

941/109
21195

空气调节与制冷设计手册

第二册

压缩制冷

第四机械工业部第十设计院等编

中国工业出版社

空气调节与制冷设计手册

第 二 册

压 缩 制 冷

第四机械工业部第十设计院编

中国工业出版社

空气调节与制冷设计手册
第二册 压缩制冷
第四机械工业部第十设计院编
只限国内发行

*

建筑工程部图书编辑部编辑 (河南省武陟县)

中国工业出版社出版 (北京四新路36号)

北京市书刊出版业营业登记证出字第110号

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行, 各地新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $9^{3/4}$ ·插页9·字数244,000

1970年5月北京第一版·1970年5月北京第一次印刷

印数0001—12,245·定价(科六)1.70元

*

统一书号: 15165·4897(建工-570)

敬祝毛主席万寿无疆

毛主席语录

中国共产党是全中国人民的领导核心。没有这样一个核心，社会主义事业就不能胜利。

这次无产阶级文化大革命，对于巩固无产阶级专政，防止资本主义复辟，建设社会主义，是完全必要的，是非常及时的。

团结起来，争取更大的胜利。

我们已经取得了伟大的胜利。但是，失败的阶级还要挣扎。这些人还在，这个阶级还在。所以，我们不能说最后的胜利。几十年都不能说这个话。不能丧失警惕。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

备战、备荒、为人民。

自力更生，艰苦奋斗，破除迷信，解放思想。

我们作计划、办事、想问题，都要从我国有六亿人口这一点出发，千万不要忘记这一点。

目 录

| | |
|------------------------|-----|
| 第一章 制冷设备的选择和计算 | 7 |
| 第一节 空调制冷装置概述 | 7 |
| 第二节 制冷工质和冷媒 | 3 |
| 第三节 单级压缩制冷的基本循环 | 22 |
| 第四节 压缩式制冷设备的选择计算 | 23 |
| 第二章 活塞式制冷压缩机 | 43 |
| 第一节 概述 | 43 |
| 第二节 新系列制冷压缩机 | 47 |
| 第三节 小型氨压缩冷凝机组 | 91 |
| 第四节 氟利昂压缩冷凝机组 | 104 |
| 第三章 制冷设备及附件 | 115 |
| 第一节 氨油分离器 | 115 |
| 第二节 冷凝器 | 121 |
| 第三节 贮氨液器 | 140 |
| 第四节 蒸发器 | 147 |
| 第五节 集油器 | 168 |
| 第六节 空气分离器 | 171 |
| 第七节 紧急洩氨器 | 174 |
| 第八节 其他附件 | 175 |
| 第四章 制冷装置系统和站房布置 | 221 |
| 第一节 制冷装置系统 | 221 |
| 第二节 站房和设备布置 | 227 |
| 第三节 制冷系统的管路设计 | 235 |
| 第五章 冷冻水和冷却水 | 243 |
| 第一节 冷冻水的供应 | 243 |
| 第二节 冷却水的供应 | 263 |
| 第六章 制冷装置的安装和试运转 | 269 |
| 第一节 氨制冷装置的安装 | 269 |

VII

| | | |
|-----|--------------|-----|
| 第二节 | 氨制冷装置的试车和试运转 | 271 |
| 第三节 | 氟制冷装置的安装和试运转 | 278 |
| 第四节 | 制冷装置的操作管理 | 282 |
| 第七章 | 设备及管道保温 | 288 |
| 第一节 | 保温计算 | 288 |
| 第二节 | 保温结构 | 294 |
| 附录 | 制冷设备选择计算举例 | 297 |

毛主席语录

历史的經驗值得注意。一个路綫，一种观点，要經常讲，反复讲。只給少数人讲不行，要使广大革命群众都知道。

第一章 制冷設備的选择和計算

第一节 空調制冷装置概述

空調制冷设计应根据工程项目的需要，空調设计提出的供冷要求（耗冷量、供冷方式、冷冻水温度等），工程建设地区的水源情况（如水温、水质、水量等），以及电源、热源等各方面的情况，用一分为二的观点，进行政治、经济、技术的综合分析，然后确定供冷方案，选择合理的冷冻装置。设计过程中，必须高举毛泽东思想伟大红旗，突出无产阶级政治，认真调查研究，全面贯彻党的各项方针政策，才能作出合理的供冷方案。

制冷装置设计是空調供冷的一个重要部份。下面首先扼要地介绍一下空調供冷所用制冷装置的几种主要类型。

一、压缩式制冷装置

(一) 活塞（往复）压缩式制冷设备 主要设备为活塞式制冷压缩机。常用的制冷工质为氨（ NH_3 ）、氟利昂-12（F-12）、氟利昂-22（F-22）。这类设备用电动机带动，使用方便，品种多，产品全，基本上能满足各种空調供冷要求。本手册主要介绍了这类设备的制冷原理，选用计算，国产设备的规格，制冷装置系统设计，以及安装、运行等。这类设备是目前广泛使用的制冷设备，但一次投资大，维护比较复杂。

(二) 离心压缩式制冷设备 主要设备为离心式制冷压缩机，常用氟利昂作制冷工质。由于离心式压缩机压缩气体量大，要求用比容大、分子量大的制冷工质，如F-11，F-113，F-114等。离心压缩式制冷机，制冷原

理与活塞压缩式同，但它只有迴转运动，比活塞式运转平稳，振动小、机件少，因此常与蒸发器、冷凝器组合为一体，设备紧凑占地面积小。离心式制冷压缩机，制冷量较大，一般都在50万~100万千卡/小时以上。因此只有空调耗冷量比较大时，才选用这类设备。目前由于国内生产的品种和数量还少，以及使用范围有一定限制，应用尚不广泛。

