

地质灾害风险评估和成果应用研究—以深圳市龙岗区为例

金松燕 赵娜 张碧嘉 刘宇舟 王雨蒙

深圳市城市公共安全技术有限公司 广东 深圳 518000

摘要: 地质灾害是严重影响我国的自然灾害之一。随着城镇化的发展, 基础设施建设加快, 人口密度激增, 城市建设中面临崩塌/滑坡、地面沉降、地面塌陷等多种地质灾害的影响, 防治难度大, 给人民生命财产带来了极大的威胁。地质灾害的风险评估为防灾减灾提供了理论依据, 从一定程度上减少了灾害的发生。本文以深圳市龙岗区的地质灾害风险评估区划为例, 分析了地质灾害的影响, 阐述了龙岗区地质灾害风险评估的技术方法和成果, 并依据评估结果, 结合文献分析, 提出了城市地质灾害风险评估在城市规划、工程建设、监测预警、灾害防治、减灾能力提升、应急处置等方面应用的意见和建议。

关键字: 城市地质灾害; 证据权模型; 风险评估; 防灾减灾

1 前言

地质灾害具有突发性和难以预测性, 对人民生命财产存在巨大的威胁, 受到了国内外学者的广泛关注^[1-5]。地质灾害种类繁多, 常见的包括地震、崩塌/滑坡、泥石流、岩溶塌陷、地面沉降等多种类型。我国在90年代后期开始对地质灾害风险评估方法进行了初步的研究, 形成了具体的理论模型^[3-4]并应用于现实事例^[5]。本文以深圳市龙岗区的地质灾害风险评估为例, 总结了城市地质灾害评估过程和评估结果, 并提出了地质灾害风险评估的应用前景, 为提高城市防灾减灾能力, 减少人员伤亡和财产损失提供了理论参考。

2 地质灾害影响分析

龙岗区的地质以沉积岩和火成岩为主, 沉积地层的时代主要有元古界长城系、蓟县系-青白口系, 古生界泥盆系、石炭系, 中生界侏罗系、白垩系, 新生界古近系、第四系等; 火成岩地层以白垩纪、侏罗纪为主。该区域的地层处于莲花山断裂带的西南侧, 因此构造、岩浆岩活动和变质作用频繁, 导致地层的缺失、岩体破碎, 不连续现象严重, 除中-新生代地层外的其他地层都

第一作者简介: 金松燕, 女, 深圳市城市公共安全技术有限公司研发中心(院士办)(深圳市福田区福华1路大中华国际交易广场10楼), 测绘工程师, 硕士学位, 主要从事机载激光雷达、地理信息系统方面的研究, jinsy@szsti.org。

通讯作者: 赵娜, 女, 深圳市城市公共安全技术有限公司防灾与应急研究所(深圳市福田区福华1路大中华国际交易广场10楼), 海洋环境工程师, 博士学位, 主要从事自然灾害防灾减灾和应急方面研究, zhaona@szsti.org。

有不同程度的变质作用, 在连续暴雨的影响下易造成边坡失稳。2008年6月, 深圳市普降大雨, 6月29日木虎贝山由于强降雨地表水的迅速补给, 坡体水分超饱和, 加之边坡的坡率远远大于规范要求的允许坡率, 山体的下滑力超过边坡的抗滑力时, 发生了山体滑坡, 造成五层楼体整体倾向西北侧位移垮塌^[1]。

3 深圳市龙岗区地质灾害风险评估

3.1 数据来源

3.1.1 地质灾害(隐患)点数据

龙岗区地质灾害风险评估的是在在1:5万地质灾害详细调查的基础上, 结合历史地质灾害点、市区级防治规划和防治方案记录的隐患点, 使用地质灾害遥感解译进一步对地质灾害(隐患)点样本进行复核, 最终得到地质灾害(隐患)点样本数据。包括地质灾害(隐患)点的具体位置、坡长、坡高、坡度、岩土性质、隐患等级、危险性大小、威胁对象、影响大小以及防治记录等相关信息。

