

最经济地实现冶炼及硫酸工厂的低排放

美国孟莫克公司 王勇

【摘要】使用孟莫克®硫酸催化剂，以达到硫酸装置的低尾排，已经得到证实。动力波®尾气吸收系统能根据装置实际需要设计不同的吸收剂并且有效的利用副产物，稳定高效经济的运行，满足日趋严格的环保要求。孟莫克结合硫酸经验，针对硫酸装置的实际情况，提出了最经济的解决低尾排的方案。

【关键词】硫酸装置 孟莫克®催化剂 DynaWave®动力波®洗涤系统 减排

为满足硫酸装置二氧化硫新的排放标准，各硫酸装置已经或者正在积极改造其装置以期在国家规定的最后期限之前，做到达标排放。总体上讲，实现达标排放有两种技术选择，一是在硫酸装置后面增设尾吸装置，二是优化催化剂装填方案。如何最经济地降低硫酸工厂的排放？已经成为每一个硫酸装置面临的迫切需要解决的问题。

1. 催化剂路线

硫酸催化剂作为硫酸装置的“心脏”，承担着降低二氧化硫排放的主要任务。这也对硫酸催化剂的要求越来越高。当前，对于硫酸催化剂的技术开发有以下特点：

- (1) 注重催化剂的热稳定性，能够在 635 °C 的工况下，稳定长周期的运行，同时保持低的筛分损失，降低工厂的操作成本；
- (2) 开发高活性的催化剂，提高装置的SO₂转化率，降低排放，减少对环境的污染；
- (3) 合理的装填方案，最大限度地利用催化剂的活性；
- (4) 提供催化剂全面技术服务，为装置的长期，稳定，安全，优良地运行，提供帮助。

在过去 80 多年中，作为全球硫酸技术和装备的领先者，孟莫克公司一直致力于完善和提 升高性能种类齐全的催化剂产品，到目前为止，全球超过 1000 套硫酸装置使用孟莫克®MECS®催化剂。孟莫克®催化剂的品质表现在其活性、压降、使用寿命和强度等特性上。同时，孟莫克公司一直致力于其研究和发展以将这些性能特性予以平衡和优化。孟莫克公司不但追求很高的活性，而且还可以保有催化剂强度，达到延长催化剂的过筛周期的目的。

孟莫克公司发展和完善了五大系列十种产品的硫酸催化剂：

- 1、六棱环状 XLP 系列催化剂 XLP110
- 2、环形 LP/TD 系列催化剂 LP110/LP310/TD750
- 3、柱形 T 系列催化剂 T11
- 4、铯增强型催化剂 XCS120 /CS110/ SCX2000
- 5、新型 GEAR 系列催化剂 GR330/GR310

在孟莫克®催化剂的实际应用中，产品的选择取决于转化器中催化剂床层的压降。

图 1 表示了新孟莫克®硫酸催化剂的几种形状。



图 1 孟莫克®硫酸催化剂的几种形状

(自左至右为：13mm GEARTM 六楞纹，12mm XLP 六棱纹，10mm 环，6mm 柱)

孟莫克®催化剂实现硫酸工厂的低尾排，已经在中国的硫酸装置得到证实，目前中国有 24 个硫酸工厂正在使用孟莫克®催化剂达到低尾排。中国的用户得益于孟莫克®催化剂，顺利地达到低尾排的环保要求。硫酸催化剂在低尾排工厂的运行是受到各种条件制约的。例如：为达到 100ppm 的排放，“细节”非常关键，只有很小的空间可以“犯错”，主要受到平衡转化率的限制，转化各段必须很接近平衡转化率。为达到此要求，你必须：

- 精确的温度控制
- 良好的气体分布
- 压力降保持在适当水平
- 没有换热器的泄漏
- 高性能的催化剂

在硫酸工厂的运行中，为达到长期低尾排的目标，装置的维护和催化剂的定时筛分替换就显得尤为重要，特别是一些冶炼烟气制酸和硫铁矿制酸，由于原料的变化，净化系统的操作等等因素的影响，会造成尾排超标，承受一定的环保压力。在这种情况下，尾洗方案就成为一个当然的选择。

2. 动力波® DynaWave®尾气吸收路线

动力波® DynaWave® 逆喷洗涤系统是孟莫克公司的专有技术，用于复杂烟气处理的单元操作技术，它能在一个进料管内同时完成烟气急冷，脱除酸性气体，脱除粉尘三个功能，自上世纪 70 年代以来，孟莫克公司已经在世界范围内建造了 300 余套装置。图 1 为其原理示意图。来自硫酸的含污染物的烟气自上而下进入直桶型的逆

喷管中，而吸收液自下而上喷射与气体逆向接触，由于气液动量平衡原理形成均一的湍动的反应区域，形象地称为泡沫区，在此区域实现烟气急冷，酸性气体脱除，杂质粉尘脱除的功能。初步的气液分离在塔内进行，然后再通过一组高效除雾器，除去夹带的微小液滴，清洁的烟气从上部的烟囱排出。

