

冷库制冷技术

商业部冷藏加工企业管理局 编

中国财政经济出版社

冷库制冷技术

商业部冷藏加工企业管理局 编

中国财政经济出版社

冷库制冷技术

商业部冷藏加工企业管理局 编

*

中国财经出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京印刷二厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 6插图 60.25印张 1,540,000字

1980年3月第1版 1980年3月北京第1次印刷

印数：1—30,000

统一书号：15166·038 定价：7.00元

编写说明

为了适应商业部门冷藏事业的发展，科学地管理好和使用好冷藏库，由中国食品总公司组织有关人员，编写了《冷库制冷技术》一书。本书共分九篇，内容力求以实用为主，适当增加图、表和计算实例，可供冷藏库在职工人、领导干部自学之用，也可供有关工程技术人员参考。

本书由汪镇荪、麦嘉穗、张孝若同志负责编审，分篇编写的有：第一篇：麦嘉穗；第二篇：张孝若；第三篇：刘彦华，麦嘉穗；第四篇：汪镇荪；第五篇：刘治华、张德山、郭履一、高崇道；第六篇：于进才；第七篇：殷来宝，刘永跃；第八篇：林修钺、邱嘉昌、顾建中、郑正涛、陈宝华；第九篇：沈永绥等同志。

在编写过程中得到广东省食品公司、北京市西郊食品冷冻厂、洛阳制冷机械厂、天津市食品公司第二冷冻厂、河北水产学校、厦门水产学院等单位热情协助，在此表示谢意。

由于编写人员思想水平与业务知识所限，书中缺点、错误在所难免，希望读者批评指正。

商业部冷藏加工企业管理局

一九七九年十月

目 录

第一篇 制冷原理

第一章 人工制冷的基本知识	(1)
1.1.1 制冷的基本原理	(1)
1.1.2 热工学的几个概念	(2)
一、温度	(2)
二、比容和比重	(3)
三、压力	(3)
四、内能、焓、熵	(4)
五、热量、比热	(5)
六、显热和潜热	(6)
1.1.3 汽化与冷凝	(7)
一、液体的汽化	(7)
二、气体的冷凝	(7)
1.1.4 湿空气	(7)
一、绝对湿度和相对湿度	(7)
二、含湿量	(8)
三、湿空气的比重	(9)
四、湿空气的焓	(9)
五、露点	(10)
六、湿空气的焓湿量(i-d)图	(10)
1.1.5 热力学第一定律和第二定律	(13)
一、热力学第一定律	(13)
二、稳定流动能量方程式	(14)
三、热力学第二定律	(16)
1.1.6 传热	(16)
一、传热的基本方式	(16)
二、传热系数	(17)
三、平均温度差	(19)
第二章 制冷剂和载冷剂	(21)
1.2.1 制冷剂	(21)
一、制冷剂的分类	(21)
二、常用的制冷剂	(22)
三、其他制冷剂	(25)
1.2.2 载冷剂	(26)
第三章 压缩式制冷循环	(28)

1.3.1 单级压缩制冷循环	(28)
一、理论循环	(29)
二、实际循环	(30)
三、单级压缩制冷循环的计算	(31)
1.3.2 双级压缩制冷循环	(34)
一、采用双级压缩的原因	(34)
二、双级压缩制冷循环	(35)
三、双级压缩式制冷循环的计算方法	(38)
1.3.3 复叠式压缩制冷循环	(44)

第二篇 制冷压缩机和设备

第一章 制冷压缩机	(47)
2.1.1 制冷压缩机的种类和工作原理	(47)
一、制冷压缩机的种类	(47)
二、活塞式制冷压缩机的工作原理	(47)
2.1.2 活塞式制冷压缩机的制冷量和功率的计算	(49)
一、单级活塞式制冷压缩机的制冷量和功率的计算	(49)
二、双级活塞式制冷压缩机的制冷量和功率的计算	(68)
2.1.3 新系列活塞式制冷压缩机的特性	(74)
一、新系列活塞式制冷压缩机的种类	(74)
二、新系列活塞式制冷压缩机的分类	(75)
三、新系列活塞式制冷压缩机的特点	(75)
四、新系列活塞式制冷压缩机产品型号表示方法	(76)
五、新系列活塞式制冷压缩机的技术特性	(76)
2.1.4 活塞式制冷压缩机的构造	(81)
一、开启式活塞式制冷压缩机	(81)
二、半封闭式活塞式制冷压缩机	(93)
三、封闭式活塞式制冷压缩机	(94)
2.1.5 活塞式制冷压缩机的主要零部件结构	
一、机体	

二、曲轴和主轴承	(97)
三、连杆	(101)
四、活塞	(106)
五、吸、排汽阀	(112)
六、密封器(轴封)	(117)
七、安全阀	(118)
八、能量调节	(121)
九、润滑与润滑系统	(123)
十、冷却水系统	(133)
2·1·6 其他类型的制冷压缩机	(134)
一、螺杆式制冷压缩机	(134)
二、滑片式制冷压缩机	(138)
第二章 制冷设备	(147)
2·2·1 冷凝器	(147)
一、冷凝器的结构	(147)
二、冷凝器的计算	(154)
2·2·2 水冷却装置	(157)
一、自然通风冷却塔	(158)
二、机械通风冷却塔	(158)
2·2·3 冷却设备	(163)
一、蒸发器	(164)
二、冷却排管	(169)
三、冷风机(空气冷却器)	(170)
蒸发器、冷却排管与冷风机的计算	(174)
五、制冰设备	(179)
2·2·4 泵与风机	(186)
一、泵	(186)
二、风机	(197)
2·2·5 辅助设备	(199)
一、油分离器与集油器	(199)
二、氨液分离器	(202)
三、放空气器(空气分离器)	(204)
四、中间冷却器	(207)
五、贮液桶	(210)
六、紧急泄氨器	(214)
七、过滤器及干燥器	(215)
八、阀	(216)
九、低温液位指示器	(219)

