



RWIND 2

一款专门为建筑结构工程师打造的
中文版数值风洞 CFD 软件

入门操作手册

Getting Started Manual

培训手册

Training Manual

Version1.1

2022.3

目录

一、 结构风荷载计算难点	- 3 -
二、 RWIND 单独使用操作流程	- 4 -
1. 直接查看自带模型的结果	- 4 -
2. 导入其他软件的模型	- 6 -
3. 模型及风洞调整	- 8 -
4. 定义体型系数统计区域/面	- 9 -
5. 设置模拟参数	- 11 -
6. 结果查看—显示某个面的体型系数	- 12 -
7. 结果查看—显示某几个面的合力及方向	- 13 -
8. 结果查看—显示某个路径上的结果	- 16 -
三、 RWIND 与结构软件的协同操作流程	- 19 -
1. RWIND 2 与 RFEM 5 协同	- 19 -
2. RWIND 2 与 RFEM 6 协同	- 22 -
3. RWIND 2 与 3D3S 协同	- 25 -
四、 常见问题解答	- 33 -
1. 如何下载并激活 RWIND	- 33 -
2. 如何按照 GB 生成风剖面 and 湍流强度剖面	- 35 -
3. 压力 P 和压力系数 C_p 的关系	- 38 -
4. 压力系数 C_p 和体型系数 μ_s 的关系	- 38 -
5. 如何确定风洞尺寸大小	- 39 -
6. 如何进行大涡模拟 (LES)	- 40 -
7. RWIND 的准确性如何	- 41 -
8. 计算结果没收敛怎么办	- 42 -
9. 如何考虑其他建筑的影响	- 43 -
10. 如何考虑地形的影响	- 45 -
11. RWIND 中, 如何生成多个工况	- 46 -
12. RFEM 6 中如何生成多个工况	- 47 -
13. 如何让面仅传递风荷载, 而不增大结构刚度?	- 48 -
14. 如何仅导出 RFEM 的面到 RWIND 而不导杆件	- 50 -
15. RFEM 中模型微调后, 如何能不用再算一次 CFD?	- 51 -
16. 如何显示等值线结果并标注?	- 52 -
参考文献	- 53 -

一、结构风荷载计算难点

国标《建筑结构荷载规范》GB50009-2012 中风压标准值 w_k 的计算由四个参数相乘而得到。 $w_k = \beta_z \cdot \mu_s \cdot \mu_z \cdot w_0$ 。这四个参数分别是风振系数 β_z 、体型系数 μ_s 、高度系数 μ_z 、基本风压 w_0 。其中基本风压 w_0 可以根据结构所在城市，查询附录 E 得到。高度系数 μ_z 可根据结构所在位置的粗糙度类别由表 8.2.1 得到。常规结构的体型系数 μ_s 可以由表 8.3.1 得到。结构高度小于 30m 的房屋和自振周期小于 0.25s 的高耸结构，无需考虑风振，否则按照规范中 8.4.3 条计算。

但是总由一些情况是规范覆盖不到的。

规范提到，如果所设计结构体型不在表中时或者所设计的结构很重要而且体型比较复杂时，则需要由风洞试验来确定。

然而风洞试验的人工、时间、费用成本都很高，除了少数重点项目可以负担得起，大部分项目是没有机会做风洞的。而如果做数值风洞的话，各种软件的操作门槛又很高，各种流体力学中晦涩难懂的参数让人望而止步，更别说让你自己来设置各种计算参数了。所以一般会交给第三方去做，结构工程师无法在前期方案阶段就介入体型好坏的论证。

RWIND 的出现，可以说可以极大降低普通结构工程师进行数值风洞模拟的各种成本和门槛，这是一款专门针对建筑风工程的 CFD 软件。大部分操作和设置，软件都可以帮你自动确定。比如：模型的简化、风洞尺寸的设置、网格的划分、湍流模型的参数计算等待。极其容易上手并计算出结果。对于高级用户，这些默认参数也可以自行干预调整。当然，大部分情况都是可以按照默认设置，不需要做太多调整的。你要输入的参数就是风剖面，因为会影响风洞中各个高度处的风速大小，从而影响计算结果。如此以来，要输入的参数数量大大降低。通过 RWIND，结构师自己就可以在前期进行建筑体型的论证。

而在结果处理上，也比现在大部分 CFD 方便，只需要划分好区域，软件自动讲区域内每个点的压力系数换算为这个面的平均压力系数，也就是设计用的体型系数，节省了大量手动平均数据的时间。

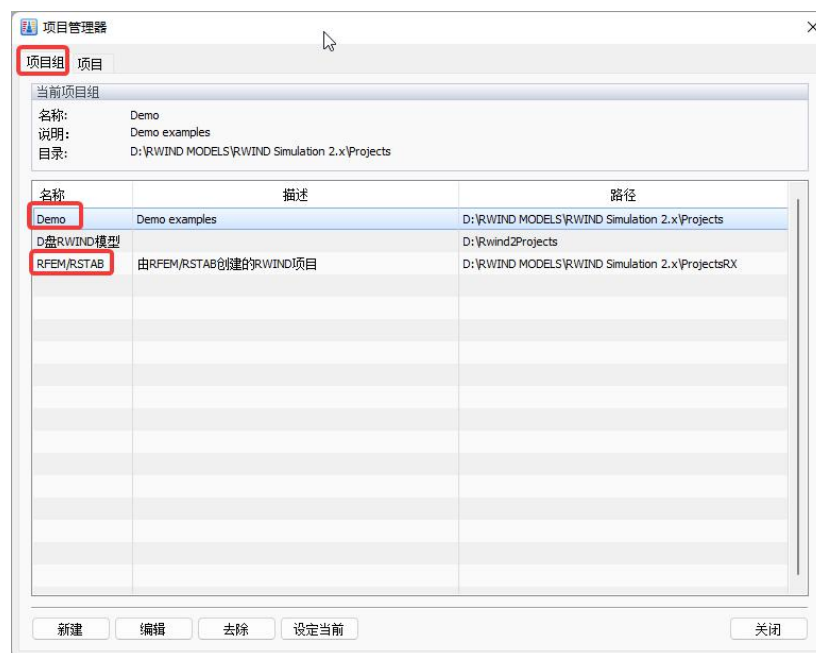
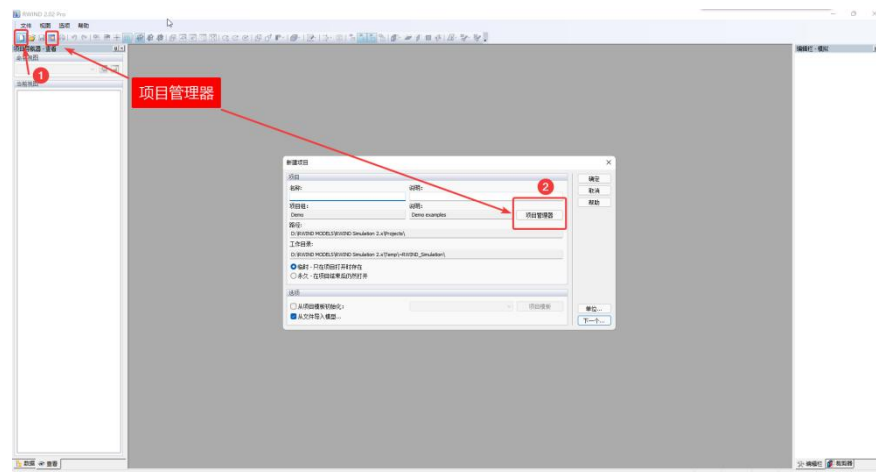
二、RWIND 单独使用操作流程

RWIND 是一个独立的程序，可以独立使用，也可以从 RFEM/RSTAB 中后台调用。本章介绍 RWIND 独立使用方法。下一章介绍与 RFEM/RSTAB 协同工作的方法。

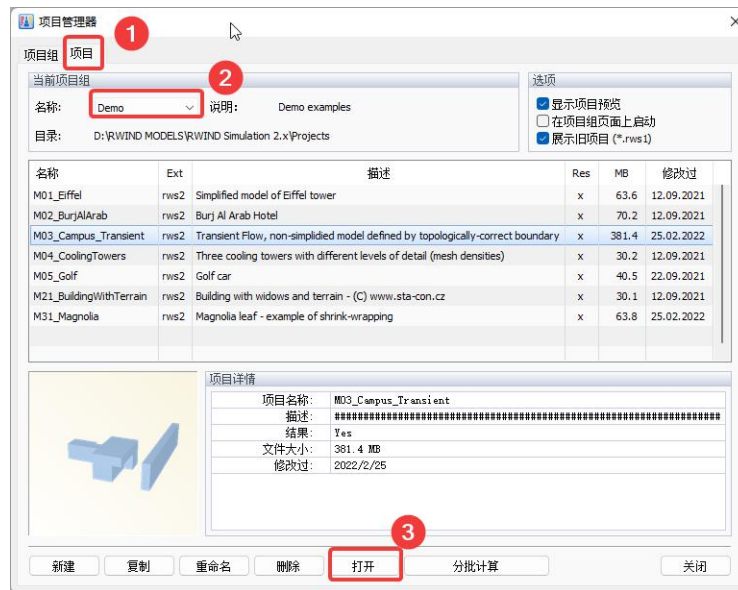
1. 直接查看自带模型的结果

软件安装好后，自带多个计算好的项目，可以直接查看结果。

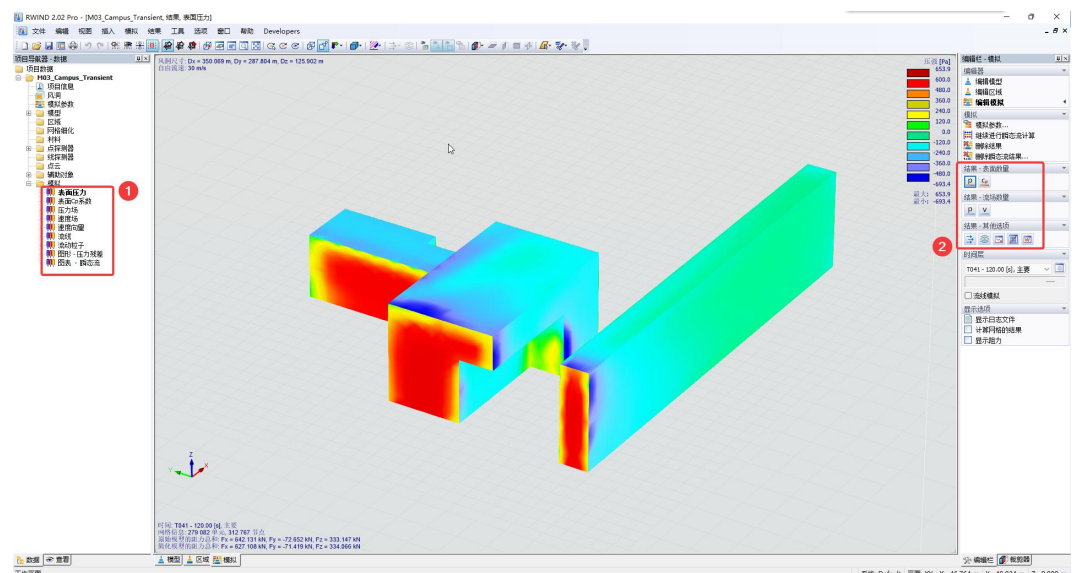
1) 新建项目；2) 项目管理器。或者直接点击工具栏的“项目管理器”。



项目管理器中有两个标签，一个“项目组”，一个“项目”。“项目组”可理解为多个项目文件的一个文件夹。软件自带的多个算好的项目均放置在“Demo”项目组里。而通过 RFEM/RSTAB 后台调用 RWIND 计算的项目均放置在“RFEM/RSTAB”项目组里。你也可以新建一个项目组用于归类整理你的 RWIND 模型。



我们查看项目组“Demo”中的 M0_Campus_Transient 模型。这些模型都是有结果的，不需要计算，可以直接查看结果。



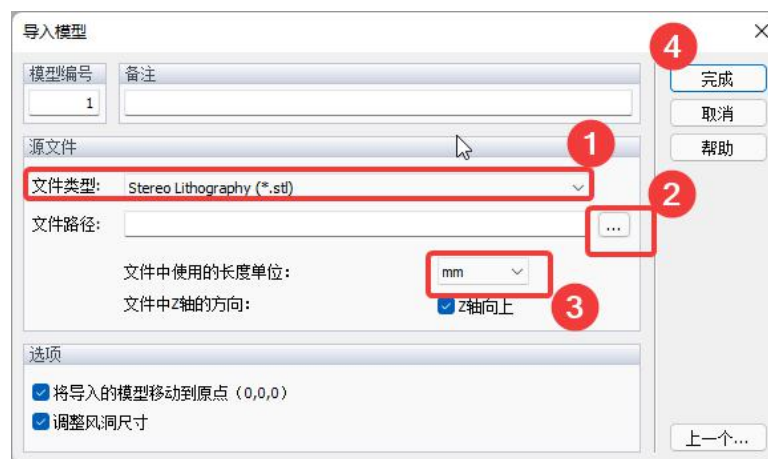
上图中 1 和 2 处均可以切换显示结果类型。结果查看工具的使用，我们后面再细讲，此处暂不介绍。可以自行探索。

2. 导入其他软件的模型



RWIND2 虽然是有建模功能的，但此处我们选择从“从文件导入模型”。

如果不勾选这里，点击下一步的话，就可以在 RWIND 中建模。这里我们不对建模进行讲解，我们选择导入。



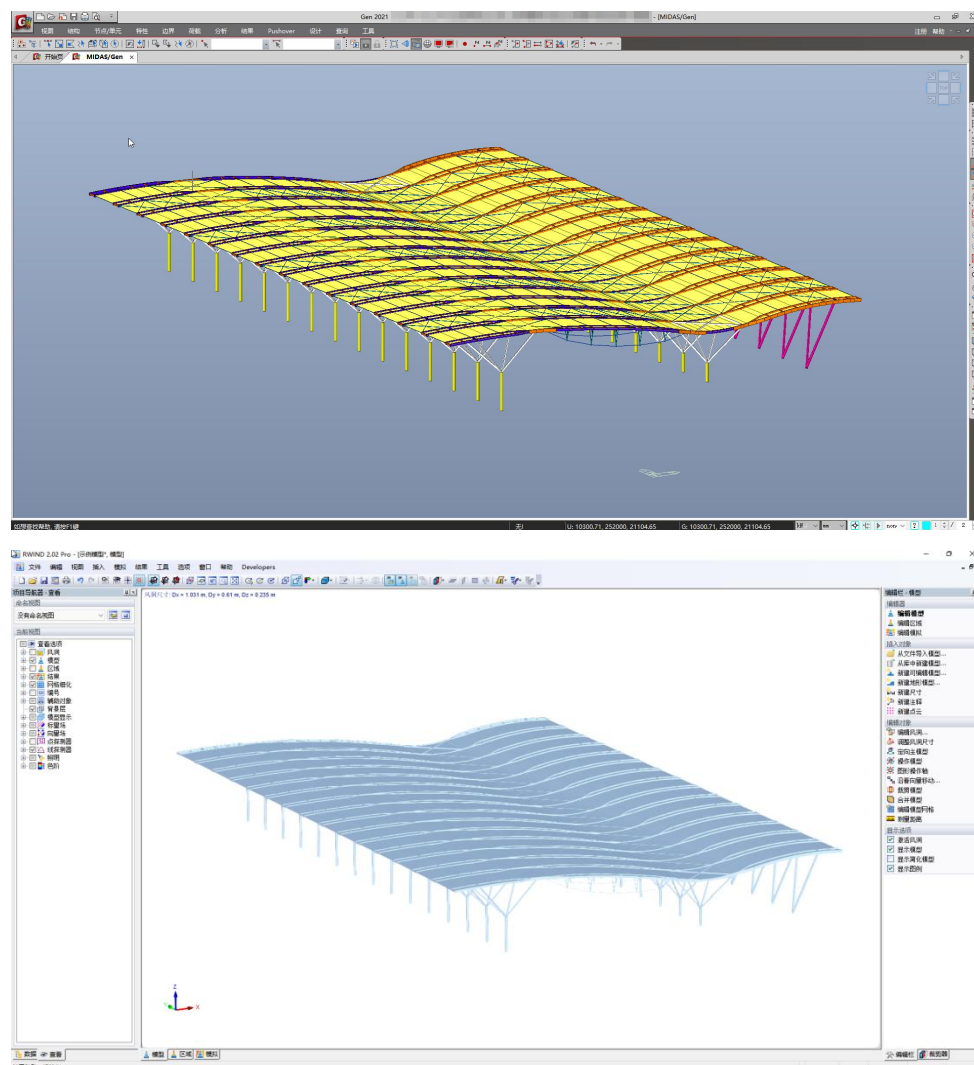
导入文件类型支持 vtp、stl、obj、ifc。

1) Vtp 格式。RFEM/RSTAB 导出到 RWIND 中的专门的格式，可以在 RFEM/RSTAB 中：文件>导出 中导出该格式，但是由于 RFEM/RSTAB 可以直接后台调用 RWIND 计算，因此一般也很少用这个格式。第三、四章会具体介绍与 RFEM 协同工作的流程。

2) Stl 和 obj 格式。许多建筑软件 (AutoCAD \ Revit \ SketchUp \ Rhino)均可以导出此格式(AutoCAD 只能导出 stl 格式)。如果有方案模型的话，建议导

出这两种格式。

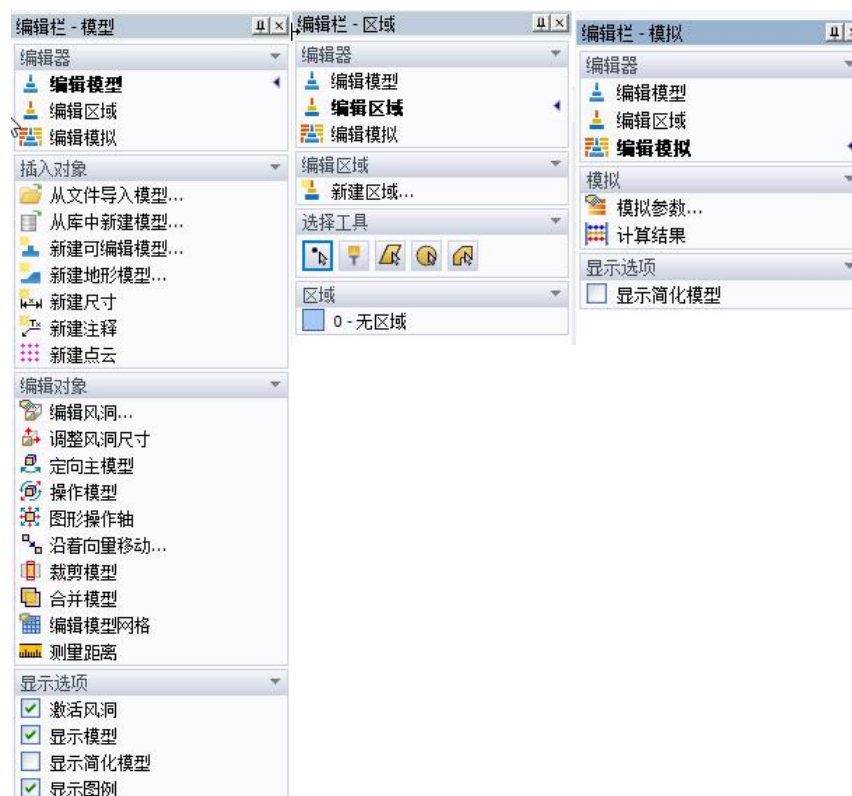
3) IFC 格式。许多结构软件 (midas/Gen、Sap2000、3D3S) 都可以导出该格式。像 YJK 没有 IFC 的接口但是有 Revit 的接口和 midas/Gen 的接口, 可以先把 YJK 导出 Revit 或者 midas/Gen, 然后再导出 IFC。如果 RWIND 读取 IFC 数据失败, 建议用 SketchUp 导入 IFC 后再导出 stl 或者 obj 格式 (文件>导出>三维模型), 然后 RWIND 再导入, 通过 SketchUp 转换一般都能成功。



