

# Technical Transformation of Pollution and Carbon Emission Reduction on Double Pressurized Nitric Acid Unit—Taking Chongqing Feihua Environmental Protection Technology Co., Ltd. as an Example

Haihong Chen

Chongqing Feihua Environmental Protection Technology Co., Ltd., Chongqing, 401221, China

## Abstract

The process flow of dilute nitric acid by double pressurized method was introduced. In view of the problems of reforming the secondary circulating water system into primary circulating cooling water system, the influencing factors of NO<sub>x</sub> treatment in tail gas, the energy consumption of steam turbine during start-up and shutdown, and the optimization of start-up stage, the appropriate energy-saving and emission reduction technologies for dilute nitric acid plant in production and operation are put forward, and the corresponding discussion is made. The results show that the energy consumption of the unit is effectively reduced and NO<sub>x</sub> emission in tail gas is reduced through technical transformation, including the secondary circulating water system of the absorption tower of the nitric acid plant is reformed, and the concentration of N<sub>2</sub>O in the tail gas is reduced, and the start up is optimized etc., not only reducing the carbon emission intensity and total amount of the product effectively, but also meeting national and provincial standards.

## Keywords

double pressurization method; selective catalytic reduction; dilute nitric acid; pollution and carbon emission reduction

## 浅析硝酸装置减污降碳技术改造——以重庆飞华环保科技有限公司为例

陈海红

重庆飞华环保科技有限公司，中国·重庆 401221

## 摘要

重庆飞华环保科技有限公司（以下简称“飞华公司”）采用双加压法制稀硝酸，本研究针对二次循环水系统改造为一次循环冷却水，尾气NO<sub>x</sub>治理影响因素，开停车过程中汽轮机能耗以及优化开车过程等问题提出了稀硝酸装置适宜的节能减排技术，并进行了节能成效探讨。结果表明：通过实施硝酸装置吸收塔二次循环水系统改造、降低尾气中氧化亚氮浓度、优化开车操作等技术改造，有效降低了装置能耗，不仅有效降低了公司产品碳排放强度及总量，而且减少了尾气中NO<sub>x</sub>气体排放促进了化工行业的绿色发展。

## 关键词

双加压法；选择性催化还原；稀硝酸；减污降碳

## 1 引言

近年来，随着化学工业的飞速发展，采用适宜的节能减碳技术实现绿色生产成为了现代化学工业可持续发展的重要因素。现有生产装置实施节能减排技术改造，不仅可以降低装置生产成本，还可以从根本上减少或消除副产物的产生，减少环境污染的同时降低能源消耗，有效促进环境保护与低碳发展。

【作者简介】陈海红（1984-），男，中国四川达州人，本科，高级工程师，从事安全环保研究。

## 2 概述

硝酸是一种重要的基础化工原料，广泛用于化工、冶金、医药、染料、农药等领域。飞华公司 270kt/a 稀硝酸装置采用西班牙 TR 公司双加压法工艺，主要工艺流程为液氨经过过滤，蒸发后与压缩空气一起进入氨氧化炉在 850℃~870℃ 温度下反应，反应产物出氨氧化炉后经换热，工艺气分离器进入氧化氮压缩机，工艺气被压缩至 980kPa 后依次经锅炉给水加热器，尾气预热器，高压反应水冷器后进入吸收塔底部。脱盐水在吸收塔内自上而下流动，与工艺气逆流接触反应，从吸收塔底部产出稀硝酸（60%wt）。离开吸收塔顶

部的尾气 NO<sub>x</sub> 含量低于 200ppm，经过脱硝处理后 NO<sub>x</sub> 含量降至 50ppm，通过烟囱排出。装置自 2015 年 2 月建成投产以来，在节能减排方面效果显著，各项运行经济指标见表 1。

### 3 稀硝酸装置可采用的减污降碳技术

#### 3.1 二次循环水系统

改造前需建立二次循环水系统。关闭各排放导淋，打开各设备（板式换热器 E0123A/B/C、吸收塔 T0101 盘管、高压反应水冷器 E0113、低压反应水冷器 E0110、锅炉排污冷却器 E0120 等）的进出口阀及旁路阀。二次冷却水通过泵 P0119A/B/C 在闭合回路中运行，工艺介质为脱盐水，在 E0123 中用一次循环冷却水将二次冷却水从 46℃ 冷却到 38℃。实施改造后，每吨产品硝酸电耗从改造前 35kWh 降低至 27kWh，每年可节省电能  $4 \times 10^6$  kWh（正常情况下两台泵工作，一台泵备用，功率 250kW），减少二氧化碳排放量为 2324tceCO<sub>2</sub>，各运行参数对比见表 2。

#### 3.2 降低尾气中氧化亚氮排放

大气中温室气体包括二氧化碳（CO<sub>2</sub>）、甲烷（CH<sub>4</sub>）、氧化亚氮（N<sub>2</sub>O）等。硝酸生产过程中氨气高温催化氧化会生成副产品 N<sub>2</sub>O，N<sub>2</sub>O 排放量根据硝酸产量、不同生产技术的 N<sub>2</sub>O 生成因子、所安装的 NO<sub>x</sub>/N<sub>2</sub>O 尾气处理设备的 N<sub>2</sub>O 去除效率以及尾气处理设备使用率有关。N<sub>2</sub>O 的全球变暖潜势（GWP）值通常取 IPCC 第四次评估报告值 298。近年来，公司积极转变发展方式，逐步从能耗双控转向碳排放双控，

