

【生态文明与区域发展】

水资源约束下黄河流域水城互馈机制与调适 路径研究*

王新涛

摘要:黄河流域在我国经济社会发展和生态安全方面具有十分重要的地位,但是水资源保障形势严峻,已经是黄河流域城市发展的最大刚性约束。在水资源约束下,水城之间的互动反馈机制作用乘数放大,胁迫、优化、增长、收敛等效应复合发力,水城关系的复杂性、矛盾性、可变性等明显增强。贯彻落实黄河流域生态保护和高质量发展战略,推进水城协调发展,要坚持系统观念,完善约束倒逼和挖潜提升、系统治理和水沙关键、流域统筹和因城施策、市场调节和政府调控相结合的调适路径。

关键词:水资源约束;黄河流域;水城关系;互馈机制

中图分类号:F207 文献标识码:A 文章编号:2095—5766(2024)03—0145—06 收稿日期:2024—03—12

*基金项目:国家社会科学基金项目“水资源约束下黄河流域城市分类响应与调适路径研究”(20BGL194)。

作者简介:王新涛,男,河南省社会科学院城市与生态文明研究所研究员(郑州 451464)。

水是黄河最突出的问题。随着经济社会的发展,黄河流域水资源短板约束作用更加突出。习近平总书记在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上指出,黄河水资源总量不到长江的7%,水资源开发利用率高达80%,远超一般流域40%的生态警戒线。中央财经委员会第六次会议进一步强调,把水资源作为最大的刚性约束,全面实施深度节水控水行动。这就迫切要求黄河流域城市坚持把以水定城、以水定地、以水定人、以水定产和宜水则水、宜山则山,宜粮则粮、宜农则农,宜工则工、宜商则商充分考虑与统筹结合,科学衡量水资源对城市发展的约束程度和水城正负反馈机制的作用大小,加快推进城市复合系统的主动调适,努力实现水城协调发展。

一、水资源约束下的水城互馈机制及效应

水资源概念提出后,人类对水资源的物质属

性、资源属性、社会属性的认知不断完善和深化,并将水资源视为可持续发展的重要支撑因子,从水资源利用、水生态治理、水安全保障、水承载力评估等多个维度开展深入研究。尤其是我国的人均水资源量仅为世界平均水平的28%,在工业化、城镇化进程中水资源供需矛盾日益突出,水城关系日益成为理论研究和实际工作关注的热点和风口。Rufino I A A(2009)、Bhatia R(2016)、Ribeiro F W(2022)等国外学者在城镇化发展不同阶段对应的水资源需求变动、城市集聚效应带来的水资源利用效率提高、工业化导致的水资源污染、缺水引起干旱地区城市发展受限等方面进行了广泛而深入的探讨。我国学者更加重视水资源总量、水资源利用、水资源约束等问题。鲍超等(2006)提出城市化的节水效应大于用水效应。高翔等(2010)研究提出,城市与水资源耦合度的高低既和城市自身发展有关,也和区域联系、区域差异等外部因素有关。

沈晓梅等(2019)研究认为水资源对城市的约束作用程度经历了明显的强弱变化。董瑞媛等(2023)研究认为用水强度和产业结构效应是促进黄河流域用水脱钩的两大关键因素。以众多研究成果为基础,对水资源约束限定、水城流域协调、城市功能整合优化、城市复合系统动态调整等进行集成研究,水资源约束下的水城互动及其正负反馈机制突出表现为:城作用于水的胁迫效应、优化效应,和水反作用于城的增长效应、收敛效应。在水城互锁机制产生的综合效应下,水城关系不断从“平衡—失衡—平衡”“协调—一次协调—协调”进行适应与调适(见图1)。

