

干旱区内陆河流域水资源使用权多目标优化分配 ——以甘肃省石羊河流域为例

史银军, 粟晓玲

(西北农林科技大学水利与建筑工程学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 干旱区内陆河流域水资源短缺, 供需矛盾突出, 上中下游用水竞争激烈, 水资源的使用权分配对解决流域内不同区域间用水冲突和水资源合理利用具有重要的理论与实践价值。提出干旱区内陆河流域水资源使用权的优化分配原则, 考虑不同规划年可利用水资源量和净需水量, 以流域人均自产粮食需求需水为水资源使用权分配的约束下限, 建立多目标优化分配模型。以石羊河流域为例, 得到在不同规划水平年下分别考虑外调水和自产水情况下的流域水资源使用权的分配方案。结果表明, 各行政分区缺水率差异明显减小, 并与《石羊河流域重点治理规划》分水方案比较, 金川区生产用水使用权分配显著增加。

关键词: 需水预测; 水资源使用权; 优化分配; 石羊河流域

中图分类号: TV213.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)02-0136-05

近年来, 关于水权分配的研究成为国内研究的热点问题。水权最简单的说法是水资源的所有权和使用权, 我国《水法》规定, 水的所有权属于国家所有, 因此水权分配的重点是水的使用权分配问题^[1]。目前, 国内关于水权分配的方法有层次分析法^[2-5]、多目标优化法^[6]、模糊评价法^[7]、比例型分配法^[8]、博弈论方法^[9-12]等, 其中层次分析法应用较多。在国外, 水权分配方式主要有沿岸分配、先占先用等^[13,14], 分配方法有动态规划、多目标优化等^[15-18]。我国对水权分配的研究尚处于初步阶段, 特别是干旱区内陆河流域, 由于水资源严重短缺, 用水矛盾突出、生态环境不断恶化, 该区社会经济的可持续发展受到严重制约, 水资源使用权的分配成为内陆河流域发展急需解决的问题。

本研究运用多目标优化方法, 以公平和高效用水为目标, 在保证生活、生态和基本粮食生产用水的前提下, 建立水资源使用权优化分配模型, 以石羊河流域为例, 探讨水资源的使用权的分配, 为协调内陆河流域社会稳定, 促进经济和生态环境的健康发展提供依据。

1 水资源使用权分配的多目标优化分配模型

干旱区内陆河流域是典型的资源型缺水地区, 流域内用水秩序混乱, 用水矛盾突出^[19], 针对流域

自然环境特点和经济社会的发展状况, 确定流域的水资源使用权分配原则为: 基本生活用水优先; 生态用水优先; 基本粮食生产用水优先; 公平用水; 高效用水。在充分满足城乡生活用水的基础上, 保障稳定人工绿洲的基本生态用水和基本粮食需求生产需水, 高效公平分配其他用水。

1.1 水资源使用权多目标分配模型

以高效和公平用水的综合用水目标最大为目标函数, 建立分配模型, 对流域各行政分区的水资源使用权进行优化分配。

1.1.1 目标函数

1) 高效用水目标: 以流域内各行政分区现状单方用水的国内生产总值(GDP)产出为依据^[6], 计算公式如下:

$$bf = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot GDP_i / SW_i - OW \cdot \min(GDP_i / SW_i)}{OW \cdot \max(GDP_i / SW_i) - OW \cdot \min(GDP_i / SW_i)} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

式中, bf 为高效用水目标; x_i 为 i 分区生产用水分配水资源使用权; n 为流域分区总数; GDP_i 为 i 分区 GDP 值; SW_i 为 i 分区社会经济需耗水量, 即 i 分区生产需水; OW 为所研究流域社会经济可利用水资源总量。

右边项的分子为各分区分配水权的 GDP 产出之和与总分配水权全部分配给单位水量 GDP 产出

收稿日期: 2009-10-20

基金项目: 国家自然科学基金(50879071); 公益性行业科研专项(200801104); 西北农林科技大学青年学术骨干支持计划资助项目

作者简介: 史银军(1985—), 男, 甘肃天水人, 硕士生, 主要从事水资源合理配置方面的研究工作。E-mail: shiyinjun10000@126.com。

