



## VOCs无害化与资源化最佳解决方案



(股票代码: 300190)



冷凝式VOCs回收引领者!



*All Delight*<sup>®</sup>

南京都乐制冷设备有限公司

南京都乐制冷设备有限公司

地址: 南京市溧水经济开发区南区机场路

电话: 025-56236601

传真: 025-56236602

网址: [www.doule-ref.com](http://www.doule-ref.com)



2020版

# 目 录

一、企业简介	1
二、资质荣誉	2
三、应用背景	4
四、解决方案	5
五、基础技术介绍	6
六、组合处理技术	8
七、主要参数表	10
八、经济运行分析	11
九、工程案例	12



## 一、企业简介

南京都乐制冷设备有限公司成立于2005年，注册资本6001万元，坐落在风景秀丽的南京市溧水经济开发区南区，现为维尔利环保科技集团股份有限公司（股票代码：300190）的全资子公司。

南京都乐是集技、工、贸为一体，专业从事VOCs达标排放和资源化回收的高新技术企业（新标准），为客户提供环境保护专用设备的研发、设计、制造、安装、调试等全方位的服务。公司一贯注重人才引进与培养，形成了以博士、硕士、学士为主的优秀人才梯队，建立了江苏省企业研究生工作站、南京市冷凝式油气回收工程研究中心、南京市企业技术中心、南京市冷凝式油气回收工程技术研究中心、东南大学产学研基地等科技创新平台，并获得省市著名商标、市委市政府颁发的市优秀民营企业称号。

南京都乐以节能减排，优化环境为使命，针对中石化、中石油、中海油、延长石油和民营石化等化工企业，涉及码头、成品油储运销、包装印刷和喷涂等排放VOCs领域，陆续开发了 All Delight® 系列冷凝式、吸附式、吸收式、膜分离式和催化氧化等技术，形成以冷凝吸附为主的多种组合工艺。生产的撬装式油气回收机组设备，产品性能稳定，保证VOCs综合治理回收和达标排放。

南京都乐在应对全球气候变化和产业绿色发展的国际趋势以及我国资源环境巨大压力的形势下，公司实现加工型制造向服务型制造的转变，以先进适用技术进行集成应用为重点，发挥自主知识产权的技术优势打造高端产品，做好价值创新，为客户提供成套科学有效的资源回收利用、达标排放优质服务。

