

广州铁路职业技术学院资助出版
高等职业院校技能型人才培养优质教材
机械制造与自动化专业群城市轨道交通机电技术专业教材

SolidWorks 运动与 系统仿真实战教程

主 编 李兆飞 梁泽权

副主编 诸进才 张菊红 胡艳娥

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

SolidWorks 运动与系统仿真实战教程 / 李兆飞, 梁
泽权主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2021.7
ISBN 978-7-5643-8145-5

. S... . 李... 梁... . 计算机辅助设计
- 应用软件—高等教育—教材 . TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2021) 第 141972 号

SolidWorks Yundong yu Xitong Fangzhen Shizhan Jiaocheng

SolidWorks 运动与系统仿真实战教程

主编 李兆飞 梁泽权

责任编辑 罗在伟

封面设计 吴 兵

出版发行 西南交通大学出版社
(四川省成都市金牛区二环路北一段 111 号
西南交通大学创新大厦 21 楼)

邮政编码 610031

发行部电话 028-87600564 028-87600533

网址 <http://www.xnjdcbs.com>

印刷 成都蜀通印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm

印张 24.75

字数 616 千

版次 2021 年 7 月第 1 版

印次 2021 年 7 月第 1 次

书号 ISBN 978-7-5643-8145-5

定价 69.80 元

课件咨询电话: 028-81435775

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

本书编委会

主任：陈敏 林燕波

副主任：李助军

秘书：刘锦龙

编委：李兆飞 梁泽权 诸进才 张菊红 胡艳娥



前言

PREFACE

为深入贯彻国务院和教育部关于职业教育的相关文件精神，进一步深化职业教育的教学改革，提高人才培养质量，编者根据高等职业教育的教学特点，结合机加工专业的教学实际，坚持以服务为宗旨、以就业为导向、以技能为核心的职业教育理念，推广教育信息化，在广泛调研的基础上编写了本书。

本书以“项目为导向、任务作驱动、教学做一体化”教学模式的改革为编写方向，以机电产品的运动与有限元分析中典型工作任务为主要内容，第一部分以千斤顶、曲柄滑块机构、牛头刨床等典型机构为技术依据，精心设计了运动仿真的认知、机构的设计与装配、干涉检查、运动与力的观察与计算等 9 个学习项目，共计 18 个学习任务。第二个部分以平板、L 形支架、水槽、梁等典型产品模型为技术依据，精心设计了有限元分析的认知、静应力分析流程、干涉检查、实体单元、壳单元、梁单元、网格控制、网格细化、实体接触等 11 个学习项目，共计 20 个学习任务。

每个学习项目都按照“学习目标—重难点—项目描述—知识准备—项目实施—项目总结”的脉络编写。“知识准备”环节中，理论知识讲解以“够用”为原则，深入浅出、透彻明了；“项目实施”环节中，基于运动与有限元分析的工作过程，注重项目实施的过程性与完整性。

本书采用“教学做一体化”的教学模式，各项目教学学时建议如下：

项目	项目内容	建议学时
项目 1	运动仿真及力——千斤顶分析	4
项目 2	运动模型建立及其后处理——曲柄滑块分析	2
项目 3	牛头刨床驱动机构建模与仿真	2
项目 4	奥氏仪表机构设计与仿真	2
项目 5	复合轮系传动机构设计与仿真	2
项目 6	接触、弹簧及阻尼——抛射器分析	2
项目 7	实体接触——锁装置分析	2
项目 8	曲线到曲线接触——槽轮机构	2
项目 9	凸轮合成运动仿真	2
项目 10	SolidWorks Simulation 入门——平板分析	2
项目 11	实体单元网格控制——L 形支架分析	4

项目 12	带接触的装配体——虎钳分析	2
项目 13	壳单元——水槽的结构分析	2
项目 14	梁单元——梁的结构分析	2
项目 15	混合单元——料斗的结构分析	2
项目 16	对称和自平衡装配体——冷缩配合零件分析	2
项目 17	网格细化——万向节分析	2
项目 18	兼容与不兼容网格——转子分析	2
项目 19	设计情形——悬架设计	4
项目 20	优化分析——压榨机壳体优化	4
合 计		48

本书由广州铁路职业技术学院李兆飞、广州宇喜资讯科技有限公司梁泽权担任主编，李兆飞负责编写项目 1、3、4、10、11、19、20，并完成统稿，梁泽权负责编写项目 2、12、13；广州铁路职业技术学院诸进才、张菊红、胡艳娥担任副主编，负责编写项目 5、6、7、8、9、14、15、16、17。本书在编写的过程中，参阅了大量的书籍和资料，在此对原著作者一并表示感谢！

本书可以作为高职院校机械类专业的教材，也可以作为运动与系统仿真技能培训用书，还可以作为企业从事有限元分析人员学习参考书籍。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏和不足之处，恳请业内专家、同仁、广大读者批评斧正（编者邮箱：274066938@qq.com）。

编 者

2021 年 4 月于广州



目录 CONTENTS

项目 1 运动仿真及力——千斤顶分析	001
项目 2 运动模型建立及其后处理——曲柄滑块分析	0 错误!未定义书签。
项目 3 牛头刨床驱动机构建模与仿真	0 错误!未定义书签。
项目 4 奥氏仪表机构设计与仿真	0 错误!未定义书签。
项目 5 复合轮系传动机构设计与仿真	0 错误!未定义书签。
项目 6 接触 弹簧及阻尼——抛射器分析	错误!未定义书签。
项目 7 实体接触——锁装置分析	错误!未定义书签。
项目 8 曲线到曲线接触——槽轮机构	错误!未定义书签。
项目 9 凸轮合成运动仿真	错误!未定义书签。
项目 10 SolidWorks Simulation 入门——平板分析	错误!未定义书签。
项目 11 实体单元网格控制——L 形支架分析	错误!未定义书签。
项目 12 带接触的装配体——虎钳分析	错误!未定义书签。
项目 13 壳单元——水槽的结构分析	错误!未定义书签。
项目 14 梁单元——梁的结构分析	错误!未定义书签。
项目 15 混合单元——料斗的结构分析	错误!未定义书签。
项目 16 对称和自平衡装配体——冷缩配合零件分析	错误!未定义书签。
项目 17 风格细化——万向节分析	错误!未定义书签。
项目 18 兼容与不兼容网络——转子分析	错误!未定义书签。
项目 19 设计情形——悬架设计	错误!未定义书签。
项目 20 优化分析——压榨机壳体优化	错误!未定义书签。
参考文献	错误!未定义书签。

项目 1

运动仿真及力——千斤顶分析



学习目标

- (1) 掌握使用装配体运动生成千斤顶装配体运动的动画。
- (2) 使用 SolidWorks Motion 模拟千斤顶的物理性能，确定起升一辆车所需的力矩。
- (3) 完成 3D 四连杆机构分析。
- (4) 通过任务学习，认知运动仿真及力。



