



赣粤运河水资源条件分析*

高成岩¹, 赵 凯¹, 龙翔宇²

(1. 中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007; 2. 徐州市水务局, 江苏 徐州 221000)

摘要: 江西省地处长江中下游南岸, 在长江流域经济发展格局中具有承东启西、连南接北的交通区位。赣粤运河通过连接赣江和北江, 使得长江水系和珠江水系连通, 形成新的南北水运大通道。本文通过分析水资源现状, 研判赣粤运河项目开发中存在的水资源重大制约因素, 提出了赣粤运河越岭段开发的水资源综合利用方案, 可为科学决策提供技术支持。

关键词: 赣粤运河; 船闸下泄流量; 航运水资源

中图分类号: U 612

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2022)S1-0135-04

Analysis of water resources conditions of Jiangxi-Guangdong Canal

GAO Cheng-yan¹, ZHAO Kai¹, LONG Xiang-yu²

(1.CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China;

2.Xuzhou Water Bureau, Xuzhou 221000, China)

Abstract: Jiangxi Province, located in the south bank of the middle and lower reaches of the Yangtze River, is a traffic location connecting the east and west as well as the south and north in the economic development pattern of the Yangtze River basin. By making the Ganjiang River and the Beijiang River join, the Jiangxi-Guangdong Canal connects the Yangtze River and the Pearl River systems to form a new north-south waterway. This paper analyzes the current conditions of water resources, studies and determines the major factors restraining water resources in the development of the Jiangxi-Guangdong Canal project. Additionally, a comprehensive utilization scheme is put forward for the developed water resources in the watershed section of Jiangxi-Guangdong Canal, which can provide technical support for scientific decision-making.

Keywords: Jiangxi-Guangdong Canal; discharge volume of a lock; water resources for waterway transportation

历史上, 京杭大运河—长江—赣江—大庾岭—北江—珠江一直是中国古代重要的南北运输通道, 唐代张九龄在大庾岭上的梅岭劈山开道, 形成梅关古驿道, 连通长江与珠江, 商旅如梭、物资云涌、氏族迁徙, 逐渐形成了一条千年黄金水陆运输通道。赣粤运河是连接长江水系与珠江水系的沟通工程, 其构想最早由明代大学士解缙提出, 希望凿渠引赣江、北江水用于农田灌溉。1958 年, 党中央成都会议提出了建设三峡水利枢纽和赣粤运河、湘桂运河的伟大构想。至今, 国

家有关部门和赣粤两省先后开展了多次查勘和研究, 积极谋划推进赣粤运河的规划建设^[1]。赣粤运河地理位置及线路走向见图 1。

赣粤运河分水岭段处于流域最上游, 汇流面积小, 水资源不足, 赣粤运河工程开发的重大制约因素之一在于越岭段航运水资源能否得到保证。本文从水资源综合利用角度, 研判赣粤运河项目开发存在的重大制约因素, 提出赣粤运河越岭段开发的水资源综合利用方案, 为科学决策提供技术支持。

收稿日期: 2021-12-23

*基金项目: 中交集团重大科技项目(2019-ZJKJ-06)

作者简介: 高成岩(1991—), 男, 工程师, 从事港航咨询设计工作。



图 1 赣粤运河地理位置

1 线路规划

赣粤运河连接长江水系与珠江水系，北起长江江西鄱阳湖口，通过人工运河连接赣江和北江，南至西江三水河口。航道线路可分为 3 段：鄱阳湖口—赣州段，为赣江干流，长 606 km；赣州—韶关段，为越岭段；韶关—三水河口段，为北江干流，长 258 km。

赣江段与北江段已基本建成Ⅲ级航道，赣粤运河规划的重点在于越岭段线路方案，《赣粤运河（江西段）规划研究》^[2]经过对越岭段的桃演线、章演线和赣锦线 3 条线路的比选，综合考虑航道条件、水资源、跨分水岭高程、生态环保、征地拆迁等因素，规划线路推荐桃演线，见图 2，运河于赣州市入贡江，后进入桃江，在赣州信丰县进入西河，穿越分水岭与孔江水库相连，入广东境内，沿浈江、北江至韶关。



