

# 冷冻机运行效率研究及应用

刘 硕

陕西延安炼油厂, 陕西 延安 716000

**[摘要]**在化工厂的冷冻机运行过程中, 车间容易出现冷冻机冷凝器、油管通道故障问题, 对冷冻机运行中经常出现的故障问题进行深入分析, 总结相应的问题, 并采取针对性解决方案, 对企业能够起到节能降耗, 同时能够提高冷冻机效率的作用。通过对比方案和分析各种要素, 对冷冻机常见故障进行分析, 包括设备、制冷剂、水温、轴承等部件。从车间中冷冻机的效率上分析, 从而获得更高的经济和社会效益, 让冷冻机能够促进化工厂连续生产。

**[关键词]**冷冻机运行; 效率; 研究; 应用

DOI: 10.33142/aem.v5i1.7815

中图分类号: TQ050.2

文献标识码: A

## Research and Application of Refrigerator Operation Efficiency

LIU Shuo

Shaanxi Yan'an Refinery, Yan'an, Shaanxi, 716000, China

**Abstract:** During the operation of the refrigerator in the chemical plant, the workshop is prone to the problems of the condenser and oil pipe channel of the refrigerator. The frequent problems in the operation of the refrigerator are analyzed in depth, the corresponding problems are summarized, and targeted solutions are adopted, which can save energy and reduce consumption for the enterprise and improve the efficiency of the refrigerator. By comparing the schemes and analyzing various elements, the common faults of the refrigerator are analyzed, including equipment, refrigerant, water temperature, bearings and other components, and analyze the efficiency of the refrigerator in the workshop, so as to obtain higher economic and social benefits, so that the refrigerator can promote the continuous production of the chemical plant.

**Keywords:** refrigerator operation; efficiency; research; application

### 引言

苯乙烯需要经过反应、粗馏分馏后, 再冷却和冷凝, 这一系列流程, 就是苯乙烯从乙苯脱氢后获取的过程。冷却器中提供给生产设备所需要的冷冻水, 冷冻水需要冷凝器保持温度的稳定性, 才能够保证车间苯乙烯产品的品质, 受到冷冻机设备的影响, 只有冷冻机设备正常运行, 才能生产出高质量的产品。

冷冻机会出现制冷效率下降的情况, 通过长时间的使用, 会出现, 在管道、设备内壁结垢, 常年的污垢难以清除, 却影响冷凝压力和制冷效率, 满负荷运行的机组, 参数无法达到设定值, 这就容易导致生产需要的运行效率得不到满足。在冷冻机运行效率的分析过程中, 结合其中影响因素, 进行对应措施整改, 从而保障冷冻机运行的稳定性, 能够对生产起到支持作用。

### 1 冷冻机概述

压缩机、蒸发器、节流装置、冷凝器、连接管道等构成制冷系统。乙二醇溶液(冷冻水)被液态制冷剂所吸收其热量, 然后在蒸发器中进行蒸发, 温度差在水与制冷剂中形成, 压缩机需要气态的制冷剂吸入,<sup>[1]</sup>并且对气态制冷剂进行高温高压的压缩处理, 这个气态制冷剂是通过液态制冷剂蒸发后形成的, 冷凝器管程给气态制冷剂提供水,

让其吸收热量促成中温高压液体凝结而成, 再变成液体制冷剂, 必须是低温低压的, 通过节流阀形成的。再通过回到蒸发器中, 结束一个制冷剂循环。

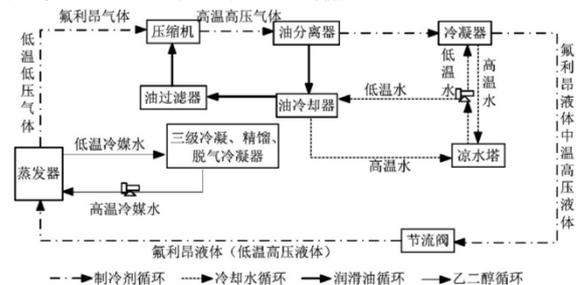


图1 制冷系统流程图

某化工厂采用的冷冻机组为工业用型, 制冷量1330kw, R134a为制冷剂类型, 560kw的电机功率, 680m<sup>3</sup>/h的系统循环水量, 100m<sup>3</sup>/h的保有水量, 36℃的冷凝温度, -14℃的蒸发温度, 还配置632kw制冷量的1台备用冷冻机。车间现使用凉水塔蓄水方式, 提供车间循环用水。车间冷冻机使用情况, 于2010年购入一线冷冻机, 2020年购入二线冷冻机, 运行中出现冷冻机油管道各种问题, 堵塞、泄漏等, 对冷冻机运行和精馏提纯、成品苯乙烯的品质, 都带来很大的影响, 苯乙烯装置生产需要对冷冻机运

