



云道智造

Internet Based Engineering

伏图®电子散热用户手册 (V2024R1C00110.3)

©北京云道智造科技有限公司
北京市海淀区永泰庄北路1号东升国际
科学园5号楼A座1层
product@ibe.cn
<http://www.ibe.cn>
(T)+86-10-82363065
(F)+86-10-82363266

2024年11月

目录

| | |
|-------------------------|----------|
| 第一章 软件综述 | 1 |
| 1.1. 软件功能介绍..... | 1 |
| 1.1.1. 智能元件建模..... | 1 |
| 1.1.2. 网格剖分..... | 2 |
| 1.1.3. 求解器..... | 2 |
| 1.1.4. 物理模型..... | 2 |
| 1.1.5. 边界类型..... | 3 |
| 1.1.6. 后处理..... | 3 |
| 1.1.7. 批处理计算..... | 3 |
| 1.1.8. 其他通用功能..... | 3 |
| 1.1.9. 软件的局限性..... | 4 |
| 1.2. 软件应用流程..... | 5 |
| 第二章 用户操作界面 | 1 |
| 1.1. 软件的启动方式..... | 1 |
| 1.2. 软件操作界面..... | 1 |
| 1.2.1. 菜单栏..... | 2 |
| 1.2.2. 项目树..... | 13 |
| 1.2.3. 属性树..... | 18 |
| 1.2.4. 设置窗口..... | 27 |
| 1.2.5. 信息窗口..... | 28 |
| 1.2.6. 结果曲线窗口..... | 30 |
| 1.2.7. 网格窗口..... | 32 |
| 1.2.8. 检查网格..... | 33 |

| | |
|-----------------------------|-----------|
| 1.2.9. 批处理视图窗口 | 33 |
| 1.2.10. 结果窗口 | 34 |
| 1.2.11. 视图区工具栏 | 34 |
| 1.2.12. 快捷工具栏 | 49 |
| 1.3. 鼠标操作与快捷键 | 51 |
| 第三章 伏图电子散热建模 | 54 |
| 1.1. Flex Part 总体介绍 | 54 |
| 1.1.1. 基础几何元件 | 54 |
| 1.1.2. 电器相关元件 | 54 |
| 1.1.3. 源项相关元件 | 54 |
| 1.1.4. 散热器件 | 55 |
| 1.1.5. 流动组件 | 55 |
| 1.1.6. 辅助元件 | 55 |
| 1.1.7. 元件优先级 | 55 |
| 1.1.8. Flex Part 参数设置 | 56 |
| 1.1.9. Flex Part 右键菜单 | 59 |
| 1.2. 基础几何元件介绍 | 63 |
| 1.2.1. 装配体 | 63 |
| 1.2.2. 立方体 | 65 |
| 1.2.3. 平面 | 69 |
| 1.2.1. 孔 | 71 |
| 1.2.4. 棱柱 | 72 |
| 1.2.5. 四面体 | 75 |
| 1.2.6. 圆柱体 | 77 |
| 1.2.7. 斜面 | 79 |

| | |
|---------------------|-----|
| 1.2.8. 管道 | 82 |
| 1.2.9. 机箱 | 85 |
| 1.2.10. 自动寻路 | 89 |
| 1.2.11. 球体 | 92 |
| 1.2.12. 圆锥体 | 94 |
| 1.3. 电器相关元件介绍 | 96 |
| 1.3.1. 电路板 | 96 |
| 1.3.2. 板载器件 | 102 |
| 1.3.3. 器件 | 104 |
| 1.3.4. 裸晶 | 107 |
| 1.3.5. 热阻网络 | 113 |
| 1.3.6. 基板 | 116 |
| 1.3.7. 过孔 | 118 |
| 1.3.8. 盖板 | 120 |
| 1.3.9. 机柜 | 122 |
| 1.4. 源项元件介绍 | 129 |
| 1.4.1. 体源项 | 129 |
| 1.4.2. 平面源项 | 131 |
| 1.5. 散热器件介绍 | 135 |
| 1.5.1. 散热器 | 135 |
| 1.5.2. 半导体制冷器 | 139 |
| 1.5.3. 均温板 | 142 |
| 1.5.4. 轴流风扇 | 147 |
| 1.5.5. 平面风扇 | 151 |
| 1.5.6. 离心风扇 | 154 |
| 1.5.7. 开口流动 | 157 |

| | |
|-----------------|------------|
| 1.5.8. 鼓风机 | 160 |
| 1.5.9. 空调 | 162 |
| 1.5.10. 回风面 | 164 |
| 1.5.11. 出风面 | 165 |
| 1.6. 流动组件介绍 | 167 |
| 1.6.1. 流动阻尼 | 167 |
| 1.6.2. 平面流动阻尼 | 171 |
| 1.6.3. 多孔板 | 173 |
| 1.7. 辅件介绍 | 176 |
| 1.7.1. 流体标记区域 | 176 |
| 1.7.2. 体积区域 | 177 |
| 1.7.3. 平面区域 | 179 |
| 1.7.4. 流体标记点 | 180 |
| 1.7.5. 监控点 | 181 |
| 1.7.6. 切割域 | 182 |
| 1.8. 外部导入 | 186 |
| 1.8.1. ODB++文件 | 186 |
| 1.8.2. IDF 导入 | 190 |
| 第四章 网格划分 | 192 |
| 1.1. 全局网格设置 | 192 |
| 1.2. 网格菜单栏 | 196 |
| 1.3. 检查网格面板 | 199 |
| 1.4. 网格窗口面板 | 200 |
| 1.5. 其他 | 200 |

| | |
|------------------------|------------|
| 1.5.1 网格重新剖分逻辑..... | 200 |
| 1.5.2 局部化网格..... | 201 |
| 第五章 物理属性设置..... | 202 |
| 1.1. 开放边界..... | 202 |
| 1.2. 壁面边界..... | 203 |
| 1.3. 固体材料..... | 204 |
| 1.4. 流体材料..... | 207 |
| 1.5. 表面材料..... | 208 |
| 1.6. 表面热交换..... | 210 |
| 1.7. 热源..... | 210 |
| 1.8. 速度源项..... | 212 |
| 1.9. 压强源项..... | 213 |
| 1.10. 电势源..... | 214 |
| 1.11. 网格属性..... | 214 |
| 1.12. 辐射..... | 216 |
| 1.13. PCB 组分..... | 218 |
| 1.14. 轴流风扇流动..... | 219 |
| 1.15. 2D 风扇流动..... | 220 |
| 1.16. 离心风扇流动..... | 222 |
| 1.17. 鼓风机流动..... | 223 |
| 1.18. 出风流动..... | 224 |
| 1.19. 空调工作参数..... | 224 |

| | |
|-----------------------|------------|
| 1.20. 流动阻力模型 | 226 |
| 1.21. 平面阻尼模型 | 227 |
| 1.22. 瞬态 | 228 |
| 第六章 求解计算 | 230 |
| 1.1. 求解域 | 230 |
| 1.2. 模型设置 | 232 |
| 1.2.1. 求解类型设置 | 233 |
| 1.2.2. 湍流模型 | 234 |
| 1.2.3. 辐射 | 234 |
| 1.2.4. 太阳辐射 | 235 |
| 1.2.5. 瞬态计算 | 237 |
| 1.2.6. 重力设置 | 238 |
| 1.2.7. 平面内导热 | 238 |
| 1.2.8. 多流体域计算 | 238 |
| 1.2.9. 焦耳热 | 239 |
| 1.2.10. 保存变量 | 239 |
| 1.3. 求解器控制 | 240 |
| 1.3.1. 基本设置 | 241 |
| 1.3.2. 高级设置 | 242 |
| 第七章 后处理 | 244 |
| 1.1. 结果窗口 | 244 |
| 1.1.1 后处理对象树 | 244 |
| 1.1.2 全局标量场 | 245 |
| 1.1.3 全局矢量场 | 247 |

| | |
|---------------------|-----|
| 1.2. 平面云图 | 248 |
| 1.2.1 平面 | 248 |
| 1.2.2 云图 | 250 |
| 1.2.3 标签 | 251 |
| 1.2.4 面统计 | 251 |
| 1.2.5 矢量 | 251 |
| 1.2.6 右键 | 254 |
| 1.3. 表面云图 | 254 |
| 1.3.1 云图 | 254 |
| 1.3.2 标签 | 255 |
| 1.3.3 面统计 | 256 |
| 1.3.4 矢量 | 256 |
| 1.3.5 右键 | 257 |
| 1.4. 等值面 | 258 |
| 1.4.1 等值面 | 259 |
| 1.4.2 云图 | 259 |
| 1.4.3 标签 | 259 |
| 1.5. 流线 | 260 |
| 1.6. 标签 | 264 |
| 1.7. 直线 | 267 |
| 1.8. 结果数据表 | 270 |
| 1.9. 视图视角 | 270 |
| 1.10. 动画 | 271 |
| 1.10.1 平面云图动画 | 272 |
| 1.10.2 流线动画 | 273 |

| | |
|----------------------|-----|
| 1.11. 仿真报告 | 274 |
| 1.12. 表格统计 | 276 |
| 1.12.1. 元件干涉 | 278 |
| 1.13. 后处理快捷工具栏 | 280 |

第一章 软件综述

伏图电子散热是一款专用于电子产品热仿真分析的工具，可应用于封装元件、PCB板、系统设备和数据中心等不同等级的热仿真分析。该软件利用 CFD（计算流体力学）理论分析流动与传热问题。流动现象主要有自然流动和机械驱动流动两种，传热现象主要有三种：热传导、热对流和热辐射。利用伏图电子散热可以分析涉及到上述各种现象的电子散热问题，比如封装芯片、服务器、智能手机以及户外通信机柜的详细建模热仿真、数据中心的流场和温度分布计算等。

流动与传热现象可通过质量、动量和能量守恒定律来描述，并且可以表达成偏微分方程的数学形式。CFD 的基本思想是把空间域和时间域内连续的物理场，用有限个离散点上的物理量的集合来代表，通过一定的离散格式建立起这些离散点上的场变量之间的代数关系，求解代数方程组从而获得离散点上的场变量的近似解。

1.1. 软件功能介绍

由于伏图电子散热是基于计算流体力学方法解决电子产品的散热分析问题，所以软件具备了 CFD 分析要求的几大功能模块。

1.1.1. 智能元件建模

伏图电子散热提供了下面的建模方式：

- (1) 通过导入其他 CAD 软件生成的几何文件，目前支持.step (stp) 格式文件，导入后的模型将自动转换为 CAD 类型的几何元件；用户也可以通过专门的 CAD 转化接口，将 CAD 类型的几何体转化为智能元件；
- (2) 通过导入.ECXML 文件，软件可以根据这些文件中的 Part 信息，自动建立智能元件，从而导入其他电子散热软件的模型数据；
- (3) 通过软件预定义的智能元件建模；
- (4) 此外，还可以导入一些特定的文件，比如 PowerMap、PowerLoss 文件，

这些文件可用于 PCB 几何、板上元器件、PCB 铜损、芯片发热源的建模，在后面的章节中会介绍到。

伏图电子散热软件提供了一系列预定义的智能建模元件，涵盖了常规的电子产品散热组成元件，包括机箱、电路板、封装芯片、散热器、风扇、TEC 等。智能元件本质上是软件提取了这些真实器件的几何、传热、流动特征，将其抽象为封装模型。除了以上有特殊用途的元件，还提供了热源、流动阻尼、立方体等基本智能元件。CFD 分析中通常需要设置的源项、物理边界，在伏图电子散热中都可以转换成上述这些智能元件的物理属性，关于这一点，在之后的章节中会更详细的描述和解释。

1.1.2. 网格剖分

伏图电子散热采用了非结构化笛卡尔网格剖分方法，该方法允许用户以足够的精度逐渐近似复杂的原有几何形态，满足一定的网格质量要求，且产生数量很少的网格。目前的剖分策略共有两种：基于区域的笛卡尔网格剖分方法和基于八叉树的笛卡尔网格剖分方法。在伏图电子散热中，网格剖分模块可以自动处理模型之间的覆盖重叠，并自动识别流动传热的边界，生成相应的边界文件，极大节省了用户的前处理时间。通过设置全局网格控制参数与局部网格控制参数，用户可以任意加密局部区域，并且在固体表面添加流动边界层。

1.1.3. 求解器

伏图电子散热提供了分离式和耦合式的 CFD 求解器，线性方程组的计算方法有预处理共轭梯度法、多重网格法两类。求解器支持至少 72 核的并行计算，支持使用 MPI 进行集群并行计算，允许用户处理亿级网格量的计算问题。

1.1.4. 物理模型

伏图电子散热可以支持的物理模型包括：流动、导热、流固共轭传热、层流与湍流流动、稳态与瞬态分析、surface-to-surface 辐射模型（自动计算辐射角系数）与

Discrete-Ordinate 辐射模型、太阳辐射。除了以上物理模型，还支持构建动量和热能的源项、流动阻尼。

1.1.5. 边界类型

正如在前面的智能元件建模的小节中提到的，CFD 分析中涉及的物理边界也就是伏图电子散热中智能元件的物理属性，包含了：固体表面的热流量、面热阻、指定热流换热系数以及辐射发射率；流体域边界上的来流速度、温度、壁面的定热流、指定对流换热系数以及指定温度；风扇边界(流体域的边界上或流体域内部均可建立风扇边界)的定流量、压力与流量关系曲线；时间或温度依赖的热源；考虑外部热交换的循环边界条件。

1.1.6. 后处理

伏图电子散热的后处理模块提供了平面云图、表面云图、等值面、流线、标签、直线、结果数据表、视图视角、动画和仿真报告功能，帮助工程师快速高效地定位产品热特性和可能存在的散热风险，并将产品的热设计优化结果以逼真的可视化效果呈现出来。

1.1.7. 批处理计算

伏图电子散热允许用户指定某个或多个参数的取值范围，自动生成多个工程文件，并依次执行计算。

1.1.8. 其他通用功能

伏图电子散热在软件的易用性和灵活性方面做了充分考虑，为使用者提供了以下功能：

- (1) 提供了信息窗口，实时输出软件的计算信息；
- (2) 以曲线形式实时输出计算的收敛残差、监控点的温度与流动信息；
- (3) 自动计算合理的收敛残差值和初始场，减轻用户计算工作；

- (4) 通过命令行调用 Simdroid_Electronic_Cooling.exe，自动执行多个工程文件的计算；
- (5) 支持 Windows 和 Linux 操作平台。

1.1.9. 软件的局限性

- (1) 当用户对几何模型、网格剖分控制参数进行了修改，用户需要重新手动执行网格剖分，观察网格的变化，无法实时查看网格变化；
- (2) 批处理计算功能中，目前软件会根据各个自变量的取值进行排列组合，无法给出正交实验组合，因此无法高效地辅助用户进行优化设计；
- (3) 用户采用导入.ecxml 或者.stp 文件的方式导入模型后，需要给固体模型手动添加材料，如果个别固体模型没有赋予材料属性，软件将无法计算；

1.2. 软件应用流程

伏图电子散热的应用流程可以分为以下几个步骤：

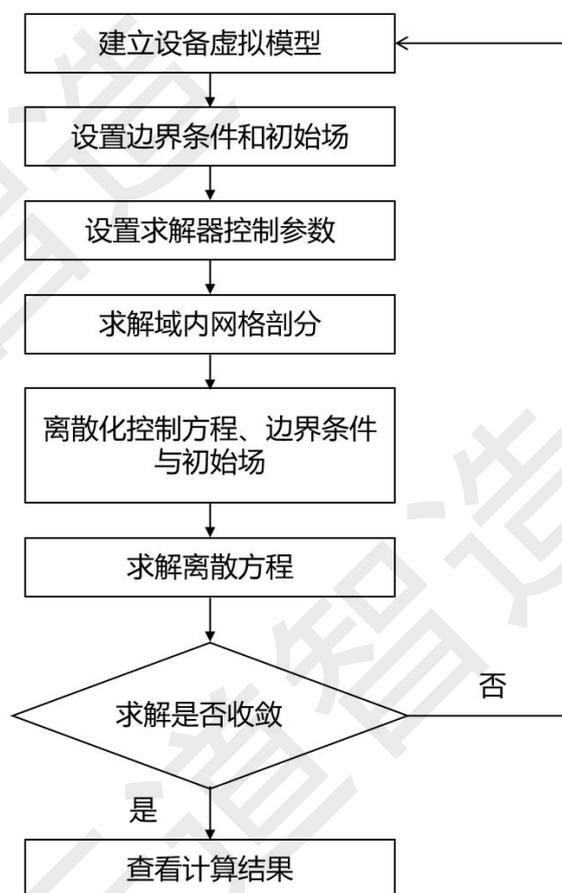


图 1-1 伏图电子散热应用流程图

(1) 建模

用户首先需要建立产品的虚拟模型，也就是产品所涉及的所有元部件模型的组合。电子设备中的所有元部件模型均可以用伏图电子散热自带的智能元件（智能元件）来定义。用户可根据元部件的实际特性，设置每一种智能元件的几何尺寸、材料属性、表面特性、热特性等。

除了建立产品的虚拟模型，用户还需要定义将要分析的流动与传热现象类型，定义求解域、所有元器件的流动传热边界条件。伏图电子散热支持的流动传热计算问题主要包括：纯流动、自然对流传热、自然对流与强制对流混合传热、强制对流传热、固体接触传热、真空内固体辐射传热（S2S）、流动介质内固体辐射传热（DO）、流

固耦合传热、冻结流体传热、指定对流换热边界的固体传热；此外，伏图电子散热支持用户计算稳态和瞬态问题、层流和湍流问题。

(2) 网格剖分

伏图电子散热将守恒方程转化为有限体积或有限元的形式来求解，因此需要将计算域划分成小体积或者小网格。模型中的网格数越多，意味着要计算越多的节点，可以获得更高的计算精度，但同时会带来更多的运算负载。伏图电子散热的网格剖分控制参数分为全局参数和局部参数（也就是针对每一个智能元件定义的参数），支持在固体的表面生成边界层网格，有助于提高流动计算的精度。

(3) 求解计算

由于多个物理变量（包括压力、温度、速度、湍流动能、辐射强度等）的守恒方程会互相耦合，所以求解程序需要利用迭代的方式计算多个方程，经过有限次的迭代，残差会趋于一个可以接受的水平，意味着计算收敛到一个解。在开始模型计算之前，用户需要设置一些与求解过程相关的控制参数，主要包括了对流项离散格式、自动或用户指定的初始场计算、收敛残差标准、松弛因子、矩阵方程求解器类型（PCG/MultiGrid）。一般，我们建议用户采用软件默认提供地选项即可，尽量不做修改。具体的设置方法在之后会有详细介绍。

(4) 后处理

软件计算完成后，工程师需要分析流场与温度场的相关结果数据，软件的后处理功能可以将这些结果数据以平面云图、表面云图、等值面、矢量图和图表等形式呈现出来，后处理功能的具体操作在后面的章节会详细介绍。

第二章 用户操作界面

1.1. 软件的启动方式

软件安装后在桌面会生成软件快捷键，同其他传统软件相同，双击桌面快捷键即可启动软件，或者在左下的“开始”搜索“Simdroid_Electronic_Cooling”点击启动软件。软件启动后可直接操作软件或者打开已有文件。

1.2. 软件操作界面

仿真开发环境的 GUI 界面如下图所示，下面概要地介绍各区域包含的功能：

- (1) 界面中心为图形展示区域，展示了用户建立的虚拟模型，可以显示其几何形状、网格以及可视化计算结果。
- (2) 界面上方为菜单栏，目前主要分为主屏幕和结果展示菜单。
- (3) 左侧为项目树窗口，展示了以项目名称命名的树，树中有两个主节点，即求解系统和根装配体。
- (4) 右侧为设置窗口，可以查看和编辑项目树中各个节点的属性参数。

以上窗口，除图形展示区外，均可以通过鼠标拖动移动位置，此外，如果用户在界面上方菜单栏中的空白处单击鼠标右键，会有弹出菜单，在其中选择显示更多的窗口，包括属性树窗口、结果曲线窗口、仿真报告窗口、结果树窗口、表格窗口、网格树窗口、检查网格窗口、批处理视图窗口等。

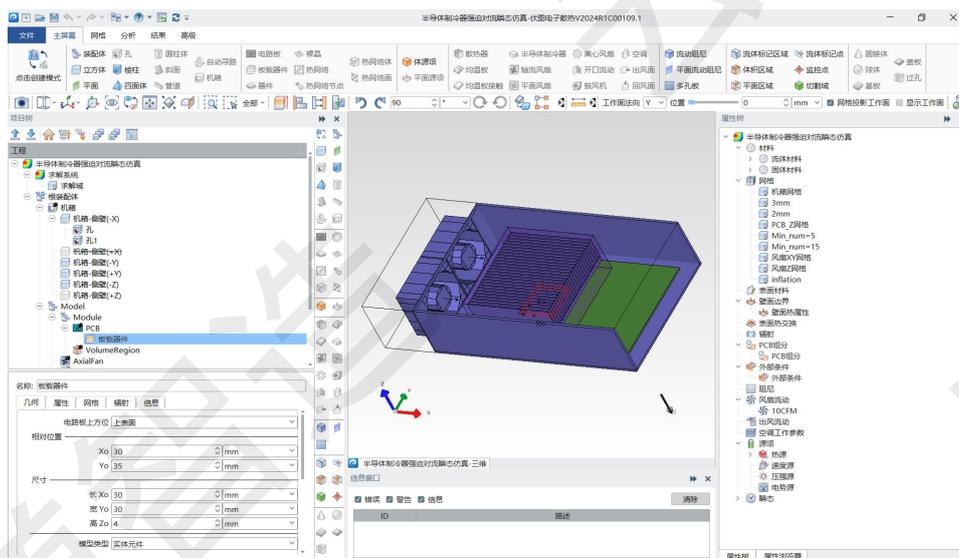


图 2-1 仿真环境 GUI 界面

1.2.1. 菜单栏

(1) 文件

【文件】菜单包含新建、加载、关闭、保存、另存为、导入、导出、撤销、重做、最近打开的文件、选项、授权、帮助、退出。

【新建】可以创建新的工程文件，新建文件，软件界面如下图所示，

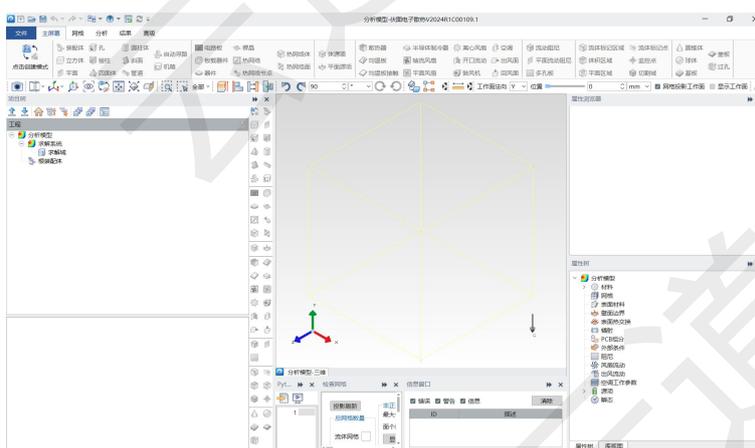


图 2-2 软件打开界面

【加载】支持 simec 格式文件；

点击加载后，弹出界面如下：

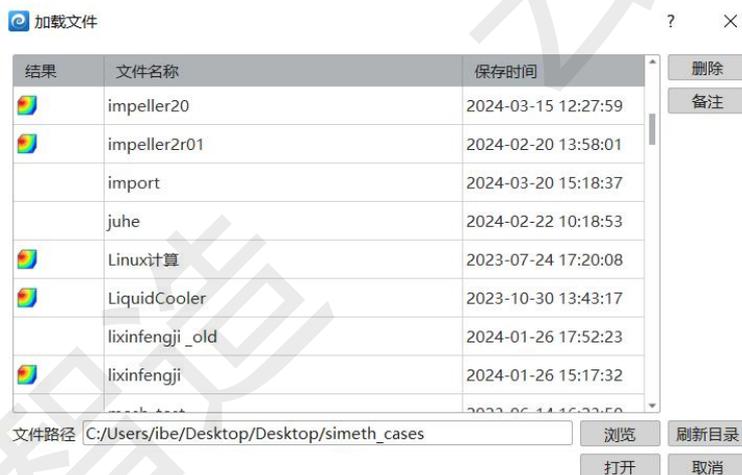


图 2-3 支持导入文件格式

窗口可显示模型是否带有结果，带有结果的模型左侧显示后处理结果图标；文件路径默认为工作路径，用户可自行选择；选择文件后点击打开或双击选中文件可加载模型；备注信息为总装配体信息窗口内的备注内容；可通过文件名称和保存时间进行文件排序。

【保存/另存为】支持 simec 格式文件；

【导入】支持的文件类型包括.xml、floxml、ecxml 格式文件、simecp、simep 压缩文件、Simdroid EC.xml 和.stp 格式几何文件；

导入.simecp 或.simep 格式的压缩包后软件会自动将压缩包解压到工作路径下，并自动打开内部包含的工程文件。需要说明的是.simecp 或.simep 文件是伏图电子散热早期的压缩文件，该模块兼容早期压缩文件.simecp 或.simep 的读取。

导入.step, .stp 后，软件会自动在【项目树】>根装配体中创建导入型智能元件。在同一个工程文件中，多次导入.stp 文件，可以在根装配体中顺序挂载这些文件中包含的几何模型。

文件类型为.step/.stp 时，拓展功能激活，点击拓展按钮，界面如下所示：

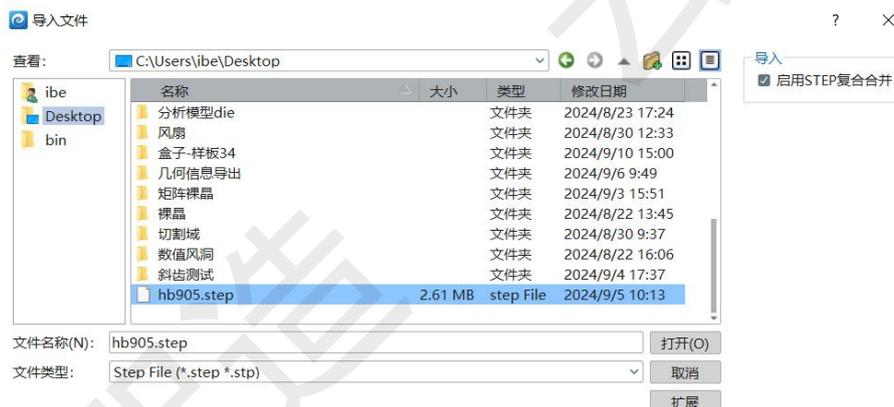


图 2-4 拓展界面

Floxml 文件是其他电子散热软件格式的文件，.ecxml 文件是通用格式文件，二者均可导入伏图电子散热软件，其中.ecxml 由于文件格式的问题，会导致模型信息不完整，Floxml 提供了模型的完整信息，用户可以读取和编辑。该文件中包含了求解需要的几何、物理模型信息，导入到伏图电子散热中后，软件会根据其内容，自动创建相应的智能元件，以及求解域。目前，.ecxml 文件可以交换的模型信息只覆盖了部分智能元件，Floxml 包含了常用的模型信息。

Simdroid EC.xml 是伏图软件用于参数修改的格式文件，可针对已建的模型进行参数修改后导入伏图电子散热中，同时也可将伏图电子散热的参数信息导出成 Simdroid EC.xml 格式。

【导出】可以将工程文件导出为 Simdroid EC.xml、ECXML、Floscript、Floxml 多种格式的工程文件，还可以导出工程文件压缩包*.simecp。导出压缩文件的逻辑为，若用户导入的模型为 simep，则导出文件格式只支持 simep，若用户导入的模型为 simecp，则导出文件格式只支持 simecp；

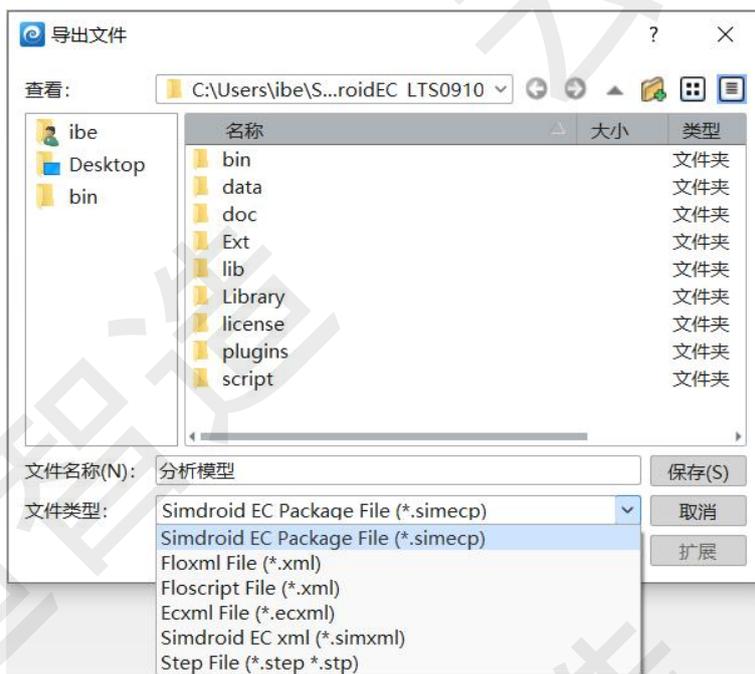


图 2-5 支持导出文件格式

Simdroid EC.xml 和 *.simecp 是伏图电子散热软件输出的格式文件，ECXML、Floscript 和 Floxml 是其他电子散热软件的输出文件，其中 ECXML 是通用格式文件，由于文件自身的“缺陷”，导致输出的 ECXML 文件数据不完整。

【撤销】【重做】也可通过软件上方快捷键完成；

【最近打开的文件】记录了最近操作的工程文件，可在此窗口直接打开；

【授权】显示软件的 License 授权类型；

【选项】对软件整体的设置，包含文件相关、颜色、对象相关、视角。

文件相关，包含目录设置和文档设置，具体设置内容如下图所示：

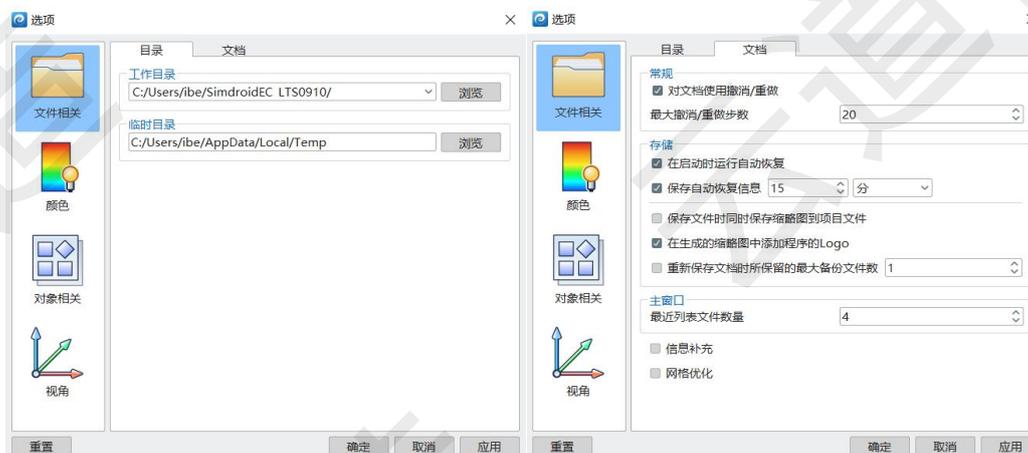


图 2-6 文件相关

【目录】页可设置工作目录和临时目录，文档 Tab 页对撤销步数、存储、最近文件数量等相关功能进行设置；

【颜色】对元件、求解域、视图区背景颜色等进行设置，界面如下所示：



图 2-7 颜色设置

【对象相关】包含对象设置、单位系统；对象设置 Tab 页可对坐标系、系统数据有效位数、新建/删除元件选中功能、对象重命名功能进行设置；单位系统对单位进行设置。

【串行/并行设置】允许用户根据计算机性能以及计算需要设置计算并行核数。

注意：单位系统当前不支持多单位设置，该功能后续进行开发。



图 2-8 对象相关

【视角】主要对模型显示模式进行设置，包括透视渲染和平行渲染，界面如下所示：



图 2-9 视角设置

(2) 主屏幕

【主屏幕】菜单面板如下图所示，主要包含了新建智能元件，下面是详细介绍。



图 2-10 主屏幕菜单

1) 新建智能元件

伏图电子散热目前支持两种智能元件的创建模式，分别为“点击创建模式”和“拖拽创建模式”。通过主屏幕最左侧的激活按键，用户可以选中并激活其中一种创建方式，并通过单击可选中的智能元件模型按键新建对应的智能元件。在用户打开工程时，默认激活的创建模式总是“点击图标创建”。

在“点击图标创建”模式，用户可直接单击智能元件以完成一次创建；

在“拖拽创建”模式，用户选中智能元件后，需在视图区拖拽创建一次元件。

两种方式各自所支持的智能元件如下表所示：

| 智能元件 | 点击创建 | 拖拽创建 | 备注 |
|--------------|------|------|----|
| 装配体 Assembly | √ | × | |

| | | | |
|-------------------------------------|---|---|-------------------|
| 立方体 Cube | √ | √ | |
| 平面 Plane | √ | √ | |
| 孔 Hole | √ | √ | 在立方体/平面/机箱侧壁等元件创建 |
| 棱柱 Prism | √ | √ | |
| 四面体 Solid Tet | √ | √ | |
| 圆柱体 Cylinder | √ | √ | |
| 斜面 Sloping Block | √ | √ | |
| 管道 Pipe | √ | × | |
| 自动寻路 Cable/Pipe | √ | × | |
| 机箱 Enclosure | √ | √ | |
| 电路板 PCB | √ | √ | |
| 板载器件 Onboard Component | √ | √ | 在电路板下创建 |
| 器件 Compact Component | √ | √ | |
| 裸晶 Die | √ | √ | |
| 热网络 Networks | √ | × | |
| 热网络节点 Networks Node | √ | × | 在热网络下创建 |
| 热网络体 Networks Cube | √ | √ | 在热网络节点下创建 |
| 热网络面 Networks Plane | √ | √ | 在热网络节点下创建 |
| 机柜 Rack | √ | × | |
| 体积热源 Source | √ | √ | |
| 平面源项 Plane Source | √ | √ | |
| 散热器 Heat Sink | √ | √ | |
| 均温板 Vapor Chamber | √ | × | |
| 均温板接触 Vapor Chamber Contacting Zone | √ | × | 在均温板下创建 |
| 半导体制冷器 TEC | √ | √ | |
| 轴流风扇 Axial Fan | √ | √ | |
| 平面风扇 2D Fan | √ | × | |
| 离心风扇 Radial Fan | √ | × | |
| 开口流动 Open Flow | √ | √ | |
| 鼓风机 Blower | √ | × | |
| 空调 Cooler | √ | × | |
| 出风面 Supply | √ | √ | 在鼓风机/空调/机柜等元件下创建 |
| 回风面 Extract | √ | √ | 在鼓风机/空调/机柜等元件下创建 |
| 流动阻尼 Resistance | √ | √ | |
| 平面流动阻尼 Plane Resistance | √ | √ | |
| 多孔板 Grille | √ | √ | |

| | | | |
|----------------------------|---|---|----------|
| 流体标记区域 Fluid Marker Region | √ | × | |
| 体积区域 Volume Region | √ | √ | |
| 平面区域 Plane Region | √ | √ | |
| 流体标记点 Fluid Marker Point | √ | × | |
| 监控点 Monitor Point | √ | √ | |
| 切割域 Cutout | √ | × | |
| 球体 Sphere | √ | × | |
| 圆锥体 Cone | √ | × | |
| 基板 Substrate | √ | × | |
| 盖板 Package_Lid | √ | × | |
| 过孔 SubstrateVia | √ | × | 在基板上创建过孔 |

(3) 网格剖分



图 2-11 网格剖分菜单

【区域网格/八叉树网格】点击该按钮可以切换网格剖分策略。该按钮表示当前网格剖分策略，如上图表示当前网格剖分策略为区域网格。

【网格剖分】点击该按钮可以生成所有的网格，伏图电子散热中网格分为流体域网格和固体域网格，固体域网格按照几何对象进行剖分和显示。

【外部网格剖分】是兼容用户的网格剖分工具。

【载入网格】网格剖分完成后，点击该按钮，可以将剖分后的网格加载至视图窗口显示查看，如下图所示。

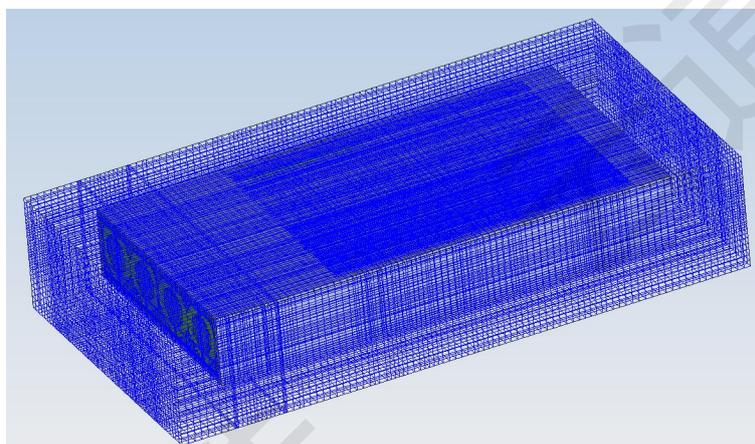


图 2-12 网格载入后的显示

【检查网格】可以检测网格的信息，比如数量，网格质量（最大网格长宽比和最小网格尺寸）、流体网格的非正交性和畸形度。

【网格切片视图】对网格做平面云图，展示内部网格分布，观察网格质量。

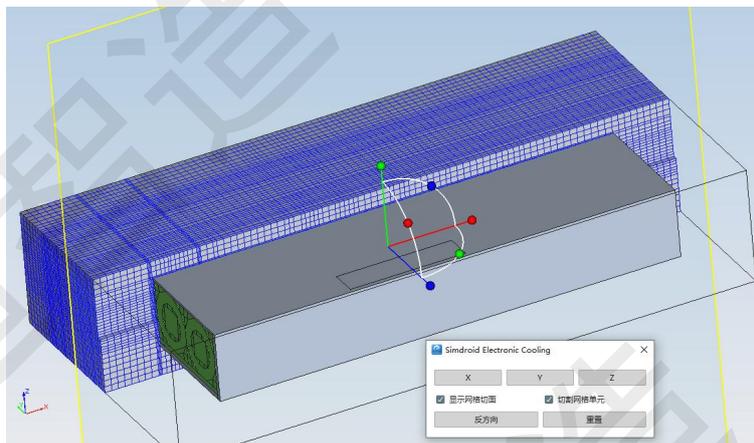


图 2-13 网格切片视图

【导出 Mesh 网格】点击该按钮，可以将划分的网格以 msh 格式保存在设置路径。

【全局网格控制】用于定义整个求解域的网格尺寸。软件提供了 4 种默认类型网格尺寸：无、粗糙、中等和精细。用户也可自己定义全局网格尺寸。

其中以求解域的最小尺寸为基准，精细网格的最大、最小网格尺寸为求解域最小尺寸的 5%/0.5‰；中等网格的最大、最小网格尺寸为求解域最小尺寸的 10%/2‰；粗糙网格的最大、最小网格尺寸为求解域最小尺寸的 30%/4‰；当设置为无时，全局最大、最小网格尺寸与求解域无关，为固定值 0.01mm/200mm。



