

ICS: 33.160

CCS: M61



UHD World Association  
世界超高清视频产业联盟

# 世界超高清视频产业联盟标准

T/UWA 023-2023

## 三维虚拟数字人模型制作技术要求

Technical requirements for three-dimensional digital human model production

(V1.0)

2023-11-15 发布

2023-11-15 实施

世界超高清视频产业联盟



## 目 次

1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 缩略语 .....	2
5 概述 .....	2
5.1 三维虚拟数字人模型的分类 .....	2
5.2 三维虚拟数字人模型的典型应用场景 .....	2
5.3 三维虚拟数字人模型的制作流程 .....	2
6 三维虚拟数字人建模要求 .....	3
6.1 模型一般要求 .....	3
6.2 头部模型要求 .....	3
6.3 身体模型要求 .....	4
6.4 毛发制作 .....	5
7 三维虚拟数字人模型的贴图要求 .....	6
7.1 UV 展开要求 .....	6
7.2 贴图绘制要求 .....	6
7.2.1 概述 .....	6
7.2.2 PBR 贴图绘制要求 .....	6
7.2.3 非 PBR 流程数字人贴图要求 .....	7
8 三维虚拟数字人模型的绑定要求 .....	8
8.1 绑定概述 .....	8
8.2 身体绑定要求 .....	8
8.3 面部绑定要求 .....	12

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由世界超高清视频产业联盟提出并归口。

本文件主要起草单位：华为技术有限公司、中央广播电视总台、中影年年（北京）文化传媒有限公司、北京百度网讯科技有限公司、凌云光技术股份有限公司、中国电子技术标准化研究院、中国信息与通信研究院、咪咕文化科技有限公司、中移（杭州）信息技术有限公司、中国联合网络通信集团有限公司、北京爱奇艺科技有限公司、腾讯云计算（北京）有限责任公司、上海数字电视国家工程研究中心有限公司、深圳市洲明科技股份有限公司、深圳市奥拓电子股份有限公司、北京虚拟动点科技有限公司、优酷信息技术（北京）有限公司、江苏原力数字科技股份有限公司、上海喜马拉雅科技有限公司、聚好看科技股份有限公司、上海思谋科技有限公司、工业和信息化部电子第五研究所、北京市博汇科技股份有限公司、利亚德光电股份有限公司、广州视源电子科技股份有限公司、北京元客方舟科技有限公司。

本文件主要起草人：马飞、李明磊、杨昌鹏、蔡俊雄、赵华、王子建、杨楠、陈瑾、石春宇、郭勇、苑朋飞、王庆涛、孙权、查丽、熊伟、耿一丹、潘榕、陈曦、翟云、高山、毕蕾、程耀、黄思飞、林琳、张宏伟、吴婷婷、金向帝、殷惠清、刘俊、谭胜淋、王勇、孙信中、刘耀东、崔超、李静、陈旭、张杰、吴志鹏、叶剑豪、卢恒、吴连朋、朱家林、赵轶、刘志杰、韦胜钰、蔡佳、郭忠武、白建军、刘莉、王乃洲、张玉兵、曾义、耿放。

# 三维虚拟数字人模型制作技术要求

## 1 范围

本文件规定了三维虚拟数字人模型制作的流程以及建模，贴图，绑定环节的技术要求。  
本文件适用于指导卡通、美型、写实类型的三维虚拟数字人模型的制作。

## 2 规范性引用文件

暂无规范性引用文件。

## 3 术语和定义

下列术语以及定义适用于本文件。

### 3.1

#### 三维模型 three-dimensional model

是由长度、宽度、高度信息表示的三维空间物体的数学构造，由点、线、面或者曲线和曲面构成其几何体的表面。

注：由点线面建模方式称为多边形建模，由曲线和曲面构成几何体表面的方式称为曲面建模，曲面建模和多边形建模的建模方式和工具不同，但模型本身支持互相转化，本文所涉及的模型和建模方式主要是指多边形建模。

