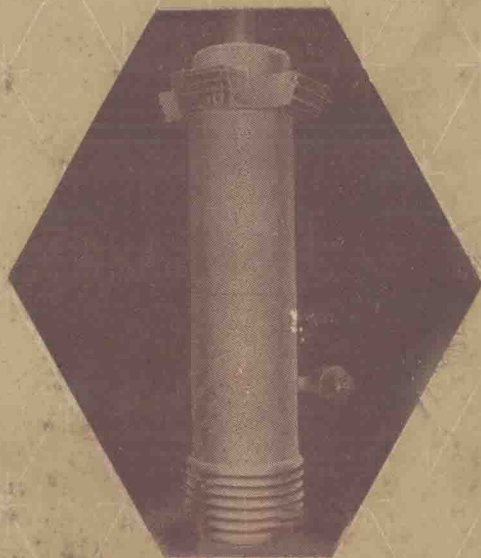


暖氣工程

(增訂本)

陸今鐘著



商務印書館

現代工程小叢書

現代工程小叢書

暖 氣 工 程

陸 今 鐘 著

商 務 印 書 館

現代工程小叢書

暖 氣 工 程

陸 今 鐘 著

★ 版權所有 ★

商 務 印 書 館 出 版

上海河南中路二一號

新華書店華東總分店 總經售

上海南京西路一號

商 務 印 書 館 上 海 廠 印 刷

⊕(66818)

1953年11月重編第1版 1954年4月第3版(備訂本)

印數 3,501—7,500 定價 ¥ 11,000

上海市書刊出版業營業許可證出〇二五號

前 言

1938 年出版的暖氣工程，到現在已經相隔十多年。當時編著原很草率，在這十多年中，暖氣工程不論在學理上、技術上、製造出品上或設計裝置上都突飛猛進，日新月異，大非昔比。同時國家正在基本建設的今天，暖氣工程需要的殷切，不亞於其他的行業，又受了商務印書館的推動和友人的鼓勵，著者在百忙中從新編寫這本新的暖氣工程。

本書自 1950 年暑期開始寫著，到 1951 年暑期脫稿，這次本書的特點是“實用”和“新”，所有到 1950 年為止的新資料都羅致在內。同時經過國內暖氣工程界先進許照先生校閱修訂，格外生色不少。

對於工程名詞方面，大都採用中國機械工程師學會所主編的“機械工程名詞”，事半功倍，值得提倡推廣，以使全國名詞統一。

書中如有不妥之處，歡迎讀者批評賜教，俾便下次增訂時改正。

陸今鐘

目 錄

第一章 應用原理	1
第一節 熱及蒸汽的性質	1
1. 熱 2. 熱的計量 3. 溫度的單位 4. 水銀溫度計的界限 5. 絕對溫度 6. 比熱 7. 膨脹 8. 膨脹的壓力係數 9. 熱力學的第一定律 10. 蒸汽的形成 11. 過熱蒸汽 12. 飽和蒸汽 13. 蒸汽的性質 14. 液體的熱 15. 潛熱	
第二節 熱的傳播	10
16. 熱傳播的方法 17. 輻射 18. 傳導 19. 對流	
第三節 房屋的散熱	14
20. 牆的傳熱 21. 各種建築材料的傳導率 22. 傳熱係數	
第二章 暖氣設計	33
第一節 一般步驟	33
23. 一般步驟	
第二節 每一步驟的設計	34
24. 室外氣候情況設計 25. 室內溫度設計 26. 溫度測量 27. 無暖氣地位的溫度 28. 氣樓溫度 29. 地溫度 30. 地下層溫度及失熱量 31. 無地下層房屋的地板失熱量 32. 各散熱面的失熱量 33. 滲入空氣的失熱量 34. 空氣調換次數計算法	
第三章 燃燒及鍋爐	66
第一節 燃料及燃燒	66
35. 煤的分類 36. 燃燒的基本原理 37. 燃燒的熱 38. 灰與溶滓 39. 空氣的需要 40. 過量空氣 41. 人工加煤 42. 燒煤器具 43. 通風的需要 44. 煙灰	

