

49403

同濟高工技術叢書

# 學 機 汽 蒸

曾 廣 壽 編 著  
任 有 性 校 閱

大東書局出版

一九五三年四月再版

同濟高工  
技術叢書

# 蒸 汽 機 學

定價人民幣：20,000元

版 權 所 有  
不 准 翻 印

主 編 者  
編 著 者  
校 閱 者  
出 版 發 行 者

同濟高工技術叢書  
編 審 委 員 會  
會 廣 壽  
任 有 性  
大 東 書 局

上海福州路310號

印 刷 者

大 東 印 刷 廠  
上海安慶路268弄



書號：5051 (3001—4000)

## 同濟高工技術叢書序言

同濟高工從一九三三年設立到現在，已有十七年了。在這段時間內，我們深感到缺乏教科書和參考書的痛苦；爲着校內教學的需要，曾化去許多精力和時間編印講義、繪製藍圖來維持教學。目前，國家建設正趨高潮，要迎接這高潮，勢必先鞏固技術教育的基礎。我們願意在這方面貢獻一部份力量，因此將我們的講義整理出來，陸續出版，作爲訓練中級技術幹部的教材，並供給技術工人自修參考之用。

我們深知這部叢書不一定盡善盡美，但今天的問題不是“求精”而是“沒有”和“嫌少”的問題；只有普遍起來以後，才能進一步要求提高。因此這些書的出版，只不過作爲“拋磚引玉”，希望以後有更多、更好的書出版。

十七年來，我們如果在中級技術幹部的訓練中，曾有一點貢獻的話，也是非常微小的，因爲在舊統治者摧殘教育的政策下，絕難期望有好的果實；而且，我們的工作是孤單的，缺少與工業界密切的聯系，所以這些書只可說是我們過去工作中的一點收穫，缺點一定難免。但是我們相信：在新民主主義的道路上，在理論與實踐密切的結合裏，在與技術教育工作者的經驗交流下，我們一定盡全力，在技術教育工作中求改造，求進步。

因此，我們絕不自滿，除了經常研究，討論改進外，渴望工程界和技術教育工作者儘量給我們寶貴的批評。

同濟高工技術叢書編審委員會

一九五〇年九月

## 編 者 的 話

本書的目的，在於介紹跟蒸汽機有關的各種基本知識，凡是設計、構造、修配和管理方面的常識，大致上已經收集在裏面，可以作為中等技術學校和專科學校的教材，也可以作為蒸汽機修造工場的參考資料。如果用作大學教材，那末在多次脹膨式蒸汽機和汽門機構的設計方面，還應該補充些材料。

本書沒有講到冷凝設備，因為這一部份材料已經編在蒸汽透平機學裏面，所以不再重複了。

下面是本書內容的主要來源：

1. Haeder: Dampfmachines ü Dampfturbinen.
2. Dubbel: Steuerung der Dampfmachines.
3. Dubbel: Taschenbuch für Maschinenbau.
4. Rötcher: Maschinenelemente.
5. Croft: Steam Engine, Principles & Operation.

本書內容雖然由同濟高工試用多年，難免有不適當的地方，現在編集出版，請技術界和教育界的同志，多多地批評和指正。

在本書整理的時候，顧德根、茅彙征兩位先生，幫助繪圖和抄寫，出力很多，本書整理完畢以後，由任有性先生細心地閱讀全文，提出了許多寶貴的意見，都是非常值得感謝的。

編 者 一九五一年五月廿四日

# 目 錄

## 編者的話

引言	1
----	---

## 第一章 蒸汽的熱力學

(1.1) 飽和蒸汽的內熱	3
(1.2) 濕蒸汽的內熱	6
(1.3) 飽和蒸汽的狀況公式	8
(1.4) 過熱蒸汽的內熱	8
(1.5) 過熱蒸汽的狀況公式	10
(1.6) 蒸汽的熵值	11

## 第二章 蒸汽機的工作情形和分類

(2.1) 蒸汽機的工作情形	16
(2.2) 蒸汽機的分類	25

## 第三章 蒸汽機設計概要

(3.1) 蒸汽機的 PV 圖表和示功圖	32
(3.2) 示功圖和示功儀	42
(3.3) 蒸汽機的馬力和汽缸尺寸	47
(3.4) 蒸汽機的蒸汽消耗量	50
(3.5) 多次膨脹式蒸汽機	53

