

· 航道及通航建筑物 ·



金沙江梯级开发航运发展条件研究*

曹民雄^{1,2}, 张哲辉³, 解中柱⁴, 王秀红^{1,2}

(1. 南京水利科学研究院, 江苏南京 210024;

2. 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏南京 210098;

3. 交通运输部水运科学研究院, 北京 100088; 4. 长江重庆航运工程勘察设计院, 重庆 401147)

摘要: 介绍金沙江中下游航道与港口现状及发展规划和水电开发利用规划, 对金沙江航运经济腹地进行综合交通运输体系分析并对典型路径运输成本进行测算。在调研分析的基础上, 对金沙江客货运量和主要港口吞吐量进行预测。结合水电梯级开发对航道条件的影响, 分析金沙江航道开发潜能, 提出长江干线航道上延至金沙江的合理区段。针对金沙江中下游4个水电枢纽的现场条件, 分析适应翻坝运输的货种对象, 提出过坝线路选择与运输组织的原则, 开展“水-陆-水”翻坝运输方案与“陆-水”公路短途驳运方案的技术经济分析。以期对金沙江攀枝花—水富段航运资源开发论证提供参考。

关键词: 金沙江; 梯级开发; 运输成本分析; 运量预测; 航道潜能; 翻坝运输

中图分类号: TV 61; U 694

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2017)02-0057-10

Shipping conditions in cascade development of Jinshajiang river

CAO Min-xiong^{1,2}, ZHANG Zhe-hui³, XIE Zhong-zhu⁴, WANG Xiu-hong^{1,2}

(1. Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210024, China;

2. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing 210098, China;

3. Waterborne Transportation Institute, the Ministry of Transport, PRC, Beijing 100088, China;

4. Changjiang Chongqing Harbor and Waterway Engineering Investigation and Design Institute, Chongqing 401147, China)

Abstract: This paper introduces the status and development plan of the waterway and harbor and the development of hydropower resources, analyzes the comprehensive transportation system of Jinshajiang navigation hinterland, and calculates the transportation cost analyses on the typical transportation path. Based on the investigation and analysis, the traffic volume and cargo throughput of main ports are forecasted. With consideration of the influence on the shipping conditions by the cascade development, the potential of shipping development in Jinshajiang river is analyzed and reasonable section in the Yangtze River extended to Jinshajiang river is proposed. According to the conditions of the four hydropowers on the middle and lower reaches of the Jinshajiang river, the types of the cargo which suit the method of transport over dams are analyzed, and corresponding routes with the principle of transport organization are proposed. Technical economy analysis on the scheme of transport over dams in the way of water-highway-water and the scheme of the short distance transport in the way of highway-water are carried out. The results of the study are of significant value in the argument of the development of shipping resources in the section between Panzihua and Shuifu in Jinshajiang river.

Keywords: Jinshajiang river; cascade development; transport cost analysis; transport volume forecast; shipping development; transport over dam

收稿日期: 2016-07-24

*基金项目: 西部交通建设科技项目(2009328746022); 国家自然科学基金资助项目(51579216, 51309160)

作者简介: 曹民雄(1965—), 男, 博士, 教授级高工, 从事港口航道与工程泥沙研究。

攀枝花至水富位于金沙江的中下段，河道坡陡流急、蕴含着丰富的电能，航运资源开发需要结合梯级开发进行。金沙江梯级开发对航运发展既有有利的一面，也有不利的一面^[1-4]：12个水电枢纽建成后，其中9个枢纽库区回水相互衔接（而3个不衔接）形成库区深水航道^[5]，航行条件大为改善。除向家坝电站同步建设2×500吨级过船设施外，其余梯级没有建设过船设施，使得库区深水航道不能成为连续水域。现中下游河段除溪洛渡大桥附近205 km河段为等外级航道没有通航外，其余873 km河段为V级~Ⅶ级航道。目前部分电站正在开工建设，虽论证了电站建设的对外交通运输问题^[6-9]，但交通部门的航运论证有待进一步深入。交通运输部于2009年列西部交通建设科技项目“金沙江梯级开发航运发展条件及关键技术研究”进行论证研究。尽管5年来金沙江流域云南与四川省的发展规划进一步完善，对航运的需求进一步提升，但研究成果对金沙江攀枝花至水富段航运资源开发论证仍具有一定的参考价值，本文为项目研究的主要成果。

金沙江中下游航运开发需要论证的主要技术问题有：金沙江运量调查与需求分析，主要论证金沙江航运开发建设的必要性；金沙江中下游航运发展条件研究，主要论证金沙江航运开发建设

