

基于用水总量与效率控制的云南省水资源配置

马平森¹,雷艳娇²,卯昌书¹,顾世祥¹,杨树德¹

(1. 云南省水利水电勘测设计研究院,云南 昆明 650021; 2. 云南农业大学水利水电与建筑学院,云南 昆明 650201)

摘要:为贯彻落实国家最严格水资源管理制度的总体要求,分析了云南省各州(市)的用水总量控制指标,以云南省目前的供水格局为基础,结合水源工程建设规划,建立基于水资源配置管理工具 Mike Basin 的水资源系统模拟模型,提出了云南省 2020 水平年、2030 水平年各行业之间和各州(市)之间的水资源配置以及各水源工程之间的供水格局。到 2030 水平年,通过推进节水型社会建设、水源工程建设和实施滇中引水工程等措施,全省河湖生态和经济社会发展用水需求基本得到保障,符合用水总量控制和用水效率控制的目标。

关键词:水资源;合理配置;用水总量;用水效率;红线控制;云南省

中图分类号:TV212.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-7647(2015)01-0049-05

Water resources rational allocation based on total water consumption and water efficiency control in Yunnan Province//MA Pingsen¹, LEI Yanjiao², MAO Changshu¹, GU Shixiang¹, YANG Shude¹(1. Yunnan Water Conservancy and Hydroelectric Survey Design and Research Institute, Kunming 650021, China; 2. College of Water Conservancy and Hydroelectric and Architecture, Yunnan Agricultural University, Kunming 650021, China)

Abstract: This paper analyzes the total water control targets in states (cites) in order to implement the general requirements of the most stringent water management system. Based on the current situation of water supply pattern in Yunnan Province, combined with the water project construction planning, a model for water resource system simulation is developed with water resources configuration management tool MIKE BASIN. Additionally, it is also presented the water allocation among various sectors and states (cites), and water-supply pattern among the various water projects in 2020 and 2030. To 2030 target year, through promoting construction of water-saving society, water projects, Water Diversion of the Central Yunnan and other projects, ecological and socio-economic water demand will be satisfied, in line with total water control and water efficiency control constraints.

Key words: water resources; rational allocation; total water consumption; water efficiency; red line; yunnan province

2012 年以来,国务院和水利部相继颁布了《国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见》、《国务院办公厅关于印发实行最严格水资源管理制度考核办法的通知》和《水利部关于印发落实国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见实施方案的通知》等重要文件,要求把实行最严格水资源管理制度作为加快转变经济发展方式的战略举措。在经济社会发展和用水需求不断持续增长的形势下,要严格按照水资源承载能力控制用水总量,提高用水效率,把建设节水型社会作为推进资源节约型、环境友好型社会建设的重要措施,强化水资源保护,保证可持续利用,形成有利于水资源节约、保护的经济结构、生产方式、生活方式,促进生产发展、生活富裕、

生态良好的科学发展、和谐发展和跨越发展。

水资源系统模拟主要根据水资源合理配置的目的与需要,紧紧抓住主要问题和主要矛盾,深入分析和研究具体水资源系统,对与水资源合理配置目的相关的各种重要特性和规律真实地在模型中加以反映,而对其他次要方面需做适当的概化,主要有线性规划、非线性规划、动态规划、大系统优化理论、系统动力学理论等方法^[1]。

左其亨等^[2]解读了最严格水资源管理制度的理论体系框架,阐述了制度形成的指导思想、基本原则、科技支撑、理论方法和保障措施等;李原园^[3]分析了水资源合理配置与最严格水资源管理制度中的开发利用红线、用水效率红线与限制纳污红线的密

