

72.1086
HGD
2

070754

電力技術革命

科學研究報告集

1960.3.查

DIANLI JISHU GEMING

(專題研究部分)



2

哈爾濱工業大學

1960.3.

电力技术革命科学研究报告集 (第二集)

編輯者：哈 尔 滨 工 业 大 学 电 力 工 程 系
出版者：哈 尔 滨 工 业 大 学 科 学 研 究 处
印刷者：哈 尔 滨 工 业 大 学 印 刷 厂

印数 1—5000 册 定价 0.60 元

1960 年3月出版



C0109809

前 言

“四合一”环形供电的经验是在省、市委的直接领导下，学习牡丹江市红旗化工厂“简化、昇压、环形供电”经验的基础上，破除迷信，解放思想，冲破旧观念、旧习惯、旧传统的束缚而发展起来的新创举。它是我国供用电事业的新生事物，它的出现根本改变了半世纪以来，沿习成规的“一家一户”分散的供用电方式，使城市供用电迈向合作化，是供用电方式的技術革命。它为我国供用电系统的改革，找到了一条新的途径，也为今后建设新的更合理的供用电系统指出了一个新的方向。这个新生事物一经出现，党就采取了热情的扶植和积极的领导，并迅速在全市范围内普遍推广，把我市电力技术革新、技术革命运动推向了新的高潮。

我校电力工程系百余名师生在省、市委和学校党委的领导下，坚决地贯彻执行了党的教育方针，并对此新生事物以满腔热情的态度，成立了电力技术革命突击大队，积极投入了这一技术革命运动。师生在全市七个区、人民公社积极宣传，推行这一经验，跑遍了600多个工厂、机关、学校等单位，进行了深入地调查研究，为各区、人民公社制定了五十多个地区的小型配电网改革方案，研究了城市供用电合作化后的管理体制问题，制定了哈市供用电系统的发展规划纲要，有力地推动了全市电力技术革命运动的发展。随着运动逐步地深入，我们以不断革命的精神在省、市委的坚强领导下，与省、市电业局等单位密切协作，实现了电业控制系统选线化、弱电化、联锁化、操作交流化以及运动化的新技术。这是继“四合一”环形供电之后的一次重大技术革新。为了把这一革命进行得更彻底，我们又与华中工学院、阿城继电器厂、电业局等单位合作，试制成功了我国第一台无触点继电保护装置，它具有准确、可靠、结构简单等优越性，为简化保护装置提供了有利条件。

在参加技术革命运动短短的两个多月的时间里，师生们无论在政治上、业务上都获得了大丰收。在工作中与工人师傅们打成一片，虚心向工人师傅学习，不分昼夜地奋战。此外，还结合工作需要，组织了现场教学，邀请工人师傅到学校讲课，并取得了很大的成绩。

“四合一”环形供电是共产主义思想的产物，它将不断地推动电力技术革命向前发展。为了及时地总结“四合一”环形供电的经验，总结“四合一”环形供电的科研成果，进一步探讨“四合一”环形供电的发展方向，我们在几个月实践的基础上，提出了初步的研究成果，汇编成文集，供实际工作中参考。并以此作为向全国供用电合作化哈尔滨现场会议献礼。

文集共分三个部份：第一部份是各地区的典型调查报告。主要内容有：新型大工厂、旧有的老工厂、新兴工业区及城市人民公社等类型地区的调整报告；第二部份是专题研究部份。主要内容有：城市配电网变电点的合理分布问题，闭式网的运行问题，城市配电网规划设计的原则问题及管理方面等问题；第三部份是专门论述无触点继电保护装置的设计、制造及试验问题。

AN 6.8/91

我們虽在前一阶段作了一些工作，但距离党的要求还远远不够。今后，我們將繼續大搞校厂协作，永远站在电力技術革命的最前綫，高举毛泽东思想的紅旗，为攀登科学高峰奋勇前进。

由于編写時間仓促，在內容上錯誤和缺点是难免的，我們热忱地希望讀者給予批評指正。

目 录

前 言

配电网路中变电点的合理分布的研究.....	1
配电网閉式运行的研究.....	19
关于供用电合作化的管理原則与体制的問題.....	35
城市“四合一”环形供电发展规划中的几个問題.....	41
中型机械工业区“四合一”环形配电网发展规划、設計中的几个問題.....	45
工厂企业变电所的三遙四化.....	49
应用串联电容器提高綫路輸电能力.....	61
应用加压器提高綫路輸电能力.....	67
6.6 千伏地下架綫的試行.....	71
簡易变电所运行小結.....	79

配电网絡中变电点的 合理分布的研究

§ 1. 前 言

“四合一”环形供电打破了旧的单独供电的不合理状态。由于实行了“大厂带小厂、工厂带居民”的合作化供电，必須对变电点进行合理调整。如果变电点过于集中，虽然可以减少投资，但是由于低压綫的伸长，必然要增加綫路投资和綫路电能損耗；如果过于分散，使变电点投资增加，同时也增加了变压器的电能損耗。这样便出现了变电点如何分布才是最合理的问题。如果变电点分布得不合理，也将造成经济上的損失，“四合一”环形供电的优越性将不能充分地发挥出来。可見变电点合理分布问题是当前电力技术革命中所要解决的重大问题。

