

汽車散熱器

B. 3. 巴比喬夫 著

鄭鏡彤 楊建中 譯



人民交通出版社

汽車散熱器

計算、構造與製造

B. 3. 巴比喬夫著

鄭鏡彤 楊建中譯

人民交通出版社

本書闡述了汽車散熱器的計算、構造與製造問題。

第一篇講到散熱器計算與設計時的一些熱力學基本定律及最重要的帶有原則性的原理。收集各種散熱器和節溫器構造的材料，並考慮到現代有關金屬腐蝕的概念，給出選擇材料的根據。

第二篇中說明汽車散熱器在大量生產中採用最爲廣泛的工藝過程，敘述水箱製造中設備類型，並給出定額資料與主要生產工序的說明。

本書可供設計師、工藝師、工長及汽車工廠中的工程技術人員參考之用。

書號：15044·4096

汽車散熱器

В.З.БАБИЧЕВ

АВТОМОБИЛЬНЫЕ РАДИАТОРЫ
РАСЧЕТ, КОНСТРУКЦИЯ И ПРОИЗВОДСТВО
МАШГИЗ
МОСКВА 1951

本書根據蘇聯機器製造出版社1951年莫斯科俄文版本譯出

鄭鏡彤 楊建中譯

人民交通出版社出版

北京安定門外和平里

新華書店發行

上海市印刷公司印刷

1956年5月上海第一版 1956年5月上海第一次印刷

開本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 印張 5 $\frac{11}{16}$ 張

全書 160000 字

印數：1—4100冊

定價(11)：1.00元

上海書刊出版業營業許可證出字第零零陸號

目 錄

前 言

第一篇 散熱器的計算與構造

第一章 水冷系統的計算

第1節 發動機的冷卻.....	4
第2節 散熱器的傳熱與空氣動力阻力.....	8
第3節 散熱器的計算.....	41
第4節 水泵的計算.....	46
第5節 風扇的計算.....	52

第二章 散熱器和溫度調節器的構造

第1節 散熱器的構造.....	55
第2節 冷卻筦的構造.....	56
第3節 主片、儲水室、骨架及散熱器上其他零件的 構造.....	63
第4節 散熱器材料的選擇.....	73
第5節 幾種散熱器的技術資料.....	79
第6節 散熱器試驗.....	80
第7節 溫度調節裝置.....	93

第二篇 散熱器的製造

第三章 軟焊料的釐焊

第1節 釐焊過程的實質.....	100
第2節 散熱器製造中採用的焊料.....	101
第3節 焊件表面的準備.....	103
第4節 熔劑.....	103
第5節 散熱器製造中所應用的釐焊方法.....	104
第6節 釐焊的溫度.....	109

第四章 散熱器的製造工藝

第1節 管式散熱器的製造.....	112
第2節 片式散熱器的製造.....	157
第3節 定額.....	165

第五章 生產組織

第1節 工藝的選擇.....	167
第2節 設備的布置.....	169
第3節 質量檢查.....	170
第4節 生產的經濟問題.....	171
第5節 安全技術.....	173

主要名詞用語俄中譯名對照表

參考書目

前 言

戰後的第一個五年計劃中，汽車工業得到了極大的發展。蘇聯汽車工廠開始生產新型的輕便汽車和載重汽車。

吉斯-110、M-20“勝利牌”、“莫斯科人”、吉姆、吉斯-150、吉斯-151、吉斯-154、吉斯-155、吉斯-156、格斯-51、格斯-63、亞斯-200及其他蘇聯汽車正服務於我國各種不同的國民經濟部門，同時一部份輸出到各人民民主國家中去。所有新型汽車，在構造與使用質量上都較過去所生產的汽車有了很大的改進。

