

二氧化碳系统与氟利昂 R507 系统在冷库应用中的能效分析

赵永胜 张文涛

山西永有制冷科技有限公司, 山西 晋中 030600

[摘要] 文章通过实际项目案例, 为一栋冷库分别进行氟利昂 R507、氟利昂 R507+二氧化碳载冷、氟利昂 R507+二氧化碳复叠三种不同制冷系统的选型。最终比较得出实际耗电量的区别。

[关键词] 氟利昂 R507; 二氧化碳; 能效

DOI: 10.33142/aem.v3i6.4341

中图分类号: TB61+1

文献标识码: A

Energy Efficiency Analysis of Carbon Dioxide System and Freon R507 System in Cold Storage

ZHAO Yongsheng, ZHANG Wentao

Shanxi Yongyou Refrigeration Technology Co., Ltd., Jinzhong, Shanxi, 030600, China

Abstract: Through the actual project case, this paper selects three different refrigeration systems for a cold storage: Freon R507, Freon R507 + carbon dioxide carrier cooling and Freon R507 + carbon dioxide cascade. Finally, the difference of actual power consumption is obtained by comparison.

Keywords: Freon R507; carbon dioxide; energy efficiency

随着近些年氨制冷系统的安全事故频发, 全球环境不断变暖, 温室效应日益严重, 环保系统的呼声越来越高。人们对大中型制冷系统的关注重点从原始的造价低廉, 运营成本节约逐渐转变为了更加安全, 更加环保。因此, 近年来国内涌现出了大量的二氧化碳载冷及二氧化碳复叠项目。但是围绕着二氧化碳载冷及二氧化碳复叠系统的能耗增加问题一直是业主单位无法回避并重点关注的问题。因此本文结合实际工程案例, 对同一冷库采用三种不同制冷系统的能效进行了细致的分析。

1 项目背景

本项目冷库所在地为青岛, 冷库占地面积约 8500m², 其中库房占地面积约 6820m², 穿堂占地面积约 1680m²。冷库分为四层, 其中 1~3 层为冻结物冷藏间, 共计 12 间, 冷间温度-25℃, 4 层为冷却物冷藏间, 共计 4 间, 冷间温度 0℃。当冻结物冷藏间存储货品按分割肉进行计算时, 总存储量约为 28800 吨。当冷却物冷藏间存储货品按箱装水果进行计算时, 总存储量约为 6720 吨。

当地主要气象参数为:

夏季空气调节室外计算日平均温度——27.3℃

夏季通风室外计算温度——27.3℃

夏季通风室外计算相对湿度——73%

夏季空气调节室外计算干球温度——29.4℃

夏季空气调节室外计算湿球温度——26℃

冬季空调室外计算温度——-7.2℃

本项目采用 R507 泵供液制冷系统主要参数为:

冷凝温度 R507A——35℃

冷却物冷藏间蒸发温度 R507A——-8℃

冻结物冷藏间蒸发温度 R507A——-33℃

本项目采用 R507+二氧化碳载冷制冷系统主要参数为:

冷凝温度 R507A——35℃

冷却物冷藏间 R507 蒸发温度——-11℃

冷却物冷藏间 R744 冷凝/蒸发温度——-7℃

冻结物冷藏间 R507 蒸发温度—— -37°C

冻结物冷藏间 R744 冷凝/蒸发温度—— -33°C

本项目采用 R507+二氧化碳复叠制冷系统主要参数为:

冷凝温度 R507A—— 35°C

冷凝温度 R744—— -7°C

冷却物冷藏间 R744 蒸发温度—— -7°C

冻结物冷藏间 R744 蒸发温度—— -33°C

通过冷负荷计算,冻结物冷藏间工况机械负荷为 1250kW,每间冷间的设备负荷为 120kW。冷却物冷藏间工况机械负荷为 1205kW,每间冷间的设备负荷为 270kW。

