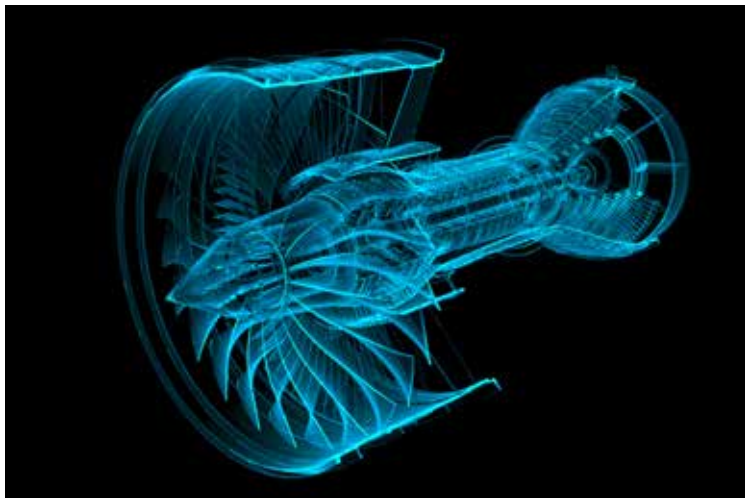




3D 打印

您的增材制造工艺真空解决方案合作伙伴

3D 打印

增材制造正在引发产业革命

什么是 3D 打印？

典型的 3D 打印自 20 世纪 80 年代开始出现，当时称为快速成型。如今，3D 打印（也称为“增材制造 - additive manufacturing”）正在引发整个产业的革命。在家打印零配件不再仅仅是愿望，而已成为现实。今后，利用这种技术将有可能避免供应链的产生，从而对环境发展作出积极贡献。

典型的 3D 打印通常是把塑料逐层堆积形成的。这种工艺流程被称为挤出，在这个过程中，塑料被熔化，然后层层堆积。然而，目前市场上的工艺流程众多，这只是其中之一。尤其是在工业上，经常使用其他工艺，使增材制造得以使用其他材料。它们的共同点是，材料是层层堆积的。这样就可以生产复杂的三维形状，而这些形状用其他机器的话很难或不可能进行制造。现在，利用一种增材制造工艺，还可以用金属粉末制造部件。这样就避免了对金属块工件进行铣削、车削、钻孔或切割等耗时费力的工作。优势是很明显的：这种工艺可以生产出传统金属加工工艺因为技术或经济原因无法生产的复杂部件。最后但同样重要的一点就是，时间可以大大缩短。

用金属粉末生产 3D 打印部件的一种特殊方法是电子束熔融(EBM)，在这种工艺里，真空技术必不可少。



图 1：EBM 3D 打印机 Q10
© 由 Arcam AB 提供

3D 打印

电子束熔融

电子束熔融(EBM)

电子束熔融(EBM)是一种增材制造技术，其产品由金属粉末制成。这种工艺与选择性激光熔融(SLM)类似。两种熔融工艺的主要区别是能量源，电子束熔融的能量源是电子束而不是激光束。这就是为何这种工艺只有在真空中才能实现的原因。

下图显示了一部 Arcam EBM 3D 打印机的结构示意图。EBM 系统主要由电子束枪、电子束柱和形成元件的制造室组成。电子束枪里含有一根细丝，通常是钨丝。电子束就是在这里生成的。电子束柱由三组电子透镜组成：消象散透镜、聚焦透镜和偏转透镜。电子束柱的任务是校正电子束形状并调整电子束焦点。它还用作偏转单元。制造室设计成真空室，因为需要真空条件。制造室里包含存储金属粉末的储粉舱、取粉器和工作台。除了取粉器系统或垂直移动的工作台，制造室里没有移动部件。

