

# 基于水资源供需平衡机制的安徽省干旱时空分布

周亮广<sup>1</sup>, 戴仕宝<sup>1</sup>, 江玉晶<sup>2</sup>

(1. 滁州学院 国土信息工程系, 安徽 滁州 239000; 2. 安徽省滁州市全椒县城东中学, 安徽 滁州 239500)

**摘要:** 基于目前大多数干旱研究偏于气象、水文和农业干旱, 不能较好地反映供求矛盾, 论文根据水资源供需成因的旱情评价方法, 对安徽省 2001—2005 年的旱情时空分布进行了综合分析。研究发现, 在时间上, 安徽省 2001 和 2005 两年同为中度干旱, 但差别甚大, 平水年份的 2005 年的旱情等级数 (Drought Index, DI) (1.485 9) 却远高于偏枯的 2001 年 (DI 0.890 9); 在空间上, 平水年份的 2005 年总体为中度干旱, 但各地市区域差异明显, 经济发展水平较高、用水量大的城市干旱严重 (如合肥、淮南、马鞍山、芜湖市等)。淮北 (DI -0.146 1, 无旱) 与芜湖 (DI 2.466 2, 严重干旱) 两市水资源自然量和人口数量都相当, 但旱情迥异。研究发现, 造成上述旱情差异的根本原因是由于社会经济发展水平的差异而引起的水资源供需量的巨大差别。研究认为, 在现代的社会背景下, 单独的气象干旱、农业干旱和水文干旱已不能全面反映旱情状况, 而社会经济干旱对旱情的描述更为直观, 采用水资源供需平衡机制对旱情的评价也更符合实际。

**关键词:** 干旱; 水资源供需平衡; 安徽

**中图分类号:** P333.1; P467      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-3037(2011)06-1030-10

## 1 问题引入

干旱缺水作为一种灾害性现象, 不仅是我国农业可持续发展的一大障碍, 同时也对社会经济和人民生活及生态环境带来严重的影响。随着人类的经济发展和人口膨胀, 水资源短缺现象日趋严重, 这也直接导致了干旱地区的扩大与干旱化程度的加重, 干旱化趋势已成为全球关注的问题。安徽省地处热带和亚热带之间, 受季风环流和地形的影响, 降雨时空分布极为不均, 旱涝灾害频繁发生, 特别是近年来安徽省经济发展速度加快, 对水资源需求量迅速增长, 供需矛盾进一步激化。

但由于干旱形成原因复杂, 影响因素众多 (包括气象、水文、地质地貌以及人类活动等), 再加上出于研究目的的差异, 大量的研究成果中至今仍没有一个可被普遍接受的“干旱”定义。世界气象组织<sup>[1]</sup>定义干旱为在较大范围内相对长期平均水平而言降水减少, 从而导致自然生态系统和雨养农业生产能力下降; Palmer<sup>[2]</sup>提出干旱是“一个持续的、异常的水分缺乏”; 张景书<sup>[3]</sup>认为干旱是“在一定时期内降水量显著减少, 引起土壤水分亏缺, 从而不能满足农作物正常生长所需水分的一种气候现象”。美国气象学会<sup>[4]</sup>在总结各种干旱定义的基础上将干旱分为 4 种类型: 气象干旱 (由降水和蒸发不平衡所造成的

收稿日期: 2010-08-14; 修订日期: 2010-12-14。

基金项目: 安徽省高校优秀青年人才基金项目 (2010SQRW106); 滁州学院科研启动基金项目 (2010qd04)。

第一作者简介: 周亮广 (1981-), 男, 山东桓台县人, 讲师, 硕士, 主要从事水文水资源与 GIS 研究。E-mail: spring\_8102@126.com

水分短缺现象)、农业干旱(以土壤含水量和植物生长形态为特征,反映土壤含水量低于植物需水量的程度)、水文干旱(河川径流低于其正常值或含水层水位降落的现象)、社会经济干旱(在自然系统和人类社会经济系统中,由于水分短缺影响生产、消费等社会经济活动的现象)。

大多数研究成果<sup>[5-13]</sup>都集中应用美国气象学会总结的前三类的一种或两种、三种综合反映某一种干旱,或从某侧面来反映干旱程度,而对区域干旱的综合反映程度不足。而且评价干旱的标准多是建立在多年平均值的基础上,这只能反映气象干旱程度,而不能较好地反映供求矛盾。当某年的降雨量大于该地区多年平均降雨量,并不能代表不干旱,只要所需的水量大于所供水量,则仍然干旱。第四种主要是从干旱对社会造成的结果进行评价,又对社会经济干旱成因考虑欠缺。

