

# 90 年的创新之路

## — 孟莫克® 催化剂的卓越表现

孟莫克化工成套设备(上海)有限公司 张启

**[摘要]** 自 1925 年, 孟山都(孟莫克)开发出名为 T 系列的硫酸催化剂, 以提高硫酸装置的效率, 降低排放。在之后 90 年的历程中, 孟莫克一直走在硫酸催化剂创新的最前沿。孟莫克®催化剂将更高的活性与低压降的形状相结合, 可同时减少 SO<sub>2</sub> 排放和节约能源。在最新的名为 GEAR™ 催化剂在一段床进行了 27 个月的试验, 其压降从 0.996kPa 上涨到 2.99kPa, 不到典型催化剂压降上涨值的一半。PeGASyS®测试证实了新催化剂在一段床的转化性能。列举了几个案例, 以证实孟莫克®催化剂的在降低排放和节约能耗方面的卓越表现。

**[关键词]** 硫酸装置 孟莫克®催化剂 低压降 高活性 节能 减排

2010 年, 孟莫克成为杜邦的全资子公司, 并作为其可持续解决方案事业部的一部分。与杜邦的资源整合拓展了孟莫克的业务范围, 从而可更好地确保客户装置的安全性、可靠性及环境可持续性。对于硫酸装置用户, 孟莫克提供无可比拟的从设计、专有产品、操作和维护全程解决方案。



做为孟莫克提供的专有产品核心-硫酸催化剂, 自 1925 年以来, 在孟莫克(前身孟山都)研发和生产硫酸催化剂的 90 年历程中, 孟莫克®催化剂从柱形发展到低能耗纹形, 又发展到低排放含铈催化剂, 再到最新的名为 GEAR™ 催化剂。面对节能和环保向硫酸装置提出的新的运行和设计挑战, 催化剂技术的创新可以提供解决方案。孟莫克一直走在硫酸催化剂的创新和应用的世界最前沿。

### 1 孟莫克 90 年催化剂的研究和开发创新之路

二十世纪二十年代, 世界处于快速发展和革新的年代。硫酸成为极其重要的化工基础原料, 1917 年, 孟山都公司开始涉足于硫酸生产, 那时, 孟山都拥有三个铅室法和一个老式接触法硫酸工厂, 其中, 接触法硫酸工厂使用昂贵、不稳定的铂(Pt)催化剂。

回到二十世纪初, 德国科学家取得了描述为使用负载在石棉和浮石上的钒酸和可熔性的钒组分的相关应用的专利。自那以后, 二十世纪二十年代早期, 对于接触法硫酸生产和催化剂的研发, 进入了快速发展的时期。1925 年, 孟山都建立工厂并开始试生产硫酸钒催化剂, 在极端保密的情况下, 试生产钒催化剂过程中, 孟山都取得十分成功的结果, 并随之以后, 取得了相应的催化剂专利, 孟山都正式进入硫酸催化剂的时代, 这也是北美第一次生产钒硫酸催化剂, 在当时, 也是一个

重要的里程碑。

孟山都所生产的钒催化剂具有独特的特点，当时所提供的 T210 系列催化剂，是直径和长度约为 4.8 毫米的柱状催化剂。随后，孟山都的硫酸工厂开始应用 T210 系列催化剂，并取得成功。在二十世纪二十年代的后期和三十年代，孟山都（孟莫克）硫酸催化剂取得了重要的进展，随着孟山都涉足于硫酸装置的建设，孟莫克®硫酸催化剂得到越来越广泛的应用。

第二次世界大战，硫酸生产面临巨大的需求，孟山都催化剂得到广泛的应用，到 1945 年，世界上 40%的硫酸的生产是通过孟山都（孟莫克）设计的工厂及其催化剂实现的。在此期间，孟山都通过优化化学配方，获得了优化的外形和高效的生产，整个孟山都硫酸催化剂的生产过程得到进一步的升级和现代化。