切关系,水资源合理配置在实施最严格水资源管理制度中具有重要的基础性作用;汪党献等^[4]探讨了用水总量控制制度的主要内容以及制定用水总量控制指标的原则、依据、方法和技术路线等;陈进等^[5]分析了水资源“三条红线”管理的内涵和三者之间的关系,提出了“三条红线”管理区域差异性和不同地区的控制重点;曾祥等^[6]研究了长江流域干支流及各省级行政区的用水总量控制指标;安婷^[7]提出了青海省黄河流域水资源开发利用总量控制阶段性控制指标分解方法;杨永生等^[8]研究了赣江袁河流域基于用水总量控制的水资源承载能力;王偲等^[9]研究提出了莱州市基本“三条红线”的多水源联合调度模型和不同规划水平年的控制指标;魏娜等^[10]以水量、水质的联合调控为目标,研究了嫩江流域基于水功能区的水量调控模型。本文根据国家实行最严格水资源管理制度的总体要求和下达的用水总量控制指标,结合云南省水源工程建设规划布局,运用水资源配置管理工具 Mike Basin 建立水资源系统模拟模型,提出云南省 2020、2030 水平年基于用水总量和效率控制的水资源配置方案。

1 用水总量控制指标

1.1 供水体系主要特点

截至 2011 年底,云南省已建成大、中、小型水库 5 590 座,塘坝 4.5 万座,引水工程 18.7 万条,提水工程 1.24 万处,配套机电井 3 280 眼。根据 2000—2011 年逐年供水量分析得到目前供水能力为 157.29 亿 m^3 ,其中蓄水工程为 61.60 亿 m^3 ,占 39.2%;引、提水工程为 81.33 亿 m^3 ,占 51.7%;江河湖库水系连通工程(以下简称连通工程)为 2.65 亿 m^3 ,占 1.7%;地下水工程为 3.15 亿 m^3 ,占 2.0%;污水处理回用为 2.23 亿 m^3 ,占 1.4%;山区“五小水利”工程为 6.32 亿 m^3 ,占 4.0%。供水体系的主要特点是:全省仅有 7 座大型水库,其总库容仅占全部蓄水工程总库容的 20.0%,中、小型水利工程占据全省供水量的主导地位;滇中的昆明、曲靖、玉溪、楚雄、红河、大理等 6 个州(市)蓄水总库容达到 77.46 亿 m^3 ,占全省总数的 70%,供水工程的地区分布不均,严重制约了云南省经济社会的可持续发展;截至 2011 年底,全省水库对河川径流的调节程度只有 5.2%,年缺水总量达 37.8 亿 m^3 ,水利建设远跟不上社会经济发展的步伐,工程性缺水是当前全省的主要缺水形式。

1.2 用水管理突出问题

云南省自产水资源总量 2 210 亿 m^3 ,但水资源时空分布极为不均,总量虽多,可利用量少,利用难

度大。占全省土地面积 6% 的坝区,集中了全省 2/3 人口和 1/3 耕地,而水资源量仅占全省总量的 5%;每年 85% 左右的降水集中在汛期,洪旱灾害频繁。滇中经济区是全省经济社会发展的龙头,人均水资源量仅 700 m^3 ,其中滇池流域不足 200 m^3 ,处于极度缺水状态。全省 40% 的主要河流水体被不同程度污染,滇池等湖泊水功能严重退化,昆明翠湖、丽江黑龙潭等大批重要泉群相继枯竭或季节性断流。同时用水方式粗放,工农业用水效率低,社会节水意识不强,管理薄弱,节水型社会建设滞后,单位 GDP 用水量大幅高于全国平均水平。资源性、工程性、水质性缺水已严重制约全省经济社会的可持续发展。随着工业化、城镇化和民族文化大省战略的加快推进,水资源与人口、土地、生产力等布局不匹配的矛盾将更加尖锐,用水供求矛盾将更加突出。2009—2012 年连续 4 年特大干旱灾害,充分暴露了水利基础设施薄弱、水资源丰枯调控能力低的问题,也凸显了必须建管并重,加快转变水资源粗放利用、遏制用水浪费、防止水环境恶化等的重要性和紧迫性。

