

《振动计算器》软件使用说明书

作者：卢敬远

2023 年 4 月

一、软件开发目的

基于《飞行器结构动力学》课程内容，计算典型的单自由度、多自由度、无限自由度振动，为教学提供辅助工具。

二、软件主要功能

单自由度模块可输入系统参数与初始条件，并可输入指定幅值与频率的简谐激励，基于此计算振动固有频率与共振频率，并绘制位移、速度、加速度曲线。求解时间与步长可根据需求调节。

多自由度模块可输入最多各质量块的质量、刚度系数与初始条件，计算各阶固有频率并绘制固有振型曲线，同时绘制给定初始条件下的位移、速度、加速度曲线。

连续体模块可计算杆、轴、梁在典型边界条件下的各阶固有频率，并绘制对应的振型曲线。

三、软件技术特点

功能齐全：覆盖《结构动力学》课程知识重点，可计算从单自由度、多自由度到连续体的振动，帮助学生更好理解所学知识；

界面简洁友好：配有详细的软件使用说明书；

运行便捷：可直接使用 Matlab 运行脚本，并可根据需求自行改写计算函数。

四、软件使用说明

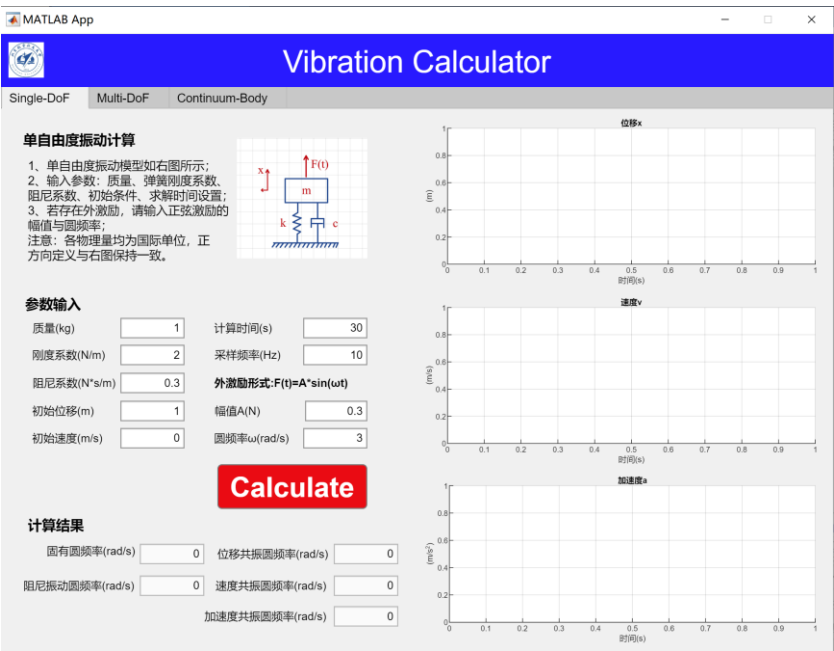
1、运行环境配置

软件使用商业数学软件 Matlab R2022a 编写测试，建议使用不低于此的版本运行。软件运行需使用 Matlab 内置的符号数学工具箱 Symbolic Math Toolbox，请在运行前确保已安装此工具箱。

在命令行窗口输入‘ver’，即可查看是否具有符合上述要求的软件版本与工具箱。

2、单自由度模块

运行软件后默认进入单自由度模块，界面如下所示：



左上角展示了单自由度模型与相关参数示意图，并在图中标出了了振动位移与外载荷的正方向。

左侧中部“参数输入”区域包含执行计算所需的输入参数，各输入

窗口标签后均规定了物理量的单位，请转换为指定单位后输入。每个输入窗口均规定了数据范围，若您输入的数据超出了范围（例如质量小于 0），会看到相应提醒，请及时更改。

参数输入

质量(kg)

-1

值必须介于 0 和 Infinity 之间

30

刚度系数(N/m)

2

采样频率(Hz)

