

工程常用物质 的 热物理性质手册

张家荣 赵廷元 编

新时代出版社



661297

10013-62/03

工程常用物质 的 热物理性质手册

张家荣 赵廷元 编

HK38/12



C0227258

新时代出版社

T.K12-12

内 容 简 介

本书提供了工程常用热物理性质的名词解释和计算公式，提供了水和水蒸气、金属材料和其它材料、化学元素和化合物以及常用气体、制冷剂、燃料等方面的热力学性质数据、图表，并含有关学科的一些物理常数值，还有计算实例。本书使用我国法定计量单位，在表中附有米制单位的相应数值，也列出了国际单位制、米制和英美单位制的详细换算表。本书突出实用性、资料性和综合性，内容丰富，运用方便。

本书可供动力、机械、建筑、化学、航空、食品等工业部门的科学研究和设计人员，工厂技术人员以及有关高等院校及中等专业学校师生参考。

工程常用物质的 热物理性质手册 张家荣 赵廷元 编

新时代出版社出版 新华书店北京发行所发行

国防工业出版社印刷厂印装

787×1092 16开本 印张30.25 631千字

1987年9月第1版 1987年9月北京第1次印刷

印数：0,001—3,850册

统一书号：15241·93 定价：7.00元

前 言

国民经济各种工业部门的科学研究、设计、管理和生产部门，例如，汽车内燃机、坦克发动机、汽轮机、锅炉、空气压缩机、制冷机等热力机械工业、以及石油化工、钢铁冶炼、建筑工业等部门，都经常需要应用一些热力性质数据。目前国内尚缺乏一本比较完整的热物理性质手册供使用。因此，我们根据近年来国内外出版的各种热力学教科书和参考资料，编制成这本《工程常用物质的热物理性质手册》以供广大科技人员参考。

本书编写过程中，请北京工业学院热工教研室郑令仪同志审阅提出很多宝贵意见，特在此表示衷心的感谢！

由于我们水平有限，不妥之处在所难免，希望使用本手册的读者给予批评和指正。

编 者

目 录

| | |
|------------|---|
| 主要符号表..... | 1 |
|------------|---|

一、名词定义及计算公式

| | |
|-------------------------------|----|
| (一) 温度 | 3 |
| (二) 压力 (压强)..... | 5 |
| (三) 标准状态(标准状况、标准温度和压力) | 7 |
| (四) 比容、密度及重度 | 7 |
| (五) 热量 | 8 |
| (六) 热容、比热容 (比热)..... | 9 |
| (七) 比热容比 (绝热指数)..... | 14 |
| (八) 气体常数 (气体定律常数)..... | 15 |
| (九) 内能 比内能 | 16 |
| (十) 焓 比焓 | 17 |
| (十一) 熵 比熵 | 20 |
| (十二) 焓 比焓..... | 24 |
| (十三) 亥姆霍兹自由能、比亥姆霍兹自由能 | 24 |
| (十四) 吉布斯自由能、比吉布斯自由能 | 25 |
| (十五) 导热系数 (热导率)..... | 25 |
| (十六) 热阻 | 26 |
| (十七) 导温系数 (热扩散率、热扩散系数)..... | 28 |
| (十八) 线胀系数 | 28 |
| (十九) 体胀系数 (体胀率)..... | 29 |
| (二十) 动力粘度 | 30 |
| (二十一) 运动粘度 (运动粘性系数)..... | 30 |
| (二十二) 气体的压缩度、气体压缩因子 | 31 |
| (二十三) 物质的集态变化 | 31 |
| (二十四) 混合气体 | 33 |
| (二十五) 湿空气的湿度、干湿球温度、露点温度 | 36 |
| (二十六) 燃料 | 37 |
| (二十七) 着火温度、着火浓度极限爆炸极限 | 42 |
| (二十八) 溶解度和溶解热 | 42 |
| (二十九) 普朗特数 (第一施密特数)..... | 42 |

二、水和水蒸气

| | |
|---------------------------|----|
| 表 2-1 水的热力性质 (饱和状态) | 43 |
|---------------------------|----|

| | | |
|----------|--------------------------------|-----|
| 表 2-2 | 各种压力下水的导热系数 | 44 |
| 表 2-3 | 水和水蒸气的热阻 | 44 |
| 表 2-4 | 饱和水蒸气表 (依温度为变数排列) (米制) | 45 |
| 表 2-5 | 饱和水蒸气表 (依压力为变数排列) (米制) | 52 |
| 表 2-6 | 饱和水蒸气表 (依温度为变数排列) (SI 制) | 57 |
| 表 2-7 | 饱和水蒸气表 (依压力为变数排列) (SI 制) | 64 |
| 表 2-8-1 | 水和过热蒸汽表 (米制) | 70 |
| 表 2-9-1 | 水和过热蒸汽表 (SI 制) | 112 |
| 表 2-10-1 | 过热蒸汽的定压比热容和定容比热容 | 133 |
| 表 2-11-1 | 过热蒸汽的平均比热容 | 138 |

