

地下水位上升对银川既有建筑物和土壤的影响研究

杨彦忠 薛海红

宁夏回族自治区水文水资源监测预警中心，宁夏银川，750001；

摘要：近年来，随着银川都市圈城乡西线供水工程通水及地下水超采区治理成效显现，银川市地下水位由长期下降转为快速回升，由此引发的工程地质与生态环境问题日益凸显。本文基于银川市地下水动态监测数据、水文地质资料及实地调研，系统分析了地下水位上升的驱动因素，并重点研究了其对城市既有建筑物安全和土壤生态环境的负面影响。研究结果表明，地下水位上升主要通过产生浮托力、弱化地基土力学参数、诱发砂土液化及加剧结构腐蚀等方式，威胁建筑物安全；同时，通过改变土壤水盐运移，导致土壤盐碱化、养分失衡及生物群落衰退。最后，本文针对性地提出了包括动态监测、科学调控、工程治理在内的综合防治措施与建议，以期为银川市城市安全与可持续发展提供科学依据。

关键词：地下水位上升；既有建筑物；土壤盐碱化；抗浮设防

DOI：10.69979/3029-2727.26.01.064

地下水是地球水循环的关键组成部分，占全球淡水资源的超过三分之一，对支撑人类社会和生态系统稳定具有不可替代的作用。尤其在干旱缺水地区，地下水的合理利用与管理更为迫切和复杂。过度开采易导致水位下降、资源枯竭，而人工调控也可能引发土壤盐碱化、地基承载力下降等新问题，因此必须科学调控地下水位，优化水资源配置。近年来，银川市落实最严格水资源管理制度，推进地下水超采区治理，通过节水灌溉、水源置换、生态补水等多项措施，实现浅层地下水超采区销号。但治理过程中地下水位快速回升，也对局部区域带来了环境与工程安全风险，凸显了地下水位精准管控的必要性。

目前，银川市地下水位管控仍处于探索阶段，需结合地表水与地下水联合调控，建立科学的地下水模型，制定合理开采与水位控制方案。开展地下水位调控研究，有助于保障城市供水安全、提升农业用水效率、改善生态环境，并为管理部门提供决策依据，促进水资源可持续利用与社会经济协调发展。

1 银川地下水概况

银川市地处西北干旱半干旱区，水资源匮乏，地下水曾是支撑其经济社会发展的重要水源。行政区划上，研究区域涵盖银川市兴庆区、金凤区与西夏区。该区域

地下水资源主要接受引黄灌溉入渗补给，具有明显的“补给-开采”动态特征。历史上，由于城市发展用水需求激增，地下水一度严重超采，在 20 世纪 80-90 年代于金凤区与兴庆区形成了显著的地下水位降落漏斗。自 2017 年起，宁夏回族自治区及银川市严格落实《地下水管理条例》，强力推进地下水超采区治理。标志性的转折点是 2019 年银川都市圈城乡西线供水工程的建成通水，实现了生活水源从地下水到黄河地表水的根本性置换。与此同时，通过关停自备井、优化用水结构等一系列措施，地下水开采量大幅压减。治理成效显著，据监测数据，银川市浅层地下水超采区已销号，且地下水位自 2019 年后以 0.235 米/年的平均速率持续回升，局部区域累计涨幅超过 10 米。

2 银川地下水位动态变化特征及现实影响

2.1 地下水位动态特征

银川市地下水位动态呈现明显的季节性与年际变化。年内动态上，水位在 7 月农业灌溉高峰期降至最低，随后在 10 月至次年 3 月因生态补水和蒸发减少而逐步回升。年际动态上，水位在 2000-2019 年间持续下降（速率 0.075 米/年），但自 2019 年后趋势发生逆转，进入快速回升通道（速率 0.235 米/年）（见表 1）。

表 1 银川市 2018~2024 年平均各月地下水位埋深、降雨量及蒸发量统计表

项目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
地下水位埋深(m)	5.75	5.72	5.75	6.01	6.09	6.27	6.59	6.55	6.14	5.96	5.62	5.40
降雨量(mm)	0.7	3.1	5.1	18.2	16.8	29.5	25.8	55.5	34.9	10.8	3.3	1.2
蒸发量(mm)	24.9	42.9	124	167	206	205	200	170	131	99.3	53.6	28.5

2.2 已显现的现实影响

随着水位持续上升，对于城市建筑和城市内土壤盐碱化都会产生一定的影响，会造成土地的盐碱化、沼泽化和浸没，使建筑物受到渗漏、浸泡和盐碱侵蚀的危害。在建中的建筑物，因地下水位上升而引起浮动、位移等不良后果，其对城市的负面效应已从潜在风险转化为现实危害。

