



設計指南

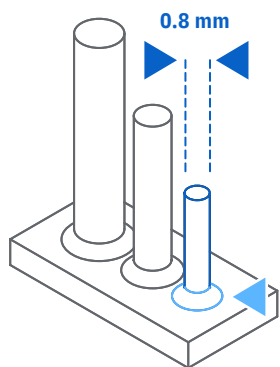
Fuse 系列 SLS 設計指南

選擇性雷射燒結 (SLS) 的成功始於對物件進行針對 SLS 3D 列印技術的優化。本指南涵蓋了針對 Fuse 系列列印機設計物件時，需要重點牢記的尺寸和設計考慮因素。

註: 以下指南旨在作為在 Fuse 系列列印機上使用 Formlabs 材料進行列印的一般參考。雖然這些建議適用於大多數情況，但它們可能無法反映所有情況和材料。用戶應參考特定材料的指南以獲取更多信息和注意事項。

參考尺寸

這些參考尺寸是為尼龍 12 粉末開發，可作為使用 Fuse 系列列印機進行列印的一組基準指南。請參閱以下材料特定特性部分，了解特定材料的設計注意事項以及它們與尼龍 12 粉末通常實現的結果與預期偏差。

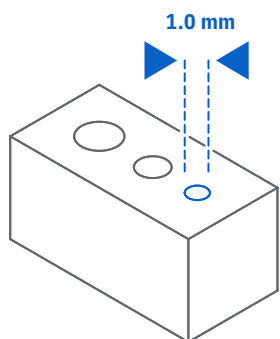


最小垂直柱體寬度

0.8 mm

最小垂直柱體寬度是指能夠成功列印的最小直徑。

注：在 Fuse Sift 粉末回收佔中清理插釘時要格外小心，防止插釘折斷。在邊緣與物件主體相接的地方進行加固，可以降低這種風險。

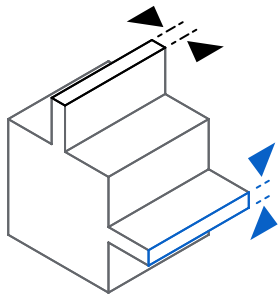


最小孔徑

1.0 mm

直徑小於 1.0 mm 的孔在列印時可能會被封住。

注: 對於高精度的同心孔，應設計一個尺寸略小的導向孔，然後使用擴孔鑽擴開到預定的直徑。

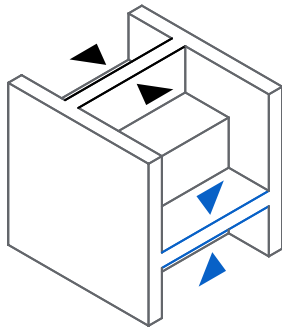


無支撐壁面的最小厚度

● 垂直壁面: 0.6 mm

● 水平壁面: 0.3 mm

最小無支撐壁面厚度是指少於兩面支撐的壁面所需的最小厚度。太薄的壁面可能會變形或與模型分離。

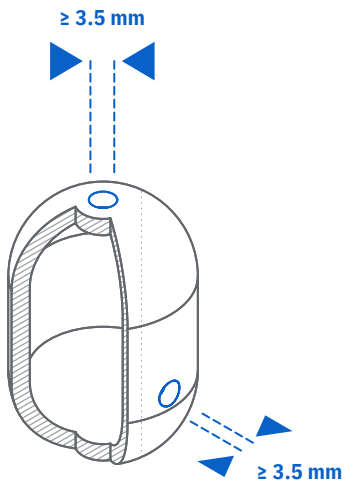


受支撐壁面的最小厚度

● 垂直壁面: 0.6 mm

● 水平壁面: 0.3 mm

最小受支撐壁面厚度是指兩面或多面受支撐的壁面所需的最小厚度。太薄的壁面可能會變形或與模型分離。



排料孔

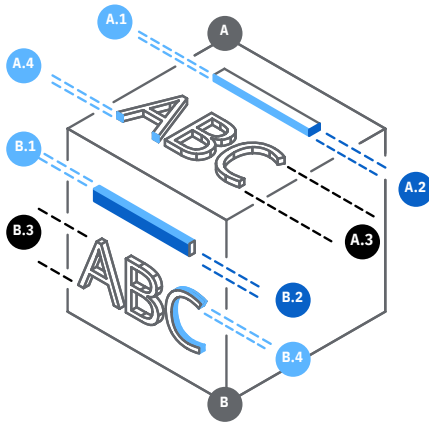
如果沒有合適的排溢孔，未燒結的粉末就會留在封閉的空腔中。為了達到最佳效果，腔體上至少要包含 **2 個排料孔**，排料孔直徑不能小於 **3.5 mm**。

