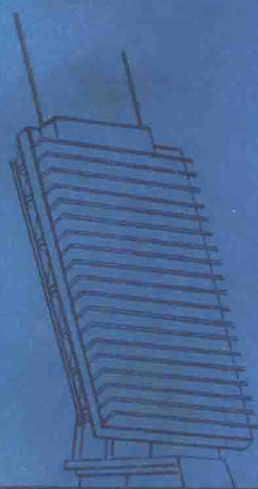


电子设备冷却设计手册

(上册)



电子工业部第十四研究所

021
023

前 言

随着电子技术的不断发展,人们对电子设备冷却技术方面的需求日益显得迫切。几乎每一个电子设备都会遇到冷却问题。电子设备的过热是设备性能下降以至引起损坏的重要原因之一。因此,电子设备冷却设计与电路设计是同等重要的,它是电子设备获得长寿命、高可靠性和低故障率的重要保证。

为了满足从事电子设备研制、生产的广大工程技术人员的迫切需要,以及供电子设备使用人员和高等院校有关师生参考,我们从78年开始着手编写这本电子设备冷却设计手册。全书共分上、下两册。手册以总结我们的实际工作经验为主,同时吸取了国内外的一些成熟经验。手册从工程设计实用角度出发,提供了具体的计算公式和设计图表,并系统地阐述了简要原理。

尽管国际单位制势必成为今后的一种通用单位制,但由于目前一些测量仪表的计量单位尚未转变,因此,一些新版资料中的图表和曲线往往还采用公制单位。为便于使用起见,本手册仍以工程单位制为主。同时,考虑到向国际单位制的逐步过渡,手册中的不少单位也采用了国际单位制。鉴于这种情况,本手册对常用物理量各单位制之间的换算作了详细的介绍。手册中引证的~~不同单位制~~与一些曲线密切相关,为了不致影响其准确性,所以仍保留了原来的~~单位制~~。由于所采用的单位制不同,就产生了计算公式之间表达形式的转换问题,本手册对此作了必要的阐述。

手册由电子工业部第十四研究所~~热工研究室~~冷却组集体编写。

主编:张兆光。主审:傅宝玉。

参加编写的人员有(以章节先后为序):吉荣富、张兆光、李洪生、肖洪保、高世金、傅宝玉、邓以鼎、赵永海、张晓琴。

手册编写过程中得到了许多单位的支持和帮助,有的还提供了很多宝贵经验和资料,我们深表感谢。

由于编写人员水平有限,手册中谬误之处在所难免。我们衷心地希望广大读者批评、指正。

电子设备冷却设计手册编辑组

1983年

目 录

第一章 常 用 资 料

一、国际单位制 (SI)	(1)
(一) 国际单位制 (SI) 的基本单位	(1)
(二) 用基本单位表示的国际单位制导出单位示例	(1)
(三) 具有专门名称的国际单位制导出单位	(2)
(四) 用专门名称表示的国际单位制导出单位示例	(3)
(五) 热设计中常用单位汇总表	(3)
二、从非国际单位制单位至国际单位制单位的换算系数表	(5)
(一) 长度换算	(5)
(二) 长度的英制与公制换算	(6)
(三) 面积换算	(7)
(四) 体积换算	(8)
(五) 温度换算	(9)
(六) 角度换算	(10)
(七) 速度 (线) 换算	(11)
(八) 功、能、热量单位换算	(11)
(九) 压力换算	(12)
(十) 流量换算	(13)
(十一) 功率换算	(14)
(十二) 动力粘滞系数单位换算	(14)
(十三) 运动粘度单位换算	(15)
(十四) 导热系数单位换算	(15)
(十五) 放热系数与传热系数单位换算	(15)
(十六) 热流密度换算	(16)
(十七) 比热换算	(16)
(十八) 热阻单位换算	(16)
(十九) 千卡——英热单位对照	(17)
(二十) 英热单位——千卡对照	(17)
(二十一) 水的各种硬度单位换算	(18)
(二十二) 重度换算	(18)
三、公制基本螺紋	(19)