重难点

- (1) 生成装配体运动的动画。
- (2) 四连杆机构分析。



项目描述

任务 1 千斤顶分析

本课程中，我们将使用 SolidWorks Motion 进行一次基本的运动分析，仿真千斤顶上的汽车重力，并确定起升汽车所需的力矩。工程师可以利用这些信息选择合适的电动马达驱动千斤顶。

1. 千斤顶基本情况

如图 1-1 所示，千斤顶是顶升重物的一种机构，最常用的有车辆千斤顶、卧式千斤顶和修车千斤顶。人们可以利用千斤顶，抬起一辆汽车，并对汽车进行维护。千斤顶液压机构液压力越大，提升的距离越长。这些千斤顶一般按最大提升能力划分等级（例如 1.5 t 或 3 t）。

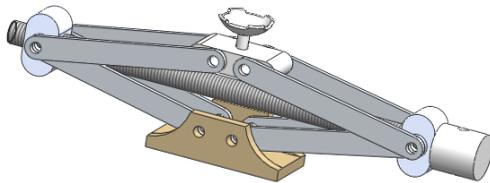


图 1-1 千斤顶

因为这是第一次进行运动分析，本项目只进行简单运动分析，如果深入研究，还需要在配合件的辅助下防止千斤顶摇晃。

2. 问题描述

以 100 r/min 的速度驱动千斤顶，使其承受 8 900 N 的力，用于模拟车辆的重力。确定千斤顶在运动范围内提升至负载所需的力矩和功率。

3. 任务完成的关键步骤

- 生成一个运动算例：新建一个运动算例。
- 添加一个旋转马达：旋转马达用于驱动千斤顶。
- 添加引力：添加一个标准重力，确保千斤顶的重力也被计算在内。
- 添加车辆的重力：车辆的重力将相对于支撑底座添加为一个向下的力。
- 计算运动：系统默认的分析将持续 5 s，但此处将延长该时间，使得千斤顶可以完全展开。
- 图解显示结果：生成多个图解来显示力矩和所需的功率。

任务 2 3D 四连杆机构分析

1. 任务基本情况

图 1-2 所示为 3D 四连杆机构，该机构中只有 4 个零件。

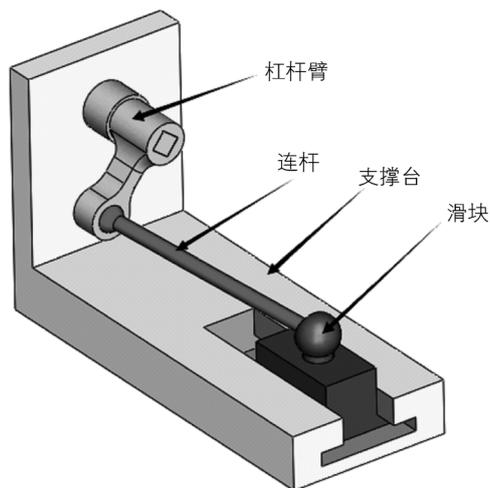


图 1-2 3D 四连杆机构

零件“support”固定在地面上，零件“LeverArm”的转动会导致零件“SliderBlock”滑动。

2. 任务描述

零件“LeverArm”以恒定的 $360(^{\circ})/s$ 的角速度简单地转动。确定驱动这个机构所需的力矩大小，并从运动仿真的结果中图解显示出来。



知识准备

1. 驱动

运动可以通过引力、弹簧、力或马达来驱动。每一项都可以调控不同的特性。

马达：马达可以创建线性、旋转或与路径相关的运动，也可以用来阻碍运动，也可以通过不同的方法定义这个越动。

- 等速：马达将以恒定的速度进行驱动。
- 距离：马达将移动一个固定的距离或角度。
- 震荡：震荡运动是指在一指定频率下的某特定距离中产生的往复运动。
- 线段：运动轨迹由最常用的函数进行构建，如线性、多项式、半正弦或其他。
- 数：指点以内插值计算得到的运动由一组表格数值进行驱动。
- 表达式：运动可以通过已有变量和常量创建的函数进行驱动。
- 伺服马达：该马达用于对基于事件引发的运动实施控制指令。

操作方法：在 Motion Manger 的工具栏中，单击【马达】。

2. 引力

当零件的质量影响到诸如物体自由落体运动的仿真时，引力是一个非常重要的数值。在 SolidWorks Motion 中，引力包含两部分内容：

- 引力矢量的方向。
- 引力加速度的大小。

用户可以在引力属性中指定引力矢量的方向和大小，也可以通过选择 X、Y、Z 方向，或指定参考基准面来定义引力矢量，而加速度的大小必须单独输入。引力矢量的默认值是 Y 方向及 9806.65 mm/s^2 的大小，或在当前单位下的等效数值。

单击【引力】按钮，在【引力参数】的【方向参考】中选择【Y】；在【数字引力值】中，输入数值 9806.65 mm/s^2 ，如图 1-3 所示。

单击【确定】按钮。

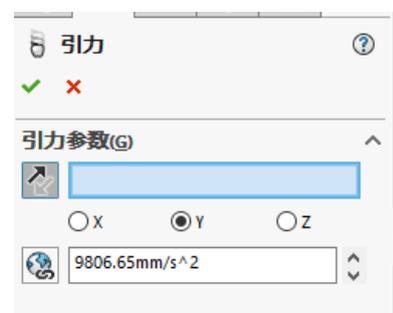


图 1-3 定义引力

3. 力

力的要素（包含力和力矩）用于激发运动模型中的零件和子装配体的动态行为，通常体现了作用在分析装配体上的一些外部效应。

力可能抵制或诱发运动，可以使用类似于定义马达时使用的函数（常量、步进、函数、表达式或向内插值）来定义力。SolidWorks Motion 中的力可以划分为两个基本类：

1) 只有作用力

单独加载的力或力矩体现的是加载到零件或装配体上的外部对象和载荷的效果。加载到千斤顶上车辆的重力或作用在车身上的空气阻力，都是“只有作用力”的例子，如图 1-4 所示。

2) 作用力和反作用力

一对力或力矩，包含作用力和相应的反作用力。最典型的例子就是弹簧的弹力，因为二者作用在同一条线上，并且弹簧安装点作用在装配体上。另一个例子就是将自己的双手推在一个物体的两个相反方向上，这样便可以体现在运动分析中作用在同一条线上的一对相反的两个等效力，也就是作用力和反作用力。

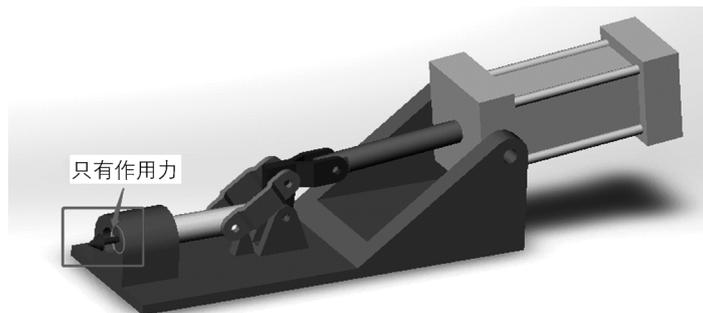


图 1-4 只有作用力

(1) 外加力

外加力是指在一个零件上的特定位置定义的载荷力。用户必须通过指定一个恒定力数值或一个函数表达式，来提供对力行为的自我解释，SolidWorks Motion 中可用的外加力为：外加力、外加力矩、作用力/反作用力和作用力矩/反作用力矩。

