

南水北调对长江口生态环境影响的综合分析

A Comprehensive Analysis on Ecological and Environmental Impacts on the Yangtze River Estuary from South – to – North Water Transfer Project

吴俊棫¹ 王 培²

(长江流域水资源保护局,教授级高工¹;工程师² 武汉 430051)

随着我国广大北方地区水资源短缺的矛盾日趋突出,以及我国综合国力的增强、大规模输水技术的突破,早在 20 世纪 50 年代提出的南水北调的宏伟设想,有望在 21 世纪中叶得到全面实现(包括东、中、西三线)。三峡水利枢纽是开发、治理长江的关键性工程,将于 2009 年建成运行。南水北调工程将对长江水资源进行调配,三峡水利枢纽在一定范围内将对其进行再调配。以三峡水利枢纽运行调度为基点,通过全面分析南水北调东、中、西三线工程对大通水文站及河口水文情势的影响,再对由此产生的生态与环境影响进行综合分析,明确减缓此种影响的规划方向,对于保障及促进长江河口地区的可持续发展、维护生态平衡具有重要意义。

一、南水北调工程

南水北调工程由东、中、西三线组成。

1. 东线方案

东线方案拟在江苏省江水北调工程(位于扬州市江都)基础上逐步扩大抽江规模,疏浚、扩挖输水河、湖,向北延伸,完成输水任务。供水范围大体为:淮河流域的苏北地区、皖东北地区 and 鲁西南地区,山东省的胶东地区,黄河以北的山东省聊城和德州地区、河北省黑龙港运东地区,以及天津市。按受水区需水要求,东线方案拟分步实施:第一步抽江规模 $400\text{m}^3/\text{s}$,年均规划抽江水量 59.9 亿 m^3 ;第二步抽江规模 $700\text{m}^3/\text{s}$,年均规划抽江水量 109.54 亿 m^3 ;第三步抽江规模 $1\,000\text{m}^3/\text{s}$,年均规划抽江水量 180.41 亿 m^3 。

2. 中线方案

中线方案的水源地为已建的丹江口水库(坝址位于湖北省丹江口市),通过开挖明渠,或埋设涵管、或管渠结合实现供水任务。主要供水对象是输水通道沿线的城市生活和工业用水,兼顾农业和其他用水,供水范围分属北京、天津、河北、河南和湖北五省市的有关地区。按受水区需水要求,近期供

水规模为年均 80 ~ 90 亿 m^3 ,后期为 135 ~ 145 亿 m^3 。

3. 西线方案

西线方案通过金沙江、雅砻江、大渡河上游兴建水源工程,再选择自流线路或抽水线路,将长江水引入黄河干流或有关支流,再实现水资源的优化配置。供水对象以城市生活和工业用水为主,兼顾农林牧业用水。供水范围主要是青海、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山东六省区的缺水地区,并在黄河下游断流趋于频繁和严重时,由国家统筹安排,相机向下游供水,以解燃眉之急。调水量按所在河流的可供水量确定,即金沙江年均 50 ~ 100 亿 m^3 、雅砻江 40 ~ 45 亿 m^3 、大渡河 50 亿 m^3 ,最大规划年均可调水量 195 亿 m^3 。

南水北调东、中、西三线方案,各有独立的供水范围,可相互补充,但不能替代。按最终规模的建成期,预期为 21 世纪中叶。

二、三峡水利枢纽

长江三峡水利枢纽位于湖北省宜昌市,控制流域面积约 100 万 km^2 。

枢纽的主要任务是:防洪,可将荆江河段的防洪标准由目前的 10 年一遇提高到 100 年一遇;发电,总装机容量 1 820 万 kW,年发电量 847 亿 kWh;航运,可改善长江,特别是川江渝宜段的航道。

三峡水库的调度运用方式为:每年的 5 月末至 6 月初,为腾出防洪库容,坝前水位降至汛期防洪限制水位 145m;汛期 6 ~ 9 月,水库一般维持低水位运行;汛末 10 月,水库蓄水;11 月 ~ 12 月按电网调峰要求运行,水库维持较高水位;1 月至 4 月,为满足电网调峰需要,动用调节库容。