10

“外激励形式”允许您输入指定幅值与圆频率的简谐激励。若要计算单自由度自由振动情况，只需将“幅值”或“圆频率”二者之一设置为“0”即可。

外激励形式: $F(t)=A\sin(\omega t)$

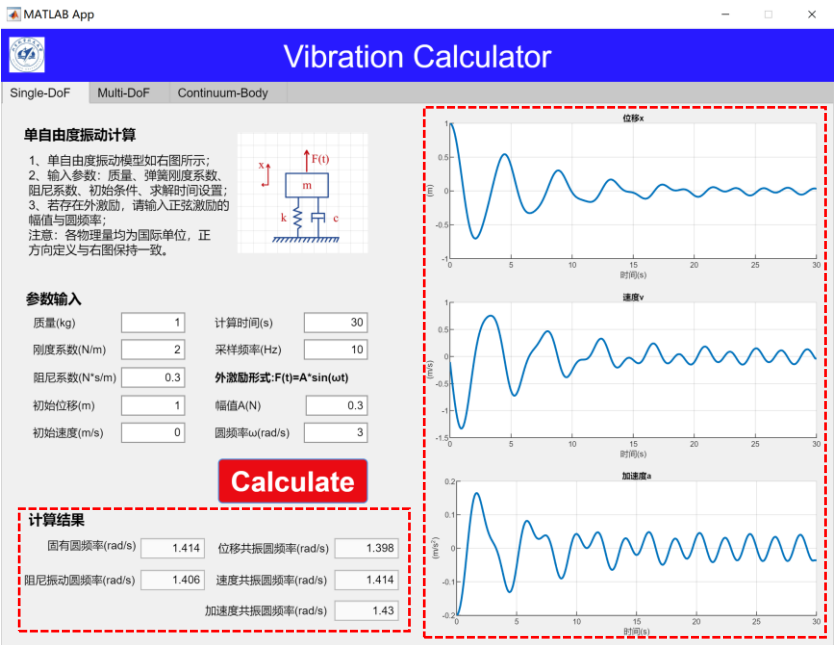
幅值A(N)

0.3

圆频率 ω (rad/s)

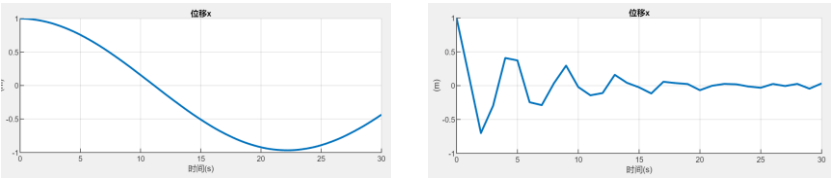
3

将所有参数输入后，点击红色的“Calculate”按钮，即可在下方显示此时输入参数下的固有频率、共振频率，同时在右侧显示单自由度振动的位移、速度、加速度随时间变化曲线。



得到计算结果后，您可以根据右侧曲线调整计算时间与步长。例

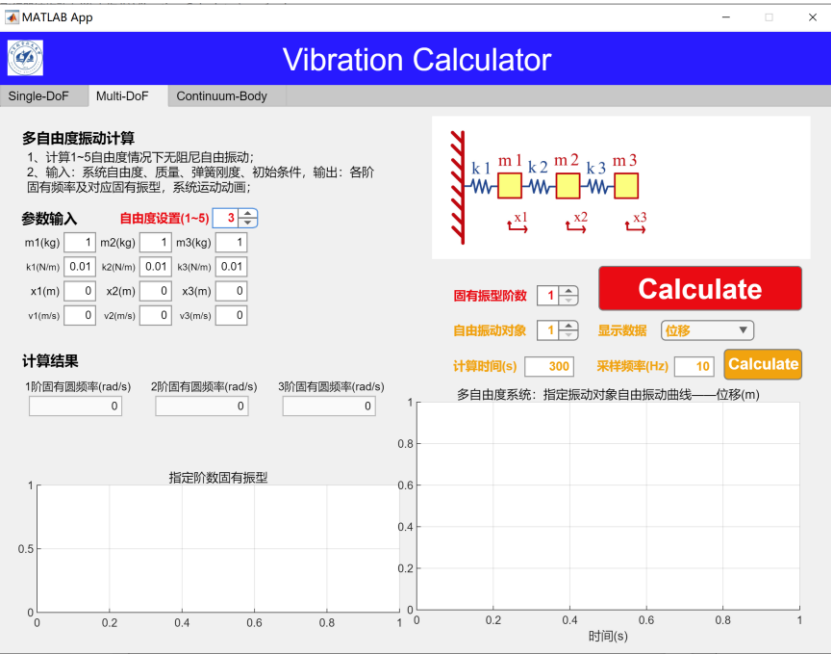
如当仿真时间过短（如下左图）或步长过长导致曲线不连续（如下右图），您可以调节“参数输入”区域的“计算时间”与“采样频率”数值，直到右侧显示出满意的计算结果。



