

海地 2010 年地震在弗洛斯河流域引发滑坡 位置与类型数据集

吕婷婷^{1*}, 刘 闯², 赵晋陵³, 戴丽君⁴, 王晋年¹, 顾行发¹

1. 中国科学院遥感与数字地球研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 3. 河南大学, 开封 475004; 4. 美国德克萨斯州立大学, 圣马科斯 78666

摘 要: 2010 年 1 月 12 日海地发生 7.0 级地震并由此引发了一系列滑坡。自震中 (18.457°N, 72.533°W) 至太子港之间, 由于地震引发的滑坡主要分布在四个地区: 牟曼斯河 (Riviere Momance) 上游地区、弗洛斯河 (Riviere Forse) 流域、圣洛朗山 (Morne Saint-Laurent) 北坡以及缓丘上建造的建筑物附近。其中, 以弗洛斯河流域最为密集。基于震前和震后即 2009 年 12 月 World View-2 遥感数据、2013 年 1 月 13 日和 16 日的 GeoEye-1 遥感数据 (空间分辨率为 0.41 m) 和 Google Earth 多时相 (1 m 分辨率, 包括震前和震后) 遥感影像 (空间分辨率在 0.41–1 m 之间) 对比分析, 开发了海地 2010 年地震在弗洛斯河流域引发滑坡位置与类型数据集。压缩后数据量为 650 KB, 以 ARCGIS 的 .shp 文件格式存储。

关键词: 海地; 地震; 2010 年; 弗洛斯河流域; 滑坡

DOI: 10.3974/geodp.2017.02.09

1 前言

2010 年 1 月 12 日 21:53:10 (UTC) 位于加勒比地区伊斯帕尼奥拉岛的海地发生了 7.0 地震, 震中位于 18.457°N, 72.533°W^[1]。1 月 18 日, 美国国家航空航天局在 EO-1 数据基础上完成并发布了海地潜在滑坡遥感解译图。1 月 18 日, 美国 Geoeye 公司网上公布了 GeoEye 1 月 13 日海地震后数据 (空间分辨率 0.41 m), 1 月 19 日, 美国 Digital Global 公司网上公布了 1 月 13 日海地震后遥感影像数据 (空间分辨率 0.5 m), 1 月 19 日, Google Earth 网上更新了海地地区遥感数据。同日, 中国科学院地理科学与资源研究所、北京师范大学资源学院世界资源研究所、中国科学院遥感与数字地球研究所在上述数据基础上, 开展了海地弗洛斯河 (Riviere Forse) 流域滑坡的分析和解译研究, 本研究结果经反复核查后, 经联合国信息通讯技术与应用全球联盟 (UN GAID) 优先领域计划——促进发展中国家科学数据共享与应用全球联盟 (UN GAID e-SDDC) 项目组上报联合国灾害管理与应急响应信息办公室 (UN-SPIDER) 和联合国经社事务部 (UNDESA) 公共行政管理知识库网 (UNPAN),

收稿日期: 2014-11-15; 修订日期: 2014-12-20; 出版日期: 2017-06-25

基金项目: 中国科学院 (CXIOG-D04-03)

*通讯作者: 吕婷婷 R-8978-2016, 中国科学院遥感与数字地球研究所, lvtt@radi.ac.cn

论文引用格式: 吕婷婷, 刘闯, 赵晋陵等. 海地 2010 年地震在弗洛斯河流域引发滑坡位置与类型数据集[J]. 全球变化数据学报, 2017, 1(2): 188–195. DOI: 10.3974/geodp.2017.02.09.

数据集引用格式: 吕婷婷, 刘闯, 赵晋陵等. 海地 2010 年地震在弗洛斯河流域引发滑坡位置与类型数据集 [DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2014. DOI: 10.3974/geodb.2014.02.10.V1.

