

研究简报

装配式冷库机组工作时间系数辨析

RESEARCH ON COEFFICIENT OF UNIT WORKING TIME FOR PACKAGE COLD STORAGE

朱富强

(农业部冷库及制冷设备质检中心, 上海水产大学 200090)

ZHU Fu-Qiang

(Quality Surveillance and Testing Center for Cold Storage and Refrigerating Equipment, Shanghai Fisheries University 200090)

关键词 装配式冷库, 机组时间系数, 实测, 影响因素, 对策

KEYWORDS Package cold storage, Coefficient of unit working time, Full scale test, Influencing factor, Stratagem

在商用和家用冷柜、室内装配式冷库、冰箱等制冷装置众多的检测项目中, 机组时间系数常用下式表示:

$$f = \frac{\sum_{i=1}^n x_{oi}}{\sum_{i=1}^n x_{si} + \sum_{i=1}^n x_{oi}}^{-1} \quad (1)$$

式中, f —制冷机组工作时间系数; $\sum x_{oi}$ —全部运行周期内制冷机组开机时间总和, $\sum x_{si}$ —全部运行周期内制冷机组停机时间总和, h 。关于 f 值, 有关标准有明确要求, ZBX99003-86[路正彬等 1987]要求 $25\% < f < 75\%$, ZBX73044-90[彭伯彦等 1991]规定按库容积大小不同, 要求 $f < 70\%$ 或 $f < 80\%$ 。为什么 f 值允许幅度较大? 受那些因素影响? 是否和节能、成本有关? 常会引起不少人的思索。本文通过检测实例, 在实测结果基础上作进一步分析研究。

1 检测装置和方法

1.1 检测装置

制冷装置各部件相互间的匹配运行, 维持了该装置制冷和耗冷的某种动态平衡。对这类装置的全性能评定, 需要有专门的检测装置。本装置是一间参照 ASHRAE25[ANSI/ASHRAE25-1990]标准建造并经计量评定的低温夹层试验室。被检对象是一台 D 级室内装配式冷库。依据 ZBX99003-86 标准, 检测工作原理图见图 1, 被检对象所处环境按标准要求调节至规定温、湿度。各测点的参数测定及加热、加湿等功能调节均由检测室内相应仪表与设备来显示、打印和控制。检测期间关门熄灯, 停止人员进出以防止难以计量的外来干扰量。

1.2 检测方法

根据有关标准, 要求被测装置在空库降温至设计温度 $t \pm 1^\circ\text{C}$ 并正常运行若干小时后, 连续记录温控器在设定调节温度范围内不少于五个周期的开机和停机时间段, 代入(1)式即可得到 f 值。

