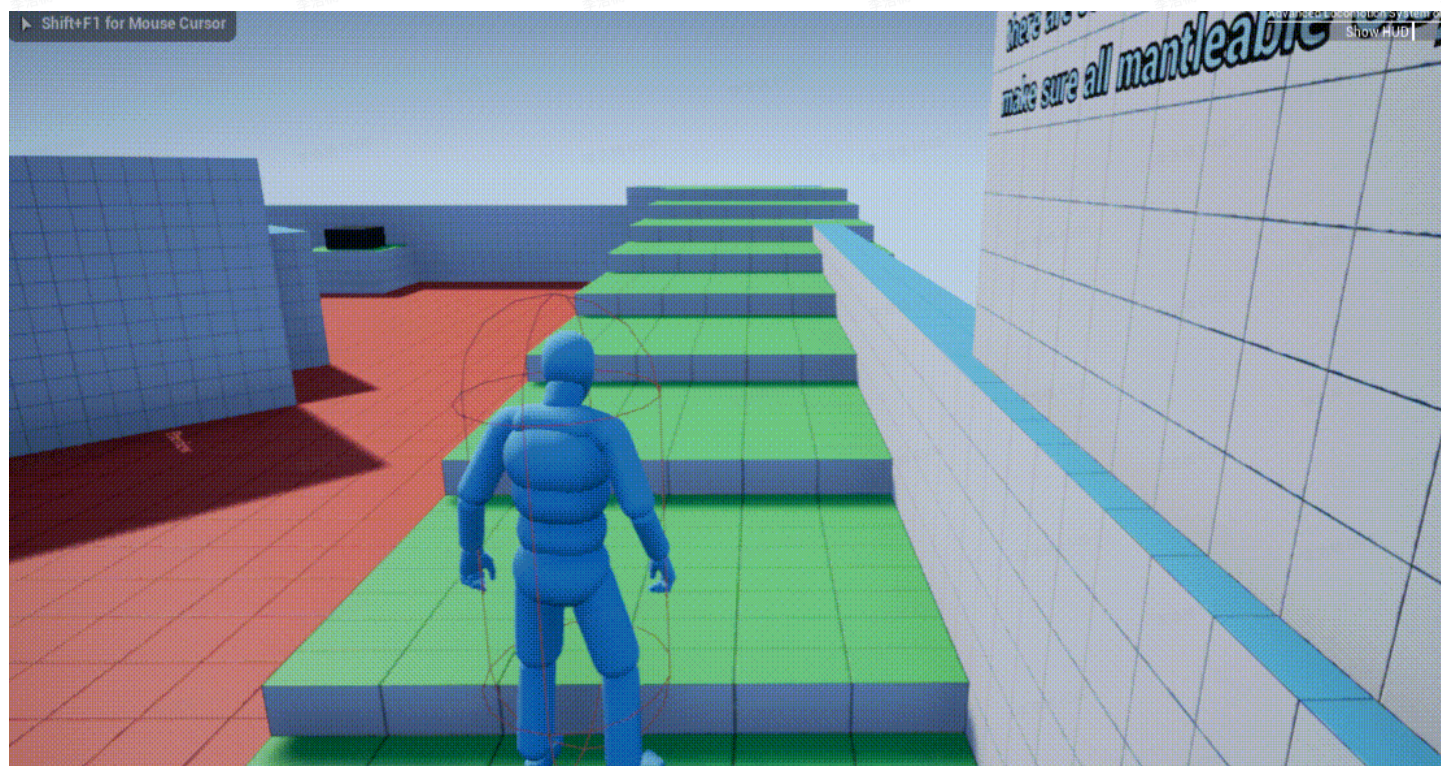
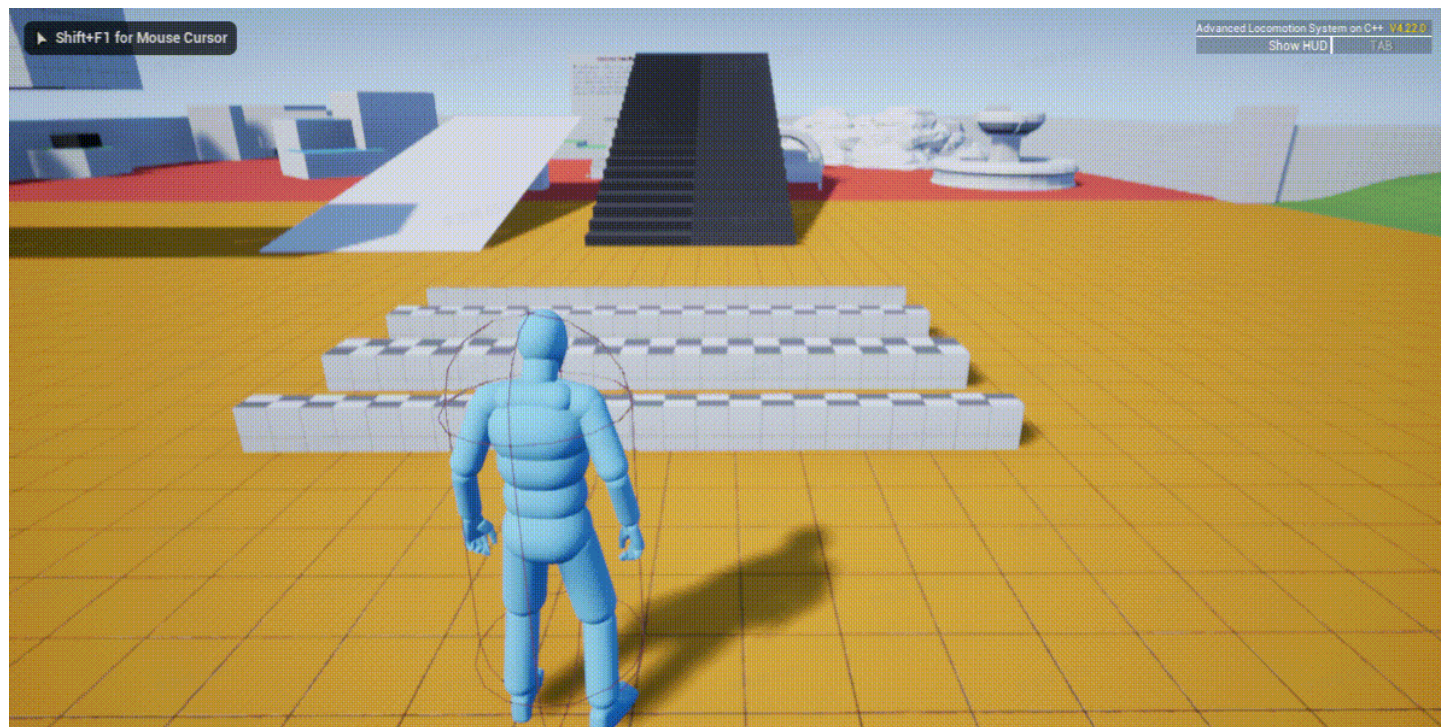


脚部预测

功能描述：

在ALS脚部IK中，实时计算导致角色无法对前方的地形做出合理的抬脚姿态，只是在脚步接近地形时做出反应，在进行插值逼近，同样角色的身体偏移也是实时计算的，在凹凸不平的地面移动时出现抖动问题。



通过脚部预测在角色抬脚时计算出直到落脚的预测路径，使角色为前方的地形提前正确的反应，进而产生合理的运动路径。

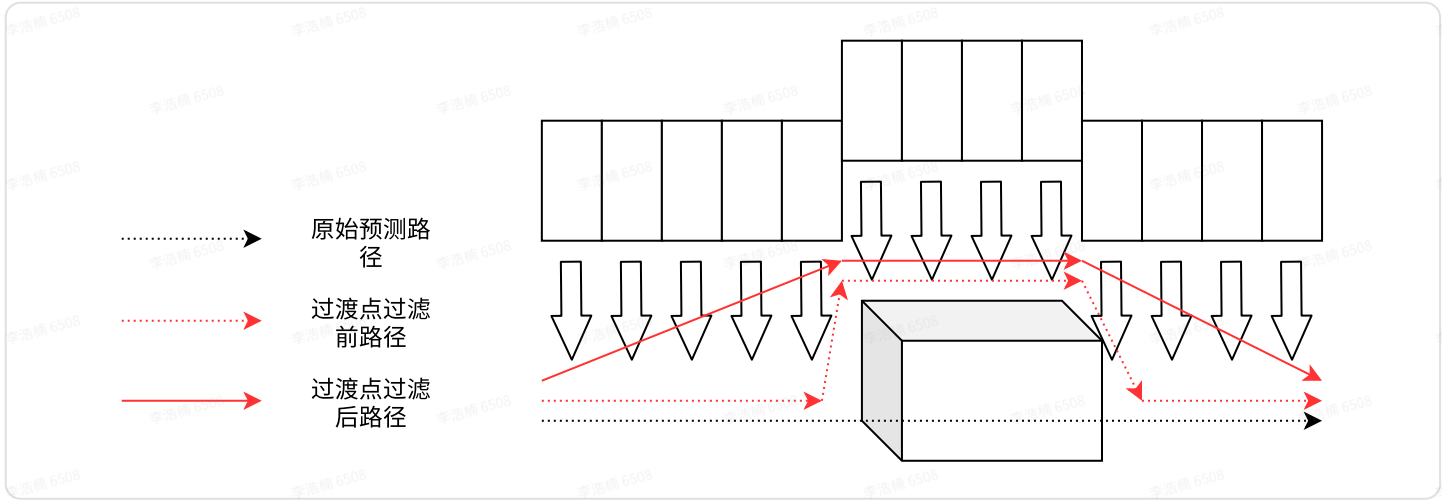
脚部预测过程：

想要达到预测的效果，就需要能够在当前动画播放时间点获取到 其他任意时间点的动画序列脚的原始坐标。在脚抬起时预测，整个预测过程持续到脚落地，因此需要抬脚到落脚期间的长度、抬脚时脚的原始位置、落脚时脚的原始位置。