图 2-14 全局网格控制

(4) 分析

根据分析的类型，分析的菜单可分为流热耦合和纯导热。下图所示为流热耦合的菜单。



图 2-15 分析菜单栏

【求解域】点击该按钮，打开求解域参数设置窗口。

【模型设置】点击该按钮，打开模型设置参数设置窗口。

【模型检查】点击该按钮，进行求解前的参数设置检查，并将检查结果在信息窗口输出。

【求解器控制】点击该按钮，打开求解器控制参数设置窗口。

【重新初始化并且计算】在工程模型全部设置完成后，点击该按钮，开始初始化和计算。

【计算】在网格不变且有计算结果的前提下，点击该按钮，按照当前的设置和结果继续计算，如果网格设置参数发生了改变，点击该按钮，软件会提示用户重新剖分网格。

【输出控制文件】点击该按钮，则不进行求解计算，直接输出“control.json”控制文件至工作目录下的“Solving”文件夹。

下图所示为纯导热分析模式下分析的界面，增加了 BCI-ROM、外部 BCIROM、Delphi 导出。



图 2-16 纯导热分析菜单栏

【BCI-ROM】是一个降阶模型，目前支持 BCI-ROM 矩阵、FMU 和原始矩阵三种格式的降阶，如下图所示。

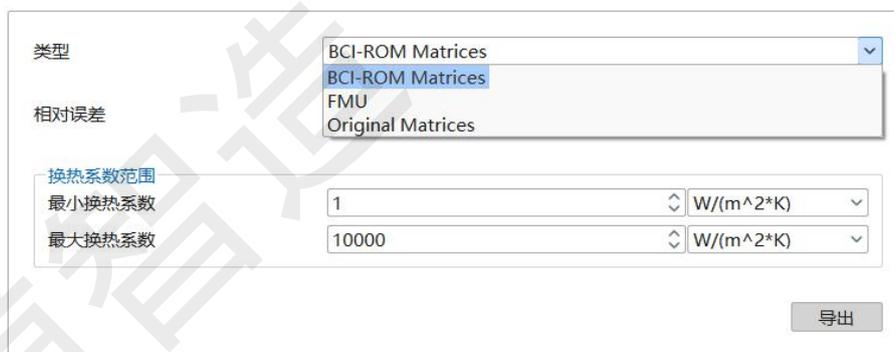


图 2-17 BCIROM 导出界面

【外部 BCI-ROM】支持用户使用自己的降阶算出导出降阶模型。

【Delphi 导出】支持的芯片封装类型为 BGA。在软件中建立详细的 BGA 模型后，点击菜单栏中的 Delphi 导出，勾选激活选项，保持默认选项，确定即可自动生成用于模型训练的若干个面（无需对这些面进行任何设置），这些面在后续优化中将作为 Delphi 模型的节点（node）。

(5) 结果展示



图 2-18 后处理菜单

在该菜单下，用户需要加载结果，然后根据加载的结果创建平面云图、表面云图、等值面、流线、标签、直线、视图视角、仿真报告，从而全方位地查看软件计算结果，具体内容请参考【后处理】章节。

(6) 高级



图 2-20 高级菜单

在该菜单下，用户可对批处理配置、数据库、添加材料进行应用，具体如下所示：
【批处理配置】 点击该按钮，会弹出批处理视图，如下图所示。勾选**【设置窗口】**中参数右侧的框，选中的参数会自动加载至批处理视图的输入界面，设置参数的取值范围，切换至工况界面，点击**【生成计算方案】**，如下图所示，点击**【计算】**可以对生成的计算方案进行批处理计算。



图 2-20 批处理视图



图 2-21 批处理计算方案视图

【数据库】 通过点击该按钮，弹出数据库窗口，浏览数据库中权限范围内的可访问的所有属性和元件。点击**【查找】**，可过滤出包含输入框内内容的元件或者属性。

1.2.2. 项目树

在该窗口中用户可以看到项目的求解系统节点、根装配体及节点的操作命令按钮：

操作命令按钮在项目树的最上方，从左向右依次为：在树中向上移动对象、在树中向下移动对象、显示树的首页、显示树的父节点、显示子树、折叠所有树、展开所有树、属性列表。



图 2-22 操作命令按钮

【在树中向上移动对象】表示在模型树中该节点位置上移。

【在树中向下移动对象】表示在模型树中该节点位置下移。

【显示树的首页】模型树结构显示局部时，点击该按钮可以显示整棵模型树。

【显示树的父节点】当模型树结构为显示子树，需要切换成子树的父节点时，可点击此树。

【显示子树】选择一个元件，点击后可显示子树；选择多个元件，点击后可同时显示各所选对象的子树。

【属性列表】点击该按钮，可显示模型的详细信息，包含功耗W、网格、辐射、材料、表面材料、表面热交换、热属性、源项、阻尼、外部条件、几何尺寸、内部名称和 ID。

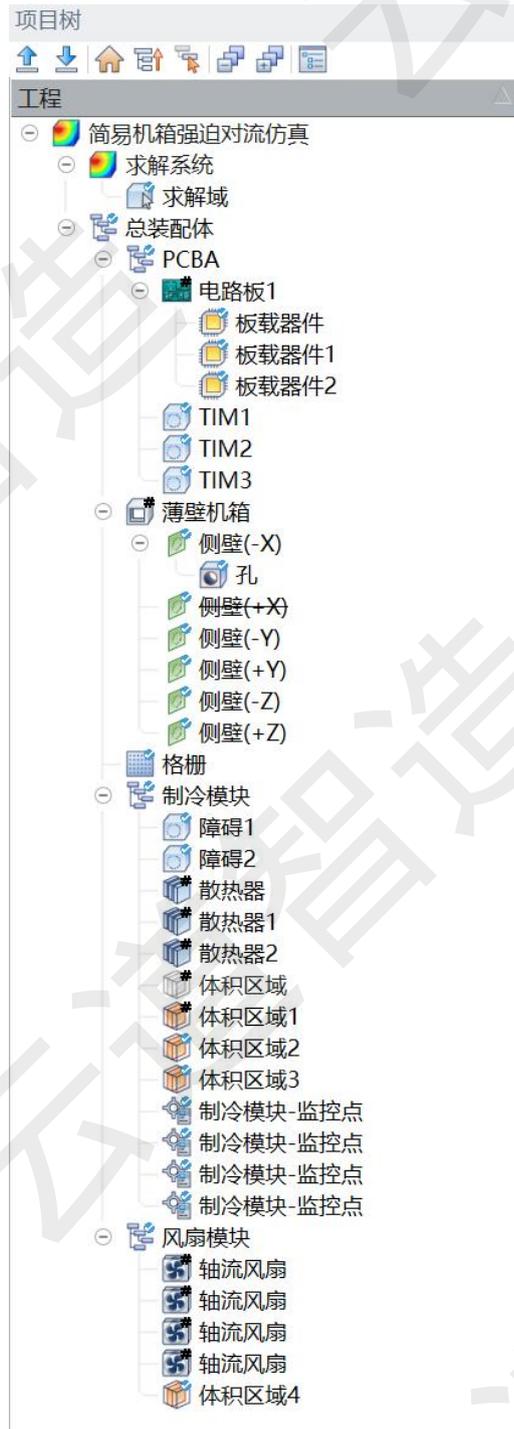


图 2-23 项目树默认状态（未展开属性列表）

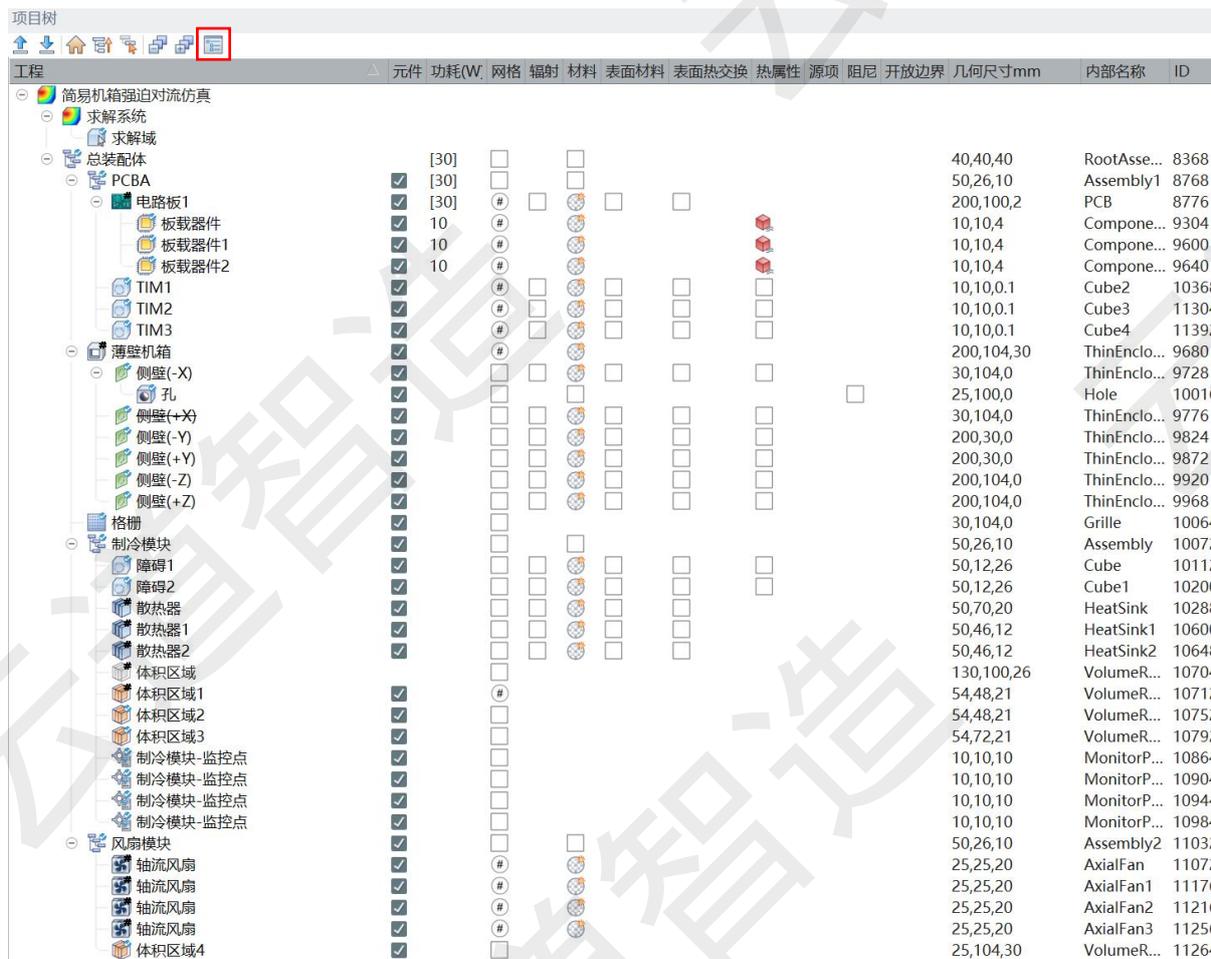


图 2-24 项目树属性列表展开状态

(1) 求解系统

点击【求解域】节点，可以在设置窗口中看到如下图所示的内容，可以查看和编辑求解域的几何、属性、边界、环境和信息参数。

【几何】可设置求解域的位置、尺寸以及扩展策略。切换求解域扩展策略时，相应的数据会跟随变化。

【属性】可设置求解域中的流体材料。

【边界】可设置求解域六个方向的边界条件，用户可自行设置或调用外部条件。

【环境】为未设置外部条件时，软件调用该环境参数计算。

【信息】用户可为该求解域设置备注信息。

| 几何 | 属性 | 边界 | 环境 | 信息 |
|---------|-------|----|--------|----|
| 位置 | | | | |
| X | | | -33.45 | mm |
| Y | | | -17.6 | mm |
| Z | | | -7.65 | mm |
| 尺寸 | | | | |
| X方向 | | | 263.9 | mm |
| Y方向 | | | 135.2 | mm |
| Z方向 | | | 40.3 | mm |
| 求解域扩展策略 | | | | |
| | | | 输入比例 | |
| -X | | | 15 | |
| +X | | | 15 | |
| -Y | | | 15 | |
| +Y | | | 15 | |
| -Z | | | 15 | |
| +Z | | | 15 | |
| 重置求解域 | 重置求解域 | | | |

图 2-25 求解域几何节点

| 几何 | 属性 | 边界 | 环境 | 信息 |
|------|----|----|----|----|
| 流体材料 | | | | |
| | | | 空气 | |

图 2-26 求解域属性节点

| 几何 | 属性 | 边界 | 环境 | 信息 |
|------|----|----|----|------|
| 系统-Z | | | 开放 | 空白 |
| 系统+Z | | | | 空白 |
| 系统-Y | | | | 创建 |
| 系统+Y | | | | 加载 |
| 系统-Z | | | | 外部条件 |
| 系统+Z | | | | |

图 2-27 求解域边界节点

| 几何 | 属性 | 边界 | 环境 | 信息 |
|--------|----|----|------------|----|
| 环境压力 | | | 1.0133e+05 | Pa |
| 环境温度 | | | 30 | °C |
| 环境辐射温度 | | | 30 | °C |

图 2-28 求解域环境节点



图 2-29 求解域信息节点

(2) 根装配体

在该节点下可以看到项目中用到的所有智能元件，单击任意一个智能元件子节点，可以在设置窗口中查看和编辑该智能元件的属性，如材料、温度、热属性等。详细内容查看【伏图电子散热建模】章节。总装配体具备装配体的所有功能，可以导出导出/导入。总装配体不支持删除，不支持复制/粘贴。

(3) 智能元件

在该节点下可以看到项目中用到的所有智能元件，单击任意一个智能元件子节点，可以在设置窗口中查看和编辑该智能元件的属性，如材料、温度、热属性等。详细内容查看【伏图电子散热建模】章节。

1.2.3. 属性树

下图所示为某项目的属性树：



图 2-30 属性树

【属性树】中包含了当前工程中用户定义的所有属性模型，包括以下：

【材料】该属性节点内包含了用户为流体求解域和固体类智能元件定义的材料，分为流体材料和固体材料两大类。

【网格】该属性节点内包含了用户为所有智能元件设置的局部网格控制属性。



图 2-31 网格属性参数

【表面材料】该属性节点内包含了用户为所有固体类智能元件（三维和平面）设

置的表面热特性模型，表面材料特性指表面粗糙度、流-固接触热阻、固-固接触热阻、辐射发射率、面积因子、太阳辐射吸收率、接触角、面电阻率。

| | | |
|---------|-----------------|--------------------|
| 名称 | 表面材料 | |
| 粗糙度 | 0 | mm |
| 流-固接触热阻 | 0 | $K \cdot m^2/W$ |
| 固-固接触热阻 | 0 | $K \cdot m^2/W$ |
| 辐射发射率 | 1 | |
| 面积因子 | 1 | |
| 太阳辐射吸收率 | 0 | |
| 接触角 | 90 | $^\circ$ |
| 面电阻率 | 0 | $\Omega \cdot m^2$ |
| 颜色 | [180, 180, 180] | 编辑 |

图 2-32 表面材料属性参数

【壁面边界】该属性应用于求解域边界为壁面的情况。壁面边界包含 3 种类型：定温度、定热流和对流，具体的参数设置如下图所示。

| | | |
|------|-------|------------|
| 名称 | 壁面边界 | |
| 类型 | 定温度 | |
| 值 | 30 | $^\circ C$ |
| 瞬态 | 瞬态 | 编辑 |
| 辐射类型 | 单一面辐射 | |
| 发射率 | 0 | |

图 2-33 壁面边界属性参数

注意：该类边界条件只有在与求解域重合时才起作用，如果智能元件位于求解域之内，则该边界条件不起作用，通过设置表面热交换实现智能元件的表面换热计算。

【表面热交换】该属性适用于智能元件的表面，用于定义智能元件的表面对流换热，具体的设置界面如下图所示：

| | |
|--------|-------|
| 名称 | 表面热交换 |
| 类型 | 对流 |
| 对流方式 | 表面 |
| 表面因子方式 | 自动 |

图 2-34 表面热交换属性参数

注意：该边界条件在求解域内起作用，当智能元件与求解域边界重合，则重合面的表面热交换不起作用，只有通过设置重合面的壁面边界才可以。

【辐射】该属性节点内包含了用户为所有固体类智能元件（三维和平面）设置的三类表面辐射模型：单一辐射面、分割辐射面、聚合面辐射。

其中单一面辐射和分割面辐射适用于自建体，聚合辐射适用于有导入体的模型。如果自建体模型中辐射面的尺寸较小或者辐射面的热流密度梯度较小，可以选择单一面辐射；如果自建体模型中辐射面的尺寸较大或者辐射面的热流密度梯度较大，建议选择分割面辐射，通过辐射面分割容差约束辐射面的大小。

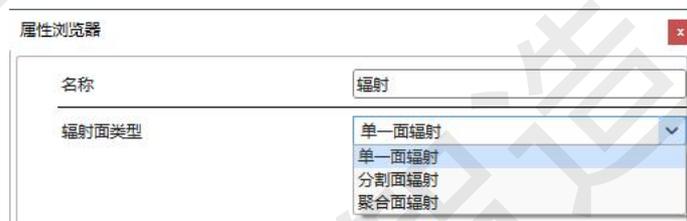


图 2-35 辐射属性参数

【PCB 组分】该属性节点内包含了用户为所有 PCB 设置的三类导电成分含量模型：体积含铜量、层定义和 PCB 质量，软件通过导电成分含量计算 PCB 的各向异性有效导热系数，需要说明的是计算后的各项异性等效导热系数是基于 PCB 自身的局部坐标系。



图 2-36 PCB 属性参数

注意：需要说明的是对于体积含铜量和 PCB 质量，是对完整的 PCB 板进行等效；对于层定义，可针对具体的每一层进行等效，计算的精度高于其他两种等效方法。

【外部条件】该属性节点内包含了用户为求解域边界设置的开放流动边界条件：在该属性中，定义了环境温度和辐射温度。当开口流动或者求解域使用了外部流动属性时，外部流动中的环境温度和辐射温度的优先级高于求解域的环境温度和辐射温度。

| | | | |
|--------|-------|---|-----|
| 名称 | 外部条件 | | |
| X方向速度 | 0 | ↕ | m/s |
| Y方向速度 | 0 | ↕ | m/s |
| Z方向速度 | 0 | ↕ | m/s |
| 表压 | 0 | ↕ | Pa |
| 环境温度 | 30 | ↕ | °C |
| 环境温度瞬态 | 空白 | ▼ | 编辑 |
| 辐射温度 | 30 | ↕ | °C |
| 辐射温度瞬态 | 空白 | ▼ | 编辑 |
| 辐射类型 | 单一面辐射 | | |

图 2-37 外部边界属性参数

【流动阻力模型】包含了用户为所有流动阻尼、平面流动阻尼设置的两类阻力模型：标准模型和高级模型。对于标准模型，简单的提供了3个方向的阻尼系数，对于高级模型，则提供了更为详细的参数。

| | | | |
|--------------------------------|------|-----|-----|
| 名称 | 阻力模型 | | |
| 阻尼类型 | 体积 | | |
| 计算类型 | 标准 | | |
| 损失速度基于 | 标准 | | |
| Xo方向阻尼系数 | 0 | ✕ ↕ | 1/m |
| Yo方向阻尼系数 | 0 | ✕ ↕ | 1/m |
| Zo方向阻尼系数 | 0 | ✕ ↕ | 1/m |
| <input type="checkbox"/> 对辐射透明 | | | |

图 2-38 简单阻力模型属性参数

| | | |
|-----------|--------------------------------|-----|
| 名称 | 阻尼 | |
| 阻尼类型 | 体积 | |
| 计算类型 | 高级 | |
| 系数耗散依据 | 逼近速度 | |
| Xo方向阻尼系数A | 0 | 1/m |
| 阻尼系数B | 0 | 1/m |
| 特征长度 | 0 | mm |
| 雷诺数指数 | 0 | |
| Yo方向阻尼系数A | 0 | 1/m |
| 阻尼系数B | 0 | 1/m |
| 特征长度 | 0 | mm |
| 雷诺数指数 | 0 | |
| Zo方向阻尼系数A | 0 | 1/m |
| 阻尼系数B | 0 | 1/m |
| 特征长度 | 0 | mm |
| 雷诺数指数 | 0 | |
| 外部斜角阻尼 | 法向 | |
| | <input type="checkbox"/> 对辐射透明 | |

图 2-39 高级阻力模型属性参数

【风扇流动】包含了用户为所有轴流风扇、平面风扇、离心风扇、鼓风机设置的流动模型，下图分别为轴流风扇和平面风扇、离心风扇、鼓风机的参数设置界面。

| | |
|-------|-------------------|
| 属性浏览器 | |
| 名称 | 轴流风扇流动 |
| 降速因子 | 1 |
| 流量设置 | 固定流量 |
| 值 | 固定流量 非线性风扇工作曲线 |
| 流动类型 | 垂直出风 |
| 功耗 | 0 W |

图 2-40 风扇流动属性参数



图 2-41 离心风扇流动属性参数



图 2-42 鼓风机风扇流动属性参数

【出风流动】主要设置出风面的出风属性设置，包括垂直出风、剪切出风、倾斜出风。



图 2-43 出风属性设置

【空调工作参数】主要设置元件的空调工作参数属性，包括制冷能力、空气流量设置、进出风目标温度。

| | |
|------------|----------|
| 名称 | 空调工作属性 |
| 制冷能力 | 变制冷量 |
| 空气流量 | 无 |
| 空气流量指数 | 固定值 |
| 回风温度-制冷量曲线 | 变制冷量 |
| | 编辑 |
| 流量类型 | 固定流量 |
| 体积流量 | 2900 CFM |
| 温度控制位置 | 出风 |
| 目标值 | 20 °C |

图 2-44 空调工作参数属性设置

【源项】属性主要包含 4 类子属性：【热源】、【速度源】、【压强源】和【电势源】，如下图所示。



图 2-45 源项子级内容

【热源】包含适用于【体积热源】和【平面源项】2 类智能元件，具体的热源类型有总热功率、热功率/体积（体积热源）、热功率/面积（平面源项）、定温度和非线性热源，具体的参数如下图所示。

对于非线性热源，在表格中设置温度和功耗曲线，如果有瞬态变化（时间相关/温度相关），可通过属性进行属性关联。

| | |
|--------|--------|
| 名称 | 热源 |
| 类型 | 非线性热源 |
| 温度&功耗表 | 总热功率 |
| 瞬态 | 热功率/体积 |
| | 热功率/面积 |
| | 定温度 |
| | 非线性热源 |

图 2-46 热源属性设置界面

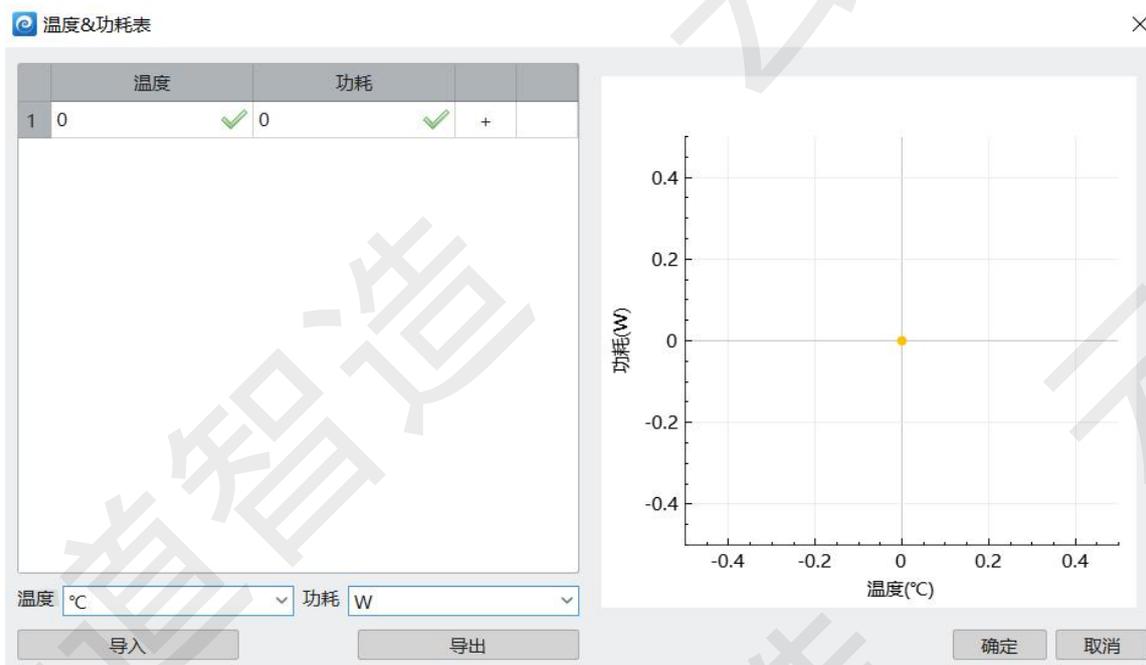


图 2-47 热源属性设置界面

【速度源】为源项提供 3 个方向的速度输入，速度源的输入有 4 种类型：源/体积（体源项）&源/面积（面积源）、总值、线性源和定值，具体的参数设置如下图所示。

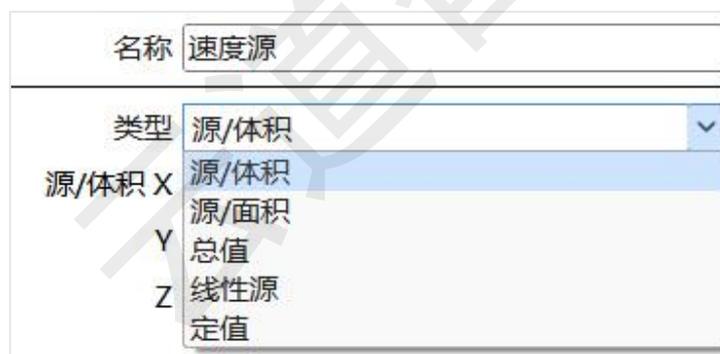


图 2-48 速度源设置界面

【压强源】为源项提供了的压强输入，压强源的输入有 4 种类型：源/体积（体源项）&源/面积（面积源）、总值、线性源，具体的参数设置如下图所示。

注意：当源项同时设置压强源和速度源时，压强源的优先级最高，计算时采用压强源，速度源不起作用。

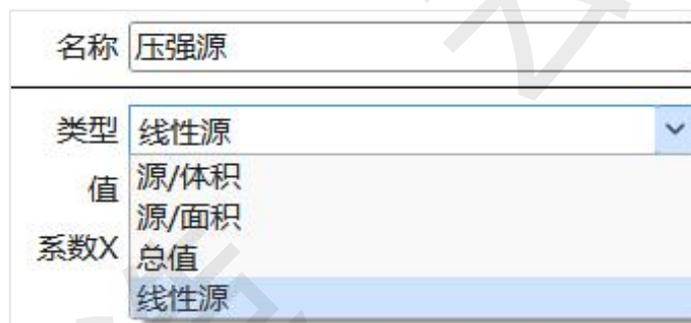


图 2-49 压强源设置界面

【电势源】为源项提供电压和电流，适用于焦耳热计算。该源有 4 种类型：电压、总电流、电流/面积和电流/体积。具体的设置界面如下图所示。



图 2-50 电势源设置界面

注意：

1. 当开启焦耳热时，电势源才起作用。
2. 对于体源项，电势源类型不适用于总电流和电流/面积；对于平面源，电势源类型不适用于电压和电流/体积。

1.2.4. 设置窗口

【设置窗口】用来查看或编辑项目中所有树节点的相关参数，其中几何 Tab 页可设置元件的隐藏、抑制、忽略几何体、轻量化显示（轻量化仅适用于装配体对象，其他具体的智能元件对象不具有轻量化的功能）。

以下是设置窗口的界面：



图 2-51 装配体设置窗口



图 2-52 立方体设置窗口

1.2.5. 信息窗口

【信息窗口】用于展示建模及计算过程中的提示信息。如果用户在工程设置过程

中操作不当，信息窗口会输出相应的提示，此外，当用户进行初始化操作后，软件会检查模型之间的覆盖情况，如果有不合适的覆盖，信息窗口中会产生相应的提示。



图 2-53 信息窗口

【信息窗口】的信息窗口具有如下格式：ID 和描述。

ID 由两部分组成：类型和故障代码。

信息窗口输出的信息类型的严重或影响程度，有三个等级，错误、警告以及消息。

- (1) Error（错误）：数据错误导致停止计算。
- (2) Warning（警告）：需要标记注意的问题，比如边界位置错误、风扇跟别的物体重叠等。
- (3) Info（提示）：单纯的提示信息，比如网格总数等；不同的故障代码代表不同的故障信息；描述由两部分内容组成：信息内容和对象链接，信息内容描述具体的信息；
- (4) 对象链接为具体智能元件的超链接，点击该对象能够快速在项目树定位到相应的智能元件。

【类型】代表信息的严重或影响程度，有三个等级，错误、警告以及消息。

- (1) Error（错误）：数据错误导致停止计算。
- (2) Warning（警告）：需要标记注意的问题，比如边界位置错误、风扇跟别的物体重

叠等。

(3) Info（提示）：单纯的提示信息，比如网格总数等。

【ID】代表故障排除代码，不同代码代表不同的故障信息。

【描述】用来描述具体问题。

【目标对象】定位问题的责任对象，具有超链接，点击后可定位到相应的责任对象。

1.2.6. 结果曲线窗口

【结果曲线】窗口可以展示计算过程中监控点的压力、速度和温度的变化曲线和残差变化曲线。

稳态工程支持创建残差 v 迭代、监控点 V 迭代两类曲线。

瞬态工程支持创建残差 v 迭代、残差迭代 v 时间、残差 v 时间（计算结束后才能创建）、监控点 V 时间四类曲线。

各类结果曲线的含义如下：

- **残差 v 迭代**：X 轴为迭代次数，Y 轴为残差。
- **残差迭代 v 时间**：X 轴为时间，Y 轴为残差。
- **残差 v 时间**：绘制每个时间步下，最后一次迭代的残差。X 轴为每个时间步，Y 轴为残差。
- **监控点 V 迭代**：X 轴为迭代次数，Y 轴为监控点对应的变量数值。
- **监控点 V 时间**：X 轴为时间，Y 轴为监控点对应的变量数值。

在结果曲线窗口中，点击单根曲线，该曲线具有单独高亮效果，按 Ctrl 键多选多根曲线，多根曲线同时高亮。

鼠标悬停在各曲线的某个位置，可以显示该点的标签（包含坐标数值 X、Y）。鼠标移开后，坐标点标签消失。双击曲线的某点，创建该点的标签，再双击该标签后，标签消失。

在结果曲线中，鼠标右键能调出【结果曲线设置】窗口、【清除标签】和【重置区域】。【清除标签】能够清空结果曲线中已经被创建出来的标签；【重置区域】能

根据当前的设置重置结果曲线的显示范围。

【结果曲线设置】窗口中能够设置结果曲线的【名称】；可设置X轴、Y轴的【缩放】类型为线性或对数；可设置是否【显示图例】；同时可【复制数据】到 excel 文件中。

结果曲线的显示范围能够通过设置X轴、Y轴的【上限】与【下限】进行限定，下拉可选择自动、数值、范围百分比三种类型。

- 自动：会根据结果曲线的数据自动定位数据的最值进行显示；
- 数值：需要手动输入上限或下限的数值，结果曲线会根据输入的数值显示合适的视图区间；
- 范围百分比：需要手动输入上限或下限的百分比数值，结果曲线会根据百分比数值在数据区间的位置显示合适的视图区间。

对于监控点结果曲线，【设置窗口】中能够选择不同的显示【变量】，目前可选 p_rgh（压力）、Ux（X方向速度）、Uy（Y方向速度）、Uz（Z方向速度）、T（温度）；同时，监控点曲线能够通过【使用选择】按钮单独显示某个或某些监控点的曲线；勾选【监控点关联勾选框】时，监控点曲线与项目树以及视图区的监控点会产生选择联动。

