

科學圖書大庫

熔 接 計 算

徐氏基金會出版

前 言

熔接技術涉及一般技術之領域者極為廣泛，此對熔接工程師頗難完全了解，使能準確計算有關問題。在具有規模之公司中有各項專家，就其專業範圍能對問題之解決有所助益，但在另一方面可能對熔接技術之特殊知識缺少認識。本小冊補充此項缺憾，有諸多有關熔接技術之重要實例，不僅可供設計人員，抑且可為管理人員及領班等實施對熔接施工計算之依據。所選之例，在原則上適合每一新問題之解決，若干有關強度之例，其中有關電弧熔接計算者，需感謝賴瑞林工程師之建議。並再需感謝奧特博士之校閱。

希望本手冊之內容能有助於熔接技術之發展。

目 錄

前 言

第一章 電熔接	102-1
1. 電熔接機接線計算	
2. 熔接變壓器之核查	
3. 電功及功率	
4. 熔接用電纜及熔接電流強度	
第二章 氣熔接	102-11
5. 氣之產生	
6. 氣體引出管	
7. 氣體壓力量計	
8. 氣體流量計量	
9. 化學成份	
第三章 受靜力負荷之強度計算	102-22
10. 概述	
11. 板件接合	
12. 結構結節	
13. 任受力矩	
14. 樑	
15. 撐腳	
第四章 受變動作用力之強度計算	102-52
16. 概述	
17. 使用降低准用應力之計算方法	
18. 使用特定試驗件試驗之計算方法	
19. 機械工程所用之一般方法	
20. 鐵路橋樑建造工程	
第五章 熔接接合之成本計算	102-69
A. 概述	102-69
21. 成本概述	
22. 工時概述	
B. 氣熔接	102-70
23. 整理時間	
24. 單件工時	
25. 熱量需要	
26. 材料使用量	
27. 價格	
C. 電弧熔接	102-74

第一章 電熔接

1. 電熔接機接線計算

問題1：將 $N=12$ 瓩； $U=380$ 伏； $\cos \varphi=0.85$ 之三相交流電機接線。決定選用之輸入電線斷面積及裝用之保險。

首先計算其視在功率 N_s

$$N_s = \frac{N}{\cos \varphi} = \frac{12}{0.85} = 14.1 \text{ 千伏安} = 14000 \text{ 伏安}$$

三相交流之視在功率： $N_s = U \cdot I \cdot \sqrt{3}$ (伏安)

$$\text{電流強度 } I = \frac{N_s}{U \cdot \sqrt{3}} = \frac{14100}{380 \cdot \sqrt{3}} = 21.4 \text{ 安}$$

查閱第一表 (VDE 規格) 得：

第一表 固定安裝於管中之電線，考慮其發熱量，所能任受之載荷。

斷面積 平方公厘	銅		鋁	
	長時程接通最高 准用電流強度 安	安全之公稱 電流強度 安	長時程接通最高 准用電流強度 安	安全之公稱 電流強度 安
2.5	21	15	17	10
4	27	20	22	15
6	35	25	28	20
10	48	35	38	25
16	66	60	53	35
25	90	80	72	60
35	110	100	90	80
50	140	125	110	100
70	175	160	140	125
95	215	200	175	160