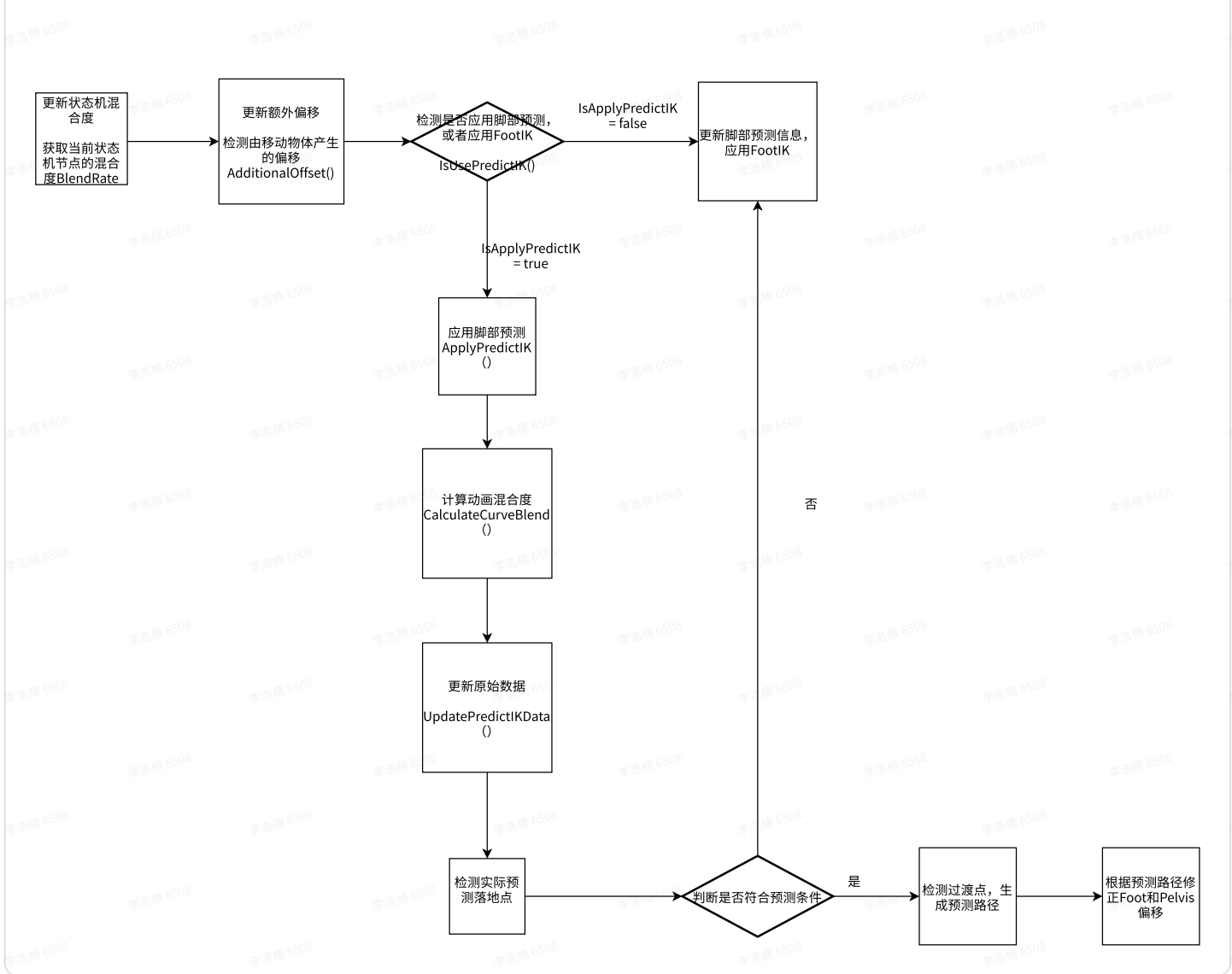
1. 计算脚的原始落脚点：因为在抬脚时进行预测，所以抬脚时脚的原始位置即为当前脚的位置，结合抬脚到落脚的时间，计算出落脚时的时间点，再通过落脚时的时间点获取到落脚的原始位置。

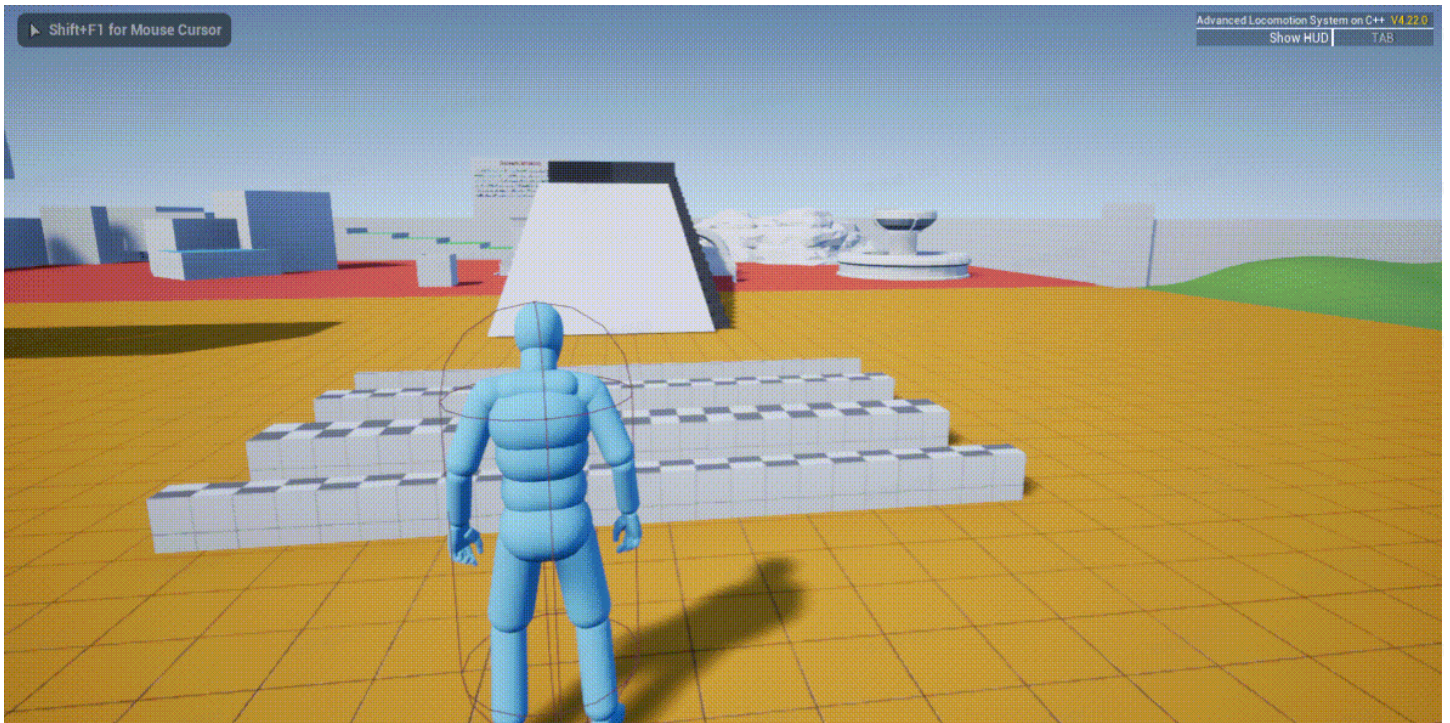


2. 计算脚的实际落脚点：得到脚的原始落脚点后，以原始点为中心，以设置的高于原始点的射线起点和低于原始点的射线终点进行Box射线检测，检测出最终的实际落脚点。这样实际落脚点即为最终预测的终点。
3. 根据起点和终点预测 脚在由起点到终点 的过程中的实际路径：由于预测路径中可能存在凹凸不平的障碍物，而实际行走过程中 角色需要跨越障碍物，因此要在 整个脚部预测路径中 进行垂直Box射线检测，每个垂直box射线会检测到一个过渡点。
4. 过渡点过滤：角色的原始抬脚路径整体呈现 上凸的曲线形式，而所有过渡点连接的路径是根据地形贴合的，因此要进行过渡点过滤，过滤掉多余的点，使得连接成的路径是上凸的。



脚部预测与FootIK过渡





资源需求：

AnimationModifier 动画修改器：

CreateAnimFootUpCurve：为动画序列绘制曲线L_UptoDown、R_UptoDown、CurrentAnimTime。

Anim Sequence Length	0.77
Left Up Foot Time	0.385
Right Up Foot Time	0.385
Left Foot Up Time Point	0.5
Right Foot Up Time Point	0.115

参数：

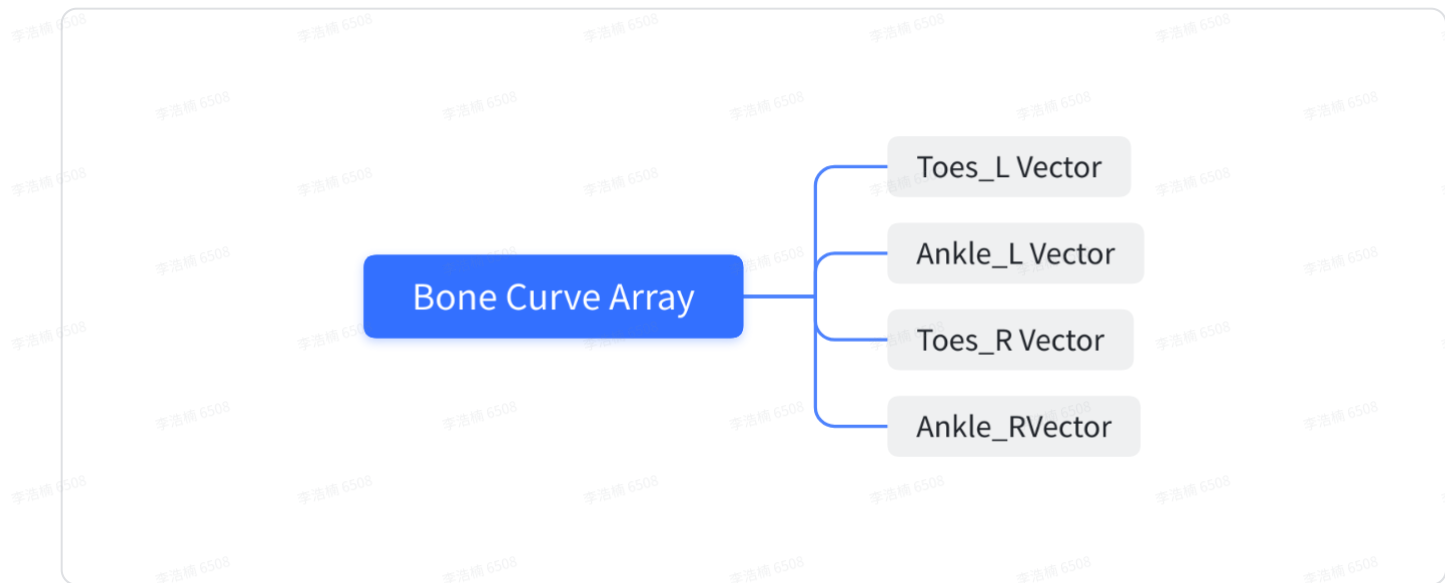
- Anim Sequence Length：动画序列长度
- Left Up Foot Time：左脚从抬起到落地的总时间
- Right Up Foot Time：右脚从抬起到落地的总时间
- Left Foot Up Time Point：左脚抬起的时间点
- Right Foot Up Time Point：右脚抬起的时间点

