前 言
PREFACE

数字孪生就是“数字的双胞胎”，物理实体、虚拟模型、数据、连接和服务是数字孪生的核心要素。数字孪生作为实现虚实之间双向映射、动态交互、实时连接的关键途径，为观察、认识、理解、控制和改造物理世界提供了一种新的有效手段。时至今日，数字孪生技术已成为装备制造业数字化的重要技术，它可以广泛应用于各类机电设备的设计与调试，解决了传统机电产品设计、调试时需要实物打样的缺点，是加快智能制造领域发展的强大引擎。数字孪生技术的实施不仅可以提高工业生产的精密程度，还可以极大地降低资源消耗，推动经济社会发展绿色化、低碳化。这正符合党的二十大报告中关于加快发展方式绿色转型的重要要求，必将对我国装备制造业数字化转型起到极其重要的作用。

西门子机电一体化概念设计（NX MCD）是数字孪生技术中的一种非常重要的数字化工具，它可以把机械、电气、液压、气动、驱动、自动化和编程等学科的知识综合为具有闭环反馈的制造业知识回路，进而使人们可以在数字环境下进行产品的制作与验证。同时，还可以通过西门子 PLCSIM Advanced 等通信功能实现多工作站的自动线单元联调，实现创新性的装备设计，帮助机械设计人员满足日益提高的要求，不断提高机器的生产效率，缩短设计周期，降低成本。

本书以任务实例的方式呈现了 NX MCD 的数字孪生技术，涉及 NX MCD 的机械属性设计、运动特性设计、信号映射、工艺仿真设计、自动化编程和仿真调试等。实例内容由浅入深、详细清晰，其中配套任务实例的模型文件和调试程序有助于读者系统地学习 NX MCD 机电产品数字孪生技术及应用。

由于编写团队的水平有限，书中难免存在不足和疏漏之处，恳请广大读者批评指正，以期进一步完善。

编　者

2024 年 11 月

目 录

CONTENTS

工作模块一　认识机电一体化概念设计 / 001

工作任务一　认识 MCD / 002

工作任务二　基本机电对象 / 010

工作模块二　创建基本机电对象 / 033

工作任务一　铰链副、滑动副、固定副 / 034

工作任务二　柱面副、螺旋副与球副 / 042

工作任务三　齿轮齿条与凸轮相关 / 052

工作任务四　运动曲线与电子凸轮 / 057

工作模块三　MCD 运动执行 / 069

工作任务一　位置、速度与力 / 扭 / 070

工作任务二　建立常用传感器 / 078

工作任务三　建立信号适配器与仿真序列 / 087

工作模块四　定制行为 / 105

工作任务一　运行时参数与运行时表达式 / 106

工作任务二　代理对象 / 121

工作任务三　使用标记表读写参数 / 133

工作模块五　PLC 虚拟调试 / 149

工作任务一　信号和信号适配器 / 150

工作任务二　TIA Portal 通信组态 / 163

工作任务三　外部信号配置 / 185

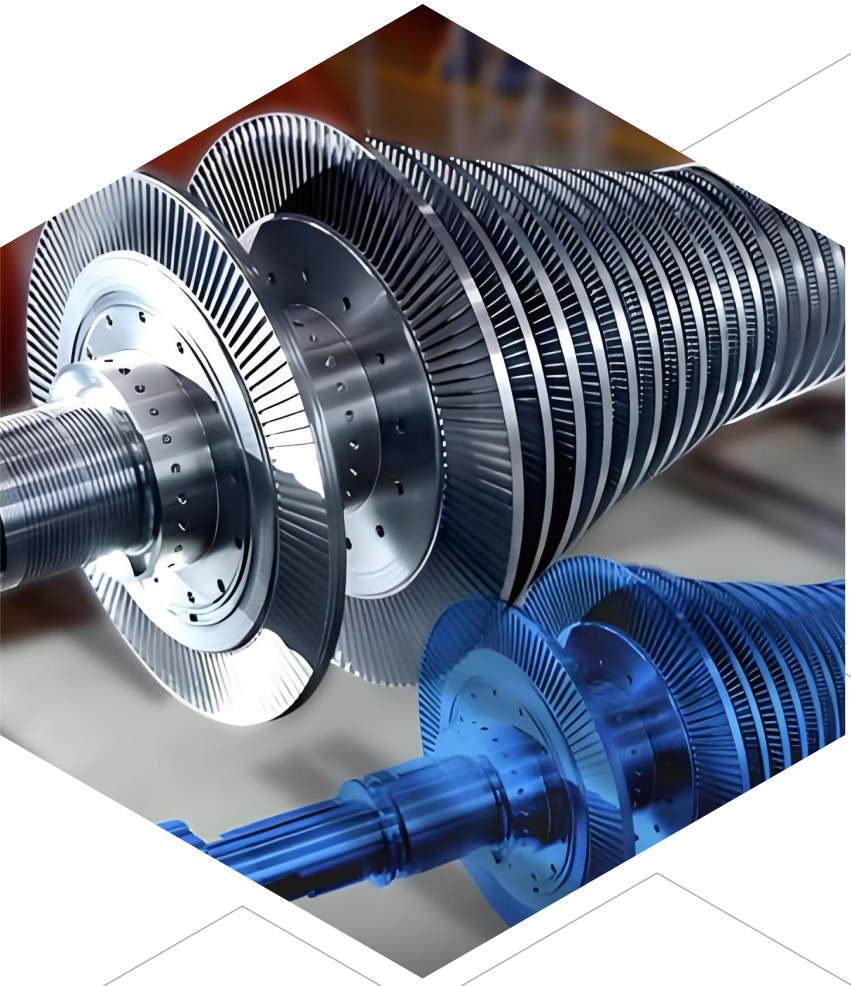
工作模块六　智能生产线的虚实互联调试 / 197

工作任务　智能生产线的虚实互联调试 / 198

参考文献 / 266

工作模块一

认识机电一体化概念设计



工作任务一

认识 MCD

一、活动情景与任务描述

在工业控制领域，通常智能装备的研发过程都是循序渐进的，机械设计、电气设计和自动化依次进行。

本工作任务旨在初步认识基于 Siemens NX 平台的全新解决方案 MCD，掌握其基本界面及使用方法。

二、任务步骤

（一）明确任务

掌握并熟练使用基于 Siemens NX 平台 MCD 的基本方法与步骤。

（二）制订工作计划

根据工作任务，制订小组工作计划并合理分工，填写完成表 1–1。

表 1–1　工作计划表

序号	小组人员	小组工作角色	工作内容	完成时间及节点
1				
2				
3				
4				

（三）讨论并确定工作计划

各组讨论并确定工作计划，列写所需软硬件清单，填写完成表 1–2。

表 1–2　设备软硬件清单表

序号	名称	型号规格	数量	单位	备注
1	电脑		1	台	
2	软件	NX2306	1	套	

（四）任务实施

根据小组工作计划，按照顺序组织实施各项工作任务，工作中应注意及时调整进度，保证按时完成。工作中必须严格遵守安全操作规程，加强安全保障，确保人身和设备安全。工作任务完成后，进行检查和总结，并交由现场指导教师验收审核。

（五）现场清理与监督检查

工作任务完成后，要求工作人员正常关闭计算机，检查键盘、鼠标有无损坏，摆放规整坐凳、键盘、鼠标，归类整理资料。现场指导教师可通过发放工作页来做好工作任务完成情况的检查、工作过程中的巡查检查及其必要指导工作。

（六）总结与评价

进行任务总结并填写完成表 1–3。

表 1–3　质量验收记录表

项目及要求		配分	配分标准	扣分	得分	备注
1. 专业能力	（1）软件启动及界面使用	15	（1）正确启动 NX 软件 （2）掌握如何创建机电概念设计文件 （3）掌握如何切换应用模式			
	（2）菜单和工具条	20	（1）掌握用户界面的区域划分 （2）掌握功能区包含功能 （3）掌握菜单和工具功能			
	（3）客户默认设置与首选项	15	（1）掌握如何设置机电概念设计中的默认参数设置 （2）掌握如何设置设计首选项			
2. 方法能力	采用正确、合理、高效的方法完成项目内容	20	（1）采用正确方法完成项目 （2）采用高效方法完成项目			
3. 社会能力	人际交往能力、逻辑思维能力、学习能力等	20	（1）具备较清晰的逻辑思维 （2）具备自主学习能力 （3）具备较强的人际交往能力（能够辅导其他同学完成项目内容等）			
4. 安全生产	综合素质	10	（1）使用电脑时禁止私自插入 U 盘 （2）禁止进行更改电脑桌面、壁纸、图标、文件名等操作 （3）完成项目后将文件保存在指定文件夹中 （4）完成项目后将电脑正常关机 （5）完成项目后将键盘、鼠标、凳子整齐摆放归位			
开始时间			结束时间	实际耗时		

三、工作配套资源

（一）概述

机电概念设计（简称“MCD”）是一种全新的解决方案，适用于机电一体化产品的设计与调试。MCD 基于 Siemens NX 平台，因此可以提供 CAD 设计需要的所有机械设计功能。借助该软件，可对包含多物理场所以及与机电一体化产品中的自动化相关行为有关的概念进行 3D 建模和仿真。MCD 支持

功能设计方法，可集成上游和下游工程领域，包括需求管理、机械设计、电气设计以及软件自动化工程；MCD 可加快机械、电气和软件设计学科产品的开发速度，使这些学科能够协同工作，专注于机械部件、传感器、驱动器和运动的概念设计；MCD 可实现创新性的设计技术，满足对机械设计人员能力日益提高的要求，并且不断提高产品的生产率，缩短设计周期，降低成本。

在工业领域，智能装备研发过程通常是循序渐进的，机械设计、电气设计和自动化依次进行。如果在开发过程中的任何阶段出现了错误而没有被检测到，那么每个开发阶段的错误成本将大大增加，未检测到的错误可能会在调试期间造成设备严重损坏。如果机器后期需要升级优化，就必须找到理想的停机时间，当然，客户希望将停机时间降到最低。虚拟调试就是构建设备的数字化双胞胎，如图 1–1 所示。基于新设备的数字化双胞胎，机械设计、电气设计和自动化工程可以并行进行，通过模拟和测试可以在早期阶段就发现故障点，这样可以使现场的调试速度更快、风险更低，同时缩短上市时间，降低成本，提高灵活性和生产力。

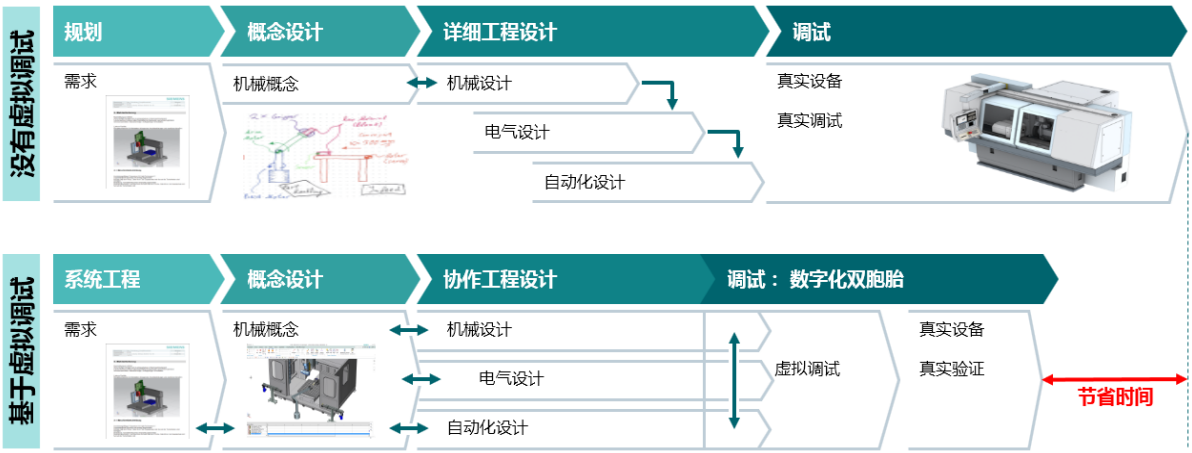


图 1–1　数字化双胞胎概念图

（二）软件启动

MCD 基于 Siemens NX 平台，进入 MCD 需要先启动 NX。在桌面或应用列表中找到 NX 软件图标，双击启动 NX，如图 1–2 所示。

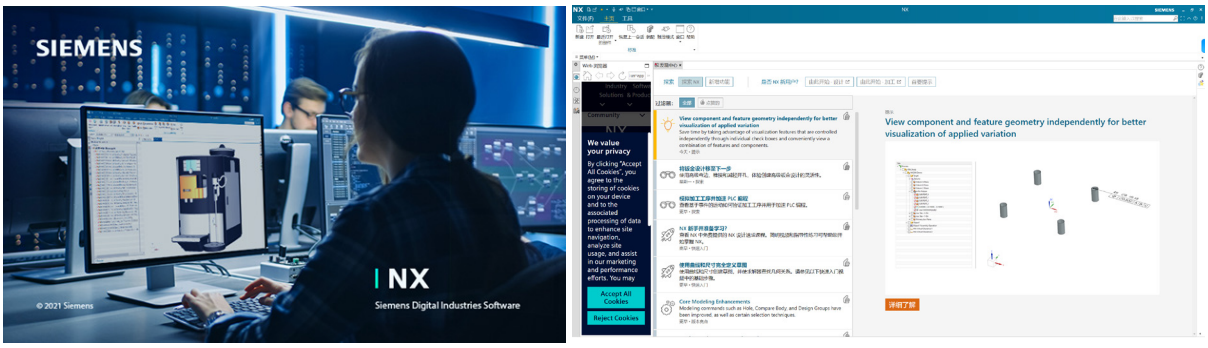


图 1–2　Siemens NX 启动图标和首界面

在打开的 NX 窗口中，进入 MCD 环境有以下两种方式。

（1）通过机电概念设计模板进入：在“主页”功能区单击“新建”命令，选择“机电概念设计”选项卡→“常规设置”模板或“空白”模板，输入文件名，选择存储文件夹，再单击“确定”按钮，进入 MCD 环境，如图 1–3 所示。

