

钱塘江和信江间的越岭运河试析*

祝永康

王宗涛

赵洛金

(杭州大学河口港湾研究室)

(浙江省航海学会)

王成农

张福祥

(浙江省地质科学研究所)

(浙江大学地质系)

提 要: 本文从钱塘江与信江间的沟通与河系网络关系,分析了越岭运河的重要意义。对择选区的自然条件作了评述,并对选择路线和运河型式的不
同方案作了比较研究。

主题词: 钱塘江 信江 越岭运河

发达国家的实践表明,内河运输的发展,是以河道渠化、河系贯通,并形成更大范围的航道网络为基础的^[1]。所以,除了在地势低平的平原地区修筑跨水系的运河以外,还应重视在海拔较高的分水岭地区开凿沟通运河。相比之下,我国尽管开凿运河的历史最早可以追溯到春秋战国时期,但由于种种原因,目前的内河航运还处于低水平、分散型的维持性建设阶段¹⁾迄今更未见有修建越岭运河的报道。

另一方面,随着经济发展的需要,对实现河道渠化、河系贯通,乃至在全国逐步形成统一标准的深水航道网络的要求愈来愈迫切。为此,笔者以钱塘江和信江的沟通为例,提出并论证了修建越岭运河的必要性和可行性,初步比较了各种选择方案,以期引起对山区分水岭沟通问题的兴趣和关注。

一、沟通越岭运河与河系网络的关系和地位

钱塘江与信江沟通,系以两河干流的梯级渠化为前提。

钱塘江是浙江第一大河,其主干长605km。中游梅城以上,由新安江和信安江两大支流构成,下游流经杭州、干浦注入杭州湾。以前文献介绍^[2],信安江是钱塘江的主流,它包括常山港、巨江和兰江,以及它的支流江山港和金华江。近年来通过河源调查,确认新安江是钱塘江的主流,信安江为支流^[3、4]。

本文1987年5月4日收到,1988年6月3日收到修改稿。

* 本文根据1986年4月钱塘江流域水资源综合考察的专题报告《关于浙江钱塘江与江西信江沟通问题的研究》修改而成。

1) 交通部科技情报研究所:国外水运科技发展水平——兼论我国的差距,1983年。

目前，由于新安江电站和富春江电站的建成，只要改建新安江坝址的船闸设施，主流新安江自安徽屯溪至杭州河段，300吨级船舶和1000吨级船队即可畅通无阻。故有关部门对下游航道正拟建500吨级标准。支流信安江的梯级渠化开发，水电部门也曾作过规划¹⁾。1986年，笔者参加了钱塘江流域水资源综合考察，通过论证，考察队认为：将信安江干流规划为9个梯级，其航道自梅城一直可延伸至开化县的华埠（表1）；支流江山港为3级，金华江为1级。梯级渠化的航道标准是300吨级。该规划实现后，自华埠至杭州的340km内可直通300吨级船舶（图1）。

表 1 钱塘江信安江干流段梯级渠化规划
Development Scheme of the stair channel in
the trunk section of the Qiantang River

项 目 江 名	河底高程 (m)	梯级名	梯级水位 (m)	回水范围
富春江	6.0	富春江电站*	23.0	兰溪城关
兰 江	21.0	兰 溪	30.0	接近后陈
衢 江	36.2	后 陈	40.5	接近盈川
	43.5	盈 川	50.5	樟 树 潭
	58.7	塔 底	60.0	衢州城关
常山港	62.0	航 埠	68.0	招 贤
	67.1	招 贤	76.0	常山城关下游
	81.0	常 山	84.0	白虎滩下
	83.0	白 虎 滩	90.0	长 风 下
	91.5	长 风	100.0	华 埠