二、蒸汽喷射制冷装置

蒸汽喷射制冷机是利用热能制冷的设备，其工作蒸汽压力，一般为4~7公斤/厘米²。制冷机利用蒸汽喷射形成真空，使水在真空下部份蒸发，其余部份因失热而被冷却，从而获得低温水。水温越低，需要真空度越高，消耗的工作蒸汽也越多。

蒸汽喷射制冷有以下优点：

1. 设备在真空下工作，除泵以外，没有机械运转部份。制冷工质为水，对人无害，使用安全，操作简单。

2. 设备简单，容易制造，一般机械工厂或机修车间都可加工制造。

3. 可以利用工业企业中的废热，如热电厂的二次汽，冶金、化工厂的废热（通过废热锅炉产生蒸汽）；也可以充分利用工业企业中的采暖锅炉（较大的），冬季供热采暖，夏季供汽制冷。

4. 设备的一次投资小，而且可以安装在室外，节省土建费用。

蒸汽喷射制冷机的主要缺点是效率较低，设置专用锅炉和利用小型采暖锅炉供汽，是不经济的。其效率随冷冻水温度变化，冷冻水温度越低，消耗蒸汽量越大，效率越低。在一般情况下，冷冻水温5℃以上可以采用，10℃以上比较经济。因此蒸汽喷射制冷机，通常在有废汽利用和空调用冷冻水温度较高时采用。

目前国产蒸汽喷射制冷设备品种还少，需用单位一般都自行设计制造。

三、吸收式制冷装置

吸收式制冷装置，也是一种利用热能制冷的设备。在这类设备中，制冷工质吸热蒸发（即制冷过程）产生的蒸汽，由吸收剂吸收，然后加热放出蒸汽，并使其冷凝为液体，再减压蒸发，以达到制冷目的。常见的有氨—水吸收式制冷装置和水—溴化锂水溶液吸收式制冷装置，前者适合于低温冷冻，后者适合于空调供冷。溴化锂制冷装置中，水为制冷工质，溴化锂水溶液为吸收剂。其优点如下：

1. 对热源要求不高（0.1公斤/厘米²以上的蒸汽，70~150℃热水都可以用），可以广泛利用工矿企业中的废热；

2. 设备简单,容易制造,除泵以外无转动设备,噪音小;
3. 设备在真空下工作,溴化锂水溶液对人无害,使用安全,操作管理简单;
4. 比蒸汽喷射式效率高;
5. 体积小,重量轻,安装于室内(单层、多层、船用等)室外均可。适宜于隐蔽工程空调供冷。

目前,溴化锂吸收式制冷装置,国内尚无定型产品,它的主要缺点是溴化锂水溶液对碳素钢有较强的腐蚀性。初期的设备都用合金钢材制造,限制了设备的普遍采用,近年来各国都倾向于在溴化锂溶液中加防腐剂,消除和减少它对碳素钢的腐蚀性。我国有关部门已进行了一些试验和研究,基本上解决了腐蚀问题。上海一些单位设计制造的设备都用普通碳素钢,这就给溴化锂吸收式制冷设备的广泛采用进一步创造了条件。

我国制冷技术正在迅速发展,只要我们永远高举毛泽东思想伟大红旗,坚持“鼓足干劲,力争上游,多快好省地建设社会主义”的总路线和“独立自主、自力更生”的伟大方针,不断改革和创造新设备,我们一定会在不远的将来赶上和超过世界先进水平。

第二节 制冷工质和冷媒

“制冷工质”(又称制冷剂)是制冷机中用来吸取被冷却物的热量,并将热量传递给周围介质(一般为水或空气)的工作物质。为了提高制冷循环效率,活塞压缩式制冷机一般都是利用制冷工质(以下简称工质)物态变化时传递热量;工质蒸发时吸热,工质冷凝时放热。常用的工质有氨(NH_3),氟利昂-12(F-12),氟利昂-22(F-22)等,其物理、化学、热力性质见表1-1至1-7和图1-1至1-8。以上三种工质,在热力性能和物理化学性能方面都能满足活塞压缩式制冷机的要求。从使用方面来讲,各有优缺点:氨有刺激性臭味,对人体有害,与空气混合能形成爆炸性气体,但是氨容易取得,价格较低,洩漏后容易发觉,因而目前仍广泛使用;氟利昂-12和氟利昂-22无臭无味,对人体无害,只在空气中含有大量氟利昂蒸汽以致缺氧时,有窒息性,其缺点是渗透性强,容易洩漏,目前国内产量不多,价格较贵。

“冷媒”是制冷系统中用来传递冷效应的中间工质。空调供冷系统中,常用的冷媒为水或盐水,通常称为冷冻水。盐水的性质见表1-8、9。

制冷工质的物理性质

表 1-1

| 物 理 性 质 | | 氨 | 氟利昂-12 | 氟利昂-22 |
|--|----------------------------------|-----------------|---------------------------------|---------------------|
| 化学分子式 | | NH ₃ | CF ₂ Cl ₂ | CHF ₂ Cl |
| 分子量 | | 17.03 | 120.92 | 86.48 |
| 大气压下的蒸发温度[°C] <i>t_e</i> | | -33.4 | -29.8 | -40.8 |
| 临界温度[°C] <i>t_l</i> | | +132.4 | +111.5 | +96.0 |
| 临界压力[绝对压力公斤/厘米 ²] <i>p_l</i> | | 115.2 | 40.8 | 50.3 |
| 临界比容[升/公斤] <i>v_l</i> | | 4.13 | 1.80 | 1.905 |
| 凝固点[°C] | | -77.7 | -155.0 | -160.0 |
| 绝热指数 $K = \frac{C_p}{C_v}$ | | 1.30 | 1.14 | 1.12 |
| 动力粘性系数 | 蒸汽 μ [公斤·秒/米 ²] | 图 1-1 | | |
| | 液体 μ' [公斤·秒/米 ²] | 图 1-2 | 图 1-3 | |
| 导热系数 | 蒸汽 λ [千卡/米·时·°C] | 图 1-5 | | |
| | 液体 λ' [千卡/米·时·°C] | 图 1-4 | 图 1-6 | |