四、公制细牙螺纹.....	(22)
五、常用管螺纹加工前的毛坯直径.....	(25)
六、圆柱形管螺纹.....	(26)
七、空气流速 (V 米/秒) 确定表.....	(27)

第二章 冷却方法选择和自然冷却设计

一、电子设备冷却方法选择.....	(30)
(一) 概述.....	(30)
(二) 冷却方式选择的依据.....	(30)
二、电子设备的自然冷却.....	(34)
(一) 概述.....	(34)
(二) 设备外壳结构对电子器件散热的影响.....	(36)
(三) 设备内部电子器件的自然冷却.....	(37)
(四) 自然冷却计算.....	(39)
1. 传导冷却.....	(39)
(1) 单层平壁导热计算.....	(39)
(2) 多层平壁导热计算.....	(40)
(3) 单层圆筒壁导热计算.....	(41)
(4) 多层圆筒壁的导热计算.....	(41)
(5) 安装面之间的接触热阻.....	(42)
(6) 导热系数.....	(44)
2. 自然对流换热计算.....	(46)
(1) 自然对流换热时的实用计算公式.....	(49)
(2) 电子设备外壳的自然对流冷却计算.....	(51)
(3) 印制电路板的自然对流冷却.....	(53)
3. 辐射换热计算.....	(55)
(1) 基本概念.....	(55)
(2) 辐射换热计算.....	(60)
(3) 隔热板对辐射换热的影响.....	(63)

第三章 换热系数和传热系数

一、对流换热和对流换热系数.....	(65)
(一) 基本概念.....	(65)
1. 对流换热.....	(65)
2. 对流换热系数 α 的定义.....	(65)
3. 换热系数 α 的一般表达方式.....	(65)

4. 定性温度	(66)
5. 定形尺寸	(66)
(二)常用的对流换热系数 α 的计算公式	(67)
1. 流体在管内流动时的放热	(67)
(1)流体在管内紊流时的放热	(67)
(2)流体在管内层流时的放热	(68)
(3)流体在管内过渡状态时的放热	(69)
2. 流体横向流过单根圆管时的放热计算	(70)
3. 流体横向掠过管束的放热计算	(71)
(1)管束顺排时	(71)
(2)管束叉排时	(71)
4. 流体沿平面壁强迫流动时的放热计算	(73)
(三)经简化的常用对流换热系数计算公式	(73)
1. 水在管内作层流或不稳定流动时	(73)
2. 水在管内作紊流运动时	(73)
3. 油类在管外环绕流动时	(75)
4. 蒸汽冷凝时的放热系数	(75)
(1)蒸汽在水平管束外冷凝	(75)
(2)蒸汽在垂直管束外冷凝	(76)
(3)水蒸汽在水平管内和蛇管内的冷凝	(76)
二、传热过程及传热系数	(76)
(一)基本概念	(76)
(二)传热系数 K 的计算	(77)
1. 通过平壁的传热系数	(77)
2. 通过圆筒壁的传热	(77)
3. 通过肋壁的传热	(78)
(三)传热的增强	(79)
三、汽车散热器的传热系数 K	(80)
(一)汽车散热器芯按跃进型排列时的 K 及 ΔP	(82)
(二)汽车散热器芯按解放型排列时的 K 及 ΔP	(84)
(三)汽车散热器芯按胜利型排列时的 K 及 ΔP	(86)
四、工业换热设备 α 和 K 的大致范围	(88)
(一) α 的常用范围	(88)
(二)换热过程中 α 的平均值	(88)
(三) K 的常用范围	(89)
(四)传热系数 K 的平均值	(89)
(五)列管式换热器中 K 的概略值	(90)

