

学术论文

## 美国全球地震数据服务的启示<sup>\*</sup>

赵宇彤<sup>1, 2)</sup> 赵仲和<sup>2)</sup> 姚雪绒<sup>1)</sup>

1) 中国地震局地球物理研究所, 北京 100081

2) 中国地震台网中心, 北京 100036

**摘 要** 本文从地震科学数据共享的角度, 以最具影响力的 3 个因特网地震数据服务中心为例, 分析了美国全球地震数据服务的状况, 列举了它们的一些优点, 可供我国推进地震数据共享参考。

**关键词** 地震数据; 因特网; 数据共享

**中图分类号** P315.75 **文献标识码** A

### 引言

因特网已成为当代人们日常生活中不可缺少的信息交流手段。各种数据信息服务中心向人们提供用于各种目的的数据和信息。各行各业的人们也把因特网作为获取数据和信息的一个重要渠道。在地震科学领域也不例外。在国际上, 有数以百计的地震数据信息服务网站, 通过因特网向人们提供地震数据和信息<sup>[1]</sup>。在我国, 通过因特网开展地震数据服务, 也已经广泛开展起来, 并成为发展地震科学数据共享的重要组成部分。本文从地震科学数据共享的角度, 以最具影响力的 3 个因特网地震数据服务中心为例, 分析了美国全球地震数据服务的状况, 列举了它们的一些优点, 可供我国推进地震数据共享参考。本文的目的在于汲取它们的优点, 不是给出具体的使用说明。

在美国, 由美国地质调查局 (USGS)、

地震学研究联合会 (RIS) 数据管理中心 (DMC) 及哈佛大学地震研究组三强联手, 共同提供全面、快速的全球地震数据服务。其中, RIS DMC 实时或近实时收集全球参加数字地震台网联盟 (EDSN) 的数字地震台网的连续地震波形数据。美国地质调查局 (USGS) 国家地震信息中心 (NEIC) 依托美国国家地震台网和国际数据交换, 快速测定地震基本参数 (发震时刻、震中经纬度、震源深度和震级), 并以测定的地震基本参数作为触发事件, 利用 RIS DMC 的地震波形数据, 启动快速测定地震矩张量和地震辐射能量。NEIC 还产出地震初定目录 (PDE) 和地震报告 (EDR)。哈佛大学地震研究组以其雄厚的科研力量, 承担对 RIS DMC 波形数据的质量控制, 并率先开展快速矩心矩张量测定, 使其成为一项常规工作。通过这 3 个单位的协作, 利用因特网向全世界提供了包括用户选定的连续地震波形数据段、地震事件波形数据、地震速报、地震目录、地震报告 (震相数据)、地震台站信息、较大地震的矩

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2005-10-28。

张量解 (和矩震级) 以及辐射能量 (和能量震级) 在内的一整套地震数据服务。

## 1 美国地质调查局 (USGS) 地震灾害计划的全球地震查询

美国地质调查局 (USGS) 地震灾害计划的全球地震查询 ([http://neic.usgs.gov/neis/epic/epic\\_gbball.html](http://neic.usgs.gov/neis/epic/epic_gbball.html)) 提供全球范围的地震目录数据查询和下载。

### 1.1 几种下载数据格式

进行全球地震查询的第一件事是选择输出文件类型。用户可选择适合于自己需要的下载文件类型。在此全球地震查询服务中提供了 5 种输出文件类型, 它们分别是: 具有文件头和空格的扩展文件格式; 压缩文件格式; 屏幕文件格式 (80 列); 震中分布图; 以及使用逗号分隔符的电子表格格式。

### 1.2 选择不同数据集

进行全球地震查询的第二件事是选择数据集。美国地质调查局 (USGS) 地震灾害计划的全球地震查询有多个数据集可供用户选择, 以用于不同的应用目的。这些数据集是: USGS/NEIC (PDE) 1973—现在; USGS/NEIC (PDE-Q) 最近事件 (最近 45 天, 滚动, 滞后 1 天); 全球重大地震 (2150 B. C. — 1994 A. D); 美国重大地震 (1568—1989); 美国加利福尼亚, 1735—1974; 加拿大, 1568—1992; 印度, 1063—1984; 墨西哥、中美洲、加勒比, 1900—1979; 南美洲, 1471—1981; 美国东部、中部和山区各州, 1534—1986。

### 1.3 查询参数

接下来是可选的查询参数, 包括起始年、月、日; 结束年、月、日; 最小震级和最大震级; 最小深度和最大深度; 最小烈度和最大烈度。

### 1.4 与查询有关的文档

关于全球查询, 该网页提供了充分的文

档。通过逐层浏览, 可看到所需要的各种文档。包括: 地震数据集的概要说明; 查询参数的选择, 包括对输出格式的描述和举例; 查询区域的描述 (全球查询、矩形查询 (上下纬度和东西经度)、圆形查询 (中心点经纬度和半径 (km))); 不同数据集的具体说明, 包括数据来源和提供机构的介绍; 可选的查询参数, 给出日期、震级、深度、烈度的输入格式和注意事项, 如注明使用 UTC 时间等。

