20260118通过SW导出urdf

前言

虽然urdf文件是描述机构内部连杆和关节分布及关系的规范性语言，但是纯手写urdf文件是折磨的，特别是遇上复杂的机器人机构（如四足机器人）。现实中我们一般先进行SW建模，配合插件sw2urdf以及一定的规范自动生成urdf文件。

本文将以一个带伸缩臂和夹爪的四轮小车为例，讲解如何从SW导出urdf并实现小车在pybullet的仿真和控制，

一、下载sw2urdf插件

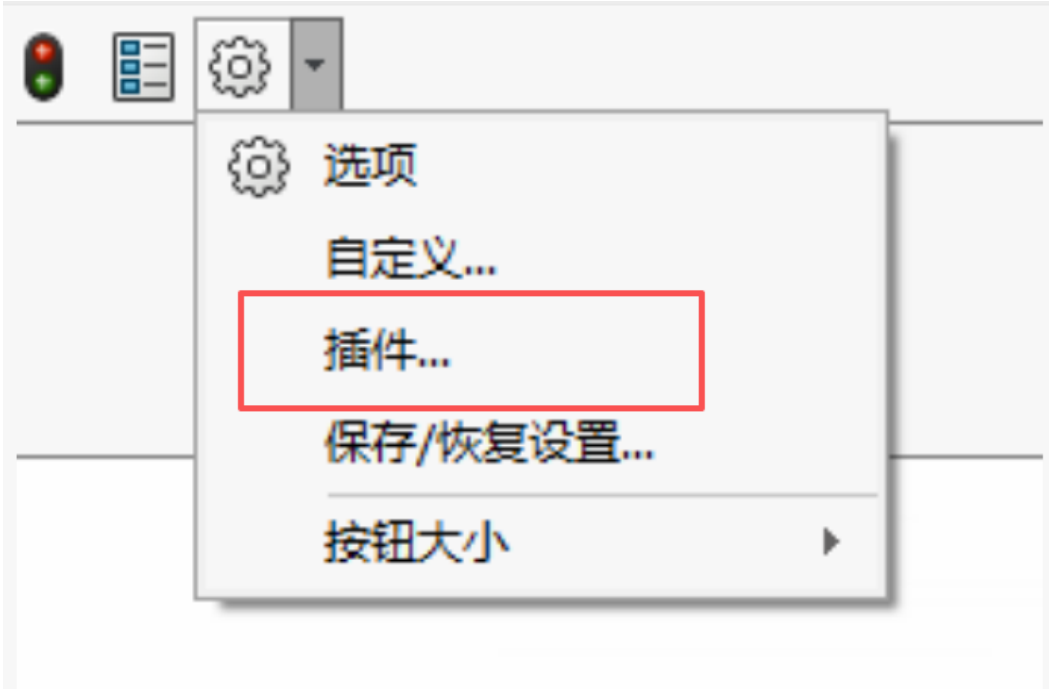
SW本身没有将结构导出为urdf的选项，需要我们下载插件sw2urdf将实现这一过程。

sw2urdf下载地址如下：

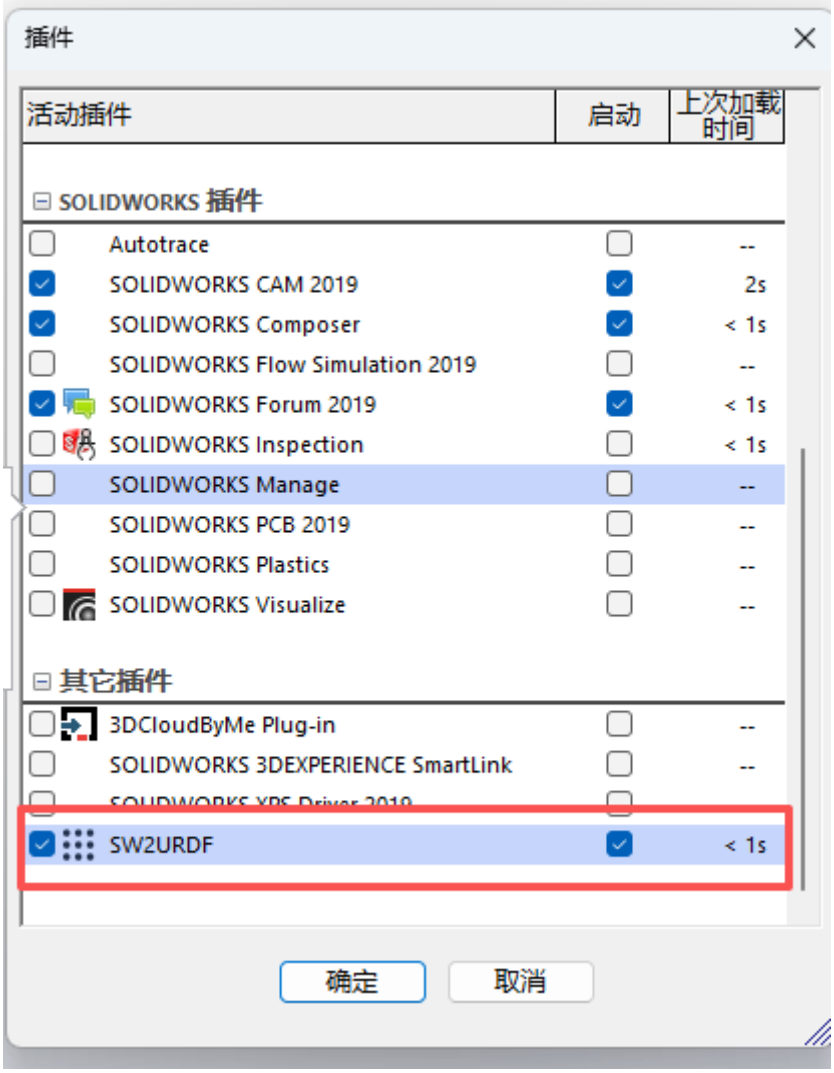
https://wiki.ros.org/action/fullsearch/sw_urdf_exporter?action=fullsearch&context=180&value=linkto:%22sw_urdf_exporter%22

进入页面后点击“**Download Installer**”的蓝色按钮即可下载。

下载安装包后随引导安装即可。安装完毕后，在sw界面点开**齿轮图标旁的小倒三角**，点击**“插件”**，



打开插件界面后下滑找到SW2URDF代表安装成功。

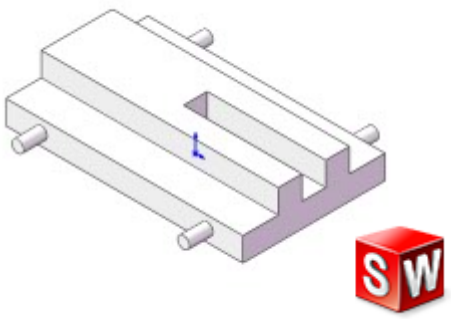


二、导出模型前的准备工作

为了能顺利导出urdf模型，我们需要按照一定的规范将我们的四轮小车模型组织起来。

2.1.建模小车各个零件

小车底盘base:

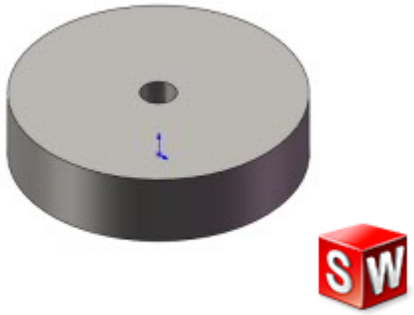


base.SLDPRT

这个底盘比较简单，两侧各引出2个对称的定位柱便于后续装配过程中轮子的定位和配合。

中间则是挖了个槽用来安装伸缩臂，虽然这不是必要的，但是方便后续能直观观察伸缩臂的运动，所以这里也建模出来了。

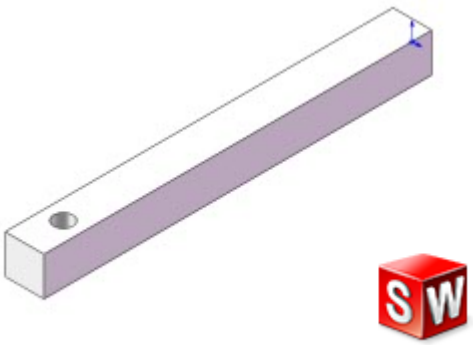
小车轮子wheel



wheel.SLDPRT

小车轮子用于体现urdf中continuous的效果，就是一个中空的圆盘，虽然我们实际用到4个轮子，这里实际建模一个就好。

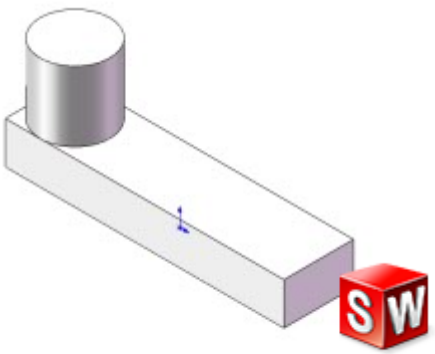
伸缩臂arm



arm.SLDPRT

伸缩臂用于体现urdf中prismatic的效果就是一个长方体，一端打了个圆孔方便夹爪的定位。

夹爪gripper

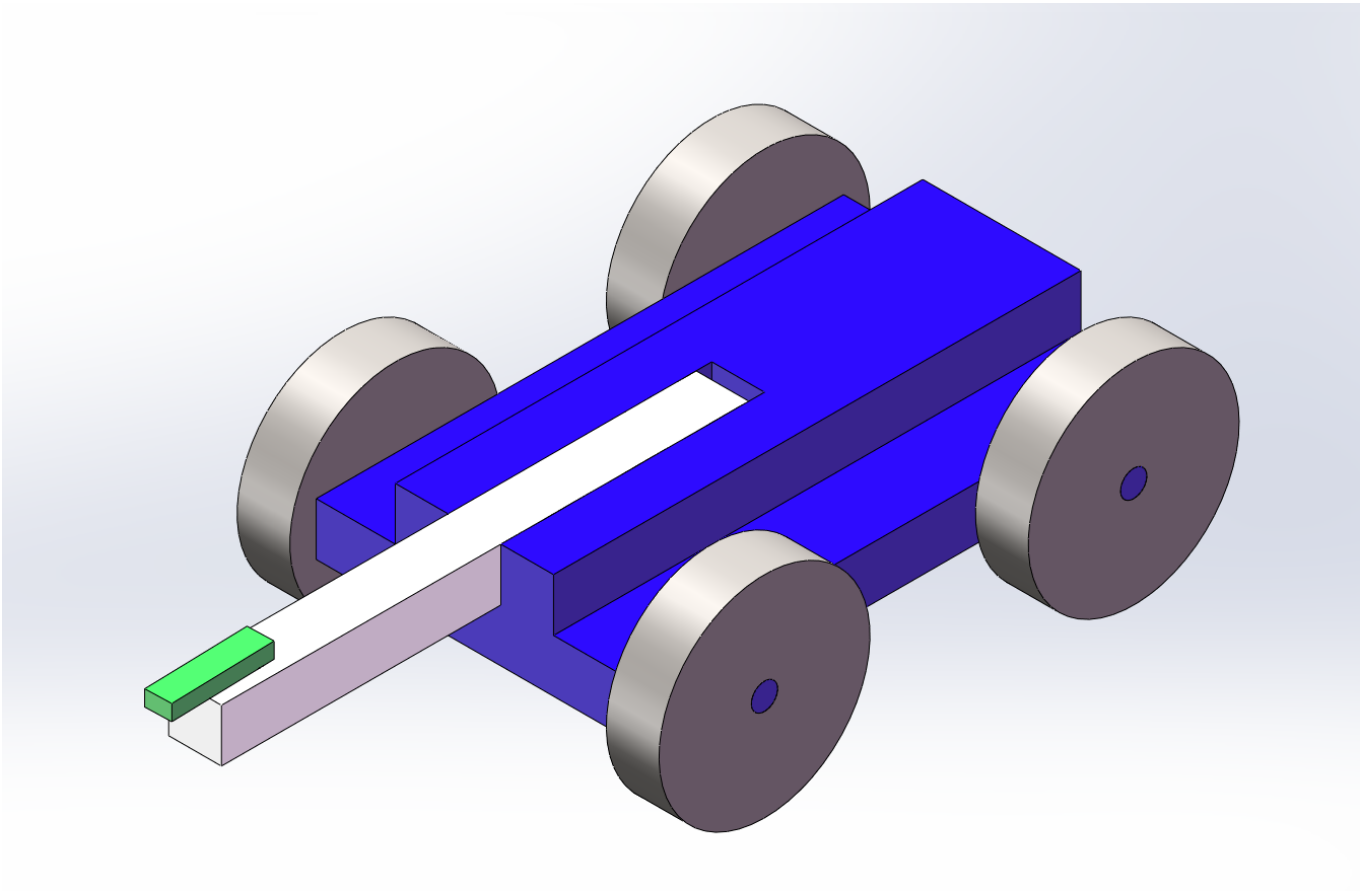


gripper.SLDPRT

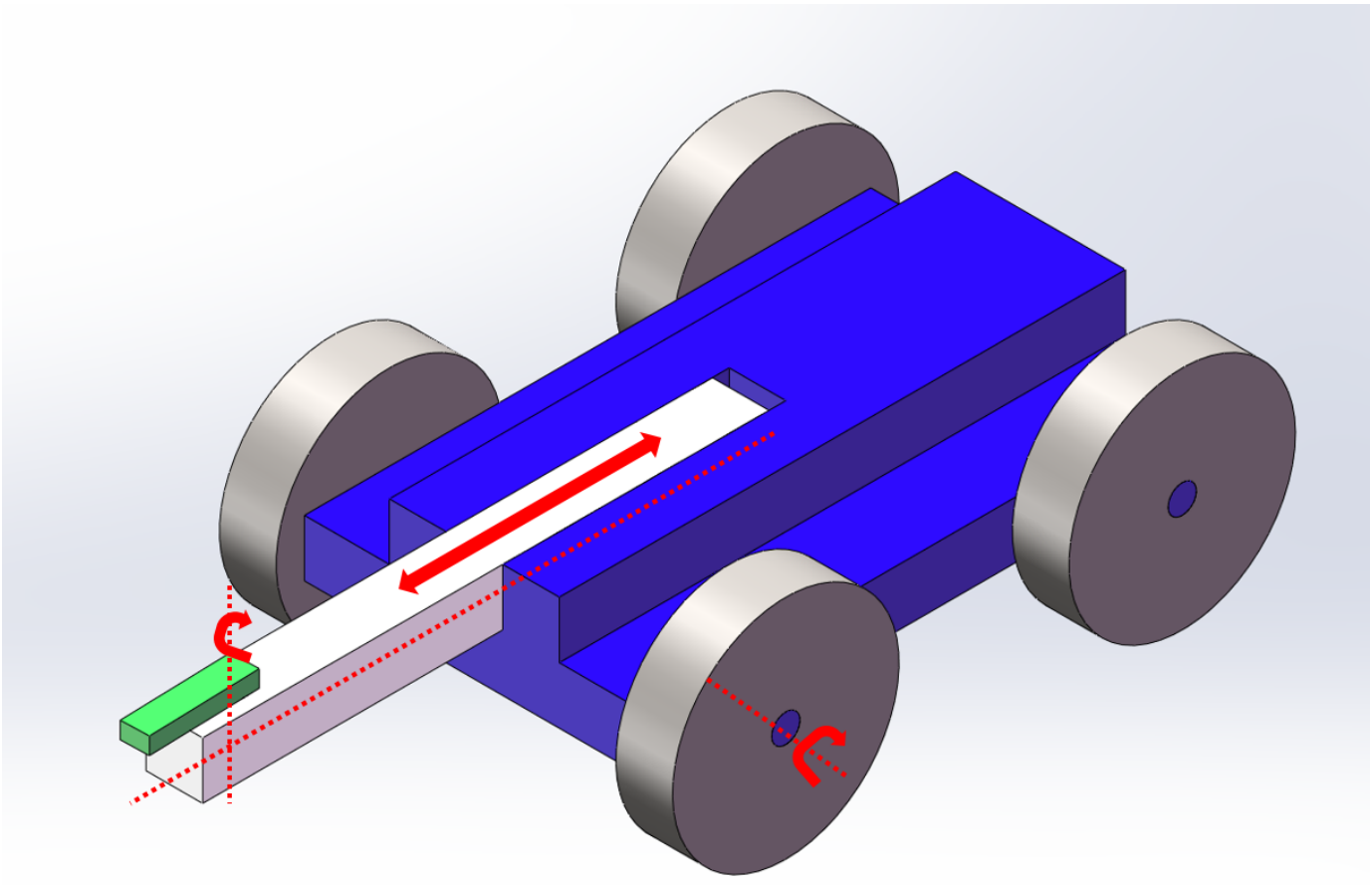
这个夹爪略显抽象，不过建模这个夹爪主要是用于体现urdf中revolute，也还算凑合。一端引出的圆柱用于与伸缩臂的圆孔配合，实现定位。

2.2小车整体装配

按照零件以及我们设想的装配，最终的装配结果如下



各构件的运动关系如下图表示



三、为装配体标注参考坐标系和参考轴

3.1.为什么要为装配体标注参考坐标系和参考轴?

观察urdf中定义关节的代码段

代码块

```
<joint name="front_left_wheel_joint" type="continuous">
  <parent link="base_link"/>
  <child link="front_left_wheel"/>
  <origin xyz="0.2 0.15 0" rpy="1.5708 0 0"/>
  <axis xyz="0 0 1"/>
</joint>
```

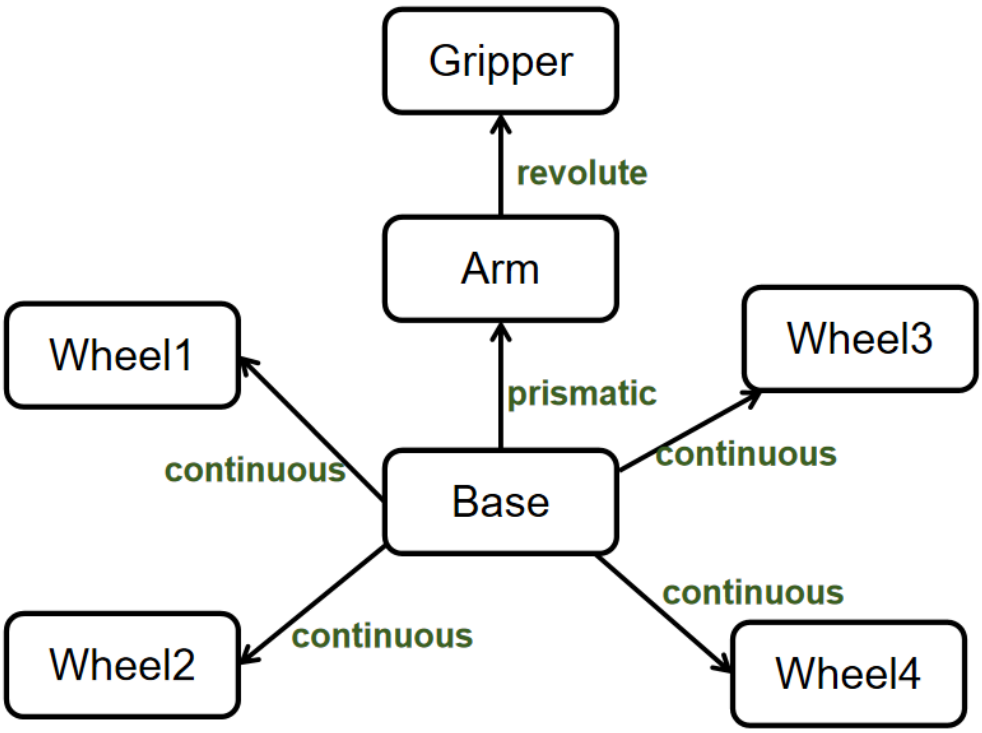
`<origin xyz="0.2 0.15 0" rpy="1.5708 0 0"/>` 定义了子连杆的坐标系原点（通常也是关节的坐标）

`<axis xyz="0 0 1"/>` 则定义该关节是绕着（沿着）哪根轴运动的。

在装配体中标注参考坐标系和参考轴实际上就是将上述urdf代码可视化手写了一遍，这是必要的。

3.2.需要标注多少个参考系和参考轴?

这个是根据机器人的关节总数决定的，有 n 个关节，就需要建立 n 个参考坐标系和 n 个坐标轴，外加一个base的参考坐标系。



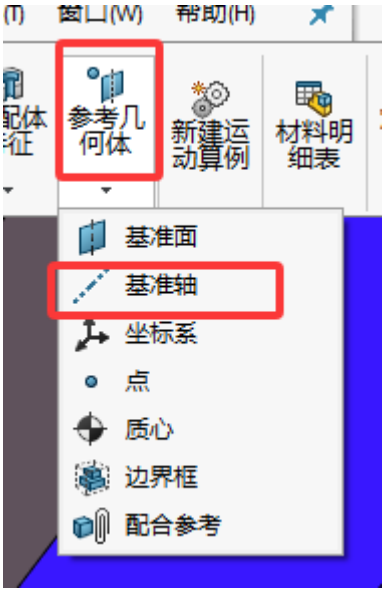
参考我们小车的机器人运动学树，其中的每一个箭头就代表一个关节，我们总共需要建立6个参考坐标和参考轴，外加一个Base的参考坐标系。

3.3.如何标注参考系和参考轴

建立参考坐标系我们可以遵循以下步骤:

