

# 输电线路工程人力运输与索道运输费用比较

肖宇

(中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司, 成都 610021)

**摘要:** 文章采用现行的电力建设工程计算规定和定额, 从造价角度, 在输电线路工程不同的地形条件下, 对人力运输和索道运输方式的费用进行比较分析。在平地地形, 采用人力运输费用较省; 在丘陵、山地、高山以及峻岭地形, 得到了两种运输方式费用的运输临界值, 为人力运输和索道运输方式的选择提出建议。

**关键词:** 输电线路; 运输方式; 造价分析; 人力运输; 索道运输; 运输临界值

中图分类号: TM75

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2016)02-0167-05

## Comparison on Cost Between Manpower Transportation and Aerial Ropeway Transportation of Power Transmission Line Engineering

XIAO Yu

(Southwest Electric Power Design Institute Co., Ltd., SWEPTDI, Chengdu 610021, China)

**Abstract:** By using budget compilation and calculation standard, along with detailed budget estimate norm in electric power construction projects, this paper analyses and compares the differences between manpower transportation and aerial ropeway transportation under different terrain conditions from the perspective of cost. The cost of manpower transportation is lower than aerial ropeway transportation under flat terrain. This paper obtains the transportation critical values of these two transportation modes under hilly terrain and mountainous terrain. These critical values provide suggestions for the choice of more economical transportation mode.

**Key words:** power transmission line; transportation mode; cost analysis; manpower transportation; aerial ropeway transportation; transportation critical value

人力或畜力运输是一种较灵活、广泛适用于各种地形的运输方式, 但其易受到地形地势的限制。随着国家对环境保护的重视以及人们环保意识的增强, 输电线路工程走廊的选择越来越困难, 在地形地势复杂的山区和人力畜力难以到达的地区, 越来越多地采用索道运输技术。

本文采用现行的电力建设工程计算规定和定额<sup>[1-2]</sup>, 从造价角度对人力运输和索道运输的费用进行分析比较, 为人力运输和索道运输方式的选择提出建议。据统计, 输电线路工程中, 除导线材料外(张力架线时, 导线材料不考虑人力运输和索道运输), 运输量较大的材料是铁塔材料和混凝土材料, 达到了总运输量的90%以上。为便于分析, 本

文选取这两种材料进行计算, 其他材料忽略不计。

### 1 索道费用

通过对实际工程中索道运输方式的分析, 目前输电线路工程中最常用的索道方式是单索循环式索道, 这类索道的特点是最大运输重量不超过2 t, 全长一般不超过3 km<sup>[3-5]</sup>。索道的支架系统要求稳定、牢固、便于搭设, 实际工程中为了标准化和减少对周围树木的破坏, 一般采用钢结构支架。本文在分析中即采用钢支架支撑的单索循环式索道。索道费用包括索道架设费用、材料的运输费用、人材机调整费用以及索道赔偿费用等, 因索道和人力运输路径有差异, 路径上发生的赔偿费用不便估计, 为方便分析, 本文不考虑索道运输和人力运输的赔偿费用。

#### 1.1 索道架设费用

输电线路施工中, 索道的架设包括索道用设施(索道机具、绳索、支架等)的运输, 索道用设施的

安装等。因为在不同的地形情况下,地势的起伏是不同的,按下表1的地形起伏计算索道运距对应的高差范围。经过计算,1处索道的架设费用见表2,表中的索道运距是指上、下料点之间的水平投影距离,高差指索道上、下料点之间的垂直投影距离。支架数量按运距300 m计算2个支架,每增加300 m增加1个支架,不足300 m按300 m计算。本文在分析中考虑架设1处索道。

## 1.2 索道运输费用

运输费用包括材料的装卸费用和运输费用,经计算,铁塔材料(角钢塔,重量1 t)和混凝土材料( $1 \text{ m}^3$ )在不同地形情况下的索道运输费用见表3~表4,表中的步距增加是指索道运距每增加或减少0.2 km时,运输费用的增加或减少值,其他运距下的费用可根据插值法或步距增加(减少)值计算得到。