三、金属材料及其它材料

| | | |
|--------|-----------------------------------|-----|
| 表 3-1 | 钢的导热系数 | 141 |
| 表 3-2 | 黄铜的导热系数 | 143 |
| 表 3-3 | 青铜的导热系数 | 143 |
| 表 3-4 | 铝合金的导热系数 | 144 |
| 表 3-5 | 钢的线胀系数 | 145 |
| 表 3-6 | 铜合金的线胀系数 | 147 |
| 表 3-7 | 铸造铝合金的线胀系数 | 147 |
| 表 3-8 | 压力加工铝合金的线胀系数 | 148 |
| 表 3-9 | 一些固体的线胀系数 | 148 |
| 表 3-10 | 一些固体的体胀系数 | 149 |
| 表 3-11 | 一些液体的体胀系数 | 149 |
| 表 3-12 | 碳素钢的平均比热容 ($50 \sim t$ °C) | 150 |
| 表 3-13 | 合金钢的平均比热容 ($50 \sim t$ °C) | 151 |
| 表 3-14 | 固体的比热容 | 152 |
| 表 3-15 | 保温材料的导热系数 | 153 |
| 表 3-16 | 建筑材料的导热系数 | 155 |
| 表 3-17 | 一般食品的热力性质 | 158 |

四、化学元素和化合物

| | | |
|-------|---|-----|
| 表 4-1 | 一些元素和化合物的热力性质 | 160 |
| 表 4-2 | 元素和无机物的汽化潜热 | 170 |
| 表 4-3 | 有机物的汽化潜热 | 170 |
| 表 4-4 | 常用无机物溶于水的溶解热 (18°C) | 171 |
| 表 4-5 | 各种液体的密度 | 173 |
| 表 4-6 | 各种液体的动力粘度 | 181 |
| 表 4-7 | 各种液体的导热系数 | 191 |
| 表 4-8 | 固体元素的比热容和平均比热容 | 194 |
| 表 4-9 | 化合物的比热容和平均比热容 ($0 \sim t$ °C) | 199 |

五、工业中常用气体

| | |
|---|-----|
| (一) 空气 | 202 |
| 表 5-1-1 干空气的组成成分 | 202 |
| 表 5-1-2 空气的热物理性质 | 202 |
| 表 5-1-3 空气在不同压力和温度下的比热容比 | 203 |
| 表 5-1-4 空气在不同压力和温度下的密度 | 205 |
| 表 5-1-5 空气的定压 (比) 热容和定容 (比) 热容 (在 1 工程大气压下)..... | 207 |
| 表 5-1-6 空气的平均定压 (比) 热容和平均定容 (比) 热容 (在 1 工程大气压下, 0 ~ t °C)..... | 208 |
| 表 5-1-7 空气在不同压力和温度下的定压比热容 (按温度排列)..... | 209 |
| 表 5-1-8 空气在不同压力和温度下的定压比热容 (按压力排列)..... | 213 |
| 表 5-1-9 空气的 (比) 焓和 (比) 熵 (在 1 工程大气压下)..... | 214 |
| 表 5-1-10 空气在不同压力和温度下的比焓 | 215 |
| 表 5-1-11 空气在不同压力和温度下的摩尔质量 | 219 |
| 表 5-1-12 空气在不同压力和温度下的普朗特数 | 219 |
| 表 5-1-13 空气在不同压力和温度下的动力粘度 | 220 |
| 表 5-1-14 空气在不同压力和温度下的导热系数 | 221 |
| 表 5-1-15 在 760 毫米水银柱下饱和空气中水蒸气的含量 | 222 |
| 表 5-1-16 压缩空气在不同温度和压力下的饱和绝对湿度 | 224 |
| (二) 氧气 | 225 |
| 表 5-2-1 氧气的热物理性质 | 225 |
| 表 5-2-2 氧气的定压 (比) 热容和定容 (比) 热容 (在 1 工程大气压下)..... | 226 |
| 表 5-2-3 氧气的平均定压 (比) 热容和平均定容 (比) 热容 (在 1 工程大气压下, 0 ~ t °C)..... | 227 |
| 表 5-2-4 氧气的 (比) 焓和 (比) 熵 (在 1 工程大气压下)..... | 228 |
| 表 5-2-5 氧气在不同温度下的性质 | 229 |
| 表 5-2-6 氧的压缩度 | 229 |
| (三) 氢 | 230 |
| 表 5-3-1 氢的热物理性质 | 230 |
| 表 5-3-2 氢气在不同压力和温度下的比热容比 | 231 |
| 表 5-3-3 仲氢在不同压力和温度下的比容、(比) 焓和定压 (比) 热容 | 232 |
| 表 5-3-4 氢在不同压力和高温下的比容、(比) 焓和定压 (比) 热容..... | 241 |
| 表 5-3-5 在饱和状态下仲氢和氢的动力粘度 | 248 |
| 表 5-3-6 氢在不同压力和温度下的动力粘度 | 249 |
| 表 5-3-7 不同压力下低温氢的动力粘度 | 250 |
| 表 5-3-8 不同压力下高温氢的动力粘度 | 251 |
| 表 5-3-9 氢在不同压力和温度下的导热系数 | 252 |
| 表 5-3-10 氢气在不同温度下的性质 | 255 |
| 表 5-3-11 氢气与氧气及空气混合的着火浓度极限、着火温度 | 255 |

