

区域水资源承载能力评价与预警研究

王在兴 郭锐斌 李毅隆 赵祎

(西安思源学院 陕西西安 710038)

摘要: 水资源承载能力的计算根据度量指标的不同,相应的计算方法也不同,一般分为经验公式法、综合评价法、系统分析法3大类,常用的评价方法主要有主成分分析法、TOPSIS 综合评价方法、灰色模型评价法、模糊综合评判法、系统动力模型评价法以及多方案比较法等。水资源预警机制的内容主要包括:水量变化、水质变化、自然因素变化、经济因素及社会因素等变化^[1]。

关键词: 水资源承载能力; 水资源预警机制; 水资源

作为自然资源的一种,水资源以其独特的不可或缺的特性,在经济社会的发展过程中起着至关重要的作用。水是农业的命脉、工业的血脉;水是人类赖以生存和发展的“生命之源”;在城市可持续发展的基本框架中,水更是作为基础性的战略资源,在一定程度上决定着—个城市的发展规模和发展方向。

目前,国际上将水资源承载能力作为单项课题来研究的学者较少,大部分在可持续发展文献中简单涉及,而在国外期刊发表的有关成果也主要是我国学者的研究成果;国内水资源承载力研究的区域主要集中在华北以及西北地区,目前多数人的观点认为水资源最大开发容量或者规模比其所能支撑的社会可持续发展规模小。国内外有关水资源预警的理论研究和应用成果较少,对水资源的预警研究尚处于探索阶段,研究内容也尚无统一界定,往往根据水资源利用者的目的而确定。

一、国外研究进展

国际上的学者大多没有将水资源承载力作为一个单独、孤立的课题进行研究,而是综合考虑水资源在可持续发展体系中的作用和地位,将水资源承载能力纳入到可持续发展的整体研究过程中来,只是将水资源承载力的研究作为为了可持续发展研究中的一个方面。

1971年美国伊利诺伊大学的动物学博士 Odum 明确提出了“承载能力”概念,后来该概念被广泛应用于生态系统等领域,主要是承受发展或特定活动能力的限度的研究方面。例如 Irmi Seidl 等人在马尔萨斯人口理论基础上,在当前的国土、生态资源条件下,多次研究全球人口和社会经济增长极限。国外对水资源的研究多与可持续发展相关联。从人口增长、水质下降、气候变化及资源的竞争等方面分析,提出完善水资源信息、提高用水效率、建立和跟踪水资源可持续性指标等措施,使本国走上可持续发展的道路。

二、国内研究进展

国内学者对水资源承载力及预警的研究分析,步骤一般分为:选取评价指标—建立数学模型—预警并评价分析—提出建议。建立数学模型经常应用到灰色理论、模糊数学理论、熵值理论、线性回归理论等。根据所建立数学模型的不同,可将研究方法分为主成分分析法、目标优化法、模糊综合评判法、系统动力学法、层次分析法等。

1.主成分分析法。通过对多指标的综合运算,分析区域的水资源承载力。陈威等^[2]将主成分分析法和多元线性回归模型综合应用,研究分析了武汉市水资源承载力。首先选取 13 个核心指标,构建

出武汉市水资源承载力评价指标体系,应用 SPSS19.0 软件对武汉 2004—2014 年的水资源承载力进行主成分分析,确定常住人口数、万元 GDP 用水量、万元工业增加值用水量、国内生产总值、工业用水和水资源总量为水资源承载力最主要的 5 个驱动因素,然后以这 5 个指标建立多元线性回归模型,预测武汉市 2015 年到 2020 年的年需水量。结果表明,武汉市万元 GDP 用水量和万元工业增加值用水量两者逐年下降,其用水效率有所提高,水资源承载力尚能满足其当前经济发展的需求。

