

# 孟莫克 Maxene™ 硫酸工艺及其运用

孟莫克化工成套设备(上海)有限公司 方旭东

**【摘要】** 本文主要介绍了杜邦孟莫克公司新推出的 Maxene™ 技术（热能回收最大化硫酸生产工艺）及其在硫磺制酸中的运用和前景分析。Maxene™ 技术运用了孟莫克公司一项具有环保经济的专有技术 SolvR™（低浓度二氧化硫吸收再生技术）来处理尾气，使 SO<sub>2</sub> 尾排量远远低于国家规定的排放标准，同时结合了 HRS（低温余热回收技术）实现中压过热蒸汽产量最大化，从而化繁为简，将现行的两转两吸带尾洗工艺简化为一转一吸带 SolvR™ 工艺，并且在整个工艺过程中不会产生二次废弃物，实现环境友好。

**【关键词】** Maxene™（热能回收最大化硫酸生产工艺） HRS（低温余热回收技术） HRSteMax（HRS 蒸汽喷射最大化技术） SolvR™（低浓度二氧化硫吸收再生技术）

上世纪 20 年代，随着钒触媒的大量应用，接触法成为主流，一转一吸（一次转化和一次吸收）工艺作为一种简单而成熟的制酸技术一直沿用了半个多世纪；到上世纪 70 年代，由于环境保护法律法规的不断提高，一转一吸工艺逐步被两转两吸工艺所取代，转化率也从原来的 97% 提高到 99.5% 以上。在中国，鉴于硫酸行业的 SO<sub>2</sub> 排放标准日趋严苛，所有两转两吸的硫酸工艺都面临着一个艰难抉择：是依赖进口催化剂的成熟经验，添加含铯催化剂并继续使用 3+2 流程？还是在二吸塔后添加尾气洗涤工段，但其代价是尾气洗涤装置会产生二次废弃物。除此以外，难道没有更胜一筹的选项吗？

## 1 SolvR™ 技术的诞生和完善

从利用亚硫酸盐/重亚硫酸盐系统特性的简单化学溶剂，到依照亨利定律操作的物理性溶剂，再到更为复杂的叔胺类溶剂，许多溶剂已被推荐并投入实际应用。但是，由于高昂的投资成本和运行费用，尚没有一种工艺在工业应用领域得到广泛使用。在 2007 年，孟莫克公司着手开始研发一种溶剂和技术，使其能够从燃烧尾气和含硫工艺尾气中回收低浓度二氧化硫，历经 8 年坚持不懈的努力和反复试验，终获成功，即 SolvR™ 溶剂和技术。

吸收再生和解析技术已存在多年，被广泛用于脱除 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>S。图 1 为孟莫克公司 SolvR™ 低浓度二氧化硫吸收再生技术的简易流程图。从图中可见，孟莫克公司的 SolvR™ 技术与传统工艺相类似，其主要区别就在于所采用的溶剂不同。

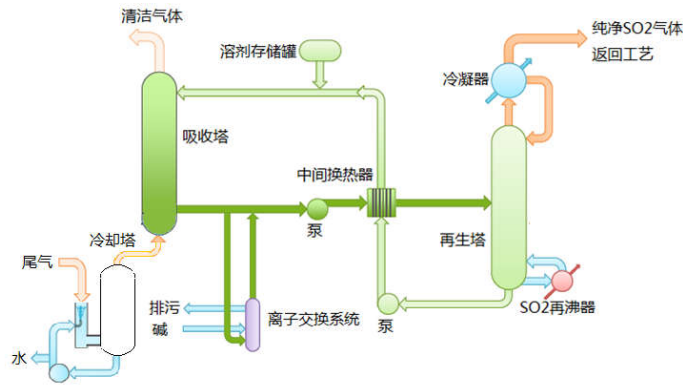


图 1 SolvR™低浓度二氧化硫吸收再生技术的简易流程图

孟莫克公司以如下准则作为筛选二氧化硫新溶剂的关键性能考量：

- (1) 投资低于如下 2 种技术：
  - ① 现有的二氧化硫溶剂再生回收技术；
  - ② 二转二吸（硫酸法）或克劳斯尾气处理技术（SCOT）。
- (2) 操作成本低于现有回收技术：
  - ① 蒸汽消耗: 5~10kg/kg SO<sub>2</sub>;
  - ② 溶剂在处理过的气体中的损失最小化；
  - ③ 溶剂不会被硫酸降解。
- (3) 尾气排放显著降低,  $f(\text{SO}_2) < 0.002\%$ 。

