

江苏省长江引排水及调水特性分析

万晓凌, 刘 淼, 刘俊杰, 姚 敏, 任晓东, 沈 建

(江苏省水文水资源勘测局, 江苏 南京 210029)

摘要:长江引排水是江苏省水资源的重要来源,同时也是旱、涝灾害的主要影响因素^[1],本文通过长江引排水、调水进行定性和定量分析,揭示了江苏省水资源虽然十分丰富,但时空分布不均,调蓄容量有限,供需平衡存在一定矛盾的现象,工程调度需统筹防洪、用水、蓄水等各方面需求,进一步合理运用和优化调度方案,在确保防汛安全的前提下,及时建立汛限水位动态调整机制,增强水资源统筹调度保障能力,同时对入江河流进行水质状况评价,并计算了入江河道中劣 V 类河道的入江水量,为水资源开发利用、计划用水和长江大保护等管理工作提供参考数据。

关键词:长江; 引排水; 特性; 分析; 调水; 水质; 调度; 江苏省

中图分类号: X159

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(2022)

Analysis on water diversion, drainage and water transfer characteristics of the Yangtze River in Jiangsu Province

WAN Xiaoling, LIU Miao, LIU Junjie, YAO Min, REN Xiaodong, SHEN Jian

(Jiangsu Province Hydrology and Water Resources Investigation Bureau, Nanjing 210029, China)

Abstract: The diversion and drainage of the Yangtze River is an important source of water resources in Jiangsu Province, and it is also the main influencing factor of drought and flood disasters^[1]. Through the qualitative and quantitative analysis of the diversion and drainage and water transfer of the Yangtze River, this paper reveals that although the water resources in Jiangsu Province are very rich, the temporal and spatial distribution is uneven, the regulation and storage capacity is limited, and there are certain contradictions in the balance of supply and demand. The project dispatching needs to coordinate the needs of flood control, water use, water storage and so on. Further reasonably use and optimize the dispatching scheme, timely establish the dynamic adjustment mechanism of flood limit water level on the premise of ensuring flood control safety, enhance the guarantee capacity of overall dispatching of water resources, evaluate the water quality of rivers entering the river, and calculate the inflow of inferior class V rivers in the river entering the River, so as to provide reference data for the management of water resources development and utilization, water planning and great protection of the Yangtze River.

Key words: the Yangtze River; water diversion and drainage; characteristic; analysis; water transfer; water quality; dispatch; Jiangsu Province

江苏省处于长江流域的下游,长江是中国第一大河,横贯我省境内长达 400 多 km,南北两岸有数以百计的通江河港。我省省界线以上流域来水面积有 170 多万 km²,丰沛的长江水量是江苏省水资源

的重要来源^[2]。长江是江苏省沿江两岸地区引排水的动脉,入长江的支流,南岸有固城湖、秦淮河、太湖水系,北岸有滁河、淮河入江水道等。随着经济的发展,生产、生活用水结构的变化,为满足水资源

收稿日期: 2021-09-15

作者简介: 万晓凌(1970—),男,正高级高级工程师,主要从事水文水资源分析与研究工作。E-mail:185688355@qq.com

配置和改善水环境的需求,调引长江水已成为水资源利用中不可或缺的重要组成部分。

1 口门调查与计算方法

对江苏省沿江南北两岸的通江支流进行实地勘查,初步统计共1 000余条,本次分析针对主要口门,主要口门总引排水量占到该区域水量的95%以上,引排水量的统计以主要口门为依据,经统计主要口门数为148个,口门统计口径如下:

(1)沿江中大型水闸泵站,进出水量100万 m^3 以上的部分小闸;

(2)包括江苏省通江骨干河道名录中的沿江支流;

(3)水利枢纽分出其中的泵站、节制闸等,泵站、节制闸作为独立的口门;

(4)水量统计到具体口门或河流;

