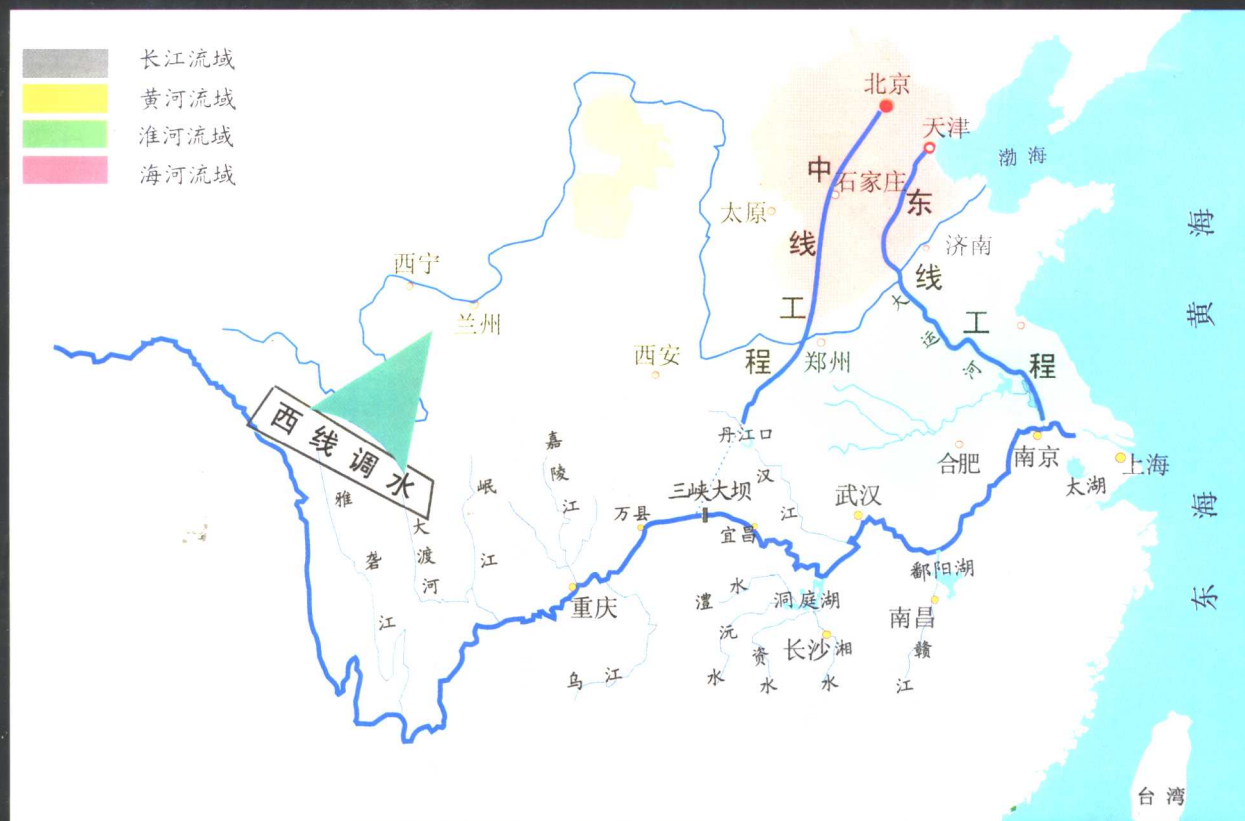




南水北调(东线)

对长江口生态环境影响及其对策

Impacts and Countermeasures
of the South-to-North Water (East Route) Diversion Projects
on the Ecosystem and Environment
of the Yangtze Estuary



主 编◎陈吉余

副主编◎陈西庆 陈美发

南水北调(东线) 对长江口生态环境 影响及其对策

主 编 陈吉余

副主编 陈西庆

华 东 师 范 大 学 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

南水北调 (东线) 对长江口生态环境影响及其对策/
陈吉余主编. —上海: 华东师范大学出版社, 2003.4
ISBN 7-5617-3293-7

I. 南… II. 陈… III. 南水北调—影响—长江流
域—生态环境—研究 IV. ①TV68②X321.25

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 026281 号

本书由上海科技专著出版资金资助

南水北调 (东线) 对长江口生态环境影响及其对策

主 编 陈吉余
统筹组稿 张继红
责任编辑 张继红 陆心贤
责任校对 李雯燕
封面设计 卢晓红
版式设计 蒋 克

出版发行 华东师范大学出版社
市场部 电话 021-62865537
传真 021-62860410
门市 (邮购) 电话: 021-62869887
门市地址 华东师大校内先锋路口

<http://www.ecnupress.com.cn>

社 址 上海市中山北路 3663 号
邮编 200062

印 刷 者 上海新文印刷厂
开 本 787×1092 16 开
印 张 15
字 数 336 千字
版 次 2003 年 9 月第一版
印 次 2003 年 9 月第一次
印 数 1100
书 号 ISBN 7-5617-3293-7/X·005
定 价 33.00 元

出 版 人 朱杰人

(如发现本版图书有印订质量问题, 请寄回本社市场部调换或电话 021-62865537 联系)

