



热成像遥控飞机从空中检测热点和故障模块。

## 使用遥控飞机从空中进行光伏系统热成像

Paul kitawa公司([www.kitawa.de](http://www.kitawa.de))是一家位于德国卡劳，专业从事影视制作的公司。除了广告，培训资料，公司形象设计和产品宣传片，它还为客户提供遥控飞机的航拍视频。正是因为这些航拍视频，Paul kitawa公司的老板Mario Hambsch在2011年接触到了热成像这一技术，并在FLIR T620红外热像仪的基础上开发出了红外热像仪遥控飞机。

“我们的一个能源领域的客户(uesa GmbH, [www.uesa.de](http://www.uesa.de))那时候找到我们，问我们能不能在我们的遥控飞机上装上红外热像仪进行热成像，来监控大型的光伏系统，” Mario Hambsch说。他回答说原则上是可行的，但他也知道这需要去做很多开发工作。

### 光伏系统空中热成像

热成像是检测光伏系统的理想工具。红外热像仪能够检测到光伏模块内和模块上的温度差，并显示在可视的热图像中。正常情况下，运行良好的光伏模块的热图

像上会显示出模块内均匀的温度分布。但如果模块出现了故障，在单个模块单元或模块的所有单元中就会看到明显的温差。因此使用安装在光伏遥控飞机上的高清红外热像仪进行故障检测是一种既高效又节约成本的方法，能够保证整个光伏系统的持续盈利能力。

### 严格的要求和胜任的伙伴

Mario Hambsch开发热成像遥控飞机的第一步就是寻找能够胜任的合作伙伴。除了德国各地的热成像合作伙伴外，他还同工程师Matthias Maus([顶尖的FLIR Tbx系列红外热像仪，分辨率高，小巧轻便，是用于热成像遥控飞机的理想选择](http://www.</a></p></div><div data-bbox=)



遥控飞机包括一个八旋翼，一架FLIR T620红外热像仪，和一个能垂直旋转红外热像仪的固定装置，总重量不到5kg。





Mario Hambsch, 飞机的遥控装置和测量工具, 监控器上显示了实时视频流。红外实时视频流不间断的传送到地面站, 由数字记录器进行存储, 并在专用测量工具的监控器上进行显示。三脚架的左侧: 用于连接遥控飞机和红外热像仪的天线。

solar-diagnose.de)进行合作。

Matthias Maus是TÜV认证的光伏系统专家, 也是经验丰富的热像师。Mario Hambsch精确定义了为这一工作选择正确红外热像仪的标准。红外热像仪需要具备高红外分辨率, 以便能从高空获得更大区域光伏模块的热图像。理想的红外热像仪还要支持无线连接功能, 能通过视频流向地面站传输红外图像。除此之外, 要求红外热像仪非常轻巧, 因为遥控飞机的总重量不能超过5kg。 “5 kg以上就要申请单独的起飞许可。目前我们的遥控飞机有统一的起飞许可, 相比之下申请单独的许可还要费很大功夫,” Mario Hambsch解释说。

## 开发红外遥控飞机

基于这些标准, Mario Hambsch选择了FLIR T620红外热像仪, 一款来自红外热像仪行业全球领导者FLIR Systems ([www.flir.com](http://www.flir.com))的顶尖红外热像仪。这款红外热像仪具有640 x 480像素的出色红外分辨率, 重量仅有1.3 kg, 并

且可以轻松的使用平板电脑和无线LAN连接控制。

“最初, 我们将遥控飞机, 红外热像仪和固定装置组合后, 重量虽然低于5kg, 但是考虑到可能的飞行时间, 还是太重了,” - Mario Hambsch说, 这是需要克服的问题之一。随后, Mario Hambsch同科特布斯Gußer

Metallbau GmbH ([www.gusser-mb.de](http://www.gusser-mb.de))公司的Rolf Gußer博士一起开发出了一种更轻便的固定装置, 这样就保证了让人满意的飞行时间, 同时也能够实现红外热像仪的垂直旋转。

## 技术程序和校准

Paul Kitawa从此变成了使用高分辨率热成像遥控飞机监控光伏系统的专家。热成像遥控飞机零排放, 时间和成本效率高, 经过正确的校准, 就能检测出各种热异常情况。除此之外, 公司还同信息技术工程师Detlev Schuch合作, 继续开发模块化的遥控飞机系统, 以满足客户的要求。FLIR T620红外热像仪640 x 480像素的高热辐射分辨率使Paul Kitawa可以在短时间内低成本地检测大范围太阳能面板的热异常情况。显著的温差让故障太阳能组件清晰可辨。