描述：在一个动画序列中，左、右脚的抬脚到落地总时间各占动画长度的一半，且两脚的落地抬起是瞬间交替的。

CurveResourceCreator：为动画序列的脚部运动坐标绘制 CurveVector资源

参数：

- Bone Curve Array：



描述：CurveResourceCreator为每个动画序列绘制对应的骨骼部位的相对于根骨骼的Vector 或 Rotator曲线。

AnimationModifier 文件路径：

Plugins/ALS-Community-4.22/Content/AdvancedLocomotionV4/Blueprints/AnimModifiers/

动画序列曲线：确定 CreateAnimFootUpCurve 的参数，并由 CreateAnimFootUpCurve进行绘制



曲线绘制规则：

CurrentAnimTime: 记录动画序列当前Tick的播放时间，添加两个关键帧(0, 0)、(AnimLength, AnimLength)。

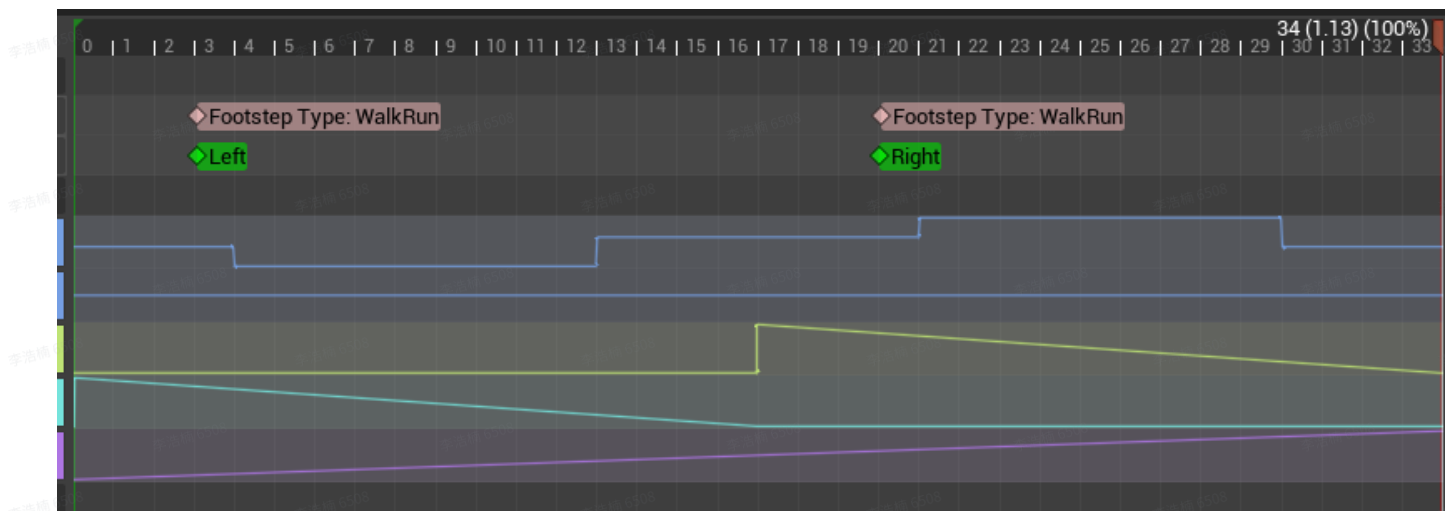
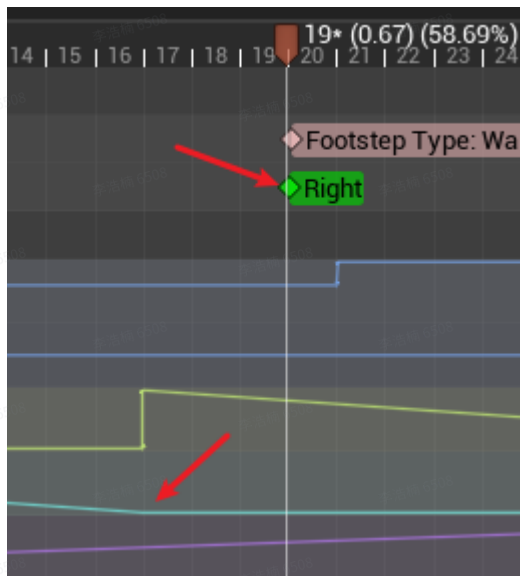
L_UptoDown: 记录左脚从抬起到落地的剩余时间，抬脚点曲线值最大为Left Up Foot Time，落地点最小为 0，且非抬脚时间段一直为 0。

R_UptoDown: 记录左脚从抬起到落地的剩余时间，抬脚点曲线值最大为Right Up Foot Time，落地点最小为 0，且非抬脚时间段一直为 0。



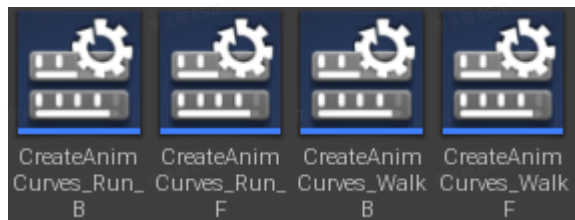
抬脚时间点（Foot Up Time Point）制定条件：

- a. 条件1：双脚的抬脚时间各为动画序列长度的一半
- b. 条件2：当存在同步标记时，**Foot Up Time Point**需和同步标记按比例保持一致，这要求同步标记也需满足条件1。如下，右脚的同步标记始终与右脚落脚点保持相同的时间比例差，不同的动画中 比例差 一致。

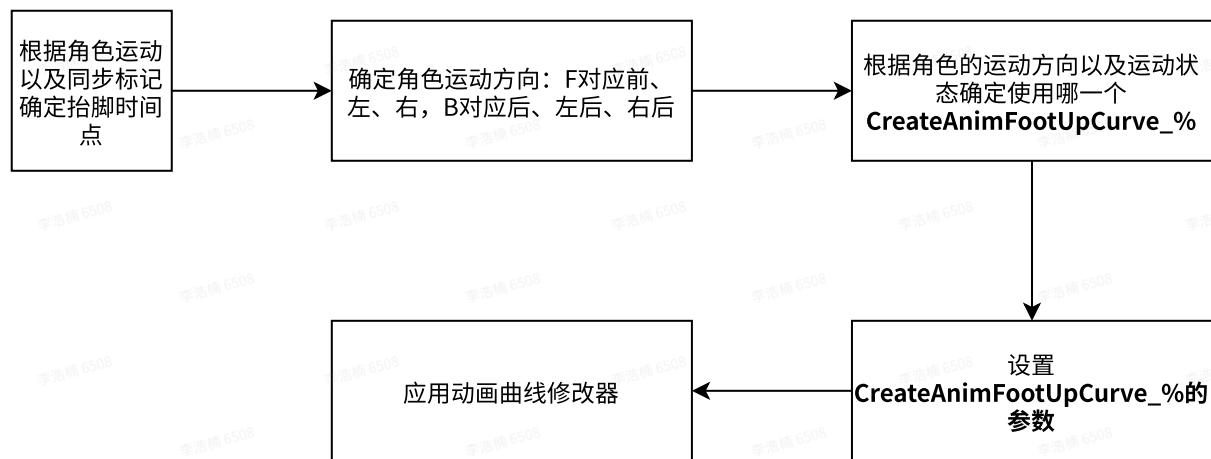


- c. 条件3：由于动画长度可能不同，所有需要绘制曲线的动画序列**Foot Up Time Point**在该动画的时间占比要保持一致，如：没有同步标记时，**Anim_A** 的左脚抬脚时间点在 **Anim_A** 的10%处，那么**Anim_B** 的左脚抬脚时间点也在 10%处；如果有同步标记 **Anim_A** 的左脚抬脚时间点距离左脚同步标记（**Anim_A** 的 30%处）差10%，即**Anim_A** 的 20%处，那么 **Anim_B** 的左脚抬脚时间点距离左脚同步标记（**Anim_B** 的 30%处）也在 **Anim_B** 的20%处。

描述：由于各种动画序列的长度不同，需要添加曲线的动画序列较多，因此针对不同的动画序列创建不同的**CreateAnimFootUpCurve**修改对应的参数值。

