



# 针对投影激光器的热电制冷器

莱尔德热系统应用指南

## 目录

简介 .....	Error! Bookmark not defined.
应用概述 .....	Error! Bookmark not defined.
应用挑战.....	4
冷却技术比较 .....	6
莱尔德热系统解决方案:UltraTEC™ UTX 系列 .....	Error! Bookmark not defined.
结论.....	7
关于莱尔德热系统 .....	8
联络莱尔德热系统 .....	8

## 简介

面向娱乐应用的激光投影仪利用激光模块生成具有强大调色板和高达 75,000 流明的 4K 分辨率图像。虽然商用激光投影仪迅速发展为更加节能的系统，但这些系统仍需要高达 6kW 的功率才能生成明亮的高分辨率图像，而这是在电影院和体育场大型场馆进行投影所需要的。因此，高功率激光系统在运行期间会产生大量热量，如果这些热量处置不当会降低敏感的激光组件性能，包括激光模块（激光二极管和激光光学器件）、光学扫描系统和激光二极管驱动器电子设备等。这些系统需要稳定的温度控制，以确保正常的功能、长寿命运行和清晰的图像投影。在保持激光投影仪尺寸的同时，需要提高亮度和调色板分辨率，这给许多制造商带来了重大的热管理挑战。根据激光投影仪的类型，可以通过循环制冷器或带有热电制冷器的环境液体冷却系统来进行温度控制。

## 应用概述

用于电影院或音乐会灯光秀的商用激光二极管投影仪通常包括一个或多个激光器（红色、绿色和蓝色），这些激光器与光学扫描系统和各种驱动电子设备相结合，全部都集成到激光器外壳中。与传统的灯泡投影仪相比，激光投影仪能够提供更广的色彩范围、更清晰的对比度以及更远的投射距离。激光投影仪可以提供卓越的图像质量，具有出色的 2D 和 3D 亮度、高对比度、均匀性和卓越的色彩性能。

由于激光光源可以精确调整激光输出以产生所需的红色、绿色和蓝色波长，而不是将功率浪费在不需要的频率上，因而激光光源比传统灯泡更为节能。此外，激光器的预期寿命更长，可在运行 20,000 小时后更换，是普通投影灯寿命的两倍多。与传统的灯泡投影仪相比，激光投影仪的启动几乎是即时，并且在其使用寿命期间能够保持亮度的一致。

激光二极管技术因其高可靠性和长寿命运行而成为投影仪激光模块的标准，该技术是在激光二极管上施加电流，然后通过激光晶体产生激光。为光源（以及投影机光引擎的其他元件）提供足够的冷却，首先要求投影仪制造商提供良好的热设计，以确保光源产生的热量充分排出投影机的光引擎。激光投影系统中使用的激光器可以产生 100 ~ 300 瓦的热量。

如前所述，激光投影仪系统可以使用循环式制冷器或带有热电制冷器的环境冷却系统，以提供大约在 20 ~ 30°C 的热稳定性。市场领先厂商倾向于使用具有热电制冷器的环境液体系统，因为它们不太复杂，具有更高的性价比和可靠性。

## 应用挑战

OEM 在设计商用激光投影仪系统时可能会遇到各种热管理挑战，其中包括如何达到所需温度设定点和热泵能力，同时最大限度地减少释气 (outgassing)。还需要考虑空间限制，以及系统在尺寸、重量和功率 (SWaP) 方面的要求。

激光器在运行过程中不可避免地产生热量，必须有效地消散这些热量以确保高质量的图像分辨率。为了增强照明和调色板效果，激光投影制造商未来会继续使用更高功率激光系统，这会产生更多的热噪声。上述高功率的发展趋势需要满足小型化要求，以提高便携性和简化安装，因而管理热通量密度将变得更具挑战性。体积较小的热系统必须提供更高的热泵容量才能满足这些设计复杂性要求。

