

# 流域水资源合理配置的研究进展与发展方向

王 浩, 王建华, 秦大庸

(中国水利水电科学研究院水资源研究所, 北京 100044)

**摘要:** 水资源合理配置是实现水资源可持续利用的有效调控措施之一。将现状的水资源合理配置研究划分为广义和狭义两类, 进而从内在机制、实践进程和评价三方面系统综述了狭义流域水资源合理配置研究进展。指出目前中国在流域水资源配置过程中存在若干问题, 主要表现为缺乏有效的初始水权分配机制、缺乏有机的补偿和机理机制、缺乏广泛的社会参与机制和缺乏系统的后效评价体系, 致使现状水资源配置难以实现真正意义上的合理。为解决上述配置实践中存在的相关问题, 今后我国水资源配置研究的重点主要集中在建立符合现代流域水循环过程的“天然-人工”二元认知模式, 建立以水循环为基础的水资源合理配置模式、建立具有统一基础的水资源配置准则和建立水资源配置合理性评价标准和体系等。

**关键词:** 流域; 水资源; 合理配置; 展望

中图分类号: TV213; G353.11 文献标识码: A 文章编号: 1001-6791(2004)01-0123-06

## 1 水资源合理配置

水资源合理配置是人类可持续开发和利用水资源的有效调控措施之一, 目前水资源合理配置已经被写入水法中<sup>[1]</sup>。随着水资源合理配置实践的不断深化, 水资源合理配置的概念逐步明确, 其内涵日益丰富, 至今仍在发展之中。《全国水资源综合规划大纲》对水资源合理配置的定义是“在流域或特定的区域范围内, 遵循有效性、公平性和可持续性的原则, 利用各种工程与非工程措施, 按照市场经济的规律和资源配置准则, 通过合理抑制需求、保障有效供给、维护和改善生态环境质量等手段和措施, 对多种可利用水源在区域间和各用水部门间进行的配置”<sup>[2]</sup>。

水资源配置的客观基础, 是“社会-资源-生态”复杂巨系统中宏观经济系统、水资源系统和环境生态系统在其运动发展过程中的相互依存与相互制约的定量关系, 这一关系集中体现在用水竞争性和投资竞争性上。水资源优化配置的目标, 是兼顾水资源开发利用的当前与长远利益、不同地区与部门间的利益、水资源开发利用的社会、经济和环境利益, 以及兼顾效益在不同受益者之间的公平分配<sup>[3]</sup>。国内外有关学者已提出社会净福利函数、生态环境成本和绿色 GDP 等概念和计算方法<sup>[4]</sup>。

## 2 流域水资源配置研究

广义的水资源配置包括 4 部分内容, 共同构成了较为完整的水资源合理配置理论与实践体系。由于流域水资源合理配置的对象水资源作为一种可再生的自然资源, 水循环是这一资源依存和演化的系统过程, 因此流域水循环过程的研究是水资源配置的科学基础, 包括水循环的全过程及其各要素的研究; 目前国内外对流域水资源配置的范畴仍然限于径流性水资源, 因此配置行为需要基于两方面的实践, ①以流域水资源评价为总量约束; ②以流域水资源规划为操作框架, 因此流域水资源评价和规划研究是流域水资源配置的实践基础。随着

收稿日期: 2003-05-09; 修订日期: 2003-06-30

基金项目: 国家重点基础研究发展规划(973)资助项目(G1999043602)

作者简介: 王浩(1953-), 男, 北京人, 中国水利水电科学研究院水资源研究所教授级高级工程师, 博士生导师, 博士, 主要从事水文水资源领域研究。E-mail: wanghao@jwhr.com

可持续理念的普及,对水资源配置合理性的实践需求不断提高,促使国内外在水资源配置的机制和方法上进行了广泛而深入的研究和探讨,即水资源配置的理论指导和实践操作研究;流域水资源配置属于规划行为,检验配置的合理性的最终标准是配置行为产生的实践效应,因此水资源配置研究还包括对配置的合理性评价研究。

