

第 3 章

像创客一样组装 3D 打印机



虽然 3D 打印的运用空间很宽广，但当前 3D 打印机的造价对于大多数人来说还是非常昂贵的，廉价的桌面机在使用性能上也难以对现有产品产生实质性的影响，因此这给其进入普通家庭带来了困难。但是，随着“创客”们的不断涌现，越来越多的人开始制造自己的 3D 打印机，因此 3D 打印技能不断开展，它很可能给制造业带来另一场革新。精密仪器和机械、零部件加工等制造业工人可能要面对“下岗”的危机。

3D 打印机让本钱和作业重组，一些有能够涉及到知识产权。好像音乐著作相同，数字文件更简单仿制和分散。新玩具、新鞋子的描绘设想一旦流入互联网，被盗版的几率大增，它有可能对人类安全形成威胁。

著名的童话作家郑渊洁写道：“3D 打印机投入市场后，会有用户运用它打印手枪吗？期望制造商在 3D 打印机出厂前屏蔽打印枪支弹药的功能。”

正因为如此，有约束运用 3D 打印机，以及清晰 IP 地址法令定位的呼声一向存在。对立在于，若是对 3D 打印技能收紧，有能够阻止立异；若是放松现行监管法令，则是在鼓舞盗版。为此，法令界人士正在急迫寻觅可行对策。

但不论怎么，3D 打印带来的无穷影响将不容小觑。正如《经济学人》的谈论，“无穷创造所能带来的影响，在那个时代都是难以猜测的，1750 年的蒸汽机如此，1450 年的打印术如此，1950 年的晶体管也是如此。当今，咱们依然无法猜测，3D 打印将在绵长的时光里怎样改变这个世界。”

3.1 创客的崛起与 3D 打印

人类的发展史，其实就可以看作是劳动方式的变迁史。从原始社会的男女分工，到封建社会的中央集权制，再到近现代的公司、企业化扩张，每一个个体都在其中扮演着不同的角色，也只有通过这些角色才能融入到当时的社会生活之中。好比现在创业者们正在一家公司上班，那你所扮演的社会角色就是该公司的职员，只有依靠公司里的“职员”这个身份才有可能完成社会活动，从而获得用以维持生活的薪水。

那么，我可不可以不依靠公司，“自己动手，丰衣足食”呢？当然可以，这是创客所必经的心路历程。但仅仅这样还只能算是个体户，还不足以称为“创客”。

3.1.1 创客的起源

所谓“创客”，即英文中的单词“Maker”，是指喜欢动手制作，努力把各种



创意转变为现实产品的人。相对于个体户来说，创客更具有开拓精神，而不是拘泥于现有的产品和模式。创客的概念在国内才刚刚萌芽，而在国外发展历史却比较长。乔布斯堪称是创客界的元老，如图3-1所示，他在家人朋友的眼中从小就 very 爱“折腾”，曾经尝试过改变电话中的脉冲频率来打免费电话，也正因为 he 具有对创新的执著精神，才成就了今天的“苹果”（截止到2015年3月，苹果公司的估值已接近一万亿美元），如图3-2所示。当然，本书所讲述的3D打印机无疑也是出自于创客之手。

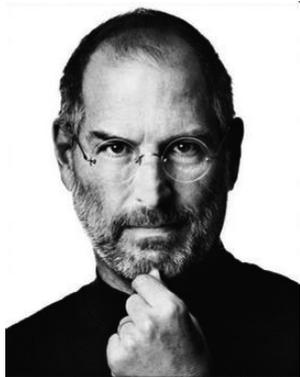


图3-1 乔布斯（1955.2.24—2011.10.5）



图3-2 “苹果”公司

创客最早起源于麻省理工学院（MIT）比特和原子研究中心（CBA）发起的 Fab Lab（个人制造实验室）。Fab Lab 基于对从个人通信到个人计算，再到个人制造的社会技术发展脉络，试图构建以用户为中心的，面向应用的融合从创意、设计、制造，到调试、分析及文档管理各个环节的用户创新制造环境。发明创造将不止发生在拥有昂贵实验设备的大学或研究机构，也将不仅仅属于少数专业科研人员，而有机会在任何地方由任何人完成，这就是 Fab Lab 的核心理念。Fab Lab 网络的广泛发展带动了个人设计、个人制造的浪潮，创客空间应运而生。

截止2008年12月，全球已经建立了30余家遵循类似理念和原则的实验室。第一家国际 Fab Lab 建立在哥斯达黎加。挪威、印度、加纳、南非、肯尼亚、冰岛、西班牙和荷兰等国家也陆续建立了 Fab Lab，开始个人创意、设计到制造的实践。在 Fab Lab 中，创造自己想象中实物的渴望激发着用户。这种用户也被称为“领导者用户（Lead user）”，Eric von Hippel 教授曾指出，“领导者用户”领先于用户总体的主流，而且他们为了自己所遇到的需求，期望从一个解决方案中获取相对较高的收益。“领导者用户”在 Fab Lab 中扮演着重要的角色。

随着 MIT 的 Fab Lab 网络的逐渐延伸，创新 2.0 时代的个人设计、个人制造的概念越来越深入人心，激发了全球的创客实践。创客空间的延伸则使面向知识社会创新 2.0 的 Fab Lab 探索真正从 MIT 的实验室网络脱胎走向了大众。MIT 的 Neil Gershenfeld 教授指出，前两次数字革命推动了“个人通信”和“个人计算”的发展，而 Fab Lab 通过让普通人实现制造的梦想，预示着第三次数字化革命浪

潮——“个人制造”时代的到来，为普通公众参与创新提供了条件。

国内创客空间属于初创阶段，创意来源也主要来自国外的开源网站，还没有形成有显著特色的、可持续发展的模式。除了个别创客空间属于综合性平台之外，今后创客空间的专业化趋势在所难免。创客空间本身的商业模式和运行模式也是值得探讨和摸索的。

3.1.2 创客的工作

因此创客是一群喜欢或者享受创新的人，追求自身创意的实现，至于是否实现商业价值、对他人是否有帮助等，不是他们的主要目的。而创客空间就是为这些创客们提供实现创意和交流创意思路及产品的线下和线上相结合、创新和交友相结合的社区平台。创客主要有三大特点。

1. 要自己亲手做 (DIY, Do It Yourself)。
2. 不仅要將做好的新奇事物拿出来分享，还要將设计的图纸、理念、源程序等全部拿出来共享。
3. 利用互联网沟通的优势，与志同道合的人一起合作，共同探讨和完善产品的创意定位、技术难点、融资方式、盈利模式和营销手段等。

正如创客元老乔布斯所说：“没有一项主要工作可以由单独的一个，或者两个、三个、四个人来完成。为了把事请办好，工作不能仅仅由一个人完成，必须找到能力非凡的人来合作。最终把个体互动产生的力量汇总，这样整体的力量就会远远大于个体力量的总和”。因此创客并不是孤军奋战的，创客的工作流程基本如图 3-3 所示，也必须通过不同的“创客”来完成。

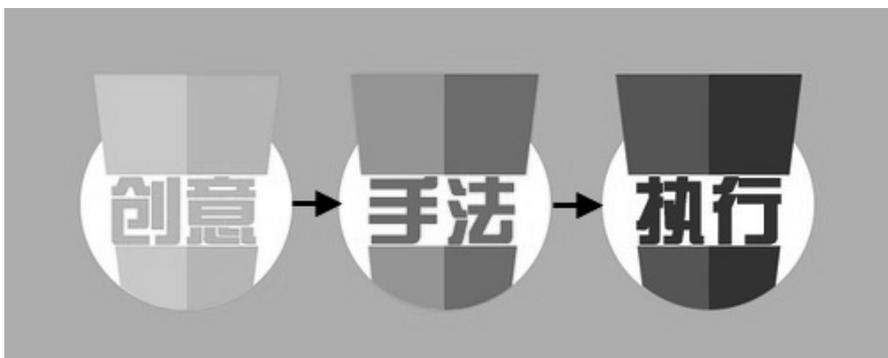


图 3-3 创客的工作流程

如果按具体工作的不同，创客大体可以分为以下 3 种。

- 创意者：即上图中的“创意”，他们是创客中的精灵，他们善于发现问题，并找到改进的办法，将其整理归纳为创意和点子，从而不断创造出新的需求。



- 设计者：即上图中的“手法”，他们是创客中的魔法师，他们可以将一切创意和点子转化为详细、可执行的图纸或计划。
- 实施者：即上图中的“执行”，他们是创客中的剑客，主要执行计划，没有他们强有力的行动，一切的图纸和计划只是虚幻泡影，而他们高超的剑术，往往一击必中达到目标。

3.1.3 创客与 3D 打印

事实上，也正是由于各位创客的努力，才使 3D 打印机这种原本价格高高在上的工业设备，出现了走向普通大众和日常生活的可能。

通过本书第 2 章的内容可知，3D 打印技术早在几十年前就已经诞生，但是并不广为人知，而是被称作“增材制造”“快速成型”等专业术语（“3D 打印”这个词到 1996 年才开始提出），且一般都只应用在工业制造领域和大型实验室里。直到 2008 年，英国巴恩大学的创客 Adrian Bowyer 发布了第一款开源的桌面级 3D 打印机——RepRap，并将机械设计图纸、电路图纸、控制源代码无偿地放到网上供人免费下载。几年下来，便使原本极其昂贵（数十万起）的 3D 打印机变成现在几千元即可买到的大众产品，走入了普通家庭。家用和商务 3D 打印机的普及正是制造业大众化的重要标志。实际上，从 1996 年开始使用“3D 打印”这个名字，而不是继续沿用之前的“增材制造”，本身就是大众化的直接体现，更名的具体好处如下。

1. 便于记忆。如果你第一次接触这个设备，“3D 打印”与“快速成型”这两个名称你会更容易接受哪个呢？编者个人偏好“3D 打印”，因为这个名称让人倍感亲切，容易理解，至少这个概念是你建立在打印机基础上进行丰富的。人们在生活中习惯于简单记忆，一个有规律或者简单的电话号码更受青睐也是这个道理。IT 业内这样例子比比皆是，计算机我们都喜欢简称“电脑”；网络早前使用的 Modem（调制解调器），人们亲切地称之为“猫”；移动电话最早的时候叫“大哥大”，现在叫“手机”，因此一个好名字更容易让大众记忆、联想、理解、普及。
2. 利于推广和普及。从 3D 打印技术实现以来随着技术的升级改进，各种 3D 打印技术在不同领域中应用的优势也被人们挖掘出来：设备外观设计越来越时尚、小巧，功能日益齐全；设备运行也不用再依赖特殊场合。它开始不在满足待在工作室或者工厂车间里了，它已经具备进入办公室环境使用的条件，甚至未来它很可能进入家庭。因此它需要一个容易记忆的名字，像麦当劳、肯德基等，因此更名能让这项技术更有利于进入广阔的市场。

3D 打印让新产品的设计和测试更加快捷，现在有了一个想法，创客立即就可以运用 3D 建模软件和桌面级 3D 打印机实现，看它到底能不能用、好不好用。产品的研发周期缩短了许多，对于设计师来说十分方便。等到正式生产时，完全可以把批量打印的任务外包给专业的在线 3D 打印公司，他们可以提供各种精细的工业材料以供选择（包括金属、塑料和玻璃等）。

3D 打印将越来越成为创客 DIY 制造过程的核心工具，与之紧密相关的其他元素也在蓬勃发展，包括免费或低成本的 3D 建模和扫描工具（用于设计阶段）、分享网站（用于营销及配送阶段）、投资网站（用于资金筹集阶段），以及新的开放式设计理念（行业合作）。所有这些发展促成了几乎人人都能成为制造者，或者为制造过程做贡献，制造者与消费者之间的界限将会变得越来越模糊。对于 3D 打印设备使用技术和相关 3D 建模软件的教学推广也在逐渐展开，许多高校和研究机构已经开设了相关课程和实验室。会有更多的消费者像使用个人计算机一样，自如地掌握 3D 打印机的操作，潜在的消费者需求会不断爆发。

创客们崇尚为兴趣爱好去做、崇尚个性化定制、崇尚开源共享，如图 3-4 所示为创客们在网站上共享的《魔兽世界》武器“霜之哀伤”数字模型和 3D 打印实物。实际上，开源共享体现的是一种自信，相信即使把所有的技术细节都免费公布了，世界上也没人能在这个小领域做得比自己更好。现在，不仅有开源软件、开源硬件，在互联网上还有很多的开源社区，聚集了众多志同道合的网友，创客们使用计算机软件来捕捉创意，在开源社区分享设计成果，一起来享受 DIY 的乐趣。



图 3-4 《魔兽世界》中的“霜之哀伤”模型

在 21 世纪，我们每个人都希望使用与众不同的产品，正如我们每个人都与众不同一样。3D 打印市场充满着无穷的商机，个性化定制的产品往往利润丰厚。创客们正在形成一种新的工业组织模式，以兴趣为驱动，以项目为导向，公司的规模更小，趋于虚拟、非正式，他们正在运营中组队与重组。如果项目足够有趣，就会吸引顶级人才纷至沓来。这些创客公司正在上演着一出“以小乱大”的戏码——团队成员远远少于传统的大公司，但是在创新能力上却高于大公司。创客们不仅在细分市场上表现得游刃有余，而且在大众市场上也能屡屡掀起滔天大浪。创客们的诞生就像是历史长河中新的笔触，到底会写下怎样的篇章，就让我们拭目以待吧！



3.2 3D 打印与开源硬件 Arduino

很多创业者在开始接触 3D 打印的时候，都会接触到 Arduino 和“开源”这两个词。这两个词似乎和 3D 打印的关系十分密切，但又有些不明所以。因此本小节将针对这两个概念进行介绍，并讲解它们与 3D 打印的关系。

