



通过3D打印技术 快速搭建创新实验

复旦大学 俞熹whyx 2023

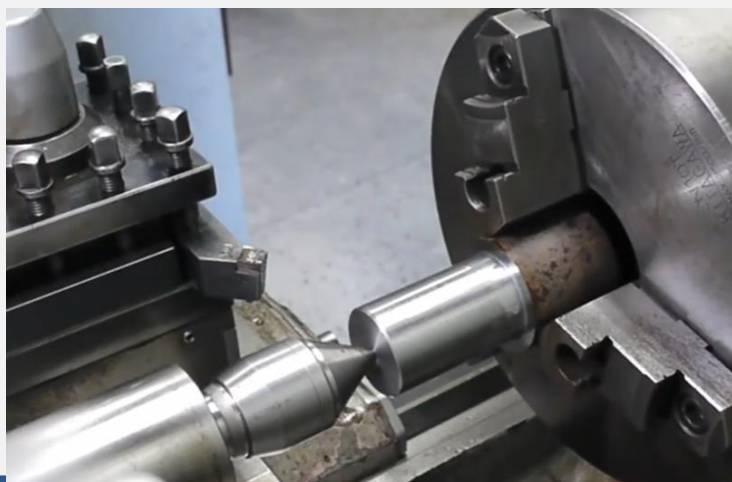
大纲

- 什么是3D打印？
- 实际应用流程
- 实际应用中的问题
- 应用举例
- 推荐机型、材料。



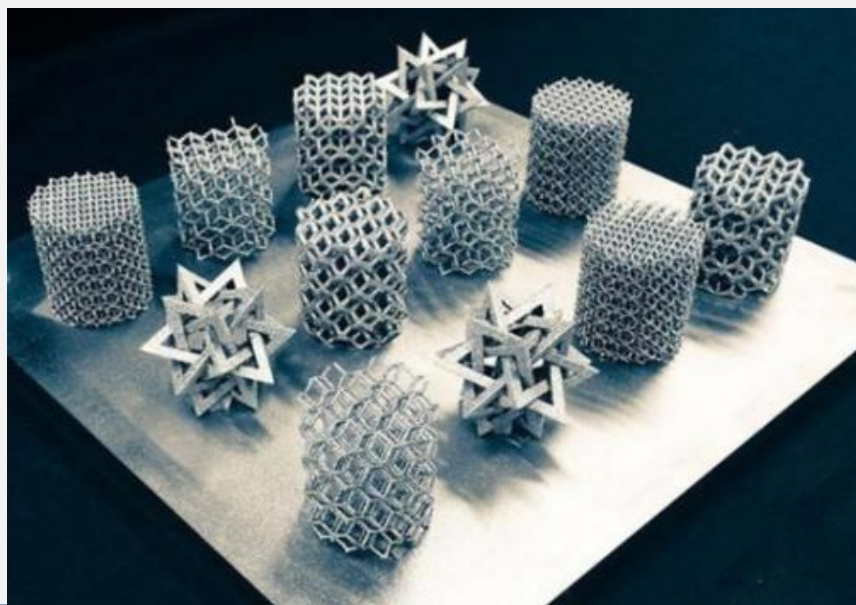
3D打印技术有哪些创新?

- 传统加工 (车床, 铣床, 翻砂, 浇注等)
- 传统加工+计算机技术=CNC
- 以上→减材制造
- 3D打印→增材制造
- 缩短验证周期, 加速迭代



3D打印的优点

- 加工难度与复杂度关系不大
- 图纸→成品，成本低 速度快
- 个性化定制，创新和创意无限制(设计思维变化)
- 所需设备简单,环境,干净,安全,无毒



3D打印的缺点

■材料特性限制:

■可用材料

■塑料、金属、合金、陶瓷、树脂、巧克力、面粉、细胞

■刚性, 韧性

■稳定性(环保, 降解, 热)

■温度(熔铸)

■价格(大规模生产)

■加工精细度/精密度

■0.02mm-0.05mm

■加工时间



3D打印技术分类

- 熔融沉积成型 (FDM)
- 光固化成型技术 (SLA)
- 选择性激光烧结技术 (SLS)
- 选择性激光熔融技术 (SLM)
- 三维粉末粘接技术 (3DP)
- 聚合物喷射技术 (PolyJet)
- 多射流熔融技术 (MJF)
- 连续液体界面生产技术 (CLIP)
- ...



知乎 @工业级3D打印专家

一体化燃油喷嘴

技术背后原理

- 空间定位技术
- 材料熔融和黏连或者烧结技术
- 类比糖画艺术



实际应用流程

SolidWorks

3D建模

.stl

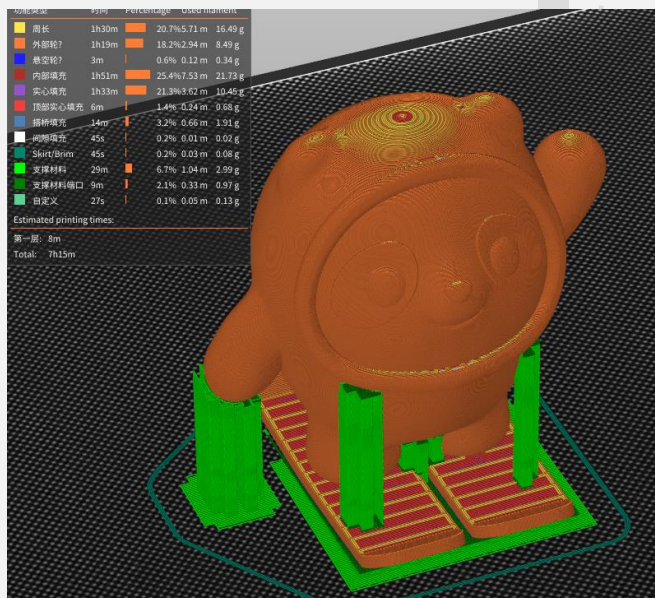
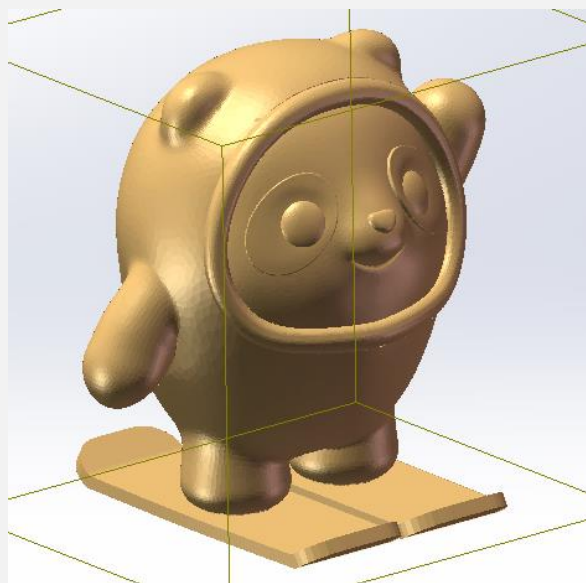
PrusaSlicer

