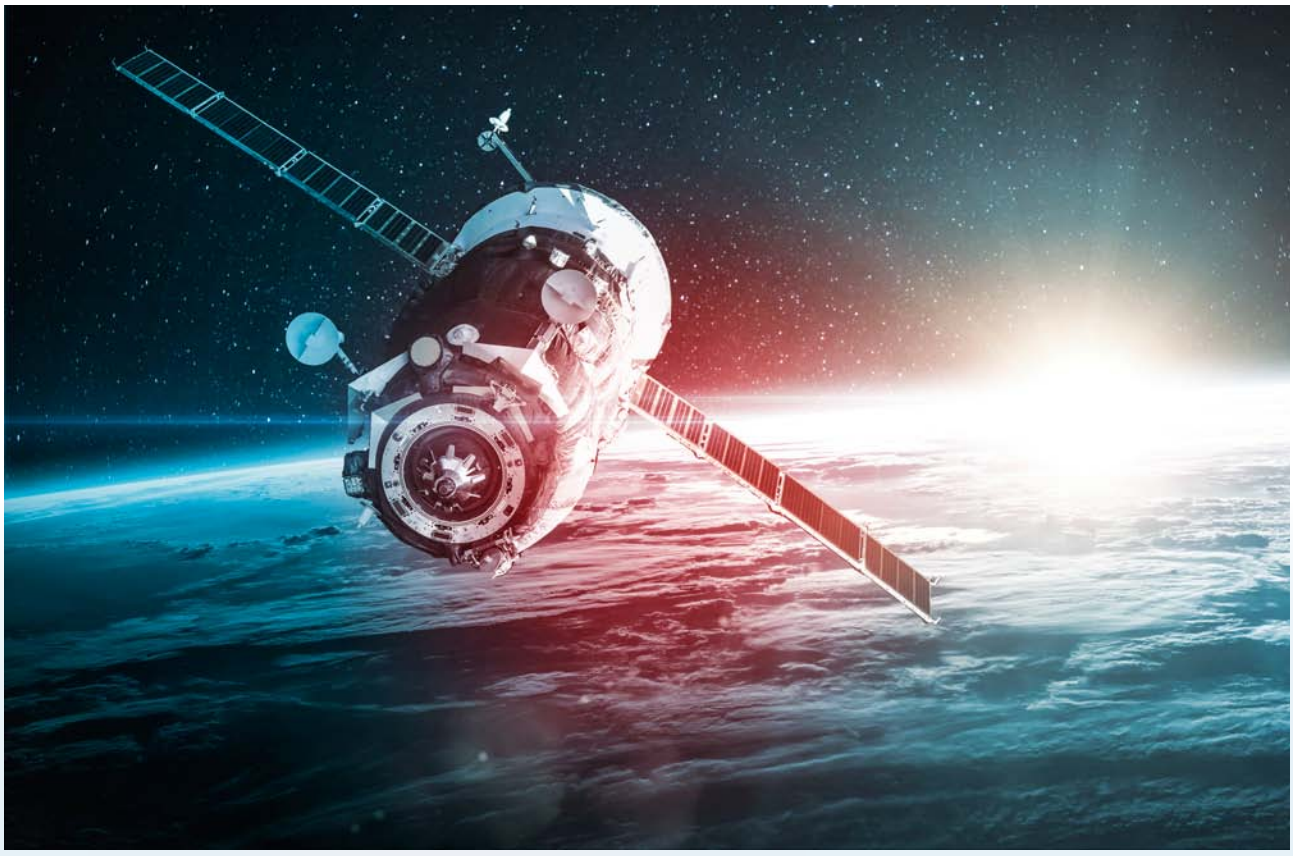
LAUDA

十月 2026

应用案例

# 直至地球轨道，且远不止于此



# 国防工业领域的精准温度控制——从真空室到材料检测

**无论是卫星、火箭、飞机还是无人机——在国防工业的地面固定式和移动式系统中，几乎没有第二次机会可言。组件必须在极端条件下可靠运行：在太空中甚至要面对近乎绝对真空的环境，承受远超地球标准的温度，且在数年内无法进行维护或维修。为确保每一次任务都能成功，所有系统和部件都必须在真实条件下进行测试和认证。LAUDA 为此提供精准的温控技术——可靠、可重复，并在全球航空航天、航空电子和国防领域的领先企业得到广泛采用。**