随着社会经济的的发展和人口数量的不断增加,需水量日益增加,旱灾出现机率明显增大,供需成因造成干旱的比重也日益加大。因此,在评价某一地区干旱程度和制定相应的抗旱对策时,不应该只考虑气象干旱指标,而应在考虑气象干旱指标(如降水、蒸发等因素)的同时,也要考虑社会经济发展对需水要求变化的影响<sup>[14]</sup>。随着安徽省社会经济的的发展和人口数量的增加,需水量日益增加,供需矛盾更加突出,从而出现旱灾的机率明显增大。以水资源的供需为旱情综合评价的基础,可有以下两种旱情综合评价方法,即供需成因分析评价方法和供需水量平衡评价方法<sup>[4]</sup>。

本文基于安徽省水资源中供水和需水差异来评价其社会经济干旱,可更好地反映社会经济发展对需水要求变化的影响,因而具有比较合理的一面。对安徽省旱情的全面认识,不仅要气象、农业和水文方面进行研究<sup>[15-19]</sup>,而且要增加社会经济方面水资源的供需研究,完善对旱情的认识,更好地为安徽省抗旱决策提供合理依据。

## 2 研究方法

对一个地区某一时期内干旱的评价预测或对干旱等级进行划分时,应考虑两方面的因素:其一,可供利用的水资源量(包括当地水、客水。在当地水中包括地表水、地下水、降水、土壤水以及污水回用等,以人均、地均和单位产值的水资源拥有量来表示),反映气象、水文等自然因素的影响;其二,总需水量(包括生活、工业、农业、生态环境等方面),反映社会经济的影响。两者之间的协调关系应作为确定干旱程度或评价干旱等级的依据。

### 2.1 评价指标

可供水指标:人均水资源拥有量  $G_1$  ( $\text{m}^3/\text{人}$ );水资源模数  $G_2$  ( $10^4 \text{ m}^3/\text{km}^2$ );人均可供水量  $G_3$  ( $\text{m}^3/\text{人}$ );万元 GDP 工业产值水资源拥有量  $G_4$  ( $\text{m}^3/10^4$  元)。

需水指标:人均用水量  $X_1$  ( $\text{m}^3/\text{人}$ );单位面积用水量  $X_2$  ( $\text{m}^3/\text{hm}^2$ );人均生活用水量  $X_3$  ( $\text{m}^3/\text{人}$ );万元 GDP 工业产值需水量  $X_4$  ( $\text{m}^3/10^4$  元)。

### 2.2 评价方法

区域水资源可供量综合指标为:

$$WG = a_1 G'_1 + a_2 G'_2 + a_3 G'_3 + a_4 G'_4 \quad (1)$$

其中: $G'_1$ 、 $G'_2$ 、 $G'_3$ 、 $G'_4$ 分别为人均水资源拥有量、水资源模数、人均可供水量、水资源可供的万元 GDP 产值的归一化值,反映区域内水资源可供情况; $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$ 分别反映上述各量的权重系数,反映区域内水资源各要素的重要性程度,本文利用 AHP 方法<sup>[20]</sup>

确定。对于一个给定研究区域,在某一个时段内,权重系数应为一个相对常量。由于不同时段内区域的来水、供水能力等不同,所以区域水资源可供量综合指标是一个动态指标。

区域水资源需求综合指标为:

$$WX = b_1X'_1 + b_2X'_2 + b_3X'_3 + b_4X'_4 \quad (2)$$

其中: $X'_1$ 、 $X'_2$ 、 $X'_3$ 、 $X'_4$ 分别为人均用水量、单位面积需水量、人均生活用水量、万元 GDP 工业产值需水量的归一化值,反映区域内水资源的需求情况; $b_1$ 、 $b_2$ 、 $b_3$ 、 $b_4$ 分别为上述各量的权重系数,反映区域内水资源分配使用中各要素的重要性程度,也采用 AHP 方法<sup>[20]</sup>来确定。同样,由于社会经济的不断发展,对水的需求也在不断变化,故水资源需求综合指标也是一个动态指标。

则在正常无旱情情况下,下式应成立:

$$WX \leq WG \quad (3)$$

若  $WX = WG$ ,则表示可供水资源量正好满足其需求量;若  $WX < WG$ ,则表示可供水资源量超过了需求量;若  $WX > WG$ ,则表示可供水资源量不能满足需求量,将出现旱情。 $WX$  和  $WG$  比较可以反映出区域内的综合旱情(缺水程度)。

