

# 南方经济跨越式发展地区 水资源合理配置理论研究

郑江丽,李兴拼,范群芳

(珠江水利科学研究院,广东 广州 510611)

**摘要:**分析总结国内外水资源合理配置理论方法,提出了水质水量联合配置是未来水资源合理配置的发展趋势。探讨了南方经济跨越式发展地区水资源合理配置的内涵,并结合南方经济跨越式发展地区水资源条件详细阐述了南方经济跨越式发展地区水资源配置的具体内容。

**关键词:**跨越式发展;水资源合理配置;研究

**中图分类号:**TV213.9 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-9235(2010)06-0025-05

## 1 研究背景

水资源问题已成为21世纪全球关注的热点问题,水资源短缺和水环境恶化已严重影响了我国社会经济的可持续发展。水资源合理配置作为实现水资源在不同地区和用水户之间的有效公平分配的重要手段,已成为该领域的研究重点。纵观国内外水资源配置的研究,在内容上,包括水库的优化调度到水资源综合规划与管理、区域水资源开发利用、旱涝灾害的应对及防治、流域水环境管理等;在理论方法上,从简单的水资源系统到复杂的水资源系统研究,从单目标确定型问题到多目标、随机型和风险型问题研究;在技术手段上,从单纯借助于数学模型研究到计算机数字化管理、信息控制理论、人工智能技术与数学模型相结合的研究,研究成果相当丰富。水资源合理配置的研究不尽相同,大体可分为以下3类。

**a)** 以水量为主的配置。水是生命之源,水作为一种自然资源,应当为自然界万物所共享。人类社会的发展,致使人类对水资源的开发趋于主导地位,随着社会经济发展,区域间的水资源分配矛盾凸显,主要表现为水量上的争端。为了解决社会经济需水问题,在水量上满足经济发展,维持社会稳定,以水量为主的水资源合理配置研究便从此开始了。我国早期的“以需定供”和“以供定需”的水资源配置均是以水量为主的配置,主要关心水资源量的多少。首先是根据降雨量分析水资源量;其次是结合地质地貌分析水资源开发利用条件,并计算可开发的水资源量;最后是依据当时社会经济情况及水利工程投入,计算可供水量,并以此为基础,进行水资源配置。20世纪60年代,中国水利水电科学研究院首次将运筹学技术应用于四川狮子滩水库水电站的优化调度分析中,就是以水量为主的配置,揭开了我国水资源合理配

置研究的序幕。随后,以水量为主的水资源配置研究逐渐全面开展起来,其中以王浩、秦大庸、王建华等<sup>[1]</sup>研究的《黄淮海流域水资源合理配置研究》最具代表性。

**b)** 以水效益为主的配置。水是再生资源,但在一定时间内,水也是有限的,随着水资源的逐步开发,水资源短缺问题突出,致使社会经济发展受到影响。水资源短缺对社会经济发展的影响促使水效益受到人们重视,人们对于水的意识有所改观,不再认为水是取之不尽用之不竭的免费资源,认识到水是有价值的。实际上,水效益包括2个方面:一是水社会经济效益,一是水生态效益。首先,水资源短缺,使得人们认识到水在社会经济中的分配问题,水资源不应该任意分配,应当根据社会公平性原则和利润最大化原则进行分配,关注水的社会效益;其次,随着人类社会对水资源的掠夺式开采,导致了--一系列的生态环境问题,如黄河断流、土地沙漠化、地面沉降、物种灭绝等,人们开始意识到水资源是自然界万物共享的,不应该为人类独享,应当以人与自然和谐发展为原则,合理地开发利用水资源,不能掠夺式地开发水资源,关注水生态效益。随着水资源短缺问题和各种生态环境问题的出现,以水效益为主的配置受到研究者的重视,“八五”国家重点科技攻关项目中许新宜、王浩、甘泓等<sup>[2]</sup>研究的《华北地区宏观经济水资源规划理论与方法》,考虑水社会经济效益,将宏观经济、系统方法与区域水资源规划相结合,形成了基于宏观经济的区域水资源优化配置理论,该理论在对基于宏观经济的区域水资源优化配置问题的描述,经济发展与水资源配置的相互作用,区域持续发展的目标、决策模式、定性与定量相结合的分析手段,备选方案中的主要平衡关系,区域宏观经济与水利工程经济的关系,以及水资源系统的开发、利用、保护与管理的定量化等方面,都取得了

