

城市道路地下安全风险评估与预警研究

周运彬 郑文青

中煤航测遥感集团有限公司

DOI:10.32629/gmsm.v2i4.288

[摘要] 城市道路塌陷给人民的生命财产安全造成了严重的威胁。提高城市道路地下安全预警与防治能力,减少道路塌陷事故的发生,具有重要的工程价值和积极的现实意义。对此,本文以兰州市道路地下安全为研究对象,利用现有的数据,通过建立城市道路地下安全风险评估与预警模型,以期对城市道路塌陷灾害提前预警,使危害减轻、降低甚至杜绝危害的发生。

[关键词] 道路塌陷; 城市道路地下安全; 风险评估; 预警

引言

随着我国城市发展和地下空间开发利用力度不断加大,城市道路塌陷的现象越来越频繁。有关城市道路塌陷的报道经常见于电视、报纸、网络等媒体中,备受社会关注。城市道路塌陷给人们的生命财产安全造成了严重的威胁。如何提高城市道路地下安全预警与防治能力,减少道路塌陷事故的发生,成为城市建设与管理者的一项重要工作。

本文依托兰州市道路地下安全预警地理信息系统项目,以兰州市道路地下安全为研究对象,利用现有的数据,通过建立城市道路地下安全风险评估与预警模型,以期对城市道路塌陷灾害提前预警,使危害减轻、降低甚至杜绝危害的发生。

1 城市道路地下安全风险评估

要对城市道路地下安全进行风险评估,首先需要对影响城市道路地下安全的因素进行调查,也即城市道路塌陷原因调查。

1.1 城市道路地下安全风险因素调查

笔者查阅了国内前人对道路塌陷原因的研究成果^[1-5],结合兰州市的实际情况,将兰州市城市道路塌陷原因归纳总结如下:

1.1.1 自然地质条件

从地质环境分析,兰州地区土质多为自重湿陷性黄土,自重湿陷性黄土土质较均匀、结构疏松、孔隙发育,在未受水浸湿时,一般强度较高、压缩性较小,然而一旦浸水,土壤结构就会迅速破坏,产生较大附加下沉,强度迅速降低,就会产生湿陷,形成地下空洞甚至导致路面塌陷。

1.1.2 压力管道破损

压力管道,尤其是给水、热力等压力管道,一旦发生破损或爆裂,将迅速改变破损处管道周边土体的局部环境,轻者将提高土壤含水量、形成水囊,造成局部路面下沉;重者将对破损处管道周边土体将产生强大的冲蚀作用,迅速冲掉周边土体、沙粒,形成空洞,造成地面塌陷。

1.1.3 排水管道破损

雨水、污水、雨污混流等排水管道,由于老化或因地质

变化导致断裂渗漏,使周围土体遇水湿陷或被水流带走,从而形成地下空洞。

1.1.4 管线敷设施工回填不密实

管线敷设施工回填不密实原因有两个方面,一是“马路拉链”式施工,开挖时为了减少道路施工对交通的影响,开挖宽度尽可能小,在狭小的空间内,很难实现对回填土的压实处理;二是建造管线检修井、地下井室等设施时,若对周边土体进行严格的压实处理,将对这些设施造成一定的破坏作用,最好的方式是让其自然沉降。由于这些原因,管道敷设施工不密实的回填土,在重力及雨水渗透作用下,很容易在道路水稳层下形成路基脱空,长期作用极易发展扩大为地下空洞。

1.1.5 地下工程施工扰动

地下空间开发,包括地铁、地下隧道、地下人防设施、地下商场、地下停车场等大型地下工程的施工,不可避免会对施工周边土体造成扰动,使其稳定性变差,在水、震动、压力等作用下,逐渐出现土体松散、脱空、乃至空洞等病害。

1.1.6 地下水位频繁变化

由于大型基坑开挖或地下设施施工,地下水大量被人工抽走,地下水位快速下降,水流将饱和粉土中的细颗粒土带走,同时,含水介质失去地下水托浮力,在重力作用下下降,形成深层疏松或孔隙。

1.1.7 降雨影响

近几年来,受厄尔尼诺现象影响,兰州市区内降雨量呈上升趋势,对城市道路下垫层(湿陷性黄土层)产生较大的影响,导致近几年来道路下方陷空,不断造成道路开裂、下陷、乃至坍塌。

从以上对道路塌陷的原因进行归纳总结,我们可以得出,影响道路地下安全的因素包括:地质条件情况,地表负荷情况,带水管线情况,历史塌陷情况,施工干扰情况,基坑开挖情况,积水降雨情况。

