



# 如何用當今的雷射切割技術 滿足實際應用需求

作者：Markus Klemm

R&D 軟體工程師

Spartanics 公司

表1，雷射技術對比 (Figure 1.Laser Cutter Technology Comparison Chart)

特性	雷射技術對比		
	陳舊技術	現代技術低階	現代技術高階
燒透	是	否	否
開始/終止點有針孔	是	否	否
一致的邊緣品質	否	是	是
適合切割不乾膠材料	否	是	是
由封閉的雷射源獲得的品質一致性	有可能	是	是
柔性標識能力	否	是	是
在材料高速運行下，按套印標識連續切割	否	是	是
切割速度優化處理	有可能	是	是
材料速度優化處理	否	是	是
雙掃描頭設計	有可能	否	有可能
快速單掃描頭	否	是	是
系統與所有控制軟體一體化	否	是	是
操作中做自動 X/Y 修正	有可能	是	是
直接改變切割的雷射設置的可行性	有可能	是	是
切割中，調整雷射的翻轉設置的可能性	否	是	是
對於超過半個工作幅寬的圖案，又不進行圖案分割處理的連續切割能力	否	是	是
進行圖案分割處理後的自動小圖切割	否	是	是
自動決定活件設置和起始切割位置	否	是	是
活件類比軟體，根據預先設置的速度和生產效率	否	是	是
快速設置的高精度套准自校準鏡頭	否	有可能	是
錯誤條件下設備的智慧停車			
各種活件停止的校準	否	是	是
210 微米光點	否	是*	是**
280 微米光點	否	是***	否
完全的遠程診斷能力	有可能	是	是
可以把不同幾何形狀的多種圖結合在一起，一次完成活件設置	否	是	是
從數碼印刷直接做切割資料的無接縫銜接	否	是	是
工作區達到 300+mm X 300+mm 高精度的印刷-切割	否	是	是
滿足工作區達 300+mm X 300+mm 的最高公差精度	否	否	是
滿足工作區達 200mm X 200mm 的最高公差精度	否	是	是
所有工作參數的方便調取，包括雷射和鏡頭設置	否	是	是
重複性活件的一步設置	否	是	是
圖案的拼接	有可能	是	是
最大材料速度下，自動圖案的分割	否	是	是
相對更低的價格	有可能	是	否
	* 200+ X200mm 工作幅面		
	**所有的工作幅面		
	*** 300+ X 300+mm 工作幅面		

雷射切割，又名數位切割，既利用高功率雷射將雷射光束路徑上的材料蒸發掉。雷射光束的開和關，以及雷射光束的路徑都與產品圖形的裁切要求一一對應。由於被切割掉的部分被蒸發掉了，因此，對於剔除細小碎片所需的手工或複雜的排廢都可以被省略。

自80年代起首次被運用以來，有關雷射切割技術的基本概念沒有改變。然而，新近的雷射切割技術的發展，特別是那些複雜的關於雷射切割控制的軟體工程，使得人們對雷射切割的期待有了顯著改善。今天由較便宜的元件組成且成本較低的雷射切割系統，其功能已遠遠優於幾年前設計且造價昂貴的系統。在高階產品中，最新的雷射切割系統能以更寬泛的材料適用性和更嚴格的公差控制，穩定地進行更錯綜複雜的切割工作。

針對這些頗富挑戰性的要求，在雷射切割技術上的投資演變成一項如何找到能最好地滿足實際需求的設備的選擇。但是現有市場上仍然可以看到有些雷射切割系統在品質和產能方面的妥協，而對先進雷射切割技術來說，這些妥協是不能接受的。

另一方面，對於要求簡單的一些應用，通常由低成本雷射切割系統完成，因為其功率和功能都足以滿足手邊的工作。在此白皮書中，將討論如何使得當今的雷射切割系統滿足實際應用之需，並分析雷射切割系統的各種功能如何展現在品質和產出方面。

