

Cura 教程

概述

Cura 是 Ultimaker 公司设计的 3D 打印软件，使用 Python 开发，集成 C++ 开发的 CuraEngine 作为切片引擎。由于其切片速度快，切片稳定，对 3D 模型结构包容性强，设置参数少等诸多优点，拥有越来越多的用户群。笔者从开始就是使用 Cura 作为切片软件，后来竟不能忍受 Slic3r。Cura 软件更新的比较快，几乎每隔 2 个月就会发布新版本，其版本号一般为“年数.月数”，比如 Cura 14.09 就表示该版本是 2014 年 9 月发布的。由于 Cura 使用 Python 开发，汉化较为方便，国内出现很多汉化版本。阿巴赛 3D 教育也发布了一个汉化版本。

Cura 下载地址：<http://software.ultimaker.com/>

Cura 汉化下载：<http://www.abaci3d.cn/cura/>

Cura 的主要功能有：载入 3D 模型进行切片，载入图片生成浮雕并切片，连接打印机打印模型。

Cura 如何去表现一个模型

FDM 打印机的原理为层层堆积形成实体，每一层的路径是在计算机中生成的，那么这些路径是怎么生成的呢？首先必须知道每一层的形状，即用水平面去切割模型，得到得轮廓的形状，这个形状一般是一些多边形线条，如图 1 所示。而这些线条并不足以去构成打印机路径，Cura 就是要根据这些多边形去构建打印机路径。

对以一个物体来说，如果只是打印表面的话，那么该模型的外壳可以分为水平外壳（顶部和底部）和垂直外壳（环侧面）。垂直外壳一般来说需要一个厚度，即所谓的壁厚。而对于每一层来说，将轮廓线重复打印几圈，即可构建一个比较厚的圈线。为了使模型具有一定的强度，需要对模型壳包围的里面打印一些填充物，具体操作就是在每一层的多边形内部加上一定比例的填充材料。最后，很多层堆积起来构建了一个实体。如图 2 所示。然后把每一层的路径组合起来就得到了打印整个模型的路径，即所谓的 G-Code 文件。可见，模型打印有一些最基本的参数，包括层厚，壳厚，填充密度。

同时 Cura 也有一些特殊处理，对于模型来说顶部和底部一般要求比较结实，因此 Cura 默认对顶部和底部的几层打印实心（100%填充）。

而打印模型就像盖房子一样，在空气中打印，对于悬空的地方是不能直接打印出来的。盖房子需要脚手架，3D 打印也需要支撑结构。Cura 在生成路径文件时，也会自动生成支撑结构，帮助成功打印模型。

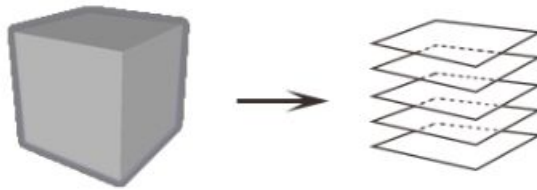


图 1 由模型得到轮廓线



图 2 由轮廓线构建模型

Cura 功能详解之安装

Cura 的安装很简单，须要注意 Cura 的安装目录最好不要包含中文路径，另外 Cura 在运行的时候会向硬盘里面写文件，因此安装目录要保证具有管理员权限，一般来说不要安装在 C 盘就可以。

另外安装过程中会询问是否安装 Arduino 串口驱动程序，一般来说直接安装即可，如果电脑上已经安装的这个驱动，那么可以选择不安装。完成之后是首次运行向导，首先是选择语言，只有三种选择，就选 English 吧，未来可能会有中文选项。然后是选择打印机类型，如果不是 Ultimaker、Printbot 或选项中的其他 3D 打印机，那么就选择 Other。然后下一步选择打印机详细的信息，如果不是选项中已有的 RepRap 类 3D 打印机，那么选择 Custom。然后设置打印机参数，包括打印机名称，打印空间尺寸，打印机喷头尺寸，是否有加热床，平台中心位置。打印机名称可以随便取，比如笔者就取名为 ABACI，笔者打印机 X 轴范围为 200 毫米，Y 轴范围为 200 毫米，Z 轴范围是 160 毫米，即打印机宽度为 200 毫米，深度为 200 毫米，高度为 160 毫米，喷头直径为 0.4 毫米，勾选加热床，不勾选中心为 (0,0)。

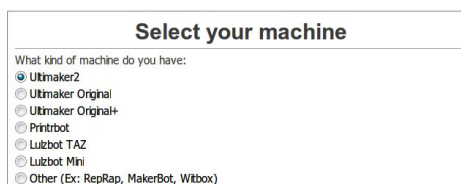


图 3 选择机器

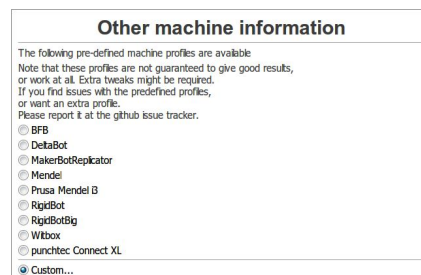


图 4 选择机器

Custom RepRap information

RepRap machines can be vastly different, so here you can set your own settings.
Be sure to review the default profile before running it on your machine.
If you like a default profile for your machine added,
then make an issue on github.

You will have to manually install Marlin or Sprinter firmware.

Machine name	ABACI
Machine width (mm)	200
Machine depth (mm)	200
Machine height (mm)	160
Nozzle size (mm)	0.4
Heated bed	<input checked="" type="checkbox"/>
Bed center is 0,0,0 (RoStock)	<input type="checkbox"/>

图 5 设置机器信息

Cura 详解之主界面

初始化配置完成之后，就打开了主界面，如下图所示。主界面主要包括菜单栏，参数设置区域，视图区和工具栏。菜单栏中可以改变打印机的信息，打开专家设置。参数设置区域是最主要的功能区域，在这里用户输入切片需要的各种参数，然后 Cura 根据这些参数生成比较好的 G-Code 文件。视图区主要用来查看模型，摆放模型，管理模型，预览切片路径，查看切片结果。

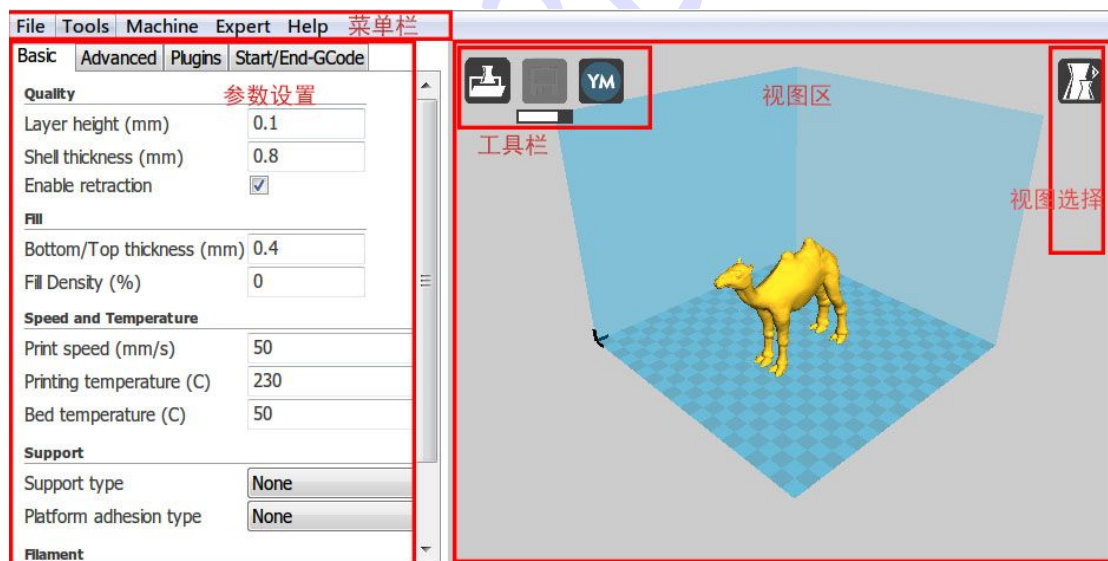


图 6 Cura 主界面

Cura 功能之 3D 打印机设置

如果只使用一台打印机，那么在首次运行选项中对机器设置一次就可以了。如果打印机打印尺寸或结构发生变化或者增加了一台新的打印机，那么就需要对机器属性进行一些修改。如果拥有多台打印机，而尺寸类型有各有不同，如果每次都去改变机器尺寸就会很麻烦。进入机器 (Machine) 菜单，然后进入机器设置 (Machine Setting)，如下图。

