

化工算图集

(第一集)

流体流动及储存

苏	元	复	合	編
璩	定	一	校	
沈	济	川	閱	

上海科学技术出版社

化 工 算 图 集

(第 一 集)

流 体 流 动 及 储 存

苏	元	复	合
璩	定	一	編
沈	济	川	校 閱

上 海 科 学 技 术 出 版 社

C 43792

內 容 提 要

算圖的应用,可使繁复的計算变为十分簡捷,而不影响工程上需要的准确度,为現代工程設計中重要的工具。

本書系搜集散見于各处的化工算圖資料,經加訂正及整理,并逐圖添加說明及范例而成,共分三集出版。第一集: A. 流体流动及儲存; 第二集: B. 傳热, C. 燃料及燃燒; 第三集: D. 化工單元操作。

化 工 算 圖 集

(第一集)

流 体 流 动 及 儲 存

苏元复 璩定一 合編

沈济川 校閱

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

上海书刊出版业营业許可証出 093 号

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

上海大东集成联合印刷厂印刷

开本 787×1092 1/25 印張 8.6/25 插頁 9 字數 161,000

(原苏联科技版共印 3,800 冊 1964 年 7 月第 1 版)

1963 年 10 月新 1 版 1961 年 12 月第 3 次印刷

印數 4,501—6,500

統一書号: 13119 · 106

定 价: (十四) 1.40 元

序

可靠的數據和準確的計算，是化工技術最基本最重要的一環。化工技術人員，不論從事於基本建設的設計工作，或生產技術的研究工作，在完成他們的任務中，對搜查數據與進行演算，往往化去很多工夫；有時運用誤差試算，反覆核對，費時又將增加數倍。這無疑為本業技術人員業務上一個不輕的負擔。

有關的專家和工程師們，為了要節約這些的確可被節約的工夫，早就提供了“圖算”的先進方法。按照此種方法，一般可在幾分鐘內，就圖上讀得要推算的結果，簡捷準確，無出其右，為技術工作者所樂用。已作成的線算圖及網算圖，散見於歷年文獻中的為數很多，收集在工程手冊中的也不少，作為專冊印行的也有幾種。可惜文獻刊載的是零星散在，翻查不易，手冊和專冊收載的還覺得範圍略窄，不夠完整。而年來新的個別算圖又續有發表，如能與以往的材料，加以整理彙編，則大體可符合目前化工技術的需要。

蘇元復 璩定一兩教授，由於業務上的接觸和需要，收集了化工方面以及有關的算圖共約二百六十種。業餘加以整編，頃已告成，分刊三集：第一集為“流體流動及儲存之部”，第二集為“傳熱之部”與“燃料及燃燒之部”，第三集為“化工單元操作之部”。包涵之廣，為目前所僅有。全書編排，一面為圖，一面為註釋，按圖舉例說明，又節省了讀者查閱時最後的一些麻煩，編者為讀者設想之周，於此可見。

此書的刊印，對忙碌的化學工程師，設計人員，大學和專科的化工教師，以及高年級的同學們，一定會有大的幫助。編者今已勝利地完成了他們的工作，他們的希望——把他們所費的時間來節省無數人的時間——必然完全可以達到的。

A. 流體流動及儲存之部

第一章	流體的重度, 比重, 比容及黏滯度	1
第二章	流體輸送量, 管徑及速度間的相互關係	32
第三章	氣體在直管中流動時的摩擦損失	43
第四章	液體在直管中流動時的摩擦損失	59
第五章	流體流動中的局部阻力, 通過管排間隙的阻力, 及矩形通道的當量直徑	75
第六章	流體的排出速率	89
第七章	流體輸送	111
第八章	液體儲匿	127
第九章	管路輸送量的計算	137
第十章	管路的機械計算	153
第十一章	容器的機械計算	166
附 錄		

