

汽車設計

第二冊

何乃民編著

商務印書館發行

汽 車 設 計

第 二 冊

何 乃 民 編 著

中國自動機工程學會叢書之二

商 務 印 書 館 發 行

中華民國三十七年七月初版
中華民國三十八年九月再版

汽 車 設 計 二 冊

◆(68507)

每部基價叁拾捌元

印刷地點外另加運費

* 有 所 權 版 *
* 究 必 印 翻 *

編 著 者 何 乃 民

發 行 人 陳 懋 解
上海河南中路

印 刷 所 商 務 印 刷 廠
印 刷 所 商 務 印 刷 廠

發 行 所 商 務 印 書 館
發 行 所 商 務 印 書 館

第二十九章 發動機的散熱

發動機平均溫度。 發動機每隻汽缸由動作所發生的溫度，非常的高，其近似數值以百度表計算，約如下表：

進	汽——自 500° 降到 50°
壓	汽——自 50° 升到 200°
爆	炸——自 200° 升到 1600°
膨	脹——自 1600 降到 1100°
出	汽門開放時——自 1100° 降到 800°
出	汽——自 800° 降到 500°。

所以每行程平均溫度近似值：

$$\text{進汽平均溫度} \dots\dots \frac{500^\circ + 50^\circ}{2} = 275^\circ.$$

$$\text{壓汽平均溫度} \dots\dots \frac{200^\circ + 50^\circ}{2} = 125^\circ.$$

$$\text{膨脹平均溫度} \dots\dots \frac{1500^\circ + 1100^\circ}{2} = 1350^\circ.$$

$$\text{出汽平均溫度} \dots\dots \frac{800^\circ + 500^\circ}{2} = 650^\circ.$$

依據上列數字汽缸壁平均溫度為：

$$\text{⊙} = \frac{275^\circ + 125^\circ + 1350^\circ + 650^\circ}{4} = 600^\circ C.$$

用上列方法所求得的數字比較實際所得的高。通常汽缸壁溫度在 500°C 以下，⊙ = 460°，為正常動作條件下的合理數字。

機油在 350°C 以上就開始燃燒或分解，所以汽缸若不用水或空氣

散熱：潤滑為不可能。

潤滑油或稱機油 (Engine oil) 燃燒時，活塞令開始膠結，高熱氣體流過活塞頂週圍使活塞發生黏着和傷痕。

活塞梢子的傷痕可使聯桿斷裂。

汽門發生漏氣，汽門桿與導管間亦容易現有傷痕。

由經驗而得：汽缸壁厚度在 10 公釐以下時，用空氣散熱，汽缸壁外面溫度須保持 120° 以下，用水散熱保持 $100^{\circ}C$ 以下，水的溫度最好在 $90^{\circ}C$ 至 $80^{\circ}C$ 之間，進出水溫度之差應為 $8^{\circ}C$ 至 $9^{\circ}C$ 。如水的溫度降到 $40^{\circ}C$ 時，要增加 10% 的汽油消耗。

氣體與水間的傳熱。汽缸內氣體溫度忽高忽低，按一定的循環發生變動，但氣體平均溫度 $\Theta = 460^{\circ}C$ 。

汽缸壁一面為高熱氣體，另一面為水所圍繞，於是

Θ = 汽缸內氣平均溫度；

Θ' = 與氣體相接觸的汽缸壁溫度；

θ = 水的溫度；

θ' = 與水相接觸的汽缸壁面溫度；

h = 氣體金屬相接觸對流傳熱係數；

h' = 金屬傳熱係數與金屬厚度成反比；

h'' = 水金屬相接觸對流傳熱係數。

在單位面積及單位時間內由水傳去熱量公式為：

$$Q = h(\Theta - \Theta') = h'(\Theta' - \theta') = h''(\theta' - \theta).$$

$$Q = K(\Theta - \theta).$$

K 為傳熱總係數：

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h} + \frac{1}{h'} + \frac{1}{h''}.$$

時間單位為分，熱單位為卡，面積的為平方公尺，金屬厚 1 公釐，

$h' = 600$ (鋼), 厚 3 公釐 $h' = 200$.

