

# LS-PREPOST 基于树形结构的界面设计应用- Solution Explorer

张成聚 于文会 张占群

(大连富坤科技开发有限公司)

**摘要:** LS-PREPOST 作为一款专注于服务于 LS-DYNA 的前后处理软件,一直致力于为客户提供更清晰,更简洁,更高效的交互界面,以期望用户能更好地应用 LS-DYNA 强大而广泛的仿真分析功能。Solution Explorer 正是 LS-PREPOST 利用树形结构扩展性好,结构分布清晰,层间结构切换快捷等特点将整个仿真分析流程流水线化的界面设计应用。本文将通过对 Solution Explorer 的整个层级结构中分析算法、模型设计、材料库、荷载、边界条件等分支结构的具体介绍,方便用户能对此应用有更加完整、清晰的了解。

**关键词:** 树形结构; Solution Explorer; 材料库; 荷载; 边界条件

## 1. 引言

树形结构是一种多层次的嵌套结构,其外层和内层都有相似的结构,各层间或并列,或递进,因此,树形结构具有良好的扩展性,清晰的结构分布性,以及方便地快捷查找等特点。

将这种结构应用于仿真分析中,既能把整个流程流水线式地建立,又能随时切换或是查看整个仿真分析的任一环节,对用户来说所见即所得,可以说是最具逻辑性,也是最适合运用于仿真分析的结构框架。

早在 4.5 版本中,LS-PREPOST 就已经针对 LS-DYNA 的 ICFD 模块进行了类似的树形结构应用开发,并将这一框架图从 ICFD 的后处理分析扩展到了前处理分析中,整个分析流程淡化了 KEYWORD 的概念,取而代之的是更接近于工程实际应用的变量描述,以及更立足于满足用户需求,更符合用户思维的结构组织框架。依托于用户建立的结构框架,将 LS-PREPOST 众多强大但杂乱的功能模块有机地内嵌于结构框架下,方便用户根据自己的需求快速地使用满足条件的功能模块。由于整个仿真过程更加透明,也更加贴近于实际工程应用,对 LS-DYNA 的 ICFD 分析模块的推广和应用,都起到了很好的促进作用,获得了用户的一致好评。

LS-PREPOST 的 ICFD 模块的成功催生了 Solution Explorer 的开发, Solution Explorer 不是对 ICFD 简单的复制,而是利用树形结构框架对 ICFD 进行的提高、改进、以及扩展。用户在 Solution Explorer 下可以进行 Mechanical (结构力学)、Thermal (结构热力学)、Fluid (ICFD) 以及处于开发阶段 SALE 等分析。在整个分析流程中用户不用关心使用哪个 KEYWORD,工程变量应该放在哪个 KEYWORD 的哪个位置,只要根据自己的工程背景,设置相应的变量,LS-PREPOST 会根据整个结构框架映射到对应的 KEYWORD,自动输出可用于 LS-DYNA 计算的文件,计算完成后,利用 Solution Explorer 的后处理模块进行后处理分析,真正将整个仿真分析流程流水线式地清晰展示在用户面前,所见即所得。下面章节将具体介绍 Solution Explorer 的主要层级结构,以及它们的应用。

## 2. Solution Explorer 的概述

整个 Solution Explorer 包含两部分:模型树、属性编辑器。其中属性编辑器从属于模型树中的树结点,即每个不同的树结点,对应不同的属性,用户通过点击模型树中的结点,切换属性编辑器中的内容,从而达到编辑树结点属性的目的。

### 2.1 模型树

按照各层间从属关系,可以将整个模型树分为四个层级: Multiphysics Solution; Cases; Structure/Fluid/SALE; Analysis/Model/Output。

#### 2.1.1 Multiphysics Solution

作为整个树结构的根结点，文件的读取，保存以及新建等功能都可以在根结点的右键菜单中进行选择。**Solution Explorer** 采用了不同于 **LS-PREPOST PROJECT** 文件的一种新的格式，它以“.solution”为后缀，用于保存整个树结构，方便用户重建整个树结构，大大提高了模型树建立的效率和准确性。