在此可以设置打印宽度 (Maximum width)、打印深度 (Maximum depth) 和打印高度 (Maximum height)；如果打印机是多喷头，则将喷头数目 (Extruder count) 改为对应的数量；如果打印机包含加热床（有些打印机不带有加热床），那么勾选加热床 (Heated bed)，对于一般的方形打印机来说，打印平台中心坐标都不是 (0,0)，而应该是打印尺寸的一半，就不要勾选机器中心 0,0 (Machine Center 0,0) 选项。而对于 Rostock 型打印机（圆形打印机），平台中心坐标为 (0,0)，那么就勾选此选项。平台形状 (Build area shape) 要根据打印机平台形状进行设置；GCode 类型 (GCode Flavor) 要根据打印机使用的固件进行设置，一般的开源打印机使用的都是 Marlin 固件，选择 RepeRap (Marlin/Sprinter) 即可。

关于打印机喷头的尺寸设置，可参见图 8，这个设置对于“排队打印”来说非常重要。“排队打印”是指将平台上的多个模型逐一打印，而不是一起打印。这样的好处是，如果打印中途遇到问题，那么总能保证一些模型打印成功，否则，就会导致所有的模型都打印失败。但并不是对所有的多模型组合都能进行“排队打印”，比如有些模型比较大，那么在“排队打印”的过程中可能会碰到该模型。打印机喷头尺寸的设置就是为了判断多模型是否适合“排队打印”。左图为俯视图，“喷头”指的是喷头俯视图的包围矩形，“喷嘴”指的是喷嘴的位置。以喷嘴头为中心点，计算喷头的 X 方向和 Y 方向上的四个距离，假如两个模型的左右间隙小于“size towards x_min”那么就无法从左到右排队打印，因为在打印右侧模型时有可能会碰到已经打印完成的左侧模型。而右图显示了 gantry height 的含义，即喷嘴下端离喷头支撑光轴在竖直方向的距离。如果有某个模型的高度打印这个尺寸，那么在打印过程中可能会碰到该模型。因此，如果希望使用“排队打印”的话，最好正确设置这几个参数。

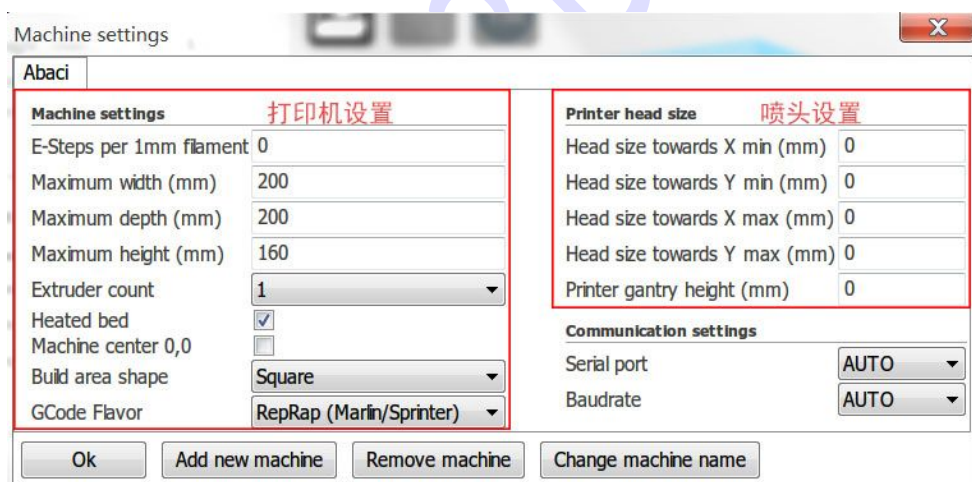


图 7 打印机设置

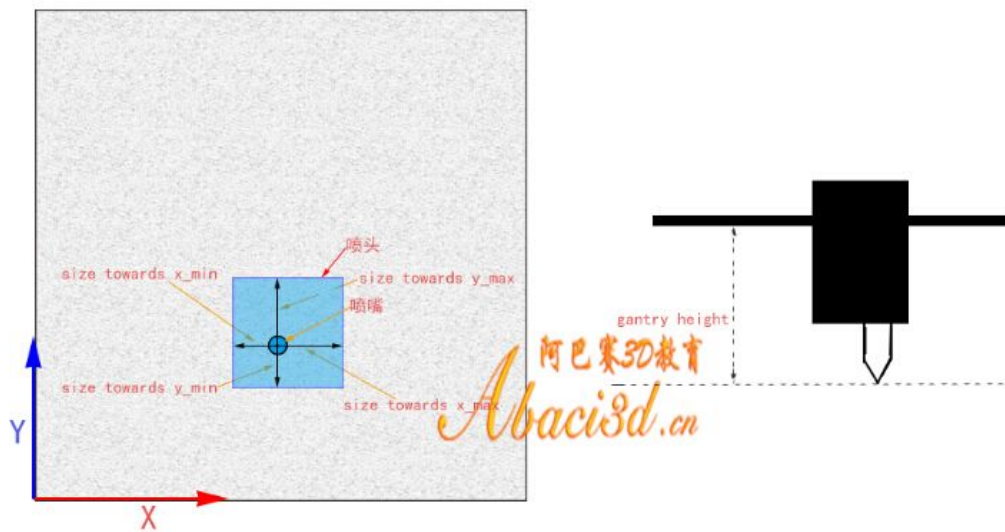


图 8 喷头尺寸

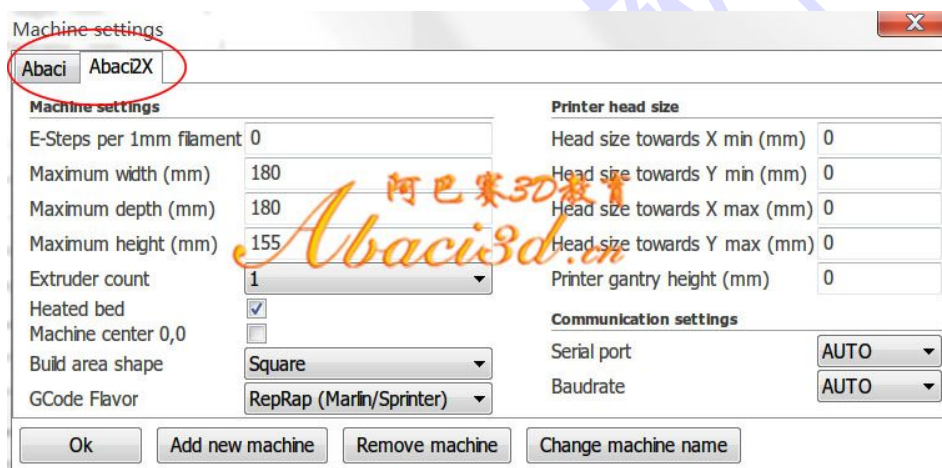


图 9 多种打印机

通讯设置(Communication settings)主要设置通信串口号(Serial port)和波特率(Baudrate), 不过 Cura 可以自动检测合适的串口号和正确的波特率, 因此保持默认即可。Cura 还可以管理多种打印机, 点击添加新机器(Add new machine)即可增加一种打印机, 比如笔者增加了一种打印机命名为 Abaci2X, 添加成功之后, 如图 9。机器设置里面就有 2 种打印机可供选择, 可以在它们之间切换以选择使用哪种打印机, 还可以在机器菜单中选择, 如图 10, 当前使用的就是 Abaci2X 打印机。如果想删除某一种打印机, 那么可以选择该种打印机, 然后删除打印机(Remove machine)即可。