3.1.2 环境背景数据

地质灾害风险评估需要的环境背景数据包括地质构造、地层岩性和结构、地表高程、植被覆盖以及人类工程活动历史记录等相关数据。其中地质构造数据来源于早期的区域地质调查成果数据, 包括断层的分布和活动性特征、地层岩性和地理分布特征、岩土体类型和稳定性特征等; 高程数据来源于机载LiDAR点云数据, 并对历史资料记录的灾害点和隐患点坡度进行了复核; 地表覆盖数据来源于2020年Worldview3遥感数据; 人类工程活动记录来源于历史遥感影像, 以及相关文件记录。

3.1.3 降雨量数据

降雨量数据来源于省气象站提供的三洲田水库站、

深圳水库站、清林径水库站和龙岗基地4个气象站点的雨量数据，利用统计分析方法分别计算了各个站点重现期为10/20/50/100年的降雨量值，用以分析评估地质灾害危险性。

3.1.4 承载体数据

承载体包括建筑物、道路交通和和其他生活设施（输电/水/油气管线等），其中建筑物的分布、房屋结构、层高、房屋用途等数据来源于自然灾害综合风险普查的专项成果（图2）；路网分布、道路性质、等级等相关数据来源于交通设施专项调查成果；另外还获取了龙岗区特色调查的输电、供排水设施、油气管线等承灾体的分布和特征指标数据。

3.2 评估方法和评估结果

3.2.1 易发性评价

地质灾害易发性是指一定区域内由孕灾地质条件控制的地质灾害发生的可能性。易发性评价是基于地质灾害（隐患）点样本空间分布，综合地形地貌、高程、地层岩性、断层、土地覆被等数据，依照《地质灾害风险调查评价技术要求（1：50000）（试行）》^[6]中的方法介绍，通过证据权模型方法得到各评价因子等级的权重值^[2]，将权重值与上述坡度、高程、岩土体类型、断层特征和地表覆被因子等各个等级区间进行乘加运算，得到龙岗区斜坡类地质灾害易发性评价数值结果。龙岗区地质灾害易发程度等级划分为高易发区、中易发区、低易发区3个等级（图1）。

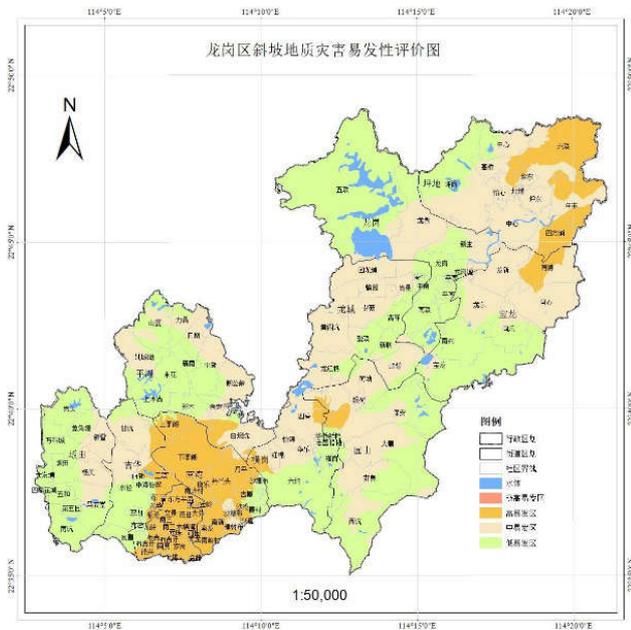


图1 龙岗区地质灾害易发性评价结果

3.2.2 危险性评价

地质灾害危险性是指在某种诱发因素作用下，一定区域内某一时间段发生特定规模和类型地质灾害的可能性。将10年、20年、50年、100年重现期降雨量与2008年6月暴雨中最高一天雨量309.5毫米相除获得每个基础网格的降雨指数^[1]。降雨指数与易发性叠加计算获得每个重现期下的地质灾害危险性。进而，利用自然间断法，将危险性评价定性划分为高风险、中风险、低风险3级（图2）。

