

# 跨流域调水与华北水资源的合理配置 ——我国南水北调新路径的探讨

黄伟雄

(佛山大学地理系, 佛山 528000)

**摘要:** 文章从合理配置华北水资源的角度, 通过对我国南水北调目前几个方案的对比分析, 提出解决我国华北缺水问题的跨流域调水方案的优化设想及其便捷的路线: 从黄河沿偏关河调水至永定河上游, 再以海河水系分流供应华北, 然后从长江补水进黄河; 实现以北方的水资源供应华北、以南方的水资源作补偿和使黄河成为“H”状的永不断流的清水河的目标。从水文特征、工程特征、生态与风险、社会与经济效益等多个方面对优化方案进行了综合分析, 指出该方案具有较大的合理性。

**关键词:** 跨流域调水; 南水北调; 华北; 水资源; 合理配置; 优化

中图分类号: TV67 文献标识码: A 文章编号: 1007-7588(2002)03-0008-06

## CROSS-BASIN WATER TRANSFER AND RATIONAL DISTRIBUTION OF WATER RESOURCES WITHIN NORTH CHINA: NEW ROUTE FOR CHINA'S SOUTH-TO-NORTH WATER TRANSFER PROJECT

HUANG Wei-xiong

(Geography Department, Foshan University, Foshan 528000, China)

**Abstract:** It is suggested in this paper that China's south-to-north water transfer could be put into practice by a new plan, whose route designed is like "H" in shape. The new plan argues that the Yellow River water should be transferred from Pianguan River, in the north of Shaanxi Province to the headwater of Yongding River, which makes it possible to supply regions within the North China Plain with water respectively. Meanwhile, the water of Danjiangkou Reservoir can be transferred directly to Yellow River, replenishing the water shortage of Zhengzhou or Sanmenxia Reservoir. It is suggested in this paper that more benefits, in fields such as ecological and environmental protections, calamity prevention, cultivated land saving and so on, can be got from this new plan's implementation.

**Key words:** Cross-basin water transfer; South-to-North water transfer project; Northern China; Water resources; Rational distribution; Optimize

我国自从五十年代提出跨流域调水解决北方水资源不足问题的设想以来, 已逐步形成分别从长江下、中、上游调水的南水北调东、中、西线三大工程方案。几十年来, 围绕东、中、西线三大方案的研究和论证也较多。然而, 随着近 20a 我国科学技术和经济水平的迅速提高, 像南水北调这一涉及技术、经济、社会及生态等许多方面的

规模浩大的综合性环境改造工程, 是完全有可能存在更新颖、更合理、或更经济、更便捷, 或更符合生态和子孙后代可持续发展利益的其他方案的, 对这些新方案的综合研究与探讨也是非常必要的。该文拟从合理配置北方水资源入手, 就跨流域南水北调的一个新的便捷路径方案进行粗浅的探讨。

收稿日期: 2001-06-27; 修订日期: 2002-01-07

基金项目: 广东省社科十五重大委托课题子项目“珠三角现代城乡一体化模式与格局研究”(编号: 01T01-3-1) 资助

作者简介: 黄伟雄(1960~), 副教授, 广东宝安人, 1983 年毕业于华南师范大学地理系, 其后在南京师范大学学习和英国斯泰福大学访问交流, 主要从事区域地理研究和教学工作, 已发表论著近 30 篇(本)。

## 1 南水北调的方案与优化设想

### 1.1 东、中、西线方案及其作用特点

南水北调的东、中、西线工程均为解决我国北方缺水问题的重大措施,但从解决缺水问题的作用则各有其特点。东线工程从长江下游引水,基本沿京杭大运河逐级提水北上直到天津,主要向黄淮海平原东部地区供水,按不同工期分别可使苏、皖、鲁、冀、津等省市的净增供水量达 $60 \times 10^8 \text{ m}^3 \sim 180 \times 10^8 \text{ m}^3$ <sup>[1-3]</sup>。具有水源富、投资少等特点。

中线工程是从长江支流汉江的丹江口水库引水,沿伏牛山和太行山山前平原输水至华北,在远期考虑从长江三峡水库或以下长江干流补水的条件下,年调水量可达 $141 \times 10^8 \text{ m}^3$ <sup>[3]</sup>。是解决华北水资源危机的有效方式,且水质较好、能自流。