表1 索道运距对应的高差

Table 1 Aerial Ropeway Transportation Distance Corresponding to the Height Difference

地形	垂直距离/水平距离	索道运距/km				
		0.2	0.6	1.0	2.0	3.0
平地	0.00	0	0	0	0	0
丘陵	0.05	10	30	50	100	150
山地	0.40	80	240	400	800	1 200
高山	0.80	160	480	800	1 600	2 400
峻岭	1.00	200	600	1 000	2 000	3 000

表2 索道架设费用

Table 2 Erection Cost of Aerial Ropeway

索道运距/km	钢支架/个	高差/m	平地	丘陵	山地	高山	峻岭
0.2	2	300 以内	55 840.39	64 917.97	87 810.04	107 352.16	113 476.05
0.6	3	300 以内	58 187.69	67 675.56	91 621.44	/	/
0.6	3	600 以内	/	/	/	195 650.46	207 219.89
1	5	300 以内	62 882.29	73 190.76	/	/	/
1	5	600 以内	/	/	168 593.41	/	/
1	5	900 以内	/	/	/	301 177.26	/
1	5	900 以上	/	/	/	/	419 235.81
2	8	300 以内	69 924.19	81 463.55	/	/	/
2	8	900 以内	/	/	259 870.96	/	/
2	8	900 以上	/	/	/	416 999.24	444 957.88
3	11	300 以内	76 966.09	89 736.34	/	/	/
3	11	900 以上	/	/	353 906.41	439 442.87	470 679.95

表3 铁塔材料(1 t)索道运输费用

Table 3 Transportation Cost of Tower Materials (1 t) by Aerial Ropeway

索道运距/km	0.2	0.6	1.0	2.0	3.0	步距增加
平地	197.14	264.85	332.55	501.81	671.06	33.85
丘陵	197.14	264.85	332.55	501.81	671.06	33.85
山地	202.56	281.09	359.63	555.97	752.31	39.27
高山	207.64	296.33	385.02	606.75	828.47	44.35
峻岭	216.10	321.72	427.33	691.38	955.42	52.81

表4 混凝土材料( $1 \text{ m}^3$ )索道运输费用

Table 4 Transportation Cost of Concrete Materials ( $1 \text{ m}^3$ ) by Aerial Ropeway

索道运距/km	0.2	0.6	1.0	2.0	3.0	步距增加
平地	701.93	978.05	1 254.16	1 944.45	2 634.74	138.06
丘陵	701.93	978.05	1 254.16	1 944.45	2 634.74	138.06
山地	748.03	1 078.94	1 409.86	2 237.15	3 064.43	165.46
高山	769.42	1 143.13	1 516.84	2 451.10	3 385.36	186.85
峻岭	805.08	1 250.11	1 695.13	2 807.69	3 920.25	222.51

## 2 人力运输费用

实际工程中,人力运输会受到地形、地势和地面障碍物等的影响,运输的路径有弯曲,因此,在有地形起伏的地区,人力运距应比索道运距要大。按表1中的高差和定额中的弯曲系数计算与索道运距对应的人力运输费用。人力运输费用中包含了材料运输的费用以及人材机调整费用等。经计算,铁塔材料(角钢塔,重量1 t)和混凝土材料(1 m<sup>3</sup>)在不同地形情况下的人力运输费用见表5~表6,表中的步距增加是指运距每增加或减少0.2 km时,运输费用的增加或减少值,其他运距下的费用可利用插值法或步距增加(减少)值计算得到。

## 3 运输方式的选择

实际工程中,混凝土工程量(m<sup>3</sup>)一般为铁塔重量(t)的1~2倍<sup>[6-7]</sup>,根据上两节的分析,取单位工程量(铁塔重量1 t,混凝土工程量1 m<sup>3</sup>或2 m<sup>3</sup>)计算人力运输费用与索道运输费用的差值,见