**基金项目:**水利部公益性行业科研专项经费项目(200801089);中国工程院重大咨询专项“北部湾经济区水资源安全保障研究”

**收稿日期:**2010-11-22

**作者简介:**郑江丽,女,湖北仙桃人,主要从事水文水资源研究工作。

实质性的进展。“九五”国家重点科技攻关项目中王浩、陈敏建、秦大庸<sup>[3]</sup>研究的《西北地区水资源合理配置和承载力研究》考虑水生态效益,提出了基于生态环境的水资源合理配置理论与方法。

c) 以水质为主的配置。水是天然的溶剂,水里含有很多成分,因此,水的质量也有好有坏。随着人类社会的发展,人们发现虽然人们的生活水平提高了,但周围的环境却发生了巨大的变化,世界各处发生了很多例水污染事件,如10 t杀虫剂入莱茵河,中国河南颍上水库开闸泄洪,河水泛滥泡沫密布,金矿泄露氰化物废水自罗马尼亚流入南联盟,事故发生地方方圆几百里的生物,从鱼到人,死伤无数。人类文明发展的同时,人类对自然的侵害越来越凸显,水污染现象越来越严重,为此,我国颁布了《水污染防治法》。水污染的加剧,使得有限水资源更加紧张,水资源短缺的现象更加严重,在南方湿润半湿润地区都开始出现水资源短缺的现象,这又使得以水质为主的配置研究成为研究者的宠儿。2009年2月召开的全国水资源工作会议明确提出,要实行最严格的水资源管理制度,并明确提出,要不断完善并全面贯彻落实水资源管理的各项法律、法规和政策措施,划定水资源管理“红线”,严格执法监督。2010年全国水利厅局长会议再一次明确指出要全面推进最严格的水资源管理制度,抓紧建立和完善水资源开发利用、水功能区限制纳污、用水效率控制等指标体系,做到能操作、可检查、易考核、有奖惩。这些都是以水质为主的配置的集中体现。

如何根据国家水资源管理的需求,在当前有限的水资源基础上,在不同区域(流域)、不同部门、不同用水人群之间,进行有效、公平、合理地分配,最大限度地提高水资源的利用效率,以有限的水资源获得最优的综合效益,这是基于实行最严格水资源管理制度的水质水量联合配置的水资源合理配置研究<sup>[4,5]</sup>,是当前和今后水资源合理配置研究的主题。南方经济跨越式发展地区目前水资源开发利用效率较低,社会经济发展对生态环境影响较弱,水污染情况较少,区域水资源配置将借鉴以往经验,避免先污染后治理,以资源换发展的社会经济的老路,走出一条生态环境保护与社会经济发展并重的人与自然和谐发展的新路。现将借鉴以往水资源配置的经验教训,结合南方经济跨越式发展地区的特点,构建南方经济跨越式发展地区水资源合理配置理论。

## 2 南方经济跨越式发展地区水资源特点

南方经济跨越式发展地区是指当前我国南方社会经济发展处于相对落后,在国家实施西部大开发和环渤海沿海地区、海峡西岸经济区、北部湾经济区沿海、成渝经济区和黄河中上游能源化工区五大区域重点产业发展等背景下,将实现社会经济超常规发展的地区。南方经济跨越式发展地区,社会经济即将进入跨越式发展阶段,人类活动对水资源的影响加剧,区域水资源特点变化剧烈。因此,研究清楚南方经济跨越式发展地区水资源特点是研究南方经济跨越式发展地区水资源合理配置理论的前提。