3.2.1 什么是“开源”？

开源（Open Source）全称为“开放源代码”。市场上开源软件层出不穷，很多人可能认为开源软件最明显的特点是“免费”，但实际上并不是这样的，开源软件最大的特点应该是“开放”，也就是任何人都可以得到软件的源代码。如果再加上修改、学习，就可以作为新软件重新发放，当然是在版权限制范围之内。简单地说，开源就是对外公布自己的“武学秘笈”，供各位同行观摩和进行改进。

开源系统其实面向的用户有两个群体，一是程序员，他们最关心源代码，不能进行二次开发利用；二是普通终端用户，他们只关心软件功能够不够强大。开源系统的重点应该是在“开放”，接纳、包容和发展，求同存异，互利共赢，才是开源的本质。开源不仅仅表示开放程序源代码。

相对于“开源”，那自然就有“闭源”，即不公开自己的“武学秘笈”。开源与闭源系统的最大区别便是：开源的源代码公开，可被修改；闭源的代码加密，需依靠系统开发商进行修改。那么，开源的具体价值何在呢？具体有以下两点。

1. 节约时间：节约时间是对于自主拥有技术团队的企业来说的，在网站需要完善、改版的时候，使用开源商城系统只需在原程序上进行修改即可实现。
2. 个性化：竞争的加大、用户的激增，企业、用户对于软件功能都拥有了更多的需求，对于不同功能的实现，开源可以使程序员在代码基础上进行二次开发，表现出更具个性化的新功能。从这个意义上说，开源更像是给大家一张白纸，你可以拿它去画画，也能拿它去做算术草稿，或者折成纸飞机。

通过本书 1.3.2 小节的介绍，我们可知 3D 打印机只能识别 G 代码文件（G_code），即需要 G 代码文件控制 3D 打印机来进行打印，制造模型。那么，3D 打印机又该如何实现这样的控制呢？就是用到这样的开源软件去控制。通过创客们所共享出来的源代码，所有人都能看到实现控制的程序，然后再将其编入单片机中，即可成为 3D 打印机的“大脑”，如图 3-5 所示。

开源系统在国内起步晚，但发展很快，将来能否成为业内主流还需看国内的教育情况。虽然中国的 IT 职业教育学校和全日制的本专科院校每年可以向中国 IT 界输入大量的新人，但是整个 IT 教育依旧处在落后地位。大多数学校的教学内容非

常偏重于 B/S 程序（例如非常热门的 java、.net），但这些内容相比真正的开发太过简单。如何让学生可以学到更多复杂的程序开发技术是中国教育界多年来始终无法解决的一大问题，如果国内的教育还是跟不上全球的技术发展和全球的消费者行为，那么，开源社区依然没有机会实现繁荣。

另外中国是一个有着五千年文化的传统型国家，个性创新在中国这个特定的环境中并不能得到更好的发展。越来越多的人希望自己可以成为和别人一样的人，而不是独树一帜的人。这将让这些本有机会个性创新的人才，在他们人生最重要的时刻错过了最重要的机会，所以个性的缺失是中国开源社区发展最大的悲哀。

3.2.2 什么是 Arduino？

稍微有一点自动控制基础的创业者都应该清楚，单片机是无法独立存在的，必须安装在开发板这样的硬件上才能体现出它的价值，如图 3-6 所示。就好比是单独的一颗子弹是没有意义的，但是一旦将它装入枪支中，那就非同凡响了。

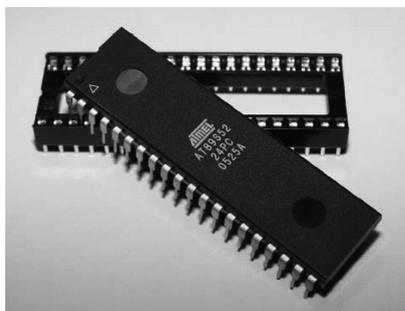


图 3-5 单片机

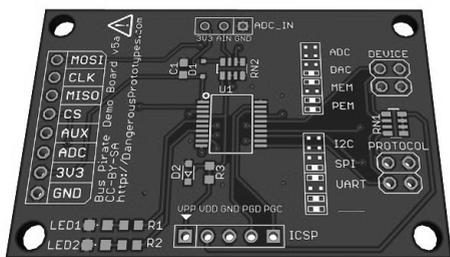


图 3-6 开发板

Arduino 就是这样的枪支。几乎任何人，即使不懂计算机编程，也能用 Arduino 做出很酷的东西，例如对感应器做出回应、闪烁灯光，还能控制马达等。Arduino 让制作控制硬件的门槛极大降低，热爱动手的创客们不需要太高的成本就能创造出更好玩的硬件产品。由于 Arduino 具有高度模块化的特点，所以有时也形象地被称为“电子积木”。

开源硬件作为一个附件或者设备，允许任何人随意复制或者修改硬件设计图纸。你可以下载规格说明书后组装一台，或者从制作商那里购买并支付一小部分的组装费。

Arduino 是由 5 个国际工程师共同研发的，是一个开放的硬件平台，包括一个简单易用的 I/O 电路板，以及一个基于 Eclipse 的软件开发环境。Arduino 可以用来开发可独立运作并具有互动性的电子产品，或者开发出与 PC 相连的周边装置，同时还能在运行时与 PC 上的软件（如切片软件 Cura、Repetier-Host、Slic3r 等）进行通信，从而完成 3D 打印指令的传输。



Arduino 之所以会得到创客们的广泛青睐，主要归功于它的两大特性：易用性与开源性。

□ 易用性

相比于其他微控制器开发平台，Arduino 最大的优点就是它的易用性。首先，其入门门槛很低，我们不需要任何复杂的硬件电子知识，也无须了解内部结构及寄存器设置。同样，我们也不需要熟悉复杂的底层代码，以及晦涩难懂的汇编语言编程知识。只要我们知道 Arduino 的端口功能及其调用函数即可进行编程开发，从而设计出令人惊叹的互动装置。

其次，它的扩展性很强大。有相当多的与 Arduino 兼容的扩展板可以直接插在 Arduino 开发板上使用，几乎包括了你能想到的每个领域，这样可以避免使用锡焊，而是简单地把扩展板当成“积木”一样，一个叠一个地插在一起。

□ 开源性

Arduino 能够获得广泛认可的另一个关键因素就是，它的开发板设计，以及程序开发接口都是开源的。也就是说，Arduino 所有的设计都是可以免费获得的。如果你愿意，可以直接下载开发板电路设计图，从家门口的商店中购买所需的电子元件来完成 Arduino 开发板的制作。开源的 IDE（集成开发环境）可以免费从官网（www.arduino.cc）下载。此外，互联网上还有很多活跃的 Arduino 论坛，上面有大量其他人开发的开源作品，既可以作为参考，也可以直接拿来使用，而且随时可以在论坛上找人帮助。

Arduino 主要包含两个部分：硬件部分和软件部分。硬件部分是用作电路连接的 Arduino 开发板；软件部分则是用来编写控制程序的 Arduino 集成开发环境（IDE）。

□ 硬件部分

Arduino 开发板是由一个小型微处理器和一个电路板所构成的。例如，我们可以采用 ATmega328 来作为整块电路板的核心，它是一枚具有 28 个引脚的细长芯片，功能上就像一个微型计算机。虽然它的运算能力还无法与真正的计算机相比，但是对于 3D 打印机来说完全可以胜任，并且它的价格十分便宜。

电路板上已经焊接好了该芯片正常工作所需的所有电子元件，使用 USB 线缆将开发板连接到计算机后，即可随时进行通信。此外，不同的开发板代号各不相同，目前 Arduino 最新版本的开发板代号为 Arduino UNO R3，如图 3-7 所示。

在图 3-7 中，我们可以看到 Arduino 开发板上有很多的引脚，你可能会感到困惑，下面我们就来解释其中每个部分的作用和功能。

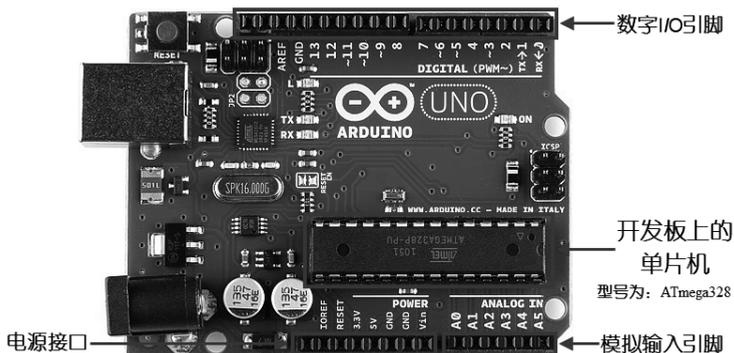


图 3-7 Arduino UNO R3 开发板

- 标有 0 ~ 13 数字的一排共 14 个引脚，均被称作“数字 I/O 引脚”。它们可以在程序中被自由设定用于输出或者输入的数字信号。此外，3、5、9、10、11 号引脚也被称作模拟输出引脚，因为它们均可由程序指定，从而变为模拟的输出引脚。
- 标有 A0 ~ A5 的一排共有 6 个引脚，均被称作“模拟输入引脚”。这些引脚用于读取各种模拟输入信号（例如，读取切片软件中的模型信息），并在程序中将其转化为 0 ~ 1023 的数值。
- 紧邻模拟输入引脚的另一排共 6 个引脚，称作“电源接口”。第一位是“重置 (Reset)”，连接低电平可重启单片机，使程序从头开始运行。其他接口用于提供不同的电压 (3.5V、5V、GND 和 9V)，其中，GND 又称作“地线”，是开发板上其他电压的参考值。

❑ 软件部分

在使用 Arduino 进行开发前，必须下载集成开发环境 (IDE)，这在 Arduino 的官网 (www.arduino.cc) 中可以找到，然后按照计算机操作系统选择下载版本，如图 3-8 所示。



图 3-8 下载 Arduino 的开发软件



Arduino 集成开发环境（IDE）是一个在计算机中运行的特殊软件，如图 3-9 所示，我们通过它给 Arduino 开发板上传不同的程序。

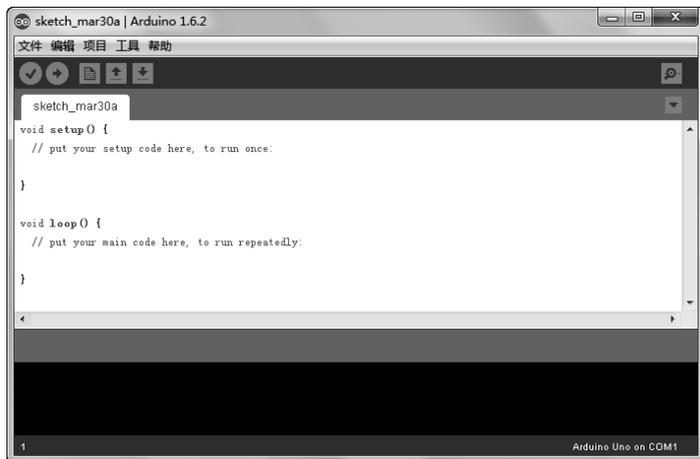


图 3-9 Arduino 集成开发环境（IDE）

3.2.3 3D 打印与开源：RepRap

虽然 3D 打印技术早在很久之前就已经被发明，但这个概念在最近几年却这么热门，很大程度上都要归功于桌面级 3D 打印机的迅速流行。而作为桌面级 3D 打印机真正的开山祖师，RepRap（Replicating Rapid-prototyper，快速复制原型）绝对居功至伟。事实上，绝大多数的桌面级 3D 打印机，如 Makerbot、Ultimaker 等都是基于完全开源的 RepRap 才发展起来的。

RepRap 是一个 3D 打印原型机，它具有一定程度的自我复制能力，能够打印出大部分自身的（塑料）组件（三角洲型的 Delta 机器也可以）。该原型机从软件到硬件等各种资料都是免费的和开源（公开）的，都在自由软件协议 GNU 通用公共许可证 GPL 之下发布。由此便引发了全世界的创客纷纷加入到 3D 打印机的制造狂潮中。RepRap 基于流行的开放源码的 Arduino 硬件平台，当前版本使用的是 Arduino 的衍生版本——Sanguino 主板。

RepRap 项目由英国巴斯大学高级讲师 Adrian Bowyer 博士创建于 2005 年。至目前为止，RepRap 项目已经发布了 3 个版本的 3D 打印机：2007 年 3 月发布的第一代“达尔文（Darwin）”，如图 3-10 所示；2009 年 10 月发布的第二代“孟德尔（Mendel）”，如图 3-11 所示；以及在 2010 年发布的第三代“赫胥黎（Huxley）”，如图 3-12 所示。从这三代的 RepRap 都选择遗传生物学科学家的命名方式可以看出，RepRap 开源计划，从一开始就是奔着“自复制”这一目标前进的。这也为 RepRap 开源桌面级 3D 打印机博采众长，充分吸收各种良好的设计，并进而广泛应用打下了很好的基础。

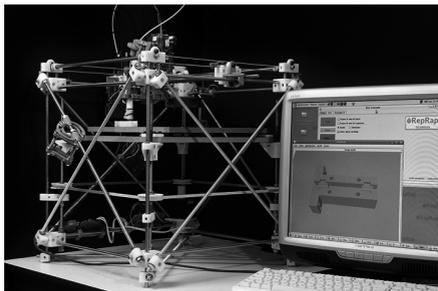


图 3-10 第一代“达尔文”3D 打印机

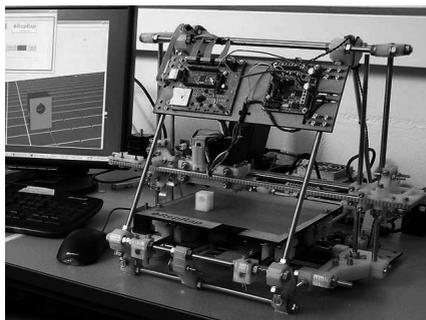


图 3-11 第二代“孟德尔”3D 打印机

但是第三代产品“赫胥黎 (Huxley)”并没有得到非常广泛的认可，反而是 Mendel 的一个派生产品：Prusa Mendel，由于其更简单、稳定的设计，变成了影响力最大的第三代产品。因为 Prusa Mendel 名字太长，逐渐大家就把这款机器名字简化，只叫作 Prusa 了。因为不是原本设计的第三代产品，Prusa 也不是一个著名生物学家名字，而是这款机器的设计者 (Josef Průša, 捷克人) 的名字；又由于这款机器设计出来之后，已经进行了几次迭代，目前最新的版本是 iteration 3 (迭代 3)，因此通常的叫法为 Prusa i3，如图 3-13 所示。

