

DOI:10.3969/j.issn.1003-9511.2013.05.001

“十二五”全国万元工业增加值用水量目标可达性分析

高晓冬,耿雷华,刘 恒,姜蓓蕾,童 坤

(南京水利科学研究院水文水资源与水利工程科学国家重点实验室,江苏 南京 210029)

摘要:利用 1997—2010 年 14 年全国及 31 个省级行政区万元工业增加值用水量系列资料,采用数学曲线拟合法建立数学表达式,预测 2015 年的全国万元工业增加值用水量为 59.8 m^3 。采用数学曲线拟合法建立数学表达式或采用年递减率来预测 2015 年各省的万元工业增加值用水量,并预测 2015 年全国工业用水量,采用缩减系数分析计算各省工业增加值和全国工业增加值,计算全国万元工业增加值用水量为 57.7 m^3 。表明“十二五”期间全国万元工业增加值用水量目标是可以实现的。同时论文建立的数学表达式能为全国正在进行的用水效率控制红线关键考核指标的分解和考核提供参考依据。

关键词:万元工业增加值用水量;可达性;趋势法

中图分类号:F407.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-9511(2013)05-0001-05

2011 年中共中央以一号文件发布了《中共中央国务院关于加快水利改革发展的决定》,并召开了中央水利工作会议,对今后一个阶段的水利工作做了全面部署,水利进入了一个全新的发展阶段。2012 年颁布的《国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见》中提出了总量控制红线、用水效率红线和水功能区纳污红线 3 条红线要求。在水资源缺乏的背景下,提高用水效率是缓解水资源需求和水资源总量矛盾的有效方法。万元工业增加值用水量是从宏观上表征工业用水效率的指标,《中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》中在资源节约保护方面的目标里,提出万元工业增加值用水量要下降 30%^[1]。2012 年颁布的《国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见》中对这一指标提出了同样要求。在全国水利发展“十二五”规划中,万元工业增加值用水量作为约束性指标,明确规定到“十二五”末期全国万元工业增加值用水量要降至 63 m^3 (以 2010 年价计算)^[2]。因此,万元工业增加值用水量指标在用水效率方面有着重要地位,在“十二五”期间,万元工业增加值用水量指标能否实现是人们十分关心的问题。本文利用 1997—2010 年全国范围以及 31 个省级行政区(港、澳、台除外,下文同)各年份的万元工业增加值

用水量来预测 2015 年的全国万元工业增加值用水量,从而分析该约束性指标是否能够达到其预定目标。

1 万元工业增加值用水量预测方法

万元工业增加值用水量(也叫单位工业增加值用水量),是指生产每万元工业增加值的工业用水量,是工业总用水量和工业增加值的比值,宏观上通常用来表示工业生产的用水效率。

对于某一地区工业用水效率变化情况来看,在初期阶段,工业用水效率发展进程比较缓慢,其万元工业增加值用水量降低的也比较慢;随着工业技术的不断改革和发展,工业用水效率会不断地提高和进步,此阶段万元工业增加值用水量降低速度会大幅度增加;在发展的后期阶段,工业用水效率又会变得难以提高,万元工业增加值用水量将会趋于某一数值。

对于不同地区的工业用水效率情况,在某一研究时段,该地区可能处于初期阶段,也可能是经历的发展阶段,逐步向后期阶段发展,也有可能是经历的初期、发展以及后期 3 个时段,因此本文采取各种类型的数学曲线模型来对万元工业增加值用水量系列

进行拟合。

1.1 指数模型

用 W 表示万元工业增加值用水量,则 $\frac{dW}{dt}$ 表示万元工业增加值用水量绝对变化速度, $\frac{dW}{Wdt}$ 表示工业增加值用水量相对变化速度。