在根结点对应的属性编辑器中，用户可以设置整个求解过程的单位系统，主要包括长度、质量、时间和温度在内的四种单位，一旦用户在属性编辑器中对单位进行调整，整个根结点下的其他树结点的单位会自动进行更新调整。

考虑到用户使用不同版本 **LS-DYNA**，**Solution Explorer** 支持输出不同版本 **Keyword** 文件。

### 2.1.2 Cases

一个完整的仿真分析可能会需要一系列的求解过程，例如，求解一根混凝土梁在荷载作用下的随机振动，需要预先进行预应力分析，在预应力变形的基础上进行后续的加载分析。**CASE** 的意义在于将整个流程细化为不同的分析过程，同时将已求得的分析结果应用到后续的仿真模拟中。如此，对于每一个 **CASE**，既是一个完整求解，又将影响后续的计算。

**Solution Explorer** 将 **CASE** 看作一个独立的求解过程，因此在属性编辑器中，提供了分析的时间以及输出结果的时间间隔两个变量。同时，假如同一个 **Solution** 中，包含多个 **CASE** 时，前一个 **CASE** 的分析结果会自动包含在一个名为“**DYNAIN.LADA**”的文件中，方便后续 **CASE** 读取。当然，这些读取设置 **Solution Explorer** 会自动完成，不需要用户设置。

### 2.1.3 Structure/Fluid/SALE

除了处于开发阶段的 **SALE** 外，其余两个模块已经可以使用，用户既可以选择一个单独的 **Structure** 分析，包括结构力学以及结构热力学分析等，也可以进行单独的 **Fluid (ICFD)** 分析，也可以将两者结合进行流固耦合分析。

### 2.1.4 Analysis/Model/Output

**Analysis** 结点用于设置分析的算法，不同的分析类型对应不同的子结构，例如，结构力学分析，目前主要支持非线性隐式分析，包含 **Integration**、**Solver**、**Time Step** 三部分。**Fluid (ICFD)** 中 **Analysis** 又对应不同的分析类型，包含 **Turbulent**、**Thermal**、**FSI**、**DEM Coupling**、**Free Surface** 等。

**Model** 是整个模型树的核心部分，它包含模型的有限元模型，材料，接触，初始条件，边界条件，连接件等设置。

**Output** 是仿真分析前处理的最后阶段，在这个结点下，**Solution Explorer** 会根据 **Analysis** 和 **Model** 层进行的设置，默认自动输出一部分的结果文件，例如 **GLSTAT**，**BNDOUT**，**RCFORC** 等。用户可以自选需要输出的节点数据和单元数据。

## 2.2 属性编辑器

属性编辑器从属于不同的树结点，用户通过对不同属性的编辑以完成实际工程应用的力学情境重现。不同于 **LS-PREPOST** 以往的以翻译 **Keyword** 变量为主的用户交互界面，**Solution Explorer** 对结构组织，变量描述，以及工具使用上都更贴近于实际应用。其具有如下特性：

### 2.2.1 简洁性

属性编辑器尽可能地过滤用户不关心，或者说对大多数用户无关紧要的变量，只将最基本的，最重要的变量罗列在编辑器中，例如，对于 **Shell Part** 结点只提供材料，厚度以及积分点三个选项，其余有关单元截面属性的设置则自动在 **Solution Explorer** 内部进行调整，这样用户既不会被繁多的变量干扰，又能快速地满足自己的分析要求。

### 2.2.2 辅助性

**Solution Explorer** 根据众多的 **LS-DYNA** 专家提供的经验值对编辑器中大部分变量进行了默认设置，因此很多树结点的属性几乎不需要更改就可以直接参与到仿真分析中。同时，**Solution Explorer** 支持从 **Keyword** 数据到 **Solution** 树结构的转化，用户通过 **Solution Explorer** 读入 **Keyword** 文件，可以建立其对应的树形结构。虽然目前还不能支持所有的 **Keyword** 数据，但对于几类典型问题已经能很好的解决。