只有作用力的方向可以是固定的，或相对于机构中任何零件的方向是固定的。外加力用于模拟诸如制动器、火箭、气动载荷和更多其他的例子。

(2) 力的定义

要定义一个力，则必须指定 3 个要素：

- 力作用的零件或零件组。
- 力的作用点。
- 力的大小及方向。

力：在 Motion Manager 工具栏中单击【力】按钮。

(3) 力的方向

力的方向源于用户在【方向】中指定的参考零件，如图 1-5 所示。下面给出了三种情况，

向用户解释了力的方向是如何随着所选参考零件的变化而发生变化的。

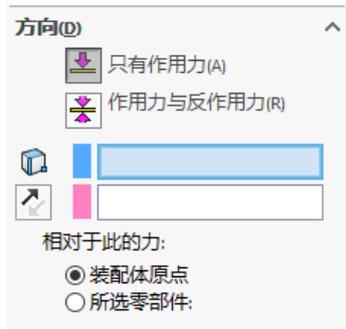


图 1-5 力的方向

情况 1 基于固定零部件的力的方向，如果固定零部件是装配体的基础，则力的初始方向将在整个仿真过程中保持不变，如图 1-6 所示。

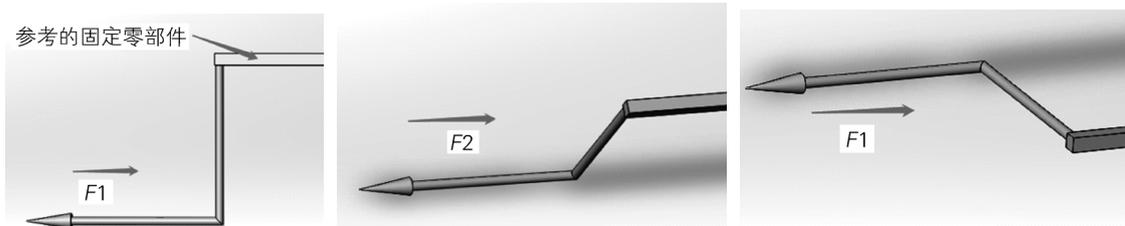


图 1-6 基于固定零部件的力的方向

情况 2 基于所选移动零部件（用户想添加作用力的零部件）的力的方向，如果加载力的零件用作参考基准，则在整个仿真的时间内，力的方向与该零件的相对方向保持不变（也就是说，与用于定义方向的实体的几何体保持相对关系），如图 1-7 所示。

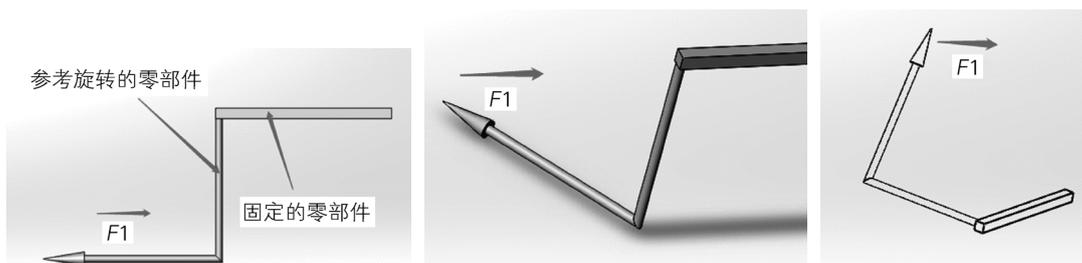


图 1-7 基于所选移动零部件的力的方向 1

情况 3 基于所选移动零部件（用户不想添加作用力的零部件）的力的方向，如果另一个移动的零件用作参考基准，则力的方向将根据移动实体这个参考对象的相对方向而变化。如果用户在一端固定的实体上施加力的作用并使用一个旋转的零件作为参考基准时，将会发现力会随着参考实体一起转动，如图 1-8 所示。

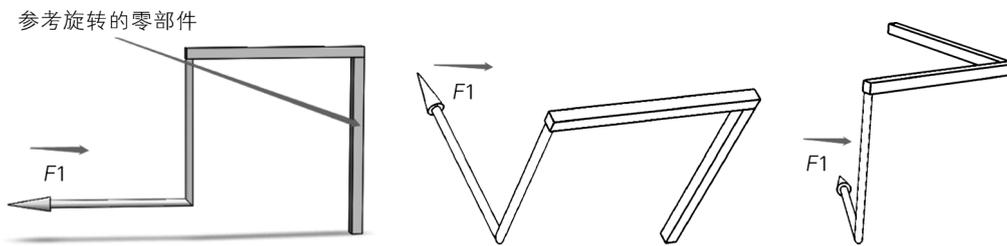


图 1-8 基于所选移动零部件的力的方向 2

提示：确保引力符号的方向是沿着 Y 的负方向。

4. 结果

运动算例得到的输出内容主要是一个参数相对于另一个参数（通常为时间）的图解。运动算例计算完毕后，则可以对各种参数创建图解。所有存在的图解都列于 Motion Manager 设计树的底端。

(1) 图解类别——可以建立以下类别的图解：

勾选：

- 位移
- 加速度
- 动量
- 力量
- 速度
- 力
- 能量
- 其他数量

(2) 子类别——可以按照下面的类别创建图解：

- 跟踪路径
- 线性位移
- 线性加速度
- 角速度
- 马达力
- 反作用力
- 摩擦力
- 接触力
- 角力矩
- 角动能
- 势能差
- 俯仰
- 滚转
- 勃兰特角度
- 质量中心位置
- 线性速度
- 角位移
- 角加速度
- 马达力矩
- 反力矩
- 摩擦力矩
- 平移力矩
- 平移动能
- 总动能
- 能量消耗
- 偏航
- Rodriguez 参数
- 投影角度

