

水资源配置理论与方法探讨

王浩 汪林

(中国水利水电科学研究院水资源所 北京 100044)

【摘要】 随着水资源供需矛盾的激化,合理配置已成为新时期水利工作的重要内容。本文从水资源配置的内涵、基本原则和主要任务、决策机制、目标度量与主要平衡关系、决策方法5个方面对水资源配置的理论与方法进行了粗浅探讨,旨在抛砖引玉,推动该项研究向纵深发展。

【关键词】 水资源配置 决策机制 平衡关系 决策方法

随着社会进步和生产发展,人们对水的质量和数量的需求越来越高,由于水量不足、水质达不到用水标准或工程调蓄能力限制等原因导致在用水目的上、时间上和地域上冲突日趋频繁,用水的竞争性日益突出。协调地区及用水部门间的利益矛盾,提高区域整体的用水效率和效益,促进水资源的可持续利用和经济社会的可持续发展是水资源配置追求的目标。

1 水资源配置的内涵

1.1 水资源配置定义

水资源配置是指在流域或特定的区域范围内,遵循高效、公平和可持续的原则,通过各种工程与非工程措施,考虑市场经济的规律和资源配置准则,通过合理抑制需求、有效增加供水、积极保护生态环境等手段和措施,对多种可利用的水源在区域间和各用水部门间进行的调配。解决用水竞争性的配置方案多种多样,不同的解决方案又会导致不同的经济、环境与社会效益,因此,水资源配置策略存在着优化的必要,最终推荐方案需要通过科学分析、民主协商和行政裁决三个过程确定。

1.2 与供需平衡的关系

水资源供需分析是水资源配置的基础和手段。供需分析的主要任务是对流域或区域内水资源的供水、用水、耗水、排水等进行长系列调算或典型年分析,得出不同水平年各流域(区域)的供水满足程度、余缺水量及时空分布、水环境状况等指标;明确缺水性质和缺水原因,确定解决缺水措施的顺序;为分析水资源供需结构、利用效率和工程布局的合理性,分析计算分区内挖潜增供、治污、节水和外调水边际成本,生成水资源配置方案提供基础

信息。

水资源配置通过反复进行水资源供需分析获得不同需水、节水、供(调)水、水资源保护等组合条件下水资源配置方案,方案生成遵循——立足于现状开发利用模式、充分考虑流域内节水和治污挖潜、考虑流域外调水——“三次平衡”思想。在现状供需分析和对各种合理抑制需求、有效增加供水、积极保护生态环境的可能措施进行组合及分析的基础上,进行多次供需反馈并协调平衡,力求实现对水资源的合理配置。

1.3 配置的范畴

以“水资源调查评价”、“水资源开发利用情况调查评价”为基础,结合“需水预测”、“节约用水”、“供水预测”、“水资源保护”等有关部分进行,配置的主要内容包括基准年供需分析、方案生成、规划水平年供需分析、方案比选和评价等。通过对各种工程与非工程等措施所组成的供需分析方案集进行技术、经济、社会、环境等指标比较,在此基础上,对各项措施的投资规模及其组成进行分析,提出推荐方案,作为制定总体布局与实施方案的基础。

1.4 实践中的主要问题

(1) 水资源分配科学理论体系、法律法规制度和社会宣传教育机制尚不健全,开展水资源配置的科学基础、法律保障和社会响应体系亟待建立与完善;(2) 水资源监测管理水平总体偏低,监测体制不完善,监测网络不健全,用水计量不到位,存在着较严重的用水浪费、分配不公、观念落后等不利因素,使水资源合理配置的理论、方法和观念推广和应用难度较大。(3) 部分地区水利工程基础设施建设薄弱,缺少开展水资源有效利用和科学分配的工程基础条件。

2 水资源配置的基本原则和主要任务

2.1 基本原则

合理配置是人们对稀缺资源进行分配时的目标和愿望,力求使资源分配的总效益或利益最大。随着水资源短缺和水环境恶化,人们已清醒的认识对水资源的研究不仅要研究对水资源数量的合理分配,还应研究对水资源质量的保护;不仅要研究水资源对国民经济发展和人类生存需要的满足,还应研究水资源对人类生存环境或生态环境的支撑与保障;不仅要研究满足当今用水的权利,还应研究如何满足未来用水的权利。为实现水资源的社会、经济和生态综合效益最大,水资源配置应遵循以下5个基本原则。

2.1.1 可持续性原则 可持续性在保证水资源利用不仅应使当代人受益,而且应能保证后代人享受同等的权利。为实现水资源的可持续利用,区域发展模式要适应当地水资源条件,保持水资源循环转化过程的再生能力。在制定水资源配置组合方案时,要综合考虑水土平衡、水盐平衡、水沙平衡、水生态平衡对水资源的基本要求。