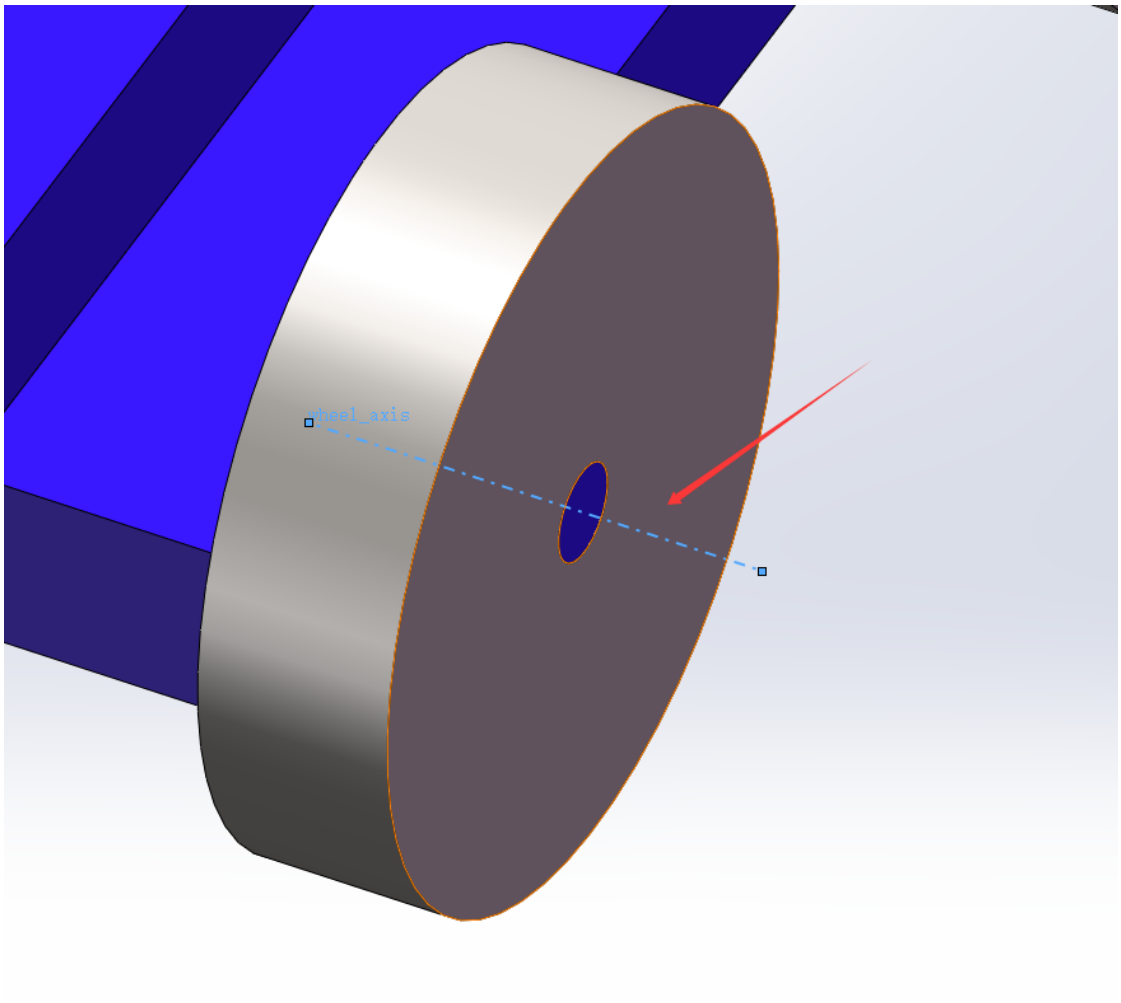
①建立参考轴

这一步比较简单，对于旋转运动（如小车轮子），绕着哪个轴旋转，这就是我们的参考轴；对于平移运动（如伸缩臂），沿着哪个轴移动，这就是我们的参考轴

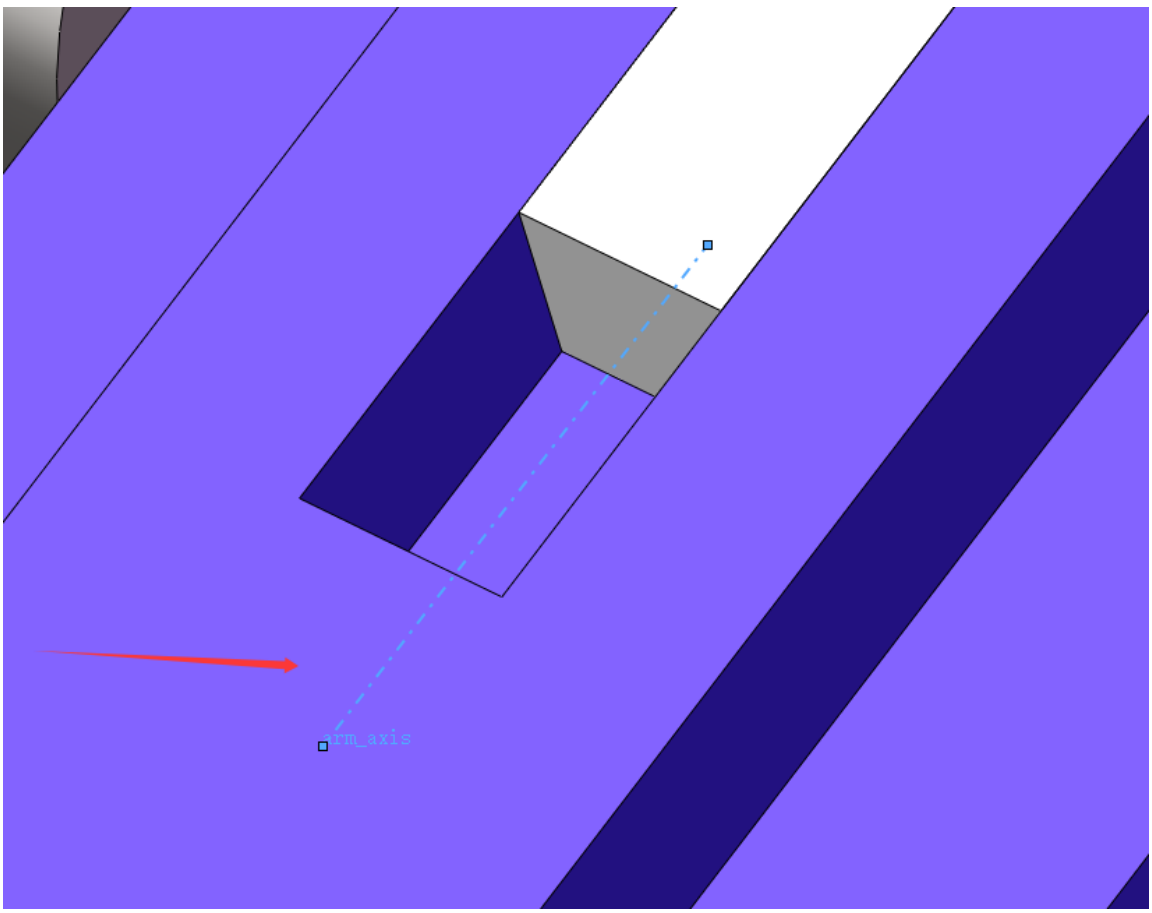


在sw“**参考几何体**”选项卡选择“**基准轴**”即可创建参考轴，按照引导即可在对应位置创建参考轴

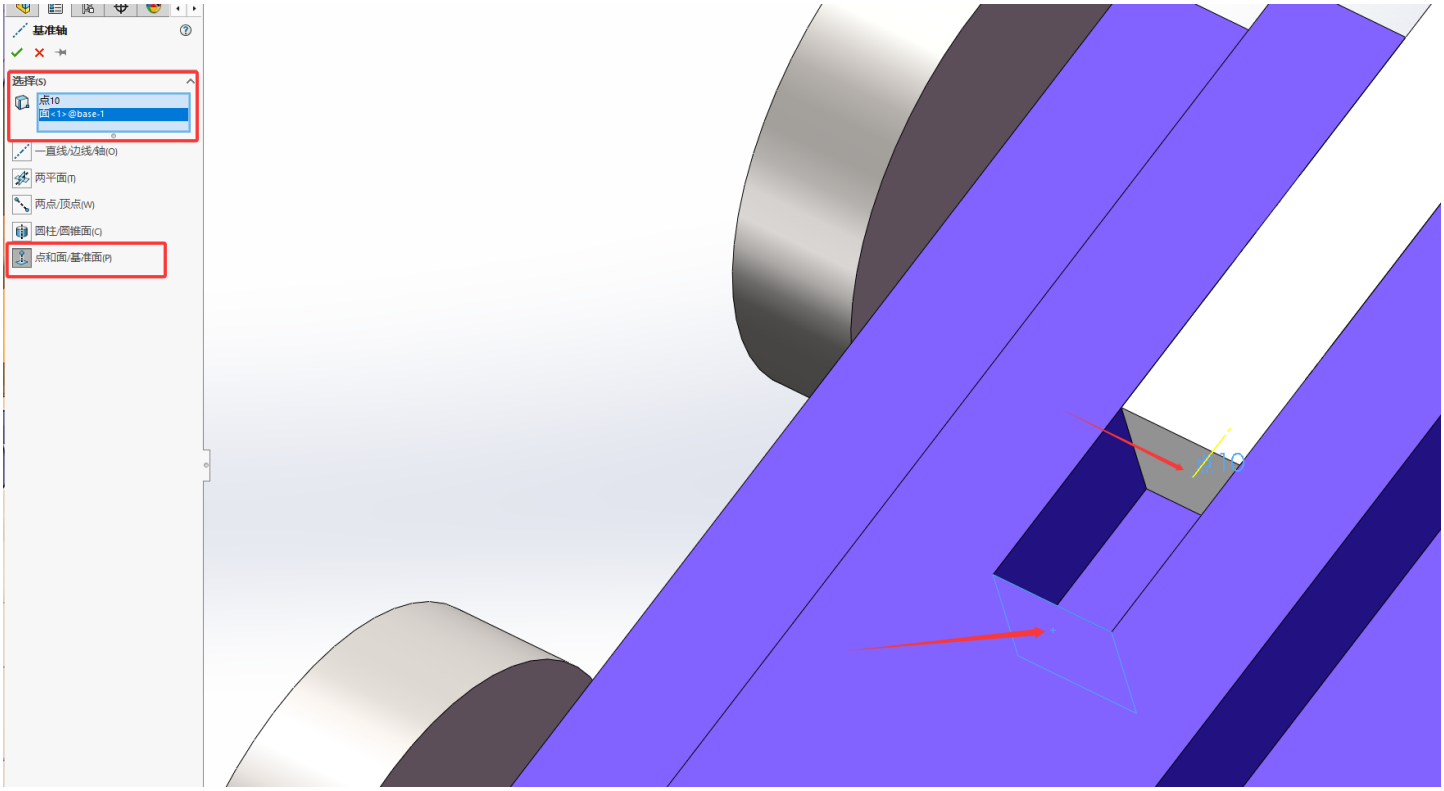
车轮的参考轴建立如下



伸缩臂建立基准轴如下



注：建立伸缩臂的参考轴稍微麻烦点，推荐使用点和基准面的建立方式，在伸缩臂中心取一个点，然后再取合适的平面，即可建立一条过伸缩臂中心的参考轴



②取点

取点方法是“参考几何体”——“点”

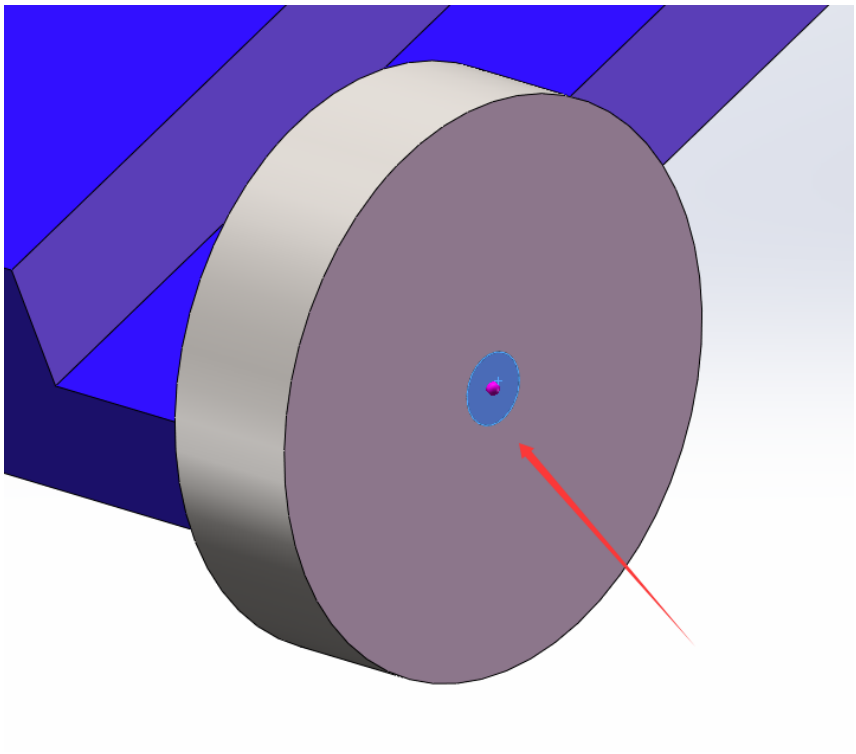
a.取点是为了确保参考坐标系处于正确的位置，通常这个点位于父连杆和子连杆相连接的关节的中心上

