

水资源承载能力评价指标体系构建

尹虔硕¹, 郎 燕²

(1. 河海大学水利水电工程学院, 江苏 南京 210098; 2. 南京江宁区环境保护局, 江苏 南京 211100)

摘要 水资源社会经济系统是一个由水资源子系统、社会经济子系统和生态环境子系统相互耦合而成的复杂巨系统。通过分析水资源社会经济系统各组成因素对系统结构及状态的影响, 进而分析这些因素对水资源承载能力的影响, 并在此基础上建立了水资源承载能力评价指标体系。

关键词 水资源; 承载能力; 指标体系

中图分类号 :TV21 **文献标识码** :B **文章编号** :1004-693X(2007)S2-0010-04

目前国内外对水资源承载能力评价指标体系的研究, 大致可分为两类: 一类是从传统的水资源供需平衡计算基础发展起来的对水资源承载能力的评价; 另一类是综合考虑水资源承载能力的主要影响因素指标对水资源承载能力进行评价。前者反映水资源的供需状况, 但无法反映水资源和社会经济系统结构差异对水资源承载能力的影响; 后者则是反映水资源承载能力的相对指标, 它是目前国内学者研究的热点, 但这一指标体系既不能反映水资源系统供需状况, 也不能反映水资源承载能力大小的绝对指标。建立具有实际操作意义的能够全面反映流域(区域)社会经济和生态环境协调发展、水资源可持续利用状况与进程及其相互之间适应程度的评价指标体系, 对科学地指导水资源规划与管理具有重要的现实意义。为此, 本文从流域(区域)水资源特征出发, 探讨了水资源承载能力评价指标体系构建的相关问题。

1 评价指标体系构建的原则

a. 整体性。指标体系是由多指标构成的有机体, 必须是一个整体, 能够从各个不同角度反映出所评价系统的主要特征和状况^[1-4]。

b. 层次性。评价对象是一个复杂的系统, 可将其分解成若干个子系统。指标体系应根据系统的结构分出层次, 并在此基础上对指标进行分类, 进而使得指标体系结构清晰、便于应用。指标体系一般是由多层构成, 越往上, 指标越综合, 越往下, 指标越具体。

c. 协调性。由于水资源系统与社会经济、生态

环境构成协调统一的整体, 系统的各个要素之间应处于协调状态, 因此选取的评价指标之间必须建立有机的联系, 同时避免指标之间的交叉与重复, 应剔除相关性大的指标, 选择相关性小的指标。

d. 动态性。选取的指标体系应反映系统的发展过程和发展状态。

e. 可操作性。指标体系的构建要考虑到指标的量化, 应尽量选择可量化指标, 难以量化的重要指标可采用定性指标描述。从数据获取与处理难易程度的角度来看, 构建的指标体系应简明方便、易于理解、具有可操作性, 指标应尽可能采用标准的名称、概念和计算方法, 尽量做到与其他区域指标具有可比性。

2 水资源-社会经济-生态环境系统

水资源承载能力评价的研究必然涉及水资源、社会经济和生态环境, 三者及其相互关系构成了复杂的水资源-社会经济-生态环境系统, 它不仅是自然系统与人工系统结合的复合系统, 而且包括人的意识及其活动^[5]。

2.1 水资源系统

2.1.1 组成

水资源系统是水资源-社会经济-生态系统中以水资源为主体构成的一种特定子系统, 由水资源的自然系统和人工系统所组成。自然系统主要由影响水资源数量、质量、时空分布的自然地理要素所组成, 主要包括降水、蒸发、河流与水系、水文地质与土壤及地形地貌五大要素。水资源的人工系统包括人

类为生存安全和开发利用水资源而创建的工程系统和保证工程正常运行的管理系统^[6-7] ,工程系统是由人类活动所创造的工程单元集所组成 ,水资源管理系统是由实施水资源保护、利用的组织机构和管理制度所构成。

2.1.2 主要影响因素

水资源系统是水资源承载能力的支撑体 ,流域水资源由水循环产生 ,水资源数量的大小无疑是决定其承载力大小的最主要因素。同时 ,在流域的水资源数量中 ,有多少可供人们开发利用 ,即水资源合理开发利用的最大可利用程度 ,也是水资源承载能力研究的关键问题之一。因此 ,水资源系统的主要影响因素可从以下几个方面予以考虑。

a. 自然地理及水资源条件。自然地理及水资源条件是影响水资源开发利用限度的主要影响因素 ,包括水资源的时空分布、河流水系分布状况、地形、水文地质以及气象土壤等条件。对于地下水的利用还要考虑岩层的蓄水条件和地下水的开采条件。

