

水文数据分析在水资源规划与管理中的应用

张 迪

内蒙古鸿泽水利水电勘测设计有限公司 内蒙古 呼和浩特 010000

摘 要：水资源是人类生存和社会发展的基础，其合理规划与管理至关重要。本文聚焦水文数据分析在水资源规划与管理中的应用。阐述了水文数据来源与类型，包括地面观测、遥感卫星监测等来源及基础、衍生数据类型；介绍了传统统计分析、时间序列分析等多种分析方法；论述了在水资源量评估预测、流域规划开发、防洪抗旱、生态环境保护规划以及水资源实时监测、用水效率评估、水污染防治、可持续利用评估等方面的应用，旨在为水资源科学规划与有效管理提供理论支撑和实践指导。

关键词：水文数据分析；水资源规划；管理；应用

引言：水文数据作为反映水资源状况的关键信息载体，为水资源相关工作提供了重要依据。随着科技发展，水文数据的获取途径和分析手段日益丰富。深入研究水文数据分析在水资源规划与管理中的应用，有助于准确把握水资源现状与变化趋势，优化资源配置，应对各类水资源问题，保障水资源的可持续利用，对促进经济社会的可持续发展意义重大。

1 水文数据的来源与类型

1.1 水文数据的主要来源

水文数据的获取主要包括以下地面观测、遥感与卫星监测以及气象与气候数据收集三大类。（1）地面观测。是最基础且重要的来源，通过水文站、雨量站、水位站等大量观测站点，对河流、湖泊、地下水等进行实时监测，获取水位、流量、流速、水温等关键数据。这些站点如同分布在流域内的“神经末梢”，为水资源管理提供最直接、最精准的基础信息。（2）遥感与卫星数据。利用先进的空间技术，实现大范围、长时间的水文要素监测。卫星遥感可以获取全球尺度的地表水体分布、面积变化等信息，对大型流域、跨境水资源的监测具有独特优势。（3）气象与气候数据。气象站收集的降水、气温、风速、蒸发等数据，以及气候模型输出的长期气候变化趋势，都是水文数据分析不可或缺的数据源。

1.2 水文数据的类型划分

从数据性质和应用角度来看，水文数据可分为基础数据和衍生数据两大类。（1）基础数据。主要指直接观测或测量得到的原始数据，如上述地面观测的水位、流量，遥感获取的水体影像等，这类数据是水文分析的基石，具有极高的真实性和可靠性。（2）衍生数据。是在基础数据的基础上，通过计算、分析和模型模拟得出的数据，例如通过水文模型计算出的流域产流量、洪水过

程线，利用统计方法得到的降水频率分布等。衍生数据经过加工处理，更能直观地反映水文规律和水资源变化趋势，在水资源规划与管理决策中发挥着重要作用。不同类型的水文数据相互补充，共同构建起完整的水文信息体系^[1]。无论是水资源量的评估，还是防洪抗旱方案的制定，都依赖于对各类水文数据的综合分析。

2 水文数据分析方法

2.1 传统统计分析方法

传统统计分析方法其核心在于通过对大量历史水文数据的收集与整理，运用概率论与数理统计原理，揭示水文现象的统计规律，主要方法有：（1）频率分析。通过计算不同频率下的降水量、径流量等水文要素，为水利工程设计标准的确定提供依据，像水库的防洪库容设计就依赖于此方法确定不同重现期的洪水规模。（2）回归分析。它能够建立水文变量与影响因素之间的定量关系。以流域径流量与降水量的关系为例，通过回归分析可以构建二者的数学模型，进而根据降水量预测径流量。（3）方差分析与相关分析。可用于研究水文变量的时空分布特征和相互关系，帮助规划者了解水资源的变化规律，为水资源规划中的供需平衡分析、水资源评价等提供数据支持。

2.2 时间序列分析方法

时间序列分析方法专注于挖掘水文数据在时间维度上的变化规律和趋势，适用于处理按时间顺序排列的水文观测数据。自回归滑动平均模型（ARIMA）是时间序列分析中的经典模型，它通过对历史数据的自相关和偏自相关分析，确定模型参数，从而实现对未来水文变量的预测。在对某河流月平均流量的预测中，ARIMA模型可以有效捕捉流量随时间的周期性变化和趋势性变化，为水资源的短期调度提供依据。季节性分解方法能将时

间序列数据分解为趋势项、季节项和随机项,清晰展现水文数据的长期变化趋势、季节性波动特征以及随机波动情况。在城市用水需求预测中,利用季节性分解方法分析历史用水数据,可准确把握不同季节的用水规律,有助于合理安排供水计划,提高水资源管理效率。