* 已建成。

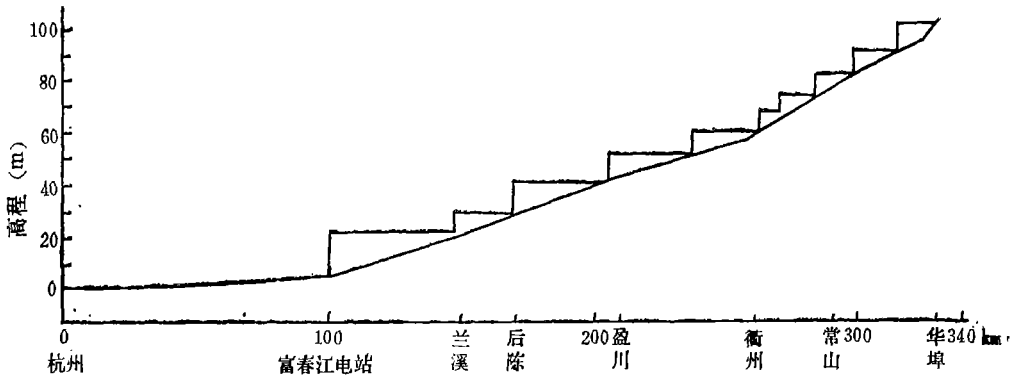


图 1 浙江钱塘江梯级渠化开发规划
Development scheme of the channel in the Qiantang
River of Zhejiang Province

1) 浙江省水电勘测设计院：中华人民共和国水力资源普查成果，浙江分册，1984年。

信江是江西第三大河,主干长296km,纳入鄱阳湖,属长江水系。为了替江西铜基地及其同步建设的大型工厂、企业和粮食基地县提供运输条件,国家计委已于1985年批准《关于信江航运工程设计计划任务书》,并将其列入“七.五”计划重点工程项目^[5]。另据水电部门的梯级渠化规划¹⁾和交通部门的报告²⁾,自贵溪以下至鄱阳湖长江段,计划通航1000吨级;贵溪至上饶段规划标准为300吨级(表2和图2)。至于信江的上饶至玉山段,长40km,目前尚未规划。为了沟通信江和钱塘江水系,若该段规划300吨级航道,其工程投资与两江沿程渠化的投资相比,则显得很小。

表 2 江西信江梯级渠化规划
Development Scheme of the stair channel in
the Xijiang River of Jiangxi Province

项 江 目 名	河底高程(m)	梯级名	梯级水位(m)	回水范围
信 江 干 流	19.90	鹰潭	26.62	贵溪
	26.20	流口	39.12	黄沙港
	38.66	黄沙港	50.12	杨梅山
	49.60	杨梅山	58.12	白沙
	57.45	白沙	65.12	上饶

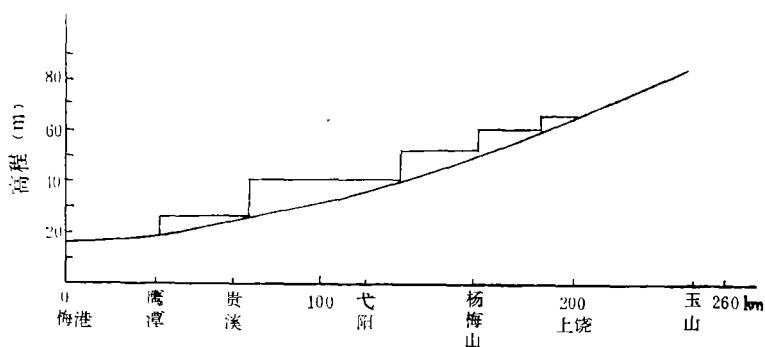


图 2 江西信江梯级渠化开发规划
Development scheme of the stair channel in
Xijiang River of Jiangxi Province

钱塘江和信江的沟通,选在两江上游的江西玉山和浙江常山或江山之间,这里由于该区处于两江分水岭最低而源头之间的距离最短的部位。通过选线调查,确定沟通越岭运河的长度仅35—46km。从择选的南、中、北三线方案比较可知,分水岭最高点的高程(黄海基面,下同)分别为130、120和148m,而两江沟通的起讫点高程分别是81和85m,运河开挖的最大

1) 江西省水电勘测设计院,中华人民共和国水力资源普查成果,江西分册,1984

2) 交通部水运规划设计院,江西省交通厅,信江航运建设可行性报告,1983年。

高差是40—68m, 具备投资省和建成后运行效益高的优点。

由于沟通越岭运河是在两江沿程梯级渠化的基础上方能实施, 所以, 除了航运的功能外, 势必还具有防洪灌溉、水力发电、水产养殖和促进发展沿江地区经济的功能, 堪称一项多功的综能合性基础建设项目。就交通运输而论, 其意义有以下几点:

1. 在长江以南增加了一条走向基本上与浙赣铁路平行的东西向水运干道。目前浙赣铁路的运载量已趋近饱和。为确保远距离过境物资的运输需要, “压短途保长途”的应急措施制约了沿线地方经济的发展。为此, 迫切需要在赣浙之间增辟新的运输渠道。未来浙赣铁路的复线工程, 若以每公里投资250万元估算, 总投资约为25亿元, 预期新增运输能力约1200万吨。两江梯级渠化工程和沟通越岭运河工程, 据初步框算(上游建库投资除外)仅8亿元左右*。据有关文献介绍, 只要适当提高船闸规格和改进过闸措施, 就可以接近或超过改建后的复线铁路的运输能力¹⁾。

2. 地处我国海运中点和长江出口延伸线上的宁波深水港, 目前是属于向口外(包括沿海、长江干航道和国外)水转水为主的港口, 其向内地集疏能力较低, 直接影响浙江内地和邻省部分地区的物资交流。钱塘江与信江沟通以后, 通过杭甬运河的贯通和钱塘江出口段的整治, 可以使宁波港增加一条向内地集疏的水运通道, 达到扩大港口腹地、增强集疏能力, 并相应减轻杭甬、浙赣铁路的运输压力。

3. 钱塘江与信江一旦沟通, 将使浙西南和赣东北原有的分割的天然水系相互联结起来, 形成更大网络的航道体系, 尔后通过钱塘江与甌江沟通, 还可以进一步为该区物资就近从温州港出东海创造条件, 从而形成以上海、宁波、温州等开放港口为依托, 以钱塘江、信江、长江下游和大运河构成的环状水运网络为纽带, 把网络区内的众多大、中城市联结在一起, 使繁荣的长江三角洲走向更深的发展道路。

以上东西向的水运干道和环状网络的形成, 除了对网络区的经济发展有重要意义外, 还起着贯通中南和华南的作用。

二、沟通段的自然地理条件

(一) 地形条件

根据调查, 沟通区位于江西宜春—铅山和浙江江山—绍兴大断裂带上, 地势比较低。分水岭两侧沿断裂构造线发育有次一级顺坡支流水系, 分别注入信江和钱塘江, 极有利于两江沟通。本着择选运河距离短和高程低的原则, 沟通两江的越岭运河可利用各顺坡支流的河床。择选路线有三条可供比较(图3、4):

北线: 由注入信江的竹枧溪和注入钱塘江的龙绕溪构成, 其间的分水岭红旗岗, 标高148m, 两支流全长合计31km, 加上玉山城关至白石园干流段14km, 总长45km, 平均高程为102.5m。

*钱塘江梯级渠化投资系根据1986年4月钱塘江流域水资源综合考察报告。关于钱塘江上游综合开发梯级工程, (讨论稿); 信江梯级渠化投资从航运角度考虑以每级3000—4000万元估算。