以上为 midas/Gen 模型导出 IFC 后, 再由 SketchUp 导出 stl 格式。当然一般建议用建筑模型三维模型, 建筑模型中有围护结构, 结构模型一般没有。

当然如果幕墙和屋面板都以虚面或板建入模型的话，也可以用结构模型。

模型导入后，后面的操作主要分三个流程：1 编辑模型；2 编辑区域；3 编辑模拟。



这三个流程可以通过点击右边的编辑栏来切换，也可以点击模型窗口左下角切换。切换到不同的环节，编辑栏中会自动显示该环节所需要的编辑工具。

下面介绍各个流程常用的工具和操作，未讲解到的工具可以点击帮助>RWIND 用户手册查看。

流程一：编辑模型

3. 模型及风洞调整

该流程的操作工具主要有两大类：插入对象、编辑对象。

通过插入对象，我们可以在风洞中考虑周边建筑和地形的影响。周边建筑





可以从其他文件导入、从软件本地库中导入、在软件中创建这三种方式。地形模型可以从文件导入，在软件中创建这两种方式。作为入门教程，此处暂不过多介绍。

通过编辑对象，我们可以修改风洞的尺寸（程序会自动根据模型大小确定风洞尺寸，一般不需要修改）、模型的方向（考虑不同风向角）、裁剪模型（只考虑部分模型）。

流程二：编辑区域

4. 定义体型系数统计区域/面

由于软件算出来的面上的每个点的压力系数都不一样，而设计时，我们加载的压力都是按照分区域来添加的，因此我们需要根据经验或者事先计算的结果来决定在需要将加载面划分为多少个区域。程序算完后，我们除了可以查看结构表面每个点的压力系数，还能查看区域内的平均压力系数（也就是风荷载规范中的体型系数）。

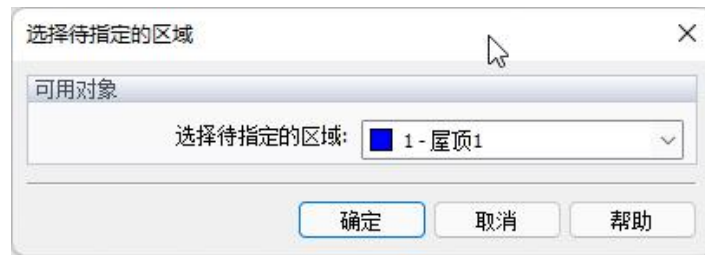
该流程操作主要分为两步：

1. 首先建立区域。

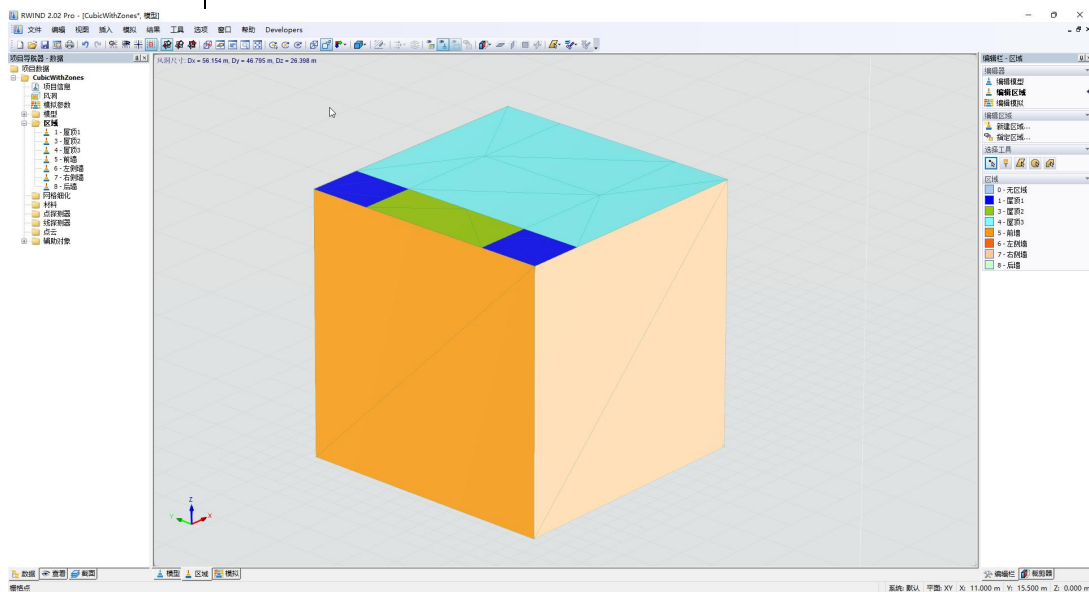


指定名称和颜色（一般是默认颜色，如果需要自定义，就取消“默认颜色”，然后点击“设置颜色”）。所有区域创建好了再选择网格指定给区域。

- 指定区域（利用选择工具，选择网格并赋予给区域，然后右键确定）。



对照着右边区域的颜色和名称可以检查是否指定正确。



一般来说，一个平面只有两个网格，那么就无法指定平面上局部的区域了，因此建议导入前，可以在 SketchUp 或者 Rhino 中根据加载区域将面切割好再导入。

如此，在计算完成后，程序就可以统计出该区域的面积、合力、平均压力、最大/小压力、平均压力系数、最大/小压力系数。操作方法见本章第六节。

流程三：编辑模拟

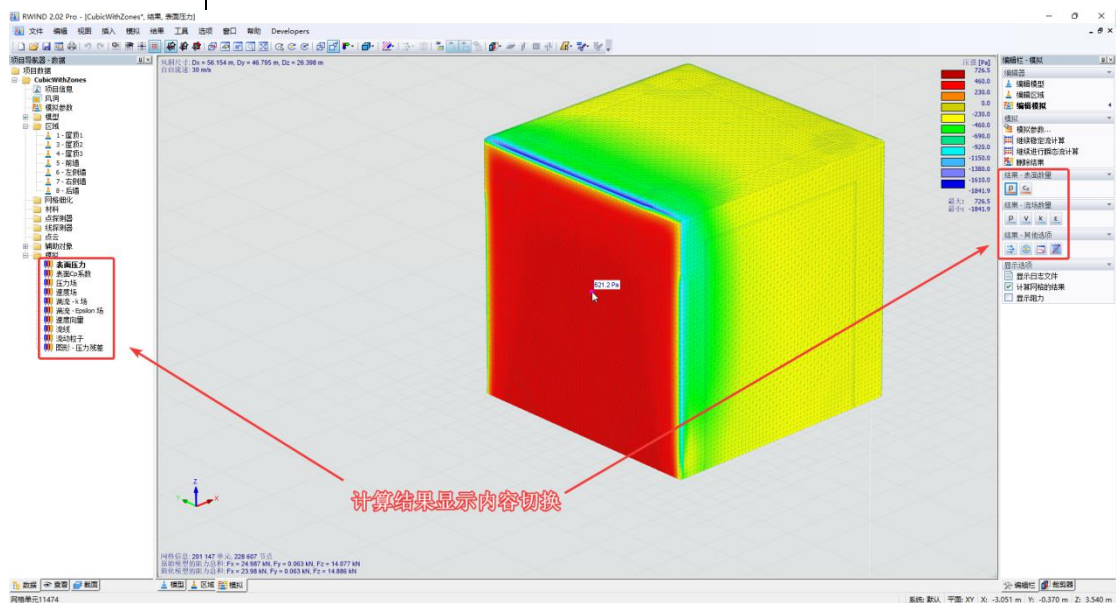
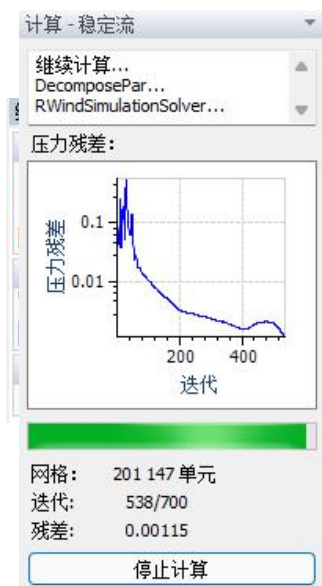
5. 设置模拟参数

模型和区域都编辑好了，就可以进入“编辑模拟”流程了，该流程主要有两步：1 模拟参数设置。2 计算结果（执行运算）。

模拟参数中，最重要的参数就是风剖面的设置（风速沿高度变化曲线）。如何根据基本风压和场地类别得到相应的风剖面，见第四章。本章目的是掌握主要操作流程，暂不就某个细节深入讲解，我们都按默认参数，直接计算。

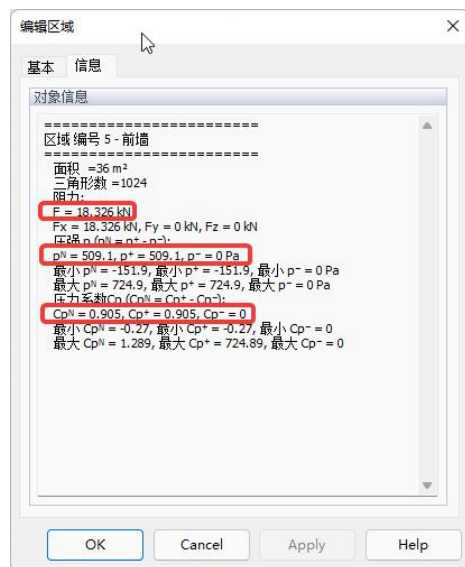
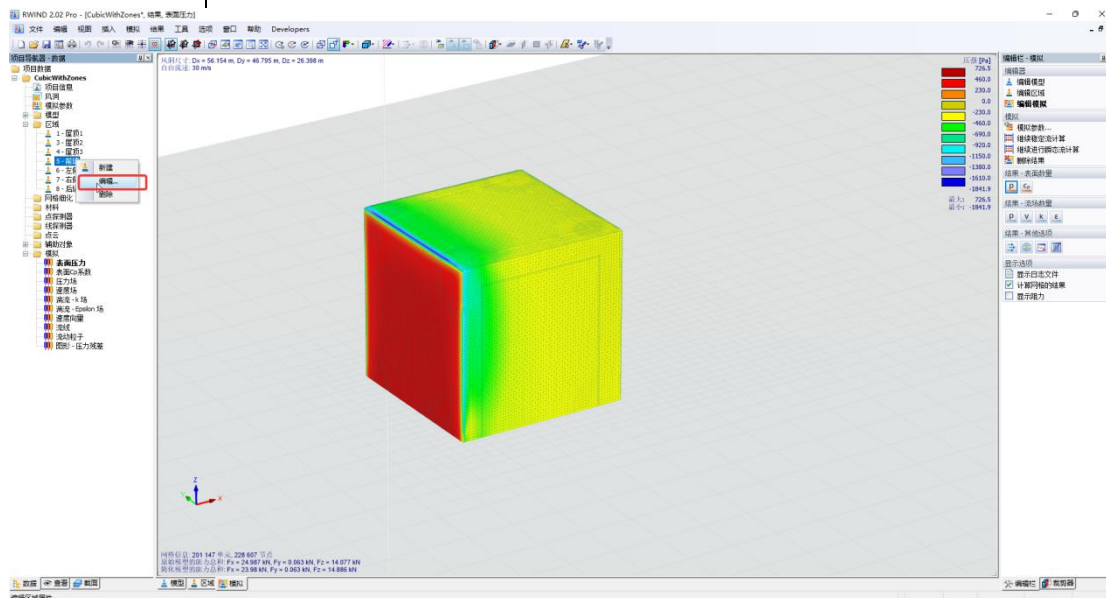
点击“计算结果”，开始计算，并显示压力残差图，了解计算的收敛情况。如果没有收敛，那么请看第四章。

计算完成后，左边的项目导航器和右边的编辑栏都可以切换计算结果。主要分为两大类：面的结果（压力 P、压力系数 C_p ）和流场的结果（压力 P、流速 V、湍动能 k，耗散率 ϵ 、速度矢量、流线）。移动鼠标便可查看某点处的结果大小。对于设计来说，我们主要关注面的压力结果和区域的体型系数。下面我们来看下如何查看前面定义的区域内的平均结果。



6. 结果查看—显示某个面的体型系数

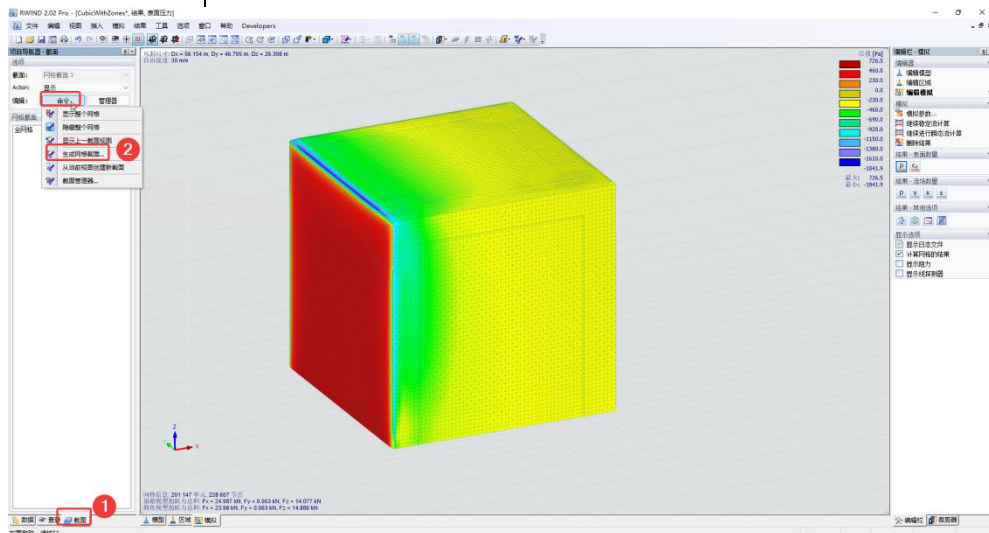
项目导航器>数据>区域，右键想查看的区域>编辑。



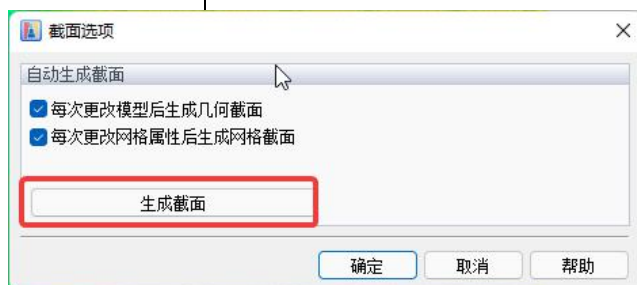
该区域的信息中包含了：面积、合力 F 及在各个方向的分量 $F_x/F_y/F_z$ 、平均净压力 P^N ($=$ 外表面平均压力 P^+ -内表面平均压力 P^-)、平均净压力系数 (也即用于设计的体型系数) $C_p^N = C_p^+ - C_p^-$ 。此外还统计出了改区域内压力和压力系数的极大/小值。平均值可用于整体计算 (主受力构件-梁柱支撑等)、极值可用于局部此构件计算 (檩条屋面板等)。

7. 结果查看—显示某几个面的合力及方向

1) 项目导航器>截面 (section, 可理解为组) >命令>生成网格截面



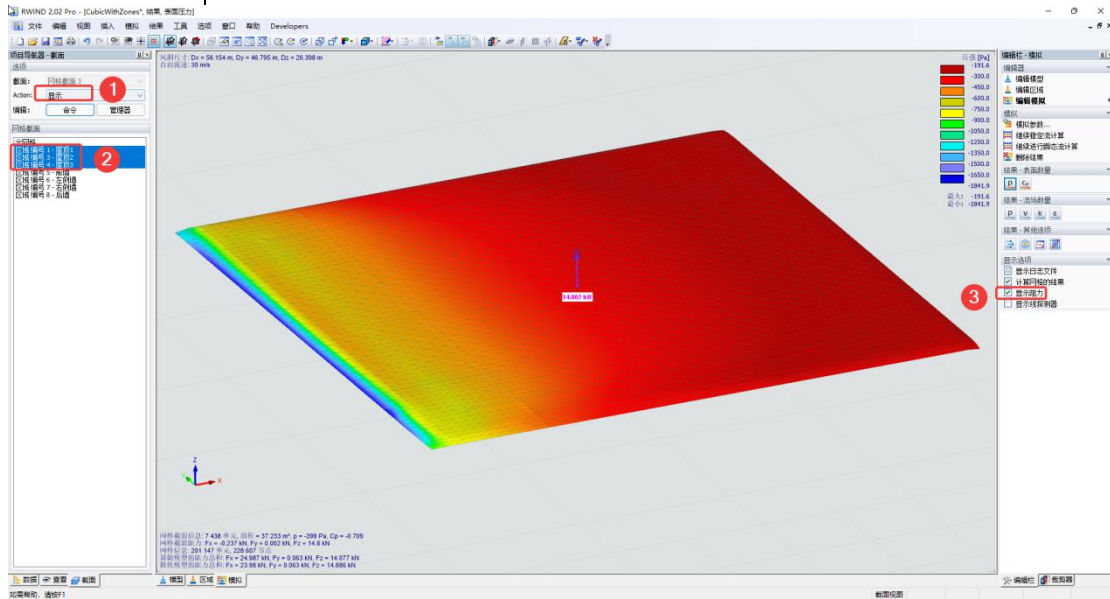
2) 点击生成截面，然后确定，此时项目导航器中就根据区域的定义生成了很多网格截面（组）。区域定义时所选网格为模型初始网格，而此处的网格是细化后的计算网格。