二十世纪五六十年代，以碱金属盐为促进剂的钒催化剂，通过在世界各地不同的实验室的努力，在研发上取得了巨大的进展。孟山都（孟莫克）钒催化剂取得了主要的创新，通过采用全新的化学配方，研发出可以特别适用于低 SO<sub>2</sub> 和反应动力学限制的标准转化器的三、四层的钒催化剂 T11。从 1963 年，孟山都（孟莫克）开始推广 T11，标志着在硫酸生产中的重要进展。1969 年，孟山都将硫酸技术业务和硫酸相关的专有产品-催化剂和除雾器整合成立孟山都环境化学系统公司，从此，硫酸催化剂有个新的名字和符号“孟山都 环境化学”。

进入二十世纪七十年代，硫酸工业开始重视一些主要的经济和环境问题，这段时期的能源危机促使硫酸工业重新评估硫酸工厂的能源效率，直接导致了硫酸设计上的一系列革新。硫酸装置的要求之一是需要低压降的催化剂，这促进了大直径的柱状催化剂和“拉西环”环状催化剂的出现，孟山都（孟莫克）通过创新，推出了 T516（8 毫米直径）和 LP（低压降）系列催化剂，研发出了高活性和优异稳定性平衡的钒催化剂，而这恰恰是硫酸催化剂研发的难点之一。

在整个二十世纪八十年代，硫酸工业进入困难时期，硫酸需求量下降，硫酸催化剂需求量下降，世界上的硫酸催化剂生产商在经历这段困难时期后，孟山都（孟莫克）硫酸催化剂通过技术创新，仍然取得并占据市场优势。

进入二十世纪九十年代，硫酸工业开始恢复，然而，在这些困难时期，硫酸催化剂的生产经历着巨大的变化，这时的硫酸工业需要低尾排和高操作灵活性的催化剂，孟山都（孟莫克）研发出以铯为促进剂的钒催化剂-Cs 系列催化剂。相比传统的钒催化剂，铯催化剂的操作温度低（30-40°C），硫酸工业通过使用孟莫克®铯催化剂，极大的降低排放。

二十一世纪，在硫酸工业的提高能源效率和严苛环保要求的推动下，孟山都（孟莫克）相继推出了 XLP 系列催化剂和 SCX 超级铯催化剂。2005 年，孟山都环境化学系统公司从孟山都整体剥离，并命名为孟莫克。2012 年，孟莫克推出了全新的 GEAR™ 催化剂。GEAR™ 催化剂的形状、容尘能

力、压降和活性得到显著改进，达到了硫酸催化剂的新高度。

孟莫克在硫酸催化剂领域，仍然在不断创新，追求降低排放和提高能源效率包括降低压降、延长停车周期、长周期稳定运行方面不断取得突破。同时，在加入杜邦公司以后，利用杜邦公司强大的研发资源，全力研发新一代硫酸催化剂，继续在创新之路发挥领导者角色。

在不断在硫酸催化剂技术研发和创新的同时，在二十世纪八十年代末，孟山都（孟莫克）取得了和硫酸催化剂相关的重要进展-开发了 PeGASyS®（派盖斯®）可便携式气体测试系统的测试方法，这种方法通过精密的可携带取样和分析系统，可以精确的分析硫酸装置内任何含有 SO<sub>2</sub> 和 O<sub>2</sub> 的工艺气体，可以分析转化率和鉴定换热器泄露情况，在解决问题和制定检修计划方面，对硫酸装置有指导性意义。全球数以百计的硫酸工厂受益于此方法。

## 2 孟莫克®催化剂的品种和特点

孟莫克®催化剂的创新性、卓越品质表现在其活性、压降、使用寿命和强度等特性上。自 1925 年，孟莫克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。孟莫克对于催化剂的品质要求近于严苛，不但追求很高的活性，而且还可以保有极佳的催化剂强度，达到延长催化剂的过筛周期以降低客户的运营成本，人工筛分损失典型在 3-5%，目前，江铜贵溪 I 系列，1993 年的 LP 催化剂截止 2015 年，仍然在使用，寿命长达 22 年。同时，客户还将获得孟莫克完善的技术专家意见，包括高品质催化剂的应用以及针对整个硫酸装置的技术知识。从而为客户创造最大的价值。

