
河北建新化工股份有限公司
蓄热式热力焚化炉(RTO)处理喷雾干燥尾气
可行性分析报告

报告日期 二零一八年三月

蓄热式热力焚化炉(RTO)处理喷雾干燥尾气工程

1. 总论

1.1 项目名称, 承办单位名称、性质及责任人, 投资项目性质

(1) 项目名称: 蓄热式热力焚化炉(RTO)处理喷雾干燥尾气工程

(2) 承办单位名称: 河北建新化工股份有限公司

(3) 承办单位性质: 股份有限公司

(4) 承办单位责任人: 陈学为

(5) 投资项目性质: 新建

1.2 承办单位基本情况

河北建新化工股份有限公司前身为沧州天一化工股份有限公司, 始建于2003年, 经沧州市工商行政管理局批准, 于2007年11月28日企业名称变更为“河北建新化工股份有限公司”。现有员工765人, 2010年成为A股创业板上市公司, 股票代码300107。

公司位于沧州临港经济技术开发区化工园区内, 西靠京沪铁路和建设中的京沪高速铁路, 北临天津港, 东临黄骅港, 京沪高速公路和石黄高速公路在此交汇, 距天津机场1小时的车程, 交通方便, 具有独特的地理区位优势。

公司是河北省科技厅认定的“高新技术企业”和河北省发改委认定的“资源综合利用企业”, 河北省环保先进企业, 河北省“省级企业技术中心”, 产品的生产技术处于行业领先地位。

1.3 项目提出背景, 投资的目的、意义和必要性

随着城市化和工业化的不断发展, 人们的生活水平不断提高, 对于健康问题也越来越关注。首当其冲的是环境污染问题中的大气质量以及备受关注且热议的PM 2.5等问题。大气污染对人们健康会造成最直接的危害, 容易产生呼吸道疾病; 大气污染对气候调节会起到不良影响, 影响大气循环和热辐射的吸收和散射; 大气污染对植物的生长也会起到不利影响, 影响其内部生长发育, 造成基因突变等。因此, 面临大气污染带来的诸多问题, 我们应该采取各项强有力措施来防治大气污染。根据环保部《大气污染防治行动计划》(即大气十条)实施情况发布会通报, 通过五年的治理, 我国大气污染防治取得阶段性的明显进展, 全国空气

质量总体改善，但部分地区和时段空气重污染问题仍然突出，大气污染防治总体形势依然严峻。

众所周知，化工生产过程中会产生对大气环境有危害的有机气体——挥发性的有机化合物，简称为 VOC (Volatile Organic Compounds)，在工业生产中，通常作为溶剂来使用，使用之后便散发到大气中。这些有机溶剂如果挥发到大气环境中，不仅会对大气环境造成严重污染，而且人体吸入被污染的气体后，对人体健康产生危害。所以，必须控制 VOC 的排放，这不仅是对环境负责，也是对我们的生命健康负责。

目前 VOC 废气处理技术主要包括热破坏法、变压吸附分离与净化技术、吸附法和氧化处理等方法。吸附法主要适用于低浓度、高通量有机废气，但是这种方法存在一定缺陷，它需要的设备体积比较庞大，而且工艺流程比较复杂；如果废气中有大量杂质，则容易导致工作人员中毒，更为重要的是产生了新的固体危废。热破坏法是指直接和辅助燃烧有机气体或利用合适的催化剂加快 VOC 的化学反应，最终达到降低有机物浓度，使其不再具有危害性的一种处理方法，但是具有处理成本高，能量利用率不高等缺点。变压吸附分离与净化技术是利用气体组分可吸附在固体材料上的特性，在有机废气与分离净化装置中，气体的压力会出现一定的变化，通过这种压力变化来处理有机废气，但是此种方法处理有机废气难于达到排放标准。对于有毒、有害，而且不需要回收的 VOC，热氧化法是最适合的处理技术和方法，氧化法的基本原理：VOC 与 O_2 发生氧化反应，生成 CO_2 和 H_2O 。氧化法又分为催化氧化法和热氧化法两种：催化氧化法使用的催化剂容易中毒失活，会大大降低处理效率。热氧化法利用不同的热量回收方式可以高效彻底的处理有机废气，其中蓄热式热氧化器在热量利用率和装置尺寸等方面都具有优势。

RTO (Regenerative Thermal Oxidizer, 简称 RTO), 蓄热式氧化炉，是一种高效有机废气治理设备。与传统的催化燃烧、直燃式热氧化炉 (TO) 相比，具有热效率高 ($\geq 95\%$)、运行成本低、能处理大风量中低浓度废气等特点，浓度稍高时，还可进行二次余热回收，大大降低生产运营成本。其原理是在高温下将废气中的有机物 (VOCs) 氧化成对应的二氧化碳和水，从而净化废气，并回收废气分解时所释放出来的热量，三室 RTO 废气分解效率达到 99% 以上，热回收效率达到 95% 以上。RTO 主体结构由燃烧室、蓄热室和切换阀等组成，其原理是把有机废

