

《财新周刊》> 环境与科技 > 正文

财新周刊 | 治理地面沉降

来源于 《财新周刊》 2023年第38期 出版日期 2023年09月25日

听报道

人们对待慢性病的科学态度是“早发现，早治疗”，这一原则同样适用于应对地面沉降



2023年6月7日，工作人员在天津碧桂园凤锦庭院小区测量地面沉降程度。沉降发生后，有高层住宅底部开裂明显，低层别墅则直接墙体开裂。图：牛牧江曲

《财新周刊》2023年第38期



出版日期 2023-09-25

财新周刊 | 缓解险企资本压力
财新周刊 | 治理地面沉降
特别报道 | 绿电提速
财新周刊 | 电竞闯亚运

相关报道

天津沉降小区八栋住宅被认定危房 居民争议置换方案

桩基薄弱周边施工扰动导致结构开裂 深圳计划修复14层结构受损居民楼

天津一小区地面开裂墙体沉降3000人疏散 专家初判突发地质灾害

文 | 财新周刊 徐路易

2023年5月31日傍晚时分，天津市津南区八里台东路部分路面隆起开裂，邻近社区碧桂园凤锦庭院也出现局部草坪路面开裂，地下停车场墙体裂痕、渗水，楼梯明显沉降等现象。6月1日凌晨，近3000名住户被陆续疏散至附近酒店。近三个月后，津南区政府发布了一份《津南区八里台镇局部地面沉降地质灾害安置方案》，其中透露，此次事件为八里台东路东侧地热勘探井作业过程中，突遇构造破碎带和地下空洞发生的局部突发性地面沉降地质灾害。

远在6000公里外的印度尼西亚首都雅加达，印尼政府法律与人权部官员胡塔加隆近日接到了自己将于第三批离开雅加达的消息。雅加达位于爪哇岛上，

根据美国宇航局数据，由于过度抽取地下水导致土地沉降等，雅加达40%的地区已位于海平面以下。印尼于2019年宣布将迁都至加里曼丹岛上的东加里曼丹省。随着新首都的建设成型，约20万国家公务员将迁往1000公里外的新首都。

无论是抽取地热资源过程中突然的局部地面塌陷，还是长期超量开采地下水造成的整体地面沉降，都在告诉人们，危机可能是双重的：海平面上升，地面也会下降。联合国教科文组织地面沉降倡议工作组多名研究人员于2021年在《科学》杂志发表的文章显示，迄今已有150多个国家出现过地质灾害性质的地面沉降，到2040年，全球近19%的人口极有可能面临地面沉降带来的风险。

对承载大量人口的沿海城市而言，比海平面上升更紧迫的问题是，地面沉降和海平面上升叠加形成的“相对海平面上升”。“地面沉降和海平面上升同时在发生，这会使得海水倒灌的情况范围更大、程度更严重。”荷兰非营利性研究机构三角洲研究院沉降组组长吉勒斯·埃尔肯斯表示，“如果不及时采取相应措施，雅加达、胡志明市、曼谷以及许多沿海城市的居住区都将沉到海平面之下。”

不过，比起海平面上升，减缓甚至逆转地面沉降要容易得多，一些相对简单的政策和工具就足以有效解决问题，比如能迅速确定沉降区域的卫星和雷达技术，以及持续的地下水开采管

财新数据

投资资讯 热点数据

数据图解 巴以冲突升级后 原油海运运价指数拉升至5月以来最高位

2023/10/20

研报精华 趁着金价上扬 基金公司抢滩黄金ETF

2023/10/17

数据专题 南钢并购战落槌中信 沙钢退出并获补偿款

2023/10/17

查看更多>>

编辑推荐



第三届“一带一路”国际合作高峰论坛在北京开幕



显影 | 当修缮长城的人老了

订阅

公司 | 中国进口铁矿石需求旺盛 BDI重上20 电邮

经济 | 三季度居民消费倾向改善 钱都花哪儿了？

金融 | 《香港01》创办人遭债权人申请破产

世界 | 加沙医院遇袭原因成舆论战角力焦点

财新周刊 | 【封面报道】加沙困与斗

财新网主编精选版电邮

样例

财新网新闻版电邮全新升级！财新网主编精心编写，每个工作日定时投递，篇幅重磅，可信可引。

请输入您的邮箱地址

订阅

财新名家

张涛：10年期美债收益率扭转的因素

周君芝：年内的财政空间

姚洋：地方债的化解方案与必要的治理改革

视频



理。

地表陷落

荷兰是最早发现地面沉降现象的国家之一。荷兰大部分地区位于海平面以下，由于地理条件特殊，过去几个世纪一直面临着洪水威胁。为了对抗洪水，荷兰人采取了大规模的土地排水和垦荒工程。在这个过程中，他们观察到系统性的土地逐渐下沉现象，以及这种沉降对建筑物和基础设施产生的巨大影响。