## 地面站数据传输

Mario Hambsch最初计划使用无线LAN连接将红外热像仪的实时视频流传送到地面站, 因为FLIR T620红外热像仪能够通过WiFi连



使用遥控飞机可以轻松监控更大规模的系统。



接使用平板电脑进行控制。但是经验证明无线LAN连接不是室外飞行的理想选择。“无线LAN连接只能在40-80米的距离范围内正常工作，但我们的遥控飞机很快就超过了这个距离，” Mario Hambsch说：“而且在白天想要在节能的iPad屏幕上检测到什么也很困难。”

于是他同信息技术专家一起开发了另一种解决方案，红外热像仪可在2km的范围内使用遥控飞机自带的无线电进行控制。

遥控飞机的控制软件是一个模块化的系统，Mario Hambsch对其分别进行了改进。加入了一个电子单元同红外热像仪进行通讯，这样遥控飞机的操控者和/或随同的热像师仅用两个开关就能打开红外热像仪并进行对焦。遥控飞机的实时视频流不间断的传送到地面站，由数字记录器进行存储，并在专门测量工具的监控器上进行显示。

热像师和遥控飞机操控员组成的团队

在paul kitawa，一支热成像航拍团队通常由至少2个人组成：一名遥控飞机操控员和一名有经验的热像师。Mario Hambsch是一名非常有经验的遥控飞机操控员，甚至可以不使用GPS就能控制遥控飞机。“如果GPS失灵了，手动控制对于没有经验的操控员来说就会非常棘手。风就能把飞机吹跑。这种情况下对遥控飞机的导航就需要丰富的经验。”如果遥控飞机同操控员失去联系，故障保护系统会被激活，飞机会被慢慢降落以避免发生更糟糕的情况。毕竟这项技术并不便宜。“虽然遥控飞机和红外热像仪都能得到很好的保护，但是最好还是不要总出现这种情况。”



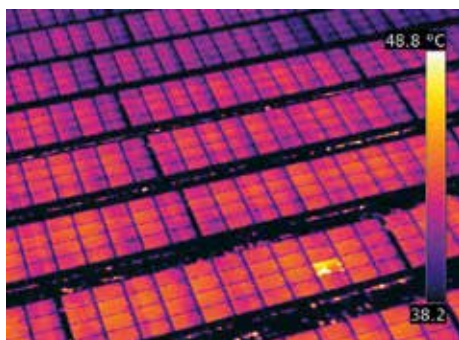
认证工程师Matthias Maus和Mario Hambsch仔细查看从空中检测出故障的光伏模块。

培训和热成像专业知识

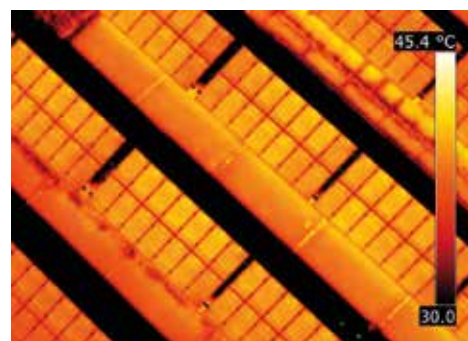
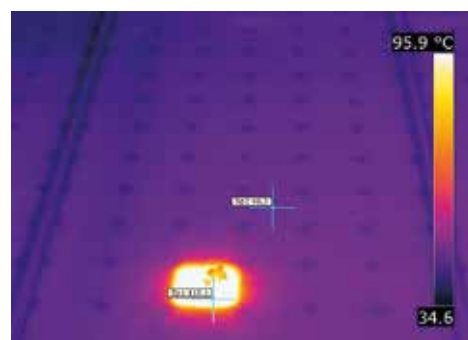
虽然Mario Hambsch参加过基础的热成像课程，但是要获得专业的热图像分析，他还是依赖于有经验的热像师。他总是到现场拍摄，通过遥控对焦红外热像仪，拍摄照片，然后进行评估。Ma-