第一章

流體的重度, 比重, 比容及黏滯度

圖 號	圖 名	頁數
A-I-1	氣體的重度	2
A-I-2	飽和及過熱蒸汽的重度及比容	4
A-I-3	液體的重度	5
A-I-4	較重液體的重度	8
A-I-5	乙醇水溶液的重度	9
A-I-6	氯化鈣鹽水的比重	10
A-I-7	氣體的黏滯度	12
A-I-8	過熱蒸汽的黏滯度	14
A-I-9	液體的黏滯度	15
A-I-10	鹽類水溶液的相對黏滯度	18
A-I-11	氯化鈣鹽水的黏滯度	20
A-I-12	甘油水溶液的黏滯度	21
A-I-13	氫氧化鈉水溶液的黏滯度	22
A-I-14	乳酸水溶液及乳酸甲酯的黏滯度	23
A-I-15	壓力及溫度對流體黏滯度的影響	24
A-I-16	臨界溫度的估計	28
A-I-17	氣體對比溫度的計算	29
A-I-18	各種黏度計讀數與絕對黏滯度及運動黏滯度的關係	30

本章中通用符號的釋義

M = 分子量	下標 B = 正常沸點的
p = 壓力	下標 C = 臨界的
T = 絕對溫度, °K. 或 °R.	下標 e = 平衡情況的
γ = 流體的重度	下標 R = 對比的
η = 流體的黏滯度, [厘泊]	

第一章

流體的重度, 比重, 比容及黏滯度

圖 號	圖 名	頁數
A-I-1	氣體的重度	2
A-I-2	飽和及過熱蒸汽的重度及比容	4
A-I-3	液體的重度	5
A-I-4	較重液體的重度	8
A-I-5	乙醇水溶液的重度	9
A-I-6	氯化鈣鹽水的比重	10
A-I-7	氣體黏滯度	12
A-I-8	過熱蒸汽黏滯度	14
A-I-9	液體黏滯度	15
A-I-10	鹽類水溶液的相對黏滯度	18
A-I-11	氯化鈣鹽水黏滯度	20
A-I-12	甘油水溶液黏滯度	21
A-I-13	氫氧化鈉水溶液黏滯度	22
A-I-14	乳酸水溶液及乳酸甲酯黏滯度	23
A-I-15	壓力及溫度對流體黏滯度的影響	24
A-I-16	臨界溫度的估計	28
A-I-17	氣體對比溫度的計算	29
A-I-18	各種黏度計讀數與絕對黏滯度及運動黏滯度的關係	30

本章中通用符號的釋義

M = 分子量	下標 B = 正常沸點的
p = 壓力	下標 C = 臨界的
T = 絕對溫度, °K. 或 °R.	下標 e = 平衡情況的
γ = 流體的重度	下標 R = 對比的
η = 流體的黏滯度, [厘泊]	

圖 A-I-1 氣體的重度*

氣體的重度，隨溫度及壓力而變，倘氣體順從理想氣體定律，則其重度可以下式表示之：

$$\gamma = K \frac{Mp}{T} \quad (1)$$

式中 γ = 氣體的重度。

M = 分子量。

p = 氣體的壓力，絕對壓。

T = 氣體的絕對溫度。

K = 比例常數，隨其他各項所用的單位而定。

圖 A-I-1 即係式(1)的圖解。

例 在 300°C . 及 10 [大氣壓]時，甲烷的重度為多少？

解 先將壓力軸上的 10[大氣壓]點，與溫度軸上的 300°C . 點，用直線相連，可在導軸得一交點，再自此點畫一直線，使通過分子量軸上的 16，即可讀得重度軸上的交點為 0.21，所以甲烷的重度為 0.21 [磅/立方呎]。

圖 A-I-1 中，重度軸上有[仟克/立方米]及[磅/立方呎]兩種標尺，溫度軸上亦有 $^{\circ}\text{F}$. 及 $^{\circ}\text{C}$. 兩種標尺，可免去單位換算的麻煩。

圖 A-I-1 的用法提示：

$$p - t \rightarrow I$$

$$I - M \rightarrow \gamma$$

* Perry, "Chemical Engineers' Handbook," 第三版, 104 (1950). 以後徵引此書，簡稱 Perry.

