

相關知識

快速成型 / 立體打印

不少人都有夢想，畫出來的圖像轉眼間會變成實物，例如在飢餓時，畫出一個可以充飢的餅，隨着電腦的廣泛應用在日常生活中，有人想到利用打印機把在電腦上畫的餅打印出真餅來吃。更想讓太空人把一部「超級」打印機帶上太空船，在探索外太空時，遇有需要便自行打印所需零件進行維修。



I 立體打印技術

以上所提的「超級」打印技術，最初多被稱為快速成型技術(Rapid Prototyping)，但愈來愈多人稱它為立體打印 (3D Printing)。以下會介紹其中幾種技術：

1. 光聚合 (Light Polymerized) – 以激光固化液體樹脂成型
2. 粉末床 (Powder Bed) – 噴出顏色膠水結合薄層粉末成型
3. 層疊式 (Laminated) – 薄片材料黏合起來成型
4. 擠出沉積式 (Extrusion Deposition) – 把熱塑性塑料從高溫噴嘴射出，沉積成型

1. 光聚合/激光立體快速成型 (SLA)

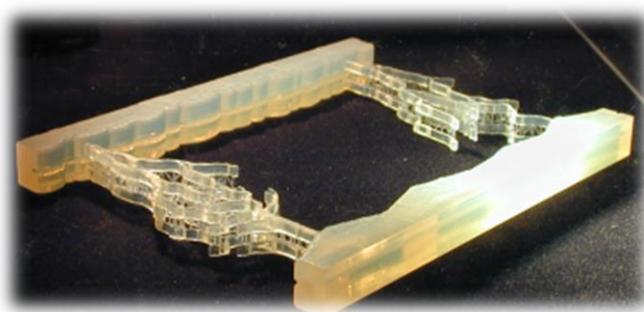
激光立體快速成型儀器(這技術又或稱為液態樹脂固化或光造型)可簡稱為 SLA，它是第一種發展的快速元型技術，整個系統在 1986 年才完成。

在操作時利用電腦軟件，首先將電腦輔助設計的數據轉換為一系列薄水平面，水平面數據再輸入 SLA 內製作元型，SLA 容器內盛滿液體光敏樹脂，一個垂直升降台則剛好停在液面下，一束激光從儀器的頂部垂直射下，它會在樹脂表面繪畫一層影像。當激光射到每一層時，液體樹脂會變成固體塑膠。每完成一層後，升降台會下降一層，直至整個物體完成。將完成的物體取出，清理及打磨後便成為製成品。

激光立體快速成型技術有不少優點，例如：儀器操作時不但自動和穩定，而且製成品的大小尺寸非常精確，所以它是受到廣泛採用的一種快速成形技術。但它的材料較貴、廢料較多和成品較易受陽光和濕氣等影響。



激光立體快速成型(SLA)



激光立體快速成型的製品

2. 粉末床/粉末層噴頭快速成型

這種在 2005 年由 ZCorp 公司發展的快速成型技術。

在操作時利用電腦軟件，首先將電腦輔助設計的數據轉換為一系列薄水平面，水平面數據再輸入製作原型，容器內放有主要成份為麩粉的粉末，粉末先被掃平，像常見噴墨打印機的噴頭左右移動，噴出顏色膠水，之後向前移動一行，再左右移動打印，重複直至一層打印完畢。升降台會連同粉末下降一層，加粉末後再掃平，打印第二層。最後將完成的物體取出，清理及加額外的膠水固化便成為製成品。