至於 $h''(2 + 200 V)$ 卡/分/平方公尺/每度 C .

V 為水流速率以公尺/秒計.

h 與氣體比重成比例, 普通在地面上等於 6 至 7.

因此 $\frac{1}{h'}$ 及 $\frac{1}{h''}$ 可省略不計, 可使 $K = 1$.

應散去的熱量. 每制動馬力時的汽油消耗量, 視旋轉的速率, 負荷的多寡而定. 普通自 180 克至 270 克之間. 每公斤汽油的熱能為 11000 卡. 所以每馬力時在汽缸內所發生的熱能自 2000 卡至 3000 卡之間.

這熱能的 30% 至 33% 由汽缸壁吸收; 約 35% 由出汽管逐出; 約 15% 由活塞及摩擦機件散去.

今設每馬力時汽油消耗量為 230 克, 由汽缸壁散去的熱量為 30%. 於是每馬力時應由汽缸壁散去的熱量為:

$$11000 \times 0.230 \times 0.30 = 759 \text{ 卡.}$$

為安全計可取較大數值, 計 800 卡.

若以馬力分計算; $800 \div 60 = 13.3$ 卡/分/馬力. 普通用汽門發動機每分鐘每馬力應散去的熱量在 11 卡至 17 卡之間. 散去熱量亦有用下法計算的:

汽油產生每 100 卡熱量:

22 至 24 卡變成工作;

3 至 4 由抵抗所吸收;

27 至 29 由水散去;

48 至 43 由出汽管及潤滑油等散失.

照上列分配, 每產生有用馬力一匹, 約有 1.22 匹馬力合 91 公尺斤/秒需由水散熱.

1 卡等於 425 公尺斤，於是我們求得 $\frac{91 \times 60}{425} = 12.8$ 卡/分/每馬力。

無汽門發動機 (Valveless engine) 係用內外套筒 (Sleeve)，散失熱量較少，約合 6 卡至 9 卡/每分/每馬力。

飛機發動機每隻汽缸可產生 100 匹左右馬力，由水散去的熱合 4 至 7 卡/分/馬力。他的分佈狀況：

汽油產生 100 卡熱能：

25 至 27 卡變成有用工作；

3 至 4 由抵抗所吸收；

12 至 13 由水散熱；

1 至 3 由機油散熱；

59 至 53 由出汽散失。

所以每產生有用馬力一匹，應有 0.48 匹馬力合 68 公尺斤/秒由水流散熱，計 $\frac{36 \times 60}{425} = 5.1$ 卡/分/馬力。

精練汽油，爆炸迅速，可使汽缸壁溫度減低，由水散去熱量亦可減少如下表。表為法人 Champsaur 君試驗紀錄：

汽油辛烷數.....	64	75	92
火星塞附近汽缸溫度.....	182°	172°	155°
每馬力每分鐘由水散去熱量(卡).....	6.6	5.9	5.7
每馬力每分鐘由機油散去熱量(卡).....	0.68	0.63	0.59

空氣散熱。 汽車界除去機器腳踏車而外很少採用空氣散熱 (Air cooling)。徑向式或星形航空發動機 (Radial aviation engine)，利用螺旋槳及飛行空氣流，採用空氣散熱較為方便有效。

汽缸周圍散熱片 (Fin) 面積，照上下二面計算，航空發動機每馬力應備 0.02787 平方公尺 (合 0.30 平方英寸)，如屬汽車發動機需 0.03716

平方公尺(合 0.40 平方英寸).靠近汽缸上部及出汽門熱度較高,所以散熱面積應比較汽缸下部及進汽門的為大.

汽車發動機每汽缸容積較小,每缸汽缸需二面計算的散熱片面積約 0.9 至 1.1 平方公尺.約合每分每馬力散去 12 卡.空氣流經過速率合每秒 8 至 10 公尺.

飛機發動機汽缸較大,每缸汽缸所需二面計算散熱片面積為 0.2 至 0.4 平方公尺,每分每馬力散去 6.4 卡.空氣速率每秒 15 至 20 公尺.

