

文章编号:2095-0365(2020)02-0001-13

京津水源涵养区生态建设模式与路径探讨

——基于系统动力学的生态要素作用机理分析

王岳森¹, 李小光¹, 张丹²

(1. 石家庄铁道大学 经济管理学院, 河北 石家庄 050043;

2. 石家庄铁道大学 土木工程学院, 河北 石家庄 050043)

摘 要:京津水源涵养区生态建设作为习近平总书记亲自倡导和推动京津冀协同发展战略的重要组成部分,经多年持续努力,成效初显,但问题和困难亦不容忽视。本文通过对国内外水源涵养现实经验的归纳提炼,运用系统动力学原理和方法深入分析了张承地区山水林田湖草等生态要素的作用机理,指出京津水源涵养区生态建设的路径应是提高生态补偿水平,大力植树种草,致力于涵养水源、改善生态、综合运用市场和行政调控机制,走生态-市场经济发展之路。同时,应进一步严格界定生态空间红线、构筑生态安全体系、培育生态绿色产业、大力发展清洁型高新技术产业,为促其发展区域特色经济,对涵养区各市县采用单独的政绩考核指标,加强组织领导,实施多措并举,为京津构筑可靠的生态屏障。

关键词:京津水源涵养区;生态建设;路径与模式

中图分类号:F205 **文献标识码:**A **DOI:**10.13319/j.cnki.sjztdxbskb.2020.02.01

一、引言

在全球面临生态危机的大背景下,中国重视生态文明建设的姿态和取得的成效受到包括联合国在内国际社会的充分肯定,京津冀地区作为核心区域亦受到更多关注。在习近平总书记亲自倡导和推动的京津冀协同发展战略大格局中,京津水源涵养地生态功能区建设是其重要组成部分,且居于特殊的位置。作为河北省持续推进的重大工程,多年的努力和建设已经取得很大的成绩并显示出良好效果,同时困难和挑战也十分严峻。原有的困难和不断出现的新问题都需要认真地加以解决。当前,为京津水源涵养区找到一条生态

改善和经济振兴之路,不仅十分迫切,而且具有非常重要的现实意义。

水是生命之源,是生态建设的中心要素。我国水文学及水资源学家王浩在“自然-社会”二元水循环理论中指出,有了人类活动以后,原有的一元自然水循环结构被打破,社会水循环的路径不断增多,“自然-社会”二元水循环结构逐渐形成。而水循环驱动力和相关条件的变化、下垫面的改变、城市化进程的加快以及社会水循环通量的不断加大,对流域水循环的健康和再生维持带来了相当大的影响,部分地区造成流域水资源的衰减^[1]。京津水源涵养区所属的海河流域正是如此。地表水资源急剧衰减,万年尺度形成的地下水格局被50年尺

收稿日期:2020-03-31

基金项目:国家社会科学基金项目“京津水源涵养地生态建设模式研究”(11BJY030)

作者简介:王岳森(1958-),男,教授,博士生导师,河北省有突出贡献中青年专家,享受国务院特殊津贴,研究方向:管理科学与工程、企业管理和思想政治教育。

本文信息:王岳森,李小光,张丹.京津水源涵养区生态建设模式与路径探讨——基于系统动力学的生态要素作用机理分析[J].石家庄铁道大学学报:社会科学版,2020,14(2):1-13.

度的人类活动所改变,形成了诸多漏斗^[2]。党的十八大以来,习近平总书记多次就治水作出重要指示,深刻指出随着我国经济社会不断发展,水安全中的老问题仍有待解决,新问题越来越突出,越来越紧迫,明确提出了“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”的治水方针,突出强调要从改变自然、征服自然转向调整人的行为、纠正人的错误行为。这是习近平总书记深刻洞察我国国情水情,针对我国水安全严峻形势提出的治本之策,是习近平新时代中国特色社会主义思想在治水领域的集中体现^[3]。当前,无序的城镇建设、不恰当的产业发展导致生态环境不断恶化,尤其是生态退化、水资源过度开发、大气严重污染、生态补偿机制不健全等,使京津冀生态环境建设困难重重^[4]。

对于极度缺水的京津冀来说,保水、节水、高效利用水是长期战略任务。河北省多年平均水资源总量为204.7亿 m^3 ,人均水资源量304 m^3 ,远低于国际公认的人均500 m^3 的极度缺水标准^[5]。尽管南水北调、引黄入冀以及海水淡化能弥补部分不足,但还不能从根本上解决问题。京津冀地区的生态建设,包括治雾霾、降沙尘、强植被等都与水有着紧密的联系,解决好水的问题是河北乃至京津地区生态建设的关键。从生态学和协同学的角度看,京津冀地区是由不同子系统构成的不可分割的整体,影响京津冀生态建设的诸多序参量中,水是主序参量。解决水的问题最主要的途径和措施就是涵养水源,努力的方向是排除一切妨害水源涵养的障碍,创造一切有利条件,把水源涵养功能区建设好,实现水资源的高效利用与合理调配。京津水源涵养区主要是永定河册田水库以上山区、潮河白河汤河等北京北三河山区和滦河中上游山区,行政上主要隶属于张家口和承德。张承地区经济欠发达,每年为治理环境投入大量资金,亦关停了诸多高污染、高耗水企业,还主动放弃不少涉污、高耗水投资项目,做出了很大牺牲。近些年来,仅承德市就主动禁上各类涉污项目超过2000个,取缔污染企业1410家,每年减少利税50亿元左右,转移就业人数约30万。在环京津贫困带上的多个县虽脱贫摘帽,但经济发展仍然缓慢,同时,每年还向京津提供81%和93%的生产和生活用水^[6]。虽然给予张承地区的用水补偿已由原来的0.03元/ m^3 提高到了后来的0.30元/ m^3 ,但相较于京津居民的第一阶梯水价5元/ m^3 ,补偿仍然较低。在诸多矛盾长期未

能解决和涵养区民众较贫困的状态下,执行各项环保制度确有不少困难,解决这些难题须找到合适可行的路径和有效管用的办法。

二、京津水源涵养区现状和困难分析及建设成效启示

京津水源涵养区总面积757.4万 hm^2 ,占河北省总面积的40.2%,涉及张承27个县(区),12个国有林、牧场,445个乡镇,6578个村。涵养区的年均水资源总量为59.9亿 m^3 。其中地表水径流量31.2亿 m^3 ,地下水资源量28.7亿 m^3 。区域内,发源于张承地区,隶属于永定河、滦河、潮白河水系的干、支流有25条。在各河流水系上建有大、中、小型水库112座,总库容达到9.5亿 m^3 。再加上其他拦蓄、提水工程及抽水蓄能等设施,水资源开发利用量占水资源总量的34.1%,为20.1亿 m^3 ,其中地表水10.8亿 m^3 ,地下水9.3亿 m^3 ,分别占开发利用量的53.7%和46.3%^[7]。

经过多年的持续治理,张承部分区域生态环境已明显好转。由于林草面积的增加,常水流量和水质有所提升,土地沙化现象得到遏制,沙尘天气明显减少,尤其是塞罕坝等区域实现了生态系统的良性循环^[8]。局部地区生态的良性演进固然鼓舞人心,也提供了不少生态治理的经验,但总体严峻的态势仍需高度重视。受自然环境脆弱、发展方式粗放、财政支撑能力不足、贫困度较深等因素制约,为首都水资源和生态环境提供高质量、可持续安全保障还存在一些亟待解决的问题。有些问题长期得不到解决,应尽快找到根治办法,对于潜在的矛盾,亦不可掉以轻心。在宏观层面,一些生态功能区民众虽已脱贫,但富裕程度低,如果较长时间得不到改善,原有生态建设成效将会大打折扣,已取得的进展也将难以延续;自身缺水又几近无偿地向外调水,当民众的“水资源使用上游优先权意识”增强后可能会有新问题产生;京津日渐发达,若长时期对环京津的周边洼地带动不起来,只有虹吸效应而缺失辐射功能,会造成系列矛盾渐次积累,影响京津冀协同发展大战略的实施。在微观层面,随着经济社会发展,生态服务的价值会提升,生态产品的价格会上涨;如果水源地生态功能区的诸多生态产品无法实现商品化,价格扭曲可能会引发新矛盾;在都市长足发展后,休闲产业蓬勃发展,京津的“经济剩余”与生态功能区民众的“时间剩余”如果无法对接融合,互促互补,也