表7~表8。

从表中可知,在平地地形,索道运输费用大于人力运输费用,人力运输费用较省;在丘陵、山地、高山以及峻岭地形,随着运距的增加,人力运输费用增加幅度比索道运输费用要大,人力运输费用逐渐大于索道运输费用,因采用索道运输还会产生架设费用,因此,两种运输方式的费用有一个临界值。当运输量小于该临界值时,人力运输的费用较省;当运输量等于该临界值时,两种运输方式的费用相当;当运输量大于该临界值时,索道运输费用较省。

两种运输方式的临界运输重量见表9。临界运输重量以铁塔的重量(t)体现,混凝土的工程量(m<sup>3</sup>)按铁塔重量(t)的1.0倍、1.5倍和2.0倍计算。

从表9可以得出如下结论:

1)表中平地和部分丘陵地形没有运输量临界值,此时的索道运输费用大于人力运输费用,即在这些条件下,人力运输费用都是较省的。

表5 铁塔材料(1 t)人力运输费用

Table 5 Transportation Cost of Tower Materials (1 t) by Manpower

索道运距/km	0.2	0.6	1.0	2.0	3.0	步距增加	元
平地	59.05	177.14	295.23	590.47	885.70	59.05	
丘陵	78.57	235.71	392.85	785.70	1 178.55	78.57	
山地	161.73	485.18	808.63	1 617.27	2 425.90	161.73	
高山	273.38	820.14	1 366.90	2 733.81	4 100.71	273.38	
峻岭	406.24	1 218.72	2 031.20	4 062.40	6 093.60	406.24	

表6 混凝土材料(1 m<sup>3</sup>)人力运输费用

Table 6 Transportation Cost of Concrete Materials (1 m<sup>3</sup>) by Manpower

索道运距/km	0.2	0.6	1.0	2.0	3.0	步距增加	元
平地	122.24	366.72	611.20	1 222.41	1 833.61	122.24	
丘陵	162.76	488.28	813.79	1 627.58	2 441.38	162.76	
山地	346.57	1 039.70	1 732.83	3 465.66	5 198.50	346.57	
高山	586.06	1 758.17	2 930.29	5 860.58	8 790.87	586.06	
峻岭	871.10	2 613.31	4 355.51	8 711.02	13 066.53	871.10	

表7 索道运输费用与人力运输费用之差(砼:塔材=2:1)

Table 8 The Difference of Transportation Cost between Aerial Ropeway and Manpower

索道运距/km	0.2	0.6	1.0	2.0	3.0	步距增加	元
平地	1 297.47	1 310.37	1 323.24	1 355.42	1 387.62	6.44	
丘陵	1 196.91	1 008.68	820.44	349.85	-120.77	-94.12	
山地	843.75	-125.61	-1 094.94	-3 518.32	-5 941.73	-484.68	
高山	300.98	-1 753.89	-3 808.78	-8 946.02	-14 083.26	-1 027.45	
峻岭	-322.18	-3 623.4	-6 924.63	-15 177.68	-23 430.74	-1 650.61	

表8 索道运输费用与人力运输费用之差(砼:塔材=1:1)

Table 7 The Difference of Transportation Cost Between Aerial Ropeway and Manpower

索道运距/km	0.2	0.6	1.0	2.0	3.0	步距增加	元
平地	717.78	699.04	680.28	633.38	586.49	-9.38	
丘陵	657.74	518.91	380.07	32.98	-314.13	-69.42	
山地	442.29	-164.85	-771.97	-2 289.81	-3 807.66	-303.57	
高山	117.62	-1 138.85	-2 395.33	-5 536.54	-8 677.75	-628.24	
峻岭	-256.16	-2260.2	-4 264.25	-9 274.35	-14 284.46	-1 002.02	

表9 两种运输方式的运输量临界值

Table 9 Transportation Critical Values of Aerial Ropeway Transportation and Manpower Transportation