### **在雷射切割和工具切割系統中選擇**

挑選合適的雷射切割技術的第一步，先要確定雷射切割的能力是否符合加工的需要。與工具式切割系統相比，雷射切割有很多優點。這些優勢主要得益於雷射切割沒有模具。因為沒有模具，因此就不存在模具成本，而且不用花費時間來製造模具。這是為什麼將雷射切割用於快速的打樣的主要原因。雷射切割系統被稱為的數位切割，是因為可以採取任何向量數位影像，將其導入到操作軟體中，並設立一個工作活件。目前一流的雷射切割系統，採用數位影像輸入，只需要幾分鐘的時間就能夠完成活件設立。“數位切割”與雷射切割是可以互換的概念，共同代表無工具切割系統所具有的優勢，尤其是與數位印刷配套使用時。而配套使用，使得從原稿到成品的轉換，只需幾分鐘，甚至更短既可以完成。

對於有模具的機械切割，由於其切割工具的邊緣與材料間的物理接觸，總會產生固有的局限性。而雷射切割則克服了這些局限性，從而能切割很多模具切割很難或無法完成的材料。例如：雷射切割很容易切割粘性材料，因為採用機械切割時，粘性材料容易被粘連。同樣，無模具的雷射切割系統在切割薄的材料方面也具有很大優勢。切割薄的材料時，沉重的模具與脆弱的材料之間相互作用會產生物理上的限制，而雷射套准切割則沒有這種限制。另外，雷射切割可以很好的處理磨損性材料。這種情況下，機械切割的切割刀會被磨損，並需要經常更換，因此成本往往很高。而無模具的雷射切割系統則克服了這一問題。

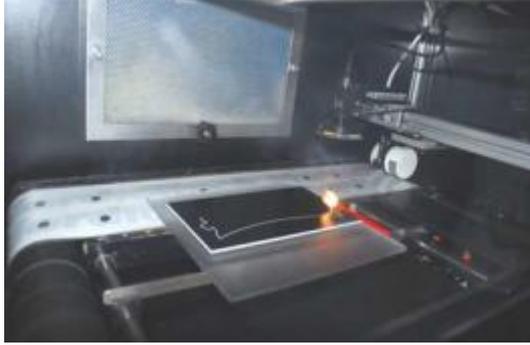


表2：雷射切割標籤(Figure 2.Laser Cutter Machine cutting a label)

由雷射切割特性所帶來的相對更便捷的加工性能，同樣是可觀的優勢。雷射切割可以勝任打孔，打虛線，半切，連續編號，折痕，個性化等一系列特殊加工。在切割過程中，運用高級軟體工程來精確控制雷射光束的運行，是當今雷射切割技術的一種標誌。事實上，雷射切割系統的唯一缺陷在於其雷射光束的寬度—例如，最高級的切割系統中，在200毫米\*200毫米的範圍內，最小的雷射光束可以小到210微米。但實際上這不僅僅是雷射切割所面臨的挑戰，其他任何模具切割系統同樣都很難實現小於30度轉角的精確切割。另外，雷射切割省略了機械剔除排廢的步驟，而這對模具切割而言，是基本的需求。



表3：雷射切割的多種應用(Figure3：Shows the many application that can be Laser Cut)

和任何技術一樣，雷射切割也存在局限性，但對於這些局限性，存著一定的誤解。有人認為雷射切割僅可以作為打樣工具，無法達到產品的批量生產要求。對許多應用，與占主導地位的平版切割機，圓壓圓切割，光電套准平壓機，沖壓機比較起來，早期的雷射切割的確是慢了一些。但實際上，現代雷射切割設備的使用者，都在用雷射切割來進行完成整個生產。需要注意的一點是，目前的雷射切割系統大都使用檢流計型雷射，隨著鏡頭角度調整，雷射掃過整個原稿件，而設置的完成只需幾分鐘。相對於透過XY滑塊的幾何構架，來移動整個雷射光束，或移動材料從而完成切割，這種僅僅移動雷射光束的檢流計機械系統要快的多。而更先進的檢流技術透過細微的軟體調整，將大多數操作精確到萬分之一秒，從而將速度提高到更新的水準。雷射瓦數越高，切割時的速度越快。5年之前或更早，200瓦或者400瓦的雷射切割很貴，而現在價格則很有競爭性。這些新雷射也可以生成高品質的雷射光束，高速運行時確保切割品質。綜合這些在速度上的提升，使今天的雷射切割的應用遠遠超過打樣的作用，被充分用於生產，而無任何瓶頸。（注：對很多情況而言，有些製造商就切割的線速度的說法是毫無意義的。真正的切割速度是由原稿的複雜程度以及軟體優化影像切割的能力來決定的，如下解釋。）