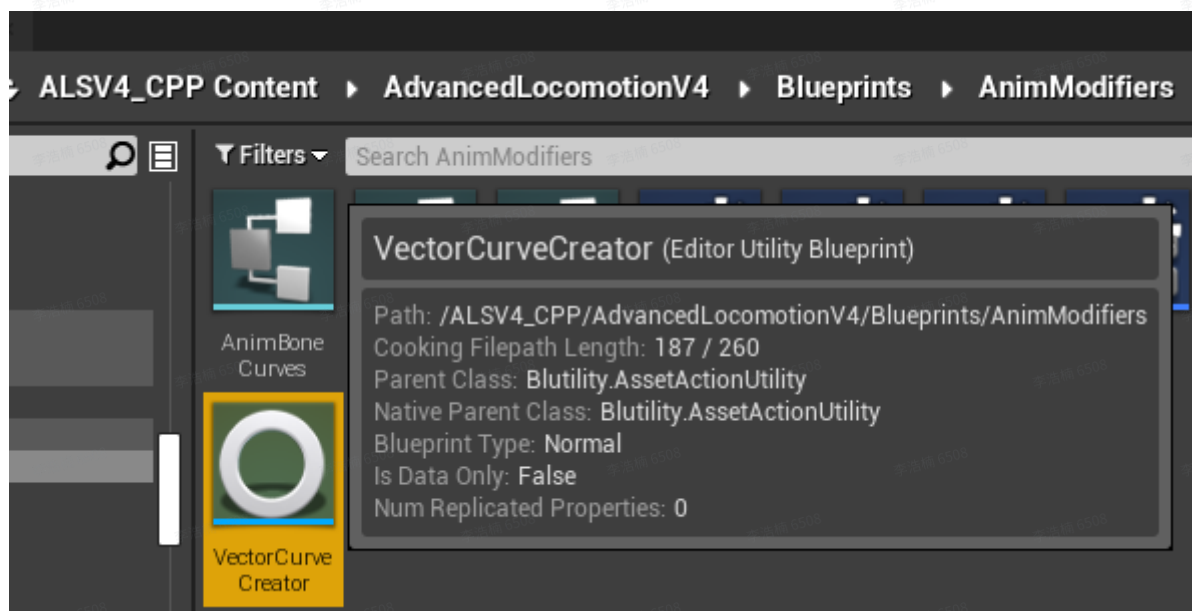


角色动画曲线绘制流程



动画序列骨骼坐标曲线Asset创建蓝图 VectorCurveCreator:

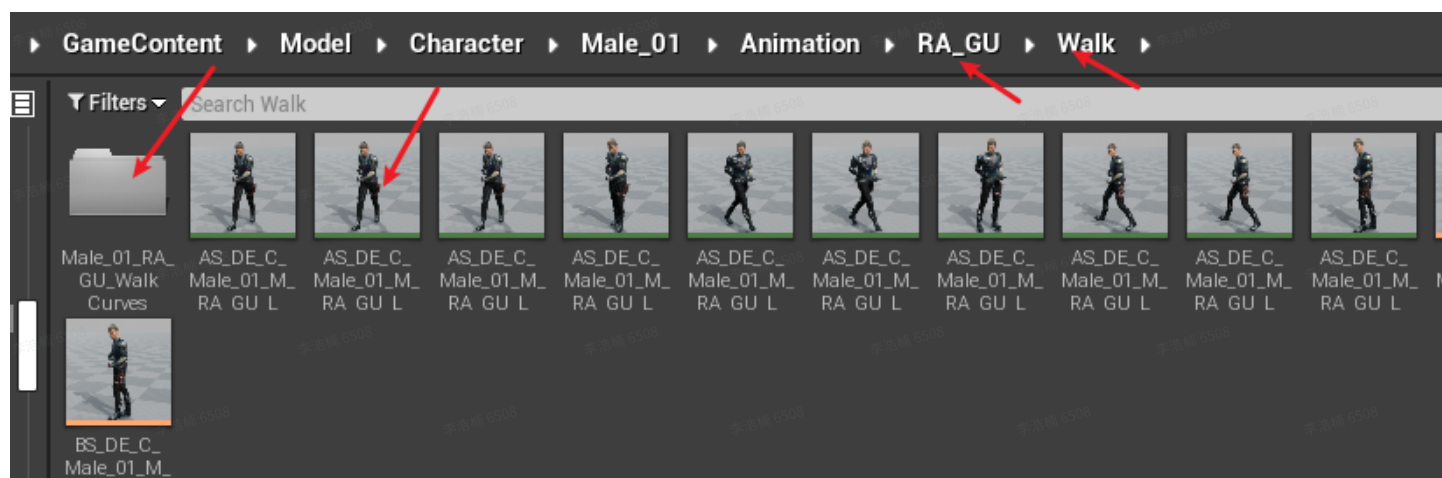
由于VectorCurve 创建过于繁琐，因此设计Asset资产创建的**Editor Utility Blueprint**蓝图。



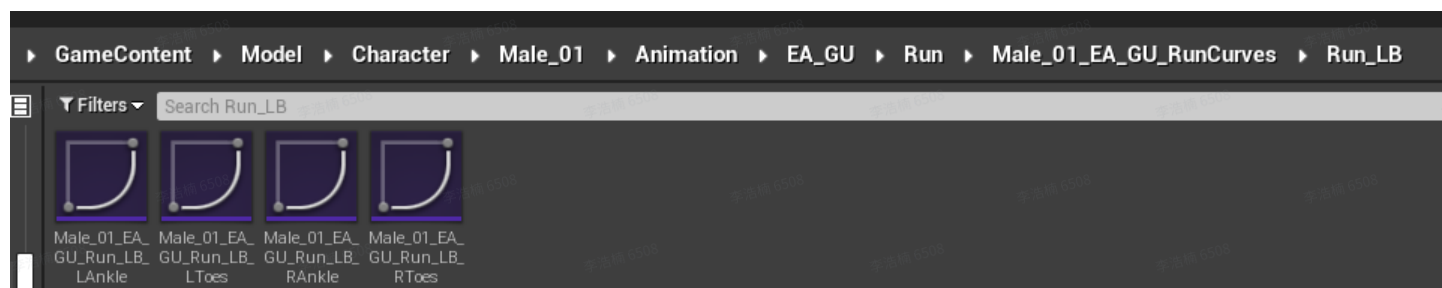
曲线Asset创建规则说明:

曲线Asset的文件夹与所在的动画序列同级，且文件夹的命名规则为（以动画序列**AS**为例，**AS**的文件路径为/Game/GameContent/Model/Character/Male_01/Animation/EA_GU/Run/AS.uasset）：

文件夹名称：**(AS上四级目录)_(AS上二级目录名)_(AS上一级目录名)+"Curves"**，即为：**"Male_01_EA_GU_RunCurves"**。

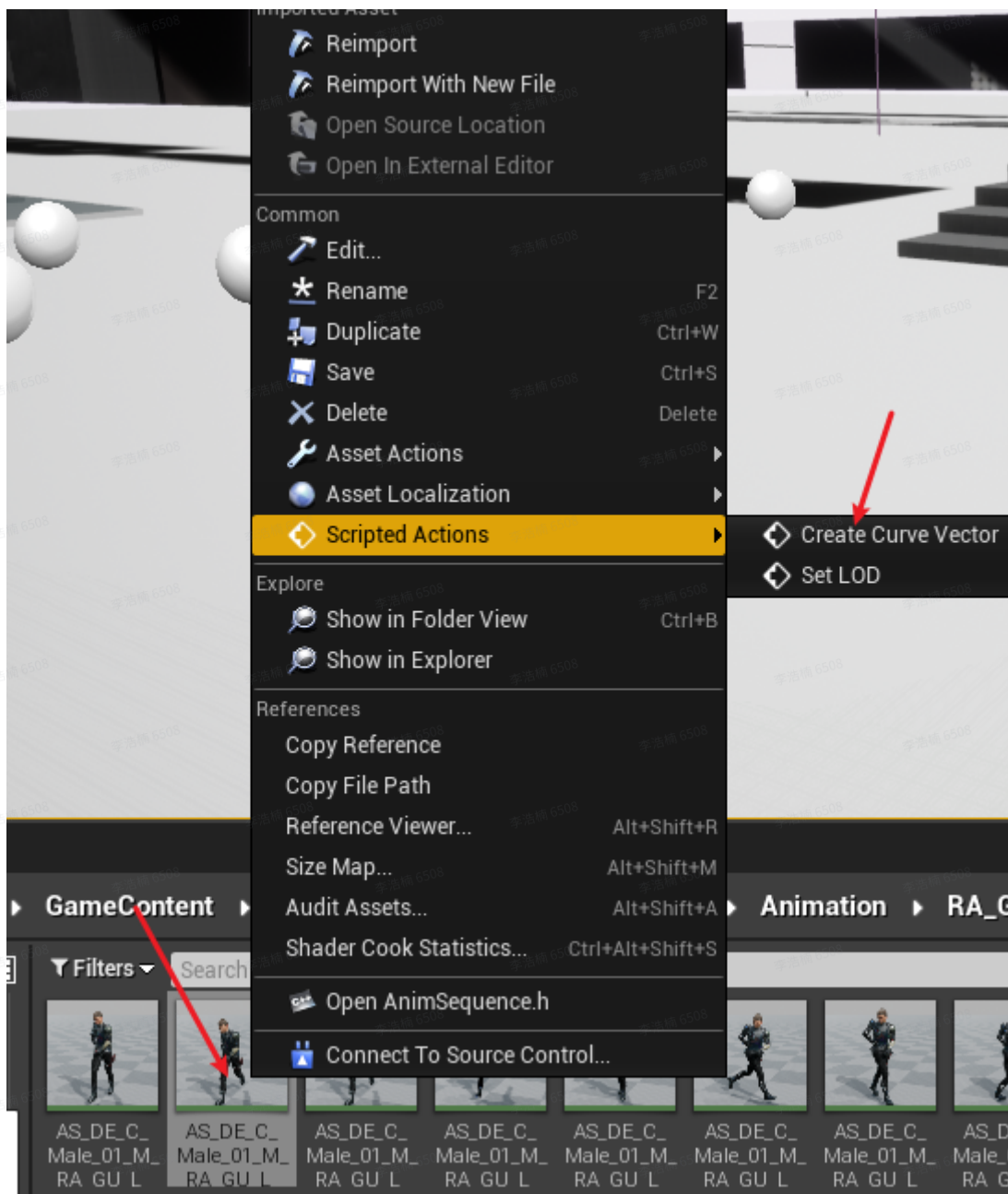


曲线Asset的文件夹的子级目录包含了六种不同方向Dir(F、B、LF(L)、RF(R)、LB、RB)的动画序列对应的曲线Asset文件夹，命名为：**(AS上级目录名)_Dir**，即为："Run_F"、"Run_B"等。



