

# 西北干旱区水资源开发利用潜力分析

秦大庸<sup>1</sup>, 罗翔宇<sup>1</sup>, 陈晓军<sup>2</sup>, 王浩<sup>1</sup>

(1. 中国水利水电科学研究院 水资源研究所, 北京 100044; 2. 水利部 水资源司, 北京 100761)

**摘要:**通过对西北干旱区农业、工业和城镇生活节水途径的分析,定量计算了2020水平年的节水潜力;根据工业和城镇用水情况,定量描述了远景污水处理回用水量;以水资源可利用量作为潜在能力,从水利工程对水资源实际调控角度,进行地表水和地下水可供水量预测,给出了定量分析结果。认识到:要在整体上维持西北干旱区生态环境现状并使局部区域有所改善,南水北调西线工程远景向黄河中上游补水,并通过换水支持河西走廊的经济发展和生态建设是必要的。

**关键词:**水资源;开发利用潜力;节水潜力;西北干旱区

中图分类号:TV213.9

文献标识码:A

文章编号:1000-3037(2004)02-0143-08

随着人口的增加和经济社会的迅猛发展,对经济用水的需求快速增长,为保证水资源生态经济系统的可持续发展,必须考虑区域水资源潜在能力。水资源开发利用潜力通常有两方面的涵义,一是流域或区域水资源国民经济可利用量与现状供水量之差部分,未来可以通过工程进行调控和利用;二是在现状用水量中的节水潜力,需要通过采取工程措施与非工程措施来获得的节水量。西北地区可利用且易开发的水资源随利用程度的不断提高而越来越少,开发新水源的难度加大且成本增高,在解决水资源问题上用“开源”的办法增加可控水源仍属必要,但大规模开发的潜力有限,走节约用水道路势在必行<sup>[1-3]</sup>。本文以“九五”国家重点科技攻关专题(96-912-01-04)<sup>[2]</sup>的部分研究成果为基础,通过对西北水资源的节约与开发利用潜力分析,定量描述了该地区的节水潜力、污水处理回用期望水量和开发利用潜力,为区域的经济、生态环境保护以及水资源合理配置等研究提供水资源潜力方面的基础信息。

## 1 农业节水潜力分析

### 1.1 农业节水的可能途径

西北地区节水的主要潜力在农业。为了实现农业节水的目的,需要从节水的工程和非工程措施上予以保证<sup>[2-4]</sup>。

(1) 通过骨干工程改造节水 骨干工程的更新改造不仅可以使灌区工程整修完好,便于灌溉生产的管理运行,而且可以减少水通过渠道和建筑物的滴、跑、漏、冒以及入渗损失,这将减少水的无效蒸发。灌区骨干工程的更新改造,除了渠系改造外还包括排水系统的骨干沟道治理,包括防塌、更新改造建筑物和清淤等。排水工程的改造将大大提高排水能力,使地表水及时排出并使地下水位降低,二者均可减少无效蒸发,因此也可节水。

(2) 通过中低产田改造节水 灌区中中低产田主要是涝渍盐碱型和瘠薄型,其改造措施是对需要更新改造的支斗渠进行整修以及衬护,使灌区衬护比例由目前的大约30%上升到50%~60%,同时对建筑物进行配套,对支斗沟进行开挖整修。中低产田改造可减少输水过程

收稿日期 2003-08-19;修订日期 2003-10-21。

基金项目:“十五”国家重大科技攻关计划项目第2课题(2001BA610A-02)。

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

第一作者简介:秦大庸(1959~),男,河北唐山人,教授级高工,研究方向为水资源合理配置与规划。

中的入渗及蒸发损失。根据对宁夏和新疆的分析计算,改造后平均每  $\text{hm}^2$  可减少入渗损失  $1\ 200\sim 1\ 500\text{m}^3$ 。排水系统的修整同样可大面积降低地下水位,减少无效蒸发,因此,中低产田改造既是工程整修措施,也是涝渍盐碱严重地区的重要节水措施之一。