第四章 晶体管散热

一、功率晶体管冷却的基本概念	(91)
(一)功率晶体管的结构	(91)
(二)装有散热器的晶体管的热等效电路	(91)
(三)各类热阻的分析	(94)
二、常用晶体管散热器的类型及特点	(95)
(一)扇顶型散热器	(95)
(二)型材散热器	(95)
(三)叉指散热器	(96)
三、叉指散热器与型材散热器散热性能分析	(96)
(一)辐射换热	(96)
(二)对流换热	(97)
(三)强迫风冷	(97)
四、散热器的选择和使用原则	(98)
五、晶体管散热器的选择和使用	(98)
(一)叉指散热器在自然冷却时的应用	(98)
1. 放置状态对叉指散热器散热性能的影响	(99)
2. 叉指散热器在自然冷却时的特性曲线	(101)
3. 自然冷却叉指散热器选用举例	(112)
(二)叉指散热器在强迫风冷时的应用	(112)
1. 强迫风冷时影响叉指散热器热阻的主要因素	(112)
2. 强迫风冷叉指散热器的选用举例	(118)
(三)型材散热器在自然冷却时的应用	(119)

第五章 强迫风冷

一、概述	(149)
(一)强迫风冷应用场合及效果	(149)
(二)强迫风冷设计宗旨	(149)
(三)强迫风冷面临的问题	(149)
二、强迫风冷分类及设计基本原则	(150)
(一)强迫风冷分类	(150)
(二)强迫风冷设计基本原则	(150)
三、强迫风冷元件的计算方法	(151)
(一)气流平行流过电子管及其它圆柱体器件	(151)
(二)气流横向流过圆柱体器件	(153)

(三)气流横向流过非圆形横截面的柱体器件·····	(153)
(四)装有肋形散热器的发热元件的强迫风冷·····	(155)
1. 冷却空气温升·····	(155)
2. 散热器温升·····	(155)
3. 压力损失·····	(156)
4. 散热片的效率·····	(157)
(五)强迫空气冷却机柜·····	(163)
1. 抽风和鼓风·····	(163)
2. 机柜内电子器件温升的估算·····	(165)
3. 机柜的压力损失·····	(166)
(六)海拔高度和进口空气温度效应·····	(168)
1. 从海平面所得数据推算到高海拔、高进气温度时的性能·····	(168)
2. 高海拔工作时的风机选择·····	(171)
四、冷却风机的选择·····	(175)
(一)风机选择的依据·····	(175)
(二)通风机性能参数的相互关系·····	(176)
(三)通风机实际工作点的确定·····	(176)
(四)通风机的类型和常用风机的型号、规格·····	(177)
1. CQ船用交流离心式通风机·····	(177)
2. 150FLJ型离心式风机·····	(180)
3. DLF13—810型离心式风机·····	(183)
4. FZY系列轴流风机·····	(186)
5. DYYJ12—04仪用风机·····	(190)
6. DYY16—2通风机·····	(191)
7. FZJ系列中频轴流风机·····	(191)

第一章 常用资料

一、国际单位制 (SI)

国际单位制是比较完善和科学的单位制,使用起来有明显的优越性,将较长期地作为国际统一的单位制。国务院在1978年11月23日批准了我国成立国际单位制推行委员会,将采取积极慎重的方针,逐步推行国际单位制。

(一) 国际单位制 (SI) 的基本单位

量	名 称	代 号	
		中 文	国 际
长 度	米	米	m
质 量	千克(公斤)	千克(公斤)	kg
时 间	秒	秒	s
电 流	安 培	安	A
热力学温度	开 尔 文	开	K
物质的量	摩 尔	摩	mol
光 强 度	坎 德 拉	坎	cd

(二) 用基本单位表示的国际单位制导出单位示例

量	国际单位制 (SI)		
	名 称	代 号	
		中 文	国 际
面 积	平 方 米	米 ²	m ²
体 积	立 方 米	米 ³	m ³
速 度	米 每 秒	米/秒	m/s
加 速 度	米 每 秒 平 方	米/秒 ²	m/s ²
波 数	每 米	米 ⁻¹	m ⁻¹
电流密度	安培每平方米	安/米 ²	A/m ²
磁场强度	安 培 每 米	安/米	A/m
浓 度	摩尔每立方米	摩/米 ³	mol/m ³