第三篇 冷库建筑的要求和 工艺设计

第一章 冷库建筑	(223)
3·1·1 冷库建筑的类型及组成	(223)
一、冷库建筑的特点和要求	(223)
二、冷库的类型	(223)

三、冷库的组成	(225)
3·1·2 冷库的平面布置和竖向设 计	(227)
一、平面布置与竖向设计的要求	(227)
二、冷库的平面布置	(227)
三、冷库的竖向设计	(230)
四、库房容量的确定	(231)
3·1·3 冷库建筑结构	(232)

第二章 冷库建筑的隔热和防汽

3·2·1 冷库建筑的隔热层	(237)
一、冷库隔热材料的技术要求	(237)
二、常用的隔热材料	(237)
3·2·2 冷库的主要隔热层作法	(239)
一、冷库隔热层的基本要求	(239)
二、地坪的防冻	(241)
三、地坪隔热层作法	(245)
四、外墙隔热层作法	(246)
五、内墙隔热层作法	(247)
六、楼板隔热层作法	(247)
七、屋顶隔热层作法	(248)
八、柱子隔热层作法	(250)
九、冷库门	(250)
十、隔热层厚度的确定	(254)
十一、计算实例	(256)
3·2·3 水蒸气对冷库建筑的渗透	(259)
一、水蒸气的凝结和渗透	(259)
二、冷库的防潮隔汽层	(261)

第三章 冷库建筑的施工和维护

修理

3·3·1 冷库建筑工程的施工	(264)
一、基础工程	(264)
二、砖砌体工程	(265)
三、混凝土工程	(265)
四、钢筋工程	(266)
五、抹面工程	(266)
六、防潮、隔汽工程	(267)
七、隔热工程	(267)
八、手动旋转定型冷库门的制作和安装	(271)
九、地坪加热防冻工程	(272)
3·3·2 冷库建筑的维护修理	(272)
一、冷库建筑维修技术措施	(272)
二、冷库建筑维修的具体措施	(273)
三、冷库温度变化的幅度	(279)

第四章 冷库制冷设计

3·4·1 制冷系统的型式和供液方	
-------------------	--

式	(280)
一、制冷系统的型式	(280)
二、制冷系统的供液方式	(280)
3·4·2 冷库库房冷却设备的设计	(291)
一、冷却间	(291)
二、冻结间	(294)
三、冷藏间	(305)
四、制冰间和冰库	(308)
3·4·3 机器房制冷机器和设备的设计	(310)
一、机器房制冷机器和设备的布置	(310)
二、机器房	(311)
三、设备间	(314)
四、调节站	(315)
3·4·4 系统管道	(319)
一、制冷系统对管道的总阻力要求	(319)
二、管道的选择	(319)
三、系统管道的布置和连接	(332)
四、管道隔热层厚度的决定	(333)
3·4·5 冷库耗冷量计算和概算	
资料	(335)
一、冷库制冷工艺基础资料	(335)
二、冷库的室外计算温度和相对湿度	(335)
三、冷藏库耗冷量的计算	(335)
四、设计计算的概算参考值	(354)
3·4·6 冷库制冷系统设计计算实例	(362)
一、设计条件	(363)
二、设计计算	(365)
三、制冷系统的原理图及系统图	(383)

第四篇 食品冷加工

第一章 食品冷加工基本知识

4·1·1 食品的组成成分	(386)
一、蛋白质	(386)
二、糖类	(387)
三、脂类	(387)
四、维生素	(388)
五、酶	(388)
六、水	(388)
七、矿物质	(389)
4·1·2 低温贮存食品的基本原理	(389)
一、食品变质的原因	(389)
二、动植物食品低温贮藏的特点	(390)
三、时间—温度—允许变质度	(391)

4·1·3 食品冷加工过程中的热交换	
换	(391)
一、食品冷加工中的热交换	(391)
二、食品冻结时的平均最终温度	(393)
4·1·4 食品冻结过程中的水量和冰结晶	(395)
一、冰结晶条件	(395)
二、冻结水量	(395)
三、食品冻结的温度曲线和最大冰结晶生成带	(396)
四、冰结晶的分布和数量	(397)
4·1·5 食品在冷加工过程中的水分蒸发	(398)
一、与外界流入的热量有关	(398)
二、与冷藏间内空气的温度、湿度及流动速度有关	(398)
三、与冷藏间的大小、装载程度、食品堆放的方法有关	(399)
四、与食品的种类、组成、表面积大小有关	(399)
五、与冷藏间内冷却设备放置方法有关	(399)

第二章 食品的冻结方法和冻结装置

装置	(400)
4·2·1 强烈吹风,连续输送式冻结装置	(400)
一、悬架连续输送式冻结装置	(400)
二、水平输送连续冻结装置	(402)
三、螺旋输送冻结装置	(408)
4·2·2 接触式平板冻结装置	(410)
一、卧式平板冻结器	(410)
二、立式平板冻结器	(412)
三、冻结平板和连接管的制作方法	(416)
4·2·3 直接冻结装置	(418)
一、不冻液沉浸和喷淋冻结装置	(418)
二、液化气体沉浸和喷淋冻结装置	(419)
4·2·4 快速冻结装置的计算	(421)
一、螺旋输送冻结装置的设计计算	(423)
二、传送带水平输送冻结装置(流态化冻结装置)的设计计算	(425)
三、平板冻结装置的设计计算	(426)
四、沉浸或喷淋冻结的计算	(427)