西线工程是分别从长江上游的通天河、雅砻江、大渡河引水入黄河,每年可调水质良好水资源 $200 \times 10^8 \text{ m}^3$ <sup>[1-3]</sup>,主要是解决我国西北和华北部分地区的缺水问题,且生态风险少。

### 1.2 三大方案的限制因素与完善可能性

东线方案可利用现有的河道与湖泊输水,从而投资较少、基本无移民问题,而且水源富,但供水的水质难以保证、供水受益面积仅限于华北平原东部的有限地区。严格地说,供水受益地区也并非缺水地区,它们大部分位于距海50km~100km以内,因而在不远的将来从节水到适当利用海水、研究开发廉价海水淡化技术都是可行的,甚至研究利用冬季的海冰也是十分值得探讨的有效替代途径。

西线方案具有水质好、生态风险少、可调水量较大等优点,但工程量大、投资巨大而建设困难,且单靠西线工程不能很有效地解决目前华北平原的缺水问题。长远来说,西部广大地区通过输送水汽的空中南水北调及国土与环境的综合改造技术也是值得探讨的<sup>[6]</sup>,而且西部高原有限的水资源应当考虑支持大西北的长远开发建设。

中线方案虽然具有供水的水质较好、供水范围大、全线能自流的特点,但也存在供水线路长、移民多、投资大、途中耗水多、生态风险大等问题,

导致该方案供水效益是显著的,而供水的经济、社会与环境成本可能是高昂的,因而更有必要寻求一条合理、便捷和符合成本效益的新的路径方案。

### 1.3 新路径选择的条件

南水北调的东、中、西线三大工程虽然都是公认的解决我国北方缺水问题的较佳方案,但也存在上述一些难以解决的问题,以及随着我国科技和经济水平的提高而从成本、效益和环境等方面对工程方案的再认识和再完善的必要。一条南水北调新的路径是否可行,它应满足以下条件:首先是能较好地解决目前华北严重缺水的问题;其次是尽量多地融合上述三方案的优点,争取效益的最大化;三是尽量减少三方案的不足和风险,达到风险的最小化;四是在目前和不远的将来技术上可能、经济上合理。相对而言,从中部调水能较好地解决华北缺水这一目前关键的问题,笔者以下论及的跨流域调水新路径是基于优化配置北方的水资源,以北方的水就近浇灌北方的土地和从中部调水补偿的基础上。

### 1.4 新路径的总体设想

跨流域南水北调的新路径方案设想大致由南北两部分构成:北部在黄河进入黄土高原的山西省北部天峰坪附近建坝并形成一定规模的水库,再梯级提水到永定河上游的源子河,然后通过海河水系的河流与水库分流供应北京及华北各地。

当然,黄河本身的水量也是很有限的,本方案的顺利实施还需要南部长江水的配合,即南部通过调长江水直接补充黄河下游,使黄河下游成为水不断流的、清水的河流,黄河下游的两岸地区则可直接引用相对清洁的黄河水(如图1所示,这样,黄河实际上成为具有两个出海口的H状的河流,下把此方案简称“H方案”。