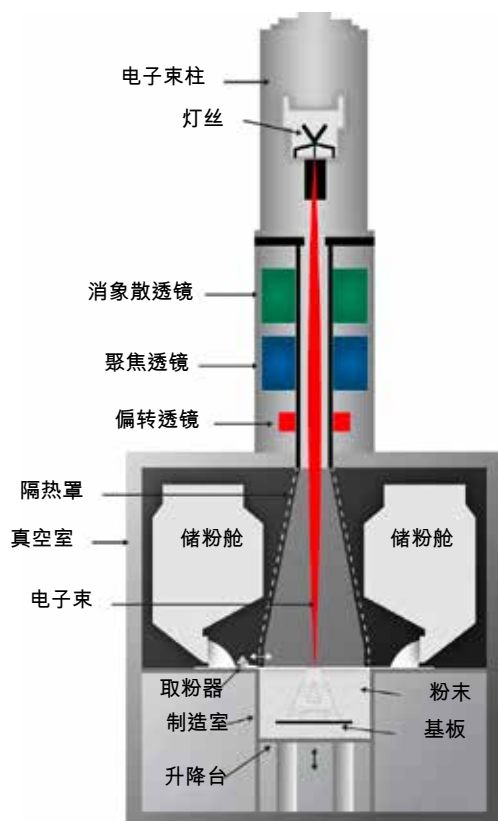


图 2：Arcam EBM 系统，略图
© 由 Arcam AB 提供

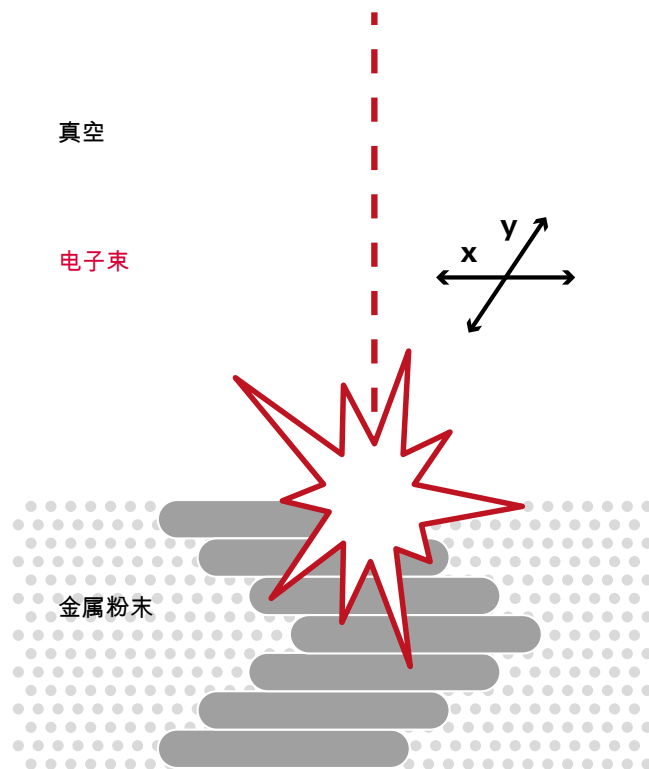


图 3：金属粉末逐层熔化

3D 打印

电子束熔融

工艺流程如下：钨丝在真空下加热至 2500°C 而发出电子。电子通过电磁体加速，然后以光速的一半聚焦并投射到粉末表面。这会引起粉末颗粒升温，因而选择性地熔化一层薄薄的金属粉末。一层成型后，工作台就一次下降一层高度，然后粉末床上重新铺满来自储粉舱的金属粉末。组件在粉末床上一层接一层地堆积成型。一旦打印流程完成，就可以把部件从机器里取出，并去除多余的粉末。复杂形状和悬垂部分需要支撑结构，因此所有组件都固定在升降台上。打印完成后，这些支撑必须去除。之后，可能需要进行表面处理，如抛光。在某些情况下，可能还需要在烤箱中固化以消除打印过程中出现的应力。相应地，这种热处理有时在真空炉中进行，例如当使用热等静压时。

电子束熔融的特性

EBM 工艺流程具有多种优势。主要优势之一就是，能够用具有较高熔点和高活性的材料实现高度复杂的几何形状。因此，钛合金和钴铬合金通常用于 EBM，但也使用其他合金，如 Ti6Al4V、ASTM F75 或合金 718。因此，与原有金属相比，打印产品的机械、动态和化学性能相同甚至更好。



图 4：用于 3D 打印的金属粉末；通常用钛合金和钴铬合金
© 由 Arcam AB 提供

特别是用钛进行的打印，为增材制造开辟了新的应用。一般来说，EBM 流程是一种“热”流程。粉末在工艺流程之前就加热，从而减少了部件变形和对支撑结构的需求。

此外，在真空下打印部件还可以防止在热金属中形成气泡。这种脱气效果会使打印部件的金属层非常均匀。真空的另一个积极作用，也因此成为 EBM 的优点，是可以防止熔融金属粉末的氧化。因此，粉末在加热时不会锈蚀或生锈，在打印过程结束后可以直接回收大量非熔化粉末。因此，这种工艺流程非常令人感兴趣，特别是对于航空工业。

相比 SLM，这种工艺的优势之一是打印速度。通过分裂电子束，可以同时多个位置熔化粉末，从而加速打印过程。这一点之所以能实现，是因为电子束的偏转率极高(> 1,000 m/s)。然而，可实现的部件尺寸较小，最大直径为 250 mm，高度为 380 mm。精确度与精密度也低于 SLM 工艺，因为与激光束相比，电子束的宽度稍大。但是别忘了，EBM 能够加工高活性材料，而 SLM 做不到。

EBM 工艺流程的特点如下：

- 最大建构尺寸：350 x 350 x 380 mm
- 最小建构尺寸：0.1 mm
- 精确度 $\pm$ 0.2 mm (可通过后续精加工提高)
- 最小层厚：0.05 mm
- 典型表面质量：203 - 25.4 μ m RA (可通过后续精加工提高)
- 密度：高达 99.9%