(3) 调整图解大小——可以通过拖动任何边界或边角来调整图解大小。

(4) 结果和图解——在 Motion Manager 工具中单击【结果和图解】按钮。



项目实施

任务 1 千斤顶分析

步骤 1 确保勾选了 SolidWorks Motion 插件。

进入【工具】/【选项】，确保勾选了 SolidWorks Motion 插件，如图 1-9 所示，单击【确定】按钮。

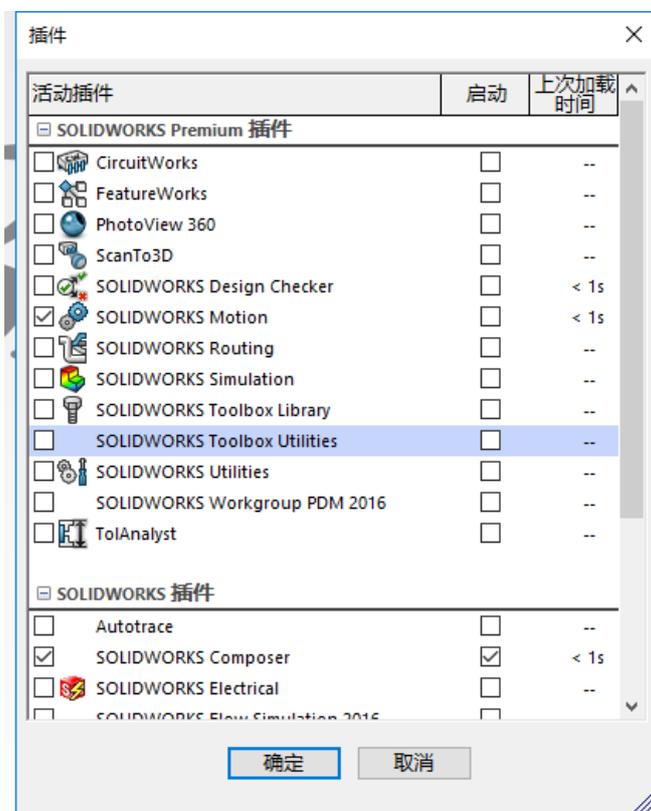


图 1-9 勾选 SolidWorks Motion 插件

步骤 2 打开装配体文件。

从文件夹“SolidWorks Motion Simulation Lesson01\Case Study\Car_Jack”下打开文件“Car_Jack”。

步骤 3 设置文档单位。

SolidWorks Motion 使用 SolidWorks 文档中的文档单位设置。依次选择【工具】/【选项】/【文档属性】/【单位】，在【单位系统】中选择【MMGS (毫米、克、秒)】。此处将设置长度单位为【毫米】，力的单位为【牛顿】，如图 1-10 所示，单击【确定】按钮。

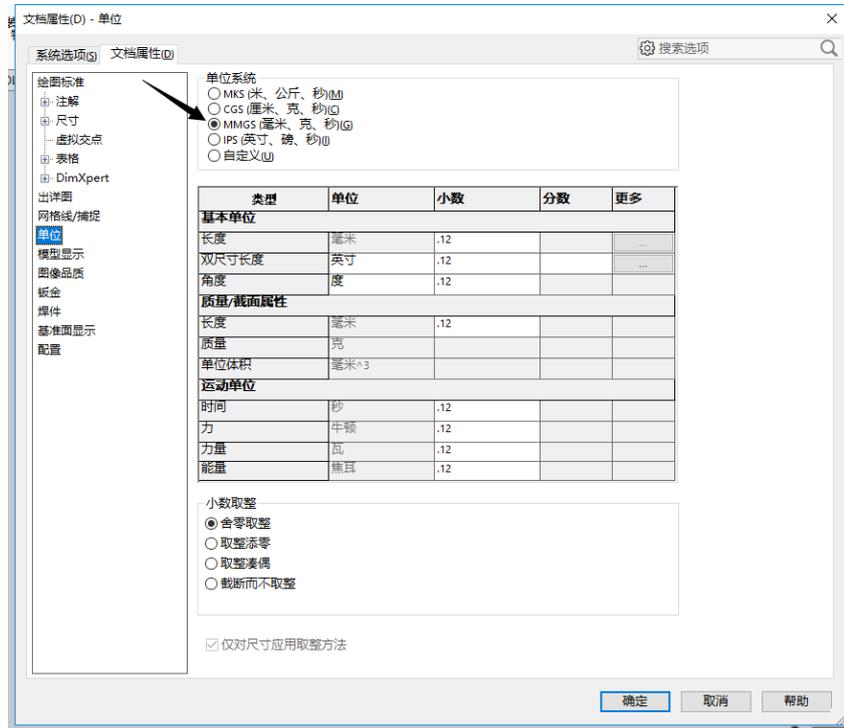


图 1-10 设置单位

步骤 4 切换到运动算例页面。

切换至【Motion Study 1】选项卡。如果该选项卡没有显示，请勾选【视图】/【用户界面】/【Motion Manager】，如图 1-11 所示。

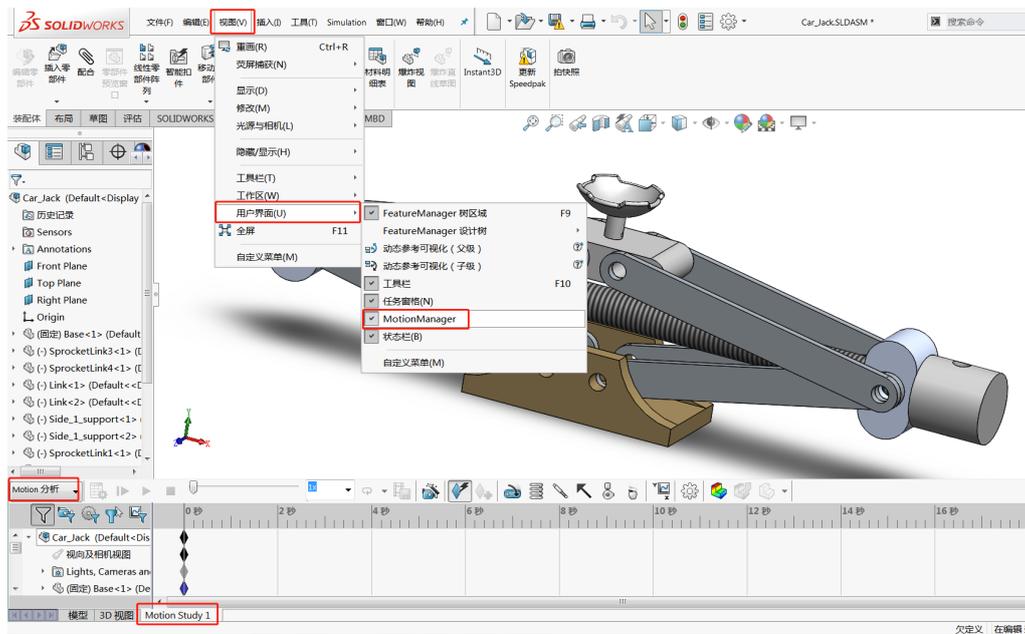


图 1-11 切换到运动算例页面

步骤 5 激活运动算例类型。

从可选类型中选择【Motion 分析】，如图 1-12 所示，【动画】用于创建以分析为目的的动画。【基本运动】用于创建对模型应用质量、引力和碰撞的动画。【Motion 分析】是一个完整、严格的实体模拟环境，用于获取精确的物理数据和动画。

步骤 6 生成一个马达，以 100 r/min 的速度驱动 Screw_rod。

单击【马达】，在【马达类型】中选择【旋转马达】。在【零部件/方向】中选择零件 Screw_rod 的圆柱面。【马达方向】将自动加入相同的面以指定方向。单击【反向】按钮以重新定向马达，如图 1-13 所示。