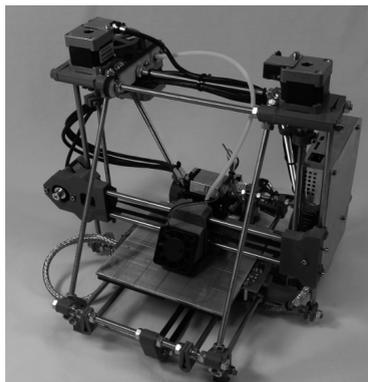


图 3-12 第三代“赫胥黎”3D 打印机

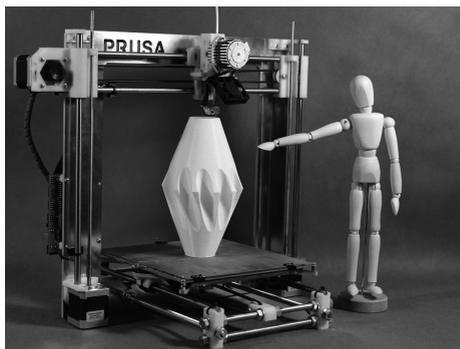


图 3-13 派生产品 Prusa i3 3D 打印机

相对于之前的几代 3D 打印机，Prusa i3 结构更为简洁，造型更趋向于产品化，打印尺寸和成型效果都得到了很大的提升。除此之外，还可以访问 http://reprap.org/wiki/RepRap_Family_Tree，来观看基于 RepRap 的衍生产品图。在图中可以看出，几乎所有最有名的 3D 打印机都列在了图中，包括了目前商业上最成功的 Markerbot Replicator 和 Ultimaker 等产品。几乎可以说市场上的任何 3D 打印机都是由这几代 RepRap 产品变更而来的，这从打印机的外观上便能直接看出。



3.3

组装一台 Prusa i3 型 3D 打印

虽然市场上已经可以买到多个品牌的 3D 打印机，但动辄成千上万的售价，还是会让很多 DIY 爱好者望而却步。实际上，如果你想得到一台 FDM 工艺的 3D 打印机，而且自己的动手能力又比较强，那么，完全可以自己访问 <http://reprap.org/wiki/RepRap> 来获取打印机的各种硬件、软件资料，来自己组装一台 3D 打印机。因此本章将手把手教创业者们如何访问开源网站，获取所需的资料，并最终制作出自己的 3D 打印机。

3.3.1 访问开源网站获取资源

(1) 直接在网页浏览器的地址栏中输入 <http://reprap.org/wiki/RepRap>，也可以在搜索框中输入 RepRap 进行搜索，然后在新打开的页面中选择官网进入。打开后的 RepRap 网站如图 3-14 所示，因为是国外网站，所以是全英文显示的，对于创业者来说需要一定的英语阅读能力。

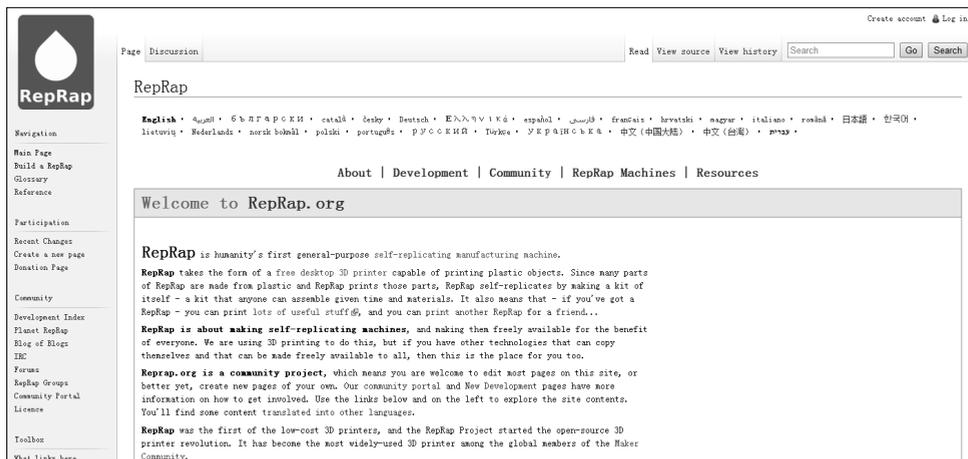


图 3-14 RepRap 主页

(2) 单击界面左侧的 Build a RepRap 链接，网页便会自动跳转到 RepRap 页面，如图 3-15 所示。

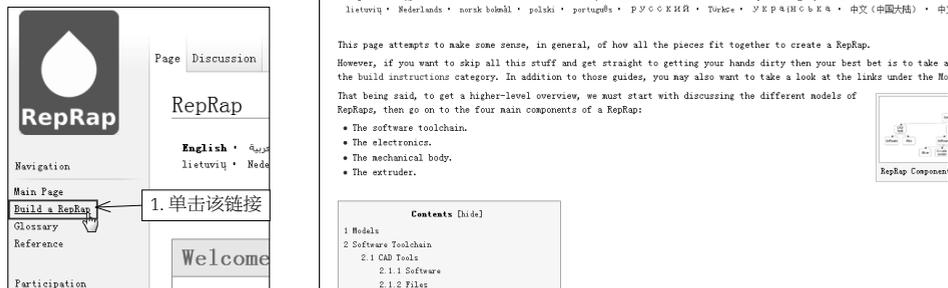


图 3-15 打开 RepRap 界面

(3) 浏览网页页面到 Models 区，可以发现 RepRap 上各种类型的 3D 打印机。单击自己想创建一种类型，即可进入它的创造页面；我们要创建的是 Prusa i3，因此直接单击 Prusa i3 链接即可，如图 3-16 所示。

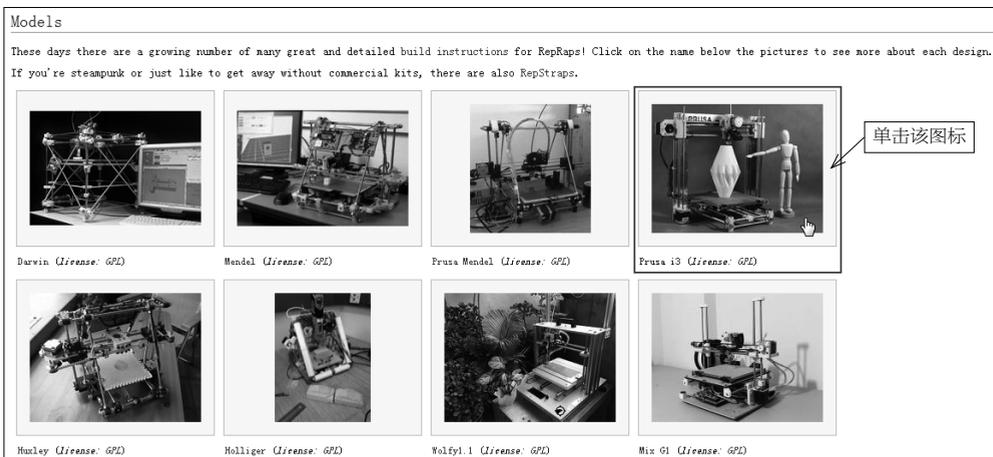


图 3-16 选择 Prusa i3

(4) 接着页面直接跳转至 Prusa i3 页面，然后我们在 Index 栏中直接单击 Prusa i3 Build Manual 链接，即组装教程，如图 3-17 所示。

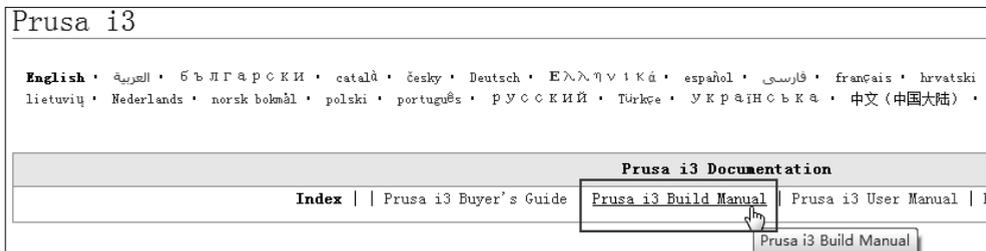


图 3-17 选择组装教程

Prusa i3 打印件具体的形状不一样。但这并不影响后续的组装，因为基本名称是一致的。当然，最好找到所下载版本的对应组装教程，这样能最大限度地减少中间过程和理解上的误会。