斷面積 $F = 2.5$ 平方公厘之銅電線，安全之電流強度為 15 安。

斷面積 $F = 4$ 平方公厘之鋁電線，安全之電流強度為 15 安。

此項計算已對所生之准用熱量考慮。對較長距離之電線應將由於電線電阻所生之電壓降加以考慮。

問題 2：使用銅電線將問題 1 之三相交流電動機接線，如電線長度 $l = 100$ 公尺，其電壓降為若干？

以 ρ 表示比電阻，電線電阻

$$R = \frac{\rho \cdot l}{F} = \frac{0.0175 \cdot 100}{2.5} = 0.7 \text{ 歐。}$$

依照歐姆定理： $U = R \cdot I = 0.7 \cdot 21.4 = 15$ 伏。

如相間電壓為 220 伏，則電壓降為

$$\frac{15 \cdot 100}{220} = 6.8\%$$

第二表 電線之比電阻 ρ 以 $\Omega \text{mm}^2 / \text{m}$ 計。

銅.....	0.0175
鋁.....	0.0290
鋅.....	0.0675
鐵.....	0.1430

如電線上僅有電力用器連接者，則最大准許電壓降為 10%，如電線連接有照明用具者，則為 2.5%。

所有設施應對發熱（問題 1）及電壓降（問題 2）複核。

因手工熔接有熔接間歇（更換熔接條等）熔接換流器電動機實際功率輸入可較高（參閱第三表）。

第三表

熔接 電流強度	熔接換流器			熔接整流器		熔接換流器 $\cos \phi = 0.80$	
	電動機 公稱功率	實際功率		熔接時 網路功率	點火短接時	熔接時 網路功率	點火短接時
		千瓦	千伏安				
安	千瓦	千	瓦	千伏安	千伏安	千伏安	千伏安
200	5.5	9.0	10.0	12.0	15.5	7.5	9.0
300	10.0	16.0	18.0	20.0	26.0	12.0	13.5

熔接換流機更分有熔接時之實際網路功率及熔接條壓觸工件熔接電路短接時點火時之短接功率及平均功率。平均功率考慮接通時程所決定。手工熔接之接通時程約為 55 %。平均網路功率等於短接功率乘以接通時程。

熔接機接線之複核，有關電線發熱往常以平均網路功率計算，電壓降則以最高功率（短接功率）計算。計算熔接發電機時，往常以所屬電動機之接線功率為基準。

問題 3：熔接變壓器之電流強度 = 200 安，電弧熔接電壓 $U = 28$ 伏。如換流機之效率為 45 %，求電動機之接線功率為若干？

$$\text{電弧熔接功率 } N_L = \frac{I \cdot U}{1000} = \frac{200 \cdot 28}{1000} = 5.6 \text{ 千瓦。}$$

$$\text{電動機接線功率 } N_a = \frac{N_L}{\eta} = \frac{5.6}{0.45} = 12.4 \text{ 千瓦。}$$

熔接換流機尚需計算下列各值：

問題 4：單相換流機之熔接電流 $I = 200$ 安，電弧熔接電壓 $U_L = 28$ 安，空運轉電壓 $U_0 = 78$ 安。如效率 $\eta = 85\%$ ，計算接線功率為若干千伏安？

熔接換流機之相移：

$$\cos \varphi = \frac{\text{電弧熔接電壓}}{\text{空運轉電壓}} = \frac{U_L}{U_0} = \frac{28}{78} = 0.36。$$

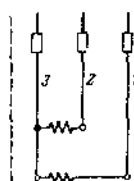
$$\text{電弧熔接功率：} N_L = \frac{I \cdot U_L}{1000} = \frac{200 \cdot 28}{1000} = 5.6 \text{ 千瓦。}$$

$$\text{接線功率：} N_a = \frac{N_L}{\eta \cdot \cos \varphi} = \frac{5.6}{0.85 \cdot 0.36} = 18.3 \text{ 千伏安}$$

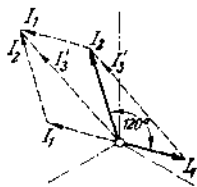
在二相中分別連接單相熔接變壓器者，則第三相線上之負荷較其他二相線為大（第 1 圖）。因為二相間之總電流強度並非代數和而應以矢量相加，發生相移。在此不適合之工作情形之前題下，多具熔接變壓器同時操作，發生與 $\cos \varphi$ 值相符之相移。

第 2 圖為電流矢量圖（ I_2 為負向！），由此獲悉電流合成應由餘弦定律計算。

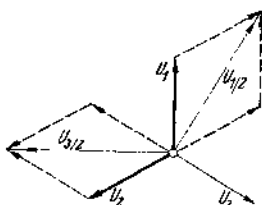
問題 5：二具單相熔接變壓器分別連接於二相中同時運轉，如電流需要 $I_1 = 50$ 安，另一為 $I_2 =$



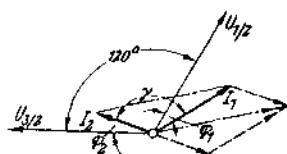
第 1 圖 並聯之二具熔接變壓器



第 2 圖 二不同相電流之合成。



第3圖 電壓矢量圖。



第4圖 不同相及不同 \$\cos \varphi\$ 之電流強度合成。

30 安。二具變壓器之 \$\cos \varphi\$ 值相同。求最大可能之 \$I_3\$ 值。

$$I_3 = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + 2 I_1 \cdot I_2 \cdot \cos 120^\circ}$$

