

輸煤送电技术經濟比較理論計标方法的研究

赵 峻 山

中国科学院綜合考察委员会

綜合动能研究室

1962· 北京

目 录

~~~~~

一、序 言

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| § 1、輸煤送电技术經濟效益比較的重大意义 ..... | 1 |
| § 2、国内外研究状况 .....           | 3 |
| § 3、本文的研究任务 .....           | 5 |

二、輸煤送电方案及我国具体条件 .....

三、輸煤送电技术經濟效益比較理論方法 .....

|                              |    |
|------------------------------|----|
| § 1、比較指标及比較方法 .....          | 8  |
| § 2、輸煤送电單位技术經濟指标的計标公式 .....  | 14 |
| § 3、关于鉄路投資的分摊計标 .....        | 23 |
| § 4、关于电站容量及其利用小时所引起的影响 ..... | 29 |
| § 5、鉄路通过能力的加强及其經濟效果 .....    | 31 |

四、輸煤送电选择最为有利运输方式的計标程序与关系曲綫 .....

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| § 1、选择最为合理运输方式的計标程序 .....                | 34 |
| § 2、輸煤送电單位技术經濟指标的計标与輸煤送电比較<br>关系曲綫 ..... | 37 |

五、輸煤送电技术經濟效益比較中有关其他因素影响 .....

六、結 論 .....

文献資料索引 .....

## 一、序 言

### § 1. 輸煤送電技術經濟效益比較的重大意義

我們知道發展社會生產就是要不斷提高社會勞動生產率。社會的現時財富，和社會再生產過程不斷的擴大的可能性，不是依存於剩餘勞動的大小，而是依存於它的生產率 and 它所借以進行程度大小不等的各種生產條件。<sup>①</sup>按照馬克思的說法，社會勞動生產率的提高還有賴於“生產的社會組合”就是說社會生產率的增長不是孤立的，而是受着生產的社會性，即地區上以及部門間的許多因素的影響。

早在1918年列寧在“科學技術工作計劃草稿”中就特別注意到了，在社會再生產的消耗總額中，有很大一部分用於運輸方面，他提出了必須更合理地配置生產，以最大限度的縮減運輸費用，使生產接近原料與燃料產地，接近產品消費地，從而大大節約運輸所引起的社會消耗。列寧這個有名的指示，對於我國今天所進行的偉大的社會主義經濟建設仍具有重大的現實意義。

電能生產的特點之一，就是受着運輸因素的重大影響，因而在解決電力工業建設與生產中許多理論與實際問題時正確認識和掌握運輸因素的影響，則成為一項極為重要的任務。由於燃料與動力的輸送具有着多種可能的運輸方式，因而在研究運輸對電能生產率的作用時首先則應解決各種不同燃料與動力運輸方式的經濟效益問題。

①馬克思“資本論”第三卷 人民出版社第1072—1074

輸煤送電技術經濟效益的研究則是各種不同燃料動力運輸方式經濟效益比較的問題之一，它的主要任務在於正確認識和掌握在特定的技術與經濟條件下，運輸煤炭與輸送電力之間獲得最優的技術經濟效果所具有的一般規律性，從而為電力工業生產布局選擇經濟合理方案提供科學的根據。無疑最經濟合理運輸方式的選擇對社會生產，勞動生產率的提高將起重要的作用，它將大大促進我國社會主義經濟建設的發展速度。

