

黑龙江省地面沉降现状及其监测技术发展研究

邢凯 张正旭*

中国地质调查哈尔滨自然资源综合调查中心, 黑龙江 哈尔滨 150000

[摘要] 由于地下水资源的过度开采及复杂的地质条件, 黑龙江省正面临着严重的地面沉降问题。这一问题对生态环境、基础设施以及经济发展带来了显著的挑战。传统监测方法在精度和实时性上逐渐显露出不足, 难以满足不断增长的监测需求。现代技术, 如合成孔径雷达干涉测量 (InSAR)、全球导航卫星系统 (GNSS) 及激光扫描技术, 提供了高分辨率和高精度的数据, 这大幅提升了地面沉降监测的能力。经过对黑龙江省地面沉降现状的深入分析及对现代监测技术的全面评估, 本研究提出了优化监测方案的建议, 旨在提供科学依据, 以便对地面沉降进行有效管理与控制, 进一步支持区域的可持续发展。

[关键词] 黑龙江省; 地面沉降现状; 监测技术; 技术发展

DOI: 10.33142/ect.v2i10.13670

中图分类号: P237

文献标识码: A

Research on the Current Situation of Ground Subsidence and the Development of Monitoring Technology in Heilongjiang Province

XING Kai, ZHANG Zhengxu*

Harbin Survey Center of China Geological Survey, Harbin, Heilongjiang, 150000, China

Abstract: Due to excessive exploitation of groundwater resources and complex geological conditions, Heilongjiang Province is facing serious land subsidence problems. This issue poses significant challenges to the ecological environment, infrastructure, and economic development. Traditional monitoring methods are gradually showing shortcomings in accuracy and real-time performance, making it difficult to meet the growing demand for monitoring. Modern technologies such as synthetic aperture radar interferometry (InSAR), global navigation satellite systems (GNSS), and laser scanning technology provide high-resolution and high-precision data, greatly enhancing the ability to monitor ground subsidence. After in-depth analysis of the current situation of ground subsidence in Heilongjiang Province and comprehensive evaluation of modern monitoring technology, this study proposes suggestions for optimizing monitoring schemes, aiming to provide scientific basis for effective management and control of ground subsidence, and further support the sustainable development of the region.

Keywords: Heilongjiang Province; current situation of ground subsidence; monitoring technology; technological development

引言

黑龙江省, 作为中国东北部的关键区域, 近年来严重地遭遇了地面沉降问题。对生态环境、基础设施及经济发展, 这一现象造成了深远的影响。地下水资源的过度开采以及复杂的地质条件, 使得地面沉降问题更加严重, 带来了土地沉降、建筑物裂缝及基础设施损坏等一系列问题。生活质量不仅受到影响, 还对区域经济的可持续发展构成了威胁。在面对地面沉降挑战时, 监测技术的应用显得尤为重要。传统的监测方法虽然曾在一定程度上发挥了作用, 但随着技术的进步, 其局限性已逐渐显露。现代监测技术, 如合成孔径雷达干涉测量 (InSAR)、全球导航卫星系统 (GNSS) 以及激光扫描技术, 提供了全新的解决方案。高分辨率和高精度的数据获取, 这些先进技术能够实现, 有效支持沉降动态的实时监测, 并为科学防控措施制定提供了可靠依据。本研究的目标是深入探讨黑龙江省地面沉降的现状, 评估其对环境及经济的影响。同时, 现代监测技术的发展及其实际应用效果也将被分析。通过对不同监测技术的综合比较, 优化建议将被提出, 以便为黑龙江省

地面沉降问题的科学管理与有效防控提供技术支持, 从而推动区域的可持续发展。

1 黑龙江省地面沉降的现状分析

1.1 地面沉降的主要原因

黑龙江省地面沉降的主要原因, 源于自然因素与人为活动的共同作用。地下水的过度开采, 特别是在农业灌溉、工业用水及城市发展需求的推动下, 成为主要的沉降因素。长期的超量提取地下水, 导致了地层的固结与沉降现象的加剧。此外, 部分地区的地质条件也使沉降现象更为严重, 软土层与粉砂层在地下水抽取后, 容易出现压缩, 从而进一步加剧了地面沉降。对地面沉降的影响, 矿产资源的开采也不可忽视。特别是煤矿与石油的开采, 破坏了地下岩层结构, 进而导致了地表的不均匀沉降。随着城市化进程的快速推进, 大规模建筑工程与基础设施建设对地基施加了额外的压力, 这也成为了地面沉降发生的一个重要推动因素。