粉末層噴頭快速成型技術最大的優點是成品的色彩，但成品強度較低。



粉末層噴頭立體快速成型

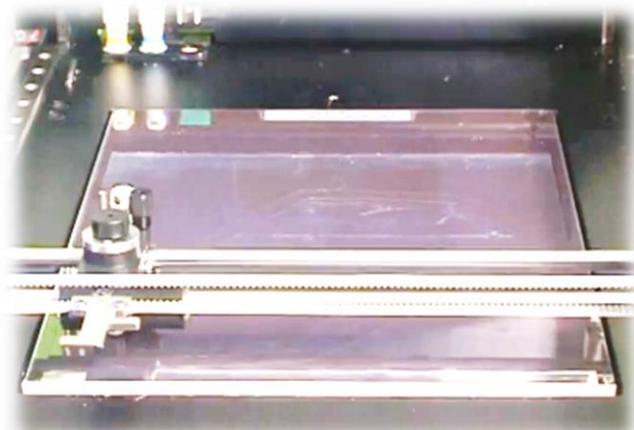


粉末層噴頭立體快速成型的製品

3. 層疊式/薄片層疊立體打印

這種由 Solido3D 公司等推出的立體打印技術，在操作時利用電腦軟件，也是將電腦輔助設計的數據轉換為一系列薄水平面，水平面數據再輸入製作元型，在打印機的需要位置塗上膠水，之後鋪上一片薄膠片，切削刀被控制沿 X 和 Y 軸移動，切割膠片，完成後向下降一層，重複塗膠水、鋪膠片、切削和下降，直至打印完畢。最後將完成的物體取出，移除多餘的部分便成為製成品。

薄片層疊立體打印技術的成品硬度較高，但需要中空的物品則需要分兩半來製作，之後合上。除了膠片外，紙及金屬薄片亦有被使用。例如 McorTechnologies 公司便推出了用紙為材料的彩色層疊立體打印機。



薄片層疊立體打印機



薄片層疊立體打印的製品

4. 擠出沉積式 / 熔合沉積造型 (FDM)

熔合沉積造型是近年發展較快的一種立體打印技術，它簡稱為 FDM。

它的操作是先用電腦軟件設計模型，然後將設計數據轉換為一系列薄水平面，水平面數據再輸入到 FDM 儀器內。FDM 儀器利用線狀的熱塑性塑料作為原料，線狀塑料被推入高溫噴射頭，熱塑性塑料被加熱成為半液態，熱噴射頭將半液態的塑料按設計逐層噴出，每層的厚度約為 0.1 mm。當塑性塑料冷卻後，便會凝結在前一層之上。這過程不斷重複，直至整個物體完成。

FDM 技術有不少優點，例如：清潔、簡單、容易操作、廢料較少、同時不會產生有毒氣體或化學物。它使用的材料也較具成本效益，而且更可以製成多種形狀。

簡單來說，這技術很像熱熔膠槍的使用，

- 把熱熔膠從後面放進膠槍，
- 加熱
- 按扳手把熔膠推入高溫槍嘴、噴出
- 控制槍的移動
- 等待冷卻

不同的是材料換了，噴射頭幼了，移動的方法改為使用了數字化的步進馬達。

可能就是這個原因，不少自行製作愛好者自製熔合沉積造型機。



熔合沉積造型(FDM)



II 發展和限制

1. 其他技術和材料

除了以上介紹的幾種技術以外，還有很多人朝不同的方向進行研究，製造出不同的立體打印機。例如：

- a. 激光燒結 (LS)
- b. 直接金屬激光燒結 (DMLS)

他們不只研究不同技術，亦研究不同材料，不局限於塑膠、金屬或陶瓷，還包括可食用材料，和仿製人體細胞，用以打印人體器官。



立體打印臚骨

2. 立體打印的用途

至於使用者的層面，亦日漸廣泛。例如：

- | | |
|-------------|-------------|
| a. 牙科和醫療產業、 | g. 地理信息、 |
| b. 航空航天、 | h. 工業設計、 |
| c. 汽車、 | i. 珠寶及飾物、 |
| d. 藝術及設計、 | j. 時裝、 |
| e. 工程和施工、 | k. 食品、 |
| f. 建築、 | l. 消費品及其他領域 |

