

蘇聯煤礦專家
關於煤礦用電的報告

中央人民政府燃料工業部
辦公廳編譯室譯

前 言

蘇聯煤礦專家曾根據蘇聯的先進經驗，針對我國煤礦工業的實際情況作了許多寶貴的報告，這些報告不但對我國煤礦工業的恢復和發展起了重大的作用，而且為我國煤礦工業今後的發展指出明確的方向。茲特選出一部分，按其性質分類編印成書，以供各地煤礦職工學習。

本書主要闡述有關礦井電氣設備和電力節約的幾個問題。我國的煤礦工業將迅速地機械化和電氣化；節約電力是生產中降低成本積累資金的重要方法之一。這些報告為我國煤礦工業目前使用電氣設備和節約電力指出正確的方向，並提出了實際可行的辦法。

本書是根據蘇聯專家的報告編譯整理而成的。譯文雖經審校，但恐仍有錯誤，我們誠懇地希望讀者批評和指正。

中央人民政府燃料工業部辦公廳編譯室

一九五二年十二月

1

2

目 錄

前 言	1
第一部分 礦井變電所接線方法、構造及電氣設備的選擇	
緒 言	7
第一章 負荷曲線的繪製與主變壓器的選擇	9
第一節 負荷曲線	9
第二節 表示電氣設備工作方式的係數	10
第三節 設計時用戶和變電所負荷面線的繪製與主變壓器 的選擇	12
第四節 井上主要變電所和井下採煤區變電所容量的確定	17
第五節 露天礦變電所容量的確定	20
第六節 階段上可移動的變電所容量的確定	23
第二章 變電所配電盤接線圖的選擇	24
第一節 總 則	24
第二節 高壓交流母線系統的選擇	24
第三節 饋電線和變壓器與母線的連接	27
第四節 「直接」接線圖	28
第五節 「電橋」接線圖	29
第六節 井上配電圖	30
第七節 淺礦井的供電系統圖	32
第八節 井下中央變電所接線圖	33
第九節 井下採煤區變電所位置的選擇及其接線圖	35
第十節 工作面配電裝置系統圖	37

第十一節 露天礦的供電問題	39
第三章 配電設備的選擇	42
第一節 對配電設備的要求	42
第二節 露天配電設備	43
第三節 室內配電裝置	51
第四節 井下變電所	66
第四章 保護用接地裝置	71
第一節 總 則	71
第二節 預防觸電的保護方法	75
第三節 接地短路電流的計算	77
第四節 保護用和運行用的接地電阻	78
第五節 礦井和露天礦保護用的接地電阻	81
第六節 井下接地保護裝置	85
第七節 露天礦的保護接地裝置	89
第八節 絕緣的檢視和保護的切斷	93
第五章 過電壓保護對策	96
第一節 過電壓的物理成因	96
第二節 保護架空輸電線路避免大氣過電壓影響的對策	97
第三節 變電所的過電壓保護裝置	99
第四節 架空線路上轉動機器的保護	101
第五節 防止內過電壓的保護裝置	102
第六節 避雷針及避雷線	103
第七節 避雷器	104
第八節 附加電感及附加電容	109
第九節 防雷保護裝置接地電阻的許可值	109
第六章 短路電流之計算	111

第一節	總論	111
第二節	短路回路元件的阻抗	113
第三節	短路回路總阻抗的測定	117
第四節	計算用短路點的選擇和短路電流的計算值	119
第五節	短路電流值的計算	119
第六節	短路電流計算示例	122
第七章	導電部分及高壓器械的選擇	127
第一節	總論	127
第二節	高壓油開關的選擇	132
第三節	電抗器的選擇	134
第四節	刀開的選擇	135
第五節	儀表用變流器的選擇	136
第六節	儀表用變壓器的選擇	138
第七節	線桿瓷瓶的選擇	139
第八節	套管瓷瓶的選擇	140
第九節	母線截面的選擇	140
第十節	電纜的選擇	142
第十一節	選擇煤礦變電所電氣器械及導電部分示例	142
第二部分 煤礦電力節約的主要方向		
緒言		150
第一節	礦井使用動力的種類	151
第二節	壓縮空氣的節約	153
第三節	剝煤工作的電力節約	162
第四節	鑿眼工作的電力節約	166
第五節	工作面與運輸巷道間運輸工作的電力節約	168
第六節	裝車工作的電力節約	170
第七節	礦用電機車運輸工作的電力節約	172

