

055583

蒸汽機車運轉理論

1982.11

87.17403
H LT



06662

18,800 055583

鐵道系

蒸汽機車運轉理論



C0045897

7.17403
HUT

國立臺灣大學圖書館	
類號	621.13
冊號	H638
總號	69671

雲南大學
買賣就犯法

發行專店發行

蒸汽機車運轉理論

編者 胡 麟 台

出版兼
發行者 亞 細 亞 書 店

天津市宮北大街62號

電話 2, 0378 號

印刷者 天津聯合印刷廠

第二區復興道70號

電話四局〇〇二一號
〇八二五號

經售者 全國各大書店

☆定價一萬八千八百元☆

版權所有★不准翻印

一九五一年二月初版

津(23) 0001—5,000

65671

65671
H638

蒸汽機車運轉理論



序 言

機車理論，必須切合實際。理論與工作遊離，便是空論。與工作脫節，可稱幻想。都不是科學的東西。理論是工作的提綱，亦必須是工作最高技術的準繩。我國鐵路，發展較晚，頗乏此類書籍。作者在天津解放前後，任教於大學，即被迫採用零星的講義。去年夏交通大學金博士，率同學員來津實習，亦以此為言。於是我決意寫這本書，以贖前愆。本書名為運轉理論，以研究實際機務行車基本知識為主。內容分為七章，約計十二萬言。附圖 71，附表 52。各節附有習題，結合實用。作者採取蘇歐美日各書理論及實驗結果，參以我國鐵路現況，及從事鐵路的研究經驗。目的在適合鐵路中級幹部，如司機調度員站長技術員等應用。更可採用作大學或技術學校的課本。調度員及乘務員同志們，身為運輸基幹，掌握行車，轉念舉手，對人民鐵路的關係何等重大。拿出工作負責精神，研究此書，能以解決如何搞工作和為什麼的問題。

惟是理論依據實驗。蘇歐美日的理論及公式，自各有其不同的特點及根據，不可一概視為定而不移的至理。我國鐵路情況，如橋樑路基軌道車輛等，多與國外不同。我國更少試驗結果，以作參證比較。這些理論，或未能與我國路情，十分適合。這還靠讀者細心參悟。

本書經時半載，終感倉猝付印。錯誤當所難免，希望讀者指正。多承劉喜元同志搜集材料，馬驥同志幫助抄錄，時同和劉光度兩同志譯釋日語，特此致謝。

編者：胡麟台自序，1951年1月於天津

目 錄

第一章 蒸汽的蒸發

第一節	飽和蒸汽的性質	1
第二節	過熱蒸汽的性質	5
第三節	蒸發傳熱的概況	10
第四節	鍋爐的設計及效率	13
第五節	鍋爐各部尺寸與蒸發的關係	21
第六節	鍋爐的蒸發量	28
第七節	鍋爐蒸發量的計算方法	43

第二章 牽 引 力

第一節	牽引力的計算法	52
第二節	牽引力與速度的變化	61
第三節	計算牽引力各種方式的探討	80
第四節	牽引力與馬力的關係	98

第三章 阻 力

第一節	車輛阻力	102
第二節	空氣阻力	108
第三節	計算車輛阻力的公式	111
第四節	機車阻力	119
第五節	坡道阻力	129
第六節	澗道阻力	131
第七節	加速阻力	138

第四章 牽引噸數

第一節	牽引力量的變化	146
第二節	規定牽引噸數應行考慮事項	155

第三節 坡道對牽引噸數的關係..... 156

第四節 計算牽引噸數的方法..... 164

第五章 行車時間

第一節 時間速度距離及力量的關係..... 173

第二節 行車速度..... 191

第三節 行車時間及速度線圖..... 203

第六章 制 動

第一節 概論..... 231

第二節 閘缸及閘瓦的制動壓力..... 233

第三節 磨擦係數..... 248

第四節 制動力..... 256

第五節 制動距離及制動時間..... 259

第七章 行車操縱

第一節 列車的動搖..... 267

第二節 動搖發生的打音..... 272

第三節 線路與列車的關係..... 278

第四節 發車及牽引的關係..... 293

附：機車工程應用表格計25表..... 300

附：名辭對照表..... 329

第一章 蒸汽的蒸發

第一節 飽和蒸汽的性質

雲南大學
買書就犯法

水的顯熱：

一公分（或稱一克）純粹的水，由攝氏零度，溫度上升至攝氏1度，所需要的熱量，叫做一個加路里，是測量熱量的單位。如果1公斤水，由攝氏零度，溫度上升1度，所需要的熱量，叫做一個啓羅加路里。實際上，水的溫度不同，溫度上升1度，所需熱量，稍有不同。