### 3.2

#### UV 展开 UV unwrapping

将三维模型切分成多个面片，并将各个面片展平，使模型的立体表面构造转化为平面构造的过程

注：U 和 V 分别代表水平和垂直两个平面方向。

### 3.3

#### 纹理 texture

是指包含颜色、凹凸或其他特定属性的二维或三维图像。

注1：纹理应用于物体的表面，用于模拟真实世界中的光照和材质效果，以增加物体的真实感、细节和视觉吸引力。

注2：在计算机图形学中，纹理通常由像素组成，并通过纹理坐标与物体的几何网格相关联。

### 3.4

#### 贴图 mapping

指将纹理坐标映射到物体的表面几何坐标的技术。

### 3.5

#### 材质 material

通过专用渲染软件完成物体如何反射或传送光的数学表示来描述对象，从而模拟出的物体的物理

属性。

示例：常用的材质有透明材质、金属材质、半透明材质等。

### 3.6

#### 绑定 rigging

参考实际人体骨骼创建具有父子层级结构的三维虚拟骨骼，并将骨骼嵌入三维模型的过程。

注：绑定是为了控制三维虚拟数字人模型的面部和肢体，使数字人动起来。通过对每块骨骼赋予权重实现对三维模型网格点不同程度的影响。

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

PBR 基于物理的渲染技术（Physically Based Rendering）

## 5 概述

### 5.1 三维虚拟数字人模型的分类

本文件中提出的技术要求适用于卡通、美型和写实类型的三维虚拟数字人模型，其特征描述见下：

——卡通数字人：通常具有夸张的拟人特征或者是为剧情而创造的人物形象，如：大眼睛、小嘴巴、大头等；

——美型数字人：其形象具有线条流畅、比例精准的形体，人物的肌肉和骨骼等方面精度要求较高，突出美感和时尚感；

——写实数字人：数字人的皮肤、头发等具有更精细的纹理和材质表现，达到近似现实中真人的效果。

### 5.2 三维虚拟数字人模型的典型应用场景

本文件中提到的三维虚拟数字人模型适用于以下典型场景，详见表1。

表1 三维虚拟数字人的典型应用场景

数字人类型	典型应用场景
三维卡通数字人	主要用于卡通游戏、儿童教育、卡通人物直播、宣传视频制作等领域的场景
三维美型数字人	主要用于动漫、虚拟直播等领域的场景
三维写实数字人	主要用于影视综艺、真人发布会、金融服务、医疗模拟等领域的场景

### 5.3 三维虚拟数字人模型的制作流程

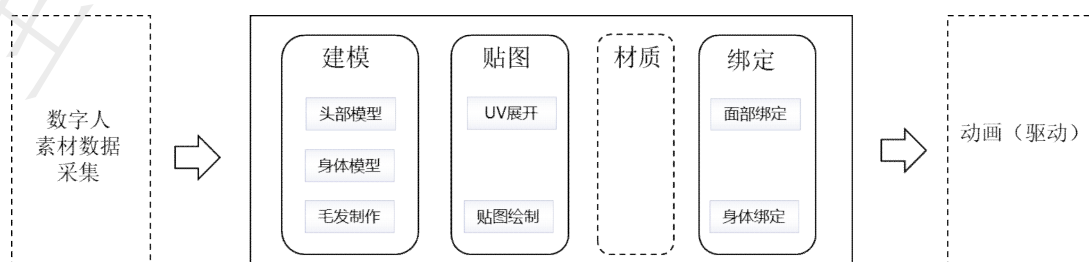


图1 三维虚拟数字人模型的制作流程图

三维虚拟数字人模型制作流程包括建模、贴图、材质、绑定 4 个核心环节，见图 1 实线框所示：

——建模，主要完成头部模型、身体模型和毛发制作，从不同精度维度对其提出要求。服饰、首饰配件、道具、武器等不在本文件范围之类。建模模型的输入是真实人体、照片、原画等人物素材数据；

——贴图，主要完成 UV 展开和贴图绘制。贴图绘制从 PBR 流程和非 PBR 流程分别提出相应要求；

——材质，通过贴图在渲染引擎中设置材质参数及属性，实现最终的渲染质感。因材质依赖于渲染引擎设置，不同渲染引擎材质效果不通用。本文不做标准化要求。

——绑定，主要对身体绑定和面部绑定提出要求。身体绑定描述的是身体骨骼绑定，面部绑定包括面部骨骼绑定和表情基绑定。本文件只定义主骨骼，次级修型骨骼及融合变形可根据具体项目需求进行添加，不在本文件范围内。