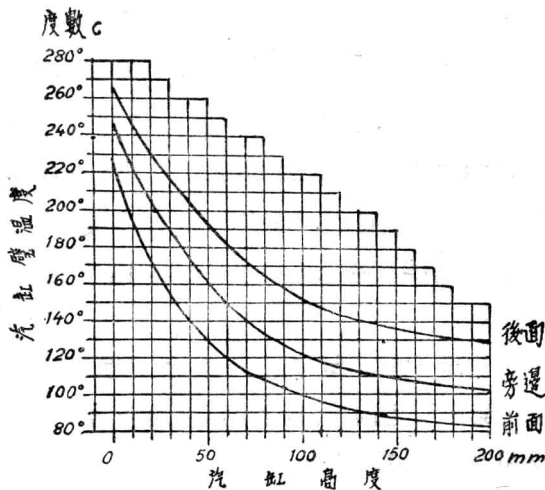


圖 164. 空氣散熱的汽缸溫度。

汽缸高度自上向下計算上部為零。

空氣自前面進入故溫度較低。

空氣散熱的條件,汽缸壁最高溫度不得超過 300°C . 普通汽缸上部最熱處為 280°C , 汽缸壁約 200°C .

散熱片. 散熱片的散熱視下列諸條件而定:

- 一、散熱片平均溫度與空氣平均溫度之差;
- 二、空氣的密度及速率;

- 三、自散熱片腳(或根)到散熱尖間溫度減低數;
- 四、散熱片形狀;
- 五、散熱片材料的傳熱係數。

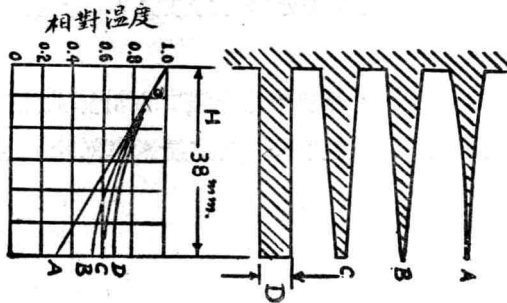


圖 165. 散熱片式樣。

A 尖端溫度較低, D 尖端溫度較高。普通 $H=6D$ 。

傳熱係數生鐵為 27, 鋼 26, 鋁 119, 銅 220。散熱片多用生鐵, 鋼或鋁製, 很少用銅製。有時汽缸上部用鋁製散熱片, 汽缸本身用鋼製或生鐵製的。

設 ε 為散熱片根 D 與汽缸口徑 Φ 之比。汽車汽缸口徑自 70 至 90 公釐, ε 在 0.05 至 0.07 之間。散熱片根厚度最大為 4 至 5 公釐。散熱片長度最大不得超過 40 公釐。

飛機發動機汽缸口徑自 120 至 150 公釐, ε 普通為 0.02 至 0.03。散熱片根(或腳)厚度自 2 至 4 公釐, 散熱片厚度到汽缸下部漸更減薄。散熱片長度約 20 至 25 公釐, 多用鋼製。片的長度亦在下部更形減小, 漸次減到零。

關於散熱片面積的計算, 可應用二種流質由室壁隔離的熱傳導公式:

$$Q = \mu A t = \mu A (t_1 - t_2).$$

$$Q = K_1 A_1 (t_1 - t_2).$$

$$Q = K_2 A_2 (t_3 - t_4).$$

$$\mu = \frac{1}{\frac{1}{K_1} + \frac{e}{C} + \frac{1}{K_2}}$$

Q = 汽缸壁散去熱量以卡/時計，

μ = 傳導係數，

A = 傳熱總面積以平方公尺計，

A_1 = 汽缸傳熱內面積以平方公尺計，

A_2 = 汽缸傳熱外面積以平方公尺計，

t = 外面空氣與汽缸內燃燒及膨脹氣體平均相差溫度，

t_1 = 汽缸內燃燒膨脹及廢氣平均溫度普通自 $1000^\circ C$ 至 $1100^\circ C$ ，

t_2 = 內汽缸壁溫度約 = $200^\circ C$ 至 $300^\circ C$ ，

t_3 = 外汽缸壁溫度約 = $120^\circ C$ ，

t_4 = 汽缸周圍空氣溫度約 = 15° 至 $25^\circ C$ ，

K_1 = 內面積傳熱係數，

K_2 = 外面積傳熱係數，

C = 汽缸壁材料傳熱係數，生鐵的約 = 40 至 60，

e = 汽缸壁之厚以公厘計。

依據上列公式，可知每單位汽缸面積散去的熱量，視下列各點而定：

1. 時間；
2. 溫度之差；
3. 汽缸壁材料；
4. 汽缸壁之厚；
5. 汽缸壁內部及外部的環境。

例題 65. 75×80 發動機，膨脹及出汽時氣體平均溫度為 $1000^\circ C$ ，內汽缸壁溫度為 $200^\circ C$ ，外汽缸壁溫度為 $120^\circ C$ ，空氣溫度為 $20^\circ C$ ，每隻汽缸產生 15 B.H.P.，熱效率為 25%，汽缸散熱外面積每制動馬力為 0.04 平方公尺。求 A_1 ， Q ， K_1 及 K_2 。

$$(一) \quad A_1 = \pi DL \times 1.25 + \frac{\pi D^2}{4}$$

$$= 3.1416 \times 0.075 \times 0.08 \times 1.25 + 0.7854 \times 0.075^2$$

$$= 0.02813 \text{ 平方公尺.}$$

式中 1.25 係指實在散熱面積，延長到行程 L 之下部，所以應加大 25%。

(二) 每馬力合 636 卡/時，由汽缸散失之熱為 0.30，於是

$$Q = \frac{15 \times 636}{0.25} \times 0.30 = 11448 \text{ 卡/時.}$$

(三) $Q = K_1 A_1 (t_1 - t_2)$

$$K_1 = \frac{11448}{0.028(1000 - 200)} = 500 \text{ 卡/時/平方公尺.}$$

(四) $Q = K_2 A_2 (t_3 - t_4)$

$$K_2 = \frac{11448}{15 \times 0.04(120 - 20)} = 190 \text{ 卡/時/平方公尺.}$$

K_2 視空氣流動的速率變動，速率越大， K_2 亦行增加。上列求得數字係指空氣速率為 1800 公尺/分或 30 公尺/秒計算。如空氣速率減低 1/2， K_2 約等於 140；速率增加一倍， K_2 約等於 360。

空氣散熱優劣點。 (一) 用空氣散熱汽缸壁平均溫度可以維持到 120°C ，用水的祇能維持到 100°C 以下。發動機在 120°C 溫度內工作可節省汽油，增加馬力。