图 3-21 打印件明细

挤出机即打印机的喷嘴部分，具体明细如图 3-22 所示。



图 3-22 挤出机部分



另外挤出机还需要两根弹簧，规格需与喷嘴配套，创业者需要注意。

光杆和丝杆是用来传动的，具体明细如图 3-23 所示。

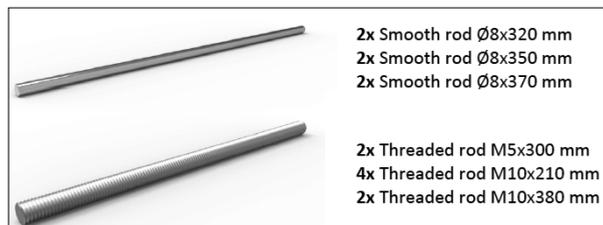


图 3-23 光杆和丝杆规格明细

机械传动部分是打印机的机械动力来源，具体明细如图 3-24 所示。

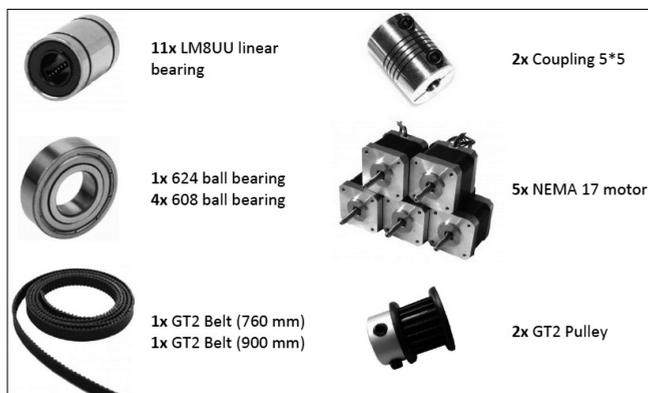


图 3-24 机械传动部分明细

热床即为打印的底板，是打印机开始工作的地方。具体明细如图 3-25 所示。

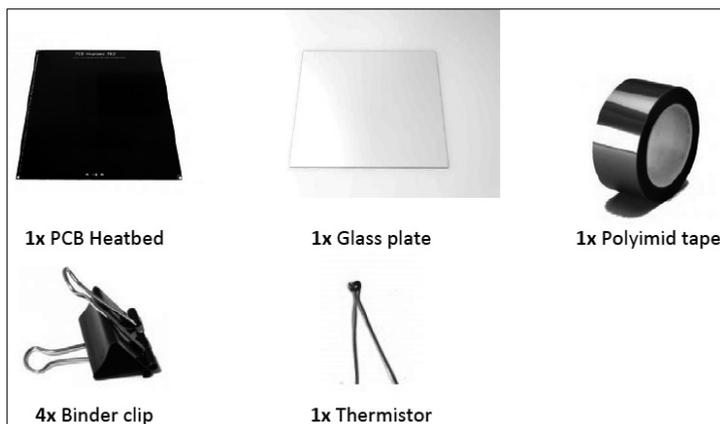


图 3-25 热床部分

提示：通常热床部分我们不采用 RepRap 的官方方案，而是采用更“接地气”的民间方案，即直接用一块玻璃板代替，上面粘贴一层 3M 美纹纸或者高温胶带即可。

电子元件是 3D 打印机的核心所在，主要用来控制 3D 打印机的工作。具体规格明细如图 3-26 所示。

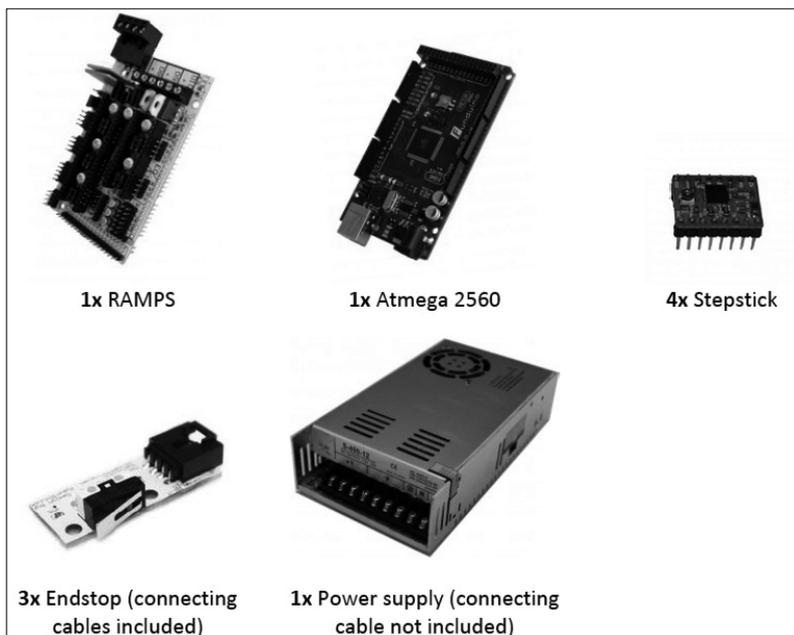


图 3-26 电子元件规格明细

紧固件部分主要是一些螺母、螺钉和垫片，用来紧固 3D 打印机中的结构件。具体明细如图 3-27 所示。



图 3-27 紧固件部分



Prusa i3的外部框架,一般可用铝板、亚克力板或者木板制作,如图3-28所示。

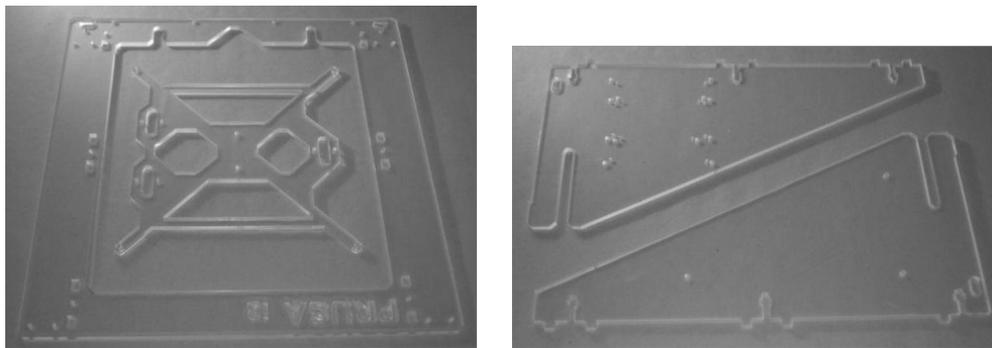


图 3-28 外框架部分

3.3.3 Y 轴底盘组装

(1) 先组装 Y 轴同步带导轮,在 Y Idler 中安装一个 608 轴承,通过 M8*30 的螺钉配合 M8 的螺母和垫片固定住,然后在尾端插入 M4*20mm 螺钉,用 M4 的螺母固定住,如图 3-29 所示。

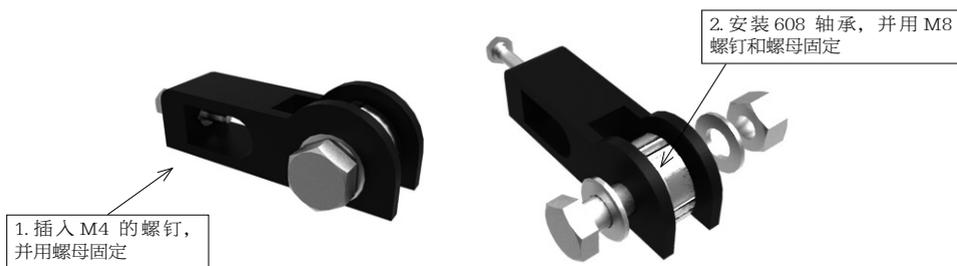


图 3-29 按照 Y 轴同步带轮

(2) 接着将 Y Idler 安装在一根 M10*210mm 的丝杆上,两端用 M10 的螺母和垫片锁紧;另外在两边各添加一个螺母和垫片,但无须拧紧,同样取一根 M10*210mm 丝杆,也是如此操作,如图 3-30 所示。

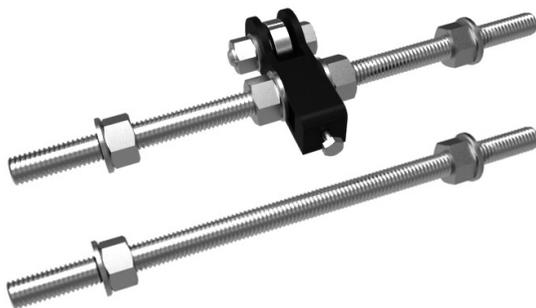


图 3-30 将 Y Idler 插入丝杆

(3) 安装两根前侧脚座,即用两根 M10*210mm 丝杆,插入两个 Y Corner 中,然后分别在两头拧上两个 M10 的螺母和垫片,具体如图 3-31 所示。

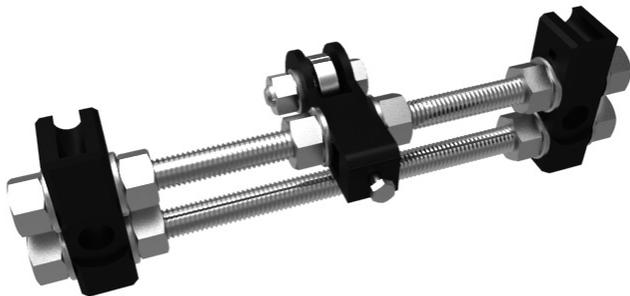


图 3-31 安装前侧脚座

(4) 按同样的方法安装后侧脚座。这里同样需要使用两根 M10*210mm 的丝杆,中间的结构件换成 Y Motor,然后按同样的方法插入两个 Y Corner 中,接着组装螺母和垫片,如图 3-32 所示。

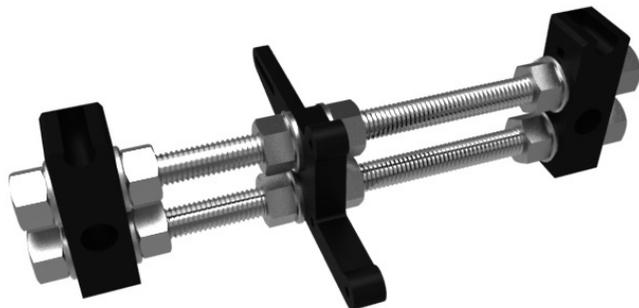


图 3-32 安装后侧角座

(5) 安装连接丝杆。使用剩下的两根 M10*380 丝杆分别连接两个 Y Corner 的中间孔处,将前后两个脚座连接起来,同样在前后各安装一个螺母和垫片,如图 3-33 所示。

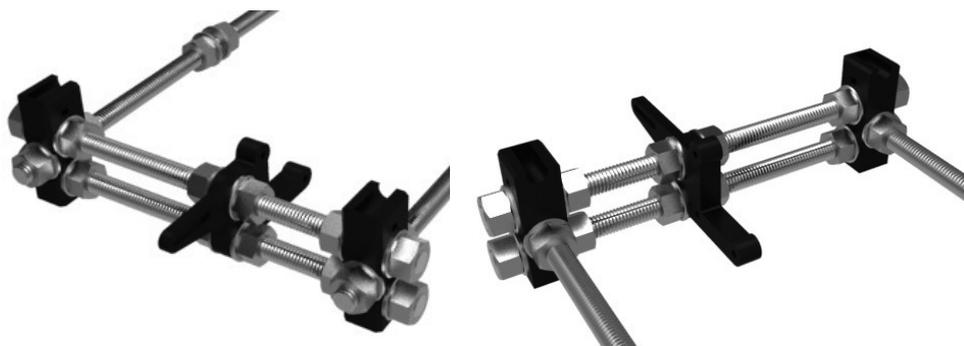


图 3-33 连接前后脚座

(6) 安装光杆导轨。在后侧脚座的 Y Corner 上面安装两根 $\text{Ø}8*350$ 的光杆,其上要根据热床底板安放 3 个直线轴承,如图 3-34 所示。Y 轴底盘安装完毕。



图 3-34 安装光杆导轨

3.3.4 安装热床底板

(1) 使用两个 M3*14 的锁紧螺钉和对应的 M3 螺母、垫片, 将 Y Belt Holder 组件安装在热床底板上, 如图 3-35 所示。

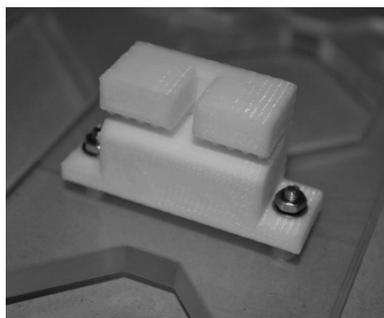


图 3-35 安装 Y Belt Holder

(2) 接着用扎线带固定底板到 Y 轴滑竿导轨上, 如图 3-36 所示。

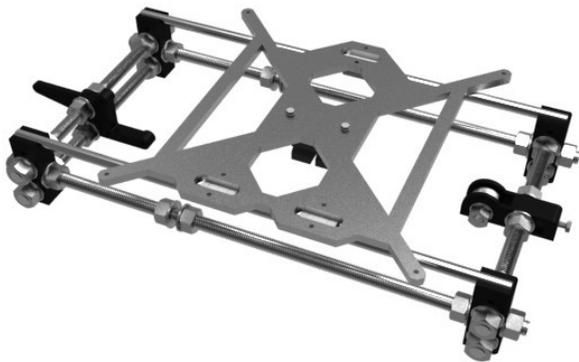


图 3-36 安装热床底板

3.3.5 组装 X 轴

(1) 将两个 LM8UU 直线轴承安装到 X End Idler 中, 同样在 X End Motor 塑料件中也安装两个 LM8UU 直线轴承, 如图 3-37 所示。可以直接用手推送进去, 也可以用橡胶锤敲进去。

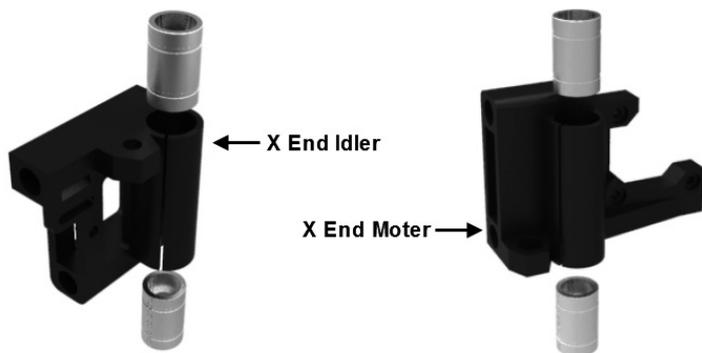


图 3-37 在 X End Idler 和 X End Motor 中安装 LM8UU

(2) 在 X End Idler 左侧的中间长形孔处安装一 624 的关节轴承, 通过 M4*20mm 的螺钉和 M4 的螺母和垫片固定, 如图 3-38 所示。



图 3-38 安装关节轴承

(3) 在 X End Idler 和 X End Motor 塑料件中放入 M5 的螺母, 其中应该正好有它们的六角形安装孔, 如图 3-39 所示。

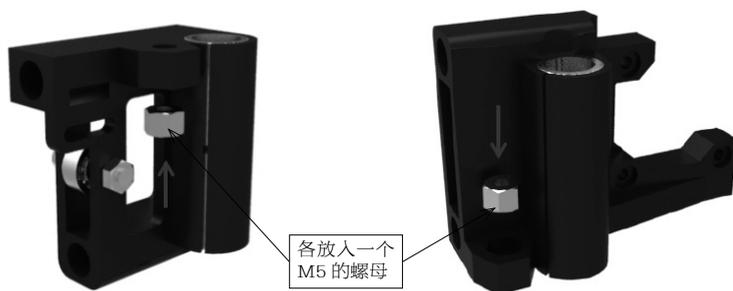


图 3-39 在安装孔中放入 M5 的螺母



(4) 在 X Carriage 中放入 4 个 LM8UU 的直线轴承, 如果连接不紧, 可以用扎线带绑定; 接着取两根 $\text{Ø}8 \times 370$ 的光杆, 然后通过这两根光杆分别将 X Carriage 和 X End Motor 塑料件连接起来, 如图 3-40 所示。

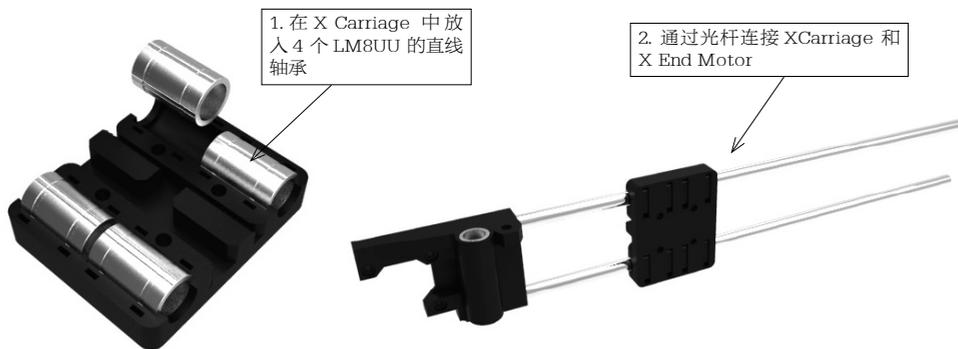


图 3-40 通过光杆连接 X Carriage 和 X End Motor

(5) 将 X End Idler 插入光杆中, 与 X Carriage、X End Motor 塑料件连接起来, 具体如图 3-41 所示。

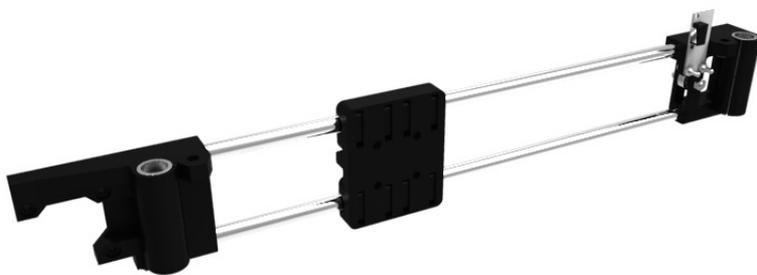


图 3-41 连接 X 轴组件

3.3.6 调整外部框架

(1) 先在安装孔的位置放入 M3*14mm 的螺钉, 每一个螺钉需配一个 M3 的螺母和垫片, 外部框架的所有安装孔都需要如此安装, 如图 3-42 所示。

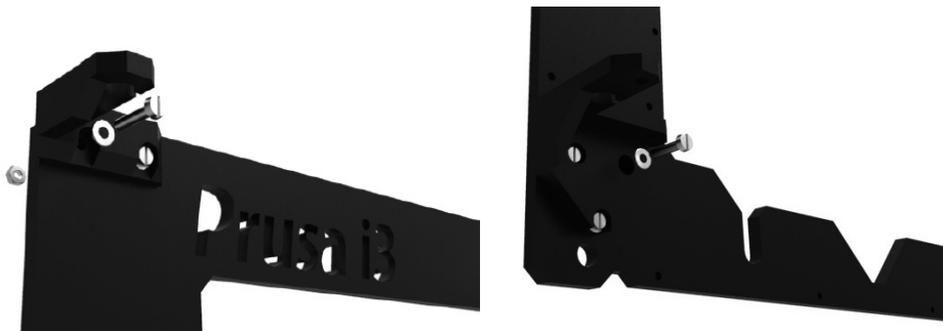


图 3-42 在框架的安装孔插入 M3*14mm 的螺钉

(2) 在外部框架对应的安装孔中插入两根 $\text{Ø}8*320\text{mm}$ 的光杆，如图 3-43 所示。



图 3-43 组装完成后的框架

3.3.7 安装动力部分

(1) 在 3.3.5 节组装完成的 X 轴组件中的 X End Motor 上安装同步电机，需要用到 3 个 $\text{M}3*14\text{mm}$ 的螺钉与对应的螺母和垫片，如图 3-44 所示。