的可能性；金沙江梯级枢纽过坝方式研究，主要论证金沙江中下游发展航运的可行性。

1 金沙江中下游基本情况

1.1 航道与港口现状及发展规划

1) 航道与港口现状。

金沙江航道受自然地理、经济社会发展水平和建设资金投入等条件的限制，航道整治建设较滞后，绝大多数河段处于自然状态，船舶航行十分困难，目前只有新市镇至宜宾合江门107 km干线航道得到维护。根据2004年《第二次全国内河航道普查资料汇编》的有关数据，金沙江航道路程为1 073.8 km，各航段明细见表1。金沙江中下游攀枝花至水富河段长786 km，总落差720 m，平均比降0.93‰，枯水期水面宽60~120 m，水深一般大于2 m，有大小滩险282处，最大滩险流速7~13 m/s。新市镇至宜宾航道上设有九步岩、风岩湾、庙子沱、石溪、小文溪、绥江和梨渊滩共7个信号台，控制这些航段船舶单向通过；设有麻麻石、石溪和冷饭溪3个绞滩站，施绞船舶助航过滩。碍航滩险主要表现为礁石林立形成的暗礁险滩、比降和流速大而形成的急滩、流态紊乱形成的险滩以及航道尺度不够形成的浅滩。航道尺度不足是航道开发要解决的关键问题。

表1 金沙江航道各航段通航条件状况

航段 (起点—终点)	里程/ km	航道技术 等级	航道尺度(航深×航宽× 弯曲半径)/(m×m×m)	最低通航 保证率/%	航道维护 类别	过河建筑物	
						桥梁	其他
宜宾合江门水尺—新市镇西宁河口	107.0	V级	(1.7~2.0)×(32~48)×(260~340)	95	二类	8	25
新市镇西宁河口—溪洛渡大桥	77.5	Ⅵ级	(1.9~2.0)×40×(100~300)		三类		4
溪洛渡大桥—大田坝	205.6	等外	0.5×30×100				
大田坝—东川小江口	87.3	Ⅵ级	1.2×30×220	90			
东川小江口—船房箐	107.7	Ⅶ级	(1.0~1.2)×20~25×180	75~90			
船房箐—干箐沟	133.0	Ⅵ级	(1.5~1.9)×(35~40)×(240~330)	95	三类	6	
干箐沟—万马河口	26.7	Ⅶ级	0.8×20×180	75			
万马河口—金江桥	106.0	Ⅵ级	1.5×30×220	75		1	
金江桥—其宗	223.0	Ⅶ级	(0.6~0.8)×20×130	75		2	

金沙江下游沿江主要港口由上至下分别为新市镇港、绥江港、屏山港和水富港，除水富港位于向家坝电站下游外，其余均位于溪洛渡与向家坝枢纽之间。新市镇港共有生产用码头11个，最

大靠泊能力500吨级；绥江港1989年来相继建成煤码头、件杂码头、客运码头及相应的港口配套工程，码头泊位长度660 m，码头14个，停靠船型300吨级；水富港相继建成客运码头、件杂货

码头、煤码头、港务大楼等港口设施,年货物通过能力达80万t,客运量50万人次,目前按两期扩建。

2) 金沙江航运发展规划。

1993年交通运输部批准的《长江水系航运规划报告》提出:“2020年,结合水资源综合利用规划,建成向家坝、溪洛渡两个枢纽,渠化白鹤滩以下至宜宾385 km航道。2020年以远建成乌东德、白鹤滩两个枢纽,乌东德枢纽为了不淹没成昆铁路和攀枝花市,致使库水位不能与观音岩枢纽相

衔接,回水末端距攀枝花市尚有75 km,需研究航道整治或增加一个航道梯级,使渡口以下全部达到III级航道标准”,云南与四川作出了相应规划^[10-11]。

1.2 水电开发利用规划

《长江流域综合利用规划简要报告》(1990年修订)要求宜宾以上河段主要开发任务是发电、航运、防洪、漂木和水土保持。《金沙江干流综合规划报告》提出中下游干流规划12个梯级电站(表2,图1),电站的装机总容量可达7502万kW,年发电量3477亿kW·h。

