

---

# FloEFD 2306 (NX版) 实例教程 5

## 圆柱阻力系数 (B2 - Drag Coefficient)

---

FLOEFD 可用于研究物体周围的流动，并确定由于流动对物体产生的升力和阻力。在本例中，我们使用 FLOEFD 来确定处于均匀流体流中的圆柱体的阻力系数。圆柱的轴线垂直于流线。

本计算针对一系列雷诺数 (1, 1000,  $10^5$ ) 执行，其中  $Re = \frac{\rho U D}{\mu}$ ， $D$  是圆柱体直径， $U$  是流体速度， $\rho$  是密度， $\mu$  是动力粘度。圆柱的阻力系数定义为：

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2} \rho U^2 D L}$$

其中  $F_D$  是流动方向上的总力（即阻力），作用在直径为  $D$ 、长度为  $L$  的圆柱体上。

仿真的目的是获得 FLOEFD 预测的阻力系数，并将在 [获取结果](#) 那一小节中展现，将其与实验数据进行比较。

打开模型 .....	176
创建 FLOEFD 项目 .....	177
指定 2D 模拟 .....	184
指定全局目标 .....	186
指定方程目标 .....	187
指定全局网格设置 .....	188
指定局部网格设置 .....	189
设置求解自适应网格细化 .....	190
克隆项目 .....	192
更改项目设置 .....	194
修改方程目标 .....	196
创建模板 .....	197
从模板创建一个项目 .....	198
求解一组项目 .....	202
获取结果 .....	203

---

## 打开模型


您可以打开模型。

### 步骤

1. 将 *B2 - Drag Coefficient* 文件夹复制到您的工作目录中，并确保文件不是只读的，因为 FLOEFD 会将输入数据保存到这些文件中。
2. 单击 **文件>打开**。
3. 在 **打开** 对话框中，浏览到 *cylinder 0.01m.prt* 零件，然后单击 **打开**（或双击该零件）。

#### 注意

---

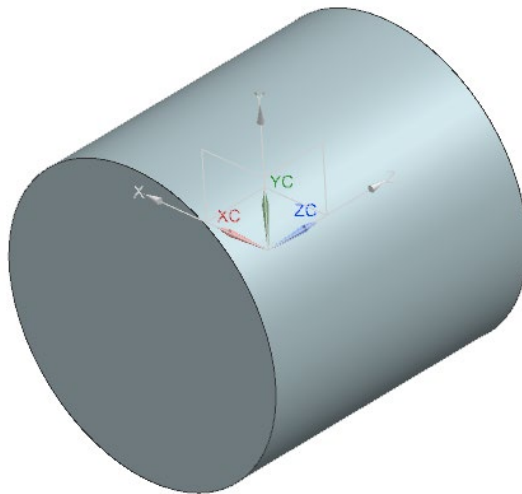
 要跳过项目定义，并运行根据教程已定义好的 FLOEFD 项目，您需要打开位于 *B2 - Drag Coefficient\Ready* 文件夹中的“*cylinder 0.01m.prt*”零件 或 “*cylinder 1m.prt*”零件，然后运行所需的项目。

---

4. 启动 FLOEFD。


### 结果

这里考虑的 **圆柱** 问题代表了典型的 FLOEFD **外部** 分析。



#### 注意

---

 外部流动分析处理模型周围的绕流，例如飞机、汽车、建筑物等周围的绕流问题。对于外部流动分析，远场边界是计算域的边界。您还可以在 FLOEFD 项目中求解外部和内部流动的组合问题（例如，在建筑物周围和穿过建筑物的流动）。如果分析包括内部流和外部流的组合，则必须把分析类型指定为外部类型。

