

公路车辆动力学仿真

UM 软件入门系列教程

(09)

四川同算科技有限公司 译

2021 年 3 月

前言

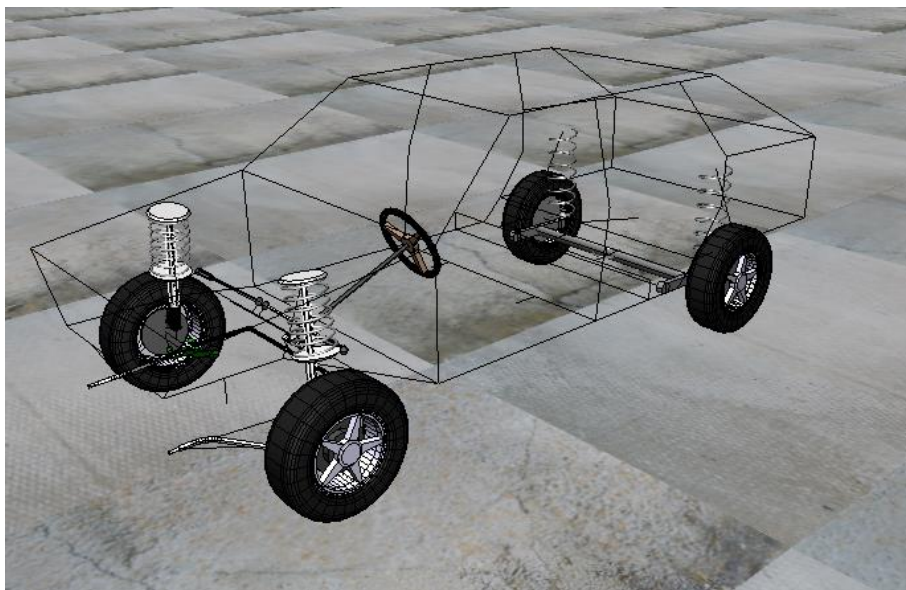
本教程介绍使用**UM Automotive**模块进行公路车辆动力学仿真的基本方法和步骤。**UM Automotive**模块用于公路车辆动力学建模和仿真，如平顺性、操纵稳定性和制动性。模块包含一系列公路车辆专用工具和算法，可以模拟轿车、越野车、客车、货车、挂车、自卸车和铰接式列车等各种轮式车辆。

请读者在学习本课程之前务必先学习《**UM软件入门系列教程01：多体系统动力学仿真**》，并熟悉UM软件的基本操作：新建模型，创建几何图形、刚体、铰和力元。

本例将直接利用软件自带的拉达汽车**VAZ_2019**模型进行若干标准工况的仿真，而对其详细建模过程不再赘述。**UM**软件自带了多种汽车和悬架模型，读者可从**UM Input**打开这些模型，了解其建模方法和元件参数。

本教程只是帮助用户快速熟悉**UM Automotive**模块的基本使用方法，有关更深入的详细的理论和方法介绍请查阅用户手册第十二章。使用**UM**软件还可以建立发动机、配气机构、离合器、万向节、变速器、差速器等机构（需配备**UM Driveline**模块），本例略。

请先运行**UM Input**或**UM Simulation**程序，选择菜单**Help | About**，在弹出窗口查看**UM Automotive**一栏是否为“+”标记，若显示为“-”，则请重新申请试用或购买正版许可。



版权和商标

本教程仅供读者参考，不同的版本其界面可能有个别不同之处，我们会不定期进行修订。对于本文档中可能出现的任何错误，我们不承担任何责任或义务。

版权所有© 2021 Computational Mechanics Ltd.

俄罗斯计算力学有限公司保留所有权利。

联系方式

最新版的UM软件和相应的用户手册下载地址：

<http://www.universalmechanism.com/en/pages/index.php?id=3>.

若无法访问，请点击：<http://www.umlab.ru/en/pages/index.php?id=3>.

在使用过程中，读者如有任何报错、疑问和建议，请发送邮件至：

um@universalmechanism.com

UM总部

Computational Mechanics Ltd.

Vostochnaya str. 2-14, Glinischevo, Bryansk region, 241525, Russia

Phone, fax: +7 4832 568637

www.universalmechanism.com www.umlab.ru

UM中国

四川同算科技有限公司

四川省眉山市彭山区蔡山西路2号伟业广场1911室

办公电话：028-38520556

公司网站：www.tongsuan.cn

电子邮件：um@tongsuan.cn



微信公众号



QQ 交流群

目 录

1.	拉达汽车 VAZ 2019 动力学仿真	1
1.1	加载车辆模型.....	1
1.2	计算静平衡位置.....	2
1.3	转向盘转向试验.....	7
1.4	稳态转向特性试验.....	9
1.5	转向回正试验.....	11
1.6	变换车道试验.....	13
1.7	线性分析.....	16

1. 拉达汽车 VAZ 2019 动力学仿真

本例模型位于本地目录{UM Data}\SAMPLES\automotive\vaz21_09, 该车原始模型由俄罗斯 Alexander Gorobtsov 教授使用 FRUND 软件创建。

1.1 加载车辆模型

1. 运行 **UM Simulation** 程序。
2. 选择菜单 **File | Open Object** 或点击工具栏图标, 加载软件自带的拉达车辆模型{UM Data}\SAMPLES\automotive\vaz21_09。

