



研发部-工艺组	项目时间：2022.xx.xx~2022.xx.xx	负责人：xxx
版本号：V1.0		
参与人：xxxx		

1. 概述.....	1
1.1 背景.....	1
1.2 架构布局.....	1
2. 内容介绍.....	2
2.1 命名方法.....	2
2.2 配置文件.....	5
2.3 策略内容.....	6
2.3.1 HD(50um).json：基础工艺策略文件.....	7
2.3.2 MotorStrategy.json：截面识别策略文件.....	10
2.3.3 AdaptiveStrategy.json：自适应分层策略文件.....	12
2.3.4 ContourFillStrategy.json：轮廓填充策略文件.....	15
3. 开发方法.....	18
3.1 基于打印机机型的开发方法.....	18
3.1.1 截面识别策略的开发：.....	18
4. 导入使用.....	20
4.1 本地端.....	20
4.1.1 本地修改工艺包并导入.....	20
4.1.2 OA 下载正式发布版并导入.....	20
4.2 云端.....	20

1. 概述

1.1 背景






当前，打印机使用的工艺包架构难以满足业务的需求，如增加工艺策略时开发成本较高、应用工艺包的管理和开发工作量较大、针对特殊客户的特殊工艺包没有做识别区分等。故争对这些需求开发工艺包 2.0。

1.2 架构布局

工艺包 2.0 采用“1+n”的架构模式，即一个配置文件搭配若干个工艺策略文件，配置文件中包含工艺包基本信息及各个工艺策略文件的调用开关，从而精细调用不同工艺策略控制整个打印过程，也方便操作配置以及后期开发新功能。

现以目前工艺包 2.0（截至 2022.06.23）作介绍

工艺包 2.0 文件夹中包含的文件有：

 MotorStrategy.json	2022/5/12 10:05	JSON 文件	8 KB
 HD(50um).json	2022/5/11 17:54	JSON 文件	4 KB
 AdaptiveStrategy.json	2022/5/11 17:54	JSON 文件	1 KB
 ContourFillStrategy.json	2022/5/11 17:54	JSON 文件	1 KB
 config.ini	2022/5/12 10:57	配置设置	1 KB

其中各个文件的类型及说明如下：

文件	类型	说明
MotorStrategy.json	工艺策略文件	截面识别策略
HD(50um).json		基础工艺策略（若为 100um 层厚打印，则对应更改）
AdaptiveStrategy.json		自适应分层策略
ContourFillStrategy.json		轮廓填充策略
Config.ini	配置文件	工艺包基本信息，工艺策略文件调用开关等

2. 内容介绍

2.1 命名方法

为了提高工艺包的使用效率，工艺包的名称应该明确表明面向的打印机机型，树脂种类，打印层厚，以及打印应用类别，因此工艺包的命名采用“设备型号代码_树脂材料名称_层厚_应用缩写”或“设备型号代码_树脂材料名称_层厚”的方式。同时通过工艺包的名称可以一一确定使用的打印机机型，使用的树脂种类，可以打印的应用以及打印层厚。

现以“10_Model HP 2.0 UV Grey_50_E&P”及“14_Denture Teeth UV_50”为例介绍：

“10_Model HP 2.0 UV Grey_50_E&P”



“14_Denture Teeth UV_50”



备注：

设备型号代码（截至 2022.06.23）

设备型号	设备型号代码	标准设备名称
UltraCraft A2	00	UltraCraft A2
UltraCraft A2D 1.0	10	UltraCraft A2D

UltraCraft A2D 2.0	11	UltraCraft A2D#2.0
UltraCraft A2D Ortho	12	UltraCraft A2D Ortho
UltraCraft A2D 4K	13	UltraCraft A2D 4K
UltraCraft A2D 2.1 (RK3399)	14	UltraCraft A2D#2.1
UltraCraft A2D Ortho 1.1 (RK3399)	15	UltraCraft A2D Ortho#1.1
UltraCraft A2D 4K 1.1 (RK3399)	16	UltraCraft A2D 4K#1.1
UltraCraft A3D	20	UltraCraft A3D
UltraCraft DS	50	UltraCraft DS
ChairSide Pro (原 DS2.0)	51	ChairSide Pro
ChairSide	60	ChairSide

层厚

层厚类型	层厚
50	50um
100	100um
150	150um
200	200um

应用、缩写及其适用的树脂材料（截至 2022.06.23）

应用	缩写	树脂材料名称
代型工作模型& 种植工作模型	E&P	Model HP 2.0 UV Grey Model HP 2.0 UV Grey Solid Model HP 2.0 UV Sand Model HP 2.0 UV Sand Solid Model HP UV Grey Model HP UV Sand Model HP UV Caramel Model 2.0 UV Caramel