水的溫度 (攝氏)	0	15	30	50	75	100
溫度上升1度所需 熱量(啓羅加路里)	1.0000	0.9925	0.9915	0.9962	1.0039	1.0033

普通都認為1公斤水溫度上升1度需要一個啓羅加路里。實際應該採用水由零度到100度所需熱量的平均數計算，方為精確。

水由攝氏零度到沸點，每加一點熱量，則溫度逐漸上升，加熱的效果顯著，所以叫做顯熱。例如5公斤水，溫度上升攝氏15度，所需要的顯熱（即熱量）為 $5 \times 15 = 75$ 啓羅加路里。水面的壓力增高，則水的沸點亦增高。（參閱第1表）

蒸發的潛熱：

水到達沸點，如果壓力不變，再繼續加熱，則促進水的蒸發，在水的全部蒸發的過程中，溫度始終維持沸點的溫度不變。此時水吸收的熱量，作了將水分子由液體變氣體的工作，並未增加水和汽的溫度。這部分蒸發所需熱量，叫做潛熱。

飽和蒸汽的熱量：

設， H = 飽和蒸汽的熱量，（啓羅加路里）

h = 水的顯熱，（啓羅加路里）= 1 公斤水，由攝氏零度上升至沸點，所需要的熱量。

L = 蒸發的潛熱（啓羅加路里）= 1 公斤水，由沸點完全蒸發變為蒸汽，所需要的熱量。

故， $H = h + L \dots \dots \dots [1]$

水的沸點，隨着水面的壓力變化。在海平面上，大氣的壓力為1.0335公斤（每平方公分）。普通鍋爐汽表上表示的壓力數，係超出大氣壓力的數字。科學上所稱絕對壓力，係以大氣壓力為零時的壓力，為起碼的標準。例如鍋爐汽表壓力為12公斤，按絕對汽壓，則為 $12 + 1.0335 = 13.0335$ 公斤（每平方公分）

【例題 1】

鍋爐汽壓為12公斤（每平方公分），給水溫度為攝氏15度，求1公斤飽和蒸汽的熱量。

參閱第 1 表，鍋爐壓力，約等於絕對壓力13公斤。水的沸點為攝氏190.7度。蒸發的潛熱，為472.8啓羅加路里。

飽和蒸汽的熱量 = 水的顯熱 + 蒸發的潛熱 = $193.6 + 472.8 = 666.4$ 啓羅加路里。

因為給水的溫度為15度，故 $666.4 - 15 = 651.4$ 該鍋爐每蒸發1公斤水，實需熱量651.4啓羅加路里。

第1表 飽和蒸汽性質表

壓 力 絕 對 壓 力 (公斤/單方公分)	溫度 (攝氏)	熱 量 (啓 羅 加 路 里)			重 量 (公 斤)	容 積 (立 方 公 尺)
	沸 點	一 公 斤 水 由 零 度 升 高 至 沸 點	一 公 斤 沸 點 的 水 變 為 同 樣 溫 度 的 蒸 汽	蒸 汽 於 一 公 斤 水 由 零 度 變 為 沸 點 的 蒸 汽 的 全 熱 量 等 於	在 相 當 壓 力 P 時 每 立 方 公 尺 蒸 汽 的 重 量	在 相 當 壓 力 P 時 每 公 斤 蒸 汽 的 容 積
P	t	h	L	H		
1	99.1	99.1	539.9	639.0	0.579	1.7270
2	119.6	119.9	527.0	646.9	1.167	0.9030
5	151.1	152.2	505.2	657.4	2.614	0.3825
7	164.2	165.7	495.2	660.9	3.591	0.2785
9	174.5	176.6	486.8	663.4	4.556	0.2195
10	179.0	181.3	483.1	664.4	5.037	0.1985
11	183.2	185.7	479.5	665.2	5.516	0.1813
12	187.1	189.8	476.1	665.9	5.996	0.1663
13	190.7	193.6	472.8	666.4	6.474	0.1545
14	194.1	197.3	469.7	667.0	6.952	0.1438
15	197.4	200.7	466.7	667.4	7.431	0.1346
16	200.4	204.0	463.8	667.8	7.909	0.1264
17	203.4	207.1	460.9	668.0	8.889	0.1192
20	211.4	215.8	452.9	668.7	9.830	0.1017