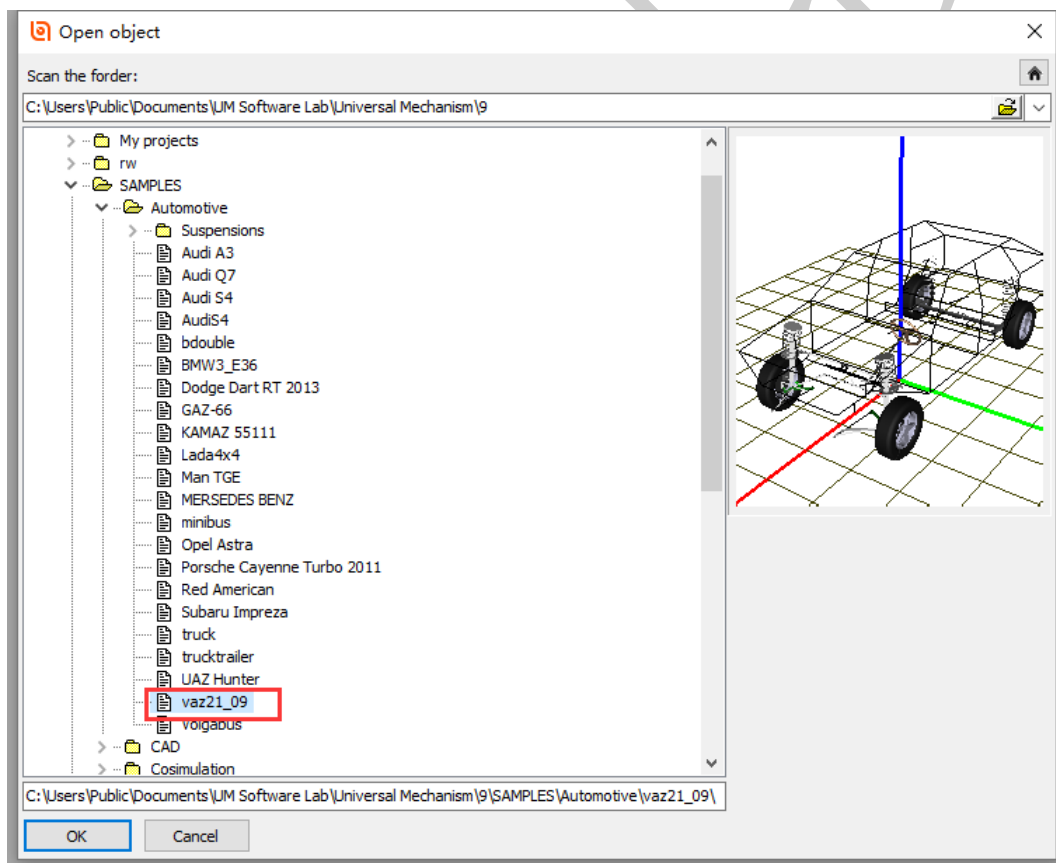


图 1.1

1.2 计算静平衡位置

车辆系统动力学仿真计算一般都要求初始为静平衡位置，若将刚建好的模型直接用于工况仿真，则在初始一段时间内会出现较强的瞬态波动。

用户使用 **UM Simulation** 程序可以为各个工况保存相应的配置文件，包括仿真桌面的动画和绘图窗口布置、模型参数配置、求解器设置、轮胎模型和路面不平度等。

本例模型已经预置了多个仿真工况的配置文件，我们可以直接调用。

1. 选择菜单 **File | Load configuration | Equilibrium Test**，加载静平衡位置计算工况配置。

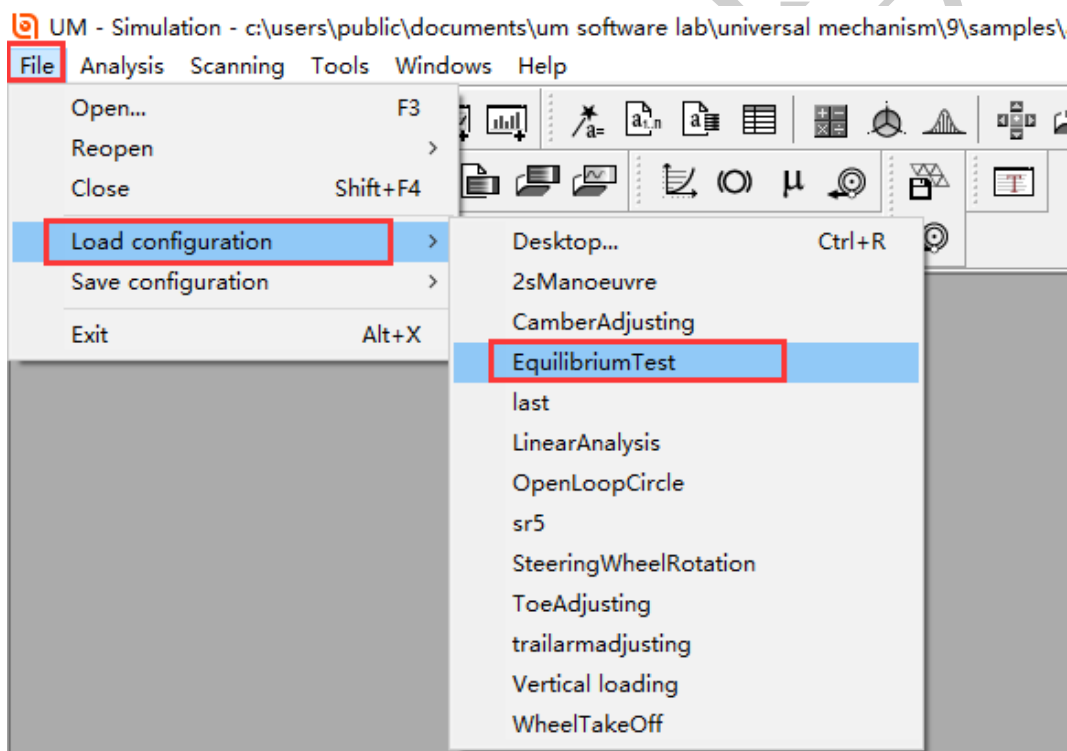


图 1.2

备注：

Load configuration 命令将读取以下配置文件：


EquilibriumTest.icf: 动画和绘图窗口；

EquilibriumTest.xv: 初始条件；

EquilibriumTest.par: 模型参数配置；

EquilibriumTest.car: 车辆和道路相关参数。

此时，仿真桌面显示一个动画窗口和一个绘图窗口，绘图窗口有四个变量，分别对应四个轮胎的垂向力。

2. 选择菜单 **Analysis | Simulation** 或点击工具栏图标  或按 **F9** 键，打开仿真控制界面 (**Object simulation inspector**)。
3. 定位到 **Initial conditions** 页面，此时大部分铰的坐标初始值都是 0。

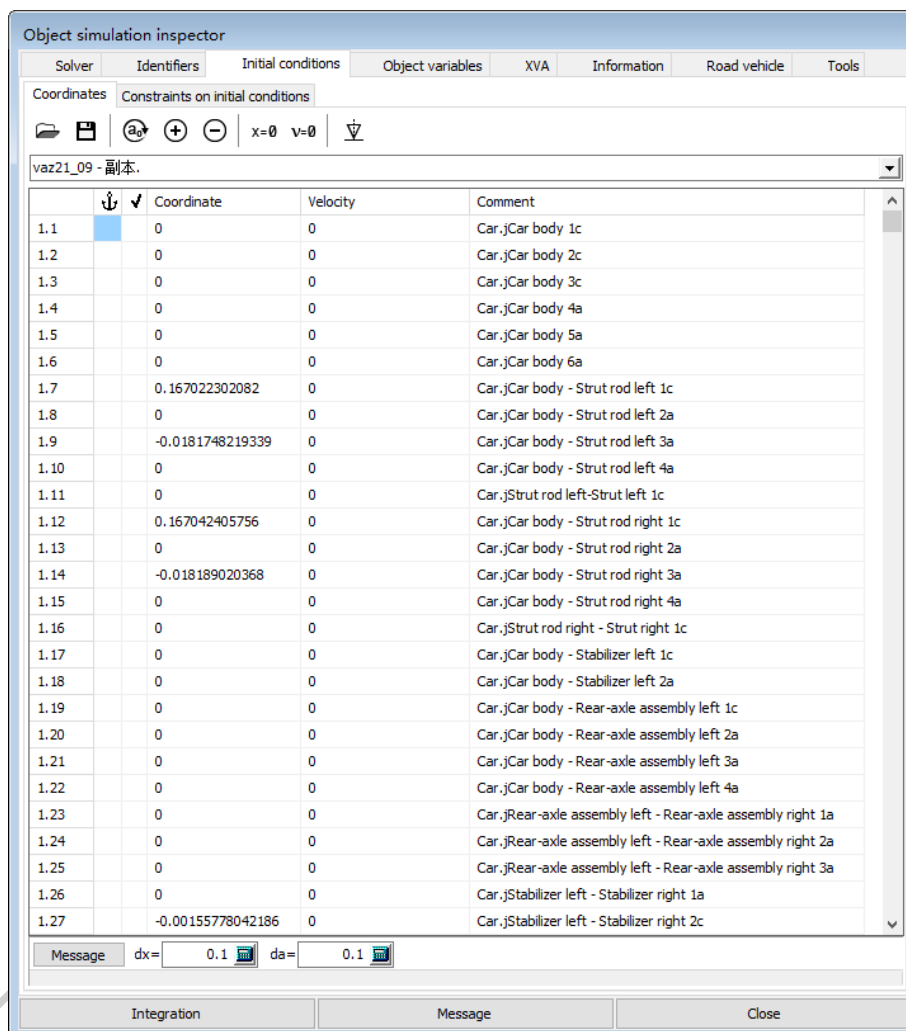


图 1.3

4. 定位到 **Road vehicle | Tests** 页面，这里有一组标准的工况试验（详细介绍请见用户手册第 12 章），当前已选择 **Equilibrium test**。