		Model 2.0 UV Grey Model 2.0 UV Sand
基托义齿	Denture Teeth	Denture Teeth UV
试戴义齿	Try in	Try-in UV
基托	Denture	Denture 2.0 UV Denture UV
个性化托盘	Tray	Tray 2.0 UV
蜡型支架	RD	Cast 3.0 UV Cast 2.0 UV
冠桥	C&B	Cast 3.0 UV Cast 2.0 UV Temp 2.0 C&B UV Temp C&B UV
正畸牙模	Ortho Model	Model TF 2.0 UV Model TF 2.0 UV Solid Model WW UV Baby Blue Model WW UV Baby Blue Solid
记存牙模	Study Model	Study Model UV White
正畸粘接导板	IBT	IBT UV
咬合垫	Splint	Soft Splint UV Hard Splint UV
导板	SG	Surgical Guide UV Ortho Rigid UV
牙龈胶	Gingiva	Gingiva 2.0 UV Gingiva UV
贴面	Veneer	Temp 2.0 Veneer UV Temp Veneer UV



2.2 配置文件

目前（截至 2022.06.23）工艺包 2.0 中配置文件 config.ini 的内容如下所示（颜色标记部分为重点关注内容）：

参数	含义
[info]	标题
version=2.0.0.2	版本号，必须填写，工艺包 2.0 以 2 开头
version_property=N	工艺包类型属性， 普通版本为空或 N， 特色工艺包时修改为 S
app=E&P	应用缩写，多个应用时用下划线“_”隔开
msg_en=	更新说明，英文，可为空
msg_cn=	更新说明，中文，可为空
machine_num=20	设备型号代码
machine=UltraCraft A3D	标准设备名称（可参考设备型号代码表）
material=Model HP 2.0 UV Grey	树脂材料名称
layer_thickness=HD(50um)	打印层厚
ppname=20_Model HP 2.0 UV Grey_50_E&P	工艺包完整名称
color= 255,255,255	树脂材料颜色信息，采用 RGB 形式
[OperatingMode-1]	调度模式 1（截至 2022.06.23 仅该种模式，勿改）
peelMode=2	运动调度模式选择 取 1 时为普通工艺策略， 取 2 时为截面识别策略
nAdaptive=0	自适应分层策略模式选择， 取 0 时关闭， 取 1 时调用自适应分层第一阶段， 即“AdaptiveStrategy_1”中的工艺参数
nContourFill=0	轮廓填充策略模式选择， 取 0 时关闭， 取 1 时开启



2.3 策略内容

目前（截至 2022.06.23）工艺包 2.0 中的包含的策略文件如下：

策略文件	含义
MotorStrategy.json	截面识别策略文件
HD(50um).json	基础工艺策略文件
AdaptiveStrategy.json	自适应分层策略文件
ContourFillStrategy.json	轮廓填充策略文件



现详细介绍各个策略文件的具体内容：

2.3.1 HD(50um).json：基础工艺策略文件

该文件中的参数及说明如下：

参数			含义	
Info 基础信息	Material		材料名称	
	Density		材料密度	
BasicStrategy 基础工艺策略	Name		该基础工艺策略文件名	
	Thickness		打印层厚（um）	
	LedExposeTime		切片文件 P1 图曝光时间（ms）	
	LedPower		切片文件 P1 图曝光能量(W/m ²)	
	SupportExposeTime		切片文件 P2 图曝光时间（ms）	
	SupportExposePower		切片文件 P1 图曝光能量(W/m ²)	
	FirstExposeTime		底板层首层曝光时间（ms）	
	FirstExposePower		底板层首层曝光能量（W/m ²)	
	BaseThickness		底板厚度（um）	
	BaseStartExposeTime		底板层第二层曝光时间（ms）	
	BaseEndExposeTime		底板层末层曝光时间（ms）	
	BaseExposePower		底板层曝光能量（W/m ²)	
	MaterialCoeffX		X 轴缩放系数	
	MaterialCoeffY		Y 轴缩放系数	
	Prediff		预置 diff 值	
	Offset		偏置值	
	MotorParameters 运动参数	AreaLowerLimit		截面占比下限值
		AreaUpperLimit		截面占比上限值
Number		截面占比当前段数		
WaitTime		Z 轴下降运动完成后的等待时间（ms）		
Z_AxisUp		s	Z 轴上升行程参数（um）	