经过 90 年的创新和发展，孟莫克目前生产五大系列十种产品。其中有：

### 六棱环状 XLP 系列催化剂 XLP110

- 表面积更大
- 高活性
- 低压降
- 起燃温度为 360°C

### 环形 LP/TD 系列催化剂 LP110 /LP310/TD750

- 压降较低
- 高活性
- 起燃温度为 360°C

### 柱形 T 系列催化剂 T11

- 用于低速气流的转化器设计
- 耐用性强，筛分损失小

### 铂增强型催化剂 XCS120/ CS110/ SCX2000

- 极低的起燃温度 320°C
- 减少工厂排放

六楞环状 GEAR™ 系列催化剂 GR330/GR310

- 表面积最大
- 高活性高
- 低压降低
- 起燃温度为 350°C



图 1 孟莫克®硫酸催化剂的几种形状（左至右为：GEAR/XLP（XCs/SCX）/LP（Cs）/T）

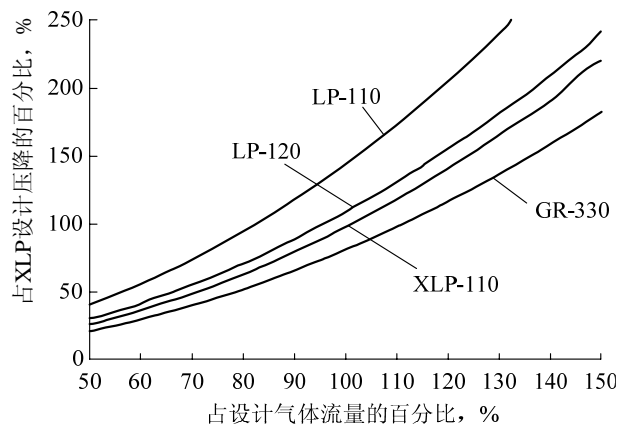


图 2 几种催化剂在不同气体流量下的相对压降

相对于原先的 XLP-110，GR-330 的清洁压降最大可以减小 25%，GR-310 的清洁压降可减小 10%。对于一套新建或现有硫酸装置，减小压降可以节约能耗。或者，对于一套新建硫酸装置，在保持相同的压降下，使用 GEAR™ 催化剂可以减小转化器直径，从而降低投资。

GEAR™ 催化剂的几何形状改善了转化器内催化剂的空间布局，这可由 GEAR™ 催化剂与其他形状孟莫克催化剂的压降曲线看出。新的六楞纹 GEAR™ 催化剂同时增强了容尘能力。在同样的含尘量下，GEAR™ 催化剂压降随时间的上涨将比 XLP 催化剂要慢。GR-330 催化剂具有优异的容尘能力，而 GR-310 比 XLP 催化剂具有更好的容尘能力。催化剂的筛分时间常常受到主风机能力的限制。GEAR™ 催化剂可延长主风机到达其能力所需的时间，因而可延长大修周期。图 3 表示了一套硫磺制酸装置在典型的粉尘负荷下的估计催化剂压降上涨情况。在本例情况下，压降限值为 7.99kPa，使用

GR-330 代替 XLP 后，运行时间可从 24 个月延长到 30 个月。

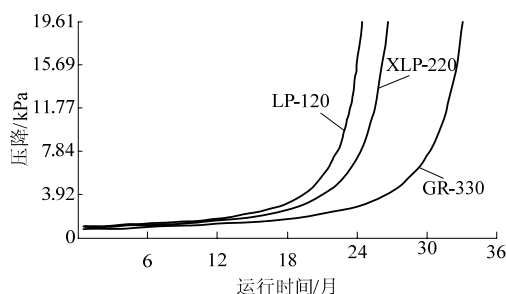


图 3 硫磺制酸装置估计催化剂压降上涨情况

当催化剂体积相同时，GR-310 催化剂可以较 XLP 催化剂减少  $\text{SO}_2$  排放或增加硫酸产量。如果 GR-310 与 XLP 保持相同的体积，对于给定的气体浓度，GR-310 较高的活性最高可减少 25% 的  $\text{SO}_2$  排放量，具体取决于目标排放值。或者，对于给定的催化剂体积，使用 GR-310 催化剂并提高气体浓度，在同样的  $\text{SO}_2$  排放水平下，硫酸装置产量最高可增加 15%。如果需要达到最低的排放量，建议在最后 1 段或几段使用 SCX-2000 铯催化剂。

