

真空技术助力 电推进技术发展



在将卫星发射到太空或执行太空任务之前，必须通过众多测试。这些测试的目的是检查并确保卫星能在太空中正常运作；而只有在真空技术的帮助下，才能在地球上进行此类测试。吉森大学(JLU)自20世纪60年代开始太空研究，普发真空的设备从那时就参与其中。如今，吉森大学第一物理研究所执行主任J.Klar博士所带领研究团队在其实验室测试航天机构和其企业合作伙伴的发动机在太空条件的性能。

离子推进器：从噱头到成为可能

在“新太空”(New Space)时代到来之前，企业尚将电动太空推进系统视为一种技术噱头，只是有朝一日可能会用于科学飞行任务。因此，这一领域留给大学进行研究，而企业仅或多或少地承担资金。如今，电动太空推进系统则被认为是变局推动者”，因为与纯化学推进系统相比，使用这些系统可以在空间执行完全不同的任务。

在第一物理研究所，有许多用于材料研究和空间物理学的大型实验设施。这些设施包括大型真空腔体，其中可以研究离子推进器的运行，也就是所谓的空间模拟设施。在真空腔体中形成真空环境，可在其中对推进器进行测试和测量。Peter J. Klar 教授解释说：“一般来说，电动推进研究团队主要开发电动太空推进系统，特别是由吉森大学物理学家 Horst Löb 博士教授发明的射频离子推进器 (RIT)。

电动太空推进系统有多种类型。Löb 教授在 20 世纪 60 年代研制的 RIT 推进器有一个半球形的放电室，在其内部，等离子体被从气态推进剂中点燃。放电室开放的一面通过网格系统与太空隔开。推进器运行过程中，带电的推进离子在网格之间施加的电场

作用下，被加速推离等离子体，从而根据反冲力原理产生推力。为了防止航天器带电，必须用电子中和带正电的离子羽流。早期用汞蒸气作为推进剂，但如今一般使用惰性气体氙。由于这种资源稀缺，目前正在积极寻找替代品。”

专注开发新型测试设施

吉森大学的电动推进研究团队正在努力开发新的标准化测试程序。“随着技术的商业化，大学团队的任务也在发生变化。我们不能也不想大量制造 ISO 9000 认证推进器。正因如此，我们专注于开发新型测试设施，这也是真空技术的优势领域。”Klar 教授说，“我们还专注于更好的推进器诊断方案和用于极小型卫星的新型小型化推进器。我们利用微观和纳米结构方法制造这类推进器。”

特别是，吉森大学目前正在建造新的测试设施，用于研究电动太空推进系统的电磁兼容性 (EMC)，这尚属德国唯一。这里将会开展各种测试，以确定推进器在运行过程中发出的电磁辐射是否会干扰其他电子设备。这种现象与汽车上的模拟收音机在驶过高压电线附近时的接收干扰类似。“如果想要用这种推进器来操作卫星，这些测试是至关重要的，因为在最坏的情况下，这类干扰可