		Z 轴上升运动参数	v	Z 轴上升速度参数 (um/s)
		Z_AxisDown	s	Z 轴下降行程参数 (um)
		Z 轴下降运动参数	v	Z 轴下降速度参数 (um/s)

备注:

底板层第二层至底板末层的某一层的曝光时间为:

$$\text{BaseStartExposeTime} - \frac{\text{BaseStartExposeTime} - \text{BaseEndExposeTime}}{\text{底板总层数} - 2} * (\text{底板层某一层数} - 2)$$

例如: 假设 BaseStartExposeTime = 1700, BaseEndExposeTime = 1250, 底板总层数为 20 层,

则底板层第 5 层的曝光时间为:

$$\text{BaseStartExposeTime} - \frac{\text{BaseStartExposeTime} - \text{BaseEndExposeTime}}{\text{底板总层数} - 2} * (\text{底板层某一层数} - 2)$$

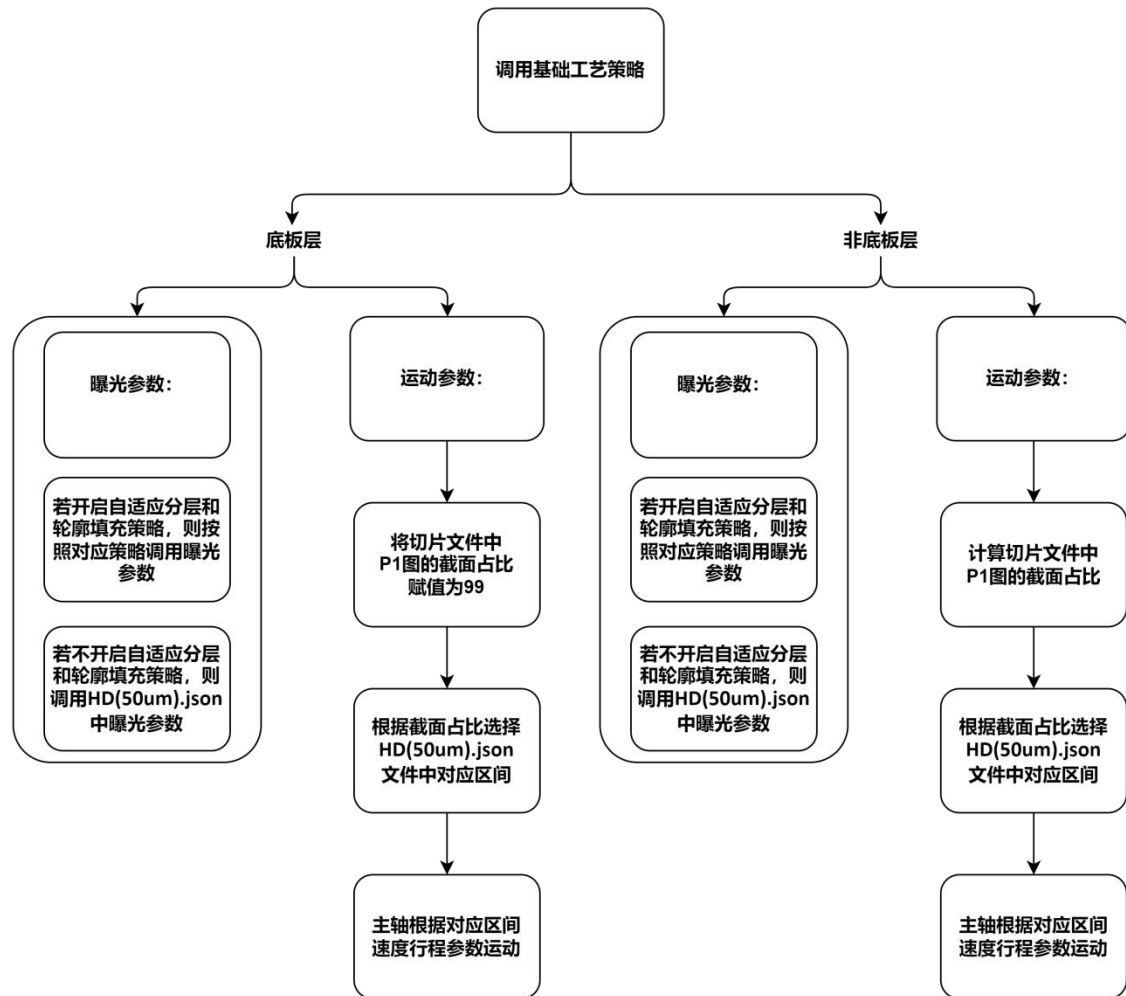
$$= 1700 - \frac{1700 - 1250}{20 - 2} * (5 - 2)$$

