

大规模、长距离、跨流域调水的利弊分析

陈玉恒

(西北勘测设计研究院,陕西 西安 710065)

摘要 简要介绍了美国、前苏联、加拿大、澳大利亚、法国、印度的大规模调水工程,从经济、生态、防洪方面分析了调水的效益,同时认为,尽管大规模、长距离、跨流域调水对有关生态、环境和社会问题的负面影响还不甚明了,但大规模、长距离调水造成的淹没损失、投资量大、调水区干旱化、受水区消耗水量大并易盐碱化等弊端不容忽视。

关键词 跨流域调水 利弊 调水效益

中图分类号 :TV62+2 **文献标识码** :A **文章编号** :1004-6933(2004)02-0048-03

地球上水资源分布十分悬殊。以干旱著称的非洲,虽然有一半面积平均降水量在 500 mm/a 以下,但刚果盆地和几内亚海湾沿岸一带降水量却超过 1 500 mm/a。前苏联水资源总量较为丰富,其河川年平均径流量仅次于巴西,居世界第二位,但人口稀少的北部和东部寒冰地区却占前苏联水资源总量的 88%,而集中了 3/4 人口和 4/5 工农业产品的南部和西南部水资源量却只占 12%。美国东部湿润,水资源较丰富,西部干旱,降水量多在 550 mm/a 以下,其中有的地区不足 100 mm/a。我国东南沿海和西藏东部湿润,降水在 1 000 ~ 2 000 mm/a,其中墨脱地区降水量多达 3 000 ~ 4 000 mm/a,西北地区干旱,平均降水量只有 164 mm/a,占全国的 9.5%,其中新疆塔里木盆地中心部分仅为 10 mm/a。于是,大规模、长距离、跨流域调水成为人类重新分配水资源、缓解缺水地区供需矛盾的主要途径。

1 概 况

河川径流是人类最早利用的水资源,也是上、中、下游地区重新分配水资源的必由之路。但是,由于社会经济发展,仅凭流域内调水已难以满足经济发达地区的用水需求,迫切需要跨流域调水。于是,在 19 世纪中叶,跨流域调水规划便应运而生。据不完全统计,目前世界已建、在建和拟建的大规模、长距离、跨流域调水工程已达 160 多项,分布在 24 个国家。其中已建的调水量较大的调水工程是巴基斯坦西水东调工程,年调水量 148 亿 m³;距离较长的是美国加利福尼亚北水南调工程,输水线路长

900 km,调水总扬程 1 151 m,年调水量 52 亿 m³。

a. 美国。美国已建的跨流域调水工程有 10 多项,主要为灌溉和供水服务,兼顾防洪与发电,年调水总量达 200 多亿 m³,除加利福尼亚的北水南调工程外,其他较重要的调水工程有 科罗拉多—大汤普森工程、煎锅—阿肯色河工程、中央河谷工程、中部亚利桑那工程等。

美国东部地区湿润,水资源较丰富,西部地区干旱,水资源短缺。为开发利用美国西部地区的资源,缩小东西部社会经济差距,自 20 世纪初以来,美国联邦政府和地方州政府都十分重视水利建设,美国国会在 1902 年通过了《垦务法》,并在内政部设立垦务局,主要负责西部地区 17 个州的水资源开发治理任务。数十年来,垦务局依法得到了联邦政府大批建设资金的优惠贷款,建成了多处长距离调水工程。与此同时,地方各州政府也通过各种资金渠道,组织兴建了一些长距离调水工程。

b. 前苏联。前苏联已建的大型调水工程达 15 项之多,年调水量达 480 多亿 m³,主要用于农田灌溉。规划中的调水工程较多,前苏联有 100 多个研究所进行调水工程的方案与技术研究,这些工程中较著名的有 伏尔加—莫斯科调水工程、纳伦河—锡尔河调水工程、库班河—卡劳斯河调水工程、瓦赫什河—喷什河调水工程、北水南调工程等。

c. 加拿大。加拿大已建调水工程的 80% 用于水电。1974 年动工兴建的魁北克调水工程,引水流量 1 590 m³/s,总装机容量达 1 019 万 kW,年发电量 678 亿 kW·h,该工程还用于灌溉或为城市供水服

