



山东科鲁尔化学有限公司
C-402 冷冻机添加 NRLS 制冷剂助剂
提升 COP 节能优化
报 告



上海免置节能科技有限公司

2023 年 9 月 23 日

一、概述

制冷机组蒸发器冷媒侧添加 NRLS(nano refrigerant lubricant supplement)纳米制冷润滑油添加剂，用来提高制冷机组冷冻机提升能效比 COP，改善热交换效率，提高润滑能力，能够延长机组使用寿命，达到节能降耗，提高经济效益的目的。

二、制冷机组介绍

表 2.1 空分冷冻机参数

厂牌	投入年份	位号	压缩机类型	电源		冷冻能力		额定功率		制冷剂	数量
				3	相	100	RT	132	KW		
烟台 冰轮	2014	C-402	螺杆式	380	V	350	KW			R-22	1
				50	Hz						

三、实施测量标准及测量说明

实施标准：GBT 10870-2014 蒸气压缩循环冷水（热泵）机组性能试验方法

GBT 18430.1-2007 蒸气压缩循环冷水(热泵)机组第 1 部分：工业或商业用及类似用途的冷水(热泵)机组

四、测量仪器

德国 FLEXIM 弗莱克森超声波热能计 FLEXIM ADM 6725。

五、实施过程

2023 年 9 月 18 日添加前的 COP 量测工作和 NRLS 的添加工作。

2024 年 10 月 19 日实施一个月后进行 COP 量测验收。

六、定性分析效果

机组 C-402 冷冻水设置温度为 -10°C ，实施前后设置一样，实施前 2023 年 9 月 18 日冷却水进水平均温度为 28.97°C ，实施后 2023 年 10 月 19 日冷却水进水平均温度为 28.8°C 。由于冷却水进水温度影响制冷机组的冷凝压力和温度，因此两者温度虽有 0.17°C 的温差，会对冷凝压力有略微的影响，但是可以忽略不计，实施前机组一个加载卸载运行周期平均运行电流为 70.125A ，实施后平均电流为 65.44A ，电流降低了 6.68% 。因此即使扣除掉 0.17°C 冷却水温差的影响，也能认为该机组电流确实下降，节能效果能够确定。

七、定量计算分析

添加前：2023年9月18日

2023年9月18日添加 NRLS 前量测时的工况从超声波热能计读出的数据及 COP 计算：

空格代表开关量输出为0		A	A	A	A	A	A
触发	日期	流速 [m/s]	热流量 [kW]	Temperature supply [°C]	Temperature return [°C]	温差 [K]	体积流量 [m3/h]
	2023/9/18 PM3:08:14	1.63	69.47	29.60	29.10	-0.50	114.55
	2023/9/18 PM3:08:19	1.63	66.41	29.60	29.10	-0.50	114.91
	2023/9/18 PM3:08:24	1.64	66.77	29.60	29.10	-0.50	115.47
	2023/9/18 PM3:08:29	1.65	67.36	29.60	29.10	-0.50	116.53
	2023/9/18 PM3:08:34	1.66	65.38	29.60	29.10	-0.50	117.02
	2023/9/18 PM3:08:39	1.66	64.73	29.60	29.10	-0.50	117.02
	2023/9/18 PM3:08:44	1.64	54.55	29.50	29.10	-0.40	115.54
	2023/9/18 PM3:08:49	1.66	54.09	29.50	29.10	-0.40	116.95
	2023/9/18 PM3:08:54	1.65	53.66	29.50	29.10	-0.40	116.03
	2023/9/18 PM3:08:59	1.67	54.36	29.50	29.10	-0.40	117.59
	2023/9/18 PM3:09:04	1.66	54.00	29.50	29.10	-0.40	116.74
	2023/9/18 PM3:09:09	1.66	54.26	29.50	29.10	-0.40	117.37
	2023/9/18 PM3:09:14	1.65	53.70	29.50	29.10	-0.40	116.10
	2023/9/18 PM3:09:19	1.66	54.16	29.50	29.10	-0.40	117.09
	2023/9/18 PM3:09:24	1.68	54.70	29.50	29.10	-0.40	118.29
	2023/9/18 PM3:09:29	1.65	53.96	29.50	29.10	-0.40	116.67
	average	1.64	98.72	29.71	28.97	-0.74	115.31