【都乐使命】：为节能减排优化环境而持续创新。

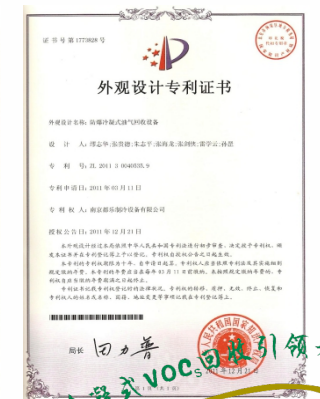
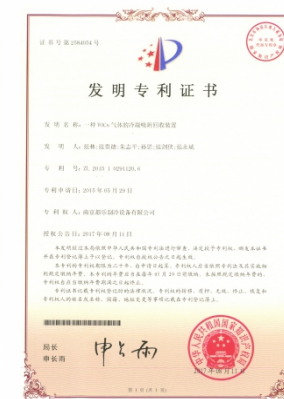
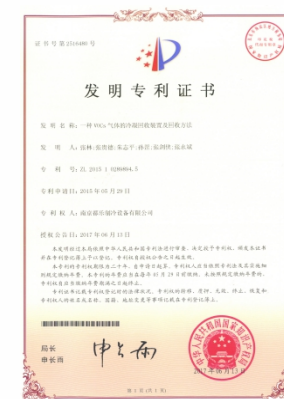
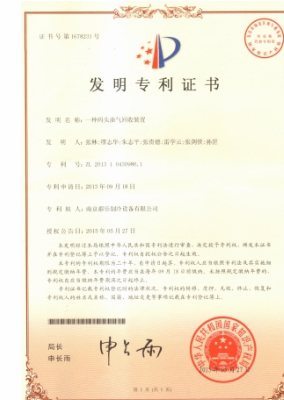
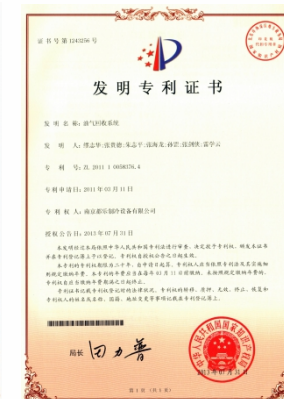
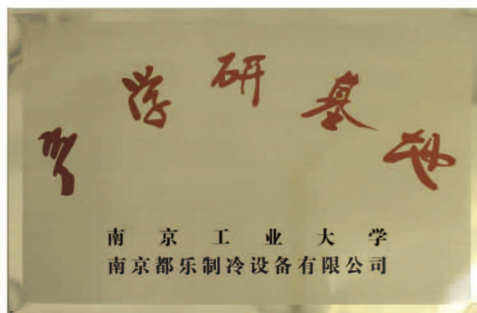
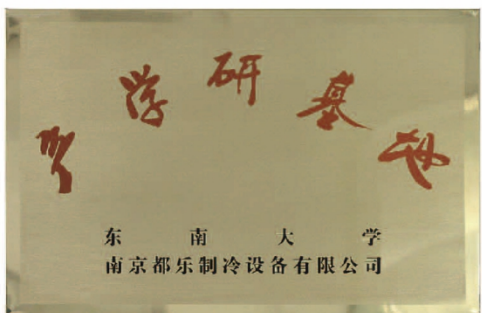
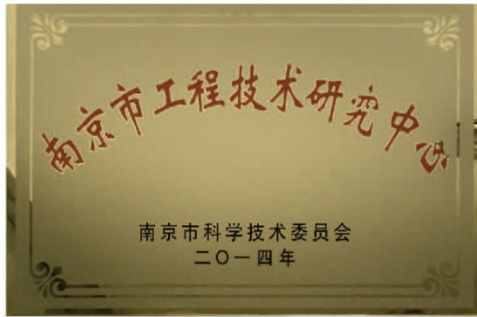
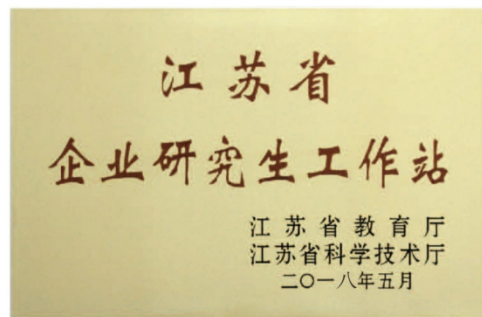
【都乐战略】：引领节能环保产业的制冷新技术革命，始终保持油气回收行业的领先地位。

【都乐愿景】：让都乐人和都乐的朋友都拥有快乐。

【质量方针】：客户满意第一位，产品合格百分百。



冷凝式VOC<sub>3</sub>回收引领者!



本厂式VOCs回收机引领者!

### 三、应用背景

挥发性有机物 (VOCs, Volatile Organic Compounds), 是指常温下饱和蒸汽压大于70 Pa、常压下沸点在260°C以下的有机化合物, 或在20°C条件下蒸汽压大于或者等于10 Pa具有相应挥发性的全部有机化合物。

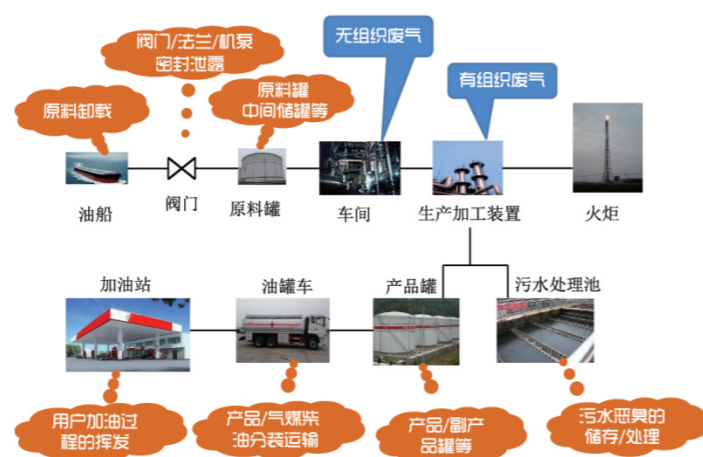
具有挥发性的有机化合物主要包括非甲烷总烃 (烷烃、烯烃、炔烃、芳香烃), 含氧有机化合物 (醛、酮、醇、醚等)、卤代烃、含氮化合物、含硫化合物等。VOCs是大气光化学反应的主要参与者, 可直接产生细颗粒物 (PM<sub>2.5</sub>), 并进而引发光化学烟雾、雾霾等严重大气污染现象。同时, 多数VOCs具有毒性, 直接危害人们健康。国家将VOCs列为重点控制的污染物, 强调针对重点行业开展工业VOCs污染治理。

