

高辐射通量太阳能熔炉的控制系统用于集中型太阳能热发电

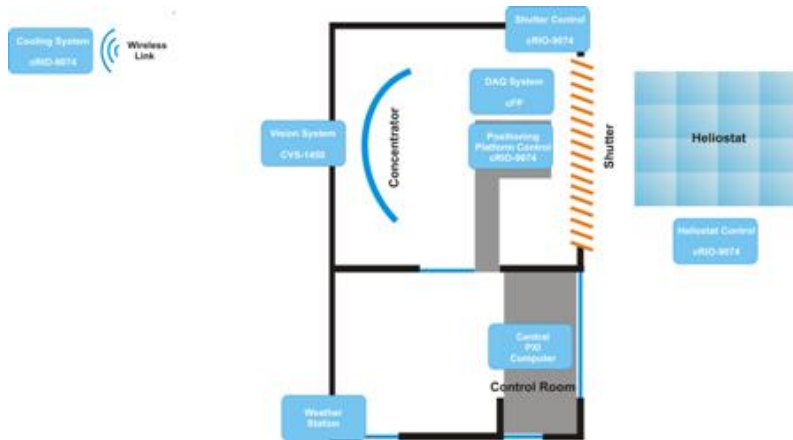


图 1：太阳能熔炉组件架构图

“凭借 CompactRIO 和 NI Compact Vision System 内在的坚固性、准确性、扩展能力以及平台的网络集成，我们能在项目时间限制范围内开发出一个可靠的、分布式应用程序。”

– Roberto G. Galàn
Centro de Investigación en Matemáticas A.C.

挑战：

开发能够操控高辐射通量太阳能熔炉所有子系统的分布式控制和数据采集系统。

解决方案：

使用 NI LabVIEW 图形化系统设计软件、LabVIEW Real-Time、LabVIEW FPGA 和 LabVIEW 视觉开发模块，以及 NI CompactRIO 和 NI Compact Vision System 硬件平台开发高辐射通量太阳能熔炉的控制与数据采集系统。

作者：

Dr. Norberto Flores, Roberto G. Galàn
Centro de Investigación en Matemáticas A.C.

简介

由于地处阳光地带，墨西哥是利用太阳能技术的理想之地。该地区年平均日晒超过 5.5kWh/m^2 。高质量的太阳能资源使得该地区成为实施集中太阳能技术（CST）的理想选择，CST 技术可用于发电或是生产太阳能氢燃料。

为了促进 CST 在墨西哥的发展，CIE 能源研究中心建造了一个高辐射通量太阳能熔炉（HRFSF）。HRFSF 使得在基础应用研究以及工业生产过程的发展中利用太阳辐射成为可能。HRFSF 的主要目的是开发用于中央塔发电厂的热电太阳能塔组件。另一个目的则是处理和制造先进的材料，并且让它们体现暴露在阳光下的热物理，机械和光学的材料特征。

我们需要一个控制和数据采集系统，用于操作 HRFSF 所有集成组件。CIMAT（数学研究中心）的工业数学系与 CIE 的工作人员合作，共同执行开发控制系统的任务。

高辐射通量太阳能熔炉（HRFSF）组件

高辐射通量太阳能熔炉（HRFSF）主要由以下三个组件组成：一个聚光镜，一个定日镜和快门（见图 1）。聚光镜是该系统的核心，其功能是将太阳辐射集中至很高的水平，从而在聚焦区域达到高温（可达 3000°K）。该聚光镜被放置在一个太阳熔炉内，且不发生移动；所有追踪太阳所需的移动都需定日镜来执行。这样做是为了获得一个静态的聚焦区域，它为进行实验提供了一个更容易控制的环境。熔炉的性能取决于定日镜准确追踪太阳的能力。快门在不同的角度部分打开和关闭，控制允许进入系统的辐射量。值得一提的是，HRFSF 包括占地面积 81 平方米定日镜，占地面积 42.2 平方米的快门，以及一个 409 六角形第一表面抛光的玻璃镜组成的光学聚光镜。

除了上述组件，还有一个移动的平台，可在聚焦地区的不同点精确定位实验。数据采集系统还要用于监测不同的实验变量，如温度、压力流量、太阳辐射和集中的辐射通量分布。冷却系统的实验也是必须的。此外，气象监测站集成在系统中，除了定日镜、冷却系统和一些太阳辐射和风速传感器，其它所有熔炉组件都位于整个熔炉结构内部。