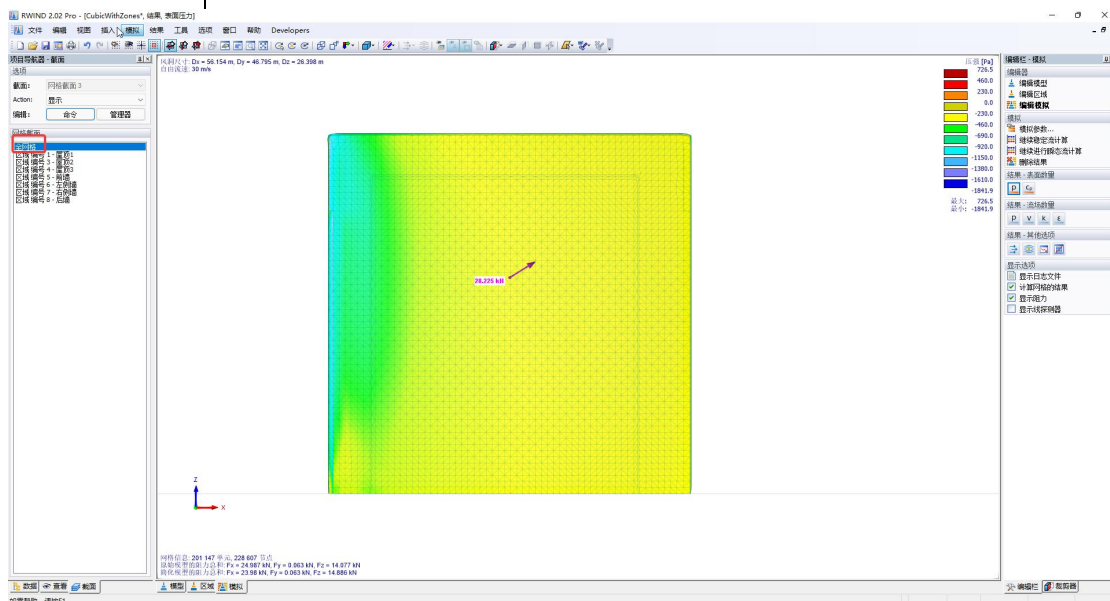
3) Action 选择显示

4) 按住 Shift 依次选择屋面三个区域

5) 编辑栏-模拟，显示选项中，勾选“显示阻力”，即可显示所选区域的合力及方向。

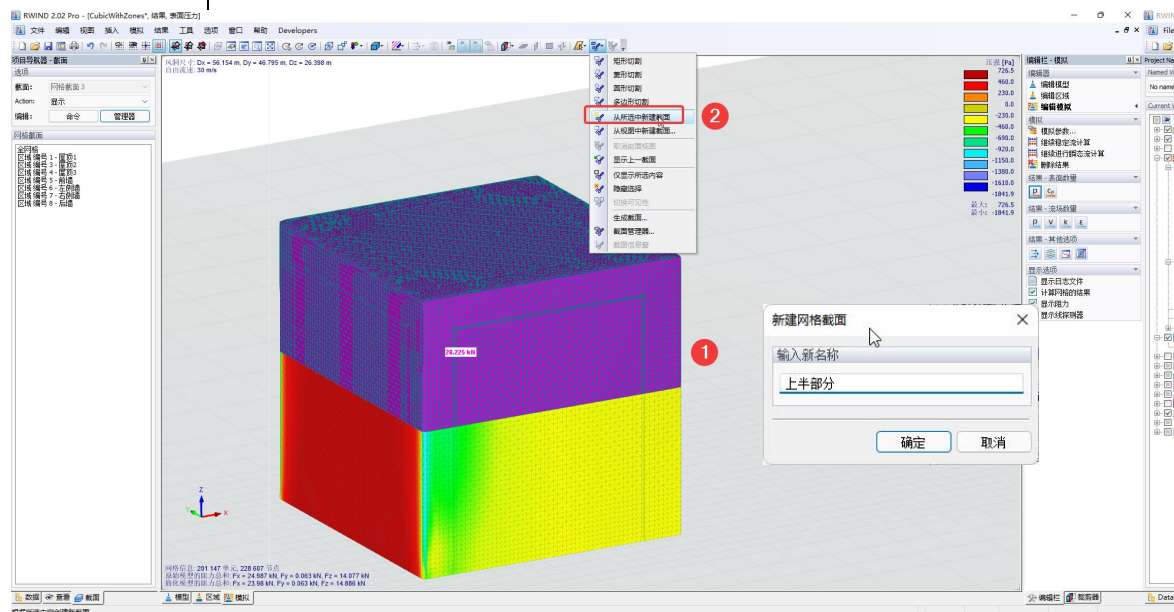


点击全网格，还可以查看模型整体受到的合力及方向

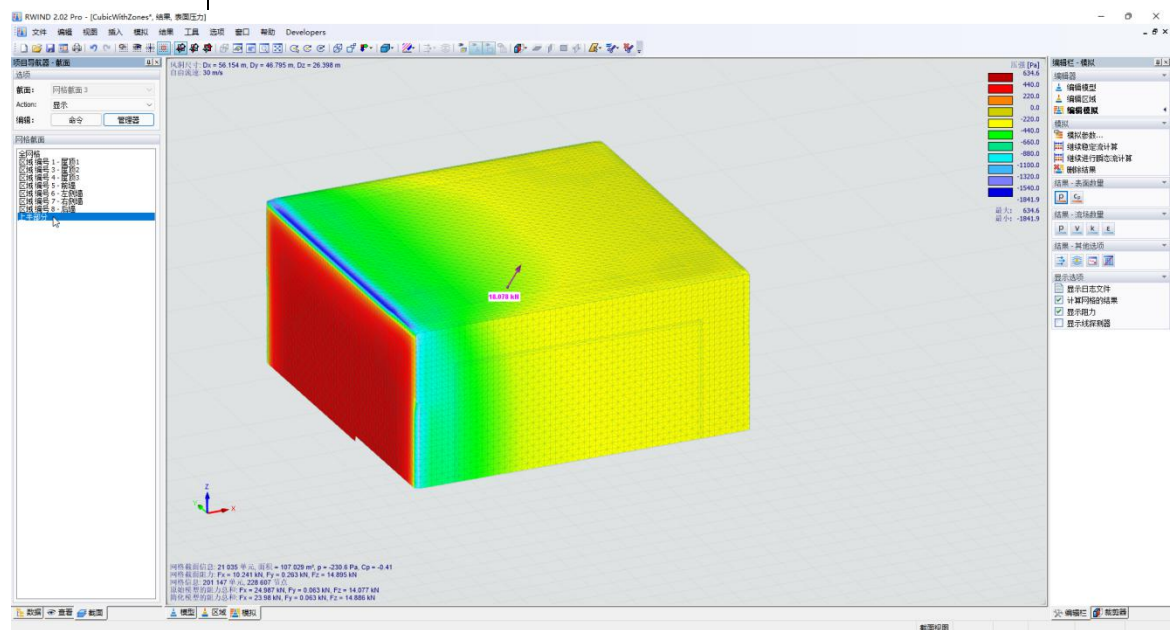


如果我们想查看的区域前面没有定义，我们可以直接在这里通过选择网格，然后“从选择中新建截面（组）”。否则返回去再定义区域的话，会删除结果。

此外，截面（组）功能除了可以提取局部面的结果，还能用于显示/隐藏部分网格。比区域的功能更强些。

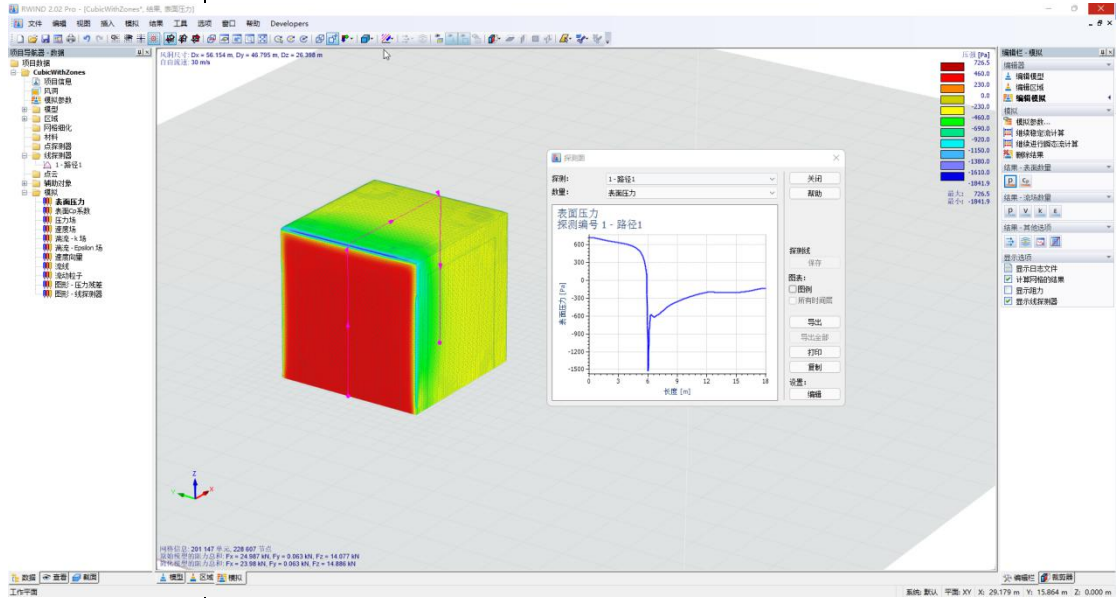


然后在左边点击“上半部分”即可查看该部分的合力。



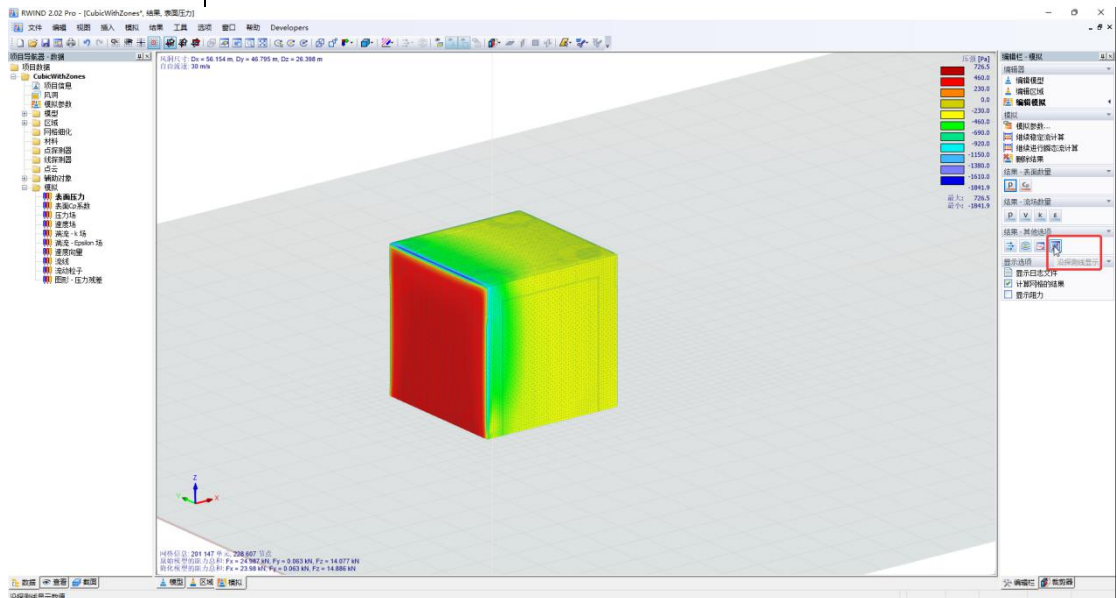
8. 结果查看—显示某个路径上的结果

有时候我们还需要查看某个路径上压力/压力系数的变化。如下图所示。

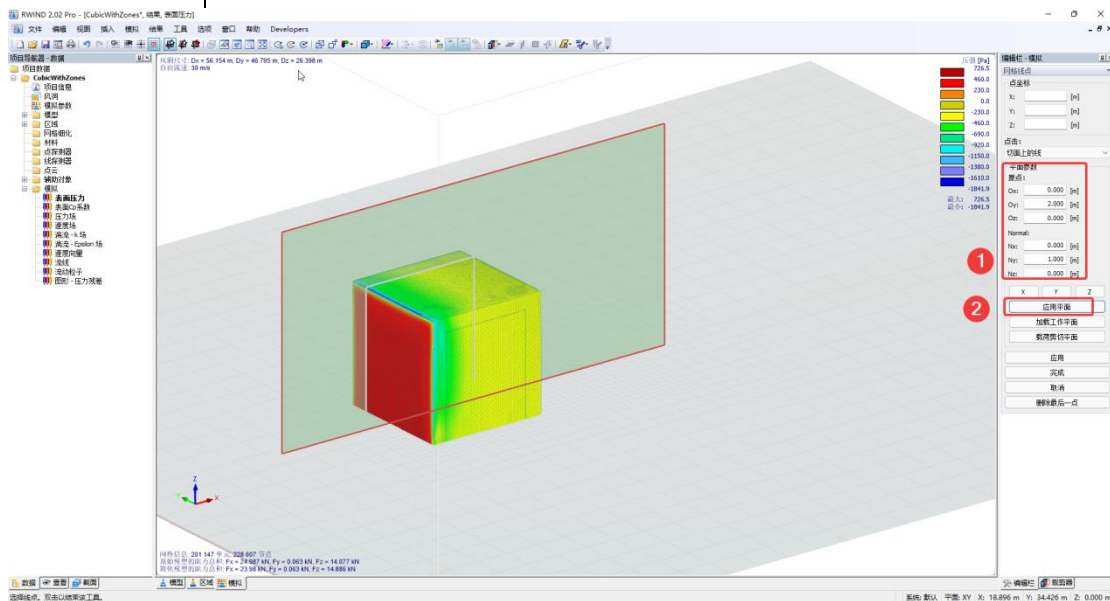


操作步骤如下：

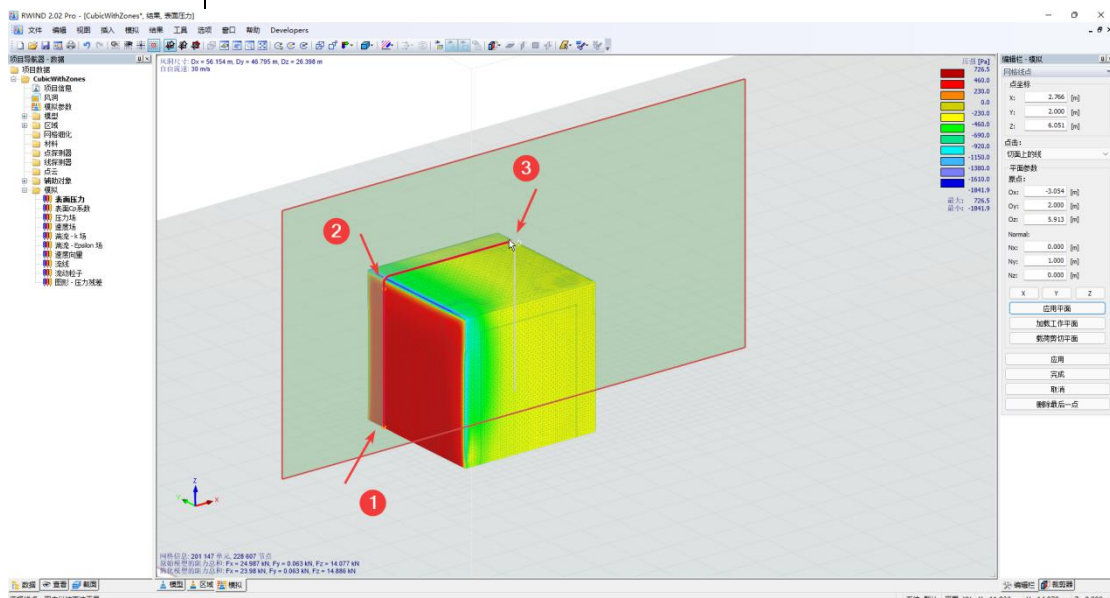
- 1) 编辑栏>模拟>结果-其他选项>沿探测线显示数值

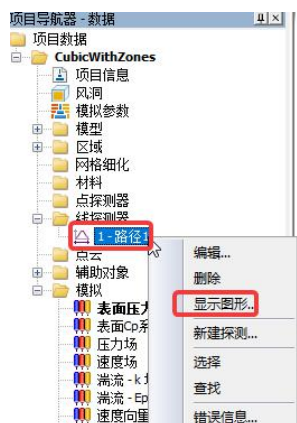


2) 通过平面参数（原点和法向量）的设定，可以确定剖面。法向量 (0, 1, 0) 即为垂直于 Y 轴的面，而原点 (0, 0, 0) 是位于模型底面中心位置，(0, 2, 0) 即往 Y 轴偏移 2m。然后点击“应用平面”。当然也可以直接点击“应用平面”上的 X Y Z 按钮快速调整平面的朝向，然后通过调整原点位置，即可偏移平面。



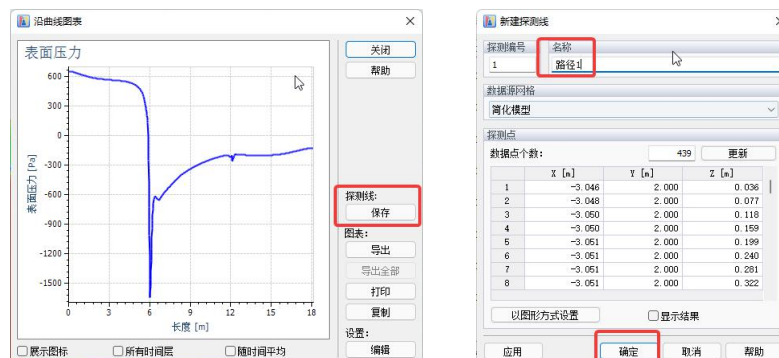
4) 然后鼠标依次点击平面与模型交界处，即可建立路径。结束后双击左键。





5) 点击保存，给改探测线命名，然后确定，即可在项目导航器中查看该结果。

点击导出，还可以将数据导出为文本文件。



到这边为止，RWIND 的操作流程从导入模型到参数设置到结果提取都介绍到了，掌握这些基本上就算入门了。

但是，独立使用 RWIND 的工作效率是比较低的，因为你还需要手动把算出来的风压加在结构软件里。

而如果与 RFEM 结构软件协同工作，那么 RWIND 甚至都不用打开，只需要在后台运行，就能把数值风洞中的风压导回到 RFEM 中作为风荷载直接参与计算和设计。极大的提高了需要进行风洞试验的这类结构的设计效率。

接下来我们看下如何与 RFEM 协同工作，如何不启动 RWIND 就能获得数值风洞的风压结果。

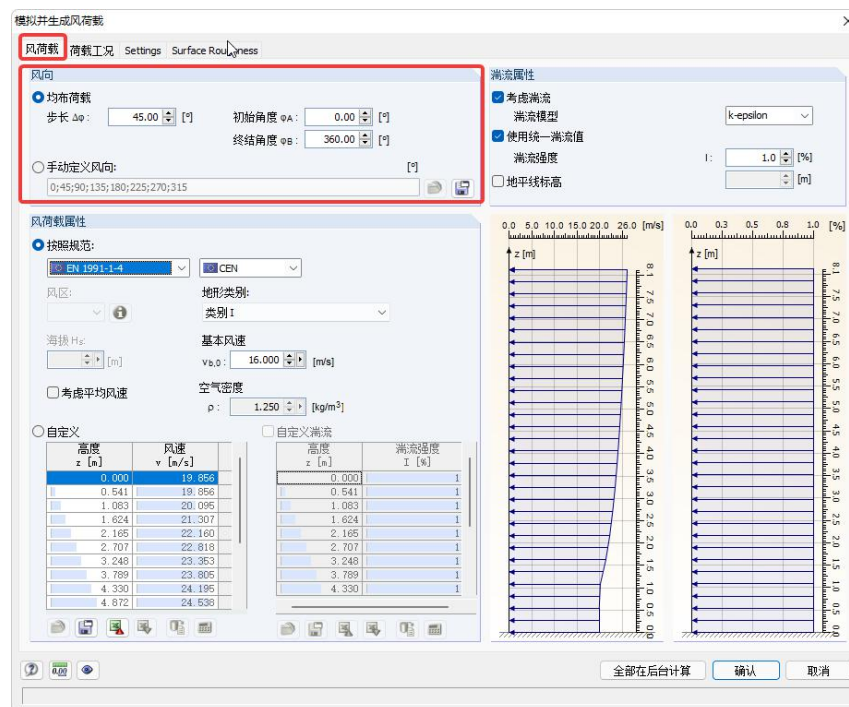
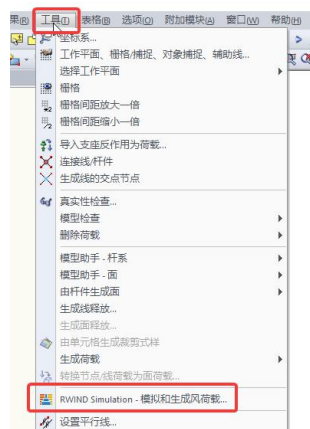
三、RWIND 与结构软件的协同 操作流程