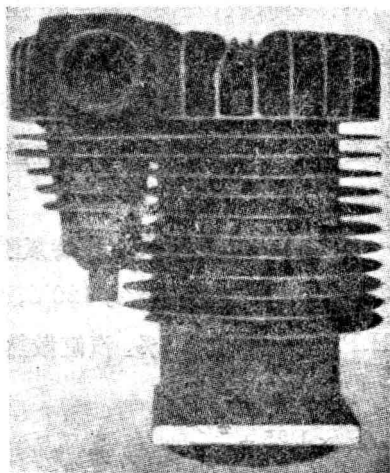


圖 166. 散熱片與汽缸製成一起。

(二) 用空氣散熱，發動機重量減低，并可免去加水，漏水，凍裂，水開諸流弊。

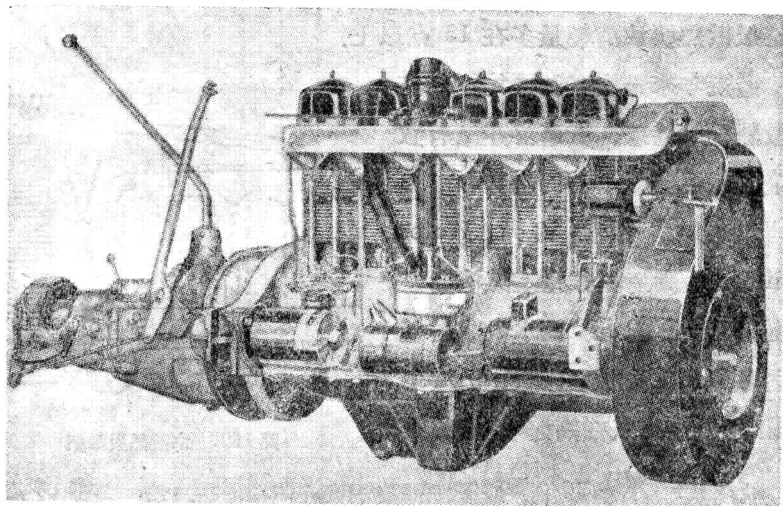


圖 167. Franklin 空氣散熱發動機(上)

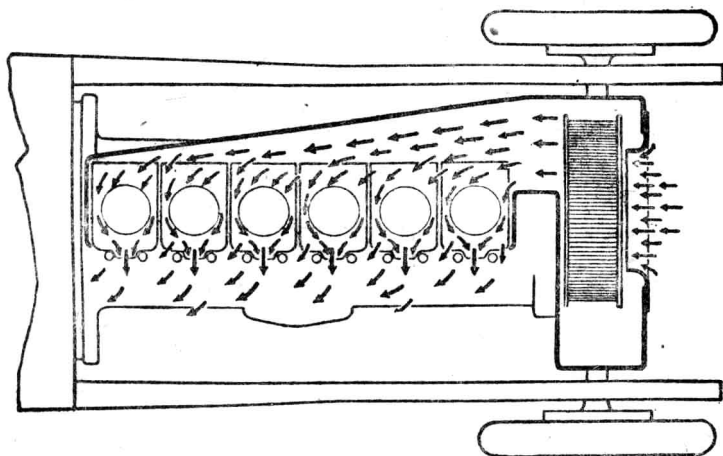


圖 168. Franklin 空氣散熱發動機(下)

(三) 空氣散熱的劣點，車輛慢行或停止時熱空氣不易外流，發動機溫度難免有過高之患。

(四) 因汽缸壁溫度較高，用空氣散熱發動機消耗機油要倍於用水散熱發動機。用水散熱，每馬力每小時機油消耗量為 8 至 10 克 (Gram) 用空氣散熱機油消耗量多在 15 克以上。

這幾年來飛機發動機均採用空氣散熱成效甚著。汽車界亦漸有倣效飛機採用空氣散熱的趨勢。

水散熱。散熱的水 (Water cooling)，流動速率雖比空氣流動速率慢 10 倍至 20 倍；但水吸收熱量使之傳導分散的能力，雖在低速率流動時，要比空氣在高速率流動時

