RASCHKA

NEWSLETTER

2015 年 12 月

尾气处理系统设计

在化工、医药和石化行业的生产中，往往会产生大量尾气。这些尾气种类繁多，温度、流量、物性等情况各不一样，通常还伴随有高毒性、高腐蚀性及难闻气味等特点，很难找到一种固定或统一的方式解决不同尾气排放的问题。若直接排放或危害物质去除不彻底，将对环境和人员安全造成威胁，因此选择一种恰当的尾气处理方法尤为重要。

其实在很多情况下，尾气中的有机溶剂是可以适当回收的，但由于制药 GMP 的限制，往往这种经济的想法不能得到实现。若直接通过焚烧方式处理，虽然简单，却并不经济，因此可以说尾气处理并无一标准的办法，针对每个问题都需要从环保性和经济性双从分析和考虑。只有当尾气焚烧结合烟气处理，采用合适的工艺和设备，则可以在降低尾气有害物质排放的同时回收部分能源和原料，既环保又可节省相当可观的生产成本。

可靠的尾气处理系统需要在设计时就考虑到多方面的因素，环保法规研究、尾气成分分析、工艺条件设置、风险分析等，都是一个成熟有效的尾气系统设计所必须的环节。

尾气系统设计人员的资历也是至关重要的一环。由于尾气系统的设计涉及多个专业如法规、化学、机械、自控等，需各专业紧密配合，才能圆满完成任务。因此，对于一个有效可靠的尾气处理系统来说，**设计人员的专业知识、过往经验**以及**团队合作能力**，都将对系统的最终效果起到决定性的作用。同时选择**正确的设备**和**可靠的供应商**也必不可少。

法律法规要求

随着各国对环保的要求逐渐提高，相应的法律法规也变得越来越严格。中国从 1997 年 1 月 1 日起执行严格的有害气体排放标准。各省市的标准也在不断增高，以广东省为例，从 2002 年 1 月 1 日起执行更为严格的有害气体排放标准。下表给出了新旧标准在各类典型有害气体的排放达标含量的对比：

	GD 省标-第一时段（Before 2002.01.01）			GD 省标-第二时段（After 2002.01.01）		
	最高允许排放速率（Kg/h）			最高允许排放速率（Kg/h）		
废气种类	一级	二级	三级	一级	二级	三级
SO_2 二氧化硫	2.2	4.3	6.6	禁	3.6	5.4
NOx 氮氧化物	0.65	1.3	2	禁	1	1.6
HCl 氯化氢	禁	0.43	0.65	禁	0.36	0.54
Methanol 甲醇	禁	8.6	13	禁	7	10
Xylene 二甲苯	禁	1.7	2.6	禁	1.4	2.2

由广东省新旧排放要求的对比可以看出环境法规的实施在中国正变得越来越严厉。除了不同级别的环境影响评估（EIA），所有新建项目还要求提供独立的项目 EIA 供政府审批。这说明尾气及废物处理的设计正受到政府越来越高的关注，尤其针对石化、化工和医药企业。因为项目 EIA 的原因，已知不少项目因此未获审批而搁浅。除此以外，多个化工企业因排放的有害气体超标而受到处罚，包括数月的停产，对企业造成了严重的影响和损失。

尾气特性及危险等级划分

在进行尾气处理系统设计时，首先必须分析考虑的是尾气特性，可列出可能的尾气成分清单，包括各种主、副产品，正常操作条件下的产量、峰值产量、气体温度、所含杂质及其状态，例如尘、烟、气溶胶、挥发物、升华物等，以及现场情况、系统距离、高度等。

如下图所示的尾气成分矩阵(Component Cross Matrix)可以简单明了的表示出各类气体相互混合时的危险性，并以此为基础，结合尾气的各种状态和工况，确定尾气输送管道内、外的爆炸危险性等级以确定其设备所需的合格证明，屋面紧急排放口与点火源的安全距离/非正常工作区/周围情况，以及尾气收集和输送系统对潜在火种如焚烧炉、风机马达、雷击、静电火花等的防爆措施。