气加热到 760 摄氏度（具体需要看成分）以上，使废气中的 VOC 在氧化分解成二氧化碳和水。氧化产生的高温气体流经特制的陶瓷蓄热体，使陶瓷体升温而“蓄热”，此“蓄热”用于预热后续进入的有机废气。从而节省废气升温的燃料消耗。陶瓷蓄热室应分成两个（含两个）以上，每个蓄热室依次经历蓄热-放热-清扫等程序，周而复始，连续工作。蓄热室“放热”后应立即引入适量洁净空气对该蓄热室进行清扫（以保证 VOC 去除率在 99%以上），只有待清扫完成后才能进入“蓄热”程序，否则残留的 VOC 随烟气排放到烟囱从而降低处理效率。

河北建新化工股份有限公司的主要产品间氨基苯磺酸钠、间氨基苯酚、间羟基、二五酸全球市场占有率名列前茅，是染料中间体的龙头企业。多年来企业重视技术进步，在技术开发方面投入了大量的人力资源和资金。随着环保法规趋严和排放标准提高，废水废气的处理问题成为制约企业快速发展的主要问题。现有废水处理工艺包括三效蒸发、生化处理、喷雾干燥等几个主要工序，随着企业的不断升级改造可以实现废水的高效处理，但是喷雾干燥的尾气不能达到排放标准，这直接影响了喷雾干燥工序能否正常运行，同时也是决定企业废水处理效果的关键步骤。通过采用新的工艺能够彻底解决喷雾干燥尾气问题，是公司当前工艺和设备升级的迫切需求。蓄热式氧化炉（RTO）氧化工艺经过多年的发展，已基本趋于成熟，国内外均有稳定运行的实装案例。公司拟采用杭州天祺环保设备有限公司的 RTO 氧化工艺处理企业喷雾干燥尾气。蓄热式氧化炉—RTO 的工作原理：把废气加热升温至 760℃以上，停留时间>0.5sec，使废气中的 VOC 氧化分解，成为无害的 CO₂ 和 H₂O。氧化时的高温气体的热量被蓄热体“贮存”起来，用于预热新进入的废气，从而节省升温所需要的燃料消耗，降低运行成本，实现喷雾干燥尾气的高效处理达标排放。

本工程项目拟建：

处理量 80,000m³/h 的蓄热式热力焚化炉(RTO)装置

该项目建成后，不仅解决公司喷雾干燥尾气的排放效率问题，更加重要的是通过蓄热式高温氧化废气处理技术的应用，保证了公司废水废气处理的正常运行，为公司正常生产提供了坚实基础。该技术的成功应用，在确保废气达标排放，完成节能减排的同时，还能创造更好经济效益和社会效益。

1.4 设计依据

1.4.1 待处理废气资料:

- 1) 废气设计风量: 80,000 m³/hr。
- 2) 废气的排气温度: 80℃ (常温)。
- 3) 废气组成及浓度: 甲苯、苯酚、二氯丙烷等; 浓度小于 3000mg/m³。
- 4) 废气其它要求: 无机盐/粉尘等不可燃物质不允许进入 RTO, 以免堵塞陶瓷, 影响 RTO 正常运行。

1.4.2 其它要求:

- 1) 室外布置。
- 2) 助燃剂: 天然气, 0.03-0.05Mpa, 发热量 8,000kcal/m³。

1.4.3 工艺要求:

- 1) 氧化温度 800-1000℃。
- 2) 停留时间 ≥ 1.0s。
- 3) 高温区 (≥850℃) 去除率 ≥ 98%, 排气口 VOCs ≤ 80mg/m³, 喷淋塔后二氧化硫 ≤ 50mg/m³, 氮氧化物 ≤ 50mg/m³。
- 4) 燃烧器等主要部件必须采用进口品牌。
- 5) 排放标准: 排气筒高度和排放标准执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 二级标准、《恶臭污染物排放标准》(GB14554-1993)。
- 6) 环保部门其余相关要求。

1.4.4 材料要求

- 1) 炉体炉栅、阀门采用 316L 不锈钢;
- 2) 尾气进入 RTO 前需配置填料塔、旋分分离、预加热箱、过滤器、阻火器; 其中阻火器材料为 304 碳钢; 其余为碳钢;
- 3) 前置风机和主风机等采用 304 不锈钢;
- 4) 焚烧后出气废气总管、冷却塔上半部等采用 316L 不锈钢;
- 5) 冷却塔下半部、吸收塔、风管等采用玻璃钢材料;

1.4.5 RTO 设计应执行下列的法律、法规和标准的要求

序号	标准名称	标准号
1	《环境空气质量标准+修改单（2000 年）》	GB 3095-1996
2	《城市区域环境噪声标准》	GB 3096-93
3	《大气污染物综合排放标准》	GB16297-1996
4	《恶臭污染物排放标准》	（GB14554-1993）
5	《危险废物集中焚烧处置工程建设技术规范》	HJ/T 176-2005
6	《危险废物鉴别标准》	GB5085.1~3-1996
7	《工业企业厂界噪声标准及其测量方法》	GB 12348~12349-90
8	《烟囱设计规范》	GB 50051-2002
9	《大气污染物综合排放标准》	GB 16297-1996
10	《工业金属管道设计规范》	GB 50316-2000
11	《供配电系统设计规范》	GB 50052-95
12	《低压配电设计规范》	GB 50054-95
13	《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》	GB 50062-92
14	《电力工程电缆设计规范》	GB 50217-94
15	《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》	GB 50058-92
16	《火灾自动报警系统设计规范》	GB 50116-98
17	《仪表系统接地设计规定》	HG/T 20513-2000