根据南方地区的地质地貌特点及南方地区的降雨特点,结合经济跨越式发展的社会经济特点,总结出南方经济跨越式发展地区的水资源特点:①区域降雨量较为丰富。南方湿润地区降雨量较为丰富,年平均降雨量约为1 554 mm。②水资源开发利用及调控难度大。区域内地形条件复杂,高山峡谷夹杂,部分处于沿海小流域,开发利用条件较差,水资源开发利用难度较大。当前区域内控制性水利工程匮乏,水资源控制能力不足,水资源调控难度大。③区域水资源开发利用程度较低。区域目前处于社会经济发展较低阶段,水资源开发利用程度及水资源利用效率总体上仍然较低。④区域内城市供水风险较大。区域内各城市供水水源单一,供水集中程度较高,缺少备用水源。水源单一、集中度高导致供水水量水质双重风险并存,不适应城市的综合发展,缺乏应对特枯年份水源不足和重大污染事件的能力,城市供水安全受到威胁。⑤农村人饮问题突出。区域内乡镇供水和农村饮水工程人均投入少,现有工程仅能解决吃水困难,供水可靠性和用水安全性远远没有达到国家标准。⑥农业用水效率较低。区域内农田水利设施不完善,灌区内渠系建筑物老化,年久失修,渗漏严重,导致渠系水利用系数较低,水资源浪费严重。⑦防洪减灾体系不完善。区域内多数水库存在不同程度的安全隐患,小型水库的除险加固工程滞后,增加了整体防洪的难度,加大了洪灾风险。⑧水质风险增大。区域的粗放式增长方式导致一些高耗水行业、技术落后的高污染行业落户在区域内,导致区域内废污水排放量激增,未经处理的工业、生活废污水直接排入江河,导致区域内江河水质总体上呈现下降趋势。农业不合理使用化肥、农药等造成面源污染严重,致使主要河流都不同程度存在水质污染,严重威胁了饮水安全。⑨水资源管理制度不完善。区域内各城市的水务改革虽然取得一定进展,如北海市实行水务一体化,但大部分县市涉水事务仍未实行统一管理,存在着条块分割、各自为政的现象。实施水务一体化的地方与相关部门职能划分关系尚未彻底理清,区域水务改革困难和阻力相当大。⑩产业布局与水资源配置布局不协调。区域社会经济发展规划较少考虑水资源的制约因素,产业布局方案不以水资源布局为依据,导致部分产业布置在水资源匮乏的地区,水资源保障困难,供水成本增加,产业的经济效益降低。

## 3 南方经济跨越式发展地区水资源配置内涵

水资源合理配置就是在一定时段内,对特定流域或区域内有限不同形式、不同水质的水资源,通过工程和非工程措施,在各用水户之间进行科学分配<sup>[6]</sup>,从而实现流域或区域社会、经济和生态环境的协调发展。南方经济跨越式发展地区水资源配置是指在一定流域或区域内,针对当地水资源的时空分布情况及水质的动态监测结果,将水资源进行分级,综合考虑水的社会效益、经济效益和生态环境效益,开展水利工程的优化调度,达到区域社会、经济和生态环境协调发展的水资源合理配置。

南方经济跨越式发展地区水资源配置内涵包含4个方

面:a)水量调度是基础。人类文明以来,从逐水而居,到掘井汲水和引水灌溉,再到修建大型水利枢纽工程,可见水量的调度是水资源分配的基础。为了合理开发利用水资源,必须结合流域或区域的地质地貌特征及降雨时空分布,合理的布置水利工程进行水量调度。明确水资源开发利用“红线”,严格实行用水总量控制。b)水质动态管理是前提。随着工业化进程的加快,人工侧支水循环对天然水循环的影响逐渐加大,对水质的影响尤为突出。水质不再保持天然的变化规律,而是在人类活动影响下呈现不确定的时空分布变化规律。水质的变化直接影响各用水户,为了保证水量调度的实际意义,水质动态管理是前提。明确水功能区限制纳污“红线”,严格控制入河排污总量。c)水效益是目的。水效益包含社会效益、经济效益和生态环境效益。水效益不再是单一效益的考虑,而从单目标确定型问题向多目标、随机型和风险型问题转化,综合考虑社会、经济和生态环境效益。明确用水效率控制“红线”,坚决遏制用水浪费。d)“三位一体”是宗旨。“三位一体”常用来比喻3个人、3件事或3个方面联成的一个密不可分的整体。水资源配置中的“三位一体”是指水量调度、水质动态管理和水效益3个方面紧密不可