对于残差 v 迭代结果曲线，能够选择不同的【时间步】，该曲线显示该时间步下的残差 v 迭代曲线图。

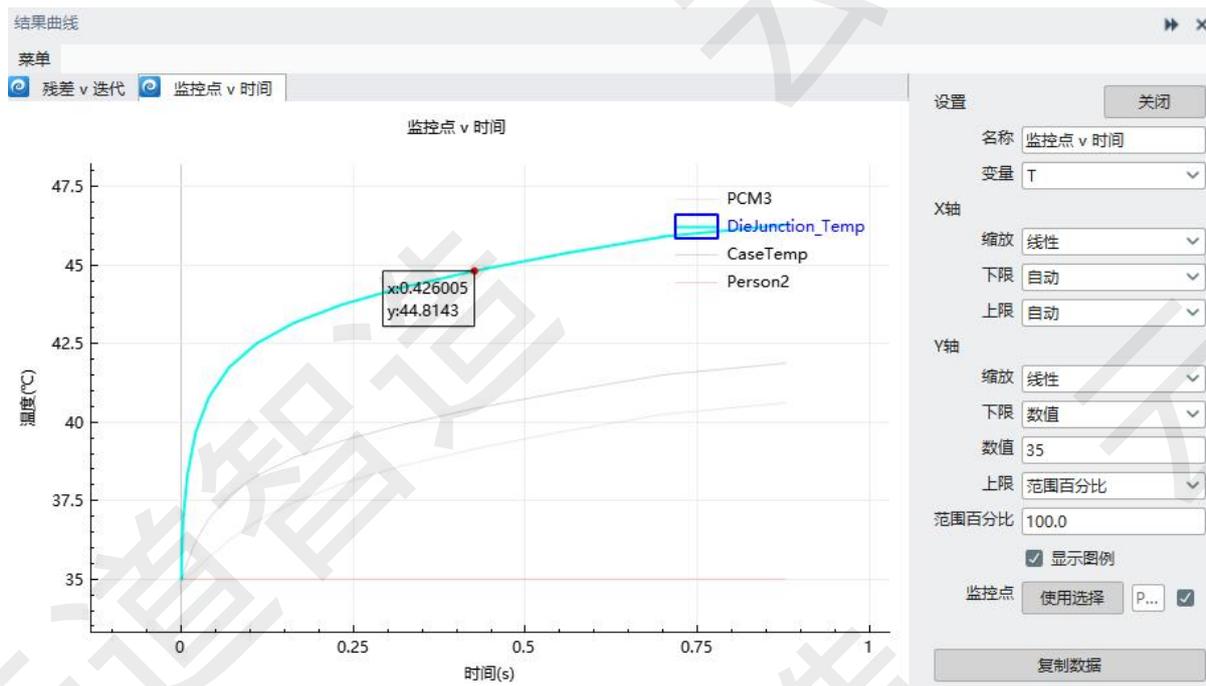


图 2-54 绘制图窗口

1.2.7. 网格窗口

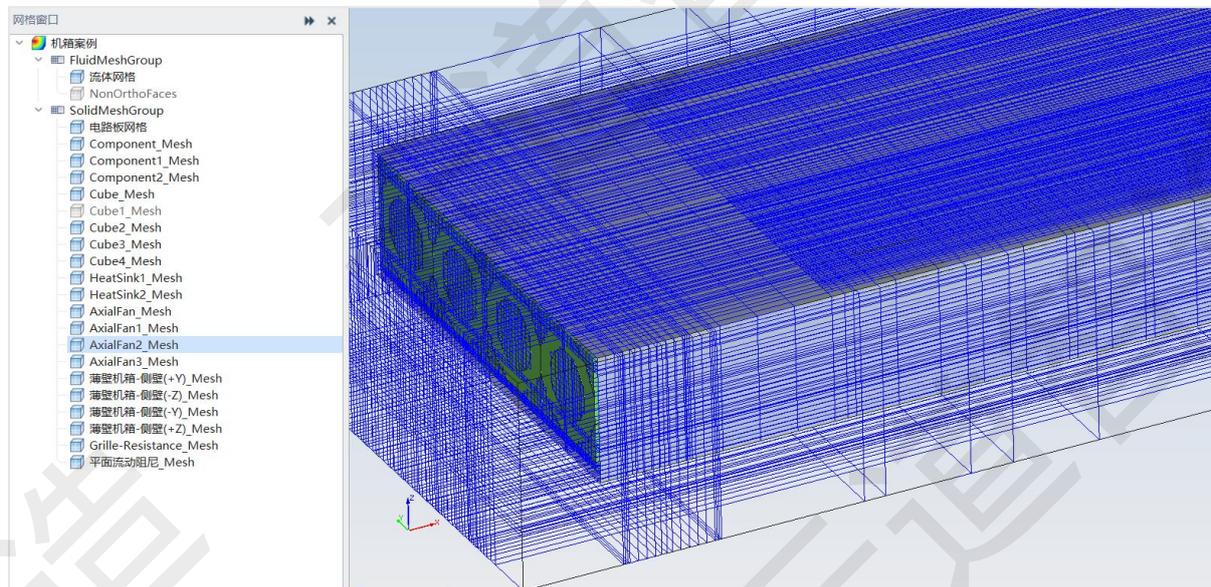


图 2-55 网格窗口

【网格窗口】用来显示剖分好的网格节点信息，可以在此窗口选中某智能元件的网格节点进行隐藏/显示。

1.2.8. 检查网格



图 2-56 网格质量检查窗口

【检查网格】窗口用来分别显示剖分好的流体网格和固体网格数量、网格的非正交性和畸形度、前 100 个最大网格长宽比数值、最小的网格单元尺寸和关联对象。

1.2.9. 批处理视图窗口

在【批处理视图】窗口开启的模式下，智能元件的任意属性值都可以被选择作为批处理方案的输入参数，

下图中，勾选求解域的环境压力和环境温度，在批处理视图窗口的【输入】页中，可相应设置输入参数的离散值。



图 2-57 批处理设置窗口

在【工况】页中，点击【生成计算方案】，软件自动对多个参数的离散值进行排列组合，生成多个工程文件。

点击【计算】后，软件对这些工程文件依次执行计算。

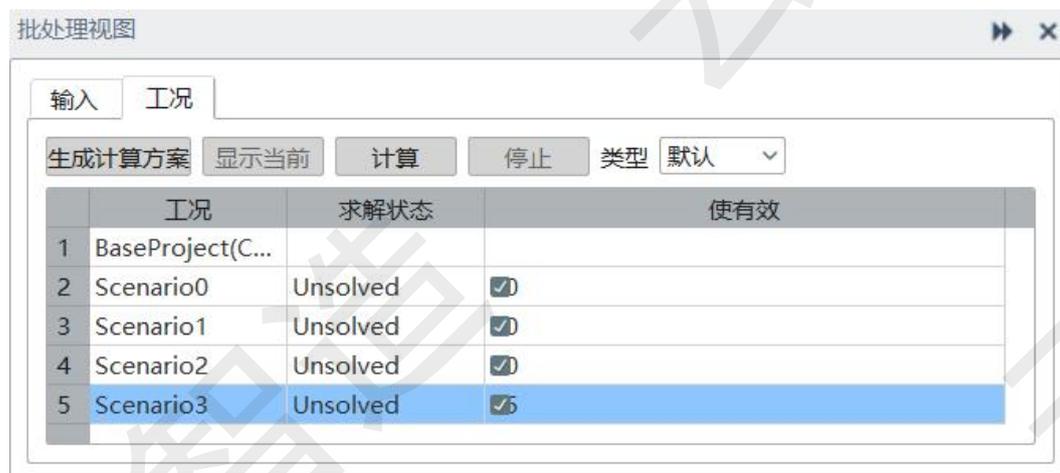


图 2-58 批处理视图窗口设置

1.2.10. 结果窗口

【结果窗口】包含了求解器输出的标量、矢量的结果，用户创建的表面云图、平面云图等均会以子节点的形式挂载至结果查看窗口中。

1.2.11. 视图区工具栏

【视图区】可以在前处理视图区和后处理视图区之间切换，下面分别介绍视图区工具栏命令按钮的功能作用。

1.2.11.1 前处理视图区工具栏

当用户选择了主屏幕菜单时，视图区为前处理视图区。本小结介绍了【前处理视图区工具栏】的命令按钮，下面将按从左往右的顺序依次介绍。



图 2-59 前处理视图区工具栏

(1) 创建当前视图的屏幕截图

创建当前视图的【屏幕截图功能】用来将当前的前处理视图保存为图片格式文件。

(2) 绘制样式

【绘制样式】功能  用来调整当前视图区模型的显示样式。包含有边框、无边框、和线框 3 种样式。

(3) 视图方向切换

【视图方向切换】功能  用来将模型以不同的视角显示，方便用户查看。包含轴测图、右视图、主视图、俯视图、左视图、后视图、仰视图 7 种视图。

(4) 切换坐标轴

【切换坐标轴】功能  用来控制整体坐标系的显示和隐藏。

(5) 显示全部几何模型

【显示全部几何模型】功能  用来显示视图区所有的几何模型。

(6) 切换几何模型可见性

【切换几何模型可见性】功能  功能用来一键切换当前所有模型的显示与隐藏。

(7) 所有对象自适应屏幕

【所有对象自适应屏幕】功能  可根据视图中全部模型进行自适应显示。

(8) 选择对象自适应屏幕

【选择对象自适应屏幕】功能  可根据选中的对象进行自适应显示。

(9) 剖面视图

【剖面视图】查看模型的截面。

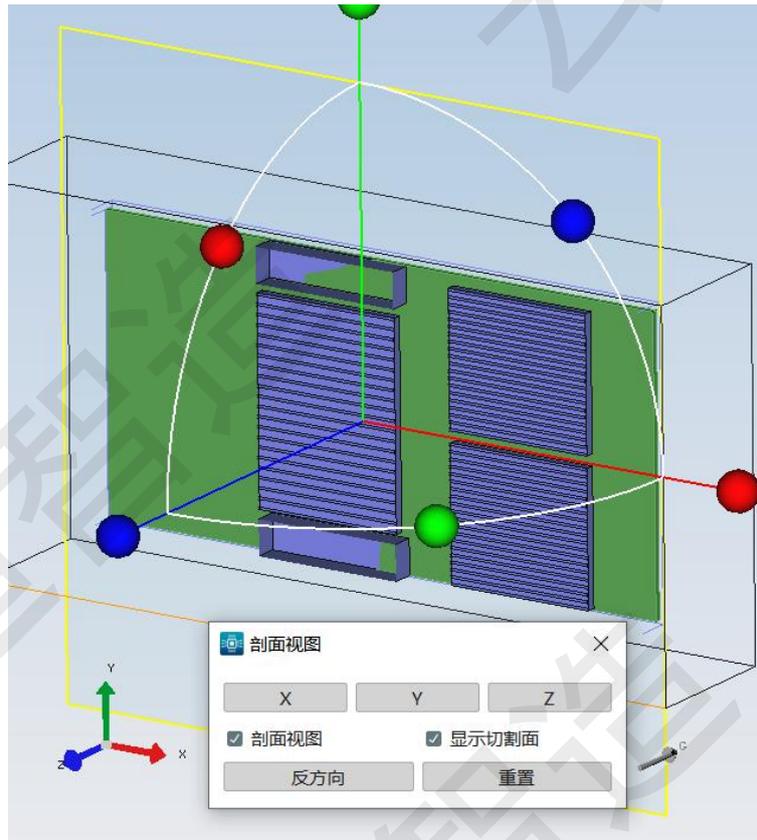


图 2-60 剖面视图

(10) 框选缩放

【框选缩放】功能  用来对模型进行框选放大。

(11) 框选

【框选】功能  全部 用于框选视图区内的符合条件的智能元件，使用 Shift+左键实现快速框选。

Simdroid EC 根据智能元件的类型，将框选对象分为了 4 类：监控点、元件/装配体、体积区域/平面区域和切割域。

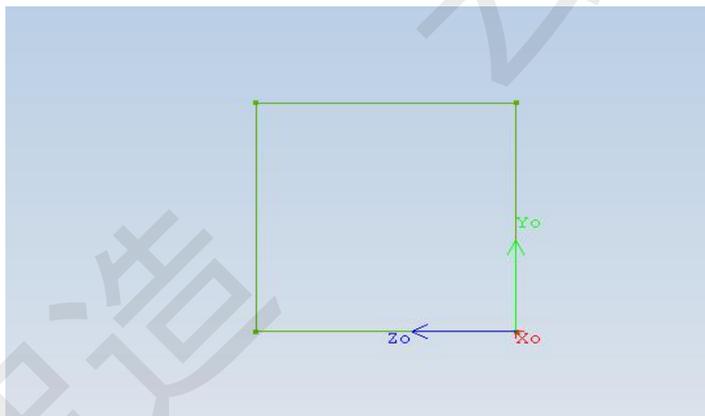


图 2-61 条件框选

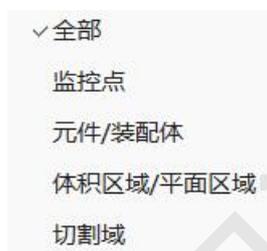


图 2-62 条件框选类型列表

在工程树选中装配体/智能元件，或者在属性树选中属性，不论是单选还是多选，点击键盘【esc】按钮，则选中的所有对象/属性都会取消选中。

(12) 包围框操作

【包围框操作】功能在未激活与激活时，图标会有所差异，如图，



激活该功能后，选择某个智能元件后，视图区中会显示其包围框，如下图所示：

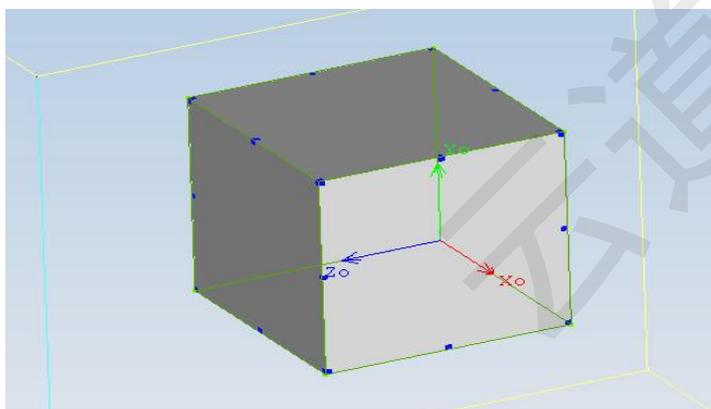


图 2-63 包围框操作

当鼠标移至包围框的边或角点上的蓝色方块，出现“”字光标时拖拽，可以修改包围框也就是该智能元件的几何尺寸，在拖拽过程中，当包围框的边界靠近其他智能元件的边界时，它能够自动修改位置并与之对齐；

当鼠标移至包围框内的其他位置，出现“十”光标时拖拽，可以移动该智能元件，同时按住 shift 键，可实现仅在 X、Y、Z 方向移动。利用包围框操作功能的操作步骤支持软件界面最左上角的撤销/重复操作。

(13) 对齐元件

【对齐元件】功能  用来对齐模型，可以自动对齐先后拾取的两个模型，后选择的模型向先选中的模型对齐。对齐方向有上下左右对齐和水平、垂直以及中心对齐，以及智能元件的左右相向对齐、上下相向对齐。键盘上的 ↑、↓、←、→ 键分别为上下左右对齐的快捷键。

当对齐元件窗口处于打开状态时，可以切换选择智能元件激活该窗口，进行对应操作。当鼠标点击了视图区空白处后，所有智能元件均处于未选中状态，此时对齐元件窗口处于灰色禁用状态。



图 2-64 对齐元件面板

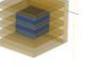
| 对齐图标说明 | | | |
|---|-----------------------|--|---|
| 图标 | 说明 | 对齐前状态 | 对齐后状态 |
|  | 表示以立方体顶面为基准，顶对齐。 |  |  |
|  | 表示以立方体底面为基准，底对齐。 |  |  |
|  | 表示以立方体左面为基准，左对齐。 |  |  |
|  | 表示以立方体右面为基准，右对齐。 |  |  |
|  | 表示以立方体面中心为基准，面中心对齐。 |  |  |
|  | 表示以立方体体中心为基准，体中心对齐。 |  |  |
|  | 表示以立方体上下中心为基准，上下中心对齐。 |  |  |
|  | 表示以立方体左右中心为基准，左右中心对齐。 |  |  |

图 2-65 对齐图标说明

(14) 移动元件

【移动元件】功能  可以用来移动任意元件，用户需要输入移动向量的坐标值，或者在视图内选择两个点来确定移动向量，也可以选择线或者面，软件会自动定位线或面的中心作为移动向量的起点或终点。



图 2-66 移动元件窗口

(15) 吸附开关

该功能  通过开关控制不吸附或者几何吸附。

(16) 逆时针旋转

【逆时针旋转】  是指将视图区所有的元件的显示模式进行指定角度的逆时针旋转，默认的旋转角度为 90 度，可自定义。

(17) 顺时针旋转

【顺时针旋转】  是指将视图区所有的元件的显示模式进行指定角度的顺时针旋转，默认的旋转角度为 90 度，可自定义。

(18) 旋转角自定义

【旋转角度自定义】  是定义视图区所有的元件通过视图区旋转按钮实现特定角度的快速旋转，默认的旋转角度为 90 度，可自定义。

(19) 顺时针旋转零件

【顺时针旋转零件】功能  用于智能元件的空间位置旋转，旋转轴是视图当前视角的法向。

(20) 逆时针旋转零件

【逆时针旋转零件】功能  用于智能元件的空间位置旋转，旋转轴是视图当前视角的法向。

(21) 转换几何为智能元件

【转换几何为智能元件】功能  将导入的外部几何转换为软件自建的智能元件，目前支持的转换智能元件有立方体、圆柱体、棱柱、流动阻尼、电路板、斜面、四面体。



图 2-67 几何转换窗口

注意：

转换导入体为智能元件后，元件的命名规则为“原有名称-元件类型”，如将导入体“SERIAL_PORT”转换为智能元件后，将命名为“SERIAL_PORT-立方体”。



图 2-68 导入体转换为智能元件

将导入体转换为智能元件的方法，还有基于导入体创建智能元件，示例如下：

选中“SERIAL_PORT”，点击智能元件“立方体”，则自动创建“SERIAL_PORT-立方体”，

选中“ALPHA_MAIN_PCB”，点击智能元件“电路板”，则自动创建

“ALPHA_MAIN_PCB-电路板”，其它元件依次类推。

(22) 阵列

【阵列】元件  用于智能元件的阵列，可分别在 X/Y/Z 三个方向进行阵列。

当阵列元件窗口处于打开状态时，可以切换选择智能元件激活该窗口，进行对应操作。当鼠标点击了视图区空白处后，所有智能元件均处于未选中状态，此时阵列元件窗口处于灰色禁用状态。



图 2-69 阵列设置窗口

(23) 镜像

【镜像】功能  以工作平面为镜像平面，可创建一个或多个元件的镜像副本。

镜像功能存在未激活  和激活  两种状态，只有在元件处于选中状态下才会被激活。（部分元件如孔、机箱侧壁、板载器件、铜柱等不能被镜像。）

(24) 创建布尔运算

【创建布尔运算】功能  用于对若干个智能元件进行并集、差集、交集的布尔运算操作。

当查找智能元件窗口处于打开状态时，可以在源实体子窗口中选择需要被布尔运

算的智能元件，在工具实体子窗口中选择参与布尔运算的智能元件。用户可以选择进行差集、并集或者交集的布尔运算，点击确定后生成相应的布尔体。

【布尔运算后几何对象】可选不变、删除、隐藏、抑制、忽略几何体。即在布尔运算完成后，自动对参与布尔计算的智能元件设置状态。

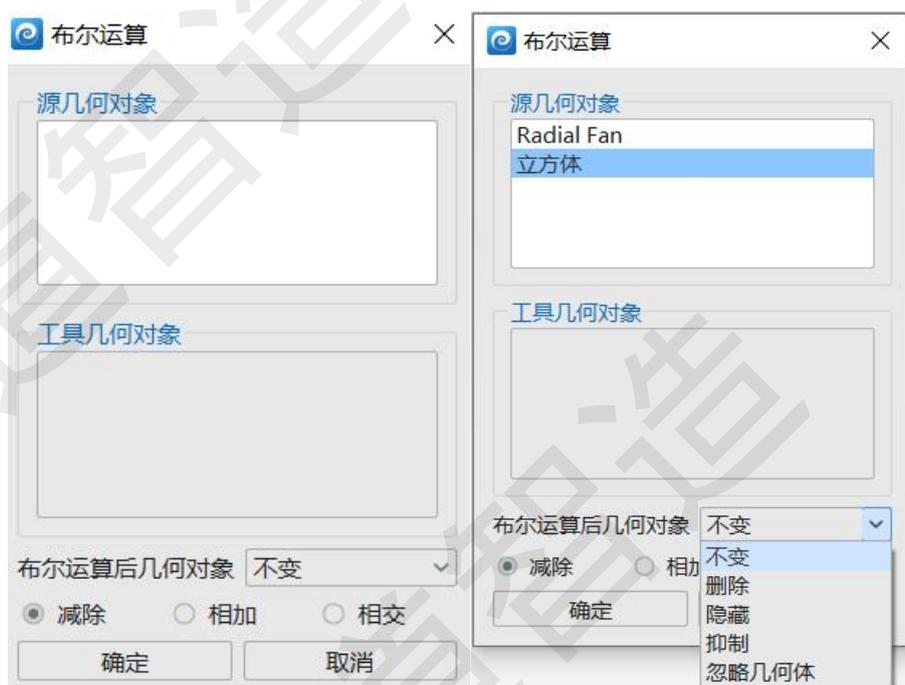


图 2-70 布尔运算面板

(25) 距离测量

【距离测量】功能  用于测量视图区内两点、线、面之间的距离。在拾取点的时候能够输出点的坐标信息。



图 2-71 距离测量面板

(26) 查找

【查找】功能用于智能元件或者属性的查找，软件提供了 5 中类型的查找：通用查找、智能元件查找、属性查找、通用结果查找和智能元件结果查找。

通用查找：以立方体为基准，包含了所有智能元件与立方体相同的属性条件，比如名称、类型、显隐状态、抑制状态、失效状态、坐标、尺寸、体热属性、表面材料、辐射、网格等。

智能元件查找：所有智能元件属性中除了通用查找中的条件外，都按照智能元件的类型进行分类，设置查找条件。

属性查找：基于属性树的所有属性进行查找，选择满足属性要求的智能元件。

通用结果查找：现阶段通用结果查询有 3 类：表面温度、温度和体积流量，其中表面温度取固-固表面平均温度和流-固表面平均温度；温度取平均温度，体积流量取体积流量净值。

智能元件结果查找：根据智能元件的结果类型及结果统计，搜索满足条件的智能元件。

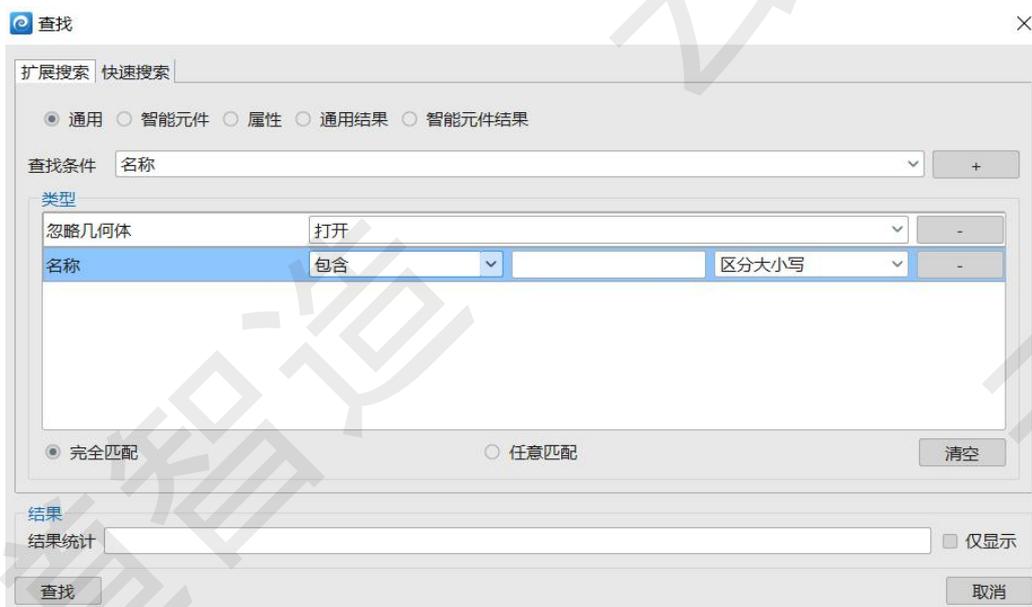


图 2-72 查找设置窗口

用户可以通过条件检索，搜索到符合条件的所有智能元件，智能元件在项目树会被选中，同时满足搜索条件的智能元件还会被统计。

(27) 类型颜色

类型颜色可选三种，“材料颜色”、“类型颜色”、“自定义颜色”，用于表示视图区颜色显示的依据，统一管理视图区色调。

(28) 结果曲线



通过快速打开结果曲线窗口，同时会自动加载残差曲线结果。

(29) 工作面设置

在工作面设置工具中，可以设置工作面的显/隐，可以设置网格投影时是否投影工作面。当视图区进行正交切换时，工作面会同步切换至相应的视图，在视图不变的情况下，还可以通过工作面工具设置方向和位置，如下图所示。

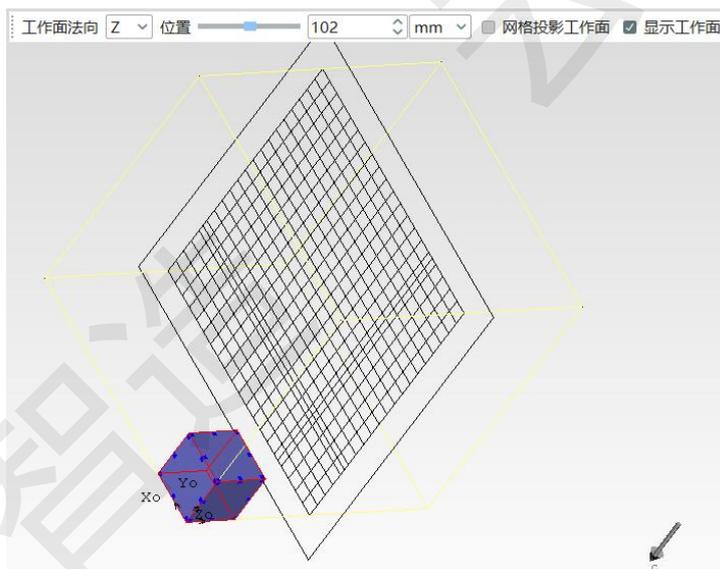


图 2-73 网格投影工作面未开启

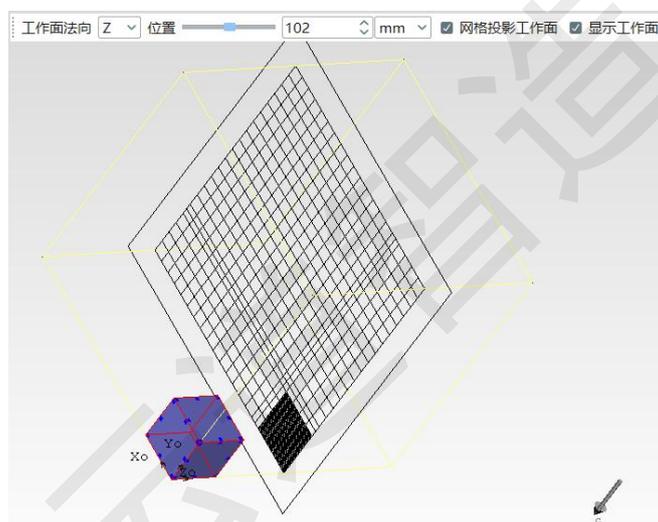


图 2-74 网格投影工作面已开启

(30) 属性面板开关

通过快速实现属性设置面板的显示/隐藏功能。

1.2.11.2 后处理视图区工具栏

在视图区域的中间部分，有一列后处理的快捷工具栏，如下图所示。



图 2-75 后处理视图区工具栏

 为截图命令，用于将当前界面里的后处理结果以图片的格式 (*.png) 进行输出。 为模型的渲染模式，包含了有边框、线框、无边框模式。 为模型的视图方向，包含了等轴视图，主视图、后视图、俯视图、仰视图、左视图、右视图。



图 2-76 视图切换窗口

 为所有模型对象自适应屏幕，用于调整整体模型全部显示在视图区域。 为选择对象自适应，用于将选择的模型自适应在视图区域中。 用于框选放大模型的局部空间。

 监控点 用于框选命令，可以对监控点、元件/装配体、体积区域、切割域进行框选，框选后的模型，可以用于对应的后处理操作。如需要一次性显示所有监控点的表格统计，可以在下拉菜单中选择监控点，然后使用框选命令，选择所有的监控点，在表格窗口中会自动统计各个监控点的结果，包含温度、速度等。

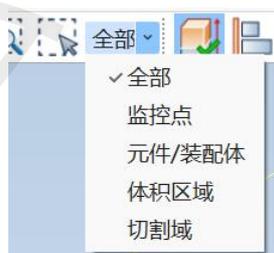


图 2-77 框选窗口

  90° 用于对视图区域进行一定角度的逆时针、顺时针旋转。

 用于将瞬态的后处理结果输出为动画文件； 点击此命令，用于显示瞬态第 1 个时间步的计算结果； 用于显示上一个时间步的计算结果； 用于对瞬态的后处理结果进行动画播放、动画展示； 用于显示下一个时间步的计算结果； 用于显示最后一个时间步的计算结果。

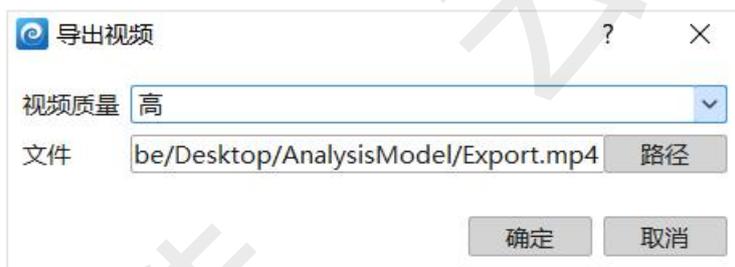


图 2-78 导出视频窗口

🔗 点击此按钮，打开循环播放模式，用于将瞬态动画进行循环播放。点击时间后侧的下拉窗口，可以显示不同时间步下的计算结果；拖动右侧的滚动条，也可以快速查看不同时间步下的后处理结果；最大帧显示当前瞬态计算结果中的最后时间步数。



图 2-79 瞬态不同时间步查看窗口

🔍 点击查找按钮，弹出后处理搜索窗口，如下图所示。相比于前处理搜索，后处理的扩展搜索中增加了通用结果和智能元件结果。

对于通用结果，搜索的类型支持表面温度、温度和体积流量。

智能元件结果根据智能元件的类型，选择不同的结果类型，设置查找条件，通过智能元件的结果查找满足要求的智能元件。

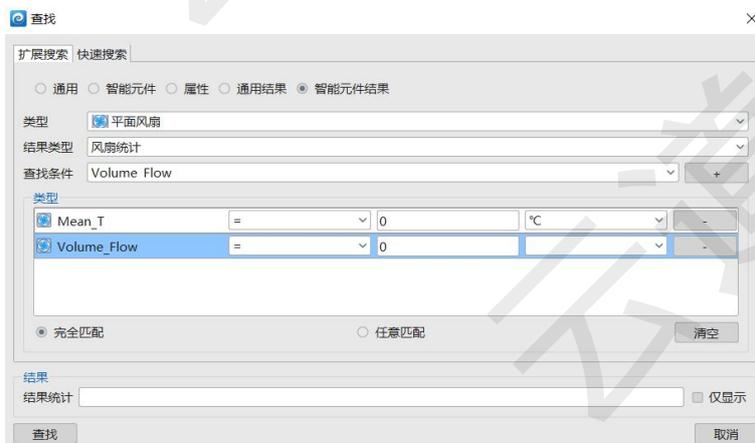


图 2-80 快捷工具栏分布



结果曲线的功能与前处理的功能相同。



为后处理状态的【加载状态】、【保存状态】与【初始化状态】功能。

【加载状态】能够加载后处理状态文件，其格式为.json，加载后，当前工程能够根据状态文件的信息导入后处理的标量场、矢量场、平面云图等对象以及设置。

【保存状态】能够根据当前工程的标量场、矢量场、平面云图等对象以及设置导出后处理状态文件，以便后续将文件加载到任意工程。

【初始化状态】能够重置当前后处理标量场、矢量场的设置并且删除平面云图等对象。

注意：

前后处理状态的三个功能仅支持标量场、矢量场和平面云图对象，后续会支持更多后处理对象。

1.2.12. 快捷工具栏

【快捷工具栏】主要集成了软件最常用的功能，分布如下图所示。



图 2-81 快捷工具栏分布

【新建】、【打开】、【保存】与 1.2.1 菜单栏一致。

【上一步】表示撤销此步操作，模型恢复至前一步操作。

【下一步】表示撤销多次后操作，模型恢复至撤回前一步操作。如撤回四次后，发现撤回多了，需要恢复至撤回第三步的操作。则需点击一次“下一步”。

【中英文切换】共有两种语言可切换，分别为简体中文和英文 English，点击该按钮，软件可实时切换中英文状态。



图 2-82 中英文切换按钮

【帮助】软件的帮助文件，主要包含帮助、案例、理论、软件更新说明和关于。

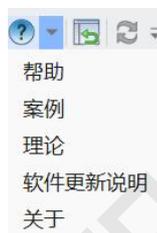


图 2-83 帮助下拉菜单

【帮助】可自动打开《伏图电子用户手册》对应路径

【案例】可自动打开软件的案例库对应路径

【理论】可调用软件的理论库对应路径

【软件更新说明】可查看软件的最新的更新说明

【关于】可查看软件的版本号、发布日期和操作系统。

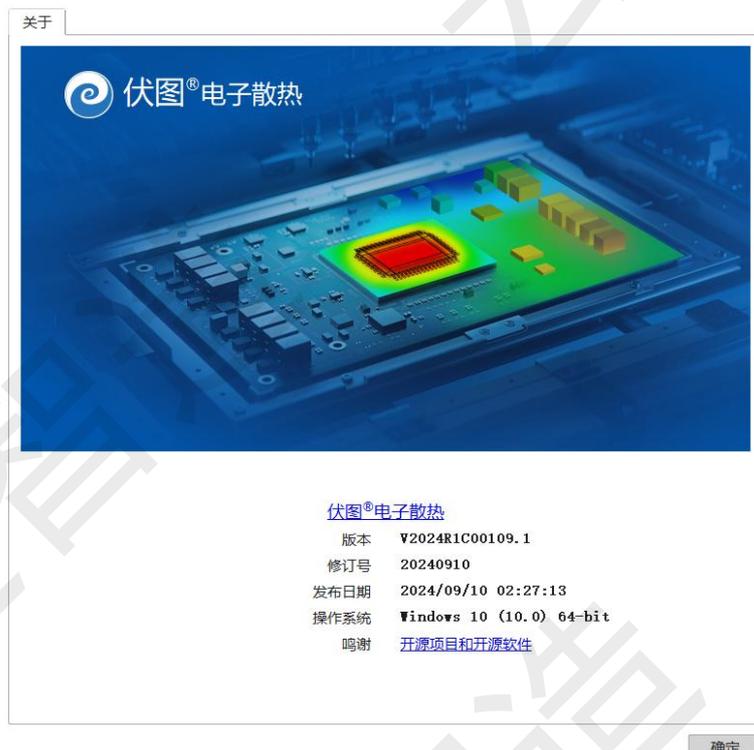


图 2-84 关于界面

【恢复默认视图】表示软件恢复至默认的视图界面。

【刷新】主要是当软件参数输不进去时，点击该按钮可刷新后输入。

1.3. 鼠标操作与快捷键

伏图电子散热的快捷操作包括视图区平移、旋转、放缩等鼠标快捷操作，以及视图调整、绘制样式、自适应屏幕等键盘快捷操作，具体操作如下表所列：

伏图电子散热鼠标操作与快捷键一览表

| 视图区快捷操作 | |
|-------------|-----------------|
| 操作 | 快捷键 |
| 框选-批量选中 | 鼠标左键-从左上角向右下角拉框 |
| 框选-批量取消选中 | 鼠标左键-从右下角向左上角拉框 |
| 框选缩放-局部放大视角 | 鼠标右键-从左上角向右下角拉框 |
| 框选缩放-局部缩小视角 | 鼠标右键-从左上角向右下角拉框 |
| 拖动视角 | Alt+ 鼠标左键 |
| 设置视图区旋转中心 | 鼠标中键（单击） |

| | |
|----------------|--------------------|
| 缩放视图区 | 鼠标中键（滚动） |
| 旋转视角 | 鼠标中键（按住拖动） |
| 沿着直线方向移动模型 | Shift+鼠标左键（需开启包围盒） |
| 拖拽复制对象 | Ctrl+鼠标左键（需开启包围盒） |
| 线框显示 | W |
| 有边框实体显示 | S |
| 无边框实体显示 | F |
| 等轴视图 | 数字键 0 |
| +X 轴视图（右视图） | X |
| +Y 轴视图（俯视图） | Y |
| +Z 轴视图（主视图） | Z |
| -X 轴视图（左视图） | Shift+X |
| -Y 轴视图（仰视图） | Shift+Y |
| -Z 轴视图（后视图） | Shift+Z |
| 显示原点坐标轴 | O |
| 显示全部模型 | V |
| 转化零件可见性 | P |
| 所有对象自适应屏幕 | R |
| 选择对象自适应屏幕 | Shift+R |
| 逆时针旋转视图 | Shift+方向键左 |
| 顺时针旋转视图 | Shift+方向键右 |
| 切换对象可见性 | Space |
| 网络投影 | D |
| 取消选中（单选/多选都生效） | Esc |
| 项目树快捷操作 | |
| 轻量化 | L |
| 重命名 | F2 |
| 在树中向上移动对象 | F8 |
| 在树中向下移动对象 | F9 |
| 显示树的首页/刷新文档 | F4 |
| 显示树的父节点 | F5 |
| 显示子树 | F3 |
| 折叠所有树 | F7 |
| 展开所有树 | F6 |

| 软件通用快捷操作 | |
|----------|--------------|
| 复制 | Ctrl+C |
| 粘贴 | Ctrl+V |
| 剪切 | Ctrl+X |
| 新建项目 | Ctrl+N |
| 打开项目 | Ctrl+O |
| 关闭项目 | Ctrl+W |
| 保存项目 | Ctrl+S |
| 另存为 | Ctrl+Shift+S |
| 导入 | Ctrl+I |
| 导出 | Ctrl+E |
| 撤销 | Ctrl+Z |
| 重做 | Ctrl+Y |
| 查找 | Ctrl+F |
| 退出软件 | Alt+F4 |

第三章 伏图电子散热建模

在分析流程的最开始，用户需要创建几何模型。几何模型是由一系列的 Flex Part 构成，本章节将详细介绍每个 Flex Part 的属性参数及使用方法。在主屏幕面板单击某一个 Flex Part 图标，将在项目树窗口的 Flex Part 树节点下创建对应的 Flex Part 子节点，鼠标左键点击 Flex Part 节点，然后可在设置窗口进行属性参数设置。

Flex Part 分为基础几何元件、电器相关元件、源项相关元件、散热器件、流动组件及辅件，下面进行具体介绍。

1.1. Flex Part 总体介绍

1.1.1. 基础几何元件

基础元件包括了装配体、立方体、平面、孔、棱柱、四面体、圆柱体、斜面、管道、自动寻路、机箱、圆锥体、球体。



图 3-1 基础几何元件

1.1.2. 电器相关元件

电器相关元件包括了电路板、板载器件、器件、裸晶、热网络、热网络节点、热网络体、热网络面、机柜、基板、过孔和盖板。



图 3-2 电器相关元件

1.1.3. 源项相关元件

源项相关元件包括了体积热源、平面源项。



图 3-3 源项相关元件

1.1.4. 散热器件

散热器件包括了散热器、均温版、均温版接触、半导体制冷器、轴流风扇、平面风扇、离心风扇、开口流动、鼓风机、空调、回风面、出风面。



图 3-4 散热器件

1.1.5. 流动组件

流动组件包括了流动阻尼、平面流动阻尼、多孔板。



图 3-5 流动组件

1.1.6. 辅助元件

辅件包括了流体标记区域、体积区域、平面区域、流体标记点、监控点、切割域。



图 3-6 辅件

1.1.7. 元件优先级

在复杂的电子系统热分析中，不同元件的发热情况和对温度的敏感度各不相同。

通过设置元件优先级，可以影响网格的密度和分布，高优先级元件周围的网格会更加精细，以更好地捕捉其热传递特性，可以确保关键元件（如高功率芯片、敏感电子元件等）得到更精确的建模和分析。

软件的优先级规则如下：

- 1.基础元件和基础元件之间干涉或相贴，不报错，仅吃掉重合部分，模型树靠下位置的元件的优先级高。
- 2.平面(塌缩立方体)优先级高于立方体。
- 3.基础元件和功能元件之间干涉，功能元件优先级高，若干涉，会将基础元件吃掉重合的部分。
- 4.功能元件之间干涉，直接报 Error。
- 5.先按优先级判断，后按照模型树上下位置判断。

| 优先级高 | 分类 | 优先级 | | | | | | | | | | |
|------|----|-----|-----------|----------|----------|-------|------|-----|-----|------|--|--|
| ↓ | 一 | | 功能元件 | | | | | | | | | |
| | | 5 | 热网络面 | | | | | | | | | |
| | | 4 | 板载器件 | 裸晶 | 器件 | 半导体制冷 | 热网络体 | | | | | |
| | | 4 | 轴流风扇 | 平面风扇 | 离心风扇 | 鼓风机 | 空调 | 出风面 | 回风面 | 机柜 | | |
| | | 二 | | 基础元件 | | | | | | | | |
| | | 3 | 塌缩立方体(平面) | 薄斜面 | 薄机箱侧壁(孔) | | | | | | | |
| | | 2 | 立方体(孔) | 厚机箱侧壁(孔) | 棱柱 | 四面体 | 圆柱体 | 斜面 | 管道 | 自动寻路 | | |
| | | 2 | 基板(过孔) | 盖板 | 圆锥体 | 圆球 | | | | | | |
| | | 2 | 电路板 | | | | | | | | | |
| | | 2 | 散热器 | 均温板 | 均温板接触 | | | | | | | |
| | 2 | 电池 | 极耳 | 模组 | | | | | | | | |
| | 2 | 切割域 | 流动阻尼 | 平面流动阻尼 | | | | | | | | |
| | 2 | 导入体 | 布尔体 | | | | | | | | | |
| | 1 | | 多孔板 | | | | | | | | | |
| | 三 | | 虚拟元件 | | | | | | | | | |
| | 0 | | 流体标记区域 | | | | | | | | | |
| | 四 | | 虚拟+共存元件 | | | | | | | | | |
| | | | 体积区域 | 平面区域 | | | | | | | | |
| | | | 监控点 | | | | | | | | | |
| | | | 流体标记点 | | | | | | | | | |
| 优先级低 | | | 体积热源 | 平面热源 | 开口流动 | | | | | | | |

图 3-7 元件优先级排序

1.1.8.Flex Part 参数设置

每个 Flex Part 都可以在设置窗口中完成属性设置，Flex Part 的属性分为几何、属性、网格、辐射、信息；

几何设置元件的位置、尺寸等几何参数；属性设置元件的材料、表面材料、体热属性等参数；网格设置局部化网格、网格属性（X/Y/Z 各方向尺寸等）；辐射设置辐

射参数；信息设置对元件的备注信息，用户可以为智能元件增加自定义注释，并且随时进行注释的查看、编辑和保存。元件名称在最上方名称位置修改。





图 3-8 Flex Part 属性设置窗口

【抑制】 智能元件处于被抑制状态，装配体抑制后，子节点所有元件处于抑制状态。装配体解除抑制后，子节点元件恢复原来状态；“抑制”表示几何模型不存在，但是几何模型的网格设置还存在；

【忽略几何体】 使智能元件失效，装配体忽略几何体后，子节点下所有元件失效，装配体执行使有效后，子节点元件恢复到原状态；“忽略几何体”，表示几何网格设置都不存在了。

