

西北地区水资源合理配置 与承载能力研究

一、立项背景

在西北水的问题上,相关部门曾做过大量工作,已有一定的基础,但总体来说,研究的系统性和全面性还远远不够,许多问题尚没有准确回答,如区域生态建设目标问题、水资源的整体合理配置问题、水资源承载力的量化问题等等,而这些问题又是经济和生态建设实践过程中急需解决的关键环节。为此,科技部将“西北地区水资源合理开发利用与生态环境保护研究”列入国家“九五”科技攻关计划,并将本项研究列作项目的总专题,希望能够提出协调西北地区水—生态—经济关系的整体方案。在本项目立项的3年后,国家做出西部大开发战略决策和部署,这一事实充分证明了本次立项对国家和地方实践需求判断的准确性和前瞻性,也使得成果适时为西部大开发提供了第一手科学依据。

该研究是在国家“六五”攻关中提出水资源评价方法、“七五”攻关提出“四水”转化模式、“八五”攻关提出了基于宏观经济的水资源合理配置理论与方法的基础上,针对西北地区实践,将水资源合理配置与高效利用、社会经济发展、生态环境保护三方面的问题置于流域水资源和生态环境演化的统一构架下开展研究的。

二、详细科学技术内容

该课题详细的科技技术路线和主要研究内容可以简单概括为“一二三

四”,即“形成了一套坚实的数据基础,创建了两项基础性科学理论,实现了三大应用与方法的突破,提出了四重服务于决策的建议措施”。

1.一套基础

首先通过历时和现状资料收集、空间信息反演、原型测试、物理试验、历史对比、数学模拟等一系列途径获取了海量数据,形成了系统完备的数据支持,同时也完成了对于西北自然与社会经济状况的全面认识、流域水资源及其开发利用评价、生态环境状况评价,以及水分驱动下的生态系统演变过程的评价,为研究的系统深入奠定了坚实定量基础。

资料收集主要集中在水文、水资源、生态、气象、地质、社经和工程开发建设等方面展开,如西北地区20世纪40年代以来的水文气象资料收集与整编、区域内600个钻孔抽水试验资料的收集,其间甚至考证了明清时期区域水资源和生态环境状况。原型过程认识则主要通过大量野外踏勘实现,如实地考察塔里木河的上游到下游、南疆到北疆、宁夏多个灌区及河西走廊的3条河,攻关期间仅专题负责人在野外实地踏勘的时间就超过1年。物理试验数据主要包括大量的野生植被ET试验、大型灌区ET试验、大型灌区水平衡测试、水文地质试验等方面数据,其来源既包括本研究专设试验获取的直接观测数据,如在渭北黄土区小流域定位观测试验站的观测数据,也包括对区域内已有试验数

据的收集,如出山口径流采用阿克苏河流域上游水库与北疆头屯河流域哈地坡水文实验站资料,资料缺乏地区还参考了国际相近地区的试验结果;历史对比则主要针对20世纪70年代、90年代和2000年由多源遥感图像反演得到的覆被情况和近20年来的区域水资源开发利用情况等方面展开;数学模拟主要是对水资源系统进行模拟,包括区域地下水流场的数值模拟等。

2.两项理论

针对攻关设立的水资源合理开发利用和生态环境保护的两大目标,本次研究提出了流域“二元”水循环模式和干旱区生态结构理论两大原创理论,为研究提供了有中国特色的基础理论平台。

发展进程中的人类活动,不仅全面改变了天然状态下降水、蒸发、产流、汇流、入渗、排泄等流域水循环特性,还在天然水循环的大框架内,形成了由“取水—输水—用水—排水—回归”5个基本环节构成的侧支循环圈,即形成了“二元”结构的流域水循环。西北地区流域二元循环之间存在着此消彼长的依存关系,并驱动着干旱区天然生态和人工生态此退彼进过程。本次创建的内陆干旱区流域尺度的水资源“天然—人工”二元演化模式,将传统的“实测—还原”水文认知过程拓展为“实测—分离—耦合”,保持了实测水文系列和还原系列的动态耦合关系,突出了人类活动的定量影响和水

分—生态相互作用机理,反映了经济用水和生态用水之间的动态竞争关系,以及生产过程和生态过程中水分的有效程度,是具有鲜明原创特色的水文认知新模式。

基于二元水循环模式理论,本研究衍生出一套伴生的操作方法,包括层次化的水资源及其开发利用评价方法、生态需水计算方法、水资源合理配置方法和区域水资源承载力计算方法等,并首次提出了西北地区广义水资源计算成果。