通讯作者: 粟晓玲(1968—), 女, 四川开江人, 教授, 博士, 主要从事水资源规划与管理方面的教学与科研工作。E-mail: suxiaoling17@126.com。

最小的行政区获得的GDP产出之差,分母为总分配水权全部分配给单方水量GDP产出最大的行政区获得的GDP产出与总分配水量全部分配给单方水量GDP产出最小的行政区获得的产出之差。

2) 公平用水目标:以各行政区需水满足度与流域平均需水满足度变率的平方和最小反映行政区分水的公平性,其值越小说明分水越公平。计算公式如下:

$$qf = \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i/SW_i - OW/SW}{OW/SW} \right)^2 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

式中, qf 为公平用水目标; SW 为全流域社会经济需耗水总量,即流域总的生产需水; OW/SW 为流域平均需水满足度。

根据流域社会经济发展现状和生态恢复措施,首先按需满足流域基本生活、生态和基本粮食生产用水,高效用水目标是追求用水效益最大,而公平用水目标是追求水权分配的差距最小,用权重法将该多目标问题转化为单目标。

$$\max f = w_1 \cdot bf - w_2 \cdot qf \quad (3)$$

式中, w_1 、 w_2 分别为高效和公平目标的权重系数。

1.1.2 约束条件

(1) 基本生活用水优先满足约束:各行政区分配的基本生活用水量 lw_i 与需水量 LW_i 相等。

$$lw_i = LW_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

(2) 生态用水优先满足约束:各行政区分配的生态用水量 ew_i 与需水量 EW_i 相等。

$$ew_i = EW_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

(3) 各行政区分配的生产用水之和等于全流域总的生产用水。

$$\sum_{i=1}^n x_i = OW, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

(4) 生活、生态与生产用水之和等于总可利用水资源量 TW 。

$$\sum_{i=1}^n (lw_i + ew_i + x_i) = TW, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

(5) 各行政区的分配水量上、下限约束:上限为各行政区的生产需水,下限为各行政区基本粮食生产用水。

$$FW_i \leq x_i \leq SW_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

(6) 权重约束。

$$\sum_{j=1}^2 w_j = 1, \quad j = 1, 2 \quad (9)$$

式中, lw_i 、 ew_i 分别为 i 分区基本生活分配水量、生态分配水量; LW_i 、 EW_i 分别为 i 分区基本生活需水、生

态需水量; FW_i 为 i 分区基本粮食需求的生产用水; TW 为流域多年平均总可利用水资源量。

2 模型在石羊河流域的应用

石羊河流域位于甘肃省河西走廊的东部,乌稍岭以西,祁连山北麓,东经 $101^{\circ}41' \sim 104^{\circ}16'$,北纬 $36^{\circ}29' \sim 39^{\circ}27'$ 之间。流域行政区划包括武威市的古浪县、凉州区、民勤县全部及天祝县部分,金昌市的永昌县及金川区全部,以及张掖市肃南裕固族自治县和山丹县的部分地区、白银市景泰县的少部分地区,共涉及4市9县。山丹县、白银市、景泰县人口及面积甚小,本文主要研究其他七个主要行政区。

流域水资源自然条件薄弱,2003年水资源开发利用程度高达172%^[19]。近年来,由于农业灌溉大量用水,流域水资源已严重超载,特别是水资源分配机制不完善,导致上下游、不同地区之间用水矛盾加剧。同时经济用水挤占生态用水,引发了一系列严重的生态环境问题。

2.1 模型数据

确定2003年为现状水平年,2010年为近期规划水平年,2020年为远期规划水平年。石羊河流域水权分配的行政区包括凉州、民勤、天祝、古浪、永昌、金川、肃南七个行政分区,即 $n=7$ 。

2.1.1 石羊河流域可利用水资源量 石羊河流域多年平均地表水可利用水资源量15.18亿 m^3 (包括八河来水14.54亿 m^3 ,浅山区小沟小河水资源量0.64亿 m^3),与地表水不重复的地下水资源量0.99亿 m^3 ^[19]。另外,在不同规划水平年有从“景电”二期民勤调水和“引疏济金”两处外调水工程,不同规划水平年可利用水资源量见表1。