注: 更多更大的排料孔可使未燒結的粉末更容易從內部腔體中清除。為了保證內表面的清潔，在設計物件時，要使相關表面易於使用清潔工具清理。

最小凸起細節尺寸

A. 水平面:

- A.1 深度: 0.15 mm
- A.2 寬度: 0.35 mm
- A.3 文字字體高度: 4.5 mm
- A.4 文字字體深度: 0.3 mm



B. 垂直面:

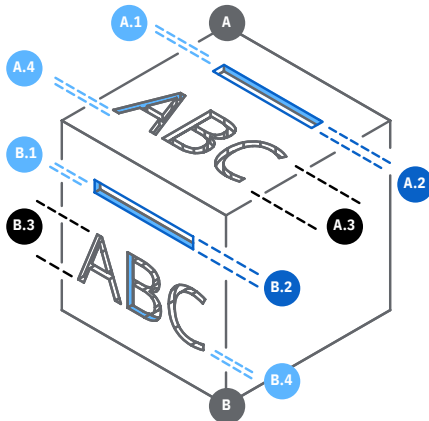
- B.1 深度: 0.35 mm
- B.2 寬度: 0.4 mm
- B.3 文字字體高度: 4.5 mm
- B.4 文字字體深度: 0.3 mm

凸起細節是從模型的表面擠壓出來的。過小的突出細節在物件上可能不見。盡可能使用粗體字，以達到突出文字細節的最佳效果。

最小凹槽細節尺寸

A. 水平面:

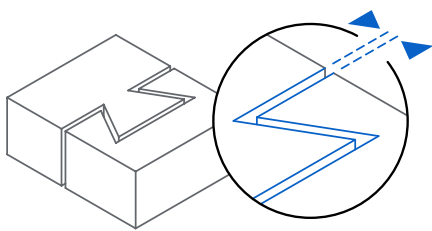
- A.1 深度: 0.1 mm
- A.2 寬度: 0.3 mm
- A.3 文字字體高度: 3 mm
- A.4 文字字體深度: 0.3 mm



B. 垂直面:

- B.1 深度: 0.15 mm
- B.2 寬度: 0.35 mm
- B.3 文字字體高度: 3 mm
- B.4 文字字體深度: 0.3 mm

凹槽細節是從模型的表面挖割出來的。過小的凹槽細節可能在物件上不見。盡可能使用粗體字，以達到凹槽文字細節的最佳效果。

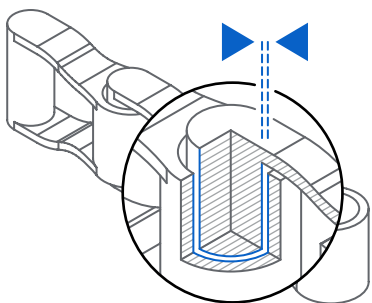


最小組裝公差

小於 20 mm² : 0.2 mm

大於 20 mm² : 0.4 mm

準備在列印後進行組合或拼接的物件 (如組裝接頭或齒輪) 之間應留出一點間隙。



組合零件間隙

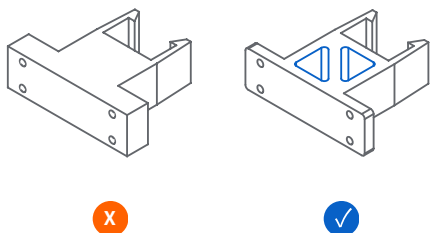
小於 20 mm² : 0.3 mm

大於 20 mm² : 0.6 mm

對於將在一起列印的組合物件，請留出間隙，以防止列印過程中物件融合在一起。

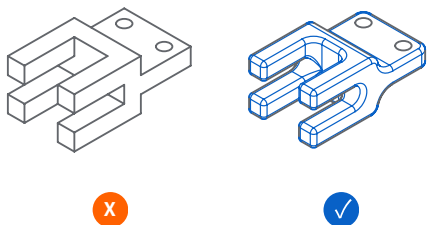
實現設計成功

SLS 3D 列印技術之所以在各類技術中脫穎而出，是因為鬆散的粉末熔融後形成物件，能夠在沒有支撐結構的情況下進行列印。與其他任何工作流程相同，有些方法可以優化您的設計並提升列印成功率及效果。這些建議可以幫助您節省材料和列印時間，同時優化您的物件，以便成功列印和實施。