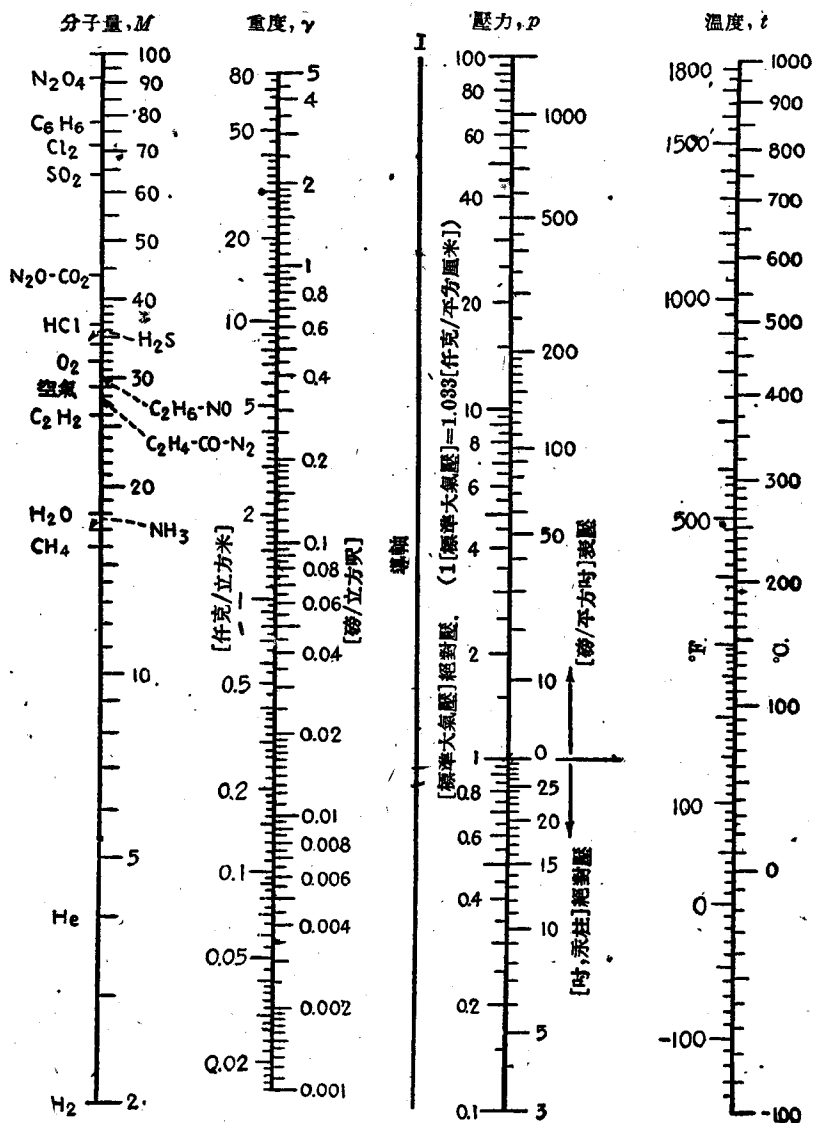
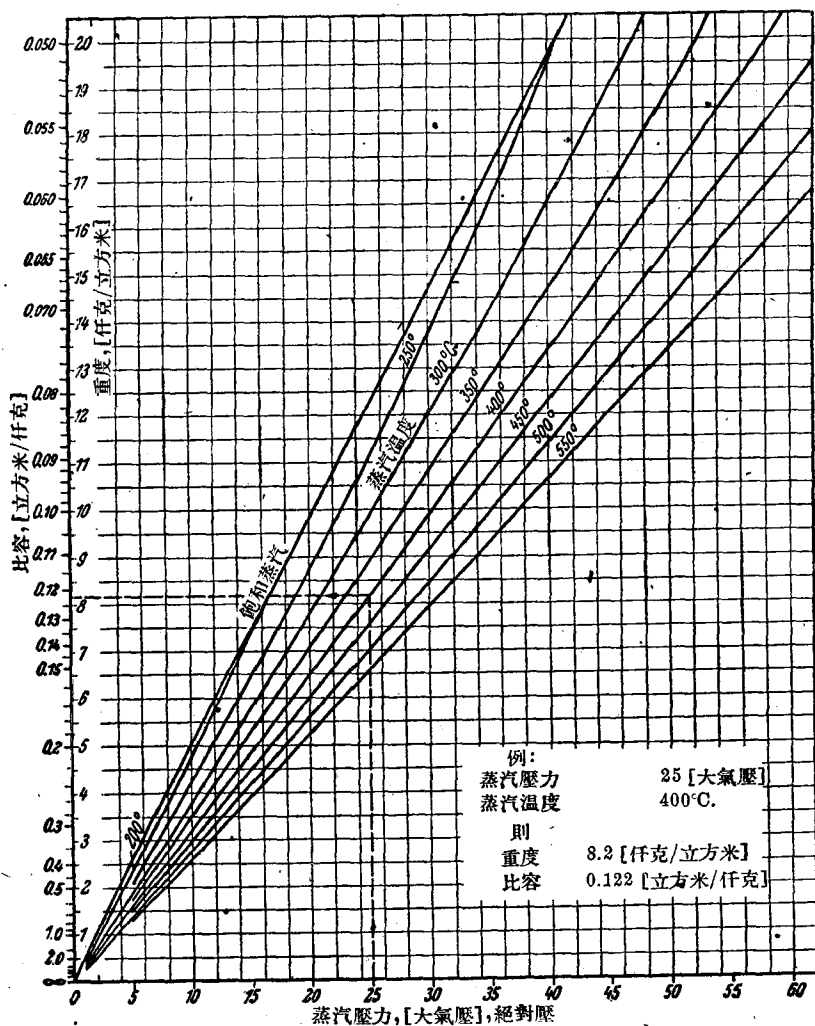
用法提示: $p \rightarrow t \rightarrow I$ $I \rightarrow M \rightarrow \gamma$