1.“城—水”作用机制及“胁迫—优化”效应

城—水的“胁迫—优化”效应最初表现为城作用于水的胁迫效应,主要是城市发展过程中提高对水资源开发利用的强度,以及对水资源污染而导致的水资源可开发利用量的减少。首先,城市的规模扩张引致用水需求迅速增长。城市居民人均生活用水量是农村的两倍多,城市人口规模扩张带来生活用水的大幅增长,并随着城镇人口的增长,服务业用水量也相应迅速增加。城市工业的规模扩张引起生产用水的大幅增长,加上长期以来惯性思维把水资源作为可再生资源,节约用水、重复用水的社会氛围还没有完全形成,工业用水量居高不下。伴随着城市空间的扩张,生态用水也大幅增加。其次,城市排污增加减少了水资源可利用量。随着城市人口加快集聚,工业不断增长,建成区持续拓展,由此产生的不仅是生活生产污染物排放的增加,而且还导致城市污染净化能力的衰减,在双重作用下,城市排污对水生态环境的胁迫作用日益增强。再次,城市发展加快水资源空间分布的调整。由于城市一般都选择位于水资源和地形条件都相对较好的区域,随着人口集聚、产业集中、土地密集开发,城市周围可利用的水资源不能满足基本需要。为了保障不断增加的城市生活生产生态用水需求,逐年开始加大远程调引水量,从而改变了整个城市—区域系统的水资源供需关系和分布格局。

“城—水”的“胁迫—优化”效应还表现为城市发展带来规模经济效应凸显、先进节水技术应用、居民节约用水意识增强而带来的优化效应。首先,城市规模效率显现助推用水效率提升。在城市发展过程中,同样公共投入的供水设施、节水设施、排

水设施、污水处理设施可以被更多的人和企业所分享,从而让这些设施的规模效率不断提高,规模效应持续外溢,推动整个城市用水、节水、治水效率的提升。我国在常住人口城镇化率和城区人口增加的同时,人均综合用水量从2011年的454立方米下降到2022年的425立方米,万元生产总值用水量从2011年的129立方米下降到2022年的49.6立方米。其次,城市产业结构优化助推用水效率提升。城市化和城市发展的过程,是第二产业与第三产业比重持续上升、第一产业比重不断下降的过程。产业结构调整对用水量总量和结构变化的影响,主要是通过农业比重下降且节水挖潜力度不断加大、工业比重上升且节水高效模式不断增多、服务业比重提高且高耗水行业价格调节机制不断完善等方式来实现。再次,居民节水意识增强助推用水效率提高。长期以来,将水资源视为可再生资源,对水资源的严峻形势认识不到位,导致水资源浪费、水资源污染等情况突出。我国进入城市型社会为主体的社会后,居民节约意识逐步提高,全社会节水氛围日益浓厚,推动城市水资源的节约集约利用。

2.“水—城”作用机制及“增长—收敛”效应

“水—城”的“增长—收敛”效应是当水城关系协调时,水资源能够支撑促进城市的人口集中、产业集聚和空间扩张。但是,当水资源供需矛盾突出,水城关系失衡时,水资源对城市规模的进一步扩大甚至是稳定发展就起到明显的约束作用。

在漫长的历史时期,“水—城”的“增长—收敛”效应以增长效应为主。水资源不仅是人类的生命之源,而且是城市生产生活最重要的物质基础,是其他资源与技术都不可替代的。同时,水资源还是城市生态的重要组成元素,具有调节局地气候的功能,通过水循环和水体吸收以放出热量,减小城市的“热岛效应”;还能够输送营养物质,消纳污染物,使城市废污水经处理后排放到河流进行自然净化(曹祺文等,2019)。

随着增长效应的释放,城市规模扩大到一定程度,收敛效应逐步凸显并日益增强。首先,水资源开始制约城市发展的速度和规模。城市用水需求的持续增长,让很多城市的当地水资源已接近或达到开发利用的极限,城市近郊的水源无法满足日常需求,调水引水的距离越来越远,工程技术难度也越来越大,水资源约束对城市工业生产、高耗水服

务业的发展、生态环境的治理都产生了较大的制约作用。同时,水价的上涨不仅增加居民的生活用水成本,更抬高了产业发展用水成本,影响城市经济社会的整体运行效益。其次,水资源制约城市“三生”空间的调整优化。水资源的分布及开发利用的空间分化,开始对城市居住区、生态功能区、产业集聚区的布局产生反作用,也成为城市发展方向选择中必须重点考虑的制约因素。最后,水资源制约城市职能作用的发挥。在城市发展的早期,水资源的约束作用还不明显,工业生产型、矿业开发型等性质的城市数量较多,城市的职能主要体现在为经济社会发展提供工业品、半成品和各类矿产资源等方面。随着水资源约束的不断加剧,技术密集型、资金密集型、知识密集型等产业业态往往成为城市首选,城市在区域经济体系和城镇体系中的职能作用也随之发生转型。