现假设每年万元工业增加值用水量相对变化速度保持恒定不变,则可以得到 W 的通解为指数模型:

$$W(t) = Ce^{kt} \tag{1}$$

若假设每年万元工业增加值用水量相对变化速度为线性变化,则可以得到 W 的另一通解:

$$W(t) = Ce^{ax^2+bx} \tag{2}$$

利用式(1)和式(2)来拟合万元工业增加值用水量序列,必须要满足其各自的假设,即万元工业增加值用水量相对速度保持恒定或线性变化。但对于具体某一地区来说,单年的万元工业增加值用水量相对变化速度会因随机性变化很大,不能完全满足假设,在该情况下,可以利用滑动平均或几何平均法来分析序列潜在的变化规律。如图 1 所示,从安徽省单年万元工业增加值用水量相对变化速度序列来看不能很好地反映其规律,经过每 4 年的几何平均后,该序列明显有线性变化的趋势。

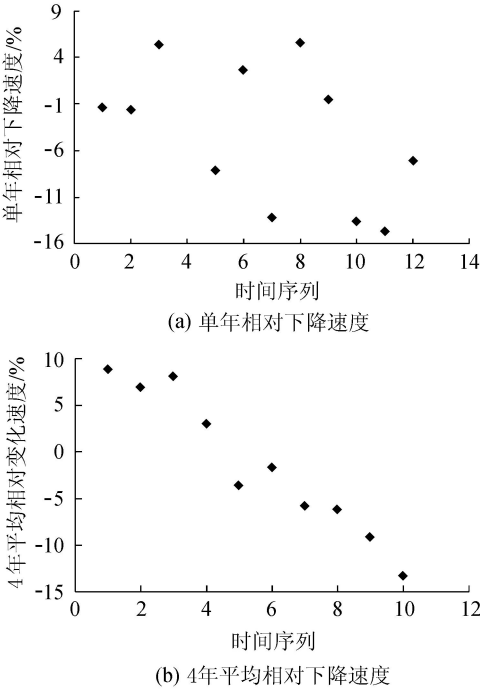


图 1 安徽省万元工业增加值用水量相对速度变化情况

1.2 Logistic 模型

在描述生物生长规律时,常用 Logistic 模型来表述,其表达式为^[3]

$$P(t) = \frac{M}{1 + Ae^{-kt}} \quad A = \frac{M - P_0}{P_0} \tag{3}$$

式中: P 为某种生物的总体数量; M 为环境能承载该种生物的上限; k 为相对增长率; P_0 为某种生物的初始数量。

该模型的含义为:当某一物种生长初期,由于空间和食物充足,则该物种相对生长速度为一恒定值,但当生物数量发展到一定程度时,同物种之间的竞争会使得生物发展空间和食物来源不足,因此其相对增长率会减缓,最终生物总数趋于某一上限。

如果某一地区工业用水效率发展经历了初期、发展以及后期 3 个阶段,就可以对 Logistic 模型进行一定的对称平移变换,用变换得到的公式对该类地区的万元工业增加值用水量序列进行拟合。具体变换结果见式(4),表达式图像见图 2。

$$P(t) = M' + \frac{P'_0}{1 + \frac{M'}{M' - P'_0}e^{k't}} \tag{4}$$

式中: P'_0 为初始值; M' 为下限; k' 为相对变化率, $k>0$ 。

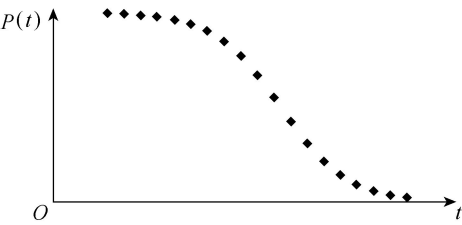


图 2 经变换后的 Logisitc 曲线基本图像

对式(4)求导可得:

$$\frac{dP}{dt} = -k(P - M) \left(1 - \frac{P - M}{P_0} \right) \tag{5}$$

从图 2 和式(5)可以看出,最初阶段,万元工业增加值用水量下降比较缓慢,之后下降速度逐渐变快,最后又减慢,直至趋于某一稳定的下限。

1.3 其他函数

对于万元工业增加值用水量系列,其总体呈下降趋势,因此其他递减函数亦可以用以试着拟合该数据系列,本文从实际数据拟合来看,推荐式(6):

