

徐氏基金會科學函授學校

冷凍空調與電器修護科訓練教材(三)

(譯自美國TRANE 冷凍空調公司訓練教材)

王 洪 鎧 編譯

(九九至一〇二課合訂本)

- A99 冷凍計算—第二部份
- A100 特殊冷凍系統之組成與應用—第一部份
- A101 特殊冷凍系統之組成與應用—第二部份
- A102 特殊冷凍系統之組成與應用—第三部份

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學函授學校

冷凍空調與電器修護科訓練教材(三)

(譯自美國TRANE 冷凍空調公司訓練教材)

王 洪 鎧 編譯

(九九至一〇二課合訂本)

A99 冷凍計算—第二部份

A100 特殊冷凍系統之組成與應用—第一部份

A101 特殊冷凍系統之組成與應用—第二部份

A102 特殊冷凍系統之組成與應用—第三部份

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信 發行人 石開朗

科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國六十九年八月六日初版

冷凍空調與 電器修護科 訓練教材(三)

(九九至一〇二課合訂本)

基本定價 2.20

編譯者 王洪鎧 亞信營造工程公司機電部副理

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷貼」寄回調換。謝謝惠顧。

(67)局版臺業字第1810號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱 13-306

發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第 15795 號

電話 9221763
9446842

承印者 大原彩色印製有限公司 台北市武成街 35 巷 9 號 電話 3813998

編譯者序言

由於人類的思考力與創造力永遠存在，使得文明不斷進步，工商經濟日趨繁榮；各色各式的機具乃告持續發明推展，其目的無非在造福人類，使生活過的更幸福舒適而已。惟繁榮進步之另一面，則對工程技術人員，業務推銷人員，以及教育訓練人員之需求殷切；這些人員，均需學識豐富，身懷一技之長者方能勝任；而且必須隨時代之進步不斷吸取並充實自己的學識方克有成。

求學識並不是一定要學校去隨班聽課，事實上我們有許多業餘的時間和求學的方式可供選擇利用。徐氏基金會有鑑於此，乃創設科學函授學校，俾使任何有心向學，欲獲一技之長者能得到研習的機會。

本冷凍空調與電器修護科課程乃將歐美最優良之訓練教材去蕪存菁編譯而成。其內容為顧及一般學識程度，文句淺顯易懂，偏重實際應用，避免複雜之公式與理論；循序引導學員達於成功之境，所費極少而所獲極多，確是打開前途的最好方法，我們竭誠歡迎各位來參加函授學習的行列。