1) 竺崇信等: 甌江干流水运综合开发, 1986年。

中线：由注入信江的甘溪和注入钱塘江的南门溪构成，其间的分水岭岭头标高120m，运河总长稍大于北线，平均高程96.86m。

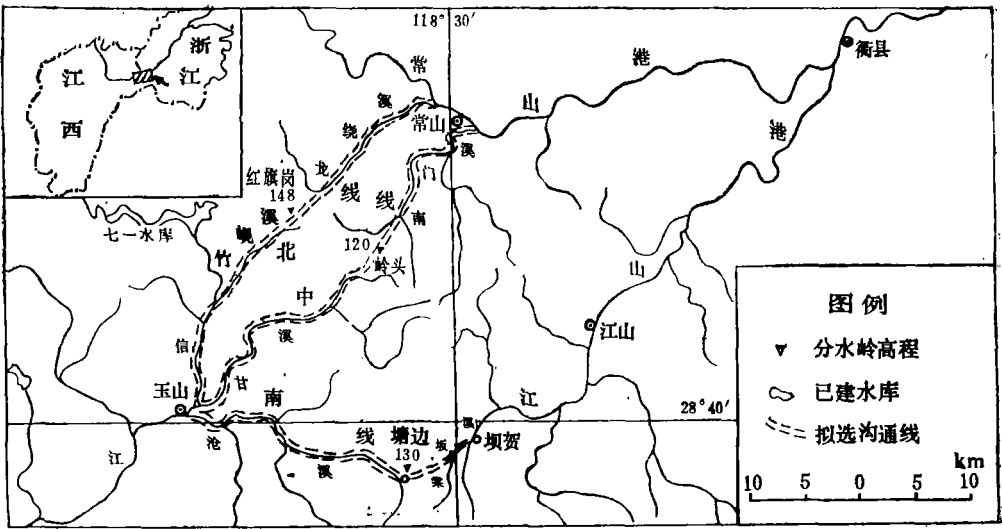


图 3 钱塘江—信江间越岭运河选线方案
Scheme of the selected line of the canal between the
Qiantangjiang River and the Xijiang River

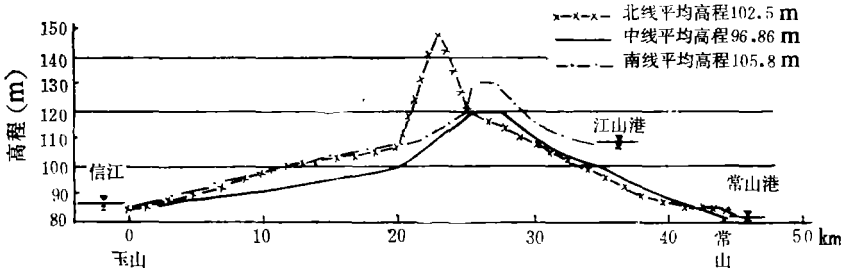


图 4 浙江钱塘江—江西信江间沟通段纵剖面
Longitudinal section of the canal between Qiantangjiang River
of the Zhejiang Province and Xijiang River of Jiangxi Province

南线：由注入信江的沧溪和注入江山港的棠坂溪构成，其间的分水岭标高130m，运河总长35km，平均高程105.8m。

(二) 地质构造和岩性对择选线工程的影响

在地质构造上，越岭运河的选线区位于宜春—铅山和江山—绍兴断裂带的北侧，浙西大复向斜的西南端。鉴于三线穿行的岩层分布各不相同，各岩层的岩性对择选运河工程的影响也有差异（图 5）。

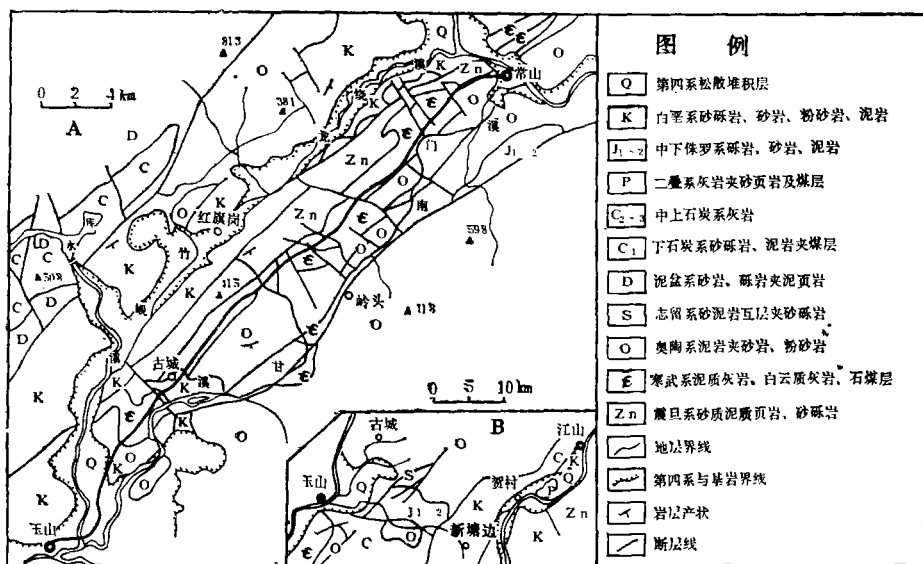


图 5. 钱塘江—信江越岭运河地质略图
 Geological map of the canal between the
 Qiantangjiang River and Xinjiang River