2 氟利昂 R507 泵供液系统的设备选型

R507 压缩机组采用半封闭并联螺杆压缩机组,其中 -11°C 系统采用 HSK8561-125 机头 5 并联螺杆压缩机组。该机头在 $-8/35^{\circ}\text{C}$ 工况下的产冷量约为 248kW,输入功率约为 81.9kW,冷凝负荷约为 330kW。总产冷量约为 1240kW,总输入功率约为 409.5kW,总冷凝负荷约为 1650kW。 -33°C 系统采用 2 套并联螺杆机组,每套机组由 4 台 HSN8591-160 机头组成。该机头在 $-33/35^{\circ}\text{C}$ 工况下的产冷量约为 164kW,输入功率约为 105.8kW,冷凝负荷约为 270kW。每套机组总产冷量约为 656kW,总输入功率约为 423.2kW,总冷凝负荷约为 1080kW。

该系统压缩机组总输入功率为 $409.5\text{kW}+423.2\text{kW}\times 2=1255.9\text{kW}$ 。

本系统冷凝器采用蒸发式冷凝器, $-8/35^{\circ}\text{C}$ 系统采用一台 ATC-869E-1g 蒸发式冷凝器,该蒸发冷的通风机运行功率约为 30kW,喷淋泵运行功率约为 7.5kW。 $-33/35^{\circ}\text{C}$ 系统采用两台 ATC-559E-1g 蒸发式冷凝器,该蒸发冷的通风机运行功率约为 22kW,喷淋泵运行功率约为 4kW。

该系统蒸发式冷凝器总输入功率为 $37.5\text{kW}+26\text{kW}\times 2=89.5\text{kW}$ 。

本系统供液形式采用 R507 泵强制供液,循环倍率按 2 倍进行计算, -8°C 系统采用 3 台屏蔽泵,两用一备,单台泵流量 $23\text{m}^3/\text{h}$,扬程 50m,电功率约 8.5kW。 -33°C 系统采用 3 台屏蔽泵,两用一备,单台泵流量 $20\text{m}^3/\text{h}$,扬程 45m,电功率约 7kW。

该系统桶泵机组总输入功率为 $8.5\text{kW}\times 2+7\text{kW}\times 2=31\text{kW}$ 。

该冷库冻结物冷藏间的蒸发器采用吊顶式冷风机,每个冷间采用 2 台 S-GHN063.2H/410-HHD/6P.I 冷风机,每台风机设置 4 个风扇,单个风扇的电功率为 1.75kW,在运行时每台风机的耗电量约为 7kW。

该冷库冷却物冷藏间的蒸发器采用吊顶式冷风机,每个冷间采用 3 台 S-GHN080.2G/37-HHS/8P.E 冷风机,每台风机设置 3 个风扇,单个风扇的电功率为 2.3kW,在运行时每台风机的耗电量约为 6.9kW。

该系统蒸发器总输入功率为 $7\text{kW}\times 24+6.9\text{kW}\times 12=250.8\text{kW}$ 。

本系统在满产时,最大耗电量为 $1255.9\text{kW}+89.5\text{kW}+31\text{kW}+250.8\text{kW}=1627.2\text{kW}$ 。

3 氟利昂 R507+二氧化碳载冷系统的设备选型

压缩机组采用半封闭并联螺杆压缩机组,其中 -11°C 系统采用 HSK8571-140 机头 5 并联螺杆压缩机组。该机头在 $-11/35^{\circ}\text{C}$ 工况下的产冷量约为 252kW,输入功率约为 91.2kW,冷凝负荷约为 343kW。总产冷量约为 1260kW,总输入功率约为 456kW,总冷凝负荷约为 1715kW。 -37°C 系统采用 2 套并联螺杆机组,每套机组由 4 台 HSN8591-160 机头和 1 台 HSN8571-125 机头组成。HSN8591-160 机头在 $-37/35^{\circ}\text{C}$ 工况下的产冷量约为 139kW,输入功率约为 102.7kW,冷凝负荷约为 239kW。HSN8571-125 机头在 $-37/35^{\circ}\text{C}$ 工况下的产冷量约为 112kW,输入功率约为 81kW,冷凝负荷约为 192.5kW。每套机组总产冷量约为 668kW,总输入功率约为 491.8kW,总冷凝负荷约为 1148.5kW。

