河南省主要城市地下水超采区评价

崔新华[1],许志荣[2]

(1.河南省水文水资源局,河南 郑州 450003;2.河南省地震局,河南 郑州 450003)

摘要:在分析近期地下水观测、调查资料成果的基础上,描述了城市区域水文地质特性,并对17座主要城市不同含水层的年均地下水补给量、可开采量和实际开采量进行了计算评价。按照地下水超采区评价方法,划分出26处地下水超采区,提出了超采区地下水开发利用和管理的建议。

关键词:城市;地下水;超采区
中图分类号:P641.7 文献标识码:A 文章编号:1004-6933(2008)06-0017-06

Evaluation of groundwater-overdraft regions in main cities of Henan Province

CUI Xin-hua[1], XU Zhi-rong[2]

(1. *Hydrology and Water Resources Bureau of Henan Province*, *Zhengzhou* 450003, *China*; 2. *Earthquake Administration of Henan Province*, *Zhengzhou* 450003, *China*)

Abstract: Based on analysis of groundwater data observed and investigated in recent years, the hydrogeologic characteristics of urban areas are described and the mean annual recharge, available yield and actual withdrawal volumes of groundwater in different aquifers of 17 cities in Henan Province are calculated and evaluated. Twenty-six overdraft regions are identified using a groundwater overdraft evaluation method. Proposals are presented for the development, utilization and management of groundwater.

Key words: city; groundwater; overdraft region

1 城市地下水开发利用及存在问题

地下水是河南省城乡生活、工业和农业的主要供水水源。2000年以来全省地下水源年平均供水量已占总供水量的约60%,现状年全省地下水开采总量近130亿m^3。全省18座主要城市(省辖城市)供水总量15.8亿m^3,地下水源供水量达11亿m^3,地下水在城市供水中的比例占约70%[1]。可以看出地下水的开发利用在支撑和维系河南省经济社会的快速发展中起到了至关重要的作用。

目前,全省除信阳市以外的17座省辖城市,地下水超采区面积达3230 km^2。其中,水量一般超采区2190 km^2,水量严重超采区743 km^2,水质污染严重超采区1009 km^2,水量与水质超采区重叠区711 km^2。由于地下水位下降,不但使水资源的战略储备和地下水供水能力受到影响,而且引发了一定程度的含水层疏干,大量供水井出水量减少,部分供水井报废。开封、许昌、洛阳、新乡、安阳和濮阳市产生了不同程度的地面沉降,大部分城市孔隙浅层水、深层承压水和岩溶水受到不同程度的污染。

2 城市地下水资源资源量分析

2.1 城市水文地质条件

河南省城市地下水可分为两大类型:松散沉积物孔隙水和碳酸盐岩岩溶裂隙水。由于地质构造与地貌条件的差异,前者按地貌条件的不同可划分3类。

a. 山前平原第四系冲洪积砂砾石孔隙浅层水及深层承压水。如安阳市、焦作市、平顶山市等。其含水层由一系列规模不同、多层叠置的第四系冲洪积扇构成。含水层以砂砾卵石、砂为主,一般厚度10~55 m。自冲洪积扇顶部单一砂砾石层浅层水,向下游变为以多层砂层为主的浅层水—深层承压

作者简介:崔新华(1959—),男,河南临颍人,高级工程师,主要从事水资源评价及论证工作。E-mail:cuixh59@163.com

水，单井出水量为 1 000 ~ 3 000 m^3/d，属强-极强富水区。该区域多为城市水源地，地下水排泄以人工开采为主。由于集中过量开采，形成地下水水位下降漏斗和超采区，加之含水层上覆可以阻滞污染物渗透的黏性土厚度较薄，地下水易受污染，目前已受到一定程度的污染。