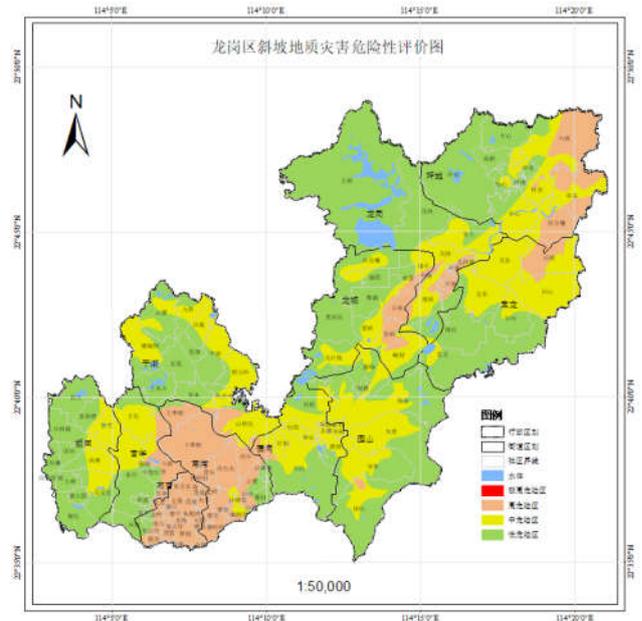


图2 龙岗区地质灾害危险性评价结果

3.2.3 易损性评价

地质灾害易损性评价是对地质灾害可能威胁的人员、财产进行综合评价，依照《地质灾害风险调查评价技术要求（1：50000）（试行）》附录M.2中对重点调查区易损性评价的要求，确定地质灾害易损性等级。选择10米×10米的尺寸空间分辨率栅格单元作为评价单元。参照《赋值建议表》对人口、建筑物、地铁线路、城际轨道交通、高速公路、输电线路、输水管线、油气管线等不同类型的承灾体类型进行赋值，将基础网格内对不同承灾体易损性进行权重叠加计算，获得综合易损性评价图。采用自然间断法进行归一化处理，将易损得分赋值后的计算结果，结合龙岗区实际情况，划分为高易损、中易损、低易损三级进行分类，得到承灾体的易损性评价结果。

3.2.4 风险评估

地质灾害风险评价是在地质灾害危险性和易损性评价结果基础上，采用矩阵分析方法叠加运算。矩阵分析参照《地质灾害风险调查评价技术要求（1：50000）（试行）》附录M.4之规定。斜坡类地质灾害的高风险区

分布于龙岗区东南部、中部、西部(图3)。

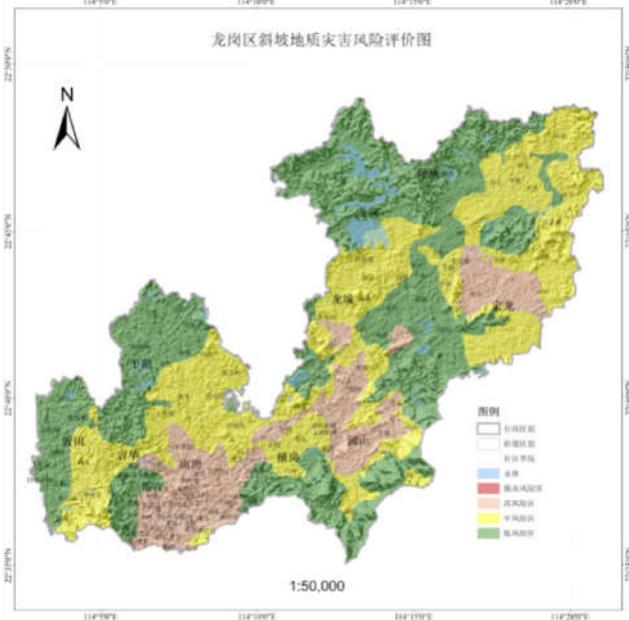


图3 龙岗区地质灾害风险评价图

4 城市地质灾害风险评估成果应用

相比于山区,城市地质灾害规模较小,但由于城市发展迅速,人员密集、承灾体集中,地质灾害对人民生命财产的威胁影响大,精准化的监测预警和精细化的灾害治理需求极为迫切。对于地质灾害的评估从早期的易发性评估扩展到危险性、风险等级的评估,进一步强化了风险的概念和重要性。本文通过文献查阅,简要分析了地质灾害风险评估成果的应用方向。

