

石油蒸餾設備計算

苏联 Г.Г. 拉比諾維奇著

石油工業出版社

石油蒸餾設備計算

苏联 Г.Г. 拉比諾維奇著

北京石油設計院專家工作室譯

工程師與大學生手冊

Г. Г. РАБИНОВИЧ

РАСЧЕТ НЕФТЕПЕРЕГОННОЙ АППАРАТУРЫ

根据苏联国立石油燃料科技書籍出版社(ГОСТОПТЕХИЗДАТ)

1941年莫斯科修訂第2版翻譯

統一書号: 15037·262

石油蒸餾設備計算

北京石油設計院專家工作室譯

*

石油工業出版社出版(地址: 北京六鋪炕石油工業路十號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第083号

北京市印刷一厂排印 新华書店發行

*

850×1168 $\frac{1}{32}$ 开本 * 印張26 $\frac{1}{4}$ * 586千字 * 印1—1,600册

1957年7月北京第1版第1次印刷

定价(11)6.60元

出版者的話

本書闡述了各种石油蒸餾設備的計算原理及計算这些設備所应用的圖表、公式和数据。因此，本書对于一个从事石油煉制工作的技術人員，尤其对一个設計人員是十分可貴的。

原書作者付出了巨大劳动搜集和整理了苏联和美国的極其丰富的工厂数据和實驗数据，并且介紹了許多有名学者所提出的公式和經驗数据。正由于这个原因，本書从出版以来一直是苏联石油煉制工作者最常用的手册。

但是，由于十几年来石油煉制技术突飞猛进，所以本書的某些內容不免感到有些陈旧。但是考虑到，目前在国内外类似这样的書籍还没有更新的版本，所以我們認為为了满足讀者的需要，出版这本书还有一定的价值。

原書第九章中的“华氏温度換算成攝氏温度”和“国际原子量”二表考虑到用途不大，所以沒有排印。

初版序言

本書包括石油直餾和其他各種加工方式的主要石油煉制設備的工藝設計資料，及熱計算和蒸餾過程計算的資料。

編輯本書時，尽可能利用：1. 參考文獻；2. “石油業”，“阿塞拜疆石油業”，“石油煉制”，“工業化學”和其他雜誌上所刊載有美設計問題的論文，包括1935年上半年出版的；3. 石油設計院技術指標室的資料；4. 石油蒸餾裝置的研究結果。用作參考資料的還有：1. 1934年統一設計會議的文件；2. 1933年國家石油研究院工廠部分的文件；3. 第二個五年計劃中技術計劃的資料；4. 作者于1932—1933年在莫斯科石油專科學校編輯的講義。

對討論性質的，或只是個別研究者的意見的次要資料，均用小號字標出。

參考本書者，必需具備工藝知識並對設備多少有些熟悉，因為本書沒有敘述零件。這樣可能使敘述不很全面，但不這樣，就會使篇幅無限地擴大，這也是完全不必要的。

再版序言

本書補充了於初版後出現於期刊上的數據和主要參考文獻上的數據（別里，卡薩特金，納爾遜，石油煉廠設計院的技術資料第125號等）。

闡述了油品的化學性與物理性質的關係問題及高壓設備的設計問題。

本書補充了很多圖表資料。刪去了所有陳旧的、實際設計中不經常用的部分。

“高壓下計算的物理化學原理”，及“應用平衡曲綫，並考慮蒸餾部分的塔盤數，求出塔底水蒸汽的用量和溫度”兩章為И. М. 克爾茨金所寫。

目 录

出版者的話	1
初版序言	2
再版序言	2
第一章 度量單位与換算系数	1
第二章 石油产品的物理化学性質	11
第 1 节 决定石油产品化学性質的因素	11
第 2 节 比重和膨脹系数	47
第 3 节 分子量和平均沸点	60
第 4 节 液体的比热	69
第 5 节 蒸汽的比热	77
第 6 节 常压下的汽化潛热	81
第 7 节 反应热, 生成热, 溶解热, 吸附热	95
第 8 节 液体的热含量	100
第 9 节 在常压下蒸汽的热含量	105
第 10 节 在高压和減压下蒸汽的热含量	107
第 11 节 导热系数	117
第 12 节 临界溫度及临界压力	120
第 13 节 閃点	131
第 14 节 粘度	133
第 15 节 表面張力	154
第三章 蒸餾	158
第 1 节 物理化学定律	158
第 2 节 蒸汽体积的計算	169
第 3 节 平衡曲綫	178
第 4 节 在平衡状态(常压)下气液兩相成份的計算	196
第 5 节 高压下物理化学的計算基础	202
第 6 节 蒸汽压和在各种压力下沸点的計算	218
第 7 节 一次汽化	237
第四章 傳热	267
第 1 节 傳热的原理	267