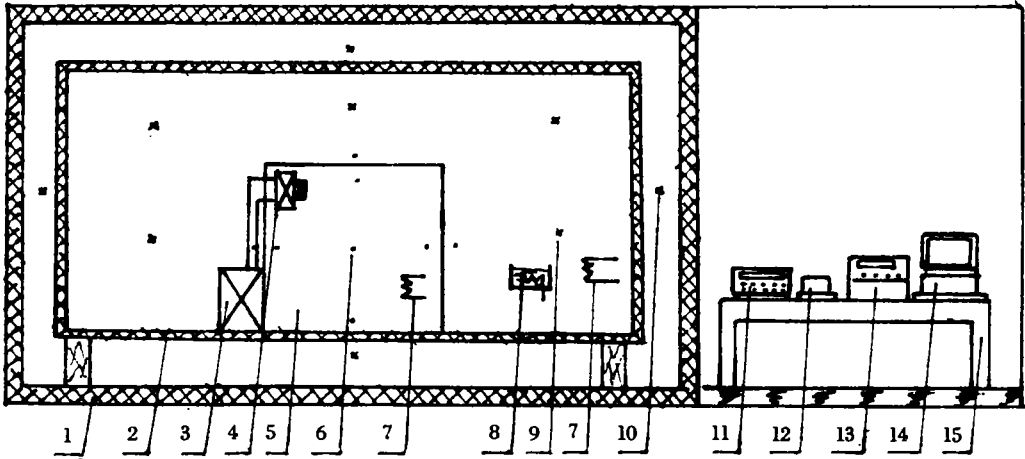


图1 检测工作原理图

Fig.1 Principle diagram for testing work

- 1. 低温试验室隔热层； 2. 校准室隔热层； 3. 待测装配库压缩冷凝机组； 4. 待测装配库冷风机； 5. 待测装配库； 6. 库内各热电偶测温点； 7. 待测库及校准室内加热控制装置； 8. 校准室内加湿控制装置； 9. 校准室内各干、湿球温度测点； 10. 校准室墙外夹层内各温度测点； 11. DZFC-1 综合电能分析测试仪； 12. 测试仪附打印机； 13. PF-15 多点直流数字电压表； 14. 数据采集和处理微机； 15. 实验工作台

经实测,工况为-18℃用作低温储藏的受检装配式冷库库容为12.3m³,库体由面层为涂塑钢板芯材为硬质发泡聚氨酯构成的夹芯墙板拼装而成。库体传热几何平均面积为35.1m²,空库保温性能经正温热平衡实测,传热系数K=0.263W/m²℃。在使库内外温度重新平衡至环境要求温度后,紧接着测定空库降温速度。当装配库降温至设计温度(例如,D级库为-18℃)±1℃后,维持工作6小时以观察库体凝露情况。然后调节温控器,使库温按设定值进入自动调节状态运行。期间,观察记录至少五个周期的开、停机循环过程中时间、温度、压缩机运行功率、工艺加热功率、耗电量等参数值,所用仪器仪表均经检定有效。测得连续五个周期内累计开机时数Σx₀为8 min 33 s;累计停机时数Σz_s为17 min 57 s;库内平均温度为-18.1℃;环境平均温度为32.9℃;门框、平衡窗、冷风机水盘和泄水管等处的经常性工艺加热功率平均为0.165 kW;机组运行时平均功率为2.044 kW。将数据整理后代入有关公式即可得到该装配库的工作时间系数和单位容积耗电量。单位容积耗电量可用下式计算:

$$W_v = 8.64 \times 10^4 \times \Sigma W \div \Sigma x_0 \div V \tag{2}$$

式中,W_v——容积耗电量,kWh/m³;ΣW——5个周期装置累计耗电量,kWh;V——该装配库的实际内容积,m³。将上述测定结果代入式(1)和式(2),可得f=0.32,W_v=1.6kWh/m³。

从能量的观点看,工作时间系数反映了该装配库停机期间吸热升温 and 开机期间制冷降温能量间的动态平衡关系。将(1)式稍作整理,可得:
$$f = \frac{1}{1 + \frac{\Sigma z_s}{\Sigma x_0}} \tag{3}$$

可见f值恒小于1,除非Σz_s=0,不停机。f值随比值Σz_s/Σx₀的增大而减小,故Σz_s增大或Σx₀减小均会使f减小。

2 结果和讨论

2.1 工作时间系数的许可范围

无论是冰箱、冷柜或冷库等装置,各部件参数设计都根据工况条件、食品热负荷及工艺加热要求等特定内

容计算确定的,相互间必须匹配协调,才能取得理想的使用效果。但是受现有产品规格的限制、设计人员裕度选择等设计风格的不同,都会构成不同的搭配。因此,在同样满足使用需要的前提下,开、停机时间长短的差异在所难免。

受检装配库测得 $f=0.32$,在标准要求的范围内,当属合格。标准作出此规定,是为了杜绝大马拉小车,冲击电流过大、电机效率过低或无裕度运行甚至不停机也达不到设计温度两种绝端情况的发生。