如建設一個容量為100萬瓩的火電廠，送電距離為400公里時其電力輸送投資約占總投資30%左右，電能成本中20%為送變電費用，由此可見電力輸送對電力工業生產是有着不容忽視的影響作用。

在電力工業配置中如僅就電力工業而言一般在具有建廠條件下，（如水源，荒地等）電廠配置總是尽可能的靠近用戶的中心，縮短送電距離，從而大大減少高壓輸變電設備的投資，減少有色金屬材料的消耗以及電力電能的損失，但就整個國民經濟而言，這就要求交通運輸部門，每年予以增加350萬噸左右（標準煤）的煤炭運量，一般在運輸比較平衡的情況下，如此巨量貨運的增加，必將引起為新建或對原有鐵路進行技術改造加強措施而付出大量的投資和人力，物力的消耗。根據運輸上所採用的牽引動力方式不同，對電力工業本身與煤炭開采等工業部門也都將產生一系列的影響。

所有這些影響都說明在電力工業配置中，必須從以生產為整個國民經濟帶來最大經濟效果的原則出發，對各種比較方案予以全面的分析和論證，從而，避免國民經濟總投資的浪費和使電能生產耗費降低到最為合理的程度，否則電廠投入運行後這種由於配置上的錯誤，所造成的浪費是日後無法補償的。

## § 2. 国内外研究状况：

### 1. 苏联

苏联早在經濟建設的初期就开展了这方面的研究工作，1930年E A 卢薩克夫斯基在編制国家工业规划进行电力企业配置时就提出了輸煤送电的經濟比較問題，当时所采用的方法比較簡單，選擇和評價方案的标准是生产成本指标，随之苏联动力工业发展規模的日益增大，这一問題則愈加显得突出起来，許多苏联学者、工程師在动力系統发展规划与設計中，在对新开发地的生产力配置研究工作中都做了許多具体的研究工作，1958年以及最近期間A. J 斯切潘科夫、B. K 沙阿維利也夫在輸煤送电技术經濟比較理論方面都提出了專門的論著。

苏联現有研究結果表明，一般認為區間煤炭運輸比電力輸送有着較大的經濟效果。“直到近时为止火电厂都是兴建在电能消費区附近，而从外来燃料进行发电，差不多还没有发生过这样的事，即區間輸送火电厂、所发电能供应有关地区的需要。”<sup>(1)</sup>其主要論点①電力輸送投資大於煤炭運輸的投資、特別是輸電綫的初投資比較大。②由于鐵路綜合效益比輸電綫要大、与之相应投資較小，而且鐵路能力可采取逐步加强措施。③煤炭質量对其經濟效果有重大影响；随煤質的增高煤炭運輸方案就显得更为有利。

此外有人認為①由于近来輸电技术进步的結果用輸电能力强大的

見参考文献資料 ○ ⑥

高压輸送时远距离輸电費用在某种情况下是低於铁路運輸煤的費用。直流輸电将进一步改善輸电經濟指标，扩大其应用范围。②电力輸送的經濟效益是随輸送长度和容量的增加而增大，③輸电綫路的架設在某些情况下有着动力系统联結的效益。因而在一定的条件下在燃料基地附近建設大型火电厂經濟上是有利的。那么区間电能輸送就代替了区間的燃料运输。⑥

苏联在研究輸煤送电經濟效益的同时对燃料与动力各种运输方式（如輸油管道、气管道等）也都做了不少經濟效益比較的研究工作。

## 2. 資本主义国家

西德和美国对輸煤送电的經濟比較也曾做了某些研究工作，由於壟斷資本的发展，致使它們无法克服存在在部門之間的矛盾。在运输壟斷和城郊地价高昂的情况下一般认为輸送电力較之运输煤炭可获得較多的利潤。○