原始状态，抑制状态和忽略几何体状态的图标范例如下：



图 3-9 图标范例

【轻量化显示开启/关闭】：装配体轻量化显示以后，该装配体下的所有对象（项目树和视图区）都隐藏，同时以不同的图标显示该装配体的轻量化状态，如下图所示。

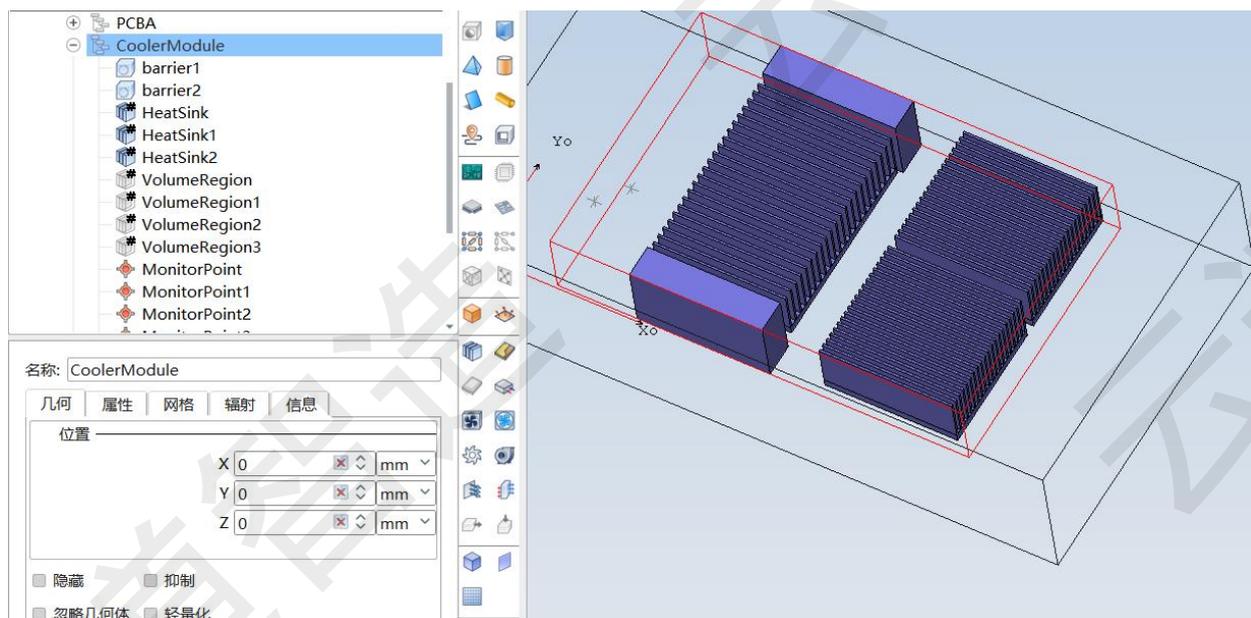


图 3-10 轻量化之前的状态

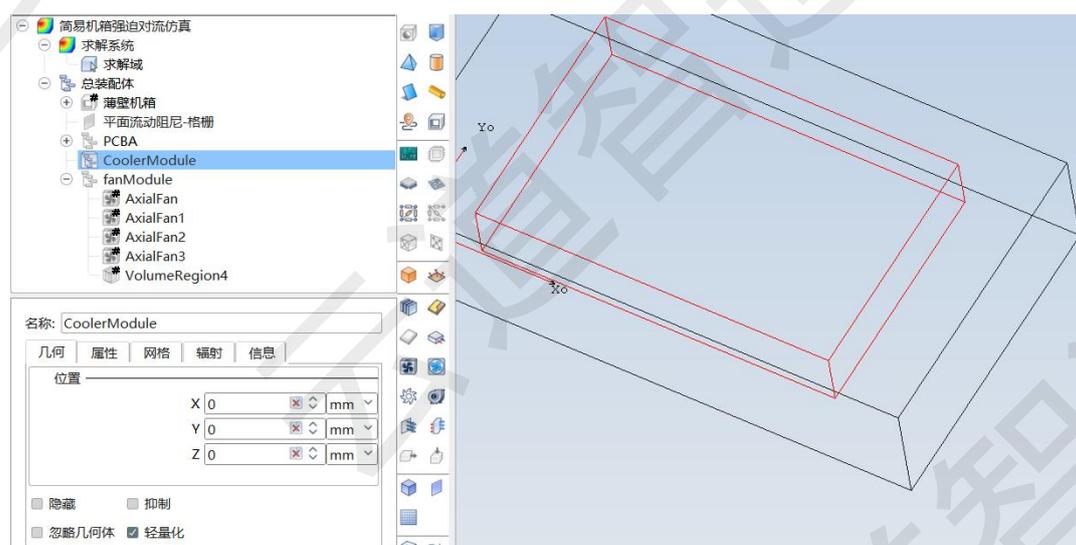


图 3-11 轻量化之后的状态

1.1.9. Flex Part 右键菜单

在项目树中任意选中或多选 Flex Part 节点，可以使用鼠标右键单击以打开右键快捷菜单。Flex Part 中，装配体与其他智能元件右键选项功能存在不同。

(1) 装配体右键菜单包括以下选项：

【剪切】对元件执行剪切功能；

【复制】对元件执行复制功能；

【粘贴】对元件执行粘贴功能；

【相对坐标粘贴】对元件实行相对坐标粘贴（与原来元件位置存在错位）；

注意：

“粘贴”和“相对坐标粘贴”的区别如下：

假设组合体全局坐标（20，20，20），组合体下有一个立方体坐标（50，50，50），那么该立方体的局部坐标系为（30，30，30）。

下面的操作，都是针对（50，50，50）进行复制后，再进行的操作。

粘贴（Paste）功能，会以局部坐标系（30，30，30）粘贴一个新的立方体，无论是否是在组合体下进行粘贴。

相对位置粘贴，如果选中了一个组合体，再进行粘贴，会将组合体的坐标和立方体的局部坐标系进行叠加，创建一个（50，50，50）的立方体。

如果没有选中立方体，则会和粘贴一样，复制一个（30，30，30）的立方体。（可以理解为在根节点（0，0，0）下进行相对位置粘贴）。

【创建唯一名称】多选同一类元件后，右键选择创建唯一命名后，各元件从上到下依次对名称相同的元件进行命名，名称为在元件原本的名称后缀+1；该功能仅对名称相同的元件与名称相同的装配体起作用；

【重命名】对元件重命名；

【导入】装配体右键导入界面如下：

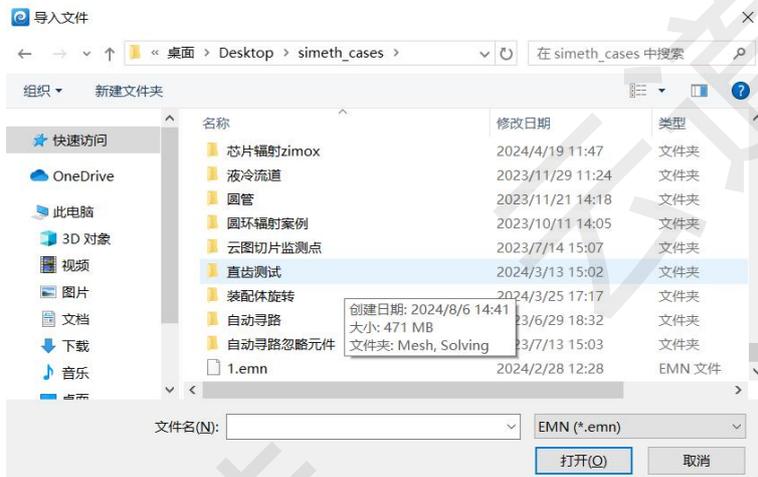


图 3-12 装配体右键导入

装配体右键导入的格式包括 FloXML、ECXML、Simpart、IDF 和 ODB++ 格式；

其中导入 IDF 格式时，整体界面如下所示：

| 芯片标识号 | 封装名称 | 封装编号 | 零件类型 | 功耗 (W) | X位置 (mm) | Y位置 (mm) | 安装面 | 长度 (mm) | 宽度 (mm) | 高度 (mm) | 过滤 | Rjc (K/W) | Rjb (K/W) | 监控点 | |
|-------|------|----------------|-----------------|--------|----------|------------|------------|---------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----|--------------------------|
| 1 | C143 | CAP_SMD_30... | 04-02-01_CAP... | 简化 | 0.000000 | 183.086660 | 159.975590 | 底面 | 7.135260 | 8.995890 | 0.510000 | 不过滤 | | | <input type="checkbox"/> |
| 2 | R222 | RES_SMD_080... | 04-01-01_RES... | 简化 | 0.000000 | 59.431552 | 43.577206 | 底面 | 1.766796 | 3.300050 | 0.600000 | 不过滤 | | | <input type="checkbox"/> |
| 3 | R239 | RES_SMD_080... | 04-01-01_RES... | 简化 | 0.000000 | 121.852052 | 43.577206 | 底面 | 1.766796 | 3.300050 | 0.600000 | 不过滤 | | | <input type="checkbox"/> |
| 4 | U25 | MSKS131-3V3 | MSKS131-3V3 | 简化 | 0.000000 | 162.433000 | 143.954500 | 顶面 | 18.034000 | 27.686000 | 2.540000 | 不过滤 | | | <input type="checkbox"/> |
| 5 | R10 | RES_SMD_080... | 04-01-01_RES... | 简化 | 0.000000 | 181.722744 | 34.666552 | 底面 | 3.300050 | 1.766796 | 0.600000 | 不过滤 | | | <input type="checkbox"/> |
| 6 | R157 | RES_SMD_080... | 04-01-01_RES... | 简化 | 0.000000 | 158.872552 | 70.945706 | 底面 | 1.766796 | 3.300050 | 0.600000 | 不过滤 | | | <input type="checkbox"/> |
| 7 | C11 | CAP_SMD_12... | 04-02-01_CAP... | 简化 | 0.000000 | 95.032000 | 149.693500 | 底面 | 4.500000 | 3.000000 | 1.500000 | 不过滤 | | | <input type="checkbox"/> |
| 8 | R80 | RES_SMD_080... | 04-01-01_RES... | 简化 | 0.000000 | 154.290744 | 32.952052 | 底面 | 3.300050 | 1.766796 | 0.600000 | 不过滤 | | | <input type="checkbox"/> |
| 9 | C100 | CAP_SMD_12... | 04-02-01_CAP... | 简化 | 0.000000 | 149.312500 | 152.372500 | 顶面 | 3.000000 | 4.500000 | 1.500000 | 不过滤 | | | <input type="checkbox"/> |
| 10 | D3 | DIODE_SMD_3... | 05_03_01_DIO... | 简化 | 0.000000 | 62.285500 | 24.794500 | 底面 | 4.090000 | 2.100000 | 2.540000 | 不过滤 | | | <input type="checkbox"/> |

图 3-13 IDF 格式导入

导入 ODB++ 格式时，选择导入文件夹后，整体界面如下所示：

器件过滤

匹配选项: 任意满足

侧边长度 <: 0.000000 mm

高度 <: 0.000000 mm

功耗 <: 0.000000 W

包含的参考标志:

过滤 取消

图 3-14 IDF 器件过滤界面

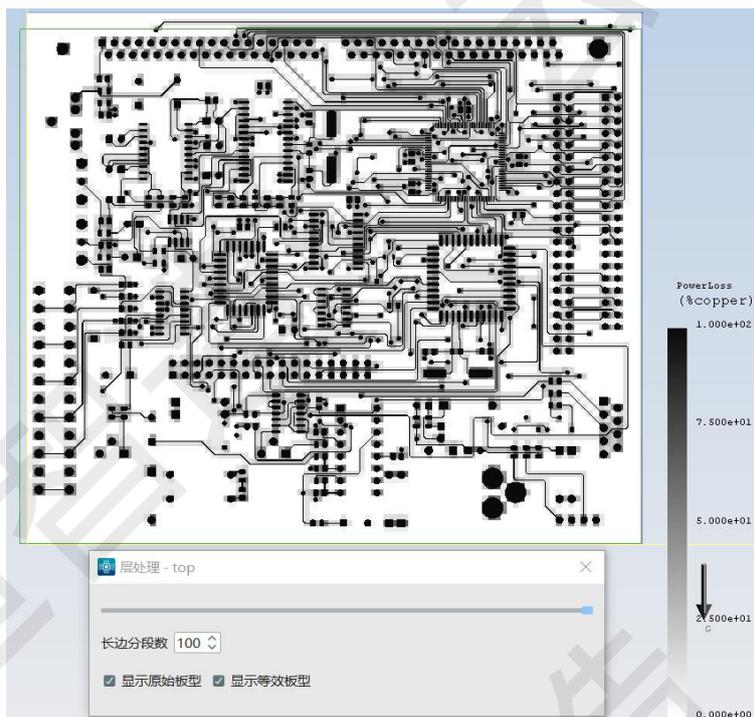


图 3-15 ODB++格式导入

【导出】可保存到所选库、导出 FloXML、ECXML、几何（step/stp）和 Simpart 格式文件；右键导出的文件，只能右键导入，不可从文件导入功能中导入；其中导入类型为 step/stp 时，拓展功能激活，整体界面如下所示：

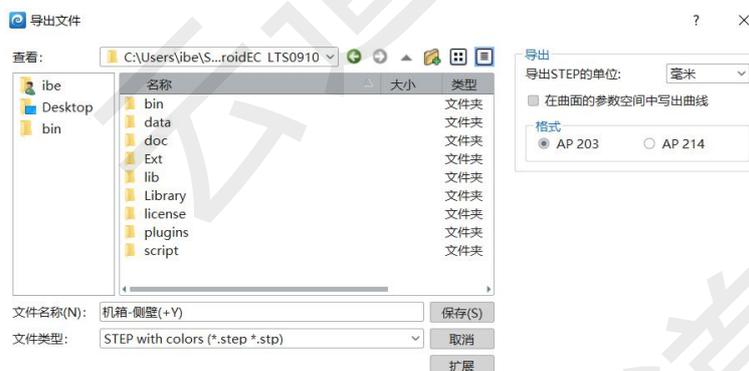


图 3-16 右键导出界面

(2) 其它智能元件右键菜单，包含外观功能，不包含导入功能：

【外观】点击外观后，可设置元件的绘制样式、颜色、显示风格（点大小、线宽、元件透明度）；

不包含导入，且仅支持保存到库、导出几何这两类导出选项；

部分元件具备【分解元件】功能，目前支持电路板、器件、散热器、机箱和裸晶元件；

电路板元件包含【导入布局 CSV】功能，以从外部导入芯片的位置及热耗信息。

1.2. 基础几何元件介绍

基础元件包括了装配体、立方体、平面、孔、棱柱、四面体、圆柱体、斜面、管道、机箱、自动寻路、球体、圆锥体。涉及到参数包括几何、属性、网格、辐射、信息。各元件均有不同的属性参数设置，包括：材料、体热属性、网格属性等，具体属性参数将在智能元件属性章节介绍；各元件参数面板设置项如下所示：

1.2.1. 装配体

装配体可设置参数包括：几何、属性、网格、辐射、信息，具体如下：

【几何】分别设置 X/Y/Z 方向的位置参数；子节点元件的位置参数以其父节点装配体位置参数作为参考，根据子节点元件与父节点装配体的相对位置，跟随父节点装配体一起移动（多级情况亦遵循该原则），子节点位置改变后，父节点不随之改变。

名称: 装配体

几何 | 属性 | 网格 | 辐射 | 信息

位置

| | | | |
|---|---|---|----|
| X | 0 | ◇ | mm |
| Y | 0 | ◇ | mm |
| Z | 0 | ◇ | mm |

隐藏 抑制
 忽略几何体 轻量化

图 3-17 装配体几何参数设置

【属性】装配体可对其子节点的材料属性进行设置，装配体进行材料属性设置后，其子节点各元件默认继承父节点的材料属性，子节点元件更改属性后，则遵循子节点

自身的材料属性；具体材料属性介绍见第五章。



图 3-18 装配体属性设置页

【网格】装配体网格属性包括局部化网格设置及网格属性设置；当网格为基于区域：局部方法为基于区域，可选择是否局部化网格；当网格为基于八叉树：可选择基于区域或基于八叉树，局部方法选择基于区域，此时可设置是否局部化网格；局部方法选择基于八叉树，此时可设置最大加密等级，几何特征点是否硬化；网格属性见第五章介绍。

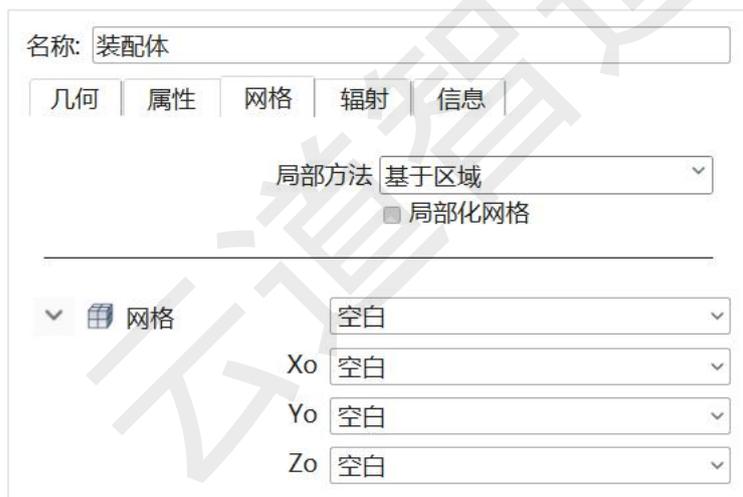


图 3-19 装配体网格设置

【辐射】装配体可对其子节点的辐射属性进行设置；装配体进行辐射属性设置后，其子节点各元件默认继承父节点的辐射属性；子节点元件更改属性后，则遵循子节点自身的辐射属性；辐射界面可进行辐射模型/太阳辐射模型/表面材料的辐射发射率、太阳辐射吸收率的提示；具体辐射属性介绍见第五章。



图 3-20 装配体辐射属性设置

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息；该处装配体信息与其子节点无关联，各自添加和显示；若多个元件同时选中进行编辑，则各元件显示相同信息；多个不同信息元件同时选中，信息界面显示第一个被选中元件的信息。



图 3-21 装配体信息设置

1.2.2. 立方体

立方体可设置参数包括：几何、属性、网格、辐射、信息，分别点击对应 Tab 页进行属性及参数设置，具体如下：

【几何】分别设置 X/Y/Z 方向的位置和 $X_0/Y_0/Z_0$ 方向尺寸。



图 3-22 立方体几何参数设置

【属性】分别设置体热属性、材料属性、表面材料属性，各属性具体设置参考第五章；表面材料可设置 $\pm X_o/\pm Y_o/\pm Z_o$ 六个面，若立方体带孔，则为 $\pm X_o/\pm Y_o/\pm Z_o$ /孔，七个面。



图 3-23 几何属性设置页

【网格】立方体网格属性包括局部化网格设置及网格属性设置；当网格为基于区域：局部方法为基于区域，可选择是否局部化网格；当网格为基于八叉树：可选择基于区域或基于八叉树，局部方法选择基于区域，此时可设置是否局部化网格；局部方

法选择基于八叉树，此时可设置最大加密等级，几何特征点是否硬化；网格属性见第五章介绍。



图 3-24 立方体网格设置

【辐射】设置立方体辐射属性；辐射属性可设置 $\pm X_o/\pm Y_o/\pm Z_o$ 六个面，若立方体带孔，则为 $\pm X_o/\pm Y_o/\pm Z_o$ /孔，七个面；辐射界面可进行辐射模型/太阳辐射模型/表面材料的辐射发射率、太阳辐射吸收率的提示；具体辐射属性介绍见第五章。



图 3-25 立方体辐射属性设置

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息；该处父节点和子节点无关联，各自添加和显示；若多个元件同时选中进行编辑，则各元件显示相同信息；多个不同信息元件同时选中，信息界面显示第一个被选中元件的信息。



图 3-26 立方体信息设置

【转换】对于 3 维立方体，模型树右键的元件转换功能，是将选中的立方体自动转换成器件元件，新建的器件继承立方体坐标、尺寸、基本设置（隐藏/抑制/忽略几何体）、网格、表面材料、功耗和辐射，原来的立方体自动“消失”。

对于器件继承的功耗，是指立方体属性中热源设置的功耗，类型为总热功率，其他类型的功耗无法继承。

新建的器件按照器件默认的创建方式创建，器件的厚度继承立方体 Z_0 方向的尺寸，顶层厚度和底层厚度均匀分配总厚度，器件的贴板侧为 Z_0 的负方向。

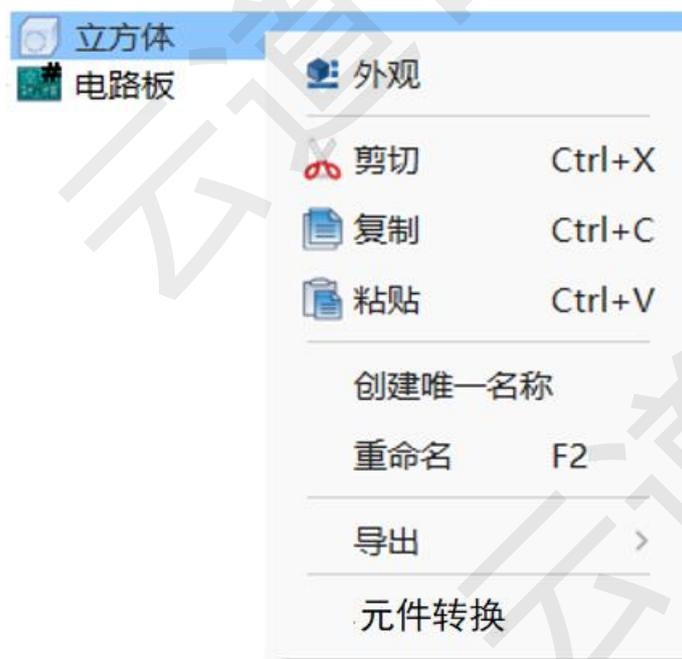


图 3-27 立方体转换器件操作设置

1.2.3. 平面

平面可设置参数包括：几何、属性、网格、辐射、信息，分别点击对应 Tab 页进行属性及参数设置，具体如下：

【几何】分别设置 X/Y/Z 方向的位置、Xo/Yo 方向尺寸、有效厚度。

| 名称: 平面 | |
|--------|-------------------|
| 几何 | 属性 网格 辐射 信息 |
| 位置 | |
| X | 0 mm |
| Y | 0 mm |
| Z | 0 mm |
| 尺寸 | |
| Xo | 40 mm |
| Yo | 40 mm |
| Zo | 1 mm |

图 3-28 平面几何参数设置

【属性】设置材料属性、表面材料属性，具体参考第五章；表面材料可设置 $\pm Z_0$ 两个面。

| 名称: 平面 | |
|---------|-------------------|
| 几何 | 属性 网格 辐射 信息 |
| 材料 | 空白 |
| > 表面材料 | 空白 |
| 热源 | 空白 |
| > 表面热交换 | 空白 |
| > 壁面边界 | 空白 |

图 3-29 平面属性设置页

【网格】平面网格属性见第五章介绍。



图 3-30 平面网格属性设置

【辐射】设置平面辐射属性；辐射属性可设置±Zo 两个面；辐射界面可进行辐射模型/太阳辐射模型/表面材料的辐射发射率、太阳辐射吸收率的提示；具体辐射属性介绍见第五章。



图 3-31 平面辐射属性设置

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息；该处父节点和子节点无关联，各自添加和显示；若多个元件同时选中进行编辑，则各元件显示相同信息；多个不同信息元件同时选中，信息界面显示第一个被选中元件的信息。



图 3-32 平面信息设置

1.2.1. 孔

孔可设置参数包括：几何、属性、网格、信息，分别点击对应 Tab 页进行属性及参数设置，具体如下：



孔的几何设置界面

【几何】

- (1) 分别设置 X_o/Y_o 方向的相对位置、孔的长宽方向尺寸（长宽根据孔的方向定，如方向为 Z_o ，则长宽分别为 X_o/Y_o ）。
- (2) 孔元件只能基于立方体、平面、机箱侧壁、薄壁机箱侧壁建立。
- (3) 孔的厚度方向尺寸不能编辑，基于立方体建立，则厚度为孔方向的立方体尺寸；基于机箱建立，则孔的厚度方向尺寸为机箱厚度；基于平面或薄壁机箱，则孔的厚度方向尺寸为 0。

【属性】 替代孔方式可选择“开放空间、材料、阻尼”三种。开放空间表示该孔的区域以求解域流体填充；选择材料时，该孔的某些区域使用立方体或平面替代；选择阻尼时，该孔的某些区域使用流动阻尼或平面阻尼替代；可设置建模类型、替换位置、厚度等定义替换的位置与尺寸。

【网格】 立方体网格属性包括局部化网格设置及网格属性设置；当网格为基于区域：局部方法为基于区域，可选择是否局部化网格；当网格为基于八叉树：可选择基于区域或基于八叉树，局部方法选择基于区域，此时可设置是否局部化网格；局部方

法选择基于八叉树，此时可设置最大加密等级，几何特征点是否硬化；网格属性见第五章介绍。



图 3-33 孔网格设置

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息；该处父节点和子节点无关联，各自添加和显示；若多个元件同时选中进行编辑，则各元件显示相同信息；多个不同信息元件同时选中，信息界面显示第一个被选中元件的信息。



图 3-34 孔信息设置

1.2.4. 棱柱

棱柱可设置参数包括：几何、属性、网格、辐射、信息，分别点击对应 Tab 页进行属性及参数设置，具体如下：

【几何】分别设置 X/Y/Z 方向的位置和 Xo/Yo/Zo 方向尺寸。



图 3- 35 棱柱几何参数设置

【属性】可设置体热属性、材料属性、表面材料属性、壁面热属性，具体参考第五章；表面材料可设置-Xo/-Yo/±Zo/斜面 5 个面。



图 3- 36 棱柱属性设置

【网格】棱柱网格属性包括局部化网格设置及网格属性设置；当网格为基于区域：局部方法为基于区域，可选择是否局部化网格；当网格为基于八叉树：可选择基于区域或基于八叉树，局部方法选择基于区域，此时可设置是否局部化网格；局部方法选择基于八叉树，此时可设置最大加密等级，几何特征点是否硬化；网格属性见第五章

介绍。



图 3-37 棱柱网格设置

【辐射】设置棱柱辐射属性；辐射属性可设置 $-Xo/-Yo/\pm Zo$ /斜面 5 个面；辐射界面可进行辐射模型/太阳辐射模型/表面材料的辐射发射率、太阳辐射吸收率的提示；具体辐射属性介绍见第五章。



图 3-38 棱柱辐射属性设置

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息；该处父节点和子节点无关联，各自添加和显示；若多个元件同时选中进行编辑，则各元件显示相同信息；多个不同信息元件同时选中，信息界面显示第一个被选中元件的信息。



图 3-39 棱柱信息设置

1.2.5.四面体

四面体可设置参数包括：几何、属性、网格、辐射、信息，分别点击对应 Tab 页进行属性及参数设置，具体如下：

【几何】 分别设置 X/Y/Z 方向的位置和 Xo/Yo/Zo 方向尺寸。



图 3-40 四面体几何参数设置

【属性】 设置元件的体热属性、材料属性、表面材料属性，具体参考第五章；表面材料可设置-Xo/-Yo/-Zo/斜面 4 个面。



图 3- 41 四面体属性页设置

【网格】四面体网格属性包括局部化网格设置及网格属性设置；

当网格为基于区域：局部方法为基于区域，可选择是否局部化网格；当网格为基于八叉树：可选择基于区域或基于八叉树，局部方法选择基于区域，此时可设置是否局部化网格。局部方法选择基于八叉树，此时可设置最大加密等级，几何特征点是否硬化。

网格属性见第五章介绍。



图 3- 42 四面体网格设置

【辐射】设置四面体辐射属性；辐射属性可设置-Xo/-Yo/-Zo/斜面 4 个面；辐射界面可进行辐射模型/太阳辐射模型/表面材料的辐射发射率、太阳辐射吸收率的提示；具体辐射属性介绍见第五章。



图 3- 43 四面体辐射设置

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息；该处父节点和子节点无关联，各自添加和显示；若多个元件同时选中进行编辑，则各元件显示相同信息；多个不同信息元件同时选中，信息界面显示第一个被选中元件的信息。

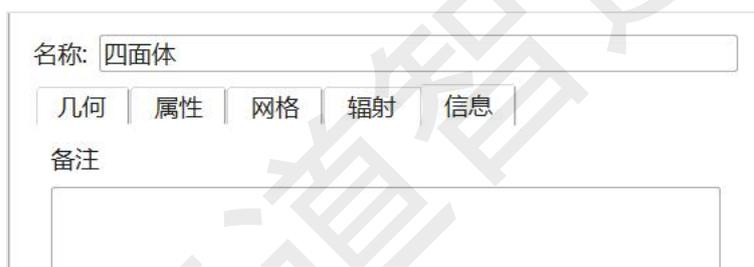


图 3- 44 四面体信息设置

1.2.6. 圆柱体

圆柱体可设置参数包括：几何、属性、网格、辐射、信息，分别点击对应 Tab 页进行属性及参数设置，具体如下：

【几何】分别设置 X/Y/Z 方向的位置，长度、半径方向尺寸，设置细分等级面。



名称: 圆柱体

几何 | 属性 | 网格 | 辐射 | 信息

位置

X 0 mm

Y 0 mm

Z 0 mm

尺寸

半径 20 mm

长度 40 mm

圆柱面细分等级 12等分面

隐藏 抑制

忽略几何体

图 3- 45 圆柱体几何参数设置

【属性】分别设置体热属性、材料属性、表面材料属性，各属性具体设置参考第五章。



名称: 圆柱体

几何 | 属性 | 网格 | 辐射 | 信息

材料 空白

表面材料 空白

热源 空白

图 3- 46 圆柱体属性页设置

【网格】圆柱体网格属性包括局部化网格设置及网格属性设置；当网格为基于区域：局部方法为基于区域，可选择是否局部化网格；当网格为基于八叉树：可选择基于区域或基于八叉树，局部方法选择基于区域，此时可设置是否局部化网格；局部方法选择基于八叉树，此时可设置最大加密等级，几何特征点是否硬化；网格属性见第五章介绍。



图 3- 47 圆柱体网格设置

【辐射】设置圆柱体辐射属性；辐射界面可进行辐射模型/太阳辐射模型/表面材料的辐射发射率、太阳辐射吸收率的提示；具体辐射属性介绍见第五章。



图 3- 48 圆柱体辐射属性设置

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息；该处父节点和子节点无关联，各自添加和显示；若多个元件同时选中进行编辑，则各元件显示相同信息；多个不同信息元件同时选中，信息界面显示第一个被选中元件的信息。



图 3- 49 圆柱体信息设置

1.2.7. 斜面

斜面可设置参数包括：几何、属性、网格、辐射、信息，分别点击对应 Tab 页进行属性及参数设置，具体如下：

【几何】设置斜面类型：厚/薄，默认为厚；设置构造方式：角度/边长

- (1) 构造方式为角度：分别设置 X/Y/Z 方向的位置，长 X_o 、宽 Y_o 、厚度 Z_o 方向尺寸，旋转轴（ X_o/Y_o /无），旋转轴为 X_o/Y_o 时，可设置角度，旋转轴为无时，不可设置角度。
- (2) 构造方式为边长：选择基准边（ X_o/Y_o ），分别设置基准边长度、对边长度、临边长度，X/Y/Z 方向位置，厚度 Z_o 尺寸。

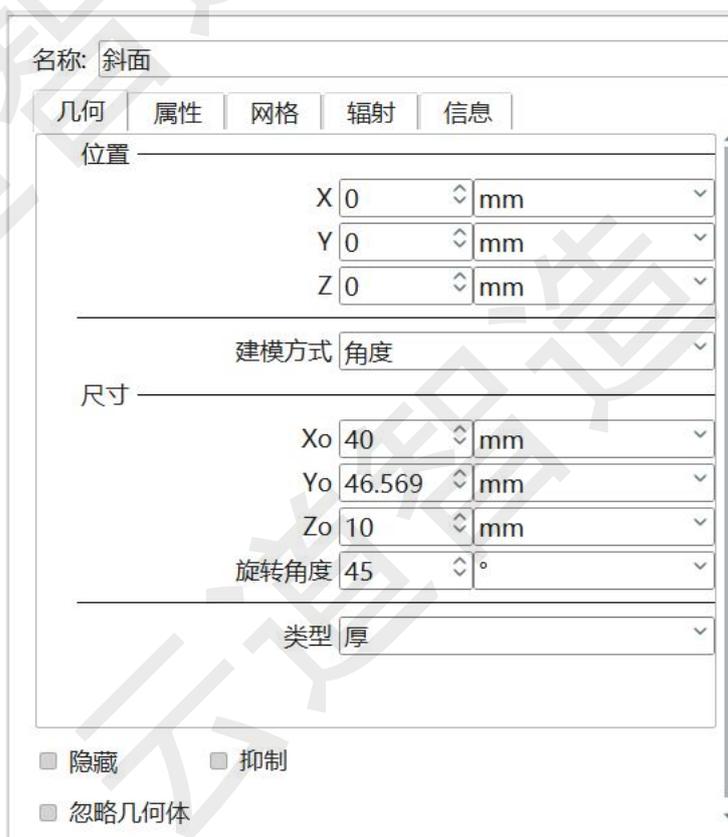
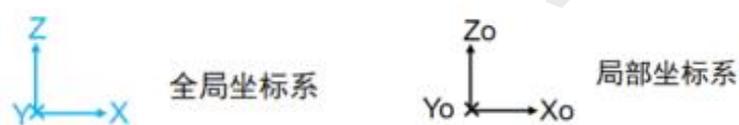


图 3- 50 斜面几何参数设置

以下是斜面导热率在全局坐标系和局部坐标系中转换的逻辑：

假定斜面的全局坐标系的导热率为 $X_conductivity$ 、 $Y_conductivity$ 、 $Z_conductivity$ ，在局部坐标系的导热率为 $X_o_conductivity$ 、 $Y_o_conductivity$ 、 $Z_o_conductivity$ ，如下图所示：



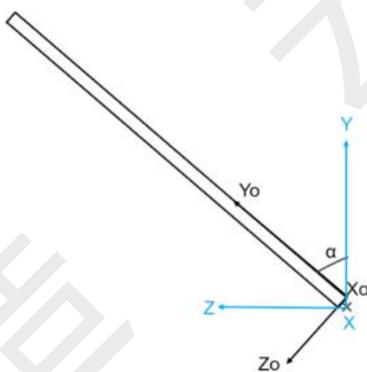


图 3- 51 斜面全局坐标系与局部坐标系示意图

则全局坐标系和局部导热率之间的转换公式为；

$$X_conductivity=Xo_conductivity$$

$$Y_conductivity=Yo_conductivity*\cos(\alpha)-Zo_conductivity*\sin(\alpha)$$

$$Z_conductivity=Yo_conductivity*\sin(\alpha)+Zo_conductivity*\cos(\alpha)$$

【属性】分别设置材料属性、表面材料属性，各属性具体设置参考第五章；

【网格】斜面网格属性包括局部化网格设置及网格属性设置；当网格为基于区域：局部方法为基于区域，可选择是否局部化网格；当网格为基于八叉树：可选择基于区域或基于八叉树，局部方法选择基于区域，此时可设置是否局部化网格；局部方法选择基于八叉树，此时可设置最大加密等级，几何特征点是否硬化；网格属性见第五章介绍。



图 3- 52 斜面网格设置

【辐射】设置斜面辐射属性；辐射界面可进行辐射模型/太阳辐射模型/表面材料

的辐射发射率、太阳辐射吸收率的提示；具体辐射属性介绍见第五章。



图 3- 53 斜面辐射属性设置

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息；该处父节点和子节点无关联，各自添加和显示；若多个元件同时选中进行编辑，则各元件显示相同信息；多个不同信息元件同时选中，信息界面显示第一个被选中元件的信息。



图 3- 54 斜面信息设置

1.2.8.管道

管道可设置参数包括：几何、属性、网格、辐射、信息，分别点击对应 Tab 页进行属性及参数设置，具体如下：

【几何】分别设置 X/Y/Z 方向的位置，内直径、外直径、长度的尺寸；可选择截面类型：矩形/圆形；可选择是否弯曲：否（默认）：无相关参数设置，是：轴向设置（ $\pm X_0/\pm Y_0$ ）、弯曲角度（圆形管道可设置）、曲率、弯曲半径。

| | |
|---|-------------------|
| 名称: 管道 | |
| 几何 | 属性 网格 辐射 信息 |
| 位置 | |
| X | 0 mm |
| Y | 0 mm |
| Z | 0 mm |
| 截面形状 矩形 | |
| 尺寸 | |
| 内径 | 20 mm |
| 外径 | 40 mm |
| 长度 | 40 mm |
| <input type="checkbox"/> 隐藏 <input type="checkbox"/> 抑制 <input type="checkbox"/> 忽略几何体 | |

图 3- 55 管道几何参数设置

管道弯曲模式下几何模型如下所示：

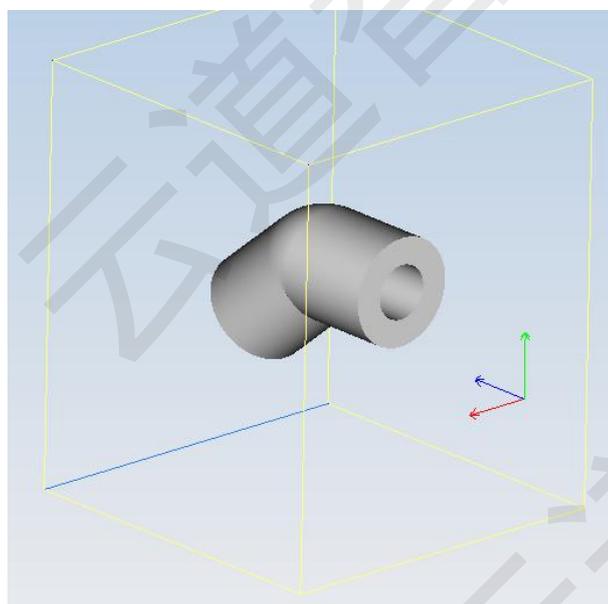


图 3- 56 管道弯曲几何模型

【属性】 分别设置体热属性、材料属性、表面材料属性，表面材料、壁面热属性可设置"内壁面、外壁面、Zo"3 个面，各属性具体设置参考第五章。



图 3- 57 管道属性页设置

【网格】管道网格属性包括局部化网格设置及网格属性设置。

当管道为矩形时，网格为基于区域：局部方法为基于区域，可选择是否局部化网格；网格为基于八叉树：可选择基于区域或基于八叉树，局部方法选择基于区域，此时可设置是否局部化网格；局部方法选择基于八叉树，此时可设置最大加密等级，几何特征点是否硬化；网格属性见第五章介绍。

当管道为圆形时：只能基于八叉树方式剖分网格。



图 3- 58 管道网格设置

【辐射】设置管道辐射属性；辐射属性可设置“内壁面、外壁面、Z”3个面；辐射界面可进行辐射模型/太阳辐射模型/表面材料的辐射发射率、太阳辐射吸收率的提示；具体辐射属性介绍见第五章。



图 3- 59 管道辐射属性设置

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息；该处父节点和子节点无关联，各自添加和显示；若多个元件同时选中进行编辑，则各元件显示相同信息；多个不同信息元件同时选中，信息界面显示第一个被选中元件的信息。



图 3- 60 管道信息设置

1.2.9. 机箱

机箱分为父节点和子节点，分别如下所示：

(1) 父节点

机箱父节点可设置参数包括：几何、属性、网格、辐射、信息，分别点击对应 Tab 页进行属性及参数设置，具体如下：

【几何】分别设置 X/Y/Z 方向的位置， $X_o/Y_o/Z_o$ 方向尺寸，壁面厚度；尺寸定义方式外框尺寸/内框尺寸，默认外框尺寸；定义为外框尺寸时，尺寸描述的是框外部的距离，定义为内框尺寸时，尺寸表示的是框内部的距离；

机箱类型为薄/厚，默认为薄壁机箱。可通过切换机箱类型实现薄壁机箱和厚壁机箱。

右键可以选择对机箱进行打散操作，打散后的机箱结构与现有的结构保持一致。

机箱打散是将机箱的侧壁和机箱节点打散，打散后的侧壁与立方体一样，可以单独编辑或删除。对于侧壁带孔的情况，可先将机箱打散成立方体带孔，然后在将立方体带孔打散成立方体。

图 3- 61 机箱父节点几何参数设置

【属性】分别设置机箱的材料属性、表面材料属性，各属性具体设置参考第五章；

图 3- 62 机箱父节点属性页设置

【网格】机箱父节点网格属性包括局部化网格设置及网格属性设置；当网格为基于区域：局部方法为基于区域，可选择是否局部化网格；当网格为基于八叉树：可选择基于区域或基于八叉树，局部方法选择基于区域，此时可设置是否局部化网格；局部方法选择基于八叉树，此时可设置最大加密等级，几何特征点是否硬化；网格属性