### 2.3 旱情等级划分

旱情的严重程度与综合缺水程度直接相关。缺水程度愈低,旱情愈轻。反之愈高。1997 年联合国所属的 10 个国际组织在“世界淡水资源综合评价”中提出了用“用水紧张程度”指标确定旱情等级系列<sup>[14]</sup>,见表 1。

定义综合缺水程度计算公式为:

$$WI = 1 - \frac{WG}{WX} \quad (4)$$

则旱情等级值  $d$  可用下式确定:

$$d = \begin{cases} 10 \times WI & WI < 0.4 \\ 4 & WI \geq 0.4 \end{cases} \quad (5)$$

表 1 旱情等级评价  
Table 1 Drought rating table

旱情等级	轻旱	中度干旱	严重干旱	特大干旱
用水紧张程度 $WI$	$\leq 10\%$	10%~20%	20%~40%	>40%
旱情等级值 $d$	$\leq 1$	1~2	2~4	4

## 3 水资源供需机制下的安徽省干旱时空分布

### 3.1 数据来源

根据《安徽省水资源公报》和《安徽统计年鉴》统计计算安徽省 2001、2003 和 2005 年的人口、经济和水资源等状况(表 2)。

表 2 中人均水资源拥有量和水资源模数分别以水资源总量除以安徽省各年的人口数和国土面积;水资源可供的万元 GDP 产值为供水量除以万元 GDP 用水量;人均用水量是生活用水、工业用水、农业用水三者之和除以总人口。

表 2 安徽省水资源供需各项指标值

Table 2 Water resources supply and demand value in Anhui Province

年份	人均水资源拥有量 $G_1$ / (m <sup>3</sup> /人)	水资源模数 $G_2$ / (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> / km <sup>2</sup> )	人均可供量 $G_3$ / (m <sup>3</sup> /人)	万元 GDP 的可供水量 $G_4$ / (m <sup>3</sup> / 10 <sup>4</sup> 元)	人均用水量 $X_1$ / (m <sup>3</sup> /人)	单位面积用水量 $X_2$ / (m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )	人均生活用水量 $X_3$ / (m <sup>3</sup> /人)	万元 GDP 工业产值用水量 $X_4$ / (m <sup>3</sup> /10 <sup>4</sup> 元)
2001 年	749.83	34.00	339.10	547.12	328.87	3 285.15	26.5	416.29
2003 年	1 689.56	77.65	278.56	449.50	262.04	2 116.20	25.7	410.93
2005 年	1 103.82	51.57	319.26	386.97	301.01	4 800.45	31.4	303.10

### 3.2 指标权重确定

指标权重的确定采用 AHP 方法<sup>[20-21]</sup>,以水资源供需平衡为目标,供水指标和需水指标分别赋予 0.5 的权重。其他 8 个指标的判断矩阵如表 3、表 4。

通过计算供水指标权重  $a_i = (0.110\ 3, 0.090\ 3, 0.164\ 6, 0.134\ 8)$ , 其一致性检验指标  $CR_w = 0.000\ 0 < 0.1$ , 通过一致性检验。需水指标权重  $b_i = (0.091\ 1, 0.135\ 9, 0.150\ 1, 0.122\ 9)$ , 其一致性检验指标  $CR_x = 0.007\ 5 < 0.1$ , 也通过一致性检验, 因此构造的判断矩阵一致性良好。

表 3 供水指标因子判断矩阵

Table 3 The matrix of water supply factor

供水指标	$G_1$	$G_2$	$G_3$	$G_4$	权重
$G_1$	1	2	1/3	1/2	0.110 3
$G_2$	1/2	1	1/4	1/3	0.090 3
$G_3$	3	4	1	2	0.164 6
$G_4$	2	3	1/2	1	0.134 8

表 4 需水指标因子判断矩阵

Table 4 The matrix of water demand indicators

需水指标	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	权重
$X_1$	1	1/3	1/4	1/2	0.091 1
$X_2$	3	1	1/2	2	0.135 9
$X_3$	4	2	1	3	0.150 1
$X_4$	2	1/2	1/3	1	0.122 9

### 3.3 安徽省旱情时间变化分析

表 2 数据归一化处理,把表 2、3、4 数据代入公式(1)、(2)、(4)、(5)计算得表 5。

表 5 安徽省干旱等级

Table 5 Drought level in Anhui Province

	2001 年	2003 年	2005 年
WG	0.155 0	0.188 3	0.156 7
WX	0.170 2	0.145 8	0.184 0
WI	0.089 1	-0.291 6	0.148 6
d	0.890 9	-2.915 9	1.485 9
旱情等级	中度干旱	无旱情	中度干旱