在深入探索了绿洲、荒漠、交错过渡带三类地区的生态需水,生态需水中有效降水和径流性水资源的补给比例,径流性水资源调控引起的水资源时空分布变化对生态系统的胁迫作用等的基础上,提出了具有内在物理驱动机制的干旱区生态结构理论,包括山区水分—生态结构理论和平原区生态层圈结构理论,其中山区水循环构成与其生态构成存在着良好的依存关系,径流系数的地区差异反映了各地生态垂直带谱的异同,而平原区在径流运动的作用下,生态系统结构表现出类似带谱的规律性,即以河流为中心向两岸依次为绿洲、过渡带、荒漠,以人工绿洲为基地的水资源开发利用使径流的空间分布发生变化,导致平原区生态系统发生“两扩大、一缩小”演变。

3.三大突破

该项研究取得了三大应用突破,即提出了干旱区生态需水量计算方法及计算成果、西北水资源合理配置格局与配置方案和西北水资源承载能力。

生态需水计算方法以试验和信息技术为工具,综合了微观机理与宏观分析。具体过程是,从土地利用图上读取各类生态面积单元,从植物生理角度分析生态需水(可通过实验获得),得到天然植被的总腾发量ET,作为植被生态需水总量。进而从植被和水面的总生态需水量中扣除有效降水补充

的部分,既为径流性生态需水量GE。最后利用各个生态圈层天然生态的ET、有效降水、生态植被面积、径流性水资源占用深度等进行综合平衡,校核生态需水总量的合理性。在提出上述计算方法的基础上,根据所设定的西北地区生态保护准则,制定了重点地区不同水平年的生态环境保护目标,对重点地区现状生态需水、生态耗水和生态缺水进行了计算,并预测了未来不同水平年重点地区生态需水量和生态结构演变结果,为面向生态和经济的水资源合理配置奠定了基础。

水资源合理配置方面,首先在统筹协调区域社会经济发展、生态环境保护、水资源开发利用三方面关系的基础上,提出了西北五省区水资源配置布局;进而在对西北现状水资源供需平衡分析的基础上,运用宏观经济分析、多目标分析等手段,对重点地区进行了水资源系统模拟,提出了保障基本生态需水前提下的各重点地区国民经济水资源合理配置的备选方案;然后进一步对比分析不同方案下的区域社会经济发展、环境保护和水资源开发利用的协调性和高效性,最终产生了西北重点地区的水资源合理配置推荐方案,为区域水资源开发利用、社会经济发展和生态环境保护实践与规划提供了科学依据。

水资源承载能力方面,在详细分析了社会经济、生态环境、水资源系统内部主要约束机制和平衡关系基础上,建立了包括可比性指标、均衡性指标、效率性指标和极限性指标在内的西北水资源承载能力的表征指标体系,并以水资源合理配置方案为基础,构建了西北地区多目标分析模型、水资源供需平衡模拟模型、宏观经济分析模型、生态环境分析模型及系统动力学模型等工具,计算了各重点地区温饱和和富裕两种生活水平条件下,以人口作为最终指标,以GDP、农产品

为内在支撑的水资源承载能力,回答了资源生态约束下的西北社会经济发展方向及“度”的问题。

4.四重措施

为使成果服务不同层面决策对象,提出了兼顾战略性和操作性的“四重”层次化建议,即总体宏观战略、热点问题措施、重点流域对策和重大工程建议。

站在宏观战略层面上,提出了西北水资源可持续利用的总体战略必须以生态环境保护为前提,以水资源合理配置为中心,以水资源高效利用为重点,以水资源统一管理为保障,在保护的基础上开发利用,在开发利用中不断提高保护水平。

在热点问题层面,分别对西北地区作为国家商品粮后备基地的前景、农牧交错带水利建设和荒漠化治理等问题进行了解答。如新疆不适合作为国家商品粮后备基地,而当南水北调西线工程和大柳树水利枢纽工程建设后,以宁夏为中心的大柳树水库受益区具备作为国家商品粮后备基地的基本条件,应进一步加强中低产田改造;农牧交错带的水利建设重点是以水资源合理配置和高效利用为核心,以发展灌溉草场、实现牧民定居、农林牧业兼顾、保障生态安全为目标,促使经济开发与生态治理有机结合。

在重点流域对策层面,提出了黄土高原水土流失区、黑河流域和塔里木河流域生态保护和水资源可持续利用的具体模式。如黄土高原水土流失区应以加强以雨水利用为中心的水资源综合利用模式、以坡改梯为主的小流域水土保持综合治理模式、窑窖集雨微灌模式和生态型农业发展模式;黑河流域上游要开展以水土保持为中心的小流域综合治理,中游按以供定需的原则,合理配置水资源,调整产业结构,发展以节水型高效农业,下游必须无条件地保护额济纳旗的生态,干旱年份满足下游生态最小需水量,一