圖 A-I-1 氣體的重度

圖 A-I-2 飽和及過熱蒸汽的重量及比容*

本圖示飽和及過熱蒸汽在不同溫度及壓力下的重量及比容，係根據蒸汽表中的數據而作，使用此圖可免去內插外推的麻煩。



橫軸上的 1 [大氣壓] = 1 [千克/平方厘米] = 0.967 [標準大氣壓]

圖 A-I-2 飽和及過熱蒸汽的重量及比容

* 河東準, “熱工學計算圖表,” 圖 9 (東京八雲書店版)。

圖 A-I-3 液體的重度*

圖 A-I-3 示溫度對 65 種液體化合物重度的影響, 各種化合物在圖中的座標地位(即 X 及 Y 值), 可在表 A-I-3 中查得。

表中所未列之化合物, 祇要有二個以上的重度實驗數據, 即可確定其在圖 A-I-3 中的座標地位。

例 1 正戊烷在 18°C . 時的重度為多少?

解 由表 A-I-3 知正戊烷在圖 A-I-3 中的座標地位為 $X=12.6$, $Y=22.6$, 即以此點與右邊溫度軸上的 18°C . 用直線相連, 並延長至重度軸, 即可讀得正戊烷在 18°C . 時的重度為 0.63 [克/毫升], 或 5.24 [磅/加侖]。

例 2 氰化氫在 0°C . 及 25°C . 的重度各為 0.717 及 0.686 [克/毫升], 試求其在 18°C . 時的重度。

解 表 A-I-3 並未將氰化氫列入, 故須先由實驗數據, 確定氰化氫在圖 A-I-3 中的座標。法以溫度為 0°C . 及重度為 0.717 [克/毫升] 二點, 連一直線; 再以 25°C . 及 0.686 [克/毫升] 二點, 連一直線, 求得二直線的交點座標為: $X=24.5$, $Y=33.0$ 。再以此點與溫度為 18°C . 的一點, 用直線相連, 並延長至重度軸, 讀得氰化氫在 18°C . 時的重度為 0.695 [克/毫升]。

*Othmer, Josefowitz & Schmutzler, *Ind. Eng. Chem.*, 40, 883 (1948).