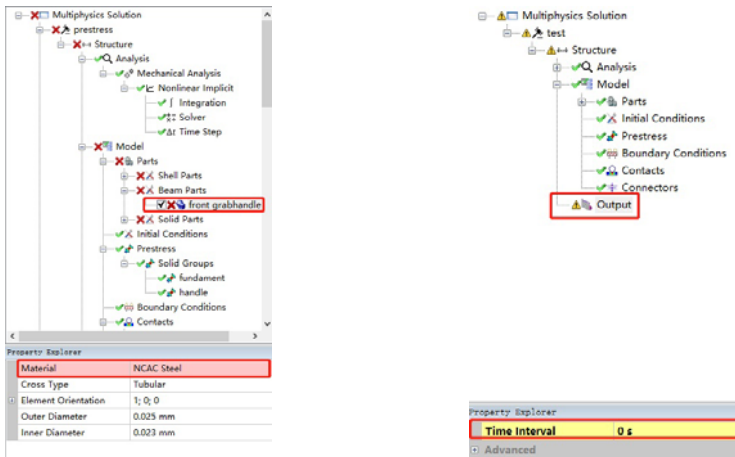
### 2.2.3 高效性

**Solution Explorer** 简化了几种常用工具的使用方式，将其内嵌到属性编辑器中，用户只需通过点击对应的按钮就能进行诸如，选择单元，选择节点，编辑曲线，选取位置，选择材料等操作，不再需要切换到其他

的菜单下，极大地提高了用户的使用效率。

### 2.2.4 正确性

Solution Explorer 提供了对变量设置的错误和警告检查，对于属性编辑器中比较明显的错误，会在其从属的树结点图标前提示一个错误标识，如下图 1 中 (a) 所示。对于一些不影响 LS-DYNA 的正确运行，但是会明显影响计算结果的设置则在其树结点图标前提示一个警告标识，如下图 1 中 (b) 所示。当所有树结点都为正确标识时，代表当前 Solution 的输出文件在 LS-DYNA 中求解会很大概率得到一个期望的结果。



(a) 错误提示

(b) 警告提示

图 1 提示

### 2.2.5 整体性

利用树形结构的直观分布性，Solution Explorer 将后处理过程集合到属性编辑器中，用户可以通过切换自己建立的树结点，查看当前结点下对应的后处理结果为何。通过属性编辑器的前处理后处理切换按钮，Solution Explorer 会自动载入对应的 LS-DYNA 后处理文件，不再需要用户手动载入。如此，在同一个模型树下，用户就可以完成从前处理到后处理的切换，贯穿整个仿真分析过程。LS-PREPOST 4.7 版本中已经支持 Part 结点查看 Pressure、Von Mises 的 Fringe 结果，支持 Internal Energy 和 Kinetic Energy 的曲线绘制，支持对于 Contact 结点接触力，力矩以及能量的曲线绘制等功能。下图 2 所示，为模型树下选中 Part 的后处理过程。