根据表 2 和表 5 可以看出,2001—2005 年安徽省旱情状况如下:

(1) 2001—2005 年安徽省旱情等级由中度干旱转为无旱情又转到中度干旱。

(2) 2003 年无旱情,主要是由于自然原因,该年度全省平均年降水量 1 460.9 mm,较多年均值多 24.4%,属偏丰年份。丰沛的降水使供水比较充足,同时使农业需水和生活需水量都较其他两年份小,水量充足。

(3) 2001 和 2005 两年虽同为中度干旱,但差别甚大,2001 年干旱级别 0.890 9 级,2005 年为 1.485 9 级,2005 年的旱情等级远高于 2001 年。但是,从自然条件的供水上,2005 年远高于 2001 年,2001 年的梅雨期短,水资源总量较少,全省平均降水量只有 876.2 mm,较多年均值少 23.2%,属偏枯年份。而 2005 年全省平均降水量 1 208.3 mm,较多年均值多 3.0%,属平水年份。供水指标上 2005 年的人均水资源量( $1\ 103.82\ \text{m}^3/\text{人}$ )和水资源模数( $51.57 \times 10^4\ \text{m}^3/\text{km}^2$ )也都远高于 2001 年( $749.83\ \text{m}^3/\text{人}$ 和  $34 \times 10^4\ \text{m}^3/\text{km}^2$ )。

因此,主要原因应归于社会经济用水的差异。从表 2 可以看出,2001 到 2005 年 5 a 间,随着社会经济的发展,人口的增加,虽然节水水平在逐渐提高(万元 GDP 用水和万元工业产值用水 5 a 内明显减少,尤其是万元工业产值用水 5 a 减少了 27%),但农业用水和生活用水量在 5 a 里却增速更大,导致 2005 年平水年份干旱级别大于 2001 年的偏枯年份,社会经济干旱明显。随着社会经济的发展,单独的气象干旱、农业干旱和水文干旱不能全面反映旱情状况,社会经济干旱对旱情的描述更为直观。

### 3.4 安徽省旱情空间差异分析

2005 年为平水年,故选该年进行安徽省各地市旱情空间差异分析。根据《2005 年安徽省水资源公报》和《2005 年安徽统计年鉴》计算安徽省 2005 年水资源供需指标如表 6。

表 6 安徽省各地级市供水需求指标

Table 6 Statistic of water supply and demand indicators of the cities in Anhui Province

地市	$G_1$	$G_2$	$G_3$	$G_4$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$
合肥市	513.28	34.41	380.30	203.17	355.72	272.00	35.11	151.56
淮北市	634.61	49.03	200.45	211.00	183.83	64.00	31.83	162.79
亳州市	796.71	52.34	134.69	279.62	121.97	44.00	24.54	289.32
宿州市	711.81	43.67	103.22	199.36	87.34	28.00	27.13	267.93
蚌埠市	908.87	52.81	299.14	334.94	281.97	124.00	30.92	279.36
阜阳市	713.36	67.54	120.07	345.04	110.00	68.00	24.77	227.53
淮南市	419.89	37.95	880.50	795.40	858.02	210.00	41.14	1 113.57
滁州市	985.49	32.21	401.49	533.23	381.75	209.00	31.91	244.82
六安市	1 776.36	65.59	357.42	778.13	340.97	302.00	27.75	220.34
马鞍山市	443.31	33.08	1 079.23	417.23	1 041.83	511.00	46.96	362.71
巢湖市	915.76	44.59	350.72	526.33	333.07	272.00	31.12	171.57
芜湖市	692.00	47.33	466.77	264.75	443.41	306.00	39.67	249.11
宣城市	2 349.73	52.09	439.39	453.58	419.65	351.00	32.17	274.32
铜陵市	834.92	54.18	721.38	286.26	692.31	222.00	41.54	348.27
池州市	3 428.37	63.59	490.04	696.36	458.05	474.00	32.63	236.28
安庆市	1 314.91	51.48	311.64	449.29	290.66	278.00	30.39	292.07
黄山市	3 897.63	58.27	325.99	324.97	299.45	415.00	38.11	147.80
全省平均	1 103.82	51.57	319.26	386.97	301.01	320.03	31.40	303.10

