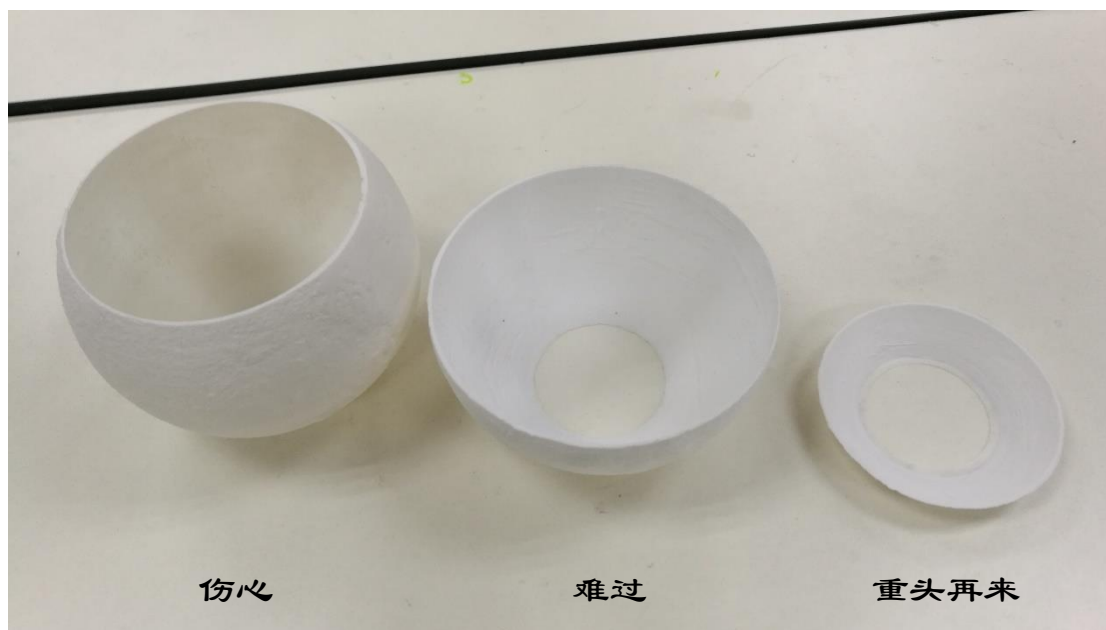


3D 打印之挽救月球灯

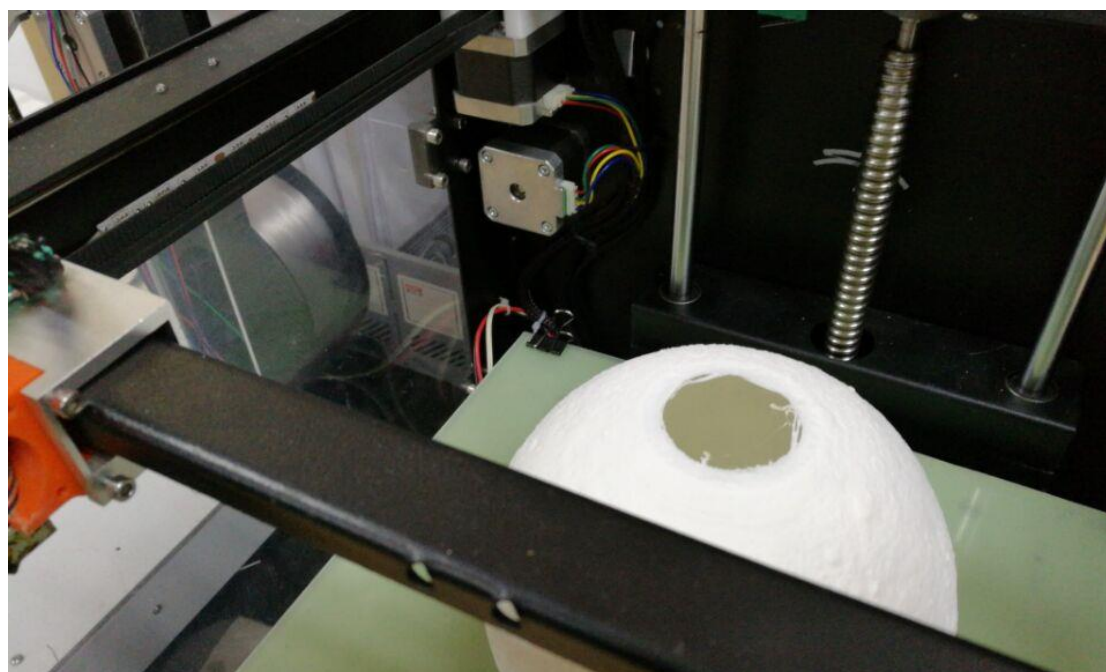
3D 打印技术得到发展给我们带来了巨大的便宜，同时也带来了不少的烦恼。特别是对于一些经常因喷头堵住、绞丝、断丝、断电等出 Bug 的打印机，那可真是让人欲哭无泪。近期，月球灯的打印在打印界火了起来，不管是送人还是作为装饰品，月球灯确实是一个不错的选择。先上几张月球灯效果图吧！