## 6 三维虚拟数字人建模要求

### 6.1 模型一般要求

- 1) 三维虚拟数字人建模一般要求制作正确，布线合理，尽量使用四边面，不出现错误布线，不合理五星，以及非流形几何体、零面、大于四边面的多边形；

示例 1：模型布线时，参考真实的肌肉规律，以眼轮匝肌和口轮匝肌为例，眼睛和嘴巴周围的线应该环状分布。

示例 2：眼轮匝肌和口轮匝肌的线条交接的地方，必然会产生五星点，五星点的位置建议放置在变形较少的区域，比如颧骨。

注 1：非流形几何体是指一类错误的拓扑结构，常见的错误有：T 形面，蝶形体，见图 2。

注 2：零面是指因为多边形相邻的点或者线距离无限接近导致多边形面的面积为零。

- 2) 头部模型和身体模型制作中，根据实际应用需要，可通过细分（subdivison）方法提升面片数。

注：细分是通过增加面片规模来提升模型几何形状的精确度，见图 3。

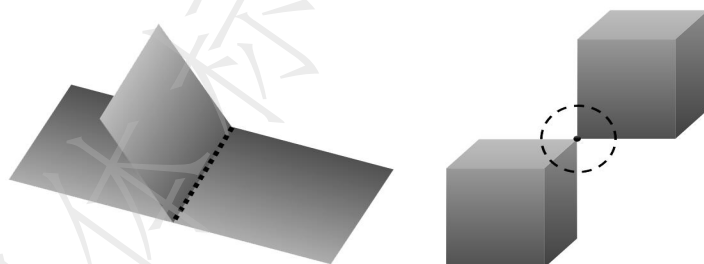


图 2 T 形面（左）和蝶形体（右）示意图

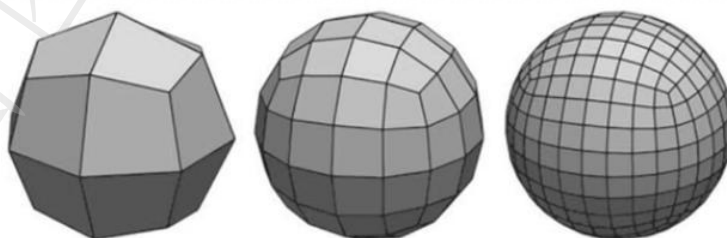


图 3 细分方法的示意图

### 6.2 头部模型要求

#### 6.2.1 头部模型概述

头部模型制作要求主要从组成模型的网格面片数和拓扑两个维度描述，基本要求见 6.2.2 和 6.2.3 章节内容。针对某些特殊场景需求，如超写实数字人，可能会使用曲面细分等方式提高模型面数以增强

细节，因此面数无上限。

注：超写实数字人常用于影视级图形制作场景，是一种高精度的写实数字人，其面片数规模达数百万级别。

### 6.2.2 中面数头部模型

针对三种类型的数字人，其中面数头部模型制作的基本要求见表2。

表2 中面数头部模型制作的基本要求

数字人类型	指标	基本要求
卡通、美型和写实	网格面片数	0.5万-1.5万面
	网格拓扑	布线平滑均匀，五官边界可以清晰界定

### 6.2.3 高面数头部模型

针对三种类型的数字人，其高面数头部模型制作的基本要求见表3。

表3 高面数头部模型制作的基本要求

头部组件	指标	基本要求
基础头部	拓扑	布线平滑均匀，五官边界可以清晰界定，减少“5星点”，保持田字型布线，三角面个别出现在口腔、耳朵、脑后等不容易看到轮廓结构的地方
	面片数	1.2万-2.5万面
眼球	拓扑	至少一层模型，要构建出瞳孔和虹膜结构
	面片数	0.1万-0.4万面
口腔	拓扑	口腔和嘴唇内部点对点合并，向内包裹，均匀四边面
	面片数	面数计入基础头部
牙齿/牙龈/舌头	拓扑	均匀四边面，要描绘出全部牙齿及位置排列
	面片数	0.5万-1万面
注：模型制作中口腔与脸部同属一个整体，所以其面片数包含在基础头部。		

## 6.3 身体模型要求

### 6.3.1 身体模型概述

三维虚拟数字人身体模型的基本组成包括四肢、手指、关节、指甲。根据网格的精细程度，身体模型可划分为中面数和高面数，基本要求见6.3.2和6.3.3章节内容。针对某些特殊场景需求，如超写实数字人，可能会使用曲面细分等方式提高模型面数以增强细节，因此面数无上限。