1.5 设计指导思想

(1) 贯彻执行国家经济建设方针、政策，落实节能减排要求，严格遵守各项法规及设计规范，并遵守必要的基本建设程序；

(2) 优化资源配置，充分利用企业已有资源优势，实现河北建新喷雾干燥尾气的有效处理；

(3) 采取切实有效的措施，贯彻国家关于环境保护、劳动安全的法规和要求，加强三废治理，使环保、消防、安全及卫生设施的设置符合国家、地方及行业的相关标准；

(4) 在实际设计过程中，根据本装置的特点并综合分析实际条件和现场条件，将

现场优势充分发挥到位；

(5) 按积极、稳妥、可靠、实事求是的原则，深入调查研究，做多方案的比较和科学论证，最大限度地降低项目的目标成本；

(6) 兼顾项目工期、质量和费用控制，重视项目风险的控制；

(7) 充分考虑本装置的危险特性，确保在设计过程中的安全设施和安全措施能够得到切实有效的落实。

2 技术方案

2.1 RTO 工艺概述

蓄热式高温氧化设备—RTO 的工作原理：把废气加热升温至 760℃ 以上，停留时间为 >0.5sec，使废气中的 VOC 氧化分解，成为无害的 CO₂ 和 H₂O。氧化时的高温气体的热量被蓄热体“贮存”起来，用于预热新进入的废气，从而节省升温所需要的燃料消耗，降低运行成本。

生产线排放的有机废气经过滤器过滤掉粉尘后，进入蓄热式高温氧化设备—RTO 进行高温氧化。净化后的废气先进入冷却塔降温冷却，再进入碱液洗涤塔吸收，最后经烟囱排入大气。

离 RTO 进口 50 米外废气管道处设有红外线可燃气体检测仪。

吸收塔液位自动控制，低液位报警并自动进水，高液位自动排水。吸收塔内酸碱度通过 PH 计远传 PLC，由 PLC 控制加药量以自动调节塔内 PH 值。

2.1.1 RTO 正常运行工艺：

蓄热式高温氧化设备—RTO 的工作原理：把有机废气加热升温至 760℃ 以上，停留时间为 >0.5sec，使废气中的 VOC 氧化分解，成为无害的 CO₂ 和 H₂O；氧化时的高温气体的热量被蓄热体“贮存”起来，用于预热新进入的有机废气，从而节省升温所需要的燃料消耗，降低运行成本。

待处理有机废气进入蓄热室 1、2 的陶瓷蓄热体（该陶瓷蓄热体“贮存”了上一循环的热量），陶瓷蓄热体放热降温，而有机废气吸热升温，废气离开蓄热室后以较高的温度进入氧化室，此时废气温度的高低取决于陶瓷体体积、废气流速和陶瓷体的几何结构。

有机废气在氧化室中由 VOC 氧化升温或燃烧器加热升温至氧化温度 820℃，使其中的 VOC 成分分解成二氧化碳和水。由于废气已在蓄热室内预热，燃料耗量

大为减少。氧化室有两个作用：一是保证废气能达到设定的氧化温度，二是保证有足够的停留时间使废气中的 VOC 充分氧化，本工程设计停留时间 $\geq 2\text{sec}$ 。

废气在氧化室中焚烧，成为净化的高温气体后离开氧化室，进入蓄热室 3、4（在前面的循环中已被冷却），放热降温后排出，而蓄热室 3、4 吸收大量热量后升温（用于下一个循环加热废气）。同时引小股净化气清扫蓄热室 5。

循环完成后，进气与出气阀门进行一次切换，进入下一个循环，废气由蓄热室 2、3 进入，蓄热室 4、5 排出。在切换之后，清扫蓄热室 1。如此交替。

若有机废气浓度偏高，致使炉膛温度超高，则打开高温旁通阀直接排放，从而控制炉膛温度在安全温度内。

2.1.2 RTO 冷态启动工艺 RTO

废气入口阀关，新风阀打开，旁通阀开，主风机以 20Hz 运转（此时风量约 $30000\text{m}^3/\text{hr}$ ），引小风量新鲜空气进入 RTO 蓄热室，燃烧系统点火后开始 RTO 升温程序。

RTO 主切换阀同 RTO 正常运行工艺。

当 RTO 氧化室温度升到设定温度后，关新风阀，废气入口阀开，旁通阀及旁通风机关，引入废气，RTO 开始进入正常运行程序。

2.1.3 RTO 停机工艺

当 RTO 正常停机或故障停机时，新风阀打开，旁通阀开，废气入口阀关。主风机以 20Hz 运转（此时风量约 $30000\text{m}^3/\text{hr}$ ），燃烧系统熄火，引小风量新鲜空气进入 RTO 蓄热室开始 RTO 降温程序。RTO 主切换阀同 RTO 正常运行工艺。