2.1.2 效性原则 高效性是发挥稀缺性资源价值的要求。从3个方面体现:①提高有效水资源量。通过各种措施增加降水的直接利用,提高参与生活、生产和生态过程的水量及其有效程度,防治水污染,一水多用和综合利用,减少水资源转化过程和用水过程中的无效蒸发。②采用分质供水。特定水质等级的水首先用于满足相应用水质量标准用户,按照从高到低的顺序依次对生活、工业、农业、生态环境按质供水。③遵循市场规律和经济法则,以边际成本最小为原则安排水源开发利用模式、节水与治污方案,力求使节流、开源与保护措施间的边际成本大体接近。

2.1.3 平性原则 公平性是人们对经济以外不可度量的分配形式所采取的理智行为,以驱动水量和水环境容量在流域与地区之间、近期和远期之间、用水目标之间、水量与水质目标之间、用水阶层之间的公平分配。在地区之间应统筹全局,合理分配过境水,科学规划跨流域调水,将深层地下水作为应急备用水源;在用水目标上,优先保证生活用水和最小生态用水量,兼顾经济用水和一般生态用水,在保障供水的前提下兼顾综合利用;在用水阶层中,注重提高农村饮水保障程度,保护城市低收入人群的基本用水。

2.1.4 与自然和谐发展原则 水的生态属性决定了水资源利用在创造价值的同时,还必须为自然界提供持续发展的基本保障,即满足人类所依赖的生态环境对水资源的需求。当水资源可利用量无法同时满足经济社会发展、生态环境保护用水需求时,首先应合理界定国民经济用水和生态环境用水的比例,保证必要的经济社会需水和生态环境临界需水。

2.1.5 统性原则 以流域、区域的水量平衡和水环境容量为基础,将流域水循环和人工侧支水循环的供、用、耗、排过程联系起来,进行国民经济用水的供需平衡,流域产水、入境水及外调水量与流域耗水量和出境水量的平衡,地下水补、采、径、排的平衡等。统筹考虑有效降水和径流性水资源的有效利用,当地水、过境水和外调水的联合利用,地表水和地下水的补偿利用,干支流、上下游、一次水和再生水的利用。

2.2 主要任务

水资源配置工作涵盖水资源开发与利用、节约与保护、治理与管理等各个方面,涉及经济、社会与生态环境等领域,是一个复杂的系统工程。

2.2.1 在经济社会发展与水资源需求方面 探索适合流域或区域现实可行的经济社会发展规模和发展方向,推求合理的生产布局。研究现状条件下的用水结构、用水效率及相应的技术措施,分析预测未来生活水平提高、国民经济各部门发展、以及生态环境保护条件下的水资源需求。

2.2.2 在水环境与生态环境质量方面 评价现状水环境质量,分析水环境污染程度,合理的水环境保护和治理标准;分析生产过程中各类污染物的排放率及排放总量,预测河湖水体中主要污染物浓度和环境容量。开展生态环境质量和生态保护准则研究,生态耗水机理与生态耗水量研究,分析生态环境保护与水资源开发利用的关系。

2.2.3 在水资源开发利用方式与工程布局方面 开展水资源开发利用评价,供水结构分析,水资源可利用量分析;研究多水源联合调配,规划水利工程的合理规模及建设次序;分析各种水源开发利用所需的投资、运行费以及防洪、发电、供水等综合效益。

2.2.4 在供需平衡分析方面 开展不同水利工程开发模式和区域经济发展模式下的水资源供需平衡分析,确定水利工程的供水范围和可供水量,各用水单位的供水量、供水保证率、供水水源构成、缺水

量、缺水过程及缺水破坏深度分布等情况。

2.2.5 在水资源管理方面 研究与水资源合理配置相适应的水资源科学管理体系,包括:建立科学的管理机制和管理手段,制定有效的政策法规,确定合理的水价、水资源费、水费征收标准和实施办法,分析水价对社会经济发展影响及对水需求的抑制作用,培养水资源科学管理人才等。

2.2.6 在水资源配置技术与方法方面 研究和开发与水资源配置相关的模型技术与方法,如建模机制与方法、决策机制与决策方法,模拟模型与评价模型、管理信息系统、决策支持系统、GIS 高新技术应用等。

3 水资源配置的决策机制

水资源同时具有自然、社会、经济和生态属性,流域具有层次结构和整体功能的复合系统,因此,水资源合理配置是一个高度复杂的多阶段、多层次、多目标、多决策主体的风险决策问题。合理配置的本质就是按照自然规律和经济规律,对流域水循环及其影响水循环的自然、社会、经济和生态诸因素进行整体多维调控,并遵循水平衡机制、经济机制和生态机制进行水资源配置决策。

