

# 数字高速打标和打码：

## 提高质量和产能

产品和包装制造业在不断发展，不变的方面是：需要准确、高效率。这些行业的不断发展推动了对产能的新需求。这些都要求标记必须保持质量，以正确代表品牌的形象，或用于正确的视觉检查。

本文研究了使用激光和扫描振镜进行数字打标的方法，包括系统组件的选择和设置的优化，以实现产能和质量这两方面的加工目标。

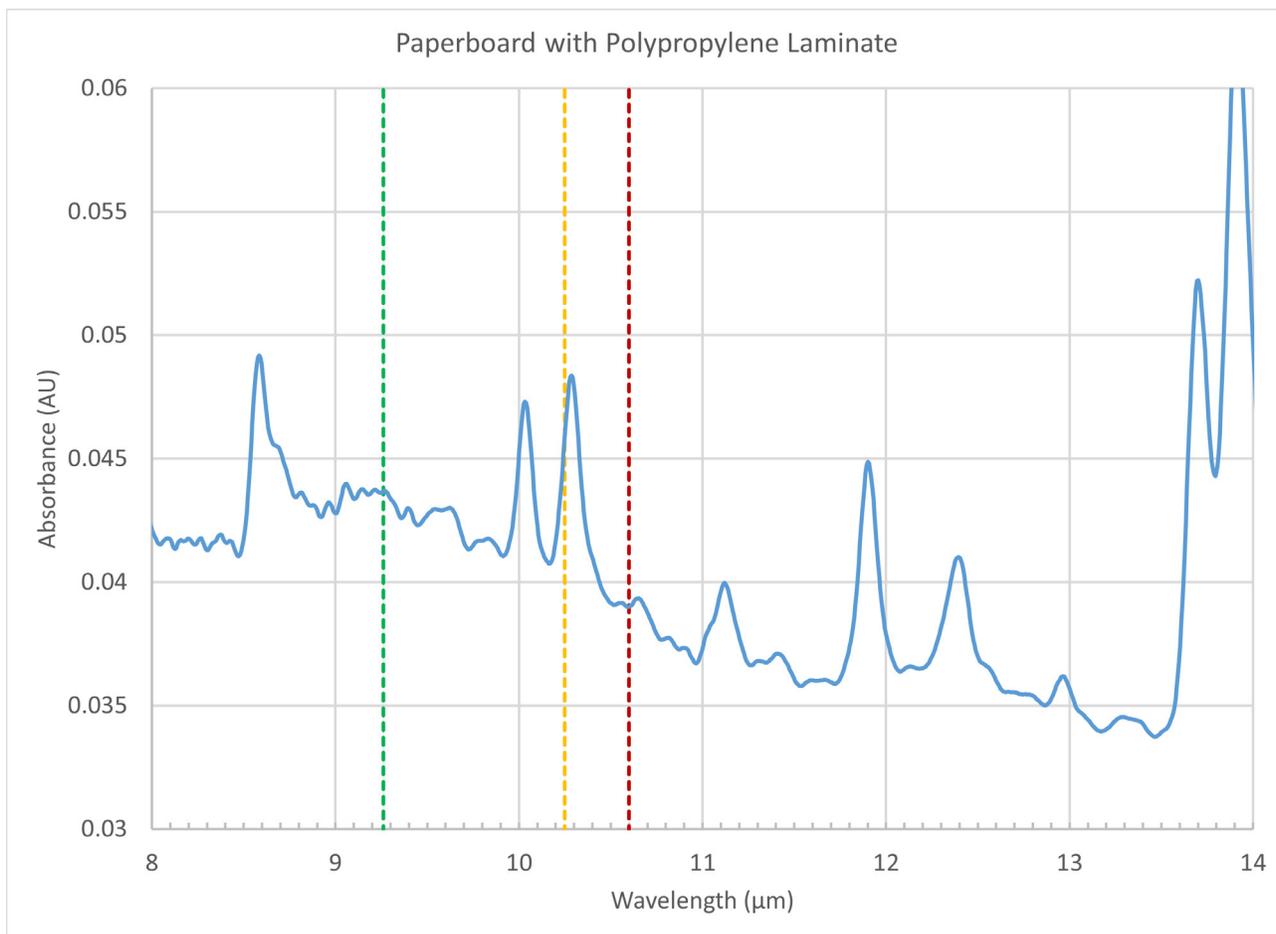


### 高速打标

多个组件会影响任何激光应用的最终结果，包括：目标材料，所需的应用或标记本身，激光以及光束传输（在这种情况下为扫描振镜）。扫描头很容易成为应用中最复杂的部分，需要在产品规格，光学器件，控制器/软件性能以及最终优化设置之间取得平衡。为帮助说明所有这些决定，我们将考虑一个示例：油墨涂层纸板的高速打标，这常见于包装行业。

