

汶川 M_s 8.0 地震的地质科学考察数据库简介

李陈侠^{1,2)} 安艳芬¹⁾ 于贵华¹⁾ 徐锡伟¹⁾ 陈桂华¹⁾
王世元³⁾ 宫会玲¹⁾ 杨虎¹⁾ 郭婷婷¹⁾ 张兰凤¹⁾

1) 中国地震局地质研究所, 国家地震活动断层研究中心, 北京 100029

2) 中国地震局兰州地震研究所, 兰州 730000

3) 四川省地震局, 成都 610041

摘 要 汶川 M_s 8.0 地震科学考察数据库存储了大量的野外调查数据, 主要包括野外地质观测点、地表破裂带、震区第四纪断层的展布及其活动性地质观测点、古地震探槽、断错地貌测量等数据, 以及搜集来的地层数据、汶川地震及其余震、重新定位余震、历史强震等数据。文中利用 ArcGis 将这些野外数据进行了录入、编辑、分析和制图输出, 初步构建了一个包含基础地震地质信息的汶川地震科学考察数据库, 实现了数据的空间位置和属性特征的综合管理, 可根据需要对相关专题的数据进行查询、分析和处理, 并绘制了汶川地震构造图及地表破裂分布图, 为灾后重建避让带的确定提供了依据, 为进一步构建汶川地震地理信息系统奠定了数据基础。

关键词 汶川 M_s 8.0 地震 数据库 地震科学考察 地震构造图 地表破裂分布图

中图分类号: P315.2

文献标识码: A

文章编号: 0253-4967(2008)03-0804-07

0 引言

2008年5月12日14点28分4.0秒在中国四川省汶川县映秀、卧龙、漩口附近(31.0°N, 103.4°E)发生了 M_s 8.0 地震, 此次地震破裂持续时间 80s, 对建筑物造成了很大的破坏, 并诱发了大量的山崩、滑坡、泥石流、堰塞湖等次生灾害, 从而造成了巨大的人员伤亡和经济损失。汶川大地震发生后, 国家迅速成立了汶川抗震救灾指挥部, 并投入了巨大的人力财力组织救援, 同时开展了灾评工作。中国地震局于5月22日至6月5日组织了“5.12汶川8.0级大地震的应急地震地质科学考察”, 主要任务是对该震区地震地表破裂变形的分布特征进行考察。应急考察完成以后, 科考人员又投入到了国家汶川地震地质野外科学考察工作中, 进行了汶川地震地表破裂特征调查、测量、古地震探槽开挖及其周边断裂活动性鉴定等研究工作。

对汶川地震科学考察获得的数据进行快速有效的处理、分析并且输出在图面上, 为进一步的工作提供参考和为灾后重建的避让提供基础资料, 是高效率科考工作的重要组成部分之一。这就需要将分布在断裂带上的数量较多的观测点转换为对整个破裂带的地表破裂特征及位移分布特征的认识, 也就是要将这些较多的观测点通过分析转换为线状的地表破裂带。

〔收稿日期〕 2008-07-17 收稿, 2008-08-01 改回。

〔基金项目〕 国家自然科学基金(40841007)、国家重点基础研究发展计划项目(2004CB418401)与中国地震局汶川8.0级地震应急科学考察项目共同资助。

地理信息系统是一种采集、存储、管理、分析、显示与应用地理信息的计算机系统,是分析和处理海量地理数据的通用技术。通过对地理数据的集成、存储、检索、操作和分析,可生成并输出各种地理信息,从而为土地利用、资源管理、环境监测、交通运输、经济建设、城市规划以及政府各部门行政管理提供新的知识,为工程设计和规划、管理决策服务(陈述彭等,2000)。ArcGis 是功能较全、世界上应用较广泛的地理信息软件之一,利用其功能较全的 ArcInfo 的应用环境 Arc-Map, ArcCatalog, ArcToolbox 可完成 GIS 分析与处理操作,包括数据编辑、地理编码、数据管理、投影变换、数据转换、元数据管理、地理分析、空间处理和制图输出等(吴秀芹等,2007)。“十五”城市活断层数据库主要利用其在全国 20 个城市的活动断层信息进行综合管理(葛伟鹏等,2006; 张兰凤等,2007),利用 ArcGis 建立活断层数据库的技术已经相当成熟。因此利用 ArcGis 对汶川科考数据进行管理、分析和输出已经成为可能。

