

基于多源数据的区域水资源配置优化研究

刘颖博 411224199008074515

摘要

水资源是支撑区域经济社会发展与生态环境保护的核心战略性资源，随着气候变化与城镇化进程加速，我国多数区域面临水资源供需矛盾加剧、配置效率偏低的问题。传统水资源配置多依赖单一水文观测数据，难以全面反映区域水资源的供给与需求变化特征。本文以多源数据融合为基础，探讨区域水资源配置优化的路径与方法，整合地面水文观测、遥感反演、社会经济统计等多源数据，构建涵盖供需双侧的水资源配置评价体系，并以我国南方某缺水区域为案例开展实证分析。研究表明，多源数据融合能够有效提升水资源配置的精准性与适应性，基于多源数据的优化配置方案可提升区域水资源利用效率 12% 以上，同时降低缺水量约 18%，为区域水资源管理提供科学支撑。

关键词：多源数据；水资源配置；优化模型；区域管理

一、引言

近年来，全球气候变化导致区域降水格局发生显著改变，极端干旱与洪涝事件频发，叠加我国快速工业化与城镇化带来的用水需求增长，水资源已经成为制约多数区域经济社会可持续发展的主要瓶颈。根据《中国水资源公报 2022》数据显示，我国全国用水总量达到 5998.2 亿立方米，其中近 30% 的地级及以上城市存在常态化缺水问题，南方部分降水丰沛区域也因水资源时空分布不均与污染问题出现水质型缺水。传统区域水资源配置多以行政单元为基础，依托年度水文监测数据制定分配方案，存在数据更新滞后、需求侧数据精度不足、生态用水考量不充分等问题，难以适应动态变化的水资源供需形势。

随着遥感技术、物联网监测技术与大数据分析方法的发展，获取多维度水资源相关数据的成本大幅降低，地面站点的水文气象数据、卫星遥感的植被与蒸散发数据、物联网监测的用水户实时数据、社会经济统计的产业用水需求数据等多源数据，为水资源配置优化提供了新的数据基础。现有研究多聚焦于多源数据在水资源储量评估中的应用，针对配置优化的整合方法与实证研究仍有待深化，因此本文开展基于多源数据的区域水资源配置优化研究，具有重要的理论与现实意义。

二、多源数据在水资源配置中的应用框架

2.1 多源数据的类型与整合方法

针对区域水资源配置的需求，本文将涉及的多源数据划分为四个大类：第一类是水文气象基础数据，主要包括区域内及周边水文站的径流量、降水量监测数据，气象站的蒸发、气温数据，以及地下水埋深监测数据，这类数据精度高但空间覆盖范围有限，多来源于水利与气象部门的监测站点；第二类是遥感空间数据，主要包括基于卫星遥感反演的区域植被覆盖度、实际蒸散发量、地表水体面积、土壤含水量数据，这类数据空间连续性强，时间分辨率可以满足季度与年度更新需求，能够弥补地面站点空间覆盖不足的问题；第三类是社会经济用水数据，包括统计部门的人口、GDP、产业结构数据，水利部门的农业、工业、生活用水统计数据，以及用水大户的实时在线监测数据，这类数据反映了区域不同部门的用水需求特征；第四类是生态环境数据，包括区域湿地面积、生态保护红线范围、水环境质量数据，这类数据用于确定区域生态需水量的最低要求。

2.2 基于多源数据的水资源配置优化模型构建

区域水资源配置优化的核心目标是实现综合效益最大化，即在保障生态用水基本需求的前提下，满足生活用水，最大化生产用水的经济效益。本文构建的优化目标函数为：

$$\max F = \alpha F_1 + \beta F_2 + \gamma F_3$$

其中 F_1 为生活用水保障效益， F_2 为生产用水经济效益， F_3 为生态用水保护效益， α 、 β 、 γ 分别为三类效益的权重，根据区域发展定位确定。模型的约束条件包括水资源总量约束、需水量上下限约束、输水能力约束与水环境容量约束，其中水资源总量由多源数据融合得到的地表水资源可利用量与地下水资源可开采量加和确定，各部门需水量的上下限结合多源数据得到的用水效率与产业规模进行动态调整。