3.1 水平衡决策机制

具有天然主循环和人工侧支循环二元结构的流域水资源演化不仅构成了经济社会发展的资源基础,是生态环境的控制因素,同时也是诸多水问题的共同结症所在。因此,水资源配置首先要遵循水平衡机制,从三个层次加以分析:

第一层次对流域总来水量(包括降水量和从流域外流入本流域的水量)、蒸腾蒸发量(净耗水量)、排水量(排出流域之外的水量)之间的流域水分平衡关系进行分析,即分析在水资源二元演化模式下不影响和破坏流域生态系统,不导致生态环境恶化情况下流域允许总耗水量,包括国民经济耗水量与生态耗水量(其中出河入海水量可单独考虑),评价尺度通常为二级以上流域。计算式如下:

$$\text{降水量} + \text{系统入流量} - \text{系统出流量} - \text{耗水量} = \text{系统蓄变量}$$

由于在总来水量中通常仅 10%~54% 形成径流性水资源,差额部分的非径流性水量为天然生态系统所消耗,约占流域总来水量的一半以上,特别在北方资源性缺水地区,天然生态系统的微小变化将对径流性水资源产生深刻的影响。

第二层次对流域或区域径流性产水量、耗水量

和排水量之间的平衡关系进行分析,即分析在人工侧支循环条件下径流性水资源对国民经济耗水和人工生态耗水的贡献,界定允许径流性耗水量,国民经济用水和生态用水大致比例,评价尺度通常为三级、四级以上流域。计算式如下:

$$\text{自产水量} + \text{系统入流量} + \text{超采量} = \text{径流性耗水量} + \text{出境水量} + \text{系统蓄变量}$$

第三层次对流域、区域、计算单元的供水与需水量,用水量、耗水量和排水量之间的平衡关系进行分析,分析计算各种水源对国民经济各行业、各用水部门等不同用户之间、不同时间段的供需平衡和供用耗排平衡。计算式如下:

$$\text{毛供水} - \text{输水损失量} = \text{耗水量} + \text{排水量}$$

3.2 经济决策机制

水资源合理配置的经济决策机制是市场经济条件下的边际成本,以边际成本替代性作为抑制需求或增加供给的基本判据,根据社会净福利最大和边际成本替代两个准则确定合理的供需平衡水平。在宏观经济层次,抑制水资源需求需要付出代价,增加水资源供给也要付出代价,两者间的平衡应以更大范围内的全社会总代价最小(社会净福利最大)为准则;在微观经济层次,不同水平上抑制需求的边际成本在变化,不同水平上增加供给的边际成本也在变化,二者的平衡应以边际成本相等或大体相当为准则。依据边际成本替代准则,在需水侧进行生产力布局调整,产业结构调整、水价格调整,分行业节水等措施,抑制需求过度增长并提高水资源利用效率;在供水侧统筹安排降水和海水直接利用、地表水和地下水联合利用、洪水和污水资源化,增加水资源对区域发展的综合保障功能。

以开源和节流的关系为例,当开源的边际成本高于节流的边际成本时,节流在经济上就成为合理的手段,当本地水资源的开源和节流边际成本相等且高于跨流域调水的边际成本时,跨流域调水在经济上就成为了合理手段。对不易定量的生态系统,可以同等效应的资源环境重置成本作为生态环境的价值标准。具体方法是,将生态系统划分为若干子系统,直至单种植被,对每种天然植被,以同等的人工植被价值加权赋值,赋值的同时与人工生态具有了可比性,从而在水资源配置时可以统一比较。

3.3 生态决策机制

为保持水资源和生态环境的可再生维持功能,在经济社会发展与生态环境保护之间确定合理的平衡点十分重要。水资源配置生态合理性的判定标准

有两条,一是整体生态状况应当不低于现状水平,在此基础上考虑人工生态效益的增加和天然生态系统可能带来的损害,二是必须满足生态保护准则中关于天然生态保护的最低要求,以维护生态系统圈层结构的稳定。在国外通常以水文学、水力学、生态学为基础,分别研究各项生态需水量,常用的方法如7Q10法、Tennant法(蒙大拿法)、湿周法、IFIM法(河道内流量增量法)等,分项提出各项最小河道内需水量,取各项需水量的外包过程线作为生态需水过程量。但对于水资源短缺的中国,按此确定的河道内生态需水量与国民经济需水量之和远大于径流性资源量。因此,必须将水资源开发利用、社会经济发展、生态环境保护放在流域水资源演变和生态环境变化的统一背景下进行研究,以流域为基础,以经济建设和生态安全为出发点,根据水分条件与生态系统结构的变化机理,在竞争性用水的条件下,通过利益的比较和权衡,进行国民经济用水和生态环境用水的统一配置,使生态系统保持相对稳定和功能的协调。