表 A-I-3 圖 A-I-3 中的 X 及 Y 值

號數	化合物名稱	X	Y	號數	化合物名稱	X	Y
1	乙炔	20.8	10.1	34	甲硫醚	31.9	57.4
2	乙烷	10.8	4.4	35	甲醚	27.2	30.1
3	乙烯	17.0	3.5	36	甲酸甲酯	46.4	74.6
4	乙醇	24.2	48.6	37	甲酸乙酯	37.6	68.4
5	乙醚	22.6	35.8	38	甲酸丙酯	33.8	66.7
6	乙丙醚	20.0	37.0	39	丙烷	14.2	12.2
7	乙硫醇	32.0	55.5	40	丙酮	26.1	47.8
8	乙硫醚	25.7	55.3	41	丙醇	23.8	50.8
9	二乙胺	17.8	33.5	42	丙酸	35.0	83.5
10	二氧化碳	78.6	45.4	43	丙酸甲酯	36.5	68.3
11	丁烷, 異	13.7	16.5	44	丙酸乙酯	32.1	63.9
12	丁酸	31.3	78.7	45	戊烷	12.6	22.6
13	丁酸甲酯	31.5	65.5	46	戊烷, 異	13.5	22.5
14	丁酸, 異	31.5	75.9	47	戊醇, 異	20.5	52.0
15	丁酸(異)甲酯	33.0	64.1	48	辛烷	12.7	32.5
16	十一烷	14.4	39.2	49	庚烷	12.6	29.8
17	十二烷	14.3	41.4	50	苯	32.7	63.0
18	十三烷	15.3	42.4	51	苯酚	35.7	103.8
19	十四烷	15.8	43.3	52	苯胺	33.5	92.5
20	十五烷	15.8	44.2	53	氯苯	41.9	86.7
21	十六烷	15.8	45.0	54	癸烷	16.0	38.2
22	十七烷	15.6	45.7	55	銀	22.4	24.6
23	十八烷	16.2	46.5	56	氯乙烷	42.7	62.4
24	十九烷	14.9	47.0	57	氯甲烷	52.3	62.9
25	二十烷	14.8	47.5	58	氯苯	41.7	105.0
26	三乙胺	17.9	37.0	59	氯丙烷	20.1	44.6
27	三氯化磷	28.0	22.1	60	氯甲烷	21.8	44.9
28	己烷	13.5	27.0	61	環己烷	19.6	44.0
29	壬烷	16.2	36.5	62	醋酸	40.6	93.5
30	六氯吡啶	27.5	60.0	63	醋酸甲酯	40.1	70.3
31	甲乙醚	25.0	34.4	64	醋酸乙酯	35.0	65.0
32	甲醇	25.8	49.1	65	醋酸丙酯	33.0	65.5
33	甲硫醇	37.3	59.5				