前 言

这本书汇集了参加东方科技论坛第 18 次学术研讨会的专家们的论述。东方论坛是由上海市人民政府、中国科学院和中国工程院联合举办的专题学术研讨会。该会议主要就当前一些众所关心的重大科学和技术问题,组织相关专家进行研讨,各抒己见,对推动科学发展或重大工程建设提出咨询意见,以推动社会经济的发展。

东方科技论坛第 18 次会议于 2001 年 12 月 3 至 4 日在上海召开,此时正值南水北调重大工程建设项目已经通过论证,即将实施之际,论坛即以“南水北调(东线)对长江河口生态环境影响及其对策”为主题,着重讨论以下问题:长江河口水资源和生态环境的现状;东线调水对长江河口生态环境可能产生怎样的不利影响;在支持国家南水北调工程顺利实施的同时,如何保障以上海为龙头的长江三角洲的社会经济可持续发展等。

与会专家发言踊跃,讨论热烈,提交论文 25 篇,涉及面广,论证问题相对集中,提出了具有实际意义并有一定可行性的对策。从这些论文中可以看出,经过近 20 年的演变与发展,当前长江河口水资源和生态环境已很严峻,特别是北支对上游来水来沙河势调整,分入北支的径流量显著减少,涌潮增强,盐水入侵进入南支情况日益严重;为了保证南支水资源开发利用,北支治理已是很为迫切的问题了。流域人类活动已经影响到河口及其邻近海域,营养盐、初级生产力、生态系统结构和生物多样性等都发生显著变化。这些问题都必须予以重视。

专家们感到长江河口生态环境多种要素的基础资料还不够完整,有必要进一步加强基础性监测设施建设和系统调查。特别是长江河口水文泥沙的基本数据以距离河口 640km 的大通站为依据,而大通至徐六泾(南北支分汊上端)其间 500km 的取水工程已达 64 个,地区性引水能力高达 $4\,600\text{m}^3/\text{s}$ 。为了有效地掌握河口区来水来沙、水质变化的基本情况,在徐六泾建站监测至关重要。对于工程规划布局、整治建筑物导流功能、北支修建挡咸闸用以保障南水北调(东线)调水工程有效实施,以及保护长江河口水环境和湿地生态的对策,专家们提出的论文中都有所讨论。专家们还提出:“特定区域的需要不能危害和削弱其他区域满足其自身需求的能力”是一个重要原则。

南水北调是一完整的巨系统,需要加强水资源的规划和管理。对长江口盐水入侵需要工程措施,更需要加强对工程措施的研究。专家们提出:要研究跨流域调水的总盘子;研究长江口生态用水量;扩大长江口地区本地水资源的调蓄能力,加大黄浦江上游—太湖水源地的环境治理力度,形成多水源供水格局;向节水型社会发展;南水北调东线工程对长江口生态环境的影响应置于长江水资源总体调控这个大背景中去考虑和评价,今后调水应考虑沿途农业生产用水的季节性变化,缓解用水矛盾,同时也需进一步优化受水区内部的产业结构;实施南水北调与沿海治污、流域治污相结合,通盘考虑,才能取得调水区和受水区双赢的效果。这些意见对南水北调工程的规划和实施具有重要的参考价值。

各所周知,河口是一个生态环境脆弱地带,它是在陆海相互作用下发生发展的,流域和海洋环境因子的变化都会给河口生态环境带来深刻的影响。20多年来我国的改革开放,一系列重大工程在实现之中,三峡工程以及众多的大中小型水库对径流的调节作用,大面积的绿化荒山,近来实施的退耕还林、退田还湖都是大型或超大型的生态工程,它们已经在河口过程中有所反应,或即将反应。南水北调即将上马而尚未上马,在这个时候讨论其对长江河口可能发生的影响意义重大。论坛所反映的当前生态环境的现状可以作为工程进行之前的本底基本情况,论坛提出的一些共识问题,有的已被有关部门采纳,有的已为有关部门在规划和实施时参考,有的则使工程设计和实施时,可以更加全面,更加细致……正所谓“愚者千虑,必有一得”;更有一些问题有待及时立项,组织研究,俾补有所不足之处。这些论述对于这样一个复杂巨系统的工程而言,是大有裨益的。为此,特编辑成册,一方面希望能推动长江河口研究的进展,另一方面作为备考得以保留下来。

本书出版承上海科技专著出版资金惠予支持,并承陈西庆教授、王平副教授审阅全部文稿,李俊红助理研究员负责大量联系工作,王佩琴同志清绘部分插图及做文字校对工作,特此谨致谢忱。

陈西庆

2002年11月18日

南水北调与上海经济

近年来,上海作为我国迈向国际化大都市的代表,对整个长江三角洲乃至全国经济都起到“龙头”作用。同样,南水北调作为我国政府确立的四大世纪工程之一,也正深刻影响着我国社会生活的方方面面。然而,在从国家全局出发,支持南水北调工程实施的同时,如何保证南水北调(东线)带来的负面影响,不过多地影响以上海为龙头的长江三角洲社会经济的持续发展,是一个难以回避的矛盾。

