

# TEC半导体高精度程序温控技术 在红外目标模拟器中的应用

## Application of TEC Semiconductor High-Precision Program Temperature Control Technology in Infrared Target Simulator

摘要：针对红外目标模拟器的高精度可编程温度控制功能，本文介绍了实现高精度温控的温控装置，给出了温控方案。温控装置主要包括TEC半导体制冷加热模组、电源自动换向器、传感器和超高精度PID控制器。从超高精度温度控制，关键是PID控制器具有24位AD、16位DA和0.01%最小输出百分比的高性能指标，同时还具有可手动和通讯软件编程功能。

### 1. 红外目标模拟器工作原理

红外目标模拟器 (Infrared Target Simulator) 广泛应用于红外探测器和红外热像仪整机的工艺测试和评价测试，它为被测装置提供标准的红外测试图像，用于测试关键指标，如NETD (噪声等效温差)、MRTD (最小可分辨温差)、MDRD (最小可探测温差)、SiTF (信号传递函数) 等，以及整个系统的性能评估。

红外目标模拟器的重要指标包括发射率、辐射均匀性、温度控制精度、温度稳定性和响应速度等，其中前两个指标取决于所用黑体的结构、辐射面材质和黑漆喷涂技术，其余指标则取决于温控系统的性能。红外目标模拟器一般通过单黑体或双黑体实现，但无论采用哪一种黑体结构，高精度的温控技术都是其中的技术关键，它直接关系到红外目标模拟器的性能，是实现红外系统指标测试的关键因素。红外目标模拟器的工作原理如图1所示。

如图1所示，目标位于准直器反射器焦平面上。热辐射图样将由热辐射表面和目标之间的温差产生，并由准直器转换成平行光以模拟无限远的红外目标，供被测红外系统的成像探测器使用。

温控系统由温度传感器、TEC半导体模组、散热器、风扇、PID 控制器、自动电源换向器等组成。温度传感器A检测的是目标温度，温度传感器B检测的是辐射表面温度。根据目标的设定温度，控制器通过PID控制算法计算加热或制冷的控制量并驱动电源换向器工作电流的方向和大小，使得TEC半导体模组进行加热或制冷输出。

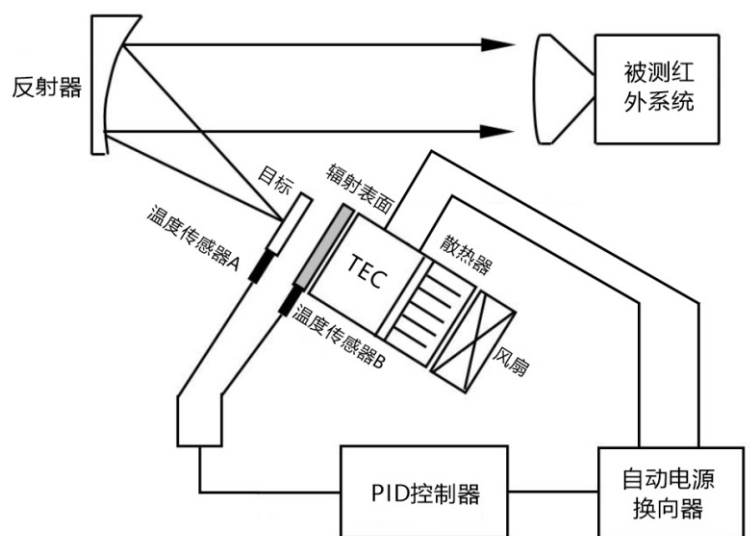


图1 红外目标模拟器工作原理示意图

## 2. TEC半导体高精度温度控制标准装置

根据红外测试设备的检测指标，要求红外目标模拟器的工作温度范围为0~50℃，温度分辨率为0.001℃，控温精度为0.03℃。要实现此技术指标，温度控制系统需包括加热装置、温度传感器、执行器和PID控制器这几部分内容，而且需要满足相应的技术指标。为此，专门针对温控系统本文设计了相应的解决方案，具体结构如图2所示。以下为图2所示温控方案的详细描述：