2.2.1 对建筑物的影响

银川市许多建筑和城市地下建筑物是在地下水位较低情况下修建的。如遇丰水年的情况下，地下水位有可能大幅度回升。特别是都市圈城乡工程供水后，关停水源地取水井，压减地下水的开采量，对地下水位将有很大影响，会给一些建筑物带来渗漏、变形、浸没等问题。通过对银川市现有建筑调查走访、翻阅资料等发现，地下水位的变化主要影响到兴庆区东部和南部、金凤区南部和北部、西夏区中北部等小区（如金字名庭、海珀兰轩、叠翠园等）。这些建成区的小区出现地下车库渗水、地面隆起、地下室潮湿、集水坑长期积水等问题，需要通过各项改造工程将地下水进行排泄，但是不能根治地下水位变化对建筑所造成的影响。这些建筑多建于水位低位期，其抗浮设计已不适用于当前的高水位环境。

2.2.2 对土壤及植被的影响

随着银川市地下水埋深的变化，银川市内行道树和地被植物已受到较大影响，部分耐旱行道树和地被植物深层根系长期浸泡在地下水时，浸泡在水中的根系因无法获得氧气而窒息，细胞死亡，根系腐烂变黑，完全丧失吸收水分和养分的功能。地上部分会表现出萎蔫、黄化的症状，看似是干旱，实则是根系腐烂无法吸水导致的“生理干旱”。这种“渴死在水里”的现象是涝渍致死的典型特征。这些行道树和地被植物主要分布在银川市金凤区南部和西夏区西部地区城市绿地。银川市早前种植的耐旱植物（如青海云杉、国槐等）深层根系腐烂，出现“生理干旱”症状，而土壤盐分随毛管水上升

至地表，加剧了局部土壤的盐碱化，迫使绿化部门转向选择耐盐碱植物。

3 地下水位上升原因分析

根据 2018-2024 年《宁夏水资源公报》、银川市水务局《地下水监测年报》（2010-2022）、宁夏统计局《国民经济和社会发展统计公报》、《银川市黄河流域生态保护规划》等资料，银川市水资源供水结构以“黄河水为主、地下水为辅”，但地下水因分布广、易开采，成为农业灌溉、农村生活及部分工业的重要补充水源，地下水位受到自身结构和随机因素的影响，在随机因素中地下水位又受到气候条件、人为因素等影响。但是银川市地下水位上升是地下水超采区的治理和银川都市圈城乡西线工程供水等人为调控主导下，自然与人为因素共同作用的结果。

3.1 政策性压减开采

随着银川市的不断发展和城市化的进程，银川市地下水开采量迅速的增加，水位不断下降，在 80-90 年代金凤区和兴庆区分别形成了两个降落漏斗，为了治理超采，银川市通过关停工业和城市公共供水自备井，生活地下水用水量占比从 2018 年的 62% 骤降至 2024 年的 27%，地下水开采总量下降 32%，从根本上减少了排泄量，打破了原有的采补平衡。

3.2 大规模水源置换

银川市都市圈西线供水工程将黄河水作为主要生活水源，直接替代了大量地下水开采，这是水位回升最直接的工程驱动力，从 2020 年银川市区使用银川都市圈城乡西线工程供水后，银川市区地下水位持续上升，根据资料显示，对银川市区的 47 眼地下水监测井进行分析，其中 36 眼观测井水位为上升趋势，11 眼观测井水位稳定或小幅度波动下降，2020 年来平均水位涨幅为 1.89m，水位涨幅最大的为银川市西夏区宁华路的观测井涨幅为 10.8m（见表 2 和图 1、2）。

表 2 研究区域部分地下水监测井 2018 年和 2024 年平均水位和涨幅统计表

序号	监测井名称	2018 年平均水位	2024 年平均水位	水位涨幅 (m)
1	P 银 3	1093.55	1107.45	7.62
2	P 银 5	1115.18	1117.60	2.04
3	P 银 9	1102.44	1105.22	2.37
4	A 银 2-2	1104.21	1108.21	3.10
5	A 银 1-2	1099.80	1103.63	2.01
6	P 银 2	1091.36	1103.73	8.56

