

CarSim智能车辆仿真与测试

本章将详细介绍如何使用 CarSim 车辆仿真软件,对软件功能和车辆系统配置进行介绍,使读者了解软件的使用方法。CarSim 与开发平台在智能车辆的动力学方面有着优异的表现,它能够最大限度地模仿真实车辆的行驶情况,以便在进行真车测试前对潜在问题进行处理,并优化系统性能。本章内容分为以下几节。

- **概述:** 简要回顾 CarSim 的研究背景和发展历程,并介绍 CaSim 的作用和功能,为后续进行软件介绍奠定基础。
- **CarSim 基础操作:** 详细介绍如何设置驾驶员模型、配置仿真环境与车辆行驶状态,并通过简单的示例展示效果。
- **车辆配置:** 详细介绍车辆系统,包括车身参数、动力系统、制动系统和车辆悬架等配置,通过对车辆系统的设置搭建符合需求的整车模型。
- **智能车辆仿真与测试实例:** 基于前几节介绍的车辆配置和仿真设置,进行仿真测试。基于车辆换道场景进行多种仿真测试,包括车辆性能测试仿真、车辆换道行为仿真和车辆速度保持仿真。

通过本章的学习,可使读者掌握车辆仿真软件 CarSim 的开发流程和工程项目中的应用方法,为开展后续的实际项目工作奠定坚实基础。

3.1 概述

CarSim 是一款用于建立、仿真和分析复杂系统的车辆仿真软件工具。它采用基于图形界面的建模方式,支持多种建模方法,包括系统动力学、离散事件、代理和混合建模。CarSim 具有广泛的应用场景,可用于建模和仿真各种物理系统、工业过程和社会经济系统等^[1]。

CarSim 的建模方法以图形化方式呈现,用户可以通过拖放和连接模块构建系统模型。CarSim 支持多种模型组件,包括各种传感器和执行器、逻辑和控制元件等。用户还可以自定义模型组件,以满足特定的建模需求。在建立模型后,CarSim 提供了强大的仿真引擎,可以快速进行仿真测试和分析。用户可以根据需求调整

仿真参数,如时间步长、精度和仿真时间等,以得到精确、高效的仿真结果。此外,CarSim 还提供了丰富的可视化和分析工具,以使用户对模型结果进行深入分析、比较和优化。用户可以通过友好的界面轻松地查看仿真结果、生成数据报表等。总之,CarSim 作为一款强大的智能车辆系统建模和仿真软件,具有广阔的应用场景和强大的功能,有助于用户快速构建复杂系统模型、进行高效的仿真测试和分析,并优化系统设计和性能。

3.1.1 CarSim 简介

CarSim 是一款在汽车和交通工程领域广泛应用的虚拟车辆动力学仿真软件。它通过模拟和分析车辆的动力学行为,对车辆性能和操控性能进行评估和优化。下面详细介绍 CarSim 的发展历程,及其在汽车工程和交通领域的重要作用。

CarSim 的发展可以追溯到 1987 年,当时它的最早版本在美国密歇根大学诞生。起初 CarSim 被用于基于计算机的汽车动力学分析,以帮助工程师更好地理解 and 处理车辆的动力学特性。

随着时间的推移,CarSim 逐步发展壮大。1991 年,CarSim 升级到第 2 个版本,引入了更多功能和特性。这个版本增加了对复杂驱动系统、制动系统与悬架系统的建模和仿真支持,使用户能够更全面地评估和改善车辆的性能^[2]。

1998 年,CarSim 发布了第 3 个版本,进一步提供了车辆稳定性和控制性能的仿真分析功能。这使工程师可以更准确地评估车辆在各种路况和操控情况下的行为,从而改进车辆的操控性能和安全性能。

随着汽车科技的不断进步,2005 年,CarSim 发布了第 4 个版本。这个版本引入了更高级的控制系统建模和仿真能力。例如,支持电子稳定性控制(electronic stability control,ESC)系统和自适应巡航控制(adaptive cruise control,ACC)系统等最新车辆辅助系统。这使工程师能够更好地评估和优化车辆的控制性能,提高驾驶安全性。

