



北京科天箭技术有限公司

激光焊接质量检测 解决方案

尹建军

北京科天箭技术有限公司

2006年6月



激光焊接质量检测解决方案

1. 背景

在现代工业中，激光焊接是工业自动化的重要组成部分。高速激光焊接机能高速焊接汽车部件并提供一致的高质量的焊接结果，这也推动了汽车工业的发展。在激光焊接技术发展初期，主要通过事后来检测焊接质量，发现不合格的再重新焊接。如果激光焊接机出现故障，也不能及时发现，这也造成后续的焊接质量问题。因此，要提高激光焊接的质量，提高激光焊接的自动化程度，必须发展激光焊接的在线检测技术。

激光焊接在线检测技术就是边焊接边检测，发现焊接质量有问题，可以立即采取措施，以减少不必要的损失。我们知道，激光焊接时焊接机发出的激光波束在焊件表面产生高温，熔化焊件。激光波束的中心温度最高，其边缘熔化后的部分温度较低，整个焊件焊接部分的温度相差很大。

现代激光焊接质量检测基本上都采用图像等非接触技术来实时检测焊接质量。要在一个画幅中清楚地再现激光波束焊接的中心及边缘部分，必须采用特殊的技术才能实现，后续几个部分我们将逐步介绍激光焊接中必须采用的关键成像技术。

2. 采用 CCD 相机还是 CMOS 相机

目前应用最广泛的工业相机是 CCD 和 CMOS 相机。CCD 是电荷耦合器件的简称，它是目前应用最广泛的传感器类型。CMOS 是互补型金属氧化半导体的简称，近几年在工业领域得到了广泛的应用。CCD 和 CMOS 传感器都是在 Si（硅）基材料上制作，它们的光谱响应区间一般都是 400~1100nm。CCD 和 CMOS 传感器最大的不同就是信号读取的方式不一样，CCD 传感器必须一次性读出一行



的像素信号，而 CMOS 图像传感器的每个像素经光电转换后直接产生电流（电压）信号，以类似计算机内存 DRAM 的方式读出信号，工作时仅需单一工作电压供电。CCD 相机只有线性输出一种模式，而现代 CMOS 相机具有多种输出模式：线性模式、双斜率模式、对数模式和 γ 校正模式等，不同的输出模式，对应的信号动态范围也不同，以适应不同的使用要求。

相机的动态范围是指相机工作时能敏感的最小光强和相机不完全饱和时的最大光强之间的变化范围，其单位为 dB。假设相机不完全饱和时的最大光强为 P_1 ，能敏感的最小光强为 P_2 ，则相机的动态范围为：

$$dB = 10 \log_{10} \left(\frac{P_1}{P_2} \right)$$

由于 CCD 相机只有线性输出一种模式，所以其动态范围只有约 60dB；CMOS 相机在采用线性输出模式时，其动态范围也只有约 55dB 左右，但 CMOS 相机可以采用对数压缩模式，其动态范围可扩展到 120dB，大大拓展了 CMOS 相机的应用范围。

所以对于激光焊接这种光强变化剧烈的应用，我们别无选择，只能选用带对数压缩的 CMOS 相机。虽然我们可以减少曝光时间在 CCD 相机上获取焊接点的图像，但实践表明，我们在 CCD 相机上不可能获取焊接点的完整图像，包括焊接点中心及周围焊体熔化时的图像。下图使用 CCD 相机和 Photonfocus 的 CMOS 相机拍摄的焊点图像：