(3.6) 蒸汽机的效率.....	56
(3.7) 汽门机构的選擇和汽口斷面的計算.....	60

#### 第四章 滑門式汽門機構

(4.1) 滑門圖表和扁平滑門主要尺寸的確定法.....	64
(4.2) 滑門圖表的修正.....	72
(4.3) 進汽過程的調整.....	77
(4.4) 扁平滑門的構造.....	83
(4.5) 扁平滑門的改良型式.....	86
(4.6) 平衡式滑門.....	91
(4.7) 滑門式蒸汽机的馬力操縱法.....	99
(4.8) 單滑門馬力操縱法.....	102
(4.9) 雙滑門馬力操縱法.....	109

#### 第五章 活門式汽門機構

(5.1) 開合式活門的構造和活門尺寸的計算法.....	117
(5.2) 開合式活門的推動機構.....	124
(5.3) 用在開合式活門上的馬力操縱法之一(自由關合法).....	130
(5.4) 用在開合式活門上的馬力操縱法之二(機械控制法).....	137
(5.5) 旋擺式活門的構造和推動法.....	143
(5.6) 用在旋擺式活門上的馬力操縱法.....	149
(5.7) 順流式蒸汽机的汽門機構.....	152
(5.8) 活塞式活門.....	155

#### 第六章 蒸汽机的倒順車機構

(6.1) 內部倒車法.....	157
------------------	-----

(6.2) 偏心輪操縱法(外部倒車法之一) .....	159
(6.3) 滑槽操縱法(外部倒車法之二) .....	162
(6.4) 槓桿操縱法(外部倒車法之三) .....	170
(6.5) 桃子輪操縱法(外部倒車法之四) .....	178

## 第七章 蒸汽機各部份的構造

(7.1) 汽缸和汽缸蓋 .....	182
(7.2) 活塞, 活塞桿和密封套 .....	188
(7.3) 十字頭和接連桿 .....	195
(7.4) 曲軸和軸承 .....	209
(7.5) 飛輪和偏心輪 .....	216
(7.6) 機架和地腳 .....	221
(7.7) 蒸汽管子 .....	226
(7.8) 調節器 .....	229

## 第八章 蒸汽機的維護與使用

(8.1) 蒸汽機維護的一般要點 .....	235
(8.2) 蒸汽機上可能發生的毛病和原因 .....	237
(8.3) 蒸汽機的檢修工作 .....	238
(8.4) 蒸汽機上的測量工作 .....	241
(8.5) 蒸汽機的開車 .....	243
德英中名詞對照表 .....	247

## 引 言

蒸汽機利用蒸汽的壓力，產生機械工作，是原動機裏面發展最早的一種。第一架有經濟價值的蒸汽機，是簡姆斯瓦特氏(James Watt)在1768年完成的，這是一隻低壓蒸汽機，採用1.3個大氣壓力的蒸汽，每匹馬力每小時用煤4公斤，引用冷凝的原理，把用過的蒸汽，通到一隻容器裏去，凝結成水，再送到鍋爐裏去，這隻容器，就叫做冷凝器(Kondensator)。因為產生低壓蒸汽的費用，比產生高壓蒸汽時為高，所以蒸汽機的發展方向，就是如何可以經濟地使用高壓蒸汽。1801年，依文斯(Evans)造了第一隻高壓蒸汽機，採用四個大氣壓力的蒸汽，把燃料消耗量降低到每匹馬力每小時用煤3公斤。1804年，亞塞烏爾夫(Arthur Woolf)創造了一隻雙缸蒸汽機(Zweizylindermaschine)，使高壓蒸汽先在一隻直徑比較小的汽缸裏，產生工作，再在一隻直徑比較大的汽缸裏產生工作，把它的能量，充分地發揮出來，使燃料消耗量降低到每匹馬力每小時用煤2公斤。1850年，強·艾特勒氏把雙缸蒸汽機改良一下，使燃料消耗量降低到每匹馬力，每小時用煤1公斤，同時使兩隻汽缸的曲拐，相差9度的位置，因為兩隻汽缸的活塞，不在同時到達死點位置(Totlage)，所以行動比較均勻，這種蒸汽機，就叫做二次膨脹式蒸汽機(Compoundmaschine)。此後，有人把這種方法加以擴充，成為三次膨脹式(Dreifache Expansion)和四次膨脹式(Vierfache Expansion)，這就是使蒸汽連續地經過三個或四個汽缸，產生工作，更



