



MESHFORGE 用户手册

1. 简介
2. 安装与环境要求
3. 使用规则
4. 网格重烘焙工具 (Mesh Rebaker)
 - 4.1 概述
 - 4.2 界面与设置
 - 4.3 网格重烘焙快速入门
5. 分割工具 (Splitter)
 - 5.1 概述
 - 5.2 界面与设置
 - 5.3 分割工具快速入门
6. 补洞工具 (Gap Filler)
 - 6.1 概述
 - 6.2 界面与设置
 - 6.3 补洞工具快速入门
7. 蒙皮网格合并工具 (Skinned Mesh Combiner)
 - 7.1 概述
 - 7.2 界面与设置
 - 7.3 蒙皮网格合并工具快速入门
8. 拓扑分割工具 (Topology Splitter)
 - 8.1 概述

8.2 界面与设置

8.3 拓扑分割工具快速入门

9. 最佳实践与技巧

10. 常见问题 / 故障排除

11. 版本更新

12. 结语

快速说明：本手册中提到的"分割蒙皮网格渲染器 (Skinned Mesh Renderer) "，实际上指的是分割蒙皮网格渲染器中的网格，并保留或更新其蒙皮属性。为了保持一致性，并区分普通静态网格与蒙皮网格渲染器上的网格，本手册将被分割/补洞的网格统称为"蒙皮网格"。

不喜欢阅读文字？请访问以下链接观看视频教程：<https://www.youtube.com/@CARRYFORGE>

1. 简介

MeshForge 是一套 Unity 编辑器工具集，目前包含五个主要工具：

- **网格重烘焙工具（Mesh Rebaker）**：将网格重新烘焙到 Unity 的坐标系中。用于修复因 3D 建模软件坐标系不同而导致的网格朝向偏移问题。
- **分割工具（Splitter）**：将一个蒙皮网格分割为多个独立的模块化部件，方便用户复用或替换网格部件。
- **补洞工具（Gap Filler）**：通过选择边界顶点或多边形，自动生成新的几何体来填补蒙皮网格上的孔洞或缺口。
- **蒙皮网格合并工具（Skinned Mesh Combiner）**：将共享同一骨骼层级的多个蒙皮网格合并为单个蒙皮网格。
- **拓扑分割工具（Topology Splitter）**：按拓扑结构将静态网格分离为独立部件，实现更细致的分组与预制体（Prefab）制作。

本手册详细介绍每个工具的界面、设置和使用方法，帮助您将 MeshForge 融入您的工作流程。MeshForge 旨在为几乎没有 3D 建模或动画经验、但希望获得更加模块化网格组件的用户填补技能空缺。

2. 安装与环境要求

1. **Unity 版本**：兼容 Unity 2021 LTS 或更高版本（已测试至 Unity 6）。
2. **脚本运行时**：建议使用 .NET 5.x 或更高版本。
3. **依赖项**：
 - a. 本包依赖 UnityEditor 及标准 UnityEngine 库。
 - b. 最新版本的 Unity Burst
 - c. 最新版本的 Unity Collections
 - d. 最新版本的 Unity FBX Exporter
 - e. 最新版本的 Unity Mathematics
4. **安装**：通过 Package Manager 安装 MeshForge 时，如果缺少上述任何依赖项，会弹出一个提示窗口。点击"OK"即可自动安装所有缺失的依赖项。

注意：请给 Unity 一些时间来安装这些包，在安装完成之前请忽略任何错误或警告。

3. 使用规则

3.1 综合要求

以下规则/指南可确保您在使用 MeshForge 时一切顺利。

- 请务必先将需要处理的预制体或游戏对象放入场景，然后将其位置和旋转设置为 0,0,0。这样可以确保 MeshForge 获得一个干净的变换矩阵。

以下规则仅针对分割工具中将 "Use Custom Prefab"（使用自定义预制体）开关设为 true 的情况：

- 确保所使用的预制体与目标蒙皮网格所来自的预制体是同一个。
- 如果两个蒙皮网格（源与目标）使用差异很大的骨骼层级，请预料到会出现异常变形。这可能可以通过启用变形并使用基于姿势的变形来修复。但一般来说，两个骨骼层级差异很大的蒙皮网格出于多种原因无法相互通用。
- 为了确保分割后的蒙皮网格没有异常且能正确变形，请只在**使用相同骨骼层级**的预制体之间共享网格。这"通常"出现在由同一位美术师制作的资源中。
- 在某些情况下，您可以在不同的骨骼层级之间共享分割后的蒙皮网格。具体来说，例如目标蒙皮网格相比源蒙皮网格**只缺少少数几根骨骼**的情况。在这种情况下，**必须**使用某一种变形方式。

注意："缺失骨骼"不包括放置在骨骼层级中的蒙皮网格资源。这些变换仍会出现在骨骼加载器中，但可以忽略。这里特指对蒙皮网格动画有显著影响的骨骼。

- 如果目标或源蒙皮网格中的任意一个曾使用网格重烘焙工具修正过，您**将会**遇到变形问题。要么两者都**以相同的偏移量**重烘焙，要么都不重烘焙。为确保不出问题，只使用共享相同骨骼层级/偏移的源蒙皮网格和目标蒙皮网格即可。这条规则有一个例外——在同时满足上述所有规则的前提下，通过使用基于姿势的变形，您可能最终得到一个能正常工作/蒙皮正确的网格。

4. 网格重烘焙工具（Mesh Rebaker）

4.1 概述

从第三方 3D 软件导出的资源，可能没有被正确放置到 Unity 的坐标系中。虽然资源作者可以通过多种方式修复（例如添加一个变换来偏移网格朝向），但这种朝向偏移会导致资源默认无法在 MeshForge 中使用。为解决此问题，我们提供了网格重烘焙工具。

网格重烘焙工具：

- 接收单个预制体，但会重新定向该预制体上附带的所有蒙皮网格。
- 提供额外偏移选项，以应对默认重定向无法单独解决问题的情况。
- 生成一个全新的预制体，包含调整后的蒙皮网格和重新定向的骨骼层级；创建全新的重定向网格；并创建一个新的 FBX，以便为新预制体制作新的人形（Humanoid）Avatar。
- 原始资源不会被修改，仍可在其他地方使用。

4.2 界面与设置

通过 **Tools → MeshForge → One Shots → Mesh Rebaker** 打开。

以下是网格重烘焙窗口中的主要字段和选项：

1. Save Folder（保存文件夹）（必填）

- 设置 Assets/ 下的子文件夹路径，输出的网格和预制体将保存在此处。
- 示例：若输入 MyGame/Meshes，最终路径为 Assets/MyGame/Meshes。

2. Source Prefab（源预制体）（必填）

- 将预制体从场景中拖入该字段。
- 这是将要被重新定向的预制体。

3. Offsets（偏移）字段（可选）

- 用于在必要时进一步调整网格的偏移。

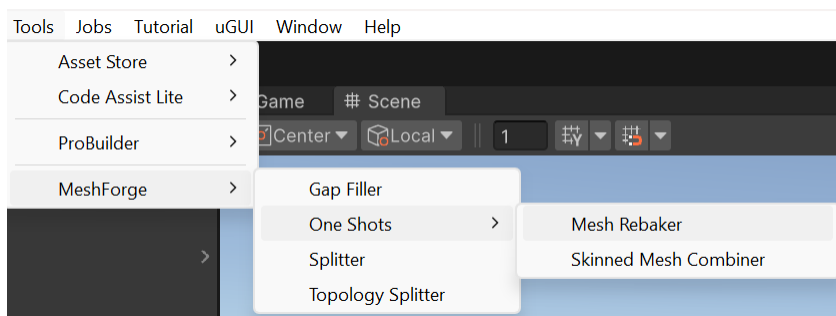
4. Rebake Meshes and Create Assets（重烘焙网格并创建资源）（按钮）

- 按下此按钮完成重定向。

4.3 网格重烘焙快速入门

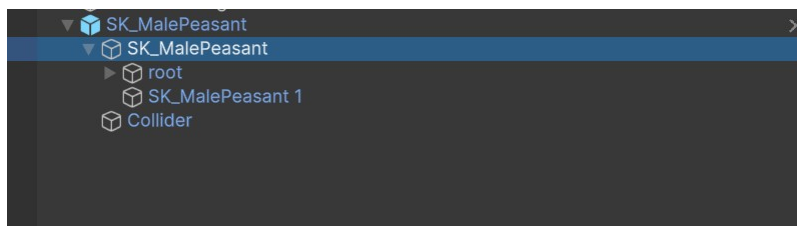
1. 打开 Mesh Rebaker 窗口

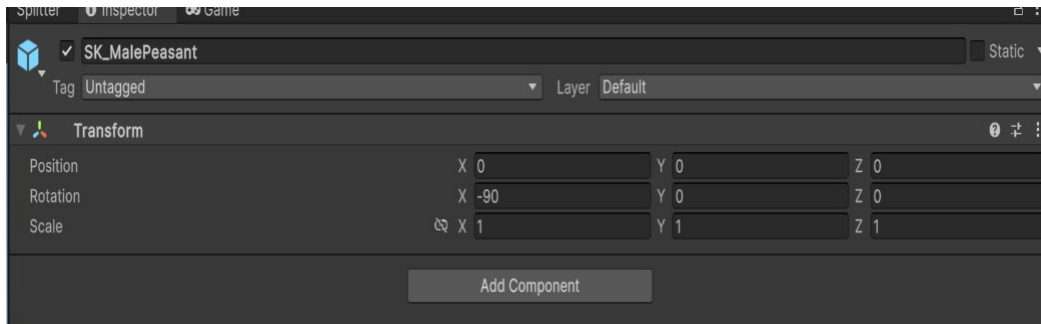
- Tools → MeshForge → One Shots → Mesh Rebaker



2. 将需要重新定向的预制体拖放到场景中，并确认其旋转是否异常。

- 判断网格是否需要重新定向有几种方法，这里展示两种。第一种：将预制体放入场景后，查看骨骼层级的父级变换，您会看到父级上存在偏移——在本例中是 x 轴上的 -90 度偏移：