本文主要介绍了利用 ArcGis 软件的地理信息功能对汶川地震地质科学考察数据的整合入库工作,以及利用 ArcGis 的输出功能对入库数据按照专题进行专题图的绘制,如地表破裂分布图、同震位移平面分布图及震区地震构造图等。建立震后宝贵的科考资料数据库,为地震科学考察数据及后续科考研究工作提供了基础,为灾后重建提供了避让依据,也为进一步建立汶川地震地理信息系统奠定了基础。

1 龙门山断裂的构造地质背景

汶川地震发生在青藏高原巴颜喀拉地块和华南块体的边界断裂龙门山逆冲推覆构造带上,龙门山地区晚更新世以来活动的断裂有茂汶-汶川断裂(后山断裂)、北川-映秀断裂(中央断裂)、江油-灌县断裂(前山断裂)、龙门山山前隐伏断裂 4 条断裂带(赵小麟等,1994; 杨晓平等,1999; Burchfiel *et al.*, 2008)。有历史记载以来,1657 年 4 月 21 日在汶川县城附近发生过 6½ 级地震,1958 年 2 月 8 日在北川的茶坪发生过 6.2 级地震,1970 年 2 月 24 日在大邑西发生了 6.2 级地震(李勇等,2007;图 1)。Densmore 等(2007)通过构造地貌的测量和地貌面年龄的采样获得了北川断裂(北川-映秀断裂)和彭州-灌县断裂(江油-灌县断裂)的滑动速率 $< 1\text{mm/a}$,但由于汶川 8.0 级强震使北川-映秀断裂及江油-灌县断裂发生破裂,破裂长度约 300km(张培震等,2008),破裂类型较为复杂,以逆冲为主,在北川-映秀断裂上兼有右旋或左旋,主要表现为地震陡坎、地震鼓包、地面的掀斜、地裂缝等。本次汶川地震野外科学考察时间较短,需要将这些离散的野外观察点按照地理坐标标注在图上,并参考野外用的纸质地形图将上面标注的地质调查点或者地表破裂段标注在数字地形图上,同时可以利用 GIS 的输出功能将地表破裂变换不同的比例输出,为不同尺度的需求服务,如针对本文大区域的小比例尺(1/200 万、1/100 万、1/50 万和 1/25 万)和较小区域的大比例尺(1/10 万、1/5 万、1/1 万)。在观测点较多的映秀、擂鼓、北川、虹口、小鱼洞、白鹿、汉旺等地可以有较大比例尺的填图,如 1/1 万、1/5000 等。

2 数据库内容

汶川地震地质科学考察数据库主要包括 2 部分数据:地震地质部分和基础地理信息部分。地震地质部分包括野外观测点、地表破裂带、断层、探槽、地层、历史强震、本次地震及其余震、重新定位后的地震等;同时还包括了基础地理信息数据,分别有地名、水系、水体、道路、铁路、居民