表2 金沙江中下游河段梯级水电站技术指标

电站	建设地点	距宜宾距离 (河道)/km	设计 阶段	流域面积/ 万 km ²	多年平均流 量/(m ³ /s)	正常蓄 水位/m	死水位/ m	最大坝 高/m	总库容/ 亿 m ³
向家坝	四川宜宾、云南水富	33.0	运行	45.88	4 620	380	370	161	51.85
溪洛渡	四川雷波、云南永善	190.0	在建	45.44	4 620	600	540	278	126.70
白鹤滩	四川宁南、云南巧家	385.0	初设	43.03	4 060	825	765	277	205.10
乌东德	四川会东、云南禄劝	565.0	预可研	40.61	3 680	975	950	240	72.98
观音岩	云南华坪、四川攀枝花	820.9	筹建	23.65	1 830	1 132	1 120	148	19.73
鲁地拉	云南永胜、云南宾川	918.6	筹建	24.73	1 750	1 221	1 212	120	20.99
龙开口	云南鹤庆、云南永胜	1 017.7	筹建	23.97	1 710	1 297	1 289	113	6.57
金安桥	云南永胜、云南丽江	1 059.8	在建	23.74	1 670	1 410	1 400	156	6.63
阿海	云南宁蒗、云南玉龙	1 133.5	筹建	23.54	1 640	1 504	1 494	139	8.40
梨园	云南玉龙、香格里拉	1 214.0	筹建	22.01	1 430	1 620	1 608	155	8.91
两家人	云南玉龙、香格里拉	1 281.5	可研	21.84	1 410	1 810	1 810		0.04
上虎跳峡	云南玉龙、香格里拉	1 284.0	可研	21.84	1 410	1 950	1 880	216	183.45

电站	装机容量/ MW	年发电量/ (亿 kW·h)	坝型	距上个梯级 距离/km	回水长度/ km	回水与上个梯 级衔接情况	通航建筑 物形式	货物通过 能力/万 t	竣工 年份
向家坝	6 000	301.30	重力坝	157.0	156.0	衔接	升船机	254	2015
溪洛渡	12 600	571.20	拱坝	195.0	204.0	衔接	预留		2015
白鹤滩	13 050	569.00	重力坝	180.0	183.0	衔接			
乌东德	8 700	394.60	重力坝	253.0	190.0	不衔接			
观音岩	3 000	131.49	面板坝	97.8	106.6	衔接			
鲁地拉	2 100	93.53	重力坝	99.1		衔接			
龙开口	1 800	78.90	重力坝	42.1		衔接			
金安桥	2 500	114.17	重力坝	73.7	100.0	衔接			
阿海	2 100	93.78	重力坝	80.5	75.3	衔接			2017
梨园	2 280	102.85	重力坝	67.5		不衔接			2016
两家人	4 000	163.12	重力坝	2.0		不衔接			
上虎跳峡	2 800	105.32	拱坝	51.9	247.9	至奔子栏			

注: 1. 以上资料摘自《金沙江渡口至宜宾段规划报告》、《金沙江中游河段水电规划报告》; 2. 两家人水电站为引流式电站; 3. 根据乌东德水电站正常蓄水位推测回水距离应到雅砻江口; 4. 梯级距离指水路距离。

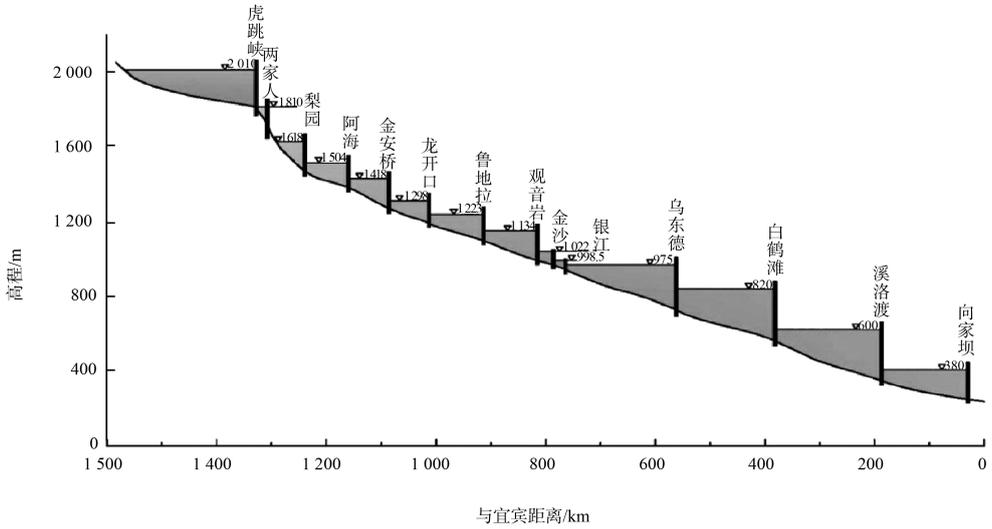


图1 金沙江中下游梯级电站纵剖面

2 公路、铁路、水路运输成本

金沙江中下游河段综合交通运输体系见图2。跨越金沙江航运经济腹地国家干线铁路有成昆线和内昆线，国道主干线有G040、G108和G213；而与金沙江平行横贯航运经济腹地的既有国家干线铁路有贵昆线，往东接湘黔线、浙赣线和沪杭线至上海，往西接昆(明)(大)理线；既有国道主干线有G320国道，从大理往东途径楚雄、昆明、曲靖、贵阳、怀化、株洲、南昌、杭州至上海，往西北接大理、丽江至香格里拉高速公路。