在設計蘇聯新型汽車時，對於如何更有效地利用金屬的問題是非常注意的。

正確地設計汽車散熱器及如何使用最少的有色金屬來製造，還是目前相當迫切要求解決的問題。

汽車散熱器的計算、構造和製造問題，只在一些期刊和汽車構造與理論書籍中不完整地述及過。

編著此書的目的，在於將現有文獻中的資料以及個人在莫斯科斯大林汽車工廠中對於各種型式汽車散熱器的選擇和製造方面的十五年以上經驗做一綜合的概述。

為了對作為汽車發動機冷卻系統主要構件的散熱器的作用具有較全面的了解，本書給出對冷卻系統中所有構件工作的一般概念，並對風扇和水泵也作了簡單的介紹。作者編寫時，假定讀者對於汽車發動機及其主要構件已具備一般的知識。因為散熱器乃是一種熱交換器，為了正確地了解熱傳導的實質，本書特引用熱力學理論和一些基本原理的結論。掌握這些原理，在散熱器的計算、設計和製造上是必要的。

作者對技術科學博士 B. B. 葉夫列莫夫教授、技術科學副博士 A. И. 馬特維也夫對本書的審閱，以及校訂者技術科學副博士 A. A. 西拉葉夫所提出的使本書得以修改與改進的許多寶貴的指示表示感謝。

主要的常用符號

- d ——直徑 (公尺)
- d_o ——當量直徑 (公尺)
- l ——長度 (公尺)
- h ——高度 (公尺)
- F ——散熱器的冷卻面積 (公尺²)
- F_{κ} ——散熱器冷卻空氣通路的有效截面積 (公尺²)
- F_A ——冷卻管的正面積 (公尺²)
- $f = F_{\kappa} / F_A$ ——冷卻管的有效截面係數
- S ——冷卻管子冷卻表面積 (公尺²)
- f_o ——單位冷卻面積 (公尺²/馬力)
- f_{mp} ——管子的截面積 (公尺²)
- W_o ——空氣消耗量 (公尺³/秒)
- W_{κ} ——水消耗量 (公升/小時, 公升/秒)
- w_{κ} ——單位消耗量 (公升/小時/馬力)
- V_{κ} ——流體速度 (公尺/秒)
- v ——流體平均速度 (公尺/秒)
- G_T ——燃料消耗量 (公升/小時)
- G_{κ} ——水消耗量 (公斤/小時)
- g_{κ} ——單位水消耗量 (公斤/小時/馬力)
- $Pr = \frac{Re}{Pe}$
- α ——散熱係數 (仟卡/公尺²·小時·1°C)
- α_o ——由壁至空氣中的散熱係數 (仟卡/公尺²·小時·1°C)
- α_{κ} ——由流體到壁的散熱係數 (仟卡/公尺²·小時·1°C)
- γ ——比重 (公斤/公尺³)
- δ ——厚度 (公尺)
- λ ——熱傳導係數 (仟卡/公尺·小時·1°C)

μ ——流體或氣體的粘滯係數 (公斤·秒/公尺²)

η_e ——發動機的效率

η_n ——水泵的效率

$\rho = \frac{r}{g}$ 密度 (公斤·秒²/公尺⁴)

τ ——時間 (小時)

$\nu = \frac{\eta}{\rho}$ 運動粘度係數 (公尺²/秒)

ψ ——冷卻管面積與管子面積的比例 (管面積比)

ξ ——阻力係數

ξ_{mp} ——管子中的摩擦係數

g ——重力加速度 (公尺/秒²)

p ——壓力 (公斤/公尺²)

Δp ——壓力 Δ (公斤/公尺²)

H_n ——水泵產生的壓力 (公斤/公尺²)

Δh_{mp} ——管子中的壓力損失 (公尺, 水柱)

$\Delta h_{\lambda n}$ ——局部壓力損失 (公尺, 水柱)

Δh_g ——壓力 Δ (公厘, 水銀柱)

t ——溫度 (°C)

t_{κ} ——流體溫度 (°C)

t_g ——空氣溫度 (°C)

t_c ——壁的溫度 (°C)

Δt_{cp} ——平均溫度差 (°C)

Q ——熱量 (仟卡/小時)

q ——熱流 (仟卡/公尺²·小時)

c_p ——定壓下的空氣比熱 (仟卡/公斤·1°C)

H_u ——燃料的低發熱量 (仟卡/公斤)

K ——傳熱係數 (仟卡/公尺²·小時·1°C)

N_e ——發動機的有效功率 (馬力)

N_n ——驅動水泵所消耗的功率 (馬力)

N_g ——驅動風扇所消耗的功率 (馬力)