其實，立體打印正走入每一個行業，走入我們的社區、走入我們的學校，走入我們的家居，而且步伐在加快中。

3. 立體打印的限制

a. 材料的限制

雖然已經實現了塑膠、某些金屬或者陶瓷的立體打印，但未能打印的材料還有很多，除非這方面的研究能有大幅的進展，並達到

成熟而有效，否則材料依然會是立體打印的一大障礙。

b. 機器的限制

立體打印技術在重建物體的幾何形狀和機能上已經達到一定的水平，幾乎任何靜態的形狀都可以被打印出來，但要求可以運動的物體和高精度就較難做到。這個困難對

於製造商來說也許是可以解決的，但一部普通家庭都可以擁有的立體打印機，每個人都能隨意打印想要的東西，那麼機器的限制就必須解決。

c. 知識產權的考慮

當大家發現只需得到鎖匙的圖像，便可以用立體打印機把它複製出來，立刻引起一陣對個人隱私如何得到保護的憂慮。

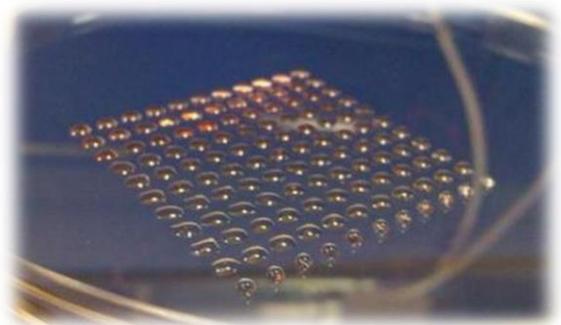
在過去的幾十年裡，音樂、電影和電視產業中對知識產權的關注變得越來越多。立體打印也會涉及到同一問題，因為現實中的很多東西都會得到更加廣泛的傳播。人們可以隨意複製任何東西，並且數量不限。如何制定立體打印的法律法規用來保護知識產權呢？



鎖匙的複製

d. 道德的挑戰

道德的底線在那裏？什麼樣的東西會違反道德規律是很難界定的，如果有人打印出生物器官和活體組織，在不久的將來會遇到極大的道德挑戰。



細胞的複製

e. 價錢

在香港，立體打印機的價格已降至幾千元一台，要能進入每一個家庭，價格必須進一步降低至大部分人都可以承擔的水平。每一種新技術誕生初期都會面臨著這些類似的障礙，但相信找到合理的解決方案，立體打印技術的發展將會更加迅速。

f. 用途

立體打印技術暫時無法應用於大量生產，所以有些專家鼓吹立體打印是第三次工業革命，離成功還遠。因受材料的限制，立體打印機可以生產的產品也很少，即使生產出來的產品，也無法量產。暫時立體打印



較適合一些小規模製造，尤其是高端的定制化產品，比如汽車零部件製造。雖然主要材料還是塑料，但未來金屬材料肯定會被運用到立體打印上，而且未來可應用的範圍會越來越廣。

III 在學校使用立體打印機

很多原因促使立體打印機近年的普及，例如發明的專利權相繼到期、技術的日漸成熟、競爭增加等。

1. 機種

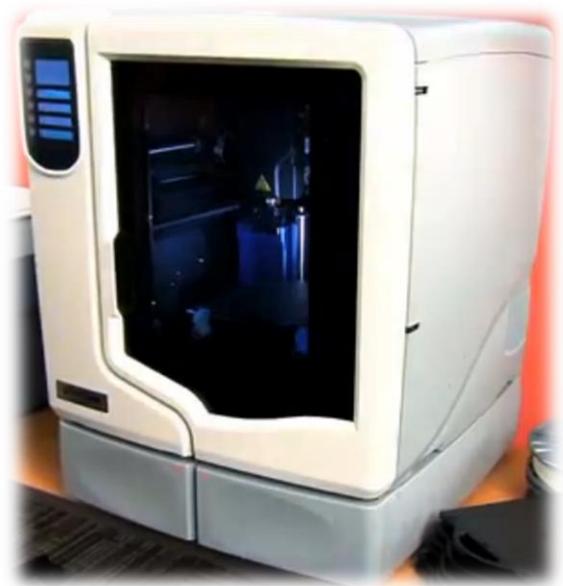
因為設備的價錢較低、材料價錢較低及容易購買、對環境不會做成污染、做出製成品後只需做簡單的處理及維修較容易等優點，而且是近年發展較快的一種立體打印技術，不論世界各地的自行製作愛好者和香港的學校，多使用熔合沉積造型技術(FDM)的立體打印機。

2. 材料

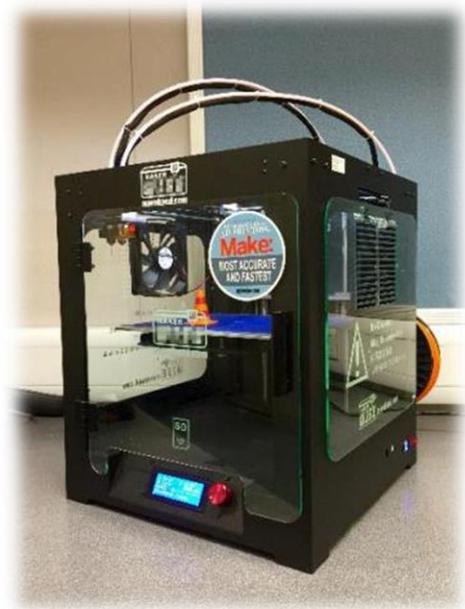
不同的可用材料正不斷開發中，而現時最常使用的材料有兩種：丙烯腈 - 丁二烯 - 苯乙烯(ABS)和聚乳酸(PLA)，它們分別配上耐衝擊性聚苯乙烯(HIPS)和聚乙烯醇(PVA)作為支撐物。