第三章 肉的冷加工

4·3·1 肉的组成	(428)
一、肌肉组织	(428)
二、脂肪组织	(429)

三、结缔组织	(429)
四、骨骼组织	(429)
4·3·2 肉的成熟和腐败	(429)
一、僵直作用	(429)
二、成熟作用	(430)
三、腐败过程	(430)
4·3·3 肉的冷却	(431)
一、冷却的目的	(431)
二、冷却的方法	(432)
三、肉的一次冷却工艺	(432)
四、肉的二次冷却工艺	(433)
五、肉在冷却过程中的变化	(433)
4·3·4 肉的冻结	(434)
一、冻结的目的	(434)
二、冻结速度和冻结方法	(434)
三、肉的直接冻结工艺	(435)
四、肉在冻结过程中的变化	(439)
4·3·5 肉的冷藏	(441)
一、冷却肉的冷藏	(441)
二、冻结肉的冷藏	(441)
三、冻肉在冷藏期间的变化	(442)
4·3·6 分割肉的冷加工	(443)
一、加工分割肉的意义	(443)
二、分割肉的冷加工工艺	(444)
4·3·7 副产品的冷加工	(445)
一、食用副产品冷加工	(445)
二、脏器药品原料冷加工	(447)

第四章 禽类的冷加工

4·4·1 禽肉的组成和特性	(447)
4·4·2 禽的加工和冷却	(448)
一、冷加工对禽体的要求	(448)
二、禽的冷却	(449)
4·4·3 禽的冻结和冷藏	(450)

第五章 鱼类的冷加工

4·5·1 鱼类的化学成分和特性	(451)
一、鱼类的化学成分	(451)
二、鱼类死后的变化	(451)
三、鱼类鲜度的感官鉴定	(453)
4·5·2 鱼类的冷却	(453)
一、碎冰冷却法	(454)
二、液体介质冷却法	(454)
4·5·3 鱼类的冻结和冷藏	(455)
一、鱼类冻结前的清洗和整理工作	(455)
二、鱼类的冻结方法	(456)

三、冻鱼的脱盘和包冰衣	(456)
四、其他水产品的冷冻加工工艺	(457)
五、鱼类的冷藏	(460)

第六章 蛋的冷加工

4·6·1 蛋的构造及其特性	(461)
一、蛋的构造	(461)
二、蛋的化学成分	(462)
三、蛋的腐败	(463)
4·6·2 鲜蛋的冷却和冷藏	(463)
一、鲜蛋冷却前的挑选和整理工作	(463)
二、鲜蛋质量鉴别方法	(464)
三、鲜蛋的冷却	(464)
四、鲜蛋的冷藏	(465)
五、冷藏蛋出库前的升温	(465)
六、鲜蛋在冷藏过程中的变化	(466)
4·6·3 冰蛋的生产	(467)
一、除草整理	(467)
二、照蛋	(467)
三、洗蛋	(467)
四、蛋壳消毒	(467)
五、晾蛋	(468)
六、打蛋	(468)
七、搅拌和过滤	(468)
八、预冷	(468)
九、装听	(468)
十、冻结	(468)
十一、包装	(468)
十二、冷藏	(468)

第七章 果蔬的冷加工

4·7·1 果蔬的化学组成和特性	(469)
一、果蔬的化学组成	(469)
二、果蔬的分类	(471)
三、果蔬的特性	(473)
4·7·2 果蔬的冷却和冷藏工艺	(474)
一、果蔬的采收、分级和包装	(474)
二、果蔬入库前的准备工作	(476)
三、果蔬的冷却	(476)
四、果蔬的冷藏	(476)
五、果蔬在冷藏过程中的变化	(477)
六、冷藏果蔬在出库前的升温	(478)
七、几种果蔬的冷藏工艺	(478)
4·7·3 果蔬的气调贮藏	(479)
一、一般原理	(479)
二、气调贮藏方式	(480)
三、国内气调贮藏的情况	(481)

- 4·7·4 果蔬的速冻(484)
一、基本原理(484)
二、几种果蔬的速冻工艺(485)

第八章 冷库库房管理和卫生管

理(487)

- 4·8·1 冷库的卫生管理(487)
一、冷库的卫生和消毒(487)
二、食品冷加工过程中的卫生管理(489)
4·8·2 冷库的库房管理(493)
一、正确使用冷库,保证安全生产(494)
二、加强管理工作,确保商品质量(495)
三、合理码垛,提高库房利用率(498)
4·8·3 冷库库内测量仪表(499)
一、温度测量(499)
二、湿度测量(502)
三、风速和风量测定(503)

第九章 冷库库内机械(506)

- 4·9·1 库内专用手推车(507)
一、尼龙轮手推车(507)
二、小轮胎手推车(507)
三、硬质橡皮轮手推车(508)
四、家禽冻结手推车(508)
4·9·2 食品冷却、冻结机械输送
线(508)
一、链传动装置之一(508)
二、链传动装置之二(510)
4·9·3 冻肉脱钩装置(516)
4·9·4 冷冻商品堆码运输机械(517)
一、蓄电池叉车运输(517)
二、可移式输送带运输(519)
4·9·5 库内平衡式降货机(521)
4·9·6 空气幕(522)
一、DSY型和SSY型空气幕的结构和
系列(523)
二、DSY型和SSY型空气幕的安装和
调整(526)
4·9·7 铲冰机(530)

第五篇 冷库制冷系统的安装

第一章 制冷压缩机和设备的安

装(532)