【例題2】

飽和蒸汽的純度為95%（即含有5%的水分），鍋爐汽壓為13公斤（每平方公分），給水溫度為攝氏18度，這樣蒸發1公斤蒸汽，需要熱量多少？

參閱第1表，一公斤完全乾燥的蒸汽，含熱量為667.0啓羅加路里。

因給水溫度為18度，故 $667.0 - 18 = 649$

又因蒸汽的潛熱為469.7，所含5%的水分，並無潛熱。

故， $469.7 \times \frac{5}{100} = 23.5$ 啓羅加路里

$649 - 23.5 = 625.5$ 啓羅加路里，此為蒸汽所需要的熱量。

【例題3】

甲種煤1公斤蒸發水7公斤，給水的溫度為攝氏15度，鍋爐汽壓為13公斤（每平方公分）。乙種煤，在鍋爐汽壓8公斤（每平方公分），給水溫度攝氏20度時，能蒸發水7.1公斤。試將兩種情形的蒸發量，折合為蒸發當量，以比較煤質的優劣。

（1）燃用甲種煤時：

參閱第1表，蒸汽的全熱量為667。給水溫度為15度，故每一公斤蒸汽含熱量為 $667 - 15 = 652$ 啓羅加路里。

甲種煤1公斤利用的熱量 $= 652 \times 7 = 4564$ 啓羅加路里。

在標準大氣壓力之下，（即鍋爐汽壓為零時），參閱第1表，蒸發的潛熱為539.9啓羅加路里。

$$\text{蒸發當量} = \frac{4564}{539.9} = 8.45$$

（2）燃用乙種煤時：

蒸汽的全熱量為663.4，給水溫度為20度，每一公斤蒸汽含熱量為 $663.4 - 20 = 643.4$ 啓羅加路里。

乙種煤1公斤利用的熱量 $= 643.4 \times 7.1 = 4568$ 啓羅加路里

$$\text{蒸發當量} = \frac{4568}{539.9} = 8.46$$

按蒸發當量比較，可見乙種煤的蒸發力較強，煙質較佳。

第二節 過熱蒸汽的性質

飽和蒸汽加熱，溫度上升，超出原來飽和蒸汽的溫度，即變為過熱蒸汽。過熱蒸汽的性質，大致和空氣一樣。溫度增高，則容積增大。如果容積不變，溫度增高，壓力亦增高。

在蒸汽機車中，汽壓常為定壓，蒸汽因過熱容積增大。溫度每增高攝氏1度，蒸汽的容積，約增加0.003倍。

例如機車鍋爐汽壓為13公斤（每平方公分），依照第1表，可知飽和蒸汽的溫度為194.1度，每公斤蒸汽的容積為0.1438立方公尺。如果過熱管中過熱蒸汽的溫度，為攝氏300度。

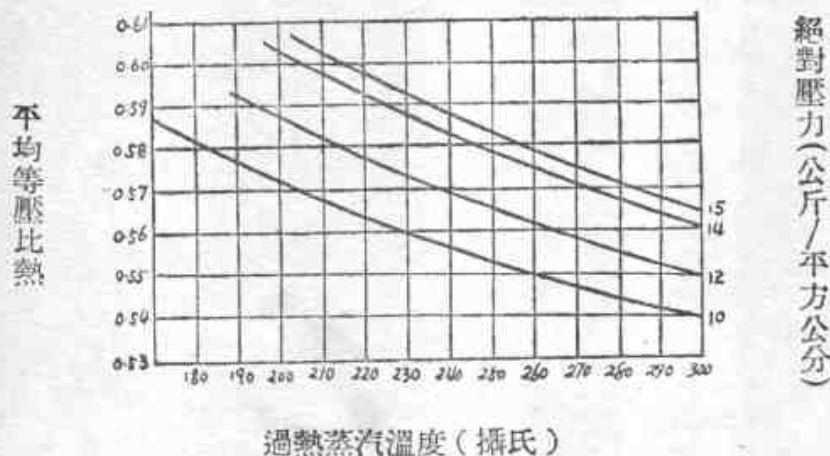
則飽和蒸汽，因過熱增加的溫度為 $300 - 194.1 = 105.9$ 度。