当 RTO 氧化室温度降到设定温度（一般为 200°C ）后，主风机停止运转，主切换阀停止切换。

2.1.4 RTO 混新风工艺

若废气浓度偏高，致使炉膛温度超高，则打开新风阀混入新风以降低 VOC 浓度，从而控制氧化室温度在安全温度内。

2.1.5 RTO 高温排放工艺

当 RTO 氧化室温度达到氧化室高温（一般设定为 970°C ）后，说明废气中 VOC 浓度过高，此时打开高温排放阀，将多余热量直接排放至烟囱。

如高温排放阀开启后，氧化室温度进一步升高到氧化室超高温（一般设

定为 1050℃) 后, RTO 停机降温。

2.1.6 RTO 逆洗工艺

RTO 长时间运行, RTO 蓄热体下部可能被有机物污染。这时应启动 RTO 逆洗程序。

RTO 主切换阀切换时间延长, 以提高 RTO 蓄热体下部的温度达到有机物起燃温度, 从而清洁蓄热体。

2.2 RTO 运行参数

RTO 型号	TQ/RTO-5-80000
设计废气量	80,000m ³ /h (可运行范围 30%~110%)
废气温度	80 ℃
废气 VOC 去除率	≥98%
陶瓷蓄热体换热效率	95%
氧化温度	950 ℃
停留时间	≥ 1.0 sec
废气净化后进冷却塔之前排放温度 (平均)	~ 100 ℃ (随 VOC 浓度波动而波动)
系统压降 (含前后喷淋塔)	~ 7000 Pa
装机功率 (含控制用电)	500 KW
RTO 正常运行实际电耗 (满负荷)	~450 KW
燃烧器输出功率	2*1250000 kcal/h
RTO 天然气消耗 (满负荷 80,000m ³ /h 时)	
(1) 启动 (小风量升温) 平均值	160m ³ /h (平均值)
启动时间	3-4h
(2) 正常运行时 (VOC 0 mg/Nm ³)	~160 m ³ /h
正常运行时 (VOC 1g/Nm ³)	~ 80 m ³ /h
正常运行时 (VOC 2.5g/Nm ³)	~ 0 m ³ /h

2.3 RTO 公用设施参数

(1) 基础: 本公司提供基础负荷图, 设备基础及预埋件用户自理。

(2) 电: 3 相、380V、50hz, 装机功率约 500kw。

-
- (3) 燃料：天然气，0.03-0.05Mpa，流量 300m³/h。
 - (4) 压缩空气：阀门前，压力 5~6kg/cm²，流量 5m³/h。
 - (5) 自来水
 - (6) 碱液

2.4 安全描述

2.4.1. 在进 RTO 设备之前的有效距离设置废气浓度检测仪，有效的预警和控制危险的产生。设置 1 套可燃气体检测仪（一套设置在业主废气汇总处），及时监控废气浓度，设置废气浓度高限（25%LEL）防止不安全气体形成，废气不进入 RTO 本体，并由紧急旁通阀排向烟囱，防止将生产线产生的高浓度有机废气直接接入 RTO 焚烧。

2.4.2. 进 RTO 之前，设置阻火器，且有支架支撑。最好设置旁通阀门，方便阻火器的清洗。阻火器后端用软联结，材质与风机软联结一致，可以有效克服应力，最关键是可以有效泄爆作用。

2.4.3. 设置 2 台过滤器，起到过滤粉尘作用，一备一用，同时还可以起到缓冲作用，保护 RTO 设备安全稳定运行。设置两台填料塔，一备一用。满足在线蒸汽和水清洗，同时填料也可以拆卸清洗。填料塔之后采用旋分分离，去除水分，节约能耗。分离之后，加装一台预热器，升温控制在 150℃ 以上，防止盐的产生。

2.4.4. RTO 燃烧室顶部设置应急排放阀，当炉膛或管道压力增大至某一值时防爆门及时打开卸除压力，避免设备损坏。当炉内压力急剧升高时，防爆门会自动打开泄压；当炉内过热时，通过温度连锁，应急排放阀可及时将炉内热量排放。

2.4.5. 废气管道每隔 80 米设置爆破片或者软联结（业主设置），减轻意外产生的损失。

2.4.6. 编制 RTO 控制程序时，建立确保安全的连锁控制点，当炉膛压力或温度高于设定值最高值时，PLC 程序必须做出对应动作，确保设备安全运行。

2.4.7. 停炉时对废气管路进行有效隔离，防止易燃易爆的废气长时间的积聚于炉膛内，以防再次点炉发生爆炸事故。每次系统启动，保证足够的清扫时间。

2.4.8. 系统设置 UPS 应急电源，当系统停电时，自动切换由 UPS 应急电源提供系统应急用电，提供系统完成停车程序所需电源，确保装置的安全。

2.4.9. 采用西门子公司 S7-300 系列 PLC 控制，对系统的热风流向、炉膛温度进

行自动监控。当炉膛温度超过 850℃时，系统自动切断燃料供给，低于 800℃时自动点火燃烧。超过 950℃时，能自动报警、切断燃料供给。高温排放阀打开，监控系统能对主要设备故障进行声光报警。废气风机采用变频器调速以适应不同的风量要求。