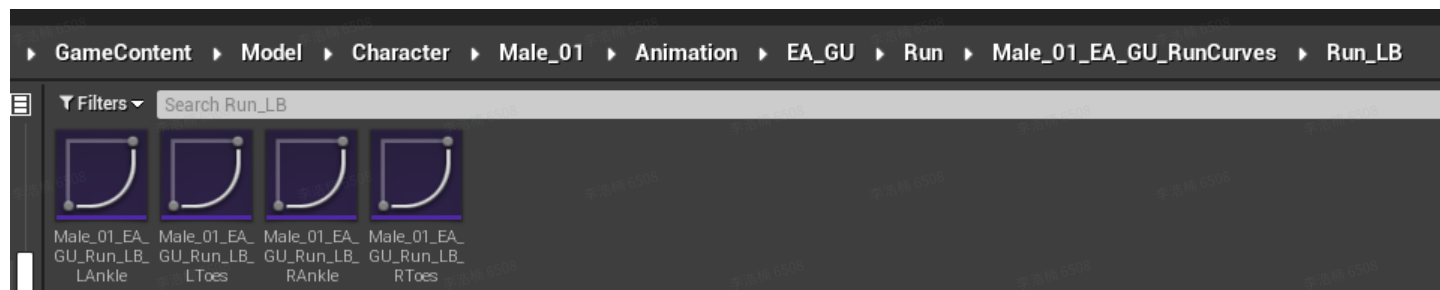
曲线Asset创建流程：

在需要创建曲线Asset的动画所在的文件夹中，随机选取一个动画序列右击鼠标，通过VectorCurveCreator的CreateCurveVector方法直接同时创建六个方向的曲线Asset。



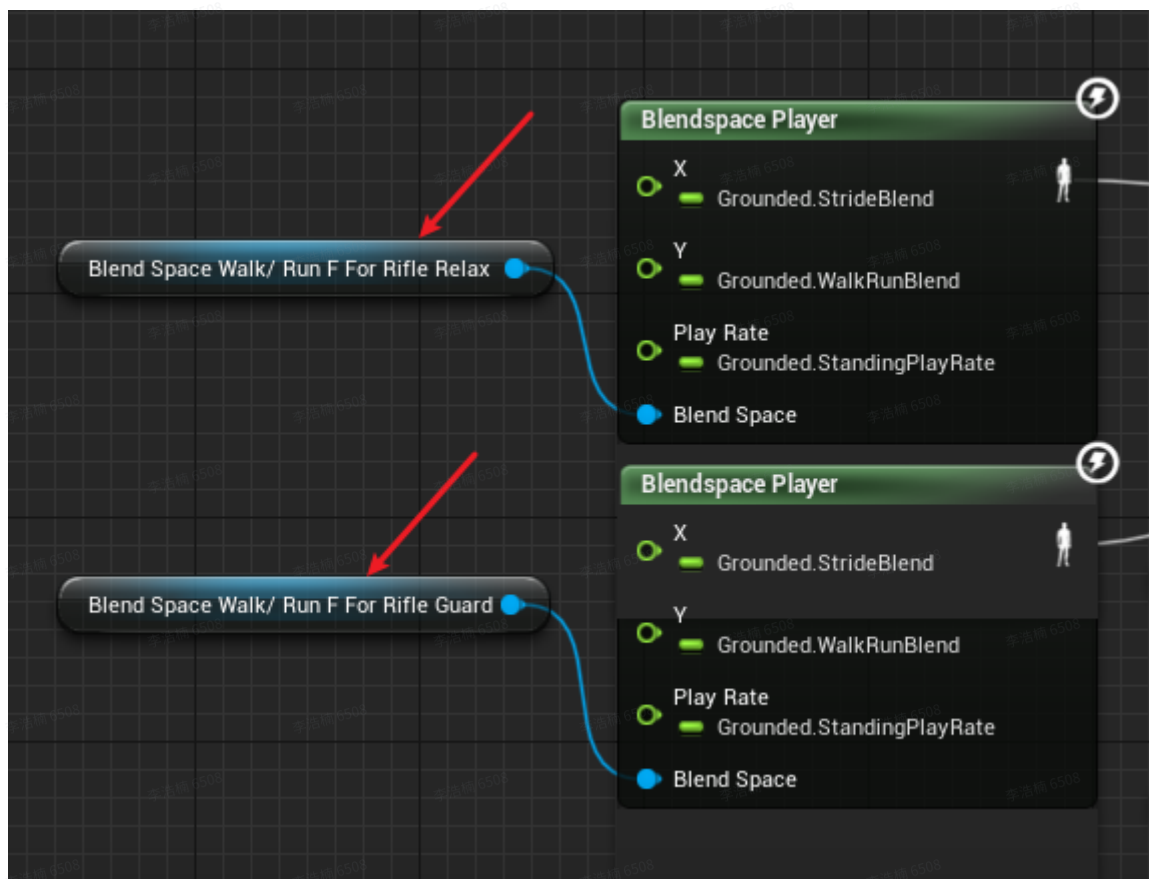
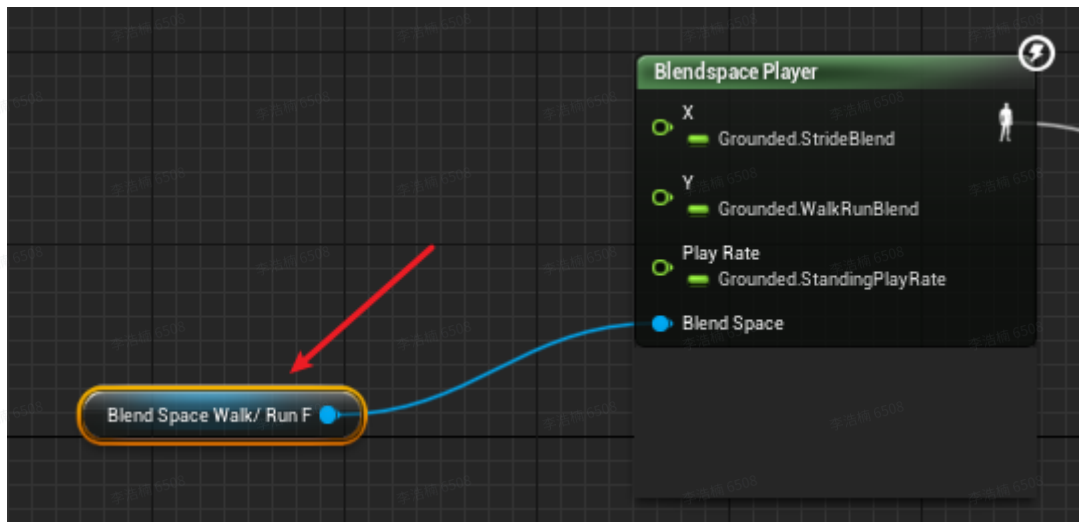
动画序列骨骼坐标曲线 由CurveResourceCreator绘制：