对于高风险的成分和工况的尾气，其处理系统的任何一处不恰当设计和运行将有可能带来严重的事故后果。因此对尾气系统进行设计时需非常谨慎，必须通过有效可靠的风险分析及各种手段以确保尾气系统设计建造的有效性和可靠性。

以下尾气成分矩阵或许能为您在判断不同化学物质混合时是否发生危险反应提供帮助

	Chem.化学物质	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Acetone 丙酮		–	–	–	–	(+)	–	(+)	+	–	–	+	–	+	–	(+)
2	Ethanol 乙醇			–	–	–	(+)	–	–	(+)	–	–	+	–	–	–	(+)
3	THF 四氢呋喃				–	–	–	–	–	–	–	–	+	–	(+)	–	–
4	Water 水					–	(+)	–	–	(+)	–	–	–	–	(+)	(+)	(+)
5	Phenol 苯酚						–	–	(+)	(+)	–	–	(+)	–	–	–	(+)
6	Chloracetone 氯丙酮							–	+	+	–	–	+	–	(+)	(+)	+
7	Hydrogen 氢								–	–	–	–	+	–	(+)	(+)	–
8	Amine 胺									(+)	–	–	+	–	+	+	+
9	NaOH 氢氧化钠										–	–	+	(+)	+	+	(+)
10	NaCl 氯化钠											–	(+)	–	–	–	–
11	Sodium Sulfate 硫酸钠												(+)	–	+	–	–
12	Nitric Acid 硝酸													–	+	+	+
13	PEG 聚乙二醇														(+)	(+)	(+)
14	HCl 氯化氢															(+)	+
15	Sulfuric Acid 硫酸																+
16	$CaCO_3$ 碳酸钙																

\+ Dangerous product combination 危险的产品组合

(+) Desired or harmless interactions under reaction conditions 无害反应

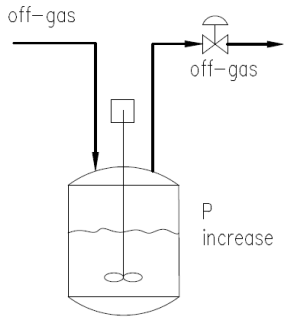
\- Mutual inert behavior 相互惰性

尾气系统设计

龙沙工程多年来为龙沙各地的工厂进行设计和建造，我们愿在以下几个方面与大家分享龙沙工程在尾气处理系统设计中的观点与实例。

尾气释放情况

任何工艺单元排放出的气体或蒸发物均视为尾气，多数情况下由于尾气量少或无危害性物质而可以直接排向大气，其余情况则要根据国家和地方法规、公司标准对尾气进行收集和处理。