2010 年,CarSim 发布了第 5 个版本,以适应新兴的清洁能源汽车领域的需求。这个版本增加了对电动汽车(electric vehicle, EV)和混合动力车辆(hybrid vehicles, HV)的建模和仿真支持。随着全球对环保和可持续交通关注的日益增加,CarSim 为工程师提供了研发和优化新型车辆的有力工具。

2015 年,CarSim 发布了第 6 个版本,引入了更先进的多体动力学建模和仿真算法。这使 CarSim 能够更准确地模拟复杂的车辆动态行为,提高仿真的精度和计算效率。因此,工程师可以更好地评估车辆在不同情况下的操控性能和稳定性能,为汽车设计和开发提供更可靠的参考。

2016 年,CarSim 发布 2016.0 版本,其中包括对车辆动力学模型的改进、控制系统的增强及新功能的引入。

2017 年,CarSim 发布 2017.1 版本,该版本增加了对特定车型的详细建模和仿

真支持,并提供了更准确的模型和仿真结果。

2018年,CarSim发布2018.0版本,增强了对电动汽车和混合动力车辆的建模和仿真能力,改进了多体动力学和控制系统。

2019年,CarSim发布2019.0版本,该版本引入更高级的悬架系统建模和仿真功能,增加了对大型商用车辆的支持。

2020年,CarSim发布2020.0版本,进一步改进了控制系统的建模和仿真,增加了对胎压监测系统和自动驾驶功能的模拟支持。

除了这些版本更新外,CarSim还通过不断引入新的技术、算法和功能来改进软件的性能和使用体验。同时,CarSim还与其他软件和工具进行集成,为用户提供更全面的车辆仿真和分析解决方案。

CarSim的更新和改进仍在继续。它不断应用先进的技术和算法,满足不断变化的汽车工程和交通领域的需求。CarSim不仅被广泛应用于汽车制造商和供应商的产品开发与验证,还在交通工程领域得到广泛应用。它被用于交通流仿真、行驶安全性评估等方面,为交通系统的规划和优化提供重要的支持。

总之,CarSim作为一款功能强大、稳定可靠的虚拟车辆动力学仿真软件,经过多年的发展壮大,已成为汽车工程和交通领域不可或缺的工具。通过模拟和分析车辆的动态行为有助于工程师改进车辆的性能、操控性和安全性,促进汽车科技的发展和交通系统的优化。

3.1.2 CarSim基本架构

CarSim作为车辆动力学建模工具采用模块化的设计以支持高精度的车辆行为模拟,其架构由3个主要组件构成:仿真环境、求解器和可视化数据分析,如图3-1所示。其中,仿真环境组件主要负责车辆结构的参数模拟,以及仿真场景的生成。为确保仿真的真实性和准确性,CarSim通常需要处理复杂的动态模拟数据,求解器组件就提供了这种高性能的计算环境,且在求解器组件中CarSim还提供了Simulink接口,用于加载控制算法、求解模型文件、分析仿真结果。可视化数据分析组件由视频和数据图组成,可以实时观察车辆状态,以便对仿真结果进行进一步分析。

CarSim的仿真环境包括整车模型设置和仿真工程设置两部分,在整车模型中可以对整车结构(包括车辆质量、车长和车宽等参数)、车辆系统(包括驱动系统、制动系统和转向系统等)及车辆悬架(包括前悬架和后悬架)进行修改和组合。在仿真工况中主要负责设置仿真的输入输出形式、开始/结束条件和路况设置,具体来说,可以将速度、加速度、油门/刹车设置为输入,将车辆过程中的状态变化(如车辆横纵位置、速度等)设置为输出。开始与结束条件的设置可以使仿真在特定条件下进行,以得到目标结果。路况作为仿真中的重要部分,在车辆实际行驶中,对车辆的影响是最直接的,所以设置合适的路况对于仿真来说是至关重要的。