1.3 用水总量控制指标

根据国办发[2013]2 号等文件,国家下达云南省的用水总量控制红线指标是:2015 年、2020 年、2030 年的用水总量分别为 184.87 亿 m^3 、214.63 亿 m^3 、226.82 亿 m^3 。按照云南省用水总量控制目标进行全省需水量在各行业的配置,到 2020 水平年,平水年(多年平均)总需水量 214.63 亿 m^3 ,其中城镇生活需水量 20.29 亿 m^3 ,农村生活需水量 14.27 亿 m^3 ,工业需水量 25.37 亿 m^3 ,农业需水量 154.70 亿 m^3 ;中等干旱年($P=75\%$)总需水量 231.42 亿 m^3 ,其中城镇生活需水量 20.29 亿 m^3 ,农村生活需水量 14.27 亿 m^3 ,工业需水量 25.37 亿 m^3 ,农业需水量 171.49 亿 m^3 ;特殊干旱年($P=95\%$)总需水量 239.91 亿 m^3 ,其中城镇生活需水量 20.29 亿 m^3 ,农村生活需水量 14.27 亿 m^3 ,工业需水量 25.37 亿 m^3 ,农业需水量 179.98 亿 m^3 。

预测 2030 水平年,平水年(多年平均)全省总需水量 226.82 亿 m^3 ,其中城镇生活需水量 26.04 亿 m^3 ,农村生活需水量 15.76 亿 m^3 ,工业需水量 31.24 亿 m^3 ,农业需水量 153.78 亿 m^3 ;中等干旱年($P=75\%$)总需水量 246.72 亿 m^3 ,其中城镇生活需水量 26.04 亿 m^3 ,农村生活需水量 15.76 亿 m^3 ,工业需水量 31.24 亿 m^3 ,农业需水量 173.68 亿 m^3 ;特殊干旱年($P=95\%$)总需水量 254.31 亿 m^3 ,其中城镇生活需水量 26.04 亿 m^3 ,农村生活需水量 15.76 亿 m^3 ,工业需水量 31.24 亿 m^3 ,农业需水量 181.27 亿 m^3 。

2 水资源合理配置方案

2.1 水资源配置原则

a. 以水资源四级分区套地级行政区为计算单元,以强化节水措施的水资源供需分析成果为基础,严格实行用水总量红线控制,提高用水效率,强化用水定额管理,严格控制入河湖排污总量,推进生态系统保护与修复,在经济社会系统和生态环境系统之间、不同流域和区域之间以及不同用水行业之间对全省水资源进行合理配置,使水资源配置格局与经济社会发展及生态环境保护的要求相协调。

b. 遵循“先节水后开发、先本区后调水、先治污后用水”的原则,按照节水、降耗、治污、减排的要求,实行节水优先、治污为本、多渠道开源,水量、水质、水生态并重,合理调配水资源,提高水资源循环利用的水平和效率,统筹考虑水资源利用的经济效益、社会效益和生态效益的关系,发挥水资源的多种功能。

c. 到 2020 年,全省万元工业增加值用水量(2000 年不变价)应降到 65 m³ 以下,农田灌溉水有效利用系数提高到 0.55 以上;到 2030 年,用水效率不低于全国平均水平,万元工业增加值用水量(2000 年不变价)降低到 40 m³ 以下,农田灌溉水有效利用系数提高到 0.6 以上。上述标准可作为用水效率控制指标,复核全省 2020 年、2030 年的需水预测成果的合理性。

d. 根据《云南省水资源综合规划》《云南省水利发展“十二五”规划》《西南五省(云南省)重点水源工程近期建设规划》《云南省大中型水电站水资源综合利用专项规划》《滇中引水工程规划》《云南省水中长期供求规划》等提出的水源工程总体布局,大、中、小型水库并举,蓄、引、提、调结合,进一步推进骨干水源工程建设,进一步增强全省水利工程调蓄能力,基本构成全省各主要经济区域的水资源合理配置总体格局;加快科学论证和前期工作,创造条件积极开展以滇中引水为重点的跨流域水资源调配工程,努力提升滇中等重点资源性缺水地区水资源承载能力,统筹解决资源性缺水问题,保障城乡饮水、工业用水、粮食主产区灌溉用水和生态用水需求;将大、中型水电站纳入全省水资源统一配置管理,统筹解决水电站周边城乡饮水和农田灌溉用水问题,云南省大、中型水电站水资源综合利用专项规划在滇中地区的项目到 2030 水平年将调整作为特枯年的城乡应急供水水源。

e. 按照《全国水中长期供求规划技术大纲》的规定,退减被挤占河道生态环境用水的标准是:

2010—2020 年按断面多年平均来水量的 10% 退减;2020—2030 年以保证河道生态环境“良好”为目标,枯水期按多年平均来水量的 10%,汛期按多年平均来水量的 30%。考虑到云南省水资源时空分布极不均匀、经济社会发展对水资源的需求与水利工程建设资金投入严重不匹配、历史欠账大的状况,2020 年滇中等水资源紧缺地区优先保障河湖基本生态用水、城乡生活用水,再统筹考虑工农业生产和河湖生态用水需求,而在滇南、滇西南等水资源丰沛地区则按“良好”标准进行挤占河道生态环境用水退减,即 2010—2020 年考虑河道生态退减水量应按退减总水量的 40% 考虑,到 2030 年再退减剩下的 60%。

f. 由于云南省浅层地下水资源是地表水资源的重复计算量,深层地下水与地表水之间的水力联系复杂,因此从保护地下水生态环境的角度出发,应削减地下水工程的取水量,并逐步以地表水源工程替代地下水工程。污水处理回用需投入大量资金进行深度处理和建设配套管网工程,才能满足工农业生产用水要求,因此云南省污水处理回用主要集中在滇中城市群等水资源紧缺地区。

2.2 水资源供需平衡分析

根据全省 1956—2000 年长系列用水资料,滇中引水工程受水区、车马碧调水工程受水区等重点区域资料延长至 2010 年,以水资源四级分区套地级行政区为计算单元,建立基于地理信息系统平台 ArcGIS 和水资源配置管理工具 Mike Basin 的水资源系统模拟模型^[11],经过数据输入、参数率定、节点水量平衡检验、配置方案模拟、成果输出整理等步骤,得到基于用水总量与用水效率控制的云南省 2020、2030 水平年水资源配置方案。

2.2.1 水量平衡公式

具有调节性能的湖泊及人工建成的水库、塘坝等蓄水工程,其时段 t 的水量平衡公式如下:

$$S_{t+1} = S_t + I_t + Q_{U_t} - W_{D_t} - W_{L_t} - W_{A_t} - W_{E_t} - W_{O_t} - W_{EB_t} - T_{E_t} - T_{S_t} - Q_{D_t} \tag{1}$$

式中: S_t 、 S_{t+1} 分别为水库湖泊时段初、末蓄水量; I_t 为时段 t 的水库入流量(包括区间入流); Q_{U_t} 为时段 t 的上游泄水量; W_{D_t} 、 W_{L_t} 、 W_{A_t} 、 W_{E_t} 、 W_{O_t} 、 W_{EB_t} 分别为时段 t 的生活用水量、工业用水量、农业用水量、河道外生态环境用水量、其他用水量、河道内生态基流量; T_{E_t} 、 T_{S_t} 分别为时段 t 的蒸发量、渗漏量; Q_{D_t} 为时段 t 的水库泄水量或正常供水区外引水量。

a. 2020 水平年,河道内生态基流量按照 SL 322—2013《建设项目水资源论证导则》的规定,取多年平均流量的 10%,即

$$W_{EB} = \left(\frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} \bar{Q}_i \right) \times 10\% \quad (2)$$

式中 $\bar{Q}_i$ 为第 i 月的多年平均流量。

b. 2030 水平年,河道内生态基流量为河道维持健康和谐的生态用水量,即

$$W_{EB} = \alpha_i \bar{Q}_i \quad (3)$$

式中 α_i 为生态流量系数,11 月至次年 4 月取 10%,5—10 月取 30%。

2.2.2 分水节点和控制节点

对于水资源模拟系统中的各个节点,进入该节点的水量必须与从该节点出来的水量平衡,即

$$\text{分水节点} \quad \sum_i W_{ii} = \sum_k \sum_i P_{kit} W_{ii} \quad (4)$$

$$\text{控制节点} \quad \sum_i Q_{INi} = \sum_i Q_{OUTi} \quad (5)$$

式中: W_{ii} 为分水结点 i 在时段 t 的引水量; P_{kit} 为时段 t 第 i 水源引水量向第 k 流向分配水量的分配系数; $\sum_i Q_{INi}$ 为节点 i 所有入流量; $\sum_i Q_{OUTi}$ 为节点 i 所有出流量。