(3) 通过降低地下水位节水 灌区治理涝渍盐碱中低产田的另一项措施是井渠结合灌溉,以灌代排,应与渠道整修为主的中低产田改造予以区别。井渠结合灌溉可以提高水的重复利用率,降低地下水位,减少无效蒸发,在大水漫灌地区是一种有效的节水措施。地表水地下水的联合利用既可提高灌溉保证率,又可以调节农田土壤水盐状态,在提高作物产量的同时还可以起到节水作用。

(4) 通过改变作物灌溉制度节水 水稻由于一直沿用传统的深水淹灌方式灌溉,灌溉定额大,水量无效消耗大。同时,稻旱轮作是灌区减少作物病虫害的一种措施,近年在许多灌区进行水稻控制灌溉试验已取得比较好的效果。根据宁夏进行的试验结果,控制灌溉比深水淹灌每  $\text{hm}^2$  减少引水量  $6\ 000\text{m}^3$  左右,产量略有提高,稻米品质也有所提高,是节水的好方法,应该通过中间试验后逐步大面积推广。目前已应用的水稻旱种也有明显节水作用。同时,应当看到西北干旱区水资源有限,现有水稻面积要进一步减小。

(5) 通过加强管理节水 由于西北灌区大多数渠系庞大,用户众多,管理水平对用水效率的提高起很大作用,是大型灌区高效用水的重要措施。管理与工程有密切的关系。完备的工程系统给现代化的管理打好了基础,反过来管理得好又可以促进工程维护,保持工程的良好运行状态。

(6) 通过调整水费政策节水 目前灌区干渠一级收费多数偏低,下级渠道收费又多按  $\text{hm}^2$  计征。水价低使用水者不珍惜水,而按  $\text{hm}^2$  计征水费实际上是灌多灌少水费没有差别。由于节水对农民没有直接的利益,因此,现行水费政策不利于高效用水。采用以实引水量计费并对大水漫灌、串灌和纵水入沟进行罚款(实际相当于对超量引水进行加价收费),是激励高效用水的有效水费政策。只要调整水费政策,以成本定水价,按引水量计征水费以及对浪费水罚款或加价收费,则会起到明显的节水效果。

(7) 其它节水措施 小畦灌有明显的节水效果,应作为节水措施之一。膜上灌有明显的节水保温增产效果,可作为玉米、瓜果等作物灌溉的节水措施。喷、滴灌是比较先进的灌水技术,比较适宜于与机井灌溉结合使用。因此,可在灌区内地表水源没有保证而地下水条件较好的地区以及在蔬菜和经济作物的灌溉中视情况应用。

## 1.2 农业节水潜力分析

西北地区是典型的灌溉农业区,绝大部分地区农业灌溉用水占总用水量的 90% 以上。目前,农业灌溉大部分仍采用宽河大渠输水、田间大水漫灌方式,灌溉定额普遍偏高,节水潜力很大。

到 2020 年,基本完成现有灌区的续建配套和节水改造,重点抓好宁夏卫宁、青铜峡引黄灌区、内蒙古河套引黄灌区、新疆塔里木河灌区、叶尔羌河灌区、甘肃河西走廊灌区、扬黄灌区、陕西关中及渭北旱塬等 66 座大型灌区和一批重点中型灌区以节水为中心的技术改造,使灌区渠系水利用系数达到 0.65 以上,田间水利用系数达到 0.85 以上,灌溉水利用系数达到 0.55 以上,当然要达到这个目的,落实管理和投入是关键。

近期重点安排存在问题较多、节水潜力较大的 30 处大型灌区改造,其中在现有灌溉面积中新增工程节水灌溉面积  $200\times 10^4\text{hm}^2$ ,可以有效地缓解部分重点地区的水资源紧张状况。通过大型灌区节水改造与续建配套建设拉动农村经济,促进农业结构调整,活跃农村市场,解决农民就业,增加农民收入,保证农业的可持续发展和农村社会的稳定。对西北地区 2001~2010 年和 2001~2020 年的节水预测分析列于表 1 和表 2。

