

科學圖書大庫

工程設計速算圖

編譯者 曾錦池

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

工程設計速算圖

編譯者 曾錦池

徐氏基金會出版

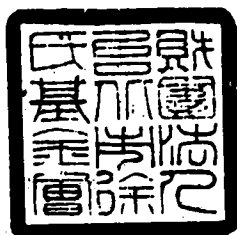
徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信

發行人 陳俊安

科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國七十二年四月一日初版

工程設計速算圖

基本定價 3.20

編譯者 曾錦池 中國鋼鐵公司工程師

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。 謝謝惠顧

局版臺業字第1810號

出版者 財團法人 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱 13-306 號

發行者 財團法人 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥帳戶第 15795 號

承印者 大原彩色印製有限公司 台北市武成街三五巷九號

9221763
9271575
電話 9271576
9486842

電話 3017427

序

工程人員從事各項設計規劃工作，免不了要做各種計算，而通常對此類計算結果的要求並不需要十分準確，速算圖（Nomographs）正好能迅速滿足您這種要求，只要利用一根直尺將已知數據連結起來，立可讀取答案，不但免除繁雜的計算，同時可以從此圖明白看出各要素間的相互關係，允稱便捷而又系統化。

本書不談速算圖之製作方法，僅將常用之現成速算圖收集兩百餘篇，詳解其所根據之計算式與使用方法，俾方便讀者使用。全書計分十一章，內容涵蓋設計基本計算、設備大小選擇、施工時間、材料消耗、經濟分析等方面，而以機械與化工佔大宗。

本書輯譯前後約半載有餘，取材自十餘種外國書籍與雜誌。感謝內人趙運秀全心照顧家庭，使我能集中精神短期內完成這本書。

曾 錦 池

識於西元一九八二年一月一日

目 錄

第一章	物性變化	1
第二章	熱傳與換熱器	25
第三章	液流與管路	63
第四章	固體之流體化	113
第五章	空氣調節	121
第六章	塔槽與容器	137
第七章	力學分析	205
第八章	動力傳送	233
第九章	熔 接	277
第十章	加工製造	291
第十一章	工程經濟	313

第一章 物性變化

常用液體之表面張力·····	2
稀釋溶液中之擴散係數·····	3
氣體與液體之比熱·····	4
絕緣材料之導熱度·····	6
液體之導熱度·····	7
液體之黏度·····	8
混拌物之黏度·····	10
泥漿之黏度·····	11
臨界條件下之蒸氣黏度·····	12
隨溫度與壓力變化之氣體黏度·····	13
各種黏度之換算·····	15
輕質及重質精純液體之比重·····	17
理想氣體定律·····	19
通用壓縮因數·····	20
氣體壓縮後之溫度·····	21
空氣之絕對膨脹·····	22
估算空氣之體積或密度·····	23
臨界體積與等張比容之估算·····	24