注意：修改任何输入参数后，请再次点击“Calculate”按钮，以更新计算结果。

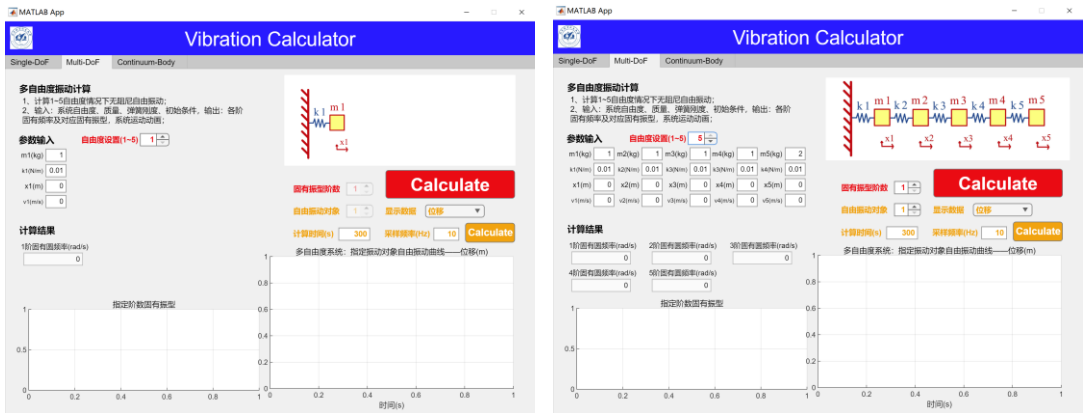
3、多自由度模块

通过点选软件上方的菜单栏即可切换至不同模块，点击进入多自由度模块，可计算 1~5 自由度情况下的无阻尼自由/受迫振动，界面如下图所示：



首先选择需要计算的振动模型自由度，范围为 1~5，修改自由度后，您可以看到右上角的模型示意图发生了改变，切换为对应的自由

度数。同时，左侧的输入区域也会发生改变，以供您输入对应的各自自由度数据。下图为自由度选取为 1 或 5 的界面对比。

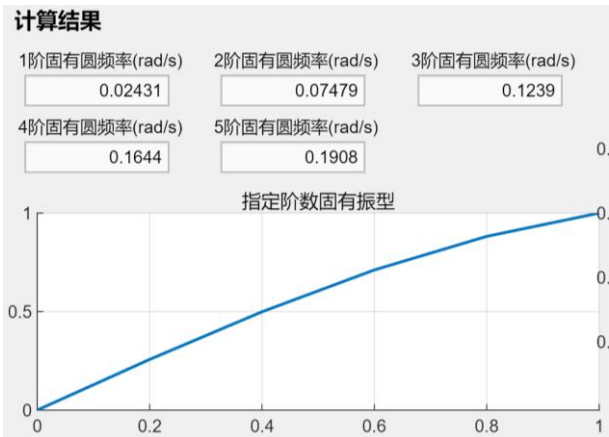


多自由度模块的计算可分为两部分：给定系统参数下的固有特性计算与给定初始条件下的自由振动计算

要计算多自由度模型固有特性，您需要在左侧“参数输入”区域输入各自由度模型对应的质量与弹簧刚度，输入时请参考右上方的系统模型示意图，并注意输入数据的单位。系统参数输入完成后，请在右侧区域指定您想绘制的固有振型阶数，数据范围为 1~n，其中 n 为指定的自由度数。以上输入完成后，点击“Calculate”按钮