图 7-1 添加 NRLS 前散热做功

机组运行现场仪表统计平均电流为 70.125A，输入电压 380V，因此输入功率 P 按照 3 相电功率计算公式可知：

$$380V \times 70.125 \times 1.732 \times 0.9 = 41.54KW。$$

$$\text{制冷做功为 } 98.72 - 41.54 = 57.18KW$$

$$COP = \text{制冷做功} / \text{输入功率}, 57.18 \div 41.54 = 1.38。$$

表 7-1 添加 NRLS 前 COP 数据

时间	制冷做功	机组输入功率	COP	制冷单耗 KW/RT
2023-9-18	57.18KW	41.54KW	1.38	2.55

添加 NRLS 后：2023 年 10 月 19 日

2023 年 10 月 19 日添加 NRLS 后量测时的工况从超声波热能计读出的数据：

		A	A	A	A	A	A
	空格代表开关量输出为0	流速 [m/s]	热流量 [kW]	Temperature supply [°C]	Temperature return [°C]	温差 [K]	体积流量 [m3/h]
触发	日期						
	2023/10/19 PM3:50:15	1.93	66.52	29.60	28.90	-0.70	136.13
	2023/10/19 PM3:50:20	1.97	56.17	29.50	28.90	-0.60	138.66
	2023/10/19 PM3:50:25	2.05	60.30	29.50	28.90	-0.60	144.58
	2023/10/19 PM3:50:30	2.03	59.10	29.50	28.90	-0.60	142.82
	2023/10/19 PM3:50:35	2.01	58.05	29.50	28.90	-0.60	141.34
	2023/10/19 PM3:50:40	1.90	52.82	29.50	28.90	-0.60	133.80
	2023/10/19 PM3:50:45	1.88	40.44	29.40	28.90	-0.50	132.46
	2023/10/19 PM3:50:50	1.94	47.61	29.50	28.90	-0.60	136.55
	2023/10/19 PM3:50:55	1.91	48.44	29.50	28.90	-0.60	134.36
	2023/10/19 PM3:51:00	1.87	37.59	29.40	28.90	-0.50	131.90
	2023/10/19 PM3:51:05	1.89	39.09	29.40	28.90	-0.50	133.52
	2023/10/19 PM3:51:10	1.94	50.11	29.50	28.90	-0.60	136.76
	2023/10/19 PM3:51:15	1.98	55.40	29.50	28.90	-0.60	139.44
	2023/10/19 PM3:51:20	1.91	53.53	29.50	28.90	-0.60	134.79
	2023/10/19 PM3:51:25	1.89	52.44	29.50	28.90	-0.60	133.24
	2023/10/19 PM3:51:30	1.91	53.43	29.50	28.90	-0.60	134.72
	2023/10/19 PM3:51:35	1.84	49.84	29.50	28.90	-0.60	129.50
	average	2.00	98.90	29.65	28.80	-0.86	140.86

图 7-2 添加 NRLS 后量测散热做功

机组运行现场仪表统计平均电流为 65.44A，输入电压 380V，因此输入功率 P 按照 3 相电功率计算公式可知：

$$380V \times 65.44 \times 1.732 \times 0.9 = 38.76KW。$$

$$\text{制冷做功为 } 98.9 - 38.76 = 60.14KW$$

$$COP = \text{制冷做功} / \text{输入功率}, 60.14 \div 38.76 = 1.55。$$

表 7-2 添加 NRLS 后 COP 数据

时间	制冷做功	机组输入功率	COP	制冷单耗 KW/RT
2023-10-19	60.14KW	38.76KW	1.55	2.27

八、添加 NRLS 前后 COP 汇总

表 8.1 C-402 冷冻机节能优化添加 NRLS 前后量测工况及 COP

日期	冷却水 进水温度	负载 P	制冷做功	COP	制冷单耗 KW/RT	量测条件
2023-9-18	28.97℃	41.54KW	57.18KW	1.38	2.55	节能改造前
2023-10-20	28.8℃	38.76KW	60.14KW	1.55	2.27	节能改造后

九、节能优化效果及经济效益

从表 8.1 得知，机组节能优化改造后的 COP 提升值为：

$$1.55 - 1.38 = 0.17$$

提升 COP 百分比为 $0.17 / 1.38 \times 100\% = 12.32\%$ 。

制冷单耗 KW/RT 降低

$$2.55 - 2.27 = 0.28$$

KW/RT 下降百分比

$$0.28 \div 2.55 \times 100\% = 10.98\%$$

表 9.1 C-402 冷冻机添加 NRLS 节能优化效果

序号	COP 提升百分比	KW/RT 下降百分比
1	12.32 %	10.98%

C-402 冷冻机节能优化经济效益：

100RT 制冷量 \times 降低的制冷单耗 0.28×8000 小时 $\times 80\%$ 负载 $\times 0.7$ 电费 =
125,440 元。回收期在 3 年之内，为 2.15 年左右。