- 5·1·1 制冷压缩机的安装(532)
一、安装制冷压缩机的基础(532)

- 二、制冷压缩机的平车(534)

5·1·2 制冷压缩机的辅助设备和 管道阀门仪表的安装(536)

- 一、辅助设备的安装(536)
二、管道阀门和测量仪表的安装(537)

5·1·3 冷风机和快速制冰设备的 安装(545)

- 一、冷风机的安装(545)
二、快速制冰设备的安装(546)

5·1·4 泵的安装(546)

- 一、离心泵的安装(546)
二、深井潜水泵的安装(547)

第二章 制冷压缩机的试车和系

统试压(548)

5·2·1 制冷压缩机的试车(548)

- 一、氨压缩机的拆洗(548)
二、氨压缩机的试运转(551)

5·2·2 制冷系统安装质量的检查(553)

- 一、氨制冷系统(553)
二、氟利昂制冷系统(554)

第三章 设备和管道隔热层的施

工和库房降温(557)

5·3·1 设备和管道隔热层的施工(557)

- 一、包敷隔热层的部位(557)
二、隔热工程的施工(558)
三、管道隔热层、粉刷层及刷油的工程
量的计算(558)

5·3·2 管道和设备的油漆刷色(558)

5·3·3 充灌制冷剂和库房降温(558)

- 一、灌氨(558)
二、库房的降温(565)

第四章 冷风机翅片管套片和压

力容器制造工艺(566)

5·4·1 冷风机翅片管套片

工艺(566)

- 一、工艺设备和流程(566)
二、操作过程(566)

5·4·2 氨压力容器制造工艺介绍(568)

- 一、材料及厚度(568)
二、技术条件(571)
三、焊接(571)
四、水压和气压试验(571)
五、容器的清洁和干燥(571)
六、表面处理及涂漆(571)

第六篇 制冷装置的操作管理

第一章 氨压缩机的操作(576)

6.1.1 开车前的准备工作(576)

- 一、检查氨压缩机(576)
- 二、检查高、低压系统的有关阀门(576)
- 三、检查高、低压贮液桶的液面(577)
- 四、检查中间冷却器(577)
- 五、其它(577)

6.1.2 开车程序和注意事项(577)

- 一、单级氨压缩机(577)
- 二、双级氨压缩机(578)

6.1.3 停车程序和注意事项(578)

- 一、正常停车(578)
- 二、非正常停车(579)
- 三、加油操作(579)
- 四、反向操作(579)

6.1.4 氨压缩机正常运转标志(580)

- 一、润滑系统(580)
- 二、机器部件温度(580)
- 三、系统工况(581)
- 四、机器运转的声音(581)

6.1.5 氨压缩机运转中的常见故障与排除方法(581)

6.1.6 氟利昂制冷装置的操作(584)

第二章 制冷设备的操作管理(584)

6.2.1 放空气的操作(585)

- 一、空气进入系统的原因(585)
- 二、空气对制冷效能的影响(585)
- 三、系统中存有空气的象征与其积聚部位(585)
- 四、放空气器的操作与注意事项(586)

6.2.2 放油与回收润滑油的处理(587)

- 一、设备放油的基本原则(587)
- 二、集油器操作(588)
- 三、洗涤式油分离器的放油操作(588)
- 四、冷凝器、高压贮液桶、循环贮液桶、排液桶、中间冷却器的放油操作(589)
- 五、润滑油的再生处理(589)
- 六、润滑油的选用(591)

6.2.3 冲霜排液(591)

- 一、冲霜操作(592)
- 二、排液桶的排液操作(593)

6.2.4 冷凝器的操作(593)

- 一、冷凝器的运行(593)

二、冷凝器运行中应注意的事项(593)

三、冷凝器的停用(593)

6.2.5 贮液桶、氨液分离器的操作(593)

- 一、高压贮液桶(593)
- 二、循环贮液桶(594)
- 三、低压贮液桶(594)
- 四、氨液分离器(594)

6.2.6 泵的操作(594)

- 一、氨泵的操作(594)
- 二、离心式水泵和盐水泵的操作(595)

6.2.7 蒸发器的操作(596)

- 一、蒸发器的操作(596)
- 二、冷却排管的操作(596)
- 三、冷风机的操作(597)

第三章 氨制冷系统的操作调整(597)

6.3.1 制冷系统的主要参数(597)

- 一、蒸发温度(598)
- 二、冷凝温度(599)
- 三、过冷温度(600)
- 四、压缩机的吸汽温度(600)
- 五、压缩机的排汽温度(600)
- 六、中间温度(601)

6.3.2 制冷系统的操作调整(601)

- 一、制冷系统操作调整前，应熟悉的问题(601)
- 二、压缩机的配车要点(604)
- 三、压缩机与系统的调整(604)
- 四、压缩机发生湿行程的操作调整(605)

6.3.3 氨制冷系统的异常现象及排除方法(606)

6.3.4 氨制冷系统的事故分析(607)

- 一、氨制冷系统事故(607)
- 二、事故分析(608)

第四章 氨制冷装置的安全技术(609)

6.4.1 安全装置与设备(610)

- 一、安全装置及其作用(610)
- 二、制冷装置上的安全标志(610)

6.4.2 安全操作(611)

- 一、阀门的安全操作(611)
- 二、检修设备与管道的安全(611)
- 三、保护装置(611)

6.4.3 氨瓶的使用和保管(612)

- 一、氨瓶的使用和注意事项(612)
- 二、氨瓶的储存、保管和运输(612)