b. 黄淮海平原第四系冲积、冲湖积多层砂层孔隙浅层水及深层承压水。为郑州、开封、新乡、濮阳、许昌、漯河、商丘、周口、驻马店等城市主要类型。在郑州—开封—新乡一带，浅层水极强富水和强富水分布区，含水层由黄河冲积的含砾中粗砂、中砂、中细砂、细砂组成，具有明显下粗上细“二元结构”[2]，厚度由冲积扇轴部的 80 ~ 100 m 向下游和两翼过渡为 30 ~ 80 m。在黄河冲积扇及黄河冲积古河道主流带分布区，含水层埋藏浅、厚度大、颗粒粗，单井出水量为 1 000 ~ 3 000 m^3/d，属强富水区。在冲积和冲湖积平原区，多层砂层含水层以中细砂、细砂及少量砂砾石为主，含水层厚度一般为 40 ~ 80 m，在垂直方向上具有多层砂层与多层黏性土为主相间组成的多层结构特征，形成多层深层承压水。单井出水量一般为 1 000 ~ 2 000 m^3/d。深层承压水除接受侧向径流补给外，由于城市区集中过量开采，深层承压水形成了较大面积水位下降漏斗，其水位低于浅层水水位 20 ~ 30 m，故浅层水越流补给亦成为重要补给源。

c. 河谷盆地第四系冲洪积、冲积砂砾石孔隙浅层水。如南阳盆地、伊洛河盆地、灵宝—三门峡盆地、济源盆地属此类型[3]。其主要水文地质特征为浅层地下水埋藏浅，一般小于 60 m，含水层颗粒粗，以砂砾石为主，厚度大，富水性强，水质良好—较好，与河水水力联系密切，补给条件良好，成为城市的主要供水水源。南阳盆地地下水沿白河、唐河河谷及主要支流呈带状分布的上更新统和全新统洪冲积中细砂、砂砾石含水层，厚度 10 ~ 25 m，顶板埋深 20 ~ 30 m，单位出水量 10 ~ 30 m^3/(h·m)，单井出水量为 2 000 ~ 3 000 m^3/d，为强-极强富水区，具微承压性。伊洛河河谷盆地卵砾石、砂砾石含水层厚度 15 ~ 40 m，单位出水量 30 ~ 100 m^3/(h·m)，单井出水量达 3 000 ~ 5 000 m^3/d，渗透系数 20 ~ 34 m/d，属极强富水区。灵宝—三门峡盆地地下水强富水区主要分布在宏农涧河谷及Ⅰ级阶地地带，为全新统、上更新统砂砾石及漂石含水层，厚度 30 ~ 50 m，单位出水量 10 ~ 25 m^3/(h·m)；中等富水区多分布在黄河滩区和宏农涧河谷平原地带，细砂、粉细砂含水层厚度 20 ~ 40 m，单位出水量 5 ~ 10 m^3/(h·m)。济源盆地由沁河和蟒河冲洪积扇群组成，含水层由卵砾石和砂砾石组成，在扇群轴部含水层厚达 100 m 以上，单井出水量 > 5 000 m^3/d；而在扇的前缘和盆地边缘小于 20 m，单井出水量 < 1 000 m^3/d。

d. 碳酸盐岩岩溶裂隙水。以岩溶水为主要供水水源的城市有焦作市和鹤壁市，地貌位置处于构造侵蚀和构造剥蚀的中、低山丘陵区，岩性主要为寒武和奥陶系的巨厚层石灰岩，厚 150 ~ 550 m。构造裂隙岩溶发育，沿构造带水量极为丰富，单井出水量可达 2 600 ~ 4 886 m^3/d。

2.2 城市地下水资源

地下水受气候、水文和水文地质条件以及人工开采等因素影响，各城市地下水补给条件差异较大。浅层地下水补给来源主要有降水入渗、地表水渗漏、地下径流、灌溉水回渗等。深层承压水补给来源主要为地下侧向径流和浅层地下水越流补给。

a. 浅层地下水。对全省 17 座主要城市进行评价，评价区面积 3 656 km^2，多年平均浅层地下水补给总量为 130 867 万 m^3，其中降水入渗补给量 33 522 万 m^3/a；地下径流补给量 52 768 万 m^3/a；地表水渗漏补给量 30 414 万 m^3/a；灌溉水回渗补给量 10 757 万 m^3/a；其他补给量 3 406 万 m^3/a(表 1)。

b. 深层承压水。由于各城市的水文地质以及地下水质条件不同，其深层承压水的主要开采层位也有差异，重点对郑州、开封等七市的第 2 组和许昌、商丘两市的第 3 组深层承压水进行评价，评价区面积 1 155 km^2。七市第 2 组深层承压水多年平均补给量为 15 304 万 m^3/a；第 3 组深层承压水补给量为 3 853 万 m^3/a。

c. 岩溶地下水。隐伏岩溶水评价区主要为焦作、鹤壁两城市，面积 485.7 km^2。根据评价结果，多年平均隐伏岩溶水补给总量为 24 912 万 m^3/a，其中，降水入渗补给量平均为 18 184 万 m^3/a；地表水渗漏侧向补给量平均为 6 544 万 m^3/a；灌溉水入渗补给量平均为 184 万 m^3/a。