由於 \$\cos 120^\circ = -0.5\$ 得

$$I_3 = \sqrt{50^2 + 30^2 + 2 \cdot 50 \cdot 30 \cdot 0.5} = 70 \text{ 安}$$

此二具熔接變壓器不致變更連接，因此可以電流強度 \$I_1, I_2, I_3\$ 作為選用安全裝置之基準。參閱第 1 表（\$I_n\$ = 公稱電流強度）得：

$$I_{n1} = 60 \text{ 安}$$

$$F_1 \text{ 銅} = 16 \text{ 平方公厘}$$

$$I_{n2} = 25 \text{ 安}$$

$$F_2 \text{ 銅} = 6 \text{ 平方公厘}$$

$$I_{n3} = 80 \text{ 安}$$

$$F_3 \text{ 銅} = 25 \text{ 平方公厘}$$

為使加大安全係數大多對三條電線全以最大電流強度 \$I_3\$ 作選擇基準。

如二具變壓器之 \$\cos \varphi\$ 有差別者，則最好依照第 3 圖及第 4 圖之矢量計算。

依第 3 圖中矢量可求得合成電壓，考慮 \$\varphi\$ 值之電流矢量繪製於第 4 圖中。第 4 圖為簡化之矢量圖，合成電流強度矢以點劃線表示。

問題 6：二具單相熔接變壓器分別連接於二相同時運轉，如一具之電流需要為 \$I_1 = 50\$ 安，\$\cos \varphi_1 = 0.35\$，另一為 \$I_2 = 30\$ 安，\$\cos \varphi_2 = 0.25\$。求最大可能之 \$I_3\$ 值。在第 4 圖中得 \$\gamma = 120 + \varphi_1 - \varphi_2\$。

$$\cos \varphi_1 = 0.35, \varphi_1 = 69^\circ 30'; \cos \varphi_2 = 0.25, \varphi_2 = 75^\circ 30'.$$

$$\gamma = 120 + 69.5 - 75.5 = 114^\circ$$

$$I_3 = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 - 2 \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \cos \gamma}$$

$$I_3 = \sqrt{50^2 + 30^2 - 2 \cdot 50 \cdot 30 \cdot 0.407} = 68 \text{ 安}$$

此項計算主要為明悉連接二具 \$\cos \varphi\$ 值有差異之熔接變壓器電路中之電流量。\$\cos \varphi\$ 值之差異可能由於一具變壓器使用電容器使 \$\cos \varphi\$ 值接近於 1，而另一變壓器則未作補償。

亦可以圖解法代替計算，將電流強度依照準確比例及方向繪製於矢量圖

中。電流矢終點聯線相應合成之電流強度。

問題7：各相中各連接有熔接變壓器，以圖解法求三線上可能之最大電流強度。電路連接如第5圖。

變壓器之電流及 $\cos \varphi$ 值為：

$I_1 = 50$ 安； $\cos \varphi_1 = 0.35$ ； $I_2 = 30$ 安； $\cos \varphi_2 = 0.80$ ； $I_3 = 40$ 安； $\cos \varphi_3 = 0.25$ 。

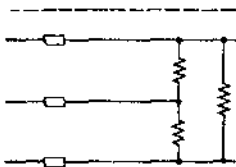
依照第6圖得：

相1中流過最大電流77安（ $I_1 I_2$ 之聯線）

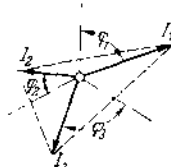
相2中流過最大電流46安（ $I_2 I_3$ 之聯線）

相3中流過最大電流90安（ $I_3 I_1$ 之聯線）

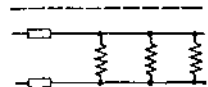
如所有熔接變壓器連接於一相中，計算時應將各該有效電流及各該無功電流各別相加。



第5圖 3具熔接變壓器連接於三相網路中。



第6圖 電流強度之矢面圖。



第7圖 3具熔接變壓器連接於單相交流網路中。

問題8：熔接變壓器連接於單相電壓為380伏之交流網路，已知：

$I_1 = 35$ 安； $\cos \varphi_1 = 0.8$ ； $I_2 = 45$ 安； $\cos \varphi_2 = 0.35$ ； $I_3 = 60$ 安； $\cos \varphi_3 = 0.33$ 。

同時施行熔接時最高電流強度及 $\cos \varphi$ 值各為若干？

I_w = 有效電流； I_b = 無功電流。

	I	$\cos \varphi$	φ	$\sin \varphi$	$I_w = I \cos \varphi$	$I_b = I \sin \varphi$
1	35	0.8	$36^\circ 50'$	0.599	28.0	21.0
2	45	0.35	$69^\circ 30'$	0.937	15.8	42.1
3	60	0.33	$70^\circ 50'$	0.945	19.8	56.7