| | |
|---|-----|
| (四) 氮气 | 256 |
| 表 5-4-1 氮气的热物理性质 | 256 |
| 表 5-4-2 氮气的定压 (比) 热容和定容 (比) 热容 (在 1 工程大气压下)..... | 257 |
| 表 5-4-3 氮气的平均定压 (比) 热容和平均定容 (比) 热容 (在 1 工程大气压下, $0 \sim t^{\circ}\text{C}$)..... | 258 |
| 表 5-4-4 氮气的 (比) 焓和 (比) 熵 (在 1 工程大气压下)..... | 259 |
| 表 5-4-5 氮气在不同温度下的性质 | 260 |
| 表 5-4-6 氮的压缩度 | 260 |
| (五) 一氧化氮 | 261 |
| 表 5-5-1 一氧化氮气体的热物理性质 | 261 |
| 表 5-5-2 一氧化氮气体的定压 (比) 热容和定容 (比) 热容 (在 1 工程大气压下)..... | 262 |
| 表 5-5-3 一氧化氮气体的平均定压 (比) 热容和平均定容 (比) 热容 (在 1 工程 大气压下, $0 \sim t^{\circ}\text{C}$)..... | 263 |
| 表 5-5-4 一氧化氮气体的 (比) 焓和 (比) 熵 (在 1 工程大气压下)..... | 264 |
| (六) 一氧化二氮气体 | 265 |
| 表 5-6-1 一氧化二氮气体的定压 (比) 热容和定容 (比) 热容 (在 1 工 程大气压下)..... | 265 |
| 表 5-6-2 一氧化二氮气体的平均定压 (比) 热容和平均定容 (比) 热容(在 1 工程大气压下, $0 \sim t^{\circ}\text{C}$) | 266 |
| 表 5-6-3 一氧化二氮气体的 (比) 焓和 (比) 熵 (在 1 工程大气压下)..... | 267 |
| (七) 二氧化碳 | 268 |
| 表 5-7-1 二氧化碳的热物理性质 | 268 |
| 表 5-7-2 二氧化碳气体的定压 (比) 热容和定容 (比) 热容 (在 1 工程大气压下)..... | 269 |
| 表 5-7-3 二氧化碳气体平均定压 (比) 热容和平均定容 (比) 热容 (在 1 工程大气压下, $0 \sim t^{\circ}\text{C}$)..... | 270 |
| 表 5-7-4 二氧化碳气体的 (比) 焓和 (比) 熵 (在 1 工程大气压下)..... | 271 |
| 表 5-7-5 二氧化碳气体在不同温度下的性质 | 272 |
| 表 5-7-6 二氧化碳饱和液体在不同温度下的性质 | 272 |
| 表 5-7-7 二氧化碳在不同压力和温度下的动力粘度 | 273 |
| 表 5-7-8 固体-气体饱和二氧化碳的性质..... | 273 |
| 表 5-7-9 液体-气体饱和二氧化碳的性质 | 274 |
| (八) 一氧化碳 | 275 |
| 表 5-8-1 一氧化碳的热物理性质 | 275 |
| 表 5-8-2 一氧化碳气体的定压 (比) 热容和定容 (比) 热容 (在 1 工程大气压下)..... | 276 |
| 表 5-8-3 一氧化碳气体的平均定压 (比) 热容和平均定容 (比) 热容 (在 1 工程 大气压下, $0 \sim t^{\circ}\text{C}$)..... | 277 |
| 表 5-8-4 一氧化碳气体的 (比) 焓和 (比) 熵 (在 1 工程大气压下)..... | 278 |
| 表 5-8-5 一氧化碳气体与氧气混合及一氧化碳与空气混合的着火浓 度极限及着火温度..... | 278 |
| (九) 二氧化硫 | 279 |