## 目标材料

每种材料都有其特征吸收光谱，这意味着它将比其他材料更容易吸收某些波长的光。通过匹配激光波长提高材料吸收率，就可以实现更高的产能。



纸张打标的吸收光谱

某些材料可能对功率密度的变化更敏感，从而更容易受到打标不一致的影响。因此，具有稳定的激光器和可靠的光束传输系统对于确保结果的一致性也很重要。

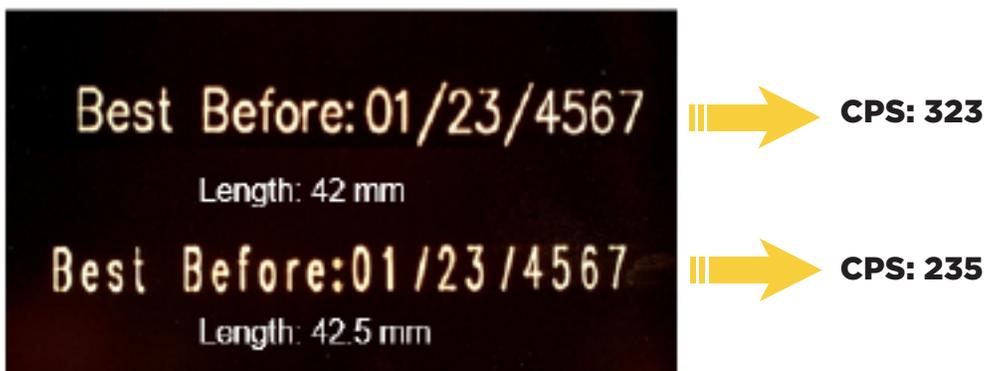
我们将以油墨涂层纸板为例，这在激光行业中通常被称为“打标纸”。此应用与包装行业中常见的相似，在该行业中，制造商必须脱落整个油墨层以露出下方的对比色层。

## 应用

应用设计对可实现的产能会有重大影响。例如，与少数几个使用简单矢量笔画字体的字符相比，较大的填充徽标必然需要更多的时间。其他注意事项包括：

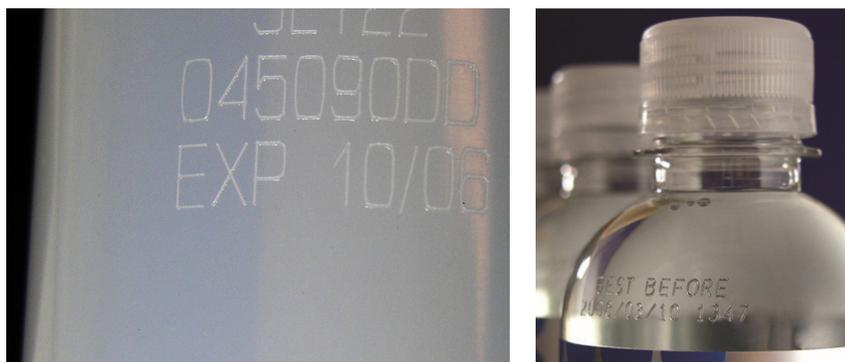
- ✓ 设计本身：较小的设计或较简单的字体是否足够？影线是否可以代替填充图形？是否需要远距离阅读标记？
- ✓ 质量要求：字符或条形码是否需要机器可读？是否存在法规或品牌要求？
- ✓ 产能要求：是否需要满足设定的生产线或传送带速度？

所有系统都需要在产能或质量上进行权衡，因此从所有硬性要求开始至关重要。否则，请在公司要求的范围内调整设计本身。例如，如果我们希望在油墨涂层纸板上打上“最佳日期”，则可以操纵文本的字体和长度来提高打标速度，具体如下：



两种单笔划 3 mm 高字体的比较

在我们接下来的示例中，所有“最佳日期”都将使用 2 mm 高的字符，Simplex 字体，21 个字符，40 mm 宽。



## 激光器

如前所述，每种材料都有独特的吸收光谱。通过优化激光波长来最大程度地提高吸收率，可以优化产能。因此要选择合适的激光器，光能被材料很好地吸收，这点非常重要。通常，CO<sub>2</sub> 激光波长可以被纸和塑料等碳基材料很好地吸收，而光纤和紫外线激光波长则可以更好地被金属和玻璃吸收。

激光波长也会影响聚焦的光斑尺寸和瑞利长度。聚焦光斑尺寸较小时，可以实现更细致的标记细节和更高的功率密度，有助于更快地加工。瑞利长度决定焦深，而焦深控制着系统对零件高度变化的耐受度。例如，焦深较大时，即便零件的高度或表面曲率略有变化，仍能获得一致的打标结果。通常，波长更长时，聚焦光斑尺寸会更大，瑞利长度也会更长。