## 2 “H方案”新路径的具体路线

### 2.1 北部黄河调水

在黄河进入黄土高原的入口附近刘家塔镇至天峰坪镇之间建坝,使黄河水大致沿海拔1050m形成一定规模的大中型水库,黄河在刘家塔镇至天峰坪镇之间基本上是河谷深切部分,

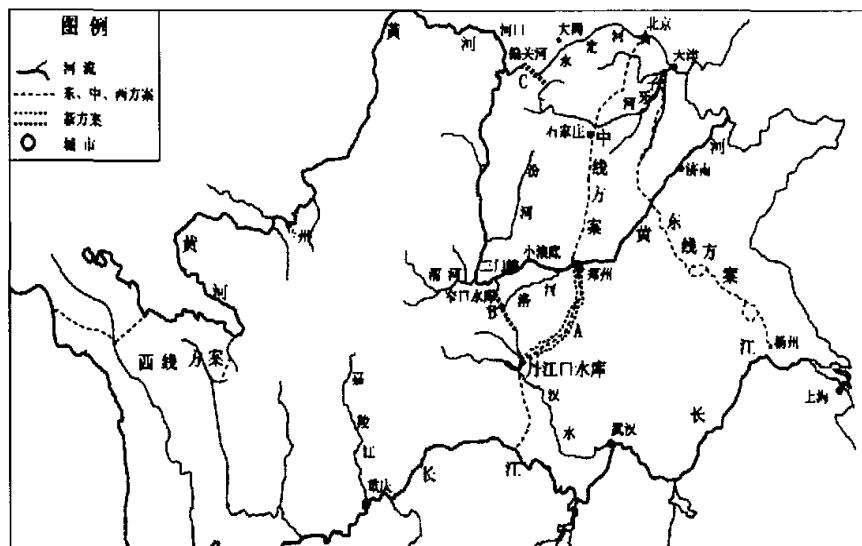


图1 南水北调新便捷方案示意

Fig. 1 The sketch map of the new routes of the South-To-North Water Transfer Project

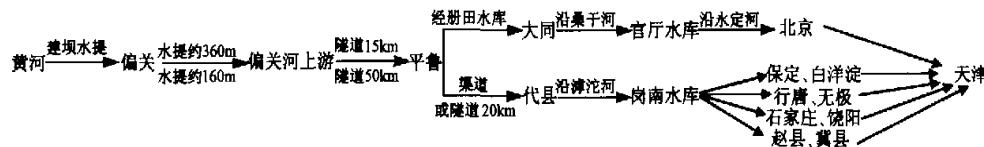


图2 北部调水路线示意

Fig. 2 Water transfer routes in the north

具有较好的建坝条件,且淹没面积较少,生态影响也较少。建坝后,河水可沿偏关河回流到偏关附近,再沿渠化的河道梯级提水约360m至偏关河上游的下水头附近,然后通过约15km的隧道穿越管涔山脊到达平鲁附近永定河上游源子河的大沙沟(或在偏关附近提水约160m至老营镇附近,然后通过约50km的隧道从大团堡附近进入七里河),因隧道两端的地形为西高东低,河水可自流通过隧道。这样,黄河水一方面可流入桑干河和册田水库供晋北大同等地,再沿桑干河将水送到官厅水库供北京及附近地区使用;另一方面,由于桑干河与向阳河上游的滹沱河有较大的水位差,黄河水可通过渠道或隧道向滹沱河分流,沿阳阳河供应石家庄及附近地区,再通过岗南、横山、王快、西大洋等水库与海河水系的其他河流分别供应华北各地(如图2)。

## 2.2 南部长江补水

它又可分为若干个不同的方案,方案A是以南水北调中线方案的前半部大致相同的路线直接补充黄河(如图3A);方案B是把丹江口水库的水资源调入三门峡水库。因丹江口水库和三门峡水库的水位差不大,故调前者的水资源补后者是可能的,如在丹江口水库沿淅川、老灌河梯级建坝蓄水和提水,使之成为十来个渠化的河道水库,沿河蓄水、提水直到上游五里川,通过约10km的隧道进入洛河上游的卢氏附近,再沿官道口流入宏农涧(或在卢氏附近经约20km的隧道进入宏农涧流入窄口水库),然后流入三门峡水库(如图3B)。这样,黄河下游沿岸广大地区可直接引用经长江补给的水量更大、更清澈的黄河水,形成南部补水的受益区。其中方案A的运行较为方便;方案B则可加大南水北调过程