分,有机的结合在一起,形成一个有机的整体。

#### 4 南方经济跨越式发展地区水资源合理配置

##### 4.1 南方经济跨越式发展地区水资源配置理论体系

根据南方经济跨越式发展地区水资源配置的内涵,南方经济跨越式发展地区水资源配置包含水质水量联合调度和水效益2个方面,见图1。南方经济跨越式发展地区水资源配置将水质水量联合调度和水效益有机结合在一起,使得水量调度、水质动态管理和水效益3个方面形成一个有机整体,达到社会经济又好又快发展且生态环境可持续发展的人与自然和谐发展的目标。水质水量联合调度包含水量调度和水质动态管理,水量调度包括水资源时空分布、水利工程布局和水利工程优化调度,水质动态管理包括水功能区划管理、污染物排放管理和水质动态监测。水效益包含社会效益、经济效益和生态环境效益,社会效益包括区域用水公平、部门用水公平、代际用水公平、供水风险、洪灾风险和水质风险,经济效益包括用水效率管理、需水管理和水资源经济价值,生态环境效益包括水环境质量评价、生物多样性、生态可持续发展评价。

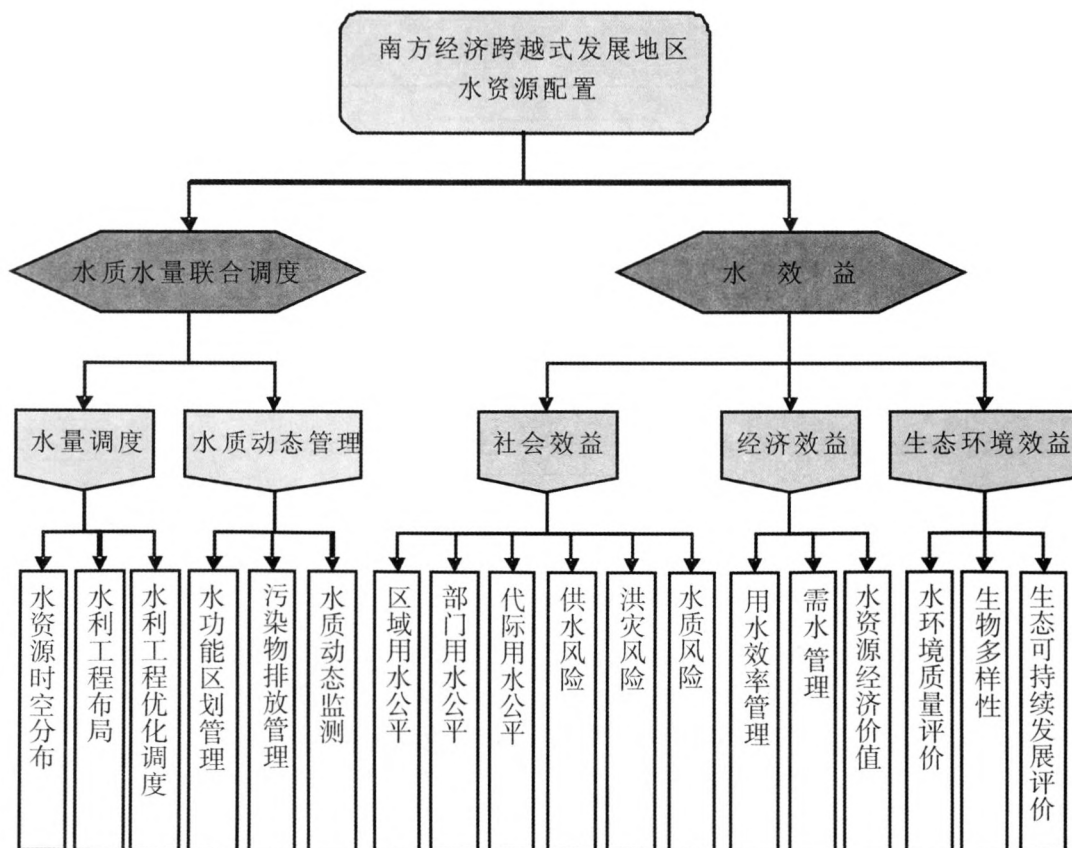


图1 南方经济跨越式发展地区水资源配置理论图

##### 4.2 南方经济跨越式发展地区水资源配置结构

根据南方经济跨越式发展地区水资源配置研究的目标、

内容和研究机制,可以将研究过程分为5个层次:方案层、模拟层、控制层、反馈层、结果层,如图2所示。方案层是南方

经济跨越式发展地区水资源配置的前提,主要包括水利工程布局方案、水功能区保护方案、城镇污水处理方案、社会经济发展方案、用水效率管理方案、产业结构布局方案、生态环境保护方案和生物多样性保护方案等,为水资源的配置模拟奠定基础。模拟层是在方案层的基础上进行水循环模拟、污水处理排放模拟、社会经济需水模拟和生态环境模拟,反映“天然—人工”二元水循环过程,是水资源配置可靠性的技术支撑。控制层是在水效益的多目标约束下,即在社会效益、

经济效益和生态环境效益的多目标约束下,提供方案层的可行域方案。反馈层是指在方案层方案设定的基础上通过模拟层的模拟,在多目标水资源配置模型控制下,得到区域缺水率、污染物排放量、区域、部门、代际用水公平性、生物多样性等指标,为方案层方案的修改提供依据,修正并确定方案层方案的合理性。结果层是通过大量的方案对比分析,提供社会经济发展合理和生态环境保护良好的人与自然和谐发展的水资源配置方案。

