

安徽省产业结构变化和技术进步对用水效率影响测度与分析

——基于完全分解模型

张乐勤, 方宇媛

(池州学院 资源环境学院, 安徽 池州 247000)

摘 要:水资源短缺为掣肘安徽省经济社会可持续发展约束因素之一,提高水资源利用效率是破解其关键。运用完全分解模型,就技术进步、结构变动因素对安徽省单位 GDP 水耗贡献份额进行了测度,结果表明:①2001~2014 年,技术进步导致安徽省单位 GDP 用水年均下降 31.91m^3 ,是提高水资源利用效率关键因素,贡献率高达 88.69%,三次产业技术进步贡献率分别为 45.19%、38.59%、4.91%;②产业结构调整对安徽省单位 GDP 用水强度下降贡献率为 11.31%,三次产业变动贡献率分别为 -4.98%、0.62%、15.66%。提高安徽省水资源利用效率核心在于:依靠科技创新,促进一、二产业技术水平提升,调整、优化产业结构,大力提高第三产业比重。研究结果,可为安徽省制定水资源利用效率的政策提供决策参考。

关键词:水资源利用效率;产业结构变化;技术进步;完全分解模型

中图分类号:F062.2

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2017)02-0054-05

水资源是支撑经济社会可持续发展的基础性自然资源和战略性经济资源^[1],水资源供给不足已成为掣肘我国经济社会可持续发展短板,破解这一问题关键在于提高水资源利用效率^[2],如何降低单位 GDP 水耗,提高水资源利用效率,科技进步与优化产业结构是其重要途径,对此,学术界进行过大量探索:廖虎昌等^[3]对西部 12 省 1999~2008 年水资源利用效率研究表明,技术落后是导致西部整体水资源利用效率下降主要因素;马海良等^[4]运用 DEA 模型,对我国 2003~2009 年水资源利用效率影响因素进行过探索,结果表明,技术进步有利于改善水资源利用效率;佟金萍等^[4]基于完全分解模型,对我国 1997~2009 年万元 GDP 用水量变动进行过探索,所得结果显示,技术进步和结构调整是推动其大幅下降的两个重要因素;张陈俊等^[5]基于改进的 LMDI 模型,对 1997~2011 年水资源消耗强度变化研究发现,技术进步是推动用水强度下降的重要因素,调整产业结构,也是提高用水效率重要途径;姜蓓蓓等^[6]采用主成分分析方法,对中国 1997~2010 年工业用水效率驱动因素进行过研究,结果显示,科技投

入和技术进步对提高工业用水效率具有正向作用,综合看,学者们针对水资源利用效率驱动因素展开过深入探索,尽管采用方法不同,但均揭示了技术进步与结构优化对用水效率影响的正向演化关系,为本研究提供了有益借鉴与启示。

安徽省人均水资源不及全国平均水平一半^[7],水资源禀赋不足长期困扰着安徽省可持续发展及生态省建设,而安徽省为国家技术创新工程试点省,2015 年 9 月,安徽省政府提出了加快调整产业结构的行动计划,创新驱动与转型发展将成为引领安徽省经济发展的持久动力,此背景下,探索技术进步与结构调整对水资源利用效率影响,可为管理层制定水资源可持续利用政策提供决策参考,CNKI 检索表明,迄今为止,未见学者对此进行过探索,鉴于此,本文拟采用完全分解模型,就技术因素、结构因素对安徽省单位 GDP 水耗贡献份额进行考察,进而提出提高水资源利用效率政策建议,有利安徽省水资源最严格管理红线目标实现与生态省建设,也可为省域尺度的同类研究提供借鉴。

收稿日期:2016-06-23

基金项目:安徽省科技厅 2016 年软科学项目(1607a0202061);安徽省社科规划项目(AHSKQ2015D43)

作者简介:张乐勤(1965-),男,安徽宿松人,教授,研究方向为资源生态与可持续发展。E-mail:zhangleqing@sohu.com

1 研究方法

由 Sun^[8]提出的完全分解模型,因其能完全消除残差影响^[9],已在能源^[10]、生态足迹^[11]、水资源等资源环境研究中得到了广泛应用,为此,本文采用完全分解模型对安徽省单位 GDP 用水进行因素分解,以识别出技术与结构因素对其贡献效应。