---

第一步是创建一个新的 FLOEFD 项目。

## 创建 FLOEFD 项目

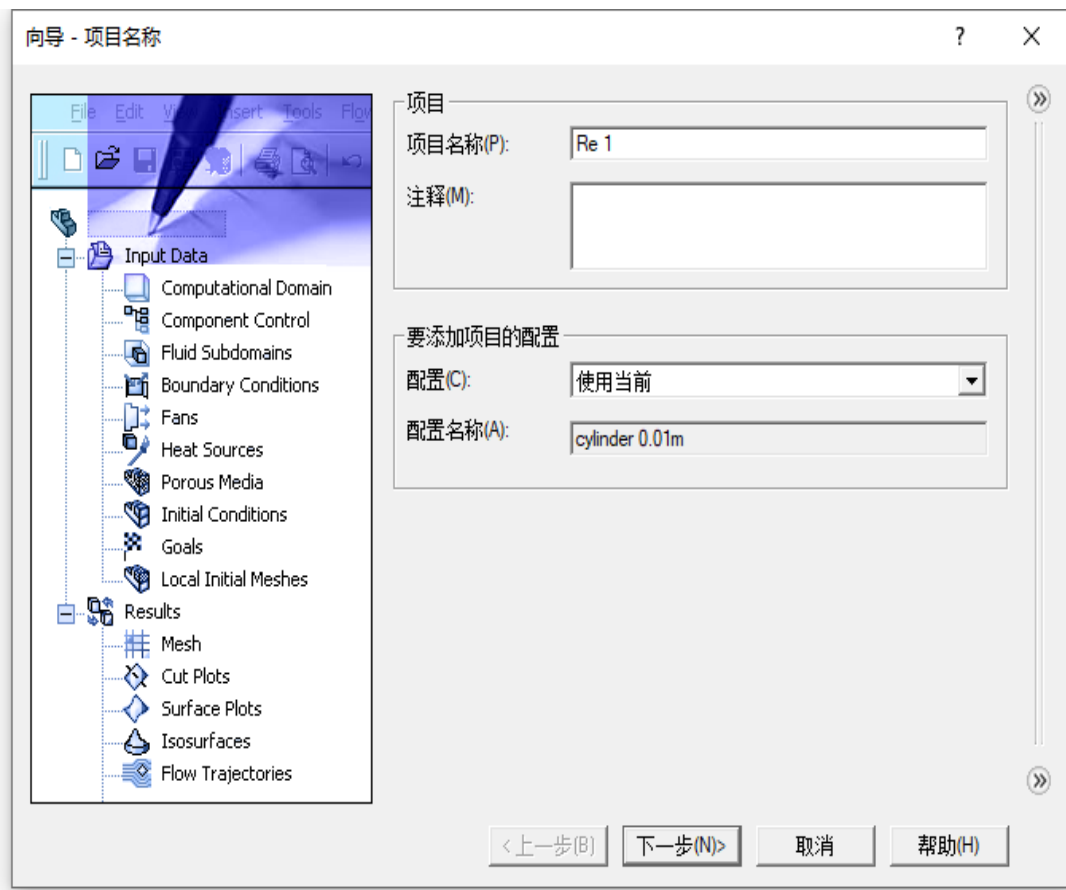
您可以创建一个 FLOEFD 项目。

### 步骤

1. 单击 **流动分析 > 项目 > 向导** 。

项目向导将引导您完成新的 FLOEFD 项目的定义。这个项目中，我们将分析雷诺数为 1 时，绕圆柱体的流动。

2. 在 **项目名称** 对话框中，键入新的项目名称为：**Re 1** 。



3. 单击 **下一步** 。

4. 在 **单位系统** 对话框中，您可以为输入和输出（结果）选择所需的单位制。