模型切片

.gcode

3D打印机

3D打印



模型后处理

- 去除支撑，打磨，上色

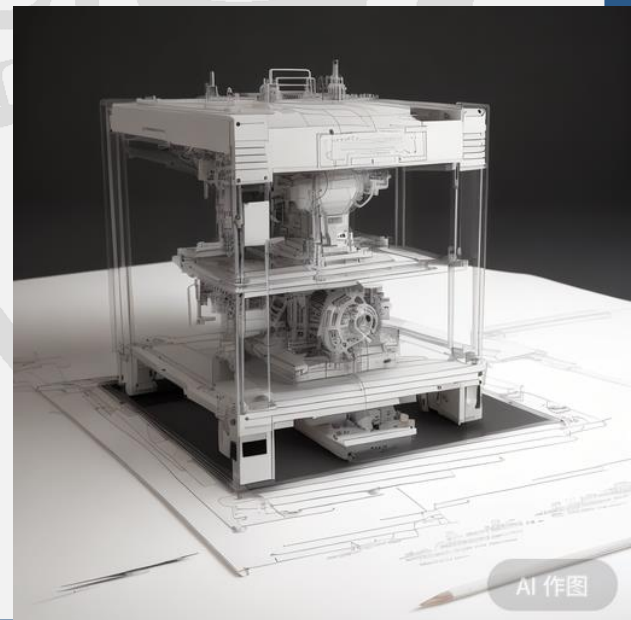


冰墩墩自由

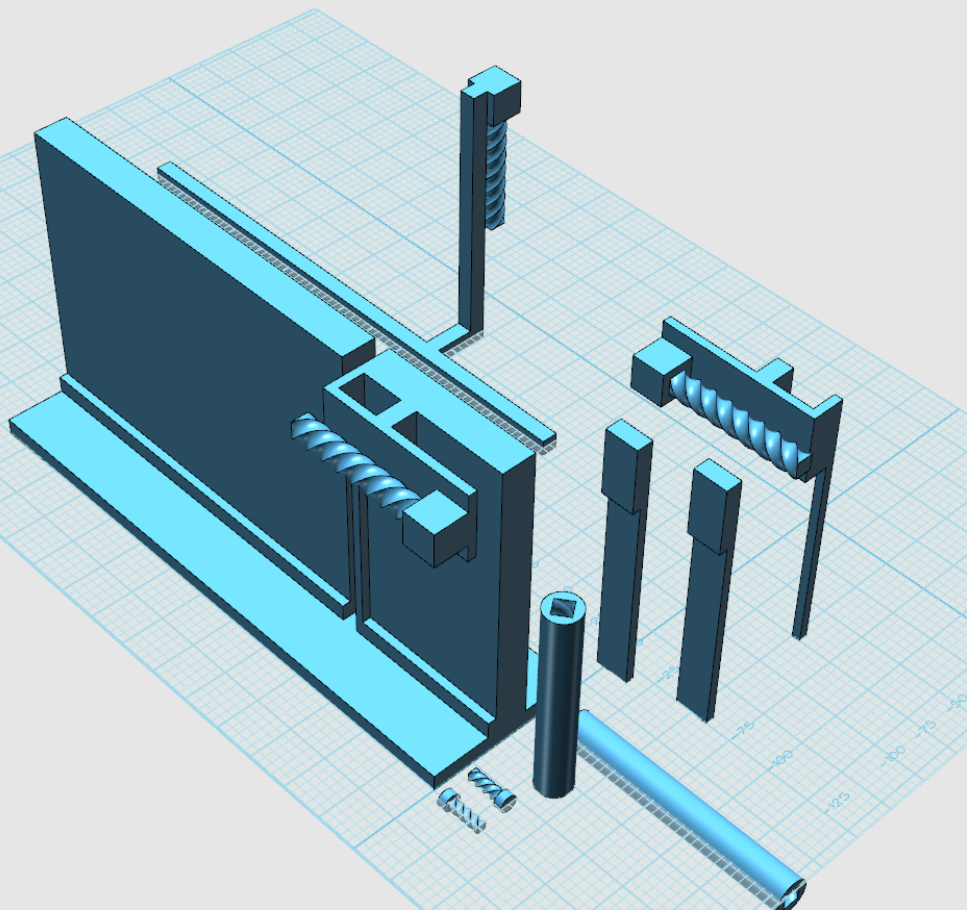


实际应用中的问题

- 3D打印机只是起点，需要的是设计和快速迭代
- 原型设计，需要多次迭代验证（孔位、间隙）
- 少用打印，多用型材、杆、板。（夹具，连接件）
- 模型强度、温度要求，材料的选择
- 打印切片技术



实际应用中的问题-实例



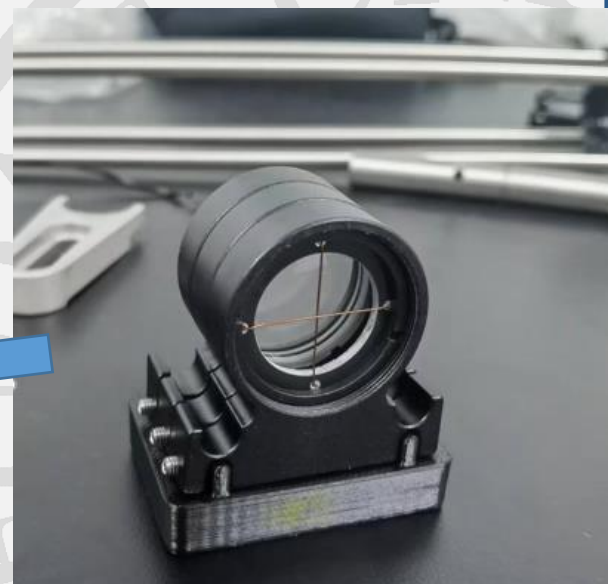
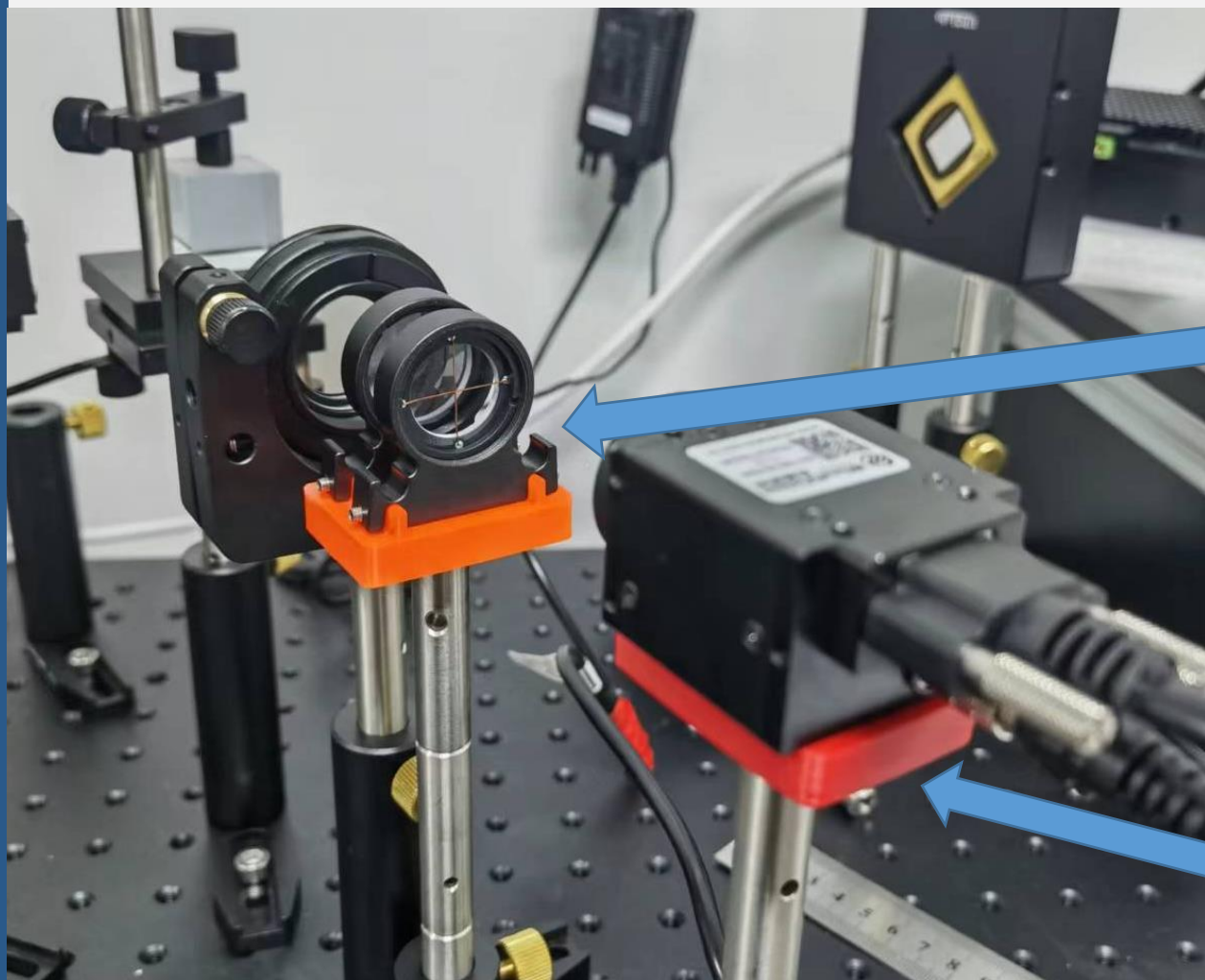
2023CUPT 磁机械振荡器