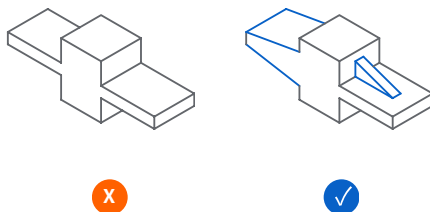
保持均勻厚度

盡可能使物件厚度保持相對一致。這將緩解物件冷卻時的變形問題。考慮採用薄殼 (Shell) 方式列印較厚的物件，以保持厚度均勻，節省材料。



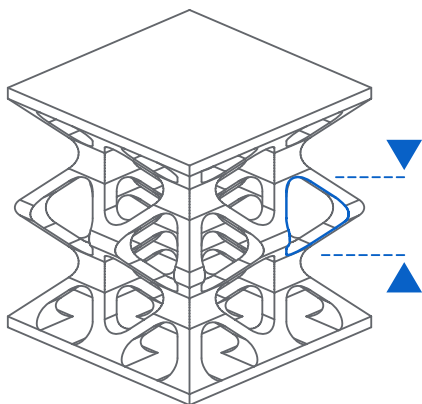
減少應力集中

物件在截面發生大幅度變化時可能會出現應力累積，例如從厚基座中突出的薄片。請設計漸進式的形狀改變，避免突然改變，進一步減少這些應力集中情況。



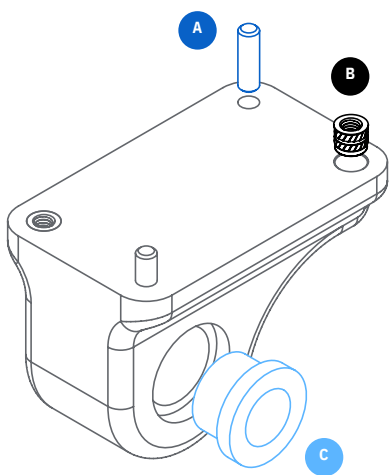
長寬比例管理

長寬比較大的物件容易有變形。加強支撐或拔模斜度等特徵可以降低薄型突出結構（如懸臂和絲線）的變形風險。



設計晶格

在設計晶格結構時，請記得要清理格子上的鬆散粉末。為保證 Fuse Sift 中的粉末容易清理，設計的晶格應擁有不小於 **8 mm** 的縫隙，並在晶格裡流出開放的面，這樣粉末就不會卡在結構中。

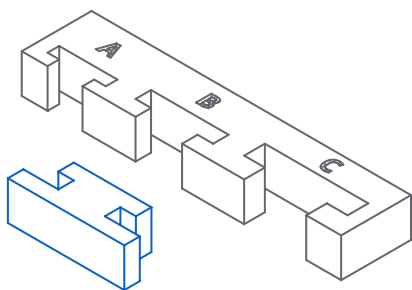


將機械零件組裝到設計中

確定如何將完整的組裝到您的列印設計中。

下面是一些例子：

- A** 使用銷釘作為精確的定位方式
- B** 加入熱固性嵌件來達到牢固耐用的螺紋連接
- C** 添加軸套於轉軸或軌道的同心接口



懷疑時，請測試！

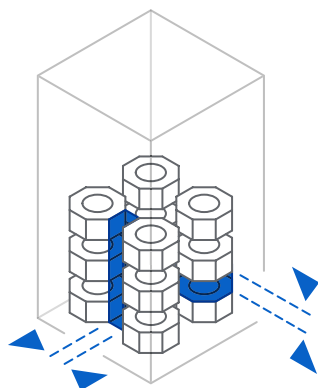
如果您擔心某項特定功能是否能成功實現，請對有疑問的幾何結構進行小批量的測試列印。將特徵單獨劃分出來，並以與完整物件相同的預定方向列印測試物件，以獲得設計成功的最佳指示。

