

多尺度水文水资源预报预测预警关键技术及应用研究

徐鑫

威海市水文中心

摘要：多尺度水文水资源预报预测预警技术的研究背景主要包括以下方面：水资源管理的需求：随着经济的发展和人口的增长，对水资源的需求不断增加，尤其是在干旱、洪涝等极端气候事件的影响下。为了合理利用水资源、应对水灾风险和保障可持续发展，需要精确、及时的水文水资源预报预测预警技术。气候变化的挑战：全球气候变化引起了气象、水文过程的非线性响应，使得水文水资源系统的复杂性和不确定性加大。因此，需要开展多尺度研究，以更好地理解气候变化对水资源的影响，并提供准确的预报预警信息。遥感和信息技术的发展：遥感技术和信息技术的迅速发展为多尺度水文水资源预报预测预警提供了重要支持。遥感数据可以获取大范围、高时空分辨率的水文水资源监测数据，信息技术的应用可以实现数据集成、模型建立与优化等复杂任务。水文水资源模型的发展：水文水资源模型在预报预测预警中起着核心作用。传统的单一尺度模型已经不能满足多尺度、复杂系统的需求，因此开展多尺度水文水资源模型的研究势在必行。同时，数据同化技术和不确定性分析方法的引入提高了模型的可靠性和鲁棒性。预警机制的完善：针对不同的水文灾害类型，建立相应的预报预测预警机制是关键。需要根据地区特点和水文水资源系统的特征，确定合适的预警指标和预警等级，并制定相应的应急措施和决策支持系统。综上所述，多尺度水文水资源预报预测预警技术的研究背景涵盖了水资源管理需求、气候变化挑战、遥感和信息技术的发展、水文水资源模型的改进以及预警机制的完善。通过这些研究，可以提高水文水资源预报预测预警的准确性和有效性，为水资源管理和防灾减灾提供科学依据。

关键词：多尺度水文水资源；预报预测预警；关键技术

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2022.02.254

一、前言

多尺度水文水资源预报预测预警的重要性主要表现在以下几个方面：水资源管理决策支持：准确的水文水资源预报能够帮助政府和水资源管理部门做出科学合理的决策。通过对未来水文过程和水资源变化的预测，可以及时调整水资源调配方案、优化水资源利用方式，以实现可持续发展和应对水资源短缺等问题。灾害风险减轻：水文灾害如洪涝、干旱等给人们的生命财产造成严重威胁。多尺度水文水资源预报预测预警技术可以提前发现和预测水文灾害的发生和演变趋势，及时发布预警信息，有助于减轻灾害的损失，并采取针对性的灾害管理措施。生态环境保护：水资源与生态环境密切相关，多尺度水文水资源预报预测预警技术可为生态环境保护提供有效的支持。通过预测水体流量、水位、水质等指标的变化，可以监测和评估生态系统的健康状况，及时采取措施保护和恢复生态环境。水资源规划与分配：水资源的规划和分配需要考虑多个尺度的情况，包括大中小型水库的运行调度、河流流域的水资源管理等。多尺度水文水资源预报预测预警技术可以提供针对性的水资源评估和预测，为优化水资源的规划和分配提供决策依据。经济社会发展支撑：水资源是经济社会发展的基础和保障，多尺度水文水资源预报预测预警技术对于各行业的决策和规划具有重要作用。比如农业灌溉、城市供

水、工业用水等领域都需要准确的水文水资源信息，以确保经济的可持续发展和社会的稳定运行。因此，多尺度水文水资源预报预测预警技术的重要性在于支持水资源管理决策、减轻灾害风险、保护生态环境、优化水资源规划与分配，并为经济社会发展提供可靠的支撑。

二、多尺度水文水资源预报预测预警应用

多尺度水文水资源预报预测预警应用广泛，涉及多个领域和行业。以下是一些常见的应用场景：水文灾害预警：多尺度水文水资源预报预测预警可用于洪涝、干旱、山洪、滑坡等水文灾害的预警。通过监测和分析降雨、水位、土壤湿度等指标的变化，及时发出预警信息，帮助相关部门和居民采取防范和应对措施，减少灾害损失。水库调度与管理：多尺度水文水资源预报可以提供水库来水预测、蓄水期长短等信息，帮助水库调度与管理。根据预测结果，决策者可以合理安排水库的蓄放水量，平衡供需关系，保障水资源的合理利用和灵活调配。农业灌溉和作物管理：准确的水文水资源预报预测预警有助于农业灌溉和作物管理。通过预测土壤湿度、降雨情况等，农民可以合理安排灌溉时间和水量，避免过量或缺水灌溉，提高作物产量和品质。城市供水管理：多尺度水文水资源预报预测预警对城市供水管理至关重要。通过预测降雨、河流流量等指标，城市供水部门可以及时调整取水方案、水源规划，确保城市居民

