

基于 GIS 的建设项目地质灾害危险性评估

谈树成, 金艳珠, 虎雄岗, 蒋顺德, 冯 龙

(云南大学 地质研究所, 云南 昆明 650091)

摘要:为防灾减灾, 研究建设项目地质灾害危险性评估势在必行。以云南省某县的建设项目为例, 将 GIS 技术引入, 综合考虑研究区地形地貌、地层岩性、地质构造、工程地质条件、水文地质条件、人类工程活动等有关地质灾害的影响因素, 判断评估区地质环境条件复杂程度。在此基础上, 分别从地质灾害危险性现状评估、预测评估和综合分区评估逐一论述, 将评估区划分为地质灾害危险性大区 and 地质灾害危险性中等区, 并针对拟建项目提出相关的防治措施。得出: 评估区现状地质灾害中等发育, 工程建设及运营过程中可能加剧、引发和遭受的地质灾害危害性及危险性中等至大, 建设用地总体适宜性为基本适宜。

关键词:建设项目; 地质灾害; 危险性评估; GIS

文章编号:1003-8035(2012)04-0047-06

中图分类号:P642

文献标识码:A

0 引言

近年来, 大量的自然资源被大规模的开发利用, 随之而来的便是生态环境的不断恶化, 自然灾害的频繁发生。其中, 由人类工程活动引发的地质灾害问题最为突出, 常常造成重大的损失。据不完全统计, 2011 年 1 ~ 5 月, 全国共发生地质灾害 442 起, 其中滑坡 158 起、崩塌 147 起、泥石流 20 起、塌陷 97 起、其他地质灾害 10 起, 共有 51 人死亡失踪, 造成直接经济损失达 5.17×10^8 元^[1]。与 2009 年同期相比, 造成的人员伤亡和社会经济损失都呈放大趋势。因此, 为防灾减灾, 针对一般建设项目作地质灾害危险性评估势在必行。

建设项目地质灾害危险性评估涉及到多来源多比例尺的海量的数据融合问题, 是一个复杂的多源地质信息综合处理过程, 传统的方法和技术手段已不能完全应付目前日益严重的地质灾害问题, 需要采取更加先进的技术。而 GIS 作为处理地球表面空间数据之强有力且快速有效的工具, 其发展为地质灾害评估打开了新的思路与方法。近年来, 国内外有关学者运用 GIS 技术在地质灾害方面的研究成果较多^[2-7]。这些已有的研究成果, 均为本研究提供很好的理论基础和方法借鉴。云南省作为全国地质灾害发生频率较高的省份之一, 每年因地质灾害造成的经济损失巨大。鉴于此, 本次研究以云南省某县的垃圾综合处理场建设项目为例, 尝试将 GIS 技术引入到建设项目地质灾害危险性评估工作中, 以期对地质灾害的防治提供技术支撑。

1 研究区地质环境概况

由于影响地质灾害的基本因素错综复杂且没有界限值, 具有一定的不确定性、模糊性, 但各影响因素之间又具有明显的空间相关性, 均来自自然界的四大圈层。本研究主要从地形地貌、地层岩性、地质构造、工程地质条件、水文地质条件和人类工程活动等影响因素分析研究区的地质环境条件。

1.1 地形地貌

评估区处一北东高南西低整体向西倾斜的陡坡地形, 属中低山丘陵地貌单元。地形起伏较大, 坡度约 $18^\circ \sim 25^\circ$, 较陡地段为 $25^\circ \sim 35^\circ$ 。高程在 431 ~ 541m, 最大高差 110m (工程建设区内最大相对高差约 42m)。场地现状用地为耕地和林地, 主要种植小麦、蔬菜等, 西南角分布一些竹林, 植被覆盖良好, 总体较发育。评估区地形地貌复杂。

1.2 地层岩性

据 1:20 万区域地质调查报告、场地岩土工程勘察报告(初勘)及本次现场调查: 评估区浅部出露第四系残坡积层(Q_4^{el+dl})粉质粘土, 表层为第四系耕植