行进行详细的分析，减少故障。

车间设置有一个凉水塔进行循环用水蓄水用，是一个露天水池，通过回收水的循环利用，在生产过程中，达到降温的效果。水池内出现的情况较多，比如较多杂质、水质差等，经常导致污垢较多的情况，从而堵塞冷水机设备，当管道中结垢后，就会影响冷冻机的使用，让其无法正常生产。

## 2 冷冻机运行效率影响因素分析

冷冻机设备受到多方面影响，从而运行效率降低，其中包括：冷凝压力、蒸发压力、出水温度与冷凝温度差和蒸发温度差、制冷量、电机、机组振动、油位、启动油温、运行油压、运行油温等因素，故障因素多为水量、污垢、制冷剂、轴承、节流阀开度和传感器等。<sup>[2]</sup>针对主要出现问题的设备和管道中的制冷剂、污垢、水温和轴承等方面，冷冻机受到管道和设备过多污垢影响，其运行效率。这是冷凝器、油冷却器都结垢问题，引起机组冷凝压力和机组油冷却油温、压缩机排气压力和温度指数都较高，从而影响机组满载运行率。制冷剂所载能量不能满足换热需求，制冷效率减弱，这都是泄漏或者损耗过量引起制冷剂不足引起的。设备时间应用过长，轴承磨损严重，停机检修甚至停产，从而导致设备运行效率低。夏季冷却水温度过高，影响了循环水的温度，导致冷冻机加载过量，从而影响了生产。

### 2.1 循环水质产生因素

通过凉水塔的方式蓄水，对循环水水质进行分析，可以得到 1500mg/L (<1300mg/L 为标准含量) 的硬度，60% (<20% 为标准含量) 以上的固含量这些数值过高，都会导致冷冻机冷凝器中，出现过多污垢，从而造成设备和管道堵塞。在分析过程中，还对循环水的铁、钙+甲基、碱度、电导率和 pH 值进行分析，从分析数据可以看到，超出标准过多的硬度和固含量，水质也不达标，从而导致结垢现象的产生。

表 1 水质分析表

检测项目	固含量 %	水质硬度 mg/L	铁含量 mg/L	钙+甲基 mg/L	pH 值	碱度 mg/L	电导率 $\mu S/cm$
数据标准比较	<20	<1 300	<2	<600	6.5~8.5	<1 100	<4 000
	53.95	513.87	0.88	178.24	7.233	775.62	999.06

循环水池是马路主干道附近，而在日常工作中因气候变化等会存在大风，导致环境中较多的土沙等杂质混进池内，这些杂质就会逐渐的飘散在蓄水池当中，从而随着蓄水池中的循环水，慢慢的进入到内部管道以及设备设施中，杂质等问题造成循环水质不佳，从而影响设备和管道。同时，蓄水池当中并没有设置相对应的防护网，太阳直射于水池，导致温度升高，影响循环水补充的使用，这些问题

出现，都是导致循环水量只能通过一次性的补充而完成的主要原因。

### 2.2 冷冻机堵塞油冷铜管

在作为“s”形状的液体流动行程，在原油冷铜馆内显示出流程较长、速度也慢，这就导致冷冻机中循环水，容易形成污垢堵塞油冷铜管末端，堵塞水路，让循环水路不能通行，从而导致油温温度高，引起警报和油变稀，影响压缩机的润滑情况，从而发生能级卸载，甚至螺杆磨损情况，导致冷冻机效率低下。

### 2.3 冷冻机内部压力

在冷冻机内部的冷凝器由于收到水杂质影响，从而导致传热效果下降，水铜管也容易发生阻塞现象，冷冻机内部压力和电流都过高，从而油管接口就容易发生泄漏现象。

### 2.4 其他因素

定期维护和保养设备，让零部件损耗较严重的部分，及时得到更换，避免发生零部件损坏，导致设备故障问题。氟利昂的具体液位需要进行铜管观察孔定期监测，及时补充液体，满足生产需求，避免发生由于缺少氟，而引起设备运行出问题。