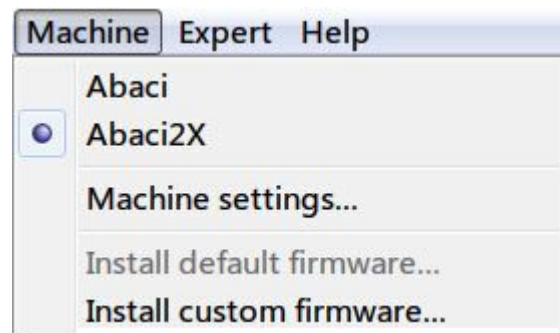
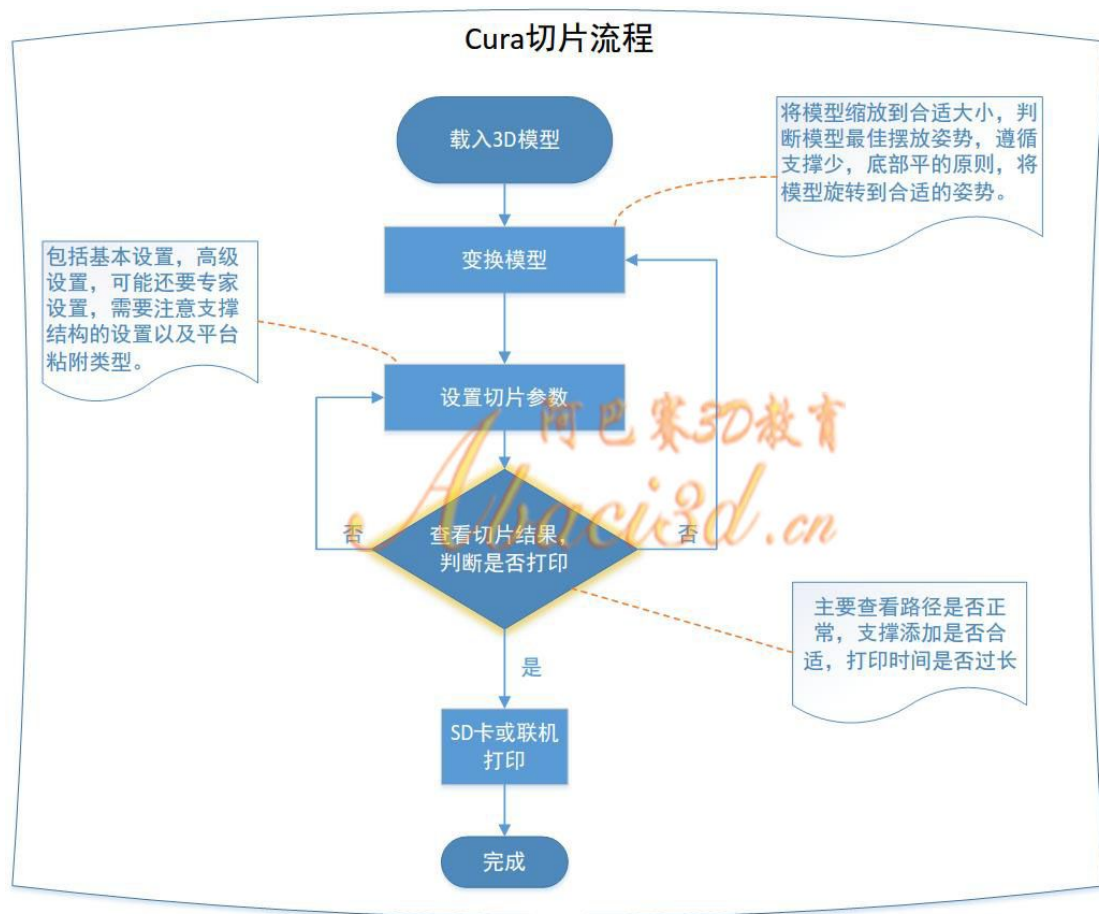


图 10 选择打印机

Cura 打印流程

Cura 切片打印流程如下图，变换模型是为了让模型处在方便打印的姿势，不同的摆放姿势对打印时间，打印稳定性会产生很多影响。Cura 有很多切片参数需要设置，不同的参数对打印时间，打印质量都有很大影响。预览切片结果并判断是否进行打印是很重要的，对于复杂的模型，需要返回修改切片参数或改变模型摆放姿势，然后重新切片，有时候甚至需要将模型进行分割。切片完成之后，就可以拷贝到 SD 卡里面离线打印或者联机打印，笔者建议使用离线打印方式，可以释放电脑。



Cura 功能之模型摆放

与 Repetier-Host 类似，Cura 也可以载入多种格式的 3D 模型，比如 stl、obj、dae 及 amf



格式。点击工具栏中的载入(load)工具，或者使用文件(File)菜单下的载入模型文件(Load model file)，也可以使用快捷键 Ctrl+L。笔者载入一个骆驼文件，如图 11，Cura 可以对该模型进行一些变换，比如平移、旋转、缩放、镜像。首先选中模型，即在模型表面单击鼠标，当模型变成亮黄色时，就选中了该模型。

1. 平移，视图区中的棋盘格就是打印平台区域，模型可以在该区域内任意摆放，鼠标左键旋转模型之后，按住左键拖动即可以改变模型的位置。
2. 旋转，选中了模型之后，会发现视图左下角出现 3 个菜单，左边的是旋转菜单，中间的是缩放菜单，右端的是镜像菜单，如图 12 所示。点击旋转(Rotate)，然后发现模型表面出现 3 个环，颜色分别是红绿蓝，表示 X 轴、Y 轴和 Z 轴。把鼠标放在一个环上，按住拖动即可使模型绕相应的轴旋转一定的角度，需要注意的是 Cura 只允许用户旋转 15 的倍数角度。如果希望返回原始的方位，可以点击旋转菜单的重置(Reset)按钮。而放平(Lay flat)按钮则会自动将模型旋转到底部比较平的方位，但不能保证每次都成功。
3. 缩放，选中模型之后，点击缩放(Scale)按钮，然后会发现模型表面出现 3 个方块，分别表示 X 轴、Y 轴和 Z 轴。点击并拖动一个方块可以将模型缩放一定的倍数。也可以在缩放输入框内输入缩放倍数，即“Scale *”右边的方框。也可以在尺寸输入框内输入准确的尺寸数值，即“Size *”右边的方框，这时需要注意弄清楚每个轴向上的尺寸表示模型的哪些尺寸。

另外，缩放分为“均匀缩放”和“非均匀缩放”，Cura 默认使用均匀缩放，即缩放菜单中的锁处于上锁状态。若希望使用“非均匀缩放”，只须要点击这个锁，“非均匀缩放”可以将一个正方体变成一个长方体。重置(Reset)会将模型回归原形，最大化(To Max)会将模型缩放到打印机能够打印的最大尺寸。
4. 镜像，选中模型之后，点击镜像(Mirror)按钮，就可以将模型沿 X 轴、Y 轴或 Z 轴镜像。比如左手模型可以通过镜像得到右手模型。
5. 将模型放在平台中心，选中模型之后，按右键，则弹出右键菜单，如图 15。第一项就是将模型放到平台中心(Center on platform)。
6. 删除模型，可以通过右键菜单删除>Delete Object)，也可以选中模型之后按 Del 键删除。
7. 克隆模型，即将模型复制几份。通过右键菜单，使用克隆模型(Multiply object)功能即可。
8. 分解模型(Split object to parts)会将模型分解为很多小部件，删除所有模型>Delete all objects)会删除载入的所有模型，重载所有模型(Reload all objects)会重新载入所有模型。
9. Cura 载入多个模型的时候，会自动将多个模型排列在比较好的位置。不同模型之间会存在一些距离以便于打印。

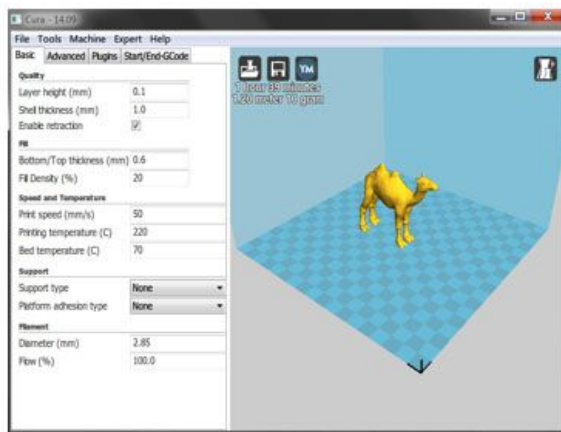


图 11 载入 3D 模型

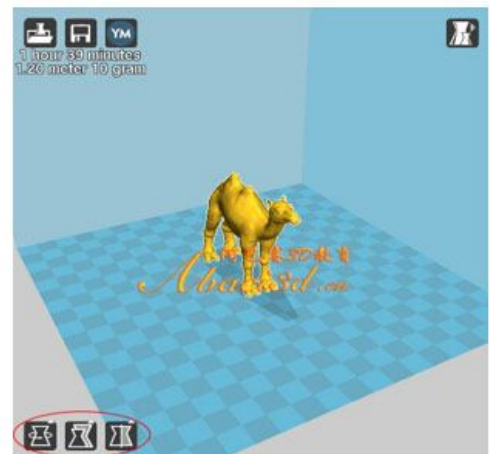


图 12 变换菜单

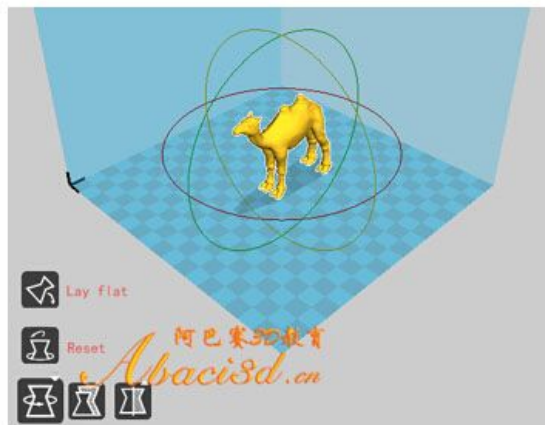


图 13 旋转菜单



图 14 缩放菜单



图 15 右键菜单

Cura 功能之查找悬空部分

Cura 允许用户从不同模式去观察载入的模型，包括普通模式(Normal)、悬空模式(Overhang)、透明模式(Transparent)、X 光模式(X-Ray)和层模式(Layers)。可以通过点击视图区