假定以 I_i 分别表示单位 GDP 用水量、 i 产业单位 GDP 用水量,即用水效率、 i 产业用水效率,则有:

$$I = \frac{W}{Y} = \frac{\sum_i W_i}{Y} = \frac{\sum_i I_i Y_i}{Y} = \sum_i I_i \frac{Y_i}{Y} = \sum_i I_i y_i \quad (1)$$

式中: W 、 W_i 分别为用水总量、 i 产业用水量; Y 、 Y_i 分别为 GDP 总量、 i 产业产值; y_i 为 i 产业产值占 GDP 比重。若以 I^t 、 I^0 分别表示 t 期、基期单位 GDP 用水量,则有: $I^t = \sum_i I_i^t y_i^t$, $I^0 = \sum_i I_i^0 y_i^0$, 从基期到 t 期单位 GDP 用水变化可表示为:

$$\Delta I = I^t - I^0 = \sum_i (I_i^t y_i^t - I_i^0 y_i^0) \quad (2)$$

依据 Sun^[8]提出的完全分解模型,可以将单位 GDP 水耗变动分解为技术进步效应 (ΔH_{eff}) 与结构效应 (ΔS_{eff}), 即:

$$\Delta H_{eff} = \sum_i \Delta I_i y_i^0 + \frac{1}{2} \Delta I_i \Delta y_i = \sum_i (I_i^t - I_i^0) y_i^0 + \frac{1}{2} (I_i^t - I_i^0) (y_i^t - y_i^0) \quad (3)$$

$$\Delta S_{eff} = \sum_i \Delta y_i I_i^0 + \frac{1}{2} \Delta I_i \Delta y_i = \sum_i (y_i^t - y_i^0) I_i^0 + \frac{1}{2} (I_i^t - I_i^0) (y_i^t - y_i^0) \quad (4)$$

$$\Delta I = \Delta H_{eff} + \Delta S_{eff} \quad (5)$$

2 变量说明与数据来源

鉴于数据获取的完整性与连续性,选取 2001~2014 年作为研究样本区间,变量及数据来源说明如下:

(1) 产业用水。统计数据中,仅给出了农业用水、工业用水、生活用水和生态用水,为了便于研究,将农业用水界定为第一产业用水,工业用水界定为第二产业用水,第三产业用水借鉴文献^[5],界定为生活用水与生态用水,其中,2001 年~2004 年数据来源于文献^[12],2005~2014 年数据来源于《安徽统计年鉴(2006~2015)》^[13]。

(2) GDP 及三次产业增加值。GDP 为当年生产总

值,为了消除价格因素对分析影响,根据如下方法进行调整:实际变量=变量当年价×100÷CPI 价格指数(以 2001 年为 100),数据来源于《安徽统计年鉴(2006~2015)》^[13]。

