

南水北调东线江苏段工程 供水成本核算研究

周晨露¹, 周冰逸², 方国华², 李鑫², 曾轶²

(1. 南水北调东线江苏水源有限责任公司, 江苏南京 210005; 2. 河海大学水利水电学院, 江苏南京 210098)

摘要: 围绕南水北调东线江苏段工程, 基于规划与实际调水量、淮水利用比例、泵站开机等基本情况, 探讨工程最新成本构成与核算方法, 核算南水北调东线江苏段工程供水成本。通过分析各项费用、各个区段在单方水总成本中的占比, 明晰供水成本结构特征, 并对最易影响固定成本与可变成本变化的费用进行了敏感性分析, 为相关供水成本体系研究提供参考。

关键词: 南水北调东线; 江苏段; 供水成本

中图分类号: TV675

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(2025)01-0001-0005

Research on water supply cost accounting of the Jiangsu Section of the Eastern Route of the South-to-North Water Diversion Project

ZHOU Chenlu¹, ZHOU Bingyi², FANG Guohua², LI Xin², ZENG Yuan²

(1. The Eastern Route of South-to-North Water Diversion Jiangsu Water Resource Co., Ltd., Nanjing 210005, China; 2. College of water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Focusing on Jiangsu Section of the Eastern Route of the South-to-North Water Diversion Project, based on the basic situations such as the planned and actual water diversion volumes, the proportion of Huai River water utilization, and the operation of pumping stations, this paper explores the latest cost composition and accounting methods of the project, and calculates the water supply cost of the south-to-north water diversion project in Jiangsu Section. By analyzing the proportions of various expenses and different sections in the total cost per unit of water, the structural characteristics of the water supply cost are clarified. Moreover, a sensitivity analysis is conducted on the expenses that are most likely to affect the changes of fixed costs and variable costs, so as to provide references for the research on the relevant water supply cost systems.

Key words: the Eastern Route of the South-to-North Water Diversion Project; Jiangsu Section; water supply cost

1 概述

南水北调东线工程从长江下游引水, 以运河线、运西线为主要输水干线, 连接调蓄湖泊, 运用泵站逐级提水北送。江苏段工程同时作为东线工程

的水源地和受水区, 有丰富的水资源和复杂的泵站系统, 其供水成本的合理控制和有效管理, 对于确保东线工程长期稳定运行、实现水资源的优化配置和促进区域协调发展起着至关重要的作用。2022年, 《水利工程供水定价成本监审办法》发布, 明确了水

收稿日期: 2024-10-21

作者简介: 周晨露(1986—), 女, 高级工程师, 硕士, 研究方向为水利工程运行管理。E-mail: 513878841@qq.com

通信作者: 方国华(1964—), 女, 教授, 博士, 研究方向为水利规划与水利经济、工程管理等。E-mail: hhufgh@163.com

利工程供水定价成本监审的程序及核定原则,进一步清晰界定了供水成本范围,保证了成本监审过程的合理性。东线工程功能的多样性、工程新老资产重叠、干线工程与关联工程并存等特性,决定了南水北调东线工程供水成本核算的复杂性^[1]。供水成本受众多因素的影响^[2-3],如随着工程的年际变化,平均供水成本也发生变化,工程建设资金的拨款和贷款比例、建设期、还贷期等同样影响供水成本。目前,工程对规划设计阶段与初期运行阶段的供水成本核算与分摊研究较为广泛,但对于工程稳定运行阶段的供水成本核算缺乏系统研究^[4]。

本文结合工程实际调水运行数据、泵站抽水数据、固定资产数据等,探讨南水北调东线工程江苏段供水成本的构成要素及核算方法,核算工程单方水供水成本,并对核算结果进行分项分析与敏感性分析,剖析各区段、各分项成本对供水总成本的具体影响情况。

