



# 金沙江向家坝四川岸翻坝运输方案经济比选

刘晓帆, 张泽坤, 叶 姝

(四川省交通勘察设计研究院有限公司, 四川 成都 610017)

**摘要:** 为提升金沙江向家坝枢纽过坝运输能力、缓解库区下行货物运输拥堵, 拟建设向家坝四川岸翻坝运输系统, 提出了3个运输通道方案。为选出经济合理的建设方案, 依据向家坝、溪洛渡已建翻坝运输系统调研数据以及向家坝过坝运量预测, 逐项分析、估算各方案的运营成本和营业收入。采用最小费用法、最低价格法等对3个互斥型方案从全寿命周期的角度进行经济比选, 并从争取补助资金、采用分期建设等方面对方案优化提出建议。结果表明: 采用高线改建老路、低线建设皮带机的方案费用现值、费用年值、运输包干价均为最小, 是从经济角度的推荐方案。优化后的方案进一步提升了经济性, 增强了项目竞争力及抗风险能力。

**关键词:** 向家坝; 翻坝运输; 经济比选

中图分类号: U 612

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2023)S1-0015-06

## Economic comparison of dam-over turning transportation schemes in Sichuan bank of Xiangjiaba of the Jinsha River

LIU Xiao-fan, ZHANG Ze-kun, YE Shu

(Sichuan Communication Surveying & Design Co., Ltd, Chengdu 610017, China)

**Abstract:** In order to enhance the dam-passing transportation capacity of the Xiangjiaba hub of the Jinsha River and alleviate the transportation congestion of downstream goods in the reservoir area, this paper tends to build a dam-overturning transportation system for the Sichuan bank of Xiangjiaba and proposes three transportation channel schemes. In order to select an economic and reasonable construction scheme, the paper analyzes and estimates the operation cost and operating income of each scheme item by item according to the survey data of built dam-overturning transportation systems in Xiangjiaba and Xiluodu and the forecasted dam-passing traffic volume of Xiangjiaba. In addition, the paper conducts an economic comparison among the three mutually exclusive schemes from the perspective of the whole life cycle through the minimum cost method and minimum price method and puts forward suggestions for optimizing the schemes in terms of obtaining subsidy funds and adopting phased construction. The results show that the present cost, annual cost, and transportation lump sum of reconstructing old roads with high-speed lines and constructing belt conveyors with low-speed lines are the lowest, and the scheme is recommended from an economic perspective. The optimized scheme further improves the economy and enhances the competitiveness and anti-risk ability of the project.

**Keywords:** Xiangjiaba; dam-overturning transportation; economic comparison

## 1 项目概况

金沙江下游攀枝花雅砻江河口—宜宾合江门全长约738 km, 航道等级规划为Ⅲ级及以上, 自

下而上依次规划建设向家坝、溪洛渡、白鹤滩、乌东德4个梯级电站<sup>[1]</sup>。目前, 向家坝过坝运输主要由升船机和云南岸翻坝转运体系共同承担,

现状年通过能力不到 700 万 t/a。根据历年统计数据, 2014—2020 年, 向家坝翻坝转运货运量均在 200 万~500 万 t/a, 2021 年全年翻坝运量达 678 万 t, 运输增长十分迅猛<sup>[2]</sup>, 现有通过能力已不能满足上游旺盛的运输需求, 金沙江向家坝四川岸翻坝运输工程建设已迫在眉睫。工程方案经济比选是建设项目决策阶段必不可少且非常重要的内容, 一个经济合理的建设方案是项目建设成功的关键<sup>[3]</sup>。本研究拟基于项目全寿命周期成本和效益对金沙江向家坝四川岸翻坝运输方案进行经济比选<sup>[4]</sup>, 并对方案优化提出建议。

金沙江向家坝四川岸翻坝运输工程包括上游翻坝码头、水平运输通道和下游翻坝码头。共提出 3 个水平运输通道方案, 方案 1 为高线改建老路+高线皮带机方案, 方案 2 为低线新建公路+低线皮带机方案, 方案 3 为高线改建老路+低线皮带机方案。