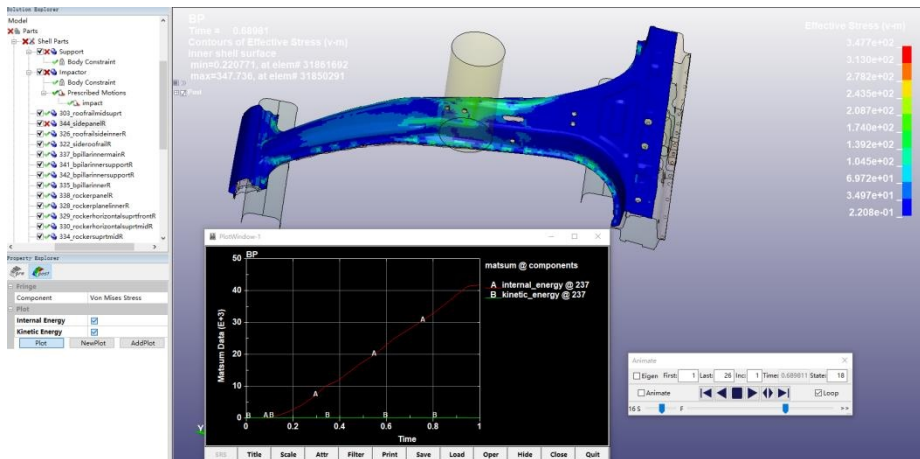


图 2 后处理

## 2.3 几种特殊的属性

将 LS-PREPOST 杂乱无序的功能模块内嵌到编辑器中，是 Solution Explorer 为提高用户使用效率所作的改进，下面就以几种特殊的属性为例，介绍下 Solution Explorer 是如何提高用户使用效率的。

### 2.3.1 定义数组

如下图 3 所示，单击最右侧第一个按钮即可进行单元节点的选取，待选取完成，单击右侧第二个按钮即可确认完成节点数组的选取工作，或者直接点击键盘的回车键实现同样的效果。同理，对于单元数组，Part 数组，Segment 数组也采取了类似的工作流程。与 LS-PREPOST 杂乱无序的模块组织相比，这种方式更加直观，也更加高效。

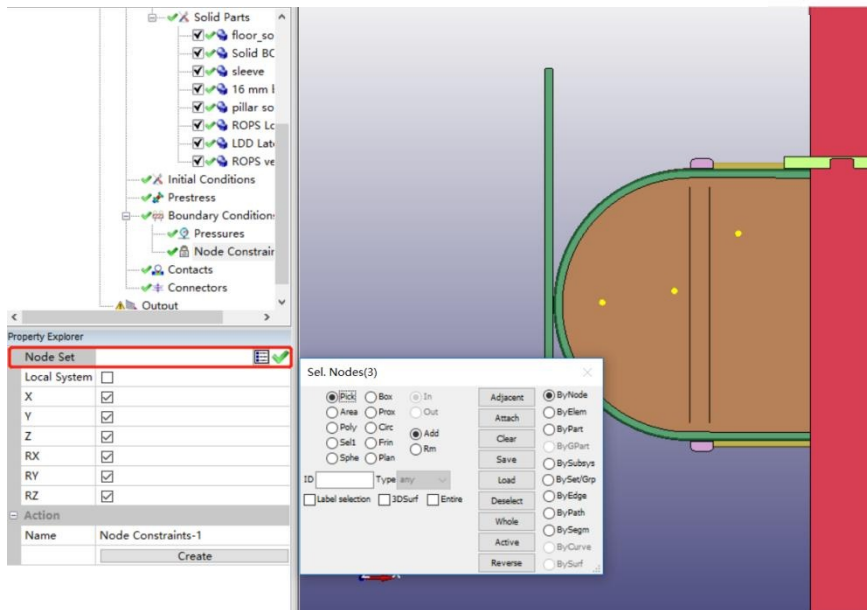
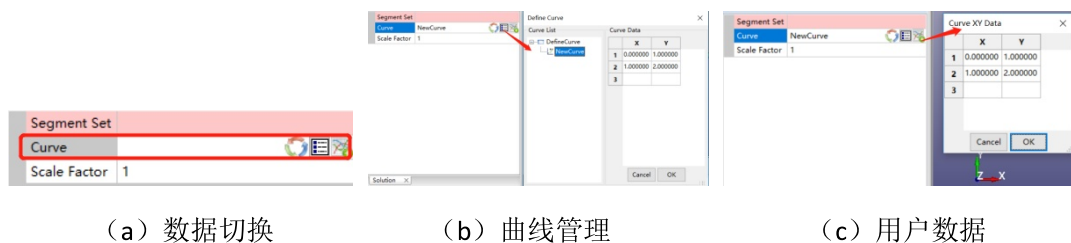