7	C 银 01	1108.52	1113.99	5.46
8	C 银 02	1099.26	1107.63	8.37
9	C 银 04	1113.02	1117.71	4.70
10	C 银 05	1104.47	1115.27	10.81
11	C 银 06	1107.50	1114.74	7.24
12	C 银 07	1105.34	1110.02	4.68
13	C 银 08	1107.06	1111.75	4.69
14	C 银 09	1113.73	1115.78	2.05
15	C 银 13	1112.27	1116.08	3.81
16	P 银 6	1097.74	1108.14	4.50
17	C 银 03	1104.22	1106.88	2.66

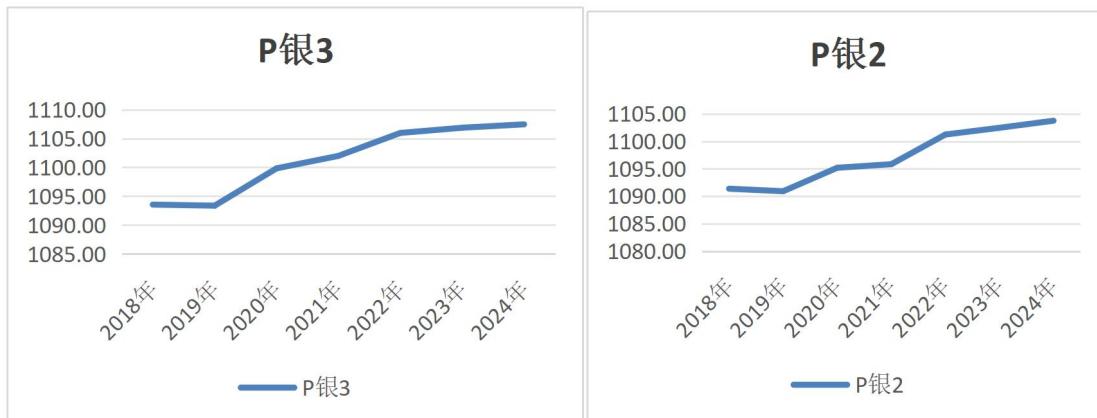


图 1 监测井 P 银 3 水位变化趋势图

图 2 监测井 P 银 2 水位变化趋势图

3.3 生态补水的间接影响

银川市通过实施河湖水系连通、湖泊生态修复及景观提升、沟道综合治理等工程，使现有的排水沟渠及沿线湖泊连通，充分利用沟道农田退水为湖泊补水换水。同时将现有拦洪库、滞洪区、西东走向的排水沟渠及沿线湖泊连通，充分利用贺兰山雨洪资源为湖泊补水蓄水。通过“河湖连通”工程（如滨河水系串联 8 处湿地）和“引黄入湖”项目（如典农河补水），将黄河水、灌溉退水作为生态环境的主水源，地下水仅作为应急备用。例如，2024 年银川市通过再生水和黄河水完成生态补水 1.2 亿立方米，地下水用量不足 0.2 亿立方米，并逐年减少地下水用水量。

3.4 自然因素的叠加效应

银川平原属于典型的温带大陆性干旱气候，年均降水量仅在 200 毫米左右，而蒸发量却高达 2000 毫米以上，地下水入渗补给靠天然降水的补给微乎其微。但集中农田灌溉引水，大量的黄河水通过渠底和渠壁渗漏，直接下渗补给浅层地下水，同时农田灌溉时，并非所有水都被作物吸收。多余的水会通过田间渗漏进入地下，

或者形成地表径流，排入专门的排水沟（如银新干沟、第二排水沟等），最终这些退水又有一部分会回归地下水系统。当开采量锐减的背景下，其补给效应被相对放大，促进了水位的恢复。

4 地下水位上升对既有建筑和土壤的影响

地下水位下降到区域平均水位以下时，再继续开采，容易形成大面积地下水下降漏斗，容易导致地面塌陷、沉降、地裂等地质灾害。但地下水位过高，同样也会给城市既有建筑和土壤带来不利影响。

4.1 对既有建筑物的影响机制

4.1.1 浮托力效应

当地下水位升至建筑物基础底面以上时，静水压力对底板产生向上的浮托力。依据《建筑地基基础设计规范》GB 50007-2011 和《建筑工程抗浮技术标准》（JGJ 476-2019），建筑物基础存在浮力作用时，应进行抗浮稳定性验算。银川市自 2005 年以后，建设地下埋深 7.0~15.0 m 的地下结构，因设计施工时，地下水位较低未充分考虑抗浮，后期部分建筑建设项目仍然采用地下水位较低时的水位数据作为设计抗浮水位，导致现有浮