第一章 水冷系統的計算

第1節 發動機的冷却

概 論

內燃機工作時，氣缸體、氣缸蓋、氣門和活塞都因為燃料的燃燒和零件間磨擦所產生的熱使溫度猛烈地增加。

爲了保持零件溫度不致過高，必須設法將熱量由發動機排出到大氣中。

排出的熱量，應使發動機的溫度不超過氣缸內壁保證可靠潤滑的溫度範圍。

用不同溫度的水進行冷却時，正常冷却的發動機氣缸中的溫度分布情況如圖1中所示。

許多研究者的資料證明，當發動機工作時，25~30%的燃料熱能損失于冷却。

排出到冷却介質的熱量與許多因素有關：發動機的轉數、可燃混合氣的混合比、壓縮比、點火時間、氣缸中的積炭情況等。

汽車發動機中所有的冷却系統都是采用空氣來冷却的，就是用空氣直接吹冷氣

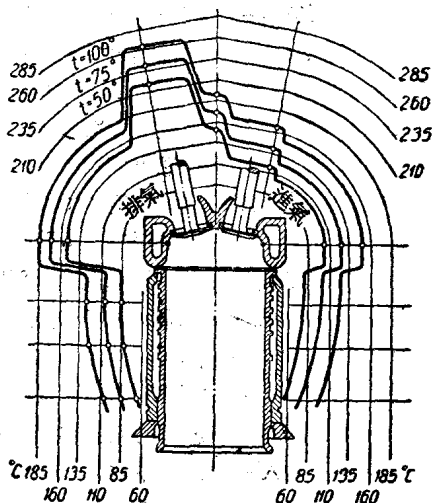


圖1 用不同溫度的水時，氣缸中溫度分布情況 t) 進水溫度

缸，或吹冷吸收發動機熱量的水或其他液體。

發動機的冷却方法有下面幾種：氣冷、水冷、水汽冷及高沸點液體的冷却方法。

所謂氣冷，就是用空氣直接來冷却發動機氣缸的方法。

因為空氣的散熱係數很小，所以當采用氣冷式冷却發動機時，不僅要用附加冷却片的方法來加大散熱面積，而且還須利用風扇使氣缸壁四周產生空氣流。

但是不論怎樣強的空氣流，氣冷式發動機總是要在高熱情況下工作，因而充氣係數較低，公升功率和經濟性能均較低。亦即，燃料與潤滑油的消耗量增加。此外，氣冷式發動機由于溫度較高，其運動部份很容易磨損。

當嚴寒天氣時，無車庫保管的氣冷式汽車使用上的最大困難乃是發動機的起動困難，因為這種發動機在使用前的預熱條件是很複雜的。

因此，氣冷式在汽車中采用的很少。

在采用水冷式時，水不斷地在水套與散熱器中循環，帶有熱量的水由水套中流出到散熱器中又被冷却。散熱器具有充份的冷却面積，因此空氣流吹過後，熱的水能得到充份的冷却。

空氣流是由于汽車的運動與裝在散熱器後面的風扇工作而產生。空氣通過散熱器之後，將其冷却并吹冷整個發動機體。水的循環是靠著水泵或對流作用而產生。在發動機水套中被加熱的水，因密度較小而升高，而冷水則不斷的補充。

利用水泵來完成冷却水的循環的冷却系統，幾乎在所有汽車中被廣泛地采用。

依靠水對流的冷却系統，稱作自然循環冷却。由于此種自然循環冷却有很多缺點，以前僅在極少數的汽車上使用過，現在都不採用了。

水冷式比氣冷式的主要優點是可以預防局部過熱現象，同時還很容易的檢查出發動機的熱規準。

現今大多數汽車都采用水冷式發動機。

還有一種利用蒸發潛熱原理的冷却方法。水在水套中因受熱沸騰變為蒸汽，蒸汽進入散熱器內重新凝結成水。

這種冷却方法稱為水汽式或蒸發式，這種冷却系統中水套的構造應注意不要產生氣袋和局部過熱現象。因為氣袋和局部過熱都會使發動機很快損壞。

水汽式冷却系統中不需要很多的水。因為每公斤蒸汽當凝結成水時可以放出 536 仟卡的熱來。而普通每公斤冷却水通過散熱器冷却時只放出不大于 7~10 仟卡的熱量。

水汽式冷却系統因構造複雜，造價也高，所以在汽車發動機上不採用。

用高沸點液體來冷却發動機時，不但可以保持着水冷的優點，同時還可提高冷却液的溫度。在這種情況下，氣缸壁的散熱將減小。同時因為散熱器溫度的增高，單位散熱器面積散熱量增加，因此也可大大的減小散熱器的尺寸。我們希望採用這種冷却液的原因還在于它具有較低的凝結點。例如，乙二醇沸點為 197° 而凝結點為 -37° 。

