

水资源可持续开发利用与管理研究*

贾 嵘^{1,2}, 沈 冰¹

(1 西安理工大学 水电学院, 陕西 西安 710048; 2 西北工业大学 九系, 陕西 西安 710072)

[摘 要] 针对水资源短缺的问题, 深入剖析了水资源可持续开发利用的内涵、原则、水资源可持续开发利用中的主要平衡关系以及可持续开发利用的度量问题, 提出了水资源可持续开发利用的模式和措施, 并以关中地区为例, 研究了关中地区水资源可持续开发利用的措施。

[关键词] 水资源; 可持续开发利用; 关中水资源

[中图分类号] TV 213.9 [文献标识码] A

[文章编号] 1000-2782(2001)04-085-05

我国是一个水旱灾害频繁、水资源分配很不均匀且面临水资源短缺、水质恶化等许多水问题挑战的发展中国家, 随着经济的迅速发展, 水资源的供需矛盾及水环境问题日益突出, 在许多地方已成为经济发展、人民生活水平提高和环境保护的“瓶颈”。1994-03-25 国务院第 16 次常务会议讨论通过的《中国 21 世纪议程——中国 21 世纪人口、环境与发展白皮书》特别强调: “水污染严重和水资源短缺已成为中国水资源可持续利用的两大障碍”, “长期供水不足已成为中国政府急需解决的一个战略问题”。针对以上问题, 研究水资源的可持续开发利用与管理具有非常重要的意义。近十几年来, 我国积极参与水资源可持续开发利用研究, 已先后开展了“六五”、“七五”、“八五”和“九五”4 期国家攻关项目, 此外, 水科院水资源研究所、南京水文水资源研究所等科研单位和清华大学、河海大学、武汉水电大学等高校也开展了诸如华北水资源研究、黄河水资源经济模型研究、湖北省四湖地区水资源优化调度研究、华北宏观经济水资源模型等方面的研究。但是, 也需要指出, 我国地域复杂, 水资源的问题较多, 专门针对水资源可持续利用、社会经济可持续发展的量化方法和决策技术研究, 还处在起步阶段。我国水资源可持续利用与管理问题研究, 可以说, 既面临挑战, 又面临新的机遇^[1]。

1 水资源可持续开发利用的内涵

1996 年, 联合国教科文组织国际水文计划工作

组将水资源可持续开发利用与管理定义为^[2]: “支撑从现在到未来社会及福利而不破坏它们赖以生存的水文循环或生态系统完整性的水的利用与管理”。从这个定义可以看出, 水资源可持续开发利用与管理有两个鲜明的特征: 一是可持续性, 强调在满足现代人需要的同时, 进一步的发展不是损害而是有利于下一代人的利益, 达到现代与未来的统一; 二是协调性, 主张经济发展必须限定在资源和环境的承载力之内, 追求经济、社会与资源、环境的协调发展。

水资源可持续开发利用也可以在不同的层面上定义^[2]: 即在人类方面, 当代水资源的开发利用, 不应有任何削弱未来发展的能力和机会, 以提高人类生活质量为重点; 在经济方面, 在保持水资源的质与量的前提下, 与经济协调发展, 使经济净利益增加到最大限度; 在环境方面, 水的开发、利用和保护不能危及生态平衡; 在技术方面, 开发和清洁、高效的生产工艺, 尽可能减少水资源的消耗, 减少人类活动对环境的破坏及对地球的压力。

2 水资源可持续开发利用的原则

现行水资源开发利用准则主要考虑的是经济效益、技术效率和实施的可靠性。尽管它们仍然被应用, 但是, 从《21 世纪议程》要求的社会可持续发展与环境保护的新高度, 已迫切需要发展针对水资源管理新的行为准则。近些年国际水科学界对这个问题十分重视, 并积极进行了研讨。在 1996 年日本京都召开的《国际水资源及环境研究大会: 面向 21 世

* [收稿日期] 2000-12-18

[基金项目] 国家“九五”攻关项目“关中水资源潜力及承载能力研究”(96-912-05-01)

[作者简介] 贾 嵘(1971-), 男, 陕西富平人, 博士, 主要从事水资源系统工程、水电自动化方面的研究。

纪新的挑战》会议上,提出了达到共识的 4 个基本原则^[3]: 可持续发展; 生态质量; 考虑宏观尺度系统的影响; 考虑变化了的自然和社会系统,以促进区域可持续发展为目标的水资源开发利用时必须保持若干平衡关系,才能实现水资源可持续利用。水资源可持续利用的基本平衡关系为水资源量需求与供给的平衡,水环境中污染物排放与处理量之间的平衡以及水投资的来源与分配间的平衡。

