



## 基于 KML 的地震震源三维动态演示<sup>①</sup>

张 艺<sup>1</sup>, 丁晓光<sup>1</sup>, 于嘉涛<sup>2</sup>

(1. 陕西省地震局, 陕西 西安 710068; 2. 南京地正信息有限公司, 江苏 南京 210031)

**摘要:** KML 是 Google Earth 用来表达地理标记的一种文件格式。本文利用 KML 语言的编写实现了汶川地震以来发生在龙门山断裂带上的地震三维动态演示, 通过人机交互的方式对时间轴进行拖动可以直观地显示出地震的空间三维分布情况。为全方位地观察地震活动和研究地震迁移规律提供了有利条件。

**关键词:** KML; 地震; 时间轴; 三维动态演示

**中图分类号:** P315. - 392

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1000-0844(2014)04-1122-04

**DOI:** 10.3969/j.issn.1000-0844.2014.04.1122

## 3D Dynamic Demonstration of Earthquake Source Using Keyhole Markup Language

ZHANG Yi<sup>1</sup>, DING Xiao-guang<sup>1</sup>, YU Jia-tao<sup>2</sup>

(1. Earthquake Administration of Shaanxi Province, Xi'an, Shaanxi 710068, China;

2. Nanjing Company Limited of information and Technology, Nanjing, Jiangsu 210031, China)

**Abstract:** KML(Keyhole Markup Language) is a file format used by Google Earth to express geotag. Google Earth is a powerful 3D virtual software and is widely used in the geosciences. In this study, writing in KML, we achieve a 3D dynamic demonstration of earthquakes occurring since the Wenchuan earthquake on the Longmenshan fault zone. Dragging on the time axis not only shows the three-dimensional spatial distribution of earthquakes, but also provides useful information on the full range of the observed seismic activity and seismic migration.

**Key words:** KML(Keyhole Markup Language); earthquake; time axis; 3D dynamic demonstration

### 0 引言

Google Earth 是一款免费的桌面地球探索软件, 在连接互联网的前提下实时为用户提供三维影像数据。它把卫星照片、航空照相和 GIS 数据整合在一起, 形成一个地球的三维模型, 使用户足不出户就可以将全球尽收眼底<sup>[1-2]</sup>。由于 Google Earth 在反映地理要素方面具有清晰直观的优点, 因此在地学研究中应用广泛。

Google Earth 有两种地标文件格式, 一种是 KML, 另一种是 KMZ。KMZ 是压缩的 KML 文件, 包括附加的图片。KML 全称为 Keyhole Markup Language, 是由 Google 公司开发的、基于 XML 语法和文件格式的标记语言。KML 语言可以在位置确定的情况下, 创建 KML 格式文件、添加地标并以新的方式展示丰富的数据<sup>[3-4]</sup>。通过编写 KML 代码, 用户不仅能够 Google Earth 中添加和发布各种类型的数据, 如点、线、多边形、二维图像以及三维模型等, 而且还能

够实现各种动态综合应用, 如地质和地球物理模拟、恶劣天气追踪以及灾后影响评估等<sup>[5]</sup>。本文所要实现的地震序列三维时空动态演示也是其中之一。

地球内部每天都要发生上万次地震, 为了能够反映地震活动的全貌, 不仅需要考虑到其在空间三维的分布, 还要考虑到随着时间是如何变化的<sup>[6]</sup>。本文以 2008 年 5 月 12 日汶川大地震为例, 研究其后发生在断裂带上的全震分布, 通过 KML 在 Google Earth 上实现地震随时间的三维动态演示, 不仅可以全方位地观察地震活动, 也可以为判定地震的迁移规律提供有利条件<sup>[7]</sup>。

### 1 研究方法与数据预处理

#### 1.1 研究区域

龙门山断裂带位于松潘—甘孜造山带与扬子陆块的结合部位, 它与岷山隆起共同构成了青藏高原东部边界中段<sup>[8]</sup>。作为青藏高原东北缘与四川盆地之间的明显分界线,

① 收稿日期: 2014-04-15

基金项目: 陕西省地震局启航与创新基金(201303); 中国地震局地震行业专项(201208009-13)

作者简介: 张艺(1985—), 女(汉族), 陕西人, 助理工程师, 主要从事城市活动断层数据库建设工作。E-mail: zhangyiva@163.com

龙门山断裂带具有十分复杂的地质结构和演化历史<sup>[9]</sup>,该地域地表强烈起伏,两侧地形高差达 3 500±500 m 左右<sup>[10]</sup>,自 2008 年 5 月 12 日汶川发生  $M_s8.0$  大地震以来,该断裂带余震从未间断。

1.2 数据资料及预处理

本文使用的地震数据来自于中国地震局台网中心,起止时间为 2008 年 5 月 12 日—2014 年 1 月 21 日,数据包括发震时间、经度、纬度、震级、深度以及地点。