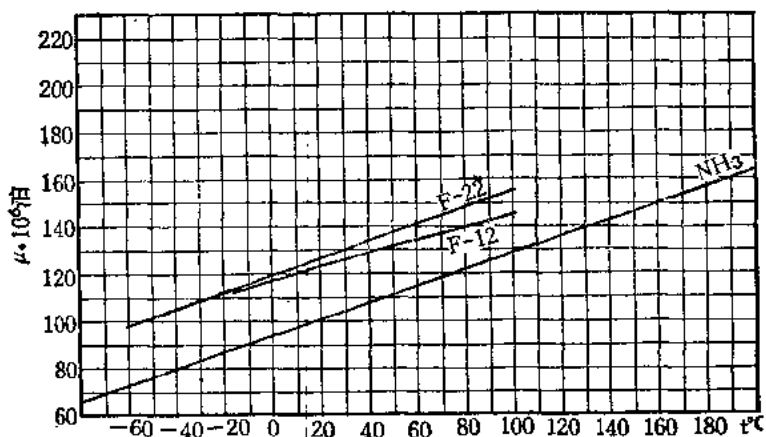


图 1-1 动力粘性系数(蒸汽)

绝对压力 $P_1 = 1$ 公斤/厘米²; $\mu = 0.0102$ 公斤·秒/米²; t —制冷工质的温度(°C)

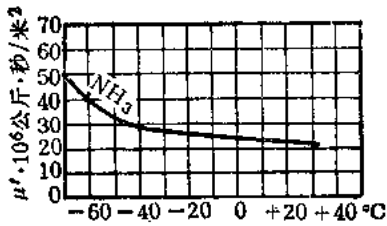


图 1-2 动力粘性系数 (液体)

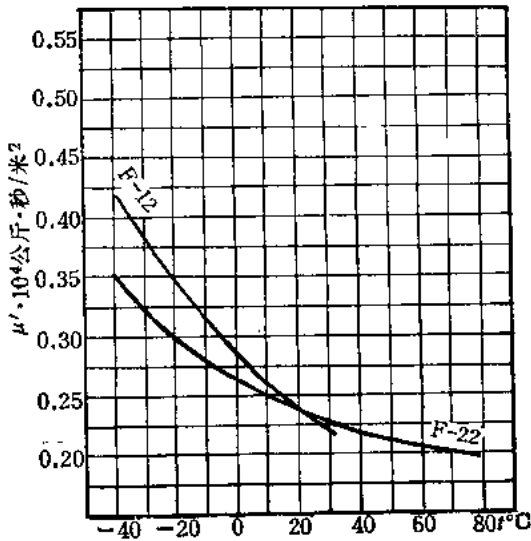
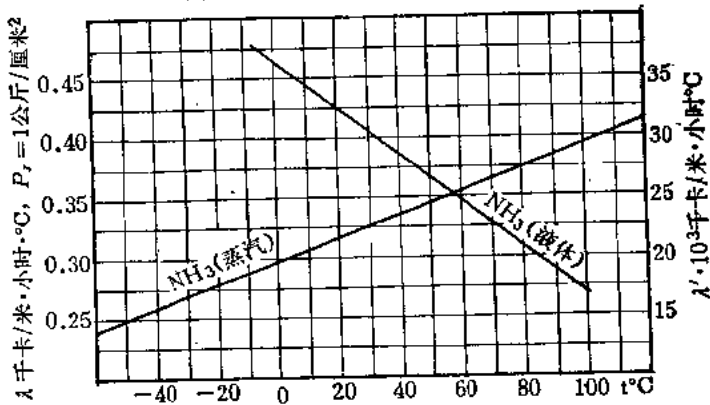


图 1-3 动力粘性系数 (液体)

图 1-4 NH₃ 导热系数

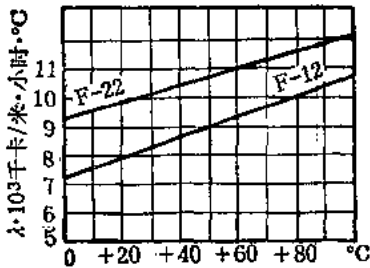


图 1-5 导热系数 (蒸汽)
($P_1 = 1$ 公斤/厘米²)

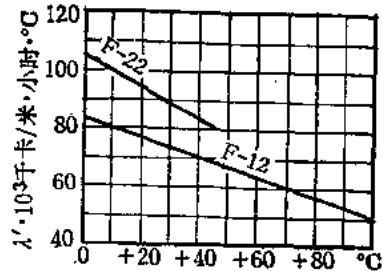


图 1-6 导热系数 (液体)