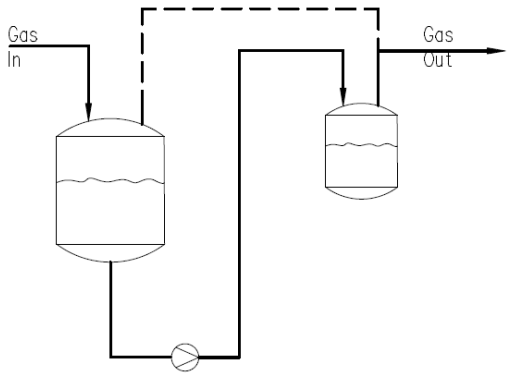
减少尾气产量

减少尾气产量是在尾气处理中最行之有效的方式，也是最经济的途径，可有效降低对于后期的尾气处理和输送系统的投资。

- 平衡/重吸收

尾气的循环和重吸收对于提高产率，减少废气量，通常是最直接有效的途径。

但在设计时也应该考虑产品交叉污染的风险和预防措施，并且需要考虑足够的设计灵活性以满足循环的目的。



- 冷凝或二段冷凝

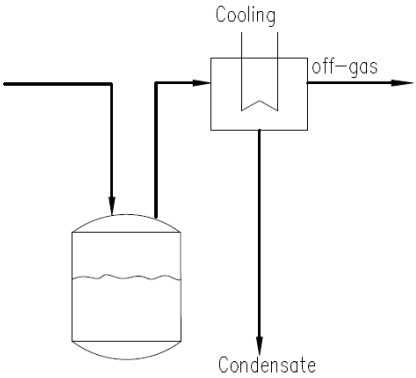
把挥发性气体尽可能冷凝，以减少原料损失，可达到以下三个目的：

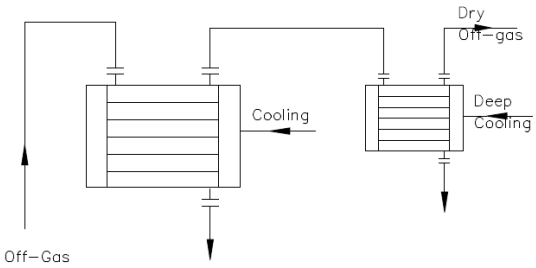
环保

经济（回收利用）

低投资

也可以采用二段冷凝器，将溶剂蒸汽分离并循环利用。





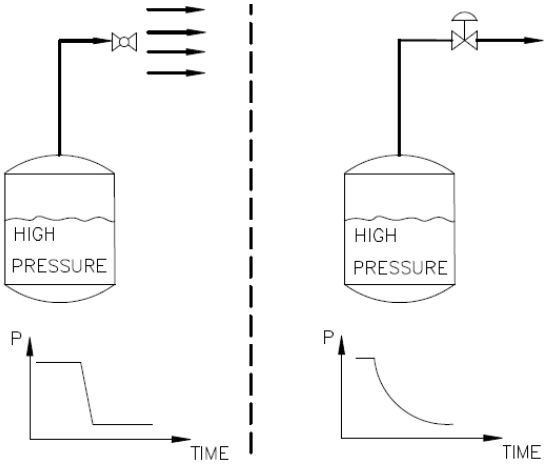
- 泄压

如右图所示，尾气泄放需避免突然释放的情况，以防止其产生瞬时高压和高流量，应采取可行的方法在较长时间内控制尾气匀速释放。除此以外，还应考虑和注意：

屋面紧急排放

受异味气体侵扰

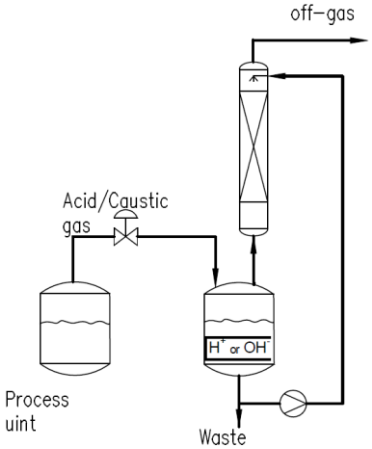
尾气系统过于设计

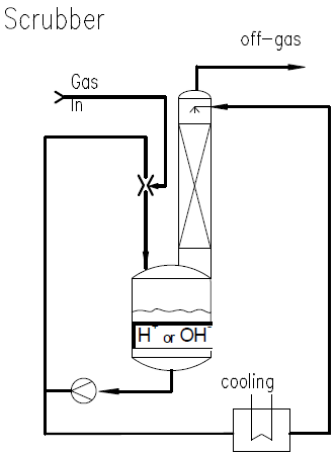


尾气处理过程

对于大多数运行工厂来说，在现有设施的基础上进行升级改造，是解决尾气问题最迫切的需要。这时需要先从差距分析开始，即明确工厂现有工况，确定改造目标和其中存在的差距。通过现场测量等方式向现有的尾气处理工艺提出质疑，并改变员工的不良操作习惯。找出确实需要尾气收集与处理的单元和工艺环节，以避免过度设计。精准找到泄露源和尾气释放点，如开放式操作、非密封性设备等，以确定更加经济的改造处理方式。以下为常见尾气处理过程，可结合工厂的实际情况综合考虑。

