	北41.8	东140.2	三分向
43	日 本	SHK 白木	北34.5	东132.7	三分向
44	日 本	TSK 筑波	北36.2	东140.1	三分向
45	蒙 古	ULN 乌兰巴托	北47.5	东107.0	三分向
46	荷 兰	HGN 海曼斯格罗夫	北50.8	东 5.9	三分向
47	新西兰	SNZO 南卡罗里	南44.3	东174.7	三分向
48	巴基斯坦	NIL 尼罗尔	北33.7	东 73.3	三分向
49	塞舌尔	MSEY 马赫	南 4.6	东 55.5	三分向

表 2 b (续)

	台 站 的 负 责 国	地 点	纬 度	经 度	类 型
50	西班牙	PAB 桑勒罗-德洛蒙特斯	北39.5	西 4.3	三分向
51	西班牙	TBT 塔武雷特	北28.7	西 17.9	三分向
52	瑞 士	APL 阿尔卑纳赫	北47.0	东 8.2	三分向
53	乌克兰	KIEV 基辅	北50.7	东 29.2	三分向
54	联合王国	WOL 沃尔弗顿	北51.3	西 1.2	三分向
55	联合王国	ASCN 阿森松岛	南 8.0	西 14.4	三分向
56	美 国	RSSD 布莱克希尔	北44.1	西104.0	三分向
57	美 国	BLA 布莱克伯格	北37.2	西 80.4	三分向
58	美 国	DUG 杜格威	北40.2	西112.8	三分向
59	美 国	EYMN 埃利	北47.9	西 91.5	三分向
60	美 国	TUC 图克松	北32.3	西110.8	三分向
61	美 国	TUL 图尔萨	北35.9	西 95.8	三分向