表 1 2001~2010 年节水灌溉面积和节水量预测

Table 1 Efficiently irrigated area and conserved water quantity in 2001~2010

项目	单位	陕西	甘肃	宁夏	青海	新疆	合计
防渗	10 <sup>3</sup> hm <sup>2</sup>	220.0	300.0	86.7	13.3	346.7	966.7
管道	10 <sup>3</sup> hm <sup>2</sup>	33.3	20.0	6.7	10.0	33.3	103.3
喷灌	10 <sup>3</sup> hm <sup>2</sup>	80.0	140.0	33.3	6.7	146.7	406.7
微灌	10 <sup>3</sup> hm <sup>2</sup>	13.3	6.7	6.7	3.3	6.7	36.7
工程措施合计	10 <sup>3</sup> hm <sup>2</sup>	346.7	466.7	133.3	33.3	533.3	1 513.3
非工程措施	10 <sup>3</sup> hm <sup>2</sup>	266.7	133.3	100.0	100.0	533.3	113.3
总节水量	10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>	3	4	5	2	26	40
总投资	元/m <sup>3</sup>	2.6	3.0	2.0	1.5	1.7	2.1

注:摘自“九五”国家重点科技攻关项目(96-912-01-04)专题成果。

表 2 2001~2020 年灌溉累计节水量(10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>)预测Table 2 Conserved water quantity in irrigation in 2001~2020 (unit:10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>)

年份	陕西	甘肃	宁夏	青海	新疆	合计
2001~2010	3	4	5	2	26	40
2001~2020	4	6	8.5	3.5	48	70

注:摘自“九五”国家重点科技攻关项目(96-912-01-04)专题成果。

## 2 工业和城市生活节水分析

西北地区工业和城市用水在总用水中所占比例不到 10%, 尽管具有一定的节水潜力, 但节水的绝对量不大, 这里仅就节水措施和未来用水指标进行分析预测。

### 2.1 工业和城市节水潜力

工业和城市用水的节水潜力, 涉及到不同地区诸多的自然、社会、经济、技术等因素, 如当地的气候、工业结构、工业设备条件、资金投入、经济效益、水价及管理水平等等。真实的节水潜力, 应根据不同地区的实际情况, 确定科学合理的工业用水定额, 在此基础上与现状用水进行比较分析, 得出一个地区或一个城市各工业部门的节水潜力。工业节水的潜力主要来自于产业结构的调整、用水装置的更新换代、生产工艺的改进、节水器具的推广、管理水平的提高等方面。乡镇工业主要由耗水量相对较小的产业部门组成, 企业规模小, 节水的难度大, 节水潜力相对较小, 但其在节水的同时也减少了污水排放量, 节约了污水治理投入, 对当地生态环境保护有十分重要的影响。工业节水潜力最大的部门在一般工业部门。

目前, 工业和城市生活用水浪费仍然严重。西北地区耗水量相对大的重工业比例偏高, 且大量工业生产设备陈旧, 生产工艺落后, 而新兴技术产业少, 加上管理水平低, 因此, 绝大多数地区工业单位产品耗水率高于先进国家的数倍甚至 10 余倍, 而水的重复利用率也低得多, 只有西安市的水重复利用率达到 70% 以上, 大多数城市在 30%~40% 之间, 而日本、美国、原苏联在 1980 年代用水的重复利用率均在 75% 以上。可见, 西北地区工业和城市具有一定的节水潜力。

