金沙江下游通航问题解决思路

周玉华
（中交水运规划设计院有限公司，北京 100007）

摘要：从长江流域航道与航运的规划建设实践，论述流域航道建设的成就与经验。根据流域经济发展需求与水利水电建设现状，提出交通主管部门与水电开发建设部门合作共赢，研究解决金沙江下游 700 km 河段的航运问题。提出借鉴三峡枢纽工程的建设经验，在溪洛渡、白鹤滩和乌东德 3 座水利枢纽工程建设大型船闸或升船机，建设反调节梯级，适当提高水库防洪限制水位，解决水库变动回水区航道整治问题，实现金沙江下游全河段通航的建议。

关键词：金沙江下游；通航；水资源综合利用；船闸；升船机；反调节水库

中图分类号：U 61　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1002-4972(2016)S1-0094-04

Solution for navigation problem in downstream waterway of Jinsha River

ZHOU Yu-hua
(CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: The achievements and experience of the Yangtze River basin's waterway construction is expounded based on the practice of planning and construction. According to the demands of economic development and arrangement of hydro-power, this paper puts forward suggestions on achieving navigation of the downstream waterway of Jinsha River: taking the Three Gorges project's for reference to construct ship lock or ship lift in Xiluodu, Baihetan and Wudongde hydro-junctions, and construct reregulating reservoir and increase the flood control limited water level of the reservoir to deal with the channel regulation of the reservoir's fluctuating backwater area reservoir and realize navigation along the whole reach downstream Jinsha River.

Keywords: downstream waterway of Jinsha river; navigation; comprehensive utilization of water resources; ship lock; ship lift; reregulating reservoir

长江经济带发展规划是国家重点发展战略，长江做为货运量位居全球内河第一的黄金水道，2010 年长江干线货物通过量达到 15.02 亿 t，比 2005 年增长 7.07 亿 t，“十一五”期间年均增长 13.6%。目前，长江货运量是美国密西西比河的 2 倍、欧洲莱茵河的 3 倍[1]。依托黄金水道推动长江经济带发展，打造中国经济新支撑带，是党中央、国务院审时度势，谋划中国经济新棋局做出的既利当前又惠长远的重大战略决策。

水资源综合利用是发展内河运输的重要基础，涉及水利、电力、环保、城市发展等方面，受部门、地方对水资源的不同需求驱动，缺乏水资源综合利用机制，协调难度大，造成了水资源开发中“重发电、轻航运”的局面，内河航运资源损失严重。

从 20 世纪 70 年代开始，长江流域的航道建设，走上了按统一规划建设标准要求，合力建设流域干支流航道的新阶段。在交通、水利部门的密切配合下，通过整治和梯级渠化工程，提高了规划设计水平，积累了建设经验。特别是兴建了具有防洪、发电和航运三大效益的长江三峡水利枢纽，上游库区呈现高峡平湖，形成深水航道

收稿日期：2016-06-16

作者简介：周玉华（1972—），女，高级工程师，从事港口与航道规划设计工作。

600 余 km，下游调节通航流量，使重庆到武汉 1 284 km航道，成为可通航由 1 000 吨级驳船组成的万吨船队的航道。三峡水利枢纽工程的建成运行，把我国高坝综合水利枢纽带入了统一规划、设计、施工，综合开发利用水资源的新时代[2]。

2014 年 9 月 25 日，国务院发布了《国务院关于依托黄金水道推动长江经济带发展的指导意见》(简称指导意见)。提出应“充分发挥长江运能大、成本低、能耗少等优势，加快推进长江干线航道系统治理，整治浚深下游航道，有效缓解中上游瓶颈，改善支流通航条件，打造畅通、高效、平安、绿色的黄金水道。”其中，对于改善支流通航条件提出，“积极推进航道整治和梯级渠化，提高支流航道等级，形成与长江干线有机衔接的支线网络。……研究论证嘉陵江高等级航道建设和金沙江攀枝花至水富段航运资源开发[3]。”

