

贾小斌. 深圳市地面坍塌灾害分布特征分析[J]. 灾害学, 2016, 31(4): 116–121. [JIA Xiaobin. Analyzing the Distribution Characteristics of the Ground Collapse Hazard in Shenzhen[J]. Journal of Catastrophology, 2016, 31(4): 116–121. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2016.04.020.]

深圳市地面坍塌灾害分布特征分析^{*}

贾小斌

(1. 哈尔滨工业大学 深圳研究生院, 广东 深圳 518055; 2. 深圳市房地产评估发展中心, 广东 深圳 518040)

摘 要:以深圳市地面坍塌灾害为研究对象,以事故现场调查、数据统计分析以及GIS中热点分析为研究方法,对灾害进行了有关时空分布和危害特征等方面的研究。研究表明,深圳市地面坍塌灾害主要由人类工程活动引起,其主要类型为工程塌陷;在时间分布上,各月都有发灾,汛期多于非汛期,尤其以4–8月为最,月面事故发灾数量与降雨量分布趋势基本一致;在空间分布上,事故各区都有发生,基本发生在建成区但整体分布不均,在福田区和罗湖区等老城区以及龙华新区等近年来城市开发活动剧烈的新城区分布密集,在详细位置上发生在人口活动密集的道路、住宅小区和商业街区上的事故占总数的86.8%,道路交叉口和人行道易发生地面坍塌事故;在危害特征上,地面坍塌事故中,深度小于5 m、面积在100 m²以内、体积在100 m³以下的占坍塌总数的98.5%,伤亡人数小于3人、威胁人数在10人以内、直接经济损失在10万元以下、潜在经济损失在100万元以内的占坍塌总数的96.1%,深圳市地面坍塌灾害是一种城市灾害,虽然单起事故影响范围不广,但由于其多分布在人口高度集中的地区,因此危害程度依然不容小觑。

关键词:地面坍塌;灾害;时空分布;危害特征;深圳

中图分类号: X43; P642 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2016)04-0116-06

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2016.04.020

1978年以来,伴随着我国经济的高速发展和城市化进程的加快,大量以地下空间开发、基础工程施工、削坡建房筑路等为代表的人类工程活动对地质环境的作用日益加剧,使得各地以地面坍塌为代表的城市灾害频发。2013年汛期以来,深圳市发生多起地面坍塌事故,特别是“5·20”龙岗横岗发生地面坍塌事故造成5人死亡。据不完全统计,从2013年1月到2015年12月底,深圳市共发生地面坍塌事故595起,共造成死亡7人,受伤9人,威胁人数达1441人,预估威胁财产7167.5万元,严重影响人民生命财产安全。弄清楚灾情现状特征是有效开展地面坍塌防治工作的基本前提。为此,本文以深圳市地面坍塌灾害为研究对象,以事故现场调查、数据统计分析以及GIS空间分析为研究方法,通过对其发生机理、形成原因、时空分布、危害特征等方面进行分析,研究深圳市地面坍塌灾害的基本规律,为地面坍塌防治工作的开展提供决策支持。

1 研究区与数据源

1.1 研究区概况

深圳是中国南部海滨城市,毗邻香港。位于北回归线以南,范围113°46′~114°37′E, 22°27′~22°52′N。地处广东省南部,珠江口东岸,东临大亚湾和大鹏湾;西濒珠江口和伶仃洋;南边深圳河与香港相连;北部与东莞、惠州两城市接壤。辽阔海域连接南海及太平洋。陆地最东端位于东南部南澳街道东冲海柴角,最西端位于西北部沙井街道民主村,最南端位于西南面珠江口中的内伶仃岛,最北端位于西北部松岗街道罗田社区。深圳属亚热带海洋性气候,温润宜人,降水丰富。常年平均气温22.4℃,无霜期为355 d,平均年降雨量1933.3 mm,日照时长2120.5 h。深圳市依山临海,有大小河流160余条,分属东江、海湾和珠江口水系,但集雨面积和流量不大。深圳全市

* 收稿日期: 2016-03-23 修回日期: 2016-06-07

基金项目: 国家测绘地理信息局重点实验室开放研究基金(GCWD201403)