總電流強度為 I_w 及 I_b 值之和，得

$$I = \sqrt{I_w^2 + I_b^2} = \sqrt{63.6^2 + 119.8^2} = 136 \text{ 安，}$$

$$I_w = I \cdot \cos \varphi, \quad \cos \varphi = \frac{I_w}{I} = \frac{63.6}{136} = 0.468。$$

2. 熔接變壓器之核査 下列所述爲對熔接變壓器本身之核査。



第8圖 視在功率與有效功率及無功功率之關係

問題9：熔接變壓器電壓爲380伏所需之電流爲60安，其 $\cos \varphi = 0.45$ 。其有效電流 I_w ，無功電流 I_b ，有效功率 N_w ，無功功率 N_b 及視在功率 N_s 各爲若干？

$$I_w = I \cdot \cos \varphi = 60 \cdot 0.45 = 27 \text{ 安}$$

$$I_b = I \cdot \sin \varphi = 60 \cdot 0.894 = 53.6 \text{ 安}$$

$$N_w = U \cdot I_w = 380 \cdot 27 = 10300 \text{ 瓦} = 10.3 \text{ 千瓦}$$

$$N_b = U \cdot I_b = 380 \cdot 53.6 = 20400 \text{ 反伏安}$$

$$= 20.4 \text{ 反千伏安}$$

$$N_s = U \cdot I = 380 \cdot 60 = 22800 \text{ 伏安} = 22.8 \text{ 千伏安}$$

N_w ， N_b 及 N_s 間之綜合關係繪製於第8圖中。

問題10：在連接變壓器之電路中連接安培計及 $\cos \varphi$ 量表。表上指示 $I = 54 \text{ A}$ ， $\cos \varphi = 0.45$ 。有效電流 I_w 爲若干？無功電流 I_b 爲若干？

$$I_w = I \cdot \cos \varphi = 54 \cdot 0.45 = 24.3 \text{ 安}$$

$$I_b = I \cdot \sin \varphi = 54 \cdot 0.894 = 48.2 \text{ 安}$$

$$\cos \varphi = 0.45$$

$$\varphi = 63^\circ 20'$$

$$\sin \varphi = 0.894$$

問題11：熔接變壓器之有效電流 $I_w = 48 \text{ 安}$ 及無功電流 $I_b = 92 \text{ 安}$ 。 $\cos \varphi$ 爲若干？

$$\tan \varphi = \frac{I_b}{I_w} = \frac{92}{48} = 1.92, \varphi = 62^\circ 30', \cos \varphi = 0.462$$

問題12：熔接變壓器之視在功率 $N_s = 17.1 \text{ 千伏安}$ ，其連接電壓 $U = 380 \text{ 伏}$ 及 $\cos \varphi = 0.45$ 。有效電流 I_w 及無功電流 I_b 各爲若干？

$$I = \frac{N_s}{U} = \frac{17100}{380} = 45 \text{ 安}$$

$$N_w = U \cdot I \cdot \cos \varphi = 380 \cdot 45 \cdot 0.45 = 7700 \text{ 瓦} = 7.7 \text{ 千瓦}$$

參照第8圖。

$$\sin \varphi = \frac{N_b}{N_s}$$

$$N_b = N_s \cdot \sin \varphi = 17.1 \cdot 0.894 = 15.3 \text{ 反千瓦}$$

$$\cos \varphi = 0.45$$

$$\varphi = 63^\circ 20'$$

$$\sin \varphi = 0.894$$

問題13：熔接變壓器之有效功率爲12千瓦及 $\cos \varphi = 0.7$ 。無功功率爲若干？

依照第8圖。

$$\tan \varphi = \frac{N_b}{N_w} \quad \left| \begin{array}{l} \cos \varphi = 0.7 \\ \varphi = 45^\circ 30' \end{array} \right.$$

$$N_b = N_w \cdot \tan \varphi = 12 \cdot 1.02 = 12.3 \text{ 反千伏安} \quad \left| \begin{array}{l} \tan \varphi = 1.02 \end{array} \right.$$