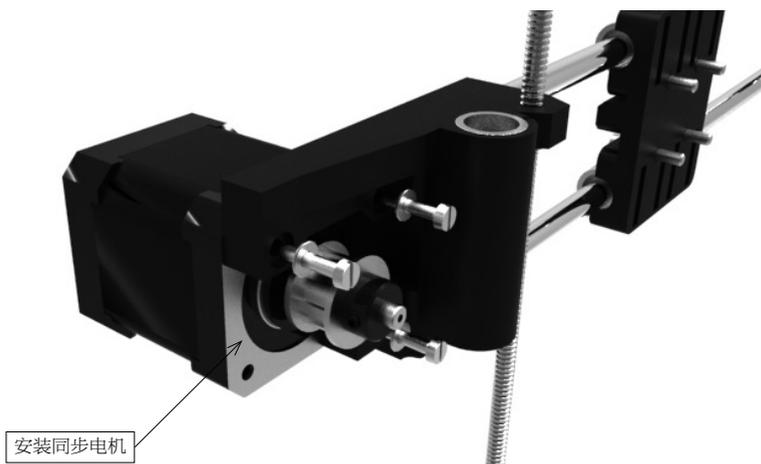


图 3-44 安装 X 轴上的同步电机



(2) 在 X End Motor 和 X End Idler 上的对应孔中各穿过 1 根 M5*300mm 的丝杆，将其拧到中间的位置；然后在丝杆的末端安装 5*5 的联轴器（Coupling），如图 3-45 所示。

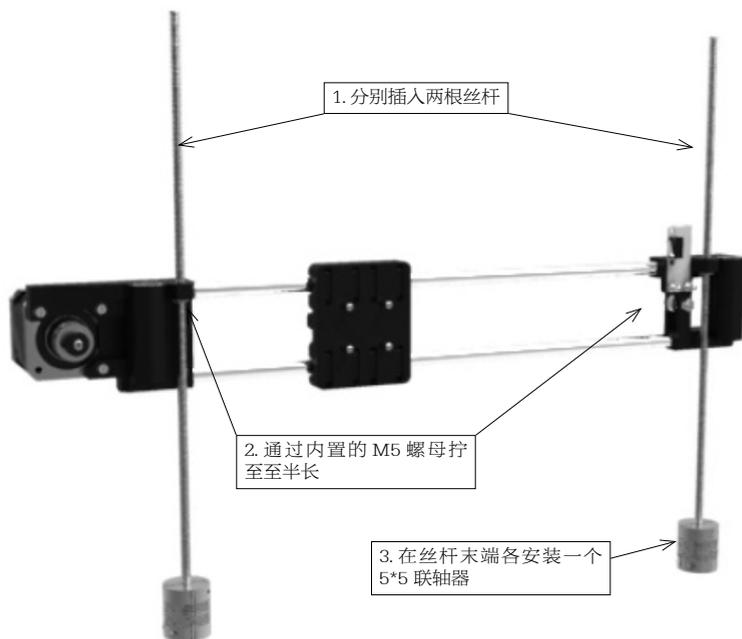


图 3-45 安装 X 轴上的丝杆

(3) 先取出一个同步电机，在其上安装 GT2 的同步轮，如图 3-46 所示。

(4) 接着在 3.3.3 小节中组装完成的 Y 轴底盘上，按同样的方法将同步电机安装至 Y Motor 组件中，如图 3-47 所示。

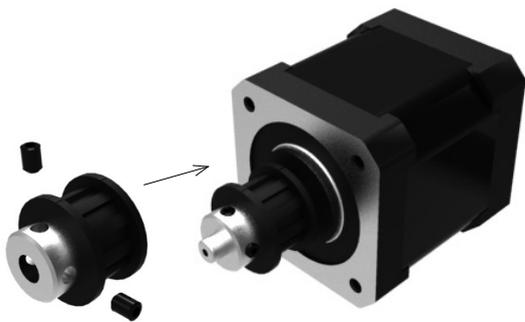


图 3-46 在电机上安装同步轮



图 3-47 安装 Y 轴电机

(5) 在同步电机上安装 Z Axis Bottom 打印件，根据具体的左、右方向分别安装 Left 和 Right 组件，然后通过 3 个 M3*14mm 的锁紧螺钉，和对应的 M3 螺母、垫片等将其固定在同步电机上，如图 3-48 所示。

(6) 在左、右两个同步电机上分别安装光杆导轨，在 Z Axis Bottom 塑料件上有对应的光杆安



装孔；接着分别用 5*5 的联轴器（Coupling）连接同步电机上的传动轴和丝杆，如图 3-49 所示。

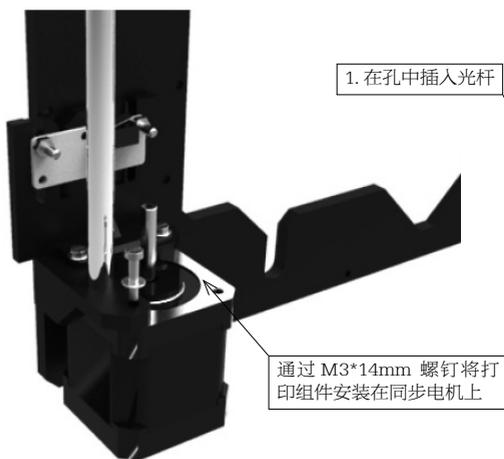


图 3-48 将 Z Axis Bottom 固定在同步电机上



图 3-49 在同步电机上安装光杆和丝杆

3.3.8 组装外部框架

(1) 通过 M10 的螺母和垫片将 Y 轴底盘安装在框架底板上。框架底板含有装配槽，刚好能够卡住组装好的 Y 轴底盘，在装配的时候要注意有 Y Motor 的一侧应该是朝向自己的。

(2) 将 Y 轴底盘放置在框架底板的正中，左、右两个 Y Corners 要对称，最后拧紧上面的 M10 螺母，使其固定住，最终装配好的打印机框架如图 3-50 所示。

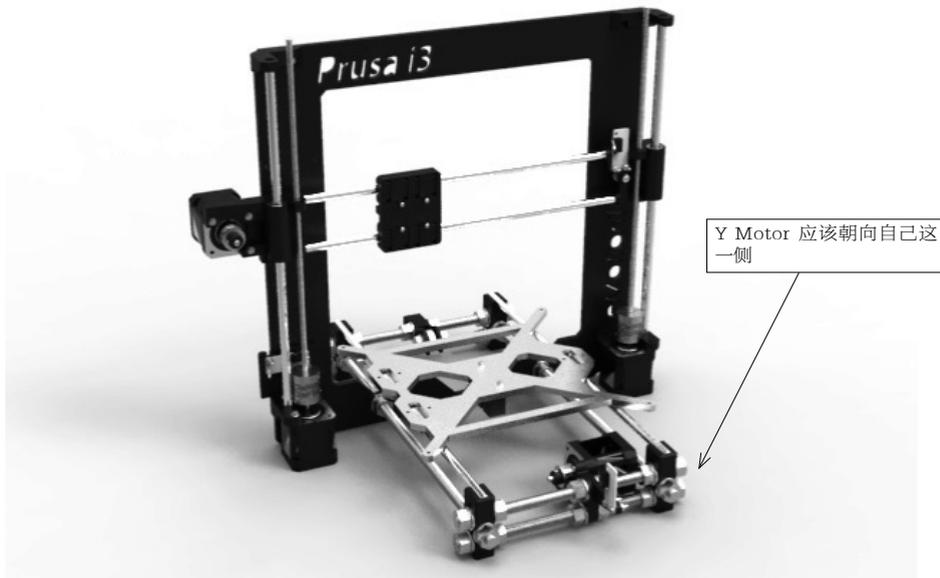


图 3-50 组装好的外部框架



3.3.9 安装同步带

(1) 用一根 760mm 的 GT2 同步带 (Belt), 通过 X Carriage, 然后一端穿过 X End Idler 上的轴承, 再绕回来; 另一端穿过 X End Motor, 套在其上的同步电机中, 再绕回来, 如图 3-51 所示, 注意穿出的两段同步带要一样长。

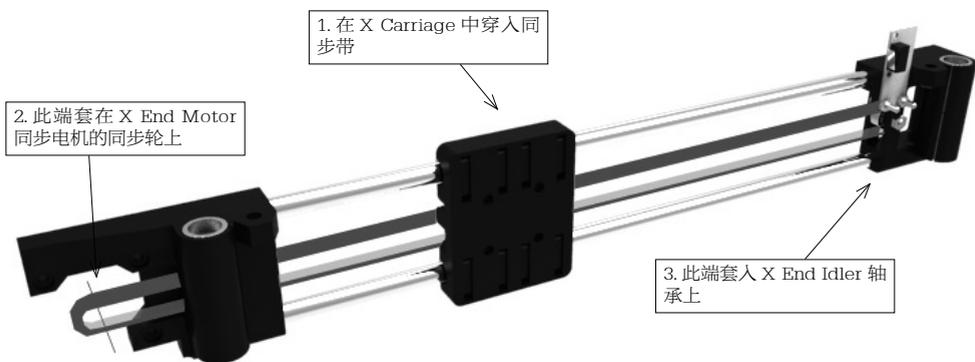


图 3-51 在 X 轴组件中穿入同步带

(2) 分别绕过 X End Idler 和 X End Motor 后, 将同步带重新绕回 X Carriage。此过程要注意同步带应该处于张紧状态, 张紧之后通过扎线带将其固定在 X Carriage 上, 如图 3-52 所示。

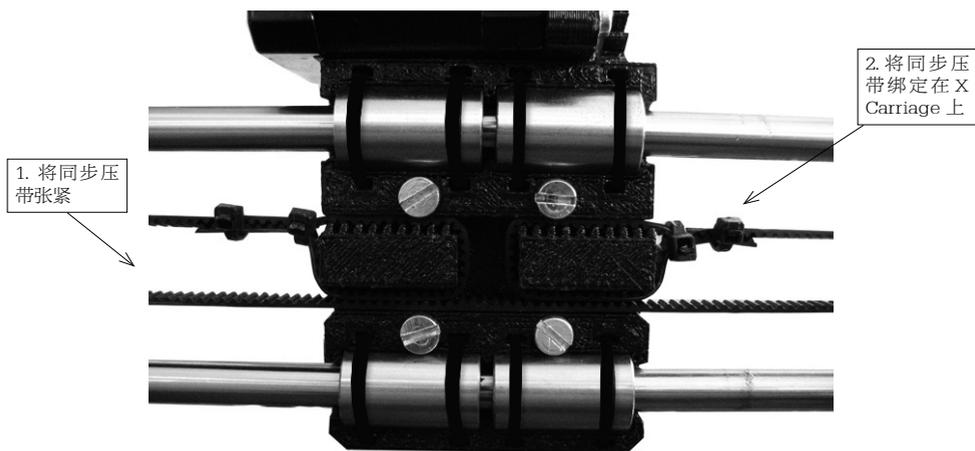


图 3-52 固定 X 轴上的同步压带

(3) 接着安装 Y 轴底盘上的同步压带。需要用到的是 900mm 的 GT2 同步带, 此时可以将同步带的一端先绑定在热床底板下的 Y Belt Holder 上, 如图 3-53 所示。

(4) 将一端延伸绕到 Y Motor 的同步电机的同步轮上, 再延伸出来至 Y Idler 中, 跨过其上的轴承, 接着转回 Y Belt Holder, 然后将其绑定即可, 如图 3-54 所示。