作者简介: 贾小斌(1982-),男,河南南阳人,博士后,主要从事城市地质灾害与防灾减灾研究。

E-mail: jiaxiaobin_123@126.com

面积 1 991.64 km², 下辖 6 个行政区(福田区、罗湖区、南山区、盐田区、宝安区、龙岗区)和 4 个新区(光明新区、坪山新区、龙华新区、大鹏新区), 下辖 57 个街道办事处、790 个居民委员会, 截至 2014 年末, 常住人口 1 077.89 万人, 其中户籍人口 332.21 万人^[1]。研究区位置如图 1 所示。

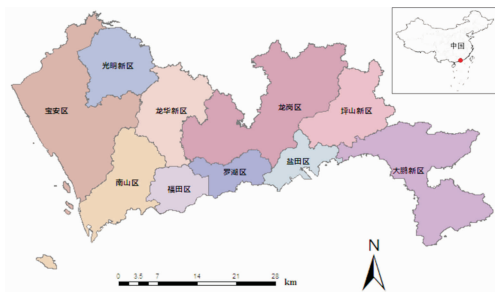


图 1 研究区位置图

1.2 数据源情况

本研究的基础资料主要涉及地面坍塌事故数据和降雨量数据等。

(1)地面坍塌事故数据。本文研究的基础资料为 2013–2015 年期间深圳市发生的地面坍塌事故数据(简称“事故数据”, 下文同)共 595 起(由深圳市地面坍塌防治工作领导小组办公室收集, 简称“深圳市地防办”), 以“深圳市地防办”成立时间(2013 年 8 月 31 号)为分界线将该数据分为 2 种情形: ①2013 年 1 月 1 日–2013 年 8 月 31 日期间数据共 134 起, 只有基本的位置和时间信息, 简称“未调查数据”, 下文同; ②2013 年 9 月 1 日–2015 年 12 月 31 日期间的数据共 461 起, 由地面坍塌事故应急专家进行现场详细调查, 信息比较完善, 具有精确的空间位置以及发生时间、形成原因、规模大小、破坏情况、应急过程等信息, 简称“已调查数据”, 下文同。图 2 所示为深圳市 2013–2015 年期间发生的地面坍塌事故数据空间分布图, 其中红色圆点代表“已调查数据”, 蓝色圆点代表“未调查数据”。

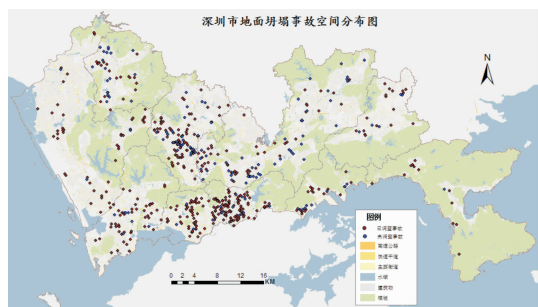


图 2 深圳市地面坍塌事故空间分布图(2013–2015 年)

(2)降雨量数据。主要为深圳市 2013–2015 年的月面降水量, 主要用于与地面坍塌事故数量

进行对比分析。资料来源: 深圳市气象数据网(<http://data.szmb.gov.cn/>)。

2 时间分布

地面坍塌是指地表岩、土体受自然因素作用或人类工程活动影响向下塌落, 并在地面形成坍塌坑(洞)而造成灾害的一种现象或过程。地面坍塌事故通常主要有岩溶塌陷^[2–3]、采空塌陷^[4–6]、黄土湿陷^[7–9]、工程塌陷等 4 种类型, 其中工程塌陷是指由于城市化进程的加快, 城市经济活动和工程强度加大, 地表、地下基础工程建设直接诱发或间接导致的地面坍塌^[9]。结合应急专家的现场调查与后期统计分析, 当前深圳市地面坍塌事故类型为工程塌陷。

