

中国水利学会
2007 学术年会论文集

人类活动与河口

RENLEI HUODONG YU HEKOU

中国水利学会河口治理与保护专业委员会 编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

中国水利学会
2007 学术年会论文集

人类活动与河口

RENLEI HUODONG YU HEKOU

中国水利学会河口治理与保护专业委员会 编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

图书在版编目 (CIP) 数据

人类活动与河口：中国水利学会 2007 学术年会论文集/
中国水利学会河口治理与保护专业委员会编. —北京：中
国水利水电出版社，2008

ISBN 978 - 7 - 5084 - 5745 - 1

I. 人… II. 中… III. 河口—河道整治—学术会议—文
集 IV. TV856 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 106709 号

书 名	人类活动与河口 (中国水利学会 2007 学术年会论文集)
作 者	中国水利学会河口治理与保护专业委员会 编
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www. waterpub. com. cn E - mail: sales@waterpub. com. cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市地矿印刷厂
规 格	210mm×285mm 16 开本 18.75 印张 568 千字
版 次	2008 年 9 月第 1 版 2008 年 9 月第 1 次印刷
印 数	0001—2000 册
定 价	58.00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换
版权所有·侵权必究

《人类活动与河口》

主办单位：中国水利学会河口治理与保护专业委员会

协办单位：上海勘测设计研究院

长江水利委员会长江勘测规划设计研究院

上海河口海岸科学研究中心

上海市水利工程设计研究院

河海大学交通学院、海洋学院

上海市水文总站

上海市滩涂造地有限公司

《人类活动与河口》

编 委 会

主 任：石小强

副 主 任：仲志余 卢永金 林顺才 汤立群

委 员：何国忠 施济中 莫教全 陆德超

编 辑：蔡玉珊 纪洪艳

前言

我国幅员辽阔，河系发育，河口区域广大，有珠江口、闽江口、钱塘江口、长江口、黄河口、海河口、辽河口、鸭绿江口等重要河口。河口地区经济发达，对我国社会经济发展具有举足轻重的作用。但目前河口治理与保护的研究相对滞后，存在河口萎缩、河势不稳、水质污染、河口生态环境遭受破坏等诸多问题，河口治理与保护形势严峻，工作任务十分繁重。为联合国内广大从事河口治理与保护工作的科技工作者，促进我国河口研究、开发、治理与保护等方面的技术发展，推进我国河口事业的发展，中国水利学会河口治理与保护专业委员会（以下简称“河口专委会”）于2004年7月成立。

河口专委会隶属于中国水利学会，挂靠在上海勘测设计研究院，中国工程院院士陈吉余教授和水利部水利水电规划设计总院原副总工程师胡训润教授级高级工程师任河口专委会名誉主任，共拥有委员单位30余家。河口专委会以“联合广大从事河口工作的科技工作者，严格遵守国家法律法规，充分发扬民主，开展学术上的讨论；坚持实事求是的科学态度和优良学风，传播科学精神，树立科研风范，推进科技创新，促进河口研究、开发、治理、保护等技术的繁荣和发展，促进河口专业科学技术人才的成长和提高，促进科学技术与经济的结合，为我国经济建设服务”为宗旨，致力于河口研究、开发、治理与保护等方面的学术交流和服务。

河口专委会的委员单位和广大学者、专家、专业技术人员在河口保护、开发与治理等方面总结了许多有益的经验和方法，对我国河口资源开发、利用与保护的理论研究、实践应用作出了卓越的、富有效应的成就。在此基础上，经过认真研究、积极探索、勤于思考、不断总结，撰写了一大批很有造诣的学术论文。自2007年5月起，通过近一年的时间，河口专委会共征集到论文50余篇，近60万字。按照会员单位广大学者、专家和技术人员的要求，在中国水利学会和各委员单位的大力支持下，以《人类活动与河口》为题出版面世。

本论文集所征集的论文，选题优、覆盖面广、思路清晰、观点明确，深入浅出地从理论和实践的角度进行了研究和探讨。无论在研究的深度、思考的广度和实践的力度上都具有较高的学术水平和参考推广价值。相信论文集的出版将会为河口治理与保护的理论研究、实践应用产生积极的影响。

在此，谨代表河口专委会向所有论文作者表示衷心的感谢！向所有给予论文集出版工作以大力支持的各单位表示诚挚的谢意！并期盼有更多委员单位的学者、专家和技术人员能够在各类刊物上发表观点，各抒己见，深入交流河口治理与保护方面的经验，为我国河口研究工作作出新的贡献。

中国水利学会河口治理与保护专业委员会主任委员 石小强

2008年8月

目 录

前言

三峡水库调度与南水北调东线调水联合运行对入海悬移质输沙的影响

.....	王义刚 赵 娟 陈 君	(1)
建设青草沙水源地是上海城市供水和长江口河势控制共同需求	林顺才 黄 澄	(7)
黄河河口海岸演变规律及治理	王万战 张俊华	(12)
潮汐河口蓄淡避咸水库设计要点探讨	吴彩娥 刘汉中 林顺才	(20)
健康长江河口评价指标体系研究	徐建益 赵升伟 陶 静	(26)
平原河网地区圩区建设与规划的几点思考	刘克强 杨洪林	(31)
人类活动干预与黄河口系统演变的响应	王开荣 张庆杰	(35)
2006 年长江口咸潮入侵的认识与思考	何金林	(40)
江苏沿海淤积型入海河道河口的治理和维护	石建华 钱志平	(45)
青草沙水库环境关键技术研究	王晓鹏 陆晓如	(50)
上海长江大桥桥梁主通航孔布设数值模拟研究	袁建忠	(55)
洋山深水港堵汊工程对港区地形与水流结构影响分析	张志林 朱巧云 陈建民	(61)
钱塘江河口沽渚大桥设计潮流要素的计算方法	尤爱菊	(68)
鸭绿江河口水质 30 年变化综合评价	孙德树 李景玉 何东 茆培智 杜中	(75)
钱塘江河口河流段人类活动对河床的影响	陈森美 韩曾萃 胡国建	(79)
长江口青草沙水库与河势关联的若干工程问题的数学模型分析	刘新成 卢永金 杜小骏 潘丽红 张景新	(86)
人类活动对钱塘江涌潮的影响	潘存鸿 鲁海燕 曾 剑	(97)
上海市海堤设计波浪计算有关问题的探讨	潘丽红 朱建荣 刘新成 俞相成	(102)
地理信息系统与数字高程模型在河口海岸地貌研究中的应用	吴华林 严以新	(106)
从水力特性角度初步分析青草沙水库围堤实施顺序	纪洪艳 袁建忠 林顺才	(111)
河道整治中三新技术的应用	马亚中	(117)
青草沙水库东堤龙口三维水流数学模型研究	杜小骏	(121)
抓紧实施对长江口河势起关键性控制作用的促淤圈围工程	樊拥民 林顺才 纪洪艳	(131)
二维数值模拟技术在河口低滩圈围工程龙口设计中的应用研究	吴继伟	(138)
青草沙水源地河势演变分析	黄国玲 吴 焱	(147)
长江口竹园排污口污染扩散分析研究	关许为	(153)