供联合国在海地地震救灾和灾后重建决策中参考。

弗罗斯河流域位于海地 1.12 大地震震中和海地首都太子港之间，是海地地震震中与人口密集的太子港之间遭受地震引发滑坡最密集的区域，也是泥石流可能发生并对人口密集的下游产生危害最大的区域。弗罗斯河下游是人口密集的卡福（Carrefour）区，它位于受地震引发滑坡最严重的弗罗斯河河口。因此，在雨季（即 4-5 月）到来之际，卡福人口密集区及弗罗斯河流域居民和沟谷农田受到泥石流影响的危害不容忽视。图 1 为弗罗斯河流域地理位置图。



图 1 弗罗斯河流域地理位置图

2 数据集元数据简介

海地地震（2010）在弗罗斯河（Riviere Frorese）流域引发滑坡数据集^[2]的名称、短名名称、作者信息、地理区域、数据年代、空间分辨率、数据集组成、数据出版与共享服务平台等信息一并列于表 1。

条 目	描 述
数据库（集）名称	海地 2010 年地震在弗罗斯河流域引发滑坡位置与类型数据集
数据库（集）短名	HaitiEQ_LS_2010data
作者信息	吕婷婷 R-8978-2016, 中国科学院遥感与数字地球研究所, lvtt@radi.ac.cn 刘 闯 L-3684-2016, 中国科学院地理科学与资源研究所, lchuang@igsnr.ac.cn 赵晋陵 A-4856-2017, 河南大学, aling0123@163.com 戴丽君 A-4836-2017, 美国德克萨斯州立大学, daidaidlj@gmail.com 王晋年 E-2431-2017, 中国科学院遥感与数字地球研究所, jwang@radi.ac.cn 顾行发 L-7328-2016, 中国科学院遥感与数字地球研究所, guxingfa@radi.ac.cn
地理区域	地理范围:18.4°N-18.5°N, 72.32°W-72.48°W
数据年代	2010 年
空间分辨率	m
数据文件个数	2
数据格式	.shp, .zip
数据量	压缩后为 650 KB
数据集组成	数据集由 2 部分数据组成，第一部分是弗罗斯河流域滑坡点数据。第二部分是弗罗斯河流域滑坡面状数据。共包括 2 个数据文件，它们分别为： HTI_Landslide_Point.zip, ARCGIS .shp, 点状滑坡体地理信息系统数据, 数据量 9.27 KB HTI_Landslide_Polygon.zip, ARCGIS .shp, 面状滑坡体地理信息系统数据, 数据量 640.49 MB
基金项目	中国科学院（CXIOG-D04-03）
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 http://www.geodoi.ac.cn
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101, 中国科学院地理科学与资源研究所

续表

条 目	描 述
数据共享政策	全球变化科学研究数据出版系统的“数据”包括元数据（中英文）、实体数据（中英文）和通过《全球变化数据学报》（中英文）发表的数据论文。其共享政策如下：（1）“数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放，用户免费浏览、免费下载；（2）最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源；（3）增值服务用户或以任何形式散发和传播（包括通过计算机服务器）“数据”的用户需要与《全球变化数据学报》（中英文）编辑部签署书面协议，获得许可；（4）摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10%引用原则，即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%，同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 ^[3]

3 数据研发方法

滑坡是指斜坡上的大量土体，岩体或其他碎屑物堆积物沿一个或数个滑动面整体下滑的现象，是多种因素孕育最终由重力作用造成的地质灾害。滑坡一旦发生就会形成一些特殊的地貌特征，遥感图像可以通过遥感图像的色调、形态、纹理结构等直接显示滑坡，此外滑坡体上的植被与周围植被不一致，也为滑坡的提取提供了重要的参考^[4]。

作者利用 2010 年 1 月 13 日和 2010 年 1 月 16 日 GeoEye-1 震后影像和 2009 年 12 月 13 日的 WorldView-2 和 Google Earth 震前影像（表 2）进行地震破坏的遥感表征目视分析，即根据影像特征建立起影像和实地目标物之间的对应关系，从而提取出滑坡信息，提取的灾害信息结果进行分组交叉验证，具体流程见图 2。滑坡提取的详细方法已在参考文献^[5]中详细说明。