同理,把表 6 数据代入公式(1)、(2)、(4)、(5)计算得表 7,在 ArcGIS 软件中作出安徽省干旱空间分布图 1。

表 7 安徽省各地旱情等级

Table 7 Drought level of every city in Anhui Province

地市	WG	WX	WI	<i>d</i>	旱情等级
合肥市	0.019 1	0.026 7	0.286 3	2.863 0	严重干旱
淮北市	0.017 2	0.017 0	-0.014 6	-0.146 1	无旱情
亳州市	0.018 2	0.016 6	-0.093 1	-0.931 0	无旱情
宿州市	0.014 6	0.015 8	0.078 9	0.788 7	轻旱
蚌埠市	0.023 7	0.022 9	-0.036 0	-0.360 3	无旱情
阜阳市	0.020 3	0.015 8	-0.283 0	-2.830 5	无旱情
淮南市	0.041 9	0.056 6	0.259 9	2.599 0	严重干旱
滁州市	0.028 0	0.026 4	-0.060 4	-0.603 9	无旱情
六安市	0.039 3	0.027 2	-0.444 3	-4.442 6	无旱情
马鞍山市	0.038 9	0.052 2	0.253 8	2.538 0	严重干旱
巢湖市	0.027 7	0.025 8	-0.071 4	-0.714 5	无旱情
芜湖市	0.024 6	0.032 6	0.246 6	2.466 2	严重干旱
宣城市	0.036 6	0.032 4	-0.129 7	-1.297 5	无旱情
铜陵市	0.032 4	0.036 2	0.104 3	1.043 2	中度干旱
池州市	0.049 2	0.036 1	-0.361 4	-3.614 3	无旱情
安庆市	0.028 1	0.028 2	0.003 1	0.031 3	轻旱
黄山市	0.040 2	0.031 3	-0.281 9	-2.819 1	无旱情
全省平均	0.156 7	0.184 0	0.148 6	1.485 9	中度干旱

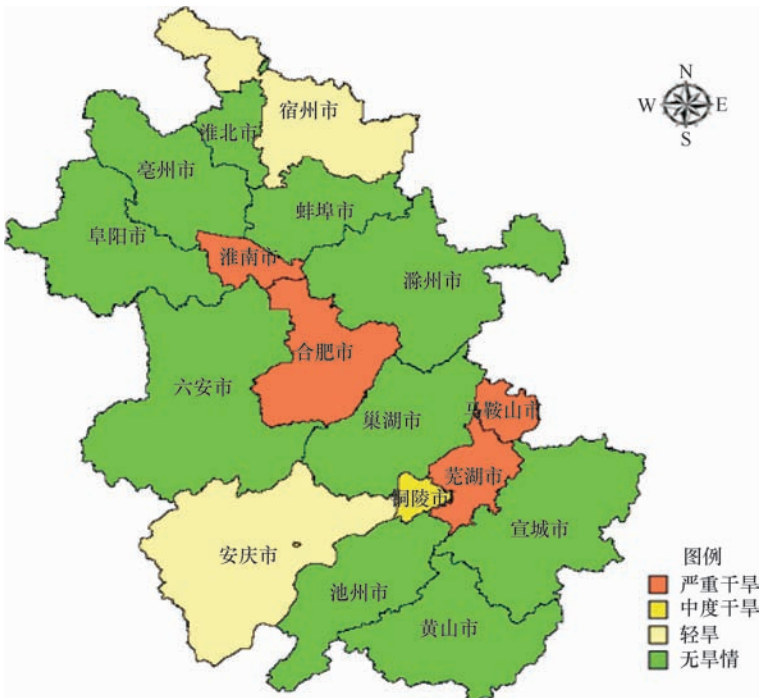


图 1 2005 年安徽省干旱分布

Fig. 1 Drought distribution of Anhui Province in 2005

从表 7 和图 1 可以看出,2005 年平水年份安徽省各地市社会经济旱情等级亦表现出很大的区域差异:

(1) 2005 年作为安徽省的一个平水年,社会经济干旱级别为中度干旱,为 1.485 9 级,水资源对安徽省总体社会经济发展有一定程度的影响,各地市区域差异明显。

(2) 严重干旱的城市有合肥、淮南、马鞍山、芜湖四市,其中合肥最高,干旱级别为 2.86 级。合肥作为安徽省省会,人口众多,经济发达,GDP 量最高( $853 \times 10^8$  元),基本高出其他城市的 2~3 倍,生活用水和社会经济发展用水量都相对较高,同时水资源总量也较低( $23.39 \times 10^8 \text{ m}^3$ ),社会经济干旱也最严重。淮南、马鞍山、芜湖三市主要是由于工业用水量巨大,基本为全省工业平均用水量的 2~4 倍,其中淮南作为全国 13 个  $10^8 \text{ t}$  煤炭基地之一和全国 6 个煤电基地之一,工业用水量最大,高达  $15.61 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,占到全省当年工业用水量的 23%,马鞍山、芜湖的人均用水量占居全省第一二位。经济的发展,尤其是工业用水量大,使得该三市社会经济干旱级别都在 2.5 左右。社会经济的快速发展导致用水量相对不足而引起干旱。