(1)年度分布。图 3 所示为 2013–2015 年深圳市地面坍塌事故数据统计图, 3 年来深圳市共发生 595 期地面坍塌事故, 其中 2013 年 215 起、2014 年 245 起、2015 年 135 起。从年际分布来看, 2013–2014 年地面坍塌事故呈上升趋势, 2014–2015 年则呈下降趋势, 2014 年事故数量最多, 处于峰值位置, 2015 年事故数量最少。由于近年来深圳市人口的急剧增长, 大规模城市建设的开展, 以及城市地铁等地下工程建设全面展开, 地下施工震动大, 过量抽取地下水, 对岩土层破坏显著, 地表常因此失稳, 导致地面坍塌频繁发生。

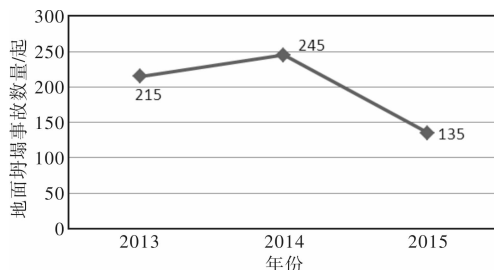


图 3 深圳市地面坍塌事故年度分布特征

(2)月面分布。图 4 所示为 2013–2015 年各月地面坍塌事故数量分布。从年内各月分布来看, 一年 12 个月基本都有地面坍塌事故发生, 最大单月发灾数量为 2013 年 5 月共 89 起, 最小单月发灾数量为 2013 年 2 月为 0 起, 地面坍塌主要发生在汛期(3–9 月), 在 4–8 月尤为严重。坍塌事故汛期共发灾为 437 起, 非汛期发灾 158 起, 汛期地面坍塌事故占总发灾数的 73%。

(3)与降水量的分布关系对比。图 5 所示为 2013–2015 年深圳市各月地面坍塌事故数量(为了更有效展示与降雨量的关系, 本研究对事故数量进行 10 倍处理)与当月降雨量进行对比分析, 可