三峡水利枢纽按计划将于 2009 年完建。

三、长江口

历史上从江苏省江阴市鹅鼻嘴至上海市入海口为河口江段,全长 254km。自上世纪 60 年代常熟市徐六泾北岸江心洲围垦成陆后,徐六泾江面由 13km 缩窄为 5km,成为人工节点,此后将徐六泾改作长江口起点,全长 145km。长江口自徐六泾以下,江面自上而下逐渐展宽,至崇明岛干流分为南北两支,南支又被长兴岛、横沙岛分为南北两港,南港又被九段沙分为南北两槽。故长江河口是三级分岔,由北支、北港、北槽和南槽四口入海,口门宽约 90km。长江河口按平均宽 20km 计算,面积约 2 900km²,大于我国第一大淡水湖泊鄱阳湖。

长江口是一个中等强度的潮汐河口,口内为非正规半日潮,南支口门附近最大潮差达 4.62m,平均差为 2.66m。潮流由河口起向上游传播,潮波速度高潮期为 6.3~16.0m/s,低潮期为 3.5~14.3m/s。潮流界汛期可抵达江阴附近,枯水期可抵达镇江与南京之间;潮区界汛期可达大通附近,枯水期则可抵达安庆附近。

长江口南岸为我国最大的港口城市上海市所在地。

四、生态与环境影响

1. 径流影响

(1) 径流状况 长江口的淡水径流由大通水文站(长江干流最末一个水文站)的实测资料,及大通至河口的估算资料两部分组成。据大通水文站多年实测资料,该处最大流量为 9 2600m³/s,最小流量为 4 620m³/s,多年平均流量为 29 300m³/s,多年平均径流总量为 9 150 亿 m³。径流量年内分配不均,5~10 月为洪季,径流量占全年的 71.7%;11~4 月为枯季,占全年的 28.3%。大通至河口区间淡水资源的年均估算贡献量约 800 亿 m³(淡水径流与潮流混为一体,难以分测)。合计 10 000 亿 m³。

(2) 三峡水利枢纽径流影响 根据来水情况,及三峡水利枢纽防洪与发电的综合需要,其典型年月的下泄水量,可分成 3 种情况:6~9 月、11 月、12 月,建库前后保持不变;10 月由 41 500m³/s 减为 33 083m³/s,约减少 20.3%;1~5 月由 9 000~39 400m³/s 增加至 10 701~40 983m³/s,约增加 4.0%~19.9%。故三峡水利枢纽对河口径流量的影响也可以分为 3 种情况:6~9 月、11 月、12 月保持天然状况;10 月削减淡水径流量约 8 500m³/s;1~5 月平均增加淡水径流量约 1 250m³/s。

(3) 南水北调工程径流影响 南水北调工程东、中、西三线,因水源工程与河口相对距离、工程类型及地理条件的不同,其对河口径流的影响各具特点。东线工程距河口最近,水源工程为大型泵站,因此可以直接利用其抽江能力,估算其对河口径流

的影响,即实施第三步抽江方案时,河口将长年减少径流 1 000m³/s,占年均河口径流总量的 1.8%。中线工程的水源地为丹江口水库,有较强的调节能力,故以丹江口水库下泄量的变化状况估算其对河口径流的影响。中线工程后期方案年均调水量 145 亿 m³,约减少河口年均径流总量的 1.45%,但月间分配不均。1 月略有增加,约增加 8m³/s。其他各月均有不同程度的减少,7 月最大,约减少 845m³/s;3、4 月份次之,约减少 695m³/s;12 月最少,约减少 27.5m³/s。西线工程的水源地因地处高寒地区,冰期难以调水,故年均 195 亿 m³ 的调水量,主要集中在汛期。本线又是南水北调三线方案中,唯一位于三峡水利枢纽上游的工程,调水对河口径流的改变,将受控于区间河道及三峡等水库的调配,具有明显的滞后效应。