另一種對雷射切割的誤解是雷射切割是危險的操作，因為在工作區有燃燒帶來的安全風險。儘管與我們的常識相悖，但相對模具系統來講，雷射切割系統在很多方面是更好的選擇。在做雷射切割系統初次安裝時，如工人未戴安全鏡，需小心注意光束的洩露給工作環境帶來的危害。而使用模具系統時，如操作不當，則始終會存著給工人帶來嚴重性傷害的隱患。儘管這種情況很少發生，但卻是災難性的。在模具的損壞上開支也是很普遍的，例如，機師把一個小螺絲忘在切割區內時，最終有可能損壞客戶的模具。

通常認為，也是正確的看法，認為雷射切割不能處理所有材料。然而，這個界限隨著雷射技術的改進在不斷改變。例如，雷射技術常常無法處理聚碳酸酯材料，由於在切割這種材料時雷射會在材料上留下難看的帶有深棕色的變色邊緣。對於比較厚的聚碳材料還是會發生。然而，對於（陳舊系統無法處理的）較薄的材料情況卻不再如此。（注：不幸的是，市面上還是能找到某些雷射切割設備，在薄的材料上也留下變色的邊緣，但是不能因此否定這項出色的技術）。許多人仍然認為PVC材與雷射切割技術不匹配，其實這個觀點已經過時了。只要在設備上添加必要的元件，確保靠近雷射光束附件的零件不受切割PVC產生的腐蝕影響，同時，配備有毒煙氣過濾裝置保護操作人員的，切割PVC材料還是有可能的。

雷射切割技術的真正缺點，相對於一些機械切割可以實現的較長運行的作業來說，雷射切割性價比比較低，這也是很多公司將雷射切割機與另一套模具切割系統同時使用的原因。如果活件的幾何圖形易於模具加工，如果材料不是很薄或很黏，或者無磨損性，或者不會對模具造成不良影響，特別是相對作業時間較長，而切割成本可以變成一個忽略的因素的情況時，模具切割（平版沖壓，圓壓圓切割，光電控間隙沖壓技術）常常會做的更好。

#### **品質和軟標點標準：**

幾年前設計的雷射切割系統很難應對複雜圖案的切割，尤其是對於那些帶很多尖角的圖案。今天我們還是可以找到這些技術陳舊的雷射切割設備，其在整個切割次序開啓和停止過程中，經常會出現燒穿和針孔現象。

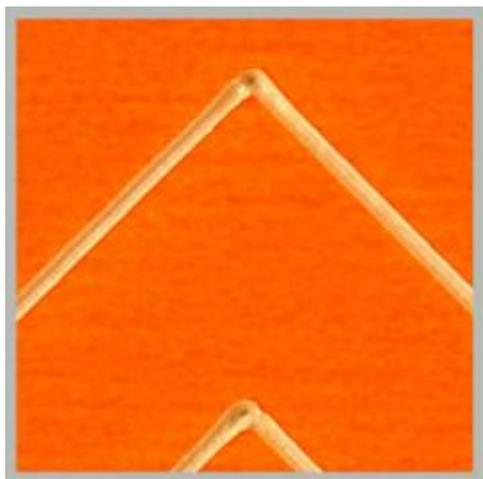


圖 4：燒穿（Burn Throughs）。

例如：圖 4 表明，簡易型雷射切割系統很難實現尖角切割。在尖角處可以看到黑色燒穿標記，可以看出雷射在那一點停留時間過長。這就如同汽車拐彎時需要減速，而雷射光束在此減速，造成此點的燒穿。