务。加拿大其他著名调水工程有：邱吉尔河—纳尔逊河工程、奥果基河—尼比巩河工程等。

d. 澳大利亚。为解决内陆的干旱缺水,澳大利亚在 1949 ~ 1975 年期间修建了第一个调水工程——雪山工程,该工程位于澳大利亚东南部,运行范围包括澳大利亚东南部 2 000 km² 的地域,通过大坝水库和山涧隧道网,从雪山山脉的东坡建库蓄水,将东坡斯诺伊河的一部分多余水量引向西坡的需水地区。沿途利用落差(总落差 760 m)发电供首都堪培拉及墨尔本、悉尼等城市民用和工业用电,总装机 374 万 kW,同时可提供灌溉用水 74 亿 m³。该工程总投资 9 亿美元,主要工程包括 16 座大坝、7 座电站、2 座抽水站、80 km 的输水管道、144 km 隧道。

e. 法国。法国为了满足灌溉、发电和供水需要,于 1964 年动工兴建了迪朗斯—凡尔顿调水工程。工程于 1983 年建成,设计灌溉面积 6 万 hm²,年发电量 5.75 亿 kW·h,并供 150 万人饮水。此外,法国还有勒斯特—加龙河等调水工程。

f. 印度。印度的调水始于灌溉调水,已完成的有恒河区工程,灌溉面积 24 万 hm² 北方邦拉姆刚加河拉姆刚加坝至南部各区工程,灌溉面积 60 万 hm²;巴克拉至楠加尔工程,灌溉面积 160 万 hm²;纳加尔米纳萨加尔工程,灌溉面积 80 万 hm² 通加巴德拉工程,灌溉面积 40 万 hm²。

2 效益分析

2.1 经济效益

大规模、长距离、跨流域调水,不仅缓解或解决了缺水地区城市和工农业用水,而且带来了水力发电、防洪、航运、养殖、旅游等综合效益。

a. 供水效益。长距离调水工程对美国西部地区经济的快速发展,以及对整个美国经济的宏观布局和优化资源配置都起到了十分重要的作用。通过有计划地建设长距离调水工程,给缺水地区的经济发展注入了新的生机和活力,大大促进了地区工农业生产的发展和人民生活水平的提高。如在加利福尼亚中南部,降雨量仅 200 ~ 400 mm/a,部分地区不足 100 mm/a,素有干旱“荒漠”之称。由于修建了中央河谷、加利福尼亚北水南调工程、科罗拉多水道和洛杉矶水道等长距离调水工程,从而为受水地区社会经济发展提供了充足的水源,使干旱河谷地区发展灌溉面积 133.3 万 hm²,成为美国重要的农产品生产和出口基地。供水工程还保证了以加利福尼亚南部洛杉矶为中心的 6 个城市 1 700 多万人生活和工业、环保等用水需要。目前,加利福尼亚州已成为美国人口最多、灌溉面积最大、粮食产量最高的一个

州,洛杉矶市也已成为美国的第三大城市。由于农牧业的稳定发展,人口的增加,技术力量的移入,促进了航天航空、原子能、飞机制造、石油化工、机器制造、电影工业等新兴产业的迅速发展,使西南地区和西海岸带成为美国石油、电子和军事等尖端新兴工业中心。