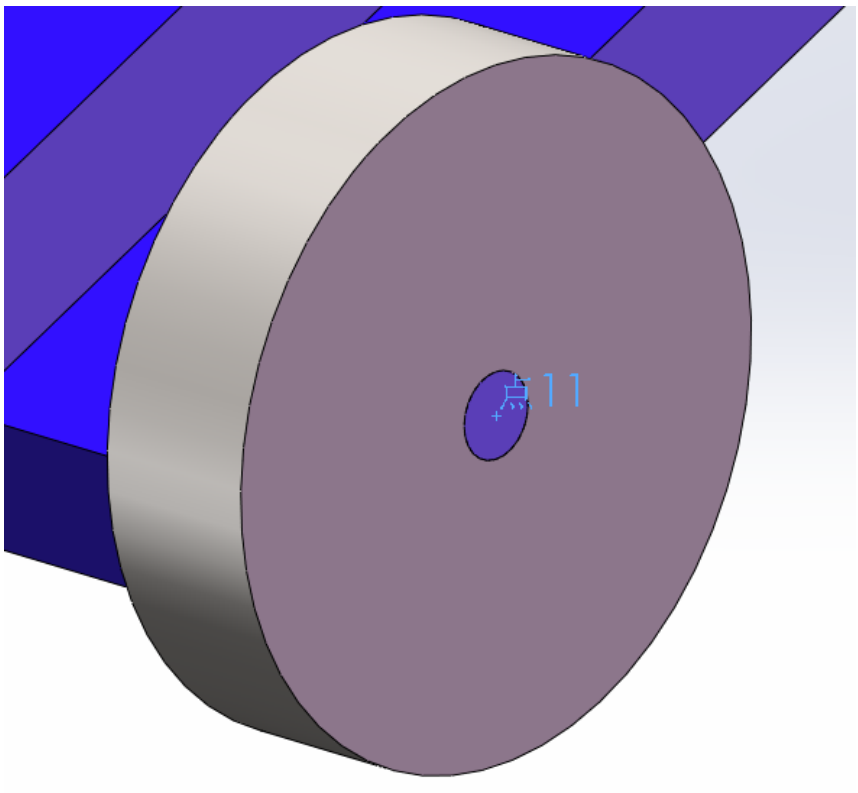
b.这个点通常点在父连杆上

c.坐标系的Z与实际旋转轴和

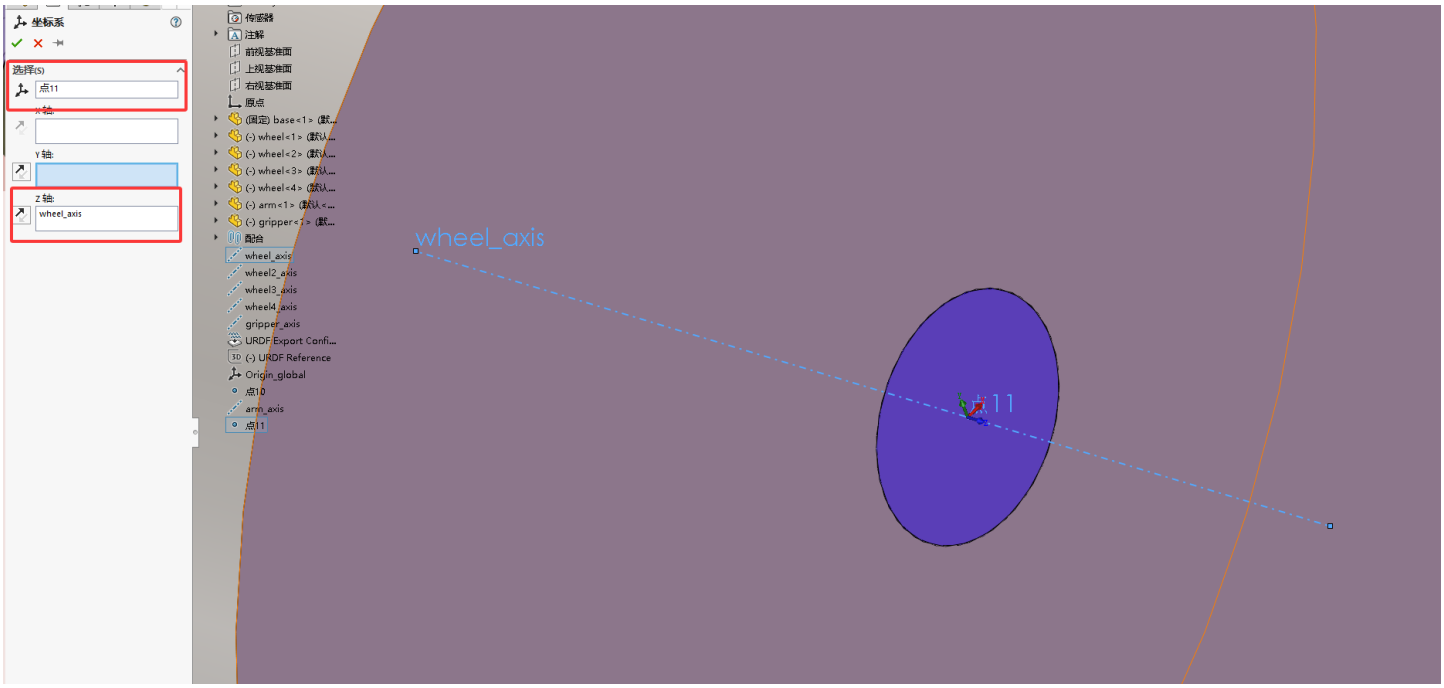
比如：

对于车轮wheel，其与底盘相连接的关节位于图中箭头的指示位置，我们可以在这个位置，在父连杆上取一个点。



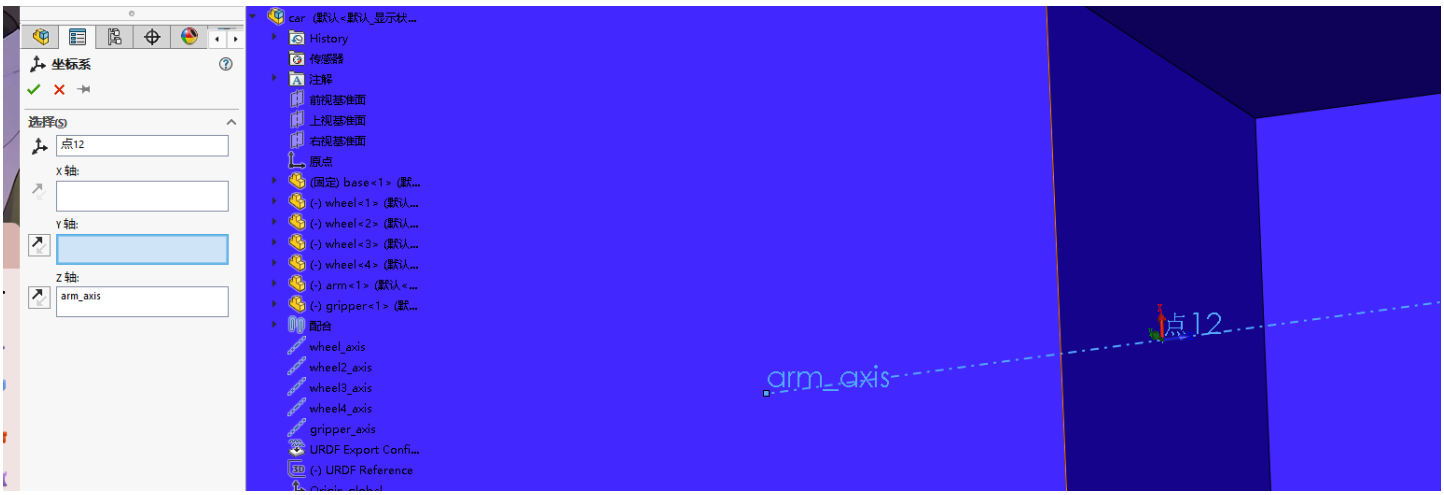


随后在“参考几何体”——“坐标系”建立参考坐标系



坐标系的取点选择我们刚取好的**点11**，Z轴选择之前建立的**参考轴wheel_axis**，x轴和y轴的方向符合右手定则即可(在SW上保持默认）。

对于伸缩臂arm

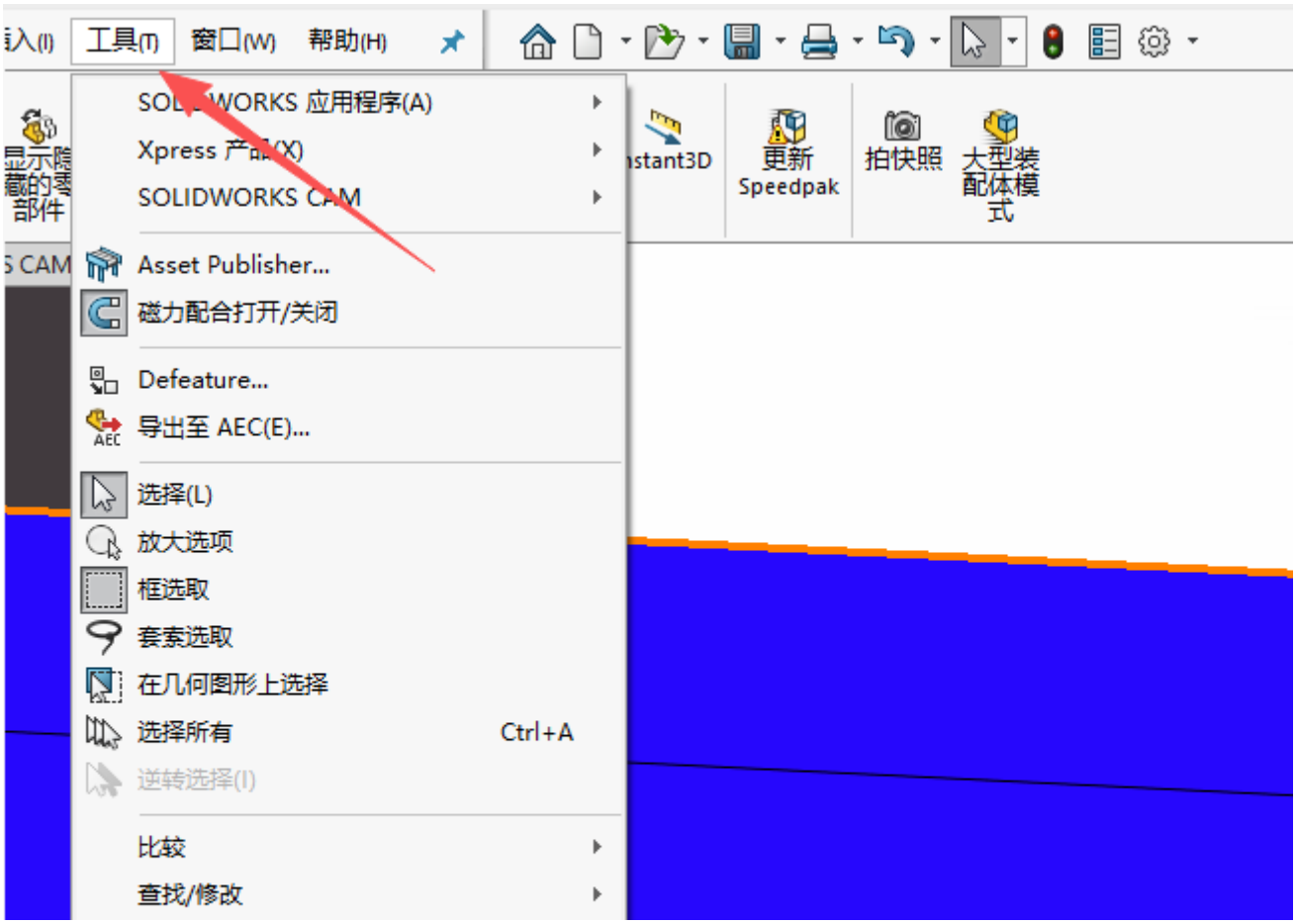


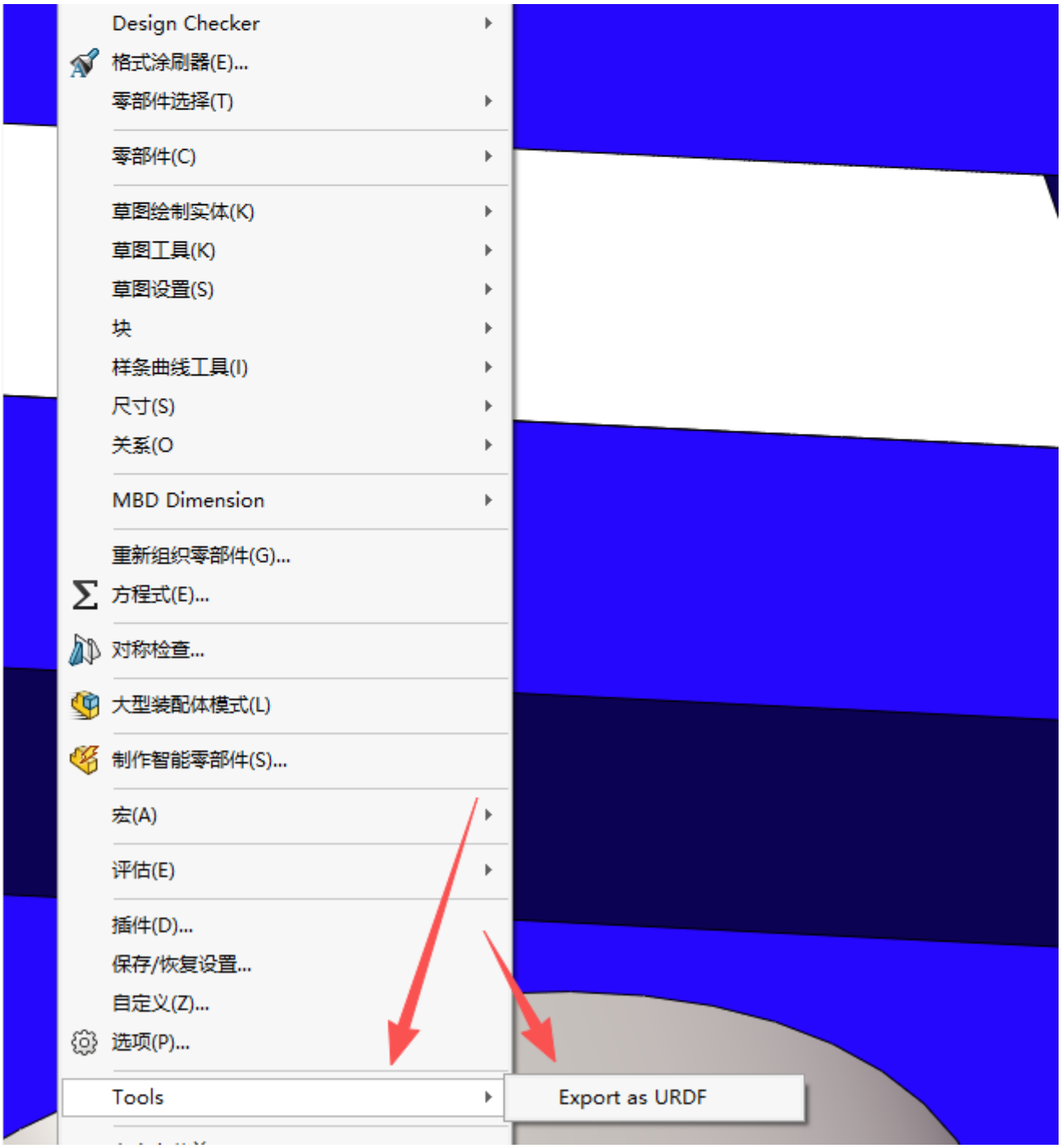
随后依次建立各个参考轴和参考坐标系如下，7个参考坐标系和6个参考轴**（请一定要用英文命名好！！！）**