孟莫克公司动力波® DynaWave®逆喷系统的核心为泡沫区的吸收，它是由吸收液与烟气逆向接触，使二者达到动量平衡，从而形成泡沫区。泡沫区是一个激烈湍动的、气-液逆向碰撞的、液体表面快速更新的气液混合区域，在这个区域里最大限度地实现了高效传质和传热过程，吸收液的湍动膜包裹了烟气中的杂质，使其体积增大利于从烟气中分离；又由于吸收液中的水分不断蒸发，气体被冷却近绝热饱和温度，温度的降低又减小了气相中酸性气体的平衡分压，促使酸性气体连续不断地和吸收液反应，实现了急冷，酸性气吸收，杂质脱除的三大功效。逆喷头是大孔径专利设计，其直径最大可达 16’，采用耐磨的碳化硅材料制成，使逆喷塔能处理含固量高，或污脏，粘稠的循环吸收液。这种设计不但解决了尾气处理行业里常见的喷头堵塞失效的问题，而且减少了近一半的排污处理量，得到良好的经济效益。对泡沫区的设计，必须要采用合适的液气比，气体流速以及逆喷头的压力。

正是由于采用了孟莫克公司大口径的喷头，所以对处理硫酸装置的含硫烟气，动力波逆喷洗涤塔通常只需要个位数的喷头即可，而常规的喷淋塔设计往往需要几十个甚至上百个的喷头，这不仅节省了能耗，而且管道系统也大大优化。因此可以概括地说动力波逆喷洗涤设计是一项简单高效工业化很高的尾气处理技术。

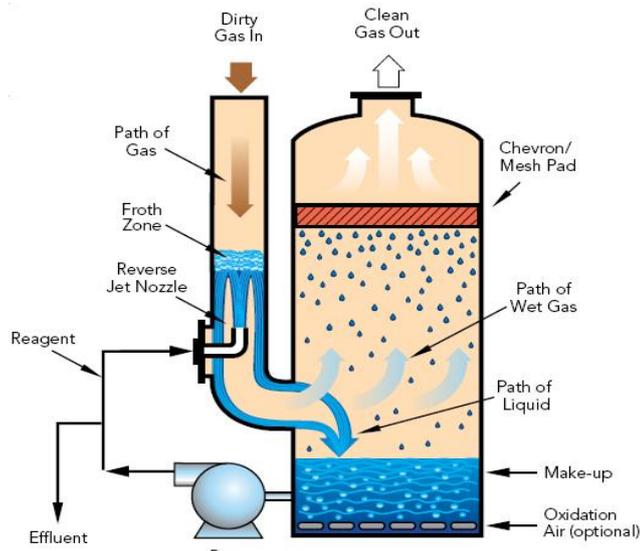


图 1 动力波® DynaWave®逆喷塔系统原理示意图

MECS公司动力波®DynaWave®尾气处理系统可以根据业主实际情况及现场装置的需要使用不同的吸收剂，孟莫克公司提供动力波碱法吸收系统，动力波氨法吸收

系统，动力波双氧水法吸收系统，动力波氧化锌吸收系统及氧化镁，石灰石等吸收系统来适应不同的硫酸及冶炼装置，并且能提供其性能保证远低于国家环保要求，其限值可达到SO₂出口小于 50mg/nm³，即使在在开车初期SO₂的浓度很高时，也能保证出口SO₂浓度 400mg/Nm³以下，这是目前常规尾气处理技术很难做到的。另外孟莫克公司的动力波®尾气吸收系统自动化程度高，能在保证最佳吸收效果的同时精确的控制消耗的吸收剂及出口的氨，酸雾的排放，避免二次污染。以下是孟莫克公司动力波®尾气处理系统采用不同吸收剂的工艺对比：

表一 孟莫克公司动力波不同吸收剂尾气处理系统比较

	吸收剂	副产物	总投资	运行费用	适用
动力波碱法	碱液或废碱	硫酸钠（回到氟硅酸钠）	低	高（碱液） 低（废碱）	碱液自产或有氟硅酸钠车间
动力波氨法	氨水	硫酸铵（回到硫铵车间）	中	中	化肥装置或能接受硫酸铵
动力波双氧水法	双氧水	稀酸（回到硫酸装置）	中	低	任何硫酸装置
动力波氧化锌法	氧化锌或次氧化锌	硫酸锌或亚硫酸锌（回到主装置）	中	低	铅锌冶炼及制酸装置
动力波氧化镁法	氧化镁	硫酸镁（回到主装置或销售）	中	中	能接受硫酸镁或销售
动力波石灰石法	石灰或石灰石或电石渣	石膏	高	低	冶炼厂及有电石渣副产物

2.1 孟莫克公司动力波®双氧水尾气吸收系统

动力波®双氧水烟气净化系统是孟莫克公司开发的适用于硫酸新环保标准的尾气处理专有技术，目前在国外已有多套运行业绩，对于双氧水烟气洗涤系统，动力波烟气洗涤技术采用双氧水作为吸收剂来脱除硫酸尾气中的二氧化硫。由于双氧水有其特殊的化学特点，易分解且浓度高时易爆炸，当双氧水在加入到塔内或者循环管线上会发生强烈的放热反应，而且由于其强氧化性因此在系统中材质的选择上需要特别注意，因此这些都是在设计时需要特别考虑的因素，从而保证系统的稳定安全操作，如果动力波系统没有这些设计及控制，系统运行起来是非常危险的。孟莫克公司动力波®系统运行时首先将一定浓度的双氧水和工艺水通过逆喷循环泵提升至