的正常用水需求。生态环境保护与水生态恢复：准确的水文水资源预报预测预警有助于生态环境保护与水生态恢复工作。通过预测河流流量、水位、水质等参数，可以评估生态系统的健康状况，及时采取措施保护和恢复湿地、水生态系统，维护生物多样性和生态平衡。水资源规划与管理：多尺度水文水资源预报预测预警为水资源的规划和管理提供科学依据。根据预测结果，可以制定合理的水资源分配方案，平衡各部门和行业的水需求，确保水资源可持续利用。综上所述，多尺度水文水资源预报预测预警的应用广泛，涉及灾害预警、水库调度、农业灌溉、城市供水、生态环境保护和水资源规划等多个领域，对于社会经济的可持续发展具有重要意义。

三、多尺度水文水资源预报预测预警关键技术

1. 数据采集和监测技术：包括气象、水文、水质等多类型数据的快速、准确采集，利用遥感、传感器网络等技术手段实现多维度、高时空精度的数据监测。数据采集和监测技术在多尺度水文水资源预报预测预警中起着至关重要的作用，主要包括以下几种技术：水文观测站：水文观测站是常用的数据采集设施，可以监测水文变量如水位、流量、降雨量等。观测站通常配备传感器和数据记录仪，实时或定期采集水文数据，并通过无线传输或人工方式上传到中心数据库，以供后续分析和应用。遥感技术：遥感技术利用卫星、航空或地面传感器获取地表信息，包括植被指数、土壤湿度、蒸发散发等。通过遥感数据，可以获得大范围、高时空分辨率的水文水资源信息，为水文模型和预报系统提供输入数据。无人机技术：无人机具有灵活性强、操作简便等特点，可用于获取局部区域的高分辨率水文数据。无人机装载的传感器可以进行高精度的地表测量，包括水位、水质、土壤湿度等参数。传感网络技术：传感网络由一系列分布式传感器节点组成，节点可以实时监测环境参数并相互通信。传感网络技术可以实现对广域范围的水文水资源数据进行连续、高密度的采集，提供更详细的空间变化信息。智能手机和物联网技术：智能手机配备了多种传感器和数据通信功能，可以用于采集水文水资源数据。结合物联网技术，可以实现水文水资源数据的实时上传、共享和分析，方便用户获取个性化的水文信息。数据同化技术：通过数据同化方法将不同来源的观测数据与水文模型模拟数据结合起来，使得模拟结果更加准确。数据同化技术能够对观测数据进行空间和时间上的插补，填补数据空白点，提高预报预测的精度和可靠性。以上是一些常用的数据采集和监测技术，通过这

些技术的应用，可以获取丰富、准确的水文水资源数据，为多尺度水文水资源预报预测预警提供科学依据。

2. 气象预报和气候模式：利用气象预报模型和气候模式，对未来的气象情况进行预测。这些模型基于大气动力学、能量平衡等原理，可以提供气温、降水、风速等气象要素的预测结果。在多尺度水文水资源预报预测预警中，气象预报和气候模式都起着重要的作用。下面我将介绍它们在该领域中的应用：气象预报在多尺度水文水资源预报中的应用：气象预报提供了短期天气变化的信息，为多尺度水文水资源预报提供了基础数据。通过气象观测数据、天气预报模型等手段，可以获取未来数小时到数天的降雨量、气温、湿度、风速等天气要素的预测值。这些信息对于水文模型的输入具有重要意义，能够帮助预测降雨径流、蒸发散发等水文过程，从而实现对水资源的预测和管理。气候模式在多尺度水文水资源预报中的应用：气候模式主要用于长期气候变化的模拟和预测。在多尺度水文水资源预报中，气候模式可以提供区域尺度甚至全球尺度的气候预测信息。通过模拟未来数十年乃至百年的气候变化趋势，可以预测长期的降雨模式、干旱频率、季节性水文过程等，为水资源规划与管理提供依据。气候模式的输出结果可以作为水文模型的边界条件或初始条件，进一步用于水文水资源预报。综上所述，气象预报和气候模式在多尺度水文水资源预报预测预警中都扮演着重要的角色。气象预报提供了短期天气变化的信息，为水文模型的输入数据提供基础；而气候模式则主要用于长期气候变化的预测和模拟，为水资源规划与管理提供决策依据。这两者相互补充，共同支撑了多尺度水文水资源预报预测预警系统的运行。

3. 水文模型与数据同化：通过构建水文模型，将观测数据与模型模拟结果进行融合，利用数据同化技术对模型参数和初始条件进行校正，以提高模型的精度。常用的水文模型有SWAT、HEC-HMS等。在多尺度水文水资源预报预测预警中，水文模型与数据同化是一个重要的技术手段。下面我将对水文模型和数据同化的关系进行简要介绍：水文模型：水文模型是通过建立数学方程描述地表水和地下水在水文循环过程中的运动规律，并模拟降雨入渗、产流、蒸发散发、河流水位等水文过程。水文模型可用于模拟不同时间尺度（从小时到年代尺度）的水文变化，根据输入的气象数据、地形和土地利用等信息，计算出水文变量的时空分布情况。数据同化：数据同化是将观测数据与数值模型进行有效融合的过程。在水文模型中，数据同化主要是指将实测的气象