图 2 赣州—韶关段（越岭段）线路规划

2 航运用水分析

2.1 船闸节水技术

目前，国内外船闸节水的方式主要有 3 种：

1)对于水头较高的船闸，采用连续多级船闸布置方式，在降低水力指标、减小技术难度的同时，因每级船闸的运行水头降低，可减少船闸运行耗水量，节省航运用水^[3]。

2)在船闸侧面布置省水池储存部分水体，船闸充泄水过程中通过闸室与省水池之间的水体输运实现部分水体的重复利用，从而减少船闸运行一次用水量，节省水资源。

3)对于双线并列布置的船闸，在进行输水系统设计时可考虑双线船闸相互充泄水运行的省水运行方式，并通过船闸及船舶调度运行方式的协调实现两船闸互充互泄，达到节省船闸运行用水量的目的^[4]。

对于第 1 种连续布置多级船闸的省水方式，由于其调度运行比单级船闸复杂，船舶过闸时间较长，一般情况下，只有枢纽上下游水位差很大难以建设单级船闸时考虑采用；对于第 2 种设置省水池的省水方式，可通过调整省水池数量和面积达到不同的省水率，应用相对灵活，国外建造的省水船闸绝大多数均为带省水池的省水布置形式；对于第 3 种采用双线并列布置的船闸的省水方式，双线船闸之间的互充互泄运行必须在双线船闸并列布置、同时设计、同时使用的条件下才能实现。

综合考虑过闸效率、工程投资与水资源制约等因素，赣粤运河越岭段梯级布置形式采用省水池式布置。以 1 级省水池为例，工作原理如图 3 所示， H_c 为闸室分担的水头差，闸室泄水时水体 V_1 泄向省水池，剩余的水体 V_F 泄向下游；闸室灌水与泄水顺序相反，将省水池内的水体 V_1 灌入闸室，最后不足的水体 V_F 由上游补充^[5]。

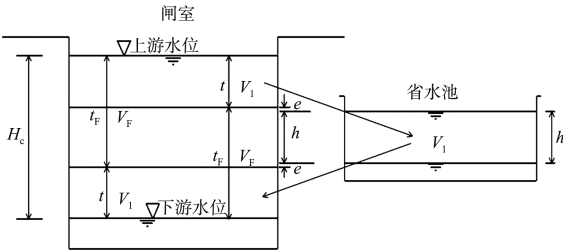


图 3 带省水池船闸工作原理

赣粤运河综合考虑工程投资、占地淹没等因素，推荐采用三级省水池，理论最大省水率为

60%。当枢纽应下泄流量较大或天然来流量充沛时,考虑关闭部分省水池或完全按照常规船闸运行。

2.2 船闸下泄水量

省水船闸 1 d 内平均下泄水量^[6]:

$$Q=(1-\eta)nV/86\,400+q$$
 (1)

$$q=eu$$
 (2)

式中: Q 为 1 d 内平均下泄水量(m^3/s); N 为日平均过闸次数(次); V 为 1 次过闸用水量(m^3); q 为闸、阀门渗漏损失(m^3/s); e 为止水线每米上的渗漏损失 [$\text{m}^3/(\text{s}\cdot\text{m})$], 当水头小于 10 m 时取 0.001 5~0.002 0, 当水头大于 10 m 时取 0.002~0.003; u 为闸门、阀门止水线总长度(m)。