埃尔肯斯长期从事三角洲、河流系统发展、泥炭分类和沉降方面的研究。20年前，他曾在荷兰首都阿姆斯特丹从事地质与地貌学研究，包括阿姆斯特丹在内的荷兰许多地区，土壤主要由含水量较高的泥炭构成，土壤中的水被排干或引入排水系统后，泥炭就会逐渐压缩和氧化，导致地面下沉。近几年来，夏季炎热干旱，导致地下水位进一步下降，土壤的孔隙坍塌，使得土壤体积减小，加速了沉降发生。根据荷兰环境评估机构的数据，到2050年，地面下沉或将给荷兰造成220亿欧元的损失。

美国加利福尼亚州门多塔市西南处的圣华金河谷夏季炎热干旱，冬季潮湿多雨。在那里矗立着一根电线杆，电线杆底部有一块“1977”的牌子，离地9米处挂着另一块“1925”的牌子。也就是说，9米，是圣华金河谷从1925年到1977年间地面沉降的高度。

美国地质调查局的研究结果显示，圣华金河谷的沉降主要原因是过量抽取地下水，造成未固结的含水层系统压实。一名土木工程师向财新解释，未固结含水层系统压实也是大部分地面沉降的主因。土壤在含水量较高的情况下，外部的压力会逐渐排出土壤中的水分和空气等，组成土壤的固体颗粒会排列得更紧密。水的存在还会使土壤颗粒更容易移动和重新排列，最终土壤的体积减小、密度增加，形成固结的土体。

美国地质调查局的调查结果还强调，过度抽取未固结含水层系统中的水，导致了圣华金河谷地面的永久性沉降，并与多起局部地面塌陷事件直接相关，而且这种变化基本是不可恢复的，含水层系统的总储水能力也会下降。

中国于上世纪20年代在上海和天津就发现了地面沉降的现象；30年代则在北京也出现地面沉降。中国地质环境监测院教授级高工李文鹏向财新介绍，2019年中国地面年沉降量大于50毫米的沉降严重区面积约为1.14万平方公里，主要分布在华北平原、长江三角洲、汾渭盆地和淮北平原。

中国科学院地质与地球物理研究所研究员秦四清解释道，造成地面沉降的原因有很多种，自然原因包括板块构造运动和区域性海平面上升，人为原因包括地热开采、石油等地下化石能源开采、工程沉降以及地下水开采。这其中，工程沉降和地下水开采是直接导致区域地面沉降问题的普遍原因，而其他四种原因引起的沉降量较小也比较缓慢。由于构造活动等天然原因造成的区域沉降量一般不会超过总沉降量的5%。

城市结构也一定程度上为地面沉降带来压力。2023年5月下旬发表在期刊《地球未来》的一项研究显示，利用卫星成像、数学假设和数据建模发现，美国纽约市内密集而沉重的建筑群也会对地面下沉产生影响。计算选取的100多万栋建筑（囊括所有摩天大楼）总共对地面产生了7.62亿吨的向下压力。在土壤结构含黏土量较高的地区，建筑物对沉降的影响更大。不过，该研究第一作者、美国地质调查局科学家汤姆·帕森斯（Tom Parsons）认为，摩天大楼的数量并非重要因素，纽约和美国东部沿海大部分地区地表下沉主要是因为地质构造。

多名国内外专家向财新表示，城市结构对沉降的影响相关定量研究较少，它可能是一些人口密集的沿海城市下沉的原因之一，但非主因。“一般来说，人口增长和发展可能会增加对地

博客

丁金坤：恶犬伤人的犬主责任与物业责任

押沙龙：不管你有什么立场，也得先有起码的人性

陈冲：孤独和欲望的颜色（中）

财新网微信



唐涯：GDP大超预期，为何资本市场心坎坎

二湘的十一维空间：巴以冲突，人人活在认知的井里，区别在于井有大小深浅

最新文章

16:17 破坏环境资源犯罪呈上升态势 “一府两院...