北线处于常山—玉山断陷盆地之中，两侧受断裂控制，形成垄岗状剥蚀丘陵地貌。靠近山坡坡麓有坡积层发育，在分水岭附近有厚度较大的第四系坡积、残积层及基岩风化壳。基岩主要是白垩纪红色岩层组成的紫红色砾岩、砂砾岩和紫红色砂质泥岩、粉砂岩。根据试验¹⁾，砾岩和砂砾岩的抗压强度为 $400-500\text{kg/cm}^2$ ，为半坚硬性状；砂质泥岩和粉砂岩的抗压强度小于 300kg/cm^2 ，属软弱性状。由于单位涌水量为 $0.01-0.001\text{L/m}\cdot\text{s}$ ，它们对运河渗漏的影响较小，但岩层易风化，遇水后易软化，势必影响抗压强度。此外，该区岩层倾向东南，倾角 $20-30^\circ$ ，对沟通运河的北侧可能会产生滑坡或局部滑动，对运河南侧则可能会出现局部崩塌，增加运河护坡工程量。

中线处于常山—玉山断陷盆地南侧单斜丘陵地段，支流流向受地层、构造断裂控制。下游冲积层较发育外，中下游和分水岭地段大都基岩裸露，其中寒武系的薄层泥质灰岩、白云质灰岩和灰岩属坚硬岩石，抗压强度 $600-800\text{kg/cm}^2$ ，富水性差，单位涌水量 $0.02-0.001\text{L/m}\cdot\text{s}$ ，喀斯特不发育，因此，运河的沿程渗漏影响不大。但属奥陶系的泥岩、泥质粉砂岩、砂岩虽然透水性差，单位涌水量小于 $0.002\text{L/m}\cdot\text{s}$ ，遇水后却易软化，有可能出现局部性滑坡或崩塌。

南线玉山—贺村段，系由奥陶、下石炭和侏罗、白垩系的砾岩、砂岩、粉砂岩和泥岩组成。它们对运河的工程地质影响稍逊于中线。但贺村至江山段，由于属石炭、二叠系地层控制，灰岩溶洞广为发育，江山一带曾出现地面塌陷和厂房开裂等不良工程地质现象；涌水量

1) 浙江地质矿产局：1:20万衢县金华幅水文地质普查报告，1979年。

可高达 $1 \text{ L/m} \cdot \text{s}$, 对引河渗漏的影响不容忽视。

(三) 运河水源补给问题

分水岭沟通工程的水源, 除南线可由白水坑水库供给外, 其他尚需通过别的途径解决。沟通择选区的三个水源补给区, 虽然流短河小, 集水面积有限, 但雨量充沛, 单位面积的产水量常山港和江山港流域达到 $115 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{km}^2$, 为浙江全省平均值的 125%; 江西的全沙溪流域, 由于处在该省最大的暴雨中心之一——玉怀山地区, 其产流率更高。不足的是本区径流季节分配不均, 洪则易涝, 枯则易旱。为了防洪抗旱, 三个水源补给区均修有中型以上的水库。表 3 显示了三区的水资源特征与已建和待建水库的有关资料, 这些水库可以作为今后越岭运河用水的补给来源。

表 3 沟通越岭运河水源补给统计
Water supply to the canal crossing the watershed

项 目 河 系	站 名	集水面积 (km^2)	多年平均 径流总量 ($\times 10^8 \text{ m}^3$)	已建水库		待建水库	
				库 名	库容 ($\times 10^4 \text{ m}^3$)	库 名	库容 ($\times 10^4 \text{ m}^3$)
常山港	长 风	3176	36.62	齐溪、 芳岗	5450	齐溪二期	
金沙溪	玉 山	1563	21.12	七一	17000	扩建七一	24900
江山港	双塔底	1561	16.68	峡口	4682	白水坑	27600

据上所述, 如果作为持续通航的河流沟通, 需要维持水深 1.8m、河宽 45m 的自由河渠, 水量显然不够。为此, 运河应采用梯级河渠水库形式的方案最为合理, 因为水库式通航的水量损耗仅以天然蒸发为主, 用水比自由流动的河流形式要经济得多。