注：超写实数字人常用于影视级图形制作场景，是一种高精度的写实数字人，其面片数规模达到数百万。

### 6.3.2 中面数身体模型

针对本文件的数字人，其中面数身体模型制作需符合表 4 要求。

表 4 中面数身体模型制作的基本要求

数字人类型	指标	基本要求
卡通、美型和写实	面片数	0.2万-4万面
	拓扑	四肢和手指都是环形布线，关节处需要额外添加环形线，满足动画权重分配最基本需求

### 6.3.3 高面数身体模型

针对本文件的数字人，其高面数身体模型制作需符合表 5 要求。

表 5 高面数身体模型制作的基本要求

模型质量	基本要求
面片数	3万-5万面
拓扑	a) 四肢和手指都是环形布线； b) 身体布线均匀； c) 关节处要保证足够多的面数，以便做折叠动作时挤压，延伸有足够的空间。

### 6.4 毛发制作

三维虚拟数字人模型的毛发制作需要满足以下的基本要求，见表 6。

表 6 毛发制作的基本要求

部件	基本要求
Groom类实体毛发	毛发曲线按照真实毛发形状来放置，控制曲线数量，目标用最少的曲线生成毛发，贴近现实发型
插片毛发	a) 插片形状走势按照真实毛发形状来概括，保证透明通道（alpha通道）干净整洁，避免出现毛边
	b) 插片分类，UV尽量对齐，面片之间尽量避免过度穿插
	c) 面片需要均匀分段，UV需要统一方向，尽量对齐
体块毛发	a) 形状走势按照真实毛发形状来概括，用尽量少的布线保证形体光滑，避免中远距离毛发的边缘呈现棱角感 b) 布线均匀，需要根据发型走向合理布线和卡边，UV按照发束和走线，均匀拆分，尽量对齐，UV接缝尽量不要在朝外的面上。
注1：Groom是头发文件的一种格式，该类实体毛发常用于美型、写实场景	
注2：体块毛发一般不用于美型和写实场景，更多应用场景为三维打印手办，卡通风格化角色	

## 7 三维虚拟数字人模型的贴图要求

### 7.1 UV 展开要求

UV 展开需要满足以下要求：

- 1) 头部与身体的 UV 展开图放在不同象限，根据系统需要，可以使用多象限（UDIM）贴图；
- 2) UV 展开均匀、密度相同，不要有拉伸，尽可能占满整个 UV 象限；
- 3) 头部（含口腔和耳朵）以后脑勺中线为缝合线进行 UV 展开；
- 4) 身体四肢单独 UV 展开，躯干从背部展开；

### 7.2 贴图绘制要求

#### 7.2.1 概述

贴图和材质的设置有关，制作流程大致分为 PBR 和非 PBR 两种。PBR 常用于美型与写实数字人，非 PBR 常用于卡通数字人。

贴图绘制的应用场景可分为：高分辨率、中分辨率和低分辨率，其中：

- 高分辨率，指需要满足离线渲染或高端设备上的实时渲染的贴图要求；
- 中分辨率，指需要满足中高端的实时渲染贴图要求；
- 低分辨率，指提供符合 PBR 流程贴图或手绘贴图，将材质感画在单张颜色贴图上。

针对以上应用场景，7.2.2 和 7.2.3 章节分别给出了 PBR 和非 PBR 流程贴图绘制的基本要求。表 7 和表 8 中列出脸部、眼球、牙齿以及身体的贴图，眼球周边部件和牙床等物体可根据需求配置相应的贴图参数/要求。

#### 7.2.2 PBR 贴图绘制要求

PBR 流程下，数字人脸部、眼球、牙齿、身体、头发的贴图绘制需满足以下基本要求，见表 7。其中△表示可选，○表示必选。

表 7 PBR 流程贴图绘制的基本要求

对象	贴图类型	基本要求
脸部	- 漫反射 (albedo)	○
	- 金属度 (metallic)	△
	- 反光度 (specular)	○
	- 粗糙度 (roughness)	○
	- 置换 (displacement)	△
	- 法线 (normal)	△
	- 次表面散射 (subsurface)	○
眼球	- 漫反射 (albedo)	○
	- 金属度 (metallic)	△
	- 反光度 (specular)	○
	- 粗糙度 (roughness)	○

	- 置换 (displacement)	△
	- 法线 (normal)	△
牙齿	- 漫反射 (albedo)	○
	- 金属度 (metallic)	△
	- 反光度 (specular)	○
	- 粗糙度 (roughness)	○
	- 置换 (displacement)	△
	- 法线 (normal)	○
	- 次表面散射 (subsurface)	△
身体	- 漫反射 (albedo)	○
	- 金属度 (metallic)	△
	- 反光度 (specular)	○
	- 粗糙度 (roughness)	○
	- 置换 (displacement)	△
	- 法线 (normal)	○
头发	- 漫反射 (albedo)	○
	- 金属度 (metallic)	△
	- 反光度 (specular)	○
	- 粗糙度 (roughness)	○
	- 置换 (displacement)	△
	- 法线 (normal)	△
注：表格7中头发的贴图要求适用于插片毛发和体块毛发。		