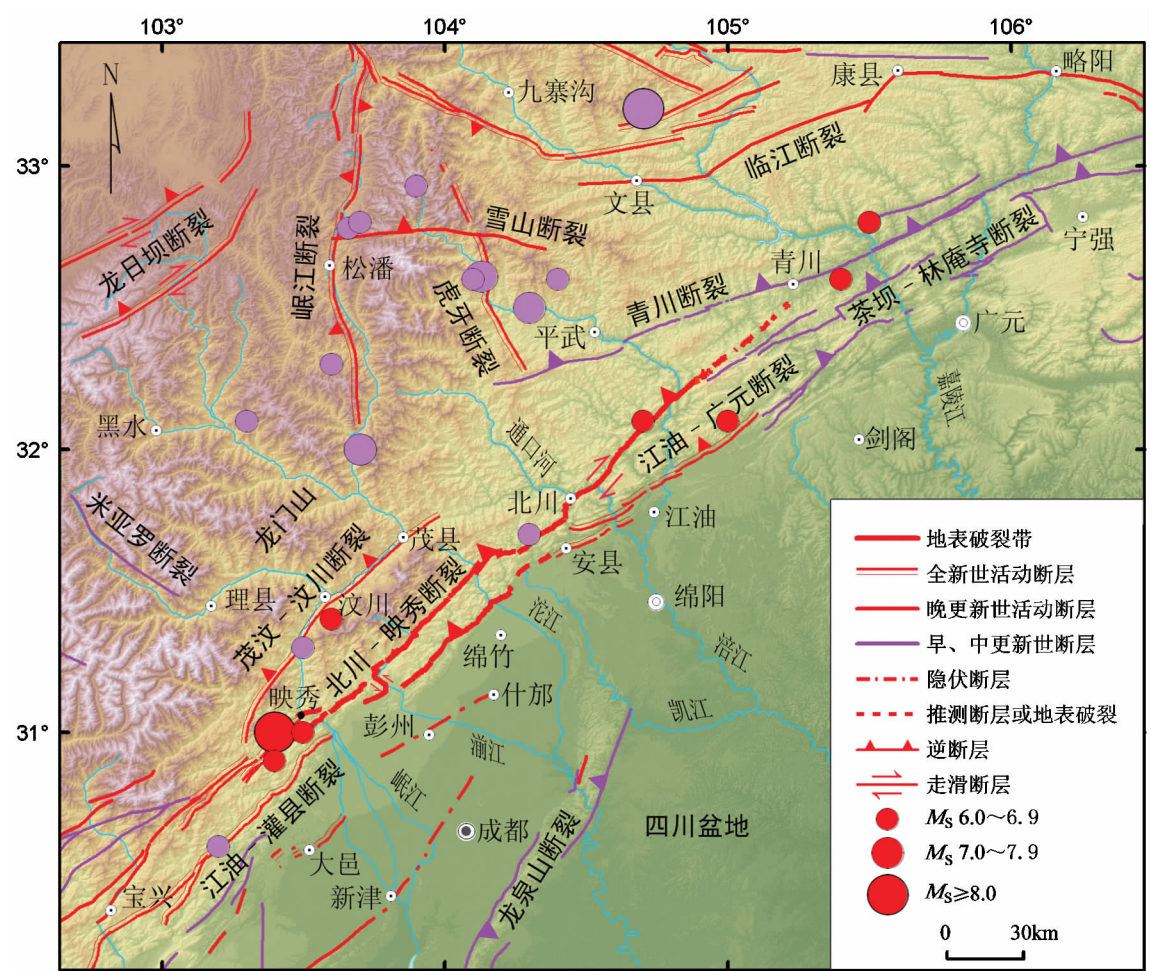


图1 汶川地震地表破裂及其震区断裂分布图

Fig. 1 The distribution of rupture belt of Wenchuan earthquake and faults in the earthquake region.