4 水资源配置目标量度及主要平衡关系

4.1 合理配置的目标量度

通常将协调各地区及各用水部门间的利益矛盾,提高区域整体的用水效率和效益,实现水资源的社会、经济和生态综合净效益最大作为水资源配置的目标,依其条件丰度,采用3个层次的供水净效益目标表征:

4.1.1 以单纯考虑经济、社会和环境等用水的供水净效益最大为基本目标,可表示为:

$$Z_1 = \max \sum_i f^i(C_i X_i) \quad (1)$$

其中: Z_1 为供水净效益; X 为不同用水户或用水部门用水量, i 为用水户或用水部门; C 为用水效率系数,对经济效益而言为与水价有关的效率系数,对社会和环境效益而言也可表示相应的效益系数,例如粮食产量、BOD排放量、水面面积、绿洲面积等; f 为反应用水量所产生效益的函数关系,即生产函数,它代表水资源利用对于经济、社会和环境效益的转化能力。式(1)是一个度量经济、社会和环境协调发展多目标问题,目标间的竞争性和具体量化属于多目标决策问题,实际运算过程中,需要对经济、社会和环境效益之间进行公度。

4.1.2 以公平分配原则下的供水净效益最大为基本目标,可表示为:

$$Z_2 = \max \sum_i R_i f^i(C_i X_i) \quad (2)$$

其中: R 为考虑用水在地域间和不同收入者间的公平系数或公平性权重,应满足:

$$R_{\text{贫穷地区}} > R_{\text{富裕地区}} \text{ 和 } R_{\text{低收入者}} > R_{\text{高收入者}} \quad (3)$$

4.1.3 以可持续原则下的供水净效益最大为基本目标,可表示为:

$$Z_t = \max \sum_i R_{i,t} g^i(C_{i,t} X_{i,t}) \quad (4)$$

t 为时间或时代。可持续原则实际上是代际间的水资源利用公平性原则,它要求不同时代的水资源利用权利及其效益维持不衰减,即:

$$Z_{t+1} \geq Z_t \quad (5)$$

或: $Z_3 = \min \sum_t (\sum_i R_{i,t} g^i(C_{i,t} X_{i,t})$

$$- \sum_i R_{i,t+1} g^i(C_{i,t+1} X_{i,t+1} t + 1) \quad (6)$$

在现状水资源配置实际研究工作中,基本采用式1作为目标函数,而在经济、社会和环境协调发展(Z_1)中,又侧重强调经济的有效性,对社会和环境有效性追求不够;对考虑公平性原则(Z_2)的式2研究还很肤浅,尚未真正考虑代际间水资源利用的可持续性原则(Z_3)式3。因而,水资源的低效利用、不公平利用和不可持续利用现象普遍,从客观上导致了人类生存环境的恶化。

4.2 主要平衡关系

4.2.1 水资源需求与供给平衡 从需水方面看,影响需水的主要因素是经济总量、经济结构和行业用水效率,可以通过调整产业结构、推广先进技术、提高管理水平来抑制需水的增长。在供水方面,影响供水的主要因素为来水量、供水工程能力(包括污水处理与回用工程)和调度策略,可通过科学规划工程开发规模、开发次序及工程组合方案、优化调度策略来有效增加供水量,降低缺水损失。当供水不能满足需水要求时,如何减少对不同部门的供水,减少的时段与程度将导致缺水损失的差异,寻求较为合理的供需平衡策略是水资源配置的主要任务之一。

4.2.2 水环境污染与治理平衡 水环境污染来源于两个方面,上游随流而下及当地排放,当地排放的污染物总量及种类与经济总量、结构及分部门单位产值排放率和浓度有关。水环境污染治理的主要影响因素是废污水收集率、污水厂处理能力、污水处理级别以及处理后的污水回用率。不同的处理工艺、处理规模、处理级别和回用量显然有不同的处理费用,因而也存在着对污染治理策略的优化问题。

对任何水体来说没有一定的质便没有一定的量,污染导致水质恶化会极大地减少有效水资源量,而污水处理后回用量也将增加有效供水量。因此,在水资源配置中应充分考虑为满足水功能区划水质目标的环境流量,在进行水量与水质的综合平衡时要充分考虑二者的相互作用与转化。

4.2.3 水投资来源与分配平衡 水资源开发利用治理保护是重要的社会基础产业,具有建设周期长和投资额大等特点。水投资来源取决于区内积累、区外投资和国民经济各部门之间的投资分配比例。对任一地区,包括水投资在内的总投资额主要来自本身的经济积累,而经济积累的大小取决于经济总规模和积累与消费在最终需求中的比例。水投资的使用包括开源、节流、治理、保护等诸方面,投资的分配与水资源配置系统内的工程组合、工程规模及建设次序密切相关。