(3) 中度干旱的城市只有铜陵市。该市主要是供水量相对较小,在全省该市的供水量( $5.21 \times 10^8 \text{ m}^3$ )仅高于淮北和黄山,但需水量却不小,其人均用水量仅次于马鞍山和芜湖,而且其工业产值在全省居于前列,达到  $112.27 \times 10^8$  元,第一产业的发展,需水量也较大,导致该市达到中度干旱级别 1.043 2 级。

(4) 轻旱的城市有宿州和安庆两市。宿州轻旱级别相对高些,达 0.788 7 级,而安庆只有 0.031 3 级。宿州主要是供水量相对较少,仅高于铜陵、淮北和黄山宿州,但需水量不低,农业产值居全省最高( $126.86 \times 10^8$  元);安庆水资源量比较丰富,在全省仅次于六安,但其工业产值在全省仅次于合肥,农业产值也居全省第四位。两市农业和工业用水量本身较大,其轻旱的主要原因是该年度降水相对丰富,在一定程度缓解了用水量的压力,尤其是农业用水。所以,如果遇到枯水年份,尤其是宿州市干旱级别极有可能会提高。

(5) 除以上城市外的其他 10 个城市均为无旱情。但是,在这 10 个城市中,水资源总量和供水指标  $WG$  最低的是淮北(表 7),其 GDP 产值( $200 \times 10^8$  元)在全省也仅高于池州,经济发展水平相对比较落后。

根据社会经济发展中水资源以需定供的原则,经济发展水平低,需水量相对也较低。故虽然供水量较小,但同时社会经济发展水平相对较低的城市同样不会出现干旱状况。

在安徽省的 17 个地市中,与淮北成明显对比的就是芜湖市(如表 8)。两市的水资源

表 8 淮北与芜湖水资源供需状况比较

Table 8 Comparison of the water resources between Huaibei and Wuhu cities

地区	水资源总量/ $10^8 \text{ m}^3$	国土面积/ $\text{km}^2$	人口数量/ $10^4$ 人	水资源模数 $G_2/(10^4 \text{ m}^3/\text{km}^2)$	人均水资源拥有 量 $G_1/(\text{m}^3/\text{人})$
芜湖市	15.70	3 317	226.877 8	47.33	692.00
淮北市	13.36	2 725	210.523 0	49.03	634.61
比值	1.18	1.22	1.08	0.97	1.09

地区	人均可供水量 $G_3/(\text{m}^3/\text{人})$	人均用水量 $X_1/(\text{m}^3/\text{人})$	单位面积用水量 $X_2/(\text{m}^3/\text{hm}^2)$	人均生活用水量 $X_3/(\text{m}^3/\text{人})$	万元 GDP 工业 产值用水量 $X_4/$ $(\text{m}^3/10^4 \text{ 元})$
芜湖市	466.77	443.41	4 590.00	39.67	249.11
淮北市	200.45	183.83	960.00	31.83	162.79
比值	2.33	2.41	4.78	1.25	1.53

量、国土面积、人口数量及其水资源模数和人均水资源量都相当,芜湖与淮北的相应指标的比值基本在 1.0 左右,但是旱情级别迥异:淮北(-0.146 1 级)无旱情,而芜湖(2.466 2 级)属严重干旱。进一步对比两者可见,两市社会经济发展差异巨大(2005 年,芜湖 GDP  $400 \times 10^8$  元,淮北  $200 \times 10^8$  元,相差一倍),水资源供需指标的比值尤其是人均供水量、用水量与单位面积用水量等的比值相差达 2~5 倍。可见,在现代社会背景,水资源量相当的情况下,不同的社会经济发展程度是造成干旱的主要原因,社会经济干旱对旱情的描述更为直观。

#### 4 小结

干旱就是一种缺水现象,干旱的程度在一定意义上就是缺水程度的反映,对干旱的评价也就是缺水程度的评价。在考虑自然供水条件和社会经济发展水资源需求程度的基础上,按照水资源供需平衡理论,可以供需水量的差异来对干旱程度进行评价。通过对安徽省干旱时空分布的评价可以看出:

随着时间的推移,社会经济的发展,在相同的甚至更高的水资源量和供水能力下,需水量的日益增长可能使得同一区域出现旱情甚至更高旱情级别。在现代的社会背景下,单独的气象干旱、农业干旱和水文干旱不能全面反映旱情状况,而社会经济干旱对旱情的描述更为直观。

空间上,社会经济发展的差异造成安徽省干旱区域差异明显,在水资源量相当的情况下,不同的社会经济发展程度是造成干旱的主要原因。

#### 参考文献(References):

- [1] World Meteorologic Organization. International Meteorological Vocabulary [C]. 2nd Edi., WMO, 1992: 182-784.
- [2] Palmer W C. Meteorological drought [R]. US Weather Bureau Research Paper, 1965: 45-58.
- [3] 张景书. 干旱的定义与逻辑分析[J]. 干旱地区农业研究, 1993, 11(3): 97-100. [ZHANG Jing-shu. Definition and logistic analysis of drought. *Agricultural Research in the Arid Area*, 1993, 11(3): 97-100.]
- [4] American Meteorological Society. Meteorological drought—Policy statement [J]. *Bulletin of American Meteorological Society*, 1997, 78: 847-849.
- [5] John Kryantash, John A Dracup. 干旱的量化研究:干旱指数的评价[J]. 干旱气象, 2005, 23(2): 85-93. [John Kryantash, John A Dracup. Quantitative research on drought: Evaluation on drought index. *Drought Meteorology*, 2005, 23(2): 85-93.]
- [6] 陈南祥, 杨莉, 邵玉冰. 灰色系统理论在区域干旱程度评价中的应用[J]. 灌溉排水学报, 2006(1): 26-29. [CHEN Nan-xiang, YANG Li, SHAO Yu-bing. Application of grey system theory in evaluation for the arid degree of area. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2006(1): 26-29.]
- [7] 罗培. 基于 GIS 的重庆市干旱灾害风险评估与区划[J]. 中国农业气象, 2007, 28(1): 100-104. [LUO Pei. Risk assessment and division of drought hazard based on GIS in Chongqing City. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 2007, 28(1): 100-104.]
- [8] 孙立堂, 夏祥哲, 张丽静, 等. 基于学习向量量化神经网络的农业干旱综合指标分析[J]. 水利与建筑工程学报, 2006, 4(4): 78-80. [SUN Li-tang, XIA Xiang-zhe, ZHANG Li-jing, et al. Analysis on comprehensive drought assessment index of agriculture based on LVQ neural network model. *Journal of Water Resources and Architectural Engineering*, 2006, 4(4): 78-80.]
- [9] 刘晓宁, 贾忠华. 模糊综合评价在关中灌区干旱评价中的应用[J]. 水资源与水工程学报, 2005, 16(2): 62-65. [LIU Xiao-ning, JIA Zhong-hua. Fuzzy synthetic evaluating and its application in the establishment of the drought index in Guanzhong region. *Journal of Water Resources & Water Engineering*, 2005, 16(2): 62-65.]
- [10] 顾颖, 倪深海, 王会容. 中国农业抗旱能力综合评价[J]. 水科学进展, 2005, 16(5): 700-704. [GU Ying, NI Shen-hai, WANG Hui-rong. Comprehensive evaluation on ability of coping with agricultural drought in China. *Advances in*