红色圆圈为汶川8.0级地震及>6.0级的余震,紫色表示历史地震

地等图层(图2)。基础地理数据的图层名称和属性特征与原始数据保持一致。也可以根据需要在数据库下面建立不同比例、不同坐标体系的专题数据要素集。

2.1 地震地质科学考察数据

野外观测点层主要包括的内容有:小组编号、野外编号、观测日期、观测地点、观测点经度、观测点纬度、观测点高程、破裂长度、走向、倾向、倾角、破裂性质、破裂所属断裂名称、破裂宽度、水平位移量、水平位移量误差、垂直位移量、垂直位移量误差、判别标志、水平缩短量、水平缩短量误差、观测内容、照片、可信度、备注等。通过各小组的野外考察数据,我们获得了大量观测点内容,需要将这些带有地理坐标信息的考察点按照相应的地理坐标标注在图面上,同时将较好的观测点照片通过照片字段添加到观测点里面,然后可以通过对观测点的数据查询来查看观测点典型的地表破裂内容。生成观测点层时坐标系统的选择应和野外观测点定位时的坐标系统设置一致。照片的字段类型应该设置为“Raster”类型。

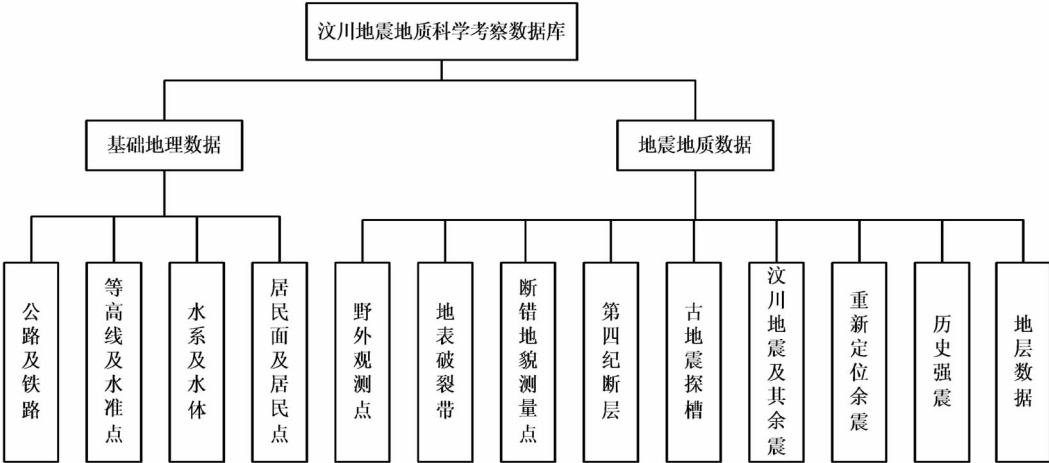


图 2 汶川地震地质科学考察数据库包含的内容

Fig. 2 The content of the database of the geological investigation of the Wenchuan earthquake.

地表破裂带的数据内容主要有破裂段名称、破裂类型、破裂性质、破裂段总体走向、总体倾向、倾角、破裂长度、破裂宽度、出露情况、破裂描述、备注等。破裂类型主要由断层陡坎、地震鼓包、地裂缝、地表掀斜等内容组成；破裂性质由逆断层、逆断兼左旋走滑断层、逆断兼右旋走滑断层、正断层等内容组成；破裂描述可以将一些有关破裂的比较详细的信息表现出来。如果野外定点较密集，根据野外观测点的破裂长度、破裂的走向、破裂类型等可以将在地表破裂点的实测段连接起来，观测点之间由于交通及其高山区不能到达的点需要专家根据卫星影像进行解译推测，在数据库里通过设立单独的字段“出露情况”来进行区别。同时地表破裂带的坐标系统应与观测点的坐标系统保持一致。

断错地貌测量基础数据主要由测量点编号、测量点名称、经度、纬度、地貌类型、水平位移量及其误差、垂直位移量及其误差、水平缩短量及其误差、判别标志、平面图、剖面图、测量原始文件、备注等组成。

探槽点的数据内容主要由探槽的编号、名称、经度、纬度、高程、深度、宽度、目标断层名称、探槽点的地貌类型、揭露的古地震期次、断错的地层标志层、古地震的发生时间、采样的层理、探槽的描述、照片拼合剖面、描述剖面、采样描述、备注等组成，本次地震科学考察在汶川地表破裂带上共开挖了 8 个探槽，前山断裂在白鹿、汉旺各开挖了 1 个古地震探槽，中央断裂在平通、桂溪、擂鼓、小鱼洞等处共开挖了 6 个探槽。