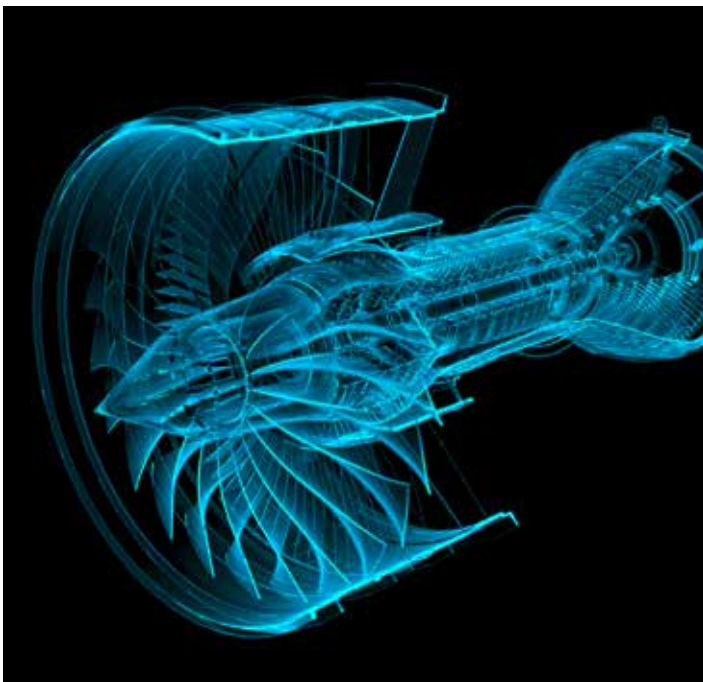


图 5：用金属粉末制造的 3D 打印飞行器涡轮发动机



图 6：用 EBM 打印的植入物示例

3D 打印

电子束熔融

对真空的技术要求

EBM 工艺中的真空有多种用途。首先，它可以防止氧化，避免产生气泡。其次，电子束枪产生电子束以及精准熔融工艺也需要真空。如果电子束与气体粒子碰撞会发生偏转，而在真空中则不会。这里的决定性因素是高平均自由程长度，它与压力的降低成正比。因此，需要极高的极限真空才能实现高平均自由程。对于 EBM 工艺，需要低于 $5 \cdot 10^{-5}$ mbar 的高真空。当更换组件的时候，需要尽可能最快的抽真空时间以缩短准备时间。在打印过程中，向部件注入分压为 $4 \cdot 10^{-3}$ mbar 的氦气以确保环境清洁且受控。这一点对于满足组件构建材料的化学要求非常重要。一般来说，真空设备应对灰尘和颗粒不敏感，具有良好的耐热性。

EBM 的应用领域

EBM 工艺对于用高活性材料进行打印尤为重要，这些材料往往还需要生成复杂的几何形状。其中一种合金金属是 Ti6Al4V，这种合金由于比强度和良好的耐腐蚀性，在航空航天工程领域具有巨大的价值。由于生物相容性良好，这种合金也做成假肢和植入物，越来越多地用于医疗技术。钛合金还有 TiAl 等其他牌号，此外植入物医疗技术以及牙齿修复体还常常用到 CoCr。CoCr 具有高刚度和耐磨的特点，并且具有生物相容性。通过使用 3D 打印，植入物或假体可以精确适应患者的特定要求。



图 7：髋臼杯，人工髋关节的一部分
© 由 Arcam AB 提供

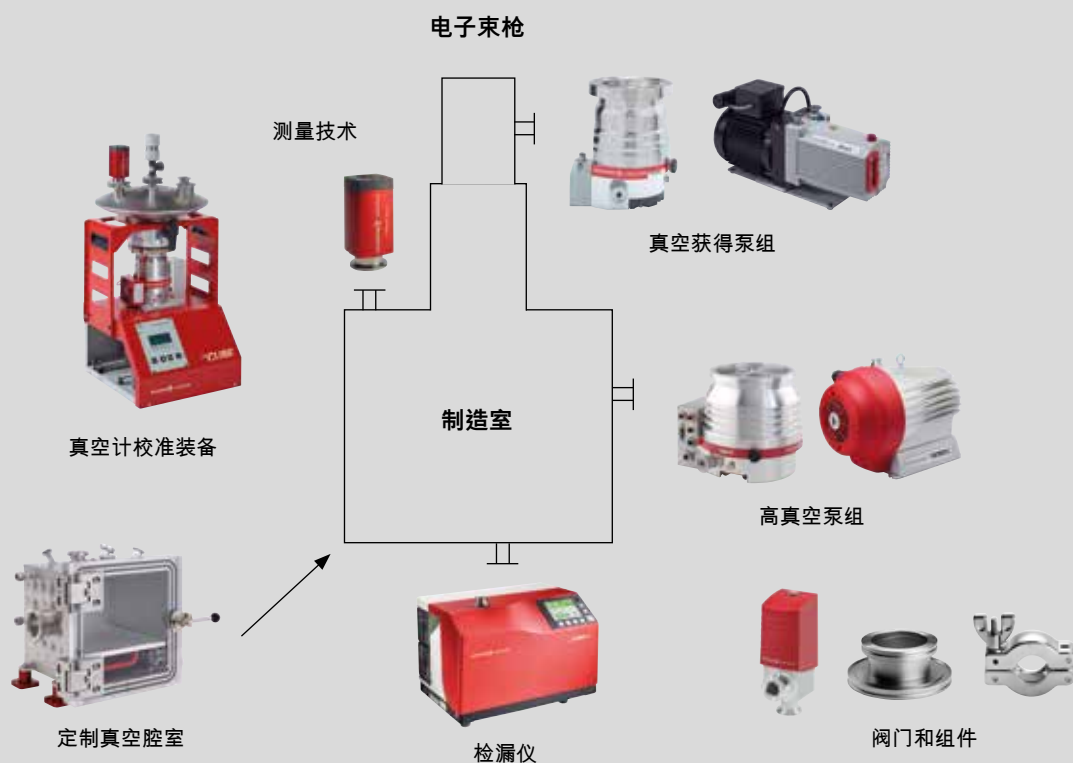
用于电子束熔融的产品组合

普发真空针对电子束熔融提供全系列的产品组合。产品包括用于对制造室和电子束枪抽真空的前级泵和高真空泵、用于测量从大气到高真空压力的真空计（可选装校准设备）、定制真空腔室、连接真空部件的阀门和法兰组件以及用于定位泄漏的检漏仪。

