

南水北调东线江苏段工程水量调配规律分析

方国华,周冰逸,闻 昕,郑 旺

(河海大学水利水电学院,江苏 南京 210098)

摘要:江苏省南水北调东线工程承担外调出省、苏北和苏中等地的供水任务,兼具防洪除涝、调水、航运等多种功能。江苏省水资源来源复杂,配置目标多样,加之省内与省外、区域与流域的多目标用水竞争与协同关系,多重矛盾因素在各时空尺度上呈现复杂的耦合关系。简要介绍江苏省水系自然概况及南水北调东线工程概况,统计整理各受水区进出口门泵站、闸站水量变化情况,分析总结省内的水量调配规律,对提高省内水源区和受水区的水资源供给与保障能力,提升南水北调东线江苏段工程运行综合效益具有重要意义。

关键词:南水北调;水量调配;水资源

中图分类号:TV213

文献标识码:A

文章编号:1007-7839(2022)04-0018-0004

Analysis on water quantity allocation law of The Eastern Route of the South-to-North Water Diversion Project in Jiangsu Section

FANG Guohua,ZHOU Bingyi,WEN Xin,ZHENG Wang

(College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: The Eastern Route of the South-to-North Water Diversion Project in Jiangsu Province undertakes the water supply tasks of the out-of-province provinces, northern Jiangsu and central Jiangsu. The water resources in Jiangsu Province are complex, and the allocation targets are diverse. The contradictory factors present a complex coupling relationship on various temporal and spatial scales. This paper briefly introduces the natural situation of the water system in Jiangsu Province and the eastern route of the South-to-North Water Diversion Project, collects statistics on the changes in the water volume of the pumping stations and gate stations at the entrances and exits of the water receiving areas, analyzes and summarizes the water allocation rules in the province, and helps improve the water source areas and receiving areas in the province. It is of great significance to improve the comprehensive benefits of the operation of the Jiangsu section of the eastern route of the South-to-North Water Diversion Project for the water resources supply and guarantee capacity of the water area.

Key words: the South-to-North Water Diversion Project; water allocation; water resources

1 概 述

江苏地处长江、淮河流域下游,共有长江、太湖、淮河、沂沭泗四大水系,河渠交叉,河湖相通。为缓解地区缺水状况,合理配置水资源,从20世纪50年代开始,先后提出“淮水北调,分淮入沂”和“引

江济淮,江水北调”的跨流域调水计划^[1]。以长江水补充淮沂沭泗水水量之不足和协调来水与需水在时空分布上的矛盾,为苏北地区工农业生产、城市生活、航运和生态提供水源,并承担苏北地区部分泄洪排涝任务。

同时,江苏作为南水北调东线一期工程的起

收稿日期:2022-01-17

基金项目:江苏省水利科技项目(2020005)

作者简介:方国华(1964—),女,教授,博士,主要从事水资源规划及利用、水利工程优化调度研究。E-mail:hhufgh@126.com

点,东线工程是在江水北调工程基础上扩大规模和向北延伸,形成了以运河线为主、运西线为辅的双线输水格局。自通水以来,江苏省协调工程调度运行、供水管理、水质保障等各方面工作,圆满完成了南水北调东线一期工程的运行任务,实现了水质和水量的双达标,有效改善了北方地区水资源短缺的局面,同时也为江苏防洪、抗旱、排涝、航运等发挥了积极作用。

随着长江大保护、长三角一体化发展、黄河流域高质量发展以及生态文明建设等一系列国家战略的推进和实施,对南水北调东线江苏段工程系统工程效益发挥和水资源保障提出了更新和更高的要求。

首先,自2013年南水北调东线工程通水以来,江苏省经历了丰水年、平水年、枯水年、特枯年等不同来水组合类型,成功应对了旱情、汛情等各类复杂工况,在水源和线路选择、湖泊运用、泵站调度、各类工程之间的配合等方面形成了一套成功的调度运行经验,同时也存在值得分析总结的问题^[2-3]。再者,省内外的水资源供需条件和要求也在发生变化。随着社会经济的发展,省内以及北方省市对水资源质和量的保障程度要求进一步提高^[4],同时自然气候的变化也导致上游和本地来水情况发生变化。另外,近年来省内受水区用水结构也在逐渐发生变化,传统农作物用水量呈减少趋势,经济作物用水量呈上升趋势,而城市用水、绿化用水、环境用水等也在持续增加。