续表

量	国际单位制 (SI)		
	名 称	代 号	号
		中 文	国 际
密 度	千克每立方米	千克/米 ³	kg/m ³
比 体 积	立方米每千克	米 ³ /千克	m ³ /kg
光 亮 度	坎德拉每平方米	坎/米 ²	cd/m ²

(三) 具有专门名称的国际单位制导出单位

量	国 际 单 位 制				
	名 称	代 号	用其它国际单位制表示的关系式	用国际单位制基本单位表示的表示式	
频 率	赫 兹	赫	Hz	s^{-1}	
力	牛 顿	牛	N	$1N = 1kg \cdot \frac{m}{s^2}$	
压力(压强)、应力	帕 斯 卡	帕	Pa	$1Pa = 1N/m^2$	
能, 功, 热量	焦 耳	焦	J	$1J = 1N \cdot m$	
功率, 辐[射]通量	瓦 特	瓦	W	$1W = 1J/s$	
电量, 电荷	库 仑	库	C	$s \cdot A$	
电位, 电压, 电动势	伏 特	伏	V	W/A	
电 容	法 拉	法	F	C/V	
电 阻	欧 姆	欧	Ω	V/A	
电 导	西 门 子	西	S	A/V	
磁 通	韦 伯	韦	Wb	$V \cdot S$	
磁感应[强度]	特 斯 拉	特	T	Wb/m^2	
电 感	亨 利	亨	H	Wb/A	
摄氏温度	摄氏 度		$^{\circ}C$	K	
光 通	流 明	流	lm	cd·sr	
光 照 度	勒 克 斯	勒	lx	lm/m^2	
(电离辐射) 活度	贝可勒尔	贝可	Bq	s^{-1}	
吸收剂量, 比授与能, 比释动能, 吸收剂量质数	戈 瑞	戈	Gy	J/kg	

(四) 用专门名称表示的国际单位制导出单位示例

量	名 称	代 号		用国际单位制基本单位表示的表示式
		中 文	国 际	
(动力) 粘度	帕 斯 卡 秒	帕·秒	Pa·s	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-1}$
力 矩	牛 顿 米	牛·米	N·m	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
表 面 张 力	牛 顿 每 米	牛/米	N/m	$kg \cdot s^{-2}$
热流密度, 辐[射]照度	瓦特每平方米	瓦/米 ²	W/m ²	$kg \cdot s^{-3}$
热 容, 焓	焦耳每开尔文	焦/开	J/K	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
比热容, 比焓	焦耳每千克开尔文	焦/千克·开	J/(kg·K)	$m^2 \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
比 能	焦耳每千克	焦/千克	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$
热导率(导热系数)	瓦特每米开尔文	瓦/(米·开)	W/(m·K)	$m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot K^{-1}$
能(量) 密度	焦耳每立方米	焦/米 ³	J/m ³	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
电 场 强 度	伏 特 每 米	伏/米	V/m	$m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
电 荷 体 密 度	库 仑 每 立 方 米	库/米 ³	C/m ³	$m^{-3} \cdot s \cdot A$
电容率(介电常数)	法 拉 每 米	法/米	F/m	$m^{-3} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
摩 尔 能	焦耳每摩尔	焦/摩	J/mol	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot mol^{-1}$
摩尔焓, 摩尔热容	焦耳每摩尔开尔文	焦/(摩·开)	J/(mol·K)	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$

(五) 热设计中常用单位汇总表

序号	物 理 量	符 号	国际单位制单位	现 用 单 位	换 算
1	长 度	L	m	m	—
2	面 积	A	m ²	m ²	—
3	容 积	V	m ³	m ³	—
4	速 度	U	m/s	m/s	—
5	加 速 度	a	m/s ²	m'/s ²	—
6	重力加速度	g	m'/s ²	m/s ²	—
7	质 量	m	kg	kgf·s ² /m	1kgf·s ² /m = 9.81kg
8	重力(量)	G	N	kgf	1kgf = 9.81N