2.3 城市地下水可开采量

地下水可开采量是指保持地下水量多年平衡和通过经济合理、技术可行的开采利用措施，允许从含水层中获得质量符合要求，开采后不会引起生态环境恶化的那部分地下水量。除了开采地下水时可夺取消耗量或增加补给量的情况以外，一般情况下，可开采量不应大于补给量。

对全省 17 座城市进行评价，多年平均地下水可开采量为 153 967 万 m^3，年可开采模数为 112.9 万 m^3/km^2。其中，浅层地下水可开采量为 108 585 万 m^3；第 2 组承压含水层地下水可开采量为 16 138 万 m^3；第 3 组承压含水层地下水可开采量为 3 088 万 m^3；隐伏岩溶水可开采量为 26 155 万 m^3(表 2)。

表 1　城市多年平均地下水补给量计算

城市名称	含水层	评价区面积/km²	补给量/万 m³						补给资源模数/(万 m³·km⁻²)
			降水入渗	地下径流	地表水补给	灌溉回渗	其他补给	补给总量	
郑州	浅层水	427	2918	4548	884	1153		9503	22.3
	第 2 组	263		4943			5380	10323	39.3
开封	浅层水	97	280	1657	535	265		2737	28.2
	第 2 组	67		556			1369	1925	28.6
洛阳	浅层水	464	5208	18560	5824	2460		32052	69.1
平顶山	浅层水	246	2888	1541	1646	68		6143	25
安阳	浅层水	221	911	9680	614	745		11950	54.1
鹤壁	岩溶水	156	1789		2444	184		4417	28.3
新乡	浅层水	145	775	2981	2596	1405		7757	53.5
焦作	浅层水	396	4984		4704	1814	2774	14276	36.1
	岩溶水	329	16395		4100			20495	62.3
濮阳	浅层水	263	1862	1715	2610	1070		7257	27.6
许昌	浅层水	88	864	74	219	75		1232	14
	第 2 组	50		168				168	3.4
	第 3 组	59		1225				1225	20.8
漯河	浅层水	47.7	288	600	140			1028	21.6
	第 2 组	53		300			273	573	10.8
三门峡	浅层水	50	203	566	1814	28		2611	52.2
南阳	浅层水	180	2673	376	6333	283	632	10297	57.2
	第 2 组	175		326			900	1226	7
商丘	浅层水	667	4979	886	1134	608		7607	11.4
	第 3 组	341		2628				2628	7.7
周口	浅层水	148	1567	100	1219	238		3124	21.1
	第 2 组	113		793				793	7
驻马店	浅层水	164	2750	433		194		3377	20.6
	第 2 组	34		296				296	8.7
济源	浅层水	53	372	9051	142	351		9916	187.1
小计	浅层水	3656.7	33522	52768	30414	10757	3406	130867	35.8
	第 2 组	755		7382			7922	15304	20.3
	第 3 组	400		3853				3853	9.6
	岩溶水	485	18184		6544	184		24912	51.3
总　计		5296.7	51706	64003	36958	10941	11328	174936	33.0

2.4　城市地下水开采程度

采用全省 17 座城市多年平均(包括丰、平、枯水年份)地下水可采资源量及实际开采量资料,对地下水开采程度进行评价。按照实际开采量与可开采量的比值,将开采程度划分为:2.00 以上以下为严重超采;2.00~1.20 为一般超采;1.20~0.80 为基本平衡;0.80~0.50 为尚有潜力;0.50 以下为具有较大潜力[3]。