(1) 加热方式：有很多种加热方式可供选择，如电加热、循环水加热和TEC半导体制冷加热等，但考虑到红外目标模拟器对工作温度范围和超高精度温度控制的要求，目前也只有TEC热电半导体制冷加热方式比较适用。TEC用于红外目标模拟器的温度控制除能满足温度范围之外，与其他加热方式相比具有更高的控温精度、更快的冷热变化控制速度、结构简单以及造价低的突出特点。

(2) 执行机构：为了实现TEC的加热制冷功能，除了需要对TEC模组的加载电流进行自动调节之外，还需在调节过程中能自动改变电流方向，为此，TEC执行机构配备了电源自动换向器。换向器接收加热和制冷控制信号，并根据控制信号大小和方向输出相应的工作电流。

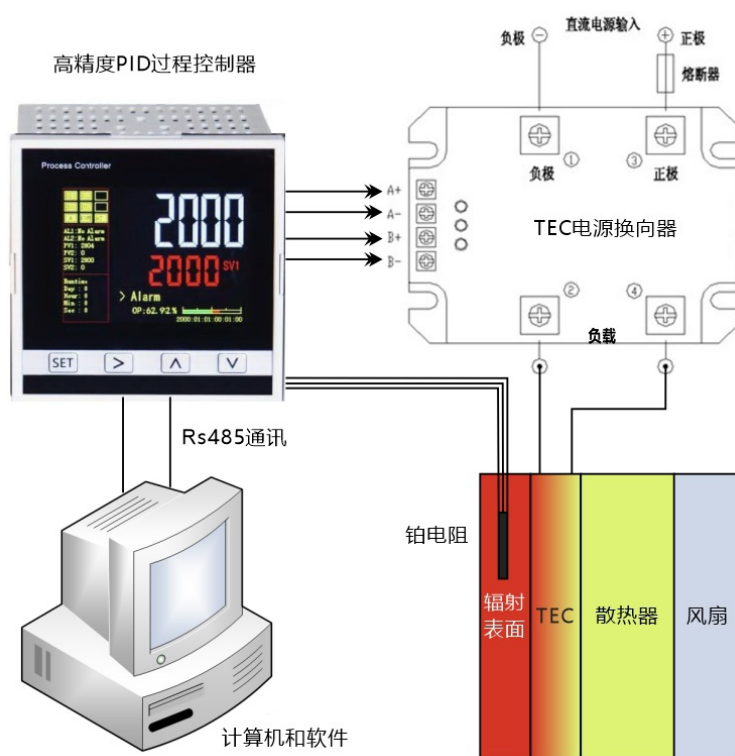


图2 红外目标模拟器温度控制系统方案示意图

(3) 温度传感器：温度传感器是决定温度控制精度的关键因素之一，因此本方案中配置了高等级的铂电阻温度计（如标准铂电阻温度计）或高等级热敏电阻温度传感器，使得温度传感器的温度分辨率能达到0.001℃以及测温精度能达到0.01~0.02℃。

(4) 超高精度PID控制器：决定温度控制精度的另一个关键因素是温度控制器的数据采集精度、控制算法和控制输出精度。为此，在本解决方案中采用了目前控制精度最高的VPC2021-1系列的工业用PID程序调节器，除具有不超过96mm×96mm×87mm的小巧尺寸外，关键是此PID调节器的模数转换AD为24位、数模转换DA为16位、双精度浮点运行运算以及0.01%的最小输出百分比，并可对控制程序进行编辑设计，适合红外目标模拟器在全温度量程内多个设定点的自动温度恒定控制。同时，此调节器采用了高级无超调PID控制模式，并具有PID参数自整定功能，结合超高精度的数据采集和控制输出，可实现十分精细的温度变化调节和控制。另外，此调节器附带功能强大的计算机软件，通过计算机运行此软件可快速进行PID控制器的远程设置和运行操作，同时能图形化的显示和记录所有设置参数、控制程序曲线和温度控制变化曲线。

总之，本文所述的采用TEC模组进行的温度控制系统，已经成为超高精度可编程温度控制的一种标准和通用性方案，完全适用于红外目标模拟器的高精度温度控制。