



Medusa---Anaero Technology 升级款自动进料 BMP 系统

作为厌氧消化研究的“主力军”，BMP 测试已经是一种简单且被完善的测试方法。它是一种对厌氧消化过程进行基础评估（例如沼气生产潜力、原料及其污染物的抑制作用等）的实用工具，但它在用于研究或预测厌氧消化工厂的运行表现时仍存在局限性。BMP 测试经常被用于在批式测试条件下接种物的微生物学和生化动力学研究，然而，由于 BMP 测试的时间和产气能力的限制，测试的结果往往主要取决于接种物的性质，而诸如弱势微生物被逐渐取代、代谢产物积累的长期影响等因素则并不会被 BMP 测试所涵盖。这让越来越多使用 BMP 测试的人们开始思考：“批式测试的结果究竟能否用于很好地推断、预测长期连续运行的厌氧消化进程？”

使用 BMP 测试来确定“最佳共消化混合物”的研究通常会使用基于批式测试的模型，而这些模型大多并未经过连续进料模式的验证，从而忽略了在常规运行模式下的微生物动力学变化、由营养物和原料成分变化等引起的代谢物积累等常见现象。因此越来越多的人意识到仅仅只是基于 BMP 测试的结果来预测或优化厌氧消化过程的表现是有风险的。

更加灵活的 BMP 批式消化装置可以使对于厌氧消化工厂的运行过程中微生物和化学动力学的研究更可靠、更具实际意义，也可以让有别于传统运行模式下的新的测试工艺配置成为可能，同时也有助于降低投资风险。另外，那些基于批式测试开发出的模型应用于连续进料模式的消化器时的有效性也需要通过更灵活的消化装置来进行验证。

Anaero Technology——半连续自动进料消化器和 BMP 消化器系统的专家

Anaero Technology 拥有一款适用于含有少量纤维的浆状原料（<26%DS）的自动进料研究型厌氧消化系统的机器，并拥有专利。我们的自动进料的型号从 1 升到 20 升不等，每款型号

下的所有反应器都有独立可编程的进料系统、温控系统、搅拌系统以及气体流量监测系统。

(www.anaerotech.com/ www.autofedreactors.com) 其中, 型号为 Black Swan 套件有两级或多级自动连续进料运行模式, 每级都有独立的温度和搅拌控制。迄今为止, Anaero Technology 的自动进料半连续反应器已在 14 个国家和地区安装使用, 使用时间最长的反应器已运行超过 7 年。我们除了有自动进料半连续式消化器外, 也推出了手动进料半连续消化器, 它们的购买成本低, 空间占用较小, 主要型号有: Pegasus、Phoenix 和 Unicorn, 反应器容量从 2 升到 10 升, 套件组合数量分别可以做单件成套、3 件成套和 6 件成套。

另外, Anaero Technology 还拥有一款成熟的 BMP 测试系统, Nautilus BMP。它是由 15 个 1 升容量的反应器、搅拌系统和带自动实时监测功能的气体流量计组成;