狭义的流域水资源合理配置的研究则主要包括配置的内在机制研究、实践操作和合理性评价研究。

## 2.1 配置机制研究

国际上所进行的流域水资源配置行为,所依赖的内在机制可分为以边际成本价格进行水资源配置(MCP)、以行政管理手段的公共(行政)水资源配置(P/AWA)、以水市场(WA)运行机制进行水资源配置和以用户进行水资源配置(UA)等4个方面<sup>[4]</sup>,因此现行水资源配置模式主要包括:市场配置、行政配置、用户参与式配置以及综合配置模式。目前,国外对水资源配置机制的研究主要考虑水资源产权界定、组织安排和经济机理对配置效率的影响。一些研究认为,纯粹的市场或纯粹的政府都难以满足合理配置的要求,制度和经济是医治市场和政府失灵的良方,也有认为,有效的流域水资源管理政策和体制是解决配置冲突的根本途径<sup>[4]</sup>。

新中国成立以来,我国水资源配置大致经历了3个阶段。第一阶段(1949-1965年),这一时期供水不收费,水资源配置是国家按需无偿配置;第二阶段(1965-1978年),这一阶段水资源所有权益和经营权益有所体现,但仍属于计划经济下的水资源低价配置模式;第三阶段(1978年至今),是我国水资源产权和配置制度改革和政策变迁的时期,经济杠杆成为主要调控手段之一<sup>[5]</sup>。另外多元化配置机制也逐渐发挥效应。

目前我国水资源配置模式仍主要以行政指令配置为主,部分地区出现了市场配置和用户参与式配置,如东阳义乌水权交易就是市场配置的案例,另外还存在一些小规模的非正式市场的水交易。而河西走廊地区等西北内陆河流域也实施了以农民用水者协会形式出现的用户参与式配置模式。随着水权制度探讨的深化和水权界定的明晰,国内学者还提出了基于准市场和民主协商的转型期水资源配置的公共政策<sup>[6]</sup>。

## 2.2 配置实践研究

在配置方法上,20世纪80年代,N.伯拉斯所著《水资源科学分配》系统地总结并研究水资源分配理论与方法。90年代由联合国出版的《亚太水资源利用与管理手册》(Guidebook to Water Resources, Use and Management in Asia and the Pacific)其中包括了区域水资源配置方法<sup>[7]</sup>。国际上以水资源系统分析为手段,水资源合理配置为目的的实践研究,最初源于Masse提出的水库优化调度问题。随着计算机技术的发展,各种水资源管理系统模型应运而生,如MIT研制的阿根廷Rio Colorado流域的水资源管理模型就相当成功<sup>[8]</sup>。

我国20世纪60年代就开始了以水库优化调度为先导的水资源分配研究,并在国家“七五”攻关项目中加以提高和应用,成为水量合理配置的雏形。“八五”期间,黄河水利委员会开展了“黄河流域水资源合理分配及优化调度”研究,对流域管理和水资源合理配置起到了较好的示范作用。水资源配置方法的系统提出是在国家“八五”科技攻关项目专题“华北地区水资源优化配置研究”中,该项成果提出的基于宏观经济的水资源优化配置理论与方法,在水资源优化配置的概念、目标、平衡关系、需求管理、经济机制及模型的数学描述等方面,均有创新性进展,并在华北、新疆北部及其它部分省、市得到广泛应用<sup>[9]</sup>。在“九五”攻关项目“西北地区水资源合理开发利用及生态环境保护研究”中,水资源配置的范畴进一步拓展到社会经济-水资源-生态环境系统,水量配置的对象也发展到同时配置国民经济用水和生态环境用水,并且衍生出具有可操作性的生态需水计算方法<sup>[10]</sup>,是目前国内流域水资源配置方法的最新系统成果。实践操作过程中,我国水行政主管部门针对我国的具体特点,提出了水资源资源权属的统一管理和水资源资产权的市场化运作相分离的管理模式,并在全国范围内基本完成了取水许可的发证工作。

国外水资源配置实践中,藉行政或政府力量进行水资源配置范围最广,但其中的固有缺陷导致配置效率不高。为弥补这一缺陷,而以经济手段为主体的市场配置也悄然兴起。目前存在的水市场有两类:一是由地方自发形成,没有政府干预的非正式水市场。由于是信用交易,非正式水市场的范围一般较小;二是正式水市场,即通过法律建立可交易的水的财产权。由于行政性交易成本(AIC)和政策性交易成本(PIC)的存在,一定程度上阻碍了水权交易市场的建立<sup>[11]</sup>。当前世界上建立有国家级正式可交易水权制度的国家只有智利和墨西哥<sup>[12]</sup>。

