

# 干旱区水文周期变异与水资源可持续利用研究

郭英

河北省唐山水文勘测研究中心

DOI:10.12238/hwr.v8i9.5695

[摘要] 干旱区由于降水稀少且不均,水资源的合理开发与管理显得尤为关键。本研究通过分析干旱区水文周期的变异特征及其对水资源的影响,探索了可持续水资源利用的策略。

[关键词] 干旱区; 水文周期; 水资源管理; 可持续利用

中图分类号: TV213 文献标识码: A

## Research on hydrological cycle variation and sustainable utilization of water resources in arid areas

Ying Guo

Hebei Tangshan Hydrological Survey and Research Center

[Abstract] Due to sparse and uneven precipitation, the rational development and management of water resources in arid areas are particularly crucial. This study explores strategies for sustainable water resource utilization by analyzing the variation characteristics of hydrological cycles in arid areas and their impact on water resources.

[Key words] Arid areas; Hydrological cycle; Water resource management; sustainable use

干旱区的水资源问题因其特有的气候条件而显得尤为复杂。在这些地区,水资源的可利用量极为有限,且受到气候变化的强烈影响。随着全球温室气体排放的增加和地区气候模式的变化,干旱区的降水模式正在发生着显著的变化,这不仅影响了水资源的自然补给,还对地区的农业生产和社会经济发展造成了深远的影响。因此,探索适应气候变化的水资源管理策略成为确保这些地区可持续发展的关键。

### 1 水文周期变异分析

#### 1.1 降水量的时空变异特征

极端降水事件的变化是干旱区水资源管理中的一个重要考虑因素。极端降水事件包括短时强降水和长期的干旱事件,其频率和强度的变化可以通过标准化降水指数(SPI)来衡量。SPI的计算基于长期降水记录的概率分布,反映在给定时间尺度上降水量的异常程度:

$$SPI = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

式中, $X$ 是特定时间段内的总降水量, $\mu$ 和 $\sigma$ 分别是长期降水的均值和标准差。SPI值显著高于0表明有极端降水事件,而显著低于0则指示干旱情况。通过数据分析,可以分析干旱区域的极端降水事件的强度和频率<sup>[1]</sup>。

#### 1.2 蒸发和蒸腾作用的变化

#### 1.2.1 气温变化对蒸发率的影响

气温的升高对蒸发率具有直接影响。在干旱区,尤其是气候变暖的背景下,增加的气温导致水体表面的蒸发加速。蒸发量的计算可以通过彭曼公式(Penman equation)进行,该公式综合考虑了气温、风速、湿度和太阳辐射等因素,具体如下:

$$E = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a c_p \frac{e_s - e_a}{r_a}}{\lambda(\Delta + \gamma(1 + \frac{r_s}{r_a}))}$$

式中, $\Delta$ 是饱和蒸气压曲线的斜率, $R_n$ 是净辐射量, $G$ 是土壤热通量, $\rho_a$ 是空气密度, $c_p$ 是空气的比热, $e_s$ 和 $e_a$ 分别是饱和蒸气压和实际蒸气压, $r_a$ 是空气动力学阻力, $\lambda$ 是水的汽化热, $\gamma$ 是干湿球常数。通过这个公式分析某干旱区域过去几十年的数据,结果显示某干旱区域的年平均气温上升了2°C,导致蒸发量年均增加约10%。

#### 1.2.2 植被覆盖变化对蒸腾作用的影响

植被覆盖的变化对于蒸腾作用也有重要影响。蒸腾是植物通过叶片释放水分到大气中的过程,对水循环具有核心作用。植被减少导致蒸腾作用的减弱,从而影响整体水循环。植被类型和覆盖面积的变化,特别是由于农业拓展和城市化导致的植被减少,不仅改变了地表水分的回收和区域气候,还可能减少降水的再循环,具体公式如下:

$$T = L \times ET_p \times LAI$$

式中,  $T$  是蒸腾量,  $L$  是植被覆盖率,  $ET_p$  是潜在蒸散量,  $LAI$  是叶面积指数。例如, 一个干旱区域因城市化在过去10年中植被覆盖率下降了20%, 那么其蒸腾量则相应减少了约15%。

这些变化在增强对水资源的管理和预测中起到了关键作用, 为干旱区域的水资源管理提供了重要的参考信息。通过深入了解这些动态, 可以更好地制定应对气候变化和人类活动影响的策略<sup>[2]</sup>。