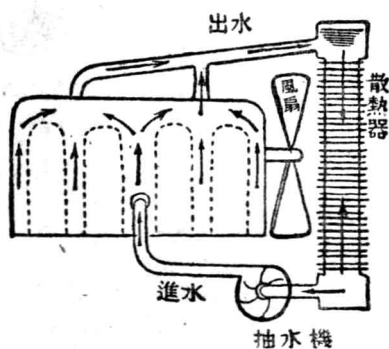


圖 169. 水散熱發動機

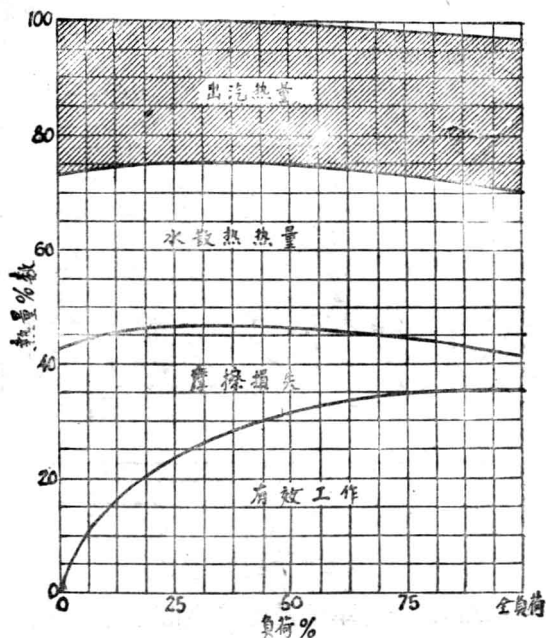


圖 170. 汽車柴油機汽缸內熱量的分數。

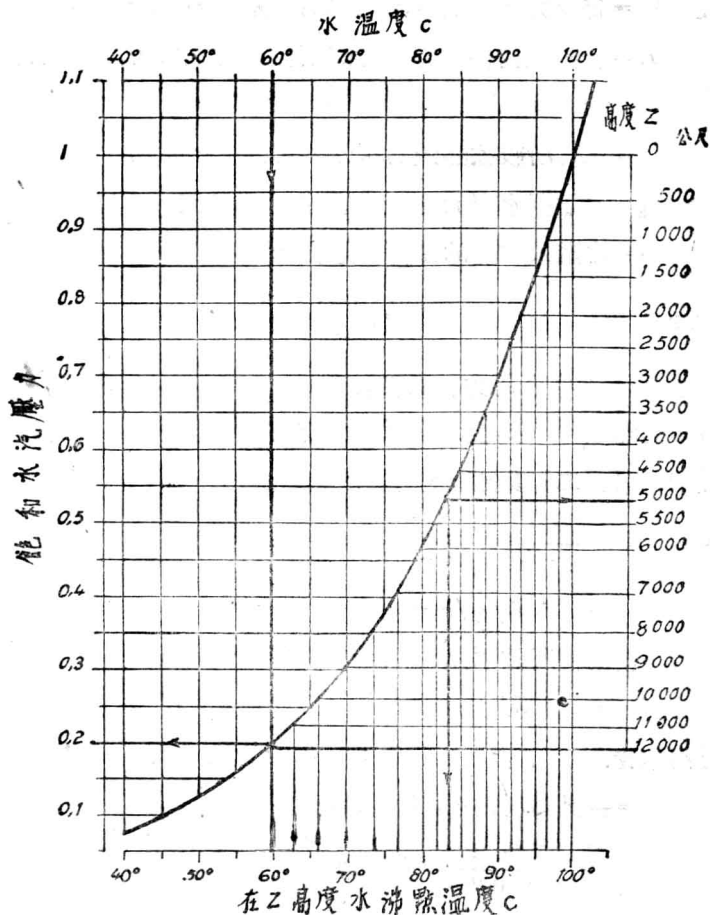


圖 171. 飽和蒸汽壓力及沸水溫度與海拔的關係。

的散熱,大 50 倍。例如空氣流速率 30 公尺/秒的時候, $K_2 = 190$; 水流速率為 1 公尺/秒的時候, 水的傳熱係數 $K_2 = 190 \times 50 = 9500$ 卡/每平方公尺/每小時。

用水散熱發動機, 可免除很佔地倍的散熱片。汽缸周圍的水套 (Water jacket), 在汽缸上部及出汽門周圍應特別放大。

設 W = 每馬力時所需散熱用水的重量以公斤計，

H = 發動機內供給每馬力時所需混合氣體的熱能，普通約等於 2500 卡，

x = 水套所吸收熱量的百分數普通約 = 0.30，

t_2 = 水離開水套的溫度普通約 = 80°C 至 90°C ，

t_1 = 水進入水套的溫度普通約 = 70°C 至 80°C 。

於是

$$W = \frac{xH}{t_2 - t_1}$$

例題 66. 100 匹馬力發動機，進水溫度為 70°C 出水溫度為 80°C ，每馬力時需熱 2500 卡，由水套散去之熱為 30%。求 (一) 每馬力分所需散熱的水量。(二) 該發動機所需散熱水量。

$$\begin{aligned} \text{(一)} \quad W &= \frac{xH}{t_2 - t_1} = \frac{0.3 \times 2500}{80 - 70} = 75 \text{ 公斤/時。} \\ &= 1.25 \text{ 磅/分/每馬力。} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(二)} \quad \text{發動機所需水量: } &75 \times 100 = 7500 \text{ 公斤/時。} \\ &= 125 \text{ 磅/分。} \end{aligned}$$

