

# 塔里木河流域水资源供需平衡与优化配置研究

刘树增

新疆塔里木河流域干流水利管理中心，新疆沙雅，842200；

**摘要：**本文针对塔里木河流域水资源供需平衡与优化配置展开研究。揭示当前存在的供需矛盾。接着探讨自然因素（如气候变化、地形地貌）和人为因素（如农业活动、工业发展、水利工程）对水资源供需平衡的影响。在此基础上，提出基于可持续发展、公平公正等原则的优化配置方法，并结合案例设计具体方案，评估实施效果。研究旨在为塔里木河流域水资源的合理利用及区域可持续发展提供科学依据。

**关键词：**塔里木河流域；水资源供需平衡；优化配置

**DOI：**10.69979/3060-8767.25.10.036

## 引言

塔里木河流域地处新疆南部，是我国极端干旱地区的典型代表，在生态保护和经济发展中具有重要地位。然而，受气候变暖导致冰川消融加快、降水分布不均，以及农业灌溉规模扩大、工业化和城市化进程加速等因素影响，流域水资源供需矛盾愈发尖锐，不仅制约着当地社会经济的发展，还对脆弱的生态系统构成严重威胁。本研究的目的找出影响供需平衡的关键因素，进而提出切实可行的水资源优化配置策略。这对于保障流域内居民生活用水、促进工农业可持续发展、维护生态平衡具有重要的现实意义。

## 1 影响塔里木河流域水资源供需平衡的因素

### 1.1 自然因素

塔里木河流域的水资源供需平衡首先受到自然条件的深刻制约，其中气候变化的影响最为显著。近半个世纪以来，流域内年平均气温以每 10 年  $0.3^{\circ}\text{C}$  的速率上升，导致天山和昆仑山的冰川加速消融，据监测数据显示，山区冰川面积较 20 世纪 50 年代减少了约 18%。冰川融水在短期内虽能增加河川径流量，比如阿克苏河近年来夏季径流量较往年同期增长 12%，但从长远来看，冰川储量的持续减少意味着未来水资源补给将面临枯竭风险。同时，气候变暖改变了降水格局，流域内年降水量虽有微弱增加（年均增幅约 1.2 毫米），但降水集中在夏季且多以暴雨形式出现，导致地表径流利用率降低，反而加剧了土壤盐渍化。而春季作物需水关键期，降水却比往年减少 15%，形成“旱时缺水、涝时弃水”的矛盾局面。

地形地貌对水资源分布的影响同样不可忽视。流域周边的高山与盆地形成巨大高差，使得水资源天然呈现

“山区多、平原少”的分布特征。天山南麓的径流量占全流域总量的 65%，而广袤的塔里木盆地腹地水资源量仅占 5%，这种分布与人口和耕地的分布形成错位——盆地边缘绿洲集中了全流域 80% 的耕地，却仅拥有 30% 的水资源。此外，沙漠与绿洲的交错地带透水性极强，地表水入渗率高达 40%，导致河流沿途损耗严重，比如叶尔羌河从山区到灌区的输水损失率超过 50%，进一步加剧了下游地区的缺水状况。

河流湖泊的自然演变也在动态影响水资源平衡。塔里木河干流河道弯曲，泥沙淤积严重，每年因泥沙抬高河床导致的过水能力下降约 3%，使得汛期洪水漫溢，而枯水期却因河道堵塞无法有效输水。流域内的天然湖泊如台特玛湖，曾因上游来水减少而干涸，虽经生态输水有所恢复，但湖面面积仍不足历史最大值的 30%，其调节流域小气候、维持周边生态的功能大打折扣，间接影响了局部地区的水资源循环。

### 1.2 人为因素

农业活动是影响水资源供需的首要人为因素。流域内 90% 的耕地依赖灌溉，而传统漫灌方式仍占主导，农田灌溉水有效利用系数仅为 0.48，远低于全国平均水平。部分地区为追求高产，盲目扩大棉花、红枣等耗水作物种植面积，比如和田地区近十年耕地面积增加 20%，其中高耗水作物占比达 75%，导致农业用水量以每年 3% 的速度增长，挤占了生态用水。同时，农田排水中含有大量盐分，回灌到地下水后导致水质恶化，全流域已有 20% 的地下水不符合灌溉标准，形成“越缺水越滥灌，越滥灌水质越差”的恶性循环。

工业和城市用水的扩张加剧了供需矛盾。随着工业化进程加快，流域内高耗水行业如煤化工、纺织业迅速发展，2022 年工业用水量较 2010 年增长 68%，其中重

复利用率不足 60%，远低于节水型社会要求的 80%。城市扩张导致生活用水量年均增长 5%，而污水处理率仅为 65%，部分未经处理的污水直接排入河道，造成约 15% 的河段水质降至劣 V 类，进一步缩减了可用水量。比如喀什市周边的盖孜河，因沿岸工厂排污，下游 30 公里河段已无法用于农业灌溉。