1.2 典型区域的地面沉降情况

黑龙江省的地面沉降问题主要集中于城市化发展迅

速以及地下水开采密集的区域。典型的沉降现象，在哈尔滨、大庆、齐齐哈尔等城市中表现得尤为明显。地下水的过度开采、建筑密度的增加及交通基础设施的扩展，均导致了哈尔滨局部区域沉降的加剧，作为省会城市，其沉降问题尤为突出。在大庆市，长期的石油开采导致地下岩层结构的破坏，结果引发了严重的沉降现象，尤其是在油田附近，沉降幅度显著。齐齐哈尔市作为农业重镇，其地下水资源的过度利用使得城市周边的农业灌溉区也出现了不同程度的沉降，这不仅影响了农田生产力，还对生态环境造成了影响^[1]。沉降区域的分布特点广泛，局部沉降速率较高的现象直接威胁到建筑物的安全性、交通设施的稳定性以及地下水资源的可持续利用。

1.3 地面沉降对生态环境及经济发展的影响

黑龙江省的地面沉降对生态环境及经济发展产生了深远的影响。生态环境方面，沉降带来的破坏尤为严重。作物生长与农业生产的稳定性受到土壤结构变化的影响，对区域粮食安全构成了威胁。自然流向与蓄水能力的干扰，沉降还导致了水文循环的紊乱，进而降低了地下水位，加剧了水资源短缺。经济发展方面，地面沉降的负面影响同样显著。在城市化过程中，建筑物和基础设施的损毁引发了修复与维护成本的增加，居民生活质量受到了威胁。以大庆市为例，沉降引发的地表破坏不仅增加了资源开发的危险，还降低了资源的经济效益。交通运输系统的安全隐患也随之增加，道路与桥梁等基础设施的损坏提高了交通事故的风险，从而干扰了经济活动的正常运转。

2 黑龙江省地面沉降的危害与影响

2.1 对建筑结构的危害

黑龙江省地面沉降对建筑结构的危害尤为明显，主要体现在建筑物基础的稳定性与结构安全性上。由于沉降引发了地基的不均匀下沉，建筑物在沉降过程中可能出现倾斜、变形甚至裂缝。破坏了建筑物的结构完整性的同时，也降低了其结构强度，从而增加了倒塌的风险。尤其是高层建筑和大型公共设施，这类建筑通常承受着更大的重量，对地基的要求也更高，其影响更为显著。严重受影响的还有基础设施，包括道路、桥梁以及隧道。道路的开裂、桥梁的下沉甚至倾斜现象，都由沉降引发，这些现象严重危及了交通安全与畅通。建筑物内部设施的问题，如水管和电缆的损坏，也可能由沉降导致，这不仅增加了维修成本，还提升了使用风险。

2.2 对地下水资源的影响

黑龙江省地面沉降对地下水资源的影响深远，主要体现在地下水位的显著下降与水质的恶化上。伴随地面沉降的，常常是地下水的过度开采，这种开采行为导致地下水资源的枯竭，使得水位逐步下降，原本充足的地下水难以得到有效补充。地下水位的持续下降使其补给能力减弱，整体稳定性的水文循环系统受到了影响。沉降还可能引发

土壤结构的变化，导致地下水流动路径的偏移。这种变化不仅影响了地下水与地表水体的交汇点，还可能对水源质量和供应产生影响。地面变形引发的渗漏现象同样威胁着地下水源的清洁，进一步降低了水质。在农业区，地下水问题的加剧同样对灌溉水源的供应产生负面影响，从而影响了农业生产。

3 地面沉降监测技术的发展

3.1 传统监测方法

地面沉降的传统监测方法，包括水准测量、GPS 测量以及地面基准点观测等技术，主要在监测地面沉降方面发挥了重要作用。这些方法具有较长的应用历史和一定的准确性。水准测量通过精确测量地面点之间的高差变化来监控沉降情况。尽管精度较高，该方法对测量设备的要求较高，且环境因素的干扰容易影响测量结果。利用全球定位系统进行地面点的三维定位的 GPS 测量，通过对比不同时间点的的数据，能够识别沉降的变化趋势。GPS 技术的空间分辨率较高，实时性良好，但卫星信号的遮挡和干扰也影响其精确度^[2]。地面基准点观测在特定位置设置基准点，通过定期测量追踪地面沉降的动态变化。尽管这些传统方法在准确性和操作性上具有一定的优势，但其通常需要较长时间跨度和频繁的现场勘测，这限制了其在大范围和高频次监测中的应用。