评价结果表明:许昌市第 2 组深层承压水潜力较大;许昌市和驻马店市 2 座城市浅层水尚有潜力;洛阳、平顶山、安阳、新乡、焦作、濮阳、漯河、南阳、周口和济源市 10 座城市浅层水处于采补基本平衡;郑州、开封、南阳、周口和驻马店市 5 座城市第 2 组深层承压水以及许昌市第 3 组深层承压水处于采补基本平衡;鹤壁市和焦作市 2 座城市岩溶水也处于采补基本平衡;开封市、商丘和三门峡市 3 座城市浅层水、漯河市第 2 组深层承压水以及商丘市第 3 组深层承压水处于一般超采状况;郑州市浅层水处于严重超采状况。评价成果详见表 3。

3　城市地下水超采区的评价方法

3.1　地下水超采区分类标准

按照 SL 286—2003《地下水超采区评价导则》(以下简称《导则》)的规定和地下水开发利用目标含水层(组)的地下水类型,将地下水超采区划分为裂隙水超采区、岩溶水超采区和孔隙水超采区 3 类。根据不同含水层(组)地下水开采利用状况,又将孔隙水超采区划分为浅层地下水超采区、第 2 组深层承压水超采区、第 3 组深层承压水超采区[4]。

3.2　地下水超采区分级标准

根据《导则》规定,按超采区面积的大小,将地下水超采区划分为四级:①超采区面积不小于 5000 km² 为特大型地下水超采区;②超采区面积小于 5000 km² 且不小于 1000 km² 为大型地下水超采区;③超采区面积小于 1000 km² 且不小于 100 km² 为中型地下水超采区;④超采区面积小于 100 km² 为小型地下水超采区。同时,根据地下水超采区在评价期内的年均

表 2　城市多年平均地下水可开采量及模数计算

城市名称	年可开采总量/万 m^3	年可采资源模数之和/(万 $m^3 \cdot km^{-2}$)	浅层地下水		第 2 组深层承压水		第 3 组深层承压水		岩溶水	
			可开采量/万 m^3	可采资源模数/(万 $m^3 \cdot km^{-2}$)	可开采量/万 m^3	可采资源模数/(万 $m^3 \cdot km^{-2}$)	可开采量/万 m^3	可采资源模数/(万 $m^3 \cdot km^{-2}$)	可开采量/万 m^3	可采资源模数/(万 $m^3 \cdot km^{-2}$)
郑州	11 446	42.7	1 571	3	9 875	39.7				
开封	3 854	46.6	904	10.2	2 950	36.4				
洛阳	33 117	71.4	33 117	71.4						
平顶山	5 405	22.0	5 405	22.0						
安阳	12 781	72.2	12 781	72.2						
鹤壁	3 189	20.4							3 189	20.4
新乡	6 593	45.5	6 593	45.5						
焦作	36 099	103	13 133	33.2					22 966	69.8
濮阳	6 021	28.3	6 021	28.3						
许昌	3 115	39.8	1 576	17.9	169	3.1	1 370	18.8		
漯河	1 478	34.1	900	18.9	578	15.2				
三门峡	1 766	35.3	1 766	35.3						
南阳	10 195	60.0	8 940	52.4	1 255	7.6				
商丘	9 149	15.9	7 431	11.1			1 718	4.8		
周口	3 424	24.6	2 718	18.4	706	6.2				
驻马店	3 568	35.9	2 962	18.1	606	17.8				
济源	2 767	55.3	2 767	55.3						
合计	153 967	112.9	108 585	29.8	16 139	22.0	3 088	7.2	26 155	53.9