此時過熱蒸汽每公斤的容積，應為 $0.1438 \times (1 + 0.003 \times 105.9)$
 $= 0.1438 \times 1.3177 = 0.189$ 立方公尺

蒸汽的比熱：

單位重量的蒸汽的溫度，上升攝氏一度，所需要的熱量，叫做比熱。普通一公斤蒸汽，溫度上升一度，需熱0.5至0.6啓羅加路里。在一定壓力以下的比熱，叫做等壓比熱。在一定容積以內的比熱，叫做等容比熱。在機車鍋爐的情形，汽壓常為定數不變，過熱蒸汽的容積，可以增加，此為等壓比熱的條件。等壓比熱，因為蒸汽膨脹，需要一部份熱力，所以熱量比較等容比熱多些。過熱蒸汽的溫度上升，則等壓比熱的熱量，逐漸減少。對於計算蒸汽的熱量，非常不便，故須應用平均等壓比熱量，（如第1圖）

第1圖 過熱蒸汽平均比熱



過熱蒸汽的全熱量：

過熱蒸汽的全熱量，等於飽和蒸汽的熱量，與過熱所需熱量的和數。

蒸汽過熱所需熱量，等於蒸汽過熱的溫度，乘平均比熱。

設， t = 飽和蒸汽的溫度，(攝氏)

t' = 過熱蒸汽的溫度，(攝氏)

t'' = 蒸汽因過熱增加的度數(攝氏)

故， $t'' = t' - t$

蒸汽過熱所需熱量 = $(t' - t) \times C$

C = 比熱(啓羅加路里)

設， C_p = 平均等壓比熱(啓羅加路里)

H' = 過熱蒸汽的全熱量。

故， $H' = H + (t' - t) \times C_p \dots \dots \dots [2]$

H = 飽和蒸汽的全熱量。

普通大型過熱機車汽壓約為13至14公斤(每平方公分)。給水溫度約為攝氏15度。每公斤過熱蒸汽實需熱量約713啓羅加路里。

第 2 表 過熱蒸汽性質表

絕對壓力 (公平方公分) P	飽和蒸汽的溫度 t	飽和蒸汽的量 H	過熱蒸汽的溫度 t'	過度增高的數 t''	平均等壓熱 Cp	全熱蒸汽的量 H'	容積 (公立方公尺) 積
			t+t''	t'-t		H+Cpt''	
11	183.2	665.2	240	56.8	0.563	697.2	0.2121
			300	116.8	0.547	729.1	
			350	166.8	0.534	754.3	
12	187.1	665.9	240	52.9	0.571	696.1	0.2189 0.2400
			300	112.9	0.551	728.3	
			350	162.9	0.541	754.0	
13	190.7	666.4	240	49.3	0.577	695.0	0.1776
			300	109.3	0.557	727.6	
			350	159.3	0.545	753.3	
14	194.1	667.0	240	45.9	0.581	693.8	0.1894 0.2051
			300	105.9	0.560	727.5	
			350	155.9	0.551	753.2	
15	197.4	667.4	240	42.6	0.587	692.6	0.1961
			300	102.6	0.564	727.3	
			350	152.6	0.553	751.6	
18	206.2	668.3	240	33.8	0.686	691.5	0.1615
			300	93.8	0.602	724.8	
			350	143.8	0.576	751.2	