综上所述,可持续的水资源开发利用应当遵循以下原则:

(1) 天然水源不因其被开发利用而造成未来水情况逐渐衰减甚至枯竭;地下水开采与天然及人工补给保持动态平衡;对地下水的超采和污染得到有效控制。

(2) 对一定范围内的水供需问题能随工程供水能力的增加及合理用水和节水措施的配合,使其较长期保持相互协调状态,包括因全球变化而导致的天然水资源可能出现的变化时所应采取的对策。

(3) 因工程供水能力的增加而带来废污水排放量的增加,为保护水源而相应增加废污水处理能力以保证水源的可持续利用等。

(4) 促进水文循环的各种因素向有利于增加可利用水资源量的方向变化。

(5) 可利用水资源总量得到持续的增加。

(6) 节约用水达到更高的水平,全社会节水意识不断有所提高。

3 水资源可持续开发利用的量度

衡量水资源可持续开发利用的首要量度是区域内经济、环境和社会的协调发展。也就是说,不是单纯地追求经济发展速度,而是追求对环境影响小的经济发展,并相应地从经济积累中拿出适当投资对水环境进行治理和保护;不是单纯地追求总效益,还要注重效益在社会人群中的合理分配。为了度量经济、环境与社会协调发展的程度,通常需要在水资源利用问题中设置相应的经济目标、环境目标和社会发展目标,以考查其目标之间的竞争性及协调发展程度。衡量水资源可持续开发利用的第二个量度是近期与远期的协调发展。也就是说,不是掠夺性地开采水资源,严重地威胁子孙后代的可持续发展能力;也不是无所作为,落后于其他国家或地区的经济平均发展速度。为了考查水资源开发方案对区域经济、环境与社会发展在近期和远期的不同影响,要将上述目标分期,以 5 年或 10 年为 1 期,从现状年起直

到考虑在今后 20 或 30 年中不同水资源开发利用策略对区域发展的综合影响。衡量水资源可持续开发利用的第三个量度是不同区域之间的协调发展。发达地区的发展要在加大水环境治理力度和减小万元产值耗水量方面狠下工夫,欠发达地区的发展则不应重复发达地区的老路,改变单纯依赖资源的经济增长方式和高污染低产出的不合理工业结构。这就要求在水资源开发利用的目标中考虑地区结构,以降低发展进程中在经济、环境与社会发展诸目标中的地区间差异。特别是对于水资源合理分配问题,分地区的目标函数有助于降低不同配置方案对不同地区(上下游、左右岸)的不同影响。衡量水资源可持续利用的第四个量度是社会各阶层在发展效益或资源利用效益上的协调。这就要求在目标函数中尽可能地采用人均指标,以进行不同时期和不同地区人均指标的对比,并从其变化趋势中对效率与公平之间的权衡进行把握。特别是对于水资源持续利用的单项指标,不同的开发利用策略将直接导致同一地区内城市与农村人均收入指标的不同变化。

4 评判指标体系的建立

水资源可持续利用评价指标体系是对水资源可持续利用进行科学评价的一个重要组成部分,它不仅是分析和观察一个区域的发展程度和状态的有效工具,而且是描述该区域可持续发展质量、评价可持续利用能力的要素和手段^[4]。在建立水资源可持续利用指标体系时应反映以下几个方面的特征:在反映“水资源量”的同时,更突出地反映“可利用”这个质;强调水资源的承载能力和环境容量;注重反映“生态环境友好”行为;在节水的基础上合理配置有限的水资源;强调各区域特有的特点,讲究对策的针对性和有效性。指标体系按功能可分为描述指标、评价指标和决策指标三类;按统计门类可划分为经济、社会、生态环境、水资源 4 个方面;按层次可分为宏观和微观两层。描述类指标体系来源于实际调查、统计和观测,是基本资料的概括和精炼。评价类指标体系的功能是建立在描述指标体系基础之上,是对系统内部事物进行的综合反映。决策类指标体系用于判断分析决策方案的可行性,它是决策者行为偏好的具体体现。