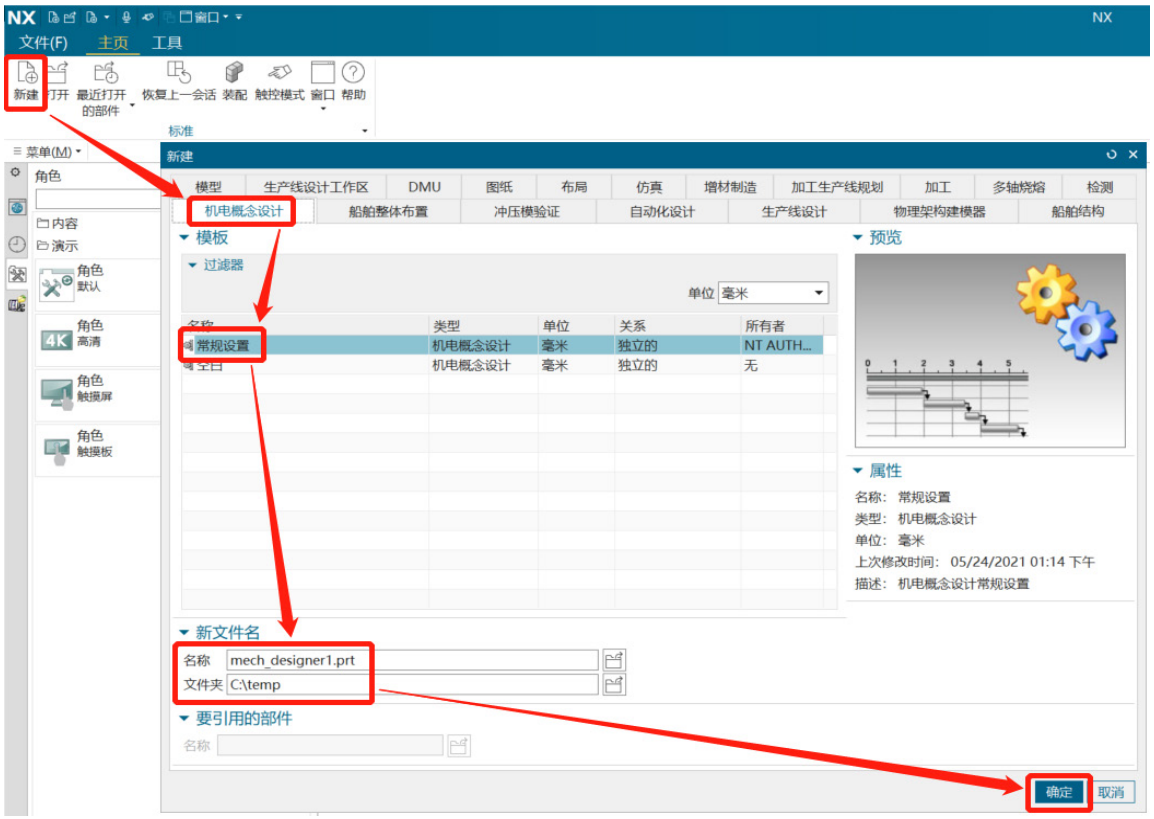


图 1–3　进入 MCD 环境方式 1

（2）切换应用模块进入机电概念设计：打开或新建一个模型文件，在当前模块，例如“建模”模块，选择“应用模块”，单击“更多”选项，选择“机电概念设计”模块，进入 MCD 环境，如图 1–4 所示。

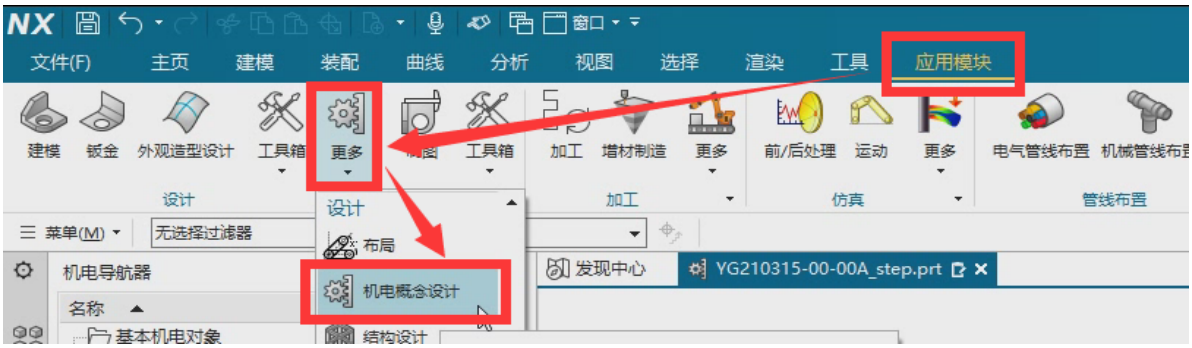


图 1–4　进入 MCD 环境方式 2

（三）用户界面

本小节主要介绍机电概念设计应用模块的工作界面和组成，了解各部分的位置和功能。新建一个机电概念设计文件并进入环境，如图 1–5 所示。

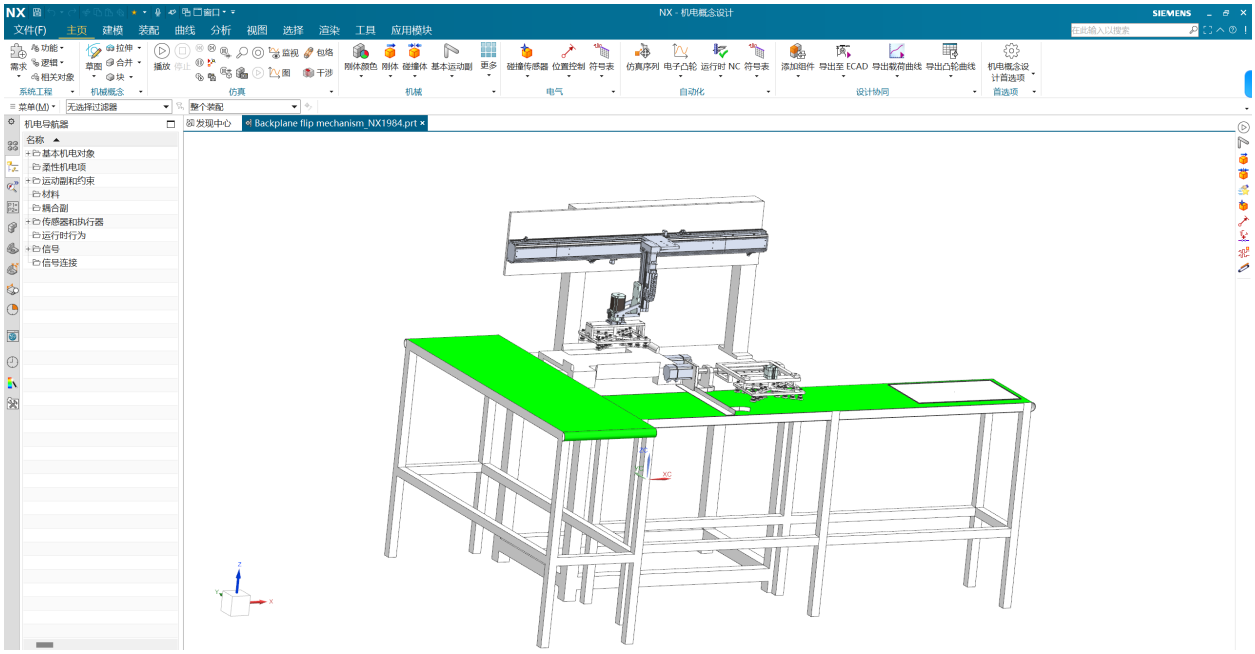


图 1–5　MCD 模块界面

（1）快速访问工具条：包含常用命令，如保存和撤销。

（2）功能区：将每个应用程序中的命令组织为选项卡和组。

（3）选项卡区域：显示在选项卡或窗口中打开部件文件的名称。

（4）图形窗口：建模、可视化、操作和分析模型。

（5）资源条：包含导航器和资源板，包括部件导航器和角色选项卡。

（6）提示行 / 状态栏：提示下一个动作并显示消息。

1. 功能区

功能区包含了本软件的主要功能，系统的所有命令或者设置选项都归属于不同的功能区。进入不同的应用模块，功能区的陈列方式也会发生改变。在机电概念设计应用模块中，核心区域在主页功能区，如图 1–6 所示，自左至右分别是“系统工程”“机械概念”“仿真”“机械”“电气”“自动化”与“设计协同”等分组工具栏；这些命令可以满足机电概念设计任务和仿真任务的需求。

图 1–6　机电概念设计主页功能区

2. 菜单和工具条

在功能区中，命令以图标 + 文字的形式按照不同的属性进行分类，排放在不同的组中，在各个组中，命令又按照关联性或相似性进行细分，排列在不同的下拉菜单中。使用命令时，先根据命令的功能找到分组，再通过单击下拉菜单的下拉箭头展开命令列表，选择需要的命令，如图 1–7 所示。

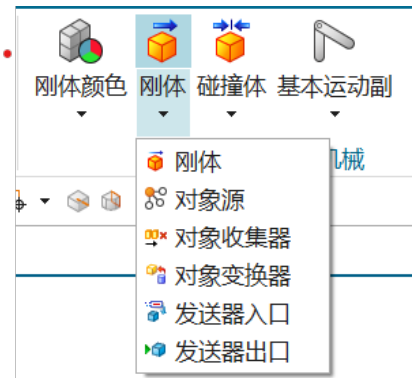


图 1–7　展开命令列表

功能区包含了机电概念设计的几乎所有操作命令、具体命令分类和位置。如图 1–8 所示为仿真菜单，主要包括播放仿真、停止仿真、暂停仿真、播放速度等命令。

图 1–8　仿真功能区

机械菜单如图 1–9 所示，主要包括刚体、碰撞体、运动副、耦合副等一些具有物理和机械属性的命令。

图 1–9　机械菜单

电气菜单如图 1–10 所示，主要包括传感器、运动控制、液压气动、信号等一些具有电气属性的命令。

图 1–10　电气菜单

自动化菜单如图 1–11 所示，主要包括仿真序列、电子凸轮、外部信号配置和映射等一些具有逻辑控制属性或对外通信的命令。

图 1–11　自动化菜单

（四）客户默认设置

在机电概念设计中，操作参数一般都可以修改，如重力加速度、材料参数、阻尼、运行时参数等都有其默认值。这些参数的默认值都保存在“默认参数设置”文件中。当启动“机电概念设计”时，会自动调用“默认参数设置”文件中的默认参数。在机电概念设计中，允许用户根据设计要求修改该文件，即自定义参数的默认值。

单击“文件”→“实用工具”→“用户默认设置”命令，打开如图 1–12 所示的“用户默认设置”对话框。在该对话框中可以设置参数的默认值。需要注意，在用户默认设置中修改参数的默认值不会立即生效，修改后需要重启 NX，以应用修改后的默认值。

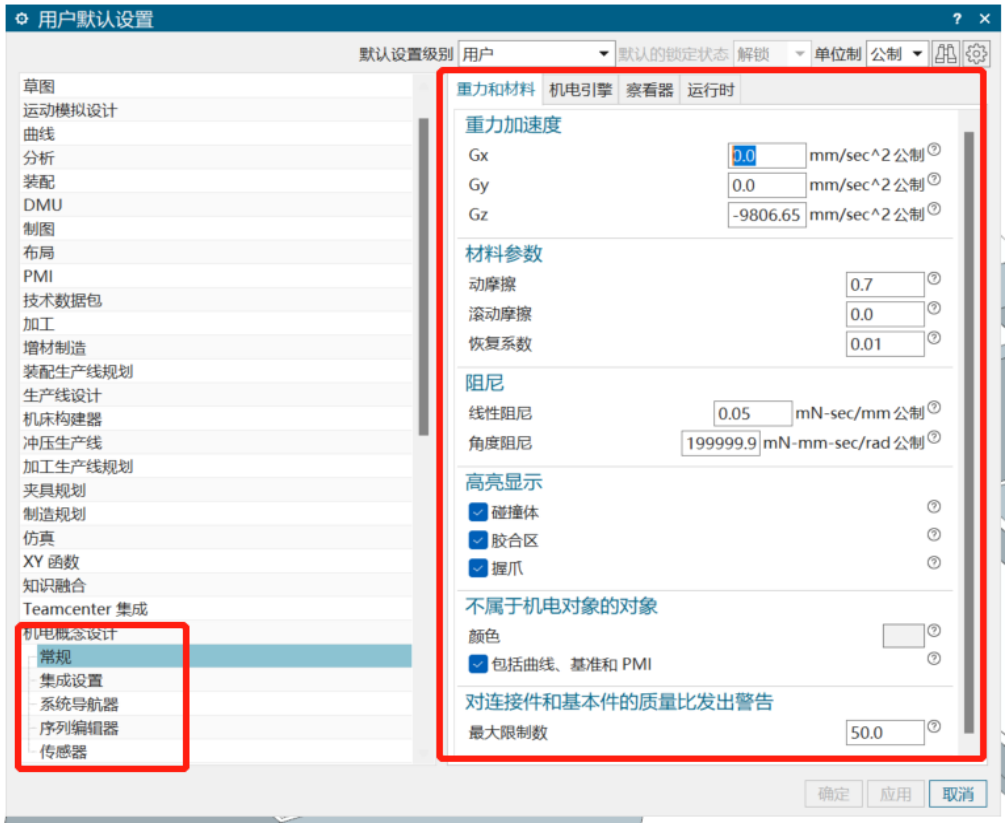


图 1–12　客户默认设置界面

（五）机电概念设计首选项

首选项中的各项参数需要合理设置，不能只考虑增加仿真精度而忽略仿真性能，或者一味地提高仿真性能而忽略仿真精度，需要找到一个平衡点，在仿真精度允许的范围内最大限度地提高仿真性能。例如，设置碰撞精度时增大碰撞精度参数，会增加仿真性能，但是会降低仿真精度；当默认参数为 0.1 mm，在 mm 为最小单位的案例中适当增大碰撞精度（如 1 mm），仿真精度不会发生明显变化，但仿真性能会小幅提升。

客户默认设置用于全局设置首选项。“机电概念设计首选项”对话框中设置的首选项参数存储在工作部件中并会覆盖客户默认设置，可以单击对话框中“恢复默认值”按钮，读取客户默认设置参数值并应用于首选项中。需要注意，不同于用户默认设置，机电概念设计首选项中修改的参数在当前工作部件中立即生效，重启 NX 后失效。

使用机电概念设计首选项设置，可以改变默认参数设置，并保存到工作部件中。单击“文件”→“首选项”→“机电概念设计”命令，打开如图 1–13 所示的“机电概念设计首选项”对话窗。