在金沙江航运经济腹地的综合交通体系中，与金沙江平行横贯航运经济腹地的对外交通线，国家干线铁路和国道主干线各只有一条，而且朝东方向这条铁路主通道和国道主干线至长江上、中、下游沿岸一般都有300~500 km的距离。而金沙江下游—长江干流是我国经济最发达的沿江产业带，尤其是下游的长三角经济区。因此，利用运能大、运价低的金沙江下游—长江干流水陆通道，对加强沿线地区物资交流，特别是对加强金沙江下游航运经济腹地资源性产品的供给，扩大长江产业带对金沙江航运经济腹地资源性产品的需求具有特殊的作用和深远的意义。

典型运输通道4条，物流结点分别为昭通和宜宾、永善和重庆、绥江和重庆、昆明和宜

宾，运输经济性测算以单位运距必要运费率为主要指标，建立计算模型，对不同运输路径的运输成本进行分析(表3)。可见：金沙江流域水路运输成本最低，约为0.10元/(t·km)，铁路运输成本次之，约为0.13元/(t·km)，公路运输成本最高约为0.33元/(t·km)，金沙江水运具有显著的成本优势。

表3 水路、公路、铁路单位运距必要运费率比较

运输路径	运距/km	运输方式	单位运距必要运费率/[元/(t·km)]
昭通—宜宾	249	铁路	0.16
昆明—宜宾	834	铁路	0.11
昭通—宜宾	254	公路	0.34
昆明—宜宾	594	公路	0.29
绥江—重庆	414	水路	0.10
永善—重庆	536	水路	0.09

3 金沙江航运运输需求

3.1 经济腹地划分

金沙江自石鼓以上约360 km的迪庆州德钦县羊拉乡附近进入云南境内，干流长度1650 km，但多为川滇界河，控制流域面积10.97万km²，占云南省土地总面积的28.62%，流域涉及迪庆、丽江、大理、楚雄、昆明、曲靖和昭通等云南省7个市(州)以及四川省攀枝花、凉山和乐山3个市(州)。

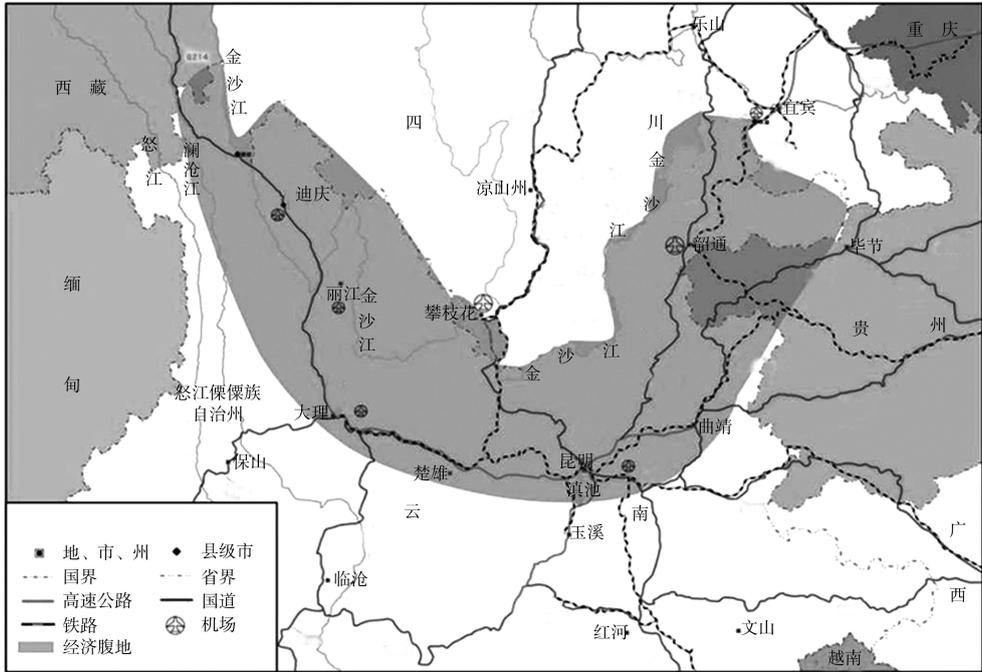


图3 金沙江航运经济腹地范围

表4 客货运量发展水平预测

年份	煤炭/ 万 t	金属矿石/ 万 t	非金属 矿石/万 t	化肥/ 万 t	其他散杂 货/万 t	集装箱/ 万 TEU	集装箱 箱量	库区客运量 合计/万人次
2020年	上水				160	10	1	
	下水	210	20	430	50	20	2	1 560~1 950
	小计	210	20	430	50	30	3	
2030年	上水				490	40	4	
	下水	360	40	950	150	60	6	2 340~2 930
	小计	360	40	950	150	100	10	