第八節 提升設備的電力節約	180
第九節 礦井通風工作的電力節約	187
第十節 礦井排水工作的電力節約	192
第十一節 電焊工作的電力節約	198
第十二節 主要電氣指數及其改善方法	201
第十三節 電價問題	209
參考書籍	213

第一部分 礦井變電所接線方法、構造 及電氣設備的選擇

緒 言

蘇聯近代的電氣化是建立在使用當地電力的資源基礎上。只有極少數的煤礦由專為煤礦而設的地方發電廠供應電力。

絕大多數的煤礦用電，是由大電廠的電力系統供給的。這種電廠是建設在動力的天然資源附近並加入總線路網工作的。

將幾個電廠歸併到一個電力系統內，可以使這個系統中每個電廠都能達到合理經濟的荷載，使地方電力資源得到利用，使技術經濟指數大量提高，因而降低電力的成本；此外更可以對用戶保證不斷地供電。用高壓送電線路將各電廠聯絡起來，就組成了電力系統網。

如果電廠是靠近用電地區，就用發電機的電壓，由電廠的母線直接送電給用戶。如果電廠距用電地區太遠，最好使用高壓遠距離送電，這就需要在電廠內安裝升壓變壓器與其他必需的器械，組成升壓變電所，而在用電的地方，則要設立降壓變電所。

所有的電氣設備，都應對用戶不斷地供給質量好的電力，並保證運行人員的安全以及工作的經濟性。為了保證各礦電氣設備能力的正常利用，只做到對用戶不斷地供給質量好的電力是不夠的。因此，還需要合理地選擇電氣裝置的接線系統，正確地選擇器械，很好地建築礦井變電所及安裝變電設備，運行人員的操作技術也要

精細而熟練。

於設計電氣設備時，要按照設備的重要性分為下列三類：

(1) 屬於第一類的是對重要用戶供電的電氣設備。對這類設備如果停了電，就要生產廢品，損壞設備，經過很長的時間才能恢復生產，並對人員的安全有危險性。在煤礦工業中，屬於第一類的有：礦井的主要風扇、出煤的提升設備、壓風機、井下中央變電所及排水設備。

(2) 按重要性屬於第二類的負荷是，如果停了電就會使產量減少，如：井下採煤區的變電所及露天礦的移動變電所。

(3) 屬於第三類的是不重要的負荷，如：輔助車間、輔助機組、某種公用及生活上用的負荷。對第三類用戶的停電較對第二類用戶的停電可以多一些。

第一章 負荷曲線的繪製與主變壓器的選擇

第一節 負荷曲線

電力用戶的工作方式並不是永久不變的，而是在一年中不同的每月、每星期、每日及一晝夜的每小時內都是有變動的。

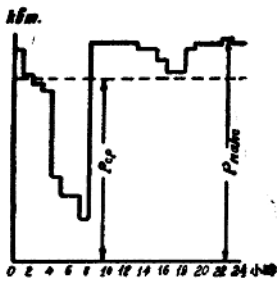
電氣設備負荷的變動用負荷曲線來表示。負荷曲線繪製在座標上，用負荷作縱座標，觀察負荷變更的時間作橫座標。

按負荷的種類的不同，分為有功負荷曲線和無功負荷曲線。在第一種情況下，用有功負荷（瓩）作縱座標，在第二種情況下，用無功負荷（無功千伏安）作縱座標。

按用電時間分為年負荷曲線和日負荷曲線。

第 1 圖是表示某一電氣設備的有功負荷曲線。一晝夜中各種不同時間的電氣設備的有功負荷數值，在設計時是用計算方法求得，而在運轉期間是按照表計的讀數記錄下來。

日負荷曲線的面積，在一定的比例下，能表示出一晝夜間一個電氣設備所消耗電力的度數，用 A_{cyT} 來表示。



第 1 圖 負荷曲線

已知 A_{cyT} 就可以求出電氣設備的日平均負荷：

$$P_{cp, \text{cyT}} = \frac{A_{\text{cyT}}}{24} \text{ 瓩} \dots\dots\dots (1)$$

運轉中的有功日負荷曲線，是根據個別小時記錄的電力表所指數字繪製的。如果沒有電力表，則可以利用電度表上的讀數來繪製負荷曲線，電度表的讀數應每隔一小時抄寫一次。

電氣設備全年的平均負荷可由下列公式求得：

$$P_{cp, \text{гоп}} = \frac{A_{\text{гоп}}}{8760} \text{ 瓩} \dots\dots\dots (2)$$