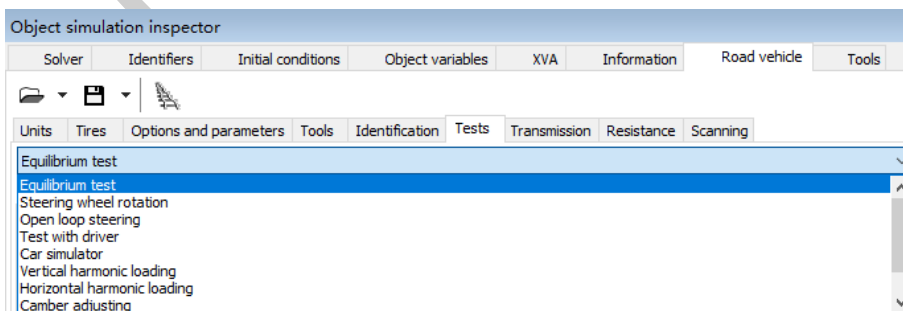


图 1.4

5. 转到 **Solver** 页面，查看求解设置，本次计算时长为 3 秒。

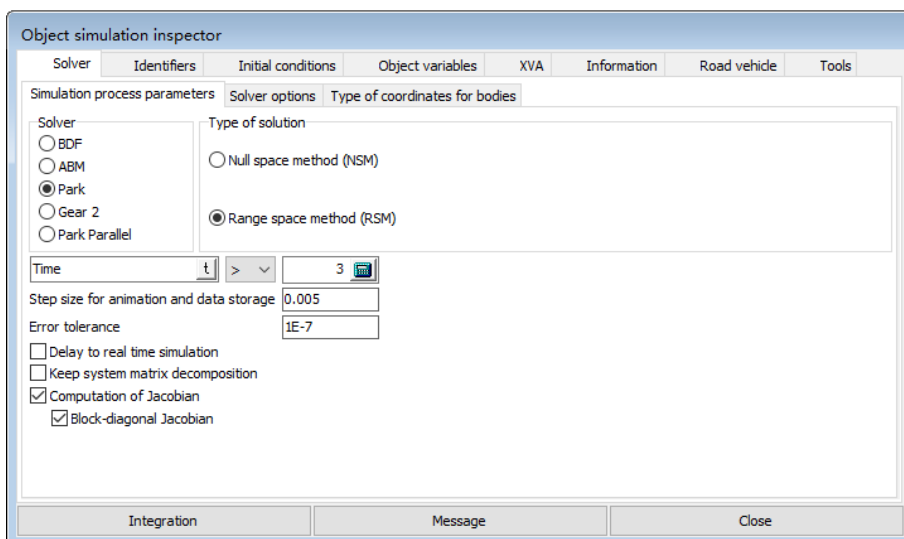


图 1.5

6. 点击 **Integration** 按钮或按 **F9** 键，开始仿真，如图 1.6 所示，四个垂向力都趋于平稳，可认为系统达到平衡状态。

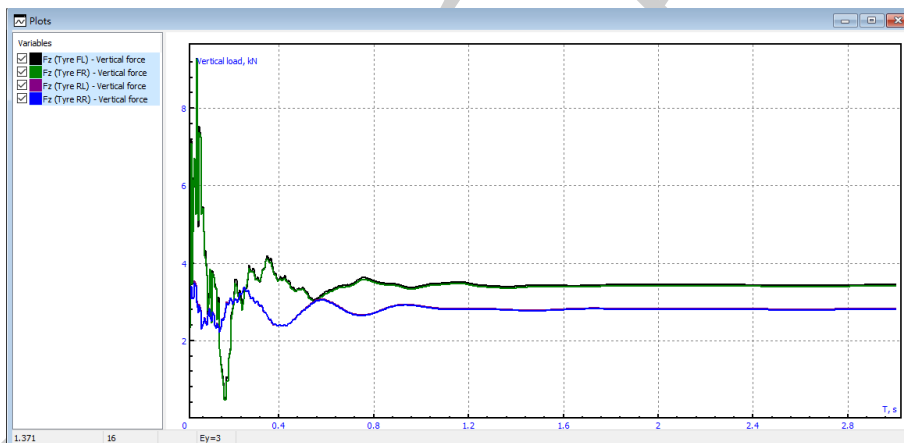



图 1.6

7. 计算完毕，点击**确定**，在 **Pause** 界面点击 **Save**，保存当前时刻所有铰的坐标和速度文件 **Equilibrium.xv** 到模型目录。
8. 点击 **Interrupt**，中断仿真，回到仿真控制界面。
9. 转到 **Initial conditions** 页面，点击图标，读取刚才保存的文件 **Equilibrium.xv**。