制冷工质的化学性质

表 1-2

| 化 学 性 质 | | 氨 | 氟利昂-12 | 氟利昂-22 |
|--------------------------|--------------|-----------------------------|--|-------------------|
| 对水的作用 | | 易溶于水 | 见图 1-7 1-8 | 见图 1-7 1-8 |
| 对润滑油的溶解性 | | 可视为不溶解于油, 详见表 1-4 | 完全溶于润滑油 | 少量溶于润滑油 |
| 对金属的作用 | | 含有水分时要侵蚀锌、铜、青铜及除磷青铜以外的其他铜合金 | 在制冷应用的工作温度范围内, 除含镍量大于 2% 的合金外, 无水的氟利昂对其他所有金属均呈惰性 | |
| 热稳定性 | | 温度超过 560°C 时分解成氮与氢 | 见表 1-5 在分裂时, 生成氯化氢、氟化氢、光气, 有毒 | 在含有铁时, 550°C 开始分解 |
| 爆炸性与燃烧性 | 爆炸极限 | 16~25 容积% | 不燃烧, 不爆炸 | |
| | 燃烧点 | 700~780°C | | |
| 在 0°C 及 760 毫米水银柱对空气之重量比 | | 0.55 | 3.93 | 3.55 |
| 毒性及发生危险条件 | 按容积计的蒸汽含量, % | 0.5~0.8 | 25~30 | 10~15 |
| | 停留时间, 分 | 30 | 60 | 30 |

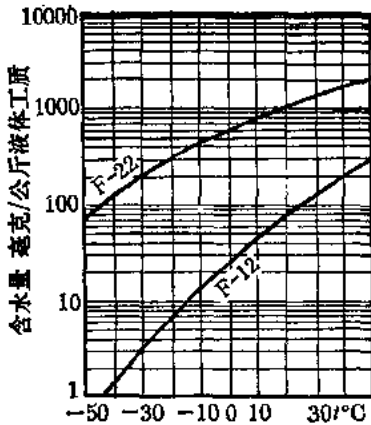


图 1-7 水在液体工质中的溶解度

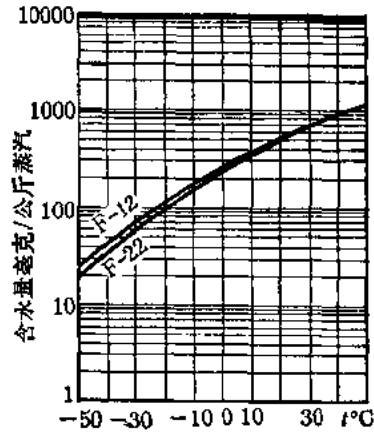


图 1-8 水在蒸汽工质中的溶解度

氟在油中的溶解度

表 1-3

| 压 力 P_f (绝对大气压, 公斤/厘米 ²) | 温 度 (°C) | | | | |
|---|----------|-------|-------|-------|-------|
| | 0 | 20 | 40 | 65 | 100 |
| 1 | 0.246 | 0.180 | 0.139 | 0.105 | 0.072 |
| 2 | 0.500 | 0.360 | 0.278 | 0.198 | 0.144 |
| 3 | 0.800 | 0.540 | 0.417 | 0.304 | 0.228 |
| 10 | | | 1.390 | 1.050 | 0.720 |

在与不同材料一起时 F-12 的分解温度

表 1-4

| 材 料 | 铁 | 铝 | 杜拉铝 | 铜 | 铅 | 玻璃 | 氧化锌 | 氯化钙 |
|-----------|-----|---------|---------|---------|-----|-----|-----|-----|
| 分解温度 (°C) | 430 | 420~435 | 410~430 | 410~430 | 300 | 560 | 430 | 430 |

