

采区供电变压器容量 和网路电压损失现场估算

徐州地区矿务局 张云

为了矿井采区供电安全、经济、合理，经常需要做些计算或验算。目前，广泛采用的需用系数法、网路电压损失法，现场颇感费工、费时，甚至因生产急需来不及计算，致使采区供电不安全或不合理的情况时有发生。为了基本能够满足现场供电要求，使用简单易行的估算方法很有必要。

1. 供电变压器容量的估算

需用系数法供电变压器容量计算公式为

$$S_b = \frac{\Sigma p_e \cdot K_x}{\cos \varphi_d} \quad (1)$$

式中 S_b ——供电变压器容量，kVA；
 Σp_e ——用电设备额定功率之和，kW；
 $\cos \varphi_d$ ——用电设备加权平均功率因数；
 K_x ——需用系数。

如果令 $K_x / \cos \varphi_d = K$ ，则（1）式变为

$$S_b = \Sigma p_e \cdot K \quad (2)$$

式中 K ——计算系数。

计算系数 K ，根据经验统计和推荐采用的 K_x 、 $\cos \varphi_d$ 计算求得，计算系数 K 列于表 1。目前采区用电设备单台功率趋向增大，选用时应适当偏大为宜。（2）式即为估算式。

计算系数 K 表 1

采煤方法	K_x	$\cos \varphi_d$	$K = \frac{K_x}{\cos \varphi_d}$	建议采用的 K 值
缓倾斜煤层普采	0.6~0.75	0.6~0.7	0.86~1.05	0.95~1.0
缓倾斜煤层炮采	0.4~0.5	0.6	0.67~0.83	0.8
急倾斜煤层	0.6~0.65	0.7	0.86~0.93	0.9

2. 变压器电压损失的估算

变压器电压损失的实用计算公式为

$$\Delta U_b \% = \beta (U_R \cos \varphi_b + U_x \sin \varphi_b) \% \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \Delta U_b &= \Delta U_b \% \cdot U_{2e} \\ &= \beta (U_R \cos \varphi_b + U_x \sin \varphi_b) \% \cdot U_{2e} \end{aligned} \quad (4)$$

式中 $\Delta U_b \%$ ——变压器电压损失百分数；

ΔU_b ——变压器电压损失，V；

β ——变压器负荷系数，

$$\beta = \frac{I_b}{I_{eb}} = \frac{S_b}{S_{eb}}$$

U_R, U_x ——变压器电阻、电抗电压损失百分数（从变压器技术特征中查到）；

$\cos \varphi_b$ ——变压器功率因数，等于相应负荷加权平均功率因数；

S_b, S_{eb} ——变压器计算容量、额定容量，kVA；

I_b, I_{eb} ——变压器负荷计算电流、额定电流，A。

令 $\cos \varphi_b = 0.707$ ，则 $\sin \varphi_b = 0.707$ ，于是（4）式可写为

$$\Delta U_b = \beta \cdot 0.707 (U_R + U_x) \cdot U_{2e} \quad (5)$$

我们知道，采区常用变压器为 100~320 kVA，令 $(U_R + U_x) = \text{常数}$ （取其加权平均值），则 $0.707 (U_R + U_x) = K_b$ 亦为常数。于是（5）式变为

$$\Delta U_b = \beta \cdot K_b \cdot U_{2e} \quad (6)$$

式中， K_b 为变压器阻抗电压损失计算系数， $K_b = 4.3\%$ ，（6）式为变压器电压损失估算式。

对于确定的供电变压器， $\beta=1$ 时电压损失最大。在负荷率、功率因数、额定电压相同条件下，采区常用变压器中100kVA和320kVA变压器电压损失分别为最大和最小。 $\beta=1$ 时，100kVA和320kVA变压器电压损失及100~320kVA阻抗电压损失加权平均电压损失和误差列于表2。当 $\cos\varphi=0.85$ 时，320kVA变压器的阻抗电压损失计算误差最大为0.48%， $\cos\varphi=0.75$ 时，误差为0.22%，但是 β 小于1，所以误差会更小。这对现场计算是允许的，因此(6)式完全可以满足供电要求。