人工调节的力度,也可保证三门峡、小浪底等大型水利设施的正常运行。

另外,考虑到三峡工程竣工后三峡水库的水位高度将超过丹江口水库,与三门峡水库的水面

高度也相差不算太大,今后可通过三峡水库直接或间接向汉江、丹江口及三门峡水库补水,从而加大长江对黄河水资源的调剂能力。

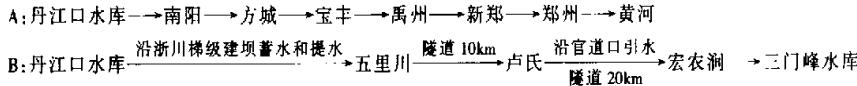


图3 南部补水路线示意

Fig.3 Water transfer routes in the south

### 3 “H”方案的可行性分析

#### 3.1 “H方案”的可调水量较大

目前以河口镇为例的黄河调水区年平均径流量  $314.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ <sup>[2]</sup>,因此,在下游有长江水补给的条件下,调取其流量的 1/5 即可超过中线工程中加高丹江口水库大坝而对汉江补水时向黄河以北地区每年约  $50 \times 10^8 \text{ m}^3$  的实际供水量,基本解决华北目前的缺水问题;若调取河口镇径流量的 1/3 可超过中线方案中加高丹江口水库大坝和对汉江中下游局部补偿方案条件下向华北地区约  $100 \times 10^8 \text{ m}^3$  的实际供水量<sup>[1]</sup>,能很好地解决华北缺水问题;远期如西线工程建设,将大大增加本方案的可调水量和北方水资源的合理配置与利用的力度,届时调取目前河口镇年径流量的 1/2 左右是可能的,并能保证京、津、晋、冀等华北缺水地区的长远用水。通过海河水系支流分流,调水的通过区均为农、矿及城市缺水区<sup>[3]</sup>,其水资源利用效果可望优于南水北调的中线方案。

#### 3.2 “H方案”的调水用水的水质好

黄河水之“黄”主要源于黄河流经的黄土高原的泥沙,特别是窟野河、无定河等众多支流带来得泥沙。按“H方案”调水,在调水取水处附近的河口镇的河流含沙量较少(年平均约每立方米 6.67kg,调水的 3~6 月份河流含沙量会更少),相当于窟野河口的 1/26 和龙门的 1/5<sup>[2]</sup>,经调水过程的沉淀能保证向华北供水的水质。

#### 3.3 “H方案”的调水时间配合有利

黄河与其它许多河流不同的是其每年的 3~4 月份由于融冰而形成明显的历时较长的春

汛<sup>[2]</sup>,非常有利于提前调水和蓄水,为 5~6 月份华北的干早期供水早作准备。而在每年的 5~6 月正是长江流域的首次汛期或汛期前夕,调水补水又能促进长江的防洪工作,因而“H 方案”有利于水资源在时间上的合理配置。

#### 3.4 “H方案”的工程施工难度不大,技术问题能克服

“H 方案”施工相对集中,也没有太多的征地、拆迁和移民等问题,因而战线不会拉得太长,便于工程开展。调水补水过程涉及的提水、穿山隧道、船闸等均为较成熟的技术。沿途有众多河流与水库的拦水与蓄水,输水可在 3~7 月的较长的时间内进行,不象中线工程那样以水渠直接供水,因而调水补水的流量大致在  $150 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  ~  $200 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 、穿山隧道可考虑为两条与普通交通隧道相当的直径约 5m 的隧道即可。关键的提水数百米的总扬程,国外已有成功的经验,如美国加利福尼亚调水工程由干线长达 714.8km 的渠、洞、管组成,年调水量  $52.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,总扬程 1151m。俄罗斯、印度也有类似的工程<sup>[4]</sup>。

#### 3.5 “H方案”的调水运营可靠,水资源的储存和调控容易

调水不但路程短,而且利用众多水库储水,因而能及时适量地为缺水区供水,调水过程为人为控制的抽水输水过程,故能做到缺多少调多少、何时缺何时调以及调水补水过程同步进行。而中线工程首尾相隔千余公里,源头之水流到北京至少需要 14d<sup>[1]</sup>,难免有远水近火之虞。

#### 3.6 “H方案”的能源供应不成问题

调水补水各涉及总装机  $200 \times 10^4 \text{ kW}$  ~  $300 \times 10^4 \text{ kW}$  的电力供应问题,“H 方案”的调水区靠

近晋北煤炭工业基地,调水本身能促进晋煤的开发和坑口电站的建设,可大大增加其发电能力并就近供电;而补水区则紧靠三峡和葛洲坝水电中心,能源供应更不成问题。

#### 4 “H方案”的效益评价

采取南水北调的“H方案”,除能像中线方案那样为华北提供足够的水源外,还具有以下主要的效益。

##### 4.1 “H方案”的生态环境效益

首先是优化了河流结构,有利于水资源在空间上的合理配置。华北缺水,有我国水资源在时间、空间分布的不均匀性和人为因素等诸多原因,但受太行山、吕梁山脉的阻挡,原来水向东流的黄河在快流到华北平原时却向南流达千余公里,这不能不说这是加剧我国水资源南丰北缺的重要原因。采取本方案,黄河就象自然袭夺一样形成两条水向东流的相对的清水河,北方的水资源得到了更均匀、更合理的配置,加上长江水的直接补给而非立交穿越,黄河下游可永不断流。这样,几个流域可相互联系、相互补充,并有利于我国河流网络长远的优化。