见第五章介绍。

名称: 机箱

几何 | 属性 | 网络 | 辐射 | 信息

局部方法: 基于区域
 局部化网格

网格: 机箱网格

Xo: 机箱网格

Yo: 机箱网格

Zo: 机箱网格

图 3- 63 机箱父节点网格设置

【辐射】设置机箱父节点辐射属性；辐射界面可进行辐射模型/太阳辐射模型/表面材料的辐射发射率、太阳辐射吸收率的提示；具体辐射属性介绍见第五章。

名称: 机箱

几何 | 属性 | 网络 | 辐射 | 信息

辐射: 空白

图 3- 64 机箱父节点属性页设置

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息；该处父节点和子节点无关联，各自添加和显示；若多个元件同时选中进行编辑，则各元件显示相同信息；多个不同信息元件同时选中，信息界面显示第一个被选中元件的信息；

名称: 机箱

几何 | 属性 | 网络 | 辐射 | 信息

备注

图 3- 65 机箱父节点信息设置

(2) 子节点（机箱侧壁）

机箱子节点可设置参数包括：几何、属性、网格、辐射、信息，分别点击对应

Tab 页进行属性及参数设置，具体如下：

【几何】可设置侧壁厚度定义方式：机箱（与父节点定义的壁厚相同），自定义（用户单独定义某个侧壁的厚度）；子节点元件的位置参数以其父节点装配体位置参数作为参考，根据子节点元件与父节点装配体的相对位置，跟随父节点装配体一起移动。



图 3- 66 机箱侧壁几何参数设置

【属性】分别设置机箱子节点（侧壁）的材料属性、表面材料属性、热源属性和表面热交换属性，各属性具体设置参考第五章。



图 3- 67 机箱侧壁属性页设置

【辐射】设置机箱子节点辐射属性；辐射界面可进行辐射模型/太阳辐射模型/表面材料的辐射发射率、太阳辐射吸收率的提示；具体辐射属性介绍见第五章。



图 3- 68 机箱子节点辐射属性设置

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息；该处父节点和子节点无关联，各自添加和显示；若多个元件同时选中进行编辑，则各元件显示相同信息；多个不同信息元件同时选中，信息界面显示第一个被选中元件的信息。



图 3- 69 机箱子节点信息设置

1.2.10. 自动寻路

自动寻路功能通过点的连接创建管路，点击自动寻路图标，弹出如下窗口：

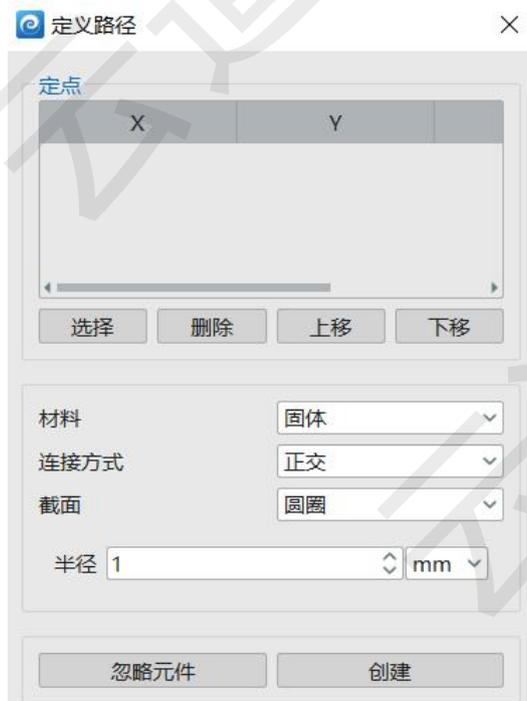


图 3- 70 自动寻路设置窗口

通过【激活】选择项，在视图区或项目树进行选择（视图区可选择面、点，项目树可选择体），选择体（点在体中心），选择面（点在面中心），选择点。

删除键可删除选择过的点，上下移动可调整点的顺序，材料可选择固体材料或流动阻尼；选择固体材料后，生成管路为固体元件；选择流动阻尼后，生成管路为阻尼元件；连接方式可选择正交或直连：正交：管路以垂直连接方式进行创建；直连：管路以适合线路的曲率直接相连。

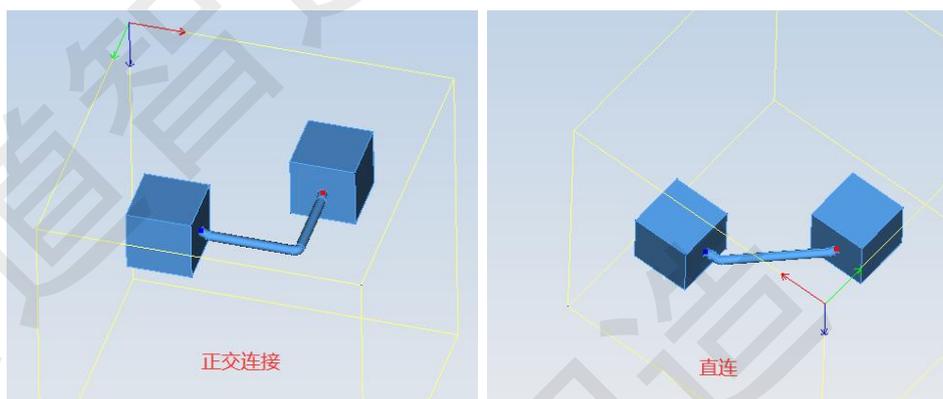


图 3- 71 正交连接与直连

【截面形式】可选择：圆/矩形/环形；圆：设置半径；矩形：设置长/宽；环形：设置内半径/外半径。



图 3- 72 不同类型管路

【忽略元件】：选择被忽略的元件后，管路可忽略元件阻挡，直接穿过被忽略元件。

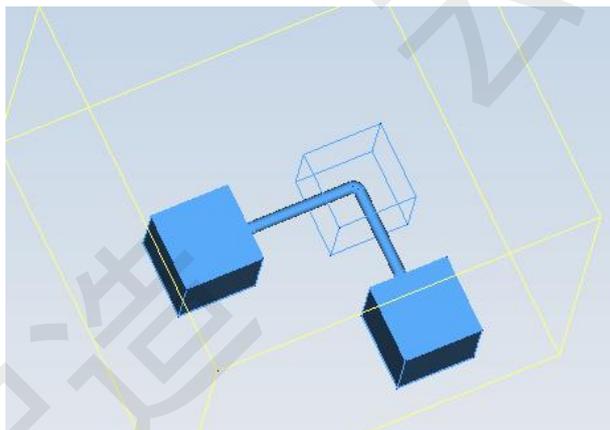


图 3-73 忽略元件模式

自动寻路元件创建完成后，可设置其几何、属性、网格、信息相关参数，具体如下：

【几何】设置其 X/Y/Z 方向位置，截面尺寸（参考截面形式描述），结构线设置；其中结构线设置可设置其显隐以及对齐编辑。

| | |
|--------------------------------|-----------------------------|
| 名称: 自动寻路 | |
| 几何 | 属性 网格 信息 |
| 位置 | |
| X | 0 mm |
| Y | 0 mm |
| Z | 0 mm |
| 横截面 圆形 | |
| 半径 | 1 mm |
| <input type="checkbox"/> 显示结构线 | |
| 编辑结构线 | 编辑 |
| <input type="checkbox"/> 隐藏 | <input type="checkbox"/> 抑制 |
| <input type="checkbox"/> 忽略几何体 | |

图 3-74 自动寻路元件几何参数设置

【属性】当其属性为固体时，设置自动寻路的材料属性；当属性为阻尼时，设置流动阻尼属性，各属性具体设置参考第五章。



图 3-75 管路（自动寻路元件）属性设置

【网格】管路（自动寻路元件）只支持八叉树网格剖分方式。



图 3-76 管路（自动寻路元件）网格设置

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息；该处父节点和子节点无关联，各自添加和显示；若多个元件同时选中进行编辑，则各元件显示相同信息；多个不同信息元件同时选中，信息界面显示第一个被选中元件的信息。



图 3-77 管路（自动寻路元件）信息设置

1.2.11. 球体

球体可设置参数包括：几何、属性、网格、辐射、信息，分别点击对应 Tab 页进

行属性及参数设置，具体如下：

【几何】分别设置 X/Y/Z 方向的位置，直径的尺寸。

名称: 球体

| 几何 | 属性 | 网格 | 辐射 | 信息 |
|----|----|----|----|----|
| 位置 | | | | |
| X | 0 | mm | | |
| Y | 0 | mm | | |
| Z | 0 | mm | | |
| 尺寸 | | | | |
| 直径 | 40 | mm | | |

隐藏 抑制
 忽略几何体

图 3- 78 球体几何参数设置

【属性】分别设置热源属性、材料属性、表面材料属性，各属性具体设置参考第五章。

名称: 球体

| 几何 | 属性 | 网格 | 辐射 | 信息 |
|----|-------|----|----|----|
| | 材料 | | 空白 | |
| | 表面材料 | | 空白 | |
| | 热源 | | 空白 | |
| | 表面热交换 | | 空白 | |

图 3- 79 球体属性页设置

【网格】球体网格属性包括局部化网格设置及网格属性设置；

球体只支持八叉树网格类型。无论全局网格是基于区域还是基于八叉树，局部方法为基于八叉树，此时可设置最大加密等级，几何特征点是否硬化；网格属性见第五章介绍。



图 3- 80 球体网格设置

【辐射】设置球体辐射属性；辐射界面可进行辐射模型/太阳辐射模型/表面材料的辐射发射率、太阳辐射吸收率的提示；具体辐射属性介绍见第五章。



图 3- 81 球体辐射属性设置

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息。



图 3- 82 球体信息设置

1.2.12. 圆锥体

圆锥体可设置参数包括：几何、属性、网格、辐射、信息，分别点击对应 Tab 页进行属性及参数设置，具体如下：

【几何】分别设置 X/Y/Z 方向的位置，高度和底部直径的尺寸。



图 3- 83 圆锥体几何参数设置

【属性】分别设置热源属性、材料属性、表面材料属性，各属性具体设置参考第五章。



图 3- 84 圆锥体属性页设置

【网格】圆锥体网格属性包括局部化网格设置及网格属性设置。

圆锥体只支持八叉树网格类型。无论全局网格是基于区域还是基于八叉树，局部方法为基于八叉树，此时可设置最大加密等级，几何特征点是否硬化；网格属性见第五章介绍。



图 3- 85 圆锥体网格设置

【辐射】设置圆锥体辐射属性；辐射界面可进行辐射模型/太阳辐射模型/表面材料的辐射发射率、太阳辐射吸收率的提示；具体辐射属性介绍见第五章。



图 3- 86 圆锥体辐射属性设置

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息。



图 3- 87 圆锥体信息设置

1.3. 电器相关元件介绍

1.3.1. 电路板

电路板可设置参数包括：几何、构成、网格、辐射、等效材料、信息，分别点击对应选项进行属性及参数设置，具体如下：

【几何】分别设置 X/Y/Z 方向的位置， $X_o/Y_o/Z_o$ 方向的尺寸；子节点元件的位置参数以其父节点位置参数作为参考，根据子节点元件与父节点的相对位置，跟随父节

点装配体一起移动。



名称: 电路板

几何 | 构成 | 网格 | 辐射 | 等效材料 | 信息

位置

X 0 mm

Y 0 mm

Z 0 mm

尺寸

Xo 40 mm

Yo 40 mm

Zo 1.6 mm

隐藏 抑制

忽略几何体

图 3-88 电路板几何参数设置

【构成】设置电路板的建模方式、导电材料、绝缘材料、PCB 组分、表面材料以及铜层功耗建模。

建模方式分为**导热**和**非导热**两种，默认为导热方式。导热 PCB 主要用于自然对流仿真中，非导热 PCB 主要用于强制对流情况中。当设置为导热时，电路板的构成界面如下图所示，导电材料、绝缘材料均为固体材料属性，PCB 板组分为组分设置，具体参考第五章。



名称: 电路板

几何 | 构成 | 网格 | 辐射 | 等效材料 | 信息

建模方式 导热

PCB组分 空白

绝缘材料 FR4

导电材料 Copper(Pure)

表面材料 空白

铜层功耗建模 编辑

图 3-89 电路板构成参数设置-导热

当设置为非导热时，电路板的界面如下图所示。

名称: 电路板

几何 构成 网格 辐射 等效材料 信息

建模方式 非导热

散发至空气热量百分比 10 %

顶层粗糙度 0 mm

底层粗糙度 0 mm

关键元件高度

表面材料 空白

图 3- 90 电路板构成参数设置-非导热

散发至空气热量百分比：表示 PCB 板的热量散发至空气中的热量占 PCB 上总热量的百分比。

例：如 PCB 等效材料中，PCB 的总功耗为 5W，散发至赋予侧空气热量百分比为 10%，则散热至赋予侧空气中的热量为 $5 \times 10\% = 0.5W$ ，散发至 PCB 另一侧的热量的百分比是 90%。热量为 $5 \times 90\% = 4.5W$ 。

顶层粗糙度：主要用于研究组件引起的表面摩擦的影响。该粗糙度对应于 PCB 顶面板载器件的平均高度。当粗糙度高度设置为 0 时，PCB 的表面在流体动力学上是光滑的。

底层粗糙度：类似于“顶层粗糙度高度”。该粗糙度对应于 PCB 底面板载器件的平均高度。

粗糙度用于表示有效表面粗糙度，该粗糙度与 PCB 表面上方的板载器件的平均高度有关。

关键器件高度：勾选此选项，表示保留板载器件平均高度，不勾选则移除板载器件平均高度。

导电材料、绝缘材料均为固体材料属性，PCB 板组分为组分设置，具体参考第五章。

【网格】电路板网格属性包括局部化网格设置及网格属性设置；当网格为基于区

域：局部方法为基于区域，可选择是否局部化网格；当网格为基于八叉树：可选择基于区域或基于八叉树，局部方法选择基于区域，此时可设置是否局部化网格；局部方法选择基于八叉树，此时可设置最大加密等级，几何特征点是否硬化；网格属性见第五章介绍。

电路板网格属性中，默认 Z 方向为 PCB Z 网格属性。



图 3-91 电路板网格设置

【辐射】设置电路板辐射属性；辐射界面可进行辐射模型/太阳辐射模型/表面材料的辐射发射率、太阳辐射吸收率的提示；具体辐射属性介绍见第五章。



图 3-92 电路板辐射页属性设置

【等效材料】查看电路板等效材料，等效材料根据构成中的材料组成、组分以及板载器件的参数得出，仅能查看不可编辑。

| | | | | | |
|---------|--------|-------------------|----|------|----|
| 名称: 电路板 | | | | | |
| 几何 | 构成 | 网格 | 辐射 | 等效材料 | 信息 |
| 总功耗 | 0 | W | | | |
| 顶层平均高度 | 0 | mm | | | |
| 顶层覆盖率 | 0 | | | | |
| 底层平均高度 | 0 | mm | | | |
| 底层覆盖率 | 0 | | | | |
| 导热系数 | | | | | |
| Xo | 常值 | | | | |
| | 38.77 | W/(m*K) | | | |
| Yo | 常值 | | | | |
| | 38.77 | W/(m*K) | | | |
| Zo | 常值 | | | | |
| | 0.3333 | W/(m*K) | | | |
| 比热容 | | | | | |
| | 常值 | | | | |
| | 655.96 | J/(kg*K) | | | |
| 密度 | | | | | |
| | 常值 | | | | |
| | 1973 | kg/m ³ | | | |

图 3- 93 电路板等效材料查看

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息；该处父节点和子节点无关联，各自添加和显示；若多个元件同时选中进行编辑，则各元件显示相同信息；多个不同信息元件同时选中，信息界面显示第一个被选中元件的信息。

| | | | | | |
|---------|----|----|----|------|----|
| 名称: 电路板 | | | | | |
| 几何 | 构成 | 网格 | 辐射 | 等效材料 | 信息 |
| 备注 | | | | | |
| | | | | | |

图 3- 94 电路板信息设置

【转换板载器件】右键点击 PCB 板，选择【批量转换板载器件】，弹出窗口，选择与 PCB 板接触的立方体，点击应用即可将选中的立方体转换成板载器件。

因为板载器件是依附于 PCB，所以首先需要先选中目标 PCB，然后激活板载器件转换窗口，可通过视图区点选、模型树多选等方式将需要转换的立方体选中，在转换过程中，如果立方体与 PCB 接触，可直接转换成板载器件，同时原来的立方体“消

失”，如果立方体与 PCB 没有接触，则无法直接转换成板载器件，同时会在信息窗口输出转换失败的信息。

转换生成的板载器件是目标 PCB 的子级，板载器件继承立方体的坐标、尺寸、基本状态（隐藏/抑制/忽略几何体）、材料、表面材料、功耗、网格、辐射。

板载器件继承的功耗是立方体热源的功耗，类型为总热功率。其他类型不支持继承。

多选 PCB 时，不显示该功能。



图 3- 95 电路板信息设置



图 3- 96 电路板信息设置

1.3.2.板载器件

板载器件可设置参数包括：几何、属性、网格、信息，分别点击对应 Tab 页进行属性及参数设置，具体如下：

【几何】电路板上方位：上/下（以 Zo 正方向面为上），可设置相对位置 Xo/Yo，X/Y/Z 方向的位置不可编辑，起提示作用；长 Xo/宽 Yo/高 Zo 方向尺寸；模型类型：可选“实体元件”、“离散针脚”、“覆盖整板”，选项是实体元件，会有属性 tab 页，可设置双热阻模型、体热属性、材料，选项为“离散针脚”，板载器件转为贴在 PCB 板上的平面源项，大小是其自身参数 Xo、Yo，选项为“覆盖整板”，板载器件为覆盖整个 PCB 板的平面源项；阵列：Xo/Yo 方向数量和偏移量。

名称: 板载器件

几何 | 属性 | 网格 | 辐射 | 信息

电路板上方位 上表面

相对位置

Xo 0 mm

Yo 0 mm

尺寸

长 Xo 10 mm

宽 Yo 10 mm

高 Zo 10 mm

模型类型 实体元件

阵列

Xo数量 1

Yo数量 1

Xo偏移 10 mm

Yo偏移 10 mm

隐藏 抑制

忽略几何体

图 3- 97 板载器件几何参数设置

【属性】在板载器件设置为“实体元件”可调用，设置元件的物理属性，包括：体

热属性、双热阻属性、材料属性，具体参考第五章。

名称: 板载器件

几何 属性 网格 辐射 信息

功耗类型 常值

功耗 0 W

热阻

中心-PCB板热阻 0 K/W

中心-器件外壳热阻 0 K/W

中心-四周热阻 0 K/W

材料 Typical Plastic Package

表面材料 空白

图 3-98 板载器件属性页设置

【网格】板载器件网格属性包括局部化网格设置及网格属性设置；当网格为基于区域：局部方法为基于区域，可选择是否局部化网格；当网格为基于八叉树：可选择基于区域或基于八叉树，局部方法选择基于区域，此时可设置是否局部化网格；局部方法选择基于八叉树，此时可设置最大加密等级，几何特征点是否硬化；网格属性见第五章介绍。

名称: 板载器件

几何 属性 网格 辐射 信息

局部方法 基于八叉树

最大加密等级 0

几何特征点硬化

网格 空白

图 3-99 板载器件网格设置

【辐射】设置板载器件辐射属性；底面、侧面和上表面的辐射界面可进行辐射模型/太阳辐射模型/表面材料的辐射发射率、太阳辐射吸收率的提示；具体辐射属性介绍见第五章。

名称: 板载器件

几何 属性 网格 辐射 信息

辐射

底面 空白

侧面 空白

上表面 空白

图 3-100 板载器件辐射页属性设置

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息；该处父节点和子节点无关联，各自添加和显示；若多个元件同时选中进行编辑，则各元件显示相同信息；多个不同信息元件同时选中，信息界面显示第一个被选中元件的信息。

名称: 板载器件

几何 属性 网格 辐射 信息

备注

图 3- 101 板载器件信息设置

1.3.3. 器件

器件可设置参数包括：几何、属性、网格、辐射、信息，分别点击对应 Tab 页进行属性及参数设置，具体如下：

【几何】分别设置 X/Y/Z 方向的位置， $X_o/Y_o/Z_o$ 方向的尺寸，建模方式（双热阻、星型热阻）。

名称: 器件

几何 | 属性 | 网格 | 辐射 | 信息

位置

X 0 mm

Y 0 mm

Z 0 mm

尺寸

顶层厚度 20 mm

底层厚度 20 mm

总厚度 40 mm

Xo 40 mm

Yo 40 mm

建模方式 双热阻

隐藏 抑制

忽略几何体

图 3-102 器件几何参数设置

【属性】 设置元件的物理属性；设置热容、功耗、热阻、表面材料，表面材料属性设置见第五章；

热容：分别设置中心、器件到表面、器件到板侧热容（ $\text{mm}^2 \cdot \text{kg} / (\text{s}^2 \cdot \text{K})$ ）。

功耗：设置节点中心功耗（W）

热阻：分别设置中心到 PCB 板、中心到封装表面、中心到四周、引脚到 PCB 板（K/W）。

表面材料可设置六个面。



图 3- 103 器件属性页设置

【网格】器件网格属性包括局部化网格设置及网格属性设置；当网格为基于区域：局部方法为基于区域，可选择是否局部化网格；当网格为基于八叉树：可选择基于区域或基于八叉树，局部方法选择基于区域，此时可设置是否局部化网格；局部方法选择基于八叉树，此时可设置最大加密等级，几何特征点是否硬化；网格属性见第五章介绍。



图 3- 104 器件网格设置

【辐射】设置器件辐射属性；辐射界面可进行辐射模型/太阳辐射模型/表面材料的辐射发射率、太阳辐射吸收率的提示；具体辐射属性介绍见第五章。



图 3-105 器件辐射页属性设置

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息；该处父节点和子节点无关联，各自添加和显示；若多个元件同时选中进行编辑，则各元件显示相同信息；多个不同信息元件同时选中，信息界面显示第一个被选中元件的信息。



图 3-106 器件信息设置

1.3.4. 裸晶

裸晶可设置参数包括：几何、属性、网格、辐射、信息，分别点击对应 Tab 页进行属性及参数设置，具体如下：

【几何】分别设置 X/Y/Z 方向的位置， $X_o/Y_o/Z_o$ 方向的尺寸。



图 3-107 裸晶几何参数设置

【属性】设置元件的物理属性，包括：功耗、材料、表面材料。

【功耗】

- 1) 裸晶上方位：上方位/下方位；
- 2) 功耗分布：均匀分布（直接设置功耗值），如下图所示。



图 3- 108 裸晶属性设置

- 3) 非均匀分布：包含分布表格、分布矩阵和多边形分布。

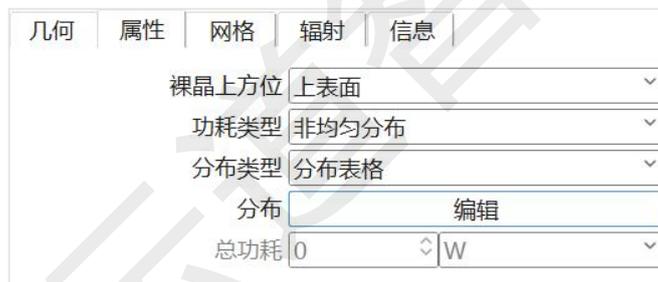


图 3- 109 裸晶非均匀分布

采用分布表格定义非均匀功耗：以表格形式逐个输入热源的 X 起始位置、X 终止位置、Y 起始位置、Y 终止位置、功率等参数；支持导入 CSV。

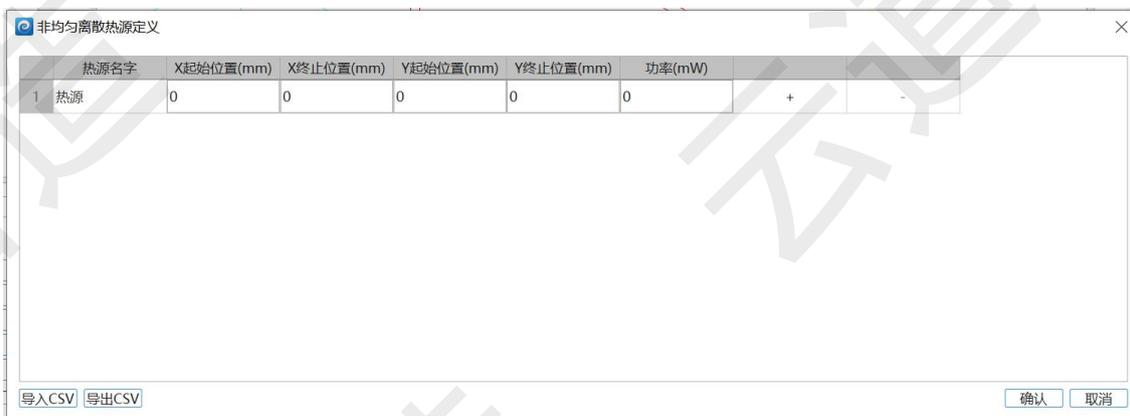


图 3- 110 分布表格定义非均匀功耗

矩阵分布将裸晶的完整表面均分成分成相同大小的热源，可单独对每个热源设置功耗值，如下图所示。

采用分布矩阵定义非均匀功耗：用户可设置 Xo 方向热源数量和 Yo 方向热源数量，以矩阵形式输入热源功率；支持导入 CSV。

| | 1 | 2 | 3 |
|---|-----|-----|-----|
| 1 | 120 | 330 | 560 |
| 2 | 108 | 550 | 320 |
| 3 | 220 | 220 | 337 |
| 4 | 450 | 126 | 546 |
| 5 | 118 | 771 | 188 |
| 6 | 269 | 530 | 360 |

图 3- 111 分布矩阵定义非均匀功耗

多边形热源用于定义正交多边形热源的同时，还可以定义热源之间的叠加（需要注意的是此类多边形热源的叠加仅适用于完全包含关系，不适用于部分相交），相互叠加部分的热源可以选择多边形显示或者四边形显示，对于重叠部分，按照层级关系，下一次的源在外形上“减去”上一次热源，在保持多边形热源形状发生变化的前提下，相应的功耗保持不变。具体的说明如下图所示。

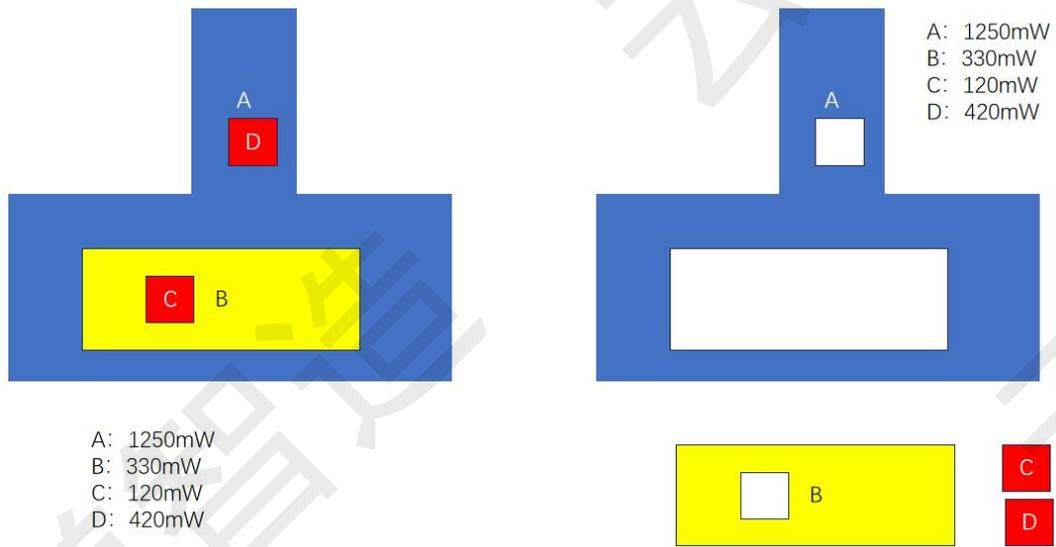


图 3- 112 多边形热源层叠原理

多边形热源的多边形显示如下图所示。

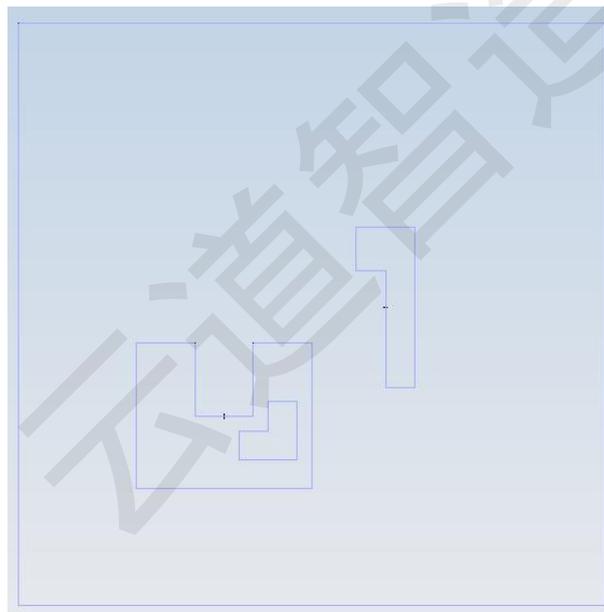


图 3- 113 裸晶多边形热源的多边形显示

多边形热源的四边形显示如下图所示。

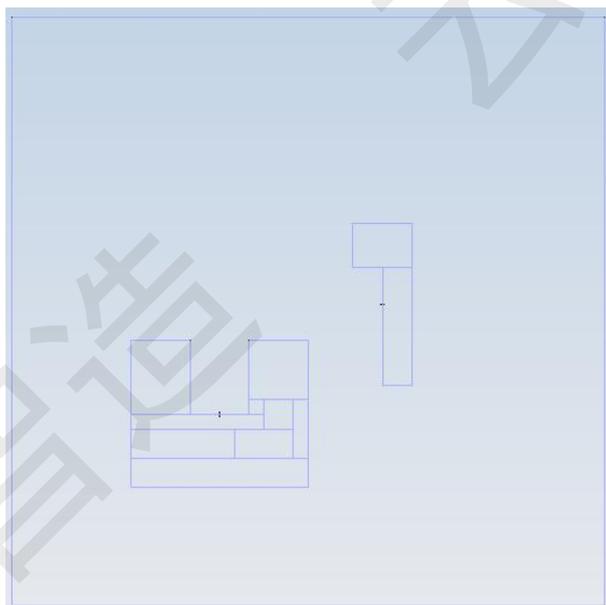


图 3- 114 裸晶多边形热源的四边形显示

材料、表面材料具体设置见第五章。



图 3- 115 非均匀模式下定义

【网格】裸晶网格属性包括局部化网格设置及网格属性设置；当网格为基于区域：局部方法为基于区域，可选择是否局部化网格；当网格为基于八叉树：可选择基于区域或基于八叉树，局部方法选择基于区域，此时可设置是否局部化网格；局部方法选择基于八叉树，此时可设置最大加密等级，几何特征点是否硬化；网格属性见第五章介绍。

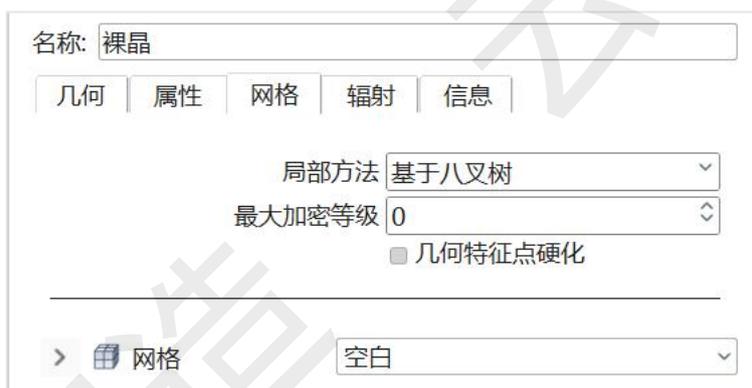


图 3- 116 裸晶网格设置

【辐射】设置裸晶辐射属性；辐射界面可进行辐射模型/太阳辐射模型/表面材料的辐射发射率、太阳辐射吸收率的提示；具体辐射属性介绍见第五章。

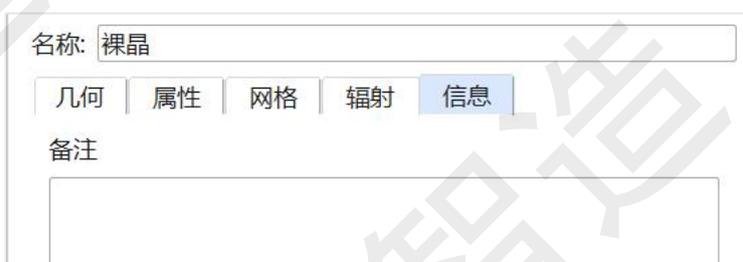


图 3- 117 裸晶辐射属性设置

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息；该处父节点和子节点无关联，各自添加和显示；若多个元件同时选中进行编辑，则各元件显示相同信息；多个不同信息元件同时选中，信息界面显示第一个被选中元件的信息。



图 3- 118 裸晶信息设置

【打散】用户可通过鼠标右键选中裸晶进行打散操作，打散后的裸晶继承了裸晶的网格设置，同时原来赋予裸晶表面的热源会打散成独立的平面源项，平面源项的形状和功能都会继承裸晶的设置。

1.3.5. 热阻网络

热阻网络模型是电子冷却仿真中的 IC 封装简化模型，具有良好的计算效率和计算精度。热阻网络模型的主要目的是精确地预测 IC 封装内少数位置的温度，无法预测整个封装的所有位置温度，它是 IC 元件在不同边界条件下响应的一种抽取。当获取到芯片封装的热阻网络后，就不需要建立芯片封装的详细内部模型，只需要按照它的热阻网络。

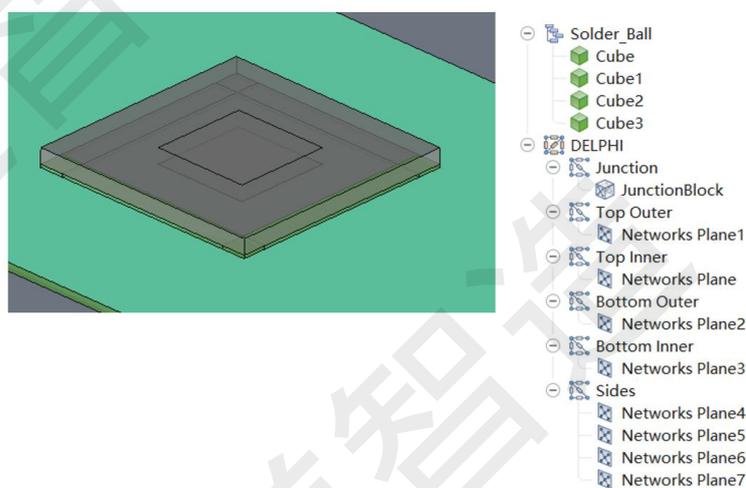


图 3- 119 热阻网络模型

(1) 热网络

点击菜单栏中的热网络元件，即可在模型树中创建热网络，热网络属性页面包含几何、属性、网格、信息。热网络是一个虚拟的“集成”，不是一个实际的元件。热网络下方添加热网络节点才可使用。

【几何】 页面设置热网络的 X/Y/Z 方向的位置，及热阻设置，可通过节点热阻编辑设置节点间热阻、节点热容、节点功耗。点击后方的“编辑”弹出输入窗口，点击“节点间热阻”后的“编辑”如图 3-118 所示，点击界面下的“+”可添加行，输入热网络节点间的热阻。

【网格】 页面、**【信息】** 页面设置与上文立方体元件相同。



图 3- 120 热网络设置窗口



图 3- 121 节点热阻设置窗口

(2) 热网络节点

在菜单栏中热网络节点默认为灰色不可用，需要选中模型树中的热网络才能激活热网络节点，给热网络添加热网络节点。用户可以在“名称”输入框内修改该热网络节点的名称。热网络节点设置窗口如图 3 所示，

【属性】页面下可编辑【节点功耗】和【节点热容】。

【信息】页面记录备注。

图 3- 122 热网络节点设置

(3) 热网络体

在菜单栏中热网络体默认为灰色不可用，需要选中模型树中的热网络节点才能激活热网络体，为该热网络节点添加热网络体对象。热网络体一般用来表征 IC 元件的几何，由于热网络模型的导热计算并不是按照常规的傅里叶导热方程实施的，所以热网络体的内部区域将不会产生 CFD 计算用的网格单元。

点击模型树中的节点打开热网络体的设置窗口，如图 3-120 所示，包含“几何”、“属性”、“网格”、“辐射”、“信息”五个标签页。

图 3- 123 热网络体设置窗口

用户可以在【名称】输入框内修改该热网络体的名称。

【几何】页可设置热网络体的位置和尺寸。

【属性】页可设置“表面材料”属性，属性功能与元件立方体类似。

【网格】、【辐射】、【信息】页的界面和设置也与立方体相同。

(4) 热网络面

在菜单栏中热网络面默认为灰色不可用，需要选中模型树中的热网络节点才能激活热网络面。热网络面表示热网络与外部环境热交换的表面，所以建立热功率热网络必须建立热网络面，若热网络面与热网络体在同一节点下，尽量使热网络面与热网络体的表面重合。热网络面的设置窗口如图 3-121 所示。

【几何】页，尺寸只有 X_0 、 Y_0 两个方向，与热网络体不同。

【属性】、【网格】、【辐射】、【信息】页面设置与热网络体相同。

图 3- 124 热网络面设置窗口

1.3.6. 基板

基板可设置参数包括：几何、属性、网格、辐射、信息，分别点击对应选项进行属性及参数设置，具体如下：

【几何】分别设置 X/Y/Z 方向的位置， $X_0/Y_0/Z_0$ 方向的尺寸；子节点元件的位置参数以其父节点位置参数作为参考，根据子节点元件与父节点的相对位置，跟随父节点装配体一起移动；



图 3-125 电路板几何参数设置

【属性】设置基板的 PCB 组分、绝缘材料、导电材料、表面材料。

基板的属性界面如下图所示，导电材料、绝缘材料均为固体材料属性，PCB 板组分为组分设置，具体参考第五章。



图 3-126 基板属性参数设置

【网格】基板网格属性包括局部化网格设置及网格属性设置；当网格为基于区域：局部方法为基于区域，可选择是否局部化网格；当网格为基于八叉树：可选择基于区域或基于八叉树，局部方法选择基于区域，此时可设置是否局部化网格；局部方法选择基于八叉树，此时可设置最大加密等级，几何特征点是否硬化；网格属性见第五章

介绍。



图 3-127 基板网格设置

【辐射】设置基板辐射属性；辐射界面可进行辐射模型/太阳辐射模型/表面材料的辐射发射率、太阳辐射吸收率的提示；具体辐射属性介绍见第五章。



图 3-128 基板辐射页属性设置

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息；该处父节点和子节点无关联，各自添加和显示；若多个元件同时选中进行编辑，则各元件显示相同信息；多个不同信息元件同时选中，信息界面显示第一个被选中元件的信息。



图 3-129 基板信息设置

1.3.7. 过孔

过孔可设置参数包括：几何、属性、网格、信息，分别点击对应 Tab 页进行属性及参数设置，具体如下：

【几何】位置下的 X_0/Y_0 用于定位过孔在基板上的相对位置，尺寸下的 X_0/Y_0 用

于设置过孔的尺寸。其他参数用于设置过孔的尺寸、数量以及过孔内的铜层厚度。

图 3- 130 过孔几何参数设置

【属性】 属性中用于定义过孔的填充材料和镀层材料。

图 3- 131 过孔属性页设置

【网格】 过孔的网格属性包括局部化网格设置及网格属性设置； 当网格为基于区域：局部方法为基于区域，可选择是否局部化网格；当网格为基于八叉树：可选择基于区域或基于八叉树，局部方法选择基于区域，此时可设置是否局部化网格；局部方法选择基于八叉树，此时可设置最大加密等级，几何特征点是否硬化；网格属性见第五章介绍。