b. 水环境质量。水资源可利用量受水环境容量和水体自净能力的影响与约束 ,同时又受水质水环境的影响。污水的排放及入河污染物的数量直接影响到水资源的有效利用 ,影响到水资源各项功能的发挥。在人类生活和生产活动过程中 ,由于人们忽视社会经济发展对生态环境的影响 ,常常造成水环境恶化。一些地区尽管水资源数量不少 ,但可供利用的水不多 ,形成“水质型”缺水。因此 ,水资源的质量状况是影响区域水资源承载能力的另一重要因素。

c. 水资源可开发利用程度。水资源可开发利用程度是水资源开发利用的阈限。为保证水资源的可持续开发利用和社会经济可持续发展 ,水资源的开发利用不应超过这一阈限。水资源可开发利用程度同样是影响水资源承载能力的重要因素。此外 ,由于受降水的影响 ,不同水文年的水资源量是不同的 ,其变化越大 ,越不利于人们对水资源的开发利用。因此 ,水资源的变化系数也是影响水资源承载能力的因素。

2.2 生态环境系统

2.2.1 组成

生态环境系统是生物群落与各种非生命环境相互作用的功能系统^[8] ,具有生物生产、能量流动、物质循环及信息传递的功能。生态系统中的各种生物 ,按照它们在生态系统中所处的地位及作用的不同 ,可分为生产者、消费者和分解者三大类^[9]。而非生物环境是生态系统中生物赖以生存的物质、能量及其生活场所 ,是除了生物以外的所有环境的要素

总和 ,包括水、空气、阳光、土壤、无机物、矿物等。

2.2.2 主要影响因素

水是构成生态环境系统结构的要素 ,是维持生态环境系统良性循环发展的保证。为了保证社会经济的可持续发展 ,生态环境需水必须首先满足。

任何一个生态环境系统 ,其生态需水量大小是由结构和功能所决定的。生态环境系统结构与功能是影响水资源承载能力的因素 ,而人类活动对生态环境质量的影响 ,即生态环境质量状况也是影响水资源承载能力的因素之一 ,如 :人类生活与生产活动造成水体、土地的污染和植被、湿地的减少 ;水资源过度开发造成的河流断流几率的增加、地下水位的持续下降 ,甚至地面下沉等。

2.3 社会经济系统

2.3.1 社会系统

社会系统主要包括人口、政策、法律和宗教等内容 ,其中人口是社会系统的核心。人口的数量、质量、构成、迁移及分布等都会对流域或区域的发展产生影响 ,也影响着流域或区域水资源的开发与利用。而人作为区域水资源的“用水户” ,其生活用水量(包括居民生活用水和公共用水两部分)是与社会发展密切相关的。流域或区域人口的性别结构、年龄结构、职业、民族、素质及社会经济发展水平都对生活用水定额产生影响 ,其中 ,人口素质和社会经济发展水平对用水定额的影响最为显著。随着社会经济发展水平的提高 ,生活用水定额也将不断增加。

2.3.2 经济系统

经济系统是水资源—社会经济—生态环境系统的核心 ,是水资源系统支撑的主体。经济发展离不开水 ,同时又给水资源系统形成压力。水资源的数量与特征会影响流域(区域)产业结构布局和经济规模 ,而经济系统用水户用水定额的差异以及产业结构(用水结构)的不同 ,又对用水量的大小有着直接的影响。

水资源作为流域(区域)生产发展的物质基础 ,数量越多 ,利用该资源发展生产的规模就可能越大 ;相反 ,在水资源不足的情况下 ,因需要限制流域(区域)高耗水产业的发展 ,可能会影响经济发展规模。水资源的数量越少 ,对流域(区域)生产发展规模的限制也就越大 ,如在我国北方广大地区 ,水资源缺乏对区域经济发展规模以及城市发展规模就构成了限制。又如安徽省淮北地区 ,虽然有丰富的煤炭资源 ,具有发展火电的前景 ,但由于水资源短缺 ,火电发展受到严重制约。

经济发展同样会对水资源系统产生压力 ,任何一个研究区域的水资源总是有限的 ,随着流域(区

域经济规模的不断扩大,用水总量将持续提高,同时排污总量也会随经济规模的扩大而大幅度增加,导致经济发展对水资源的压力愈变严峻,当经济发展到一定的程度时就会出现水资源难以支撑的局面。

3 水资源承载能力评价指标体系

3.1 水资源系统评价指标

水资源系统由水源、供水、用水、排水等组成,涉及水源的时空分配、水源的质量和可供水量、供水的组成、用水的性质等。因此,水资源系统可从水资源的水量和水质、水资源利用效果和程度等方面来选取评价指标,见图 1。