若在 KML 文件中直接添加大量的地震点,不仅工作量大,而且容易出错。因此根据数据读取需要先将这些地震数据进行格式化设置,保存在 office 下的 access 中。通过编写相关程序,直接读取 access 中存储的大量地震数据。

2 KML 文件的生成

本文的地震三维动态演示文件涉及三个方面:地标文件的生成,用来将地震的经纬度位置清晰地显示在 Google Earth 上;共享点样式的设计,依靠图标的大小、色彩进行震级大小的区分;时间轴的生成,用户通过拖动该轴实现地震的动态演化。

2.1 地震地标文件的生成

直接生成的 KML 格式文件对于地震点的表达如下所示:  
<Placemark>  
    <name>2008 年 5 月 12 日,14 时 28 分 00 秒</name>

```
<Snippet maxLines="0"></Snippet>  
<description><![CDATA]时间:2008 年 5 月  
12 日,14 时 28 分 00 秒,<br>  
地点:四川汶川县,<br>  
经度:东经 103.4°,<br>纬度:北纬 31°,<br>  
震源深度:14 000 米,<br>震级:8 级]]></de-  
scription>  
    <TimeStamp><when>2008-05-12T14:28:  
00Z</when> </TimeStamp>  
    <styleUrl> # 2008 年 5 月 12 日,14 时 28 分 00  
秒</styleUrl>  
    <Point>  
        <altitudeMode>absolute</altitudeMode>  
        <coordinates>103.4,31,14 000</coordi-  
nates>  
    </Point>  
</Placemark>
```

其中,<Placemark> 元素就是用户通常认为的 Google 地球中的“地标”,该元素包含一个 <Point> 子元素,Point 是在 Google 地球的 3D 查看器中绘制图标和标签的唯一途径;<styleUrl> 元素用来引用定义好的共享点样式;<description>元素用来形容点的属性,本文地震属性主要包括时间、地点、经纬度和震源深度。

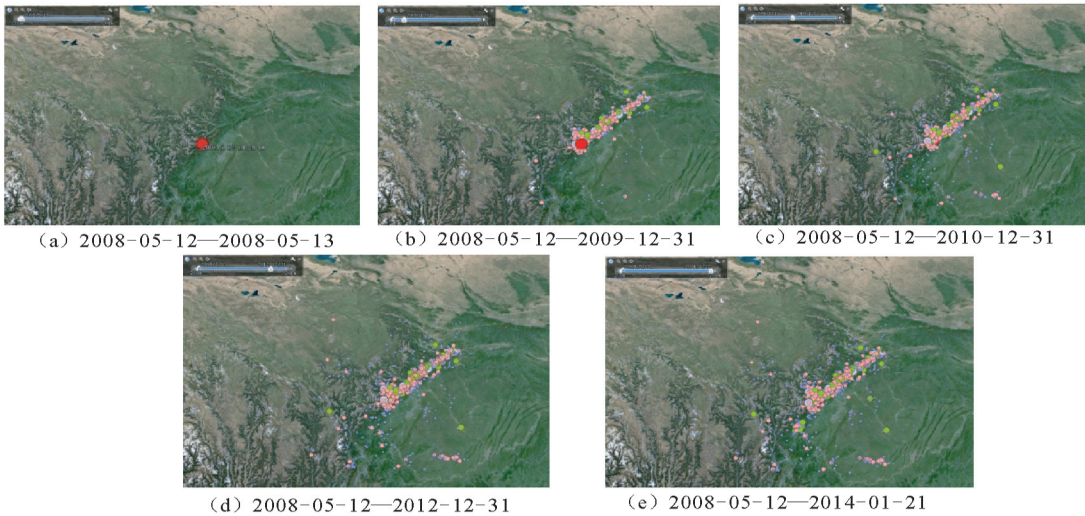


图 1 2008 年 5 月 12 日汶川大地震后不同时段的地震分布  
Fig.1 The earthquake distribution in different period lengths after Wenchuan great earthquake

2.2 地震共享点样式的设计

本文采用的都是三级及三级以上的地震,因此先将地震分为六类,即六种文件夹,分别是 3~4 级地震、4~5 级地震、5~6 级地震、6~7 级地震、7~8 级地震及 8 级以上地震。文件夹的创建通过<Folder>元素来实现。

不同的震级具有不同的表达方式,主要表现在图标的大小、色彩以及样式上。图标样式主要通过 photoshop 进行绘制,地震点与相关图标样式之间通过<styleUrl> 元素来链

接。以下是生成的共享点样式的 KML 文件:  
<Style id="2008 年 5 月 12 日,14 时 28 分 00 秒">  
    <IconStyle>  
        <scale>1.6</scale>  
        <Icon><href>4.png</href></Icon>  
    </IconStyle>  
    <LabelStyle>  
        <scale>0.8</scale>