巴基斯坦的西水东调工程,从西三河向东三河调水,年调水量 148 亿 m³,灌溉农田 153.3 万 m²。工程进一步完善了印度河平原的灌溉体系,使东三河流域广大平原地区的农、牧、工业等获得持续不断的发展,并使巴基斯坦由原来的粮食进口国变成不仅粮食能自给,而且每年还可以出口小麦 150 万 t、大米 120 万 t 的国家。

b. 发电效益。大规模、长距离、跨流域调水,往往都有大量落差可以利用,为调水区和受水区提供廉价电能,有的调水工程甚至就是专门为水力发电而设计修建的。前者,如澳大利亚雪山工程,可利用落差 760 m,发电装机容量 374 万 kW;后者如加拿大魁北克工程,发电装机容量达 1 019 万 kW。

c. 其他效益。可以增加通行线路和里程,促进航运事业发展,降低运输成本,加强区域经济交流;可以把营养盐带入调水体系,有利于饵料生物和鱼类生长与繁殖,促进渔业发展;还可以增高污径比,改善水质,扩大水域,营造人工和生态景观,发展旅游、娱乐业等。

2.2 生态环境效益

调水可以使缺水地区增加水域,导致水圈和大气圈、生物圈、岩石圈之间的垂直水气交换加强,有利于水循环,改善受水区气象条件,缓解生态缺水。

调水还可以增加受水区地表水补给和土壤含水量,形成局部湿地,有利于净化污水和空气,汇集、储存水分,补偿调节江湖水量,保护濒危野生动植物。

调水灌溉可以减少地下水的开采,有利于地表水、土壤水和地下水的入渗、下渗和毛管上升,潜流排泄等循环,有利于水土保持和防止地面沉降。加利福尼亚某地区从 1940 年起每年超采水量 180 万 m³,开采深度 305 ~ 754 m,地面下沉影响 9 000 多 km² 农田耕作。调水后有效地防止了地面沉降,并起到保水固土作用。

2.3 防洪效益

调水工程一般都可以有效地利用弃水,化害为利,所以,大多数调水工程都具有不同程度的防洪作用。如伊拉克的底格里斯—萨萨尔湖—幼发拉底调水工程,既能有效地控制西部沙漠沙丘推移,又具有防洪效益。

3 弊端分析

大规模、长距离、跨流域调水工程,既会带来可观的经济效益和社会效益,也会带来一些负面影响。

3.1 淹没损失

大规模、长距离、跨流域调水工程的淹没损失是不可避免的,但是,如果处理不当,就会影响生态环境和经济发展、社会稳定。如移民安置,无论是后靠,还是远迁,都会给新的居住地形成一定的压力,可能还会造成毁林开荒、水土流失、生态环境恶化。又如库区清理,如任其树木、房屋自由淹没,不仅会产生大量的一氧化碳,还有害于水质。

3.2 投资量大

北美水电联盟计划需要 1 千多亿美元,工期长达 20 年,据估计完工后需 50 年方能收回投资。原苏联的北水南调工程,据 1978 年的初步估计,欧洲部分的调水方案,仅建立水利枢纽和运河所需的投资就超过 25 亿卢布;亚洲部分的调水方案,至少需要 140 亿卢布。此外,为了开垦土地和利用这些水资源而进行的土壤改良工程,仅中亚和哈萨克地区就要花费 170 亿卢布。其工程建设周期,仅第一阶段就需要 30 ~ 50 年,回收投资则需要更长时间。

3.3 调水区干旱化

大规模、长距离、跨流域调水,不仅会导致调水江河径流量减少,产生河口咸水倒灌,破坏河口生态,如前苏联北水南调工程自涅瓦河调水,使拉多加湖无机盐、矿化度堆积物增多;美国加利福尼亚调水使萨拉门托河与圣华金河流入旧金山湾的淡水减少 40%,导致海湾水质恶化,引起海水入侵三角洲,而且还导致调水区干旱化,其中最典型的例子就是前苏联的咸海。20 世纪 60 年代以后,前苏联在咸海上游阿姆河和锡尔河流域发展了棉花灌溉面积 790 万 hm^2 ,是当时世界上最大的灌溉系统;70 年代前苏联曾对 5 条调水的河流进行了流量变化调查和预测分析,发现 5 条河流流量都有不同程度的减少,其中预测减少最多的是阿姆河和库拉河,80 年代和 90 年代分别减少了 59% 和 95%,44% 和 78%。20 世纪 80 年代咸海水量比 60 年代减少了 87%,咸海面积萎缩了近 50%,蓄水量减少 79%,湿地减少了 85%。喜水植物毁灭,33 万 hm^2 森林资源完全被破坏,沙漠吞没了 200 万 hm^2 耕地和周围 15% ~ 20% 的牧场。