加充分地把能量發揮出來。它們的燃料消耗量，都在每匹馬力每小時用煤0.5公斤以下，所用蒸汽壓力，在10個大氣壓力到15個大氣壓力之間。

蒸汽機的用途很廣，小馬力的蒸汽機，可以用來帶動打水泵浦、壓氣機、和絞車；大馬力的蒸汽機，可以推動火車頭、輪船、和軋鋼機。它的優點，在於容易管理，不大會發生故障，另件的材料很普通，製造也不困難，所以雖然有透平機和內燃機的競爭，在原動機裏面，依然能保持相當地位。舊式的發電設備，也有用蒸汽機推動的，不過如果馬力太大，蒸汽機就顯得很笨重，所以在發電事業裏面，蒸汽機已經完全被透平機或內燃機所淘汰了。

# 第一章 蒸汽的熱力學

## (1.1) 飽和蒸汽的內熱

我們如果在大氣壓力之下，或者在任何壓力之下，把溫度是攝氏零度的1公斤水，逐漸加熱，那末水的溫度，就逐漸上昇，一直到沸騰為止，在這一段時間之內，加到水裏面去的熱量，完全用來使水溫昇高，這部份熱量，就叫做液體熱 (Flüssigkeits warme)。水溫所能達到的最大數值，要看水面上的壓力而定，例如在 760 公厘水銀柱高度，或  $P=10330$  公斤 / 平方公尺的壓力之下，最高水溫就是攝氏100度。在壓力不變的情況之下，我們如果繼續把熱量輸送進去，那末溫度暫時就不再昇高。

這個時候，送進去的熱量使水從液體變成蒸汽，完成下列兩件工作：

a. 抵抗水分子之間的凝聚力，這部份工作，叫做內部工作。(innere Arbeit)。

b. 抵抗外界的壓力，這部份工作，叫做外部工作(äussere Arbeit)。

完成第一種工作所需要的熱量，叫做內部汽化熱 (innere Verdampfungswärme)；完成第二種工作所需要的熱量，叫做外部汽化熱 (äussere Verdampfungswärme)；

在一個大氣壓力之下，1公斤水，從  $0^{\circ}C$  到  $100^{\circ}C$  的液體熱  $q=99.2$  大卡，內部汽化熱  $\rho=499.8$  大卡，外部汽化熱  $=40.4$  大卡，所以蒸汽所包含的全部熱量，就是

$$i = 99.2 + 499.8 + 40.4 \text{ 大卡} \quad (1)$$

這就叫做蒸汽的內熱。(Wärmeinhalt)。

水開始由液體變成蒸汽的溫度，叫做沸點(Siedetemperatur)，壓力升高，沸點也跟着升高，每一個壓力，有一個固定的沸點，水開始汽化以後，在沒有完全化為蒸汽的時候，蒸汽裏有水份存在，這種蒸汽，叫做濕蒸汽(feuchter Dampf)，如果在沸點之下，水已完全化為蒸汽，那末就叫做乾蒸汽或飽和蒸汽(gesättigter Dampf)。

我們如果用  $P$  代表壓力，用公斤 / 平方公尺做單位， $u$  代表 1 公斤水化成蒸汽以後的體積增加量，用立方公尺做單位，那末外部工作  $= P \cdot u$ ，相當於  $A \cdot P \cdot u$  大卡的熱量， $A = 1/427$ ，叫做熱功當量，所以 1 公斤水化成 1 公斤飽和蒸汽的時候，需要加進去的熱量，就是