$$= 1625$$

即第底板层第 5 层的曝光时间为 1625ms



基础工艺策略对打印流程的控制





2.3.2 MotorStrategy.json: 截面识别策略文件

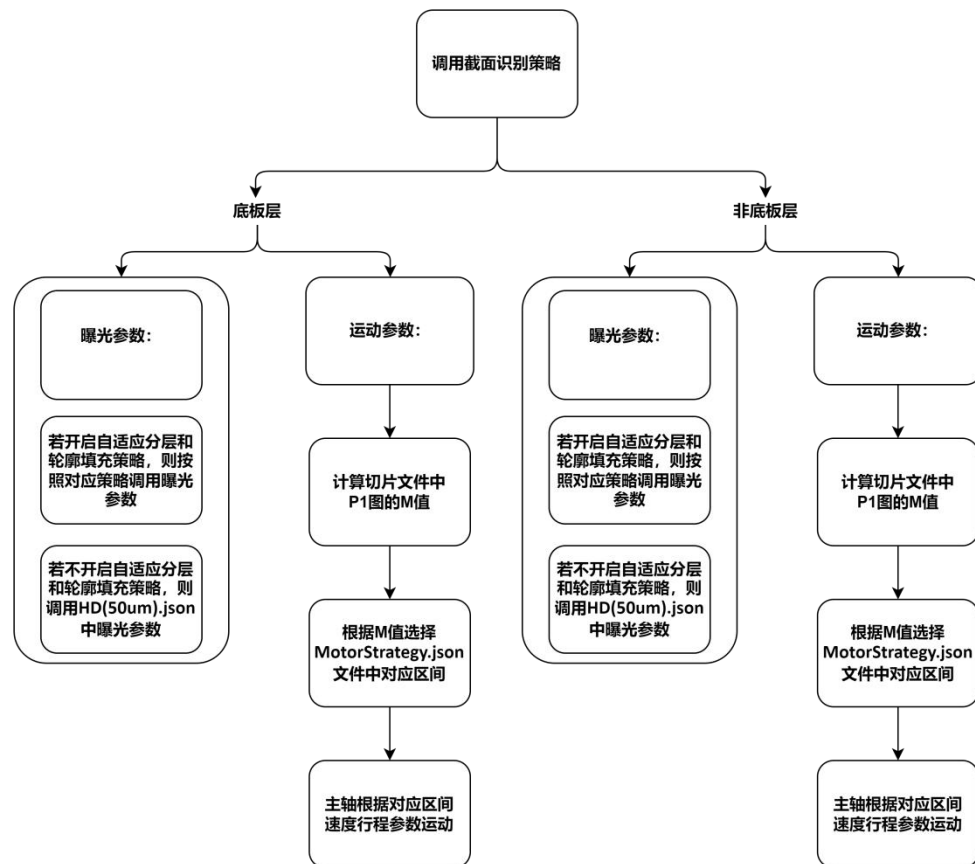
普通工艺策略是基于切片文件图片中实体截面面积占比来选择对应工艺运动参数，而截面识别策略不仅考虑了切片文件图片中实体截面面积占比，同时也考虑了幅面内实体的集中程度，更能体现实际打印过程的难易程度。

该文件中的参数及说明如下：

参数				含义
MotorStrategy 截面识别策略	MotorParameters_M 运动参数	MLowerLimit		M 值下限值
		MUpperLimit		M 值上限值
		Number		截面识别当前段数
		WaitTime		Z 轴下降运动完成后的等待时间
		Z_AxisUp	s	Z 轴上升行程参数 (um)
		Z 轴上升运动参数	v	Z 轴上升速度参数 (um/s)
		Z_AxisDown	s	Z 轴下降行程参数 (um)
		Z 轴下降运动参数	v	Z 轴下降速度参数 (um/s)
	MotorParameters_No Feedback 运动参数	AreaLowerLimit		截面占比下限值
		AreaUpperLimit		截面占比上限值
		Number		截面占比当前段数
		WaitTime		Z 轴下降运动完成后的等待时间
		Z_AxisUp	s	Z 轴上升行程参数 (um)
		Z 轴上升运动参数	v	Z 轴上升速度参数 (um/s)
		Z_AxisDown	s	Z 轴下降行程参数 (um)
		Z 轴下降运动参数	v	Z 轴下降速度参数 (um/s)



截面识别策略对打印流程的控制





2.3.3 AdaptiveStrategy.json: 自适应分层策略文件

在实际打印过程中，对于精度要求不高的某些层，可以使用较高层厚打印，从而减少打印时间，该策略就是为了实现这个目的，通过设置指定分层高度，从而在指定高度使用较高层厚打印。