ABS 及 PLA 都有多種顏色可供選擇，容易使用、限制少及良好的材料特性。

當需要打印有懸垂部分時(例如一個伸出手的人偶)，便需暫時支撐線的幫助。打印完畢後，只需把支撐物除去(如支撐物不易除去，便需把列印完成品浸泡在適當的溶劑，讓支撐物溶掉)，便會只留下實際的 ABS 或 PLA 立體打印成品。



使用 ABS 的熔合沉積造型(FDM)



使用 PLA 的熔合沉積造型(FDM)

** 必須強調，學校可按自己的情況和學生的需要，選擇市面上合適的的其他學習套件、設備或軟件

ABS 和 PLA 的比較:

ABS 的強度較高和比 PLA 硬、較耐用，但它需要較高的熔點和一個加熱的工件平台，以防止收縮不均勻，層畸變，或翹曲等。ABS 是石油副產品，在打印期間會放出煙霧，故需一個封閉的工作區域或適當的通風。ABS 多用於家具、玩具、消費電子產品和其他需耐衝擊的應用上。

PLA 是從玉米澱粉，甘蔗和木薯根衍生的，不需要過度通氣或封閉的生成區域。它的強度一般、較脆，但因為它較低的熔點和不像 ABS 需要一個預熱的工件平台，所以較容易進行立體打印，而且表面提供較 ABS 平滑的層次感。



熔合沉積造型常用線材

相關知識

3. 所需打印檔

學校用的立體打印機皆接受 STL (STereoLithography/立體光刻) 這種交換檔傳來的檔案進行打印，取得 STL 檔案大致有三個途徑:

a. 以電腦輔助設計 (CAD) 軟件自行繪製

在中三的學習單元三已經介紹過電腦輔助設計(CAD)軟件的使用，我們只需使用它們繪製所需立體，儲存後轉儲為 .stl 的交換檔。



電腦輔助設計(CAD)軟件
設計的吊飾

b. 立體掃描

立體掃描儀可以用來偵測並分析把現有的物件或環境的形狀(幾何構造)與外觀資料(如顏色、表面反照率等性質)。收集到的資料可

以進行三維重建計算，在虛擬世界中建立實際物體的數位模型。立體掃描儀可以分為接觸式和非接觸式。



i. 接觸式立體掃描儀

接觸式立體掃描儀有一個以堅硬材料做的探頭(常為紅寶石)，探頭在設定範圍內移動，把物件 XYZ 軸的數據傳回電腦。(有需要時需把物件轉換位置從重新掃描，以取得較全面的數據)，由程式重新建立實際物體的數位模型。



接觸式立體掃描儀

ii. 非接觸式立體掃描儀

非接觸式立體掃描儀會有一個發射頭和一個接收頭，發射的多為光束或雷射光。儀器與方法往往受限於物體的表面特性，例如光學技術不易處理閃亮(高反照率)、鏡面或半透明的表面，而雷射技術不適用於脆弱或易變質的表面。

有人亦成功地利用遊戲機的體感裝置作為非接觸式立體掃描儀使用；或以普通的數碼照相機從多角度拍攝物件，後以電腦軟件重建物體的數位模型。(可參考互動資訊提供的連結)