15:22 共享电动单车能否进城？专家建议政府转变态度

订阅

12:00 【财新时间·十年】回访宗庆后：食品电邮全...

22:48 万科再探家装业务 房地产进入存量消费时代

22:40 潘功胜：引导稳定金融市场行为和预期根...

22:26 央行：提升金融业制度型开放水平 提高驾...

21:39 潘功胜：进一步疏通货币政策传导机制提...

15:00 美国升级芯片管制⑥ | RTX4090显卡...

13:24 LNG国际价格高位波动 中国买家锁定超...

12:03 万科郁亮：已经发布的地产调控政策应尽快落地

English - Caixin Global



China mRNA Vaccine-Maker Stemirna Struggles With Debt Crisis



China Defines Insurers That Are 'Too Big to Fail'



Putin Says Arctic Shipping Route Could Be Navigable Year-Round by 2024

Read More

下水使用的需求，并导致更快的沉降。” 南洋理工大学亚洲环境学院地球科学系博士郑文静表示。

地球上的水在大气、地表和地下之间循环，地下水是地球水循环的重要部分。地下水的循环速度相对较慢，主要储存在土壤和岩石的孔隙中，通过渗漏等方式参与调节地表水流量，比如在降雨较少或干旱条件下，地下水可以作为一种延迟效应，提供连续的水源补充缺乏降水的地表水体。

前述土木工程师介绍，超量开采地下水就是抽取的水量超过了地下水补给速度，导致地下水位下降，下降到一定程度就破坏了原本地下水供需的动态平衡，土壤中的水分减少，由此土壤中的饱和层会逐渐变窄，非饱和的干燥层扩大，从而导致土壤中的水分分布不均，土壤就会压缩或变形。这种土壤的压缩变形对人们的实际生活存在实质影响，因为每个区域的地质结构和岩石性质都不是平均分配的，存在差异就会存在沉降的不均匀。“通常区域沉降会呈现碗状，地面沉降的中心就是凹陷的区域，周围是相对稳定的区域。”

2003年11月，国务院公布《地质灾害防治条例》，其中地面沉降被归为“缓变性地质灾害”。在这种地质现象中，地下松散岩层会发生固结压缩，导致一定区域的地面高程降低。其反应迟缓、进展缓慢，沉降速率以毫米为单位计算，不易被人察觉，但其形成时间长、影响范围广、防治难度大，恢复困难。根据中国气象局网公布的信息，从1959年到1998年，天津沉降中心的累计沉降量最大为3.916米。

认识土地“慢性病”

沉降是土地的慢性病。许多慢性疾病在早期没有典型症状，只有当疾病进展到一定阶段时才被察觉，人们对待慢性病的科学态度是“早发现，早治疗”，这一原则同样适用于应对地面沉降。

财新查到的原上海地质处资料显示，上海连续开采地下水的历史从1910年起，彼时年采量仅在25万—35万吨。不过，1922年前后上海港务管理局就注意到，吴淞江验潮站的潮位逐年上升，但同期近海潮位并无持续上升的情况。经过1947年和1951年两次与青浦余山的水准基点连测后，才发现并非潮位上涨，而是验潮站的水准点大幅度下沉，导致对潮位的读数变大。

根据中国地质调查局评估，1974年至2014年，中国因地面沉降造成的经济损失超过3000亿元，上海直接经济损失为145亿元，间接经济损失为2754亿元；华北平原地面沉降所造成的直接经济损失也达404.42亿元，间接经济损失2923.86亿元。值得注意的是，间接损失在总损失中所占的份额较大，意味着地面沉降后期带来的灾害会广泛造成各个方面的影响。

综合各专家分析，地面沉降可能带来的直接损失包括导致建筑物地基下沉、房屋出现裂缝、地下管道破损、井管抬升以及加剧洪涝和风暴潮等灾害；间接经济损失则包括影响居民的生活和区域土地利用计划、增加道路修复成本、破坏当地生态系统等。