2.2 影响工作时间系数的诸因素

2.2.1 库板保温性能

式(3)表明,工作时间系数受比值 $\Sigma\tau_s/\Sigma\tau_o$ 大小的影响。其中 τ_s 主要取决于库体保温性能,是由库板隔热芯材的导热系数 λ 与芯材厚度 σ 而定。 λ 小 σ 大都会使库板传热系数 k 小,热阻 R 大,则保温时间 τ_s 长, f 值减小,库板材质的选择既要考虑保温性能或 τ_s 值,也受到投资和运行成本的制约。

2.2.2 机组制冷能力

累计开机时数 $\Sigma\tau_o$ 视选用蒸发器传热面积及与之匹配的压缩机制冷能力、电机功率而定,当然也与初投资和运行费有关。由式(3)可知,当 $\tau_s = \tau_o$ 时, $f=0.5$,只有当开机时间长于停机时间才会使 $f > 0.5$ 。以低温储藏为主的冰箱、冷柜或冷库,如果冻品周转不频繁或者实际装载量少,容积利用率低,则环境渗入热就不容低估。即使万吨大冷库也是如此,如某水产万吨冷库,实测其冷藏(不计冻结和制冷)热负荷仅为环境渗入热的 $1/3$ 。一般均选用较厚保温层,工作时间系数小于 0.5 。故实测受检库 $f=0.32$ 是可行的。以冻结加工为主的冰柜、制冰机、冰淇淋机、冻结库等,热负荷主要是货物发热量,冻结期间,渗入热与之相比是次要的,为适当控制装置成本,尽管有时系统温度较冷藏低,保温层未必比冷藏厚。工作时间系数一般大于 0.5 。两用库则需兼顾压缩机能力和库板厚度的选配。

2.2.3 工艺加热量

工艺加热量用于门框、平衡窗等处的防冻,使用冷风机的还需要考虑融霜水盘和泄水管的防冻加热。工艺加热量使装置操作使用、维护保养更方便可靠,但配置过大也会使 τ_s 减小,受检库实测工艺加热量约占环境渗入热的 $1/3$ 。

2.2.4 施工质量

在机组和库板选择合理的前提下,施工安装质量是影响 $\Sigma\tau_s$ 的重要因素,受检库实测 $k=0.263\text{W}/\text{m}^2\text{C}$, $f=0.32$,说明施工质量上乘。稍有差错,检测即能发现。如某次装配库实测,平衡漏热的加热量明显偏大,折算 k 值达 $0.6\text{W}/\text{m}^2\text{C}$ 以上。经仔细观察,库体转角拼缝及冷风机吊顶螺栓处施工缺陷严重,经厂方现场补救处理, k 值降至 $0.31\text{W}/\text{m}^2\text{C}$ 。后又发现门框有局部凝露,多处跑冷使 f 增大,可见施工质量影响之大。又如宝山冷冻设备厂,历年送检的库体保温性能均合格,某次检测突然略有超标,在场厂方极为重视,多方分析想到检测安装急切,用错螺栓材料,当即更换重新检测,确认仍是合格产品。前后相差仅相当于 60W 灯泡的热量;检测找到了改进方向,而施工质量直接影响 τ_s 值和 f 值。

2.2.5 工质充注量

合理充注工质和调试是产品交付检验或用户使用前的又一个影响 $\Sigma\tau_o$ 的重要因素。在系统真空度、制冷剂含水量等指标达到要求的情况下,工质充注量合适与否至关重要。受检库实测工况表明,系统充注合理,调节正常。在设计和施工安装合理的前提下,冷凝器、冷风机等制冷热交换器和热力膨胀阀、压缩机均已选定匹配,理应最大限度发挥各自功能。但充注量少则回气过热度大,相当于蒸发面积配置过小, $\Sigma\tau_o$ 必然延长。反之,若充注量偏多,有可能因积液而影响冷凝面积,机器压缩比增大或蒸发压力升高,也会使 $\Sigma\tau_o$ 延长, f 值增加。