第 2 节	局部傳热系数及其計算	275
第 3 节	平均溫度差和加热面的計算	319
第五章	水力学	338
第 1 节	管內的压头損失	338
第 2 节	换热设备壳程內的压头損失	349
第 3 节	气体在方形通路中运动时的压头損失	353
第 4 节	眼孔和容器中的流出速度和流量的計算	354
第六章	管式加热爐	363
第 1 节	加热爐的类型	363
第 2 节	燃燒过程的計算	398
第 3 节	工艺計算	424
第 4 节	加热爐中的傳热計算	429
第 5 节	爐子尺寸的計算	459
第 6 节	裂化裝置的管式爐	462
第七章	精餾塔	501
第 1 节	精餾过程、塔的类型	501
第 2 节	精餾塔的物料平衡及热平衡	526
第 3 节	溫度及蒸汽消耗量的計算	536
第 4 节	塔盤数及填充物的高度	561
第 5 节	塔的尺寸、塔盤零件、压力損失的計算	583
第 6 节	抽真空的设备	614
第八章	换热设备	642
第 1 节	構造的主要类型	642
第 2 节	工艺計算	648
第 3 节	混合冷凝器的計算	654
第 4 节	换热设备的总傳热系数	659
第 5 节	不同情况下总傳热系数的計算公式	682
第 6 节	管壁染污的影响	689
第 7 节	泥水分离器	699
第九章	資料及表格	703
第 1 节	度量的換算	703
第 2 节	热	721
第 3 节	气体、液体、固体	730

第一章 度量單位与換算系数

技术計算的因次

在技术計算中采用下列各基本單位:

長度單位——米(m); 質量單位——仟克(kg); 時間單位——小时; 热量單位——大卡, 以后称为仟卡($Kcal$); 溫度單位——攝氏度($^{\circ}C$)。

表示某一数值的單位与三个基本單位——長度、質量、時間的关系的符号称为該物理数值的因次。

因 次	符号
長度.....	米
面积.....	米 ²
体积.....	米 ³
速度.....	米/小时及米/秒
角速度.....	1/秒
加速度.....	米/小时 ² , 米/秒 ² 及厘米/秒 ²
角加速度.....	1/秒 ²
热量.....	仟卡
溫度.....	$^{\circ}C$
比热(热容).....	仟卡/公斤 $\cdot^{\circ}C$
潜热, 热值.....	仟卡/公斤
表面热强度.....	仟卡/米 ² $\cdot$ 小时
体积热强度.....	仟卡/米 ³ $\cdot$ 小时
傳热系数.....	仟卡/米 ² $\cdot$ 小时 $\cdot^{\circ}C$
导热系数.....	仟卡/米 $\cdot$ 小时 $\cdot^{\circ}C$ (卡/厘米 $\cdot$ 秒 $\cdot^{\circ}C$)

質量与重量 物理度量制, 采用克作为質量單位。工業度量制, 采用克及仟克作为重量或力的單位。

質量因次:

物理度量制.....克

工業度量制..... 仟克-秒²/米, 克-秒²/厘米

重量(力)的因次:

力 = 質量 × 加速度:

物理度量制..... 克-厘米/秒²

工業度量制..... 克, 公斤

力的絕對單位称为达因。

达因 = 1 克-厘米/秒²。

力的單位由物理度量制單位換算为工業度量制單位, 或由工業度量制單位換算为物理度量制單位:

$$1 \text{ 克-厘米/秒}^2 \text{ (达因)} = \frac{1}{981} \text{ 克}$$

$$1 \text{ 克} = 981 \text{ 克-厘米/秒}^2 \text{ (达因)}。$$

單位体积內的質量, 称为密度。

密度因次:

物理度量制..... 克/厘米³

工業度量制..... 克-秒²/厘米⁴及公斤-秒²/米⁴

絕對比重或單位体积內的重量等于密度乘加速度。

絕對比重因次:

物理度量制..... 克/厘米²-秒²

工業度量制..... 克/厘米³及公斤/米³

相对比重是一相对值, 是物体重量与同体积水重之比, 因此沒有因次。

以后的叙述采用下列因次:

密度因次..... 克/厘米³

相对比重因次[÷]..... (無因次)

表面張力因次

力/長度 = 达因/厘米

压力因次:

物理度量制..... 公斤/厘米-秒²

工業度量制..... 公斤/厘米², 公斤/米²

功的因次:

物理度量制..... 克-厘米²/秒², 公斤-米²/秒²

工業度量制.....克-厘米, 公斤-米

功率因次:

物理度量制.....克-厘米²/秒²及公斤-米²/秒²

工業度量制.....克-厘米/秒, 公斤-米/秒

換 算 系 數

長 度

1 呎=0.3048 米

1 吋=2.5400 厘米

1 密耳(美制)=0.001 吋=0.00254 厘米

1 米=3.2808 呎

1 厘米=0.3937 吋=393.7 密耳(美制)

面 積

1 呎²=0.0929 米²

1 吋²=6.4516 厘米²

1 米²=10.7639 呎²

1 厘米²=0.1550 吋²

1 圓毫米=7.854 × 10⁻³ 厘米²=0.7854 毫米²

1 密耳²=10⁻⁶ 吋²=6.45 × 10⁻⁴ 毫米²

1 圓密耳=7.854 × 10⁻⁷ 吋²=5.067 × 10⁻⁴ 毫米²

1 毫米²=1.2732 圓毫米

1 毫米²=1550 密耳²

1 毫米²=1973 圓密耳

角 度

1 弧度=57.296°=57°17'45''

1°=1.745 × 10⁻² 弧度

1'=2.909 × 10⁻⁴ 弧度

1''=4.848 × 10⁻⁶ 弧度

体 积

$$1 \text{ 呎}^3 = 0.0283 \text{ 米}^3 = 7.481 \text{ 加侖} = 0.1781 \text{ 桶}$$

$$1 \text{ 吋}^3 = 16.3866 \text{ 厘米}^3$$

$$1 \text{ 桶(石油)} = 158.98 \text{ 公升} = 5.614 \text{ 呎}^3 = 42 \text{ 加侖(旧的)}$$

$$1 \text{ 加侖(旧的)} = 0.0238 \text{ 桶} = 3.7856 \text{ 公升} = 0.1337 \text{ 呎}^3 = 231 \text{ 吋}^3$$

$$1 \text{ 米}^3 = 35.314 \text{ 呎}^3 = 6.29 \text{ 桶(石油)}$$

$$1 \text{ 公升} = 1000 \text{ 厘米}^3 = 0.2642 \text{ 加侖} = 61.02 \text{ 吋}^3$$

$$1 \text{ 厘米}^3 = 0.0610 \text{ 吋}^3$$

$$1 \text{ 球面度} = \frac{1}{4\pi} \text{ 球}^\circ$$

重 量

$$1 \text{ 英磅(商業用)} = 0.4536 \text{ 公斤}$$

$$1 \text{ 俄磅} = 0.4095 \text{ 公斤}$$

$$1 \text{ 普特(俄)} = 16.3805 \text{ 公斤}$$

$$1 \text{ 公吨} = 1000 \text{ 公斤} = 61.0482 \text{ 普特(俄)} = 1.1023 \text{ 短吨} = 0.9842$$

長吨

$$1 \text{ 公斤} = 2.205 \text{ 英磅} = 2.4419 \text{ 俄磅}$$

$$1 \text{ 英吨(長吨)} = 1016.05 \text{ 公斤}$$

$$1 \text{ 短吨(船吨, 美国, 加拿大)} = 907.18 \text{ 公斤}$$

$$1 \text{ 克令} = 0.0648 \text{ 克}$$

功

$$1 \text{ 尔格} = 0.102 \times 10^{-7} \text{ 公斤} \cdot \text{米}$$

$$1 \text{ 焦耳} = 0.102 \text{ 公斤} \cdot \text{米} = 3.78 \times 10^{-7} \text{ PSh} = 3.72 \times 10^{-7} \text{ HPh} = 2.78 \times 10^{-7} \text{ kWh} = 10^7 \text{ 尔格}$$

$$1 \text{ 瓩-小时 (kWh)} = 367 \times 100 \text{ 公斤} \cdot \text{米} = 3.60 \times 10^6 \text{ 焦耳} = 1.36 \text{ PSh} = 1.34 \text{ HPh} = 2.65 \times 10^6 \text{ 呎-磅} = 860 \text{ 仟卡} = 1.356 \text{ 焦耳} = 3.241 \times 10^{-4} \text{ 仟卡} = 0.138 \text{ 公斤} \cdot \text{米} = 5.12 \times 10^{-7} \text{ PSh} = 5.05 \times 10^{-7} \text{ HPh} = 3.77 \times 10^{-7} \text{ kWh}$$