表 3　城市多年平均地下水开采程度评价

城市名称	含水层名称	评价区面积/km^2	实际开采量/(万 $m^3 \cdot a^{-1}$)	可开采量/(万 $m^3 \cdot a^{-1}$)	开采程度	开 采 程 度 评 价				
					实际开采量与可开采量比	严重超采	一般超采	基本平衡	尚有潜力	潜力较大
郑州	浅层水	427	3 622	1 571	2.31	✓				
	第 2 组	263	11 355	9 875	1.15			✓		
开封	浅层水	97	1 138	904	1.26		✓			
	第 2 组	67	2 469	2 950	0.84			✓		
洛阳	浅层水	464	33 493	33 117	1.01			✓		
平顶山	浅层水	246	5 583	5 405	1.03			✓		
安阳	浅层水	221	14 734	12 781	1.15			✓		
鹤壁	岩溶水	156	2 860	3 189	0.90			✓		
新乡	浅层水	145	7 175	6 593	1.09			✓		
焦作	浅层水	396	10 920	13 133	0.83			✓		
	岩溶水	329	21 136	22 966	0.92			✓		
濮阳	浅层水	263	6 836	6 021	1.14			✓		
许昌	浅层水	88	1 151	1 576	0.73				✓	
	第 2 组	50	32	169	0.19					✓
	第 3 组	59	1 280	1 370	0.93			✓		
漯河	浅层水	47.7	953	900	1.06			✓		
	第 2 组	53	853	578	1.48					
三门峡	浅层水	50	2 222	1 766	1.26					
南阳	浅层水	180	9 132	8 940	1.02			✓		
	第 2 组	175	1 272	1 255	1.01			✓		
商丘	浅层水	667	9 206	7 431	1.24					
	第 3 组	341	2 510	1 718	1.46					
周口	浅层水	148	2 423	2 718	0.89			✓		
	第 2 组	113	706	706	1.00			✓		
驻马店	浅层水	164	2 219	2 962	0.75				✓	
	第 2 组	34	584	606	0.96			✓		
济源	浅层水	53	2 810	2 767	1.02			✓		
小计	浅层水	3 656.7	113 608	108 585	1.05	1 城市浅层水	3 城市浅层水,1 城市第 2 组深层水,1 城市第 3 组深层水	10 城市浅层水,5 城市第 2 组深层水,1 城市第 3 组深层水,2 城市岩溶水	2 城市浅层水	1 城市第 2 组深层水
	第 2 组深层水	755	17 271	16 139	1.07					
	第 3 组深层水	400	3 790	3 088	1.23					
	岩溶水	485	23 996	26 155	0.92					
总　计		5 296.7	158 665	153 967	1.03					

地下水位持续下降速率、年均地下水超采系数，将地下水超采区划分为一般超采区和严重超采区。对于地下水质污染区，根据河南省的地下水实际，仅划定为一般超采区，不再划分严重超采区。超采区分级标准详见表 4。

表 4　地下水超采区分级标准

地下水类型	一般超采区	严重超采区
浅层地下水	$0<K<0.3$	$K>0.3$
	$0<V<1.0$	$V>1.0$
	污染后水质劣于污染前 1 个类级以上，或已不能生活饮用。	
		$V_{沉}>10$
深层承压水	$0<V<2.0$	$V>2.0$
	污染后水质劣于污染前 1 个类级以上，或已不能生活饮用。	
		$V_{沉}>10$
岩溶地下水	$0<K<0.3$	$K>0.3$
	$0<V<1.5$	$V>1.5$
	污染后水质劣于污染前 1 个类级以上，或已不能生活饮用。	

注：K 为超采系数，V 为水位下降速率，$V_{沉}$ 为地面沉降速率。

3.3　地下水超采区评价方法

超采区划定的方法一般有地下水动态分析法和开采系数法。所谓地下水动态分析法，即依据地下水位和水质等动态变化资料，分析水环境恶化及环境地质灾害问题发生的情况，从而确定地下水超采区。开采系数法采用地下水开采系数（地下水多年平均开采量与地下水可开采量的比值）进行判断，比值大于 1 为超采，比值小于等于 1 不超采。具体评价指标计算方法见表 4。

a．水位持续下降速率

地下水超采区的多年（一般采用评价期）平均地下水水位持续下降速率按下式计算：

$$V = (H_1 - H_2)/T$$

式中：V 为年均地下水水位下降速率，m/a；H_1 为评价期之初地下水水位，m；H_2 为评价期之末地下水水位，m；T 为地下水开发利用时期年数，a。

b．地下水超采系数

地下水超采区的超采系数是指多年（一般采用评价期）平均地下水实际开采量减去可开采量之差值与可开采量之比值，用于表明其超采程度。用公式表示为

$$K = (Q_{开} - Q_{可开})/Q_{可开}$$

式中：K 为年均地下水超采系数；$Q_{开}$ 为评价期内年均地下水实际开采量，万 m^3；$Q_{可开}$ 为评价期内年均地下水可开采量，万 m^3。

c．地面沉降速率

$$V_{沉} = \Delta h/\Delta t$$

式中：$V_{沉}$ 为年均地面沉降速率，mm/a；Δt 为计算时段，a；Δh 为 Δt 时段内的地面沉降量，mm。

d．地下水质污染指标

参照 GB/T14848—93《地下水质量标准》，采用单指标法确定地下水水质的类别，并以该标准中Ⅲ类水与Ⅳ类水间浓度界限值作为判断符合生活饮用水的标准值和作为计算超标率的控制标准。超标率按下式计算：

