

# 微射流金刚石交互容腔使用指南

本使用指南旨在作为一个简短的教程或参考文件，以使用户能更好地了解微射流金刚石交互容腔的作用原理以及根据特定物料选择合适的腔体与处理条件。

## 1. 概述

### 1.1 定义与作用原理

微射流金刚石交互容腔是用于微射流高压均质机的均质腔体（IXC，Interaction Chamber），是微射流高压均质机的核心反应部件。微射流金刚石交互容腔外部是 316L 不锈钢材料，内部则由多晶金刚石制成（也有氧化铝陶瓷材质的微射流高压均质腔，但耐磨性远弱于金刚石材质的腔体）。

物料通过金刚石交互容腔时，在超高压（可达 45000psi/3000bar/300MPa）的作用下通过一个非常小的孔道（不到百微米）形成高速微射流，速度可达 500m/s（超过音速 340m/s），经过剧烈剪切、震荡、碰撞、空穴效应与对射等作用进行加工，物料发生物理、化学、结构性质等变化，最终达到粒径减小且窄幅分布，伴随稳定性、均一性和透明度增加等均质效果。

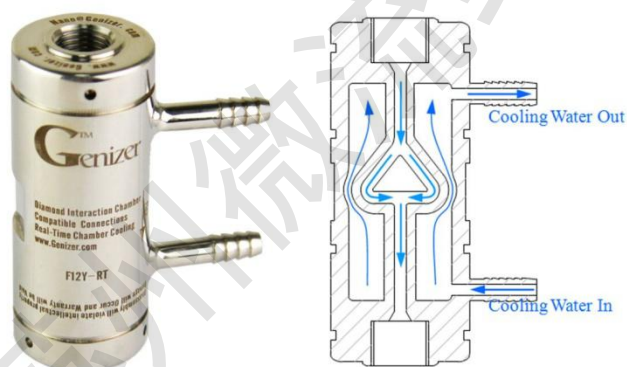


图 1 单通道夹套温控型金刚石交互容腔内部结构示意图

### 1.2 金刚石交互容腔与一代均质阀类核心处理效果差异与成因

金刚石交互容腔对应于第一代均质阀类均质核心，又被称为第二代均质核心。金刚石交互容腔除了拥有更高的剪切与均质效率之外，其内部多晶金刚石通道具有固定的“Y”或“Z”型几何形状，不随反应条件变化而改变，保证了每次脉冲经过腔体前后物料的处理效果一致且不同脉冲处理效果重复性高，处理后的物料粒径也因此分布更窄；通过金刚石微通道的复制，增加了相同时间内的处理流量，以此确保放大生产的实现。

而一代均质阀类核心依靠阀体部件间的微小可调缝隙来控制均质效果，由于间隙结构随压力以及物料冲击容易发生微小形变，单次脉冲时物料所受压力呈正太分布式，无法保证单次脉冲经过阀体前后物料的处理效率的一致性，因此产生的粒径分布宽，而且在放大生产时有很难达到小试时的同等效果。