RFEM 和 RWIND 都属于 Dlubal 软件公司的产品，因此通过 RWIND 与 RFEM 协同工作来设计是效率最高的，我们省略了模型导入导出、荷载提取荷载添加的这个过程，极大的节省了设计时间，提高了方案迭代效率。其他公司的结构软件，目前可以支持 3D3S 模型导入 RWIND 进行 CFD 计算，然后 RWIND 的结果导入 3D3S 进行结构计算。

1. RWIND 2 与 RFEM 5 协同

1) 工具>RWIND Simulation-模拟和生成风荷载

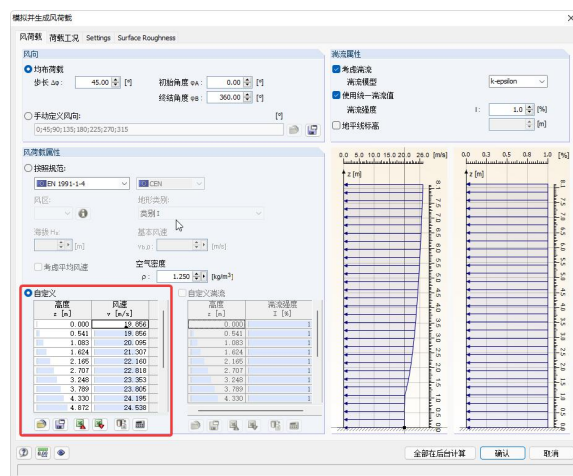
2) 风向角（风工况）定义



可以通过初始角度、终止角度和间隔角度，来定义需要计算的风工况数量。也

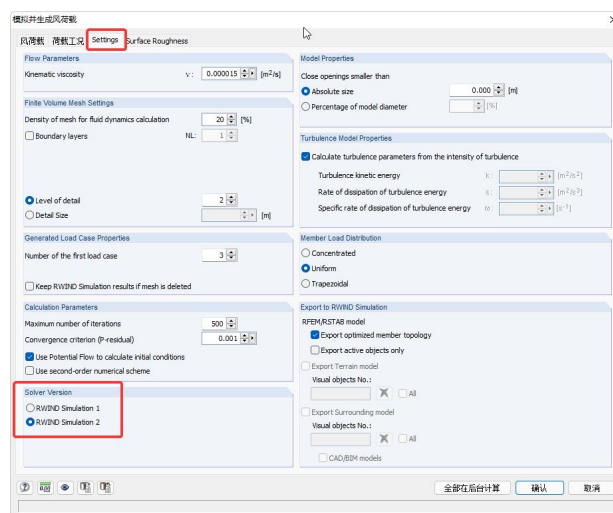
可以通过手动定义风向，自定义风向角度。

3) 风剖面定义



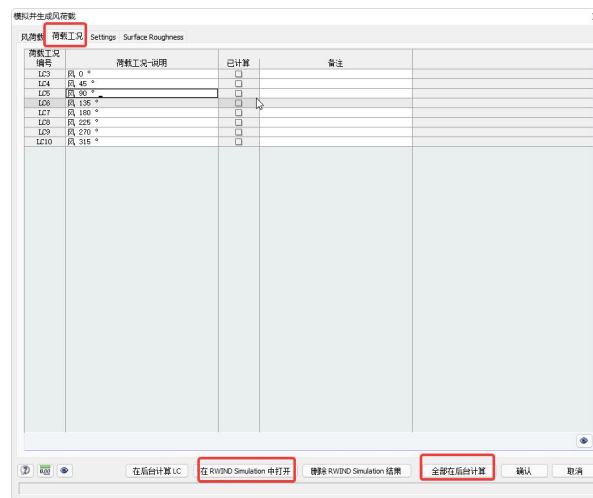
目前暂时不能选国标根据基本风压和场地类别自动生成风剖面，需要在 excel 表格中计算好，再导入，此处有 excel 的导出导入功能。具体计算方法见第四章。

4) 风洞参数设置及求解器版本选择



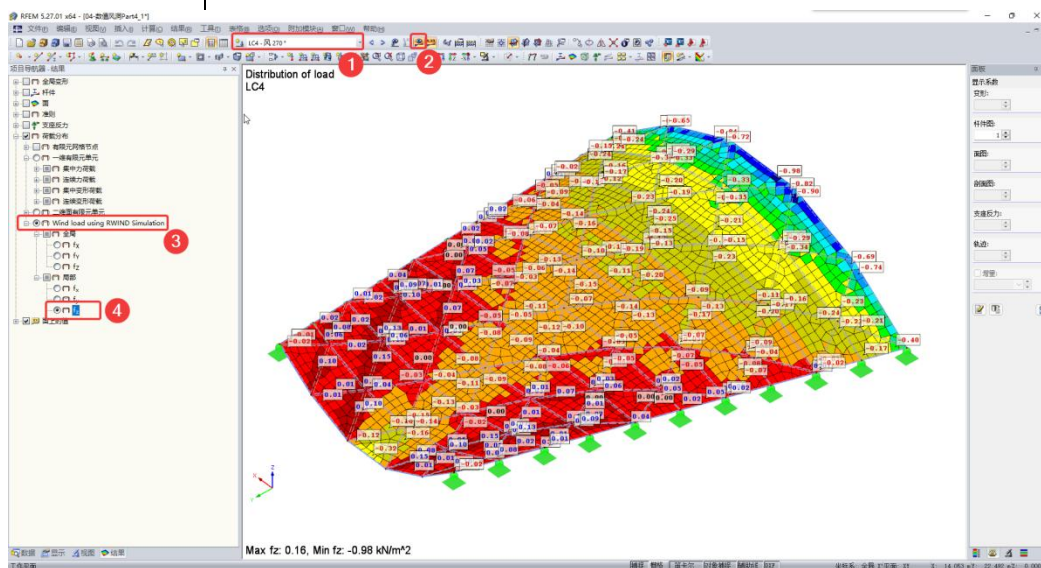
该标签以及“表面粗糙度（surface Roughness）”中的参数设置中，大部分参数都可以默认（空气密度、网格密度、迭代次数等）。但是求解器版本需要根据你安装的 RWIND 版本选择，这里默认的是 RWIND 1,而最新版是 2，需要切换到第二项。

5) 后台执行运算



这个标签中，我看可以查看生成的风工况，点击“全部在后台计算”可以在RWIND生成相应工况数量的模型，并后台运算。算完后，“已计算”会打勾，点击“在RWIND Simulation中打开”可以查看除面压力以外的结果（压力系数、流场结果等）。

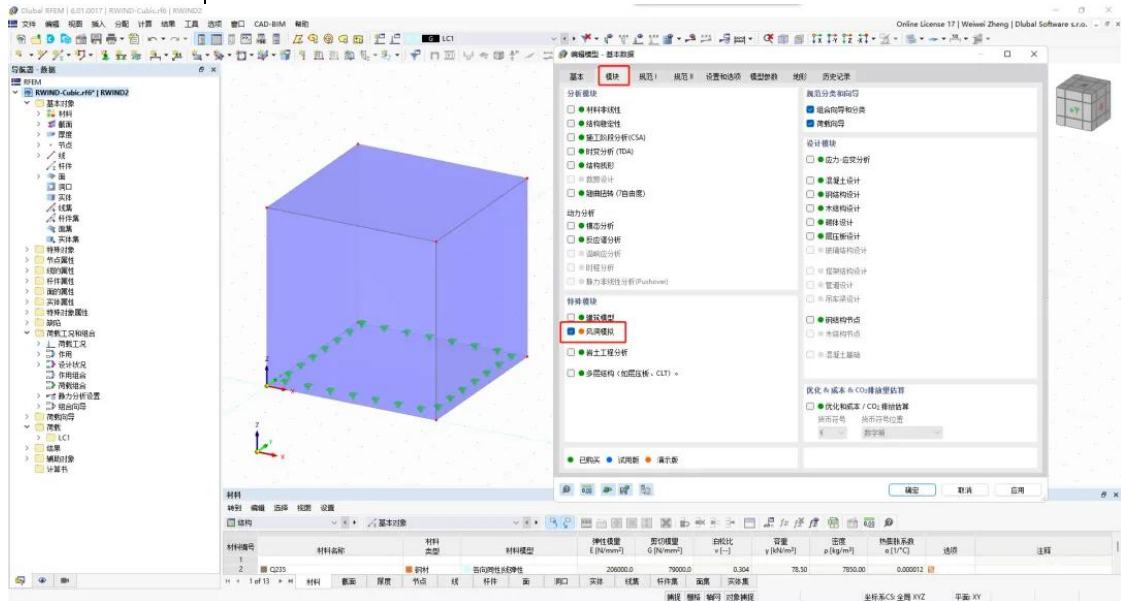
6) 在RFEM中查看导入的风压



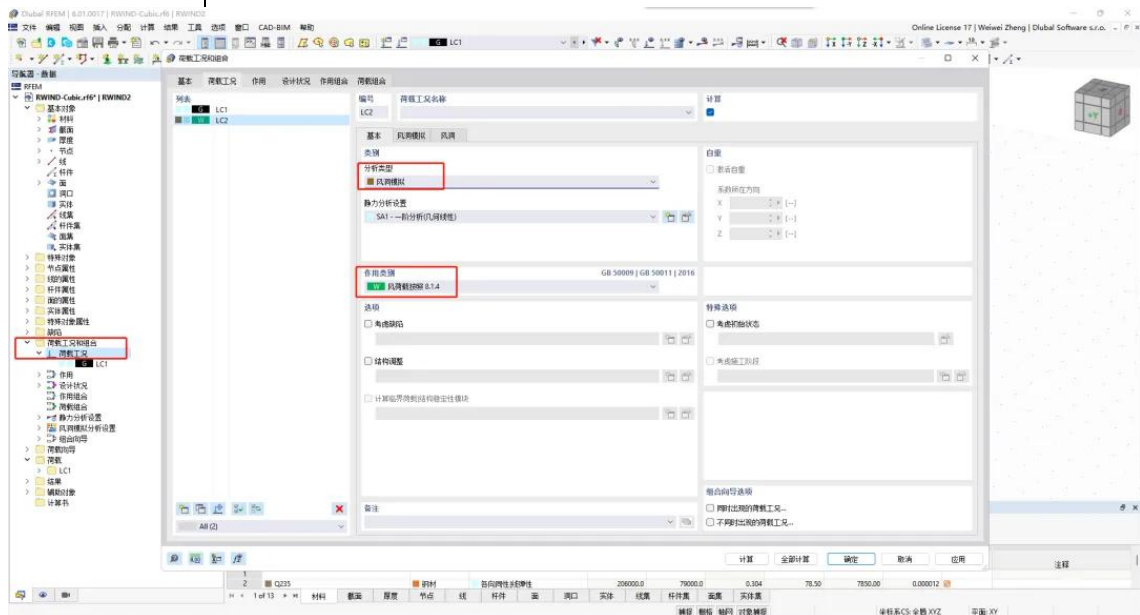
工况下拉列表选择风工况，然后点击显示结果，计算完后，通过左侧项目导航器，就可以选择查看该风工况下的变形、杆件内力以及导入的面风压分布和大小。

2. RWIND 2 与 RFEM 6 协同

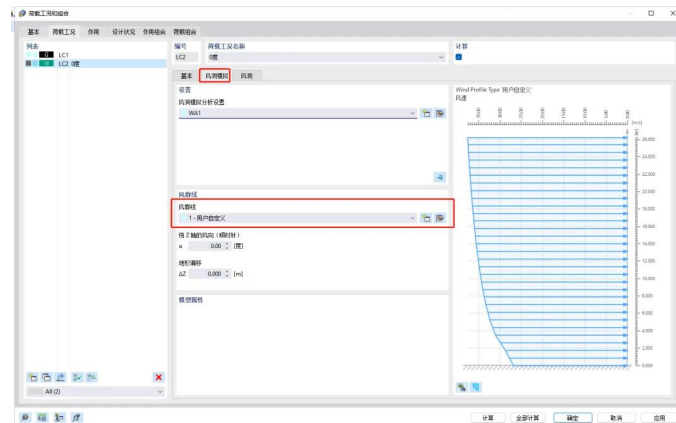
1) 文件>基本数据>模块>风洞模拟



2) 右键荷载工况>新建荷载工况>分析类型"风洞模拟"



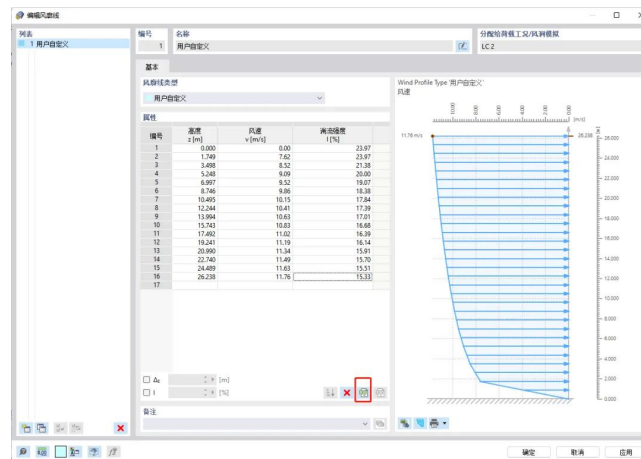
3)风洞模拟参数数值



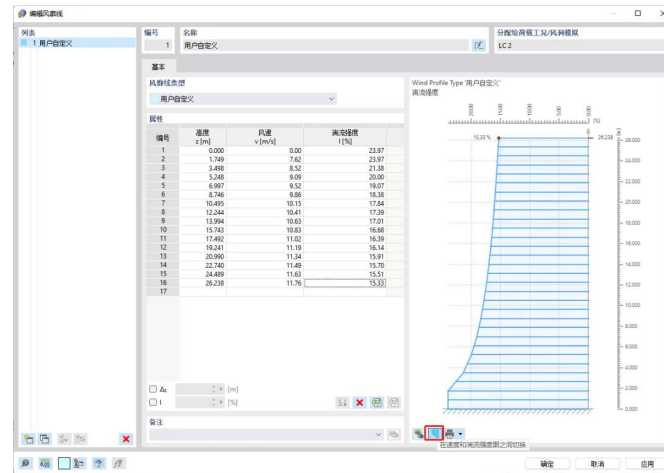
风洞模拟参数这里可以按照默认，仅修改风剖面。

“绕Z轴的风向”可以设置风洞与模型的角度。如何一次性生成多个风工况，见第四章。

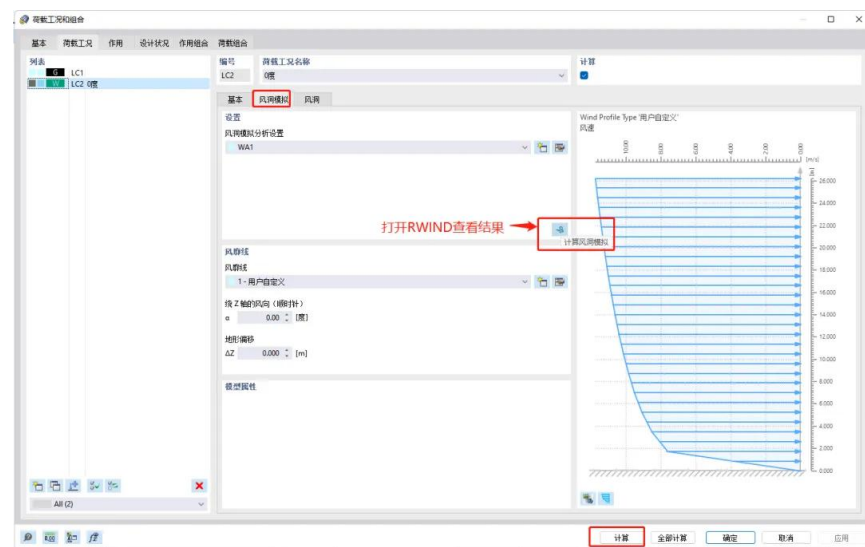
4) Excel 导出后，按照后面第四章的方法计算好风速和湍流强度后，复制一下再粘贴进来。



5) 切换风速剖面 and 湍流强度剖面的图形显示，检查导入的数据



6) 点击计算，即可后台进行 CFD 计算。如果想打开 RWIND 查看流场结果，点击“计算风洞模拟”。



3. RWIND 2 与 3D3S 协同

在 3D3SDesign 2020 版本中，增加了风洞数据导入功能，可以导入风洞

的体型系数或者风压标准值。命令路径：施加荷载>风荷载导入>风洞导入。

导入的文件为文本文件 text。文件内数据需要按照以下格式：

文件(F)	编辑(E)	格式(O)	查看(V)	帮助(H)
0	0	3000	1.2	
-2638	0	2807	1.2	
-1319	2285	2807	1.2	
1319	2285	2807	1.2	
2638	0	2807	1.2	
1319	-2285	2807	1.2	
-1319	-2285	2807	1.2	
-5220	0	2234	1.2	
-4521	2610	2234	1.2	
-2610	4521	2234	1.2	
0	5220	2234	1.2	
2610	4521	2234	1.2	
4521	2610	2234	1.2	
5220	0	2234	1.2	
4521	-2610	2234	1.2	
2610	-4521	2234	1.2	

一行为一个空间点的数据。前三

列分别为点的空间坐标系 X/Y/Z,

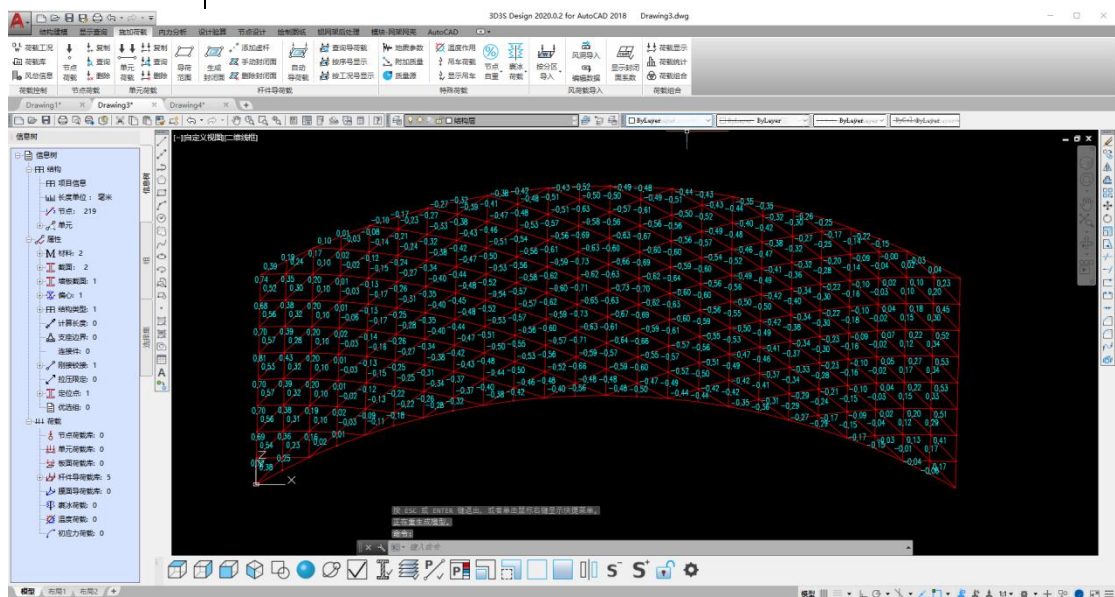
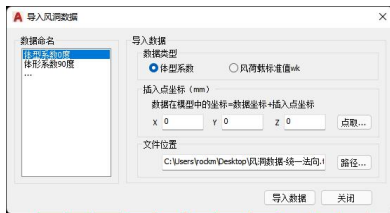
第四列为体型系数/风压标准值，