- 吸收水洗





酸或碱性尾气可导致有害的放热反应，从而出现沉淀和放热，压力升高甚至爆炸。因此，必须识别相关的潜在风险，把酸、碱性尾气综合后再送至收集系统。

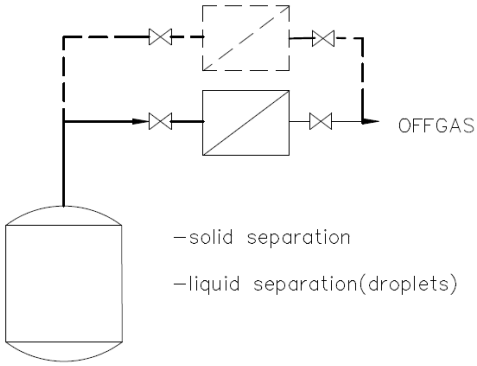
采用多级多效吸收单元，具有以下特点：可有效提高吸收效率，尾气仅需很小压力，湍流可致使更好的物质交换，高流量，但需要高投入高能耗。

上图照片为龙沙工厂的大规模二级尾气洗涤单元。

- 额外分离

对于含尘的尾气，应该在产尘处首先进行除尘处理，以免进入输送管道。需要考虑冗余设计，以使连续释放的尾气可进行不间断处理。

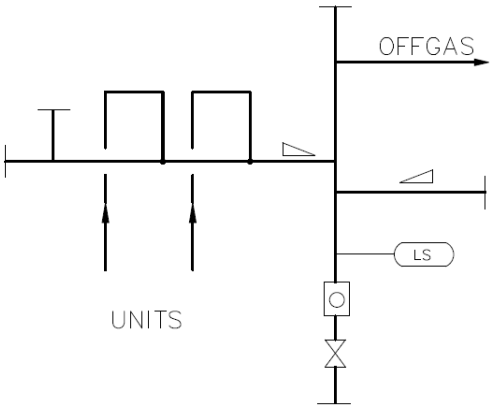
对于含液（如悬浮微粒、小液滴）的尾气，也于此类似，可采用筛网，旋风分离器等除夜装置进行分离。



尾气系统设计

尾气收集和输送系统设计的主要考虑因素有：

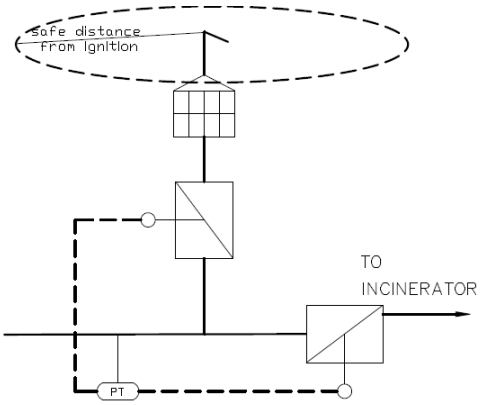
洁净能力（Cleanability）
排空能力（Drainability）
防溢流（Overfill Protection）
结露指示（Liquid Indication）
交叉污染（Cross Contamination）
灵活性（Flexibility）