第二節 暖氣鍋爐	75
45. 構造 46. 暖氣鍋爐的式樣 47. 鑄鐵鍋爐 48. 鋼板鍋爐 49. 爐腔設計 50. 受熱面 51. 傳熱率 52. 暖氣鍋爐法規 53. 鍋爐效率 54. 鍋爐額定率 55. 鍋爐的選擇 56. 選擇受熱面及爐篦面積的根據 57. 鍋爐房的地位 58. 鍋爐的裝置及配件 59. 鍋爐的障礙 60. 暖氣鍋爐生火法	
第三節 煙囪及通風的計算	95
61. 通風的定義 62. 理論上的通風 63. 可用通風 64. 煙囪大小的計算法	
第四章 各種暖氣方法及用具	107
第一節 蒸汽暖氣法及管子的排列	107
65. 種類 66. 單管式 67. 雙管式 68. 鍋爐連接管 69. 滴水管	
第二節 蒸汽暖氣法及管子口徑的計算	123
70. 管子功用 71. 決定口徑的因素 72. 單管重力回水式與單管蒸氣式 73. 雙管高壓式 74. 雙管低壓式與雙管蒸氣式 75. 雙管真空式 76. 鍋爐連接管的口徑	
第三節 蒸汽暖氣的用具	142
77. 凝結水唧筒 78. 真空唧筒 79. 阻汽具 80. 減壓閥 81. 伸縮節	
第四節 熱水暖氣法及其水管系統	160
82. 分類 83. 可用循環水頭 84. 摩擦損失 85. 水管系統設計 86. 脹水箱 87. 裝置細目 88. 分區	
第五節 散熱器	189
89. 種類 90. 熱的發散量 91. 輻射器 92. 盤管 93. 對流器	
第六節 踢腳板暖氣法	201
第七節 電風散熱器及其應用方法	206

暖 氣 工 程

第一章 應用原理

第一節 熱及蒸汽的性質

1. 熱 熱爲一種分子運動或激動，是能量的一種形式。每一種物質都有熱，如果說這物很冷，意義是這物含有比較少量的分子運動。熱和很多其他形式的能量是可以互相轉換的，例如在發電廠裏，熱能轉換爲電能，而電爐又由電能轉換爲熱能。火車的行動是熱能轉換爲機械能；輪軸由摩擦生熱，則爲機械能之又轉爲熱能。

2. 熱的計量 在計量熱時，應知熱量和溫度有別。設有一鍋，內容四十磅水，用溫度表測得其溫度爲華氏八十度，熱量則爲 $40 \times 80 = 3200$ 英熱單位。一塊燒得通紅的鐵，牠含有的熱量或許比這鍋水少，但這鐵的溫度一定比水高得多。

二塊溫度不同的物質放在一起，高溫度物質中的熱會流到低溫度物質裏去，直到二塊物質溫度相同爲止。

3. 溫度的單位 世界上度量衡制度大體上有二種：英美制和十進制。溫度的單位前者用華氏，後者用攝氏。在華氏表中，水的冰點是 32 度，沸點是 212 度，冰點和沸點中間分成 180

度。攝氏爲醫學界尤其是蘇聯和歐洲各國採用，冰點是零度，沸點是一百度，中間分爲一百度。此二種溫度計之互相變算公式如下：

設 t_f 代華氏， t_c 代攝氏，

$$t_f = \frac{9}{5}t_c + 32 \dots\dots\dots (1)$$

$$t_c = \frac{5}{9}(t_f - 32) \dots\dots\dots (2)$$

測量溫度的儀器最普通者爲水銀溫度計。在 1700 年以前祇有以氣體作爲膨脹之材料，到 1714 年華氏用水銀製成溫度計，此種分度法之零度，是以等量之氫化銦與雪屑調和時之溫度，當時在實驗室中不能求得較此更低之溫度。瑞典布薩拉地方之攝氏於 1742 年創造百度溫度計，通行十進制之歐洲各國均採用。

4. 水銀溫度計的界限 水銀至 -39°C . 時，即凝爲固體，故較此更低之溫度，通常多用酒精溫度計，因酒精須至 -130°C . 時始能凝固。酒精的沸點是 78°C .，所以不能測較高溫度。但水銀之沸點爲 360°C .，故水銀溫度計也不能測極高之溫度。

5. 絕對溫度 上述熱的定義是一種分子運動，當物質的分子停止一切運動的溫度，這溫度叫做絕對零度，由此點起算之溫度名叫絕對溫度。理論上絕對零度是華氏表上水冰點下 491.64 度，或華氏零度下 459.64 度。攝氏表上是 -273.1 度。從華氏或