$$W(t) = \frac{a}{t^2 + b} \tag{6}$$

1.4 年递减率模型预测法

万元工业增加值用水量整体上的递减趋势可用年平均递减率来预测,其表达式为^[4]

$$W_t = W_0(1 - J)^t \tag{7}$$

式中: W_t 为某地区预测年的万元工业增加值用水量; W_0 为基准年的万元工业增加值用水量; J 为万元工业增加值用水量年下降率; t 为预测年和基准

年的差。

当某地区各年的万元工业增加值用水量的值难以用适当数学曲线来拟合的时候或者资料比较少的时候可以用该方法进行计算。该方法计算简单,但是预测结果比较粗糙。

用式(1)、式(2)、式(4)和式(6)拟合万元工业增加值用水量序列,对于情况不同的省有不同的解释:适用式(1)和式(2)的省工业用水效率正处于发展阶段;适用式(4)的省可以认为这些省经历了工业用水效率发展的初期阶段、发展阶段以及后期阶段;适用式(6)的省表明该省工业用水效率经历了发展阶段和后期阶段,继续提高比较困难,因此万元工业增加值用水量年相对递减速率由开始比较大,到后来递减速率又开始变小。

2 万元工业增加值用水量预测

本文采用 1997—2010 年水资源公报中全国以及各省万元工业增加值用水量的数据,并利用全国以及各省工业增加值指数(数据来源 2011 年中国统计年鉴和各省 2011 年统计年鉴),将所有万元工业增加值用水量转换为 2010 年不变价,采用前文所述的数学函数,利用 matlab 曲线拟合工具箱 curve fitting tool 进行曲线的拟合。然后利用拟合的函数对 2015 年全国以及各省万元工业增加值用水量进行预测。

2.1 全国万元工业增加值用水量预测

采用时间序列作为自变量,万元工业增加值用水量作为应变量,以 1997 年作为第 1 年进行拟合,拟合结果表达式为

$$y = 288.3e^{-0.08275x} \tag{8}$$

拟合曲线见图 3。(自变量已转化为年份),其相关系数平方 $R^2=0.9983$,均方误差为 2.38。

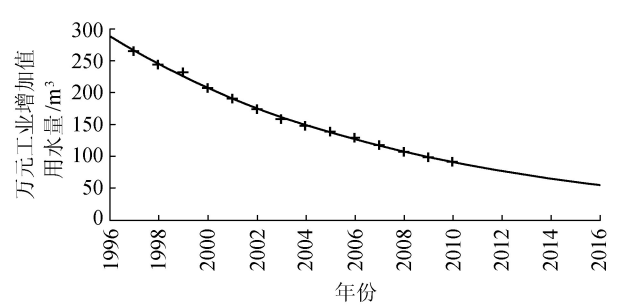


图 3 全国万元工业增加值用水量拟合曲线

利用式(8)对全国万元工业增加值用水量进行预测,其计算结果为 $59.8\text{ m}^3/\text{万元}$,低于 $63\text{ m}^3/\text{万元}$ 的目标值。

2.2 各省万元工业增加值用水量预测

利用同样的方法,对全国各省 2015 年万元工业

增加值用水量进行预测,在实际操作过程中发现,西藏自治区万元工业增加值用水量系列规律不是很明显,曲线拟合法不适用,改用年递减率法。各个省的拟合表达式以及 2015 年万元工业增加值用水量预测结果见表 1。