收稿日期:2012-04-25; **修订日期:**2012-06-19

基金项目:教育部“春晖计划”科研项目(Z2008-1-65001); 国家基金重点项目(U0933603); 国家自然科学基金项目(41262004)

作者简介:谈树成(1970—), 男, 教授、博士, 云南大学资源环境与地球科学学院, 地质学、地理信息系统专业。

E-mail:378088785@qq.com

土(Q_4^{pd})层,东侧乡镇公路沿线分布人工填土(Q_4^{ml}); 质粉砂岩。评估区地层岩性及分布特征见表1。
下伏基岩为侏罗系中统沙溪庙组(J_2s)砂岩、泥岩、泥

表 1 评估区地层岩性特征表
Table 1 Lithological features list of evaluation area

时代成因		岩土层 编号	厚度(m)	岩性	工程地质特征	空间分布
名称	代号					
第四系 残积层	Q_4^{ml}	①	0.5~1.5	人工填土	由碎块、碎石组成,结构松散	分布在评估区东侧在建乡镇公路地段
	Q_4^{pd}	②	0.5~1.0	耕植土	紫红色,主要由泥岩全风化物组成,已风化呈土状,上部可见少量植物根须,结构松散。	评估区中部地表
	Q_4^{el+dl}	③	8.0~10.5	粉质粘土	紫红色、湿,可塑-硬塑,含少量全风化泥岩小颗粒,混夹泥质粉砂岩。结构较松散,分布较为连续。	全场地均有分布
侏罗系中统 沙溪庙组	J_2s	④	0.9~3.4	砂岩、泥岩、 泥质粉砂岩	灰白、紫红色,主要由长石英、云母等矿物组成,细粒结构,薄-厚层状构造,岩芯多呈短柱状,柱状,长柱状,陡倾角裂隙较发育,裂隙面粗糙	整个评估区下伏基岩

1.3 地质构造

评估区区域上处于“川滇南北向构造带”与“四川盆地新华夏系沉降带”交接地带,地质构造发育。区域构造线方向以近南北向和北东向为主,对全区的地形地貌、水系分布和构造演化起着控制作用。经实地调查及查阅相关地质资料,评估区内无褶皱和断裂发育,地质构造不发育。

1.4 工程地质条件

根据场地岩土体工程地质勘察报告,结合区域地质资料和评估区岩性组合、结构特征、岩土体坚硬程度及工程力学性质等要素,进行岩土体类型划分。将整个评估区分布的岩土体划分为松散土体Ⅰ和岩体Ⅱ两大类。土体为耕土、块石、粉质粘土多层土体Ⅰ,主要由第四系耕植土、砂岩块石和残坡积层组成;岩体为软质薄-中厚层状强风化泥岩、泥质粉砂岩岩组Ⅱ₁,为侏罗系中统沙溪庙组(J_2s)泥岩、泥质粉砂岩组成;坚硬中厚层状中风化砂岩岩组Ⅱ₂,为侏罗系中统沙溪庙组(J_2s)砂岩组成。评估区岩土体工程地质特征见表2;评估区岩土体工程地质剖面图见图1(图3的D-D'剖面)。

1.5 水文地质条件

根据地下水的赋存形式、水理性质及水力特征,将地下水类型划分为松散岩类孔隙水和基岩裂隙水两种。孔隙水以大气降水为主要补给,雨季水位高时,主要在评估区以外东部山区接收补给,一部分以渗溢形式向评估区西侧的坡脚排泄;另一部分下渗补给下伏基岩裂隙。裂隙水以大气降水、孔隙水下渗补给为主,水流顺坡向排泄至场地外围的西侧地势较低