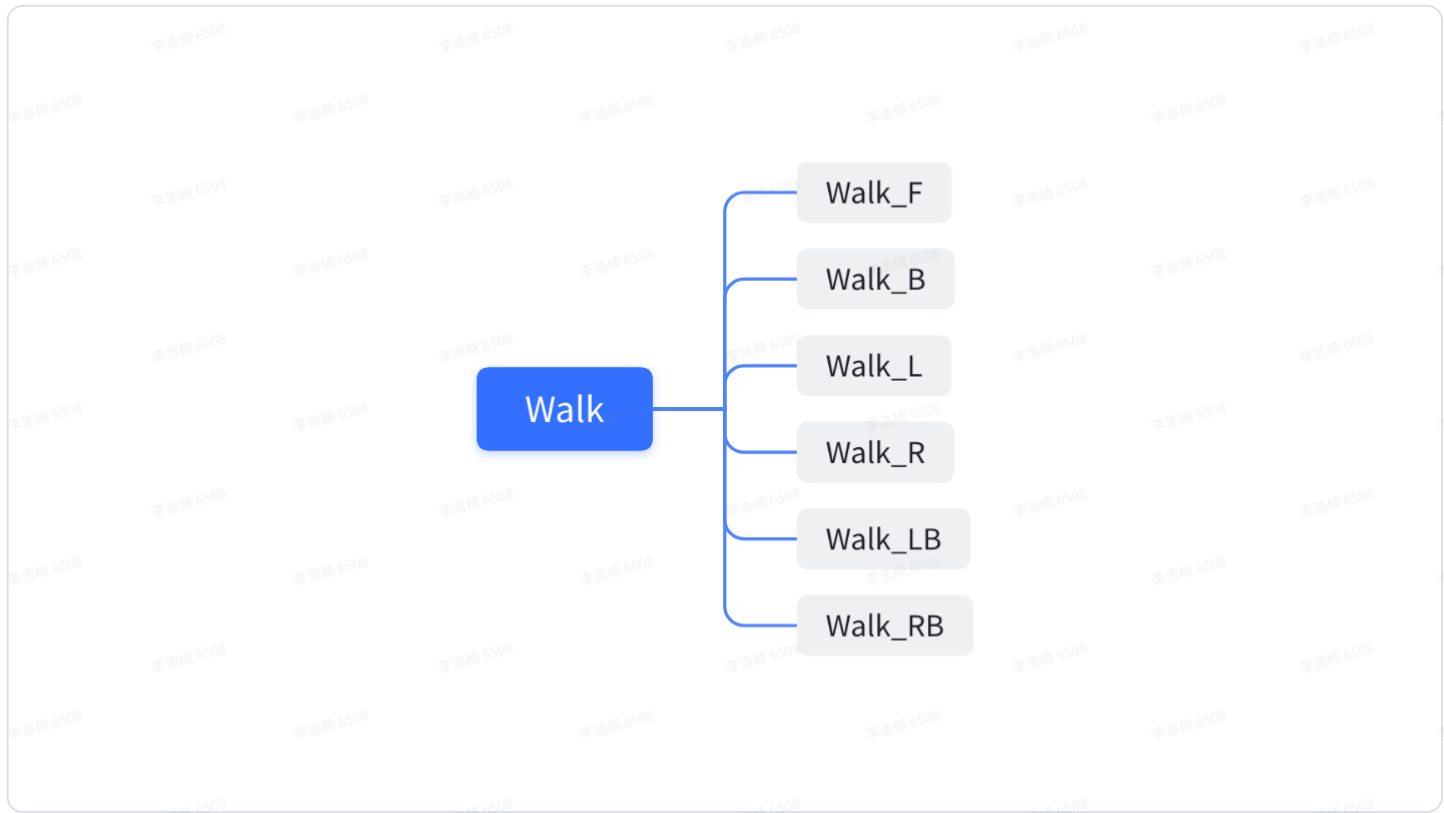
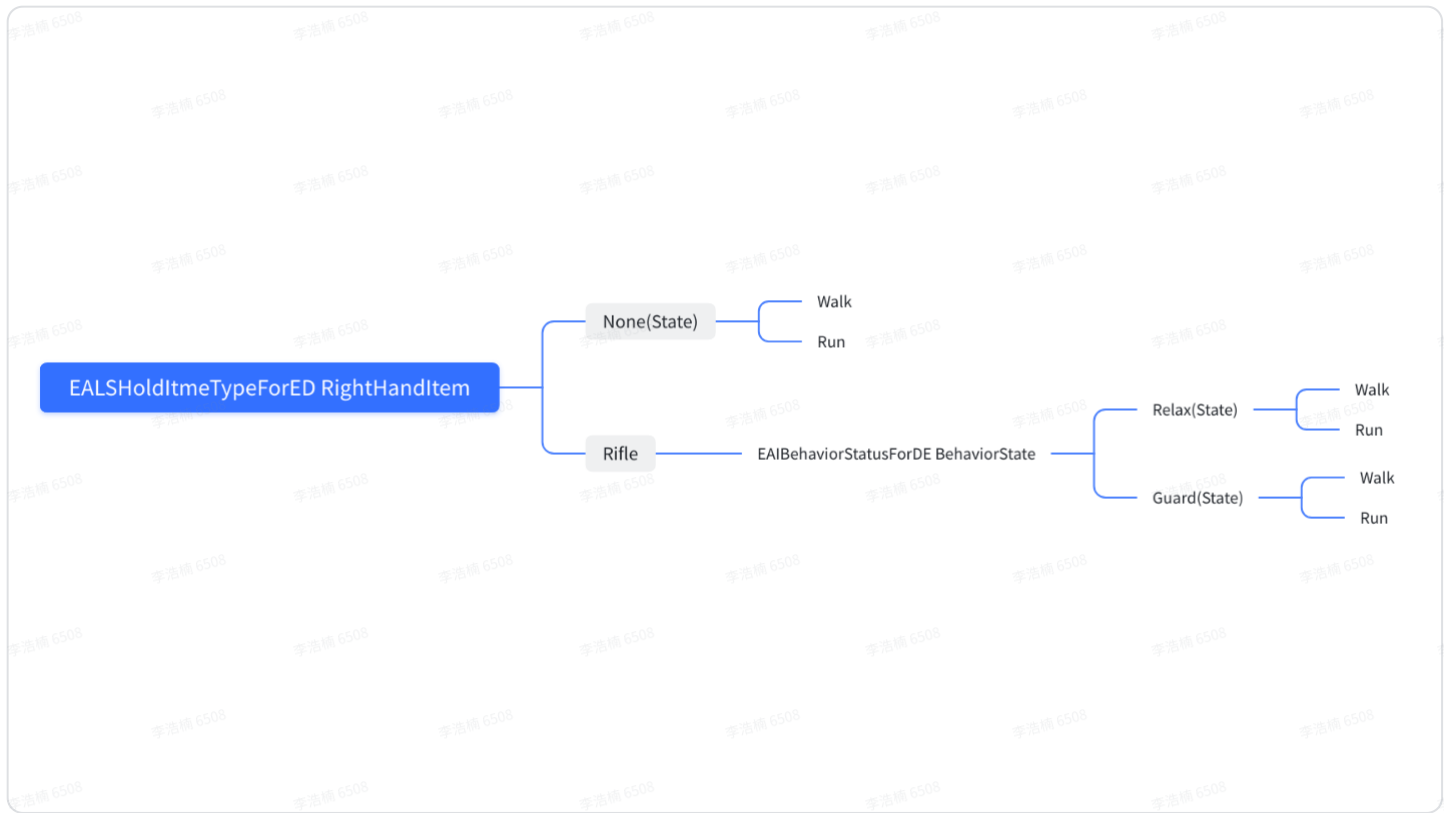
脚部预测需要 左右脚的脚踝节点(Ankle/Foot)的Vector、左右脚的脚尖节点(Toes/Ball)的Vector，共四条曲线，存储在 **VectorCurve**中。

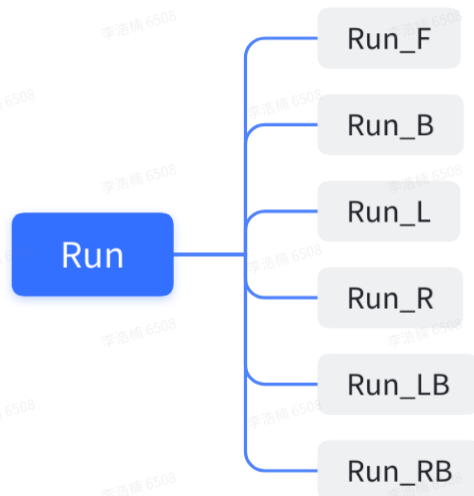


当前需要绘制骨骼坐标曲线的动画序列状态：

根据动画状态机中使用的混合空间的需要创建对应的曲线Asset以及C++对应的结构体变量。



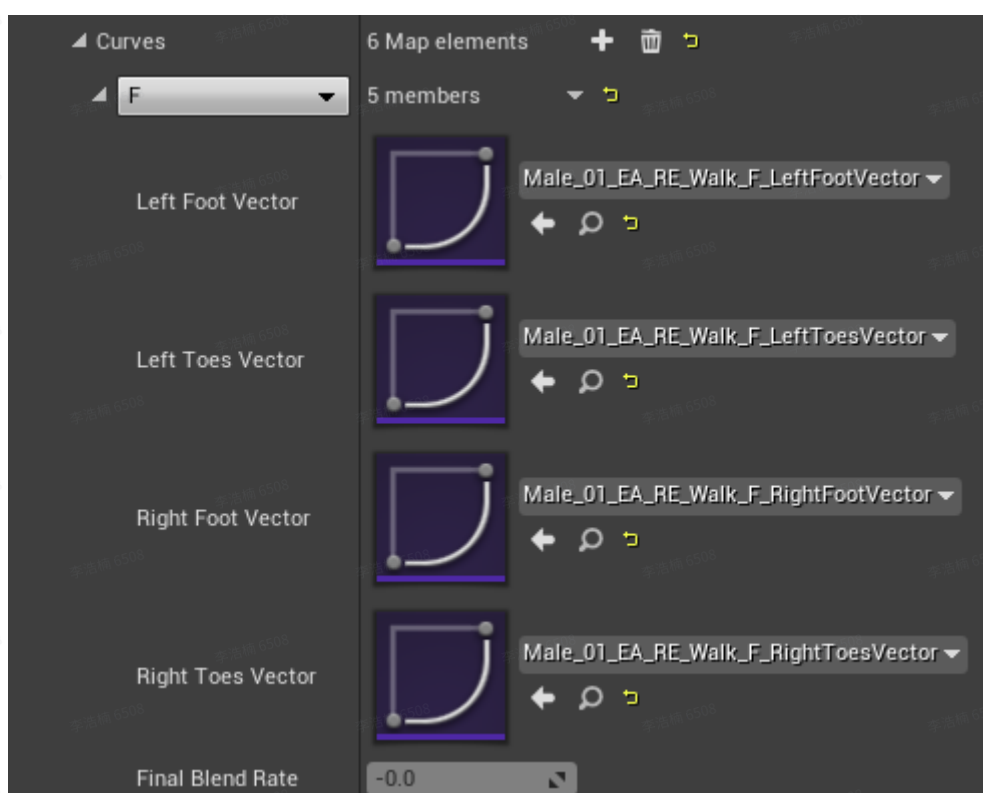
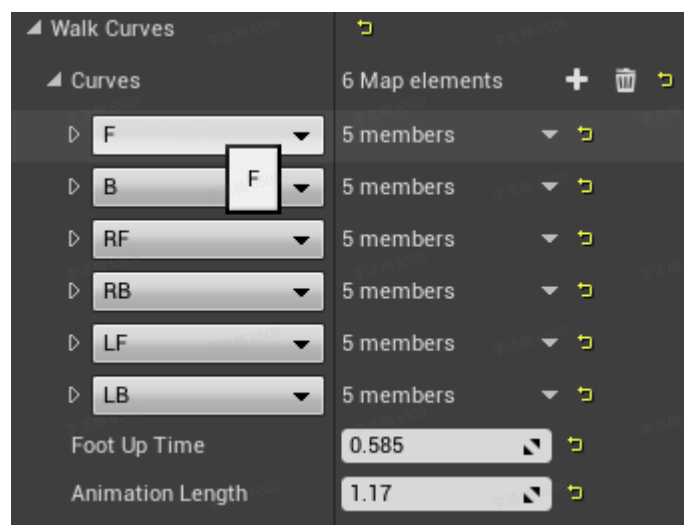