如果保持气体浓度不变，GR-330 催化剂可在体积减少 5% 的情况下达到与 XLP 催化剂相同的排放水平。当与 XLP 催化剂保持相同的体积时，GR-330 较高的活性意味着可以减少 10% 的  $\text{SO}_2$  排放或增加 5% 的硫酸产量。同样，对于排放量极低的设计，推荐在最后 1 段或几段使用 SCX-2000 铯催化剂。

针对转化器各段催化剂应用的不同要求，孟莫克将会根据催化剂的不同特性，选择合适的催化剂。

### 3 孟莫克® 催化剂实际应用案例

孟莫克® 催化剂通过世界级的硫酸技术和 90 年催化剂技术开拓性的革新，提供给客户最好的催化剂解决方案，达到可持续发展运营目标，取得低  $\text{SO}_2$  排放，长周期稳定运行和低筛分损失的目标。在各种制酸系统，孟莫克® 催化剂都有卓越的表现。

#### 案例 1 双狮(张家港)精细化工有限公司

100 万吨硫磺制酸装置（带低温热回收 HRS），全套引进孟山都（孟莫克）工艺，3X1 流程，全部安装 XLP 催化剂。2005 年开车，2010 年第一次停车，期间从没有筛分，2010 年 5 月的停工检修中，一段的筛分损失仅有 7%。催化剂的活性仍然良好，转化率始终保持在 99.8%（设计值）以上。

#### 案例 2 浙江嘉兴嘉化化工公司

- 装置现状：
- 硫磺制酸 3X1 流程

- 设计生产能力：900 吨酸每天
- 设计气浓：11.5 % SO<sub>2</sub>
- 转化率：99.8 %
- 催化剂类型：XLP 催化剂
- 开车：2003 年

于 2013 年 1 月实施孟莫克的催化剂低尾排方案。

2013 年 5 月 孟莫克提供了 PeGASyS<sup>®</sup>测试服务

PeGASyS<sup>®</sup>测试结果：

- 产量：900 吨酸每天（满负荷）
- 气浓：11.64 % SO<sub>2</sub>/ 9.30 % O<sub>2</sub>
- 尾排：96 ppm
- 转化率：99.932 %

案例 3 四川龙蟒集团有限公司

装置介绍：

- 硫铁矿制酸 3X2 流程
- 设计生产能力：1200 吨酸每天
- 设计气浓：8.5 % SO<sub>2</sub>/8.181 % O<sub>2</sub>
- 转化率：99.9 %
- 催化剂类型：XLP 催化剂
- 开车：2013 年

2013 年 7 月 孟莫克提供了 PeGASyS<sup>®</sup>测试服务

- PeGASyS<sup>®</sup>测试结果：
- 产量：1200 吨酸每天（满负荷）
- 气浓：9.6 – 10.7 % SO<sub>2</sub>/
- 尾排：80 ppm
- 转化率：99.93 %

案例 4 铜陵有色金冠铜业分公司

- 铜冶炼烟气制酸 4X1 流程
- 设计生产能力：2600 吨酸每天
- 设计气浓：15.0 % SO<sub>2</sub>/15.62 % O<sub>2</sub>

- 转化率：99.94 %
- 催化剂类型：XLP/SCX 催化剂
- 开车：2012 年

工厂测试结果：

- 产量：2600 吨酸每天（满负荷）
- 气浓：15.0 % SO<sub>2</sub>/
- 尾排：60 ppm
- 转化率：99.96 %

#### 4 结论

自从 1925 年，孟莫克通过 90 年的创新，开拓性、高性能的孟莫克<sup>®</sup>催化剂为提升硫酸装置性能提供了一系列优点：节约能耗，延长运行时间，减少 SO<sub>2</sub> 排放，增加硫酸产量。中国的硫酸用户也将得益于孟莫克<sup>®</sup>催化剂，实现硫酸工厂的低尾排和节约能耗的高性能表现。孟莫克也将通过为硫酸工业提供高性能、创新性新产品，成为硫酸工业的节能减排助推器。

作者：张启，孟莫克化工成套设备（上海）有限公司

电话：021-3862 2723；E-mail：Stephen.zhang@mecsglobal.com

<http://www.mecsglobal.com>