下面按统计门类列出水资源可持续利用评价类指标体系。社会经济:人口密度、人口增长率、人均耕地、人均粮食占有量、人均年收入、农民年人均收入、城镇年人均收入、失业率、城市化率、GDP 增长

率、人均GDP、第一产业占GDP的比例、第二产业占GDP的比例、第三产业占GDP的比例。生态环境: 水质Ⅲ以上河长的比例、主河长缩减率、湖面水面缩减率、地下水矿化度 $> 2 \text{ g/L}$ 的水量比、地下水埋深 $< 4 \text{ m}$ 的面积比率、城镇人均污水排放量、污水处理率、工业废水排放达标率、污径比、水体BOD浓度、水土流失面积比率、水土流失侵蚀模数、水土流失治理面积比例、盐碱化面积比例、盐碱地治理及出涝面积比例、输沙模数、森林覆盖率。水资源: 人均当地水资源量、每公顷当地水资源量、多年平均降雨量、人均水资源占有量、人均可利用水资源、产水模数、地表径流系数、降水补给系数、潜水蒸发比、水库塘坝河道调节系数、提灌数与井灌数的比例、保灌率、供水设施完好率、水资源工程达标率、地表水开发利用程度、地下水开发利用程度、水资源开发利用程度、当地地表水控制率、地下水开采率、客水利用率、出入境水比例、人均用水量、人均城镇生活用水量、人均工业用水量、人均农村生活用水量、人均农业灌溉用水量、万元产值用水定额、工业用水重复利用率、渠系利用系数、灌溉定额、牧畜用水定额、单方水GDP产值、工业产值、农业产值、粮食产值、工业供水率、城镇人均自来水供水量、自来水普及率、供需协调度、供需平衡率、人均缺水量、水资源承载力系数、单位绿洲面积承载人口、单位绿洲面积承载率、单方水承载的GDP产值、单方水承载的粮食产值、需水弹性系数、取水许可系数、水资源费率系数、水资源实收率、灌溉水费实收率、水投资占区域GDP比例、蓄水工程平均单方库容投资、地下水单方供水成本、引水工程平均单方供水成本、外调水平均供水成本、农业节水单方投资、工业节水单方投资、污水处理单方投资、新建灌溉工程单位面积投资。

5 需水零增长模式

需水总量是两种趋势综合作用的结果: 一是用水规模扩大导致的需水总量增加趋势; 二是单位产品耗水降低产生的需水总量减少趋势。两种趋势的均衡状态是零增长状态, 否则即为正增长或负增长状态。在工业化初期, 社会生产总量线性增加, 导致需水总量机械增长, 而工业化达到一定程度时, 这种线性的增长趋势必然要发生改变。一是可以利用的水资源是有限的, 供水的成本愈来愈大, 促使提高用水效率、节约用水; 二是工业结构转变、工艺进步等使得单位产品耗水降低, 从而实现整个需水量的缓

慢增长甚至负增长。

由于各地水资源条件和社会经济条件差别很大, 影响需水因素很多, 需水零增长具有几种类型, 这里可以分为二类: 一类是在水资源短缺地区, 水资源不能满足社会经济发展的需求, 全社会将采取各种控制需水量增长的措施, 可能出现“胁迫零增长”, 如以色列; 一类是在水资源丰富地区, 尽管可供水量不受限制, 但因经济或其他因素的影响, 其用水总量不再增加, 可能出现零增长, 即可称之为“自由零增长”, 如美国。

对于一个水资源短缺地区, 在充分认识水资源对社会经济发展的制约作用的基础上, 应积极控制用水总量的增加, 在合理的技术经济条件下, 努力创造条件促进用水总量零增长早日出现, 而且其零增长时的用水总量的极值愈小, 对社会经济可持续发展愈有利。

6 实现水资源可持续开发利用的措施

实现水资源可持续开发利用的主要策略归纳起来主要有3点: 1) 经济及产业结构不变, 增加对水资源开发利用、节水、污水处理的投入, 即所谓的“硬办法”, 属于外延式发展方式。2) 改变经济及产业结构, 但投入不变, 即“软办法”, 属于内涵式发展方式。3) 既改变经济及产业结构, 又增加投入, 即所谓的“软硬兼施”的方法, 是前两种方法的综合。实现水资源可持续开发利用首选第3种策略, 即改变经济及产业结构和增加投入并重的策略。随着水资源开发利用程度的提高, 再逐步过渡到第2种策略, 即以改变经济及产业结构为主的策略, 最终建立起一个节水型的社会, 实现需水零增长, 使经济、社会、水资源、环境协调发展。