需要与窗口中的设置一致。

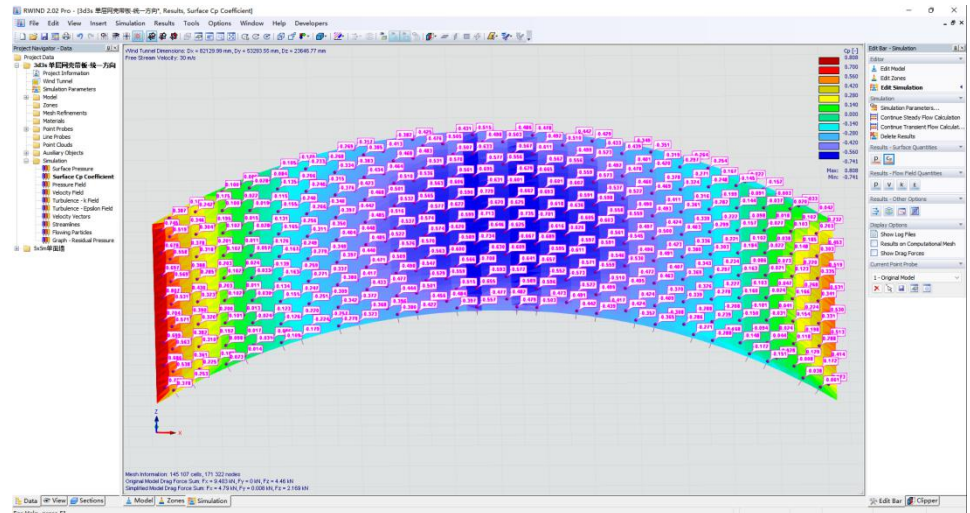
将 RWIND 测点数据导出后，经过整理，形成上面的格式，然后导入后，

通过”显示封闭面系数“就查看导入的数据。

施加荷载>风荷载导入>显示封闭面系数。



导入到 3D3S 中的体型系数



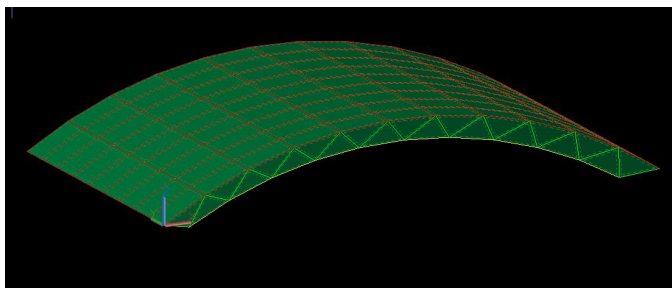
RWIND 中的体型系数

可以看到导入到 3D3S 中的体系系数和 RWIND 是一样的,通过这种方式,就可以在 3D3S 中利用 RWIND 的风荷载结果进行加载和设计。

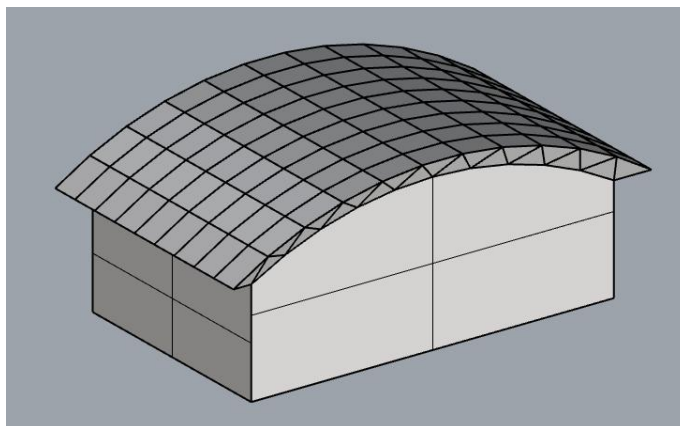
接下来我们介绍下整个操作过程。

1) 3D3S 模型的预处理

一般在 3D3S 中进行结构设计时,都是局部结构,而且只有杆件没有面。不能直接导入 RWIND 进行 CFD 计算。导出前需要在 3D3S 中填上板(模块切换到“基本分析”,结构建模>添加墙板,添加 1mm 厚的板),然后结构建模>导出>midas/Gen, Gen 导入 mgt 后再导出 dxf 格式,然后导入 Rhino 或者 SketchUp 模型(只有这样才能把 3d3s 中的板导出到 Rhino 中变成网格面,直接从 3d3s 中导出 dxf 会丢失面),添加周边建筑表面(因为一般 3D3S 中的结构都是局部模型,单独计算时流场往往和真实情况有较大差别,需要按照整体建筑进行 CFD 计算)。



3d3s 中添加板

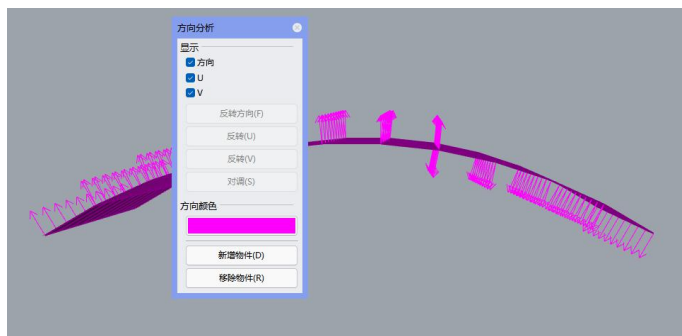


Rhino 中添加周边建筑表皮

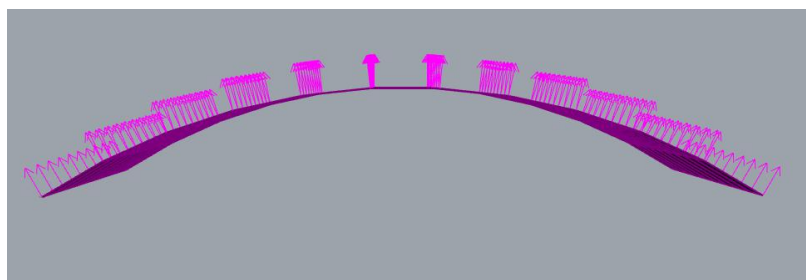
2) 统一风荷载添加面的法向

RWIND 计算后，每个测点的体形系数和风压值都有+，-两个值，代表表面两侧的结果。如果建筑表皮都是封闭的，体内没有气流的话，其中一个值为零，那么不用统一面的法向也可以，将两列数据相加就能得到非零的数据。但如果建筑不封闭，那么就会由两个值，正面的值-反面的值就是这个面的净风压系数。比如在开敞式屋顶处，如果某个面法向朝内， $C_{p+} = -0.2$ ， $C_{p-} = -0.6$ 那么算出来的净风压系数为 $C_{pN} = -0.2 + 0.6 = 0.4$ ，是一个正值，实际应该都是吸力负值。因此需要在导入 RWIND 之前就把面的法向调成一致的，法向都指向建筑外部，这样才能保证正值是指向建筑内部的方向，而负值是远离建筑内部的方向。这里介绍 Rhino 中的调整面方向的操作方法。

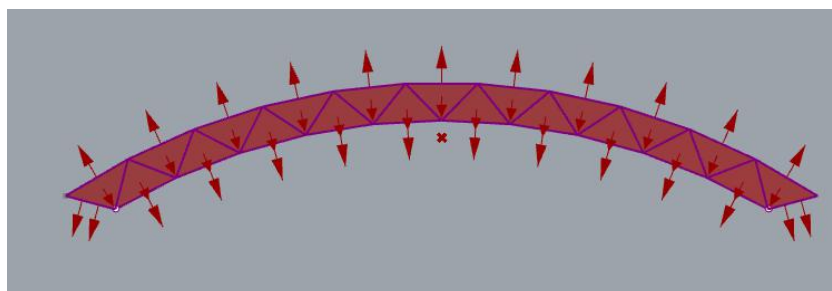
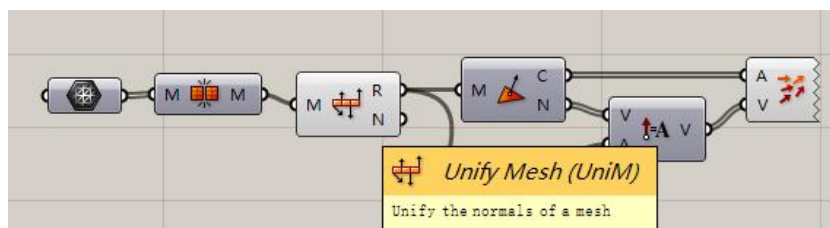
a. 命令 ShowDir,显示面的方向



b. Flip 翻转面的法向



或者通过 grasshopper 的 UnifyMesh 功能，可一次性统一所有网格。

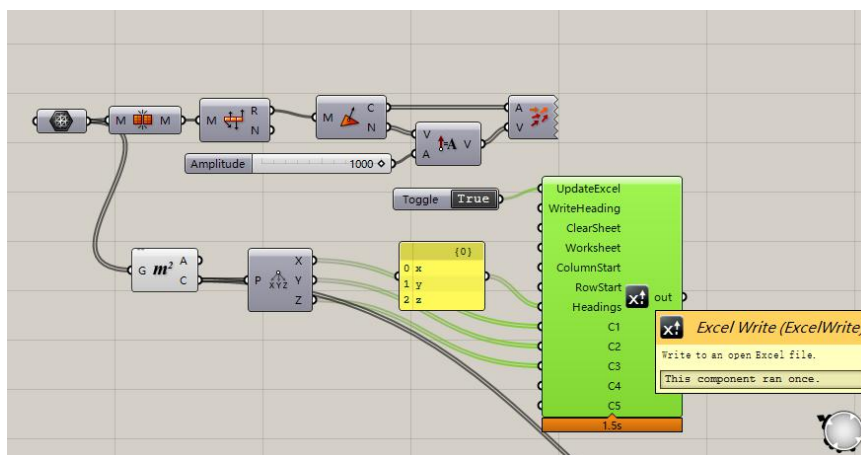


调整好方向后，就可以导出 stl 模型了。注意，如果用 grasshopper 调整完后需要 bake 一个新的网格面，注意和原始面放在不同的图层，导出的时候要选择调整后的网格面，不要选错了。

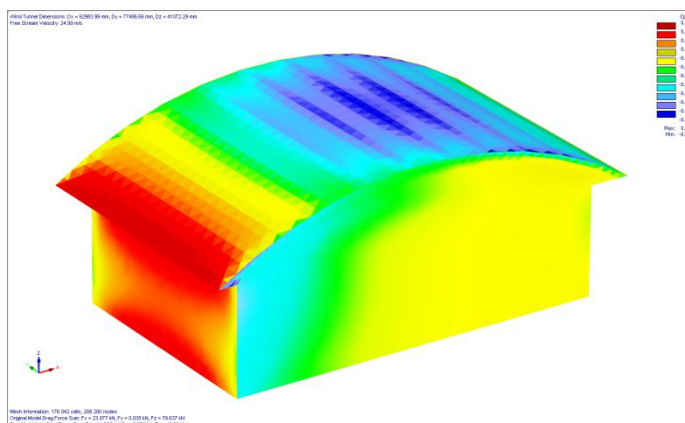
2) 提取每个面的中心点坐标, 作为 RWIND 测点

虽然在 RWIND 中可以通过鼠标点击表面一个一个的添加测点,然后导出数据,这对于小模型可行。但是模型很大的话,工作量很大,我们可以利用 grasshopper 中 Area 功能求每个面的中心点坐标,然后用 Deconstruct 功能求中心点的三个坐标分量,然后用 Lunchbox 插件的 ExcelWriter 功能导出到 excel 表格(需要事先用 Excel 新建一个 xls 文件并打开,不要用 WPS 打开)。

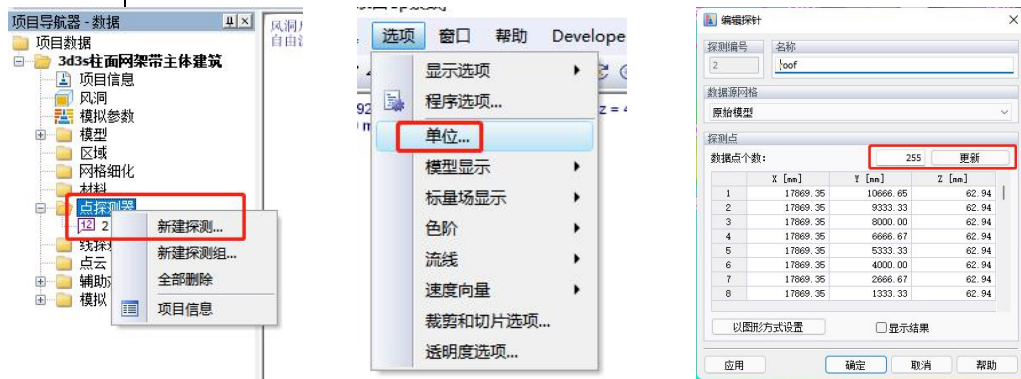
2	17869.35	10666.65	62.94101
3	17869.35	9333.335	62.94101
4	17869.35	8000	62.94101
5	17869.35	6666.665	62.94101
6	17869.35	5333.335	62.94101
7	17869.35	4000	62.94101
8	17869.35	2666.665	62.94101
9	17869.35	1333.333	62.94101
10	16214.1	10666.65	809.953
11	16214.1	9333.335	809.953
12	16214.1	8000	809.953
13	16214.1	6666.665	809.953
14	16214.1	5333.335	809.953
15	16214.1	4000	809.953
16	16214.1	2666.665	809.953



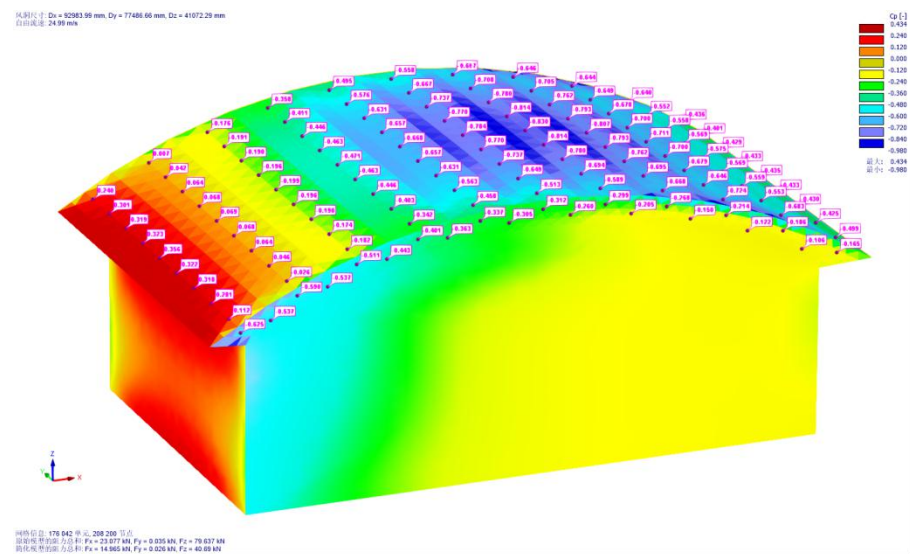
3) 将 Rhino 导出的 stl 文件导入 RWIND 计算。

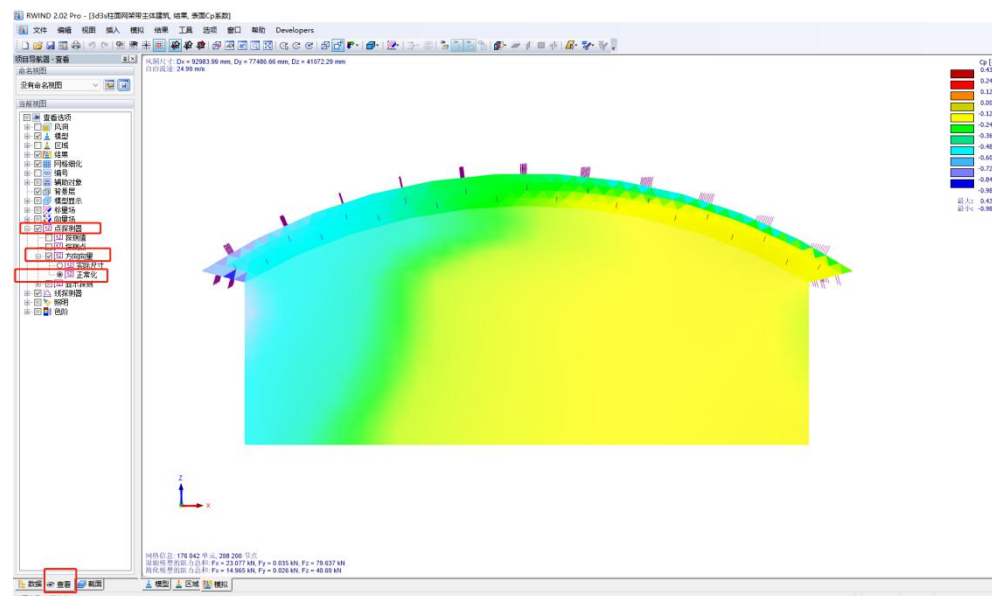


4) 批量添加测点数据



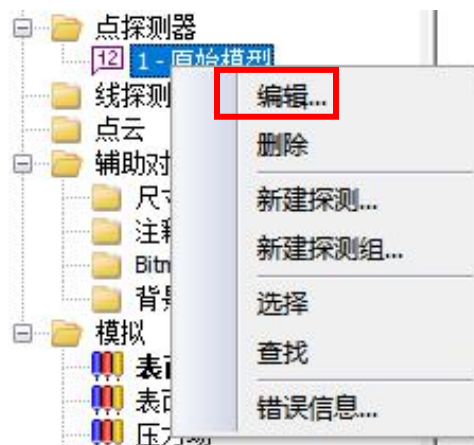
- 项目导航器>点探测器>新建探测；
- 选项>单位，长度改为 mm（如果 Rhino 中的单位是 m 那就不用改了）
- 数据源网格：原始模型。数据点个数：根据前面第三步 grasshopper 导出的 excel 表格中的数据行数，填入点的数量，然后点击更新，然后把 excel 中的数据复制进来。





通过项目导航器>查看>点探测器>方向向量, 我们可以看到测点位置的法向均朝外, 而且为封闭建筑, 因此他的反面数值应该都是零, 我们只需要导出他的正面数据即可。

5) 导出测点数据并整理格式



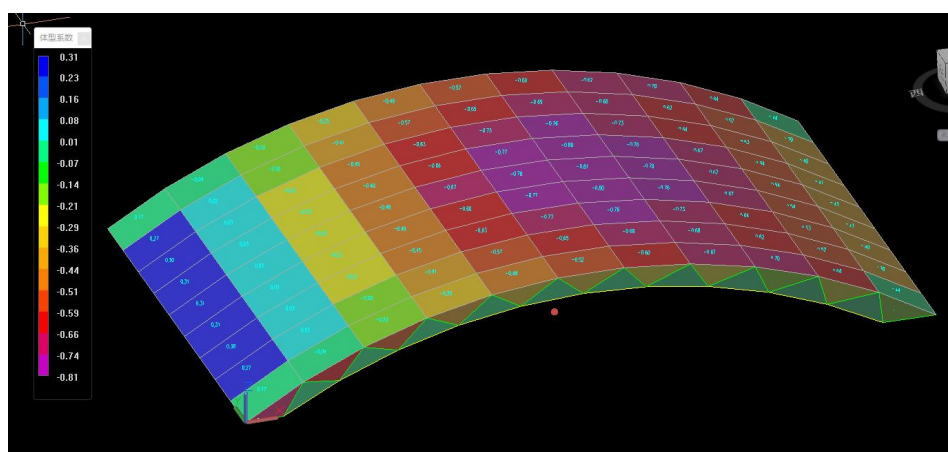
方法一:

- 右键前面定义了点探测器>编辑。
- 勾选显示结果, 表格中会显示正反面风压值和压力系数
- 鼠标放在表头上, 从 P+拖拽到 Cp-, 选中要复制的数据, 然后在前向导

出的 excel 表格中粘贴。如果是建筑是封闭的，那么内表面没有数据，删除表中为零的列，如果表面两侧都有风，那么需要在 excel 表格中用正面的值减去负面的值，然后跟三列坐标数据形成 3D3S 所需要的四列数据，复制到 text 文档里。

方法二：除了可以直接在点探测器表格中复制数据以外，还可以直接导出成 text 文本，通过结果>导出点和线探测器中的值。导出的数据更多，需要在 excel 表格中剔除掉不需要的，整理成 3D3S 需要的样式。

6) 3D3S 中导入风洞数据



- 1) 施加荷载>风洞导入，类型：体型系数
- 2) 施加荷载>荷载库>杆件导荷载库>体型系数:按风洞数据
- 3) 施加荷载>导荷范围>给该工况选择那些导荷的构件
- 4) 施加荷载>生成封闭面
- 5) 施加荷载>自动导荷载
- 6) 施加荷载>按工况号显示，即可查看添加的风洞的体型系数和根据其他参数算出来的标准风压值。

虽然经过多款软件的格式转换，最终还是完成了数据的导入导出，但与 RFEM/RWIND 协同来看，效率还是偏低。但是 3D3S 的出图效率高，也是大部分人选择它的原因。

四、常见问题解答

1. 如何下载并激活 RWIND

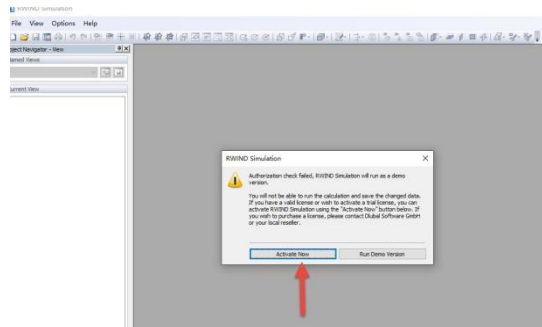
- 1) 填写软件申请表，提交后会显示百度云盘下载链接

申请表地址: <http://dlubal-software.mikecrm.com/9Lwok28>

- 2) 右键软件图标，以管理员身份运行程序

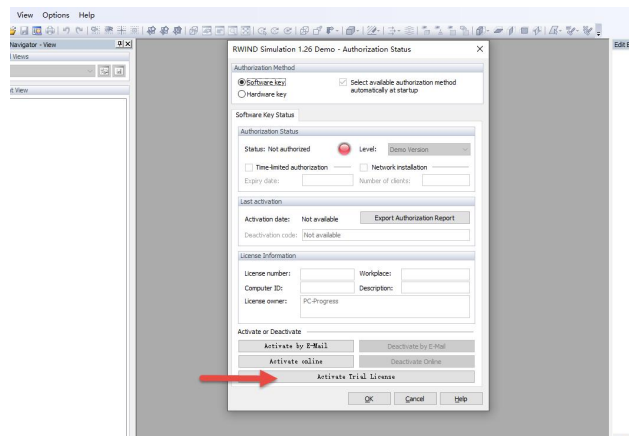


- 2) 使用“立即激活(Activate Now)”功能确认授权检查

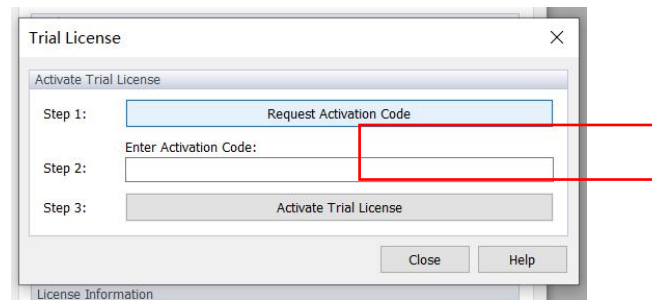


如果没有激活，那就演示版本（Demo），不能计算模型，但是可以查看程序自带模型的计算结果。

- 3) 点击下方的“激活试用许可证(Activate Trial License)”功能



4) 点击“ 申请激活码 (Request Activation Code) ”



会跳转浏览器并显示如下图所示申请表，带 “*” 的填入相关信息，然后提交。

RWIND Trial License Request
 Thank you for your interest in the RWIND trial license. Please fill in the registration form and we will send you the activation code by e-mail as soon as possible, no later than the next working day.
Important Remarks
 PC-Progress reserves the right not to grant a trial license to anonymous applicants - see [Conditions for granting a trial license](#).
 The 30-day trial license can only be used for evaluation purposes. Commercial use or publishing any materials or results created by RWIND is strictly forbidden under this license.

Registration Form

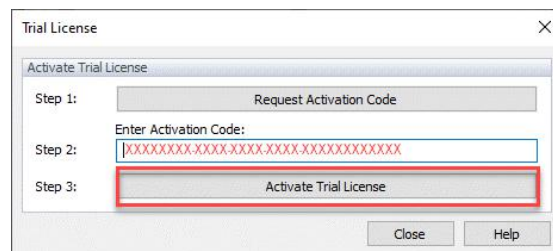
* Title	Mr. ▼	名
* Name		姓
* Surname		公司
* Company		地址
* Address Line 1		城市
Address Line 2		邮编
* City		国家
* Zip Code		
* Country	Please Select ▼	
Customer Number		Current Dlubal customers only
Telephone		
URI		
* E-mail		邮箱，接收激活码用
Special Requests		

Submit Request

提交申请表

By clicking on the "Submit" button above, you agree to our [Privacy Policy](#).

5) 收到激活码后，填入 Step2，然后点击“激活试用许可 (Activate Trial License)”。激活成功后，就可以正常试用软件所有功能了，试用期过后成为演示版 (Demo Vesion) 只能用于查看计算结果。



2. 如何按照 GB 生成风剖面 and 湍流强度剖面

由《建筑工程风洞试验方法标准》JGJ/T 338-2014 第 3.3.2 条, 可知平均风

速剖面表达式为:

$$v_z = v_{10} \left(\frac{z}{10} \right)^\alpha, z_b \leq z \leq z_g$$

v_z – z 高度处平均风速 (m/s)

v_{10} – 相应粗糙度类别场地 10m 处的平均风速 (m/s)

z – 离地面高度 (m)

α – 地面粗糙度指数

z_b – 剖面起始高度

z_g – 梯度风高度

场地类别		A	B	C	D
粗糙度指数	α	0.12	0.15	0.22	0.30
不同场地类别同一高度的风速修正系数	k	1.13	1.0	0.738	0.512
剖面起始高度 (m)	z_b	5	10	15	30
大气边界层高度(m)	z_g	300	350	450	550
名义湍流强度	I_{10}	0.12	0.14	0.23	0.39

v_{10} ——如果有项目所在地实测数据, 用实测数据; 没有的话, 可以用基本风

压和基本风速的公式(《建筑结构风荷载规范》条文说明 8.1.2)推导基本风速

($v_0 = \sqrt{1600 * w_0}$), 然后乘以上面表格中的 k, 即可得到项目所在地粗糙类

别 10m 处的平均风速 v_{10} , v_{10} 与 v_0 的关系以及 k 的大小见如下推导。

不同粗糙度类别下, 风压高度变化系数 μ_z 定义为任意高度处的平均风压

$w_a(z)$ 与基本风压 w_0 的比值^[注 1, P41]。

$$\mu_z = \frac{w_a(z)}{w_0} = \frac{\frac{1}{2} \rho v_z^2}{\frac{1}{2} \rho v_0^2} = \frac{v_z^2}{v_0^2} \Rightarrow v_z = v_0 \sqrt{\mu_z}$$

$$\mu_z^A = 1.284 \left(\frac{z}{10} \right)^{0.24} = [1.133 \left(\frac{z}{10} \right)^{0.12}]^2$$

$$\mu_z^B = 1.000 \left(\frac{z}{10} \right)^{0.3} = [1.000 \left(\frac{z}{10} \right)^{0.15}]^2$$

$$\mu_z^C = 0.544 \left(\frac{z}{10} \right)^{0.44} = [0.738 \left(\frac{z}{10} \right)^{0.22}]^2$$

$$\mu_z^D = 0.262 \left(\frac{z}{10} \right)^{0.6} = [0.512 \left(\frac{z}{10} \right)^{0.3}]^2$$

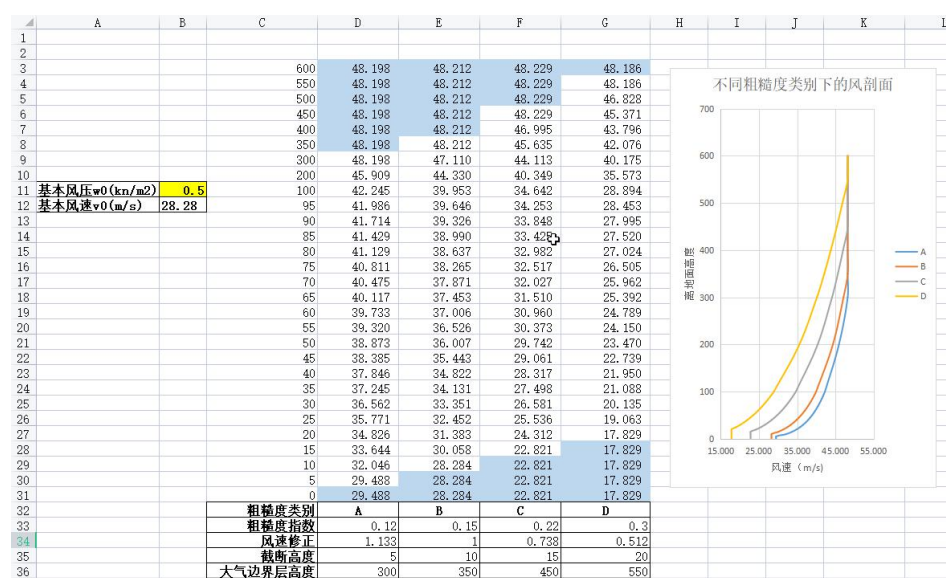
$$\mu_z = [k * \left(\frac{z}{10} \right)^\alpha]^2 \Rightarrow \sqrt{\mu_z} = k * \left(\frac{z}{10} \right)^\alpha \Rightarrow \sqrt{\mu_{10}} = k$$

$$v_{10} = v_0 * k$$

可见，如果是 B 类场地， $v_{10} = v_0$ ，可以直接用基本风压反算出来的基本风速，但是如果是其他类场地，还需要乘以 k 才是对应粗糙度类别场地 10m 处的基本风速。

知道了 v_{10} 的计算方法、知道了每种粗糙度类别的粗糙度指数 α 、知道了剖面起始高度（截断高度）和大气层边界高度，我们就可以根据上面的公式在 excel 表格中算出各个场地类型的剖面了。

算出来的风剖面满足下面两个条件就是对的：1.同一高度处，A 类场地风速最大，D 类最小；2.高度大于大气层边界高度后，各个场地类比的风速是一样的。



湍流强度剖面计算公式可由《建筑工程风洞试验方法标准》JGJ/T 338-2014

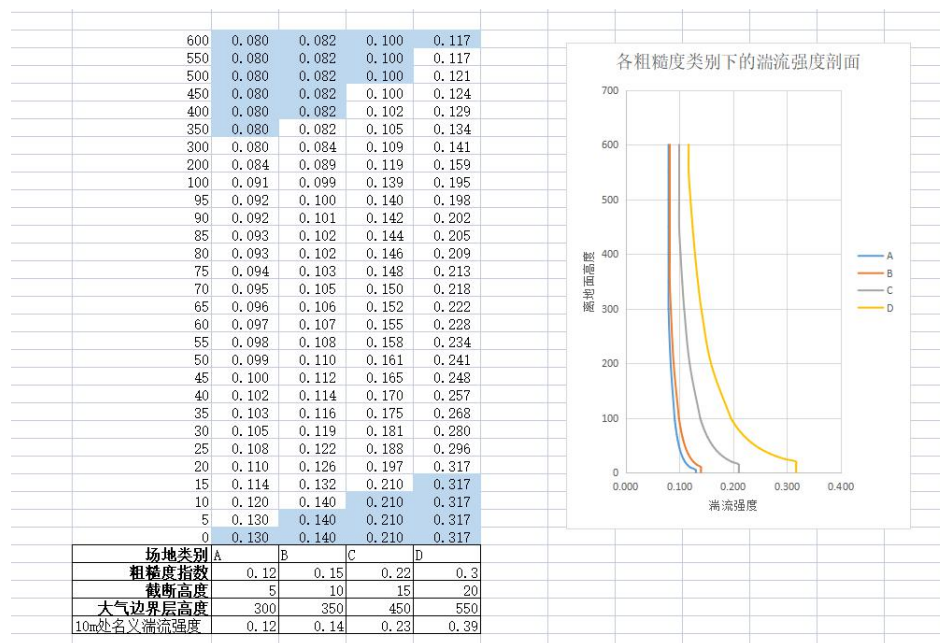
第 3.3.2 条公式 3.3.2-2 计算：

$$I_a = I_{10} \left(\frac{z}{10} \right)^{-\alpha}, z_b \leq \alpha \leq z_g$$

式中： I_a — z 高度处的湍流强度；

I_{10} — 10m 高度名义湍流强度

根据上面公式算出来的湍流强度剖面如下，同一高度处，D 类的湍流强度最大，A 类最小。同一个类别的场地下，高度越小湍流强度越大。



3. 压力 P 和压力系数 C_p 的关系

测点 i 处的压力系数 C_{pi} 等于测点 i 处的压力 P_i 除以建筑物远前方上游来流风的动压 $\frac{1}{2} \rho v_r^2$, 即 $C_{pi} = \frac{P_i}{\frac{1}{2} \rho v_r^2}$, 在 RWIND 中, v_r 为模型顶部高度处的

风速^[注 2, P81], 可以在软件中取任意一高度处面上的测点进行验证。

如果你直接提取压力 P 去做设计, 那么无需调整。而如果是提取压力系数 C_p 用于设计, 需要换算到 10m 高度处^[注 1, P35], 才是体型系数计算用到的压力系数 μ_{si} , 调整系数可根据风剖面公式计算。

$$C_{pi} = \frac{P_i}{\frac{1}{2} \rho v_r^2} = \frac{P_i}{\frac{1}{2} \rho \left(v_{10} \left(\frac{z_r}{10} \right)^\alpha \right)^2}$$

$$\Rightarrow \mu_{si} = \frac{P_i}{\frac{1}{2} \rho v_{10}^2} = C_{pi} * \left(\frac{z_r}{10} \right)^{2\alpha}$$

z_r 为模型的高度。

4. 压力系数 C_p 和体型系数 μ_s 的关系

实际工程中, 一般采用面上的平均风压系数, 我国规范称其为体型系数, 用 μ_s 表示。体型系数用面上第 i 测点的风压系数 μ_{si} 与该测点所属表面面积 A_i 的乘积取加权平均得到^[注 1, P40], 其值为:

$$\mu_s = \frac{\sum_i \mu_{si} A_i}{A} = \frac{\sum_i C_{pi} A_i}{A} \left(\frac{z_r}{10} \right)^{2\alpha} = \overline{C_p} \left(\frac{z_r}{10} \right)^{2\alpha},$$

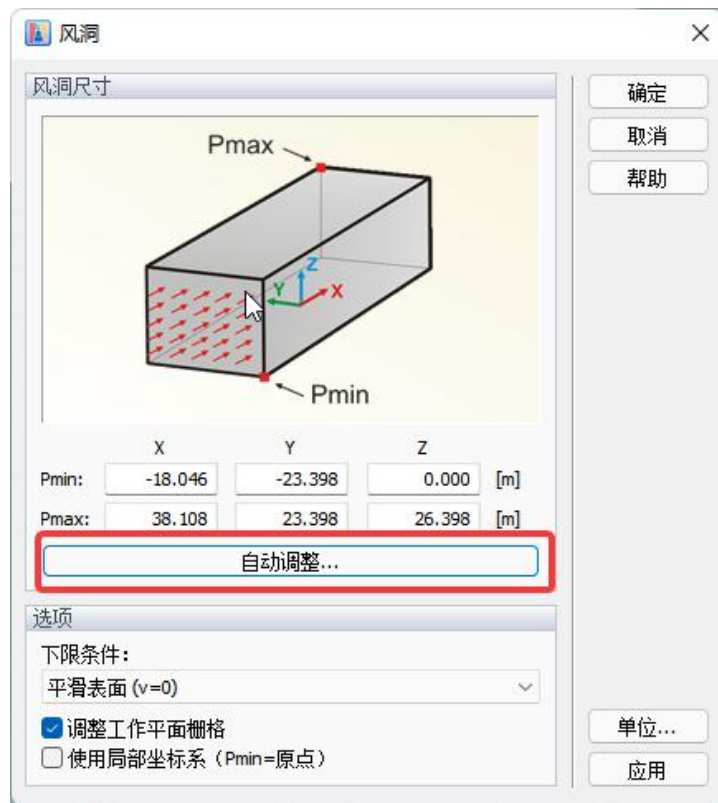
在前面的介绍中, 我们知道软件中可以提取每个域的平均压力系数 $\overline{C_p}$, 只需

要乘以高度调整系数 $\left(\frac{z_r}{10} \right)^{2\alpha}$ 便可得到设计用的体型系数。目前我们暂不能设

置软件计算 C_p 时的参考的高度, 如果以后能设置参考高度, 变不用换算了。

5. 如何确定风洞尺寸大小

编辑模型>编辑对象>编辑风洞



《建筑工程风洞试验方法标准》JGJ/T 338-2014 第 3.2.5 条可知道，阻塞率

宜小于 5%，不应超过 8%。

$$\eta = \frac{A_m}{A_c}$$

A_c ——风洞试验段的横截面面积。

A_m ——试验模型在试验段横截面的最大投影面积。

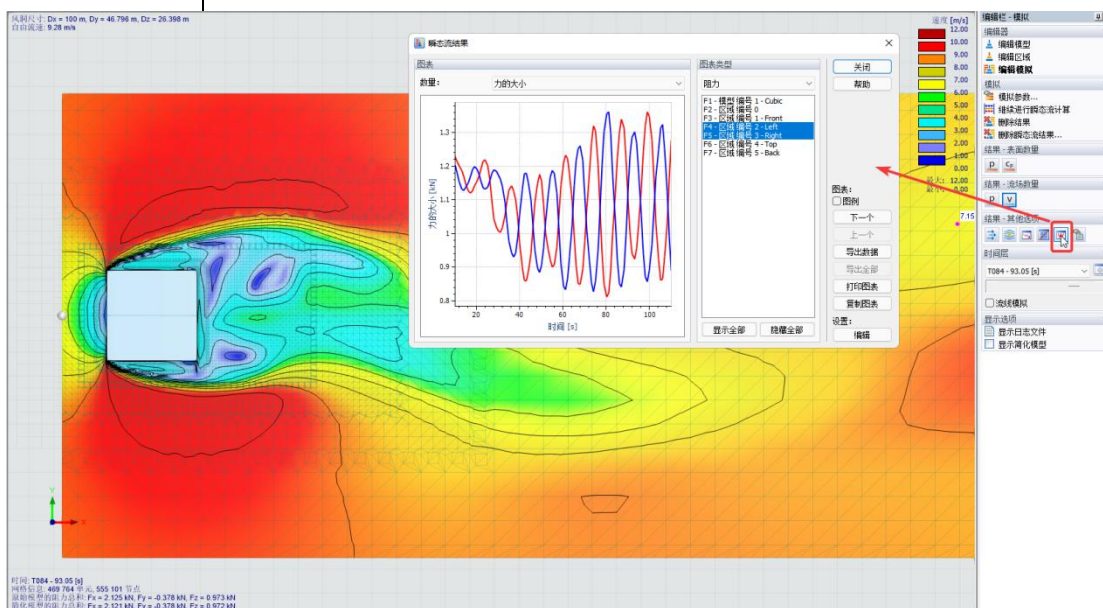
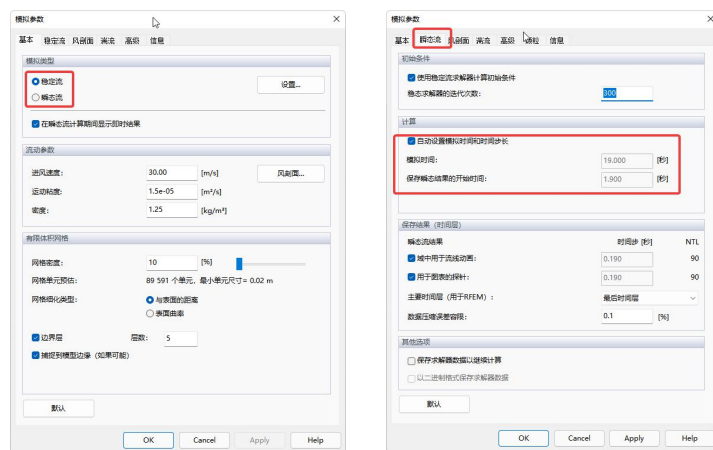
软件可以自动根据模型大小，调整风洞大小，使得阻塞率等于 3%左右，当然