2.模糊综合评价法。通过建立模糊综合评价模型,对区域水资源能力进行分析。如:常文娟等人^[3]以水资源子系统、社会发展子系统、经济子系统 3 个系统作为准则层,筛选指标层指标,并对准则层的 3 个系统采用层次分析法确定权重,对各子系统下的指标层采用熵值法确定其权重。结合可变模糊集理论运用最大贴近度准则对宜昌市 2009—2014 年的水资源承载力进行综合评价。结果表明:目前,宜昌市水资源承载能力处于较高的水平,能够满足社会经济发展需求。利用模糊综合评价进行水资源承载力研究的例子较多,主要是通过指标分析水资源承载力的趋势,是否具有开发潜力,是否已到水资源承载力的极限。通过模糊综合评价法进行水资源承载力评价的研究较多,研究者选取的评价指标也各不相同,水资源方面主要有:人均水资源量、水资源利用率、供水量模数地表水年径流量等;经济系统主要有工业万元 GDP 用水量、人均 GDP、人口密度、耕地灌溉率、第一产业增加值占 GDP 比重等;生态系统主要有:生态用水率、森林覆盖率、工业用水重复率、城镇生活污水处理率;社会系统指标主要有:人均生活用水量、人口自然增长率、城镇居民恩格尔系数、人口密度等

3.灰色模型评价法。通过建立灰色模型,对选取的评价指标进行分析,评价区域的水资源承载力。通过灰色模型进行评价区域水资源承载力的研究较多,如:朱玲燕等^[4]结合衢州市水资源实际状况,初步选择 15 个水资源承载力指标因子,利用灰色关联模型计算不同年份各评价指标与水资源利用率的关联系数,最终筛选出关联度较大的 9 个指标,采用熵权法确定这 9 项指标权重,计算水资源承载力综合得分。结果显示:衢州市 2004—2011 年水资源承载力综合得分曲线基本呈上升趋势,说明衢州市水资源状况不断转好。也有研究学者应用灰色关联度法,对区域水资源的供需、开发利用量进行预测,分析区域水资源的未来发展趋势。

4.系统动力模型评价法。通过建立环环相扣的网络结构,利用

线性方程或非线性方程对数据分析,评价区域水资源承载能力。如:李焕等人以长江经济带为研究区域,通过设计水资源人口承载力评价指标,构建水资源人口承载力的系统动力学预测模型,对长江经济带水资源人口承载的现状及其未来发展趋势进行了研究。研究发现:长江经济带水资源虽然总体上比较丰富,但由于经济社会的发展需求,水资源的消耗量非常大。伏吉芮等^[9]运用系统动力学的方法,结合吐鲁番社会经济发展和生态需水的实际情况,构建了吐鲁番水资源供需系统模型,设定四种不同的情景,仿真模拟了2013—2030年吐鲁番地区水资源供需变化趋势,进而对该地区水资源供需平衡进行分析。

5. TOPSIS 综合评价方法。即从各方面选取指标建立方程,测算未来区域水资源的动态变化。如屈小娥^[6]通过构建涵盖水资源系统、社会系统、经济系统及生态系统四方面的水资源承载力综合评价指标体系,运用 TOPSIS 综合评价方法(即理想解法),实证测算研究了2004—2013年陕西省及各城市水资源承载力的动态变化及区域差异。结果表明:考察期内,陕西省水资源承载力整体呈现较为明显的上升趋势,其中生态子系统和社会子系统的贡献最大;从区域差异看,陕南水资源承载力最大,陕北次之,关中最小。

6. 多方案比较法。通过多种方法对区域水资源承载力进行分析,并比较出更为合理的一种评价方法。如:徐绪堪等^[7]选取西安市人均占有水量、人均供水量、水资源开发利用效率等10项定量指标,结合云模型理论构建水资源可持续利用预警分级指标体系,借助熵权法确定各个指标的权重。结果表明,与模糊物元法和模糊层次分析法相比较,基于熵权的分级预警云模型结果更为合理;西安市的水资源利用处于一个较为正常的阶段,根据综合云隶属度进行水资源可持续利用预警从高到低排名依次为:临潼区、西安全市、长安区、鄠邑区、主城区、周至县、高陵区、蓝田县。