话题背景

近日,由中国工程院院士陈吉余等牵头的上海东方科技论坛第 18 次学术研讨会就是围绕上述问题展开的,与会者涵盖了多位相关领域的知名学者。

作为著名的水资源专家,陈吉余教授这样概括我们的家底:淮河之水可用不可靠,黄河水资源自身难保,海河已到了枯干的程度;长江水资源丰富,为缓解北方水资源短缺,义不容辞。但长江流域的不利因素也很多,包括季风气候和洪枯差别,还有调水区的枯旱困扰,河口区的盐水入侵等。

本来,即使今天南水北调尚未动工,许多环境问题也已经凸现。近 20 年来,长江入海水文、泥沙已出现了值得重视的显著变化,长江河口的河势也正处于不断调整和局部强烈动荡之中,河口生态环境也有显著变化,长江流域的排污总量在迅速增长。这些因素导致长江口盐水入侵不断加剧,长江河口及邻近水域的生态环境整体上不断恶化。

水是一个地区经济发展的命脉。因此,长江口水源地的水质和水量,都严重影响着上海经济、社会的发展。专家认为,太湖作为季节吞吐性湖泊,总蓄水量有限,加之其自然波动也较大,太湖周围又都是我国经济发达地区,耗水量巨大,因此,国家需要建设“引江济太”系统。在干旱季节,黄浦江流量很小,而上海市本地的水资源十分贫乏,大大低于北京、山东、江苏,仅高于天津,加上近年来长江三角洲地区水质下降,这些不利因素很难满足上海作为一个国际化大都市的要求。

学术共识

与会者在学术层面进行了充分讨论,并达成了一些共识:

长江口水资源和生态环境的形势十分严峻。导致长江口盐水入侵加剧的原因有两个:一是流域来水;二是长江口动力地貌的变化。另外,全球海平面上升也有一定的影响。特别是 2001 年 3 至 4 月份,在长江大通站流量为 $15\,000 \sim 20\,000\text{m}^3/\text{s}$ 背景下河口依然发生较强的盐水

入侵;9月份本来属于洪水季节,但2001年9月大潮期间长江口盐水入侵严重,位于长江边的陈行水库水质超标5~6天,这种情况在过去从未发生过。

流域人类活动对长江口的影响,还涉及到长江口及其邻近水域生态系统生态指标的恶化,如营养盐、初级生产力、浮游生物、生态系统的结构和生物多样性等。

专家指出了长江口盐水入侵增强的三个因素:长江淡水径流进入北支的分流比不断减小;枯水季进入河口区的淡水流量显著下降;北支动力地貌的变化导致北支潮差、潮流等动力过程产生巨大变化。

专家们这样分析南水北调(东线)工程与上海地区发展的关系:东线与西线、中线相比,距离长江入海口最近,并且水源来自长江干流,没有大型蓄水体的季节性调蓄,调水量的多少将直接减少长江入海流量。对于南水北调(东线)工程的建设,特别是工程建成后南水北调的实际运作,需要特别给予关注。

专家呼吁,作为我国南水北调工程的一个重要部分,东线跨流域调水工程对河口生态环境的影响,还需要放置在长江流域—河口三角洲这个大的水文和生态系统中去考虑,应该把三峡工程、西线工程、中线工程、东线工程及流域内部的取水工程整合起来,研究它们对入海流量、泥沙等水文环境要素的综合影响。

由于长江流域中自然气候和人类活动的影响,特别是跨流域调水工程、本流域抽引水工程的影响,未来长江入海流量的总量和季节分配将出现显著的变化。对于诸多不良影响,必须给予高度的重视和专门的研究。长江流域水资源保护局方子云教授更是明确指出:“特定区域的需要不能危害和削弱其他区域满足其自身需求的能力!”

五 项 建 议

如何在拥护国家大政方针的背景下,提出解决矛盾的建设性意见,是此次论坛关注的焦点。

归纳起来,与会者提出以下五项建议供有关部门参考:

① 对于长江口来说,一个突出的问题是长江进入河口段的水文及其水环境要素缺乏观测资料,因此建议把徐六泾监测站的建设列入南水北调的综合规划之中。

② 由于近年来长江口北支动力地貌的变化,北支盐水倒灌南支是导致长江口盐水入侵日趋强烈的主要因素之一,因此建议利用工程措施治理北支,减缓盐水入侵对长江口水源地的不利影响。目前已有多种工程方案的设想,何种方案最佳仍待进行论证。

③ 根据实际情况的变化,应重新制定大通“避让”流量,河口取水采取优化调度措施。

④ 长江口许多基本过程、科学机理仍有待深入研究。建议开展多学科的攻关和协作,建立共享数据平台。

⑤ 未来应对长江口盐水入侵不但需要工程措施,更需要加强非工程措施的研究;要研究跨流域调水量的总盘子,即南水北调的总量应控制在什么水平下,才不会对长江口及其邻近海域的生态环境产生显著的负面影响。建议从总体上加强水资源的规划和管理。