图 3 定义（节点）数组

### 2.3.2 定义曲线

“Curve” 提供了四种不同类型的数据形式：常数、曲线、函数、函数曲线。图 4（a）中第一个按钮可以进行数据类型切换，第二个按钮如图 4（b）中所示可以选取已经定义好的曲线数据，第三个按钮则可以弹出一个表格如图 4（c）所示，供用户直接输入定义曲线的 X-Y 值。



(a) 数据切换

(b) 曲线管理

(c) 用户数据

图 4 定义曲线

### 2.3.3 材料库

如下图 5 所示，单击 Material 属性的最右侧按钮即可弹出材料库对话框。Solution Explorer 建立了新的材料库管理实际工程应用的材料。新的材料库包含四部分：Built-in Database, In-house Databases, Local Database, Solution Database。每一个材料库都是一个 XML 格式的文件，该文件利用 XML 格式将众多使用 Material Keyword 定义的材料数据有机地组合在一起。

四个材料库中，Built-in Database 为 LS-PREPOST 内置材料库，存在于程序可执行文件的目录下；In-house Databases 为各个公司材料数据库，可在用户配置界面的材料库下进行设置，可仅限于公司内部使用；Local Database 由 LS-PREPOST 自动创建，当用户保存或者求解当前 Solution 文件时，在工作目录文件夹下都会自动保存一个与 Solution 同名的 XML 文件，它只在当前 Solution 文件使用了前两种数据库中没有的材料时才会出现在材料库中；Solution Database 是保存于 Solution 文件中的材料数据，只有 Part 结点使用了前三种数据库以外的材料时，材料库才会载入 Solution Database 以确保 Solution 文件能继续正确运行。

新的材料库具有很好的扩展性，以及保密性，用户可以按照既定格式，自由编写属于自己的材料数据文件（XML 格式），并且同一个文件中支持多种单位系统。



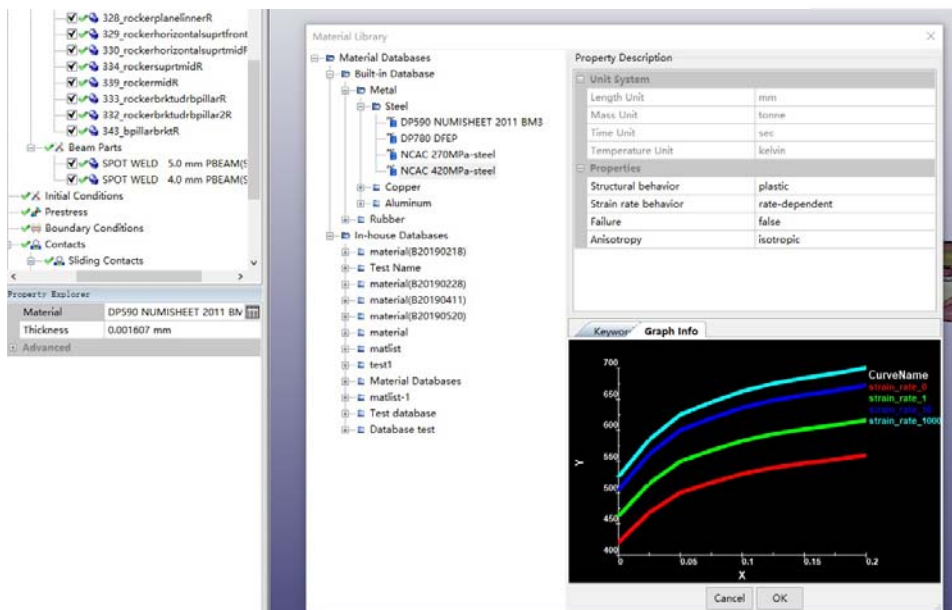


图 5 材料库

### 3 实例

本节将通过一个典型的跌落模拟实例来展示 Solution Explorer 是如何快速完成整个仿真分析过程的。

首先右键单击根节点弹出可选菜单，选择“New Solution”选项建立一个新的 Solution 文件，如图 6 所示。其中 Keyword Data 为已经预先建立好的有限元模型，包括 Part、Element、Node 等信息，设置整个求解的单位系统为：mm-ms-kg-kelvin。整个分析过程没有涉及到温度的影响，故温度单位选用默认值。