圖 5：圓角 (Round corners)。

圖 5 所示的雷射切割卻存在相反的問題，爲了避免圖 4 中燒穿現象，提高了雷射光束移動速度。然而，這個增速的控制顯然不夠好，不但沒有達到形成尖角的原圖要求，結果反而變圓，此時雷射光束切割尖角時的速度過快。



圖 6：軟標點 (Soft marking)。



圖 7：最終產品。

現代的雷射切割技術在軟體工程上的提高，摒棄了從前存在的缺陷。軟標點可以使雷射光束的移動與幾何圖形更好地同步，在整個切割中嚴密控制次序，避免燒穿，而且完成尖角的切割，其效果正如圖 6 和圖 7 中所示。由於從初始點上移動雷射頭時間較長，舊系統常常在切割初始留下針洞（雷射反射鏡引導雷射光束）。而先進的雷射系統可以切割更好的邊緣，切

割初始不留針洞，在尖角轉彎處也不會燒穿。這並不只是因為運用了更好的雷射，還因為控制雷射處移動的反光鏡採用了更高級的演算法。對實現雷射切割軟體系統控制來說，軟標點不僅表明了雷射切割控制軟體所取得的進步，同時也說明只有那些投入足夠軟體工程研發的製造商，才能開發出可以滿足大部分應用所需求的無缺陷軟標點技術。

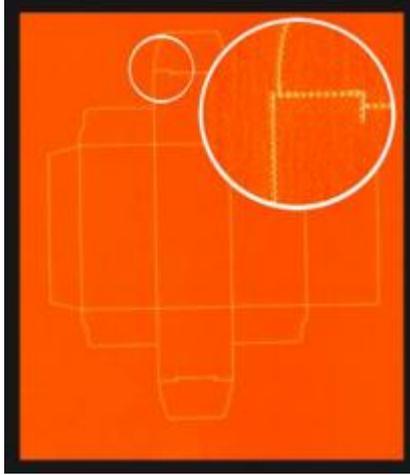


圖 8：低頻率輸出雷射 (low frequency laser output)

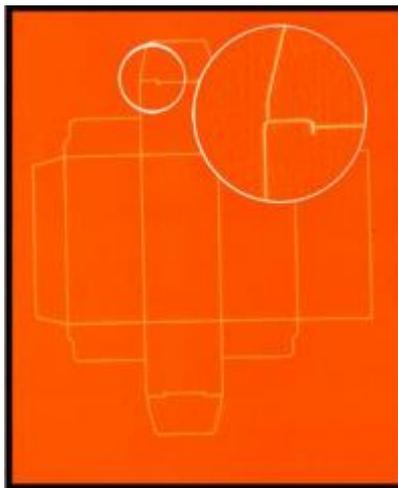


圖 9：未經優化處理的雷射移動 (Lack of optimizing laser beam movement)

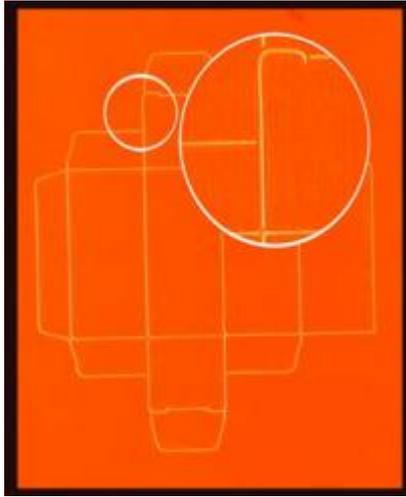


圖 10：同圖 7 一樣，切割速度加倍 (Same as Figure 7 with cutting speed doubled)

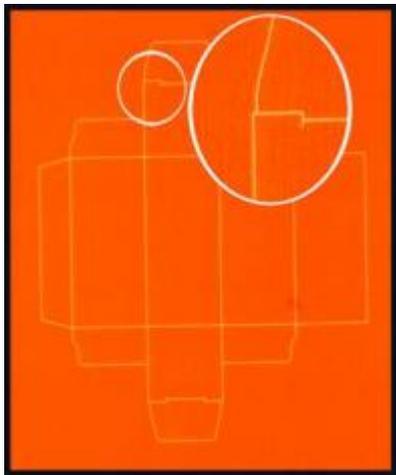


圖 11：優化過的切割 (Optimized cutting)