激光功率（特别是平均功率）与产能直接相关。但是，扫描振镜和材料本身也会带来一些限制。最大扫描振镜速度将受限于镜片移动的物理限制，如果暴露于过多的能量下，某些材料可能会褪色、熔化或破裂。通过平衡这些因素，通常在高速打标应用中，可以获得 30-100 W 的平均激光功率。

最后，应考虑激光功率密度的稳定性。这同时包括功率稳定性和产生的激光束的一致性。在非常敏感的材料上，功率密度的变化可能会表现为标记深浅不一。

对于我们的示例，我们将使用 Synrad ti100-10.6Qm 激光器。这个 CO<sub>2</sub> 激光器波长为 10.6Qm，很容易由油墨涂层纸吸收，其功率密度稳定性经过了实地验证，即使在最恶劣的工业环境中也可以制作出高质量的标记。



Synrad ti 系列激光器

## 扫描振镜

由于扫描振镜负责光束传输，因此以选择适当规格的扫描振镜为起点，可以在稍后进行微调，这样就可以实现所需的应用结果。

扫描振镜镜片尺寸的选择将直接影响应用的质量和产能。较小的镜片由于质量较轻，可以实现更大的标记加速度。但是，它们可能会限制输入激光束的直径，从而影响焦距和瑞利长度，稍后会对此进行详细介绍。因此，通过选择镜片尺寸，可以达到一种平衡，一方面为应用提供足够的加速度，另一方面保持可以接受的焦距和瑞利长度。通常，高速打码应用使用 7 mm 或 10 mm 的镜片孔径，工业打标应用会使用 10 mm、14 mm 甚至更大的镜片孔径。10 mm 镜片孔径可以做到两全其美，在大多数打码应用中都可以实现所需的高速度，同时也具有工业打标所需的灵活性。

查看扫描振镜性能时，需要牢记以下几类考虑事项：可靠性、速度、精度和一致性。

- ✓ 正常运行时间对于高速打标和打码至关重要。扫描振镜应选择信誉卓著的品牌，它们提供长期保修，有助于确保可靠性。IP 等级将确保哪怕是在恶劣环境下也可以正常运行。
- ✓ 要评估速度，应考虑定位速度和阶跃响应时间。定位速度反映了系统的最大跳跃速度，这对于实现高传送带速度上的实时打标和缩短单个应用时间都非常有用。阶跃响应时间表示扫描振镜执行运动的速度（具体而言，在给定大小的阶跃的指令下，振镜稳定在最终位置 1% 之内所需的时间）。这分为两类：小阶跃响应（0.1 机械度）和大阶跃响应（20 度）。短阶跃响应与大阶跃响应成反比，这意味着，不可能同时具有快速的短阶跃响应（SSR）和大阶跃响应（LSR）。短阶跃响应是高速打标和打码应用的关键参数，因为它最能代表形成字符和徽标或条形码等小物体的快速运动。
- ✓ 要评估精度和一致性，应考虑漂移和重复精度值。在较长时间段内评估的“长期偏差漂移”值较低，表明系统更准确，并且将保持这种状态。温度偏差漂移和温度比例漂移值表示系统对温度变化的敏感性；同样，较低的值表示系统更稳定。您可能会怀疑重复精度是衡量振镜一次次瞄准同一指令位置的接近程度。较小的值表示较好的位置精度。这些漂移值和重复精度值综合到一起，表明扫描振镜在一段时间内和变化条件下的精度。较小的值对于在应用中保持严格的打标精度很有用。

对于我们的示例，我们将使用 Cambridge Technology 10 mm MOVIA 扫描振镜。它专为打标和打码应用而设计，这体现在同类中无出其右的阶跃响应时间和出色的定位速度。它具有出色的漂移和重复精度值，可在长期运行中保持准确地打标。MOVIA 还在设计过程中进行了极端条件和寿命测试，以确保长期的可靠性和现场的一致性。