(5)进出水量较小的船闸、涵洞以及江心洲岛的通江河道不在统计范围内。

有实测资料地区的进出水量计算采用实测资料统计分析,无实测资料的地区和年份主要采用下列方法计算。

1.1 一潮推流法

潮汐要素与一次开闸(引水或排水)的平均流量相关整编推流,简称“一潮推流法”。一般用有效波高(开闸开始水位与最高或最低水位的差值)、开闸开始水位与一次开闸平均流量建立相关关系曲线。引水或排水的相关关系曲线控制高、中、低水位,测点一般应多于20潮次^[3]。

“一潮推流法”主要原理是:每年通过实测20~30潮次引水量,建立潮汐要素与一次开闸平均流量的相关关系,进而根据全年逐潮开关闸情况,推算逐潮、旬、月、年水量。其中,潮汐要素是指开闸水位、有效潮差(一潮最高水位与开闸水位之差)^[4]。

一个涨潮期从平潮开始至涨潮憩流止,其间每半小时测流一次,统计平潮开闸时水位作为稳定水位 $Z_{\text{开}}$,开始时间 T_1 ,该涨潮过程高潮水位 $Z_{\text{高}}$,关闸时间 T_2 ,波高 ΔZ ,一潮历时 $T=T_2-T_1$,用实测的各次流量面积包围法计算得一潮水量 W ,一潮平均流量 $Q=W/T$ 。

水位流量关系公式如下:

$$Q = KZ_{\text{开}}^{\alpha}\Delta Z^{\beta} \quad (1)$$

其中:

$$\Delta Z = Z_{\text{高}} - Z_{\text{开}}$$

式中: $Z_{\text{开}}$ 为开闸稳定后的水位; $Z_{\text{高}}$ 为涨潮过程中高

潮水位; ΔZ 为波高,涨潮过程中高潮水位 $Z_{\text{高}}$ 与开闸稳定后的水位差值; K 、 α 、 β 反映感潮河道对感潮流的约束作用,用图解法来率定。

有水位资料的地区引排水量的计算大多数采用“一潮推流法”计算,但每年率定的参数不同。

引水:一个涨潮期从平潮开始引水至涨潮憩流止,其间每半小时测流一次,统计平潮开闸时水位作为稳定水位 $Z_{\text{开}}$,开始时间 T_1 ,该涨潮过程高潮水位 $Z_{\text{高}}$,关闸时间 T_2 ,波高 $\Delta Z=Z_{\text{高}}-Z_{\text{开}}$,一潮历时 $T=T_2-T_1$,用实测的各次流量面积包围法计算得一潮引水量 $W_{\text{引}}$,一潮平均流量 $Q=W_{\text{引}}/T$ 。

排水:一个落潮期从平潮开始排水至落潮憩流止,期间每小时测流一次,统计平潮开闸时水位作为稳定水位 $Z_{\text{开}}$,开始时间 T_1 ,该落潮过程低潮水位 $Z_{\text{低}}$,关闸时间 T_2 ,波高 $\Delta Z=Z_{\text{开}}-Z_{\text{低}}$,一潮历时 $T=T_2-T_1$,用实测的各次流量面积包围法计算得一潮排水量 $W_{\text{排}}$,一潮平均流量 $Q=W_{\text{排}}/T$ 。

1.2 堰闸流量系数法

通过实测跨河建筑物的上游水位、上下游水位差等水力因素来进行流量测验,最常使用的跨河建筑物是堰和闸。流态除自由流、淹没流外,还要区分堰流与孔流。闸门提出水面的为堰流,闸门未提出水面、水流从闸孔中流出的为孔流。不同的流态有不同的流量计算公式。公式中的系数要在现场对各种形式的流态用流速仪等实测一定次数的流量来确定,并建立系数与相关因素间的关系曲线,作为计算流量的依据。下游水位不影响过水流量的称为自由流。只用上游水位推算流量,精度较高。下游水位影响过水流量的称为淹没流,要用上下游水位推算流量,在上下游水位差较小时,精度较差。应尽可能使量水建筑物处于自由流状态。