应用举例

- 转接装置（不同标准之间连接）
- 固定装置（夹具，电机固定）
- 模型快速验证（不同口径圆盘）
- 实验装置设计（煎饼旋转）
- 直接作为3D位移平台



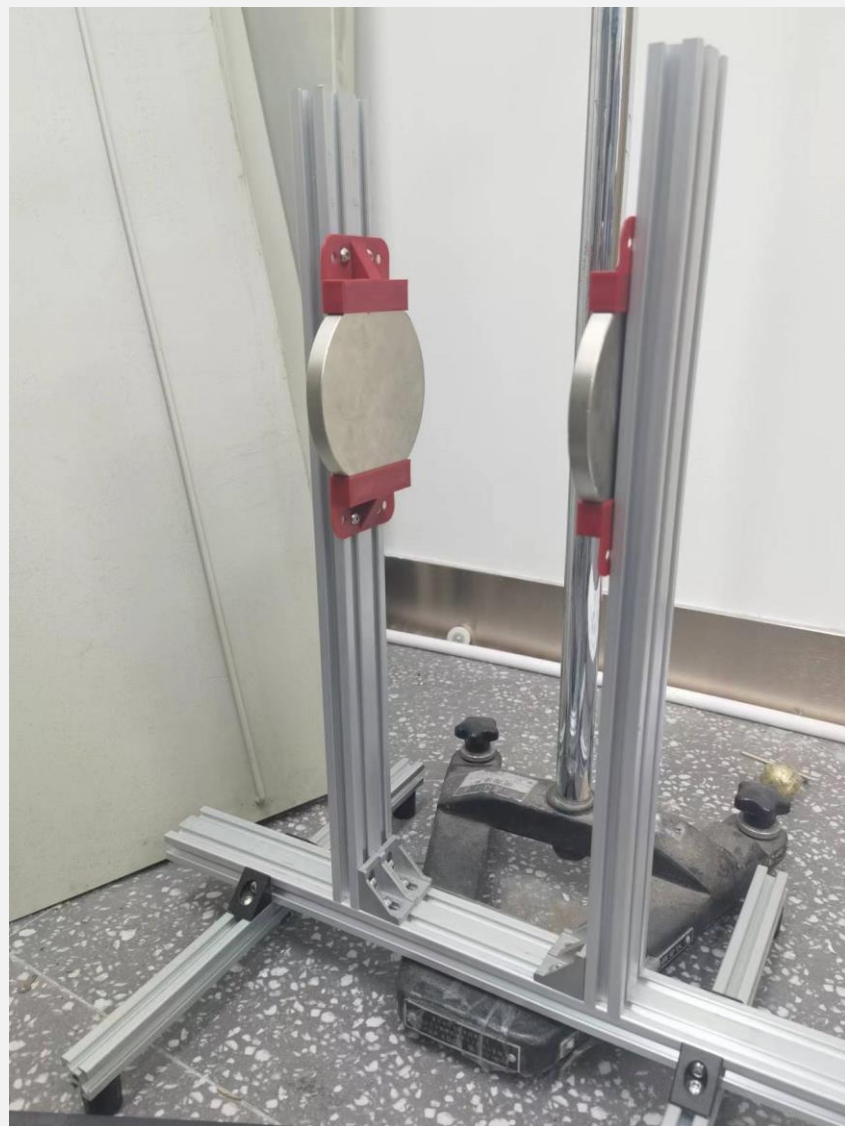
转接装置



转接笼式系统器件

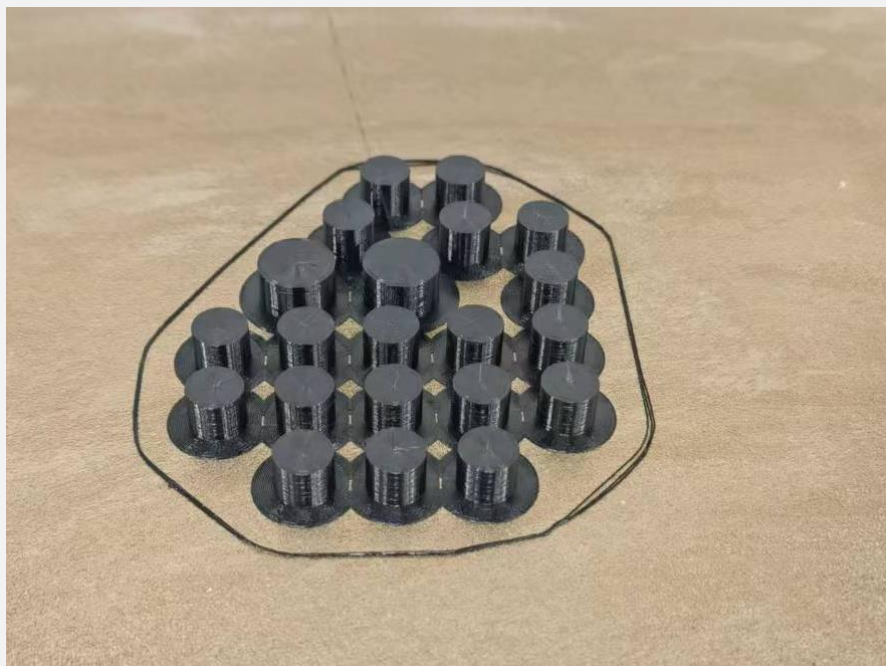
转接CCD

固定装置



2023 CUPT-摆动球课题

模型快速验证

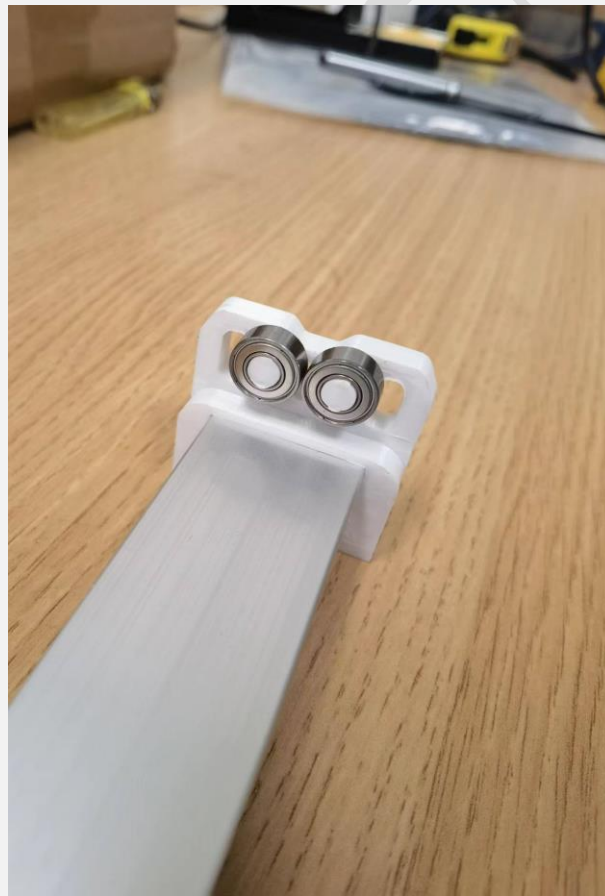


2022CUPT 圆柱形骰子

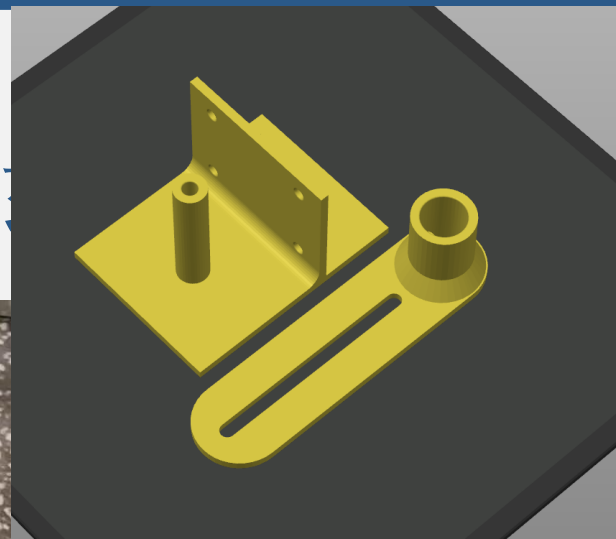


2023CUPT 汽笛

实验装置设计



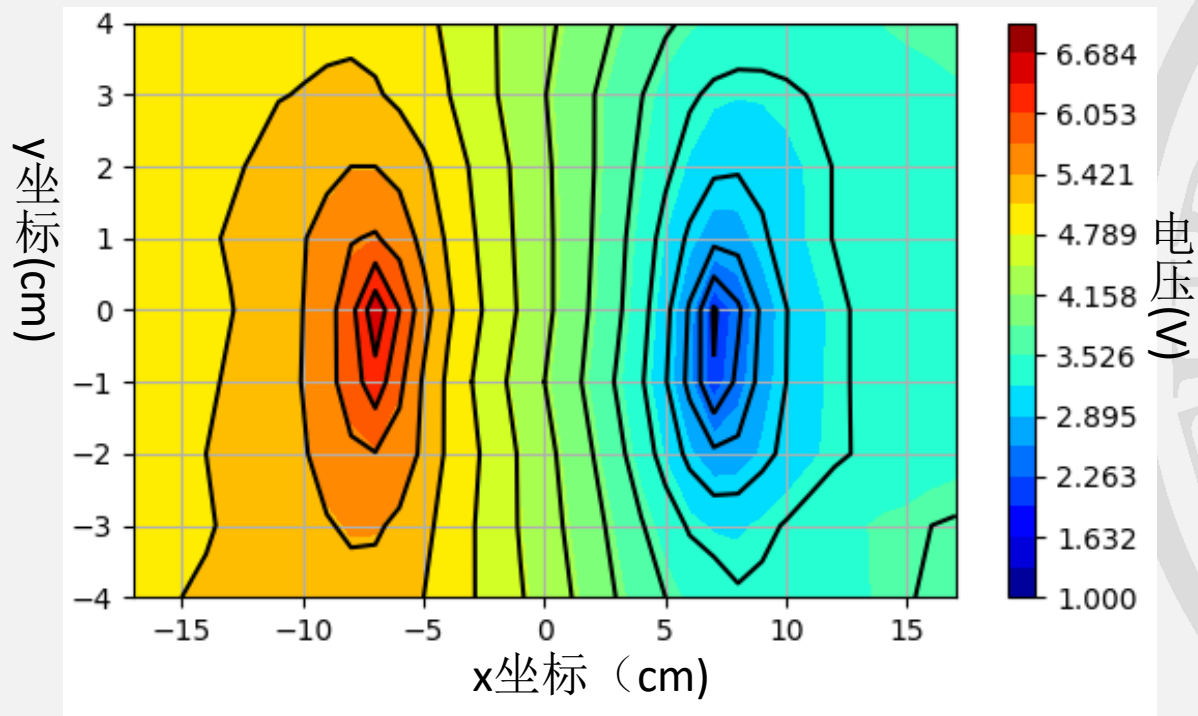
实验装置设计-平动旋



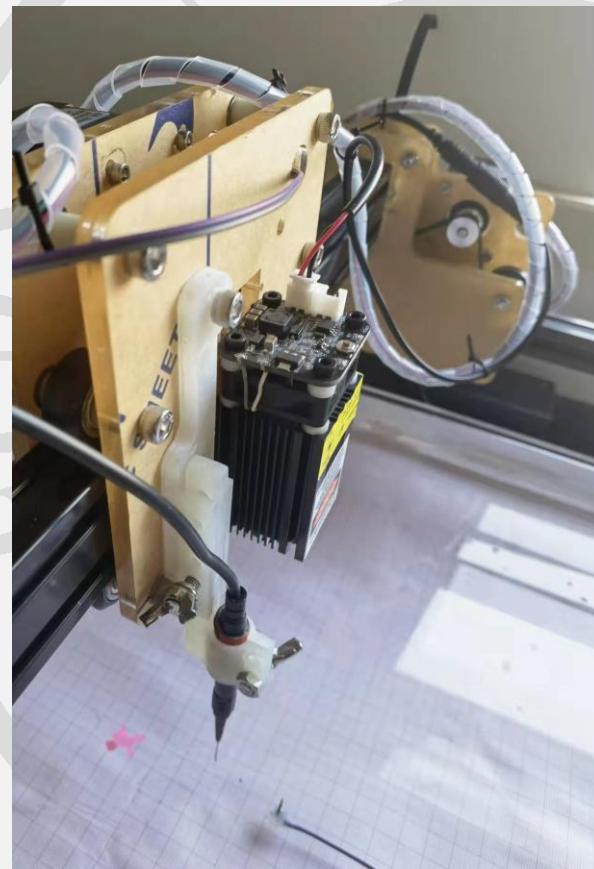