国家环境保护相关政策和规定部分摘录如下:

国家法律法规	具体内容
中华人民共和国大气污染防治法	第四十五条产生含挥发性有机物废气的生产和服务活动, 应当在密闭空间或者设备中进行, 并按照规定安装、使用污染防治设施;无法密闭的, 应当采取措施减少废气排放。 第四十七条石油、化工以及其他生产和使用有机溶剂的企业, 应当采取措施对管道、设备进行日常维护、维修, 减少物料泄漏, 对泄漏的物料应当及时收集处理。 储油储气库、加油加气站、原油成品油码头、原油成品油运输船舶和油罐车、气罐车等, 应当按照国家有关规定安装油气回收装置并保持正常使用。
大气污染防治行动计划 国发〔2013〕37号	具体指标: 到2017年, 全国地级及以上城市可吸入颗粒物浓度比2012年下降10%以上, 优良天数逐年提高;京津冀、长三角、珠三角等区域细颗粒物浓度分别下降25%、20%、15%左右, 其中北京市细颗粒物年均浓度控制在60微克/立方米左右。 推进挥发性有机物污染治理。在石化、有机化工、表面涂装、包装印刷等行业实施挥发性有机物综合整治, 在石化行业开展“泄漏检测与修复”技术改造。限时完成加油站、储油库、油罐车的油气回收治理, 在原油成品油码头积极开展油气回收治理。
石化行业挥发性有机物综合整治方案	到2017年, 全国石化行业基本完成VOCs综合整治工作, 建成VOCs监测监控体系, VOCs排放总量较2014年消减30%以上。
环发〔2014〕177号	存储挥发性有机液体的固定罐应全部完成油气回收装置的安装; 苯类等危险化学品应在内浮顶罐基础上安装回收处理装置; 仓储业原油、成品油码头应完成罐区VOCs的综合治理; 相关产品的装卸过程应采用高效油气回收措施; 运输相关产品应采用具备油气回收接口的车船。
VOCs收费标准	各地区逐步开始收费: 北京2~4万元/吨、天津1.8万元/吨、山东1.5万元/吨。

国家在VOCs回收治理方面一些主要的规范和标准:

- 石油炼制工业污染物排放标准 GB 31570-2015
- 石油化学工业污染物排放标准 GB 31571-2015
- 合成树脂工业污染物排放标准 GB 31572-2015
- 无机化学工业污染物排放标准 GB 31573-2015
- 恶臭污染物排放标准 GB 14554-1993
- 储油库大气污染物排放标准 GB 20950-2009
- 码头油气回收设施建设技术规范 (试行) JTS 196-12-2017
- 冷凝式油气回收机组 JB/T 12321-2015
- 汽油回收装置通用技术条件 GB/T 35579-2017



