

# 基于 CPK 的柴油异构降凝装置电单耗优化分析

## Optimization analysis of electricity unit consumption of diesel isomeric pour point depressant based on CPK

郭勇舜 王海 (东营市海科瑞林化工有限公司, 山东 东营 257200)

Guo Yongshun Wang Hai (Dongying Haike Ruilin Chemical Co.Ltd., Shandong Dongying 257200)

**摘要:** 柴油异构降凝装置综合能耗达 41.52kgoe/t, 比国内同类型先进装置高 9% 以上, 其中电耗占比达 34.2%。本文从大型用电设备的运行优化、工艺参数控制、设备设施维护等几个方面来降低电单耗, 并根据过程能力指数 CPK 的计算结果来衡量优化效果。

**关键词:** 电单耗; CPK; 降低

**Abstract:** The comprehensive energy consumption of diesel isomeric pour point depressant reaches 41.52kgoe/t, It is more than 9% higher than the domestic advanced devices of the same type. Among them, electricity consumption accounted for 34.2%. In this paper, the operation optimization of large-scale electrical equipment, Control of process parameters, Maintenance of equipment and facilities and other aspects to reduce electricity unit consumption. According to the calculation result of process capability index CPK, the optimization effect is measured.

**Keyword:** electricity unit consumption; CPK; reduce

2021 年政府强调, 单位国内生产总值能耗降低 13.5%, CO<sub>2</sub> 排放降低 18%, 实现 2030 年碳达峰和 2060 年碳中和是“十四五”主要目标任务之一。碳达峰就是年度 CO<sub>2</sub> 排放量达到历史峰值再逐步下降。碳中和是指通过植树造林、节能减排等形式, 抵消自身产生 CO<sub>2</sub> 排放量, 实现零排放。瑞林公司 50 × 10<sup>4</sup>t/a 柴油异构降凝装置, 综合能耗达到 41.52kgoe/t, 电单耗占比 34.2%。统计 2019.5-2020.4 期间电单耗, 加工量在 900-1000t/d 之间时, 电单耗均值为 15.32kgoe/t; 加工量 ≥ 1000t/d 时, 均值为 13.38kgoe/t, 说明加工量对电单耗影响较大。计算此期间电单耗过程能力指数 CPK, 根据公式:  $CPK = \min[(USL - \mu) / 3\sigma, (\mu - LSL) / 3\sigma]$ , 得到 CPK=0.49。按照 CPK 六个评级标准: A++、A+、A、B、C、D, CPK=0.49 < 0.67, 处于 D 级, 说明制程严重不足, 急需改善<sup>[1]</sup>。

### 1 电单耗高的原因分析

#### 1.1 主要用电设备占比

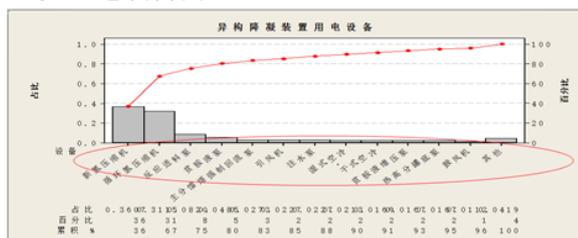


图 1 各设备用电占比

本装置用电来自 35kV 变电站, 经过总电表, 再输送到各用电设备。主要用电设备包括: 新氢压缩机 A/B、

循环氢压缩机 A/B、进料泵 A/B、贫胺液泵 A/B、分馏塔底回流泵 A/B、5 台空冷、2 台风机、其他 12 台离心泵等。各设备用电占比见图 1。

#### 1.2 电单耗高的原因分析

表 1 电单耗高的原因分析

对客户重要性		9	6	6	3		
流程输出		电量单耗	循环氢量 90000 m <sup>3</sup> /h	循环氢纯度 ≥ 85%	设备状态		
工序	工序输入	改善潜力: 等级: 1, 3, 9 发生几率评分					
处理量	处理量波动造成电单耗大	9	9	3	9		
设备设施用电量大	空冷类用电量大	空冷翅片堵塞	9	3	3	9	
		设计参数冗余	1	1	1	3	
		未及时调节空冷变频	9	3	3	9	
	机泵类用电量大	双泵运行	9	3	3	9	
		泵类设计参数冗余	3	3	3	3	
	往复压缩机用电量大	新氢机、用电量不同	3	1	1	1	
		三返一开度过大	9	9	9	3	
		循环氢用电量大	入口压力过高	1	1	1	3
			循环量过大	9	9	9	3
			循环氢纯度低	1	1	1	3
	冷后温度控制不精确	1	1	1	3		

人员操作不精确	无变频设备的启停规范	6	3	3	9
	无变频调整标准化操作	1	1	1	3
	系统压力调整过高	9	3	9	3

根据装置实际运行情况,通过潜在原因查找,共总结出15项原因(表1),根据电单耗贡献度大小对15项打分,按照20/80原则,选择“对客户重要性”为“9”的问题点作为改进方向。

## 2 降低电单耗的对策措施

### 2.1 减少压缩机“三返一”调节阀开度

往复式压缩机不能空负荷启动,打开三返一调节阀,等运转正常之后,再缓慢关闭。三返一开度越大,效率越低。本装置三返一开度长期在15%,排废氢量 $300\text{m}^3/\text{h}$ ,造成浪费。对策措施:①压缩机入口压力降低,三返一开度变小。将新氢罐压力由 $0.65\text{MPa}$ 降至 $0.55\text{MPa}$ ,三返一开度逐步降至0;②在压缩机出口线设置一调节阀,降压后并入 $2.5\text{MPa}$ 中压氢管网,避免能源浪费,又能回收低压氢。