## 发射前最严苛的测试：热真空室中的温度控制

热真空室（TVK，英文常称：TVC）是民用航空航天领域以及安全和国防工业中的核心测试设备。其模拟地球大气层各主要层的极端条件：压力低于 $10^{-6}$ mbar 的近真空环境，以及模拟组件未来在轨道上将面临的温度条件。根据轨道不同，卫星在地球向阳侧温度可达 150 ° C，而在背阴侧则会冷却至 −190 ° C，所有电子元件、结构部件和子系统都必须能够完好无损地承受这些极端的温度波动。

与那些依靠抽样检测即可确保质量的行业不同，在航天领域中，每一个单独的单元都必须经过一整套完整的测试——这一过程可能持续数周之久。那些直到进入太空后才被发现的缺陷，根本无法予以纠正。

## 热真空室温控原理

在真空室内部，所谓的护罩——一种由不锈钢制成的温控壁面结构——呈圆柱形包围住试样。温控介质通过该双层壁泵入一个封闭循环回路中。由于在真空环境下无法通过对流进行热传递，护罩与试样之间的热量交换完全通过热辐射实现。因此，温控设备必须极其精确且稳定地维持护罩温度——同时快速且可重复地实现动态温度变化。

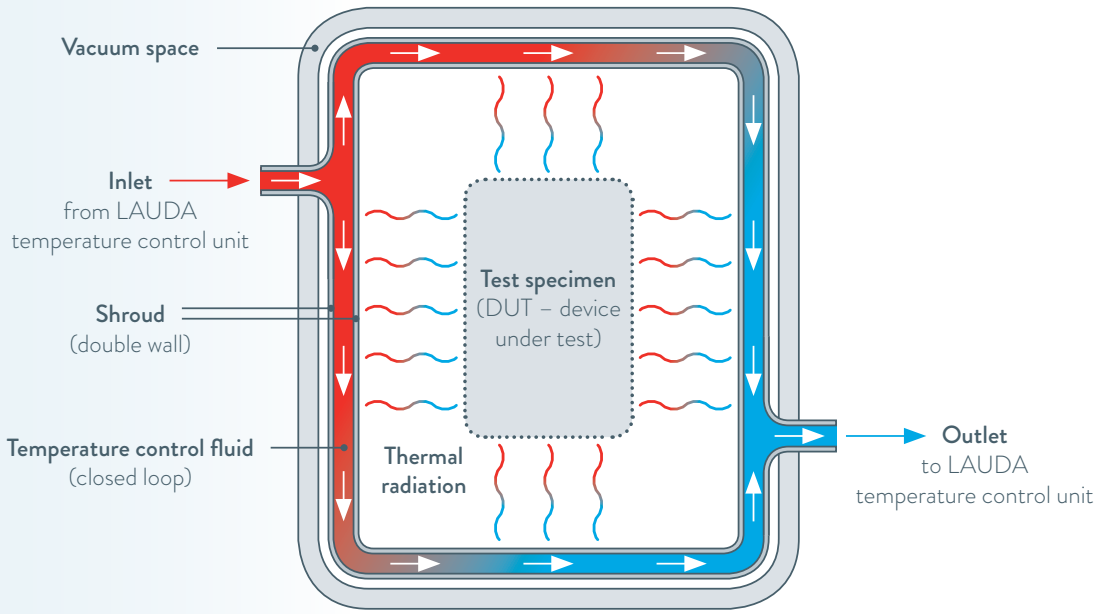



图 1:
热真空室示意图



图 2:
连接至热真空室的 LAUDA Integral

**测试方法一览**
热真空室测试通常采用三种测试方法：

- **热循环测试：**
试样经受规定次数的低温与高温之间的温度循环。每次循环后检查其功能是否正常。电子元件的典型温度范围通常在 −40 至 80 ° C 之间，但根据应用需求，范围可能会显著扩大。对于制冷性能要求极高的应用，LAUDA 在特殊测试场景中使用液氮，从而可靠地将温度降至 −100 ° C 以下。
- **热平衡测试：**
用于验证卫星或组件的热力学数学模型。测定内部温度分布，并与计算结果进行比对。若出现偏差，则需对隔热层、反射器或加热元件进行调整。
- **负荷与应力测试：**
为确定组件的极限并验证安全裕度，会刻意超越极端条件——包括 − 100 ° C 以下至远高于 100 ° C 的温度。