力超过结构抗浮能力，引发底板隆起、开裂和结构变形。

4.1.2 岩土力学参数弱化

银川区域 80-100m 深度范围的地基土以粉土、粉细砂为主。土的类型、地下水位与地基承载力密切相关，新近沉积的粉土，物理力学性质与土层含水率密切相关，粉土体湿度由稍湿($w < 20\%$)随地下水位变为很湿(w 大于 30%)后，力学性质降低约 10%~30%。地下水位上升使地基土（如粉土、粉细砂）含水量饱和，其重度和内摩擦角等力学参数下降。对于浅基础，地基承载力显著降低；对于桩基础，桩周土体软化导致桩侧摩阻力与端阻力减小，可能引起建筑不均匀沉降。

4.1.3 砂土液化风险增高

地下水位抬升扩大了饱和砂土的范围。银川处于银川—河套地震带，在地震荷载下，地面下存在饱和砂土和黏粒(粒径小于 0.005mm 的颗粒)含量小于 10%的粉土地层时，要进行液化判别，饱和疏松的砂土易发生液化，使地基瞬间丧失承载力，对建筑物稳定构成严重威胁。

4.1.4 结构耐久性受损

地下结构长期浸泡或处于干湿交替环境，加速了混凝土碳化、钢筋锈蚀及材料老化。按照现大部分施工采用的设计，会按照水头高度 H 和地下室墙体厚度 h 计算比值， P_6 （该混凝土试块在 0.6MPa 的水压力下保持不渗水）满足抗渗要求。但由于现在地下水位逐渐上升，部分既有建筑地下水位上升至以前最高地下水位处， P_6 已不满足使用要求。若防水等级不足，渗漏问题会进一步加剧腐蚀，缩短建筑使用寿命。

4.2 对城市土壤的影响机制

地下水位变化对城市土壤的影响是多维度的，既会直接改变土壤的物理、化学与生物学特性，也会通过“水-土-植被”的耦合作用间接引发连锁反应，且影响程度与水位升高的幅度、速度、持续时间，以及城市土壤本身的质地（如砂质土、黏质土）、压实程度密切相关。

4.2.1 诱发土壤盐碱化

在银川，水分稀缺而蒸发强烈，当地下水位因灌溉下渗等原因升高时，深层土壤中沉积的盐分便会随着水分的毛细作用向上迁移。这一过程如同土壤的“隐性输盐通道”，水分在土壤孔隙中不断向上输送可溶盐离子，如钠、氯、钙、镁等，直至地表。当水分在强烈的日照与干燥气流中迅速蒸发后，这些盐分便残留于土壤表层，逐渐积聚，形成灰白色的盐结皮或盐斑。这种盐分表聚

不仅改变了土壤的化学环境，还显著提高了土壤溶液的渗透压，使植物根系难以吸收水分，形成“生理干旱”。与此同时，钠离子等会破坏土壤团粒结构，造成板结，进一步阻碍气体交换与根系伸展。随着盐分浓度的增加，土壤的 pH 值也逐步升高，趋于碱性，部分区域甚至可能出现钠质化土壤，严重抑制植物对铁、锌、磷等必需元素的吸收。

在城市绿化系统中，这种盐渍化过程危害尤为显著。它不仅直接毒害乔木、灌木及草坪的根系，造成叶片焦边、生长停滞甚至整体枯亡，还会改变微生物群落结构，削弱土壤肥力。长期盐分积累还会导致地表结皮阻碍雨水下渗，形成恶性循环，显著增加养护成本与生态修复难度，最终威胁城市生态安全与景观可持续性。

4.2.2 改变土壤物理结构

对于未压实的城市土壤（如公园绿地），长期水分饱和会使土壤颗粒（砂粒、黏粒）分散，团粒结构（土壤肥力的核心结构）解体，干燥后易形成“板结层”（硬度增加 2-3 倍），导致后续水分入渗困难，形成“内涝-板结”恶性循环。

对于已压实的城市土壤（如道路两侧、建筑基坑周边）。水位升高会进一步降低土壤颗粒间的黏结力，使土壤抗剪强度下降（如砂质土抗剪强度可降低 30%-50%），增加道路路基塌陷、基坑边坡滑坡的风险。

土壤孔隙被水填充，通气性急剧恶化，好氧微生物和土壤动物（如蚯蚓）死亡，导致土壤板结、结构破坏，其承载和渗透性能下降。

4.2.3 导致土壤化学与生物学特性退化

pH 值变化。在厌氧环境下，土壤中的微生物会分解有机质产生有机酸，或还原硫酸盐产生硫化氢，导致酸性土壤 ($pH < 6.5$) 进一步酸化；而碱性土壤 ($pH > 7.5$) 中，水位升高会促进碳酸钙溶解，可能使 pH 值小幅上升，加剧盐碱化风险。