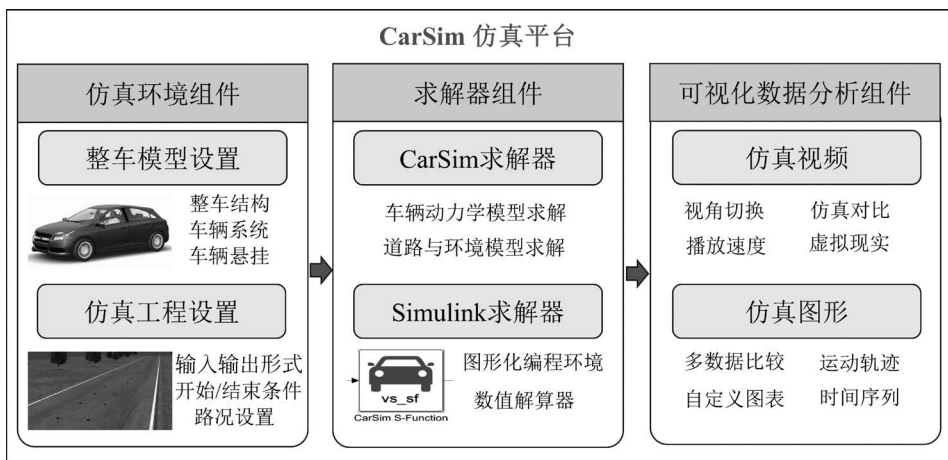


图 3-1 CarSim 软件架构

CarSim 中的求解器分为 CarSim 求解器和 Simulink 求解器。在自身求解器中,会对仿真中的车辆模型及道路模型进行求解,进而模拟车辆在仿真路况上的行驶情况。而在 Simulink 求解器中,CarSim 先将数据发送至 Simulink,然后在 Simulink 中设置车辆控制输入,进行车辆控制。CarSim 根据 Simulink 的输入在自身求解器中进行求解并得到输出数据。这两个求解器可在一定程度上处理复杂的动态数据,达到模拟真车驾驶的目的。

可视化数据分析界面分为视频和数据图。视频具有一般视频播放器的功能,包括快进、快退、暂停、切换视角和实时录制等,可以全方位地观察分析仿真车辆的行驶状态。而数据图可以根据仿真视频的播放实时生成数据,方便更进一步地观察车辆在某一时刻的行驶状态。

3.1.3 CarSim 工作界面

CarSim 提供了直观、易用的工作界面,使用户能够轻松地创建模型、设置参数、运行仿真等操作。以下是 CarSim 工作界面的主要组成^[1]。

1. 主工具栏

主工具栏包括文件操作(新建、打开、保存等)、模型显示(缩放、旋转、平移等)、仿真运行(开始、暂停、重置等)、数据输出(图表、文件导出等)等常用命令,如图 3-2 所示。下面围绕三维模型窗口、物理性能参数设置界面、驾驶控制和场景设置界面、结果输出界面展开详细介绍。