### 7.2.3 非 PBR 流程数字人贴图要求

非 PBR 流程下，数字人脸部、眼球、牙齿、身体和头发贴图绘制的基本要求需满足表 8，其中△表示可选，○表示必选。其它功能性贴图可以按照需制作合适的尺寸和效果，这里不做具体要求。

表 8 非 PBR 流程数字人贴图要求

对象	贴图类型	基本要求
脸部、眼球、牙齿、身体和头发	- 漫反射 (albedo)	○

	- 金属度 (metallic)	△
	- 粗糙度 (roughness)	△
	- 法线 (normal)	△
	- 次表面散射 (subsurface)	△
	- 其它功能性贴图	△

## 8 三维虚拟数字人模型的绑定要求

### 8.1 绑定概述

绑定是三维虚拟数字人动起来的必要环节，一般是参考人体骨骼创建虚拟骨骼系统，在对应骨骼附近的模型顶点上设置权重，使得顶点跟随骨骼一起移动，实现模型的运动效果。

骨骼大致可分为主骨骼、次级修型骨骼。主骨骼通过传递运动数据驱动身体整体动起来。次级修型骨骼用于修复挤压变形，保持肌肉及骨骼体积等效效果，也可以使用修型形状基 (blendshape) 实现类似效果。

在模型精度要求较高的场景下，需要次级修型骨骼和修型形状基 (blendshape) 共同使用，原理是在身体肌肉变形剧烈的部分添加修型骨骼，并使其与身体骨骼驱动连接，最终实现身体骨骼变化驱动修型骨骼变化；扫描记录身体表面的肌肉运动变化制作成修型形状基 (blendshape)，并使其与身体骨骼驱动连接，从而实现骨骼驱动修型形状基 (blendshape) 再驱动肌肉融合变形的效果。

注：修型形状基是描述形状变化的基本单元，如：高矮胖瘦之间的变化。

### 8.2 身体绑定要求

身体绑定主要是身体骨骼绑定，需要满足以下基本要求。标准人体结构的身体主骨骼包含 77 个节点，节点名称及位置关系见表 9。根据具体数字人需求可以对身体主骨骼节点和节点数进行裁剪。身体主骨骼和手部骨骼的示意图见图 2 和图 3。

- 1) 骨骼位置准确；
- 2) 权重分配平滑均匀正确；
- 3) 如有修型骨骼，需在修型骨骼上分配权重；
- 4) 相同位置的顶点需要保证相同权重。

表 9 身体主骨骼的节点名称及位置关系

序号	节点名称 (英文)	父节点名称 (英文)	节点名称 (中文)
1	Hips		髋节点
2	Spine1	Hips	脊椎第1个节点
3	Spine2	Spine1	脊椎第2个节点
4	Spine3	Spine2	脊椎第3个节点
5	LeftBreast	Spine3	左侧胸部节点
6	LeftBreastEnd	LeftBreast	左侧胸部结束节点
7	RightBreast	Spine3	右侧胸部节点

8	RightBreastEnd	RightBreast	右侧胸部结束节点
9	Neck	Spine3	脖子第1个节点
10	Neck1	Neck	脖子第2个节点
11	Head	Neck1	头部第1个节点
12	LeftSoulder	Spine3	左肩
13	LeftArm	LeftSoulder	左上臂
14	LeftForeArm	LeftArm	左前臂
15	LeftHand	LeftForeArm	左手
16	LeftHandThumb	LeftHand	左手大拇指根节点
17	LeftHandThumb1	LeftHandThumb	左手大拇指第1个节点
18	LeftHandThumb2	LeftHandThumb1	左手大拇指第2个节点
19	LeftHandThumb3	LeftHandThumb2	左手大拇指末节点
20	LeftHandIndex	LeftHand	左手食指根节点
21	LeftHandIndex1	LeftHandIndex	左手食指第1个节点
22	LeftHandIndex2	LeftHandIndex1	左手食指第2个节点
23	LeftHandIndex3	LeftHandIndex2	左手食指第3个节点
24	LeftHandIndex4	LeftHandIndex3	左手食指末节点
25	LeftHandMiddle	LeftHand	左手中指根节点
26	LeftHandMiddle1	LeftHandMiddle	左手中指第1个节点
27	LeftHandMiddle2	LeftHandMiddle1	左手中指第2个节点
28	LeftHandMiddle3	LeftHandMiddle2	左手中指第3个节点
29	LeftHandMiddle4	LeftHandMiddle3	左手中指末节点
30	LeftHandRing	LeftHand	左手无名指根节点
31	LeftHandRing1	LeftHandRing	左手无名指第1个节点
32	LeftHandRing2	LeftHandRing1	左手无名指第2个节点
33	LeftHandRing3	LeftHandRing2	左手无名指第3个节点
34	LeftHandRing4	LeftHandRing3	左手无名指末节点
35	LeftHandPinky	LeftHand	左手小指根节点