设计

普发真空向客户提供大力支持，为 EBM 打印机设计全套真空系统。支持的内容包括提供特定尺寸的前级泵和高真空泵，并对所需任何其他部件提供建议。

设计时考虑到了泵的特性、管道造成的流失、内部腔室表面的泄漏和解吸效应。在设计过程中，使用了专门为此开发的先进计算程序。



制造室抽真空

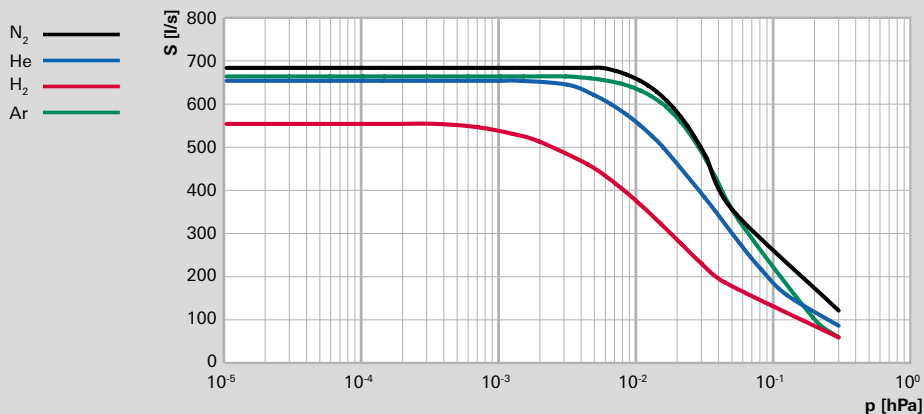
制造室在通入氦气之前需要达到低于 $5 \cdot 10^{-5}$ mbar 的极限真空，而整个打印过程中都要设定 $4 \cdot 10^{-3}$ mbar 的持续过程真空度。根据制造室的体积，可以制定不同的高真空和前级泵组合。在选择高真空泵时，也必须考虑到解吸率。原因是：气体分子（主要是水）与制造室的内表面以及金属粉末结合，在真空下会逐渐释放。

表面的解吸率导致气体的积累随着时间的推移而减少。要达到的极限真空越高，解吸的影响就越大。解吸对抽真空时间有负面影响，在设计过程中考虑到这一现象非常重要。

作为用作这一用途的高真空泵，HiPace 涡轮分子泵系列产品已经非常成熟。该系列泵用于 EBM 工艺的优势在于：

- 尺寸紧凑
- 振动极低
- 抗尘性能优良
- 极限真空高
- 可靠
- 使用寿命长
- 运营成本极低
- 性能出色
- 输送压力相对较高

普发真空涡轮分子泵的抽速介于每秒 10 到 2,700 升之间。这种泵经济性和灵活性高，令人印象深刻。泵的轴承系统久经考验，可靠性高，而且普发真空涡轮分子泵有两种不同的轴承系统可以选择：复合轴承，一种在前真空侧的陶瓷球轴承和在高真空侧的永磁径向轴承的组合；还有完全主动的磁轴承，其转子运转过程中没有任何接触或磨损。



转子设计精密，具有极高的抽速、临界前级压力和气体吞吐量值以及优良的轻气体压缩值。特别是带复合轴承的 HiPace 700，在制造室抽真空方面久经考验。

为了在所需时间内达到合适的前级真空压力以打开涡轮分子泵，需要适当规格的前级真空泵。普发真空可提供咨询，帮助客户选择正确的前级泵。EBM 工艺中的典型前级泵要求如下：

- 适应全球电压，理想情况下是单相
- 低噪音水平，提供理想的工作环境
- 更换组件时，泵送速度高、周期短（通常为 10 l/s）
- 运营成本低（拥有成本）
 - 维修间隔时间长
 - 低功耗（待机模式）

普发真空可以提供旋片泵作为后备泵，或者如果需要无碳真空的话，则提供涡轮泵。

产品概览

前级真空		高真空
旋片泵 DuoLine	涡轮泵 HiScroll	涡轮分子泵 HiPace
		
■ 工艺高度安全，由于集成了高真空安全阀 ■ 从 1.25 至 300 m³/h 的全系列 ■ 可选配无磨损磁耦合装置，维护间隔延长，并且不会因漏油而导致意外停机 ■ 泵送原理不受所用气体类型影响	■ 干式前级泵：用于 6-20 m³/h 的中低功率需求 ■ 极为安静：<47dB[A]，待机模式下甚至可达 <42dB[A] ■ 智能：配备 RS-485（可选 ProfiNet）、状态监控和可变频率，可轻松、单独集成到系统中 ■ 高效且强大：驱动器效率比同类产品高 15%，可确保热量、磨损和运营成本更低 ■ 最终压力极佳：<1·10⁻² hPa	■ 坚固耐用，抗颗粒问题 ■ 尺寸紧凑 ■ 振动极低 ■ 使用寿命长，运营成本低 ■ 从 10 m³/h 到 2300 m³/h 全系列产品 ■ 作为 HiPace Plus 版，对电子束枪的磁场影响更小