## 2 基本数据

### 2.1 计算期及运量预测

计算期包括建设期和运营期, 取 28 a, 其中方案 1 建设期 3 a、运营期 25 a; 方案 2、3 建设期 4 a、运营期 24 a。运量预测成果见表 1。

表 1 向家坝过坝运量预测

年份	货运量/万 t		
	散货	件杂货	合计
2030 年	1 215	165	1 380
2035 年	1 540	200	1 740
2050 年	2 360	250	2 610

### 2.2 工程投资

工程建设投资见表 2。方案 1 建设期 3 a, 年度投资比例分别为 3:4:3; 方案 2、3 建设期 4 a, 年度投资比例分别为 3:4:2:1。流动资金按营运费用的 2% 估算。

表 2 建设投资匡算

方案	建设投资/亿元			
	公路	皮带机	码头	合计
1	7.4	3.9	24.5	35.8
2	12.3	5.3	24.5	42.1
3	7.4	5.3	24.5	37.2

## 2.3 税金

### 2.3.1 增值税

1) 可抵扣固定资产进项税。参考类似码头项目、公路项目, 估算各方案可抵扣固定资产进项税见表 3。

表 3 可抵扣固定资产进项税

方案	项目	综合税率/%	投资/万元	可抵扣固定资产进项税/万元
1	码头	6.67	245 000	16 342
	公路	7.30	74 000	5 402
	皮带机	13.00	39 000	5 070
	合计	-	358 000	26 814
2	码头	6.67	245 000	16 342
	公路	7.30	123 000	8 979
	皮带机	13.00	53 000	6 890
	合计	-	421 000	32 211
3	码头	6.67	245 000	16 342
	公路	7.30	74 000	5 402
	皮带机	13.00	53 000	6 890
	合计	-	372 000	28 634

2) 运营期当期销项税、进项税。运营期每年销项税按运营期年收入 9% 估算, 运营期每年进项税按年运营成本 9% 估算。

### 2.3.2 其他

城市建设维护税按增值税的 7% 计取; 教育费附加按增值税的 3% 计取; 根据川府函[2011]68 号四川省人民政府《关于印发四川省地方教育附加征收管理使用办法的通知》, 四川省地方教育附加费按增值税的 2% 计取。

根据我国自 2008 年 1 月 1 日开始施行的《中华人民共和国企业所得税法》规定, 企业所得税税率按 25% 计征。

### 2.4 基准收益率

根据《国家发展改革委、住房城乡建设部关于调整部分行业建设项目财务基准收益率的通知》(发改投资[2013]586 号), 内河港口融资前税前财务基准收益率为 4%, 资本金税后财务基准收益率为 4%。结合水运行业财务基准收益率、银贷款利率, 确定本项目融资前税前财务基准收益率为 5%。

### 3 费用估算

#### 3.1 运营成本

根据翻坝转运系统的运输、装卸工艺, 运营成本主要包括运输费用、装卸费用以及年维护费用。

参考金沙江溪洛渡、向家坝已建设翻坝转运系统以及类似皮带机方案, 根据测算, 本项目的散货装船、卸船成本分别为 3.5、5.5 元/t, 件杂货装船、卸船成本均为 10 元/t。3 个方案运输费用、装卸费用、维护费用估算见表 4~6, 运营费用见表 7。