</LabelStyle>  
<BalloonStyle>  
    <text><! [CDATA[<b><font size="2"> \$ [name]</font></b><br/>  
    \$ [description]<br/>]]></text>  
</BalloonStyle>  
</Style>

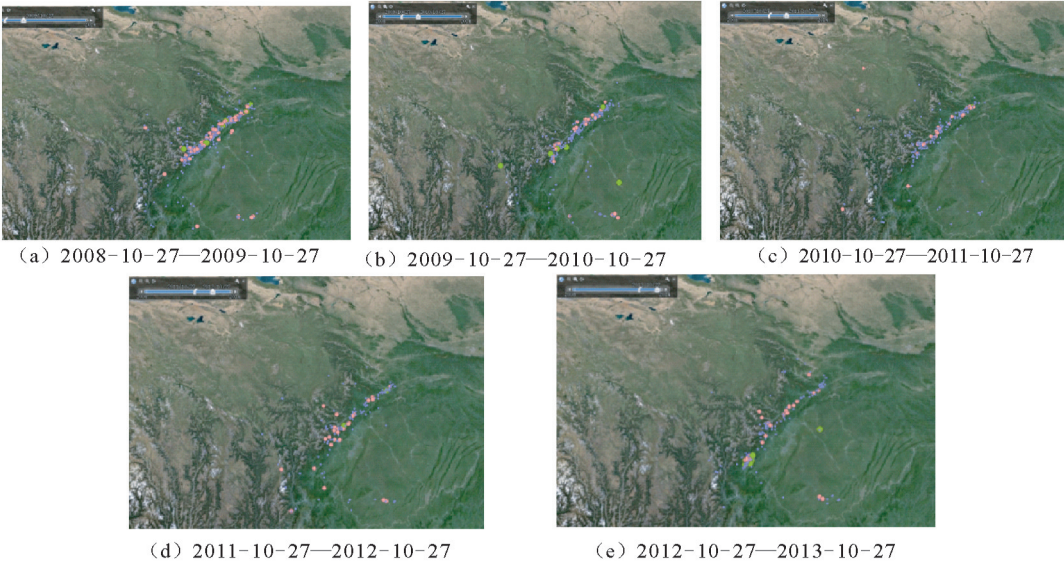


图 2 时间步长为一年的地震分布  
Fig.2 The earthquake distribution in a time step of one year

2.3 时间轴的生成

本文在 Access 中将发震时间按照 yyyy/mm/d hh:nn:ss 格式进行存储,运用编写的相关程序读取时间数据时,可以生成 KML 支持的时间文件格式,自动形成时间轴。

3 GE 上地震的动态演示

在 GE 上运行此 KML 文件时,主要是通过对时间轴的拖动来实现地震的动态演示。

3.1 地震积累的动态演示

如图 1(a)~(e),从 2008 年 5 月 12 日起拖动时间轴,直到 2014 年 1 月 21 日,可以看出这五年多的时间在龙门山地震带发生了很多地震,主要围绕几个断裂发生,包括映秀—北川断裂、汶川—茂汶断裂、平武—青川断裂等。

3.2 设置时间步长演示地震

运行此 KML 文件时,可以通过设置时间步长来显示某一时间段内发生地震情况,比如 1 个月、1 年或者 2 年等。通过图 2 演示了时间步长为一年的地震变化情况。

在拖动时间轴的过程中发现汶川地震以来,沿着龙门山断裂带,地震从未间断;从 13 年 4 月下旬开始,映秀—北川断裂西段出现了大量的丛集地震。

3.3 震源深度的立体显示及地震属性查询

本文取震源深度的绝对值,将地震展示到 GE 表面上来,也就是说将震源放到一个可见的角度(如图 3),点的位置越高说明震源越深。地震属性的查询可以通过点击地震点实现(如图 4),该 KML 文件对地震属性的描述主要包括发震时间、发震地点、经纬度信息、震源深度以及震级等。