图 3- 132 过孔网格设置

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息；该处父节点和子节点无关联，各自添加和显示；若多个元件同时选中进行编辑，则各元件显示相同信息；多个不同信息元件同时选中，信息界面显示第一个被选中元件的信息。



图 3- 133 过孔信息设置

1.3.8. 盖板

盖板可设置参数包括：几何、属性、网格、辐射、信息，分别点击对应选项进行属性及参数设置，具体如下：

【几何】分别设置 X/Y/Z 方向的位置， $X_o/Y_o/Z_o$ 方向的尺寸；子节点元件的位置参数以其父节点位置参数作为参考，根据子节点元件与父节点的相对位置，跟随父节点装配体一起移动。



盖板提供了 2 种类型，具体如下图所示。

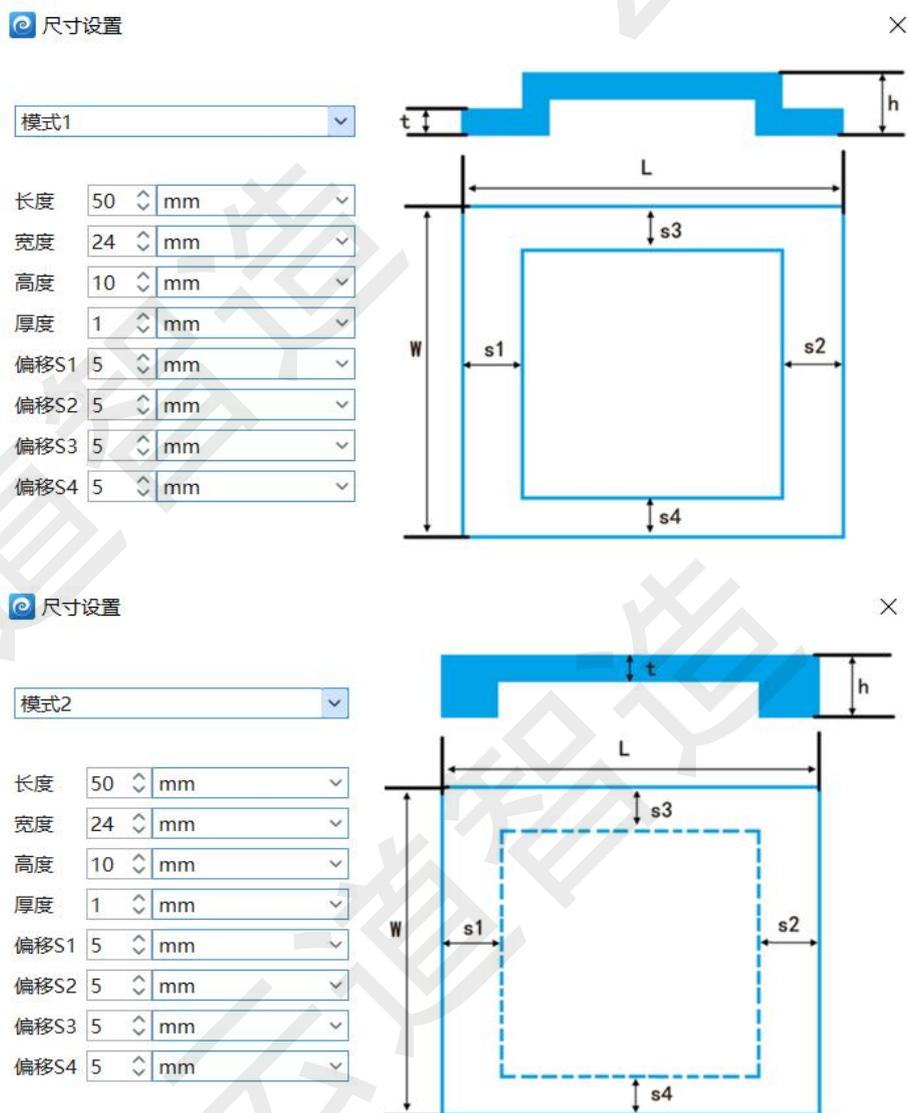


图 3-134 盖板几何参数设置

【属性】盖板的属性包括材料、表面材料，如下图所示，具体参考第五章。



图 3-135 盖板属性参数设置

【网格】盖板网格属性包括局部化网格设置及网格属性设置；当网格为基于区域：局部方法为基于区域，可选择是否局部化网格；当网格为基于八叉树：可选择基于区

域或基于八叉树，局部方法选择基于区域，此时可设置是否局部化网格；局部方法选择基于八叉树，此时可设置最大加密等级，几何特征点是否硬化；网格属性见第五章介绍。



图 3-136 盖板网格设置

【辐射】 设置盖板辐射属性；辐射界面可进行辐射模型/太阳辐射模型/表面材料的辐射发射率、太阳辐射吸收率的提示；具体辐射属性介绍见第五章。



图 3-137 盖板辐射页属性设置

【信息】 用户可添加对该项描述、备注等信息；该处父节点和子节点无关联，各自添加和显示；若多个元件同时选中进行编辑，则各元件显示相同信息；多个不同信息元件同时选中，信息界面显示第一个被选中元件的信息。



图 3-138 盖板信息设置

1.3.9. 机柜

机柜是电子散热仿真中的重要元件，可用于数据中心的热环境仿真，预测数据中

心的热环境。

创建机柜时，会自动创建 1 个 supply 出风口元件和 return 进风口元件，分别代表着机柜的出风口和进风口。允许向机柜添加更多的出风口和进风口，但每个机柜必须至少有一个出风口和进风口。

侧壁允许有进风口和出风口，按面积分配流量。

机柜不允许打散。



图 3- 139 模型树上机柜层级

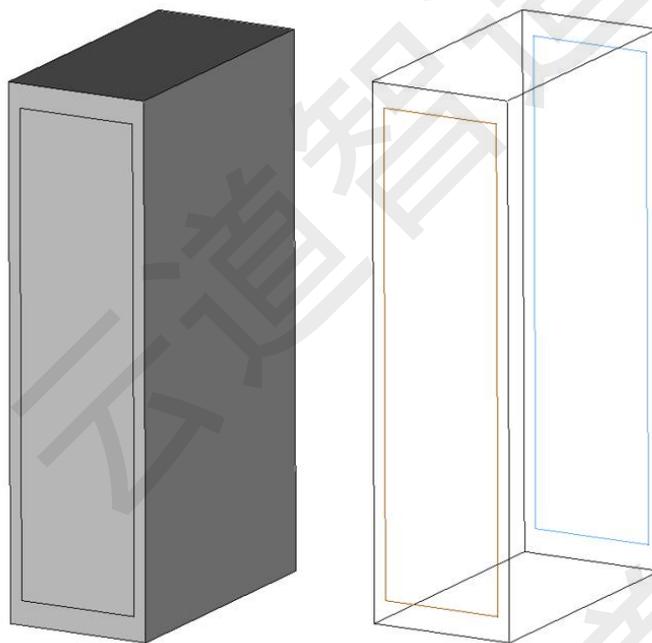


图 3- 140 机柜模型

【几何】分别设置机柜 X/Y/Z 方向的位置及 $X_o/Y_o/Z_o$ 方向尺寸；



图 3- 141 机柜几何设置

其子节点出风面和回风面的几何如下图所示。



图 3- 142 送风面和回风面几何面板

机柜的出风面和回风面，默认加在 Zo 的正负方向上，尺寸默认为 W*H=500mm*2000mm,居中放置在 -Z 和 +Z 面上。

【属性】 主要描述机柜的发热和气流量等参数。

默认情况下，**【属性】** 面板出现“机柜工作参数”。



图 3- 143 机柜属性面板

在“机柜工作参数”的右边下拉菜单默认为“空白”。点击空白下拉菜单，可出现“空白”、“加载”和“创建”三个可选项。

点击“空白”，属性浏览器默认为空；

点击“加载”，可加载【库】中已创建“机柜工作参数”，如“机柜工作参数 1”；

点击“创建”，可创建新的机柜工作参数，此时【属性浏览器】中出现以下参数，



图 3- 144 机柜工作参数

a.名称：在名称后的文字框内，可输入新建机柜工作参数的名称；

b.机柜功率：机柜功率后的文字框内，可输入机柜的功率，默认 3000W，在最右侧的单位下拉菜单栏里，可选择功率的单位，可选择的单位包含以下几种：W、mW、Btu/hr、Btu/s、Cal/s、ft lbf/s，默认为 W。

c.流量设置类型：可设置的流量设置类型包含以下几种：流量功率比、温升、流量、非线性风扇，默认为“流量功率比”。



图 3- 145 流量类型

- 当流量类型设置为“流量功率比”时，即单位功率通过的风量，可在输入框内设置具体的数值，并可在右侧单位下拉菜单中选择单位，可选择的单位包含： $(m^3/s)/W$ 、 $(m^3/s)/kW$ 、 $(l/s)/kW$ 、 cfm/kW ，默认为“ $0.07551159(m^3/s)/kW$ ”，功率和流量功率比确定后，即可确定流量。



图 3- 146 流量功率比

- 当流量类型设置为“温升”时，即机柜进出风口的温升，可选择的单位为 $^{\circ}C$ 和 $^{\circ}F$ ，默认为 $11.1111^{\circ}C$ 。



图 3- 147 温升

根据公式： $Q = cm\Delta t$ ，温差和功率确定后，即可确定流量。

- 当流量类型设置为“流量”时，即机柜进出风的流量。可选择的单位有 m^3/s 、 m^3/hr 、 l/s 、 cfm 。当有多个送风口时，按照送风口面积大小分配风量，回风口也是类似。



图 3- 148 流量

- 当流量类型设置为“非线性风扇曲线”时，属性浏览器如图 6 所示。红框内是新出现的参数，主要包括流量、压力和 PQ 曲线。

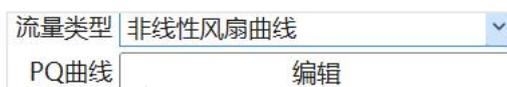


图 3- 149 非线性风扇曲线

点击 PQ 曲线后的“点击编辑”按钮，可弹出新窗口，如下图所示，用户可通过输入或导入的方式输入机柜的 PQ 曲线，输入完后可在右侧面板里自动形成 PQ 曲线，点击右上角的×可关闭 PQ 曲线图形。

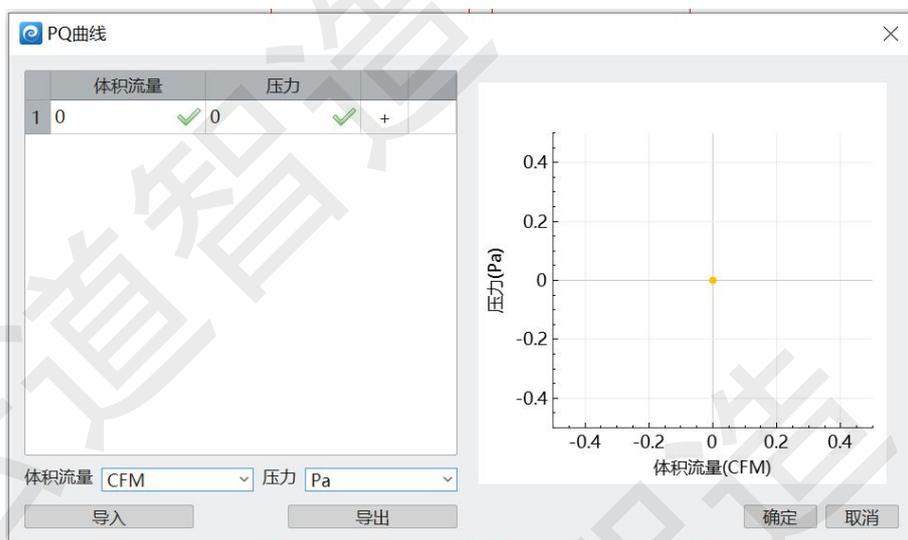


图 3- 150 PQ 曲线

d.流量调节

此项默认不勾选。



图 3- 151 流量调节

当机柜的回风温度超过关键温度时，机柜的总风量会增加。

关键温度：机柜风量增加的特定的温度值，默认 35℃。当机柜的回风温度超过关键温度时，机柜的总风量会增加。

流量增加比例：风量增加百分比,%。默认 20%。

当流量类型设置成 PQ 曲线时，在求解器中，风机曲线的体积流量（Q）和压降（P）分别乘以风量增加比例和风量增加比例的平方。

示例：当温度超过 35℃，风量增加比例为 20%，则 PQ 曲线的风量均乘以 1.2，压力均乘以 $1.2^2=1.44$ ，形成新的 PQ 曲线。

【网格】项包括“局部方法”和“网格”整体控制。

局部方法包括“基于区域”、“基于八叉树”，具体介绍如下：

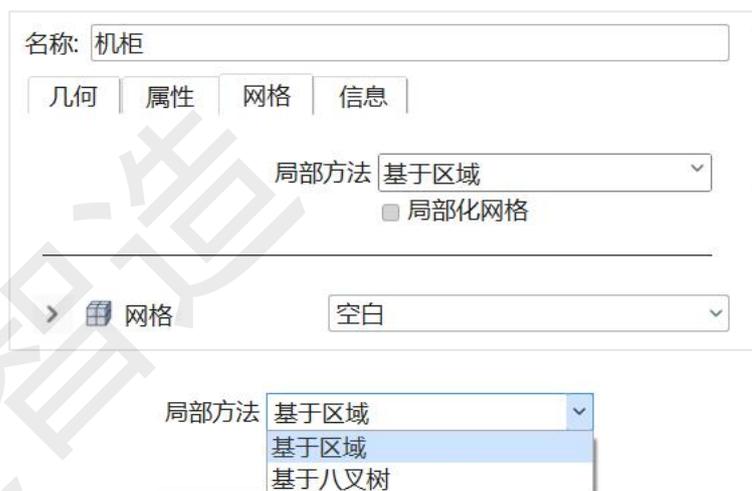


图 3- 152 机柜网格设置

“基于区域”模式下，局域化网格默认不打开，局域化网格选中后，执行局域化网格功能；

“基于八叉树”模式下，此时可设置最大加密等级，几何特征点是否硬化；网格属性见第五章介绍。

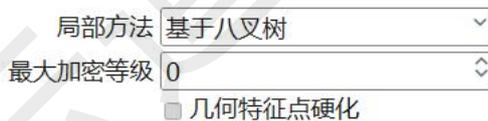


图 3- 153 八叉树网格

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息；该处父节点和子节点无关联，各自添加和显示；若多个元件同时选中进行编辑，则各元件显示相同信息；多个不同信息元件同时选中，信息界面显示第一个被选中元件的信息；



图 3-154 信息设置

1.4. 源项元件介绍

1.4.1. 体源项

体源项属于源项元件，可以控制其体积内的所有元件及域的源项属性，设置参数包括：几何、属性、网格、信息，具体如下：

【几何】 分别设置 X/Y/Z 方向的位置及 $X_0/Y_0/Z_0$ 方向尺寸。

图 3- 155 体源项几何参数设置

【属性】设置元件的物理属性；可设置热源、电势源、压强源和速度源，具体参考第五章。

图 3- 156 体源项属性页设置

【网格】体源项网格属性包括局部化网格设置及网格属性设置；当网格为基于区域：局部方法为基于区域，可选择是否局部化网格；当网格为基于八叉树：可选择基于区域或基于八叉树，局部方法选择基于区域，此时可设置是否局部化网格；局部方法选择基于八叉树，此时可设置最大加密等级，几何特征点是否硬化；网格属性见第五章介绍。

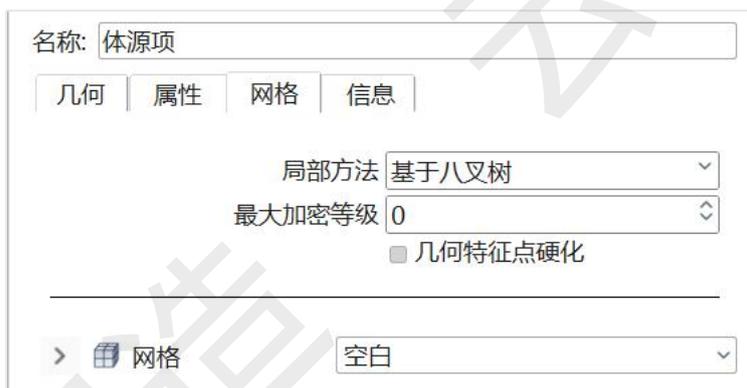


图 3- 157 体源项网格设置

【信息】可添加对该项描述、备注等信息；该处父节点和子节点无关联，各自添加和显示；若多个元件同时选中进行编辑，则各元件显示相同信息；多个不同信息元件同时选中，信息界面显示第一个被选中元件的信息。



图 3- 158 体源项信息设置

1.4.2. 平面源项

平面源项可模拟面结构（薄体）的发热计算，可设置包括几何、网格、信息，具体如下所示：

【几何】分别设置 X/Y/Z 方向的位置及 X_0/Y_0 方向尺寸；在形状下拉列表中，增加了多边形和矩形。



图 3- 159 平面源项几何参数设置

矩形就是常规的正交四边形热源，整个热源是完整的整体显示形式如下图所示。

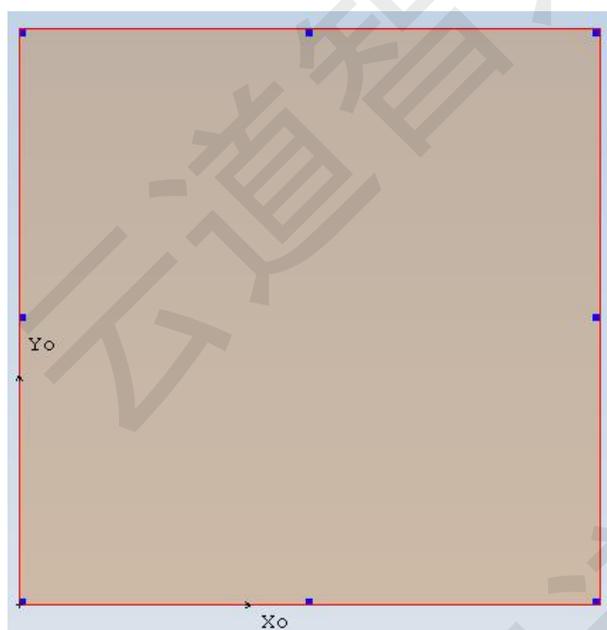


图 3- 160 矩形平面源项显示

多边形包含两种情况：一种是热源只有多边形外轮廓，整个热源是一个完整的，如下图所示；另一种情况是热源有多边形外轮廓和内轮廓组成的，热源的中间被内轮廓“掏空”，如下图所示。



图 3- 161 正交多边形平面源项编辑面板

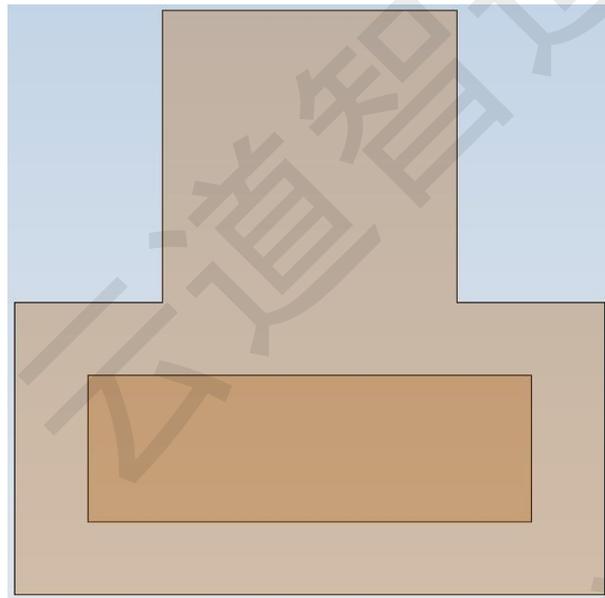


图 3- 162 正交多边形平面源项内外轮廓显示

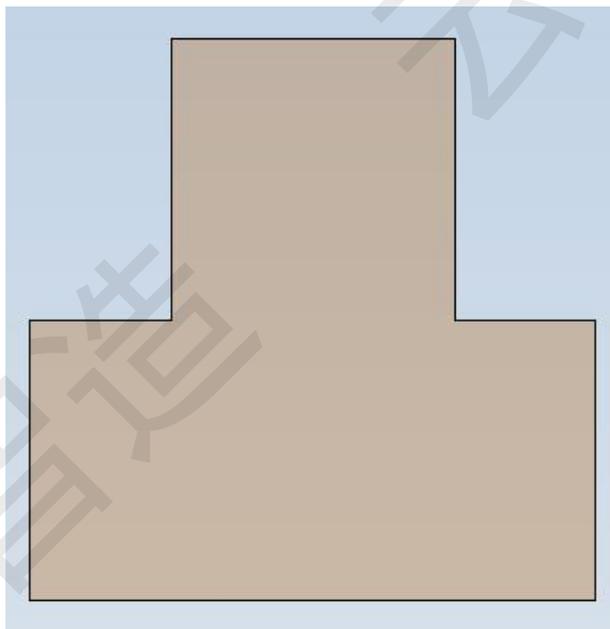


图 3- 163 正交多边形平面源项外轮廓显示

【属性】 设置元件的物理属性，可设置热源属性、电势源属性、压强源属性和速度源属性，具体参考第五章。

在平面源项的属性界面，如果设置了具体的源，比如热源，会额外显示源方向设置，源方向支持平面源项的上表面、下表面和 None 设置。

当平面源项的箭头方向指向上表面时，源作用于上表面所在的网格；当平面源项的箭头方向指向下表面时，源作用于下表面所在的网格；当源项设置为 None 时，平面源项会将值一分为二，分别作用于平面源项两侧的网格。

| 名称 | 平面源项 |
|-----|------|
| 几何 | |
| 属性 | |
| 网格 | |
| 信息 | |
| 热源 | 热源 |
| 电势源 | 空白 |
| 压强源 | 空白 |
| 速度源 | 空白 |
| 源方向 | 上表面 |

图 3- 164 平面源项属性页设置

【网格】 平面源项网格属性见第五章介绍。



图 3- 165 平面源项网格设置

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息；该处父节点和子节点无关联，各自添加和显示；若多个元件同时选中进行编辑，则各元件显示相同信息；多个不同信息元件同时选中，信息界面显示第一个被选中元件的信息。



图 3- 166 平面源项信息设置

说明：多边形平面源项既可以通过界面的方式导入 csv 文件，也可以通过 API 的方式导入 csv 文件，为了保持界面和 API 导入的一致性，多边形热源的 csv 格式具体如下。

| PolygonName | Position |
|-------------|--|
| Basel | (8, 8), (8, 18), (12, 18), (12, 13), (16, 13), (16, 18), (20, 18), (20, 8), (8, 8) |
| subbasel | (15, 10), (15, 12), (17, 12), (17, 14), (19, 14), (19, 10), (15, 10) |

图 3- 167 多边形热源的 csv 格式要求

1.5. 散热器件介绍

1.5.1. 散热器

散热器可设置参数包括：几何、属性、网格、辐射、信息，具体如下：

【几何】支持对散热器的位置、尺寸、齿片的相关几何参数进行设置。

| 名称: 散热器 | | | | |
|-------------------------------|------|----|----|----|
| 几何 | 属性 | 网格 | 辐射 | 信息 |
| 位置 | | | | |
| X | 0 | mm | | |
| Y | 0 | mm | | |
| Z | 0 | mm | | |
| 尺寸 | | | | |
| 形状类型 | 矩形 | | | |
| Xo | 40 | mm | | |
| Yo | 40 | mm | | |
| 基板厚度 Zo | 1 | mm | | |
| 齿片 | | | | |
| 齿片建模方法 | 详细建模 | | | |
| 类型 | 片状齿 | | | |
| 内部齿片数量 | 3 | | | |
| 齿片高度 Zo | 39 | mm | | |
| 齿片样式 | 均匀 | | | |
| 齿片宽度 Yo | 4 | mm | | |
| 齿片内移 | | | | |
| +Xo | 0 | mm | | |
| -Xo | 0 | mm | | |
| +Yo | 0 | mm | | |
| -Yo | 0 | mm | | |
| 中间间隙 | 0 | mm | | |
| <input type="checkbox"/> 齿上开孔 | | | | |
| 旋转角度 | 0 | ° | | |
| <input type="checkbox"/> 左侧边齿 | | | | |
| <input type="checkbox"/> 右侧边齿 | | | | |
| 制造方法 | 挤型 | | | |

图 3- 168 散热器几何参数设置

(1) 齿片

包含齿片建模方法（详细建模/等效简化）、类型（平面齿/针状齿）、类型为平面齿时需设置齿片宽度 Yo、齿片高度 Zo、内部齿片数量和齿上开孔设置（复选框），各参数含义如下：

- 1) 建模方法：分为详细建模和等效简化。详细建模将具体设置齿片的几何与热

交换参数，等效简化则忽略散热器的齿片相关细节参数，使用体积或平面阻尼模拟对流动的影响，使用表面换热系数等效区域的换热效果。等效简化适用于强迫换热的情形，因为辐射换热损失并不显著。

2) 类型：齿片的截面形状，等截面为平面齿，变截面且从根部向端部面积递减则为针状齿。

3) 齿片宽度和高度：局部坐标下 Y 轴方向和 Z 轴方向尺寸。

4) 内部齿片数量：散热器内部的齿片数目。

5) 齿上开孔：默认设置是齿片上不开孔（当前版本不可用）。

【类型】为针状齿时需设置齿片长度 X_0 、齿片宽度 Y_0 、齿片高度 Z_0 ，X 方向齿片数量，Y 方向齿片数量，齿交错，齿上开孔设置（复选框），各参数含义如下：

- 齿片长度 X_0 、宽度 Y_0 、高度 Z_0 ：局部坐标下 X 轴，Y 轴，Z 轴方向尺寸。
- X 方向齿片数量，Y 方向齿片数量：顺排模式下的齿片在 X 轴和 Y 轴方向排列的数量。
- 齿交错：表示针状齿的排列方式为交错排列。

(2) 【齿片内移】包含 +X，-X，+Y，-Y 四个方向的移动距离；

(3) 【齿片旋转】包含旋转角度的设置；

(4) 【位置】分别设置 X/Y/Z 方向的位置参数；

(5) 【尺寸】可定义散热器基板尺寸相关的参数，包括基板的形状类型、基板厚度、 X_0 、 Y_0 方向尺寸。各参数含义如下：

- 形状类型：定义基板的类型为矩形或不规则四边形
- 当选择矩形时，散热器的基板为一矩形，矩形的尺寸通过 X_0 方向尺寸、 Y_0 方向尺寸、基板厚度 Z_0 进行定义。

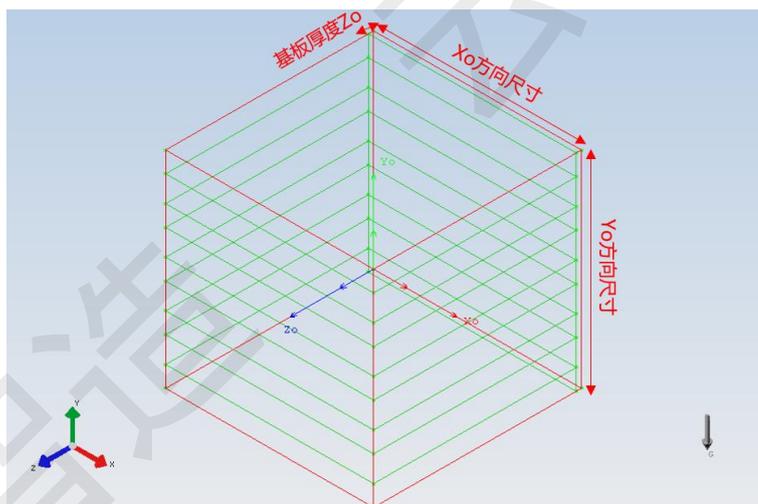


图 3- 169 散热器参数设置

- 当选择不规则四边形时，可通过散热器局部坐标系的原点及用户新定义的两个点绘制四边形基板、基板的厚度仍通过基板厚度 Z_0 进行设置。
- 基于局部坐标系定义散热器基板的 X_0 方向尺寸及厚度。基板厚度：局部坐标系下，齿片所固定的板在 Z_0 方向上的尺寸。 X_0 、 Y_0 即基板在局部坐标系下 X 轴和 Y 轴方向下的尺寸。

【属性】散热器可对材料和表面材料属性进行设置；



图 3- 170 散热器属性项

【网格】散热器网格采用局部化网格，局部方法为“基于区域”，可以设置齿片间网格数量，齿片内网格数量和散热器基板网格层数。



图 3- 171 散热器网格介绍

【辐射】散热器的辐射可以设置为空白/创建/加载，从而进行不同等级的辐射建模。设置为空白时，则表面无热辐射；设置为创建或加载，则可以对辐射面类型进行设置；辐射面类型可以选择单一面辐射/分割面辐射/开启聚合面辐射；具体辐射属性介绍见第五章。



图 3- 172 散热器辐射属性设置

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息。



图 3- 173 散热器信息设置

1.5.2. 半导体制冷器

半导体制冷器可设置参数包括：几何、属性、网格、辐射、信息，具体如下：

【几何】支持对半导体制冷器的位置、尺寸和陶瓷层厚度的相关几何参数进行设

置。

- 1) 位置：分别设置 X/Y/Z 方向的位置参数；
- 2) 尺寸：可以定义半导体制冷器尺寸相关的参数，包括 X_o 、 Y_o 、 Z_o 方向的尺寸；
- 3) 陶瓷层厚度：可以定义半导体制冷器冷端和热端陶瓷层的厚度。

| 名称: 半导体制冷器 | |
|--------------------------|-------------------|
| 几何 | 属性 网格 辐射 信息 |
| 位置 | |
| X | 0 mm |
| Y | 0 mm |
| Z | 0 mm |
| 尺寸 | |
| X_o | 40 mm |
| Y_o | 40 mm |
| Z_o | 4.7 mm |
| 陶瓷层厚度 | 0.75 mm |
| <input type="checkbox"/> | 隐藏 |
| <input type="checkbox"/> | 抑制 |
| <input type="checkbox"/> | 忽略几何体 |

图 3- 174 半导体制冷器几何设置

【属性】半导体制冷器可以对材料、TEC 工作参数、表面材料、高温端顶面 ($+Z_o$) 和低温端底面 ($-Z_o$) 的材料进行设置。

- (1) 材料：支持对半导体制冷器的材料进行设置，详见第五章。
- (2) TEC 工作参数：可输入半导体制冷器两个工作点（生产商会提供）的温度，最大吸热量、最大温差、最大电流、最大电压，及工作电流。
- (3) 表面材料：可以对半导体制冷器，高温端顶面和低温端底面的材料进行设置。



图 3- 175 半导体制冷器属性设置

【网格】半导体制冷器网格属性包括局部化网格设置及网格属性设置；当网格为基于区域：局部方法为基于区域，可选择是否局部化网格；当网格为基于八叉树：可选择基于区域或基于八叉树，局部方法选择基于区域，此时可设置是否局部化网格；局部方法选择基于八叉树，此时可设置最大加密等级，几何特征点是否硬化。



图 3- 176 半导体制冷器网格介绍

【辐射】半导体制冷器的辐射可以设置为空白/创建/加载，从而进行不同等级的辐射建模。设置为空白时，则表面无热辐射；设置为创建或加载，则可以对辐射面类

型进行设置；辐射面类型可以选择单一面辐射/分割面辐射/开启聚合面辐射；具体辐射属性介绍见第五章。



图 3- 177 半导体制冷器辐射介绍

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息。



图 3- 178 半导体制冷器信息介绍

1.5.3.均温板

均温板作为一种新型的两相流散热技术，具有导热性高、均温性好、热流方向可逆等优点，克服了传统热管接触面积小、热阻大、热流密度不均匀等问题，已经成为解决未来电子工业中高热流密度电子器件散热有效途径之一。

均温板可设置参数包括：几何、属性、网格、辐射、信息，具体如下：

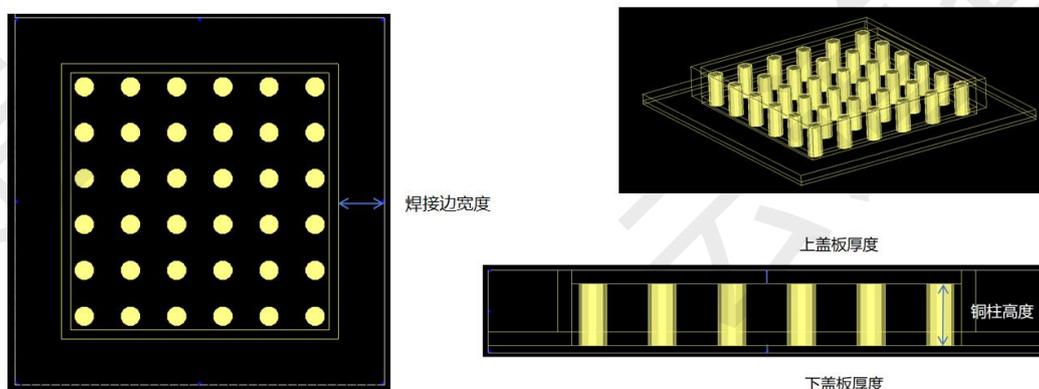


图 3-179 均温板

(1) 均温板

【几何】支持对均温板的位置、尺寸、各层厚度和焊接边宽度的相关几何参数进行设置。

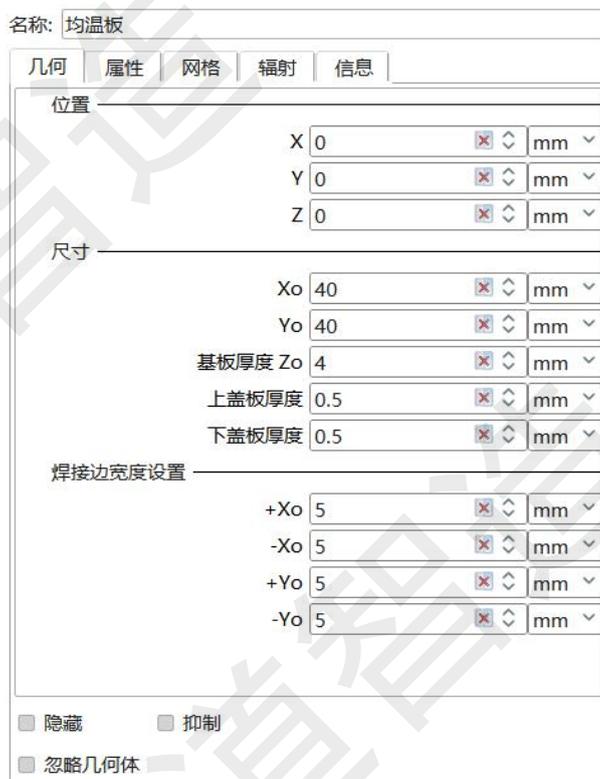


图 3- 180 均温板几何设置

- 1) 位置：分别设置 X/Y/Z 方向的位置参数；
- 2) 尺寸：可以定义均温板尺寸相关的参数，包括 Xo、Yo、Zo 方向的尺寸；
- 3) 基板厚度 Zo：可以定义均温板的基板厚度。
- 4) 上/下盖板厚度：定义均温板上下盖板的厚度。
- 5) 焊接边宽度设置：定义均温板焊接边的宽度。

【属性】均温板、铜柱、均温板接触、均温板接触铜柱可以对材料进行设置，详见第五章。



图 3- 181 均温板属性设置

【网格】均温板网格属性包括局部化网格设置及网格属性设置；当网格为基于区域：局部方法为基于区域，可选择是否局部化网格；当网格为基于八叉树：可选择基于区域或基于八叉树，局部方法选择基于区域，此时可设置是否局部化网格；局部方法选择基于八叉树，此时可设置最大加密等级，几何特征点是否硬化；



图 3- 182 均温板网格介绍

【辐射】均温板的辐射可以设置为空白/创建/加载，从而进行不同等级的辐射建模。设置为空白时，则表面无热辐射；设置为创建或加载，则可以对辐射面类型进行设置；辐射面类型可以选择单一面辐射/分割面辐射/开启聚合面辐射；具体辐射属性介绍见第五章。



图 3- 183 均温板辐射介绍

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息。



图 3- 184 均温板信息介绍

(2) 铜柱

点击均温板下的铜柱，设置窗口如下。



图 3- 185 铜柱几何设置面板

1) 铜柱分布：点击编辑，弹出铜柱编辑界面，如图所示。该界面下，可对铜柱的分布模式、直径、是否包含圆环做出设置。



图 3- 186 铜柱编辑面板（按模式添加）

- 2) 相对位置：表示铜柱相对于均温板的位置；
- 3) 位置：表示铜柱在全局坐标中的位置；
- 4) 尺寸：根据均温板的高度和上/下盖板的高度，自动计算出的铜柱高度；

$$\text{铜柱高度 } Z_0 = \text{基板厚度} - \text{上盖板厚度} - \text{下盖板厚度}$$

【属性】、【网格】、【辐射】、【信息】与均温板设置一样。

(3) 均温板接触

点击均温板，在主屏幕菜单栏上点击均温板接触，同时，在【项目树】上出现均温板接触铜柱，如图 3-115 所示。

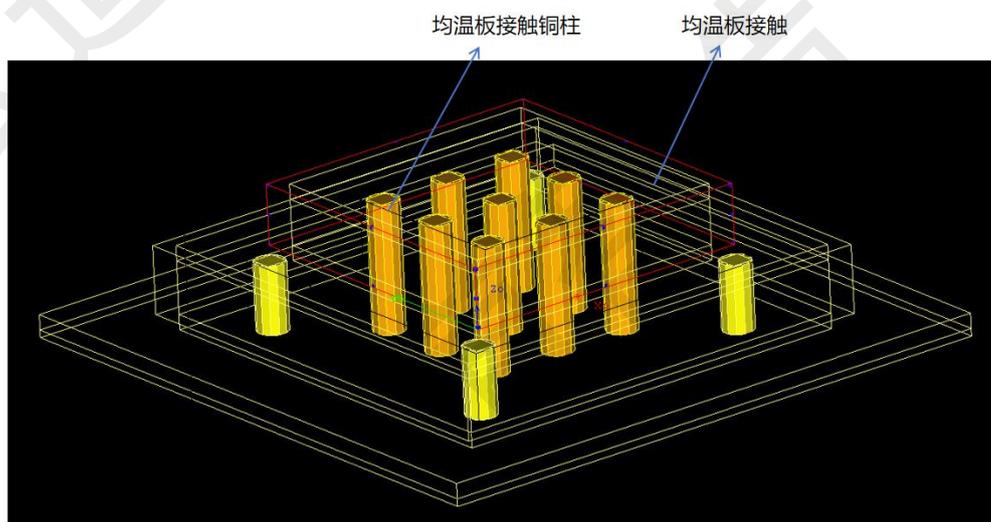


图 3-187 均温板接触几何

均温板接触的几何参数如图 3-185。



图 3- 188 均温板接触几何设置面板

【属性】、【网格】、【辐射】、【信息】与均温板设置一样。

(4) 均温板接触铜柱

均温板接触铜柱的几何面板参考铜柱，只是均温板接触铜柱的高度贯穿均温板，如图 3- 186 所示。

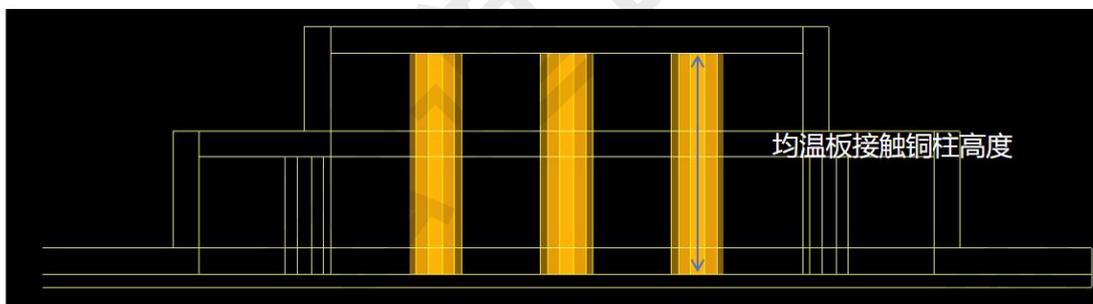


图 3- 189 均温板接触铜柱高度示意

【属性】、【网格】、【辐射】、【信息】与均温板设置一样。

1.5.4. 轴流风扇

轴流风扇可设置参数包括几何、属性、网格、辐射、信息，具体如下：

【几何】

- (1) 位置：分别设置轴流风扇 X/Y/Z 方向的位置参数；
- (2) 尺寸：分别设置轴流风扇的轮毂直径、外直径、风扇厚度 Zo 以及圆柱面细分等级，

圆柱面细分等级可设置风扇几何的划分等级。

| 名称: 轴流风扇 | |
|--------------------------------|-----------------------------|
| 几何 | 属性 网格 辐射 信息 |
| 位置 | |
| X | 0 mm |
| Y | 0 mm |
| Z | 0 mm |
| 尺寸 | |
| 轮毂直径 | 32 mm |
| 外径 | 40 mm |
| 风扇厚度 Zo | 40 mm |
| 圆柱面细分等级 | 12等分面 |
| <input type="checkbox"/> 隐藏 | <input type="checkbox"/> 抑制 |
| <input type="checkbox"/> 忽略几何体 | |