2. 三维模型窗口

该窗口显示车辆模型及其在仿真过程中的运动状况。用户可以通过鼠标或键盘控制视角更好地观察车辆的行驶情况,如图 3-3 所示。

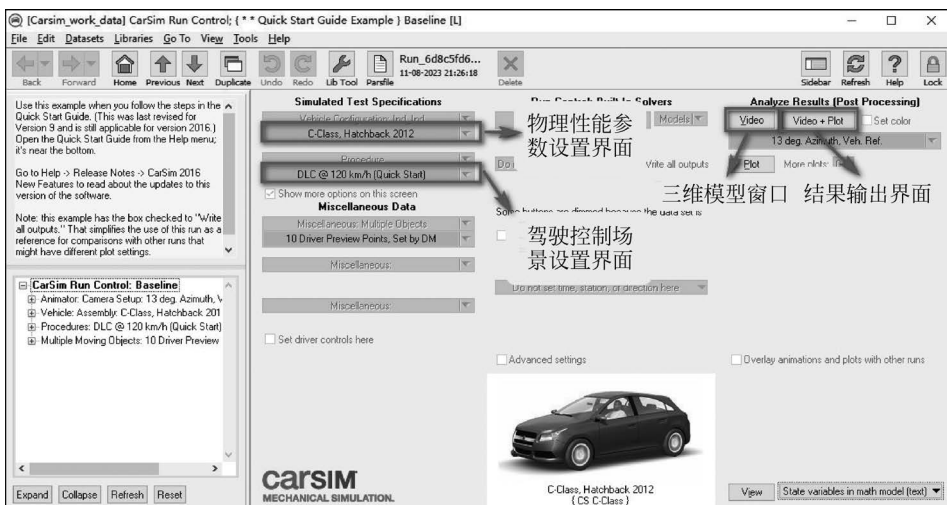


图 3-2 CarSim 主工具栏

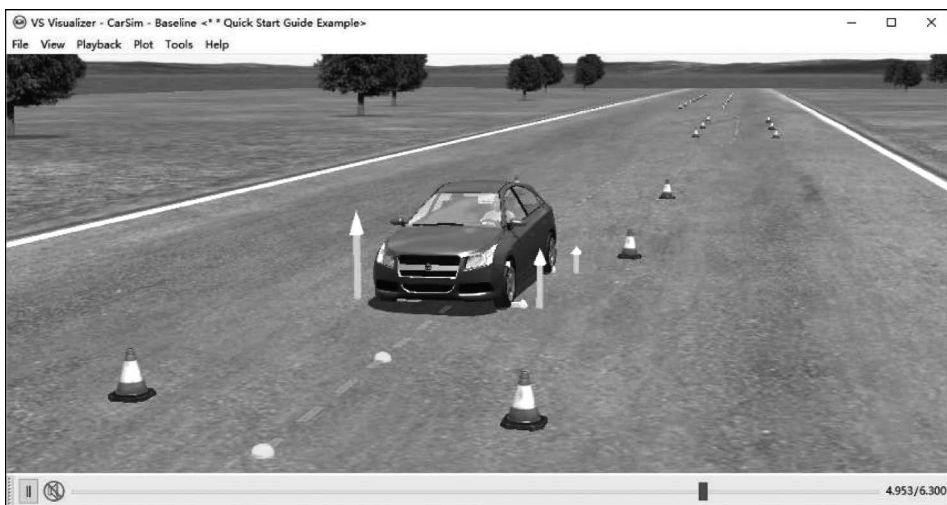


图 3-3 三维模型展示窗口

3. 物理性能参数设置界面

用户可以在该界面中设置车辆的各种物理参数,如车重、车辆惯性矩阵、车轮半径等。这些参数的设置对车辆的行驶性能和操控性能模拟结果影响很大,其界面如图 3-4 所示。

4. 驾驶控制和场景设置界面

用户可以在该界面中设置车辆的驾驶控制模式,如人工驾驶、自动驾驶等。还可以选取各种场景进行仿真,如不同路况、行驶速度等。其界面如图 3-5 所示。