$\beta=1$, KSJ₂ 变压器阻抗电压损失和误差 表 2

变压器容量 (kVA)	$\cos\varphi_b$	电压损失 (V)					误差
		ΔU_b (%)	400	420	690	724.5	
100 (380V)	0.650	4.43	17.7	18.6	30.6	32.1	-0.13
	0.707	4.40	17.6	18.5	30.4	31.9	-0.10
	0.750	4.30	17.2	18.1	29.7	31.2	± 0
	0.800	4.21	16.8	17.7	29.1	30.5	+0.09
	0.850	4.06	16.2	17.1	28.0	29.4	+0.24
320 (660V)	0.650	4.30	17.2	18.1	29.7	31.2	± 0
	0.707	4.23	16.9	17.8	29.2	30.6	+0.07
	0.750	4.08	16.3	17.1	28.2	29.6	+0.22
	0.800	3.97	15.9	16.7	27.4	28.8	+0.33
	0.850	3.82	15.3	16.0	26.4	27.7	+0.48
100~320 (kVA) 变压器阻抗电压损失加权平均值	0.707	4.30	17.2	18.1	29.7	31.2	

3. 电缆电压损失的估算

电缆电压损失计算的基本公式为

$$\Delta U = \sqrt{3} I (R \cos\varphi + X \sin\varphi) \quad (7)$$

$$\because R = R_0 L$$

$$X = X_0 L$$

$$\sqrt{3} I = \frac{P}{U_e \cos\varphi}$$

令 $\cos\varphi = 0.707$ ，代入(7)式得

$$\Delta U_L = PL \frac{R_0 + X_0}{U_e} \quad (8)$$

令 $\frac{R_0 + X_0}{U_e} = K_d$ ，则(8)式写为

$$\Delta U_L = P \cdot L \cdot K_d \quad (9)$$

式中 ΔU_L ——电缆电压损失，V；

U_e ——网路额定电压，V；

P ——用电实际负荷，kW；

R_0, X_0 ——每公里电缆电阻和电抗， Ω /公里；

L ——电缆长度，米；

K_d ——电缆电压损失计算系数，列于表3。

PL 为负荷矩，本来以 $W \cdot$ 公里为单位，但实际工作中，用 $kW \cdot$ 米比较方便， $1W \cdot$ 公里和 $1kW \cdot$ 米数值相等，所以计算时用 $kW \cdot$ 米直接代入即可。(9)式即为电缆电压损失估算式。

采区常用电缆中最大为120毫米²电缆截面输送距离最长，输送功率最大，无疑用(9)式计算产生的误差也是最大的。表4列出了最大负荷矩的120毫米²电缆电压损失

电 缆 电 压 损 失 K_d 值 表 3

网路电压 (V)	电 缆	K_d							
		截 面							
		10毫米 ²	16毫米 ²	25毫米 ²	35毫米 ²	50毫米 ²	70毫米 ²	95毫米 ²	120毫米 ²
380	橡 套	6.43×10^{-3}	4.11×10^{-3}	2.71×10^{-3}	1.99×10^{-3}	1.45×10^{-3}	1.09×10^{-4}	—	—
	铜芯铠装	5.61×10^{-3}	3.56×10^{-3}	2.34×10^{-3}	1.715×10^{-3}	1.25×10^{-3}	9.35×10^{-4}	7.29×10^{-4}	6.11×10^{-4}
	铝芯铠装	9.33×10^{-3}	5.89×10^{-3}	3.83×10^{-3}	2.78×10^{-3}	1.99×10^{-3}	1.47×10^{-3}	1.12×10^{-3}	9.19×10^{-4}
660	橡 套	3.70×10^{-3}	2.36×10^{-3}	1.56×10^{-3}	1.15×10^{-3}	8.35×10^{-4}	—	—	—
	铜芯铠装	3.23×10^{-3}	2.05×10^{-3}	1.35×10^{-3}	9.87×10^{-4}	7.19×10^{-4}	5.38×10^{-4}	4.20×10^{-4}	3.52×10^{-4}
	铝芯铠装	5.37×10^{-3}	3.39×10^{-3}	2.20×10^{-3}	1.60×10^{-3}	1.15×10^{-3}	8.44×10^{-4}	6.46×10^{-4}	5.30×10^{-4}