而美国水权交易虽然起步较早,但目前只是西部几个州建有水权交易制度<sup>[13]</sup>。

### 2.3 配置评价研究

流域水资源配置涉及到人-生态环境-社会经济这一巨系统的不同子系统和不同层面的多维协调关系,是一个典型的半结构化、多层次、多目标的群决策问题,决策和操作上的复杂性使得对水资源配置的后效评价研究成为水资源合理配置的重要组成部分。通过对配置行为和结果的后效评价结果,一方面可以调整已有的配置方案,使其更加合理,保障配置的公平性和高效性;另一方面通过这种有效的反馈试验,为流域水资源配置理论和实践提供依据。

目前,国内外对于配置后效评价研究较为薄弱,缺乏相应的评价机制,迄今仍未建立起较为完整的评价体系和评价标准,国内外所开展的配置合理性评价较为分散,且多纳入生态环境评价、社会公平评价等综合评价当中,针对水资源配置的专项综合评价尚不多见,在已完成的南水北调工程总体规划中对于调入区水资源配置的合理性进行了预见性的评价。目前,在国家“十五”科技攻关项目“黑河流域水资源调配管理信息系统建设”和我国首个节水型社会建设试点张掖市分别对不同空间尺度的水资源配置的合理性评价展开深入研究。

## 3 我国流域水资源合理配置中存在的问题

宏观而言,目前流域水资源合理配置研究中主要存在三方面的问题,其一是水资源合理配置研究系统性和整体性较差,配置的自然科学基础和社会科学基础分离现象较为严重;其二是作为水资源合理配置科学基础的水循环模式尚未确立,导致水资源配置的实践缺乏统一的基础,并引发一系列衍生问题;其三,由于目前仍然没有建立起系统的水资源配置合理性评价体系,致使水资源配置行为缺乏后效,不合理的水资源配置造成的后果难以从根源上解决。

就狭义的水资源配置来说,我国流域水资源合理配置主要存在以下问题。

### 3.1 缺乏有效的初始水权分配机制

《水法》规定“水资源属于国家所有。水资源的所有权由国务院代表国家行使农业集体经济组织的水塘和由农村集体经济组织修建管理的水库中的水,归各该农村集体经济组织使用。”、“国家对水资源依法实行取水许可制度和有偿使用制度,但是,农村集体经济组织及其成员使用本集体经济组织的水塘、水库中的水除外”<sup>[1]</sup>。可以看出,我国法律对水资源所有权和使用权作了较为清晰的界定,但对于水资源的配置和经营权却没有明确规定,因此存在一定程度上的产权不完整问题。在计划经济时代,我国的水资源分配主要通过行政手段来配置水资源,国家养水,福利供水,这种模式客观上造成“市场失灵”和“政府失效”。发展到今天,水资源配置仍然主要是政府行为,并在实践中有更强化以行政手段为主要内容的保障机制建设。水资源属于拥挤性公共物品的范畴,具有典型的非排他性,但在一定用水水平下又具有竞争性和外部性。在个体和集体的矛盾冲突以及在背叛合作的刺激下,“分水协议”常常面临着被背离的风险。现实中,引黄水量的分配方案实践中存在的问题就是这种风险的体现。

### 3.2 缺乏有机的补偿和激励机制

流域是一个具有水力联系的系统单元,上游用水对下游具有单一的外部性。实践表明,水资源易于获取的上游地区,用水效率一般较低下,但另一方面,下游平原区的社会经济活动更加集中,水资源供需矛盾也更为突出<sup>[14]</sup>。如果上下游间存在节水利益补偿机制,下游地区拿出一部分经济损失与上游节水潜力供给相交换,而上游收取下游的补偿,以此进行节水投资,将会使上下游总受益增加。但由于目前缺乏有效的利益补偿机制,市场配置效力未能充分发挥,造成水资源整体配置的低效。