## 3. 国内情况

随之我国社会主义經濟建設的高速发展，在1958年期間水利电力部电力系统設計院在編制“全国統一动力系统规划”时即着手进行了这方面的研究工作。北京电力設計院、上海电力設計院、长春电力設計院，也曾先后結合“京津唐系統”、“江南系統”，“东北北部大工厂选择”做了許多具体的技术經濟比較計划。根据党中央“八届八中全会关于調整巩固、充实、提高、的精神，目前这一工作正总结經驗深入的在进行，从而为今后的更大的跃进打下良好的基础。

根据我国具体条件，研究結果一般认为：①我国动力用煤煤質較好，如果用高发热值做为动力燃料时煤炭运输方式較为有利。②如动力用煤发热值在3500大卡/公斤以下时电力运输方式为合理。③

煤炭运输方式的优越性必须予以全面考虑，如铁路综合效益，以及相应减少输电的有色金属材料的消耗等。

这些研究的共同特点是结合各不同地区的具体规划设计任务所进行的，对于一般规律性研究则较少特别是对理论分析和科学的计算方法尚未能予以足够的重视。

### § 3. 本文的研究任务

本文的研究任务是输煤送电技术经济比较中所采用的指标及各项费用的计算公式同时通过对各主要因素的理论分析，深入认识存在它们之间作用关系的一般规律性，从而为获得在某些特定的技术经济条件下选择最为有利的输煤送电方式，提供科学的计算方法 and 依据。

所研究内容有如下三个方面：

1. 技术经济比较的指标与各项费用的计算公式。
2. 获得选择某送电之间最为经济合理运输方式的计算程序与方法。
3. 有关特殊效益因素的分析论证。

这里应该说明，本文对水上运输及公路运输不做具体的讨论和钻研。

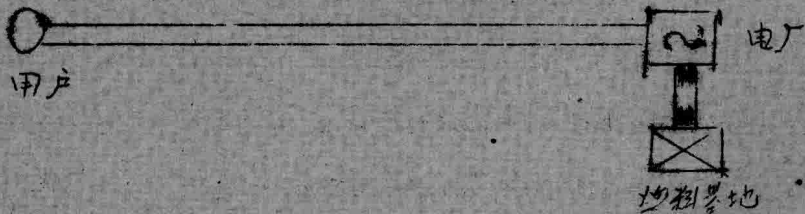
## 二、输煤送电方案及我国的具体条件

大型火电厂厂址的选择受着许多具体条件的限制，如电厂供煤基地，供电范围及用电户中心，电厂供水场地等，尽管选厂条件十分复杂，但归纳起来，可能的选择方案，不外有如下三种情况。

一、电厂配置在用电户中心地区，所用煤炭通过铁路由煤矿运至电厂。



二、电厂配置在煤炭基地地区其生产的电力则通过输电线送至用户。

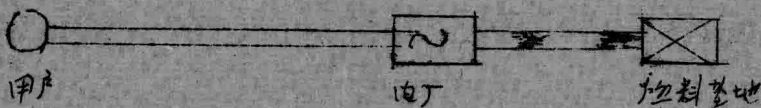


三、由於其他选厂条件的限制如水源、场地等) 电厂配置:

(1) 比較靠近用电户中心地区



(2) 比較靠近煤炭基地地区



在選擇某种方案作为比較方案之前对用电户及煤炭基地的如下数据應該是已知的。

1. 用戶中心，用电量及其容量
2. 煤炭基地所供燃料質量。
3. 煤炭運輸及送電距離。

根据电力基建总局对我国目前至60年底)已投入运行其最終規模已发展到10万千瓦以上的62个主要火电厂的統計也說明了这种情况除极少数电厂由於受水源场地或在旧厂扩建外大多数厂地是取決於煤源与用戶中心因素的影响。电厂接近或在用电中心地区的有37个,目前这类电厂居多数,容量約占56%,运煤距离由80公里至500公里,一般为200公里,大多数电厂用煤发热量为4000—5000大卡/公斤。电厂位置即在煤矿附近又靠近用电中心的电厂数目尚多,为22个,約占容量的33.5%,这类电厂一般容量較大而且燃用劣煤及洗煤。电厂建在煤矿附近而当地用电不多主要电能供系統,此类电厂目前为数尚少,仅有3个而容量約占10.5%,送电距离多为200公里左右。