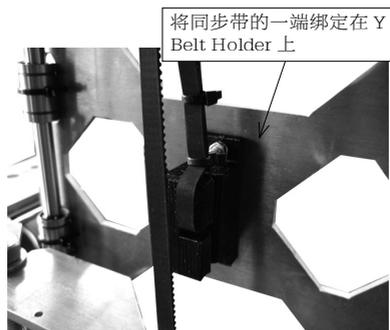


图 3-53 固定 Y 轴上的同步带

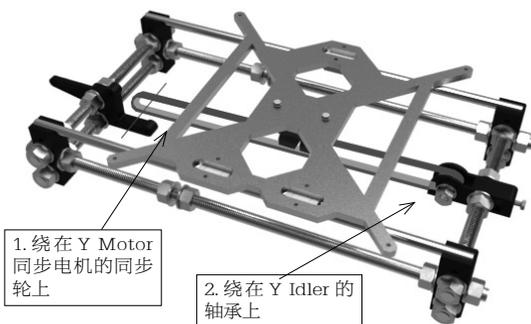


图 3-54 安装 Y 轴上的同步带

至此，Prusa i3 型 3D 打印机的外形部分组装完毕。

3.3.10 安装热床

如果我们打印的是 PLA 材料，那么，这一步可省略，直接用玻璃板或者铝板，上面贴美纹纸即可；而如果我们需要打印 ABS 材料，则必须使用热床，即在打印底板上需要有加热装置。因此本步骤是可选步骤。

操作方法也很简单，直接将电线锡焊在热床对应的 hot 和 LED 指示灯位置，如图 3-55 所示。然后在上面先粘贴好高温胶带或者美纹纸，如图 3-56 所示。



图 3-55 焊接热床电线



图 3-56 粘贴高温胶带

3.3.11 安装挤出机

(1) 在 Wade Extruder Body 中装入两个 M4 的螺母，其中应该正好有相应的六角形安装孔，如图 3-57 所示。在安装的时候要注意用力，不要弄坏组件。

(2) 用一根 M8*20mm 的平头螺钉穿过一个 608 的关节轴承，然后将其安装在 Extruder Idler 的长孔中，如图 3-58 所示。此过程如果手工无法挤进去，可以使用橡胶锤敲进去。



图 3-57 在 Wade Extruder Body 中装入 M4 的螺母



图 3-58 将 608 轴承装入 Extruder Idler 中

(3) 将 Wade Big Gear 齿轮装入 Hobbed Bolt 特制螺钉中，接着垫入两片 $\text{Ø}8$ 的垫片，两个 608 的滚珠关节轴承，然后再垫上一片 $\text{Ø}8$ 垫片，最后用 M8 的锁紧螺母将其全部固定在 Wade Extruder Body 中，如图 3-59 所示。

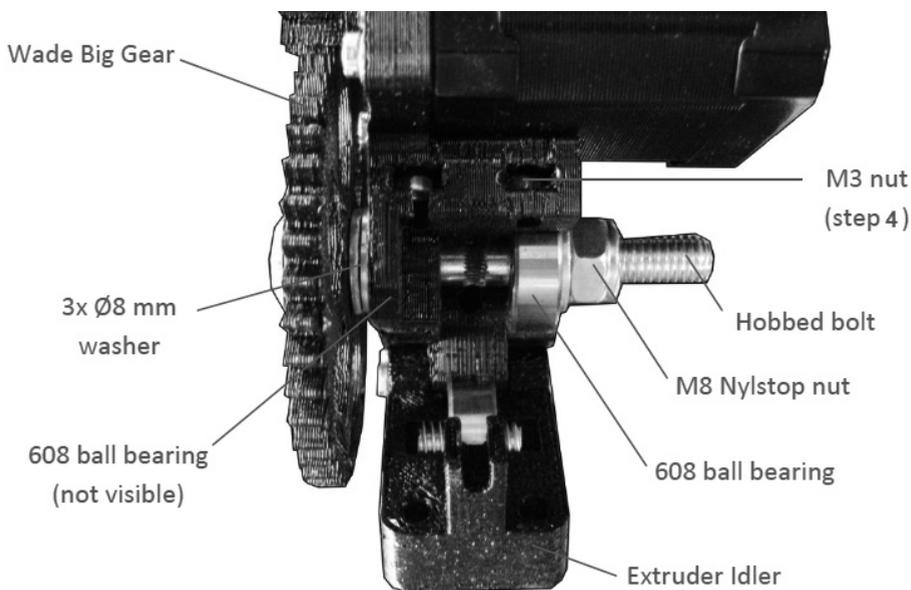


图 3-59 Wade Big Gear 的装配

(4) 接着在 Wade Extruder Body 上面的两个槽中分别放入一个 M3 的螺母，然后将两个弹簧套入两根 M3*60mm 的长螺钉中，尾端用 $\text{Ø}3$ 的垫片进行封闭，最后穿过 Wade Extruder Body 和其中的 M3 螺母拧紧即可，如图 3-60 所示。

(5) 确认喷嘴组件已经组装无误（因为是购买的现成品，所以一般都已经组装好），具体的装配可参考如图 3-61 所示。

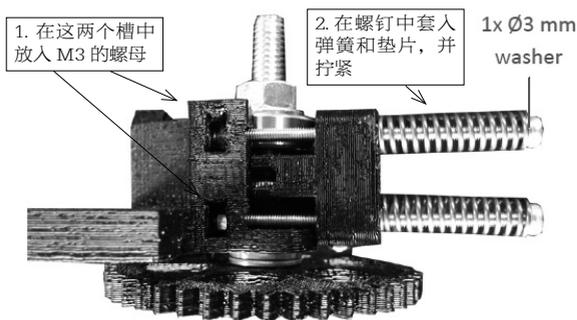


图 3-60 在 Wade Extruder Body 中装入 M4 的螺母

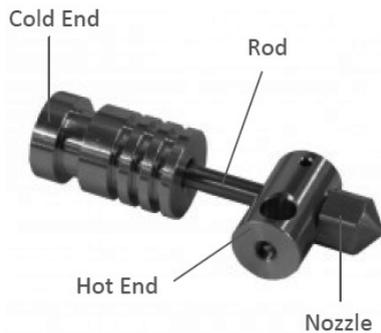


图 3-61 将 608 轴承装入 Extruder Idler 中

(6) 使用 4 根 M3*14mm 的螺钉和 M3 的螺母将 4*4 规格的风扇 (Fan) 固定在风扇座上 (Fan Duct)，如图 3-62 所示。注意，不要将风扇装反。



图 3-62 将风扇和风扇座连接起来

(7) 将 Wade Extruder Body 中 $\text{Ø}16$ 的孔清理干净，然后插入喷嘴组件 (用 Cold End 插入)，然后通过两根 M3*30mm 的螺钉固定住其中的 Cold End，从而将喷嘴组件固定住。接着在 Wade Extruder Body 安装已经连接好风扇的风扇座，喷嘴组件组装完毕，如图 3-63 所示。



图 3-63 喷嘴组件



(8) 通过 X Carriage 上面的 M4 螺钉孔位置, 使用两个 M4*30mm 的螺钉和对应螺母, 将喷嘴组件固定在 X Carriage 上, 如图 3-64 所示。

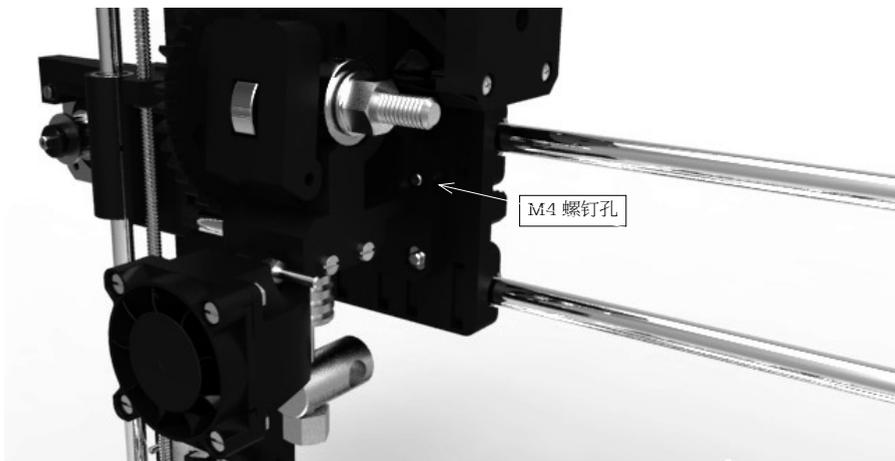


图 3-64 将喷嘴组件安装在 X Carriage 上

(9) 取一个同步电机, 然后将 Wade Small Gear 这个小齿轮套在其传动轴上, 并用 M3 的紧定螺钉锁紧, 如图 3-65 所示。

(10) 将此同步电机安装在 Wade Extruder Body 上, 其中有对应的安装位置和螺钉孔, 使用 3 个 M3*14mm 的螺钉和 3 个 $\text{Ø}3$ 的垫片进行固定。要确保安装后的大、小齿轮啮合顺畅, 如图 3-66 所示。

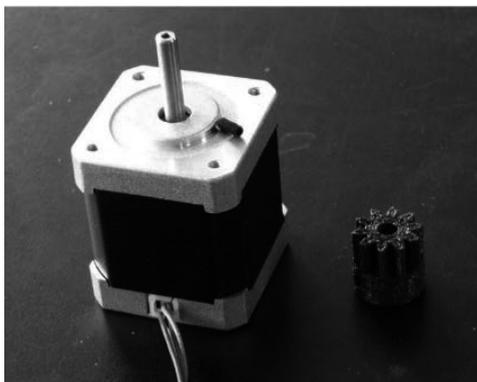


图 3-65 将 Wade Small Gear 装在同步电机上

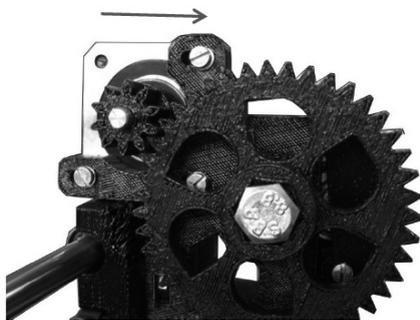


图 3-66 将同步电机安装至挤出机上

(11) 将加热电阻插入喷嘴组件 Hot End 的大孔中, 接着组装好另一个电热调节器, 通过喷嘴上的槽口用高温硅片连接在一起, 如图 3-67 所示。至此, 挤出机安装完毕。