(4) 综合影响 根据上述分析,南水北调工程(包括东、中、西三线)与三峡水利枢纽联合运行时,河口径流的变化,不同时期呈现下列特点。6~9 月、11 月、12 月,因三峡水利枢纽的下泄水量与来水量一致,河口径流量的减少,仅受制于南水北调工程,约减少 1 200~1 900m³/s。其中 6~9 月为长江汛期,减幅相对较小;11 月和 12 月逐渐进入枯水期,减幅相对较大。10 月,三峡水利枢纽蓄水,典型年下泄量约减少 8 417m³/s,南水北调工程减少河口径流量约 1 900m³/s,合计 10 317m³/s,占同期河口径流量的 24.8%。1~5 月,三峡水利枢纽因需腾出防洪库容而放水,下泄水量较天然水量平均增加 1 250m³/s,与同期南水北调工程的调出水量基本一致,在两者综合影响下,河口径流量基本不变。

2. 盐水入侵影响

(1) 基本情况 在无工程状况下,长江口和黄浦江就存在较为严重的盐水入侵问题,一般发生在枯水季节的 11~4 月。北支近百年来分流量逐年减少,盐水入侵加重,盐度居 4 条入海岔道之首,基本上无灌溉之利。南支是长江排泄径流的主要通道,盐水入侵没有北支严重,但对工农业和生活用水也有一定影响。盐水沿长江口可上溯到吴淞口至浏河口一带。据宝山钢铁厂资料,氯化物浓度最高可达 2 256mg/l。盐水沿黄浦江可达闵行以上河段,受害最严重的是紧靠黄浦江下游的吴淞和闸北水厂,平均受盐水入侵影响的天数分别为 97d 和 64d。

(2) 影响分析 据实测资料计算表明:10 月,当大通流量在 29 000~1 700m³/s 范围内(相当于大通 4 年一遇及百年一遇的流量值),三峡水利枢纽下泄流量减少 9 000m³/s 时,0.5‰等盐线上溯至吴淞以上 11~36km,即因三峡水利枢纽的调度运行;盐水入侵的起始时间,从 11 月提前至 10 月;1~5 月当大通流量小于 15 000m³/s 时,三峡水利枢纽下泄流量增加 1 500m³/s,0.5‰等盐线约下移 3km;1~5 月

当大通流量大于 $15\,000\text{m}^3/\text{s}$, 0.5‰ 等盐线的移动幅度不大, 亦因三峡水利枢纽的调度运行; $1\sim 5$ 月下泄流量的增加, 有遏止盐水上溯的作用, 但并不明显; $6\sim 9$ 月、 11 月、 12 月三峡水利枢纽下泄流量不变, 不改变盐水的流态。

南水北调工程全面实施后, 与三峡水利枢纽联合运行时, $6\sim 9$ 月仅由南水北调工程引起的径流量减少, 占同期径流量的比例很小, 对盐水上溯的影响不显著; $1\sim 5$ 月, 由南水北调工程引起的径流量减少, 与三峡水利枢纽引起的径流量增加幅度基本一致, 不改变盐水的入侵状态; $10\sim 12$ 月, 由两者叠加引起的径流量减小幅度偏大, 盐水上溯距离及受咸天数增加。

3. 土壤盐碱化影响

(1) 基本情况 河口地区土壤盐碱化是其成陆过程中, 可溶性盐类逐渐积累的固有现象, 目前本区盐渍土主要分布在河口沿海及沿江地段, 分属上海市和江苏省南通市, 其占耕地面积的比例, 上海市相对较小, 但南通市偏大。在降雨、淡水灌溉及排水工程的作用下, 本区土壤的总趋势是向脱盐方向发展, 原有盐渍土大部已成良田, 但局部地区由于仍受盐水入侵影响, 排水条件差, 土壤和地下水脱盐和淡化受到限制, 涝渍和盐害仍然是影响本区农业生产的重要因素。

(2) 影响分析 三峡水利枢纽和南水北调工程组合运行对本区土壤盐渍化过程的影响, 主要表现为水位及流量变化对河口水盐平衡的调整。两工程组合运行后, 河口水位总体呈下降趋势, 对两岸农田的排水排盐有利, 其脱盐的总趋势不仅不会改变, 且可增强。但径流量的减少, 可使咸潮上溯势力增强, 遇大潮时部分已经脱盐的土壤还会发生不同程度的次生盐渍化, 其波及范围包括海界河以南及崇明北部堤外晚期成陆的土壤。