$$i = q + \rho + A \cdot P \cdot u \quad (1)$$

表 1 是摩利爾(Mollier)蒸汽表，顯示飽和蒸汽的許多性能數字。

表 1. 飽和蒸汽表

壓力 絕對 大氣壓	溫 度 攝氏度數	液體熱 $q$	1 公斤水的汽化熱		內 熱 $i$	比 重 公斤/立方公尺	比 容 立方公尺/公斤
			內 部 $q$	外 部 $Apu$			
0.02	17.19	17.3	555.0	32.0	604.1	0.014642	68.2977
0.04	28.63	28.6	547.7	33.24	609.5	0.028190	35.4735
0.06	35.82	35.8	543.1	34.01	612.9	0.041322	24.2009
0.08	41.16	41.2	539.5	34.58	615.3	0.054186	18.4549
0.10	45.44	45.4	536.8	35.04	617.2	0.066852	14.9584
0.15	53.59	53.6	531.2	35.90	620.7	0.097874	10.2172
0.20	59.66	59.3	527.2	36.53	623.3	0.12823	7.7921
0.25	64.56	64.5	523.9	37.03	625.4	0.15810	6.82508
0.30	68.68	68.7	521.0	37.46	627.2	0.18758	5.53093
0.35	72.26	72.3	518.6	37.82	628.7	0.21674	4.61376
0.40	75.42	75.4	516.5	38.13	630.0	0.24565	4.07083
0.45	78.27	78.3	514.5	38.42	631.2	0.27429	3.64571
0.5	80.87	80.9	512.7	38.68	632.2	0.30274	3.30311
0.6	85.45	85.5	509.5	39.12	634.1	0.35911	2.78459
0.7	89.45	89.5	506.7	39.51	635.7	0.41486	2.41047
0.8	92.99	93.0	504.3	39.84	637.1	0.47000	2.12725
0.9	96.17	96.3	501.9	40.14	638.3	0.52496	1.90514
1.0	99.08	99.2	499.8	40.41	639.4	0.57923	1.72629
1.2	104.24	104.4	496.1	40.88	641.4	0.68706	1.45547

表 1.(續) 飽和蒸汽表

壓力 絕對 大氣壓	溫度 攝氏度數	液體熱 $q$	1公斤水的汽化熱		內熱 $i$	比重 公斤/立方公尺	比容 立方公尺/公斤
			內 部 $q$	外 部 $A_{pu}$			
1.4	103.73	108.9	492.9	41.28	643.1	0.79371	1.25990
1.6	112.72	113.0	489.9	41.63	644.5	0.89938	1.11188
1.8	116.33	116.7	487.2	41.94	645.8	1.0042	0.99580
2.0	119.61	120.0	484.6	42.26	646.9	1.1084	0.90221
2.5	126.78	127.3	479.2	42.81	649.3	1.3661	0.73201
3.0	132.87	133.5	474.4	43.28	651.2	1.6208	0.61698
3.5	138.18	139.0	470.1	43.67	652.8	1.8735	0.53375
4.0	142.91	143.8	466.4	44.01	654.2	2.1240	0.47982
4.5	147.19	148.3	462.8	44.33	655.4	2.3720	0.42159
5.0	151.10	152.3	459.5	44.59	656.4	2.6194	0.38177
5.5	154.71	156.0	456.5	44.81	657.3	2.8663	0.34889
6.0	158.07	159.5	453.7	45.02	658.2	3.1115	0.32139
6.5	161.21	162.8	450.9	45.20	658.9	3.3562	0.29796
7.0	164.16	165.8	448.3	45.37	659.5	3.5997	0.27780
7.5	166.96	168.7	445.8	45.53	660.1	3.8428	0.26023
8.0	169.59	171.5	443.5	45.66	660.7	4.0855	0.24477
8.5	172.12	174.2	441.2	45.79	661.2	4.3271	0.23110
9.0	174.52	176.6	439.1	45.91	661.6	4.5689	0.21887
9.5	176.82	179.1	437.0	46.02	662.1	4.8100	0.20700
10.0	179.03	181.4	435.0	46.11	662.5	5.0513	0.19797
10.5	181.16	183.6	433.0	46.21	662.8	5.2913	0.18899
11.0	183.20	185.8	431.1	46.29	663.2	5.5316	0.18078
11.5	185.18	187.9	429.1	46.37	663.4	5.7717	0.17326
12.0	187.08	189.8	427.4	46.44	663.7	6.0114	0.16635
12.5	188.93	191.9	425.6	46.51	664.0	6.2512	0.15997
13.0	190.71	193.8	423.8	46.57	664.2	6.4910	0.15406
13.5	192.45	195.6	422.2	46.62	664.4	6.7313	0.14856
14.0	194.14	197.4	420.5	46.66	664.6	6.9720	0.14343
14.5	195.77	199.1	419.0	46.71	664.8	7.2108	0.13868
15.0	197.37	200.8	417.3	46.75	664.9	7.4510	0.13421
16.0	200.44	200.41	414.4	46.82	665.3	7.9315	0.12608
17.0	203.36	207.3	411.4	46.89	665.6	8.4097	0.11891
18.0	206.15	210.2	408.6	46.93	665.8	8.8921	0.11246
19.0	208.82	213.1	405.9	46.97	666.0	9.3721	0.10670
20.0	211.39	215.9	403.3	47.00	666.2	9.8522	0.10150
21.0	213.85	218.6	400.7	47.01	666.3	10.336	0.09675
22.0	216.24	221.1	398.2	47.01	666.4	10.821	0.09241
23.0	218.53	223.6	395.9	47.03	666.5	11.303	0.08847
24.0	220.75	226.1	393.5	47.03	666.6	11.786	0.08485
25.0	222.90	228.4	391.3	47.01	666.7	12.276	0.08146