右上角的视图模式(View Mode)按钮调出视图选择菜单,然后就可以在不同视图模式间切换。比较常用的是普通模式、悬空模式和层模式。普通模式就是默认的查看 3D 模型的模式,悬空模式是显示模型需要支撑结构的地方,在模型表面以红色显示,如图 16 所示。

关于支撑,就像盖房子一样,在悬空的地方需要加脚手架,否则房顶也盖不出来。Cura 会自动计算打印模型需要支撑的地方,计算原理是根据模型表面的斜度(与竖直方向的夹角)大于某一角度时(通常是 60° , 和材料有关),就需要加支撑,如图 17 所示。图中水绿色部分表示支撑结构。



图 16 悬空视图

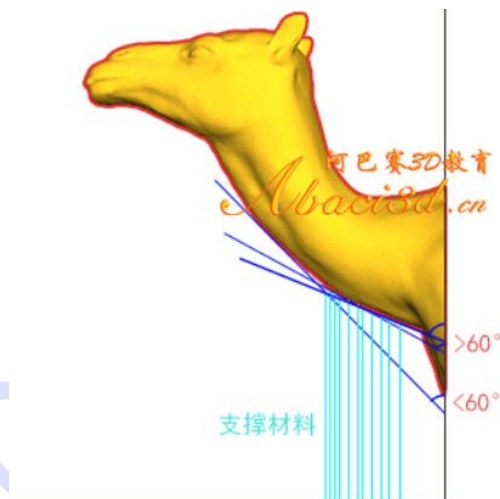


图 17 支撑原理

Cura 功能之切片路径预览

Cura 使用 CuraEngine 对模型进行切片。在切片之前, Cura 会对载入的 3D 模型做一些处理, 比如修复法线及修补小漏洞, 因此, 即使载入的模型存在一些问题, Cura 多数时候也可以生成比较满意的路径文件。但笔者不建议每次都载入有问题的模型, 因为 Cura 不能保证能修复好任何问题。用户更应该在建模时把握一些原则, 使 3D 模型尽量满足可打印的要求, 具体要求参见“面向 3D 打印的建模与处理”。

Cura 会对载入的模型自动切片, 而且每当用户变换模型或者改变任何参数时, Cura 就会对模型重新切片。这样做的原因可能是 Cura 对自己的切片速度有足够信心, 可以做到实时切片。(诚然, 相比 Slic3r, Cura 切片速度确实快不少)

将视图模式切换到层模式, 用户就可以预览切片路径。和 Repetier-Host 不同, Cura 对于每层路径中不同的部分采用不同颜色的线条进行可视化, 不同颜色的线条表示不同类型的路径, 红色表示外壁(外轮廓线)路径, 黄绿色表示内壁(内轮廓线), 黄色表示支撑, 蓝色表示空驶路径, 水绿色表示支撑结构或粘附结构, 如图 18 所示。可以滑动右下角的滑块改变显示的层数, 左上角可以查看切片结果, 包括打印时间、耗材长度和耗材重量。

预览切片结果可以帮助用户判断打印时间是否合适, 支撑结构有没有添加充分或者添加过多。要是打印时间太长, 就要返回修改切片参数, 重新切片。如果支撑结构没有加充分,

那么可能需要借助其他软件甚至通过建模软件添加支撑。还可以帮助用户理解 Cura 切片原理，了解打印过程。Cura 每一层路径的顺序为外壁->内壁->填充。

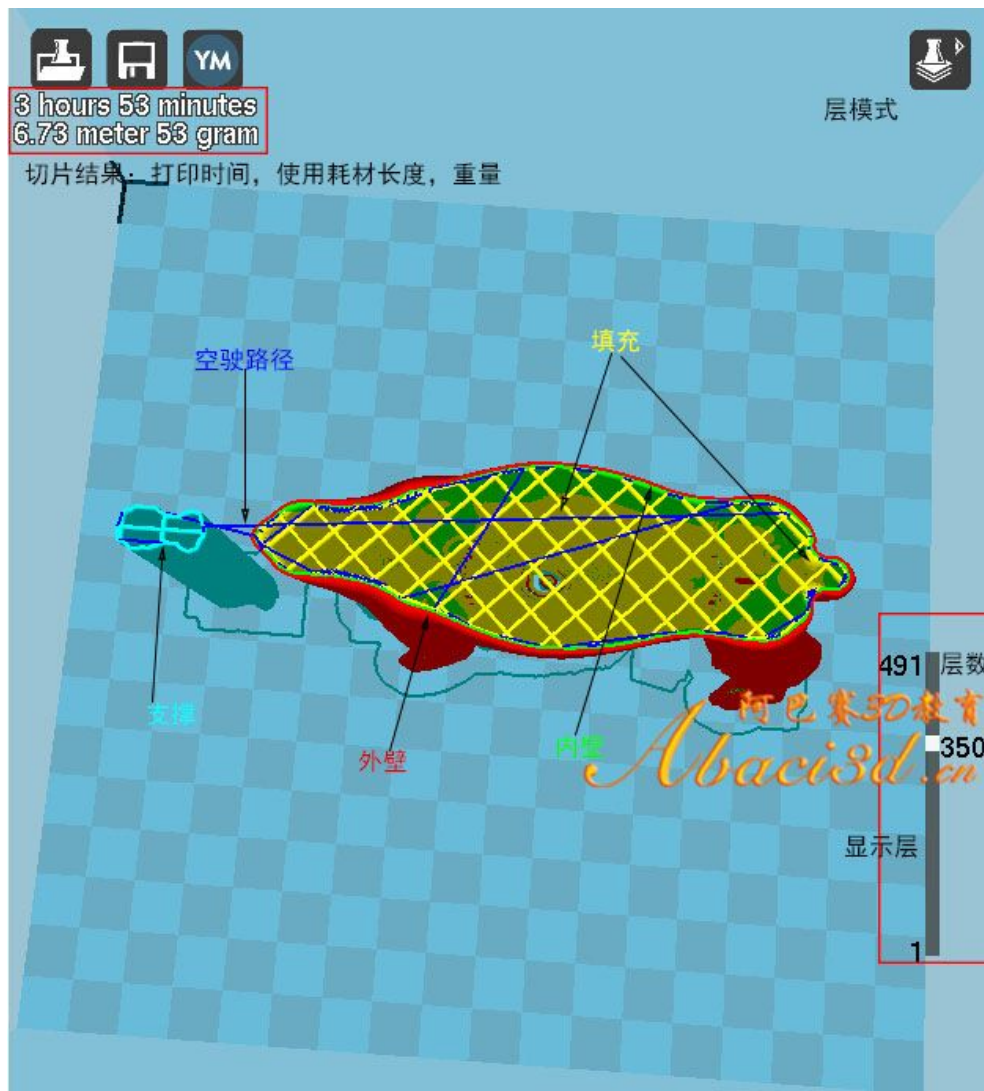


图 115 切片结果预览

Cura 功能之切片参数设置

Cura 支持快速设置，可以通过专家(Expert)菜单下切换到快速设置(Switch to quickprint)。那么选择使用耗材，打印质量以及是否需要支撑即可进行切片。笔者建议用户使用详细设置(Switch to full settings)，这也是大多数用户使用的模式。在这个模式下，Cura 的切片参数包括 5 个部分：基本设置、高级设置、插件、GCode 及专家设置。

基本设置包括层高、壁厚、填充、耗材、温度及辅助材料等设置。如图 16，层高(Layer Height)指的是切片每一层的厚度，层高越小，模型会打印的越精细，同时层数也会增多，从而打印时间也会延长。一般来说，0.1mm 是比较精细的层厚，0.2mm 的厚度比较常用，0.3mm 的层厚用于打印要求不太精细的模型，当然，打印模型的精细程度也与打印机性能有关。

壁厚(Shell thickness)指的是模型表面厚度,壁厚越厚模型越结实,打印时间也越长。需注意壁厚一般不能小于喷嘴直径,如果模型存在薄壁部分,那么不一定能够打印出来。一般对于 0.4mm 的喷嘴,设置为 0.8mm 壁厚即可,若希望打印结实一些,可设置为 1.2mm。

顶/底部厚度(Top/Bottom thickness)是指模型底下几层和上面几层采用实心打印(因此这些层也被称为实心层)。这也是为了打印一个封闭的模型而设置的,通常叫所谓的“封顶”。一般来说,0.6—1mm 就可以。