就同一地区内部而言,也面临着同样的问题。由于水资源的公共物品属性,投资和受益的主体存在分离,如果缺乏相应的节水激励体制作保障,某种程度上会导致水资源开发利用上的“公地悲剧”<sup>[14]</sup>。在水资源日益稀缺、市场转型的新形势下,尽管微观水价改革已付诸实施,宏观水资源统一管理也被日益重视,但节水激励措施中有效的市场手段引入的程度仍远远不够,具体表现为一是水资源价格偏低,节水成本往往大于产出<sup>[15]</sup>,

其二是节水的投入产出效益常常存在主体异化过程。

### 3.3 缺乏广泛的社会参与机制

我国现行的流域水资源配置方式通常按地域分配,其决策和管理机制均属集权模式,其约束机制主要是行政手段,不同层次的用水户均处于被动接受地位,既无参与权亦无表达权,因而缺乏广泛的社会参与机制。

由于水资源配置牵涉到各方用水主体的利益,因此建立广泛的社会参与机制是保障配置公正性的外部条件。目前国内外相关学者提出了不同途径的社会参与机制模式,如政治民主协商制度<sup>[5]</sup>、水资源俱乐部配置模式<sup>[6]</sup>等。在实践中,部分地区也进行了相关尝试,如甘肃张掖下辖灌区成立农民用水者协会,直接决策基层水资源配置,并参与到水行政主管部门的分水配置过程中。

### 3.4 缺乏系统的后效评价

全面有效的配置合理性评价应当通过系统的监测、评估和后处理体系来实现,而我国这一环节目前尚较薄弱。主要表现在:

(1) 缺乏系统的监测体系 受体制和经济的制约,我国现有的水循环过程监测体系仍不完善,而且还分属水利、国土资源、环保、林业和农业等多家部门,评价的分散性使得水资源后效评价缺乏系统的信息支持。监测体系不完善导致配置合理性评价往往依赖于配置后的生态、环境、社会和水循环系统的外在效应的阶段积累,不仅存在时序上的滞后性,往往还伴有后果的不可恢复性。

(2) 缺乏系统的评估体系 在我国流域水资源配置实践过程中,对于水资源配置行为的评估往往缺乏系统性,如对以外流域调水为主要内容的配置工程,生态效益评价往往片面强调对调入区社会经济的推动和生态环境的改善作用,弱化对调出区的生态影响和工程投入产出分析,忽视配置工程的配套工程和管理措施等。

(3) 缺乏系统的后处理体系 水资源配置过程是一个协调反馈的过程,应当根据系统监测和合理性评估结果对配置过程进行协调处理,但目前在我国水资源配置实践过程中,尚未建立起系统的配置后处理体系,如黄河分水方案的具体执行过程中,对于超标引黄缺乏有效的约束和后处理机制,客观上也就无法制止超标引黄。

## 4 水资源配置今后研究发展方向

### 4.1 符合现代流域水循环过程的认知模式研究

到目前为止,国内外多数水资源定量研究与实践均是基于一元自然驱动的“实测-还原-建模-调控”静态模式。即通过观测得到实测水文要素后,把实测水文系列中隐含的人类活动影响扣除,使流域水循环要素“还原”到天然“本底”状态,然后对这一天然水资源量进行系统分配。该处理方式至少存在三大缺陷,首先,简单还原不能充分反映人类活动对产汇流过程的影响效用,更不能刻画出具体的影响过程;其次,还原方法的计算精度问题迄今尚未得到完善解决;其三,我国开展的水资源规划一直沿用水文要素的年际变化具有随机性这一假设。但受日趋剧烈的人类活动影响下,上述系列同一性假设的前提已不复存在。

针对上述一元模式的存在问题,国内提出了显式考虑人类活动影响的“天然-人工”二元动态水循环模式。该模式研究的视角,是将一元静态水文模式拓展为“实测-分离-耦合-建模-调控”的二元动态水循环模式。所谓分离,是指在实测水流量中识别自然要素与人类活动影响各自的贡献;所谓耦合,是指对分离后的各项参量保持其间的动态联系。通过分离与耦合,在流域下垫面的“过去-现在-未来”之间建立一套完整的映射关系。流域二元水循环模式保持了天然水循环与人工侧支水循环之间的全部动态联系,系统解构了人类活动的流域水循环效应,清晰刻划了现代水循环过程的内在驱动和外在表象,是符合现代水循环过程的原创认知模式,深刻揭示了流域水资源演变过程中的有效性、可控性及其可再生性机制<sup>[10]</sup>。今后流域水资源配置的科学基础研究应当紧紧围绕这一科学命题深入展开。