2.4.10. 燃烧系统含 UV 火焰探测器，对火焰燃烧进行保护，保证燃烧器的安全。

2.4.11. RTO 项目一定要做好前期的可研工作，做好废气的浓度监测和成分分析，准确有效的数据利于 RTO 安全的设计。定期的做好 RTO 设备的检修保养工作。

2.5 能耗分析

2.5.1 电耗：

装机功率为 400KW，正常运行的功率一般 300kw/小时，一年运行 7200 小时。
 $300 \times 7200 = 2160000$ 千瓦时。

2.5.2 天然气消耗：

废气浓度按照平均 $1000\text{mg}/\text{m}^3$ 考虑，可以升温 20°C 左右，天然气补充的热量升温应该还有 20°C ，风量 $65000\text{m}^3/\text{h}$ ，天然气热值按 8000 计算，比热系数 0.31，那么天然气消耗： $65000 \times 0.31 \times 20 / 8000 = 50\text{m}^3/\text{h}$ 。

2.5.3 进 RTO 之前考虑废气预热

假使填料过滤之后温度为 75°C ，那么还需要升温 75°C ，才能达到 150°C 左右。风量 $65000\text{m}^3/\text{h}$ ，天然气热值按 8000 计算，比热系数 0.31，那么天然气消耗：即 $65000 \times 0.31 \times 75 / 8000 = 190\text{m}^3/\text{h}$

2.5.4 合计天然气消耗为：

合计为 $50 + 190 = 240\text{m}^3/\text{h}$ ，一年的耗量 $240 \times 24 \times 300 = 1728000\text{m}^3$

3 设备总表和工程投资

3.1 RTO-5-80000 报价一览表

序号	名称	规格	数量	单位	单价 (元)	合价 (元)
一	RTO 设备费					8338870
1	炉体	详见技术方案 4.1.1	1	台	1680000	1680000
2	炉体内保温	详见技术方案 4.1.2	1	套	785000	785000

3	陶瓷蓄热体	详见技术方案 4.2	68	m ³	9500	646000
4	陶瓷鞍环	详见技术方案 4.2	8	m ³	3500	28000
5	燃烧系统	详见技术方案 4.3	2	套	225000	450000
6	燃烧控制柜	详见技术方案 4.3	2	套	18000	36000
7	助燃风机	1000m ³ , 11000pa, 15KW	2	套	22800	45600
8	控制系统	详见技术方案 4.4	1	套	480000	480000
9	仪表	见 RTO 仪表报价一览表	1	套	87270	87270
10	变频器	280kw	1	台	97000	97000
11	变频器	110kw	1	台	37000	37000
12	主风机	详见技术方案 4.5	1	台	298000	298000
13	前置风机	详见技术方案 4.5	1	台	178000	178000
14	清扫风机	详见技术方案 4.5	1	台	13500	13500
15	主切换阀	详见技术方案 4.6.1, DN1000	10	台	51300	513000
16	换向阀 (气动阀)	详见技术方案 4.6.1, DN350	5	台	14000	70000
17	气动蝶阀	详见技术方案 4.6.2, DN1500	13	台	28500	370500
18	气动蝶阀	详见技术方案 4.6.2, DN800	1	台	18000	18000
19	高温阀	详见技术方案 4.6.3, 400X400	1	台	45000	45000
20	预加热系统	详见技术方案 4.7	1	套	165000	165000
21	填料塔	详见技术方案 4.8	2	套	300000	600000
22	分离器	详见技术方案 4.9	1	套	75000	75000
23	过滤器	详见技术方案 4.10	2	套	130000	260000
24	阻火器	详见技术方案 4.11	1	套	150000	150000
25	冷却塔系统	详见技术方案 4.12	1	套	165000	165000

26	喷淋吸收塔系统（后）	详见技术方案 4.13	1	套	275000	275000
27	高温混合箱	详见技术方案 4.14	1	套	56000	56000
28	本体风管	详见技术方案 4.15	1	套	480000	480000
29	烟囱	详见技术方案 4.16	1	套	0	0
30	平台扶梯	详见技术方案 4.17	1	套	75000	75000
31	保温外护板	详见技术方案 4.18	1	套	65000	65000
32	杂件	紧固件，压缩空气管路，密封绳	1	套	35000	35000
33	随机配件		1	套	60000	60000
二	其他费用					560000
1	RT0 包装运输费		1	套	160000	160000
2	RT0 安装调试费		1	套	400000	400000

3.2、RT0 仪表报价一览表

序 号	名称	规格	数量	单位	单价 (元)	合价 (元)
1	热电偶	0-1200℃，带变送	19	个	580	11020
2	热电偶	0-1200℃	2	个	400	800
3	热电偶	0-450℃，带变送	5	个	500	2500
4	热电偶	0-450℃，带变送，法兰型	4	个	600	2400
5	压力变送器	3051	2	个	5600	11200
6	气动三联件	AR50-10，AR50-10G	1	个	1500	1500
7	差压开关	LGW10	12	个	800	9600
8	压力开关	HLP110E	1	个	950	950
9	压力表	0-3000pa	2	个	400	800
10	电接点压力表	0-20000pa	2	个	1800	3600