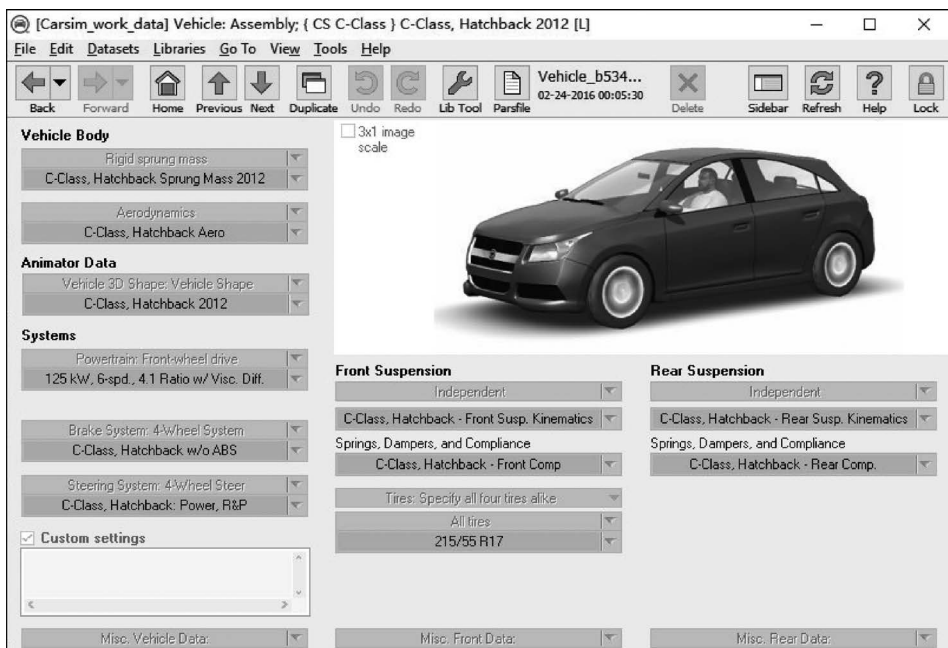


图 3-4 车辆物理性能参数设置界面

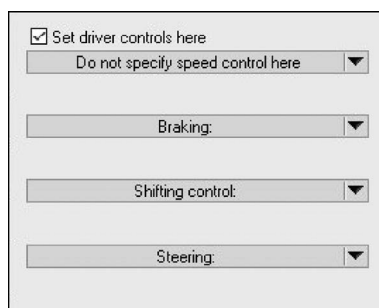


图 3-5 驾驶控制和场景设置界面

5. 结果输出界面

仿真结束后,用户可以通过该界面中的图表、数据表格、视频等形式查看模拟结果,以便对车辆的行驶性能和操控性能进行评估。其界面如图 3-6 所示。

总之,CarSim 提供了一系列易于使用的工具和界面,使用户能够方便地创建车辆模型、设置各种参数、仿真运行及分析结果。这些功能为汽车制造商、供应商和研究机构提供实用的工具和平台,以更好地评估和优化车辆的性能与驾驶体验。