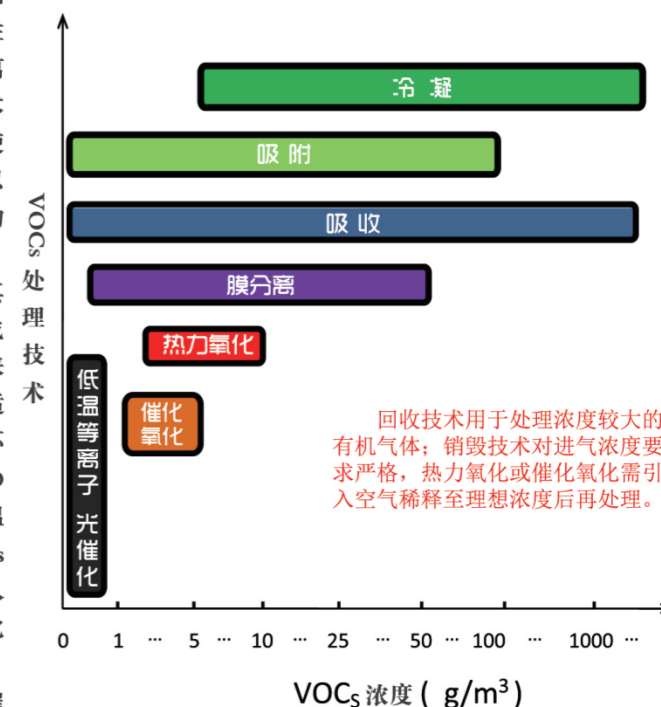
VOCs在石油化工装置生产过程中的产生部位

### 四、解决方案

工业VOCs主要来自于石油炼制与石油化工、煤炭加工与转化等含VOCs原料的生产行业, 油类 (燃油、溶剂等) 储存、运输和销售过程, 涂料、油墨、胶粘剂、农药等以VOCs为原料的生产行业, 涂装、印刷、粘合、工业清洗等含VOCs产品的使用过程。工业源VOCs排放所涉及的行业众多, 具有排放强度大、浓度高、污染物种类多、持续时间长等特点, 对局部空气质量的影响显著。

VOCs的控制技术基本分为两大类。第一类是预防性措施, 以更换设备、改进工艺技术、防止泄漏乃至消除VOCs排放为主, 这是人们所期望的, 但是以目前的技术水平, 向环境中排放和泄露不同浓度的有机废气是不可避免的, 这时就必须采用第二类技术。第二类技术为控制性措施, 以末端治理为主。末端控制技术包含两类, 即回收技术和销毁技术。回收技术是通过物理的方法, 改变温度、压力或采用选择性吸附剂和选择性渗透膜等方法来富集分离有机污染物的方法, 主要包括冷凝、吸收、吸附和膜分离等技术。回收的挥发性有机物可以直接或经过简单纯化后返回工艺过程再利用, 以减少原料的消耗。销毁技术是通过化学或生化反应, 用热、光、催化剂或微生物等将有机化合物转变成二氧化碳和水等无毒害无机小分子化合物的方法, 主要包括高温焚烧、催化燃烧、生物氧化、低温等离子体破坏和光催化氧化等技术。

VOCs的组合处理技术一般根据浓度和流量两个因素做初步选择, 最终处理方法需综合考虑有机组分的性质。当气体VOCs浓度较大时, 一般首先考虑物理分离法回收再利用。在回收方法中, 吸附技术和膜分离技术是分离提浓技术, 常常和冷凝技术或者吸收技术组合使用。吸收技术使用浓度较为宽广, 但是吸收剂的选取以及吸收液的处理比较麻烦, 如选择水为吸收剂, 有机物须易溶于水, 比如丙酮、甲醇、乙醇等水溶性物质, 且吸收液需要再次精馏分离或者当做污水处理。选择其他有机物质进行吸收, 吸收剂本身的挥发即会形成VOCs, 且有些场所基本没有吸收剂如码头。相对来说, 具有回收效果的冷凝技术, 使用浓度较为宽广, 适用场合更是广泛, 如果采用风冷形式, 即可无需循环水。销毁技术多种多样, 总归是将有机物转化为 H<sub>2</sub>O 和 CO<sub>2</sub>。该过程中, 有机物的燃烧热定会引起气体的温升, 过高的浓度必然引起过高温。销毁技术对VOCs的浓度值要求苛刻, 所以热力氧化和催化氧化都会引入空气稀释至最佳浓度。浓度在1~6g/m<sup>3</sup>时, 可采用催化氧化技术, 浓度在2~12g/m<sup>3</sup>时, 可采用热力氧化技术, 浓度低于1g/m<sup>3</sup>时, 一般采用低温等离子技术或者光催化技术。



目前由于国家对VOCs的控制要求越来越严, 排放指标达到毫克级别。通常单一技术无法满足要求。南京都乐在多年的VOCs治理工作中, 逐渐探索和掌握以“冷凝”为核心的多种治理技术组合的工艺, 保证治理效果。

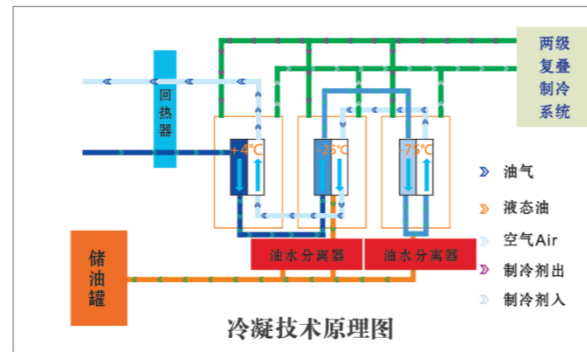
冷凝式VOCs回收引领者!



