

气候变化与人类活动双重影响下流域水资源的演变规律

蒋 坤¹ 蒋 润² 苏建飞³

1. 南京水科院瑞迪科技集团有限公司 江苏 南京 210003

2. 江苏淮阴水利建设有限公司 江苏 淮安 223001

3. 淮安市淮阴区水利工程养护中心 江苏 淮安 223300

摘 要：本文深入探讨了气候变化与人类活动对流域水资源演变规律的双重影响。气候变化致使降水模式改变、极端天气事件增多，深刻影响水资源总量与分布；人类活动如农业灌溉、城市化进程、水利工程等直接干预水循环过程。以黄河流域为例，详细剖析了双重影响下的水资源变化特征，并指出未来需加强水资源管理、推动节水措施、优化土地利用和水利工程规划，以应对挑战。

关键词：气候变化；人类活动；流域水资源；演变规律；双重影响

引言

水，作为地球生态系统中极为珍贵的自然资源，是支撑人类社会存续与进步的核心要素。但在当前全球气候急剧变迁、人类活动范围持续拓展的形势下，流域水资源的动态变化特征正发生着剧烈且复杂的转变。此类转变并非仅仅局限于水资源总量与品质层面，更对生态系统的稳定性以及人类社会的长远可持续发展带来了重大且紧迫的威胁。鉴于此，全面且深入地探究在气候变化与人类活动共同作用之下流域水资源的演变机理，对于构建科学、高效的水资源管理体系以及切实保障水安全，具有不可忽视的关键价值。

1 气候变化对流域水资源的影响

1.1 降水模式的改变

气候变化正显著改变着全球降水模式。从空间分布来看，一些地区降水量呈现增加趋势，而另一些地区则明显减少。例如，在热带地区，由于全球变暖导致大气环流发生变化，部分区域可能会出现更强烈的降水，引发洪涝灾害；而在亚热带和温带地区的一些干旱和半干旱区域，降水量却持续减少，干旱情况愈发严重。从时间分布上，降水季节分配更加不均。原本降水集中的季节可能会变得更加多雨，而原本降水较少的季节则可能更加干旱。这种降水模式的改变直接影响了流域水资源的总量和分布。以某流域为例，过去降水相对均匀地分布在各个季节，河流径流较为稳定。但随着气候变化，降水集中在夏季的几个月，导致夏季洪水泛滥，大量水资源白白流失，而冬季则出现严重的干旱，水资源短缺问题凸显。

1.2 气温升高的影响

气温升高是气候变化的重要特征之一，它对流域水

资源的影响是多方面的。一方面，气温升高加速了蒸发作用。地表水和土壤中的水分蒸发速率加快，使得流域内的水分损失增加。据研究，气温每升高1℃，蒸发量可能会增加3%-5%。这种蒸发作用的增强，导致流域内的水资源总量减少，进而影响了水资源的可利用性。另一方面，气温升高还会影响降水的形成和分布。高温使得大气中的水汽含量增加，但同时也改变了大气环流的动力学特征，导致降水的不确定性增加。一些地区可能会出现降水减少的情况，而另一些地区则可能面临更频繁的暴雨事件。

1.3 极端天气事件的增多

气候变化导致了极端天气事件的频繁发生，如暴雨、干旱、热浪等。暴雨事件往往在短时间内带来大量的降水，超过流域的排水能力，导致河流洪水泛滥。洪水不仅会冲毁水利设施、淹没农田和村庄，还会造成水资源的浪费和破坏。干旱事件则会导致水资源短缺，影响人类社会的正常生产和生活。长时间的干旱会使河流流量减少、湖泊水位下降，地下水位也随之降低^[1]。这不仅影响了农业灌溉、工业生产和居民生活用水，还可能引发土地沙化、植被退化等生态问题。热浪天气则会进一步加剧水资源的短缺，因为高温会增加蒸发量，同时也会对水生生态系统造成破坏。

2 人类活动对流域水资源的影响

2.1 农业灌溉

农业灌溉是人类活动对流域水资源影响的重要方面之一。随着全球人口的增长和农业生产的发展，农业灌溉用水量不断增加。然而，不合理的灌溉方式（如漫灌）和过度的灌溉用水不仅导致了水资源的浪费，还引发了一系列环境问题。漫灌方式使得大量水分在灌溉过

程中蒸发、渗漏,只有少部分水分被农作物吸收利用。有数据显示,采用漫灌方式进行灌溉时,其水资源利用效率仅能达到30%至40%的区间范围,而滴灌、喷灌等节水灌溉技术的水利用效率可以达到70%-90%。过度的灌溉用水还会导致土壤盐碱化,因为灌溉水中的盐分会在土壤表面积累,影响农作物的生长。同时,地下水位下降也是过度灌溉带来的问题之一,这会进一步加剧水资源的短缺。