編譯者 王洪鑑敬識

民國六十八年三月

冷凍空調與電氣修護科訓練教材

課程總目錄

課目編號	課 程 名 稱	課目編號	課 程 名 稱
(一) A 1	冷凍空調與電器修護介紹	(內) A 41	圓型調氣機之檢修—第二部份
A 2	冷凍學基礎	A 42	減濕器與空調器之維護
A 3	熱與壓力原理	A 43	吸氣介紹
A 4	壓縮機	A 44	吸氣系統設計
A 5	膨脹閥	A 45	瓦斯燃燒火爐
(二) A 6	浮球閥、毛細管、凝結器、蒸發器	(什) A 46	燃油及瓦斯、油燃燒器
A 7	電的基本原理	A 47	蒸汽及熱水暖氣系統
A 8	磁與電磁學	A 48	個別加熱器的安裝與維護
A 9	交流電、變壓器、電阻與電容器	A 49	重責務型個別加熱器
A 10	含電容與電感的電路	A 50	中央系統空氣調節—系統及控制電路
(三) A 11	冷凍馬達控制	(出) A 51	中央系統空氣調節—冷卻設備及控制
A 12	電動機	A 52	箱型冷氣機
A 13	工具的使用和維護	A 53	空氣之分配
A 14	家庭電路配線的檢修	A 54	空調用風管
A 15	配線技術、變壓器作用	A 55	風扇與鼓風機
(四) A 16	交流原理、電器零件、開關電路	(出) A 56	商業用冷凍與冷藏
A 17	冷媒與潤滑油	A 57	壓縮機的分類及額定
A 18	冷媒與乾燥器	A 58	商業用冷凍系統凝結器
A 19	家用電冰箱箱體	A 59	商業用冷凍系統蒸發器
A 20	密封式電冰箱機組	A 60	商業用冷凍機之控制—第一部份
(五) A 21	冷凍用管件及工具	(出) A 61	商業用冷凍機之控制—第二部份
A 22	電阻電路、繼電器與馬達控制電路	A 62	食品冷凍櫃之檢修
A 23	電冰箱之維護—故障排除	A 63	食品之凍結
A 24	電冰箱之維護—電路系統檢驗	A 64	製冰機械、飲水機
A 25	電冰箱之維護—冷凍系統檢修	A 65	飲料之冷卻
(內) A 26	自動製冰機	(出) A 66	冷凍車輛
A 27	無霜電冰箱及冷凍櫃	A 67	商業用冷凍系統之安裝—第一部份
A 28	電路選擇及定時器	A 68	商業用冷凍系統之安裝—第二部份
A 29	吸收式冷凍系統—瓦斯冰箱	A 69	空氣調節、熱泵、熱水空調系統
A 30	瓦斯冰箱的安裝與檢修	A 70	商業用冷凍系統之檢修
(出) A 31	基本冰箱檢修法	(出) A 71	電器檢修用儀器
A 32	電冰箱之電路系統	A 72	密封機組分析器之操作
A 33	家用冷凍櫃的檢修	A 73	開創你自己的事業
A 34	空氣調節基礎	A 74	電晶體之基礎
A 35	空氣流動的測量	A 75	電晶體之組成
(內) A 36	空氣污染、空氣洗滌室及過濾網	(內) A 76	電晶體基本電路
A 37	空氣之清淨、臭氧洗滌室、電子空氣清淨器	A 77	電晶體控制電路—第一部份
A 38	居所舒適區域之空調	A 78	電晶體控制電路—第二部份
A 39	圓型調氣機之安裝	A 79	電晶體控制電路之測試與故障排除
A 40	圓型調氣機之檢修—第一部份	A 80	冷凍空調常用字彙

課目編號	課 程 名 稱	課目編號	課 程 名 稱
在 A 81	冷凍循環	A108	空調控制，電路及儀器—第二部分
A 82	冷凍壓縮機	A109	汽車冷氣—第一部分
A 83	冷凍系統組份	A110	汽車冷氣—第二部分
A 84	冷凍配管	(國) A111	TRANE離心機之操作保養
A 85	冷凍附件及控制	A112	TRANE離心式與往復式系統之控制
(內) A 86	冷卻負荷估算	A113	空調系統分析
A 87	空氣線圈	A114	自動控制配置
A 88	箱裝型空調設備之選用	A115	水管路設計分析
A 89	箱裝型空調設備之安裝與起動	A116	泵之能源節約方法
A 90	箱裝型空調設備之故障分析	(英) A117	選用控制閥
(內) A 91	中央系統空調設備之選用	A118	氣動控制概要
A 92	中央系統空調設備之安裝與起動	A119	風扇分析及噪音控制
A 93	中央系統空調設備之故障分析	A120	冷凍空調配電設計
A 94	吸收式冷凍機組	(德) A121	TRANE日光熱表
(英) 9	冷凍空調技術資料	(英) A121	TRANE CENTRAVAC
(德) A 95	小型冷凍庫冷藏庫之實用設計		離心機安裝、操作、維護說明書
A 96	寒水冷卻管排之實用設計	A122	CARRIER 19D系列
A 97	學習國際公制(SI)單位		離心機安裝、操作、維護說明書
A 98	冷凍計算——第一部分	A123	YORK TURBOPAK
(國) A 99	冷凍計算——第二部分		離心機安裝、操作、維護說明書
A100	特殊冷凍系統之組成與應用——第一部分	(英) A124	變風量(VAV)空調系統——第一部分
A101	特殊冷凍系統之組成與應用——第二部分	A125	變風量(VAV)空調系統——第二部分
A102	特殊冷凍系統之組成與應用——第三部分	A126	變風量(VAV)空調系統——第三部分
(國) A103	二次冷媒或間接冷凍——第一部分	A127	變風量(VAV)空調系統——第四部分
A104	二次冷媒或間接冷凍——第二部分	(英) A128	熱回收空調機組
A105	食品冷凍——第一部分	A129	空調消音學
A106	食品冷凍——第二部分	A130	建築空調負荷分析
(國) A107	空調控制，電路及儀器——第一部分		