除去与灾后重建关系非常密切的地震地表破裂带，地震地质数据集还需要将震区外围的第四纪断层、地层数据、历史强震、汶川地震及其余震、重新定位后的地震目录等可以搜集的数据录入地震地质数据集。

第四纪断裂数据主要由断裂编号、断裂名称、断裂长度、断裂宽度、走向、倾向、倾角、断裂性质、最新活动时代、出露情况、最大水平位移、最大垂直位移、水平滑动速率、垂直滑动速率、古地震事件期次、古地震事件描述、备注等组成。

地层数据主要由地层名称、地层标注、地层岩性特征、地层符号、备注等组成。主要来源于

1/20 万和1/50 万地质图。

历史强震数据主要由编号、发震日期、发震时间、经度、纬度、震级、震源深度、烈度、误差等组成。汶川主震及余震采用国家台网中心公布的地震目录格式,主要由编号、发震日期、发震时间、经度、纬度、震源深度、震级、参考地名等组成。

重新定位数据主要由编号、发震日期、发震时间、经度、纬度、震级、震源深度、备注等组成。

2.2 基础地理数据

基础地理数据主要包括与野外地质调查点相同坐标体系的居民点、居民地、水系及水体,等高线和水准点、公路及铁路道路信息等。这些基础地理信息可更加准确地表达地表破裂信息,为灾后重建避让带的设置提供依据。地理数据的属性采用相同比例尺下的基础地理数据规范。本次科学考察所用到的基础数据是由国家测绘局提供的 1/100 万和1/5 万的基础地理数据。

2.3 遥感卫星影像数据

有关部门提供了汶川地震前和震后的不同分辨率的航、卫片,文件数据量较大且数量较多,数据库不能全部保存,我们采用的是将影像的范围及路径保存在与影像范围相对应的面状图层和字段里,数据内容主要有影像的路径、影像分辨率、影像来源、提供单位、保密级别、备注等以便查询,然后根据查询到的路径来查找所需要的遥感影像。

3 数据的采集、编辑与输出

3.1 数据的采集与编辑

野外观测点通过 ArcGis 桌面编辑环境 ArcMap 里的 Add XY Data,将野外的观测点通过地理坐标及其坐标系统生成点层,在 ArcMap 里可进行地表破裂、断层、褶皱及地层的采集、编辑与操作。在 ArcCatalog 里可以将观测点的属性特征通过“load”依据相应的字段名称导入到已经做好的数据库模版里。同理地表破裂带、探槽、第四纪断层、地层、历史地震、重新定位地震也一样可以导入到数据库模版里面。通过在 ArcMap 里的“load”可将与观测点对应的典型照片录入数据库中,并可以在 ArcMap 里面直接浏览。

通过 ArcCatalog 里的“import”可将不同分辨率、不同尺度、不同类型的遥感数据导入,一般限于数据量较小的遥感数据,如数据量较小的 SRTM DEM 和 Landsat ETM 数据,因为在 ArcGis 中单机版的数据库不能存储超过 2G 的数据,且数据量较大时容易造成数据库运行速度很慢。

3.2 数据的输出

数据库初步完善后,为了将这些带空间位置和属性特征的地理信息转化为人们易于读懂的图形,需要对这些数据根据相应的属性特征进行图形的符号化。ArcGis 中功能较全的 ArcInfo 中的制图软件 ArcMap 桌面系统提供了强大的符号化功能,将这些带有地理空间信息和属性信息的数据通过一些制图规则转换为大家很容易识别的符号,图形化的信息更易于被人们识别和认知。