由于扫描振镜的复杂性，要实现最佳质量和产能还需要考虑一些其他因素，包括：光学元件，控制器和软件以及扫描振镜参数。



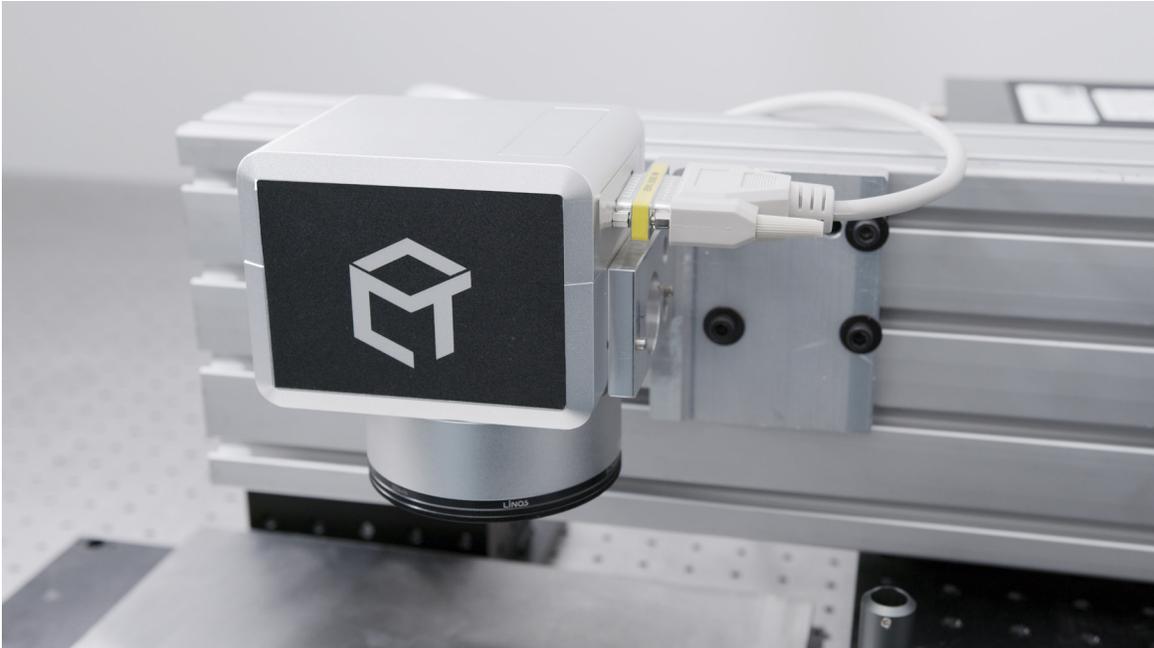
Cambridge Technology 的 2 轴扫描振镜 MOVIA

## 聚焦光学元件

应该选择聚焦光学元件以提供应用所需的焦点光斑尺寸、瑞利长度和工作范围。

- ✓ 聚焦到较小焦距的激光器将具有更高的功率密度，从而使同一激光器可以更快地加工。较小的光斑尺寸还可以为精细的标记或图像实现更多的细节。
- ✓ 瑞利长度决定焦深（这是焦平面上方和下方的范围，在该范围中会聚/发散的激光束具有足够的功率密度，可以实现良好的激光加工结果）。较大的焦深可在系统中提供更大的灵活性，即使零件高度或表面平整度不规则，也可以实现良好的标记效果。这对于克服制造环境中零件间细微差异很有用。
- ✓ 应选择工作范围以包含所需的标记区域。较大的工作范围对于提高传送带速度也很有用，因为扫描振镜在移出视野之前有更多时间给每个零件打标。

我们为高速打标应用选择了工作距离为 150 mm 的 10 mm MOVIA 扫描振镜。通过结合 10.6 Qm ti100 激光器，可产生 300 Qm 的聚焦直径、7 mm 的瑞利长度和 100 x 100 mm<sup>2</sup> 的工作范围。这将提供足够的功率密度，以 10 mm 镜片提供的速度给油墨涂层纸板打标。



## 控制器与软件

控制扫描振镜/激光系统的指令结构将极大地影响应用结果。控制运动，尤其是打标的时间，对于实现系统的最佳质量和产能至关重要。关键参数包括：标记和跳跃速度，扫描振镜和激光延时设置，以及两个用于提高产能和质量的可选设置，分别称为可变转角延时 (VPD) 和速度补偿。

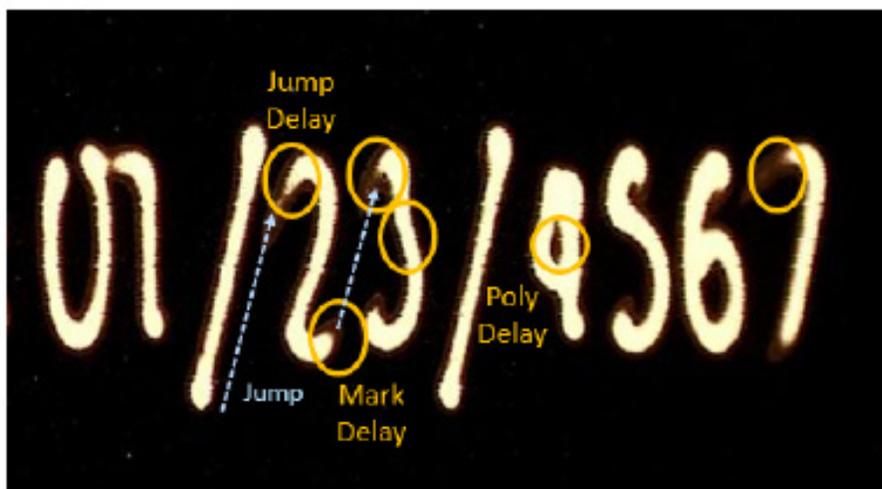
尽管 MOVIA 和 ti100 激光器的组合可以与任何使用 XY2-100 协议的控制器一起使用，但我们发现，将其与 ScanMaster Controller 和 Designer 配合使用时，可以始终如一地获得更好的质量和更高的产能。Cambridge Technology 的应用工程师还可以为这一组合提供工具和指南，帮助客户快速设置作业并开始生产运行。