2.1.2 石羊河流域各行政区需水量 需水预测包括三生需水,即生活、生产、生态需水,本文指的是净需水。生活需水采用定额法预测,用水定额参考文献^[19]。

生产需水包括农业需水、第二产业(工业和建筑业)需水和第三产业需水。农业需水包括农业灌溉需水和牲畜需水,其中灌溉需水又分为粮食作物生产需水和经济作物生产需水,各行政区灌溉定额和单产主要参考文献^[19,20]。

各行政区粮食作物生产需水 FW_i 计算公式如下:

$$FW_i = \frac{P_i \cdot F}{\left(\frac{YF_i}{MF_i} \right)}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

式中, FW_i 为各分区基本粮食生产需水; F 为流域人

均自产粮食需求,取值为 $420\text{ kg}^{[20]}$; P_i 为各分区人口; MF_i 为各分区粮食作物高效节水灌溉措施下的综合净灌溉定额; YF_i 为各分区粮食作物在高效节水灌溉措施下的单产; $\frac{YF_i}{MF_i}$ 为各分区单方水产粮。

各行政分区经济作物需水 SW_i 采用定额法,计算公式如下:

$$SW_i = A \cdot MS_i, i = 1, 2 \cdots n \quad (11)$$

式中, SW_i 为各分区经济作物生产需水; A 为分区种植结构调整下经济作物种植面积; MS_i 为各分区经

济作物在高效节水灌溉措施下的综合净灌溉定额。

第二和第三产业需水预测用定额法,根据流域现状年各产业增加值以及增加值净需水定额计算,增加值和需水定额参考文献^[19]及《西北诸河水资源综合规划》。

生态需水包括人工防护林需水及河道、湖泊蒸发需水。人工防护林需水用定额法预测,参考文献^[19],河道、湖泊蒸发需水参考文献^[20]。流域净需水预测结果见表 2。

表 1 石羊河流域不同规划年可利用水资源量(10^8 m^3)

Table 1 Available water resources of Shiyang River Basin in different planning years

规划水平年 Planning year	地表水可利用量 Surface water	地下水可利用量 Ground water	自产水资源可利用量 Self-production water	外调水量 Transferred water	考虑外调水后可利用水资源总量 Available water with transferred water
2003	15.18	0.99	16.17	0.53	16.70
2010	15.18	0.99	16.17	0.8	16.97
2020	15.18	0.99	16.17	0.8	16.97

表 2 石羊河流域各行政区不同规划年净需水量预测(10^8 m^3)

Table 2 Net water requirement forecast in districts of Shiyang River Basin in different planning years

行政区 District	生活需水 Municipal			生态需水 Ecological			生产需水 Production												总计 Total		
							一产需水 Primary industry						二产及三产需水 Secondary and tertiary-industry								
							粮食生产需水 Food production			其它农业需水 Other agricultural											
							2003	2010	2020	2003	2010	2020	2003	2010	2020	2003	2010	2020	2003	2010	2020
凉州区 Liangzhou	0.28	0.35	0.46	0.49	0.60	0.62	4.47	3.91	3.16	1.28	1.79	2.25	0.45	0.47	0.58	6.97	7.12	7.08			
民勤县 Minqin	0.07	0.09	0.12	0.42	0.48	0.50	3.07	2.06	1.57	1.06	1.14	0.88	0.05	0.05	0.06	4.67	3.82	3.13			
古浪县 Gulang	0.06	0.08	0.10	0.04	0.04	0.04	0.95	0.75	0.56	0.20	0.25	0.35	0.04	0.04	0.06	1.29	1.16	1.11			
天祝县 Tianzhu	0.02	0.02	0.02	0.05	0.05	0.05	0.13	0.05	0.02	0.03	0.04	0.05	0.01	0.01	0.01	0.25	0.17	0.15			
金川区 Jinchuan	0.09	0.12	0.18	0.04	0.06	0.09	1.75	1.02	0.93	0.13	0.07	0.07	0.70	1.05	1.55	2.71	2.32	2.81			
永昌县 Yongchang	0.06	0.08	0.11	0.15	0.21	0.21	2.12	1.70	1.36	0.63	0.64	0.81	0.16	0.20	0.21	3.11	2.82	2.69			
肃南县 Su'nan	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.14	0.13	0.13	0.06	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.21	0.17	0.18			
总计 Total	0.59	0.76	1.00	1.19	1.44	1.52	12.63	9.62	7.72	3.39	3.94	4.44	1.41	1.82	2.46	19.21	17.58	17.15			