在第一物理研究所，有许多用于材料研究和空间物理学的大型实验设施。



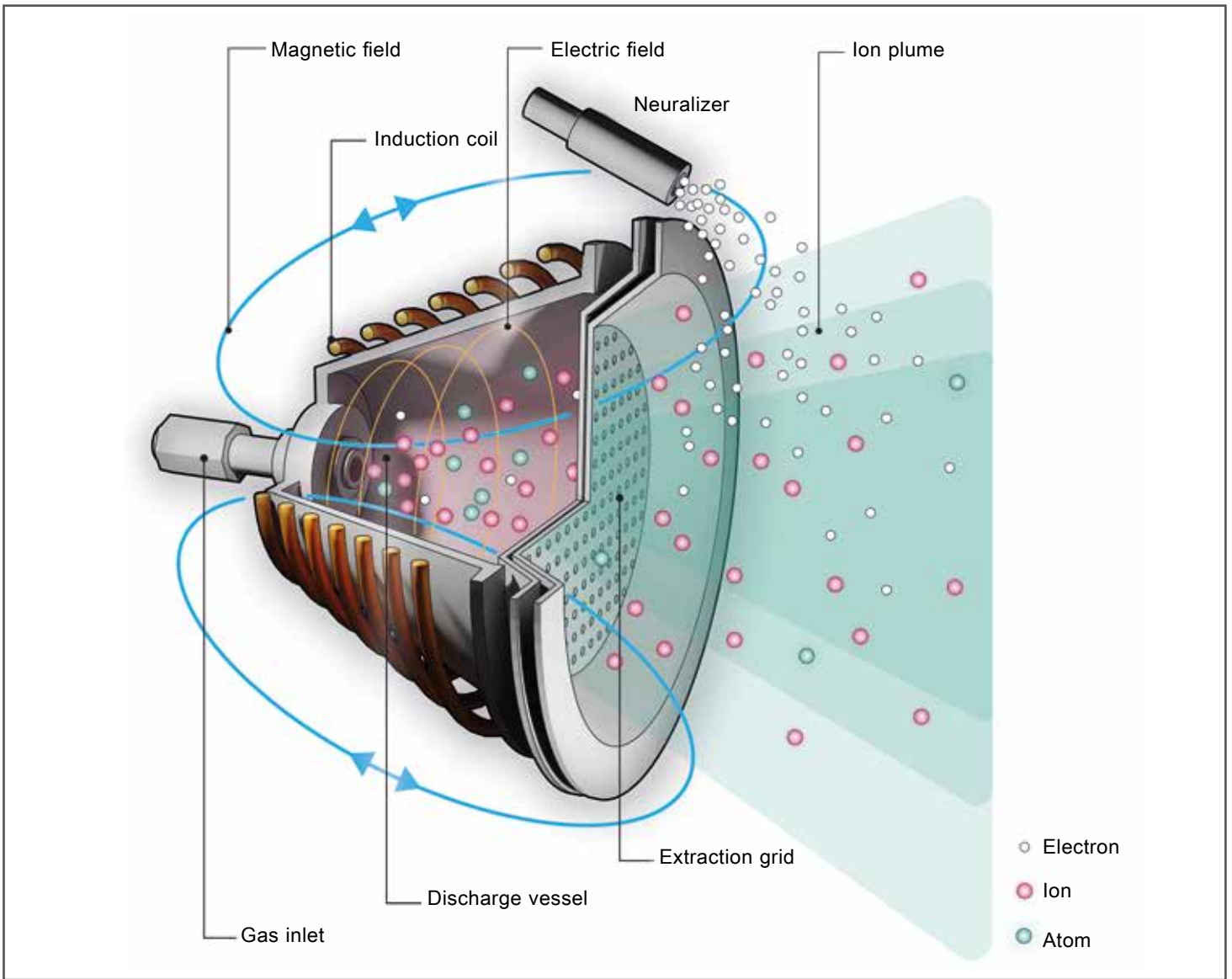


图 1：射频（或高频）离子推进器的基本原理。在放电室中，气态推进剂的低温等离子体燃烧。维持等离子体所需的能量输入是由线圈的交变磁场提供的，其工作频率在 MHz 范围内。等离子体中的离子通过抽汽网格系统被提取出来，并加速到 1000eV 左右的能量。带正电的离子束被中和器的电子中和。用于材料加工的吉森射频离子源也是基于同样的原理。

导致卫星完全丢失。”Klar 教授解释说。用于在运行条件下测试推进器的 EMC 测试设施，其设置与用于标准电子设备的设施截然不同。由于推进器需要在太空条件（即真空）下运行，EMC 测量必须在真空室中进行，或者真空室必须置于有屏蔽的 EMC 测量舱中。

除了这些新设施，吉森电动推进研究的重要设施，即 JUMBO 测试设施仍在运行。它早在上世纪 70 年代就在吉森大学投入使用，用于与行业合作测试太空 RIT，是世界上最早、一度也是最大的测试设施之一。后来，全球又建造了许多设施，包括更大的设施。JUMBO 现在“仅仅”是德国一所大学最大的空间模拟设施，但它也是许多新设施的典范。“我们希望未来在新的 EMC 设施上也能取得类似的成功。这类设施中的

真空泵基础设施需要非常精密。我们的目标是创造尽可能接近太空的操作条件，因为真空腔体中的本底压力也决定了推进器的性能数据，毕竟，我们想知道推进器在太空中的表现——而不是在低真空度的真空环境中。”Klar 教授补充道。

“例如，我们有的系统需要非常洁净的真空环境，如果可能的话，所有真空泵都需要在无油的情况下运行”

在太空旅行研究领域，吉森大学的科学家们还在研究适应太空极端要求的新型材料。例如，用于耐辐射电子产品的 GaN 半导体结构。辐射硬度也可以在吉森大学及其合作机构的特殊测试设施中进行研究，即用高能伽马辐射或粒子辐射轰击半导体。此外，类

似于 RITs 的射频离子源也被用于材料加工，例如离子束蚀刻或离子束溅射沉积。

真空必不可少

真空技术在这一研究中发挥着重要作用。所有研究领域的实验设施都必须在高真空甚至超高真空下运行。这一点既适用于材料研究，也适用于空间研究。“这里使用了各种涡轮泵和前级泵系统，几乎涵盖了所有普发真空产品系列。”Klar 教授解释说，“包括 HiPace 和 ATH 系列的涡轮泵和 DuoLine 的旋片泵。磁性轴承和腐蚀防护等功能特色尤为重要。当然，我们还受益于涡轮泵特别长久的使用寿命。除了真空泵，我们还采购各种真空元件，如真空计、波纹管、密封件和连接元件。普发真空能够保证快速供应和交付货物，可以为我们带来明显优势。”