2.3 工作时间系数与节能

能耗指标,室内装配式冷库、冰箱、冷柜以每 m^3 (或 1)内容积昼夜耗电度数表示。电费是冷冻冷藏设备日

常运行费用的主要组成部分。无论是冰箱、冷柜、装配库乃至土建大冷库,影响单位产品耗电量或单位容积耗电量的因素很多,如:有效容积利用率、冻品周转率、放置环境、管理水平、设备状况等均会影响耗电量,工作时间系数仅是一个方面。

在正常配置条件下,机组功率总大于环境渗入和工艺加热功率,式(2)中 Σ_w 主要由机组运行功率和工艺加热功率组成。很明显,对同样容积的装配库而言,延长 Σ_{rs} 不会使 Σ_{rw} 明显增大,而增加 Σ_{ro} 或 f 值则 Σ_w 明显上升。可见, W_v 随 f 减小而下降。只有配置多台机组的大冷库,常以单台机组运行较长时间维持库温而不采用同时开多台机组减少 f 的办法,后者将使摩擦功耗增大好几倍,故应灵活掌握。

以本次检测为例, $f=0.32$, $W_v=1.6\text{kWh}/\text{m}^3$ 。若 Σ_{rs} 不变而 Σ_{ro} 增加一倍或 Σ_{ro} 不变而 Σ_{rs} 减少一半,则 $f=0.49$, $W_v=2.2\text{kWh}/\text{m}^3$,较原来增大37%。若 Σ_{ro} 不变, Σ_{rs} 延长一倍,则 $f=0.19$, $W_v=1.1\text{kWh}/\text{m}^3$,较原来减少30%,当然,能耗的降低是以加大板厚增加初投资为基础的。具体还应进一步作技术经济分析,这已是另一个议题了。

3 结论

- (1) 工作时间系数是客观反映制冷装置动态平衡运行的标志。
- (2) 影响工作时间系数的因素贯穿于从设计选型、施工安装到工质充注调试运行的全过程。
- (3) 工作时间系数与能耗或运行费有关,同时也与初投资有关。有利范围需进一步作技术经济分析而定。

参 考 文 献

- 路正彬. 1987. 室内装配式冷藏库. 中华人民共和国专业标准, ZBX99003-86:4-15.
- 彭伯彦, 王家祥, 宋家井. 1991. 组合冷库性能试验方法. 中华人民共和国行业标准, ZBJ73044-90:6-7.
- ANSI/ASHRAE25-1990. Methods of testing forced convection and natural convection air coolers for refrigeration. 270-272.

欢迎订阅 1998 年《水利渔业》杂志

邮发代号:38-76

《水利渔业》由水利部中国科学院水库渔业研究所主办,主要刊登水产科研报告、渔业先进经验、名特优新产品新技术新成果。内容包括鱼类苗种及成鱼养殖技术、大水面增殖技术、网箱等集约化养鱼技术、名特水产、饲料应用、病害防治、资源保护等。本刊特点是以实用技术为主,技术与经济并重,兼顾营销管理与信息交流,具有创新性、实用性、系统性、导向性,对领导决策、科研开发、技术改造、知识更新、生产开发、渔业致富有实用指导作用。

本刊系湖北省优秀(一级)期刊,水利部优秀期刊,全国水产核心期刊,公开发刊,双月末出版,16开,56页。内文激光照排,封页彩色胶印,编核考究,印制精良。欢迎广大新老朋友到各地邮局订阅。每期定价3元,全年6期18元。如邮局订阅不便,也可直接向编辑部邮购。本刊承接各类渔业商品广告,备有细则,欢迎中外企业惠顾。联系地址:武汉市武昌卓刀泉小何村86号,水利部中国科学院水库渔业研究所《水利渔业》编辑部
邮编:430079 电话:(027)7803555 电挂:6736