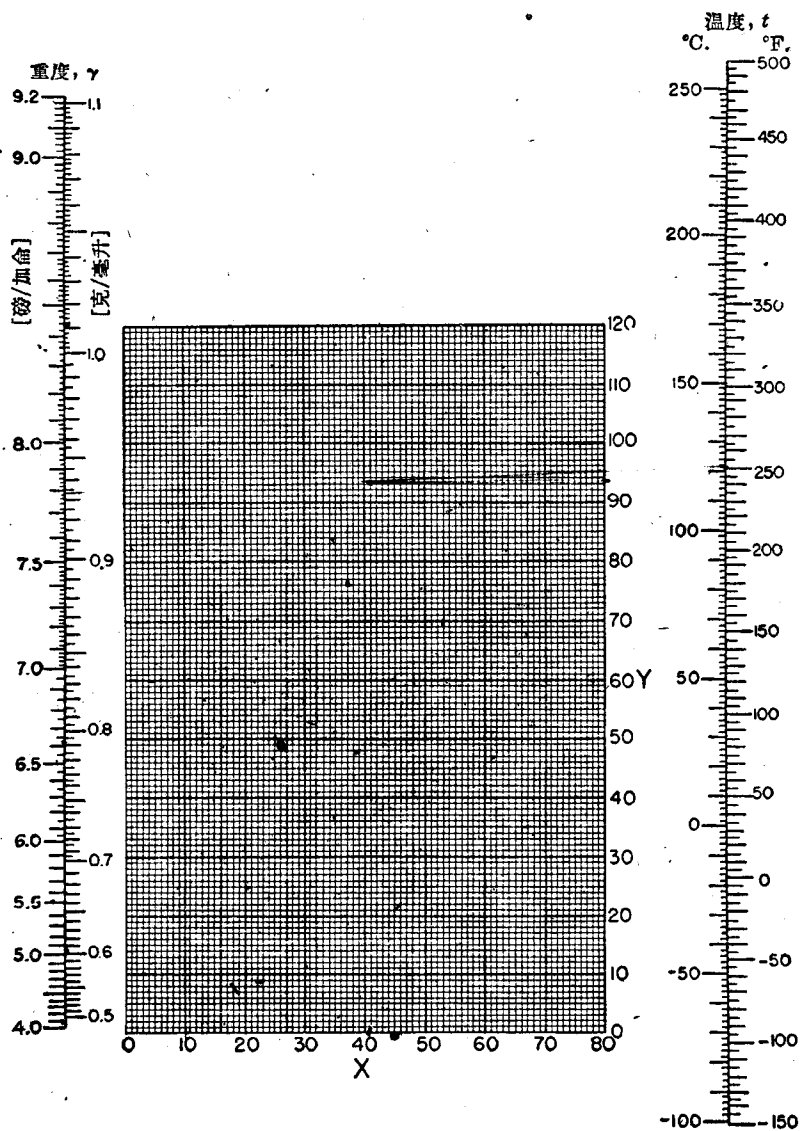


圖 A-I-3 液體的重度

圖 A-I-4 較重液體的重度*

圖 A-I-4 示七種較重液體的重度,如將溫度軸上一點,與代表某化合物的一點相連,並延長至重度軸,即可讀得某化合物在該溫度時的重度。本圖所得結果,如溫度不太接近臨界溫度時,尚稱準確。

例如液體二氧化硫在 0°C . 時的重度為 1.43 [克/毫升] (即 [仟克/升]) 或 11.95 [磅/加侖]。

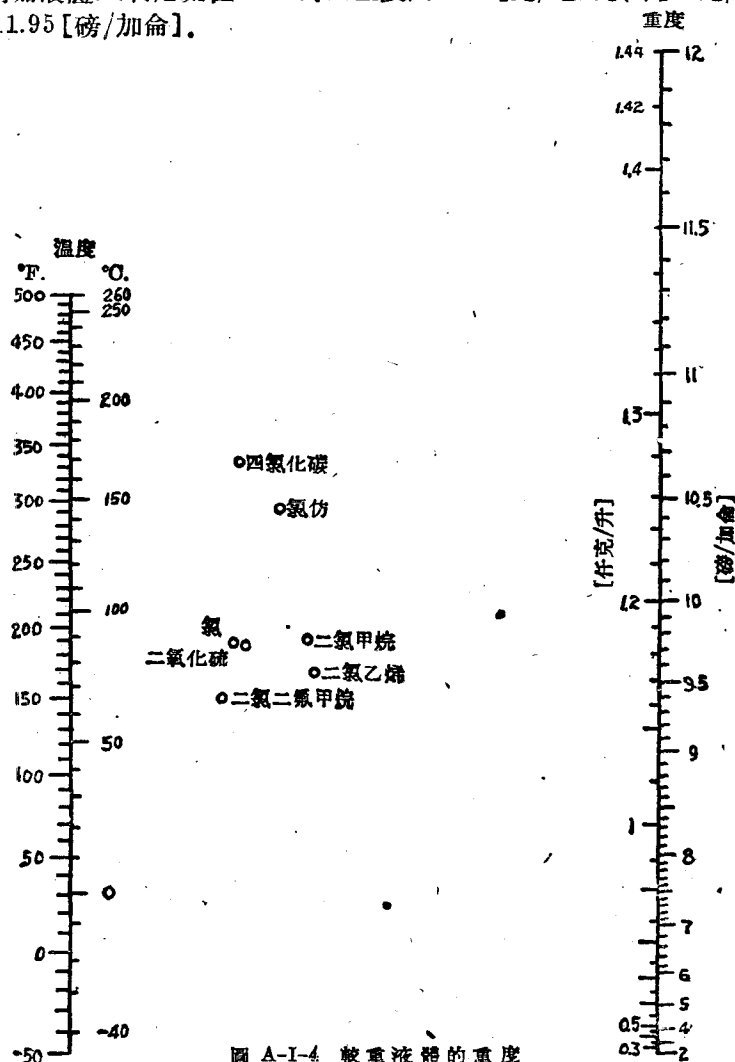


圖 A-I-4 較重液體的重度

* Clarke, "Manual for Process Engineering Calculations," 39 (1947). 以後徵引此書,簡稱 Clarke.