### 2.2 工业用水指标的估计

能够反映工业用水效率的指标主要有万元产值(或增加值)取水量和工业用水的重复利用率。到 2020 年, 预计全国工业用水总量将增加至 1 760×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>, 相应的重复利用率从现状的 50% 上升为 70%, 大体上每年增加一个百分点。事实上, 海河流域内的北京、天津等城市早在 1980 年代就已达到了 75% 的工业用水重复利用率。目前国际先进的用水定额约为 10m<sup>3</sup>/10<sup>4</sup> 元, 考虑各方面因素, 2020 年全国工业用水的万元产值综合定额可达到 22m<sup>3</sup>。西北地区是我国用水效率最低的地区之一, 1997 年西北工业万元产值综合用水量为 147m<sup>3</sup>, 比全国平均水平高近 50%。预计到 2020 年, 西北地区万元产值综合取水量为 44.5m<sup>3</sup>, 2050 年

为  $12\text{m}^3$ 。如果加大节水力度,加快产业结构调整,则上述各水平年可分别达到  $39.4\text{m}^3$  和  $8.5\text{m}^3$ 。

### 2.3 工业和城市节水措施

城镇生活节水主要应从以下几个方面着手:①通过节水宣传与提高水价,可以有效减少用水的浪费。实践经验表明,通过上述措施,可以减少 60%~70% 的浪费,节水效果为 3.0%~3.5%。②全面推广节水器具,可以有效减少生活用水量。根据估算,节水便器如果推广使用 6L 水 (3~6L) 两档便器系统,则每次至少可以减少 3L,节水型洗衣机可节水 50%~70%,洗衣一次可节水 80~120L,节水型水嘴和节水型淋浴器的综合节水效果也很明显。③采用中水利用措施,对污水处理厂处理过的排放水继续深化处理,使其达到国家规定的杂水标准后,经过中水管网广泛回用于景观用水、城市绿化、道路清洁、汽车冲洗、居民冲厕及施工用水、企业设备冷却用水等领域。

工业节水的主要措施有:①合理调整工业布局和工业结构,限制高耗水项目、淘汰高耗水工艺和高耗水设备;②运用经济手段推动节水的发展,包括调整水价和通过财政贴息和税收优惠等鼓励和支持工业企业进行节水技术改造;③鼓励节水技术开发和节水设备、器具的研制,重点主抓工业内部循环用水重复利用率;成立高技术节水研究中心,对重点行业推行节水工艺和技术措施;④强化企业内部用水管理和建立三级计量体系,加强用水定额管理;⑤对废污水排放征收污水处理费,实行污染物总量控制。

## 3 开源潜力分析

### 3.1 西北地区主要骨干水利工程

根据西北各省区的实际情况,预计相继建设的骨干工程主要有:

(1) 水资源调蓄工程 大柳树、古贤、碛口等黄河骨干水利枢纽工程的前期工作正在紧张进行,开工建设后可增加黄河的调水调沙能力。伊犁河恰甫其海、泾河东庄、洮河九甸峡、黄河沙坡头、黑河正义峡等水利枢纽工程,可重点解决新疆伊犁、陕西关中、甘肃定西、宁夏河套、黑河下游等重点地区的工业、城市、农业和生态环境供水。

(2) 调水及水资源配置工程 新疆引额济乌、甘肃引洮、青海引大济湟和塔拉滩等区域性调水工程,可重点缓解新疆天山北坡、甘肃中部、青海湟水流域及黄河上游牧区等重点缺水地区的供水矛盾。目前新疆伊犁河向南北疆调水、甘肃引大济黑等局部跨流域调水工程的前期研究工作也在进行,其开工建设后将明显提高区域及流域水资源合理配置的程度。

(3) 南水北调西线工程 由于西北地区水资源相对紧缺,尤其是黄河上游地区,在“西部大开发”战略实施过程中势必增加引用黄河水量,由此将进一步加剧黄河中下游地区的缺水局面,加大黄河流域生态环境恶化的趋势。因而,从战略角度看,2020年前后有对“南水北调”西线工程调长江水以增加黄河上中游地区及河西走廊地区的供水量的需求,考虑到工程的投资及其复杂性,在本文的定量潜力分析中未予计入。