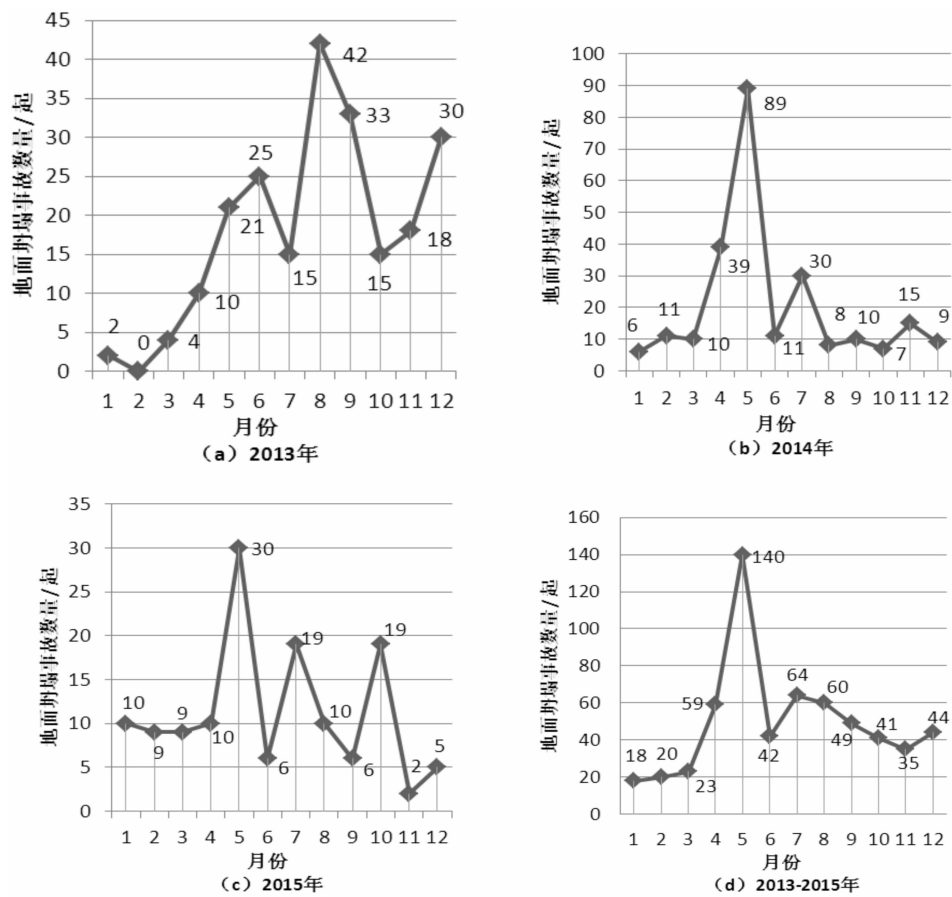


图4 深圳市地面坍塌事故月面分布特征

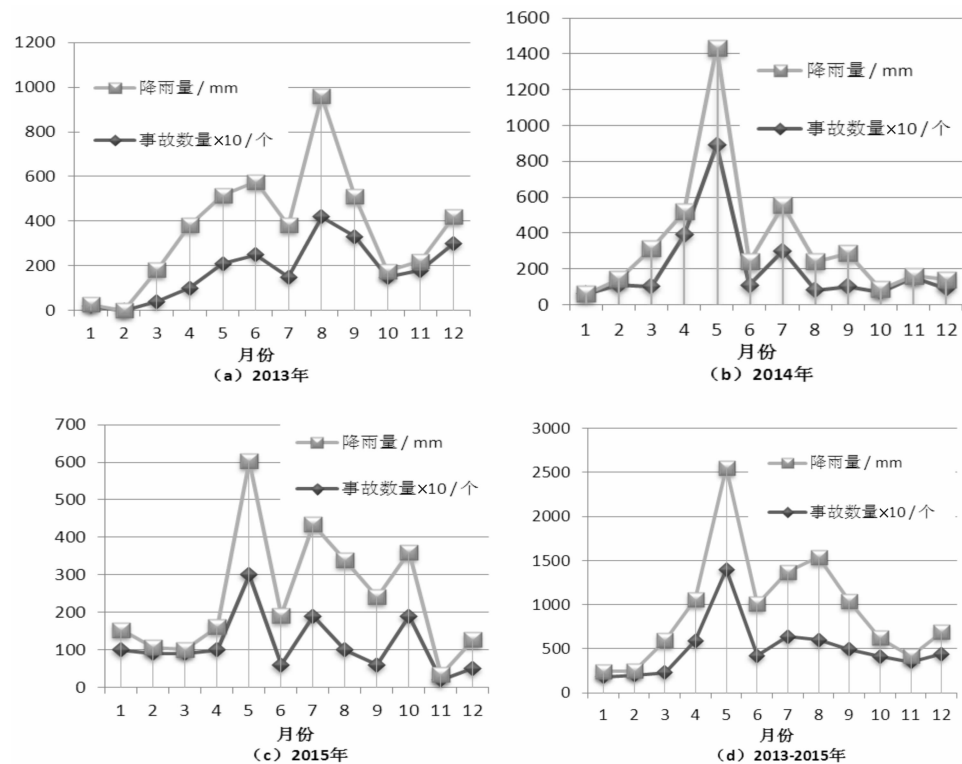


图5 深圳市各月地面坍塌事故数量与降水量分布关系对比

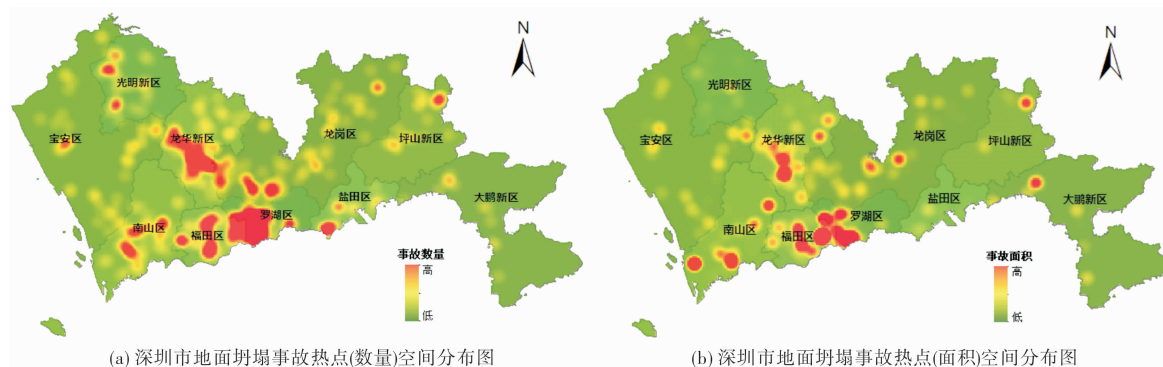


图6 深圳市地面坍塌事故热点分析

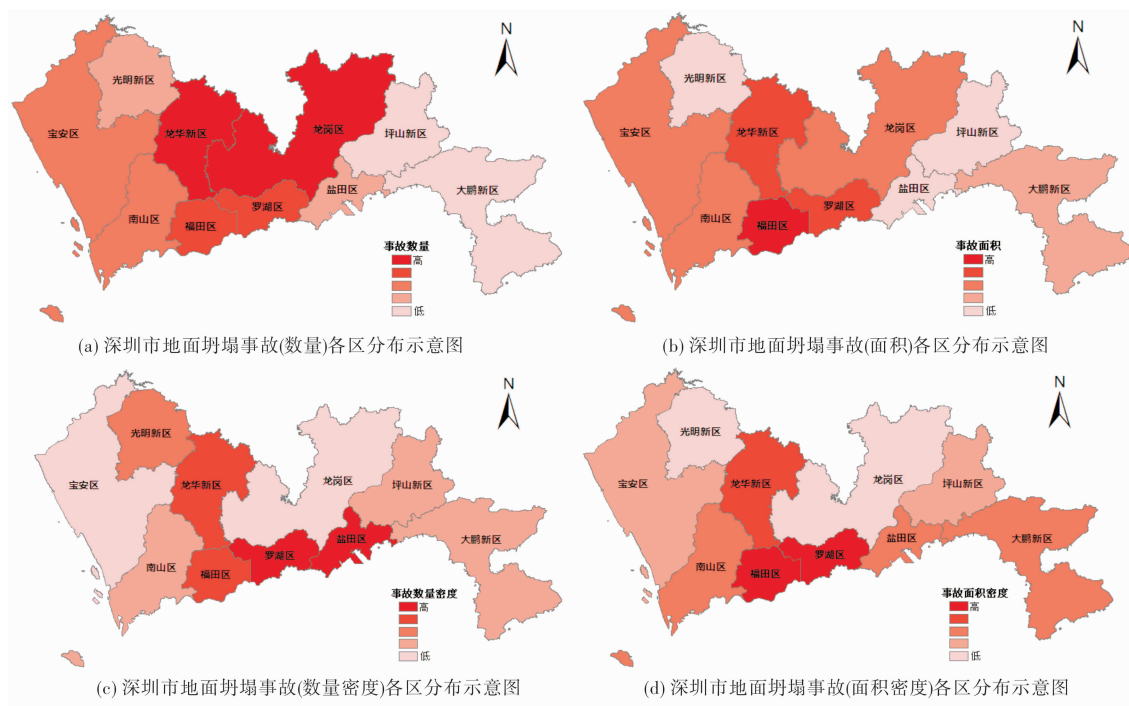


图7 深圳市地面坍塌事故各区分布对比

以看出各月发灾数量与降雨量分布趋势基本一致,成正比例分布。其中 2014 年 5 月深圳市降雨量和地面坍塌发灾数量均达到最大值。可见连续性的强降雨天气或暴雨也是地面坍塌最常见最主要的诱发因素。

3 空间分布

(1) 整体分布情况

深圳市地面坍塌事故各区都有发生,主要分布在建成区,几乎全部发生在道路与建筑物覆盖的地区,如图 2 所示。图 6 所示为应用 GIS 空间分析手段分别以数量和面积为依据的深圳市地面坍塌事故热点分布图,可以看出福田区、罗湖区、龙华新区局部发灾密集,具体是福田区的中心区、华强路、红岭路、梅林路、香蜜湖路、中航一路等;罗湖区的东部区域,如春风路、北环大道、