指导意见中提及的需要研究论证的金沙江攀枝花—水富段基本上涵盖了金沙江下游河段。金沙江下游河段从四川宜宾岷江口到攀枝花雅砻江口，全长约 768km。与之相接的长江上游航道，从云南水富到湖北宜昌 1 044 km，可通航 1 000~3 000吨级内河船舶。金沙江下游航道现状条件见表 1。

表 1　金沙江下游各段航道现状

航道段	航道里程/km	航道现状
攀枝花—乌东德	200	局部通航
乌东德—白鹤滩	183	局部通航
白鹤滩—溪洛渡	194	局部通航
溪洛渡—向家坝	157	新市镇以下 60 km 可通航 300 吨级船舶
向家坝—宜宾	48	通航 300~500 吨级船舶(Ⅴ~Ⅳ级航道)
宜宾—重庆	372	通航 1000 吨级船舶(Ⅲ级航道)

金沙江同时是国家重要的水电基地，规划有向家坝、溪洛渡、白鹤滩和乌东德 4 座大型水电站。现状是向家坝和溪洛渡电站基本建成，白鹤滩和乌东德电站已经开始施工准备。但在研究开发这些电站时，除向家坝电站考虑了通航外，其他 3 座电站主要开发任务是发电和防洪，未充分考虑通航问题。金沙江下游梯级布置见图 1。

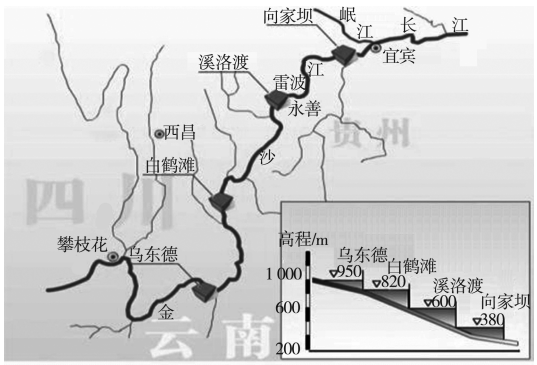

图 1　金沙江下游各梯级布置

金沙江及其两岸是我国巨大的能源和矿产资源宝库。2020 年前后，4 座水电站建成运行，昔日水流湍急无法通航的金沙江将成为适于通航的高峡平湖，使川江航道向西延伸 700 km，这对西部经济建设、矿产开发和进一步提高人民生活水平将产生积极而深远的影响。

未来建设电站形成的水库常年回水区具备通航条件，关键问题是电站本身未建设通航设施，还不具备全河段通航的条件。因此，要实现金沙江下游河段通航，就要解决溪洛渡、白鹤滩和乌东德 3 座电站的过坝通航问题和变动回水区航道整治问题。

1　金沙江下游通航问题争论的焦点

目前争论的焦点是金沙江下游河段是否属于通航河流问题。交通主管部门和水电开发建设部门的意见不一致。交通主管部门认为该河段属于通航河流，理由是在国务院主持编制的长江流域规划中，金沙江下游航道是规划了航道等级的；而水电开发建设部门认为，在溪洛渡水库未建成前，新市镇以上河段没有船舶顺河向航行，该河段属于不通航河流。实际上争议的背后是通航建筑物由谁出资建设的问题，根据《水法》和《航道法》的相关规定，在通航河流上建设拦河建筑物，应由开发建设单位负责同时建设通航设施；如果在不通航河流上建坝后能够通航的，通航建筑物应该由交通部门投资建设。

2 解决问题的关键

争论的局面造成解决金沙江下游通航问题的困局。指导意见中提出“研究论证”此河段通航问题，既然是论证其结果就有“可行”和“不可行”两种。目前解决通航问题最关键的两方，交通主管部门和水电开发建设部门意见不一致，非常不利于解决问题，增加了论证结果“不可行”的几率。

依托黄金水道开发长江经济带是国家的战略，能够将长江航道向上游延伸 700 km，从国家和地方经济发展角度来看效益巨大。若想增加金沙江下游通航的可行性，需要政府主管部门和建设方全力合作，一起努力解决问题。