该系统压缩机组总输入功率为 $456\text{kW}+491.8\text{kW}\times 2=1439.6\text{kW}$ 。

本系统冷凝器采用蒸发式冷凝器, $-11/35^{\circ}\text{C}$ 系统采用一台 ATC-892E-1g 蒸发式冷凝器,该蒸发冷的通风机运行功率约为 37kW,喷淋泵运行功率约为 5.5kW。 $-33/35^{\circ}\text{C}$ 系统采用两台 ATC-601E-1g 蒸发式冷凝器,该蒸发冷的通风机运行功率约为 18.5kW,喷淋泵运行功率约为 4kW。

该系统蒸发式冷凝器总输入功率为 $42.5\text{kW}+22.5\text{kW}\times 2=87.5\text{kW}$ 。

本系统供液形式采用 R744 泵强制供液,循环倍率按 2 倍进行计算, -7°C 系统采用 3 台屏蔽泵,两用一备,单台泵

流量 $20\text{m}^3/\text{h}$, 扬程 50m, 电功率约 8.5kW。-33℃系统采用 3 台屏蔽泵, 两用一备, 单台泵流量 $14\text{m}^3/\text{h}$, 扬程 45m, 电功率约 6kW。

该系统桶泵机组总输入功率为 $8.5\text{kW}\times 2+6\text{kW}\times 2=29\text{kW}$ 。

该冷库冻结物冷藏间的蒸发器采用吊顶式冷风机, 每个冷间采用 2 台 S-CPGHN 080.2H/210-WHS/16P.E 冷风机, 每台风机设置 2 个风扇, 单个风扇的电功率为 2.3kW, 在运行时每台风机的耗电量约为 4.6kW。

该冷库冷却物冷藏间的蒸发器采用吊顶式冷风机, 每个冷间采用 3 台 S-CPGHN 080.2I/27-HHS/12P.E 冷风机, 每台风机设置 2 个风扇, 单个风扇的电功率为 2.3kW, 在运行时每台风机的耗电量约为 4.6kW。

该系统蒸发器总输入功率为 $4.6\text{kW}\times 24+4.6\text{kW}\times 12=165.6\text{kW}$ 。

本系统在满产时, 最大耗电量为 $1439.6\text{kW}+87.5\text{kW}+29\text{kW}+165.6\text{kW}=1721.7\text{kW}$ 。

4 氟利昂 R507+二氧化碳复叠系统的设备选型

R507 压缩机组采用半封闭并联螺杆压缩机组, -11℃系统采用 CSH9583-280Y 机头 6 并联螺杆压缩机组。该机头在 -11/35℃工况下的产冷量约为 500kW, 输入功率约为 161.5kW, 冷凝负荷约为 661kW。总产冷量约为 3000kW, 总输入功率约为 969kW, 总冷凝负荷约为 3966kW。

R744 压缩机组采用 2 套半封闭并联活塞机组, 每套机组由 7 台 4NSL-30K 机头组成。该机组在 -33/-7℃工况下的产冷量约为 94.6kW, 输入功率约为 18.78kW, 冷凝负荷约为 113.4kW。每套机组总产冷量约为 662.2kW, 总输入功率约为 131.46kW, 总冷凝负荷约为 793.8kW。

该系统压缩机组总输入功率为 $969\text{kW}+131.46\text{kW}\times 2=1231.92\text{kW}$ 。

本系统冷凝器采用蒸发式冷凝器, -11/35℃系统采用 3 台 ATC-682E-1g 蒸发式冷凝器, 该蒸发冷的通风机运行功率约为 18.5kW, 喷淋泵运行功率约为 5.5kW。

该系统蒸发式冷凝器总输入功率为 $24\text{kW}\times 3=72\text{kW}$ 。

本系统供液形式采用 R744 泵强制供液, 循环倍率按 2 倍进行计算, -7℃系统采用 3 台屏蔽泵, 两用一备, 单台泵流量 $20\text{m}^3/\text{h}$, 扬程 50m, 电功率约 8.5kW。-33℃系统采用 3 台屏蔽泵, 两用一备, 单台泵流量 $14\text{m}^3/\text{h}$, 扬程 45m, 电功率约 6kW。