根据专题制图的需要向数据窗口中添加不同图层的数据。尽管数据按照点在上,线其次,面在下面的顺序来排列,仍需要根据需要调节图层之间的顺序,如点层里地名在上面,地震在下面;线层里断层线在上面,水系线在下面;面层里水体在上面,地层在下面等等。然后按照层的属性特征来进行符号化,添加注记,最后添加图框的坐标信息、指北针、线状比例尺等,然后一幅初步完整的专题图就可以输出了。利用 ArcGis 以国家测绘局提供的 1/5 万基础地理信息作为

底图,我们根据汶川地震地质科学考察数据库绘制了 1/5 万地表破裂分布图,这可为灾后重建提供避让依据。

4 结论与建议

数据是地理信息系统的核心,是所有分析工作的基础,本文重点介绍了汶川数据库的主要内容以及利用 ArcGis 来构建数据库的步骤;同时简单介绍了利用数据库中的数据进行制图的步骤。ArcGis 提供了较为完善的应用程序扩展功能,使将来高效开发大型的地理信息系统成为可能,为汶川地震及龙门山断裂带的后续科考工作提供了基础。

由于时间有限,目前尚有大量的图片和一些震后的原始测量数据没有录入到数据库里,随着认识的进一步深化,数据库也将得到不断更新和进一步的完善。以后将依据更新后的数据及时更新地震构造图和地表破裂分布图。

感谢汶川地震应急科学考察队以及国家汶川地震科学考察队的专家和同行,无论是在野外的讨论,还是在每天晚上的例行会议上,大家的沟通都使彼此之间了解到了更多最新的考察资料,并通过每一个工作点的新进展了解整个龙门山断裂带的信息。在制图过程中得到了张培震研究员、冉勇康研究员、宋方敏研究员的悉心指导,在此一并表示感谢。

参 考 文 献

陈述彭,鲁学军,周成虎. 2000. 地理信息系统导论[M]. 北京:科学出版社.

CHEN Shu-peng, LU Xue-jun, ZHOU Cheng-hu. 2000. Introduction to Geographic Information Systems [M]. Science Press, Beijing (in Chinese).

葛伟鹏,袁道阳,郭华. 2006. 对城市活断层探测项目中地震地质数据建模的探讨[J]. 西北地震学报, 28(2): 134—139.

GE Wei-peng, YUAN Dao-yang, GUO Hua. 2006. Discussion on seismogeologic data modeling for urban active fault surveying project [J]. Northwestern Seismological Journal, 28(2): 134—139 (in Chinese).

李勇,周荣军, Alexander L Densmore, 等. 2007. 青藏高原东缘大陆动力学过程与地质响应[M]. 北京:地质出版社.

LI Yong, ZHOU Rong-jun, Densmore A L, *et al.* 2007. Continental Dynamics and Geological Responses of the Eastern Margin of Qinghai-Tibet Plateau [M]. Geological Press, Beijing (in Chinese).

吴秀芹,张洪岩,李瑞改,等. 2007. ArcGis9 地理信息系统应用与实践(上册)[M]. 北京:清华大学出版社.

WU Xiu-qin, ZHANG Hong-yan, LI Rui-gai, *et al.* 2007. The Application and Practice of the Geographic Information System of ArcGis 9 (First part) [M]. Tsinghua Press, Beijing.

杨晓平,蒋溥,宋方敏. 1999. 龙门山断裂带南段错断晚更新世以来地层的证据[J]. 地震地质, 21(4): 341—345.

YANG Xiao-ping, JIANG Pu, SONG Fang-min, *et al.* 1999. The evidence of the South Longmenshan Fault zones cutting late Quaternary stratum [J]. Seismology and Geology, 21(4): 341—345 (in Chinese).

张兰凤,于贵华,李陈侠,等. 2007. 用 ArcGIS 实现利用 1/20 万地质图编绘 1/25 万区域地震构造图的方法[J]. 地震地质, 29(2): 412—417.

ZHANG Lan-feng, YU Gui-hua, LI Chen-xia, *et al.* 2007. Compiling the 1:250,000 regional seismotectonic map using the 1:200,000 geologic maps with Arcgis method [J]. Seismology and Geology, 29(2): 412—417 (in Chinese).