根据建立的水资源配置模拟模型统计,云南省目前的水资源配置模型中共有 2 371 个用水和供水节点,其中用水节点 635 个,供水节点 435 个(水库节点 237 个),其他节点 1 301 个;到 2030 年,整个网络模型中的供水和用水节点增加到 3 358 个,其中用水节点 969 个,供水节点 647 个(水库节点 400 个),其他节点 1 742 个^[11]。

预测到 2020 水平年,全省河道生态环境用水退减 16.17 亿 m^3 ,占总退减水量的 39%。多年平均情况下,各类水利工程新增供水量 73.51 亿 m^3 ,全省

可供水量达到 214.63 亿 m^3 ,各类水源工程供水量构成见图 1。全省需水量 214.63 亿 m^3 ,供水量 214.63 亿 m^3 ,供需平衡;中等干旱年($P=75\%$)全省需水量 231.42 亿 m^3 ,供水量 220.33 亿 m^3 ,缺水 11.09 亿 m^3 ,缺水率 4.8%;特殊干旱年($P=95\%$)全省需水量 239.91 亿 m^3 ,供水量 210.60 亿 m^3 ,缺水 29.31 亿 m^3 ,缺水率 12.2%。

预测到 2030 水平年,云南省大、中型水电站水资源综合利用专项规划滇中地区项目将调整作为特枯年的应急供水水源,考虑河道生态环境用水退减 25.47 亿 m^3 ,占总退减水量的 61%。多年平均情况下,各类水利工程新增供水量 48.13 亿 m^3 ,全省可供水量为 226.82 亿 m^3 ,各类水源工程供水量构成见图 2(滇中引水工程供水量已包含在连通工程中)。全省需水量 226.82 亿 m^3 ,供水量 226.82 亿 m^3 ,供需平衡;中等干旱年($P=75\%$)全省需水量 246.72 亿 m^3 ,供水量 240.24 亿 m^3 ,缺水 6.48 亿 m^3 ,缺水率 2.6%;特殊干旱年($P=95\%$)全省需水量 254.31 亿 m^3 ,供水量 233.23 亿 m^3 ,缺水 21.07 亿 m^3 ,缺水率 8.3%。

从图 1 和图 2 可以看出,云南省蓄水工程供水比重由目前的 39.2% 提高到 2030 年的 42.8%,引、提水工程供水比重由目前的 51.7% 下降到 2030 年的 32.5%,河湖库水系连通工程供水比重由目前的 1.7% 提高到 2030 年的 15.2%,地下水工程供水比重由目前的 2.0% 下降到 2030 年的 0.6%,其他工程供水比重由目前的 5.4% 提高到 2030 年的 8.9%。人均用水量由目前的 320 m^3 提高到 2030 年的 414 m^3 ,万元 GDP 用水量由目前的 204 m^3 下降到 2030 年的 85 m^3 (当年价),万元工业增加值用水