4. 泥沙与侵蚀堆积的影响

(1) 基本情况 据长系列资料统计, 长江中下游年平均输沙量宜昌为 5.30 亿 t 、螺山为 4.09 亿 t 、大通为 4.86 亿 t 。这表明长江中下游各区间虽有泥沙淤积或补充, 但数量有限, 就多年平均状况而言, 泥沙冲淤基本是平衡的, 反映大通以下 (包括河口) 的泥沙主要来自宜昌以上地区。长江带来的大量细颗粒泥沙和含有丰富电解质的海水在河口相遇, 发生絮凝, 加速了泥沙在河口的堆积, 成为塑造长江河口和三角洲的物质基础, 以致长江河口不断向海伸展, 陆地面积不断扩大。

(2) 影响分析 三峡工程和南水北调工程联合运行后, 对河口来沙的影响, 主要表现为泥沙在水库内的淤积, 及泥沙随外调水量发生的运移, 以致河口来沙减少。经计算, 三峡水利枢纽运行前 50 年, 河口悬移质输沙量年均约减少 23.0% ; 东线按相同

的水沙比估算, 平均约减少河口悬移质输沙量 2% ; 中线工程因丹江口水利枢纽续建后, 泥沙在库内的淤积及坝下的冲淤规律与现状基本一致, 对河口沙量的改变不显著; 西线工程位于三峡工程以上, 又建成于三峡工程之后, 对三峡工程的排沙规律不会有显著改变。对河口岸滩侵蚀堆积的影响表现为: 南汇东滩是长江口南边滩的重要组成部分, 也是长江流域来沙的主要堆积场所, 其冲淤变化与流域来水来沙、岔道分水分沙以及河口主槽摆动等多种因素有关; 三峡工程和南水北调工程组合运行削减长江口来沙, 将会引起本滩的冲刷及后退; 杭州湾北部分布着大片边滩, 长江来沙对其有深刻影响, 故河口来沙减少会对其泥沙的供应产生影响, 从而使该淤积岸段的淤积速率减缓, 及冲刷岸段的冲刷强度增强。崇明东滩目前高滩面积约 80km^2 以上, 吴淞零点以上面积约 200km^2 以上; 20 世纪 50 年代以前岸线每年平均向海淤涨 72m 左右, 50 年代以后的淤涨速率大为加快; 而这些滩地的淤涨也是以长江供应的细颗粒泥沙为基础的。三峡工程和南水北调工程导致河口泥沙供应减少, 必将减缓其淤涨速率。

5. 渔业资源影响

(1) 基本情况 强大的长江径流及其不断向河口输送的营养物质, 为各种水生生物及鱼类提供了优越的生存环境, 成为众多鱼虾的产卵场、育幼场和饵料场。长江口盛产凤鲚、刀鲚、前颌间银鱼、白虾和中华绒螯蟹等大众水产资源。凤鲚常年生活在河口淡水中, 主要生殖期为 $5\sim 6$ 月; 刀鲚属溯河洄游鱼类, 早春由河口溯江而上至长江中下游支流和湖泊产卵; 前颌间银鱼 $2\sim 4$ 月, 由此上溯作生殖性洄游; 白虾的渔汛期较长, 始于 3 月, 并可延续至 10 月; 中华绒螯蟹主要生活在淡水中, 每年 $9\sim 11$ 月产蟹, 洄游至长江口横沙、九段沙一带浅滩生存, 秋季至翌年 3 月形成渔汛。长江口还盛产鲥、日本鳗鲡和松江鲈鱼等珍贵鱼种, 苗种资源也十分丰富。

(2) 影响分析 三峡工程和南水北调工程的组合运行, 不仅改变了长江口径流总量及年内分配, 也改变了水体盐度的时空分布, 导致河口生态系统结构与功能的调整, 从而影响渔业资源的存在状态。其总体规律为: 各鱼种的分布发生移位, 以致对凤鲚、前颌间银鱼等鱼种的繁育有利, 而对中华绒螯蟹等的繁育可能不利, 但无鱼种灭绝之虞。