2 江苏段工程基本运行情况

2.1 计划与实际调水量情况

南水北调东线工程水量调度是典型的多水源、多用户的复杂调水系统^[5],随着新时代生产、生活方式的改变和供水范围内用水需求、工程条件的变化,南水北调东线工程的供水保障能力也需要不断提高^[6-8],合理调度可充分利用的水资源,避免因调水不足或过度调水造成的成本浪费,对控制工程整体调水成本起到积极作用。根据南水北调东线一期工程年度水量调度计划,统计整理了2019—2020年度、2020—2021年度、2021—2022年度、2022—2023年度、2023—2024年度的计划调水量和实际调水量情况。近5年南水北调东线江苏段工程向省外供水的调度时段为每年的9月至次年10月,实际调水量能够达到计划调水量标准,甚至超额完成。自2022年4月南水北调东线一期工程北延应急供水工程正式通水运行以来,2021—2022年度、2022—2023年度、2023—2024年度的计划调水量与实际调水量基本达标或超额。2023—2024年度北延应急工程实际调水量2.914亿 m^3 ,高于计划调水量2.610亿 m^3 。

2.2 淮水利用比例情况

在天然来水充足情况下,南水北调东线工程利用淮水进行调水可减少抽江的费用,合理的淮水利用比例有助于控制调水成本。2019—2020年度、2021—

2022年度和2022—2023年度淮水利用比例均为0%,调水工程主要依靠长江水源进行调度和供水。2020—2021年度和2023—2024年度江水和淮水的利用比例发生了变化,淮水利用比例分别占比48%和85%,相应年份调水工程均在不同程度上增加了淮水的利用比例,在这2个年度淮水成为了主要的供水来源,而江水的利用比例较低。南水北调东线江苏段工程的水源利用策略在不同年度发生了显著变化,其原因主要为2020—2021年度、2023—2024年度天然来水较为充足,调水过程中更多地利用了淮水,减少了调引江水的水量,进而减小了供水成本。

2.3 泵站开机运行情况

南水北调东线工程具有世界上规模最大、最复杂的大型泵站群^[9],其抽水需要消耗大量的电力,产生的抽水电费是引起调水运行成本变化的直接原因。近5年,南水北调东线江苏段工程泵站的抽水运行随着自然来水和需水量的情况呈现动态变化。从泵站间抽水量差异来看,宝应站、金湖站、泗洪站、泗洪站、睢宁二站、邳州站的抽水量较大,多年抽水量平均值均在4.5亿 m^3 以上,显著高于其他泵站,反映了运西线向省外调水的利用率较高。2021—2022年度未向省外供水,由于山东省该年度为丰水年,自然来水量较为充足,因此不需要从东线工程进行补充供水。2022—2023年度开始,由于增加了应急北延的供水,泵站抽水量情况有所变化,2022—2023年度泵站抽水量达到近5年峰值,为78.34亿 m^3 。从调水时间来看,不同年度的调度时段和累计运行天数有所不同。工程的调度时段在不同年份表现出连续、不连续、长短不一的情况。相对来讲,累计运行天数大的年份,泵站的总抽水量更大,2023—2024年度的调度运行天数比2019—2020年度多19d,但2019—2020年度的泵站总抽水量更大,可能由于2019年是枯水年,需要抽江进行调水,因此运西线上的宝应站、金湖站、洪泽站抽水量较大。此外,工程的调度时段安排也需要与工程的定期维护检修工作相协调,某些泵站或管道的扩展或改造工作,也可能导致调度时段调整或中断,调度时段的安排也会因此更为分散。

3 供水成本核算

江苏段工程供水总成本包括水资源费、固定资产折旧费、工程维护费、人员工资福利费、工程管理费、利息净支出、抽水电费和其他费用等,核算依据及取费标准参照《水利建设项目经济评价规范》

(SL72—2013)确定。

(1)固定资产折旧费。采用直线折旧法计算。折旧年限参照《水利建设项目经济评价规范》(SL72—2013),计算中采用的综合折旧率,泵站为2.6%,河道为2.0%,供电、通信设施和水情水质监测系统为5.0%。

(2)工程维护费。按固定资产额乘以维护费率测算,取费标准参照《水利建设项目经济评价规范》(SL72—2013)确定。现有河道工程的维护费按6.0万元/km测算。

(3)人员工资福利费。新增工程根据南水北调江苏水源公司本部和分公司实际人数确定,现有工程根据初步设计定员确定,按工资总额的62%计提人员工资福利费。委托管理费用按照合同来确定。

(5)工程管理费。按人员工资福利费的1.5倍计算。

(6)利息净支出。贷款采用等额还本,利率6.55%,贷款利息累计到建设期末开始按年等额支

付。建设期为9年,还贷期为16年。

(7)抽水电费。按下式计算:

$$E = \alpha \times H \times k \times W \div \eta \quad (1)$$

式中: α 为换算系数,取 2.722×10^{-3} ; H 为抽水平均扬程; k 为电价; W 为抽水量; η 为综合效率^[10]。本次核算采用供水单位提供的2019—2014年5个年度泵站向省外供水实际运行数据,各年度抽水量取加权平均得到泵站多年平均抽水量。