攝氏化成絕對溫度的公式如下：

$$T_f = t_f + 459.6 \dots \dots \dots (3)$$

$$T_c = t_c + 273.1 \dots \dots \dots (4)$$

6. 比熱 每一單位重量物質，昇降一度所收入或放出之熱量，稱爲此物質的比熱。

水的比熱爲 1，鋁 .218，熟鐵 .113，黃銅 .094，鉛 .0315，銅 .095，水銀 .0333，玻璃 .2，鉑 .032，金 .0316，銀 .0568，冰 .504，鋅 .0935，空氣 .2415。

7. 膨脹 大多數物質在熱量增加時體積亦增大，熱量低落時體積縮小，氣體比較液體和固體更加明顯。但在設計工程上必須都注意及之，以後論及管子裝置法時，即須顧及當溫度增加時，以備管子膨脹之餘地。

物體長度增減之公式等於：

$$e = CL(t_2 - t_1) \dots \dots \dots (5)$$

其中

C = 線膨脹係數

L = 原來長度

$t_2 - t_1$ = 所增加之溫度

如 L 及 e 用英寸表示， C 爲每增加溫度一度每一英寸長度所增長之吋數，各種常用物質 $C \times 10,000$ 之數字列表如下：

鋁	0.128
鑄銅	0.104
鑄鐵	0.059
紫銅	0.093

鎳	0.071
銀	0.107
銅	0.063
鋅	0.162

液體和固體一樣，加熱後會膨脹，冷卻後會縮小，本書熱水暖氣法中即應用熱水比重輕，冷水比重重之原理以使水循環。

8. 膨脹的壓力係數 其定義：凡每昇高一度所得增加之壓力，對於零度之壓力之比，名為膨脹之壓力係數。查理謂一切氣體之膨脹之壓力係數皆相同。

反之，如使氣體之壓力不變，而昇高其溫度，以觀察其容積之增加，即可得膨脹之容積係數，其定義如下：每昇高一度所得增加之容積，對於零度時氣體之全容積之比，名謂膨脹之容積係數。給呂薩克定律謂一切氣體之膨脹之容積係數皆相同，且與壓力係數相同，即

$$\frac{1}{459.6}$$

由絕對溫度之定義及查理定律，可知同一容積之一切氣體，其壓力皆與絕對溫度為比例；即

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \dots\dots\dots (6)$$

由給呂薩克定律可知在常壓下之一切氣體，容積與絕對溫度為比例；即

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \dots\dots\dots (7)$$

如壓力、溫度、容積可變動，則得

$$\frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{T_1}{T_2} \dots\dots\dots (8)$$

9. 熱力學的第一定律 熱產生機械能量後，有一定量之熱用作每一單位之功，如消耗一定量之功，不論其消耗方法如何，必生同量之熱。

一般機械之定律，有摩擦作用者亦包括在內。即作用力所成之功，等於貯蓄之動勢二能量之和，加發生熱之機械當量。

換言之，如對於機械用去若干之能量，必有等量之能量顯出，或為熱，或為有用之功。所謂有用之功，或為舉至高處之物質所有之勢能，如汲至貯水箱內之水；或為運動物質所有之動能，如射出之槍彈；或為因位置移動而得之勢能，如彈簧之彎曲；或為經化學分析後之原子所有之勢能，如化合物之電解。而所謂消耗之功，恆現於分子運動之增加，即熱之增加。此概括原理，是叫能量常住原理。即能量可轉移，而不可創，亦不可滅。

10. 蒸汽的形成 有幾種物質，在一定之溫度及壓力情況下，會有一種以上的狀態。如水在 32°F. 時會結冰，也會仍是水。在 212°F. 時會變汽，也會仍是水。溫度和壓力是有連帶關係的。用火燒鍋爐中水，到相當溫度時，水會蒸發成汽，這溫度叫沸點。但這溫度之高低還要看鍋爐上面的壓力。初形成的蒸汽，正逗留水面上，保持原來的溫度和壓力，在這種情形之下，這蒸汽稱之謂飽和蒸汽。再詳細解說，一半盛水之鍋爐，水燒成蒸汽

時密閉鍋爐中，不能逸出鍋外，故時間愈長，水蒸汽亦必繼續增加，換言之，即鍋中水面上之蒸汽密度漸次增大，然亦有一定之限制，其限制因水之性質及溫度而定，既達此極限密度後，蒸汽每秒間返入水內之數，恰與自水蒸出之數相等。此時之蒸汽，謂飽和蒸汽。