目 錄

第廿五節	由於液體上行管或揚升所致之壓力降.....	99-1
第廿六節	由於管壁摩擦所致之壓力降.....	99-3
第廿七節	由於彎頭，管件，及閥等所致之壓力降.....	99-22
第廿八節	由於通過膨脹閥所致之壓力降...	99-23
第廿九節	離心壓縮機與風扇之氣體位頭與馬力.....	99-25
第卅十節	扭矩馬力之關係.....	99-35
第卅一節	冷凍計算摘要.....	99-38

第廿五節 由於液體上行管或 揚升所致之壓力降

一開放液柱底部之壓力等於液柱的高度乘上液體的密度。此意指液柱高度愈低，底部之壓力將愈小。如果於底部將液體供給至一封閉式液柱，在該點的壓力即對應於來源的壓力。假定封閉式液柱為一冷凍系統的垂直液體管，自貯液器液位升起，在底部之壓力即等於高壓壓力（head pressure），在液體立管上端之壓力等於高壓壓力減去液體在液柱中重量所施之壓力。是故，高壓壓力損失發生在任何系統中使液升高超過貯液器液位之場合下。

例如：在一液體上行管中，帶高 86 F 之 R-12 液體的高壓壓力損失為：

$$\frac{1 \text{ ft} \times \text{每 ft}^3 \text{ 重量}}{144 \text{ in}^2} = \frac{1 \times 80.6}{144} = 0.56 \text{ psi/ft}$$

若上行管有 30 ft 高，壓力損失將達 $30 \times 0.56 = 16.8$ psi。如果膨脹閥位於上行管上端的液位處，一 R-12 系統工作於標準噸狀況下的進入壓力將為 $93.2 - 16.8 = 76.4$ psig。後者的壓力對應於一約 75 F 的飽和溫度，或者在凝結器 86 F 的飽和溫度下 11 F。此意指如果周圍溫度高於 75 F，上行管之上端將會發生蒸發現象。

一冷凍系統中，在高壓側不論任何理由若發生壓力損失時，必會減少了容量。其理由是第一液體到達蒸發器以前，液體可能蒸發一小部分，減少了可用的冷凍效果。第二是膨脹閥只有當通過其孔口的冷媒百分之百是液體時，所產生的壓力降才能使膨脹閥表現出最大的容量。如果通過孔口蒸氣對液體的比值升高時，膨脹閥的容量即減小。第三是跨膨脹閥孔口兩側的壓力差愈趨接近時，容量也會減小。

為抵銷或補償由於在上行管中的升舉，管路、管件，及分配頭內的摩擦所成之損失，可採用以下三種方式：

1. 減少凝結器之冷却水流量，以增加高壓壓力（缸頭壓力）。
2. 把液體超冷。
3. 採用較闊與貯液器在同一水平且靠近時所需膨脹閥較大一號的膨脹閥。

如果上述三種都不採用，則蒸發器在最大設計負荷需求下，液體冷媒將進給不足而發生乾涸情狀。然而，第一步——升起高壓壓力——會造成壓縮機較高的壓縮比而減小了系統的總容量。第二步趨使增加績效係數 cop ，但膨脹閥當成為全開時，並不能滿足全部相關於一固定孔口流動容量的壓力差定律。要獲得所需的蒸發器容量。應採用一較大的膨脹閥，例如，在減少壓力差下，仍能通過足夠的液體以提供所需的冷凍噸位。