清水河、红岗路、爱国路、水贝路等;龙华新区的中南部区域,如龙华街道的建设路、东环路、人民路等,民治街道的民清路、梅龙路等,大浪街道的华荣路、浪荣路等。

(2) 各区分布对比

图 7 所示为应用 GIS 空间分析手段对深圳市各区地面坍塌事故分别以发灾数量、面积、数量密度(发灾数量/建成区面积)、面积密度(发灾面积/建成区面积)为依据进行的分类分级展示图。在数量上,龙华新区和龙岗区最多,坪山新区和大鹏新区最少,这是由于龙岗区建成区面积最大,龙华新区近年来工程建设开发较多;在面积上,福田区最大,龙华新区和罗湖区次之,盐田区、光明新区和坪山新区最大,罗湖区和福田区为老城区,地下管线和道路等基础设施老化;在数量密度上,罗湖区和盐田区最大,龙岗区和宝安区最小,这是由于盐田区建成区面积最小,龙岗区和

宝安区建成区面积最大；在面积密度上，罗湖区和福田区最大，龙岗区和光明新区最小。可以看出，深圳市地面坍塌事故主要发生在基础设施比较老化破损的老城区（如罗湖区和福田区）和近年来工程建设力度较大的新城区（如龙华新区）。

(3) 详细位置

通过对本研究的“已调查数据”按发灾详细位置进行统计分析，深圳市地面坍塌事故主要分布在道路、住宅小区、商业街区、绿化带、工地、工业园区、企事业单位、公园等位置。分布于道路、住宅小区、商业街区、事故共 400 起，占到总发灾数的 86.8%，可见地面坍塌事故在人口活动密集的地方发灾严重；道路上的事故发灾数量最多，共 294 起占总数的 63.8%，其中人行道上 97 起，可见事故对车辆和行人威胁较大；道路上事故的 294 起中有 97 起位于交叉口处，由于该位置老化破损严重易发生地面坍塌事故。表 1 所示为深圳市地面坍塌事故详细位置统计分析结果。

4 危害特征

对本研究中 2013 年 9 月 1 日 - 2015 年 12 月 31 日期间发生的 461 起地面坍塌事故数据（“已调查数据”）进行有关规模大小和破坏情况等方面的危害特征分析如下。

(1) 规模大小

表 1 深圳市地面坍塌事故详细位置分布

	道路	住宅小区	商业街区	绿化带	工地	工业园区	企事业单位	公园
事故数量 / 起	294	63	43	32	9	9	7	4
百分比 / %	63.8	13.7	9.3	6.9	2.0	2.0	1.5	0.9

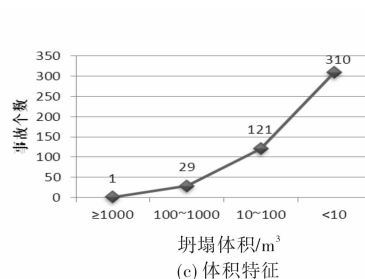
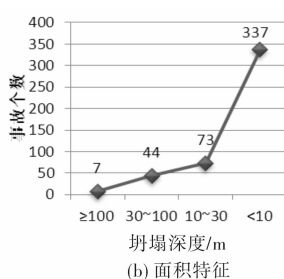
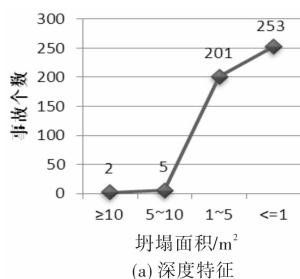