- b. 您也可以直接进入资源文件夹查看网格。可以看到该网格相对于 Unity 标准的朝向异常：网格平躺着，就常规网格朝向而言，它把 +z 轴当作了 +Y 轴。

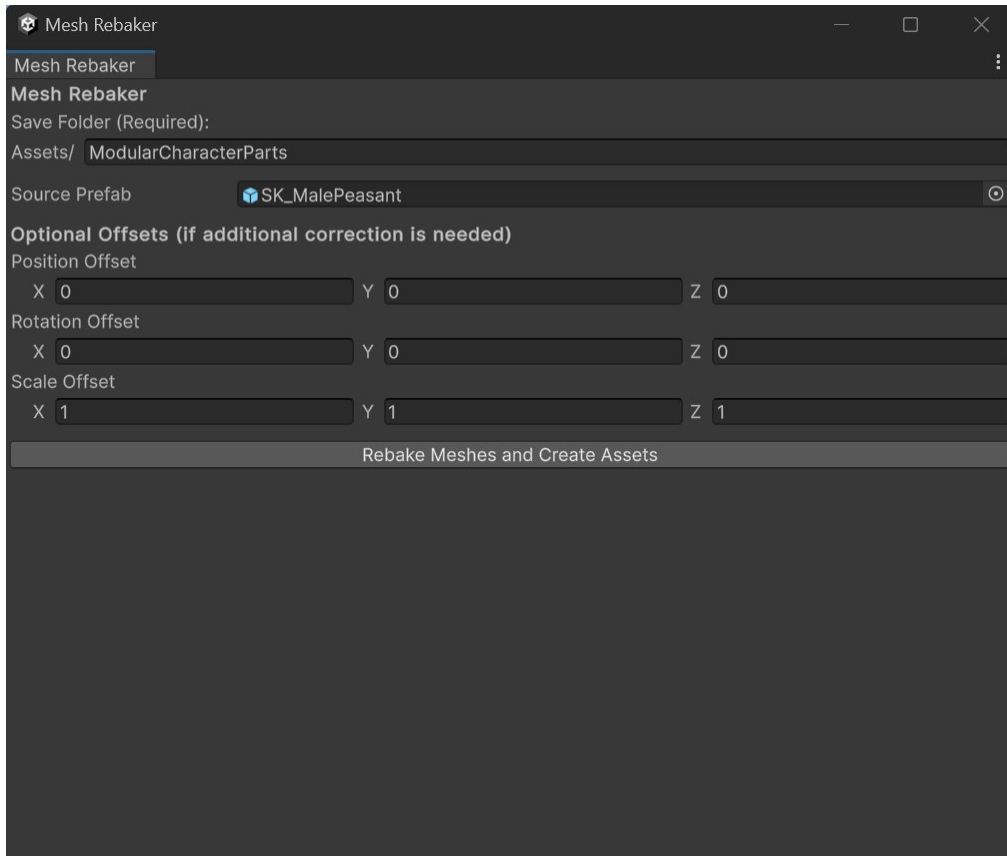


3. 将场景中的预制体放入 Prefab 字段

4. 应用可选偏移。

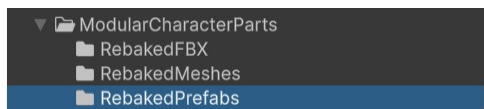
- a. 对于本例中的网格，我们不需要添加任何额外偏移。

5. 按下"Rebake Meshes and Create Assets"按钮



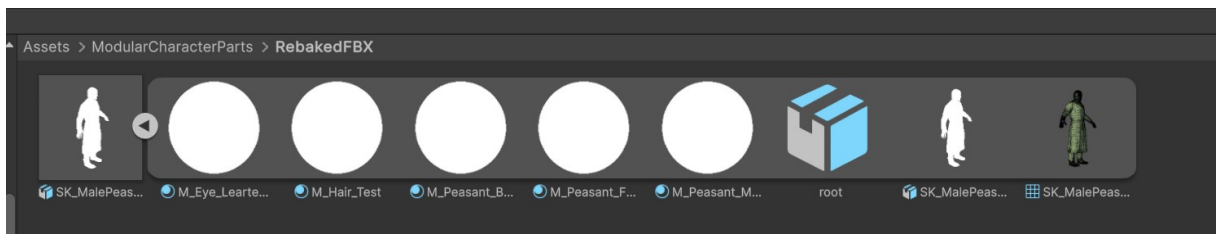
6. 现在您会看到三个新文件夹，其中包含新创建的资源。

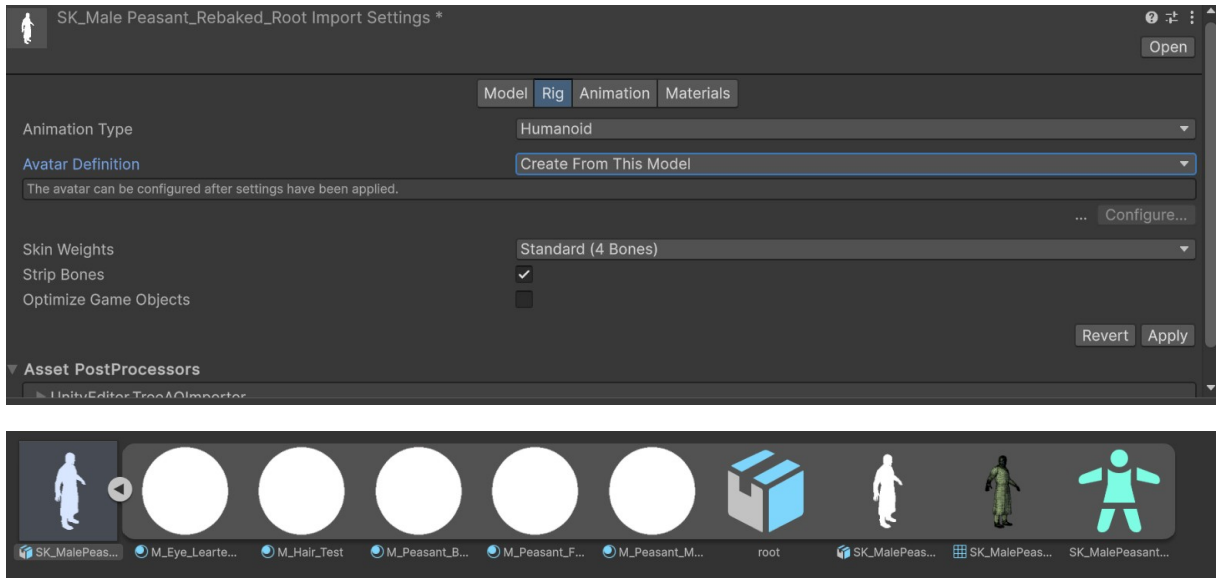
- a. 您可以使用任意偏移量重复重烘焙，直到获得满意的结果。重烘焙功能会直接替换/覆盖之前的重烘焙结果，因此文件夹不会变得杂乱。



7. 前往您的 FBX 文件，为新预制体创建一个新的人形 Avatar。

- a. 点击 FBX 文件，在 Inspector 中切换到 Rig 选项卡，将 Animation Type 选为 Humanoid，将 Avatar Definition 选为 Create From This Model，然后点击 Apply。现在您就拥有了一个新的角色 Avatar。





5. 分割工具（Splitter）

5.1 概述

模块化角色通常需要将单个蒙皮网格分离为多个部件，同时保留动画等所需的属性。例如，您可能希望将角色的手臂、腿部和躯干作为可单独替换的部件。

分割工具：

- 按组将单个蒙皮网格分割为多个蒙皮网格。
- 支持高级的洪水填充（flood fill）式选择，决定哪些三角面归属哪个组。
- 保留或更新原有属性，使每个部件仍然带有蒙皮/可播放动画。

5.2 界面与设置

通过 **Tools → MeshForge → Splitter** 打开。

以下是 Splitter 窗口中的主要字段和选项：

1. Skinned Mesh / Static Mesh（蒙皮网格 / 静态网格）（选项卡）

- 允许用户在蒙皮网格版本与静态网格版本的窗口之间切换。

1A. 静态网格选项卡专属字段（可在组管理区域的 Settings 折叠栏中找到）

a. Overwrite Saved Objects（覆盖已保存对象）（开关）：

- 可选开关，允许您在完成时覆盖同名对象。
- 当您需要不断迭代修改网格并希望避免文件夹杂乱时非常有用。
- 这也会覆盖所选蒙皮网格所属游戏对象上附带的蒙皮网格。

b. Add Physics Components (添加物理组件) (开关) :

- i. 开启后, 会为每个独立部件添加物理组件 (Rigidbody / Mesh Collider)。之所以使用 Mesh Collider, 是因为它在为分离部件添加碰撞体时最为精确。

2. Reset (重置) 按钮

- a. 重置/清空分割窗口中的所有字段, 并移除场景中的所有预览对象。

3. Save Folder (保存文件夹) (必填)

- a. 设置 Assets/ 下的子文件夹路径, 输出的网格和预制体将保存在此处。
- b. 示例: 若输入 MyGame/Meshes, 最终路径为 Assets/MyGame/Meshes。

4. Source Skinned Mesh (源蒙皮网格) (必填)

- a. 您要分离的网格。必须具有有效的骨骼、非空材质等。

5. Bone Weight Group Config (骨骼权重分组配置) (必须设置 / 是否使用为可选) (1.1.0 版本起可用)

- a. 用于放置骨骼权重配置 ScriptableObject 的字段。

6. Ambiguity Threshold (模糊度阈值) (可选 / 仅在骨骼权重配置不为空时可用) (1.1.0 版本起可用)

- a. 用于定义在使用基于骨骼权重的分组时设置边界的阈值。
- b. 虽然并非完全可靠, 但设为 0.5 有助于在使用骨骼权重分组时使边界更均匀。这会使边界更平滑/统一, 而不是参差不齐。

7. Use Custom Prefab? (使用自定义预制体?) (可选)

- a. 勾选后, 您需要指定一个目标蒙皮网格 (来自自定义预制体)。它必须具有有效的骨骼、非空材质等。
- b. 勾选后, 您需要指定一个预制体, 作为分割后蒙皮网格的"归宿"。
- c. 勾选后, 会出现一个字段, 用于输入自定义预制体中根骨骼的名称。

8. Target Skinned Mesh (目标蒙皮网格) (必填 / 仅在"Use Custom Prefab?"为 true 时可用)

- a. 允许您将源蒙皮网格匹配或重定向到新的骨骼结构, 或允许变形。

9. Custom Prefab (自定义预制体) (必填 / 仅在"Use Custom Prefab?"为 true 时可用)

- a. 预制体直接来自 Assets 文件夹。该预制体应包含: 一个完整角色 (未分割) 的 SkinnedMeshRenderer, 以及有效的骨骼层级。

10. Prefab Root Bone Name (预制体根骨骼名称) (必填 / 仅在"Use Custom Prefab?"为 true 时可用)

- a. 应与自定义预制体中根骨骼的名称一致。根骨骼通常是骨骼层级中的第一根骨骼。如果不确定, 可以在预制体的 SkinnedMeshRenderer 上查看 Root Bone 字段, 那里会显示根骨骼的名称。点击 Root Bone 字段中的变换, 会显示根骨骼所在的位置。

11. Allow Deformation (允许变形) (可选 / (实验性) 仅在"Use Custom Prefab?"为 true 时可用)

- a. 设为 true 时，源网格会被变形以匹配目标网格的姿势，或使用基于晶格（lattice）的方法进行变形。

12. Use Pose Based Deformation?（使用基于姿势的变形？）（可选 / 仅在"Allow Deformation?"为 true 时可用）

- a. 设为 true 时，变形步骤将使用绑定姿势进行变形。（最适合尺寸相近的网格之间，或从较小网格变形到较大目标网格。）
- b. 设为 false 时，变形步骤将使用基于晶格的变形。（最适合尺寸相近的网格之间，或从较大网格变形到较小目标网格。）

13. Lattice Resolution（晶格分辨率）（可选 / 仅在"Use Pose Based Deformation"为 false 时可用）

- a. 用于定义变形过程中输出网格的分辨率。分辨率是变形质量的关键，对于低多边形网格，300 似乎是一个不错的数值，不会产生视觉损失。**警告：分辨率设置过高会导致 Unity 崩溃。由于每个人的硬件不同，"过高"的具体含义需要由用户自行判断。**

14. Hidden Material（隐藏材质）（必填）

- a. 用于在编辑器中"隐藏"子网格，以便您隔离特定的三角面。

15. Use render pipeline default material for mesh preview?（网格预览使用渲染管线默认材质？）（可选）

- a. 设为 true 时，网格预览将使用渲染管线的默认材质。设为 false 时，预览将使用源蒙皮网格的材质。

16. Load Bones（加载骨骼）按钮（必填 / 仅在"Use Custom Prefab?"为 true 时可用）

- a. 初始化骨骼层级子编辑器。
- b. 显示两个列表：第一个是源蒙皮网格的骨骼，第二个是目标（自定义）预制体的骨骼。
- c. 允许您确保应当表现一致的骨骼具有匹配的名称。这一点很重要，因为分割工具正是据此决定如何将骨骼从源蒙皮网格重定向到目标预制体的骨骼层级。
- d. "Apply Names"（应用名称）按钮会覆盖被修改的名称，然后启用"Load Mesh Data"按钮。
- e. 示例：如果源上是 Hand_R，而目标上是 Right_Hand，您可以修改目标或源上的名称，使其符合您偏好的命名规范。**注意：修改源蒙皮网格上的名称是最佳选择。**

17. Load Mesh Data（加载网格数据）按钮

- a. 从源蒙皮网格读取网格数据。
- b. 在编辑器中创建一个预览对象（标准的 MeshFilter / MeshRenderer），供您选择三角面。

洪水填充同样遵循此规则：如果某个子网格在子网格可见性设置中未被选中，则在洪水填充时这些"隐藏"的三角面不会被选中。

18. Group Management（组管理）

- a. **Add New Group (添加新组)** 按钮：在组管理区域以折叠栏形式添加一个新组。新添加的组会成为"活动组"。
- b. **Reset All Groups (重置所有组)** 按钮：将所有组重置为默认状态（不会移除组）。
- c. **Advanced Grouping (高级分组)** 按钮（1.1.0 版本起可用）：使用基于骨骼权重的分组算法和骨骼权重分组配置文件来创建组。