注: 建議嘗試一次列印多個不同尺寸的測試件，以測試各種尺寸的適配程度，確認無誤後再進行大批量列印。

物件定向和排列

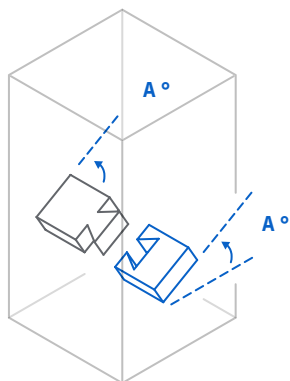
Fuse 系列列印機成型空間中的物件排列是決定設計是否成功的另一個因素。

以下提供幾個有幫助的建議，請再進行物件排列時作為參考。



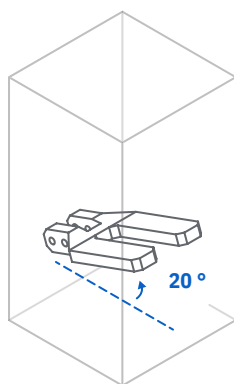
物件間距

將物件排入成型粉槽時，物件之間至少應間隔 **5 mm**，以達到高品質的結果。將物件均勻分布在整個成型粉槽中，以減小熱積聚的可能性。



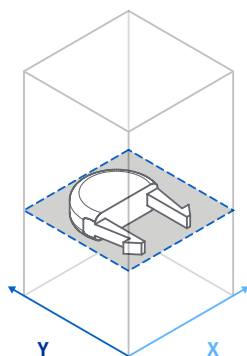
接合零件

設計用來做接合的物件，其接合特徵應向相同角度旋轉，以確保它們可以順利接合。



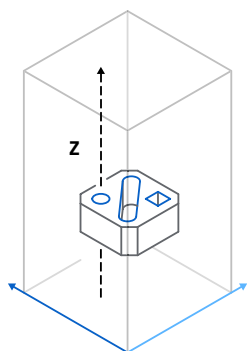
高長寬比物件

寬大且相對平坦的高長寬比物件應以約 **20°** 的小角度列印，進一步儘量避免發生變形情況。



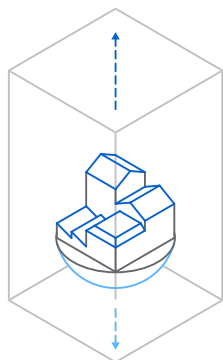
彎曲特徵

列印件在 XY 平面上比在 Z 軸更強硬，對齊功能如卡扣和其他彎曲元素，以便它們盡可能在 XY 平面內彎曲。



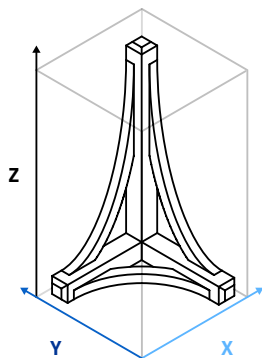
尺寸精度

對於像孔洞和釘狀結構等特徵，其中在 Z 軸線方向上最為精確。如果可能的話，在成型粉槽中垂持排列此特徵。



表面光潔度

對於需要光滑表面特徵，如圓面或輪廓，請將表面朝下。對於需要銳利清晰邊緣的特徵，請將其朝上。



成型體積和打包密度

T成型體積是指可以在 Fuse 1 系列列印機上列印的最大可能部分。

該成型體積內的打包密度沒有物理限制，這意味著可以填充整個成型體積，以最大化零件尺寸並最大程度地減少粉末浪費。最大零件尺寸可能依據材料選擇略有不同，請參閱以下部分了解詳細信息。

特定材料使用指南

為了在使用 Fuse 系列列印機時獲得最佳效果，用戶需要考慮所使用的特定材料的獨特屬性。以下指南將幫助用戶在 Fuse 系列列印機使用不同材料時，優化他們的積層製造設計。

Build Volume 成型體積

由於不同材料的熱膨脹率不同，在 Fuse 系列列印機中可列印的最大零件尺寸各不相同。

下表提供可實現的最大零件尺寸：

材料	最大物件尺寸
Nylon 12 粉末	159.8 x 159.8 x 295.5 mm
Nylon 12 GF 粉末	160.1 x 160.1 x 297.3 mm
Nylon 11 粉末	158.6 x 158.6 x 294.4 mm
Nylon 11 CF 粉末	162.0 x 162.0 x 287.6 mm
TPU 90A 粉末	152.1 x 152.1 x 294.9 mm

Nylon 12 粉末設計要點

尼龍 12 粉末由於其平衡的材料特性、易於列印和後處理以及生物相容性而成為一種優秀的通用材料。前幾節中提供的指南是在考量尼龍 12 粉末情況下編制，因此無需額外的設計考量因素。

Nylon 12 GF 設計要點

尼龍 12 GF 粉末適合列印需承受負載下穩定、堅硬、耐熱的物件。它還具有適用於皮膚接觸應用的生物相容性優勢。

此款材料的特定設計注意事項包括：

- **表面粗糙度：**尼龍 12 GF 的表面光潔度較尼龍 12 粉末列印的物件粗糙。需要光滑表面的設計應考慮光滑表面所需的二次後處理步驟，無論是機械加工、打磨還是其他精密加工工藝。
- **脆度：**尼龍 12 GF 粉末中的玻璃纖維填料提供了增強的硬度，但也會導致列印的物件更脆。可能需要加厚精細的凸面特徵，以防止它們在後處理步驟和終端使用中損壞。脆度在各層厚之間尤為明顯，因此需要強度的特徵通常應盡可能定向為與 XY 軸平面對齊。