左下方“计算结果”区域显示了计算得到的各阶固有频率，并绘制了指定阶数的固有振型曲线

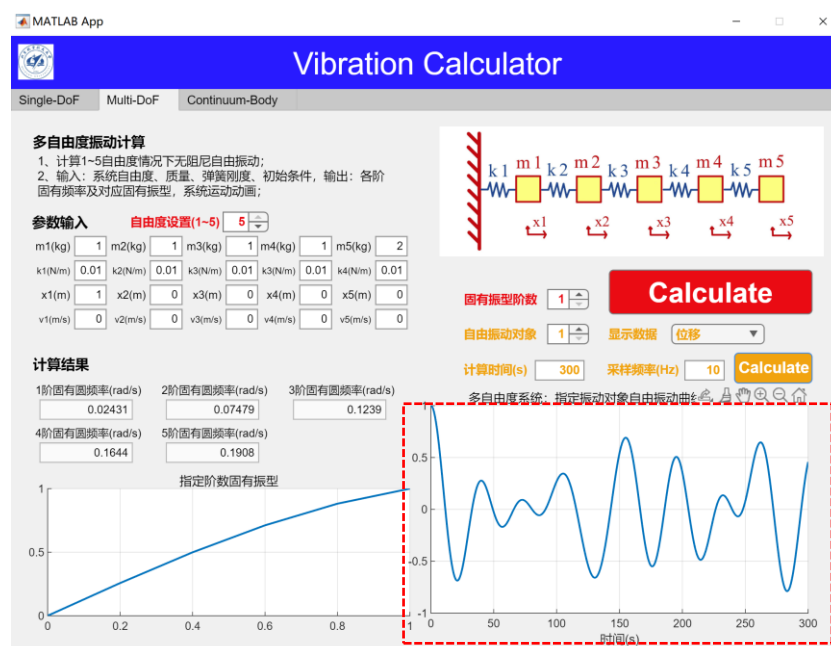


要计算多自由度系统的无阻尼自由振动，您需在左侧输入各自由度的系统参数与初始条件，并在右侧“自由振动对象”选择绘制哪个质量块的振动情况，并在下拉菜单中选择绘制位移、速度、加速度曲线。

与单自由度模块类似，您也可以在此处设置集散时间与求解步长，已得到满意的输出曲线效果。



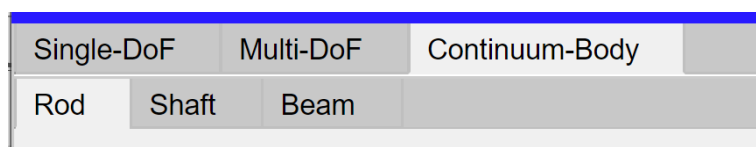
点击橙色“Calculate”按钮即可在右下方绘图区绘制对应的给定初始条件下自由振动曲线。



本模块中，固有振动与自由振动为相互独立的计算过程，二者公用左侧的输入量，在右侧计算设置区域用“红色”、“橙色”加以区分。改变任意输入参数或者仿真是指后，都请重新点击对应的“Calculate”按钮以更新计算结果。

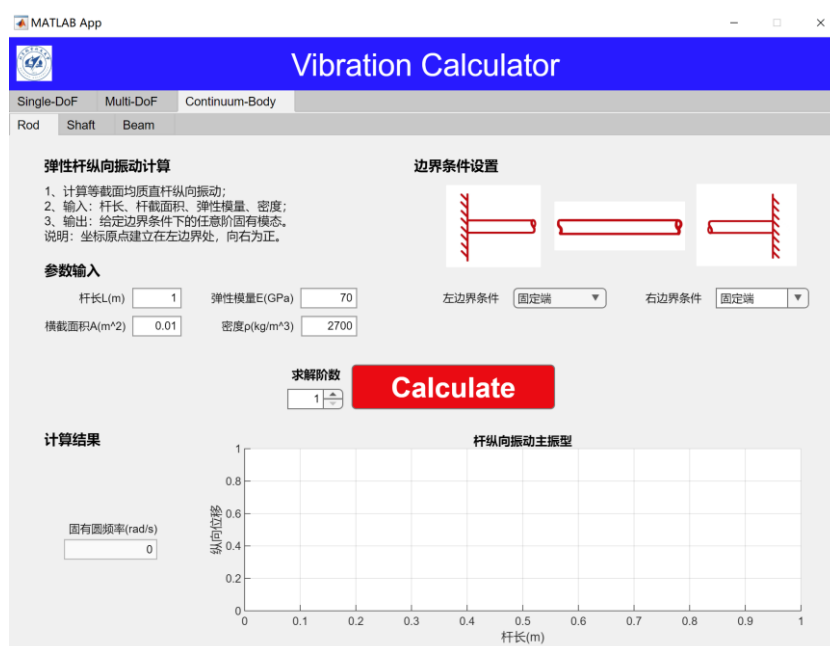
4、连续体模块

连续体模块计算无阻尼假设下各阶固有频率及对应固有振型，具体分为“杆”、“轴”、“梁”三种典型连续体，可通过二级菜单在三者之间切换。



杆纵向计算

计算等截面均质细长直杆的纵向振动，界面如下：



在“参数输入”部分输入杆长、弹性模量、横截面积、材料密度等信息；在右侧设置左右边界条件，这里提供了四种最基本的边界条件供用户选择，分别为“固定端”、“自由端”、“弹性约束”、“惯性约束”，下拉菜单切换边界条件后，可以在上方看到更新后的边界条件示意图。