19. Settings (设置) (折叠栏)

- a. **Submesh Visibility (子网格可见性)** (开关列表)
 - i. 开启时，该子网格可见/可绘制；关闭时则不可。
- b. **Flood Fill Settings (洪水填充设置)**
 - i. **Proximity Threshold (邻近阈值)** (滑块)：控制三角面的邻接规则（边的匹配需要多严格）。
 - ii. **Seed Direction Threshold (种子方向阈值)** (滑块)：用于方向性洪水填充。如果新三角面的方向与边界方向匹配，它就属于该组。
- c. **Unprocessed Triangle Edges Settings (未处理三角面边缘设置)**
 - i. **Show Unprocessed Triangles (显示未处理三角面)** (开关)：开启或关闭尚未处理（选中）的三角面的显示。
 - ii. **Unprocessed Edge Color (未处理边缘颜色)** (颜色选择器)：决定未处理三角面的颜色。
 - iii. **Handle Draw Distance (手柄绘制距离)** (滑块)：控制三角面手柄在距 SceneView 摄像机多远（世界空间）的范围内可见。超出此距离的三角面不会显示。
 - iv. **Triangle handle z offset (三角面手柄 z 偏移)** (滑块)：设置三角面沿正向方向绘制时与网格表面的距离。数值越大，三角面绘制得离网格表面越远。
- d. **Finalize Settings (完成设置)**
 - i. **Allow Ungrouped triangles to be made into their own group/mesh (允许未分组三角面组成独立组/网格)** (开关)：勾选后，任何未归入任何组的三角面将被放入独立的组，并包含在最终的蒙皮网格预制体/更新后的预制体中。

20. Groups (组)

- a. **模式**：每个组包含三种选择模式。
 - 1) **Boundary Mode (边界模式)**：在此模式下选中的三角面将作为边界。可以把边界理解为任何封闭的形状，如圆形/方形/圆柱形，它包围着一组未选中的三角面。边界模式与种子模式直接配合，为洪水填充做准备。形状必须封闭的原因是，洪水填充时会从边界开始向种子方向填充。
 - 2) **Paint Mode (绘制模式)**：此模式允许用户自由选择三角面，与初始洪水填充没有直接关联。也就是说，在绘制模式下选中的三角面既不会作为边界，

也不会作为种子。它适用于选择洪水填充没有覆盖到的三角面，或者用于更自定义的网格分离方式。

- 3) **Seed Mode (种子模式)**：与名称相反，种子模式下的种子实际是洪水填充的引导。三角面从边界三角面向种子三角面填充。种子数量没有限制，理想情况下您应放置足够多的种子，使洪水填充能到达网格的所有区域。对于几何结构非常复杂（复杂 = 有很多凸起和凹陷/沟槽）的蒙皮网格尤其如此。

注意：在边界模式和种子模式下选中的三角面，除非该组被“处理”（processed），否则不会真正应用到最终蒙皮网格的相应组中。如果您想在无需处理组的情况下自由向组中添加三角面，请使用绘制模式。

- b. **Group Name (组名称)** 字段：用此字段定义组的名称，该名称最终也会作为蒙皮网格部件的名称。最好按其代表的身体部位命名。**注意：制定一个命名规范并坚持使用，以保持条理清晰。**
- c. **Group Color (组颜色)** 字段：帮助您快速识别当前正在处理的组。
- d. **Process Group (处理组)** 按钮：开始对该组执行洪水填充。
- e. **Process Incomplete Group (处理未完成组)** 按钮（仅在 Process Group 使用过一次后可用）：对该组执行二次洪水填充。它利用该组当前已处理的所有三角面，尝试填充仍未处理的相邻三角面，同时遵循原有边界。
- f. **Remove Group (移除组)** 按钮：从组列表中移除活动组。
- g. **Prev State (上一状态)** 按钮：如果可用，将组恢复到上一个状态。
- h. **Next State (下一状态)** 按钮：如果可用，将组前进到下一个状态。

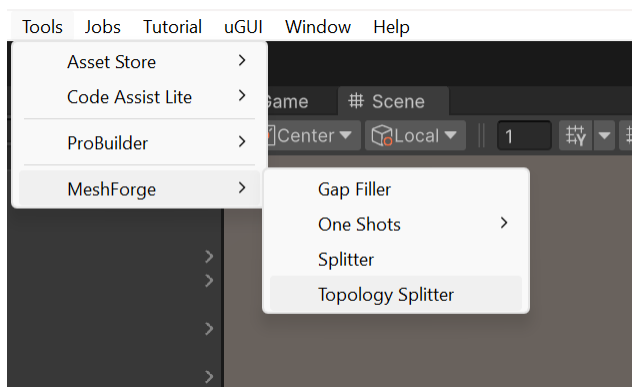
21. Separate Part(s) and Save (分离部件并保存)（按钮）（仅在组列表中至少有一个组时可用）

- a. 根据您的组选择，将蒙皮网格分割为独立的蒙皮网格部件。

5.3 分割工具快速入门

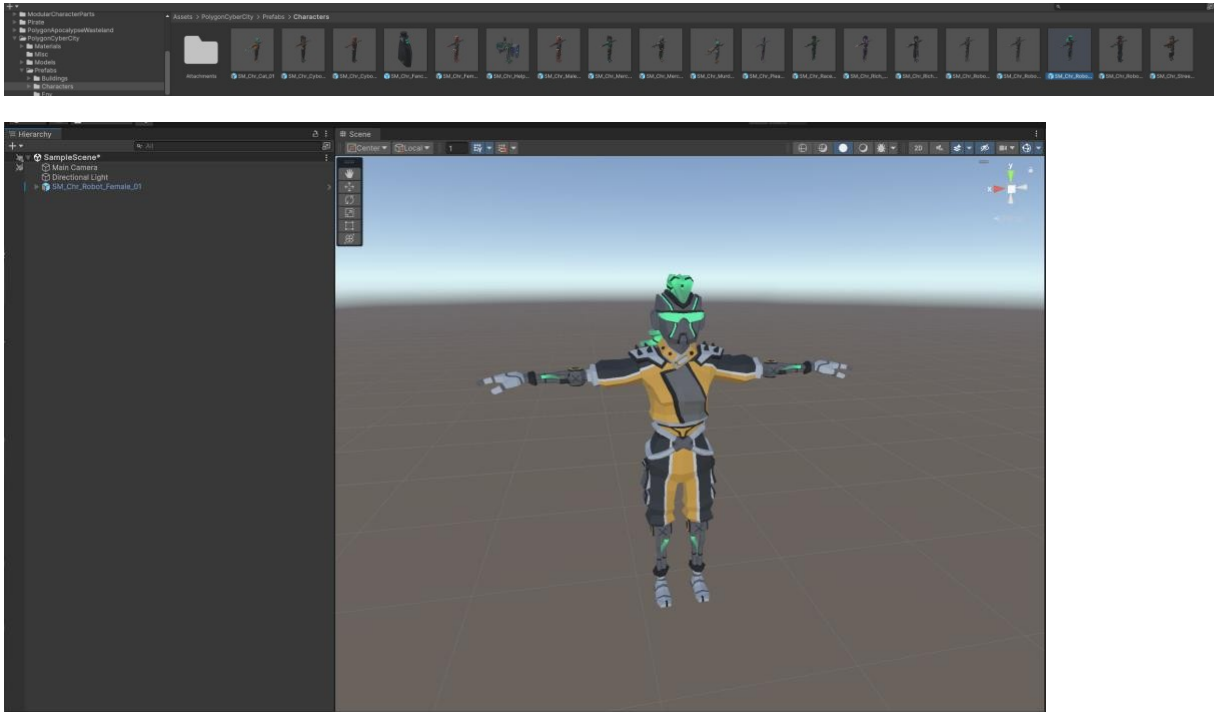
1. 打开 Splitter 窗口

- a. Tools → MeshForge → Splitter



2. 将游戏对象拖放到场景中

- 将预制体或游戏对象资源从 Assets 文件夹拖放到场景层级中。



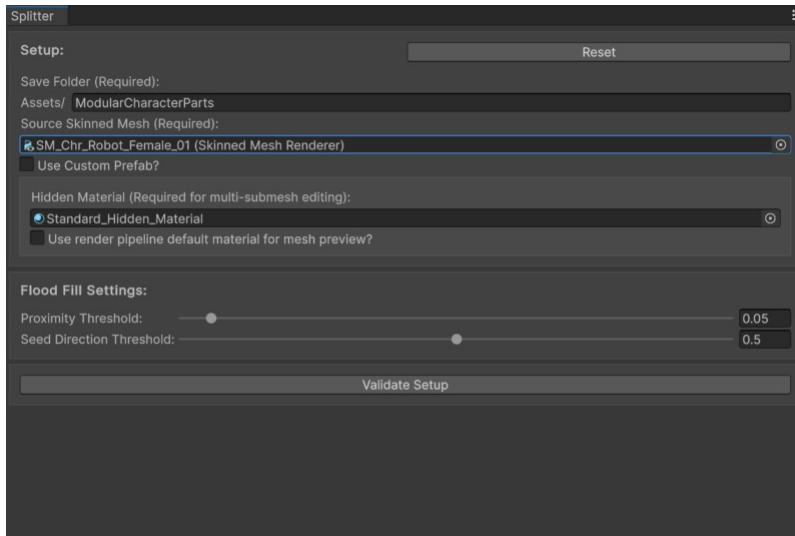
3. 保持所有字段为默认值

- 为简洁起见，在分割窗口中不要修改任何默认值。

4. 指定源蒙皮网格

- 从场景中的预制体上选择您要分割的蒙皮网格，并将其拖入分割窗口的 Source 字段。



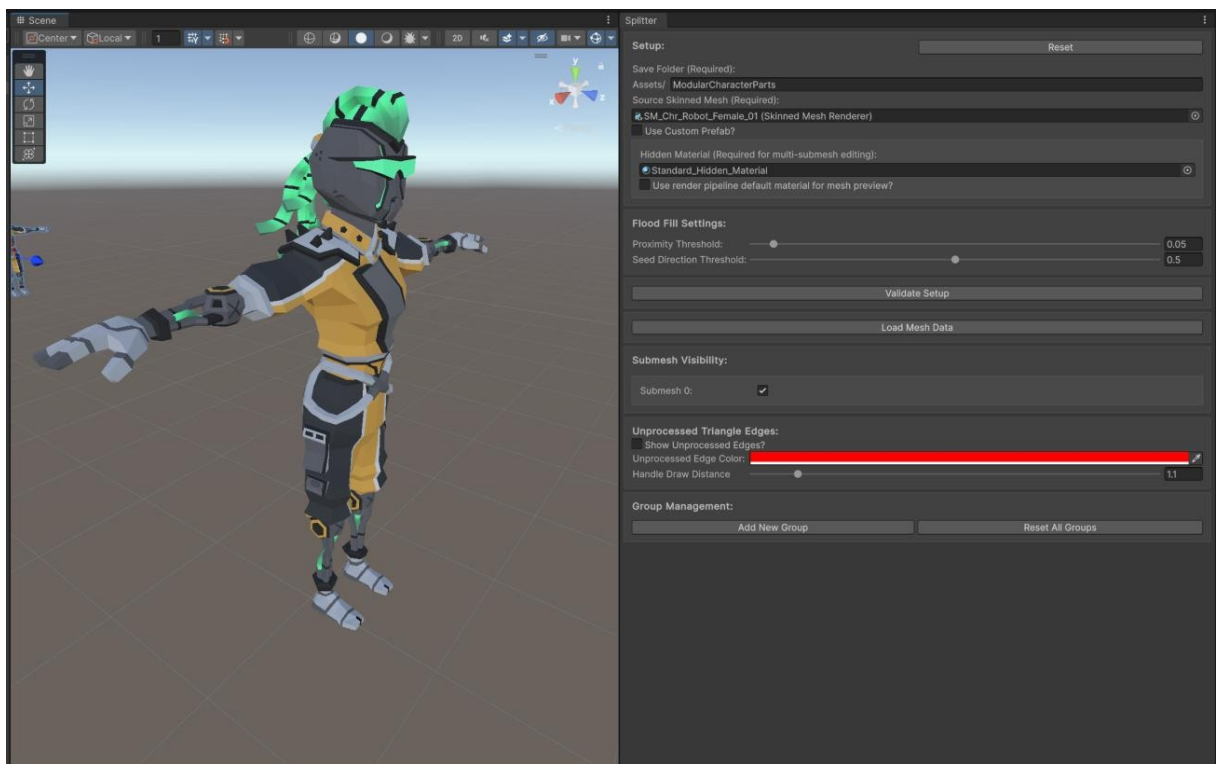


5. 点击"Validate Setup" (验证设置)