3.2 现代监测技术

现代地面沉降监测技术在精度、效率和覆盖范围上有显著进展，主要包括合成孔径雷达干涉测量 (InSAR)、全球导航卫星系统 (GNSS)、激光扫描和无人机技术。这些技术提供高分辨率数据，支持实时监测。合成孔径雷达能够检测微小的地表变化，适合大范围监测；全球导航卫星系统提供精确的三维定位数据，便于长期跟踪沉降速率；激光扫描生成高精度三维地形模型，捕捉复杂地形中的细微变化；无人机技术则快速获取高分辨率影像，尤其适合难以到达的区域。

表 1 现代监测技术的表格：

技术	主要特点	优势	应用场景
合成孔径雷达干涉测量 (InSAR)	通过雷达图像对比检测地表变化	高分辨率、快速数据处理	城市及矿区等沉降影响显著的区域
全球导航卫星系统 (GNSS)	利用卫星定位进行三维定位	连续、精确的沉降数据，实时性强	长期跟踪沉降速率
激光扫描技术	通过激光测距仪生成三维地形模型	高密度扫描，细微变化可准确捕捉	复杂地形和城市环境
无人机技术	高分辨率摄影测量，快速获取地面影像	灵活性高、高效性强，适用于难以到达区域	大范围监测及特殊区域

4 黑龙江省地面沉降防控与管理对策

4.1 地下水资源管理

黑龙江省在防控地面沉降方面的关键是有管理地

下水资源。这包括建立地下水监测网络和实时跟踪系统,以持续监测地下水位及流动状况。通过精确的数据分析,调整开采政策,确保开采量不超过自然补给能力,防止过度抽取导致的地面沉降。此外,推广节水技术和水资源再利用措施,如高效灌溉和雨水收集,减轻地下水压力。实施严格的水资源管理法规和合理的取水配额,结合地质勘查数据,合理配置地下水资源,并制定相应的水资源使用计划和应急预案,都是重要的管理措施。

表2 黑龙江省地下水管理措施内容:

关键措施	描述	目标
地下水监测网络	建立实时跟踪系统,监测地下水位及流动状况	持续监控地下水资源
数据分析	精确分析数据,调整开采政策	确保开采量不超过自然补给能力
节水技术与再利用措施	推广高效灌溉、雨水收集和污水处理回用	减轻地下水压力,降低需求
水资源管理法规	实施严格的取水配额及监管	防止违规操作和过度开采
区域性水资源配置与管理计划	结合地质特征与沉降风险,制定具体使用计划及应急预案	科学管理地下水资源

4.2 地质风险评估与勘察

地质风险评估与勘察在黑龙江省地面沉降的防控与管理中,扮演了至关重要的角色。有效的防控措施制定,必须依赖于科学的地质调查与沉降风险评估,这为其奠定了坚实的基础。进行全面的地质勘查,尤其是针对沉降敏感区域,显得尤为重要。通过钻探、地震勘探与电阻率测量等先进技术,地下土壤层与岩层的分布情况得以深入了解。获取的地质样本与数据,对评估地下结构的稳定性及其对地面沉降的影响具有重要意义。此外,结合地下水位变化数据,水资源开采对地质结构的影响进行分析,以识别可能的沉降风险点^[3]。在地质风险评估阶段,区域的地质特征、历史沉降记录、土地使用情况及地下水开采等因素均需综合考虑。沉降风险的预测与分析,需通过建立沉降模型来实现,该模型能够模拟不同条件下的沉降趋势,并评估各类工程活动对地面的潜在影响,这些评估结果,将为具体的沉降防控措施的制定提供依据,例如改进地基设计、调整建筑物及基础设施的施工方案,从而提升其对沉降的适应能力。

4.3 技术应用与监测

技术应用与监测在黑龙江省地面沉降的防控与管理中,扮演着关键角色。对于实时获取准确的地面沉降数据,现代高精度技术的利用显得至关重要。例如,合成孔径雷达干涉测量(InSAR)技术,提供了大范围且精准的沉降信息,适用于广泛区域的动态监测。通过高精度的卫星定位技术,全球导航卫星系统(GNSS)实时跟踪地面变形,为沉降监测提供了详尽的数据支持。与此同时,激光扫描

技术与无人机技术也能够获取高分辨率的地面三维数据,用于精确分析沉降状况。

建立一个综合监测平台,以整合各种监测技术的数据,能够实现全面的沉降情况分析。具备实时数据处理与分析能力的平台,能够对沉降趋势进行预测与预警。若监测数据揭示出沉降加剧的迹象,应立即启动应急响应机制,调整防控措施以阻止问题恶化。数据分析结果,也可用于优化沉降防控策略,包括改进基础设施设计、调整建筑施工方案及加强地下水管理^[4]。推动沉降监测技术的创新,亦是必要的,鼓励科研机构与企业进行技术研发,以提升监测的精度与效率。不断进步的技术,有助于更好地识别沉降源、分析沉降机制,并制定更科学的防控对策。