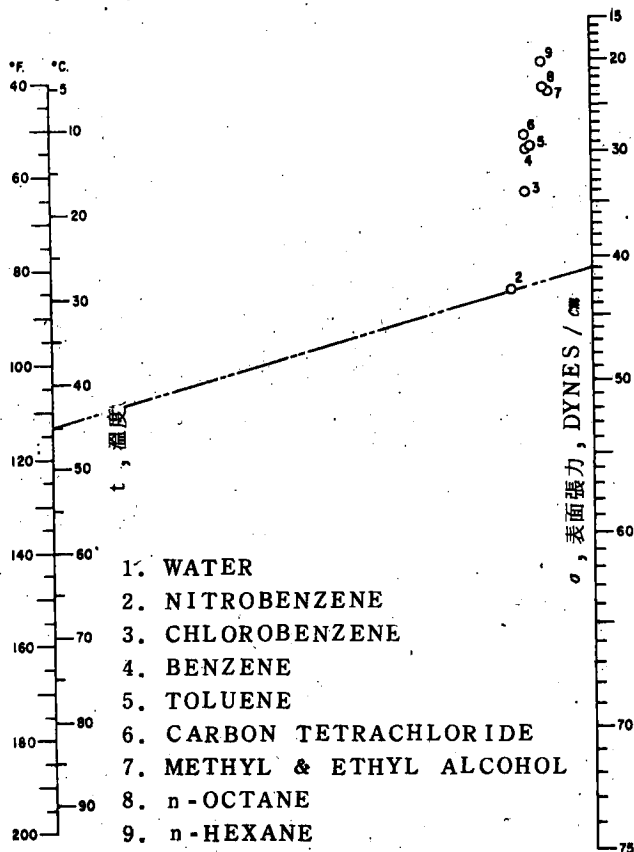
常用液體之表面張力

例題：

已知 $t = 55^{\circ}\text{C}$ ，則硝基苯 (nitrobenzene) 之表面張力為多少？將 $t = 55^{\circ}\text{C}$ 與圖中之 2 號圓圈連線，即可在右側標線讀取 $\sigma = 41$ dynes / cm。

基礎公式：

$$\log (100 - \sigma) = a / (bt)$$

其中 σ = 表面張力，dynes / cm t = 溫度， $^{\circ}\text{F}$ a, b = 各液體特有的常數

稀釋溶液中之擴散係數

例題：

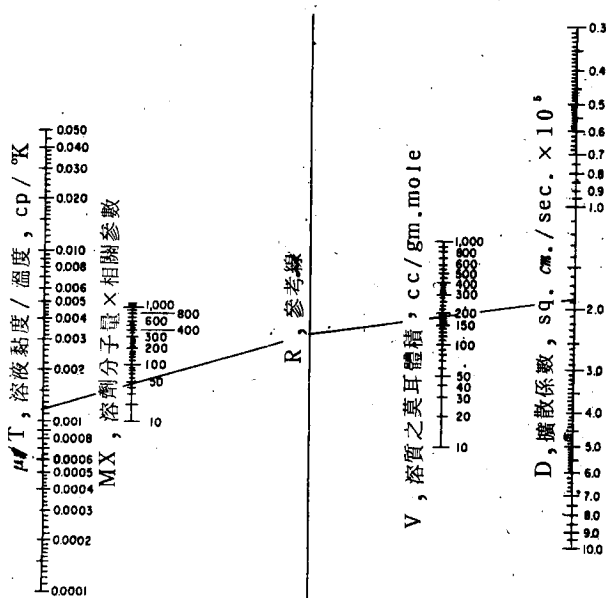
設極端稀釋之 $\text{CoH}_{14}\text{O}_6$ 溶液為 70°C ，稀釋溶液之黏度與水相同，試估算其擴散力。

水在 70°C 時 $\mu_w = 0.4061$ centipoise； $\mu / T = 0.4061 / (70 + 273) = 0.001185$ ，其質量容積 $V = 185$ ， $\text{XM} = 2.6 \times 18 = 46.8$ 。將圖中 $\mu / T = 0.001185$ 與 $\text{XM} = 46.8$ 兩點連線交於 R 線，此點與 $V = 185$ 連線，讀取 $D = 1.86 \times 10^{-5}$ 。

$$\text{基礎公式：} \quad D = \frac{7.4 \times 10^{-8} (\text{XM})^{0.5} T}{\mu \cdot V^{0.6}}$$

以下列各種溶劑之 X 參數值如表。

溶劑	參數 X
Benzene	1.0
Ethanol	1.5
Ether	1.0
Heptane	1.0
Methanol	1.9
Water	2.6
Unassociated Solvents	1.0



氣體與液體之比熱

說明：

圖 1 為氣體在一大氣壓時之比熱，所本之公式為 $\log C_p = at + b$ 圖 2 為液體比熱，基本公式為 $C_p = at + b$

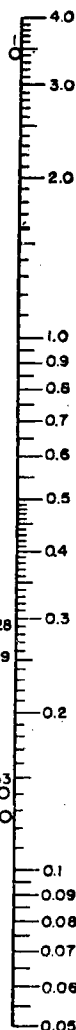
a 與 b 為依各不同化合物而定的常數，用圖時將溫度標線與代表化合物之圓圈連線，而於右側標線讀取答案。

$$C = \text{比熱} = \text{B.t.u.} / (\text{lb.})(\text{deg. F.}) = \text{P.c.u.} / (\text{lb.})(\text{deg. C.})$$