2 引排江水特性分析

2.1 沿江口门历年引排水量对比分析

江苏省1956—2010年多年平均引江水量为140.97亿 m^3 ,2010—2019年多年平均引江水量为217.0亿 m^3 ,江苏段沿江口门2020年总引水量为299.3亿 m^3 ,较2010—2019年引水量均值多82.3亿 m^3 。

全省1956—2010年多年平均入江水量为259.7亿 m^3 ,2010—2019年多年平均入江水量为260.6亿 m^3 ,2020年总排水量为552.7亿 m^3 ,较2010—2019年排水量均值多286.2亿 m^3 。江苏省沿江各口门历年引排水量见图1。

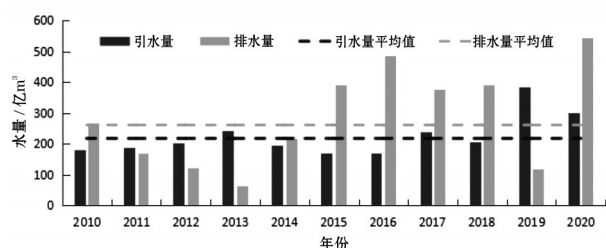


图1 全省沿江口门历年引排水量比较

长江以南地区沿江口门2020年总引水量为94.1亿 m^3 ,较2010—2019年引水量均值(70.6亿 m^3)多23.5亿 m^3 ;2020年总排水量为140.0亿 m^3 ,较2010—2019年排水量均值(76.5亿 m^3)多57.7亿 m^3 。长江以北地区沿江口门2020年总引水量为205.3亿 m^3 ,较2010—2019年引水量均值(146.4亿 m^3)多58.9亿 m^3 ;2020年总排水量为412.6亿 m^3 ,较2010—2019年排水量均值(184.1亿 m^3)多228.5亿 m^3 。长江以北地区自2015年以来,排水量均大于引水量。

长江沿江各口门每年的引排水量总体上与年降水量成反比,通常是区域年降水量越大,引水量越小,排水量越大;年降水量越小,引水量越大,排水量越小。近年来沿江各市的沿江口门引排水量过程呈波动趋势,主要是由于年降水量过程的波动趋势所造成的;其次,沿江各市为改善区域水环境,规范、优化了调度方案,从而造成了各市沿江口门年际引排水量过程的波动。

2.2 沿江口门各月引排水量比重分析

2020年江苏省逐月引水量中,5月最大,为40.6亿 m^3 ,占全年的13.5%,其中长江以南地区5月引水

量为11.5亿 m^3 ,长江以北地区5月引水量为29.1亿 m^3 ;7月引水量最小,为8.7亿 m^3 ,占全年的2.9%,其中长江以南地区7月引水量0.95亿 m^3 ,长江以北地区7月引水量7.7亿 m^3 。

2020年江苏省逐月排水量中,7月、8月最大,分别为205.2亿 m^3 、205.5亿 m^3 ,分别占全年的37.5%、37.6%。其中长江以南地区7月排水量最大为11.5亿 m^3 ,占长江以南地区全年排水量的36.2%;长江以北地区8月排水量最大为188.1亿 m^3 ,7月排水量次之,为156.6亿 m^3 ,分别占长江以北地区全年排水量的45.6%、38.0%。

2.3 沿江入江水量水质分析

根据《地表水环境质量标准》(GB3838—2002),选择水温等21项作为参评项目,采用单因子评价法确定水质综合类别。

2020年102条入江河道综合水质类别Ⅱ类水占8.8%、Ⅲ类水占67.7%、Ⅳ类水占14.7%、Ⅴ类水占3.9%、劣Ⅴ类水占4.9%,达到Ⅲ类水河道占76.5%,较2019年上升6.9%。

入江河道综合评价中,各市达到Ⅲ类水河道比例介于46.2%~100%,102条入江河道中Ⅴ类、劣Ⅴ类有9条,其中无锡4条,泰州2条,南京、镇江、扬州各1条。扬州、泰州、无锡部分入江河道存在劣Ⅴ类,其他5市入江河道消除了劣Ⅴ类(见表1)。