非接觸式立體掃描儀

c. 與其他人交換或購買

不少人都喜歡把自己繪製或掃描的立體物件與人分享，部分亦提供立體圖檔的連結，讓人下載(可參考互動資訊提供的連結)。

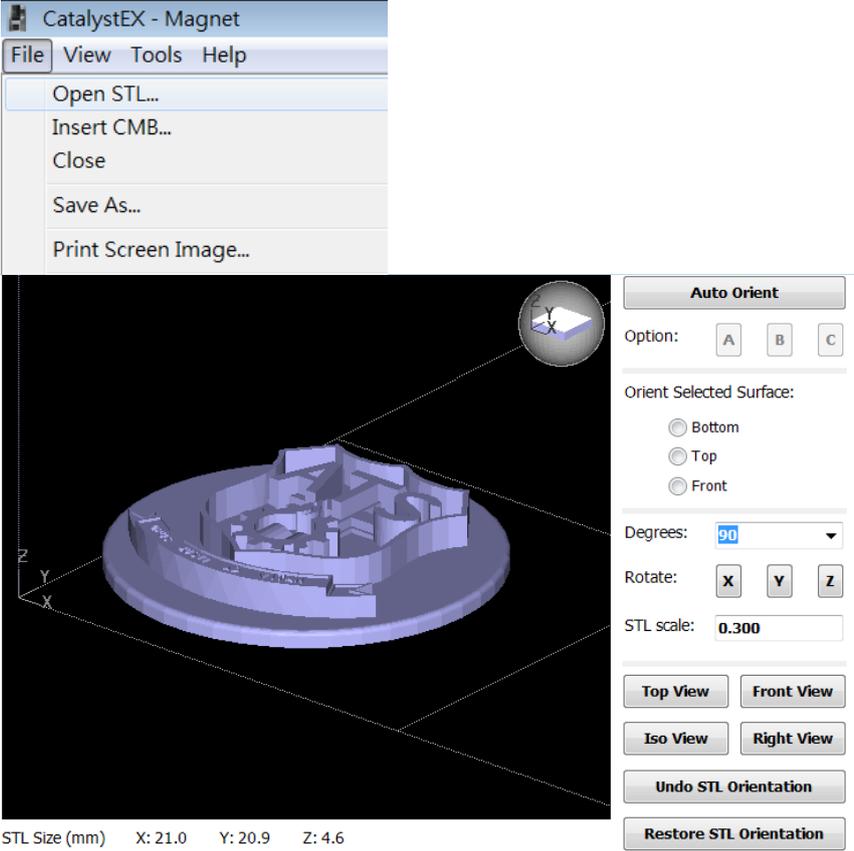
在未來製造商可能會提供立體圖檔供用戶自行下載 → 打印 → 進行小型維修。是否修費又或者是否另一網上售賣的物品則未知了。

4. 打印軟件和程序

雖然部分軟件或手機應用程式 (App) 都可以用來把 STL 檔傳出打印，但立體打印機的供應商都會提供自家的打印軟件，用它會比較容易和方便。以下是其中一款軟件的打印程序：

