

黄河流域水资源演化规律与 可再生性维持机理^{*}

关键词 黄河, 水资源, 演化, 可再生性, 维持

1 首席科学家

刘昌明 中国科学院院士, 中国科学院水问题联合研究中心主任, 北京师范大学资源环境学院院长, 中国地理学会副理事长。曾任中国水文专业委员会主任, 中国林学会森林水文与流域治理分会副理事长, 国际水文科协国家委员会副主席, 国际雨水集流协会副主席, 国际地理联合会水文对全球变化响应研究会主席; IGBP/BAHC 中国国家委员会主席, 国际 IGBP/BAHC 国际指导委员会委员, 2000—2004 国际地理联合会 (IGU) 副主席。 *Hydrological Processes* 与 *International Journal of Water Resources Development* 编委, 《中国地理学报》主编, 《中国生态农业学报》主编。

(1) 倡导了水文水资源这一当今世界最受关注的热点地学研究, 把工程科学与地球科学紧密联系, 构建了中国地理水文学与水资源研究理论与方法基础, 在中国科学院与北京师范大学发展了水资源与水科学的科研教学基础和人才队伍。组建了中国科学院水问题联合研究中心, 在北京师范大学成立了水科学研究所与实验室; (2) 在铁道勘察设计中, 开发的暴雨洪峰流量计算公式, 解决了缺乏实测资料计算的难题, 直接被新疆 101 线、青藏线等 8 条铁路的设计与建设所采用; (3) 针对“南水北调”工程规划, 提出了调水的水文地理系统分析方法, 发展了区域水分、热量理论方法并在水量配置与环境影响评价中的应用; (4) 针对农业供水问题, 发展了节水农业系统概念, 丰富了学科理论, 如“五水”转化、水资源开发的“四大平衡”理论、农田水分运动的界面过程节制等新的论点; (5) 参与了中国科学院“中国水资源问题的出路”与“缓解黄河断流的

对策”等多项院士咨询工作; 作为专题负责人参加了中国工程院主持的重大咨询项目“中国可持续发展水资源战略研究”、“西北水资源与生态环境保护研究”; (6) 主持河北省科技厅重点项目“河北平原典型地区农业节水示范与地下水可持续利用”研究; (7) 培养研究生 60 余名; 发表论著 200 余篇 (部), 曾获国家及省部级成果奖 12 项。

2 科学内涵与研究意义

2.1 黄河流域主要水资源问题

黄河流域幅员辽阔, 是我国西部大开发的重要地区之一, 而其大部分地区属于半干旱地区, 水资源条件先天不足, 人均占有年水资源量仅为全国平均的 1/5, 特别是近 20 多年来, 下游断流频繁发生, 不仅造成水资源供需矛盾, 而且给流域的生态环境带来冲击。新中国成立以来, 黄河治理开发取得了巨大成就。然而, 随着对水资源的大量开发和自然条件的变化, 黄河正面临水资源短缺、水灾害加剧、生态环境恶化三大问题交织的严峻局面, 这是黄河流域地表水-土-生态系统与人类社会经济系统相互作用下恶性发展的结果。水资源短缺是黄河流域面临的三大问题的核心所在。强烈的人类社会经济活动, 引发了尖锐的水资源供需矛盾, 导致一系列环境和生态方面的劣变过程, 成为制约黄河流域可持续发展的瓶颈。开展黄河流域水资源演化规律与可再生性维持机理的研究是实现黄河治理和流域经济可持续发展的国家重大需求。

2.2 研究的思路与内容

项目总体思路是确切针对黄河出现的水资源危机形成原因进行深入分析。从众多科学问题中,

^{*} 收稿日期: 2002 年 4 月 23 日

选择带有根本性的重大科学问题,在深入研究黄河水资源的形成演化规律的基础上,探索黄河水资源可更新和可再生性维持的新问题。以水循环和水资源演化为主线索,在水资源二元演化模型的基础上,以可再生性维持理论为指导,以多维临界综合调控为手段,为实现黄河流域水资源的可持续利用提供依据。同时深入揭示水沙过程变异机理、河道萎缩机理及小水大灾形成机理,提出恢复流域生态环境和河道行洪能力的措施,为缓解黄河水危机、维护生态环境和防治洪水灾害提供理论依据。