2.2 模型求解

在流域水权分配初期,为保证流域社会稳定,及保障生活、生态、基本粮食生产的用水要求,主要强调分水的公平性同时兼顾用水效率,因此取权重系数 $w_1 = 0.4$ 、 $w_2 = 0.6$ 。上述模型为多目标非线性模型,采用 Excel 工具中的规划求解对上述非线性模

型求解,可利用水资源量包括外调水情况下模型求解结果见表 3。

2.3 石羊河流域水资源使用权分配

流域各行政区包括外调水情况下水资源使用权优化分配结果见表 4。

表 3 不同规划年模型目标值
Table 3 Objective value in different planning years

目标 Objective	2003 年	2010 年	2020 年
公平用水目标值 Equitable objective value	0.0016	0.0011	0.0006
高效用水目标值 Efficient objective value	0.5270	0.5313	0.6114
综合目标函数值 Integrated objective value	0.2098	0.2118	0.2442

表 4 不同规划年考虑外调水的石羊河流域水资源使用权分配 (10⁸ m³)
Table 4 Water resources usufruct allocation of Shiyang River Basin with transferred water in different planning years

行政区 Districts	生产用水 Production water			总计 Total			生产缺水率 (%) Shortage rate of production water		
	2003	2010	2020	2003	2010	2020	2003	2010	2020
凉州区 Liangzhou	5.38	5.97	5.96	6.15	6.93	7.05	13.16	3.13	0.57
民勤县 Minqin	3.48	3.05	2.44	3.97	3.62	3.06	16.75	6.11	2.97
古浪县 Guliang	1.02	1.00	0.96	1.11	1.11	1.09	14.48	4.01	1.30
天祝县 Tianzhu	0.15	0.09	0.07	0.22	0.16	0.14	14.35	3.93	1.26
金川区 Jinchuan	2.26	2.10	2.55	2.39	2.28	2.81	12.41	1.90	0.00
永昌县 Yongchang	2.46	2.41	2.32	2.67	2.70	2.64	15.27	4.88	2.30
肃南县 Su'nan	0.17	0.15	0.16	0.18	0.16	0.17	14.56	4.12	1.45
总计 Total	14.92	14.77	14.45	16.70	16.97	16.97	14.38	3.95	1.22

现状水平年金川区人均粮食产量远低于流域人均 420 kg 的要求,该区是工业区,灌溉面积小,城镇人口多,若按人均 420 kg 的粮食需求配水,会导致该区农业配水过多。因此,对其粮食需求重新调整,金川区按现状人均粮食生产水平满足粮食需水,与人均 420 kg 粮食的差额部分分配到产粮效率较高的凉州区,即金川区的粮食缺口由凉州区生产并调入,然后重新进行分配。模型分配结果见表 5。

表 5 不同规划年考虑外调水和流域内粮食调剂的石羊河流域水资源使用权分配 (10⁸ m³)
Table 5 Water resources usufruct allocation of Shiyang River Basin with transferred water and food transferring in different planning years

行政区 District	生产用水 Production water			总计 Total			生产缺水率 (%) Shortage rate of production water		
	2003	2010	2020	2003	2010	2020	2003	2010	2020
凉州区 Liangzhou	6.08	6.58	6.56	6.85	7.53	7.64	11.04	3.16	0.88
民勤县 Minqin	3.64	3.09	2.45	4.13	3.66	3.08	12.88	4.88	2.33
古浪县 Guliang	1.05	1.00	0.96	1.15	1.12	1.09	11.65	3.55	1.18
天祝县 Tianzhu	0.15	0.09	0.07	0.23	0.16	0.14	11.61	3.54	1.22
金川区 Jinchuan	1.27	1.43	1.93	1.40	1.61	2.19	9.84	1.55	0.00
永昌县 Yongchang	2.55	2.43	2.33	2.76	2.72	2.65	12.06	4.07	1.83
肃南县 Su'nan	0.18	0.15	0.16	0.19	0.16	0.17	11.72	3.67	1.35
总计 Total	14.92	14.77	14.45	16.70	16.97	16.97	11.63	3.56	1.20