1. 讀入 STL 檔

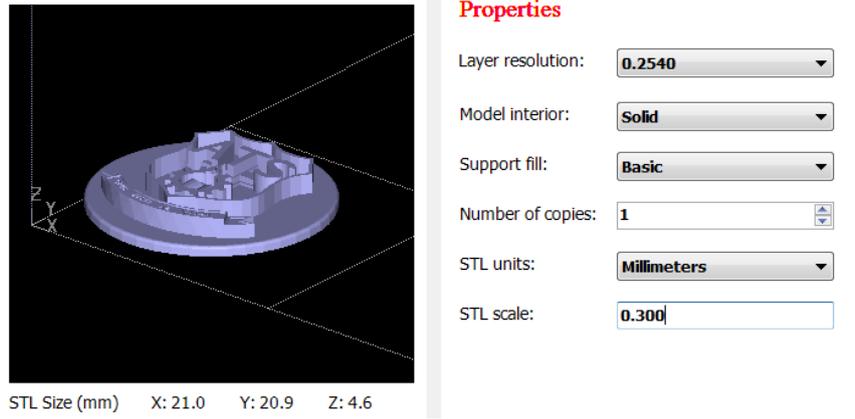
2. 設定打印件的方向



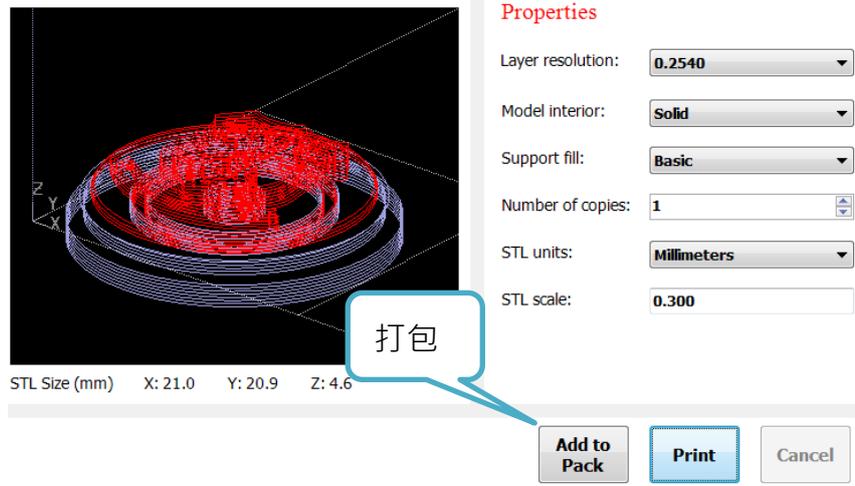
The screenshot shows the CatalystEX - Magnet software interface. The top menu bar includes File, View, Tools, and Help. The File menu is open, showing options like Open STL..., Insert CMB..., Close, Save As..., and Print Screen Image... The main workspace displays a 3D model of a mechanical part on a coordinate system. To the right, the 'Auto Orient' panel is visible, with 'Option' set to A, 'Orient Selected Surface' set to Bottom, 'Degrees' set to 90, and 'STL scale' set to 0.300. There are buttons for Top View, Front View, Iso View, Right View, Undo STL Orientation, and Restore STL Orientation. At the bottom, the STL size is shown as X: 21.0, Y: 20.9, Z: 4.6.



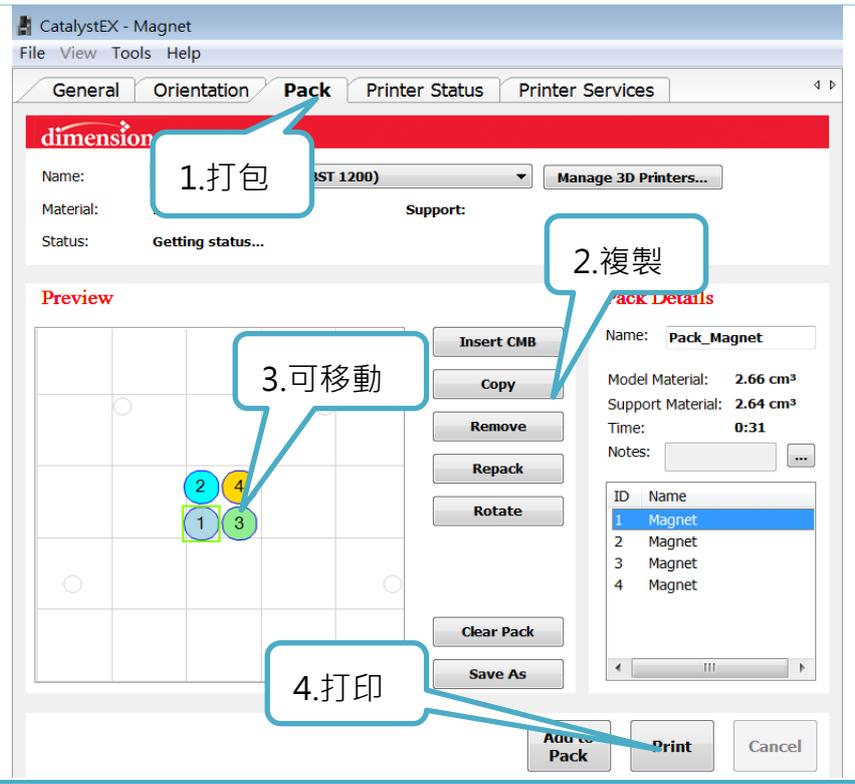
3. 設定打印的特性：
- 每層分辨率、
 - 實心或空心、
 - 支撐方法、
 - 一次打印多少件、
 - STL 檔的單位 及
 - 打印件與 STL 檔的比例。



4. 按「打包」，便會計算打印，並另存另一交換檔。
(紅色為物料，底部藍色為支撐料)