## 3 冷冻机运行效率提高措施

### 3.1 冷冻机自动化系统控制应用

在化工车间中的改造自动化冷冻机组设备控制，采用 PLC 系统进行冷冻机组设备自动化控制，这样能够促进化工冷冻生产环节顺利进行，控制系统采用三菱触摸屏 (A970GOTTBA-CH) 和三菱 PLC (FX2N-48MR) 作为组建的核心系统，采用一系列配件，如下表所示：

表 2 冷却自动化控制系统设备元件表

序号	名称	型号规格
1	PLC	FX2N-48MR
2	扩展模块	FX2N-4AD-PT
3	扩展模块	FX2N-4AD
4	转接盒	A9GT-RS
5	触摸屏	A970G0T-TBA-CH
6	继电器	RXL2A12B2P7
7	2 根信号线	FX9GT-CAB0
8	双极断路器	C65N-63/2P 4A
9	双极断路器	C65N-63/2P 16A
10	双极断路器	C65N-63/2P 10A
11	稳压电源	10VDC
12	单极断路器	C65N-63/1P 4A
13	稳压电源 24V, 5A	6EP1 333-2AA00
14	急停按钮	XB2BS542C, $\Phi 40$
15	电铃	
16	电源指示灯	XB2BVM4C
17	稳压电源	UK3N

同时控制系统中需要具备调节控制能量系统、控制启停顺序系统和保护过程系统,同时需要自动能量调节控制系统,在控制的范围之内,根据脉冲时间给予警报值设置,在排气过程中,低压段控制 2s 的减载时间间隔。通过自动停机设置自动停机功能,包括正常停机、断电停机和故障停机,通过软急停和硬急停的方式,进行控制。通过机电自动化工艺,进行人机界面功能设计,针对需要处理的情况,在触摸屏上显示不同的颜色等。通过自动化系统的应用,能够让企业的冷冻机效率得到提高,性能也更完善。

### 3.2 出口管路直径增大处理

将“s”形状的管道,铜管去除封头挡板的方式,变为直通形状的管道。这种形状能够起到流速增大、杂质减少的效果,同时进出口管路的直径,从 DN50 增加到 DN80 这样能够增大水量。铜管直通管的液体流程路线变化,进出口的管路直径增大的方式,让冷冻机因为油温过高,而发生警报和暂停的现象几乎没有发生,而以“s”形为主的管路流通时,经常发生冷冻机润滑油的温度超出标准范围(12.8 到 60 摄氏度)的情况。

### 3.3 冷冻机定期清理

冷凝器和油冷却器,是可以铜管温差跟踪和计算,看出是否发生堵塞的情况,如果发生了需要对内在污垢进行清理,让冷冻机内无结垢现场,才能够保证冷冻机热交换效率有所提高,制冷效果也能保持稳定。

### 3.4 压力参数调整

冷冻机 1700kPa 的压力参数,通过跟踪和试验,调整到参数值为 1600kPa,强制卸载参数在压力达到 1620kPa 的适合,这都是冷冻机设备保护,而做出的调整。在冷冻机的参数调整后,需要进行冷冻机记录档案中,压力产生于冷冻机中冷凝器内部也会有所下降。冷凝压力直接会带来冷冻机油管泄露的情况发生,压力值降低后,油管接口就不会发生泄漏了。

### 3.5 监测换热器换热器安装

本设备采用监测换热器、挂片器和在线腐蚀速率仪、污垢热阻仪等设施,综合评定循环水处理效果。监测换热器以工业低压饱和蒸汽为热介质,以循环水为冷却介质,在规定循环水流速、初始进出水温差、蒸汽温度和材料材质等条件下,根据监测周期内试管、试片质量变化计算腐蚀速率和粘附速率(污垢沉积速率)。再集合 PH、电导率、浊度、腐蚀速率、污垢热阻等在线监测仪表现场监测的数据来评定循环水系统投加药剂的性能,调整循环水化学处

理方案,确保循环水系统长期稳定运行。这是冷却循环水的新型环保系统技术应用方式。通过对循环水中的多余杂质进行在线监测的方式,从未判断药剂的加注种类和数量,提高冷冻机内部水循环环境。分析后循环水的情况,主要有 Ca(OH)<sub>2</sub>、CaCO<sub>3</sub>、Mg(OH)<sub>2</sub> 等成分的含量,如下表所示:通过数据显示,使用智能检测换热器后可提高加剂的准确率和计量的控制,使用后明显各个数值与标准数值接近了,同时冷冻机的运行天数也延长了,减少了故障发生的频率,就增加了冷冻机的使用效率。