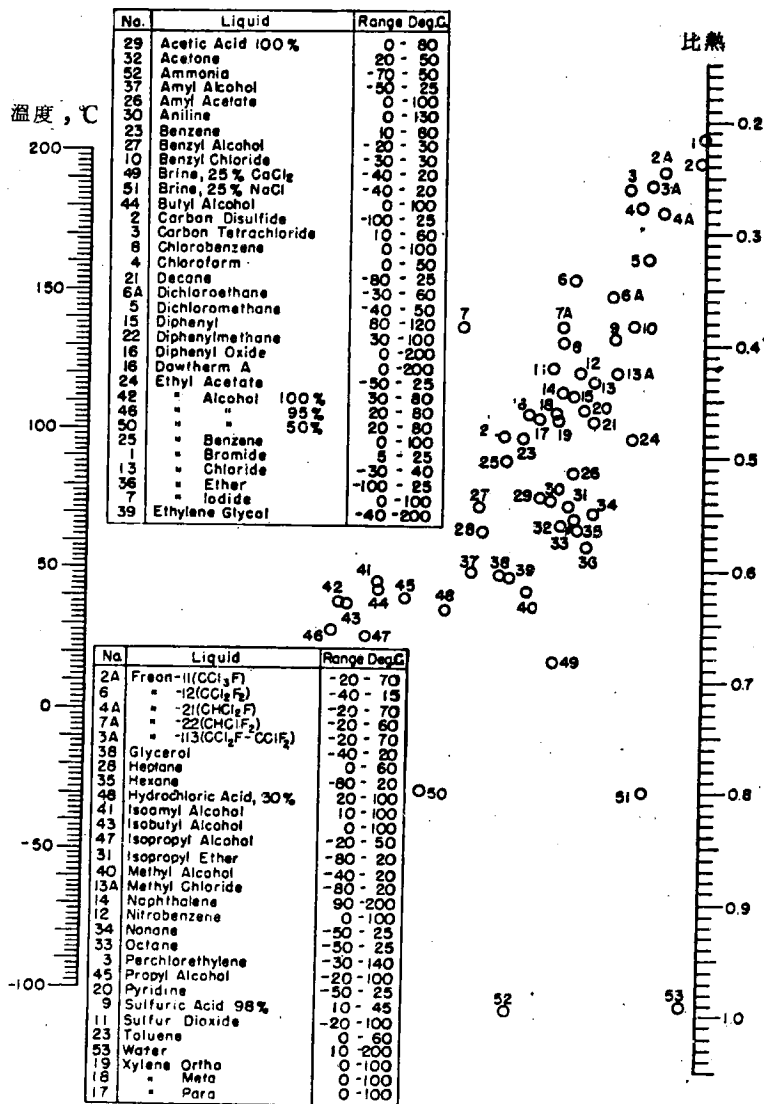
溫度，℃



No.	Gas	Range-DegC
10	Acetylene	0 - 200
15	"	200 - 400
16	"	400 - 1400
27	Air	0 - 1400
12	Ammonia	0 - 600
14	"	600 - 1400
18	Carbon Dioxide	0 - 400
24	"	400 - 1400
26	Carbon Monoxide	0 - 1400
32	Chlorine	0 - 200
34	"	200 - 1400
3	Ethane	0 - 200
9	"	200 - 600
8	"	600 - 1400
4	Ethylene	0 - 200
11	"	200 - 600
13	"	600 - 1400
17B	Freon-11 (CCl ₃ F)	0 - 150
17C	" -21 (CHCl ₂ F)	0 - 150
17A	" -22 (CHClF ₂)	0 - 150
17D	" -113 (CF ₃ -CClF ₂)	0 - 150
1	Hydrogen	0 - 600
2	"	600 - 1400
35	Hydrogen Bromide	0 - 1400
30	" Chloride	0 - 1400
20	" Fluoride	0 - 1400
36	" Iodide	0 - 1400
19	" Sulfide	0 - 700
21	"	700 - 1400
5	Methane	0 - 300
6	"	300 - 700
7	"	700 - 1400
25	Nitric Oxide	0 - 700
28	"	700 - 1400
26	Nitrogen	0 - 1400
23	Oxygen	0 - 500
29	"	500 - 1400
33	Sulfur	300 - 1400
22	Sulfur Dioxide	0 - 400
31	"	400 - 1400
17	Water	0 - 1400



$$\text{比熱} = \text{P.c.u.} / (\text{lb.}) (\text{deg. C.}) = \text{B.t.u.} / (\text{lb.}) (\text{deg. F.})$$