水利工程的布局和管理也存在诸多问题。现有水利设施中，中小型水库占比达 85%，这些水库调蓄能力有限，只能拦截 30% 的汛期洪水，而枯水期又因蓄水不足无法满足需求。跨区域调水工程建设滞后，比如叶尔羌河流域的水资源无法有效调配至缺水的和田地区，导致“一河有水、一河干涸”的现象。同时，基层水管单位管理粗放，灌溉定额执行不严，部分地区存在偷水、抢水现象，水资源浪费严重，据估算，因管理不善导致的水资源损失占总供水量的 10% 以上。

## 2 塔里木河流域水资源优化配置原则与方法

### 2.1 优化配置原则

在塔里木河流域水资源优化配置的过程中，可持续发展原则是必须坚守的核心准则。这意味着水资源的分配不能只看眼前的经济利益，而要兼顾生态保护和未来发展的需求。比如，不能为了扩大棉花种植面积而过度抽取地下水，导致绿洲边缘的胡杨林因缺水而枯死，毕竟这些天然植被是阻挡沙漠扩张的重要屏障。当地老百姓常说“胡杨活，绿洲存”，这朴素的道理正体现了生态与经济的共生关系。因此，配置水资源时，要保证每年有足够的生态用水量——像塔里木河下游的生态输水工程，每年下泄 3.5 亿立方米的水量，就是为了让干涸的河道重新焕发生机，这种做法虽然会暂时减少农业用水，但从长远看，保住了绿洲才能让农业生产持续下去。同时，还要考虑到冰川消融带来的水资源变化，在分配用水指标时留有余地，避免“寅吃卯粮”。

公平公正原则是化解用水矛盾的关键。流域内不同地区、不同行业的用水需求差异很大，比如阿克苏地区的工业用水增长快，而和田地区的农业灌溉缺口大，要是分配不公很容易引发纠纷。当地在实践中摸索出“按历史用水习惯兼顾现状需求”的办法，比如对绿洲老灌区适当保留传统用水额度，同时给新兴城镇和工业园区划定合理的用水增长空间。对于上下游之间，也有明确的分水比例，像叶尔羌河每年要向下游输送不少于 10 亿立方米的水量，确保下游巴楚县的基本用水。这种公平不仅体现在水量分配上，还包括水质保障，比如规定上游工厂的污水排放必须达标，不能把污染后的水资源

推给下游地区，否则就是对下游用水权的侵害。

权利责任一致原则能让水资源管理更有序。谁用水，谁就要承担节水和保护的责任，这是当地近年来推行的核心理念。比如承包果园的农户，在获得用水指标的同时，必须安装滴灌设施，否则就会缩减其用水额度；工业园区享受了优先供水的权利，就要负责污水处理厂的建设和运营，确保废水循环利用。这种“用水有指标、超标有惩罚、节水有奖励”的机制，让每个用水主体都清楚自己的责任。像库车市的一家煤化工企业，因为实现了工业用水重复利用率 90% 以上，不仅获得了政府的节水补贴，还被允许适度增加用水指标，这种正向激励让权利和责任真正挂了钩。

### 2.2 优化配置方法

水资源合理分配模型在实际管理中发挥着重要作用。当地水利部门常用的多目标优化模型，会把农业增产、生态保护、工业发展等不同目标都纳入计算，通过电脑模拟找到最优方案。比如在制定年度分水计划时，模型会根据当年的冰川融水量、降水量，算出可分配的总水量，再结合各地区的耕地面积、人口数量、工厂产能等数据，给出具体的分配建议。去年喀什地区就通过这个模型，把有限的水资源向棉花主产区倾斜了 5%，同时保证了周边湿地的生态用水，最终实现了棉花增产和湿地面积扩大的双赢。这种模型不是一成不变的，会根据实际情况调整参数，比如遇到干旱年份，就会提高生态用水的权重，优先保障胡杨林和草场的存活。

GIS 和遥感技术的应用让水资源管理更精准。通过卫星遥感监测，可以实时掌握流域内的植被覆盖度、土壤湿度等情况，再结合 GIS 系统里的河流分布、水利工程位置等数据，就能判断出哪里缺水、哪里有浪费。比如去年夏天，遥感图像显示阿克苏河下游的一片棉田土壤湿度异常偏高，工作人员通过 GIS 定位到具体地块，发现是灌溉渠道漏水，及时进行了修补，挽回了每月 50 万立方米的水资源损失。在生态输水工程中，这些技术更是不可或缺，通过卫星跟踪输水河道的水面变化，能准确测算出水流到达的位置和速度，确保每一滴水都用在刀刃上。现在当地的水管站工作人员手机上都能查看实时监测数据，发现问题可以第一时间处理。

水权制度与水市场建设为水资源优化配置注入了活力。当地已经完成了初始水权分配，把水资源总量分解到每个县、每个乡镇，甚至每个农户，就像给水资源上了“户口”。在此基础上，水市场的交易让水资源能流向更高效的地方。比如和田地区的一位农民，因为采用了节水灌溉技术，每年能节省 2000 立方米的用水量，