续表

序号	物理量	符号	国际单位制单位	现 用 单 位	换 算
9	密 度	ρ	kg/m^3	$\text{kgf} \cdot \text{s}^2/\text{m}^4$	$1 \text{kgf} \cdot \text{s}^2/\text{m}^4 = 9.81 \text{kg}/\text{m}^3$
10	重 度	γ	N/m^3	kgf/m^3	$1 \text{kgf}/\text{m}^3 = 9.81 \text{N}/\text{m}^3$
11	力, 势, 负荷	F	N	kgf	$1 \text{kgf} = 9.81 \text{N}$
12	压 力	P	$P_a = \text{N}/\text{m}^2$	kgf/m^2	$1 \text{kgf}/\text{m}^2 = 9.81 \text{N}/\text{m}^2$
13	阻 力	ΔP	P_a	kgf/m^2	$1 \text{kgf}/\text{m}^2 = 9.81 \text{N}/\text{m}^2$
14	动力粘性系数	μ	$\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$	$\text{kgf} \cdot \text{s}/\text{m}^2$	$1 \text{kgf} \cdot \text{s}/\text{m}^2 = 9.81 \text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$
15	运动粘性系数	ν	m^2/s	m^2/s	—
16	表面张力	σ	N/m	kgf/m	$1 \text{kgf}/\text{m} = 9.81 \text{N}/\text{m}$
17	质量流量	Q_m	kg/s	kg/h	$1 \text{kg}/\text{s} = 3600 \text{kg}/\text{h}$
18	体积流量	Q_v	m^3/s	m^3/h	$1 \text{m}^3/\text{s} = 3600 \text{m}^3/\text{h}$
19	能 量	E	kJ	kcal	$1 \text{kcal} = 4.19 \text{kJ}$
20	功	W	kJ	$\text{kgf} \cdot \text{m}$	$1 \text{kgf} \cdot \text{m} = 9.81 \times 10^{-3} \text{kJ}$
21	功 率	N	W	$\text{kgf} \cdot \text{m}/\text{s}$	$1 \text{kgf} \cdot \text{m}/\text{s} = 9.81 \text{W}$
22	绝对温度	T	K	$^{\circ}\text{K}$	$1^{\circ}\text{K} = 1 \text{K}$
23	摄氏温度	t	K	$^{\circ}\text{C}$	见(五)温度换算及注
24	温 差	ΔT	K	度	$1 \text{度} = 1 \text{K}(\text{同上})$
25	热 量	Q	kJ	kcal	$1 \text{kcal} = 4.19 \text{kJ}$
26	热 流 量	Φ	W	kcal/h	$1 \text{kcal}/\text{h} = 1.163 \text{W}$
27	热流密度	q	W/m^2	$\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$	$1 \text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} = 1.163 \text{W}/\text{m}^2$
28	导热系数	λ	$\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$	$\text{kcal}/\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{度}$	$1 \text{kcal}/\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{度} = 1.163 \text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$
29	放热系数	α	$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$	$\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{度}$	$1 \text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{度} = 1.163 \text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$
30	传热系数	K	$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$	$\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{度}$	$1 \text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{度} = 1.163 \text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$
31	比 热	C	$\text{kJ}/\text{kg} \cdot \text{K}$	$\text{kcal}/\text{kg} \cdot \text{度}$	$1 \text{kcal}/\text{kg} \cdot \text{度} = 4.19 \text{kJ}/\text{kg} \cdot \text{K}$
32	汽化热	γ	kJ/kg	kcal/kg	$1 \text{kcal}/\text{kg} = 4.19 \text{kJ}/\text{kg}$