### 1.3 类型

#### 1.3.1 “Y”型与“Z”型

腔体基本分为两种类型：“Y”型（图2）和“Z”型（图3）。这两种类型还可以分为不同的尺寸型号，不同的通道数量：单通道实验型到多通道生产型。

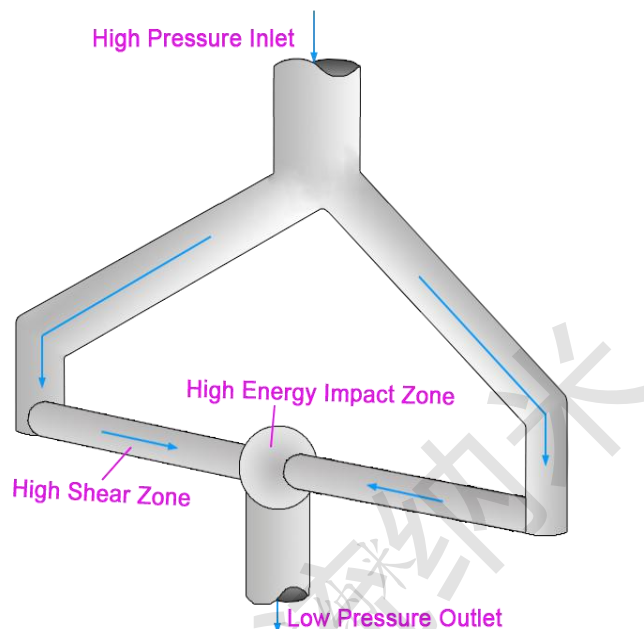


图2 “Y”型腔体内部射流路径

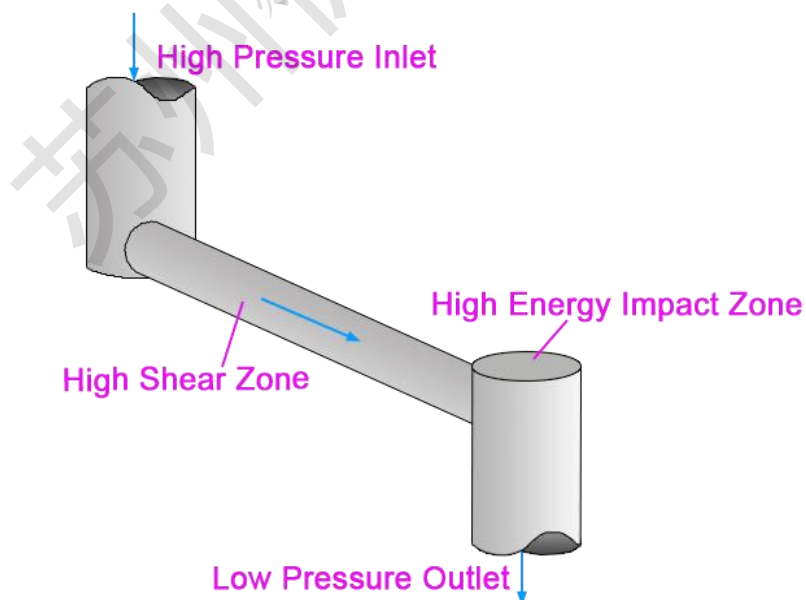


图3 “Z”型腔体内部射流路径

### 1.3.2 主腔与辅腔

腔体可以与辅腔(APM, Auxiliary Processing Module)一起使用。辅腔可以置于“Y”型主腔体下游,以增加背压,从而增强主腔体的效能,稳定流量以及延长主腔体的使用寿命。

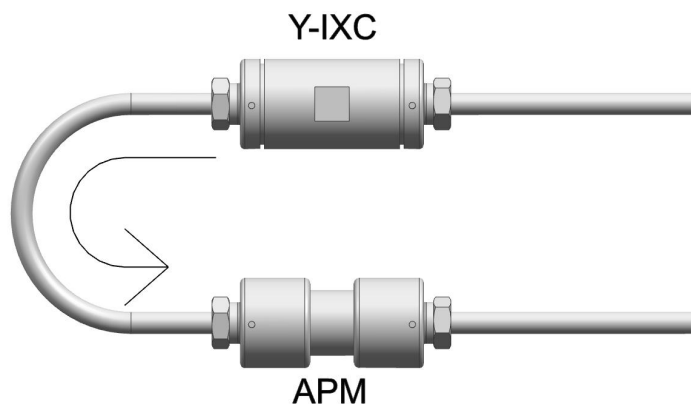


图4 “Y”型主腔与辅腔

此外,还可以将辅腔置于“Z”型主腔体上游,以便在主腔体发挥高性能步骤前帮助预分散物料。在这种结构中,辅腔很像一个在线混合器或预处理器,为主腔体更小的通道和更剧烈的反应准备材料。一般情况下,辅腔是“Z”型而且流量比主腔体更大。

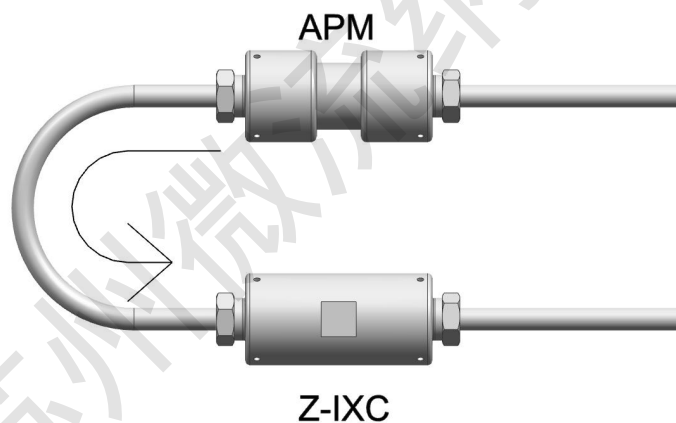


图5 “Z”型主腔与辅腔

### 1.3.3 单通道与多通道

单通道腔体只有一个微通道,可用于小批量或实验室规模的样品处理。多通道腔体(图6-7)由多个复制且平行的微通道组成,以增加腔体处理物料的总体积流量。这些通道在微射流高压均质的过程中都是等效的。微通道的平行复制保证了多通道腔体与单通道腔体相同的处理效果;通道数量的增加保证了在相同的时间内,更大的物料处理流量。