此項無功功率使電線加重負荷，可任由熔接電容器平衡其部份或全部（補償作用）。

問題14：使用熔接電容器將問題13之無功功率全部補償。

電容器功率亦應相等於12.3反千伏安。

問題15：使用熔接電容器將問題13之無功功率補償。使 $\cos \varphi_1 = 0.8$ （此為電力設備經常發生值）。

$$\begin{array}{l} \tan \varphi_2 = \tan \varphi - \tan \varphi_1 \\ = 1.02 - 0.75 = 0.27 \end{array} \quad \left| \begin{array}{l} \cos \varphi = 0.7 \\ \varphi = 45^\circ 30' \\ \tan \varphi = 1.02 \end{array} \right. \quad \left| \begin{array}{l} \cos \varphi_1 = 0.8 \\ \varphi_1 = 36^\circ 50' \\ \tan \varphi_1 = 0.75 \end{array} \right.$$

因此電容器功率

$$\begin{array}{l} N_k = N_w \cdot \tan \varphi_2 \\ = 12 \cdot 0.27 = 3.24 \text{ 反千伏安} \end{array}$$

由問題14及問題15之結果獲知將無功功率完全補償所需費用增加甚多。熔接電容器之價格依照習慣以其大小計算，

$$P = 35 N_b ;$$

其中 P 為價格，以馬克計； N_b 為電容器功率，以反千伏安計。

根據上述理由，完全補償甚少使用。

更詳盡之資料判載於第9圖中，並可作為進一步之基準。

問題16：熔接變壓器使用電壓 $U = 380$ 伏；電流 $I = 45$ 安； $\cos \varphi = 0.45$ 。

視在功率

$$N_s = \frac{U \cdot I}{1000} = \frac{380 \cdot 45}{1000} = 17.1 \text{ 千伏安}, \quad \left| \begin{array}{l} \cos \varphi = 0.45 \end{array} \right.$$

有效功率

$$N_w = \frac{U \cdot I \cdot \cos \varphi}{1000} = \frac{380 \cdot 45 \cdot 0.45}{1000} \quad \left| \begin{array}{l} \varphi = 63^\circ 40' \\ \sin \varphi = 0.894 \end{array} \right.$$

$$= 7.7 \text{ 千瓦}$$

無功功率

$$\left| \begin{array}{l} \tan \varphi = 1.99 \end{array} \right.$$

$$N_b = N_s \cdot \tan \varphi = 1.99 \cdot 7.7 = 15.3 \text{ 反千伏安}$$

依照第9圖繪製有效功率及無功功率功率圖，將 $\cos \varphi$ 值均勻分割於有效功率軸上。由分割點向上作垂線與單位圓相交，並於此引角幅射線。此項

角輻射線與無功功率軸之交點即為相應之無功功率之 $\cos \varphi$ 值。由相反方向計量，即得補償此項無功功率所需之電容器功率。

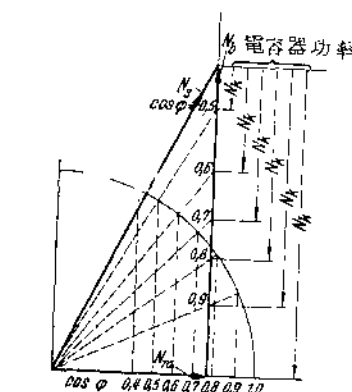
問題17：已知數值如問題16。求將 $\cos \varphi$ 由 0.45 改善至 0.7 所需之電容器功率。

在第9圖中測讀得 7.6 反千伏安（比例：1 公厘 = 1/3 千瓦）。

下列將熔接電容器以微法計，此需經換算。

$$N_b = 2\pi \cdot f \cdot U^2 \cdot c \cdot 10^{-9} \quad \begin{array}{l} f = \text{頻率} \\ U = \text{電壓，以伏計} \\ N_b = \text{無功功率，以反伏安計} \\ c = \text{電容，以微法計} \end{array}$$

$$c = \frac{N_b \cdot 10^9}{2\pi \cdot f \cdot U^2}$$



第9圖 核査電容器功率用以補償一定之無功功率。

問題18：將問題17熔接電容器功率換算為微法。

$$c = \frac{N_b \cdot 10^9}{2\pi \cdot f \cdot U^2} = \frac{7.6 \cdot 10^9}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 380^2} = 168 \text{ 微法。}$$

