

# 长江水资源问题及调控方法

陈 进

(长江水利委员会长江科学院, 湖北 武汉 430010)

**摘要:** 长江的水资源不仅是流域内 4.3 亿人口生存和发展的基本资源, 也影响到黄淮海流域数千万人的用水问题, 保护和管理好长江的水资源对于我国可持续发展也具有十分重要的意义。本文就长江水资源特点、面临的主要问题和调控方法进行了讨论, 提出水资源的调控不仅需要工程措施, 更需要严格的管理措施。

**关键词:** 长江; 水资源; 调控

**中图分类号:** TV213.2      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1007-7839 (2016) 02-0010-04

## Water resources problem and controlling method of Yangtze River

CHEN Jin

(Changjiang River Scientific Research Institute of Changjiang Water Resources Commission,  
Wuhan 430010, Hubei)

**Abstract:** Water resources of Yangtze River are not only the basic resources of survival and development for 430 million people in Yangtze River basin, but also affecting water using problem of 10 millions of people in Huang Hai River Basin. Protection and management of water resources has very important significance for the sustainable development of our country. The characteristic of the Yangtze River water resources, the mainly faced problem and controlling method are discussed. The water resources control needs not only engineering measures, but also strict management measures are put forward in this paper.

**Key words:** Yangtze River; water resources; control

### 1 长江水资源特点

长江全长 6300 km, 流域面积 180 万 km<sup>2</sup>, 其中流域面积 1 万 km<sup>2</sup> 以上的支流有 49 条, 8 万 km<sup>2</sup> 以上的一级支流有雅砻江、岷江、嘉陵江、乌江、湘江、沅江、汉江、赣江等, 重要湖泊有洞庭湖、鄱阳湖、巢湖和太湖等, 占我国五大淡水湖中的 4 个。长江干流流经青海、西藏、云南、四川、重庆、湖北、湖南、江西、安徽、江苏、上海 11 个省(自治区、直辖市), 于上海流入东海, 其支流伸展到甘肃、陕西、河南、贵州、广西、广东、福建、浙江 8 省(自治区)。省市行政区面积全部或 95% 以上在长江

流域内的有四川、湖南、湖北、江西 4 个省和重庆、上海 2 个直辖市, 30% ~ 70% 在流域内的有云南、贵州、陕西、安徽、江苏 5 个省。江苏省在长江流域主要是长江下游干游区间 (1.91 万 km<sup>2</sup>) 和太湖流域大部分 (1.94 万 km<sup>2</sup>), 合计占全省面积的 37.5%。

长江流域总体上降水丰富, 年降水量的分布趋势是江南大于江北, 中下游大于上游, 从东南向西北呈递减态势, 其中上游地区平均降水量为 940 mm, 中下游地区平均为 1440 mm。长江干流宜昌、汉口、大通站多年平均年径流量分别为 4340 亿 m<sup>3</sup>、7060 亿 m<sup>3</sup>、8910 亿 m<sup>3</sup>, 多年平均入海水量为 9190 亿 m<sup>3</sup> (不含淮河入江水量)。长江流域水资源总

收稿日期: 2016-02-02

第七届江苏水论坛专题报告

作者简介: 陈进 (1959-), 男, 博士, 教授级高级工程师, 研究方向为流域水资源及水环境。

量为 9960 亿  $\text{m}^3$ , 其中地表水资源量为 9857 亿  $\text{m}^3$ , 地下水资源量仅 103 亿  $\text{m}^3$ 。江苏省本地水资源量 322 亿  $\text{m}^3$ , 过境水资源量 9490 亿  $\text{m}^3$ , 其中长江占 96%, 过境水资源量大。

长江流域水资源的主要特点: ①与黄淮海等北方流域和西北地区比较, 降雨量和径流量比较丰富, 但年内分布也不均匀, 汛期占 70% 左右。②虽然水资源总量大, 但主要是地表水, 地表水与地下水重复量大, 真正的地下水比例低, 仅占水资源总量的 1%。③长江流域基本上不存在资源性缺水, 但山丘区占流域面积比大, 这些地区水利工程建设和运行成本高, 存在工程性缺水问题, 长江中下游及长江三角洲地区, 湖泊和河网密集, 水域面积大, 客水丰富, 普遍存在水质性缺水问题。④虽然长江流域已建和在建水库有 51643 座, 但水库总库容仅 3606.89 亿  $\text{m}^3$ , 占长江水系多年平均地表水资源量 9856 亿  $\text{m}^3$  的 36.7%, 总兴利库容 1799.91 亿  $\text{m}^3$ , 占多年平均地表水资源的 18.3%。其中大型水库仅 282 座, 中型水库 1543 座, 水库工程中绝大多数为小型水库, 长江中下游干流和多数支流水库调节和控制能力不足。