3 结果与分析

3.1 安徽省三次产业万元 GDP 用水变化

运用安徽省 2001~2014 年统计数据,可对其万元 GDP 用水及三次产业万元 GDP 用水进行测算,结果如图 1 所示。

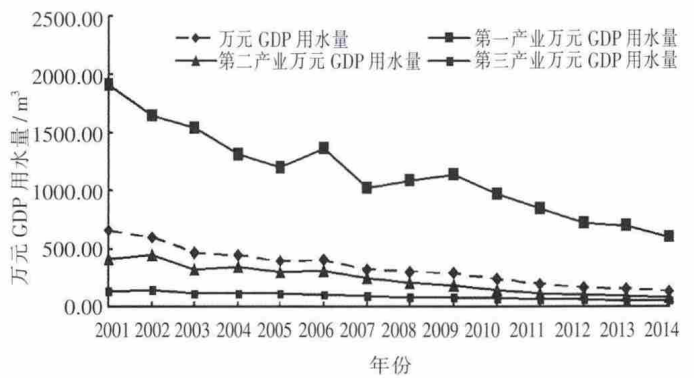


图 1 安徽省万元 GDP 用水变化趋势

Fig. 1 The ten thousand Yuan GDP water use in Anhui province from 2001 to 2014

由图 1 可知,安徽省万元 GDP 用水量、第一产业万元 GDP 用水量、第二产业万元 GDP 用水量、第三产业万元 GDP 用水量分别由 2001 年的 660.61m³、1 911.48m³、417.01m³、135.90m³ 降至 2014 年的 130.51m³、597.02m³、82.75m³、50.40m³,下降幅度分别为 80.24%、68.77%、80.16%、62.91%,尽管如此,同全国平均水平相比,2014 年,安徽省万元 GDP 用水量、第二产业万元 GDP 用水量、第三产业万元 GDP 用水量分别高出全国平均水平 36.29%、39.76%、77.40% (2014 年全国万元 GDP 用水量为 95.726m³、49.85 m³、28.41m³^[14]),比较而言,安徽省水资源总利用效率、第二第三产业用水效率偏低。

进一步分析图 1 可知,安徽省一二三产业万元 GDP 用水量多年均值分别为 1 147.09 m³、235.92 m³、91.61m³,表明产业用水差异大,第一产业万元 GDP 耗水最多,第三产业万元 GDP 耗水最少,第一产业耗水是第二、三产业的 3.5 倍。

上述分析表明,技术进步与产业结构调整为制约水资源利用效率重要因素,之所以如此,首先,技术进

步能促进滴灌、喷灌、微灌技术在农业生产中应用,也能改进传统高耗水工业生产工艺和设备,提高工业用水重复率,还能为生活提供更多节水器具,进而会降低单位农业、工业及第三产业产值水耗,其次,三次产业用水中,单位产值的水耗以第一产业最高,第二产业次之,第三产业最低,产业结构优化意味着第三产业比例

上升,第三产业比例上升必然会导致用水总量下降,进而提高了用水效率。

3.2 安徽省万元 GDP 用水量的因素分解

运用公式(3)、(4),可测算出考察样本区间安徽省技术进步、产业结构变化对单位 GDP 用水效应的贡献份额,结果如表 1、2 所示。

表1 安徽省2001~2014年技术进步引发单位GDP用水变化效应
Table1 The change effect of per unit GDP water use induced by technological progress in Anhui province from 2001 to 2014

年份	技术进步引发 用水效应 /m ³	技术进步引发各产业用水效应			技术进步引发 用水效应 /%	技术进步对各产业用水效应贡献率		
		第一产业 /m ³	第二产业 /m ³	第三产业 /m ³		第一产业 / %	第二产业 / %	第三产业 / %
2001~2002	-45.47	-61.77	11.62	4.68	68.13	92.55	-17.41	-7.01
2002~2003	-86.28	-21.05	-49.83	-15.40	70.38	17.17	40.65	12.56
2003~2004	-34.47	-44.66	7.67	2.52	134.49	174.25	-29.93	-9.83
2004~2005	-36.64	-20.62	-15.54	-0.48	84.93	47.80	36.02	1.11
2005~2006	25.60	28.59	2.46	-5.45	138.15	154.29	13.28	-29.41
2006~2007	-85.86	-56.51	-25.41	-3.94	103.42	68.07	30.61	4.75
2007~2008	-13.86	10.27	-21.09	-3.04	117.46	-87.03	178.73	25.76
2008~2009	0.11	8.13	-6.36	-1.66	-1.40	-103.17	80.71	21.07
2009~2010	-48.47	-24.62	-21.99	-1.86	96.63	49.08	43.84	3.71
2010~2011	-38.54	-16.42	-19.94	-2.18	91.24	38.87	47.21	5.16
2011~2012	-21.35	-16.66	-3.21	-1.48	87.39	68.19	13.14	6.06
2012~2013	-10.04	-2.00	-4.67	-3.37	83.81	16.69	38.98	28.13
2013~2014	-19.50	-12.63	-6.43	-0.44	78.38	50.76	25.84	1.77
平均	-31.91	-17.69	-11.75	-2.47	88.69	45.19	38.59	4.91

表2 产业结构调整引发单位GDP用水变化效应
Table2 The change effect of per unit GDP water use induced by industrial structure adjustment