由于高沸點液體冷却的發動機構造較為複雜，故在汽車中使用的也很少。

水冷系統的主要構件

強制循環的水冷系統係由發動機水套、散熱器、水泵、水管、風扇、調節溫度裝置及檢驗儀錶等所組成。

在某些特種汽車冷却系統中，散熱器的位置低于氣缸蓋，且另設有平衡儲水室。它是用來補充冷却系統中的水，保證水的體積膨脹的可能性，同時又是一個儲水罐。罐中儲存的水可以用來補充由于蒸發而損失的水。採用平衡儲水室之後，可以使水泵入水口的壓力稍有加大。而提高入水口壓力，正是冷却系統中的必要工作條件。

散熱器的基本要求

散熱器是水冷式發動機冷却系統中的主要散熱構件。

正確選擇散熱器是一件很難而且重要的問題。

若發動機散熱器尺寸不够大，在滿載時，將會發生局部過熱現象。因為在此種情況下，散熱器不能把水冷却到需要的程度，因而水常被加

熱至沸騰。發動機正常工作時水的溫度應在 $70 \sim 90^{\circ}\text{C}$ 之間(開式循環)與 $100 \sim 110^{\circ}\text{C}$ (閉式循環) 之間。

我們在這裏不再討論發動機水套的構造，因為這個問題在研究發動機時是要進行分析的。下一步我們將討論冷卻系統中的其他構件。

散熱器若散熱能力過大，特別是在無溫度調節裝置時，發動機將在過份冷卻的情況下工作，在這種情況下，冷卻損失將會加大，因為濃的潤滑油使摩擦損失增加，燃料汽化作用變壞。發動機工作將較在正常冷卻情況下為差。大家都知道，冷發動機起動或開始工作時較熱發動機為差。冷卻液溫度逐漸增高後，摩擦損失逐漸減小(圖2)。

以M-1型汽車發動機為例，當冷卻水溫度由 81° 降到 43° 時，發動機的經濟性降低10%，而有效功率 N_e 也逐漸下降(圖3)。當將AM-3型發動機冷卻水的散熱量減少14~17%而使它的溫度由 65° 升到 100° ，這時我們可以看到發動機的經濟性和有效功率都有所提高。

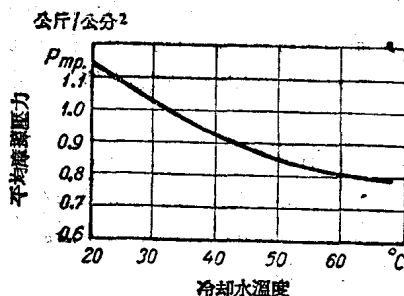


圖2

冷卻水溫度對於平均
摩擦壓力的影響

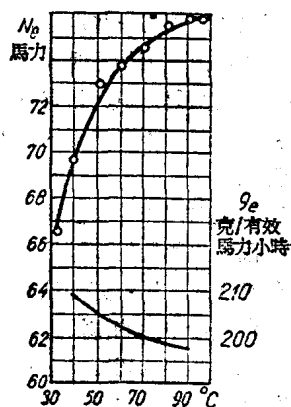


圖3 冷卻水溫度對於發動機經
濟性和有效功率的影響

製造的散熱器若是散熱能力過大時，一定將引致有色金屬過量的消耗。以蘇聯的生產規模來講，每年出產幾十萬輛汽車，若是在這方面設計錯誤時，將會引起每年幾千萬盧布的浪費。

正確選擇的汽車散熱器應當：

- 1) 保證發動機在任何工作情況下的散熱；
- 2) 重量最輕；
- 3) 具有最適當的空氣動力阻力；
- 4) 具有小的液體阻力；
- 5) 具有足夠的強度；
- 6) 具有便于修理的構造。