## 2 长江流域水资源面临的主要问题

(1) 水污染造成的水质性缺水问题日益突出。尽管近 10 年来大中城市污水处理率明显提高, 但处理排放标准低, 大多数仍然为 V 类和劣 V 类, 而且废水排放总量大 (2014 年 334 亿 t), 再加上农业等面源污染 (估计每年 300 亿 t), 使长江水质总体改善不大, II 类及以上水域面积甚至下降, 一些非常规监测的重金属、有机污染和营养物质指标时常超标。长江流域的平原河网地区、天然湖泊和中小水库等水域水污染或者富营养化问题突出。由于大量耗水产业和化工企业聚集在长江干支流两岸, 还有 20 万艘注册的船舶行驶或者停留在长江主要水系上, 突发水污染事故的风险大, 各城市水源地不安全因素大。

(2) 长江沿线用水过分依赖地表水和过境水, 沿线城市用水安全和保证率不高。长江地表水资源丰富, 长久以来干支流沿线 95% 以上的用水都使用地表水, 过去长江水质良好, 供水安全度高, 而在水质污染日益严重的今天, 各城市供水安全存在隐患, 大多数水源地都不时出现超标现象, 供水的保证率不同程度下降, 尤其是长江沿线城市

附近的本地水 (城市附近湖泊) 污染严重, 各城市基本都是通过引、调、抽等方式取用长江水, 城市备用水源地普遍缺乏, 抵御江河湖突发水污染事件的能力下降, 一旦过境水 (也称客水) 被污染, 就会引起供水中断, 甚至会引起巨大社会影响。目前沿江城市都在不同程度地开展引江济湖工程的规划或实施, 更加重了江水污染负荷, 由于当地水功能下降, 多数只作为农业、养殖和景观功能, 失去饮用水源的功能。

(3) 由于水利工程缺乏, 特别是调蓄水库少, 占长江流域 70% 面积的山丘区存在工程性缺水, 如滇东、鄂北豫南、湖南衡邵、赣南等地。长江流域相对大地地区也存在季节性缺水问题, 即使水资源丰富的洞庭湖和鄱阳湖也常出现春旱或者伏旱等问题。干旱属于自然现象, 不可能通过水利工程消除农业干旱, 需要考虑水利工程投入与效率关系, 更需要考虑干旱保险等管理措施来减少农民的损失。

(4) 水资源管理基础差。过去长江流域基本不存在水资源短缺问题, 普遍存在节水意识淡薄, 用水效率低的问题, 而且水资源管理的技术基础差。目前长江主要江河都没有做过水量分配, 水资源的管理手段和能力弱 (如专业队伍、计量、监督等)。2002 年以后, 长江流域虽然进行了水资源综合规划, 近年来, 又开展了总量控制指标的制定和分配工作, 但这些管理措施的实施刚起步, 效果还难以显现。

(5) 长江经济带发展带来的水资源保护压力增加。高标准的黄金水道建设和维护与长江泥沙冲淤、河道演变、防洪安全、河道采砂和江湖演变协调问题, 传统产业转移的需求与严格的环保准入门槛如何匹配, 中西部地区城市化建设的需求与山丘区稀缺的土地资源、脆弱的生态系统和有限的环境容量如何相适应。东部发展现代服务业和高新技术不仅需要带动中西部的发展, 而且需要优化本地的土地资源, 改善三角洲地区河网和湖泊的水环境, 并需要为上中游生态环境保护、水源涵养提供必要的生态补偿等方面的支持。

## 3 水资源调控方法和途径

水资源调控方法分为工程措施和非工程措施两大类, 工程措施主要通过建设新的水利工程增加供水能力, 满足城乡缺水问题。长江流域虽然

存在工程性缺水,但不是主要问题,相反,水质性缺水和水生态系统退化是目前及未来长江水资源面临的主要问题。水污染治理和水资源保护问题主要是通过非工程措施,即严格的水资源管理和水利工程的科学调度。