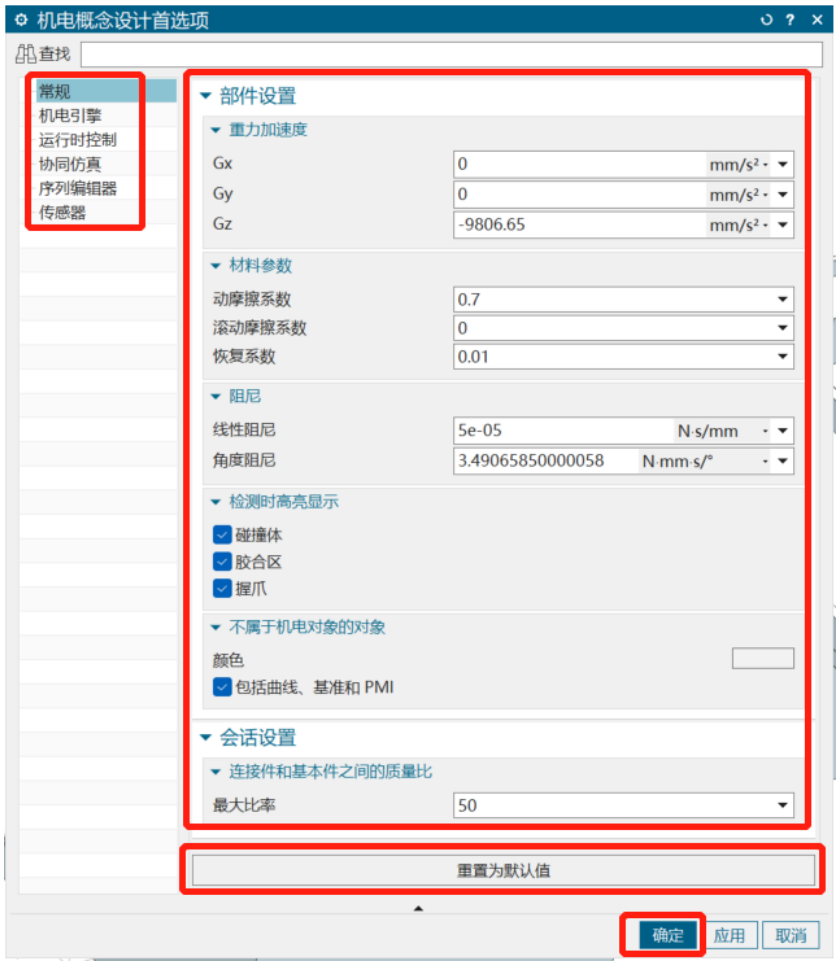


图 1–13　“机电概念设计首选项”对话窗

工作任务二

基本机电对象

一、活动情景与任务描述

基本机电对象是 MCD 具备物理特性的基础，在 MCD 平台中，可以通过将几何体定义为刚体、碰撞体来赋予其特有的物理特性，真实还原几何体的质量、惯性、摩擦、碰撞等物理属性，进而实现模型的物理仿真，通过传输面、对象源、对象收集器、变换器、发送器等功能实现在虚拟环境中物料与设备的真实运行状况。

二、任务步骤

（一）明确任务

掌握并熟练 Siemens NX 平台中 MCD 基本机电对象的使用方法与步骤。

（二）制订工作计划

根据工作任务，制订小组工作计划并合理分工，填写完成表 1–4。

表 1–4　工作计划表

序号	小组人员	小组工作角色	工作内容	完成时间及节点
1				
2				
3				
4				

（三）讨论并确定工作计划

各组讨论并确定工作计划，列写所需软硬件清单，填写完成表 1–5。

表 1–5　设备软硬件清单表

序号	名称	型号规格	数量	单位	备注

（四）任务实施

根据小组工作计划，按照顺序组织实施各项工作任务，工作中应注意及时调整进度，保证按时完成。工作中必须严格遵守安全操作规程，加强安全保障，确保人身和设备安全。工作任务完成后，进行检查和总结，并交由现场指导教师验收审核。

（五）现场清理与监督检查

工作任务完成后，要求工作人员正常关闭计算机，检查键盘、鼠标有无损坏，摆放规整坐凳、键盘、鼠标，归类整理资料，现场指导教师可通过发放工作页来做好工作任务完成情况检查、工作过程中的巡查检查及其必要指导工作。

（六）总结与评价

进行任务总结并填写完成表 1–6。

表 1–6　质量验收记录表

项目及要求		配分	配分标准	扣分	得分	备注
1. 专业能力	（1）刚体、碰撞体及传送带	15	（1）掌握如何定义刚体 （2）掌握如何定义碰撞体 （3）掌握如何定义传输面			
	（2）对象源、对象收集器与碰撞传感器	15	（1）掌握如何定义对象源 （2）掌握如何定义碰撞传感器 （3）掌握如何定义对象收集器			
	（3）对象变换器、发送器与碰撞材料	20	（1）掌握如何定义对象变换器 （2）掌握如何定义对象发送器 （3）掌握如何定义碰撞材料			

续表

项目及要求		配分	配分标准	扣分	得分	备注
2. 方法能力	采用正确、合理、高效的方法完成项目内容	20	（1）采用正确方法完成项目 （2）采用高效方法完成项目			
3. 社会能力	人际交往能力、逻辑思维能力、学习能力等	20	（1）具备较清晰的逻辑思维 （2）具备自主学习能力 （3）具备较强的人际交往能力（能够辅导其他同学完成项目内容等）			
4. 安全生产	综合素质	10	（1）使用电脑时禁止私自插入 U 盘 （2）禁止进行更改电脑桌面、壁纸、图标、文件名等操作 （3）完成项目后将文件保存在指定文件夹中 （4）完成项目后将电脑正常关机 （5）完成项目后将键盘、鼠标、凳子整齐摆放归位			
开始时间			结束时间		实际耗时	

三、工作配套资源

（一）刚体、碰撞体及传送带

本小节展示了如何在 MCD 环境中简单地建立刚体，碰撞体以及传送带这些基本机电对象，以及一些注意事项。

首先，打开 NX，打开模型 1_2_1–Example model，如图 1–14 所示。

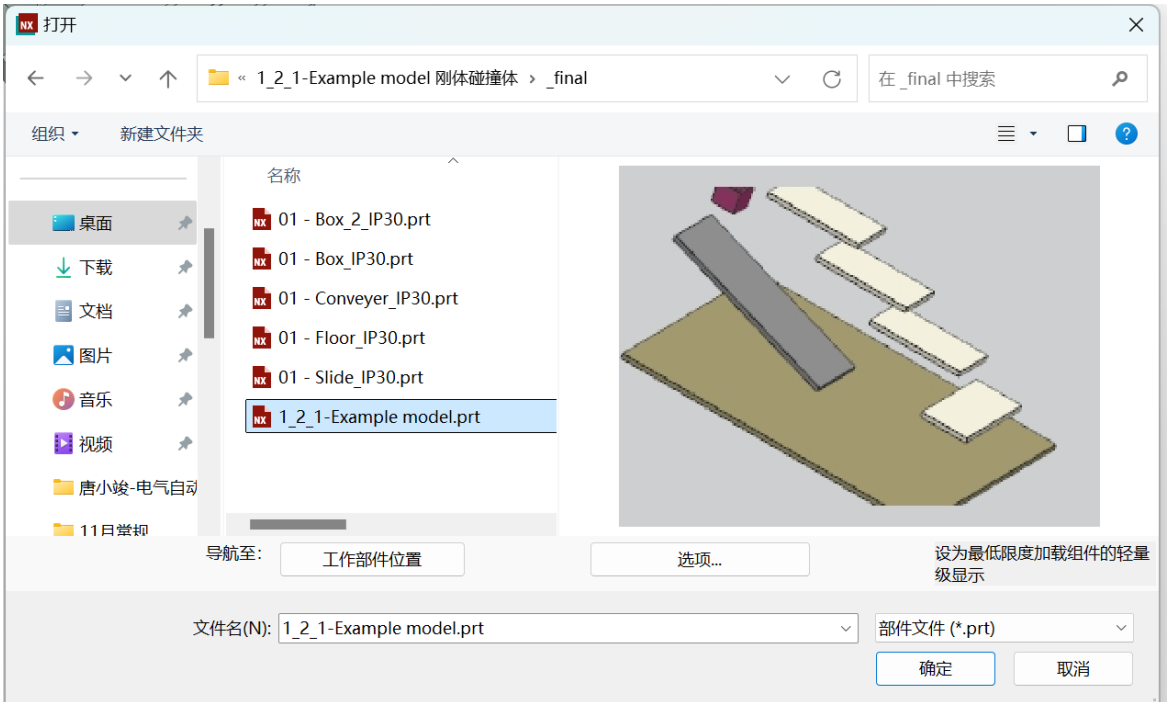


图 1–14　打开模型

进入模型界面后，选择“应用模块”→“更多”→“机电概念设计”，进入 MCD 环境，如图 1–15 所示。

图 1–15　进入 MCD 模式

1. 刚体

刚体是 MCD 中最基本的机械对象之一。刚体可使几何对象在物理系统的控制下运动，并可接受外力与扭矩力，用来保证几何对象如同在真实世界中那样进行运动。任何几何对象只有添加了刚体组件才能受到重力或者其他作用力的影响，例如定义了刚体的几何体受重力影响会落下。如果几何体未定义刚体对象，那么这个几何体将完全地静止。

需要注意的是，一个或多个几何体上只能添加一个刚体，刚体之间不可产生交集。

在上方菜单栏的机械模块中，选择“刚体”，长按鼠标左键，拖动可出现红色框框，框选选中粉色盒子，选中后粉色盒子会显示为橙色高亮，使用默认参数，修改名称为 Box1，点击“确定”。这样我们就完成了一个刚体的定义，如图 1–16 所示。

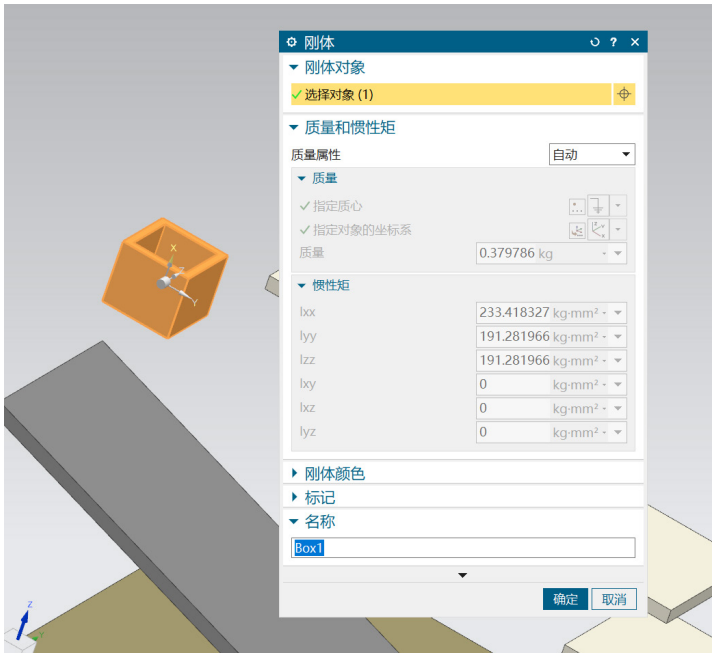


图 1–16　刚体的定义

2. 碰撞体

碰撞体是物理组件的一类，它要与刚体一起添加到几何对象上才能触发碰撞。如果两个刚体相互撞在一起，除非两个对象都定义有碰撞体，物理引擎才会计算碰撞参数。在物理模拟中，没有碰撞体的刚体可彼此相互穿过。

MCD 利用简化的碰撞形状来高效计算碰撞关系。NX2306 版本 MCD 支持多种碰撞形状，计算性能从高到低依次是：方块≈球≈圆柱≈胶囊 > 凸多面体≈多个凸多面体 > 网格。

添加刚体的按钮右侧是添加碰撞体按钮，点击碰撞体，弹出碰撞体对话框后，用鼠标左键选中四个面，如图 1–17 所示，其他参数默认，这时可以观察到模型为我们选择的面自动生成了方块状碰撞体，更改名称为 Box1，单击“确定”，完成添加。

图 1–17　定义 Box1 碰撞体

碰撞体也可以添加在非刚体的几何体上。

在上方菜单栏中选择碰撞体，弹出碰撞体对话框后，单击选中斜传送带上的斜面，命名为 Slope，单击“确定”，如图 1–18 所示。

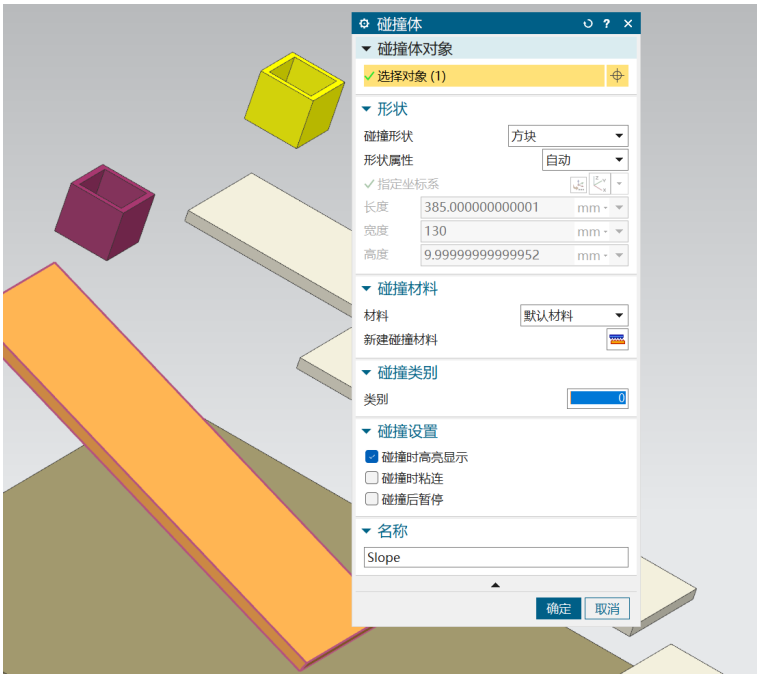


图 1–18　定义 Slope 碰撞体

现在我们有了两个碰撞体，点击“播放”按钮，可以看到 Box1 沿着斜面滑了下去，并因为摩擦力的作用停止在斜面上。观察完毕，单击“停止播放”。从上面的例子中，我们可以知道碰撞体之间会产生力的相互作用，包括反作用力与摩擦力，如图 1–19 所示。