3.3 主要港口客货吞吐量及集疏运量发展水平预测

由于金沙江梯级枢纽建设，除水富港外，其他库区港口码头都要新建或搬迁。在初步确定金

沙江各航运区段的港口码头港址、性质、服务功能后，对主要港口码头客货吞吐量发展水平进行预测（表5）。

表5 主要港口客货吞吐量发展水平预测

年份	水富港		绥江港		永善港		雷波港		巧家港		东川港		
	货物合计/ 万 t	其中集装箱 (质量)/万 t	货物合计/ 万 t	旅客/ 万人次									
2020年	进口	60	10	20	45~55	5	40~50	5	30~40	10	20~30	10	10~15
	出口	240	20	160	45~55	10	40~50	10	30~40	30	20~30	70	10~15
	小计	300	30	180	90~110	15	80~100	15	60~80	40	40~60	80	20~30
2030年	进口	150	40	60	65~75	10	60~70	20	50~60	30	40~50	70	20~25
	出口	770	60	280	65~75	20	60~70	20	50~60	40	40~50	70	20~25
	小计	920	100	330	130~150	30	120~140	40	100~120	70	80~100	140	40~50

4 金沙江中下游航道资源开发潜能

4.1 水电枢纽建设对航道条件的影响

1) 对航道连续性的影响。

水电枢纽建设影响着航道的连续性。向家坝、溪洛渡、白鹤滩和乌东德4座大坝的建设,一方面有利于库区航道的连续性;另一方面不利于长河段航道的连续性,4个库区航道均不足200 km,形成“藕节式航道”,整个金沙江中下游的航道连续性遭到破坏。

2) 对航道条件的影响。

金沙江中下游河段历史上未经历过系统整治,

滩险众多。据初步滩险核查,从攀枝花金江镇至下游向家坝枢纽坝址长约734 km的范围内共有碍航滩险282处,平均约2.6 km一处。金沙江中下游4座梯级枢纽建成后,库区航道尺度将明显改善,水库相应形成常年库区和变动回水区,常年库区将淹没碍航滩险232处,变动回水区内仍有滩险50处(表6)。从4座枢纽蓄水前后航道尺度对比及2002年1:5 000的测图来看,在常年库区的航道尺度完全达到III级航道要求,变动回水区内的滩险将成为影响河段通航的重要因素,需进行滩险整治。

表6 金沙江中下游枢纽变动回水区滩险特征

变动回水区	滩险数量/个	距宜宾里程/km	滩长/km	滩险特征	枯水水深/m	枯水河宽/m	曲率半径/m
向家坝	5	178.0~187.3	1.63	基岩、溪沟	1.5~11.6	70~130	450~1 000
溪洛渡	26	355.5~383.5	6.93	崩岩、基岩、溪沟	2.0~19.7	20~160	200~1 000
白鹤滩	10	533.0~569.0	15.52	崩岩、溪沟、	5.5~39.0	60~150	250~800
乌东德	9	720.0~751.0	6.34	溪沟、崩岩、基岩	1.6~15.6	90~200	300~1 000

金沙江中下游修建梯级枢纽后,洪峰流量大为削减,枯水流量加大,中水流量持续时间加长,流量过程趋于均匀化。据计算,溪洛渡建成后可使新市镇至宜宾段枯水期流量较天然情况增加约500 m³/s,使向家坝以下流量常年大于4 000 m³/s;金沙江支流重要枢纽二滩与白鹤滩、乌东德3库联合运用,可使溪洛渡坝下枯水期流量净增1 000 m³/s左右。枯水期流量的增加,将增加最小通航流量,有利于航道尺度的提高。

4.2 航道开发潜能

1) 航道潜能开发影响因素。

从航道资源开发的角度,金沙江航道资源的开发程度非常低,开发空间较大。目前只有新市镇至宜宾段航道得到维护,航道等级与通航保障率低,港口的基础设施普遍较差、缺少必要的装卸设备和库场设施,船舶技术状况落后,运输企业规模较小。由此可见,金沙江航道资源的开发甚微,潜能亟待深入挖掘。