计算机自动监控科学有效显示没冒沙水域盐度变化规律	楼惠甫	(158)
青草沙水库龙口设置与进占水力特性探讨之一	都国梅 袁建忠 李 杰	(162)
黄茅海围垦工程潮流泥沙动力条件变化数值模拟	汤立群 刘大滨	(171)
引江济太引排水对长江水环境影响分析	翟淑华 禹雪中 马 巍	(179)
保证河口入海水量的水量分配研究——以大凌河流域为例	隋 意	(184)
人工湿地填料结构对水质净化效果影响研究	李金中 李学菊 刘学功	(189)
灌河口二维悬沙数学模型研究	崔 冬	(193)
动床耦合泥沙模型在长江口深水航道整治二期工程平面布置优化及回淤量		
计算中的运用	吕大明 关许为	(203)
三峡及南水北调工程联合运行对长江河口盐水入侵影响初步研究	黄惠明 王义刚	(210)
浅析青草沙水库工程中的岩土工程问题	徐柏龙	(216)
新沟河引长江水改善梅梁湖水环境的适宜规模探讨	魏清福 朱桂娥 盛根明	(220)
青草沙源地水域水文泥沙特征	胡 静 黄国玲 王重工	(226)
黑龙江干流典型江段河道演变趋势预测模型	潘世兵 李 琳 路京选 张建立	(232)
通州沙和白茆沙水道碍航特性分析研究	高凯春 吕大明 王广平 吴 焱	(236)
长江口开发与河口珍稀水生动物保护	童 波 操文颖	(244)
青草沙水库流场和水质点数学模型计算分析	李 杰 袁建忠	(249)
淮河入海水道海口闸设计主要技术问题研究	王亦勤 张亚中	(252)
青草沙水库北围堤防渗墙结构对渗流场的影响分析	王 娟 王冬珍 刘汉中	(258)
生物生态技术在城市景观河道水环境改善中的应用研究	刘学功 李学菊 李金中	(262)
青草沙水库西堤保滩工程设计	邓 鹏 顾新刚	(266)
沉箱在深水筑堤中应用的研究	高占学	(271)
沙漠明渠高填方段机械化施工方案讨论	徐虎城 赵新军 仇 巖	(277)
软土地基在排水预压条件下的沉降与固结分析	刘传杰 万正松	(282)
青草沙水库新建堤坝实施顺序及动态跟踪研究	刘汉中 吴彩娥	(287)

三峡水库调度与南水北调东线调水联合运行对入海悬移质输沙的影响*

王义刚¹ 赵娟² 陈君¹

(1. 河海大学, 海岸灾害及防护教育部重点实验室, 海洋学院)

(2. 南京港口建设指挥部)

摘要:近年来, 长江大通站输沙量减小趋势明显, 长江口的水下地形、航道整治、上海市的滩涂围垦等有可能因此而受到影响。本文建立了各种典型水沙组合年大通流量与悬移质输沙率的关系, 并从南水北调与三峡水库联合运行对非洪季月入海流量产生的影响出发, 研究了入海流量的变化对入海悬移质输沙的影响。研究表明: ①两工程联合运行后, 10月输沙量减少最大, 在枯水、平水年的一些年份输沙量会少于11月, 使月输沙分布规律发生变化; ②9种典型年中, 两工程联合运行对丰水少沙年影响最小; 对枯水少沙和平水少沙年影响最大; ③而在平水和枯水年, 两工程联合运行对少沙年的影响都比平沙年和丰沙年来得大; ④因流量 Q 的指数大于2, 输沙率的变化相对流量的变化存在指数效应。

关键词:河口海岸工程 悬移质输沙 三峡水库 南水北调

1 引言

由于近年来长江入海水沙的变化, 长江口水下地形地貌已开始进行调整, 如口内水下沙洲面积减小, 口外水下三角洲淤积速率下降等。这种调整不仅将影响长江河口流场、泥沙场、水下地形等, 还将影响与其毗邻的杭州湾水域的流场、泥沙场、水下地形等, 同时也会对航道的整治与维护及正常运行、上海市的滩涂围垦及后备土地开发等产生影响。

影响长江入海水沙量变化的因素众多, 其中近年来实施的三峡工程和南水北调工程对入海水沙量的影响非常值得研究。2003年6~7月, 三峡水库开始正式蓄水并拦沙后, 2003年长江的年输沙量和年平均含沙量与多年平均值比较, 明显偏少。大通站的年径流量偏多3%左右, 但输沙量偏少55%左右, 2004年输沙量减少至1.47亿t。同时, 随着“南水北调”工程的部分上马, 南水北调的调水究竟会对入海泥沙数量产生多少影响, 这也是国内外关心的问题。

很多学者研究了三峡工程的拦沙对长江口入海沙量的影响, 但与此同时三峡工程也改变了年内径流总量的分配, 从而对月入海沙量产生影响。南水北调工程西线工程位于三峡工程以上, 又建成于三峡工程之后, 不会显著改变三峡工程的排沙规律; 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, 所以调水对河口沙量的改变亦不显著; 对入海泥沙影响相对较大的主要是东线工程。因此, 本文在考虑径流变化对入海泥沙变化的影响时, 主要考虑三峡水库调度运行与南水北调东线工程联合作用的结果。