日过闸次数根据经济运量预测和通过能力计算得到^[7], 由于考虑在越岭段建设 3 级省水池, 省水率 60%。船舶在过闸过程中, 水量自上游下泄至下游梯级, 实际运行中水资源并未消失, 只是在空间上发生了转移^[8], 赣粤运河只需补充最高梯级枢纽孔江、庙下两枢纽船闸下泄流量, 其余枢纽可利用上游枢纽来水量, 故江西段航运日均需水量为 $11\text{ m}^3/\text{s}$, 年需水量 3.1 亿 m^3 , 广东段与江西段最高蓄水位相同, 航运用水量基本相当。

3 区域水资源条件分析

3.1 运河越岭段东侧(江西)水资源条件

桃江流域主要支流流量见表 1, 桃江上游枫坑口多年平均流量为 $101\text{ m}^3/\text{s}$, 桃江干流信丰县城河段多年平均流量为 $164\text{ m}^3/\text{s}$, 桃江支流西河口断面多年平均流量为 $11.6\text{ m}^3/\text{s}$ 。为满足河流生态需要, 桃江信丰县城河段内最小生态流量为 $16.4\text{ m}^3/\text{s}$, 西河口段河道内最小生态流量为 $1.16\text{ m}^3/\text{s}$ 。

表 1 桃江流域主要支流流量

支流名称	河长/km	流域面积/ km ²	多年平均流量/ ($\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$)
太平江	51.6	445	13.4
渌江	56.5	448	13.5
小濂江	58.6	486	14.6
黄田江	76.2	710	21.4
方溪水	65.4	604	18.2
西河	57.7	384	11.6
东河	72.4	1 079	32.5

续表1

支流名称	河长/km	流域面积/ km ²	多年平均流量/ ($\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$)
小河	40.1	295	8.9
安西河	47.8	321	9.7
小岔水	50.7	318	9.6
大陂水	26.6	227	6.8

3.2 运河越岭段西侧(广东)水资源条件

赣粤运河越岭段广东境内(孔江水库—南雄)通过梯级渠化实现规划标准。孔江水库为最上一级枢纽, 集水面积为 79.4 km^2 , 坝址多年平均径流量为 7 940 万 m^3 , 水库总库容为 6 522 万 m^3 , 兴利库容为 3 998 万 m^3 , 水库任务以灌溉为主, 灌溉设计保证率为 90%, 其中保灌面积为 77.7 km^2 , 多年平均灌溉用水量为 4 449.3 万 m^3 (包括渠道损失)。

4 水资源保障措施

4.1 极富水库方案

桃江电站位于桃江干流信丰县城极富乡极富村枫坑口水文站下游 210 m 处, 集雨面积为 $3\,679\text{ km}^2$, 将桃江电站改扩建成极富大型水库, 从极富水库引水至赣粤运河越岭段孔江水库, 水源充足。先从极富水库提水到高泉水库(已建小型水库), 再从高泉水库自流水到孔江水库(与庙下梯级连通), 同时考虑极富水库综合利用功能的开发^[2]。

极富水利枢纽建成后, 可以为赣粤运河越岭段江西及广东两省航运提供充足的水源。下游信丰县城的防洪标准由 20 a 年一遇提高到 50 a 一遇, 下游桃江干流沿河的 4 个乡镇(信丰县铁石口镇、赣县王母渡镇、大埠乡、大田乡)防洪标准由 10 a 一遇提高到 20 a 一遇, 同时可使赣州市城区赣江干流河段防洪标准得到不同程度提高。除满足航运和防洪需求外, 仍有 1~1.5 亿 m^3 兴利库容可为信丰县城及下游 4 个乡镇提供城市供水, 并为下游桃江干流沿岸提供农田灌溉补水。

经初步测算, 新建极富水库提水方案总投资约 200 亿元, 其中大坝投资约 20 亿元; 引水隧洞工程投资约 20 亿元; 库区淹没处理投资约 160 亿元。

4.2 龙头滩水库方案

龙南县城—龙头滩段两岸山峰对峙，河床礁石林立，水流湍急，建有龙头滩水库，其控制流域面积 2 653 km²，多年平均流量 73 m³/s，正常蓄水位 199.5 m，基本无调节功能。