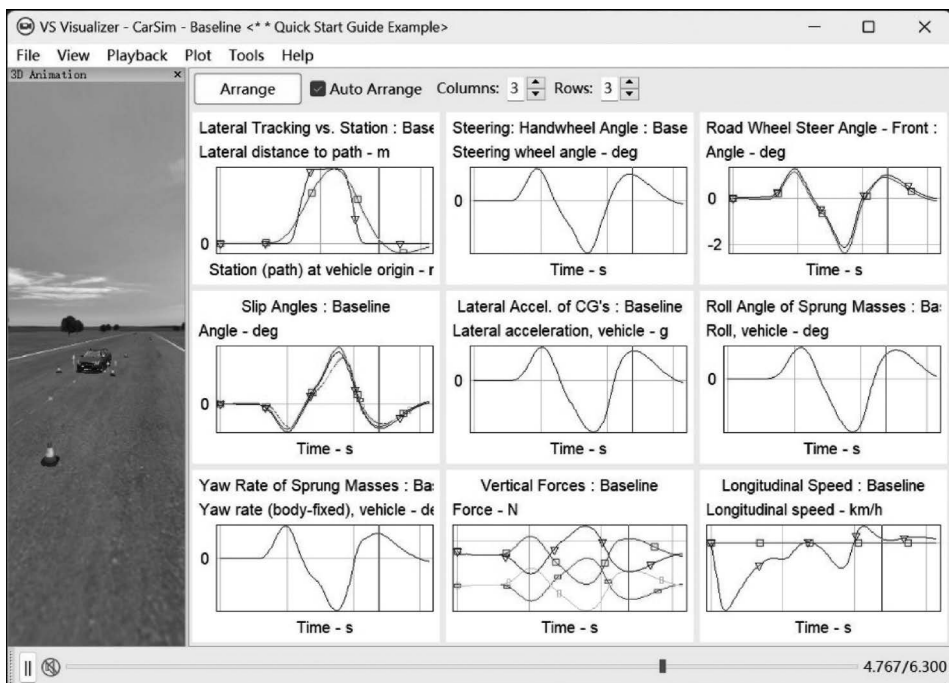


图 3-6 结果输出界面

3.2 CarSim 基础操作

在对 CarSim 进行操作前,需要先知道如何创建一个新的数据空间,以保证自己的操作在数据空间中进行。CarSim 中的三个主要概念需要操作者弄清楚,即数据库(database)、数据集(dataset)和函数库(libraries)^[3]。

1. 数据库

在 CarSim 中,数据库是一个用于存储和管理车辆动力学仿真数据的系统。它是一个关键组件,用于保存车辆测试、模拟和分析的结果,并支持模型参数的调整和优化。

数据库选择界面如图 3-7 所示,这里有两个数据库可以选择,分别是 CarSim2016 CarSim_work data 和 CarSim2016 CarSim_data。

任选一个数据库进入主界面,可以看到大量数据集和函数库,它们一起组成 CarSim 的主界面。

2. 数据集

数据集包括大量车辆参数、工况测试、道路等设置信息,并可在特定的界面上编辑。每个数据集被单独保存为一个 Parsfile 文件。数据集包括众多函数库,用

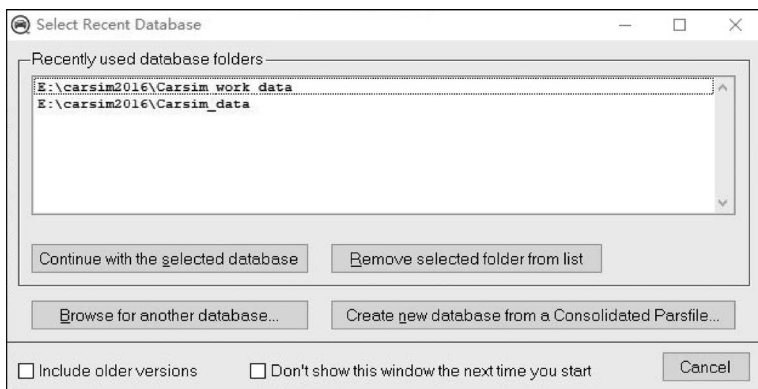


图 3-7 数据库选择界面

户通过选取特定的函数库构建不同的数据集,最终由这些数据集定义 CarSim 的仿真(工况、参数)设置。

3. 函数库

在对车辆的参数进行设置时,由于车辆中的一些参数不是固定值,而是随着一些变量变化的,所以 CarSim 设置了函数库以对车辆数据(参数)进行设置。

总而言之,数据库包括众多数据集,数据集包括众多函数库,用户通过选取特定的函数库构建不同的数据集,最终由这些数据集定义 CarSim 的仿真(工况、参数)设置。

3.2.1 驾驶员控制

在 CarSim 中,驾驶员控制是指模拟驾驶员对车辆的操控行为。CarSim 中的驾驶员控制包括方向盘转角、油门和刹车操作等,通过这些控制输入模拟驾驶员对车辆的实际操控。这些输入可以根据不同的驾驶情景和测试需求进行调整,以评估车辆在现实驾驶情况下的动态响应和性能表现。通过模拟驾驶员控制,CarSim 可以更真实地反映车辆在不同驾驶条件下的行为,为工程师和研发人员提供有价值的信息与数据。