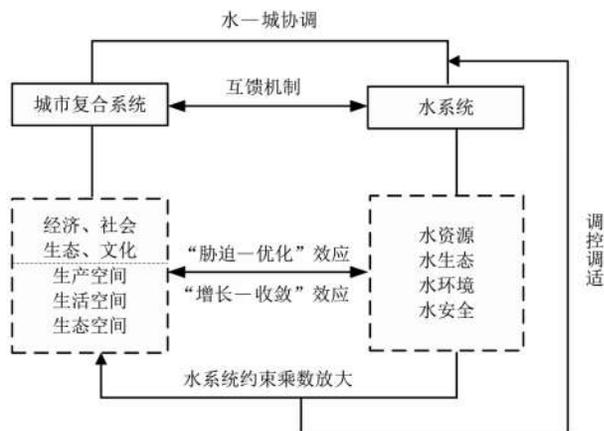


图1 水资源约束下的水城互馈机制及效应

资料来源:作者绘制。

二、水资源约束下水城互馈机制对黄河流域水城协调的影响

水资源供需矛盾越来越突出的情况下,水资源与城市发展之间存在的正向与负向的互动反馈机制,让黄河流域水城协调发展的复杂性、可变性、不可见性等都极大增强。

1. 水资源总量严重不足影响水城协调的持续性

水资源总量严重不足是黄河流域城市生态保护和高质量发展面临的重大瓶颈问题。和国内其他大江大河相比,由于黄河流域上中游多处于干旱、半干旱地区,整个流域的水资源量只有全国水资源总量的3%左右,是我国较为典型的资源性缺水地区。与此同时,黄河又是世界上泥沙最多的河

流,有限的水资源还必须承担一般清水河流所没有的输沙任务,可用于经济社会发展的水量进一步减少。近年来,受全球气候、下垫面变化等因素影响,黄河流域可利用水资源量进一步减少。城市发展和经济增长让供水范围不断扩大、供水需求持续旺盛,推动“水—城”的“收敛”效应进一步增强,水城之间的协调度和匹配度不断得到挑战。

2. 水资源时空分布不均降低水城协调的稳定性

黄河先后流经青藏高原、内蒙古高原、黄土高原、华北平原等地形区,是典型的季风气候区,降雨时空分布不均,受地形影响较大的南界秦岭山脉北坡,年降水量可达700—1000毫米;深居内陆的宁夏西北、内蒙古部分地区,年降水量不足150毫米。同时,受季风影响,黄河流域水资源季节变化较大,一年之中径流分布很不均匀,造成人均水资源量相对较高、人口经济规模相对较小的西宁、天水、平凉、固原、鄂尔多斯、忻州、宝鸡等城市多数位于上中游,下游人口经济规模较大的城市都属于极度缺水城市,“城—水”的“胁迫—优化”效应互相抵消,“水—城”的“增长”效应受到抑制,进一步加剧了水资源时空分布的不均衡性。

3. 水资源利用效率不高强化水城协调的矛盾性

把水资源作为最大约束条件来推进水城协调发展,控制用水资源总量是直接手段,提高用水效率是长远之计。特别是对于黄河流域这类水资源匮乏地区,更需要将提高水资源利用效率作为根本路径。目前黄河流域普遍存在水资源利用效率不高的问题,和同属于严重缺水的海河流域相比,2022年人均综合用水量比海河流域多72立方米,万元生产总值用水量比海河流域高12.1立方米,耕地实际灌溉亩均用水量比海河流域多105立方米。按照海河流域的标准测算,还具有较大的下降空间,“城—水”的“优化”效应有待于进一步发挥。

4. 水生态环境质量不优放大水城协调的可变性

在水城互馈作用机制下,良好的水生态环境不仅直接影响城市的可用水资源量,而且有利于保持水城协调关系的稳定性。但是,由于黄河流域长期以来生态环境较为脆弱,源头生态系统易于出现草地退化、湿地萎缩、土地沙化等生态问题,上游大量灌溉引水和农业排水在降低干流水域纳污能力的同时也增加了农业面源污染负担,中游水土流失仍未得到根本控制且水资源短缺与保障“水—能

源—粮食”纽带安全之间的矛盾突出,下游生态、防洪、经济社会发展还没有完全达到协同的状态,再加上气候变化、极端强降雨等异常天气频发等因素(宁珍等,2020),水生态环境质量的不稳定性进一步增强了水城协调发展的多变性和不可见性。