会引发新冲突,等等。有问题不可怕,有冲突正常,各种矛盾也许永远存在。有些问题会随时间的拉长和进程的推进自然消解,但也有些问题会随时间的拖延贻误最好的解决时机,矛盾的渐次积累有可能使单一问题演化为系统问题,个别风险转化为系统风险。当前迫切需要未雨绸缪,尽快找到解决问题的办法和消解未来冲突的措施,防患于未然,制胜于当下。

解决复杂问题,单一举措受到局限,必须采取系统性措施。其中行政推动和经济手段必不可少,宏观调控和市场机制应系统联动。宏观政策的优化应着眼于促进经济社会发展机制与生态系统演化机制的协调融通,具体措施应致力于山水林田湖草等不同子系统之间形成良性互动、协同共进,聚焦于最关键的目标即水源涵养,抓住核心的要素即扩大林草面积特别是森林面积。解决问题和寻求对策的思路应是对自身有效的做法和成功的经验加以提升、复制、推广,同时注重学习参照外界包括国际上的典型案例,通过科学分析探索新路。塞罕坝林场建设实践是生态建设的壮举,是推进生态建设的生动范例,其森林资源总价值已达202亿元,每年为京津输送净水1.37亿 m^3 ,氧气55万t,带动当地实现社会年收入超6亿元^[9]。此外,亿利集团治理库布齐沙漠的做法具有示范意义,德国整治易北河的经验值得借鉴^[10],纽约市对卡茨基尔森林地区生态补偿的做法提供了有益的启示^[11],田纳西河流域管理局的模式亦有可取之处^[12]。我国著名生态学家马世骏提出的“社会-经济-自然复合生态系统”^[13]、美国土壤学家Albreche提出的生态农业体系^[14]和里夫金等人提出的绿色产业规划,对于京津冀城市建设和水源涵养区发展均具现实意义。因此,吸取前人经验,借鉴各地的做法,整合各方面成功的独特之处,加以科学分析和归纳提炼,才能探索出水源涵养区生态建设的可行模式和路径。

三、模式、路径选择与相应的系统动力学分析

基于以上经验归纳和现实分析可知,发展生态-市场经济是京津水源涵养区建设的必然选择。根据马世骏“社会-经济-自然复合生态系统”的理念和布朗生态经济的构想^[15],张承地区应着力构建一种经济、社会和自然系统良性互动的复合共生体系。应以生态-市场经济模式为主体,以山水林田湖草等综

合治理为主攻方向,以生态补偿等机制为保障,系统推进经济、社会健康发展和生态环境的持续改善。

(一)生态-市场经济模式的探索

在传统经济模式下,张承地区的资源优势未能充分发挥,使现有资源不能转化为可在市场上流通的资本,也就无法带来价值上的增值,导致发展比较落后。河北省2017年地区生产总值数据显示,除了辛集、定州两个省管市外,张、承两市排在末尾,不及第一名唐山市的1/4^[16]。在传统经济模式下,企业与社会均片面追求利润最大化,以长周期的环境代价、广覆盖的社会成本换取经济利益的行为是肤浅且短视的,需要探索一种适于生态法则的新发展模式。为实现复合生态系统中各子系统的有效协同,通过对张承两地经济运行中问题的深入分析,结合两地经济发展现状及未来设想,提出“生态-市场经济模式”的建设构想。与高耗、低效、粗放的传统经济模式相比,生态-市场经济模式强调低耗、高效、集约。

推广生态-市场经济模式,能充分发挥行政调控和市场调节两方面的优势。当前,我国在森林、湿地、草原以及自然保护区等领域通过财政转移支付方式,初步建立了由政府主导、市场参与的生态补偿机制。但由于起步较晚,时间较短,经验不足,实施效果不明显。其中社会环境利益分配失衡的问题,与生态补偿机制不健全有关,我国在这方面急需加强。国外发达国家因为起步较早,在其发展过程中遇到的类似问题比我们多,其生态补偿的方式也有许多可资借鉴之处。如有的国家强调公共补偿,有的实行限额交易,有的提倡自愿补偿,还有的征收环境税费、实施生态产品认证计划、推进生态旅游、建立信托基金与捐赠基金等^[17]。党的十八大提出了建设生态文明和建设美丽中国的理念,要求加快研究制定中国生态补偿条例和完善生态补偿机制建设,推广生态-市场经济模式有利于在生态建设与市场经济协同发展方面践行这一要求。

推广生态-市场经济模式,尚需克服许多难题。首先是经济发展与生态建设的协调问题,贫困是矛盾的焦点,关键是如何在贫困的情况下树立生态经济的价值观,提高人们对生态经济的预期,调动民众参与生态建设的积极性。承德二道河村,曾因过度放牧造成草场沙化严重。但造林就要禁牧,要得到百姓支持必须要考虑他们的利益,经多方协商,千松坝林场制定了股份造林、分

类管护的新机制,激发了农民造林的积极性,从“万只羊”村转型为“万亩林”村。其次是生态建设地与生态受益地政策、利益等不同的问题^[18]。表面上是区划有别,但根源在人们的思想。这须打破一亩三分地的思维局限,提升建设地与受益地唇齿相依的认识,尤其是受益地更应积极作为。再者是行政效率的问题,生态建设涉及政府机关、企事业单位、社会公众等多方主体,政府机关应起主导作用。行政效率不高会迟滞生态建设,一些部门拖沓推诿的作风导致许多生态问题长期得不到解决。

(二)生态-市场经济模式的实现路径

生态-市场经济模式,首要在生态,中心在经济,市场是路径。在张承地区推广生态-市场经济模式,应着力促进经济社会发展机制与生态系统演化机制有机融合。运用市场机制,一方面调节自然资源配置,改善生态环境,通过建立生态自然资源产权交易市场,使自然资源能在市场上增值;另一方面开发环境友好、绿色无公害产品,淘汰低效高耗产能,挤压不利于生态环保的产品、行业的市场空间。运用行政调控机制,一方面保持环境执法高压态势,加大对环境违法案件查办力度;另一方面出台扶持政策,健全政府绩效考核制度,优化生态市场体系,激发资源市场活力。

推广生态-市场经济模式,塞罕坝和亿利集团等经验具有特别的示范意义。如今的塞罕坝林场富含原生态负氧离子,年吸收二氧化碳 74.7 万 t,释放氧气 55 万 t,可供 199 万人呼吸 1 年。其中有 45 万余亩森林可以包装上市,交易总额超过 3 000 万元^[19],实现了生态与市场经济的协调发展。亿利集团深耕库布齐,修复绿化沙漠 969 万亩,涵养水源 243.76 亿 m³,搭建“山水林田湖草沙”共同体,使区域小气候不断改善,将防沙治沙经验推广到多个省区市和“一带一路”沿线国家和地区,进一步彰显生态与市场经济相结合的综合效益。曾靠炸山开矿、办水泥厂致富的安吉余村,生态环境亦遭破坏,习总书记就此提出“两山”理念,痛定思痛后的余村壮士断腕,关停污染企业,向绿色发展转型。15 年后,余村山青、水净、空气好,习总书记近期再次考察时给予充分肯定并再一次指出,全国各地都要坚持“绿水青山就是金山银山”的发展理念,把生态效益更好地转化为经济效益、社会效益,坚定走出一条生态美、产业兴、百姓富的可持续发展之路,努力把绿水青山建得更美,把金山银山做得