对于“弹性约束”与“惯性约束”，可在菜单下方弹出的窗口输入对

应的弹簧刚度、载荷质量。

边界条件设置



左边界条件

弹性约束

输入弹簧刚度系数(N/m)

1



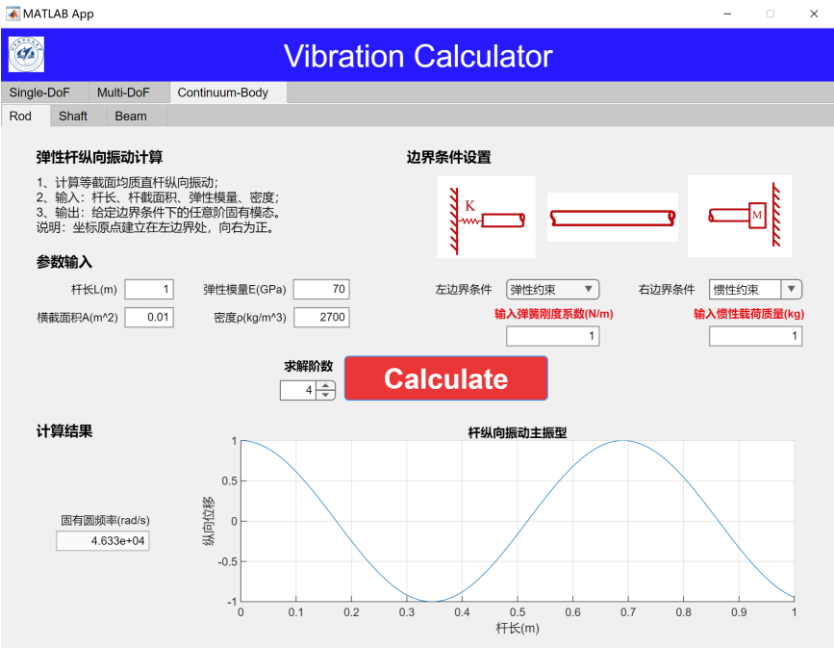
右边界条件

惯性约束

输入惯性载荷质量(kg)

1

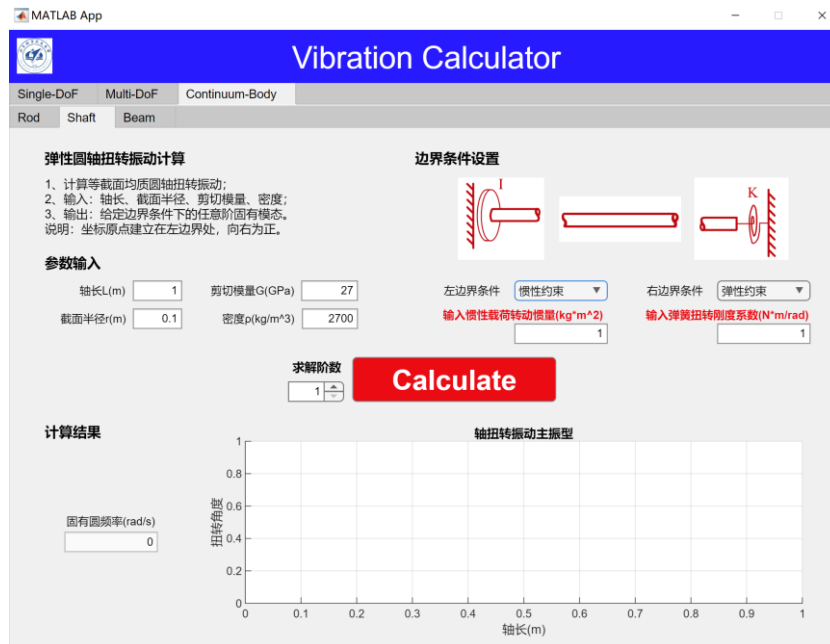
指定求解的振动阶数，点击红色的“Calculate”按钮，即可在下方“计算结果”区域得到对应阶次的固有频率及对应的固有振型。