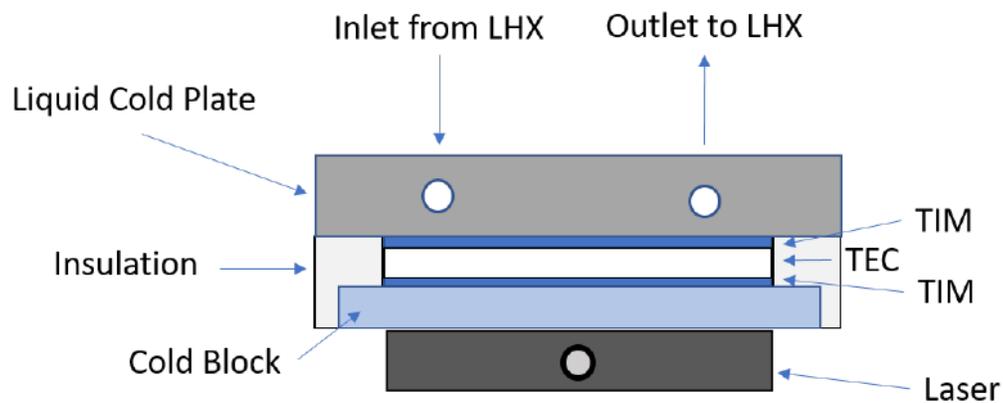
空间限制也会对气流产生负面影响，从而导致热管理解决方案（如热交换器）的性能下降，更多的气流可确保适当的散热。温度传感器的位置对热管理精度起着重要作用，理想情况下，传感器应尽可能靠近激光器，以确保精确的温度控制。然而，由于空间有限，传感器（热敏电阻）可能位于与激光器配合的冷块上。热敏电阻和激光器之间的热阻可能会导致温度反馈响应延迟。

敏感的光电元件会因为冷凝而受到负面影响，当温度降至露点以下时，冷表面上会形成水分。如果这种湿气渗入电子设备，可能会导致电子设备发生故障。因此，即便对于温度设定点为 20°C 的应用，保护电子设备免受冷凝影响也很重要。为保持该温度设定点，热电制冷器的冷端陶瓷温度可以达到 10°C 或更低。这很可能会低于结露点并导致空气中的水分凝结。由于热电制冷器的环氧树脂或 RTV 密封胶不足以保护，建议有一个二级绝缘屏障来保护热电模块腔。所有低于露点的表面都需要某种绝缘材料以防止水分凝结。通常情况下是使用闭孔泡沫或其他类型的不吸收水分、具有良好隔热性能、且不释放气体的绝缘材料来完成。

组件释气还可能在激光系统中造成气体涂覆光源或光学器件，从而影响图像质量。建议组装过程中在热电制冷器的任一侧使用合适热界面材料，以最大限度地提高导热性。然而，标准的热界面材料（例如导热脂）会释放气体并污染镜头。市场上有一些具备低释气特性的特殊热环氧树脂和相变材料，但这些材料需要首先在烤箱中烘烤，以确保在安装之前已释放所有气体。另一种安装方法是指定采用具有金属化外观和低温焊料的热电制冷器，在这种情况下，通常使用 InSn 焊料，它在低于热电制冷器焊料结构温度下熔化。焊接的一个问题是应尽量减少助焊剂残留物，因为它也会释放气体并污染透镜。

为了达到较小尺寸（通常小于 100 x 100 毫米）区域的温度稳定，热电制冷器通常直接安装在激光器的外部。用于激光冷却的热电制冷器通常具有很高的热泵送能力，通常高达每平方米 13 瓦，以便能够匹配消散激光器产生的热量。对于在如此高热泵送水平下运行的热电制冷器，通常会超出散热器和风扇将热量散发到周围环境的能力。环境液体冷却系统和冷板是更好的选择方案，这些可以最大限度地减小光源的空间限制，同时将热量散发到特定区域，那里有更多空间将热量排放到周围环境。

可将一个或多个热电制冷器串在一起来泵热量。对于多个热电制冷器构成的阵列，热电制冷器需要具有研磨表面，以便在安装到热交换器时其厚度在严格的公差范围内。这能够确保热电冷却器和热交换器之间的最小气隙。



在此激光投影仪中，热电制冷器安装在冷板和冷块之间，围绕热电制冷器周边的是绝缘垫圈。当冷块连接到投影仪中的激光器时，热电制冷器的热端连接到一个冷板，该冷板将冷却剂循环回液体热交换器 (LHX)。

## 冷却技术比较

用于冷却投影激光系统的方法通常有两种，即基于压缩机的制冷系统（如冷却器）和使用热电制冷器的环境液体回路系统。与液体到空气热交换器不同，这两种系统都能够将设备冷却到远低于环境温度。

与环境液体回路相比，基于压缩机的制冷系统可提供更高的性能系数 (COP)。例如，如果具体应用中需要冷却 3kW 的热负荷，则基于标准压缩机的制冷系统通常需要大约 1kW 的能量来适当地冷却它。制冷机通过基于压缩机的制冷单元运行，冷却流出的流体（冷却剂）随后传送到敏感的激光电子设备以提供冷却。该闭环系统在靠近热源时会失去一些热控制。

另一方面，环境液体回路使用热电设备进行精确的局部冷却。通过帕尔贴 (Peltier) 效应，热电制冷器具有高达 296 瓦的高泵热能力，最大温差 ( $\Delta T$ ) 为 72°C，可将敏感电子设备的温度稳定在其最高工作温度以下。在此应用中，大量热量通过非常小的空间传输消散。通常使用的热电制冷器是 25x25、30x30 或 52x52 毫米。