打印过月球灯的朋友一定了解，打印一个完整的月球灯往往需要一个机器昼夜不停的打印 30-50 个小时，而这段时间里不能出任何问题，否则都会前功尽弃。然而打印机出 Bug 是难免的，以下就是机器出问题而废掉的月球灯。



相信遇到上面的情况都是这样的心情，然而如果你遇到下面这种情况又会是怎样的心情呢？



这个月球灯最终在还需要 1 个多小时就能完工时却因喷头堵住中断了，花费 30 几个小时最终却要面临重头再来的命运。对于打印的人来说那真是欲哭无泪呀。为了挽回月球灯，我们做了各种尝试，最终找到了一种相对可靠的方法。先上一张这个要打完的模型的修补完整模型。从图可以看出，此方法修复模型还是可行的，只不过处理不当还是会留下痕迹，技术还有待改进。



以下方法只针对使用 G 代码控制程序的 3D 打印机，并且要求至少 X、Y 轴归零不会干涉模型，本方法是基于 G 代码的更改实现的，所以对于一些自适应切片软件的打印机此方法行不通。

对于一个 140mm 的月球灯用 0.1mm 层厚切片后的 G 代码文件 257MB，文件高达 8393029 行，可见复杂程度之高，打印时间之长。（G 代码可以用记事本打开，时间较长，大家要有耐心，在这里我用的是 Notepad 以便于给大家讲解）

```

8393008 ;TYPE:SKIN
8393009 G1 F600 X124.863 Y113.573 E758.38452
8393010 G0 F7200 X124.989 Y113.653
8393011 ;TIME ELAPSED:112668.767363
8393012 G1 F1500 E751.88452
8393013 M107
8393014 M104 S0 ;extruder heater off
8393015 M140 S0 ;heated bed heater off (if you have it)
8393016 G91 ;relative positioning
8393017 G1 E-1 F300 ;retract the filament a bit before lifting the nozzle, to release som
8393018 G1 Z+0.5 E-5 X-20 Y-20 F9000 ;move Z up a bit and retract filament even more
8393019 G28 X0 Y0 ;move X/Y to min endstops, so the head is out of the way
8393020 M84 ;steppers off
8393021 G90 ;absolute positioning
8393022 M82 ; absolute extrusion mode
8393023 M104 S0
8393024 ;End of Gcode
8393025 ;SETTING_3 {"global_quality": "[general]\\nversion = 2\\nname = empty\\ndefiniti
8393026 ;SETTING_3 on = ultimaker2\\n\\n[metadata]\\nquality_type = normal\\nntype = qual
8393027 ;SETTING_3 ity_changes\\n\\n[values]\\nadhersion_type = none\\ninfill_sparse_dens
8393028 ;SETTING_3 ity = 100\\n\\n"}
8393029
    
```

要想挽救月球，最主要的便是解决如何续打，在机器出问题后，一般的机子是不带有各项检测错误的功能，不能记录何时出错，暂停并保存。在机子身上寻找办法是行不通的，那么就只有代码上了。要挽救月球需要哪些准备呢？

1. 打印月球灯的原始 G 代码。
2. 一台三轴独立运动并且采用 G 代码文件打印的打印机。

3. 月球灯还未摘除。

我们先了解几条 G 代码语句：

```

9 M82 ; absolute extrusion mode
10 G21 ;metric values
11 G90 ;absolute positioning
12 M82 ;set extruder to absolute mode
13 M107 ;start with the fan off
14 G28 Z0 ;move Z to bottom endstops
15 G28 X0 Y0 ;move X/Y to endstops
16 G1 X15 Y0 F4000 ;move X/Y to front of printer
17 G1 Z15.0 F9000 ;move the platform to 15mm
18 G92 E0 ;zero the extruded length
19 G1 F200 E10 ;extrude 10 mm of feed stock
20 G92 E0 ;zero the extruded length again
21 G1 F9000
22 M117 Printing...
23 ;LAYER COUNT:1288
24 ;LAYER:0
25 M107
26 G0 F3600 X97.523 Y91.127 Z0.3