2023 CUPT-煎饼旋转课题

作为位移平台

水中的等势线



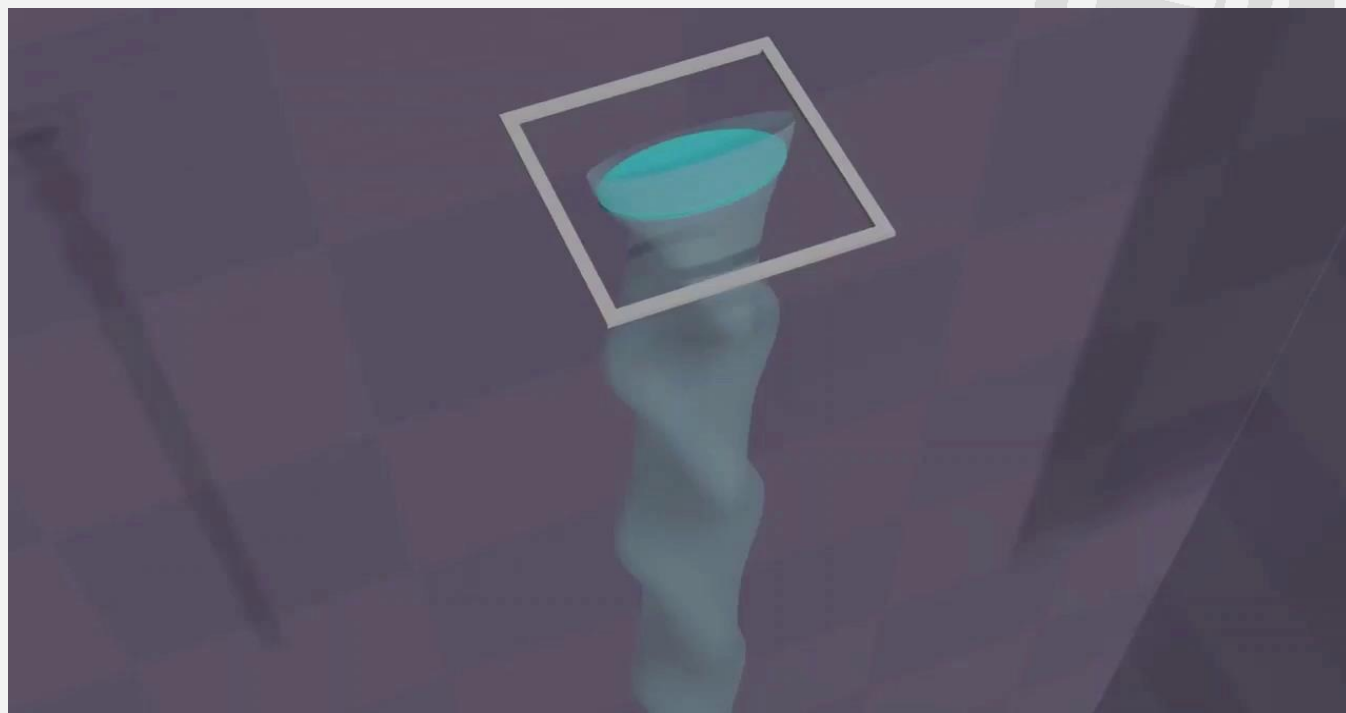
电导率 $486\mu\text{s}/\text{cm}$



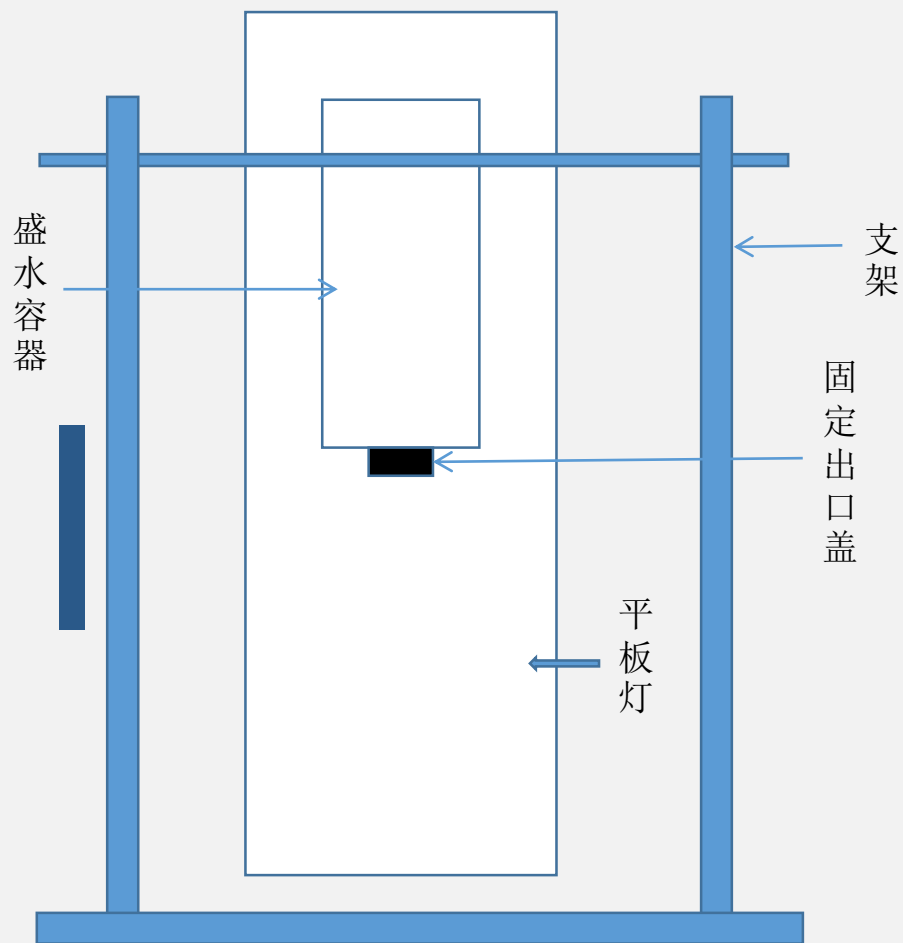
2022 CUPT-等势线课题

项目举例：水螺旋(CUPT2022)

■如果一股液体从一个**小孔**中射出，那么在一定条件下，它会扭转成螺旋状。解释这一现象，并研究螺旋会扭转的条件。



实验装置



3D打印所需3D结构

三叶孔(含倒角)(厚)_0.1mm_PETG_X1_34m - PrusaSlicer G-code Viewer-2.5.0-alpha3

文件(F) 视图(V) 配置(C) 帮助(H)

| 功能类型 | 时间 | 百分比 | 消耗耗材 |