更大^[20]。

发展生态-市场经济,应当学会从“绿”中掘金,善做山水资源效益转化文章。张承地区应发挥自身的比较生态优势,根据自然资源禀赋探索京津涵养区的开发方式、开发内容,带动贫困人口增收。通过合理提升生态产品价格、强化补偿力度实现正确的利益导向,让保护环境的人和单位不吃亏、能受益;通过市场机制和行政调控机制双重发力,做到生态开发有成本、资源市场有收益;通过注重资源永续利用,综合治理山水林田湖草等子系统,达到发展自身、利于京津、造福当代、惠及子孙的目的。

(三)生态-市场经济模式下复杂系统的典型特征

发展生态经济需要深入地研究和把控生态系统。自然界的所有生物群落都不是孤立存在的,它们总是与其生存的环境不可分割地相互联系、相互作用,通过能量和物质的交换共同形成统一的整体,这就是生态系统。生态系统是具备有限反馈机制和调节功能的非线性复杂动态系统。生态系统、经济系统和社会管理系统均为非线性复杂系统,系统中的反馈回路形成了相互联系、相互制约的复杂结构。

作为多个子系统集聚组合的生态-市场经济体系,更是一个具有多重反馈回路、高阶次、高度非线性的复杂大系统。其反馈回路描述了关键变量“杠杆作用点”与其周围其他变量的关系,进而呈现出相互联系、相互作用的系统结构。在“人工-自然系统”中,人类决策导致不同的人类活动,人类活动会改变系统周围的状态,进一步产生新的信息——未来新决策的依据,如此循环作用。这类系统对众多参数的变化不敏感,其反应有相当的滞后性,系统的近期因素调整与远期变化需较长时间才能显现出因果上的对应性。有些行为短期有利而长期有害,且易陷入低层次循环和向低效率滑移的倾向。解决这类问题,要害是找到系统杠杆解,控制主序参量^[21]。下面尝试用系统动力学原理和方法对生态-市场经济系统进行动态分析,力图找到影响系统关键的主序参量和有效杠杆解,为当地生态建设、经济发展和政策调控提供富有成效的手段和依据。

(四)系统动力学原理和方法及生态-经济系统建模

系统动力学(System Dynamics, SD)是美国麻省理工学院 Forrester 于 1956 年创立的。其以反馈控制理论为基础,以数字仿真技术为手段,主要应用于非线性、高阶次、多变量、多重反馈的开放系统。其基本方法是通过分析系统内的因果反馈关系和众多因素对系统目标的影响,从中筛选出影响系统发展的主导因素,分析、预测不同策略可能带来的影响,以利于调整人类行为。

系统动力学的整个建模过程是从定性到定量综合集成的过程。该过程主要有几个重要环节。一是通过分析问题的性质明确建模的目的,在准确界定问题性质的基础上决定建模的种类。二是采用系统思考的方法,划分系统边界,明确性导向,缩小信息源,减少无谓的工作。三是通过系统结构分析,划分系统层次,确定主序参量和主回路,分析主回路随时间转移的可能性,绘制因果关系图和系统演化流图。四是建立数学模型进行实证分析。需注意的是一些数值需用参数估计的方法进行预估,有时还需对部分变量的初始状态赋值。五是利用模型对系统在一定时间内的运行状况进行模拟,通过人工控制的运行过程,分析系统运行特征,寻找解决问题的方法和对策。六是模型的评估、调整和运用。通过对参数的调整,得出多种仿真结果,在对方案进行比较后确定最优决策方案。本文利用 Vensim PLE 系统动力学专用软件进行分析,全名 Ventana Simulation Environment Personal Learning Edition,即 Ventana 系统动力学模拟环境个人学习版。针对京津水源涵养区实际情况,设该区域的生态-市场经济系统由水资源、生态环境、经济社会等子系统构成。其中

经济子系统根据地域不同,发展目标不同,又可分为农业、工业、林业、畜牧养殖业以及其他特色产业等子系统。各子系统之间相互联系,相互影响,有的相互制约。目标是将生态效益、经济效益和社会效益结合起来,通过系统变量变化与目标反馈,分析水源涵养区生态环境和经济发展等因素之间的内在联系,预测各子系统变化对总体影响的趋势,寻找生态效益最大并逐步过渡到生态效益、经济效益和社会效益总体最佳的方案。

该系统的变量集包括:目标变量、状态变量、控制变量和辅助变量。此外还有相关常数和函数。目标变量表示系统最终要实现的目标,如生态效益、林业、农业、工业收入等。状态变量是表示系统状态的量,通常具有累积的性质,如林地面积、草地面积、耕地面积等。控制变量是指为促进生态改善和经济发展而采取的诸项措施,如林地增长率、草地增长率、各类牲畜变化率等。辅助变量是连接状态变量和目标变量而设置的量。常量在仿真模拟运行期间,为某个参数的初始值。下面给出该模型的部分结构与反馈机制。

(五)模型总体结构和相关子系统分析

1. 模型总体结构

京津水源涵养区自然条件有差异,各地谋求发展诉求亦有不同,设计模型时对此进行了抽象、简化。总的原则是针对各地区的自然环境和资源情况建立与本地条件相适应的生态-市场经济发展模式。考虑到水资源在生态建设中的突出作用,把水资源管理与其他资源区别开来。模型结构如图 1 所示,在该系统中,主要包括三大反馈环。