本文结合南水北调东线江苏段工程的泵站、闸站的进出水量数据、南水北调抗旱调度数据、自然降水数据,进行受水区划分,确定区域进出口门,统计整理各受水区不同典型年的进出水量,分析主要泵站的运行情况,以此理清江苏省系统水量调配规律,为苏北、苏中地区水资源科学调度运行提供科学支持,这对于进一步提高省内相关地区水资源供给和保障能力,提升工程体系联合运行综合效益具有重要的理论意义和实践价值。

2 南水北调东线工程江苏段自然情况

南水北调东线工程江苏段地处淮河流域下游的苏北地区,地跨亚热带和暖温带,南起江都水利枢纽,北与山东省接壤,西与安徽省交界,东南至里下河地区西、北边缘(2.5 m高程线以上),东北部直至黄海之滨,主要分布于京杭运河苏北段两侧。受水区包括淮安、宿迁、徐州、连云港市的所有辖区,

扬州市江都、高邮、宝应县(市)、盐城市等。

2.1 河流水系

南水北调东线江苏段工程包括里运河、中运河、金宝航道、徐洪河等众多河道。江苏河流水系分属长江、淮河两大流域。共有长江、太湖、淮河、沂沭泗四大水系。通扬运河及仪六丘陵山区以南属长江水系,通扬运河及仪六丘陵山区以北,属淮河下游水系,其中废黄河以北属于沂沭泗水系。全省大部分河道水系互相沟通,其中京杭大运河自北向南纵贯全省,沟通了微山湖、骆马湖、洪泽湖、高宝湖、邵伯湖和太湖六大湖泊,成为我省跨流域调水的骨干河道。

淮河发源于河南桐柏山,东流经豫、皖、苏,主流从三江营泄入长江。江苏省淮河水系主要位于淮河下游,范围为废黄河以南,东临黄海,南以江淮分水岭、老通扬公路、如泰运河与长江流域分界,包括洪泽湖周边及入湖段淮河干流沿岸。

沂沭泗河发源于沂蒙山区,由沂河、沭河和泗河组成。江苏省位于沂沭泗水系下游,为废黄河以北,东临黄海,西北及北部分别与安徽、山东接壤。全流域来水全部由江苏省出海,一部分南下经南四湖,流入骆马湖经新沂河至灌河口并港入海;另一部分洪水东调经分沂入沭至大官庄,再由石梁河水库泄入新沭河至临洪口入海。

江苏境内长江干流全长433 km,流经沿江南京、镇江、扬州、泰州、常州、无锡、苏州、南通8市3个主城区(南京、镇江、南通)和部分郊区及8市所属的沿江21个县(市)。从上至下分为5个河段,南京河段从苏皖交界处和尚港到三江口,镇扬河段从三江口至五峰山,扬中河段从五峰山至鹅鼻咀,澄通河段从鹅鼻咀至徐六泾,河口段北支从徐六泾至启东寅阳咀,南支从徐六泾至浏河口南苏沪交界处。

2.2 湖泊

南水北调江苏段工程输水沿线分布有众多天然湖泊,自江都站起由南向北起依次连接洪泽湖、骆马湖、南四湖。

洪泽湖位于淮河下游,苏北平原中部西侧(东经118°10′~118°52′,北纬33°06′~33°40′),是工程中的核心调蓄湖泊,其水域面积随水位波动较大,对水量调度运行起重要作用。骆马湖位于淮河中游,江苏省洪泽区西部(东经118°04′~118°18′,北纬34°00′~34°11′),同样是工程中的调蓄湖泊,在工程调水任务中起着承上启下的枢纽作用。

南四湖、宝应湖等大小湖泊也是江苏省江水北

调、东引工程与南水北调东线一期工程系统的重要组成部分,在防洪、排涝、调水、航运等方面发挥重要的作用。

3 南水北调东线工程江苏段系统概化

南水北调东线工程江苏段地跨长江、淮河两大流域。受水区内京杭运河纵贯南北,联系长江、淮河、沂沭泗三大水系。江苏段输水干线总长404 km,自长江下游干流提水,利用京杭大运河以及与其平行的河道输水,连通洪泽湖、骆马湖、南四湖三大调蓄湖泊,总调蓄库容45.25亿 m^3 。江苏境内共分为三大段,每段设立3个泵站。工程沿线共涉及扬州、淮安、盐城、宿迁、连云港、徐州6座城市,包含江都站等18座泵站,同时,调水工程与多条骨干河道贯通相连,形成由运西线、运河线组成的双线输水系统。整个工程系统供水范围涉及江苏、安徽、山东3省,补充输水沿线地区的农业、工业、生活用水,以及航运和生态用水,主要承担了省外调水、省内抗旱、参与区域排涝以及应急调水的运行任务。工程具有规模大、泵型多、扬程低、流量大、年利用小时数高等特点。