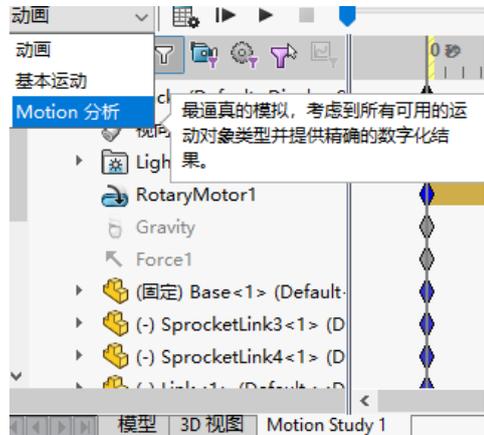


图 1-12 运动算例类型

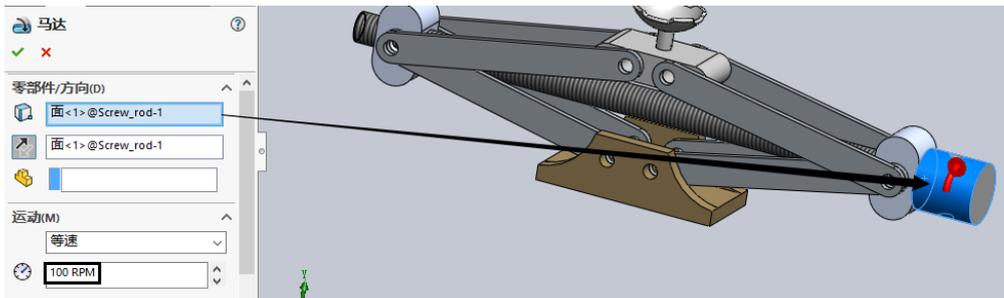


图 1-13 定义马达参数

注意：确保马达的方向与图中显示的方向保持一致。

单击 Property Manager 中的图表，查看放大的结果，如图 1-14 所示。

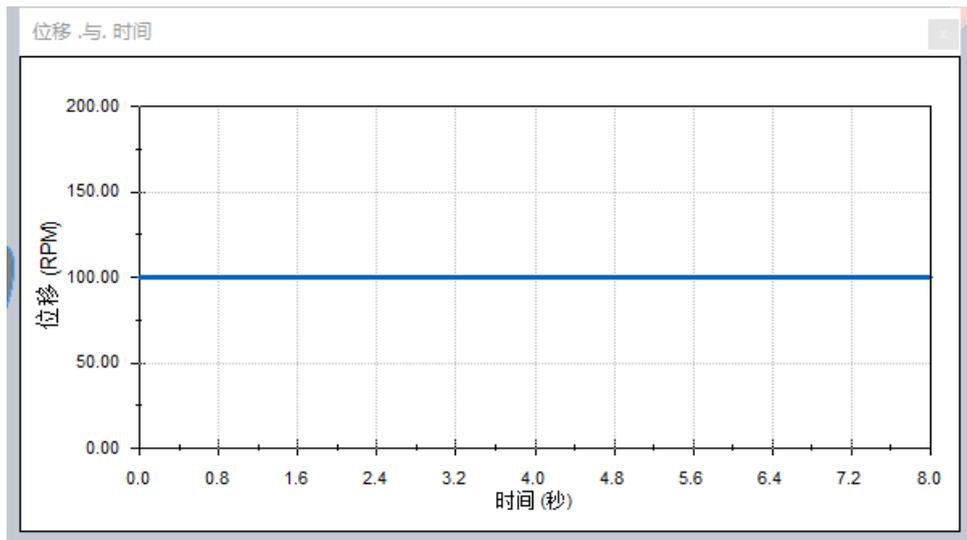


图 1-14 放大的结果

关闭图表，单击【确定】按钮。

步骤 8 添加力。

单击【力】按钮，在【类型】处选择【力】，在【方向】处选择【只有作用力】，在【作用零件和作用应用点】处选择零部件 Support-1 的圆形边线，如图 1-15 所示，在【力的方向】处选择零部件 Base-1 的垂直边线。

提示：默认的力的方向由【作用零件和作用应用点】中选择的圆形边线来定义，即垂直于边线的基准面。由于这个例子中默认的方向是正确的，因此没有必要在【力的方向】域中再选择边线，这样做完全是基于满足教学的需要。

在【力函数】下方，选择【常量】，输入力的数值“8 900 N”，如图 1-15 所示。

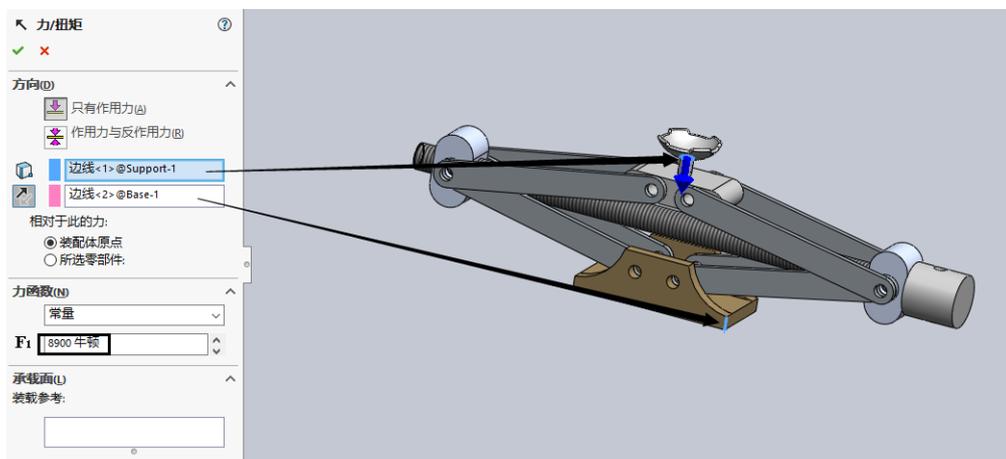


图 1-15 指定力大小

提示：确保力的方向指示朝下。

单击【确定】按钮。

步骤 9 运行仿真。

单击【计算】按钮，仿真计算 5 s 的内容。

步骤 10 运行包含 8 s 的仿真。

将结束时间帧拖至时间轴的 8 s 处，如图 1-16 所示。单击【计算】。

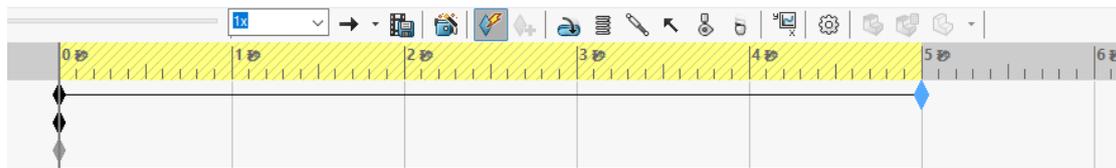


图 1-16 更改时间

步骤 11 图解显示提升车辆所需的力矩。

单击【结果和图解】按钮。在【结果】中，选择类别为【力】；在【子类别】中，选择【马达力矩】；在【选取结果分量】中选择【幅值】；在【选取旋转马达对象来生成结果】中，选择创建的【旋转马达 1】，如图 1-17 所示。单击【确定】按钮。