图 8 深圳市地面坍塌事故规模大小

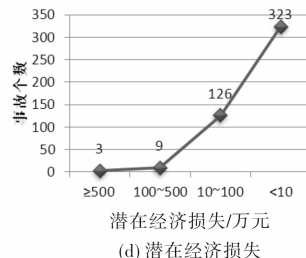
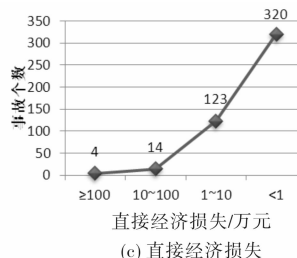
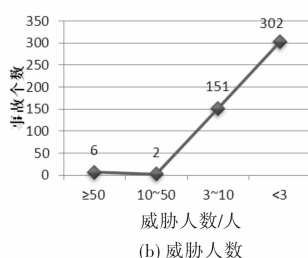
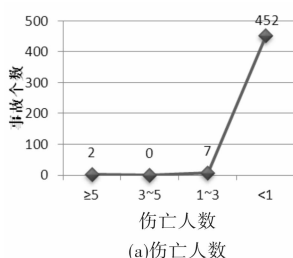


图 9 深圳市地面坍塌事故破坏情况

通过对本研究的“已调查数据”进行发灾规模大小（深度、面积和体积）的统计分析，如图 8 所示，在深度分布特征上，事故绝大部分集中深度在 5 m 以下，占总数的 98.5%，5 m 以上占总数的 1.5%；在面积分布特征上，小于 10 m² 占总数的 73.1%，小于 100 m² 占总数的 98.5%，100 m² 以上占总数的 1.5%；在体积分布特征上，小于 10 m³ 占总数的 67.2%，小于 1 000 m³ 占总数的 99.8%，1 000 m³ 以上占总数的 0.2%。可见深圳市地面坍塌事故是人类活动引起的一种城市灾害，不属于地质灾害；单起事故绝大部分面积在 100 m² 以内且体积在 100 m³ 以下，影响范围不广。

(2) 破坏情况

通过对本研究的“已调查数据”进行破坏情况（伤亡人数、威胁人数、直接经济损失和潜在经济损失）的统计分析，如图 9 所示，在伤亡人数上，无人员伤亡占总数的 98.0%，3 人以下占总数的 99.6%，5 人以上占总数的 0.4%；在威胁人数上，3 人以下占总数的 65.5%，10 人以下占总数的 98.3%，10 人以上占总数的 1.7%；在直接经济损失上，1 万元以内占总数的 69.4%，10 万元以内占总数的 96.1%，10 万元以上占总数的 3.9%；在潜在经济损失上，10 万元以内占总数的 70.0%，100 万元以内占总数的 97.4%，100 万元以上占总数的 2.6%。

5 结论

本研究综合应用事故现场调查、数据统计分析以及 GIS 空间分析等手段对深圳市地面坍塌灾害进行了有关时空分布和危害特征方面的研究, 相关结论如下。

(1) 深圳市地面坍塌灾害主要是由城市化进程中的人类工程活动引起, 其主要类型为工程塌陷。

(2) 深圳市地面坍塌事故近年来发生频繁, 据不完全统计, 2013 - 2015 年共发生事故 595 起, 基本上各月都有发生, 汛期多于非汛期, 尤其以 4 - 8 月为最, 各月发灾数量与降雨量分布趋势基本一致, 成正比例分布。

(3) 深圳市地面坍塌事故基本发生在建成区但整体分布不均, 在福田区和罗湖区等老城区以及龙华新区等近年来城市开发活动剧烈的新城区的局部区域分布密集, 在详细位置上主要分布在道路、住宅小区、商业街区、绿化带、工地、工业园区、企事业单位、公园等地方, 位于人口活动密集的道路、住宅小区、商业街区的事故占总数的 86.8%, 道路交叉口和人行道易发生地面坍塌事故。

(4) 2013 - 2015 年深圳市发生的地面坍塌事故 595 起(据不完全统计)中, 共造成 7 人死亡, 9 人受伤, 威胁人数达 1 441 人, 预估威胁财产 7 167.5 万元。地面坍塌事故中, 深度小于 5 m、面积在 100 m² 以内、体积在 100 m³ 以下、占总数的 98.5%, 伤亡人数小于 3 人、威胁人数在 10 人以内、直接经济损失在 10 万元以下、潜在经济损失

在 100 万以内占总数的 96.1%, 深圳市地面坍塌灾害是一种城市灾害, 虽然单起事故影响范围不广, 但由于其多分布在人口高度集中的地区, 因此危害程度依然不容小觑。

致谢: 本文在撰写的过程中得到了深圳市地面坍塌防治工作领导小组办公室和深圳市地质环境监测中心各位同事真诚的帮助, 在这里表示衷心地感谢!