① 原文为 1 стеридиан = 1000。——編者

$$1 \text{ 仟卡(大卡, 公斤-卡)} = 427 \text{ 公斤} \cdot \text{米} = 1.58 \times 10^{-3} \text{ PSh} = 1.56 \times 10^{-3} \text{ HPh} = 1.163 \times 10^{-3} \text{ kWh}$$

$$1 \text{ B. T. U. (英制热单位)} = 107.56 \text{ 公斤} \cdot \text{米} = 3.99 \times 10^{-4} \text{ PSh} \\ = 3.93 \times 10^{-4} \text{ HPh} = 2.928 \times 10^{-4} \text{ kWh} = 777.5 \text{ 呎-磅} = 1054 \text{ 焦耳}$$

$$1 \text{ 公斤} \cdot \text{米} = 9.81 \text{ 焦耳} = 3.70 \times 10^{-6} \text{ PSh} = 3.65 \times 10^{-6} \text{ HPh} \\ = 2.725 \times 10^{-6} \text{ kWh} = 7.233 \text{ 呎-磅} = \frac{1}{427} = 2.34 \times 10^{-3} \text{ 仟卡} \\ = 9.30 \times 10^{-3} \text{ B.T.U.}$$

$$1 \text{ 公制 馬力} \cdot \text{小时 (PSh)} = 2648000 \text{ 焦耳} = 270000 \text{ 公斤} \cdot \text{米} = \\ 0.986 \text{ HPh} = 0.736 \text{ kWh} = 1952000 \text{ 呎-磅} = 632.3 \text{ 仟卡} = 2509 \text{ B.T.U.}$$

$$1 \text{ 英制 馬力} \cdot \text{小时 (HPh)} = 2.685 \times 10^6 \text{ 焦耳} = 2.73 \times 10^5 \text{ 公斤} \cdot \text{米} = \\ 1.014 \text{ PSh} = 0.746 \text{ kWh} = 1980000 \text{ 呎-磅} = 641.7 \text{ 仟卡} = 2547 \text{ B.T.U.}$$

功 率

$$1 \text{ 呎-磅/秒} = 0.1383 \text{ 公斤} \cdot \text{米/秒} = 1.84 \cdot 10^{-3} \text{ PS} = 1.82 \cdot 10^{-3} \text{ HP} = 1.356 \text{ W}$$

$$1 \text{ 仟卡/秒} = 427 \text{ 公斤} \cdot \text{米/秒} = 5.69 \text{ PS} = 5.61 \text{ HP} = 4.183 \text{ kW}$$

$$1 \text{ B.T.U./秒} = 107.6 \text{ 公斤} \cdot \text{米/秒} = 1.43 \text{ PS} = 1.414 \text{ HP} = 1.05 \text{ kW}$$

$$1 \text{ 鍋爐馬力(BHP)} \text{ 相当于 蒸發 } 34.5 \text{ 磅/小时} = 15.65 \text{ 公斤/小时} \\ = 8440 \text{ 仟卡/小时} = 2.34 \text{ 仟卡/秒} = 13.31 \text{ PS} = 9.79 \text{ kW} = 13.13 \text{ HP}$$

$$1 \text{ 公斤} \cdot \text{米/秒} = 1.333 \cdot 10^{-2} \text{ PS} = 1.315 \cdot 10^{-2} \text{ HP} = 9.81 \text{ W} = \\ 7.233 \text{ 呎-磅/秒} = 1.427 \text{ 仟卡/秒} = 2.34 \cdot 10^{-3} \text{ 仟卡/秒} = 9.29 \cdot 10^{-3} \text{ B.T.U./秒}$$

$$1 \text{ PS(公制馬力)} = 75 \text{ 公斤} \cdot \text{米/秒} = 0.9863 \text{ HP} = 0.736 \text{ kW} = \\ 542.5 \text{ 呎-磅/秒} = 0.176 \text{ 仟卡/秒} = 0.698 \text{ B.T.U./秒}$$

$$1 \text{ HP(英制馬力)} = 76.04 \text{ 公斤} \cdot \text{米/秒} = 1.014 \text{ PS} = 0.746 \text{ kW} = \\ 550 \text{ 呎-磅/秒} = 0.178 \text{ 仟卡/秒} = 0.708 \text{ B.T.U./秒}$$

$$1 \text{ kW(瓩)} = 1000 \text{ 瓦(W)} = 101.9 \text{ 公斤} \cdot \text{米/秒} = 1.36 \text{ PS} = 1.341$$