他可以把多余的水权在水市场上转让给附近的果园经营者,既获得了额外收入,又提高了水资源的利用效率。工业企业之间的水权交易也很活跃,去年库尔勒市的一家纺织厂通过购买另一家化工厂的节水指标,解决了扩大生产的用水难题,而化工厂则用卖水权的钱升级了污水处理设备,形成了良性循环。这种市场化的方式,让水资源从低效益领域流向高效益领域,无形中提高了整个流域的用水效率。

### 3 塔里木河流域水资源优化配置案例分析

#### 3.1 案例选取与介绍

本次选取塔里木河中游的阿拉尔市作为案例区域,这里既是南疆重要的棉纺产业基地,也是典型的绿洲农业区,水资源供需矛盾具有代表性。阿拉尔市总面积 4 196 平方千米,耕地面积达 150 万亩,主要种植棉花、红枣和水稻,2022 年总人口约 40 万,其中农业人口占比 60%。当地水资源主要依赖阿克苏河补给,年均引水量约 25 亿立方米,但近年来受上游来水减少和本地灌溉面积扩大影响,每年枯水期(4-5 月)农业用水缺口达 3 亿立方米,同时城郊的多浪水库周边湿地因缺水萎缩了 15%,部分胡杨林出现枯萎现象。更突出的是,农业灌溉仍以大水漫灌为主,水有效利用系数仅 0.45,而新建的经济技术开发区内,纺织、食品加工等企业用水需求年均增长 8%,水资源分配的“农工争水”“生产生态争水”问题日益凸显。

#### 3.2 优化配置方案设计

针对阿拉尔市的水资源问题,设计的优化配置方案从三方面入手。在水资源分配上,采用“总量控制、分类调节”机制:将全年引水量按 7:2:1 的比例分配给农业、工业和生态,其中农业用水指标细化到乡镇,要求棉花种植区压缩 5%的用水量,改种耐旱的红枣;工业用水实行“阶梯定价”,超定额部分水价上浮 50%,倒逼企业节水。节水措施方面,推广滴灌、喷灌等高效节水技术,计划三年内将农田节水灌溉覆盖率从目前的 30% 提高到 70%,同时对老化的灌溉渠道进行防渗处理,预计可减少输水损失 15%;在工业园区建设中水回用系统,要求企业污水处理后回用率不低于 80%,目前已建成 2 座日处理能力 1 万吨的污水处理厂。生态修复上,实施“退地减水”工程,将靠近沙漠边缘的 2 万亩低产田恢

复为荒漠植被,每年可节省灌溉用水 8000 万立方米;同时从多浪水库每月调水 500 万立方米补给湿地,通过修建生态输水渠,让水流直接浸润胡杨林根系区。

#### 3.3 方案实施效果评估

方案实施一年后,阿拉尔市水资源供需状况得到明显改善。从数据看,农业用水量较上年减少 1.2 亿立方米,而因节水技术推广,棉花亩产反而提高了 8%;工业用水重复利用率从 50% 升至 75%,某纺织企业通过中水回用,每月节省新鲜水用量 3000 吨。生态方面,湿地面积扩大了 2000 亩,枯萎的胡杨林中有 60% 重新抽出新枝,沙漠边缘的植被覆盖度从 15% 提升至 25%,当地居民明显感觉沙尘暴天气减少了。更重要的是,方案平衡了各方利益:农民通过种植结构调整,红枣销售收入弥补了棉花减产损失;企业虽初期投入了节水设备,但长期水费支出下降了 12%;生态改善还带动了周边乡村旅游,去年秋季湿地周边农家乐收入同比增长 35%。不过方案实施中也发现问题,部分老灌区农民对滴灌技术接受度不高,需要加强技术培训和补贴引导,后续将针对性调整推广方式。

### 4 结论

研究发现,塔里木河流域水资源供需矛盾突出,自然因素中气候变化和地形地貌影响显著,人为因素里农业用水效率低、工业与生态用水竞争是关键问题,而基于可持续发展等原则的优化配置方法及案例中的具体措施,能有效改善供需状况。未来可结合更多新技术深化研究,完善水市场和跨区域合作机制,为流域水资源可持续利用提供更全面支撑。

#### 参考文献

- [1] 洪良鹏,白涛,徐俊增,等。基于工程格局优化的塔里木河流域水资源优化配置[J]. 水利水电技术(中英文),2024,55(6):21-31.
- [2] 唐晓宇,周金龙,李湘权,等。开都河流域水-能源-生态综合收益下的水资源优化配置[J]. 南水北调与水利科技(中英文),2025,23(3):577-588.

作者简介:刘树增,男,汉,1995 年 1 月生,甘肃武威人,本科,助理工程师,主要从事塔里木河水资源管理,水利工程运行管理等工作。