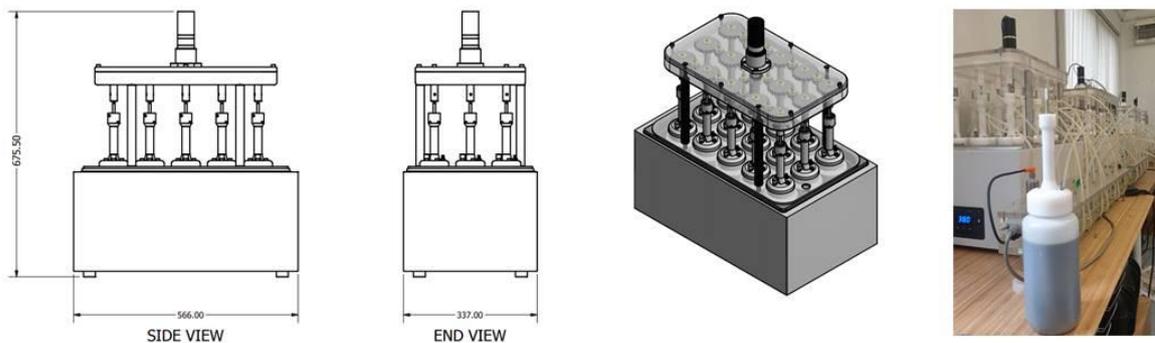


图 1. Anaero Technology 的 BMP 测试系统, 型号 Nautilus (15×1 升反应器)

Nautilus BMP 有许多优点。它不仅可以对所有的反应器进行统一的搅拌, 还为用户提供可选配的接口, 帮助其在测试期间进行取样、添加补充剂或测量 pH 等操作。部分用户反映, 他们曾使用反应器的接口进行了手动进料操作, 并绘制了相对应的半连续试验的图表; 还有用户甚至通过 Nautilus 再现了垃圾填埋场的运行情况! 虽然 Nautilus BMP 系统具有很强的通用性, 但是它在用于再现或者研究连续式厌氧操作的情况时依然存在所有 BMP 系统都具有局限性。Anaero Technology 投入了 3 年时间来解决问题: 升级我们的标准 BMP 系统, 使其可以实现流体原料的自动半连续进料。

Medusa——自动进料 BMP 系统

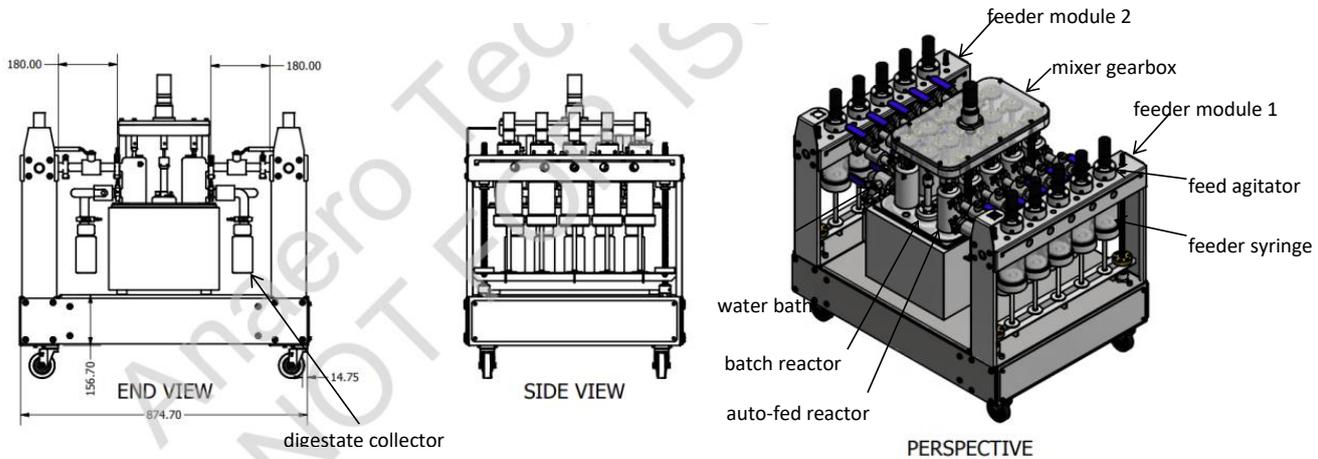


图 2. 新款 Medusa 型号 (10×1 升自动进料半连续反应器和 5×1 升批式反应器)