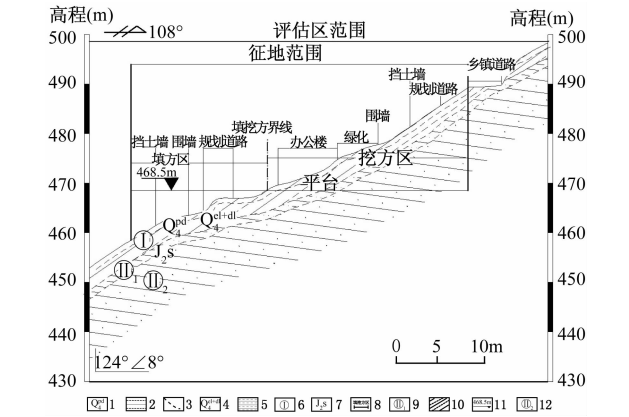


图 1 评估区地质工程剖面图
Fig. 1 Geological engineering section of evaluation area
1 - 耕植土;2 - 泥质粉砂岩;3 - 推测地形界线;4 - 第四系残坡积层;
5 - 砂岩;6 - 耕土、块石、粉质粘土多层土体;
7 - 侏罗系中统沙溪庙组:砂岩、泥岩、泥质粉砂岩;
8 - 填挖方区范围;9 - 软质薄-中厚层状强风化泥岩、
泥质粉砂岩岩组;10 - 第四系粉质粘土;11 - 场地整平标高;
12 - 坚硬中厚层状中风化砂岩岩组

地带。评估区地下水埋藏浅,地表松散层厚度变化较大,缺少良好保护盖层,易遭受外来有害物质污染,地下水脆弱,水文地质条件复杂。

1.6 人类工程活动

据现场调查,评估区人类工程活动主要表现为耕种和修建道路,但随着工程项目的建设,场地在整平过程中将涉及到大规模的深挖高填活动,对地质环境改变较大。总体,人类工程活动对地质环境的影响强烈。

表 2 岩土体结构类型特征表

Table 2 Geotechnical engineering structure type characteristic list

岩土体类型	工程地质岩组	地层代号	主要岩性	结构面特征	工程地质特征	分布特征
土体	耕土、块石、粉质粘土多层土体 I	Q ^{ud}	耕植土	土岩界面为软弱结构面	属松散岩组。可塑 - 硬塑状态、湿。土质不均匀,力学强度高低不一,工程性质一般。土层多沿地势顺坡呈层状分布,厚度变化较大,易沿土岩界面产生滑坡。遇水易软化,产生浅表滑移;工程加载易产生不均匀沉降,边坡开挖时,易沿层面、土岩界面产生垮塌、滑坡	评估区地表浅部
		Q ₄ ^{el+dl}	残坡积层			
岩体	软质薄 - 中厚层状强风化泥岩、泥质粉砂岩岩组 II ₁	J ₂ ^s	紫红色泥岩、泥质粉砂岩	风化裂隙密集,结构面错综复杂,多填充粘性土,形成无序小块和碎屑	属软质岩石,层理发育,多呈薄层状,岩层斜向坡,浅部出露岩体多呈强风化状,岩体破碎,评估区内基岩埋深较小,0.9 ~ 3.4m,工程建设开挖易产生风化岩崩塌、滑坡灾害	评估区下伏基岩
	坚硬中厚层状中风化砂岩岩组 II ₂		灰白色、紫红色砂岩	细粒结构	岩质坚硬,薄 - 厚层状构造,岩芯多呈短柱状,柱状,长柱状。陡倾角裂隙较发育,裂隙面粗糙,风化后抗压强度明显降低,可引发崩塌或产生不稳定斜坡	

综合判定,研究区地质环境条件复杂,这些特殊的地质环境特征为地质灾害的发育提供极其有利的条件,可进一步促进或诱发各种地质灾害的发生。

2 基于 GIS 的地质灾害危险性评估

由于影响地质灾害的因素众多,其相互关系复杂,涉及到的数据信息庞大,而传统的技术在数据采集、输入、编辑、处理、分析、输出、显示及信息的实时更新方面显得比较落后。因此,本研究将 GIS 技术引入,可以有效地处理地质灾害危险性评估工作中的一系列问题。