11	PH 计	PC350	2	个	8600	17200
12	智能液位计	CR-6021	3	个	1900	5700
13	VOC 线检测仪	0-100%LEL	1	个	20000	20000
14	合计					87270

3.3 工程总投资

序号	名称	总价（万元）
1	设备费	898
2	土建费	202
3	合计	1100

4. RTO 设备说明

4.1 RTO 炉体

4.1.1 炉体结构件

炉体由 5 个蓄热室加 1 个氧化室组成。5 个蓄热室分别执行吸热、放热、清扫功能，轮流进行。氧化室停留时间>1.0s。

壳体由 6mm 碳钢板制造，外表面设角钢加强筋，壳体良好密封。

因废气中含腐蚀性成分，炉栅及与废气直接接触部分采用 316L 不锈钢。

壳体内壁涂耐腐涂料，外表面涂耐热银灰色漆。

4.1.2 炉体内保温

炉体氧化室及蓄热室内保温采用耐火硅酸铝纤维，耐热 1200℃，绒重 220kg/m³，氧化室及蓄热室上部厚~280mm，蓄热室进出风区厚~150mm。

内保温共三层，其中含两层硅酸铝纤维毡及一层硅酸铝纤维模块。硅酸铝纤维模块内设置耐热钢骨架，用锚固件固定在炉体壳体上。

耐火硅酸铝纤维外表面涂敷耐高温抹面。

炉体外表温度环境温度+25 度（热桥除外）。

4.2 陶瓷蓄热体

陶瓷蓄热体采用 MLM180 专利产品，该产品是用于 RTO 设备的比较合适蓄热产品。陶瓷蓄热体其特点是比表面积大 680M²/M³，阻力小，热容量大 0.22BTU/lb °F (2.326 J/kg°F)，耐温高可达 1200℃，耐酸度 99.5%，吸水率小于 0.5%，压碎力大于 4kgf/cm²，热胀冷缩系数小，为 4.7×10⁻⁸/℃，抗裂性能好，寿命长。含 1.5"鞍型陶瓷。

4.3 燃烧系统

总计 2 套，采用美国 MAXON(125x10⁴kcal/h)燃气比例调节式燃烧器，此燃烧器的特点是可进行连续比例调节(调节范围 30:1)，高压点火，可适应多种情况。系统含助燃风机(巴克约根森)、高压点火变压器、比例调节阀、UV 火焰探测器等。

供燃料安全阀组含稳压阀，稳定压力；含有高低压保护，假如燃烧器前管路燃料泄露等原因压力过低，低压保护作用；假如燃烧器前管路稳压阀坏掉，或是堵塞管路至使压力超高，高压保护作用；含燃料快速切断阀；含比例调节阀，根据炉膛所需的温度变化来调节其开度，节省燃料，燃料和助燃空气同步变化，稳定燃烧。

点火管路含稳压阀，稳定供气压力。点火是高压打火与气路电磁阀同时动作，类似打火机原理。

UV 火焰探测器时刻对燃烧器火焰进行感应，正常燃烧时，火焰信号显示，当无火焰时供燃料管路电磁阀关闭状态；燃烧火焰熄灭时，供燃料管路电磁阀自动关闭切断燃料，起安全保护作用。UV 火焰探测器时刻对燃烧器火焰进行感应，正常燃烧时，火焰信号显示，当无火焰时供燃料管路电磁阀关闭状态；燃烧火焰熄灭时，供燃料管路电磁阀自动关闭切断燃料，起安全保护作用。

4.4 控制系统

4.4.1 控制要求总述

本系统采用 SIEMENS 公司 SIMATIC S7-300 系列的 PLC，对 RTO 进行自动控制。配 SIEMENS 公司的人机界面，对整个系统运行工况进行实时监控。

炉膛内的高温传感器能反馈炉膛温度信息，变比例控制燃烧器的供热能力，使炉膛温度保持稳定；当炉膛温度超过上限温度 950℃时，系统将自动打开超温排放阀；超过上上限温度 1050℃时，系统将自动报警，系统将自动停机。

RTO 采用由废气入口的压力传感器负压信号控制入口风机变频器，从而控制调节入口风机风量。

确保生产能安全进行，各种安全保护要周全。

执行器的动作要符合工艺要求。

4.4.2 可编程序控制器(PLC)及控制要求

4.4.2.1 选用 SIEMENS SIMATIC S7-300 PLC（带存储卡）。

4.4.2.2 需要，RTO 控制系统可与车间中控室通过以太网（TCP/IP）进行通讯，实现高通信容量、高可靠的数据通讯。RTO 控制系统与车间中控室的通讯线由业主自理。