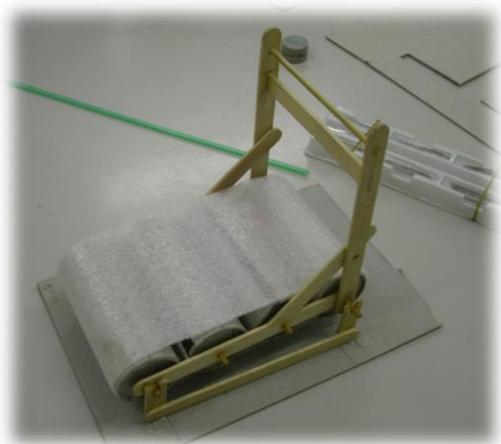
5. 在「打包」部分，作適當調整便可輸出打印。



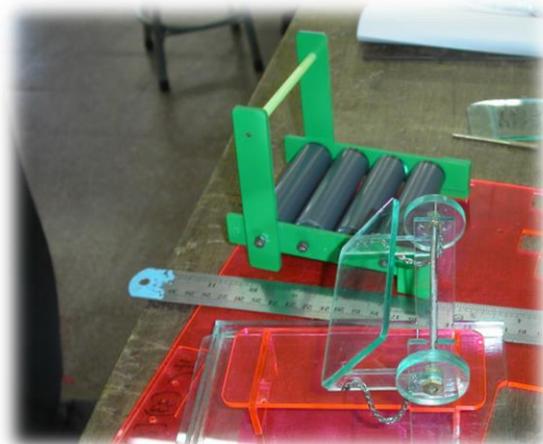
在已經接駁的立體打印機上，選擇檔案，按打印按鈕，不久立體打印件便到手了。

習作簡介

中三教材四乙和五的設計習作，大家製作了一個健身公園的設計模型。在製作模型的時候，不難發現，它們實在太精緻了，各部分比較難製造出來，要它們可以運動就更加難上加難。



以咭紙和木條做的模型



以亞加力膠片，用雷射切割機加工的模型

上圖的模型，同學花了很多心思和作了很多嘗試，做出一定的成績。但看上去，總是覺得還是欠缺了一點點。可能因為很難找到合適尺寸的材料，各部分的相互比例差了一點點。

試把你們在以上習作中的設計模型略作修改，以電腦輔助設計給繪畫出來，之後以立體打印機製造出來，做一個維妙維肖、幾可亂真的健身公園設計模型。

IV 專用詞彙

激光立體快速成型	SLA (stereolithography apparatus)
丙烯腈 - 丁二烯 - 苯乙烯	ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene)
耐衝擊性聚苯乙烯	HIPS (High Impact Polystyrene)
聚乳酸	PLA (Polylactic Acid)
聚乙烯醇	PVA (Polyvinyl Alcohol)
熔合沉積造型	FDM (Fused deposition modeling)
激光燒結	LS (Selective Laser Sintering)
直接金屬激光燒結	DMLA (Direct Metal Laser Sintering)

相關知識

V 互動資訊

	網址	內容簡介
1.	https://zh.wikipedia.org/wiki/3D%E6%89%93%E5%8D%B0	3D 打印是甚麼
2.	https://www.youtube.com/watch?v=7QP73uTJApw	Zcorp 打印機
3.	https://www.youtube.com/watch?v=LaffsXHNfY	Mcor Technologies Iris printer
4.	http://paper.wenweipo.com/2015/09/07/CH1509070027.htm	港大深院首創 3D 打印輔助手術
5.	http://blog.pinshape.com/popular-3d-printing-filaments-3d-printer-filament-types/	市場上流行的立體打印材料
6.	http://digitimes.com.tw/tw/b2b/Seminar/shwnws_new.asp?CnllID=18&cat=99&product_id=051A30708&id=0000389507_HAL6K8TVLEXDHT8YNZL4X#ixzz3nC8XAOSy	立體打印的趨勢
7.	http://paper.wenweipo.com/2015/09/07/CH1509070027.htm	3D 打印輔助手術
8.	http://tds.ic.polyu.edu.hk/mtu/atm/dml/t2/p4.htm	直接金屬激光燒結
9.	https://www.youtube.com/watch?v=Bc-zTKs4_1Y	3D 打印後處理
10.	http://www.chinabaike.com/article/316/408/2007/20070325104368.html	RP 技術術語中英文對照
11.	http://www.hkepc.com/forum/forumdisplay.php?fid=259&page=2	立體打印討論區
12.	http://inplus.tw/archives/2162	把平面圖立體化的軟件
13.	https://www.youtube.com/watch?v=AYq5n7jwe40	非接觸式立體掃描儀
14.	https://www.youtube.com/watch?v=_cKb3oEM47E	遊戲機的體感裝置作為非接觸式立體掃描儀
15.	https://www.youtube.com/watch?v=UWGvJ5TwqKg	普通的數碼照相機作為非接觸式立體掃描儀
16.	http://www.thingiverse.com/newest http://www.thingiverse.com/apps/page:1	立體打印 – 分享、下載、app