2.3 数值模拟与模型构建

数值模拟与模型构建通过构建数学模型,模拟水文过程的物理机制。分布式水文模型,如SWAT模型,以流域为研究单元,考虑地形、土壤、植被、土地利用等多种因素,将流域划分为多个子流域和水文响应单元,通过求解水、热、物质平衡方程,模拟流域内的径流形成、土壤侵蚀、水质变化等过程。这类模型在流域水资源规划中应用广泛,可用于评估不同土地利用变化、工程建设对水资源和生态环境的影响。洪水演进模型能够模拟洪水在河道、蓄滞洪区的传播过程,为防洪规划和应急管理提供决策支持。通过输入地形数据、河道参数和初始洪水条件,模型可以计算出不同时刻洪水的淹没范围、水位变化,帮助管理者制定科学的防洪预案,合理安排人员疏散和物资调配。

2.4 大数据与人工智能技术应用

机器学习算法,如人工神经网络、支持向量机等,具有强大的非线性映射能力,能够处理复杂的水文数据关系。以人工神经网络为例,它通过模拟人脑神经元的工作方式,对大量的水文数据进行学习和训练,建立输入变量(如降水量、气温、蒸发量等)与输出变量(如径流量、水位)之间的复杂关系模型,在水文预测中展现出较高的精度和适应性。深度学习作为机器学习的前沿领域,在水文数据分析中也展现出巨大潜力。如卷积神经网络可用于处理遥感影像数据,自动提取水体边界、识别洪水淹没区域;循环神经网络及其变体LSTM(长短期记忆网络)适合处理时间序列水文数据,在长期径流预测、水质变化趋势分析等方面具有优势^[2]。大数据技术能够整合多源异构的水文数据,通过数据挖掘算法发现数据中的潜在规律和模式,为水资源规划与管理提供更全面、更深入的决策依据。

3 水文数据分析在水资源规划中的应用

3.1 在水资源量评估与预测中的应用

通过对历史水文数据的深度挖掘,结合多种数据分析方法,能够准确掌握区域水资源的现状与变化趋势。传统统计分析方法可对多年的降水量、径流量等数据进行频率计算,确定不同频率下的水资源量,为水资源的宏观规划提供基础数据。如在大型流域的水资源评估中,通过分析近50年的降水数据,利用频率分析得出

该流域不同频率的年降水量分布,从而明确水资源的丰富程度与稀缺时段。时间序列分析方法则可用于预测水资源量的变化趋势。自回归滑动平均模型(ARIMA)能够对历史径流数据进行分析,预测未来不同时段径流量。在一些水资源供需矛盾突出的地区,通过ARIMA模型对未来几年的径流量进行预测,为城市供水规划和农业灌溉安排提供依据,合理调配水资源,保障生产生活用水需求。大数据与人工智能技术的应用,如机器学习算法,可整合气象、地形、植被等多源数据,建立复杂的预测模型,提高水资源量预测的精度和可靠性。

3.2 在流域规划与开布局中的应用

流域规划与开布局中,水文数据分析能够为其提供科学依据,帮助规划者合理安排水利工程建设、产业布局等。分布式水文模型,如SWAT模型,可模拟不同土地利用方式和工程建设对流域水资源的影响。在规划流域内的水利枢纽工程时,通过SWAT模型输入不同的工程参数和地形、土壤等数据,模拟工程建设后流域的径流变化、泥沙淤积情况,评估工程对水资源和生态环境的影响,从而确定工程的最优选址和建设规模。水文数据分析通过分析不同区域的水资源量和用水需求,结合产业的用水特点,优化产业布局,避免过度用水和水资源浪费。在干旱地区,根据水文数据显示的水资源分布,将高耗水产业布局在水资源相对丰富的区域,并配套建设节水设施,提高水资源利用效率。

3.3 在防洪与抗旱规划中的应用

洪水演进模型能够利用地形数据、河道参数和历史洪水数据,模拟洪水在河道和蓄滞洪区的传播过程,预测洪水的淹没范围和水位变化。在城市防洪规划中,通过洪水演进模型模拟不同频率洪水的淹没情况,确定城市防洪标准,规划防洪堤、排水系统等防洪设施的建设,合理安排居民的疏散路线和避难场所。对于抗旱规划,水文数据分析可帮助确定干旱发生的频率和强度,评估不同干旱情况下的水资源短缺程度。利用时间序列分析方法对降水量和蒸发量进行分析,预测干旱的发展趋势,提前制定应急供水方案和节水措施。

