

西部干旱地区水问题的系统反思

徐嵩龄¹ 葛志荣² 谢又予^{*3}

(1 中国社会科学院环境与发展研究中心 北京 100732 2 国家质量监督检验检疫总局
北京 100088 3 中国科学院地理科学与资源研究所 北京 100101)

摘要 作者对西部干旱地区“四河四域”(黄河宁蒙段、石羊河、黑河、塔里木河)的水问题进行了调研,涉及其上中下游的历史背景与现状,包括水资源、水灾害、水生态、水污染;水工程、节水技术、水景观;水制度、水经济、水伦理、水美学,认为:西部干旱地区水问题主要不是自然原因,而是人类因素造成的。根据“生态水利”观,就广义“水资源”概念,自然生态用水定额,干旱地区的经济结构和城镇建设模式,恢复、保护和创造性利用内陆河下游自然生态系统,节水行动和技术的新方向,与干旱地区自然环境和生态特点相适应的水利工程,完备水制度以及人工调水等8个方面,提出了建议。

关键词 西部干旱地区,自然生态用水,经济结构转型,节水,水工程,水美学,水制度,人工调水

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3045.2011.03.011

1 引言

水是我国西部干旱地区经济、社会和自然生态发展中最具瓶颈制约作用的自然资源。从中央到地方,一直为解决西部水资源短缺问题进行着多途径努力。尽管取得诸多进展和成果,但整个问题尚未得到根本解决,不少地方的自然生态状况仍在恶化。

国务院参事室环境组自2010年5—11月就水问题对西部干旱地区进行了调研。行程包括“四河四域”,即:黄河的宁蒙河段及其流域;甘肃的石羊河及其流域;跨境甘肃的黑河(即弱水)及其流域;南疆的塔里木河

及其流域。调研深入到各条河流(段)的上、中、下游,基本全面地反映了我国西部干旱地区水问题状况。

调研表明,我国西部干旱地区水问题,主要不是自然原因,而是由人类因素造成的。它主要表现为:在**发展观上**,重于水经济,疏于水生态;在**水管理上**,重于供水,疏于需水;重于水工程和技术,疏于水制度;重于水量,疏于水质;在**节水上**,重于水效率指标,疏于水总量控制指标;重于主要干旱地区,疏于丰水地区和自流灌区;在**水工程上**,重于防渗透,疏于防蒸发;在**水伦理上**,重于强调个体和局域利益,忽视流域和全局利益;在**水美学上**,热衷于丰水美学观,鄙弃本

* 本文作者还有张立平、陈志锋、吴优
修改稿收到日期:2011年4月25日

土生态美学观。

2 西部干旱地区水问题现状及主要问题

2.1 西部干旱地区水资源及利用现状

西部干旱地区水资源短缺已成为社会共识,如何解决水资源短缺问题,首先要研究水资源短缺是如何造成的。

根据国际采用的水资源状况等级划分标准^[1-2],“四河四域”市县多为“水制约型”;部分为“丰水型”

(如河套的巴彦淖

尔 6 385 米³/人,

塔里木河流域 3

900 米³/人);极少

数属“水稀缺型”

(如民勤 600 米³/

人),情况仍好于

以色列(461 米³/人)。

然而,西部干旱地区的水资源利用状况远比水资源拥有状况差,表现为:

(1)各地均认为水资源限制着经济发展,并视为首要自然制约因素;

(2)生活用水状况仍未得到全面根本性改善,不少市县饮用水未达标,一些地方仍存在水缘性地方病;

(3)部分河段水体存在污染,并趋于严重;

(4)尤为严重的是,各流域,特别是内陆河下游,因缺水致使自然生态严重退化。

几十年来,从中央到地方,为解决西部水问题做出了极大努力并给予巨大的资金支持,特别是为保护黑河(弱水)下游居延海生态以及塔里木河下游生态,设立专项。虽然工程的技术和经济方面是成功的,但下游生态恢复未能达到预期效果。

此次调研,厘清了造成西部干旱地区水问题现状的下述 7 个原因。

2.2 水经济观——无制约地扩大农田面积,发展传统农业

在“四河四域”,农业占各地用水 90%以上,决定了地区水资源利用命运。

改革开放以来,这些地区的经济发展,突出表现为扩大传统农田规模。黑河和塔里木河虽然专门以生态保护和恢复为目标进行治理,但结果却突出表现为农田面积迅速扩展(表 1)。