(8)其他费用。按工程维护费、人员工资福利费、工程管理费之和的5%计算。

计算供水总成本费用的基础上,首先将现有工程的成本按照供水目标分摊出南水北调增供水量服务的部分,新增工程全部计入成本。此后,将其除以该区段的净增供水量即为该区段的单方水供水成本。

南水北调东线江苏段工程供水成本计算结果见表1。

表1 南水北调东线江苏段供水成本

单位:元/m³

区段	固定资产折旧费	工程维护费	人员工资福利费	工程管理费	利息净支出	抽水电费	其他费用	总计
长江—洪泽湖	0.097	0.036	0.041	0.061	0.048	0.021	0.002	0.306
洪泽湖—骆马湖	0.181	0.084	0.069	0.104	0.085	0.062	0.006	0.591
骆马湖—下级湖	0.234	0.109	0.106	0.158	0.112	0.069	0.007	0.795
下级湖—上级湖	0.299	0.118	0.161	0.242	0.147	0.072	0.008	1.047

4 工程供水成本分项分析

根据南水北调东线江苏段工程中各区段的供水单方水成本费用进行分项分析,图1展示了4个区段的总成本费用和各项费用占比。可以看出,各区段供水成本随着向北输水距离的增长,区段的单方水成本费用在不断增加。从长江—洪泽湖段的成本0.306元/m³增加到下级湖—上级湖段的成本1.047元/m³,相差0.741元/m³。在各个区段中,各项费用的占比大致相似,固定资产折旧费在区段成本中占比较高,尤其在长江—洪泽湖区段中达到了31.54%的占比,工程维护费、人员工资福利费、工程管理费、利息净支出4项成本占区段总成本费用的比值相差不大,基本为10%~20%,其他费用的成本占比最低,基本处于0.5%~1%之间。抽水电费在各区段的成本有所不同,在长江—洪泽湖段的成本仅为0.021元/m³,占该区段总成本的6.73%,而在洪泽湖—骆马湖段的成本为0.062元/m³,占该区段总成

本的10.44%,下级湖—上级湖段的成本最高,达到0.072元/m³,占该区段总成本的6.92%。不同区段成本费用差异较大,这是因为成本费用分摊原则是,除最下游区段只为本区段供水目标服务外,其余区段都要同时为本区段和下游区段供水目标服务,需由受益区段依据折算水量的比例逐级向北分摊。此外,抽水电费的占比也和区段的受水区数量相