4.1 城市规划和工程建设

在进行城市规划的早期,对城市进行包括地质灾害在内的自然灾害综合风险评估,了解城市的人口、经济、房屋建筑、生命线工程等设施与自然环境之间的相关性和相互影响作用,全面评估各类承灾体的综合风险,剖析不同区域的风险等级,充分考虑自然灾害与经济发展之间的关系,制定以保障人民生命财产安全的宜居城市为目的的城市规划方案,能有效的规避自然灾害在城市建设和发展过程中的不利影响。

4.2 建成区的监测预警和灾害防治

对于斜坡类地质灾害,政府进行了全面的工程治理,对已治理的边坡工程进行了进一步的现场勘查,评估了边坡的稳定性以及对周边地物和人类活动的影响,将已消除隐患的边坡予以核销。对于不能核销的边坡隐患,结合风险评估结果进一步划定重点区域,加强汛期的巡查和群测群防工作,同时布设自动化监测预警设备,搭建监测预警平台,实时记录地下水位、地表和深

部位移、边坡斜率等指标,动态监测降雨、人工扰动等诱发因素对边坡稳定性的影响,通过监测预警系统平台,及时发布单点地质灾害预警预报。

4.3 减灾能力提升

地质灾害风险普查对灾害的管理能力、监测预警能力、工程设防能力、物资储备能力、应急救援能力、转移安置能力等各方面进行了调查评估,全面摸清了区域内自然灾害的应对能力。

4.4 应急处置

区域风险评估指导城市规划和宏观层面的减灾资源调配,灾害来临时的应急处置需要更为精准的风险评估提供参考依据。依据地质灾害风险评估成果,建立动态化的信息获取平台,结合空-天-地监测预警感知体系,全面获取致灾因子、承灾体特征、人类活动等指标的动态变化趋势,建立动态灾害风险评估体系,能在灾害来临前出具区域性风险评估结果,提供更精准的预警预报,为应急指挥、应急救援、临灾处置提供可视化的理论依据。

5 结论

本研究结合风险普查的致灾因子调查、重点隐患排查、减灾能力调查、房屋建筑和交通设施等承灾体调查以及供排水设施等生命线调查成果,利用证据权模型和层次分析等方法,结合LiDAR点云地质灾害解译和ArcGIS空间分析,开展了地质灾害的易发性、危险性和风险评估,并进行了风险区划和防治区划。

风险评价结果为指导地质灾害防治与应急减灾工作开展奠定了坚实的数据基础,提供了可靠的科学依据,可应用于城市规划和工程建设,从源头上控制灾害影响的可能性。对于建成区域以风险评估和区划成果为依据,建立精准的监测预警系统网络,制定精细化防灾减灾资源分配方案,切实提升基层防灾减灾力量,全面加强城市减灾能力。

参考文献

- [1] Rossi M, Luciani S, Valigi D, Kirschbaum D, Brunetti M T, Peruccacci S, Guzzettia F. Statistical approaches for the definition of landslide rainfall thresholds and their uncertainty using rain gauge and satellite data [J]. Geomorphology, 2017, 285(15):16-27.
- [2] Kavzoglu T, Sahin E K, Colkesen I. Landslide susceptibility mapping using GIS-based multicriteria decision analysis, support vector machines, and logistic regression [J]. Landslides, 2014, 11(3): 425-439.
- [3] 张梁.地质灾害风险评估理论与方法[J].中国地质矿产经济,1996,(04):40-45+14.