“H方案”的生态环境效益还体现在减少了河流输沙,有利于黄土高原的水土保持。调水后,黄河的上游来水将会明显减少和受控,黄河在黄土高原区的输沙能力也随之减少,目前,黄河下游的年平均输沙量约有 $2/3$ 来自黄河干流流经的黄土高原区<sup>[2]</sup>,这一地区主要是我国人口稀少的严重的水土流失区而非灌溉农业区,在一定程度上是河流径流量越大、输沙量越大、河流冲刷越强、水土流失也越严重<sup>[5]</sup>,因此,黄河干流上游来水的减少和人为调控力度的加大在一定程度上有利于黄土高原的水土保持工作。

##### 4.2 “H方案”的工程与投资效益

采取南水北调的“H方案”,工程量会大大减少,首先是调水的流程明显缩短,减少了大量输水干渠的建设。若南部工程采取方案——即按中线方案的前半部路线直接为黄河补水,输水干渠建设可减少 $1/2$ (约600km),补水过程能自流;如采取沿河道建坝蓄水提水再流入三门峡水库的方案,输水干渠建设可减少1 200km以上。当

然提水设施的建设也会带来一定的工程量,就等于建设了一个大型抽水蓄能水库,能保证三门峡、小浪底等水利设施的正常运行;同时“H方案”主要利用河道水库,减少了中线方案中输水干渠与沿途大小河流数以千计的立交穿越,尤其是穿越黄河的风险和建设量都非常巨大工程;另外,对黄河的正常补水无须加高丹江口水库大坝的工程;再者,“H方案”较中线方案的移民大量减少,从而减少了大批移民开支和许多社会经济问题,再考虑到营运效益好、风险少等效益因素,其投资规模已在目前国力所能承受之内。

##### 4.3 “H方案”的风险效益

任何一个工程都有其效益与风险及代价的关系,当效益一定时,减少风险及代价就等于增加了效益。采取南水北调的“H方案”的风险效益来自于工程建设与运行中可能出现的风险和环境代价的大幅减少。由于“H方案”主要是利用现有的河道水库和山地,没有过多地增加淹没面积,调水流经地区多是人口稀疏区,而调水的受益区则是人口稠密区;调水处以下的黄河干流流经千余公里的黄土高原也多是人烟稀少的沟壑陡崖地区,因而该方案对生态干扰不大。同时,采取这一方案是以北方的水浇灌北方的土地,故不会出现血吸虫北移的问题,一般也不会因沿线渗漏而导致华北地区土地大面积盐碱化,最大限度地降低了生态风险。

此外,采取南水北调的新的“H方案”不但技术上可操作,而且在工程上能避免在细粉砂和粉土岩为基底且河段游荡性很大的黄河底部开凿穿黄隧道或建超大型架空渡槽所带来的风险和巨大的投资;也可避免在我国目前尚无高混凝土坝加高经验的情况下,把丹江口水库大坝加高15.6m所带来的在新老混凝土结合上的风险;还能有效地防止中线方案可能出现的春季自南向北的凌讯、水渠外溢、道槽失事等自然和难以预见与控制的人为事故所造成的损失与风险。

##### 4.4 “H方案”的社会效益

据专家估算,如按以中线方案相当的以 $145 \times 10^8 m^3$ 的规模调水时,每年供水总经济效益达 $304 \times 10^8$ 元(1995年价格)<sup>[1]</sup>。由于水量水质有

保证,“H方案”对华北供水效益有望达到和甚至超过中线方案的相当水平、能满足华北地区煤炭、石油、化工、电力等产业的规划和发展以及城市生活供水和农业灌溉用水,具有很大的经济效益,尤其对严重缺水的山西省的煤碳开发、农业及人民生活更为有利<sup>[7]</sup>。