§ 2. 分 析 方 法

变电点合理分布问题实质上就是要解决变电点合理容量与負荷密度的关系问题。研究这个问题的先决条件是既要保证电能质量，又要在经济上合理。

我們研究的方法是对不同导綫截面作出不同的方案进行经济比較，选出最经济的截面，通过它找出变电点合理容量与面負荷密度的关系。方案比較的前提条件是：各方案的面負荷密度相同，比較的范围相同。

1. 假 定 條 件

为了找到一般規律，我們对实际问题作了必要的簡化。（见图1）假定：

1) 在相互比較的各方案中，負荷均匀地分布在整个供电范围内，面負荷密度 σ [瓩/公里²] 也相同，并且在同一方案中每条出綫上所带的負荷相等。

2) 綫路参数不变，在同一方案中各方向出綫长度相等；

3) 每变电点設单台变压器；

4) 功率因数 $\cos \varphi$ 为常数；

5) 首先不考虑分支綫（即每条出綫上不帶分支綫），然后再考虑分支綫影响。

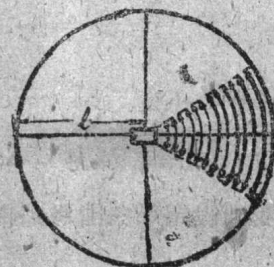


图 1

2. 方案比較的计算步骤

在保证电压損耗 Δu 为一定值的条件下，給定导綫截面 s [毫米²]，用公式 (1)

求出供电半径 l [公里]：

$$l = \sqrt[3]{\frac{15\Delta u\% u^2}{(r_0 + x_0 \operatorname{tg} \varphi) \frac{\pi \sigma}{N}}} \quad (1) \text{ [註1]}$$

式中 $\Delta u\%$ ——允許电压損耗的百分值。

u ——变压器二次側出口綫电压[仟伏]；

r_0, x_0 ——低压配電綫每公里的电阻和电抗值[欧姆/公里]，其值决定于導綫截面和綫間距离（可由电工手冊中查得）；

N ——每一变电点的出綫数目。

在面負荷密度一定的情况下，給定不同的導綫截面 s [毫米²]，便得出一系列的相对应的 s, l ，每組 s, l 相当于一种方案，然后用經濟比較的方法选取其中最合理的一組 s, l 。現对每組 s, l 作如下計算，以便比較。

1) 求出假想变压器的容量：

所謂假想变压器就是为了获得一条变电点合理容量与面負荷密度的关系曲綫 $W_0 = f(\sigma)$ ，而假想存在的一系列容量連續变化的变压器。它們可以不是标准容量。其容量为：

$$W_H = \frac{\pi l^2 \sigma}{\cos \varphi \cdot K} \quad (2)$$

我們所取的面負荷密度 σ [瓩/公里²] 是指最大負荷时的面密度而言。公式 (2) 中的 K 是最大負荷的視在功率与变压器額定容量之比。取 $K=0.9$ ，这是为今后发展而考虑出 10% 的后备容量。

[註1] 公式 (1) 的获得是根据

$$\Delta u = \frac{\Sigma P_m l_m + \Sigma Q_m l_m}{u_H} \quad (1')$$

如果 P_m, Q_m 是以瓩、仟乏为单位， u 以仟伏为单位， l_m 以公里为单位，将 Δu 化成百分值，則公式 (1') 可化成为

$$\Delta u\% = \frac{\Sigma P_m l_m + \Sigma Q_m l_m}{10 u_H^2} \quad (2')$$

对綫路参数不变， $\cos \varphi = \text{const}$ 的情况，(2') 可化成为：

$$\Delta u\% = \frac{(r_0 + x_0 \operatorname{tg} \varphi) \Sigma P_m l_m}{10 u_H^2} \quad (3')$$

我們假定每条出綫是帶它兩側的負荷（见图 2），則，公式 (3') 可化成

$$\Delta u\% = \frac{(r_0 + x_0 \operatorname{tg} \varphi) \int_0^l l \frac{2\pi}{N} dl \sigma l}{10 u_H^2} = \frac{(r_0 + x_0 \operatorname{tg} \varphi) \frac{\pi \sigma l^3}{N}}{15 u_H^2}$$

$$l = \sqrt[3]{\frac{15 \Delta u\% u^2}{(r_0 + x_0 \operatorname{tg} \varphi) \frac{\pi \sigma}{N}}}$$

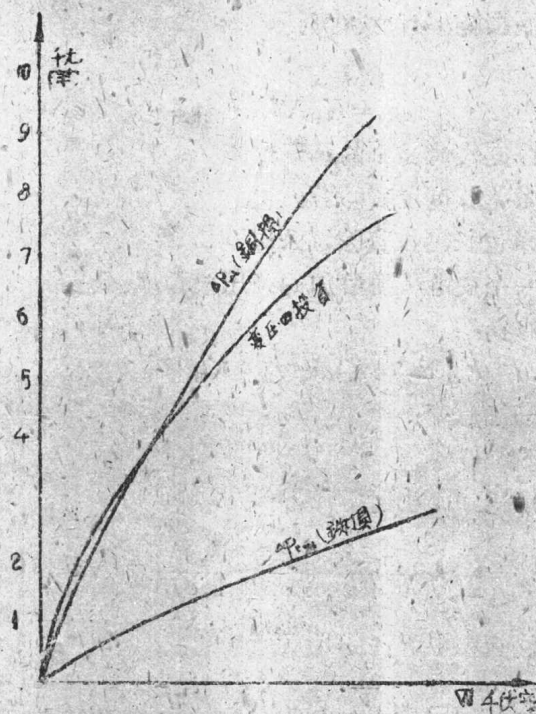


图 2

变压器額定情况下的銅損 ΔP_m 、鐵損 ΔP_{cm} 及价格与容量关系曲綫如图 2。

2) 求变电所的投资:

$$K_{\Pi} = K_3 + K_3 + K_T, \quad (3)$$

式中 K_{Π} ——变电所总投资[元];

K_3 ——土建部分投资[元];

K_3 ——电气附属设备投资[元];

K_T ——变压器价格[元]。

3) 求变电所的折旧維修費:

$$K_{\Pi} \alpha_{\Pi} = K_3 \alpha_3 + (K_3 + K_T) \alpha_3, \quad (4)$$

式中 α_3 ——土建部分的折旧維修率;

α_3 ——电气设备的折旧維修率。

4) 求变压器年电能損耗:

$$\Delta A_T = \Delta P_{cm} 8760 + \Delta P_m \left(\frac{W}{W_H} \right)^2 \tau, \quad (5) \text{ [註2]}$$

式中 ΔP_{cm} ——变压器鐵損[瓩];

ΔP_m ——变压器額定情况下的銅損[瓩];

[註2] $W = \frac{\pi l^2 \sigma}{\cos \varphi}$ ——最大負荷視在功率

$W_H = \frac{\pi l^2 \sigma}{\cos \varphi K}$ ——假想变 压器的

額定容量。 $\therefore \frac{W}{W_H} = K。$

τ ——最大电能损耗小时数[小时]。

5) 求线路投资:

$$K_{\pi}' = K_{\pi} N l + K_{\text{B}} l_{\text{B}}, \quad (6)$$

式中 K_{π}' ——不考虑分支线情况下的线路投资。

K_{π} ——低压线单位长度投资[元/公里];

K_{B} ——高压线单位长度投资[元/公里];

l_{B} ——每增加一个变电所要增加的高压线长度[公里]。

6) 求线路折旧维修费:

$$K_{\pi}' \alpha_{\pi}' = K_{\pi} N l \alpha_{\pi} + K_{\text{B}} l_{\text{B}} \alpha_{\text{B}} \quad (7)$$

式中 α_{π} ——低压线折旧维修率;

α_{B} ——高压线折旧维修率。

7) 求线路年电能损耗[瓩/小时]:

$$\Delta A_{\pi} = \left(\frac{\pi l^2 \sigma}{N \sqrt{3} u \cos \varphi} \right)^2 \frac{3}{1.875} r_0 l N \tau \times 10^{-3} \quad (8) \quad [\text{註3}]$$

8) 求总投资在单位面积中所占的比重:

$$K' = \frac{K_{\pi} + K_{\pi}' + \left[\Delta P_{\text{em}} + \Delta P_{\pi} \left(\frac{W}{W_{\pi}} \right)^2 + \left(\frac{\pi l^2 \sigma}{N \sqrt{3} u \cos \varphi} \right)^2 \frac{3}{1.875} r_0 l N \times 10^{-3} \right] 400}{\pi l^2} \quad (9)$$

式中400元是为了补偿功率损耗而在发电厂所需要增加的设备投资[元/瓩]。

$$9) \quad H' = \frac{K_{\pi} \alpha_{\pi} + K_{\pi}' \alpha_{\pi}' + (\Delta A_{\pi} + \Delta A_{\pi}') 0.04}{\pi l^2} \quad (10)$$

式中0.04元是电能成本。

这样, 对每组 s, l 就可得出相对应的 $K' H'$ 。

$$[\text{註3}] \text{公式} \Delta A = \left(\frac{\pi l^2 \sigma}{N \sqrt{3} u \cos \varphi} \right)^2 \times \frac{3}{1.875} \times r_0 l N \tau \times 10^{-3}$$

是由下面得来的:

$$\begin{aligned} \Delta A_{dx} &= 3 \left\{ \frac{\pi l^2 - \pi (l-x)^2}{N \sqrt{3} u \cos \varphi} \right\}^2 r_0 dx \tau N \times 10^{-3} \\ \Delta A &= \int_0^l \left\{ \frac{\pi l^2 - \pi (l-x)^2}{N \sqrt{3} u \cos \varphi} \right\}^2 3 r_0 dx \tau N \times 10^{-3} = \\ &= \left(\frac{\pi \sigma}{N \sqrt{3} u \cos \varphi} \right)^2 r_0 3 \tau N 10^{-3} \int_0^l (2lx - x^2)^2 dx = \\ &= \left(\frac{\pi \sigma}{N \sqrt{3} u \cos \varphi} \right)^2 \frac{3}{1.875} r_0 \tau l N \times 10^{-3} \end{aligned}$$