五、减缓影响的建议

总的来看, 南水北调对长江口生态环境的总体影响不大, 但年内减幅不同, $10\sim 12$ 月由三峡工程和南水北调工程引起的径流量减幅较大, 对长江口地区水质、土壤盐碱化、岸滩侵蚀堆积及渔业资源等生态环境问题均有一定影响, 应予重视。

数学在高等教育中的作用

The Role of Mathematics in Higher Education

丁石孙

(全国人大副委员长,前北京大学校长 北京 100805)

关于数学在高等教育中的作用,是一个理论性很强的题目。北大没有工科,但有很多非数学专业,笔者在很多专业教过数学,在这里主要根据自己在北大 40 多年教数学的经验,谈点个人的体会。

一、数学不仅仅是知识和工具, 数学对人才的培养成长也有重要作用

数学的作用不局限于它是一门知识,更不仅仅是工具,在整个教育过程中,数学对人才的培养具有很重要的作用。从院系调整以来,我们在高等学校工作的人都知道,数学课程在许多专业的教学计划里增加了,而且本来不需要数学的专业,教学计划里也加了数学。这个现象很值得我们深思。数学的内容在增加、范围在扩大,这说明,越来越多的人认识到数学的用途。

既然数学是有用的,我们就要培养具有创新精神的、能够发现数学如何用于一些学科上的人才。这是高等学校数学教育的一个重要任务。虽然我们培养很多人都达到这个目标、这个标准,但我们应该将其作为一个标准。几十年来,我们常常发现,哪个学科一旦与数学的某个问题挂上了钩,往往就能够得到飞跃的发展。这方面的例子很多。比如,1998 年诺贝尔化学奖获得者大学时念的就是数学。笔者了解了一下,这个人解决的问题是量子化学中的计算问题,这个问题对于研究化学的人很重要。80 年代有个人叫 Hauptment 得了诺贝尔化学奖,他解决的是如何用 X 光确定晶体结构的问题。获诺

贝尔奖以后,他跟人讲,我的化学水平就是大学念了半年普通化学,其它我不懂。实际上,他解决这个问题主要靠的是数学。这就很值得我们深思。数学往往能够对不同的学科起作用,但是,对什么学科起作用、以什么样的方式起作用,并不是我们事先能够预料的。所以我们在安排教学计划时,只把它理解为一种工具是不够的,要从人才、智力的全面成长方面着眼。

二、数学与众多学科的发展、 与种种实践难题的解决有着相辅相成, 互为促进的关系

从科学发展来看,数学和许多学科都发生过密切的关系,数学的发展和许多学科的发展都存在着相辅相成的作用,或者数学的发展促进了其他学科的发展;或者其他学科向数学提出了许多具体问题,结果也推动了数学的发展。关于数学的地位,有的人提出这样一种说法:数学是科学的王后。这个说法很多数学家都不赞成。数学并不是孤立于其他学科高高在上的,而是和其他学科相辅相成、共同促进、共同发展的。把数学与其他学科的关系说成是一种伙伴关系,也许更恰当一些。如果这样来理解数学的地位,我们在安排教学计划时,如何设置数学课程就能把握得准一些。记得北大在讨论教学计划时,对数学应占多少学时的问题、如何设置的问题,经常要发生争论。很多专业觉得,数学挤占他们的学时太多了,或者是觉得他们的专业本身在发

减缓三峡工程和南水北调工程组合运行对长江口生态环境的组合影响,最根本也是最为有效的措施是控制 10~12 月径流的减少幅度。从工程的运行特性分析,将三峡工程的蓄水期提前,进而控制三峡工程 10 月下泄水量的减幅,以及充分利用南水北调工程输水沿线调蓄水体的作用,11~12 月不调水或少调水,都是行之有效的措施。

此外,从长江口地区资源综合利用的需要考

虑,应在长江边或江中建造避咸蓄淡水库,减缓盐水入侵影响;加大受影响农田及拟开发农田的基础设施建设力度,完善排灌系统,保证土壤的脱盐过程;适当提高护岸保滩的设计标准,加快促游围垦的步伐,防止岸滩侵蚀;建立渔业环境和资源的长期监测系统,也是减缓三峡工程和南水北调工程组合运行对长江口地区生态环境影响的有效途径。

(责任编辑 王宏章)