- 如果您的蒙皮网格存在任何问题，会显示在"Splitter 窗口"底部。

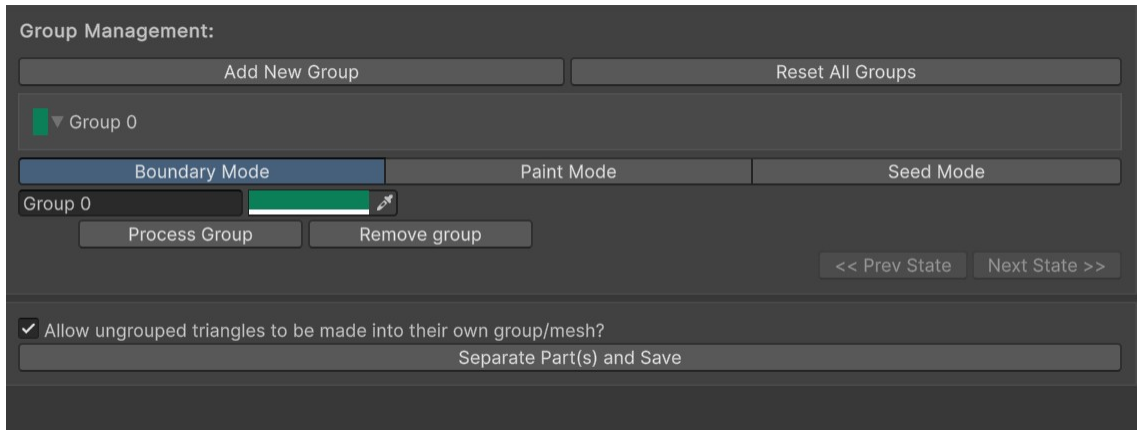
6. 点击"Load Mesh Data" (加载网格数据)

- 场景中会创建一个预览对象。
- 子网格开关可用于显示/隐藏子网格。



7. 点击"Add New Group" (添加新组)

- "Splitter 窗口"中会添加一个新组。



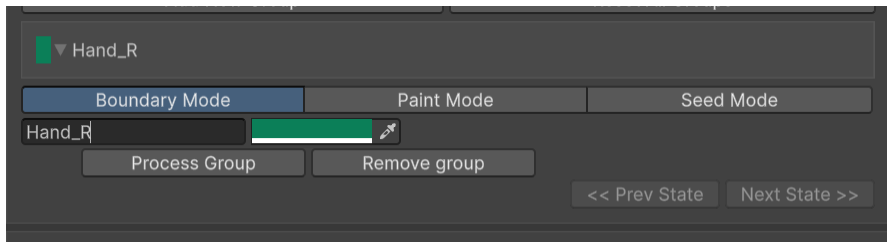
8. 重命名组

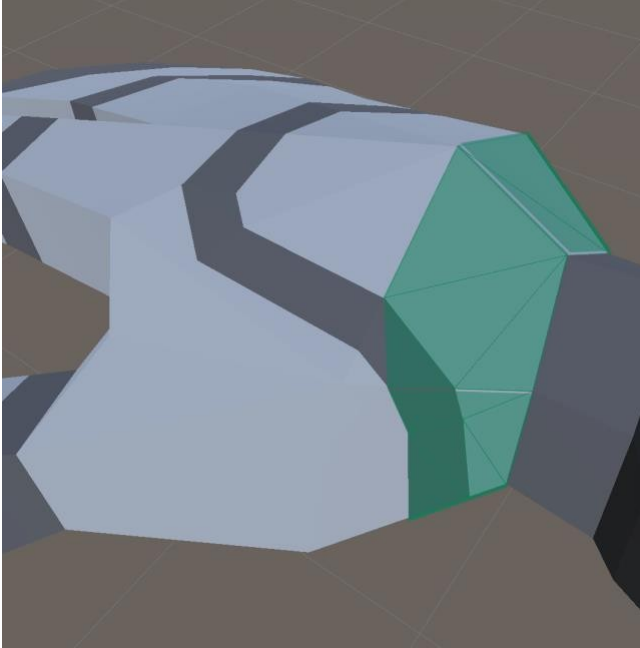
- 每个组可以代表一个身体部位或区域。例如："Hand_L"、"UpperArm_R"、"Torso"等。

9. 选择三角面

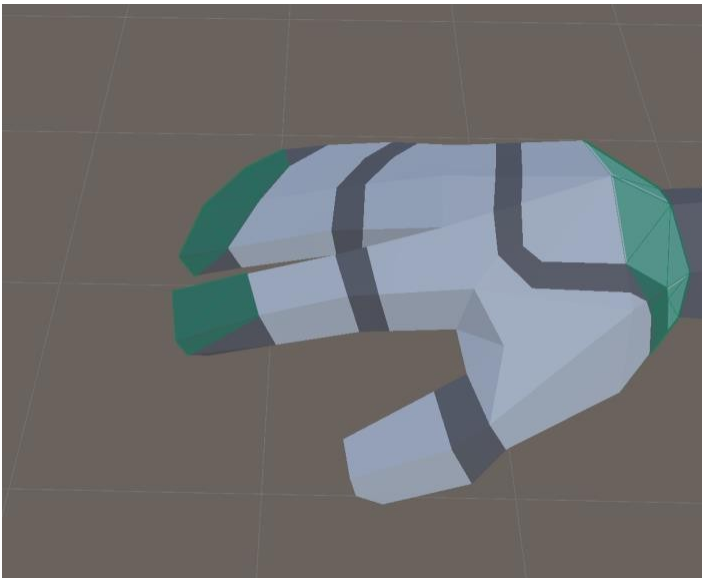
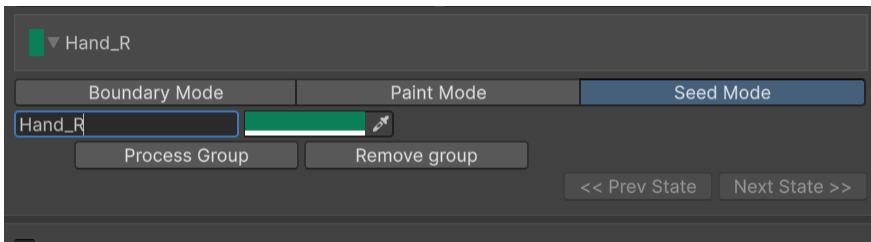
- 在活动组处于"Boundary Mode"（边界模式）时，在 Scene View 中点击"三角面"（网格）将其标记到活动组。任何被标记为边界的三角面都是包含性的，即在分离过程中，它们会被包含在所标记颜色的组中。创建边界时，请确保边界三角面构成一个"封闭"形状——以手腕为例，边界应像一条带子一样环绕整个手腕。

（左键 = 添加，右键 = 移除；**或** 按住左键并拖动鼠标 = "拖动添加"，按住右键并拖动鼠标 = "拖动移除"。）

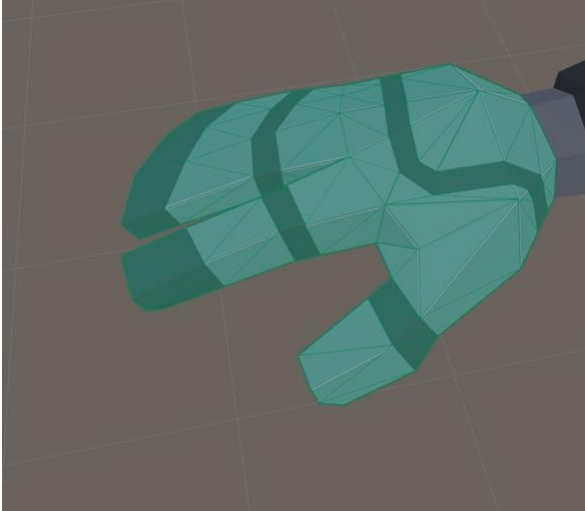




- b. 将活动组的模式切换为"Seed Mode"（种子模式），开始在网格上绘制种子。种子的数量没有限制。将种子放置在网格中难以到达的区域（即几何结构复杂的区域）以及网格组中与边界三角面相对的另一端时效果最佳。

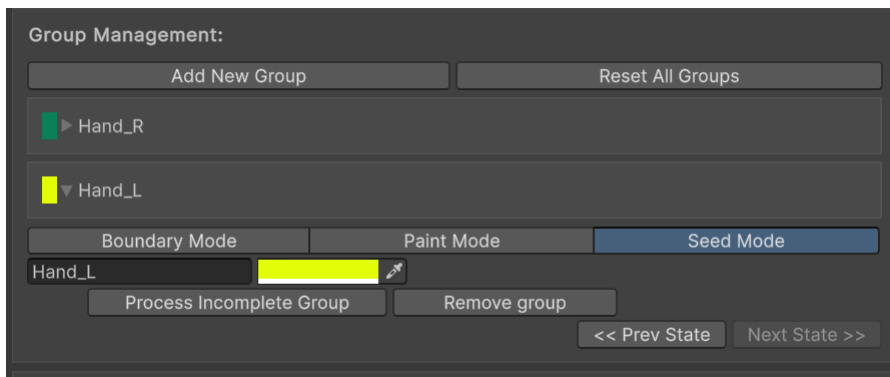


- c. 按下"Process Group"（处理组）执行填充操作。



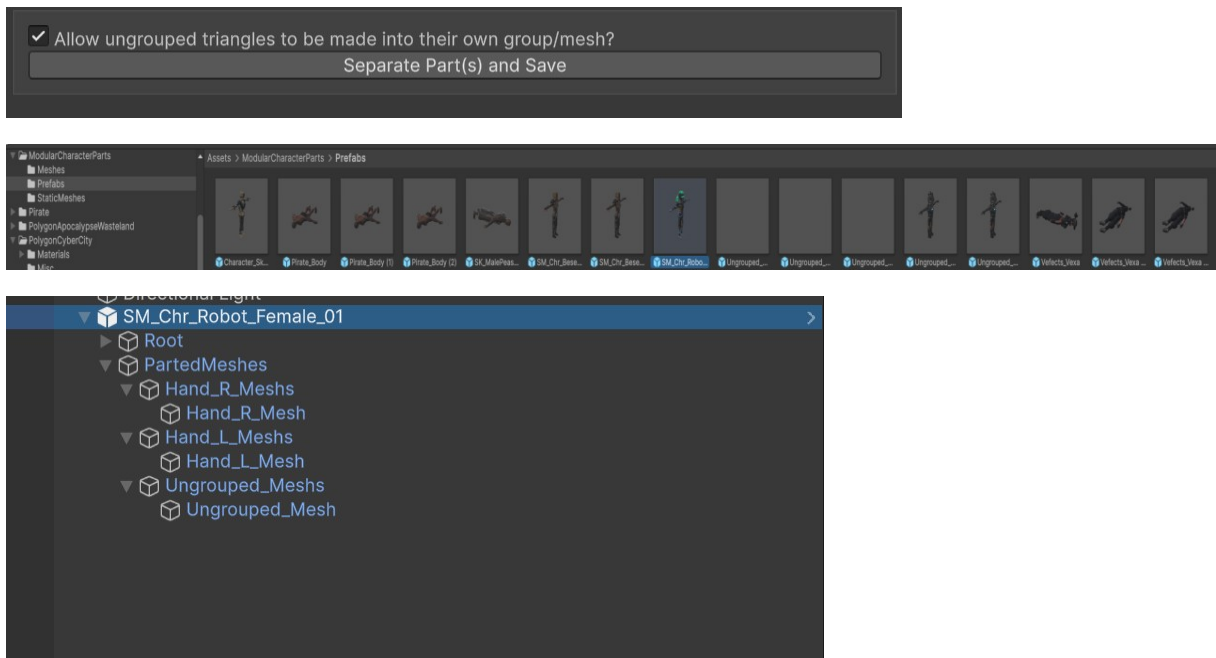
d. 您也可以使用"Paint"（绘制）模式手动选择组中所需的所有三角面，无需边界逻辑。

