

测水位与悬浮物;运营期15年(按投产初期、达产阶段、设备大修周期设置节点)的前5年每季度监测重金属与pH值,后10年变更为每半年1次;退役期3年(以生产线拆除、场地修复为节点)中的每年开展1次全指标监测,以重点地分析镉、铅等重金属的残留浓度。通过上述节点化管理,辽宁地矿集团精准地捕捉到了运营第8年因冷却系统老化而导致的重金属泄漏,为及时地更换设备提供了时间依据。

3.3 数据管理与质量控制

在长期跟踪监测数据管理当中,一定要构建“全流程溯源、系统化整合”的管理体系,如此才能实现从样品采集到数据应用的闭环控制。对于原始数据地记录,需采用“双人双录”制度,现场监测数据(如水位、水温)则需实时地记录在防水纸质台账与电子终端之中,而样品的编号应包含监测点编号、采样日期、样品类型等信息,以确保每份样品均可追溯至具体监测点与采样人员^[4]。随后是电子台账地录入,建议采用标准化模板,此模板涵盖了监测指标、检测方法、仪器型号、平行样偏差等元数据,能够避免数据格式混乱情况的出现。最后是数据库地建设,应当采用地理信息系统(GIS)平台,借此将监测数据与空间坐标相关联,使其形成动态更新的“地下水监测时空数据库”,支持多维度地查询与可视化地展示。

在质量控制方面,其管理的核心在于贯穿监测的全过程。首先是样品采集阶段,需使用酸泡处理的玻璃器皿或专用塑料容器,对于挥发性有机物样品还应采用棕色瓶并充满容器,以避免顶空效应,同时在运输过程中要持续保持低温(0-4℃)且避光的条件,且运输时间通常不超过24小时;其次是分析检测阶段,每批次样品需包含10%的平行样与空白样,即平行样相对偏差需≤10%(重金属指标≤15%),空白样检测值需低于方法的检出限,对于大型监测项目还需进行实验室间比对,如此才能确保不同检测机构的数据一致性;最后为数据审核阶段,此阶段需通过三级审核制(采样人员自审、项目负责人审核、技术总工程师),重点在于核查异常值(如pH值超过8.5或低于6.5),对可疑的数据一定要重新采样进行验证。

比如辽宁地矿集团开发的“地下水监测数据智能管理系统”,便集成了物联网采集终端与云端数据库。在此系统当中,现场监测数据通过传感器可直接上传至系统,且自动地生成带时间戳的电子记录;实验室检测数据也经LIMS系统接口得以导入,会与现场数据自动进行匹配;系统内置的数据校验算法则能够自动地识别异常值(如某监测点COD值突增50%),并触发人工复核流程。基于该系统,某开发区项目通过比对2018-2023年的监测数据,从中发现某监测点总硬度年递增率达8%,再经溯源确认是周边地下水过度开采而导致的盐分浓缩,此数据的准确率较传统管理模式提升了23%,说明其能为开发区的地下水管控提供数据方

面的支撑。

3.4 预警与反馈机制设计

预警与反馈机制的关键是建立“分级响应、多方联动”的运行模式,进而确保监测数据能被及时地转化为防控行动^[5]。因此预警阈值的设定需结合环境质量标准、污染物毒性阈值及区域敏感目标特征,采用“双阈值”体系——“一级预警”(关注阈值)为标准限值的80%,提示相关人员需加强监测的频次,“二级预警”(超标阈值)为超过标准限值,此时要启动应急响应。例如集中式饮用水源保护区周边,可以将氨氮的关注阈值设定为1.0mg/L(标准限值1.5mg/L),一旦达到该值便立即加密监测。当预警启动后,便要按“1小时内通报、24小时内核查”的时限要求进行处置。一般情况下,一级预警由监测机构向项目方发送警示函,并同步抄送当地环保部门即可,但二级预警就需立即启动现场排查,即采用便携式检测仪快速地进行验证,在最短的时间内确定污染的范围与污染源。而反馈流程需形成“监测报告-问题诊断-措施优化”的闭环,在每月均形成一份常规的监测报告,旨在分析指标变化的趋势,且每季度召开一次联席会,邀请项目方、环保部门、专家团队共同研判数据背后的环境风险。

4 结语

地下水监测布点优化与长期跟踪监测方案设计是环境影响评价中保障地下水环境安全的核心环节。只有科学的布点才能确保监测数据的代表性,加之系统的长期跟踪捕捉地下水环境的动态变化,使二者共同为工程项目的环评提供坚实的数据支撑。未来随着技术的不断进步,地下水监测将朝着智能化、精细化方向持续地发展,终将为环境影响评价提供更加精准、高效的技术支持。

参考文献

- [1] 张清涛.生态保护区地下水环境受隧道开挖影响敏感性评价[J].铁道标准设计,2024,68(10):207-215.DOI:10.13238/j.issn.1004-2954.202303130004.
- [2] 陈舟,王锦国,张延杰,等.水利水电工程地下水环境影响评价关键问题及案例分析[J].河海大学学报(自然科学版),2023,51(03):48-55.DOI:10.3876/j.issn.1000-1980.2023.03.007.
- [3] 梁戈龙,刘玲,焦建军,等.基于“源-径-受体”的高盐水灌注对地下水环境影响预测评价[J].煤炭工程,2023,55(S01):155-161.DOI:10.11799/ce202311059.
- [4] 代维.地下水环境影响评价中水质监测井布设方案研究[J/OL].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2018(2)[2018-04-16].<https://www.cqvip.com/doc/journal/2010237336959125505>.
- [5] 李晨.基于水质水量的浅层地下水演化及优化调控研究[D].北京市:华北电力大学(北京),2023.DOI:10.27140/d.cnki.ghbbu.2023.000165.