本文分析江苏省江水北调、东引工程与南水北调东线一期工程系统的主要组成单元要素,分析各单元的水力特性,解析各受水区与供水水源,输水线路的空间关系,对调水工程及受水区进行研究。

3.1 山东受水区

山东受水区通过台儿庄断面、蔺家坝断面接受南水北调东线一期江苏段工程的抽调水量,本区主要水源主要为淮水、沂沭泗水、江水以及调水期间江苏省内降水产生径流通过沿线支流汇入南水北调东线系统的水量。

3.2 江水主供水区

江水主供水区包括里运河以东,总渠以南,新通扬运河以北,东抵海滨的地区,该地区水源补给视淮水丰枯而异。江水补给由抽江和自流引江两部分组成。

3.3 洪泽湖及其周边地区

洪泽湖是接纳和调节淮水的重要水源地,在全系统防洪和供水调节中起着重大作用。其主要泄水口门包括:从三河闸泄洪入长江,从高良涧闸泄水入灌溉总渠及里运河,从二河闸泄水经二河分别进入废黄河、盐河和淮沭新河。

3.4 淮水主供水区(沂南、沂北用水区)

淮水主供水区是指总渠以北,中运河以东,新

沭河以南,东濒黄海的广大地区,淮水是本区的主要水源。

3.5 骆马湖及沂水主要供水区(徐州地区用水区)

骆马湖主要接受和调节沂河来水,每年接纳沂水情况视沂水丰枯而定。骆马湖主要供徐州市工农业用水,兼顾中运河航运用水。

4 不同典型年水量调配规律分析

结合现有南水北调泵站、水闸实测资料,选取丰水年(2019—2020年)、平水年(2017—2018年)、枯水年(2018—2019年)对江苏省内南水北调东线工程年内的调水量、调水时间等具体调度情况及特点进行分析,讨论各受水区的水量变化数据,得到江苏省内南水北调东线工程的水量变化情况。

4.1 丰水年运行调度分析

根据《2020年江苏省水资源公报》,2019—2020年全省年降水量1236.0 mm,折合降水总量1268.8亿 m^3 ,比2019年增加54.7%,比多年平均偏多22.8%,属丰水年份。

从整体来看,进水量主要集中于7月、8月,月最大进水量为49.245亿 m^3 ;出水量主要集中于7月、8月,月最大出水量261.228亿 m^3 。进水量主要集中于二河—淮阴受水区,年均进水量6.689亿 m^3 ;出水量主要集中于洪泽湖周边,年均出水量达到35.776亿 m^3 。

分析里运河受水区的水量变化情况,里运河受水区2020年进水量共20.587亿 m^3 ,主要集中在1月、7月、8月、9月,其余月份抽水较少或未抽水。其中,江都站未抽水,宝应站2—5月共抽水7.966亿 m^3 ,南运西闸7—11月共抽水4.542亿 m^3 ,北运西闸抽水7.305亿 m^3 。

分析洪泽湖周边水量变化情况,洪泽站2020年共抽水7.409亿 m^3 。洪泽湖周边2020年出水量共429.309亿 m^3 ,主要集中在6—9月,其中三河闸6—9月泄水共287.358亿 m^3 ,说明来水较多,在保证供水的前提下仍有多余水量需进行下泄。

台儿庄站作为南水北调东线一期工程省外调水的边界,其抽水量代表着省外调水量的多少,即不牢河—微山湖受水区的进水量,在2019—2020年进水量共52.051亿 m^3 ,主要分为2个阶段,1—4月和12月。

4.2 平水年运行调度分析

根据《2018年江苏省水资源公报》显示,2017—2018年度全省年降水量1088.1 mm,折合降水总量1109.2亿 m^3 ,比上年多8.1%,比多年平均多9.3%,