彰显国企担当。公司与韩国 ECOPRO 公司开展 SDM 合作项目，预计通过降低硝酸尾气中 N<sub>2</sub>O 排放每年可实现减少二氧化碳排放约为 17 万吨。

#### 3.3 电机驱动汽轮机及 NO<sub>x</sub> 压缩机中分面泄漏减排

硝酸装置开停车期间，需要启动天然气快锅建立 4.2MPa 蒸汽系统，驱动汽轮机冲转运行。开停车一次需要消耗天然气量约为 22560Nm<sup>3</sup> 和 12000Nm<sup>3</sup> 左右。汽轮机带动硝酸装置四合一机组，即尾气透平机、空气压缩机、NO<sub>x</sub> 压缩机及汽轮机的组合，各设备工艺运行参数见表 3。汽轮机驱动的四合一机组主要存在以下问题：第一，工艺运行控制的参数较复杂；第二，需要消耗大量的中压蒸汽，需要提前开启天然气快锅，每小时消耗天然气峰值约为 3100Nm<sup>3</sup>；第三，消耗 440℃、4.2MPa 过热蒸汽 25t/h 驱动汽轮机后，这些蒸汽的热能价值被降低。如果采用电机驱动，将会极大地减少开停车期间稀硝酸装置天然气消耗。

除此以外，氧化氮压缩机中分面存在无组织泄漏，尤其是在负荷增加时，泄漏量明显增加。究其原因有二：其一是氧化氮压缩机中分面上壳体的接触表面加工精度不够，表面最大误差可能达到 0.5mm 以上；其二是中分面的螺栓预紧力不足，特别是在进口端，因设计缺陷没有预留扳手的转动空间，导致扳手难以将螺栓拧紧<sup>[2]</sup>。一般治理泄漏的方法是通过更换使用不同种类的密封胶，同时在中面添加铅丝来解决，但这样仍然会存在泄漏。可行的方案是在机壳上下壳体密封面上开沟槽，镶上耐酸 O 型环，可达到更加完好的密封效果。

表 1 公司 270k 吨 / 年稀硝酸装置主要原料和动力消耗定额表

序号	物料名称	规格	单位	每吨产品消耗量（折 100%HNO <sub>3</sub> ）
1	液氨（100% 计）	≥ 99.5%	吨	0.283
2	铂催化剂（含回收）	Pt 92.5%	克	0.06
3	循环冷却水	Δ T=8℃	立方米	160
4	输出蒸汽	3.9MPa 440℃	吨	-0.301
5	电	380V	千瓦时	12
6	脱盐水	—	吨	0.503

表 2 二次循环水系统改造前后运行参数对照表

项目	改造前			改造后		
装置运行负荷	100%	90%	80%	100%	90%	80%
每吨产品电耗	27.27	32.92	39.77	21.85	24.55	28.59
每吨产品一次循环冷却水消耗	163	181.18	188.83	166.22	160.77	174.11

表 3 稀硝酸四合一机组工艺运行参数

设备名称	工艺介质	能力 / 功率	转速 r/min	进气温度 ℃	进气压力 MPa (A)	排气温度 ℃	排气压力 MPa (A)
空气压缩机	空气	189325 kg/h	5900	29.3	0.0969	223	0.45
NO <sub>x</sub> 压缩机	N <sub>2</sub> 、O <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub>	175104kg/h	6950	60	0.405	194	1.08
尾气透平	尾气	10787kW	5900	369	0.955	123	0.101
蒸汽透平	蒸汽	5933~7633kW	6950	440	4.3	49.5	0.012

### 3.4 稀硝酸装置开车过程优化

开启氨蒸发系统是在吸收塔、工艺气分离器建液合格以后,先将氨气管线通入氮气预热到70℃左右,再通入氨气点火,这种开车方式不仅会造成环境污染,消耗大量的氮气,而且耗时较长。目前采用低负荷直接通氨点火,就是等到四合一机组达到开车转速6850rpm以后,将空气压缩机进口静叶缓慢开启,并逐渐调整空压机负荷至设计负荷的50%,再对吸收塔塔盘建液。吸收塔建液合格以后,直接向氨氧化炉点火通氨,通过快速调整氨空比直到氨氧化炉温度到850℃以上。

### 3.5 绿色光伏发电

2023年国家发展改革委、财政部、国家能源局联合印发《关于做好可再生能源绿色电力证书全覆盖工作促进可再生能源电力消费的通知》,其中指出将分布式光伏发电项目纳入可再生能源绿色电力证书(绿证)核发范围。光伏发电产生的能源可就地被企业消纳,即可减少企业“净购入的电力消费”从而减低企业碳排放量。公司用电负荷高,是耗能

大户,且24h连续运转。氯化氢、甲醛、硝酸三条生产线年用电量约为1.7亿kWh。经初步测算,首年光伏发电量89万kWh,可实现减碳量约520t,经济收益6万余元。

## 4 结语

当前全球大气污染状况异常严重,化工行业成本能耗偏高,经济效益不好,硝酸以及下游产品产能过剩。因此,现阶段提高企业市场竞争力的有效手段以及企业应尽的社会责任和义务就是利用各种技术手段进行生产装置的节能减排。提高节能减排水平的有效手段即是不断地对生产操作规程优化,对生产现场设备和管道的跑冒滴漏等进行严格控制,并提高装置运行效率,同时加强工艺和设备的管理。

## 参考文献

- [1] 唐文寿.国产双加压法硝酸生产装置运行情况的分析及建议[J].中氮肥,2008(2):1-4.
- [2] 徐志伟.双加压硝酸“四合一”机组安装调试及运行经验[J].科技传播,2010(12):116-117.