### 4.2 以流域水循环为基础的配置模式研究

现代流域系统是具有层次结构和整体功能的复合系统。以流域水循环为基础的配置模式的变革包括两方面,一是配置范围从单一的社会经济用水的配置拓展成在流域社会经济系统和流域生态环境系统中展开,由于

有生态用水的约束, 社会经济用水配置模式必须从“以需定供”转向“以供定用”, 进而实现总量控制下经济效益最大化; 二是配置对象从狭义的径流性水资源拓展为对包括有效降水的广义水资源量进行配置, 不仅在配置过程考虑现有的有效降水部分, 而且配置行为中考虑如何将无效降水转化为有效降水。

配置生态环境用水首要解决的是区域生态环境保护与建设目标的确定问题, 不同的生态环境目标对应着不同的生态需水量。这一点在干旱半干旱地区尤为重要, 不切实际的生态保护与建设目标将会导致不合理的水资源配置, 最终可能会造成地区生态的局部好转而整体退化的局面。在确定了与区域水资源条件和社会发展水平相适应的生态目标后, 如何高效利用水资源来实现这一保护目标就成为水资源配置的实践模式的主要内容, 包括在空间、时间、工程、水质等多方配置模式的确定。

#### 4.3 具有统一基础的水资源调控准则研究

区域水资源配置调控准则需从3个层面确定: ①区域发展层次, 要保持人与自然的和谐关系, 兼顾当前与长远、局部与全局, 力争使社会净福利达到最大; ②经济层次, 对水资源需求侧与供给侧同时调控, 在需求侧进行用水结构调整、水价调整、节水等措施, 提高水资源利用效率和效益; 在供给侧统筹安排降水直接利用、污水资源化、地表水和地下水联合利用, 增加水资源的综合保障。③调度管理层次, 调动各种手段提高对水资源的调控能力, 改善水资源的时空分布和水体质量, 同时通过统一管理和总量控制保证配置方案的落实。

实践过程中, 在区域发展层次的水资源调控应当坚持生态效益与经济效益之和最大化准则。由于生态效益的经济度量尚缺乏一个统一的标准, 生态效益和货币化的经济效益求和存在很大困难, 目前国内外较为统一的观点认为对于生态环境价值的度量应当从其具体的功效出发, 以现状作为目标制定的起点, 包括两层涵义, 一是生态环境不继续恶化, 二是已破坏的生态环境能够得以修复; 经济层次的水资源调控准则包括两部分内容, 在宏观经济层次, 由于抑制水资源需求和增加水资源供给都需要付出代价, 因此二者间的权衡应以更大范围内的全社会总代价最小为准则。在微观经济层次, 由于不同水平上抑制需求和不同水平上增加供给的边际成本都会发生变化, 因此二者的平衡应以边际成本相等为准则<sup>[16]</sup>; 调度管理层次上, 水资源调控应当以利用效率最大化为准则, 这包括两方面的操作内容, 其一是提高有效水分占总降水的比例, 如使作物需水过程与降水的年内分配尽量吻合, 以提高作物利用有效降水的比例; 其二是提高单方水量的生态和经济产出。