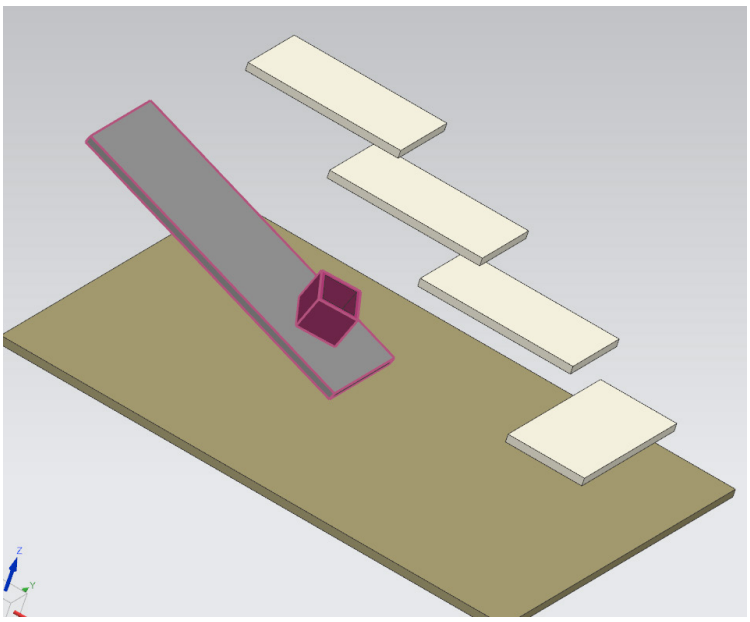


图 1–19　播放效果（Box 停留在斜面上）

3. 传输面

传输面是一种物理属性，可将所选的平面转化为“传送带”。一旦有其他物体放置在传输面上，此物体将会按照传输面指定的速度和方向运输到其他位置。MCD 中的传输面有两种类型，用户可以根据需要选择直线或者圆。

需要注意的是：传输面需要和碰撞体配合使用，且一一对应；传输面必须是一个平面。

首先我们按照之前的方法，为蓝色盒子添加刚体与碰撞体 Box2，然后再为其他三个传送带分别添

加碰撞体 Conveyor_1、2、3。为最下方的平面添加碰撞体 Floor。

单击“播放”，可以看到 Box2 会停留在 Conveyor_1 上。观察完毕，单击“停止”按钮，如图 1–20 所示。

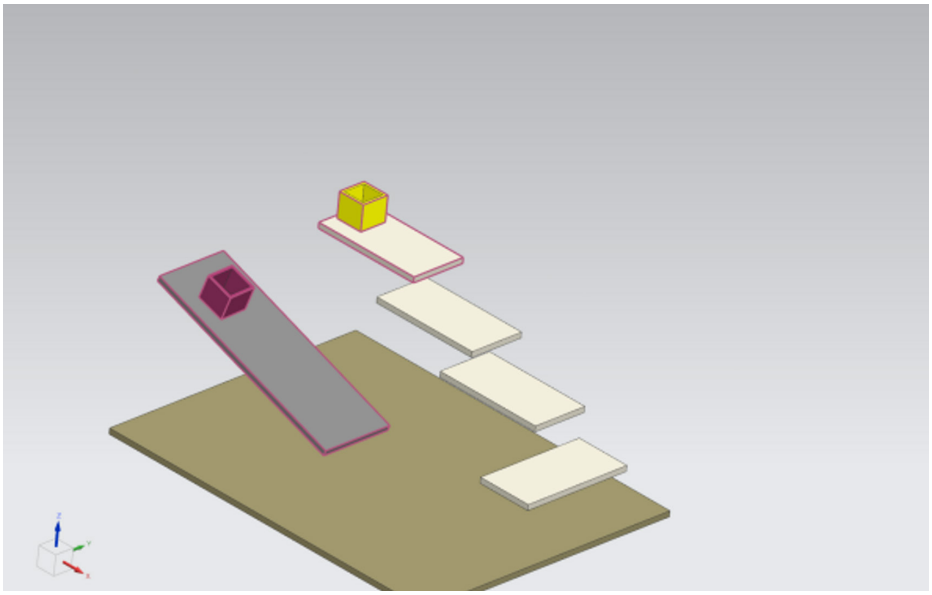


图 1–20　播放效果（Box2 停留在传送带 Conveyor1_ 上面）

在选择位置控制的地方打开下拉列表，选择传输面。选择 Conveyor_1 的上平面作为传输面，指定 Y 轴方向为传送方向，运动类型为直线，输入合适的速度（这里为 300 mm/s），更改名称为 Conveyor_1，单击“确定”，如图 1–21 所示。

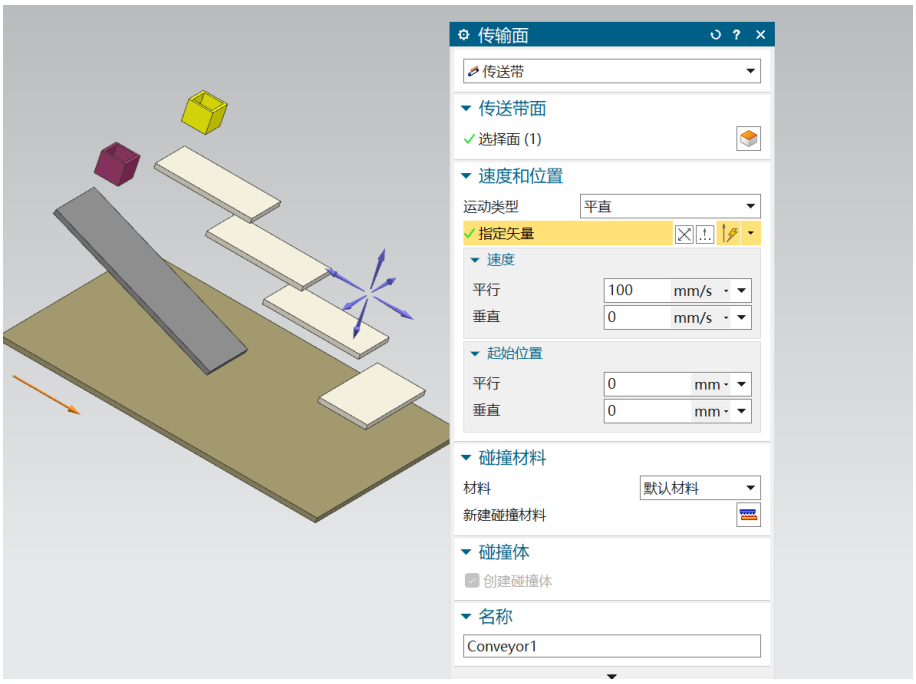


图 1–21　Conveyor_1 传输面定义

用同样的方法为其他传送带（不包括斜面的传送带）添加传输面，需要注意的是，最靠近底部平面的传送带的传送方向应为 X 轴方向。

添加完成后，单击播放按钮，我们可以看到 Box2 会被三条传送带传送至 Floor，并且最终静止在

Floor 上。观察完毕，单击“停止”按钮，如图 1–22 所示。

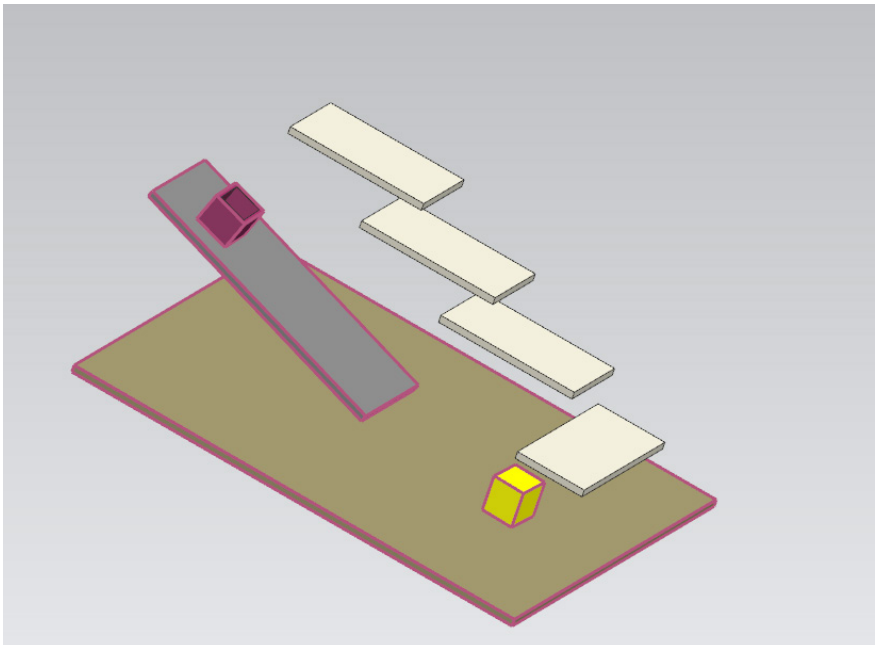


图 1–22　播放效果（Box2 停留在平面 Floor 上）

这样我们就了解了 MCD 的刚体，碰撞体与传输面的基本应用方法，在左上角的文件菜单中将模型另存。

（二）对象源、对象收集器与碰撞传感器

本小节展示了如何在 MCD 环境中简单地建立对象源、对象收集器与碰撞传感器这些基本机电对象，以及一些注意事项。

1. 对象源

（1）建立对象源。

首先打开 NX，打开模型 1_2_2–Example model.prt，如图 1–23 所示。

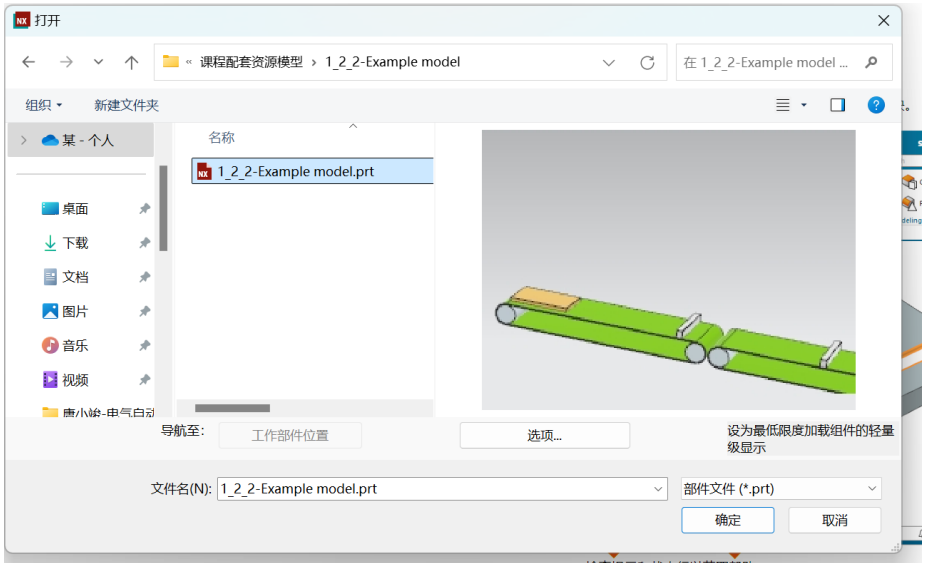


图 1–23　打开模型

打开该模型后，工具栏上方将会显示“NX—机电概念设计”，说明该模型已经切换到机电概念设

计模块。如果还没有切换到机电概念设计模块，请点击应用模块下的“更多”，然后点击“机电概念设计”即可将模型切换到机电概念设计模块。

当我们希望一个对象能够源源不断地产生时，就需要为该对象定义对象源。对象源可以在仿真过程中复制基本的机电对象（如刚体），并且按照设定的方式不断产生对象。例如，定义了对象源的对象，可以按照一定的规律，不断地产生该对象。如果几何体未定义对象源，则始终只有一个对象。

需要注意的是，对象源是可以重复定义的。

在上方菜单栏的机械模块中，点击刚体下方的下拉箭头就能够看到对象源选项，如图 1–24 所示。

对象源对话框：指定要复制的对象，即允许您选择要在系统中复制的对象。

触发：指定触发复制的方法。①基于时间，复制发生在特定时间间隔内；②每次激活一次，每次激活只复制一次。

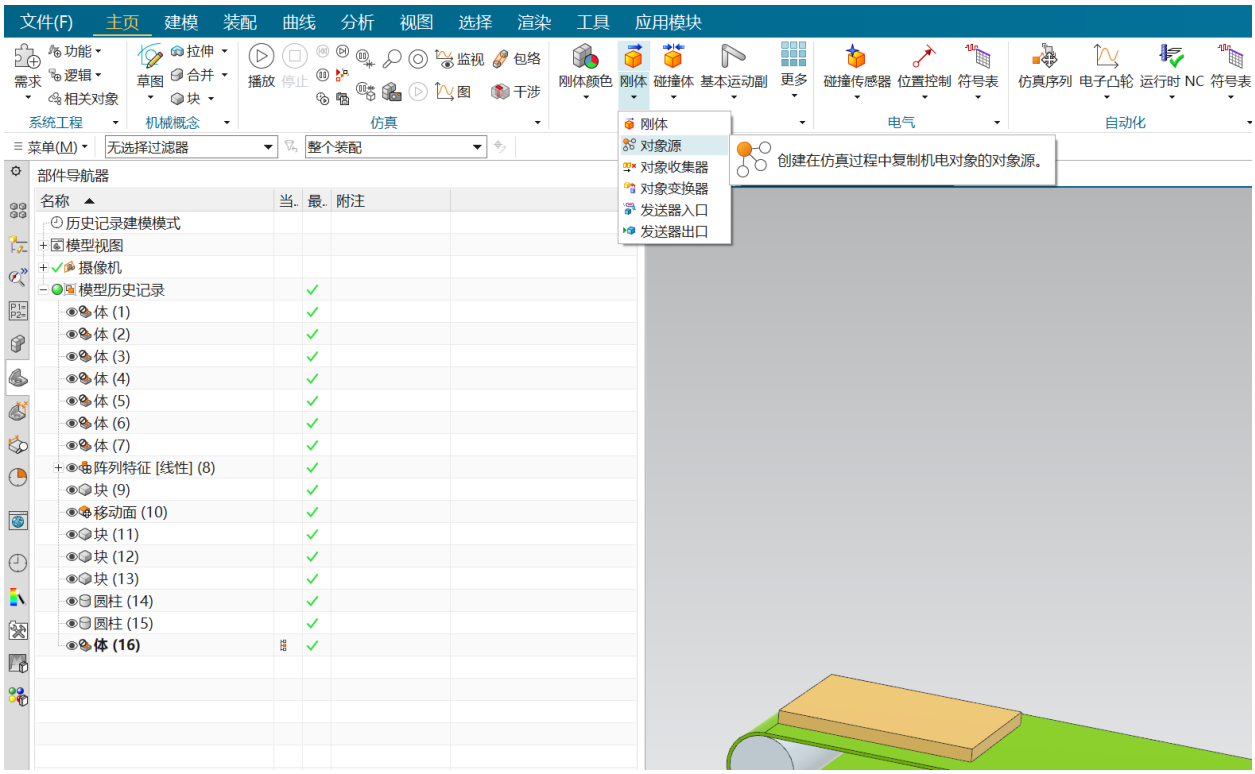


图 1–24　菜单栏中的对象源

（2）范例讲解。

在定义对象源之前，我们需要为黄色工件定义刚体和碰撞体 Box。单击“播放”按钮，可以发现始终只有一个黄色工件，也就是黄色工件只坠落一次。

在上方菜单栏的机械模块中选择对象源，如图 1–24 所示。

弹出“对象源”对话框以后，将鼠标移动到黄色工件上，用鼠标左键选中刚体 Box，时间间隔设置为 3，其他参数使用默认参数，更改名称为 Box，如图 1–25 所示。