表 1 黑河与塔里木河流域典型市县农田面积变化(单位:万亩)

流域		黑河流域			塔里木河流域
地区	张掖	酒泉	金塔	额济纳	
20 世纪 90 年代	280	100(解放后)	较少	0	2 000
2010 年	580	400	64	5.7	3 010

塔河的实际情况可能比表 1 所反映的情况还要严重。由此产生两种严重影响:

其一,由于西部土地资源量远高于水资源量,无节制的农业土地开发,必然导致无节制的农业用水需求,是造成水资源一直严重短缺的根本原因。

其二,无节制的农业用水不得不挪用下游生态用水,使下游生态恢复远低于预期。

2.3 节水观——节水社会标准及实施尚需完善,节水工作仍大有潜力

“四河四域”的节水行动开展得很普遍,创造性地发展了一些农业节水技术。既有塔里木河流域用于大田种植的滴灌技术;又有甘肃、宁夏具有地方特色和优势的技术创新。它们展示了农民和农技人员的智慧和创造力。但节水工作仍存在缺失。

2.3.1 节水型社会指标及实施

创建节水型社会是水利部推动的国家行动。甘肃省的一些“节水社会”市县已得到国家的认可。需要关注的是节水型社会标

准。主要有两个问题:

(1)整个指标体系中,缺少自然生态用水指标;(2)在人类用水指标中,“总量控制指标”与“效率指标”之间的位阶关系模糊。

问题(1)使得生态用水得不到保障;问题(2)使得生态用水受到生产用水,特别是农业用水的挤压,其直接后果是下游自然生态环境恶化。

“总量控制指标”与“效率指标”之间的正确位阶关系是:“总量控制”位阶应高于“效率”位阶;后者隶属于前者。只有“总量控制指标”真正得以落实,“效率指标”才会在其制约下自然实现,甚至会实现得更好。但如果模糊其位阶关系,或将其等价齐观,或颠倒其关系,则“总量控制指标”难以保障。

我国节水型社会建设普遍出现的问题是:重视“效率指标”,忽视“总量控制指标”。其结果是:用水效率达标,但由于无节制扩大生产规模,特别是农田面积,致使耗水总量突破“总量控制指标”。在黑河和塔河流域均有突出例证。

2.3.2 节水工作有待深入

节水工作还应在以下两个方面深入:

(1)应重视农业主产区的节水。农业节水活动在严重缺水地区开展得很好,成效显著。但在一些自流灌区,如河套地区的农业主产区,节水仍基于传统耕作模式(夏灌—秋灌—冬灌)。这样的耕作模式和节水模式有待革命性突破。

(2)众多节水技术有待进一步规范化、标准化、产业化。节水技术多处于手工或半工业化阶段,技术参数和质量未能规范,效果难以保障,技术难以推广。

2.4 水环境观——水污染问题开始严重,饮用水卫生仍有待全面落实

“四河四域”同样存在水污染问题。不仅存在于传统工业型城市,而且存在于密集型

农业地区。巴彦淖尔大量农田废水排放,使得乌梁素海水质恶化,部分已降至劣5类。“四河四域”的饮用水卫生问题主要发生在地下水严重矿化的地区,如内陆河下游地区,黄河流域的西海固地区。塔河流域的部分生产建设兵团也深受影响。并且,水矿化问题与水污染问题叠加时(如民勤),问题会更加严重。

2.5 自然生态观——以忽视或牺牲自然生态的途径发展经济

调研发现,“四河四域”中的内陆河下游生态恢复未达预期效果,根源在于政府以忽视或牺牲自然生态的方式发展经济。这些观念导致塔里木河与黑河流域大规模农业扩垦,甚至扩垦到需重点保护自然生态的下游地区;并转而又刺激上游进一步扩垦,理由是“与其让水土条件不好的下游办农业,不如由我水土条件优越的上游办农业。”

上述自然生态观既与我国自然生态功能教育视野狭窄有关,也与我国水资源补偿制度严重滞后有关。

首先是自然生态功能教育。尽管内陆河下游自然条件恶劣(极端干旱和高度盐碱化),但其自然生态系统仍有独特功能和价值。它不仅庇护和支撑包括人类在内的生命系统,同时有重要的经济意义。只是当地人们受限于自身知识,未能认识。约旦和以色列的死海,其自然条件也十分恶劣,在历经了数千年的实践和现代研究后,不仅成为高档矿物资源和矿物肥料的源头,同时还生产出高档美容和水疗(spa)制品。现在,死海及其盆地已成为约旦和以色列两国就业和经济的主要贡献地区^[9]。