10. 点击图标 $v=0$ ，将速度列清零，只保留坐标列，如图 1.7 所示。

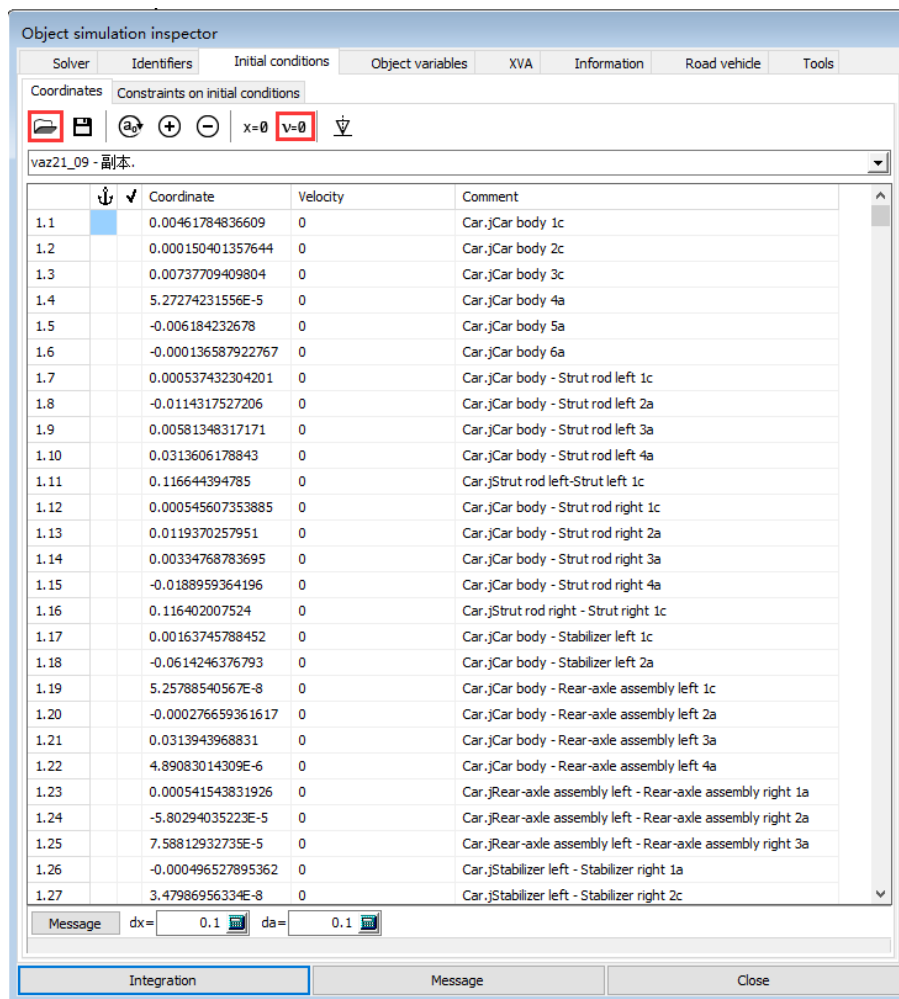



图 1.7

11. 点击图标 , 保存文件 **Equilibrium.xv** 到模型目录，覆盖原有文件，此为仿真所需要的初始条件文件。

12. 在以后仿真工作中，可以通过来读取初始条件文件。其实，读者会发现，此时若卸载模型再加载，初始条件也会自动加载。这是因为 UM Simulation 程序有记忆功能，自动读取上次的配置（last 文件）。读者可通过菜单 **Tools | Options**，查看 **Autosave** 相关设置。

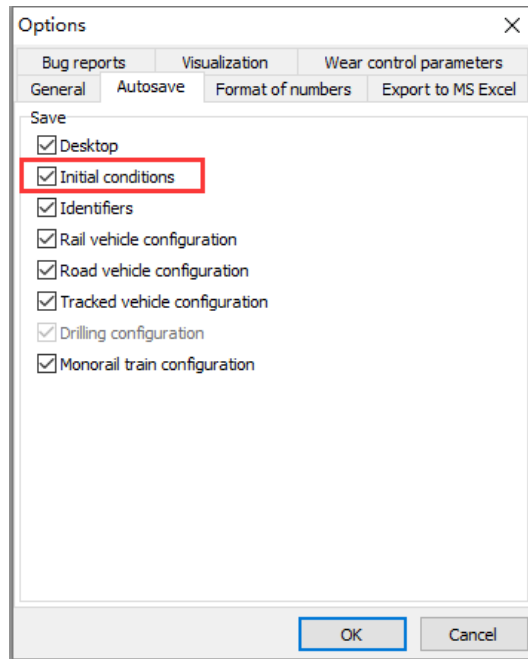



图 1.8

1.3 转向盘转向试验

1. 点击 **Close**，关闭仿真控制界面。
2. 选择菜单 **File | Load configuration | SteeringWheelRotation**，加载转向盘转向试验工况配置，仿真桌面配置了一个动画窗口和两个绘图窗口。
3. 选择菜单 **Analysis | Simulation** 或点击工具栏图标  或按 **F9** 键，打开仿真控制界面 (**Object simulation inspector**)。
4. 定位到 **Road vehicle | Tests** 页面，确保当前选择的仿真工况为 **Steering wheel rotation**。