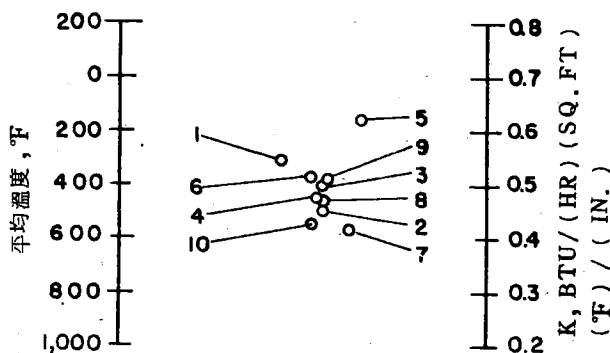
絕緣材料之導熱度

例題：

求礦物綿在 800°F 時之導熱度時，將此值與 2 號圓圈連線，即可讀取 $K = 0.57 \text{ Btu} / (\text{hr}) (\text{ft}^2) (^\circ\text{F} / \text{in-THK})$ 。

以下列出各種絕緣材料之適用溫度範圍。

絕 緣 材 料	溫度極限, °F
天然軟木	-300 ~ 200
礦物綿	-300 ~ 1800
玻璃纖維	-120 ~ 400
多孔玻璃	-450 ~ 800
疊片石棉紙	100 ~ 700
纖維石棉	100 ~ 1200
85% 苦土	100 ~ 600
水合矽酸鈣與石棉	100 ~ 1800
矽藻土與石棉纖維	100 ~ 1600
煅燒矽藻土，石棉，及結合劑	100 ~ 1800



- | | |
|--------------------|-----------------|
| 1. 多孔玻璃 | 6. 高溫水合矽酸鈣與石棉纖維 |
| 2. 磁物綿 300-600 F | 7. 天然軟木 |
| 3. 水合矽酸鈣與石棉纖維—A 廠牌 | 8. 85% 苦土 |
| 4. 水合矽酸鈣與石棉纖維—B 廠牌 | 9. 石棉海綿 |
| 5. 煅燒矽藻土，石棉及結合劑 | 10. 玻璃纖維 |

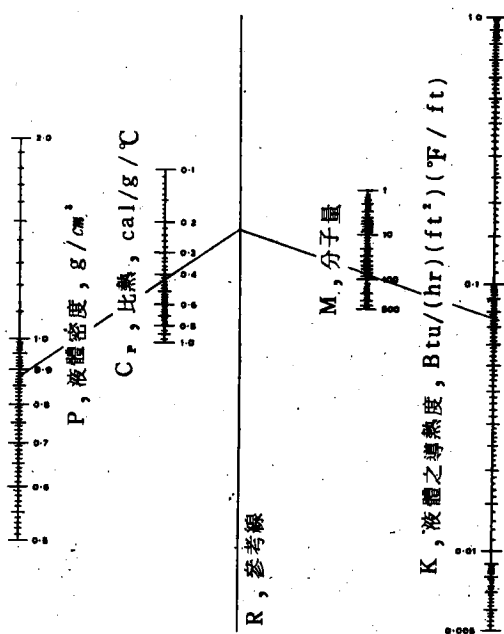
液體之導熱度

例題：

求苯在 50 °C 時之導熱度時，先查出在該溫度下 $C_p = 0.435 \text{ cal / (g) (}^\circ\text{C)}$ ， $\rho = 0.879 \text{ g / cm}^3$ ，苯分子量為 78，將 ρ 值與 C_p 值連線交於 R，此點與 $M = 78$ 連線，讀取 $K = 0.076 \text{ Btu / (hr) (ft}^2\text{) (}^\circ\text{F / ft)}$ 。