式中 8760—— 一年的小時數 (24 × 365)。

第二節 表示電氣設備工作方式的係數

在某一期間 (一晝夜、一年)，電氣設備工作方式的特點用下列各種重要數值來表示。

負荷率是表示電氣設備負荷曲線的不均等程度的。

$$a = \frac{A}{T \times P_{\text{макс}}} = \frac{P_{\text{cp}}}{P_{\text{макс}}} \dots\dots\dots (3)$$

式中 T—— 某一時期內，電氣設備運轉的小時數 (一晝夜，

T = 24小時；一年，T = 8760小時)；

A—— 同一時間 (晝夜，全年)內，發出的或消耗的電力；

P_{cp} —— 同一時間內，電氣設備的平均負荷；

$P_{\text{макс}}$ —— 同一時間內電氣設備的最高負荷。

負荷率 (a) 是表示在某一時期內，電氣設備實際的耗電量與同一時期的整個時間都在最高負荷下的耗電量的百分比。

如果將各種電氣設備的負荷率 a (按同樣的時間計算出來的) 比較一下，就可以確定出那一個電氣設備是在較為均等的曲線下運

轉着，因為曲線越均等，負荷率 a 就越接近於 1。

在某種情形下，用另外一個數值，最高負荷的持續時間 ($T_{\text{макс}}$)，來表示曲線即：

$$T_{\text{макс}} = \frac{A}{P_{\text{макс}}} \dots \dots \dots (4)$$

最高負荷的持續時間是表示，在某一時間內，電氣設備應有幾小時是不變動地在最高負荷下運轉，才使它在這個時間內消耗了實際消耗的電量。

通常是： $T_{\text{макс}} \leq T$
 $T_{\text{макс}} = aT$

這樣， $T_{\text{макс}}$ 實質上就是負荷率 a ，不過它是以前小時數表示的。

利用率 (K_u) 是表示設備容量的利用程度。

設備容量的利用率時常用來表示電氣設備的運轉方式。

$$K_u = \frac{A}{T \times P_{\text{уст}}} = \frac{P_{\text{ср}}}{P_{\text{уст}}} \dots \dots \dots (5)$$

電氣設備的運轉方式，也可以用設備容量的利用時間來表示。

$$T_{\text{уст}} = \frac{A}{P_{\text{уст}}} = K_u \times T \dots \dots \dots (6)$$

式中 $P_{\text{уст}}$ —— 電氣設備的總設備容量 (瓩) (其中包括備用的)。設備容量利用時間，是表示在某一時間內，全部變壓器，應在幾小時內帶滿負荷運轉才使它們在這個時間內，送出實際所消耗的電量 A 。

照例， $T_{\text{уст}} < T$

變電所的備用係數也是它的代表係數，是表示該變電所的設備

備用容量的相對數值。

$$\Gamma = \frac{P_{\text{уст}}}{P_{\text{макс}}} \dots \dots \dots (7)$$

第三節 設計時用戶和變電所日負荷曲線的繪製與主變壓器的選擇

爲了確定變電所變壓器的容量及數目，要知道變電所代表日的最高負荷及負荷曲線。顯然地，爲了充分地保證對用電設備的供電，變電所的總設備容量的貶數 ($P_{\text{уст.тр}}$)，必須等於或大於變電所預計的最高負荷 ($P_{\text{макс. подст}}$)。如果變電所內裝有備用的變壓器，則變壓器的設備容量 $P_{\text{уст. тр}}$ 應等於變電所最高負荷 $P_{\text{макс подст}}$ 加上備用變壓器的容量。

在容量大的變電所，變壓器的數量要根據代表日的負荷曲線來決定。在負荷曲線不均等的情况下，安裝變壓器的經濟辦法應當是這樣的：爲了減少變壓器中電力的損失，在負荷降低的期間，能將一部分變壓器拉開。

爲了確定變電所的最高負荷，應當知道總設備容量 ($\Sigma P_{\text{уст}}$) 及用電設備的總接用容量 ($\Sigma P_{\text{пр}}$)。