表 2 GeoEye、World View 遥感数据指标表

卫星	国家	公司	传感器	空间分辨率	重访周期	获取日期	获取网站
GeoEye-1	美国	GeoEye, Inc. Nasdaq	全色传感器	0.41m（星下点）	3 天	2010 年 1 月 13 日	http://www.google.com/relief/haiticarthquake/geoeeye.html
			多谱段传感器	1.65m（星下点）		2010 年 1 月 16 日	
World View-2	美国	Digital-Globe	全色传感器	0.61m（星下点）	1-6 天	2009 年 12 月 13 日	http://dgl.us.neolane.net/res/dgl/survey/CES_H.jsp
			多谱段传感器	2.44m（星下点）			

综合分析海地地震前后的滑坡类型和形态，将滑坡类型分为两大类：即新增-扩展类型滑坡体和震前老滑坡体。其中新增-扩展类型滑坡体包括：A——新增滑坡体、B——在原有滑坡基础上扩展的滑坡体；震前老滑坡体包括：C——与震前变化不大的滑坡体、N——原有滑坡固定后没有复活的滑坡体。其各自的影像特征见表 3。

4 数据结果与验证

图 3 为弗洛斯河流域滑坡体分布图。图 4 是 4 种不同类型的滑坡体分布图。由图 4 的滑坡解译结果可知，总计有 165 个滑坡体，其中新增滑坡 98 个，占滑坡总量的 59.4%。原有滑坡基础上扩展的滑坡体的数量为 35 个，比重为 21.2%。与震前变化不大的滑坡体个数为 24，比重为 14.6%。原有滑坡固定后没有复活的滑坡体个数为 8 个，比重为

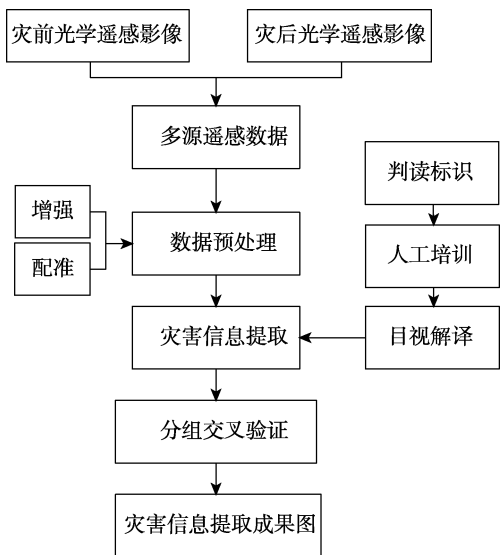


图 2 海地地震灾害信息提取流程

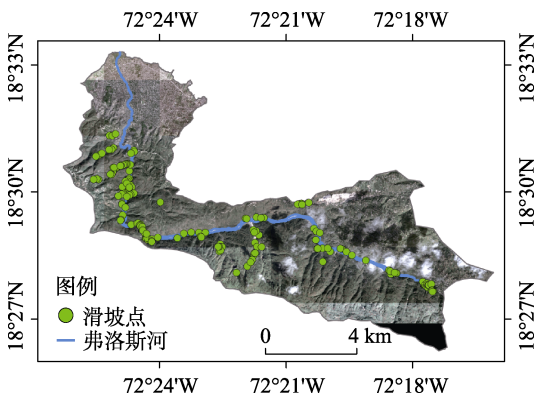


图 3 弗洛斯河流域滑坡体空间分布

4.8%。表 4-表 7 为各类滑坡空间分布及面积统计。数据统计结果表明,新增滑坡体(A)的面积为 54,132 m²。范围扩展的滑坡(B),其在地震前原有滑坡的面积是 29,716 m²,地震后滑坡面积为 33,158 m²,增加的面积为 3,442 m²。对原滑坡体影响较小其面积几乎没有发生变化的滑坡(C)总面积是 186,962 m²。已经恢复植被本次地震中未复活的老滑坡体(N)面积为 5,618 m²(见表 4-表 7)。