豐大圖書館

【例題 1】

煤水車中水的溫度為攝氏15度。過熱蒸汽，汽壓12公斤（每平方公分），溫度攝氏300度。使用給水加熱器時，給水的溫度為95度。試求使用給水加熱器的利益多少？

查閱第2表，過熱蒸汽的全熱量為727.6 啓羅加路里。

按給水溫度15度計算，每公斤過熱蒸汽所需熱量為 $727.6 - 15 = 712.6$ 啓羅加路里。

由於使用給水加熱器，所增加的熱量為 $95 - 15 = 80$ 啓羅加路里。

$$\frac{80}{712.6} = 0.11 \quad \text{即使用給水加熱器，有11\%的利益。}$$

【例題 2】

汽壓12公斤/平方公分，過熱蒸汽溫度350度，求過熱蒸汽的全熱量。

在此壓力時，飽和蒸汽的熱量 = $H = 666.4$

飽和蒸汽的溫度 = $t = 190.7$

過熱蒸汽的溫度 = $t' = 350$

平均比熱 = $C_p = 0.545$

$$\begin{aligned} \text{過熱蒸汽的全熱量} &= H' = 666.4 + (350 - 190.7) \times 0.545 \\ &= 753.3 \text{ 啓羅加路里} \end{aligned}$$

過熱蒸汽的利益：

機車的能力，係因蒸汽推動汽缸的鞴輪，發揮出來。蒸汽在汽缸內所作工作的大小，要看蒸汽在汽缸內利用熱量的多少。壓力愈高，蒸汽所作的工作愈多。飽和蒸汽可利用的熱力，完全在蒸汽的壓力裏邊。過熱蒸汽的熱力，不但在壓力裏邊，並且在過熱的溫度裏邊，包含着一部分熱能。過熱蒸汽的容積增大，使用時比較經濟，亦不易凝結。過熱的溫度愈高，蒸汽的效能愈大。過熱溫度較高的蒸汽，比較過熱溫度低的蒸汽，在汽缸中工作時，不易散失其熱能。

機車汽缸，需要將蒸汽切斷的轉輪行程的容積，充滿蒸汽。這樣所需要的蒸汽量，愈少愈好。只有將蒸汽的溫度增高，使蒸汽的容積加大，使用蒸汽，才能經濟。

飽和蒸汽，進入汽缸，溫度稍微降低，則生成一部分凝結水。事實上這種損失，可達20%至30%。例如某機車汽缸在某切斷點時，需要1公斤（汽壓11公斤/平方公分）蒸汽，以填充汽缸轉輪行程的容積。此時蒸汽的容積，約為水的容積的170倍。如果這1公斤蒸汽，在汽缸中有25%變成凝結水。凝結水在汽缸中所佔的容積極小，事實上，必然需要1.25公斤蒸汽，以填充汽缸的容積。因此蒸汽的消耗量，增加約25%。

蒸汽由開始進入汽缸至蒸汽切斷中間發生的凝結水，可利用蒸汽的過熱溫度，以防止蒸汽的凝結。每過熱溫度攝氏4度，約可減免1%的凝結水。汽缸的防寒裝置較好，則凝結水較少。行車的速度較慢，蒸汽和汽缸接觸的時間較長，則凝結水容易生成。

蒸汽的溫度增高，則每公斤乏汽所含的熱量較多。如果蒸汽的過熱溫度很高，則乏汽可能亦有一部分過熱。但是這不能代表浪費。汽缸效率的優劣，全在蒸汽熱量變為工作的多少。蒸汽的熱量，大部分在汽缸中變為工作，則利用蒸汽的效果良好。蒸汽（汽壓一定）的溫度愈高，則蒸汽在汽缸中發生的工作愈多，結果每一單位工作所損失的熱量愈少。例如蒸汽的汽壓為15.8公斤/平方公分溫度為攝氏260度時，每小時每汽缸馬力排出乏汽的熱量為4070啓羅加路里。如果蒸汽的壓力不變，溫度為攝氏370度時，雖然排出的乏汽溫度較高，每小時每汽缸馬力排出的乏汽熱量為3620啓羅加路里。

如果蒸汽的溫度不變，則蒸汽的壓力愈高，每一單位工作中，乏汽損失的熱量愈少。例如蒸汽的溫度為攝氏370度，汽壓為15.8公斤/平方公分時，每小時每汽缸馬力排出的乏汽熱量為3620啓羅加路里。如果溫度不變，蒸汽的汽壓為22.6公斤/平方公分時，每小時每汽缸馬力排出的乏汽熱量為3070啓羅加路里。