基于上述判据，孟莫克公司在借助计算机经过大量筛选后确定了一个无毒、无腐蚀性且对 SO<sub>2</sub> 具有高亲和性的溶剂系列，并命名为 SolvR™溶剂。由于该系列溶剂此前从未在 SO<sub>2</sub> 领域应用，所以第一步就是要建立汽液平衡(VLE)来对比理论数据。正如我们所期望的，该溶剂在较低温度下（50℃以下）确实对 SO<sub>2</sub> 具有很强的亲和性，但是当其被加热到沸点时（略高于 100℃），很容易释放出 SO<sub>2</sub>。SO<sub>2</sub> 在 SolvR™溶剂中的吸收和解吸曲线如图 2 所示。在经过无数次小试、中试和一年半的商业化运行后，它成为了孟莫克众多拳头工艺技术中的一颗闪耀的新星。

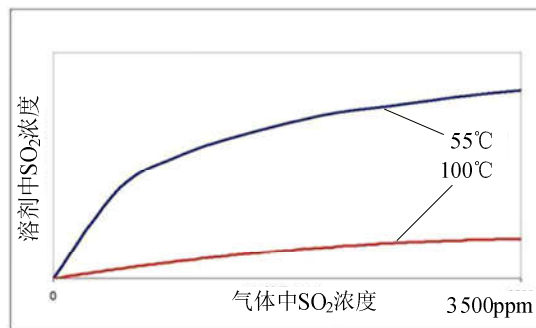


图 2 SO<sub>2</sub> 在 SolvR™溶剂中溶剂吸收和解吸曲线

可以预见，在不久的将来，随着与硫酸工艺的结合应用，孟莫克公司的 SolvR™技术必定会成为该领域内一项里程碑式的技术。其优势颇多：能够处理不同浓度的二氧化硫、不受催化平衡的限制、大大简化硫酸工艺、显著提高能量回收率，为用户带来可观的经济效益。

## 2 Maxene™ 技术

鉴于孟莫克公司发展了 SolvR™ 工艺技术，使对新建硫酸装置的工艺进行系统性优化也变得不再遥不可及。图 3 是 Maxene™ 技术的简易流程图。

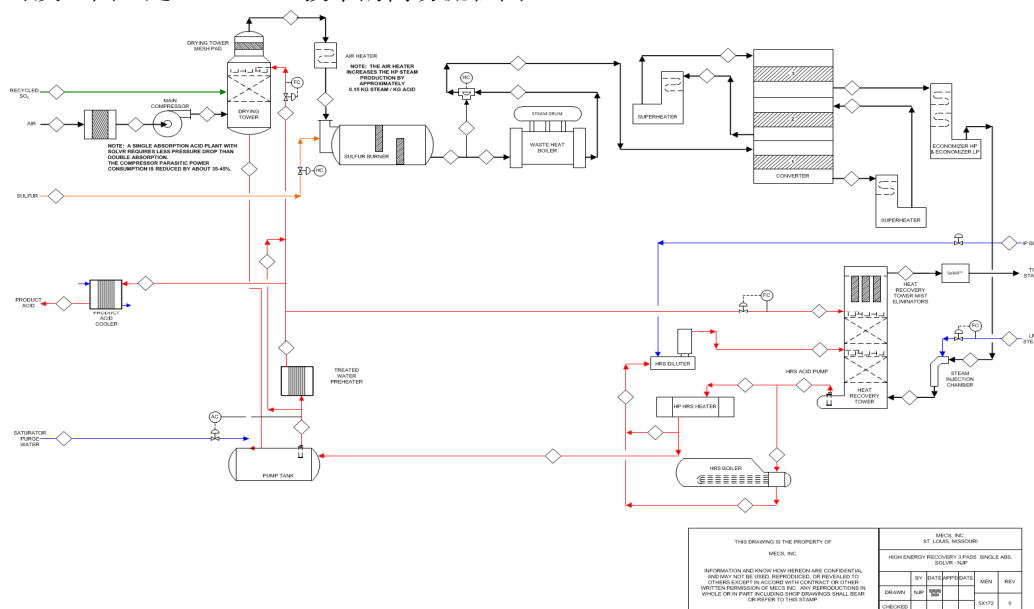


图 3 Maxene™ 技术工艺流程图

Maxene™ 技术采用了一次转化一次吸收工艺，并与已成为业界标配的 HRS 技术相结合，用 HRS 塔取代一吸塔，利用 SO<sub>3</sub> 的吸收热来产生低压蒸汽，从而大幅提高了装置的能源利用率，做到物尽其用的同时又省去了二吸塔。对于只采用一次转化的工厂而言，所有的 SO<sub>3</sub> 必须在 HRS 塔中被吸收，因此 HRS 系统的可靠性也面临着一次考验，不仅需要确保 HRS 塔的高吸收率，而且必须防止大量酸雾对于下游系统（设备和配管）产生不利影响。由于除雾器只有一套，所以它的工艺设计、材料选型、卓越性能都是保护下游设备及控制酸雾排放的保证，否则会直接影响酸雾尾排。