损失出现后，人们才开始进一步认识和了解地面沉降。卫星遥感和雷达技术为监测地面沉降提供了重要工具。2000年前后，雷达干涉测量（InSAR）技术经过欧洲众多科研团队的研究与发展，具备了从事地表形变调查与监测的基本条件。2015年欧洲航天局（ESA）发射的哨兵1号卫星载有C波段合成孔径雷达，可以提供连续的图像，使得InSAR技术在全球范围内的监测变得更加可行和实时。中国地质调查局自然资源航空物探遥感中心高级工程师葛大庆表示，InSAR技术的核心正是测量缓慢的地表形变，近10年来InSAR成为地面沉降领域研究最普遍使用的技术，而哨兵1号数据的开放，也让更多科研工作者可以使用和练习数据处理方法。

财新网微信

订阅
电邮

多个研究团队向财新介绍，其通常的步骤是，获得卫星或地面SAR系统提供的数据后，对数据进行相位解缠、滤波、去除不相关信号等干涉处理，比较两个或多个不同时间的SAR图像；再计算相位差异，生成地面位移图，图片就会显示地面在不同时间段内的变形情况，从而可以确定地面沉降的情况，包括确定沉降的空间分布、速率和时间演化等。

郑文静小组于2022年12月在期刊《自然-可持续发展》上发文，利用InSAR绘制了48座沿海城市2014年至2020年的地面沉降图，发现这些城市同时面临着地面沉降和海平面上升的威胁。这48座城市主要集中在亚洲沿海地带，研究小组发现其下沉速度的中位数为每年16.2毫米，其中一些城市的地面沉降速度达到每年43毫米。而目前全球平均海平面上升速度为每年3.7毫米。

郑文静告诉财新，地面沉降在沿海城市中很常见，通过高分辨率地图可以识别出具体的下沉区域。有趣的是，从卫星数据看，中国南京、美国华盛顿等城市的土地平均呈现出上升而不是下沉趋势。2013年，南京市出台《地下水资源保护管理办法》，禁止在城市、集镇等建筑物密集区直接取用地下水用于节能建筑的地源热泵系统，防止地面沉降。她表示，卫星数据的结果不意味着整个城市正在抬升，因为城市中仍会有部分区域在下沉。

InSAR技术虽然具有高精度和广覆盖性，但也受到一些限制，如大气干扰、地表覆盖、雷达几何和角度解析度等。葛大庆表示，对于地表形变背后的隐患以及突发性地质灾害的预测，仅使用InSAR技术还不够。他所在中心承担了“全国地面沉降遥感地质调查与监测”项目，其成果显示，完整的地面沉降立体监测网络布网将结合陆空数据，包括水准地面沉降监测、地下水位观测井、GPS地面沉降监测、地面沉降监测站以及InSAR地面沉降监测。

以简驭繁

治疗慢性病需要定期体检并保持健康的生活方式，这一道理同样适用于土地沉降的治理。多名专家学者建议，治理地面沉降的主要手段包括长期监测、做好工程前的勘测和防治计划、控制地下水开采，有条件可以采取超量回灌地下水以恢复土壤弹性。

李文鹏总结道，一般地区的地面沉降主要是因为抽取了深层承压水，控制开采和回灌后，沉降基本都会得到有效控制。像中国沿海地区的一些城市仍然会有沉降，是因为沿海地区的浅层土层形成时间较晚，尚未完成压实固结的过程。在建大楼或修地铁的过程中，浅层建设必须对土地进行排水，而如果工程的排水方案不当，就会引起周围地面的沉降。前述土木工程师告诉财新，在道路、铁路和机场的基础施工中，对未固结的含水层进行合适的压实力和控制土壤水分，还可以增加地基的承载力和稳定性。

在南京，长江沿岸、秦淮河沿岸、滁河沿岸等区域被归为特殊类土防治区，其地形平坦，软土分布广泛且在浅层分布，《南京市地质灾害防治规划（2017—2025年）》中特别强调了“工程建设中，若工程措施不当，易引发地面沉降地质灾害”。规划要求在相关区域进行工程建设时，严格执行地质灾害危险性评估制度，进行详细勘察设计，查明软土的分布特点，有关部门对评估、勘察、设计、施工单位资质和工作质量进行严格把关和监督。