* 本文得到国家自然科学基金重点项目“长江流域调水等工程对河口环境的影响及对策”(50339010)资助。

2 南水北调与三峡工程联合运行对入海径流的影响

2.1 三峡水利枢纽对大通径流的影响

三峡工程正常蓄水位 175m, 总库容 393 亿 m^3 , 为不完全年调节水库。其调度原则是汛期 6~9 月为满足防洪和排沙的需要, 坝前水位维持在防洪水位 145m, 仅当枝城超过安全泄量 $56720\text{m}^3/\text{s}$ 时, 水库拦蓄洪水, 削减洪峰, 坝前水位抬高; 洪峰过后, 仍将库水位降至 145m, 出库流量建库前后基本保持不变, 仅洪峰流量有所削减。汛末 10 月水库蓄水, 库水位逐步升高至正常蓄水位 175m, 出库流量减少最大, 遇枯水年, 水库蓄水会持续到 11 月。一般年份, 11 月至次年 4 月为满足发电和航运, 水库补偿泄水, 1~3 月出库流量普遍增加到 $5000\text{m}^3/\text{s}$ 以上, 但 4 月底库水位不得低于枯季消落低水位 155m, 至 6 月中旬水库水位又降至防洪限制水位, 因此 5 月加大流量泄水, 多年平均流量增大 $3500\text{m}^3/\text{s}$ 。王超俊等根据 1946~1976 年的三峡水库入库流量长系列资料, 选取 1959~1960 年、1950~1951 年、1949~1950 年分别作为枯水年、平水年、丰水年的典型年, 计算各典型年的水库调节量, 参见表 2.1。

表 2.1 三峡工程的调度运行对长江大通各月下泄径流量的影响值 (m^3/s)

月份	10	11	12	1	2	3	4	5	6~9
枯水年	-5451	-2968	0	1535	1980	1751	1002	0	0
平水年	-8413	0	0	1271	1788	1821	-197	1583	0
丰水年	-8417	0	0	443	996	843	-1028	5014	0

考虑将水库调节量增减量直接作为大通站的影响值, 得出大通站 10~11 月流量比天然情况下有所减少, 1~5 月流量则有所增加, 其他各月下泄量基本不变。

2.2 南水北调工程对入海径流量的影响

南水北调工程分东、中、西三线, 因各线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也各具特点。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 m^3 的调水量, 主要集中在汛期。该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。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 m^3 , 约减少河口年均径流总量的 1.45%, 但月间分配不均。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。当实施第三步抽江方案时, 估算其对河口径流的影响, 河口将长年减少径流 $1000\text{m}^3/\text{s}$, 占年均河口径流总量的 1.8%。在这三线方案中, 由于中线和西线均远离长江下游, 未来完工运行之后, 长江流量虽有所减少, 但在引水点距大通之间的河段及支流、湖泊的调蓄作用下, 这两个方案对大通的月平均入海流量的影响并不是很大, 而东线方案, 由于其主要位于长江下游, 且全部完工后, 计划常年抽引江水 $1000\text{m}^3/\text{s}$, 因此本次研究主要考虑东线工程的实施对长江口下泄流量的影响。

2.3 南水北调及三峡联合运行对入海径流量的影响

大通以下没有高等级的水文站, 所以虽然东线工程在大通下游, 但是在进行分析时, 考虑将东线工程的调水 $1000\text{m}^3/\text{s}$ 直接整合在大通站的数据上进行分析。调水主要在枯季调水, 且洪季流量大, 调水占的比重很小, 对径流影响很小, 所以不考虑洪季径流变化的影响。

因此, 在对南水北调和三峡工程分别单独运行对长江大通站 (非洪季) 各月下泄流量变化影响分析的基础上, 考虑两者联合运行对长江大通站 (非洪季) 各月下泄流量的叠加影响见表 2.2。

表 2.2 南水北调和三峡工程对长江大通站（非洪季）各月下泄流量的叠加影响（m³/s）

月份	10	11	12	1	2	3	4	5	6~9
枯水年	-6451	-3968	-1000	535	980	751	2	-1000	0
平水年	-9413	-1000	-1000	271	788	821	-1197	583	0
丰水年	-9417	-1000	-1000	-557	-4	-157	-2028	4014	0

南水北调和三峡水库联合运行使得 10~12 月、丰水年 1 月、丰水年和平水年 4 月、枯水年 5 月大通站下泄流量有所减少，其他时段则有所增加。

长江水利科学研究院对长江丰、平、枯水流量有确定的划分标准：在每年平均入海流量基础上，频率在 75% 以上的年平均流量为丰水流量，频率在 25% 以下对应的流量为枯水流量，介于 25% 和 75% 之间的为平水流量。根据此标准，将 1951~2004 年的年径流总量和年输沙量按 P—Ⅲ型累积经验频率作统计，计算累积频率大于 75%、小于 25% 的对应年径流量和年输沙量，区分出丰水、平水、枯水年和丰沙、平沙、少沙年，可以得到 9 种水沙组合类型：丰水中沙、丰水丰沙、丰水少沙、平水中沙、平水丰沙、平水少沙、枯水中沙、枯水丰沙、枯水少沙；以 $p=25\%$ ， $p=50\%$ ， $p=75\%$ 对应的流量和输沙量分别作为枯、中、丰的代表值，在各水沙组合类型中，选取据代表值海明距离最小的年份代表这 9 种水沙组合的典型年份，并分别计算各典型年在两大工程联合运行后流量变化，如表 2.3。

表 2.3 两大工程联合运行后各典型年流量变化百分比（%）

典型年 月份	丰 水			平 水			枯 水		
	丰沙	中沙	少沙	丰沙	中沙	少沙	丰沙	中沙	少沙
	1975	1970	1999	1955	1951	2000	1963	1960	1972
10	-23.96	-24.46	-25.40	-25.93	-26.67	-24.29	-26.44	-24.62	-23.72
11	-3.29	-4.33	-4.01	-4.48	-4.83	-3.05	-17.79	-22.67	-14.64
12	-5.00	-5.62	-6.51	-8.40	-6.71	-5.40	-6.02	-8.85	-6.33
1	-5.11	-6.68	-5.92	2.38	2.87	2.11	6.08	5.82	6.88
2	-0.03	-0.04	-0.04	6.79	8.76	6.42	14.56	12.11	10.26
3	-0.95	-0.94	-1.54	5.95	6.17	4.19	9.41	5.25	6.26
4	-8.05	-7.04	-9.96	-4.89	-4.35	-5.37	0.02	0.01	0.01
5	7.75	8.33	11.84	2.38	1.48	2.58	-2.82	-3.23	-3.22