## 五、基础技术介绍

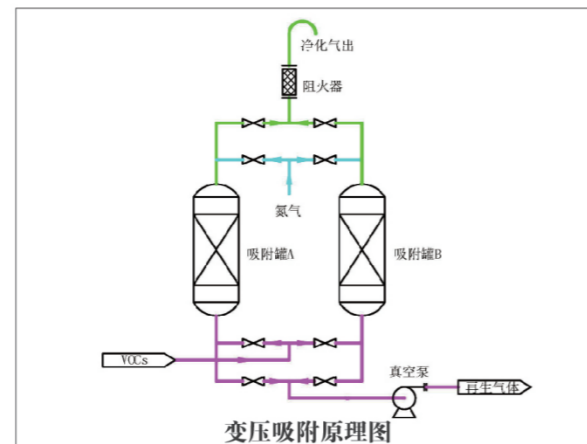
### (一) 冷凝技术

油气冷凝回收原理：利用VOCs气体中不同有机组分在不同温度下具有不同的饱和蒸汽压这一性质，通过制冷机组逐级降低系统温度，使油气中的一些烃类物质的蒸汽压达到过饱和状态，过饱和的蒸汽逐步冷凝成液态并加以收集，达到回收油品，净化气体的目的。采用多级冷凝技术，可通过三级冷凝将系统温度降到-75℃，通常使用在有机气体浓度较高场合，回收效果直观、工艺成熟。



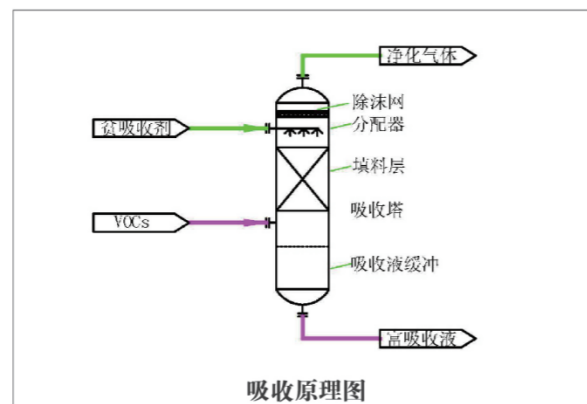
### (二) 吸附技术

吸附回收原理：利用VOCs气体中各组分与吸附材料间结合力强弱的差别，VOCs中的有机组分进入吸附剂的孔隙中被吸附下来。再通过变压或变温解吸，回收油气中的烃类的方法。



### (三) 吸收技术

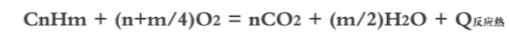
吸收原理：采用低挥发或不挥发液体为吸收剂，利用废气中各种组分在吸收剂中溶解度或化学反应特性的差异，使废气中的有害组分被吸收剂吸收，从而达到净化废气的目的。



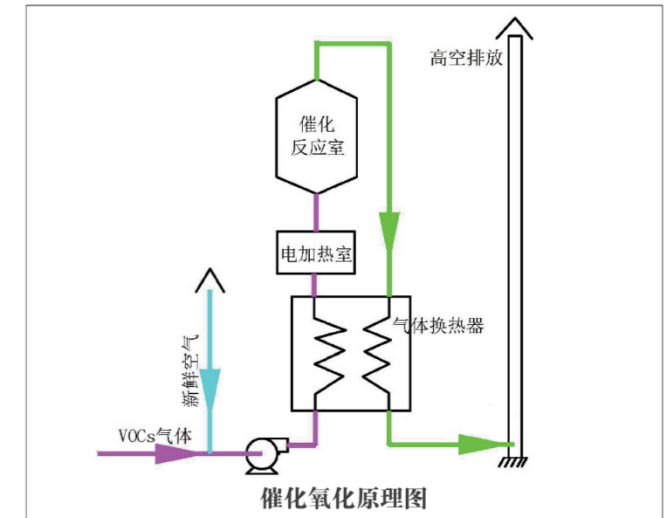
### (四) 催化氧化技术

催化氧化技术原理：在催化剂（Pt、Pd等重金属）的作用下，VOCs与O<sub>2</sub>在低温（200~400℃）下发生氧化反应，生成CO<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>O。