10. 重复步骤 7-9 以创建更多组



11. 分离并保存

- 工具会生成独立的 Skinned Mesh Renderer（每个组一个），并将网格保存到您所选文件夹下的 /Meshes 中。
- 一个包含新建蒙皮网格和骨骼层级的预制体会被创建，并保存到您所选文件夹下的 /Prefabs 中。
- 如果将新预制体拖放到场景中，您会看到蒙皮网格按组名组织，未分组的蒙皮网格则放在名为 "Ungrouped_Meshs" 的容器变换下。



6. 补洞工具 (Gap Filler)

6.1 概述

处理分割后的蒙皮网格时，您会遇到需要填补的孔洞或不完整几何体。补洞工具允许您：

- 选择一个 Skinned Mesh Renderer。
- 标记孔洞周围的边界顶点。
- 自动用多边形填补缺口，并可选择为填补区域指定单独的材质。

6.2 界面与设置

您可以通过 Unity 菜单 **Tools** → **MeshForge** → **Gap Filler** 打开补洞窗口。

以下是 GapFillerWindow 中各项设置/选项的说明:

- ### 1. Skinned Mesh / Static Mesh (蒙皮网格 / 静态网格) (选项卡)

- a. 允许用户在蒙皮网格版本与静态网格版本的补洞窗口之间切换。

2. Reset (重置) (按钮)

- a. 按下后，窗口、所有预览对象及所有字段都会被重置，提供一个干净的工作环境。

3. Save Folder (保存文件夹) (必填)

- a. 标签为"Save Folder (Required):"的文本字段。
- b. 设置 Assets/ 下的子文件夹路径，输出的网格和预制体将保存在此处。
- c. 示例：若输入 MyGame/Meshes，最终路径为 Assets/MyGame/Meshes。

4. Settings (设置) (折叠栏)

a. Overwrite Saved Objects (覆盖已保存对象) (开关)：

- i. 可选开关，允许您在完成时覆盖同名对象。
- ii. 当您需要不断迭代修改网格并希望避免文件夹杂乱时非常有用。
- iii. 这也会覆盖所选蒙皮网格所属游戏对象上附带的蒙皮网格。

b. Add Physics Components (添加物理组件) (开关)

- i. 开启后，会为每个独立部件添加物理组件 (Rigidbody / Mesh Collider)。之所以使用 Mesh Collider，是因为它在为分离部件添加碰撞体时最为精确。

c. Handle Draw Distance (手柄绘制距离) (滑块)

- i. 控制顶点手柄在距 SceneView 摄像机多远 (世界空间) 的范围内可见。
- ii. 超出此距离的顶点不会显示为可选手柄。

d. Vertex Handle Size (顶点手柄大小) (滑块)

- i. 控制绘制在可选顶点上的手柄的大小 (半径)。

e. Group Automation (组自动化)

- i. **Automate Groups (自动化分组) (开关)**：设为 true 后，会出现组自动化功能专属的新选项。
- ii. 包含 Fan 和 Fill 模式中的所有选项，例如 FillMode、Secondary Material；若为 Convex 填充模式，则还有：Convex Steps、Convex Exponent、Apex Offset。
- iii. **Create Groups (创建组) (按钮)**：点击此按钮自动创建组并填充。

5. Gap Groups (缺口组)

- a. 您可以创建多个"缺口组"，每个组代表网格上不同的孔洞或边界区域。
- b. 每个组包含以下字段：

i. Fill Mode (填充模式) (Fan 或 Convex)：

- 1) **Fan (扇形)**：将所有边界顶点连接到一个中心点。
- 2) **Convex (凸面)**：生成凸面几何体，可通过"Convex Steps"更精细地控制填充弧度。

- ii. **Convex Steps 与 Convex Exponent（凸面步数与凸面指数）**（用于 FillMode.Convex）：
 - 1) 控制生成多少个中间环，以及它们向中心点插值的强度。
- iii. **Apex Offset（顶点偏移）**（用于 FillMode.Convex）：
 - 1) 顶点沿计算法线方向距边界中心点的距离。允许填充区域"凸出"或"凹陷"。
- iv. **Group Color（组颜色）**：
 - 1) 在 SceneView 中高亮显示该组所选顶点/三角面的颜色。
- v. **Gap-Fill Material（补洞材质）**（可选）：如果指定，填补孔洞的多边形将使用此次要材质作为单独的子网格。
- vi. **UV Flip Direction（UV 翻转方向）**：允许旋转或翻转 UV（选项：None、Rotate90、Rotate180、Rotate270）。
- vii. **Clear Group Selection（清除组选择）**：
 - 1) 清除该组中所有已指定的边界顶点。
- viii. **Remove Group（移除组）**：
 - 1) 彻底删除该组。

6. Scene View 交互

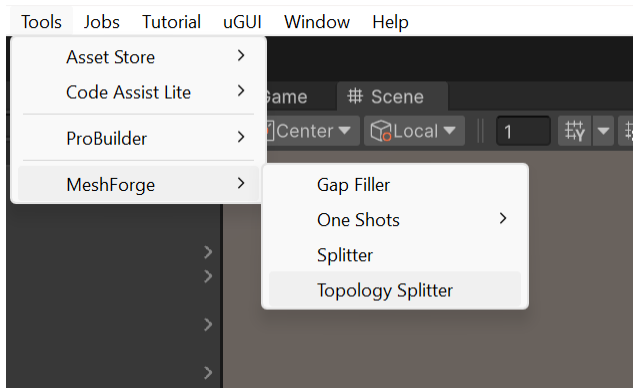
- a. 在 SceneView 中，每个顶点（在 Handle Draw Distance 范围内）都会显示一个小手柄/Gizmo。
- b. 点击手柄可切换其在当前"展开"的缺口组中的成员资格。

7. 按钮："Update Preview"（更新预览）与"Finalize"（完成）

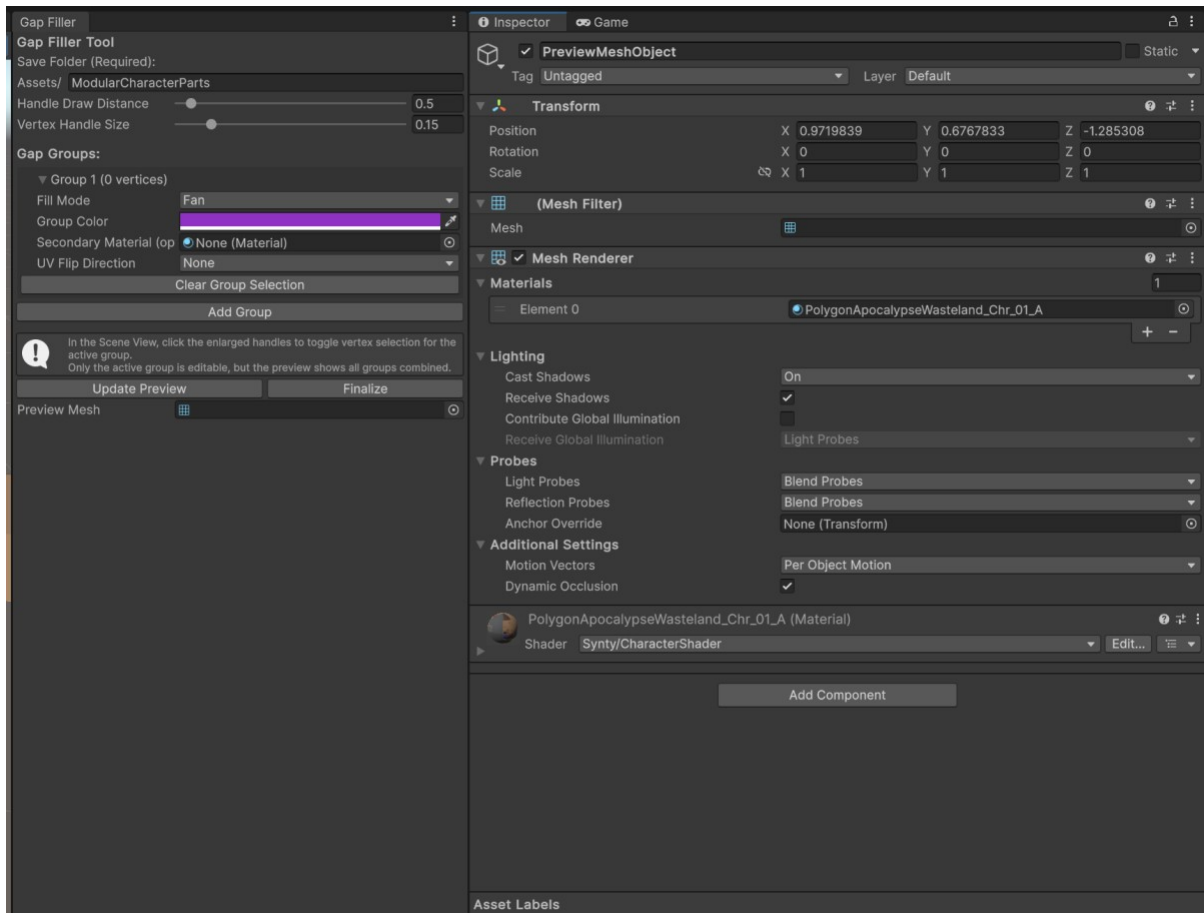
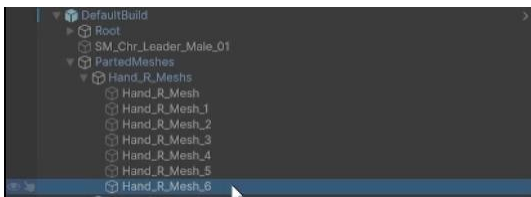
- a. **Update Preview**：
 - i. 为活动组生成一个临时填充网格。更新结果会显示在场景中的预览对象上。
- b. **Finalize**：
 - i. 提交所有组的填充，创建一个包含填充几何体的新 Skinned Mesh Renderer，然后保存网格资源和可选的预制体。

6.3 补洞工具快速入门

- 1. 打开 Tools → MeshForge → Gap Filler。

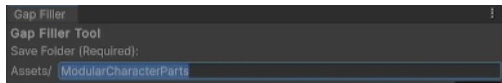


2. 在场景层级中选择一个包含 SkinnedMeshRenderer 组件的游戏对象。注意：您选择的游戏对象应位于预制体上，或者位于您计划制作成预制体的游戏对象上。



3. 在 Gap Filler 窗口中：

- a. 如有需要，设置 **Save Folder** 路径。

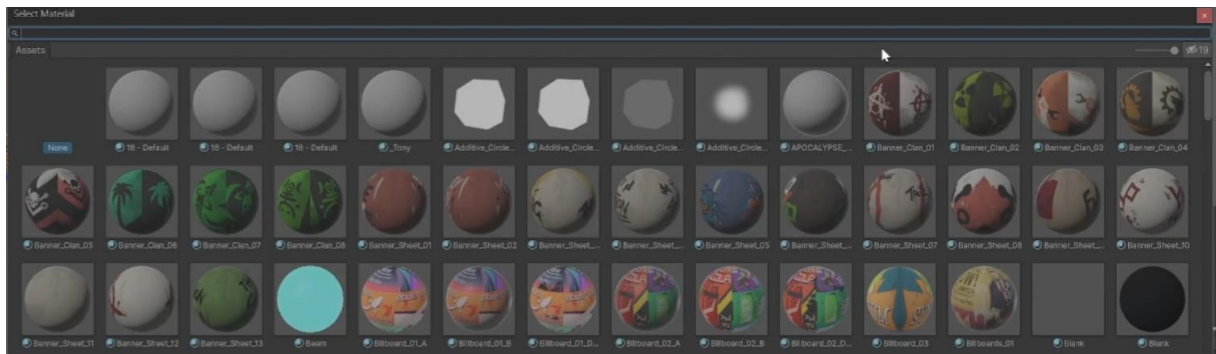
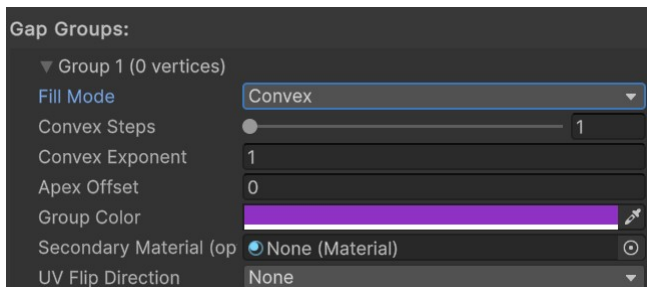
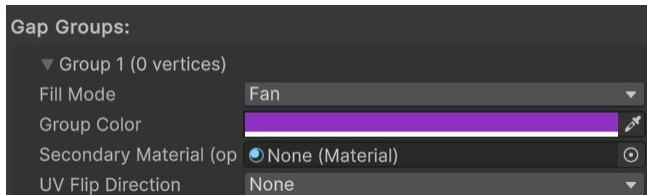