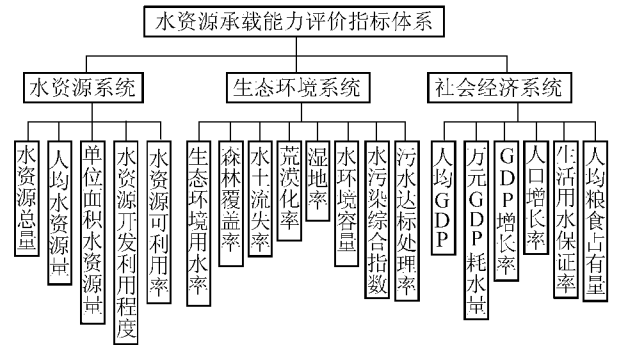


图 1 水资源承载能力评价指标体系

a. 水资源总量。水资源总量指被评价区域(流域)当地水资源总量,为该地区或流域地表水资源量与地下水资源量之和减去二者重复量。地表水资源量是指地表径流量,包括坡面流和壤中流。地下水资源量是指降水入渗对地下水的补给量,为河川基流、潜水蒸发、地下潜流 3 项之和。除此之外,有些区域的外来水也是可供利用的重要水源。由于水资源是降水在地表、土壤、地下水含水层运动、转化的结果,不同区域因降水、土壤、水文地质等差别,其水资源的数量、组成也是不同的。具体计算按水资源评价理论进行。

b. 人均水资源量。人均水资源量指被评价区域(流域)的水资源总量除以人口总量所得之商,计算时要注意不同时期人口增长率的变化。

c. 单位面积水资源量。单位面积水资源量指被评价区域多年当地平均水资源量除以国土面积,它是支持社会经济发展的基础,反映水资源数量的大小。

d. 水资源开发利用程度。水资源开发利用程度是指年取用的淡水资源量占可获得的(可更新)淡水资源总量的百分率。世界粮农组织、联合国教科文卫组织、联合国可持续发展委员会等很多机构都选用这一指标作为反映水资源稀缺程度的指标。指标的阈值或标准根据经验确定:当水资源开发利用

程度小于 10% 时为低水资源压力;当水资源开发利用程度大于 10%、小于 20% 时为中低水资源压力;当水资源开发利用程度大于 20%、小于 40% 时为中高水资源压力;当水资源开发利用程度大于 40% 时为高水资源压力。因此,水资源开发利用程度可作为衡量水资源稀缺程度的指标,并且该指标隐含考虑了生态用水,因为人类对水资源开发利用程度越高,水系统及相关自然生态受到的压力就越大。

e. 水资源可利用率。在传统的水资源开发利用中,更多地考虑各用水户的用水,而常常忽视生态环境用水。现代可持续水资源开发利用,优先满足的是生态环境用水,因此在选择指标时可采用水资源可利用率。水资源可利用率就是水资源可利用量与水资源总量之比。水资源可利用率除与区域土壤、地形、水文地质及水资源组成有关外,还受科学技术进步及人的认识水平、生态环境的变化等因素的影响。因此,同一区域水资源可开发利用率在不同历史时期是不同的,而同一区域某一时期的水资源可开发利用率存在着阈值。

3.2 生态环境系统评价指标

生态环境系统是指由生物群落及各种非生物自然因素组成的整体,主要或完全由自然因素形成,并间接地、潜在地、长远地对人类的生存和发展产生影响。生态环境的破坏,最终会导致人类生活环境的恶化,甚至会威胁人类的生存和发展;同时,生态环境是水资源社会经济系统的基础和支撑,从生态环境对水的需求角度分析,生态环境系统会对水资源系统形成压力。因此,生态环境系统评价指标既要反映生态环境的整体状况,又要通过对水的需求反映其对水资源系统形成的压力大小,见图 1。

a. 生态环境用水率。生态环境用水率为生态环境用水量与多年平均水资源量之比,它反映了区域生态环境对水资源的需求。

b. 森林覆盖率。森林覆盖率为从植被角度反映生态系统健康水平的指标,为森林总面积与区域总面积之比。

c. 水土流失率。水土流失率为水土流失面积与区域总面积之比,反映人类活动对区域生态环境的影响。

d. 荒漠化率。荒漠化率为荒漠化面积与区域总面积之比。

e. 湿地率。湿地率是指区域内湿地占区域总面积的比例,根据国际生物多样性评价指南^[10],可作为反映生物多样性的一个间接指标。

f. 水环境容量。水环境容量也称水体容许纳污量,指在水资源保护区主要用水目标的水质标准

下,该区域容许接纳的水污染物的总量。

g. 水污染综合指数。水污染综合指数为受污染水体与水资源总量之比,反映水体受污染状况。

h. 污水达标处理率。污水达标处理率指污水达标排放量与污水排放量之比,从一定程度上反映了社会发展水平。

3.3 社会经济系统评价指标

人口是社会系统的核心。从社会系统与水源的宏观关系分析,社会系统中人对水资源的直接消耗和社会发展水平是影响承载力的主要因素。社会系统中人口对水资源的直接消耗,也就是生活用水的大小,它既受人口的数量、结构及动态变化情况的影响,也受社会制度、政策法规、节水意识、发展水平等因素的影响。经济系统是水资源支撑的主体,在经济系统中,不仅一切需水的活动对水资源承载能力产生影响,而且经济活动对水质的改变也会影响水资源的承载能力大小。