动力波大喷头中将烟气急冷，吸收剂双氧水在逆喷管中和含有二氧化硫的硫酸尾气逆向接触形成泡沫区，利用双氧水与二氧化硫的反应，将其以稀硫酸的形式除去，稀硫酸排液泵将稀硫酸排出进入稀硫酸贮槽，然后通过稀硫酸输送泵返回业主制酸系统中进行回用，没有副产物产生。其化学反应原理如下：



采用双氧水作为吸收剂进行吸收二氧化硫，生成的稀硫酸直接返回业主制酸系统进行回用，整个工艺过程大大节省了吸收后副产物的处理成本，减轻了排污负担，还能创造一定的经济效益。

3. 实例分析：孟莫克公司的解决方案-催化剂路线及动力波尾气吸收

所有硫酸装置都有针对该具体装置特定的首选二氧化硫的减排工艺，虽然有几种潜在的方案可供使用，但对所有装置来说只会有一种是最优解决方案。装置所有者可以根据以下几个因素决定选择哪种解决方案：增加硫酸产量的要求、当地环保法规、洗涤剂成本和供应情况、投资和运行成本分析。

以国内某 30 万吨硫磺制酸装置实例，采用了孟莫克®催化剂及孟莫克公司动力波®尾吸系统，

装置实际运行情况：

序号	项目		装置 I
1	装置产量	平均	900
2	吨酸每天	最大	930
3	转化率 %		99.77
4	尾气流量 Nm ³ /h		80000
5	尾气中SO ₂ 的浓度 PPM		300 ppm
6	SO ₂ 排放 吨/年		549

孟莫克公司尾吸方案（双氧水法）和催化剂方案的对比：

序号	项目	动力波®双氧水尾吸系统方案	催化剂方案
1	脱硫效率 %	95	
2	SO ₂ 排放 mg/nm ³	70	400
3	设备寿命 年	30	
4	SO ₂ 排放降低 吨/年	468	200
5	副产物稀硫酸吨/年（折合 100%硫酸）	774	
6	增加的酸产量 吨		330

以下孟莫克公司尾吸方案（动力波双氧水法）和催化剂方案的投资对比：以动力波®双氧水尾吸系统方案总投资为基准，

序号	项目	动力波®双氧水尾吸系统方案	催化剂方案
1	总投资	1	0.77
2	操作成本 /年	0.12	0.19
3	额外收益 /年	0.035	0.068

孟莫克公司经过对装置进行评估，结合孟莫克公司专有的PeGASyS®（派盖斯®）测试测试，根据科学的计算，经过和业主沟通，采用尾吸和催化剂相结合的方案。将装置的转化率设定为 99.85%，二氧化硫尾排控制在 200 ppm，同时安装动力波®尾吸装置，达到尾气排放为 70mg/Nm³，投资的明细如下：

序号	项目	动力波®双氧水尾吸装置	催化剂
1	投资	0.95	0.31
2	操作成本 /年	0.07	0.023
3	额外收益 /年	0.023	0.049

三种方案的五年投资和运行及收益综合对比：

序号	项目	动力波®双氧水尾吸装置	催化剂	动力波洗涤器加催化剂
1	投资	1	0.76	1.28
2	一年以后	1.084	0.847	1.307
3	二年以后	1.168	0.932	1.316
4	三年以后	1.251	1.016	1.340
5	四年以后	1.336	1.100	1.365
6	五年以后	1.419	1.185	1.390

我们可以看到在这个案例中，在装置长期运行时，使用孟莫克®催化剂将转化率调整为 99.85%，同时设置孟莫克公司动力波®洗涤器保证硫酸装置在开停车及正常操作中长期低尾排达标运行，且尾排一直保证在排放SO₂ 70mg/nm³时，此组合方案是最优化方案。

4. 总结

- (1) 孟莫克®催化剂可以有效的降低硫酸装置的尾排，并达到环保要求。
- (2) 孟莫克公司动力波®尾气吸收系统适用于环保要求低，且需要满足将来越来越苛刻的环保标准的装置。动力波尾气吸收装置SO₂吸收效率高，操作弹性大，在硫

酸或冶炼装置开车初期能保证出口SO₂浓度排放达到环保标准。

(3) 孟莫克公司动力波®尾气吸收系统适用于吸收剂的选择或者副产物能进行自我消化，从而避免了副产物的处理。动力波®尾气吸收系统能根据现场的实际情况对吸收剂进行调整以满足最经济的运行，且动力波双氧水工艺产生的是稀酸，能回到主装置利用。

(4) 在孟莫克公司的硫酸知识的推动下，孟莫克®催化剂及动力波®尾吸系统结合的解决方案，能保证更严格的保证SO₂出口低排放同时，且实现最经济的运行解决方案。