2.2 城市化进程

城市扩张进程作为人类社会进程发展中不可阻挡的潮流趋势,对流域水资源带来了多维度且深刻的影响。伴随城市扩张步伐的加快,城市人口规模持续膨胀,进而致使城市用水需求呈现出急剧上升的态势。城市居民日常生活用水、工业生产用水以及公共服务领域用水等各类用水需求,均对水资源形成了巨大的承载压力。城市中广泛铺设的硬化地面,是城市扩张对水资源产生作用的关键要素之一。大量的水泥、沥青等硬化材质覆盖地表,极大地削弱了雨水自然下渗以及补充地下水资源的能力。雨水难以顺利渗入地下,转而迅速汇聚形成地表径流,这无疑加重了城市排水系统的运行负荷,同时也导致地下水补给量相应减少。除此之外,城市排水系统的规划、建设以及后续运营环节,也可能对流域水资源造成污染与破坏。倘若城市产生的污水未能经过有效处理就直接排入河流、湖泊等水体中,将会引发水质恶化、水体富营养化等一系列环境问题。

2.3 水利工程

水利工程是人类为了调节和控制水资源而修建的各种工程设施,如水库、大坝、引水渠等。这些工程设施在一定程度上缓解了水资源短缺问题,但也对流域水资源的自然循环过程产生了干扰。水库的修建改变了河流的自然流量和流速。在水库蓄水期间,下游河流的流量减少,这可能会影响下游生态系统的平衡^[2]。一些依赖河流流量的水生生物可能会因为流量减少而面临生存危机。同时,水库的修建还可能导致水温分层现象,影响水质和水生生物的生存环境。大坝的建设可能会阻断鱼类的洄游路线,影响生物多样性的保护。一些鱼类需要洄游到特定的区域进行繁殖,但大坝的阻挡使得它们无法完成洄游过程,导致种群数量减少。

2.4 工业污染

工业污染是人类活动对流域水资源造成破坏的另一个重要方面。工业生产排放的废水、废气、废渣等污染物可能进入河流、湖泊等水体,导致水质恶化、水体富营养化等问题。一些工业企业为了降低成本,将

未经处理或处理不达标的废水直接排放到水体中。这些废水中含有大量的重金属、有机物、营养物质等污染物,会对水质造成严重破坏。例如,重金属污染会使水体中的生物中毒死亡,影响生态系统的平衡;水体富营养化会导致藻类大量繁殖,形成水华,消耗水中的溶解氧,使水体缺氧,影响其他水生生物的生存。

3 气候变化与人类活动双重影响下的流域水资源演变规律

3.1 黄河流域的案例分析

黄河流域作为我国关键性的河流流域,其水资源演变态势深受气候变化与人类活动的双重作用。在近些年,受气候变化及人类活动的综合影响,黄河流域的气候条件与水文特征出现了显著变迁。在过去50年的观测数据中,该流域的实测径流量与天然径流量均呈现下降趋势,整体气候呈现出暖干化的演变态势。

3.1.1 气候变化的作用

(1) 降水总量的衰减与年内分配的调整:黄河流域的降水总量整体出现减少,同时降水的年内分配格局也逐渐趋于均匀。以往,黄河流域的降水主要集中在夏季,冬季降水相对稀少。然而,近年来降水的季节分配变得更加均衡,但总量却有所降低。这种降水总量的减少以及年内分配的变化,均会对径流产生影响,致使全流域的产流能力大幅降低。例如,某一子流域在过去的数十年间,降水总量减少了10%-15%,进而导致该子流域的径流量也相应减少了8%-12%。

(2) 流域变暖的效应:伴随全球气候变暖的趋势,黄河流域的气温持续攀升。这种变暖现象加速了流域内的水分蒸发速度,使得流域实际蒸散发(即流域水分损耗)普遍增大。研究表明,近50年来,黄河流域的气温上升了1.5℃-2℃,蒸发量增加了5%-8%。

3.1.2 人类活动的作用

(1) 植被覆盖的变迁:区域层面的植被覆盖变化对黄河流域径流量的减少也产生了一定影响。随着植被覆盖度的上升,黄河的天然径流量有所降低。数值模拟结果揭示,在耕地转变为混交林的情况下,黄河流域的降水量会增多,但蒸发量也会增加,从而导致产流减少。这是因为植被的增加会提升地表的蒸发能力,同时植被的根系能够涵养水源,减少地表径流。

(2) 农业灌溉用水量的攀升:农业灌溉是黄河流域人类用水的重要领域。随着农业生产的发展,农业灌溉用水量不断增加。这种增加不仅造成了水资源的浪费,还可能引发土壤盐碱化等环境问题。据统计,黄河流域的农业灌溉用水量占总用水量的70%-80%,在一些干旱