般年份满足生态适宜需水量的要求。

在区域性重大工程层面,对有代表性的宁夏扶贫扬黄灌溉工程等三个区域内扬水、调水工程提出了具体建议。如在综合需求、水源、土地和资金等因素后,提出扬黄灌溉面积的发展应该适度,适当减少原规划面积,并分阶段逐步实施;为搞好塔里木河流域的生态建设并保证经济可持续发展,从伊犁河向南疆调水有其战略合理性,但从特克斯河上游调水近期条件尚不成熟等建议。

三、主要创新

该项目攻关成果在理论、方法和应用三个层面有如下创新成果。

创新一:创建了内陆河流域的二元水循环模式理论,是水资源研究领域的重大基础理论创新。

创新二:提出了基于二元模式的水资源评价层次化体系,首次将有效降水与径流性水资源联合评价,有效拓展了水资源评价的内容和口径。

创新三:提出了干旱区水分—生态相互作用机理,确定了水资源补给与生态结构及演替的依存关系,为水分驱动下的生态演化研究提供了理论指导。

创新四:首次大规模将遥感信息和GIS技术应用于大面积水分生态过程研究,在统一的GIS平台建立了水循环和生态演变的定量耦合关系。

创新五:提出了内陆河流域生态需水量的计算方法,并计算了西北现状生态耗水量、未来生态需水和生态演替情景。

创新六:系统提出了西北重点地区水资源合理配置方案,在区域发展和在水资源开发利用两个层面上实现了对水资源、社会经济和生态环境的有效调控。

创新七:提出了干旱区水资源承载能力计算方法,并计算了重点区水资源承载力,回答了西北水资源开发利用中一系列“度”的问题。

创新八:提出了西北地区水资源

可持续利用的层次化战略方案,为不同层面的决策与实践提供科学依据。

四、推广应用

1.水利部成果采用情况

所提出的二元模式理论、生态需水计算方法和水资源持续利用战略被应用于水利部制定的《西北地区水资源开发利用规划》当中。

所提出的二元模式理论及水资源评价层次化体系被应用于全国水资源综合规划和二次评价中。

2.省(自治区)、地、县各级政府采用情况

提出的新疆水资源承载力、水资源配置方案、生态需水计算成果被应用于新疆水资源开发利用环境管理实践。

提出的柴达木生态保护与水资源配置成果被应用于青海省“十五”规划制定,生态需水计算成果被应用于“引大济湟”工程论证。

研究提出的调整扬黄灌区移民规模、引黄灌区骨干工程更新、中低产田改造等建议为宁夏制定相关规划制定所采用。

提出的黑河流域中游地区节水措施、水资源配置原则及具体策略被应用于指导张掖市节水型社会建设试点方案编制。

提出的额济纳弱水三角洲生态需水量为额旗生态用水的合理分配提供了依据。

3.省(自治区)水行政主管部门采用情况

提出的青海省水资源量评价成果、柴达木水资源开发利用方案与配置格局在青海省水利发展“十五”规划所采用。

提出的关中地区水资源承载力为陕西“十五”发展计划所采用,提出的关中地区九大灌区配套和改造方案已得到实施。

4.流域管理部门采用情况

提出的西北地区水资源合理配置方案为黄河水利委员会编制《西北水

资源规划》所采用。

提出的基于二元模式的水资源配置模型在《塔里木河流域水资源和生态环境问题及对策》重大参数率定过程得到应用。

所提出的黑河流域生态需水预测结果、生态保护和水资源持续利用对策等成果为《黑河流域近期治理规划》所采用。

另外本次研究提出的理论、方法与模型在国家973黄河项目、国家“十五”攻关水安全项目、中国工程院西北水资源项目等重大研究中得到应用,并引起学术界的广泛关注,在香山会议等研讨会上进行专题讨论。另外所提出的西北地区国际河流开发对策直接为中国、哈萨克两国签署《中哈跨界河流利用与保护协定》提供了技术支撑。

项目组主要成员名单:

王浩、陈敏建、何希吾、秦大庸、汪党猷、唐克旺、尹明万、王芳、王研、甘泓、朱延华、李令跃、顾定法、马静、王建华

主要成员介绍:

王浩 男,1953年生,博士,教授级高工,博导,享受国务院特殊津贴,现任中国水科院水资源所所长,水利部科技委委员,兼任中国自然资源学会副理事长等社会职务,被清华大学等多所大学聘为客座教授。曾获国家科技进步二等奖3次,省部级一等奖多次,2004年被授予中央国家机关“五一劳动奖章”。

陈敏建 男,1957年生,博士,教授级高工,现为南京水科院水文水资源所所长,曾主持完成国家“九五”“十五”攻关课题等重大研究多项。

秦大庸 男,1959年生,硕士,教授级高工,现为中国水科院水资源所副所长,曾主持或参与完成国家“七五”“八五”“九五”“十五”等攻关项目、国家973课题等多项重大研究,曾获中国青年科技奖、省部级一等奖两次等多项奖励。 责任编辑 王晓平