7. 监测预警机制。目前,对水资源的预警研究主要是用定额法、灰色模型法、系统动力学法等预测社会经济发展用水量、生活用水量与生态环境用水量,当预测水平年的用水总量超过区域可利用水资源量时,做出预警分析。而对于水资源监测预警机制的研究尚处于探索阶段,有关研究成果较少,研究内容也尚无统一界定,往往根据水资源利用者的目的而确定。按国家下发的建立水资源承载力监测预警机制文件,水资源承载力监测预警机制的主体框架应包含预警监测内容、预警方法、预警目的、预警级别及应对措施。明确监测预警的目的,预警的目的是在自然灾害、突发事件发生时,领导部门在第一时间及时采取措施进行处理,以防造成重大社会影响。水资源监测预警内容要具有全面性、动态性和可操作性,具体内容一般包括:水量变化、水质变化、自然因素变化、经济因素及社会因素等变化。监测系统应以自动化监测为主,人工监测为辅,并建立基于GIS的数据管理平台。应用GIS软件,使监测指标数据值与地理位置信息一同经过网络平台传送到指挥部,便于指挥平台及时、准确地提取到全市的水资源承载信息。采用数据模型,对预警指标进行综合处理计算并评价。对预警级别的设置,可以参考应对社会上应急事件的预警机制,将预警级别分为四级,采用国家统一的红橙黄蓝四种颜色做预警信号。

通过国内外研究预警指标的文献可知,预警指标分为警情指标与警兆指标两类,警情指标,即可直接观察出水资源异常变化、不同状态的指标,包含水量、水质两方面。警兆指标,指对水资源产生影响的社会、经济、生态方面的指标,反映影响水资源承载力的社会因素,包含生态环境、社会发展、经济发展三方面。监测预警指标框架如图1所示。

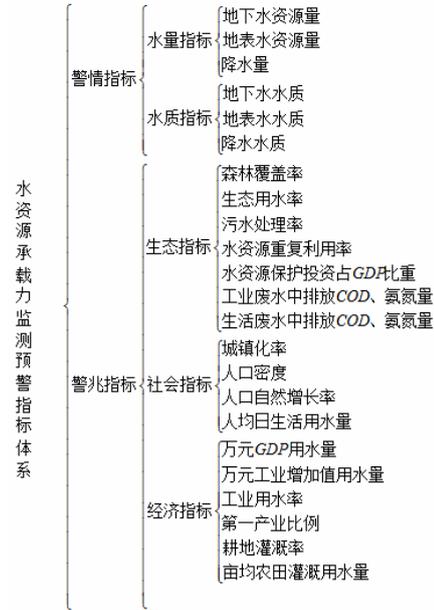


图1 水资源承载力监测预警指标体系

总之,对区域水资源承载力进行分析的研究已较为成熟,方法也较多。但是对水资源预警机制的研究,国内还处于尝试的初始阶段,还需要更多的探索。通过社会、经济、资源等方面考虑选取指标,构建水资源承载能力评价模型区域水资源进行评价并预警,提出适合本区域社会经济发展的模式及提高水资源承载能力的措施,为研究区合理配置未来水资源做有利支撑,具有重大意义。

参考文献:

[1]左其亭.水资源承载力研究方法总结与再思考[J].水利水电科技进展,2017,37(03):1-6+54.
 [2]陈威,艾婵.基于多元线性回归模型的武汉市水资源承载力研究[J].河南理工大学学报(自然科学版),2017,36(01):75-79.
 [3]常文娟,刘建波,马海波.基于可变模糊集理论的宜昌市水资源承载能力评价[J].节水灌溉,2018(01):48-51.
 [4]朱玲燕,苏维词.基于熵权法及灰色关联模型的水资源承载力研究[J].水资源与水工程学报,2014,25(05):233-236.
 [5]伏吉芮,瓦哈甫·哈力克,姚一平.协调模式下的吐鲁番地区水资源合理供求模式[J].南水北调与水利科技,2017,15(01):67-71+144.
 [6]屈小娥.陕西省水资源承载力综合评价研究[J].干旱区资源与环境,2017,31(02):91-97.
 [7]徐绪堪,赵毅,成春阳.西安市水资源可持续利用预警分级[J].水资源保护,2017,33(05):25-30.