张培震,徐锡伟,闻学泽,等. 2008. 2008 年汶川 8.0 级地震发震断裂的滑动速率、复发周期和构造成因[J]. 地球物理学报, 51(4): 1066—1073.

ZHANG Pei-zhen, XU Xi-wei, WEN Xue-ze, *et al.* 2008. Slip rates and recurrence intervals of the Longmenshan active fault zone, and tectonic implications for the mechanism of the May 12 Wenchuan earthquake, 2008, Sichuan, China

[J]. Chinese J Geophys, 51(4):1066—1073 (in Chinese).

赵小麟, 邓起东, 陈社发. 1994. 龙门山逆断裂带中段的构造地貌学研究[J]. 地震地质, 16(4):422—428.

ZHAO Xiao-lin, DENG Qi-dong, CHEN She-fa. 1994. Tectonic geomorphology of the central segment of the Longmenshan thrust belt, western Sichuan, southwestern China[J]. Seismology and Geology, 16(4):422—428 (in Chinese).

Densmore A L, Ellis M A, Li Y, *et al.* 2007. Active tectonics of the Beichuan and Pengguan faults at the eastern margin of the Tibetan Plateau [J]. Tectonics, 26. TC4005, doi:10.1029/2006TC001987.

Burchfiel B C, Royden L H, Vander Hilst R D, *et al.* 2008. A geological and geophysical context for the Wenchuan earthquake of 12 May 2008, Sichuan, People's Republic of China [J]. GSA TODAY, 18(7):4—11.

AN INTRODUCTION TO THE GEODATABASE OF SCIENTIFIC INVESTIGATION OF THE M_s 8.0 WENCHUAN EARTHQUAKE

LI Chen-xia^{1,2)} AN Yan-fen¹⁾ YU Gui-hua¹⁾ XU Xi-wei¹⁾
CHEN Gui-hua¹⁾ WANG Shi-yuan³⁾ GONG Hui-ling¹⁾ YANG Hu¹⁾
GUO Ting-ting¹⁾ ZHANG Lan-feng¹⁾

1) National Center for Active Fault Studies, Institute of Geology of China Earthquake Administration, Beijing 100029, China

2) Lanzhou Seismological Institute of China Earthquake Administration, Lanzhou 730000, China

3) Earthquake Administration of Sichuan Province, Chengdu 610041, China

Abstract

The geodatabase of scientific investigation of Wenchuan earthquake stores many field investigation data, such as the data of field geological survey sites, the surface rupture belts, the Quaternary faults in the earthquake region, paleoseismological trenches, folds, *etc.* Moreover, it includes some collection data, such as strata data, the catalog of the Wenchuan mainshock and aftershocks, the relocation catalog of aftershocks of the Wenchuan earthquake, the catalog of historical strong earthquake. The field data are recorded, edited, analysed, mapped and output with ArcGis, a powerful function in Gis software. The geodatabase of scientific investigation of M_s 8.0 Wenchuan earthquake was initially established, which includes the basic seismological information and realizes the integrated management of spatial location and attribute information. Data can be queried, analyzed and processed for the need of the correlation analysis of the data. Seismic tectonic map and surface rupture map can be drawn with the geodatabase, which can provide the basis for the determination of safety distance from the risky seismic rupture zones in post-disaster reconstruction and for the construction of the Wenchuan earthquake geographic information system.

Key words M_s 8.0 Wenchuan earthquake, database, earthquake scientific investigation, seismic tectonic map, surface rupture distribution

[作者简介] 李陈侠, 女, 1975年生, 2003年在中国地震局兰州地震研究所获得构造地质学硕士学位, 2003年至今在中国地震局地质研究所攻读博士学位, 研究方向为活动构造和数据库, 电话: 010-62009140, E-mail: lcxwzx@sohu.com。