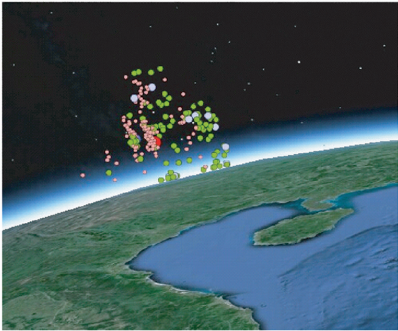


图 3 震源深度立体显示图  
Fig.3 Three-dimensional display of focal depth of earthquakes

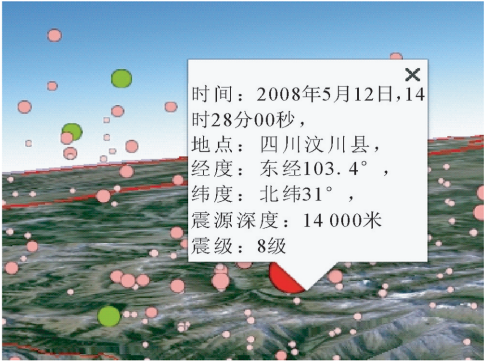


图 4 地震属性查询  
Fig.4 Seismic attribute query



4 结语

Google Earth 在地学领域已经有了广泛的应用,通过对 KML 文件的编写,不仅实现利用地标功能显示地震点的分布,还实现了地震发生的三维动态演示,按照震级给地震点赋予了不同的大小、颜色及图标。地震的三维动态演示不仅有利于全方位的观察地震活动和判定地震迁移规律,也可以为关心地震事业的群众提供公共服务。

参考文献(References)

[1] 李鸿轶,王家峰,闫文斌.基于 Google Earth 的点之记可视化探讨[J].测绘技术装备,2012,14(2):26-28.  
LI Hong-yi, WANG Jia-feng, YAN Wen-bin. Visualized Description of Based on Google Earth[J]. Geomatics Technology and Equipment, 2012, 14(2): 26-28. (in Chinese)

[2] 王艳,何凭宗.基于 VC++ 的 Google Earth KML 地标文件的自动生成及应用[J].北京测绘,2009,23(2):32-34.  
WANG Yan, REN Ping-zong. Autogeneration and Application of Google Earth KML Placemarks based on VC++[J]. Surveying and Mapping of Beijing, 2009, 23(2): 32-34. (in Chinese)

[3] 杜英俊,于重重,刘杰.基于 KML 开发的 GIS 系统研究与应用[J].计算机应用与软件,2010,27(10):49-51.  
DU Ying-jun, YU Zhong-zhong, LIU Jie. On GIS System Based on KML and its Application[J]. Computer Applications and Software, 2010, 27(10): 49-51. (in Chinese)

[4] 帅菲,肖根如,揭志强. Google Earth 在地学研究中的应用[J]. 东华理工大学学报:自然科学版,2011,34(1):89-93.  
SHUAI Fei, XIAO Gen-ru, JIE Zhi-qiang. Faculty of Geomatics Application of Google Earth in Geoscience Research[J]. Journal of East China Institute of Technology: Natural Science, 2011, 34(1): 89-93. (in Chinese)

[5] 李明江,朱良峰. KML 超叠加层的批量生成及其在虚拟地球中

的应用[J]. 红外, 2012, 33(8): 32-39.  
LI Ming-jiang, ZHU Liang-feng. Batch Creating of Super-overlays in KML and its Application in Virtual Globes[J]. Infrared, 2012, 33(8): 32-39. (in Chinese)

[6] 王中,安朝晖. 三维地震可视化解释技术及其应用[J]. 上海地质, 2007, 28(3): 54-58.  
WANG Zhong, AN Zhao-hui. The Three-dimensional Seismic Visual Interpretation Technology and its Application [J]. Shanghai Geology, 2007, 28(3): 54-58. (in Chinese)

[7] 肖立萍. 地震活动的三维动画演示系统[J]. 地震地磁观测与研究, 2004, 25(增刊): 86-88.  
XIAO Li-ping. The 3D Demo System of Earthquake Activity [J]. Seismological And Geomagnetic Observation and Research, 2004, 25(Supp): 86-88. (in Chinese)

[8] 吴满路,张岳桥,廖椿庭,等. 汶川  $M_s8.0$  地震后龙门山断裂带地应力状态研究[J]. 地球物理学进展, 2013, 28(3): 1122-1130.  
WU Man-lu, ZHANG Yue-qiao, LIAO Chun-ting. Research on the Stress State along the Longmenshan Fault Belt after the Wenchuan  $M_s8.0$  Earthquake [J]. Progress in Geophysics, 2013, 28(3): 1122-1130. (in Chinese)

[9] 李玉江,陈连旺. 汶川  $M_s8.0$  地震大震复发周期的研究进展[J]. 地球物理学进展, 2012, 27(2): 454-463.  
LI Yu-jiang, CHEN Lian-wang. Progress on Recurrence Interval of Wenchuan Earthquake[J]. Progress in Geophysics, 2012, 27(2): 454-463. (in Chinese)

[10] 滕吉文,白登海,杨辉,等. 2008 汶川  $M_s8.0$  地震发生的深层过程和动力学响应[J]. 地球物理学报, 2008, 51(5): 1385-1402.  
TENG Ji-wen, BAI Deng-hai, YANG Hui. Deep Processes and Dynamic Responses Associated with the Wenchuan 8.0 Earthquake of 2008[J]. Chinese Journal of Geophysics, 2008, 51(5): 1385-1402. (in Chinese)