進水管。 出水管直徑普通較進水管的大 3 至 6 公釐。設

Q = 發動機所需散熱水以立方公尺/秒計，

$$= \frac{\text{B.H.P.} \times W}{3600 \times 1000} \text{ 立方公尺/秒，}$$

$$S = \text{出水管的斷面積} = \frac{\pi d^2}{4}$$

d = 出水管口徑以公尺或公釐計，

V = 水套內水流平均速率，用水邦浦出水的約 = 2 至 4 公尺/秒，
進水的約 1 至 3 公尺/秒。

於是

$$Q = \frac{\text{B.H.P.} \times W}{3600 \times 1000} = SV = \frac{\pi d^2}{4} V$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \text{B.H.P.} \times W}{3600 \times 1000 \times \pi V}}$$

例題 67. 100 匹馬力發動機每小時需水 8000 磅。(即等於 8000 公斤。例題 64 求得數應為 7500 磅。惟為避免漏損等意外計，故定比較充分數為 8000 磅)。水流速率為 2 公尺/秒。求 (一) 每分鐘需水數量。(二) 出水管口徑。

(一) 每分鐘需水數量 = $\frac{8000}{60} = 133.3$ 磅(或公斤)。

(二)

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{3600 \times 1000 \times \pi V}}$$

$$= \sqrt{\frac{4 \times 8000}{3600 \times 1000 \times 3.1416 \times 2}}$$

$$= \frac{4}{60} \times 0.56419$$

$$= 0.0376 \text{ 公尺} = 38 \text{ 公厘。}$$

如果單位加以更動，使：

$$Q = \text{每馬力每分鐘所需散熱水量以磅或公斤計}$$

$$= \text{磅/分/H.P.} = 1.2 \text{ 至 } 2.1 \text{ 磅/分/H.P.,}$$

$$V = \text{水流速率} = \text{公尺/秒,}$$

$$S = \text{水管斷面積以平方公分計算,}$$

於是

$$S = \frac{Q}{6V}$$

然後再求水管直徑 d ，所得結果與前列所得相差有限，足夠理論上的應用。

散熱器。 散熱器 (Radiator) 俗稱水箱。計分蜂窩式 (Honeycomb)，全管式 (Plain tube)，散熱片管式 (Gilled tube) 三種。第一種效力宏大，製造成本較高；空氣由管中間通過，管外為水流。

第二種用者較少。第三種除增散熱面積外，尚可保護管子，不致發生管子被石塊打破或碰壞。

管子散熱面積，大約平均計算如次：

(一) 銅製全管式每制動馬力 0.18 至 0.23 平方公尺 (合 2 至 2½ 平方英尺)。

(二) 蜂窩式每制動馬力 0.28 平方公尺 (合 3 平方英尺)。

(三) 散熱片管式每 B.H.P. 為 0.46 平方公尺 (合 5 平方英尺)。這面積將散熱片面積包括在內。

設 D = 管子直徑以公分計 (管式及散熱片管式為外直徑，蜂窩式為內直徑)，

L = 每管長度以公分計，

N = 管子數，

S = 散熱面積以平方公尺計。

於是
$$S = \frac{\pi D L N}{100 \times 100} \text{ 平方公尺。}$$

$$N = \frac{10000 S}{\pi D L}.$$

散熱器的厚：蜂窩式不宜超過 10 至 13 公分，管子式不宜超過 15 公分。空氣流過較厚散熱器，要提高空氣溫度，減去散熱效能。

散熱器及汽缸水套內裝滿清水時，以現在一般汽車論約自 15 公斤至 30 公斤，約合美國 4 至 8 加倫。

多山地帶，汽車上坡，速率減低，汽缸壁散熱時間加長，水溫度增加，空氣速率減低，散熱器溫度亦增加，時有發生水開危險。此種特殊地帶行駛車輛，可採用較大散熱器。

空氣經過散熱器，所發生的影響甚為重大。散熱氣的散熱依賴：

1. 水與空氣平均溫度之差；