各不同高度上行管中各普通冷媒的壓力降示於表 14 中，可資參考。

表內之值係由公式 $P_d = \frac{\text{高度} \times \text{密度}}{144}$ 所求得，或高

度 $\times$ 每呎壓力降所求得。

表 14 各通常冷媒液體上行管中的壓力降

高度, ft	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
R - 12	0.56	5.6	11.2	16.8	22.4	28.0	33.6	39.2	44.8	50.4	56.0
R - 21	0.51	5.1	10.2	15.3	20.4	25.5	30.6	35.7	40.8	45.9	51.0
阿摩尼亞	0.258	2.58	5.2	7.74	10.32	12.9	15.48	18.1	20.64	23.22	25.8
二氧化硫	0.51	5.1	10.2	15.3	20.4	25.5	30.6	35.7	40.8	45.9	51.0
氯甲烷	0.39	3.9	7.8	11.7	15.6	19.5	23.4	27.3	31.2	35.1	39.0
R - 22	0.73	7.3	14.6	21.9	29.2	36.5	43.8	51.1	58.4	65.7	73.0

第廿六節 由於管壁摩擦所致之壓力降

除了由於液體上行管中所導致的壓力損失之外，在管路及管件中由於液體之流過所發生的摩擦效應也應考量，這種摩擦行為也能形成壓力的降低，而成爲一種損失，它與數種因素有關，即：(1)黏度（流動度），(2)液體流速，(3)液體的比重，(4)管徑，(5)管內壁的粗糙度，(6)管路兩點間所測量的距離。

在一導管中，由於摩擦的損失可用考量狀況下流體的呎水頭或壓力降（psi）表示。在如下的液體公式中，包括了各有關的諸因素：

$$\text{任何導管：} \quad h_f = \frac{f L V^3}{4 m^2 g}$$

$$\text{圓管子：} \quad h_f = \frac{f L V^3}{D^2 g} \quad \text{〔帆寧 (Fanning) 公式〕}$$

上二式的差別在 m 對圓管中面積周緣比值的關係。第一式中的 m 因素爲水力半徑，係以管子面積被內周緣所除而得。是故

$$m = \frac{\pi d^2}{4 \pi d} \quad \text{及} \quad 4 m = \frac{\pi d^2}{\pi d} = d \quad \text{以 in 表之，或 } D \text{ 以 ft 表之}$$

的管子內徑。在第一式中若 $4 m$ 以 D 代之即成爲圓管子的公式。

若管內走氣體，公式成爲

$$h_p = \frac{f L V^3 p}{24 g d}$$

在以上諸公式中：

h_f = 由於摩擦所速成的水頭損失 ft 數。

f = 摩擦因數或摩擦係數。

L = 管路長度 ft，包括聚管件之等效長度。

V = 流體流速，fps。

D = 圓管之內徑，ft。

d = 圓管之內徑，in。

m = 水力半徑 = $\frac{\text{管子面積, ft}^2}{\text{潤濕周緣, ft}}$

g = 重力加速度，每秒每秒 32.2 ft (32.2 fps/sec)

h_p = 摩擦損失，psi。

p = 流動時溫度壓力下氣體之密度，lb/ft³。

上述諸因素可看出除摩擦係數 f 外，其他可知道或作安全的估計出來。 f 值視管內壁的粗糙程度及流動特性而定。

表 15 管子的粗糙參數

管 子	e, ft
管.....	0.00015
熟鐵管.....	0.00015
鑄鐵管，浸漬瀝青.....	0.0004
鍍鋅鐵管.....	0.0005
鑄鐵管.....	0.0004