表 4 运输费用估算

方案	项目	运输成本/(元·t <sup>-1</sup> ·km <sup>-1</sup> )	运输里程/km	运输量/万 t			运输费用/万元		
				2030 年	2035 年	2050 年	2030 年	2035 年	2050 年
1	公路	0.70	27	165	200	250	3 119	3 780	4 725
	皮带机	0.35	15.5	1 215	1 540	2 360	6 591	8 355	12 803
	合计	-	-	1 380	1 740	2 610	9 710	12 135	17 528
2	公路	0.6	20.6	165	200	250	2 034	2 466	3 083
	皮带机	0.2	14.6	1 215	1 540	2 360	3 548	4 497	6 891
	合计	-	-	1 380	1 740	2 610	5 582	6 963	9 974
3	公路	0.7	27	165	200	250	3 119	3 780	4 725
	皮带机	0.2	14.6	1 215	1 540	2 360	3 548	4 497	6 891
	合计	-	-	1 380	1 740	2 610	6 666	8 277	11 616

表 5 装卸费用估算

货种	装卸成本/ (元·t <sup>-1</sup> )	运输量/万 t			装卸费用/万元		
		2030 年	2035 年	2050 年	2030 年	2035 年	2050 年
散货	9	1 215	1 540	2 360	10 935	13 860	21 240
件杂货	20	165	200	250	3 300	4 000	5 000
合计	-	1 380	1 740	2 610	14 235	17 860	26 240

注: 装卸成本等于装船和卸船成本之和。

表 6 维护费用估算

方案	维护成本/(万元·a <sup>-1</sup> )				
	码头	公路	隧道	皮带机	合计
1	245	270	50	40	605
2	245	405	200	40	890
3	245	270	200	40	755

表 7 运营费用汇总

方案	年份	费用/万元			
		运输	装卸	维修	运营
1	2030	9 710	14 235	605	24 550
	2035	12 135	17 860	605	30 600
	2050	17 528	26 240	605	44 373
2	2030	5 582	14 235	890	20 707
	2035	6 963	17 860	890	25 713
	2050	9 974	26 240	890	37 104
3	2030	6 666	14 235	755	21 656
	2035	8 277	17 860	755	26 892
	2050	11 616	26 240	755	38 611

#### 3.2 固定资产折旧费

固定资产折旧采用平均年限法<sup>[5]</sup>计算:

$$R_V = (F_A - I_T) \cdot R_{AT} \quad (1)$$

$$D_{EP} = (F_A - I_T) \cdot (I - R_{AT}) / N \quad (2)$$

式中:  $R_V$  为固定资产残值;  $F_A$  为固定资产;  $I_T$  为可抵扣固定资产进项税;  $R_{AT}$  为残值率, 取 5%;  $N$  为折旧年限;  $D_{EP}$  为年折旧费。期末回收固定资产残值, 固定资产折旧费估算见表 8。

表 8 固定资产折旧费估算

方案	建设投资/亿元	可抵扣固定资产进项税/亿元	固定资产残值/亿元	折旧年限/a	年折旧费/亿元
1	35.800 0	2.681 4	1.655 9	25	1.258 5
2	42.100 0	3.221 1	1.943 9	24	1.539 0
3	37.200 0	2.863 4	1.716 8	24	1.359 2

#### 4 营业收入估算

参考溪洛渡、向家坝已建翻坝转运系统, 本项目收入包括港口装卸费、公路运输费、堆场使

用费等。其中港口装卸费和公路运输费按包干价计, 堆场使用价格为 1 元/(t·月), 上游堆场和下

游堆场的堆存能力分别为 20 万 t 和 100 万 t, 堆场使用费估算见表 9。

表 9 堆场使用费估算

作业区堆场	堆存能力/万 t	堆存效率/%			使用价格/(元·t <sup>-1</sup> ·月 <sup>-1</sup> )	堆场使用费/万元		
		2030 年	2035 年	2050 年		2030 年	2035 年	2025 年
上游堆场	20	80	100	100	1	192	240	240
下游堆场	100	80	100	100	1	960	1 200	1 200
合计	120	-	-	-	-	1 152	1 440	1 440

## 5 方案经济比选

由于受到投资补助、运营成本、市场价格等多因素的影响, 港口装卸费和公路运输费包干价无法较准确估算, 3 个方案均能满足向家坝翻坝运输运量预测需求, 效益相同, 因此采用最小费用法和最低价格法对方案进行经济比选。