美国加利福尼亚调水工程,虽然使加利福尼亚成为美国重要的农产品生产和出口基地,但调水区的河川径流量骤减,使加州 95% 的湿地消失,水生生态系统遭到严重破坏,依存于湿地的候鸟和水鸟由 6000 万只减少到 300 万只,鲍鱼减少了 80%。

3.4 受水区消耗水量增大

调水会刺激受水区不断增加用水量,需要不断地增加调水,加之粗放化的灌溉方法和掠夺式农业经营,造成土地盐碱化,更为严重的是消耗水量骤然增大,导致河川径流入海量减少。消耗水量的大小与当地气象条件、用水构成和用水方式有关,其中除气象条件外,其余两项均与人类活动有直接关系。据俄罗斯专家阿尔巴耶夫估计,由于水库蓄水、引水工程、受灌溉和非灌溉土地的农业耕作完善化等活动影响,全球每年增加的蒸发水量约 87 000 亿 m^3 ,加上城市和工业蒸发消耗 1 500 亿 m^3 ,合计约 88 500 亿 m^3 ,相当于每天增加蒸发水量 240 亿 m^3 ,约等于地球表面蒸发量的 2%,陆地蒸发量的 12%,与 1970 年相比,蒸发损失水量增加了 3 ~ 4 倍。我国北方海河、黄河、淮河流域就是如此。据《我国华北地区蒸发能力及其变化趋势分析》显示,1956 ~ 1998 年华北地区降水量和蒸发量都呈同步递减趋势,20 世纪 90 年代分别比 1956 ~ 1998 年平均值低 9% ~ 12% 和 3% ~ 23%,同期海河和黄河入海量比 50 年代大幅度降低。虽然目前没有确切调查资料证明蒸发量增加的原因在于大规模、长距离、跨流域调水,但是,取水量和用水量增加是确定不疑的,尤其是农业灌溉、水库蓄水和引水水量。我国海河、黄河断流就是一例,其流域灌区取水量均在 90% 以上。

3.5 受水区盐碱化

输水线和受水区会因大量渗漏补给地下水,渠道发生盐碱化,尤其是高位输水地段。巴基斯坦西水东调工程就曾出现过此类问题,后经 20 年实施“斯卡普”计划:一方面采取水利措施降低地下水水位,另一方面结合农作物、土壤改良等措施防治土地渍涝和盐碱化,取得良好效果。

4 结 语

4.1 重视水循环改变及其影响

大规模、长距离、跨流域调水,首先会减少调水区地表水总量,增加受水区地表水总量,然后减少和增加各自的水循环总量,其中表现最突出的就是各自区域的降水和蒸发使土壤调蓄量和地下调蓄量增减。而上述因素改变的的程度,又取决于调水量和受水量的多少,按照国际通行惯例,调水区的调水量一般不高于 20%。

降水量和蒸发量的增减必然导致区域气象系统循环的改变,影响区域雨、热、风、气及湿度、温度、风力、风向等变化,及周围区域大气环流的变化。

土壤调蓄能力的增减,必然导致区域岩石圈地表系统物质交换和能量流动的增减,(下转第 59 页)

水利用率低的情况,通过修建水库、拦河坝、扬水站等工程,进一步提高地表水拦蓄能力。计划到 2010 年,新建小型水库 19 座,塘坝 250 座,综合治理河道 10 条,新建拦河坝 30 座,多年平均情况下,新增可供水量 0.69 亿 m^3 。

b. 在地下水丰富、开采程度低的地方适量增打机井,增大地下水开采量。计划到 2010 年,新打配套机电井 1320 眼,年增加开采量 0.17 亿 m^3 。

c. 兴建地下水回灌补源工程。莒县 316 km^2 的山间盆地城区所在地,地下水开采程度较高,是第四系含水沙层,有较好的回灌补源条件,计划在该区兴建回灌补源工程。第一期工程补源面积 17 km^2 ,第二期工程扩大到 50 km^2 。

d. 充分利用雨洪资源,开发非传统水资源。加快城市污水处理厂建设,搞好污水处理和中水回用。计划到 2010 年,城市污水集中处理能力达到 $10 \text{ 万 m}^3/\text{d}$,深度处理率达到 70% ,污水回用率达到 50% 左右。