其次是水资源补偿制度。保障自然生态用水是一项公共事务。这往往会影响当地原住民的传统资源权益,因而有必要对他们进行补偿,应由政府担责。但在“四河四域”,尤



中国科学院

其是内陆河流域,迄今未进行水资源补偿,这使得当地的农业垦殖行为无节制。

2.6 水工程观——现在水利工程模式对西部干旱地区的适宜性程度

以“四河四域”为代表的西部干旱地区,有两大自然地理特点:一是水蒸发率高;二是土壤渗透率高。水蒸发率高,无论对农业还是对自然生态,其影响主要是负面的。渗透率高,虽然会降低农业用水可获得率,是负面的,却还有正面的生态意义。第一,渗透使得地表水转入地下输运,避免地表蒸发;第二,渗透使得水分经由地下到达周边和下游生态系统,维持当地自然植被生长。

一直以来,我国干旱地区的水利工程模式大体与温湿地区相似:(1)基本是地表工程;(2)主要关注防渗透,很少关注防蒸发。这样的模式需要反思。

过于强调防渗,会使周边自然植被失去地下水补给源,造成反自然生态效果。还需要指出的是,农业节水技术,尤其是滴灌,如果没有对周边自然植被的适时补水,同样会有反自然生态的负面影响;防渗愈严,自然生态退化愈重。

关于蒸发。调研发现,当地的水库多为“摊大饼式”的浅底工程,且无任何防蒸发措施,水损高达30%—50%。在水资源短缺地区,这样的水损相当惊人。然而,这一问题至今未能得到关注。有的甚至作为沙漠水利工程的正面榜样加以宣传。

2.7 水美学观——是本土生态美学观,还是“似江南”、“赛江南”水景观

西部干旱地区有着与东、中部迥然不同的自然景观。然而,当地市镇建设却追随东、中部城市美学:以水景观作为主要的观赏与休闲场景;只要可能,尽量将水面做大;不仅追求“似江南”,而且追求“赛江南”。这些水景观是否恰当,是否属奢侈性用水,需要反

思。在西部干旱地区追求水景观的城市美学观,是城市规划和建设的一大失误。它必然干扰和削减地区水资源调配能力,不利于周边和下游自然生态。

2.8 水制度——既不完善,又无法厉行

国家水利部门很重视水资源管理的制度建设,并取得了进展和成效。但仍存在两方面不足。

第一,虽有好的制度,却无法厉行。水量分配制度是一项好制度,它在黄河管理中,作用明显,但在黑河与塔河流域却不能完整、准确、坚决地贯彻执行,使其水问题比黄河宁蒙段严重得多。在塔河流域,问题主要发生在上下游的市县之间。在黑河流域,问题主要发生在甘肃与内蒙之间。

第二,现时水制度仍需进一步充实、完善。制度缺口包括:政府未能履行责任(如水资源补偿);基层水制度建议有待上级主管部门支持。不少地区有水权交易的自发需求,其有助于提高水利用效率和效益,值得优先考虑。水量分配制度应与水权交易相辅而行。前者确保公正,后者促进效益。

3 建议

对于西部干旱地区水问题的解决,调研组提出一种基于生态观的水利观,简称“生态水利”观,即以生态观念,处理水资源开发、配置问题和节水问题;处理水利工程设计 and 营建问题;处理流域、尤其是内陆河下游的自然生态资源利用问题。

3.1 提倡和落实广义“水资源”概念

西部水问题始终与水资源短缺密切联系。它的解决应立足于广义“水资源”概念,包括:① 现已利用的地表水和地下水资源;② 现在难以利用的洪水资源;③ 现在尚未利用的有一定矿化度的水资源;④ 废水再处理后的中水资源;⑤ 空域水汽资源。

应将这一广义“水资源”概念,落实于制

度层面、技术层面和产业层面。

3.2 给自然生态用水定额

自然生态在西部干旱地区水问题中有着特别重要的地位。自然生态退化是水问题的集中表现,它的恢复是解决水问题的一个终极目标。

应改变传统的“经济用水—社会用水—自然生态用水”即“先人类用水,后自然用水”的决策思路,做“逆序思考”。将保护自然生态作为经济和社会发展的前提。为此,西部干旱地区的水利用决策,应纳入以下思想:

(1)要以自然生态保护为前提;

(2)人类社会用水是封顶的;自然生态系统用水有底线,不封顶;

(3)人类用水与自然生态用水动态可调,既保证在一定时空条件下经济社会发展与自然生态保护之间的协调,又应使水配额向着弥补对自然的历史欠账的方向调整;

(4)当以一项人工生态系统局部取代自然生态系统时,尽可能不影响其周边自然生态系统的生存状况;

(5)人类对自然水运输系统进行的适度改变,应尽可能不影响它对自然生态的水供给水平;

(6)应将人类利用后的废水,在经过无害化处理后,继续向周边或下游生态系统输运,使其继续发挥原有生态功能。

现已完成的黑河和塔里木河治理项目的指导思想和设定目标,基本上是合理的、可行的。在后续项目中,应向着弥补历史欠账的方向过渡。

3.3 建立与西部水资源状况相适应的社会经济结构与城镇建设

西部干旱地区水问题的解决,首先应建立与其水资源状况相适应的经济结构和社会

会生活方式。为此,应实现“一退三转型”。“一退”就是“退田还水”¹。“三转型”就是:在经济上,由传统农业经济向工业和服务业经济转型;由传统农业向现代高品质农业转型;在社会生活方式上,由与西部自然环境脱节的城镇化向与西部自然生态相洽的城镇化转型。

首先是“一退”。鉴于普遍存在的农业耕地过度扩张,必须尽早、尽快实施“退田还水”。使超额耕地退出,让农田用水回归为自然生态用水。这应成为既解决生态用水问题,又推动经济结构转型的强制性举措。

其次是经济上的“二转型”。

应使以农业为主体的传统经济向工业和服务业经济转型。包括经济结构型节水,且要大幅度提升水经济效益。还应看到,西部干旱地区有很好的自然条件支持这一转型。虽然当地水环境容量短缺,但土地环境容量巨大,加之气候干旱、光照强烈,形成对水环境容量的替代,为发展包括承接产业在内的旱型经济创造了条件。“旱型经济”^[4]是一种主动地将“干旱”视为资源并推动当地自然资源的利用、从而追求经济优势的发展思路。相对而言,“节水经济”是一种较为被动的应对。

传统农业的转型。以以色列为例,其国土面积小,自然地理条件复杂多样,这些看上去的农业发展劣势,却被以色列人转变为优势。他们搜集世界各地的农作物品种,根据本国自然条件的多样性,经过筛选和培育,发展了一系列的多样化、高绩效农业^[5]。

我国西部干旱地区的农业发展决不能走一味扩展面积的传统农业之路。其方向发展为:

(1)“人无我有,人有我优”的高品位、高质量、特色农业之路;

1 中国第一个“节水社会”城市甘肃张掖提出的政策概念,极为重要,极有价值

(2)在下游盐碱地重点开拓“适应性农业”;

(3)使农产品生产向加工业和制成品业方向延伸。

再次是城镇化建设的转型。西部干旱地区的城镇化和社会生活方式,应走与当地自然环境和生态特点、水资源特点相适应的特色之路,决不能仿效沿海温湿地区的发展模式。西部的人类居住地之美应与自然生态之美一致。应尽可能减少地表裸水面的蒸发;尽可能减少人类用水以水汽形态直排大气;应尽可能将城市中无效的水蒸发变为经由植被和自然生态系统的蒸发蒸腾。因此,西部干旱地区人类居住地的生态美化,应尽可能选择植被而不是水面,应尽可能选择自然植被而不是人工植被;即使选用水面,应尽可能选用有植被覆盖的湖沼而不是裸水面;即使选用裸水面,应是基于特殊功能需求(如游泳、溜冰等),且面积有限。因此,应当对西部干旱地区的自然生态之美进行提炼,并艺术地和创造性地向城镇和其他人类居住地移植。这样的城镇和社会生活,将会既是资源可持续的,又具有高度美学特色的。

3.4 大力恢复、保护并恰当和创造性地利用自然生态系统

自然生态系统对解决西部干旱地区的水问题和经济发展,具有特别重要的意义。就水问题而言,植物产生的水蒸腾与地表水蒸发的功能完全不同。地表水蒸发量或可调节小气候,但作用极小,生态意义极微。自然植被则不同,它的用水主要取自地下,是最高效、最节省的水利用方式。经由植物呼吸产生的水蒸腾,由于植被下垫面作用,其调节小气候功能远比开放式水面稳定、持久。更为重要的是,自然植被的生存和繁荣,带动着整个自然生态系统(植物—动物—生物多样性—生态景观)的生存和繁荣。因此,应