5.水资源流域统筹不强增加水城协调的复杂性

黄河流域在水资源总量分布上呈现“上游—中游—下游”逐级递减,城市人口经济规模呈现“上游—中游—下游”逐级递增,能源生产总量呈现“中游—上游—下游”和粮食产量呈现“下游—上游—中游”的递减格局,各区域山水林田湖草沙系统各具特征,决定了黄河流域水城互馈机制及其效应在上下游、干支流、左右岸城市的作用方式和作用强度都会有所区别。再加上黄河流域水资源管理和生态保护涉及九省(区)及水利、生态环境保护、自然资源等多个部门,区域或部门之间的利益协同机制、合作沟通机制还不完善(徐福祥等,2022),进一步增强了黄河流域水城协调的复杂性。

三、水资源约束下黄河流域水城互动的调适路径

水资源约束下,水城互馈机制及效应将以乘数方式进一步放大。推进黄河流域水城互动协调发展,要坚持系统观点,树牢底线思维,着力推动约束倒逼和挖潜提升、系统治理和水沙关键、流域统筹和因城施策、市场调节和政府调控“四个”结合,努力实现黄河流域城市生态保护和经济社会的高质量发展。

1.约束倒逼和挖潜提升相结合

黄河流域水资源天然禀赋不足,是统筹考虑水城协调发展的基础条件和根本前提。节水首先是破解黄河流域城市水资源、水生态、水治理、水安全等复杂问题的长远之策。

科学预判框定用水总量。把水资源作为最大刚性约束,就是要让城市发展、土地开发、人口集聚、经济产出、生态建设等方面,都要受到水资源可开发利用总量的严格约束。超越了这个约束条件,任何经济社会活动就不能进行。为了推动经济社会发展在水资源可以承载的范围内运行,要对可利用的水资源进行科学识别,框定可利用的水资源总量,既要把自产水和过境水量、跨区域引调水工程分配水量、中水雨水等非常规水量等因素考虑进

来,还要充分考虑降雨量等外在影响因素变化波动的可能性。同时,充分认识到把水资源作为最大刚性约束,其最终目标不是为了以水资源管控来限制经济社会发展,而是要以水资源的可持续利用来支撑经济社会的可持续发展。因此,控制用水总量,不能简单的一堵了之,进行“一刀切”,而要做到有堵有疏、有保有压,既有反向严控、也有正向引导,分区域、分行业、分城市进行调配调度。

聚焦重点领域全面节水。工业、生活、生态三大领域用水量占黄河流域城市全社会用水总量的绝大部分,节水的边际效应更为明显,同时也具有较大的节水空间,是挖潜提升的重点领域和关键环节。首先,着力破解工业节水难题。黄河流域的工业总体上偏能源、偏重化工,虽然节水已经取得了一定成效,但是距离“零排放”还有一定的距离。既要为单个企业开展专业化的节水诊断,制定个性化的节水减排方案,也要促进企业之间、园区之间、集群之间开展串联用水、分质用水、循环用水,力争实现企业、集群、园区的“三重”零排放。其次,着力把牢城市节水环节。黄河流域的城镇化仍有一定的潜力。河南、山东等省份总人口多、乡村人口多,且城镇化率相对较低,意味着未来的城镇化潜力仍然较大,未来一个时期会有越来越多的人进入城市,城市的用水量也会随之增加,城市节水重心日益凸显。

统筹发展实施动态调整。在总量框定、重点领域明确之后,也不能一了之、一成不变,而要设置动态调整的条件,并做出战略性留白。从宏观上看,可以根据城镇化的推进速度、人口流向的变动趋势、城市产业的规模和结构,甚至包括气候变化对黄河流域水资源总量的影响程度等因素,按照五年或者十年一个周期进行动态调整;从微观上看,也要为一些经济社会发展重大战略的实施、重大项目的落地、重要民生工程的推进预留一定的水资源容量,便于进行局部的微调。

2.系统治理和水沙关键相结合

水城关系中的水沙调节和系统治理既有一般性,也有特殊性。城市作为复杂开放的巨系统,水资源是其城市复合系统的重要物质基础,两者共同组成了水城生命共同体,要把重点和系统结合起来统筹推进。