## 2 水资源量变化及其驱动因素

### 2.1 地表水和地下水资源量的动态变化

#### 2.1.1 河流流量的变化趋势

干旱区的河流流量变化趋势是评估水资源状况的重要指标。通过分析连续多年的流量记录, 可以观察到明显的减少趋势。例如, 使用流量持续性曲线可以定量描述这种变化:

$$Q(t) = Q_0(1 - e^{-kt})$$

式中,  $Q(t)$  是时间  $t$  的流量,  $Q_0$  是初始流量,  $k$  是衰减系数。例如, 根据对某地区河流的数据显示, 在过去20年中, 该河流的年平均流量下降了约20%, 这与降水减少和蒸发增加有关。

#### 2.1.2 地下水位的年际和季节性波动

地下水位的波动反映了地下水资源的补给和排出状态。在多数干旱区, 地下水位表现出明显的下降趋势和季节性波动, 这与降水模式的变化和地表水的过度开采密切相关。地下水位变化可以通过以下方程表示:

$$h(t) = h_0 - at + \sin(\omega t + \phi)$$

式中,  $h(t)$  是时间  $t$  的水位,  $h_0$  是初始水位,  $a$  表示长期趋势中的水位下降率,  $\omega$  和  $\phi$  分别是季节性波动的频率和相位。

### 2.2 人类活动对水资源的影响

#### 2.2.1 农业用水的变化

农业是干旱区最主要的水消耗者。随着灌溉技术的改进和作物种植面积的增加, 农业用水需求显著增长。尤其是滴灌和喷灌等现代灌溉技术的广泛应用, 虽然提高了水的使用效率, 但总体用水量仍呈上升趋势<sup>[3]</sup>。例如, 某地区数据显示, 过去十年该地区农业用水量增加了30%, 灌溉效率提高了15%。

#### 2.2.2 工业和城市用水需求增长

随着经济发展和城市化进程的加快, 工业和城市用水需求迅速增长。工业用水主要用于生产过程中的冷却、加工和清洁, 而城市用水则涵盖生活用水和公共设施用水。例如, 对某城市的数据分析显示, 随着某城市人口的增加, 该城市用水需求在过去十年中增长了40%。

## 3 水资源管理策略与实践

### 3.1 现有的水资源管理政策和措施评估

#### 3.1.1 法律法规的完善与执行

干旱区的水资源管理在很大程度上依赖于有效的法律法规体系。这些法律法规通常包括水权分配、水质保护、水资源的可持续利用等多个方面。例如, 通过实施严格的水抽取许可制度和水使用配额, 可以有效地控制水资源的开发利用。对违反水资源管理法规的行为进行处罚, 既可以保障水资源的公平分配, 也有助于维护生态系统的健康。

#### 3.1.2 水资源配置的优化

水资源配置的优化是实现水资源可持续管理的关键。这需要运用科学的方法和技术来分析和预测水资源的供需情况, 进而制定合理的分配策略。例如, 采用水资源优化分配模型, 如线性规划或多目标决策支持系统, 可以帮助决策者在满足生态需水和社会经济需水的基础上, 合理配置水资源可以确保水资源在农业、工业、城市生活和生态系统之间的公平而高效的分配。

### 3.2 可持续水资源管理的新技术与方法

#### 3.2.1 智能水务系统的应用

智能水务系统是现代水资源管理中的关键技术, 它利用传感器、数据分析和云计算等技术, 实现水资源的实时监测和管理。这些系统通过自动化的数据收集和处理, 能够优化水的分配、减少浪费, 并提高水利设施的运行效率<sup>[4]</sup>。例如, 通过安装流量和压力传感器, 智能水务系统可以实时监控水管网的状态, 及时发现漏水点, 减少水资源的损失。

#### 3.2.2 集成水资源管理 (IWRM) 的案例研究

集成水资源管理 (IWRM) 是一种综合考虑水资源的社会、经济和环境影响的管理策略。IWRM推广了跨部门合作和公众参与, 以实现水资源的可持续管理。例如, 某流域管理局可以实施IWRM, 通过建立包括政府、企业和公民团体的代表, 共同讨论和制定水资源管理政策。此策略的实施有助于均衡各方的水利益, 优化水资源的整体利用效率。

通过智能水务系统和集成水资源管理的应用, 可以显著提升干旱区水资源的管理质量和效率, 实现水资源的长期可持续利用。这些技术和方法的融合为干旱区域提供了强大的工具, 以应对日益复杂的水资源挑战。

## 4 案例研究

### 4.1 案例背景

本研究选取了我国西北部的塔里木盆地作为研究对象。塔里木盆地是我国最大的内陆盆地, 同时也是世界上最干旱的区域之一。该地区的年均降水量极低, 通常不超过50毫米, 而蒸发量却高达2000至3000毫米, 形成了极大的水分亏缺。