3. 電功及功率、使用電功由電表計量，小型電功需要（例如熔接熔接條所需之電功），其數值可於電表轉盤轉數測讀。

問題19：“電表轉盤旋轉 128 轉為 1 千瓦小時”，使用此電表計量電功。

輸出之電功使轉盤旋轉 34 轉，其電功為若干？

$$A = \frac{34}{128} = 0.266 \text{ 千瓦小時。}$$

反之，亦能由測量時間及電表轉盤轉數推算連接於電路之熔接機平均功率（非瞬間功率）。此可能計量熔接機由空運轉至滿額負荷之功率。

問題20：使用問題19之電表。轉盤在 232 秒中旋轉 20 轉。接通之平均功率為若干？

$$\text{在 232 秒時間耗用電功 } \frac{20}{128} \text{ 千瓦小時。}$$

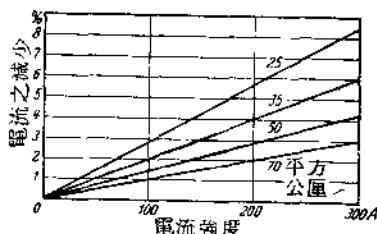
在 1 秒時間耗用電功 $\frac{20}{232 \cdot 128}$ 千瓦小時

在 3600 秒 = 1 小時耗用電功 $\frac{20 \cdot 3600}{232 \cdot 128} = 2.42$ 千瓦小時。

因此平均功率為 2.42 千瓦。

4. 熔接用電纜及熔接電流強度

使用較長之熔接電纜必需對電流之減少加以考慮，此緣由電線之電阻所引起者。第 10 圖示各種斷面長 10 公尺之銅電線，各種電流強度時輸入及回路電線上電流之減少，以百分率計，以無電阻之理想電線作 100%，電源電壓假設為不變者。



第 10 圖 各種斷面積長 10 公尺之銅電線，各種電流強度時輸入及回路電線上電流之減少，以百分率計，以無電阻之理想電線作 100%，電源電壓假設為不變者。

問題 21：使用 200 安電流熔接。輸入及回路電線長 50 公尺，電線斷面積為 35 平方公厘。機器電流調整為

200 安，使用 50 公尺長之電纜，其實際流過之電流為若干？

查讀第 10 圖，電流之減少為 4%。

因之 $I' = \frac{50 \cdot 200 \cdot 4}{10 \cdot 100} = 40$ 安（相應 200 安之 $\frac{50}{10} \cdot 4 = 20\%$ ）。

因之 $I_0 = I - I' = 200 - 40 = 160$ 安。

如准用之電流減少及電線長度為一定時，可依照第 10 圖反求電線之斷面積。

問題 22：熔接電纜之總長為 60 公尺。准用電流減少為 12%。求電線之斷面積。

換算電纜長 10 公尺時電流之減少為 $\frac{12 \cdot 10}{60} = 2\%$

查讀第 10 圖得電流減少為 2%，電流為 200 安，電線斷面積 $F = 70$ 平方公厘。

熔接工作使用之電流強度接近於熔接機最大可能負荷之極限時，此項計算更為必要。如熔接所需電流較低，則由於電線電阻所生之電流減少，尚可將熔接機調整，增加輸出電流補救之。但電流減少為一項使效率變劣之重要

因數，結果使熔接工作增加電費。因之應儘量縮短熔接電纜之長度。

熔接變壓器連接網路電壓下降亦將使熔接電流強度降低。第 11 圖示此項由於連接網路電壓變化引起之電流變化，以 % 計。

問題23：由於連接電線過長太細熔接時熔接變壓器之連接電壓降低 12 %。如熔接變壓器電流整調於 150 安，則實際熔接電流為若干？

查讀第 11 圖知電流減少至 88 %。因之熔接電流 $I = 150 \cdot 0.88 = 132$ 安。因發熱量隨電流之平方而變化，在熔接點上熱量之減少為：

$$\frac{132^2}{150^2} = 0.775 = 77.5\%$$

在負荷較重之工廠網路中連接電壓之下降，依據經驗可能較大於此。因運轉變壓器大部已因負荷較大而使二次電壓降低。問題 23 顯示熔接變壓器應有足夠連接電壓之必要性。首要必需明悉在最不利之情況下，當工廠網路已在超載情況時，再使網路電壓發生較強劣震盪。此種震盪使熔接者無法保持正確之電流強度。