催化氧化反应方程式如下：

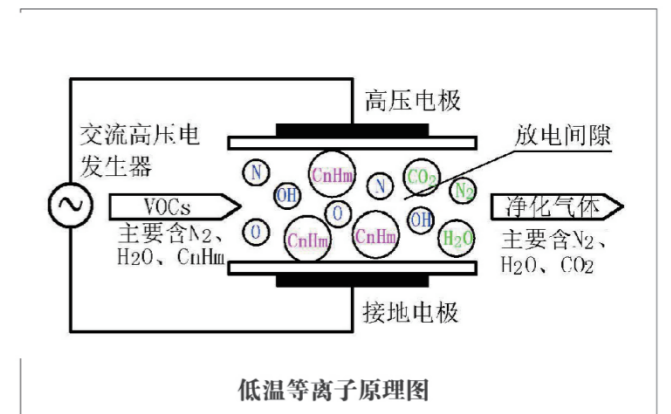


该技术相比较普通直接燃烧法处理VOCs气体，具有起燃温度低、设备运行安全可靠等优点。对于低浓度VOCs的处理并需要满足现行的国家排放标准要求，催化氧化处理技术是比较适合的一种处理技术。



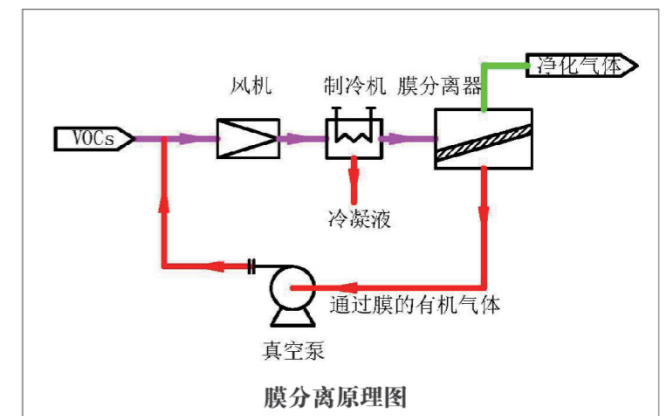
### (五) 低温等离子技术

低温等离子体是继固态、液态、气态之后的物质第四态，当外加电压达到气体的放电电压时，气体被击穿，产生包括电子、各种离子、原子和自由基在内的混合物。放电过程中虽然电子温度很高，但重粒子温度很低，整个体系呈现低温状态，所以称为低温等离子体。低温等离子体降解污染物是利用这些高能电子、自由基等活性粒子和废气中的污染物作用，使污染物分子在极短的时间内发生分解，并发生后续的各种反应以达到降解污染物的目的。



### (六) 膜分离技术

膜分离原理：混合气体中各组分在压力的推动下透过专用膜，依据多孔膜的微孔扩散机理和溶解-扩散机理，在膜的传递速率不同的情况下，达到分离目的。



冷凝式VOCs回收引领者!

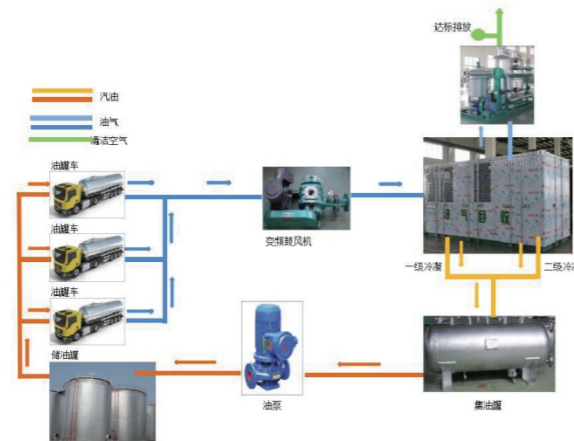


## 六、组合处理技术

### (一) 冷凝+吸附

南京都乐最早研发冷凝+吸附处理VOCs技术。公司生产的防爆油气回收机组系列，采用冷凝-吸附法将VOCs中的油气冷凝液化加以回收，并经过吸附段进一步变压吸收回收剩余部分烃类物质，以达到资源回收和达标排放的目的。