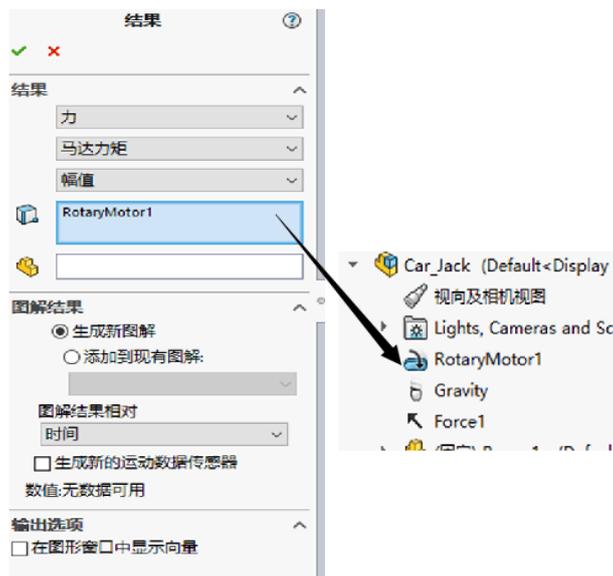


图 1-17 定义结果

所需力矩图解立即出现在图形区域，如图 1-18 所示，所需力矩大约为 7244 (N · mm)。

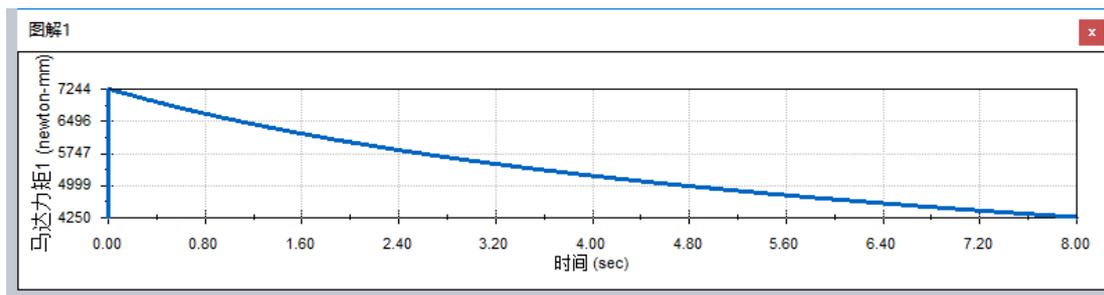


图 1-18 力矩图解

提示：若选择【旋转马达 1】，便会在图形区域出现三重轴。坐标系指明了马达的本地 X、Y 和 Z 轴，输出的数值有可能就显示在这些轴上。对这个例子而言，需要的数据图解是独立于坐标系的，后续项目将重点介绍后处理的细节。

步骤 12 图解显示起升 8 900 N 所产生的能量消耗。

下面将这个图解添加到现有图解中，单击【结果和图解】按钮。

在【结果】中，选择类别为【动量/能量/力量】；在【子类别】中选择【能量消耗】；在【选取马达对象来生成结果】中，选取在步骤 11 中选择的【旋转马达】；在【图解结果】中，选择【添加到现有图解】，并从下拉菜单中选择【图解 1】，如图 1-19 所示，单击【确定】按钮。

能量消耗为 76 W。基于转矩和能量信息，可以选择一款马达并用于驱动 Screw_rod，来替代人的手工劳动。

步骤 13 播放动画。

单击【播放】按钮，竖直的时间线同时显示在 Motion Manager 和图解中，显示对应的时间。单击【停止】按钮。

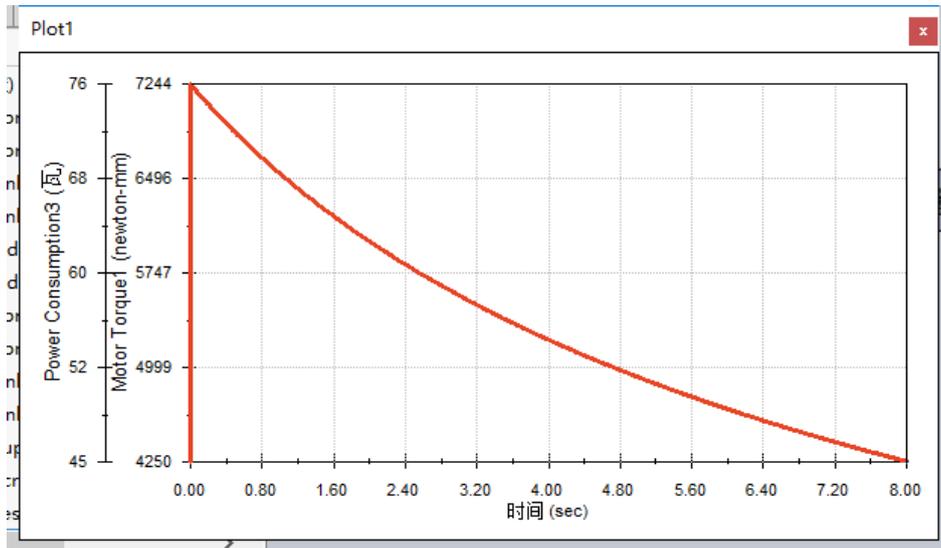


图 1-19 能量消耗图解

步骤 14 图解显示 Support 竖直方向的位置。

单击【结果和图解】按钮。

在【结果】中，选择类别为【位移/速度/加速度】；在【子类别】中，选择【线性位移】；在【选取结果分量】中，选择【Y 分量】；在【选取单独零件上两个点/面】中，选择 Support 的顶面，如果没有选择第二个项目，则地面将作为默认的第二个零部件或参考；【定义 XYZ 方向的零部件】选项默认为空白，这表明位移将以默认的全局坐标系生成报告，如图 1-20 所示。

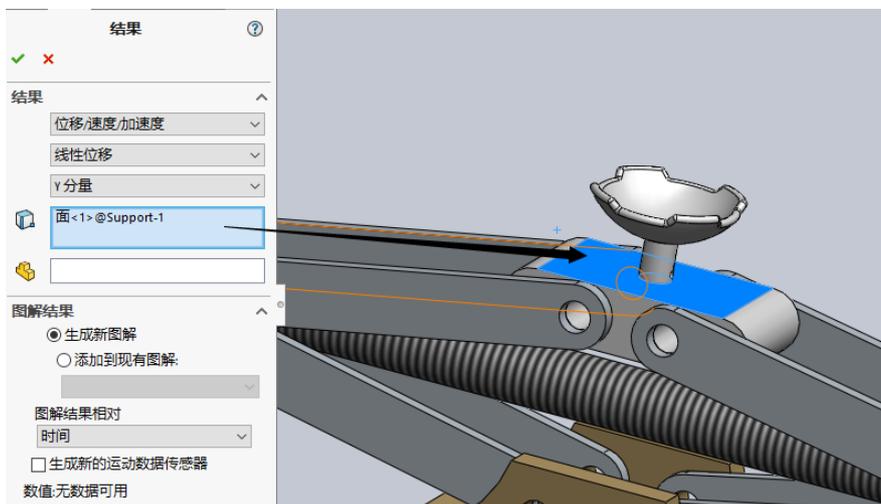


图 1-20 定义竖直位置结果

提示：位移是基于 Support 零件的原点进行测量的，在图 1-20 中显示为一个小蓝球，以区别于 Car_Jack 装配体的原点。结果将以默认的全局坐标系生成报告。单击【确定】按钮。