三峡及南水北调等工程联合运行之后，大通的下泄流量发生了一定的变化，据表 2.3 显示，两项工程联合运行之后，变化最为剧烈的为 10 月，尤其是平水年和枯水年的 10 月，月平均流量的变率最大达 26% 以上，但虽然如此，基于三峡及南水北调工程运行前的下泄流量的基数较大，运行后，平水年 10 月的流量依然大于 25000m³/s。由表 2.3 中还可知，枯水年 11 月的流量减少的也较多，这主要是由于枯水年三峡水库蓄水会持续到 11 月。而丰水年 5 月流量则增加较多，这主要是因为 6 月中旬水库水位要降至防洪限制水位，丰水年该时段要加大出库下泄量，以满足未来的防洪需要。

3 三峡水库调度与南水北调联合运行 对入海悬移质输沙的影响

南水北调工程对入海泥沙的影响主要表现在泥沙随外调水量发生运移以及调水后径流减少使得水流挟沙能力下降，以致挟带入海的泥沙减少。由于南水北调调水多集中于每年的 10 月中旬至次年的 3 月长江悬沙浓度相对较小的时期，且水源地位于库区相对静水环境，泥沙含量较小，所以随调水运移的泥沙的百分比要比南水北调调水量的百分比小得多，可能在 1% 左右，大致相当于悬沙中小于

0.007mm 泥沙的百分比含量。显然,这部分泥沙属冲泻质的范畴,并不参与造床,其入海总量主要由流域的供给数量决定,与流量变化关系不大。悬移质中只有床沙质部分的输沙率才同水流及河床组成条件有明确的关系。但由于缺乏泥沙级配方面的相关资料,所以将床沙质和冲泻质一并纳入流量—输沙关系进行考虑。

3.1 入海水量变化对悬移质数量的影响

为了建立上游来水量变化与输沙量之间的相互关系,本文根据水沙组合分类,利用各种组合的典型年的水沙数据,用乘幂曲线 $G_s = KQ^n$ 拟合大通站月平均流量 Q 与月平均输沙率 G_s 的关系,结果如表 3.1。由于历年降水量在时空分布及强度上的差异,建立历年平均入海径流量与入海悬沙数量的相互关系比较困难,本文只建立了年内各月平均流量与入海悬沙的相互关系。降水量的时空分布及强度上的差异主要体现在系数 K 和指数 n 的不同上。

表 3.1 月平均流量 Q 与月平均输沙率 G_s 的关系

类 型	典型年	相 关 关 系
丰水中沙	1970	$G_s = 4.4134 \times 10^{-9} Q^{2.0929} \quad R^2 = 0.9759$
丰水丰沙	1975	$G_s = 1.3666 \times 10^{-9} Q^{2.2080} \quad R^2 = 0.9336$
丰水少沙	1999	$G_s = 3.0557 \times 10^{-10} Q^{2.2871} \quad R^2 = 0.9833$
平水中沙	1951	$G_s = 1.3066 \times 10^{-8} Q^{2.0062} \quad R^2 = 0.9072$
平水丰沙	1955	$G_s = 4.7606 \times 10^{-9} Q^{2.0968} \quad R^2 = 0.9266$
平水少沙	2000	$G_s = 1.5886 \times 10^{-12} Q^{2.8275} \quad R^2 = 0.9603$
枯水中沙	1960	$G_s = 2.6448 \times 10^{-10} Q^{2.3993} \quad R^2 = 0.9365$
枯水丰沙	1963	$G_s = 5.1526 \times 10^{-12} Q^{2.8179} \quad R^2 = 0.9650$
枯水少沙	1972	$G_s = 3.2691 \times 10^{-11} Q^{2.6177} \quad R^2 = 0.9341$

从各典型年的相关系数来看,都达到 $R^2 = 0.9 \sim 0.9833$,相关程度很高,说明即使输沙中有与流量关系不大的冲泻质存在,对流量与输沙之间的相关关系的影响也并不大,因此可以利用这些关系式来估算由于大型水利工程建设所导致的悬移质数量的变化。

3.2 南水北调与三峡工程联合运行对入海悬移质输沙的影响

按相关关系式,取各典型年份的月平均流量,分别计算无工程情况和两个工程同时运行后的输沙率 G_{s_1} 、 G_{s_2} ,而输沙的变化率则表示为 $(G_{s_2} - G_{s_1})/G_{s_1} \times 100\%$,具体值如表 3.2。为了具体说明工程运行前后大通月平均输沙率的变化情况,本文特选取了对应平水少沙年的 2000 年的实测资料进行统计分析,结果见图 3.1。

表 3.2 南水北调与三峡工程联合运行对入海沙量的影响计算 单位: %

月 份	丰 水			平 水			枯 水		
	丰沙	中沙	少沙	丰沙	中沙	少沙	丰沙	中沙	少沙
10	-45.38	-44.40	-48.84	-46.71	-46.32	-54.47	-57.9	-49.25	-50.77
11	-7.12	-8.85	-8.94	-9.17	-9.46	-8.39	-42.43	-46.04	-33.93
12	-10.71	-11.40	-14.27	-16.81	-13.01	-14.52	-16.06	-19.93	-15.73
1	-10.94	-13.47	-13.03	5.05	5.85	6.08	18.09	14.52	19.02
2	-0.07	-0.09	-0.10	14.78	18.34	19.23	46.68	31.57	29.14
3	-2.09	-1.96	-3.48	12.88	12.77	12.32	28.85	13.07	17.22
4	-16.91	-14.17	-21.34	-9.97	-8.54	-14.45	0.04	0.02	0.03
5	17.91	18.22	29.16	5.05	2.99	7.46	-7.74	-7.57	-8.20
全年	-2.76	-2.94	-2.53	-4.97	-6.27	-7.68	-6.43	-5.38	-10.46