1.2 城市道路地下安全风险评估技术路线

城市道路地下安全风险评估技术路线如图1所示。

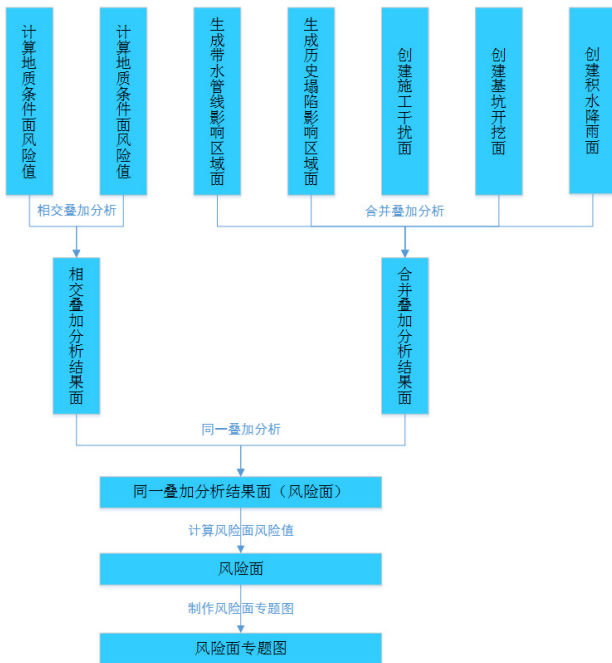


图1 城市道路地下安全风险评估技术路线
表1 城市道路地下安全风险评估指标体系

一级指标	二级指标	评价指标取值	
		评价依据	取值范围
带水管线 Pa	排水管线	管线破损	100
		管线超出设计年限 (使用年限 ÷ 设计年限) × 100	0~100
		爆管	100
	给水管线	管线超出设计年限	100
		爆管	100
	热水管线	爆管	100
施工干扰 Pb	大型施工	盾构施工期间、地下暗挖期间	100
		地铁运营 1-2 年内	90
	中型施工	规模中等的路面施工或管线更换	80
		地铁运营 2-4 年内	80
	小型施工	规模较小的路面施工或管线更换	60
		地铁运营 4 年以上	60
基坑开挖 Pc	基坑施工	正在开挖基坑	100
	高层建筑	已建成的高层、超高层建筑	80
地质条件 Pd	土质类型	黄土	100
		上为黄土状土,下为砾卵石	90
		上为黄土状土,中为砂性土,下为砾	60
		非湿陷性黄土	50
		砾卵石	30
积水降雨 Pe	暴雨	每小时降雨量 16 毫米以上,或连续	90
		12 小时降雨量 30 毫米以上,或连续	
		24 小时降雨量 50 毫米以上的降水	
	大雨	24 小时降水量为 25-49.9 毫米的降雨或者 1 小时降水量为 8.1~16.0 毫	70

	中雨	24 小时内降水量为 10~24.9 毫米; 12 小时内降水量为 5~15 毫米; 1 小时 时内降水量为 2.6~8 毫米的雨	50
历史塌陷 Pf	病害体	空洞	100
		脱空	95
		疏松	80
地表负荷 Pg	地表负荷	主干道(高速公路、匝道、国道、省 道、县道、城市主干、高架路)	90
		次干路(街道次干、街道支路)	70
		其它道路(机耕路)	50

1.2.1 计算地表负荷面风险值
获得地表负荷面数据后,参照表 1,根据道路建设等级,计算得到地表负荷面风险值。

1.2.2 生成带水管线影响区域面
带水管线,指的给水、排水、热水等管线。首先根据兰州市道路数据,生成1个50m×50m的道路路网图。然后参照表 1,根据当前管线使用年限、管线设计年限、管线是否破损,计算带水管线的风险值。最后将带水管线风险值属性更新到道路路网图,作为带水管线影响区域面。

1.2.3 生成历史塌陷影响区域面
首先根据兰州市道路数据,生成 1 个 50m×50m 的道路路网图。然后参照表 1,根据病害体的类型,计算病害体的风险值。最后将病害体风险值属性更新到道路路网图,作为历史塌陷影响面。

1.2.4 创建施工干扰面
根据施工安排,在地图中绘制出施工范围图层,每个施工范围面要素根据施工规模参照表 1 填写风险值。

1.2.5 创建基坑开挖面
根据市区建设情况,在地图中绘制出基坑开挖干扰范围图层,每个基坑开挖干扰范围面要素根据基坑开挖情况参照表 1 填写风险值。

1.2.6 创建积水降雨面
根据实时降雨信息,在地图中绘制暴雨、大雨、中雨在市区的分布图,并在每个面要素中参照表 1 填写风险值。

1.2.7 相交叠加分析
将地质条件面与地表负荷面做相交叠加分析,相交叠加分析结果面包含了地质条件风险值和地表负荷风险值。

1.2.8 合并叠加分析
将带水管线面、施工干扰面、基坑开挖面、降雨积水面、历史塌陷面做合并叠加分析,合并叠加分析结果面包含了带水管线面风险值、施工干扰面风险值、基坑开挖面风险值、降雨积水面风险值、历史塌陷面风险值。

1.2.9 同一叠加分析
将地质条件面、地表负荷面做相交叠加分析得到的结果数据集与带水管线面、历史塌陷面、施工干扰面、基坑开挖面、积水降雨面做合并叠加分析得到的结果数据集再做同一叠加分析,得到一个面,该面即是风险面,该面包含了地质条