4.4.2.3 PLC 工作电源、I/O 模块电源经过各自的隔离变压器接到电控柜电源总开关的前端。

4.4.2.4 设备正常运行时有运行信号灯显示，当出现异常故障时有相应的显示和报警。

4.4.2.5 每套 PLC 至少预留 10%备用点，所有的备用点都要引到端子上。

4.4.3 触摸屏：

触摸屏选择 SIEMENS 的 14" 彩色 HMI，带存储卡。控制柜安装人机界面（HMI）设备一台，作现场操作提示、故障报警、运行参数显示、控制参数设定及设备控制。触摸屏上要显示工艺过程、阀门位置、风机状态、燃烧器状态、系统状态、温度曲线等。可方便进行参数的更改。

4.4.4 电气控制柜要求

采用国产仿威图控制柜 2000（H）×800（W）×600（D）。

控制箱/柜优先底部进出线。

控制箱喷涂颜色：甲方确定。

变频器的操作面板为可拆卸式。

控制柜内需要预留 10A 的维修插座。带电扇通风，保证电气控制柜内工作温度小于 40 摄氏度。柜内保持正压。

4.4.5 电缆及桥架

动力电缆、控制电缆等采用标准产品。

模拟信号必须要用屏蔽电缆。

现场电缆采用桥架+线管方式敷设。所有电缆两头绑扎永久的电缆号牌。

4.4.6 电机

RTO 主风机采用变频器进行控制。变频器的操作面板安装在门上，通过通讯线和变频器相连，便于观察和操作，变频器的操作面板为可拆卸式。

助燃风机采用直接启动，有三相过载保护。

4.4.7 电源要求

供电电源为 380VAC $\pm$ 10% , 3 相, 50Hz。

4.4.8 其它

压缩空气管道安装一只压力开关, 作为系统的联锁。

安装一块高温限制仪表, 作为燃烧器的联锁。

风机由变频器控制, 以适应不同的运行工况。每个风机安装压差开关, 可对风机故障及时报警作为系统的联锁。

高温限制热电偶信号直接进仪表。其它的温度和压力传感器带变送器, 变送器的输出为 4-20mA。

4.5 风机

主风机, 上海德惠, 95000m³/h, 5500Pa, 280KW。1 台。过流部件 SUS304。耐温 180℃。电机防爆, IP55。含减震器, 底座, 软接头。

前置风机, 上海德惠, 80000m³/h, 2600Pa, 110KW。1 台。过流部件 SUS304。耐温 150℃。电机防爆, IP55。含减震器, 底座, 软接头。

清扫风机: 上海德惠, 9-19 5.6A, 3000m³/h, 5000Pa, 11KW。一台。碳钢。耐温 70℃。电机防爆, IP55。含减震器, 底座, 软接头。

4.6 气动蝶阀

4.6.1 主切换阀

风向主切换阀性能好坏对 RTO 设备的运行非常关键, 因此 RTO 系统采用组合提升阀, 在轴向气缸作用下, 阀板前后移动压紧密封圈, 且有行程开关监测阀门位置。阀板密封面及密封圈均机加工, 保证气密性 $> 99.5\%$, 寿命长 (可达 100 万次), 启闭迅速 ($\leq 1s$), 阀门动作低噪音。RTO 需组合提升阀 10 只 DN1000, 水平动作。阀体过流部分材料 316L 不锈钢。进口 SMC 执行机构。

4.6.2 辅助阀门

RTO 系统所需其他气动通风蝶阀, 泄漏量小 ($\leq 1\%$), 启闭迅速 ($\leq 1s$), 运行可靠。气动阀 2 只 DN1500 (废气/旁通)、4 只 DN1500 (填料塔), 4 只 DN1500 (过滤器), 3 只 DN1500 (阻火器), 1 只 DN800 (新风)、5 只 DN350 (清扫)。阀体过流部分材质均为 SUS304 不锈钢。ACTREG 进口执行机构。ASCO 防爆电磁阀。

4.6.3 高温阀门

400*400，带比例调节，进口执行机构。耐温 1200℃。

4.6.4 其他

气动二联件采用 SMC 产品。气动执行机构要求压缩空气压力为 5-6bar。

每一个气动阀均有阀位信号反馈。

每一个气动阀压缩空气入口附近有一个铜球阀。

4.7 预加热系统

主要用于预热废气作用。

高温风管采用 6 mm 碳钢制作，耐温 1200℃以上，采用内保温结构。

一个高温混合箱，内保温结构。

控制废气温度在 150℃以上。

配高温阀门 500*500，耐温 1200℃以上。

调节阀，4-20ma 输出，配进口执行机构。

4.8 填料塔

填料塔 2 台，一备一用。满足在线清洗和拆卸清洗结构。当需要拆卸清洗填料时候，手动操作阀门开闭。

碳钢材料，三层填料，每层填料配置蒸汽和水清洗，每层填料都设置压差报警。塔体外形：Φ3800，高 8m。烟气流速 $\leq 1.5\text{m/s}$ 。填料采用不锈钢填料。循环泵采用离心泵，流量 120m³/h，扬程 20m，电机功率 22kw。供货 2 台，一用一备。防爆，IP55。