圖 A-I-5 乙醇水溶液的重度*

圖 A-I-5 示乙醇與水的混合物在不同溫度時的重度。

例 在 28°C. 時含 80 [重量%] 的酒精的重度為 0.836 [克/毫升] (即 [仟克/升]) 或 6.98 [磅/加侖]。

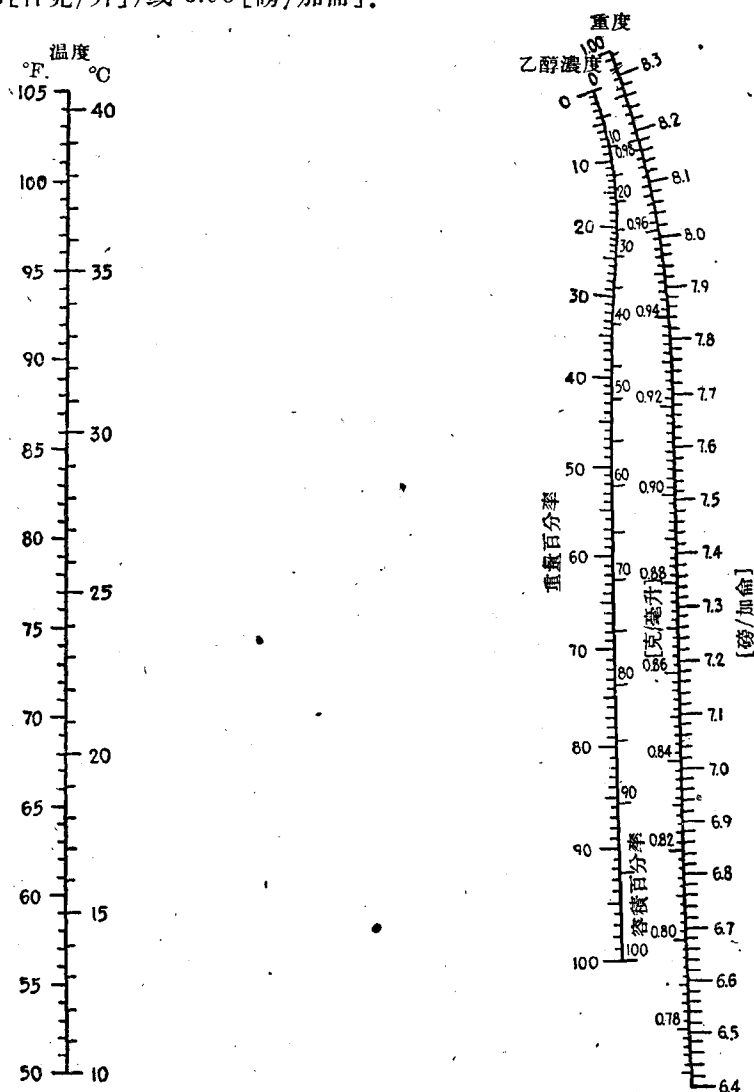


圖 A-I-5 乙醇水溶液的重度

圖 A-I-6 氯化鈣鹽水的比重*

氯化鈣鹽水，廣用於致冷工作中，因其冰點甚低，腐蝕性不強，與氨接觸亦無變化，且其比熱較大，溶液用量較少。

氯化鈣鹽水的濃度，普通以比重計量之。圖 A-I-6-a 及圖 A-I-6-b 示氯化鈣鹽水比重，濃度及溫度三者之間的關係。圖 A-I-6-a 應用於低濃度(6-20%)，圖 A-I-6-b 應用於高濃度(20-34%)。