Research on the Impact of Land Use Change in the Central Yangtze River Urban Agglomeration on Water Resources Carrying Capacity

Sheng Xiong

Hubei Institute of Urban Geological Engineering, Wuhan, Hubei, 430050, China

Abstract

The urban agglomeration in the middle reaches of the Yangtze River, as the core area of China's economic growth, has a profound impact on the regional water resource carrying capacity due to its rapid urbanization and dramatic changes in land use patterns. With the large-scale expansion of construction land and the continuous compression of ecological land, the regional water conservation capacity has weakened, the groundwater recharge process has been hindered, and the supply and demand relationship of water resources has become increasingly tense. Land use changes not only affect the natural cycle of water resources, but also alter the structure and intensity of water use, exacerbating the imbalance of the load-bearing system. The research, by sorting out the evolution process of land use, analyzes its comprehensive effects on water supply capacity, water demand and carrying balance relationship, reveals the coupling mechanism and influence path, and provides theoretical support and management reference for optimizing the territorial spatial pattern and enhancing the resilience of the water resources system.

Keywords

Land use change Water resources carrying capacity Supply and demand balance; Urban agglomeration development Ecological regulation and storage function

长江中游城市群土地利用变化对水资源承载力影响研究

熊升

湖北省城市地质工程院, 中国 · 湖北 武汉 430050

摘 要

长江中游城市群作为我国经济增长的核心区域,其快速城市化与土地利用格局剧变对区域水资源承载力构成深远影响。随着建设用地的大规模扩张和生态用地的持续压缩,区域水涵养能力减弱,地下水补给过程受阻,水资源供需关系趋于紧张。土地利用变化不仅影响水资源的自然循环,还改变了用水结构和强度,加剧了承载系统的不平衡状态。研究通过梳理土地利用演变过程,分析其对水资源供给能力、用水需求以及承载平衡关系的综合作用,揭示出耦合机制与影响路径,为优化国土空间格局、提升水资源系统韧性提供理论支撑和管理参考。

关键词

土地利用变化; 水资源承载力; 供需平衡; 城市群发展; 生态调蓄功能

1 引言

随着区域协调发展战略的推进,长江中游城市群呈现出土地利用密度不断提升、空间扩展速度加快的态势。城市建设用地的快速增长伴随着耕地、林地和湿地等生态用地的持续压缩,导致区域水文循环系统结构被打破,水资源系统承载力受到严重挑战。在人类活动强度不断增强的背景下,土地利用变化已成为影响水资源可持续利用的重要因素,表

现出对供水能力的削弱作用与用水压力的叠加效应。当前亟需从耦合视角出发,深入剖析土地利用变化对水资源承载力的多维影响过程,厘清影响机制与空间格局,构建科学的水资源调控与空间利用协调体系,为城市群发展提供生态保障基础。

2 长江中游城市群土地利用变化的主要表现

2.1 城市化进程推动下建设用地扩张态势

长江中游城市群在快速城市化推动下,建设用地规模持续扩展,呈现出由核心城区向外围扩张的空间演化特征。大量原生态土地被转化为城市建设空间,道路、住宅、工业园区和交通基础设施占据了原有耕地和林地。土地用途结构发生显著变化,生产、生活、生态三类功能用地比例严重失

【作者简介】熊升(1972-),女,中国湖北武汉人,本科,高级工程师,从事水文地质、工程地质与环境地质工程等方面的研究。

衡,城市开发对自然资源的占用程度显著增强,对区域资源环境系统带来深层次压力。

2.2 耕地与林地面积缩减对生态系统结构的扰动

随着城市用地的迅猛扩张,大量优质耕地被征占用于城镇建设,耕地红线面临突破风险,农业空间持续退缩。林地面积则在基础设施建设和经济产业布局调整中遭受不同程度压缩,生态系统稳定性受到破坏。土地利用结构朝向以建设用地为主的模式演变,导致原有的食物生产、碳汇调节、水源涵养等生态功能持续弱化。土地利用转换频率升高使生态斑块破碎化程度提升,生物多样性空间承载基础被削弱。耕地减少还可能带来粮食安全与水土保持能力下降的双重影响,林地削减则加剧地表水分蒸发、雨水下渗能力降低等生态后果。整体生态系统呈现出结构不完整、功能退化、恢复力减弱等趋势,为区域生态安全格局敲响警钟。