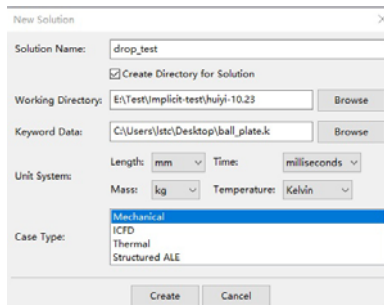


图 6 新建 Solution 文件

接下来指定分析的时间以及设置分析算法，其余均选用默认值，如图 7 所示。

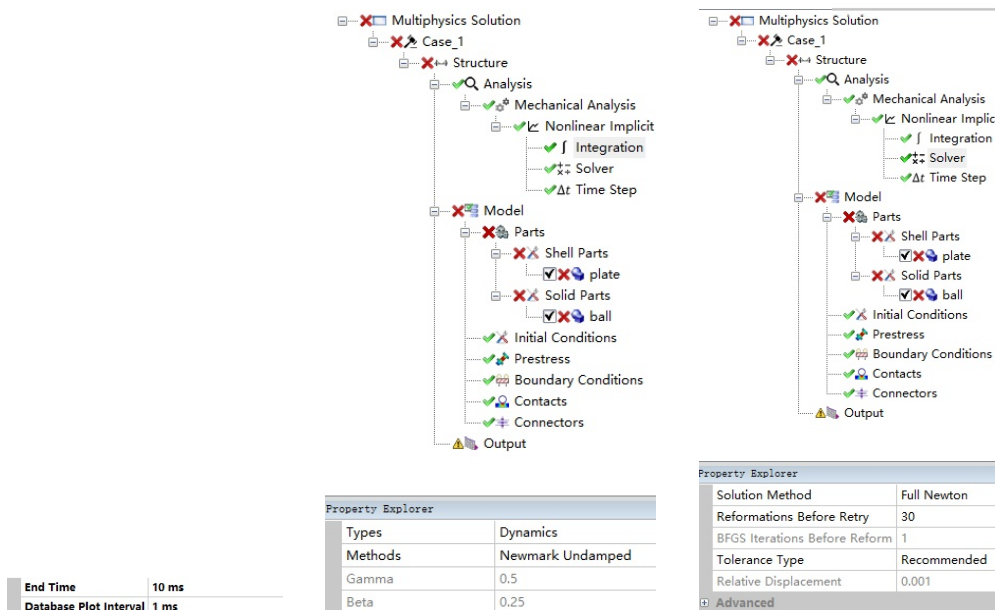


图 7 时间、算法设置

为 Shell Part 设置材料和截面属性，如图 8 所示。

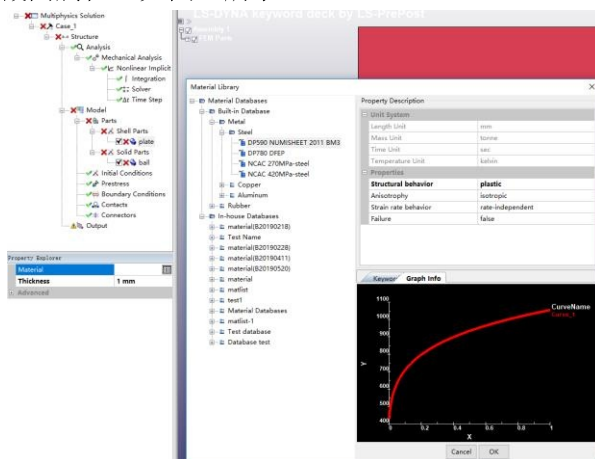
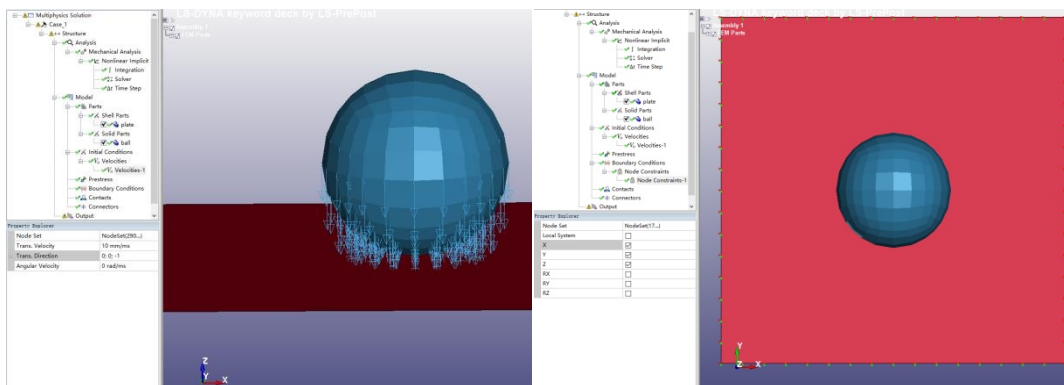


图 8 材料以及截面设置

Solid Part 选取同一种材料，只将材料的“Structural behavior”从“plastic”切换到“rigid”，表示将当前 Part 设置为刚体。

设置初始条件和边界条件，将 Solid Part 内每个节点选中，并设置-Z 方向的初始速度为：10m/s，如下图 9 (a) 所示。将平板的四条边界施加 X、Y、Z 三个方向的位移约束，如下图 9 (b) 所示。