7 关中水资源可持续开发利用与管理

水资源短缺已成为阻碍陕西关中地区社会经济发展的一个重要因素, 应采取有效措施, 提高水资源的承载能力, 以满足社会经济、环境可持续发展对水资源的需求。

实现陕西关中水资源可持续开发利用的措施主要有: (1) 提高用水节水水平, 建立节水型社会; (2) 加强污水处理回用, 改善水环境, 增加有效供水量; (3) 改造旧工程, 挖掘现有工程的潜力; (4) 在不破坏生态环境的基础上, 适当开源; (5) 跨流域调水。对于资源型缺水的地区, 可供利用的天然水资源量有限, 而当地水资源利用及节水能力终有极限, 因

此,开辟域外水源对资源型缺水地区就显得十分重要。在以上方案中,(1)、(2)、(3)方案即节水、污水处理回用、改造旧工程应做为实现水资源可持续利用的首选方案,若 3 个方案仍不能满足该地区经济社会发展需要,可适当考虑开源及跨流域调水。

7.1 提高用水节水水平,建立节水型社会

区域可持续发展战略要求宏观经济从传统的外延式自然资源消耗型经济转变到经济对自然资源的内涵式增长,即随着经济的稳定增长,单位产值对各类资源的消耗率将持续下降。对水资源而言,则是建立节水型经济和节水型社会。因为从节水的效果来看,每一单位的节水投资相当于扩大同等供水能力的水资源开发利用投资与治理相应污废水投资的总和,同时具有经济、环境和社会效益。因此,节水应作为提高水资源承载力,实现水资源可持续利用的首选方案。

节水的基本途径可分为 4 类:结构调整型节水、技术进步型节水、节水器具型节水以及管理型节水。具体来说,就是通过经济部门间的结构的变化,经济部门内主流生产手段的技术进步,采用具体的节水装置以及加强用水管理来实现节水的目标。在这 4 种节水途径中,以结构调整型节水的综合效应最大。

7.2 现有工程改造方案

关中是陕西省历史悠久,经济发达的地区,水资源开发利用亦是源远流长。迄今为止,该地区已拥有了相当数量的供水工程,其中省级重点大中型工程亦不在少数。但也同样由于建成时间早,运营时间长再加上管理维护不够,工程老化、破损问题尤为突出,严重影响了工程的供水效率,增加了工程隐患。例如,冯家山、桃曲坡、石堡川等水库淤积严重,病险问题多,淤积有效库容达 25.1%。因此,对现有工程进行维修改造,改善其供水能力既可增加对关中地区的供水量,又具有投资少、见效快等特点;在经济上合理,技术上也较易实现。目前规划的水源工程改造主要有以下几个方案:(1)宝鸡峡林家村渠首加坝加闸蓄水工程。(2)泾惠渠三原西郊水库工程。水库建成后,年可调蓄水量 3 387 万 m^3 ,可改善 9 800 hm^2 农田的用水条件,并扩灌三原县 2 000 hm^2 耕地。(3)泾惠渠渠首加闸工程。(4)洛惠渠渠首加闸工程。渠首加闸后,以 75% 保证率年份计算,每年可调蓄水量 0.66 亿 m^3 ,使灌区可引水量达到 3.07 亿 m^3 ,基本满足现有有效面积 4 933 万 hm^2 耕地年需水量 3.16 亿 m^3 的要求。(5)桃曲坡水库溢洪道加闸工程。抬高水库正常水位 4 m,增加有效库

容 1 000 万 m^3 。(6)羊毛湾水库引冯济羊输水工程。

7.3 当地开源方案

兴建水利工程,开发利用水资源是当务之急。关中地表水开发基本骨架呈东西向可分为 3 条线:一是沿秦岭北麓,开发利用渭河南岸支流水资源,如眉惠渠、黑惠渠等;二是沿渭河北岸阶地,包括渭惠渠、交口抽渭灌区、泾惠渠、洛惠渠等;三是黄土台塬灌区,包括宝鸡峡塬上灌区、冯家山水库、羊毛湾水库、桃曲坡水库、东雷抽黄等。这 3 条骨架基本控制了关中所有河流,有利于地表水的开发利用。关中的供水工程应在这 3 条骨架的基础上进行充实提高。