基礎公式：

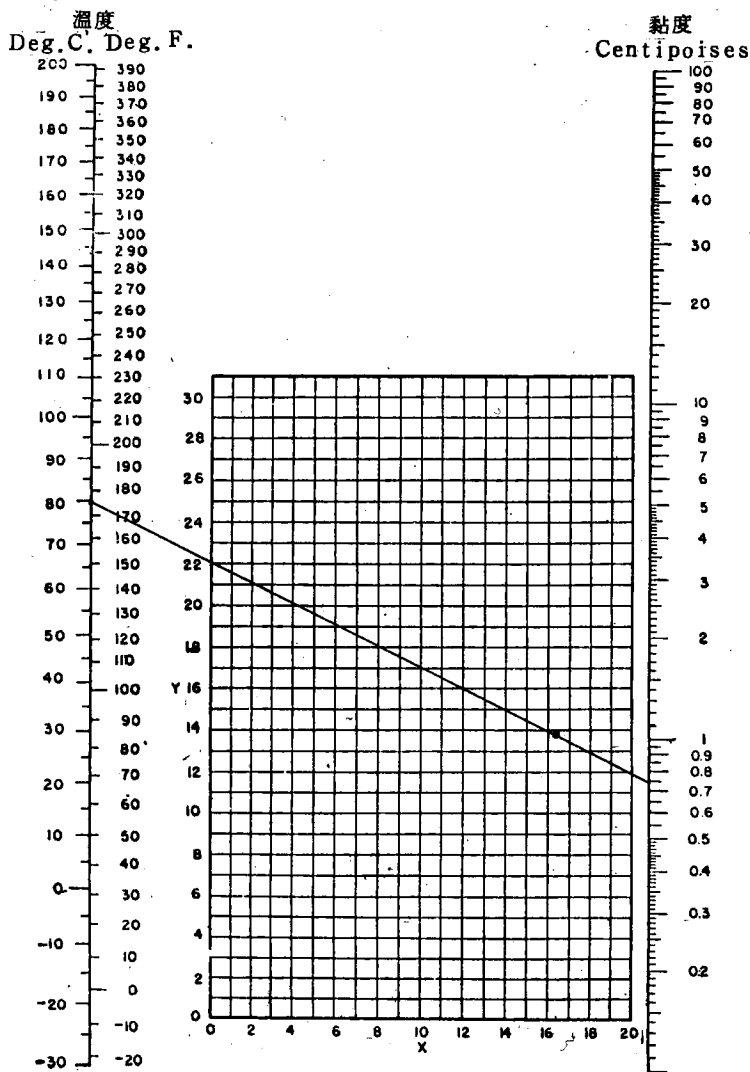
$$K = \frac{0.8684 C_p \rho^{1.333}}{M^{0.333}}$$

其中 C_p = 液體之熱容量， $\text{cal / (g) (}^\circ\text{C)}$ M = 分子量 ρ = 密度， g / cm^3 K = 導熱度， $\text{Btu / (hr) (ft}^2\text{) (}^\circ\text{F / ft)}$ 

