

基于动态耦合模型的水资源时空协同调控

何庭漫

云南省调水中心, 云南 昆明 650000

摘要: 当前, 随着社会经济的快速发展及人类活动的日益增加, 水资源问题越来越引发人们的关注。传统的单一地点、短时期的水资源调控方法已无法满足复杂、变化的水资源需求。因此, 研究采用基于动态耦合模型的方法, 探究水资源的时空协同调控问题。首先, 构建涵盖水资源需求、供应和环境三个方面的动态耦合模型, 再利用该模型对水资源的时空协同调控进行仿真分析。研究表明, 通过动态调控水资源的供应和需求, 以及合理利用和保护水环境, 可以有效保障水资源的长期可持续性, 改善水资源供需矛盾, 提升水资源配置效率。同时, 此模型也可用于引导实际的水资源管理工作, 指导策略的制定和实施。这一研究为进一步优化水资源管理, 实现水资源的可持续利用提供了新的视角和工具。

关键词: 动态耦合模型; 水资源管理; 时空协同调控; 供需协调; 可持续利用

DOI: 10.63887/fns.2025.1.2.19

伴随全球人口增加和工业化进程加速, 水资源供需矛盾愈加明显, 成为环境保护与资源管理的重要课题。我国水资源时空分布不均, 引发部分地区过分开采和生态环境恶化, 传统管理方法很难适应复杂的需求。动态耦合模型可以整合供需与环境信息, 实时体现水资源系统内彼此影响, 大多研究却处于固定或片面层面, 缺少包含多时空尺度的配合框架, 很难适应实际需求。本文构建囊括需求、供应和环境三大子系统的动态耦合模型, 阐明时空维度下水资源协同调控机制, 通过模拟研究测评调控策略对持久供应和生态保护的效果。充实了水资源时空协调理论, 提供了改进管理和确立科学政策的理论依据与技术支持, 促进水资源管理向精细化和可持续方向发展^[1]。

1 水资源的供需现状及挑战

1.1 水资源的供需现状

全世界水资源供应和需求情况复杂, 且在

不同地区的发展方向存在差异。社会经济飞速增长, 人口数量持续增长, 所以用水需求增大。农业灌溉、工业生产和城市居民日常生活均需大量用水, 但水资源时空分布不均, 导致供应和需求矛盾尖锐。气候变化和环境污染加剧了水资源供需矛盾, 引发了一系列生态和社会问题。传统水资源供应方式已经很难应对现状。一些地方缺水问题严重, 导致社会经济活动难以正常开展, 影响社会经济长远发展。干旱和半干旱地区缺水情况尤为严重; 洪水多发地区也存在用水供应和需求不平衡的问题, 必须采取有效措施加以解决, 以实现供需平衡。人类过分开采水资源、破坏水环境的现象加剧了供需矛盾, 迫切需要科学有效的治理和调节方法, 以保证水资源的可持续供应和利用。深入研究水资源供需现状及挑战, 有利于制定完善的治理策略和调节措施, 提高水资源利用效率, 促进经济社会的稳定发展^[2]。

1.2 人类活动对水资源影响的分析

人类活动对水资源的作用体现在水的耗费、玷污以及供需的不平衡。工业发展导致水资源过量开采和耗费,引起地下水位降低,水体消耗量明显增多。农业灌溉导致水资源过量利用,引起地表水不足及生态环境退化。城镇化进程加快和人口增长导致污水排放量增加,水污染程度进一步加剧,进一步恶化水质,危害水资源的可持续性。水资源供需关系因需求压力不断增大而变得日益紧迫,加上不平衡的供需分配,使得局部地区屡次发生水资源匮乏和争夺现象,对水资源管理提出更大的题^[3]。

1.3 面临的挑战及需求

水资源供需领域遭遇多重挑战,快速城市化和工业化进程加剧了水资源短缺,尤其在干旱和半干旱地区,气候变化导致降水模式不稳定,增加了水资源管理难度。农业灌溉效率低下导致水资源消耗严重。日益增长的人口和经济发展对水资源的需求不断增加,水环境污染问题也进一步加剧了供需矛盾。这些挑战需要在满足多方需求、保护生态环境的前提下,实现水资源的可持续利用和高效配置。

2 动态耦合模型的理论介绍

2.1 动态耦合模型的基本原理

动态耦合模型是探讨水资源时空配合调整的重要工具,其基本原理源于系统动力学理念。该模型借助整合思考变量之间的相互作用和反馈机制,实现对复杂系统的仿真。它以水资源系统中的供需动态变化为核心,将水资源需求、供应和环境影响融入一体化框架,动态描述这些因素之间的关系。模型突出变量之间的相互依存关系,运用数学方法和数字仿真技术,度量不同因素之间的相互作用以及时间和空间上的变化。这种模型不仅能体现系统在特

定区域的静态分布,还能分析其随时间的动态变迁,为水资源的智能型调整提供支撑和技术保障。在处理复杂的水资源管理环境时,动态耦合模型能够很好地适应各种决策场景,探索出系统中的合适解决方案,使水资源的分配更加合理,确保流域治理工作取得良好效果。从技术角度来看,这种模型能够有效提升水资源的使用效率,帮助制定科学的管理策略,并推动具体操作的顺利开展。