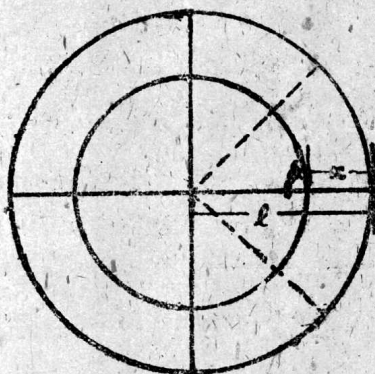


图 3

3. 對分支綫的考慮

前面的分析沒有考慮分支綫，實際上干綫上是帶有分支綫的。關於分支綫的影響我們考慮方法如下：

假設單位面積為滿足供电要求而要架設的綫路總長度為 L [公里]，（包括主干綫和分支綫， L 的值對不同地區可能有所不同，在我們目前的分析中是取 $L=8$ 公里）。單位面積（1 平方公里）中主干綫的長度為 $\frac{1}{\pi l^2} Nl$ ，其中 1 是 1 平方公里， $\frac{1}{\pi l^2}$ 是 1 平方公里中變電點數目，則單位面積中分支綫的總長度為：

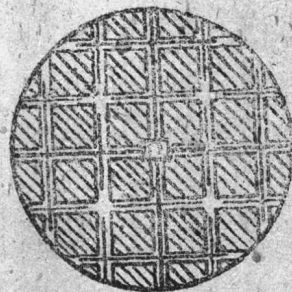


圖 4

$$L' = L - \frac{1}{\pi l^2} Nl = L - \frac{N}{\pi l} \quad (11)$$

分支綫的截面取為 $16 \sim 35$ [毫米²]。這樣，便可求出每平方公里中分支綫的投資：

$$K_{\pi}' = K_{\pi} \left(L - \frac{N}{\pi l} \right) \quad (12)$$

進而求出分支綫的折舊維修費：

$$K_{\pi}' \alpha_{\pi} = K_{\pi} \left(L - \frac{N}{\pi l} \right) \alpha_{\pi} \quad (13)$$

下面我們再求每平方公里中分支綫上功率損耗：

$$\Delta P_{\pi}' = \left(\frac{\pi l^2 \sigma}{N \sqrt{3} u \cos \varphi M \frac{l}{0.564}} \right)^2 r_0 L' \times 10^{-3} \quad (14)$$

公式 (14) 的來源：假定在同一方案中各分支綫長度相等，所帶負荷在分支綫上是均勻分布的（圖 6）。我們取變電點的供电範圍為 1 平方公里， $l=0.564$ 公里。則它的每條主干綫所帶的分支綫數等於：

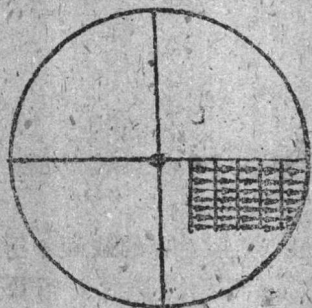


圖 5

$$M = \frac{L - N \cdot 0.564}{N l'} \quad (15)$$

式中 M ——供电範圍為平方 1 公里變電點每條主干綫所帶分支綫數；

l' ——平均每條分支綫的長度 [公里]。

如果供电範圍不是 1 平方公里時，則每條主干綫所帶分支綫數為：

$$M' = M \frac{l}{0.564} \quad (16)$$

每條分支綫所通過的電流是：

$$I'' = \frac{\pi l^2 \sigma}{N \sqrt{3} u \cos \varphi M'} = \frac{\pi l^2 \sigma}{N \sqrt{3} u \cos \varphi M'} \frac{l}{0.564} \quad (17)$$

1 平方公里中支綫上的功率損耗及年电能損耗是:

$$\Delta P_{\pi}'' = (I'')^2 r_0 L' \times 10^{-3} = \left(\frac{\pi l^2 \sigma}{N \sqrt{3} u \cos \varphi M'} \frac{l}{0.564} \right)^2 r_0 L' \times 10^{-3} \quad (18)$$

$$\Delta A_{\pi}'' = (I'')^2 r_0 L' \tau \times 10^{-3} = \left(\frac{\pi l^2 \sigma}{N \sqrt{3} u \cos \varphi M'} \frac{l}{0.564} \right)^2 r_0 L' \tau \times 10^{-3} \quad (19)$$

考虑分支綫的因素后总投资在单位面积中所占的比重为:

$$K = K' + K_{\pi}'' + \Delta P_{\pi}'' \times 400 =$$

$$= \frac{K_{\pi} + K_{\pi}' + \left[\Delta P_{cm} + \Delta P_{\pi} \left(\frac{W}{W_{\pi}} \right)^2 + \left(\frac{\pi l^2 \sigma}{N \sqrt{3} u \cos \varphi} \right)^2 r_0 l N \times 10^{-3} \right] 400}{\pi l^2} +$$

$$+ K_{\pi}'' + \left(\frac{\pi l^2 \sigma}{N \sqrt{3} u \cos \varphi} \right)^2 r_0 L' \times 10^{-3} \times 400 \quad (20)$$

$$I = I' + \Delta A_{\pi}'' \times 0.04 + K_{\pi}'' \alpha_{\pi} = \frac{K_{\pi} \alpha_{\pi} + K_{\pi}' \alpha_{\pi} + (\Delta A_{\pi} + \Delta A_{\pi}') 0.04}{\pi l^2} +$$

$$+ K_{\pi}'' \alpha_{\pi} + \left(\frac{\pi l^2 \sigma}{N \sqrt{3} u \cos \varphi} \frac{l}{0.564} \right)^2 r_0 L' \tau \times 10^{-3} \times 0.04 \quad (21)$$