|--------|-----|-------|---------------|
| 轮廓 | 10m | 28.1% | 0.29 m 0.90 g |
| 外部轮廓 | 7m | 20.6% | 0.15 m 0.46 g |
| 内部填充 | 3m | 8.9% | 0.09 m 0.26 g |
| 实心填充 | 12m | 35.5% | 0.43 m 1.33 g |
| 顶部实心填充 | 2m | 4.4% | 0.03 m 0.09 g |
| 环状/槽边 | 31s | 1.5% | 0.01 m 0.04 g |
| 自定义 | 20s | 1.0% | 0.05 m 0.14 g |

设置

打印机: MyX2

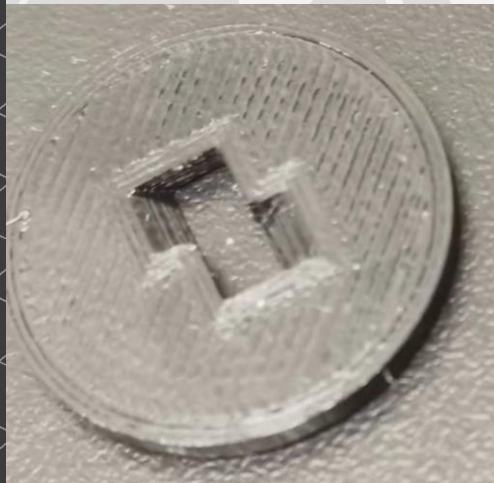
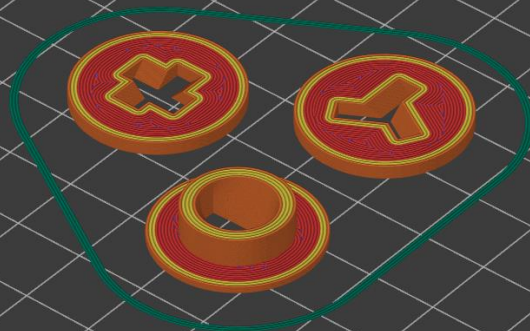
打印设置: my0.1@X2

耗材: PETG_cc

估计打印时间:

单层: 3m

全部的: 34m

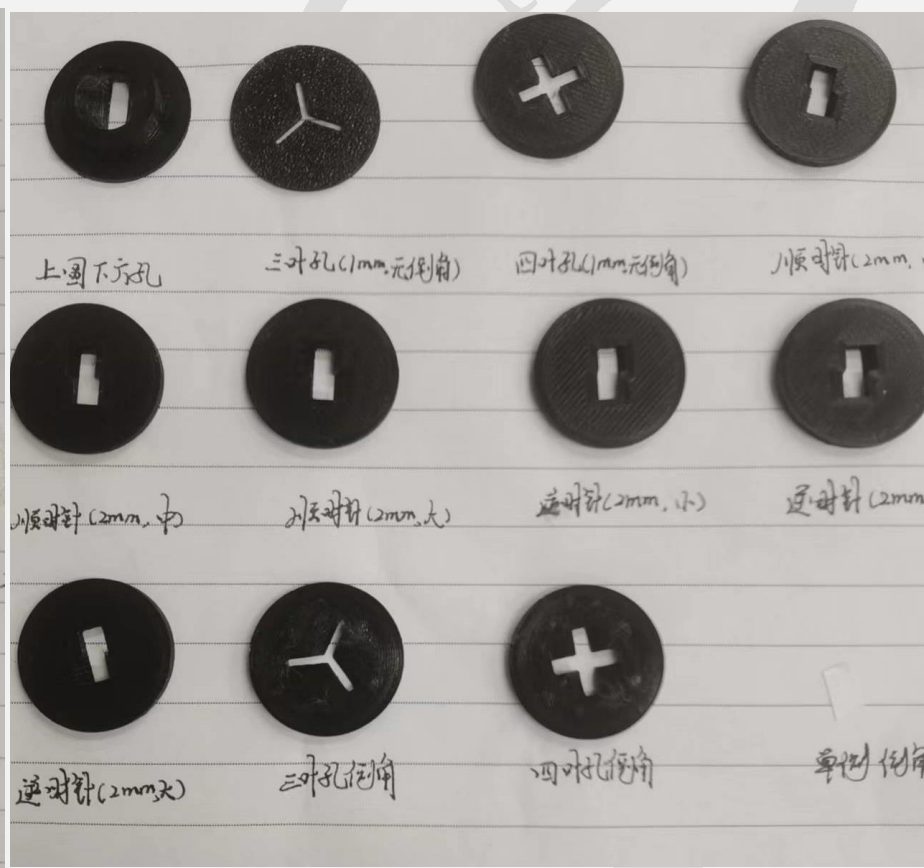
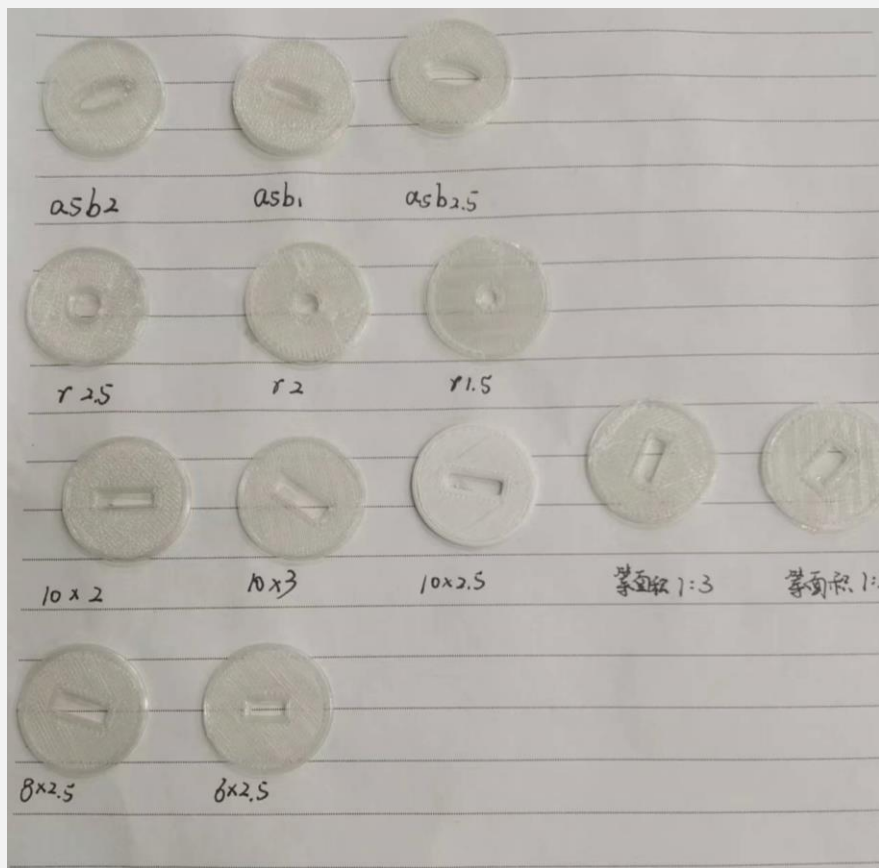