年份	产业结构调整 引发用水效应 /m ³	各产业结构调整的水效应			产业结构调整 对用水效应贡 献率 / %	各产业结构调整的贡献率		
		第一产业 /m ³	第二产业 /m ³	第三产业 /m ³		第一产业 / %	第二产业 / %	第三产业 / %
2001~2002	-21.27	-2.87	2.6	-21	31.87	4.30	-3.90	31.47
2002~2003	-36.31	4.39	2.6	-43.3	29.62	-3.58	-2.12	35.32
2003~2004	8.84	-1.21	-0.56	10.61	-34.49	4.72	2.18	-41.40
2004~2005	-6.5	10.24	-1.51	-15.23	15.07	-23.74	3.50	35.30
2005~2006	-7.07	7.18	-0.92	-13.33	-38.15	38.75	-4.96	-71.94
2006~2007	2.84	3.99	-1.16	0.01	-3.42	-4.81	1.40	-0.01
2007~2008	2.06	3.71	-1.18	-0.47	-17.46	-31.44	10.00	3.98
2008~2009	-7.99	2.58	-0.12	-10.45	101.40	-32.74	1.52	132.61
2009~2010	-1.69	5.61	-1.86	-5.44	3.37	-11.18	3.71	10.85
2010~2011	-3.7	2.85	-0.98	-5.57	8.76	-6.75	2.32	13.19
2011~2012	-3.08	0.35	0.12	-3.55	12.61	-1.43	-0.49	14.53
2012~2013	-1.94	0	0.18	-2.12	16.19	0.00	-1.50	17.70
2013~2014	-5.38	-0.8	0.9	-5.48	21.62	3.22	-3.62	22.03
平均	-6.25	2.77	-0.15	-8.87	11.31	-4.98	0.62	15.66

由表1可知,2001~2014年,技术进步引发安徽省单位GDP用水年均下降 31.91m^3 ,平均贡献率达88.69%,由此表明,技术进步是导致安徽省单位GDP用水下降的首位驱动因素,科技创新是促进安徽省用水效率提升的关键。进一步分析表1可知,技术进步对用水效率提高的贡献主要体现在第一、二产业,其中,第一产业高达45.19%,占效率提高总贡献率的50.95%,第二产业达到38.59%,占效率提高总贡献率的43.51%,表明技术进步提高了第一、二产业用水效率,进而带动了总体万元GDP用水量大幅下降。究其原因,与安徽省大力发展节水灌溉农业与节水工业有关,进入新世纪来,安徽省依靠技术进步,促进了灌溉农业普及与发展,提高了农业用水利用率,同时,在钢铁、火电、石化、有色冶金等工业生产中,通过采用冷却水的循环使用、水的串联使用及各种节水装置,提高了工业用水重复率,大大降低了单位工业产值水资源的消耗。

由表2可知,2001~2014年,产业结构调整对安徽省单位GDP用水强度下降平均贡献率为11.31%,同为驱动单位GDP用水量下降重要因素,其中,第三产业结构比重变动对单位GDP用水下降起正向促进作用,贡献份额达15.66%,第二产业结构比重的变动对万元GDP用水量的影响不显著,贡献份额仅为0.62%,而第一产业结构比重变动对整体万元GDP用水量下降起阻滞作用,贡献率为-4.98%。比较而言,安徽省产业结构调整对单位GDP用水下降的驱动效应远低于40.59%的全国平均水平(佟金萍等^[4]研究表明,1997~2009年,产业结构调整对中国万元GDP用水量降低贡献率为40.59%),之所以如此,与安徽省产业结构演化状态有关,考察样本期,安徽省第一产业所占比重由2001年的23.43%下降至2014年的11.48%,第二产业比重由2001年的38.65%升至2014年的53.74%,第三产业比重由2001年的37.92%降至2014年的34.78%^[13],整体表现为第一产业下降,第二产业上升,第三产业变化不大态势,而同期全国第一产业比重由14.4%下降至9.2%,第二产业比重由45.1%下降至42.6%,第三产业比重则由40.5%上升至48.2%^[14],整体呈现出第一、二产业下降,第三产业上升的变化态势,三次产业中,第三产业单位GDP用水量最少,而安徽省第三产业产业变动不大,进而导致了其对单位GDP用水下降的驱动效应

低于全国平均水平,由此可见,要改变产业结构因素对万元GDP用水驱动影响,强力提升第三产业比重是关键。

4 结论与启示

采用完全分解模型,运用安徽省水资源公报及统计年鉴数据,从技术进步、产业结构变动两层面,考察了其对单位GDP用水量变化的贡献份额,得出如下结论:

(1)2001~2014年,安徽省万元GDP用水量、三次产业万元GDP用水量均呈下降态势,降幅分别为80.24%、68.77%、80.16%、62.91%,但这几个指标仍高于全国平均水平36.29%、39.76%、77.40%,若按惯性发展模式,实现安徽省水资源开发利用、用水效率红线管控目标(2020年,全省用水总量控制 $270.84\times 10^8\text{m}^3$,万元工业增加值用水量降低到 65m^3 以下,农田灌溉水有效利用系数提高到0.55以上,2030年,水总量控制在 $276.75\times 10^8\text{m}^3$,万元工业增加值用水量降低到 40m^3 以下,农田灌溉水有效利用系数提高到0.6以上),任务艰巨。

(2)科技进步是促进安徽省用水效率提升的首位驱动因素,平均贡献率达88.69%,其中,第一产业科技进步对整体用水效率提升贡献最大,第二产业次之,第三产业最小,依靠政策引导,增加科技投入,特别是增加第一、二产业科技投入,是驱动安徽省整体用水强度下降关键;

(3)产业结构调整也是引发万元GDP用水量整体下降重要因素,平均贡献率为11.31%,第三产业结构比重变动对单位GDP用水下降起正向促进作用,第二产业结构比重变动对单位GDP用水下降影响不大,而第一产业结构比重变动对整体万元GDP用水量起阻滞作用,比较而言,安徽省结构效应强度远低于中国平均水平,优化产业结构,提高第三产业结构比重是破解安徽省单位GDP用水量下降的重要途径。

鉴于上述研究结论,得到如下政策启示:①用水效率提升核心在于如何提升第一、二产业科技水平,为此,应提高节水技术在农业生产中应用,大力发展以滴灌、喷灌、微灌技术为主的现代节水农业,依靠科技创新,改进钢铁、化工、造纸、火电、冶金等传统高耗水工业生产工艺和设备,提高工业用水重复率;②产

业优化亦是驱动用水强度下降重要因素。长期以来,以传统钢铁、煤炭、电力、有色、石化、建材为主的第二产业偏高状况严重掣肘着用水效率提升,而安徽省具有发展第三产业的人力与资源禀赋,可通过政府主导与社会参与相结合方式,大力发展以旅游及现代服务业为主的第三产业,积极发展电子信息、新能源汽车、节能环保、生物、新材料等战略新兴产业,通过产业结构调整,优化水资源在产业中合理配置,以促进用水效率提升。

本文运用完全分解模型,从技术进步与结构演化层面,揭示了对用水强度差别化影响,为安徽省制定水资源利用效率提升的政策提供了参考,所得结果与马海良等^[1]、佟金萍等^[4]、张陈俊等^[5]、姜蓓蕾等^[6]基本一致,需要指出的是,本文未就技术进步、产业结构变动如何影响用水效率(即技术进步、产业结构变动与用水效率间作用机理)进行探讨,有待笔者今后展开更深入研究。

参考文献:

- [1] 马海良,黄德春,张继国,等. 中国近年来水资源利用效率的省际差异: 技术进步还是技术效率[J]. 资源科学, 2012,34(5):794-801. (MA Hailiang, HUANG Dechun, ZHANG Jiguo, et al. The provincial differences of China's water use efficiency in recent years: technological progress or technical efficiency [J]. Resources Science, 2012,34(5):794-801. (in Chinese))
- [2] 赵良仕,孙才志,郑德凤. 中国省际水资源利用效率与空间溢出效应测度[J]. 地理学报, 2014,69(1):121-133. (ZHAO Liangshi, SUN Caizhi, ZHENG Defeng. Water resource utilization efficiency and its spatial spillover effects measure in China [J]. Acta Geographica Sinica, 2014,69(1):121-133. (in Chinese))
- [3] 廖虎昌,董毅明. 基于 DEA 和 Malmquist 指数的西部 12 省水资源利用效率研究[J]. 资源科学, 2011,33(2):273-279. (LIAO Huchang, DONG Yiming. Utilization efficiency of water resources in 12 western provinces of China based on the DEA and Malmquist TFP index[J]. Resources Science, 2011,33(2):273-279. (in Chinese))
- [4] 佟金萍,马剑锋,刘高峰. 基于完全分解模型的中国万元 GDP 用水量变动及因素分析[J]. 资源科学, 2011,33(10):1870-1876. (TONG Jinping, MA Jianfeng, LIU Gaofeng. Analysis of variations and factors of water use amount per ten thousand Yuan GDP in China based on a complete decomposition model [J]. Resources Science, 2011,33(10):1870-1876. (in Chinese))
- [5] 张陈俊,章恒全,龚雅云. 中国结构升级、技术进步与水资源消耗——基于改进的 LMDI 方法[J]. 资源科学, 2014,36(10):1993-2002. (ZHANG Chenjun, ZHANG Hengquan, GONG Yayun. Structural upgrading, technological progress and water resource consumption based on a refined LMDI method[J]. Resources Science, 2014,36(10):1993-2002. (in Chinese))
- [6] 姜蓓蕾,耿雷华,卞锦宇,等. 中国工业用水效率水平驱动因素分析及区划研究[J]. 资源科学, 2014,36(11):2231-2239. (JIANG Beilei, GENG Leihua, BIAN Jinyu, et al. Driving factor analysis and the spatial regionalization on the industrial water use efficiency in China[J]. Resources Science, 2014,36(11):2231-2239. (in Chinese))
- [7] 吴晓勤,高冰松,郑军. 资源环境约束对城镇人口增长预测及空间分布的影响——以安徽省为例[J]. 城市发展研究, 2010,17(8):68-74. (WU Xiaoqin, GAO Bingsong, ZHENG Jun. The influence of resources and environment restraint in urban population growth tendency and spatial distribution: a case study of Anhui [J]. Urban Studies, 2010,17(8):68-74. (in Chinese))
- [8] Sun J W. Changes in energy consumption and energy intensity: A complete decomposition model [J]. Energy Economics, 1998,20(1):85-100.
- [9] 鲍超. 中国城镇化与经济增长及用水变化的时空耦合关系[J]. 地理学报, 2014,69(12):1799-1809. (BAO Chao. Spatio-temporal coupling relationships among urbanization, economic growth and water use change in China [J]. Acta Geographica Sinica, 2014,69(12):1799-1809. (in Chinese))
- [10] 王迪,聂锐,张炎治,等. 能源消费、技术进步对江苏经济增长的影响研究——基于完全分解模型[J]. 科学学研究, 2010,28(10):1490-1494. (WANG Di, NIE Rui, ZHANG Yanzhi, et al. Influence effect of energy consumption and technical progress to economic growth in Jiangsu province: based on decomposition model [J]. Studies in Science of Science, 2010,28(10):1490-1494. (in Chinese))
- [11] 刘建兴,王青,孙鹏,等. 中国 1990-2004 年生态足迹动态变化效应的分解分析[J]. 自然资源学报, 2008,23(1):61-68. (LIU Jianxing, WANG Qing, SUN Peng, et al. Decomposition effect on China's annual ecological footprints variation from 1990 to 2004 [J]. Journal of Natural Resources, 2008,23(1):61-68. (in Chinese))
- [12] 于艳青,欧阳蔚,周戎星,等. 安徽省产业用水结构变化的驱动因子识别与分析[J]. 水电能源科学, 2014,32(12):33-38. (YU Yangqing, OUYANG Wei, ZHOU Rongxing, et al. Identification and analysis of driving factors of China of industry water utilization structure in Anhui Province [J]. Water Resources and Power, 2014,32(12):33-38. (in Chinese))
- [13] 安徽省统计局. 安徽统计年鉴(2002-2015) [M]. 北京:中国统计出版社, 2015. (Statistics Bureau of Anhui Province. Statistical Yearbook of Anhui (2002-2015) [M]. Beijing: China Statistics Press, 2016. (in Chinese))
- [14] 国家统计局. 中国统计年鉴 2015 [M]. 北京:中国统计出版社, 2016. (State Statistics Bureau. China Statistical Yearbook 2015 [M]. Beijing: China Statistics Press, 2016. (in Chinese))