三、氨瓶的运输	(613)
6·4·4 两小时氧气呼吸器的使用 和保管	(613)
一、氧气呼吸器的基本工作原理	(613)
二、氧气呼吸器的使用方法	(613)
三、氧气呼吸器的消毒与保管	(613)
6·4·5 预防措施与紧急救护	(614)
一、预防措施	(614)
二、紧急救护	(614)

第七篇 活塞式制冷压缩机 和设备的维护检修

第一章 检修工艺基础	(615)
7·1·1 测量工具及其使用	(615)
一、普通量具	(615)
二、游标量具	(616)
三、千分尺(百分尺)	(618)
四、千分表(百分表)	(619)
五、塞尺(厚薄规)	(621)
六、水平仪	(621)
七、简易量具	(622)
7·1·2 零件损伤原因及磨损规律	(622)
一、零件损伤的原因	(622)
二、零件磨损规律	(624)
7·1·3 配合部件装卸基本工艺	(628)
一、零配件的连接	(626)
二、过盈配合的装配与拆卸	(626)
三、固定部件的装配和拆卸	(631)
四、齿轮传动的装配	(633)
五、联轴器的装配	(635)
六、皮带轮的装卸	(636)
7·1·4 金属的焊接和堆焊工艺	(639)
一、灰铸铁的焊接	(639)
二、钢零件的焊接和堆焊	(641)
第二章 活塞式制冷压缩机的检修	(643)
7·2·1 检修的目的和种类	(643)
7·2·2 活塞式制冷压缩机检修的基 本要求	(644)
7·2·3 检修前的准备工作	(647)
一、工作台	(647)
二、备用零部件	(647)
三、检修材料	(647)
四、检修工具	(647)
五、做好安全和清洁工作	(648)

7·2·4 活塞式压缩机的拆卸工艺	(648)
一、拆卸时应注意的问题	(648)
二、整台压缩机拆卸步骤与方法	(648)
三、零件的检查和测量方法	(651)
四、零件的修理	(659)
五、组装	(672)
六、试车	(675)

第三章 制冷设备的检修

7·3·1 容器与热交换器的检修	(677)
一、容器与热交换器的缺陷	(677)
二、容器与热交换器的修理	(678)
7·3·2 泵的检修	(680)
一、水泵	(681)
二、氨泵	(683)
7·3·3 风机修理	(686)
一、离心式风机的缺陷和修理	(686)
二、轴流式风机的缺陷和修理	(686)
7·3·4 阀的检修	(686)
一、阀的缺陷及成因	(686)
二、阀的修理	(687)
7·3·5 压力表的检修	(688)
一、压力表的拆卸	(688)
二、压力表故障原因、排除方法和检查	(690)
三、压力表的装配	(692)
四、压力表的校验	(693)

第八篇 冷库制冷装置的 自动控制

第一章 自动调节的基本原理

8·1·1 自动调节系统的组成	(695)
8·1·2 调节系统的质量指标	(696)
一、动态偏差($\Delta X_{\text{动}}$)	(697)
二、静态偏差($\Delta X_{\text{静}}$)	(698)
三、调节过程时间(T调)	(698)
8·1·3 调节对象的特性	(698)
一、对象的容量和反应速度	(698)
二、自平衡	(699)
三、对象的滞后时间	(700)
8·1·4 调节器的分类	(701)
一、双位调节器	(702)
二、比例调节器(P调节)	(705)
三、积分调节器(I调节器)	(709)
四、比例积分调节器(PI调节器)	(709)
五、比例、积分、微分调节器(PID调节器)	(709)

第二章 制冷装置的自动检测与

调节元件(710)

8.2.1 温度自动检测与调节元件(710)

- 一、电接点温度计(710)
- 二、温包式温度继电器(712)
- 三、电子温度检测与控制器(716)

8.2.2 湿度检测元件(722)

- 一、直接测量湿度元件(722)
- 二、间接测量湿度元件(724)

8.2.3 自动控制压力元件(726)

- 一、主阀(726)
- 二、恒压阀(731)
- 三、自动旁通阀(740)
- 四、止逆阀(741)
- 五、压力控制器(743)
- 六、压差控制器(746)
- 七、AY 型远传压力表(749)

8.2.4 自动控制流量元件(751)

- 一、自动恒压膨胀阀(751)
- 二、热力膨胀阀(751)
- 三、电磁阀(757)
- 四、水量调节阀(759)

8.2.5 自动控制液位元件 (液位 控制器)(762)

- 一、低压浮球阀(763)
- 二、遥控液位控制器(764)
- 三、温度感应式液位控制器(767)
- 四、间接式液位控制器(768)

8.2.6 几种常用电器元件简介(771)

- 一、舌簧管(771)
- 二、接近开关(772)
- 三、继电器(774)
- 四、电动执行机构(777)

第三章 制冷装置的自动控制.....(779)

8.3.1 库温的自动控制.....(779)

- 一、冻结物冷藏间自控回路(779)
- 二、冷却物冷藏间自控回路(780)
- 三、冻结间自控回路(782)
- 四、背压调节(784)
- 五、冷库温度控制电气回路(786)

8.3.2 湿度的自动控制.....(786)

- 一、加湿控制(786)
- 二、降温控制(788)

8.3.3 供液的自动控制.....(790)

- 一、液位控制方式(790)

二、过热度控制方式(791)

三、泵循环供液方式(791)

四、泵循环供液自动控制的电气回路(792)

8.3.4 回液自动控制(794)

- 一、直接送蒸发器的回液控制(794)
- 二、其它回液控制方式(795)

8.3.5 压缩机的能量调节装置(796)

- 一、采用能量调节装置的目的(796)
- 二、能量调节装置的组成(796)
- 三、几种常用的压缩机能量调节方法(801)
- 四、KNL 型能量控制器(804)