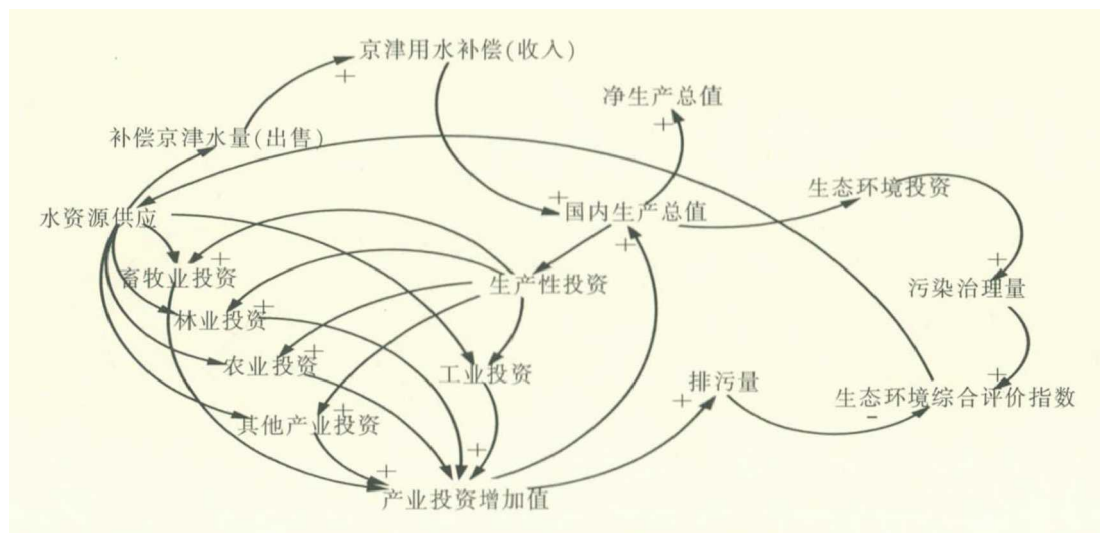


图1 水资源-生态-经济系统结构反馈图

一是水资源供应促进环境改善的正反馈环,主回路是水资源供应→各种产业投资→生产总值→生态环境投资→污染治理量→环境评价指数→水资源供应。因多年掠夺性开采,华北平原已成世界最大地下水“漏斗区”,地区经济难以长足发展。2014年,河北省GDP总量排名全国第六,2018年已跌至第九。可见,当水资源不足时,无论生态本身还是经济发展都将受到制约。二是污染产业增加导致环境恶化的负反馈环,主回路是污染企业投资→排污量增加→环境指数下降→水资源供应减少。1983年,潘家口水库承德库区3万农民响应“引滦入津”号召,舍农保水。30多年后,1万多名渔民为保供津水质安全再次弃渔保水,拆掉了潘家口水库中约4万个网箱。通过行政调控,张承地区极大抑制了污染产业投资,区域环境有所好转。三是加大绿色投资促进经济发展的正反馈环,主回路是绿色投资增加→产业投资增加值提高→生产总值增加。为简化系统,只考虑了工业对环境的影响,林业、草业等另外单独分析。张家口增加绿色投资实施“生态兴市”战略,加快推进京津风沙源治理、京冀生态水源保护林等重点生态建设工程,全市林地面积超过2000万亩。不论是被评为中国最美公路的张北草原天路,还是松涛阵阵的塞罕坝国家森林公园,都已国际知名绿色品牌,游客数量大增,旅游效益凸显,促进了区域生态-市场经济总体效益增加的良性循环。

2. 水资源管理系统

自然水循环与社会水循环相互影响并进行系统结构的耦合,形成了相互嵌套的复杂系统。随

着人类开发利用水资源强度的加大,流域水循环系统不再是由“降水-坡面-河道-地下”等基本路径组成的自然水循环结构,而是形成了由自然主循环与区域“取水-给水-用水-排水-污水处理-再生利用”社会侧支循环耦合而成的“自然-社会”二元水循环结构^[1]。水资源的总量及构成随时空演变,处于动态变化之中,故应采取动态保水、动态节水、系统涵养的水生态管理策略。

水生态文明是生态文明建设的重要基础和组成,首先对其系统进行分析。主要包括水资源开发子系统、一般工业用水子系统、农业用水子系统、林牧业用水子系统和污水处理子系统等。其主要反馈关系体现在生态环境改善对水资源涵养的正效应和一般性工业发展对水源涵养的负效应两个方面。图2是简化的模型结构,可见需水量大而可供水量小的矛盾导致供水压力指数上升,制约生态环境价值量的增加。京津冀综合需水量呈现缓慢增长趋势,短时期内难以下降,如何提高供水量是关键。著名地理学家刘昌明院士指出,节水是水资源合理利用的核心,生态十分脆弱,水资源配置不合理会导致生态严重退化,极大威胁社会经济的可持续发展^[22]。“山上多栽树,等于修水库,雨多它能吞,雨少它能吐。”承德已初步建成滦潮河上游水源涵养林、沿边沿坝防风固沙林、低山丘陵水保经济林等五大防护林为主的生态屏障,全市森林涵养水源能力比新中国成立初期提高了18.5倍,年自生水37.6亿m³,人均淡水资源接近1000m³^[19]。张家口也对集中式饮用水水源地、涉水企业及傍水农村进行了整治,全市主要流域功能区水质全部达标。

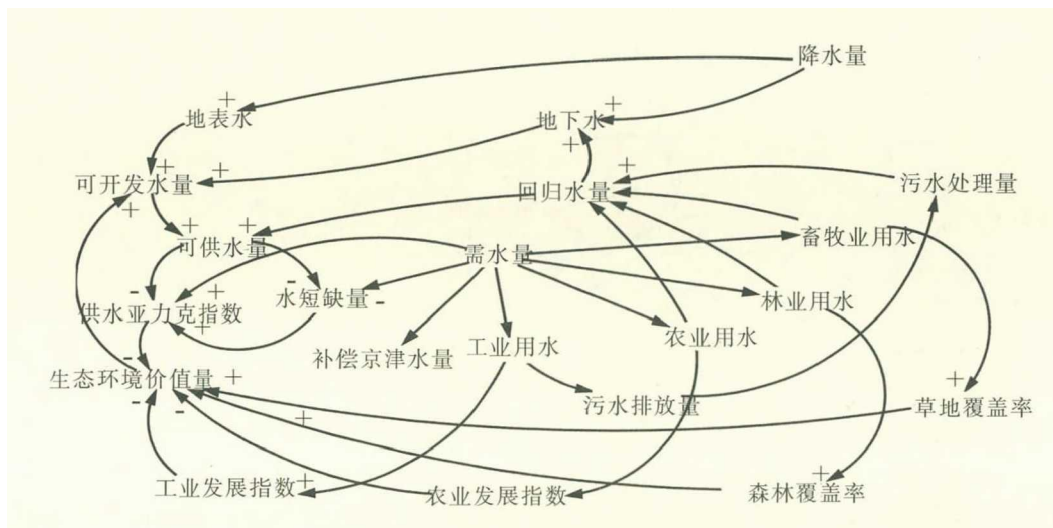


图2 水资源管理系统结构图

在比较优势不明显 的情况下,一般性工业发展会降低当地生态价值量,应适度限制其发展,其间的损失通过生态补偿加以弥补。另外,如果在更广范围内向京津地区多供水换补偿,实质是一种卡尔多-希克斯改进,对双方和总体来说都是有益的。在城镇化建设不断推进的当下,还应重视京津水源涵养区及周边的城市生态建设。2012 年,北京遭遇罕见暴雨及洪涝灾害,短时强降雨,雨水难以及时下渗,在地表形成径流,再加上城区的硬化地面渗透作用有限,城区积水严重。据统计,2011 年至 2014 年,我国超过 360 个城市发生内涝,60 个城市单次内涝淹水时间超过 12 h,积

水深度超过 0.5 m,发人深省。

3. 生态系统

生态系统通过林地面积、草地面积的增加和水量的变化与经济系统和水资源管理系统相互作用,并影响到其他子系统。在模型设计时,把生态系统设计成一个生态价值评估系统,主要是想通过生态价值的估算对整个生态-经济效益的评估有一个更加明确的量化概念。生态价值量根据 Costanza 评估体系进行估算^[23]。生态系统与其他系统的联系在各个结构图中都有所体现。生态系统结构如图 3 所示。