$$\text{粗糙因數} = \frac{e}{D} = \frac{e, \text{如表上所示之 } ft}{\text{管內徑, } ft}$$

例：18 in. OD 的 40 號 管，粗糙因數為何？

$$ID = 1.4063 \text{ ft} \quad e = 0.00015 \text{ ft}$$

$$\frac{e}{D} = \frac{0.00015}{1.4063} = 0.000107$$

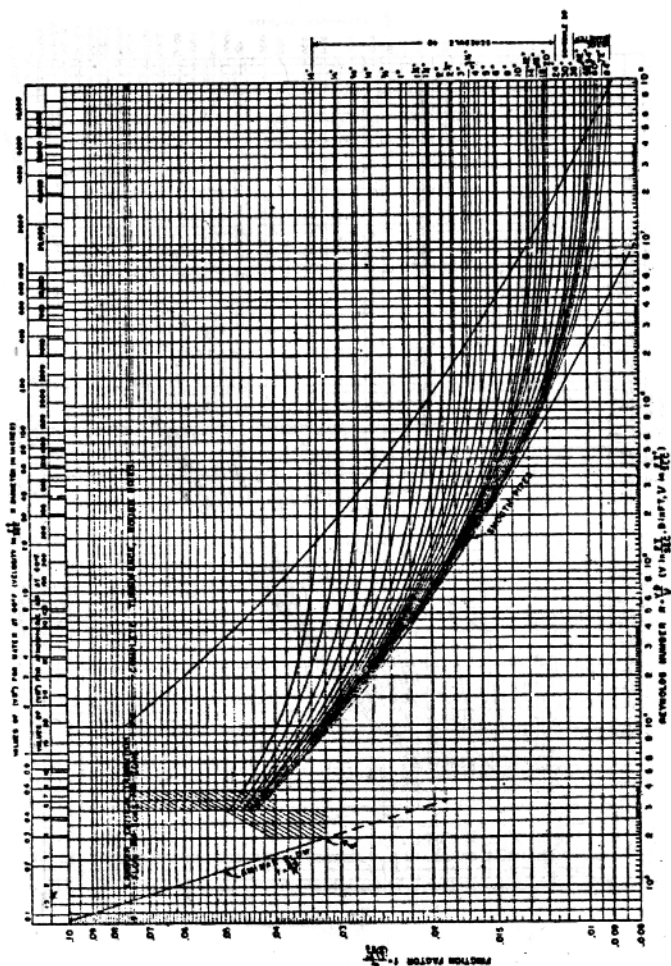


圖 9 鋼管或熟鐵管的粗糙因數

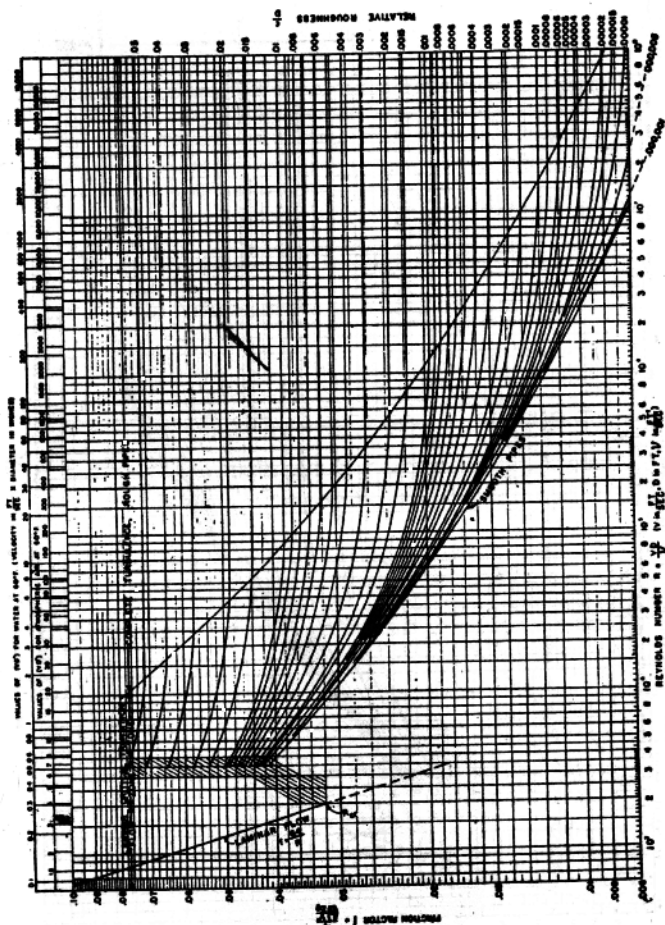


圖 10 任何種類和尺寸管子的摩擦因數

粗糙因數

任何導管的內部粗糙程度有關於製作時所用的材質。此意指任一指定的材質，粗糙度可設定為一常數並可稱為粗糙因數。結垢，老化，及管子的內部處理均影響到相對的粗糙度。在一導管中某些估算壓力降的方法需要對粗糙因數確定出一數值，但另有些只需依據個別材質所作出的曲綫圖查出就可以了，如拉製銅管，熱鐵管或鋼管等都是。顯然導管直徑的任何增加，任何指定材質的天然粗糙度將會減少摩擦的效應。因之，粗糙度對直徑比變成較之僅為粗糙度者更見重要。這種 $\frac{\text{粗糙參數}}{\text{直徑}}$ 的比值稱為導

管表面的相對粗糙度。一些曲綫圖係基於相對粗糙度值，其範圍自光滑管的 0.00001 到粗糙管的 0.05。

流動特性

任何流體通過一導管時之流動模式被其速度，黏度，導管尺吋，與內壁粗糙度所決定。流動方向的變更和限流孔口也影響流動的特性。基本上，有兩種型式的流體流動：即層流 (laminar flow) 和擾流 (turbulent flow)。在二者之間的區域稱為臨界流區和移轉區 (transition zone)。