#### 4.5 “H方案”的资源利用效益

“H方案”能最大限度地减少占用耕地良田和导致土地大面积盐碱化,这对于一个人多地少、土地资源成为其“瓶颈资源”的大国的农业和生态可持续发展显得尤为重要;此外,“H方案”对于水资源这一“瓶颈资源”的减少损耗、增加利用效益和山西煤炭资源的合理开采利用均显示出优势。

#### 4.6 “H方案”的综合效益

“H方案”能较好地体现综合效益,由于华北的干旱缺水期集中在5~6月份,每年所需调水的时间约3~4个月。其余方案所建成的水道及设施在不需调水的8~9个月处于闲置浪费状态,而“H方案”在此期间水道还是自然的河流、提水设施甚至可转为发电设施、穿山隧道可望成为交通要道,因而“H方案”可兼顾交通、发电、减灾等综合效益,并能为今后的西线方案和大西北调水工程积累经验,且可作为其前期工程。另外,“H方案”能构成良好的河流系统,强化了对自然灾害的防御能力。东、中线南水北调方案,调水路线与众多河流是互不相连的立交关系,而新方案能沟通长江、黄河、海河等水系,加上远期可望珠江水系的加入,形成全国性的人为调节的河网系统,大大增强了抵御水旱灾害的能力。

### 5 结语

华北持续干旱,海、滦河流域缺水率达23%<sup>[8]</sup>,北京、天津到德州一带地区的北方河流20世纪80年代中期的断流天数在200d以上<sup>[1]</sup>,以致严重影响社会经济和人民生活。因此,为了华北地区经济的可持续发展以致综合国力的提高,采取包括跨流域南水北调等措施是不言而喻的。然而一个跨世纪的重大工程应当有十分长的

远的眼光,随着人们认识水平和经济技术水平的提高,对南水北调工程的认识也在不断发展,如从考虑投资规模到考虑效益水平;从关心全线自流到关心风险代价;从希望节省能源到希望综合开发各种资源;从解决当前问题到更多地考虑资源、环境、社会、生态的可持续发展效益等等。当然,“H方案”并非要完全取代原有的三大方案,而是一个相互配合及优化过程,如西线工程会对“H方案”的调水更为有利。然而作为一个新的方案,其最合理的具体线路、调水规模和扬水高度等还有待深入的探讨论证,才能更有效地促进我国水资源的可持续利用。

#### 参考文献 (References):

- [1] 严恺,刘国纬.中国南水北调[M].杭州:浙江科学技术出版社,1999.75~156. YAN Kai, LIU Guo-wei. The South-To-North Water Transfer Project in China [M]. Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Press, 1999.75~156.
- [2] 中科院编委会.中国自然地理——地表水[M].北京:科学出版社,1981.45~46,95~100. The Editorial Board in Chinese Academy of Sciences. Natural Geography of China-Surface Water [M]. Beijing: Science Press, 1981.45~46,95~100.
- [3] 刘昌明,沈大军.南水北调工程的生态环境影响[J].大自然探索,1997,16(2):1~6. LIU Chang-ming, SHEN Da-jun. The ecological affections by the project of South-To-North Water Transfer [J]. Exploration of Nature, 1997, 16(2):1~6.
- [4] 徐元明.国外跨流域调水工程建设与管理综述[J].人民长江,1997,28(3):11~13. XU Yuan-ming. Review of construction and administration of water transfer between drainage basins abroad [J]. Yangtze River, 1997, 28(3):11~13.
- [5] 史培军,等.土壤侵蚀过程与模型研究[J].资源科学,1999,21(5):9~18. SHI Pei-jun, et al. Soil erosion: process and model [J]. Resources Science, 1999, 21(5):9~18.
- [6] 任泽信,马志正.论山西的水资源与洪水[J].资源科学,1997,(5):52~57. REN Ze-xin, MA Zhi-zheng. On water resources and flood in Shanxi Province [J]. Resources Science, 1997, (5):52~58.
- [7] 董锁成.21世纪中国可持续发展新论[M].西安:陕西人民出版社,1999.105~127. DONG Suo-cheng. The New Theory of Sustainable Development of China in 21st Century [M]. Xian: Shanxi People's press, 1999. 105~127.