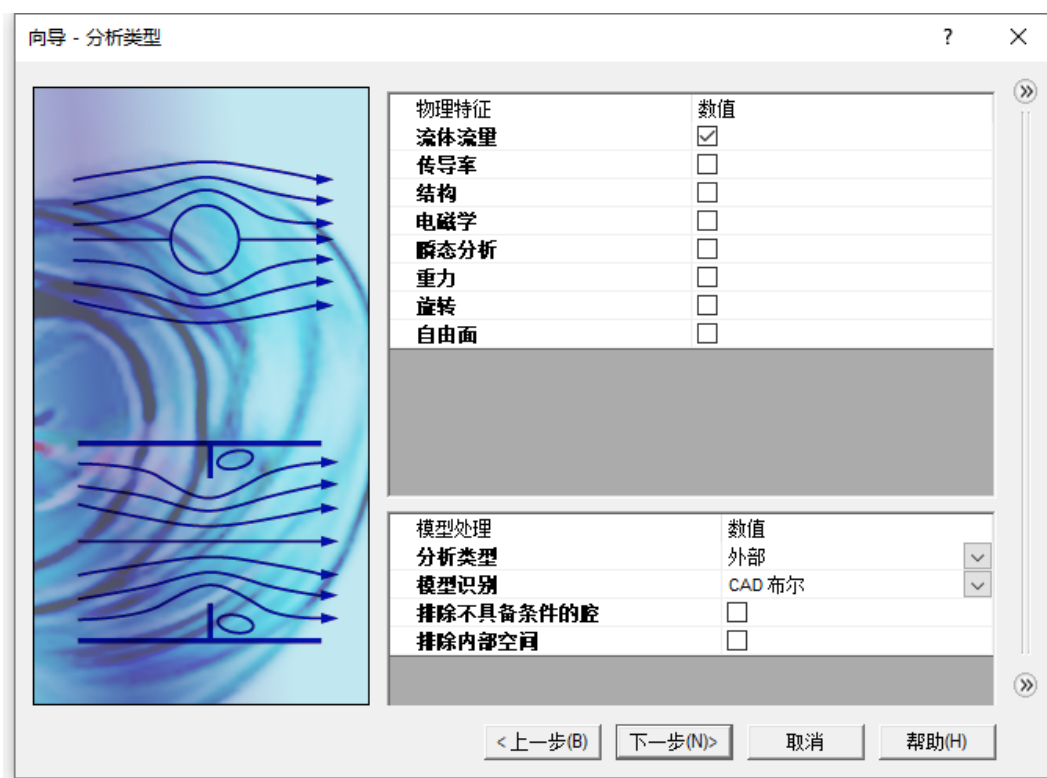


在这个项目中，我们将按默认指定国际单位制 **SI**。


5. 单击 **下一步**。

6. 在 **分析类型** 对话框的 **模型处理** 区域，选择 **外部** 流动分析类型。


此对话框还允许您指定您希望包含在分析中的高级物理特征。在此项目中，将保持包括仅有 **流体流量** 这一“物理特征”的默认设置。



### 注意

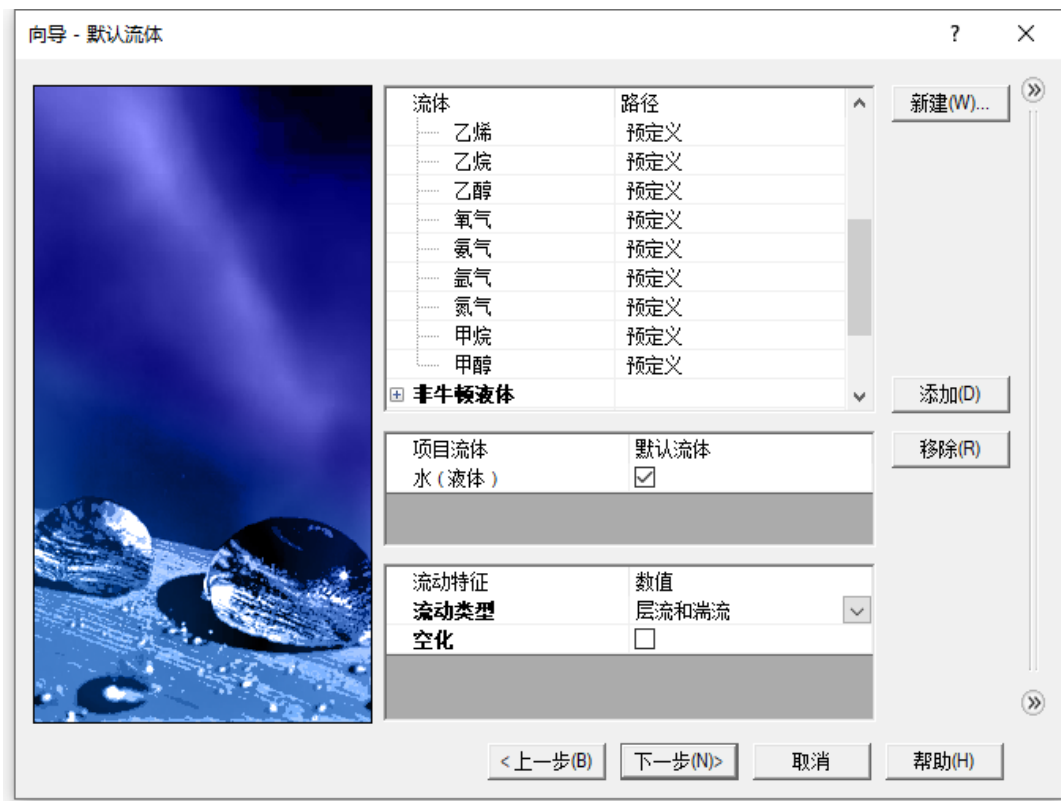
 要忽略实体内封闭的内部空间，可以选择 **排除内部空间**；但是，在本教程中，圆柱体内不存在内部空间。