四、配置导出urdf选项卡

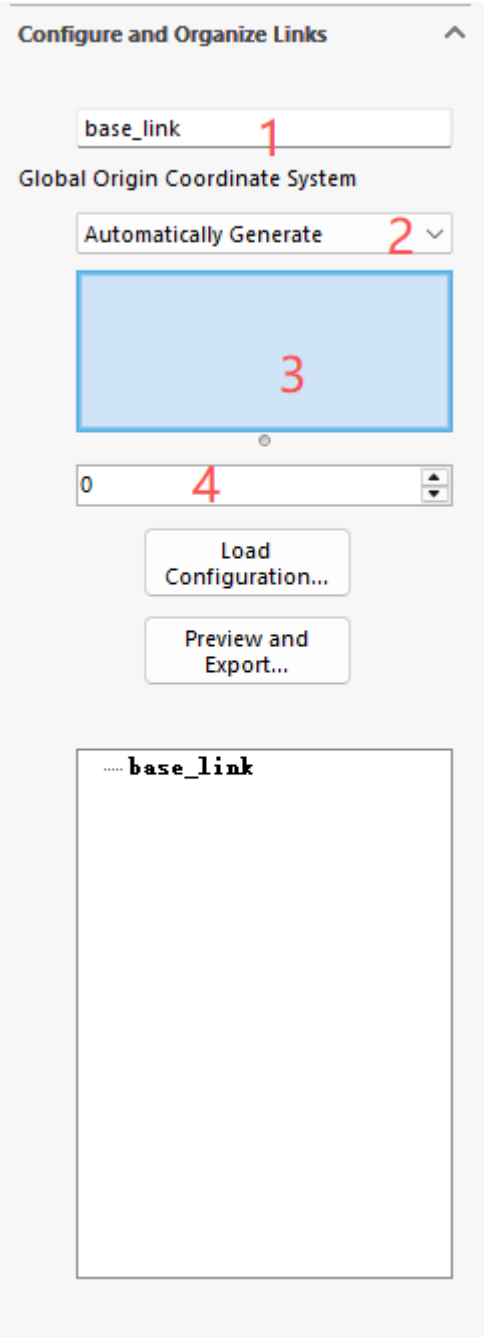
4.1打开导出urdf文件配置界面

在SW界面**工具**——**Tools**——**Export as URDF**打开URDF导出配置界面




Design Checker
格式涂刷器(E)...
零部件选择(T)
零部件(C)
草图绘制实体(K)
草图工具(K)
草图设置(S)
块
样条曲线工具(I)
尺寸(S)
关系(O
MBD Dimension
重新组织零部件(G)...
方程式(E)...
对称检查...
大型装配体模式(L)
制作智能零部件(S)...
宏(A)
评估(E)
插件(D)...
保存/恢复设置...
自定义(Z)...
选项(P)...
Tools
Export as URDF