液體之黏度

說明：

使用此圖前，先從表中查出座標X與Y之值，點繪在圖中方眼箋上，此點與溫度連線，即可讀取其黏度。例如鈉在 80℃ 之黏度為 0.74 centipoise。



液體黏度之座標值

Liquid	X	Y	Liquid	X	Y
Acealdehyde	15.2	14.8	Freon-113	12.5	11.4
Acetic acid, 100 %	12.1	14.2	Glycerol, 100 %	2.0	30.0
Acetic acid, 70 %	9.5	17.0	Glycerol, 50 %	6.9	19.6
Acetic anhydride	12.7	12.8	Heptane	14.1	8.4
Acetone, 100 %	14.5	7.3	Hexane	14.7	7.0
Acetone, 35 %	7.9	15.0	Hydrochloric acid, 31.5 %	13.0	6.6
Acetonitrile	14.4	7.4	Iodobenzene	12.8	13.9
Acrylic acid	12.3	13.9	Isobutyl alcohol	7.1	18.0
Allyl alcohol	10.2	14.3	Isobutyric acid	12.2	14.4
Allyl bromide	14.4	9.6	Isopropyl alcohol	8.2	16.0
Allyl iodide	14.0	11.7	Isopropyl bromide	14.1	9.2
Ammonia, 100 %	12.6	2.0	Isopropyl chloride	13.9	7.1
Ammonia, 26 %	10.1	13.9	Isopropyl iodide	13.7	11.2
Amyl acetate	11.8	12.5	Kerosene	10.2	16.9
Amyl alcohol	7.5	18.4	Linseed oil, raw	7.5	27.2
Aniline	8.1	16.7	Mercury	18.4	16.4
Arsenic trichloride	12.3	13.5	Methanol, 100 %	12.4	10.3
Benzene	13.9	14.5	Methanol, 90 %	12.3	11.8
Brine, CaCl ₂ , 25 %	12.5	10.9	Methanol, 40 %	7.8	15.5
Brine, NaCl, 25 %	6.6	15.9	Methyl acetate	14.2	6.2
Bromine	10.2	16.6	Methyl acrylate	13.0	9.5
Bromotoluene	14.2	13.2	Methyl butyrate	12.3	9.7
Butyl acetate	20.0	15.9	Methyl n-butyrate	13.2	19.3
Butyl acrylate	12.3	11.0	Methyl chloride	15.0	3.8
Butyl alcohol	11.5	12.6	Methyl ethyl ketone	13.9	6.6
Butyl bromide	8.6	17.2	Methyl formate	14.2	7.5
Butyric acid	12.1	0.5	Methyl iodide	14.3	9.3
Carbon dioxide	11.6	1.3	Methyl propionate	13.5	9.0
Carbon disulfide	16.1	7.5	Methyl propyl ketone	14.3	9.5
Carbon tetrachloride	12.1	13.1	Methyl sulfide	13.5	6.4
Chlorobenzene	12.3	12.4	Naphthalene	7.9	18.1
Chloroform	14.4	10.2	Nitric acid, 95 %	12.8	13.8
Chlorosulfonic acid	14.1	12.1	Nitric acid, 50 %	10.8	17.0
Chlorotoluene, ortho	13.0	13.3	Nitrobenzene	10.6	16.3
Chlorotoluene, meta	13.3	12.5	Nitrogen dioxide	12.9	8.6
Chlorotoluene, para	13.3	12.5	Nitrotoluene	11.0	17.0
Cresol, meta	2.5	20.8	Octane	13.7	10.0
Cyclohexanol	2.9	24.3	Octyl alcohol	6.6	21.1
Cyclohexane	9.8	12.9	Pentachloroethane	10.9	17.3
Dibromomethane	12.7	15.8	Pentane	14.9	5.2
Dichloromethane	12.2	12.2	Phenol	6.9	20.8
Dichloroethane	14.6	8.9	Phenyl bromide	13.8	16.7
Diethyl ketone	15.9	9.2	Phosphorus trichloride	16.2	10.9
Diethyl oxalate	11.0	16.4	Propionic acid	12.8	13.8
Diethylene glycol	5.0	24.7	Propyl acetate	13.1	10.3
Diphenyl	12.0	18.3	Propyl alcohol	9.1	16.5
Dipropyl ether	13.2	8.6	Propyl bromide	14.5	9.6
Dipropyl oxalate	10.3	17.7	Propyl chloride	14.4	7.5
Ethyl acetate	13.7	9.1	Propyl formate	13.1	9.7
Ethyl acrylate	12.7	10.4	Propyl iodide	14.1	11.6
Ethyl bromide	10.5	13.8	Sodium	16.4	13.9
Ethyl alcohol, 100 %	9.8	14.3	Sodium hydrosulfide, 50 %	3.2	25.8
Ethyl alcohol, 95 %	6.5	16.6	Stannic chloride	15.5	12.8
Ethyl alcohol, 40 %	13.2	11.5	Succinonitrile	10.1	20.8
Ethyl benzene	14.5	8.1	Sulfur dioxide	15.2	7.1
Ethyl bromide	11.2	14.0	Sulfuric acid, 110 %	7.2	27.4
2-Ethyl butyl acrylate	14.8	6.0	Sulfuric acid, 100 %	8.0	25.1
Ethyl chloride	14.5	5.3	Sulfuric acid, 98 %	7.0	24.8
Ethyl ether	14.2	8.4	Sulfuric acid, 60 %	10.2	21.3
Ethyl formate	9.0	15.0	Sulfuric acid, 40 %	13.2	12.4
2-Ethyl hexyl acrylate	14.7	10.3	Sulfuryl chloride	11.9	15.7
Ethyl iodide	13.2	9.9	Tetrachloroethane	13.2	11.0
Ethyl propionate	14.0	7.0	Thiophene	14.4	12.3
Ethyl propyl ether	13.8	8.9	Titanium tetrachloride	14.7	10.4
Ethylene bromide	11.9	15.7	Toluene	14.8	10.5
Ethylene chloride	12.7	12.2	Trichloroethylene	4.7	24.8
Ethylene glycol	6.0	23.6	Triethylamine	11.5	14.9
Fluorobenzene	14.1	8.7	Turpentine	14.0	6.8
Formic acid	13.7	10.4	Vinyl acetate	13.4	12.0
Freon-11	10.7	15.8	Vinyl toluene	10.2	13.0
Freon-12	14.4	9.0	Water	13.5	12.1
Freon-21	16.8	15.6	Xylene, ortho	13.9	10.6
Freon-22	15.7	7.5	Xylene, meta	13.9	10.9
	17.2	4.7	Xylene, para		