**LAUDA 真空室温控解决方案**
LAUDA Integral XT 过程恒温器已广泛应用于全球范围的热真空室中。其优势在于兼具宽广的温度范围、高温度稳定性以及高性能泵——这些正是满足严苛的护罩温控要求的关键特性。其中，水冷机型能够以格外紧凑且高效的方式集成到狭窄的测试环境中，在此类环境中，由于现场无法实现充分的空气循环，因而无法使用风冷式温控设备。

对于需要低于 −40 ° C 温度的应用——例如在低温条件下测试发动机部件、燃料系统或卫星子系统——LAUDA Integral 过程恒温器凭借其两级制冷技术进一步丰富了产品组合。其低温范围可达 −90 ° C，即使是最苛刻的低温认证测试也能轻松应对。

此外，为了冷却在热真空室环境中产生大量废热的真空泵本身，还采用了 LAUDA Ultracool 循环冷却器——这一应用对于腔室的稳定运行不可或缺。

在设备集成方面，LAUDA 提供灵活的接口选项：模拟和数字接口以及现场总线连接，为实现无缝集成到自动化测试环境和上级测试台控制系统提供了可能性。

**地面系统压力测试：**
**环境模拟舱**
在安全与国防工业中，压力测试旨在确保任务关键型组件能够承受极端的物理、气候和电子负荷。在环境模拟中，这些组件会暴露于盐雾、高湿度、快速温度变化和沙漠沙尘等极端条件下，以防止腐蚀和故障。在此，像 LAUDA Integral XT 这样精确可靠的温控设备能够精确模拟这些温度条件——从极度严寒到高热负荷——从而确保符合军用标准的测试结果。

**其他应用领域：**

**材料检测与传感器技术**

除了真空室温控和环境模拟之外，LAUDA 还为航空航天工业中另外两个密切相关的应用领域提供服务。

**极端温度下的材料检测**

应用于航空航天及国防领域的材料——从高强度铝合金、钛合金到纤维增强塑料——必须在一个宽广的温度范围内可靠地证明其机械性能。诸如夏比缺口冲击弯曲试验（DIN EN ISO 148-1）、弯曲试验和跌落试验等标准化测试方法，要求将试样精确预处理至规定的测试温度——远低于或远高于室温。

其中，对温控设备的关键要求除了可达到的温度极限之外，尤其还包括浴槽开口与浴槽深度、可重复性、浴槽内的温度均匀性以及转移速度：尤其是在夏比缺口冲击弯曲试验中，试样在预处理后必须在几秒钟内转移到试验机中。任何延迟都会导致结果失真。Proline Kryomate 和 Universa MAX 浴槽式恒温器可实现此类预处理：它们能产生稳定、均匀的浴槽温度，并提供较短的稳定时间——这是获得符合标准且可比较的测试结果的基础。

**传感器的温控与校准**

现代航空与国防系统依赖于大量高精度传感器：温度传感器、惯性传感器、陀螺仪和加速度计必须在其整个工作温度范围内得到精确校准。那些在室温下看似微不足道的温度波动或测量误差，在实际应用中可能导致严重的导航或控制错误。

LAUDA 温控仪器和设备可提供精确、稳定的温度环境，这对此类传感器的校准至关重要。无论是用于低温校准的制冷恒温器，还是用于高温特性分析的高温浴槽式恒温器——通过多个 LAUDA 设备系列，可覆盖 −90 至 320 °C 的温度范围。

**LAUDA——享誉全球的专业实力**

在航空航天以及安全与国防工业中，最重要的莫过于一点：可靠性。LAUDA 温控仪器和设备广泛应用于各大洲的研究与开发机构、系统集成商以及测试服务提供商——从欧洲的卫星测试实验室，到美国的航天企业，再到全球众多国家的国防企业。

作为实力雄厚的合作伙伴，LAUDA 提供从紧凑型实验室设备到定制化工艺解决方案的广泛产品组合，这些产品经久耐用且便于维护。

这正契合 LAUDA 的理念：“以精准温控携手改善世界。”

LAUDA DR. R. WOBSER GMBH & CO. KG
Laudaplatz 1 • 97922 Lauda-Königshofen • 德国
www.lauda.de/zh