图 3-67 插入加热电阻

3.3.12 安装电路部分

- (1) 将 RAMPS 开发板安装至 Atmega 2560 上。
- (2) 各控制部件在 RAMPS 上的对应位置如图 3-68 所示。

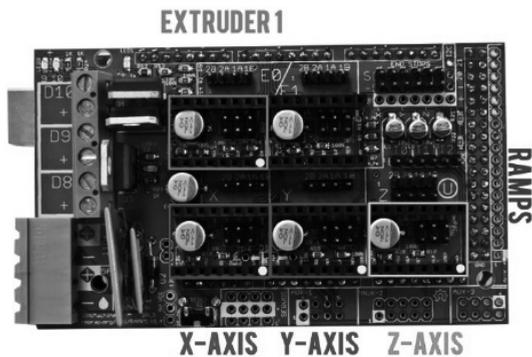


图 3-68 RAMPS 的位置

- (3) 电器元件在外部框架上的对应位置如图 3-69 所示。

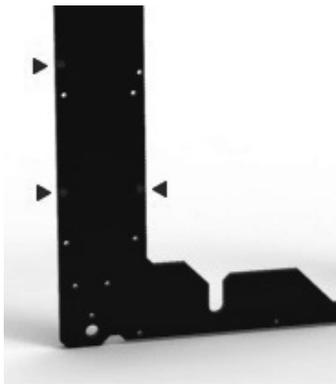


图 3-69 框架上的安装位置



(4) 所有线路连接请参考 RAMPS 接线大图，如图 3-70 所示。

RepRap Arduino Mega Pololu Shield 1.4

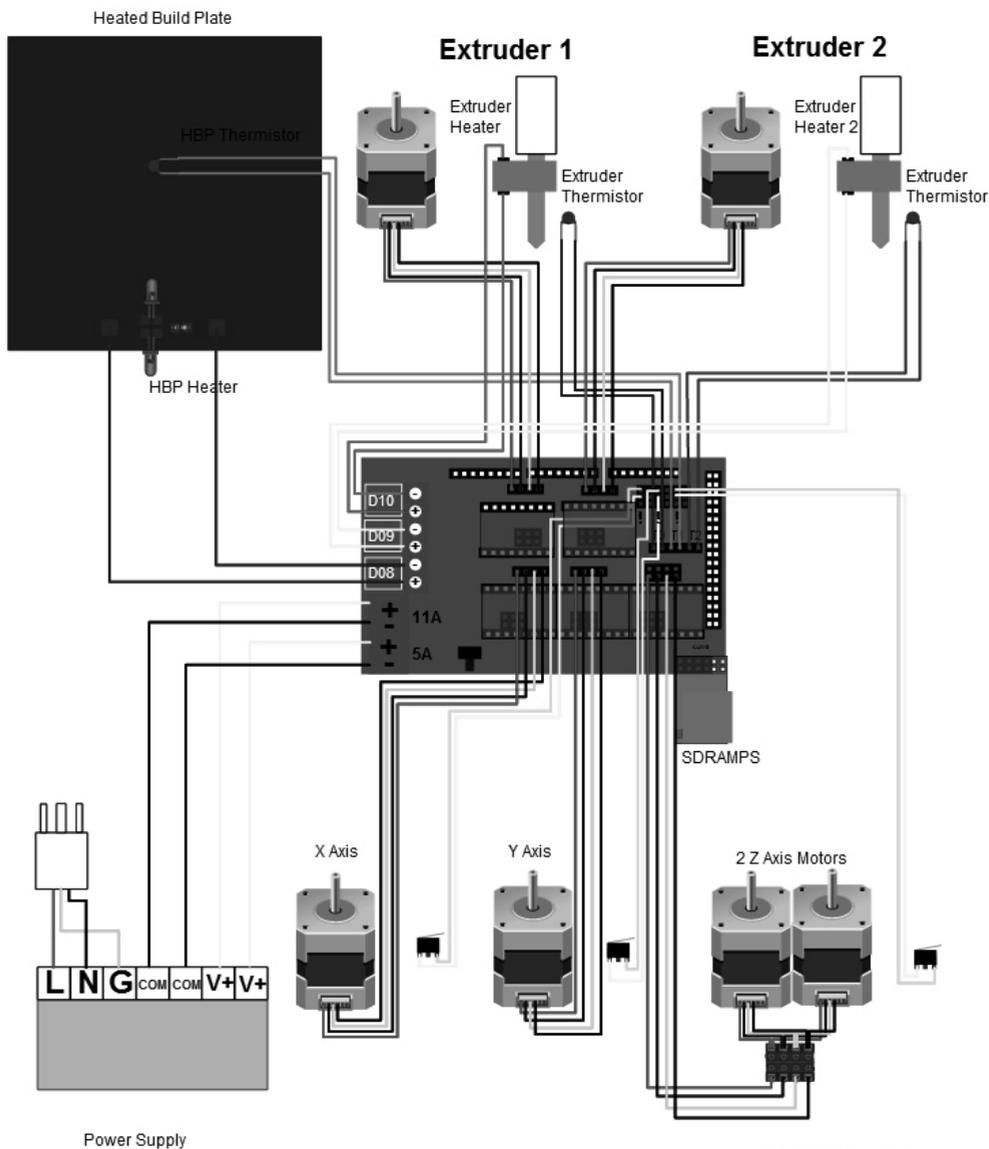


图 3-70 RAMPS 接线大图

(5) 参考如图 3-71 所示，连接 RAMPS 上的 Endstop 连线。

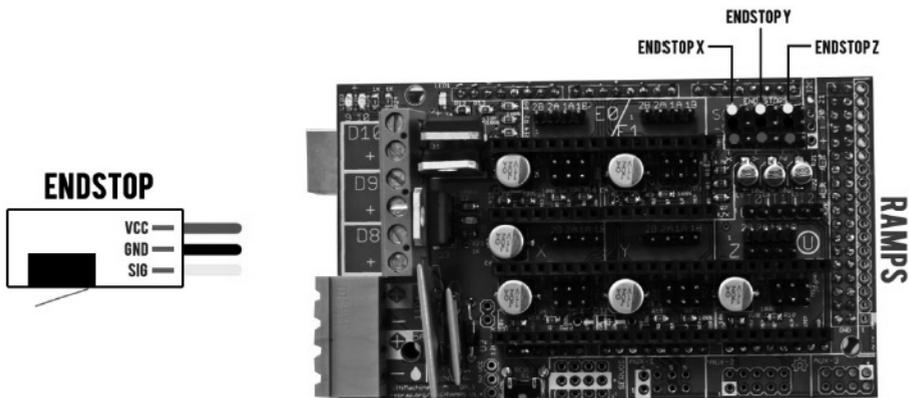


图 3-71 RAMPS 上的 Endstop 连线

(6) 参考如图 3-72 所示，连接 RAMPS 上的风扇。

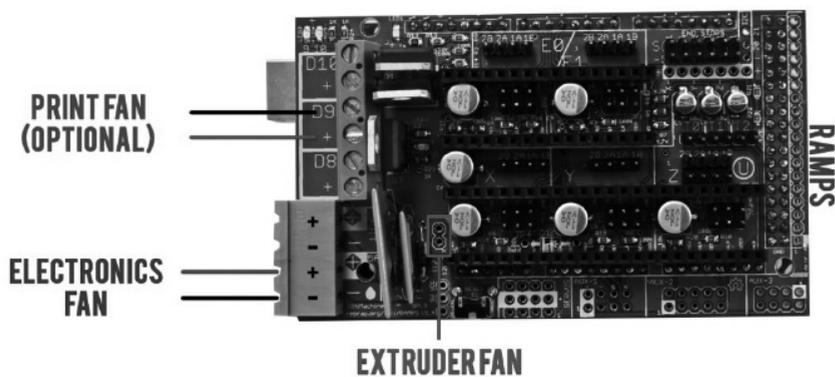


图 3-72 RAMPS 上的风扇连线

(7) 参考如图 3-73 所示，连接 RAMPS 上的电源连线。

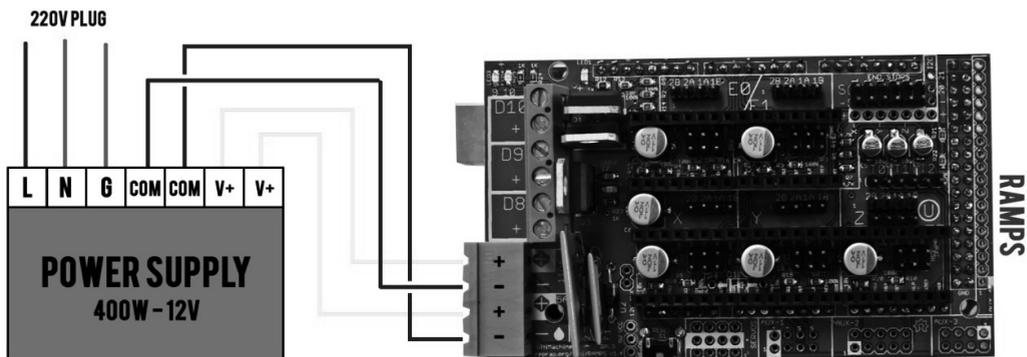


图 3-73 RAMPS 上的电源连线



3.3.13 组装完毕

至此 3D 打印机就组装完毕了，再将打印机进行调平等调节操作，即可进行切片打印了。最终的 3D 打印机装配成品和打印样品分别如图 3-74 和图 3-75 所示。

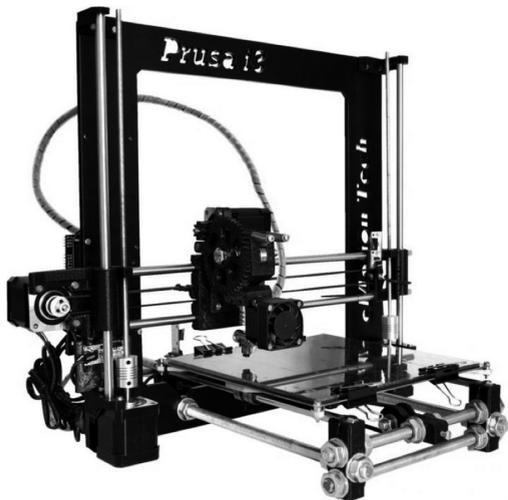


图 3-74 组装完成的 Prusa i3 打印机

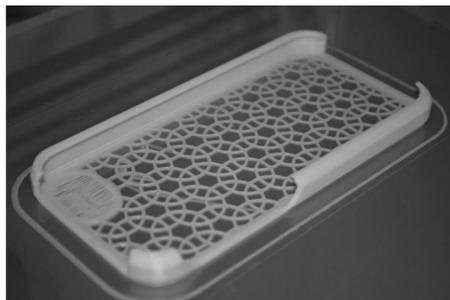


图 3-75 打印样品

3.4 Cura 切片软件的设置

在第 1 章的 1.3.2 小节中，我们简单介绍过 Cura 切片软件，但这点介绍还不足以支持创业者去做出实际的切片数据和打印模型，因此本节将详细介绍 Cura 软件的使用方法和其中的参数设置，增强创业者这些实际应用上的能力。

3.4.1 下载 Cura 与操作简介

Cura 是 Ultimaker 公司设计的 3D 打印用切片软件，因此我们可以访问 Ultimaker 公司的官网去下载（<http://wiki.ultimaker.com>）。

(1) 打开网页浏览器，在地址栏中输入 <http://wiki.ultimaker.com>。也可以在搜索框中输入 Ultimaker 进行搜索，然后在新打开的页面中选择官网并进入，打开后的 Ultimaker 官网页面，如图 3-76 所示。和 RepRap 一样，都是英文显示的。

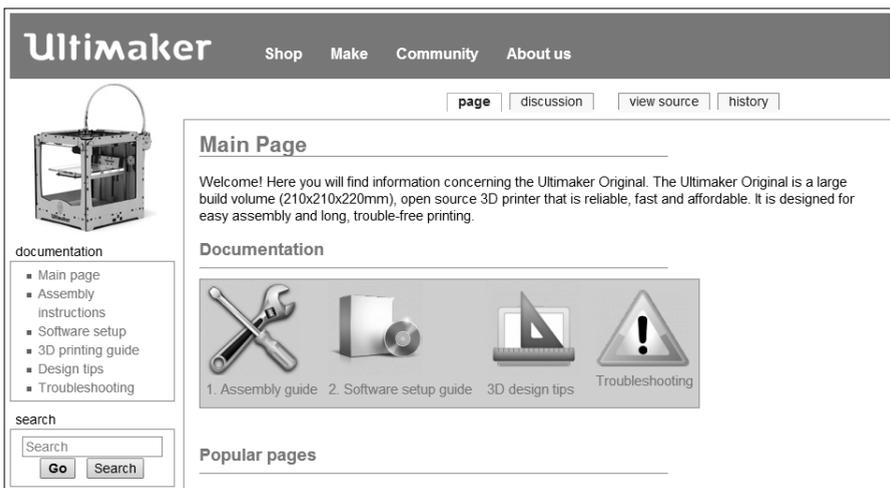


图 3-76 Ultimaker 主页

(2) 在左下方的 search 搜索框中输入 Cura，单击 Go 按钮，进行搜索。搜索完毕后页面会自动跳转到 Cura 界面，然后单击其中的下载页面链接即可，如图 3-77 所示。

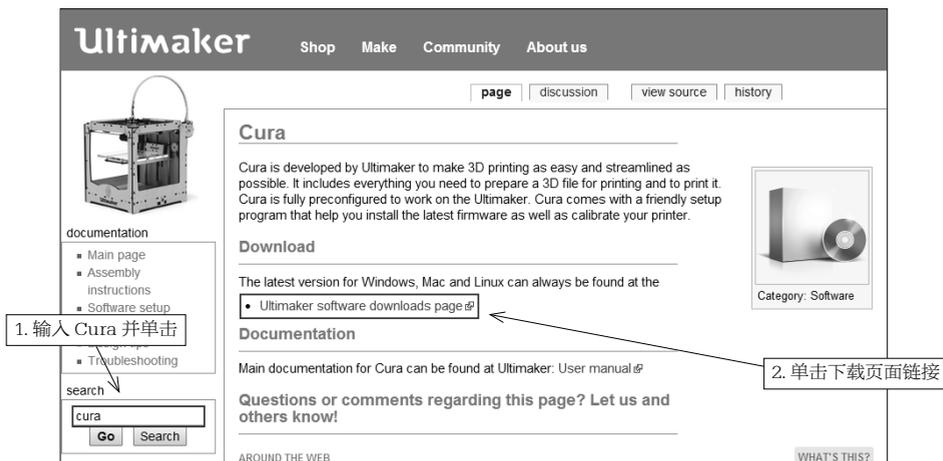


图 3-77 跳转至 Cura 界面

(3) 页面跳转到 Cura 的下载页面，在其中根据使用的计算机操作系统选择对应的软件版本即可，如图 3-78 所示。

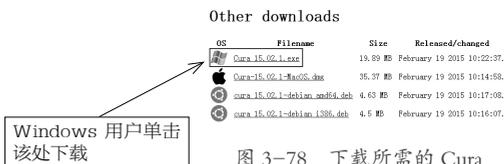


图 3-78 下载所需的 Cura

提示：在官网中下载的 Cura 一般都是英文版本，而且都是最新的。为了操作方便，创业者可以考虑自行在网上寻找网友破译后的汉化版本进行下载，也不会影响使



用。本书为了观看和介绍方便，一律采用汉化版本。

3.4.2 初始设置

与其他软件一样，Cura 安装好之后还不能直接使用，需要对它进行一些初始设置。Cura 的初始设置主要有添加打印机、设定支持的 G_code 和替换 G_code 的起始和结束代码。

(1) 第一次启动 Cura 后，软件会直接弹出“设置你的机型”对话框，我们选择其中的“其他机型”，选择后单击 Next 按钮，如图 3-79 所示。



图 3-79 “设置你的机型”对话框

(2) 打开“其他机器信息”对话框，在其中选择具体的机器型号，这里以 3.3 节中创建的 Prusa i3 为例，选取 Prusa mendel i3 选项，再单击 Next 按钮，如图 3-80 所示。当然，如果创业者使用的是 Makerbot 或者其他类型的机器，都可以选择对应的选项或者自定义。



图 3-80 “其他机器信息”对话框

(3) 如果创业者的使用的是非标机型,那么,可以选择“自定义”选项,然后进入“定制的 RepRap 信息”对话框,在其中可以设置自己机型的打印尺寸和喷嘴直径等硬件参数,如图 3-81 所示。

(4) 在新打开的界面中单击 Finish 按钮,即可进入 Cura 的工作界面,如图 3-82 所示。打印机的各项参数已经按选择的机型进行了设置。

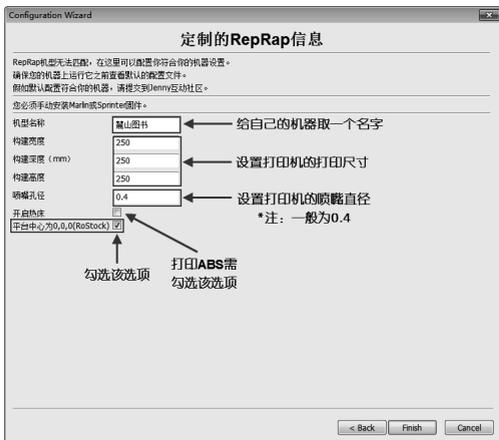


图 3-81 “定制的 RepRap 信息”对话框

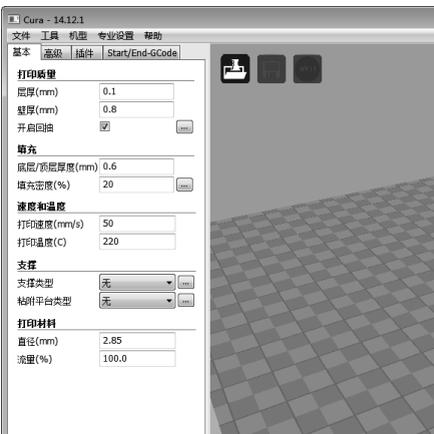


图 3-82 Cura 工作界面

打印机添加完毕后,我们还需要选择它们各自支持的 G_code。具体操作步骤如下:

(1) 单击“机型”菜单栏中的“机型设置”选项,如图 3-83 所示。

(2) 系统自动打开“机型设置”对话框。在该对话框上方可以看到所创建的机型,接着在“G_code 类型”下拉列表中选择自己机器对应的 G_code 即可,如图 3-84 所示。



图 3-83 选择“机型设置”



图 3-84 “机型设置”对话框

Cura 中默认的起始和结束代码是无法用于 3D 打印的,因此需要将其替换为可执行的操作代码。具体操作步骤如下:

(1) 单击 Start/End G-code 选项卡,选择其中的 start.G-code,然后将其下方的所有代码行删除,替换成如下代码,具体如图 3-85 所示。



```
G21
G28
G90
G1 X20 Y80 Z0 F1200
G91
M104 S230
M140 S110
M108 R222
M101
G92 E0
G1 E18 F200
G92 E0.2
G90
G1 X60 F600
```

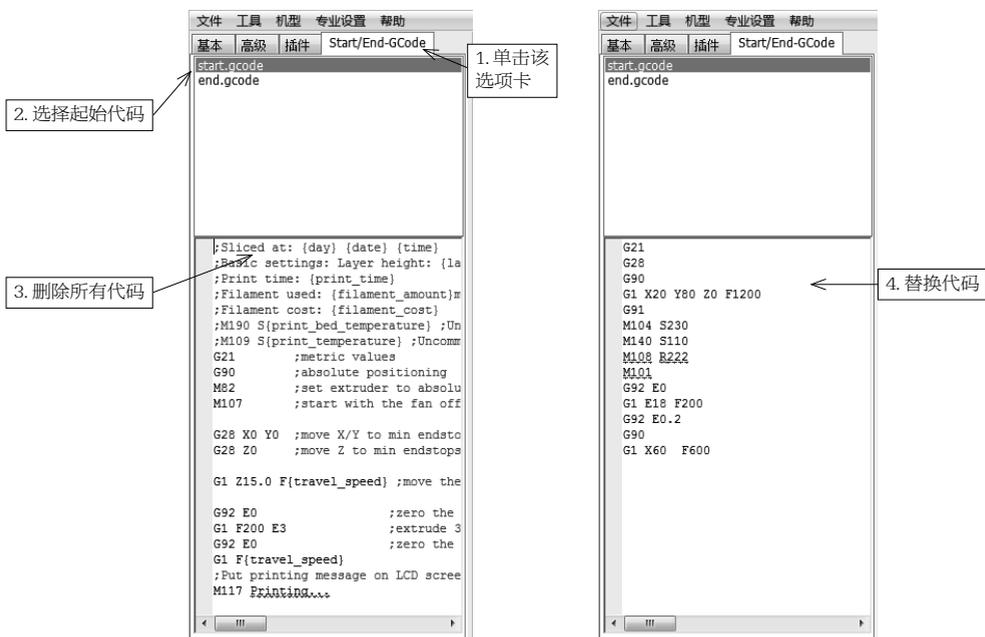


图 3-85 替换起始代码

(2) 接着选择 end.G-code，按同样方法删除其下的所有代码，然后替换成如下代码，如图 3-86 所示。

```
G91
G1 Z5 F600
G90
G0 X20 Y100
M103 T0 (Extruder off)
```

```
M18 (Turn off steppers)
M104 S0
M140 S0
```



图 3-86 替换结束代码

3.4.3 “基本”选项卡参数设置

通过图 3-82 我们可知，Cura 软件的工作界面主要由 4 个选项卡组成：“基本”“高级”“插件”和 Start/End G-code。而其中与打印有关的参数设置一般在“基本”和“高级”两个选项卡中，因此这两个选项卡也是各位创业者学习的重点。

“基本”选项卡是打印中最常用到的基本参数集合，通过该选项卡可以满足大多数模型打印的设置。其中包含 5 个参数组，分别介绍如下。

- 层厚：可用于设定打印的层厚，这是最影响打印质量的设置。一般参数在 0.1~0.3，数值越小打印模型越精细，但是相应的打印时间会越长，同理，数值越大则打印越快，可以自行根据需要设置。具体差别如图 3-87 所示。



图 3-87 不同层厚的区别

- 壁厚：这是模型水平方向的边缘厚度，即打印模型的外壳厚度。该数值必须大于喷嘴直径，一般设置成喷嘴直径的相应倍数，该参数也决定了边缘的走线次数。不同壁厚的区别如图 3-88 所示（中间网格为填充）。

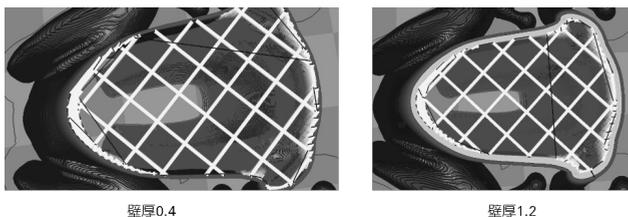


图 3-88 不同壁厚的区别

- 开启回轴：当在非打印区域移动喷嘴时，适当地回抽耗材能避免多余的挤出和拉丝。在“高级”选项卡中有更多的相关设置。
- 底层/顶层厚度：该参数决定了底层和顶层的厚度，以及上、下表面的视觉效果（起始表面和最后的封口表面）。通过“层厚”和该参数即可计算出打印的实心层数量。该参数应该是“层厚”的倍数，且该参数越接近“层厚”，打印模型的强度就越均匀。
- 填充密度：该数值在 0~100 之间，表示不同的填充密度。打印实心模型即为 100，空心物体为 0，通常为 20。该参数不会影响模型的外观，它一般用来调整物体的强度和手感（空心模型质量比预想的轻）。具体差别如图 3-89 所示。

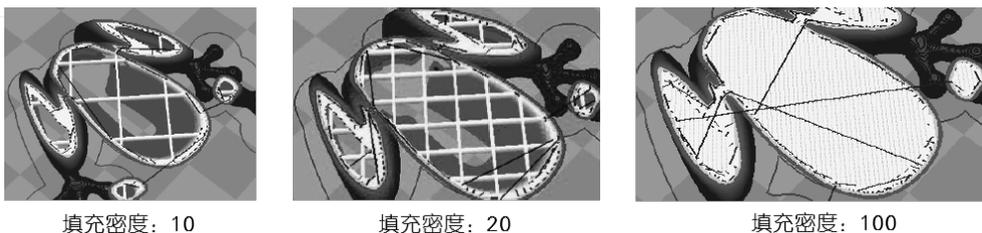


图 3-89 不同填充密度的区别

- 打印速度：即喷嘴的移动速度。推荐最快的打印速度为 150mm/s，但为了获得更好的模型外观质量，通常建议将打印速度设置在 80mm/s 以下，一般设置在 50~60mm/s 之间。打印速度的设置需要考虑很多因素，创业者可以根据实际使用情况不断进行调试和修改。
- 打印温度：即打印时的喷嘴温度。PLA 通常设置为 210℃，而 ABS 设置为 230℃。
- 热床温度：即热床的初始温度。当选择使用热床的打印机时需要设置，一般为 70℃。

“支撑类型”下拉列表中包含 3 种支撑选项，具体区别如下。

- 无：即不会创建支撑。
- 触摸搭建平台：仅会生成接触到打印平台的支撑结构，如图 3-90 所示。

- 任何地方：会在模型的所有悬空位置都创建支撑结构，如图 3-91 所示。

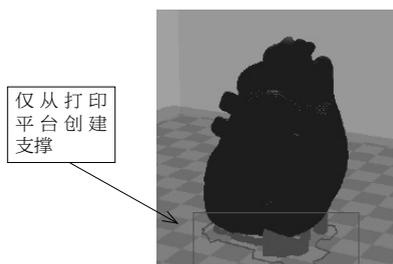


图 3-90 “触摸搭建平台”支撑方式

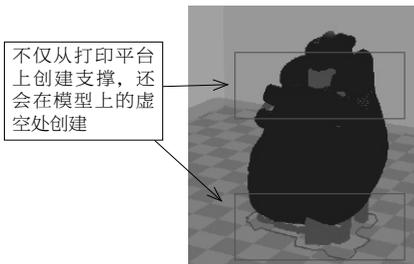


图 3-91 “任何地方”支撑方式

“粘附平台类型”下拉列表中同样包括 3 个选项，可以用来防止模型在打印时起翘，具体说明如下。

- 无：即不创建粘附平台。如果打印机的打印平台调得很平，且其上的高温胶带或者美纹纸没有被撕坏，可以使用“无”选项，如图 3-92 所示。
- 边沿：开始打印时会在模型底边周围增加一圈薄层，是推荐的使用选项。打印表现如图 3-93 所示。
- 筏：会在打印模型前先打印一个网状底座，网状底座对于不佳的打印平面可以起到很好的作用，只是在模型打印完后比较难以从打印平台上取下，打印效果如图 3-94 所示。

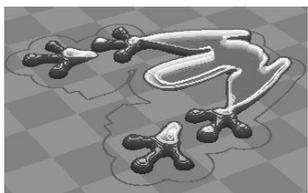


图 3-92 粘附平台类型为“无”

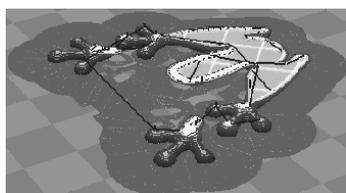


图 3-93 粘附平台类型为“边沿”

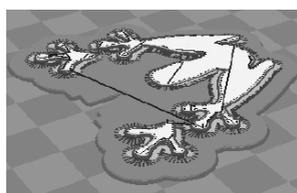


图 3-94 粘附平台类型为“筏”

- 直径：即为打印耗材的直径，每种机器所使用的耗材直径很可能不一样，这个需要根据具体情况来进行设置。
- 流量：即为出丝比例，一般设置为 100。

3.4.4 “高级”选项卡参数设置

“高级”选项卡可以进一步设置打印时的参数，对于一些复杂的模型来说需要用到。与“基本”选项卡一样，也包含 5 个参数组，具体介绍如下。

其中只有一个“喷嘴孔径”文本框，按打印机的真实喷嘴孔径输入即可，一般为 0.4。



- 回抽速度：即回抽耗材时的速度。设定较高的速度可以达到较好的效果，但是过高的速度又会导致丝的磨损，需要操作者根据具体情况设置。
- 回抽长度：即耗材进行回抽时的长度。同样需要操作者根据实际情况进行设置。
- 首层层高：即底层的厚度。较厚的底部能使材料和打印平台粘附得更好，如果设置为0则使用“层厚”值作为初始层厚，一般设置为0.3，可以获得很好的打印效果，也易于从平台上剥离模型。
- 首层线宽：即底层的出丝比例，同样设置为100。
- 底部切除：即下沉模型，将模型底部按设置值剪裁掉。下沉进平台的模型部分不会被打印出来，因此当模型底部不平，或者太大时，可以使用这个参数，切除一部分模型再打印。具体使用情况如图3-95所示。

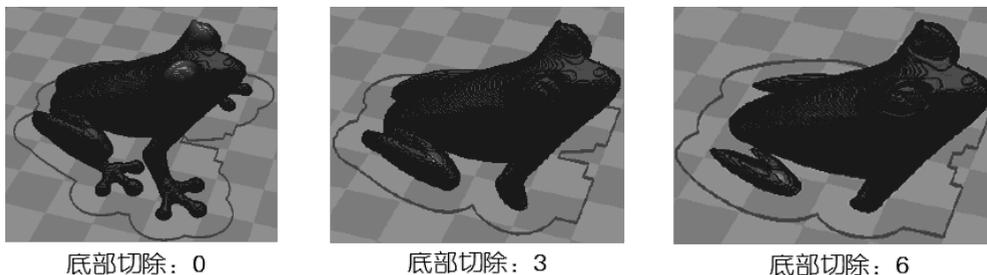


图3-95 “底部切除”示例

- 双挤出重叠：此为双喷嘴打印机的选项，单喷嘴的打印机不需要设置。
- 空程速度：此移动速度指非打印状态下的喷嘴移动速度，尽量设置为最高速度。
- 首层速度：即打印底层的速度。该值通常设置得很低，这样就能让底层和平台粘附得更好。
- 填充速度：即打印内部填充时的速度。当设置值为0时，会使用“打印速度”作为打印填充的速度。快速打印模型的填充部分能节省大量的打印时间，但是会对打印质量产生一定的消极影响，一般设置在50~70之间。
- 外壳速度：即打印外壳时的速度。当设置值为0时，会使用“打印速度”作为打印外壳的速度。使用较低的外壳速度可以提高模型的打印质量，但是如果外壳和内部填充的打印速度差别太大，会对模型质量造成不好的影响，一般设置在40左右。
- 内壁速度：即打印内壁时的速度。当设置值为0时，会使用“打印速度”作为打印内壁的速度。使用较高的打印内壁速度可以节省打印模型的时间，通常设置为40左右。

“填充速度”“外壳速度”和“内壁速度”，这三者之间的关系相辅相成，操



作者需要细加摸索，注意掌握。

- **每层最小打印时间：**即打印每层至少要耗费的时间。在打印下一层前，留一定时间让当前层冷却，如果当前层会被很快打完，那么，打印机则会适当降低速度，以保证每层最小的打印时间。
- **开启风扇冷却：**是否开启冷却风扇。在快速打印和打印 PLA 时是很有必要的。