“但是，与普发真空建立基于信任和可靠的密切人际关系，更是一项尤为重要的收益。我们在各个层面都有联络。纯粹的科学交流和对科学问题的讨论令人愉快，也富有成效。这是因为我们设计、建造和运行的每一个新系统都有不同的要求，也会提出不同的挑战。例如，我们有的系统需要非常干净的真空环境，如果可能的话，所有的泵都需要在没有润滑剂的情况下运行。”Klar 教授介绍道，“我们还有一些接触腐蚀性气体（如碘蒸汽）的系统。目前正在研究将碘作为氙的替代品，作为离子推进器的推进剂。对

此，我们使用 HiPace 1500C 与 Duo 35 MC 双级旋片泵相结合。这两种泵的设计都可以耐受腐蚀性气体，这样就可以保证在过程中的使用寿命尽可能长。”

从吉森大学进入太空

自 2017 年起，吉森大学开始提供“空间应用物理与技术”学位课程。这是一个跨学科的学位课程，结合了物理学和电子工程。该项目是根据航天工业的需求而定制的。近年来，航天工业已经发生了巨大的变化，其中一大原因是从旧太空 (Old Space) 时代到新太空 (New Space) 时代的转型。德国传统的航空航天学位课程属于机械工程领域。电动太空推进系统，如 20 世纪 60 年代以来在吉森开发的 RIT 技术，目前的重要性迅速提高，其在卫星上的运行和集成需要良好的物理和电气工程知识。

自 2017 年起，吉森大学开始提供“空间应用物理与技术”学位课程。

当然，该学位课程不仅涉及电动太空推进系统，还对整个太空旅行进行广泛的介绍，包括任务规划和即将开始的任务、航天器、各种推进技术、国际空间站里的实验等等。真空技术在其中发挥着重要作用。凭借良好的物理学和电子工程基础知识，毕业生有很好的职业发展机会，而且不仅是在太空旅行领域。

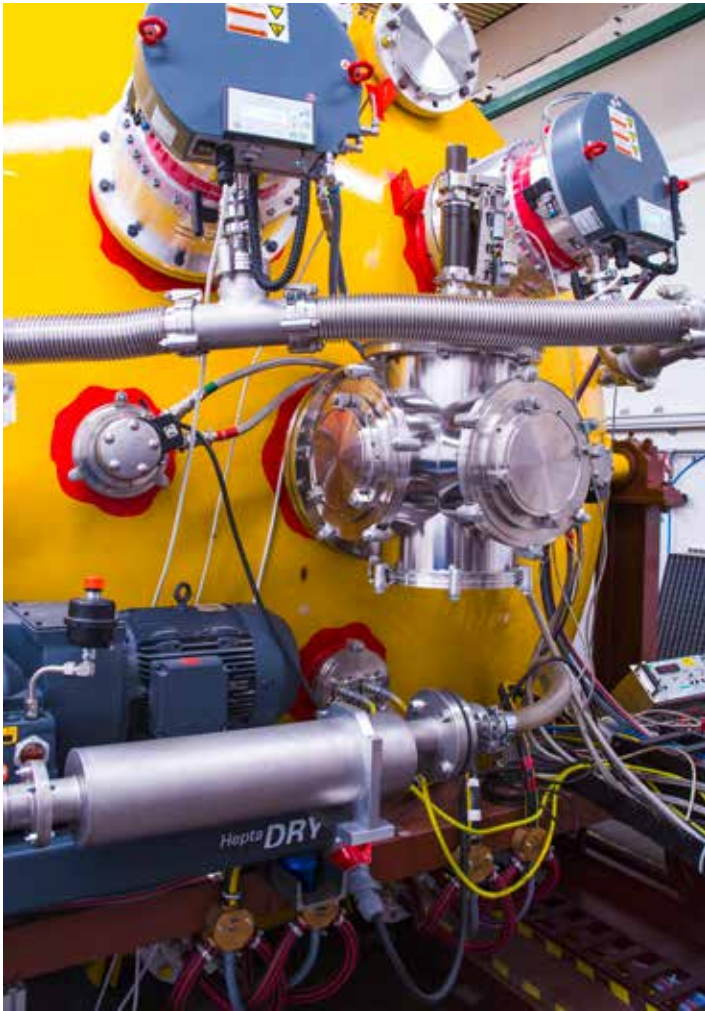


图 2：用于测试离子推进器的 JUMBO 空间模拟设施上有两台 ATH 3204M 涡轮泵和一台作为前级泵的 Hepta Dry 200 螺杆泵。配备 Duo 65 前级泵、HiPace 2300 和 8 台低温泵，可实现每秒 15 万升的氙气抽速。



图 3：2DIBS 设施，有多个射频离子源，用于利用离子束溅射沉积对基材进行双面镀膜。该系统还配备了两台型号为 ATH3204M 的涡轮分子泵及 ACP 28 多级罗茨干泵作为前级泵。



HiPace 2300 复合轴承涡轮分子泵



ATH 3204 M 磁悬浮涡轮分子泵



HeptaDry 螺杆泵



真空腔体



Duo 65 旋片泵



ACP 15/28 多级罗茨泵

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
info@pfeiffer-vacuum.de

www.pfeiffer-vacuum.cn



Follow us on social media
#pfeiffervacuum

PFEIFFER  **VACUUM**