- b. 如果顶点手柄过于密集或过于稀疏，调整 **Handle Draw Distance** 和 **Vertex Handle Size**。



- c. 在 Gap Groups 下：

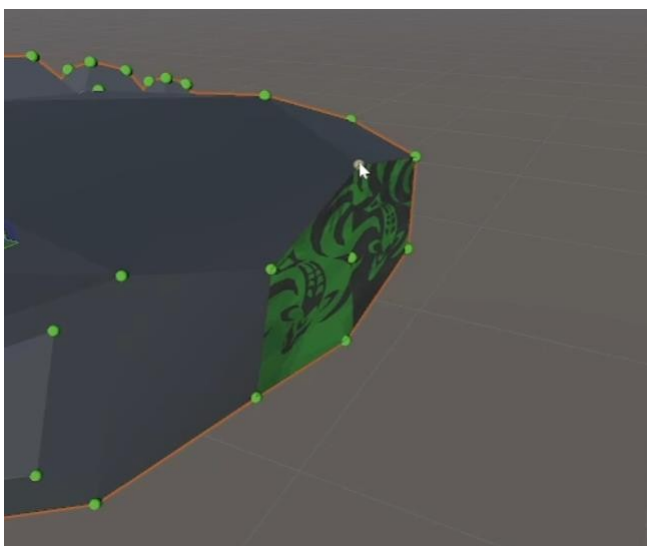
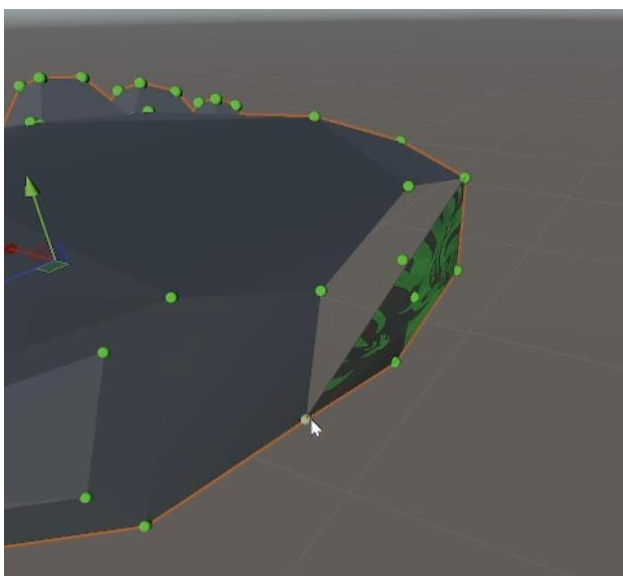
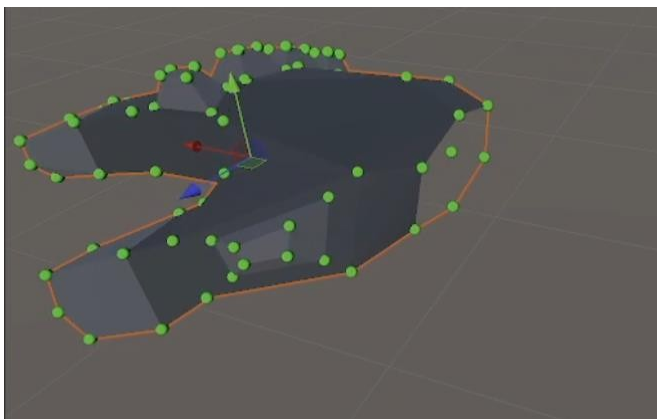
- 添加一个新组（Add Group 按钮）。
- 选择 Fan 或 Convex 填充模式。
- （仅 Convex）调整 Convex Steps、Convex Exponent 和 Apex Offset。
- （可选）如果您希望填充的几何体使用单独的材质，请使用 **Secondary Material**，并选择材质的翻转方向。



- d. 在 SceneView 中标记边界顶点：

- 点击某个组的折叠栏将其展开（使其成为"活动组"）。
- 旋转/缩放 SceneView 以看到孔洞的边界顶点。
- 点击每个相关的顶点手柄，将其指定到活动组的边界。

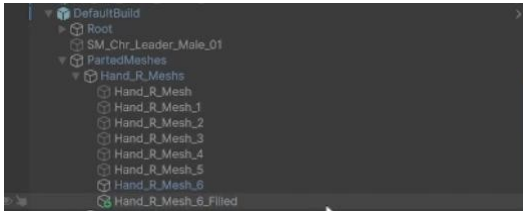
e. 可选：为多个孔洞添加更多组。



4. 随时点击 **Update Preview** 查看填充几何体的效果。

5. 满意后点击 **Finalize**：

- 会创建一个新的 SkinnedMeshRenderer，命名为 [原名称]_Filled。
- 结果会"保存"到其来源的预制体/游戏对象上。**注意：**如果所选的带有 Skinned Mesh Renderer 组件的游戏对象来自预制体，请覆盖（Override）该预制体，以便蒙皮网格保存到预制体游戏对象上。如果它不是预制体，您现在应将该游戏对象制作成预制体。
- 同时会创建一个静态网格，并放置在您所选文件夹下的 /StaticMeshes 中。



7. 蒙皮网格合并工具（Skinned Mesh Combiner）

7.1 概述

场景中存在多个蒙皮网格的一大问题是性能损耗。借助蒙皮网格合并工具，您可以轻松地将分离后的蒙皮网格重新合并为单个蒙皮网格。

蒙皮网格合并工具：

- 接收场景中一个带有蒙皮网格的预制体，将它们合并并输出为单个蒙皮网格。

7.2 界面与设置

通过 **Tools → MeshForge → One Shots → Skinned Mesh Combiner** 打开。

以下是蒙皮网格合并窗口中的主要字段和选项：

1. Save Folder（保存文件夹）（必填）

- 标签为"Save Folder (Required):"的文本字段。
- 设置 Assets/ 下的子文件夹路径，输出的网格将保存在此处。
- 示例：若输入 MyGame/Meshes，最终路径为 Assets/MyGame/Meshes。

2. Source Prefab（源预制体）（必填）

- 接收放置在场景中的预制体的字段。工具会在该预制体中搜索需要合并的 Skinned Mesh Renderer，合并后的蒙皮网格也会放置在该预制体上。

3. Override Prefab After Combine?（合并后覆盖预制体？）（可选 / 开关）

- 设为 true 时，放置了合并网格的预制体将被自动覆盖。

4. Combine Skinned Meshes（合并蒙皮网格）（按钮）

- 触发合并操作，并将合并后的网格添加到源预制体上。

7.3 蒙皮网格合并工具快速入门

- 打开 **Tools → MeshForge → One Shots → Skinned Mesh Combiner**。
- 将带有蒙皮网格的预制体拖入场景。
- 将预制体从场景拖入 Source Prefab 字段。
- 按下 Combine Skinned Meshes。

8. 拓扑分割工具（Topology Splitter）

8.1 概述

随着"静态网格"支持的加入，"拓扑分割工具"旨在提供一个更强大的编辑工具，用于在分割静态网格时做出更细致的决策。它基于"拓扑分离"算法，将网格分离为独立部件。

拓扑分割工具：

- 接收场景中一个包含 MeshFilter/MeshRenderer 组合的游戏对象，并将网格分割为独立部件。随后用户可以选择如何合并、分组以及封盖每个独立部件。

8.2 界面与设置

通过 **Tools → MeshForge → Topology Splitter** 打开。

以下是 Topology Splitter 窗口中的主要字段和选项：

1. Save Folder (保存文件夹) (必填)

- a. 标签为"Save Folder (Required):"的文本字段。
- b. 设置 Assets/ 下的子文件夹路径，输出的网格将保存在此处。
- c. 示例：若输入 MyGame/Meshes，最终路径为 Assets/MyGame/Meshes。

2. Source Object (源对象) (必填)

- a. 接收放置在场景中或来自 Assets 文件夹的游戏对象的字段。该对象必须同时包含 Mesh Filter 和 Mesh Renderer 才能用于拓扑分割工具。

3. Settings (设置) 下拉栏 (折叠栏)

- a. **Overwrite saved objects (覆盖已保存对象)** (开关)：用新创建的对象覆盖 Assets 文件夹中的对象。通过名称比较判断。若关闭，则会创建一个全新对象并保存到指定文件夹。
- b. **Allow Ungrouped parts to be used during finalization (允许未分组部件参与最终生成)** (开关)：开启时，未分组部件将遵循设置/用户设定的所有规则，并出现在最终生成的游戏对象中。关闭时，所有未分组部件不会被添加到最终游戏对象中，也无法被制作成预制体。
- c. **Save Meshes (保存网格)** (开关)：开启时，允许保存所有已制作成预制体部件的网格。关闭时，每个部件的网格将不会被保存。这意味着所有预制体相关选项都将不可用，只能使用场景中实例化的对象。
- d. **Prefab main container (预制体化主容器)** (开关)：用于将容纳所有部件的主容器制作成预制体。建议仅在您计划"将所有独立部件制作成预制体"或保存特定部件(参见组设置中的 Prefab Group Parts)时才关闭此项。
- e. **Prefab all individual parts (预制体化所有独立部件)** (开关)：用于将从原始网格分离出的每一个独立部件都制作成预制体。默认关闭，因为开启可能会生成不需要的"垃圾"预制体，例如为一台机器上的每颗螺丝都创建预制体。
- f. **Cap separated objects (封盖分离对象)** (开关)：为各独立部件网格中发现的每个缺口应用封盖。除非用户希望使用"Gap Filler"为网格创建自定义封盖，否则建议保持开启。
- g. **Add physics components (添加物理组件)** (开关)：开启后，会为每个独立部件添加物理组件(Rigidbody / Mesh Collider)。之所以使用 Mesh Collider，是因为它在为分离部件添加碰撞体时最为精确。
- h. **Draw ungrouped parts (绘制未分组部件)** (开关)：开启时，所有属于未分组部件的三角面都会被绘制。
- i. **Ungrouped color (未分组颜色)** (颜色选择器)：设置用于所有未分组部件三角面的颜色。
- j. **Triangle draw distance (三角面绘制距离)** (滑块)：设置未分组部件的三角面绘制到场景视图的距离。

- k. **Triangle handle z offset (三角面手柄 z 偏移)** (滑块)：设置三角面沿正向方向绘制时与网格表面的距离。数值越大，三角面绘制得离网格表面越远。