防爆油气回收机组系列可用于炼油厂、化工厂、油库、码头、加油站、装卸站、印刷行业等能够产生VOCs的广泛的领域。处理能力从2~10000m<sup>3</sup>/h，油气温度可达-75℃。



“冷凝+吸附”法油气回收流程示意图



冷凝+吸附（变压）工艺



冷凝+吸附（变温）工艺



冷凝（双路）+吸附（变压）工艺

### (二) 冷凝+吸收

南京都乐冷凝+吸收处理VOCs技术。采用冷凝法将VOCs中的有机气体冷凝液化加以回收，并经过吸收段进一步采用吸收剂回收剩余部分烃类物质，以达到无害化和资源化的目的。



### (三) 冷凝+催化氧化

南京都乐冷凝+催化氧化处理VOCs技术。采用冷凝法将VOCs中的有机气体冷凝液化加以回收，剩余低浓度VOCs气体进入催化氧化工段，在催化剂表面低温燃烧把VOCs分解为CO<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>O，以达到资源回收和达标排放的目的。



### (四) 吸附+吸收

南京都乐吸附+吸收处理VOCs。采用多种吸附剂将VOCs中的有机气体吸附后达标排放；采用真空解析再生吸附剂，解析出的高浓度有机气体利用吸收技术回收处理，吸收尾气再次进行吸附解析。



### (五) 冷凝+吸附+催化氧化

南京都乐冷凝+吸附+催化氧化处理VOCs技术。采用冷凝法将VOCs中的有机气体冷凝液化加以回收。在吸附段变压吸附解吸提浓VOCs气体返回冷凝段。剩余低浓度VOCs气体进入催化氧化工段，在催化剂表面低温燃烧把VOCs分解为CO<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>O，以达到无害化和资源化的目的。



### (六) 吸收+催化氧化

南京都乐吸收+催化氧化处理VOCs技术。采用柴油等吸收剂将VOCs中的大部分有机气体吸收至富吸收油中加以回收。可用制冷机降低吸收剂温度和提高吸收塔压力的方法提高吸收效率。剩余低浓度VOCs气体进入催化氧化工段，在催化剂表面低温燃烧把VOCs分解为CO<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>O，以达到资源回收和达标排放的目的。



冷凝式VOCs回收引领者!



## 七、主要参数表

### 1、冷凝+吸附机组选型参数表

规格型号	BMCVR 50	BMCVR 100	BMCVR 200	BMCVR 300	BMCVR 400	BMCVR 500	BMCVR 600	BMCVR 700
处理能力 m <sup>3</sup> /h	50	100	200	300	400	500	600	700
机组启停压力 (Pa)	500/50							
电源形式	380V, 50Hz,三相五相制							
防爆等级	Exdibmb II B T4 Gb							
机组功率 (KW)	14.6	21.7	27.9	44.3	60.9	76.5	86	109.5
配电功率 (KW)	18	26	33	53	73	92	103	131
进气接管	DN150	DN150	DN150	DN200	DN200	DN250	DN250	DN250
输油管	DN25	DN25	DN25	DN25	DN25	DN25	DN32	DN32
0.4~0.6MPa气源接管	DN25	DN25	DN25	DN25	DN25	DN25	DN25	DN25
补水管	/	/	/	/	/	/	/	DN25
长 mm	4300	5725	5725	6700	9045	10020	10020	10790
宽 mm	2200	2200	2200	2200	2300	2300	2300	2300
高 mm	2500	2500	2630	2630	2820	2820	2820	2820
排空 mm	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
机组重量 kg	5000	6500	7000	7500	8000	8500	9000	10000

规格型号	BMCVR 800	BMCVR 900	BMCVR 1000	BMCVR 1100	BMCVR 1200	BMCVR 1500	BMCVR 1800	BMCVR 2000
处理能力 m <sup>3</sup> /h	800	900	1000	1100	1200	1500	1800	2000
机组启停压力 (Pa)	500/50							
电源形式	380V, 50Hz,三相五相制							
防爆等级	Exdibmb II B T4 Gb							
机组功率 (KW)	122.6	128.9	151.9	155.6	167.5	197.8	208.3	210.2
配电功率 (KW)	147	155	182	187	201	237	250	252
进气接管	DN300	DN300	DN300	DN350	DN350	DN350	DN350	DN350
输油管	DN32	DN32	DN32	DN32	DN32	DN40	DN40	DN40
0.4~0.6MPa气源接管	DN25	DN25	DN25	DN25	DN25	DN25	DN25	DN25
补水管	DN25	DN25	DN25	DN25	DN25	DN25	DN25	DN25
长 mm	14340	14340	15220	15220	15990	18325	19270	20665
宽 mm	2550	2550	2550	2550	2550	2800	2800	2800
高 mm	3000	3000	3000	3000	3000	3200	3200	3200
排空 mm	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
机组重量 kg	12000	13000	14000	15000	16000	18000	19000	20000