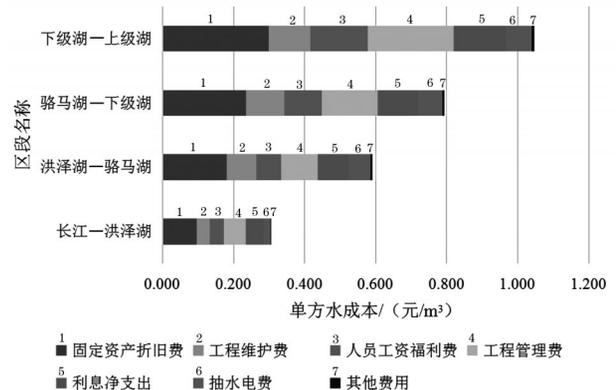


图1 南水北调东线江苏段各区段单方水成本费用构成

关,洪泽湖—骆马湖段的受水区最多,因此该区段抽水电费的占比较高。

图2展示了各项费用的总值及区段占比。从江苏境内全线成本构成来看,各项费用在总成本费用中占比不同。固定资产折旧费占比最大,约占总费用的29.59%,该项费用反映了工程建设中用于购置、建造和安装的长期资产的成本分摊,随着资产的投入使用和长期运行,折旧必然会成为每年的固定且较高的成本支出。其中,长江—洪泽湖段的固定资产折旧费最高,是因为这一段开辟了运西线进行输水,新增的工程项目较多。工程管理费和人员工资福利费也占据了较大的份额,分别为21%和14%,是因为南水北调东线江苏段工程本身是一项复杂性的供水工程,需要多个部门和单位之间协调以及大量管理人员的参与,费用会随着各单位的具体管理人员数量的波动而产生变化。利息净支出仅包含贷款的新增工程,约占总成本的14%,会随着贷款利率大小而波动,随着输水北上的现有泵站越来越多,上级区段的利息净支出逐渐减少。工程维护费约占总成本的13%,该项费用反映了区段的维护需求,跟工程项目的使用频率和建设年限相关,不同的工程项目(如河道、泵站等)维护费率不同,维护方法也有所不同。抽水电费约占总成本费用的8%,随着区段间泵站的数量以及每年的抽水量变化呈正比例波动,主要与每年的水量调度计划有关。其他费用占比小,仅占总成本费用的1%,但这些费用的存在表明在各个区段内仍有一些无法归类到主要成本项的杂项开支。

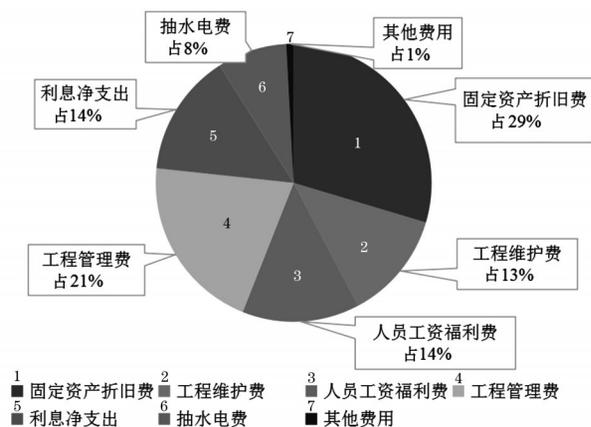


图2 南水北调东线江苏段供水成本各项费用(单位:万元)

图3展示了现有工程与新增工程的成本占比情况。从图3可以明显看出,现有工程与新增工程的成本费用差距非常显著。现有工程的固定资产折

旧费由于只包含现有泵站,因此占比仅为5.09%;从工程维护费占比来看,现有工程和新增工程的计算方法不同,且新增工程较多,除了河道和泵站还包含了水资源控制工程、新增调蓄工程、信息系统工程、管理工程等多项工程,因此费用较高,新增工程的工程维护费约占总维护费用的85.84%。从抽水电费占比来看,新增工程占比97.31%,现有工程占比2.69%,说明南水北调东线江苏段工程主要运用新增泵站向省外供水,因此现有工程的泵站抽水量较小,起到辅助运行、配套运行的作用。根据这几项费用可以判断,在供水总成本费用中,新增工程占比较高,约占总成本费用的91.92%,现有工程占比较低,约占总成本费用的8.08%。

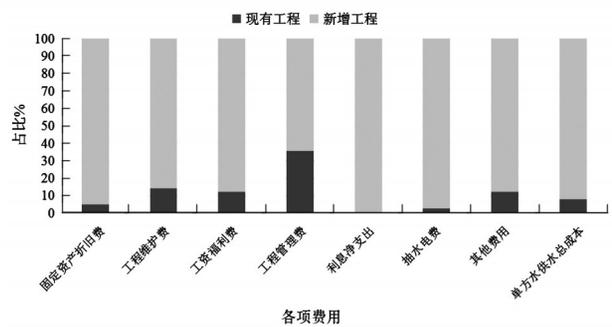


图3 南水北调东线江苏段工程现有工程与新增工程成本占比

5 供水成本敏感性分析

南水北调东线江苏段工程成本包括固定成本与可变成本,固定成本包括固定资产折旧费、工程维护费、人员工资福利费与利息净支出,可变成本则包括其余3项费用。固定成本中的人员工资福利费在不断增长,而人员工资福利费的变动还会引起工程管理费和其他费用呈正比例变化。可变成本的变化则主要来源于抽水电费,由于自来水的确定性,抽水电费会随着泵站抽水量的变化而产生浮动。因此对人员工资福利费、抽水电费、工程管理费和其他费用进行敏感性分析。

当人员工资福利费增减变化10%时,工程管理费和其他费用分别呈正比例变化,工程的单方水总成本增减0.083元/m³,变化率3.02%;当抽水电费增减变化10%时,单方水总成本增减0.022元/m³,变化率0.82%。具体结果见表2。