舉例說明切割速度如何影響品質，請見 8，9，10 和 11 圖所演示的小折疊盒切割過程。在圖 8 中，雷射輸出頻率很低，只有 10kHz。雷射的每次脈衝所切出的結果，看上去是成串的点，而不是所希望的連續的線。而圖 9 所示，切割速度非常快，但沒有針對影像和切割速度進行雷射優化。而切割速度過快，雷射掃描頭的鏡面也無法做的與原圖同步，造成切割效果不精確。本來應該是尖角卻變圓了。圖中所示，便是不夠精確的雷射切割系統所得到的效果，軟體無法對雷射掃描鏡片已經鏡片的移動加以足夠的控制。當切割速度成倍增加時，這個問題更嚴重，如圖 10 所示。而當雷射切割系統與切割速度相匹配，雷射的開啓和關閉被相應地優化，輸出品質則有很大的改善，如圖 11 所示。這裡採用雷射切割的軟體演算法，優化處理切割速度與影像的匹配。現代高品質的雷射設備的特徵，不僅表現在獲得更好的切割邊緣，而且可以持續精確控制切割運行。例如，早期的雷射切割系統，當材料通過時，無法補償在工作區內材料的旋轉。現在高級的系統不僅能用高解析度的攝像頭，而且能將攝像頭資訊與軟體整合在一起，用來控制切割。即攝像頭確定所有 XY 值，透過與控制軟體的相互通訊，雷射做出相應調整。如果攝像頭的輸入不能整合到控制系統，那麼雷射切割將很難進行修正。現在高水準雷射切割的技術精髓就是擁有將一個元件（攝像頭）與另一個元件（掃描頭）的通訊非常緊密地整合在一起。

雷射源本身的品質也會對切割效果造成影響，如果採用演算法先進的軟體控制光束更小的高品質雷射（210 微米）的精確移動，則此種高品質雷射可以完成易碎品的切割。高品質的雷射與高品質的控制軟體相結合也可避免生產過熱，因此適合於標籤的應用。因為，過熱會導致粘性材料融化而粘接到離型紙上，使其在後續的加工中很難自動將標籤從離型紙上移除。

系統所使用的雷射燈管類型——開放式或封閉式，也會影響雷射光束的控制及切割的效果，儘管開放式採用非封閉的雷射，品質上較有優勢，但卻很少被應用。開放式雷射有幾個本質性的問題。二氧化碳是雷射燈管中常見氣體，混合著氮，氮和氫以保持平衡。每種氣體的混合比例會影響雷射功率，而開放式燈管的設計，使得這個比例會發生變化。開放式燈管設計需要經常更換二氧化碳氣罐。因此，幾乎無法保證維持一致的設置，因為從一個二氧化碳氣罐換成另外一個時，幾乎每種氣體的比例都是不同的。而這些比例的改變會直接影響雷射功率和其切割效果。為實現相同效果的切割品質，每當更換氣罐時，操作者都需忙於做出相應的調整，儘管如此，也難免出現偏離。而封閉式雷射燈管則不會改變氣體的比例，僅需要在運行一萬個小時後做出更換。因此封閉式雷射燈管成具有更好的切割控制能力，並能獲得穩定的效果。



圖 12：未經優化過的切割 (Lack of optimization during cutting)



圖 13：優化過的雷射切割 (Optimized laser cutting)



圖 14：分割影像 (Slitting images)