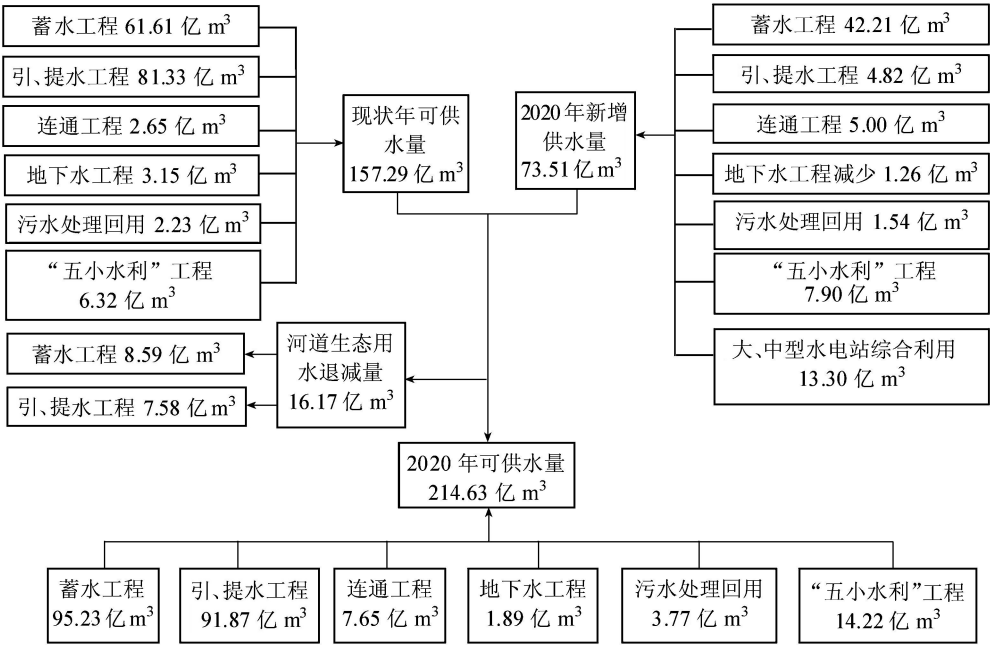


图 1 云南省 2020 年各类水源工程可供水量构成示意图

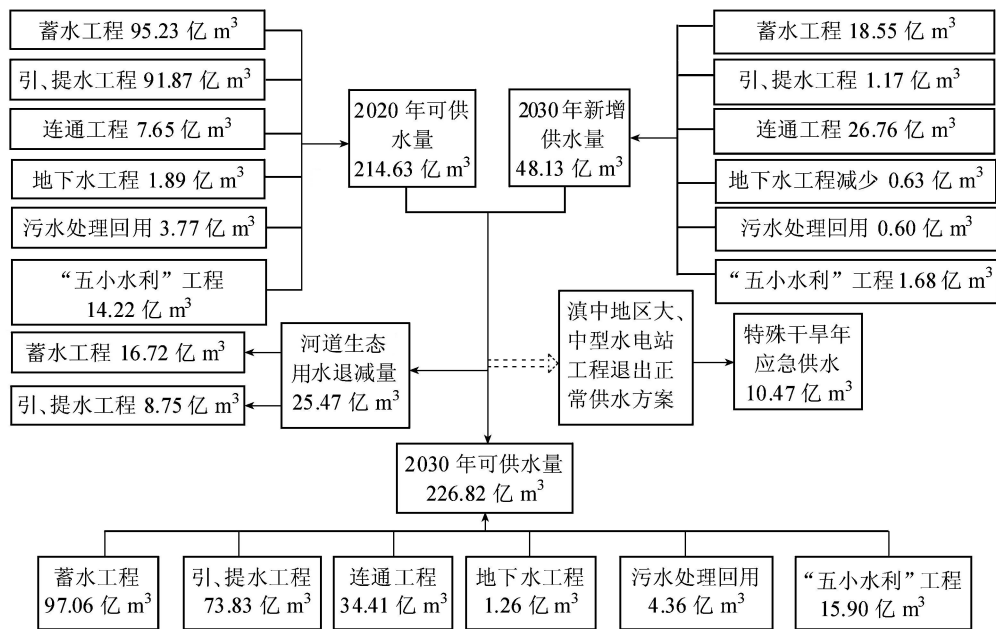


图2 云南省2030年各类水源工程可供水量构成示意图

量由目前的98 m³下降到2030年的32 m³(当年价)。

需要说明的是,云南省境内的水电站综合利用工程,目前还存在提水扬程高、运行本成较高、投融资体制有待于政策性突破等问题,以水电反哺地方工农业经济发展,才能和谐处理“云电外送”水电开发与边疆少数民族地区脱贫致富奔小康之间的关系,维护西南边陲稳定。