由于没有活动部件，固态热电制冷器能够显著降低激光投影系统的维护、操作和总成本。热电制冷器可提供更高的长期可靠性，没有运行噪音，并且通常是比其它冷却技术成本更低的解决方案。

## 莱尔德热系统解决方案：UltraTEC™ UTX 系列

Nextreme™ 制冷机平台 (Chiller Platform) 等制冷器能够为激光投影应用提供可靠的温度控制。与基于压缩机的传统系统相比，它们采用高性能变速电机，运行噪音低，能耗降低多达 50%。虽然这种系统效率更高，但相较采用热电冷却器的环境液体回路系统成本更昂贵，且体积更大。因此，带有热电冷却器的环境冷却回路（如 UltraTEC UTX 系列模块）通常是激光投影仪 OEM 的首选。

与标准半导体材料相比，UltraTEC UTX 系列采用先进的热电材料，具有更高的泵热能力。该模块由先进的热电材料组装而成，与标准热电制冷器相比，热泵容量提高了 10%。它还具有更高的隔热屏障，可提供更大的温差， $\Delta T_{max} = 72^{\circ}K$ 。

UltraTEC UTX 系列热电制冷器中最大的型号具有高达 296 瓦的泵热能力，该系列外形尺寸可以从 25 x 25 毫米到 55 x 55 毫米不等。固态 UTX 系列热电制冷器在很小区域内传输大量热量，是激光投影应用中点冷却的理想选择。对于较大的热泵型号，建议在热端使用液体热交换器将热量散发到周围环境。

UltraTEC UTX 系列平台的冷却温度远低于环境温度，并能够主动将热量从敏感电子设备中消散。固态帕尔贴制冷器没有活动部件，可显著降低维护成本和总体成本。帕尔贴制冷器具有高可靠性，无运行噪音，并且在高振动应用中具有良好性能表现。



莱尔德热系统 UltraTEC UTX 系列能够为高功率激光投影仪提供精确的温度控制。

## 结论

稳定激光光学元件的工作温度对于电影院和灯光秀的高功率激光投影仪性能至关重要。激光投影仪系统功率密度不断提高，照明和调色板的持续改善，而同时为了提高便携性和安装便利，投影仪的体积却在逐渐缩小。随着现代冷却技术变得更加先进，完全可支持这些发展要求。不仅制冷机可以为许多投影仪提供解决方案，而且带有热电设备的环境液体系统也可提供简化的点冷却，以实现卓越的温度稳定性，从而保持激光器的峰值性能。

热电制冷器可提供局部点冷却，以保证卓越的温度稳定性，从而保持激光器和光电子器件的峰值性能。由于其固态运行，像 UltraTEC UTX 系列这样的热电冷却器可实现低维护和长寿命运行。通过在先进材料科学方面的突破，与标准热电冷却器相比，该产品系列能够提供更高的性能和更高的性能系数。

有关 UltraTEC UTX 系列 SuperCool 系列的更多信息，请访问：[lairdthermal.com/utx-series](http://lairdthermal.com/utx-series)

## 关于莱尔德热系统

莱尔德热系统为全球医疗、工业、运输和通讯市场的苛刻应用开发广泛的热管理解决方案，我们是能够制造业内最多样化产品组合的少数厂商之一，产品范围从主动热电制冷器和组件到温度控制器和液体冷却系统。我们的工程师使用先进的热建模和管理技术来解决复杂的热管理和温度控制问题，通过提供广泛的设计、样品制作和内部测试能力，我们与客户在整个产品生命周期内密切合作，以降低风险并加快产品上市时间。我们的全球制造和支持资源能够帮助客户最大限度地提高生产率、正常运行时间、产品性能和质量。莱尔德热系统是标准或定制热管理解决方案的最佳选择。欲了解更多信息，请访问 <https://lairdthermal.com/cn>

## 联络莱尔德热系统

如果您对莱尔德热系统有任何疑问或需要更多信息，请通过：<https://lairdthermal.com/cn/contact-us> 联系我们。

Thermoelectric-Cooling-Projection-Lasers-Application-Note

### 商标

2020-2022 莱尔德热系统(Laird Thermal Systems)©版权所有，保留所有权利。Laird™、Laird Ring 徽标和莱尔德热系统(Laird Thermal Systems™)是 Laird Limited 或其子公司的商标或注册商标。UltraTEC™ 和 Nextreme™ 是莱尔德热系统(Laird Thermal Systems, Inc.)的商标。所有其他标识归其各自所有者所有。