表1 水量变化情况

区域	2017—2018年		2018—2019年		2019—2020年	
	进水量/亿 m ³	出水量/亿 m ³	进水量/亿 m ³	出水量/亿 m ³	进水量/亿 m ³	出水量/亿 m ³
里运河受水区	9.712	0.000	12.531	10.568	25.788	19.171
高良涧-淮安受水区	70.400	29.624	10.186	2.923	37.494	17.144
灌溉总渠受水区	29.624	0.000	2.613	0.000	15.986	0.084
二河-淮阴受水区	138.563	86.297	74.777	37.190	68.218	46.812
废黄河受水区	4.769	0.000	0.010	0.000	4.063	0.000
盐河受水区	10.331	0.000	2.208	0.000	2.209	0.000
洪泽湖周边	0.000	388.288	8.583	96.330	16.371	416.486
淮沐河受水区	69.146	0.000	34.972	0.000	40.698	3.001
三河受水区	0.000	0.000	9.577	10.274	16.371	18.940
骆马湖周边	0.000	23.385	0.000	4.634	0.000	77.821
泗-皂受水区	2.049	0.000	0.591	0.000	1.227	0.101
泗-睢受水区	9.251	12.966	43.579	4.417	7.926	5.310
睢-邳受水区	12.966	11.682	9.564	8.258	7.941	5.942
不牢河-微山湖受水区	2.221	0.000	4.634	0.000	52.051	0.000
金宝航道受水区	0.000	9.552	10.274	12.829	15.717	33.409
总计	359.033	561.792	224.100	187.424	312.060	644.819

属平水年份。

总体来看,进、出水量主要集中于5—8月,月最大进水量 64.050 亿 m³,月最大出水量 126.410 亿 m³。进水量主要集中于二河-淮阴受水区,出水量主要集中于洪泽湖周边。洪泽湖分别由二河闸、高良涧闸和泗洪站向长江、二河-淮阴受水区、高良涧-淮安受水区、泗-睢受水区输水,多余水量由三河闸向长江泄水。

长江作为南水北调东线工程的主要水源,在缺水时主要通过抽江完成供水任务,主要抽水线路有江都站所在的运河线和宝应站所在的运西线,江都站和宝应站为直接的抽水泵站,故里运河受水区中江都站和宝应站的进水量能够直接反映具体的抽江情况。分析里运河受水区的水量变化情况,2018年进水量较少,共 9.712 亿 m³。

洪泽湖作为除长江外的主要水源,在来水较多的情况时通过抽取洪泽湖水,利用湖泊之间的调蓄能力进行调水。分析洪泽湖周边的水量变化情况,洪泽湖的出水口较多,有三河闸、二河闸、高良涧闸、泗洪站,其中三河闸在洪泽湖水量过多时向长江泄放多余水量,其余 3 个出水口分别向二河-淮阴受水区、高良涧-淮安受水区、泗-睢受水区输水。2018 年洪泽湖出水量很多,年内共出水 388.288 亿 m³,洪泽站出水主要集中在 5—8 月。

4.3 枯水年运行调度分析

由《2019 年江苏省水资源公报》可知,2018—2019 年度全省年降水量 798.5 mm,折合降水总量 814.0 亿 m³,比上年少 26.6%,比多年平均少 19.8%,属枯水年份。

2019 年各月进出水量中,7 月进水量占据了极大的比重,月最大进水量为 60.763 亿 m³;而出水量各月较为平均,月最大出水量为 26.645 亿 m³,各受水区的进出水量差异较大。

分析里运河受水区的水量变化情况,2019 年里运河受水区年平均进水量为 1.044 亿 m³,进水总量为 12.531 亿 m³,主要集中在 7 月,其余月份抽水较少或未抽水。里运河受水区 2019 年主要通过使用宝应站抽水的方式获取水源,共抽水 17.158 亿 m³,占了极大的比重。里运河受水区出水量与进水量相接近,为 10.568 亿 m³。

分析洪泽湖周边的水量变化情况,2019 年洪泽湖周边进水总量为 8.583 亿 m³,较上一年有所增加。2019 年洪泽湖周边出水量远高于其他受水区,共出水 96.330 亿 m³,其中 6 月出水最多,主要通过二河闸进行泄水。

4.4 南水北调东线工程江苏段水量调配规律

枯水年(2018—2019 年)时,各区域进、出水量

(下转第 50 页)