填充密度(Fill density)的意思比较直观,Cura 会对每一层生成一些网格状的填充,其疏密程度就是由填充密度决定,0 表示空心,100%表示实心。

打印速度(Print speed)指的是吐丝速度,当然打印机不会一直以这个速度打印,因为需要加速减速,所以这个速度只是个参考速度。速度越快,打印时间越短,但打印质量会降低,对于一般的打印机,40—50mm/s 的速度是比较合适的速度。如果希望打印的快些,可以把温度提高 10°,然后把速度提高 20—30mm/s。高级设置里有更加详细的速度设置。

打印温度(Printing temperature)是指打印时喷头的温度,这个要根据使用的材料来设置,笔者使用 PLA 温度为 210°,ABS 温度为 240°。温度过高会导致挤出的丝有气泡,而且会有拉丝现象,温度过低会导致加热不充分,可能会导致堵喷头。

加热床温度(Bed temperature)是指加热床的温度(如果有的话)。笔者使用 PLA 热床温度为 40°,ABS 温度为 60°。

支撑类型(Support type)让用户选择添加支撑结构的类型。是否需要添加支撑完全由用户决定,有时候软件计算出来需要添加支撑,但可能非常难以剥离,那么用户可以选择不加支撑结构,即选择 None。当用户认为也需要添加支撑的时候,有两种模式可以选择,接触平台支撑(Touching build platform)和全部支撑(Everywhere)。二者的区别是接触平台支撑不会从模型自身上去添加支撑结构,如下图中的③和④,而仅仅添加从平台上添加起来的支撑结构,如①和②。全部支撑则对任何地方都添加支撑。

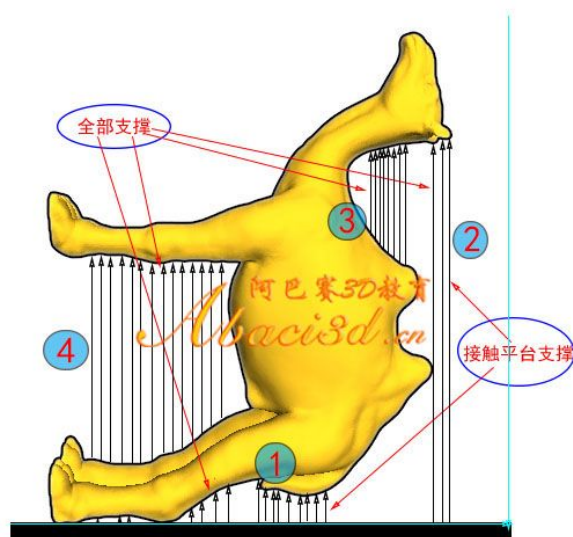


图 126 支撑类型解析

平台粘附类型 (Platform adhesion type) 指的是在模型和打印平台之间怎么粘合，有三种办法，一是直接粘合 (None)，就是不打印过多辅助结构，仅打印几圈“裙摆”，并直接在平台上打印模型，这对于底部面积比较大的模型来说是个不错的选择。二是使用压边 (Brim)，相当于在模型第一层周围围上几圈篱笆，防止模型底面翘起来。三是使用底垫 (Raft)，这种策略是在模型下面先铺一些垫子，一般有几层，然后以垫子为平台再打印模型，这对于底部面积较小或底部较复杂的模型来说是比较好的选择。关于压边和底垫的区别，图 17 给出了比较。

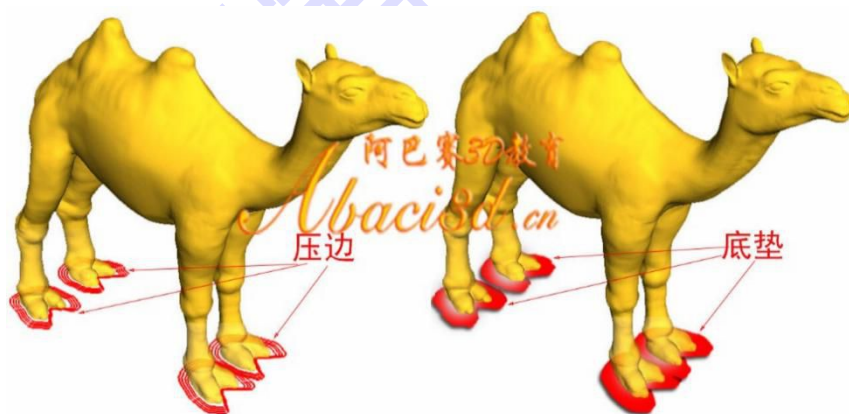


图 137 平台粘附类型

耗材直径 (Filament Diameter) 指的是所使用的丝状耗材的直径，一般来说有 1.75mm 和 3.0mm 两种耗材。而对于 3.0mm 的耗材，直径都达不到 3mm，一般来说为 2.85—3mm 之间。

流量倍率 (Flow) 是为了微调出丝量而设置的，实际的出丝长度会乘以这个百分比。如果这个百分比大于 100%，那么实际挤出的耗材长度会比 G-Code 文件中的长，反之变短。

Cura 切片参数之高级设置

Cura 的高级设置中主要设置速度、回抽及冷却这三方面影响打印物体表面的重要因素。喷头直径 (Nozzle size) 就是喷嘴的直径。

回抽 (Retraction) 对模型表面的拉丝影响很大。回抽不足, 则会导致打印模型表面拉丝现象严重, 回抽过多, 则会导致喷头在模型表面停留时间过长, 导致模型表面有瑕疵。回抽发生在 G1->G0 时, 由于喷头此时离开打印模型表面, 喷头中如果有剩余耗材, 就会会渗漏出来, 粘在模型表面, 造成拉丝现象。如果在喷头离开之前, 将耗材往回抽取一部分, 那么可以有效防止喷头中有过多的熔融耗材, 从而减少甚至消除拉丝现象。一般来说, 回抽速度会高一些, 长度不能太长, 笔者使用 0.4mm 喷嘴, 回抽速度为 60mm/s, 长度为 6mm。在基本设置中需要使用回抽 (Enable retraction)。

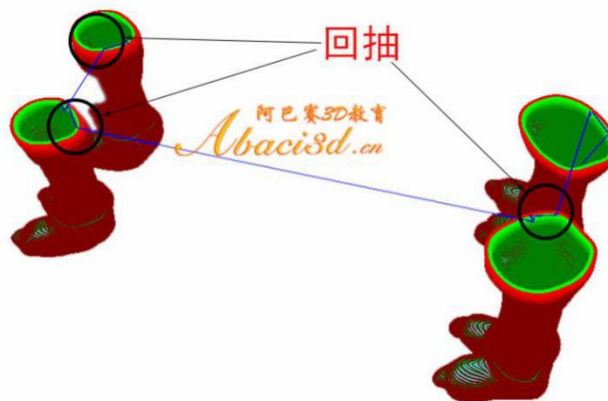


图 18 回抽

有时候模型底部不是很平整, 或者用户希望从某一个高度而不是底部开始打印, 那么就可以使用切除对象底部 (Cut off object bottom) 功能将模型底部切除一些, 但注意这并非真的将模型切掉一部分, 只是从这个高度开始切片而已。

初始层厚度 (Initial layer thickness) 就是模型的第一层的厚度, 为了使模型打印更加稳定, 会使第一层厚度稍厚一些, 一般来说, 设置为 0.3mm。需要注意, 初始层和底部并不是一回事, 底部包含初始层, 但不止一层, 而初始层只是一层而已。

初始层线宽 (Initial layer line width) 是以百分比的形式改变第一层线条的宽度, 如果希望改变第一层的线宽, 改变这个百分比即可。

然后 Cura 允许用户对不同的路径设置不同的速度, 空驶速度 (Travel speed) 一般可以设置的比较高, 笔者一般使用 150mm/s 的空驶速度。初始层速度 (Bottom layer speed) 最好设置比较低, 以便第一层和平台更容易粘连, 笔者一般使用 20mm/s。填充速度 (Infill speed) 就是打印填充物的速度, 如果不关注模型内部的话, 这个速度可以比打印速度快 10mm/s 左右, 而外壁速度 (Outer shell speed) 和打印速度相等即可。内壁速度 (Inner shell speed) 就是打印内侧轮廓的速度, 一般比打印速度快 5mm/s 即可, 如果设置为 0 的话, 就和打印速度相同。

层最短打印时间 (Minimal layer time) 是指打印每一层的最短时间, 为了让每一层打印完之后有足够的时间冷却, 因此, Cura 要求打印每一层至少花费这个时间。这个时间就是为了让每一层有足够的时间冷却。如果某一层路径长度过小, 那么 Cura 会降低打印速度。这个时间需要根据经验来修改。