### 5.1 费用现值和费用年值的计算

根据各方案建设投资、年运营成本, 固定资产残值采用折现率 5% 计算各方案的费用现值和费用年值。

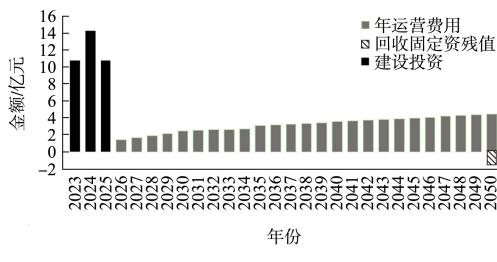
方案 1 建设投资 35.800 0 亿元, 建设期 3 a, 年度投资比例分别为 30%、40%、30%, 2030、2035、2050 年典型年份运营成本分别为 2.455 0 亿、3.060 0 亿、4.437 3 亿元, 期末固定资产残值 1.655 9 亿元。按照折现率 5%, 折算至期初得到方案 1 的费用现值为 67.410 1 亿元。

根据现值求年值公式为:

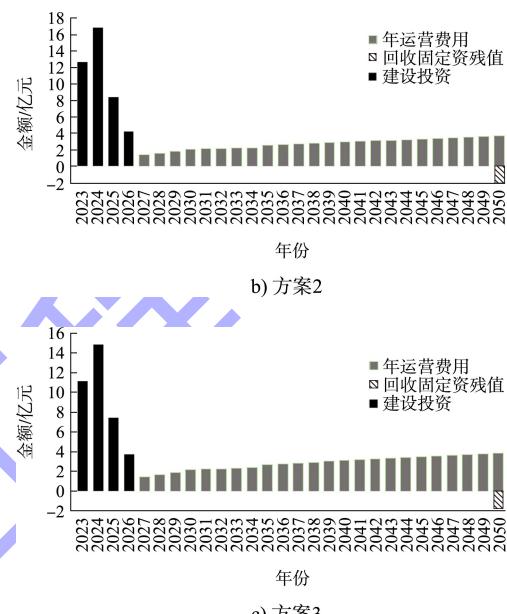
$$A = P \cdot \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (3)$$

式中:  $A$  为年值;  $P$  为现值;  $i$  为折现率,  $i = 5\%$ ;  $n$  为计算期,  $n = 28$  a。计算得到方案 1 的费用年值为 7.991 8 亿元。

同理计算出方案 2 的费用现值和费用年值分别为 66.255 9 亿、7.855 0 亿元, 方案 3 的费用现值和费用年值分别为 63.142 6 亿、7.485 9 亿元。费用流量见图 1。



a) 方案 1



b) 方案 2



c) 方案 3

图 1 费用流量

### 5.2 最低价格计算

由于件杂在货运量中占比较小, 其价格变化对方案经济性影响较小, 因此试算时将件杂装卸运输包干价固定为 50 元/t, 仅保留散货装卸运输包干价一个变量。通过对投资现金流量表试算<sup>[6]</sup>, 得出 3 个方案融资前税前项目投资财务净现值为 0 时的散货装卸运输包干价分别为 31.58、31.56、29.72 元/t。

### 5.3 方案经济比选

根据上述计算, 各方案建设投资、典型年运营成本、计算期内全部费用总额、费用现值、费用年值及散货装卸运输包干价见表 10。

从表 10 中的统计数据可以看出, 方案 1 的建设投资最小, 但方案 1 运营成本最大; 方案 3 建设投资和运营费用均次之; 方案 2 的建设投资最大, 但方案 2 的运营成本最小。如果不站在项目全寿命周期角度考虑项目经济性, 无法选择推

荐方案。

按不考虑资金时间价值的计算期内全部费用总额(建设投资+运营成本-回收固定资产残值)的大小进行比较时, 方案 3 的费用总额最小, 方案 2 的费用总额次之, 方案 1 的费用总额最大; 按考虑资金时间价值后的费用现值、费用年值的大小进行比较时, 方案 3 的费用现值、费用年值最小, 方案 2 的费用现值、费用年值次之, 方案 1 的费用