### 3.1 水量分配与总量控制关系

水资源管理的技术依据是水资源综合规划及水量分配等技术文件,目前开展的严格水资源管理是基于加强节水前提下的总量控制管理。这些概念对于南方水系来说,应该有不同的意义和内涵。水量分配不仅可以为总量控制提供技术依据,也可以为初始水权分配提供基础,目前南方地区不急迫,可缓做,而总量控制主要为严格的水资源管理服务,同时也为减排和水资源保护服务。理想的技术工作成效是:先做水资源综合规划,再做水量分配,再做总量控制指标及年度用水计划,对于南方水系也可以按照水资源综合规划、总量控制、水量分配和年度用水计划次序开展。

水量分配(或者总量控制指标分配)的关键是分配原则和优先权的确定。水量分配的原则其实很简单,就是:“公平”、“高效”和“可持续”三条原则。“公平”包含三层含义:第一,每人和每个地区都有用水的权力,特别是人畜饮用水必须得到满足;第二,有水权(或者获得了取水许可)者优先;第三,水源地优先。“高效”是在“公平”的前提下,用水效益高的部门、地区和用水户优先。“可持续”就是平衡当代人与后代人,人类用水与生态环境用水的关系,必须保留足够多而好的水给后代人,必须保留生态环境用水。

长江流域地处湿润地区,水量分配方法应该有别于北方干旱地区,分配的要求更细,主要包括:①确定流域或者行政区域水资源可利用总量或者可分配水量;②确定各行政区域的用水份额及其相应的河段、水库、湖泊和地下水开采区域控制指标;③确定不同来水频率或保证率的各行政区域年度用水量及相应的调度计划;④确定预留的水量份额及其相应的河段、水库、湖泊和地下水开采区域要求。⑤确定跨行政区域河流、湖泊的边界断面流量、生态流量、最小流量、预警流量、最小控制水位、水质指标等及跨行政区域地下水水位和水质等控制指标。

长江流域用水总量分配可以根据流域和区域特点、水资源开发利用情况以及用水矛盾焦点、

水资源管理需求等,对水量分配或者总量控制指标内容进行取舍、扩充,应该本着突出重点,便于管理的原则。长江的总量分配特点是:①绝大多数河流不缺总量,所以,不仅分配总量,还要分配过程(空间和时间);②水量分配的重点在枯水年和枯水季;③应该考虑大中型水库的蓄水和放水方案(启动时间,过程,结束,风险分担);④要考虑水利工程布局及水网调控能力等条件;⑤要考虑取水、输水、用水和排水成本。

长江各地区和城市需要制定干旱缺水应急水量分配预案,遵循以下几条原则:①建设和确定备用水源地(本地水资源保护),县市以上的城市都应该有备用水源地,重要城市还需要建立多水源保障体系,而且备用水源应该以当地水为主;②建立应急需求管理方案及调度方案;③根据用水重要性建立不同保证率的应急水量方案及标准,确保人畜饮水安全(99%建议),保证生活用水90%~95%,工业用水保证率达到80%~90%,农业用水与生态用水75%;④建立应急抢险和干旱基金,建立利益补偿机制,解决保证率相对低的农业用水和农民基本利益。

### 3.2 长江流域的三条红线管理

用水总量控制是对于一个流域或者区域用水总量进行管理,是水资源管理的宏观控制指标,通过核算河流水资源开发利用来控制河道外总的取水和用水规模。用水效率红线是一个综合性指标,可以包含万元GDP用水量、万元工业增加值用水量、灌溉水利用系数和人均综合用水量等指标,也包括各行业用水定额,可以作为宏观控制指标考核一个流域或者区域的用水效率,也可以作为一个微观指标考核一个行业、一个企业、甚至一个用水户的用水效率。该红线不仅可以直接控制用水量,也可以间接考虑到水质,用水效率高意味重复利用率高和废污水排放减少。水功能区限制纳污能力可以作为宏观指标,通过水功能区一级区管理考核跨行政区之间水资源保护效果,也可以作为微观指标,通过水功能区二级区的管理考核同一水域水质状况,考核同一地区或者城市水质达标情况。

三条红线是从不同角度对水资源的利用和保护进行管理,三者之间即有区别,也有密切关系。例如,水功能区管理目标达标了,可以增加可供水量,水质性缺水问题就可以很好地解决;用水效率提



高,可以有效帮助总量控制和减少入河排污量,反之,用水总量控制好了,也可以促进用水效率提高和减少排污量。

针对特定地区的水资源问题,三条红线可以一起应用,也可以先后应用,或者单独应用。如:对于一个已经取得用水许可的用水户,用水总量和入河排污口的设置在获得取水许可时必须先行解决,剩下的问题主要是取水和排污口需要进行监督检查,管理的重点是用水户用水效率的提高。对于一个资源性缺水的地区,用水总量控制是最基本的控制性红线,而对于水域污染严重的河网和三角洲地区,主要问题是水污染,入河污染物排放控制是主要控制因素。我国的用水效率与先进国家比较,还有很大差距,减少排污量,提高用水效率是各地区、各部门和全社会都要进行的一项长期工作。