- Water Science*, 2005, 16(5): 700-704. ]
- [11] 张叶, 罗怀良. 农业气象干旱指标研究综述[J]. 资源开发与市场, 2006, 22(1): 50-52. [ZHANG Ye, LUO Huai-liang. Summary on agriculture meteorology drought index research. *Resource Development & Market*, 2006, 22(1): 50-52. ]
- [12] 刘晓英, 郝卫平, 张健. 农田尺度下干旱指标及应用[J]. 中国农业气象, 2005, 26(2): 99-105. [LIU Xiao-ying, HAO Wei-ping, ZHANG Jian. Drought indicators and their applications in field scale. *Chinese Journal of Agro meteorology*, 2005, 26(2): 99-105. ]
- [13] 何艳芬, 张柏, 马超群. 基于 GIS 的松嫩平原农业干旱敏感性分析[J]. 农业系统科学与综合研究, 2004, 20(2): 291-293. [HE Yan-fen, ZHANG Bai, MA Chao-qun. The study on the susceptibility of agricultural drought hazard in Songnen Plain based on GIS. *System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture*, 2004, 20(2): 291-293. ]
- [14] 曹升乐, 王旭峰. 基于供需成因分析和供需水量平衡的旱情评价方法研究[J]. 水文, 2006, 26(2): 6-8. [CAO Sheng-le, WANG Xu-feng. Research on the drought situation evaluating methods based on analysis of affecting factors and equilibrium of water quantity in supply and demand. *Journal of China Hydrology*, 2006, 26(2): 6-8. ]
- [15] 田红, 徐敏, 李树, 等. 安徽省伏旱特征及预报研究[J]. 高原气象, 2006, 25(4): 731-736. [TIAN Hong, XU Min, LI Shu, et al. Studies on characteristic and prediction of dog-days drought in Anhui Province. *Plateau Meteorology*, 2006, 25(4): 731-736. ]
- [16] 盛绍学, 胡雯, 马晓群, 等. 安徽省农业干旱遥感监测指标的确定及应用[J]. 中国农业气象, 2001, 20(4): 36-39 [SHENG Shao-xue, HU Wen, MA Xiao-qun, et al. Remote sensing agricultural drought indicators confirmation and their application in Anhui Province. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 2001, 20(4): 36-39. ]
- [17] 盛绍学, 马晓群, 苟尚培, 等. 基于 GIS 的安徽省干旱遥感监测与评估研究[J]. 自然灾害学报, 2003, 12(1): 151-157. [SHENG Shao-xue, MA Xiao-qun, XUN Shang-pei, et al. Remote sensing monitoring and evaluation of drought in Anhui Province based on GIS. *Journal of natural disasters*, 2003, 12(1): 151-157. ]
- [18] 马晓群, 盛绍学, 张爱民. 降水对安徽省长江以北地区旱情演变趋势的影响[J]. 中国农业气象, 2001, 22(3): 15-19. [MA Xiao-qun, SHENG Shao-xue, ZHANG Ai-min. Influence of precipitation on drought developing in north of the Yangtze River of Anhui. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 2001, 22(3): 15-19. ]
- [19] 吴忠莲, 赵家良. 安徽省淮北地区井灌建设问题商榷[J]. 地下水, 2002, 24(4): 238-239. [WU Zhong-lian, ZHAO Jia-liang. Discuss on the problem of well irrigation for the north of the Huaihe River in Anhui Province. *Ground Water*, 2002, 24(4): 238-239. ]
- [20] 凌红波, 徐海量, 乔木, 等. 基于 AHP 和模糊综合评判的玛纳斯河流域水资源安全评价[J]. 中国沙漠, 2010, 30(4): 989-994. [LING Hong-bo, XU Hai-liang, QIAO Mu, et al. Appraisalment of water resource security in Manasi River Basin by analytic hierarchy process and fuzzy comprehensive evaluation. *Journal of Desert Research*, 2010, 30(4): 989-994. ]
- [21] BAO Chao, FANG Chuang-lin. Integrated assessment model of water resources constraint intensity on urbanization in arid area [J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2009, 19(3): 5-9.

# Temporal and Spatial Distribution of the Drought in Anhui Province Based on the Balance Mechanism of Supply and Demand of Water Resources

ZHOU Liang-guang<sup>1</sup>, DAI Shi-bao<sup>1</sup>, JIANG Yu-jing<sup>2</sup>

(1. Land Information Engineering Department, Chuzhou University, Chuzhou 239000, China;

2. Quanjiao Chengdong Middle School, Chuzhou 239000, China)

**Abstract:** Most drought studies are somewhat based on meteorological drought, hydrological drought and agricultural drought, then they can't reflect the contradiction between supply and demand better. According to the method of water supply and demand causing droughts, this paper studies the droughts of temporal and spatial distribution of Anhui Province from 2001 to 2005. It is concluded that the two years of 2001 and 2005 are the moderate level of drought, but the difference is very large. The drought index of 2005 (DI 1.4859) that the river flow is normal is higher than the 2001 (DI 0.8909) that the flow is lower. On the whole, the drought of Anhui Province is moderate in 2005, but the regional difference is significant between cities. The cities with higher level of economic development and larger water resources consumption witness severe drought especially (such as Hefei, Huainan, Ma'anshan and Wuhu). HuaiBei (DI -0.1461, no drought) and Wuhu (DI 2.4662, severe drought), with almost the same population and natural water resources quantity, have obviously different drought indexes. It is further found that the GDP differs one time between the two cities. It is concluded that the basic reason is the great different socio-economic development leading to different amount in water supply and demand. It is considered that the meteorological drought, agricultural drought and hydrological drought singly can't reflect the drought condition while socio-economic drought becomes more intuitive for the drought description. Using the method of water supply and demand balance mechanism for drought evaluation is more practical in modern society.

**Key words:** drought; supply and demand balance of water resources; Anhui