### 切割速度和料卷速度

如今的雷射切割系統速度更快，是多種原因的促成的。一是高功率雷射的出現，可以勝任更快的切割速度，比如當今大多數使用者都傾向於使用 200 瓦的系統。二是現今高級雷射系統都採用了更複雜的演算法，可以使每次切割操作精確到萬分之一秒。第三點，也是現今品質更高的雷射系統速度可以更快的最重要的原因，是因為系統可以在材料速度更快的情況下優化切割次序。為了更好地說明軟體對優化材料速度的作用，請見圖 12 和 13 所示的美國地圖。在每一張圖中，藍線表明雷射切割停頓並重新定位轉向下一個切割。圖 12 中是根本就沒有經過軟體優化處理的切割次序。在這個未經優化的切割過程中，雷射光束的軌跡與最初工作流程或相應軟體生成的向量圖形完全一致。這個未經優化的切割次序很慢，以至於材料的速度只能稍稍提前一點點。圖 13 中經過控制軟體的精確計算，材料的速度被明顯提高。在其運行之前，材料速度的提升就已透過活件的設置被確定好了。圖 14 和圖 15，是經過活件設置來優化材料速度的第二步，這裡把一個單獨的美國地圖的影像分成兩張影像，分割後的影像再經過優化處理，材料速度又被提高了 17%。這個優化處理也是由軟體自動完成的。實際上，軟體可以告訴操作者是否需要將圖片按單一影像，還是兩個，4 個，以至於更多影像去切割會更好。目前高級雷射切割技術，可很好的將這些多幅的影像流暢地銜接在一起。在此案例中可以達到最高材料速度，其他情況下，則可以加工切割尺寸超過工作面寬度的影像。



圖 15：分割影像 (Slitting images)

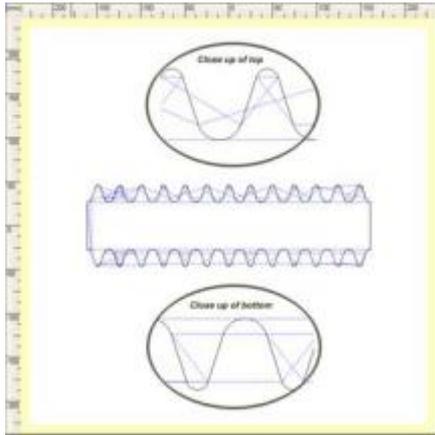


圖 16：切割中沒有優化處理 (Lack of optimization during cutting)

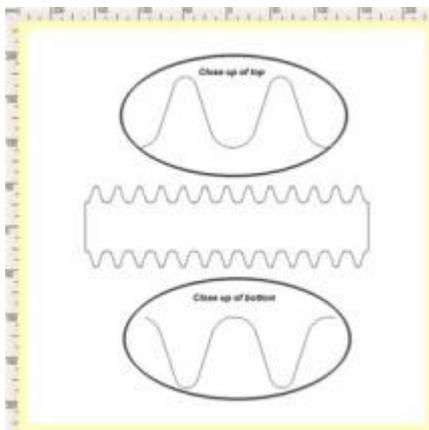


圖 17：優化切割 (Optimized cutting)

不被各種各樣製造商對切割速度的說法所迷惑同樣重要，因為在許多實際應用中切割速度與實際材料速度無關，而材料速度才是實際生產中最重要考量。圖 16 和圖 17 顯示了無材料速度優化處理的舊技術所能完成扇貝邊緣效果，以及用當今更高級的雷射切割系統，針對同樣的扇貝邊緣，經過切割次序優化後，材料速度被提高的情形。需要注意的是，標點速度（也就是切割速度）在這兩個案例中都是 0.6 秒。然而，切割次序沒被優化的材料速度只有圖 17 所顯示的經次序優化的材料速度的 9%。

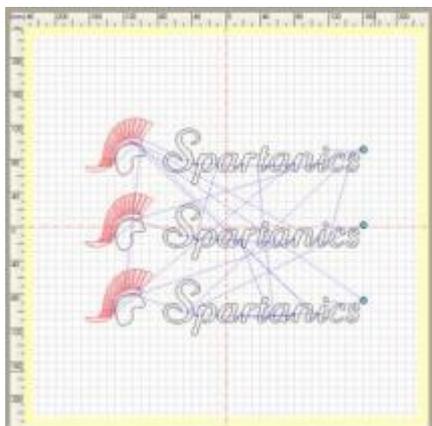


圖 18：沒有優化 (No optimization)