2.2 动态耦合模型在水资源管理中的应用

动态耦合模型应用于水资源管理领域,通过全面分析水资源在时间和空间上的分布特点及变化情况,实现精确管理的目标。它将水资源的需求量、供应量与环境影响因素相结合,调整因素之间的相互关系,使水资源管理更加有效。动态耦合模型适用于模拟不同环境条件下水资源的供应和需求情况,帮助发现供应与需求之间的矛盾问题,制定调控策略和方案。凭借数据输入和自动调整功能,动态耦合模型能够快速适应自然环境或人类活动带来的变化,确保水资源供应稳定、使用合理,助力实现水资源管理的可持续目标^[4]。

2.3 动态耦合模型的优点和局限性

动态耦合模型具有整体性明显、动态模拟功能强大以及多变量关联分析等优势,能够展示水资源系统的供需状况和环境影响,实现时空范围内的平衡调整。然而,该模型对数据需求大、参数设置难度高,存在不确定性问题,计算任务量大,影响了其应用可能性。面对突发事件和极端气候状况时,其适应能力还需加强,必须结合实际管理需求进行改进和提升。

3 水资源的动态耦合模型构建

3.1 模型预设条件及参数设定

在建立动态耦合模型的过程中,深入研究

水资源系统的复杂特点和变化情况，需要拟定具体的预设条件和相关参数。在水资源需求方面，参数设定涵盖人口增长速度、工业用水量，以反映社会经济发展带来的水需求变化。模型内部还融入了水源可用量、气候变化等因素，使模型能够评估水资源供应的变化趋势。环境方面的影响涵盖水质变化、生态系统需水量等参数，这些都与水资源的供应和需求密切相关。为提高模型的精确程度和适应能力，需设定好时间范围和空间分布范围，确保能够模拟出突发状况及不同区域水资源调控的具体效果，力求达到最佳管理水平。上述条件和参数的设定，旨在建立能够涵盖水资源需求、供应以及环境影响的适应性强的耦合系统，通过对这三方面相互关系的数字化分析，实现水资源的高效协调控制，为仿真研究和策略制定奠定可靠基础。

3.2 模型构建步骤详述

在动态耦合模型的构建过程中，需定义各关键变量与参数，以确保模型能够准确反映水资源的复杂动态特性。建立数学表达式，描述水资源供应、需求和环境之间的交互关系，通过差分方程和约束条件实现系统动态的精确建模。实施模型的编程与计算过程，借助计算机模拟工具对系统进行仿真分析，以获得水资源在不同情景下的调控效果。该模型需要反复验证和校准，以确保其预测能力与实际情况的适配性，为水资源管理提供可靠的分析平台和数据支持。通过定量分析和反馈机制，识别关键影响因素并优化调控策略。

3.3 基于模型构建的解决策略及其适应情景

基于动态耦合模型构建的解决策略主要包括优化水资源的供需平衡、提升水环境质量及实现水资源的高效分配。通过动态分析和模拟

技术，调节水资源的供需机制以适应不同季节或气候变化。结合环保政策，推动水资源的清洁化和健康化，实现生态与资源的协调发展。这种策略适用于复杂的水资源情景，如大区域跨流域的水资源管理、高频率用水需求波动的地区等。这些策略不仅能提升水资源利用效率，还能缓解环境压力，助力实现可持续发展目标^[5]。

4 水资源时空协同调控的仿真分析

4.1 仿真分析预设条件及参数

研究水资源的规划环境和参数安排，是促进水资源在时间和空间上合理调控的重要基础。水资源供应和需求的变化情况，全面考虑各种关键问题，比如淡水能提供量，需求量情况，水质变化，还有生态环境影响等。主要的参数内容包括水流量的规模变化，降水量，温度的变化，经济发展速度及用水效率等，都要有明确的数据支持。从空间范围来看，需要关注流域的分布情况、水系结构特征、土地利用规划图。从时间范围来看，时间尺度需映照季节变化、年际变动及长期趋势分析。搭建模型时，要针对自然水文的环境和人类活动的干预情况进行细致的仿真，选用的参数表现出政策改变对供需之间的具体作用和影响。水资源环境参数应列入水质指标的制定，例如污染物浓度、水温以及生物多样性指数等。在初始制定中，参数确认与敏感性分析极为关键，保障模型对实际情景拥有较好适应性和预测能力，为合理调节给予严谨依据。维护模型在多种情况下的稳定性与普适性是增强仿真分析的实用性和可信度的核心。

4.2 仿真操控过程及结果诠释

动态耦合模型的仿真操控过程会调节水资源的供给参数和需求参数，将时间和空间的变

化因素融合, 模仿出不同场景下水资源的流动和分布状态。模型中添加了环境容量的限制条件、考虑了水需求的多方面特性以及供水系统反应延迟的影响, 以确保仿真结果具有较高的可靠性和动态变化特性。操作过程使用反复计算的方法, 持续更新供需的实时状态, 灵活调整水资源的供给计划。仿真结果明确表明, 科学管理水资源的供应结构可以减轻不同区域供需不平衡的矛盾, 提高水资源整体使用的效率水平。通过时间和空间协同管理的策略改善水资源的分配方式, 降低了地区过量开发和资源浪费的情况, 实现了可持续发展目标。模型展示了水环境承载能力对于供需系统的重要影响, 突出了环境保护在水资源管理之中的关键作用。该仿真过程为制定科学的水资源分配方案给予了理论支持和决策依据, 为实现水资源的持续利用确立基础。