表 1 各省万元工业增加值用水量拟合结果

地区	曲线拟合表达式	2015 年 预测值/ m^3	相关系数 平方
北 京	$3737/((x-0.916)^2+23.23)$	10.7	0.9939
天 津	$1509/((x-1.802)^2+16.18)$	4.8	0.9690
河 北	$152.5\exp(-0.1256x)$	14.0	0.9946
山 西	$137.8/(0.1304\exp(0.3278x)+1)+15.9$	18.0	0.9969
内蒙古	$143.2/(0.1109\exp(0.2734x)+1)+14.29$	21.1	0.9712
辽 宁	$\exp(0.001469x^2-0.1695x+5.4)$	15.0	0.9966
吉 林	$254.8/(0.1884\exp(0.2911x)+1)+40.4$	45.6	0.9632
黑龙江	$858.4\exp(-0.1446x)$	55.0	0.8869
上 海	$30220/(x^2+67.03)$	70.6	0.9841
江 苏	$\exp(-0.0008502x^2-0.08432x+6.079)$	45.2	0.9712
浙 江	$12560/(x^2+72.42)$	29.0	0.9969
安 徽	$\exp(-0.0113x^2+0.1517x+5.277)$	59.1	0.7751
福 建	$\exp(-0.002145x^2-0.0405x+5.837)$	73.2	0.979
江 西	$662.7/(0.1122\exp(0.3041x)+1)+66.89$	84.7	0.9419
山 东	$135.6/(0.0856\exp(0.4983x)+1)+10.69$	10.8	0.9979
河 南	$202.4\exp(-0.1053x)$	27.4	0.9839
湖 北	$358.3\exp(-0.05096x)$	105.8	0.9667
湖 南	$\exp(-0.004794x^2+0.002019x+5.963)$	71.6	0.8421
广 东	$20110/((x+1.62)2+50.55)$	42.3	0.9783
广 西	$816.6\exp(-0.1231x)$	78.7	0.9816
海 南	$17210/((x-2.555)^2+30.84)$	57.1	0.9459
重 庆	$\exp(-0.001746x^2-0.05773x+6.251)$	92.2	0.953
四 川	$\exp(-0.003633x^2-0.05806x+6.026)$	37.0	0.9537
贵 州	$658.1\exp(-0.07582x)$	155.8	0.9458
云 南	$17280/((x-2.574)^2+79.08)$	49.5	0.7825
西 藏	年递减率法	280.9	
陕 西	$7998/(x^2+41.3)$	19.9	0.9811
甘 肃	$445.2/(0.1042\exp(0.3354x)+1)+42$	49.2	0.9938
青 海	$\exp(-0.004812x^2-0.02485x+5.88)$	39.3	0.8652
宁 夏	$11350/(x^2+19.63)$	29.8	0.9985
新 疆	$191.9/(0.2329\exp(0.3205x)+1)+36.26$	38.1	0.9679

对于不同省所适用的表达式,可以判断不同省的工业用水效率情况:①河北、黑龙江、河南、湖北、广西、贵州、青海等省的工业用水效率可能正在稳步提高;②辽宁、江苏、安徽、福建、湖南、重庆、四川等

省的工业用水效率可能在快速提高;③山西、内蒙古、吉林、江西、山东、甘肃、新疆等省的工业用水效率可能已经经过快速发展阶段,在现今的工业节水条件下,在未来的几年内万元工业增加值用水量可能达到下限;④北京、天津、上海、浙江、广东、海南、云南、陕西、宁夏等省的工业用水效率可能已经经过快速发展阶段,发展速度正在降低。

3 万元工业增加值用水量预测值可达性分析

从全国的万元工业增加值用水量直接曲线拟合预测来看,2015 年该值已经低于约束目标所要求的 63 m³/万元。

下面从各省的万元工业增加值用水量角度来考虑,计算 2015 年全国的万元工业增加值用水量,看是否能够达到该约束目标。参考各省国民经济发展“十二五”规划以及各省的工业“十二五”规划里每个省对 2015 年工业增加值的规划目标(资料来源各省国民经济发展“十二五”规划和各省工业发展“十二五”规划),估算出各个省 2015 年的工业增加值,再利用预测出的各省 2015 年万元工业增加值用水量数据,计算出每个省的工业用水总量,从而计算出全国的工业用水总量,具体见表 2。