该文件中的参数及说明如下：

参数			含义	
Adaptive Strategy 自适应 分层策 略	Adaptive Strategy_1 自适应分 层第一阶 段	Adaptive Height	自适应分层高度（um）（应小于打印模型高度且不为 0）	
		Adaptive HeightSource	自适应分层高度来源 "0": 来源于该文件中"AdaptiveHeight", "1": 来源于切片文件中"[BASE PLATE]- Height（mm）" 的值	
		Extra WaitTime	额外等待时间，可为正负数	
		ExposeStrateg y_100 自适用分层 曝光参数	Name	曝光策略名称
			Thickness	打印层厚（um）
			LedExposeTime	切片文件 P1 图曝光时间（ms）
			LedPower	切片文件 P1 图曝光能量（W/m ² ）
			SupportExposeTime	切片文件 P2 图曝光时间（ms）
			SupportExposePower	切片文件 P1 图曝光能量（W/m ² ）
			FirstExposeTime	底板层首层曝光时间（ms）
			FirstExposePower	底板层首层曝光能量（W/m ² ）
			BaseExposePower	底板层曝光能量（W/m ² ）
			BaseThickness	底板高度（um）
			BaseStartExposeTime	底板层第二层曝光时间（ms）
			BaseEndExposeTime	底板层末层曝光时间（ms）
			MaterialCoeffX	X 轴缩放系数
			MaterialCoeffY	Y 轴缩放系数
			Prediff	预置 diff 值