三、越岭运河的方案比较

考虑到两江沟通段起讫点高程和分水岭间的高差较小, 沟通以明渠开挖形式比较合理。运河开挖边坡可以视岩层产状和岩性而异, 一般基岩岩层倾向与运河轴线交角较大者边坡可按 1:1, 交角较小者边坡以 1:1.5 为宜。运河底宽, 为了给今后发展留有余地, 可暂定为 45m (以 1000 吨级计)。运河水深, 为了与渠化河道一致, 均以 300 吨级标准实施。

根据以上工程规格, 有下列几种沟通方案可供比较:

(一) 起讫点相向贯通方案

中线和北线的起讫点是玉山 (标高 85.0m) 和常山 (标高 81.0m) 城关, 相向贯通后, 运河长度 44—46km, 为 1 个梯级, 级差各 4m, 分别设在二都和同弓。由于玉山的标高大于常山, 沟通后玉山以上的信江河段和玉山至二都或玉山至同弓越岭运河将成为上游的河渠水库, 而二都、同弓梯级以下成为下游梯级渠化河段。

南线的起讫点是玉山城关江山坝贺 (标高 107m), 梯级点设在东库, 运河长 35km, 梯级高差 22m, 沟通以后, 东库以上的江山境内为上游河渠水库, 反之, 东库至玉山段越岭运河变为下游梯级渠化河段。

上述贯通方案实施后,按船舶吃水深度300吨级计,越岭河渠水库长度、库容分别为:北线,玉山至同弓长37km,容积330—440万m³;中线,玉山至二都长39km,容积351—368万m³;南线,自坝贺至东库,长13km,容积117—156万m³。

上述三线中,运河长度以中线最长,为46km,北线次之,为45km,南线最短,仅35km;运河建成后梯级均为1个,其中北线和中线梯级高差皆为4m,船舶过闸较方便。反之,南线梯级高差达22m,船舶过闸较为困难。工程实施时,沿程地质条件以中线最优;北线次之,坡面局部易崩塌;南线最差,易漏水和多崩坍。根据投资估算(参见表4),北线由于土石方开挖量最大,投资亦高,而中线次之,南线最小。考虑到南线工程尚需穿越浙赣铁路和铁路支线各一次,并增加坝贺至江山段高差18m的二个渠化梯级工程的投资,更嫌运河沿程工程地质条件较差及今后运行不如中线等缺陷,上述三线显然以中线为最佳。

表 4 钱塘江与信江间越岭运河方案比较*

Comparisons of the canal of crossing
the watershed between the Qiantang River and Xijiang River

项 方 案	沟通 运河线	梯 级			土石方		投资总计 (亿元)
		级数 (个)	高差 (m)	投资估算 (亿元)	土石方量 (×10 ⁴ m ³)	投资估算 (亿元)	
起讫点相 向贯通	北线	1	4	0.1	5190	4.15	4.25
	中线	1	4	0.1	3539.6	2.83	2.93
	南线	1	22	0.4	2342	1.87	2.27
等高贯通	中线	0			4480.4	3.58	3.58
多梯级贯通	中线	3	10,12,26	0.8	2150	1.72	2.52

*土石方系根据边坡1:1、底宽45m估算,投资概算8元/m³计。

(二) 等同高程贯通方案

玉山、常山城关间的北线和中线,还可以采取自常山河底高程81m处分别自北线沿龙绕、竹柅溪等高向玉山方向沟通,或自中线沿南门、甘溪等高向玉山方向沟通,其出口终端位于玉山城关稍下的信江河底高程81m处。此种型式,使得常山港、金沙溪互为流通,并与越岭运河构成同一梯级的河渠型水库。其优点是越岭运河不设梯级,船舶行驶便利;缺点,除了上述三线沿程已有评述外,且明渠开挖量大,工程投资昂贵。至于玉山至江山间的等同贯通,则是由玉山河底高程85m处沿沧溪、棠坡溪至坝贺,再顺江山港干流段等高贯通至江山城关稍下的底高85m处,鉴于该线等高贯通方案投资更高,故未作详细估算。

以上等高贯通方案,选取中线作为投资估算比较,由表4可知是不经济的。

三) 中线多梯级方案

考虑到沟通工程投资最高的是土石方开挖量,为了减少土石方开挖,可采取提高梯级高程作为另一种比较方案。为此,我们选择沿程地势最低、工程地质条件最佳的中线作为拟建方案比较。