从自然条件角度,河道自然条件是制约金沙

江航道开发的瓶颈之一。金沙江中下游河段两岸几乎都是高山峻岭,河谷深切,枯水期河面宽一般在60~100 m,局部河段水面比降很大,河道局部相当弯曲,若不考虑梯级渠化措施,依靠整治措施来提高航道等级是不现实的。

从航道整治技术角度,我国山区河流及回水变动区的航道整治经历了半个多世纪,积累了大量的经验,为金沙江航道潜能开发提供了有利的技术支持。

从社会经济发展角度,金沙江航道潜能的开发面临众多机遇。金沙江航道将为云南、四川两省联手打造的“金沙江下游经济圈”提供最经济的交通方式;同时,随着长江沿江经济社会发展和产业化水平不断提高,快速发展的长江航运必然带动金沙江航运发展;金沙江下游沿江地带的农业、矿产、资源、水力、旅游等资源富集,并在煤炭、冶金、化工、建材和烟酒工业上都有相当的规模和良好的工业基础,沿江地带与周边区域物资交流量的递增,将为金沙江航运发展带来

较大的货运需求。

2) 航道提升空间。

结合梯级枢纽的渠化将给金沙江中下游河段航道等级带来很大的提升空间。交通运输部提出金沙江中下游攀枝花至水富河段规划为Ⅲ级航道。金沙江中下游4座梯级枢纽建成后,将淹没232处滩险,形成600多公里库区航道,为金沙江中下游河段航道等级提升至Ⅲ级奠定基础。

4.3 金沙江航运发展存在的问题

金沙江航运发展除存在航道、港口及支持保障系统设施落后,滇川两省航运合作和协调机制有待进一步加强等问题外,主要是在水资源综合利用中缺乏统筹考虑。部门之间在金沙江开发目标上的差异,导致实际开发中水资源综合利用不充分,尤其是水电开发与航运发展有效协调不足,影响了航道发展。金沙江中下游梯级水电站建成后,形成的库区深水航道将促进金沙江客货运输的发展,但是大部分电站未建设过船设施,形成航运在水电枢纽处断航,从而制约了航运的正常运行。

4.4 长江干线航道上延至金沙江的合理区段

金沙江中下游河段自清乾隆年间开凿历经数百年的时间,但至今河道条件变化甚微。所以,整个金沙江中下游航道的系统勘测、设计和整治工作都将需要一个相当长的过程,需要进行分期分段规划:到2015年可将长江干线上延至新市镇;到2020年可将长江干线上延至溪洛渡坝址;远期则可以结合枢纽的建设进度和翻坝码头等配套设施建设情况,将长江干线上延至攀枝花。

5 不同过坝方式及运输组织方式

金沙江中下游4座电站中仅向家坝布置了升船机,其他枢纽由于地形原因,在坝轴线位置设置通航设施难以实现。所以,主要讨论翻坝运输方式。

5.1 过坝线路选择与运输组织

从枢纽附近的路网交通现状及规划可以看出,下游4座电站中仅乌东德库区没有沿江公

路,其余枢纽附近在电站建成后均有沿江公路。三峡翻坝运输实践经验^[12-16]表明,翻坝运输公路应结合电站库区及周边地区的公路现状和规划,翻坝码头应结合港口、码头的现状与规划,以及电站建成后变动回水区航道整治的难度(电站建成后库区航道基本达到Ⅲ级航道标准)和水库运行的特点。

在运输组织管理上,翻坝运输线路和运输组织涉及部门多、技术复杂,需要协调解决的问题较多。目前向家坝临时翻坝由金沙江航运管理部门在翻坝转运管理部门领导下负责翻坝水上安全秩序维护、水上船舶调度和靠泊等;由地方交通局在翻坝转运指挥部领导下负责翻坝陆上运输组织,其中地方航运管理部门具体负责汽车滚装陆上运输组织。各部门需加强运输组织协调,优化指挥调度,尽量节省滚装车辆候船时间、装卸时间以缩短全程运输时间,保障翻坝运输的安全与畅通。

5.2 翻坝运输对象

1) 滚装汽车。装载货物的汽车从始发滚装码头直接开上船,运达下一个滚装码头后汽车直接开下船,汽车从船舶开上开下比较方便。三峡实践表明,汽车滚装运输比较适合翻坝运输作业。适合装载滚装汽车的货类主要以工业产品为主,如机电设备、钢材、零部件及部分农副产品;滚装汽车不宜装载煤炭和矿石等大宗低值散货等。

2) 煤炭、矿石。煤炭和矿石等大宗散货运量大、货值低,一般不适合翻坝运输。煤炭、矿石种类繁多,翻坝运输时须使用多条密封的皮带运输机,皮带运距太长时容易造成环境污染,这与货物本身价值不匹配。因此,一般不采用煤炭、矿石皮带机翻坝运输方案。