氨的热力性质

表1-5

| 温度 <i>t</i> (°C) | 绝对 压力 <i>P</i> ₁ (公斤/ 厘米 ²) | 比 容 | | 容 重 | | 焓 | | 汽化热 γ (千卡/ 公斤) | 熵 | |
|------------------------|--|---|---|---|---|--|--|--------------------------------|---|---|
| | | 液体 <i>v</i> ^l (升/ 公斤) | 蒸汽 <i>v</i> ^g (米 ³ / 公斤) | 液体 γ ^l (公斤/ 升) | 蒸汽 γ ^g (公斤/ 米 ³) | 液体 <i>i</i> ^l (千卡/ 公斤) | 蒸汽 <i>i</i> ^g (千卡/ 公斤) | | 液 体 <i>s</i> ^l (千卡/ 公斤·K) | 蒸 汽 <i>s</i> ^g (千卡/ 公斤·K) |
| -70 | 0.111 | 1.3788 | 9.009 | 0.7253 | 0.111 | 25.9 | 375.7 | 349.8 | 0.6878 | 2.4101 |
| -68 | 0.129 | 1.3832 | 7.87 | 0.723 | 0.127 | 27.9 | 376.6 | 348.7 | 0.6975 | 2.3976 |
| -66 | 0.149 | 1.3876 | 6.882 | 0.7207 | 0.145 | 29.9 | 377.4 | 347.5 | 0.7074 | 2.3853 |
| -64 | 0.171 | 1.392 | 6.044 | 0.7184 | 0.165 | 32 | 378.3 | 345.3 | 0.7173 | 2.3734 |
| -62 | 0.195 | 1.3965 | 5.324 | 0.7161 | 0.188 | 34 | 379.1 | 345.1 | 0.727 | 2.3618 |
| -60 | 0.223 | 1.401 | 4.699 | 0.7138 | 0.213 | 36.1 | 380 | 343.9 | 0.7366 | 2.3507 |
| -58 | 0.254 | 1.4056 | 4.161 | 0.7114 | 0.24 | 38.1 | 380.8 | 342.7 | 0.7461 | 2.3393 |
| -56 | 0.289 | 1.4103 | 3.693 | 0.7091 | 0.271 | 40.2 | 381.7 | 341.5 | 0.7555 | 2.3293 |
| -54 | 0.327 | 1.415 | 3.288 | 0.7067 | 0.304 | 42.2 | 382.5 | 340.3 | 0.7648 | 2.318 |
| -52 | 0.37 | 1.4197 | 2.933 | 0.7044 | 0.341 | 44.2 | 383.3 | 339.1 | 0.7741 | 2.3078 |
| -50 | 0.4169 | 1.4245 | 2.6250 | 0.7020 | 0.3810 | 46.16 | 384.73 | 338.57 | 0.7830 | 2.3006 |
| -49 | 0.4421 | 1.4269 | 2.4850 | 0.7008 | 0.4024 | 47.15 | 385.14 | 337.99 | 0.7874 | 2.2956 |
| -48 | 0.4687 | 1.4293 | 2.3531 | 0.6996 | 0.4250 | 48.25 | 385.54 | 337.29 | 0.7923 | 2.2907 |
| -47 | 0.4965 | 1.4318 | 2.2298 | 0.6984 | 0.4485 | 49.29 | 385.95 | 336.66 | 0.7969 | 2.2859 |
| -46 | 0.5257 | 1.4342 | 2.1140 | 0.6973 | 0.4730 | 50.36 | 386.35 | 335.99 | 0.8016 | 2.2811 |
| -45 | 0.5563 | 1.4367 | 2.0052 | 0.6960 | 0.4987 | 51.43 | 386.75 | 335.32 | 0.8064 | 2.2764 |
| -44 | 0.5883 | 1.4392 | 1.9032 | 0.6948 | 0.5254 | 52.47 | 387.14 | 334.67 | 0.8109 | 2.2717 |
| -43 | 0.6218 | 1.4417 | 1.8072 | 0.6936 | 0.5533 | 53.53 | 387.54 | 334.01 | 0.8155 | 2.2671 |
| -42 | 0.6569 | 1.4442 | 1.7169 | 0.6924 | 0.5824 | 54.60 | 387.93 | 333.33 | 0.8201 | 2.2625 |
| -41 | 0.6936 | 1.4468 | 1.6319 | 0.6912 | 0.6128 | 55.68 | 388.32 | 332.64 | 0.8247 | 2.2579 |