層流又稱平行流，或綫性流，它設定這種流動是緊貼管壁的一圈層的水膜流速為零，然後一圈層一圈層的水膜愈向內流速愈大，一直到管中心點的最大流速為止。好似能伸縮的望遠鏡一般，每圈層的水膜流速不同，但方向一致，各圈層的混流現象不會發生。在層流中，液體在管路內流動的摩擦阻力主要來自緊鄰水膜間的水分子摩擦。這種流體摩擦的大小是各流體性質稱為黏度者的函數。

擾流如其名稱所指，為一種不意散的流動，其流動的模式是在方向上和相對流速上均不一致。你可想像擾流為一系列的渦流

，各分子的運動極不規則，完全不像層流那樣井然有序。結果，流動的摩擦阻力將甚大於層流者。

要決定擾流在摩擦上的影響，管徑的大小，流體速度，流體密度及黏度的相互關係必須建立在數據上。這種關係首先在 1883 年由累諾 (Osborne Reynolds) 加以用數字表示出來，得出一個無因次的值稱之為累諾數。累諾數對任何流體可由如下的一般公式求出。

$$R_n = \frac{D V_p}{\mu}$$

其中 R_n = 累諾數

D = 管徑 (ft)

V = 流體速度

P = 在流動狀況下之流體密度

μ = 絕對黏度

要求出累諾數，所有的資料單位要基於同一測量系統，如果 D 為 ft， V 應為 fps， P 應為 lb/ft³， μ 應為 lb/ft-sec。要求得 μ 的 lb/ft-sec 值，要把百分泊 (z) 值用 1488 來除，這是一個轉換黏度因數，係以公制 (公分-公克-秒) 系統轉成英制 (磅-呎-秒) 系統所採用者。1488 的倒數 1/1488 = 0.000672，所以累諾數公式又可寫成

$$R_n = \frac{D V P}{0.000672 z}$$

$$\text{或 } R_n = \frac{124 d V_p}{z}$$

其中 d = 直徑 in.