4. Split Preview Mesh (分割预览网格) (按钮)

- a. 获取源对象，在场景中创建其实例，并使用"拓扑分离"算法进行分割。拓扑窗口的其余部分会刷新以显示新的设置。

5. Ungrouped Preview Parts (未分组预览部件) (折叠栏)

- a. 显示从源对象创建的所有未分组部件。

6. Groups (组) (折叠栏)

- a. 显示部件被放入的所有组。
- b. **Group (组)** (嵌套折叠栏)：显示特定组的部件，以及一个 Group Settings 下拉栏。
- c. **Settings (设置)** (嵌套折叠栏)：包含该特定组的所有设置。
 - i. **Group Color (组颜色)** (颜色选择器)：设置绘制该组三角面时使用的颜色。
 - ii. **Secondary Material (次要材质)** (材质字段)：如果指定，该组在为部件网格的缺口封盖时，会使用此材质作为封盖材质。
 - iii. **Merge Group (合并组)** (开关)：设为 true 时，该组中的部件将被"融合"，把这些部件的网格合成为单个网格。
 - iv. **Draw Triangles (绘制三角面)** (开关)：开启时，该组部件的三角面会被绘制到场景视图；关闭时则不会。
- d. **Add selected to this group (将所选添加到此组)** (按钮)：在场景层级中选中一个或多个部件后按下此按钮，这些部件会被添加到该组。

7. Add Selected to New Group (将所选添加到新组) (按钮)

- a. 在场景中选中一个或多个部件后按下此按钮，它们会被添加到一个新创建的组中。

8. Remove Selected From Current Group (从当前组移除所选) (按钮)

- a. 选中来自一个或多个组的部件后按下此按钮，它们会从各自当前的组中被移除。

9. Finalize Meshes (完成网格) (按钮)

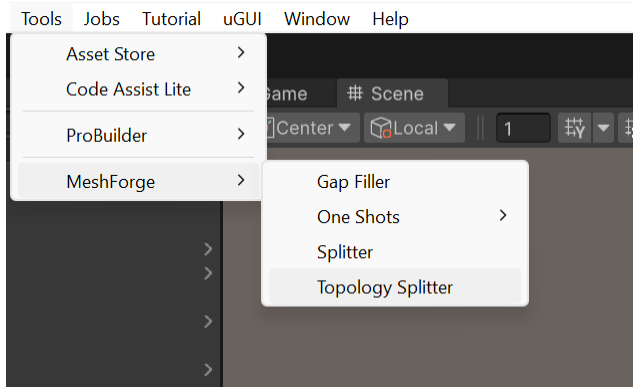
- a. 按下后，会在场景中生成一个全新的游戏对象，应用所请求的设置，并（如适用）按组组织部件。

10. Clear Preview (清除预览) (按钮)

- a. 按下后，清除整个实例化的预览并清除所有组。

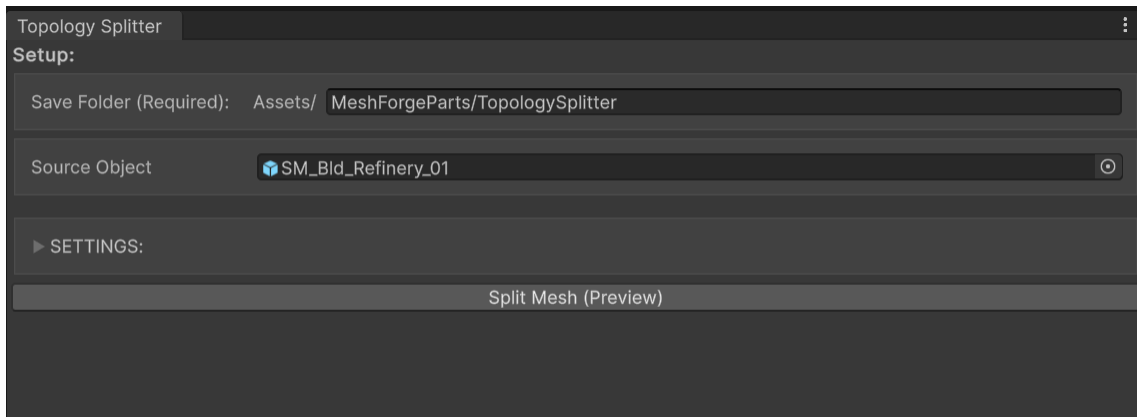
8.3 拓扑分割工具快速入门

1. 打开 Tools → MeshForge → Topology Splitter。

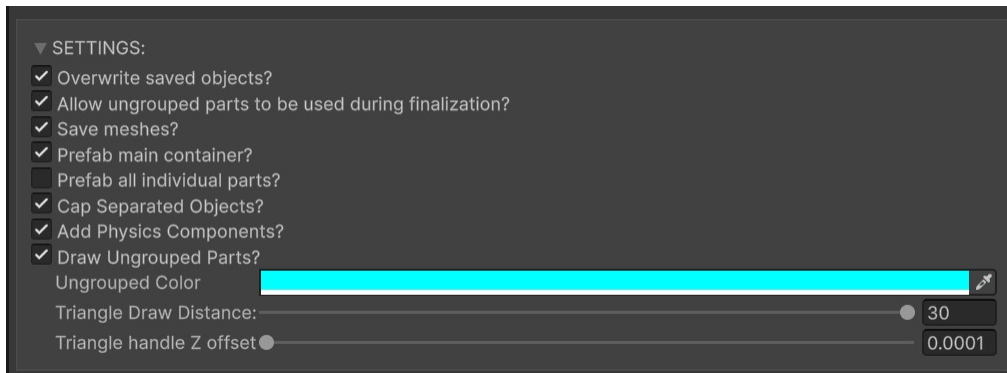


2. 在 Topology Splitter 窗口中，将一个对象放入 Source Object 字段

- 从场景或 Assets 文件夹拖放一个游戏对象。该游戏对象必须带有 Mesh Renderer 和 Mesh Filter 才有效。

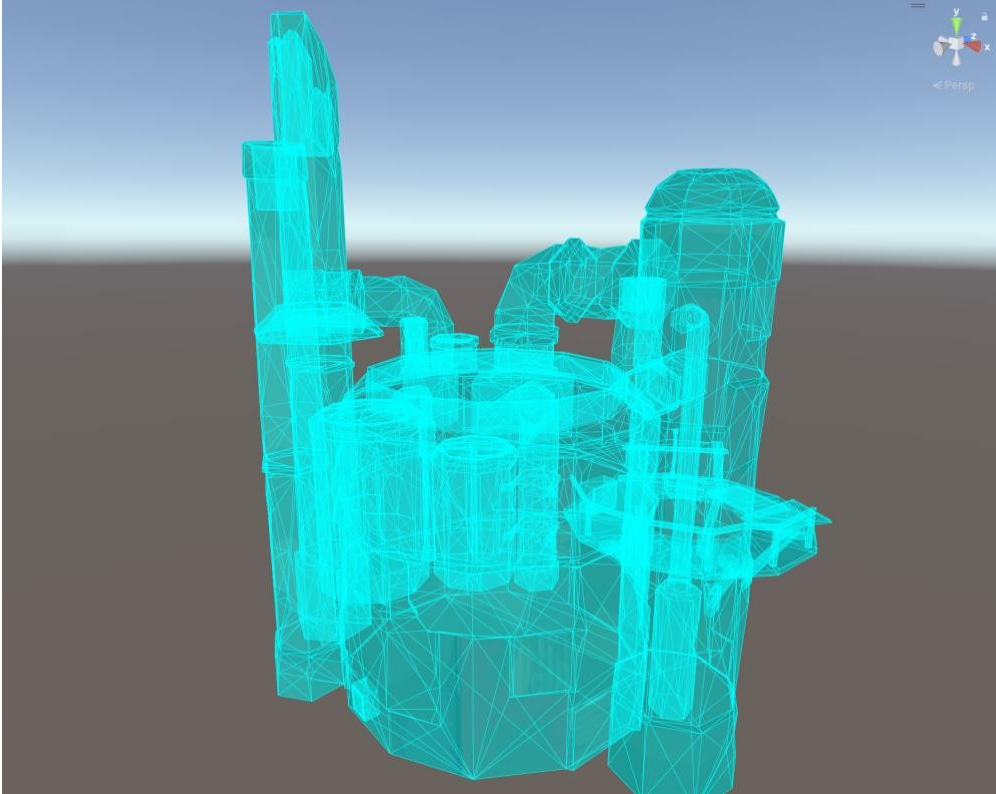


3. 在 Settings 折叠栏中，确认设置适合本次简单演示（默认值）。



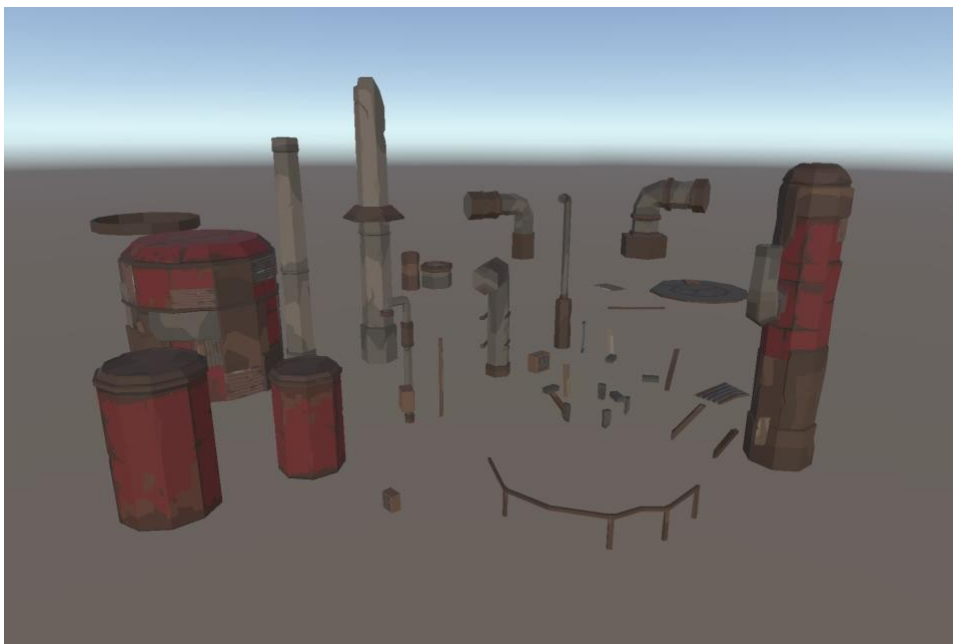
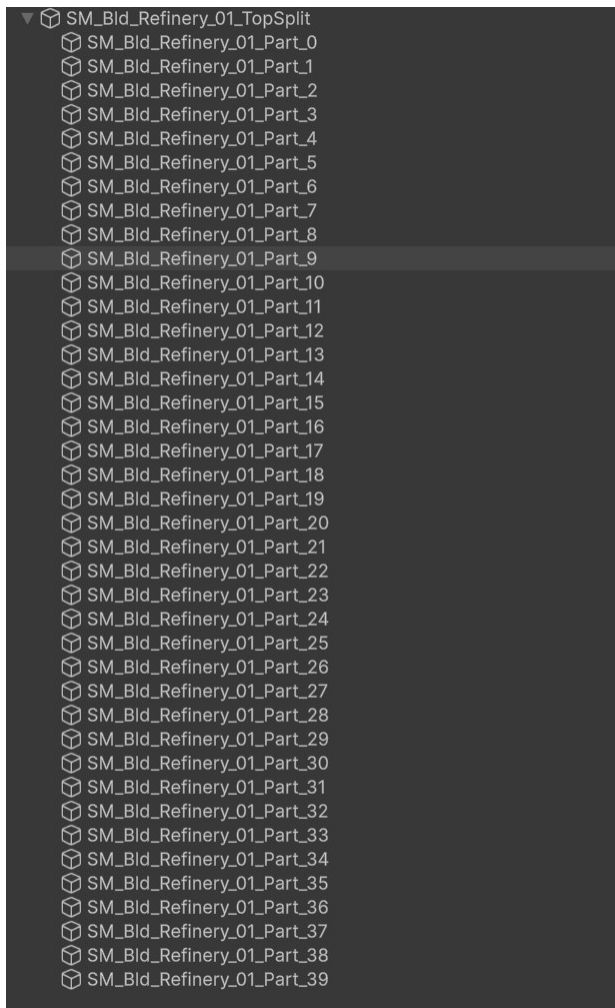
4. 按下 Split Mesh (Preview) 按钮