《科学时报》记者 赵彦

摘自《科学时报》2002年1月9日第1版

目 录

1. 南水北调(东线)对长江河口生态环境影响和对策的研究 …	陈吉余 陈西庆 陈沈良	(1)
2. 南水北调工程规划布局商榷	周君亮	(13)
3. 南水北调工程对长江口及其毗邻海域生态环境影响与对策	丁德文 吕吉斌	(25)
4. 长江口地区水环境、湿地和生态环境现状及保护对策	翁立达 穆宏强	(38)
5. 控制长江口北支咸潮倒灌支持南水北调	陈美发	(45)
6. 南水北调等工程对长江口生态环境的影响	许新宜	(48)
7. 南水北调东线工程及其对长江口影响的初步分析	段红东	(54)
8. 南水北调(东线)对长江口盐水入侵的影响及对策		
——可持续发展与南水北调	方子云	(59)
9. 长江口演变趋势与南水北调影响	薛鸿超	(65)
10. 跨流域引水对河口咸水入侵的研究方法		
——以钱塘江河口为例	韩曾萃	(72)
11. 南水北调对长江口咸水入侵影响预测及对策	沈焕庭 茅志昌 陈吉余	(79)
12. 南水北调对长江口盐水入侵影响分析	韩乃斌 顾玉亮 徐建益	(87)
13. 南水北调工程与上海污水处置方案调整的建议		
.....	汪绪霞 陈邦林 陆维昌 陈吉余	(100)
14. 北支盐水入侵对长江口水源地影响的研究	吴守培 顾玉亮	(108)
15. 南水北调东线和中线工程中须着重考虑的若干问题分析		
.....	王贵玲 刘志明 蔺文静 刘花台	(132)
16. 长江口生态环境现状及南水北调对长江口生态环境及渔业的影响		
.....	陈亚瞿 陈渊泉 蒋 玫	(140)
17. 南水北调(东线)对长江口生态系统的影响	陆健健 何文珊	(152)
18. 长江枯季入海流量变化趋势的初步研究	陈西庆 张二凤 李道季 陈吉余	(161)
19. 南水北调(东线)与长江口水资源保育		
.....	韦鹤平 徐连军 冯 沧 陆 斌 邓子峰 黄晓琛 李 敏	(169)

20. 南水北调东线工程对长江河口地区水资源影响的探讨 ... 李键庸 刘开平 季学武(179)
21. 长江流域调水对长江口及邻近海域生态系统的影响浅析
..... 李道季 张 经 吴 莹 曹 勇 梁 俊(186)
22. 南水北调(东线)对长江口及其邻近海域赤潮形势的影响和对策研究
..... 叶属峰 张惠荣(196)
23. 长江(大通—徐六泾)抽引水工程初步调查及其对枯季入海流量的影响研究
..... 张二凤 陈西庆(205)
24. 整治建筑物导流功能及河口研究的新课题 金 镠(215)
25. 北支建挡咸潮闸是保障南水北调(东线)工程的有效措施 徐建益 黄觉新(221)

CONTENTS

1. Impacts and Countermeasures of the South-to-North Water Diversion Projects on the Ecosystem and Environment of the Yangtze Estuary
..... *CHEN Ji-yu CHEN Xi-qing CHEN Shen-liang*(12)
2. A Discussion on Planning and Layout of the South-to-North Water Transfer Project
..... *ZHOU Jun-liang*(24)
3. Impacts of the South-to-North Water Diversion Projects on the Ecosystem and Environment of the Yangtze Estuary including its Coastal Sea and the Counter-measures
..... *DING De-wen LU Ji-bin*(37)
4. The Present Status and Conservation Methods of Water Environment, Wetland and Ecosystem in the Yangtze Estuary *WEN Li-da MU Hong-qiang*(44)
5. Controlling Saltwater Intrusion from North Branch to South Branch, Supporting the South-to-North Water Diversion Projects *CHEN Mei-fa*(47)
6. Influence of the South-to-North Water Diversion Projects on the Yangtze Estuary Environment
..... *XU Xin-yi*(53)
7. A Preliminary Analysis of the South-to-North Water Diversion Projects and Its Influence on the Yangtze Estuary *DUAN Hong-dong*(58)
8. Impact South-to-North Water Diversion (East Route) on the Salt Water Intrusion in the Yangtze Estuary and Its Counter-Measures *FANG Zi-yun*(64)
9. Evolutional Trend of the Yangtze River Estuary and Influence of South-to-North Water Diversion Projects *XUE Hong-chao*(71)
10. Some Experience Regarding the Prediction of Saltwater Intrusion in the Qiantang Estuary *HAN Zeng-cui*(78)
11. The Impact of South-to-North Water Transfer on Saltwater Intrusion in the Changjiang Estuary and Study on its Countermeasure *SHEN Huan-ting MAO Zhi-chang CHEN Ji-yu*(86)
12. Analysis of Impact of South-to-North Water Transfers on Saltwater Intrusion in the Yangtze Estuary *HAN Nai-bin GU Yu-Liang XU Jian-yi*(99)
13. The Influence of Water Diversion Projects for Estuary Water Environment and Proposals Concerning Adjustment for Wastewater Disposal Projects in Shanghai
..... *WANG Xu-xia CHEN Bang-lin LU Wei-chang CHEN Ji-yu*(107)
14. A Study of Impacts of Saltwater Intrusion from the North Branch on the Freshwater Source Area