该系统桶泵机组总输入功率为 $8.5\text{kW}\times 2+6\text{kW}\times 2=29\text{kW}$ 。

该冷库冻结物冷藏间的蒸发器采用吊顶式冷风机, 每个冷间采用 2 台 S-CPGHN 080.2H/210-WHS/16P.E 冷风机, 每台风机设置 2 个风扇, 单个风扇的电功率为 2.3kW, 在运行时每台风机的耗电量约为 4.6kW。

该冷库冷却物冷藏间的蒸发器采用吊顶式冷风机, 每个冷间采用 3 台 S-CPGHN 080.2I/27-HHS/12P.E 冷风机, 每台风机设置 2 个风扇, 单个风扇的电功率为 2.3kW, 在运行时每台风机的耗电量约为 4.6kW。

该系统蒸发器总输入功率为 $4.6\text{kW}\times 24+4.6\text{kW}\times 12=165.6\text{kW}$ 。

本系统在满产时, 最大耗电量为 $1231.92\text{kW}+72\text{kW}+29\text{kW}+165.6\text{kW}=1498.52\text{kW}$ 。

5 不同系统的能效比较

经过详细的选型及功率计算, 可以得知氟利昂 R507 泵供液系统的总输入功率为 1627.2kW, 氟利昂 R507+二氧化碳载冷系统的总输入功率为 1721.7kW, 氟利昂 R507+二氧化碳复叠系统的总输入功率为 1498.52kW。可以看出最为节能的系统为氟利昂 R507+二氧化碳复叠系统, 其次为氟利昂 R507 泵供液系统, 最差的是氟利昂 R507+二氧化碳载冷系统。该系统的输入功率为氟利昂 R507+二氧化碳载冷系统输入功率的 87%, 为氟利昂 R507 泵供液系统输入功率的 92%。而氟利昂 R507 泵供液系统的输入功率为氟利昂 R507+二氧化碳载冷系统输入功率的 94.5%。

同时, 通过同功能设备间的电功率进行比较可以发现, 二氧化碳冷风机的运行效率明显高于氟利昂冷风机的运行效率。二氧化碳泵的运行效率略高于氟利昂泵的运行效率。说明从换热效率方面来看, 二氧化碳的换热效率较氟利昂的换热效率有着较大优势。

当该冷库每天运行 10 小时的情况下, 采用氟利昂 R507+二氧化碳复叠系统每天至少可以为业主节约 1287 度电, 最多可节省 2232 度电。按平均工业用电 0.75 元/度的价格计算, 采用氟利昂 R507+二氧化碳复叠系统每天至少可以为业主节约 965 元运营成本, 最多可节省 1674 元运营成本。折算到每年的费用约为 35.22 万元和 84.47 万元。

6 氟利昂 R507+二氧化碳复叠系统在当下的问题

通过本文详细的对比可以看出, 氟利昂 R507+二氧化碳复叠系统在满足环保及安全运行要求的同时, 还可以大幅度

的缩减运行费用。但导致该系统仍然需要一段时间被大家所接受的主要原因有以下几点:

- (1) 该系统的初投资成本仍然较高;
- (2) 该系统的运行压力较其他系统偏高;
- (3) 该系统的复杂程度较高;
- (4) 该系统目前在市场上缺少熟练操作的管理人员。

以上问题需要随着产能的优化以及系统普及的时间慢慢被使用者所接受,现阶段仍然是使用单位无法忽视的问题。

7 结语

从长期发展的角度来看,氟利昂 R507+二氧化碳复叠系统在冷库的应用中一定存在着广阔的市场。随着政府部门对安全以及环保的监管力度不断加强,该系统一定可以在市场上占有一席之地。

[参考文献]

[1]陈楠,陆志.二氧化碳制冷循环方式分析[C].北京:第七届全国食品冷藏链大会论文集,2010.

[2]王玉琦.同时供冷供热二氧化碳双级压缩制冷热泵循环(火用)分析[D].陕西:西安建筑科技大学,2017.

作者简介:赵永胜(1968.3-),籍贯:山西省阳曲县,职称:工程师;张文涛(1981.12-),籍贯:山西太原,职称:工程师。