#### 4.4 流域水资源配置合理性评价研究

水资源配置合理性的系统评价主要包括社会合理性、经济合理性、生态合理性及效率合理性四大方面, 共同构成配置合理性评价体系。

水资源是一种特殊资源, 同时无法以经济方式生产<sup>[17]</sup>, 因此在水资源配置首先要保障区域社会进步的公平性和合理性, 具体可以表征为人均用水量大致相等、尊重现状、缺水率大致均衡和产水区用水优先等标准; 为了形成良性经济激励和运行机制, 在水资源调配中必须引入有效的经济手段, 利用市场调控加以配置。因此流域水资源调配合理性评价必须对其经济合理性进行评价, 如水资源开发必须符合边际投入最小化, 在保证生活用水的基础上综合供水效益最大化等; 生态是水资源配置合理性判别重要标准之一, 应从生态目标的适宜性、生态用水保障程度等多方面进行系统评价; 水资源调配行为实施的目的是为了水资源利用总体效益最大化和最优化, 而实现这一目标的唯一途径则是提高水资源的整体利用效率。在国际上, 水资源利用的效率合理性也是水资源使用权构成要素之一。在流域调配的效率合理性评价上, 可以通过对效率指标的考察来确定<sup>[18]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国. 水法[S]. 2002.
- [2] 水利部水利水电规划设计总院. 全国水资源综合规划技术细则[S]. 2002.
- [3] 陈家琦, 王浩. 水资源学[M]. 北京: 科学出版社, 2002. 45-49, 224-227.
- [4] Dinar Ariel, Mark W. Rosegrant, et al. Water Allocation Mechanisms Principles and Examples[R]. The World Bank, 1995, 15-21.

- [ 5] 傅 春. 面向可持续发展的水资源产权管理[D]. 北京: 中国人民大学, 1995. 71- 76.
- [ 6] 胡鞍钢. 转型期水资源配置的公共政策: 准市场和政治民主协商[N]. 中国水利报, 2000 11-8.
- [ 7] 甘 泓. 水资源合理配置理论与实践研究[D]. 北京: 中国水利水电科学研究院, 2000.
- [ 8] 武清源. 天津市城市水资源大系统供水规划和优化调度的协调模型[D]. 天津: 天津大学, 1996. 1- 4.
- [ 9] 许新宜, 王 浩, 甘 泓, 等. 华北地区宏观经济水资源规划理论与方法[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 1997. 274- 276.
- [ 10] 中国水利水电科学研究院. 国家“九五”科技攻关重点项目总专题——西北地区水资源合理配置与承载能力研究报告[R].
- [ 11] 曹文彬. 论水市场[J]. 中国水利, 1994 (5): 24- 28.
- [ 12] 水信息编辑部. 将提高用水效率作为流域综合管理的一部分[J]. 水信息, 1999 (7): 5- 9.
- [ 13] 张惠英. 美国西部“水银行”法获批准[J]. 水信息, 2000 (6): 12.
- [ 14] Spulber N, Sabbaghi A. Economics of Water Resources. Kluwer Academic Publishers[M]. Norwell, Massachusetts, 1994. 121- 126.
- [ 15] Saunders R, Warford J J, Mann P C. Alternative Concepts of Marginal Cost of Public Utility Pricing: Problems of application in the Water Supply Sector[R]. World Bank Staff Working Paper No. 259. Washington, DC: World Bank, 1977, 52- 53.
- [ 16] Howe C W, Schumeier D R, Shaw W D Jr. Innovative Approaches to Water Allocation: The Potential for Water Markets[J]. Water Resources Research, 1986, 26(4): 61- 64.
- [ 17] 陈基湘, 姜学民. 试论自然资源分配的公平性[J]. 资源科学, 1998, 20(3): 40- 42.
- [ 18] 陈家琦, 王 浩. 水资源学概论[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1996. 1- 5.

## Research advances and direction on the theory and practice of reasonable water resources allocation\*

WANG Hao, WANG Jiar hua, QIN Da yong

*(Water Resources Department, Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100044, China)*

**Abstract:** Reasonable water resources allocation is one of the effective control measures in the sustainable water resources utilization. This article divides the current research on reasonable water resource allocation into two types: a broad and a narrow sense. Research advances in narrow sense reasonable water resource allocation are systematically summarized in three aspects of internal mechanism, practice process and evaluation. This article points out main problems in current water resource allocation processes in China, including the shortage of the effective initial water rights allocation systems, the reasonable and effective compensation mechanism, the broad social involvement and the post-effect evaluation systems. Therefore it is hard to achieve full reasonable allocation of current water resources. In order to solve those related problems in water resources allocation practice, four important aspects must be focused on water resource allocation in China in future research, i. e., setting up “natural/artificial” dual knowledge and perception mode from modern river basin water cycling process, setting up water resources reasonable allocation mode based on water cycling, setting up uniformly based rules for water resource allocation, and setting up evaluation standard and systems for the rationality of water resources allocation.

**Key words:** basin; water resources; reasonable allocation; advance

\* The National Key Project for Basic Research (No. G1999043602).