8.3.6 冷凝压力的调节.....(805)

- 一、水冷却冷凝器的冷凝压力调节(805)
- 二、蒸发式冷凝器的冷凝压力调节(807)

8.3.7 冲霜的自动控制.....(807)

- 一、水冲霜的控制(807)
- 二、水和热氨结合冲霜控制(808)
- 三、冲霜控制方法(809)

8.3.8 放空气器的自动控制(810)

- 一、温度控制式(810)
- 二、液面控制式(810)

8.3.9 制冷装置的自动回油与放 油.....(812)

- 一、氨制冷装置中的回油及放油(812)
- 二、氟利昂制冷装置中的回油(813)

8.3.10 压缩机的自动加油(814)

8.3.11 制冷系统的安全保护(816)

- 一、制冷系统的安全保护装置(816)
- 二、压缩机的安全保护装置(817)

第四章 制冷装置自动控制的调

试和维修(820)

8.4.1 制冷装置自控元件的安装

与单件调试(820)

- 一、阀门元件(820)
- 二、压力控制元件(824)
- 三、温度控制元件(826)
- 四、液位控制元件(828)

8.4.2 制冷装置自动控制的系统

调试(829)

- 一、系统调试前的准备(829)
- 二、调试内容与方法(832)

8.4.3 制冷自控装置的故障分析

与维修(837)

- 一、制冷装置自动控制的故障和成因(837)

二、自控元件常见的故障和维修	(839)
----------------------	-------

第五章 冷库制冷装置自动控制

实例	(843)
----------	-------

8.5.1 五百吨冷藏库制冷装置的 自动控制	(843)
一、制冷机器和设备概况	(843)
二、自动控制	(844)
三、制冷系统原理图和自控流程图	(869)
四、主要自控元件数量及调定值	(869)
五、机房自控操作要点及一般程序	(869)
8.5.2 个别制冷机器和设备的自 动控制实例	(875)
一、多台制冷压缩机的自控润滑油系统	(875)
二、螺杆式制冷压缩机制冷装置的自动 控制	(878)

第九篇 冷库的技术经济指标

第一章 工作日记的记录和综合

9.1.1 压缩机间工作日记	(886)
一、日记的填写	(886)
二、日记的日统计和月综合	(887)
9.1.2 货物冷加工和冷藏量的月 统计	(887)

第二章 冷库主要技术经济指标

9.2.1 产品产量	(890)
9.2.2 冷库利用率	(890)
一、冷却、冻结间利用率的计算	(891)
二、库房容量利用率的计算	(891)
9.2.3 单位冷量耗电量	(894)
一、压缩机制冷量的计算	(894)
二、压缩机耗电量的计算	(901)
三、单位冷量耗电量和定额的计算	(902)
9.2.4 单位产品耗冷、耗电量	(905)
一、冷库耗冷量的计算	(905)
二、冷库耗电量的计算	(908)
三、单位产品耗冷、耗电量的计算	(909)

9.2.5 食品干缩损耗率	(910)
9.2.6 辅助材料消耗量	(910)
一、氨液	(910)
二、润滑油	(910)
三、氯化钠或氯化钙	(911)
9.2.7 冷库劳动量	(911)

第三章 冷库成本核算

9.3.1 制冷成本的核算	(912)
9.3.2 冷冻、冷藏品成本的核算	(913)
9.3.3 冷库成本的分析	(914)
一、制冷量和耗冷量的分析	(915)
二、单位冷量耗电量的分析	(915)
三、冷冻、冷藏品耗电量的分析	(916)
四、冷冻、冷藏品成本分析	(917)

第四章 冷库用电计划编制方法

9.4.1 制冷用电计划的编制	(918)
一、冷库耗冷量计算	(918)
二、压缩机用电量计算	(919)
三、氨泵和冷却水泵用电计算	(919)
9.4.2 动力用电计划的编制	(919)
9.4.3 照明用电计划的编制	(920)

附 录

表 1 氨(NH ₃)饱和特性表	(921)
表 2 F-12 (CCl ₂ F ₂) 饱和特性表	(925)
表 3 F-22 (CHClF ₂) 饱和特性表	(930)
表 4 饱和湿空气的热力性能	(933)
表 5 氯化钠盐水的特性	(940)
表 6 氯化钙盐水的特性	(941)
表 7 氯化钠及氯化钙盐水的比重 (公 斤/升)	(943)
表 8 氯化钠及氯化钙盐水的 热 容 量 (大卡/公斤℃)	(944)
国际单位制	(945)
图 1 氨(NH ₃)lgP—i 图	
图 2 F-12 (CCl ₂ F ₂) lgP—i 图	
图 3 F-22 (CHClF ₂) lgP—i 图	
图 4 湿空气的焓湿量 (i—d) 图	

第一篇 制 冷 原 理

制冷技术是一门研究低温的产生和应用,以及物质在低温条件下生物化学等机理变化的科学技术。冷藏库是提供低温条件的食品贮藏仓库。它既有冷加工所需的机器设备,又有不同于一般仓库的保温围护建筑结构。为了使用维护和管理好冷库,就必需了解人工制冷的基本原理,弄清楚其内在的规律性,才能科学地分析问题和解决问题。