| -40 | 0.7319 | 1.4493 | 1.5520 | 0.6900 | 0.6443 | 56.72 | 388.70 | 331.98 | 0.8293 | 2.2535 |
| -39 | 0.7719 | 1.4519 | 1.4768 | 0.6888 | 0.6771 | 57.77 | 389.09 | 331.32 | 0.8337 | 2.2490 |
| -38 | 0.8137 | 1.4545 | 1.4058 | 0.6875 | 0.7113 | 58.82 | 389.47 | 330.65 | 0.8382 | 2.2446 |
| -37 | 0.8574 | 1.4571 | 1.3386 | 0.6863 | 0.7469 | 59.91 | 389.85 | 329.94 | 0.8429 | 2.2403 |
| -36 | 0.9029 | 1.4597 | 1.2756 | 0.6851 | 0.7839 | 60.98 | 390.23 | 329.25 | 0.8473 | 2.2360 |
| -35 | 0.9504 | 1.4623 | 1.2160 | 0.6839 | 0.8224 | 62.05 | 390.60 | 328.55 | 0.8518 | 2.2317 |
| -34 | 0.9998 | 1.4649 | 1.1598 | 0.6826 | 0.8622 | 63.09 | 390.97 | 327.88 | 0.8562 | 2.2275 |
| -33 | 1.0514 | 1.4676 | 1.1085 | 0.6814 | 0.9038 | 64.18 | 391.34 | 327.16 | 0.8607 | 2.2233 |
| -32 | 1.1051 | 1.4703 | 1.0561 | 0.6801 | 0.9469 | 65.26 | 391.71 | 326.45 | 0.8652 | 2.2192 |
| -31 | 1.1609 | 1.4730 | 1.0026 | 0.6789 | 0.9915 | 66.31 | 392.07 | 325.76 | 0.8695 | 2.2151 |
| -30 | 1.2191 | 1.4757 | 0.9635 | 0.6776 | 1.038 | 67.40 | 392.43 | 325.03 | 0.8741 | 2.2111 |
| -29 | 1.2795 | 1.4784 | 0.9209 | 0.6764 | 1.086 | 68.46 | 392.79 | 324.33 | 0.8783 | 2.2070 |
| -28 | 1.3424 | 1.4811 | 0.8805 | 0.6752 | 1.136 | 69.54 | 393.14 | 323.60 | 0.8828 | 2.2031 |
| -27 | 1.4077 | 1.4839 | 0.8422 | 0.6739 | 1.187 | 70.61 | 393.49 | 322.88 | 0.8871 | 2.1991 |
| -26 | 1.4755 | 1.4867 | 0.8059 | 0.6726 | 1.241 | 71.68 | 393.84 | 322.16 | 0.8914 | 2.1952 |
| -25 | 1.5460 | 1.4895 | 0.7715 | 0.6714 | 1.296 | 72.77 | 394.19 | 321.42 | 0.8959 | 2.1914 |
| -24 | 1.6191 | 1.4923 | 0.7388 | 0.6701 | 1.354 | 73.84 | 394.54 | 320.69 | 0.9001 | 2.1875 |
| -23 | 1.6949 | 1.4951 | 0.7078 | 0.6689 | 1.413 | 74.91 | 394.87 | 319.96 | 0.9044 | 2.1837 |
| -22 | 1.7736 | 1.4980 | 0.6783 | 0.6676 | 1.474 | 75.99 | 395.20 | 319.21 | 0.9087 | 2.1800 |
| -21 | 1.8552 | 1.5008 | 0.6503 | 0.6663 | 1.538 | 77.07 | 395.54 | 318.47 | 0.9129 | 2.1762 |
| -20 | 1.9397 | 1.5037 | 0.6237 | 0.6650 | 1.603 | 78.15 | 395.87 | 317.72 | 0.9173 | 2.1726 |
| -19 | 2.0273 | 1.5066 | 0.5984 | 0.6637 | 1.671 | 79.23 | 396.19 | 316.96 | 0.9215 | 2.1689 |
| -18 | 2.1180 | 1.5096 | 0.5743 | 0.6624 | 1.741 | 80.31 | 396.51 | 316.20 | 0.9258 | 2.1653 |
| -17 | 2.2119 | 1.5125 | 0.5514 | 0.6612 | 1.814 | 81.39 | 396.83 | 315.44 | 0.9300 | 2.1617 |