开发平台

我们为控制和数据采集系统选择了 NI 平台，因为它能够通过一个直观、灵活的开发环境开发所有控制、数据采集和视觉功能。

凭借 CompactRIO, Compact Fieldpoint 和 NI Compact Vision System 内在的坚固性、准确性、扩展能力以及平台的网络集成，我们能在项目时间限制范围内开发出一个可靠的、分布式应用程序。

控制系统内有 1 台 PXI 电脑，4 个 NI cRIO-9074 集成系统控制器，1 个带有 cFP-BP8 背板的 cFP-2120 控制器，以及一个与以太网相连的 CVS-1450。熔炉构架组件分布如图 2 所示：

定日镜由 NI cRIO-9074 集成系统控制器控制，它有两个 NI 9505 伺服模块控制这两个定日镜电机。其中一个用于方位移动，一个用于高度移动。使用太阳能跟踪方程可以得出定日镜的位置，它能够根据定日镜纬度和经度的位置计算出太阳能矢量。通过了解太阳能矢量，我们可以精确判断定日镜的方位和高度角度。

我们使用 2000 p/r 的编码器进行反馈控制，与定日镜齿轮箱相结合，以此控制定日镜的位置。我们使用限位开关和 NI 9421 源极数字输出模块来探测定日镜的安全位置。我们也手动操作自定义定日镜的角度。

定日镜控制系统利用 16 位的 IEEE 1394 相机对聚焦区域进行拍照，以获得视觉反馈。这也就决定了太阳黑子的确切位置并且可以对定日镜的位置做出轻微的调整。使用 NI CVS-1450 可获取并处理图像。

我们使用 cRIO - 9074 控制器、NI 9505 模块和 NI 9421 模块控制快门。NI 9505 模块通过控制快门电机来控制开放区域。电机连接在齿轮箱上，并从 2,000 p/r 的解码器上获得反馈。NI 9421 模

块用来读取限位开关，它能确定快门的起始位置。在聚焦区域定位平台有一个类似的系统设置。然而，此系统有三个控制着运动轴的三个电机，这样我们就可以精确定位平台位置。

我们的冷却系统将水运送到定位平台上的实验装置。该系统也由另一个 **cRIO-9074** 控制器控制。**CompactRIO** 程序启动水泵，监测储水箱的液面位置，并通过一个 **NI 9265** 模拟输出模块控制比例阀来调节水的流量。我们也使用 **NI 9472** 和 **NI 9421** 模块控制冷却系统。由于泵和水箱位于熔炉构造之外，我们使用两个 **NI WAP-9071** 无线网桥与 **CompactRIO** 控制器进行通讯。一个位于冷却系统控制箱内部，一个位于熔炉构造内部。

我们通过集成化 **Web** 服务器与气象台进行通讯。我们监测多个环境变量，但最为关注的是直接辐射和风速。前者可以指示在熔炉内进行实验的最佳时机，如果定日镜不在一个安全的位置，可能会被过高的风速损坏，因此后者也非常重要。

我们使用网络上发布的共享变量，在子系统和中央控制系统之间交换数据。中央计算机是共享变量引擎的主机。我们使用共享变量开发快速和可靠的通信，而不影响系统的安全性和控制回路的速度。

结论

THRFSF 目前已进行了多个实验且运行正常。我们明年将在熔炉上添加更多的设备。**HRFSF** 是一个研究工具，我们希望使用来自太阳的清洁、可再生能源开发出用于生产电力的新材料和新技术。

由于 **HRFSF** 用于各种实验，因此数据采集系统必须灵活。我们在 **Compact FieldPoint** 家族产品中选择各种模拟输入模块，用于覆盖广泛的输入信号范围。我们可以通过中央控制系统调整输入模块配置，以适应任何实验的特定需求。所有的子系统在一个单一接口的中央控制系统中进行操作。图 3 显示了一些控制用户界面。

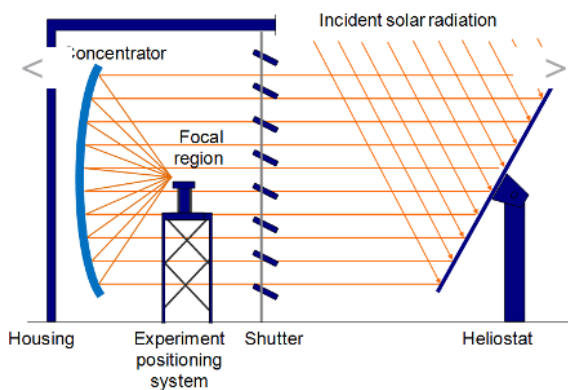


图 2 熔炉内部子系统分布



图 3 不同熔炉子系统的用户控制界面