结合探测结果,对该段堤防针对性地采用了高压旋喷桩和压密灌浆双重防渗处理。

2.4 堤防消险后雷达结果

由堤防消险后探地雷达探测剖面图像可知,显示消险后的堤防电磁波在土体中传播时能量均匀衰减,雷达波同相轴连续性总体良好,波形、波向和振幅一致性均较好,表明消险后堤防的连续性总体良好,未见明显的不密实区域存在,说明消险后的堤防堤身土体的均匀性变好,堤身结构层土体密实性增强。

3 结 语

通过综合物探法的应用比较,本工程发现不同物探方法在解决不同问题的能力 & 优势^[3]。本次南京市秦淮河渗水段,采用了低频探地雷达和瑞雷面波法相结合的综合物探方法进行探测,以探地雷达法作为本次堤防隐患探测的主要物探方法,其探测效果好,反映的地层结构信息和土体异常更准确,不仅能反映出土体异常的性质,而且能

对异常的形态和规模进行量化^[4]。然后再以瑞雷面波法进行验证,查明了堤防土地内部的异常性质,主要为堤防堤身内杂填土和素填土层局部不密实、孔隙率高,局部堤身大面积富水,并圈定了异常的位置和范围,为堤防消险工程的实施提供了有力的依据,消险后通过探地雷达对堤防检测验证消险工程实施的效果。

参考文献:

- [1] 贾海磊,李军,郝洁.综合物探法在城市堤防渗漏隐患探测中的应用[J].中国水能及电气化,2018(11):61-66.
- [2] 王桂福,刘新文.瑞雷面波在基础强夯效果检测中的应用[J].人民长江,2009(15):36-38.
- [3] 赵志宏,邢庆祝.综合物探技术在水库堤防渗漏通道探测中的应用[J].矿产勘查,2011,5(3):322-324.
- [4] 翟铎,黄小祥,王颖聪,等.探地雷达技术在马汉河堤防隐患探查中的应用[J].黑龙江水利,2015(11):43-48.

(上接第21页)

均较低,主要通过从长江抽水以保证洪泽湖的蓄水量及下游地区的用水要求;平水年(2017—2018年)时,主要利用洪泽湖供水至各受水区,在洪泽湖水量较少时需要通过长江抽水进行补给;丰水年(2019—2020年)时,通过洪泽湖、骆马湖之间的调蓄作用进行供水,当洪泽湖水量到达饱和时,多余水量主要通过三河闸经淮河入江水道向长江进行泄放。

从洪泽湖、长江两大主要水源分析,洪泽湖周边在枯水年的进、出水量相比于平水年、丰水年时要高,出水量相对较少,其利用洪泽站抽调来更多的长江水,以保证湖泊自身水位在死水位以上。在2020年丰水年份,洪泽湖来水较多,在向受水区供水后仍然处在较高水位,由三河闸向长江泄放多余水量,以保证洪泽湖的水位在防汛限制水位以下。里运河受水区的进水量丰水年多于枯水年,原因是丰水年时洪泽湖通过南运西闸和北运西闸向里运河受水区泄放了较多水量,由江都站和宝应站从长江抽水量较少,而枯水年时主要是南运西闸和北运西闸泄水量较少。

5 结 语

南水北调东线江苏段工程承担外调出省、苏北

和苏中等地供水等多重任务,兼具防洪除涝、调水、航运等多种功能。本文分析了江苏省内各受水区的水量调配情况,能够直接反映泵站抽水情况、水流走向情况,通过进出水量差值间接反映水量损失情况和各受水区的用水情况,并通过分析里运河受水区、洪泽湖周边的主要泵站的水量变化数据得到不同典型年的来水规律所对应抽水情况,对于实现长江、淮河、沂沭泗等不同类别水源的互济互调,提升工程调度科学化和精细化水平具有重要意义,为工程运行阶段的调度决策提供科学参考和有效帮助。

参考文献:

- [1] 唐劲松,罗小青,徐旭.科学管理洪水提高沂沭泗防洪管理水平[J].中国水利,2005(3):48-50.
- [2] 鲍建腾,孙勇,黄芳.做好新时期江苏水利调度工作的思考[J].江苏水利,2020(4):58-62.
- [3] 滕海波,刘志芳,冯凯.南水北调东线一期工程供水目标实现存在的问题与对策研究[J].项目管理技术,2021,19(9):142-146.
- [4] 李国英.推动新阶段水利高质量发展 为全面建设社会主义现代化国家提供水安全保障[J].中国水利,2021(16):1-5.