图 3- 190 轴流风扇几何参数设置

【属性】

1. 轴流风扇流动

- (1) 新建轴流风扇后，轴流风扇流动选项为空白（默认）、创建、加载三项；
- (2) 空白：关联元件不设置轴流风扇流动属性；
- (3) 创建：为元件创建轴流风扇流动属性，点击创建后会在属性浏览器中弹出属性来显示和设置轴流风扇参数。属性包含基本信息、降速因子、流量设置、流动类型、功耗五项。
 - 1) 基本信息：设置轴流风扇流动名称；
 - 2) 降速因子：设置风扇流动的降速因子；
 - 3) 流量设置：设置风扇的流量特性，包含固定流量和非线性风扇工作曲线（P-Q 曲线）；
 - a. 固定流量：设置风扇流量类型为固定流量，单位 CFM；
 - b. 非线性风扇工作曲线：设置压力和流量的对应关系，可通过通过增加/移出设置行数，可导入/导出参数（txt/csv 文件）；可设置修正方法

(增强/减弱) 和修正系数。

- 4) 流动类型：设置风扇的流动类型，包含垂直出风、旋转出风、倾斜出风；
 - a. 垂直出风：流动方向垂直于风扇出风口；
 - b. 旋转出风：包含是否依赖于流动，旋转方向，旋转速度，扇叶个数设置；
 - 是否依赖于流动：设置是否依赖于流动；
 - 旋转方向：设置扇叶的旋转为顺时针旋转或逆时针旋转；
 - 旋转速度：设置扇叶的旋转速度，单位 rpm；
 - 扇叶个数：设置扇叶的个数。
 - c. 倾斜出风：设置倾斜出风 X/Y/Z 方向的参数；
- 5) 流动功耗：设置风扇的功耗；

(4) 加载：从库中加载轴流风扇流动属性，点击加载后会弹出属性库加载项，仅支持加载轴流风扇流动；

2. 材料

用户可对轴流风扇的材料属性进行设置；具体介绍见第五章。

3. 表面材料

用户可对轴流风扇的表面材料属性进行设置。

4. 失效

用户可勾选失效并设置开孔率，此时风扇流动属性不生效，风扇通风区域视为多孔板参与计算，其开孔率按照用户设置生效。

5. 流动阻力模型

用户可对轴流风扇的流动阻尼特性进行设置。



图 3- 191 轴流风扇属性参数设置

【满转噪音】用户可输入单颗轴流风扇在满转状态下的噪音值。

【降速噪音】根据用户输入的满转噪音和降速因子，计算单颗轴流风扇在降速状态下的噪音值。

【网格】轴流风扇网格属性包括局部化网格设置及网格属性设置；当网格为基于区域：局部方法为基于区域，可选择是否局部化网格；当网格为基于八叉树：可选择基于区域或基于八叉树，局部方法选择基于区域，此时可设置是否局部化网格；局部方法选择基于八叉树，此时可设置最大加密等级，几何特征点是否硬化；网格属性见第五章介绍。



图 3- 192 轴流风扇网格参数设置

【辐射】轴流风扇的辐射可以设置为空白/创建/加载，与其它元件相同。

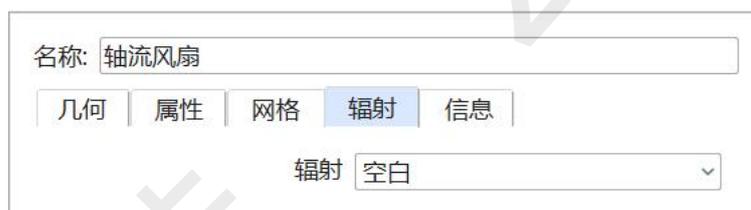


图 3- 193 轴流风扇网格参数设置

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息。



图 3- 194 轴流风扇信息设置

1.5.5. 平面风扇

平面风扇可设置参数包括几何、属性、网格、辐射、信息，具体如下：

【几何】

- 1、位置，分别设置平面风扇 X/Y/Z 方向的位置参数；
- 2、尺寸，分别设置平面风扇的长 X_o 和 Y_o



图 3- 195 平面风扇几何参数设置

【属性】

1. 2D 风扇流动

(1) 新建平面风扇后，2D 风扇流动选项为空白（默认）、创建、加载三项。

(2) 空白：关联元件不设置 2D 风扇流动属性

(3) 创建：为元件创建 2D 风扇流动属性，点击创建后会在属性浏览器中弹出属性来显示和设置平面风扇参数。属性包含基本信息、降速因子、流量设置、流动类型、功耗五项。

基本信息：设置平面风扇流动名称

降速因子：设置风扇流动的降速因子

流量设置：设置风扇的流量特性，包含固定流量和非线性风扇工作曲线（P-Q 曲线）

➤ 固定流量：设置风扇为固定体积流量，单位 CFM。

➤ 非线性风扇工作曲线：设置压力和流量的对应关系，可通过增加/移出设置行数，可导入/导出参数（txt/csv 文件），可设置修正方法（增强/减弱）和修正系数。

流动类型：设置风扇的流动类型，包含垂直出风、倾斜出风。

➤ 垂直出风：流动方向垂直于风扇出风口

➤ 倾斜出风：设置倾斜出风 X/Y/Z 方向的参数

功耗：设置风扇的功耗。

(4) 加载：从库中加载平面风扇流动属性，点击加载后会弹出属性库加载项，仅支持加载平面风扇流动。

图 3- 196 平面风扇属性参数设置

【满转噪音】用户可输入单颗平面风扇在满转状态下的噪音值。

【降速噪音】根据用户输入的满转噪音和降速因子，计算单颗平面风扇在降速状态下的噪音值。

2. 材料

用户可对平面风扇的材料属性进行设置；具体介绍见第五章。

3. 表面材料

用户可对平面风扇的表面材料属性进行设置。

4. 失效

用户可勾选失效并设置开孔率，此时风扇流动属性不生效，风扇通风区域视为多孔板参与计算，其开孔率按照用户设置生效。

【网格】

平面风扇网格属性包括局部化网格设置及网格属性设置；当网格为基于区域：局部方法为基于区域，可选择是否局部化网格；当网格为基于八叉树：可选择基于区域或基于八叉树，局部方法选择基于区域，此时可设置是否局部化网格；局部方法选择基于八叉树，此时可设置最大加密等级，几何特征点是否硬化；网格属性见第五章介绍。

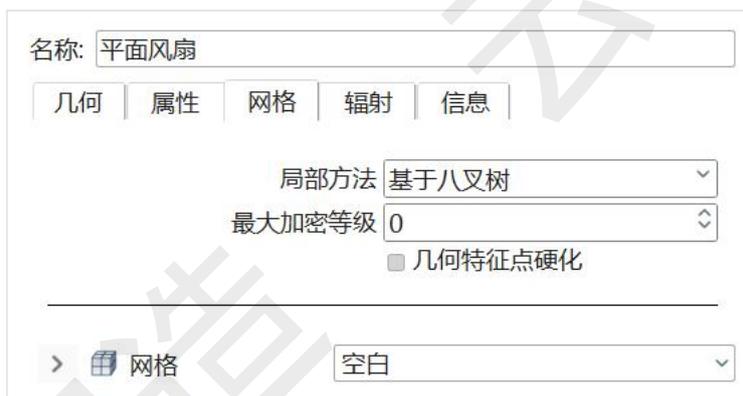


图 3- 197 平面风扇网格参数设置

【辐射】

平面风扇的辐射可以设置为空白/创建/加载，与其它元件相同。



图 3- 198 平面风扇辐射设置

【信息】

用户可添加对该项描述、备注等信息。



图 3- 199 平面风扇信息设置

1.5.6. 离心风扇

离心风扇可设置参数包括几何、属性、网格、信息，具体如下：

【几何】

- 1、位置，分别设置离心风扇 X/Y/Z 方向的位置参数。
- 2、尺寸，分别设置离心风扇的轮毂直径、入口风外直径、外直径、高度、模型，目前模型仅支持选择 12 等分面。

名称: 离心风扇

几何 | 属性 | 网格 | 信息

位置

X 0 mm

Y 0 mm

Z 0 mm

尺寸

轮毂直径 10 mm

入风口外直径 20 mm

外径 40 mm

高度 40 mm

模型 12等分面

进风口数量 单进风口

进风口位置 Zo顶面

隐藏 抑制

忽略几何体

图 3- 200 离心风扇几何参数设置

【属性】

1、离心风扇流动，新建离心风扇后，离心风扇流动选项为空白（默认）、创建、加载三项；

一、空白：关联元件不设置离心风扇流动属性

二、创建：为元件创建离心风扇流动属性，点击创建后会在属性浏览器中弹出属性来显示和设置离心风扇参数。属性包含基本信息、风扇类型、流量设置三项。

基本信息：设置离心风扇流动名称

风扇类型：设置离心风扇的旋转速度和扇叶角度

流量设置：设置风扇的流量特性，包含固定流量和非线性风扇工作曲线（P-Q 曲线）。

(1) 固定流量：设置风扇为固定体积流量，单位 CFM。

(2) 非线性风扇工作曲线：设置压力和流量的对应关系，可通过通过增加/移出设置行数，可导入/导出参数（txt/csv 文件）。

三、加载：从库中加载离心风扇流动属性，点击加载后会弹出属性库加载项，仅

支持加载离心风扇流动。

2、材料，用户可对离心风扇的材料属性进行设置；具体材料属性介绍见第五章。



名称: 离心风扇

几何 | 属性 | 网格 | 信息

离心风扇流动 空白

材料 空白

降速因子 1

满转噪音 0 dB

降速噪音 0 dB

失效

图 3- 201 离心风扇属性参数设置

3、降速因子：用户可勾选失效并设置开孔率，此时离心风扇流动属性不生效，风扇通风区域视为有阻尼的流道参与计算，其开孔率按照用户设置生效。

4、噪音：【满转噪音】用户可输入离心风扇在满转状态下的噪音值；【降速噪音】则根据用户输入的满转噪音和降速因子，自动得到降速状态下的噪音值。

【网格】离心风扇网格属性包括局部化网格设置及网格属性设置；当网格为基于区域：局部方法为基于区域，可选择是否局部化网格；当网格为基于八叉树：可选择基于区域或基于八叉树，局部方法选择基于区域，此时可设置是否局部化网格；局部方法选择基于八叉树，此时可设置最大加密等级，几何特征点是否硬化；网格属性见第五章介绍。



名称: 离心风扇

几何 | 属性 | 网格 | 信息

离心风扇流动 空白

材料 空白

降速因子 1

满转噪音 0 dB

降速噪音 0 dB

失效

图 3- 202 离心风扇网格参数设置

【辐射】离心风扇的辐射可以设置为空白/创建/加载，与其它元件相同。

图 3- 203 离心风扇网格参数设置

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息。

图 3- 204 离心风扇信息设置

1.5.7. 开口流动

开口流动可设置参数包括几何、属性、网格、信息，具体如下：

【几何】

- 1、位置，分别设置开口流动 X/Y/Z 方向的位置参数。
- 2、尺寸，分别设置开口流动的 X_o 方向尺寸和 Y_o 方向尺寸。

图 3- 205 开口流动几何参数设置

【属性】流动选项为空白（默认）、创建、加载三项

1、空白：开口流动不设置流动属性

2、创建：为开口流动创建流动属性，点击创建后会在属性浏览器中弹出属性来显示和设置流动参数。属性包含名称、角度类型、开孔率、流动方向、流动类型、体积流量、函数类型、温度以及对太阳辐射透明。

图 3- 206 开口流动属性

名称：设置流动名称

角度类型：设置流动的角度，垂直流动或倾斜流动

开孔率：设置开孔流动的开孔率

流动方向：设置流动的方向，流入或流出

流动类型：设置流动类型，包含体积流量、垂直流速、压力。

(1) 体积流量：设置流动类型为体积流量，体积流量分为常值、时间、自定义函数三种函数类型。

常值：体积流量为常数，单位 CFM。

时间：设置控制因子和时间的对应关系来控制体积流量，可通过增加/移出设置行数，可导入/导出参数（txt/csv 文件）。

自定义函数：体积流量由自定义的流动函数控制。

(2) 垂直流速：设置流动类型为垂直流速，垂直流速分为常值、时间、自定义

函数三种函数类型。

常值：垂直接流速为常数，单位 m/s

时间：设置控制因子和时间的对应关系来控制垂直接流速，可通过增加/移出设置行数，可导入/导出参数（txt/csv 文件）。

自定义函数：垂直接流速由自定义的流动函数控制。

- (3) 压力：设置流动类型为压力，压力分为常值、时间、自定义函数三种函数类型。

常值：压力为常数，单位 Pa

时间：设置控制因子和时间的对应关系来控制压力，可通过增加/移出设置行数，可导入/导出参数（txt/csv 文件）。

自定义函数：压力由自定义的流动函数控制。

- (4) 温度：设置流体的温度，温度的设置分为常值、时间、自定义函数三种函数类型。

常值：温度为常数，单位℃；

时间：设置控制因子和时间的对应关系来控制温度，可通过增加/移出设置行数，可导入/导出参数（txt/csv 文件）。

自定义函数：温度由自定义的温度函数控制。

对太阳辐射透明：勾选表示该开口流动未遮挡太阳辐射，不勾选表示该开口流动对太阳辐射有遮挡作用。

3、加载：从库中加载开口流动属性，点击加载后会弹出属性库加载项，仅支持加载开口流动。

【网格】 开口流动网格属性包括网格属性设置；网格属性见第五章介绍。



图 3- 207 开口流动网格参数设置

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息。



图 3- 208 开口流动信息设置

1.5.8. 鼓风机

鼓风机可设置参数包括几何、属性、网格、信息，具体如下：

【几何】分别设置鼓风机 X/Y/Z 方向的位置参数：



图 3- 209 鼓风机几何参数设置

【属性】新建鼓风机后，鼓风机流动选项为空白（默认）、创建、加载三项；

一、空白：鼓风机不设置鼓风机流动属性；

二、创建：为鼓风机创建鼓风机流动属性，点击创建后会在属性浏览器中弹出属性来显示和设置鼓风机参数。属性包含基本信息、流量设置三项。

基本信息：设置鼓风机流动名称；

流量设置：设置风扇的流量特性，包含固定流量、非线性风扇工作曲线、固定出风速度三项；

(1) 固定流量：设置流动类型为固定流量，单位 CFM。

(2) 非线性风扇工作曲线（P-Q 曲线）：设置压力和流量的对应关系，可通过增加/移出设置行数，可导入/导出参数（txt/csv 文件）。

(3) 固定出风速度：设置流动类型为固定出风速度，单位 m/s。

三、加载：从库中加载鼓风机流动属性，点击加载后会弹出属性库加载项，仅支持加载鼓风机流动。



图 3- 210 鼓风机属性参数设置

【网格】鼓风机网格属性包括局部化网格设置及网格属性设置；当网格为基于区域：局部方法为基于区域，可选择是否局部化网格；当网格为基于八叉树：可选择基于区域或基于八叉树，局部方法选择基于区域，此时可设置是否局部化网格；局部方法选择基于八叉树，此时可设置最大加密等级，几何特征点是否硬化；网格属性见第五章介绍。

名称: 鼓风机

几何 | 属性 | 网格 | 信息

局部方法: 基于八叉树

最大加密等级: 0

几何特征点硬化

> 网格: 空白

图 3- 211 鼓风机网格参数设置

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息。

名称: 鼓风机

几何 | 属性 | 网格 | 信息

备注

图 3- 212 鼓风机信息设置

1.5.9. 空调

空调可设置参数包括几何、属性、网格、信息，具体如下：

【几何】分别设置空调 X/Y/Z 方向的位置参数

名称: 空调

几何 | 属性 | 网格 | 信息

位置

| | | |
|---|---|----|
| X | 0 | mm |
| Y | 0 | mm |
| Z | 0 | mm |

隐藏 抑制

忽略几何体

图 3- 213 空调几何参数设置

【属性】新建空调后，空调流动选项为空白（默认）、创建、加载三项。

一、空白：空调不设置空调流动属性

二、创建：为空调创建空调流动属性，点击创建后会在属性浏览器中弹出属性来显示和设置空调参数。属性包含基本信息、制冷功率、流量设置、进出风目标温度四项。

基本信息：设置空调流动名称

制冷功率：设置空调的制冷功率，包含无、固定值、变量三项。

- (1) 无：不设置制冷功率
- (2) 固定值：设置制冷功率为固定值，单位为 W。
- (3) 变量：设置制冷功率为变量，包含空气流量，空气流量指数，回风温度-制冷功率曲线三项。

空气流量：设置空气流量，单位 CFM

空气流量指数：设置空气流量指数，常数

回风温度-制冷功率曲线：设置回风温度和制冷功率的对应关系，可通过增加/移出设置行数，可导入/导出参数（txt/csv 文件）。

流量设置：设置空调的流量特性，包含固定流量、非线性风扇工作曲线、进出风温差设置三项。

- (1) 固定流量：设置流动类型为固定流量，单位 CFM
- (2) 非线性风扇工作曲线（P-Q 曲线）：设置压力和流量的对应关系，可通过增加/移出设置行数，可导入/导出参数（txt/csv 文件）。
- (3) 进出风温差设置：设置进出风温差，单位 $^{\circ}\text{C}$ ；最大体积流量，单位 CFM，最小体积流量，单位 CFM。

进出风目标温度：设置空调的进出风方式与目标温度

三、加载：从库中加载空调流动属性，点击加载后会弹出属性库加载项，仅支持加载空调流动。

名称: 空调

几何 属性 网格 信息

空调工作参数 空白

图 3- 214 空调属性参数设置

【网格】空调网格属性包括局部化网格设置及网格属性设置；当网格为基于区域：局部方法为基于区域，可选择是否局部化网格；当网格为基于八叉树：可选择基于区域或基于八叉树，局部方法选择基于区域，此时可设置是否局部化网格；局部方法选择基于八叉树，此时可设置最大加密等级，几何特征点是否硬化；网格属性见第五章介绍。

图 3- 215 空调网格参数设置

【信息】

用户可添加对该项描述、备注等信息。

图 3- 216 空调信息设置

1.5.10. 回风面

回风面仅在鼓风机或空调元件存在且处于选中状态时才会被激活。

回风面可设置参数包括几何、网格、信息，具体如下：

【几何】

1、位置，分别设置开口流动 X/Y/Z 方向的位置参数。

2、尺寸，分别设置开口流动的 X_o 方向尺寸和 Y_o 方向尺寸。



图 3- 217 回风面几何参数设置

【网格】

回风面网格属性包括网格属性设置；网格属性见第五章介绍。



图 3- 218 回风面网格参数设置

【信息】

用户可添加对该项描述、备注等信息。



图 3- 219 回风面信息设置

1.5.11. 出风面

出风面仅在鼓风机、机柜或空调元件存在且处于选中状态时才会被激活。

出风面可设置参数包括几何、属性、网格、信息，具体如下：

【几何】

- 1、位置，分别设置出风面 X/Y/Z 方向的位置参数。
- 2、尺寸，分别设置出风面的长 X_0 和 Y_0 。



图 3- 220 出风面几何参数设置

【属性】新建出风面后，出风流动选项为空白（默认）、创建、加载三项。

- 1、空白：关联元件不设置出风流动属性
- 2、创建：为元件创建出风流动属性，点击创建后会在属性浏览器中弹出属性来显示和设置出风流动参数。属性包含基本信息、出风方向。

基本信息：设置出风流动名称

出风方向：设置出风面的出风方向，包含垂直出风、非均速垂直出风、倾斜出风。

- (1) 垂直出风：设置出风面出风方式为垂直出风
- (2) 非均速垂直出风：设置出风面出风方式为非均速垂直出风，可通过 X_0 方向非均匀性和 Y_0 方向非均匀性来调整非均匀性。
- (3) 倾斜出风：设置出风面出风方式为倾斜出风，可通过 X/Y/Z 方向参数来调整倾斜角度。

- 3、加载：从库中加载出风流动，点击加载后会弹出属性库加载项，仅支持加载出风流动。

图 3- 221 出风面属性参数设置

【网格】出风面网格属性包括局部化网格设置及网格属性设置。

图 3- 222 出风面网格参数设置

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息。

图 3- 223 出风面信息设置

1.6. 流动组件介绍

1.6.1. 流动阻尼

流动阻尼可设置参数包括几何、属性、网格、信息，具体如下：

【几何】

- 1、位置，分别设置流动阻尼 X/Y/Z 方向的位置参数。
- 2、尺寸，分别设置流动阻尼 Xo、Yo、Zo 方向尺寸。

名称: 流动阻尼

几何 | 属性 | 网格 | 信息

位置

X 0 mm

Y 0 mm

Z 0 mm

尺寸

Xo 40 mm

Yo 40 mm

Zo 40 mm

构造

塌缩 不塌缩

隐藏 抑制

忽略几何体

图 3- 224 流动阻尼几何设置

【属性】

新建流动阻尼后，流动阻尼选项为空白（默认）、创建、加载三项。

一、空白：关联元件不设置流动阻尼属性

二、创建：为元件创建流动阻尼属性，点击创建后会在属性浏览器中显示和设置流动阻尼参数。属性包括基本信息和阻尼模型。

基本信息：设置流动阻尼的名称

阻尼模型下分为七个参数设置

1、阻尼类型：包含“体积”和“平面”，表示两种不同的计算方法，分别对应阻尼、平面阻尼两种元件；

2、系数耗散依据：可设置为三种类型，“逼近速度”、“设备速度”、“加速度”，表示计算压降的阻尼系数所依据的速度类型；在选择“设备速度”、“加速度”时，压降是基于阻尼内部的速度计算，新加参数“面积因子”，表示阻尼内部的开孔率；另外对于“加速”模型，通常用于高速气流通过阻尼的工况，此模型用“面积因子”减小气流入口面积，流经阻尼时速度增大、压力降低，流出后速度减小，压力返回。通常用于计算流经阻尼时的突然加速和流出时的突然减速；

3、计算类型：默认为“标准”，此时各个方向均设置阻尼系数。当类型为“高级”时各个方向均设置 4 个参数，包括 A、B、特征长度、雷诺数指数；

4、Xo、Yo、Zo 方向阻尼系数：可设置对应方向的阻尼系数，单位 1/m；

5、辐射透明：可选是或者否，表示阻尼是否阻挡辐射，默认选“否”，表示参与阻挡辐射，如果选“是”，表示阻尼对辐射透明，不阻挡辐射。

三、加载

从库中加载流动阻尼属性点击加载后会弹出属性库加载项，仅支持加载流动阻尼。



图 3- 225 流动阻尼模型设置

【网格】

流动阻尼网格属性包括局部化网格设置及网格属性设置；当网格为基于区域：局部方法为基于区域，可选择是否局部化网格；当网格为基于八叉树：可选择基于区域或基于八叉树，局部方法选择基于区域，此时可设置是否局部化网格；局部方法选择基于八叉树，此时可设置最大加密等级，几何特征点是否硬化；网格属性见第五章介绍。

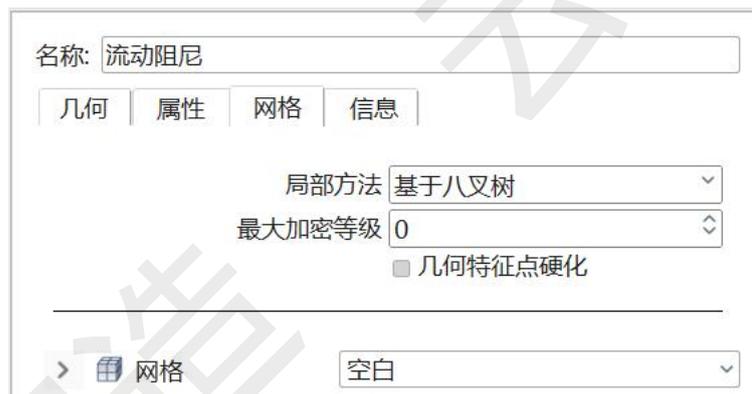


图 3- 226 流动阻尼网格设置

【信息】

用户可添加对该项的描述、备注等信息。



图 3- 227 流动阻尼信息窗口

注意：

1、“标准”类型的阻尼模型计算流动压降的原理可以用以下公式描述：

$$\frac{dP}{dL} = \left(\frac{f}{2} \right) \times (\text{density}) \times (\text{velocity})^2$$

其中，f 为阻尼系数，density 为流体密度，velocity 为流体速度。

“高级”类型的阻尼模型计算流动压降的原理可以用以下公式描述：

$$\frac{dP}{dL} = \left[\frac{1}{2} \left(\frac{A}{\text{Re}} + \frac{B}{\text{Re}^{\text{index}}} \right) \right] \times (\text{density}) \times (\text{velocity})^2$$

其中，A,B 为系数，Re 为雷诺数。

2、新建流动阻尼模型时，属性树上挂载一个对应节点。

3、流动阻尼模型栏选择下拉菜单中已有的阻力属性，如 tem1，修改 tem1 属性，所有引用了 tem1 的地方将同步修改。

4、流动阻尼模型属性栏界面用户需要输入局部坐标系下的各个方向参数，输出

到控制文件中将转换为整体坐标系下的参数。

5、流动阻尼模型属性栏除 Index 外其他数据输入框都只能输入正数。

1.6.2.平面流动阻尼

平面流动阻尼可设置参数包括几何、属性、网格、信息，具体如下：

【几何】

- 1、位置，分别设置平面流动阻尼 X/Y/Z 方向的位置参数。
- 2、尺寸，分别设置平面流动阻尼长 X_o 、宽 Y_o 方向大小。

名称: 平面流动阻尼

几何 | 属性 | 网格 | 信息

位置

X 0 mm

Y 0 mm

Z 0 mm

尺寸

Xo 40 mm

Yo 40 mm

旋转

轴 无

隐藏 抑制

忽略几何体

图 3- 228 流动阻尼网格设置

【属性】

新建平面流动阻尼后，平面流动阻尼选项为空白（默认）、创建、加载三项；

- 一、空白：关联元件不设置平面流动阻尼属性
- 二、创建：为元件创建平面流动阻尼属性，点击创建后会在属性浏览器中显示和设置平面流动阻尼参数。属性包括基本信息和平面阻尼模型。

基本信息：设置平面流动阻尼的名称

平面阻尼模型下分为六个参数设置：

- 1、阻尼类型：包含“体积”和“平面”，表示两种不同的计算方法，分别对应阻尼、

平面阻尼两种元件；

2、系数耗散依据：可设置为三种类型，“逼近速度”、“设备速度”、“加速度”，表示计算压降的阻尼系数所依据的速度类型；在选择“设备速度”、“加速度”时，压降是基于阻尼内部的速度计算，新加参数“面积因子”，表示阻尼内部的开孔率；另外对于“加速度”模型，通常用于高速气流通过阻尼的工况，此模型用“面积因子”减小气流入口面积，流经阻尼时速度增大、压力降低，流出后速度减小，压力返回。通常用于计算流经阻尼时的突然加速和流出时的突然减速。

3、计算类型：默认为“标准”，此时各个方向均设置阻尼系数。当类型为“高级”时各个方向均设置 4 个参数，包括 A、B、特征长度、雷诺数指数。

4、阻尼系数：可设置对应方向的阻尼系数

5、外部角系数：包括“角度”、“垂直”。选择角度后，弹出 X_o、Y_o、Z_o 三个方向的输入框。

6、辐射透明：可选是或者否，表示阻尼是否阻挡辐射，默认选“否”，表示参与阻挡辐射，如果选“是”，表示阻尼对辐射透明，不阻挡辐射。

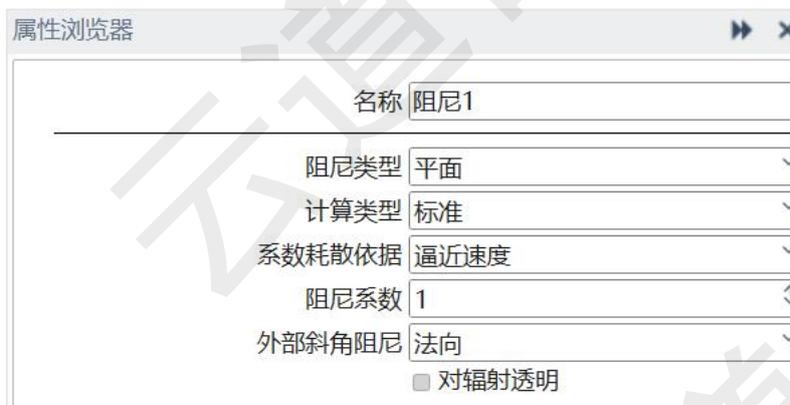


图 3- 229 平面流动阻尼模型设置

【网格】

平面流动阻尼网格属性包括局部化网格设置及网格属性设置；当网格为基于区域：局部方法为基于区域，可选择是否局部化网格；当网格为基于八叉树：可选择基于区域或基于八叉树，局部方法选择基于区域，此时可设置是否局部化网格；局部方法选择基于八叉树，此时可设置最大加密等级，几何特征点是否硬化；网格属性见第五章介绍。



图 3- 230 平面流动阻尼网格设置

【信息】

用户可添加对该项的描述、备注等信息；



图 3- 231 平面流动阻尼信息窗口

1.6.3. 多孔板

多孔板可设置参数包括几何、属性、网格、信息，具体如下。

【几何】

- 1、位置，可分别设置多孔板 X/Y/Z 方向的位置参数；
- 2、尺寸，可分别设置多孔板长 Xo、宽 Yo 方向大小。



图 3- 232 多孔板几何设置

【属性】

新建多孔板元件后，“模型”选项可以选择为自动（默认）、标准或高级，3种模型所对应的参数设置有所不同。其中，自动模型的设置项如下所述：

- (1) 类型：若为自定义类型，在下方输入所需的开孔率即可；若为计算类型，需设置“孔类型”、间隙 X_o 、间隙 Y_o 等参数；
- (2) 开孔率：当“类型”为计算类型，开孔率根据其它参数设置自动计算得到；
- (3) 孔类型：包括“圆形”、“矩形”、“六边形”三种，每种孔所对应的尺寸类型不同；
- (4) 圆形孔：直径，单位 mm；
- (5) 矩形孔：长 X_o 、宽 Y_o ，单位 mm；
- (6) 六边形孔：边长，单位 mm。
- (7) 间隙：可设置多孔板在 X_o 和 Y_o 方向的孔间距。

对标准模型的设置，“损失系数基于”可设置为三种类型：“逼近速度”、“设备速度”、“加速度”，表示计算压降所依据的速度类型。三种模型均需要设置“损失系数”，且在选择“设备速度”、“加速度”时，需要额外给定参数“开孔率”；

对高级模型的设置，“损失系数基于”可同上设置为三种类型：“逼近速度”、“设备速度”、“加速度”。三种模型均需要设置“A系数”、“B系数”和“指数”，且在选择“设备速度”、“加速度”时，需要额外给定参数“开孔率”。

- (8) 此外，不论选择哪种模型，都可以勾选“整流”复选框，以开启整流功能。开启后，可选择整流流向为“负方向”或“正方向”。

名称: 多孔板

几何 属性 网格 信息

阻尼模型 自动

开孔率 计算
0.19635

孔

形状 圆形

直径 0.5 mm

间隙 Xo 1 mm

间隙 Yo 1 mm

整流

名称: 多孔板

几何 属性 网格 信息

阻尼模型 标准

损失系数基于 逼近速度

损失系数 0

整流

名称: 多孔板

几何 属性 网格 信息

阻尼模型 高级

损失系数基于 逼近速度

长度尺度 1 mm

A系数 0

B系数 0

指数 0

整流

图 3- 233 多孔板-孔类型设置

【网格】

当网格为基于区域：局部方法为基于区域，可选择是否局部化网格；

当网格为基于八叉树：可选择基于区域或基于八叉树，局部方法选择基于区域，此时可设置是否局部化网格；

局部方法选择基于八叉树，此时可设置最大加密等级，几何特征点是否硬化；网格属性见第五章介绍



图 3- 234 多孔板网格设置

【信息】

用户可添加对该项的描述、备注等信息；



图 3- 235 多孔板信息设置窗口

1.7. 辅件介绍**1.7.1. 流体标记区域**

流体标记区域以区域的形式对流体域性质进行标记，可设置参数包括：几何、属性、信息，分别点击对应 Tab 页进行属性及参数设置，具体如下：

【几何】 分别设置 X/Y/Z 方向的位置，Xo/Yo/Zo 方向尺寸；



图 3- 236 流体标记区域几何参数设置

【属性】设置元件的物理属性，可设置材料属性，具体参考第五章。



图 3- 237 流体标记区域属性页设置

【信息】窗口可添加对该项描述、备注等信息；该处父节点和子节点无关联，各自添加和显示；若多个元件同时选中进行编辑，则各元件显示相同信息；多个不同信息元件同时选中，信息界面显示第一个被选中元件的信息。



图 3- 238 流体标记区域信息设置

1.7.2. 体积区域

设置区域内的网格，可设置参数包括：几何、网格、信息，分别点击对应选项进行属性及参数设置，具体如下：

【几何】分别设置 X/Y/Z 方向的位置，Xo/Yo/Zo 方向尺寸



图 3- 239 体积区域几何参数设置

【网格】体积区域网格属性包括局部化网格设置及网格属性设置。

当网格为基于区域：局部方法为基于区域，可选择是否局部化网格。

当网格为基于八叉树：可选择基于区域或基于八叉树，局部方法选择基于区域，此时可设置是否局部化网格。

局部方法选择基于八叉树，此时可设置最大加密等级，几何特征点是否硬化；网格属性见第五章介绍。



图 3- 240 体积区域网格设置

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息；该处父节点和子节点无关联，各自添加和显示；若多个元件同时选中进行编辑，则各元件显示相同信息；多个不同信

息元件同时选中，信息界面显示第一个被选中元件的信息。

图 3- 241 体积区域信息设置

1.7.3.平面区域

设置平面区域内的网格，可设置参数包括：几何、网格、信息，分别点击选项进行属性及参数设置，具体如下：

【几何】分别设置 X/Y/Z 方向的位置，Xo/Yo 方向尺寸。

图 3- 242 平面区域网格设置

【网格】平面区域网格属性见第五章介绍。

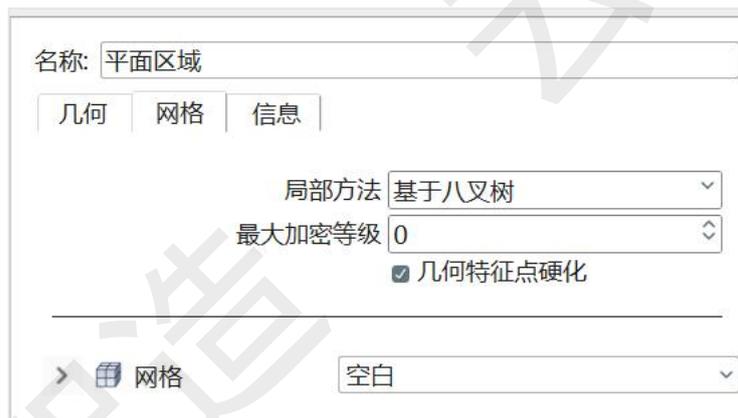


图 3- 243 平面区域网格设置

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息；该处父节点和子节点无关联，各自添加和显示；若多个元件同时选中进行编辑，则各元件显示相同信息；多个不同信息元件同时选中，信息界面显示第一个被选中元件的信息；



图 3- 244 平面区域信息设置

1.7.4. 流体标记点

流体标记点以点的形式对流体域性质进行标记，可设置参数包括：几何、属性、信息，分别点击对应选项进行属性及参数设置，具体如下：

【几何】分别设置 X/Y/Z 方向的位置；

名称: 流体标记点

几何 属性 信息

位置

| | | |
|---|----|----|
| X | 20 | mm |
| Y | 20 | mm |
| Z | 20 | mm |

隐藏 抑制

忽略几何体

图 3- 245 流体标记点几何参数设置

【属性】设置元件的物理属性，可设置材料属性，具体参考第五章；

名称: 流体标记点

几何 属性 信息

流体材料 水 5 °C

图 3- 246 流体标记点属性页设置

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息；该处父节点和子节点无关联，各自添加和显示；若多个元件同时选中进行编辑，则各元件显示相同信息；多个不同信息元件同时选中，信息界面显示第一个被选中元件的信息；

名称: 流体标记点

几何 属性 信息

备注

图 3- 247 流体标记区域信息设置

1.7.5. 监控点

监控点用于监测用户指定位置的温度信息，可设置参数包括：几何、信息，具体如下所示：

【几何】分别设置 X/Y/Z 方向的位置，选中某元件后建立监控点时，监控点位置

在该元件中心；

图 3- 248 监控点几何参数设置

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息；该处父节点和子节点无关联，各自添加和显示；若多个元件同时选中进行编辑，则各元件显示相同信息；多个不同信息元件同时选中，信息界面显示第一个被选中元件的信息。