如图 3-8 所示,驾驶员控制界面分为 4 个部分,分别为驱动控制、制动形式、挡位变换和转向控制。

驱动控制有几种模式可供选择,分别为初始速度+节气门开度、节气门开度、目标速度、不指定速度控制。其中,初始速度+节气门开度和节气门开度这两种模式通过油门对车辆的速度进行控制,而目标速度只需要输入一个速度值,车辆就会往目标速度趋近并最终保持目标车速行驶;不指定速度控制是指不在 CarSim 中对车辆速度进行调整,一般会开放接口用于外部控制,如 Simulink 等。

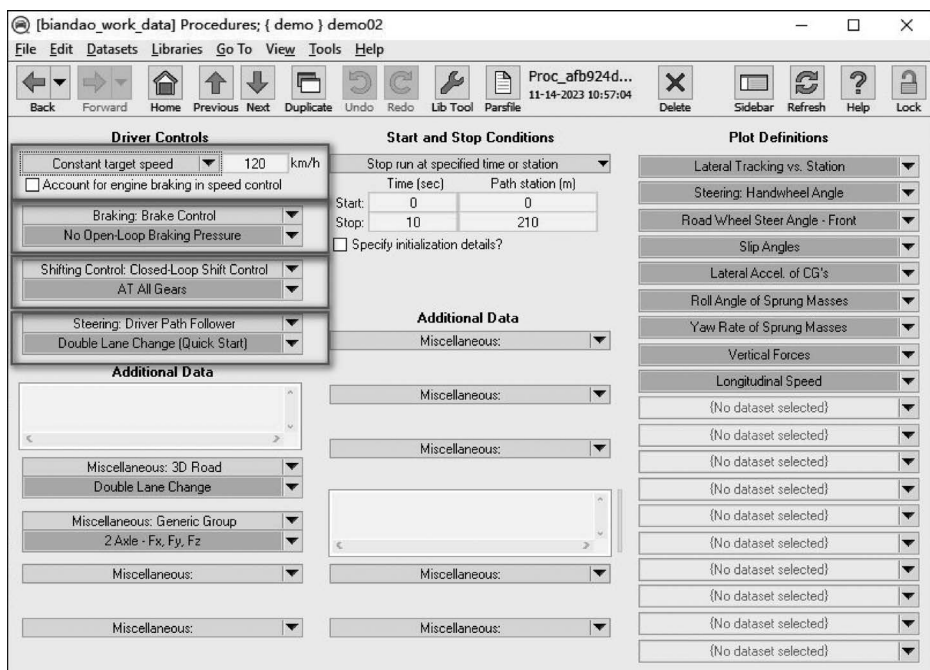


图 3-8 驾驶员控制界面

3.2.2 开始与结束条件

在 CarSim 仿真中,为更好地与现实的实验进行比照,设置了开始与结束的条件,如图 3-8 界面的中间部分所示。条件设置包括规定时间停止、规定时间或地点停止、永久运行、仅设置初始时间和地点、不指定时间地点和方向。从给出的条件可以看出设置的参数类型,规定时间停止仅设置开始和停止的时间,使仿真在规定时间内运行;规定时间或地点停止不仅可以设置开始和停止的时间,还可以设置开始和停止的地点,比如设置在 200m 处停止仿真,则仿真会在车辆行驶 200m 后终止,此时就算运行时间不到规定的时间,仿真也会停止,这样操作者既得到了想要的数 据,也节省了时间;不指定时间地点和方向的设置与驾驶员控制中的驱动控制的不规定速度类似。

3.2.3 曲线图像

作为一个专业的仿真软件,CarSim 同样具有数据可视化功能,其界面如图 3-9 所示。

这里以 CarSim 中自带的“* Quick Start Guide Example”仿真为例,其中方框中即曲线图像设置。曲线图像分为两部分:一部分是影像(Video),另一部分是绘图(Plot)。我们先对“Video”进行介绍,首先单击“Run Math Model”,将车辆数据运行出来,然后单击“Video”,可以看到图 3-10 所示的界面。