2.1 评估模型的建立

针对评估区地形地貌、地层岩性、水文地质及工程地质条件,地质灾害分布及发育情况,不良工程地质作用等进行全面的野外实地调查,获取多源空间数据,利用 GIS 技术对地质灾害空间数据进行一体化管理。以此为基础,进行地质灾害危险性现状评估、预测评估及综合评估,制作地质灾害危险性综合评估图。最后,针对评估结果提出相关防治措施及建议。评估模型见图 2。

2.2 地质灾害危险性评估

2.2.1 现状评估

评估区现状发育潜在不稳定斜坡 1 个(BW1)、滑坡一个(H1),BW1 因人工开挖已出现临空面,H1 已出现滑坡体下滑现象,均处于不稳定状态。BW1 若失稳形成滑坡灾害,易危害乡镇公路及拟建场北东侧的建筑物安全;H1 若失稳易垮塌,危害乡镇公路及

拟建场地南东侧的建筑物安全。总体上评估区现状地质灾害中等发育。

2.2.2 预测评估

根据评估区地质环境条件和现状地质灾害或不良地质现象对工程可能造成的潜在危害,结合主要建筑物工程布设、工程活动方式、强度及工程运营方式等预测工程建设和运营可能加剧、引发和遭受地质灾害的危险性。

(1) 工程建设加剧地质灾害危险性的预测

评估区现状地质灾害中等发育,主要发育 BW1 潜在不稳定斜坡和 H1 滑坡。BW1 斜坡体物质组成为泥岩与泥质粉砂岩互层,上部为松散层覆盖,结构较松散,且外侧无支护。拟建工程建设过程中,机械振动可能加剧潜在不稳定斜坡失稳,从而产生松散层坍塌、风化岩滑坡等灾害,危害周边乡镇公路、附近区域及东侧拟建建(构)筑物安全。H1 滑坡上部为松散层,下部为风化岩,现状滑坡陡立,已出现滑坡体下滑现象,且无支护。在工程建设整平过程中,在施工开挖、振动及地表水影响下,会加剧其失稳,产生松散层坍塌、风化岩滑坡、崩塌灾害,危害周边乡镇公路、附近区域及南东侧拟建建(构)筑物安全。工程建设加剧 BW1 和 H1 活动的可能性、危害性及危险性中等至大。