z = 黏度，百分泊

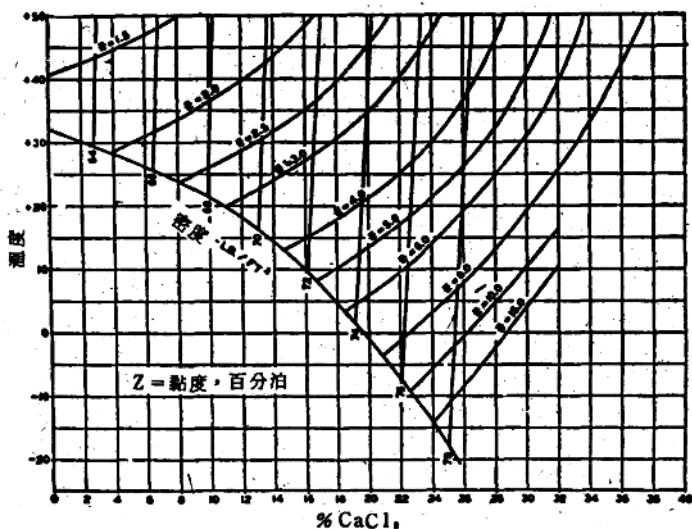


圖 11 氯化鈣溶液的黏度和密度

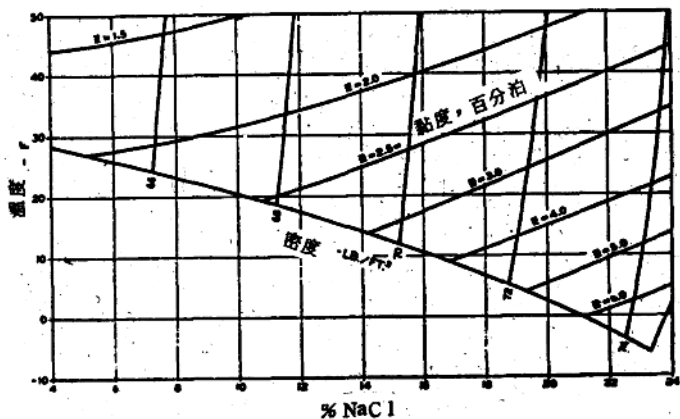


圖 12 氯化鈉溶液的黏度和密度

若流體量用 gpm 表示，則

$$R_s = \frac{d/12 \times (0.408 G/d^3 \times p.)}{0.000672 z}$$

$$R_s = \frac{50.7 G_p}{dz}$$

其中 $G = \text{gpm}$

累諾數可由很多公式表出，倘若使用正確的轉換因數和黏度測量值的話。轉換因數和黏度的關係在各種量的表示下可由如下的公式表示，各種量的單位亦如下示：

$$B = \text{bbl/hr}$$

$$G = \text{gpm}$$

$$w = \text{lb/hr}$$

$$c = \text{cfs}$$

$$C = \text{cfm}$$

$$D = \text{直徑, ft}$$

$$d = \text{直徑, in}$$

$$z = \text{百分泊 (centipoises)}$$

$$u = 0.000672 z$$

$$k = \text{百分史 (centistokes)}$$

$$V = \text{流速, fps}$$

$$p = \text{重量, lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned} R_s &= \frac{DV_p}{\mu} = \frac{124 dV_p}{z} = \frac{50.7 G_p}{dz} = \frac{35.5 B_p}{dz} \\ &= \frac{2214 B}{dk} = \frac{22735cp}{dz} = \frac{3162 G}{dk} = \frac{7742 dV}{k} \\ &= \frac{6.3 zw}{dz} = \frac{378.9 C_p}{dz} \end{aligned}$$