现值、费用年值最大; 按散货装卸运输包干价的大小进行比较时, 仍然是方案 3 的散货装卸运输包干价最小, 方案 2 的散货装卸运输包干价次之, 方案 1 的散货装卸运输包干价最大。可见不管是否考虑时间价值, 采用最小费用法、最低价格法对本项目的 3 个方案进行经济比选的结果均是方案 3 最优、方案 2 次之、方案 1 最差。因此, 从经济角度选择方案 3 作为本项目的推荐方案。

表 10 方案经济比选

方案	建设投资/亿元	典型年(2035 年)运营成本/亿元	计算期内费用总额/亿元	效益(效果)	建设期/a	运营期/a	折现率/%	费用现值/亿元	费用年值/亿元	散货装卸运输包干价/(元/t)
1	35.800 0	3.060 0	114.080 2	满足运量要求	3	25	5	67.410 1	7.991 8	31.58
2	42.100 0	2.571 3	106.055 2	满足运量要求	4	24	5	66.255 9	7.855 0	31.56
3	37.200 0	2.689 2	104.236 0	满足运量要求	4	24	5	63.142 6	7.485 9	29.72
经济比选	方案 1> 方案 3> 方案 2	方案 2> 方案 3> 方案 1	方案 3> 方案 2> 方案 1					方案 3> 方案 2> 方案 1	方案 3> 方案 2> 方案 1	方案 3> 方案 2> 方案 1

## 6 方案优化

### 6.1 方案优化的提出

在项目收入受市场影响的情况下, 可通过降低建设投资或者运营成本进一步提升项目的经济效益, 增强项目竞争力。本项目建设的翻坝公路是省道的一部分, 根据《四川省财政厅四川省交通运输厅关于印发〈四川省省级财政交通专项资金管理办法〉的通知》, 省道公路工程资金补贴标准为

550 万元/km, 对于本项目的推荐方案来说, 可以争取建设补助投资 1.492 8 亿元。此外本项目的货运量预测结果随着水平年呈增长趋势, 码头工程可采用分期建设。一期码头工程在 2023—2026 年投资 13.7 亿元, 建成后满足 2035 年运量预测需求; 二期码头工程在 2035—2037 年投资 10.8 亿元, 建成后满足 2050 年运量预测需求。推荐方案(方案 3)优化后的费用流量见图 2。

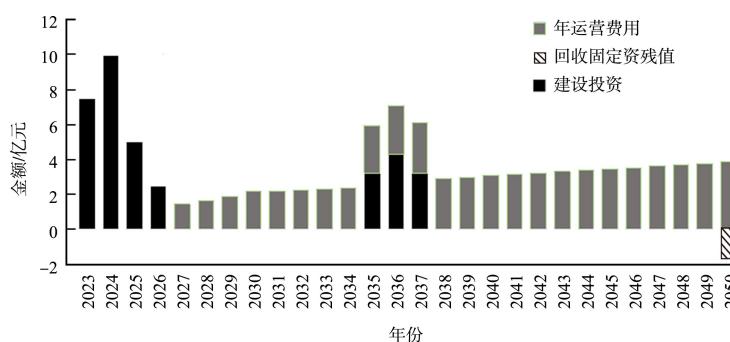


图 2 方案 3 优化后的费用流量

### 6.2 经济指标计算及对比分析

再次计算优化后方案 3 的建设投资、计算期内费用总额、典型年运营成本、费用现值、费用年值、散货装卸运输包干价, 计算结果见表 11。优化后的方案 3 较原方案 3 建设投资、计算期费用总额、费用现值、费用年值和散货装卸运输包