以下为拉斯卡工程的一些实际案例：

低位液体检测点

支管–主管连接
尾气支管从主管上部接入，以防尾气从主管回流引发交叉污染



屋面/紧急排放口

用于收集管道过压时排放，以免发生爆管和无控制泄放：

紧急排放口设置处应远离火源（安全）及日常操作地点（健康）

仅允许在特殊、非正常情况下排放（环保）

需安装可防止持续燃烧的阻火器

屋面排放输送管线分支

水封式阻火器

优点：

可防止交叉污染

对尾气有洗涤效果

原理显而易见

对于水封式阻火器的安装，通常需要当地有资质的设计，选型和建造适合工艺需要，并需要经发证者的检查和批准。

尾气冷凝

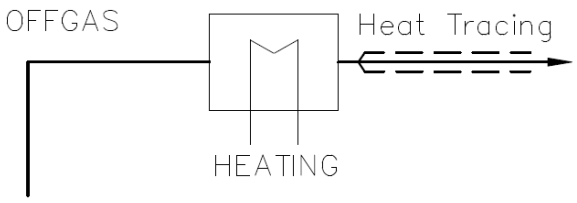
尾气出现冷凝，会对输送管道产生严重的影响：

腐蚀损坏管道

反应损坏管道

导致管道堵塞、高压降、低流速

针对尾气可能出现的冷凝，可采用加热伴热措施，可预防长管线因寒冷而结露。伴热方式通常有电伴热和水/汽伴热等。

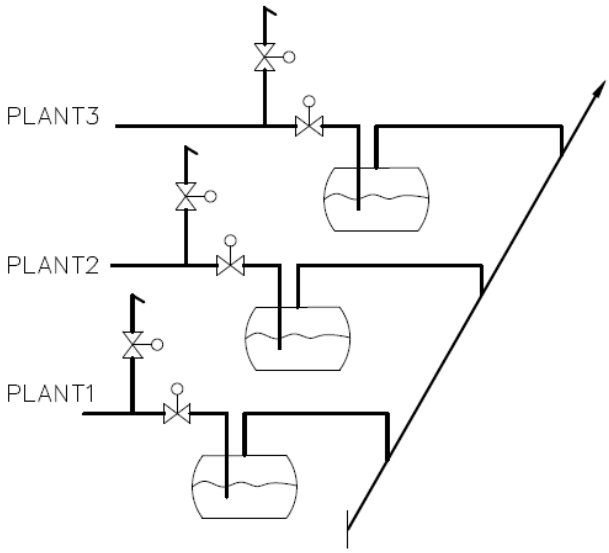


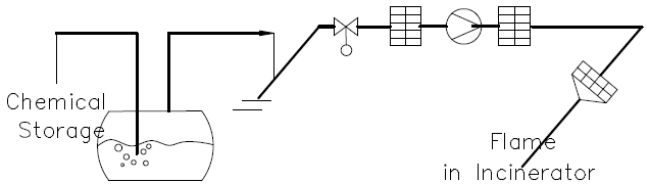
尾气输送管线设计

尾气输送管线在尾气系统中主要用收集并传送不同的尾气（支管、总管），在设计时需考虑预防回流和交叉污染。

对于尾气输送管道保护的设计，通常有以下三种独立保护形式：

回火保护 – 适用于稳定火源如燃烧炉内
防爆保护 – 适用于火花来源如风机处
火焰扩散保护 – 适用于大量易燃易爆化学品储存处

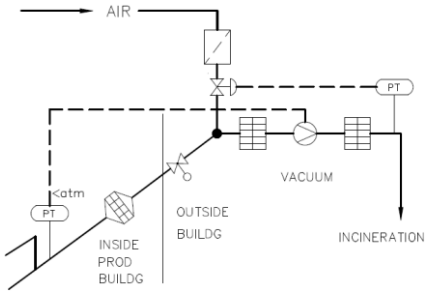




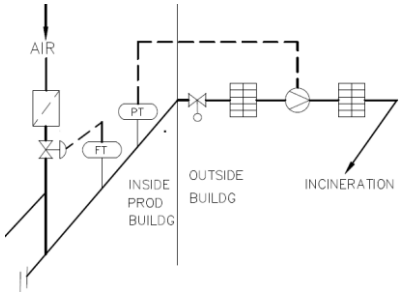
防爆需求考虑

预防爆炸有三种不同的方法：
减少空气
引入空气并稀释
避免接触火源

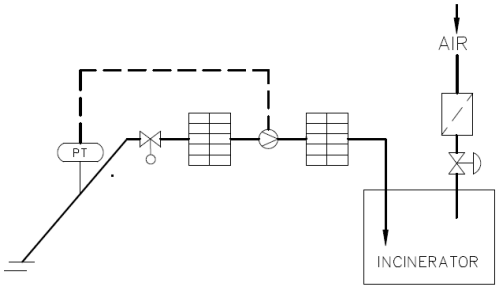
在为期输送系统中，风机是潜在着火源需特别防护，并应尽可能将爆炸或火灾限制在最小空间内以防止火焰进入输送管道。下图为一些典型的尾气稀释设计：