图 1-21 表明了 Support 零件的原点在全局 Y 坐标方向的改变量，因此在全局坐标 Y 轴正方向的线性位移为 51 mm (161 mm ~ 212 mm)。

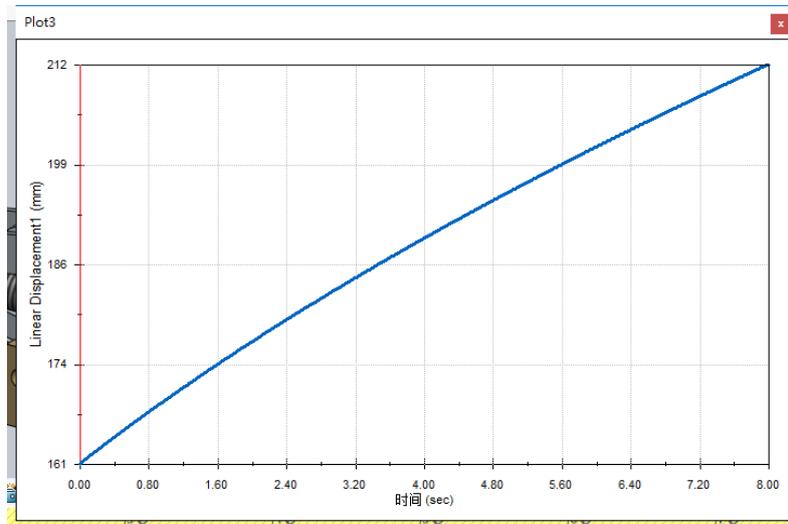


图 1-21 位移图解

步骤 15 修改图解。

修改图解的横坐标，显示马达的角位移。在 Motion Manager 树中，展开“Results”文件夹。右击“图解 2”，在弹出的快捷菜单中选择【编辑特征】命令。在【图解结果】的【图解结果相对】中，选择【新结果】；在【定义新结果】中，选择【位移/速度/加速度】。在【子类别】中，选择【角位移】；在结果分量中，选择【幅值】；在仿真单元中，选择【旋转马达 1】，如图 1-22 所示。单击【确定】按钮。

步骤 16 查看图解。

图解结果有些粗糙，坐标点并未完全覆盖 $-180^{\circ} \sim 180^{\circ}$ 的范围。要想得到更好的图解，则必须保存更多的数据到磁盘中。修改后的位移图解结果如图 1-23 所示。

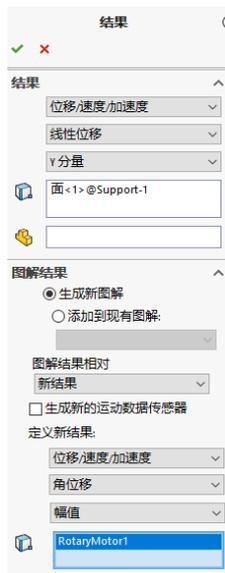


图 1-22 修改结果

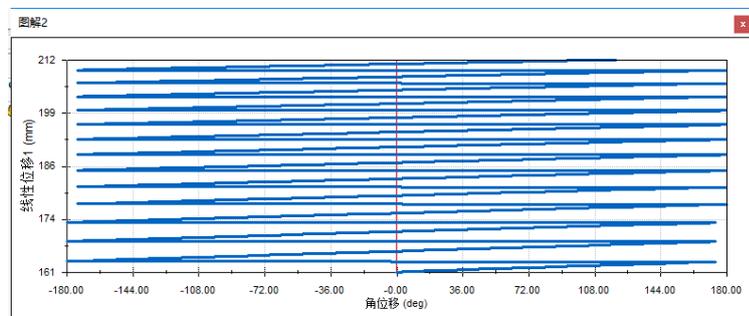


图 1-23 修改后的位移图解结果

算例属性：SolidWorks Motion 拥有一套特有的属性来控制算例计算和显示的方式。

操作方法：单击 Motion Manager 工具栏中的【运动算例属性】按钮。

每秒帧数：每秒帧数用于控制数据保留到磁盘的频率。每秒帧数越高，则记录的数据越密集。

操作方法：在运动算例属性中展开【Motion 分析】。输入数值，或使用数值框的箭头按钮，或调节滑块。

步骤 17 修改运动算例属性。

单击【运动算例属性】按钮，更改【每秒帧数】为“100”，如图 1-24 所示，单击【确定】按钮。

步骤 18 计算算例。

单击【计算】按钮。

这样就得到了更多的细节，角位移也近似在 -180° 和 180° 之间发生变化，如图 1-25 所示。

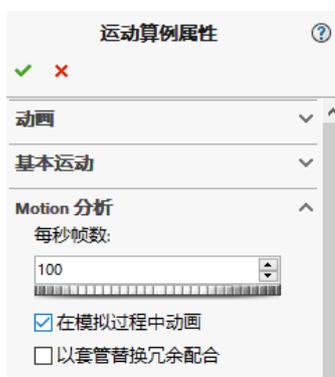


图 1-24 修改运动算例属性

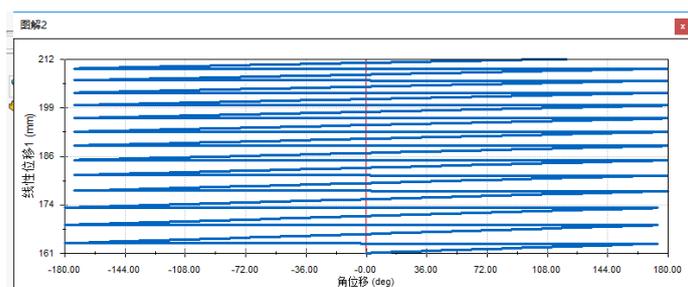


图 1-25 位移结果

步骤 19 保存并关闭文件。

任务 2 3D 四连杆机构分析

步骤 1 打开装配体文件。

从文件夹“SOLDWORKS Motion Simulation\Exercises01\3D Fourbar Linkage”下打开文件“3D fourbar linkage”。