### 注意

 当雷诺数  $Re < 40$  时，圆柱上的流动是稳定的（参见上面关于圆柱的  $Re$  定义），而在  $Re > 40$  时是不稳定的（随时间变化）。由于在本教程中，第一次计算是在  $Re = 1$  时执行的，为了加速运行，我们执行一个稳态分析。

单击 **下一步**。

7. 由于我们在该项目中使用水作为流体，请打开 **液体** 文件夹，并双击 **水** 那一项。



8. 单击 **下一步** 。

- 在 **壁面条件** 对话框中，您可以指定“应用于接触流体的所有模型壁面”的“默认壁面热条件”。



在此项目中，我们保留默认的 **绝热壁面** 设置，表示所有模型壁面都是绝热的，并接受默认的壁面“粗糙度”为 **0**。

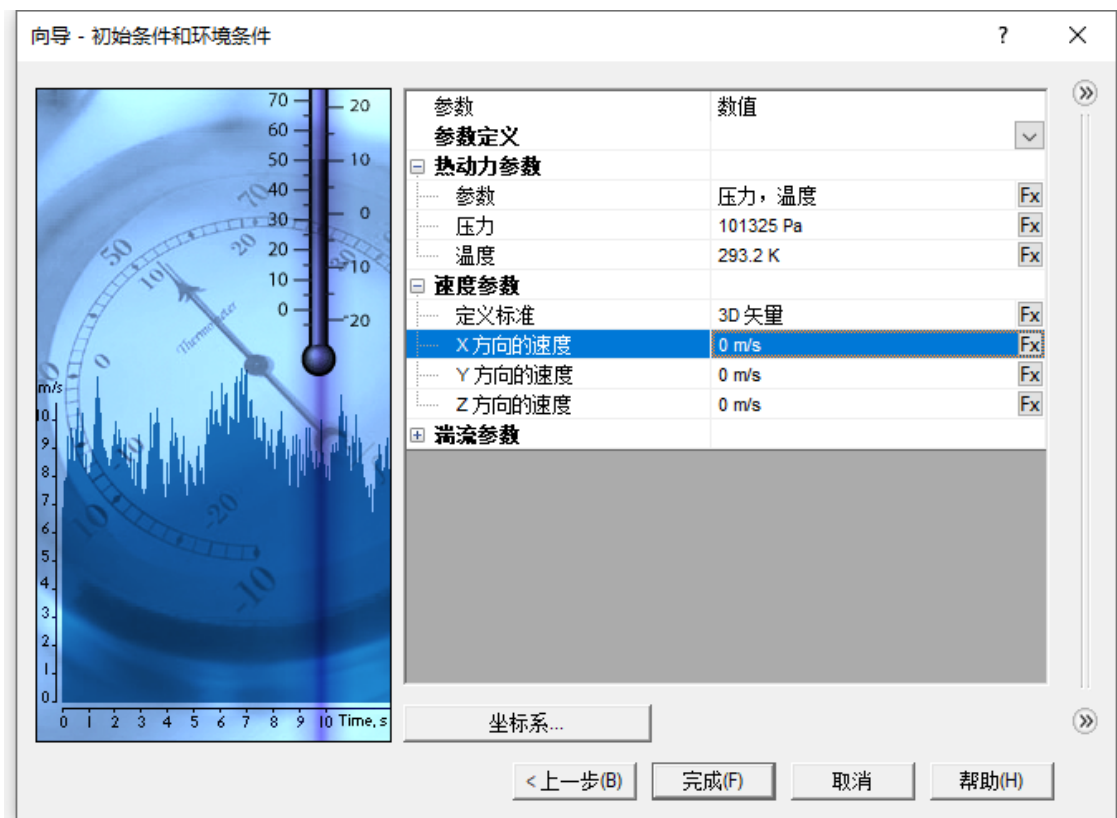
- 单击 **下一步**。

### 注意


对于一个稳态的 **外部** 问题，例如本教程中的圆柱问题，**初始条件和环境条件** 对话框要求您指定“不受干扰的、自由流动的”环境流动条件。因此，您将指定在 **计算域** 内的初始条件，并在 **计算域** 边界处指定边界条件。环境条件为热力学条件（默认为静压和温度）、速度和湍流参数。