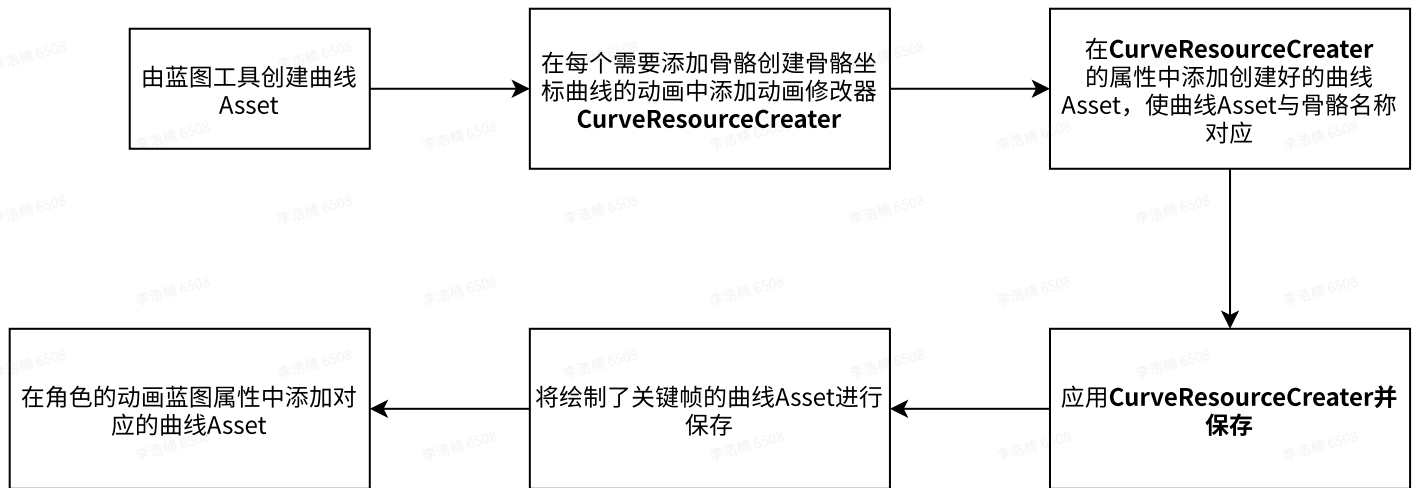
每个State 对应一个 曲线资源结构体变量**FBehaviorCurvesResource**，并且在蓝图属性设置中（Configuration | Animation Sequence Struct | Predict Foot IK）添加对应的曲线。

```
1  /*每个行为动作的 外部曲线资源、动画数据，空手时EAIBehaviorStatusForDE为 NoUse*/
2  USTRUCT(BlueprintType)
3  struct FBehaviorCurvesResource
4  {
5      GENERATED_BODY()
6      UPROPERTY(EditAnywhere, BlueprintReadOnly, Category = "Configuration|Ani
7      FCurvesResource WalkCurves;
8
9      UPROPERTY(EditAnywhere, BlueprintReadOnly, Category = "Configuration|Ani
10     FCurvesResource RunCurves;
11 };
```

```
1  /* 脚部动画序列 曲线资源 */
2  UPROPERTY(EditAnywhere, BlueprintReadOnly, Category = "Configuration|Ani
3      FBehaviorCurvesResource NormalStateCurveAssets;
4
5  UPROPERTY(EditAnywhere, BlueprintReadOnly, Category = "Configuration|Ani
6      FBehaviorCurvesResource RelaxRifleCurveAssets;
7
8  UPROPERTY(EditAnywhere, BlueprintReadOnly, Category = "Configuration|Ani
9      FBehaviorCurvesResource GuardRifleCurveAssets;
```



骨骼坐标曲线绘制流程



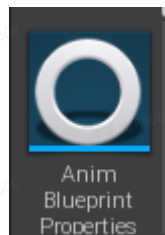
AnimationBlueprint自动设置骨骼曲线Asset:

由于需要设置的骨骼曲线Asset的数量过多，过于繁琐，因此使用**EditorUtilityBlueprint**设计自动设置蓝图属性的方法。

使用**AnimBlueprintPropertiesUtility**蓝图的**SetProperties**方法：该方法的功能是设置对应的蓝图属性（在C++结构体**FBehaviorCurvesResource**的实例）的Walk或Run状态的曲线Asset。

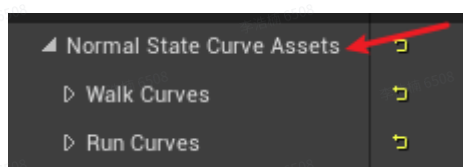
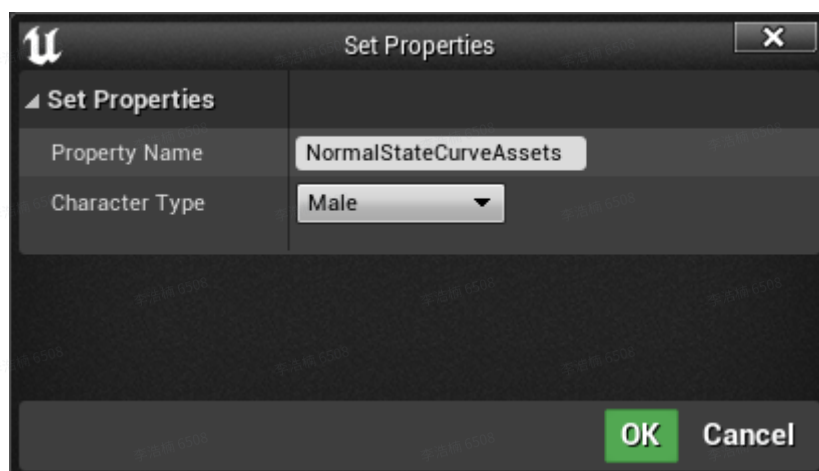
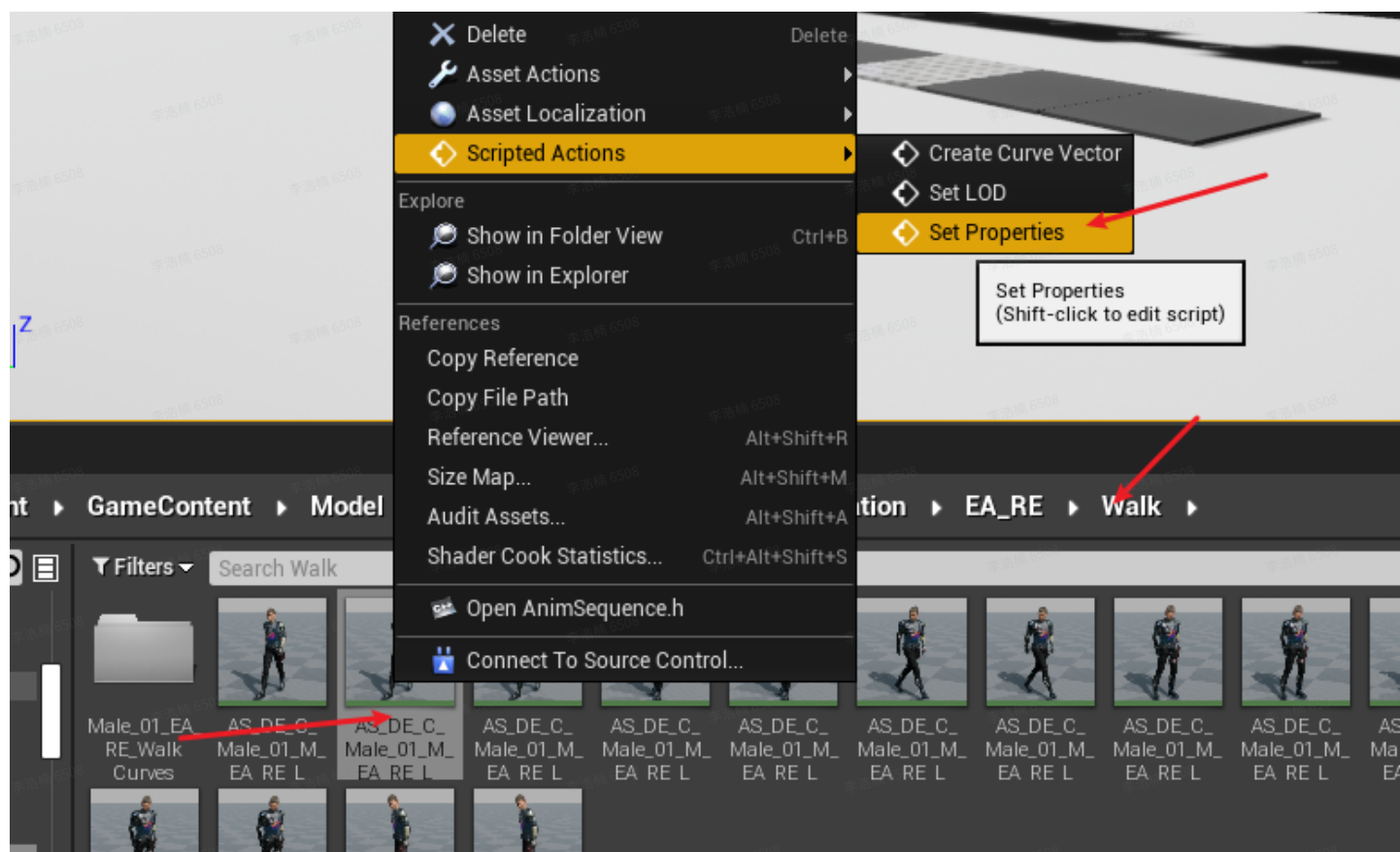
AnimBlueprintPropertiesUtility蓝图:

使用**SetProperties**方法时设置的变量**CharacterType**在**AnimBlueprintPropertiesUtility**中对应Map<角色，角色动画蓝图引用路径>



SetProperties使用方式:

在确定了要设置的**FBehaviorCurvesResource**和状态（Walk或Run）的曲线Asset后，找到该曲线对应的文件夹中的动画资产目录，在任意一个动画资产中使用**SetProperties**方法，并设置蓝图属性的名称（对应C++**FBehaviorCurvesResource**实例的名称）。



```
UPROPERTY(EditAnywhere, BlueprintReadOnly, Category = "Configuration|Animation Sequence Struct|Predict Foot IK")
FBehaviorCurvesResource NormalStateCurveAssets;
```

动画曲线混合拆分与骨骼坐标混合：

脚部预测最终获取的混合曲线值 **CurrentAnimTime**、**L_UptoDown**、**R_UptoDown** 是在状态机的 **Directional States** 中融合后的值。脚部预测需要用到的骨骼坐标是从原始动画生成的骨骼坐标曲线

获取的，因此需要根据当前的混合值 还原出每个参与混合的动画实际 混合前的值，并根据混合前的值 获取对应的骨骼坐标曲线Vector值，再将Vector值按照 各个动画的混合过程重新进行 Vector混合，最终得到混合后的 未来的落脚点的原始坐标。