水投资来源与分配平衡通过水资源供需平衡及水环境的污染及治理平衡来实现的。经济的不断增长需要更多的水,满足需水增长要求的手段一是开源,二是节流,从而需要更多的投资。在一定的经济积累水平下,一方面给水部门的投资增加会导致对其他经济部门投资的减少,从而影响到其他部门今后的固定资产形成,而部门固定资产规模及增长速度的变化又将反过来影响需水并进而影响今后的水投资平衡态势;另一方面,经济规模的扩大又将释放出更多的污染物,进行清洁生产要求更多的环境投资,对环境投资的增加又将挤占其它部门的投资并影响经济发展的格局,而经济格局的改变也会反过来影响今后的环境平衡态势。此外,在考虑投资分配时,应以边际成本相等或大体相当为准则。

4.2.4 流域水量平衡 由于供需平衡中的需水量,通常大于需求的耗水量,因此,上游地区所利用的水量有相当一部分又回补给下游水源地成为回归水,成为新的可供水量之一。回归水的大小主要取决于用水行为和用水设施与技术,并影响到地表可供水量和地下水补给量,进而影响各供水节点的可供水量。可供水量还受到水资源评价方法、还原水量的可靠性、重复量的计算与扣除、供水工程等影响。因此,水资源供需平衡具有很大的不确定性,预测期越长这种不确定性就越大,供需平衡方案是否可行还需通过水量平衡加以检验。

流域水量平衡是指流域某特定时段内总来水量(包括降水量和从流域外流入本流域的水量)、蒸腾蒸发总量(综合耗水总量)、总排水量(排出流域

之外的总水量)之间的平衡关系。流域综合耗水总量主要受气候、下垫面条件变化影响,当气候变化不大时,耗水量的变化主要取决于人类活动对下垫面条件的改变,是一个相对比较稳定的指标。

根据着眼点不同,流域水量平衡可采用两种分析计算方式:①从流域总来水量、蒸腾蒸发量、排水量之间的流域水分平衡,分析流域允许耗水总量;②从流域径流性产水量、耗水量和排水量之间的径流性水资源量平衡,分析界定允许径流性耗水量,国民经济用水和生态用水大致比例。满足上述耗水量约束的供需平衡方案方可入选水资源配置方案集。

上述四种基本平衡关系相互制约,互为反馈,关系极为复杂。只有从水资源系统整体出发对四种平衡关系进行有机协调,才能使水资源配置策略比较符合实际。

5 水资源配置决策方法

水资源配置属于半结构化的多层次、多决策者、多目标的一般决策问题,处理如此复杂的决策问题的理论方法尚不多见。合理配置的决策方法应该从简化决策入手,把复杂问题逐级化简,再将处理简单问题的方法复合起来形成处理复杂问题的有效方法,即将多层次决策问题分解为单层次问题,将多决策者问题通过合理综合归纳归结为单决策者问题,将多目标决策问题转化为单目标决策问题等,这样就一个复杂决策问题逐步简化为简单决策问题,使用现有的理论与方法来解决。

5.1 单目标决策分析技术

单目标分析是多目标决策的基础,包括优化与模拟两大内容,前者借助于数学规划理论建立规划模型,用约束条件和目标函数来描述问题并求解;后者则是用系统的物理机制建立数学模型,来处理系统的不确定性问题。其具体功能详见图1。

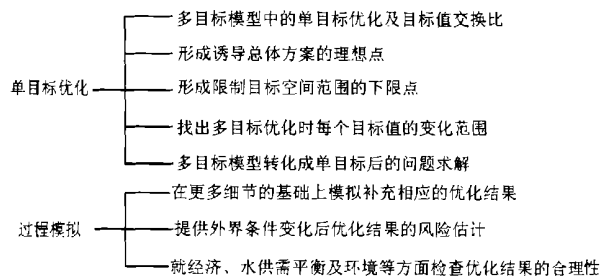


图1 决策过程中单目标分析的功能

在单目标优化中的第二及第三项功能,即理想点与目标空间下限点不是通常多目标方法中的参

考点, 而是基于客观数据算出的。无论理想点和下限点均是多目标情况下不可能达到的。先行利用单目标求解技术得到多目标意义下的理想点与下限点, 可为决策者提供在多目标综合方案评判时的有益见解。

5.2 多目标转化为单目标问题

将多目标优化问题转化为单目标优化问题求解借助于 Tchebycheff 算法。

该算法的核心是引入某个总体方案的各个目标与理想点的各目标值之间在目标空间的某种量度——切比雪夫距离 (Tchebycheff Norm)。

切比雪夫距离是理想点各目标值与某个方案点各目标值之差中的最大距离, 理想点是矢量, 方案点也是矢量, 因而两点之间距离还是矢量。但距离矢量中的最大一维元素是标量。