在这个项目中，我们考虑默认热力学条件下的流动（即海平面的标准大气），并根据所需的雷诺数设置“入流（X 分量）速度”。


为方便起见，我们可以使用 **相关性** 对话框，依据所谓的雷诺数来指定入流速度。



11. 单击 **X 方向的速度** 字段。**相关性** 按钮将激活。(新版参数后“Fx”图标替代)

12. 单击 **相关性**  图标。(原文按旧版描述为“相关性”按钮，此处已更正)  
出现“相关性”对话框。

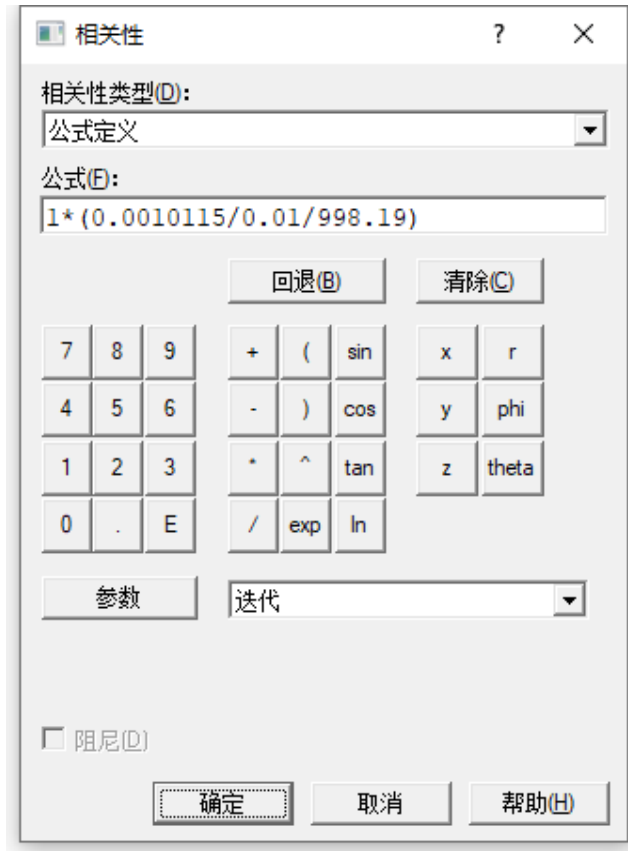
### 注意

 使用 **相关性** 您可以通过多种方式指定数据：作为常量、表格，或是依赖于  $x$ 、 $y$ 、 $z$ 、 $r$ 、 $\theta$ 、 $\varphi$  坐标和时间  $t$ （仅适用于瞬态分析）的公式。半径  $r$  是从一点到“参考系中选定 **参考轴**”的距离（这里的参考系是指，在 **向导** 和 **常规设置** 对话框中为“所有数据”设置的 **全局坐标系**），而  $\theta$  和  $\varphi$  分别是球坐标系的极角和方位角。因此，通过组合  $r$ 、 $\theta$  和  $\varphi$  坐标，您可以在圆柱坐标系或球坐标系中指定数据。

13. 在 **相关性类型** 下拉列表中，选择 **公式定义**。

14. 在 **公式** 框内，输入采用雷诺数定义的流速公式：  
 **$1*(0.0010115/0.01/998.19)$** 。

此处：



(注意公式中的括号不能是中文括号)

1 - 雷诺数 (Re)

0.0010115 (Pa\*s) - 在指定 293.2 K 温度下水的动力粘度 ( $\mu$ )

0.01 (m) - 圆柱直径 (D)