土壤微生物（如细菌、真菌、放线菌）多数为“好氧微生物”，依赖氧气生存。水位升高导致缺氧，就会使好氧微生物数量减少 50%-80%（如分解有机质的放线菌），而厌氧微生物（如产甲烷菌）大量繁殖，导致土壤有机质分解效率下降（分解速度减慢 30%-50%），土壤碳库累积（但多为难分解的有机质，无法转化为速效养分）。

植物根系是土壤生物的重要组成部分，也是城市土

壤的核心“使用者”（如绿地、行道树）。根系呼吸需要氧气，水位升高导致根系缺氧，会抑制根系伸长（如乔木根系深度从正常的 1-1.5 米缩短至 0.3-0.5 米），且根系表皮细胞易腐烂，无法吸收水分和养分，导致植被枯黄（如北京部分滨河绿地，水位升高后，白蜡树死亡率达 20%-30%）。

5 措施和建议

为应对地下水位上升带来的挑战，保障城市安全，提出以下系统性建议：

5.1 强化监测预警与源头管控

建立全市地下水动态监测体系，多部门应联合布设高密度监测网络，对重点区域（如水位上升快、建筑密集区）进行实时监控。同时进行科学预测与发布预警，基于监测数据，预测不同区域地下水位变化趋势，动态更新并发布“抗浮设防水位”，为新建项目设计和既有建筑安全评估提供权威依据。

5.2 实施科学的水位调控策略

建立“分区、分级”精准调控。在水位过高且建筑风险突出的区域（如金凤区南部、西夏区中部等地区），可有计划地启用回灌井或抽水井，进行“人工干预”，将水位控制在安全埋深。优化水资源配置，在保障生态和农业合理需求的前提下，进一步优化地表水、地下水、再生水的联合调度，实现水位的长期稳定与采补平衡。

5.3 分类施策治理既有问题

对于已受影响的既有建筑，应立即进行安全鉴定。根据风险等级，采取增设排水沟、打泄压井、底板加压重或结构加固等工程措施，及时消除安全隐患。对于城区新建项目，强制采用基于最新水文地质条件的抗浮设计水位，提高防水防腐等级，从源头提升工程的耐久性和安全性。

5.4 优化生态与植被管理

对地下水位较高影响到的城市土壤进行改良，可采用土壤置换、埋设排水盲管、施用土壤改良剂等措施。

对潜在的高风险区，优先选用耐水湿、耐盐碱的植物（如柽柳、沙枣等），构建韧性生态系统，以适应变化的地下水位环境。

6 结束语

银川市地下水位的战略性回升是水资源管理成功的体现，但随之而来的地下水位持续升高问题不容忽视。本研究证实，水位上升已对银川市既有建筑物构成了实质性的安全威胁，并对城市土壤生态环境产生了深远影响。未来，必须从“被动应对”转向“主动适应”，通过跨部门协作、科学监测与精准调控，构建与健康水生态相适应的安全城市格局，方能实现水资源可持续利用与城市高质量发展的双赢目标。

参考文献

- [1] 顾雪业. 北京城市副中心地下水位动态模拟及调控研究[D]. 华北电力大学(北京), 2024.
- [2] 赵亮, 殷顺达, 孙广欣. 地下水位上升对建筑安全使用的影响——以郑州市区域为例[J]. 中州大学学报, 2025, 42(01): 123-128.
- [3] 吴向峰. 银川市区地下水位上升对建筑物地基沉降变形的影响研究[D]. 宁夏大学, 2023.
- [4] 汪凡茗. 地下水位变化对基坑及建筑变形影响研究[D]. 昆明理工大学, 2022.
- [5] 郭海朋, 李文鹏, 王丽亚, 等. 华北平原地下水位驱动下的地面沉降现状与研究展望[J]. 水文地质工程地质, 2021, 48(03): 162-171.
- [6] 张敏. 临汾市城区道路绿化植物多样性及其与土壤因子相关性研究[D]. 山西农业大学, 2019.
- [7] 胡锦娟. 城市绿地水量平衡与再生水灌溉对土壤水影响研究[D]. 河北建筑工程学院, 2020.
- [8] 任孝刚, 豆敬峰. 地下水危害及工程地质勘察水文地质评价与分析[J]. 中华建设, 2018, (07): 126-127.

作者简介：杨彦忠（1989.03-），男，回族，宁夏吴忠市同心县人，本科，工程师，研究方向：水文水资源监测、水环境监测分析与评价。