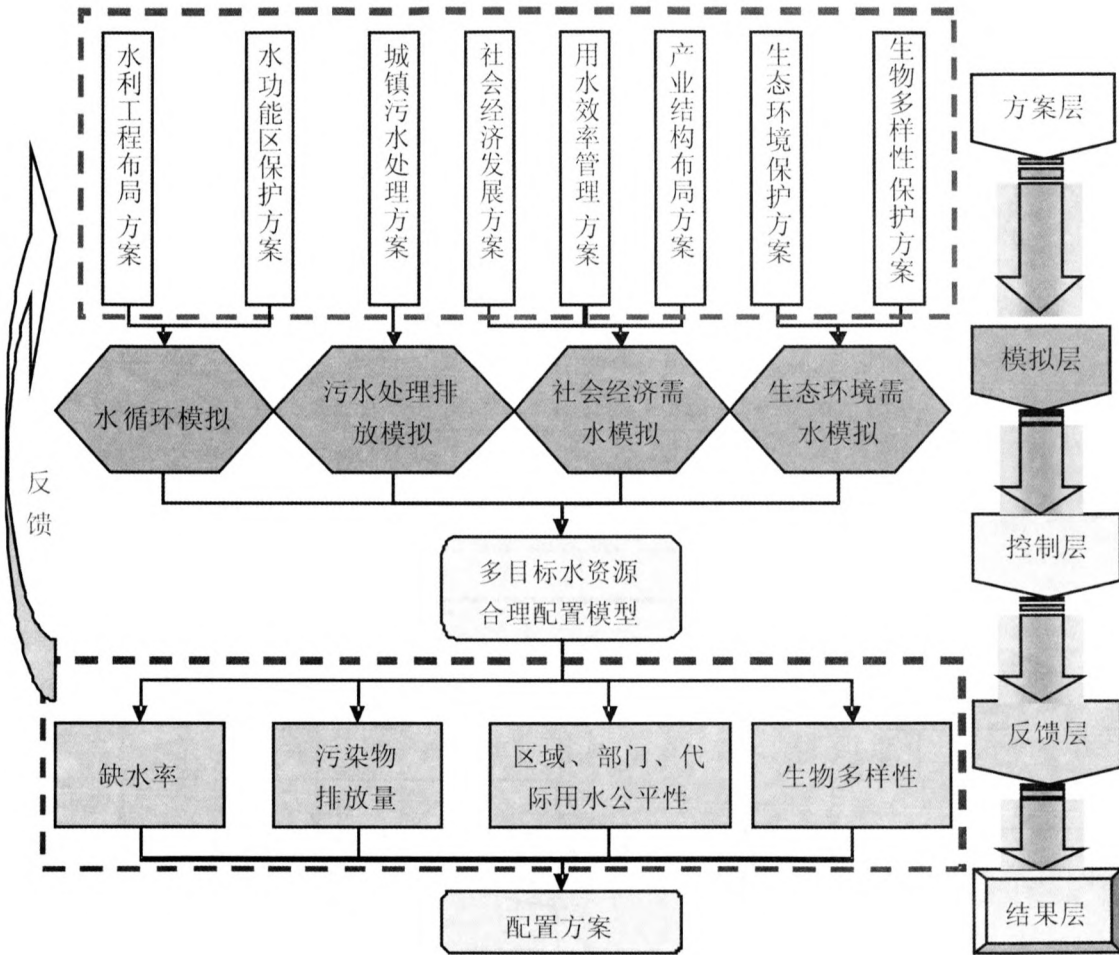


图2 南方经济跨越式发展地区水资源配置结构图

**a) 水利工程布局方案。**根据南方经济跨越式发展地区水资源特征,明确水资源开发利用“红线”,严格实行用水总量控制。根据水资源开发利用“红线”,依据当地水资源特点,合理布局水利工程,结合社会经济发展情况,有序开发利用区域水资源。

**b) 水功能区保护方案和城镇污水处理方案。**根据水功能区现状水质及水功能区水质目标,明确水功能区限制纳污“红线”,严格实行入河排污总量控制。根据水功能区限制纳污“红线”,制定水功能区保护方案,结合城市发展制定城镇污水处理方案,提高城镇污水处理能力和工业废水排放达标

率,消减排污量,保护水环境。

**c) 社会经济发展方案。**南方经济跨越式发展地区社会经济不是以往的渐进式发展模式,而将呈现跨越式发展模式,社会经济不能用以往的趋势预测法进行预测,应当借鉴环渤海湾、珠三角和长三角等国内先行发达地区的发展方式,结合区域相关规划,制定社会经济发展方案。

**d) 用水效率管理方案和产业结构布局方案。**根据南方经济跨越式发展地区的用水情况,结合环渤海湾、珠三角和长三角等国内先行发达地区各行业用水效率及相关发展规划,明确用水效率控制“红线”,制定南方经济跨越式发展地

区各行业用水效率管理方案,并结合规划,调整产业结构,合理布局产业,制定产业结构布局方案。

e) 生态环境保护方案和生物多样性保护方案。南方经济跨越式发展地区生态环境现状较好,经济大开发下,产业兴起,社会发展,人类活动对生态环境的影响增强。根据人与自然和谐发展原则,在水环境保护的基础上,制定生态环境保护方案和生物多样性保护方案。

## 5 南方经济跨越式发展地区水资源配置模型

在南方经济跨越式发展地区水资源配置理论及配置结构的指导下,根据南方经济跨越式发展地区水资源特征及水资源开发利用时机情况,构建南方经济跨越式发展地区水资源配置模型。