(a) 初始速度

(b) 边界条件

图 9 初始条件和边界条件设置

设置接触类型，选用“Sliding Contact”类型，如图 10 所示。

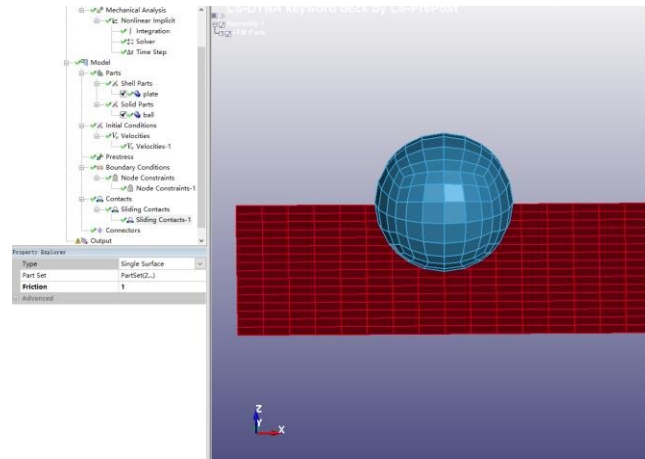


图 10 接触设置

在 Output 树结点下，设置输出时间间隔为 0.1ms。这也是前处理的最后一项设置，完成后可以单击根结点右键弹出菜单的“Run”选项，调用 LS-RUN 进行求解，如图 11 所示。

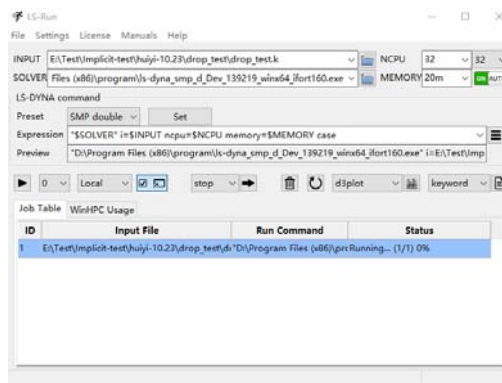


图 11 求解

等待求解完成后，选择 Shell Part 树结点，并在属性编辑器中切换到后处理选项，进行后处理分析，如图 12 所示。用户无需手动载入后处理文件（D3PLOT、BINOUT 等），Solution Explorer 根据用户选择的属性编辑器内容自动识别需要的后处理文件类型并将其载入到 LS-PREPOST 中完成后处理分析。