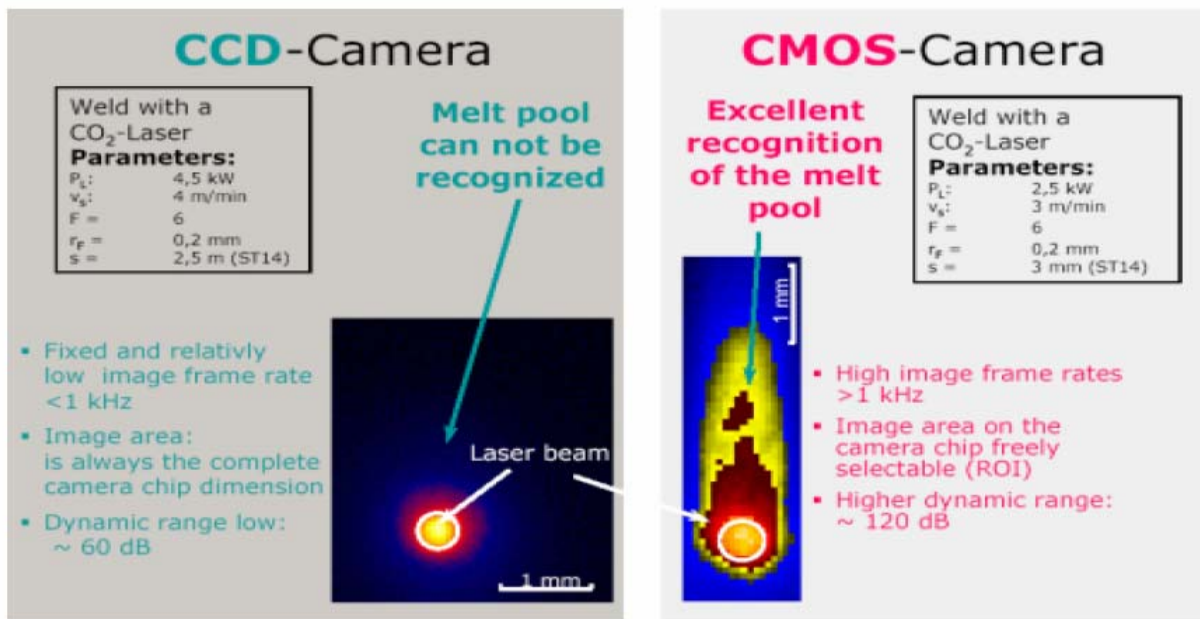


图 1 CCD 和 CMOS 相机拍摄的焊接图像

从图中我们可以看出，CCD 相机的动态范围只有 60dB，在拍摄到焊点中心图像的情况下，不能拍摄到焊点周围熔化部分的图像；而采用对数压缩技术的 CMOS 相机，可以获得很好的焊接图像，这有利于后续的质量检测。

同时，CMOS 相机具有的高速、可选择的 ROI 读出等特性，也非常适合于高速激光焊机的在线实时质量检测。

3. 采用传统压缩技术还是 Linlog 压缩技术

我们知道，由于 CMOS 可以按对数输出模式输出信号，所以其具有非常高的动态特性。传统压缩技术即对数压缩技术，Linlog 是瑞士 Photonfocus 的专利压缩技术。传统压缩技术虽然可以扩展 CMOS 相机的动态范围，但它不能获取比较好的图像质量，严重降低了整幅图像的对比度，不能获得好的图像效果。而 Linlog 技术很好地保证了较低光强下的响应，只压缩过饱和区域的图像，所以可以保证图像的质量效果。下图是传统对数响应曲线与 Linlog 响应曲线的区别：