由于文档采取层次结构, 用户可根据需要选择其中的更具体内容, 层层深入。

### 1.5 用户通过 FTP 可得到的数据

([http://neic.usgs.gov/neis/data\\_services/ftp\\_files.html](http://neic.usgs.gov/neis/data_services/ftp_files.html))

通过匿名 FTP (文件传输协议) 可从 USGS 的 <ftp://hazards.cr.usgs.gov/pub> 网站得到多种数据文件, 包括: PDE (地震初定) 分月目录文件 (1995 至最近一个月, 在 /pde/manuscript 子目录下); PDE 周目录文件 (2004 至当前的 PDE, 在 /weekly/manuscript 子目录下); 分月地震报告 (EDR) (在 /edr 子目录下), 其机器可读形式的数据文件从 1999 年开始; 台站列表 (在 /stations 子目录下); 以及 Flinn-Engdahl 分区文件 (在 /ferregion 子目录下) 等。

## 2 美国地质调查局国家地震信息中心 (NEIC) 的地震矩张量和地震辐射能量速报

用户可从 <http://neic.usgs.gov/neis/EM/> 得到全球最近 20 个较大地震的矩张量解、以往测定的快速地震矩张量解以及相关文档。用户可从 <http://neic.usgs.gov/neis/nrg/> 得到全球最近 20 个较大地震的地震辐射能量、以往测定的地震辐射能量、其他“宽频带震源参数”以及相关文档。

### 2.1 快速地震矩张量的求解过程和数据流程

NEIC与RISDMC合作,对体波震级和面波震级等于或大于5.5的大多数地震给出地震矩张量的快速估计。尽管这一计划仍在测试和“调优”。但在许多情况下能在通过Gopher系统(RIS的一个快速波形数据服务系统)从RISDMC取得宽频带P波波形数据之后的20min内产生对矩张量的估计。

在NEIC实现快速矩张量测定的数据流是:在NEIC的一个自动处理过程使用来自美国国家地震台网(USNSN)的实时数据识别震相到时、组合数据、并计算发震时刻和震源位置。这一信息由电子邮件发送到RISDMC,在那里它触发Gopher系统。Gopher系统从“开放台站的环形缓冲区中取得包含P到达的4min宽带波形数据并通过因特网传送到NEIC。这些数据与USNSN的数据集结合,用于修订震源位置和计算体波矩张量。据称,由于具有实时或拨号传输波形数据能力的宽带地震台站数量越来越多,这些初定结果通常与后来使用来自整个台网的数据产生的结果很相似。

## 2.2 对矩张量解参数的解释

熟悉地震矩张量的人要比熟悉地震基本参数的人少得多,而且国际上尚没有地震矩张量的标准表达形式。因此,在USGS/NEIC的地震矩张量速报网页上特别通过示例解释所提供参数中每一个符号的含义,使用户一目了然。这些参数包括:地震的日期和发震时刻(UTC);地理区域;震中纬度和经度;矩震级;由矩张量反演得到的震源深度(km);矩张量在 $r, \phi$ 坐标系中的元素以及标度;分解到其主轴系统中的矩张量,包括本征值及其取向(倾角和方位角)、张力轴和压力轴;标量地震矩;双力偶模型的节平面(节面、的走向、倾向和滑动角)。进一步的解释可参见该网页链接的其他文档。

## 2.3 快速矩张量的电子邮件服务

用户通过“订阅”得到希望的信息服务,已是许多信息中心的服务项目。USGS/NEIC

可通过电子邮件向订阅用户提供体波震级( $m_b$ )或面波震级( $M_s$ )等于或大于5.5地震的地震矩张量估计。可从USGS/NEIC订阅的电子邮件服务还有全球等于或大于5.5级的地震以及美国等于或大于4.5级的地震的基本参数速报(用户还可用寻呼机或蜂窝电话接收);以及每日提供落后7天的日地震目录。

## 2.4 地震辐射能量的快速测定

NEIC自1985年起致力于利用数字宽带记录,由宽频带P波的能谱密度估计地震辐射能量( $E_s$ ),并由 $E_s$ 导出能量震级( $M_e$ )。他们使用的计算公式是:

$$M_e = (2/3) \log E_s - 2.9$$

这里能量单位是 $N \cdot m$ 。

自1986年11月起,NEIC按月公布直接由宽频带体波计算出的辐射能量估计值,自1985年7月,按月公布 $M_e$ 。

## 2.5 对辐射能量解参数的解释

在USGS/NEIC的地震辐射能量速报网页上,特别通过示例解释所提供参数中每一个符号的含义。这些参数包括:地震的地理区域;日期和发震时刻(UTC);震中纬度和经度;能量震级;辐射能量( $N \cdot m$ );使用的台站数;使用的震源机制类型(F:由宽频带记录得到的断层面解;M:快速矩张量解);震源深度(由合成地震图或宽带位移地震图上深度震相走时差测定);由合成宽带位移波形得到的双力偶震源机制节面。