也可以自定义风洞的大小。

6. 如何进行大涡模拟 (LES)

在模拟参数中, 有两种计算方法, 一种是稳定流, 一种是瞬态流。稳定流采用湍流模型是雷诺平均, 算法是 $k-\varepsilon/k-\omega$ 。瞬态流采用的湍流模型是 LES 大涡模拟, 算法是 Spalart-Allmaras DDES, 相关信息可以点击左侧的链接。

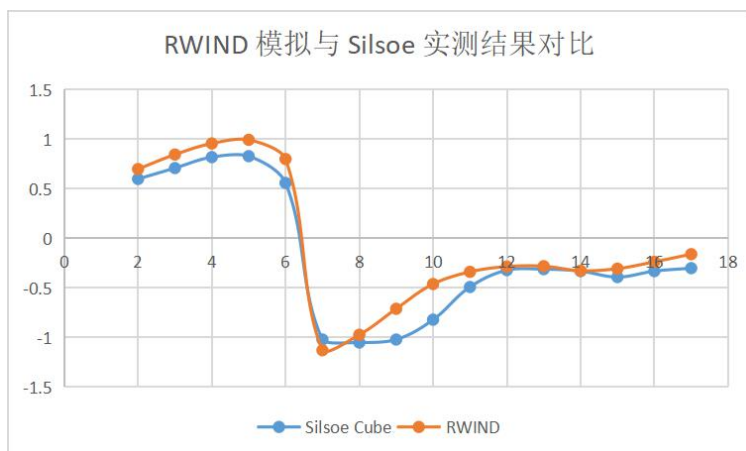
如果只是想计算面压力或体型系数, 用稳定流计算即可。如果还想要计算面结果随时间的变化 (如下面图中, 两个侧墙风压合力随时间交替变化), 那么回到该参数设置界面, 模拟类型改为瞬态流计算即可进行 LES。软件会自动设置计算时常, 也可以手动设置。



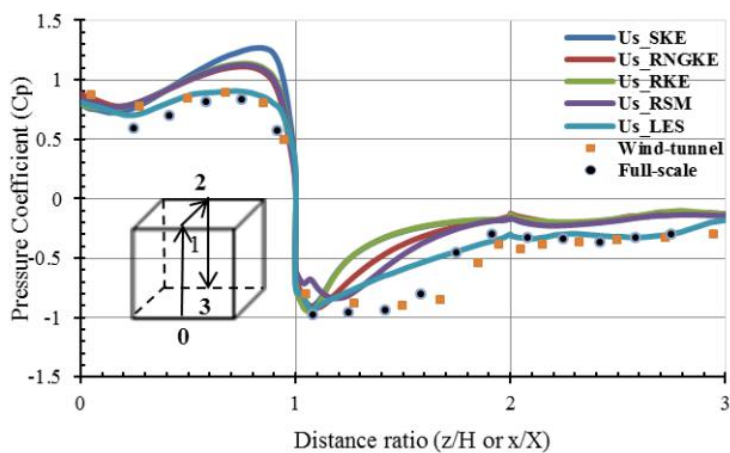
7. RWIND 的准确性如何

可找一些典型体型的风洞试验的论文或者实测结果的论文进行比较。对比的时候，需要确保风速剖面 and 湍流强度剖面与论文一致。我们与英国西索尔研究院对一个 6m 立方体的实测结果进行了比较。相关描述可以点击该文章

[《标准 6m 立方体体型系数 | 数值模拟\(CFD\)结果 VS 现场实测结果》](#)



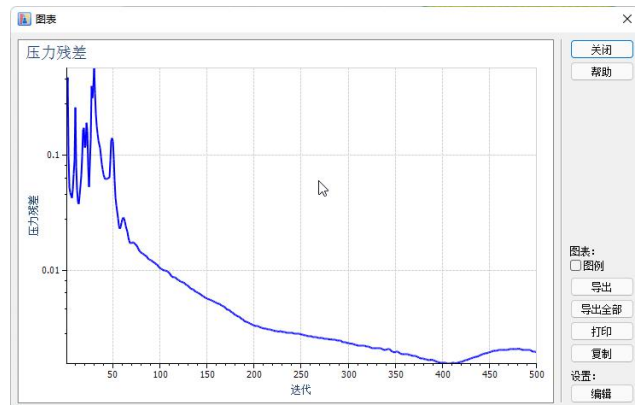
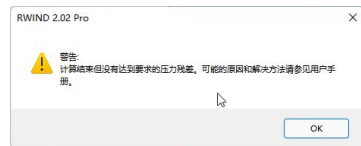
RWIND 与实测模型的结果对比



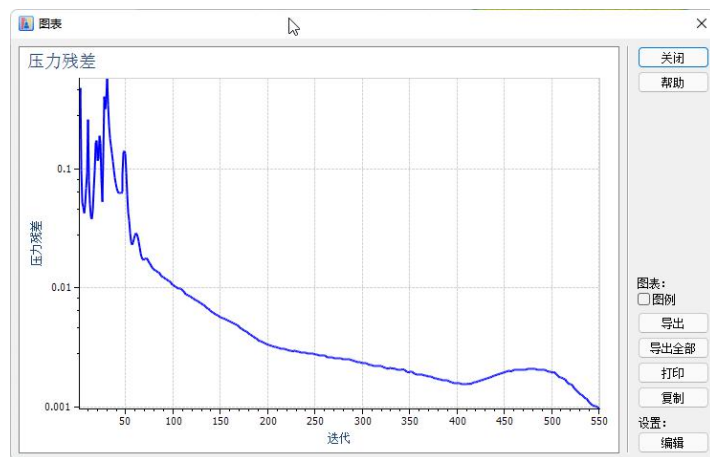
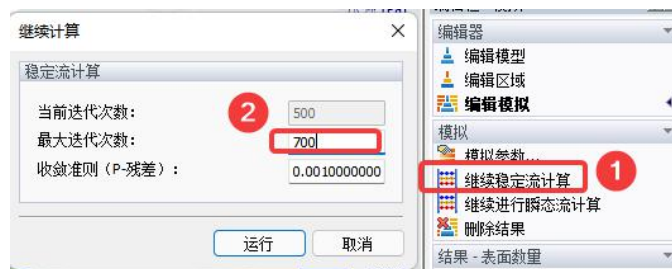
其他软件/算法与实测模型的结果对比

8. 计算结果没收敛怎么办

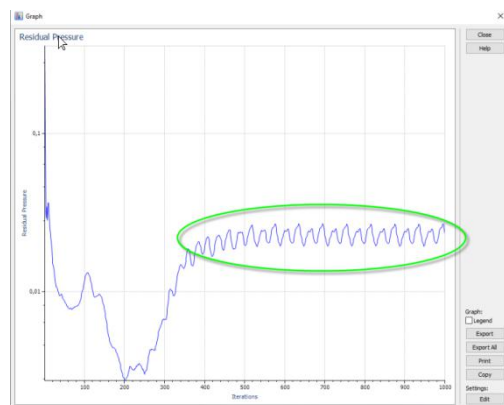
情况 1-收敛图如下：



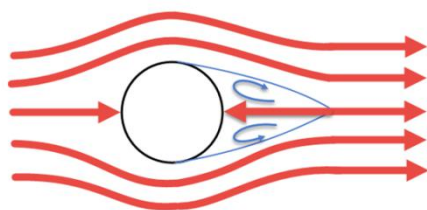
这种情况，我们一般点击“继续稳定流计算”，然后把最大迭代次数改成大于500（默认是500）就可以了，比如这里改成700。再次迭代计算后就收敛了。



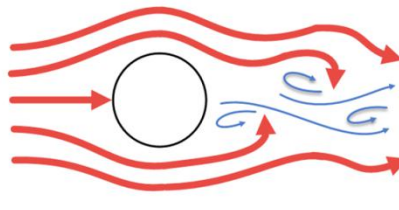
情况 2-收敛图如下:



压力残差围绕一个平均位置周期性振荡。这种情况可以看作是收敛的。随着雷诺数的增加,在物体后方形成了卡门涡街,周期性的涡脱造成压力残差的振荡。



稳态



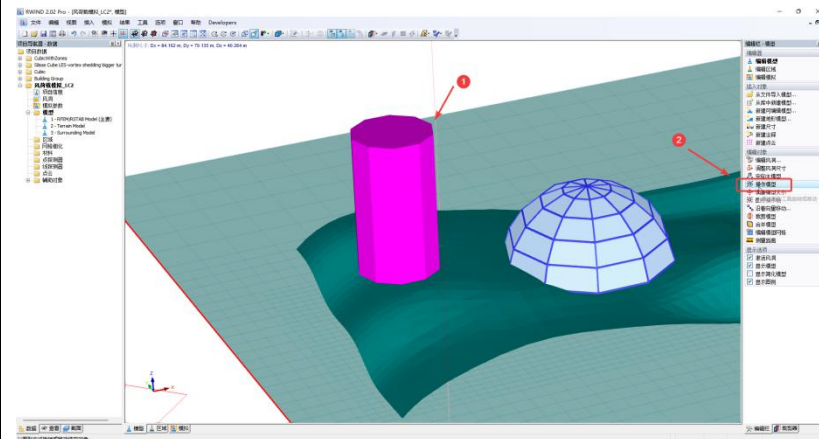
另一种稳态——周期性涡脱

9. 如何考虑其他建筑的影响

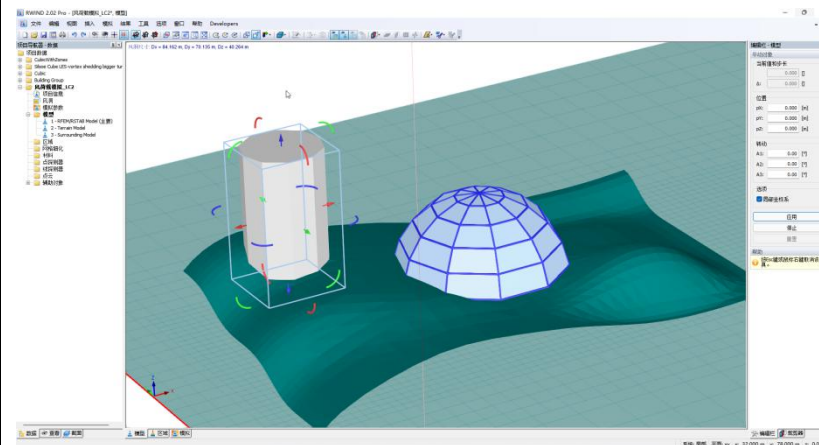
1) 模型>右键> “从文件导入模型/插入新得可编辑模型/从库中插入模型” 都可以。



2) 选择周边建筑模型>编辑对象>操作模型



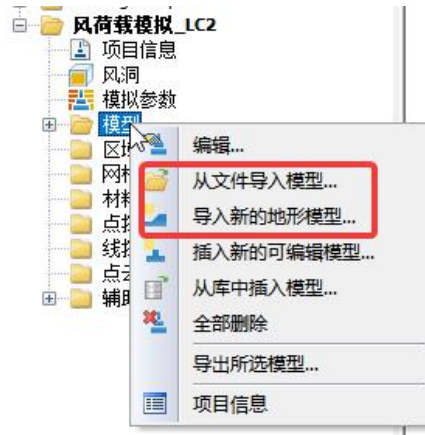
3) 移动/旋转模型



鼠标拖动箭头，即可平移，拖动弧线即可旋转

10. 如何考虑地形的影响

1) 插入地形模型（从文件导入）。



也可以新建地形模型（导入新的地形模型），此处暂不展开介绍。

2) 右键该地形模型>编辑，然后选择下面两项。



11. RWIND 中，如何生成多个工况

1) 模拟>为多个风向生成项目

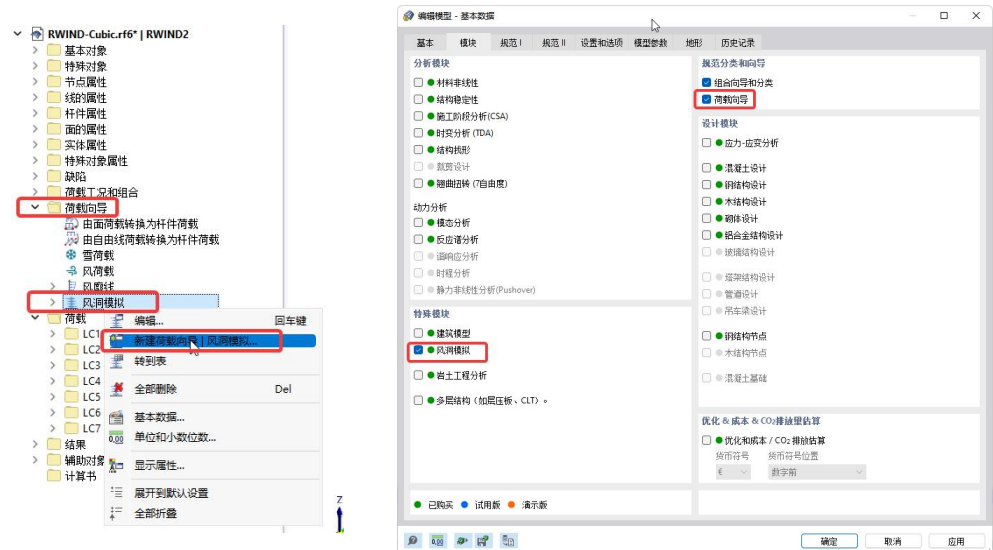


2) 设置生成的工况数量和间隔角度>更新工况>生成模拟工况

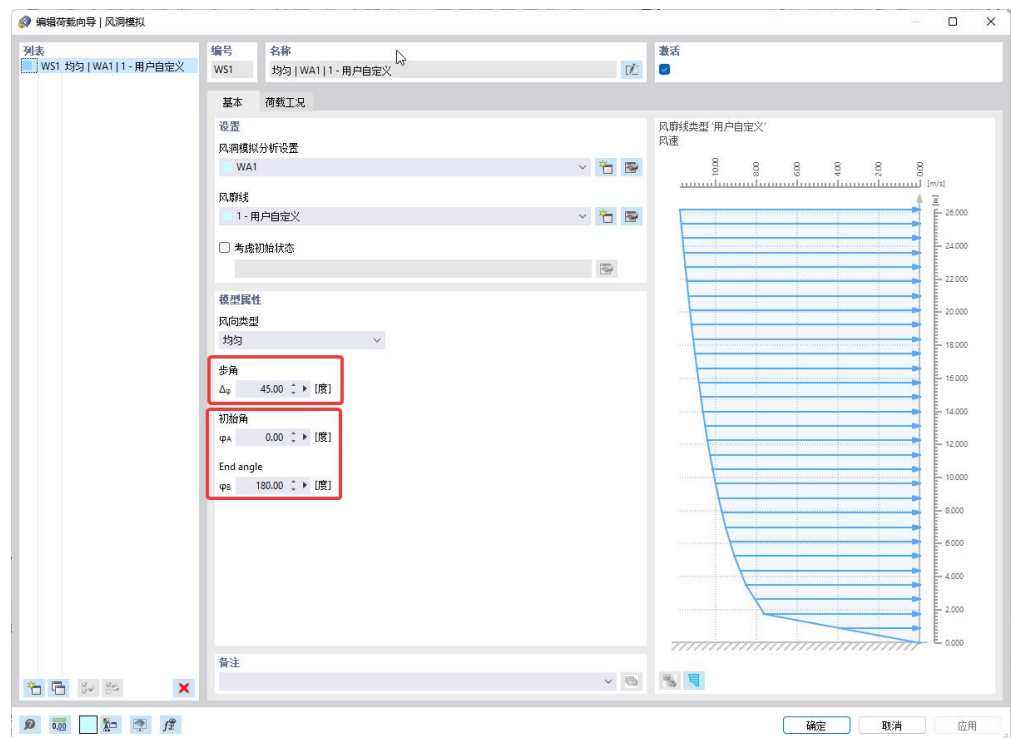


12. RFEM 6 中如何生成多个工况

1) 新建风洞模拟的荷载向导(模块中需要激活“荷载向导”)。



7) 输入间隔角度和起始角度 (当然风剖面需要根据项目输入)



确定后，打开荷载工况和组合对话框，荷载工况中，便可看到自动生成的数值

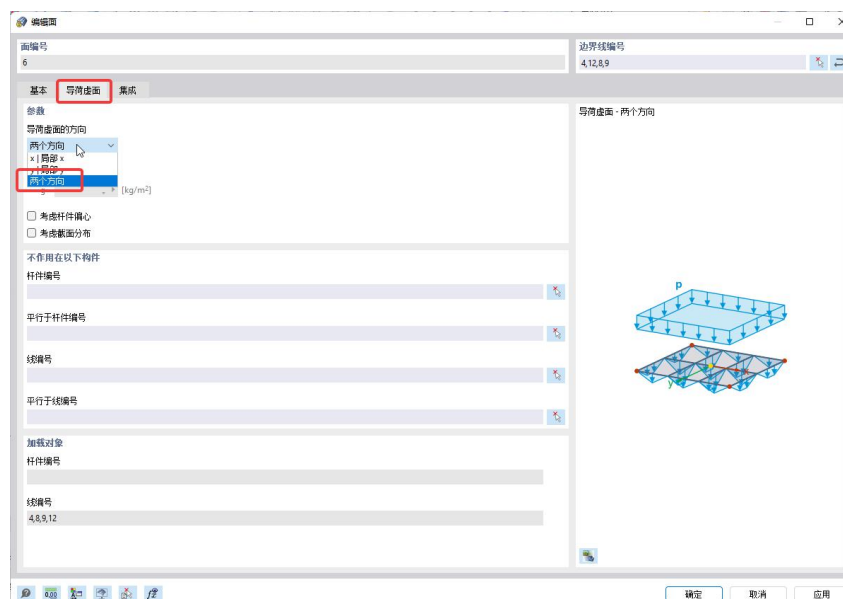
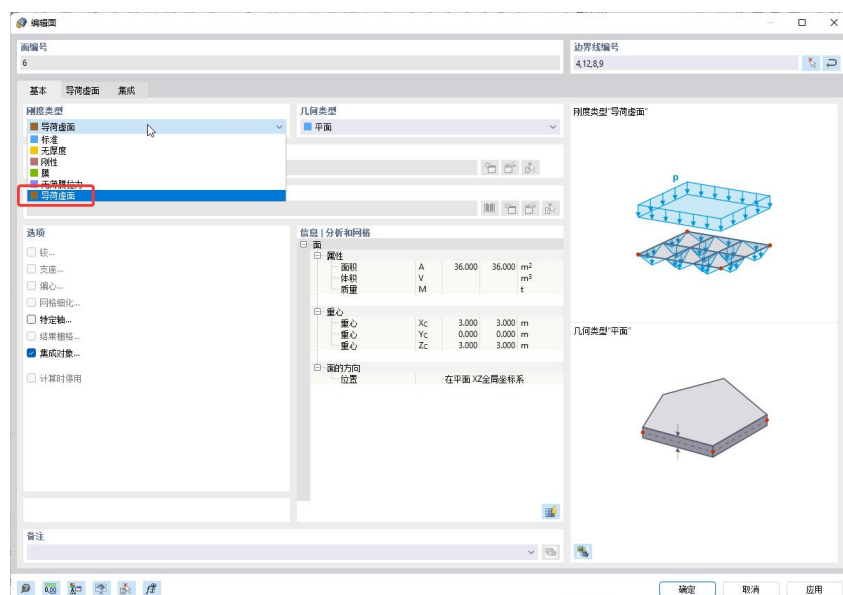
风洞工况。