正確的選擇散熱器尺寸是很困難的，因為分析計算時不得不利用一些經驗數據，而這些數據是以一系列不能確定和變化因素為依據的。

第 2 節 散熱器的傳熱與空氣動力阻力

傳熱簡述

散熱器是一種熱交換器。因此在設計和計算散熱器時，為了能夠使它具有最小的尺寸和能保證最快的將熱量傳出，就必須要知道熱量的擴散情況及傳熱的一些定律。

熱量由一個物體傳到另一個物體上是靠接觸或輻射的方法。輻射的方法是物體與熱源之間有一定距離，靠輻射將熱能傳到物體上，而接觸法，則是二個不同溫度的物體直接接觸，而熱量由高溫物體上傳到低溫物體上。

物體內部熱量擴散的情況，同時也靠着導熱性和對流作用。

固體中熱量的傳導是靠着導熱性，而在液體和氣體中除導熱性外，尚依靠對流作用，亦即是由于液體或氣體中分子的運動使熱量傳播。

散熱器中熱的傳播是靠着導熱性與對流作用。

散熱器中的對流換熱可用提高液體和空氣運動速度的方法而加強。在這種情況下，由于加熱溫度不高，輻射作用的影響不大。

由于熱傳導性所傳出的熱量，可根據下列公式計算。

$$Q = \lambda F \frac{t_1 - t_2}{\delta} \tau \quad (1)$$

式中：Q——熱量（仟卡）；

λ ——熱傳導係數（仟卡/公尺·小時· 1°C ）；

F——傳熱壁面積（公尺²）；

t_1 ——高溫面的溫度(°C)；

t_2 ——低溫面的溫度(°C)；

δ ——壁厚(公尺)；

τ ——時間(小時)。

溫度改變時，不同材料的熱傳導係數亦改變。

表 1 中列出數種材料的熱傳導係數(仟卡/公尺·小時·1°C)(2)。

空氣的熱傳導係數在0°時為0.0210，100°時為0.0268。

用Fτ除方程式(1)的兩端，得

$$\frac{Q}{F\tau} = \lambda \frac{t_1 - t_2}{\delta} = q \quad (2)$$

q 為每小時每公尺²面積的熱流量。

表 1

材 料	溫 度 (°C)	熱 傳 導 係 數 (仟卡/公尺·小時·1°C)
銀	0	394
普通紫銅	0	330
鋁	0	55
黃銅	0	73.5
鐵	20	39
鋅	20	100
鑄鐵	20	54
水垢	65	1.12

如果將(2)式寫為：

$$q = \frac{\lambda(t_1 - t_2)}{\delta} \quad (3)$$

則公式(3)同電工學中的歐姆定律很類似， q 相當于導體單位截面

所通過的電流，溫度差——電位差，

$\frac{\delta}{\lambda}$ ——單位截面積的歐姆電阻。

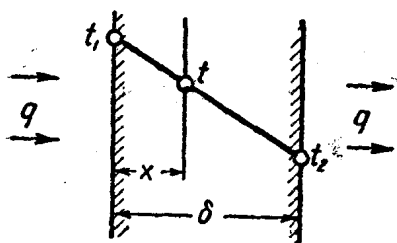


圖4 穩定熱流通過時，扁壁內溫度下降圖

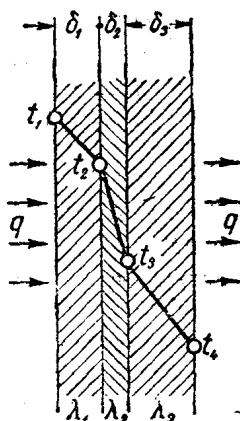


圖5 穩定熱流通過多層扁壁時的溫度下降圖

用公式(3)即可求出在扁壁的截面中，與距離為 x 處的溫度下降為，

$$t_1 - t_2 = q \frac{x}{\lambda} \quad (4)$$

亦即，當穩定熱流通過扁壁時，因在方程式中 x 為一次方，溫度的下降與距離係成直綫關係（圖4）。

如果熱流 q 在穩定狀態下通過厚度不同的 δ_1 、 δ_2 、 δ_3 （圖5）幾層扁壁時，則其熱流量可由下式求出：

$$q = \frac{t_1 - t_4}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}} \quad (5)$$