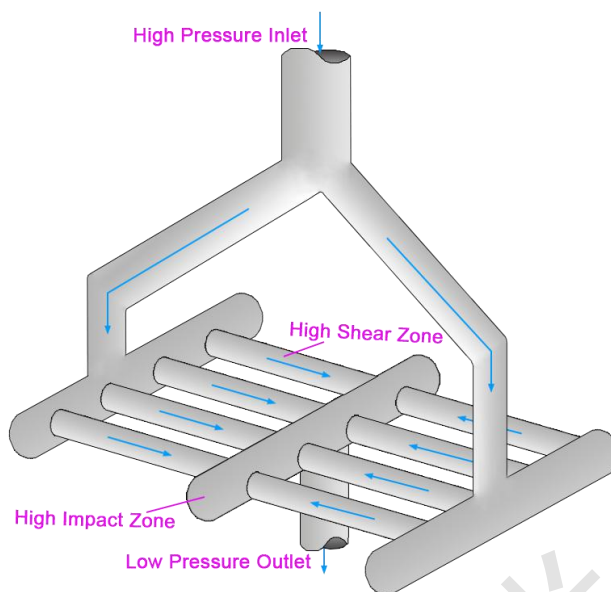


图 6 多通道“Y”型腔体内部射流路径

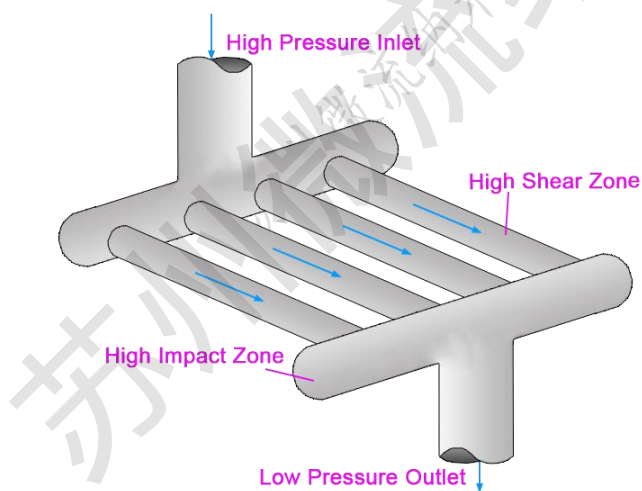


图 7 多通道“Z”型腔体内部射流路径

## 2. 金刚石交互容腔选型与使用建议

### 2.1 使用时需要考虑的 5 个方面

配备金刚石交互容腔的微射流高压均质机可用于处理纳米分散、乳剂、细胞破碎和脂质体等。因此在明确了产品特性之后，选择合适的腔体可以让处理效率更高。为了达到最佳效果，在交互容腔选用过程中，我们需要考虑下面五个方面：

- **需要哪种类型的腔体（“Y”型还是“Z”型）：**下一节有详细介绍；
- **所需腔体的尺寸规格：**选用合适规格的腔体可以避免堵塞并使处理效率最大化；
- **物料处理压力：**不是所有物料都是压力越高越好，过度处理也会让物料粒径增大，探索最佳处理压力，也是工艺优化关键的一环；
- **物料处理次数：**对于单次处理未完全达到要求的物料可以进行多次处理，经过金刚石交互容腔微射流高压均质的次数，也是工艺优化中非常重要的一环；
- **物料的温度敏感性：**微射流高压均质过程中伴随剧烈的机械能转换为热能，物料经过金刚石交互容腔的瞬间，温度可以有剧烈的上升；根据物料的温度敏感属性，适当使用物料换热器进行物料及时降温，对温度敏感型物料的处理至关重要。

## 2.2 不同物料处理时金刚石交互容腔的使用建议

通常来说，“Y”型腔体更适用于乳化、药物包封以及脂质体制备等液-液形态物料的处理；“Z”型更适用于细胞破碎或纳米分散、解团聚、粒径减小、机械剥离等固-液形态物料的处理。

下面将详细介绍在处理脂质体、脂肪乳、微乳、细胞破碎、纳米分散以及粒径减小时，金刚石交互容腔的选型以及压力建议。

### 2.2.1 脂质体

水包油型载药脂质体： F12Y 或 F20Y（带辅腔） 15,000-30,000psi

油包水型载药脂质体： H30Z 3,000-8,000psi

压力过高或者孔道过小容易引起破乳。

### 2.2.2 脂肪乳、微乳

水包油型乳化： F12Y 或 F20Y（带辅腔） 15,000-30,000psi

油包水型乳化： H30Z 3,000-8,000psi

### 2.2.3 细胞破碎

动物细胞： H30Z 2,000-5,000psi

藻类细胞： H10Z 20,000-30,000psi

细菌细胞： H10Z 10,000-25,000psi

酵母细胞： H10Z 20,000-30,000psi

### 2.2.4 纳米分散与粒径减小

中药等纳米混悬液： H10Z 或 H30Z 10,000-30,000psi

F12Y 15,000-30,000psi

二氧化硅等硬质物料纳米分散： H10Z 或 H30Z 10,000-30,000psi

石墨烯等机械剥离： H10Z 或 H30Z 10,000-30,000psi