抓住水沙调节牛鼻子。九曲黄河万里沙,水少

沙多、水沙关系不协调,是其复杂难治的症结所在,也是水城协调发展面临的最突出安全问题。历史上看,不协调的水沙关系,不仅导致大量泥沙沉积形成“地上悬河”,而且导致主河槽行洪能力急剧下降,黄河下游摆动频繁,对城市安全造成巨大威胁。抓好水沙调节,可以提高黄河流域城市的可利用水资源量,治愈黄河流域水患,保障黄河流域城市的长治久安。抓好水沙调节,一方面要立足整个黄河流域,依托水库等骨干性工程项目,城市的发展要为河湖留出必要的水量,确保能够获取调沙冲沙的净流量,维持河道基本的输水输沙能力。另一方面,推进引黄泥沙的资源化利用,达到减轻水库淤积、提高防洪安全度、减少环境污染等多重效果,也为城市的发展提供建筑用料(梁赛等,2023),丰富提升水城的生长效应。

打造水城生命共同体。黄河流域城市多拥有山、水、林、湖、草、沙等多元生态要素,各个生态元素组合成为相互依存、紧密联系的有机整体,具有显著的系统特征。在这一系统中,由于“水—城”之间特有的纽带联系,水是城市的命脉所在。因此,要用水城生命共同体的思维来推进城市全要素全领域的保护治理。首先,城市的规划、建设与管理,要有意识的围绕“水”来做文章,尊重自然规律,顺应自然规律,依托自然水系,实现内外联通、自然循环。其次,加快海绵城市建设,让城市像海绵一样具有良好弹性,下雨时吸水、蓄水、渗水、净水,需要时将蓄存的水释放并加以利用,从而让水在城市中的迁移活动更加“自然”。最后,修复城市山水生态。按照“控源截污、内源治理、生态修复、活水保质”的思路,实施清淤、活水、沿河“污水零直排”等工程建设,系统推进,污涝并治。

3.流域统筹和因城施策相结合

黄河流域是一个整体,流域内城市不仅围绕“水”来进行沟通协调,还依托各自的资源禀赋,和流域外的城市形成特定的城市体系,融入跨流域的调水工程。

全流域统筹促协调。黄河流域生态保护和高质量发展,不仅涉及全流域的水资源利用、水灾害防治、水利工程建设等问题,涉及污染防治、生态保护等问题,涉及黄河文化遗产保护、文化基因传承、文旅融合发展等重大经济、社会、文化、生态领域。在黄河流域生态保护和高质量发展战略下推进水

城协调发展,必须立足流域整体性、系统性谋划推进,统筹考虑上下游、干支流、左右岸、堤内外,以此来破解水城关系的复杂性。每一个城市都要辩证地看待全局和局部的关系,增强一盘棋意识,由“谋一域”的单一性、片面性思维模式转向“谋全局”的多元性、全面性思维模式,站在全局的高度来处理水城之间存在的矛盾和问题,水城协调要服从服务于全流域的生态环境保护、经济社会发展、基础设施建设、公共服务供给协同发展,服从服务于全流域生态效益、经济效益和社会效益的有机统一。

域内外合作促协调。在城镇化进程中,每个城市都在一定的区域范围内,和其他各种不同性质、规模、类型、等级的城市相互联系、相互作用,构成城市体系,参与职能分工,进行各种物质流和能量流的交换。黄河流域的城市不仅在流域内参与分工合作,参与水资源的优化配置,而且这些城市在不同的区域范围内,也分属于不同的城市体系或者城市群,与流域外的城市进行分工合作,并通过远距离调水引水的工程措施,参与到流域外水资源的优化配置中。推进水城的协调发展,破解水资源的一系列制约,要结合城市的人口规模和人口变化趋势,结合城市的职能类型和产业特征,结合城市的土地利用结构和生态、生产、生活空间布局,结合城市的降雨量和地下水、地表水资源状况,结合流域内获取的水资源和流域外调取的水资源,判断城市的产水、用水情况并进行主动适应性调整,确保水城关系处于可持续的协调状态。

4.市场调节和政府调控相结合

从国内外实践看,大河流域往往需要流域管理机构的统一协调、流域法律法规的约束规范,也需要市场的调节机制。协调水城关系作为流域系统相互作用关系的一种,也要把市场的调节作用和政府的调控功能结合起来。

