飞机发动机推力的提高很大程度上依赖于涡轮前总温的提高。

对于高温所带来的一系列问题，解决的办法主要有以下三个:

(1)提高材料的耐热性，发展高性能耐热合金，制造单晶叶片；

(2)采用热障涂层，对基底材料起到隔热作用，降低基底温度；

(3)采用先进的冷却技术，以少量的冷却空气获得更好的降温效果。

高温合金及单晶材料耐热性的提高远远无法满足目前的温度设计需求，即使采用陶瓷基复合材料等耐高温材料，也不能完全取消冷却，先进的冷却可使高温部件承受更高的工作温度，使发动机寿命更长、可靠性更高。

发动机涡轮叶片主要采用气膜冷却和内部流冷却，轮盘通常采用内部二次流冷却。

服役过程中，涡轮叶片不仅受到较大的交变载荷，而且在叶片表面和内部分别受到高温高压燃气的冲击和冷却气体的作用，这样涡轮叶片就遭受载荷和温度同时变化带来的热机械疲劳损伤。

此外，为了增强发动机冷却效果，提高发动机效率，先进的航空发动机和燃气轮机热端涡轮叶片多为薄壁多孔结构。

因此，我们设计了薄壁圆管试件来模拟零件的冷却结构，同时试件外壁涂覆有热障涂层。

在内部冷却气体作用下，试件内表面与外表面之间会产生很大的温度梯度，

实验过程中，采用的常规感应加热设备只会对内部金属层加热，使得内部金属层温度高于外部陶瓷层温度，这不符合热障涂层构件实际工作状态下的温度分布。

实际发动机启动阶段升温过程只需要几秒钟的时间，而且降温也相当迅速，这些都对涂覆热障涂层的热梯度机械疲劳试验设备提出了更高的要求，同时也制约了这方面的研究。

由于热梯度机械疲劳是试验室中最接近涡轮叶片服役状态的模拟试验，因而这方面的研究对于理解涂覆热障涂层的叶片损伤机理具有重要意义。

同时，温度梯度会导致零件承受多轴载荷。

对于内部冷却的零件，温度梯度会产生额外的应力，在热表面上表现为多轴压缩载荷，而在冷却表面上表现为多轴拉伸载荷。

常规的热机械疲劳试验无法模拟这些应力条件并达到合适的温度分布，因此我们的试验系统是为热梯度机械疲劳（TGMF）测试而设计开发的。

该系统可以在空心试件表上实现受控的温度梯度循环，同时施加机械载荷。

通过聚光辐射的方法加热试件外表面，同时内表面通过压缩空气冷却来实现温度梯度。

该试验系统需要实现较高的加热和冷却速度，因此加热系统的功率和冷却气体的流量需要进行详细设计。