抽真空

对电子束枪抽真空

涡轮分子泵通常用于电子束枪，在高真空范围内产生并保持压力。由于电子束枪的抽真空过程对时间通常要求不严格，因此使用中小型涡轮分子泵（HiPace 80 或 HiPace 300）。也可以将小型前级泵（如旋片泵、涡旋泵或多级罗茨泵）用作前级泵。

电子束枪的一个关键点是磁场。磁场会受复合轴承和相关的单边磁悬浮轴承的负面影响。为了尽量减少这种影响，可以用 HiPace 系列的特殊版本。HiPace Plus 系列通常用于电子显微镜，磁场低、振动极小，令人印象深刻。由于磁悬浮轴承经过改进，电机内部有屏蔽且杂散磁场低，因此磁场极为有限。这样，泵对敏感设备的影响就降低了。此外，该系列泵还有特殊嵌入的轴承，可最大限度地减少振动。

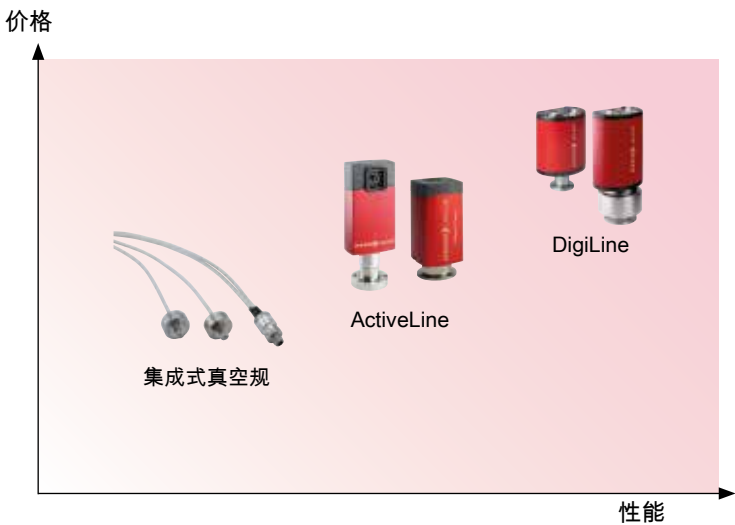


图 8：HiPace Plus

真空测量

为了测量制造室和电子束枪的压力，坚固而可靠的 RPT 200 型和 HPT 200 型真空计组合（压电/皮拉尼变送器和皮拉尼/贝阿德-阿尔珀特变送器），作为普发真空 DigiLine 系列产品的一部分，已经在实践中得到证明。数字信号转换使测量误差降到最低，系统集成非常轻松。电子束不受磁场干扰。坚固、紧凑的压电/皮拉尼变送器（普发真空 RPT 200 DigiLine）通常用于测量高真空泵的前级真空压力。

为此，主要使用 DigiLine 系列带有 Profibus 信号输出的真空计。此外，普发真空还提供一系列其他接口，从而满足客户对控制信号的要求。



产品概览

HPT 200	RPT 200
	
■ 皮拉尼和贝阿德-阿尔珀特传感器组合 ■ 指示范围：5 · 10⁻¹⁰–1000 hPa ■ 高精度，高达 ±10% ■ 含两根发热丝，运行安全性高	■ 对于真空过程进行精确的、不受气体类型限制的测量 ■ 测量范围 1 · 10⁻⁴至 1200 hPa ■ 用于压力 >10 hPa 的不依赖气体类型的测量

校准

为了确保压力测量的准确性和可重复性，以及长期的工艺稳定性，必须定期校准真空计。由于传感器存在污染颗粒或冷凝物以及长期使用引起的老化，测量信号可能会发生变化。因此，校准是质量保证的一个必要组成部分，其中对测量仪器的测量信号与参考真空计的信号进行了比较。

参考真空计。标准真空计必须由经过认证的实验室进行校准（例如，德国认证的 DAkkS [Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH = 德国认证机构]、美国 NIST 认证）并且可以追溯到国家标准。

工厂和 DAkkS 校准

普发真空提供工厂级别和 DAkkS 认证级别的校准服务。校准按照高质量标准进行，并符合 ISO 3567 标准。记录的测试条件和差异记录在发布的校准证书中。

校准的层次结构（精度降低）



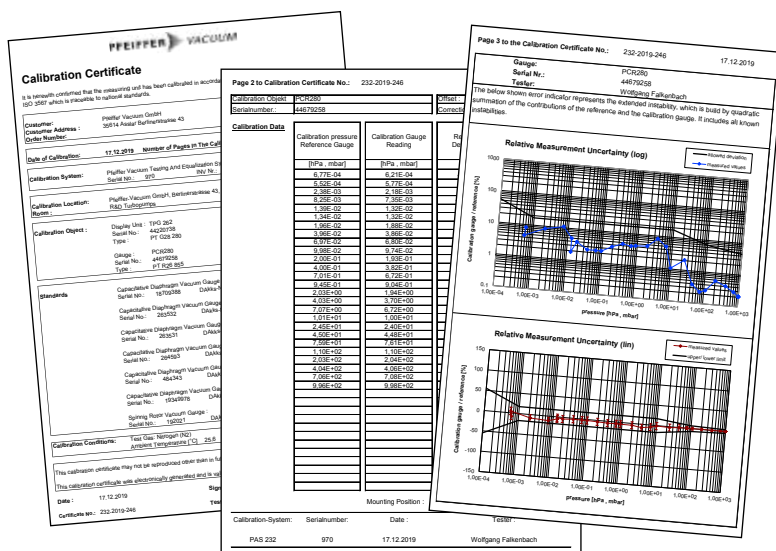
*Physikalisch-Technische Bundesanstalt
(德国国家计量研究所)