注 表中所取的典型年与表 3.1 同。

据表中计算结果,分析如下:

(1) 10月输沙变化最大,变率绝对值平均达49.34%。主要原因是10月流量变化所占的比重最大。不管是丰水年、枯水年、平水年,输沙率的变化主要与月流量变化百分比相关,流量变化百分比越大,对输沙的影响也就越大。根据历年实测资料,10月输沙率均大于11月,但两个工程联合运行后,在枯水、平水年的一些年份10月输沙率则有可能低于11月,这在图3.1亦有所表现。

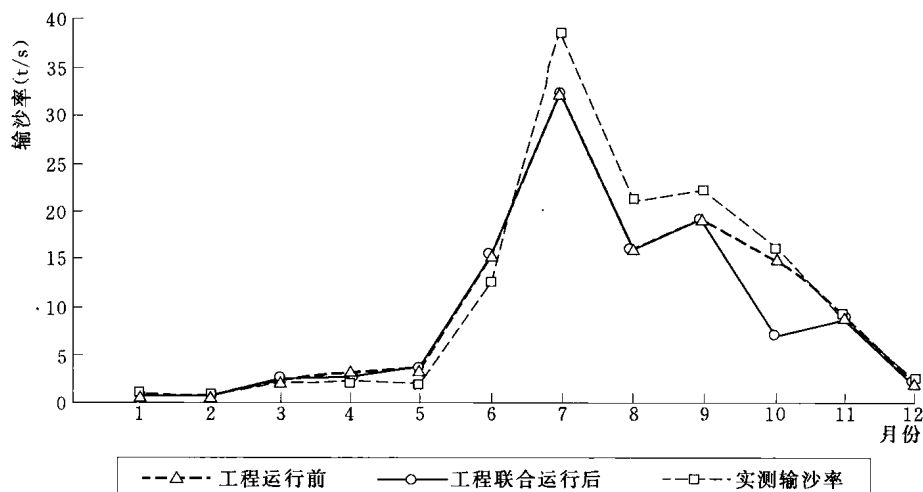


图 3.1 工程运行前后大通 2000 年月平均输沙率分布图

(2) 从全年的分布来看,两个工程的联合运行对丰水年影响相对较小,对枯水年影响相对较大。9种典型年中,流量的改变对丰水少沙年影响最小,全年输沙减少仅2.53%;对枯水少沙年影响最大,全年输沙减少达10.46%,平水少沙年次之,全年输沙减少为7.68%。

(3) 对于平水年和枯水年而言,少沙年输沙的变化量都比平沙年和丰沙年来得大。20世纪90年代以来,大部分年份都是少沙年。因此,可以说在目前乃至今后相当长一段时间内处于少沙年的情况下,南水北调和三峡工程联合运行条件下,径流条件的改变对入海悬移质输沙量的影响作用是不可忽视的。

(4) 因流量 Q 的指数都是大于2的,所以悬移质输沙变化的百分比都比流量变化的百分比大,这也间接的说明径流条件的改变对悬移质输沙量变化的作用是不可忽视的。同时这也在一定程度上解释了输沙量的年内分布比流量的年内分布更不均衡的原因。

本研究利用的典型年的实测水沙数据,建立 $S-Q$ 关系,实测中悬移质输沙率是单位时间内通过河段实际下泄的悬移质数量,水流的饱和状态不一。在丰水丰沙、平水中沙、枯水少沙年,河床处于冲淤平衡,水流饱和,所以利用 $S-Q$ 关系估算影响相对比较准确;而在丰水中沙、丰水少沙、平水少沙年,水流不饱和,河床冲刷,倾向于高估其影响;对平水丰沙、枯水中沙年,水流处于超饱和状态,泥沙落淤,容易低估其影响。实际上随着三峡工程的蓄水拦沙,水流将在今后相当长一段时间内(长江科学院据数学模型计算认为工程后60年宜昌一大通河段的下游河床冲淤达到平衡)处于非饱和状态,河床沿程冲刷,补充一部分泥沙,所以对于径流减少导致入海悬移质数量下降的估计值应当较实际情况有所偏大。

4 结 语

三峡水库汛末10月蓄水,在一定意义上减小了三峡工程和南水北调工程组合运行对长江口月入海泥沙数量的影响。如果三峡工程的蓄水期提前,9月输沙量一般比10月多,根据输沙量与流量的平方成正比的关系,流量减少所导致的月入海沙量的减少值也会变大,所以说三峡水库调度选择汛末

10 月蓄水是具有一定合理性的。

当然,在考虑两大工程的同时,也不可忽视长江中上游水土保持重点防治工程的影响,大通来沙自 20 世纪 90 年代以来到三峡蓄水前也是呈现减少趋势的,这说明自 1989 实施的“长治”工程对入海沙量的影响是很大的,据水利部发布的数字,长江中上游水土保持重点防治工程在减少入江泥沙方面发挥了重要作用,每年减少土壤侵蚀量约 2 亿 t。

同时,对于入海径流,除三峡工程及南水北调东线有较大影响外,随着我国国民经济的飞速发展,大通以下两岸沿江引江工程引水量也日趋增长,其引江水量大于南水北调工程东线的引水量,且还在不断增加,也是不可忽视的因素,因此有必要进一步研究扣除引江水量含沙之后,两工程运行对入海输沙减少的百分比及其影响。

总之,现阶段研究流域重大水利工程所导致的入海泥沙的变化对长江口河槽、洲滩、水下三角洲的发育,航道——尤其是整治中的深水航道,口外岸滩——尤其是作为上海市的滩涂围垦及后备土地开发重点的南汇边滩等所产生的影响具有重要的现实意义。

参 考 文 献

- [1] 长江水利委员会水文局. 2003 年长江泥沙公报 [R].
- [2] 国务院三峡工程建设委员会办公室泥沙课题专家组, 中国长江三峡工程开发总公司三峡工程泥沙专家组. 长江三峡工程“九五”泥沙研究综合分析(第八卷) [M]. 北京: 知识产权出版社, 2002: 302-303.
- [3] 王超俊, 张鸣冬. 三峡水库调度运行对长江口咸潮入侵的影响分析 [J]. 人民长江, 1994, 25 (4): 44-48.
- [4] 吴俊, 王培. 南水北调对长江口生态环境影响的综合分析 [J]. 科技导报, 2002, 2: 13-16.
- [5] 陈西庆, 陈吉余. 南水北调对长江口粗颗粒悬沙来量的影响 [J]. 水科学进展, 1997, 8 (3): 260-263.