龙头滩水库正常蓄水位 199.5 m，赣粤运河越岭段最高蓄水位 195.0 m，龙头滩水库可通过输水管线自流至越岭段孔江水库。自流引水到越岭段梯级线路总长约 70 km，每年需引水量 6.2 亿 m³，约占水库多年平均产水量的 30%。龙头滩水库蓄水主要用于水力发电，原设计并没有考虑航运用水，如果从龙头滩水库调水需重新协调其他用途用水。

龙头滩水库无调节功能，需充分利用孔江水库自有库容，孔江水库库容可支持 30 d 航运用水。龙头山水库供水管线较极富水利枢纽组长，且除发电、航运效益外无其他综合效益，但是由于水库蓄水位高，与极富水库相比无需先提水后自流，可实现供水全程自流，因此大大减少了库区淹没处理费用和运行费用，工程总投资较极富水库方案减少约 100 亿元。

4.3 提水泵站方案

从下一梯级向上一梯级逐级提水可实现梯级内水资源的循环利用，无需外调水量。江西段分 3 级提水，自五洋水库提水至莲塘、梨坑梯级，最终从梨坑提水至分水岭。广东段分 4 级提水，自大坪山梯级提水至弱过村、黄牛绳、乌迳上梯级，最后提水到分水岭孔江水库。

经初步分析，提水泵站工程总投资约 8.76 亿元，年运行费约 1 亿元。与水库调水方案相比，总投资大大降低但是年运行费用相对较高。提水泵站方案直接航运效益巨大，但无法发挥水库调水方案具有的防洪、灌溉、发电、供水等综合效益，若仅从航运行业角度出发，提水泵站方案具有较大优势。

5 结论

1) 采用船闸节水技术可大大降低航运需水量。提水泵站一次性工程投资小，年运行费用适中，

可以独立解决航运水资源不足问题；极富水库补水方案工程投资大，无法实现自流补水，但具有较大的航运、供水、防洪、发电、改善水生态等综合效益；龙头滩水库工程较极富水库投资小，可完全通过自流补水解决航运水资源不足问题，供水、防洪、发电、改善水生态等综合效益较极富水库方案差。

2) 越岭段孔江水库不能满足航运用水，利用龙头滩水库补水方案可全程自流解决航运用水，年运行费用低，并可适当兼顾供水、灌溉、改善水生态等综合效益。

3) 运河建成后，形成长江与珠江水系连通通道，具有发挥跨流域调水的基础。建议下一步考虑发挥水资源综合利用效益，根据运河两侧经济及产业带布局规划，进一步研究水资源保障措施。

4) 赣粤运河越岭段虽然天然水量难以满足航运开发，但通过使用船闸节水技术、水库补水等措施，可以解决水资源不足问题，不存在难以解决的重大制约因素。

参考文献：

[1] 交通运输部规划研究院.主要水系间运河沟通规划方案研究报告[R].北京:交通运输部规划研究院,2013.

[2] 中交水运规划设计院有限公司.赣粤运河(江西段)规划研究[R].北京:中交水运规划设计院有限公司,2020.

[3] SPENGLER R, IMEDIO J, PÉREZ R, et al. Panama Canal expansion project: description third set of locks project[J]. Iabse symposium report, 2014(32) : 783-790.

[4] 随娟娟.相互灌泄水船闸水力学特性研究[D].重庆:重庆交通大学,2015.

[5] 董思远,王乔,张楠,等.多级船闸省水率计算方法[J].中国水运,2020(12) : 87-89.

[6] 中交水运规划设计院.船闸总体设计规范:JTJ 305—2001[S].北京:人民教育出版社,2001.

[7] 穆森,吕小龙.平陆运河船闸通过能力研究[J].水运工程,2021(3) : 145-150.

[8] 张颖.河南省航运开发与水资源优化配置研究[D].郑州:郑州大学,2009.

(本文编辑 王传瑜)