真空炉

校准

普发真空校准系统

当使用大量真空计时，直接内部校准比外部校准更具成本效益。为此，普发真空提供专门开发的校准泵组，有基本和专业型号。这些系统包含一个集成的涡轮分子泵组，以提供精确零点调整所需的压力。符合 ISO 3567 标准的真空室可确保均匀的压力分布，并确保真空计在相同高度处对称排列。进气口和泵输入口也位于对称轴上。使用普发真空校准系统和相应的参考真空计，可以轻松进行校准，特别是在与冷冻干燥相关的压力范围内。



Example of a calibration certificate

产品概览

基本校准系统

专业校准系统



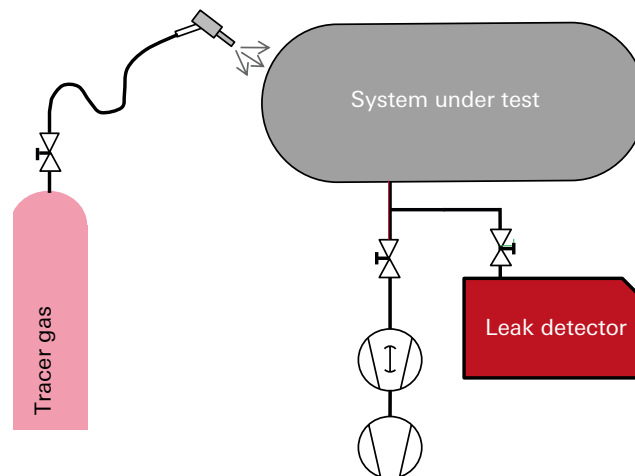
■ 紧凑型系统，最多 6 个法兰连接，用于真空计

■ 移动系统，最多 8 个法兰连接，用于真空计

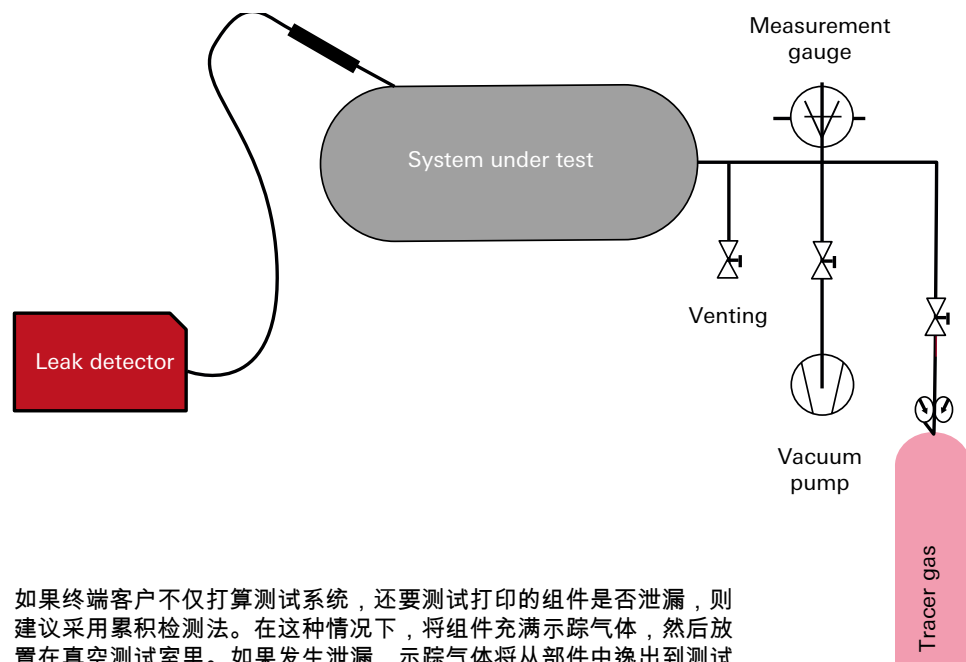
- 校准范围
1,013 – 10⁻⁴ hPa
- 易于使用
- 符合 ISO/TS 3567 标准
- 用于静态和动态校准
- 提供定制解决方案
- DAkkS 参考真空计可选

泄漏检测

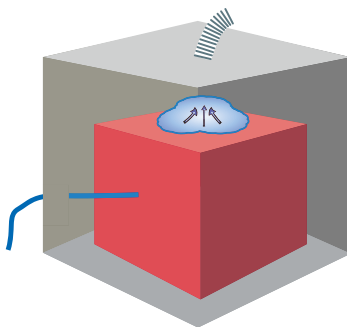
在 EBM 工艺中，要达到所需的极限真空并保证过程中的真空度，需要良好的泄漏密封性。特别是在高真空内，即使是小泄漏也会阻碍真空度的达到。对于 EBM 系统，累积泄漏率小于 $1 \cdot 10^{-5}$ mbar 是最低要求，这样系统制造商才可以保证不会因系统泄漏而出错，并且在客户工厂里不会发生任何后续错误。普发真空提供各种配置的氦气检漏仪，用于检测所需的泄漏率。氦气检漏仪检测灵敏度高、测试时间短且易于操作，是泄漏定位的理想选择。测试可以通过多种方式执行。一种方法是将系统抽真空并用喷枪从外部、密封点、焊缝和其他潜在泄漏处喷吹氦气。如果有泄漏，氦气会流入抽空的真空室，然后被检漏仪吸入并检测到。为了实现较短的响应时间，大型系统对现有真空系统用分流的方式使用检漏仪。