二、从非国际单位制单位至国际单位制的换算系数表

(一) 长度换算

公 里	米	厘 米	毫 米	英 寸	英 尺	码	英 里	海 涅	市 尺
1	10^3	10^5	10^6	3.937×10^4	3.2808×10^3	1.0936×10^3	0.6214	0.53996	3×10^3
10^{-3}	1	10^2	10^3	39.37	3.2808	1.0936	6.214×10^{-4}	5.3996×10^{-4}	3
10^{-5}	10^{-2}	1	10	0.3937	3.2808×10^{-2}	1.0936×10^{-2}	6.214×10^{-6}	5.3996×10^{-6}	3×10^{-2}
10^{-6}	10^{-3}	0.1	1	3.937×10^{-2}	3.2808×10^{-3}	1.0936×10^{-3}	6.214×10^{-7}	5.3996×10^{-7}	3×10^{-3}
2.54×10^{-5}	2.54×10^{-2}	2.54	25.4	1	8.333×10^{-2}	2.778×10^{-2}	1.578×10^{-5}	1.3715×10^{-5}	7.62×10^{-2}
3.048×10^{-4}	0.3048	30.48	3.048×10^2	12	1	0.3333	1.8939×10^{-4}	1.6458×10^{-4}	0.9144
9.144×10^{-4}	0.9144	91.44	9.144×10^2	36	3	1	5.682×10^{-4}	4.9374×10^{-4}	2.7432
1.6093	1.6093×10^3	1.6093×10^5	1.6093×10^6	6.336×10^4	5.280×10^3	1.76×10^3	1	0.86895	4.8279×10^3
1.8520	1.852×10^3	1.852×10^5	1.852×10^6	7.2913×10^4	6.076×10^3	2.0253×10^3	1.1508	1	5.556×10^3
3.3333×10^{-4}	0.3333	33.3333	3.3333×10^2	13.123	1.0936	0.3645	2.071×10^{-4}	1.7998×10^{-4}	1

注：1 微米(μ)= 10^{-6} 米；

1 密耳(mil)= 10^{-3} 英寸；

1 市寸=3.3333厘米=1.3123英寸；

1 丝=10微米。

1 毫微米(mm)= 10^{-9} 米；

1 公里=2 市里；

1 毫米=100忽米 (“忽米”工厂习惯称为“丝”；北方俗称为“道”)；

1 埃(A°)= 10^{-10} 米；

1 市丈=10市尺=100市寸；

1 市寸=10市尺=100市寸；

(二) 长度的英制与公制换算

1. 英寸换算毫米表

英 寸	毫 米	英 寸	毫 米	英 寸	毫 米	英 寸	毫 米
1	25.4	9	228.6	1/8	3.1750	1/16	1.5875
2	50.8	10	254.0	1/4	6.3500	3/16	4.7625
3	76.2	11	279.4	3/8	9.5250	5/16	7.9375
4	101.6	12	304.8	1/2	12.7000	7/16	11.1125
5	127.0	13	330.2	5/8	15.8750	9/16	14.2875
6	152.4	14	355.6	3/4	19.0500	11/16	17.4625
7	177.8	15	381.0	7/8	22.2250	13/16	20.6375
8	203.2	16	406.4			15/16	23.8125

注：英国和美国寸的长度也略有不同：1英寸=25.399956毫米；1美寸=25.40051毫米。但目前不分英寸和美寸，均用1英寸(美寸)=25.4000毫米表示。

2. 小数英寸换算毫米表

英 寸	毫 米	英 寸	毫 米	英 寸	毫 米
0.001	0.025	0.008	0.203	0.060	1.524
0.002	0.051	0.009	0.229	0.070	1.778
0.003	0.076	0.010	0.254	0.080	2.032
0.004	0.102	0.020	0.508	0.090	2.286
0.005	0.127	0.030	0.762	0.100	2.540
0.006	0.152	0.040	1.016	1 毫米 = 0.03937英寸	
0.007	0.178	0.050	1.270		