8个沿江省辖市中,不达Ⅲ类比例低于70%的有无锡、扬州、常州,其中无锡仅有46.2%。

入江支流中劣Ⅴ类水河道5条,较2019年减少1条,劣Ⅴ类水河道为扬州市仪扬运河,泰州市六圩港(泰兴)、九圩港(靖江),无锡市锡澄运河、大河口,主要超标项目氨氮、总磷、化学需氧量、五日生

表1 沿江8市入江河道全指标水质类别统计

地级市	河道总数/个	入江河道数量/个						达到Ⅲ类比例/%
		Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	劣Ⅴ	达到Ⅲ类	
南京	17	1	12	3	1	0	13	76.5
镇江	14	0	11	2	1	0	11	78.6
扬州	10	1	4	4	0	1	5	50.0
泰州	11	3	5	1	0	2	8	72.7
常州	5	0	3	2	0	0	3	60.0
无锡	13	0	6	3	2	2	6	46.2
苏州	17	4	13	0	0	0	17	100.0
南通	15	0	15	0	0	0	15	100.0
全省	102	9	69	15	4	5	78	76.5

化需氧量、高锰酸盐指数等。

入江支流中不达Ⅲ类的进出水量较大的河道主要有11条,2020年入江水量达31.1亿 m^3 ,其中劣V类并按水量从大到小排序,主要有:九圩港、六圩港、泗源沟闸,V类主要有老夏港、芦埠港。沿江水质类别不达Ⅲ类主要入江河道水量见表2。

3 调水分析

3.1 南(江)水北调水量分析

江都水利枢纽是江水北调起点和南水北调东线源头工程。近年来,我省一般按国家南水北调办要求,在每年1—4月,11、12月分期向南四湖调水。

表2 沿江水质类别不达Ⅲ类主要入江河道水量统计

序号	地市	口门名称	河流名称	综合水质类别	入江水量/亿 m^3
1	泰州市	下九圩港闸	九圩港(靖江)	劣V	2.0
2	泰州市	六圩港	六圩港(泰兴)	劣V	0.7
3	扬州市	泗源沟闸	仪扬运河	劣V	0.6
4	无锡市	定波闸	锡澄运河	劣V	0.1
5	无锡市	夏港闸	老夏港	V	0.9
6	无锡市	芦埠港闸	芦埠港	V	0.4
7	无锡市	新沟河	新沟河	Ⅳ	13.8
8	扬州市	瓜洲闸	古运河(邗江)	Ⅳ	5.7
9	镇江市	谏壁闸	古运河(京口)	Ⅳ	2.9
10	泰州市	下九圩港闸	九圩港(泰兴)	Ⅳ	2.0
11	无锡市	新夏港闸	新夏港	Ⅳ	2.0

每年5—10月,江苏省一般进行江水北调,主要满足苏中、苏北地区农业灌溉用水和城乡生活用水之需。

2020年与往年相似,1—4月、11月、12月为南水北调期,主要向南四湖调水。5月、6月前后为江水北调期,主要满足扬州、淮安等地区的农业灌溉用水。7—9月为江苏省农业灌溉用水高峰期。

2020年,江都抽水站全年北调水量为35.1亿 m^3 ,其中5月调水量最大,达10.5亿,7—10月无调水,其中淮阴抽水站抽水9.5亿 m^3 ,洪泽抽水站抽水10.6亿 m^3 。

2020年南(江)水北调共调水45.9亿 m^3 (含南水北调宝应抽水站),其中分淮入沂水量89.5亿 m^3 (不考虑杨庄闸部分回到淮河水系部分水量),南水北调向山东调水6.4亿 m^3 。2020年江水北调逐月调水量见表3。