另一种方法是嗅探测试。在这里，系统用氦气等示踪气体加压。然后，嗅探器探针经过系统。发生泄漏时，检漏仪会发现逸出的示踪气体，进而确定泄漏的位置。由于氦气通常在 EBM 工艺中添加，因此无论如何，这种方法也可以用来保证氦气的供应。



如果终端客户不仅打算测试系统，还要测试打印的组件是否泄漏，则建议采用累积检测法。在这种情况下，将组件充满示踪气体，然后放置在真空测试室里。如果发生泄漏，示踪气体将从部件中逸出到测试室，并被检漏仪检测到。



普发真空的 ASM 340 是一款功能强大且普遍适用的检漏仪。紧凑便携的 ASM 310 是移动应用的首选，例如供服务工程师使用。

产品概览

ASM 340	ASM 310
 ■ 得益于高氦气抽速而实现最快响应时间 ■ 便利的操作、直观的菜单和大尺寸彩色触摸屏 ■ 同类产品中准备就绪时间最短 ■ 小车可方便移动。	 ■ 干泵系统，前级真空抽速 1.7 m³/h ■ 超轻型，仅 21 kg，便携式 ■ 巧妙的设计，可扩展的手柄 ■ 可移除的控制面板 ■ SD 卡可用于数据存储

普发真空服务

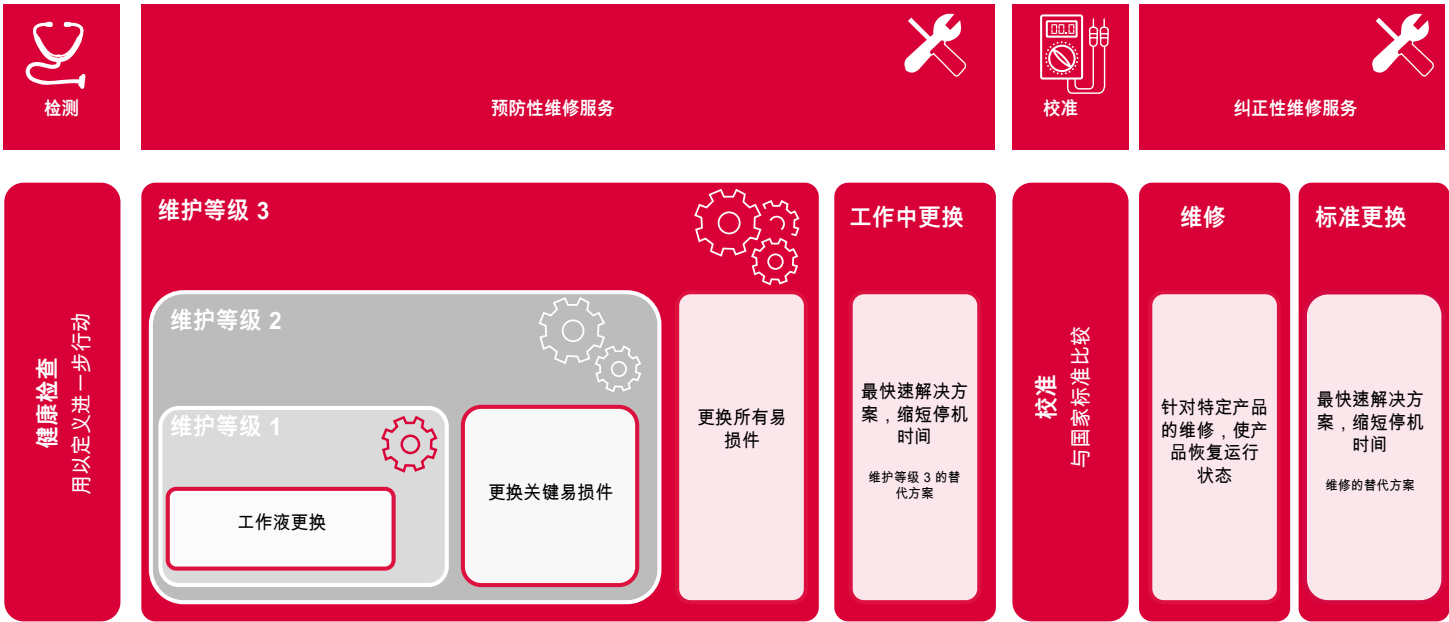
我们的服务 – 您的优势

每家客户对产品都有特殊要求，并且这些要求可能还会受到特定应用的参数影响。我们灵活的维修服务方案以预防性维修服务为重点，为您提供恰到好处的解决方案。

预防性维护 – 避免停机时间

我们的预防性维修服务方案可根据每种产品提供维修服务周期建议。目标是避免故障，并实现有计划 and 可预测的维修服务。

维护等级 1 包括各种液体更换，非常有助于保持产品良好工作状态
维护等级 2 外加更换所有易损件在 维护等级 3，将更换产品的所有易损件，且产品将接受大修。为了最大程度地减少停机时间，我们可在维护期间为我们的许多产品提供临时备用品。我们提供等效的备用产品，并确保我们的客户能够立即开始使用。