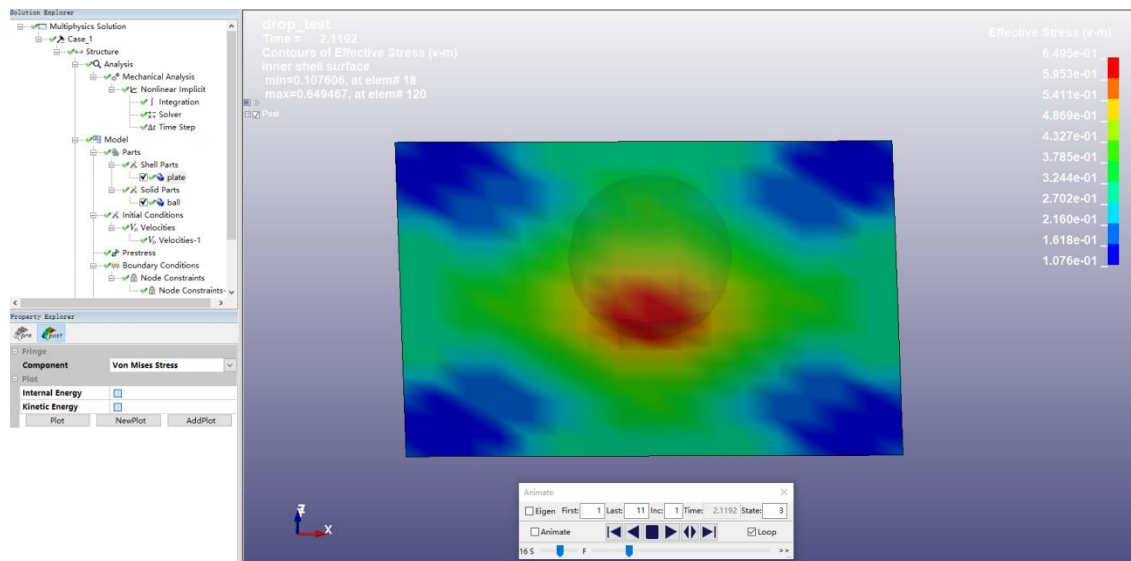


图 12 后处理

整个跌落的仿真分析过程，完全依托于模型树和属性编辑器。用户不需要熟练掌握 Keyword 知识，只需要利用自己的力学背景，将实际工程应用物理情境映射到 Solution Explorer 对应的结点下，就可以快速准确地完成整个仿真分析，而且分析流程流水线式，更具逻辑性、直观性，也更加方便快捷。

## 4 结论与展望

本文通过对 Solution Explorer 各层级结构的具体阐述，详细介绍了模型树的各个结构在仿真分析中的作用，以及属性编辑器中几种特殊的属性，如曲线定义，节点数组定义，单元数组定义，材料库等。最后利用一个简单的实例，展示了利用 Solution Explorer 快速地完成仿真分析的整个过程。

Solution Explorer 淡化了 Keyword 在前处理中的概念，取而代之的是更接近于用户思维逻辑的力学描述和组织框架，力求达到所见即所得的效果，最大限度的提供给用户更清晰，更简洁，更高效的交互界面。

目前 Solution Explorer 引入的 Mechanical、Thermal、ICFD 已经可以在 LS-PREPOST 4.7 版本中使用，SALE 模块正处于开发阶段，相信会在 LS-PREPOST 的后续版本中开始提供用户使用，未来将针对 LS-DYNA 强大而广泛的仿真分析功能，开发更多的分析模块。