- in the South Branch of the Yangtze Estuary *WU Shou-pei GU Yu-liang* (131)
15. An Analysis of Problems about the East and the Central Water Transfer Project
..... *WANG Gui-ling LIU Zhi-ming LIN Wen-jing LIU Hua-tai* (139)
16. Present Status of Ecological Environment in the Changjiang River Estuary and the Impacts of
South-to-North Water Diversion Project on Eco-environment and Fisheries
..... *CHEN Ya-qu CHEN Yuan-quan JIANG Mei* (151)
17. Effects of South-to-North Water Diversion Project (East Line) on the Yangtze Estuarine Eco-
system *LU Jian-jian HE Wen-san* (160)
18. A Preliminary Study on Changes in Water Discharge from the Yangtze into the Sea during Dry
Season and its Trend in Future *CHEN Xi-qing ZHANG Re-feng LI Dao-ji CHEN Ji-yu* (168)
19. The South-to-North Water Diversion (East Route) and the Water Resources Conservation
in the Yangtze Estuary
..... *WEI He-ping XU Lian-jun FENG Cang LU Bin DENG Zi-feng HUANG Xiao-chen Li Min* (178)
20. Discussion about the Influence of the East Route South-to-North Water Diversion Project on
Freshwater Resources from the Yangtze River Estuary
..... *LI Jian-yong LIU Kai-ping JI Xue-wu* (185)
21. Impact of Water Transfer from Changjiang Drainage Basin on Ecosystems of Changjiang Estua-
ry and its Adjacent Sea *LI Dao-ji ZHANG Jing WU Ying CAO Yong LIANG Jun* (195)
22. Studies on the Impacts and Related Countermeasures of the South-to-North Water Diversion
Project (East Route) on the Harmful Algal Blooms in the Yangtze River Estuary and its Adja-
cent Sea *YE She-feng ZHANG Hui-rong* (204)
23. A Preliminary Study on Water Discharge Changes from Datong to the Estuarine Reach
of the Changjiang River during the Dry Season *ZHANG Er-feng CHEN Xi-qing* (214)
24. Current-Directing Functions of Engineering Structures for Estuarine Regulation and New Pro-
blems in Estuarine Studies *JIN Liu* (220)
25. Barrier on the North Branch of Yangtze Estuary to Guarantee the Water Diversion from South to
North *XU Jian-yi HUANG Jue-xin* (227)

1. 南水北调(东线)对长江河口生态环境影响和对策的研究

陈吉余 陈西庆 陈沈良

(华东师范大学河口海岸国家重点实验室 上海 200062)

摘 要 对南水北调工程受水区和水源区的特点及其现状作了综合评述,指出缺水地区黄淮海流域的缺水特点,而调水水源区虽然长江径流丰沛,但长江三角洲地区由于人口密集、工农业发达,有时也缺水。通过分析长江河口水文泥沙、河势、盐水入侵、水质、物种和湿地等有关生态环境的现状,提出南水北调要十分注意考虑对长江口的影响。在此基础上,对南水北调工程如何尽可能地减少对长江口生态环境的负面影响,提出了一些意见、建议和对策。

关键词 南水北调 生态环境 环境对策 长江口

一、缺水地区调水与调水地区缺水

1. 缺水地区需要调水

在季风气候影响下,我国水资源的时空分布很不平衡。东南部湿润,西北部干旱;南方水资源比较丰富,北方水资源相对较少。雨量相对集中于夏半年,冬半年降水则较稀少。长江、黄河、淮河、海河四大流域是我国土地资源集中的地区,但是土地资源和水资源分布不相匹配。黄河、淮河、海河流域土地面积占全国的 13.4%,耕地占 39%,人口占 35%,GDP 占 32%,而水资源仅占 7.7%,是我国水资源最为紧张的地区^[1]。这四大流域的下游是我国东部大平原,更是我国经济发达、人口密集的地区,其中,黄、淮、海平原水资源短缺严重,对地区经济,乃至全国可持续发展都产生严重的影响。众所周知,淮河流域旱涝频仍,大涝大旱灾害严重。如 1991 年全流域受灾面积 29 180 km²;受灾人口 4 837 万,占全流域的 33.5%;直接经济损失 335 亿元。1928 年淮河大旱,上游禾苗损失殆尽,下游河港湖荡大多见底,蝗灾旱灾肆虐,民多流亡^[2]。以 2001 年论,淮河流域又值大旱之年,洪泽湖水位低于死水位 0.75m,湖区主航道面临断航危险。虽然淮河流域雨量适中,年均降水量 878mm,但因变率大,正如周君亮院士所言,淮河之水“可用不可靠”。

黄河是我国第二大河,流域面积达 79.47 万 km²,桃花峪以下进入东部平原地区,面积为 2.24 万 km²,只占全流域的 0.8%。黄河是多沙河流,河道多变,形成辽阔的黄河大三角洲。现在的淮河和海河平原内,有相当面积的土地由黄河泛滥泥沙塑造而成,也是当前有望黄河外调淡水资源补给的范围。1997 年海河流域自黄河引水约 56 亿 m³,淮河流域引水 23 亿 m³^[3],山

东半岛引水 12 亿 m³。黄河入海的径流仅有 15.4 亿 m³。自 1972 年以来,黄河出现断流现象。1997 年山东利津断流 326 天,河口断流 330 天。所以黄河进入东部平原,两岸嗷嗷待哺,而自身已属难保状态,于今更有壶口缺水,潼关细流,水资源遇到严重的挑战。