```

其中 G28 是移动到原点，即为归零，14、15 行应当调换，即先 X、Y 复位，后 Z 复位，以免在 Z 复位后移动 X、Y 撞着打印件，此更改可以在切片软件起始代码更改。第 23 行代表着切片工 1289 层，此后便从 0 层开始打印，直到结束。（分号后为注释）

下面是几条后面会用到的语句解析，要想了解更多的关于 3D 打印的 G 代码详细详细，可往 <http://reprap.org/wiki/G-code> 查看。

G90: Set to Absolute Positioning 设置成绝对定位

Example: G90

All coordinates from now on are absolute relative to the origin of the machine. (This is the RepRap default.)
所有坐标从现在开始变成绝对坐标，即与机器原始位置相对的...RepRap的默认...

G91: Set to Relative Positioning 设置成相对定位

Example: G91

All coordinates from now on are relative to the last position
所有坐标从现在开始变成相对于当前位置的相对坐标

G92: Set Position 设置位置

Example: G92 X10 E90

首先确定打印机归零位置，判断 Z 轴复位是否会与打印件碰撞。因为这将直接影响以下操作。（还未打印模型的可以先试试，平台有模型的就得小心了哟。）

一、Z 轴复位不会触碰打印件

1、要想续打模型，最主要的便是找到模型现如今打印位置，其实也就是高度。对于 Z 轴能复位的机子可以采用先 X、Y 复位再 Z 复位，以原点开始移动喷头，记录喷头高度，让喷头触碰打印模型上沿，以此确定模型高度，比如 Z=124.6mm。

2、打开 G 代码(可用记事本打开)，在这里，层厚设计的是 0.1mm，Z=124.6mm，故搜索“Z124.7”，我这里显示的是在第 1244 层，紧接着便是删除以打印层数的

代码，即 0~1243 层的代码。将光标移至 8279635 行的末尾（“;LAYER:1244”之前），拖动右侧滚动条回到 24 行（“;LAYER:0”处）按住 Shift 键鼠标点击 24 行开头（“;LAYER:0”之前）即可选中代码，点击 Delete 键删除代码。（注：具体删除多少行以前代码，可以根据具体的片子以及定高度误差做出相应调整。）

```
8279631 G0 X107.566 Y118.698
8279632 G0 X107.302 Y116.966
8279633 G0 X107.301 Y114.069
8279634 G0 X107.767 Y100.827
8279635 ;TIME_ELAPSED:110225.337781
8279636 ;LAYER:1244
8279637 G0 X107.767 Y100.827 Z124.7
8279638 ;TYPE:WALL-INNER
8279639 G1 F3600 X107.789 Y100.84 E3917.75129
8279640 G1 X108.134 Y101.041 E3917.75793
8279641 G1 X108.376 Y100.492 E3917.76791
8279642 G1 X108.546 Y100.533 E3917.77082
```

删除后的结果如下，在这里我把归零顺序更改了：

```
14 G28 X0 Y0 ;move X/Y to endstops
15 G28 Z0 ;move Z to bottom endstops
16 G1 X15 Y0 F4000 ;move X/Y to front of printer
17 G1 Z15.0 F9000 ;move the platform to 15mm
18 G92 E0 ;zero the extruded length
19 G1 F200 E10 ;extrude 10 mm of feed stock
20 G92 E0 ;zero the extruded length again
21 G1 F9000
22 G0 Z125;
23 G92 E3917.75;
24 M117 Printing...
25 ;LAYER_COUNT:1288
26 ;LAYER:1244
27 G0 X107.767 Y100.827 Z124.7
28 ;TYPE:WALL-INNER
29 G1 F3600 X107.789 Y100.84 E3917.75129
30 G1 X108.134 Y101.041 E3917.75793
```