以市场调节激发市场主体的动力。社会主义市场经济体制下,市场在资源配置中起决定性作用,也在黄河流域水资源的优化配置中发挥决定性作用。一方面,通过市场手段调节水价等方式,发挥价格杠杆作用,加快建立归属清晰、权责明确、流转顺畅、监管有效的用水权制度体系,推进多种形式的水权交易,鼓励社会资本参与节水供水工程建设运营,建立健全充分反映供水成本、激励提升供水质量、促进节约用水的城市供水价格形成机制,

鼓励发展具有竞争力的第三方节水服务企业,拓展合同节水管理服务范围和深度,调动各城市、各行业、各领域、各企业集约节约用水的积极性,推动城市的节水工作更有效开展。另一方面,由于黄河流域多年形成的产业结构具有高水耗、高能耗、高碳排放的特征,要加快以城市产业结构的调整优化来提高用水效率的步伐。但是,产业结构的调整过程本质上是利益结构的调整与重新分配过程,就要充分发挥市场在资源配置中发挥决定性作用,通过对市场主体的优胜劣汰来实现水城协调(陆中桂等,2024)。

以政府调控聚合社会各界力量。黄河的保护治理涉及从中央到地方的多个领域、多个部门、多个层级,水城协调也要在顶层设计时加强政府的统一指导和政策引导。首先,要贯彻落实好《黄河保护法》,以生态保护为前提优化调整区域经济和生产力布局,推动城市发展与流域生态系统和资源环境承载能力相适应,为破解水城时空不协调难题提供法律依据和法治保障。其次,要坚持生态优先,根据水资源本底条件、水文气象变化和经济社会发展情况等,优化细化黄河可供水量分配方案,统筹干支流水资源调度。

参考文献

[1] RUFINO I A A. Water resources and urban planning: The

case of a coastal area in Brazil[J]. Journal of Urban and Environmental Engineering, 2009, 3(1).

[2] BHATIA R. Water resources and the urban poor : innovative approaches and policy imperatives[J]. México, 2016(6).

[3] RIBEIRO F W, Silva S M O, Filho F D A D S, et al. Diversification of urban water supply: An assessment of social costs and water production costs[J].Water Policy, 2022,24(6).

[4] 鲍超,方创琳.水资源约束力的内涵、研究意义及战略框架[J].自然资源学报,2006(5).

[5] 高翔,鱼腾飞,程慧波.西北地区水资源环境与城市化系统耦合的时空分异:以西陇海兰新经济带甘肃段为例[J].干旱区地理,2010(6).

[6] 沈晓梅,夏语欣,姜明栋,等.长江经济带经济增长进程中的水资源阻尼效应研究[J].中国环境管理,2019(5).

[7] 董瑞媛,周晓唯,张扬,等.基于水资源三重属性的黄河流域用水脱钩及影响因素[J].人民黄河,2023(5).

[8] 曹祺文,鲍超,顾朝林,等.基于水资源约束的中国城镇化SD模型与模拟[J].地理研究,2019(1).

[9] 宁珍,高光耀,傅伯杰.黄土高原流域水沙变化研究进展[J].生态学报,2020(1).

[10] 徐福祥,徐浩,刘艳芬,等.黄河流域九省(区)生态保护和高质量发展治理水平测度与评价[J].人民黄河,2022(6).

[11] 梁赛,吴晓慧,李晓燕,等.社会经济驱动的环境水质问题研究进展[J].环境科学学报,2023(12).

[12] 陆中桂,康哲,李巍,等.黄河流域水稀缺风险评估研究[J].中国环境科学,2024(3).

Research on the Interaction Mechanism and Adaptation Path of Water-Urban in the Yellow River Basin under Water Resource Constraint

Wang Xintao

Abstract: The Yellow River Basin plays a very important role in China's economic and social development and ecological security, but the situation of water resource security is severe, which has become the biggest rigid constraint on urban development in the Yellow River Basin. Under the constraint of water resources, the interaction mechanism between water-urban amplifies its multiplier effect, that resulting in a significant increase in the complexity, contradiction, and variability of water-urban relationship. To implement the strategy of the ecological conservation and high-quality development of the Yellow River basin, and promote coordinated development of water-urban, we must improve the adjustment path that combines constraints and potential improvement, system governance and water and sediment management, basin coordination and ruban specific policies, market regulation and government regulation.

Key Words: Water Resource Constraint; The Yellow River Basin; Water-Urban Relations; The Interaction Mechanism

(责任编辑:平 萍)