从表 2 可以看出 2015 年工业用水总量将预计为 1575 亿 m³,全国“十二五”期间工业用水年均增长率为 1.7%。为了计算全国单位工业增加值用水量,还需通过各省的工业增加值求得全国的工业增加值。由于国家在 GDP 上采取分级核算方式,全国 GDP 和各省 GDP 综合并不相同,从 1996 年开始,国家 GDP 和各省 GDP 汇总存在差距,特别是近几年来,各省 GDP 汇总和全国 GDP 差距有逐步扩大的

趋势^[5]。因此为了计算全国的工业增加值,通过系数 α 对各省工业增加值进行缩减,具体采用式(9)。

α = (Σ x_i) / x (9)

式中:x_i 为各省工业增加值;x 为全国工业增加值。
通过 1997—2010 年工业增加值数据(换算成 2010 年价格)来拟合 α 的趋势,从拟合结果来看,2002 年后 α 呈现线性规律,具体拟合见图 4。

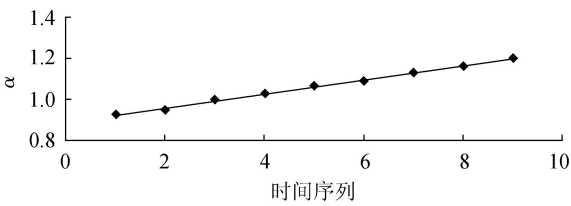


图 4 系数 α 曲线拟合

拟合表达式为

y = 0.034 17x + 0.889 17 (10)

相关系数平方 R² = 0.995,利用式(10)求得 2015 年的 α = 1.367 55。于是计算得出 2015 年全国工业增加值为 272 661.7 亿元,全国“十二五”期间工业增加值年均增长率为 11.1%,万元工业增加值用水量为 57.7 m³。该值同样低于约束目标 63 m³。

从预测结果来看,北京、天津、山东、河北、辽宁、陕西的工业用水效率水平较高,其万元工业增加值用水量在 2015 年已经小于 20 m³,该部分省多数在黄淮海地区;工业用水效率较低的省为西藏和贵州,其万元工业增加值用水量超过 150 m³,该地区主要是西南不发达地区;湖北、重庆、江西等省万元工业增加值用水量较高,在 100 m³ 左右,这部分省主要位于长江上游、中游地区。2015 年预测的工业用水比较大的省有江苏、广东、湖北、湖南等,其工业用水

表 2 各省工业增加值和工业用水总量预测

地区	2015 年单位工业 增加值用水量/ (m ³ · 万元 ⁻¹)	2015 年工业 增加值/ 亿元	工业用水 总量/ 亿 m ³	地区	2015 年单位工业 增加值用水量/ (m ³ · 万元 ⁻¹)	2015 年工业 增加值/ 亿元	工业用水 总量/ 亿 m ³
北京	10.7	4061	4.35	湖北	105.8	14 533	153.76
天津	4.8	9000	4.32	湖南	71.6	14 579	104.39
河北	14.0	17 555	24.58	广东	42.3	41 590	175.93
山西	18.0	9366	16.86	广西	78.7	7043	55.43
内蒙古	21.1	11 600	24.48	海南	57.1	824	4.71
辽宁	15.0	18 857	28.29	重庆	92.2	7 500	69.15
吉林	45.6	7 638	34.83	四川	37.0	14 900	55.13
黑龙江	55.0	8 357	45.96	贵州	155.8	3 700	57.65
上海	70.6	8 747	61.75	云南	49.5	5 076	25.13
江苏	45.2	39 231	177.32	西藏	280.9	135	3.79
浙江	29.0	20 000	58.00	陕西	19.9	9 000	17.91
安徽	59.1	10 800	63.83	甘肃	49.2	3 300	16.24
福建	73.2	13 163	96.35	青海	39.3	12 13	4.77
江西	84.7	9 000	76.23	宁夏	29.8	1 258	3.75
山东	10.8	36 573	39.50	新疆	38.1	4 280	16.31
河南	27.4	20 000	54.80				