海河流域是严重的缺水地区,水资源开发已近 90%^[1]。以 1997 年为例,地表水总量 168.8 亿 m³(含跨流域调水),供水总量 434.2 亿 m³。地表水不足部分由地下水补给,其他来源 1.21 亿 m³,地下水占总供水的比重达 60.8%,地下水超采平均每年 55 亿 m³,已使地下水埋深逐年下降,形成大面积的漏斗,其中冀枣衡地区中心地下水位埋深在 1993 年已过 70m,漏斗面积达 5 236km²,所以海河流域水资源已达“海枯河干”的境地。

长江是我国第一大河,在这四条河流中,水量丰富,年径流总量 9 613 亿 m³,为黄河的 13 倍,以 18.75%的陆地国土面积,水资源却占全国的 29.26%,这就为优化我国水资源配置,促进我国社会经济可持续发展提供了有利条件。

2. 南水北调工程

为缓解北方地区水资源的严重短缺,适应我国首都和许多重要城市所在地区适当程度的发展,遏止地下水超采引起地面沉陷和漏斗发展以及保证生态用水,在节约用水和充分合理利用当地水资源的基本原则下,南水北调势在必行,长江向北方供水应可作出必要的贡献。为优化我国水资源的配置,40 多年来各有关部门做了大量的设计研究工作,形成了长江上、中、下游分别调水的南水北调工程布局,形成四横三纵的水网格局。

(1) 东线调水工程

从长江下游扬州附近抽调长江水,利用扩建京杭大运河及其平行河道逐级提水北送,经洪泽湖、骆马湖、南四湖和东平湖,在位山附近穿过黄河,经位小运河、七一六五河到大屯水库,然后到天津。东线调水还需建山东半岛输水干线,西起东平湖,东接引黄济青干渠,再由朵庄分水闸至威海米山水库。东线工程规划分三期完成(表 1)。

表 1A 东线工程三期需调水量表(据淮委、海委)*

工程分期	调水规模(m ³ /s)	调水量(亿 m ³)
一期	三江营 500,高港 300	45.57
二期	600	57.57
三期	800	93.18

说明:1. 一期供水不过黄河;2. 江苏供水量系指当地水源和现状工程北调供水后多年平均缺水数额。

表 1B 东线工程分期方案表(据朱尔明)

工程分期	调 水 规 模	
	流量(m ³ /s)	水量(亿 m ³)
一期	500	50
二期	600 ~ 700	90 ~ 100
三期	800 ~ 1 000	130 ~ 170

* 此处“淮委”全称为“淮河水利委员会”,“海委”全称为“海河水利委员会”,下同。

(2) 中线调水工程

从长江支流汉江丹江口水库引水,输水总干渠自陶岔渠首闸起,沿伏牛山和太行山麓平原,自流输水到北京、天津,工程分二期完成(见表2)。

表2 中线工程分期方案需调水量表

工程分期	调水规模	
	流量(m^3/s)	水量(亿 m^3)
一期	350	80~90
二期	500	130~140

(3) 西线工程

重点解决西北缺水问题。从长江上游干支流调水入黄河上游,引水工程分别在通天河、雅砻江、大渡河干支流筑坝建库,引水隧道将穿过长江、黄河分水岭入黄河,规划年均调水为120亿~170亿 m^3 ,其中通天河55亿~80亿 m^3 ,雅砻江35亿~40亿 m^3 ,大渡河30亿~50亿 m^3 。

3. 调水区有时也缺水

对于南水北调而言,长江三角洲(包括上海地区)是调水工程的水源区。水源区虽然有长江奔流通过,但是太湖流域也需要长江水的补给。

季风气候使长江有丰水年、平水年和枯水年的差别,有洪水季和枯水季的季节变化。长江流量变化颇大,最大流量达92600 m^3/s ,最小流量只有4620 m^3/s 。71.7%的径流量集中在5至10月,输沙量较之流量更为集中。在地区上,人均水资源量和耕地单位面积水资源量也差别甚大。因而,在人口稠密、田畴遍布的长江三角洲地区,水资源并不是想像的那样丰富。

从长江上游到下游水资源地区分布(表3)可以看出,江苏、上海人均水量和公顷水量与中上游省区相比有一个量级至几个量级的差别。江苏有苏南苏北之分,苏北以淮河流域为主,苏南的太湖流域因人口稠密,人均水资源也仅500 $\text{m}^3/\text{人}$ 左右。

表3 沿长江各省市区水资源、人口和耕地组合

省市区	水资源 (亿 m^3)	人口数量 (万人)	人均水量 (m^3)	耕地面积 (万 hm^2)	公顷水量 (m^3)
西藏	4 420	222	201 892	22.2	2 016 496.5
云南	2 221.0	3 731	5 952.8	284.5	78 055.5
四川(包括重庆)	3 133.8	10 804	2 900.6	629.9	49 752.0
湖北	891.2	5 439	1 804	347.7	28 221.0
湖南	1 626.6	6 128	2 654.4	331.2	49 110.0
江西	1 422.4	3 810	3 733.3	235.0	60 540.0
安徽	676.8	5 675	1 192.6	4 366	15 504.0
江苏	325.4	6 767	480.9	455.8	7 140.0
上海	26.9	1 337	201.2	32.3	8 320.5