表 1.(續) 飽和蒸氣表

壓力 絕對 大氣壓	溫度 攝氏度數	液體熱 $q$	1 公斤水的汽化熱		內 熱 $i$	比 重 公斤/立方公尺	比 容 立方公尺/公斤
			內 部 $q$	外 部 $A_{pu}$			
26.0	224.99	230.7	389.0	46.98	666.7	12.765	0.07834
27.0	227.02	232.9	386.9	46.96	666.7	13.254	0.07545
28.0	228.99	235.1	384.8	46.94	666.8	13.742	0.07279
29.0	230.90	237.2	382.7	46.89	666.8	14.237	0.07024
30.0	232.77	239.2	380.7	46.86	666.8	14.730	0.06789
32.0	236.36	243.2	376.7	46.76	666.7	15.723	0.06563
34.0	239.78	247.0	373.0	46.65	666.7	16.722	0.05980
36.0	243.05	250.7	369.4	46.53	666.6	17.727	0.05641
38.0	246.19	254.1	366.0	46.39	666.5	18.741	0.05336
40.0	249.20	257.5	362.7	46.23	666.4	19.767	0.05059
42.0	252.09	260.8	359.4	46.08	666.3	20.794	0.04809
44.0	254.89	263.9	356.3	45.92	666.1	21.829	0.04581
46.0	257.58	267.0	353.2	45.75	666.0	22.873	0.04372
48.0	260.19	270.0	350.3	45.57	665.9	23.923	0.04180
50.0	262.72	272.8	347.5	45.36	665.7	24.994	0.04001
55.0	268.72	279.7	340.9	44.87	665.5	27.685	0.03612
60.0	274.32	286.1	334.7	44.34	665.2	30.411	0.03285

## (1.2) 濕蒸汽的內熱

1 公斤濕蒸汽裏面，如果有  $x$  公斤蒸汽和  $(1-x)$  公斤水份，那末  $x$  就叫做蒸汽純度 (Spez. Dampf menge)，用 1 公斤的分數或百分數來表示它，例如 1 公斤濕蒸汽裏面有 0.8 公斤或百分之 80 蒸汽，那末蒸汽的濕度，就是 0.20 公斤或百分之 20，純度  $x=0.80$

在某一壓力之下，一公斤飽和蒸汽的體積，如果是  $u_s$  立方公尺，可是一公斤水的體積，只有 0.001 立方公尺，所以一公斤濕蒸汽的體積：

$$v = x \cdot u_s + (1-x) \cdot 0.001 \quad (2)$$

水份所佔的體積很小，一般可以畧去，所以如果濕蒸汽裏面所含蒸汽量是  $x$ ，一公斤濕蒸汽的體積，可以用

$$v = x \cdot u_s \quad (3)$$

來計算，每公斤蒸汽的體積，叫做比容 (Spez. Volumen)，用立方公尺/公斤做單位。比重是比容的倒數，所以

$$\frac{1}{\gamma} = x \cdot \frac{1}{\gamma_s} ; \gamma = \frac{\gamma_s}{x} \quad (4)$$

每公斤濕蒸汽的內熱，由  $x$  公斤蒸汽的液體熱和汽化熱，再加上  $(1-x)$  公斤水份的液體熱而成；

$$i = (q+r)x + (1-x) \cdot q ; i = q + r \cdot x \quad (5)$$

其中  $r$  代表汽化熱，可以分為內部汽化熱  $x \cdot \rho$  和外部汽化熱；外部汽化熱就是一公斤水，從 0.001 立方公尺的水體積，擴大到  $v$  立方公尺蒸汽體積而需要的熱量。所以

$$i = q + x\rho + AP(v - 0.001) \quad (6)$$

如果把水份的體積畧去，

$$i = q + x\rho + APv \quad (P \text{ 用公斤/平方公尺做單位}) \quad (7)$$

例：壓力是 2 個超壓，純度  $x = 0.80$  的一公斤濕蒸汽含有多少內熱，它的比容是多少？

$$v = x \cdot v_s + (1-x) \cdot 0.001 = 0.80 \cdot 0.9022 + 0.20 \cdot 0.001 = 0.7220$$