不同形状的小孔、
不同的出射条件

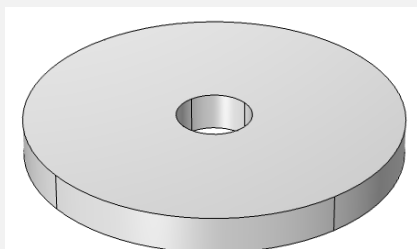


3D打印技术设计不同形状的出口，
同时在其内部设计不同的3维结构

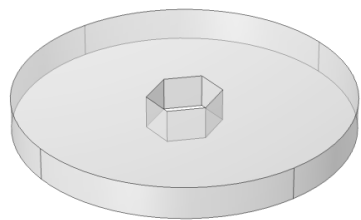
3D打印成品



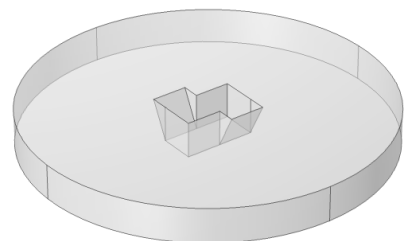
更多形状研究



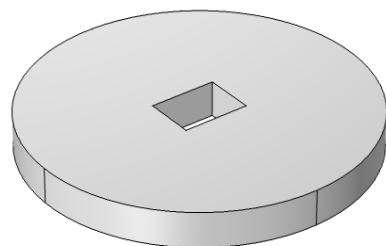
圆孔



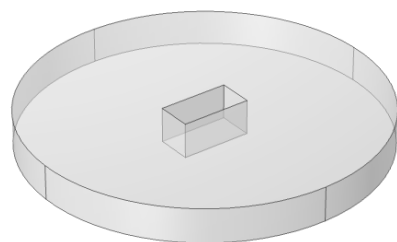
六边形



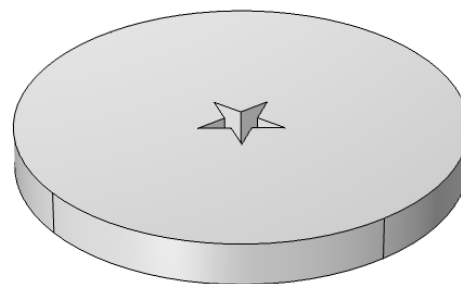
带斜槽的孔



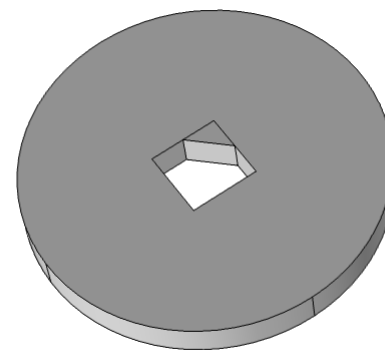
2mm×1.5mm矩形



2mm×1mm的矩形孔

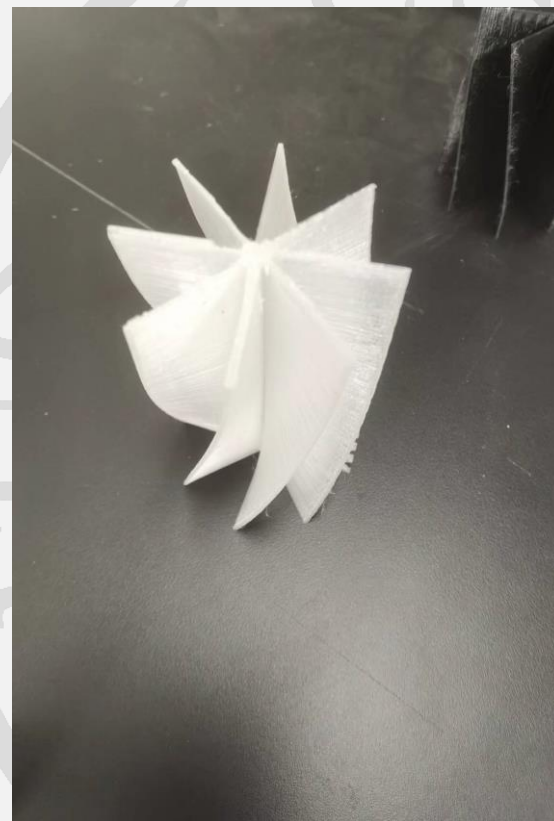
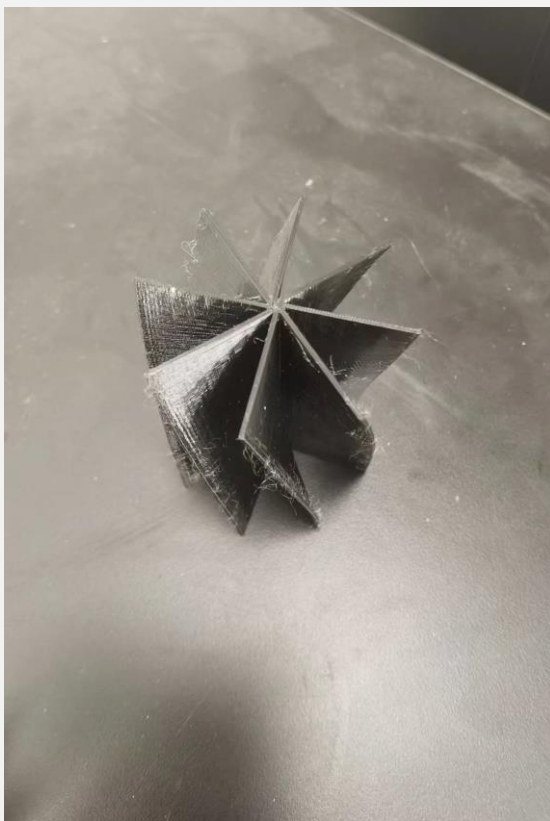
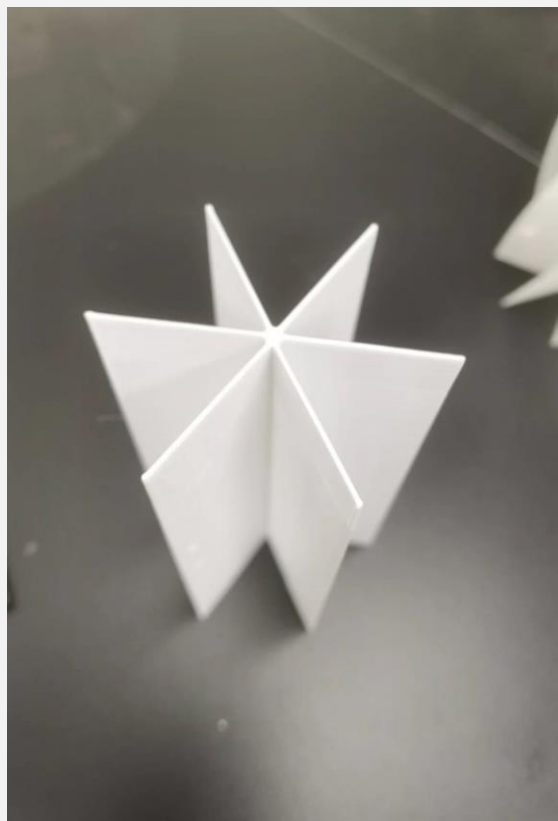


五角星

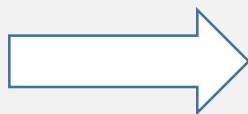


钻石

控制水流旋转



上方的水流在未达到小孔时的旋转初速度影响



设计竖直、顺时针螺旋、逆时针螺旋三种不同的挡板进行对上方水流的控制

FDM机型推荐



拓竹X1C-9499



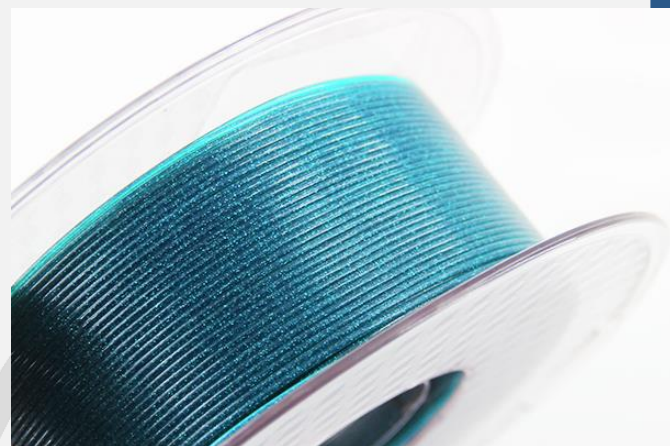
拓竹P1P-3999



启庞Kp3s - 739

打印机耗材选择

- PLA-容易打
- ABS-稳定性强
- PETG
- TPU
- 各种增韧版本+
- 碳纤增强 (CF)、玻纤 (GF) 增强
- 透明/哑光/丝绸/闪耀/木纹/大理石



打印机耗材选择

| 耗材名称 | 缺点 | 优点 | 打印参数 |
|------------|--|--|--|
| PLA | <ol style="list-style-type: none">1、不易除支撑2、抗冲击性能较ABS略低3、打印温度适中，比较适合医疗，教学，食品等环保要求较高的领域。 | <ol style="list-style-type: none">1、可降解材料环保2、打印产品光泽度高3、流动性好，打印产品不易裂开4、打印大面积产品不易起翘，不变形，易塑形5、打印过程没异味 | 喷头温度：190-210℃ 平台温度：0-60℃ 平台处理：大面积产品需要3M胶/胶水，小面积产品不需处理 (可用美纹纸、平台垫) |
| ABS | <ol style="list-style-type: none">1、降解性能较PLA略差2、平台温度需要升温到80-110℃3、打印室会略有塑胶味4、适合制造业领域。 | <ol style="list-style-type: none">1、具有优良的力学性能其冲击强度、耐热性、耐低温性，耐化药品性能强2、较容易除支撑3、成本低 | 喷头温度：220-250℃ 平台温度：80-100℃ 平台处理：3M胶/胶水 (可用美纹纸、平台垫) |

| 材料 | PLA | ABS |
|--------|----------------------------|---------------------------|
| 打印温度 | 195-230°C | 220-250°C |
| 密度 | 1.25±0.05g/CM ³ | 1.04±0.2g/CM ³ |
| 熔体流动速度 | 5-7g/10min(190°C 2.16kg) | 5-4g/10min(190°C 2.16kg) |
| 吸水性 | 0.5% | 1% |
| 拉伸强度 | ≥60MPa | ≥43MPa |
| 弯曲模量 | ≥60MPa | ≥60MPa |
| 断裂伸长度 | ≥3.0% | ≥1.0% |
| 直径 | 3mm/1.75mm | 3mm/1.75mm |
| 气泡 | 100%无气泡 | 100%无气泡 |
| 净重 | 约1kg(线长约340 m) | 约1kg(线长约380 m) |
| 线盘尺寸 | 直径200 高66(圆孔直径60 (mm)) | 直径200 高66(圆孔直径56(mm)) |
| 热床温度 | 0-60°C | 0-120°C(需要恒温箱) |