服务一览

- 用户培训和产品培训
- 普发真空原装备件和工具
- 我们技术支持团队的故障排除和建议
- 由我们的服务技术人员提供全面的现场服务
- 在我们全球各地服务中心进行的维护和维修
- 个性化服务协议
- 备用产品
- 针对测量设备和氦气泄漏检测的校准服务

**备件 –
原装零件可延长预期使用寿命**

普发真空的备件和工具早在产品开发阶段即可确定。这可确保其量身定制的适用性及品质。

我们量产产品的每项改进也都会纳入备件中。这意味着每次完成等级 3 维护或维修之后，产品都将处于最新技术水平。



**咨询 –
协助您解答任何可能的问题**

除了我们的个性化方案和备件的高质量外，我们的员工及个性化的联系方式更使我们的服务与众不同。

技术支持 – 专家权威咨询

由于涉及我们产品的事项并不都是不言自明的，而购买前后也都可能出现疑问，为此有普发真空技术支持为客户提供帮助。

我们团队的每一名成员都专精于我们产品组合的某一领域，从而能够在产品相关技术问题为客户提供有力帮助。我们的团队还与我们的开发人员和应用专家紧密合作。

现场服务技术人员

从调试新的真空组件和系统到故障排除，再到维护及维修，我们为客户提供全面的现场服务。我们的服务驻地可确保在紧急情况下与客户保持联系并提供快速帮助。

**服务协议 –
根据您的项目单独定制**

我们提供针对特定项目的服务协议，以便我们的客户对维护或服务干预措施做好长期计划。这些协议既可事后订立，也可早在项目规划阶段便确定。为了顾及客户各不相同的需求，协议既可包括我们提供的全部服务，也可选择部分服务。

部件和阀门

真空系统中的连接



真空系统是由各种单独零部件组合而成的统一单元。而普发真空所提供的不只是标准解决方案。部件可以修改以满足您的要求，定制解决方案更可完全配合您的需求。

您的优势和好处

- 将有直接联系人负责您和您的项目
- 主动支持和权威咨询
- 使订购更加方便
- 交货周期短
- 交货可靠性高
- 供应安全性高
- 库存超过 50 万件
- 上线时间长
- 节省成本 - 无需自行库存
- 真空部件网店有售
- 随时方便地在线订购
- 为您提供关于价格、交货时间和条款的信息



仅限中国大陆



部件



阀



馈通



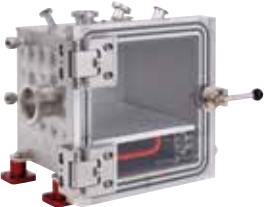
操纵器

定制真空室

针对您的真空应用单独设计的真空室

由于我们多年的经验，我们熟悉几乎所有可能的任务，并且可以就系统规格、设计和施工提供专业指导。

我们的物理学家、设计师、项目经理和生产专家，在一切细分市场的许多应用中都具有丰富的经验。任务基于您的需求：我们通往成品的起点，形式涵盖草图到完整蓝图。

高真空室	优势	好处
	■ 预配置设计	■ 由于降低了设计费用，可节省成本和时间
	■ 久经考验，坚固耐用	■ 可靠、安全
	■ 定制端口	■ 单独适应您的工艺
中真空室	优势	好处
	■ 预配置设计	■ 由于降低了设计费用，可节省成本和时间
	■ 久经考验，坚固耐用	■ 可靠、安全
	■ 定制端口	■ 单独适应您的工艺
模块化真空室	优势	好处
	■ 预配置设计	■ 由于降低了设计费用，可节省成本和时间
	■ 模块化可扩展	■ 始终保持最大的灵活性
	■ 定制端口	■ 可具体适应您的应用
定制真空室	优势	好处
	■ 个性化设计	■ 可最佳适应您的工艺流程
	■ 高品质的材料	■ 最好的质量和长久的使用寿命
	■ 坚固的设计	■ 可靠、安全
	■ 项目施工建设由资质过硬、经验丰富的项目经理负责	■ 节省时间

我们提供一站式真空解决方案

普发真空代表着为客户在世界范围内提供创新的、定制化的真空解决方案，完美的技术，全方位的支持和可靠的服务。

完整的产品线

从一个配件到复杂的真空系统：

我们是唯一能提供完整的产品线和技术服务的供应商。

理论与实践的完美结合

得益于我们的专业技术和完善的培训体系！

我们提供给您完整的生产技术提升方案和全球统一的一流的现场服务。

您是否正在寻找
完美的真空解决方案？
请联系我们：

普发真空技术（上海）有限公司
Pfeiffer Vacuum
(Shanghai) Co., Ltd.
T +86 (21) 3393 3940
info@pfeiffer-vacuum.cn

Pfeiffer Vacuum GmbH
德国总部
T +49 6441 802-0

www.pfeiffer-vacuum.com



Follow us on social media
#pfeiffervacuum

