

文章编号: 1671-6612 (2019) 04-385-03

# 冷库制冷系统设计要点

宛 超

(四川省商业建筑设计院有限公司 成都 610041)

**【摘 要】** 介绍冷库制冷系统的设计要点, 主要包括制冷系统选择, 如制冷剂的选择、制冷系统形式的选择、制冷压缩机组的选择、供液形式的选择等, 制冷系统回油技术及制冷系统压力管道材质选择, 以供冷库制冷工艺设计人员参考。

**【关键词】** 冷库; 制冷系统; 回油; 压力管道

中图分类号 TB657.1 文献标识码 A

## Design Points of Refrigeration System for Cold Storage

Wan Chao

(Sichuan Commercial Architecture Design Institute Co., Ltd., Chengdu, 610041)

**【Abstract】** This paper introduces the design points of the cold storage refrigeration system, mainly including the choice of refrigeration system, such as the choice of refrigerant, refrigeration system form, refrigeration compressor unit and liquid supply form, etc., the refrigeration system oil return technology and refrigeration system pressure pipeline material Choice for reference by the cold storage refrigeration process designer.

**【Keywords】** cold storage; refrigeration system; oil return; pressure pipeline

## 0 引言

在宏观经济稳步发展, 业态创新大环境活跃, 居民收入和消费水平日益提高以及诸多冷链物流扶持政策的推动下, 中国的食品冷链物流产业发展迅猛, 冷库建设规模获得快速增长<sup>[1,2]</sup>。制冷系统是整个冷库的核心组成部分, 制冷系统设计合理性是决定冷库项目经济性、环保性、科学性的关键因素。

## 1 制冷系统选择

### 1.1 制冷剂的选择

目前国内冷库制冷系统制冷剂主要有氟利昂、氨和二氧化碳三种。氟利昂制冷剂应用较多的为 R410A, R404A 和 R507。氨和二氧化碳是两种天然制冷剂, 氨 ODP=0, GWP=0, 二氧化碳 ODP=0, GWP=1, 对环境的影响小, 也是当今较为热门的

两种制冷剂。

根据环境保护部发布的《关于生产和使用消耗臭氧层物质建设项目管理有关工作的通知》(环大气〔2018〕5号)文件, 禁止新建和扩建生产和使用作为制冷剂受控用途的 ODS 建设项目, R22 已禁止用于新建冷库项目, R22 的替代与新型环保制冷剂的研究一直是行业热点<sup>[3]</sup>。

液氨由于本身具有毒性, 可燃及爆炸危险性, 包含在国家安全监管总局首批重点监管的危险化学品名录内, 且液氨储量超过 10 吨即被判定为重大危险源, 因此氨制冷系统受到安全监督部门严格监管, 对其应用具有很大的限制作用。

二氧化碳作为天然制冷剂历史悠久, 由于受到人工合成制冷剂的影响, 在国内发展的较晚, 因此还没有得到广泛的应用, 目前由于氟利昂对环境的破坏作用而重登舞台, 发展前景看好。

## 1.2 制冷系统形式的选择

冷库按冷藏设计温度分类可以分为高温、中温、低温和超低温四大类冷库：①高温冷库设计温度为 $-2^{\circ}\text{C}\sim+8^{\circ}\text{C}$ ；②中温冷库设计温度为 $-10^{\circ}\text{C}\sim-23^{\circ}\text{C}$ ；③低温冷库设计温度为 $-23^{\circ}\text{C}\sim-30^{\circ}\text{C}$ ；④超低温冷库设计温度一般为 $-30^{\circ}\text{C}\sim-80^{\circ}\text{C}$ 。

冷库的设计规模按冷藏间的公称容积可分为大型、中型和小型三大类冷库：①公称容积大于 $20000\text{m}^3$ 为大型冷库；② $20000\text{m}^3\sim5000\text{m}^3$ 为中型冷库；③ $20000\text{m}^3\sim5000\text{m}^3$ 为小型冷库。

为了减小制冷系统制冷剂的充注量，满足经济性和安全性要求，一般中小型冷库采用氟利昂或氨制冷系统，大型冷库根据冷库的设计温度采用氨和二氧化碳复叠/载冷制冷系统或氟利昂和二氧化碳复叠/载冷制冷系统<sup>[4]</sup>。对于氨和二氧化碳复叠/载冷制冷系统，当制冷系统蒸发温度高于 $-25^{\circ}\text{C}$ ，一般采用二氧化碳载冷制冷系统；当制冷系统蒸发温度低于 $-25^{\circ}\text{C}$ 时，一般采用二氧化碳复叠制冷系统<sup>[5]</sup>。