HP=738呎-磅/秒=0.239仟卡/秒=0.949B.T.U./秒

在从前 1 个鍋爐馬力(BHP)相当于每小时每平方呎加热面的蒸發能力約为 3 磅蒸汽的鍋爐的 10 到 12 平方呎的加热面。

压 力

(在 0°C 时以水銀柱計算, 在 4°C 时以水柱計算)

1 公斤/厘米²为 1 工業大气压(at)

1 物理大气压(atm)=760 毫米水銀柱=10330 公斤/米²=1.033 公斤/厘米²=33.9 呎水柱=14.7 磅/平方吋=29.92 吋水銀柱

1 毫米水銀柱=0.00136 公斤/厘米²=0.001316 atm=13.60 毫米水柱=13.6 公斤/米²=0.01934 磅/吋²

1 毫米水柱=0.0735 毫米水銀柱=0.0001 公斤/厘米²

1 吋水銀柱=0.0345 公斤/厘米²

1 吋水柱=0.00254 公斤/厘米²=0.03613 磅/吋²

1 英磅/呎²=0.359 毫米水銀柱=0.000488 公斤/厘米²=4.88 公斤/米²

1 英磅/吋²=0.0703 公斤/厘米²=51.71 毫米水銀柱

1 公斤/米²=0.0001 公斤/厘米²=0.07355 毫米水銀柱

1 公斤/厘米²=735.5 毫米水銀柱=10000 毫米水柱=14.223 英磅/吋²=10000 公斤/米²=0.968atm=28.96 吋水銀柱

1 呎水柱=22.41 毫米水銀柱

密 度 和 产 率

1 公斤/米³=0.001 克/厘米³

1 磅/呎³=0.01602 克/厘米³=16.02 公斤/米³

1 磅/加侖=0.120 克/厘米³

1 克/厘米³=62.4 磅/呎³=1000 公斤/米³=8.35 磅/加侖

1 呎³/桶=0.178 米³/米³

1 加侖/1000 呎³=0.134 升/米³

1 桶/1000 呎³=5.62 升/米³

1 克令/呎³ = 2.28 克/米³

1 克令/加侖 = 17 克/米³

1 磅/桶 = 2.86 公斤/米³

(1) 輕于水的液体

美国标准局:

$$d = \frac{140}{130 + {}^{\circ}\text{Bé}},$$

$${}^{\circ}\text{Bé} = \frac{140}{d} - 130.$$

美国石油协会:

$$d = \frac{141.5}{131.5 + {}^{\circ}\text{API}} = \frac{141.5}{131.5 + {}^{\circ}\text{Bé}},$$

$${}^{\circ}\text{API}({}^{\circ}\text{Bé}) = \frac{141.5}{d} = 131.5.$$

(2) 重于水的液体

美国标准局:

$$d = \frac{145}{145 - {}^{\circ}\text{Bé}},$$

$${}^{\circ}\text{Bé} = 145 - \frac{145}{d}.$$

式中 ${}^{\circ}\text{API}$ ——API度(美国石油协会);

${}^{\circ}\text{Bé}$ ——波美度。

热 单 位

热量。1 公斤水加热升高 1°C (在 15°C 时)所需的热量, 称为仟卡。

1 磅水加热升高 1°F 所需的热量, 称为 1 B.T.U.

1 磅水加热升高 1°C 所需的热量, 称为 1 PCU (1 CHU)

1 仟卡 (公斤·仟卡) = 3.968 B.T.U. = 1000 卡 (克·仟卡)

1 卡 (克·仟卡) = 0.001 仟卡 (公斤·仟卡)