长江流域总量控制管理面临的主要问题:①水库控制能力比较低或者缺乏水利工程,总量分了也没有办法实施;②山区河流,往往水面高程低,提水成本高,控制难度大;③中下游江湖关系和水网复杂,计量困难,进出水量核算难;④跨流域引调水工程的运行,流域内外用水矛盾日益增加,河流跨省、跨行政区多,协调、监督和管理复杂。

要使长江流域用水总量控制取得成效,必须做到四个结合:①总量控制管理与水功能区管理结合;②总量控制要与用水定额和效率结合;③总量控制与水利工程调度能力的提高相结合;④总量控制与跨流域调水管理相结合。

长江的总量控制方法是:确定河流控制断面或者水域控制线(点),包括:控制性水文站点、跨行政区河流断面、水功能区区界缓冲区、曾有水事纠纷和目前仍有水事纠纷的河流、控制性水库入库断面和大坝下游断面、跨流域引调水工程引调水口、江湖湖口、重要控制闸、重要生态与环境敏感区断面等。

### 3.3 长江水资源工程的调控

中国的水利工程是世界上最多的,这些水利工程为我国经济社会发展做出了卓越的贡献,但也存在重建设、轻管理,工程利用效率低,调度管理协调难等问题。水利工程调度的管理问题:①水利工程调度利益相关方多,水库管理者、流域机构、电力、交通、环保,林业和地方政府等,协调各方利益难度大;②水利工程流域整体的公益

调度(防洪、抗旱和生态等)与单个水库兴利(发电、航运、旅游和养殖)等调度存在矛盾;③公益调度效果难评估,利益相关者协调、利益补偿机制没有建立。

洪水、干旱及江河枯水过程和咸潮入侵等都是自然现象,这些自然现象严重时,会影响人类安全和用水安全,解决这些问题不能完全靠水利工程调度,而是应该在严格的洪水管理或者水资源管理(包括应急管理)基础上,科学合理地调度水利工程,发挥两者的综合优势。长江流域水利工程布局不均匀,能力是有限的,而靠有限的能力消除自然现象不可能,也没有必要。例如:长江三峡水库的抗旱能力有限,其兴利库容仅165亿 $\text{m}^3$ ,在头年的12月到次年的5月中旬最多增加长江干流泄量1000~3000 $\text{m}^3/\text{s}$ ,5月底到6月10日,最多增加泄量2000~4000 $\text{m}^3/\text{s}$ ,靠三峡水库不可以解决干流过低枯水位、两湖的干旱和河口咸水倒灌等问题,而长江中下游沿江闸口和泵站取水能力超过20000 $\text{m}^3/\text{s}$ 。所以,严格的取用排水管理才是解决长江中下游枯水过程的主要措施,而三峡等上游水库群的下泄水增量只能起到补助作用。

长江水系目前已经建成5万多座水库,多数水库都在汛后开始蓄水,集中蓄水问题,如果不进行统一协调,不仅会将中下游河道枯季提前,而且由于竞争性蓄水会导致许多水库蓄不满水。例如:长江下游大通水文站9月和10月多年平均合计径流量为1940亿 $\text{m}^3$ ,如果长江上游大型水库966亿 $\text{m}^3$ 的兴利库容都集中在这两个月蓄水,将占该时段长江干流多年平均值的50%,使河道水流比正常情况减少一半,如果遇枯水年,情况会更加严重。

大型水库的蓄水原则是:①没有防洪库容,或者防洪库容小的水库可以先蓄;②多年调节和年调节水库可以先蓄,季调节水库后蓄;③在同一条河上,上游水库先蓄水,下游水库后蓄水;④在干支流之间,支流上的水库先蓄,干流上的水库后蓄。

水利工程调度应该遵守的原则:①流域或者水库群联合调度优先;②安全调度(防洪和供水)优先,兴利调度其次;③公益调度优先,但需要建立科学的调度效果评价和公益调度受损补偿机制。

## 4 结论

(下转第17页)

## 6 综合分析研究

(1) 2012 年与 1998 年水下地形对比表明我省长江河道河床总体呈现冲刷趋势。近十多年来,大通站水沙条件发生了较大变化。年均流量均值减少 8.3%, 年最大流量均值减少 10.9%, 年最小流量均值增加 26.4%, 年输沙量明显减少。2012 年、1998 年实测水下地形对比分析表明, 我省大部分断面及平均水位下的河床总体呈现冲刷趋势, 河槽容积增加。