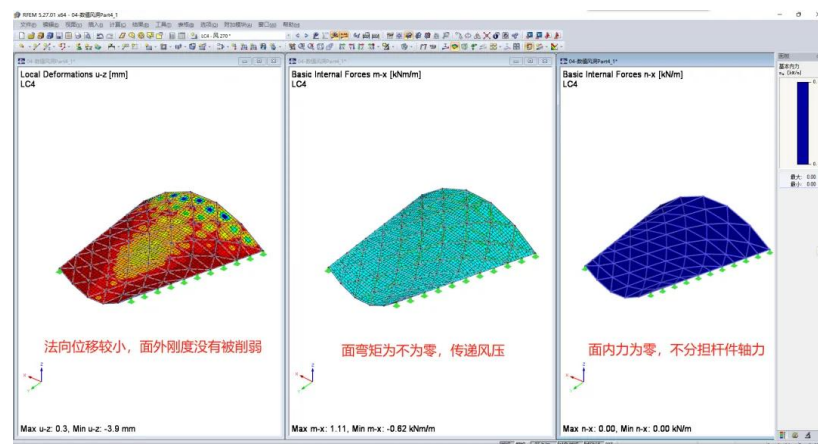
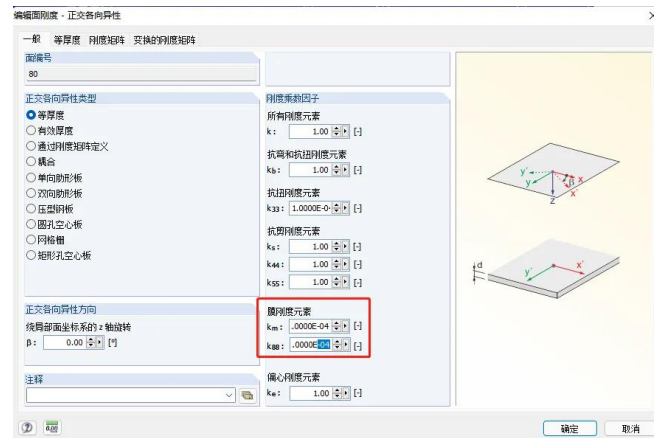
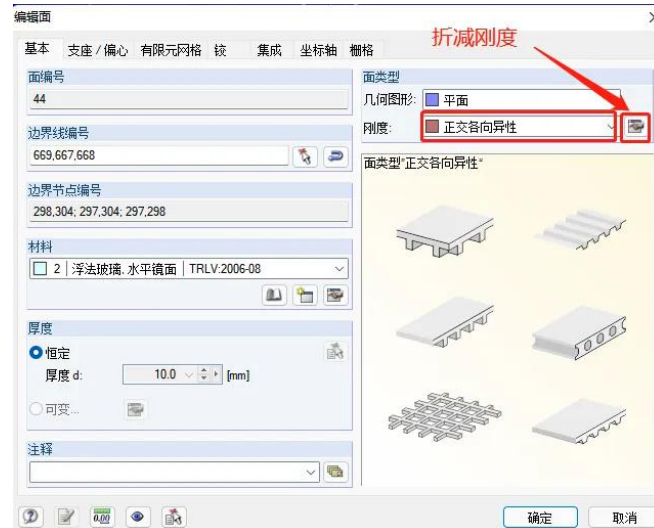
13. 如何让面仅传递风荷载，而不增大结构刚度？

杆系结构设计时，屋面和墙面一般不参与结构整体计算，经常建模不建出来，而是用荷载代替。如果要进行 CFD 分析的话，这些面就必须建出来，将虚面的弹膜折减到很小的话，杆件受力确实可以不影响，但是 CFD 算出来的面压力就无法传递给杆件，面的变形会无穷大。

在 RFEM6 中，可以将面的类型改为“导荷虚面”，然后设置好导方向即可。



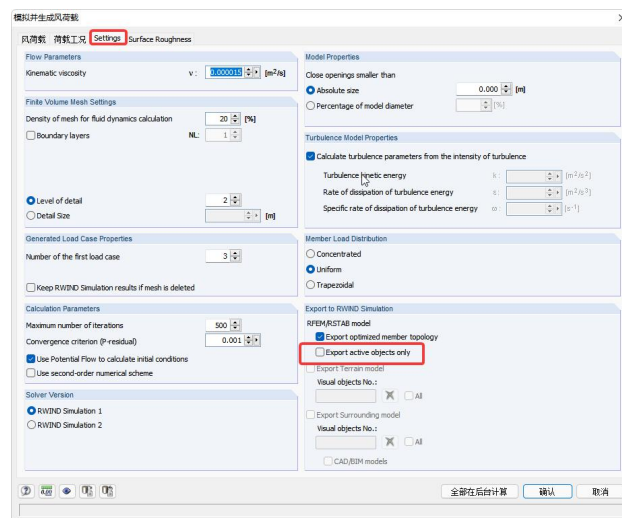
在 RFEM5 中，没有导荷虚面的选项，可以通过选择性的折减面的刚度实现。对于单层网壳的屋面板/玻璃，可以把影响杆件轴力的面内膜刚度折减的很小，而传递面压力的面外抗弯刚度保留，这样既能传递 CFD 的面压力给杆件，又不会影响杆件的受力。



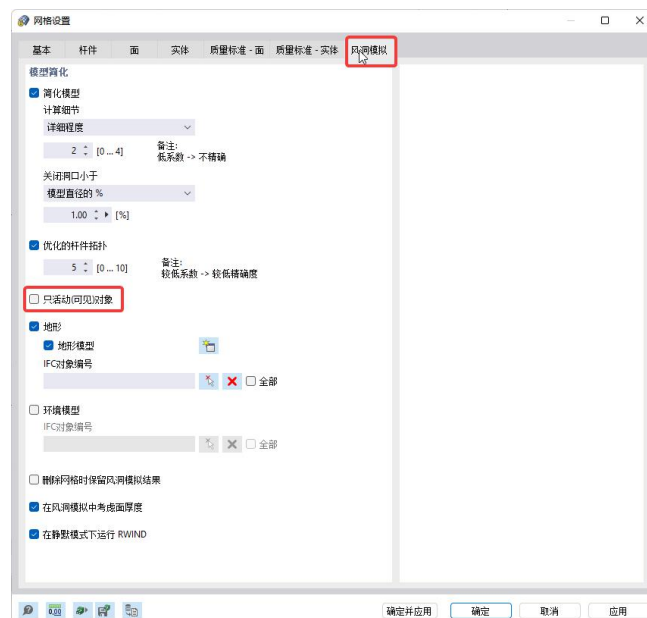
14. 如何仅导出 RFEM 的面到 RWIND 而不导杆件

结构模型中，比如屋面结构，如果既有面又有杆件，默认情况下，导入 RWIND 的模型包括这二者，但是实际建造好的模型，屋面板都是覆盖在杆件之上的，不需要考虑杆件的影响。我们只需要勾选以下设置。

在 RFEM5 中：工具>RWIND Simulation > Settings



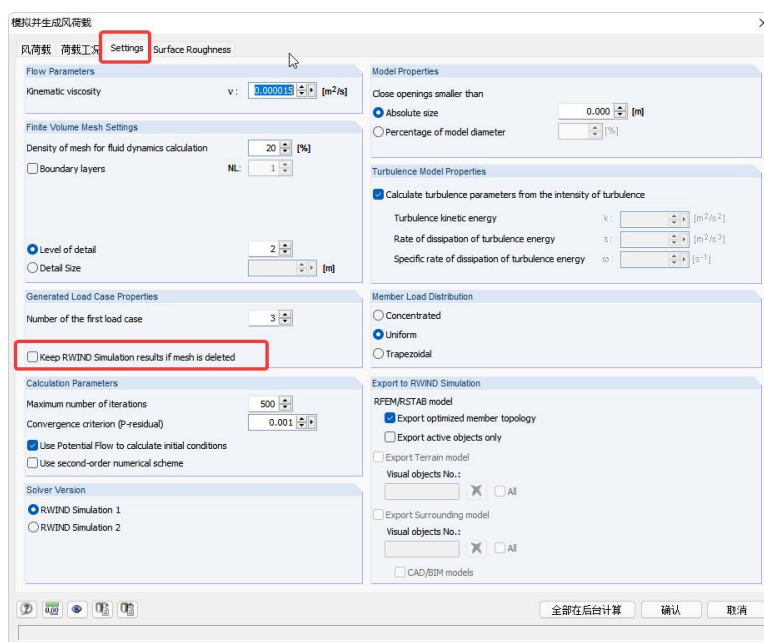
在 RFEM6 中：计算>网格设置



15. RFEM 中模型微调后，如何能不用再算一次 CFD?

如果模型没有大的调整，只是杆件截面\材料调整的话，对流场结果基本没有影响,我们便可以勾选以下选项,避免模型一改动就需要重新计算 RWIND。

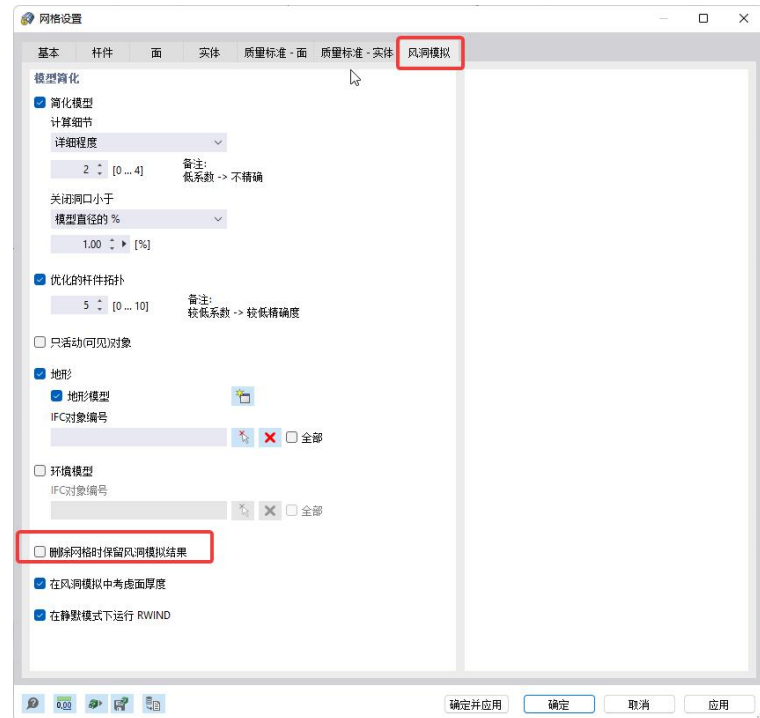
RFEM 5 中: 工具> RWIND Simulation > Settings



修改模型后，工况下拉里没有了风工况。回到这个对话框的“荷载工况”标签，选择想要看的工况然后点击“在后台计算 LC”或者“全部在后台计算”，然后跳出下图所示提示，确定即可。上次的结果就会再次显示（不会重新进行 CFD 计算）。工况下拉列表中重新出现风荷载工况，然后点击“显示结果”。

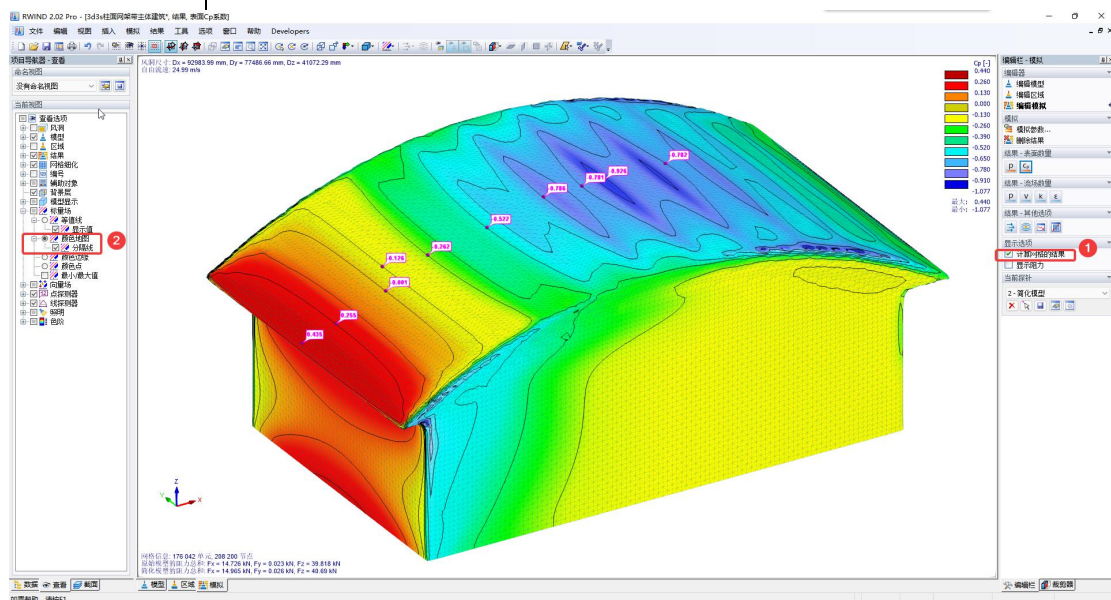


RFEM 6 中：计算>网格设置



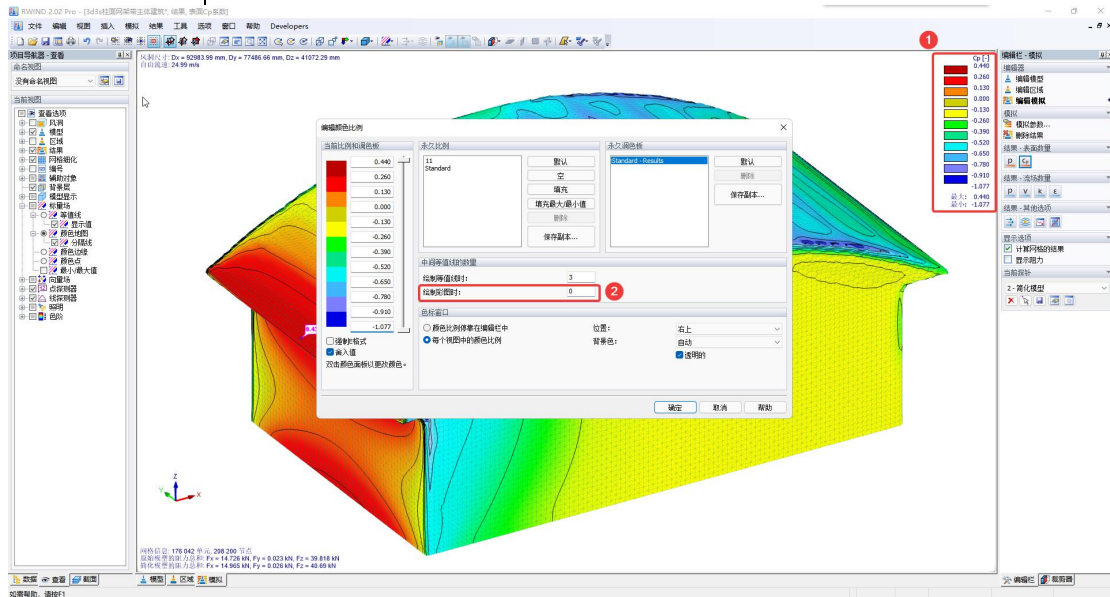
修改模型后，工况下拉里仍然有风工况，我们直接点击“显示结果”。

16. 如何显示等值线结果并标注？

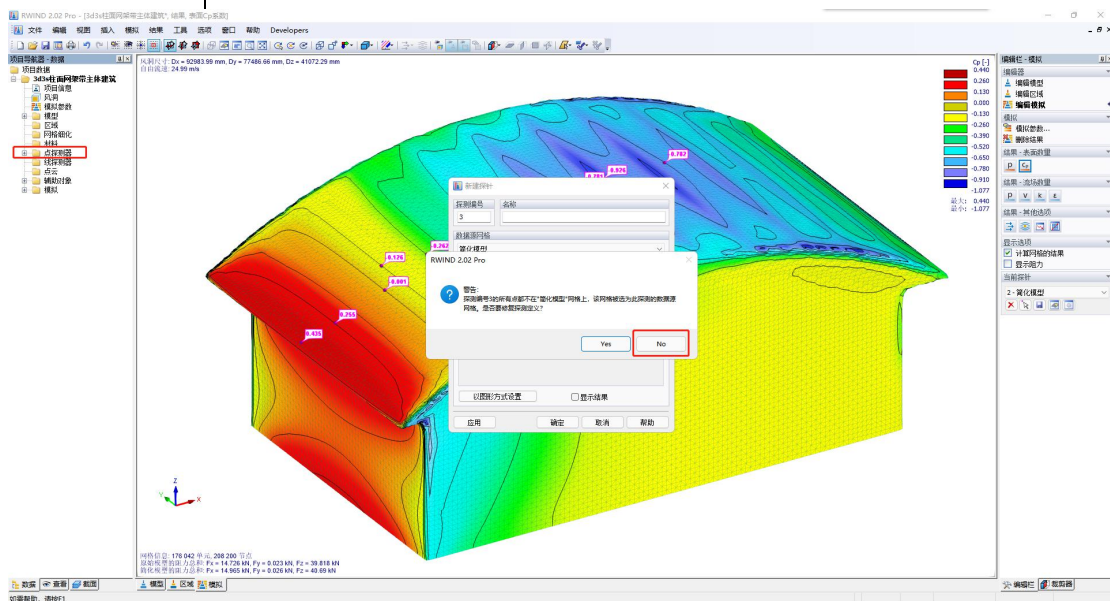


1) 编辑栏勾选“计算网格的结果”

2) 项目导航器>查看>标量场>颜色地图，分隔线



3) 双击色阶面板可以设置中间等值线的数量，来控制疏密



4) 新建点探测器, 跳出警告窗口后, 选否, 然后在模型上点击要显示数值的区域。

参考文献

- [1] 黄本才, 汪丛军. 结构抗风分析原理及应用 (第二版) [M]. 同济大学出版社. 2008
- [2] RWIND User Manual