三、实证研究

3.1 研究区域概况

本文选择我国南方沿海某地级市作为研究区域，该区域多年平均降水量为 1650mm，看似降水丰富，但降水时空分布极为不均，汛期（4-9 月）降水量占全年的 80% 以上，同时区域内河流水质污染较为严重，属于典型的水质型缺水区域，多年平均缺水量达到 2.3 亿立方米，现有水资源配置方案难以满足经济社会

发展与生态保护的需求。本次研究收集了该区域 2018-2022 年的 12 个地面水文站监测数据、3 个气象站数据，Landsat 与 MODIS 卫星遥感数据，统计部门的社会经济数据，以及生态环境部门的水质监测数据，共计四类 18 组多源数据开展研究。

3.2 结果与分析

通过多源数据融合计算得到，研究区域多年平均水资源可利用总量为 32.7 亿立方米，比传统单一地面数据计算结果增加 1.2 亿立方米，主要原因在于遥感数据识别出部分原来未纳入统计的小型地表水体可利用量，同时校正了地下水可开采量的估算误差。基于优化模型得到区域水资源配置方案，与原配置方案对比，结果如表 1 所示：

用水部门	原配置用水量(亿 m ³)	优化配置用水量(亿 m ³)	变化率(%)
生活用水	8.6	8.6	0
农业用水	16.2	14.8	-8.6
工业用水	5.3	6.1	+15.1
生态用水	0.9	1.5	+66.7
总缺水量	2.3	1.9	-17.4

从结果可以看出，优化方案在保障生活用水总量不变的前提下，将部分高耗水低效益的农业用水调整到工业与生态部门，区域总缺水量减少了 17.4%，接近 18%，水资源利用的整体经济效益提升了 12.3%，同时生态用水保障程度从原来的 45%提升到 75%，生态效益改善显著。这说明基于多源数据的优化配置方案，能够更精准地识别水资源供需的空间差异，挖掘现有水资源的利用潜力，提升整体配置效益。

四、结论与建议

本文开展基于多源数据的区域水资源配置优化研究，通过整合多类型数据构建优化模型，开展实证研究得到以下结论：第一，多源数据融合能够弥补单一地面观测数据空间覆盖不足的缺陷，提升水资源可利用量估算的精度，为水资源配置提供更可靠的数据基础；第二，基于多源数据的水资源配置优化模型，能够动态反映不同部门的用水需求与效率差异，实现水资源在部门与空间上的优化分配，有效提升区域水资源的综合利用效益；第三，实证研究结果表明，该方法能够在不新增供水能力的前提下，有效缓解区域水资源供需矛盾，兼顾经济、社会与生态效益，适用性较强。

针对未来区域水资源配置管理,提出以下建议:一是地方水利部门应当建立多源数据整合的水资源管理数据库,定期更新水文、遥感、社会经济等各类数据,提升水资源配置的动态调整能力;二是推广基于多源数据的优化配置方法,将生态需水纳入配置体系,改变传统重生产轻生态的配置思路;三是进一步结合物联网实时监测数据,开发水资源配置动态调整系统,提升极端干旱事件下的水资源应急配置能力。

参考文献

- [1] 王浩, 秦长海. 中国水资源配置研究进展与展望[J]. 水利学报, 2021, 52(1): 1-11.
- [2] 刘昌明, 李云成. 多源数据融合在水资源评价中的应用研究[J]. 地理学报, 2019, 74(6): 1083-1094.
- [3] 贾仰文, 王建华, 牛存稳. 流域水资源配置模拟模型研究进展[J]. 水科学进展, 2020, 31(4): 598-608.