干价均减少, 其中建设投资和计算期内费用总额减少了 1.492 8 亿元, 费用现值减少了 5.648 7 亿元, 费用年值减少了 6 697 万元, 散货装卸运输包干价减少了 1.30 元/t, 较大提升了本项目的经济性, 增强了项目竞争力及抗风险能力, 有力促进了项目的落地实施。

表 11 方案优化后的经济指标

方案	建设投资/亿元	典型年(2035 年)运营成本/亿元	计算期内费用总额/万元	效益(效果)	折现率/%	费用现值/亿元	费用年值/亿元	散货装卸运输包干价/(元·t <sup>-1</sup> )
原方案 3	37.200 0	2.689 2	104.236 0	满足运量要求	5	63.142 6	7.485 9	29.72
优化后方案 3	35.707 2	2.689 2	102.743 2	满足运量要求	5	57.493 9	6.816 2	28.42

## 7 结语

1) 建设项目可抵扣固定资产进项税的测算对计算项目应缴纳增值税以及固定资产年折旧费至关重要, 同时对经济指标计算结果有较大影响。本研究在现行增值税率的基础上, 采用综合税率的方法分别估算各分项工程的可抵扣固定资产进项税, 再汇总为本工程的可抵扣固定资产进项税, 为可抵扣固定资产进项税测算提供了一种可以借鉴的计算思路和方法。

2) 项目建议书阶段方案设计不够深入, 为了较准确评价建设方案的经济性, 应逐项准确估算各方案的运营成本和营业收入。

3) 方案经济比选应考虑全寿命周期的成本和效益, 考虑资金时间价值, 并选择合适的经济比选方法。在项目收入受市场定价影响无法准确确定且方案产出相同的情况下, 可以选择最小费用法(费用现值法、费用年值法)和最低价格法作为方案经济比选方法。

4) 方案经济比选除了可以选出推荐方案外, 还可以对方案进行优化。建议从争取项目资金补助、分期投资、降低运营成本等方面对项目方案

进行优化, 提升项目经济性, 增强项目竞争力及抗风险能力, 促进项目落地实施。

## 参考文献:

- [1] 四川省交通勘察设计研究院有限公司.四川省内河水运发展规划(2021—2035)[R].成都:四川省交通勘察设计研究院有限公司, 2021.
- [2] 四川省交通勘察设计研究院有限公司.金沙江下游航运需求分析[R].成都:四川省交通勘察设计研究院有限公司, 2022.
- [3] 贺亚, 张夏武, 叶秋, 等.基于项目全生命周期成本和效益的工程设计方案经济比选[J].工程经济, 2021, 31(9): 15-18.
- [4] 全国注册咨询工程师(投资)资格考试参考教材编写委员会.项目决策分析与评价[M].2012 版.北京:中国计划出版社, 2011: 274-284.
- [5] 国家发改委, 建设部.建设项目经济评价方法与参数[M].3 版.北京:中国计划出版社, 2006: 20-60.
- [6] 全国注册咨询工程师(投资)资格考试参考教材编写委员会.现代咨询方法与实务[M].2012 版.北京:中国计划出版社, 2016: 232-242.

(本文编辑 武亚庆)

(上接第 14 页)

## 参考文献:

- [1] 四川省交通运输厅.四川省综合立体交通网规划纲要(2021—2050 年)水运专项规划[R].成都:四川省交通运输厅, 2020.
- [2] 四川省交通运输厅.四川省内河水运发展规划(2021—2050 年)[R].成都:四川省交通运输厅, 2022.
- [3] 交通运输部水运科学研究所, 四川省交通勘察设计研究院有限公司, 云南省交通规划设计研究院有限公司.

金沙江下游航运发展规划[R].北京:交通运输部水运科学研究所, 2021.

- [4] 王静, 文训科.渠江集装箱运输经济性研究[J].综合运输, 2021, 43(10): 114-120.
- [5] 李宇萍, 方泽兴, 赵汛舟.基于运输经济性的浙江省成品油内河运输路径方案选择研究[J].中国水运(下半月), 2021, 21(2): 13-15.

(本文编辑 武亚庆)