表 3 海地地震(2010)各类滑坡影像特征图

编码	震前	震后	矢量数据结果图	类型
A				新增滑坡体
B				原有滑坡基础上扩展的滑坡体
C				与震前变化不大的滑坡体
N				原有滑坡固定后没有复活的滑坡体

5 讨论和总结

通过对本数据的分析得出：在主干道长 26.21 km、流域面积在 85.14 km²的空间范围内，

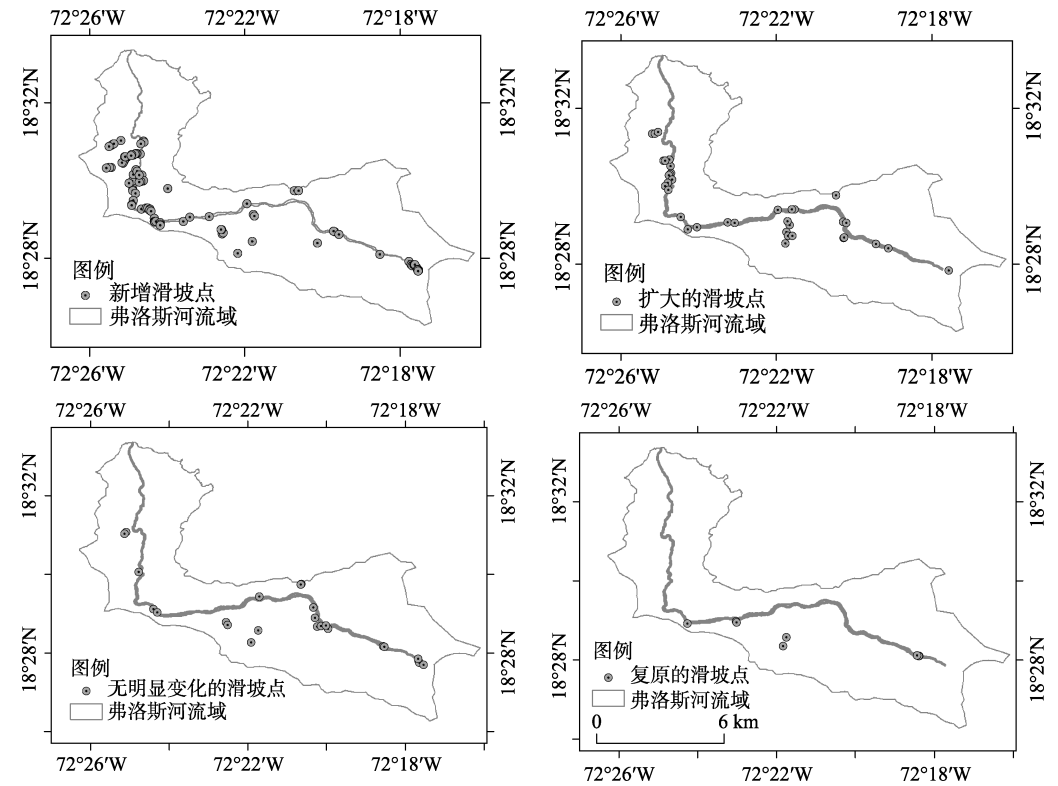


图 4 弗洛斯河流域 4 种不同类型的滑坡体分布图

由于本次地震引发的滑坡体 165 个，新增面积达 94,447 m²。其中，新增滑坡体 98 个，面积 54,132 m²，在原有滑坡体基础上进一步扩展的有 35 个，原有面积 163,819 m²，新增面积 40,315 m²。此外，在该流域仍有震前存在、地震过程中影响较小的滑坡体 32 个。其中，包括地震前生成、表面植被尚未恢复的滑坡体 24 个，面积 186,962 m²，震前生成植被恢复较好的滑坡体 8 个，面积 5,618 m²。上述滑坡主要分布在地形坡度在 25°以上的河流主河道二侧和主要支流的下游。滑坡储集在河道内和河道附近的土石方对雨季泥石流的产生创造了条件，对河谷居住的居民和农田以及下游居民的雨季安全构成威胁。