| | | |
|------------------|--|-----|
| 表 5-9-1 | 二氧化硫的热物理性质 | 279 |
| 表 5-9-2 | 二氧化硫气体定压 (比) 热容和定容 (比) 热容 (在 1 工程大气压下) | 280 |
| 表 5-9-3 | 二氧化硫气体的平均定压 (比) 热容和平均定容 (比) 热容 (在 1 工程大气压下, $0 \sim t^{\circ}\text{C}$) | 281 |
| 表 5-9-4 | 二氧化硫气体的 (比) 焓和 (比) 熵 (在 1 工程大气压下) | 282 |
| 表 5-9-5 | 二氧化硫在不同压力和温度下的动力粘度 | 283 |
| 表 5-9-6 | 饱和二氧化硫的性质 | 284 |
| (十) 硫化氢 | ..... | 285 |
| 表 5-10-1 | 硫化氢的热物理性质 | 285 |
| 表 5-10-2 | 硫化氢气体的定压 (比) 热容和定容 (比) 热容 (在 1 工程大气压下) | 286 |
| 表 5-10-3 | 硫化氢气体的平均定压 (比) 热容和平均定容 (比) 热容 (在 1 工程大气压下, $0 \sim t^{\circ}\text{C}$) | 286 |
| 表 5-10-4 | 硫化氢气体的 (比) 焓和 (比) 熵 (在 1 工程大气压下) | 287 |
| (十一) 乙炔 | ..... | 288 |
| 表 5-11-1 | 乙炔的热物理性质 | 288 |
| 表 5-11-2 | 乙炔的定压 (比) 热容和定容 (比) 热容 (在 1 工程大气压下) | 289 |
| 表 5-11-3 | 乙炔的平均定压 (比) 热容和平均定容 (比) 热容 (在 1 工程大气压下, $0 \sim t^{\circ}\text{C}$) | 289 |
| 表 5-11-4 | 乙炔的 (比) 焓和 (比) 熵 (在 1 工程大气压下) | 290 |
| 表 5-11-5 | 乙炔与氧及乙炔与空气混合的爆炸极限和着火温度 | 290 |
| 表 5-11-6 | 乙炔在水中的溶解度与温度的关系 | 291 |
| (十二) 烟道气体 | ..... | 291 |
| 表 5-12-1 | 烟道气体的热物理性质 | 291 |
| 表 5-12-2 | 烟道气体的导热系数 (容积成分 13%) | 291 |
| (十三) 甲烷 | ..... | 292 |
| 表 5-13-1 | 甲烷的热物理性质 | 292 |
| 表 5-13-2 | 甲烷气体的定压 (比) 热容和定容 (比) 热容 (在 1 工程大气压下) | 293 |
| 表 5-13-3 | 甲烷气体的平均定压 (比) 热容和平均定容 (比) 热容 (在 1 工程大气压下, $0 \sim t^{\circ}\text{C}$) | 293 |
| 表 5-13-4 | 甲烷气体的 (比) 焓和 (比) 熵 (在 1 工程大气压下) | 294 |
| 表 5-13-5 | 甲烷气体与氧气及其与空气混合的着火浓度极限和着火温度 | 294 |
| (十四) 乙烷 | ..... | 295 |
| 表 5-14-1 | 乙烷的热物理性质 | 295 |
| 表 5-14-2 | 乙烷气体的定压 (比) 热容和定容 (比) 热容 (在 1 工程大气压下) | 296 |
| 表 5-14-3 | 乙烷气体的平均定压 (比) 热容和平均定容 (比) 热容 (在 1 工程大气压下, $0 \sim t^{\circ}\text{C}$) | 296 |
| 表 5-14-4 | 乙烷气体的 (比) 焓和 (比) 熵 (在 1 工程大气压下) | 297 |
| 表 5-14-5 | 乙烷气体与氧气及其与空气混合的着火浓度极限和着火温度 | 297 |
| (十五) 丙烷 | ..... | 298 |
| 表 5-15-1 | 丙烷的热物理性质 | 298 |

| | | |
|-----------------|--|------------|
| 表5-15-2 | 丙烷气体的定压(比)热容和定容(比)热容(在1工程大气压下)..... | 299 |
| 表5-15-3 | 丙烷气体的平均定压(比)热容和平均定容(比)热容(在1工程 大气压下, $0 \sim t^{\circ}\text{C}$)..... | 299 |
| 表5-15-4 | 丙烷气体的(比)焓和(比)熵(在1工程大气压下)..... | 300 |
| 表5-15-5 | 丙烷气体与空气混合的着火浓度极限和着火温度 | 301 |
| (十六) 乙烯 | ..... | 301 |
| 表5-16-1 | 乙烯的热物理性质 | 302 |
| 表5-16-2 | 乙烯气体的定压(比)热容和定容(比)热容(在1工程 大气压下)..... | 302 |
| 表5-16-3 | 乙烯气体的平均定压(比)热容和平均定容(比)热容(在1工程 大气压下, $0 \sim t^{\circ}\text{C}$)..... | 302 |
| 表5-16-4 | 乙烯气体的(比)焓和(比)熵(在1工程大气压下)..... | 303 |
| 表5-16-5 | 乙烯气体与氧气及其与空气混合的着火浓度极限和着火温度 | 303 |
| (十七) 丙烯 | ..... | 304 |
| 表5-17-1 | 丙烯的热物理性质 | 304 |
| 表5-17-2 | 丙烯气体的定压(比)热容和定容(比)热容(在1工程大 气压下)..... | 305 |
| 表5-17-3 | 丙烯气体的平均定压(比)热容和平均定容(比)热容(在1工 程大气压下, $0 \sim t^{\circ}\text{C}$)..... | 305 |
| 表5-17-4 | 丙烯气体的(比)焓和(比)熵(在1工程大气压下)..... | 306 |
| 表5-17-5 | 丙烯气体与氧气及其与空气混合的着火浓度极限和着火温度 | 306 |
| (十八) 苯 | ..... | 307 |
| 表5-18-1 | 苯的热物理性质 | 307 |
| 表5-18-2 | 苯气体的定压(比)热容和定容(比)热容(在1工程大气压下)..... | 308 |
| 表5-18-3 | 苯气体的平均定压(比)热容和平均定容(比)热容(在1工 程大气压下, $0 \sim t^{\circ}\text{C}$)..... | 308 |
| 表5-18-4 | 苯气体的(比)焓和(比)熵(在1工程大气压下)..... | 309 |
| (十九) 异戊烷 | ..... | 309 |
| 表5-19-1 | 异戊烷的热物理性质 | 309 |
| 表5-19-2 | 异戊烷饱和液体和饱和蒸汽表 | 310 |
| 表5-19-3 | 异戊烷过热蒸汽表 | 311 |