## 1.3 制冷压缩机组的选择

制冷压缩机是制冷系统的核心，根据冷库的规模和设计温度等因素，合理选择制冷压缩机组是制冷系统设计的关键。

制冷压缩机根据其工作原理可以分为容积型和速度型两大类，在冷库应用领域，通常采用容积型压缩机，主要包含活塞式压缩机、螺杆式压缩机和涡旋式压缩机。

氨制冷系统一般采用开启式压缩机，主要采用开启式螺杆压缩机。氟利昂制冷系统一般采用涡旋式压缩机及半封闭或全封闭式压缩机，主要采用半封闭式螺杆压缩机，半封闭式活塞压缩机和半封闭式涡旋式压缩机。二氧化碳制冷系统压缩机选择比较灵活，当制冷量较小时一般采用半封闭式活塞压缩机，制冷量较大时一般采用开启式螺杆压缩机。

一般大型冷库制冷系统采用螺杆式压缩机，小型冷库制冷系统采用活塞式压缩机和涡旋式压缩机。为了满足制冷系统不同负荷条件下的经济性要求，以及保证制冷系统运行的可靠性，压缩机组可采用多个压缩机并联组合使用<sup>[6]</sup>。

## 1.4 供液形式的选择

制冷系统供液方式分为直接膨胀供液、重力供液、液泵供液和气泵供液四种。

冷库制冷系统较为常用的供液方式为直接膨胀式供液和液泵强制供液，通常小型制冷系统采用直接膨胀式供液系统，大型制冷系统采用桶泵强制供液系统。桶泵强制供液系统与直接膨胀式供液系统相比较，其优缺点如下：

桶泵供液的优点主要有：①蒸发器具有较高的换热效率，冷却效果好；②能够保证长距离供液；③制冷压缩机的运行工况得以改善，保证制冷压缩机的安全运转和提高压缩机的制冷效率；④系统操作简单可靠，便于集中控制和实现自动化。

桶泵供液的缺点主要有：①制冷剂充注量大，增加了桶泵机组，机房占地面积增大，初投资增加；②系统回油较复杂，处理不好会导致整个制冷系统发生运行故障。

## 1.5 制冷系统自动化控制

传统冷库自动化程度低、操作人员技术水平较低是我国冷库事故频繁发生的主要原因，尤其是氨制冷系统，一旦发生泄漏，极易对人身造成直接伤害，所以提高冷库中制冷系统自动化程度、减少制冷剂液氨的充注量，对于提高制冷系统安全性可以产生明显效果<sup>[7]</sup>。对于大型制冷系统，一般采用集中 PLC 控制系统，控制系统控制对象主要包括压缩机、冷风机、蒸发式冷凝器、桶泵、冲霜水泵、事故风机<sup>[8]</sup>。PLC 自控系统集中设置在控制室，除了监控速冻装置、制冷机房、液罐区的氨气泄漏、报警、事故排风、紧急切断之外，还应设置与氨制冷机组各分控系统之间的数据通讯接口，并具备半年数据储存、适时显示各相关安全系统的运行状态、氨气浓度等技术指标。

## 2 制冷系统回油技术

氟利昂制冷系统与氨制冷系统回油方式不同，氨制冷系统只能用集油器放油，可以将油放出制冷系统外，收集后进行集中处理，再加进压缩机曲轴箱补油。而氟利昂制冷系统一般采用回油器自动回油，油不放出系统外，直接送至各补油部位，采用封闭式回油的油路设计。回油技术是氟利昂制冷系统设计的关键技术。

### 2.1 并联压缩机组回油

并联压缩机组的关键技术是各并联压缩机能顺利而均衡地回油，从而保证各压缩机的正常润滑和工作。并联压缩机组系统的回油问题主要受两个

因素影响:一是系统设计因素,即系统布局与管路设计;二是化学因素,即润滑油和制冷工质混合物性质<sup>[9]</sup>。

一般系统布局与管路设计是设计重点,通过系统设计优化,减少甚至消除管道中润滑油积存现象,增强系统回油能力。涡旋并联压缩机组和螺杆并联压缩机组适宜采用高压回油方案,活塞并联压缩机组适合采用低压回油方案<sup>[10]</sup>。