打开的界面如下



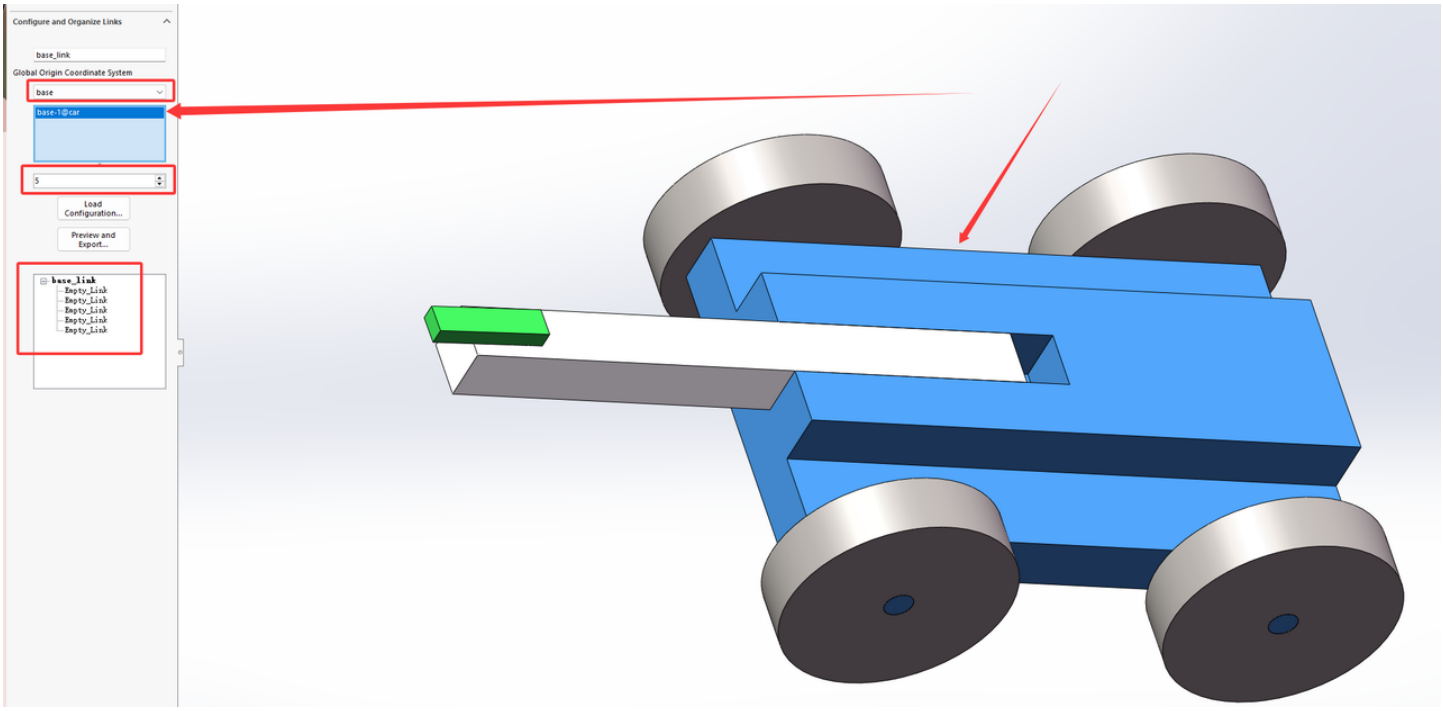
第1个选项框表示配置当前连杆的名字

第2个选项框表示配置当前连杆的参考坐标系

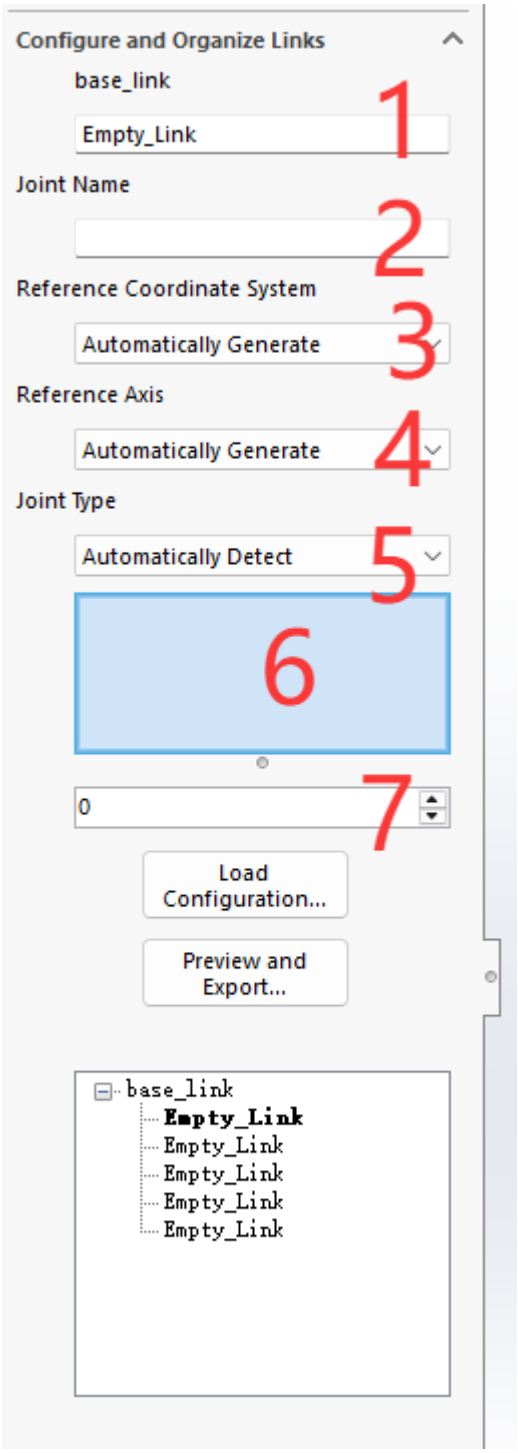
第3个选项框表示配置属于当前连杆的实际建模

第4个选项框表示配置该连杆下有多少个子连杆

对于我们的小车底盘base，其下有5个子连杆，我们可以这样配置。



可以发现，左边的分支树多了5个Empty_Link，我们点击任意一个Empty_Link，得到界面如下：



第1个选项框表示配置当前连杆的名字

第2个选项框表示配置当前连杆和父连杆之间关节的名字

第3个选项框表示配置当前连杆的参考坐标系

第4个选项框表示配置当前连杆运动的参考轴

第5个选项框表示配置当前连杆的关节类型

第6个选项框表示配置当前连杆的实际建模

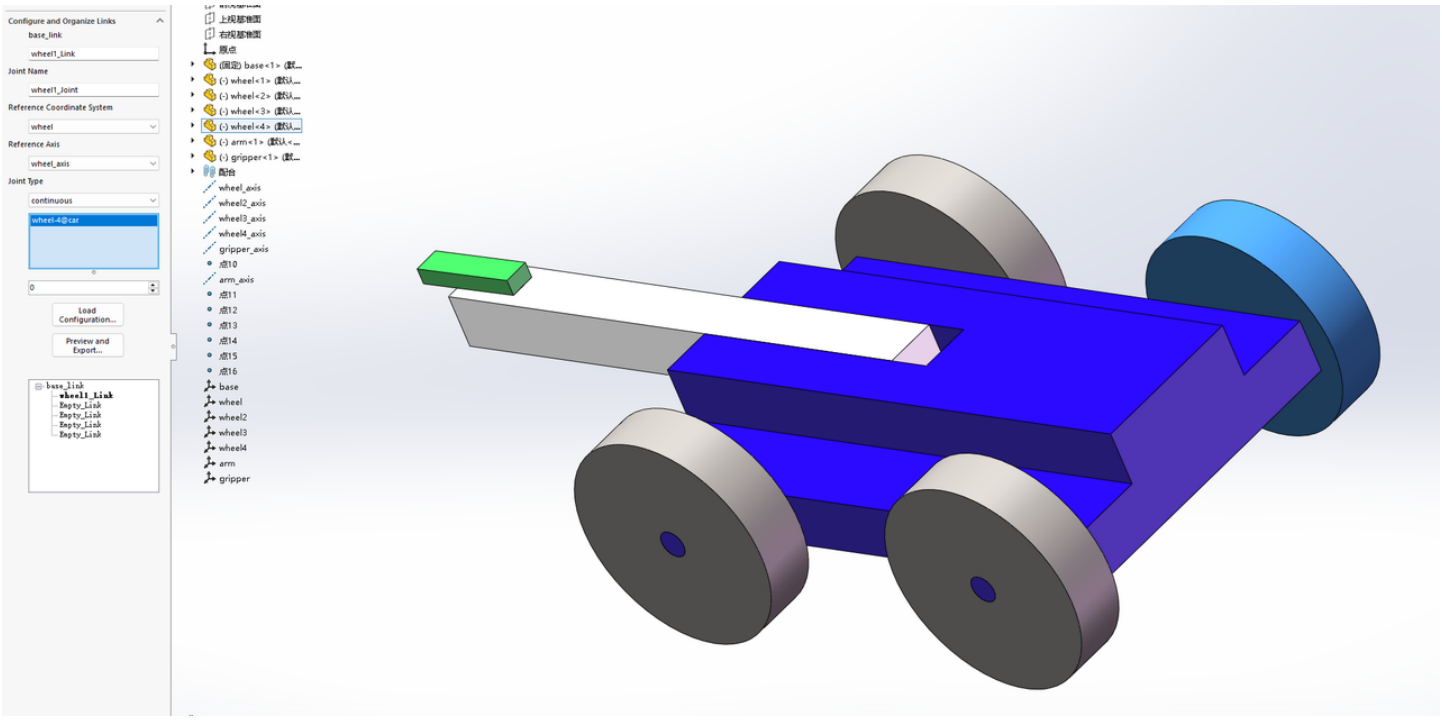
第7个选项框表示配置当前连杆下有多少个子连杆。

需要特别注意的是**第5个选项框表示配置当前连杆的关节类型**

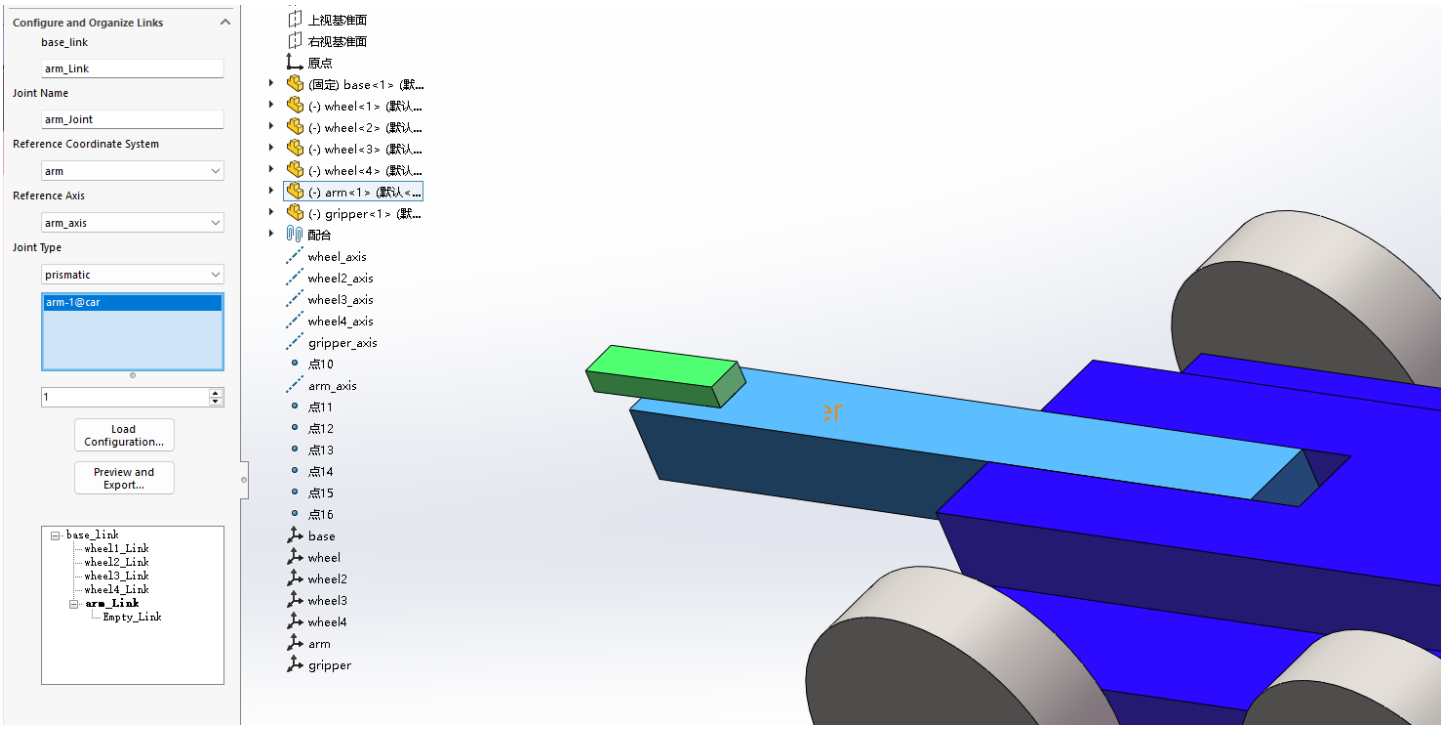
选择什么样的关节类型可以根据以下表格确定：

关节类型	运动性质	运动限制	关键参数	典型应用场景
revolute	旋转	有（角度范围）	必须定义 <limit> (upper/lower)	机械臂的肘部、膝盖、手指关节
continuous	旋转	无（无限循环）	不需要 <limit>	机器人轮子、螺旋桨、传送带
prismatic	平移	有（线性距离）	必须定义 <limit> (upper/lower)	电动推杆、伸缩腿、滑轨、电梯

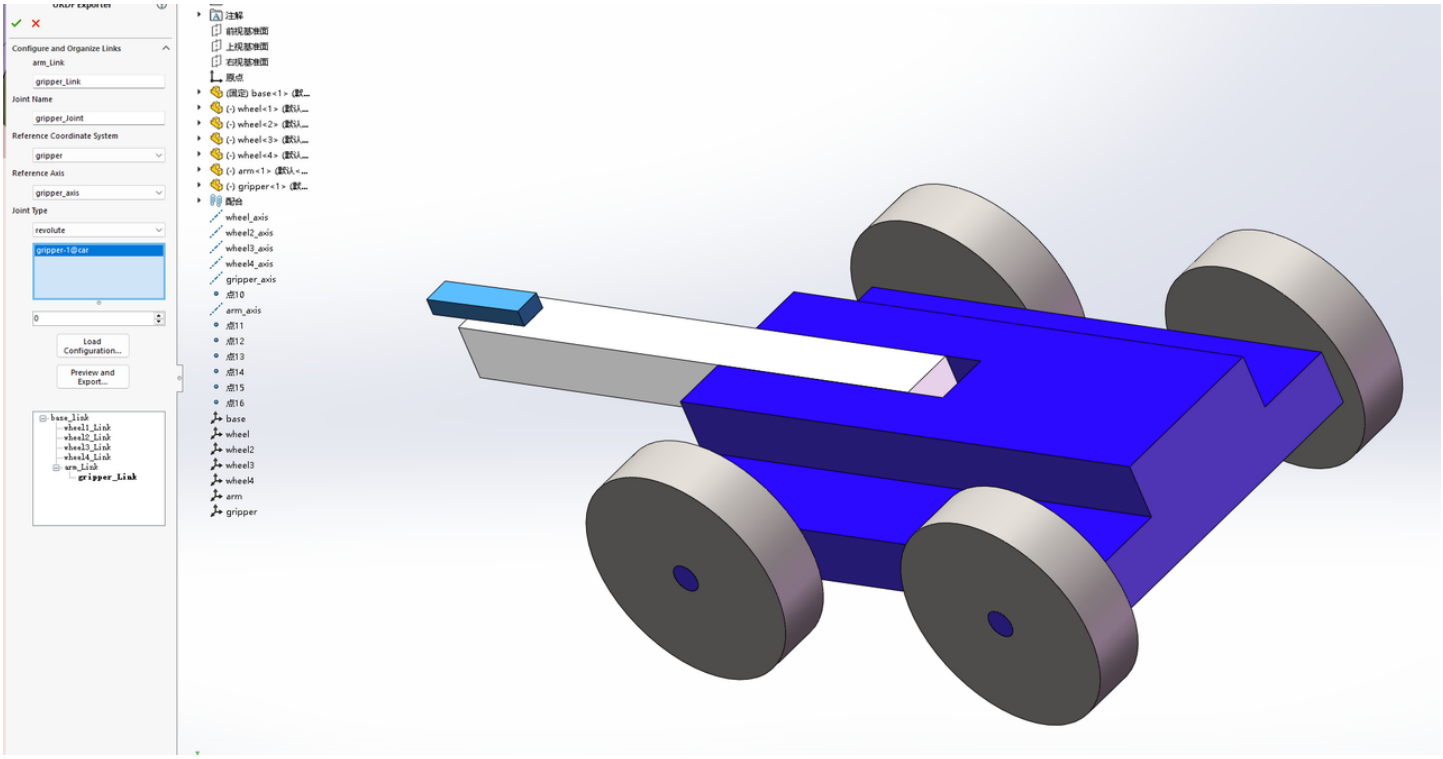
比如对于wheel我们这样配置，由于我们已经提前配置好了参考坐标系wheel和参考坐标轴wheel_axis并命名好，这一步比较轻松，注意选择wheel对应的关节类型是continuous就好