4.9 气水分离器

旋分分离除水，DN2500，碳钢材料。节省燃料的消耗。

4.10 过滤器

壳体 4mm 碳钢钢制做，加强筋 L50X50X5，设置检修门。骨架为碳钢钢结构，安装 F5、F7 过滤器，设置压差开关报警。

在过滤器两端设置压差检测装置，以提醒及时进行过滤器清洗或更换。

底部设置排水装置。

过滤器 2 台，一备一用。当需要更换过滤器的时候，手动操作阀门开闭。

4.11 阻火器

放置在废气进 RTO 前。两侧压差保护。阻火器后端用软连接。外购，材料为

304 不锈钢, DN1500. 设置旁通阀门。当需要清洗阻火心的时候, 手动操作阀门。
阻火器采用薄壁板制作, 顶部有拆卸阻火心的接口。建议使用宜热或者普兰特的。

4.12 冷却塔系统

4.12.1 塔体

因废气中含 CL 离子, 塔体上半部分 316L 不锈钢, 下半部分玻璃钢。
塔体外形: $\Phi 3400$, 高 4.5m。并配大小头及弯头与 RTO 管道及碱洗塔连接。

4.12.2 泵、阀及管道

循环泵采用耐碱离心泵, 流量 $120\text{m}^3/\text{h}$, 扬程 20m, 电机功率 22kw。供货 2 台, 一用一备。防爆, IP55。含喷头、手动阀门, 管道、喷头及附件 (PP)。

4.13 喷淋吸收塔系统

4.13.1 塔体

塔体玻璃钢。塔体外形: $\Phi 3800$, 高 8m。烟气流速 $\leq 1.5\text{m/s}$ 。

4.13.2 泵、阀及管道

循环泵采用耐碱离心泵, 流量 $120\text{m}^3/\text{h}$, 扬程 20m, 电机功率 22kw。供货 2 台, 一用一备。防爆, IP55。

手动阀门、管道及附件均防腐。加碱液、加水均采用气动球阀。

4.13.3 液位计

智能液位计, 4-20mA 输出。

4.13.4 控制

液位自动控制, 低液位报警并进水, 高液位排水。

洗涤塔内酸碱度 PH 值通过 PH 计远传 PLC, 由 PLC 控制加药以自动调节塔内 PH 值。

4.14 高温混合箱

作氧化室超高温排放气与 RTO 尾气混合之用。

壳体材料 6mm 碳钢板, 外表面设加强筋, 壳体良好密封。

壳体内设耐火硅酸铝纤维保温层 (耐热 1200°C), 厚 150mm。

4.15 本体风管

4.15.1 废气进气总管 DN1500、旁通管子、清扫管 DN350 采用 $\delta 6\text{mm}$ 碳钢。

4.15.2 排气总管 DN1600 至冷却塔上半部采用 $\delta 4\text{mm}$ 316L 不锈钢。

4.15.3 冷却塔后管子至烟囱采用玻璃钢制作。

4.15.4 高温旁通管路 400*400 采用 δ 6mm 的碳钢制作，内保温，耐温 1200℃。

4.15.5 含管道支架。

4.16 烟囱利用现有烟囱

4.17 操作平台

平台、扶梯、爬梯及栏杆力求安全可靠、美观大方。炉体操作上方设置雨蓬。

4.18 保温外护板

RTO 废气排放管道及清扫管道均需保温。保温材料为岩棉，厚度 50mm，外包 δ 0.5mm 铝板/镀锌板。

4.19 RTO 设备占地

长 $\times$ 宽= 35m $\times$ 15 m。根据场地情况可适当调整。

4.20 RTO 主设备重量

大约 250 T

5 综合效益分析

5.1 效益分析

蓄热式热力焚化炉(RTO)工程建成后，可有效解决建新化工的废水处理过程中喷雾干燥的尾气排放效率问题，并且可以保证企业的正常运行，实现化工企业的绿色生产。虽然从经济效益分析，增加企业的投入和运行成本，但是能够满足越来越高的环保要求，保证企业的正常生产，这是企业的最大利益。同时作为园区实现绿色生产的化工企业，可以大大提高企业形象。高效的解决化工废水废气问题，可以改善人们对化工行业的认识，提高卫生水平，保护人民身体健康。因此采用蓄热式热力焚化炉(RTO)工程处理喷雾干燥的尾气关系到经济的繁荣和社会的稳定，其社会效益是显著的。

5.2 可能的风险

- (1) 设备耐腐蚀性不够，发生泄漏
- (2) 实际处理过程达不到设计的 VOC 去除效果
- (3) 设备运行的安全问题

6 总结

蓄热式热力焚化炉(RTO)焚烧工艺可以对建新化工喷雾干燥废废气去除率大

于 99%，可以达标排放，打通了建新化工绿色生产的最后一步。蓄热式热力焚化炉 (RTO) 装置可高效处理各种 VOC 尾气，该装置具有高效的集成换热系统和高效的处理效果，综合经济运行成本优于其它 VOC 治理工艺。

该项目建成后，不仅提高公司高浓度废水处理效率，更加重要的是通过蓄热式热力焚化炉 (RTO) 焚烧工艺的应用，提高公司的市场竞争力，使公司成为园区乃至全国的化工企业绿色生产的标杆。该技术的成功应用，在确保废水尾气排放效率，完成节能减排的同时，保证公司开工率，等于降低生产运行成本，创造更好经济效益和社会效益。