2.3 州(市)级用水总量控制

根据全省用水总量控制指标,以《云南省水资源综合规划》《滇中引水工程规划》《云南省水中长期供求规划》等确定的各水平年水资源配置方案为基础,结合全省16个州(市)目前用水水平和全省水源工程布局,编制各州(市)的用水总量控制指标。2013年10月,云南省人民政府办公厅印发了《云南省人民政府办公厅关于印发云南省实行最严格水资源管理制度考核办法的通知》,正式颁布各州(市)用水总量控制指标。在编制州(市)级用水总量控制指标过程中,考虑了各州(市)之间目前用水水平的差异以及已建水利工程供水能力衰减和新建水源工程供水能力等因素,各州(市)的用水总量控制指标基本满足当地经济社会发展的用水需求,如表1所示。

3 结 语

针对云南省高原山区水资源系统的复杂性,分流域水系建立基于ArcGIS平台的Mike Basin水资源系统模拟模型,按照水资源“三次供需平衡”提出目前、2020水平年、2030水平年全省的水资源合理配置方案和工程总体布局,按照维持河湖健康理念

表1 云南省2030年各州(市)用水总量和人均用水量

行政 分区	用水总量/ 亿 m ³	人均 用水量/m ³	行政 分区	用水总量/ 亿 m ³	人均 用水量/m ³
昆明市	37.08	486	红河州	20.76	396
曲靖市	25.24	382	文山州	13.37	336
玉溪市	12.80	461	西双版纳州	7.74	605
保山市	12.47	440	大理州	18.96	468
昭通市	13.91	237	德宏州	7.97	582
丽江市	8.48	601	怒江州	2.23	369
普洱市	15.15	528	迪庆州	2.20	485
临沧市	11.41	415	云南省	226.82	429
楚雄州	17.03	545			

进行河道内、外生态用水的需求和配置,解决云南省总体工程性缺水、滇中等局部地区资源性和水质性缺水的问题,表明模拟模型是有效的。

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] 左其亭,李可任. 最严格水资源管理制度理论体系探讨[J]. 南水北调与水利科技,2013,11(1):34-38. (ZUO Qiting, LI Keren. Discussion on theoretical system of the strictest water resources management system [J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2013,11(1):34-38. (in Chinese))
- [3] 李原园. 水资源合理配置在实施最严格水资源管理制度中的基础性作用[J]. 中国水利,2010,27(5):26-28. (LI Yuanyuan. Basic function of the reasonable allocation of water resources management in the implementation of the most rigorous system [J]. China Water Resources, 2010,27(5):26-28. (in Chinese))

(下转第56页)

未必能考虑水资源的可持续发展。

专家们探讨愿景并公开出版论文集的活动,是倡导公众、专业人员、政治领袖对未来作出更多的思考,然后朝着理想去奋斗。各人的愿景,尤其是所希望看到的 2050 年的前景,会有所不同,而且会是一个随时间不断进化的过程,这是完全正常的。重要的是全球作为一个共同体,在愿景上需要谋求共识,然后才有可能同心协力去实现它!图 3 表现 Colorado 河下游地区水资源开发利用的合作共赢。

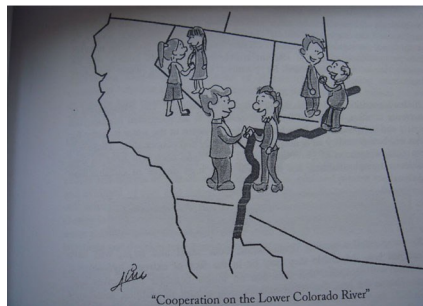


图 3 Colorado 河下游地区水资源开发利用的合作共赢

专家们对于 2050 年各个方面的愿景,得出如下几个普适性的结论:

a. 水资源年际变动所固有的随机波动,由于不平稳性日渐增强,使规划、设计、建设和管理更加困难,存在的问题也更加突出。

b. 由于全球人口的不断增长(特别是在城市地区),保证人类社会生存的安全和足够的生活用水,更好地满足工农业生产、卫生和生态环境对水的需求,是水资源管理和决策变革的驱动力。

c. 科学和技术的进步将继续加速变革的步伐,同时为管理和决策提供新的途径。

d. 为实现 2050 年我们共同的愿景,必须继续强化水资源和环境一体化的规划和管理,其变革的战略方向是强化决策方案的适应性、稳健性和综合性^[6]。

参考文献:

- [1] WALTER M G. Toward a sustainable water future: vision for 2050 [M]. Reston, Virginia; the American Society of Civil Engineers, 2012.
- [2] GABRIEL K. What college will be like in 2023? [N]. WSJ, 2013-10-31(5).
- [3] ASCE TASK COMMITTEE. Achieving the vision for civil engineering in 2025 [M]. Reston, Virginia; American Society of Civil Engineers, 2009.
- [4] The United Nations world water development report 3: water in a changed world [R]. Paris, France; UNESCO, 2010.
- [5] BROWN J S, DUGUID P. The social life of information [M]. Boston; Harvard Business School Press, 2000.
- [6] ASFP. Floodplain management 2050 [M]. Washington D. C.; Project Foresight Workshop, 2008.

(收稿日期:2014-01-15 编辑:周红梅)

(上接第 53 页)

- [4] 汪党献, 郦建强, 刘金华. 用水总量控制指标制定与制度建设 [J]. 中国水利, 2012, 29(7): 12-14. (WANG Danxian, LI Jianqiang, LIU Jinhua. Determination of control indicators of water use and system establishment [J]. China Water Resources, 2012, 29(7): 12-14. (in Chinese))
- [5] 陈进, 黄薇. 实施水资源三条红线管理有关问题的探讨 [J]. 中国水利, 2011, 28(6): 118-120. (CHEN Jin, HUANG Wei. Discussion on implementation of Three Red Lines Principles for water resources management [J]. China Water Resources, 2011, 28(6): 118-120. (in Chinese))
- [6] 曾祥, 董玲燕, 骆建宇. 长江流域干支流用水总量控制指标研究 [J]. 长江科学院院报, 2011, 28(12): 19-21. (ZENG Xiang, DONG Lingyan, LUO Jianyu. Target of controlling total amount of water use from main stream and tributary of Yangtze River [J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2011, 28(12): 19-21. (in Chinese))
- [7] 安婷. 青海省黄河流域水资源开发利用总量控制阶段性控制指标分解方法 [J]. 水资源保护, 2013, 29(1): 69-72. (AN Ting. A method for decomposition of stage control indices of total water resources development and utilization control: a case study of Yellow River Basin in

Qinghai Province [J]. Water Resources Protection, 2013, 29(1): 69-72. (in Chinese))

- [8] 杨永生, 温天福, 刘聚涛. 基于用水总量控制的水资源承载能力分析研究(以赣江袁河流域为例) [J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(3): 276-281. (YANG Yongsheng, WEN Tianfu, LIU Jutao. Analysis of carrying capacity based on total quantity control of water consumed (a case study in the Yuan River Basin) [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2012, 21(3): 276-281. (in Chinese))
- [9] 王偲, 窦明, 张润庆, 等. 基于“三条红线”约束的滨海区多水源联合调度模型 [J]. 水利水电科技进展, 2012, 32(6): 6-10. (WANG Cai, DOU Ming, ZHANG Runqing, et al. Multiple-water source dispatching under constraints of 'Three Red Lines' [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2012, 32(6): 6-10. (in Chinese))
- [10] 魏娜, 游进军, 解建仓, 等. 基于水功能区的水量调控模型研究 [J]. 水资源保护, 2012, 28(6): 19-23. (WEI Na, YOU Jinjun, XIE jiacang, et al. A water quantity regulation model based on water functional zone [J]. Water Resources Protection, 2012, 28(6): 19-23. (in Chinese))
- [11] 顾世祥, 崔远来. 水资源系统规划模拟与优化配置 [M]. 北京: 科学出版社, 2013.

(收稿日期:2014-01-24 编辑:周红梅)