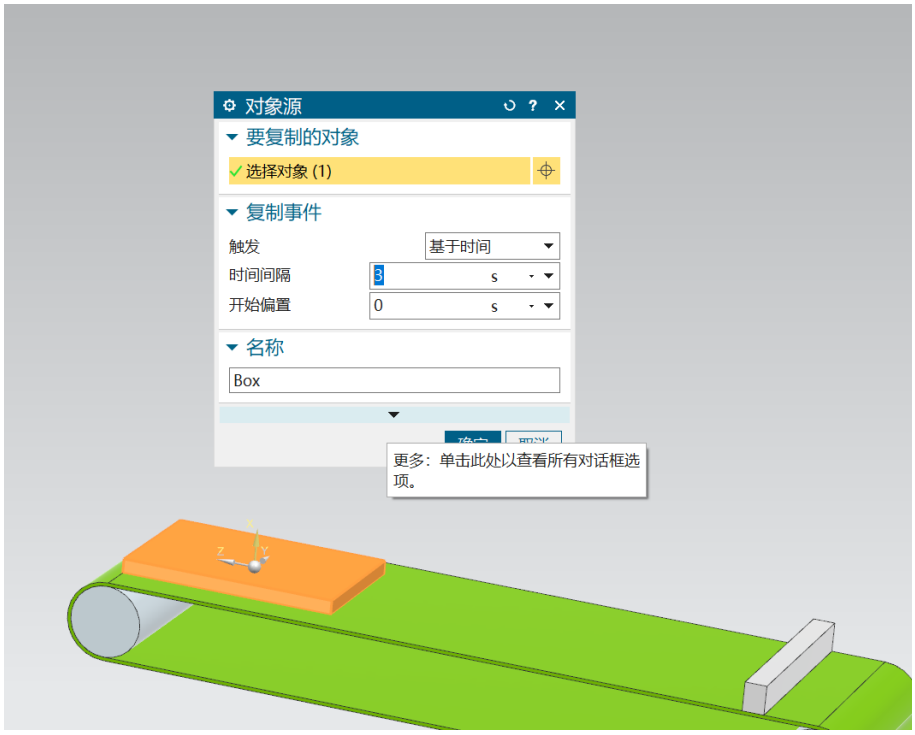


图 1–25　Box 对象源定义

单击“播放”按钮，会发现每隔 3 秒就会有一个黄色工件产生。也就是每隔 3 秒就会有一个黄色工件从传送带上自由坠落。

为了让黄色工件静止在传送带上，需要为传送带创建碰撞体 Slider。创建完成后，单击“播放”按钮，发现黄色工件静止在传送带上，并且不断有新的黄色工件产生，如图 1–26 所示。

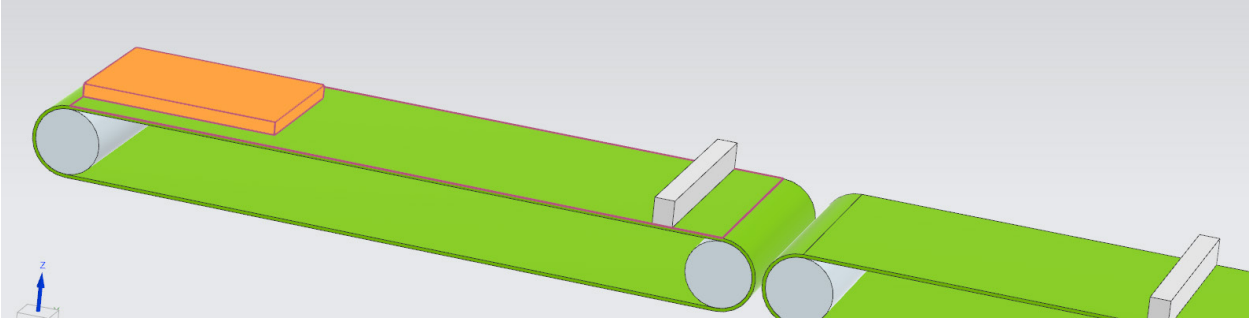


图 1–26　播放效果（黄色工件静止停留在传送带 Slider 上）

2. 碰撞传感器

在本案例中，由于需要一个对象来触发对象收集器，所以，我们需要创建碰撞传感器。将碰撞传感器连接到几何体，以提供有关模拟过程中物体相互作用的反馈。可以选择不同的形状来封装 3D 对象以形成检测区域。使用碰撞传感器的状态来触发条件语句或触发高级机电一体化命令。碰撞管理器能够执行的操作有触发启动或停止操作、触发运行时参数的更改、在运行时表达式中创建计数、触发刚体的交换、触发视觉属性的更改。

碰撞传感器的功能选项在上方的菜单栏的主页下的电气模块中，如果在电气模块中无法直接看到碰撞传感器选项，则单击电气模块中的第一个下拉箭头。

以下是对碰撞传感器对话框的介绍。

选择对象：允许从图形窗口中选择 3D 对象作为碰撞传感器。

碰撞形状：显示分配碰撞属性的方法（自动：自动计算 Shape 属性参数。用户自定义：允许插入必要的参数）。

指定点：从“形状属性”列表中选择“用户定义”时可用。允许选择碰撞形状的中心点。

指定坐标系：从“形状属性”列表中选择“用户定义”时可用。允许为碰撞形状选择局部坐标系。

在上方的菜单栏中选择碰撞传感器，如图 1–27 所示，弹出碰撞传感器的对话框后，将鼠标移到传感器上（黑色的几何体），单击选中，碰撞形状选择直线，形状属性选择用户定义。用鼠标单击指定点，再将鼠标移动到红外线外侧的圆心处，单击选中，其他参数默认，单击“确定”，如图 1–28 所示。

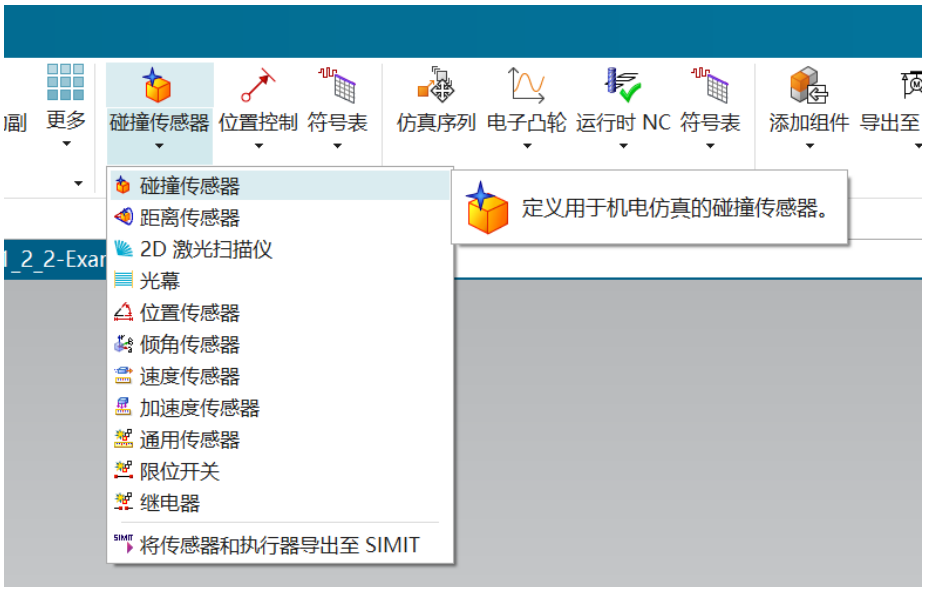


图 1–27　菜单栏中的碰撞传感器

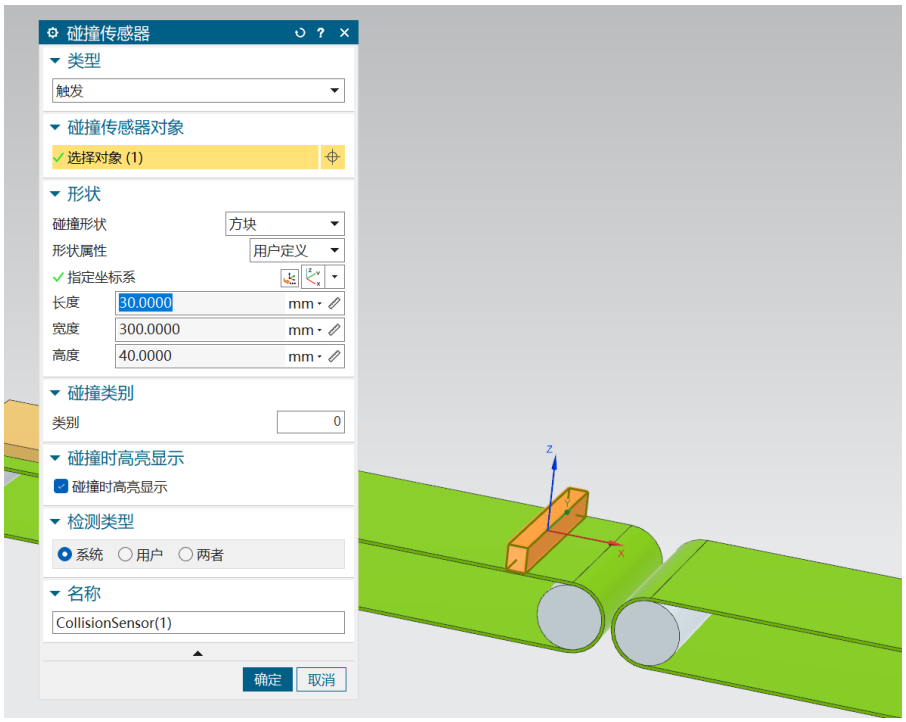


图 1–28　碰撞传感器定义

创建成功后，我们可以将左边工具栏切换到机电导航器，可以看到在传感器和执行器文件夹的下方，出现了我们刚刚创建的碰撞传感器，如图 1–29 所示。

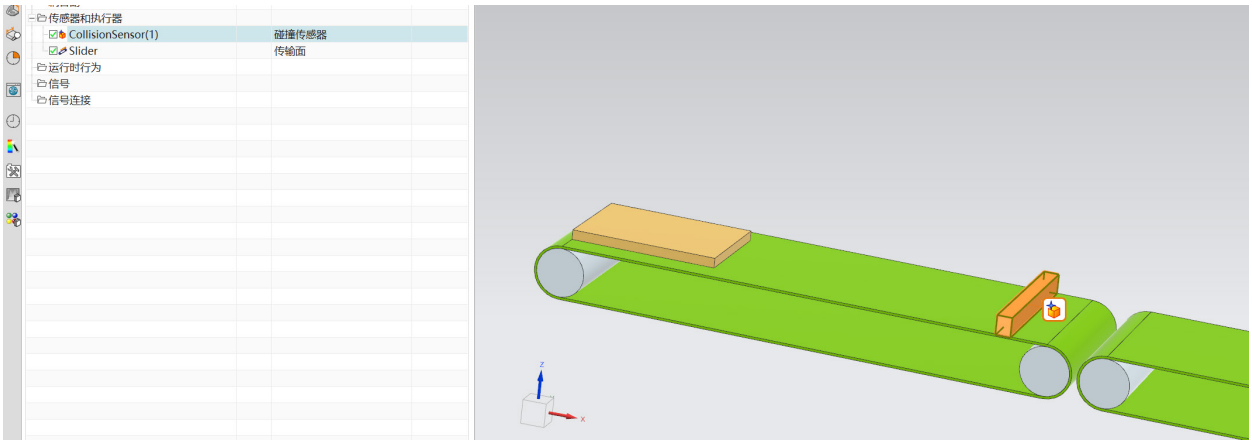


图 1–29　左侧工具栏中的碰撞传感器

为了使黄色工件能够与创建的碰撞传感器发生碰撞，我们需要为传送带创建传输面 Slider。在机电导航栏中，右击碰撞传感器，选择添加到察看器，然后单击“播放”，在碰撞传感器与 Box 接触时，能够看到传感器已触发状态由 false 变为 true，如图 1–30 所示。

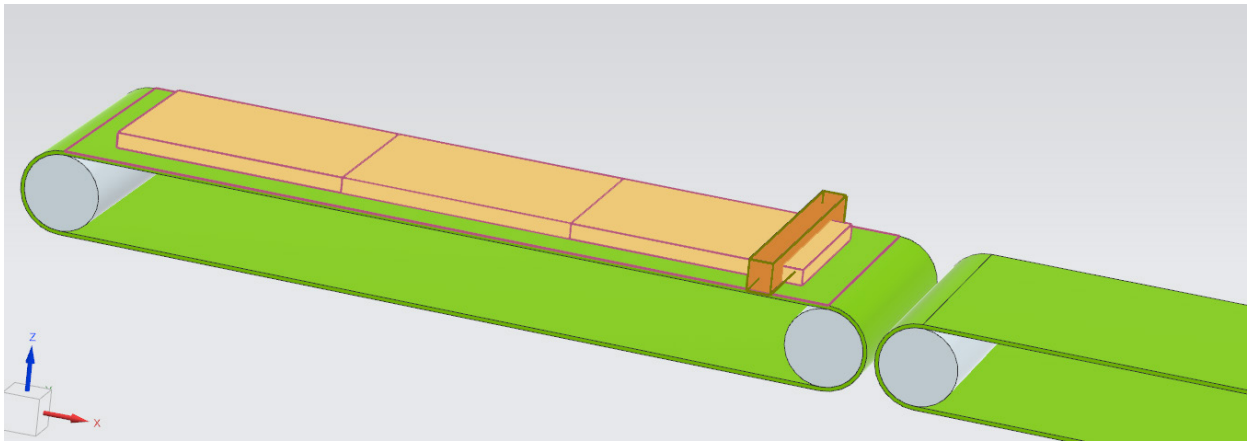


图 1–30　碰撞传感器被触发

单击“播放”，发现无法观察到我们刚刚新建的碰撞传感器对仿真效果的影响，这是因为碰撞传感器必须与其他的一些功能搭配使用，比如说对象收集器。

3. 对象收集器

由于我们希望当黄色工件与碰撞传感器发生碰撞时，黄色工件能够被收集，所以我们需要创建对象收集器。

使用对象收集器命令能够在与指定的传感器对象发生碰撞时删除对象源命令创建的对象副本。也就是说，当对象触发了对象收集器上面的碰撞传感器的时候，该对象就会被对象收集器收集，在仿真界面中无法看到已经被对象收集器收集了的对象。