根据中线沿程地形特征,越岭运河除常山、玉山梯级外,本方案增加了后洋、陈家、钳口三个梯级,各梯级的高差分别是10、12和26m(见表5)。

表 5 中线越岭运河梯级规划
Scheme of stair canal (centre line) crossing the watershed

项 目 江 名	梯级名	河底高程 (m)	间 距 (km)	水 源 补 给 情 况
金沙溪	玉山	85.0	12.6	信江上游干流
甘 溪	后洋	95.0	9.8	东龙水库($1800 \times 10^4 \text{m}^3$), 或下游段提水(信江)
甘 溪	陈家	107.0	8.6	待建火烧岭水库($2300 \times 10^4 \text{m}^3$), 高程 110m引水 5 km, 或下游河段提水(常山港)
南门溪	钳口	107.0		
南门溪	常山	81.0	13.0	常山港上游干流

越岭运河的多梯级开发方案,虽然土石方开挖量有所减少,但与南线起讫点相向贯通方案相比,减少幅度不大,而梯级数却增加,梯级投资亦相应增加。从越岭运河的航道角度讨论,梯级愈少愈好,多梯级方案不可避免地具有航运不便和过闸运费成本高的缺点。

综观以上三个方案和几种形式的比较(详见表4),不难看出,就其投资论,起讫点相向贯通的南线和多梯级贯通方案的中线投资最少,但它们都存在着运行不便的致命缺点。如果不考虑投资,单从航运方便着眼,则中线等同贯通最为理想;若既考虑投资因素又考虑减少梯级和工程地质条件,初步认为起讫点相向贯通的中线方案比较合理。

参 考 文 献

- (1) 闵朝斌:西德内河航道,水运工程,第8、4期,1934年。
- (2) 杭州大学地理系:浙江自然地理,浙江人民出版社,1959年。
- (3) 侯慧彝:钱塘江干流考,浙江学刊,第1期,1987年
- (4) 毛发新:钱塘江河源的确定,地理研究,6(1),1987年。
- (5) 文滨珊:信江航运建设可行性研究中航道工程的坝线选择与枢纽布置,水运工程,第10期,1987年

ANALYSIS OF THE SELECTED LINES OF A CANAL CROSSING THE WATER-SHED BETWEEN THE QIANTANGJIANG RIVER OF ZHEJIANG PROVINCE AND THE XINJIANG RIVER OF JIANGXI PROVINCE

Zhu Yongkang Wang Zongtao

(Research Division of Estuary and Harbour, Hangzhou University)

Zhao Luojin

(Institute of Navigation, Zhejiang Province)

Wang Chengnong

(Institute of Geology, Zhejiang Province)

Zhang Fuxiang

(Department of Geology, Zhejiang University)

Subject term: Qiantang River, Xinjiang River, canal crossing the watershed

Abstract

According to the relationship between the linking of an interfluvium of two rivers and a network of stream system, this paper analyzes the significance of the canal crossing the watershed between the Qiantangjiang River of Zhejiang and the Xinjiang River of Jiangxi. Then, the physiographic conditions in the selected area are discussed as follows:

1. Topographically, according to the principle that the relief must be low and the selected line must be short, there are three lines to be selected in the watershed area between the Qiantangjiang River and the Xinjiang River i.e. the North Line, the Centre Line and the South Line, in which the canal of the North Line will be 45km long and 1025m high, the Centre Line 46km long and 96.86m high, and the South Line 35km long and 105.8m high.

2. According to the engineering geological conditions it seems that the Centre Line is best, the North Line is second, and the South Line is bad.

3. As for the form of the canal, it should be taken as a reservoir shape of river channel. For its water sources, apart from using small reservoir built along the canal, it is necessary in addition to develop such as drainage area of the Jinsaxi and Shangshangang, or Jiangshangang, and to build or extend some reservoirs, i.e. "Giyi" and "Jixi", or "Baishuikeng" Reservoirs, and so on.

Last, according to united scheme of the stair channel of the two rivers, three distinct schemes (including the linking-up opposite each other of both the beginning point and the end point, the contour penetration, and many stairs of the Centre Line) are proposed. It is considered that in them the scheme of linking-up opposite each other of both the beginning point and the end point in the Centre Line is more reasonable through synthetic comparison, i.e. investment, moving bearing, and engineering construction comparisons.