为更清晰直观地反映人员工资福利费、抽水电费对工程单方水总成本的敏感性影响,采用敏感性分析图进行分析,见图4。图4中某个变量的斜率越

表2 南水北调东线江苏段成本敏感性分析

项目	变量变化率/%		单方水成本增减百分比/%	
	减少	增加	减少	增加
人员工资福利费	-10.00	-10.00	-3.02	3.02
抽水电费	10.00	10.00	-0.82	0.82

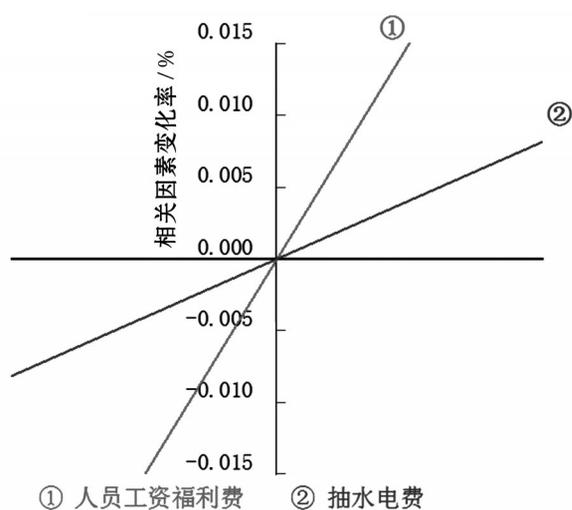


图4 南水北调东线江苏段成本敏感性分析

大(与纵坐标轴的夹角越小),表明其变动导致工程单方水总成本的变动越大,工程单方水总成本对该变量越敏感。分析结果表明,人员工资福利费对工程单方水总成本的影响更大,具有更高的敏感性;虽然抽水电费也是重要的成本项,但其对总成本的影响比人员工资福利费小一些,敏感性较低。因此,在成本构成中,人员工资福利费变化对总成本的影响更显著,在成本控制或调整时,优先管理高敏感性成本。通过调整人员数量和工资水平两项指标来调控人员工资福利费的支出,同时合理控制低敏感性成本,通过优化分配泵站抽水量、提高能源效率等方法控制抽水电费的支出,尤其是在大规模抽水工程中,小幅度的改进可能也会带来显著的长期成本节约,为后续的水价制定提供重要参考依据。

6 结 语

南水北调东线江苏段工程作为兼顾省内省外

调水、新旧设施并存的综合性调水工程,对其进行供水成本核算研究具有深远意义与多重价值。通过对近5年的实际调水成本的深入剖析与核算,得出平均供水成本及自南向北各区段逐渐增加趋势。运用敏感性分析揭示了关键成本驱动因素与相关因素变化率,为工程的成本管控与风险评估提供重点关注方向,为供水价格的制定与调整提供科学参考依据。

参考文献:

- [1] 王蔚,赵敏.南水北调东线工程供水成本核算模型研究[J].江苏水利,2006(2):42-43.
- [2] 周兰庭,袁志美,徐长华,等.基于改进云模型的水利工程项目成本风险管理研究[J].水电能源科学,2019,37(4):152-154,196.
- [3] 卢丽荣,刘卫东,姚丽华,等.南水北调中线工程跨区域转让水价成本核算体系研究[J].水利经济,2023,41(4):45-52,104.
- [4] 范海燕,黄学伟,齐静.南水北调东线一期工程成本费用分析[J].海河水利,2023(7):120-124.
- [5] 方国华,赵文萃,李鑫,等.南水北调东线工程江苏段水资源调配研究[J].水资源保护,2023,39(4):1-8.
- [6] 夏贵林.基于遗传算法的南水北调工程江苏段优化调度研究[J/OL].吉林水利,2023(11):71-74.
- [7] 徐蕴韵,吴昊,李永泰,等.南水北调东线江苏段用水结构及其时空演变[J].水资源保护,2022,38(2):97-102.
- [8] 方国华,李智超,钟华昱,等.考虑供水均衡性的南水北调东线工程江苏段优化调度[J].河海大学学报(自然科学版),2023,51(3):10-18.
- [9] 王浩,王超,张召.南水北调工程水量调度十年[J].中国水利,2024(20):1-5.
- [10] 吴学春,茅婷婷,黄亚丽,等.南水北调东线江苏境内工程新增供水成本核算[J].水利经济,2013,31(5):29-31.