尽可能将地表水蒸发转变为植被的水蒸腾,转变为自然生态系统的水蒸腾、蒸发;应尽可能减少人类在水输运、存储、利用中的损失,使水流向自然生态系统,流向下游自然生态退化区,为恢复当地自然生态的历史风貌创造条件。应当说,依靠严格的水管理制度和日益进步的科学技术,恢复东、西居延海以及罗布泊的原初生态风貌是有希望的。

就经济发展而言,应高度重视对西部干旱地区自然生态系统价值,尤其是特种经济价值的研究。对自然生态系统的最大尊重,就是顺应和适应它,而不是想方设法取代它,改造它。因此,应以“适应性”方式、创造性地、恰当地利用和开发自然生态系统,形成兼具自然生态保护和生态经济利用的新产业。其中,“适应性”方式是针对传统的“改造性”方式而言的。对于西部的高度干旱和高盐碱环境,“适应性”方式,如“适应性农业”,不是致力于改变或改造这一环境,而是力图将这一环境作为特点乃至优点,加以利用;“创造性”是指根据适应性要求,创造有别于传统的资源利用方式;“恰当”是指操作的时空安排,即程序和规模上,有所选择,以不破坏自然生态为界。适应性基本有两大利用方向:

一是自然物种与高盐碱土地的利用。内陆河下游的干旱气候与高盐碱环境,培育出具有特殊品质和价值自然物种。我国科技工作者可以以色列为鉴,将当地的农牧业发展与自然物种价值的新发现结合起来。将野生物种驯化成新的农牧用物种以及用具有特殊功能的野生基因改造传统农作物品种,这两种利用方式都会开拓出新型特色农业——干旱气候与高盐碱环境下的适应性农业。

其二是矿化水利用。西部干旱地区的矿化水资源数量相当庞大,尤其在内陆河下

游。对于低矿化度水,经过淡化处理,作为淡水资源使用。对于高矿化度水,可着眼于其中的矿物质,或作为矿物资源(罗布泊的钾资源已在规划和工业开采中^[6]);或将高矿化水体开辟为健身旅游胜地。

3.5 节水行动和技术的新方向

我国西部干旱地区的节水行动和技术需在以下3个方面进一步拓展。

(1)节水型社会指标。国家水利部应出台更完备、更恰当的节水型社会标准,应考虑以下4点:①保障自然生态用水份额;②正确处理节水的“总量控制指标”与“效率指标”的位阶关系,应以前者统率后者,以后者保障前者;③应明确中水标准和回用率标准;④应明确地区饮用水水质达标率。

(2)自流灌区和丰水地区节水。其节水潜力最大、最有意义。西部农田面积广阔,农田用水标准高(约1 000 m³/亩)。如节水效率以50%计,其节水总量相当可观。这不仅可提高农业水经济效益,更能产生真正的水节余,对于流域水资源调配极为重要。

(3)本土化节水技术的规范化、标准化和产业化。有必要使这些技术的实施程序和参数、配套设备与设施、用材、人员、综合成本、经济效益等规范化和标准化,进而使这些技术成为工业产品。这不仅可确保节水效果稳定,促进节水技术推广,并可开拓出“节水产品和服务产业”。它应是节水技术开发的终极目标。

3.6 工程节水——西部干旱地区水利科学与水利工程发展的新需求

西部干旱地区节水的另一大潜力应是水利工程,很有值得讨论和改进之处。

目前,水利工程基本与温湿地区相似,主要为地表工程,基本依据是地表水利科学,其自然环境适应性存在两个问题:一是开放式库渠因高蒸发率而导致巨大水损;二

是严格防渗阻断水的地下输运。该问题,尤其是蒸发会推动周边和下游生态退化。对此,应考虑发展基于生态观的水利科学与水利工程。

基于生态观的水利科学,应重视水的人类利用与自然生态利用之间的协调。它应具有3项特征:

(1)尽可能减少水的无效蒸发,提高水的输运、存储效率,尽量将水蒸发转变为植被和自然生态系统的水蒸腾蒸发;

(2)尽可能减少人类社会的奢侈用水;