制冷基本原理所涉及的问题比较广泛,其基础理论主要是工程热力学、传热学及流体力学。本篇只就生产实践中经常遇到的一些基础理论知识进行论述。

人工制冷的方法有三种:一是利用物态的变化;二是利用气体膨胀产生冷效应;三是利用半导体的温差电特性制冷。就冷藏库、空调装置来说,目前广泛应用的是第一种方法。

物质的聚集状态一般分固态、液态和气态三种,它们可以在一定条件下互相转化,同时吸收或放出热量。利用液体汽化时吸收热量而实现制冷的,称为蒸汽制冷,它又可分为蒸汽压缩式、蒸汽喷射式和吸收式三类。本篇仅就冷藏库制冷装置的特点,讨论蒸汽压缩式制冷的一般原理。

第一章 人工制冷的基本知识

1.1.1 制冷的基本原理

一切物质都是由分子所组成的,而物质分子又在不断地运动。由于这种运动的能量大小表征了物体热能的大小,故称为热运动。某物体分子热运动的动能大,给人体的感觉就热一些,反之,当分子热运动的动能减小了,物体也就变冷了。所以,物体的冷和热是属于同一范畴的物理概念,它们是相比较而存在的。

实践告诉我们,热量只能自发地从高温物体传向低温物体,而不能自发地相反进行,正象水总是由高处流向低处一样。在冷藏库里,食品在低温环境下进行冷却、冻结和冷藏,并放出热量,只有不断地将库内的热量转移到外界环境(大气、水)中去,才能维持库内低温,这必须借助人工制冷的方法来实现。

制冷装置是在消耗一定外功的条件下,利用物质的状态变化,将热量由低温物体(被冷却物体)转移到高温物体(环境介质)中去,从而达到制冷的目的。

单级制冷系统的工作原理如图1.1-1所示,它由制冷压缩机、冷凝器、膨胀阀和蒸发器组成,并用管道依次连接,构成一个封闭系统。在制冷系统中,实现制冷的工作物质称为制冷工质或制冷剂。制冷剂经膨胀阀时节流,其压力降低,进入蒸发器;低压的制冷剂液体吸取了蒸发器处周围介质的热量而沸腾(汽化)。制冷剂汽体被压缩机吸入,经压缩后排到冷凝器,这时它的压力和温度都升高了。压力和温度较高的制冷剂蒸汽,在冷凝器中与不断流过的冷却介质(水或空气)进行热交换,被冷凝为液体。这样,制冷剂便在系统内作了一个

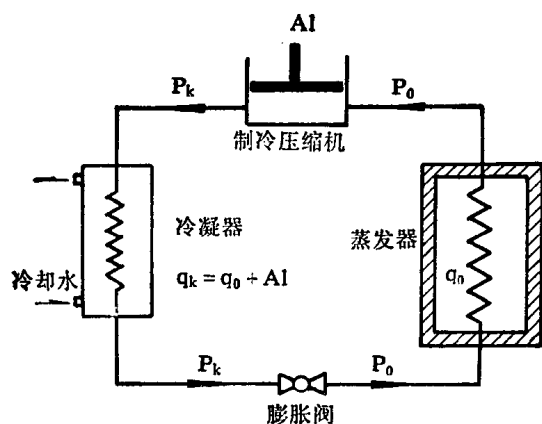


图1·1-1 单级制冷系统工作原理图

由液体变为汽体、又由汽体变为液体的循环。只要制冷剂不停地在系统内循环，蒸发器处周围介质的热量便不断被吸走，温度逐渐下降，这就是利用制冷剂的物态变化实现制冷的基本原理。

在图1·1-1中，从制冷压缩机的排汽侧至膨胀阀前的一段管道，称为高压系统，它的压力称为冷凝压力，用 P_k 表示，相应的温度为冷凝温度，用 t_k 表示。从膨胀阀后至制冷压缩机吸汽侧的一段管道称为低压系统，它的压力称为蒸发压力，用 P_0 表示，相应的温度为蒸发温度，用 t_0 表示。从图上可以看出，制冷剂汽化时所吸收的热量 q_0 ，是以消耗 Al 的压缩

功为代价而取得的，向冷凝器排出的热量 q_k 又恰好等于这两者之和，即： $q_k = q_0 + Al$ 。

1·1·2 热工学的几个概念

制冷剂在制冷系统中不断地进行着状态变化，即处于各种不同的热力状态。用以表示制冷剂所处热力状态的物理量称为状态参数，如温度、比容、压力、焓、熵等。在进行制冷循环的分析和热力计算时，要应用这些状态参数。

一、温度

物体的冷和热是相对而言的，为了确切地说明物体的冷热程度，需要引入温度这一概念。由于物体的冷热程度是分子运动平均动能大小的表现，所以温度就是物质分子运动平均动能的量度。

要定量的测定温度，还要规定衡量温度的标尺（简称温标）。在制冷技术中常采用以下两种温标：

（一）摄氏温标

又叫百度温标，用 $t^{\circ}\text{C}$ 表示。这种温标的零度是指在一个标准大气压（760 毫米汞柱）下冰的熔点，100 度是指在相同的压力下水的沸点，把这两个定点之间平均分为一百格，每一格就是 1°C 。

（二）绝对温标

当物质的分子热运动完全停止时的温度称为绝对零度，自绝对零度算起的温标称绝对温标，用 $T^{\circ}\text{K}$ 表示。绝对温标和摄氏温标的每一度的大小是一样的。不过绝对温标的零度 (0°K) 位于摄氏温标零下 273.16 度 (-273.16°C)。摄氏温标和绝对温标换算关系如下：

$$T = 273.16 + t$$

取近似值则：

$$T = 273 + t$$

例： $0^{\circ}\text{C} = 273^{\circ}\text{K}$ ， $0^{\circ}\text{K} = -273^{\circ}\text{C}$ ，

$$100^{\circ}\text{C} = 373^{\circ}\text{K}$$

二、比容和比重

比容即单位重量的物质所占有的容积。用 V 表示总容积“米³”，用 G 表示总重量“公斤”，用 v 表示比容，则：

$$v = \frac{V}{G} \quad \text{米}^3/\text{公斤} \quad (1.1-1)$$

比容是说明物质分子之间密集程度的一个物理量。如对气体来讲，比容大则分子之间的距离也大，密集程度就小，所以可压缩性就大。比容小，则分子之间的密集程度就大，可压缩性就小。