$$r = (C_0 - C_m)/C_m \times 100\%$$

式中：r 为超标率，%；C_0 为分析项目的浓度；C_m 为《地下水质量标准》中分析项目Ⅲ类水与Ⅳ类水间浓度界限值，C_0 和 C_m 的浓度单位相同。当计算的超标率 r 不大于 0 时，即：$C_0 \leqslant C_m$ 时，则认为不超标。

依据《导则》规定，结合河南省城市地下水水质实际情况，本次评价将污染后的水质劣于污染前 1 个类级以上，或已不能满足生活饮用水水质要求的地域，划定为地下水水质污染区，并确定为一般超采区。

4　评价结论和主要建议

4.1　评价结论

根据上述评价方法，全省 17 座主要城市共划定地下水超采区 26 处，除驻马店市外，其他 16 城市均存在超采现象，超采区总面积 3 230 km^2。按地下水水位下降速率划分，共划定一般超采区 21 处，面积 2 190 km^2；严重超采区 9 处，面积 743 km^2；一般超采区与严重超采区重叠区 9 处。按水质污染程度划分，共划定地下水水质污染区 21 处，面积 1 009 km^2，其中地下水水质污染区与超量开采水位下降重叠区 11 处，面积 711 km^2（表 5）。基于超采区完整性考虑，将个别城市评价区外超采区面积也划入评价区内。因此，超采区面积超过了城市评价区面积。

在 26 处超采区中，孔隙浅层地下水超采区 14 处，面积 2 195 km^2；第 2 组深层承压水超采区 6 处，面积 502 km^2；第 3 组深层承压水超采区 2 处，面积 371 km^2；第 4 组深层承压水超采区 2 处，面积 134 km^2；隐伏岩溶水超采区 2 处，面积 28 km^2。按超采区面积大小统计，中型地下水超采区 9 处，超采面积 1 899 km^2，最大的是商丘市 667 km^2，最小的为焦作市 107 km^2；小型地下水超采区 17 处，超采面积 289 km^2，最大的是开封市 74 km^2，最小的为鹤壁市 8 km^2。

在区域分布上，浅层地下水超采区主要分布在郑州、开封、洛阳、平顶山、安阳、新乡、焦作、濮阳、许昌、三门峡、南阳、商丘、周口、济源等市；第 2 组深层承压水超采区主要分布在郑州、开封、许昌、漯河、南阳、周口；第 3 组深层承压水超采区主要分布在许昌、商丘；第4组深层承压水超采区主要分布在郑州、