目标1:经济效益目标,资源经济学认为资源优化配置是指如何将有限的、稀缺的资源分配到整个国民经济中,达到最佳经济效益。南方经济跨越式发展地区社会经济处于飞速发展时期,供水量制约着社会经济的发展,因此,利用供水效益反映经济效益,选用供水量来表示。

目标2:社会效益目标,南方经济跨越式发展地区社会发展阶段差别较大,各地区之间的贫富分化突出,水资源争夺趋于公开化,为了保证各区域、各部门、代际之间的用水公平,根据经济学基尼系数概念,采用各区域、各部门、代际之间供需水比值关系,以各区域、各部门、代际之间的供水基尼系数(即公平指数)来反映社会效益。

目标3:生态环境效益,南方经济跨越式发展地区生态环境现状较好,水资源开发利用将对生态环境产生负面影响。为此,为了保证南方经济跨越式发展地区社会经济快速发展,必须着重保护生态环境。根据水功能区的纳污能力,严格控制入河污染物量,保护水环境,从而保护区域生态发展,以主要污染物等指标排放量表示生态环境效益。

约束条件集:水资源配置受生存条件、承载能力等条件的约束。生存条件约束包含人类生存和生物生存,即要求水资源配置必须解决人类最基本的生活需水和生物的基本生存需水。承载能力约束包括可供水量约束、水源供水能力约束、污染物排放约束、水量平衡约束等。

模型求解:根据社会经济效益及各用水部门的重要性,在模拟“天然—人工”二元水循环的基础上率定各主要参数。综合考虑经济效益、社会效益和生态环境效益,依据多目标分析方法,将多目标转化为单目标,并采用单目标优化方法进行优化。

## 6 结语

南方经济跨越式发展地区水资源合理配置的主要目的是避免先污染后治理、以资源换发展的社会经济发展老路,要实现生态环境可持续发展,社会经济又好又快发展的和谐发展新路。据此提出了南方经济跨越式发展地区水资源配置理论,南方经济跨越式发展地区水资源配置首先充分体现水生态环境效益,以促进人与自然和谐发展为原则,较好地保护区域生态环境;其次,严格实行水质动态管理,控制污染物排放量,限制高污染行业的发展,及时优化产业结构和产业布局,以节水型社会发展为契机,优化调度区域水资源;再次,加强污水处理建设,在工业化进程中减少排污,降低对水环境的影响;最后,合理开发利用区域水资源,遵循自然规律,达到和谐发展的目的。南方经济跨越式发展地区水资源配置理论研究目前尚处于起步阶段,还有待补充和完善。

## 参考文献:

- [1] 王浩,秦大庸,王建华,等. 黄淮海流域水资源合理配置[M]. 北京:科学出版社,2003.
- [2] 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.
- [3] 王浩,陈敏建,秦大庸. 西北地区水资源合理配置和承载能力研究[M]. 郑州:黄河水利出版社,2003.
- [4] 王浩. 我国水资源合理配置的现状和未来[J]. 水利水电技术, 2006,37(2):7—14.
- [5] 王浩,游进军. 水资源合理配置研究历程与进展[J]. 水利学报, 2008,39(10):1168—1175.
- [6] 冯尚友. 水资源持续利用与管理导论[M]. 北京:科学出版社, 2000.

(责任编辑:陈利芳)

## Study on Theory of Regional Water Resources Rational Allocation in South China Leapfrog Economic Development

ZHENG Jiang-Li, LI Xing-pin, FAN Qun-fang

(Pearl River Water Resources Scientific Research Institute, Guangzhou, 510611)

**Abstract:** The principles and cases of the rational water allocation inside and outside China have been summarized. The combined allocation of water quality and quantity is the trend of the future water resources allocation development. The connotation of rational water resources allocation in the South China with the leapfrog economic development was studied and based on the specific situations the main contents of the allocation scheme was illustrated.

**Key words:** regions in South China with the leapfrog economic development; rational water resources allocation