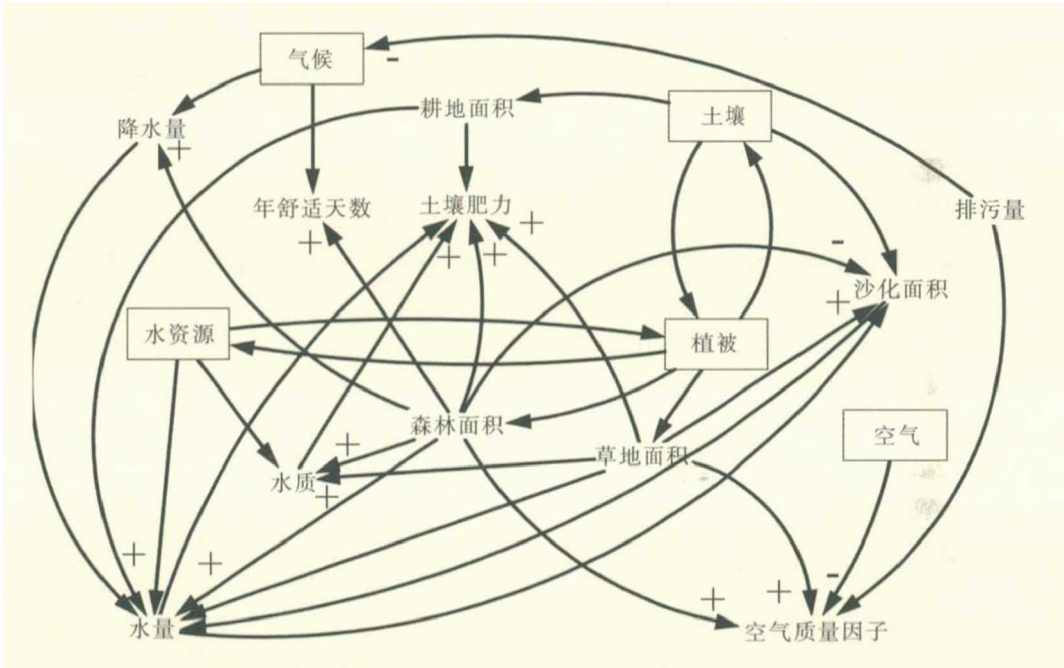


图 3 生态系统结构图

由图 3 可见,系统表征的是森林、草地扩大与水资源量提升和生态环境优化等正反馈关系,同时亦反映出土地沙化、污水排放量增加与生态环境恶化的负反馈关系。20 世纪 50 年代,北京的沙尘天气最为严重,年均沙尘日数近 70 d。浑善达克沙地距北京约 180 km,且平均海拔 1 000 多 m,约是北京平均海拔的 25 倍。防风固沙最有效的办法就是在风沙上游地区植树造林、植绿种草。塞罕坝的百万亩林海,扼守浑善达克沙地南缘,有效阻滞了浑善达克沙地南侵。塞罕坝自身及周边的区域小气候也明显改善,无霜期由 52 d 增加到 64 d,年均大风日数由 83 d 减少到 53 d,年均降水量由不足 410 mm 增加到 460 mm,塞罕坝建设者以卓有成效的努力践行了王浩院士“自然-社会”二元水循环的理论。此外,塞罕坝生物多样性

恢复良好,栖息着陆生野生脊椎动物 261 种、昆虫 660 种、植物 625 种,等等。中国工程院院士沈国舫指出,塞罕坝的百万亩森林,不仅起到涵养水源、保持水土的作用,更有利于生物多样性的保护,而且大量吸收、固定二氧化碳,对减缓全球气候变暖意义重大^[24]。

4. 经济系统之林业子系统

对于京津水源涵养地来说,其生态效益应高于经济效益。传统经济中工农业的发展会对生态环境造成一定程度的破坏,而发展绿色经济则能促进生态环境的改善。因此,将经济系统中的林业子系统单列分析。模型中考虑对水源涵养和生态改善正向作用突出的防护林,兼顾生态价值和经济收入。这种选择主要是考虑在防护林、用材林、经济林、薪炭林和特种用途林 5 大类型中,防

护林在整个森林生态系统中,对区域生态价值贡献最大。林业子系统反馈关系如图 4 所示。

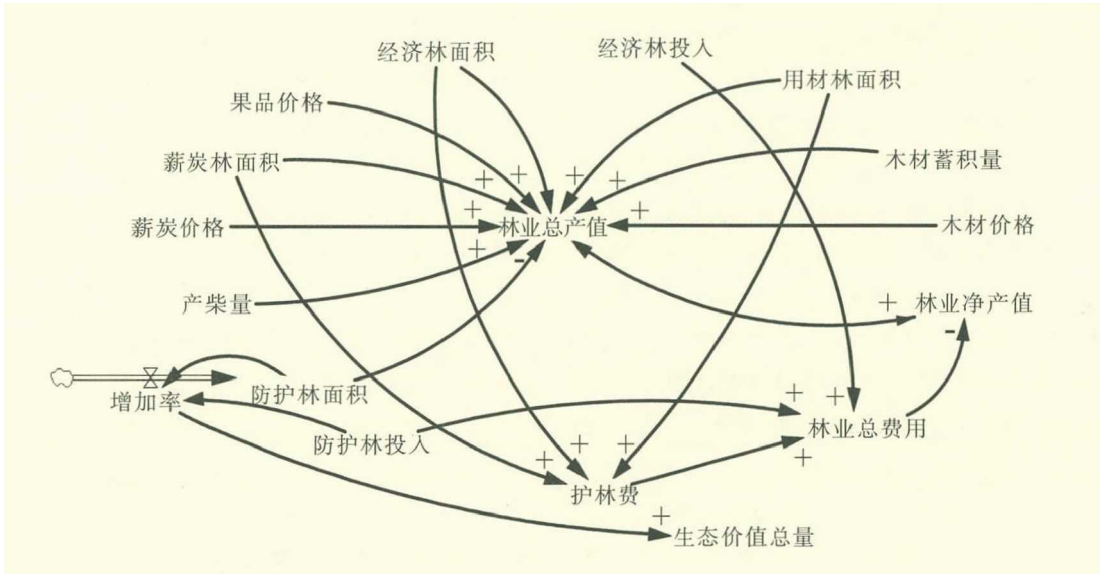


图 4 林业子系统反馈关系图

从图 4 可知,增加林地特别是防护林面积,生态价值增大,生态环境好转。科学仿真与人们的现实经验是一致的。塞罕坝造林面积超过 120 万亩,单位面积林木蓄积量是全国人工林平均水平的 2.76 倍。与建场初期相比,塞罕坝森林覆盖率提高了 68.6%,年降雨量增幅超过 60 mm,年涵养水源达 1.4 亿 m³。2017 年,塞罕坝林场建设者获得联合国最高环境荣誉——“地球卫士奖”。整个承德的林木蓄积量和林地总面积占河北省的近一半,成为名副其实的华北之肺。

5. 经济系统之草业子系统

京津水源涵养区曾有丰富的天然草场,但不加节制地增加牲畜特别是羊的放牧数量,对草原造成了很大损害。为简化模型,畜牧种类只考虑羊和奶牛两类,反映不同种类的牲畜在京津水源涵养区畜牧业中的发展趋势。出发点是使草地和畜牧业发展走向良性循环。从图 5 中可以看出,实现保护生态和发展牧业的目标,须减少对草地破坏力较大的山羊数量,适度增加对草业破坏力小的畜牧种类。

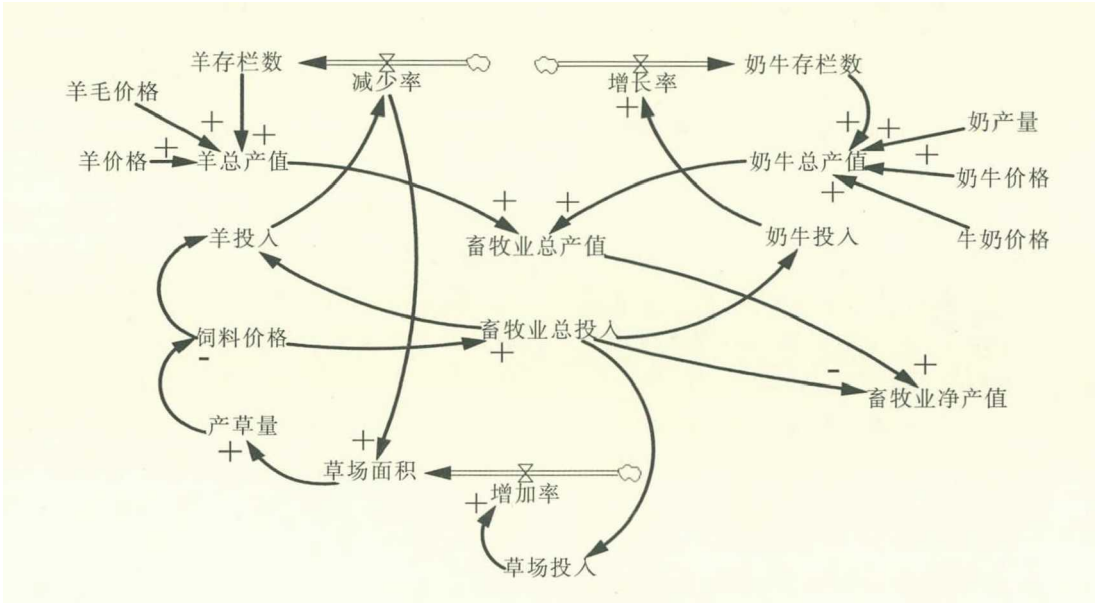


图 5 草原子系统结构关系图

在库布齐沙漠,亿利资源集团通过发展药材 深加工产业、特色光伏产业和生态农牧业,修复沙

漠土地,生产绿色能源,走出了一条抗争沙漠化,整体消除贫困,改善区域生态环境的绿色发展之路。受钱学森院士沙产业思想的启发,东达蒙古王集团在生态链、生物链、产业链、产品链上做文章,发掘沙柳深加工产业和獭兔养殖业,实现了经济效益叠加和产业拉动扶贫。从这些企业的治沙经验来看,无不是科学保障、技术先行,限制散养放牧、培育经济作物,通过加大对贫瘠草场的投入,形成特色产业。既走在了治沙的前列,也探索出了沙产业的发展之路;既取得了丰厚的经济效