## 标记和跳跃速度

顾名思义，“标记速度”指的是激光发射时振镜运动的速度，“跳跃速度”指的是在激光关闭时振镜“跳到”新位置的速度。跳跃速度应设置得足够高，以最大程度提高产能，只要不会导致在镜片减速到下一个标记位置时振镜运动不稳定。如果这两个速度的值不正确，那么，如果速度太慢，将导致目标材料燃烧、融化或褪色；如果速度太高，将导致深浅不一。为 ti100 和 MOVIA 设置选择的速率为：标记速度：15,000 mm/s，跳跃速度：30,000 mm/s。这些与激光设置（60% 占空比和 80 kHz 频率）相结合，可以实现一致的打标而不会变色。

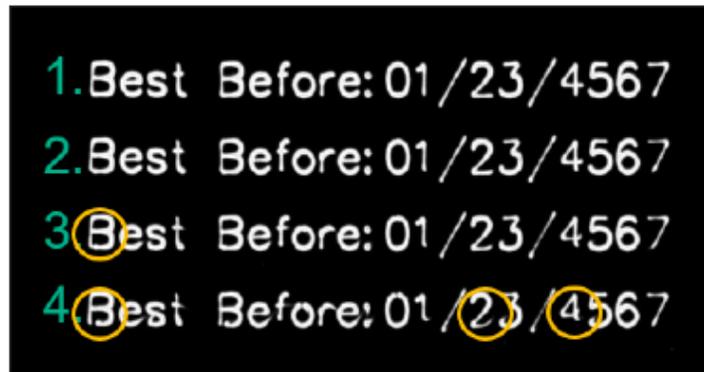
## 扫描振镜延时设置

这些设置允许物理振镜/镜片在发送另一个指令信号之前实现数字指令运动。正确的延时设置对于确保正确形成字符和优化产能至关重要。

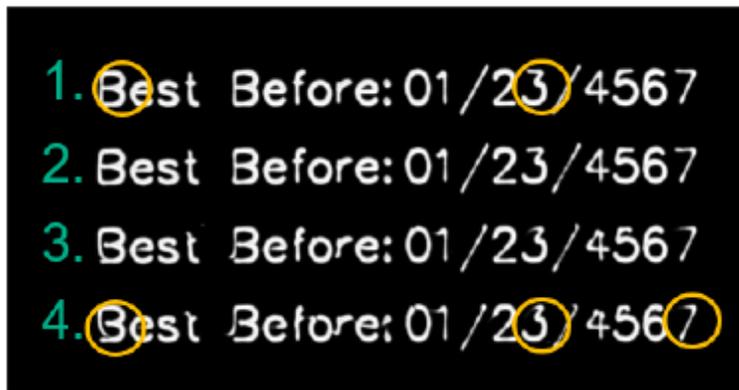


未优化延时打标

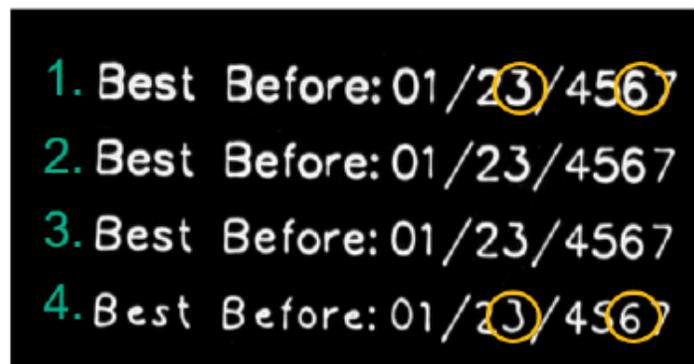
标记延时：标记结束时的延时。如果此延时太短，则当前标记的末尾将转向跳跃矢量的方向。如果此延时太长，将没有物理迹象，但会增加加工时间。



跳跃延时：跳跃结束（或标记开始）的延时，该延时使扫描振镜可以在激光出光之前减速至标记速度。如果此延时太短，则将在正确放置镜片之前开始打标，导致标记褪色。延时过长不会产生物理效果，但会增加加工时间。