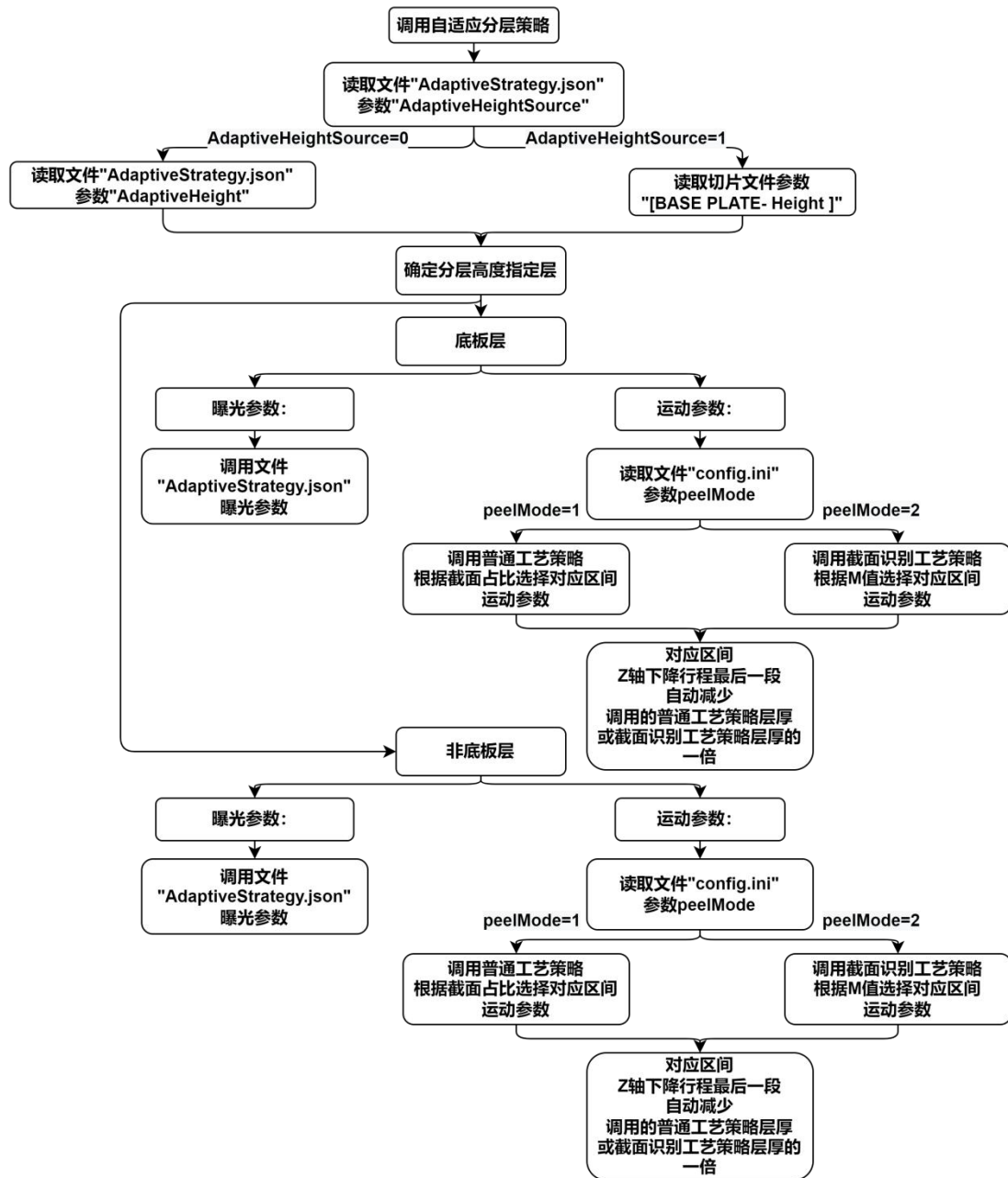


			Offset	偏置值
--	--	--	--------	-----

备注：

1. AdaptiveHeight 自适应高度应小于打印模型高度，若自适应高度超过打印模型高度，则仅对底板层作用该策略。同时若自适用高度为 0，则仅对底板层作用该策略。
2. 对于曝光策略名称，如果基础工艺包策略名称为 Fast(100um)，而此处的曝光策略名称也为 Fast(100um)就会发生冲突，因此曝光策略名称需要更改，例如修改为 Hyperfast(200um)。
3. 自适应分层末层的打印策略：自适用分层末层的曝光参数使用自适应分层策略的曝光参数，运动参数使用正常的普通工艺策略或截面识别策略（即 Z 轴下降行程最后一段不需要缩短层厚的一倍）。

自适应分层策略对打印流程的控制：





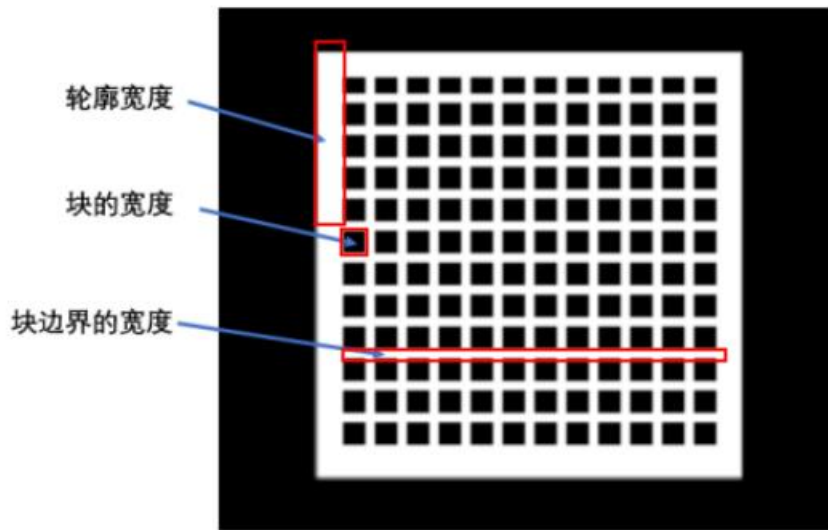
2.3.4 ContourFillStrategy.json: 轮廓填充策略文件

该文件中的参数及说明如下:

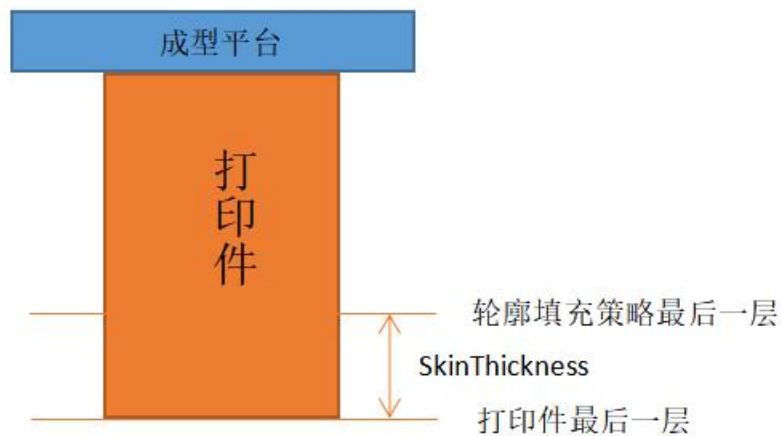
参数				说明		
Contourfill Strategy 轮廓填充 策略	Contourfill Strategy_1 轮廓填充 第一阶段	ContourWidth	轮廓宽度（um）			
		FillGridBlockWidth	填充网格内部小块宽度（um）			
		FillGridEdgeWidth	填充网格内部小块边界间宽度（um）			
		SkinThickness	上下表面不做填充处理的厚度（um）			
		JitterPixList	轮廓抖动矩阵长度（单位：像素）			
		ExposeParameters 轮廓填充曝光参数	HD(50um)	ContourExposePower	轮廓曝光能量（W/m ² ）	
			未开启自适应 分层策略 (ContourEx poseTime ≥ FillExposeT ime)	ContourExposeTime	轮廓曝光时间（ms）	
				FillExposePower	填充曝光能量（W/m ² ）	
				FillExposeTime	填充曝光时间（ms）	
			Fast(100um) 开启自适应 分层策略 (ContourEx poseTime ≥ FillExposeT ime)	ContourExposePower	轮廓曝光能量（W/m ² ）	
	ContourExposeTime			轮廓曝光时间（ms）		
	FillExposePower			填充曝光能量（W/m ² ）		
	FillExposeTime			填充曝光时间（ms）		
	Contourfill Strategy_2 轮廓填充 第二阶段	（目前保留）				