国内生产总值(GDP)是显示国家(地区)经济状况的一个重要指标,它是对一国(地区)经济在核算期内所有常住单位生产的最终产品总量的度量,GDP 包含本地国民和外地国民在本地创造的生产总值,但不包含本地国民在外地所创造的生产总值。水资源承载能力的研究要反映水资源对流域(区域)经济发展的支撑能力,水资源不但要支持本地国民在本流域(区域)内进行的经济活动,还要支持外地国民在本流域(区域)内进行的经济活动。因此在研究过程中可选择与流域(区域)GDP 相关的指标作为社会经济系统中的评价指标,见图 1。

a. 人均 GDP。人均 GDP 为描述经济发展的指标之一,由 GDP 除以人口数而得。

b. 万元 GDP 综合耗水量。万元 GDP 综合耗水量是从水资源角度描述科技水平对 GDP 的贡献率的指标,具体计算为:总耗水量除以 GDP。

c. GDP 增长率。GDP 增长率为计算年份的本地国内生产总值与前一年份的本地国内生产总值之比,反映了区域经济发展的速度。

d. 社会子系统。社会子系统主要包括人口、政策、法律、宗教等内容,其中人口是社会系统的核心。人口数量、人口素质及人口结构等会对社会经济和生态环境产生影响,社会经济和生态环境又会影响到水资源的承载能力,因此,在评价水资源的承载能力时,还需要考虑与人口相关的指标,如人口增长率、生活用水保证率和人均粮食占有量。

参考文献:

[1] 左东启,戴树声,袁汝华,等.水资源评价指标体系研究

[J].水科学进展,1996,7(4):367-374.

[2] 贾绍凤,张军岩,张士峰.区域水资源压力指数与安全评价指标体系[J].地理科学进展,2002,21(6):538-545.

[3] 陈莹,赵勇,刘昌明.节水型社会的内涵及评价指标体系研究初探[J].干旱区研究,2004,21(2):125-129.

[4] 徐良芳,冯国章,刘俊民.区域水资源可持续利用及其评价指标体系研究[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2002,30(2):119-122.

[5] 叶文虎.可持续发展引论[M].北京:高等教育出版社,2001:10-16.

[6] 王友贞.区域水资源承载力评价研究[D].南京:河海大学,2005.

[7] 唐德善,王锋.水资源综合规划[M].南昌:江西高校出版社,2001:146-148.

[8] 马光,胡仁禄.城市生态工程学[M].北京:化学工业出版社,2003.

[9] 钱正英.对青海省生态环境建设的几点意见[J].中国水利,2003(1):6-7.

[10] ANDREW J B.国际生物多样性评价指南[M].赵文智,译.北京:海洋出版社,2002.

(收稿日期:2007-10-26 编辑:舒建)

·简讯·

2007 全国大坝抗震防灾高级学术研讨会在河海大学举行

由中国水力发电工程学会抗震防灾专业委员会主办、河海大学水工结构研究所和中国水利水电科学研究院工程抗震中心承办的“2007 全国大坝抗震防灾高级学术研讨会”于 11 月 11~12 日在河海大学隆重举行。中国工程院陈厚群院士、中国科学院林皋院士和张楚汉院士、国家自然科学基金委水利学科主任李万红教授以及来自全国水利水电勘测设计、建设单位及高等院校、科研院所的 50 余名高级专家参加了研讨会。中国水电顾问集团公司昆明勘测设计研究院、成都勘测设计研究院等单位也参加了本次研讨会。

研讨会分两个专题“高混凝土坝抗震设计中的关键问题”、“高土石坝抗震设计中的关键问题”进行研讨。针对目前我国高坝抗震研究现状,选择具有代表性的高混凝土坝、高土石坝,分别邀请中国水电顾问集团公司成都勘测设计研究院和昆明勘测设计研究院,选择大岗山、溪洛渡、糯扎渡、长河坝、双江口等典型高坝,介绍或提出高混凝土坝抗震设计、分析和施工中存在的关键技术问题,与会专家进行了深入的研讨、交流。本次研讨会的举行对我国的高坝抗震防灾研究起着积极的推动作用。

(本刊编辑部供稿)