这样, 对应每組 s, l 便得出考虑分支綫的 K, I , 画出总投资 K 、年运行費 I 与导綫截面的关系曲綫 $K = f(s), I = f(s)$ (见图 6a, 6b)。根据这两条曲綫选出一合理截面 s_0 。

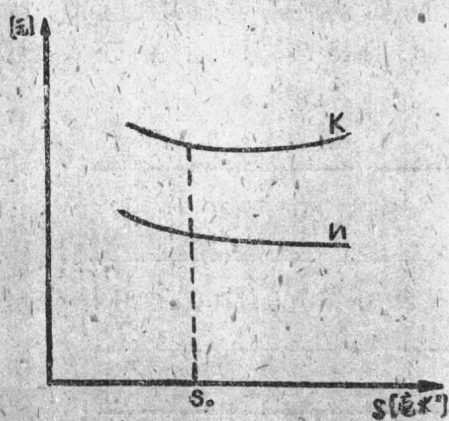
4. 合理截面 s_0 的选取

选取合理截面 s_0 可分下列三种情况:

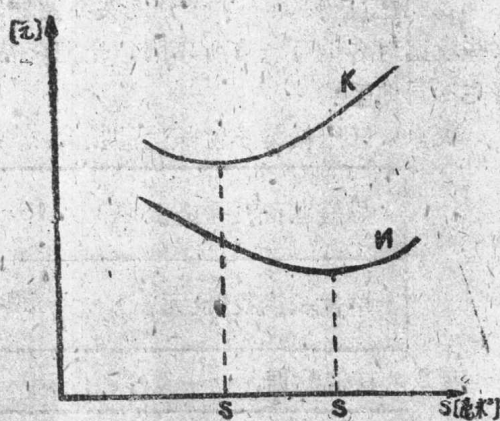
1) 如图 6a 所示, 在 $K = f(s)$ 曲綫最低点处, $I = f(s)$ 曲綫基本上处在平緩状态。这时可选 $K = f(s)$ 最低点所对应的截面。

2) 如图 6b 所示, $K = f(s)$ 曲綫最低点与 $I = f(s)$ 最低点所对应的截面不重合, 而且 $K = f(s)$ 最低点处的 I 較大, $I = f(s)$ 最低点处的 K 較大。这时要計算一下抵偿年限 $T = \frac{K_2 - K_1}{I_1 - I_2}$, 如 $T < [T]$, ($[T]$ 是国家規定的抵偿年限我們取为 3 年), 則取 I 小的点, 即取 s_2 为合理截面; 如 $T > [T]$, 則取 K 小的点, 即取 s_1 为合理截面。

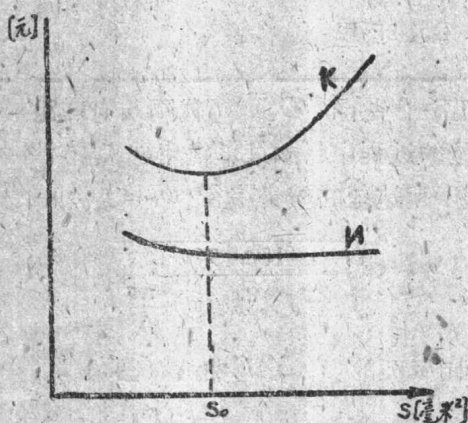
3) 如图 6b 所示, 如果 $K = f(s), I = f(s)$ 都平緩时, 为节约有色金属, 可将 s 适当取小些。



a



b



B

图 6

§ 3. 變電點合理容量與面負荷密度关系曲綫的獲得

在某一面負荷密度 σ 下，可得出—合理截面和与它相对应的变電點容量 w_0 ，這就是我們所要求的变電點合理容量。改变 σ 可得出与它相对应的 w_0 ，从而得出 $w_0 = f(\sigma)$ 的关系曲綫（見图25）。這就是我們所要求的結果。

在实际应用时，先将某地最大負荷調查清楚，則面負荷密度 σ 是：

$$\sigma = \frac{P_{\text{MAX}}}{S} \left[\text{面負荷密度} = \frac{\text{最大負荷}}{\text{地区面积}} \right]$$

知道面負荷密度后，从 $w_0 = f(\sigma)$ 关系曲綫上查出 w_0 来，則該地区 变電點的合理數目是：

$$n = \frac{P_{\text{MAX}}}{w_0 \cos \varphi} \left[\text{变電點合理數目} = \frac{\text{最大負荷}}{w_0 \cos \varphi} \right]$$

这样便很容易地求出变電點合理數目（它是理論数值，可能出現小数，用时要取整数）。再根据該地区分布的具体情况，决定变電點的位置。

我們在获得 $w_0 = f(\sigma)$ 的关系曲綫时，应用了如下数据（見表1及表2）〔註4〕
 这些数据对各地可能有所不同。今把获得 $w_0 = f(\sigma)$ 曲綫的方法也介紹一下，以便应
 用在不同地区。