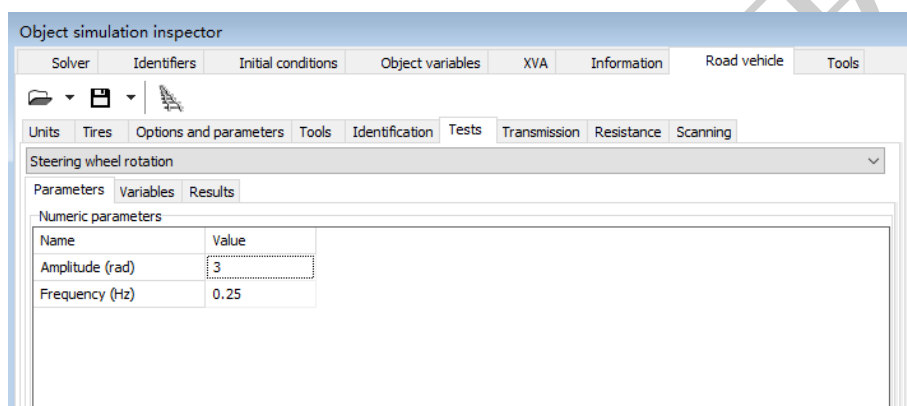


图 1.9

5. 点击 **Integration**，开始仿真，仿真过程和结果如图 1.10 和图 1.11 所示。

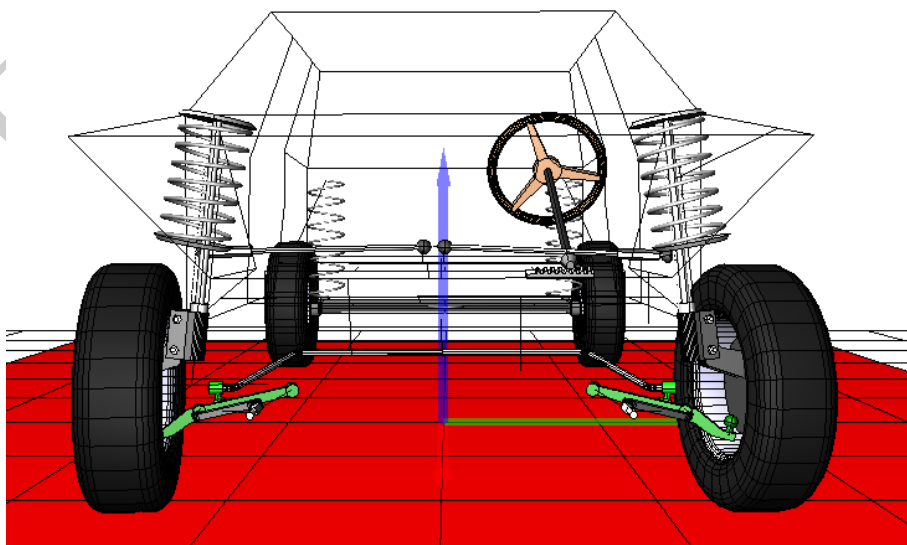


图 1.10

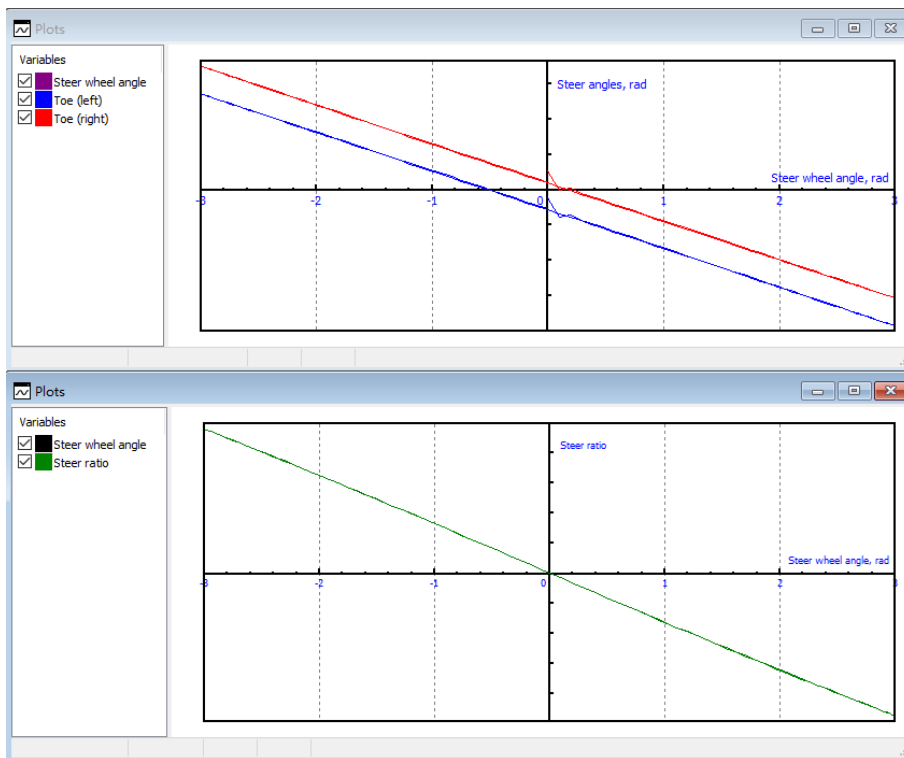




图 1.11

6. 依次点击**确定**、**Interrupt**，中断当前工况仿真。
7. 点击 **Close**，关闭仿真控制界面。

1.4 稳态转向特性试验

1. 选择菜单 **File | Load configuration | OpenLoopCircle**，加载稳态转向特性试验工况配置，仿真桌面配置了一个动画窗口和两个绘图窗口。
2. 选择菜单 **Analysis | Simulation** 或点击工具栏图标  或按 **F9** 键，打开仿真控制界面（**Object simulation inspector**）。
3. 定位到 **Road vehicle | Tests** 页面，确保当前选择的仿真工况为 **Open loop steering**。点击 **Steer angle plot** 下方的图标 ，可查看当前定义的转向盘转角时程曲线，如图 1.12 所示。

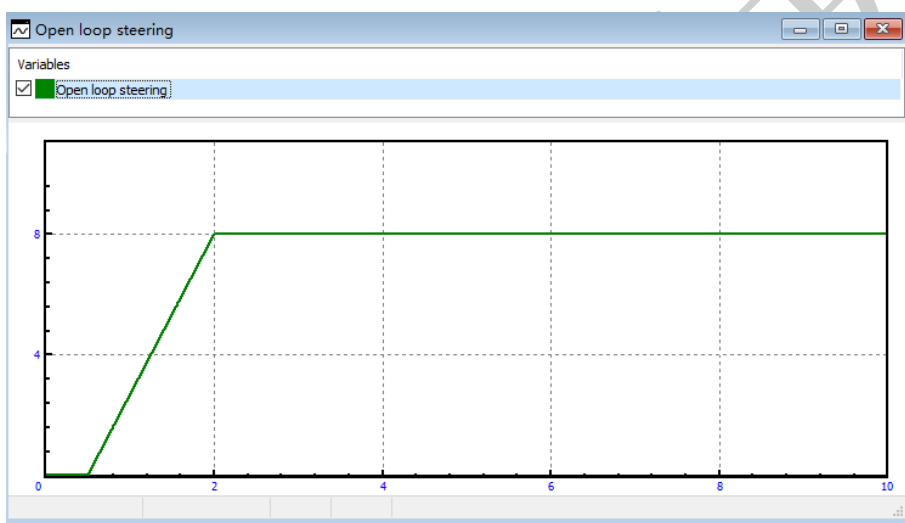


图 1.12

4. 点击 **Integration**，开始仿真，仿真结果如图 1.13 所示，车的行驶路径为圆形。

备注：

在绘图窗口图表区点**右键**，选择 **Options**，在 **Axles | Style** 页面勾选 **Equal scales**，可设置横轴和纵轴为等比例。

在绘图窗口图表区点**右键**，选择 **Show all**，可将曲线自动缩放调节到适合窗口大小。

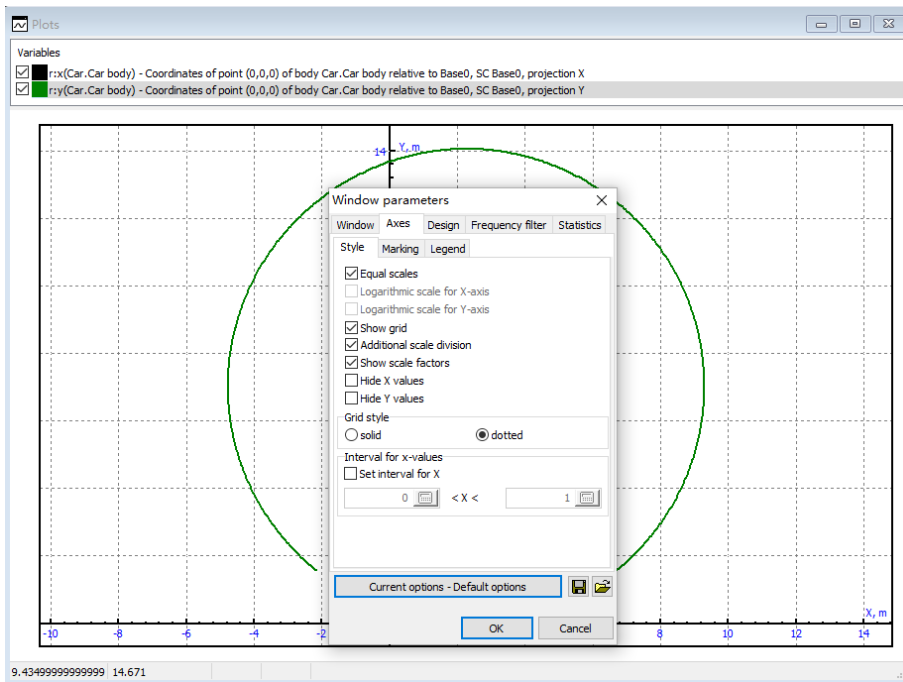


图 1.13

5. 依次点击**确定**、**Interrupt**，中断当前工况仿真。
6. 点击 **Close**，关闭仿真控制界面。

1.5 转向回正试验

1. 选择菜单 **File | Load configuration | WheelTakeOff**，读取转向回正试验工况配置，仿真桌面配置了一个动画窗口和一个绘图窗口。
2. 选择菜单 **Analysis | Simulation** 或点击工具栏图标  或按 **F9** 键，打开仿真控制界面（**Object simulation inspector**）。
3. 定位到 **Road vehicle | Tests** 页面，确保当前选择的仿真工况为 **Open loop steering**，并且 **Terminal control** 选项为勾选状态。