t_1 、 t_2 、 t_3 、 t_4 ——為每層扁壁邊緣的溫度。

當熱流通過多層扁壁時，下降曲綫為折綫。因為溫度下降曲綫在每一扁壁間仍為直綫，但由於各層扁壁的熱傳導係數 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 各有不同（ δ_1 、 δ_2 、 δ_3 ——每層扁壁的厚度），所以它們的斜率亦不同。如果在扁壁旁邊有溫度高于扁壁的液體在流動，則由液體傳到扁壁上的熱量可用

$$Q = \alpha(t_{\text{жк}} - t_c) F \tau \quad \text{仟卡} \quad (6)$$

式中： Q ——由液體傳給扁壁的熱量（仟卡）；

$t_{\text{жк}}$ ——液體的溫度（距開扁壁一定的距離）；

t_c ——扁壁的溫度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

F ——液體與扁壁的接觸面積（公尺 2 ）；

τ ——時間（小時）；

α ——散熱係數（仟卡/公尺 $^2 \cdot$ 小時 $\cdot 1^{\circ}\text{C}$ ）。

散熱係數 α 係以液體流速、液體的物理性質、扁壁的类型與表面粗糙度為依據。散熱係數係用試驗方法求出，其數值如下：

α ——當氣體為自然對流時……………5—30

α ——氣體沿着管子或在管子之間流動時……………10—100

α ——當水為自然對流時……………100—1000

α ——水沿着管子流動時……………500—10000

α ——沸騰水……………2000—10000

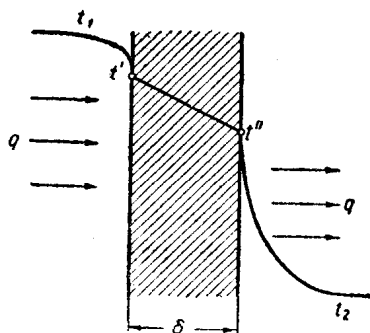


圖6 熱量由一液體經過扁壁傳到另一液體或氣體時的溫度下降圖

當熱量由一液體經過扁壁傳至另一液體或氣體中時（圖6），則熱流方程式為：

$$q = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (7)$$

式中： t_1 ——熱流體的溫度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

t_2 ——冷流體或氣體的溫度 ($^{\circ}\text{C}$);

δ ——扁壁厚度 (公尺);

λ ——材料的熱傳導係數 (仟卡/公尺 $\cdot$ 小時 $\cdot$ 1°C);

a_1 或 a_2 ——散熱係數。

如果

$$K = \frac{1}{\frac{1}{a_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{a_2}} \quad (8)$$

則面積為 F 的扁壁，在時間 τ 內傳過的熱量為

$$Q = K(t_1 - t_2)F\tau \quad \text{仟卡} \quad (9)$$

如果隔開流體的扁壁，係由幾層材料所組成，則

$$K' = \frac{1}{\frac{1}{a_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{a_2}} \quad (10)$$

圖 7 中所示為散熱器壁的溫度變化圖。

公式 (8) 中的兩散熱係數 a_1 和 a_2 ，如果它們的值相差很大時，則 K 可認為是一個很小的係數。

例如，如果 $a_2 \ll a_1$ ，則公式 (8) 可寫為：

$$K = \frac{a_2}{1 + a_2 \frac{\delta}{\lambda} + \frac{a_2}{a_1}} \quad (11)$$

上式中的分母可認為接近于 1，則 $K \approx a_2$ 。

因此，在這種情況下，可認為 δ 、 λ 與 a_1 對熱傳導係數沒有影響。

為了明確起見，讓我們用數字的例子計算一下散熱係數，如採用厚度為 0.2 公厘之黃銅板，一面為 80°C 的熱水，另一面為 20°C 的空氣。

井採用 a_1 (水)——2000 仟卡/公尺 2 ·小時 $\cdot$ 1°C

a_2 (空氣)——50 仟卡/公尺 2 ·小時 $\cdot$ 1°C

δ ——0.0002 公尺

λ ——100 仟卡/公尺·小時 $\cdot$ 1°C