立方公尺/公斤

如果畧去水份的體積，那末

$$v = x \cdot v_s = 0.80 \cdot 0.9006 = 0.7217 \text{ 立方公尺/公斤}$$

$$i = q + x \cdot \rho + AP(v - 0.001)$$

$$= 120.0 + 0.80 \cdot 484.6 + \frac{20000}{427} (0.7220 - 0.001)$$

$$= 120.0 + 387.7 + 33.8 = 541.5 \text{ 大卡/公斤}$$

如果把水份的體積畧去；

$$i = 120.0 + 0.80 \cdot 484.6 + \frac{20000}{427} \cdot 0.7217 = 541.5 \text{ 大卡/公斤}$$

### (1.3) 飽和蒸汽的狀況公式

飽和蒸汽的體積，也可以根據狀況公式(Zustands gleichung)去計算，這是用實驗求得的公式，蒸汽表裏面的比容，就是由此計算出來的。

$$v = \frac{R \cdot T}{P} - \frac{A}{(T/100)^{2.52}} - P^2 \left[ \frac{B}{(T/100)^{14}} + \frac{C}{(T/100)^{31.6}} \right] \text{ [立方公尺]} \quad (8)$$

其中  $R = 47.03$  公斤-公尺/公斤一度， $A = 0.9172$  立方公尺/公斤

$$B = 1.3088 \cdot 10^4 \text{ (立方公尺/公斤)(平方公尺/公斤)}^2$$

$$C = 4.379 \cdot 10^7 \text{ (立方公尺/公斤(平方公尺/公斤)}^2$$

### (1.4) 過熱蒸汽的內熱

我們如果在壓力不變的情況之下，繼續用熱量輸到飽和蒸汽裏去，那末蒸汽的溫度和比容都因此增加，假如這個時候的溫度是  $t_2$ ，在同一壓力之下，飽和蒸汽的溫度是  $t_1$ ，那末  $t_2 - t_1$  就叫做過熱度 (überhitzungsgrad)，這種蒸汽，叫做過熱蒸汽 (überhitzter Dampf)。每公斤飽和蒸汽要達到這種過熱狀態，一定要輸入：

$$i_1 = c_p(t_2 - t_1) \text{ 大卡} \quad (9)$$

的熱量。其中  $c_p$  是壓力不變時的比熱，因溫度與壓力的高低而異(見表2)

過熱蒸汽的全部內熱，因此就是

$$i = q + \rho + A p u + c_p(t_2 - t_1) \text{ 大卡} \quad (10)$$

例：壓力是12個超壓，溫度是攝氏300度的一公斤過熱蒸汽，包含多少內熱？

從表1和表2，得到  $t_1 = 187^\circ$   $c_p = 0.519$  所以

$$\begin{aligned} i &= q + \rho + A p u + c_p(t_2 - t_1) = 663.7 + 0.519(300 - 187) \\ &= 722.3 \text{ 大卡} \end{aligned}$$





現在把飽和蒸汽和過熱蒸汽的特質，歸納於下：

1. 飽和蒸汽在每一壓力之下，有一個固定的溫度，那就是飽和溫度。
2. 在同一壓力之下，過熱蒸汽的溫度和比容都比飽和蒸汽為大，比重比較小。
3. 在壓力不變的情況之下，如果從過熱蒸汽裏面抽取熱量，那末在溫度沒有降低到飽和溫度之前，不會發生冷凝現象。
4. 如果從飽和蒸汽裏面抽取熱量，那末立刻有蒸汽凝結成水。

### (1.5) 過熱蒸汽的狀況公式

過熱蒸汽的比容，可以根據下面兩個經驗公式去計算：

a. *Linde*公式：

$$P \cdot v = R \cdot T - C \cdot P$$

其中  $P$  是絕對壓力，用公斤/平方公尺做單位。

$v$  是比容，用立方公尺/公斤做單位。

$R$  是氣體常數 47.1

$$C = 0.016$$

$T$  是絕對溫度

因此 
$$v = \frac{47.1T}{P} - 0.016 \text{ 立方公尺/公斤} \quad (11)$$

b. *Mollier*公式：

$$P \left[ v - 0.001 + C \left( \frac{273}{T} \right)^m \right] = R \cdot T$$

其中  $P$  是絕對壓力，用公斤/平方公尺做單位

$$C = 0.075$$