普通機車的蒸汽，因過熱增高的溫度，約為攝氏95至150度。採用溫度較高的過熱蒸汽，與飽和蒸汽比較，在牽引同樣列車時，可省煤25%至35%，可省水35%至40%。如果消耗同樣的煤，牽引噸數可能增加33%。

第三節 蒸發傳熱的概況

在蒸汽機車鍋爐中，以水為媒介，將燃煤的熱量，變成工作。水在各種溫度時，都能蒸發，變成蒸汽。但在壓力極高時，則呈汽水不分的狀態，這時候的壓力，叫做飽和壓力。

在一定壓力之下，水的溫度到達沸點時，溫度最高。此後繼續加熱，只能加速水的蒸發變汽，其溫度並不繼續增高。水的沸點，隨着壓力變化。壓力愈高，沸點愈高。壓力降低，沸點亦隨着降低。純潔的水，在海平面的標準高度，在普通標準大氣壓力之下（標準大氣壓力為14.7磅/平方吋，約等於1.0335公斤/平方公分）到達攝氏寒暑表100度時，即呈沸騰。普通都說水以攝氏100度為沸點，以攝氏零度為冰點。如果地面升高，則大氣壓力減少，水的沸點降低。所以在高山上煮水，不到攝氏100度時，水即沸騰。

水在某種壓力之下，開始變成蒸汽，此種蒸汽，不含濕的水分，亦不額外再行加熱，汽的溫度，和沸騰的水的溫度相同，叫做飽和蒸汽。如果將飽和蒸汽加熱，使溫度高於沸點（在相當壓力之下的沸點）叫做過熱蒸汽。

火箱中燃煤，發生熱量，被燃燒氣體吸收，經過火室內的空間，傳達到鍋爐的傳熱面，使鍋水蒸發。傳熱的方式，有下列三種。

- (1) 熱量經過輻射和對流的作用，傳達到鍋爐傳熱面。
- (2) 熱量經過傳導作用，由鍋爐傳熱面傳達到鍋水。
- (3) 熱量由於對流作用，在鍋水中傳達。（鍋水的傳導熱量的作用很少）

熱的輻射：

宇宙間天然的有一種傳熱傳光的媒介，叫做「以太」。凡是一個物體，都是由很多的小分子組成。分子運動的很慢，物體就比較涼冷。分子運動的愈快，物體就愈熱。所以熱量可以做為物體分子的運動能力。一個熱的物體，分子運動的很快，波動周圍的「以太」，藉着「以太」的波動。經過空間，傳達影響到其他物體。這種傳熱的方法，叫做輻射。熱量由一物體傳達到其他物體時，由於輻射的作用，經過當中的空間，並不需要第三個物體作傳導。

在火箱中，自熱的燃煤和火焰，及拱磚，經過火室內的空間，以輻射作用，傳熱到火箱傳熱面。對於火室內燃燒氣體的溫度，並無顯著的增高。如果火室內沒有燃燒氣體，火焰以輻射作用傳熱到火箱的傳熱面，傳熱量可以稍多一些。

在火箱中，直接得到輻射的傳熱面，其傳熱效率，比較僅靠對流作用傳熱的傳熱面，約高出20%至30%。

鍋爐的各部，因有輻射作用，散失大量的熱力。所以必須有鍋爐包衣及石棉等隔熱裝置。

由於輻射作用，傳熱量的多少，和下列各項有關。

- (1) 吸收熱量的傳熱面的情形。
- (2) 熱量發源地和吸收熱量的傳熱面的距離及其關係。
- (3) 火層及燃燒氣體溫度的高低。
- (4) 火焰及燃燒氣體光亮的程度。
- (5) 燃燒率的高低。
- (6) 火箱傳熱面的大小。

熱的對流：

熱量的傳佈，係隨熱的物體，由一處移動到他處，叫做對流。火室中因為通風，燃燒氣體，攜帶熱量，由火室走向煙管，以及鍋水的循環，都造成對流的作用。鍋爐的傳熱作用，大部分依靠熱的對流。

火室內燃燒氣體，總是川流不息的變換和傳熱面接觸的位置。燃燒氣

買書就犯法
南大書法