参考文献:

- [1] 深圳政府在线. 深圳概貌[EB/OL]. (2015 - 11 - 26)[2016 - 03 - 16]. http://www.sz.gov.cn/cn/zjsz/szgl/201511/t20151126_3368520.htm.
- [2] 康彦仁. 中国南方岩溶坍塌研究[M]. 南宁: 广西科技出版社, 1990.
- [3] 易顺民. 广东省地面坍塌特征及防治对策[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2007, 18(2): 127 - 131.
- [4] 赵允辉, 谢应强. 广西新洲矿采空区坍塌的成因与机理探讨[J]. 中国地质灾害与防治学报, 1997, 8(S1): 196 - 203.
- [5] 黄虎城, 吴有霞, 吕国军, 等. 大同煤矿采空区坍塌成因分析及防治方法[J]. 中州煤炭, 2009, 57(1): 26 - 28, 40.
- [6] 纪万斌, 尹训河. 采空区坍塌的成因机理及防治策略[J]. 中国地质灾害与防治学报, 1998, 9(3): 60 - 65.
- [7] 孙建中. 黄土的湿陷性及其与湿度的关系[J]. 水文地质工程地质, 1957, 1(11): 18 - 21.
- [8] 孙广忠. 中国西北几个地区黄土性质的初步研究[J]. 水文地质工程地质, 1957, 1(5): 1 - 8.
- [9] 郭见杨. 关于湿陷原因的研究[J]. 水文地质工程地质, 1958, 1(4): 8 - 11.
- [10] 刘江龙, 刘会平, 吴湘滨. 广州市地面塌陷的形成原因与时空分布[J]. 灾害学, 2007, 22(4): 62 - 65.

Analyzing the Distribution Characteristics of the Ground Collapse Hazard in Shenzhen

JIA Xiaobin

(1. Harbin Institute of Technology Shenzhen Graduate School, Shenzhen 518055, China;
2. Center for Assessment and Development of Real Estate, Shenzhen, Shenzhen 518040, China)

Abstract: In recent years, the ground collapse disaster occurred frequently in Shenzhen, analyzing the current situation characteristics deeply have a great significance for the work of prevention and control of the disaster. This research conducts a study about the reason and distribution characteristics for the ground collapse disaster by applying the research methods which containing the accident scene investigation, data statistics analysis and the spatial analysis in GIS, and so on. The results of this research showed that, the ground collapse disaster in Shenzhen is caused by human engineering activities; the main type is human engineering collapse. The ground collapse accident in Shenzhen occurred 595 cases between 2013 and 2015 according to incomplete statistics, most of them distributed in the flood season, especially took for most from April to August, the number of the accidents is basically consistent with the distribution of rainfall per month. The ground collapse accident in Shenzhen occurred in the built-up area but overall uneven distribution, the local areas of the old section of Futian and Luohu and the new section of Longhua which the activities of urban development were violent in recent years have intensive distribution, mainly located in roads, residence communities, green belts, construction sites, industrial zones, enterprises or institutions, parks in the detailed positions, the proportion of the accidents which occurred in roads, residence communities and commercial street accidents accounted for 86.8% in total, the road intersection and sidewalk happens the ground collapse accident easily. The ground collapse accidents in Shenzhen which depth less than 5m, area within 100 m² and volume below 100 m³ accounted for 86.8% in total, and casualty less than 3, number of threat within 10, direct economic losses below RMB 100000, and potential economic losses less than RMB 1000000 accounted for 96.1% in total, therefore, the ground collapse disaster in Shenzhen is a kind of shallow urban disaster, the single accident impacts a narrow range, but due to most of them occurred in highly populated areas, so the degree damage degree still cannot be underestimated.

Key words: ground collapse; temporal and spatial distribution; risk characteristics; Shenzhen