(4) 其它河流开发 目前新疆伊犁河、额尔齐斯河、阿克苏河、额敏河等国际河流的开发利用和治理规划均在完善之中,一批骨干调蓄工程及调水工程将在今后 20a 内展开。应加快这些河流的开发和边境地区的水利工程建设,维护民族团结以及边疆的繁荣和稳定。

### 3.2 中小型水利工程

在加紧建设骨干工程的同时,也应重视中小型水利工程建设。按照“统筹规划,因地制宜,加强管理,保证质量,综合利用,讲求实效”的原则,加速发展中小型和微型水利工程建设,满足老少边穷地区人民群众的生活与生产用水。这些工程包括:

(1) 小城镇供水工程 西北 6 省区共有乡镇 6 000 多个,乡村人口约  $0.7 \times 10^8$  人。目前只有少部分乡镇有供水设施,大多供水规模小,设施简陋,标准不高。到 2020 年,通过修建中小水库及拦蓄、引水等工程措施,充分利用当地中小河流的水资源,合理开发利用地下水,建设

小城镇供水工程 6 000 处。“十五”期间,将以大城市为依托,在经济发展较快、水源条件有一定保障的地区,建设小城镇供水工程 2 000 处,新增日供水能力  $500 \times 10^4 \text{t}$ ,水质达到国家《生活饮用水卫生标准》,使近 1/3 的乡镇建有符合要求的供水设施。

(2) 人畜饮水工程 通过在年降雨量大于 300mm 的地区建设雨水集流、水窖、小水池等小型、微型水利工程,大力发展分散式农村人畜饮水工程。在有条件的地区,通过打井、兴建小型水库及蓄水塘等措施建设较为集中的人畜饮水供水工程,实施村村给水工程。到 2005 年,新建各类饮水工程  $21 \times 10^4$  处,基本解决  $950 \times 10^4$  人的饮水困难和温饱问题,改善老少边穷地区人民的生存与生产条件和生态环境。此后到 2020 年,农村饮水工作将由以解决群众饮水困难为主转向以工程更新改造、改善水质,提高供水标准为主。陕北、甘肃和宁夏主要以修建水窖和水塘,蓄集天然降雨和径流为主,新疆以打井提取地下水为主,内蒙古则以打井和修建集雨工程并举。

(3) 集雨节灌 到 2020 年,在西北地区研究范围内年降雨量大于 300mm 的区域,将新建集雨节灌工程  $1\ 600 \times 10^4$  处,在现有农田中发展集雨节灌面积  $246.7 \times 10^4 \text{hm}^2$ 。实现人均  $0.033 \sim 0.067 \text{hm}^2$  旱涝保收基本农田。“十五”期间,建设集雨节灌工程  $600 \times 10^4$  处,发展集雨节灌面积  $933 \times 10^3 \text{hm}^2$ ,基本消除项目规划区内的重点贫困问题。

(4) 牧区水利建设 在新疆、内蒙古、青海的广大牧区选择有一定水源保障条件的地区,通过合理安排生态环境用水,采取打井、推广风能提水、引洪淤灌等措施,发展草原灌溉,建成一批牧区节水灌溉饲草饲料和生活基地,解决人畜饮水困难和牧区发展的水利问题。通过强化管理,遏止草场退化,逐步恢复草灌乔植被,提高单位面积载畜能力,促进集约化畜牧业及其相关产业的发展。

### 3.3 开源潜力分析

目前西北五省区多年平均水资源利用程度为 41%,对生态需水比例较高的干旱半干旱地区来说,这一比例已相当高。但由于开发方式不尽合理,在局部地区尚未进行有效开发,其水资源尚有一定的开发利用潜力<sup>[2,4]</sup>。本次进行的地表水开发利用潜力的预测分两个层次,第一层次从水资源可利用量的角度,进行地表水资源的利用潜力预测;第二层次从水利工程对水资源的实际调控角度,进行地表水可供水量的预测。根据可利用水资源量的预测成果,考虑到水资源利用情况,预计未来的水资源需求预测成果,进行可供水量预测。可水量中,除地表水、地下水的利用外,还应包括污水处理回用、微咸水利用等再生资源的利用量。各省区水资源的开源潜力预测成果见表 3 所示。