因此, 在引入切比雪夫距离后, 多目标问题的表达在形式上就成为单目标问题了。切比雪夫距离的另一个好处, 是该范数为一线性的初等函数, 可以自然地适应线性规划的模型格式, 因而适用求解大规模问题。

引入切比雪夫距离的最大好处, 在于可自然地地区分多目标意义下的劣解与非劣解。可以证明, 在切比雪夫距离最小的意义下得到的优化解, 都是理论上保证的非劣解。

由于切比雪夫距离仅是理想点与方案点之间距离矢量各维元素中的最大值, 易带来计算过程的病态结构, 因而又引入了广义切比雪夫距离。

广义切比雪夫距离是在切比雪夫距离基础上又加上平均距离的“光滑”项而得到的。光滑项比主项至少小两个数量级, 仅在出现病态数值结构时起作用。出于同样考虑, 又在理想点基础上再增加各维一个正的小量, 形成“超理想点”, 广义切比雪夫距离是超理想点与方案点之差。

在引入广义切比雪夫距离后相应的多目标优化方案只有一个, 即具有最小广义切比雪夫距离的那个方案。为了生成不同的方案供决策者挑选, 又引入了各维目标距离权重 λ , 各维权重之和为 1。改变一组权重, 在给定权重下可得到一个最优方案。

通过系统地生成权重 λ 及反复筛选, 可保证提供给决策者的方案是均匀分布在目标空间的、非劣的、具有最大相互差异性的方案, 并且还可保证每一轮生成的方案是逐步收敛的。

当在广义切比雪夫距离中引入权重后, 即成为广义加权的切比雪夫距离。多目标问题转化为单目

标优化问题, 便是通过广义加权切比雪夫距离进行的 (图 2)。有关调整 λ 生成不同方案在二维情形的示意参见图 3。

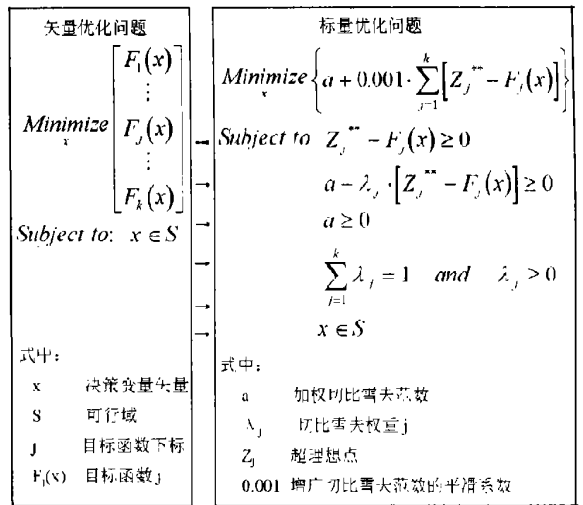


图 2 将矢量优化问题转化为标量优化问题

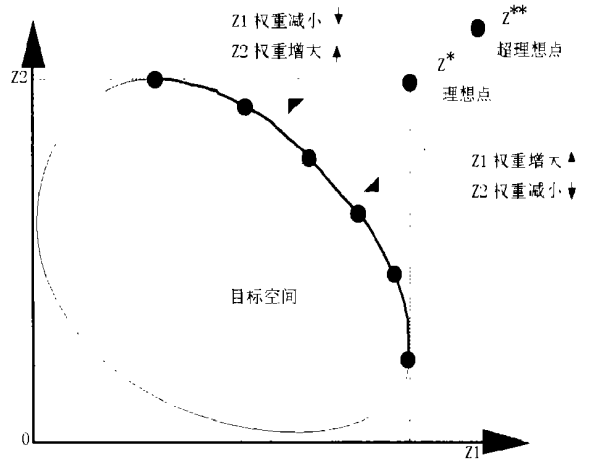


图 3 通过变动权重产生不同的非劣解示意

5.3 多决策者归结为单决策者问题

在双决策者情形下, 若甲决策者在第一轮对话时坚持选方案 3, 而乙决策者坚持选方案 5, 则没有一个共同接受的方案, 从而 DSS 也不能生成下一轮的方案。为了保证决策过程进行下去, 可引入利益理想点 (不满意度) 的概念, 协调各个决策者的利益冲突。

在 N 个决策者、M 个总体方案、L 个目标的情形下, 每个决策者通过综合判定每个方案的指标, 从 M 个方案中选出自己最偏爱的方案, 作为该决策者的理想方案。在群决策模式下各决策者间的利益冲突使该决策者不一定能得到其理想方案, 对应于理想方案的目标值, 即是该决策者局部的利益理想点。