表 5　河南省主要城市地下水超采区评价

城市名称	分布范围	面积/km^2	含水层	一般超采区		严重超采区		水质污染区		地下水超采系数 K	地面沉降区		
				面积/km^2	水位下降速率/($m \cdot a^{-1}$)	面积/km^2	水位下降速率/($m \cdot a^{-1}$)	面积/km^2	水质类别		面积/km^2	累计沉降量/mm	速率/($mm \cdot a^{-1}$)
郑州	郑州市建成区大部	418	浅层水	230	1.01	188	1.53	125.7	Ⅳ-Ⅴ	1.31			
	京广铁路以西和西南部的城区	365	第 2 组	308	1.39	57	3.64	20.5	Ⅳ-Ⅴ	0.15			
	京广铁路以东的行政区及城乡结合区	60	第 4 组	33	1.0	27	7.16						
开封	建成区大部，规划区的部分	108	浅层水	39	0.11	69	0.53	69	Ⅳ-Ⅴ	0.26	182	213～242	6.09～6.91
	建成区西部及南部	30	第 2 组					30	Ⅳ	0.16			
	陇海铁路以北的城市建成区	74	第 4 组	41	1.85	33	3.2						
洛阳	建成区及老城区白马寺、大石桥	36.6	浅层水	12	0.46	14.5	0.62	10.1	Ⅳ为主	0.31		100	
平顶山	建成区及规划区的大部	25.2	浅层水	25.2	0.38			25.2	Ⅳ-Ⅴ	0.03			
安阳	建成区、铁西区及规划区	219	浅层水	219	0.25			2	Ⅳ-Ⅴ	0.15	30	337	37.40
鹤壁	鹤壁市老城区及鹤壁集一带	8	岩溶水					8	Ⅳ-Ⅴ	0.10			
新乡	建成区及小朱庄、周村、骆驼湾一带	145	浅层水	145	0.59			145	Ⅳ-Ⅴ	0.09	不详	45	13.1
焦作	建成区的大部	107	浅层水	26	0.18			81	Ⅳ	0.17			
	建成区的西北部	20	岩溶水					20	Ⅳ-Ⅴ	0.08			
濮阳	建成区、规划区大部	263	浅层水	184	0.33	79	0.59	31	Ⅳ-Ⅴ	0.14	57	15～45	4～13
许昌	建成区的大部	52.8	浅层水	32.8	0.25			31.5	Ⅴ-Ⅳ	0.27	54	82	20.5
	建成区的大部	31.5	第 2 组	6.3	0.19			31.5	Ⅴ-Ⅳ	0.81			
	建成区	13.2	第 3 组	10.5	0.07			2.7	Ⅴ-Ⅳ	0.07			
漯河	建成区及规划区	53.1	浅层水	53.1	0.11					0.48			
三门峡	王官油库、斜桥砖瓦厂及塔北、后川、梁家渠一带	10.8	浅层水	8.2	0.26			2.6	Ⅳ、Ⅴ	0.26			
南阳	建成区的部分地区	17.5	浅层水	5.5	0.06			12	Ⅳ	0.02			
	老市区及十二里河以东	8.5	第 2 组	8.5	0.17					0.01			
商丘	建成区全部，规划区大部	667	浅层水	485	0.44	182	0.79	182	Ⅳ为主	0.24			
	建成区及规划区全部	358	第 3 组	265	1.23	93	2.36	93	Ⅳ	0.46			
周口	建成区全部及规划区部分	72	浅层水					72	Ⅳ-Ⅴ	0.11			
	沙河南的东、西两片	14	第 2 组					14	Ⅳ				
济源	建成区及规划区大部	53	浅层水	53	0.15					0.01			
合　计		3 230	26 处	2 190		743		1 009					

注：表中增加了郑州市、开封市第 4 组深层承压水超采区 2 处。

开封；隐伏型岩溶水超采区主要分布在鹤壁、焦作。

4.2　主要建议

a．城市建成区自备井地下水开采量过大，管理难度大，浪费较重，供水水质难以保证，且城区已出现较大面积的孔隙水和岩溶水污染区，应封停收购部分自备井，减少自备井开采量，改善供水水质。

b．调整城市现有供水水源结构。城市现状供水结构不合理，造成多数城市集中过量开采地下水，环境负效应问题比较突出。开发利用优质地表水、优质浅层水和优质岩溶水及矿坑水作为城市供水主要水源，扩大城市自来水供水覆盖面及供水量，限量并削减城区自备井地下水开采量，涵养地下水源。

c．尽快提出并落实地下水超采区监控措施，对超采区进行综合治理，实行部分地区地下水压采、限采和禁采，尽快关停已受到较重或严重污染的供水井，改用优质水供水。

d．在超采区评价的基础上，加强城区地下水动态监测工作。编制和实施《河南省城(下转第 27 页)