(上接第 50 页)

如盐碱度、矿化度等。

气象系统和岩石圈地表系统循环的改变,必然影响和作用于生物系统,改变动植生物种群的增减。生物系统相对平衡的改变,又会反过来影响和作用以上诸系统的循环,并在相互作用下缓慢地建立新的相对平衡。

4.2 调水的利弊分析

一般来说,无论何种调水方式都会迅速改变受水区缺水局面,改善受水区地质环境,促进社会经济发展,这正是人们所期望的,即使有点负面影响也会忽略不计,但是,其给调水区和受水区带来的各自区域地质环境变化,却是缓慢的、长期的,不经过几十年、几百年、几千年乃至上万年,是很难发现的。工业化给大自然带来的负面影响就是如此,如大气污染、温室效应、海平面升高等。尽管目前对于多数调水工程对地质环境及相对平衡的作用和影响不甚明了,但不可掉以轻心。

大规模、长距离、跨流域调水,虽然不至于影响水圈及其和大气圈、生物圈、岩石圈的物质交换和能量流动,却会影响区域、地域各圈子系统的物质交换和能量流动,打破原有的相对平衡,建立新的相对平衡。而且,调水的距离越长,规模越大,其影响越大,影响因素越发复杂化、综合化、生态化,因此,一定要慎之又慎。第一,要充分利用流域、区域内地表径流和降水,尽量少用或不用跨流域、跨区域调水,如雨洪利用、节水型社会、控制水污染等,避免地区环境

3.4 理顺水资源管理体系

a. 莒县应借鉴兄弟市县的成功经验,结合机构改革,成立水务局,将城建局的自来水公司、污水处理厂整建制划归水务局管理。同时,针对不同管理机构职能交叉、责任不清的情况,进一步分清职责,明确水行政主管部门在水资源统一管理中的主体地位,建立高效的水资源统一管理体系。

b. 尽快建立合理的水价格形成机制,按市场经济的要求制定供水价格,逐步提高工业、农业、城市生活用水价格,使水价这一经济杠杆真正在水资源配置和节约方面发挥作用。

c. 依法治水,加强管理。一方面,要加强宣传教育,提高全社会的水资源忧患意识和水法制观念;另一方面,要建立行之有效的管理制度,依法严厉打击各种违法水事活动。只有这样才能保障水资源的可持续利用,保证莒县社会经济的健康发展。

(收稿日期 2002-07-14 编辑 徐 娟)

相对平衡状态的巨大变化。第二,不同气候带、不同自然地理区调水,会导致两区域地质环境相对平衡的根本变化,不到万不得已不用,如原苏联北水南调工程,鄂比河、叶尼塞河和勒那河三大水系流经原苏联温带地区而注入北冰洋,会使其北部和北半球气候和地表地质发生根本变化。第三,跨流域调水水量和受水水量要严格控制,不能高于 20% ,尽量减少对两区地质环境相对平衡的影响,以利于建立新的相对平衡。第四,吸取已建、在建调水工程的经验教训,提高规划和方案论证的科学性,重视调水的管理,尽量减少人为的破坏,如我国南水北调工程,东线论证长达几十年,具有一定的科学性。

参考文献:

- [1] 朱丕荣. 世界水资源与灌溉农业 [J]. 世界农业, 1997 (12): 46 ~ 47.
- [2] 陈玉恒. 国外跨流域调水工程简述 [J]. 南水北调与水利科技, 2002 (2): 45 ~ 47.

(收稿日期 2002-12-28 编辑 胡新宇)