显然, 其余各个方案的目标值与该决策者利益

理想点的距离，即是该决策者对其余各个方案的不满意度。大多数情形下，被选中方案的目标值总是优于未被选中方案的相应目标值，因此总可计算出正值的不满意度。若某个未被选中方案的若干目标值优于被选中方案的相应目标值，可认为超出部分并不增加该决策者的满意度，故可将超过部分处理为零。

在每个决策者对全部总体方案经评判得到不满意度后，对每个总体方案而言，再综合各个决策者的不满意度，得到每个总体方案的综合不满意度。显然，具有最小综合不满意度的方案应是各决策者能够共同接受的方案。由于经过协调达成了协议，因而多决策者问题转化成单决策者问题，就有可能用上述的多目标分析方法进一步对问题进行求解。

各决策者的权重可根据各地区 GDP 占总 GDP 的百分比或投资百分比确定。这一群决策模型的主要优点是决策者所要做的选择非常简单，只要根据自己的经验及偏好选择一个方案即可，其余处理均由计算机完成。然而提供给决策者的信息却极大，不仅有目标空间信息，还有决策空间的信息，而且还有模拟后的风险信息。

所有这些信息均是基于规划实际计算出来的，消除了主观因素带来的误差。群决策模式转化为单决策者模式的示意参见图 4。

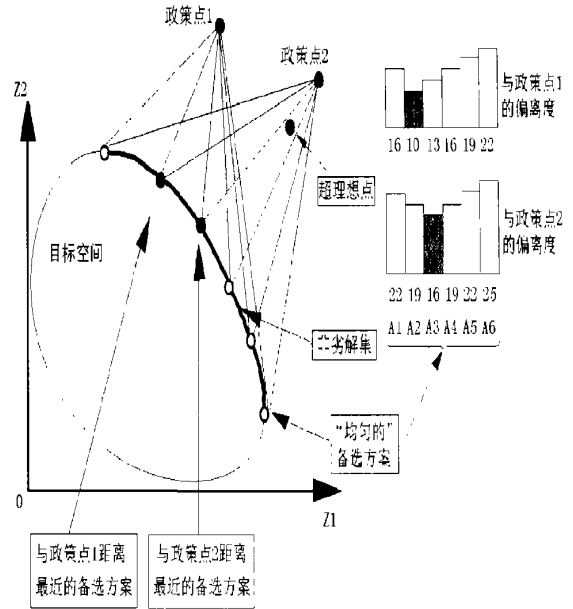


图 5 上层决策者政策导向对方案选择的影响

5.4 多层次决策归结为单层次决策问题

以上讨论的群决策问题仅限于同一层次的决策者之间。不同层次的决策者之间不能用简单的利益关系，而要通过上层决策者的政策导向，使下层决策者达成一致。在上层决策者看来，尽管所推荐的 M 个方案经过下层决策者的讨价还价已经都有了综合不满意度，但这些方案的不满意度次序与距上级政策偏离度的次序并不一定一致，还有必要进行上下层决策者之间的对话。上、下层决策者之间对话是在下层决策者之间的对话结束、各方案的不满意度已经计算出来之后。所谓政策偏离度，即政策点与各个方案在一系列对应指标上的某种广义距离。如，上层决策者通过综合平衡认为每年人均 GDP6000 元，BOD 排放量 40kg，人均粮食产量 450kg，就业率 98% 是可以接受的，那么体现有关各项政策的政策点即为 (6000, 40, 450, 0.98)。有了理想点与方案点，两点之间的某种广义距离便可立即计算出来。通过政策偏离度的计算，每个总体方案既有政策偏离度的值，又有不满意度的值。上层决策者计算各个方案的政策偏离度，来评价及选择方案；下层决策者通过各个方案的不满意度来共同选择方案；而二者的结合，则是通过方案的综合优先度完成的。

为了计算方案的综合优先度，要先确定上下层决策者的层权重。层权重可以按 (下转第 70 页)

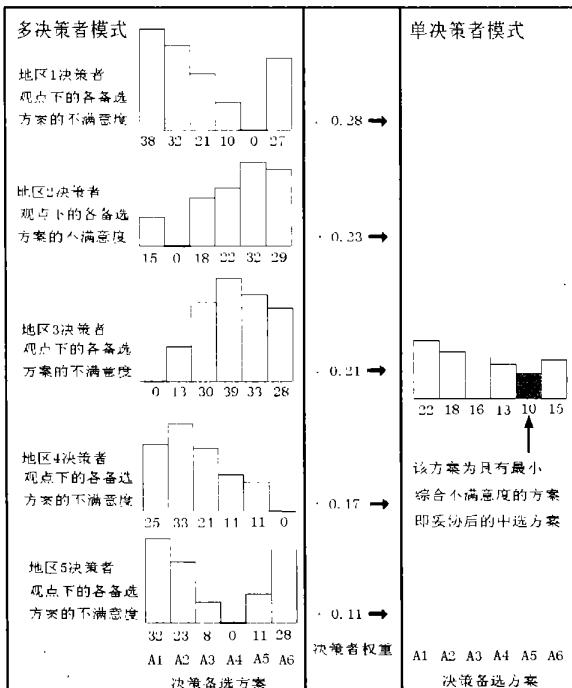


图 4 多决策者模式转化为单决策者模式

3、可持续发展观。可持续发展本身是科学发展观的一个体现,是由自然规律、经济规律、社会规律所决定的。但处理可持续发展问题,不能绝对化。要在发展中保护,在保护中发展。