所謂用電設備的設備容量，是用電設備銘牌（說明書）上所指的容量；例如，電動機的設備容量是電動機在滿負荷時，它的軸上所發出的能力；換言之，用電設備的設備容量即是它的額定容量 ($P_{\text{ном}}$)。

因此， $\Sigma P_{\text{уст}} = \Sigma P_{\text{ном}}$

所謂用電設備的接用容量 ($P_{\text{пр}}$) 是用電設備在滿負荷時所需要由線路供給的容量。對普通電燈，電熱用具及電爐， $P_{\text{пр}} = P_{\text{уст}} = P_{\text{ном}}$ ，而對於電動機則接用容量 $P_{\text{пр}} = \frac{P_{\text{уст}}}{\eta} = \frac{P_{\text{ном}}}{\eta}$

式中 η ——是電動機在滿負荷（額定負荷）時的效率。

這樣，總接用容量 ΣP_{np} 等於全部接入線路的電氣設備在滿荷載運轉時所需要由線路供給的容量。

一組電氣設備所需要由線路供給的容量，換言之，即在某一瞬間內的實際負荷 P_R ，經常是低於總接用容量的，只有在稀有的情形下才等於總接用容量。這是因為接入線路的用電設備沒有全部使用，或使用的用電設備並沒有帶滿負荷運轉。

最高負荷由下列公式求出：

$$P_{\max} = K_3 \times K_0 \times \Sigma P_{np} \dots\dots\dots (8)$$

式中 K_3 ——荷載率；

K_0 ——同時率。

同時率 K_0 是表示工作中的用電設備在最高負荷時的接用容量所

佔全部用電設備接用容量的百分比，即： $K_0 = \frac{P_{np, \text{раб}}}{\Sigma P_{np}}$

式中 $P_{np, \text{раб}}$ ——最高負荷時，用電設備的接用容量；

ΣP_{np} ——全部用電設備的總接用容量。

荷載率 K_3 是表示用電設備在最高負荷中工作時的荷載情況，換言之，荷載率表示，用電設備在最高負荷時實際平均用電容量所佔它在同一時期內的接用容量的百分數，即：

$$K_3 = \frac{P_{\max}}{P_{np, \text{раб}}} \dots\dots\dots (9)$$

也就是，

$$P_{\max} = K_3 \times P_{np, \text{раб}} \dots\dots\dots (10)$$

式中

$$P_{np, \text{раб}} = K_0 \times \Sigma P_{np} \dots\dots\dots (11)$$

一個用電設備（如電動機）的荷載率，是用電設備需要由線路供給的最大容量對其接用容量之比，即：

$$K_3 = \frac{P_{\text{макс}}}{P_{\text{пр}}} = \frac{P_{\text{макс}}}{P_{\text{уст}}} \times \eta = \frac{P_{\text{макс}}}{P_{\text{ном}}} \eta \dots (12)$$

式中 η ——在實際最高負荷時，用電設備的效率。

用一個利用同時率來代替上列的同時率 K_0 及荷載率 K_3 是較為方便的。利用同時率等於它們相乘的積數，即：

$$K_{\text{ц}} = K_3 \cdot K_0 \dots \dots \dots (13)$$

$K_{\text{ц}}$ ——用電設備接用容量的利用同時率，或者叫作需用率。

則 $P_{\text{макс}} = K_{\text{ц}} \times \Sigma P_{\text{пр}} \dots \dots \dots (14)$

變電所的最高負荷，應大於用電設備所需的最大容量，其中多餘的容量應等於變電所二次電壓方面的線路損失：

$$P_{\text{макс. повст}} = K \times K_{\text{ц}} \times \Sigma P_{\text{пр}} = K \times P_{\text{макс}} \dots (15)$$

式中 K ——計算變電所二次電壓線路損失係數。這種損失普遍並不超過 3—5%，所以 $K=1.03-1.05$ 。

變電所中運行變壓器的容量（千伏安）應等於：

$$P_{\text{уст. тр.}} \geq \frac{P_{\text{макс. повст}}}{\cos \varphi} \dots \dots \dots (16)$$