使用冷却风扇(Enable cooling fan)允许用户在打印的过程中使用风扇冷却,具体冷却风扇的速度如何控制可以在“专家设置”中进行设置。

Cura 切片参数之插件

Cura 软件集成了两个插件可以修改 G-Code,在指定高度停止(Pause at height)和在指定高度进行调整(Tweak at Z 3.2)。如下图所示,选中一个插件,然后点击“使用插件”按钮,就可以在下面设置参数并使用该插件。

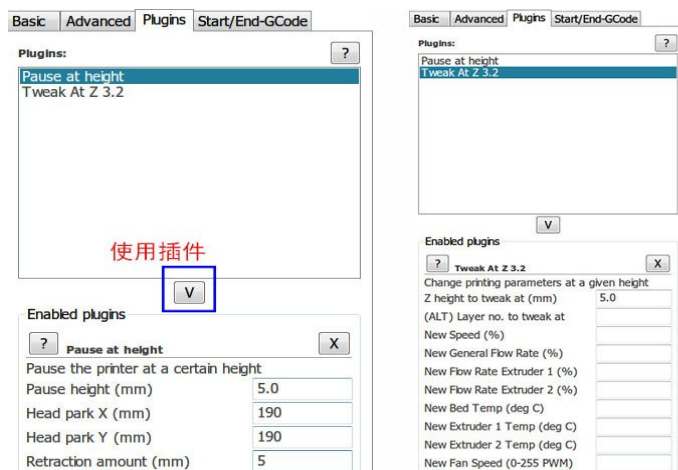


图 148 插件

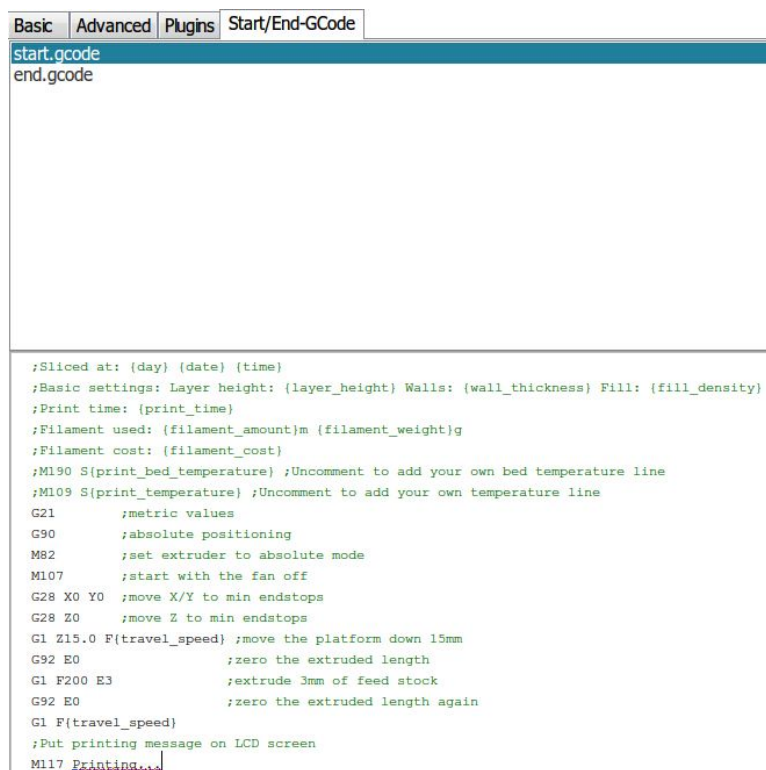
在指定高度停止:这个插件会让打印过程在某个高度停止,并且让喷头移动到一个指定的位置,并且回抽一些耗材。Pause height 就是停止高度,Head park X 和 Head park Y 就是喷头停止位置的 X 坐标和 Y 坐标,Retraction amount 是回抽量。

在指定高度调整:这个插件会使打印过程在某个高度调整一些参数:速度、流量倍率、温度及风扇速度。

这些插件都会改变 G-Code。

Cura 参数之 G-Code

Cura 生成 G-code 会在开头和结尾加上一段固定的 G-Code,即开始 G-Code(Start GCode)和结束 G-Code(End GCode)。如果对 G-M 代码比较熟悉的话,可以很容易读懂这些 G-Code 的意思并且可以进行修改。如果不熟悉,可以参见“G-M 代码详解”。



```

;Sliced at: {day} {date} {time}
;Basic settings: Layer height: {layer_height} Walls: {wall_thickness} Fill: {fill_density}
;Print time: {print_time}
;Filament used: {filament_amount}m {filament_weight}g
;Filament cost: {filament_cost}
;M190 S{print_bed_temperature} ;Uncomment to add your own bed temperature line
;M109 S{print_temperature} ;Uncomment to add your own temperature line
G21          ;metric values
G90          ;absolute positioning
M82          ;set extruder to absolute mode
M107         ;start with the fan off
G28 X0 Y0    ;move X/Y to min endstops
G28 Z0       ;move Z to min endstops
G1 Z15.0 F{travel_speed} ;move the platform down 15mm
G92 E0       ;zero the extruded length
G1 F200 E3    ;extrude 3mm of feed stock
G92 E0       ;zero the extruded length again
G1 F{travel_speed}
;Put printing message on LCD screen
M117 Printing...
    
```

图 19 开始 G-Code

Cura 参数设置之专家设置

Cura 还有一部分更高级的设置，放在专家设置。可以通过专家(Expert)菜单，打开专家设置(Open expert settings)。如下图，专家设置包括回抽、裙摆、冷却、填充、支撑、魔幻、压边、底垫和修复。

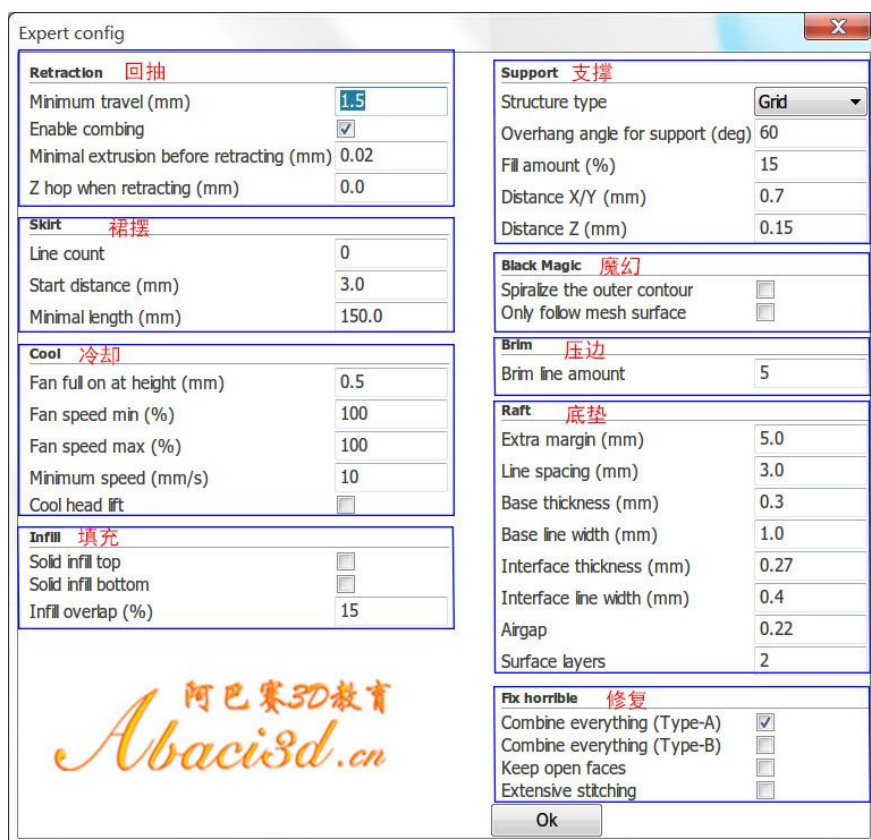


图 20 专家设置

回抽(Retraction):最小空驶长度(Minimum travel)是指需要回抽的最小空驶长度,即如果一段空驶长度小于这个长度,那么便不会回抽而直接移动。使用梳理(Enable combing)是让打印机在空驶前梳理一下,防止表面出现小洞,一般来说都需要勾选上。回抽前最小挤出长度(Minimal extrusion before retracting)是防止回抽前挤出距离过小而导致一段丝在挤出机中反复摩擦而变细,即如果空驶前的挤出距离小于该长度,那么便不会回抽。回抽时 Z 抬升(Z hop when retracting)是打印机喷头在回抽前抬升一段距离,这样可以防止喷头在空驶过程中碰到模型。