(2) 工程建设及运营中可能引发的地质灾害危险性预测

拟建项目建设的工程活动方式以填挖方为主,它还有建筑物基槽(础)开挖等活动。①填方区可能

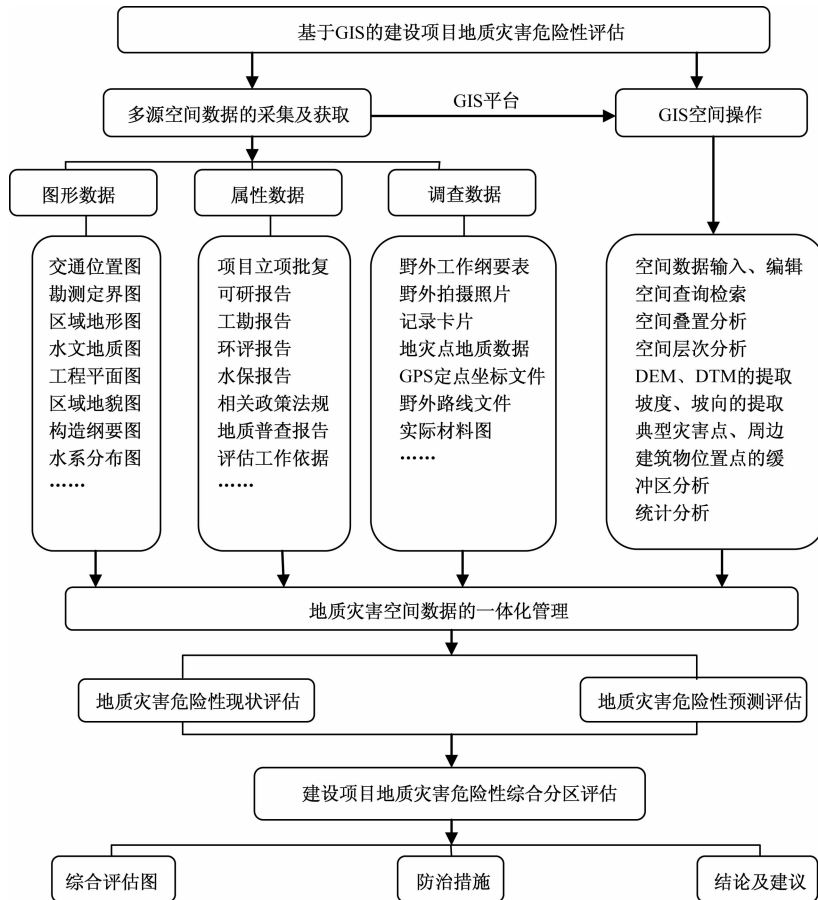


图2 基于GIS的建设项目地质灾害危险性评估模型

Fig. 2 Architecture of Geo-hazard evaluation of construction project based on GIS

引发填土滑坡、坍滑、填土不均匀沉降等灾害危害

拟建场地西侧为填方,填方过程中,易引发填方边坡失稳、填土体滑移产生的填土滑坡、填土加载残坡积层滑坡;因填土夯实、碾压程度不够,可能引发填土不均匀沉降、地面开裂等灾害危害。其可能性、危害性及危险性中等至大。

②挖方区可能引发切层滑坡、垮塌、反向陡倾节理岩体的倾倒破坏等灾害危害

拟建场地东侧为挖方,开挖过程中,地表残坡积层可能产生垮塌,下部强风化泥岩、泥质粉砂岩、中风化砂岩岩体开挖地段岩体风化剧烈,岩体易沿层面产生切层滑坡、风化层垮塌、反向陡倾节理岩体的倾倒破坏等危害;开挖形成的高陡边坡在施工过程中易失稳,可能引发崩塌和滑坡危害,对施工人员产生危害。其可能性、危害性及危险性中等至大。

③基槽(础)开挖可能引发槽壁垮塌和浅层滑坡灾害

拟建工程建筑拟采用浅基础型式建设,建设过程

中开挖基槽(础),开挖深3~7m,支护措施不当或基础施工不及时,在地下水或雨季降水浸泡等影响下,易引发槽壁垮塌和浅层滑坡灾害,主要影响施工安全及工程进度,可能性、危害性及危险性中等至大。

此外,拟建项目为垃圾处理场,工程运营过程中可能产生渗漏危害,若污水处理站防渗措施不当,废液可能沿松散层及风化层产生渗漏,易造成地下水、下游地表水及其土壤等污染危害。其可能性、危害性及危险性中等至大。

(3)工程建设可能遭受地质灾害危险性的预测

拟建项目为内控外填建设,易遭受外侧填方、工程建设加载、地表乱排水引发的填土滑坡和残坡积层、风化岩层加载滑坡;还易遭受内侧挖方边坡引发的残坡积和风化岩形成的松散层滑坡和风化岩滑坡;挖、填过渡区易遭受因加载引发的差异性不均匀沉降。其可能性、危害性及危险性中等至大。

2.2.3 综合分区评估

根据地质灾害现状评估与预测评估情况,结合评

估区地质环境条件、拟建工程分布特征等条件,利用 GIS 技术对拟建工程建设场地进行危险性分区,将评估区地质灾害危险性划分为危险性大(Ⅰ)区和危险性中等(Ⅱ)区二级二区。在此基础上,针对各个区段进行综合评估,得到建设项目地质灾害综合分区评估区,如图 3 所示。由图 3 可得,地质灾害危险性大(Ⅰ)区占评估区面积的 39.27%,包含了所有的设计建筑用地、东部的乡镇公路,涵盖了所有挖方、填方及基槽(础)开挖活动,现状发育一潜在不稳定斜坡 BW1 和滑坡 H1;而地质灾害危险性中等(Ⅱ)区占评估区面积的 60.73%,为工程建设区外围地带,区内无任何建筑物,现状地质灾害不发育。