續表 1-5

| 溫度 t (°C) | 绝对 压力 P_i (公斤/ 厘米 ²) | 比 容 | | 容 重 | | 焓 | | 汽化热 γ (千卡/ 公斤) | 焓 | |
|-------------------|--|--------------------------|---|-------------------------------|--|---------------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| | | 液体 v' (升/ 公斤) | 蒸汽 v'' (米 ³ / 公斤) | 液体 γ' (公斤/ 升) | 蒸汽 γ'' (公斤/ 米 ³) | 液体 s' (千卡/ 公斤) | 蒸汽 s'' (千卡/ 公斤) | | 液 体 s'_i (千卡/ 公斤·K) | 蒸 汽 s''_i (千卡/ 公斤·K) |
| -16 | 2.3091 | 1.5155 | 0.5296 | 0.6598 | 1.888 | 82.48 | 397.15 | 314.67 | 0.9342 | 2.1581 |
| -15 | 2.4097 | 1.5185 | 0.5088 | 0.6585 | 1.965 | 83.57 | 397.46 | 313.89 | 0.9384 | 2.1546 |
| -14 | 2.5137 | 1.5215 | 0.4889 | 0.6572 | 2.045 | 84.65 | 397.77 | 313.12 | 0.9426 | 2.1511 |
| -13 | 2.6212 | 1.5245 | 0.4701 | 0.6560 | 2.127 | 85.74 | 398.08 | 312.34 | 0.9468 | 2.1476 |
| -12 | 2.7324 | 1.5276 | 0.4520 | 0.6546 | 2.212 | 86.84 | 398.38 | 311.54 | 0.9509 | 2.1441 |
| -11 | 2.8472 | 1.5307 | 0.4349 | 0.6533 | 2.299 | 87.92 | 398.68 | 310.76 | 0.9551 | 2.1407 |
| -10 | 2.9658 | 1.5338 | 0.4185 | 0.6520 | 2.389 | 89.01 | 398.97 | 309.96 | 0.9592 | 2.1373 |
| -9 | 3.0883 | 1.5369 | 0.4028 | 0.6507 | 2.483 | 90.11 | 399.26 | 309.15 | 0.9633 | 2.1339 |
| -8 | 3.2147 | 1.5400 | 0.3878 | 0.6494 | 2.579 | 91.21 | 399.55 | 308.34 | 0.9675 | 2.1306 |
| -7 | 3.3452 | 1.5432 | 0.3735 | 0.6480 | 2.677 | 92.29 | 399.83 | 307.54 | 0.9716 | 2.1273 |
| -6 | 3.4798 | 1.5464 | 0.3599 | 0.6467 | 2.779 | 93.41 | 400.12 | 306.71 | 0.9757 | 2.1240 |
| -5 | 3.6186 | 1.5496 | 0.3468 | 0.6453 | 2.884 | 94.50 | 400.39 | 305.89 | 0.9797 | 2.1207 |
| -4 | 3.7617 | 1.5528 | 0.3343 | 0.6440 | 2.991 | 95.59 | 400.66 | 305.07 | 0.9838 | 2.1175 |
| -3 | 3.9092 | 1.5561 | 0.3224 | 0.6426 | 3.102 | 96.69 | 400.93 | 304.24 | 0.9879 | 2.1143 |
| -2 | 4.0612 | 1.5594 | 0.3109 | 0.6413 | 3.216 | 97.79 | 401.20 | 303.41 | 0.9919 | 2.1111 |
| -1 | 4.2179 | 1.5627 | 0.3000 | 0.6399 | 3.333 | 98.90 | 401.48 | 302.56 | 0.9959 | 2.1079 |
| 0 | 4.3791 | 1.5660 | 0.2895 | 0.6386 | 3.454 | 100.00 | 401.72 | 301.72 | 1.0000 | 2.1048 |
| 1 | 4.5452 | 1.5694 | 0.2795 | 0.6372 | 3.578 | 101.10 | 401.97 | 300.87 | 1.0040 | 2.1017 |
| 2 | 4.7161 | 1.5727 | 0.2698 | 0.6358 | 3.706 | 102.21 | 402.22 | 300.01 | 1.0080 | 2.0986 |
| 3 | 4.8920 | 1.5761 | 0.2606 | 0.6345 | 3.837 | 103.31 | 402.46 | 299.15 | 1.0120 | 2.0955 |
| 4 | 5.0730 | 1.5796 | 0.2517 | 0.6331 | 3.973 | 104.44 | 402.71 | 298.27 | 1.0160 | 2.0924 |
| 5 | 5.2591 | 1.5831 | 0.2433 | 0.6317 | 4.110 | 105.54 | 402.95 | 297.41 | 1.0200 | 2.0894 |
| 6 | 5.4505 | 1.5866 | 0.2351 | 0.6303 | 4.254 | 106.65 | 403.18 | 296.53 | 1.0239 | 2.0864 |
| 7 | 5.6473 | 1.5901 | 0.2273 | 0.6289 | 4.399 | 107.77 | 403.41 | 295.64 | 1.0279 | 2.0834 |
| 8 | 5.8495 | 1.5936 | 0.2198 | 0.6275 | 4.550 | 108.89 | 403.64 | 294.75 | 1.0318 | 2.0804 |
| 9 | 6.0573 | 1.5972 | 0.2126 | 0.6261 | 4.704 | 110.00 | 403.85 | 293.85 | 1.0359 | 2.0775 |
| 10 | 6.2707 | 1.6008 | 0.2056 | 0.6247 | 4.864 | 111.12 | 404.08 | 292.96 | 1.0397 | 2.0745 |
| 11 | 6.4900 | 1.6045 | 0.1990 | 0.6232 | 5.025 | 112.23 | 404.29 | 292.06 | 1.0436 | 2.0716 |
| 12 | 6.7151 | 1.6081 | 0.1926 | 0.6219 | 5.192 | 113.35 | 404.49 | 291.14 | 1.0475 | 2.0687 |
| 13 | 6.9462 | 1.6118 | 0.1864 | 0.6204 | 5.365 | 114.47 | 404.70 | 290.23 | 1.0515 | 2.0659 |
| 14 | 7.1834 | 1.6156 | 0.1805 | 0.6190 | 5.540 | 115.61 | 404.90 | 289.29 | 1.0554 | 2.0630 |
| 15 | 7.4267 | 1.6193 | 0.1748 | 0.6176 | 5.721 | 116.73 | 405.10 | 288.37 | 1.0593 | 2.0602 |
| 16 | 7.6764 | 1.6231 | 0.1693 | 0.6161 | 5.907 | 117.86 | 405.30 | 287.44 | 1.0631 | 2.0574 |
| 17 | 7.9325 | 1.6270 | 0.1641 | 0.6146 | 6.094 | 119.03 | 405.50 | 286.47 | 1.0671 | 2.0546 |
| 18 | 8.1950 | 1.6308 | 0.1590 | 0.6132 | 6.289 | 120.24 | 405.67 | 285.55 | 1.0709 | 2.0518 |
| 19 | 8.4643 | 1.6347 | 0.1541 | 0.6117 | 6.489 | 121.25 | 405.85 | 284.60 | 1.0747 | 2.0490 |
| 20 | 8.7402 | 1.6386 | 0.1494 | 0.6103 | 6.693 | 122.40 | 406.03 | 283.63 | 1.0786 | 2.0463 |
| 21 | 9.0230 | 1.6426 | 0.1449 | 0.6088 | 6.901 | 123.54 | 406.20 | 282.66 | 1.0824 | 2.0435 |
| 22 | 9.3128 | 1.6466 | 0.1405 | 0.6073 | 7.117 | 124.70 | 406.37 | 281.67 | 1.0863 | 2.0408 |
| 23 | 9.6096 | 1.6506 | 0.1363 | 0.6058 | 7.337 | 125.82 | 406.53 | 280.71 | 1.0901 | 2.0381 |
| 24 | 9.9136 | 1.6547 | 0.1322 | 0.6043 | 7.564 | 126.97 | 406.70 | 279.73 | 1.0939 | 2.0354 |
| 25 | 10.2251 | 1.6588 | 0.1283 | 0.6028 | 7.794 | 128.13 | 406.84 | 278.72 | 1.0977 | 2.0327 |
| 26 | 10.5441 | 1.6630 | 0.1245 | 0.6013 | 8.032 | 129.27 | 406.99 | 277.72 | 1.1016 | 2.0301 |
| 27 | 10.8701 | 1.6672 | 0.1206 | 0.5998 | 8.278 | 130.43 | 407.16 | 276.73 | 1.1053 | 2.0274 |