如果将长江下游的江苏、上海与北方的山东、天津和北京相比较,可以看出天津、上海人均水量最少;天津、山东公顷水量最少,江苏排在倒3位(表4)。考虑到水质的因素,由于工业化、城市化的发展,江南水乡需要引用长江水的要求,就可以得到进一步认识了。

表4 江苏、上海与北方的北京、天津和山东水资源比较

省市区	水资源 (亿 m ³)	人口数量 (万人)	人均水量 (m ³)	耕地面积 (万 hm ²)	公顷水量 (m ³)
北京	40.8	1 086	375.7	41.3	9 885.0
天津	14.6	884	165.2	43.1	3 384.0
山东	335.0	8 493	394.4	685.3	4 884.0
江苏	325.4	6 767	480.9	455.8	7 140.0
上海	26.9	1 337	201.2	32.3	8 320.5

上海是我国最大城市,正在为建成国际大都市,建成国际经济、金融、贸易中心而积极努力。这其中,充足的优质水的供应是一项重要要求。据上海市水资源普查最新成果(表5),上海市本地水资源仅25.57亿m³,而上海市目前的总用水量达110.9亿m³,本地水远不能满足需要,所以太湖流域来水便成为多年来上海主要的供水来源。

然而,太湖作为上海的供水来源有两个不足之处:其一,逢太湖特枯之年,甚至枯水年则不能满足上海供水的需要。其二,水质不能保证供水的要求。近20年来,黄浦江上游来水的污染程度有所增加,1989年黄浦江松浦大桥处基本为Ⅱ类水,已较1981年恶化。2000年上海市水资源普查反映:黄浦江干流从三江口到吴淞口89.2km的评价河段,非汛期全部为Ⅳ类水质,汛期Ⅳ类水质河段占39%,Ⅴ类河段占24.3%,劣Ⅴ类占36.6%。因此,上海这样一个大都市处在一个水质型缺水的状态,长江水质基本上属于Ⅱ类水,上海需要长江水。20世纪80年代初修建了宝钢水库,90年代初修建了陈行水库,直接从长江取水以补上海城市用水之不足。

表5 上海水资源状况

(亿 m³)

项目		多年平均	丰水年 P = 20%	平水年 P = 20	枯水年 P = 20	特枯年 P = 20
本地 水资源	地表径流	24.15	33.6	22.01	14.97	7.80
	地下水	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42
小计		25.57				
过境 水资源	太湖流域	106.6	132.1	104.9	84.8	58.7
	长江干流过境水	9 335	10 570	9 188	8 232	7 078

上海只是长江三角洲水源区的一个典型,苏、锡、常等沿江城市也都需要长江水,太湖流域已经从长江引水作为水源,总抽水能力为680m³/s。早年引江水量更大。以2001年南京抗旱为例,引长江水,济秦淮河,经六级翻水,到丘陵地区。实际上,浏河、黄浦江等流入长江的支流,其下游都有长江水塑造河床的作用。枯水季节盐水入侵也会造成黄浦江下游水质的恶化。

二、南水北调需要考虑对长江河口的影响

南水北调是一项巨大的系统工程,不仅要考虑调水线路和受水区的各项有关问题,也需要考虑水源区的有关问题。中央领导同志很重视调水区的环境问题,特别指出保护生态是南水北调的重要目标。南水北调必须统筹兼顾,规划设计不仅要考虑北方地区用水的需要,也要考虑对南方调水地区的生态影响。东线工程需要考虑对长江口的影响,中线调水要考虑对长江中下游的影响,以利于保持生态平衡。所以要“先环保,后用水”。

南水北调责任单位重视生态环境影响问题。早在 1978 年,中国科学院和水电部提出了有关环境影响的 4 个主要研究课题:调水对引水口以下长江河道及长江口的影响;调水对长江口及其附近海域、输水干线、湖泊水生生物的影响;调水对北方灌区次生盐碱化的影响;调水会不会使血吸虫病流行区北移的研究。当时的主要结论是:调水占长江径流量的比重很小,对引水口以下的长江水位、河道淤积和河口拦门沙的位置等影响甚微,对长江口盐水上侵可采取“避让”政策。对于避让问题,则依据当长江大通站流量小于 $10\,000\text{m}^3/\text{s}$ 时,采取长江枯水季节限制抽江水量的措施。

但此后,特别是 1998、1999 两次大洪水年后,河道条件有所变化,各种环境因素有所变化,所以有必要对长江河口生态环境现状予以概要说明。

1. 水文泥沙的变化

为了防洪、灌溉,我国修建了 84 944 座大中小型水库(1999 年),长江流域占一半以上^[4]。但水库建设只能调节水资源在时间上的配置,而对河流入海径流总量的影响较小。年际入海径流仍然遵循着常态的周期性变化。近 20 年来丰水、平水与枯水年相继出现,但 1998 和 1999 年出现的特大洪水给河口河槽演变带来了影响。