(2) 系列延长的水文分析成果表明沿线设计洪潮水位总体并未抬高。实测系列频率分析值与已有研究成果变化不大, 100 年一遇洪潮水位三条港高 0.08 m, 江阴、青龙港低 0.03 m, 其余各站高 0.02 m 左右。

(3) 规划工程实施后沿程高水位抬高幅度不大。现状地形条件下, 规划工程实施后, 沿程高低潮位有不同程度的抬升, 高潮位抬升幅度小于低潮位抬升幅度, 局部调整较大。江阴以上变化幅度相对较小, 江阴以下变化幅度较大。

(4) 典型台风模拟增水值与“长流规”台风增水值规律基本一致。典型台风模拟计算增水值表明, 南京及南京以上防洪潮水位主要受上游径流的影响, 江阴以下主要受外海潮汐及风暴潮的影响, 江阴~南京河段防洪潮水位受上游径流、外海潮汐的共同影响, 台风增水值呈驼峰分布。

(5) 江苏省水利厅原定的设计水位(苏水计〔1997〕210 号)基本能够涵盖近年典型大洪潮年份模拟高潮位。根据实测水文分析成果以及 98 大洪水、97 风暴潮、98 大洪水+沿程支流入汇等实际(或可能)发生的遭遇组合工况的水动力计算成果的对比分析。沿程各站高潮位均低于苏水计〔1997〕210 号的 100 年一遇潮位。极端组合

情况下, 如 98 大洪水+97 风暴潮、96 大洪水+97 风暴潮以及 96 大洪水+97 风暴潮+支流入汇等组合工况, 镇江与天生港之间潮位高于苏水计〔1997〕210 号文的 100 年一遇潮位。

(6) 江堤防洪能力提升工程标准采用 100 年一遇合适。2011 年省发展改革委印发了《江苏省沿江发展总体规划(2011~2020 年)》, 规划沿江地区将建成沿江经济带、沿江城市带、现代化港口群、基础设施网和生态环境宜居区, 人口、城镇、产业、资产、基础设施总量不断增大。国务院批复的《苏南现代化建设示范区规划》《长江流域防洪规划》《长江流域综合规划》; 水利部、江苏省政府联合批复的《江苏水利现代化规划》和省政府批复的《江苏省防洪规划》等各类规划都对我省长江堤防防洪能力提出了巩固提高的要求, 其中河口段要求达到 100 年一遇标准, 其他河段近期达到 50~100 年一遇, 远期达到 100 年一遇标准。因此 2020 年前后, 将我省长江干堤防洪标准提高到 100 年一遇总体合适。

## 7 结语

长江干流江苏段位于长江下游, 全境位于湖区界内, 受上游洪水和风暴潮共同影响, 河道整治任务重, 水资源开发利用要求高, 长江作为江苏省经济社会发展的重要依托和资源环境命脉, 其治理保护一直是江苏省水利建设的重点。近年来, 国务院、水利部和江苏省政府批复相关规划明确要求江苏省沿江“按 100 年一遇防洪标准建设长江干流防洪工程”, 沿江市县也提出了长江堤防防洪能力提升的要求。为指导开展相关前期工作, 省水利厅组织开展了设计洪潮水位综合研究, 为长江堤防防洪能力提升工程规划、设计、建设和管理提供依据。

(责任编辑: 张亚男)

~~~~~  
(上接第 13 页)

长江流域水资源未来面临的主要问题是污染导致的水质性缺水问题, 而且过度依赖过境的地表水, 使长江沿线城市供水的安全性存在隐患, 保障率不足, 所以, 未来需要在严格水污染防治和管理基础上, 充分发挥水利工程作用, 应该重点做好以下几方面工作: ①重要河流或者重要地区(城市)应该建设调节性能好、覆盖范围大的控制性水利工程; ②将当地水资源保护好, 减少利用客水的比例, 重

要城市或者经济区都应该建立以本地水为主的备用水源地; ③各地都应该制定好应急供水和城乡用水需求管理方案, 遇严重干旱或者突发水污染事件时, 除人畜饮用水外, 其他用水(包括生态环境用水)都需要同比例压缩, 农业可以通过干旱保险和政府补贴等办法保证生活和工业用水; ④水资源保护和水生态修复是今后一项长期、重要的工作, 需要全社会的共同努力和参与。

(责任编辑: 王宏伟)