如鍋中容納蒸汽之地位增大，使其內之氣體密度暫時減小，則每秒間由液體逸出之分子數，多於由氣體返入液體之分子數，直至密度依然達到原值為止。如將氣體壓縮，使其密度增高，則每秒間由氣體返入液體之分子數，較由液體內逸出者為多，氣體密度立即降至飽和值為止。由此可知液體飽和蒸汽之密度，由溫度而定，與容積無關。

氣體分子因與容器之壁運動或衝突，故對於器壁生相當之壓力作用。在密閉容器內之蒸氣，亦復如是。然在一定溫度的器壁內，蒸氣的飽和密度有一定的值，換言之，即每一單位容積中所含的分子數為一定數。所以在任何一溫度之下，飽和蒸氣僅有一密度，亦即僅有一壓力。此壓力稱為在某一溫度的飽和蒸氣壓力。

飽和蒸氣壓力與密度，皆隨溫度而增，蓋升高液體溫度，不外增加其分子的平均速度，亦即增加每秒間能逸出液面的分子數。至於因溫度增加而生的壓力及密度的增加，究若何迅速，可自下表得之：

圖表 1 飽和水蒸氣之常數表

$t^{\circ}\text{C}$	壓力毫米 水銀柱長	密	度	$t^{\circ}\text{C}$	壓力毫米 水銀柱長	密	度	$t^{\circ}\text{C}$	壓力毫米 水銀柱長	密	度
-10	2.2	.000023		4	6.1	.000064		18	15.3	.000152	
-9	2.3	.000025		5	6.5	.000068		19	16.3	.000162	
-8	2.5	.000027		6	7.0	.000073		20	17.4	.000172	
-7	2.7	.000029		7	7.5	.000077		21	18.5	.000182	
-6	2.9	.000032		8	8.0	.000082		22	19.6	.000193	
-5	3.2	.000034		9	8.5	.000087		23	20.9	.000204	
-4	3.4	.000037		10	9.1	.000093		24	22.2	.000216	
-3	3.7	.000040		11	9.8	.000100		25	23.5	.000229	
-2	3.9	.000042		12	10.4	.000106		26	25.0	.000242	
-1	4.2	.000045		13	11.1	.000112		27	26.5	.000256	
0	4.6	.000049		14	11.9	.000120		28	28.1	.000270	
1	4.9	.000052		15	12.7	.000128		30	31.5	.000301	
2	5.3	.000056		16	13.5	.000135		35	41.8	.000393	
3	5.7	.000060		17	14.4	.000144		40	54.9	.000509	

如在真空鍋內蒸發，只需瞬息即達飽和狀態。液體在充滿空氣之空間內蒸發之量，與在真空中蒸發之量相等。空氣除將蒸發之速度減小外別無影響。空氣使蒸發速度變遲之理，可由分子運動說明之。在真空間蒸發之分子，自液面逸出後立即直達頂上，毫無阻礙。如有空氣，則飛出之分子剛離液面，恐未及 $\cdot 00001$ 厘米之遠，即與空氣之分子衝突，須經無數衝突，方能達於頂上。故與液面最接近之空間，達於飽和狀態雖很速，但上面頂端則須較長的時間，始能達同一之飽和狀態。

11. 過熱蒸汽 所謂過熱蒸汽者，是在相當壓力下比沸點溫度更高之蒸汽。如水和過熱蒸汽緊切混和，蒸汽中一部份之熱用作為蒸發與其混和之水，於是蒸汽之溫度降低。如有充足量之水加入，則蒸汽之過熱量將全部用作蒸發水用，而蒸汽又恢復飽和狀態。

12. 飽和蒸汽 在相當壓力下，蒸汽在沸點溫度時，叫做飽和。如飽和蒸汽中不含游離漂浮之濕氣，叫做乾飽和蒸汽。換言之，乾飽和蒸汽是不含水份而在沸點溫度的蒸汽。如乾飽和蒸汽不與水相混而繼續加熱，就叫做過熱蒸汽。如從乾飽和蒸汽中降低熱，就變為濕蒸汽。普通暖氣鍋爐所產生的蒸汽是飽和蒸汽，同時大多含有水份，故用作暖氣者是一種汽和水的混合物。蒸汽在和大氣壓力相同或稍高時普通就叫做蒸氣。吾們必須分清楚，蒸汽、蒸氣與水氣之不同點僅僅在於壓力，在狀態上是完全相同的。