对于可能由工程造成地面沉降的情况，事前谨慎勘察把关远远优于事后弥补。由人为原因造成的地面沉降损失情况在全球并不少见，但鲜有让人满意的解决方案。美国一名熟悉地产纠纷的律师告诉财新，上世纪90年代加州曾发生一起因沉降引发的法律纠纷，事关洛杉矶一处市府资助类联排别墅（与中国的经济适用房类似），约700多户居民入住后不久发现房屋的紧急逃生门无法关上、地面开裂，建筑物外立面严重脱落等情况。此后，专家认定房屋之下的土壤没有压实，本应被清除的黏土层吸收了过多的水，导致房屋沉降不均匀。这起纠纷前后一共耗时六年，仅仲裁听证就花了三年时间，最终没有能够评估出事件责任方。提起诉讼的770位居民获得了总计约6250万美元的赔偿金，其中市政府只赔偿了约300万美元，剩余部分则由25

财新网微信

订
阅
电
邮

家保险公司赔付。赔偿金一半用于房屋修复，扣除法律费用后，提起诉讼的每名房主仅获得约2万美元赔偿。

浅层土层带来的地面沉降问题需要靠一个个具体的工程项目来进行有效防治，深层含水层变化引发的地面沉降则需要区域的全盘规划。在管控地下水方面，联合国人居署将上海和东京视为地面沉降治理的成功案例。上世纪80年代，上海开始实行地下水开采总量控制制度，并设立了地下水资源管理机构。1996年开始上海又实行超额回灌地下水，也就是每年回灌地下水的量超过开采量，并且相继制定了一系列地下水管理政策和措施，比如《深井管理办法》《取水许可制度实施细则》《地面沉降防治管理办法》等。21世纪初，上海又实施更为严格的地下水开采控制政策，包括进一步压缩地下水开采总量等。公开资料显示，2020年上海市全市开采地下水105万立方米，实际回灌量约1810万立方米，年均地面沉降量从10.22毫米降至5毫米。

日本自1970年以后，通过实施工业、农业和建筑业用水法以及实施《东京都公害防治条例》等法律法规，严格限制地下水开采，并采取回灌措施，将河水、雨水和经过三级处理的废水注入含水层。此外，政府还通过购买矿业权来限制天然气开采。这些措施使得地面沉降速率逐渐减缓。

不过，多名专家表示，回灌在现实中面临的困难是，很多地区抽取深层地下水本就是因为用水短缺，难以拥有更多的水资源进行回灌；而如果采用雨水回灌，则必须保证回灌的水不能低于当前地下水质量，雨水的收集和处理也面临工程量和成本问题。

地面沉降背后的长期难题是水资源的分配不均。公开资料显示，中国北方仅有全国20%的水资源，但需要供给50%的人口和65%的耕地。水资源的分布不均，导致大部分地区依赖地下水资源进行开采。以华北平原为例，每年地下水开采量达206亿立方米。“完全禁止地下水开采是不切实际的，但是减少对地下水的开采是可行的。”李文鹏告诉财新，重要措施是积极发展调水工程，例如引滦入津、南水北调等项目，在一定程度上缓解了缺水地区对地下水的过度开采，起到控制地面沉降的作用。尤其是南水北调的中线工程，华北平原的水资源短缺问题得以缓解。

“十二五”期间，原国土资源部部署了全国范围内地面沉降持续调查监测与防治。到2019年，全国地面沉降情况总体呈现微量沉降和微量回弹并行，但由于长江三角洲地区的浅层软土、沿海地区回填及工程性地面沉降仍有发生，今后仍需进一步防治。郑文静表示，近年来可用于研究的高分辨率地面沉降数据不断增加，政策制定者可以利用这些数据进行更明智的土地利用规划和资源分配，以规避风险较高的地区。

“从长远看，提高公众的节约用水意识对保持用水需求的可持续发展和减轻水资源压力非常重要。”多名专家向财新表示，地面沉降的本质其实还是一个社会生态问题，可以被科学认识并解决，至少“比解决海平面上升容易多了”。[财](#)

牛牧江曲对此文亦有贡献

参考重要经济数据，推荐查阅[财新数据通【CEIC库】](#)

版面编辑：肖子何(ZN048)

话题：[#上海](#) [+关注](#) [#荷兰](#) [+关注](#)

[加关注](#) 819.9万

上一篇：财新周刊 | 气候适应补短板



0

订阅
电邮