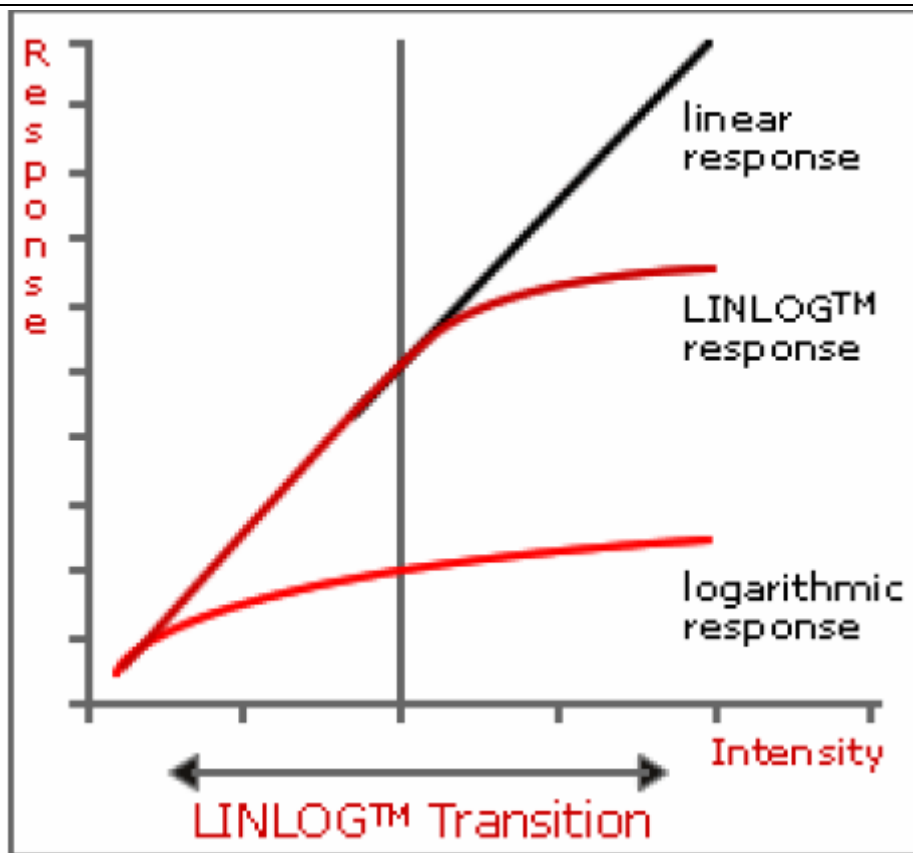


图 2 线性响应、Linlog 响应、对数响应曲线的区别

由图中可以看出，线性响应很快就会让传感器饱和，不适合动态范围比较大的场合。而对数压缩则将图像的整个响应区域都进行了对数压缩，所以虽然扩大了动态范围，但图像质量比较差，整个图像有一种灰蒙蒙的感觉，图像的对比度不高。而 Linlog 技术则既达到了扩展动态范围的效果，又很好地保留了图像的低曝光区域，从而保证了整幅图像的质量。以下几幅图像是采用对数压缩和 Linlog 技术拍摄的图像：

- Image of the fan at 0 rpm with a traditional logarithmic response



- Image of the fan at ~ 1600 rpm with traditional logarithmic



图 3 用传统对数压缩方式拍摄的图像

从两个图中可以看出，在电扇不转的时候，如左图，整个画面比较暗，对比度不强。而当电扇高速转动时，如右图所示，电扇的叶片出现了变形，这是由于在高速转动的时候，有的角度叶片上面曝光不足，所以用对数压缩的时候这部分信息就被裁减掉了。

- LINLOG Image of a 100W light bulb and a fan rotating at ~ 1600rpm. The image is acquired at 100ms exposure time and with aperture $N = 1.4$ of a 16mm focal lens. The picture presents raw, uncorrected data



图 4 用 Linlog 技术拍摄的高速旋转的电扇图像

从上图可以看出，当采用 Linlog 技术时，可以很好地拍摄高亮的灯，高速旋转的叶片。整个画面强弱对比适中，图像质量较好，叶片也没有出现畸变。

在 Linlog 的基础上，Photonfocus 发展了 Linlog2 技术。当采用 Linlog 技术的时候，在线性区域和 Linlog 转换区域的转换点，像素的压缩度比较高，所以转