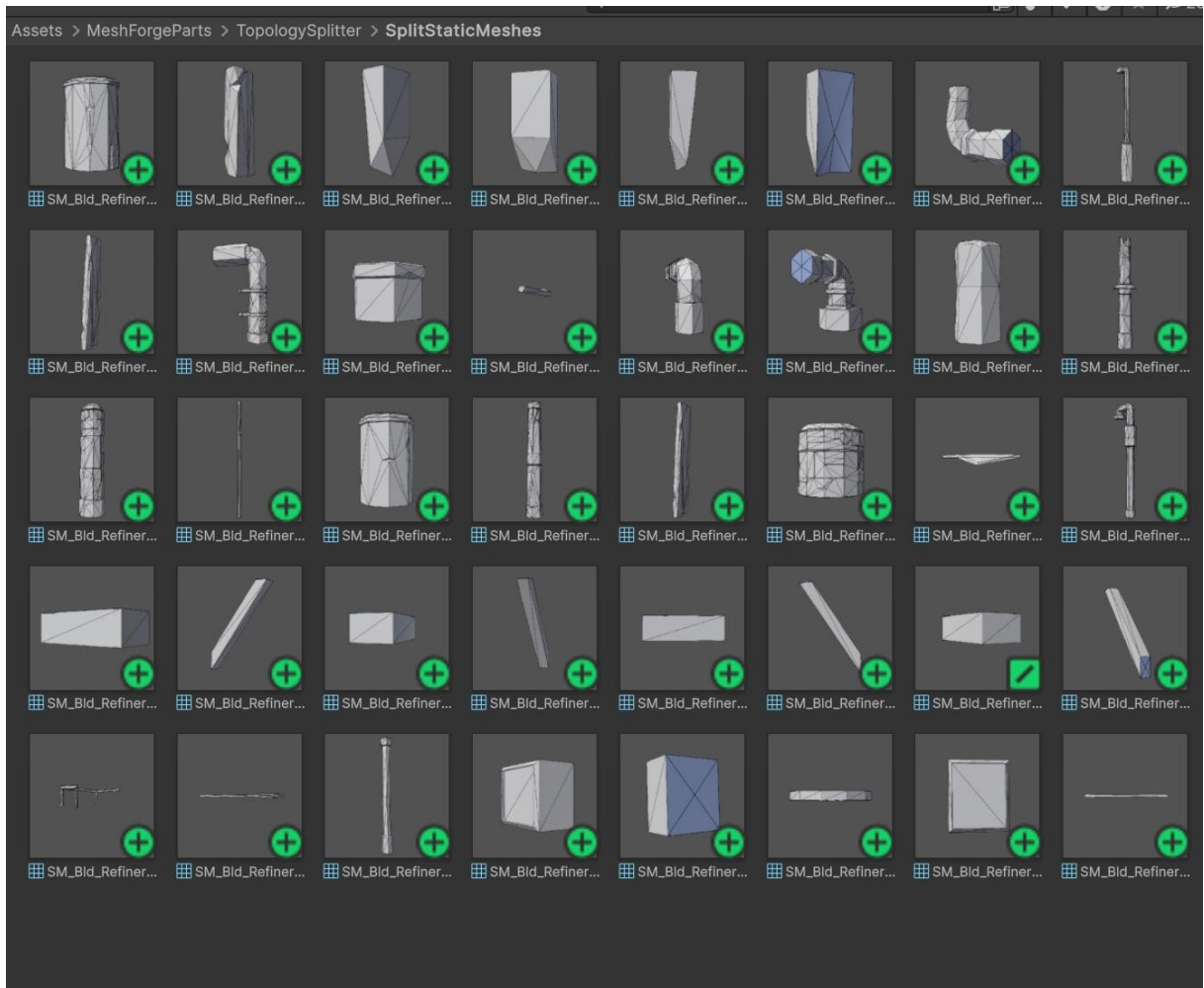
- 这会获取您的游戏对象，并在场景中实例化一个包含所有分离部件的预览游戏对象。



5. 按下 Finalize Mesh 按钮

- a. 您会注意到示例对象已被替换为代表最终成品的对象。
- b. 预制体化的最终成品和已保存的网格可以在指定的文件位置找到。





9. 最佳实践与技巧

- 使用资源时，尽量只在同一位 3D 美术师/公司制作的资源之间进行网格模块化：他们通常会保持相同的命名规范/骨骼层级，从而更容易实现模块化。
- 补洞时按正确的方向选择顶点：如果场景视图摄像机位于网格外部，请按顺时针顺序选择顶点；如果场景视图摄像机位于网格内部，请按逆时针顺序选择。
- 经常备份：始终保留原始网格资源的备份。

- **想移除网格的某些部分？（配饰等）：**如果您只想移除网格的某些部分，如眼镜或头发等使用填充算法较为棘手的部分，请使用绘制模式。绘制模式允许您对三角面分组，并在无需使用填充算法的情况下直接完成这些三角面。
- **遗漏的三角面：**如果分割蒙皮网格时不小心遗漏了某部分的三角面，请将分割后的网格重新送入分割工具，添加一个名为"Garbage"的新组，用绘制工具选择您想移除的任何三角面。完成时请确保使用"allow ungrouped meshes"（允许未分组网格）。您将得到一个没有悬浮三角面的网格！
- **精修，精修，再精修！：**网格通过补洞工具或分割工具的次数没有限制，请创造性地组合使用这两个工具，将您的蒙皮网格精修成您想要的样子。

10. 常见问题 / 故障排除

1. 问：为什么有些顶点/三角面不可见？

答：检查您的 Handle Draw Distance——顶点或三角面可能超出了该范围。

2. 问：为什么补洞时新的静态网格缺少贴图？

答：在场景中选择 Skinned Mesh Renderer 对象时，如果该 Skinned Mesh Renderer 使用的是"实例化"（instance）材质，该实例将无法添加到静态网格中进行保存。您需要手动为静态网格重新应用材质。

3. 问：为什么使用分割工具按下 Separate and Save 后，最终预制体中没有任何组？

答：一个可能的原因是您在使用分割网格工具时，用了错误的模式来分离网格部件。如果没有使用填充算法来"处理"组，就必须使用绘制模式。绘制模式下的三角面允许用户自由选择三角面并添加到组中，而无需使用填充算法。请确保在选择三角面时处于正确的模式：边界模式用于创建边界，种子模式用于创建种子，绘制模式用于自由向组中添加三角面。

4. 问：为什么我无法"拖动选择"三角面？

答：这与您使用的 Unity 版本有关。由于旧版本 Unity 编辑器中的事件传播和消耗机制，拖动选择无法按预期工作。请更新 Unity 版本以充分利用拖动选择功能。拖动选择已在 2022 + 版本中测试通过。另一种侵入性较强的方案是：在 Splitter Window 脚本的 OnSceneGUI 方法中，将以下代码放在两个"if(条件检查)"之后、"Event e = Event.current;"语句之前：

```
// Get a unique control ID.
int controlId = GUIUtility.GetControlID(FocusType.Passive);
// In the Layout event, register this control to capture events.
if (Event.current.type == EventType.Layout)
{
    HandleUtility.AddDefaultControl(controlID);
}
```

请注意，在脚本中加入这段代码后，Unity 的内置工具（如移动工具）在分割窗口关闭之前将无法处理事件。

5. 问：可以在补洞工具或分割工具上使用非蒙皮网格吗？

答：可以。在任一工具中切换到相应的选项卡，即可分割蒙皮网格或静态网格。

6. 问：为什么移动预览对象时，它有时会"卡住"变得无法移动？

答：这是因为手柄与移动工具在 OnSceneGUI 期间争夺控制权。一个快速的解决方法是：先将场景视图摄像机移到手柄绘制距离范围之外，然后将预览对象移动到理想位置，最后再将场景摄像机移近预览对象，继续进行操作。

7. 问：这个工具适用于四足动物吗？

答：虽然本工具并未明确宣传支持人形角色以外的对象，但我已成功对一些四足动物资源进行了模块化。问题主要在于骨骼层级的复杂程度以及目标骨骼层级的形态。要把差异很大的层级相互模块化，很难做成一个易于使用的工作流程。

8. 问：这个工具适用于高多边形角色吗？

答：可以。大多数演示使用低多边形角色，是因为它们最便于快速展示工具的功能——需要处理/选择的三角面/顶点更少，网格复杂度也低得多。但请注意，性能可能因情况而异。为避免渲染管线依赖，我没有使用着色器，而是采用 Unity 内置的 Handles 库来显示三角面/顶点的选择。为了改善性能，我实现了一个 z 轴视角阈值以及手柄绘制到场景视图的范围限制。

11. 版本更新

MeshForge 更新 v1.2.0（静态网格更新）：

本次更新对"Splitter"工具和"Gap Filler"工具进行了重大改动，并新增了名为"Topology Splitter"的编辑器窗口。"Gap Filler"和"Splitter"工具现在都支持静态网格。新的"Topology Splitter"工具允许用户基于拓扑结构分割静态网格，实质上是将构成网格的所有对象"拆解"开来。

文件更新：

- 更新了默认保存目录，使其针对创建该对象的窗口（如 Splitter、Gap Filler 等）各自独立。
- 将 Combiner 和 MeshRebaker 窗口移至名为"One Shots"的新菜单路径下，以强调其使用场景，并为未来计划中的更多一次性工具做好组织。

Bug 修复：

- 修复了在 Splitter 中"重置组"不会从内存中移除组的 Bug。

UI 变更：

Splitter UI——

- 新增静态网格选项卡，包含所有与静态网格相关的选项/功能。
- 新增三角面 z 偏移设置。
- 将所有设置移至组管理区域内。
- 新增折叠栏，用于嵌套组和设置。

Gap Filler UI——

- 新增静态网格选项卡，包含所有与静态网格相关的选项/功能。
- 将所有设置移至"Gap Filler"窗口顶部。
- 新增设置折叠栏。
- 新增为静态预制体添加物理组件的选项。

易用性/性能：

- 改进了 Splitter 和 Gap Filler 的 Handles 性能，允许用户以更低性能开销同时显示更多手柄（三角面/顶点）。
- 更新了 Job 功能/链式调用，为运行时功能做准备。

MeshForge 更新 v1.1.0（自动化更新）：

本次更新为分割工具新增了一种组创建算法，允许用户设置骨骼权重配置，并基于骨骼权重自动创建组。补洞工具也引入了自动化。现在填补缺口时，用户可以一次选择多个蒙皮网格，只需选择所需的自动化设置并按下 Create Groups 按钮，即可为所有网格的所有缺口创建/填充组。组创建后，用户仍可以进行修改，但仅限于材质更新以及添加新组/顶点选择。

文件更新：

- 新增名为"BoneWeightGroupConfig"的 ScriptableObject 类型，包含添加组映射的选项，例如 GroupName（分割工具中为组设置的名称）、Common keywords（用于查找该组特定骨骼的关键词）、Left keywords（用于查找属于左侧的该组骨骼的关键词）、Right keywords（用于查找属于右侧的该组骨骼的关键词）。

UI 变更：

Splitter UI——

- 新增"BoneWeightGroupConfig"文件字段。
- 新增模糊度阈值滑块，用于在骨骼权重组之间设置平滑边界。
- 新增 Advanced Grouping 按钮，用于基于骨骼权重自动创建组。

Gap Filler UI——

- 新增组自动化开关。
- 选中组自动化开关后，会显示组自动化的所有选项，视觉上与缺口组设置类似。
- 新增名为"create groups"的按钮，点击后，所选蒙皮网格的所有组都会按所选自动化设置进行填充。
- 新增基于颜色的分隔线，在选中多个对象时区分各对象的组列表。

Bug 修复：

- 修复了补洞工具中移除组时会出现 GUI Layout 错误的 Bug。

易用性：

- 分割网格时用户不再必须添加组，这样用户可以快速执行变形等操作，而无需先添加组。

12. 结语

感谢您使用 MeshForge。借助网格重烘焙、分割、补洞、蒙皮网格合并以及全新的拓扑分割工具，您可以快速生成模块化网格部件而不丢失其原始状态，并解决棘手的几何孔洞问题。上述图片中使用的资源仅供教学用途，不包含在本资源包中。

如需更多帮助或提出功能建议，请通过邮件联系开发者：anthony.halstead@carryforgestudio.com