备注：

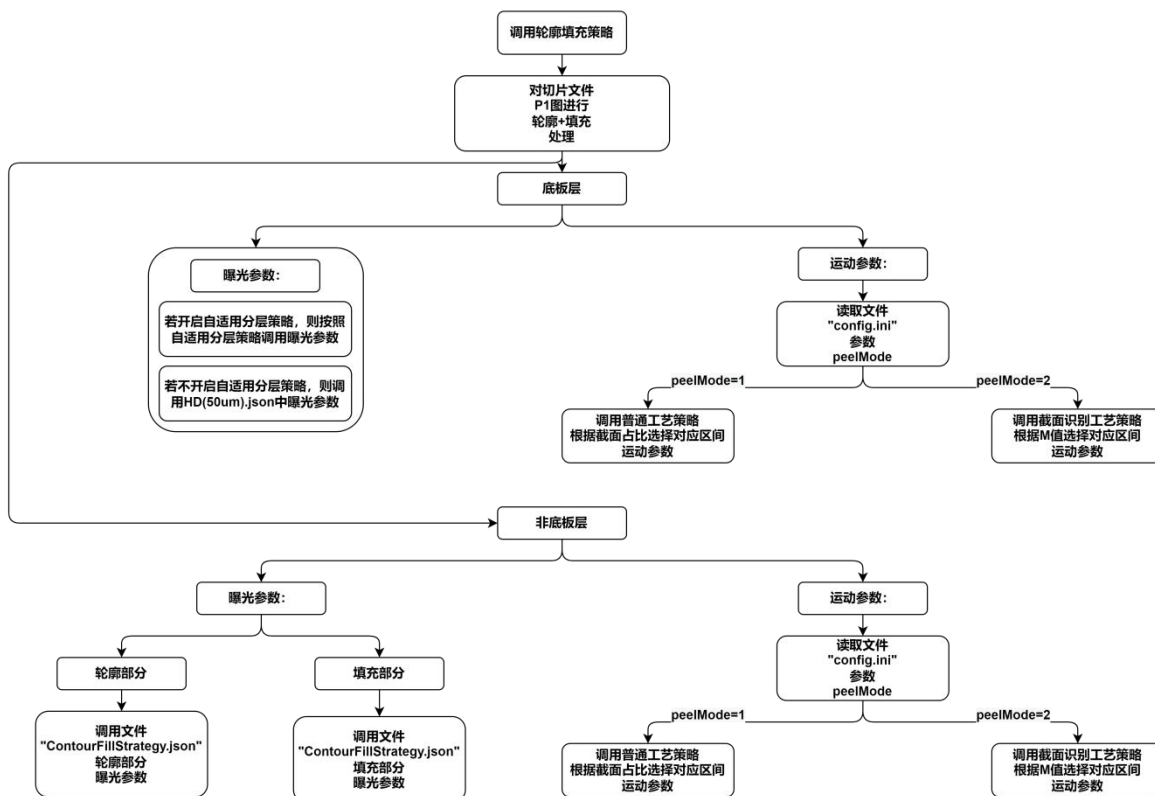
1. ContourWidth、FillGridBlockWidth 和 FillGridEdgeWidth 参数含义图解：



2. SkinThickness: 为了避免打印件上下表面出现轮廓填充分离策略带来的凹坑，因此设置该参数使指定层不使用轮廓填充策略。



3. 曝光时先曝光轮廓带填充图（该图为切片文件中 P1 图经过轮廓填充处理后的轮廓带填充图，曝光时间为 FillExposeTime），再曝光轮廓图（该图片为轮廓带填充图中提取出来的轮廓图，曝光时间为 ContourExposeTime 减去 FillExposeTime），此时轮廓相当于曝光了两次，轮廓的曝光时间总和即为设定的 ContourExposeTime。