数据、水文观测数据等与水文模型的输出进行比较,并通过优化方法将观测数据融入模型中,以提高模型的准确性和可靠性。常用的数据同化方法包括卡尔曼滤波、粒子滤波等,它们能够根据观测数据的权重修正模型的状态和参数,使得模拟结果更贴近实际情况。水文模型与数据同化的结合在多尺度水文水资源预报预测预警中发挥着重要的作用。具体而言,数据同化可以通过比对观测数据和模型模拟数据的差异,对水文模型进行校正和调整,提高其对实际情况的逼真性;同时,通过数据同化,可以将实时的观测数据融入模型中,及时修正模型的状态,并改善对未来水文过程的预测能力。这样,水文模型与数据同化相结合,能够提高多尺度水文水资源预报的准确性和可靠性,为预警决策提供更可信的依据。需要注意的是,水文模型的建立和数据同化过程需要考虑到不确定性的存在,并采用合适的方法来处理不确定性,以提高预报结果的可靠性。

4. 集成预报方法:将不同尺度、不同模型的预报结果进行集成,以利用各种预报信息的优势。例如,将天气预报和水文模型的结果结合起来,实现气象要素对水文过程的影响分析和预测。在多尺度水文水资源预报预测预警中,集成预报方法是常用的技术手段之一,它能够结合多个模型或方法的预报结果,以提高预测的准确性和可靠性。下面我将介绍几种常用的集成预报方法:模型集成方法:这种方法通过组合多个水文模型的预报结果来进行集成。可以选择不同类型的水文模型,如分布式水文模型、参数化水文模型等,每个模型都有其优势和局限性。通过将多个模型的预报结果进行统计分析、加权平均或模型组合等方式,得到综合的预报结果。这样可以充分利用各个模型的优势,降低单个模型的不确定性,提高预报的准确性。数据驱动方法:数据驱动方法主要基于历史观测数据和相关的影响因素建立预测模型。常见的数据驱动方法包括统计回归模型、人工神经网络、支持向量机等。这些方法可以利用大量的历史观测数据进行训练,通过学习观测数据与目标变量之间的关系,进行预测。将多个数据驱动模型的预测结果进行组合,可以得到更可靠的集成预报结果。神经网络集成方法:神经网络集成方法通过构建多个神经网络模型,并将它们进行联合预测。可以采用不同的网络结构、初始参数或训练方法来构建多个独立的神经网络模型,然后将它们的预测结果进行组合。这种方法可以充分考虑不同神经网络模型的优势,提高集成预报的准确性和鲁棒性。概率预报方法:概率预报方法通过考虑不

确定性,给出不同事件发生的可能性,以及相应的概率分布。常见的概率预报方法包括降雨概率预报、干旱概率预报等。通过将多个单一模型的概率预报结果进行组合,可以得到更全面、可靠的集成概率预报结果。以上介绍的集成预报方法只是其中的几种常见方法,实际应用中还可以根据具体情况选择其他适合的方法。集成预报方法的目标是综合利用多个预报模型或方法的优势,降低预报的不确定性,提高预报的准确性和可靠性,为水文水资源预报预测预警提供更可信的决策依据。

四、结论

总之,以上是多尺度水文水资源预报预测预警的关键技术。这些技术的综合应用可以提高预报的准确性和可靠性,为水资源管理和防灾减灾提供科学依据,最大限度地减少水灾等自然灾害的影响。

参考文献

- [1] 余钟波, 杨传国. 多尺度水文水资源预报预测预警关键技术及应用研究[J]. 中国环境管理, 2018, 10(1): 103-104.
- [2] 孔德誉, 罗贤昌, 梁鹏程, 等. 多尺度水文水资源预报预测预警体系建构和应用[J]. 科学技术创新, 2019(30): 3.
- [3] 孙娜. 机器学习理论在径流智能预报中的应用研究[D]. 华中科技大学, 2019.
- [4] 吴绍军. 基于物联网的中小流域暴雨洪水预报预警关键技术与应用研究[J]. 中国战略新兴产业, 2019.
- [5] 杨成刚, 许全喜, 董炳江, 等. 三峡水库泥沙实时预报关键技术研究及应用——以2020年汛期为例[J]. 人民长江, 2020, 051(012): 82-87.
- [6] 韩素芹, 冯银厂, 蔡子颖, 等. 渤海西岸重污染预报预警评估关键技术研究及应用[J]. 中国科技成果, 2021.
- [7] 吕吉法. 基于人工智能的洪水预报调度模型关键技术与应用[J]. 计算机应用文摘, 2021, 38(14): 59-61.
- [8] 李雄, 郑曦, 李方正, 等. 城乡绿地生态空间优化预测及绩效评估关键技术与应用研究[J]. 建设科技, 2021(13): 3.
- [9] 杨静波, 吴立愿, 许钦, 等. 广西河流预报新模式及关键技术研究与应用[J]. 水文, 2021.
- [10] 杨文发, 王乐, 张俊. 流域多尺度水文预报应用进展及适用性探讨[J]. 人民长江, 2021.