2020年6月中旬前淮河流域持续干旱少雨,上游基本无来水,洪泽湖水位持续下降,6月16日洪泽湖蒋坝水位低至11.63 m,低于旱限水位0.17 m,因此4、5、6月加大了调引江水,6月中旬后梅雨期开始,淮河流域出现较大洪水,淮水丰沛,通过里运河南下的淮水,不仅完全满足期间两岸工农业、生活

用水之需,而且还有不少通过里运河入江。

洪泽湖三河闸闸上水位6月23水位上涨到12.41 m,接近于汛限水位12.50 m,三河闸开闸放水,8月初前后降水量加大,三河闸也加大出湖流量8月11日,达最大,为7 950 m^3/s ,水位快速下降至8月21日12.00 m,随着出湖水量的降低及降水量的减少,水位慢慢抬高,9月7日到13.22 m,洪泽湖全年最高水位未达警戒水位,具体关系变化见图2。

三河闸共排311.3亿 m^3 ,万福闸、太平闸、金湾闸共入江为317.5亿 m^3 ,基本全部通过三闸入江,10月底水位12.73 m。

汛前虽然大力调引长江水,但水位仍低于旱限水位,用水供需矛盾特出,汛期因降水量比多年平均超过20%以上,三河闸入江水量达300多亿 m^3 ,洪泽湖水位快速下降,水位并未超警戒水位。随着淮河入海水道、洪泽湖大堤除险加固、淮河入江水道整治、分淮入沂加固等一批重大项目工程的相继建成,洪泽湖入江入海设计泄洪能力已提高到1.83万 m^3/s ,同时因水利枢纽工程信息化、自动化程度以及中长期天气预测准确率的大幅提高,防洪保安联合调度能力也有了质的提升,可在主汛期快结束时,

表3 2020年南(江)水北调逐月调水量统计													单位:亿 m ³
站名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合计
江都抽水站	6.4	0.7	1.9	4.7	10.5	6.5	0	0	0	0	2.2	2.2	35.1
泾河断面	2.1	0.0	0.1	0.8	3.9	0.5	0	0	0	0	0.3	0.6	8.3
洪泽抽水站	1.5	0.9	2.3	1.5	2.2	1.6	0	0	0	0	0	0.6	10.6
宝应抽水站	1.5	0.9	2.6	1.7	2.2	1.2	0	0	0	0	0	0.6	10.7
二河闸	1.2	3.8	4.4	5.2	2.8	6.6	10.6	16.9	11.3	7.0	6.1	4.1	80.0
淮阴三站	4.0	0	0	0.9	4.6	2.0	0	0	0	0	0	0	9.5
台儿庄抽水站	1.2	0.9	1.8	2.1	0	0	0	0	0	0	0	0.4	6.4
分淮入沂	5.2	3.8	4.4	6.1	7.4	8.6	10.6	16.9	11.3	7.0	6.1	4.1	89.5
南(江)水北调	7.9	1.6	4.5	6.4	12.7	7.7	0	0	0	0	2.2	2.8	45.9