序号	砼/塔材	索道运距/km	钢支架/个	平地	丘陵	山地	高山	峻岭	t
1	1	0.2	2	/	/	/	/	443.0	
2	1	0.6	3	/	/	555.8	171.8	91.7	
3	1	1	5	/	/	218.4	125.7	98.3	
4	1	2	8	/	/	113.5	75.3	48.0	
5	1	3	11	/	285.7	92.9	50.6	33.0	
6	1.5	0.2	2	/	/	/	/	392.4	
7	1.5	0.6	3	/	/	630.9	135.3	70.4	
8	1.5	1	5	/	/	180.6	97.1	74.9	
9	1.5	2	8	/	/	89.5	57.6	36.4	
10	1.5	3	11	/	412.7	72.6	38.6	25.0	
11	2	0.2	2	/	/	/	/	352.2	
12	2	0.6	3	/	/	729.5	111.6	57.2	
13	2	1	5	/	/	154.0	79.1	60.5	
14	2	2	8	/	/	73.9	46.6	29.3	
15	2	3	11	/	743.1	59.6	31.2	20.1	

2)表中有的运输量临界值达到了500多吨,而输电线路工程中,塔材重量一般不会有这么大,故这些值只是理论上的计算值,实际工程中一般不会出现,因此,可以认为在这些情况下,人力运输费用都是较省的。

3)地形对运输量临界值的影响。在上表同一行中,即砼/塔材、索道运距相同时,随着地形由山地变为峻岭,临界值逐渐减小,这是因为,随着地形变得陡峭严峻,人力运输费用与索道运输费用的差值变大,大于索道架设费用的差值,故需要减小运输量来减少运输费用的差值。以序号3所在行为例,得出曲线如图1。

4)砼/塔材比值对运输量临界值的影响。即索道运距、地形相同时,随着砼/塔材比值的增加,大部分情况下临界值逐渐减小,这是因为,索道的架设费用在索道运距、地形相同时是一样的,两种运输方式随着混凝土量的增加,人力运输费用与索道运输费用的差值变大,故需要减小运输量来减少运输费用的差值。以序号3、8、13所在行为例,得出曲线如图2。

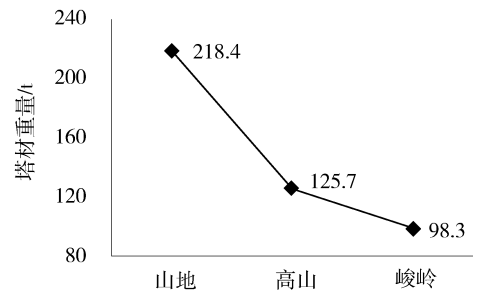


图1 地形对运输临界值的影响

Fig. 1 Influence on Transportation Critical Value by Terrain

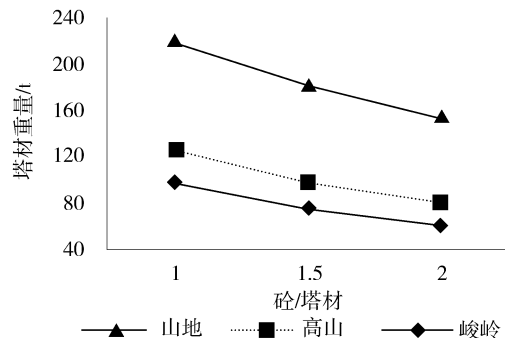


图2 砼/塔材比值对运输临界值的影响

Fig. 2 Influence on Transportation Critical Value by the Ratio of Concrete Materials to Tower Materials

另外,随着砼/塔材比值的增加,也会出现运输量临界值逐渐增加的情况,主要原因是在这种条件下,混凝土的索道运输费用大于人力运输费用,随着混凝土量的增加,人力运输费用与索道运输费用的差值变小。如表中序号2、7、12所在行山地地形下的运输临界值。

5)索道运距对运输量临界值的影响。即砼/塔材、地形相同时,随着索道运距的增加,临界值逐渐趋小,且减小幅度越来越小,这是因为,两种运输方式随着索道运距的增加,人力运输费用与索道运输费用的差值变大,大于索道架设费用的差值,故需要减小运输量来减少运输费用的差值。以序号6、7、8、9、10所在行为例,得出曲线如图3。