需要注意的是：对象收集器需要跟碰撞传感器、对象源配合使用。

以下是对对象收集器对话框的介绍。

选择碰撞传感器：允许选择碰撞传感器以触发接收器操作。

源：允许从图形窗口中选择对象源。

在主页的机械模块中，点击“刚体”下拉箭头（也就是刚体下方的下拉箭头），就能够看到对象收集器选项。

在工具栏中选择对象收集器，弹出对象收集器对话框后，选择我们刚刚创建的碰撞传感器，单击“确定”，这样就完成了一个对象收集器的创建，如图 1–31 所示。

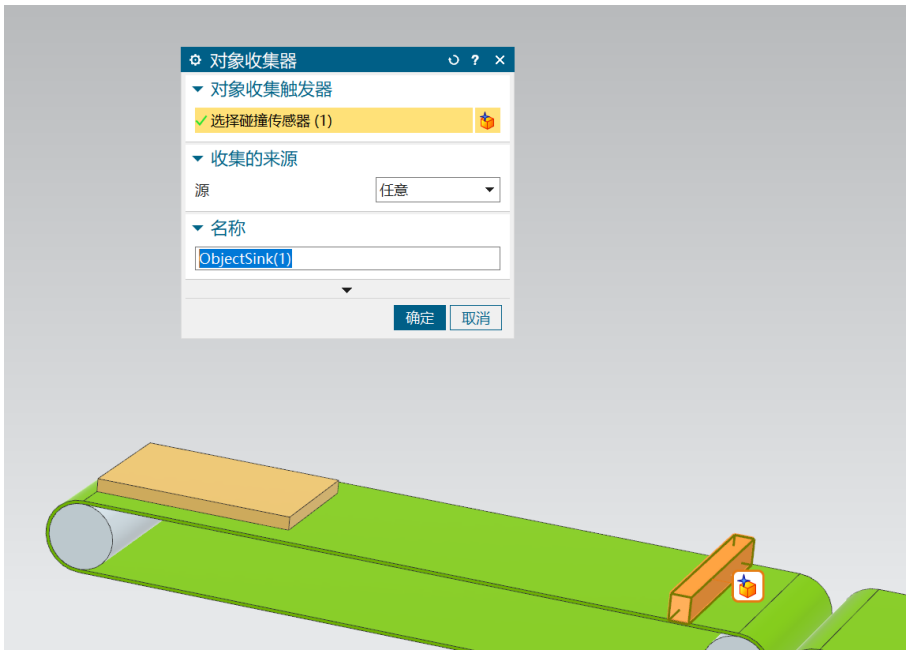


图 1–31　对象收集器定义

创建完成后，我们可以看到基本机电对象一栏的下方出现了我们刚刚创建的对象收集器。在机电导航器中选中该对象收集器时，碰撞传感器字体颜色会变成红色，这说明该对象收集器跟我们刚刚创建的碰撞传感器相关联，如图 1–32 所示。

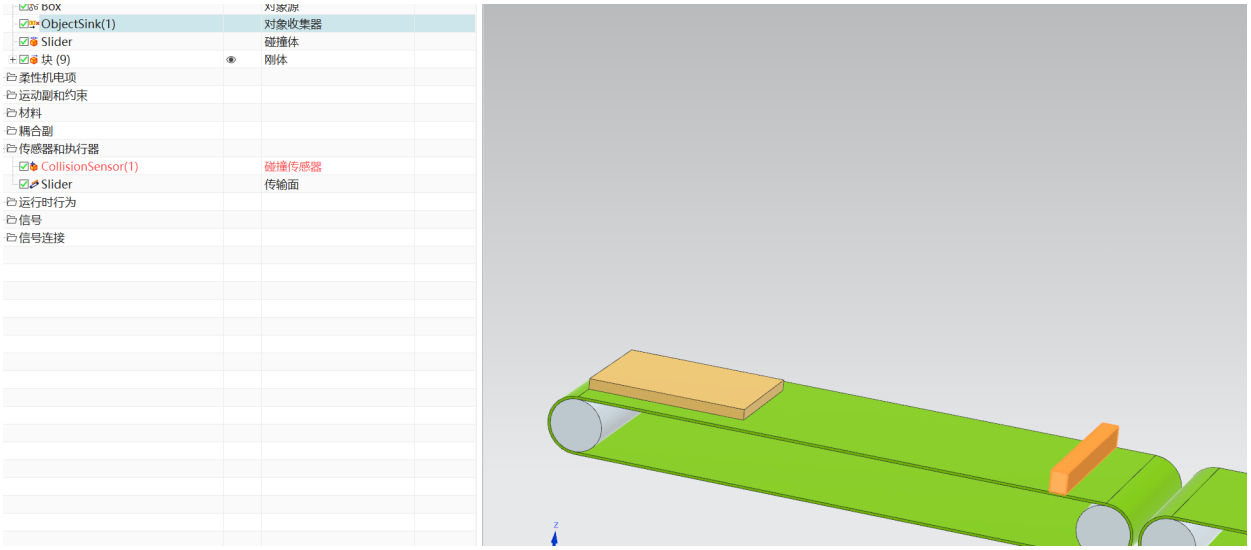


图 1–32　对象收集器与碰撞传感器关联

单击播放，发现黄色工件不断地被对象收集器收集。

通过上面的学习，我们就完成了对象源、对象收集器与碰撞传感器的学习，在左上角的文件菜单中将模型另存。

（三）对象变换器、发送器与碰撞材料

本小节展示了如何在 MCD 环境中简单地建立对象变换器、发送器与碰撞材料等基本机电对象，以及一些注意事项。

打开 NX，打开模型 1_2_3–Example model.prt，进入模型界面后，切换到机电概念设计模块，如图 1–33 所示。

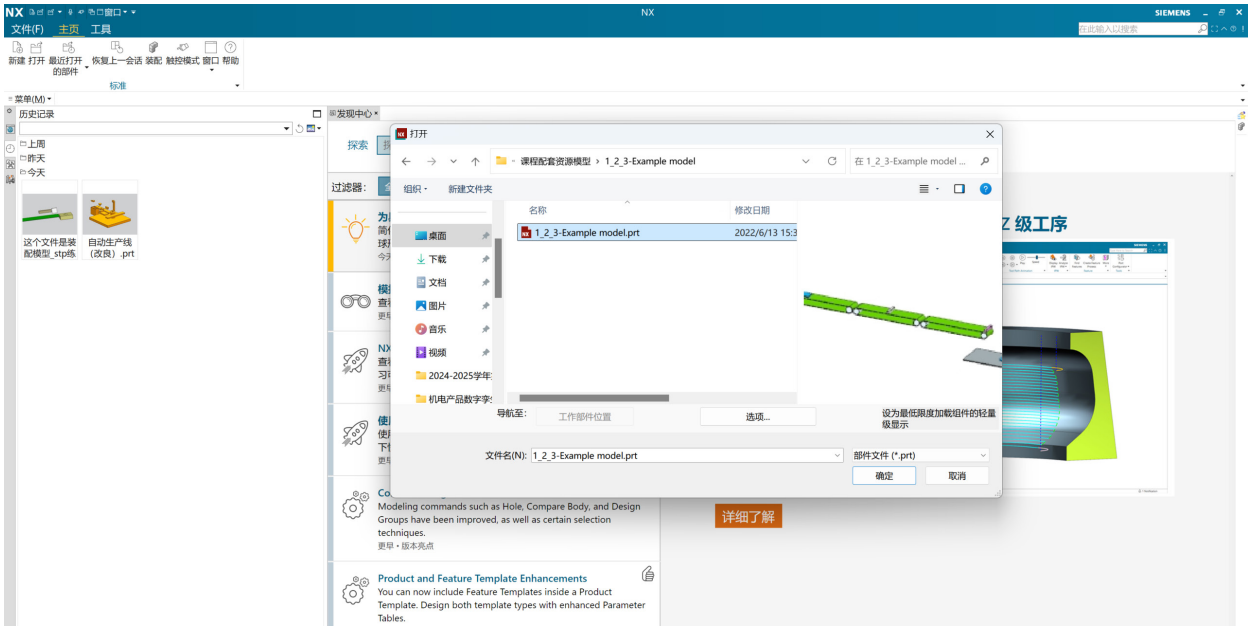


图 1–33　打开模型

为了方便后面的学习，在开始本小节的学习之前，我们需要完成以下的内容。首先，我们需要为银色工件定义刚体和碰撞体 Box1，为蓝色工件定义刚体和碰撞体 Box2；其次，我们需要为传送带上表面定义碰撞体以及传输面（参考速度：50 mm/s）；最后，我们需要定义两个碰撞传感器，并将银色工件定义为对象源（参考时间间隔：7 s），以供后面定义对象变换器及发送器入口使用。

1. 对象变换器

在本案例中，由于需要将银色工件转换为蓝色工件，所以我们需要创建对象变换器。

对象变换器能够在仿真过程中实现将一个刚体变成另一个刚体。我们可以使用碰撞传感器来触发交换。在模拟过程中交换刚体以改变质量、惯性属性和重复几何的物理模型。例如，使用它来模拟装配线中手动工作站实现的组件更改。

在上方菜单栏的主页选项卡下的机械模块中，点击“刚体”下拉箭头（也就是刚体下方的下拉箭头），就能够看到对象变换器的选项，如图 1–34 所示。

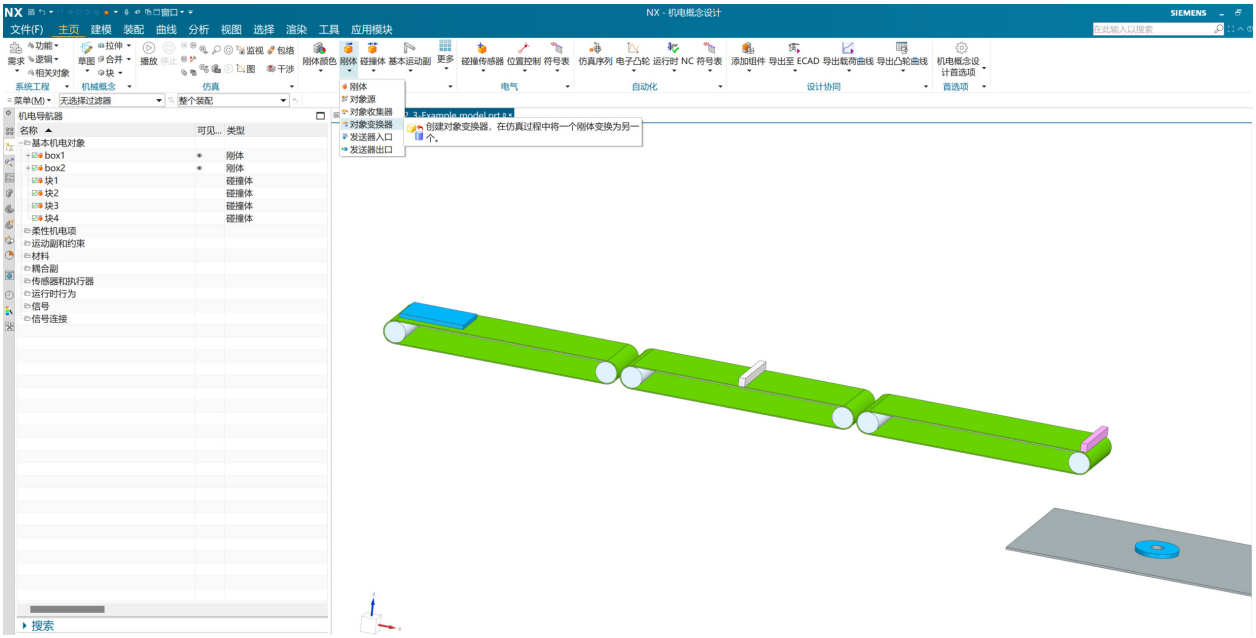


图 1–34　菜单栏中的对象变换器

以下是对对象变换器对话框的介绍。

选择碰撞传感器：设置将一个刚体换成另一个刚体的位置。

选择刚体：选择将在对象变换器之后生成的刚体。

“每次激活时执行一次”复选框：将对象变换器设置为仅出现一次。

单击菜单栏中的“对象变换器”选项，弹出“对象变换器”对话框后，选择靠近蓝色工件的碰撞传感器，如图 1–35 所示。

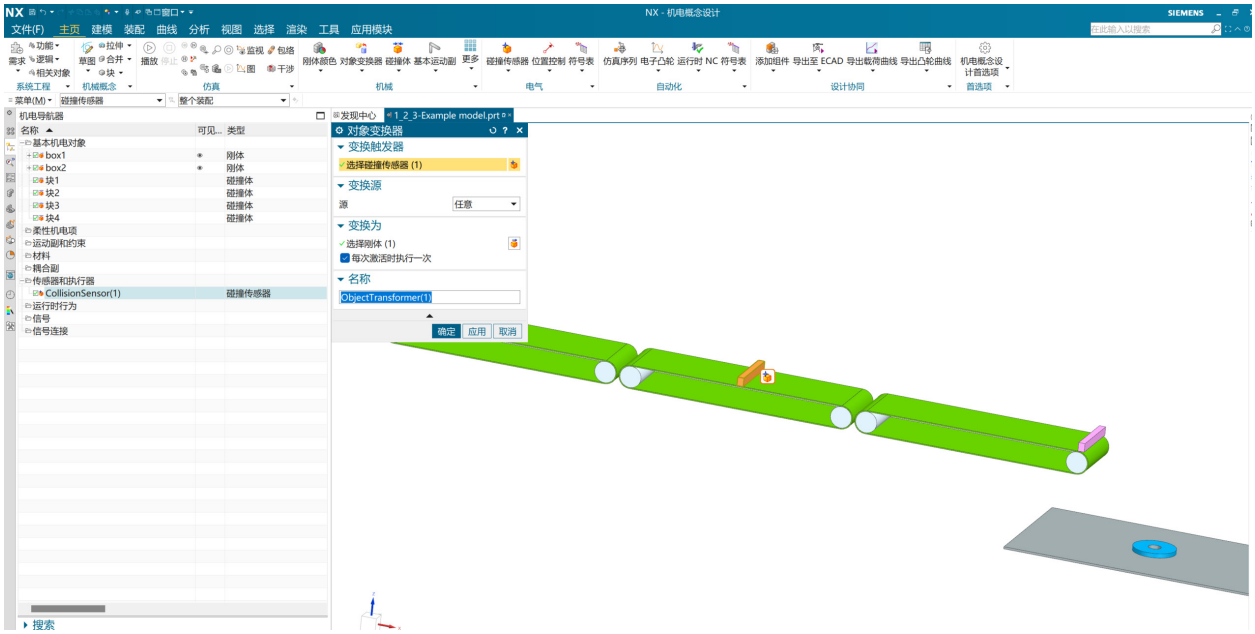


图 1–35　选择碰撞传感器与“对象变换器”关联

用鼠标单击对话框中的“选择刚体”，再将鼠标移动到模型界面中蓝色的工件上，单击选中蓝色工件（此时我们选中的是名称为 box2 的刚体）。单击“确定”，如图 1–36 所示。