裙摆(Skirt)是在模型底层周围打印一些轮廓线,即“打着玩的”。当使用了 Brim 或 Raft 时,则裙摆无效。线数目(Line count)是裙摆线的圈数,初始距离(Start distance)是最内圈裙摆线和模型底层轮廓的距离,最小长度(Minimal length)要求裙摆线的长度不能太小,否则 Cura 会自动添加裙摆线数目。

冷却(Cooling)就是在控制冷却风扇,风扇全速高度(Fan full on height)指定在某个高度,冷却风扇全速打开。最小速度(Fan speed min)和最大速度(Fan speed max)是为了调整风扇速度去配合降低打印速度冷却。如果某一层没有降低速度,那么为了冷却,风扇就会以这个最小速度冷却。如果某一层把速度降低 200%去冷却,那么风扇也会把速度调整为最大速度去辅助冷却。

最小速度(Minimum speed)就是打印机喷头为了冷却而降低速度可以达到的速度下限。即打印速度无论如何不能低于这个速度,如果没有选择冷却头提升(Cool head lift),那么即使

该层打印时间大于层最小打印时间也无所谓。如果勾选冷却头提升，那么打印机喷头会移动到旁边等待一会，直到消耗层最小打印时间，然后回来打印。

填充(Infill)部分可以对顶部和底部进行特殊处理。有时候用户不希望顶部或底部实心填充，就可以不勾选**顶部实心填充(Solid infill top)**，或者不勾选**底部实心填充(Solid infill bottom)**。**填充重叠量(infill overlap)**表面填充和外壁有多大程度的重叠，这个值如果太小就会导致外壁和内部填充结合不太紧密。

支撑(Support)可以设置支撑结构的形状及与模型的结合方式。结构类型(Structure Type)就是支撑结构的形状，有格子状(Grid)和线状(Line)两种类型，格子状表示支撑结构内部使用格子路径填充，这种结构比较结实，但难于剥离。线状表示支撑结构内部都是平行直线填充，这种结构虽然强度不高，但易于剥离，实用性较强。笔者一般都使用线状。填充量(Fill amount)是支撑结构的填充密度，Cura 的支撑为一片一片的分布，每一片的填充密度就是这个填充量，显然，这个填充量越大，支撑越结实，同时也更加难于剥离。15%是个比较平均的值。

X/Y 距离(X/Y distance)和 Z 距离(Z distance)是指支撑材料在水平方向和竖直方向上的距离，是防止支撑和模型粘到一起而设置的。竖直方向的距离需要注意，太小了会是模型和支撑粘的太紧，难以剥离，太大了会造成支撑效果不好。一般来说一层的厚度比较适中。

魔幻(Black Magic)给出了两种特殊的打印形式，螺旋打印(Spiralize the outer contour)和侧面打印(Only follow mesh surface)。前者是以螺旋上升的线条打印模型外表面，包括底面。而后者仅仅打印模型的单层侧面，并不打印底面和顶面。

底垫(Raft)包含了关于底垫的详细设置，留白(Extra margin)是控制底垫的大小的参数，底垫的形状和模型底层的形状类似，只是比底层大。底垫边线和底层边线的距离就是留白的大小。线距(Line spacing)是指打印底垫时，线条之间的距离，这可以控制底垫的疏密程度。底垫底下两层是基础层(Base layer)和接口层(Interface layer)，这两层的线宽和层厚都可以分别设置，基础层线宽(Base line width)一般比较大，基础层厚(Base thickness)也稍厚一些，以保证底垫和平台有良好的粘合性。接口层线宽(Interface line width)一般细一些，接口层厚(Interface thickness)和层厚相同即可。

新版本的 Cura 添加了空气沟(Airgap)和表面层(Surface layers)两个参数，第一个参数是控制底垫上面和模型底面的间隙，在这个间隙中不打印任何填充物，因此叫“空气沟”，这个空气沟的存在有利于模型和底垫的分离。表面层是存在与空气沟和接口层之间的实心层，这些层都是实心填充。

最后一项是关于模型修复的选项，对于一般用户来说，不用碰这些选项也是可以的。首先 Cura 会尝试对模型中所有的部件做“布尔一并运算”将它们组合在一起。当然，这种组合是发生在“每一层”的层面上的，即将每一层的多边形组合在一起。有两种类型，A 和 B。A 类型根据 Cura 修复后的法向量信息去做布尔并运算，并尽量保持模型内部的空穴。如图，模有 1、2、3、4 四个部分组成，其中 2 在 4 内部，做布尔并运算的时候会被消除掉，1 为 4 上表面的空穴，类型 A 会尝试保持住 1、3 和 4 有交叉部分，组合之后应该将交叉部分消除。图中类型 A 的结果正好显示了 A 的作用。类型 B 也尝试做组合，但会将所有的内部空穴给消除，图中类型 B 的结果将 1 消除掉了，因此类型 B 会把模型中的槽、孔或型腔给消除掉，而类型 A 通常会保持住。如果不进行组合，那么模型打印就会很混乱，因为 Cura 无法正确判断哪些是模型的内部或外部。

保持开放面(Keep open faces)会保持住模型中的小洞(Cura 会自动修复这些洞), 广泛的拼接(Extensive stitching)会尝试使用“touching polygon”算法去补模型中所有的洞, 这个算法运算量相当大, 而且结果没保证, 因此慎用(在建模的时候注意, 不要在模型表面产生洞)。