(3)尽可能将人类社会排放的废水转化为可供人类系统和自然生态系统再利用的中水。

基于上述思考,西部干旱地区水利工程的发展应考虑3个新方向:

(1)使地表水利工程具有“防蒸发”功能;

(2)将人类系统废水的处理、输运、存储和使用,纳入水利工程系统之中;

(3)开辟和发展与“地表水利科学和工程”相对应的“地下水利科学和工程”。

蒸发是西部水利工程的最大自然水损。因此,水利工程的“防蒸发”应重于和优先于“防渗透”;并应尽可能使蒸发水损转变为经由自然生态系统的蒸腾。

为此,可着手3方面措施:

(1)停建平原水库,尤其是摊大饼式的浅底水库。拟建的综合性多功能水库应在山区选址,降低蒸发率,同时库体应较深;

(2)对现有的不能替代的与未来非建不可的地表水利工程,应采取必要的遮蔽措施;

(3)应研究物理和生物防蒸发技术。国内外研究表明,有植被的水面蒸发率比无植被的裸水面低30%—50%^[7]。

地下水利科学和地下水利工程是以地



中国科学院

下作为水输运和存储空间。在干旱地区,它能有效地避免开放式水面的无效蒸发,有利于自然植被的生存,既不妨碍人类用水,又能保障对下游有效供水,是一个值得探索的方向。

“地下水利科学”有实现的可能。我国西部的地质地理环境存在着天然的长距离地下水输运存储系统^[8-10]。“地下水利科学”需要在现时水文地质学基础上进行更全面、更深入、更精细的扩展,成为地下水利工程的规划、设计和施工的科学理论基础。

“地下水利工程”包括3个部分:①入口系统,用以采集地表水资源进入地下;②地下输运存储系统,它是由地下水库和输水通道构成的网络,且不被矿化水层侵入;③出口系统,服务于人类取用和向自然生态系统供水。

地下水利工程应与地表水利工程配套和协调;应与防洪协同;应考虑防污染问题。污染在未来会成为西部干旱地区的主要水问题之一。

地下水利科学和地下水利工程古已有之。我国新疆以及中亚(如伊朗)穆斯林地区的坎儿井系统,至今仍有生命力。我国一些地区已建和开建的地下水库,应是探索现代地下水利科学和地下水利工程的开端。

3.7 制定完备的水管理制度

目前,我国西部干旱地区基本处于“水制度重要性高于水技术”的阶段。调研表明,水管理制度需要在以下6个方面完善水系管辖权。这是一切水制度的前提。

(1)水资源补偿制度。其与天然林保护工程补偿制度相同,均属生态补偿,表明政府应为公共资源的公共效益以及原住民权益担责。应尽早试点,在试点中不断完善和推广。只有这样,当地农民才有盼头,水资源保护才能获得基层的支持。理论上,水资源

补偿制度应与水量分配制度同时颁布,同时实施。如果补偿制度不得不延迟,那么补偿应从水量分配制度实施之日计算。

(2)水量分配制度。它决定了水资源的具体使用权。西部干旱地区的水量分配制度已基本制定并实施,但须完善。鉴于水资源既具有公共性质,又涉及传统使用权益,因此,水量分配既应在相当时期内保持相对稳定,又应在未来做适当调整。

(3)水权交易制度。它既可用于弥补水量分配制度的不足,又可提高水资源利用效益。现在,不少地区的水权交易愿望强烈。水利部应与其他相关部门合作拟定试行办法。

(4)水保护的奖惩制度。目的是保护水资源的数量和质量,发扬其正面效能,减少和克服其负面影响。对于水资源保护很好的地方,应予奖励。比如,可将治理水土流失置换出的水资源中的一部分,奖给治理方。对于破坏水资源的地方,应予惩罚。比如,可扣除破坏方的水资源配额,以抵消人为水土流失或超额污水排放等造成的水损。

(5)节水激励制度。对于节水技术创新,特别是与防蒸发有关的创新,应制定新的激励机制。当技术创新发展为产业,除传统的专利权外,创新者可获得适当的技术资本份额。

3.8 关于调水问题

解决西部干旱地区水问题的工程设想是人工调水。一是外域调水,即“南水北调西线”;另一是空中调水。

“南水北调西线”由于涉及国家层面“水资源-经济-自然生态”关系的复杂权衡,至今尚未决断。

“空中调水”近十年开始提出。它不同于传统的点式人工增雨,而是通过人工干预气象,增加区域性降水。阿联酋近几年用电离技术数十次实施沙漠人工降水^[11],就是成功

例证。相对外域调水,它的成本低廉,生态较为安全。在“西线”仍在斟酌的情况下,可优先考虑“空中调水”试验。本文所涉的4条河流上游,均有空中调水的地理气候条件。试验可首先在祁连山进行,它关联着黑河和石羊河。建议将这一试验与国防科研结合起来。美国一直进行“高频有源极光研究项目”,以探索人工改变气象的军事价值^[12]。我国在进行国防应对同时,完全可以兼顾民用,进行可控的地域空中调水。