当代世界先进生产力发展有两个显著特征,一是知识经济,一是循环经济。前者充分体现科技的作用,充分体现人力资本的作用;后者充分体现可持续发展的要求。这就是科学的发展观。

4、大众的发展观。经济发展最后要为广大人民群众或者绝大多数人带来实惠,带来利益,要追求社会的公平、正义、协调。树立大众的发展观,意味着不能只注重物质财富量的增长,还要关注分配问题、社会保障问题,要统筹协调城市与农村之间、地区之间、各种社会群体之间和各种利益集团之间的关系。大众的发展观也是社会主义发展的本质。社会主义说到底就是要让最广大的人民群众过上好日子,是一种平等、和谐的关系。

5、现代发展观。从国际上来看,经济全球化的制度特征是市场经济的全球化。从国内来看,我国的改革是市场化取向的改革,现代发展观就是面向全球的现代市场经济的发展观,要考虑在全方位开放的条件下,如何充分利用全球化和市场机制优化配置资源的积极作用,研究政府的职责和义务。

(二)“十一五”应重点考虑五大能力的建设

1、科技创新能力。国际上把各国科技分为四个层次,第一层是美国,称为科技核心国;第二层是欧盟等发达国家,称为科技强国;第三层是俄罗

斯,称为科技大国;我国则处在最底层,称为科技边缘国。如果经过二十年的努力,到全面建成小康社会的时候能从科技边缘国上升到科技大国水平,进一步努力再向科技强国迈进,才有可能有先进生产力的较大较快的发展。

2、国际竞争能力。一是在继续保持出口价格竞争力的同时,千方百计增强非价格竞争力。二是在分工体系中,不断增强动态比较优势,加强在国际分工中把握主动权的能力。三是增强参与制定国际经济贸易规则和标准的能力。现在的标准是发达国家制定、我们被动接受的。掌握制定国际标准和国际规则的主动权,是国际竞争能力的一个重要方面。

3、可持续发展能力。除生态环保建设外,还有立足于全球的重要资源的可持续供给能力。

4、系统协调能力。一是在一个更加开放的条件下,保持宏观经济的内外平衡的系统协调能力,包括统筹协调城乡经济、地区经济,以及统筹经济与社会的发展等方面的能力。二是“十一五”期间仍是经济结构战略性调整向纵深发展、经济体制改革向深层次攻坚的阶段,这个阶段各种利益关系将有大的调整,重新规范、统筹协调各种利益主体利益关系的能力也是系统协调能力的一个重要方面。

5、安全保障能力。主要是粮食安全、能源安全、重要产业安全、公共卫生安全和国防安全,形成应对各种突发事件的能力,把防危机管理纳入规划中。

(上接第56页)中央与地方在投资开发水资源的出资比例确定,也可再考虑其它因素以适当提高上层决策者的权重。一旦层权重确定后,方案的综合优先度立即可通过上层的政策偏离度与下层的方案不满意度加权得到。

显然,在不同的宏观政策导向下会有不同的各个方案的政策偏离度序列,因而也会影响到方案的综合优先度。通过这种方法,可以研究政策变化对水资源开发规划方案的影响。

在方案综合优先度计算出来之后,事实上多层决策模式已经归结为单层决策模式。具有综合优先度最小值的那个方案,显然是上下层决策者共同推荐的方案。因为从上层决策者的角度看其偏离既定政策的程度小,从下层决策者角度看其总不满意度也较小。这时可推荐这一方案,进行多目标分析过程。关于上层决策者政策导向对方案选择的影响参

见图5。

以上从水资源配置的内涵、基本原则和主要任务、决策机制、目标度量与主要平衡关系、决策方法5个方面对水资源配置的理论与方法进行了粗浅的介绍,有关配置模型的构建及操作将在另一篇论文“水资源配置模型研究”中详细介绍。

(作者:王浩 所长 教授级高级工程师
汪林 教授级高级工程师)

声明

《水利规划与设计》2003年第3期发表的《发展项目投资分析中可持续问题的考虑》一文作者之一李 晓凯,系北京师范大学环境学院博士生。