7.4 开发利用黄河过境水方案

黄河在关中东部为晋陕的界河,龙门至潼关段流长 132.1 km。黄河龙门站多年平均径流量为 330 亿 m^3 ,相对于泾、洛、渭等关中河流水流量十分丰富。但由于黄河两岸高峻,难以引水。现仅有港口抽黄、东雷抽黄等有限的提水灌溉工程,与农业需水要求相差甚远。关中东部渭北为黄土台塬区,地形平坦、土层深厚、土壤肥沃、土地面积广、光热充足,具有发展农业的良好条件;该地处于渭北黑腰带东段,煤炭资源丰富,已初步形成煤炭、电力能源基地;此外建筑材料等非金属矿产亦十分丰富。该地区的农业及能源开发,对我国西部及陕西经济发展有十分重要的意义。古贤或龙门(或渍口)是黄河北干流最后一级枢纽工程。规划龙门水库将供关中工业、城市及农业用水 50 亿 m^3 ,由于工程规模大,近期难以实现,因而先采用抽水的办法实现部分受益。东雷一期工程已完成受益,二期(太里湾)正在建设中。两项工程合计可供水 8.6 亿 m^3 ,灌溉面积 2 999 hm^2 。近期的抽黄工程有禹门口,年供水 3.8 亿 m^3 (其中 75% 为工业和城市用水)。古贤水库设计供水能力为 25 亿 m^3 。

7.5 跨流域调水方案

关中属资源型缺水地区,可供利用的天然水资源量有限,因此,当地水资源利用及节水能力终有极限,开辟域外水源就显得十分重要。从长远分析,跨流域引水是解决关中水资源问题的根本措施。因此,关中地区应从各方面做好准备,迎接域外调水的到来。关中外流域调水主要有两个途径,一是西线南水北调,二是两江调水。另外,还要考虑到国家级南水北调西线工程对于关中的贡献。西线南水北调,西线南水北调是解决黄河中上游缺水的良好途径,由于工程浩大,有许多技术问题,在近几十年内难以兴建。对关中来讲,西线调水进入黄河后是沿黄河干流

下流, 关中如何利用西线调水还需修建引水渠道。有两条线路可供选择: 一是修建引洮济渭, 可调水 15~20 亿 m^3 , 关中可用 8~10 亿 m^3 ; 一是利用大柳树枢纽抬高水位, 沿泾河下调入关中。两江调水, 所谓两江调水就是引汉江、嘉陵江水调入关中。两江调水共有 6 条线路分别从嘉陵江或汉江秦岭南麓支流源头调入关中。这 6 条调水线路各有其调水水源、输水路线、用水区域, 不能替代。引红济石是其中的 1 条线路, 是引褒河源头红水河水穿过秦岭入渭河,

目标是解决 21 世纪初西安用水。该工程规模较小, 有一定技术难度, 但仍不失为较好的线路, 需加快前期工作以满足“九五”期间能开工的需要。

关中水资源并不丰富, 属资源型缺水地区, 水资源短缺将是困惑关中社会经济发展的长期问题, 必须从战略高度来认识关中水资源问题的严重性, 制定水资源开发利用规划, 逐步实施, 以扭转关中水资源面临的严重危机状态。

[参考文献]

- [1] 赵士洞, 王礼茂 可持续发展的概念和内涵[J]. 自然资源学报, 1996, 11(3): 10-13
- [2] 陈家琦 可持续的水资源开发与利用[J]. 自然资源学报, 1995, 10(3): 6-8
- [3] 夏 军 可持续水资源系统管理研究与展望[J]. 水科学进展, 1997, 8(4): 14-17.
- [4] 李金昌 试论资源可持续利用的评价指标[J]. 中国人口·资源与环境, 1997, 7(3): 7-9.

Sustainable exploitation, utilization and management of water resources

JIA Rong^{1,2}, SHEN Bing²

(1 College of Hydropower Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048; 2 Northwest Polytechnic University, Xi'an, 710072)

Abstract: In view of the shortage of water resources, the connotation of the sustainable utilization and exploitation of water resources is analyzed in detail, as well as the sustainable utilization and exploitation principles, the balance relation and problems of the measurement in the sustainable exploitation and utilization of water resources. And models and measures of the sustainable utilization of water resources are also put forward. The measure in the sustainable utilization and exploitation of water resources of Guangzhong region, taken as an example, is given.

Key words: water resources; sustainable exploitation and utilization; water resources of Guangzhong