arm的配置如下

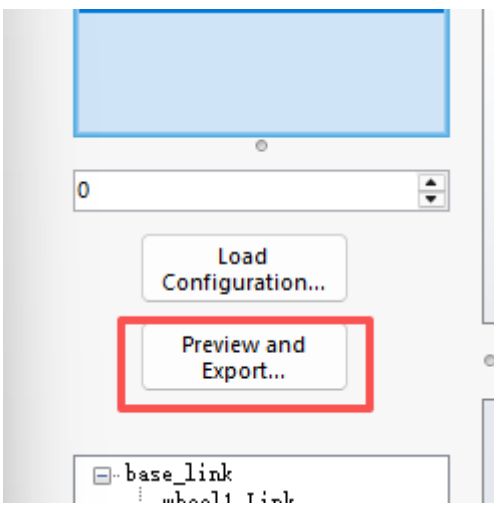


gripper的配置如下

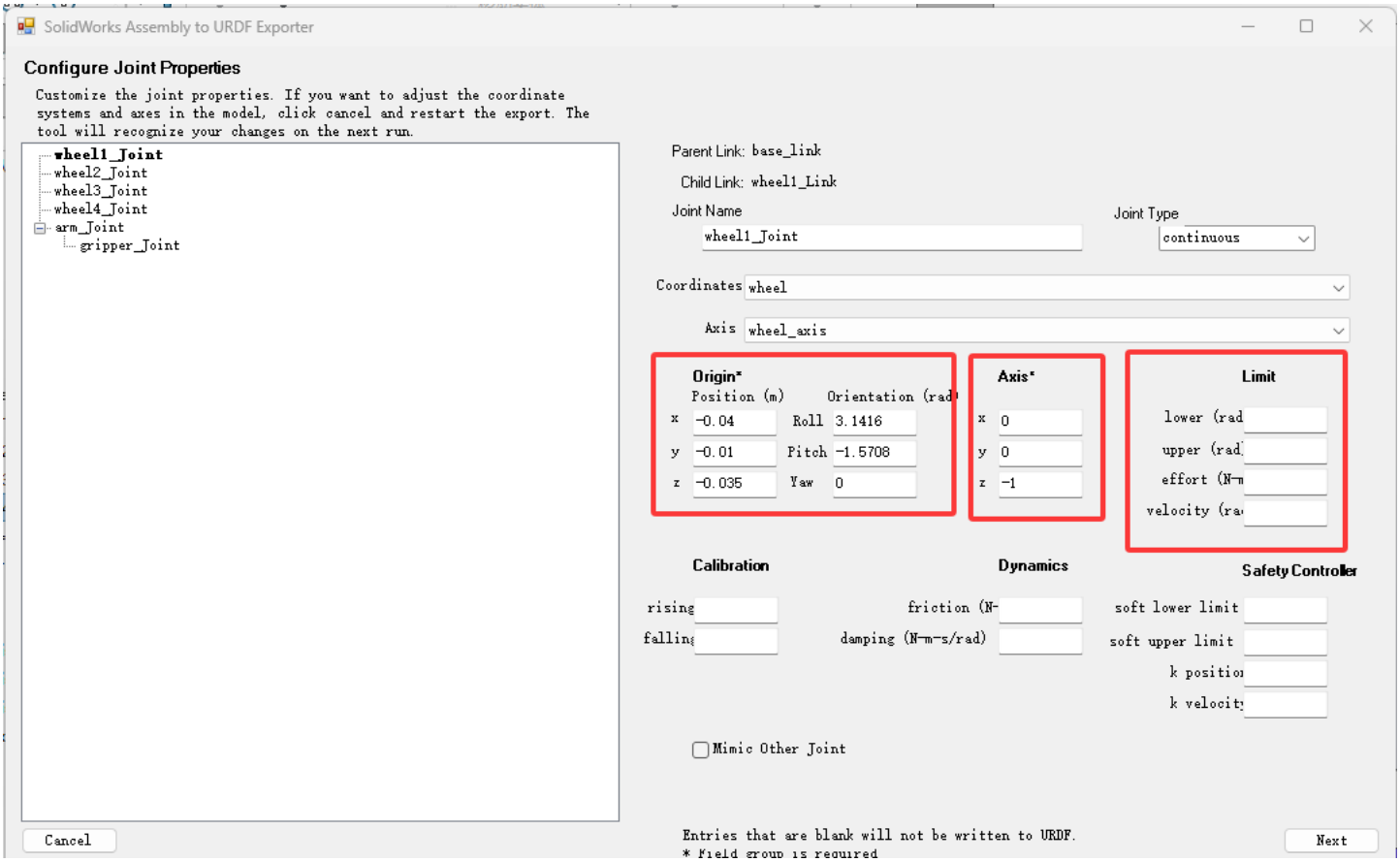


最后的urdf树如下

这个时候就可以点击“Preview and Export”进行导出



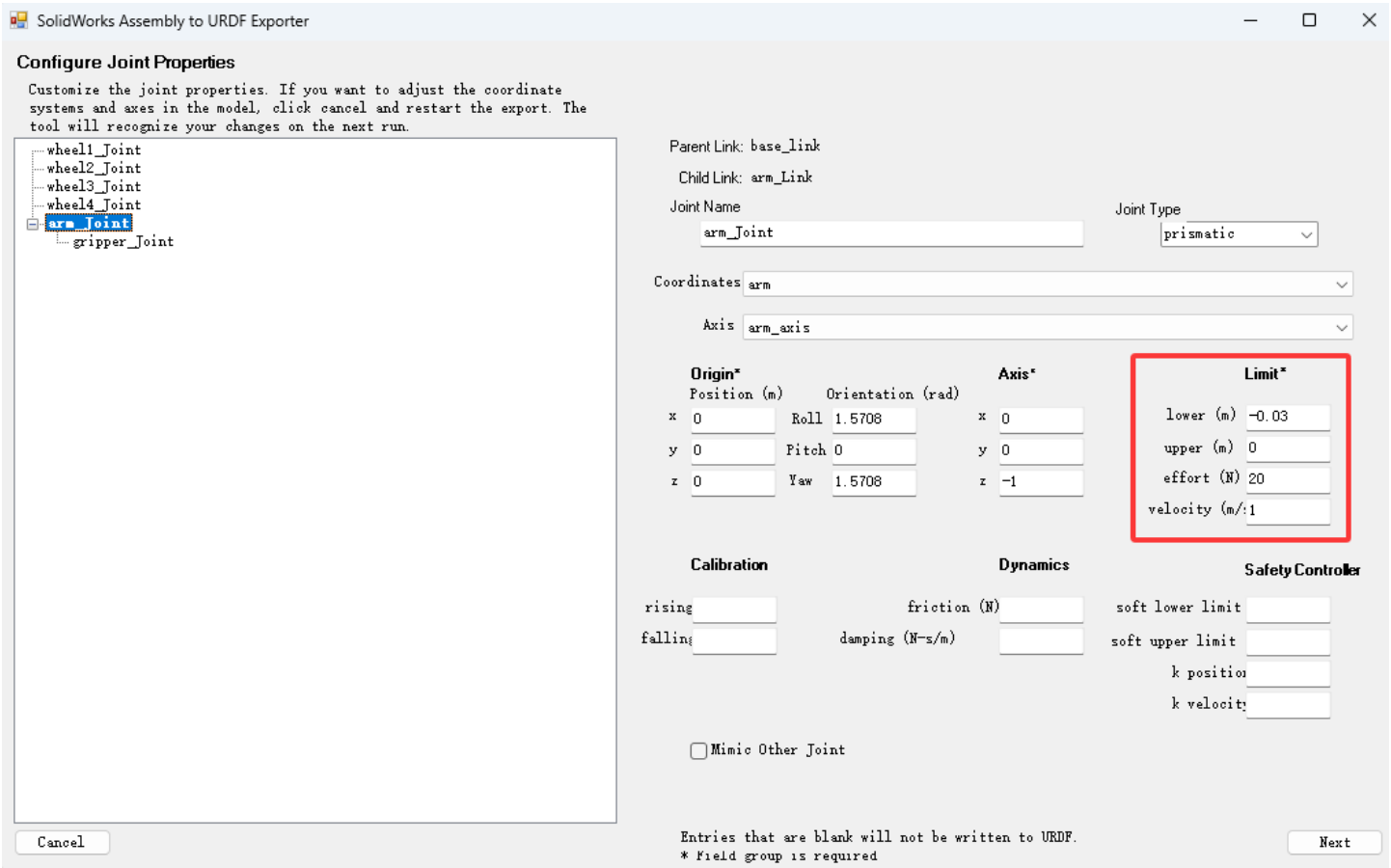
打开的界面如下：



首先进入的是关节配置界面，点开左边任意joint查看，发现sw2urdf已经自动帮我们配好了Origin和Axis，这些数据都是基于我之前配置好的参考坐标和参考轴生成的。

值得注意的是，arm的关节类型prismatic是和gripper的关节类型是revolute，这两个类型的Limit需要我们自己配置，点开arm_Joint和gripper_Joint进行配置