致谢 谨向新疆维吾尔自治区水利厅副总工程师唐毅红深致谢意。

主要参考文献

- 1 Wiki. Water Stress. http://en.wikipedia.org/wiki/Water_stress
- 2 Kumar C P. Fresh Water Resources: A Perspective (International Year of Fresh Water, 2003). National Institute of Hydrology, Roorkee 247667 (Uttaranchal), India. <http://www.angelfire.com/bc/nihhrrc/documents/fresh.html>
- 3 McCulloch C. DEAD SEA: A Future for the Dead Sea Basin: Options for a More Sustainable Water Management (“Dead Sea” Joint Synthesis Report), INCO International Scientific Cooperation, ICA3-CT2002-10019. October 2006, University of Newcastle-upon-Tyne (UNEW).
- 4 徐嵩龄. 干旱资源与旱型经济. 中国人口、资源与环境, 2006, 16(3): 1-4.
- 5 Katzir R (1999). Agricultural Development in Israel. www.cityfarmer.org.
- 6 张学标, 王娟. 国投入主德隆罗布泊钾盐项目. 中国经济时报, 2006年5月15日, 第1版.
- 7 Green M. Letter to the Editor, Response to: Comment on minimizing land requirement and evaporation in small wastewater treatment systems? Ecological Engineering, 2006, 28(2): 182
- 8 陈建生, 凡哲超, 汪集等. 巴丹吉林沙漠湖泊及其下游地下水同位素分析. 地球学报, 2003, 24(6): 497-504.
- 9 Jian Sheng Chen, Ling Li, Ji Yang Wang et al. Groundwater maintains dune landscape. Nature, 2004, (432): 459-460.
- 10 刘建刚. 巴丹吉林沙漠湖泊和地下水补给机制. 水资源保护, 2010, 26(2): 18-23.
- 11 Daily Mail Reporter, Have scientists discovered how to create downpours in the desert?. 3rd January 2011. <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-1343470/Have-scientists-discovered-create-downpours-desert.html>
- 12 Begich Ni Jeane Manning. The Military's Pandora's Box. <http://www.haarp.net>

A Systematic Rethinking on Water Issues of Arid Regions of Western China

Xu Songling¹ Ge Zhirong² Xie Youyu³ et al.

(1 Center for Environment and development Research, CASS 100732 Beijing

2 General Administration of Quantity Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China 100088 Beijing 3 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS 100101 Beijing)

Abstract The investigation on water issues of “the 4 Rivers and 4 Basins” (Ningxia- Inner Mongolia section of the Huanghe River, Shiyang River, Heihe River, Tarim River; and their basins) in the arid regions of Western China, the investigation focus on the historical background and the present condition of the upper, middle and lower reaches; including water resources, water-related disasters, water-supported ecology, water pollutions;



water conservancy works, water-saving techniques, water-borne landscapes; water regimes, water economics, water ethics, water aesthetics. It is held that the water problems of these regions mainly do not result from natural factors but man-made ones. Based on the view of "ecological water conservancy", suggestions are proposed for the 8 aspects: the generalized water resource concept, water allocation for the natural ecosystem, economic structures and urban and township constructions in arid regions, restoration, conservation and creative utilization of natural ecosystem of the lower reaches of inland rivers, new directions of water-saving activities and techniques, new type of water conservancy works adaptable to the natural environment and ecology of arid regions, a perfect water regime, and man-made water diversion.

Keywords arid regions of Western China, water quota for natural ecosystems, transformation of economic structure, water-saving, water conservancy works, water aesthetics, water regimes, man-made water diversion



徐嵩龄 国务院参事, 中国社会科学院环境与发展研究中心研究员。E-mail: xusongling@263.net



葛志荣 国务院参事, 国家质量监督检验检疫总局原副局长



谢又予 国务院参事, 中国科学院地理科学与资源研究所研究员