及其误差,当 $\cos\varphi = 0.85$, 380V时为1.04%, 660V时为0.98%; 当 $\cos\varphi = 0.65$ 或0.75时, 误差都在0.4%以下。目前, 采区的 $\cos\varphi$ 多在0.8以下0.65以上, 因而采用(9)式估算也是可行的。

$$\text{由于 } \frac{660}{380} = 1.7368$$

$$\text{所以 } K_{d380} = 1.7368K_{d660} \quad (10)$$

用(9)式计算时, 只要知道 K_{d660} , 即可进行计算。

4. 电缆允许最大长度的估算

由(9)式得

$$L = \frac{\Delta U_L}{P \cdot K_d} \quad (11)$$

在工作中, 已知电缆允许电压损失, 用电负荷实际功率和供电电缆截面, 由(11)式即可计算电缆允许最大长度。

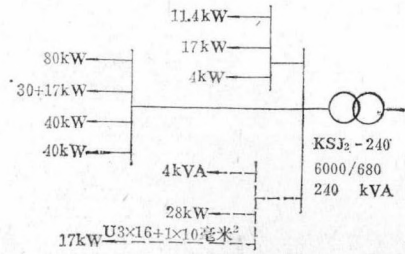
铜芯铠装120毫米² 电缆电压
损失及误差 表 4

网路电压 (V)	$\cos\varphi$	负荷矩 $P \cdot L$ (kW·米)	K_d	ΔU_L (V)	ΔU_L (%)	误差 (%)
380	0.600	66000	6.64×10^{-4}	43.8240	11.53	-0.92
	0.650	66000	6.32×10^{-4}	41.7120	10.98	-0.37
	0.707	66000	6.11×10^{-4}	40.3260	10.61	—
	0.750	66000	5.92×10^{-4}	39.0720	10.28	+0.33
	0.800	66000	5.71×10^{-4}	37.6860	9.92	+0.69
	0.850	66000	5.51×10^{-4}	36.3660	9.57	+1.04
660	0.600	84500	3.82×10^{-4}	70.4790	10.68	-0.84
	0.650	84500	3.64×10^{-4}	67.1580	10.12	-0.28
	0.707	84500	3.52×10^{-4}	64.9440	9.84	—
	0.750	84500	3.41×10^{-4}	62.9145	9.53	+0.31
	0.800	84500	3.29×10^{-4}	60.7005	9.18	+0.66
	0.850	84500	3.17×10^{-4}	58.4865	8.86	+0.98

5. 举例

某采区供电系统如图所示, 验算变压器容量、新增配电点电压、装岩机电缆最大允许长度。

(1) 变压器容量



附图

— 为原有设备;
--- 为新增设备

$$\begin{aligned} S_b &= \Sigma P_e \cdot K \\ &= (11.4 + 17 + 4 \times 0.8 + 80 + 40 \times 2 \\ &\quad + 30 + 17 + 28 + 17 + 4 \times 0.8^*) \\ &\quad \times 0.95 \\ &= 286.8 \times 0.95 \\ &= 272.46 \text{ kVA} \end{aligned}$$

KSJ₂-240/6 变压器容量不够, 应更换。选用 KSJ₂-320/6 的变压器供电。

(2) 掘进工作面配电点电压 变压器电压损失

$$\begin{aligned} \Delta U_b &= \beta \cdot K_b \cdot U_{2e} \\ &= \frac{272.46}{320} \times 4.3\% \times 690 \\ &= 25.22 \text{ V} \end{aligned}$$

变电所至配电点电压损失

$$\begin{aligned} \Delta U_L &= P \cdot L \cdot K_d \\ &= 48.2 \times 300 \times 1.5 \times 10^{-3} \\ &= 21.69 \text{ V} \end{aligned}$$

配电点电压

$$\begin{aligned} U_{2e} - \Delta U_b - \Delta U_{L25} &= 690 - 25.22 - 21.69 \\ &= 643.09 \text{ V} \end{aligned}$$

(3) 装岩机允许最大电缆长度

$$\begin{aligned} L &= \frac{\Delta U}{P \cdot K_d} \\ &= \frac{63^{**} - 25.22 - 21.69}{17 \times 2.36 \times 10^{-3}} \\ &= 405 \text{ 米} \end{aligned}$$

注: *干式变压器 $\cos\varphi = 0.8$;
**63为允许最大电压损失。