由于水库拦截了部分泥沙,加上近年来,上游有些山区的水土保持发挥了作用,虽然上游局部河段、局部支流水土流失加重,但上游来沙量还是减少了。据 1951、1953 至 1999 年共 48 年完整的泥沙整编成果,大通年均输沙量 4.34 亿 t,其中 1951 至 1984 年平均值为 4.72 亿 t,1985 至 1999 年平均值为 3.53 亿 t,2000 年的输沙量为 3.39 亿 t。大通以下输沙量减少了 1/4。水中含沙量减少,也就是有机物质吸附的载体减少了,必然会引起水质发生变化。同时河口沉积过程也将产生相应的变化。

2. 河势的变化

近 20 年来,长江河口的河势在三级分汊、四口分流格局基本“不变”情况下,河床发生了一些变化。特别经历过 1998 年那次特大洪水以后,南支河道的白茆沙头有所下移,南北港分流口于南港上口三个通道的过水能力有所嬗替。南北槽分流口因治理深水航道修建的鱼嘴工程得到稳定。至于北支,持续着萎缩的进程,1958 至 1998 年的 40 年中,0m 以下的河槽容积减少了 56%。北支是一条涨潮优势的水道,上游淤积相对严重一些,河道宽浅。1998 年和 1991 年相比,下段连兴港断面 0m 以下断面有所拓展,从 $36\,900\text{m}^2$ 发展为 $38\,200\text{m}^2$,连兴港至三条港间 -5m 等深线以下面积从 10km^2 发展到 27km^2 ,扩大了喇叭口河势,使潮波传播受到一定影响,

兼之 1998 年后,北支上口、崇头向下出现中沙,过水断面有所减小,遂使长江径流进入北支进一步减少,从过去的 4%~6%,减少到 1.3%。径流的减少,潮流作用的相对增强,导致北支盐水倒灌影响有所加大。

3. 盐水入侵

长江口盐水入侵可以有四个口进入,即南槽、北槽、北港和北支,由于南槽和北槽入侵汇合而为南港,所以盐水入侵有三条路径:南港、北港和北支,其中以一级分汊的北支最严重,可绕过崇头,侵入南支掺混向下扩展。三条路径的盐水入侵强度与入海径流的分流比有关。一般而言,北支的进潮量约占进入长江口的进潮量的 25%,但进入北支的径流量目前仅占总径流量的 1.3%,所以北支口门连兴港断面盐度几乎与正常海水盐度相当,到了上段后盐度仍然较高,如 2001 年 9 月 18 至 19 日(阴历八月初二至初三)连兴港最大氯度为 16 800ppm,青龙港最大仍达 9 400ppm,南支陈行水库出现盐度超标,最高达到 590mg/L。同年 10 月 4 日(阴历八月十八)于北支上段的牛棚港涌潮潮头刚过时作水样测定,盐度为 1.34‰,含沙量 15.92kg/m³。潮头过后 2 小时盐度显著增高,为 8.76‰,而泥沙浓度降低,为 2.50kg/m³。9 月盐度超标,大通流量其时小于 40 000m³/s。再如 2001 年 3 至 4 月的北支上口水文测量的记录表明,大通流量超过 15 000m³/s,甚至达到 20 000m³/s 时,仍然严重倒灌南支^[5]。因此,根据新的情况,确定大通流量不到 10 000m³/s 作为调水“避让”的指标,已不相适应,特别是沿江地区性调水有很大影响,2001 年 8 月《南水北调工程生态环境保护规划》已经注意到我们的结论:从大通水文站到徐六泾有 500 多 km 距离,河口上段枯季来水量远远低于大通流量的数据。以 1979 年 3 月为例,大通流量 10 400m³/s,而实际到达河口的淡水量在 5 000m³/s 以下。另据对上海过境水资源分析和相关计算成果,当大通流量小于 30 000m³/s,青龙港潮差大于 2m 时,北支盐水就有可能倒灌南支,但明显的倒灌一般发生在大通流量小于 25 000m³/s,青龙港潮差大于 2.5m 之时。所以如果要实行“避让”,应根据北支倒灌实际情况来决定。

4. 水质变化

1978 年以来是我国社会经济迅速发展的时期。从 1978 年至 2000 年,我国人口增加了 3 亿人,GDP 增加了 20 倍,城市化水平从 18%增加到 36%。初期工业化和城市化往往要付出污染环境的代价,我国亦是如此。上海市以及苏南地区工业化发展迅速,水环境污染也较严重。以黄浦江上游河段为例,20 世纪 80 年代初期,基本上为Ⅰ类水,80 年代末至 90 年代初期,基本上为Ⅱ类水,90 年代末至现在,基本上为Ⅳ类水。苏、锡、常水网,亦复如此。80 年代初徐六泾以下长江河口水质优良,而现在基本为Ⅱ类,只有 DO 在汛期有时为Ⅲ类,岸边水质及南港局部河段为Ⅲ类或不足Ⅲ类。然而,据中国海洋环境质量公报(2000),长江自徐六泾以下均属劣等的Ⅳ水质。虽然陆地水和海洋水标准有所差异,但近 20 年长江河口水质恶化的结论则是一致的,长江口外水域赤潮发生的范围和频率也增加了。

5. 生物的物种变化

近 20 年来长江口及其邻近海域受到过度捕捞和环境污染的影响,生态环境失衡,导致河口区生态系统全面衰退。据“长江口生态环境现状特征及修复工程研究”成果:水生生物群落