HRS 塔出口的烟气进入 SolvR™ 系统，在吸收塔内 SO<sub>2</sub> 被溶剂吸收，而净化后的尾气经烟囱排放。根据用户的需求，尾气中 SO<sub>2</sub> 含量可低至 10mg/Nm<sup>3</sup>。富含 SO<sub>2</sub> 的溶剂被送往解析塔，SO<sub>2</sub> 从溶剂中解析出来；接近 100%浓度的 SO<sub>2</sub> 再循环至转化器前进行再次转化，从而达到超低尾排且无二次废弃物的目的。

作为可选项，该技术也可引入 HRSteaMax<sup>TM</sup> 蒸汽喷射最大化的技术，使用外界引入的 1~2Barg 低压蒸汽（乏汽）或充分利用本装置中的低压蒸汽作为蒸汽喷射输入，产生等量的 6~10Barg 低压蒸汽，帮助用户实现价值提升。

孟莫克对该技术热能回收系统还做了进一步优化，一方面充分考虑并利用了那些在两转两吸中被冷却水带走的热量，如干燥塔酸冷器，另一方面对于蒸汽的等级也做了提升。因此，除硫酸厂内部蒸汽消耗（除氧器）和 SolvR<sup>TM</sup> 系统消耗蒸汽之外，对于使用 Maxene<sup>TM</sup> 技术的硫磺制酸工厂而言，还可以得到中压过热蒸汽 1.32 吨/吨酸以上的蒸汽净输出和低压蒸汽 0.22 吨/吨以上的蒸汽净输出（主风机使用蒸汽透平驱动）。该技术把对客户最有价值的中压过热蒸汽最大化，不仅显著提高了能源的利用率，而且实现了客户收益最大化。

从设备设计来讲，传统二次吸收工艺的主要设备有：冷-热换热器、热-热换热器、一吸塔后的转化器床层、省煤器、二吸塔（包括除雾器、分酸器、填料等）和酸冷器等 6 台设备，其中 5 台设备的尺寸是需要根据烟气体积而确定。与之相比，SolvR<sup>TM</sup> 系统虽然同样需要 6 台主要设备，即冷却塔、吸收塔（带内件）、汽提塔（带内件）、溶剂间换热器、顶部冷凝器和溶剂提纯系统，但只有急冷和吸收塔的尺寸是需要根据烟气体积而确定，其余设备均为模块化设计和安装，更加简便、快捷。

对于一套新建的硫酸装置而言，与传统的两转两吸工艺相比，Maxene<sup>TM</sup> 技术无疑是一次重大革新，无论从环保角度（尾气排放显著降低， $f(\text{SO}_2) < 0.002\%$ ）还是从节能角度而言（低压降会导致主风机的节电效果不佳、气浓高和系统优化使蒸汽产量输出高），该技术相较于原来的技术都有大幅度的提高；从项目投资角度而言，尽管使用了 Maxene<sup>TM</sup> 技术会比同等配置的原两转两吸加 HRS 工艺略高（~15%），但是这高出的部分短期内即可收回，因为使用该技术可以为用户大幅降低年运行费用。

### 3 总结

我国作为硫酸产量第一大国，由于供大于求，所以单独新建硫酸厂早已经在限制之列，但是作为行业配套的硫酸厂以及小规模装置的关停并转，仍然会规划和建设新装置，Maxene<sup>TM</sup> 技术在中国的第一套 40 万吨/年硫磺制酸装置已经成功签约，该套装置计划于 2017 年上半年竣工。毫无疑问，Maxene<sup>TM</sup> 技术会随着人们对蓝天的渴望以及对生产效率的追求而成为硫酸行业的下一个标准，因为它不仅解决了 SO<sub>2</sub> 尾排问题，而且提高了硫酸厂的蒸汽产量，名副其实地实现环保经济。诚然，Maxene<sup>TM</sup> 技术也同样适用于冶炼烟气制酸领域。