表 3 西北五省区经济用水开源潜力 ( $10^8 \text{m}^3$ )

Table 3 Potential of water resources development for rational economic use in Northwest China (unit:  $10^8 \text{m}^3$ )

		陕西	甘肃	青海	宁夏	新疆	西北
	总计	82.8	118.1	26.7	95.0	452.4	775.0
1997 年实际	地表水	46.2	91.7	22.7	88.9	419.8	669.3
	地下水	36.5	26.2	4.0	5.5	32.6	104.8
供水能力	污水处理回用	0.1	0.2	0.0	0.6	0.0	0.9
	总计	134.0	164.0	60.0	100.0	551.0	1 099.0
2050 年预计	地表水	80.0	115.0	51.0	91.0	465.0	802.0
	地下水	38.0	34.0	7.0	7.0	70.0	156.0
达到	污水处理回用	16.0	15.0	2.0	2.0	16.0	51.0
	总计	51.2	45.9	33.3	5.0	98.6	234.0
累计新增	地表水	33.8	23.3	28.3	2.1	45.2	132.7
	地下水	1.5	7.8	3.0	1.5	37.4	51.2
	污水处理回用	15.9	14.8	2.0	1.4	16.0	50.1

尽管有专家提出干旱区由暖干型向暖湿型转化问题,但目前全球气候模拟多项输入大多属情景分析,且对资源总量变化的影响比较缓慢,对水资源开发利用潜力的影响更小,加之这种变化对生态相对有利,因此,在作开源潜力分析时不再展开这种影响。各省区及重点地区情况如下<sup>[2,4-8]</sup>:

**陕西:**全省水资源总量  $442 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,目前全省总用水量约  $83 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。从区域看,陕北地区水资源量为  $47.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,目前用水量为  $8 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右;关中地区水资源量为  $89.6 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,目前用水量已超过  $50 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,陕南地区水资源量为  $305.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,其用水总量约  $25 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。从当地水资源条件和可能的水资源调配方案看,预计2050年陕西省总供水量将达到  $134 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右,比现状供水量增加  $52 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。省内的关中地区,地表水尚有开发利用潜力,近期主要是缺乏调蓄与输水工程。关中五城市地下水水源总体上处于超采状态,城市供水水源地都有不同程度的污染。雨水汇集利用和水窖蓄水的推广和使用,可使渭北旱塬雨水利用系数由50%提高到60%~70%。远期可结合黄河治理开发,继续扩大从山陕峡谷水利枢纽的引黄量。

**甘肃:**甘肃省水资源总量为  $312 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,1997年全省总供水量为  $118 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,约占水资源总量的38%。其中,耗水量约为  $68 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,黄河流域耗水  $23 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,已接近  $30 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的分水指标。省内的河西走廊水资源总量为  $82 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右,其开发利用量与资源总量基本持平,耗水量为  $44 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右,占资源量的50%以上。开发利用主要集中在石羊河与黑河流域,考虑到维护生态环境需要,河西走廊的水资源即将耗尽。预测全省2050年供水量将达到  $165 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,其中地表水供水量为  $115 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,地下水供水量为  $34 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,污水处理回用量将达到  $15 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。和1997年现状供水量  $118 \times 10^8 \text{ m}^3$ 相比,将累计新增供水量  $46 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

**宁夏:**宁夏当地水资源量为  $11.6 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,考虑到目前的黄河分水指标  $40 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,宁夏最大可利用的水资源量约  $46 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。目前宁夏总引用水量约为  $80 \times 10^8 \sim 100 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。引黄灌区的引排比现状为10:6(即引10排6),则宁夏实际耗水量不到  $40 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。目前宁夏水资源利用中存在用水效率低的问题,通过节水,调整种植结构,发展井渠双灌等节水农业,预计未来宁夏基本上可以维持总用水量  $80 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右的水平。现状条件下宁夏灌区耗用的黄河水量为  $36 \times 10^8 \sim 37 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右,远期似应加大宁夏的黄河用水指标。