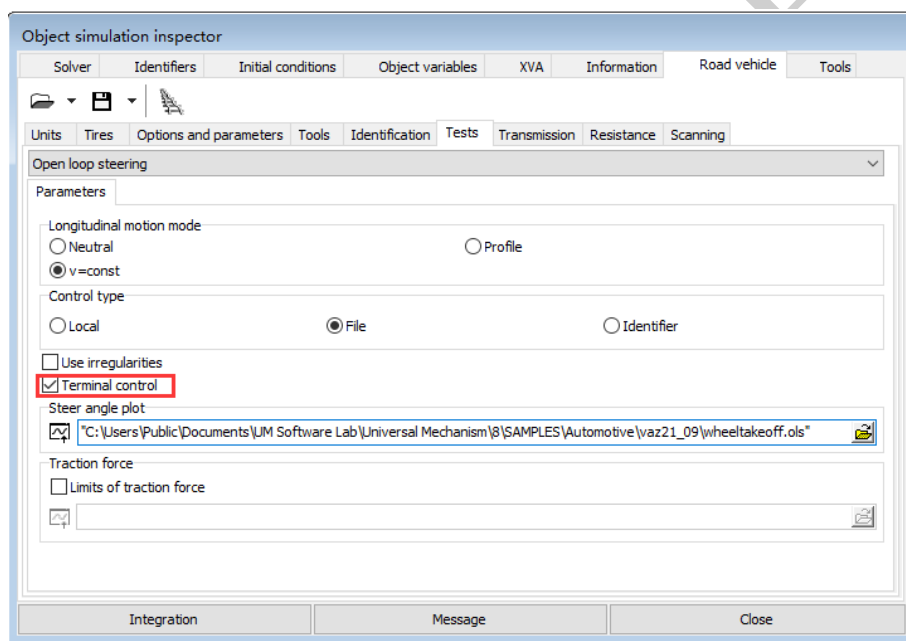



图 1.14

备注：

勾选 **Terminal control** 表示在给定的转向盘转向角曲线终了时刻（如图 1.15 所示），驾驶员突然双手放开，转向盘和转向轮会逐渐自动回正。

4. 点击 **Steer angle plot** 下方的图标, 可查看当前定义的转向盘转角时程曲线, 如图 1.15 所示。

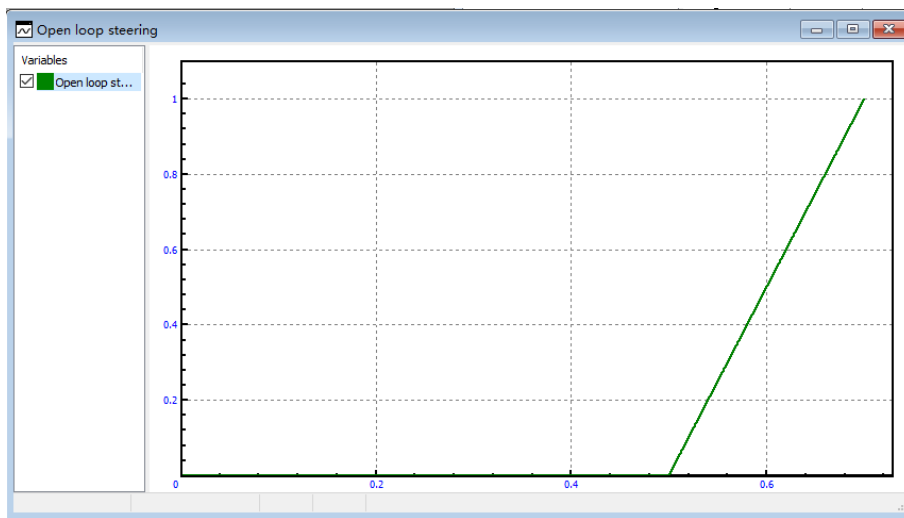


图 1.15

5. 点击 **Integration**, 开始仿真, 仿真结果如图 1.16 所示。

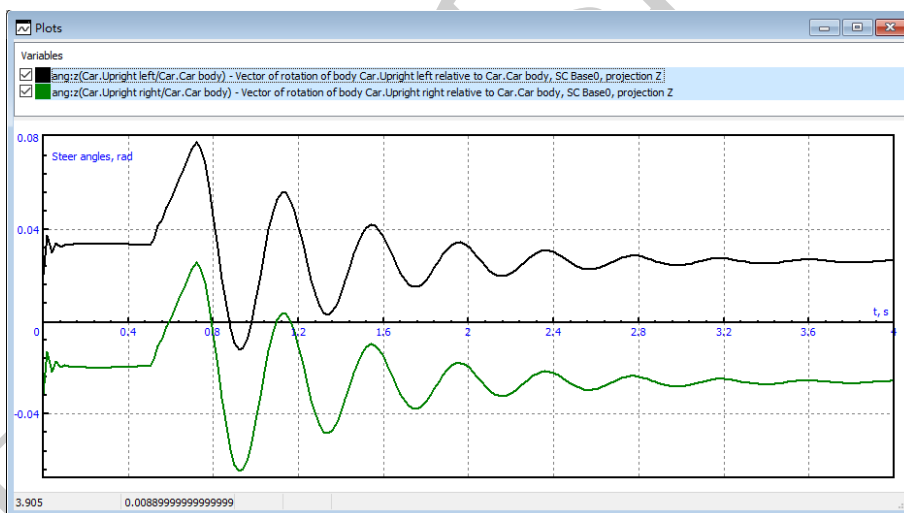



图 1.16

6. 依次点击**确定**、**Interrupt**, 中断当前工况仿真。
7. 点击 **Close**, 关闭仿真控制界面。

1.6 变换车道试验

1. 选择菜单 **File | Load configuration | 2sManoeuvre**, 读取变换车道试验工况配置, 仿真桌面配置了一个动画窗口和三个绘图窗口。
2. 选择菜单 **Analysis | Simulation** 或点击工具栏图标  或按 **F9** 键, 打开仿真控制界面 (**Object simulation inspector**)。
3. 定位到 **Road vehicle | Tests** 页面, 确保当前选择的仿真工况为 **Test with driver**, 这是一种闭环试验, 包括预置的行进路径和驾驶员控制模型。