勿庸置疑,电厂位置即在煤矿附近同时又靠近用戶中心最为理想但就发展来看由於建厂其他条件的限制(如水源)这类电厂的增加将有較多的困难,可以予料随之今后劣煤开采比重的增加輸电技术的进一步发展以及輸电設備材料供应的改善。今后就地燒用劣煤在煤矿附近建設电厂数目将会大大增加起来。

根据我国的具体条件及参考有关設計规划資料現將輸煤送电技术經濟比較中運輸容量,輸送距离,煤炭質量的研究範圍做了如下的假定。

- 一、輸送容量 50~300万瓩其中100~150万瓩居多数
- 二、輸送距离 80~500公里,一般多为200公里左右,个别为500公里以上。
- 三、煤炭质量 3500~6000大卡/公斤左右。

### 三、輸煤送电技术經濟效益比較的理论方法

#### § 1. 比較指标与方法

##### (1) 比較指标

在輸煤送电技术經濟比較中,我們主要采用不同方案的投資总額运行費用指标来进行比較,此外尚应考虑材料及劳动力消耗等輔助指标的影响,

輸煤送电的投資总額及运行費用可写成下式:

輸煤方案:

$$\left. \begin{aligned} K_{\Sigma}^{JD} &= K_{KBTCM}^{JD} \Theta L_{\kappa} \\ U_{\Sigma}^{JD} &= U_{KBTCM}^{JD} \Theta L_{\kappa} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$K_{KBTCM}^{JD} = \frac{K_{\Sigma}^{JD}}{\Theta L_{\kappa}} = \frac{K_{\Sigma}^{JD}}{P T_M L_m} \quad (1-1)$$

送电方案：

$$K_{\Sigma}^{\rightarrow} = K_{\text{KBTCM}}^{\rightarrow} \ominus L_2$$

$$u = u_{\text{KBTCM}} \ominus L_2$$
(2)

$$K_{\text{KBTCM}}^{\rightarrow} = \frac{K_{\Sigma}^{\rightarrow}}{\ominus L_2} = \frac{K_{\Sigma}^{\rightarrow}}{P T_M L_2}$$
(2-1)

其中

$$K_{\text{KBTCM}}^{\text{AG}} \quad u_{\text{KBTCM}}^{\text{AG}}$$

~ 輸煤方案每度公里单位投資及运行費 (元/度公里)

$$K_{\text{KBTCM}}^{\rightarrow} \quad u_{\text{KBTCM}}^{\rightarrow}$$

~ 送电方案每度公里单位投資及运行費 (元/度公里)

$\ominus$  ~ 輸送电量 (度)

$L_{\text{K}}$  ~ 运输煤炭鉄路綫长度 (公里)

$L_2$  ~ 送电綫路长度。(公里)

方案比較結果的几种可能

1.

$$K_{\Sigma}^{RG} > K_{\Sigma}^{\Theta} \quad u_{\Sigma}^{RG} > u_{\Sigma}^{\Theta} \quad (3)$$

則比較結果輸電為有利

2.

$$K_{\Sigma}^{RG} < K_{\Sigma}^{\Theta} \quad u_{\Sigma}^{RG} < u_{\Sigma}^{\Theta} \quad (4)$$

則比較結果輸煤為有利

3.