换点的对比度将受到较大的影响，图像的对比度不高。为了更好地改善画质，Photonfocus 的 Linlog2 技术采用 3 个参数来控制 Linlog 压缩曲线，即 LL1,LL2 和 COMP。LL1 是第一个门限值，用于 Linlog 的强压缩区域；LL2 是第二个门限值，用于 Linlog 的弱压缩区域；COMP 参数用来定义 LL1 和 LL2 之间的比率。下图是 Linlog2 的特性曲线：

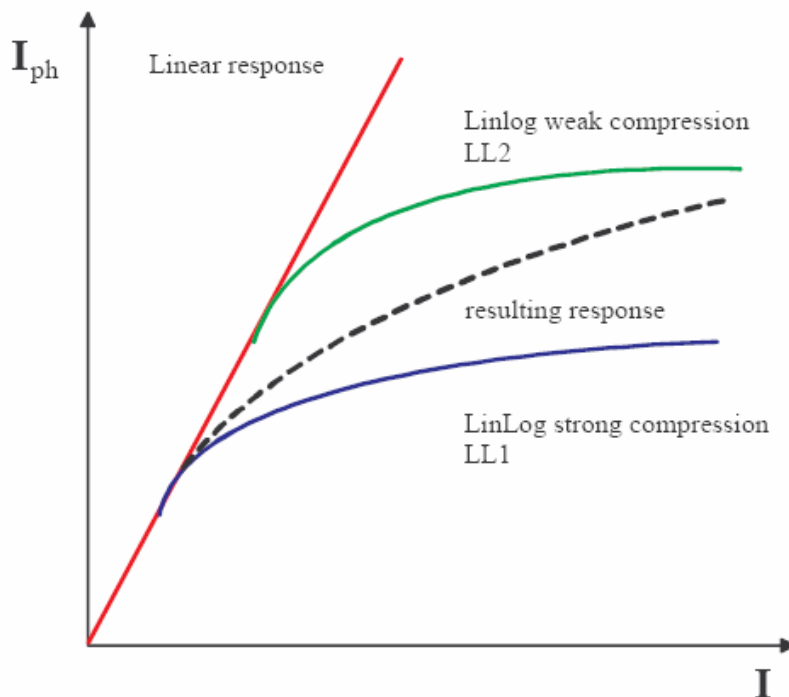


Figure 1: LinLog2 response curve (photo current I_{ph} vs. light intensity I)

图 5 Linlog2 特性曲线

4. 结论

在激光焊接等光照比较强烈，明暗度相差比较大的应用中，我们必须使用带 Linlog 压缩技术的 CMOS 相机，才能够获得激光焊接点的完整图像。瑞士 Photonfocus 的专利技术—Linlog2 压缩技术，极大地扩展了 CMOS 相机的动态范围，非常适合激光焊接等应用。Photonfocus 的所有系列的相机都内置有 Linlog2 技术，快门方式都是全局快门，为激光焊接提供了完整的解决方案。



北京科天箭技术有限公司

Photonfocus 的 Hurricane-40-U2 相机的数据输出接口为 USB2.0, 不需要专门的采集卡即刻获取图像数据, 提供了很高的性价比, 适合在实验室作研究用。

Photonfocus 的 MV-D1024-75 和 MV-D1024-160 系列相机, 提供了高速解决方案。MV-D1024-75 的帧速为每秒 75 帧, MV-D1024-160 的帧速为每秒 150 帧, 它们的分辨率都是 1024×1024 像素。目前日本的高速激光焊接机都是采用 MV-D1024-160 来作在线质量检测。

北京科天箭公司是 Photonfocus 在中国的独家代理, 我们愿为您提供高质量完整的机器视觉解决方案, 欢迎来电或来信咨询。

北京科天箭有限公司 RockeTech Technologies Ltd.

Tel: +86-10-82780977, Mobile: +86-13311575121 +86-13126977907

Addr: 北京海淀区上地信息路 12 号中关村发展大厦 A 座 417 室 Zip: 100085

Website: [Http://www.rockettech.com.cn](http://www.rockettech.com.cn),

Email: cd@rockettech.com.cn yjj@rockettech.com.cn