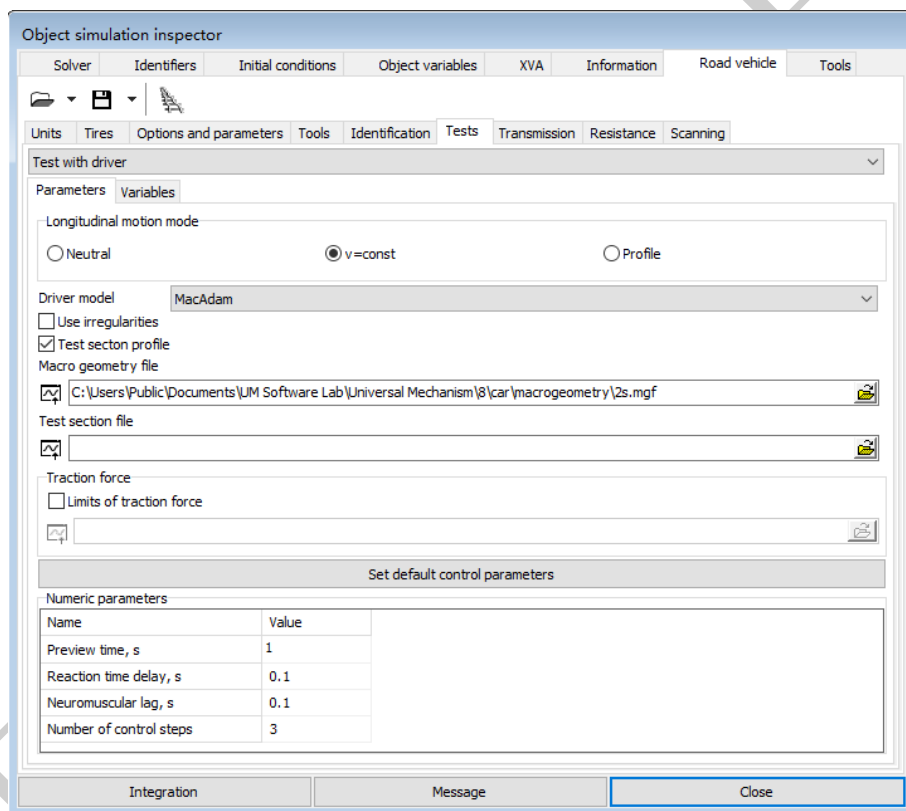



图 1.17

4. 点击 **Macro geometry file** 下面的图标, 可以查看目标路径(水平面)。

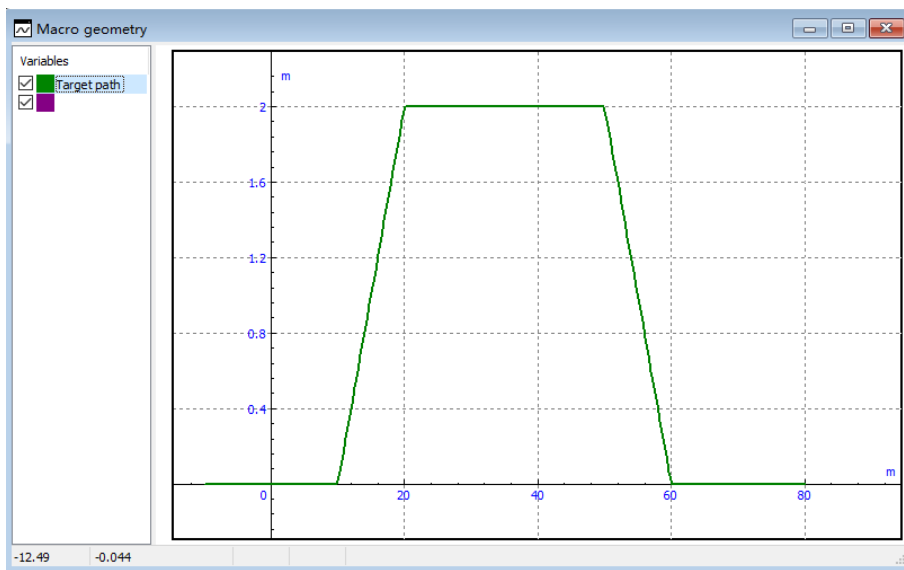
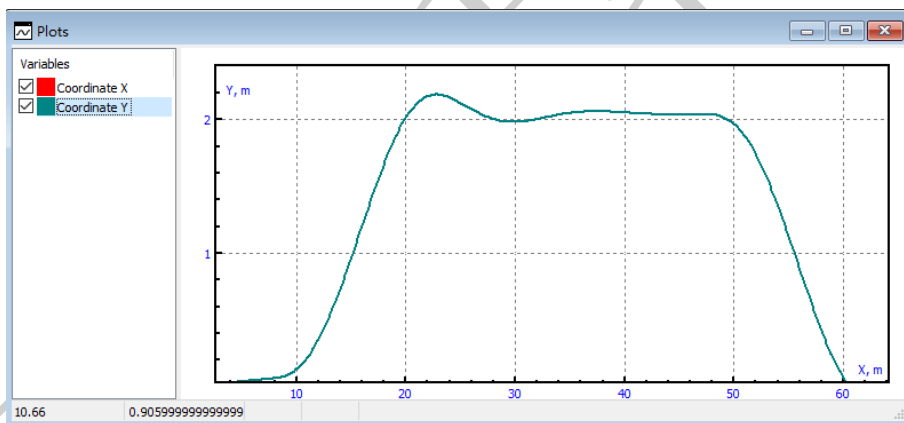
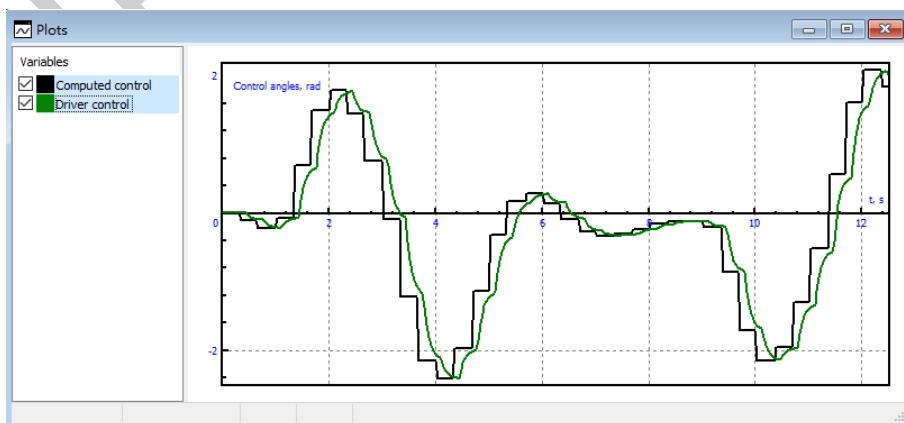


图 1.18

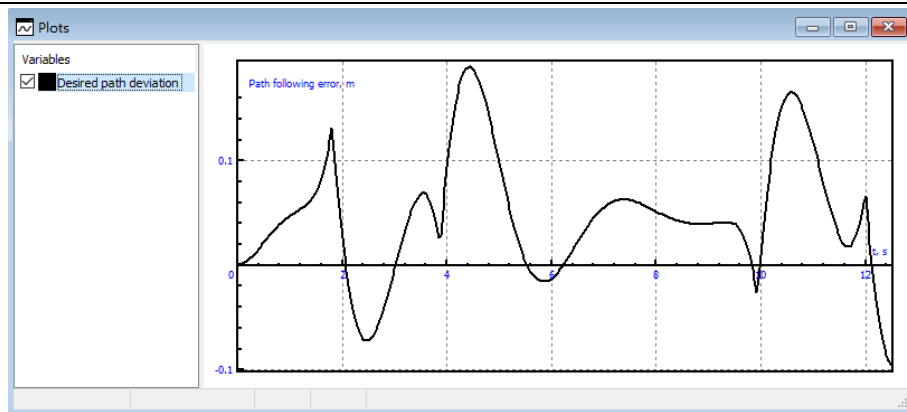
5. 点击 **Integration**, 开始仿真, 仿真结果如图 1.19 所示。



(a)



(b)




(c)

图 1.19

6. 依次点击**确定**、**Interrupt**，中断当前工况仿真。
7. 点击 **Close**，关闭仿真控制界面。

1.7 线性分析

1. 选择菜单 **File | Load configuration | Linear Analysis**, 加载线性分析工况配置, 仿真桌面配置了一个动画窗口。
2. 选择菜单 **Analysis | Static and linear analysis** 或点击工具栏图标 , 打开静力和线性分析工具。