### 3.6 完整记录运行参数

提升运行记录的完整性,这对提高冷冻机运行效率有着重要指导意义以及作用,主要的作用包括以下绩点:第一,完整记录运行参数,能够结合数据对冷冻机运行内跟踪机组运行状态有一个全面了解,及时发现冷冻机运行中存在的问题,避免内部问题导致冷冻机运行效率的降低。第二,如果缺乏完整以及准确的运行参数,就无法及时准确的了解到冷冻机机组效率方面存在的其他问题,那么这也就无法及时找到对应解决措施以及合理方案。第三,通过对运行参数的全面掌握以及分析了解,能够对生产中所产生的经验以及成本核算全面掌握,这也能够为冷冻机运行效率以及生产水平提升提供重要基础,同时也能够使得冷冻机在运行中有追溯性。因此,提高运行记录参数完整性以及准确性,才能够为提高冷冻机运行效率方案的开展奠定重要基础以及数据支撑。

### 3.7 调整冷冻水与冷却水温度

一般而言,通过对冷冻机中冷冻水出水温度提升的方式,能够有效降低压缩机运行压头,进而起到良好冷冻机节能效果。经过实践工作能够了解到,冷冻机组运行负荷大小如果在 40%~80%之间,那么如果对冷冻机中冷冻水出水温度进行有效控制,能够大大提升机组节能性,并且是每提升一度温度,就能够实现 3%~5%的节能效果。需要注意的是,如果是变频离心机组,那么如果在机组负荷大小低于 80%,在这一条件之下每提升一度的出水口温度,就能够实现 4%~6%的节能效果。

除此之外,针对冷却水入口温度的调节,根据实践经验也能够了解到,如果将冷却水入口温度进行调节,同样能够实现良好的节能降耗效果,冷却水入水口温度每下一度,就能够起到至少 3%的节能降耗效果。所以为了有效提升冷冻机运行效率,还应该重视对冷冻机冷冻水以及冷却水出水口、入水口温度合理调整,又或者是通过对冷

表 3 抽取前后水质分析对比表

检测项目	固含量%	水质硬度 mg/L	铁含量 mg/L	钙+甲基 mg/L	pH 值	碱度 mg/L	电导率 μS/cm
标准	<20	<1 300	<2	<600	6. 5~8. 5	<1 100	<4 000
未监测前	53. 95 1	513. 87	0. 88	178. 24	7. 23	775. 62	999. 06
智能检测投用后	18. 32	860. 36	0. 32	286. 6	7. 68	113. 52	3358. 31

冻机的选择,来更加有效的提高起运行效率,实现良好节能效果。

#### 4 结论

总之通过冷冻机的能级数据、油温、排气压力和电流等参数进行比较,需要获得比较好的数据范围,就应该采用各种合理的方式,进行控制。通过各种使用措施,已经让冷冻机能够降低 15%的能耗使用量,排气也保持在 1100kPa 的压力数值,卸载压力为 1620kPa,还有很大的差额,油温数据参数都在 45 到 55 摄氏度之间,与最佳的 50 摄氏度保持最佳误差,电流能耗也在 44 到 50A 之间,能耗较低。通过一系列的循环水的采用制冷方案、水质方案等,管道和设备中没有了结垢产生,从而让设备更好地进行运行。通过采用井水方案和蓄冰方案综合运用的方式,降低水温,从而让冷冻机能够更好地运转,减小油温压力,减少泄漏现象发生。在养护冷冻机过程中,注意设备的使用零部件安排,从而增加使用寿命,达到高效率运转。

#### 【参考文献】

- [1]程同政. 泰山三厂冷冻机常见故障及原因[J]. 科技视界,2019(6):101-102.
  - [2]王守霞,王广鹏. 双机双极冷冻技术研究与应用[J]. 盐科学与化工,2021,50(12):37-39.
  - [3]周小平,仇模伟,冯好收,等. 冷冻机运行效率研究及应用[J]. 河南化工,2019,36(8):38-40.
  - [4]高永亮,马美飞,袁玉祥. 浅析水冷离心式冷冻机维护保养[J]. 中国新技术新产品,2021(15):96-98.
  - [5]叶建. 食品冷冻机械设备在应用中存在的问题及对策[J]. 现代食品,2021(4):153-154.
  - [6]刘晶元,曲俊峰,张鑫. 冷冻水系统节能降耗攻关改造[J]. 聚酯工业,2020,33(6):61-62.
- 作者简介:刘硕,男,毕业于:西安工业大学,所学专业:机械设计制造及其自动化,就职于:陕西延安炼油厂,当前职位:设备工程师,职称:中级工程师。