**青海:**青海省水资源丰富,总量约为  $628 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,目前全省供水量为  $27 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,尚具有较大的开发利用潜力。从需求看,预计2050年左右,青海省国民经济总需水量将超过  $60 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,在现有基础上翻番。供水量主要以开采地表水为主,兼顾开采地下水,同时,通过污水治理尚可增加  $2 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的供水量。青海省为黄河与长江源头地区,水资源的开发利用应注重于水源地的保护,封山育林、加强生态环境工程建设等,生态环境用水量将会有较大增长,生态环境保护对水资源开发利用具有较大影响。

**新疆:**水资源总量  $857 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。考虑高山盆地的水量无法使用、国际河流出入境水量拥有50%的使用权、维持绿洲与荒漠交错带的自然生态平衡等多种因素,全疆可用于国民经济发展的地表水资源可利用量约为  $510 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。地表水现状最大用水量约为  $420 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,则该区地表水资源尚有  $90 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的开发潜力。平原区地下水虽由地表水转化而来,但加大开采强度后可减少潜水无效蒸发,对节水和改善盐碱化作用显著,加大地下水开采的潜力为  $40 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右。预计到21世纪中叶前后,全疆供水需求量将达到  $550 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,即需要新增  $100 \times 10^8 \text{ m}^3$ 以上的供水能力。

**西北地区:**从各省区的水资源开发利用潜力看,预计到2050年前后,全西北地区国民经济总供水量将达到  $1\ 000 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,约占其水资源量的45%以上。从生态环境保护和生态环境建设看,超过45%以上的水资源利用率已对生态环境用水产生竞争性。但只要注重水资源的重复利用和保护,尚可维持目前的生态环境状况。从供水增长看,预计到21世纪中叶,西北地区国民经济总供水量尚需累计新增  $224 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,方可基本协调该区国民经济和社会发展的水资源需求。从供水水源看,预计西北地区21世纪中叶前,地表水供水能力需要至少新增

140×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>,地下水尚需加大开采能力 70×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>,而污水处理回用量可达到 50×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>,才能基本满足需水要求。

#### 4 结语

(1) 西北干旱区水资源开发利用潜力包括节水、污水处理回用和挖潜三部分。节水的潜力主要在农业,工业和城市的重点是污水治理和回用,挖潜应该以中小型水利工程为主,骨干水利工程为辅。

(2) 到 2020 年,基本完成现有灌区的续建配套和节水技术改造,使灌区渠系水利用系数达到 0.65 以上,田间水利用系数达到 0.85 以上,灌溉水利用系数达到 0.55 左右,实现农业总节水量约 70×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>。

(3) 工业和城镇生活通过加强用水管理、工业内部循环用水、工业设备和生产工艺改造等措施,到 2020 年使工业用水的重复利用率上升到 70%,万元产值综合用水量达到 44.5m<sup>3</sup>。

(4) 以 2050 年作为远景期望年,西北地区国民经济总供水量将达到 1 000×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>,约占其水资源量的 45%以上。届时可实现污水处理回用 51×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>,累计新增地表水和地下水经济供水能力 122.7×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>和 51.2×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>,三项总计 224×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>。