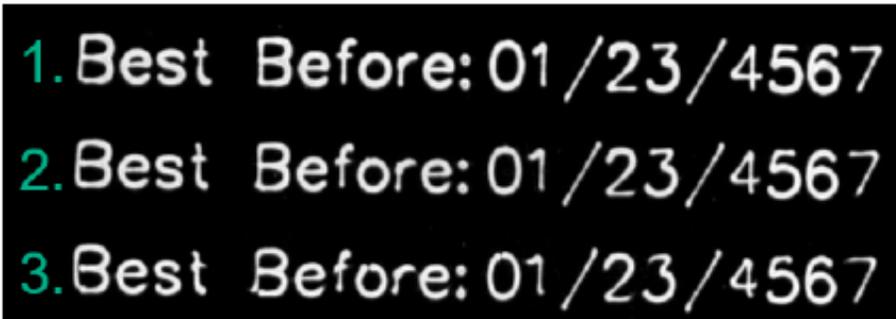


转角延时：在两个标记段之间插入的延时，可以确保形成更清晰的拐角。如果此延时太短，字符将会变形。延时过长会增加加工时间，并可能在拐角处造成烙印



## 延时概述

产能和质量位于桥的两端，只有最终用户才能确定适当可接受的质量与更高的产能。因此，应根据您的需要使用延时来优化某些功能。这里显示了两个示例，其中第一个示例使用 ti100 和 MOVIA 系统打标，使用了各种延时设置



第二个是 MOVIA 和光纤激光系统对镀膜玻璃进行打标，以显示各种速度下可形成的字符

### Speed - Quality Optimization

1 mm tall characters achieved using SMC controller and Fiber Laser at 160 mm

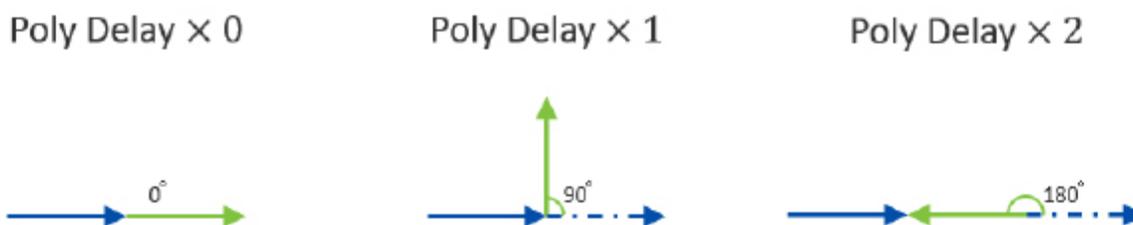
<b>600 cps</b> ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ abcdefghijklmnopqrstuvwxyz 0123456789	<b>800 cps</b> ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ abcdefghijklmnopqrstuvwxyz 0123456789
<b>1000 cps</b> ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ abcdefghijklmnopqrstuvwxyz 0123456789	<b>1200 cps</b> ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ abcdefghijklmnopqrstuvwxyz 0123456789
<b>1400 cps</b> ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ abcdefghijklmnopqrstuvwxyz 0123456789	<b>1600 cps</b> ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ abcdefghijklmnopqrstuvwxyz 0123456789

## 可选设置：可变转角延时

这种延时是我们 ScanMaster 软件的一项功能，对于质量要求不苛刻的产品实现更高产能的需求。示例中产能提高了 65%。可变转角延时 (VPD) 可根据打标过程中矢量之间的角度来调整标准转角延时，从而为更苛刻的减速/加速指令提供了更长的延时。

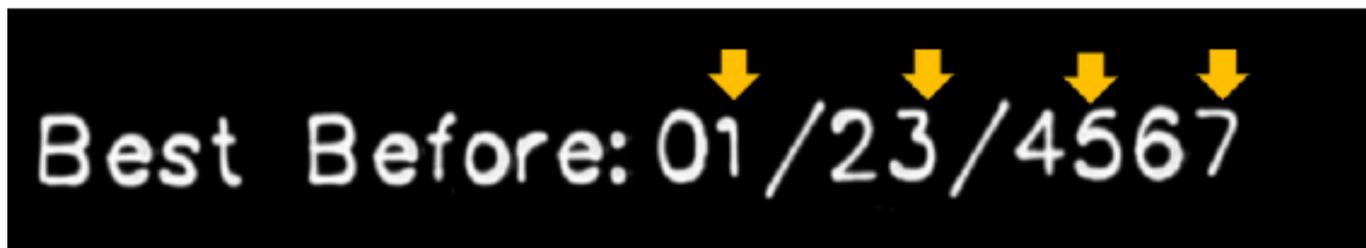
$$VPD = PD \times (1 - \cos \theta)$$

For example:

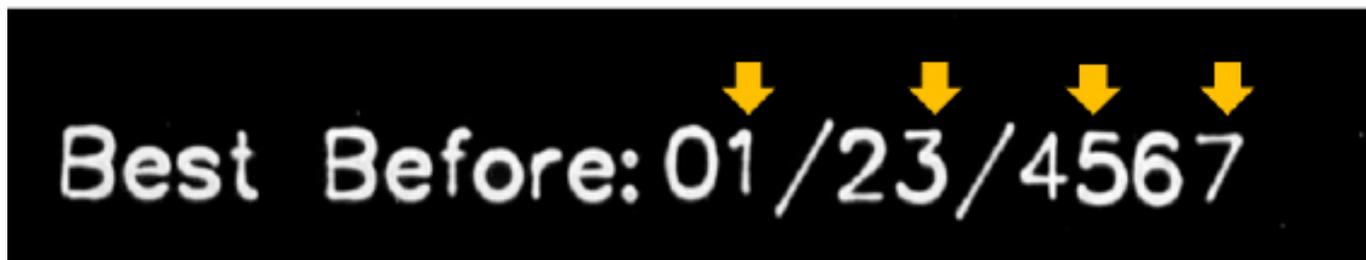


以下是 MOVIA 和 ti100 组合的示例：

**PD 60  $\mu$ s, VPD Enabled**



**PD 60  $\mu$ s, VPD Disabled**



每个标记使用相同的参数：标记速度：15m/s；跳跃速度：30 m/s；标记延时：60 Qs；跳跃延时：100 Qs，转角延时：60 Qs。请注意，启用 VPD 时，拐角清晰稍减，但产能增加了 12%。

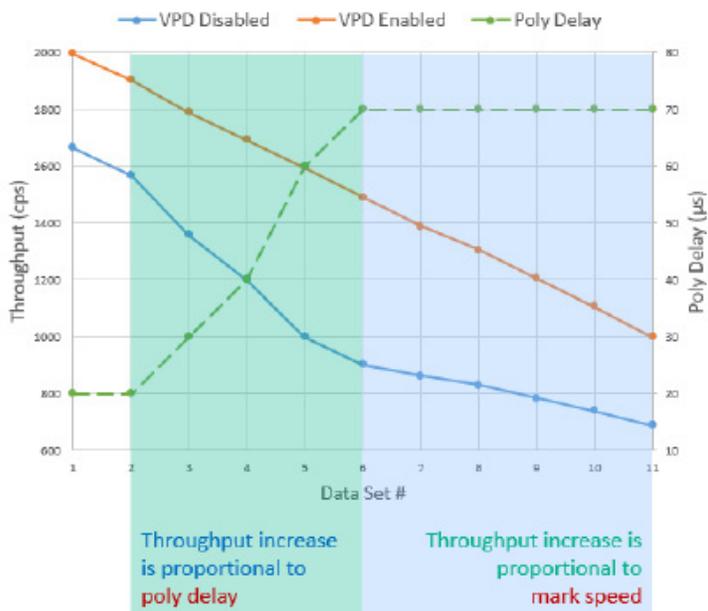
另一个示例使用了 MOVIA 和光纤激光器的组合，在镀膜玻璃上制作 1 mm 高的字符。本示例评估在设定的每秒字符数的产能下，禁用或启用 VPD 时的质量差异。由于 VPD 带来的产能比标准的转角延时高，因此可能在 VPD 示例中增加延时设置，并且仍可以实现与标准转角延时相同的 CPS 产能。这可以在相同的产能下制作出更清晰的字符。

### Speed - Quality Optimization – VPD Comparison

1 mm tall characters achieved using SMC controller and Fiber Laser at 160 mm

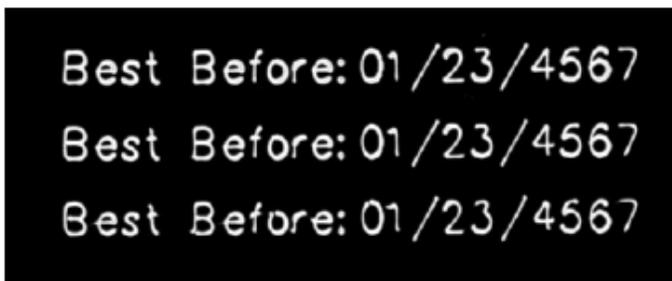
<p>VPD Disabled - 1000 cps</p> <p>ABCDEFGHIJKLMN OPQRSTUVWXYZ                  abcdefghijklmnopqrstuvwxyz                  0123456789</p>	<p>VPD Enabled - 1000 cps</p> <p>ABCDEFGHIJKLMN OPQRSTUVWXYZ                  abcdefghijklmnopqrstuvwxyz                  0123456789</p>
<p>VPD Disabled - 1600 cps</p> <p>ABCDEFGHIJKLMN OPQRSTUVWXYZ                  abcdefghijklmnopqrstuvwxyz                  0123456789</p>	<p>VPD Enabled - 1600 cps</p> <p>ABCDEFGHIJKLMN OPQRSTUVWXYZ                  abcdefghijklmnopqrstuvwxyz                  0123456789</p>