3、紧接着就是增加一些过度代码了，首先喷头要从归零位置后移动到打印平面来，因此需要增加代码“G0 Z125;”高于 124.6 即可，应当要注意的是此条代码**必须**加在 17 行的“G1 Z15.0 F9000 ;”之后另起一行。其次便是在 27 行有“E3917.75129”因此必须在之前添加一条“G92 E3917.75”。G92 代码作用是设置当前位置的坐标，如果没有这条代码，由于 20 行有“G92 E0;”，当执行到 27 行是，挤出机将挤出 3917.7129 长度的丝，将会出大问题。（注意是英文格式的分号“;”）

```

11 G90 ;absolute positioning
12 M82 ;set extruder to absolute mode
13 M107 ;start with the fan off
14 G28 X0 Y0 ;move X/Y to endstops
15 G28 Z0 ;move Z to bottom endstops
16 G1 X15 Y0 F4000 ;move X/Y to front of printer
17 G1 Z15.0 F9000 ;move the platform to 15mm
18 G92 E0 ;zero the extruded length
19 G1 F200 E10 ;extrude 10 mm of feed stock
20 G92 E0 ;zero the extruded length again
21 G1 F9000
22 M117 Printing...
23 ;LAYER_COUNT:1288
24 ;LAYER:1244
25 G0 X107.767 Y100.827 Z124.7
26 ;TYPE:WALL-INNER
27 G1 F3600 X107.789 Y100.84 E3917.75129
28 G1 X108.134 Y101.041 E3917.75793
29 G1 X108.376 Y100.492 E3917.76791
    
```

4、至此，所有的准备都已经就绪了，开机，导入代码，运行，检验成果。

二、Z 轴复位不会触碰打印件

1、对于 Z 不能复位的机器，就不能采用机器本身进行高度测量，必须采用相应的工具测量。这里我们用了图上的高度尺，不过的注意不要将平台压弯。记录模型高度 Z=76.6mm.



2、调整喷头高度，将喷头移至模型上沿平面上，保证喷头高度不变将喷头移开模型。

3、修改代码，这种修改方法与上一个有些相似之处，首先是删除打印过的

代码，具体删除高度大家要调试一番，这里我删除了 Z 小于 76.7mm 以内的代码，删除方法同上。同时需要删除 Z 轴的复位代码，只保留 X、Y 轴的复位代码，以及 Z 轴的提高代码（原本在 15 行和 17 行）。如下：

```

14 G28 X0 Y0 ;move X/Y to endstops
15 
16 G1 X15 Y0 F4000 ;move X/Y to front of printer
17 
18 G92 E0 ;zero the extruded length
19 G1 F200 E10 ;extrude 10 mm of feed stock
20 G92 E0 ;zero the extruded length again
21 G1 F9000
22 M117 Printing...
23 ;LAYER_COUNT:1288
24 ;LAYER:764
25 G0 X74.578 Y69.775 Z76.7
26 ;TYPE:WALL-INNER
27 G1 F3600 X75.387 Y68.91 E1107.79647
28 G1 X75.466 Y68.864 E1107.79799
29 G1 X75.862 Y68.578 E1107.80612
    
```

4、在 Z76.7 所在语句之前添加“G92 Z76.6;”、“G0 Z80;”、“G92 E1107.79;” 三条代码。其意义分别为：把当前喷头所在高度设定为 76.6mm；将喷头移动到 80mm 高度；将当前进丝位置设定为 1107.79，作用同上。

```

14 G28 X0 Y0 ;move X/Y to endstops
15 G1 X15 Y0 F4000 ;move X/Y to front of printer
16 G92 E0 ;zero the extruded length
17 G1 F200 E10 ;extrude 10 mm of feed stock
18 G92 E0 ;zero the extruded length again
19 G1 F9000
20 M117 Printing...
21 G92 Z76.6;
22 G0 Z80;
23 G92 E1107.79;
24 ;LAYER_COUNT:1288
25 ;LAYER:764
26 G0 X74.578 Y69.775 Z76.7
27 ;TYPE:WALL-INNER
28 G1 F3600 X75.387 Y68.91 E1107.79647
29 G1 X75.466 Y68.864 E1107.79799
    
```

5、上机，导入代码，运行，检验成果。

经过这次研究 G 代码的经历已经对 3D 打印 G 代码有了一个比较详细的了解。我们一般的月球灯都是采用两部分分开打印，利用胶水粘接。但是在粘接部分形成的环形很影响外观，现如今已经在尝试通过修改 G 代码的方式进行完

整的月球灯打印，而不通过两个部件拼装组成。希望能找到一个好的方法把月球灯的整体美观做上去。