3.4 在生态环境保护规划中的应用

水文数据能够反映生态系统的健康状况和水资源与生态环境的相互关系。通过分析河流、湖泊的流量、水位、水质等数据,评估生态系统的稳定性和生物多样性。如通过对某河流的流量数据进行分析,发现其枯水期流量过小,导致河道生态系统退化,水生生物栖息地减少。基于此,规划者可制定生态补水方案,通过跨流域调水或水库调度等方式,增加枯水期流量,改善河流

生态环境。水文数据分析还可用于评估人类活动对生态环境的影响。在流域内进行大规模开发建设前,利用数值模拟模型预测工程建设对水资源和生态环境的影响,制定相应的生态保护措施^[3]。如在湿地保护规划中,通过分析湿地的水位变化和水量平衡,确定合理的湿地补水方案,维持湿地生态系统的稳定。

4 水文数据分析在水资源管理中的应用

4.1 在水资源实时监测与调度管理中的应用

通过遍布流域的传感器网络、水文监测站点以及卫星遥感等技术,能够实时获取水位、流量、水质等关键数据。这些数据经过传输与整合后,借助大数据平台和专业分析软件进行处理,实现对水资源状况的实时监控。如在大型水库群的调度管理中,实时水文数据可帮助管理者掌握各水库的蓄水情况、入库流量和出库流量。基于这些数据,运用数值模拟模型构建水库群联合调度模型,能够模拟不同调度方案下的水资源分配效果,从而制定出最优化的调度策略。当遭遇洪水时,通过实时监测河道水位和流量数据,结合洪水演进模型,可精准预测洪水的发展趋势,提前采取预泄腾库、分洪蓄洪等措施,保障流域防洪安全;在枯水期,则可根据实时监测数据合理调配水资源,优先保障居民生活用水和重要产业用水需求。

4.2 在用水效率评估与管理中的应用

水文数据分析能够为其提供量化依据,通过对用户的用水数据进行收集与分析,可计算出不同行业、不同区域的用水定额和用水效率指标。利用统计分析方法,对历史用水数据进行处理,可找出用水效率低下的环节和区域。如在城市供水管理中,通过分析居民生活用水、工业用水和公共用水的计量数据,结合用水人口、产值等指标,计算出人均用水量、单位产值用水量等效率指标。若发现某区域或某行业的用水效率明显低于平均水平,可进一步深入分析,找出节水潜力点,制定针对性的节水措施。

4.3 在水污染防治与水质管理中的应用

通过对水质监测数据的分析,能够及时掌握水体污染物的种类、浓度和分布情况,评估水质状况及其变化

趋势。利用化学分析和数理统计方法,可确定污染物的来源和传播路径。在河流域的水质管理中,通过在不同断面设置水质监测站点,采集水体的酸碱度、重金属含量、化学需氧量等数据。一旦发现某些污染物浓度超标,利用地理信息系统和数据分析模型,可追溯污染源的位置和排放强度,为执法部门精准打击违法排污行为提供证据。结合水文模型和水动力模型,模拟污染物在水体中的扩散和迁移过程,预测污染影响范围,制定科学的污染治理方案,如采取截污纳管、生态修复等措施,改善水环境质量。

4.4 在水资源可持续利用评估中的应用

水文数据为此提供全面支持,通过整合水资源量、用水需求、水质及生态需水量等多方面数据,运用综合评价模型量化评估水资源可持续利用水平。以某区域评估为例,基于历史水文数据与未来用水需求预测,结合生态保护目标确定水资源承载能力,建立评价指标体系,采用层次分析法、模糊综合评价法等,对区域水资源开发利用程度、用水结构合理性及生态环境状况综合评价,判断其可持续利用状态^[4]。若评估发现问题,可据此提出优化配置、加强生态保护等改进措施。

结束语:水文数据分析在水资源规划与管理中发挥着不可替代的关键作用。从数据的获取到分析方法的运用,再到在各个具体领域的深入应用,为水资源的科学规划与合理管理提供了全方位支持。通过综合运用多种分析手段,能够更精准地评估水资源、制定规划方案、优化管理措施。应继续加强水文数据收集与分析技术的研发,提升应用水平,以更好地应对水资源领域的挑战。

参考文献

- [1]吴立超,李政,丁笑.水文数据分析在水资源规划与管理中的应用[J].今日农业,2023(20):B76.
- [2]杨庆,彭李,彭杰.水文数据分析中时间序列模型的应用研究[J].建筑与施工,2024,3(3):23-24.
- [3]刘丽娜.水文数据分析在防汛工程中的应用[J].水上安全,2024(16):50-52.
- [4]徐德祥,管潇,徐帅斌.大数据分析在水资源管理中的应用研究[J].信息系统工程,2025(1):129-132.