跟您想象的那样，VPD 是一个已经很复杂的系统中的另一个变量。那么，如何确定其影响呢？在标记速度高于 10,000 mm/s 时，转角延时是减慢产能的主要因素。因此，在这些速度下，我们期望 VPD 对提高产能有很大影响。标记速度低于 10,000 mm/s 时，其他因素对产能减少的影响开始大于转角延时，因此我们不期望 VPD 产生很大的影响。请看下图。

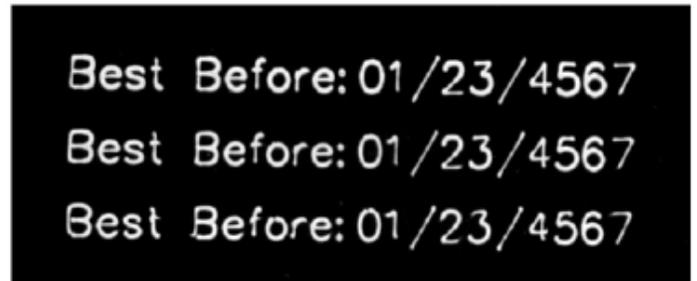


在左侧，标记速度超过 10,000 mm/s，我们看到，VPD 带来的产能增加转角延时的增加成正比 — 此示例还显示了产能显著增加，最高可以达到 65%。在右侧，标记速度低于10,000 mm/s，VPD 带来的产能增加现在与标记速度成正比，随着速度降低，其影响也在减小。这就是使用 MOVIA 和 ti100 系统的这个示例显示出产能增加与转角延时不成比例的原因。参数（速度和延时）以及字体大小（2 mm）也都影响了最终产能。

### VPD Disabled



### VPD Enabled



最终，确定是否使用 VPD 的最佳方法是，根据材料的特定应用要求打出一系列的标记。

**Speed - Quality Optimization – VPD Comparison**  
1 mm tall characters achieved using SMC controller and Fiber Laser at 160 mm

<p>VPD Disabled - 1000 cps</p> <p>ABCDEFGHIJKLMN OPQRSTUVWXYZ abcdefghijklmnopqr stuvwxyz 0123456789</p>	<p>VPD Enabled - 1000 cps</p> <p>ABCDEFGHIJKLMN OPQRSTUVWXYZ abcdefghijklmnopqr stuvwxyz 0123456789</p>
<p>VPD Disabled - 1600 cps</p> <p>ABCDEFGHIJKLMN OPQRSTUVWXYZ abcdefghijklmnopqr stuvwxyz 0123456789</p>	<p>VPD Enabled - 1600 cps</p> <p>ABCDEFGHIJKLMN OPQRSTUVWXYZ abcdefghijklmnopqr stuvwxyz 0123456789</p>

在此示例中，随着每秒字符数产能的增加，字符形成开始受到影响。但是，所有字符都是肉眼可读的，对于给定的应用可能已足够，但是这要由最终的用户来做决定。

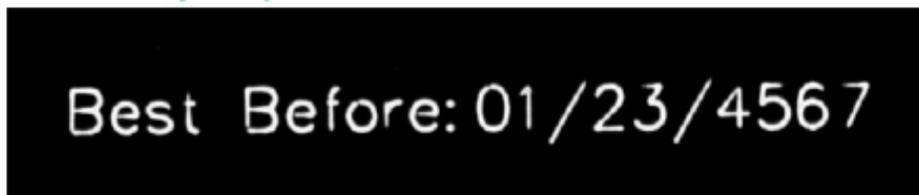
## 可选设置：速度补偿

此设置改善了能量分配，以产生更好的标记一致性（更高的质量）。这是在打标过程中根据振镜运动的速度来调整激光参数（包括占空比、频率和功率）实现的。这会在材料上产生更一致的能量沉积，从而可以制作出外观统一的标记，质量也就更高

### Without Velocity Compensation



### With Velocity Compensation



## 结论

质量和产能位于桥的两端，最后必须由最终用户选择适合其应用的折衷方案。材料和应用设计将对最终结果产生很大影响，但是设备（包括激光器、扫描振镜、光学元件、控制器和软件）的明智选择将确保能够实现最佳的质量和产能。通过仔细操纵系统速度、延时和可选设置，在保持可接受产能的同时，可以通过优化实现高质量的细节特征。最终，每个应用将在质量、产能和系统功能之间取得一个平衡。

## Novanta 的优势

Novanta 的全球应用实验室可提供许多解决方案来满足最具挑战性的加工需求。客户可以进入地区办公地点，那里有各种设备来快速、深入地应对客户的应用挑战。我们的工程师精通 Novanta 的各种产品，将为您遇到的任何制造障碍提供一套完整的解决方案。我们非常乐于根据您的规格要求对您的材料进行应用测试，以确保您的需求得到满足。请联系我们以了解详情。

[联系我们](#)