3) 集装箱运输。集装箱作为一种先进的运输方式为世界各国所采用,其特点是货物运输快速、安全、高效。除大宗散货外,大部分进出口物资及国内重要原材料和产成品都选择集装箱运输方式。但翻坝运输组织复杂、费用高,直接影响水

路集装箱运输的竞争能力。因此,对云南省金沙江下游—长江干流集装箱不考虑采用翻坝运输方案,集装箱可在水富港口装船下水。

4) 件杂货运输。根据件杂货不同货种的运输特点,部分杂货也不宜采用大批量长期的翻坝运输方案。一些农用物资、农产品等可在库区港口

码头直接装卸,采用翻坝运输方案。

5.3 运输方案的技术经济分析

1) 费用计算。

假设货物质量以 20 t/车计;公路运价以元/(t·km)计算;滚装车辆运输费用以元/(辆·km)计。水路运价对比见表7。

表7 水运和公路运输运价

运输方式	运费价格	备注
公路	0.60 元/(t·km)	参照云南省公路运输市场价
滚装船运输	6 元/(辆·km)	参照万州至宜昌滚装船运价,以 10 m 车长计(宜昌—万州滚装船运价约 1 700 元,321 km)
高速公路收费标准	0.08 元/(t·km)	参照云南省高速公路计重收费标准
滚装车辆装卸费用	100 元/车次(车船直取) 200 元/车次(船—库场—船)	参照长江中上游滚装车辆装卸作业价格调查表(中港协统计发布,2008 年 4 月)

会泽—水富与永善—水富分别采用 2 个运输方案,运输费用见表 8。会泽—水富及永善—水富的“水-陆-水”运输方案的全程运输费用分别较

“陆-水”运输方案的全程运输费用低 10.12% 和 35.95%,表明翻坝转运次数越少,“水-陆-水”运输方案的运输费用越具有优势。

表8 运输费用

地点	方案	运输方式	计算公式	运费/(元/辆)	备注
会泽—水富	1	会泽公路至蒙姑,转水路,再通过翻坝运输至水富港	$93 \times 0.60 \times 20 + 6 \times 425 + 100 \times 6$	4 266.00	滚装车辆 20 t/辆;滚装车辆需装卸 6 次
	2	会泽公路至水富港	$349 \times (0.6 + 0.08) \times 20$	4 746.40	
永善—水富	1	永善公路至溪洛渡坝下码头,转水路,再通过翻坝运输至水富港	$10 \times 0.60 \times 20 + 6 \times 150 + 100 \times 2$	1 220.00	滚装车辆 20 t/辆;滚装车辆需装卸 2 次
	2	永善公路至水富港	$(73 \times 0.68 + 76 \times 0.6) \times 20$	1 904.80	

2) 运输方案技术经济指标。

对设立的 2 个运输方案进行分析比较可见,货物采用“水-陆-水”运输方式至水富港下水具有一定优势,尤其在运输费用上优势较为明显,而在运输时间、运输环节、安全性、营运组织管理等方面存在不足。

总之,“水-陆-水”运输方式作为金沙江水路运输方式的组成部分,对于交通相对落后的金沙江沿江地区来讲,开辟了一个新的货物运输通道。它利用了金沙江下游梯级库区的航运资源,符合国家建设资源节约型、环境友好型社会的要求和国家大力倡导和扶持发展内河水运的政策以及长江黄金水道“延上游”的发展思路,在运输费用上有明显优势。

6 结语

1) 预测 2020、2030 各年的金沙江水运货运

量分别为 900 万 t 和 2 090 万 t;2020 年、2030 年金沙江水运客运量分别为 1 560~1 950 万人次和 2 340~2 930 万人次。预测了 2020 年和 2030 年水富港、绥江港、永善港、雷波港、巧家港、东川港货物吞吐量和旅客吞吐量。

2) 典型路径运输成本测算表明:金沙江流域水路运输成本最低,约为 0.10 元/(t·km);铁路运输成本次之,约为 0.13 元/(t·km);公路运输成本最高约为 0.33 元/(t·km),金沙江水运具有显著的成本优势。

3) 金沙江中下游向家坝、溪洛渡、白鹤滩、乌东德等水电枢纽建成后,攀枝花至宜宾 786 km 河段的常年库区将淹没碍航滩险 232 处,但变动回水区内仍有险 50 处,间断形成约 600 km 常年库区。库区河段基本满足 III 级航道的要求,变动回水区航道条件仍然较差。4 座枢纽除向家坝有通