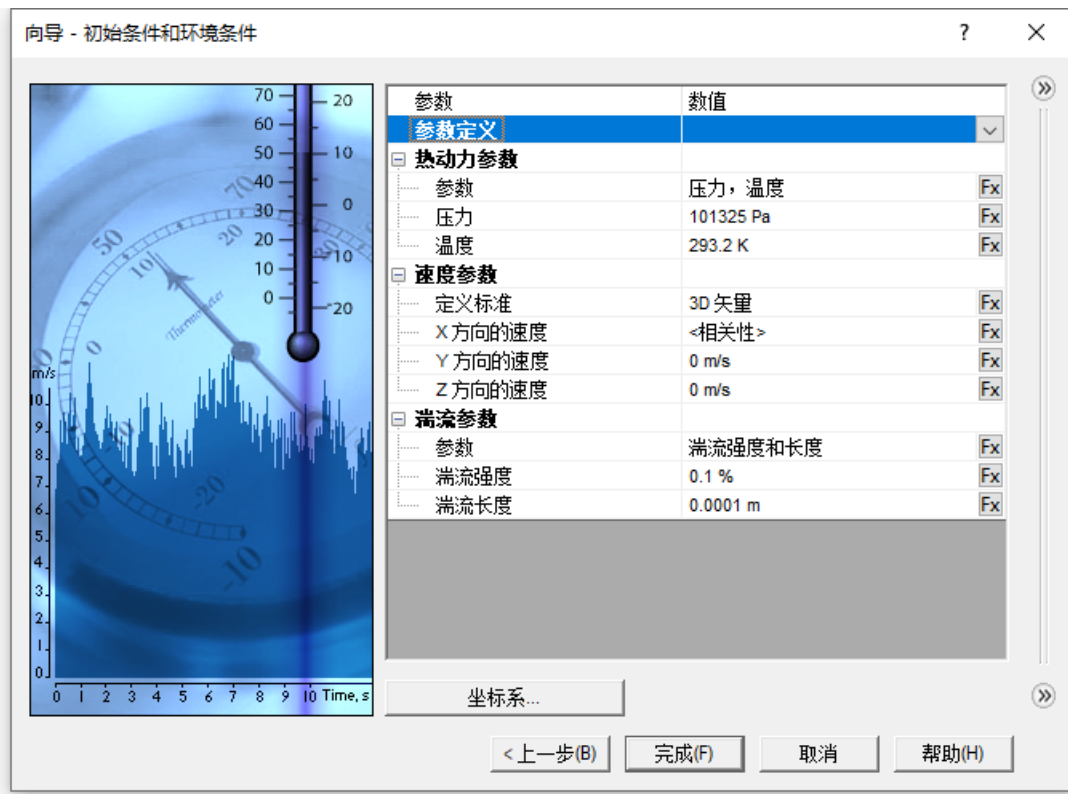
998.19 (kg/m<sup>3</sup>) - 在指定 293.2 K 温度下水的密度 ( $\rho$ )

15. 单击 **确定** 。

您将返回到 **初始条件和环境条件** 对话框。

对于大多数流动来说，很难事先对其湍流进行良好的估计，因此，建议使用默认的湍流参数。FLOEFD 建议的默认湍流强度值为：0.1% 用于外部分析，2% 用

于内部分析，这些值适用于大多数情况。在此项目中，我们接受默认值 **0.1%**。



16. 单击 **完成**。

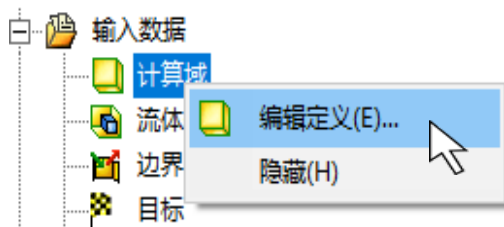
项目被创建，并自动生成了 3D 计算域。

## 指定 2D 模拟

在本教程中，我们感兴趣的是仅确定圆柱体的阻力系数，不考虑 3D 效果。因此，为了减少所需的 CPU 时间和计算机内存，我们将在本教程中进行二维（2D）分析。

### 步骤

1. 在 FLOEFD 分析树中，展开 **输入数据** 项。
2. 右击 **计算域** 图标并选择 **编辑定义**。



- 在 **类型** 下选择 **2D模拟** 并且选择 **XY 平面**（因为“Z轴”是圆柱的轴线）。



- 在 **大小和条件** 下，**Z轴负方向边界** 和 **Z轴正方向边界** 的 **对称** 计算域边界条件被自动指定。

您可以看到，**Z轴负方向边界** 和 **Z轴正方向边界** 的计算域边界自动设置，它们是基于模型尺寸设置的。

因此，前述圆柱阻力 ( $C_D$ ) 公式的参考圆柱长度， $L = Z_{max} - Z_{min} = 0.002 \text{ m}$ 。

（中文版的“Z轴正方向边界”在英文版为“Z max”，中文版的“Z轴负方向边界”在英文版为“Z min”；后文将直接用英文版方式表达，更简洁）

### 注意

在大多数情况，研究外部物体周围的流场并研究设计变更的效果，建议使用由 FLOEFD 确定的默认 **计算域** 大小。但是在本例中，我们将比较 FLOEFD 结果与实验结果，我们希望高精度地确定阻力系数。为了消除由于圆柱体的存在而对 **计算域** 边界处入流的任何干扰，我们将手动设置离圆柱体更远的边界。由于 **计算域** 尺寸较大，精度的提高将耗费更多的 CPU 时间和内存。