六、制 冷 剂

| | | |
|-------|-----------------------|-----|
| 表 6-1 | 各种制冷剂的热力性质表 | 316 |
| 表 6-2 | R-11 饱和蒸汽的热力性质..... | 318 |
| 表 6-3 | R-12 饱和蒸汽的热力性质..... | 319 |
| 表 6-4 | R-13 饱和蒸汽的热力性质..... | 324 |
| 表 6-5 | R-22 饱和蒸汽的热力性质..... | 325 |
| 表 6-6 | R-170 饱和蒸汽的热力性质 | 328 |
| 表 6-7 | R-717 饱和蒸汽的热力性质 | 329 |

| | | |
|---------|----------------|-----|
| 表 6-8-1 | R-12 过热蒸汽的热力性质 | 333 |
| 表 6-9-1 | R-22 过热蒸汽的热力性质 | 343 |

七、燃 料

| | | |
|----------|-----------------------------------|-----|
| 表 7-1 | 我国部分地区煤的成分和性质 | 366 |
| 表 7-2 | 煤的发热量 | 367 |
| 表 7-3 | 干煤的比热容 | 367 |
| 表 7-4 | 煤灰的平均比热容 (0~t°C) | 367 |
| 表 7-5 | 我国部分炼油厂所产重油的技术指标 | 368 |
| 表 7-6 | 重油的比重和发热量的关系 | 363 |
| 表 7-7 | 重油的导热系数 | 369 |
| 表 7-8 | T-1 液态煤油的密度、比热和饱和蒸汽压力 | 369 |
| 表 7-9 | 煤油蒸汽的定压比热容、导热系数和动力粘度 (在 1 工程大气压下) | 369 |
| 表 7-10 | 液态煤油的导热系数 | 370 |
| 表 7-11 | 液态煤油的动力粘度 | 370 |
| 表 7-12 | 汽油的密度、定压比热容和饱和蒸汽压力 | 370 |
| 表 7-13 | 汽油蒸汽的定压比热容、导热系数及动力粘度 (在 1 工程大气压下) | 371 |
| 表 7-14 | 液态汽油的动力粘度 | 371 |
| 表 7-15 | 液态汽油的导热系数 | 371 |
| 表 7-16 | 各种煤气的成分与发热量 | 372 |
| 表 7-17-1 | 天然气与空气的燃烧产物的定压比热容 | 373 |
| 表 7-18-1 | 天然气与空气的燃烧产物的导热系数 | 377 |

八、单位及换算

| | | |
|--------|--------------------------|-----|
| 表 8-1 | 热力学单位表 | 382 |
| 表 8-2 | 空间和时间单位表 | 383 |
| 表 8-3 | 力学单位表 | 384 |
| 表 8-4 | 物理化学和分子物理学单位表 | 386 |
| 表 8-5 | 电学和磁学单位表 | 387 |
| 表 8-6 | 某些基本常用数值 | 388 |
| 表 8-7 | 长度单位换算表 | 389 |
| 表 8-8 | 面积单位换算表 | 392 |
| 表 8-9 | 体积和容积单位换算表 | 394 |
| 表 8-10 | 英美的液量容积和干量容积单位及英美船舶体积单位表 | 396 |
| 表 8-11 | 平面角单位换算表 | 396 |
| 表 8-12 | 立体角单位换算表 | 397 |
| 表 8-13 | 密度单位换算表 | 397 |
| 表 8-14 | 力的单位换算表 | 399 |
| 表 8-15 | 压力和应力单位换算表 | 400 |
| 表 8-16 | 力矩和转矩单位换算表 | 402 |