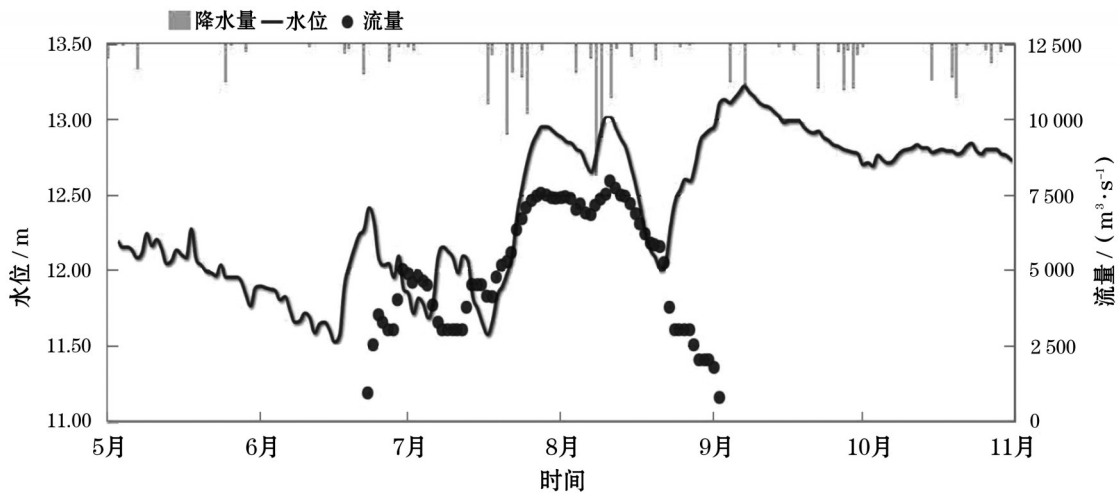


图2 2020年洪泽湖降雨流量水位变化关系

减少入江水量,将蓄水位保到13.0~13.5 m,将增加蓄水10亿~20亿 m³,统筹防洪、用水、蓄水等各方面需求,进一步调整洪泽湖汛限水位,在确保防汛安全的前提下,及时建立洪泽湖汛限水位动态调整机制,增强水资源统筹调度保障能力,减少来年的干旱带来的损失。

3.2 江水东引水量分析

江水东引工程是解决江苏省东部沿海地区水源的主要供水工程。供水范围包括原江水东引灌区的里下河腹部圩区、斗北垦区、斗南垦区和渠北东部地区、沂南响水地区,以及原属江水北调灌区的沿运沿总渠自灌区中地面高程25 m以下划入腹部供水的提水灌区,现状供水总面积2.04万 km²,耕地106.67多hm²。此外,根据通榆河北延工程规划,还将通过本区相继相机补水给连云港东部沿海地区。由于供水区内地面高程大部分低于5 m,本区主要依靠自流引江供水,在长江潮位低时,由高港泵站提水补给。

江都东闸为江水东引(北送)的起点,泰州引江河为流域性河道,引长江水跨流域向淮河流域里下河地区调水,常年调水量主要受引江河引水能力及下游输水河道过水能力影响,引江河二期工程竣工后,引水量明显增加。

2020年江苏江水东引水量为81.3亿 m³,入沂沭泗水量为3.14亿 m³,其中江都东闸引水量为37.8亿 m³,高港闸引水量为53.4亿 m³,宝应抽出站抽水10.7亿 m³,其中,4月引水量最大,共引达12.0亿 m³,入废黄河大套抽水站抽水3.14亿 m³,江水东引水量及其分布见表4。

3.3 引江济太水量分析

望虞闸(常熟水利枢纽)工程主要任务为排洪、除涝、引水和航运:遇1954年型洪水,可承泄太湖洪水23.10亿 m³,兼排澄锡虞地区部分涝水;遇1971年旱情时,可引入长江水量28.00亿 m³。

2020年望虞闸引江6.16亿 m³,入太湖水量为2.41亿 m³,其中5月入太湖最多,为0.53亿 m³,入湖

表4 江水东引逐月水量统计

单位:亿 m³

站名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合计
江都东闸(闸下)	1.4	1.8	4.5	5.6	5.3	3.2	0	3.6	3.3	3.0	3.2	2.9	37.7
宝应抽水站	1.5	0.9	2.6	1.7	2.2	1.2	0	0	0	0	0	0.6	10.7
高港闸	1.7	2.9	4.6	5.7	5.5	4.7	0.8	3.8	2.6	3.5	2.9	3.1	41.9
高港闸抽水站	0.59	0	0	0	0	0.03	0	0	0	0	0	0.14	0.76
高港闸底层流道	0.7	1.1	1.9	2.4	2.2	1.4	0	0.8	0.7	0	0	0.4	11.6
大套三站	0.28	0	0.04	0.28	0.80	1.39	0.36	0	0	0	0	0	3.14
江水东引	2.89	4.9	8.4	12.0	10.8	8.13	0.8	8.2	6.6	6.5	6.1	5.94	81.3