步骤 2 验证固定和移动的零部件。

确定零件“support”是固定的，而其他零部件是可以移动的，如图 1-26 所示。

步骤 3 运动算例。

在 Motion Manager 中选择【Motion 分析】，默认的“Motion Study1”将用于本次分析。

步骤 4 添加引力。

在 Z 轴负方向添加引力。



图 1-26 零部件属性

步骤 5 定义零件 Lever Arm 的运动。

定义一个角速度为 $360 (^{\circ})/s$ 的旋转马达，如图 1-27 所示。

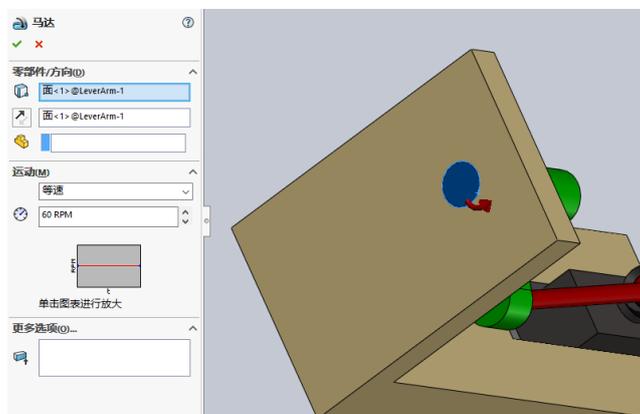


图 1-27 定义马达

技巧：用户可以在 Property Manager 中直接输入 “360 deg/sec”，系统会自动将其转化为每分钟转动量（RPM）。

步骤 6 运动算例属性。

设置【每秒帧数】为 “100”，并将时间帧拖至 4 s。

步骤 7 计算。

单击【计算】。

步骤 8 确定驱动该机构所需的力矩和能量。

定义一个图解，显示力矩和所需能量与时间之间的函数关系。在同一图解中定义这两个数量关系，如图 1-28 所示。

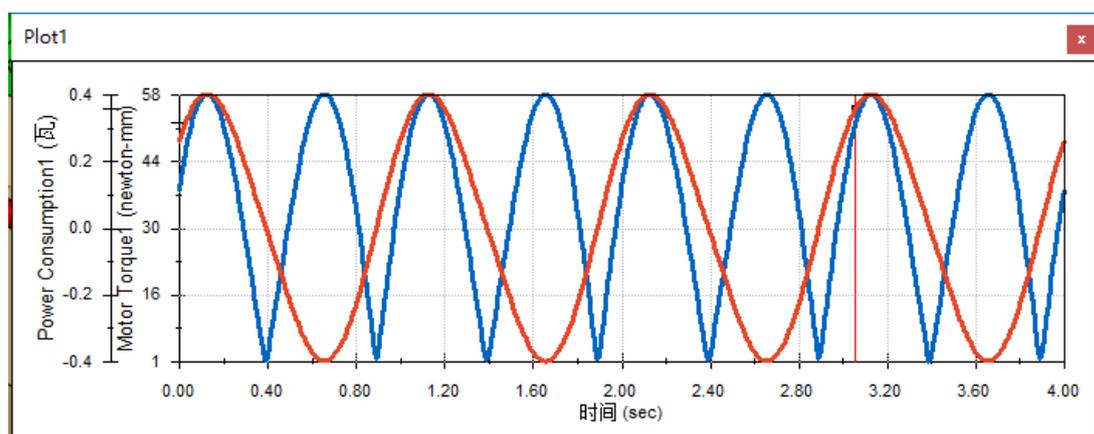


图 1-28 图解结果

步骤 9 显示零件 Slider Block 的线性速度。

建立一个图解，显示零件 “Slider Block” 的线性速度与时间之间的函数关系，如图 1-29 所示。

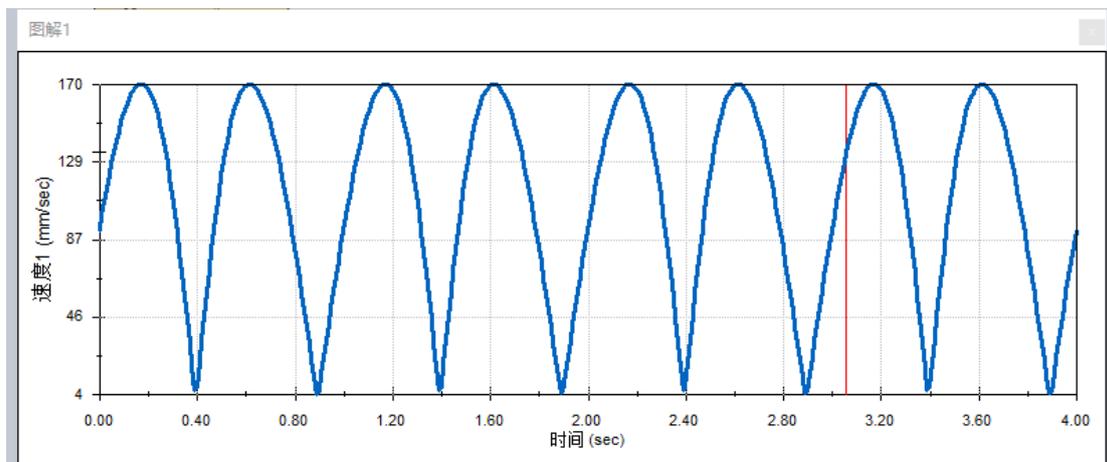


图 1-29 线性速度结果

步骤 10 修改图解。

修改图解的坐标，显示旋转马达的角位移。更改之后，图解将显示零件 Slider Block 的速度相对于零件“Lever Arm”角位移的变化，如图 1-30 所示。

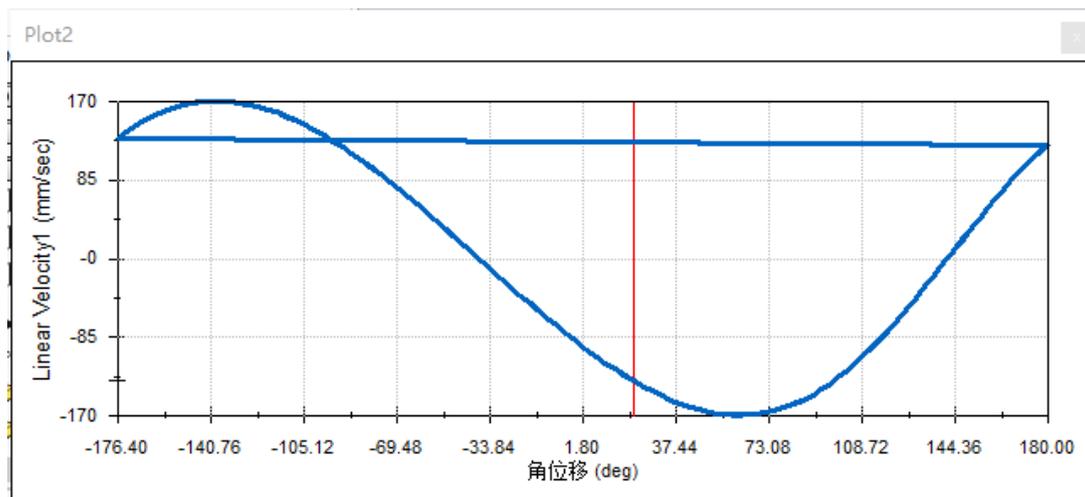


图 1-30 速度-角位移关系图解

步骤 11 保存并关闭文件。



项目总结

本项目重点讲述了运动仿真的步骤，主要参数的设置，驱动、力、引力的基本概念与设置方法以及如何看图解的结果，分析机构的运动状况。