### 2、催化氧化机组选型参数表

规格型号	DLCO 200	DLCO 500	DLCO 1000	DLCO 2000	DLCO 3000	DLCO 5000	DLCO 6000	DLCO 8000	DLCO 10000	DLCO 15000	DLCO 20000
处理能力 m <sup>3</sup> /h	200	500	1000	2000	3000	5000	6000	8000	10000	15000	20000
进气浓度 mg/m <sup>3</sup>	1000~6000										
电源形式	380V, 50Hz,三相五相制										
电加热 kW	24	36	54	78	90	108	120	144	180	228	276
风机功率 kW	1.5	2.2	3	4	5.5	7.5	7.5	11	18.5	18.5	22
机组功率 kW	25.5	38.2	57	82	95.5	115.5	127.5	155	198.5	246.5	298
进气接管	DN125	DN200	DN250	DN300	DN400	DN500	DN600	DN700	DN800	DN900	DN1000
长 mm	3500	4000	4500	5000	6300	8000	8700	9300	10500	14000	17000
宽 mm	2030	2030	2130	2230	2230	2630	2630	2630	2830	2830	2830
高 mm	2000	2200	2200	2400	2400	2400	2500	2500	2500	2500	2500
机组重量 kg	1100	2200	3700	4500	5500	7000	7800	9000	10300	13500	15500

### 3、装车油品挥发混合气的组分及损耗参数表

混合气体成分及浓度参数值									
成分	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	
体积浓度 %	0.68	1.24	1.70	19.9	10.78	50.60	13.20	1.90	

油品为汽油, 密度720kg/m <sup>3</sup> ,装车油品挥发损耗测算结果表						
装车方式	装车重量 (t)	排气速率 (m/min)	排气体积 (m <sup>3</sup> )	挥发损耗量 (kg)	挥发损耗量 (‰)	油气浓度 (g/m <sup>3</sup> )
大鹤管液下密封	43.27	344	65.44	55.69	1.29	851.08
	42.71	376	67.06	77.40	1.81	1220.40
	34.81	321	51.20	64.31	1.85	1343.13
	42.54	326	69.69	88.31	12.08	1330.24
	43.11	325	66.10	93.01	2.15	1477.26
油气浓度: 850 ~ 1480 g/m <sup>3</sup>						
单次装载挥发浓度损耗率: 1.29 ~ 2.15‰						

## 八、运行经济分析

以BMCVR400为例, 按工业用电1.2元/度计算, 机组运行费用为61.70kWx1h x 1.2元/度=74.04元/h, 回收油品为(进气浓度 - 排放浓度) x 油气流量=(1100 - 20)(g/m<sup>3</sup>) x 400m<sup>3</sup>/h=432000g/h=432kg/h, 油价按8.2元/kg计算, 回收金额为3542元/h, 单位耗电油品回收率为3542元/74.08元=47.84倍, 即每耗一元电费可回收汽油价值47.84元, 经济效益极其明显。



冷凝式VOC<sub>2</sub>回收引领者!

八、工程案例



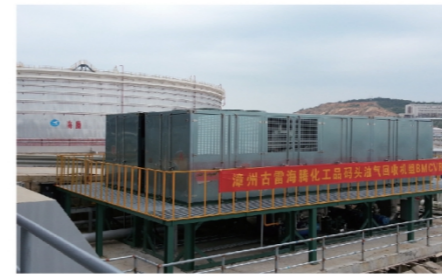
大连西太平洋



南京清江码头



中石化胜利油田



古雷海腾码头



浙江海越



张家港长江国际



天津临港



天津中石化



山东汇丰石化



延长管输



一德码头



山东瑞林



延安石化



中石化茂名石化



中石油锦西石化



中海油珠海化工



上海金山石化



榆林炼油厂

冷媒式VOCs回收新设备!