3 通航问题解决的前景

解决通航问题应遵循“技术可行，经济合理”的原则。水库建成后，通航要解决的主要是过坝和变动回水区问题。由于这些梯级水库在规划阶段未考虑过坝通航问题，选择的坝址均为高山峡谷区，坝型均为高拱坝，这就为解决通航问题带来了困难，选择余地非常小。

过坝有两种方式：一种是船舶通过船闸或者升船机过坝，习惯上称为“过坝运输”，适宜所有货物；另一种方式船舶不过坝，货物或者人员通过公路过坝，习惯上称为“翻坝运输”，由于需重新装卸，成本较高，因此适宜翻坝运输的货物主要是集装箱和滚装船。

从西南地区经济发展现状看，近几年其经济发展速度一直保持较高的水平，同时，由于其特殊的地理位置，建设高等级公路、铁路的难度很大，水运从投资、占地、运能、运输费用节约、节能环保等方面都具有明显优势，因此未来水运仍将是西南地区重要的运输方式。根据预测，2050 年乌东德、白鹤滩、溪洛渡、向家坝单向过坝运输量将分别达到 550 万、770 万、1 300 万和 2 100 万 t，全河段单向货运量为 3 000 万 t。

金沙江下游大部分都是高山峡谷地区，流域内工业不发达，适宜集装箱运输的货物不多。但金沙江流域是我国磷矿主要储藏区，需要水运的主要是磷矿石、铅锌矿等散货。件杂货主要是钢材、化工产品、各类机械设备等。所以解决金沙江下游通航问题，首先应该选择过坝运输，而不是翻坝运输。当然如果建设过坝设施存在难以解决的技术问题，翻坝运输也可解燃眉之急。

从技术角度考虑，内河通航比较成熟的过坝设施是船闸和升船机。目前世界上最大的船闸和升船机均建于我国的三峡枢纽。三峡双线连续五级船闸，闸室有效尺度 280 m×34 m×5.0 m(长×宽×槛上水深)，一次可通过万吨级船队。船闸总设计水头 113 m，上游水位变幅 40 m，下游水位变幅 11.8 m，最大通航流量 45 000～56 700 m^3/s。升船机承船厢有效尺度 132 m×18.4 m×3.5 m(长×宽×水深)，可以通过 3 000 吨级的单船，克服水位差 113 m，垂直提升时间不到 10 min，提升的总重量达 15 000 t。三峡双线船闸已经投产12 a，目前货运量已经超过年单向通过 5 000 万 t 的设计通过能力，三峡升船机已经试通航，其通过能力有待检验。

金沙江下游攀枝花至向家坝，枢纽建成后库区航道基本均能满足 3 000 吨级船舶航行要求；向家坝以下航道，根据《长江干线航道总体规划纲要》，结合枢纽建设或通过上游水库群调节流量，可将航道标准提高到 I 级[4]。因此可以考虑在金沙江下游已建和在建的溪洛渡、白鹤滩和乌东德水电枢纽建造 3 000 吨级船闸或升船机。

分析这 3 座水电枢纽的布置和地形情况，通航建筑物线路经过处地形较高，必须开凿大型地下洞室和中间渠道隧洞运河，才能实现过坝通航。根据相关方案研究，乌东德、白鹤滩和溪洛渡通航隧洞长度分别为 1 735、2 700 和 3 200 m。由于溪洛渡、白鹤滩和乌东德 3 座枢纽设计水头 160～240 m，高于三峡枢纽，因此，为保证通航建筑物的技术可行性和安全性，还需研究高水头输水系统、高水头船闸结构以及大型升船机型式等技术问题。三峡升船机采用的是齿轮齿条爬升式全平衡垂直升船机，这种形式的升船机安全度比较高，但能否适应 200 m 以上的提升高度尚需研究。