打印材料选择

- 结论：PETG
- 便宜 35/kg
- 强度高、韧性好，不易折断
- 打印产品光泽度高，
- 材料流动性好，不易开裂
- 打印大面积产品不易起翘，不变形，易塑形
- 打印过程环保无异味



连接和紧固

- 榫卯结构
- 502、电焊胶
- 扎带
- 几种孔位
- 通孔
- 方形、六角螺母孔
- 预埋土八螺丝

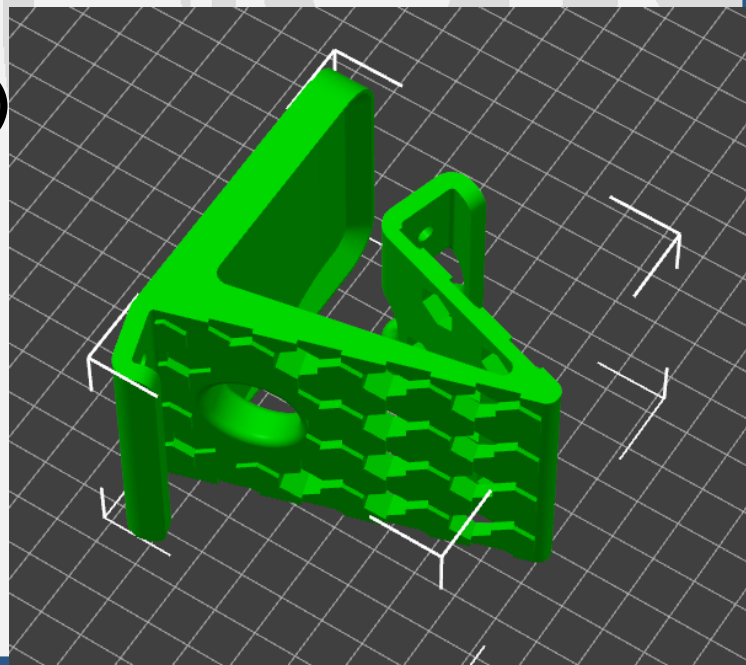


项目对接-检查点

- 模型Stl交接 (gcode ×) 层高0.01mm?
- 尺寸 (缝隙0.1mm极限)
- 材料 (使用条件、强度、温度、防水?)
- 填充率 (15%-35%)
- 支撑-摆放方向 (设计时考虑)

精度

| | | |
|-------------|--------------------------|----|
| 切片间隙闭合半径 | 0.049 | mm |
| 分辨率 | 0.012 | mm |
| 圆弧拟合 | <input type="checkbox"/> | |
| X-Y 孔洞尺寸补偿 | 0 | mm |
| X-Y 外轮廓尺寸补偿 | 0 | mm |
| 象脚补偿 | 0.15 | mm |



学生和教师培训



一些开源模型网站

■ Thingiverse (T站)

■ <https://www.thingiverse.com/>

■ MakerBot 旗下

■ Printables (P站)

■ <https://www.printables.com/>

■ Prusa 旗下

■ Cults 3D (C站)

■ <https://cults3d.com/>

■ <https://www.stlxyz.com/> (国内模型下载)



Arduino盒子

thingiverse

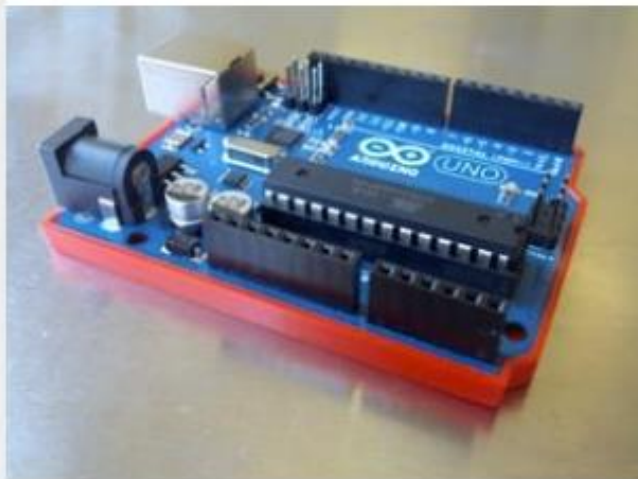
Arduino

Relevant

All Th



Arduino Bumper



+ Collect Thing

3258

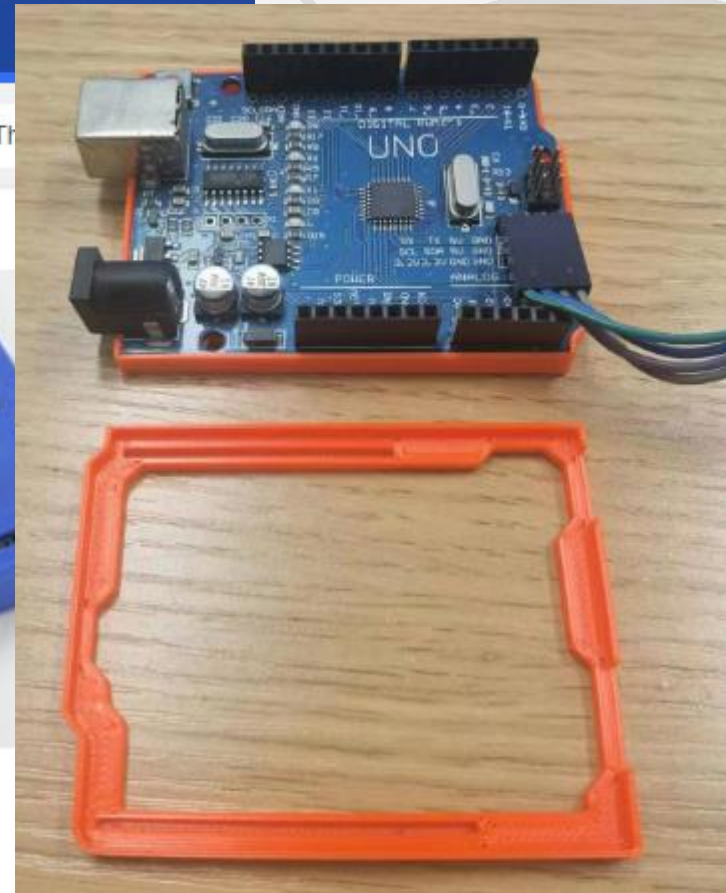
Share



Arduino Uno Snug Case



+ Collect Thing



<https://www.thingiverse.com/thing:26237/zip> (编号后面加/zip直接下载)

资源链接

■ 3D打印技术入门讲义

■ <https://www.kdocs.cn/l/cv7VV1UaIXV2?from=docs>

■ 3D打印机 相关技术入门讲义

■ <https://www.kdocs.cn/l/cqeWiEHp5FzB?from=docs>

■ 一些3D打印项目介绍

■ <https://www.kdocs.cn/l/ctwPCrKNGDUS>

作业：

- 完成一个转接装置的
- 设计
- 打印
- 调试过程
- 如：螺丝刀





谢谢，请指正！