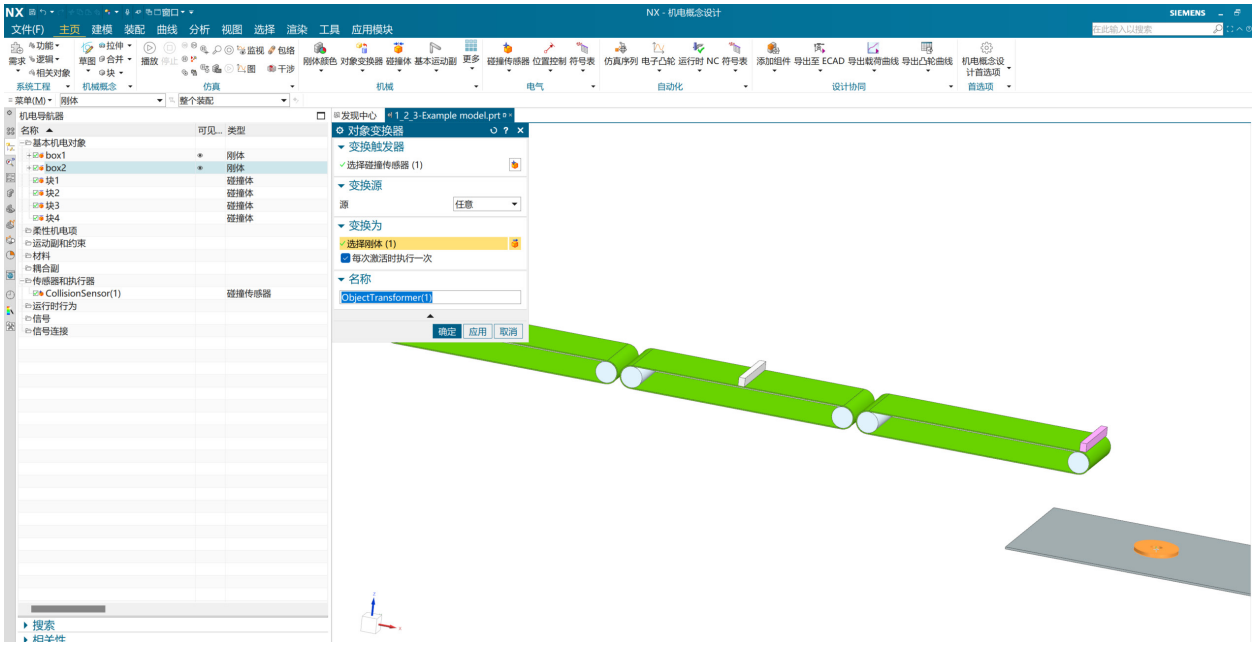


图 1–36　选择对象变换器的刚体（box2）

这样我们就完成了一个对象变换器的创建。单击播放按钮，可以观察到，当银色工件碰到碰撞传感器时，银色工件就变换成了蓝色工件，这个就是我们刚刚定义的对象变换器发挥的作用，如图 1–37 所示。

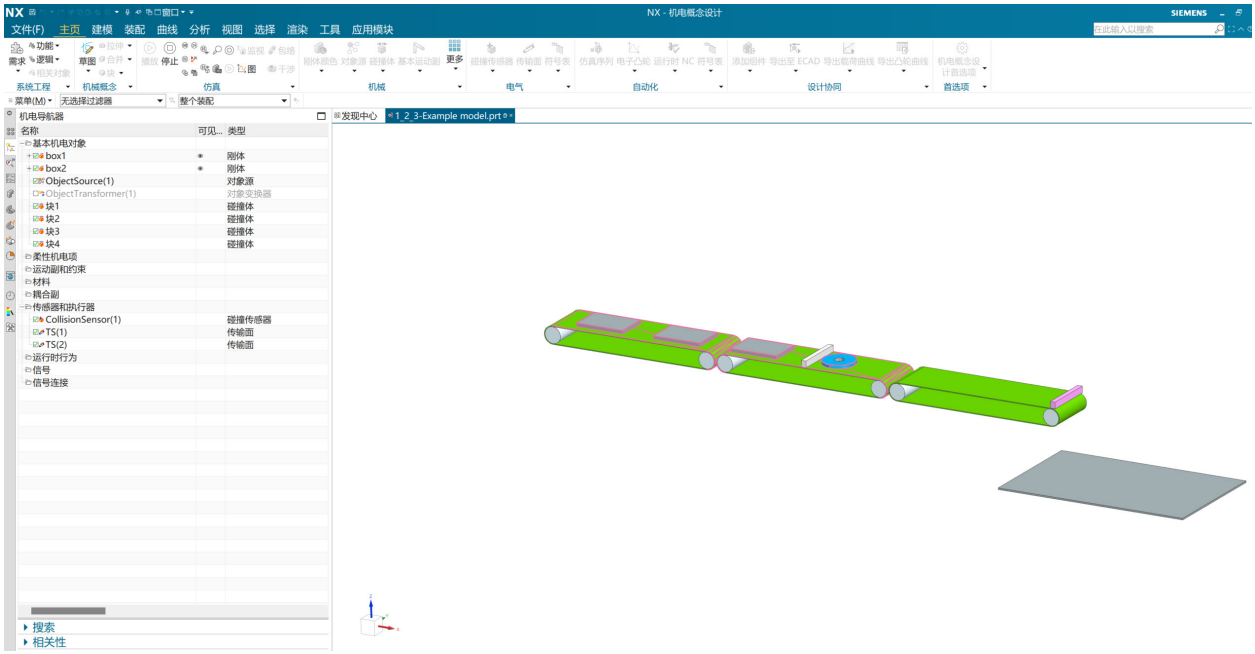


图 1–37　播放效果（物料经过传感器后变换为蓝色）

2. 发送器

发送器包括发送器入口和发送器出口两个功能选项。

发送器入口可以将检测体发送至端口，发送器出口则用来接收端口处的刚体。

需要注意的是，发送器入口跟发送器出口是需要搭配使用的。并且，选择对象时，需要选择的是碰撞传感器。

在主页选项卡下的机械模块中，单击刚体下方的下拉箭头，就能够看到发送器入口以及发送器出口选项，如图 1–38 所示。

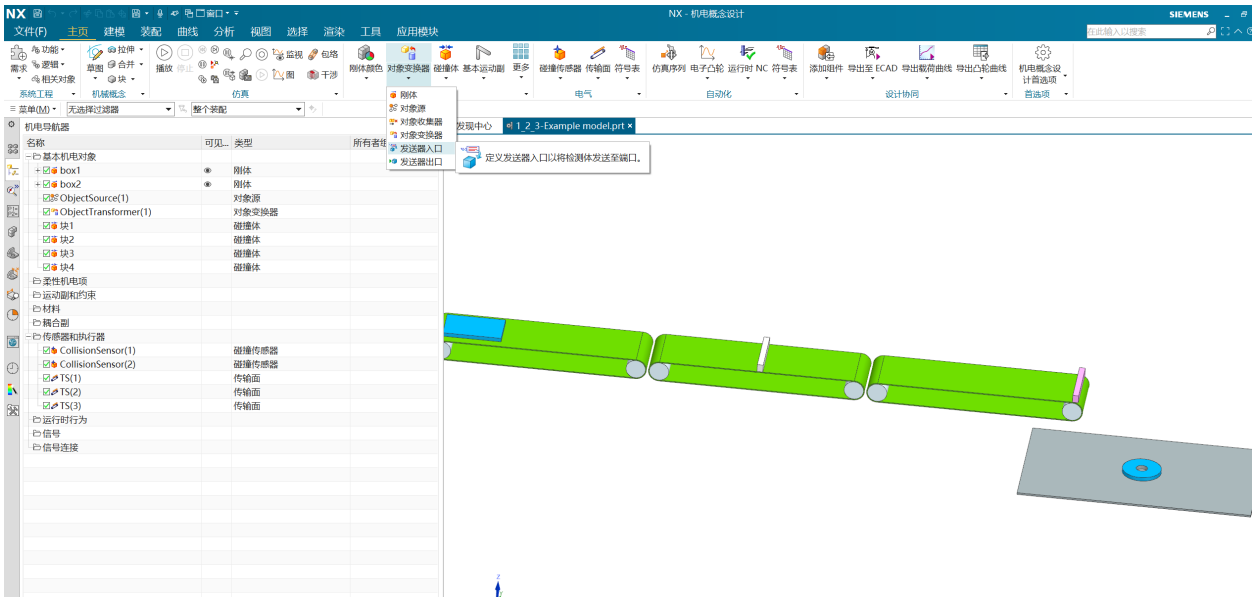


图 1–38　菜单栏中的发送器

以下是对发送器入口对话框的介绍。

选择对象：允许选择一个碰撞传感器，该传感器根据候选设置检测并传输碰撞体。

候选：允许在碰撞传感器碰撞时检测并传输所有碰撞体，或仅传输选择的碰撞体。

端口：指定碰撞体传输到哪个发射器出口。端口号必须与相应发送器出口指定的编号匹配。

每次激活执行一次复选框：每次激活时将发送器条目的激活限制为一次。

在上方的菜单栏选择发送器入口选项，然后单击选择我们已经创建好的离蓝色工件较远的碰撞传感器，其他参数默认，单击“确定”，如图 1–39 所示。

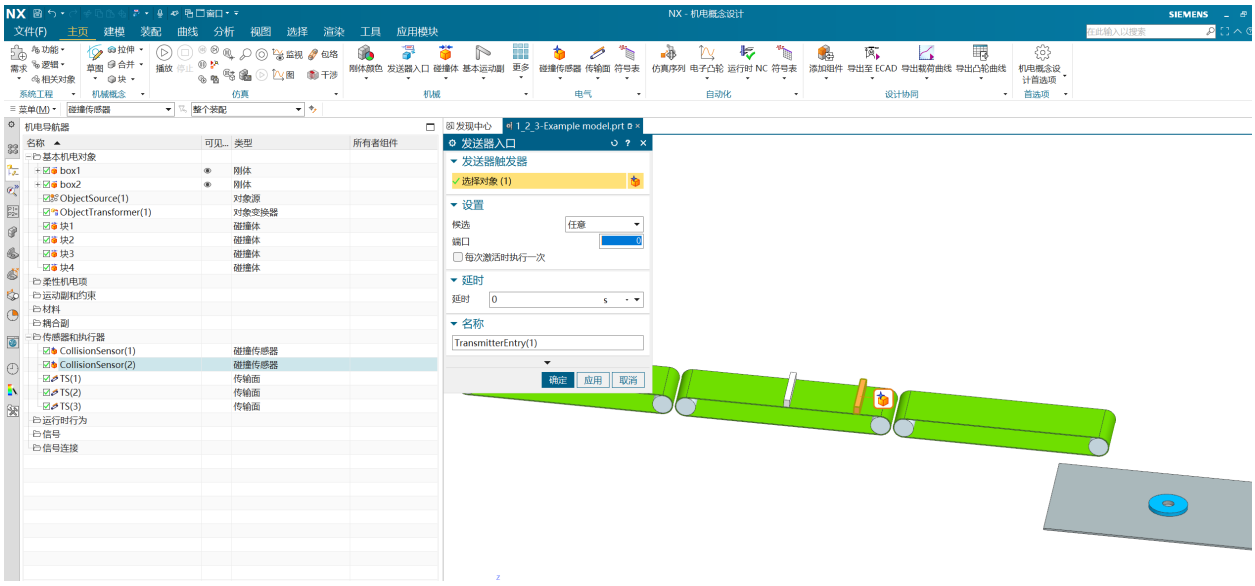


图 1–39　发送器入口定义

单击播放查看效果，发现当小方块碰到发送器入口时就消失不见了，这就是我们创建的发送器入口发挥的作用。接下来，我们还需要创建一个发送器出口。让小方块从发送器出口的位置出来。

以下是对发送器出口对话框的介绍。

指定点：指定由发射器条目发送的碰撞体出现的点。

指定坐标系：指定传输对象的 CSYS。如果未指定 CSYS，NX 将从“发送器条目”对话框中选择的对象的刚体中推断出 CSYS。

选择参考：可以选择刚体作为传输对象的 CSYS 的参考。

在上方菜单栏中选择发送器出口，弹出发送器出口对话框后，用鼠标左键单击指定点旁边的点对话框，在点对话框中，从上到下分别输入值 262、–9.5、88.5，输入完成后，单击“确定”，如图 1–40 所示。