由上表知,在保证生活、生态和基本粮食生产用水的基础上,流域不同规划年生产用水缺水率在不断下降,从 2003 年的 11.63% 下降到 2020 年的 1.20%,各分区缺水率差异也明显减小,表 5 中可看出,金川、凉州二区分配水权明显增加,其余分区水权分配都出现下降趋势或与现状持平。分析原因,主要是流域灌溉面积缩减和节水农业的实施,使得农业用水大幅下降,同时,在高效用水目标下,水资源使用权会流向高产出地区,因此经济发达地区必然获得更多水权。金川区是我国镍金属和贵重金属的生产基地,经济发展迅速,工业需水量大,同时其单方水 GDP 产出高于其它以农业为主的地区,因此在 2020 年全额满足需水,最大程度的保证了金川区工业的用水权。对比两次分配结果,可看出金川水权分配减少而凉州区则增大,其余各区基本吻合,符合流域实际用水情况。天祝、肃南地处山区,经济落

后,在满足基本生活、生态和粮食生产需水的基础上,生产用水权分配较小。

若不考率外调水,仅对当地自产水资源量进行使用权分配,结果见表 6。

表 6 不同规划年石羊河流域自产水资源的使用权分配(10⁸ m³)

Table 6 Self-production water resources usufruct allocation of Shiyang River Basin in different planning years

行政区 District	2003 年	2010 年	2020 年
凉州区 Liangzhou	6.63	7.18	7.26
民勤县 Minqin	4.01	3.50	2.94
古浪县 Guliang	1.11	1.06	1.04
天祝县 Tianzhu	0.22	0.16	0.14
金川区 Jinchuan	1.35	1.54	2.11
永昌县 Yongchang	2.67	2.59	2.52
肃南县 Su'nan	0.18	0.15	0.16
总计 Total	16.17	16.17	16.17

3 讨 论

内陆河流域水资源使用权分配涉及社会经济的各个方面,本文以石羊河流域人均 420 kg 的粮食需求需水为水资源使用权分配的约束下限,同时生态需水全额满足,从流域社会安全稳定和生态、经济协调发展的角度出发对水资源使用权进行优化分配,体现了干旱区水资源使用权分配的原则。

以远期规划 2020 年分配结果与《石羊河流域重点治理规划》^[19]分水方案(以下简称《规划》)比较。《规划》分水方案仅对自产水资源进行分配,同时方案还有预留水量 0.73 亿 m³。分配方案为:凉州区 7.17 亿 m³,民勤 2.84 亿 m³,古浪(包含山丹县)0.99 亿 m³,天祝 0.08 亿 m³,金川 1.73 亿 m³,永昌 2.37 亿 m³,肃南 0.14 亿 m³。优化模型分配结果与《规划》分水方案比较,各区分水权与《规划》分水方案基本一致,但模型分配结果总体偏大,主要是优化模型考虑了流域外调水量,增加了可利用水资源量。优化模型增加的可利用水量主要分配到经济较为发达的凉州、民勤、金川、永昌四区。

参 考 文 献:

[1] 汪恕诚.水权和水市场——谈实现水资源优化配置的经济手段

[J].水电能源科学,2001,19(1):1—2.

[2] 尹云松,孟令杰.基于 AHP 的流域初始水权分配方法及其应用实例[J].自然资源学报,2006,21(4):645—652.

[3] 杨永生,刘 亮.层次分析决策法在初始水权分配中的具体应用[J].广东水利水电,2006,(3):34—36.

[4] 吴风平,葛 敏.基于和谐性判断的交互式水权初始分配方法[J].河海大学学报,2006,34(1):104—107.

[5] 裴源生,李云玲,于福亮.黄河置换水量的水权分配方法探讨[J].资源科学,2003,25(2):32—37.

[6] 王学风,王忠静,赵建世.石羊河流域水资源使用权分配模型研究[J].灌溉排水学报,2006,25(5):61—64.

[7] 谢敬芬,吴富钦,孙淑俭.模糊综合评判法在行业水权分配中的应用[J].海河水利,2006,(3):64—66.