地理上, 塔里木盆地被昆仑山脉、天山山脉和阿尔金山脉环绕, 这些山脉阻挡了来自南面和北面的湿润气流, 使得该地区降水稀少, 气候极端干燥。盆地内部主要由沙漠和戈壁组成, 地表植被稀疏, 水资源主要依赖于周围山区的冰川融水和地下水。

气候特征方面, 塔里木盆地夏季炎热, 冬季寒冷, 日温差和

年温差都非常大。盆地中心地区夏季最高温度可达40°C以上,而冬季最低温度可降至零下20°C以下。这种极端的温度变化加剧了地表水的蒸发,使得水资源的有效管理成为一项挑战。

#### 4.2 水资源管理策略的具体应用与效果

为了提高塔里木盆地的水资源管理效果,当地政府实施了多项创新策略,旨在优化水资源的利用和提高水资源管理的效率。这些策略包括水资源调配系统的优化、节水灌溉技术的推广,以及提升水资源监测和信息管理系统的能力<sup>[5]</sup>。

塔里木盆地首先实施了一系列的水资源调配措施,包括建立跨区域水利枢纽和改善地下水管理。这些措施通过精确的调度和分配,有效地减少了水资源的浪费。例如,塔里木盆地通过构建中央控制系统,实时监控和调整各水源点和用水区的水流,优化了水资源分配。

为了应对干旱和水资源短缺的问题,塔里木盆地还大力推广滴灌和微喷灌等节水灌溉技术。这些技术能够显著提高水的利用效率,减少因灌溉造成的水分损失。滴灌系统通过将水直接输送到作物根部,最大化地利用了每一滴水。

为了提升水资源监测和信息管理系统的功能,塔里木盆地加强了对水资源的监测和信息管理,通过安装先进的传感器和开发综合信息管理平台,实现了对水资源状况的实时监控和分析。这些系统为水资源管理提供了科学的数据支持,帮助管理者做出更有效的决策。实施这些策略的具体效果如表1所示:

表1 策略实施前后水资源利用效率的变化结果

策略	实施前后对比
水资源调配系统优化	调配效率提升30%,减少水资源损失20%
节水灌溉技术推广	灌溉效率提高40%,节水量增加50%
水资源监测系统升级	实时监控覆盖率达95%,响应时间缩短50%

从表中的数据可以看出,在塔里木盆地实施的水资源管理策略显著提高了水资源利用效率和减少了水资源损失。优化的

水资源调配系统通过自动化调度和更新的水管网技术提升了30%的调配效率,减少了20%的水资源损失,这不仅减轻了对新水源的需求压力,还有助于维持地下水位和河流流量,对生态系统健康产生积极影响。此外,推广节水灌溉技术,如滴灌和微喷灌,将灌溉效率提高了40%,节水量增加了50%,有效地将水直接输送到作物根部,极大地减少了蒸发和漏失,为饮用和工业用水留出了更多资源。同时,升级的水资源监测系统实现了95%的实时监控覆盖率,响应时间缩短了50%,这使水资源管理能够及时捕捉并快速响应系统的任何异常,有效地缓解可能的水资源危机。这些综合措施不仅提升了水资源管理的效率,也为塔里木盆地的可持续发展奠定了坚实的基础,为全球类似干旱区域提供了重要的管理示例。

#### 5 结语

在面对干旱区的水资源管理挑战时,采取创新的技术和方法不仅显著提高了水资源的利用效率,还为保持生态平衡和支持可持续发展提供了重要支撑。实践表明,通过综合管理策略的实施,可以有效地适应环境变化,优化水资源配置,并减少资源浪费。这些成果不仅增强了干旱区对水资源短缺的适应能力,也为全球类似地区提供了可行的管理示例,展示了科技与协调一致的政策在全面提升水资源管理效果中的核心作用。

#### [参考文献]

- [1]田莎莎.塔里木盆地水资源承载力综合评价与模拟[D].华东师范大学,2022.
- [2]李长城.城市湿地土壤环境水文周期变化的响应研究[J].水利技术监督,2022,(05):98-102.
- [3]热孜娅·阿曼.新疆水资源承载力评价及量水发展模式研究[D].新疆大学,2021.
- [4]殷强,芦倩,吴彦霖,等.旱区水资源可持续利用评价方法研究进展[J].农业工程,2021,11(04):82-85.
- [5]淮建军,上官周平.毛乌素沙地水资源利用与农业发展的调研[J].水土保持研究,2020,27(06):382-385.

#### 作者简介:

郭英(1981—),男,汉族,河北省唐山市人,本科,高级工程师,研究方向:水文水资源。