总体,对这些可能加剧、引发和遭受的地质灾害及不良工程地质问题,需采取多种措施处理,工程建设场地适宜性综合确定为基本适宜。

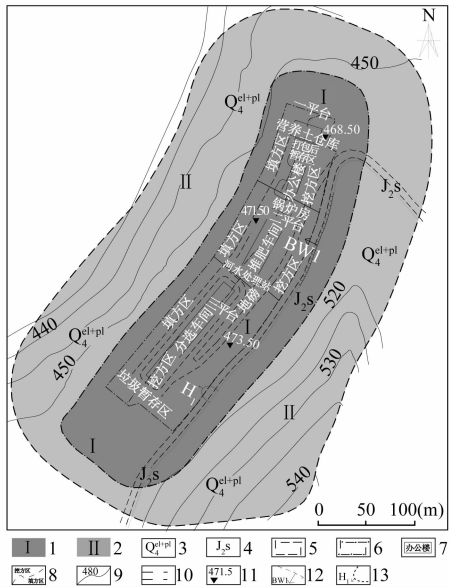


图 3 建设用地地质灾害综合评估图

Fig. 3 comprehensive evaluation figure of construction land geological disasters

1 - 地质灾害危险性大区;2 - 地质灾害危险性中等区;

3 - 第四系残坡积层;4 - 侏罗系中统沙溪庙组:砂岩、泥岩、泥质粉砂岩;

5 - 评估区范围;6 - 分区界线;7 - 规划建筑;8 - 填、挖方分界线;

9 - 等高线及其高程值;10 - 已建道路;11 - 场地拟整平台阶及标高(m);

12 - 不稳定斜坡及其编号;13 - 滑坡及其编号

2.3 防治措施

根据评估区地质环境条件,结合拟建工程各建(构)筑物具体布置情况及项目特点,建议采取以下防治措施:

(1)拟建场地处于斜坡上,开挖地段应按规范设

计合理的放坡或开挖坡比,并对边坡采取相应的工程措施进行治理;填方区支挡设施应注意基础设置,旁边挡土墙基础建议放置于中等风化岩层上;填方前应先将斜坡松散残积层清除,防止填土下方形成软弱层。

(2)该工程挖填方量大,工程建设过程中,应切实注意挖、填方边坡的有效支挡,建议勘察工作针对场地稳定性和支挡工程作专项勘察评价。

(3)填筑区回填时严格按国家现行规范规定执行,支护工程应在勘察的基础上设计出可靠稳定的支护方案,填筑前先在外侧进行支护,选择适宜的回填土采取分层碾压、夯实,避免有粉土回填,避免回填出现临空面,以防填土边坡失稳和产生不均匀沉降引发地面变形开裂。

总之,地质灾害防治应以“预防为主,预防与治理相结合”为原则,在工程建设及运营过程中,建设单位应提高地质灾害的防治意识,做好相关的防护措施,防止地质灾害的发生。

3 结语

本研究将 GIS 技术引入,综合考虑研究区域地形地貌、地层岩性、地质构造与区域地壳稳定性、岩土体工程地质条件、水文地质条件、人类工程活动等影响地质灾害的诸多因素,判断评估区地质环境条件复杂程度。在此基础上,依据地质灾害现状评估和预测评估结果,综合评估将区内划分为地质灾害危险性大区 and 地质灾害危险性中等区两个区。得出:评估区现状地质灾害中等发育,工程建设可能加剧、引发和遭受的地质灾害危害性及危险性中等至大,这些地质灾害可通过一定防治措施避免或减轻其危害,建设用地总体适宜性为基本适宜。该研究方法可为类似的地质灾害危险性评估提供参考价值,研究成果为拟建工程的勘察、设计、施工、征地及地质灾害防治与区划等工作提供科学依据。