为加强我们标准版 BMP 系统的研究能力，Anaero Technology 在 2021 年开发了一款 Medusa 自动进料版本的 BMP 系统，即 Medusa BMP。具体地说，是将拥有 15 个 1 升批式反应器的标准版 Nautilus BMP 系统进行改装：Medusa 保留了中间一排的 5 个反应器作为批式反应器，而外侧两排共 10 个反应器则被改装成自动进料半连续式反应器。另外，这 15 个反应器共享一个水浴锅和一个搅拌变速箱（同 Nautilus BMP 系统），以此保证了操作条件的一致性和空间的充分利用，并有效控制了成本。当实验室空间有限时，您在试验台上就能利用这款成本适中的设备进行持续进料的厌氧消化研究！

一套完整的 Medusa BMP 设备包含一套气体流量计和自动实时 Arduino 监测系统。对于一些已经购买了 Anaero 的 Nautilus BMP 套件的用户，可以通过购买 Medusa 升级组件以节约成本。该升级组件将 10 个批式反应器转换为自动进料操作装置，原有的气体流量计、搅拌变速箱、水浴锅和 5 个标准的批式反应器不变；如果有备用需要，也可以重新配置。这套设备的主要目标是让用户实现在低成本、低空间占用的情况下进行低纤维和偏液态的原料的自动进料厌氧研究操作。

Medusa BMP 系统的常规操作



图 3. Anaero Technology 的 Medusa BMP 自动进料系统原型机，自 2016 年 11 月起在哥伦比亚卡利市运行至今

图 3 所展示的是一台自 2016 年 11 月运行至今的 Anaero Technology BMP 自动进料系统原型机（现在的 Medusa 套件针对此原型机做了一系列改进）。从图片上可以看出每一侧的 5 个反应器都和一个自动进料模块（a）相连，每个自动进料模块都包含了 5 个独立的自动进料注射器（b）及各自的高速搅拌器（c）以便原料能均匀搅拌并进入反应器（d）中；为了让原料更好地进入反应器并减少进料过程中潜在的“短路”情况，我们改进了反应器盖，进料和出料相互补偿，从而控制了反应器的液位；虽然在对于餐厨垃圾的连续式研究中，进料里的纤维成分可以被过滤掉，但是由于管道直径较小，含纤维类的材料不太适用于这款反应器。位于中间的 5 个反应器可以继续作用于批式试验，原有的水浴锅、气体流量计和搅拌装置保持不变；新款的电控系统会对进料模块、进料器的高速搅拌器和反应器的搅拌电机进行实时自动监控。

用户可以使用配套的进料注射器重新填装自动进料器，并对其进料频率和进料量进行编程，进料频率可以是每 10 秒一次，也可以是每天或者每周一次；用户也可以对进料器内的原料的预搅拌时长进行编程，以保证进入反应器的原料的均匀性（不同原料的沉降性质不同，达到均匀状态的预搅拌时长也有所不同）。沼液会被连续不断地排进容量为 250 毫升的储存

罐中。在清理储存罐时，罐顶的空气可以用产自同一个反应器的沼气冲洗，并通过储存罐上额外的接口排出，从而最大限度地减少清理时的潜在气体污染。

整套的 Medusa 设备既可以安装脚轮以便移动至实验室任何一个位置，也可以直接放置在工作台上。10 个 1 升容量的自动进料反应器和 5 个 1 升的批示反应器组合、气体流量计、自动监控系统可以带给您不一样的用户体验；它是 Nautilus BMP 的升级版本，也是您厌氧研究的升级选择。一套完整的 Medusa BMP 系统的价格是人民币 **165000（不含税）**，升级组件的价格是人民币 **84000（不含税）**。我们期待您关于自动进料 BMP 系统的任何意见或问题，同时也希望这台设备可以方便您开展更多厌氧研究。

对于有测试高含固率原料需求的用户，建议您查看我们的以下几款型号：Pegasus (3×5 升)、Phoenix (6×2 升)、Unicorn (2 升、5 升和 10 升)。

Anaero Technology UK

上海芮塔生物科技有限公司（中国）

共同努力，让厌氧消化的研究能力更上一层楼！