由于求解精度问题，此处限定求解阶数范围为 1~10。

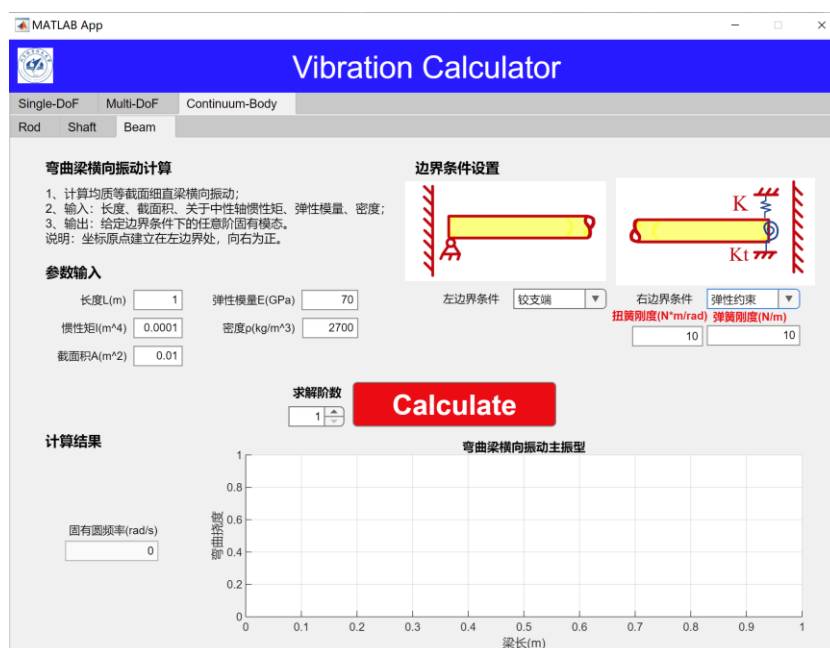
轴扭转振动计算

轴的扭转振动计算与杆纵向振动计算操作流程一致，但输入参数与边界条件类型根据对应物理条件做了修改，例如弹性边界条件将“弹簧”换为“扭簧”，对应的操作界面如下：



梁横向振动计算

梁的横向振动计算操作流程与前两种情况一致, 提供 5 种边界条件, 分别为“固定端”、“自由端”、“铰支端”、“弹性约束”、“惯性约束”, 您可通过上方示意图获取边界条件的具体信息, 并根据提示内容输入所需参数。



附

已知的问题

在软件开发过程中，测试除了一些已知的问题，它们可能导致软件报错，也可能正常运行但得到了不合理的结果，受限于作者时间与能力，一些问题暂时得不到有效解决，故列于此，供使用者参考：

- 1、 由于计算机求解的精度问题，您输入的一些具体参数可能导致程序报错，例如在多自由度振动中将不同弹簧刚度设置为相差 2 个数量级以上等，请尽量避免输入此类数据；
- 2、 在梁振动计算中，由于个别边界条件下方程组解分布问题，解得的固有频率并非指定的阶次，例如要求计算第 3 阶固有频率，但得到的实际上是第 4 阶固有频率。虽然这类情况在测试过程中极少发生，但仍建议您留意这一问题，例如通过固有振型曲线节点数判断对应阶数。

修改完善建议

- 1、 改进频率方程（组）的求解方法。目前使用 `vpasolve` 函数求解频率方程，但需手动给出求解上下限，当边界条件复杂时，难以准确估计各阶频率的大致范围，导致解出错误的频率。可考虑改为迭代求解，得到指定的第 n 阶固有频率；
- 2、 软件中使用了符号函数 `Symbolic Math Toolbox`，无法封装为 `exe` 文件部署至 windows 系统下，为软件推广带来不便。可考

考虑更换其他函数，或使用匿名函数的方法解决这一问题。（提供一篇解决方案的文章：[如何有效解决 AppDesigner 中使用符号工具箱 syms 后打包发布成 exe 等可执行文件不兼容的问题？](#) - [腾讯云开发者社区-腾讯云 \(tencent.com\)](#))