36	LeftHandPinky1	LeftHandPinky	左手小指第1个节点
37	LeftHandPinky2	LeftHandPinky1	左手小指第2个节点
38	LeftHandPinky3	LeftHandPinky2	左手小指第3个节点
39	LeftHandPinky4	LeftHandPinky3	左手小指末节点
40	RightShoulder	Spine3	右肩
41	RightArm	RightShoulder	右上臂
42	RightForeArm	RightArm	右前臂
43	RightHand	RightForeArm	右手
44	RightHandThumb	RightHand	右手大拇指根节点
45	RightHandThumb1	RightHandThumb	右手大拇指第1个节点
46	RightHandThumb2	RightHandThumb1	右手大拇指第2个节点
47	RightHandThumb3	RightHandThumb2	右手大拇指末节点
48	RightHandIndex	RightHand	右手食指根节点
49	RightHandIndex1	RightHandIndex	右手食指第1个节点
50	RightHandIndex2	RightHandIndex1	右手食指第2个节点
51	RightHandIndex3	RightHandIndex2	右手食指第3个节点
52	RightHandIndex4	RightHandIndex3	右手食指末节点
53	RightHandMiddle	RightHand	右手中指根节点
54	RightHandMiddle1	RightHandMiddle	右手中指第1个节点
55	RightHandMiddle2	RightHandMiddle1	右手中指第2个节点
56	RightHandMiddle3	RightHandMiddle2	右手中指第3个节点
57	RightHandMiddle4	RightHandMiddle3	右手中指末节点
58	RightHandRing	RightHand	右手无名指根节点
59	RightHandRing1	RightHandRing	右手无名指第1个节点
60	RightHandRing2	RightHandRing1	右手无名指第2个节点
61	RightHandRing3	RightHandRing2	右手无名指第3个节点
62	RightHandRing4	RightHandRing3	右手无名指末节点
63	RightHandPinky	RightHand	右手小指根节点
64	RightHandPinky1	RightHandPinky	右手小指第1个节点

65	RightHandPinky2	RightHandPinky1	右手小指第2个节点
66	RightHandPinky3	RightHandPinky2	右手小指第3个节点
67	RightHandPinky4	RightHandPinky3	右手小指末节点
68	LeftUpLeg	Hips	左大腿
69	LeftLeg	LeftUpLeg	左小腿
70	LeftFoot	LeftLeg	左脚
71	LeftToeBase	LeftFoot	左趾
72	LeftToeEnd	LeftToeBase	左趾结束节点
73	RightUpLeg	Hips	右大腿
74	RightLeg	RightUpLeg	右小腿
75	RightFoot	RightLeg	右脚
76	RightToeBase	RightFoot	右趾
77	RightToeEnd	RightToeBase	右趾结束节点



面部骨骼绑定需要满足以下基本要求：

- 1) 骨骼位置准确；
- 2) 骨骼父子关系正确；
- 3) 面部骨骼与身体骨骼关系正确；
- 4) 权重分配正确。

表情基绑定是为脸部添加可以驱动的表情基。表情基绑定制作需要满足以下要求：

- 1) 不同基础表情对于面部影响的区域尽可能少重叠或无重叠；
- 2) 每个表情形变的取值范围是 $[0,1]$ , 0 表示无形变, 1 表示最大形变；
- 3) 自定义表情形变需维持头部模型点面数、拓扑关系保持不变；
- 4) 各部件在相同表情基下, 形状及位置正确。

注：表情基是指面部不同表情之间的几何形变的基本单元，如：眼睛完全闭上是 0，眼睛睁到最大是 1。