参考文献:

[1] 季云,邹尧庆.我国地质灾害中的问题及对策[J].宁夏农林科技,2012,53(03):93-94.
JI Yun,ZHOU Yaoqin. Problems and countermeasures on geological disasters [J]. Ningxia Journal of Agriculture and Forestry Science and Technology,2012,53(03):93-94.
[2] 程志刚,许光泉.基于 GIS 的地质灾害评价与预测[J].淮南职业技术学院学报,2006,6(18):46-48.
CHENG Zhigang, XU Guangquan. The evaluation and

- forecast of geologic hazard based on GIS [J]. Journal of Huainan Vocational & Technical College, 2006, 6(18): 46-48.
- [3] 余中元, 帕拉提·阿布都卡迪尔, 康健, 等. 地理信息系统在区域地质灾害危险性评估中应用研究——以新疆哈密市双井子 26 号铁矿区为例[J]. 防灾科技学院学报, 2008, 10(3): 76-78.
- YU Zhongyuan, Parati-Abudukadir, KANG Jian. Risk evaluation of geological hazards based on GIS in arid and semi-arid regions——A case study of No. 26 iron mine in Hami, Xinjiang [J]. Journal of Institute of Disaster-Prevention Science and Technology, 2008, 10(3): 76-78.
- [4] 左双英, 程欣宇, 梁凤, 等. 基于 GIS 的贵阳市地质灾害危险性评价[J]. 地球与环境, 2005, 33(4): 83-88.
- ZUO Shuangying, CHENG Xinyu, LIANG Feng. Geological hazards risk evaluation in Guiyang city on GIS [J]. Geology-geochemistry, 2005, 33(4): 83-88.
- [5] Cooley T. Geological and geotechnical context of covercollapse and subsidence in mid continent US clay mantled karst [J]. Environmental Geology, 2002, 42: 469-475.
- [6] 胡成, 陈植华, 陈学军. 基于 ANN 与 GIS 技术的区域岩溶塌陷稳定性预测——以桂林西城区为例[J]. 地球科学-中国地质大学学报, 2003, 28(5): 557-561.
- HU Cheng, CHEN Zhihua, CHEN Xuejun. ANN- and GIS-Based regional prediction of cover-collapse probability: A case study in west part of Guilin city [J]. Earth Science-Journal of China University of Geosciences, 2003, 28(5): 557-561.
- [7] 雷明堂, 蒋小珍. 城市岩溶塌陷灾害风险评估方法——以贵州六盘水市为例[J]. 火山地质与矿产, 2000, 21(2): 118-127.
- LEI Mingtang, JIANG Xiaozhen. Risk assessment of karst collapses in Liupanshui, Guizhou, China [J]. Volcanology & Mineral Resources, 2000, 21(2): 118-127.

Geo-hazard danger evaluation of construction project based on GIS

TAN Shu-cheng, JIN Yan-zhu, HU Xiong-gang, JIANG Shun-de, FENG Long
(Geological Institute of Yunnan University, Kunming 650091, China)

Abstract: For preventing and reducing disasters, research geo-hazard assessment of construction project is imperative. Taking Some county in Yunnan province of construction project as an example, based on an overall consideration of meteorology and hydrology, topography and geomorphology, rock, geological structure, engineering geology condition, hydrology geology condition, human engineering activities etc of the study area. GIS technology was introduced to judge the complexity of geological environmental conditions in evaluation area. On this basis, the article expounded separately from the geo-hazard present situation, estimate and comprehensive regional evaluation, divided evaluation area into large geo-hazard danger area and medium geo-hazard area, and put forward correlative precaution measures for projects awaiting construction. As a conclusion, the present situation of geo-hazard in evaluation area are medium development, the geo-hazards and risk are medium to large, which could be exacerbated, caused and suffered from by the engineering construction and operation process. The collectivity suitability of the land for construction is general basic propriety. Research results can provide technical support for prevention of geo-disasters.

Key words: construction project; geo-hazard; risk assessment; GIS