4.4 政策制定与实施

在黑龙江省地面沉降防控与管理中,政策的制定与实施被认为是确保治理效果和长期稳定的核心。全面的地面沉降防控法规,需被制定,这些法规应明确沉降防控措施的标准与实施细则,涵盖地下水资源管理、土地使用规范及建筑设计要求等方面,从而确保措施的全面性与科学性。政府应设立专门的监管机构,负责法规的执行监督,确保防控措施得到实际落实,同时定期评估与修订相关政策,以适应环境及技术条件的变化^[5]。政策制定时,专家的意见及公众的建议应广泛征求,以确保其科学性与合理性。跨部门协作机制的建立,对于资源的整合及政府、科研机构、企业与社区的力量协调,显得尤为重要,这有助于推动沉降防控工作。企业及科研机构的积极参与技术研发与应用应被鼓励,以推动先进技术的实施与推广。此外,为了提升政策执行力,需要对违规行为加大处罚力度,确保各项规定的遵守。对企业及项目的审核,尤其是针对高风险区域的建设项目,应加强,确保其符合防控标准。同时,严格的监督检查应被实施,及时发现并纠正问题,以防止潜在风险的扩展。

4.5 公众参与与教育

在黑龙江省地面沉降防控与管理中,公众的参与与教育被视为提高防控效果和促进社会共治的关键环节。通过多种渠道,公众教育需要开展,以提升居民对地面沉降及其潜在风险的认识。宣传活动,包括专题讲座、知识普及讲座、社区研讨会及在线信息发布,应该由政府及相关机构定期组织,以向公众讲解地面沉降的原因、影响及预防措施。这种方式不仅能够增强居民的防控意识,还能够激励他们积极参与沉降治理。公众参与机制的建立应当得到重视,鼓励居民及社区组织参与地面沉降的监测与防控。例如,社区监督员的可被考虑,负责协助监测地下水位和地面变化,并及时报告异常情况^[6]。通过信息反馈渠道,居民能够向相关部门提供意见和建议,并参与沉降防控的决策与实施。这种参与方式不仅有助于提升防控工作的透明度,还能增强公众的责任感与归属感。地方媒体的广泛报道也应得到鼓励,通过及时传播最新的防控措施与

成功案例,进一步扩大公众的知晓度和参与度。在实施公众参与的过程中,参与者的培训与指导应当受到重视,以确保其能够有效履行职责,并在防控工作中发挥积极作用。

5 结语

黑龙江省面临的地面沉降问题,对环境和基础设施构成了严峻挑战,同时对区域经济发展产生了深远影响。本研究,通过对地面沉降现状及监测技术的系统分析,揭示了传统监测方法在应对日益复杂的沉降问题时的局限性。已成为精确监测和动态分析沉降的重要工具的现代监测技术,如合成孔径雷达干涉测量(InSAR)、全球导航卫星系统(GNSS)和激光扫描技术,显著提高了监测的精度和实时性。这些先进技术的应用,为沉降防控提供了科学依据和技术支持。展望未来,在解决地面沉降问题时,黑龙江省应进一步整合和优化这些先进技术,同时强化政策制定与公众参与,以实现全面、科学的沉降管理。期望本研究能够为地面沉降的有效防控提供有益参考,并助力区域的可持续发展与社会的长期稳定。

[参考文献]

[1]于海若,官辉力,陈蓓蓓,等.京津冀地区地面沉降研究

进展与思考[J].测绘科学,2020,45(4):125-133.

[2]吴起帆.抽水型地面沉降精细化监测与模拟研究[D].苏州:苏州科技大学,2021.

[3]霍王文.抽水导致区域性地面沉降的相关规律研究[D].天津:天津大学,2018.

[4]徐安全.浅谈地质灾害监测技术现状及发展趋势[J].企业技术开发,2014,33(19):117-118.

[5]Zhihua Z,Shaobin Z,Changtao H, et al.Hazard assessment model of ground subsidence coupling AHP, RS and GIS - A case study of Shanghai[J].Gondwana Research,2023,11(7):344-362.

[6]闫晓敏.某工程地面沉降分析及地基处理[J].ART AND DESIGN,2023,2(8):56.

作者简介:邢凯(1992.5—),毕业院校:黑龙江科技大学,所学专业:资源勘查工程,当前就职单位:中国地质调查哈尔滨自然资源综合调查中心,职称级别:助理工程师;*通讯作者:张正旭(1989.9—),男,民族:汉族,籍贯:黑龙江哈尔滨,学历:本科,现职称:助理工程师,从事工作方向:水文与水资源。