在风机前加入助燃空气



在系统总管前加入助燃空气

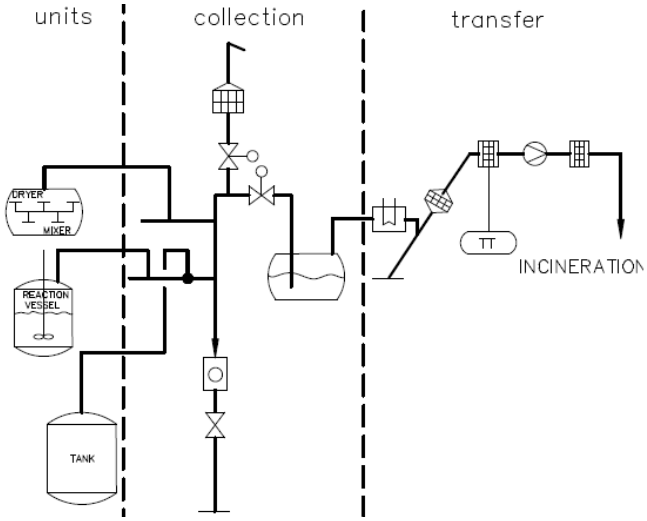


直接在焚烧处加入助燃空气

作为化工和制药行业生产企业，需要特别关注尾气排放，确保其符合法规要求，以获得人员安全、职业健康和环境保护方面的良好绩效。

就尾气处理系统而言，在项目初期就应该安排适当的资源和人选介入，参与可行性研究、设计、风险分析、安装、直到生产运行。

具有十多年中国本土制药和化工行业项目建设经验的拉斯卡工程，采用西方先进理念和技术，结合中国市场的制造本土化，随时可为客户提供尾气系统设计、安装、改造、运行等方面的咨询与协助。



拉斯卡工程可以为您提供如下服务：

- 尾气处理系统及工艺咨询和设计
- 现有厂房尾气系统的改造和扩建
- 对现行尾气系统的评估分析
- 风险分析指导
- 对在役监控系统的确认和验证
- 持续改进和优化

欢迎来电来函垂询，我们的专家团队将竭诚为您提供专业的支持与服务，并分享我们在尾气处理系统方面的经验。

关于拉斯卡工程提供的更多服务，敬请浏览我司网站：http: //www.lonza.com/engineering

拉斯卡工程有限公司

位于瑞士利斯塔尔的拉斯卡工程（原名龙沙工程），及其全资子公司广州拉斯卡工程咨询有限公司，更名后的公司新名称体现了其知名的拉斯卡流化床焚烧技术。公司由一支专业、资深、高效的高素质人才队伍组成，致力于为客户提供涵盖工程咨询、项目管理、设计、采购及施工管理、验证、维修以及废弃物处理等方面的综合服务。拉斯卡工程在中国拥有 20 年的成功的项目管理经验，这使得我们成为化工、医药以及生物制药工业领域的最佳合作伙伴。

在过去的 20 多年里，拉斯卡工程已经成功完成了多个复杂的工程项目，这些高难度项目包括食品和饲料添加剂的连续化生产工厂、活性医药成分（API）工厂，以及废气和废液的处理设施等。我们将一如既往地以合理的工期、优异的质量、专业的服务和高度的社会责任感，为业务提供良好的服务。

联系我们

拉斯卡工程有限公司
Dachsweg 12 CH-4410 Liestal，瑞士
电话： +41 61 534 9913
or +41 79 750 9845
电邮： info@raschka-eng.com
网站： http://www.raschka-engineering.com

广州拉斯卡工程咨询有限公司
中国广东省广州市海珠区广州大道南 898 号
和平商务中心南塔 401 室 510305
电话： +86 20 8966 4288
传真： +86 20 8966 4278
电邮： info@raschka-eng.com
网站： http://www.raschka-engineering.com