1 PCU = 0.4536 仟卡

1 B.T.U.=0.252 仟卡

溫度。計算溫度差時：

$$1^{\circ}\text{F}=0.5556^{\circ}\text{C}, 1^{\circ}\text{C}=1.8^{\circ}\text{F}$$

$$1^{\circ}\text{K}=1.8^{\circ}\text{R}$$

溫度計讀數的換算：

$$\text{C}=\frac{5}{9}(\text{F}-32)=\text{K}-273.1=\text{C}_{a6c}-273.1$$

$$\text{F}=\text{R}-459.6=\text{F}_{a6c}-459.6$$

$$\text{F}=32+\frac{9}{5}\text{C}$$

$$\text{K}=\frac{5}{9}\text{R}.$$

式中 C——以攝氏度表示的溫度；

F——以華氏度表示的溫度；

$\text{C}_{a6c}=\text{K}=\text{C}+273.1$ ——凱氏標度的溫度(絕對百分標度的溫度)；

$\text{F}_{a6c}=\text{R}=\text{F}+459.6$ ——郎氏標度的溫度(華氏絕對標度的溫度)。

比熱。每單位物質升高 1° (1 公斤物質升高 1°C) 所需的热量，称为比熱。

$$1\text{B.T.U./磅 }^{\circ}\text{F}=1\text{ 仟卡/公斤, }^{\circ}\text{C}.$$

1 克分子物質每升高 1° 所需的热量，称为克分子比熱。

汽化潛熱。每單位物質自液態變成氣態(溫度不變)時所需的热量，称为汽化潛熱。

1 克分子物体自液態變成氣態時所需的热量，称为克分子汽化潛熱。

$$1\text{ 仟卡/公斤}=1.80\text{B.T.U./磅}.$$

$$1\text{B.T.U./磅}=0.555\text{ 仟卡/公斤}.$$

熱值。每單位燃料(1 公斤)完全燃燒時所放出的热量，称为熱值(或燃燒熱)。

1B.T.U./磅=0.555 仟卡/公斤。

1B.T.U./呎³=8.905 仟卡/米³。

导热系数。在工業單位上,如某物体層厚为 1 公尺,兩面的温度差为 1°C,面积为 1 米²时,則每小时經過該層的以仟卡表示的热量,称为物料导热系数。

在 CGS 制中,如某物体層厚为 1 厘米,温度差为 1°C,面积为 1 厘米²时,則每秒鐘經過該層的以卡表示的热量,称为导热系数。

1B.T.U./呎,小时,°F=1.488 仟卡/米,小时,°C。

1B.T.U.时/呎²,小时,°F=0.124 仟卡/米,小时,°C=0.0003445 卡/厘米,秒,°C。

1 卡/厘米,秒,°C=360 仟卡/米,小时,°C。

1 仟卡/米,小时,°C=0.00278 卡/厘米,秒,°C=0.672B.T.U./呎,小时,°F。

傳热。傳热系数在公制中为当冷介質与热介質二者温度差为 1°C时,1 小时内通过 1 米²加热面所傳过的热量。傳热系数的概念中不包括傳热物質的厚度。

1B.T.U./呎²,小时,°F=4.882 仟卡/米²,小时,°C。

1 仟卡/米²,小时,°C=0.205B.T.U./呎²,小时,°F。

表面热强度。这里所指的热强度,是每小时通过每單位加热面所傳送的热量。而冷介質与热介質的温度不包括在此概念中。

1B.T.U./呎²,小时=2.712 仟卡/米²,小时。

体积热强度。爐膛的單位体积,在每小时内所放出的热量,称为体积热强度。

1B.T.U./呎³,小时=8.905 仟卡/米³,小时。

1 仟卡/米³,小时=0.112B.T.U./呎³,小时。

气 体 常 数

$$R = 0.08206 \frac{\text{升} \times \text{物理大气压}}{\text{克分子} \times ^\circ\text{K}} = 0.08206 \frac{\text{米}^3 \times \text{物理大气压}}{\text{仟克分子} \times ^\circ\text{K}}$$

$$= 1.987 \frac{\text{仟卡}}{\text{克分子} \times ^\circ\text{K}} = 1.987 \frac{\text{仟卡}}{\text{仟克分子} \times ^\circ\text{K}}$$

$$= 0.73 \frac{\text{呎}^3 \times \text{物理大气压}}{\text{磅-分子} \times ^\circ\text{R}} = 10.7 \frac{\text{呎}^3 \times \text{磅/吋}^2 (\text{绝对})}{\text{磅-分子} \times ^\circ\text{K}}$$

理想气体的体积，在 0°C (273.0°K , 492°R) 及 760 毫米 (1 物理大气压) 时，等于：

$$22.41 \text{ 米}^3/\text{仟克分子} = 22.41 \text{ 升/克分子} = 359 \text{ 呎}^3/\text{磅-分子}.$$

理想气体的体积，在 60°F 及 760 毫米时，等于 379 呎³/磅-分子。