[8] 苏 青,等.流域内区域间取水水权初始分配模型初探[J].河海大学学报(自然科学版),2003,31(3):347—359.

[9] 陆海曙.基于博弈论的流域水资源利用冲突及初始水权分配研究[D].南京:河海大学,2007.

[10] 刘文强,孙永广,顾树华,等.水资源分配冲突的博弈分析[J].系统工程理论与实践,2002,(1):16—25.

[11] 胡和平,彭 祥.黄河水资源配置博弈均衡模型[J].水利学报,2006,37(10):1199—1205.

[12] 沈建芳,丰景春.水量调配博弈分析及应用研究[J].水利经济,2006,24(2):20—24.

[13] 蒂瑞克 J.R.著,刘斌,等译.美国日本水权、水价、水分配[M].天津:科学技术出版社,2003.

[14] 苏 青,施国庆,祝瑞祥.水权研究综述[J].水利经济,2001,(7):3—11.

[15] Wardlaw R. Computer optimization for better water allocation[J]. Agricultural Water Management,1999,(40):65—70.

[16] Schluter M, Savitsky A G, McKinney D C, et al. Optimizing long-term water allocation in the Amudarya River delta: a water management model for ecological impact assessment[J]. Environmental Modelling & Software, 2005,(20):529—545.

[17] Vamvakieridou-Lyroudia L S, Walters G A, Savic D A. Fuzzy Multi-objective optimization of water distribution networks[J]. Water Resources Planning and Management,2005,131(6):467—476.

[18] Ulanicki B, Kahler J, See H. Dynamic optimization approach for solving an optimal scheduling problem in water distribution systems [J]. Water Resources Planning and Management, 2007,133(1): 23—32.

[19] 甘肃省水利水电勘测设计研究院,清华大学.石羊河流域重点治理规划[R].2007.

[20] 栗晓玲.石羊河流域面向生态的水资源合理配置理论与模型研究[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2007.

(英文摘要下转第 149 页)

Rational analysis of irrigation-drainage system of irrigation district based on hydro-salinity balance

YAN Kan, LIU Jun-min, LI Ji-wei; LIU Zhan-bao

(1. College of Water Conservancy and Architectural Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Surveying and Mapping Institute of Xianyang, Xianyang, Shaanxi 712000, China)

Abstract: Irrigation is the precondition of agricultural production, and drainage is the guarantee that determines whether the irrigation area can keep a sustainable development. The paper lumps factors that have impact on the healthy development of irrigation and drainage system. Taking Qingtongxia Irrigation District for example, the paper views from the prevention of soil salinization and rational utilization of water resources, applies the theory of water-salt balance to judge the condition of the salification and desalination and the effect of drainage, and then analyses the rationality of irrigation and drainage system in the irrigation district. The results indicate that the drainage system in Qingtongxia Irrigation District runs well and plays a positive role to the disposal of soil salt. The paper also points out some problems, such as the excessive ratio of drainage to irrigation, drainage capacity surplus and the unreasonable drainage system.

Keywords: irrigation-drainage system; hydro-salinity balance; ratio of drainage to irrigation

(上接第 140 页)

Water resources usufruct multiobjective optimal allocation in the inland river basin of arid areas

—A case study of Shiyang River Basin

SHI Yin-jun, SU Xiao-ling

(College of Water Conservancy and Architectural Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Water resources are scarce and the conflict between water demand and supply is outstanding in the inland river basin of arid areas, and water competition is drastic among upstream, middle and down streams. The allocation of water resources usufruct has remarkable theoretical and practical value in solving the conflict of water resources among regions and rational utilization of water resources in a river basin. The optimized allocation principles are set out, according to available water and net water requirement in different planning years, and water requirement per capita food are treated as constraint on lower bound, the multiobjective optimal allocation model of water resources usufruct is established which include efficient and equitable objective. Taking Shiyang River Basin as an example, the allocation in view of transferred and self-production water in different planning years are obtained, and the results show that the differences of water shortage rate among districts decrease obviously. Production water resources usufruct in Jinchuan increase markedly when compared with "The major treatment planning of Shiyang River Basin" water allocation scheme, achieve efficiency and equity of water resources usufruct.

Keywords: water requirement forecast; water resources usufruct; optimal allocation; Shiyang River Basin