益,创造了社会价值,又促进了生态效益的显著提升。

6. 经济系统之农业子系统

在京津水源涵养区,农业曾占较大比重,是水资源消耗最大的一个方面。近年来,随着改种植高耗水的水稻为种植旱田作物的推行,农业用水有所下降,生态环境随之改善。虽然农业总产值大幅下降,但通过生态补偿,农民收入并未下降,模型设计时充分考虑了这一因素。系统的反馈情况如图 6 所示。

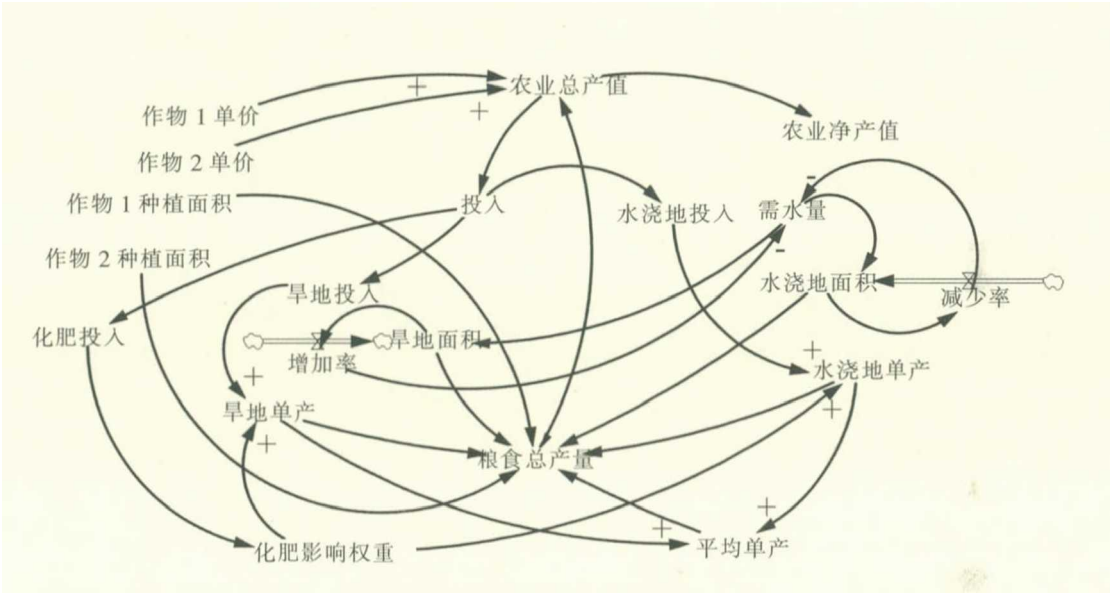


图 6 农业子系统结构图

当前,收入微薄让农民的种地愿望不强,耕地撂荒屡见不鲜,荒芜的土地容易成为沙尘雾霾天气的帮凶。要持续促进农业子系统合理发展,一方面可运用行政手段,促进土地流转,或承包或转租,既增加土地利用率,又能提高农民收入;另一方面,可结合市场需求开发无土栽培、生态旅游等新农业,推广规模化种植,运用滴灌等先进技术节水增效。承德市实施优势农林产品推广工程,建设林果产业基地,发展生态观光旅游业,形成了环京津森林生态旅游、采摘观光、乡村旅游、休闲度假区,2019 年接待境内外游客 8 271.09 万人次,比上年增长 18%;实现旅游收入 1 055.67 亿元,同比增长 22%。

7. 以丰宁县为例对生态-市场经济发展情况进行动态演化分析

模型以丰宁县 2006 年以来任一年公开的经济数据进行动态演化分析。首先给定初始值包括年经济收入、森林初始生态价值(按 Costanza 评

估体系估值)^[25]、草地初始生态价值、水浇地面积初始值、森林面积初始值、草地面积初始值、农业收入初始值、工业收入初始值、林业以及草业收入初始值等。相关变量包括:年经济总收入变化、年生态价值变化;林业、草业、农业收入变化;林地、草地、农地面积变化及经济和生态贡献;工业产值变化、工业节水量、排污量变化、生态价值损失变化、森林以及草地单位面积蓄水量等。系统动态演化如图 7 所示。

由图 7 动态分析可知,森林面积增加,林业收入增加,生态价值增加;草地面积增加,牧业收入增加,生态价值增加;水浇地面积减少(稻改旱后),农业产值下降,用水量减少;工业产值减少,排污量减小,生态价值增加。另外,生态价值增加导致旅游业和生态补偿增加。结果显示京津水源涵养区生态建设的主攻方向是增加林地草地面积,提升水源涵养能力和空气净化效果;减少水浇地面积和污染工业生

产,节约水源,增加生态价值;大力发展旅游业和净水业等特色产业。十几年来,丰宁县累计造林 350 万亩,年均造林 20 万亩。共打造万亩连片林精品工程 23 处,治理水土流失面积 2 888.3 km²,每年以 100 km² 的速度推进治理生态脆弱区水土保持。规划建设了丰宁海流图国家湿地公园、千松坝国家森林公园、丰宁国家森林公园、小坝子国家沙漠公园、抽水

储能电站综合旅游区等一系列植林涵水工程,形成了以林养水的格局。同时为解决区内民众的脱贫致富,建设了 150 万亩经济林。其中的千松坝林场分布在 3 711 km² 范围内,是京津水源涵养功能区的核心区域,涉及 9 个乡镇,72 个行政村,80 805 人,林场内 42 个贫困村采取“种一片林,脱一户贫”的精准扶贫举措,效果良好^[26]。