动画曲线混合拆分过程：

参与混合的动画处在同一个同步组 **Locomotion** 中，因此混合度最高的动画 将成为 **Leader** ，而 **Leader** 将在混合过程中保持原动画缩放比例（100%），其余参与混合的 **Followers** 将依据 **Leader** 的动画长度 调整播放速度，从而将播放进度百分比与 **Leader** 保持同步。因此 **Leader** 曲线值 L (动画长度 T_L) 与 **Follower** 曲线值 F_n (动画长度 T_n) 的关系为 $L = F_n * \frac{T_L}{T_n}$ 或

$$F_n = \frac{T_n}{T_L} * L$$

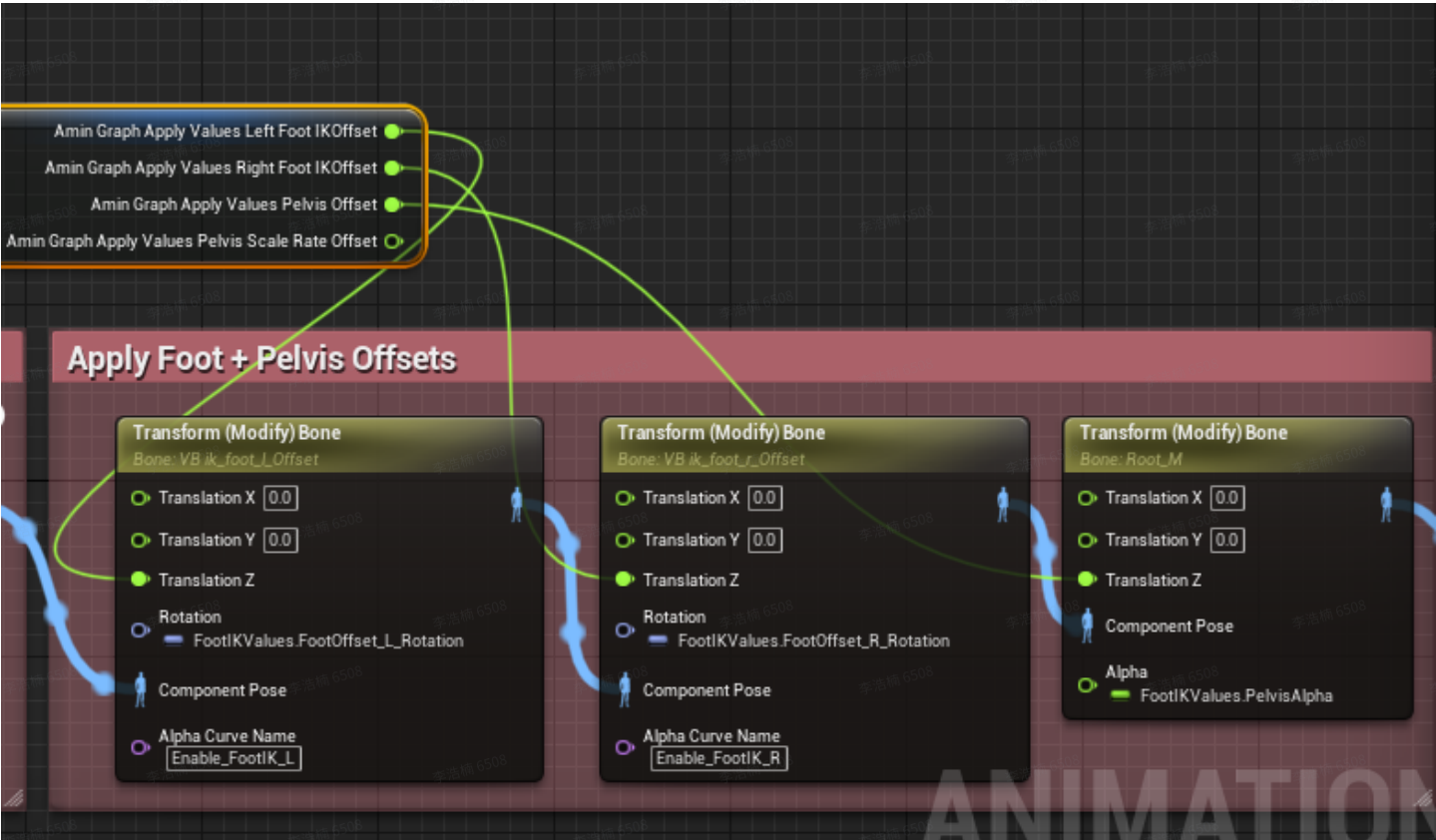
混合过程： $L * B_L + F_1 * B_1 + F_2 * B_2 + ... + F_n * B_n = C$

换算后：
$$L = \frac{C * T_L}{T_1 * B_1 + T_2 * B_2 + ... + T_n * B_n}$$

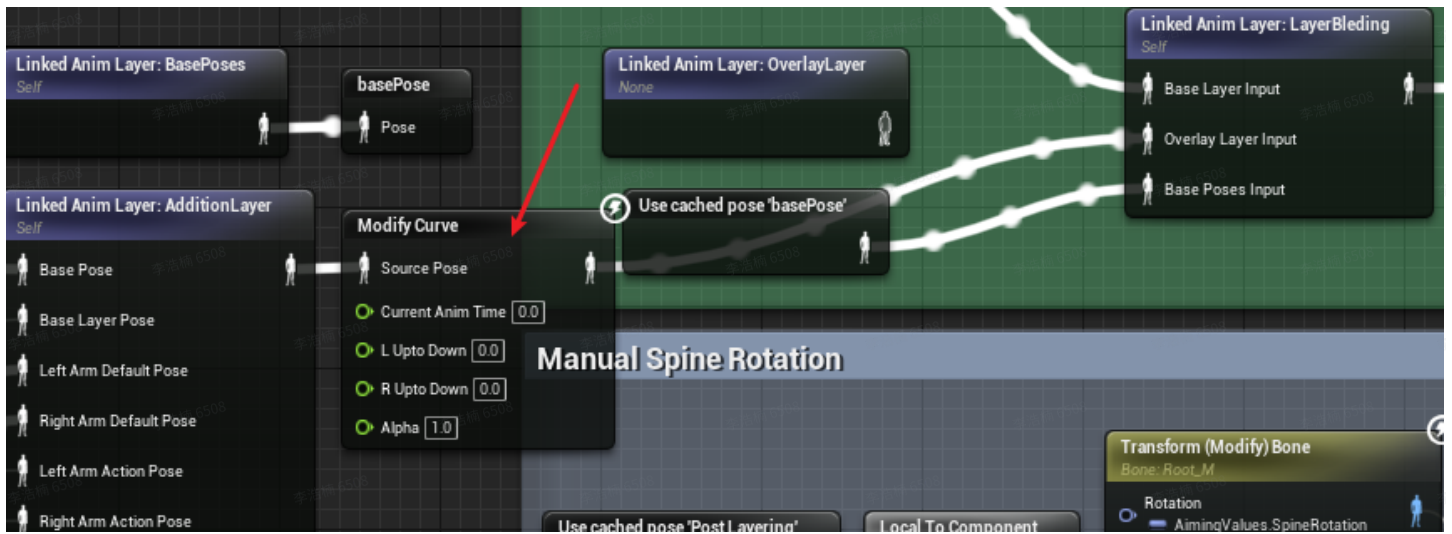
通过获取状态机的混合度和VelocityBlend计算出每个动画序列的最终混合度 B_n 。

其他的设置以及说明：

FootIK设置预测值：



动画图设置叠 layers 预测相关曲线：



动画蓝图属性 Anim Graph-Predict Foot IK Config

Foot Box Trace Half Size : Vector

与脚的大小匹配的Box属性，使得Box刚好完全包裹住脚，用于BoxTrace射线检测

X : Box的高度，一般为脚踝节点(Ankle)与根节点的最小高度差

Y : Box的长度，一般为脚的长度

Z : Box的宽度，一般为脚的宽度

Vertical Trace Height : float

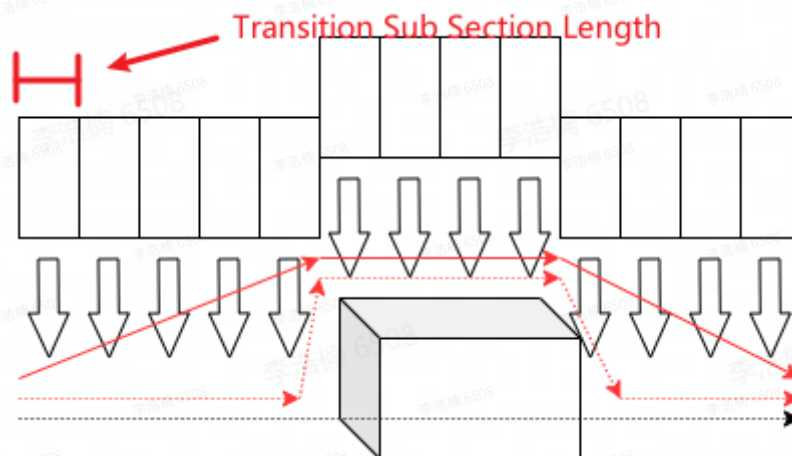
脚部落地时的射线上下高度阈值，当计算的预测实际落脚位置和虚拟骨骼位置高度差超出该值时，将不进行预测。

Transition Height Threshold : float

在过渡点检测时的射线上下高度阈值，当超出该值时，角色无法跨越过渡点，预测将不会应用。

Transition Sub Section Length : int32

过渡点检测中，每个分段的宽度



Foot Height Modify : float

预测时的Ankle偏移的修正，一般为脚踝节点(Ankle)与根节点的最小高度差。

Enable Trace Height : Vector

当射线检测完全处在网格体的内部时，将无法检测到该网格体，而是继续向下检测，导致错误的结果，因此需要一个极高点向下检测最近的无法检测到的网格体。

Max Trans Time : float

Walk 和 Run姿态切换的过渡时间

当角色进行Walk 和 Run的切换时，混合空间的切换时瞬间进行的，使得预测也是瞬间改变，从而产生瞬间偏移，导致角色抖动，因此在Walk 和 Run的切换间增加 过渡，过渡需要的IK参数由FootIK提供。

Min Pelvis Scale 、MaxPelvisScale : float

用于控制角色身体位移的预测值缩放比例，修改角色上下抖动的幅度，**Min Pelvis Scale**为角色在Run状态下且达到最大的**Vertical Trace Height**值时角色的身体预测偏移缩放，**Max Pelvis Scale**为角色在Walk状态下且达到最大的**Vertical Trace Height**值时角色的身体预测偏移缩放。

Feet Interp Speed : float

角色在斜面Run时脚的预测与FootIK的过渡速度

Transition Interp Speed : float

由于混合空间的Walk和Run是瞬间切换的，因此需要进行过渡姿态间（Walk、Run）切换的过渡速度

Idle Move Interp Speed : float

角色静止和运动的FootIK与预测IK的过渡速度。

动画蓝图属性 Anim Sequence Struct | Predict Foot IK

Is Apply Predict IKSwitch : bool

是否应用预测脚部IK，false将关闭预测，使用非预测的FootIK