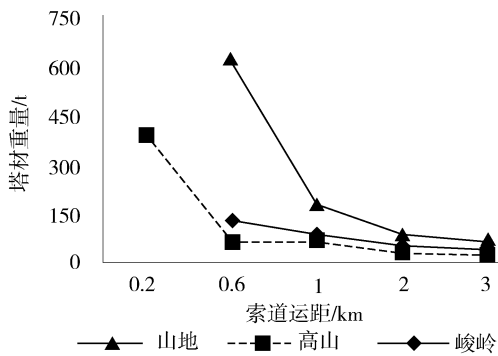


图3 索道运距对运输临界值的影响

Fig. 3 Influence on Transportation Critical Value by Aerial Ropeway Transportation Distance

峻岭地形在索道运距由0.6 km变为1.0 km时,临界值略有增加,主要是索道运距对应的高差增加以及钢支架数量增加引起索道架设费用增加,该增加值大于人力运输费用与索道运输费用的差值,故通过增加运输量抵消这部分费用。

6)其他参数下的运输量临界值,可通过各自序列的趋势线得到,即可通过表9得到更多在不同的砼/塔材比值、索道运距情况下,不同地形下的运输量临界值。另一方面,根据实际工程中某塔位的铁塔重量和混凝土量,可通过表9的趋势得出临界的索道运距,以便从造价的角度分析较经济的运输方式。如某塔位地形为高山,铁塔重量为100 t,混凝土量为 $125 \text{ m}^3$ ,通过计算分析,临界的索道运距为1.349 km,即当实际索道运距小于1.349 km时,采用人力运输方式费用较省;当实际索道运距等于

1.349 km时,两种运输方式费用相当;当实际索道运距大于1.349 km时,采用索道运输方式费用较省。

## 4 结论

本文从造价角度对输电线路工程人力运输和索道运输方式做了分析比较。在平地地形,采用人力运输费用较省;在丘陵、山地、高山以及峻岭地形,随着运距的增加,人力运输费用逐渐大于索道运输费用,因采用索道运输会产生架设费用,鉴于此,本文得到了两种运输方式费用的运输临界值,分析了地形、砼/塔材比值、索道运距等对运输临界值的影响趋势。当运输量小于该临界值时,人力运输的费用较省;当运输量等于该临界值时,两种运输方式的费用相当;当运输量大于该临界值时,索道运输费用较省。

### 参考文献:

- [1] 国家能源局. 电网工程建设预算编制与计算规定 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2013.
- [2] 国家能源局. 电力建设工程预算定额 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2013.
- [3] 孙竹森, 缪谦, 江明. 输电线路工程货运架空索道标准化施工方案 [J]. 电力建设, 2011, 32(3): 117-120.  
SUN Zhusen, MIAO Qian, JIANG Ming. Standardized Construction Scheme for Aerial Ropeway of Electric Transmission Line Engineering [J]. Electric Power Construction, 2011, 32(3): 117-120.
- [4] 缪谦. 我国电网建设工程施工货运索道运输方式的研究 [J]. 华北电力技术, 2010(12): 12-15.  
MIAO Qian. Research of Transportation Way by Cargo Cableway in Construction of Power Grid [J]. North China Electric Power, 2010(12): 12-15.
- [5] 肖宇. 输电线路工程索道运输方式费用探讨 [J]. 电力勘测设计, 2015, (4): 76-80.  
XIAO Yu. Discussion on Cost of Aerial Ropeway Transportation Scheme of Power Transmission Line Engineering [J]. Electric Power Survey & Design, 2015, (4): 76-80.
- [6] 电力规划设计总院. 电网工程限额设计控制指标(2014年水平) [M]. 北京: 中国电力出版社, 2015.
- [7] 刘振亚. 国家电网公司输变电工程通用造价(2014年版) [M]. 北京: 中国电力出版社, 2014.

(责任编辑 黄肇和)