續表 1-5

| 溫度 t (°C) | 绝对 压力 P_i (公斤/ 厘米 ²) | 比 容 | | 容 重 | | 焓 | | 汽化热 γ (千卡/ 公斤) | 焓 | |
|-------------------|--|-----------------------------|---|----------------------------------|--|------------------------------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| | | 液体 v_l^s (升/ 公斤) | 蒸汽 v^s (米 ³ / 公斤) | 液体 γ_l^s (公斤/ 升) | 蒸汽 γ^s (公斤/ 米 ³) | 液体 i_l^s (千卡/ 公斤) | 蒸汽 i^s (千卡/ 公斤) | | 液 体 s_l^s (千卡/ 公斤·K) | 蒸 汽 s^s (千卡/ 公斤·K) |
| 28 | 11.204 | 1.6714 | 0.1173 | 0.5983 | 8.525 | 131.59 | 407.30 | 275.71 | 1.1091 | 2.0248 |
| 29 | 11.545 | 1.6757 | 0.1139 | 0.5968 | 8.780 | 132.72 | 407.43 | 274.71 | 1.1129 | 2.0222 |
| 30 | 11.895 | 1.6800 | 0.1106 | 0.5952 | 9.042 | 133.88 | 407.56 | 273.68 | 1.1166 | 2.0196 |
| 31 | 12.252 | 1.6844 | 0.1075 | 0.5937 | 9.302 | 135.01 | 407.68 | 272.67 | 1.1203 | 2.0170 |
| 32 | 12.618 | 1.6888 | 0.1044 | 0.5921 | 9.579 | 136.20 | 407.81 | 271.61 | 1.1242 | 2.0144 |
| 33 | 12.992 | 1.6932 | 0.1014 | 0.5906 | 9.862 | 137.34 | 407.92 | 270.58 | 1.1279 | 2.0119 |
| 34 | 13.374 | 1.6977 | 0.0986 | 0.5890 | 10.14 | 138.52 | 408.04 | 269.52 | 1.1317 | 2.0093 |
| 35 | 13.765 | 1.7023 | 0.0958 | 0.5874 | 10.44 | 139.70 | 408.14 | 268.44 | 1.1354 | 2.0067 |
| 36 | 14.164 | 1.7069 | 0.0931 | 0.5859 | 10.74 | 140.87 | 408.25 | 267.38 | 1.1392 | 2.0042 |
| 37 | 14.572 | 1.7115 | 0.0905 | 0.5843 | 11.05 | 142.04 | 408.35 | 266.31 | 1.1429 | 2.0017 |
| 38 | 14.989 | 1.7162 | 0.0880 | 0.5827 | 11.36 | 143.20 | 408.43 | 265.23 | 1.1467 | 1.9992 |
| 39 | 15.415 | 1.7209 | 0.0856 | 0.5811 | 11.68 | 144.36 | 408.49 | 264.13 | 1.1503 | 1.9966 |
| 40 | 15.850 | 1.7257 | 0.0833 | 0.5795 | 12.00 | 145.57 | 408.57 | 263.00 | 1.1541 | 1.9941 |
| 41 | 16.294 | 1.7305 | 0.0810 | 0.5779 | 12.35 | 146.74 | 408.65 | 261.91 | 1.1578 | 1.9916 |
| 42 | 16.747 | 1.7354 | 0.0788 | 0.5762 | 12.69 | 147.93 | 408.73 | 260.80 | 1.1614 | 1.9891 |
| 43 | 17.210 | 1.7404 | 0.0767 | 0.5746 | 13.04 | 149.09 | 408.78 | 259.69 | 1.1650 | 1.9866 |
| 44 | 17.683 | 1.7454 | 0.0746 | 0.5729 | 13.40 | 150.30 | 408.82 | 258.52 | 1.1689 | 1.9842 |
| 45 | 18.165 | 1.7504 | 0.0726 | 0.5713 | 13.77 | 151.49 | 408.87 | 257.38 | 1.1726 | 1.9817 |
| 46 | 18.657 | 1.7555 | 0.0707 | 0.5696 | 14.14 | 152.70 | 408.90 | 256.20 | 1.1763 | 1.9792 |
| 47 | 19.159 | 1.7607 | 0.0688 | 0.5680 | 14.53 | 153.83 | 408.91 | 255.08 | 1.1798 | 1.9767 |
| 48 | 19.672 | 1.7659 | 0.0670 | 0.5663 | 14.93 | 155.08 | 408.93 | 253.85 | 1.1836 | 1.9742 |
| 49 | 20.194 | 1.7713 | 0.0652 | 0.5646 | 15.34 | 156.28 | 408.95 | 252.67 | 1.1873 | 1.9717 |
| 50 | 20.727 | 1.7766 | 0.0635 | 0.5629 | 15.75 | 157.53 | 408.95 | 251.42 | 1.1910 | 1.9692 |

F-12 热 力 性 质

表 1-6

| 溫度 t (°C) | 绝对 压力 P_i (公斤/ 厘米 ²) | 比 容 | | 容 重 | | 焓 | | 汽化热 γ (千卡/ 公斤) | 焓 | |
|-------------------|--|-----------------------------|---|----------------------------------|--|------------------------------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| | | 液体 v_l^s (升/ 公斤) | 蒸汽 v^s (米 ³ / 公斤) | 液体 γ_l^s (公斤/ 升) | 蒸汽 γ^s (公斤/ 米 ³) | 液体 i_l^s (千卡/ 公斤) | 蒸汽 i^s (千卡/ 公斤) | | 液 体 s_l^s (千卡/ 公斤·K) | 蒸 汽 s^s (千卡/ 公斤·K) |
| -70 | 0.1258 | 0.6234 | 1.1259 | 1.604 | 0.888 | 85.84 | 128.88 | 42.90 | 0.94050 | 1.15219 |
| -69 | 0.1341 | 0.6246 | 1.0605 | 1.601 | 0.943 | 86.02 | 128.95 | 42.93 | 0.94139 | 1.15173 |
| -68 | 0.1429 | 0.6258 | 0.9998 | 1.598 | 1.000 | 86.20 | 129.06 | 42.86 | 0.94230 | 1.15130 |
| -67 | 0.1521 | 0.6270 | 0.9437 | 1.595 | 1.060 | 86.39 | 129.19 | 42.80 | 0.94322 | 1.15087 |
| -66 | 0.1618 | 0.6281 | 0.8911 | 1.592 | 1.122 | 86.57 | 129.30 | 42.73 | 0.94411 | 1.15044 |
| -65 | 0.1721 | 0.6289 | 0.8413 | 1.290 | 1.189 | 86.75 | 129.41 | 42.66 | 0.94500 | 1.15001 |
| -64 | 0.1829 | 0.6301 | 0.7954 | 1.587 | 1.257 | 86.94 | 129.54 | 42.60 | 0.94589 | 1.14961 |
| -63 | 0.1941 | 0.6313 | 0.7523 | 1.584 | 1.328 | 87.12 | 129.65 | 42.53 | 0.94678 | 1.14920 |
| -62 | 0.2019 | 0.6325 | 0.7125 | 1.581 | 1.403 | 87.31 | 129.77 | 42.46 | 0.94769 | 1.14883 |
| -61 | 0.2133 | 0.6337 | 0.6749 | 1.578 | 1.482 | 87.50 | 129.89 | 42.39 | 0.94858 | 1.14844 |