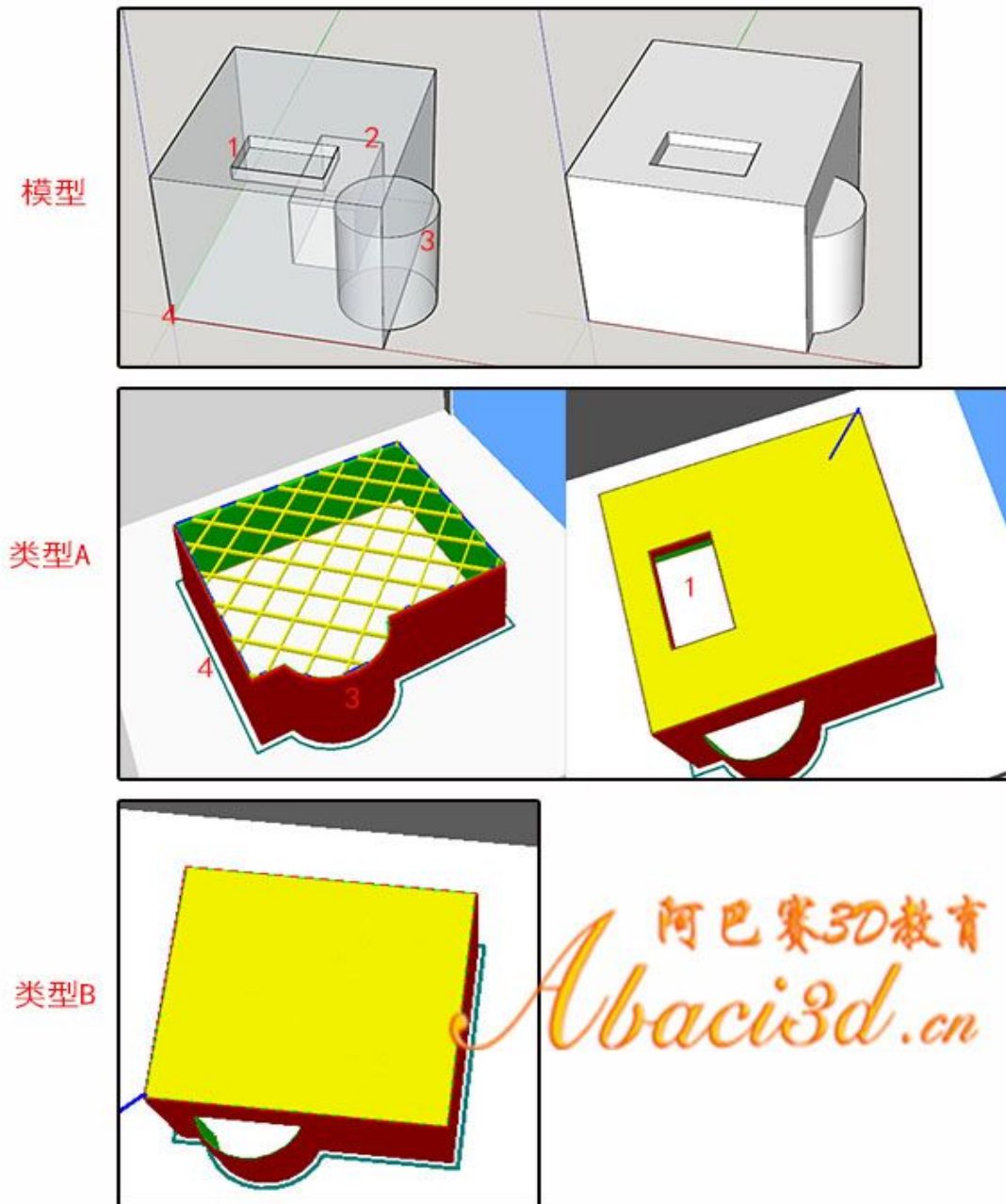


图 21 组合类型比较

Cura 之图片浮雕

Cura 可以载入一张图片(bmp,jep,jpeg 格式), 然后根据图片各像素点的亮度生成一个凹凸的 3D 模型, 具有浮雕效果。载入一张图片, 可以发现如下对话框, 有 5 个参数可以调整, 这 5 个参数都会影响生成的浮雕模型, 前两个参数浮雕的厚度, 浮雕的厚度包括基座厚度和浮雕高度, 基座是一个长方体, 浮雕高度就是真正的图片需要凹凸的深度。一般来说, 浮雕高度为 1—3mm 为宜。然后需要设置浮雕宽度(Width)和浮雕深度(Depth), 这两个参数控制浮雕的大小。接下来两个选项是控制浮雕的生成方式, 第一个参数有两个选项: 越暗越高(Darker is higher)和越亮越高(Lighter is higher), 顾名思义, 就是控制图片亮的地方高一些还是暗的地方高一些。最后一个参数是控制浮雕的光滑程度的, 有三个选项: 不光滑(No smoothing)、轻度光滑(Lighter smoothing)和重度光滑(Heavy smoothing)。光滑程度越高, 生成的浮雕越光滑, 但光滑过度也会抹掉一些细节。浮雕结果如图 23 所示。

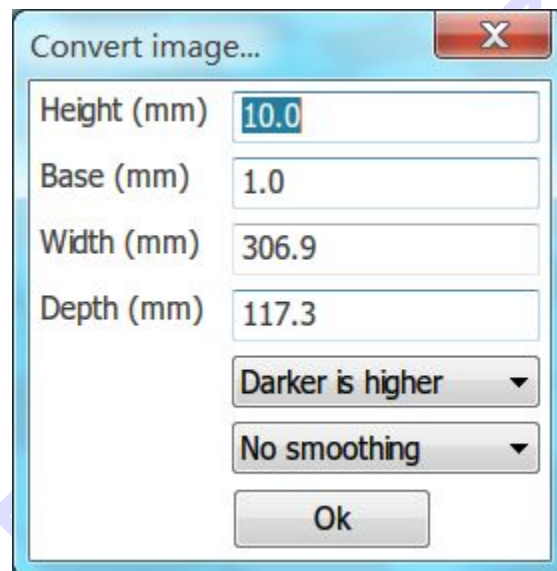


图 22 浮雕设置

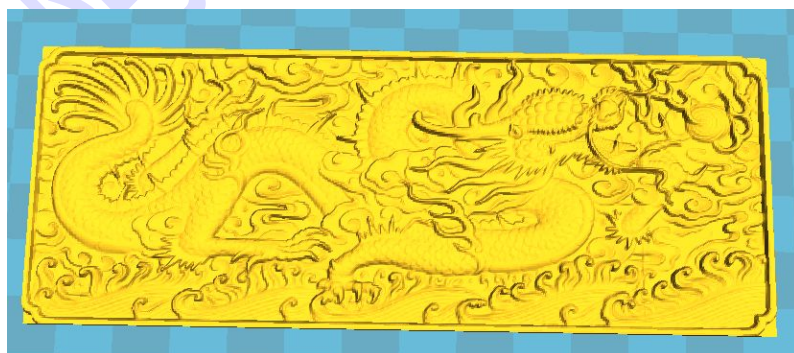


图 23 浮雕结果

Cura 之首选项

进入文件(File)菜单，然后找到首选项(Preference)。就可以设置耗材的信息，如图 24。在右上角可以设置耗材的密度及价格，左上角可以设置打印窗口的风格，包括两种风格：基本风格和 PrintRun 风格。Cura 可以联机打印，基本风格的打印窗口如图 26，PrintRun 风格的打印窗口如图 27。关于 PrintRun 的使用请参见“PrintRun 教材”。

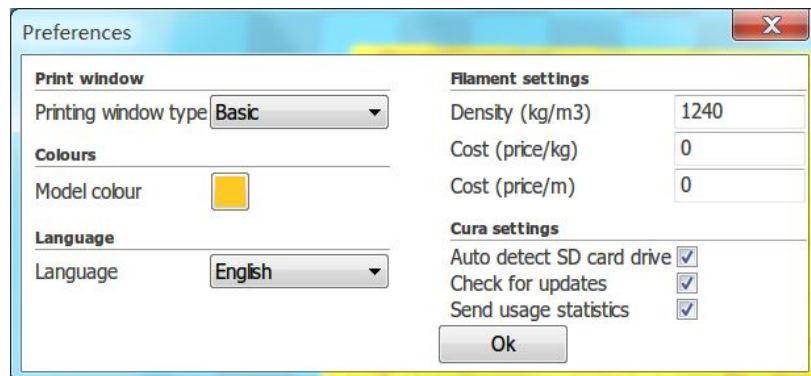


图 27 首选项

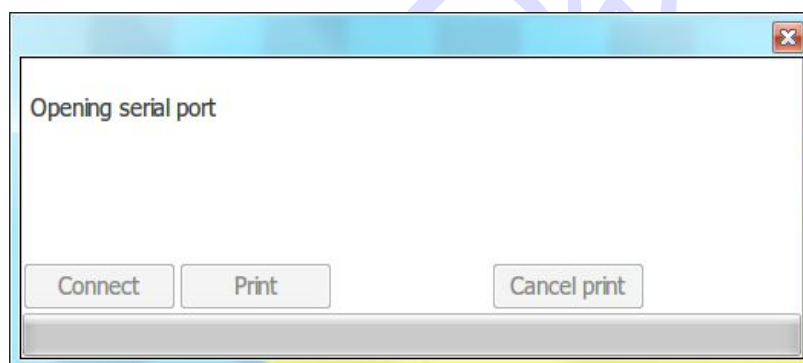


图 28 打印窗口(基本风格)

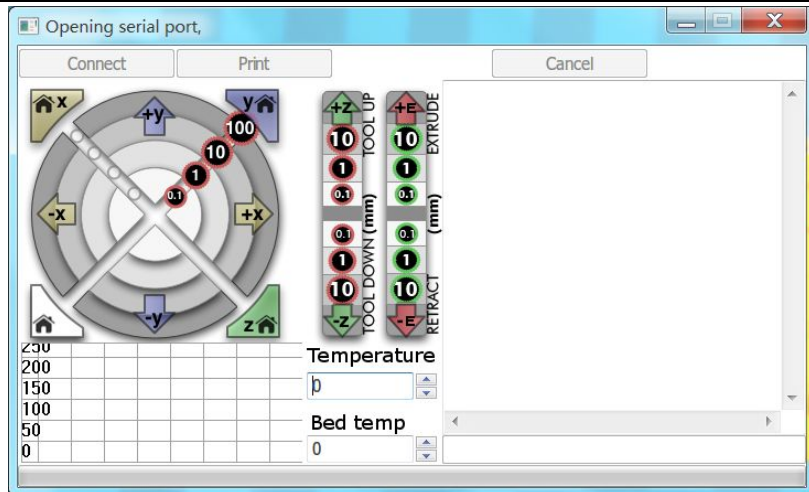


图 29 打印窗口(PrintRun 风格)

Cura 其他功能

1. 排队打印，打印机喷头尺寸设置正确后，就可以选择排队打印，所谓排队打印，就是把平台上的多个模型逐一打印。进入工具(Tool)菜单，然后选择排队打印(Print one at a time)即可，然后 Cura 就会判断平台中的模型是否适合排队打印，如果不适合则默认使用同时打印(Print all at once)。
2. 烧写固件，进入机器(Machine)菜单，选择安装其他固件(Install custom firmware)，然后就可以选择相应的 hex 文件，最后上传到打印机里面。
3. 配置文件，Cura 允许用户把所有的配置以配置文件的形式保存起来，然后就可以直接打开配置文件使用。进入文件(File)菜单，然后点击保存配置(Save Profile)就可以把当前的所有的参数配置保存到一个文件(ini 格式)中，点击打开配置(Open Profile)就可以载入某文件中的配置参数。

小结

笔者认为 Cura 作为一个开源的切片软件，使用起来还是十分方便的。特别对于打印机新玩家来说，很容易上手，而且通过 Cura 可以熟悉 3D 打印过程中的很多问题。特别是对会 Python 的玩家来说，可以随意修改 Cura，达到自己的目的，这个过程是非常爽的。由于笔者水平有限，教程中难免会出现一些错误，欢迎指正交流。

QQ: 2880607095

E-mail: wangkang@abaci3d.com

Website: www.abaci3d.cn