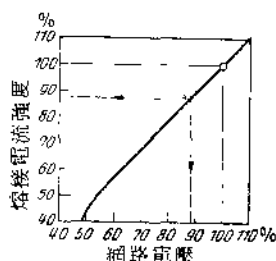
問題24：使用 200 安之電流施行熔接，求石墨條及普通碳條之應有之直徑。

$$\text{石墨條} \frac{A}{F} = 1.3 ; F = \frac{220}{1.3} = 169 \text{ 平方公厘}$$

由此求得直徑約為 15 公厘。

$$\text{普通碳條} \frac{A}{F} = 0.5 ; F = \frac{220}{0.5} = 440 \text{ 平方公厘}$$

由此求得直徑約為 25 公厘。



第 11 圖 網路電壓降低時熔接電流強度之變化。

第二章 氣熔接

5. 氣之產生 由碳化鈣產生乙炔氣在理論情況時，即溫度為 15°C ，壓力為 760 汞柱時每公斤得 367 公升。實際情形氣之產生較少於無損耗之氣化（參閱第 4 表）。實際情形損耗無法避免，因此僅能達上值之 80……90 %。

第 4 表 乙炔發生與碳化鈣顆粒大小之關係。

顆粒大小（公厘）	乙炔發生公升 / 公斤
4…15	260
15…25	280
25…80	300
壓實碳化鈣	275

問題 25：一乙炔發生器能填裝顆粒為 50 / 80 之碳化鈣 10 公斤。填裝一次能產生乙炔若干？

$$V = 10 \cdot 300 \cdot 0.90 = 2700 \text{ 公升}$$

問題 26：問題 25 中所生之乙炔，如溫度為 25°C 時，其體積為若干？

氣體體積之變化與絕對溫度成正比。故

$$V_1 = \frac{V \cdot T_1}{T} = \frac{V \cdot (273 + t_1)}{273 + t} = \frac{2700 \cdot (273 + 25)}{273 + 15} = 2800 \text{ 公升}$$

問題 27：氧氣瓶容積 $I_1 = 40$ 公升。熔接開始時瓶中壓力為 $p_1 = 112$ 過壓，熔接後壓力 $p_2 = 98$ 過壓。熔接中及熔接前後溫度保持不變。使用之氧為若干立方公尺。

$$V = I_1 (p_1 - p_2) = 40 \cdot (112 - 98) = 560 \text{ 公升} = 0.560 \text{ 立方公尺}$$

如熔接中溫度亦有變化者，則計算法如下：

問題 28：已知數值同問題 27，但熔接前之溫度 $t_1 = 15^{\circ}\text{C}$ ，熔接後

之溫度為 $t_2 = 30^\circ \text{C}$ 。求折算為 15°C 時之氧耗用量。壓力 $p_2 = 98$ 過壓亦應折算為原有溫度時壓力。因此：

$$p'_2 = p_2 \frac{T_1}{T_2} = \frac{98 \cdot (273 + 15)}{273 + 30} = 93.2 \text{ 過壓}$$

$$V = I_1 \cdot (p_1 - p'_2) = 40 \cdot (112 - 93.2) = 752 \text{ 公升} \\ = 0.752 \text{ 立方公尺}$$

由此可知溫度變化所生之影響。

乙炔發生器之大小由填裝碳化鈣之公斤數及每小時產生乙炔之公升數而定。上述二問題為說明乙炔發生器使用說明牌上，但對於每小時產生乙炔量尚應考慮其安全性（由准用發熱量所限制）。實際能量為謹慎起見僅應用其額定能量之 50%。

問題29：一乙炔發生器之碳化鈣填裝量為 6 公斤，每小時產生乙炔能量為 4000 公升。此發生器上能裝用 6...9 號熔接噴嘴若干枚？一次填裝能使用之時間為若干？

第 5 表 熔接噴嘴乙炔氣耗用量。

熔 接 矩 號	乙炔氣約計耗用量 每小時公升
0.5... 1	90
1... 2	150
2... 4	300
4... 6	475
6... 9	700
9... 14	1200
14... 20	1700
20... 30	2350

實際能量為每小時 $0.5 \cdot 4000 = 2000$ 公升。依照第 5 表 6...9 號熔接噴嘴每小時耗用 700 公升之乙炔。

$$\text{裝用噴嘴數} = \frac{2000}{700} = 3 \text{ 枚。}$$

依照第 4 表

1 公斤碳化鈣產生 $300 \cdot 0.9 = 270$ 公升乙炔，
6 公斤碳化鈣產生 $270 \cdot 6 = 1620$ 公升

每小時耗用量 $3 \cdot 700 = 2100$ 公斤

$$\text{一次裝填供應時間} = \frac{1620}{2100} = 0.775 \approx \frac{3}{4} \text{ 小時。}$$

6. 氣體引出管 管路中管之斷面積與壓力降有關。壓力降與管之長度，斷面積，裝設情形（例如或多或少之彎折等）以及管中流過之氣體類別有關。單純乙炔氣管路之管直徑可以下列經驗式計算：