作者简介: 王义刚, 1955 年 3 月出生, 河海大学教授、博士生导师。

建设青草沙水源地是上海城市供水和 长江口河势控制共同需求

林顺才 黄 澄

(上海勘测设计研究院, 青草沙原水工程建设有限公司)

摘 要: 本文通过对上海城市供水供需矛盾的分析后提出开发长江水源是解决矛盾的最佳途径, 在对当前长江口南北港分流口河势现状的分析判断的基础上, 提出应抓紧实施分流口河势控制工程。选择河口江心的建设青草沙水库, 是遵循长江口综合开发整治规划方案和规划指导思想, 水源地的建设不仅符合长江口综合开发整治稳定河势总目标要求, 而且又可提供大量优质原水, 保证上海市 2020 年供水需求, 水源地的建设是长江口综合开发整治多目标开发要求的具体体现。

关键词: 青草沙 水源地 城市供水 河势控制

1 上海城市供水供需矛盾及解决途径

据统计, 2004 年上海市全市原水总供水规模为 1064 万 m^3/d 。根据上海总体规划及各区(县)分区规划修编情况, 至 2020 年上海市总人口按 2000 万人计, 供水总规模为 1418 万 m^3/d , 原水供应能力存在较大缺口。

目前, 上海以黄浦江上游水源为主, 由于黄浦江处于太湖流域的下游, 受上游太湖来水条件限制, 水质较差且不稳定, 长期为Ⅲ~Ⅳ类, 无法满足《地表水环境质量标准》中城镇集中式水源地一级保护区(取水口)应满足Ⅱ类水的要求。而且黄浦江上游干流的取水总量已达到 567 万 m^3/d , 超过国际公认的警戒线。若进一步扩大黄浦江上游水源的取水规模, 将加剧中下游污水上溯, 使水源水质产生恶化, 对黄浦江的生态环境造成严重的破坏。为此, 作为城市供水水源, 黄浦江上游取水总量应进行有效控制, 适度减量利用。此外, 现有内河水源布局分散、水质差、地下水水质优质量少, 急需集中替代和压缩。

全市原水供需矛盾日益突出, 现有供水水源的开发和利用水平已远远不能适应城市发展的长远需求, 尤其是浦东等地区城市供水亟待原水配套, 促进城市社会经济协调发展。因此, 必须尽快开发新的水源地, 为新世纪上海的建设和可持续发展提供必须的原水配套条件, 尽早筹划安排新水源和原水供水设施的建设已成为非常必要和紧迫的任务。

长江口水量丰沛, 占上海过境水资源总量的 98.8%, 水体自净能力较强, 水质稳定, 青草沙水域水质为Ⅱ类, 符合饮用水水源水质要求。并且, 目前, 上海城市长江供水仅建有陈行水库, 其取水总量仅占长江多年平均入海流量的 0.05%, 具有巨大的开发利用潜力。

因此, 从改善原水供水水质、提高上海市民的生活质量的需求看, 青草沙水源地是上海城市供水水源地的最佳选择。

2 长江口综合开发整治河势控制规划及河势现状

2.1 长江口综合开发整治河势控制规划

由水利部长江水利委员会组织编制的《长江口综合开发整治规划要点报告》(2004 年修订), 规

划总体指导思想为坚持以人为本，全面、协调、可持续的发展观，按照人与自然和谐相处和以水资源可持续利用支撑社会经济可持续发展的治水思路，充分考虑社会经济发展及生态环境保护的需要，实现多目标综合整治，以长江口的综合整治开发，支撑和保障长江口地区资源、环境和社会经济的协调发展。

规划报告提出了河势控制总体规划为：维持长江口三级分汊、四口入海的总体河势；近期维持南支主槽靠南岸，南港为主汊、入海深水航道通畅的河势格局，远景稳定北港主流、增深南槽水深；白茆沙河段加强进口徐六泾节点的控制作用，适当增加北水道的分流比，并维持南水道、北水道深槽长期贯通、南水道为主汊的双分汊河势格局；南支下段加强七丫口对河势的控制作用，维持主流偏靠南岸，保持分流口及分流通位置固定，保持南港为主汊的河势格局；维持北港上段主流靠北岸、下段主流靠南岸的河势格局，稳定南港进口分流通位置，维持瑞丰沙体的完整，保持南港主流偏靠南岸；减缓北支的淤积萎缩速率，维持其引排水功能。其河势控制规划治导线见图 2.1。