比重即单位容积的物质所具有的重量，也称作容重，它是比容的倒数。用 γ 表示比重，则：

$$\gamma = \frac{1}{v} \quad \text{公斤/米}^3 \quad (1.1-2)$$

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad \text{公斤/米}^3 \quad (1.1-2a)$$

比重也是反映物质性质的一个物理量。在标准状态(即压力 = 760毫米汞柱，温度 = 0°C)下，空气的比重是1.293公斤/米³，而氨蒸汽的比重是0.771公斤/米³。

由公式可以看出： $\gamma \times v = 1$ 。物质在任何状态下，比容和比重的乘积永远等于1。

三、压 力

单位面积上所受的垂直作用力称为压力，用 P 表示。在密闭容积中，气体的分子是以相当高的速度不停地运动着。大量的分子撞击容器壁的结果就形成了对容器壁的压力。气体分子越多，每个分子撞击容器壁的次数越多，产生的压力就越大。

压力的单位在热力学的计算中用公斤/厘米²表示，在工程上这个单位太小，故经常用公斤/厘米²为单位，并把这个单位称为工程大气压(简称大气压)。此外，压力也可用水银柱(汞柱)或水柱高度来表示。各种压力单位之间的换算关系为：

$$1 \text{ 工程大气压} = 1 \text{ 公斤/厘米}^2 = 10,000 \text{ 公斤/米}^2 = 735.6 \text{ 毫米汞柱} = 10 \text{ 米水柱}。$$

工程大气压与物理大气压是不同的，在物理学中取纬度 45° 海平面上大气的平均压力为物理大气压，它们之间的关系为：

$$1 \text{ 物理大气压} = 760 \text{ 毫米汞柱} = 1.033 \text{ 工程大气压}。$$

(一) 大气压力

地球表面充满着空气，由于空气有重量，就会对一切物体产生压力，这个压力就是大气的压力，简称大气压，用 B 表示。

(二) 绝对压力

容器中气体的真实压力称绝对压力，用 $P_{\text{绝}}$ 表示。因为只有真实压力才是表示制冷剂状态的一个参数，如氨的热力性质在 -33°C 温度时，它的绝对压力为1.0514公斤/厘米²。所以

在制冷技术中都是以绝对压力作为计算的依据。

(三) 表压力

压力表(或真空表)所指示的压力,称为表压力,用 $P_{表}$ 表示。

冷冻厂一般采用弹簧式压力表测定系统中的压力,测量高于大气压时用普通压力表,测量低于大气压时用真空压力表。

压力表所指示的压力并不是容器内气体的真实压力,而是容器内的真实压力(绝对压力)与外界大气压的差值。

若容器内气体的真实压力大于外界大气压力,则容器内的真实压力是表压力与大气压力之和(图1.1-2中的 $P_{绝} > B$),即:

$$P_{绝} = P_{表} + B \quad (1.1-3)$$

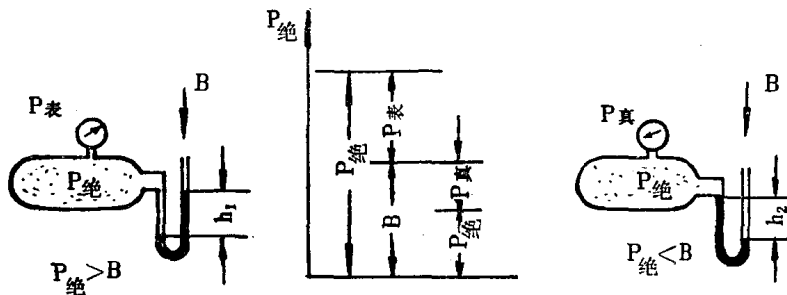


图1.1-2 各种压力关系示意图

若容器内气体的真实压力小于外界大气压力(图1.1-2中的 $P_{绝} < B$),则大气压力与真实压力之差称为真空度,以 $P_{真}$ 表示,即:

$$P_{真} = B - P_{绝} \quad (1.1-4)$$

$$P_{绝} = B - P_{真} \quad (1.1-4a)$$

在工程上为了计算方便起见,当被测量工质的压力较高时,可将大气压力近似地当作1工程大气压计算,这样处理所引起的误差在工程计算中是可以忽略的。

$$P_{绝} = P_{表} + 1 \quad (1.1-3a)$$

如某氨压缩机排汽压力在压力表上的读数为10公斤/厘米²,氨蒸汽的真实压力(即绝对压力)为:

$$P_{绝} = P_{表} + B = 10 + 1 = 11 \text{ 公斤/厘米}^2。$$

关于压力的单位换算见表1.1-1。

表1.1-1 压力单位换算表

压 力 单 位	物理大气压	工程大气压	毫 米 汞 柱
1 物理大气压	1	1.03323	760.000
1 工程大气压	0.967841	1	735.559
10 ³ 毫米汞柱	1.31578	1.35951	1,000

四、内能、焓、熵

(一) 内能

分子运动是由直线运动、旋转运动和振动所组成,这三种运动的总和称为动能;由于分子之间还存在着吸引力(内聚力),而吸引力的大小与分子间的距离有关,这种吸引力所形成的能量称为内位能。