表 4 新增滑坡空间分布及面积统计表

编码	经度 (°)	纬度 (°)	面积 (m ²)	编码	经度 (°)	纬度 (°)	面积 (m ²)
A-1	-72.410,023	18.517,005	1,227	A-85	-72.414,524	18.511,089	1,462
A-2	-72.409,911	18.516,559	459	A-87	-72.414,700	18.502,667	2,302
A-3	-72.411,403	18.515,828	384	A-88	-72.416,270	18.499,076	256
A-9	-72.410,848	18.502,558	94	A-89	-72.417,292	18.510,066	71
A-12	-72.413,726	18.500,876	894	A-90	-72.418,292	18.508,785	152
A-13	-72.412,961	18.500,460	61	A-91	-72.418,510	18.508,511	426
A-14	-72.413,147	18.500,278	74	A-92	-72.418,864	18.507,587	117
A-15	-72.414,106	18.500,331	21	A-93	-72.419,413	18.507,676	113
A-17	-72.414,525	18.500,234	82	A-94	-72.418,287	18.510,309	191
A-18	-72.414,898	18.499,817	70	A-95	-72.417,960	18.510,391	42
A-19	-72.411,442	18.500,714	239	A-96	-72.399,644	18.496,660	5,601

表 5 在原有滑坡基础上扩张的滑坡类型空间位置及面积统计

编号	经度 (°)	纬度 (°)	震前面积 (m ²)	震后面积 (m ²)	变化面积 (m ²)
B-4	-72.411,870	18.509,008	29,716	33,158	3,442
B-5	-72.411,839	18.505,923	1,252	1,321	69
B-6	-72.412,271	18.505,496	1,229	1,601	372
B-7	-72.412,581	18.504,923	1,844	2,446	602
B-8	-72.411,330	18.503,267	5,897	6,777	880
B-11	-72.413,063	18.501,734	3,288	3,846	558
B-16	-72.414,192	18.500,304	32	29	-4
B-25	-72.412,801	18.498,849	7,029	13,184	6,155
B-37	-72.407,522	18.487,241	61	401	340
B-43	-72.404,595	18.481,929	248	210	-38
B-50	-72.387,408	18.484,879	9,260	11,584	2,323
B-51	-72.384,476	18.484,730	899	1,518	618
B-55	-72.366,027	18.490,210	1,190	1,778	588
B-59	-72.338,008	18.485,133	1,939	3,748	1,808
B-60	-72.336,677	18.484,604	20,223	30,957	10,734
B-62	-72.337,896	18.478,077	1,728	1,945	217
B-86	-72.412,421	18.511,778	291	410	119
B-101	-72.414,969	18.511,205	399	320	-79
B-102	-72.414,301	18.511,263	85	86	2
B-117	-72.400,669	18.482,798	450	637	186
B-118	-72.360,785	18.483,721	13,052	13,656	604
B-119	-72.361,793	18.485,346	3,865	5,707	1,841
B-122	-72.362,305	18.480,712	21,882	22,525	643
B-123	-72.361,465	18.479,159	8,656	10,623	1,967
B-124	-72.359,610	18.479,021	10,872	11,743	872
B-125	-72.362,750	18.475,673	634	1,680	1,046
B-137	-72.341,020	18.496,429	6,517	7,171	654
B-159	-72.358,730	18.490,508	464	476	11
B-160	-72.359,841	18.490,348	214	527	314
B-161	-72.337,603	18.478,393	538	524	-14
B-165	-72.323,940	18.475,698	838	1,004	166
B-166	-72.318,504	18.473,757	75	829	755
B-176	-72.419,742	18.522,877	5,662	6,154	492
B-177	-72.418,623	18.522,813	3,208	4,528	1,320
B-178	-72.417,332	18.523,535	282	1,035	752
总计			163,819	204,134	40,315