- 北水利水电, 2009, (12): 26–27. (ZHAO Jingdong, XU Pengyun, ZHAO Baifeng, et al. Analysis and assessments of parameters of runoff yield and flow concentration of Jilin station [J]. Water Resources & Hydropower of Northeast China, 2009, (12): 26–27. (in Chinese))
- [9] 刘红波, 王新海, 宋弘东. 老弯沟西槐树流域产汇流参数特性分析[J]. 水利科技与经济, 2010, (3): 322–323. (LIU Hongbo, WANG Xinhai, SONG Hongdong. Analysis on parameters of runoff yield and flow concentration of Xihuai River basin in Laowangou [J]. Water Conservancy Science and Technology and Economy, 2010, (3): 322–323. (in Chinese))
- [10] 陈家伟. 榕江赤坎水文站以上流域产汇流参数分析[J]. 广东水利水电, 2011, (11): 49–52. (CHEN Jiawei. Analysis on parameters of runoff yield and flow concentration over the river basin upper Chikan station in Rongjiang [J]. Guangdong Water Resources and Hydropower, 2011, (11): 49–52. (in Chinese))
- [11] 李华仙. 小河沟水文站产汇流特性分析[J]. 水资源研究, 2015, (4): 296–302. (LI Hua xian. Analysis of runoff characteristics of Xiaohegou hydrological Station [J]. Journal of water Resources Research, 2015, (4): 296–302. (in Chinese))
- [12] 伍立群, 潘一学, 朱远高, 等. 云南河湖[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2010. (WU Liqun, PAN Yixue, ZHU Yuangao, et al. Rivers and Lakes in Yunnan Province [M]. Kunming: Yunnan Science & Technology Press, 2010. (in Chinese))
- [13] 云南省水利水电厅. 云南省暴雨洪水查算实用手册[R]. 1992. (Water Conservancy Department of Yunnan Province. Practical Calculation Handbook of Storm Floods in Yunnan Province [R]. 1992. (in Chinese))

Analysis of Runoff Yield and Flow Concentration in Central Yunnan

LUO Liyan¹, MA Pingsen², YUAN Shutang³, WANG Dongsheng³, LI Yun³

(1. *Yuxi Hydrology and Water Resources Bureau of Yunnan Province, Yuxi 653100, China;*

2. *Yunnan Water Conservancy and Hydroelectric Survey, Design and Research Institute, Kunming 650021, China;*

3. *Hydrology and Water Resources Bureau of Yunnan Province, Kunming 650106, China)*

Abstract: According to the observed hydrological data from the 16 hydrometry stations in central Yunnan from 1980 to 2010, the Xinanjiang model was used to analyze the rainfall and runoff, reasoning process line method was used to analyze the flow concentration, and the geographic variation of runoff yield and flow concentration parameters were studied. The results show that the obtained parameters are representative. , .

Key words: rainfall; runoff; steady infiltration rate FC; flow concentration characteristics; regional parameter synthesis

(上接第 58 页)

Influences of Industrial Structure Change and Technological Progress on Water Use Efficiency in Anhui Province: Based on A Complete Decomposition Model

ZHANG Legin, FANG Yuyuan

(1. *College of Resource Environment, Chizhou University, Chizhou 247000, China)*

Abstract: The shortage of water resources is a constraint factor for sustainable economic and social development in Anhui Province, and the improvement in utilization efficiency of water resources is the key solution. The complete decomposition model was used to measure the shares of technological progress and structural change factors in per unit GDP water consumption of Anhui Province. The results show that: (1) during 2001–2014, technological progress led to per unit GDP water consumption with annual average decline of 31.91 m³ in Anhui Province, which is a key factor in increasing the utilization efficiency of water resources with the contribution rate as high as 88.69%, and those of three industrial technological progresses are 45.19%, 38.59% and 4.91% respectively; (2) the adjustment of industrial structure has a contribution rate of 11.31% in per unit GDP water utilization intensity of Anhui Province, and those of three industry changes are –4.98%, 0.62% and 15.66% respectively. The core of improving the utilization efficiency of water resources in Anhui Province is to rely on scientific and technological innovation to promote the technological levels of the primary and secondary industries, adjust and optimize industrial structure, and vigorously improve the proportion of the tertiary industry. The research results can provide decision-making references for policy formulation of water resources utilization

Key words: water resource utilization efficiency; industrial structure change; technological progress; complete decomposition model