| | | |
|-------|--------------------|-----|
| 表8-17 | 美国质量单位换算表 | 402 |
| 表8-18 | 英制常衡质量单位换算表 | 403 |
| 表8-19 | 米制质量单位换算表 | 404 |
| 表8-20 | 线速度单位换算表 | 404 |
| 表8-21 | 角速度单位换算表 | 405 |
| 表8-22 | 体积流率单位换算表 | 406 |
| 表8-23 | 质量流率单位换算表 | 406 |
| 表8-24 | 能量单位换算表 | 407 |
| 表8-25 | 功率单位换算表 | 408 |
| 表8-26 | 导热系数单位换算表 | 410 |
| 表8-27 | 传热系数单位换算表 | 410 |
| 表8-28 | 比热流量单位换算表 | 411 |
| 表8-29 | 单位容积能量换算表 | 411 |
| 表8-30 | 单位质量能量换算表 | 412 |
| 表8-31 | 比热容单位换算表 | 412 |
| 表8-32 | 动力粘度单位换算表 | 413 |
| 表8-33 | 运动粘度单位换算表 | 414 |
| 表8-34 | 市制单位与国际单位换算表 | 415 |
| 参考文献 | ..... | 415 |

主要符号表

| | | | |
|-----------|----------------|------------|----------------|
| A | 气体的压缩度 | q | 单位质量物质传递的热量 |
| a | 导温系数 | R | 气体常数 |
| C | 热容 | R_m | 通用气体常数 |
| C_m | 摩尔热容 | R_{co} | 折合气体常数 |
| $C_{m,p}$ | 定压摩尔热容 | r | 汽化潜热 |
| $C_{m,v}$ | 定容摩尔热容 | r_i | i 种组元气体的容积成分 |
| C' | 容积热容 | S | 熵 |
| \bar{C} | 平均容积热容 | S_m | 摩尔熵 |
| c | 比热容 | S_i | i 种组元物质的熵 |
| \bar{c} | 平均比热容 | s | 比熵 |
| d | 含湿量 | s' | 饱和液体的比熵、容积熵 |
| E_s | 焓 | s'' | 干饱和蒸汽的比熵 |
| e_s | 比焓 | T | 热力学温度 |
| F | 亥姆霍兹自由能 | T_c | 临界温度 |
| f | 比亥姆霍兹自由能 | t_s, T_s | 饱和温度 |
| G | 吉布斯自由能 | t | 摄氏温度 |
| g | 重力加速度, 比吉布斯自由能 | U | 内能 |
| g_n | 标准重力加速度 | u | 比内能 |
| H | 焓、熔解热 | V | 速度 |
| h | 比焓 | v | 比容 |
| h_m | 摩尔焓 | v_c | 临界比容 |
| h_i | i 种组元物质的焓 | v' | 饱和液体的比容 |
| h' | 饱和液体的比焓 | v'' | 干饱和蒸汽的比容 |
| h'' | 干饱和蒸汽的比焓 | W | 功 |
| M | 摩尔质量 | x_i | i 种组元气体的质量成分 |
| M_{co} | 折合分子量 | y_i | i 种组元气体的摩尔成分 |
| M_i | i 种组元物质的摩尔质量 | Z | 压缩因子 |
| m | 物质的质量 | Z_c | 临界压缩因子 |
| p | 压力 | P_r | 普朗特数 |
| p_i | i 种组元气体的分压力 | Re | 雷诺数 |
| p_c | 临界压力 | α | 线胀系数 |
| p_s | 饱和蒸汽压力 | β | 体胀系数 |
| Q | 热量 | γ | 重度 |
| Q_{Dw} | 燃料低位发热量 | η | 动力粘度 |
| Q_{Gw} | 燃料高位发热量 | κ | 比热容比 |

λ 导热系数
 ν 运动粘度
 ρ 密度
 ϕ 热流量
 φ 相对湿度

下角标符号

a 湿空气中干空气
 i 序号
 k 临界状态
 m 摩尔的

n ——标准的
 s ——饱和状态
 DW——低位的
 GW——高位的

上角标符号

g ——干基
 f ——分析基
 r ——可烧基
 y ——应用基

一、名词定义及计算公式

(一) 温 度

1. 温度

处于同一热平衡状态的所有热力学系统必定有一宏观特性是彼此相同的，我们把描述此宏观特性的物理量叫温度。也就是说，温度是决定一系统是否可与其它系统处于热平衡的物理量。它的特征是：凡相互处于热平衡的系统都具有相同的温度。根据分子运动学说，气体温度是其分子热运动的平均移动动能的度量，其关系如下

$$m\bar{w}^2/2=KT \quad (1)$$

式中 K ——比例常数；

m ——分子质量；

\bar{w} ——分子移动动能的均方根速度；

T ——热力学温度。

2. 温标

温标的规定是选取某种物质两个恒定的温度点，在这两个基准之间分成若干等分，做为温度的单位。由于选取的物质不同和温度数等分不同，所以，有下列几种温标。

(1) 热力学温标 (开尔文绝对温标、绝对温标) 用热力学温标确定的温度称为热力学温度，国际单位制规定，热力学温度用符号 T 表示，单位为开〔尔文〕(Kelvin)，单位符号为 K 。例如，热力学温度 280 开〔尔文〕，可写成 280 开 (280K)。