2.3 水域资源压缩与空间布局重构趋势

随着城市空间不断推进,原有水体面积呈持续压缩态势,小型湖泊、池塘和沟渠被填埋或改造为人工设施,原生水系连通性遭到破坏。部分河流由于两岸土地开发强度上升,退缓洪区被建设占用,导致行洪能力下降。由于水域压缩而导致的自然生态功能衰退,在洪涝频发、旱涝急转等极端气候背景下更显脆弱。城市内部微循环水系统的完整性被打破,蓄水与调节能力显著下降,区域水环境质量和生态承载力面临更大挑战。

3 土地利用变化对水资源供给能力的影响机制

3.1 地表不透水面积增加引发的水涵养功能削弱

城市化过程中大量原有土壤地面被硬质材料覆盖,形成大面积不透水面,改变了降雨的下渗、滞留和汇流路径。地表径流量迅速增加,滞蓄能力显著降低,原本依靠自然下渗补充地下水的水涵养过程被严重干扰。城市降雨在短时间内转化为洪峰流量,导致地表水迅速流失,无法形成有效水源积聚。水文过程的“快进快出”趋势显著,使得城市水体生态系统难以维持稳定的水量平衡。地下水位随之下降,涵养带变窄,含水层补给周期被拉长。不透水面导致微气候变化、土壤水分蒸散减少等次生效应进一步加剧水资源的供给短缺,城市水安全基础变得更加脆弱。

3.2 土地开发强度提升对地下水补给的抑制作用

在土地高强度利用背景下,大量天然地表被开发为建筑区、交通干道和工业基地,地表覆盖物及地形形态发生显著变化,直接削弱雨水入渗途径。地下水补给依赖的自然渗透空间被压缩,渗漏通道封闭导致补给速率持续降低,浅层含水层处于长期亏缺状态。建设活动对土壤结构的扰动破坏了其保水性与透水性,降雨无法有效进入地下形成储水,出现区域性“地下水断粮”问题。地表水体被人工化处理削弱了下渗路径的空间连接,涵养带与供水区分离,补给链条断裂趋势明显。地下水补给能力降低引发水位下降、水源枯竭

等现象,水资源供给稳定性面临系统性冲击。

3.3 绿地与湿地退化对自然水源调蓄能力的削减

城市扩展过程占用大量绿地与湿地空间,这些生态用地原本在水分调节中发挥重要作用,具有良好的蓄水、滞水和下渗功能。绿地消失使土壤蓄水容量下降,植被蒸腾作用减弱,湿润小气候的维持机制被破坏。城市核心区绿地率下降削弱了集雨和雨水延迟排放能力,导致暴雨时期径流激增,旱季期间补水不足,供水系统承压加剧。生态用地的持续压缩使得水资源自然储存体系失衡,调蓄能力减弱使水资源系统变得高度依赖工程性供水设施,难以应对极端水文事件频发带来的不确定性。

4 土地利用变化对水资源需求压力的推动作用

4.1 人口聚集区扩展带来的生活用水总量增长

长江中游城市群人口持续向城市聚集,2010年至2020年间,武汉、长沙、南昌三市常住人口总规模由2470万人增加至3150万人,年均增长率达2.5%。同期,建成区面积扩展由1545平方公里增加至2160平方公里,不透水地表的快速蔓延提升了单位面积的生活用水需求密度。以武汉市为例,2020年城市居民日均生活用水量已达325万吨,较十年前增加88万吨。人均日用水量维持在220升以上,城区人口集中度提高使城市管网供水能力面临瓶颈。城市综合服务设施、公共场所、交通枢纽等基础设施的用水总量显著提升,占总生活用水的比重达26%。人口增长叠加城市空间拉伸,直接导致生活用水总量迅速上升,推高区域性水资源需求峰值,放大了承载系统的供水压力。

4.2 产业布局变迁导致的生产用水结构调整

长江中游城市群产业结构在近十年中呈现出从传统制造向高端装备、新能源、生物医药等领域转型趋势。以长沙市为例,2012年第二产业用水占比为71%,到2021年下降至52%,而第三产业用水则由13%提升至28%。高附加值产业的兴起虽伴随单位产值用水强度下降,但集中工业园区与科技园区对水资源的空间集聚需求持续增强。南昌高新区2021年工业用水总量达8400万吨,其中70%以上集中在半导体、精密制造类企业。高耗水产业仍然在城市群周边存在,如化工、建材等行业在咸宁、岳阳等地占据主导地位,年用水量超过5亿立方米。产业空间结构的重构使得区域用水结构趋于复合化和分散化,推动水资源配置难度上升,局地性高强度需求压力凸显。

4.3 农业用地减少背景下灌溉方式的变化与压力转移

长江中游城市群在城市用地持续扩张过程中,农业用地面积自2010年以来减少了12.8%,其中武汉都市圈的耕地面积下降最为显著,十年间减少约26.4万公顷。传统大水漫灌灌溉方式面临资源与效率双重瓶颈,农田水利设施的现代化率虽有提升,但灌溉系统仍以地表取水为主,管灌与喷灌等节水技术普及率不足40%。耕地外移使得农田灌溉