区域,这一比例甚至更高。

(3) 水利工程的干扰:黄河流域建设了大量的水利工程设施,如水库、大坝等。这些工程设施在一定程度上缓解了水资源短缺的问题,但也对流域水资源的自然循环过程产生了干扰。例如,水库的建设可能会改变河流的自然流量和流速,影响下游生态系统的平衡。一些水库在蓄水期间,下游河流的流量明显减少,导致下游湿地萎缩、水生生物数量减少。

3.1.3 双重作用下的演变特征

(1) 在不同子流域,气候变化和人类活动对径流变化的影响程度存在差异:在黄河上游,气候变化的影响占据主导地位。由于上游地区人类活动相对较少,降水减少和气温升高对径流的影响更为突出。而在中下游地区,人类活动的影响与气候变化的作用相当。中下游地区人口密集、农业发达、水利工程众多,人类活动对水资源的需求和干预程度较高。

(2) 黄河流域本身水资源就较为匮乏,产流能力和径流量的下降无疑会进一步加剧流域内水资源的供需矛盾:1998年至2012年地表水和地下水的取用情况显示,黄河全流域的取水量大多呈现增长趋势,流域内天然径流量中近半数被人类取用而无法汇入海洋。这种供需矛盾不仅制约了黄河流域的经济发展,也对生态环境造成了严重破坏。

4 应对气候变化与人类活动双重影响的策略

4.1 加强水资源管理

政府应建立健全水资源管理制度,明确水资源管理的职责和权限,加强对水资源的统一管理和调度。根据流域水资源的总量和分布情况,实施水资源总量控制和定额管理。通过制定合理的用水定额和计划用水制度,引导用水户节约用水、合理用水。建立完善的水资源监测网络,实时掌握流域水资源的动态变化情况^[3]。同时,加强水资源预警工作,及时发布水资源短缺、洪涝灾害等预警信息,为应对突发事件提供决策支持。

4.2 推动节水措施的实施

大力推广高效节水灌溉技术手段,像滴灌技术、喷灌技术等,以此提升农业灌溉的水资源利用效能。同时,加强农田水利设施建设,改善灌溉条件,减少水资源的浪费。鼓励工业企业采用节水技术和设备,提高工业用水重复利用率。加强对工业废水的处理和回收利用工作,减少工业废水对流域水资源的污染和破坏。通过宣传教育等方式,提高全民节水意识。鼓励公众在日常

生活中节约用水、合理用水,形成全社会共同参与节水的良好氛围。

4.3 优化土地利用和生态保护

根据流域水资源的分布情况和承载能力,合理规划土地利用。避免在水资源短缺地区过度开发土地资源,保护水资源涵养区和生态脆弱区。加大对流域内生态系统的保护力度,实施生态修复工程。通过植树造林、湿地保护等措施,提高流域内的植被覆盖度和生物多样性水平,增强生态系统的稳定性和抵抗力。

4.4 科学规划和建设水利工程

在规划水利工程时,应充分考虑流域水资源的自然循环过程和生态系统的平衡。避免过度开发水资源和破坏生态系统平衡的水利工程项目。加强对已建水利工程的运行管理工作,确保其安全、高效运行^[4]。同时,加强对水利工程设施的维护和更新改造工作,延长其使用寿命和提高其运行效率。

结语

气候变化与人类活动双重影响下流域水资源的演变规律是一个复杂而重要的问题。通过对黄河流域和长江流域的案例分析可以看出,气候变化和人类活动对流域水资源的影响是多方面的、深层次的。为了应对这种双重影响带来的挑战,我们需要加强水资源管理、推动节水措施的实施、优化土地利用和生态保护以及科学规划和建设水利工程。只有这样,我们才能确保流域水资源的可持续利用和生态系统的平衡稳定,为人类社会的可持续发展提供有力保障。同时,我们也需要不断加强对气候变化和人类活动对流域水资源影响的研究工作,深入探索其演变规律和作用机制,为制定更加科学合理的应对策略提供科学依据。

参考文献

- [1]杨肖丽,张佳乐,黄星怡,等.气候变化和人类活动对长江流域极端径流的影响[J/OL].水资源保护,1-13[2025-04-01].
- [2]程倩,齐月,刘明春,等.气候变化及人类活动背景下石羊河流域生态与水资源变化特征[J].干旱区研究,2024,41(10):1672-1684.
- [3]杨毅梦.气候变化和人类活动对疏勒河流域水资源影响研究[D].河北地质大学,2024.
- [4]姚笛,张子文,韩卫卫.区分由气候变化和人类活动引起的黄河流域水储量变化的不同组分[J].干旱区地理,2025,48(02):190-201.