

焚烧炉所面临的独特挑战与高级定制设计

(MECS, Inc., MO, USA) Chesterfield 著
孟莫克化工成套设备(上海)有限公司 陆圣洁 译

新产品、新技术和新的设计工具正在改变着硫酸装置焚烧炉的设计、运行和维护。现代技术将丰富的经验和卓越的设计工具相结合，其结果是对焚烧炉运行进行全盘考虑、并提供了为客户进行高级定制的设计机遇，目的旨在为业主和操作人员解决实际问题。

1 引言

想要抓住这样的良机，就需要对硫酸工艺了如指掌，并结合现代工具如 CFD 模型来分析焚烧炉的设计，从而深刻地了解眼前的挑战、工艺环境和可掌控的关键变量。一旦完成分析，技术提供者必须做出重要的设计选择。这样做的好处是充分利用分析结果，让业主能够获得高级定制与适合的技术。

举例来说，运行 CFD 模型有助于为配有三道挡墙的焚烧炉找出可予改善之处。但是，如果分析表明炉内存在“盲区”，而不采取有效的技术手段解决，那么分析就变得没有价值。孟莫克®VectorWall™陶瓷挡墙是一项高级定制技术，采用了多种不同方式进行设计，可以使其性能与业主和操作人员的需求及全面分析的结果相一致。

孟莫克®VectorWall™陶瓷挡墙由一系列六边形砌块堆叠而成，无需使用耐火泥，且六个面全部受到支撑，如图 1 所示。



图 1 孟莫克® VectorWall™陶瓷挡墙由六边形砌块堆叠而成，无需耐火泥，六个面全部受到支撑（左图所示）。导流帽能够与每个六边形砌块融为一体，在炉内形成定制的流型（右图所示）。

每个砌块都安装了导流帽以便在焚烧炉内部形成定制的流型，如图 1 所示。利用该技术能够控制流场，形成所期望的燃烧环境，最终帮助业主实现各项目标。

2 降低压降

CFD 分析表明，在维持充分混合进行完全燃烧的情况下，可以通过使用一道孟莫克® VectorWall™陶瓷挡墙替代传统挡墙设计，这有助于降低焚烧炉的压降。

图 2 对设置了孟莫克® VectorWall™陶瓷挡墙的焚烧炉与设置了传统挡墙的焚烧炉进行比较，显示了在压降方面的改善情况。

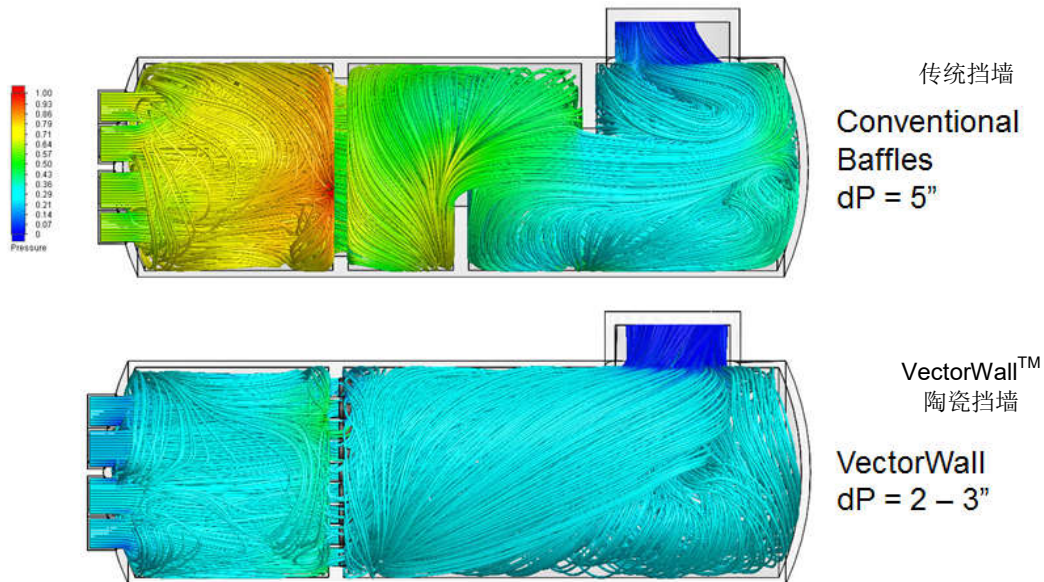


图 2 3 道传统挡墙与 1 道 VectorWall™陶瓷挡墙在压降上的比较

在 2015 年，一家硫酸装置的业主想替换他们现有的焚烧炉，最终选择了孟莫克®焚烧炉设计，用一道 VectorWall™陶瓷挡墙替换了传统挡墙。这一案例证明了使用 VectorWall™陶瓷挡墙为业主所带来的实际好处要大于上述通用性分析。