5. 在 **大小和条件** 下，指定计算域边界的 X 和 Y 坐标，如下图所示。



6. 单击 **确定**。

## 结果

由于入流方向与“X 轴”方向一致，因此通过作用在圆柱体上力的“X 分量”来计算圆柱“阻力系数”。

## 指定全局目标

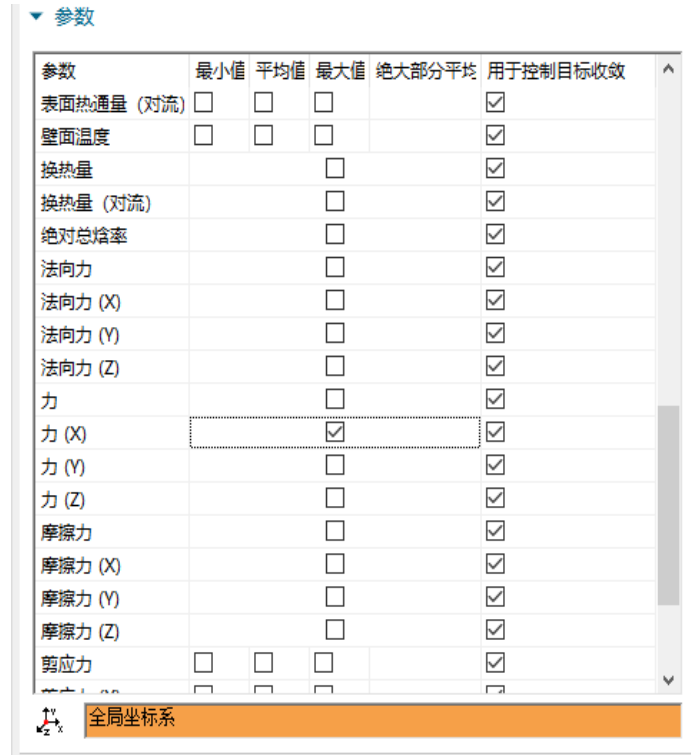
通过指定适当的 FLOEFD 目标，可以很容易地确定力的“X 分量”。在本例中，您需要将 **力 (X)** 指定为 **全局目标**。这确保了在整个计算域中（即圆柱表面），**力 (X)** 计算完全收敛之前，计算不会完成。