热力学温标选取水的三相点 (水的固、液、汽三相平衡共存的状态) 为基本定点，并定义它的温度为 273.16K，也就是定义热力学温度的单位开尔文所代表的温度间隔等于水三相点热力学温度的 $1/273.16$ 。

(2) 摄氏温标 (百分温标) 用摄氏温标确定的温度为摄氏温度，用符号 t 表示，单位为摄氏度，单位符号为 $^{\circ}C$ 。例如，温度 80 摄氏度，可写成 $80^{\circ}C$ ，若温度低于 $0^{\circ}C$ ，则要在温度前边加一个“-”号，例如，零下 15 摄氏度，写成 $-15^{\circ}C$ 。

新规定的摄氏温标与旧的摄氏温标不同 (旧摄氏温标：在 1 标准大气压下，纯水的冰点温度为 $0^{\circ}C$ ，沸点温度为 $100^{\circ}C$ ，两定点间的温度，按照与测温物质的某物理量的线性函数确定)；新摄氏温标是由热力学温标导出摄氏温度，按式

$$t = T - 273.15 \quad (2)$$

确定。这就是说，规定热力学温度 273.15 为摄氏温度的零点 ($t = 0^{\circ}C$)，同时也规定了两种温度的单位 ($^{\circ}C$ 与 K) 所代表的温度间隔相同。因而两种温度只是起点不同，用 K 表示的温差也可以用 $^{\circ}C$ 表示，即 $\Delta t = \Delta T$ 。按此定义，摄氏温标的零点 ($0^{\circ}C$) 只是接近于 1 标准大气压下纯水的冰点温度，并不严格相等，两者差别不超过万分之一度；沸点的温度也不等于 $100^{\circ}C$ ，差别不超过百万分之一度。

以上两种温标均用于国际单位制 (SI) 中。

(3) 华氏温标 规定在 1 标准大气压下纯水的冰点和纯水的沸点分别为 $32^{\circ}F$ 和 $212^{\circ}F$ ，中间分成 180 等分，其单位为华氏度，单位符号为 F 。例如，温度为 86 华氏度，可写成 $86^{\circ}F$ 。

华氏温标是英制温标，为英美等国过去比较通用的一种温标。

(4) 兰氏温标(兰氏绝对温标) 以绝对零度为起点的兰氏温度，其单位符号为 $^{\circ}\text{R}$ 。例如，温度为280兰氏度，可写成 280°R 。

(5) 列氏温标 规定纯水的冰点为零度，纯水的沸点为80度，其单位为列氏度，单位符号为 $^{\circ}\text{Re}$ 。例如，温度为80列氏度，可写成 80°Re 。

各种温度之间的换算公式见表1-1，不同温标的绝对零点、水的冰点，水的三相点、水的沸点见表1-2。

表1-1 各种温度的换算公式

| 单位 | 开尔文 T [K] | 摄氏度 t_{C} [$^{\circ}\text{C}$] | 列氏度 t_{Re} [$^{\circ}\text{Re}$] | 华氏度 t_{F} [$^{\circ}\text{F}$] | 兰氏度 t_{R} [$^{\circ}\text{R}$] |
|---|---|---|---|---|---|
| 开尔文 T [K] | T | $T - 273.15$ | $0.8(T - 273.15)$ | $1.80(T - 273.15) + 32$ | $1.80T$ |
| 摄氏度 t_{C} [$^{\circ}\text{C}$] | $t_{\text{C}} + 273.15$ | t_{C} | $0.8t_{\text{C}}$ | $1.80t_{\text{C}} + 32$ | $1.80t_{\text{C}} + 491.67$ |
| 列氏度 t_{Re} [$^{\circ}\text{Re}$] | $1.25t_{\text{Re}} + 273.15$ | $1.25t_{\text{Re}}$ | t_{Re} | $2.25t_{\text{Re}} + 32$ | $2.25t_{\text{Re}} + 491.67$ |
| 华氏度 t_{F} [$^{\circ}\text{F}$] | $\frac{5}{9}(t_{\text{F}} - 32) + 273.15$ | $\frac{5}{9}(t_{\text{F}} - 32)$ | $\frac{4}{9}(t_{\text{F}} - 32)$ | t_{F} | $t_{\text{F}} + 459.67$ |
| 兰氏度 t_{R} [$^{\circ}\text{R}$] | $\frac{5}{9}t_{\text{R}}$ | $\frac{5}{9}(t_{\text{R}} - 491.67)$ | $\frac{4}{9}t_{\text{R}} - 491.67$ | $t_{\text{R}} - 459.67$ | t_{R} |

〔例〕 摄氏温度 18°C 等于多少开尔文、列氏度、华氏度、兰氏度?