表 6 原有未发生变化的滑坡空间位置
及面积统计

编码	经度 (°)	纬度 (°)	面积 (m ²)
C-10	-72.412,863	18.501,215	1,431
C-57	-72.361,743	18.490,807	31,603
C-58	-72.338,924	18.486,236	33,352
C-61	-72.338,237	18.481,781	65,831
C-63	-72.337,153	18.477,987	662
C-64	-72.335,631	18.478,325	11,503
C-65	-72.332,556	18.477,222	12,595
C-67	-72.309,452	18.469,791	883
C-73	-72.294,380	18.463,437	1,094
C-74	-72.293,993	18.462,937	91
C-76	-72.292,098	18.462,071	975
C-80	-72.294,420	18.464,629	557
C-84	-72.333,484	18.478,565	3,376
C-109	-72.418,118	18.518,096	9,199
C-110	-72.418,841	18.517,488	3,976
C-127	-72.362,198	18.476,573	310
C-130	-72.365,359	18.471,379	3,509
C-132	-72.344,007	18.496,005	863
C-133	-72.344,351	18.495,922	616
C-149	-72.376,024	18.480,018	1,001
C-150	-72.375,313	18.478,775	2,104
C-157	-72.406,567	18.485,567	272
C-158	-72.405,055	18.484,251	272
C-167	-72.308,894	18.469,529	887
总计			186,962

表 7 已恢复或正在恢复的滑坡空间位置
及面积统计

编码	经度 (°)	纬度 (°)	面积 (m ²)
N-44	-72.404,253	18.482,336	440
N-53	-72.383,776	18.483,057	707
N-54	-72.383,440	18.482,848	1,013
N-126	-72.362,449	18.476,512	350
N-168	-72.306,310	18.468,512	491
N-169	-72.306,530	18.468,694	791
N-170	-72.307,095	18.468,773	1,677
N-175	-72.363,948	18.472,975	149
总计			5,618

本数据集经联合国信息通讯技术与应用全球联盟 (UN GAID) 优先领域计划——促进发展中国家科学数据共享与应用 (UN GAID e-SDDC) 项目组于 2010 年 1 月 20 日上报联合国灾害管理与应急响应信息办公室 (UN-SPIDER) 和联合国经社事务部 (UNDESA) 公共行政管理知识库网 (UNPAN), 得到致谢回复。

作者分工：刘闯、顾行发、王晋年负责技术方案总体设计；吕婷婷、赵晋陵、戴丽君负责滑坡提取方法研究、数据分析；吕婷婷完成了论文的撰写；刘闯审核了数据和论文，并负责把该数据上传到联合国减灾系统。

参考文献

[1] USGS. Magnitude 7.0—Haiti Region [OL]. <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/recenteqsww/Quakes/us2010rja6.php>.

[2] 吕婷婷, 刘闯, 赵晋陵等. 海地 2010 年地震在弗洛斯河流域引发滑坡位置与类型数据集[DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2014. DOI: 10.3974/geodb.2014.02.10.V1.

[3] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据出版系统数据共享政策[OL]. DOI: 10.3974/dp.policy.2014.05 (2017 年更新).

[4] Temesgen, B., Mohammed, M. U. Natural hazard assessment using GIS and remote sensing methods, with particular reference to the landslides in the Wondogenet Area Ethiopia [J]. *Physics and Chemistry of the Earth*, 2001, 26(9): 665–675.

[5] Zhao, J. L., Liu C., Lv, T. T., et al. Identification of landslide spatial distribution and their types along the Riviere Forse Drainage Basin triggered by the earthquake in Haiti on 12 January 2010 [J]. *Disaster Advances*, 2012, 5 (1): 5–13.