## 3 哈佛大学地震学研究组的矩心矩张量解 (<http://www.seismology.harvard.edu/projects/CMT/>)

哈佛大学的地震学研究组常规地产出矩震级( $M_w$ )约大于5.5的地震的矩心矩张量(CMT)解。用户可从该网页访问CMT目录。近实时产出快速CMT,并通过电子邮件发送给订阅用户。用户可通过电子邮件订阅这项

服务 (发送电子邮件给 eq@seismology.harvard.edu)。

哈佛大学这项计划的特点在于已经积累了自 1977 年 (部分 1976 年地震) 的全球较大地震的 CMT 解, 不断发展新的处理方法, 对以往的结果进行修订, 并向较小地震扩展。

#### 4 美国地震研究联合会 (IRIS) 的数据服务

美国地震研究联合会 (IRIS) 通过其数据管理中心 (DMC) (<http://www.iris.washington.edu/>) 向全世界用户提供地震波形数据服务。

##### 4.1 几种数据服务方式

###### 4.1.1 IRIS DMC 的自动数据请求 (AutoDRM) 服务

在 IRIS DMC 使用的 AutoDRM 程序是根据 MS1.0 标准<sup>[1]</sup>, 结合 IRIS DMC 的数据服务实际专门写成的。用户可通过电子邮件向 DMC 发出数据服务请求, DMC 的 AutoDRM 服务器响应用户的请求, 自动从与之连接的数据库中检索出用户指定的数据, 通过电子邮件发送给用户。该数据库中存有数字地震台网联盟 (FDSN) 中的 34 个数字地震台网的近期约 2~3 个月的数据, 包括新一代中国数字地震台网 (NCDSN) 的数据 (台网代码为 IC)。

在 IRIS DMC 网页上给出如何使用 DMC AutoDRM 的详细介绍, 用户通过 DMC AutoDRM, 可得到 IRIS DMC 的台站信息、记录道信息、指定时段的地震波形数据、停机信息和仪器响应信息。其中, 波形数据可以选择 CM6 格式、整数格式、或 miniSEED 格式。

利用 AutoDRM, 用户只要有自己的电子邮箱和有收发电子邮件的能力, 就可以从 IRIS DMC 获取上述 34 个数字地震台网的指定台站、指定记录道、指定时段、指定格式的地震波形数据和需要的相关信息。

###### 4.1.2 FARM 数据服务 (<http://www.iris.edu/data/fam.htm>)

IRIS DMC 认识到, 用户最感兴趣和最频繁请求的数据是来自较大地震 (大多是大于 5.5 级的地震) 的地震波形数据。由于这个原因, IRIS DMC 常规地预先汇编大于 5.7 级地震的数据 (对于深度大于 100 km 的地震, 震级限降至 5.5)。尽管 IRIS 的使命是保护连续数据的全部存档, 但所保存的与地震事件关联的数据是最有价值和被频繁访问的。于是, 在 IRIS DMC 提供地震事件波形数据服务, 其方法称作 FARM (Fast Archive Recovery Method)。

可通过两种方式访问 FARM 数据:

###### (1) WLBERR II

这是浏览和请求与事件关联的数据的一个 Web 界面。WLBERR 允许根据用户选择的输出格式, 将不同台网的数据组合成一个或多个文件。这是当前请求 FARM 数据的优选方法。用户在选定地震之后, 可在几分钟至几十分钟内得到电子邮件通知 (如果你利用了这一选项的话), 用户便可以从被告知的地址 (专为请求用户建立的子目录) 下载所请求的 SEED 格式地震波形数据。

###### (2) FTP (<ftp://ftp.iris.washington.edu/pub/fam/POND>)

用户可直接从台网数据池 (Pool of Network Data, 简称 POND) 下载纯数据 SEED (miniSEED) 文件, 但还要下载伴随这些数据的无数据 SEED (dataless SEED) 卷。

#### 4.2 多种数据格式转换软件

由于 SEED 格式本身的复杂性, 在用户的应用程序中一般并不直接使用 SEED 格式的数据。IRIS DMC 提供可下载的多应用程序, 用于进行与 SEED 格式有关的处理。

IRIS DMC 网页上列出了它所提供的软件和文档的列表。其中, 与 SEED 有关的是:

###### (1) SEED 手册 [v 2.4] (.pdf 文档)。

###### (2) SEED 读出程序: rdseed, 用于读出

FDSN SEED 格式的数据卷, 使能转换成 SAC (二进制或 ASCII)、AH、SEGY、CSS、miniSEED 或 fullSEED, 适用于 UNIX、MAC OS X、LINUX 平台; verseed, 用于验证 SEED 卷, 适用于 UNIX 平台。

(3) SEED 写程序: POD, 用于由一组波形文件、与之关联的台站记录道描述及仪器响应信息生成 SEED 卷。

(4) SEED 响应评估工具: evalresp, 评估仪器响应信息, 并输出使用 rdseed 产生的 RESP 文件的 ASCII 文件; JEvaRESP, evalresp 的 Java 版本; JplotResp, 面向图形的 Java 程序, 用于处理仪器响应信息和绘响应图。

(5) 其他还有与 SEED 有关的用于数据中心的实用程序, 不一一列举。

顺便提及, 关于 SEED 格式, 我国已经以 SEED 格式用户手册为基础, 编制了地震行业标准《地震波形数据交换格式》<sup>[2]</sup>

## 5 几点启示

(1) 美国全球地震数据服务的内容全面、及时, 通过因特网向全世界提供了一整套地震数据服务, 其中包括用户选定的连续地震波形数据段、地震事件波形数据、地震速报、地震目录、地震报告(震相数据)、地震台站信息、较大地震的地震矩张量解(和矩震级)以及地震辐射能量(和能量震级)等。

(2) 从方便用户的角度, 提供多种数据服务方式, 包括电子邮件、FTP、网页浏览和数据下载等; 提供多种数据格式, 供用户选择, 以便于用户使用; 提供使用数据所需要的相关信息, 如台站信息、仪器响应信息。

(3) 各网站充分考虑了对数据本身及其获取方式不甚熟悉甚至根本不熟悉的用户的需要。因此, 各网站对所提供的数据作了详

细注释, 对数据获取方法作了清楚的说明, 并提供详细的文档资料。通过层次化编排, 使熟悉的用户不感到材料烦琐, 不熟悉的用户又可以逐级深入, 找到所需资料。

(4) 在因特网服务上, 不仅仅是网站之间的站点导航, 而是实现了在内容层面上的链接, 各网站之间交叉引用彼此的信息, 大大方便了用户获取相关信息。

(5) 这些网站都是面向公众的网站, 展示的是用户可及、可用的内容。我们知道, 他们肯定有许多不公开的或当前不公开的数据, 但他们善于回避。总之, 浏览这些网站时, 不需先决条件, 成功与满足的喜悦大大超过了偶尔访问失败的挫折感。

(6) 但是, 有一点必须指出, 这些网站都是英文网站。他们没有为不懂英语的人们服务的意识。要么我们预先用很多时间学习英语(我们许多人都是这么做的), 要么得想点其他办法。例如, 如果采取某种合作方式, 建立这些网站对应的中文镜像, 必将大大方便国人对这些数据资源的利用。

## 6 结语

在中国, 地震数据共享工作正在得到国家的支持和鼓励, 地震部门的科技人员为此作了多年的努力, 也取得了很大的进展, 许多方面正在逐步实现与国际接轨。我国许多知名专家也一再呼吁编辑地震“新参数目录”<sup>[3]</sup>。然而, 与国际上的先进国家相比, 地震数据服务方面还有相当大的差距。因此, 分析研究国际上的成功实践和先进经验, 设法充分利用国际上已有的成果和资源, 对于推进我国地震数据服务, 进而推进我国地球科学和防震减灾事业是有益的。

(作者电子邮箱, 赵宇彤: zhao\_yt@seis.ac.cn)

## 参考文献

- [1] 国家地震局地震数据信息中心. Internet 地球科学资源导引. 北京: 地震出版社, 1996

- [2] 中国地震局. 地震波形数据交换格式. 中华人民共和国地震行业标准 DB/T 2-2003. 北京: 地震出版社, 2003
- [3] 中国地震局监测预报司. 地震参数—数字地震学在地震预测中的应用. 北京: 地震出版社, 2003: 1-5

## On the Global Earthquake Data Services in the United States of America

Zhao Yutong<sup>1, 2)</sup>, Zhao Zhonghe<sup>2)</sup> and Yao Xuerong<sup>1)</sup>

1) Institute of Geophysics, CEA, Beijing 100081, China; E-mail: zhao\_yt@seis.ac.cn

2) China Earthquake Networks Center, Beijing 100036, China

**Abstract** From the viewpoint of earthquake data sharing and with three most influential centers for earthquake data services on the Internet as examples, the status of global earthquake data services in the U. S. A. has been analyzed. Some features and advantages of these services are presented, that may be helpful for promoting earthquake data sharing in China.

**Key words** earthquake data; Internet; data sharing