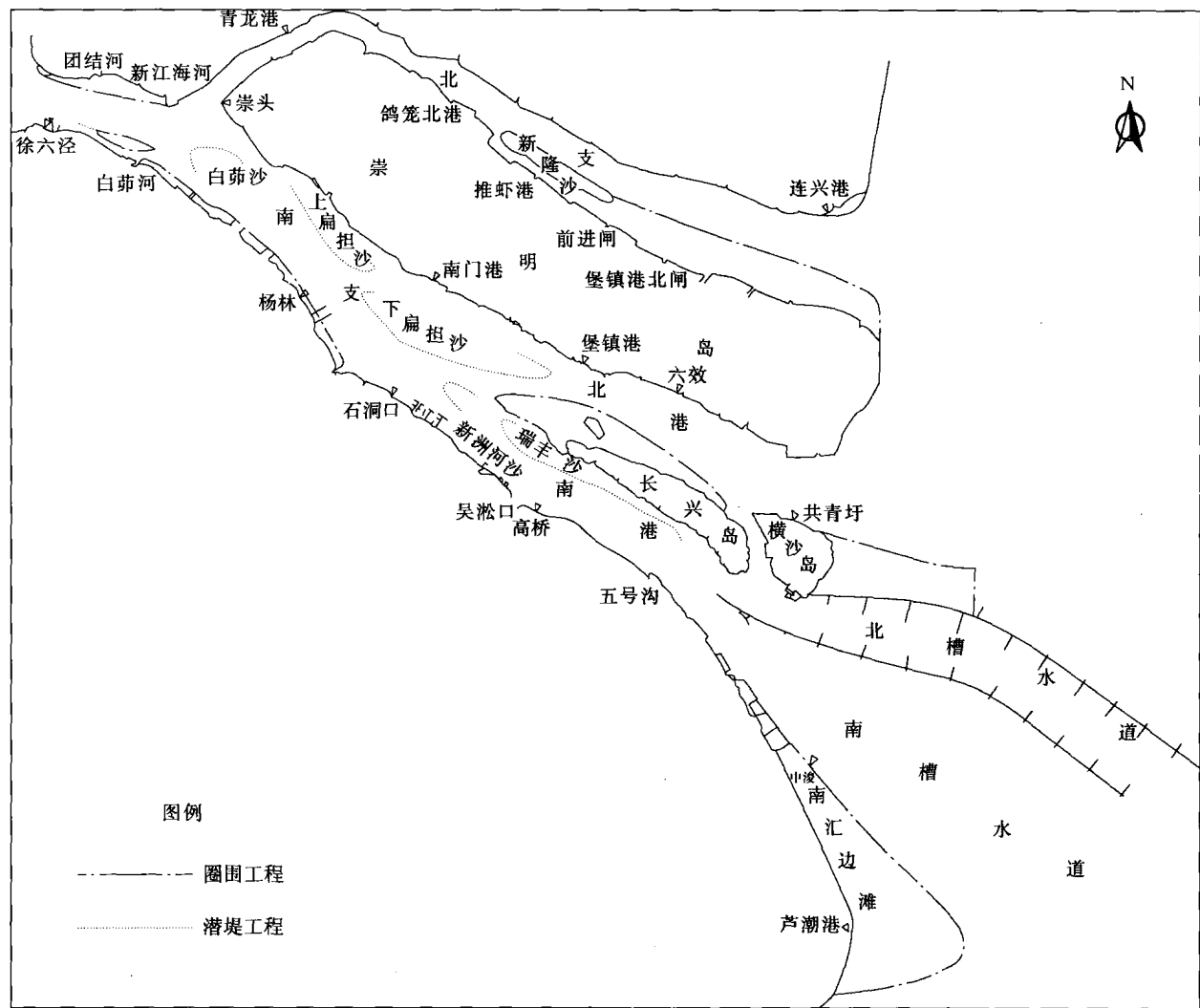


图 2.1 长江口河势控制规划治导线

2.2 长江口南北港及分流口河势现状

自 17 世纪中叶以来，长江口河道由南北支一级分汊、两口入海的河势格局，先后经历了南北港、南北槽的形成，演变为目前三级分汊、四口入海的总体河势格局。1958 年以后又经历了徐六泾节点的形成、白茆沙汊道段形成稳定的双分汊河道，七丫口段逐步向又一节点的方向演化，但徐六泾节点仅一处宽度为 5.7km，以下左右岸边界均可冲易动，使该节点的控制作用还不够充分；白茆沙汊道段

已出现不利于河势稳定的变化，南港、北港分流口仍将处于不稳定状态，南港、北港水道在相当长的时段内仍将保持一定的均衡态势，南港将长期维持主流偏靠南岸的复式河槽形态，但瑞丰沙体中部切滩，将威胁到南港及北槽进口园园沙航槽的稳定，北港近期将继续向恢复微弯单一河道形态的方向发展，同时青草沙将继续呈现上段向北淤涨、下段冲刷的趋势。

当前，南北港分流口形态良好，但已朝着不利方向发展，而且发展的势头在加快。分流口形态良好主要表现在南北港分流口分流格局良好，南北港分流比和主要分流通道分流比处于缓慢变化中，且均以落潮为明显优势流，各分流通道顺畅、分流角较小；不利方向变化主要表现在新浏河沙包沙头、新浏河沙沙头和中央沙沙头仍在持续后退，中央沙沙头距石头沙钢标仅 10km，离河势大调整的位置空间十分有限，沙头持续后退，新桥通道轴线处于不断偏转态势，先后形成了通北港的新桥通道和南门通道，并呈扩大之势。因此，应抓住当前南北港分流口形态还处于良好时机，尽快实施南北港分流口控制工程，以保证稳定长江口河势总目标的实现。