$$K_{\Sigma}^{RG} > K_{\Sigma}^{\Theta} \quad \therefore Z = \frac{K_{\Sigma}^{RG} - K_{\Sigma}^{\Theta}}{u_{\Sigma}^{\Theta} - u_{\Sigma}^{RG}} < Z_H \quad (5-1)$$

$$u_{\Sigma}^{RG} < u_{\Sigma}^{\Theta}$$

$$K_{\Sigma}^{RG} < K_{\Sigma}^{\Theta} \quad \therefore Z = \frac{K_{\Sigma}^{\Theta} - K_{\Sigma}^{RG}}{u_{\Sigma}^{RG} - u_{\Sigma}^{\Theta}} < Z_H \quad (5-2)$$

$$K_{\Sigma}^{RG} > u_{\Sigma}^{\Theta}$$

則根據整個國民經濟部門合理的償還年限決定有利方案，如  
(5-1)式  $Z < Z_H$  則輸煤方案有利，如(5-2)式  $Z < Z_H$   
則送電方案有利。

蘇聯Д.У 斯切潘科夫建議在輸煤送電技術經濟比較中採用每度  
公里投資及運行費用指標進行比較計示，作者認為他的這種建議是有  
價值的，因為選用單位指標(1)單位指標是分析與比較方案優劣的主要  
因素(2)通過單位指標可清楚的了解與分析各種因素的作用(3)採用單位

指标可简化为求总指标的计标，如 送电线路，铁路及机车车辆等。④  
在单位指标即得的情况下求其总指标乘以 (Σ L) 即得。

但是应该指出选用每度公里单位消耗指标进行比较中对距离因素的影响则应予以足够的重视，因为在通常的情况下铁路线路长度与送电线路长度是不等的。

作者根据我国自然条件及对现有主要铁路线及送电线路长度的分析 (见附件) 认为随地区的自然条件的不同其铁路线与其直线距离之比值一般为：

$$\frac{\text{铁路线长度}}{\text{直线距离}} = 1.05 \sim 1.66$$

而输电线路一般为：

$$\frac{\text{送电线路长度}}{\text{直线距离}} = 1 \sim 1.45$$

因此，铁路线长度与送电线路长度之间关系大致为 =

$$L = \frac{\text{铁路线长度}}{\text{送电线路长度}} = 1.05 \sim 1.115$$

它们之间的比将主要取决于由地、河流、平原、沙漠等处不同的自然条

件。(厂址具体条件对铁路与送电线路长度的影响则另做考虑。)

因此, 上述每度公里单位消耗指标的比较关系将(1)(3)式代入3.45式即可改写为:

$$1. \quad \frac{L_{\text{KBTCM}}^{\text{жг}}}{L_{\text{KBTCM}}^{\text{жг}}} > \frac{K^{\text{жг}}}{K^{\text{жг}}} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{⑥ 送电有利} \end{array} \right.$$

$$\frac{u_{\text{KBTCM}}^{\text{жг}}}{u_{\text{KBTCM}}^{\text{жг}}} > \frac{u^{\text{жг}}}{u^{\text{жг}}}$$

$$2. \quad \frac{L_{\text{KBTCM}}^{\text{жг}}}{L_{\text{KBTCM}}^{\text{жг}}} < \frac{K^{\text{жг}}}{K^{\text{жг}}} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{⑦ 输煤有利} \end{array} \right.$$

$$\frac{u_{\text{KBTCM}}^{\text{жг}}}{u_{\text{KBTCM}}^{\text{жг}}} < \frac{u^{\text{жг}}}{u^{\text{жг}}}$$

$$3. \quad \frac{\frac{L_{\text{KBTCM}}^{\text{жг}}}{L_{\text{KBTCM}}^{\text{жг}}} - \frac{K^{\text{жг}}}{K^{\text{жг}}}}{\frac{u_{\text{KBTCM}}^{\text{жг}}}{u_{\text{KBTCM}}^{\text{жг}}} - \frac{u^{\text{жг}}}{u^{\text{жг}}}} = Z > Z_{\text{H}} \quad (8-1)$$

根据有利偿还年限决定

$$\frac{\frac{K^{\text{жг}}}{K^{\text{жг}}} - \frac{L_{\text{KBTCM}}^{\text{жг}}}{L_{\text{KBTCM}}^{\text{жг}}}}{\frac{u_{\text{KBTCM}}^{\text{жг}}}{u_{\text{KBTCM}}^{\text{жг}}} - \frac{u^{\text{жг}}}{u^{\text{жг}}}} = Z > Z_{\text{H}} \quad (8-2)$$