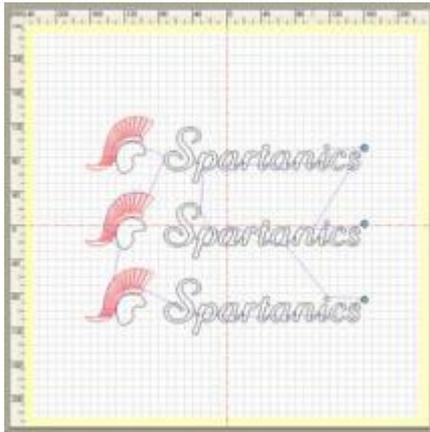


圖 19：切割速度優化處理 (Cutting speed optimized)

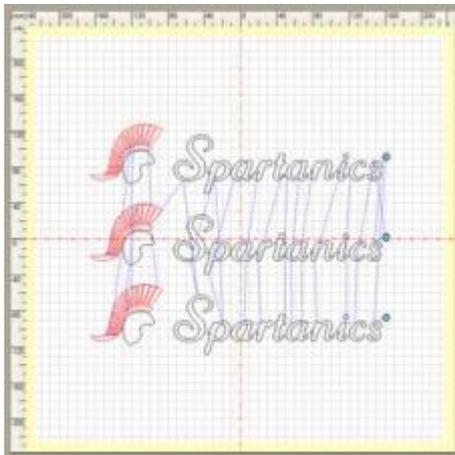


圖 20：材料速度優化處理 (Web speed optimized)

圖 18，19，20（三排 Spartanics 公司 LOGO）進一步舉例說明沒有優化的切割與僅僅優化最大切割速度的切割，同優化了材料速度的切割所進行的對比。圖 18 中切割次序沒有做任何優化，整個次序只是按照原始的圖形切割。這是最差的情形，也是那些沒經過軟體改善的原始雷射切割的典型案列。在這個例子中，其切割速度只相當於如圖 19 所示的 37%，而後者為提高切割速度進行了次序的優化處理。直到近期，這還是雷射切割可以達到的最好情形。目前，品質更好的雷射切割系統能夠做的更出色，透過全新的演算法對切割次序進行調整，並將材料的速度一併加以考慮。舉例說明，如果材料從右向左移動，那麼靠近最左面的影像幾何細節需要最先被切割，這也意味著掃描頭的移動取決於材料運行速度。圖 20 顯示，切割的次序同樣針對材料速度加以優化，而不僅僅對切割速度加以優化，由此實現 350% 的材料速度。也就是說，僅僅靠優化切割速度，獲得的是較慢的材料速度。因此忠告雷射切割系統的購買者，不要輕信製造商的對切割速度的一些說法，而要關注於系統軟體優化材料速度的能力方面的演示。在高級的雷射切割系統上，這些材料速度的優化是自動進行的，無需任何對操作者的培訓。

如今高品質雷射切割設備運用了非常精確的軟體演算法，對材料速度進行優化，同時提供了難以置信工作能力，可以完成長度超過工作區一半的作業。技術陳舊的雷射切割只能優化切割速度，而非材料速度，因此，影像的尺寸只能限於工作區的一半之內。同樣，優化材料速

度的演算法同時會將兩個影像合併時所帶來的過度切割及品質上的問題減少 90%。這一切在當今的設備上是自動處理的，而在陳舊的機型上則需要操作者手工完成切割次序再設置，以避免在原稿上出現過度切割。

#### 作者簡介

Markus Klemm 是 Spartanics 公司 ([www.spartanics.com](http://www.spartanics.com)) 的軟體研發工程師。

Spartanics 公司生產製造一系列自動化設備，包括雷射切割，切割機，絲網印刷設備，沖卡機，計數器和卡片檢測設備。廣泛用於世界各地標籤製造，包裝，印刷，製卡和其他平張堆疊產品的加工行業。Spartanics 公司總部位於美國芝加哥近郊，並在歐洲設有服務和備件中心。相關問題和評述請發送資訊至：[info@spartanics.com](mailto:info@spartanics.com)。