(5) 如果要在整体上维持西北地区生态环境现状并使局部地区有所改善,南水北调西线工程向黄河中上游补水,并通过换水支持河西走廊的经济发展和生态建设是必要的。

#### 参考文献(References):

- [1] 冯尚友.水资源持续利用与管理导论[M].北京:科学出版社,2000. [FENG Shang-you.Introduction to Sustainable Utilization and Management of Water Resources.Beijing: Science Press,2000.]
- [2] 王浩,陈敏建,秦大庸,等.西北地区水资源合理配置与承载能力研究[M].郑州:黄河水利出版社,2003. [WANG Hao, CHEN Min-jian, QIN Da-yong, et al. Study on Rational Allocation and Carrying Capacity of Water Resources in Northwest China. Zhengzhou: Yellow River Water Conservancy Press, 2003.]
- [3] 段爱旺,信乃诠,王立祥.西北地区灌溉农业的节水潜力及其开发[J].中国农业科技导报,2002,4(4):50~55. [DUAN Ai-wang, XIN Nai-quan, WANG Li-xiang. Exploitation of water-saving potential in irrigation agriculture in Northwest China. *Review of China Agricultural Science and Technology*, 2002, 4(4): 50~55.]
- [4] 张会言,何宏谋,侯传河,等.西北地区水资源开发利用现状及开发潜力[J].人民黄河,2002,24(6):7~9. [ZHANG Hui-yan, HE Hong-mou, HOU Chuan-he, et al. Evaluation on development and utilization status of water resources in the Northwest Region. *Yellow River*, 2002, 24(6): 7~9.]
- [5] 蓝永超,康尔泗,张济世.黑河流域水资源合理开发利用研究[J].兰州大学学报(自然科学版),2002,38(5):108~114. [LAN Yong-chao, KANG Er-si, ZHANG Ji-shi. Study on the water resources and its rational development and utilization in Heihe River basin. *Journal of Lanzhou University (Natural Sciences)*, 2002, 38(5): 108~114.]
- [6] 严鹏,李润杰.柴达木盆地开发与水资源问题的探讨[J].水土保持研究,2002,9(4):128~132. [YAN Peng, LI Run-jie. Problems of exploitation and water resources in Chaidamu Basin. *Research of Soil and Water Conservation*, 2002, 9(4): 128~132.]
- [7] 于艳青,张作辰.宁夏河套平原地下水资源开发潜力分析[J].水文地质工程地质,2002,29(2):56~58. [YU Yan-qing, ZHANG Zuo-chen. Analysis on groundwater resources exploitation potentiality in Hetao plain of Ningxia. *Hydrogeology and Engineering Geology*, 2002, 29(2): 56~58.]
- [8] 雷敏,曹明明.关中地区水资源潜力研究[J].西北大学学报,2002,32(6):108~114. [LEI Min, CAO Ming-ming. A study on the potential of water resource of Guanzhong area. *Journal of Northwest University (Natural Science Edition)*, 2002, 32(6): 108~114.]

## Analysis of potentials of water resources development and utilization in arid zone of Northwest China

QIN Da-yong<sup>1</sup>, LUO Xiang-yu<sup>1</sup>, CHEN Xiao-jun<sup>2</sup>, WANG Hao<sup>1</sup>

(1.Department of Water Resources,China Institute of Water Resources and Hydropower Research,Beijing 100044, China; 2.Department of Water Resources,Ministry of Water Resources, Beijing 100761,China)

**Abstract:** Potentials of water resources development and utilization in arid zone of Northwest China were studied in this paper. On the basis of analysis of approaches to water conservation in agricultural, industrial and urban domestic uses in arid zone in Northwest China, the potential of water conservation in 2020 target year, and, according to the situation of industrial and domestic water uses, wastewater reuse in the future were quantitatively estimated. By considering available water resources as the potential and actual capacity of regulating water resources by hydraulic engineering works as constraint, the water quantity that could be supplied from surface water and groundwater was calculated and predicted. The result of quantitative analysis showed that, for the sake of maintaining the ecological system and protecting the environment of the arid zone in Northwest China on the whole, and improving partial areas, it would be necessary for the West Route South-to-North Water Transfer Project to divert water to the upper and middle reaches of the Yellow River for the economic development and the ecological restoration in the Hexi Corridor by means of replacing the original water uses with water transferred in a long-term plan.

**Key words:** water resources; potential of development; potential of water conservation; Northwest arid zone