表1. 低压綫路单位长度的投資：

导綫截面 s 〔平方公厘〕	16	25	35	50	70	95
单位长度投資〔元〕	5502	7630	9970	13750	17600	24000

表2. 其他数据：

K_B	l_B	α_3	α_3	α_H	K
13200元	0.14公里	3.4%	5.8%	5.1%	0.9

r_0, x_0 可由一般电工手冊查得， D_{cp} （綫間几何均距）我們取0.4米。

在作 $w_0 = f(\sigma)$ 曲綫的过程中，如果单纯用計 算方法 去获得，則計 算量 非常龐
 大。我們作了一系列曲綫，用这些曲綫去获得 $w_0 = f(\sigma)$ 曲綫，將減少很多重复計 算。

通过公式 (1)
$$l = 3 \sqrt{\frac{15 \Delta u \% u^2}{(r_0 + x_0 \operatorname{tg} \varphi) \frac{\pi \sigma}{N}}}$$

求出在其值下对应不同截面的 $\sigma = f(l)$ 曲綫（图7）。

用 $\sigma = f(l)$ 曲綫，当給定 N, σ 值，便可求出对应不同 s 与 l 值。因为

$$K = \frac{K_{\pi} + K_{\pi'} \left[\left(\frac{\pi l^2 \sigma}{N \sqrt{3} u \cos \varphi} \right)^2 r_0 N l \times 10^{-3} + \Delta P_{cm} + \Delta P_m \left(\frac{W}{W_H} \right)^2 \right] 400}{\pi l^2} + K_{\pi''} +$$

$$+ \left(\frac{\pi l^2 \sigma}{N \sqrt{3} u \cos \varphi M \frac{l}{0.564}} \right)^2 r_0 L' 10^{-3} \times 400$$

〔註4〕① 表1数据是根据哈尔滨市电业局供給的一些資料加以計 算而得的；

② $K_B = 132$ 元，是采用M—35型导綫考虑电桿，橫担。施工等費用而得；

③ $l_B = 0.14$ 公里，是根据几个变电所的統計資料而取的数值；

④ $\alpha_3 = 3.4\%$ ， $\alpha_3 = 5.8\%$ 是哈尔滨电业局供給資料；

⑤ $\alpha_H = 5.1\%$ ，是根据，低压配电綫路的基本折旧率为 3.2% ，加上它的
 60%維修率而得 $\alpha_H = 5.1\%$ 。

⑥ $K = 0.9$ 是根据哈尔滨市推广“四合一”环形供电經驗规划規定

实际最大負荷
 变压器容量总和（仟伏安） $\geq 70\%$ 而算的。

我們作出

$$\frac{K_{\pi}}{\pi l^2} = f(l), \quad \frac{K_{\pi}'}{\pi l^2} = f(l)$$

$$\frac{\left(\frac{\pi l^2 \sigma}{N \sqrt{3} u \cos \varphi} \right)^2 r_0 N l \times 10^{-3} \times 400}{\pi l^2} = \frac{\Delta P_{\pi}'}{\pi l^2} \times 400 = f(l),$$

$$\frac{\left[\Delta P_{cm} + \Delta P_{\pi} \left(\frac{W}{W_{\pi}} \right)^2 \right]}{\pi l^2} 400 = f(l), \quad K_{\pi}'' = f(l),$$

$$\left(\frac{\pi l^2 \sigma}{N \sqrt{3} u \cos \varphi M \frac{l}{0.564}} \right)^2 r_0 L' \times 10^{-3} \times 400 = \Delta P_{\pi}'' 400 = f(l).$$