rio Hambsch对于控制遥控飞机驾轻就熟，但是同Maus的工程部门的合作经验告诉他分析的质量也同样是决定性因素。

“就像热成像需要经验一样，技术部分很重要。你不能真的使用

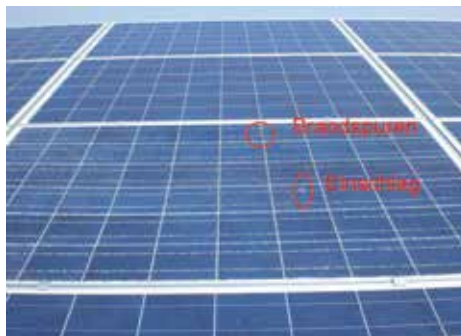


空中热成像：光伏模块的热点。



从右侧的热成像中清晰可见，但非故障：接线盒（模块中间右侧的光点）和支撑结构，即所见的平行光线。

一台160x120像素的红外热像仪从空中检测光伏系统。同样，对于模块状况的专业分析也需要很多经验，” Mario Hambsch解释说。但如果所有要求都能满足，对光伏系统进行热成像分析是非常可靠的，正如来自ZAE Bayern的Claudia Buerhop-Lutz在其2011年进行的研究中所证实。



着火的痕迹和光伏系统所受撞击通常肉眼无法清晰看到。



([www.eupvsec-proceedings.com/proceedings?paper=12852](http://www.eupvsec-proceedings.com/proceedings?paper=12852))作为研究的一部分，这位科学家首先拍摄了屋顶光伏系统的热成像，然后在实验室进行了全面的解析。实验结果证实了这一理论：热成像发现了所有的故障和瑕疵模块。

**热成像的特性- 正确的角度**  
检测太阳能模块的热异常，需要同模块平面保持70~90度的角度。由于检测角度的要求，大规模系统的检测就需要通过复杂的技术才能完成，并且如果使用手动的红外热像仪，还需要大量的时间。而使用飞行机器人您可同任何光伏系统保持正确的角度，快速获得红外记录。

#### 定期检测保证安全

大型光伏系统的运营者知道系统需要维护和定期检测，以保证太阳能面板能够达到最高效率。但小型屋顶太阳能系统的业主通常没有意识到这一点。因为制造商在营销小型系统时总是声称“免维护”，但实际并不是这样。我

们建议每年进行肉眼检测，每四年进行彻底维修，包括线路和电源转换器。屋顶光伏系统造成的严重火灾就说明了检测和维护有多重要。

使用遥控飞机与红外热像仪组合比使用直升飞机进行检测的优势

使用遥控飞机代替直升飞机的一个重要优势就是省力。“在我知道的一些案例中，使用直升飞机进行4-5个小时的热成像费用高达5位数，” Mario Hambsch说，并向我们讲述了过去一些稀奇的（但愿如此）例子。

他说：“找到检测出的故障是一个普遍的难题，也进行过一些非常冒险的尝试，试着从空中标记故障模块，以便日后能找到它。”使用直升飞机进行热成像还有另一个弊端：旋翼产生的风会冷却光伏模块，扭曲检测结果，并且会扬起灰尘或沙子等坚硬物质覆盖光伏系统，这可能会造成永久性的破坏。

#### 自动检测程序

Mario Hambsch目前在研究将他的检测程序最大限度的自动化。这还需要第三位（除了红外热像仪遥控飞机操控员和热像师外）雇员，驾驶自行车或模型车在每个模块间穿行。遥控飞机会自动跟随信号。如果热像师在实时红外视频流中检测到异常情况，遥控飞机就会停在空中，随后热像师对T620红外热像仪进行对焦，再拍摄2-3张热图像，另一位雇员在地面该点做标记，以便日后可以轻松找到。（或者将故障模块或模块的序列号拍摄下来）

#### 总结和展望

Mario Hambsch有足够的理由为他的热成像遥控飞机感到骄傲。事实证明它是从空中检测光伏系统各种故障的实用且可靠的方法。“我们会继续开发我们的模块化遥控飞机系统，以适应客户的要求，” Mario Hambsch解释说。展望未来，Mario Hambsch期待迎接空中热成像的新挑战。



如需了解有关热像仪或此应用的更多信息，请联系：

FLIR中国公司总部：  
前视红外热像系统贸易（上海）有限公司  
全国咨询热线：400-683-1958  
邮箱：[info@flir.cn](mailto:info@flir.cn)  
[www.flir.com](http://www.flir.com)

图片仅供说明之用，显示图像可能不代表该热像仪的实际分辨率