arm_Joint配置如下



lower（位置最小值），这里我配置-0.03m

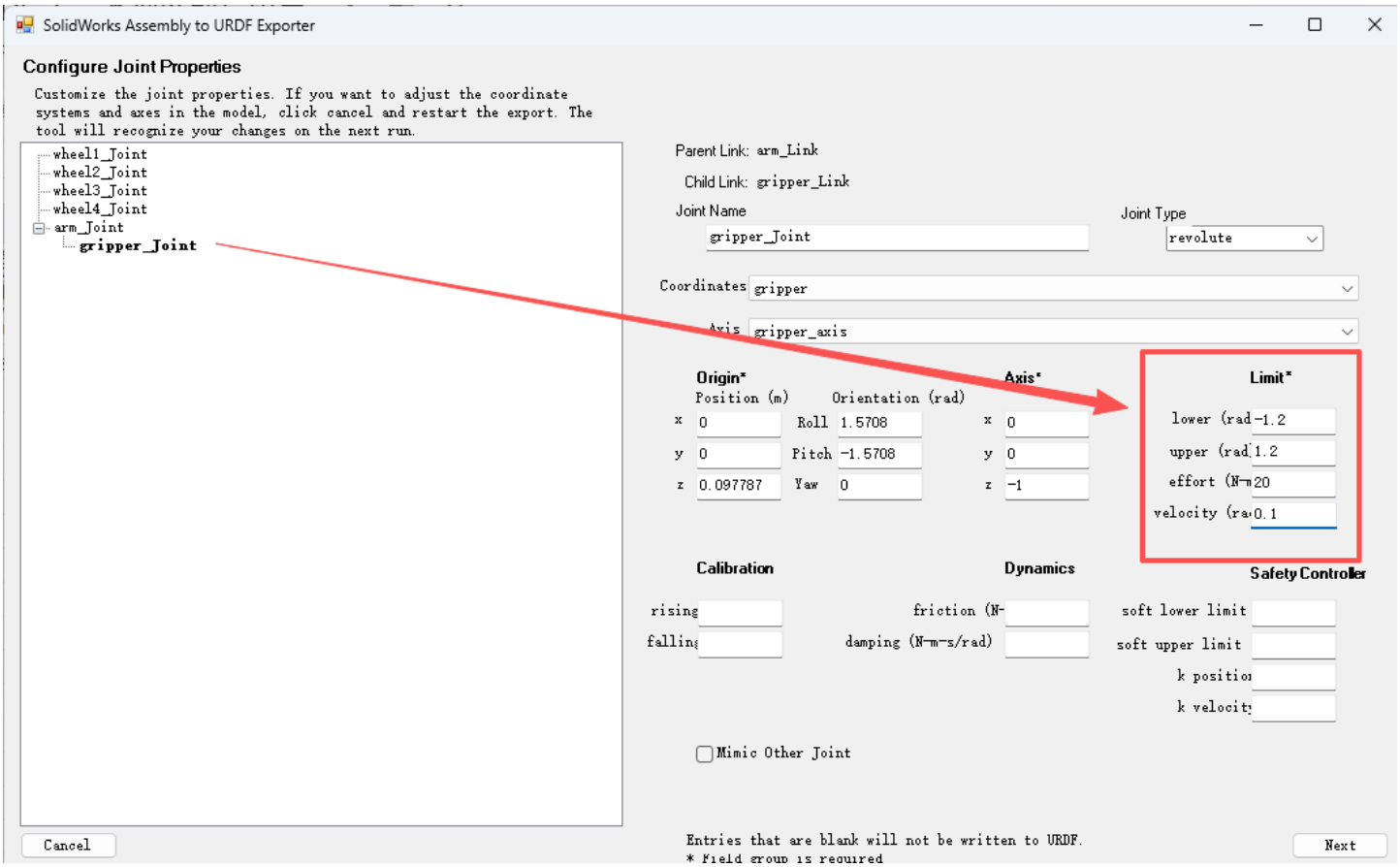
upper（位置最大值）,这里我配置0.00m

effort（最大推力），这里我配置20N

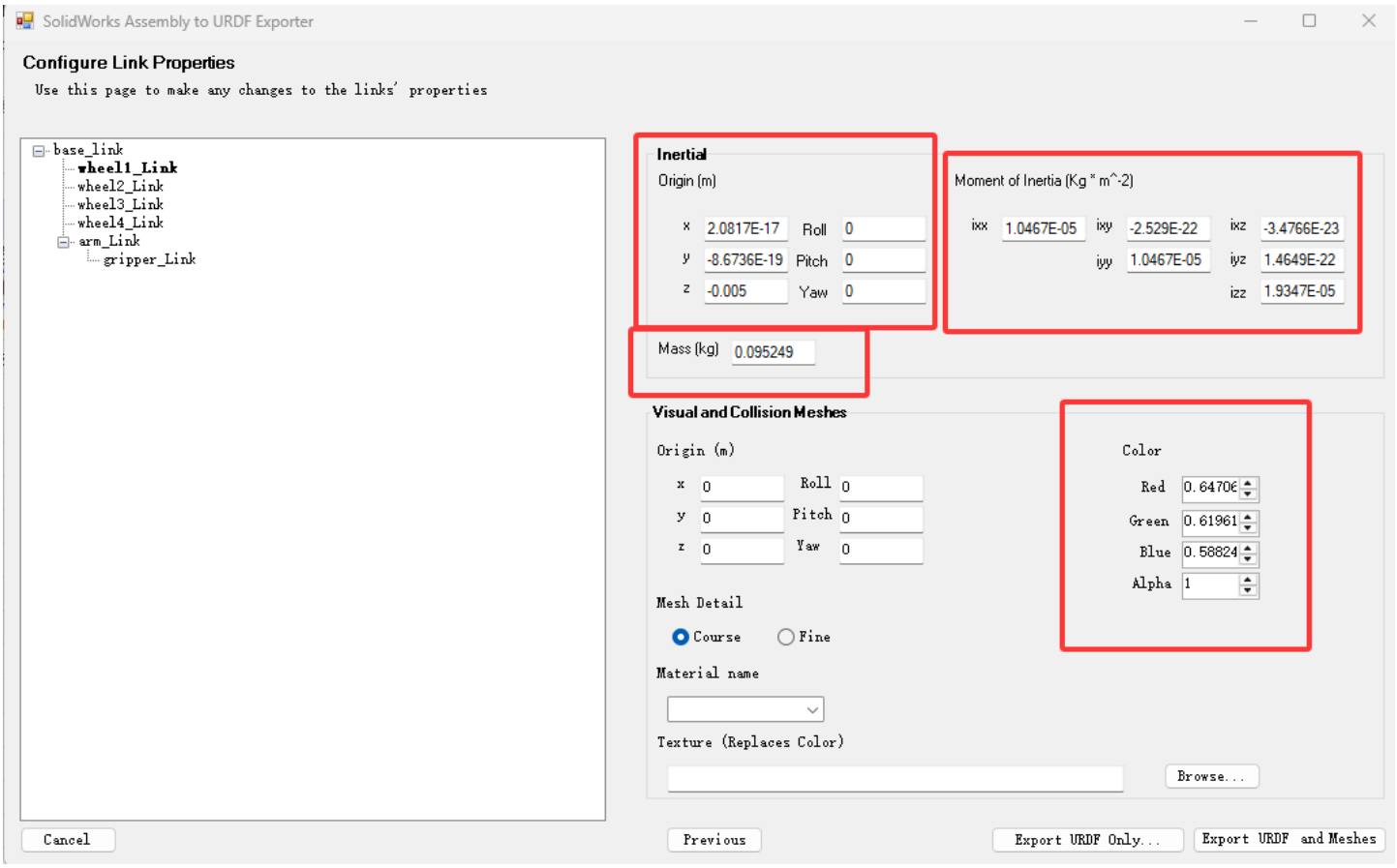
velocity(最大速度），这里我配置1m/s

大家根据自己的实际情况配置即可

gripper_Joint的配置如下

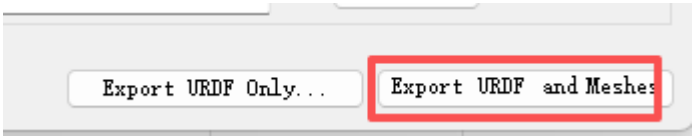


随后点击右下角的**Next**，来到连杆配置界面

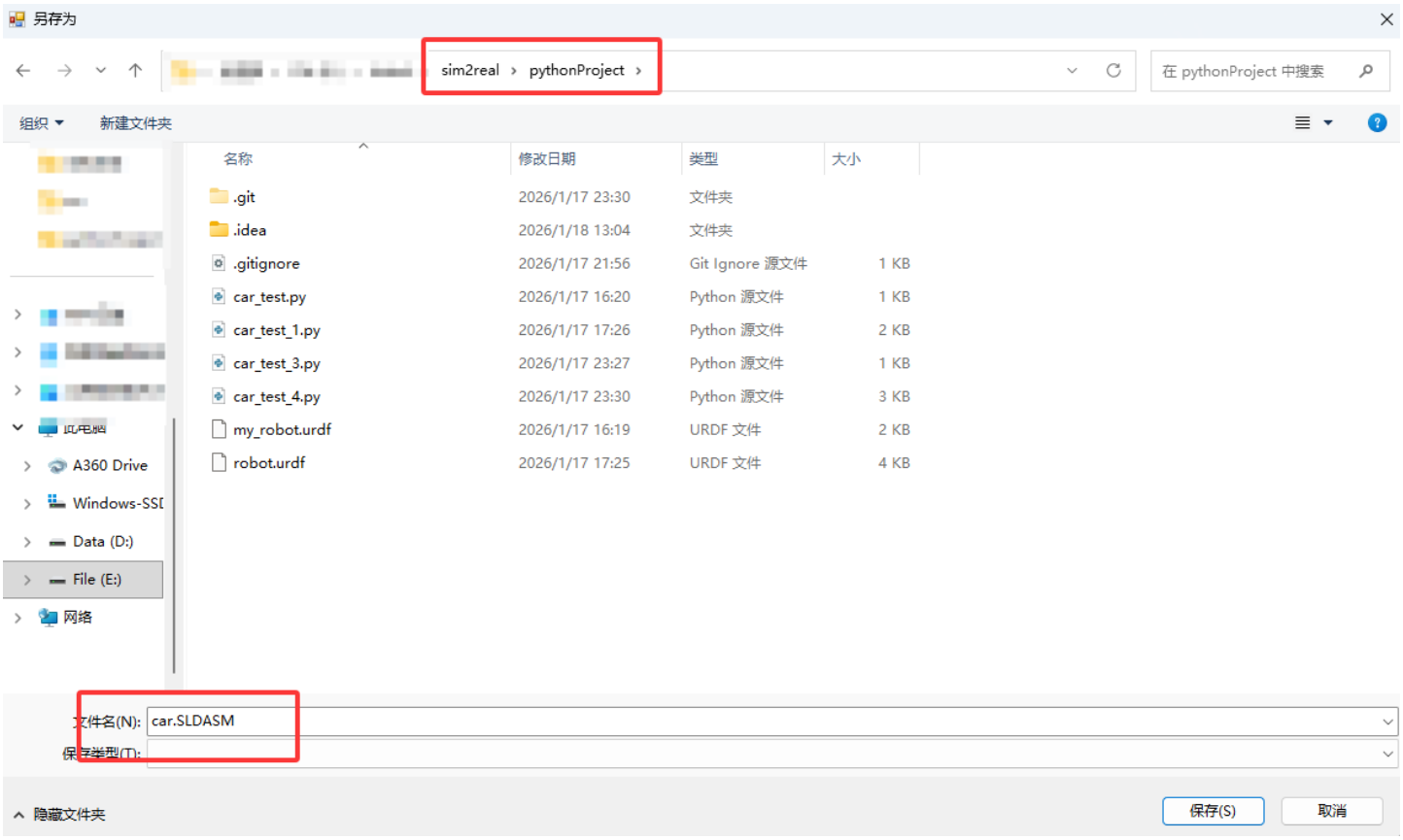


sw2urdf已经自动根据我们连杆的实际建模和实际使用材料（在SW中进行材料配置）帮我们计算好了质量，转动惯量等动力学参数，我们保持默认即可，读者也可以根据自己的需要进行修正。

我们选择右下角**Expoer URDF and Meshes**保存文件

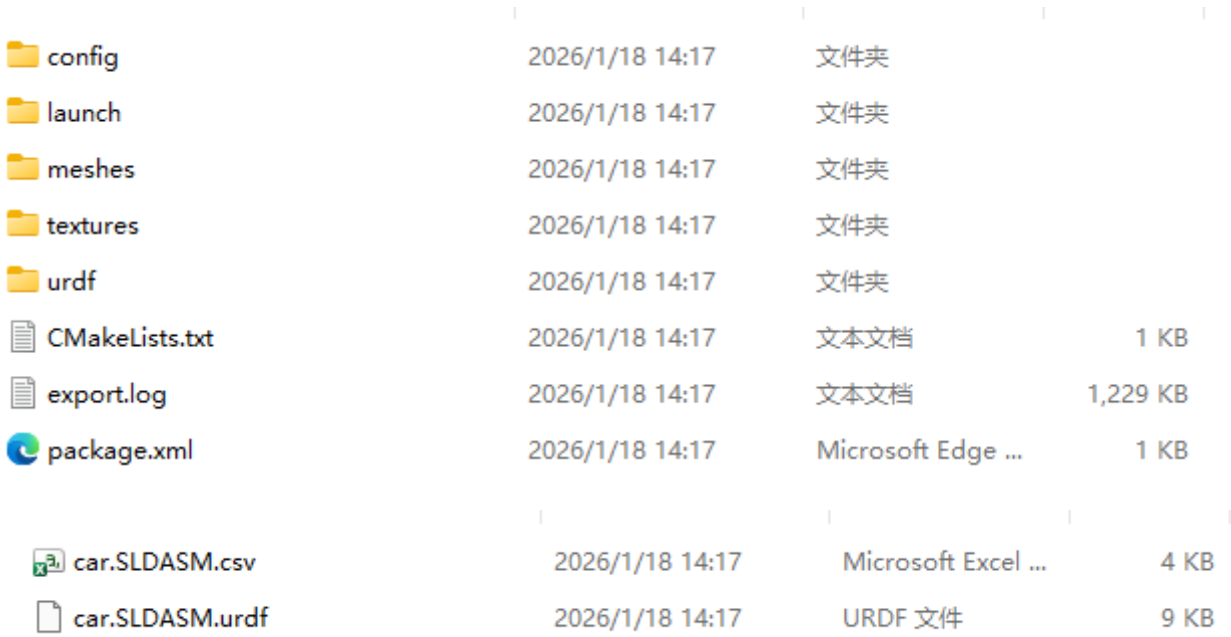


笔者将文件命名为car.SLDASM保存在了调试pybullet的工程目录下



五、在pybullet打开导出好的小车urdf文件

导出的car.SLDASM文件内容如下，urdf文件夹就保存着我们需要的.urdf文件，meshes文件夹下保存着实际建模的.stl文件，也很重要。



arm_Link.STL	2026/1/18 14:17	BambuStudio	61 KB
base_link.STL	2026/1/18 14:17	BambuStudio	61 KB
gripper_Link.STL	2026/1/18 14:17	BambuStudio	61 KB
wheel1_Link.STL	2026/1/18 14:17	BambuStudio	61 KB
wheel2_Link.STL	2026/1/18 14:17	BambuStudio	61 KB
wheel3_Link.STL	2026/1/18 14:17	BambuStudio	61 KB
wheel4_Link.STL	2026/1/18 14:17	BambuStudio	61 KB

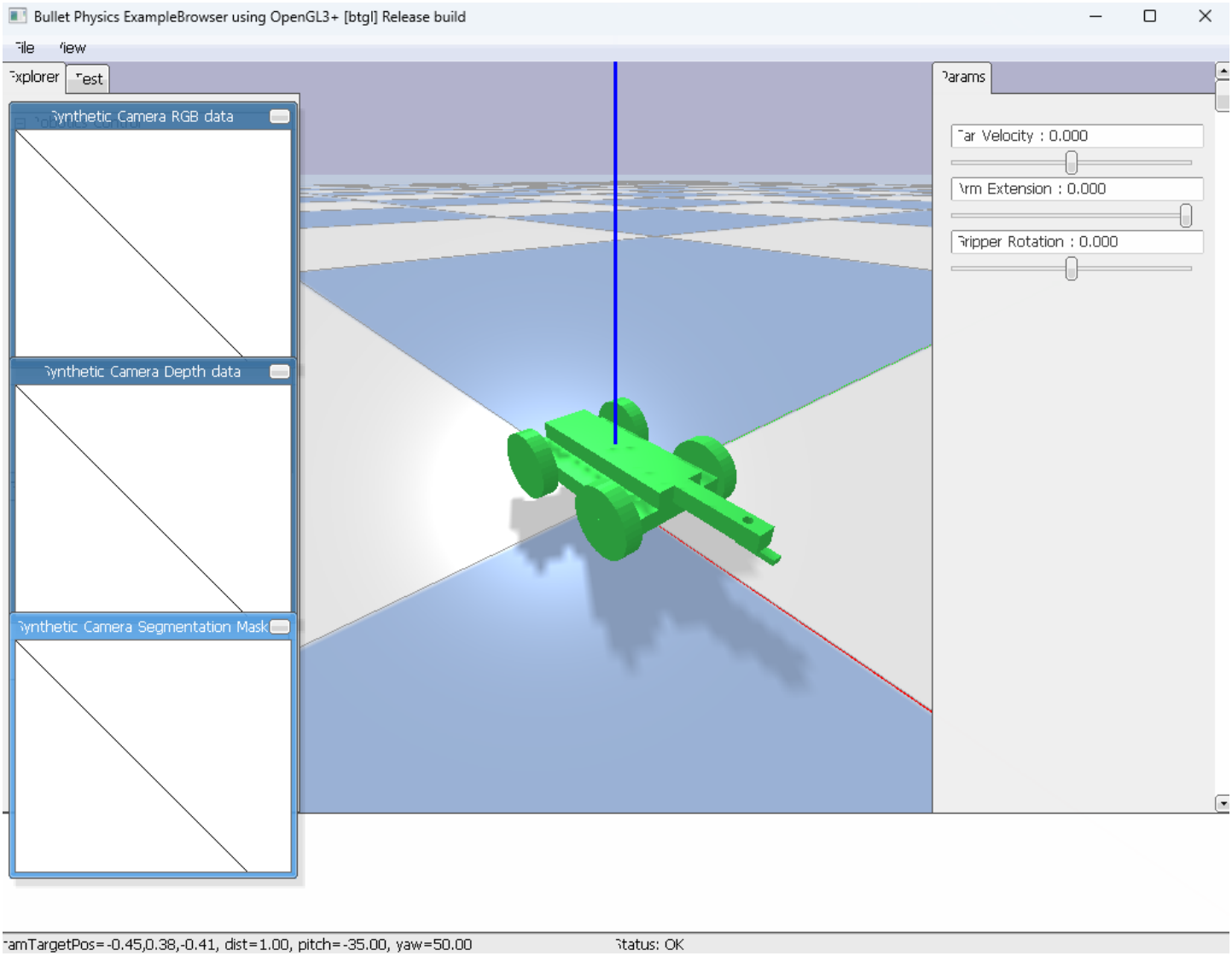
在工程文件下编写测试代码**cat_test.py**，内容如下：
请保证 `cat_test.py` 和 `car.SLDASM` 在同一目录下

代码块

```python
import pybullet as p
import os
import time
import pybullet_data

# 1. 初始化仿真环境
p.connect(p.GUI)
p.setAdditionalSearchPath(pybullet_data.getDataPath())
p.setGravity(0, 0, -9.8)

# 加载地面
p.loadURDF("plane.urdf")

# 2. 定位并加载你的 URDF 模型
# 请确保此脚本与 model 文件夹在同一目录下
urdf_path = os.path.join(os.getcwd(), "car.SLDASM/urdf/car.SLDASM.urdf")

# 加载机器人，并稍微抬高初始位置防止掉入地面
robot_id = p.loadURDF(urdf_path, [0, 0, 0.1], useFixedBase=False)

# 3. 创建控制滑块 (Debug Parameters)
# 参数名称，最小值，最大值，初始值
# 控制前进/后退的速度 (-15 到 15)
vel_slider = p.addUserDebugParameter("Car Velocity", -15, 15, 0)

# 控制伸缩杆位置 (参考 URDF limit: -0.03 到 0.00)
arm_slider = p.addUserDebugParameter("Arm Extension", -0.03, 0.00, 0)

# 控制爪子开合 (参考 URDF limit: -1.2 到 1.2)
gripper_slider = p.addUserDebugParameter("Gripper Rotation", -1.2, 1.2, 0)

```

```python
# 关节索引映射
wheel_indices = [0, 1, 2, 3] # 四个轮子
arm_index = 4                # 伸缩臂
gripper_index = 5            # 夹爪

# 4. 实时仿真循环
while True:
    # A. 读取滑块当前的数值
    target_velocity = p.readUserDebugParameter(vel_slider)
    target_arm_pos = p.readUserDebugParameter(arm_slider)
    target_gripper_pos = p.readUserDebugParameter(gripper_slider)

    for i in wheel_indices:
        p.setJointMotorControl2(bodyUniqueId=robot_id,
                                jointIndex=i,
                                controlMode=p.VELOCITY_CONTROL,
                                targetVelocity=target_velocity,
                                force=10) # 适当给一点力矩

    # C. 控制伸缩杆 (使用位置控制 POSITION_CONTROL)
    p.setJointMotorControl2(bodyUniqueId=robot_id,
                            jointIndex=arm_index,
                            controlMode=p.POSITION_CONTROL,
                            targetPosition=target_arm_pos,
                            force=30) # 伸缩需要较大推力

    # D. 控制爪子 (使用位置控制 POSITION_CONTROL)
    p.setJointMotorControl2(bodyUniqueId=robot_id,
                            jointIndex=gripper_index,
                            controlMode=p.POSITION_CONTROL,
                            targetPosition=target_gripper_pos,
                            force=20) #

    p.stepSimulation()
    time.sleep(1./240.) # 维持仿真步长
```

运行程序效果如下：



不知道为什么这个gripper位置反了（= =，摆烂了不管了）

右边有三个滑块分别是速度控制滑块，arm伸缩滑块和gripper转动滑块，读者可以自由拖动试试。

至此，我们顺利地将小车的SW建模导出成urdf，并在pybullet里导入并实现简单的控制。