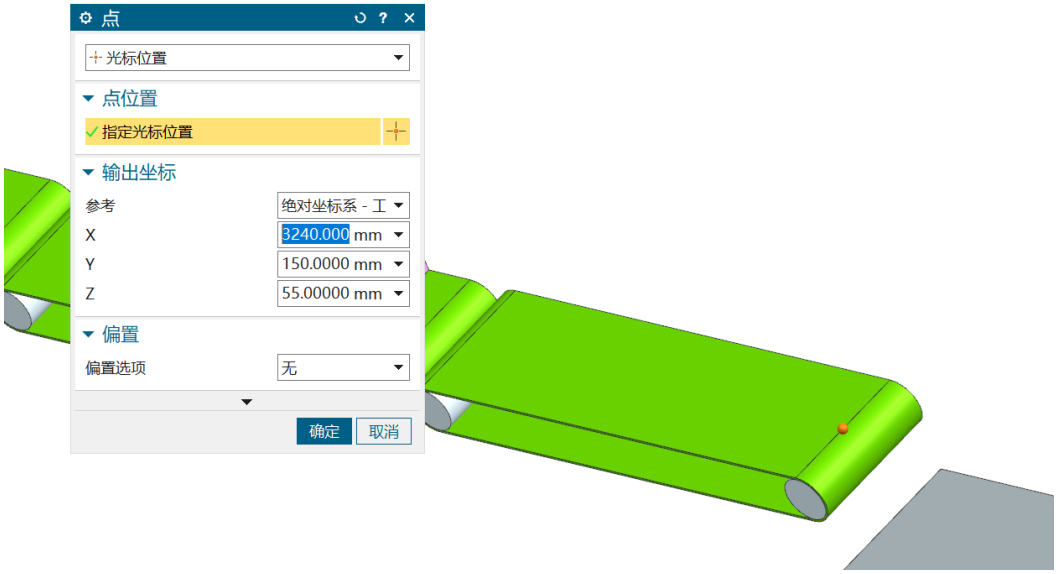


图 1–40　发送器出口定义

用鼠标点击指定坐标系，将坐标系的方向更改为 X 轴竖直向上，Z 轴水平向左，单击“确定”。这样，我们就完成了一个发送器出口的创建，如图 1–41 所示。

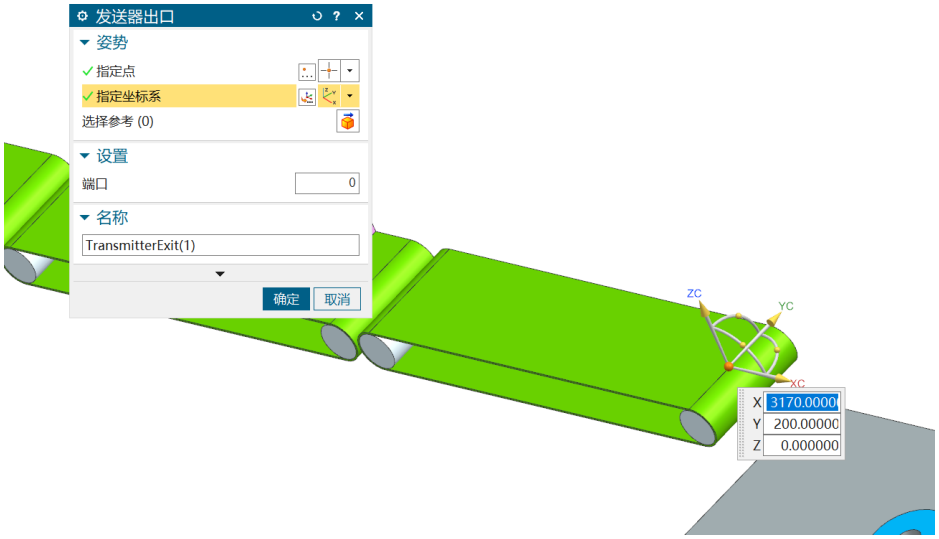


图 1–41　定义坐标系的方向

单击“播放”，发现蓝色工件在发送器入口处消失，在发送器出口处重新出现，这就是一个完整的发送器所发挥的作用。这样，我们就顺利地完成了发送器的学习。

3. 碰撞材料

如果我们希望更改物体之间的摩擦系数时，就需要创建碰撞材料。

使用“碰撞材料”命令定义新材质以及碰撞中材质的基本行为。可以将碰撞材料分配给碰撞体和传输表面。

在主页选项卡下的机械模块中，单击“碰撞材料”下方的下拉箭头，就能够看到“碰撞材料”选项，如图 1–42 所示。

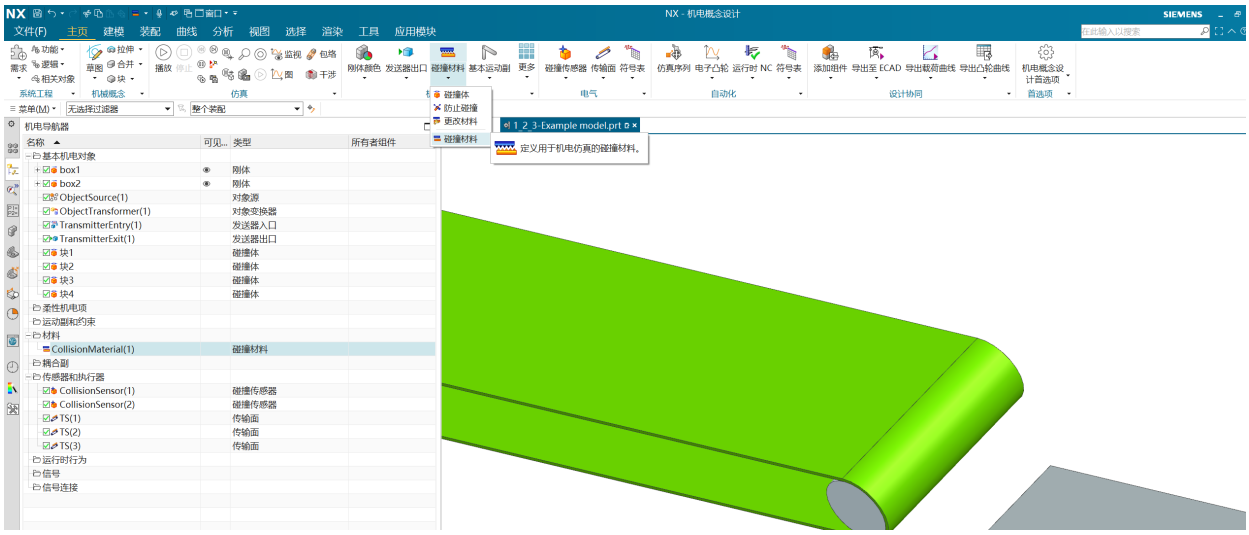


图 1–42　菜单栏中的“碰撞材料”

以下是对碰撞材料对话框的介绍。

动摩擦：运动体的动摩擦系数。

静摩擦：碰撞时静止体的静摩擦系数。

恢复原状：碰撞中的恢复系数。

单击工具栏上方的碰撞材料，弹出“碰撞材料”对话框后，我们可以进行摩擦属性的设置，在这里我们使用默认值，单击“确定”即可，如图 1–43 所示。

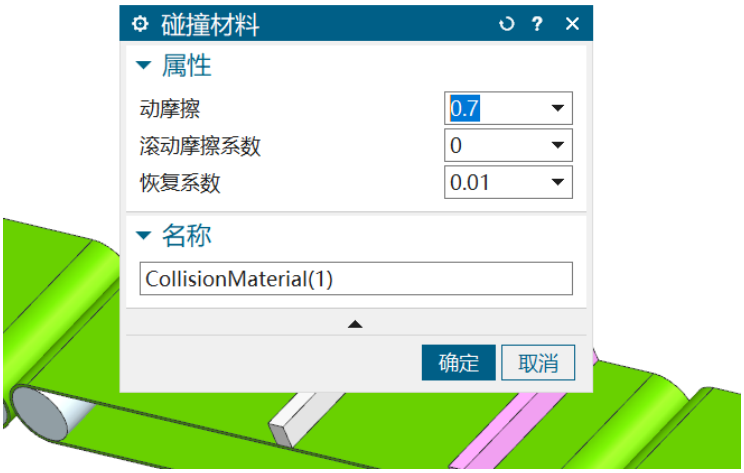


图 1–43　碰撞传感器定义

观察左边基本机电对象的导航栏，发现多了一项碰撞材料，说明碰撞材料已经创建成功。通过改变碰撞材料中的属性值，能够使仿真模型更加贴合实际，如图 1–44 所示。在左上角的文件菜单中将模型另存。

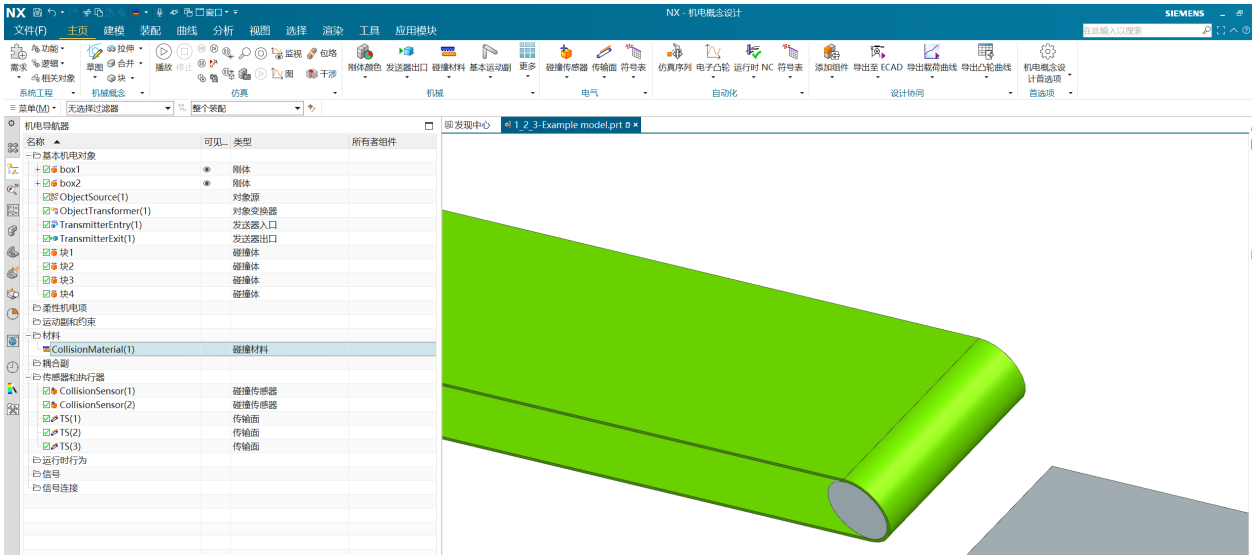


图 1–44　新建的碰撞材料在左边导航器中

在本小节的学习中，我们了解了对象变换器、发送器以及碰撞材料。

大国工匠事迹

从小电工到大工匠的“机电神医”

——王斌俊

王斌俊是汾西矿业集团高阳煤矿的一名机电师，从业 25 年，从一名技校生成长为技能大师、国家级工匠，他攻克了一系列技术难题，创新研发了 40 多项发明专利和实用新型专利。2020 年，42 岁的王斌俊成为全国劳动模范。

一、不服输　由“工”磨砺成“匠”

1978 年，王斌俊出生在山西孝义一个普通的矿工家庭。1995 年，从汾西矿业技工学校毕业后，他被分配到高阳煤矿，成为一名机电绞车工。

参加工作 5 个月后，作为高阳矿首位 70 后技校生，王斌俊被选中跟着师傅们一起下井，参与井下机电设备升级。看着改造过的设备通电后正常运转，这次经历让王斌俊觉得，只有多学技术才有出路。

从那时起，王斌俊每月都是全勤，他把全部时间和精力都放在了工作学习上。学历不行，他就自学。技术不行，他就手工绘制电气原理图，不懂的符号书里查，不明白的电路到现场每根接线端子逐个对照。

2004 年，高阳煤矿公开招聘井下机电技术员。对矿区工作的人来说，在井下工作的人都想调到地面工作，而王斌俊却主动从井上调到井下，他在采煤、掘进、机电等井下一线轮番干，认真钻研机电

设备的检修、维修和安装。

2009 年，山西迎来了煤炭资源整合。当年，作为井下技术骨干的王斌俊，承担了高阳煤矿 201 主皮带电控部分改造任务。停产 7 天，他没有回过家，每台设备上的每一根连线都亲自把关，在他和团队的努力下，设备提前试运转成功。

同样身为矿工子弟的王斌俊爱人说，他对待井下设备，比见了老婆孩子还亲。的确，想要成长为技艺大师并不容易，有准备的人才能接得住机会。

2009 年，王斌俊代表汾西矿业参加第三届全国煤炭行业技能大赛，他从全国上百名选手中脱颖而出，夺得第七名；2011 年，获得山西首届煤炭行业职工技能大赛专业第一名；2013 年评为享受“国家政府特殊津贴”的高级技师，同年以他名字命名的工作室成立。

就这样，对待机器像对家人一样好的王斌俊，也收获了来自机器设备给予他的“奖励”，让他在机电设备专业上有了十足底气。

二、高精尖 “攻深创新”建奇功

工作中，王斌俊总是第一个冲在前头，苦活累活抢着干，研究设备原理、查找线路、分析可疑故障点。只要井下设备出现故障，不管是节假日还是深更半夜，只要打电话，他都会赶过来。

2015 年 8 月，下班正在家中的王斌俊接到井下传来消息，一台采煤机不工作了，耽误两个班的生产，按照规定，机电设备损坏影响矿井停产 4 小时以下就属于轻微事故。收到消息后，王斌俊马上赶往现场，一番“鼓捣”后，机器很快恢复了运转。

“大夫是给人看病，我是给机器看病，人不舒服能说出来，机器‘病’了，只能用经验和技术去感受。”王斌俊说。为了大幅度降低井下机电设备故障率，提高开机率，他和团队成员每月都要对 20 多台大型采掘设备进行 2 次预防性检修。

从事井下机电设备工作是个辛苦活，同事眼中的王斌俊总是忙忙碌碌，有时候一天下井三次、连续 10 多个小时在井下处理故障是常有的事。也正是在井下工作 16 年积累的丰富理论知识和扎实的实践技能，令王斌俊成为高阳矿机电技术方面的佼佼者，经他安装调试的设备，被誉为“免检产品”。

采访中，王斌俊提到最多的两个字就是“安全”，煤矿特殊的生产环境使得技术创新显得尤为重要。多年来，由他组织或参与的综采、掘进、运输等多领域技术改造，累计为企业节约资金 1 730 万余元，减少经济损失 1 000 万余元。

三、传帮带 “工匠精神”薪火相传

虽然只有 42 岁，但这位年轻的“教师傅”已经培养了 30 多位优秀的技能师和青年后备人才。他的工作室门口挂着多块牌子——王斌俊技能大师工作室、高技能人才创新工作室、高阳煤矿机电技术中心、高阳煤矿电气实操培训基地等。

现在，王斌俊把大部分心思和精力花在“传帮带”上。在他看来，培养更多按规操作的高水准技术人才能够减少设备故障率，让井下安全且问题不再出现才是关键。

目前，王斌俊工作室已开展近 10 次为期 3 或 6 个月的电工脱产培训，来自矿区各机电一线的普通工人，通过工作室培训与考核后，均成为所在队组机电维修的骨干力量。

王斌俊工作的 25 年，也是煤炭行业发展巨变的 25 年。如今，随着智慧矿区的建设实施，王斌俊和他的团队正在投入新的“战场”。

山西汾西矿业集团高阳煤矿工会主席杨蕾说，这些年来，王斌俊在平凡的岗位创造了不平凡的业绩，由王斌俊主持并参与的创新成果和小改造，为企业创造了很多经济价值。在王斌俊的影响和带动

下，更多的青年力量参与到技术攻关中来，形成了人人学技术、个个肯钻研的良好氛围，也让王斌俊成为新时代矿工的楷模。

（资料来源：央视网，2020 年 12 月 24 日，有改动）