(三) 面积换算

毫 米 ²	厘 米 ²	米 ²	英 寸 ²	英 尺 ²	公 里 ²	公 顷	英 亩	市 亩	市 尺 ²
1	10^{-2}	10^{-6}	1.55×10^{-3}	1.0764×10^{-6}	10^{-12}	10^{-10}			9×10^{-6}
10^2	1	10^{-4}	0.1550	1.0764×10^{-3}	10^{-10}	10^{-8}		1.5×10^{-7}	9×10^{-4}
10^6	10^4	1	1.550×10^3	10.7639	10^{-6}	10^{-4}	2.471×10^{-4}	1.5×10^{-3}	9.000
6.4516×10^2	6.4516	6.4516×10^{-4}	1	6.944×10^{-3}	6.4516×10^{-10}	6.4516×10^{-8}	1.5942×10^{-7}	9.6774×10^{-7}	5.8064×10^{-3}
9.2903×10^4	9.2903×10^2	9.2903×10^{-2}	1.44×10^2	1	9.29×10^{-8}	9.29×10^{-6}	2.296×10^{-5}	1.3935×10^{-4}	0.8361
10^{12}	10^{10}	10^6	1.550×10^9	1.0764×10^7	1	10^2	2.4711×10^2	1.5×10^3	9×10^6
10^{10}	10^8	10^4	1.550×10^7	1.0764×10^5	10^{-2}	1	2.4711	15	9×10^4
4.0469×10^9	4.0469×10^7	4.0469×10^3	6.2726×10^6	4.356×10^4	4.0469×10^{-3}	0.40469	1	6.0729	3.6422×10^4
6.6667×10^8	6.6667×10^6	6.6667×10^2	1.0333×10^6	7.1760×10^3	6.6667×10^{-4}	6.6667×10^{-2}	0.1647	1	6000
1.1111×10^5	1.1111×10^3	0.1111	1.7222×10^2	1.196	1.111×10^{-7}	1.111×10^{-5}	2.7456×10^{-5}	1.6667×10^{-4}	1

注：1公顷=100公亩=1垧； 1码²=9英尺²=0.836127米²； 1市亩=60丈²； 1公里²=4市里²。

(四) 体积换算

毫 升	升	米 ³	英 寸 ³	英 尺 ³	加 仑 (美)	加 仑 (英)	码 ³	石油桶 (美)	石油桶 (英)
1	10^{-3}	10^{-6}	6.1024×10^{-2}	3.5315×10^{-5}	2.642×10^{-4}	2.1997×10^{-4}	1.308×10^{-6}	6.29×10^{-6}	6.285×10^{-6}
10^3	1	10^{-3}	61.024	3.5315×10^{-2}	0.26417	0.21997	1.308×10^{-3}	6.29×10^{-3}	6.285×10^{-3}
10^6	10^3	1	6.1024×10^4	35.3147	2.6417×10^2	2.1997×10^2	1.308	6.2899	6.285
16.387	1.6387×10^{-2}	1.6387×10^{-5}	1	5.787×10^{-4}	4.329×10^{-3}	3.605×10^{-3}	2.1434×10^{-5}	1.0307×10^{-4}	1.0299×10^{-4}
2.83168×10^4	28.3168	2.83168×10^{-2}	1.728×10^3	1	7.4805	6.2288	3.7037×10^{-2}	0.1781	0.17797
3.7854×10^3	3.7854	3.7854×10^{-3}	2.31×10^2	0.13368	1	0.83267	4.951×10^{-3}	2.3809×10^{-2}	2.379×10^{-2}
4.546×10^3	4.546	4.546×10^{-3}	2.7742×10^2	0.16054	1.20095	1	5.946×10^{-3}	2.8594×10^{-2}	2.8571×10^{-2}
7.646×10^5	7.646×10^2	0.7646	4.6656×10^4	27	2.0197×10^2	1.6818×10^2	1	4.8093	4.8055
1.5899×10^5	1.5899×10^2	0.15899	9.702×10^3	5.61456	42	34.9726	0.2079	1	0.9992
1.5911×10^5	1.5911×10^2	0.15911	9.7095×10^3	5.6189	42.0337	35.001	0.2081	1.0008	1

注: 1 市石 = 10 市斗 = 100 市升; 1 米³ = 27 市尺³; 1 码³ = 0.76455 米³; 1 升 = 1 市升 = 10 市合;
 1 毫升 = 1 立方厘米; 1 升 = 1 立方分米。