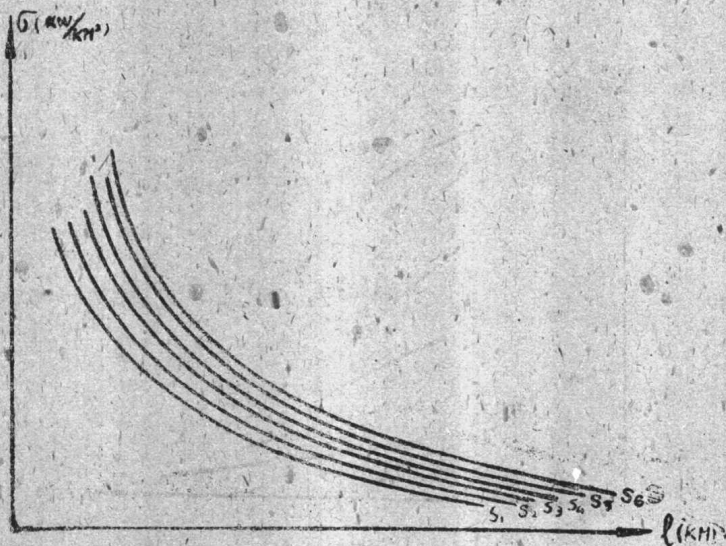


图 7

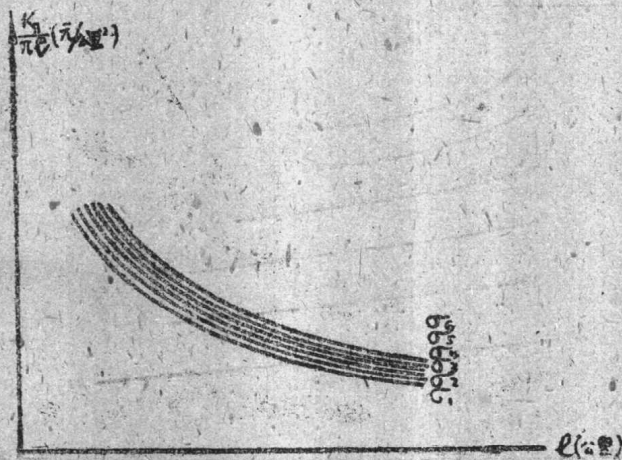


图 8

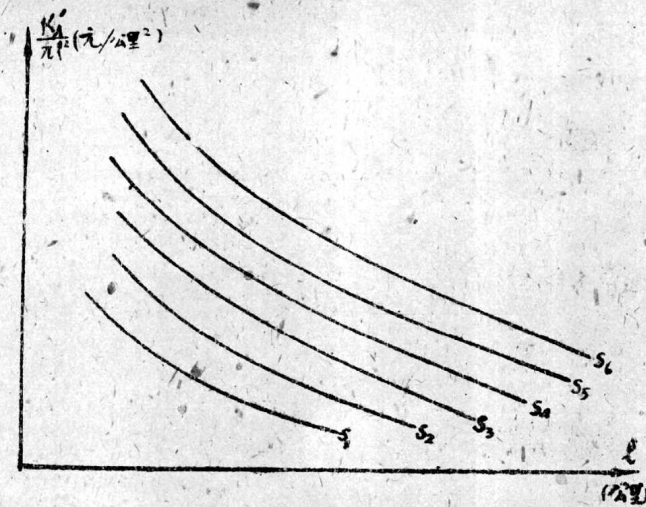


图 9

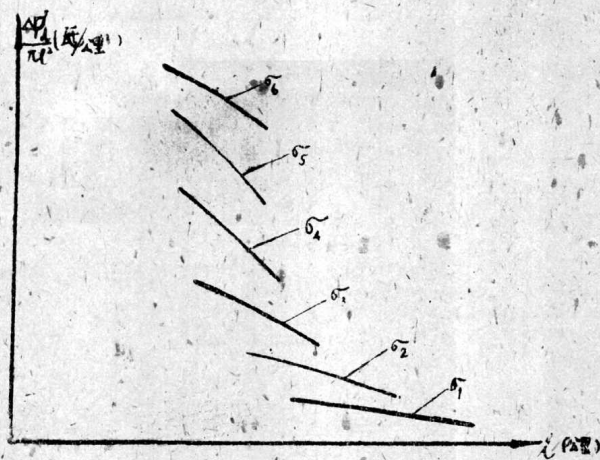


图 10

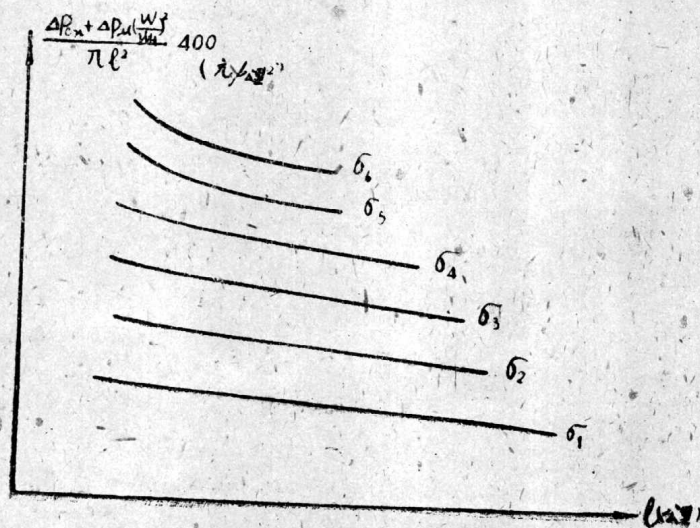


图 11

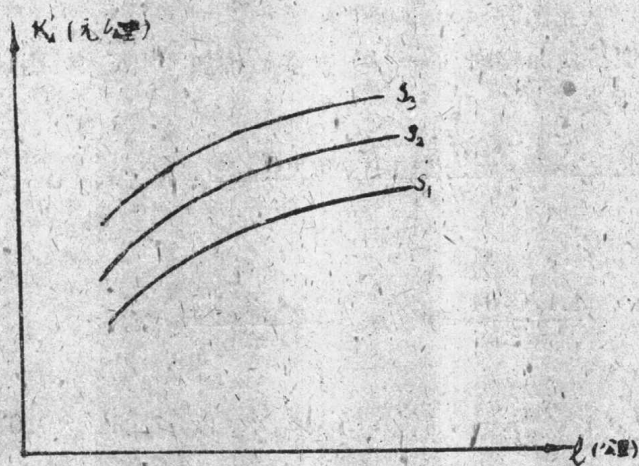


图 12

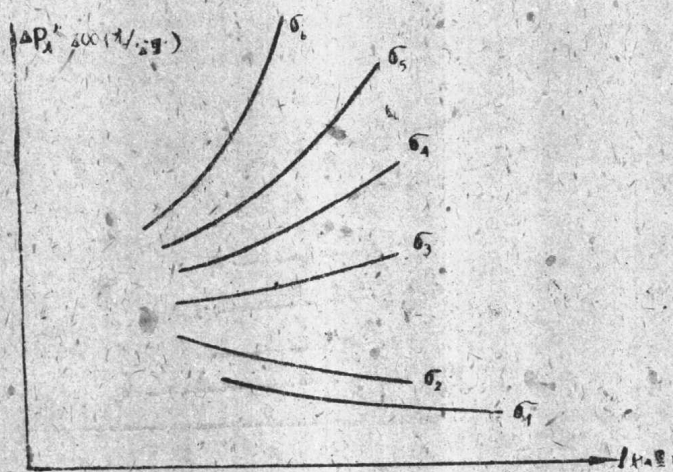


图 13

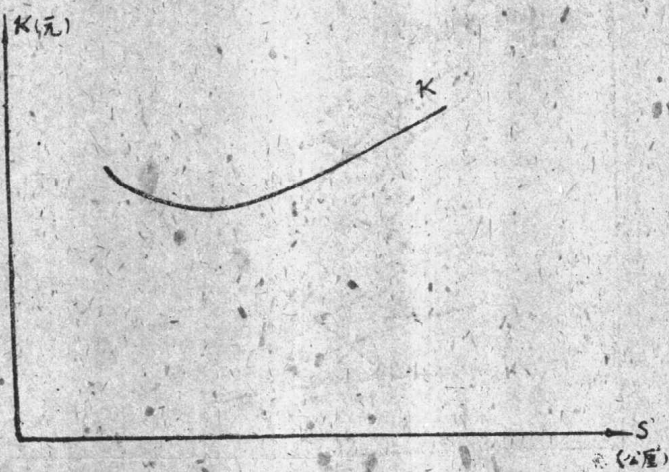


图 14

这些关系曲线示于图 (见图8~13)。

对应某 l 值, 便可由曲线图 (8—13) 中各值相加求出 K 来 (图14)。

同理可求年运行费