$$d = \sqrt{3.5 \frac{Q}{v}},$$

其中“ d ”為所需之管直徑，以公分計，“ Q ”為氣體流量，以每小時立方公尺計，“ v ”為氣體之流速，以每秒公尺計。常用之流速表列於第 6 表中。

問題30：計算連接 10 枚 6...9 號氣炬之乙炔總管之直徑（低壓氣體）。依照第 5 表每一 6...9 號噴嘴每小時耗用 700 公升，10 枚共計每小時耗用乙炔氣 7 立方公尺。管之直徑

第 6 表 常用氣體流速
 $v =$ 公尺/秒

低壓氣體.....	2.0
中壓氣體.....	2.5
高壓氣體.....	5

$$d = \sqrt{3.5 \frac{7}{2}} = 3.5 \text{ 公分}$$

第 7 表 管之內徑及斷面積。

d (吋)	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	2	$2\frac{1}{2}$	3	$3\frac{1}{2}$	4
d (mm)	3.18	6.35	9.53	12.7	15.9	19.1	25.4	31.7	38.1	50.8	57.1	63.5	76.2	88.9
F (cm ²)	0.009	0.32	0.71	1.27	1.98	2.83	5.07	7.89	11.4	20.2	25.60	31.67	45.69	62.07

7. 氣體壓力量計 氣體壓力量計可使用液體壓力計或開口及閉合之彎成 U 形之玻璃管，其中充注液體。

(a) 開口管：由兩側管中液面高度差可計量壓力。其意義為：

$$\begin{aligned} 1 \text{ 大氣壓} &= \text{每平方公分 } 1 \text{ 公斤} = 10000 \text{ 公厘水柱高} \\ &= 735.6 \text{ 公厘汞柱高。} \end{aligned}$$

1 公厘水柱可折算為每平方公尺 1 公斤（第 12 圖），1 公厘汞柱可折算為每平方公尺 13.6 公斤。壓力計算分為超壓（超過大氣壓之壓力）= atu

及絕對壓力 = ata。所有壓力比較計算應對大氣壓（氣壓計情況）加以考慮。

問題31：一鍋爐之液體壓力計指示 1.2 超壓。如氣壓計情況 = 650 公厘汞柱，此鍋爐之絕對壓力為若干？

$$735.6 \text{ 公厘} = 1 \text{ 絕對壓力。} \quad 1 \text{ 公厘} = \frac{1}{735.6} \text{ 絕對壓力}$$

$$650 \text{ 公厘} = \frac{650}{735.6} = 0.884 \text{ 絕對壓力}$$

因之總壓力：1.2 + 0.884 = 2.084 絕對壓力。

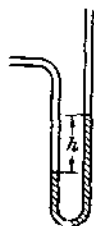
問題32：一管路指示有 150 公厘水柱之超壓。如氣壓計情況 = 720 公厘汞柱，管路中之絕對壓力為若干？

$$10000 \text{ 水柱} = 1 \text{ 絕對壓力，} 1 \text{ 公厘} = \frac{1}{10000} \text{ 絕對壓力}$$

$$150 \text{ 公厘} = \frac{150}{10000} = 0.015 \text{ 絕對壓力}$$

$$735.6 \text{ 公厘汞柱} = 1 \text{ 絕對壓力，} 720 \text{ 公厘} = \frac{720}{735.6} = 0.979 \text{ 絕對壓力}$$

$$\text{總壓力} = 0.994 \text{ 絕對壓力。}$$



第 12 圖 使用開口 U 管計量壓力。

第 8 表 溫度 0° C，壓力 760 公厘汞柱時各種氣體之比重。

	空氣 = 1	公斤 / 立方公尺
乙炔	0.91	1.16
氫	0.069	0.09
煤氣（家用，約計數）	0.40	0.50
氧	1.11	1.43
氮	0.97	1.25
一氧化碳	0.97	1.25
二氧化碳	1.52	1.96
空氣	1.00	1.29

問題33：一氣體管路中氣壓計情況為 780 公厘汞柱時有 35 公厘汞柱之低壓。此管路中之絕對壓力為若干？

$$\text{內壓力} = 780 - 35 = 745 \text{ 公厘汞柱，}$$