表 3　佛山市 2030 年需水基本方案多年平均水资源优化配置结果

地名	需水量/万 m^3	供水量/万 m^3	月时段保证率/%				水量保证率/%			
			生活	工业生产	河道外生态环境	农业生产	生活	工业生产	河道外生态环境	农业生产
资源型供水										
禅城区	49 393	49 393	100	100	100	100	100	100	100	100
南　海	177 826	177 826	100	100	100	100	100	100	100	100
顺　德	129 231	129 231	100	100	100	100	100	100	100	100
三　水	55 125	55 125	100	100	100	100	100	100	100	100
高　明	35 909	35 830	100	98.14	96.46	96.65	100	99.97	99.60	99.66
工程型供水										
禅城区	49 393	41 597	100	0	0	0	100	80.54	36.95	80.00
南　海	177 826	158 259	93.48	29.05	5.59	12.10	99.35	91.67	44.70	79.77
顺　德	129 231	112 507	75.23	8.57	0	2.79	97.52	93.24	52.38	63.93
三　水	55 125	50 854	86.59	69.09	56.24	60.89	98.66	96.37	78.79	86.83
高　明	35 909	33 805	90.32	76.54	56.61	61.64	99.18	97.65	83.84	91.49

实现污染控制规划的目标。

4　结　论

南方湿润地区水资源相对丰富,但受现有水利工程规模、污水排放量大和来水时间不均性等限制,水资源配置上与北方有较大的不同,主要不同在于枯水季节在保证水质条件下,可适当牺牲部分河道内生态用水量;大部分地区水资源供需状况为资源型不缺水而工程型缺水,因此开源和节流之间的决策比北方缺水地区更为复杂。以广东佛山市为研究区域,建立了南方湿润地区面向可持续发展的水资源优化配置模型,采用了大系统'分解协调'理论作为技术支持,运用逐步宽容约束法和递阶分析法,对佛山市水资源进行长系列调算。结果表明:

a. 佛山市本地水资源较少,但过境水丰富,可满足佛山市未来社会经济发展的用水需求。

b. 佛山市现状工程在河道外生态、工业、农业上不能满足用水需求,应在适当扩建或新建一部分供水工程的同时,进行节水型社会建设,一方面可减少用水需求,另一方面有利于减轻河流污染,改善水环境。

c. 佛山市在实现污染控制规划的各种目标和水资源优化配置的条件下,水资源的开发利用、环境保护和经济发展可实现可持续发展。

参考文献:

[1] 张伟东. 面向可持续发展的区域水资源优化配置理论及应用研究[D]. 武汉:武汉大学,2004.

[2] HAIMES Y Y, LI D. Hierarchical multiobjective analysis for large-scale systems: review and current status[J]. Automatica, 1988, 24(1): 53-69.

[3] 陈晓宏,陈永勤,赖国友. 东江流域水资源优化配置研究[J]. 自然资源学报, 2002, 17(3): 366-372.

[4] 王浩,王建华,秦大庸. 流域水资源合理配置的研究进展与发展方向[J]. 水科学进展,2004,15(1):123-128.

[5] 冯耀龙,韩文秀,王宏江,等. 面向可持续发展的区域水资源优化配置研究[J]. 系统工程理论与实践,2003(2):133-138.

[6] 严登华,王浩,王建华. 国际水文计划发展与中国水资源研究体系构建[J]. 地理学报,2004,59(2):249-259.

[7] 王顺久,侯玉,张欣莉,等. 中国水资源优化配置研究的进展与展望[J]. 水利发展研究,2002(9):9-11.

[8] 冯耀龙,练继建,韩文秀. 区域水资源系统可持续发展评价研究[J]. 水利水电技术,2001,32(12):9-11.

[9] 贺北方,周丽,马细霞. 基于遗传算法的区域水资源优化配置模型[J]. 水电能源科学,2002,20(3):10-12.

[10] 佛山市水利局,中山大学水资源与环境研究中心. 佛山市水资源综合规划[R]. 佛山:佛山水利局,2006.

(收稿日期:2007-05-29　编辑:徐娟)

(上接第 22 页)

市地下水超采区动态监测规划方案》,建设城市地下水监测预警系统,建立多目标的地下水动态监测网络,包括不同含水层的地下水位、开采量、水质等方面的监测。

参考文献:

[1] 河南省水利厅. 河南省水资源公报(2000)[R]. 郑州:河南省水利厅,2001.

[2] 许志荣. 河南地下水资源与可持续发展研究[M]. 郑州:黄河水利出版社,2004.

[3] 赵云章. 河南省地下水资源与环境研究[M]. 北京:中国大地出版社,2004.

[4] SL286—2003,地下水超采区评价导则[S].

(收稿日期:2008-03-08　编辑:高渭文)