$$H = \frac{(\Delta A_T + \Delta A_{\pi}') \times 0.04 + K_{\pi} \alpha_{\pi} + K_{\pi}' \alpha_{\pi}' + K_{\pi}'' \alpha_{\pi}'' + \Delta A_{\pi}'' \times 0.04}{\pi l^2}$$

作出曲线如图 (15~20)

$$\frac{\Delta A_T \cdot 0.04}{\pi l^2} = f(l); \quad \frac{\Delta A_{\pi}' \cdot 0.04}{\pi l^2} = f(l);$$

$$\frac{K_{\pi} \alpha_{\pi}}{\pi l^2} = f(l); \quad \frac{K_{\pi}' \alpha_{\pi}'}{\pi l^2} = f(l); \quad K_{\pi}'' \alpha_{\pi}'' = f(l); \quad \Delta A_{\pi}'' \times 0.04 = f(l).$$

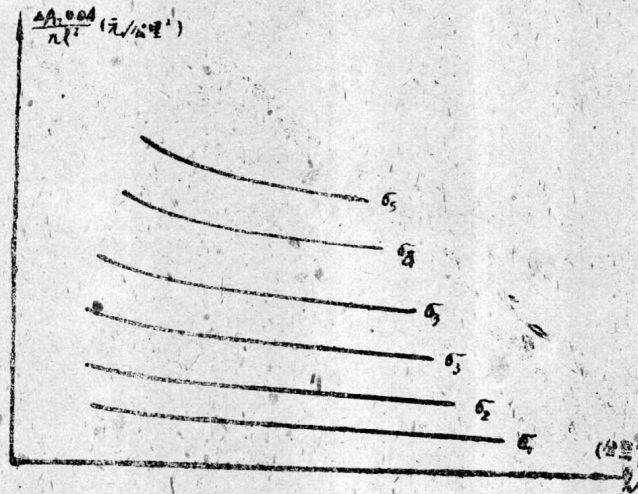


图 15

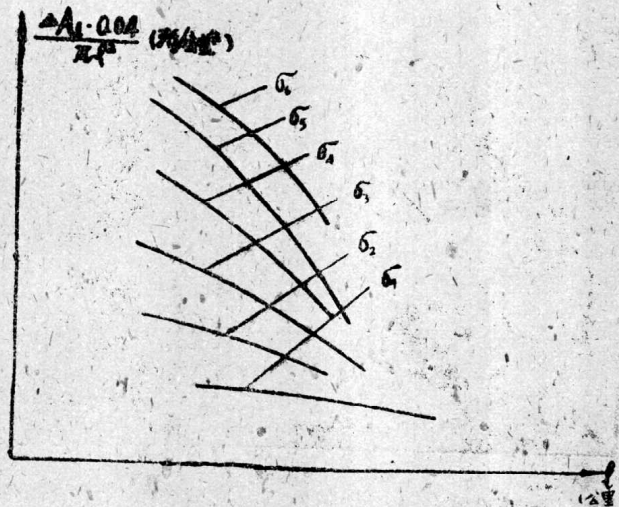


图 16