3 青草沙水源地概况

3.1 工程地理位置

青草沙水源地位于长江口南北港分流口下方，长兴岛北侧和西侧的中央沙、青草沙以及北小泓、东北小泓等水域范围。图 3.1 为青草沙水源地地理位置图。

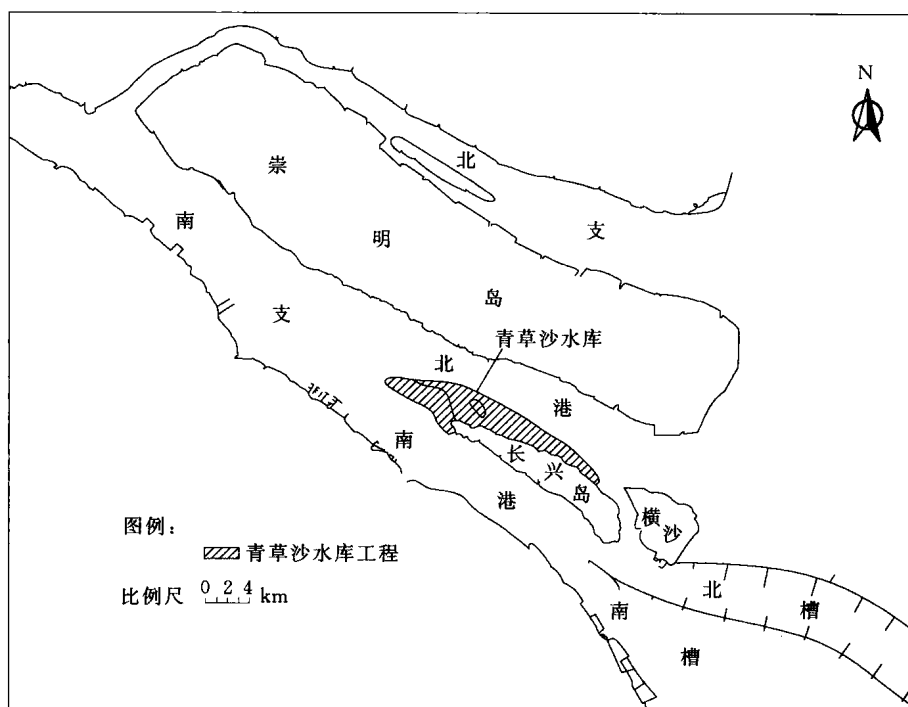


图 3.1 青草沙水源地地理位置示意图

3.2 工程研究过程

自从 20 世纪 90 年代初，华东师范大学陈吉余院士提出“干净水源何处寻、长江河口江中求”的伟大科学设想后，经过 10 多年来不间断的科学研究。2006 年 12 月，上海市发展和改革委员会以沪发改城（2006）424 号文同意立项建设，2007 年 6 月，上海市发展和改革委员会下发沪发改城（2007）162 号文，批复同意上报的青草沙水库及取输水泵闸工程可行性研究报告，2007 年 9 月上海市建设管理委员会批复同意青草沙水库及取输水泵闸工程初步设计。主体工程于 2007 年 11 月开工建设。

3.3 工程主要内容

青草沙水源地原水工程由青草沙水库及取输水泵闸工程、长江原水过江管工程、岛域陆域输水管线及增压泵站工程等 3 大主体工程组成。原水工程总体系统方案为：建设青草沙水库，采用长江取水泵站和水库引水闸组合方案，实现长江北港取水；长江原水经水库调节后，籍水库输水泵闸及输水管线（包括长江过江管），向上海市陆域水厂提供原水，同时向邻近水库的长兴岛水厂供水；建设陆域输水系统以满足上海陆域现有水厂和规划水厂原水需求。

青草沙水库是典型河口形蓄淡避咸水库，2020 年的供水规模为 $719 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 。水库由青草沙库区和中央库区组成，库区总面积约 67 km^2 ，水库总库容 5.27 亿 m^3 ，有效库容为 4.35 亿 m^3 ，可保证遭遇连续 68 天咸潮入侵期的城市供水；长江取水入库拟采用泵、闸相结合的运行方式，泵的功能主要是咸潮期盐峰之间抢水和咸潮初期提水预蓄水避咸，闸的功能主要是非咸潮期自流引水入库以减少水库取水的运行成本，并使水库的水保持流动以保证水库水质。取水泵站为 $200 \text{ m}^3/\text{s}$ ，上下游水闸总净宽分别为 70 m 和 20 m ；水库输水系统取水头部采用输水泵闸形式，即长兴输水支线取水构筑物采用输水泵站，岛域输水干线取水构筑物采用输水闸与进水井结合形式。长兴输水支线输水泵站规模为 $11 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ ，输水闸井工程作为整个输水干线的取水头部，其设计规模按岛域输水干线 2020 年供水规模 $708 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 的要求考虑，输水闸底高程 -4.0 m ，总净宽 24 m 。图 3.2 为青草沙水库及取输水泵闸总体平面布置。

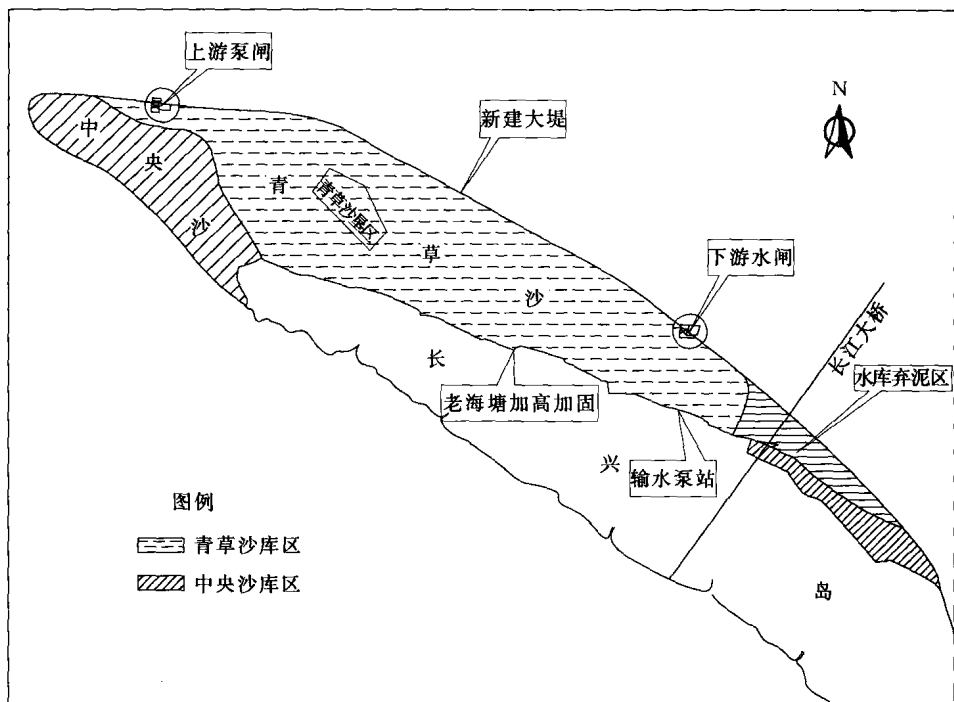


图 3.2 青草沙水库及取输水泵闸总体平面布置

4 青草沙水源地建设综合效益

4.1 解决 2020 年上海城市供水的需求

青草沙水库建成后，其规模占全市原水供应总规模的 50% 以上，可满足 1000 万人以上用水需求，与现有上海长江陈行水源地和黄浦江上游水源地形成以青草沙水源地为主导水源的“两江并举、三足鼎立”的原水供应格局。目前，上海的原水有 88% 取自黄浦江上游及内河与地下水，水源地多为敞开式河道直接取水，水质不稳定，水源地的抗风险能力非常脆弱，一旦发生诸如松花江水污染事