水量占引水量的39.1%,湖西及湖区产流量为49.2亿 m³,太浦河累计出湖50.5亿 m³;望虞闸排江29.0亿 m³,其中7月排江最多,望虞闸排江9.88亿 m³,太浦闸排水15.9亿 m³。

2020年太湖流域平均降水量1 437.6 mm,比多年平均增加26.9%,太湖水位最高达4.79 m,超警戒水位0.99 m,超保0.14 m,6、7月份降雨均超300 mm,但主汛期8月底水位仅3.50 m,后水位持续下降,年底水位仅为2.98 m,低于年初水位0.14 m,太湖全年蓄水量减少3.4亿 m³,可见太湖降雨强度大、超警戒超保水位时间长,但年末蓄水量偏少,年际调蓄能力有限。

4 结 语

江苏省沿江口门多年沿江引水总体呈增长趋势,年增长率约12亿 m³,全省引水量5月最大,排水量7月、8月最大。近年来沿江各市的沿江口门引排水量变化主要是由于年降水量过程的波动所造成的,其次,沿江各市为改善区域水环境,优化了调度方案,从而造成了各市沿江口门年际引排水量过程的波动。

2020年南(江)水北调共调水45.9亿 m³,分淮入沂水量89.5亿 m³,南水北调向山东调水6.4亿 m³。2020年江苏江水东引水量为81.3亿 m³,入沂沭泗水量为3.14亿 m³。2020年望虞闸引江6.16亿 m³,入太湖水量为2.41亿 m³。

2020年洪泽湖三河闸共排水311.3亿 m³,万福闸、太平闸、金湾闸共入江为317.5亿 m³,10月底洪泽湖水位12.73 m,淮河流域汛前虽然大力调引长江水,但洪泽湖水位仍低旱限水位,用水供需矛盾突出,汛期因降水量比多年平均超过20%以上,三河闸入江水量达300多亿 m³,洪泽湖水位快速下降,水位全年并未超警戒水位。

目前江苏水利枢纽工程信息化、自动化程度以及中长期天气预测准确率已大幅提高,防洪保安联合调度能力也有了质的提升,可在后汛期减少入江水量。如,洪泽湖可将汛后蓄水位保到13.0~13.5 m,将可增加蓄水10亿~20亿 m³。太湖后汛期可减少排江水量,增加蓄水,维持太湖合理水位,延长水体流动的时间,促进水体循环,提高太湖流域水环境容量。

2020年102条入江河道综合水质类别达到Ⅲ类水河道占76.5%,入江河道中Ⅴ类、劣Ⅴ类的有9条,2020年不达Ⅲ类的入江水量达31.1亿 m³,可进一步根据沿江八市经济、人口等因素,确定并管控沿江各省辖市的Ⅴ类水以上的污水排放量,形成省市联动的长江生态环境保护协调机制,共同推动长江大保护。

综合以上分析可知,江苏省虽然长江来水较多,但由于降水与来水的时空分布不均,加之地势平坦,调蓄容量有限,在用水高峰期的月份仍缺水较多,另一方面,近些年为改善水质,沿江引水总量逐年增加,应融合生产、生活、生态取用水数据或分析成果,做到精准监测、精准调度。工程调度要统筹防洪、用水、蓄水等各方面需求,进一步调整汛限水位,在确保防汛安全的前提下,及时建立汛限水位动态调整机制,增强水资源统筹调度保障能力。

参考文献:

- [1] 万晓凌,董家根,陆小明,等.江苏省外来水量特性分析[J].水文,2006,26(Sup1):55-57.
- [2] 万晓凌,董家根,陆小明,等.我省引长江水量分析[J].江苏水利,2011(12):29-33
- [3] 仲兆林.常州沿江感潮河道水文站水位流量关系定线分析[J].广东水电,2009:33-35
- [4] 查红,黄宏家,余家旺,等.射阳河闸(闸上游)水文站流量间测可行性分析[J].江苏水利,2020(7):2-47.