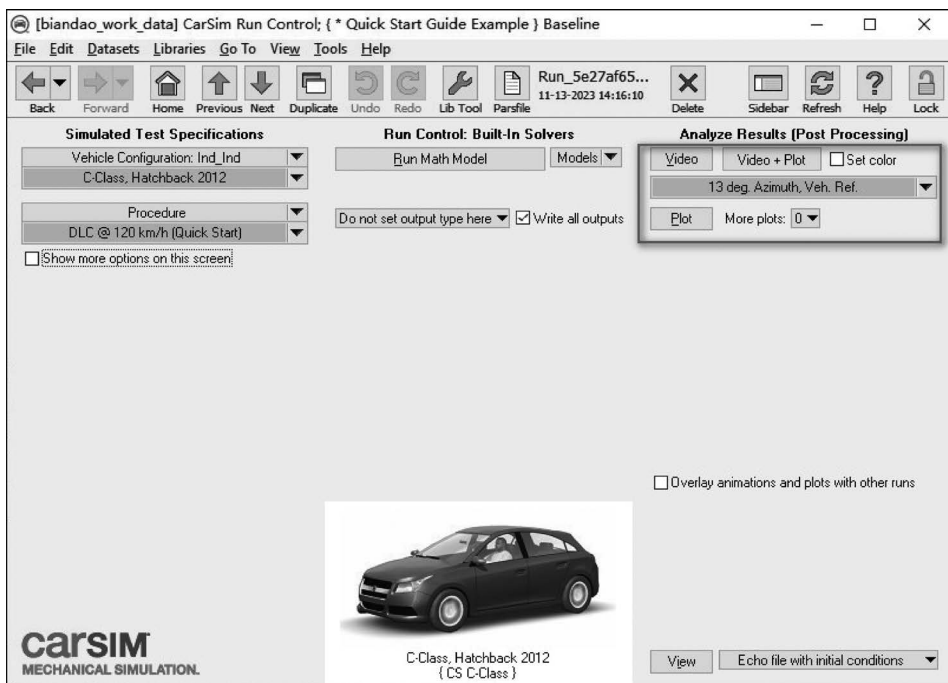


图 3-9 可视化功能界面

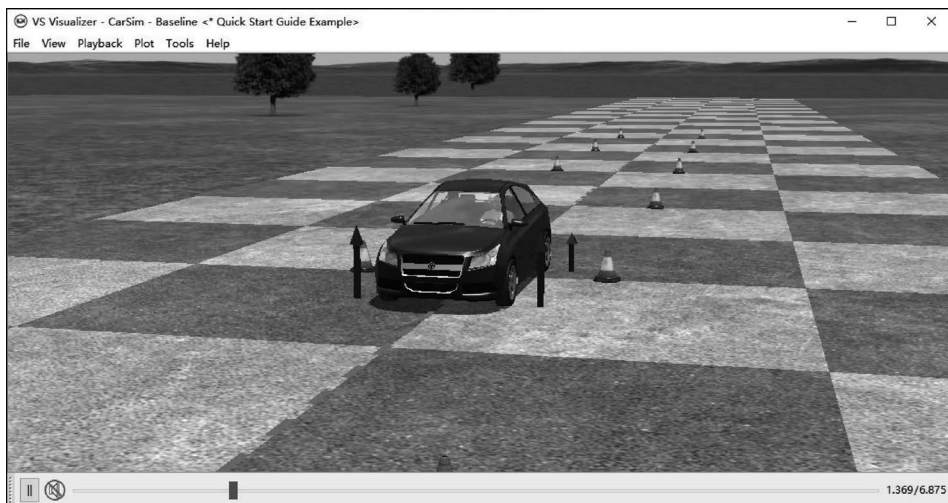


图 3-10 Video 界面

可以看到车辆按照示例中的轨迹行驶。打开“Video”后,为方便查看,可以将视频慢放。在打开的“Video”上方的“View”菜单中打开“Advanced Playback Controls”和“Time Multiplier”,可以在视频下方出现,如图 3-11 所示。