都超过 100 亿 m^3 。

4 结 语

利用 1997—2010 年全国以及各省万元工业增加值用水量资料,对全国和各省的万元工业增加值进行历史数据曲线拟合并预测,2015 年全国万元工业增加值用水量预测为 59.8 m^3 。采用各省万元工业增加值用水量进行 2015 年的预测,在各省国民经济发展“十二五”规划以及各省的工业“十二五”规划中得到各省的工业增加值,预测得到各省 2015 年工业用水量,从而得到 2015 年全国工业用水量为 1575 亿 m^3 ,通过比例系数分析计算,得到全国工业增加值为 272661.7 亿元,万元工业增加值用水量为 57.7 m^3 。因此认为“十二五”期间全国万元工业增加值 63 m^3 的目标是可以实现的。

对 2015 年全国工业用水量和工业增加值的预测进行了增长率的合理性分析,表明工业用水将保持年均 1.7% 的增长,工业增加值保持年均 11.1% 的增长,是符合现实情况的。通过本文建立的各省万元工业增加值用水量数学拟合表达式,不仅可以

预测各省不同水平年的万元工业增加值用水量,同时也可为全国正在实行最严格的水资源管理制度中用水效率控制红线关键考核指标万元工业增加值用水量进行分解和考核,为分解和考核提供参考依据。因此,具有广泛的应用价值和现实意义。

参考文献:

[1] 中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要编写组. 中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要[EB/OL]. [2013-04-09]. http://www.gov.cn/2011lh/content_1825838.htm.
[2] 国家发展与改革委员会. 水利发展规划(2011-2015 年)[EB/OL]. [2013-04-09]. http://www.sdpc.gov.cn/zcfb/zcfbtz/2012tz/t20120621_486982.htm.
[3] JAMES S. Calulus[M]. 7ed. Brooks; Cole, 2012.
[4] 秦福兴,耿雷华,陈晓燕. 确定万元 GDP 取水量定额方法的探索[J]. 水利学报, 2004(8): 119-122, 128.
[5] 向书坚,柴士改. 地区与国家 GDP 核算总量数据衔接方法比较研究[J]. 统计研究, 2011, 28(12): 14-21.

(收稿日期:2013-04-09 编辑:方宇彤)

《水利经济》征订启事

中国科技核心期刊 RCCSE 中国核心学术期刊
全国水利系统优秀期刊 全国农业系统优秀期刊

(邮发代号 28-252, CN32-1165/F, 双月刊)

《水利经济》是由河海大学与中国水利经济研究会共同主办的以技术性为主、兼顾学术性和管理性的科技期刊。《水利经济》1983 年创刊,是全国唯一的水利经济研究方面的专业性期刊。

主要刊登内容:水经济学理论;水权、水市场与水价研究;水利工程建设中的经济效益、社会效益和环境效益评价与分析,水利工程经济评价和财务评价,水利工程资本运作与费用分摊研究;水利工程管理研究,以及水利事业和水利建设的管理体制体制改革研究;水库移民经济研究;农业经济与管理研究;生态与环境经济研究,生态建设领域中的水资源可持续发展研究等。

主要读者对象:从事水经济、水利水电技术、经济管理、生态、环境、农业经济及管理工作的有关工程技术人员、科研人员、管理人员以及高等院校师生。

订阅办法:读者可通过邮局订阅,也可直接向编辑部订阅。2014 年每期定价 10 元,全年 6 期共计 60 元。编辑部地址:南京市西康路 1 号 河海大学《水利经济》编辑部

邮政编码:210098

电话/传真:025-83786350

E-mail:jj@hhu.edu.cn

网址:http://kkb.hhu.edu.cn/web/indexjj.asp?d_id=43