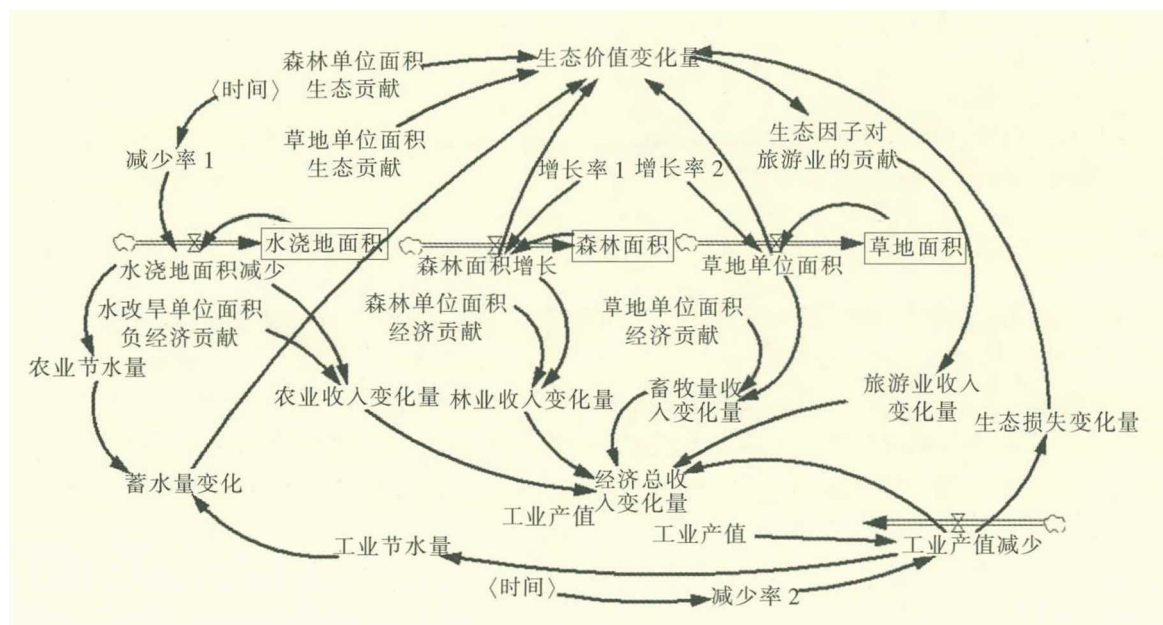


图 7 丰宁县生态-市场经济系统结构图

四、结论和建议

我国正处在全面建成小康社会决胜阶段,工业化、城镇化进程持续推进,用水量还会持续增长。预计到 2030 年,我国人口总量将接近 15 亿,人均水资源量将不足 1 900 m³,用水总量会达到 7 000 亿 m³,废污水排放量将超过 1 000 亿 m³,水资源供求压力更加突出,生态环境保护形势愈加严峻^[27]。张承地区必须全面提高区域生态环境承载力,积极构建绿色产业发展体系,为保障京津水源供给和生态环境安全奠定基础。通过梳理归纳塞罕坝等造林经验和上述分析可知,京津水源涵养区生态建设的路径是大力植树造林和适度退耕还草,退水田改旱田,致力于保水、节水、涵养水源,改善生态,走生态-市场经济发展之路,以绿色产业的发展富民强区,为京津提供可靠的生态屏障。

(一)划定空间红线,优先生态建设

生态-市场经济模式的首要是在生态。京津水源涵养区生态建设是复杂的系统工程,须加强顶层设计。要注重京津水源涵养区规划建设的整体性、系统性、协同性,又要突出重点。可参照国家划定基本农田红线的做法,在张承地区划定生态保护区、永久基本农田、城镇开发边界等红线。首先要将具有重要生态价值的山水林田湖草等保护区划入生态空间。其次严守农业空间,合理划定粮食生产功能区、重要农产品生态保护区,创建特色农产品优势区,科学划分乡村经济发展片区,推进农业产业园、科技园、创业园建设。同时严控中心城区和县城开发边界,集约利用城镇建设用地,兼顾资源环境承载能力状况和城镇布局的弹性需要,优化城镇空间结构。

(二) 优化梯次格局, 构建生态支撑

目前张承两地森林覆盖率均保持增长态势, 初步形成了沿河、沿坝、沿路的生态防护林体系。未来生态建设布局应按既有区位特点, 因地制宜、因势利导、科学规划。其中可沿水源涵养区西部、西北部、北部纵深进行生态梯次配置; 沿京张高铁、京沈高铁、京兰通道、京藏高速、京哈高速等交通干线, 扩建生态防护林; 沿桑干河—洋河—官厅水库—永定河和白河—潮河—密云水库以及兴洲河—滦河—潘家口水库等水系网路, 营建高质量防护林, 打造特色生态网络, 为生态环境建设提供强有力的支撑, 构筑生态安全防御体系。

(三) 强力育林种草, 促进水源涵养

加强森林、草原、湿地等生态系统保护建设。实施育林护林、提升森林质量、退耕还林、还草还湿等工程, 推进水土保持、防风固沙、固碳释氧和气候调节等生态服务功能持续提升。在所有宜林地区广泛植树、种草、培育灌木丛, 通过高低搭配的林草灌木系统持续改善地表微生态循环。在部分沙化严重地区, 可借鉴亿利模式, 调动公司和农户两方面的积极性, 在条件成熟时将当地农民转为产业工人。在彻底解决水源涵养地民众贫困问题的同时, 建设更多的国家级、省级、市级森林公园, 提升水源涵养能力, 改善涵养区生态环境。还可参照治理库布齐沙漠和毛乌素沙地的做法, 依靠自然恢复和退耕还草等多种模式, 全力增加各种植被覆盖面积, 降沙尘、净空气, 减少水土流失, 从而改善水环境质量与水生态状况。另外, 发展牧业需适度提高圈养比例, 减少山羊等对草根具有破坏力的牲畜, 注重生态化养育, 进一步减轻涵养区的生态环境压力。

(四) 治水保水节水, 实现采补平衡

水资源数量、水资源质量、水资源利用率、水资源循环率、单位 GDP 水耗等, 都能反映经济结构和水资源利用效率的互动情况。张承地区应立足提高水源涵养能力, 进一步优化水资源利用结构与效益, 将水资源作为经济社会发展最重要的资源约束条件, 加快推进从供水管理向需水管理转变, 由粗放用水方式向集约用水方式转变。中央政府和京津地方政府可参照

德国治理易北河和美国田纳西河流域管理局的做法, 也可借鉴纽约市对卡茨基尔森林生态补偿的措施, 对滦河、北三河流域及水源涵养地等提供制度化、法制化的生态补偿。要在近些年已签京张、京承区域生态保护补偿协议的基础上, 扩大补偿范围和数量。京津应以经济支持等手段帮助张承地区继续采取适当措施提高用水效率, 提升水资源循环利用率, 集中治理地下水超采, 严格地下水取水许可监督管理, 逐步回补地下水超采亏空量, 恢复河流、湖泊、湿地生态, 实现水资源采补平衡。

(五) 顺应自然规律, 建设生态城镇

在水源涵养区推进城镇化建设, 应贯彻生态文明理念。张承地区应按生态建设需要和自然资源有效利用等多个维度规划城镇格局, 要走生态协调、低碳绿色、城乡一体、四化协同之路。可借鉴里夫金的未来城市建设设想和绿色产业规划多建生态小镇; 也可参照新加坡“活跃、美丽、洁净水项目”改造城市小区^[28]; 日本提出的“雨水贮留渗透计划”可在现有城市大面积推广^[29]; 德国、新西兰等国家提出的低影响开发措施应受到高度重视, 涵养区城乡建设要充分考虑地形和森林、草地等绿色植被以及对雨洪的合理利用^[30]。强化“低影响开发”理念, 建设能适应环境变化和顺应自然规律的生态城镇。

(六) 发展绿色产业, 注重以产兴城

生态-市场经济模式的核心在经济。张承地区应着力将习总书记最近要求把“生态环境优势转化为生态农业、生态工业、生态旅游等生态经济的优势”落实到现实行动。在为水源涵养和发展节水产业营造良好社会和市场环境的同时, 努力培育并做强保水、节水产业; 充分利用自然力发展蘑菇等绿色食品及其产业; 深入挖掘由森林草地涵养水源、净化水源带来的商机, 参照法国皮埃尔公司和国内农夫山泉的做法, 发展各种类型的矿泉水和洁净水产业; 还可发挥光照充足、昼夜温差大等自然特征发展高效农业、杂谷产业、特色林果业、葡萄种植及加工业、奶牛养殖及乳品加工业等, 实现生态系统与经济系统的良性互动。特别要注重通过绿色产业兴城建镇, 张承地区应以崇礼太子城和丰宁大滩为中心, 以上述产业和冰雪产业、康养业等