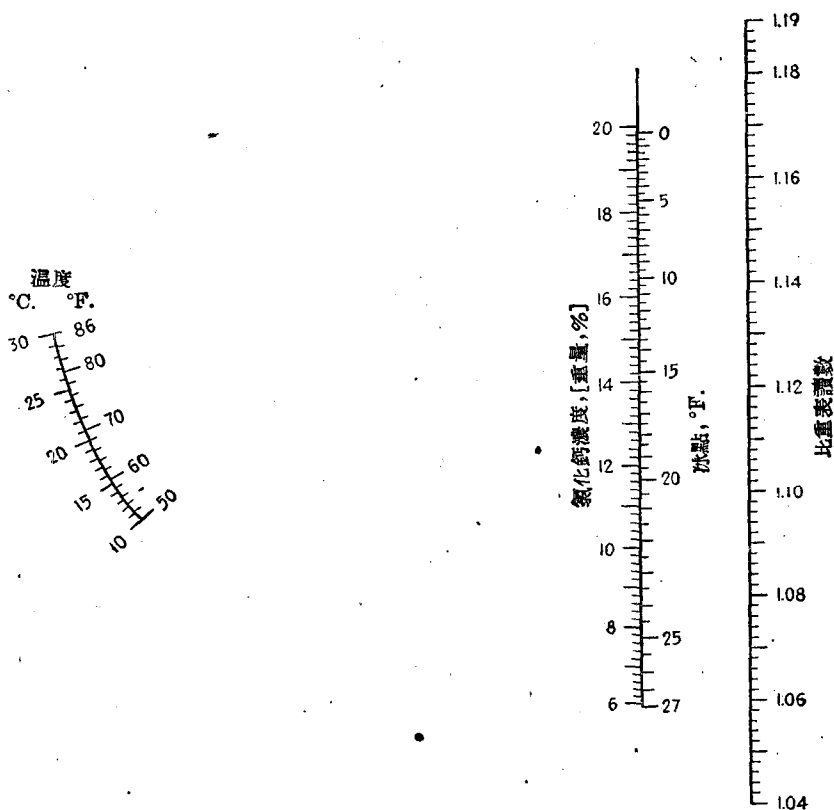


圖 A-I-6-a 氯化鈣鹽水的比重與溫度的關係(濃度: 6-20%)

* Davis, *Ind. Eng. Chem.*, 34, 1393 (1942).

例 1 在 22°C . 時, 某工業用氯化鈣鹽水的比重計讀數為 1.130, 試求其濃度及冰點.

解 用圖 A-I-6-a, 連接溫度軸上的 22, 及比重軸上的 1.130, 即可讀得氯化鈣鹽水的濃度為 14.8%, 冰點為 13.9°F .

例 2 在 17°C . 時, 某致冷用氯化鈣鹽水的比重計讀數為 1.248, 試求其濃度及冰點:

解 用圖 A-I-6-b, 連接溫度軸上的 17, 及比重軸上的 1.248, 即可讀得氯化鈣鹽水的濃度為 26.0%, 冰點為 -25.8°F .

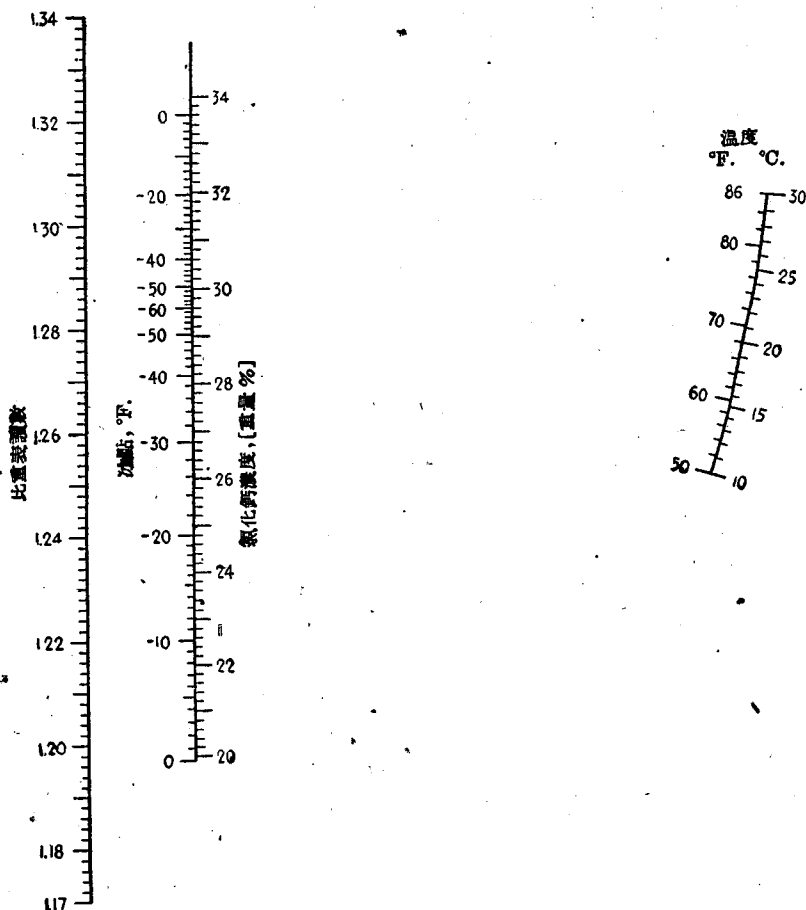


圖 A-I-6-b 氯化鈣鹽水的比重與溫度的關係(濃度: 20-34%)