混拌物之黏度

例題：

某種油黏度為 10 centipoise 與另一黏度為 40 centipoise 之油相混合，前者佔 40 莫耳百分比 (mole percent)，後者佔 60 莫耳百分比，則求其混合後之黏度時，先將成份 A 之莫耳百分比與黏度連線交於 a，次將成份 b 之莫耳百分比與黏度 40 centipoise 連線交於 b，連接 a b 即可讀取混合後黏度為 24.8 centipoise。

基礎公式：

$$(\mu)^{1/3} = \frac{X (\mu_A)^{1/3}}{(1-X) (\mu_B)^{1/3}}$$

其中 μ = 混合物之黏度，cp

μ_A = 成份 A 之黏度，cp

μ_B = 成份 B 之黏度，cp

X = 成份 A 在混合物中所佔之莫耳分數

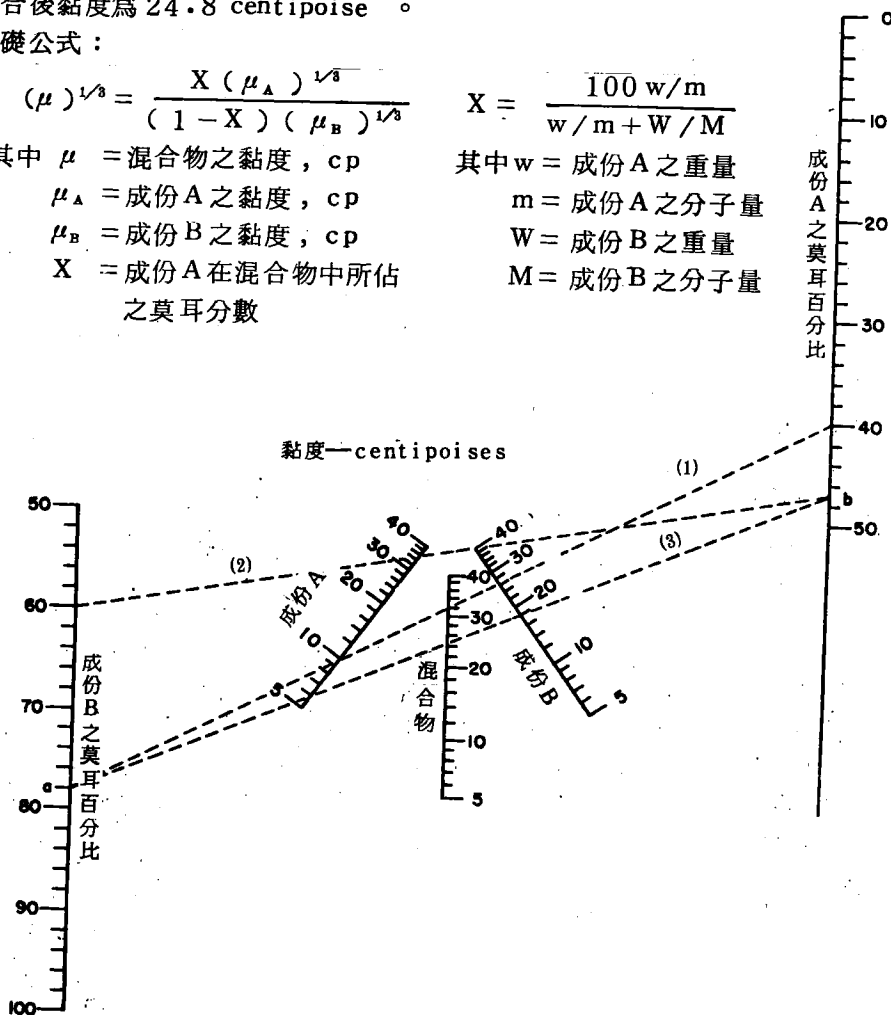
$$X = \frac{100 w/m}{w/m + W/M}$$

其中 w = 成份 A 之重量

m = 成份 A 之分子量

W = 成份 B 之重量

M = 成份 B 之分子量



泥漿之黏度

例題：

若泥漿之固體部份所佔體積比率為 0.06，溫度為 39℃，則求其黏度時，將 T = 39 與 X = 0.06 連線，讀取 $\mu_w = 1.1$ centipoise。