焚烧炉的作用是燃烧足量的硫磺以提高烟气浓度和温度，使 SO₂ 浓度达到 4.5%以确保转化器的自热平衡。焙烧气量分为三股：一股用作焚烧炉的燃烧“空气”，其余两股与焚烧炉中第 2 道和第 3 道挡板的上游高温气体混合。每根酸性气体管道都配有一个阀门以控制流量，促进混合。总体而言，整个系统的净压降范围介于 15-25" wc 之间。

焚烧炉在安装了 VectorWall™陶瓷挡墙后运行平稳良好，第一个阀门的开度比以前更大，甚至第二、第三个分支管阀门也能开得稍微大些，同时控制温度和气体浓度。在调整后的流型条件下，硫磺流量的温度设定值也降低了一些，在此情况下装置仍运行良好。据观察，初期的总混合压降降低到了 10"左右，单焚烧炉就降低了 2"。温度控制和气浓控制一如既往，火焰稳定性并没有受到流型调整的影响。从长周期运行的角度出发，装置的边际处理量增加也使得装置总能力得到提升。

3 提升处理能力

焚硫炉可以被视为一个平推流反应器。该反应器是专为某一目标平均停留时间而设计的。如果能够确定气体总流量，就可以选择合适尺寸的焚烧炉以满足目标平均停留时间。如果处理得当，则实际平均停留时间等于目标平均停留时间。

然而，平均停留时间是粒子通过焚烧炉时很多不同停留时间的平均值。在传统挡墙设计中，一些粒子会错过挡墙，其停留时间会比平均停留时间短；一些粒子则会碰撞挡墙，其停留时间就会比平均停留时间长。

在优化焚烧炉性能的过程中，分析各种不同的停留时间分布是十分有用的，这可以了解到炉膛中有多少比例的粒子会快速离开焚烧炉，又有多少比例的粒子会停留得比较长。

图 3 对传统的砖式挡墙设计与 VectorWall™陶瓷挡墙在停留时间分布上进行了比较。需要注意的是，VectorWall™陶瓷挡墙的停留时间分布更窄会使焚烧炉整体效率增加。

VectorWall™陶瓷挡墙设计能做到停留时间分布更窄，这表明与传统挡墙设计相比，有较高比例的粒子在更接近设计值的时间内通过了焚烧炉。因此，在突破装置瓶颈的项目中，可以实施 VectorWall™陶瓷挡墙技术，以达到更高的处理量。

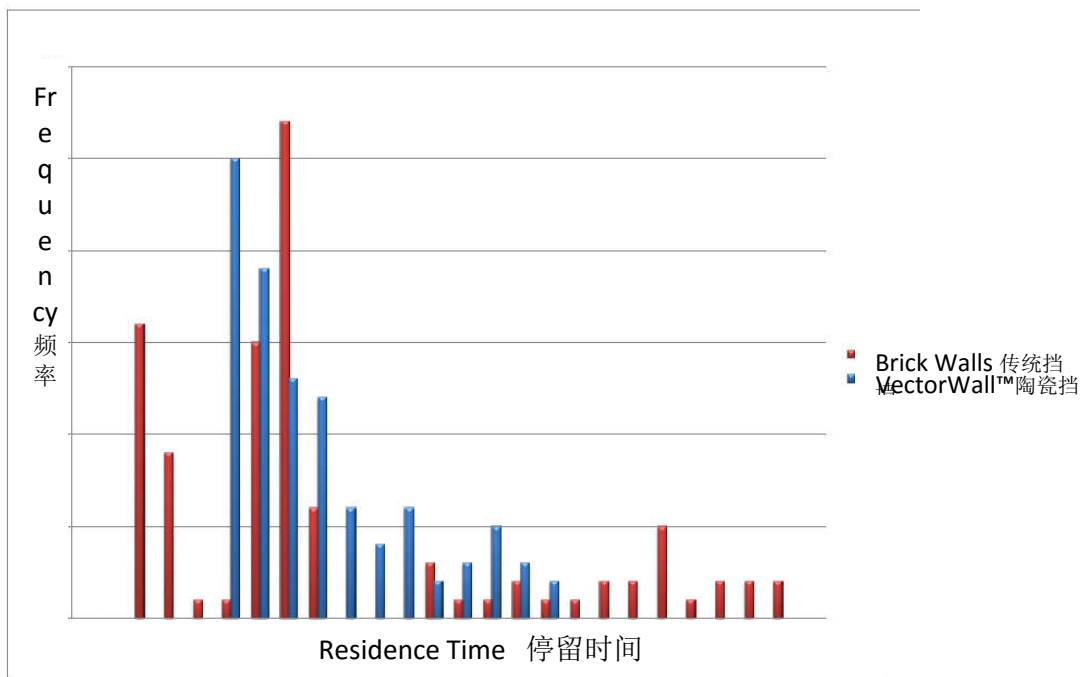


图 3 3 道传统挡墙与 1 道 VectorWall™陶瓷挡墙在停留时间上的比较

例如，在 2015 年，一家硫酸装置的业主想要更换一个比较大的焚烧炉以扩大未来的产能。但是更换一个较大焚烧炉的成本比较高，尤其是那些可用空间十分有限且安装时间紧迫的改造项目。在这种情况下，业主最终采用了 VectorWall™陶瓷挡墙设计，它使得停留时间分布变窄，整个焚烧炉的容积利用率更高；目前正在安装，如图 4 所示。