(2) 輸煤送電比較方案單位技術經濟指標的組成。

根據上述三種可能選擇的比較方案其每度公里單位投資及運行費指標的組成如下：

一、電廠配置在用戶中心地區或（靠近用戶地區）的方案。

$$\begin{aligned} K_{KBTHKM}^{K9} &= \sum K_{KBTHKM}^{K9} + (\sum K_{KBTHKM}^{\Theta}) \\ U_{KBTHKM}^{K9} &= \sum U_{KBTHKM}^{K9} + (\sum U_{KBTHKM}^{\Theta}) \end{aligned} \quad (9)$$

其中：  $\sum K_{KBTHKM}^{K9}$   $\sum U_{KBTHKM}^{K9}$  為電廠靠近用戶時送電單位經濟指標

二、電廠配置在煤炭基地附近或（靠近煤炭基地的方案）

$$\begin{aligned} K_{KBTHKM} &= \sum K_{KBTHKM}^{\Theta} + (\sum K_{KBTHKM}^{K9}) \\ U_{KBTHKM} &= \sum U_{KBTHKM}^{\Theta} + (\sum U_{KBTHKM}^{K9}) \end{aligned} \quad (10)$$

其中：  $\sum K_{KBTHKM}^{K9}$   $\sum U_{KBTHKM}^{K9}$

為電廠靠近燃料基地時輸煤單位經濟指標。

下面我們將根據電廠配置在用戶中心地區即輸煤方案，及電廠配置在煤炭基地附近即送電方案時的每度公里單位投資，運行費用的計算項目公式進行討論。

如遇有選擇方案比較靠近用戶中心地區或煤炭基地附近時則公式

9、10（括弧中）部分應參照輸煤方案或送電方案中所討論的項目

公式进行计算。

## § 2. 輸煤送电单位技术经济指标的计算公式：

### 送电方案每度公里单位投资运行费用的计算项目与公式

#### (1) 投资指标

每度公里送电方案的单位投资指标总合由下述各项组成

$$K_{\text{EBTUEM}}^{\text{Э}} = (K_1 + K_2 + K_3) + (K_4 + K_5 + K_6 + K_7) + K_8 + K_9$$

$$K_1 \quad \text{送电线路单位投资 (元/度公里}^{10^{-5}}) \quad (11)$$

$$K_2 \quad \text{送电容量损失相应增加装机的单位投资 ( " )}$$

$$K_3 \quad \text{送电能量损失相应增加的煤矿单位投资 ( " )}$$

$$K_4 \quad \text{升压与降压变电设备的单位投资 ( " )}$$

$$K_5 \quad \text{变电过程容易损失相应增加装机的单位投资 ( " )}$$

$$K_6 \quad \text{变电过程能量损失相应增加的煤矿单位投资 ( " )}$$

$$K_7 \quad \text{线路补偿装置所增加的单位投资 ( " )}$$

$$K_8 \quad \text{其他单位投资 ( " )}$$

$$K_9 \quad \text{其他单位投资 ( " )}$$

各项组成可根据如下公式求得：

#### 1) 送电线路的单位投资

$$K_1 = \frac{K_{\text{EM}}^{\text{ЛЛП}}}{\text{Э}} \quad (11-1)$$

2) 送电容量损失相应增加装机容量的单位投资

$$K = \frac{K_{\text{EBT}} \sqrt{3} j \cdot 10^{-3}}{(1 - \sigma) U \cos \phi T_{\frac{\Theta}{\Pi}}} \quad (11-1)$$

3) 送电能量损失相应增加的煤矿单位投资

$$K_3 = \frac{K_{\text{EBT}}^{\text{IIK}} \sqrt{3} j \cdot 10^{-3}}{(1 - \sigma) U \cos \phi} \cdot \frac{\alpha}{T_{\frac{\Theta}{\Pi}}} \quad (11-3)$$

4) 升压与降压变电设备的单位投资

$$K_4 = \frac{K^{\text{I}}_{\text{II/cm}}}{\Theta L_{\frac{\Theta}{\Pi}}} \quad (11-4)$$

$$K_5 = \frac{K^{\text{II}}_{\text{II/cm}}}{\Theta L_{\frac{\Theta}{\Pi}}} \quad (11-5)$$

5) 变电过程容量投资相应增加装机的单位投资

$$K_6 = \frac{K_{\text{EBT}} \Delta P_{\text{II/cm}}}{(1 - ) \Theta L_{\frac{\Theta}{\Pi}}} \quad (11-5)$$