另外一个需要解决的问题是变动回水区问题。变动回水区产生的主要原因是水库为了防洪需要，汛期要将水位降至防洪限制水位运行，正常蓄水位条件下相邻两库间水位基本能够衔接，但降到汛限水位后，水库间会有一段很长的天然河段，该河段就是变动回水区。变动回水区如果要做到全年通航，一种方案是航道整治，另一种方案是再建设一级反调节枢纽。第一种方案投资小，但维护困难，甚至有些滩险如老君滩，光靠整治无法实现通航的目标；第二种方案能够很好地解决通航问题，包括电站调峰对航运的影响问题也能解决。但最好的建设时机应该是在水库蓄水前建成，一旦水库蓄水，每年只能利用汛期低水位时段施工，基本不具备再建设条件。目前向家坝和溪洛渡水库已经蓄水，不具备建设反调节梯级的条件。白鹤滩和乌东德电站尚需建设 6 a 时间，还具备建设反调节梯级的条件。

向家坝本身就相当于金沙江下游梯级电站的反调节电站，其正常蓄水位与防洪限制水位差只有 10 m，回水变动区很小，通航问题可以通过航道整治解决。同时向家坝与溪洛渡水库联合调度运行，可改善下游枯水期的航运条件。目前向家坝库区已有 3 000 吨级的运输船舶，船舶大型化发展趋势明显。

溪洛渡正常蓄水位 600 m，汛限水位 560 m，水位差为 40 m，是所有梯级中水位差最大的一级，其变动回水区范围也比较大，全长约 27 km。溪洛渡已不具备建设反调节梯级的条件，与白鹤滩之间的回水变动区通航只能通过航道整治实现。为了降低航道整治的难度，可以考虑适当提高溪洛渡防洪限制水位。如果为解决通航问题提高汛限水位，应该会得到水电开发部门的支持。因为汛期长江来水基本占到全年的一半左右，正是发电的好时机，提高汛限水位意味着增加汛期发电水头，可以增加发电量。

提高溪洛渡汛限水位应该是具备条件的。溪洛渡的防洪库容主要用于提高重庆到宜宾河段的防洪标准，但这一河段本身洪灾就不太严重，而且金沙江干支流上建了大量的水库，这些水库能起到削减洪峰的作用，使发生大洪水的概率降低。另外，随着气象预报水平的提高，可以提前做出预报，采取临时腾空水库，增加防洪库容的措施，并不会对防洪产生重大影响。

在白鹤滩与乌东德之间增加一级反调节梯级，可以解决老君滩等通航难题。白鹤滩正常蓄水位 820 m，防洪限制水位 785 m，水位差 35 m，建设一级船闸就能解决问题。当然，建设反调节梯级会增加建设费用，反调节梯级可以由国家出资建设。如果经济上可行，可以利用 35 m 的水头差汛期发电，实现以电养航。或者通过努力，将白鹤滩的防洪限制水位适当提高，这样通航问题的解决难度会进一步降低。

乌东德是最上游的梯级电站，库尾变动回水区长约 47 km，河道内有多处险滩。乌东德变动回水区是否需全年通航，应该根据水运需求情况研究确定。

根据以上分析，只要选择合适的策略，是能够找到合作共赢之路，推动解决金沙江下游通航问题的。

4　结语

1）长江是连接西南、华中、华东地区的水运交通干线，西南地区多高山峡谷，未来水运仍将是其重要的运输方式。

2）目前金沙江规划的 4 座大型电站，除向家坝考虑了通航外，其他 3 座电站未充分考虑通航问题。建设电站形成的水库常年回水区具备深水航道条件，要实现金沙江下游全年通航，需要解决溪洛渡、白鹤滩和乌东德 3 座电站的过坝通航和变动回水区通航问题。

3）根据三峡枢纽工程的建设经验，考虑在溪洛渡、白鹤滩和乌东德 3 座水利枢纽建设大型船闸或升船机，实现过坝通航。

4）变动回水区要做到全年通航，一种方案是航道整治，另一种方案是再建设一级反调节枢纽。

（下转第 115 页）