- **排料孔：**使用尼龍 12 GF 粉末列印的物件表面盔甲比使用尼龍 12 粉末列印的物件更堅韌。排料孔應該更大，並且在理想情況下，所有表面（內部和外部）都應該有視線通道，以便在最後的清潔步驟中使用介質噴砂器徹底清潔表面。

Nylon 11 粉末設計要點

與使用尼龍 12 粉末列印的物件相比，使用尼龍 11 粉末列印的物件具有更高的延展性。它們具有更強的抗衝擊和抗振動能力，並針對生物相容性應用進行了驗證。

尼龍 11 的特定設計注意事項包括：

- **翹曲：**尼龍 11 粉末在 XY 平面上列印時，當橫切面較大時容易翹曲。遵循高長寬比零件的指南，以盡量減少翹曲影響。
- **間隙：**組合零件需要更大的間隙。在組合零件的組件之間至少留出 1mm 的間隙，並進行迭代以優化最適合組件要求的精確間隙。
- **細節特徵：**尼龍 11 粉末的最小特徵尺寸略大於尼龍 12 粉末的最小特徵尺寸，並且會根據零件特徵的方向而有所不同。這會對精細特徵產生影響，例如凹槽特徵、凸起特徵、薄壁、浮雕文字和雕刻文字。為幫助確保精細特徵正確解析，請在列印完整物件或一系列物件之前，嘗試包含所需特徵的小型測試列印。

Nylon 11 CF 粉末設計要點

尼龍 11 CF 粉末是一種高性能材料，具有出色的硬度、耐溫性、衝擊強度和拉伸強度。與尼龍 11 粉末相比，它的翹曲傾向更低，因此更適合列印大橫切面的物件。

- **表面粗糙度：**與尼龍 12 GF 類似，表面光潔度較使用尼龍 12 粉末列印的物件粗糙。需要光滑表面的設計應考慮光滑表面所需的二次後處理步驟，無論是機械加工、打磨還是其他精加工工藝。
- **X、Y 和 Z 軸方向各向異性特性：**由於碳纖維傾向於在 X 軸上固定，或平行於列印機的前門，物件的機械特性在 X 軸方向與 Y 軸方向不同。與其他 3D 列印物件類似，Z 軸方向的機械性能也不同，通常低於 XY 軸方向的性能。為獲得最高硬度和強度，使定位特徵與 X 軸對齊。

TPU 90A 粉末設計要點

TPU 90A 粉末是一款彈性體，具有高撕裂強度和斷裂伸長率。它的蕭氏硬度為 90A，是一種具有類似橡膠的堅固特性的材料。可以透過用晶格結構代替實體特徵來實現更軟的物件效果，以達到目標硬度。TPU 90A 粉末具有生物相容性，適用於皮膚接觸應用。

- **厚橫切面：**精細特徵（包括針、孔以及幾何體上表面厚度大於 3 - 4 cm 的雕刻或浮雕文字）可能無法解析。這是由零件中的熱積聚引起的，可以透過重新定向零件或挖空幾何形狀來改善。
- **細節特徵：**TPU 90A 粉末的最小特徵尺寸略大於尼龍 12 粉末的最小特徵尺寸，並且會根據零件特徵的方向而有所不同。這會對精細特徵產生影響，例如凹槽特徵、凸起特徵、薄壁、浮雕文字和雕刻文字。為幫助確保精細特徵正確解析，請在列印完整物件或一系列物件之前，嘗試包含所需特徵的小型測試列印。
- **翹曲：**TPU 90A 粉末可能產生翹曲現象。翹曲普遍見於物件的底部面。遵循高長寬比零件的指南，以盡量減少翹曲影響。
- **尺寸精度：**成型的佈局可能會影響零件的尺寸精度。將物件緊密的打包，並朝向成型粉槽底部，以實現最佳的尺寸精度。
- **間隙：**組合零件需要更大的間隙。確保至少有 1 mm 的間隙，以確保組合零件按預期運行。靠近厚列印橫切面可能需要更大的間隙，而靠近薄列印橫切面的間隙則可達較小的間隙。
- **圓形拉伸特徵：**在 XY 平面中的圓形幾何圖形可能會伸長並變得略微呈蛋形或橢圓形。選擇在 Z 軸方向上定向圓形幾何零件方向以減輕這種影響。

若您對您的物件特徵有任何問題，歡迎聯繫台灣天馬科技，將有專人為您服務。

台灣天馬科技股份有限公司
formlabs@teama.com.tw
02-2537-7638

TEAMA
3D SOLUTION EXPERT