打造冬季休闲和避暑消夏新城,使之10年内分别达到20万和50万的人口规模,成为疏解北京非首都功能雄安以外的接续地,以自然生态优势成为首都新的卫星城。

(七)利用政策和资源优势,大力发展高新技术产业

张承地区要充分利用好国家鼓励开发利用高效清洁能源资源的产业政策,继续大力开发可再生能源,因地制宜发展分布式能源,推动非化石能源替代化石能源、低碳能源替代高碳能源。尤其在风能和太阳能利用方面,张承地区要加大建设力度,高标准建设风电基地和光伏开发应用基地,不断提升可再生能源规模化开发利用能力,配套发展发输储用等装备生产能力,逐步形成以太阳能、风能、氢能、地热能、生物质能等清洁能源为主的绿色能源产业体系,未来发展成为京津和雄安新区的清洁能源供应基地。另外还可发挥自身独特优势积极发展各类耗电产业,成为未来5G+人工智能+物联网+区块链、数字技术、移动互联网技术、海量数据存储技术的可靠基地。进而依托

毗邻京津的区位优势 and 自身资源环境禀赋,拓展延伸大数据产业链,做大做强软件和信息服务业,打造大数据应用先行区,建成国家重要的数据产业基地。

(八)坚持正确导向,优化考核机制

河北省要用好习近平总书记最近“要改进考核方法手段,既看发展又看基础,既看显绩又看潜绩,把民生改善、社会进步、生态效益等指标和实绩作为重要考核内容”的重要论断,进一步改进对地方政府特别是张承两市及所属区县的绩效考核方式。相关部门要建立并完善与生态-市场经济模式相适应的考核方法,在指标体系设计时更多地考虑水源涵养区的主要任务和职能,强化对生态改善的激励机制。同时,更加注重长远效益,引导各级政府和干部确立生态意识,在日常的各项工作中加大生态建设方面的考量,更加关注生态改善程度和生态建设业绩,进而优化地方和部门职责,强化抓生态建设的力度,努力把京津水源涵养区的生态建设打造成国家级样板。

参考文献:

- [1]王浩,贾仰文. 变化中的流域“自然-社会”二元水循环理论与研究方法[J]. 水利学报, 2016, 47(10): 1219-1226.
- [2]刘家宏,徐鹤,秦大庸,等. 海河流域万年尺度水循环演变[J]. 科学通报, 2013, 58(12): 1078-1084.
- [3]鄂竟平. 坚持节水优先 强化水资源管理[N]. 人民日报, 2019-03-22(012).
- [4]把增强,王连芳. 京津冀生态环境建设:现状、问题与应对[J]. 石家庄铁道大学学报:社会科学版, 2015, 9(04): 1-5.
- [5]河北省水文水资源勘测局. 河北省水资源承载力研究, 河北省重大水问题战略研究[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2010: 1-11.
- [6]王玫,王立源. 京津冀水源生态涵养区建设面临的困境及应对措施[J]. 环境保护, 2015, 43(16): 40-43.
- [7]葛茂杭. 河北省张承地区生态环境建设现状与战略对策研究[D]. 西安: 长安大学, 2004.
- [8]河北省水利科学研究院. 冀西北山区水土保持综合治理模式与关键技术研究, 河北省重大水问题战略研究[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2010: 137-146.
- [9]刘海莹. 做生态文明建设的“先锋树”[N]. 河北日报, 2017-08-31(003).
- [10]刘钢. 德捷共同治理易北河[EB/OL]. (2000-10-24). [http://www. people. com. cn/GB/channel2/702/20001024/283322. html](http://www.people.com.cn/GB/channel2/702/20001024/283322.html).
- [11]凯特·阿歇尔. 纽约:一座超级城市是怎样运转的[M]. 潘文捷,译. 海口: 南海出版公司, 2018: 152-169.
- [12]吕彤轩,丁化美. 田纳西河流域管理介绍[J]. 中国三峡建设, 2004, 11(05): 57-58.
- [13]马世骏,王如松. 社会-经济-自然复合生态系统[J]. 生态学报, 1984, 4(01): 1-9.
- [14]骆世明,陈幸华,严斧. 农业生态学[M]. 长沙: 湖南科技出版社, 1987.
- [15]莱斯特·R·布朗. 生态经济[M]. 林自新,译. 北京: 东方出版社, 2002.
- [16]河北省人民政府. 河北经济年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2018: 34.
- [17]郭平,蒋秀兰,贾文学. 国外关于生态补偿的研究综述[J]. 石家庄铁道大学学报:社会科学版, 2015, 9(01): 61-65, 72.
- [18]李利军. 生态产品解张承地区生态与脱贫矛盾难题[J]. 环境经济, 2013(09): 42-45.

- [19]李巍. 在燕赵大地续写绿色传奇[EB/OL]. (2017-7-9). <http://www.people.com.cn/GB/channel2/702/20001024/283322.html>.
- [20]高敬. 让绿水青山更美 金山银山更大[N]. 新华每日电讯, 2020-04-04(001).
- [21]哈肯. 高等协同学[M]. 郭治安, 译. 北京: 人民出版社, 1989.
- [22]刘昌明. 二十一世纪中国水资源若干问题的讨论[J]. 水利水电技术, 2002(01): 15-19.
- [23]Costanza R, d'Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387: 253-260.
- [24]武卫政. 塞罕坝: 生态文明建设范例[N]. 人民日报, 2017-08-04(001).
- [25]王岳森. 京津水源涵养地水权制度及生态经济模式研究[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [26]袁伟华. 水源涵养地清水送京津[N]. 河北日报, 2019-02-28(006).
- [27]王浩, 王建华. 中国水资源与可持续发展[J]. 中国科学院院刊, 2012, 27(03): 352-358, 331.
- [28]Tan Y S, Lee T J, Tan K. Clean, Green and Blue: Singapore's Journey towards Environmental and Water Sustainability[M]. Institute of Southeast Asian Studies, 2009.
- [29]Furumai H, Jinadasa H K, Murakami M, et al. Model description of storage and infiltration functions of infiltration facilities for urban runoff analysis by a distributed model[J]. Water Science & Technology, 2005, 52(05): 53-60.
- [30]刘昌明, 张永勇, 王中根, 等. 维护良性水循环的城镇化LID模式: 海绵城市规划方法与技术初步探讨[J]. 自然资源学报, 2016, 31(05): 719-731.

Discussion on the Mode and Path of Ecological Construction in Beijing-Tianjin Water Conservation Area: Analysis on the Mechanism of Ecological Factors Based on System Dynamics

Wang Yuesen¹, Li Xiaoguang¹, Zhang Dan²

(1. School of Economics and Management, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China;

2. School of Civil Engineering, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China)

Abstract: The ecological construction of Beijing-Tianjin water conservation area is an important part of general secretary Xi Jinping's initiative to promote the coordinated development strategy of Beijing, Tianjin and Hebei. After years of continuous efforts, the successes are beginning to show, but problems and difficulties cannot be ignored. Based on the summary of the practical experience of water conservation at home and abroad, and using the principle and method of system dynamics, this paper analyzed the functional mechanism of ecological elements such as landscape, forest, field, lake and grass in Zhang-Cheng area, and pointed out that the path of ecological construction in Beijing-Tianjin water conservation area should improve the ecological compensation level, plant trees and grass vigorously, devote to water conservation, improve ecology, comprehensively use market and administration control mechanism, take the road of ecological-market economy development. Meanwhile, it is needed to define the red line of ecological space further, build an ecological security system, develop green industries and develop clean high-tech industries vigorously. In order to promote the development of regional characteristic economy, it is necessary to use separate performance indicators to assess the cities and counties in the conservation area, strengthen organizational leadership, implement multiple measures simultaneously, and build a reliable ecological barrier for Beijing and Tianjin.

Key words: Beijing-Tianjin water conservation area; ecological construction; path and mode