設計變電所時，最好利用全日的負荷曲線，這個曲線是根據全部用電設備工作方式的分析而制定的。

如果變電所要對各種工作方式不同的用戶供電，首先就必須把所有的用戶分為幾組，每組用戶的工作方式是要一樣的。

然後，根據各組用戶的工作方式，求出其 $\Sigma P_{\text{уст}}$ 和 $\Sigma P_{\text{пр}}$ ，採用 $K_{\text{ц}}$ （或者 K_3 及 K_0 ）的數值，計算出 $P_{\text{макс}}$ 並制定全日的代表曲線。為了制定變電所的負荷曲線，先在一個座標軸上（比例尺要一樣，也要同一天的）制定各組用戶的代表曲線，將其縱座標加起來，就得到了需要量的總曲線。

線路損失與所得出來的需要量的總曲線相加，即得出變電所的負荷曲線和它的最高負荷 $P_{\text{макс.подст.}}$ 。

制定變電所的負荷曲線時，要考慮到低壓及高壓的線路損失，及預計由變電所供電的二次變電所變壓器中的損失。

高壓及低壓的線路損失，變壓器的銅損（按最大總用電量的百分數計算），可採用：

低壓線路損失.....	3—5%	}	估 $P_{\text{макс.сумм}}$ 的百分數
工業用高壓線路損失.....	6—8%		
公用（生活用）高壓線路損失.....	8—10%		
變壓器的鐵損估 $P_{\text{макс.сумм}}$ 的 1—1.5%。			

線路損失及變壓器的銅損是可變的損失（ $P_{\text{пер}}\%$ ），可以用下列公式算出：

$$P_{\text{макс.пер}} = \frac{P_{\text{пер}}\%}{100} P_{\text{макс}} \dots\dots (17)$$

如果負荷為 P ，則晝夜中任何時間 t 的可變的損失為：

$$P_{\text{пер.t}} = P_{\text{макс.пер}} \times \frac{P_t^2}{P_{\text{макс}}^2} \dots\dots (18)$$

變壓器的鐵損與負荷無關，即是不變的損失（ $P_{\text{пост}}\%$ ）。不變損失的容量是：

$$P_{\text{пост}} = \frac{P_{\text{пост}}\%}{100} \times P_{\text{макс.сумм}} \dots\dots (19)$$

將可變的及不變的損失加在總需要量的曲線的縱座標上，即得出變電所的負荷曲線及其最高負荷。

因為負荷的時間不同，上項變電所的最高負荷，普通是較二次變電所的總最高負荷稍小。

變壓器的數目，首先由用戶的種類來確定。

第一類用戶，在礦井中，就是主要通風機，主要提升設備及排水設備的負荷。這類用戶在變電所中至少應裝有兩部主變壓器。

變壓器的容量應當這樣選擇：如果一部變壓器壞了，剩下的另一部變壓器，要能夠供給第一類用戶的負荷。

如果負荷曲線較低（即最高負荷與平均負荷差得多）時，則以用三部變壓器，較為經濟。在這種情形下，兩部變壓器的容量，應足夠供給第一類用戶的負荷。

如此，在決定變壓器容量及數目時，應考慮到必須的備用容量，以便在一部變壓器發生事故不能供電時，不致停電。

如果沒有第一類的用戶時，變電所可只裝一套變壓器，不過在材料庫應儲有一部備用。

選擇變壓器時，應記住變壓器銘牌上的額定容量，這是根據周圍溫度的自然變化條件，在最高溫度加以 35° 的情形下定出來的。因為一晝夜中的大部分時間，變壓器的實際負荷要低於額定容量，所以在一晝夜的大部分時間內，溫度不能達到容許的度數。因此變壓器的少許過負荷是不會減少它的使用年限的。變壓器過負荷的容許量，要視負荷曲線的平均率（即按照曲線的平均負荷與最高負荷之比）而定。曲線的平均率（即負荷率）每降低 10%（平均率以 100% 計算），就容許變壓器在全部最高負荷期間，較額定容量超過負荷 3%。如果變壓器的夏季最高負荷低於它的額定容量，那麼，夏季負荷每低於額定容量 1% 時，就容許在冬季過負荷 1%，但這種過負荷的最大限度不得超過 15%。根據上述兩種情況，即曲線平均率與夏季低負荷的情況，變壓器冬季過負荷的總容許量是：裝在露天的變壓器不得超過 30%，裝在室內的不得超過 20%。