*(本例中，只有一个圆柱体阻挡流动，所以全局目标的力 (X) 即为圆柱表面力 (X))*

## 步骤


1. 右击 FLOEFD 分析树中的 **目标** 图标并选择 **插入全局目标**。

2. 在 **参数** 表中，勾选“力 (X)”那一行中的第一个复选框。



3. 接受选中的 **用于控制目标收敛** 复选框，以将此目标用于收敛控制。

### 注意

 选择力（或扭矩）的 x、y、z 分量作为目标时，可以选择计算这些目标的坐标系。在此示例中，默认的全局坐标系就可以胜任。

4. 单击 **确定**。



新的“**GG 力 (X) 1**”项出现在 FLOEFD 分析树中。

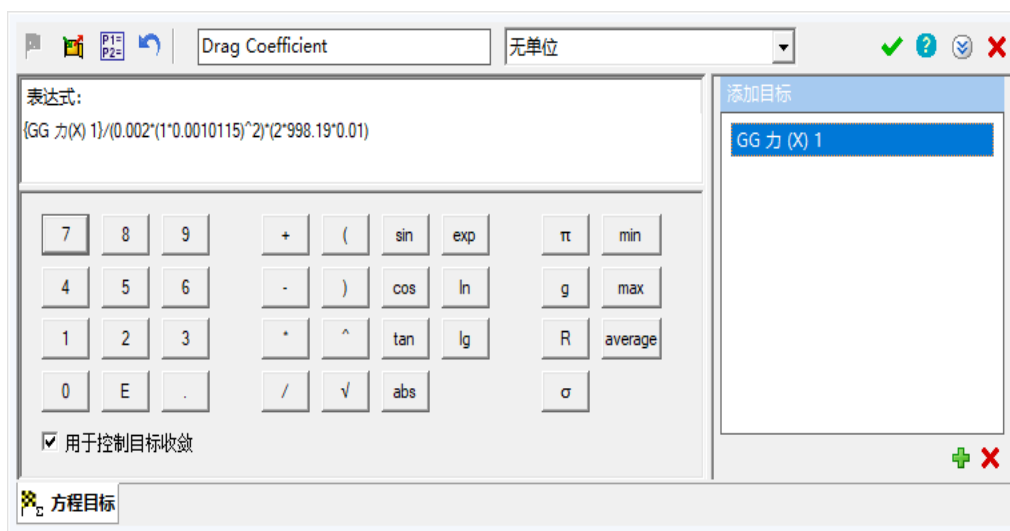


## 指定方程目标

计算完成后，可以根据获得力的值手动计算阻力系数。也可以让 FLOEFD 通过指定 **方程目标**，为您进行所有必要的计算。

## 步骤

1. 右击 FLOEFD 分析树中的 **目标** 图标并选择 **插入方程目标** 。
2. 在屏幕底部的窗格中，单击 **添加目标**  。
3. 从 **添加目标** 列表中，选择“**GG 力 (X) 1**”目标，然后单击 **添加**  。
- 此目标出现在 **表达式** 框中。
4. 使用计算器或键盘中的按钮完成表达式，如下所示：  
$$\{\text{GG 力(X) 1}\}/(0.002*(1*0.0010115)^2)*(2*998.19*0.01)$$
5. 在 **量纲** 列表中选择 **无单位** 。
6. 在 **目标名称** 框中输入“**Drag Coefficient**”。



7. 单击 **确定**  。

新的方程目标出现在 FLOEFD 分析树中。

## 结果

为了将 FLOEFD 的结果与 [获取结果](#) 那一小节中提供的参考实验曲线比较，我们将考虑雷诺数为 1、 $10^3$  和  $10^5$  进行计算。与  $Re = 1$  一样，*cylinder 0.01m.prt* 将用于计算雷诺数为  $10^3$  时的流动。*cylinder 1m.prt* 将用于计算雷诺数为  $10^5$  时的流动。

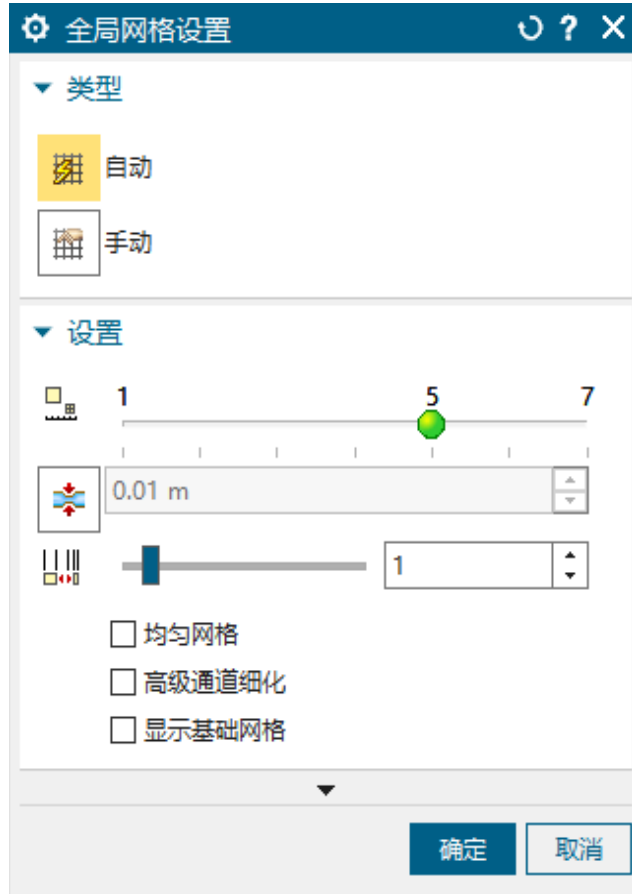
## 指定全局网格设置

您可以指定全局网格设置。

## 步骤

1. 双击 FLOEFD 分析树中的 **网格 > 全局网格** 图标。

- 保持默认的 **自动** 类型。



- 在 **设置** 下，将 **初始网格的级别** 指定为 5，并接受自动定义的 **最小缝隙大小** 和 **比率因数**。
- 单击 **确定**。

## 指定局部网格设置

为了正确解析圆柱体周围的局部区域，我们将使用 **局部网格**。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/425143023024011214>