(五) 温度换算

开氏度 (K)	摄氏度 (°C)	华氏度 (°F)	列氏度 (°R)
$K = C + 273.15$	$C = \frac{5}{9} R = \frac{5}{9} (F - 32)$	$F = \frac{9}{5} C + 32 = \frac{9}{5} R + 32$	$R = \frac{4}{5} C = \frac{4}{9} (F - 32)$
水冰点 273.15	0	32	0
水沸点 373.15	100	212	80

附表 摄氏与华氏的换算

C	F	C	F	C	F	C	F	C	F
-10	14.0	25	77.0	43	109.4	61	141.8	79	174.2
-8	17.6	26	78.8	44	111.2	62	143.6	80	176.0
-6	21.2	27	80.6	45	113.0	63	145.4	81	177.8
-4	24.8	28	82.4	46	114.8	64	147.2	82	179.6
-2	28.4	29	84.2	47	116.6	65	149.0	83	181.4
0	32.0	30	86.0	48	118.4	66	150.8	84	183.2
2	35.6	31	87.8	49	120.2	67	152.6	86	186.8
4	39.2	32	89.6	50	122.0	68	154.4	88	190.4
6	42.8	33	91.4	51	123.8	69	156.2	90	194.0
8	46.4	34	93.2	52	125.6	70	158.0	92	197.6
10	50.0	35	95.0	53	127.4	71	159.8	94	201.2
12	53.6	36	96.8	54	129.2	72	161.6	96	204.8
14	57.2	37	98.6	55	131.0	73	163.4	98	208.4
16	60.8	38	100.4	56	132.8	74	165.2	100	212.0
18	64.4	39	102.2	57	134.6	75	167.0	102	215.6
20	68.0	40	104.0	58	136.4	76	168.8	104	219.2
22	71.6	41	105.8	59	138.2	77	170.6	106	222.8
24	75.2	42	107.6	60	140.0	78	172.4	108	226.4

注：热力学温度单位开尔文是水三相点热力学温度的1/273.16，单位K以后不再作

为“度”的概念，而作为一个“量”来解释，所以它的符号不再使用以前的 ($^{\circ}\text{K}$)，开氏度就是一般讲的绝对温度。

摄氏温标 ($^{\circ}\text{C}$) 作为绝对温度 K 的特殊表达形式。开氏度表示的温度 (记为 T) 与以摄氏温度表示的温度 (记为 t) 之间有如下关系： $T = t + 273.15$ 。所以，开氏度与摄氏温度仅是计算起点的选择不同，而温度间隔的划分是一样的，因而涉及到温差的地方用 K 或 $^{\circ}\text{C}$ 在数值上均相同，即 $\Delta t = \Delta T$ 。

(六) 角度换算

弧度 (rad)	角 (度)
$\text{rad} = \text{度} \frac{\pi}{180}$	$\text{度} = \text{rad} \frac{180}{\pi}$
1	57.29578
0.017453	1
0.000291	$\frac{1}{60} = 1 \text{ 分}$
0.000005	$\frac{1}{3600} = \frac{1}{60} \text{ 分} = 1 \text{ 秒}$

附表 角度化弧度表

角 度	弧 度	角 度	弧 度	角 度	弧 度
1'	0.000291	1°	0.017453	60°	1.047198
2	0.000582	2	0.034907	70	1.221730
3	0.000873	3	0.052360	80	1.396263
4	0.001164	4	0.069813	90	1.570796
5	0.001454	5	0.087266	100	1.745329
6	0.001745	6	0.104720	120	2.094395
7	0.002036	7	0.122173	150	2.617994
8	0.002327	8	0.139626	180	3.141593
9	0.002618	9	0.157080	200	3.490659
10	0.002909	10	0.174533	250	4.363323
20	0.005818	20	0.349066	270	4.712389
30	0.008727	30	0.523599	300	5.235988
40	0.011636	40	0.698132	330	5.759587
50	0.014544	50	0.872665	360	6.283185