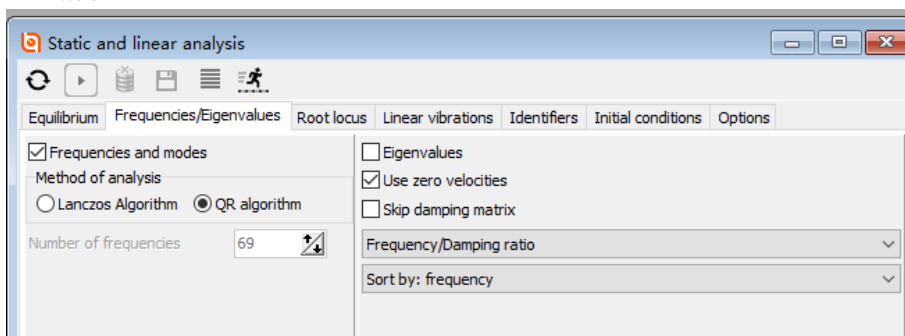



图 1.20

3. 点击按钮 , 计算出系统的各阶固有频率 (无阻尼)。

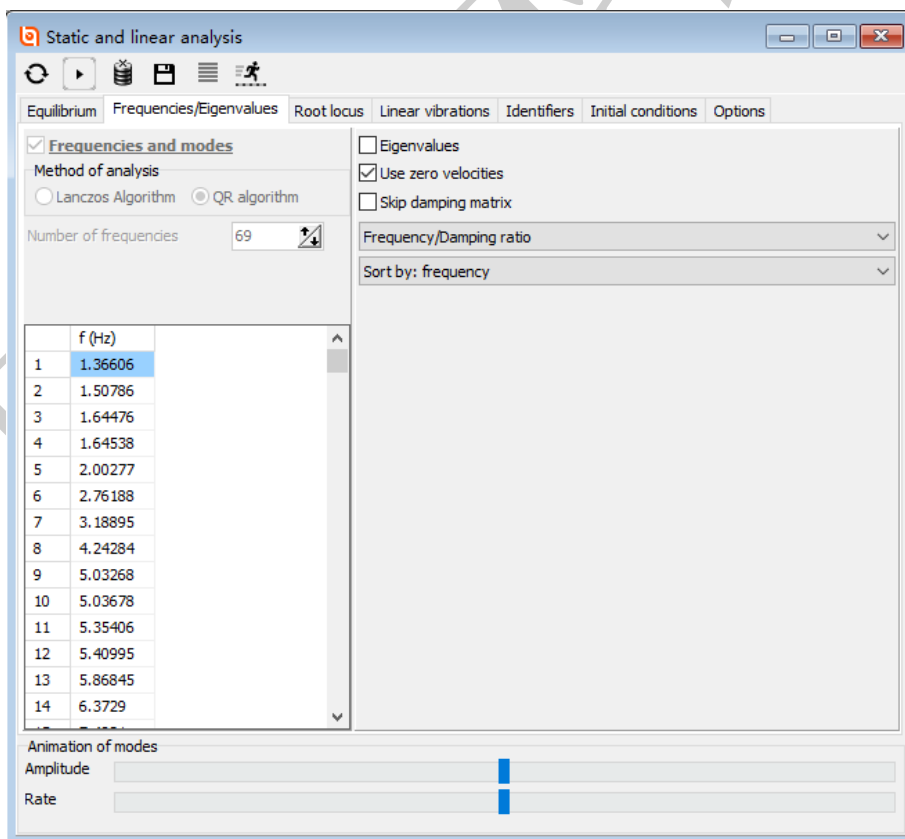



图 1.21

4. 在列表选中某阶固有频率，点击工具栏按钮 ，此时动画窗口则会显示相应振型，可通过下部的两个滑块调节振动的幅值和速率（动画效果）。

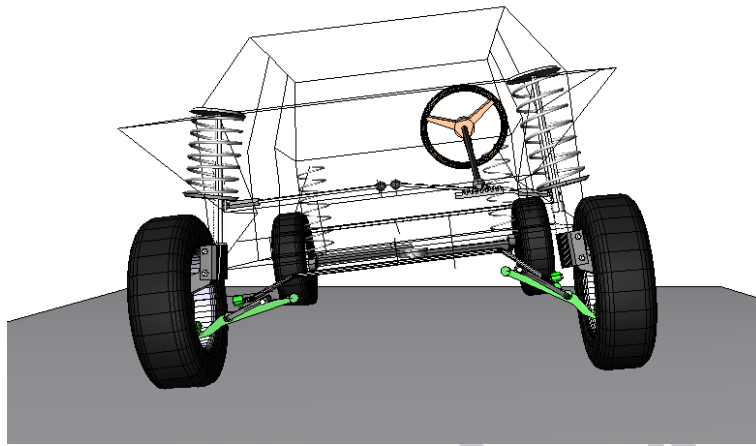


图 1.22

5. 勾选 **Eigenvalues**，再点击按钮 ，可以计算得到考虑系统阻尼的各阶频率和阻尼比，如图 1.23 右侧所示。

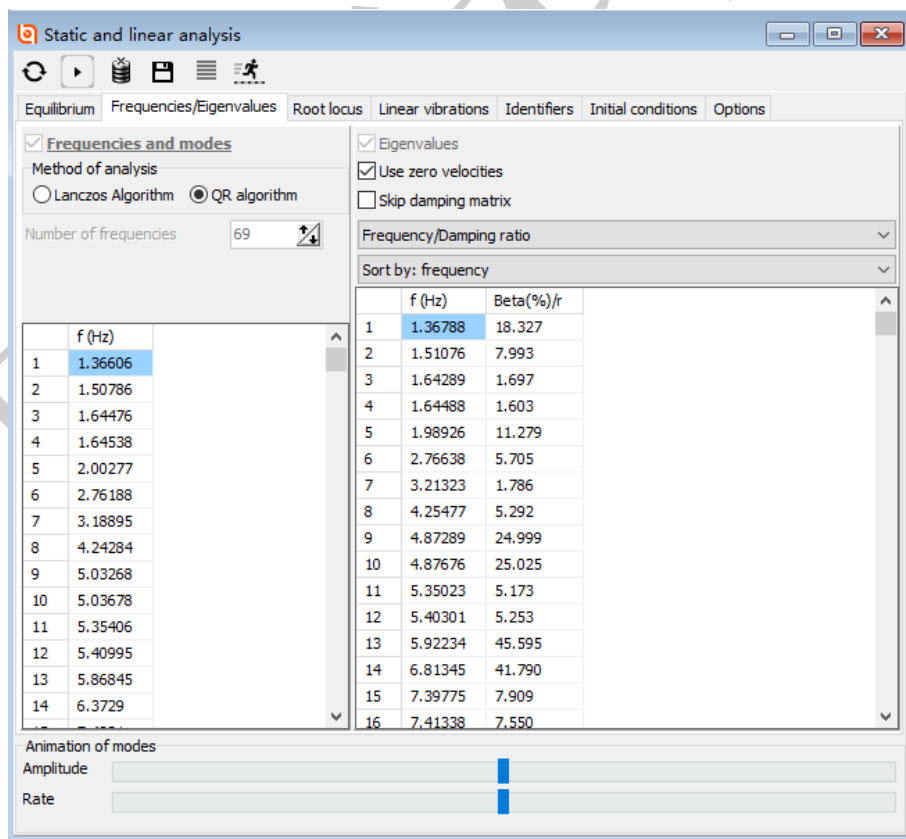


图 1.23