4.3 仿真表现在水资源供需中的实效性分析

利用模拟方法来研究水资源在时间和空间上的分布情况以及流动的详细特点, 动态耦合模型可以提高供需两方面的协调水平, 减少供应过程中产生的各种压力, 改善资源分配的效果。通过实际应用的测试, 说明这种模型能够减轻某些地区水资源不足的难题, 提高水资源管理的调节能力, 为水资源优化管理工作带来可靠有力的支持。

5 基于动态耦合模型的水资源管理建议

5.1 基于模型的水资源供需调控优化建议

高效的水资源供需调控是为保证其可持久使用的核心。依据动态耦合模型, 面向差异用水类型及区域特点, 改进水资源配给方案。借助动态模型分析各地区的过往与预估水资源供需数据, 辨别不平衡的核心区域。构建即时监

控及响应机制, 在供需冲突显著的时间和地点执行动态调控。面向农业、工业及生活用水等具体需求, 调配合适的水资源量, 保证供需的弹性适应。在政策制定中, 融合动态模型中获取的环境影响数据, 遵守生态保护原则, 约束水源过量开采, 保护水环境的整体质量。通过大家的积极参与和国家政策的支持, 增强政府和民众之间的合作力度。优化管理水资源的方式, 完善应对措施, 有效地解决突发的水资源短缺问题, 确保地方经济和自然环境的平衡发展。使用智能设备和动态数据分析来支持长期的用水调节计划, 为水资源的可持续利用寻找更多解决办法。

5.2 基于模型的水资源可持续利用路径

灵活结合模型在水资源管理内的应用, 为达成水资源的可持久使用提供了高效路径, 借助精确仿真水资源供需关系, 该模型可以改善水资源之配置效能, 保证供需均衡, 在实际应用内, 需拟定灵活性可变之水资源管理策略, 以面对未知外界变化。合理规划水资源使用, 重视节水型技术的普及与执行, 促进水资源维护和污损整治。及时调节政策以顺应需求变化, 提升水资源使用的全面效能, 这种依托灵活结合之路径, 有利于长久维护水资源的可持续供给与使用。

5.3 动态耦合模型在实际水资源管理中的适应及改进建议

动态耦合模型在实际水资源管理中的应用需考虑区域差异及政策环境。模型的灵活性使其能够适应不同水资源条件, 但必须因地制宜, 结合当地的水资源特点和社会经济需求进行个性化调整。政策的支持和技术的整合是提高模型实效性的重要因素。对模型参数进行精准校准并持续优化, 能够增强其对复杂水资源状况的适应性, 从而有效指导水资源管理, 实

现资源的优化配置和环境的协调发展。

结语

本文基于动态耦合模型，系统探讨了水资源时空协同调控问题，创新性地将水资源需求、供应与环境因素纳入统一动态调节框架，实现多变量综合耦合与互动分析。研究显示，该模型有效捕捉水资源系统复杂时空特征，动态调整供需匹配及环境保护策略，提升水资源配置协调性与效率，缓解供需矛盾，促进水环境可持续改善。模型为水资源管理提供科学决策支持与策略优化工具，具有重要的应用价

值。但在数据时效性与精度、关键参数定量估计及极端气象条件适应性方面仍有不足，且多尺度耦合机制及跨区域协同管理推广效果待验证。该模型在未来研究应引入高分辨率时空数据与先进参数反演技术，提高模型精确度与适用范围；加强模型与实际管理系统集成，实现实时动态监控调控；拓展至跨区域流域及多部门耦合，支持更广泛协同治理；结合气候变化，增强极端事件模拟与风险评估。持续深化上述方向，有助推动水资源时空协同调控理论与实践融合，促进科学、合理及可持续利用。

参考文献

- [1]常奂宇,赵勇,桑学锋,李海红,何凡,翟家齐.京津冀水资源-粮食-能源-生态协同调控研究 I:方法与模型[J].水利学报,2022,53(06):655-665.
- [2]姚雨彤.基于水资源可持续利用的水资源管理分析[J].中国科技期刊数据库 工业 A,2023,(08):0024-0027.
- [3]赵勇,常奂宇,桑学锋,何国华,王庆明,姜珊.京津冀水资源-粮食-能源-生态协同调控研究 II:应用[J].水利学报,2022,53(10):1251-1261.
- [4]欧阳兴涛,廖浩宇,姜秋香,王子龙.基于改进水资源生态足迹模型的中国水资源可持续利用仿真及调控[J].环境科学,2023,44(03):368-377.
- [5]刘先伟.水资源可持续利用与水资源管理[J].农业开发与装备,2023,(04):229-230.