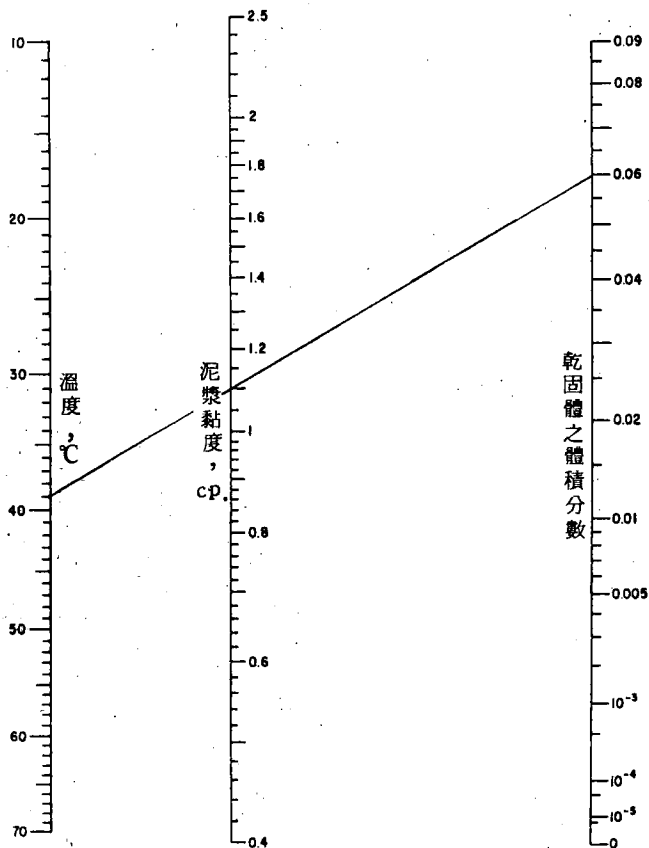
基礎公式：

$$\mu = \frac{\mu_w}{1 - X^{0.833}}$$

其中 μ = 泥漿黏度，centipoise

μ_w = 與泥漿同溫度之水黏度，centipoise

X = 泥漿中乾固體之體積分數



臨界條件下之蒸氣黏度

例題：

在大氣壓力下 100 °C 的丙酮蒸氣黏度為多少？丙酮之分子量為 58.1，
臨界溫度為 509 °K，臨界壓力為 46.6 大氣壓。

將圖中 $M = 58.1$ 與 $T = (100 + 273) = 373$ °K 連線交於 E 點，將
 $P_c = 46.6$ 與 $T_c = 509$ 連線交於 F，連結 E，F 即可在黏度標線上讀取
 $\mu = 90$ micropoise。

基礎公式：

$$\mu = 4.53 M^{1/2} \left(\frac{P_c}{T_c} \right)^{2/3} T^{0.782}$$

其中

μ = 黏度，micropoises
(0.001 centipoises)

M = 蒸氣之分子量

P_c = 臨界壓力，atm

T_c = 臨界溫度，°K

T = 溫度，°K