〔解〕 摄氏温度与热力学温度的换算如下:

$$T = t_{\text{C}} + 273.15 = 18 + 273.15 = 291.15\text{K}$$

摄氏温度与列氏温度的换算如下:

$$t_{\text{Re}} = 0.8t_{\text{C}} = 0.8 \times 18 = 14.4^{\circ}\text{Re}$$

摄氏温度与华氏温度的换算如下:

$$t_{\text{F}} = 1.80t_{\text{C}} + 32 = 1.80 \times 18 + 32 = 64.4^{\circ}\text{F}$$

摄氏温度与兰氏温度的换算如下:

$$\begin{aligned} t_{\text{R}} &= 1.80t_{\text{C}} + 491.67 = 1.80 \times 18 + 491.67 \\ &= 524.07^{\circ}\text{R} \end{aligned}$$

表1-2 不同温标的绝对零点、水的冰点、水的三相点及水的沸点

| 单位 | 开尔文 [K] | 摄氏度 [$^{\circ}\text{C}$] | 列氏度 [$^{\circ}\text{Re}$] | 华氏度 [$^{\circ}\text{F}$] | 兰氏度 [$^{\circ}\text{R}$] |
|-------|---------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 绝对零点 | 0 | -273.15 | -218.52 | -459.67 | 0 |
| 水的冰点 | 273.15 | 0 | 0 | 32 | 491.67 |
| 水的三相点 | 273.16 | 0.01 | 0.008 | 32.0183 | 491.688 |
| 水的沸点 | 373.15 | 100 | 80 | 212 | 671.67 |

3. 温度定点

制定温度分度时所规定的基准温度称为温度定点。

在1968年召开的国际度量衡委员会的会议上，确定了表1-3中给出的11个温度定点作为实

用的温度分度的依据。此外，该委员会于1960年就确定了表1-4中给出的二次温度定点。使用这些温度定点，能够在广泛的温度范围内进行温度计分度校正。

表1-3 国际实用温度定点 (1968年国际度量衡委员会)

| 平 衡 状 态 | t [°C] | T [K] |
|-------------------|----------|---------|
| 氢的三相点 (固、液、气三相共存) | -259.34 | 13.81 |
| 25/76atm下平衡的氢沸点 | -256.108 | 17.042 |
| 标准气压下平衡的氢沸点 | -252.87 | 20.28 |
| 标准气压下氮的沸点 | -246.048 | 27.102 |
| 氧的三相点 | -218.789 | 54.361 |
| 标准气压下氧的沸点 | -182.962 | 90.188 |
| 水的三相点 | 0.010 | 273.16 |
| 标准气压下水的沸点 | 100.0 | 373.15 |
| 锌的凝固点 | 419.58 | 692.73 |
| 银的凝固点 | 961.93 | 1235.08 |
| 金的凝固点 | 1064.43 | 1337.58 |

表1-4 二次温度定点 (1960年国际度量衡委员会)

| 平 衡 状 态 | t [°C] | T [K] |
|----------------------------|----------|---------|
| 固体CO ₂ 与其蒸汽的平衡点 | -78.5 | 194.65 |
| 水银的凝固点 | -38.87 | 234.28 |
| 锡的凝固点 | 231.9 | 505.05 |
| 铅的凝固点 | 327.3 | 600.45 |
| 铋的凝固点 | 630.5 | 903.65 |
| 镍的凝固点 | 1453.0 | 1726.15 |
| 铂的凝固点 | 1769.0 | 2042.15 |
| 铱的凝固点 | 2443.0 | 2716.15 |
| 钨的凝固点 | 3380.0 | 3653.15 |

(二) 压力 (压强)

1. 压力 (压强)

物体单位表面受到的垂直作用力称为压力 (压强)。根据国家标准 (GB3102.3-82)，压力和压强都具有相同的意义，即均指单位面积上受到的垂直作用力，压力的符号用 p 表示。有如下表述：

(1) 大气压力 (大气压) 地球表面被一层很厚的气体包裹着，由于气体受到地心的吸引产生了重力，所以包围在地球外面的大气层对地球表面产生了压力。这个压力是由大气产生的，就叫做大气压力，用符号 p_a 表示，其大小与高度、温度等条件有关，大气层越厚，大气的压力就越大；相反，大气层越薄，大气的压力就越小。所以高山上的大气压力比海平面上的小。

由此可知，大气压力不是恒定不变的。为使计算及论证有个科学的统一基点，就需要引入一个标准大气压力作为衡量标准。

(2) 表压力 (计示压力) 流体的表压力是指压力表或“U”形管压力计测量得到的压力。用符号 p_g 表示。表压力是表示超过大气压力的那一部分。

(3) 绝对压力 绝对零压以上的压力称为绝对压力，绝对压力即容器内流体的实际压力，用