13. 蒸汽的性質 從攝氏 0° 度水，在任何壓力下，使成為

一公斤過熱蒸汽所需的熱，可分成三部份：(1)液體之熱，即從 0 度水昇高至沸點所需之熱；(2)蒸發之潛熱，即從沸點溫度之水變成同溫度乾飽和蒸汽所需之熱；及(3)過熱，即從沸點溫度之蒸汽再熱至目的溫度所需之熱。

14. 液體的熱 各種沸點溫度可以影響液體的熱，可用下式表示之：

$$h_f = ct \dots\dots\dots (9)$$

其中 h_f = 液體的熱

t = 沸點溫度

c = 水之比熱，約等於 1

在溫度增加時，水容積之變化不大，可免於計算。

15. 潛熱 蒸汽的潛熱，或稱蒸發熱，其定義，乃一單位重量水在沸點溫度變成同溫乾飽和蒸汽所需的熱量。其原理亦可用分子運動說明：即無論何種液體的自由表面處的分子，其速度時有增至足以脫出分子引力界外，而逸入液體上面空間，成為自由氣體分子者。且液體分子中，僅有速度最大者方可如此逸出液面外，故所餘分子的平均動能，因失去較大速度的分子，遂逐漸減少，其結果使蒸發中的液體溫度逐漸下降，直至由外面熱源所受的熱適等於所失的熱量時，始行停止。液體分子自液面昇起時，須反抗液體引之向下的引力，因此凡上昇的分子，其動能的一部，即轉而為使分子分離的勢能，正如拋上的球，其動能轉為使球與地球分離的勢能。當球下降時又恢復以前此所失去的動能，

與此同理，蒸汽分子再入液體內時，亦必恢復前逸出液面時所失去的動能。因此每一單位重量的蒸汽凝結為液體時，必發出與蒸發時所取得相等的熱。蒸汽暖氣法即本此理，由鍋爐中加潛熱於水以使變成蒸汽，分佈蒸汽至各房中的散熱器，在散熱器中蒸汽凝結成水，於是放射熱量溫暖室內。

第二節 熱的傳播

16. 熱傳播的方法 由一個較高溫度物體的熱，傳播到另一個較低溫度物體裏去，其傳播方法不外三種：輻射、傳導、對流。在實際上，熱所用以傳播的方法，不僅僅祇用上面的一種，很多是三種方法同時在進行。

17. 輻射 輻射的現象可用太陽傳至地面的熱說明。熱三種傳播方法中以輻射最快，像光一樣快，即每秒可行 300,000 公里。熱的輻射速度與光速相等之理論，實由於觀測日蝕推得。即當光隱時，熱亦同時與地面隔斷，故知兩者之速度相等。

輻射的熱常向直線進行，如於熱源及物體之間用一屏風隔住，即可遮斷輻射，正如遮斷光線一樣。輻射熱所通過之媒質，可以不使其受熱。雖在夏季，空氣的上部仍冷；太陽熱線經過玻璃窗，可使室內溫暖，而玻璃仍冷。

有三種因素影響輻射量：（1）表面溫度，（2）輻射角度，（3）表面的物理性質。

輻射面的物理性質可用發散率表示，這是該表面的發散力

和一塊黑體發散力的比率。各種表面發散率有很大不同，列表如下：

圖表 2 幾種發散率的比較

表	面	溫 度 (攝 氏)	發 散 率
燈	煤	38	0.945
白	磁	23	0.906
鋁 漆 (百分之十鋁)		100	0.52
光 紫 銅		80	0.018

在普通情況下，表面輻射熱同時亦接受別處的熱。依照斯蒂芬定律，在低溫度從一面輻射到另一面的熱量，可用下列公式表明之：

$$Q_r = Ak(T_1^4 - T_2^4) \dots \dots \dots (10)$$

其中 Q_r 為從一面輻射至另一面的純熱量， A 為其中一面的面積， T_1 與 T_2 是牠們每個的絕對溫度， k 是常數，估計由一面照到另一面的平均角度和這二面的發散率。本章主要目的為論及暖氣工程有關之原理，當不贅述以下複雜的理論。

18. 傳導 在冬天雖金屬與木類溫度相等，然以手觸金屬，則覺其冷較木為甚。手覺其冷即謂熱之傳導，金屬較木類為冷即為傳導率的高低。

比傳導率為一個物質單位面積單位厚度與該二面的單位溫度相差所傳導的熱量，可用下式說明：