## 2.2 氟利昂桶泵机组回油

大型氟利昂制冷系统通常采用桶泵强制供液系统集中制冷。在低压循环桶内,冷冻油与氟利昂分离,由于油比重较氟利昂小,冷冻油聚集在低压循环桶的上部。氟利昂桶泵供液系统的关键技术在于如何将聚集在低压循环桶上部的冷冻油不停地回流到压缩机,从而保证压缩机的正常润滑和工作,保持制冷系统运行安全。桶泵回油的关键技术在于采取以下三个必要措施:①在低压循环桶控制液位的上下各100mm处,分别设置一根回油管,不管低压循环桶内的冷冻油液面处于什么位置均能通过回油管导出,冷冻油和氟利昂混合液在换热装置中分离,氟利昂液体被加热形成气体后回到低压循环桶,冷冻油则被吸入压缩机回气管,回到压缩机。通过调节回油管上的阀门,控制回油量,从而使油路系统均衡;②选择高质量高灵敏度的液位控制器,有利于回油系统持续稳定运行;③采用卧式低压循环桶,因其截面相对立式桶大,桶内液面波动小,更有利于系统回油均衡<sup>[11]</sup>。

## 3 制冷系统压力管道材质选择

冷库制冷系统中最常用的管道材质为20#碳钢无缝钢管,其次为紫铜管、10#碳钢无缝钢管和16Mn低合金钢管。氨制冷系统制冷管道不能采用铜管。

根据《工业金属管道设计规范》GB 50316—2000(2008年版)要求,除了低温低应力工况外,10#碳钢无缝钢管(GB/T 8163),20#碳钢无缝钢管(GB/T 8163),16Mn低合金钢管(GB/T 8163)的使用温度下限分别为-29℃; -20℃; -40℃。在冷库温度范围内,10#碳钢无缝钢管应用于低于-29℃工况条件下,只有部分管径满足低温低应力工况条

件。20#碳钢无缝钢管可用于低于-20℃工况,满足低温低应力工况条件<sup>[12]</sup>,16Mn低合金钢管一般应用于二氧化碳制冷系统及超低温冷库制冷系统管道材料。

## 4 结束语

设计工作是冷库建设过程中至关重要的一环,冷库制冷系统是一个多种设备组合和关键技术运用的综合体,制冷系统的合理设计是保证冷库正常运行、环境友好、初投资及后期运行经济的前提条件。只有把握好制冷系统设计的各个要点,凭借新技术及经验不断优化,才能使制冷系统设计趋于完美。

## 参考文献:

- [1] 汪超,韩美顺.制冷设备市场分析[J].制冷技术,2019,39(S1):69-87.
- [2] 荆华乾.制冷行业政策分析[J].制冷技术,2019,39(S1):2-7.
- [3] 秦越,杨志强,王博,等.新型环保制冷剂的研究进展及发展趋势[J].化学世界,2018,59(1):60-64.
- [4] 黄志华.氨/二氧化碳复叠制冷技术在工业制冷中的应用[J].制冷技术,2012,32(3):51-53.
- [5] 田雅芬,赵兆瑞,邢子文,等.CO<sub>2</sub>复叠制冷系统与载冷剂制冷系统适用范围研究[J].制冷学报,2016,37(2):22-29.
- [6] 关朋.大型冷库制冷系统设计要点[J].制冷与空调,2011,11(5):109-113,79.
- [7] 姜瑞雪,汤玉鹏,韩磊.冷库氨制冷系统的改造[J].制冷与空调,2019,19(1):57-60.
- [8] 孟大伟,赵广涛,姜韶明,等.用于大型冷库的NH<sub>3</sub>/CO<sub>2</sub>复叠式制冷系统的自动控制方案[J].制冷与空调,2015,15(12):57-61.
- [9] 孙振.制冷压缩机并联回油研究[C].中国制冷学会2005年制冷空调学术年会论文集,2005:3.
- [10] 刘群生,陈宇慧,马越峰.制冷并联机组压缩机油平衡的方案设计[J].低温与超导,2016,44(8):84-88.
- [11] 邵丽丽,陈利仪.氟泵供液系统研究[J].家电科技,2016,(3):76-77.
- [12] 孙志辉,于步江.氨制冷系统中压力管道安装监督检查[J].河南科技,2016,(23):106-107.