图 4 最近安装的 VectorWall™陶瓷挡墙，它能实现停留时间分布更窄

4 减少投资成本、运行费用及维护费用

如果消除焚烧炉内的“盲区”、降低压降以及缩小停留时间分布真的能够影响现有焚烧炉的性能，那么就能切实影响到投资成本和运行费用。

对于在现有装置里更换焚烧炉的项目而言，会有多项成本纳入项目预算中。在同等条件下建造一个焚烧炉，采用孟莫克®VectorWall™陶瓷挡墙设计可以明显降低相关的材料和人工成本。使用一个更高效的焚烧炉，能够在更小的布置空间、更少的材料和组装成本的前提下做到完全燃烧。表 1 显示了一个节约成本的案例，焚烧炉容积减少了 10%，使用 VectorWall™陶瓷挡墙以节省安装时间（从而降低了安装成本）。

表一 焚烧炉尺寸减小 10%所能节约的资本（美国墨西哥湾沿岸的计价基础）

	使用传统挡墙设计的价格(\$1000 美元)	使用 VectorWall™ 陶瓷挡墙设计的价格(\$1000 美元)
钢质壳体（仅材质）	115	105
砖衬和挡墙/VectorWall™陶瓷挡墙安装（包括材料和人工）	1150	900
VectorWall™陶瓷挡墙	0	150
总计	1265	1155

更换焚烧炉还会涉及一些不太明显的成本，包括停工工期、占地空间和隐藏的开车成本，例如耐火材料固化期间所需的燃料气。

2013 年，一家生产硫酸的装置业主在权衡了多方因素后，决定用 HexWall™六边形挡墙焚烧炉替换现有的焚烧炉，这是一项极具挑战又赋有远见的计划。

由于时间和空间的限制，需要在装置停车前完成新焚烧炉的砌砖工作，随后在停车检修期间进行安装。为了执行这一极具挑战又赋有远见的计划，合理的规划、分析以及焚烧炉的机械稳定性都至关重要。合适的砌砖是机械稳定性的一个重要方面，HexWall™六边形陶瓷挡墙设计另有附加功能，即提高了整体的机械稳定性。

传统的挡墙由砌砖和耐火泥砌筑而成，容易开裂，所以业主定期重建传统挡墙的情况屡见不鲜。此外，传统挡墙的稳定性的差异很大，完全取决于安装人员的技术。图 5 为一道坍塌的传统砖砌挡墙。



图 5 坍塌的挡墙，采用了传统砖块和耐火泥

通过比较，孟莫克®HexWall™六边形陶瓷挡墙嵌于炉子的衬砖中，并堆叠在一起，无需耐火泥。这样使挡墙既坚实又灵活，更像一座精心构建的桥梁。给业主带来的好处是只花了建造一道传统挡墙所需时间的一小部分就能筑起了一个比之更加坚实的结构，这不仅减少了安装成本，而且省去了将来维护保养和维修的工作。图 6 说明了如何将 HexWall™六边形陶瓷挡墙嵌入炉衬、堆叠在一起而又无需耐火泥。



图 6 孟莫克® HexWall™ 六边形陶瓷挡墙安装图，嵌入炉衬（如左图）以及使用榫卯设计进行堆叠、无需耐火泥（如右图）

本案例中，业主执行了一项大刀阔斧的的停车检修计划，不仅保留了新焚烧炉的机械完整性，甚至还有提升作用。而且，安装 HexWall™六边形陶瓷挡墙的时间仅占传统挡墙安装时间的约 1/3，大幅节约了停车检修的成本。

5 结束语

对下一代焚烧炉技术的需求是巨大的，其推动力不仅来自于预算的紧缩、环境条例更严格、操作窗口更紧凑，而且还来自于业主扩大产能的期望、增大停车检修范围、提高技术实用性等方面。在这种环境下，把独具匠心的工艺知识与尖端的分析工具及产品技术结合应用，从而满足业主和操作人员日益增长的需求。

使用孟莫克® VectorWall™陶瓷挡墙能够帮助许多业主和操作人员应对所面临的种种挑战，包括降低压降、突破瓶颈、优化资本及维修费用。

焚烧炉设计得恰当并不是一件轻而易举的事，但是业主和操作人员却能够从技术提供者处获益良多，他们有机会深入了解工艺、掌握尖端的分析工具、将分析结果与强大的设备设计进行整合等。经过行业专家分析后，业主能够实现符合甚至超越他们期望的改进和优化。