航设施外, 其余均未考虑通航设施, 变动回水区的航道整治和枢纽通航设施成为制约航道发展的瓶颈。

4) 建议长江干线航道上延的合理区段为: 到2015年将长江干线上延至新市镇; 到2020年将长江干线上延至溪洛渡坝址; 远期则可以结合枢纽的建设进度和翻坝的配套设施建设情况, 将长江干线上延至攀枝花。

5) 针对金沙江中下游4个水电枢纽的现场条件, 分析适应翻坝运输的货种主要为件杂货与装载工业产品为主的滚装汽车, 通过“水-陆-水”翻坝运输方案与“陆-水”公路短途驳运方案的技术经济分析表明, “水-陆-水”运输方案的运输费用低10.12%~35.95%, 具有一定优势。

参考文献:

[1] 童思陈, 周建军. 金沙江中下游梯级优化开发模式探讨[J]. 水力发电学报, 2007(5): 116-121.

[2] 陶三顾. 金沙江干流梯级开发研究及溪洛渡枢纽前期工作的历史回顾和展望[J]. 四川水力发电, 1994(3): 21-28.

[3] 马智利, 施红芳. 金沙江水电资源梯级开发及其经济发展研究[J]. 资源开发与市场, 2007, 23(6): 566-568.

[4] 贺恭. 略论金沙江中游水能资源的开发[J]. 水力发电, 2007(3): 1-4.

[5] 国电公司中南电力设计院, 国电公司西南电力设计院, 广东省电力设计研究院. 金沙江中游河段水电规划报告[R]. 北京: 国电公司, 2002.

[6] 国家电力公司中南勘测设计研究院. 施工期客货过坝专题研究报告[R]. 长沙: 国家电力公司中南勘测设计研究院, 2003.

[7] 国家电力公司成都勘测设计研究院. 金沙江溪洛渡水电站施工对外交通运输专题研究“对外交通专用公路方案研究报告[R]. 成都: 国家电力公司成都勘测设计研究院, 2000.

[8] 中国水电顾问集团华东勘测设计研究院. 白鹤滩预可行性研究对外交通运输方案规划报告[R]. 杭州: 中国水电顾问集团华东勘测设计研究院, 2005.

[9] 长江水利委员会长江勘测规划设计研究院. 乌东德预可行性研究专题六对外交通运输方案研究[R]. 武汉: 长江水利委员会长江勘测规划设计研究院, 2007.

[10] 云南省航务管理局, 交通运输部水运科学研究院. 云南省金沙江航运发展规划[R]. 北京: 交通运输部水运科学研究院, 2008.

[11] 云南省交通厅. 云南省内河航运发展规划(2006—2020年)[R]. 昆明: 云南省交通厅, 2005.

[12] 中国水电顾问集团中南勘测设计研究院. 金沙江向家坝水电站施工期客货翻坝转运专题研究报告[R]. 长沙: 中国水电顾问集团中南勘测设计研究院, 2008.

[13] 张孝军, 夏仲平, 何为. 工程施工期翻坝运输方案研究[J]. 水利水电快报, 1999(9): 19-21.

[14] 宋雪莲, 王道新. 三峡航运遇“瓶颈”“水陆水”翻坝成首选[J]. 中国经济周刊, 2005(31): 22-25.

[15] 李国柏. 三峡翻坝交通方案透析[J]. 中国水运, 2005(5): 30-31.

[16] 李红九, 宋德星. 三峡工程建设期川江汽车滚装船“翻坝转运”方案[J]. 水运管理, 2005(8): 14-17.

(本文编辑 郭雪珍)

(上接第 38 页)

[32] 田庆林, 李双来. 洋山港航道工程水下炸礁对渔业资源的影响[J]. 水道港口, 2006, 27(2): 110-114.

[33] 李文涛, 张秀梅. 水下爆破施工对鱼类影响的估算及预防措施[J]. 海洋科学, 2003, 27(11): 20-23.

[34] 徐大建. 航道整治工程中生态护岸技术应用探讨[J]. 中国水运, 2015, 15(9): 157-158.

[35] 陈一瑶, 施俊羽, 周薛凯. 生态航道建设的现状及发展趋势分析[J]. 中国水运, 2014, 14(11): 78-79.

[36] 饶建荣. 船舶压载水排放处理技术初探[J]. 广东造船, 2009(1): 80-82.

[37] 张堂德, 叶兰. 船舶噪声防护技术及其应用价值探析[J]. 科技创新与应用, 2015(23): 46-47.

[38] 郝鸿雁, 束建芳. 大型船舶的噪声测量及其控制方法[J]. 船舶工程, 2012, 34(S2): 70-72.

(本文编辑 郭雪珍)