根据上述总体思路,设置了黄河流域水循环动力学机制与模拟;黄河水资源演变规律及二元演化模型;黄河下游河流系统功能与水资源转化结构;黄河流域水资源可再生性理论与评价;黄河流域地下水可再生能力变化规律;黄河水资源可再生性维持途径;黄河流域的多维临界调控模式等 8 个课题。与黄河水利委员会的“数字黄河”任务相结合,并在技术上采用多学科综合和跨学科交叉的研究方法,将水文学、水资源学、地貌学等地球科学方法,河流动力学等力学方法,系统论、经济学中的系统分析方法和宏观决策方法,灾害学、环境科学中的评价分析方法等有机结合,立足观测实验,把台站观测资料与实验室模拟实验相结合,“RS、GIS、GPS”与数学模拟方法相结合,微观力学机理分析与宏观地域规律相结合,实现从单元流域到全流域不同时空尺度的水文模型的尺度镶嵌和集成。

3 研究进展

3.1 理论与方法研究的阶段性进展

(1) 水循环动力学模拟的实验取得上百次径流过程成果,开发了一个基于连续方程和运动方程的分布式水文物理模型。(2) 构建了干旱-半干旱地区二元水资源演化规律的理论模型,通过对黄河百年尺度年径流量的混沌动力学特性的分析研究,初步建立了百年尺度的黄河历史演变定量模型;(3) 用 1981—1999 年 NOAA/AVHRR 的连续时相遥感资料,估算 1982—1999 年黄河流域的年蒸散量的空间分布及时间动态变化;(4) 取得有关断流对黄河下游行洪能力影响机理及河流功能综合影响机理方

面的初步研究成果;(5) 运用流域泥沙收支平衡理论,研究了水土保持措施对流域泥沙输移比的影响;(6) 初步发展了黄河流域水资源量可再生性的理论框架;(7) 界定了生态环境需水量的概念及类型,提出了生态环境需水的计算方法;(8) 首次对黄河流域地下水资源系统进行了划分,解决了区域包气带-饱水带多含水层系统地下水流运动联合数值模拟问题;(9) 用稳定同位素氘(^2H)、氧 18(^{18}O) 和碳 13(^{13}C);放射性同位素氚(^3H) 和碳 14(^{14}C),研究了地下水的补给、径流、排泄规律。

3.2 应用基础研究的主要阶段性进展

(1) 提出了黄河下游悬河挖河减淤临界床面比降,黄河口演变对尾间河道的反馈影响以及黄河口潮流和波浪作用下悬移质挟沙能力,为黄河下游河道治理工程提供了依据;(2) 估算了黄河下游在小浪底水库投入运行后 20 年内的最低输沙用水量,为小浪底水库运行提供了依据;(3) 揭示了黄河水体石油类污染物的自然生物降解与污染水质可恢复之间的关系,为生物降解提供依据;(4) 通过研究黄土高原地区土地的坡度构成规律,提出了科学实施退耕还林(草) 措施的步骤;(5) 建立了黄河流域水资源可再生能力评价指标体系并进行了评价;(6) 首次将“临界控制论”的新思想用于水资源的统一管理与调度领域;(7) 黄河下游非汛期水量调度模型研究,已开始在黄河流域水资源配置中运用。

3.3 技术系统的建立

建立了黄河流域水循环要素数据库;黄河流域中下游“社会经济资料”数据库;黄河流域水资源可再生性评价数据库;黄河水土保持历史资料数据库及土地利用资料数据库,其中水土保持数据库包括 13 个地区 400 多类小区的观测资料;土地利用资料数据库涉及陕西、山西、甘肃、宁夏和内蒙 5 省区 221 个县 6 188 条数据;依据国土资源部信息中心 2000 年的技术标准,建立了黄河流域地下水数据库,填补了以往的空白;基于地理信息系统建立了黄河下游引黄灌区基本资料数据库管理系统,基本具备基于地图的数据编辑、查询和可视化显示等功能;初步建立起黄河流域基础资料数据平台。