### 2.2 调整循环氢量至设计值

循环氢的作用是保持反应器内较高的氢分压,促进原料雾化,使物料均匀分布在催化剂上,降低径向温差。循环量大小随系统压力、循环氢纯度、氢油比的变化而变化,电单耗则随循环氢量增加而增加<sup>[2]</sup>。循环氢量设计值为 $90000\text{m}^3/\text{h}$ ,而实际值为 $100000\sim 115000\text{m}^3/\text{h}$ 。对策措施:①稳定系统压力在 $6.4\pm 0.1\text{MPa}$ ;②调整循环氢纯度范围为 $85\pm 2\%$ ;③调整压缩机负荷,保证循环氢量在 $90000\pm 2000\text{m}^3/\text{h}$ 。

### 2.3 清洗空冷翅片

空冷是由安装在管束上方的轴流风机,向上吸风使管束内介质冷却。空气流速越快,换热效果越好。装置空冷电流情况见表2。空冷翅片存在部分损坏、侧向缝隙漏风、翅片被保温棉和泥垢阻塞现象。对策措施:①制作空冷清洗标准,夏季每月冲洗1次,其余每季度冲洗1次;②用密封胶封堵两侧缝隙,提高风机效率;③带变频的空冷,据冷后温度及时调节变频。

表2 空冷额定电流与实际电流对比

设备名称	位号	额定电流(A)	实际电流(A)
干式空冷	A2305A/B/C	15.5	A:6.8B:14.7C:7.2
	A2301A/B	57.4	B:31.6 A:20
湿式空冷	A2302A/B	41.7/43.4	24.9/29.5 泵:14.2
	A2303A/B	41.7/43.4	24.4/32.8 泵:13.5

### 2.4 调整机泵变频

表3 主要机泵电流与流量对照表

设备名称	位号	额定电流(A)	实际电流(A)	设计流量 $\text{m}^3/\text{h}$	实际流量 $\text{m}^3/\text{h}$
反应进料泵	P2301A/B	20.7	12	50	43
分馏塔底循环泵	P2306 A/B	163.3	116	269	200
柴油外送泵	P2307 A/B	67.9	35	55	41

分馏塔顶回流泵	P2308 A/B	55.1	26.6	60	15.6
汽提塔回流泵	P2305 A/B	34.4	19.8	36	10
注水泵	P2302 A/B	133.8/77	91.2	7	4.1
热高分罐底泵	P2314A/B	116	67.2	57.7	43.2

机泵的变频和定频用电量差别较大;加工量不同,运行效率差别也很大。当加工量 $> 55\text{m}^3/\text{h}$ 时,P2301、P2307、P2314均需双泵运行,效率仅60%左右。主要机泵运行参数见表3。

对策措施:①当加工量 $\leq 55\text{m}^3/\text{h}$ 时,反应进料泵P2301单泵运行;②分馏塔顶回流泵P2308可切割叶轮提升效率;③反应进料泵P2301和柴油外送泵P2307可加装变频;④优化热高分罐底泵,当热高分液位 $< 80\%$ 时,单泵运行。

## 3 效果跟踪

采用上述措施效果如下:①新氢压力由 $0.68\text{MPa}$ 降至 $0.57\text{MPa}$ ,三返一开度降至2%;②系统压力控制在 $6.3\text{MPa}$ 、循环氢纯度86%、循环氢量 $91000\text{m}^3/\text{h}$ 时,压缩机电耗均值由 $62500\text{度}/\text{天}$ 降为 $61700\text{度}/\text{天}$ ,节省 $800\text{度}/\text{天}$ ;③空冷翅片经过冲洗,A2301冷后温度由 $79.3^\circ\text{C}$ 降至 $75.5^\circ\text{C}$ ,风机效率提高: $(79.3-75.5)/(110-55)=6.9\%$ ;④当加工量 $\leq 55\text{m}^3/\text{h}$ 时,P2301单泵运行,耗电量由 $560\text{kW}/\text{h}$ 降为 $280\text{kW}/\text{h}$ ;⑤当热高分液位 $< 80\%$ 时,P2314单泵运行,耗电量由 $110\text{kW}/\text{h}$ 降为 $55\text{kW}/\text{h}$ 。图2是改善前后的电单耗对比。



图2 2019与2020年电单耗对比

依据2020年8-11月份数据,计算过程能力指数 $\text{CPK}=1.02$ ,处于B级,较之前D级有明显改观。年收益:节省电单耗 $\times$ 加工量/折算系数 $\times$ 电价 $=0.9(\text{kgoe}/\text{t})\times 1071(\text{t}/\text{d})\times 300\text{天}/0.228\times 0.6\text{元}/\text{度}=76\text{万元}$ 。

## 4 遗留问题

尽管装置电单耗有一定程度下降,仍存在如下问题:①电单耗波动较大,特别是与加工量、氢气管网压力、气温等参数密切相关;②反应系统的压力、循环氢量、氢纯度三者难以很好匹配;③ $\text{CPK}$ 仅为B级:“状态一般”,未达到A级:“状态稳定”,仍有优化空间。

### 参考文献:

- [1] 李拓,宋莹.柴油加氢改质装置节能降耗技术措施[J].化工设计通讯,2017(02):114.
- [2] 孔祥森,李文博.柴油加氢装置能耗现状分析与改进措施[J].石油石化绿色低碳,2016(03):38-40.

### 作者简介:

郭勇舜(1987-),男,山东德州人,本科,助理工程师,现从事炼油工艺管理。