3. 开发方法

3.1 基于打印机机型的开发方法

根据前文介绍可知，工艺包中的重点内容为各个策略文件，但是由于各种类型打印机的应用场景、机械浮动结构可能不同，因此不能盲目对不同机型直接套用同种策略，而应该充分考虑打印机机型及其应用场景进行合理开发适配该机型的策略文件。

3.1.1 截面识别策略的开发：

开发原则：

- ① 该策略内各段运动及行程参数对应的打印件表面质量良好，无横纹，且不劣于普通工艺策略打印效果；
- ② 打印过程中的最大剥离力不能过大，对于不同系列打印机要求不同，其中 A2D 在 600N 以下，A2D 4K 在 1000N 以下，A3D 在 800N 以下。

开发方法：

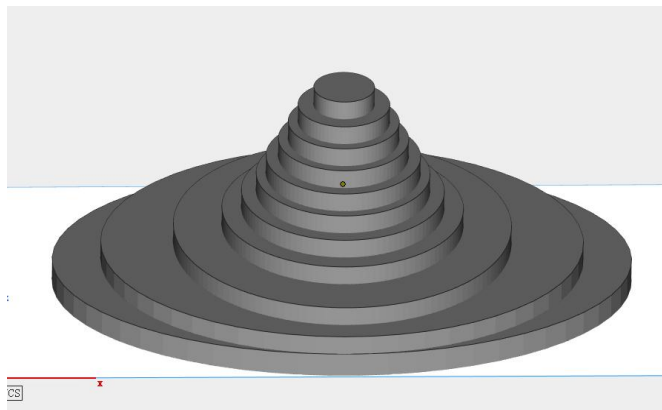
非底板层：

① M 值分段

- 1) 使用 M 值计算工具处理大量该种应用的切片文件，获取切片文件每层图片对应的 M 值；
- 2) 统计每层图片对应的 M 值落在不同 M 值区间内的频率，并根据均匀分布原则，调整 M 值区间将其划分成 8-12 段。

② 替代模型开发

- 1) 根据 M 值划分区间，取每个区间右端点 M 值的 1.2 倍作为该区间标准替代模型——圆柱的 M 值，以提高冗余度；
- 2) 根据圆柱的 M 值推算圆柱的半径，并设定高度；
- 3) 组合圆柱，大半径圆柱位于下方，小半径圆柱位于上方，依次排列，从而开发出替代模型。（需注意圆柱模型需避开底板层，即前二十层）



③ 预制工艺包

将划分的 M 值区间按顺序及格式要求依次填入工艺包，并设置该段区间的运动及行程参数。

④ 工艺包开发优化

- 1) 将预制工艺包导入对应打印机，并使用标准替代模型进行打印测试；
- 2) 记录分析评估打印最大剥离力、分离点行程、打印件表面质量，优化调整每段的工艺包参数（运动速度、行程、等待时间），使最大剥离力满足要求，分离点设置合理以及表面质量良好；
- 3) 如若按照之前的 M 值分段不能很高效的打印，例如实心打印件的高 M 值分段不够细，导致打印效率低，可根据具体情况适当调整 M 值分区，并针对性的开发工艺包参数；
- 4) 在满足以上几项之后，并完成多机台多版次打印，确认无误后，可认为工艺包开发完成。

底板层：（暂时先不管）

4. 导入使用

4.1 本地端

4.1.1 本地修改工艺包并导入

将工艺包文件夹内的 config.ini 文件中的参数按照打印需求进行设置，设置完成后打包成 pp 文件，打包生成的 pp 文件名称格式为“设备型号代码_树脂材料名称_层厚_应用缩写@版本号@工艺包打包生成时间”或“设备型号代码_树脂材料名称_层厚@版本号@工艺包打包生成时间”，完成后可将 pp 文件导入到对应打印机中，同时将待打印的切片文件也导入打印机中，注意切片文件相关参数要和工艺包对应匹配，即可开始打印。

4.1.2 OA 下载正式发布版并导入

从 OA 上下载经过开发测试后的工艺包到本地端，然后导入对应打印机即可。

下载方法：

登录 OA 系统，选择“流程——已办事项——产品研发——工艺包版本适用/正式发布申请”，并按照打印需求选择对应工艺包版本，然后下载，即可将下载的工艺包文件导入打印机内，同时将待打印切片文件导入打印机中，即可开始打印。

4.2 云端

•