图 3- 249 监控点信息设置

1.7.6. 切割域

切割域元件可对计算域进行切割，被切割的部分将不再参与模型的计算，可节省计算资源，加快计算速度；

切割域可设置参数包括：几何、属性、网格、信息，具体如下所示：

【几何】分别设置 X/Y/Z 方向的位置， $X_0/Y_0/Z_0$ 方向尺寸；



图 3- 250 切割域几何参数设置

【属性】设置元件的物理属性，可设置表面边界属性，表面边界可选开放或壁面，开放模式下，点击链接，可选外部条件进行环境属性设置；

切割域的表面边界可设置 $\pm X_0$ 、 $\pm Y_0$ 、 $\pm Z_0$ 6 个面，具体参考第五章；



图 3- 251 切割域属性页设置

切割域除了具备基本的“挖空”求解域外，还具备 2 个切割域关联的功能，即物理上实现切割域边界隔离，数据上实现切割域关联边界的连接。

具体的原理如下：

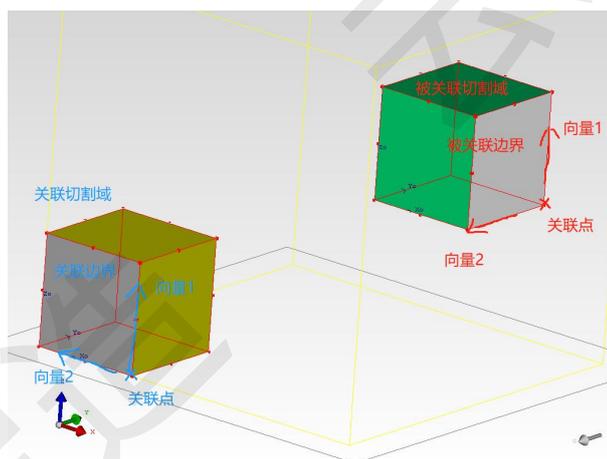


图 3- 252 切割域关联功能

在使用时，在指定关联切割域的边界添加被关联切割域的边界，具体的设置如下图所示。



图 3- 253 关联切割域的边界的设置

下图所示为被关联切割域的边界的设置界面。

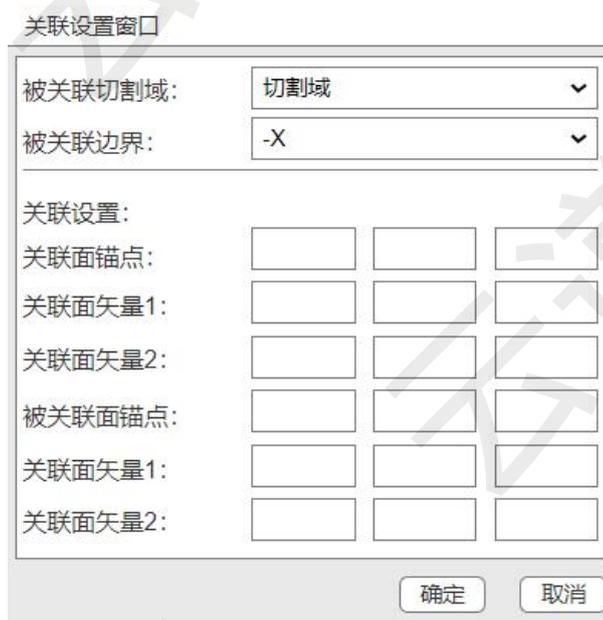


图 3- 254 关联切割域的边界的设置界面

根据切割域边界关联原理，关联边界和被关联边界之间需要通过一个锚点和两个矢量边界确定对应关系。

说明：

在使用切割域关联时，需要注意一下事项：

- 1、被关联的两个边界必须尺寸一致，暂不支持不同尺寸的切割域边界的关联；
- 2、现阶段仅支持一对一的边界关联，不支持一对多的边界关系；
- 3、被关联的两个边界之间保持速度和温度的连续；
- 4、同一个切割域的不同边界之间可以关联，统一个切割域的同一条边界不允许关联。

【网格】切割区域网格属性包括局部化网格设置及网格属性设置；

当网格为基于区域：局部方法为基于区域，可选择是否局部化网格；

当网格为基于八叉树：可选择基于区域或基于八叉树，局部方法选择基于区域，此时可设置是否局部化网格；

局部方法选择基于八叉树，此时可设置最大加密等级，几何特征点是否硬化；网格属性见第五章介绍。



图 3- 255 切割域网格设置

【信息】用户可添加对该项描述、备注等信息；该处父节点和子节点无关联，各自添加和显示；若多个元件同时选中进行编辑，则各元件显示相同信息；多个不同信息元件同时选中，信息界面显示第一个被选中元件的信息。



图 3- 256 切割域信息设置

1.8. 外部导入

1.8.1. ODB++ 文件

Simdroid EC 支持 ODB++ 文件的导入。支持的 ODB++ 文件的版本是 3.8。

右键点击装配体，在【导入】选项中，选择 ODB++，弹出 ODB++ 导入界面。如下图所示。



图 3- 257 ODB++ 导入选项

下图所示为 ODB++ 的解析界面。Simdroid EC 除了解析 ODB++ 的板信息，还支持板上部件的再创建，板上部件的类型有立方体和器件。可以设置部件的功耗值，同时还可以定义部件在板的位置（上表面/下表面）。如果勾选了该部件的监控点，在导入 ODB++ 的过程中会自动创建部件和基于部件创建监控点。如果部件的过滤选项为过滤，则该部件参与过滤。

| 芯片标识号 | 封装名称 | 封装编号 | 器件类型 | 热耗 (W) | X位置 (mm) | Y位置 (mm) | 安装面 | 长度 (mm) | 宽度 (mm) | 高度 (mm) | 过滤 | Rjc (K/W) | Rjb (K/W) | 监控点 | |
|-------|------|------------|------------|--------|----------|-----------|-----------|---------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----|-------------------------------------|
| 1 | C1 | CAP_2012_N | CAP_2012_N | 立方体 | 0.000000 | 94.107000 | 39.588440 | 顶面 | 3.220720 | 1.879600 | 3.000000 | 过滤 | | | <input type="checkbox"/> |
| 2 | C2 | CAP_2012_N | CAP_2012_N | 立方体 | 0.000000 | 82.410300 | 39.555420 | 顶面 | 3.220720 | 1.879600 | 3.000000 | 过滤 | | | <input type="checkbox"/> |
| 3 | C3 | CAP_2012_N | CAP_2012_N | 立方体 | 0.000000 | 57.957720 | 87.757000 | 顶面 | 1.879600 | 3.220720 | 3.000000 | 过滤 | | | <input type="checkbox"/> |
| 4 | C4 | CAP_2012_N | CAP_2012_N | 双热阻 | 0.000000 | 58.005980 | 76.034900 | 顶面 | 1.879600 | 3.220720 | 3.000000 | 过滤 | 380 | 108 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 5 | C5 | CAP_2012_N | CAP_2012_N | 双热阻 | 0.000000 | 14.732000 | 61.925200 | 顶面 | 3.220720 | 1.879600 | 3.000000 | 过滤 | 380 | 108 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 6 | C6 | CAP_2012_N | CAP_2012_N | 双热阻 | 0.000000 | 14.732000 | 67.005200 | 顶面 | 3.220720 | 1.879600 | 3.000000 | 过滤 | 108 | 108 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 7 | C7 | CAP_2012_N | CAP_2012_N | 双热阻 | 0.000000 | 36.957000 | 92.405200 | 顶面 | 3.220720 | 1.879600 | 3.000000 | 过滤 | 108 | 108 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 8 | C8 | CAP100RP | CAP100RP | 双热阻 | 0.000000 | 19.199860 | 57.785000 | 顶面 | 6.985000 | 5.080000 | 3.000000 | 过滤 | 660 | 45 | <input type="checkbox"/> |
| 9 | C9 | CAP100RP | CAP100RP | 立方体 | 0.000000 | 19.685000 | 64.770000 | 顶面 | 6.985000 | 5.080000 | 3.000000 | 过滤 | | | <input type="checkbox"/> |
| 10 | C10 | CAP_2012_N | CAP_2012_N | 双热阻 | 0.000000 | 14.732000 | 56.845200 | 顶面 | 3.220720 | 1.879600 | 3.000000 | 过滤 | 660 | 45 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 11 | C11 | CAP_2012_N | CAP_2012_N | 立方体 | 0.000000 | 14.432280 | 96.850200 | 顶面 | 3.220720 | 1.879600 | 3.000000 | 过滤 | | | <input type="checkbox"/> |

图 3- 258 ODB++解析界面

下图所示为部件过滤界面，过滤的参数有侧壁长度、高度、功耗和参考位号等 4 个，这 4 个参数可进行“与”和“或”组合，满足过滤条件的部件才能导入，不满足过滤条件的部件则会在 ODB++导入过程中自动删除不创建。

图 3- 259 ODB++过滤界面

在 ODB++的解析界面，如果勾选了“布线层约束接触”，则导入后的布线层支持复制/粘贴/删除功能；如果不勾选“布线层约束接触”，则导入的布线层只供查看，不支持复制/粘贴/删除功能。

下图所示为 ODB++导入后的模型树显示。

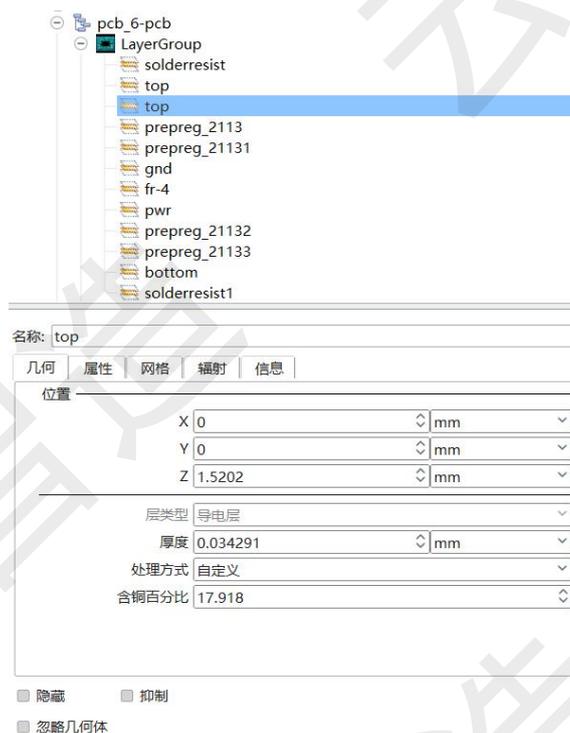


图 3- 260 ODB++导入后的模型树显示

【几何】显示了 ODB++导入每层的类型、厚度以及层处理的方式。当处理方式选择“自定义”时，用户可直接设置盖层的含铜百分比；如果将处理方式设置为“自动”时，Simdroid EC 会根据导入的 ODB++的设置自动计算含铜百分比，同时还可以显示解析后的含铜分布情况，如下图所示。

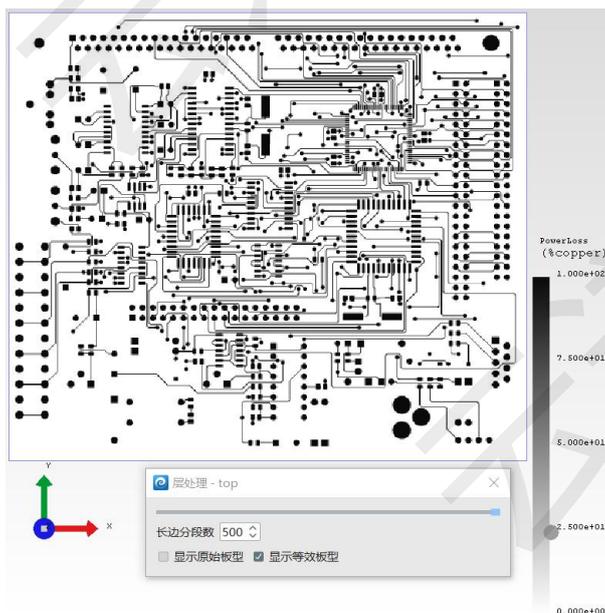


图 3- 261 ODB++等效后的含铜分布

在 ODB++ 的层装配体，增加了全局最大分辨率和当前分辨率，全局最大分辨率用于控制每层解析的精度，当前分辨率可统一设置所有层的分辨率。用户还可以根据实际需求，调整每层的分辨率。如下图所示。



图 3- 262 ODB++全局分辨率设置

【属性】用于设置层的导电材料和绝缘材料以及表面材料，如下图所示。



图 3- 263 ODB++材料设置

【网格】、【辐射】、【信息】和其他的内容一致，可参考其他智能元件的设置。

1.8.2.IDF 导入

创建装配体，右键展开，选择导入，在导入列表中选择 IDF，进入下图所示的 IDF (*.emn) 文件选择路径。

需要说明的是 IDF 的输入文件*.emn 和*.emp 需要放在同一路径，SimdroidEC 会根据选择的.emn 文件的路径自动读取.emp 文件。

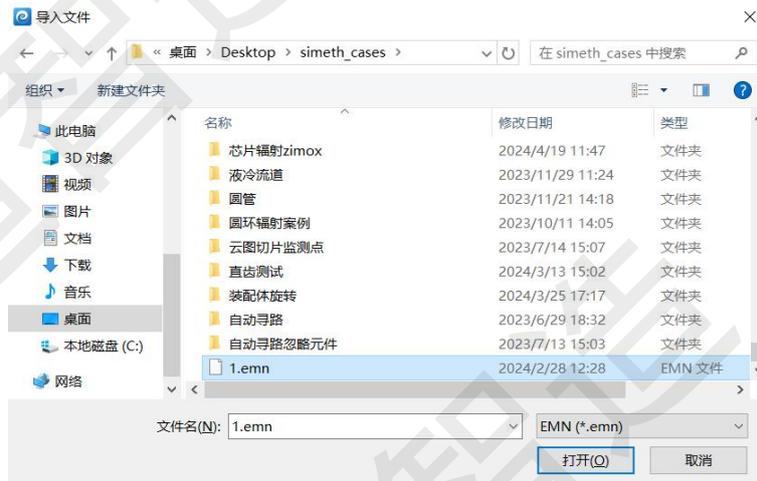


图 3- 264 IDF 导入文件路径选择界面

与 ODB++类似，IDF 的导入界面如下图所示。用户可设置器件的类型、器件的功耗以及器件的安装面，同时如果用户需要对器件设置监控点，可直接勾选与器件对应的监控点即可，如下图所示。

| 芯片标识号 | 封装名称 | 封装编号 | 器件类型 | 功耗 (W) | X位置 (mm) | Y位置 (mm) | 安装面 | 长度 (mm) | 宽度 (mm) | 高度 (mm) | 过滤 | Rjc (K/W) | Rjb (K/W) | 监控点 | |
|-------|------|----------------|-----------------|--------|----------|------------|------------|---------|-----------|-----------|----------|-----------|------------|-----------|-------------------------------------|
| 1 | C143 | CAP_SMD_30... | 04-02-01_CAP... | 简化 | 0.000000 | 183.086660 | 159.975590 | 底面 | 7.135260 | 8.995890 | 0.510000 | 不过滤 | | | <input type="checkbox"/> |
| 2 | R222 | RES_SMD_080... | 04-01-01_RES... | 双热阻 | 0.000000 | 59.431552 | 43.577206 | 底面 | 1.766796 | 3.300050 | 0.600000 | 不过滤 | 223.000000 | 11.000000 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3 | R239 | RES_SMD_080... | 04-01-01_RES... | 简化 | 0.000000 | 121.852052 | 43.577206 | 底面 | 1.766796 | 3.300050 | 0.600000 | 不过滤 | | | <input type="checkbox"/> |
| 4 | U25 | MSK5131-3V3 | MSK5131-3V3 | 简化 | 0.000000 | 162.433000 | 143.954500 | 顶面 | 18.034000 | 27.686000 | 2.540000 | 不过滤 | | | <input type="checkbox"/> |
| 5 | R10 | RES_SMD_080... | 04-01-01_RES... | 简化 | 0.000000 | 181.722744 | 34.666552 | 底面 | 3.300050 | 1.766796 | 0.600000 | 不过滤 | | | <input type="checkbox"/> |
| 6 | R157 | RES_SMD_080... | 04-01-01_RES... | 双热阻 | 0.000000 | 158.872552 | 70.945706 | 底面 | 1.766796 | 3.300050 | 0.600000 | 不过滤 | 109.000000 | 10.900000 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 7 | C11 | CAP_SMD_12... | 04-02-01_CAP... | 双热阻 | 0.000000 | 95.032000 | 149.693500 | 顶面 | 4.500000 | 3.000000 | 1.500000 | 不过滤 | 112.000000 | 10.900000 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 8 | R80 | RES_SMD_080... | 04-01-01_RES... | 双热阻 | 0.000000 | 154.290744 | 32.952052 | 顶面 | 3.300050 | 1.766796 | 0.600000 | 不过滤 | 108.000000 | 10.900000 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 9 | C100 | CAP_SMD_12... | 04-02-01_CAP... | 简化 | 0.000000 | 149.312500 | 152.372500 | 顶面 | 3.000000 | 4.500000 | 1.500000 | 不过滤 | | | <input type="checkbox"/> |
| 10 | D3 | DIODE_SMD_3... | 05_03_01_DIO... | 简化 | 0.000000 | 62.285500 | 24.794500 | 底面 | 4.090000 | 2.100000 | 2.540000 | 不过滤 | | | <input type="checkbox"/> |

图 3- 265 IDF 解析界面

IDF 导入的过滤功能如下图所示，与 ODB++类似，当上图中的对象满足过滤条件时。

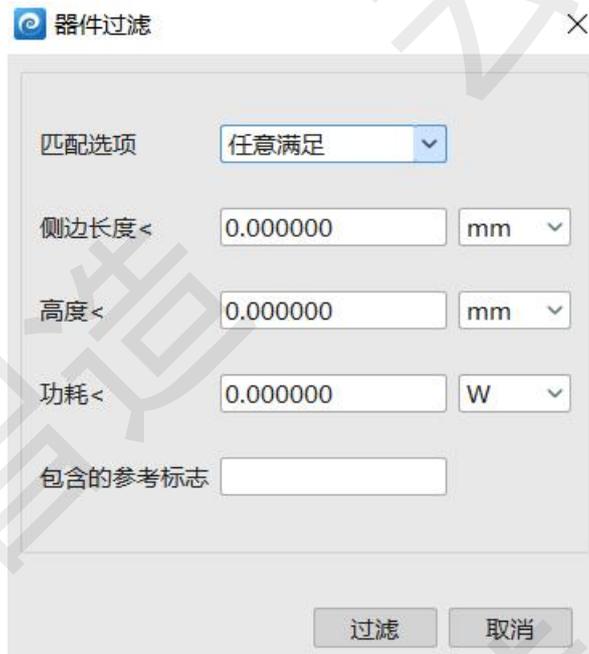


图 3- 266 IDF 过滤设置界面

【属性】、【网格】、【辐射】、【信息】的设置与其他智能元件一致，此处不在赘述。

第四章 网格划分

本章节内容主要介绍网格剖分全局设置与网格显示与检查窗口功能。对于体积区域和各类智能元件的局部网格剖分设置，可以参考【伏图电子散热建模】章节中的关于局部网格设置的详细介绍。

1.1. 全局网格设置

单击网格设置页【全局网格控制】节点，在【设置窗口】中进行全局网格控制参数设置。



图 4-1 全局网格控制节点



图 4-2 网格设置

注意：Region-based 和八叉树网格两种模式下的全局网格控制参数不尽相同。



图 4-3 Region-based 全局网格参数设置

Region-based 模式下，有以下几个控制参数：

【网格尺寸控制】控制网格的大小，分别为无、粗糙、中等、精细，默认网格设置标准为“粗糙”。

关于网格不同等级的最大/最小尺寸，如下所示：

其中以求解域的最小尺寸为基准，精细网格的最大/最小网格尺寸为求解域最小尺寸的 5%/0.5%；中等网格的最大/最小网格尺寸为求解域最小尺寸的 10%/2%；粗糙网格的最大/最小网格尺寸为求解域最小尺寸的 30%/4%；当设置为无时，全局最大/最小网格尺寸与求解域无关，为固定值 0.01mm/200mm。

【方向类型】控制各个方向的全局网格设置，包含“各向同性”与“XYZ”两个选项。“各向同性”默认各个方向控制参数相同，统一控制最大、最小尺寸。“XYZ”可以分别设置各个方向的最大、最小网格尺寸。

【最小尺寸】控制全局最小网格尺寸，若网格剖分过程出现小于该尺寸的网格，其特征点会被合并。若剖分过程中检测到与几何体尺寸直接相关的特征点间距小于所设置的最小尺寸，全局最小网格尺寸会被自动修改为该间距值以保留原有几何特征。需要说明的是当元件自定义的尺寸小于全局最小尺寸时，网格剖分采用全局最小尺寸。

注意：建议用户根据模型的特征尺寸设置该值。网格剖分时程序会根据模型的最小特征尺寸与用户设置的网格控制对此阈值进行修正，并在信息窗口输出提示。

【最大尺寸】控制全局最大网格尺寸，保证所有网格尺寸不会大于该参数。需要说明的是当元件自定义的尺寸大于全局最大尺寸时，网格剖分采用全局最大尺寸。

【平滑】控制是否采用网格平滑化处理。平滑化处理可以使网格尺寸更加平滑过渡，但会导致网格数量增加。

【平滑系数】控制全局网格与相邻网格之间的尺寸比，保证网格之间的平滑过渡。

【最大长宽比】控制全局网格的最大长宽比，若网格剖分过程出现大于该长宽比的网格，其网格将会被切割成若干个小网格，以保证所有网格满足最大长宽比。

【特征容差】设定局部八叉树网格的容差大小，小于该值的尺寸忽略。

【特征面积比例容差】相邻元件的面积比小于该值，忽略较小元件对网格的影响。

【平面特征提取】勾选后表示不可忽略平面特征设置容差。

【硬点对齐】勾选后，在进行网格剖分时程序会捕捉对象的特征点，基于特征点捕捉对象的轮廓，确保剖分的网格与对象贴体。

图 4-4 八叉树全局网格参数设置

八叉树网格模式下，有以下几个控制参数：

【**标签**】表示全局网格控制名称。

【**方向类型**】控制各个方向的全局网格设置，包含“各向同性”与“XYZ”两个选项。“各向同性”默认各个方向控制参数相同，统一控制最大、最小尺寸。“XYZ”可以分别设置各个方向的最大、最小网格尺寸。

【**最大尺寸**】控制全局最大网格尺寸，保证所有网格尺寸不会大于该参数。最大尺寸的默认值为求解域最小尺寸的 1/20。需要说明的是当元件自定义的尺寸大于全局最大尺寸时，网格剖分采用全局最大尺寸。

【**最小尺寸**】控制全局最小网格尺寸，若网格剖分过程出现小于该尺寸的网格，其特征点会被合并。若剖分过程中检测到与几何体尺寸直接相关的特征点间距小于所设置的最小尺寸，全局最小网格尺寸会被自动修改为该间距值以保留原有几何特征。需要说明的是当元件自定义的尺寸小于全局最小尺寸时，网格剖分采用全局最小尺寸。

【**最大加密等级**】最大加密等级控制全局所有智能元件的网格剖分等级及周围网格的剖分等级。

【**特征容差**】控制网格捕捉导入体几何特征的容差。容差越小，更多的几何特征会被捕捉到，网格数量也会相应地增加。

【**特征面积比容差**】控制在同一平面下，平面特征的捕捉精度。特征面积比容差越小，该平面上越多的平面特征被捕捉到，网格数量也会相应地增加。

【**平面特征提取**】勾选后表示上面两个容差值有效。

【**平滑**】控制是否采用网格平滑化处理。平滑化处理可以使网格尺寸更加平滑过渡，但会导致网格数量增加。

【**平滑系数**】控制全局网格与相邻网格之间的尺寸比，保证网格之间的平滑过渡。

【**多级扩展**】勾选后设置窗口如下图所示，控制所有智能元件组成的包围盒内部和外部网格尺寸。**总级数**和**第几级**控制需要几个包围盒以及目前设置的是第几个包围盒。**负向**和**正向**控制该包围盒外扩尺寸，**最大尺寸**控制该包围盒内网格的最大尺寸。



图 4-5 多级扩展设置面板

1.2. 网格菜单栏

网格菜单栏界面现分为 3 种模式：

- 模式 1：局域网格：网格投影模式
- 模式 2：局域网格：网格剖分模式
- 模式 3：八叉树网格剖分模式

默认为局域网格：网格剖分模式

a.局域网格：网格投影（D）模式

该模式下的面板如图 1 所示,主要包含“区域网格”、“切换模式”、“网格投影”和“全局网格控制”4 个选项。



图 4-6 局域网格：网格投影模式

点击“区域网格”，可切换为“模式 3：八叉树网格剖分模式”

点击“切换模式”，可切换为“模式 2：局域网格：网格剖分模式”

点击“全局网格控制”，可对全局网格进行设置。

该模式下，可以将网格投影到某个工作面上，可在工作面上调整投影的方向位置，默认为求解域中间位置，此功能可初步检查网格的质量，预估网格的数量。检查网格面板的总网格会显示预估的网格数量，最大长宽比和最小尺寸网格会显示网格的质量。



图 4-7 检查网格面板

b. 局域网格：网格剖分模式

该模式下的面板如图 3 所示，该模式下的面板如图 3 所示,主要包含“区域网格”、“切换模式”、“网格剖分”、“外部网格剖分”、“载入网格”、“检查网格”、“网格切片视图”、“导出 Msh 网格”和“全局网格控制”9 个选项。



图 4-8 局域网格：网格剖分模式

点击“区域网格”，可切换为“模式 3：八叉树网格剖分模式”。

点击“网格剖分”，对该模型执行网格剖分。

点击“载入网格”，视图区载入当前模型划分的网格。【检查网格】界面会出现该模型的网格信息。具体见 1.3 节【检查网格】，同时，在【网格窗口】界面会出现模型流体域和固体域的信息，具体见 1.4 节。

点击“检查网格”，跳出【检查网格】界面，对于大模型仅需检查网格质量时，可先不点击“载入网格”。

点击“网络切片视图”，弹出【网格切片视图】界面，视图区出现拖拽器，可通

过点击 X/Y/Z 切换拖拽器的方向。对网格做平面云图，展示内部网格分布，观察网格质量。

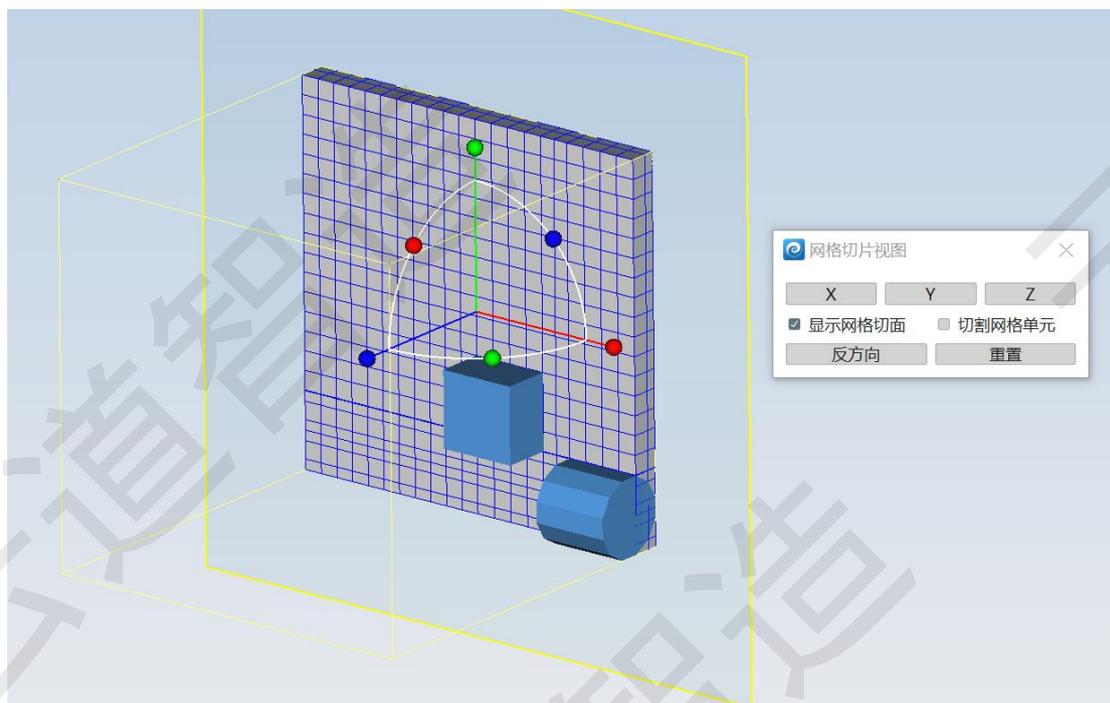


图 4-9 网格切片视图

点击“导出 Msh 网格”，可以将划分的网格以.msh 格式保存在设置路径。

点击“切换模式”，可切换为“模式 1：局域网格：网格投影模式”。

点击“全局网格控制”，可对全局网格进行设置。

c. 八叉树网格剖分模式

点击图 4-6 或图 4-8 的“区域网格”，可切换为模式 3：八叉树网格剖分模式。

该模式下的面板如图 3 所示,主要包含“八叉树网格”、“网格剖分”、“载入网格”、“检查网格”、“网格切片视图”和“导出 Msh 网格”和“全局网格控制”7 个选项。



图 4-10 八叉树网格剖分模式

此模式下表示该模型以八叉树网格的规则进行划分，点击“八叉树网格”，可将模式切换为模式 1。

其余选项参考模式 2。

1.3. 检查网格面板

【检查网格】窗口分为 5 个模块。包含“总网格数量”、“非正交性”、“畸形度”、“最大长宽比网格”、“最小尺寸网格”和“关联对象”。



图 4-11 网格质量检查窗口

“总网格数量”用来显示剖分好的流体网格、固体网格数量以及总网格数量。

“非正交性”显示了当前流体区域网格面的非正交性质量，一般非正交性好坏的临界值是 70，这里显示了其最大值，以及非正交性大于 70 的网格面个数，点击其中的显示面，可以查看非正交大于 70 的网格面分布。

“畸形度”显示了当前流体区域网格面的畸形度质量，一般畸形度好坏的临界值是 4，这里显示了其最大值，以及畸形度大于 4 的网格面个数，点击其中的显示面，可以查看畸形度大于 4 的网格面分布。

“最大长宽比网格”显示最大的前 100 个长宽比数值，单击选中其中任意数值，其所对应网格单元会在视图区高亮显示，同时模型树上与该数值相关的部件会处于高亮选中状态。

“最小尺寸网格”显示最小的前 100 个网格尺寸数值，单击选中其中任意数值，其所对应网格单元会在视图区高亮显示，同时模型树上与该数值相关的部件会处于高亮选中状态。

“关联对象”主要是为了定位“最大长宽比网格”和“最小尺寸网格”中的对象。

当选择“最大长宽比网格”或“最小尺寸网格”后，点击“定位”，可自动定位至该网格。当关联对象中出现2个对象时，表示定位到的网格是由一个元件和另一个元件形成的。当关联对象中出现1个对象时，表示定位到的网格是由一个元件和网格形成的。当关联对象中出现0个对象时，表示定位到的网格是由网格和网格形成的。

1.4. 网格窗口面板

【网格窗口】中流体域网格和固体域网格会显示对应的元件，通过空格键实现视图区的网格显隐，如图所示。

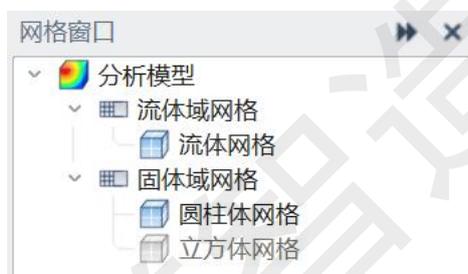


图 4-12 网格窗口面板

【网格窗口】包括流体域网格与固体域网格两个子节点。

在菜单区的空白处鼠标右键可打开【网格窗口】。

1.5. 其他

1.5.1 网格重新剖分逻辑

点击分析-重新初始化并计算时，模型只有在出现以下参数改变时，才重新划分网格，其他场景，如热耗改变、流量改变，均不重新划分网格，可减少时间和内存资源的占用。

- (1) 求解域位置、尺寸、扩展策略改变
- (2) 网格设置窗口，网格划分参数改变
- (3) 任何模型几何参数修改

- (4) 智能元件在项目树上的位置发生改变，即智能元件优先级发生变化
- (5) 智能元件的“使失效”和“激活”状态切换
- (6) 辐射模型中，涉及到分割面辐射，并修改辐射面分割容差时，如将辐射面分割容差从 10mm 修改为 12mm 时。

| 基本信息 | |
|---------|-------|
| 名称 | 辐射 |
| 辐射 | |
| 辐射面类型 | 分割面辐射 |
| 辐射面分割容差 | 10 mm |

图 4-13 辐射面分割容差

注意：

将网格相关参数修改为别的参数又修改为原有参数时，视为已修改参数，重新剖分网格。如将辐射面分割容差从 10mm 修改为 12mm，再修改为 10mm 时，视为已修改网格参数，需重新剖分网格。

1.5.2 局部化网格

- a. 设置了局部化网格的部件,其内部网格点（不含边界）将被限制于部件包围盒内。
- b. 当部件同时设置了边界层时，内部点的限制区域将扩大至部件包围盒加扩张区域。
- c. 装配体不建议设置局部化网格，若需要对装配体所在区域网格局域化，可创建与装配体等大的体积区域，并对体积区域设置局部化网格。

(3) 体积区域

当部件与体积区域的边界相交时，体积区域对部件不起作用。

当两个体积区域相邻时，体积大的体积区域会将特征点传递至体积小的体积区域。

(4) 半导体制冷器

半导体制冷器禁止与设置了局部化网格的元件相交。

第五章 物理属性设置

智能元件的所有物理属性均会挂载到属性树窗口中，相当于用户当前项目的属性库，可以被当前项目中任意智能元件复用。



图 5-1 属性树窗口

1.1. 开放边界

开放边界属性关联元件为求解域和切割域，在开放边界条件下可选择开放边界属性。

参数设置如下：

- (1) 名称：设置开放边界名称
- (2) 流动边界条件：设置 X/Y/Z 方向速度
- (3) 压力边界条件：表压
- (4) 热边界条件：环境温度（常值/时间，默认常值）和辐射温度

| | | |
|--------|-------|-----|
| 名称 | 外部条件 | |
| X方向速度 | 0 | m/s |
| Y方向速度 | 0 | m/s |
| Z方向速度 | 0 | m/s |
| 表压 | 0 | Pa |
| 环境温度 | 30 | °C |
| 环境温度瞬态 | 空白 | 编辑 |
| 辐射温度 | 30 | °C |
| 辐射温度瞬态 | 空白 | 编辑 |
| 辐射类型 | 单一面辐射 | |

图 5-2 外部条件参数设置

当进行瞬态计算时，环境温度会随时间变化，可通过环境温度瞬态关联瞬态属性，设置环境温度随时间变化曲线，如下图所示，也可导入/导出参数（txt/csv 文件）。

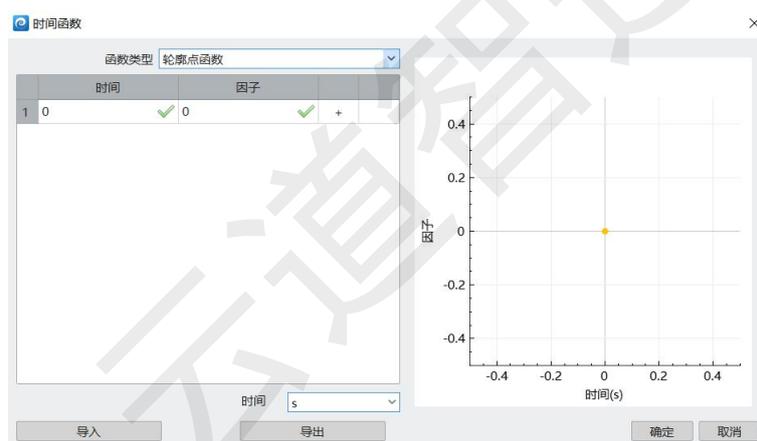


图 5-3 时间相关函数

- (5) 辐射类型：包含单一面辐射和分割面辐射。当选择分割面辐射时，需要设置分割面的尺寸。该功能只有在激活辐射，辐射类型为 S2S 且勾选方腔辐射时才起作用，否则该参数对计算不起作用。

1.2. 壁面边界

壁面边界用于求解域为壁面或者切割域边界为壁面时的边界类型。

壁面边界提供了 3 种类型：定温度、定热流和对流。

当求解域边界设置了辐射温度/环境温度时，壁面边界的辐射温度/环境温度的优先级高于系统的辐射温度/环境温度。

对于壁面边界的辐射类型和发射率，只有开启辐射，辐射类型为 S2S，且激活方腔辐射时才起作用，否则不参与计算。辐射类型有单一面辐射和分割面辐射，当选择分割面辐射时，需要设置分割面尺寸。

| | | |
|------|-------|----|
| 名称 | 壁面边界 | |
| 类型 | 定温度 | |
| 值 | 30 | °C |
| 瞬态 | 空白 | 编辑 |
| 辐射类型 | 单一面辐射 | |
| 发射率 | 0 | |

图 5-4 表面边界属性设置

1.3. 固体材料

(1) 关联元件：装配体、立方体、平面、棱柱、四面体、斜面、圆柱体、管道、机箱、薄壁机箱、半导体制冷器(TEC)、轴流风扇、离心风扇、PCB 板、板载器件、裸晶、散热器；

(2) 选项说明：

1) 材料默认选项为空白、创建、加载三项。

a. 空白：关联元件不设置材料属性。

b. 创建：为元件创建材料属性。

c. 加载：从库中加载材料（点击加载后会弹出材料库加载项，窗口会过滤掉其他属性，只能加载固体材料，点击清除过滤后可看到其他属性选项）。

2) 创建元件后，元件会自动选择默认材料，具体如下：

a. 立方体、平面、棱柱、四面体、圆柱体、斜面、轴流风扇、离心风扇：默认材料。

b. 装配体、裸晶：空白

- c. 管道、PCB 导电材料：Copper(Pure)
 - d. 机箱、薄壁机箱、散热器：Aluminum (Pure)
 - e. PCB 绝缘材料：FR4
 - f. 板载器件：Typical Plastic Package
 - g. 半导体制冷器：Alumina (Typical)
- 3) 选择创建或加载材料后，后续元件材料的下拉选项会增加创建/加载的选项，方便用户选择。
- (3) 固体材料添加方式包括：
- 1) 新建元件自动创建或加载。
 - 2) 点击材料下拉菜单进行创建或加载。
 - 3) 属性树中右键新建属性后，在下拉菜单中选择。
 - 4) 双击/右键使用库中相关属性后，在相关属性下拉菜单中选择。
- (4) 属性材料参数设置：
- 1) 颜色：可设置材料颜色
 - 2) 名称：设置材料名称
 - 3) 密度设置：与温度相关性（常值/温度相关）
 - a. 常值：固定值
 - b. 温度相关：可编辑密度与温度关系（表格形式），通过增加/移出设置行数，可导入/导出参数（txt/csv 文件）。
 - 4) 电阻：函数类型（常值/温度相关）
 - a. 常值：固定值
 - b. 温度相关：可编辑密度与温度关系（表格形式），通过增加/移出设置行数，可导入/导出参数（txt/csv 文件）。
 - 5) 固液相变：否/是，默认否，选择是后，可设置融化温度、融化温度区宽度、液体比热、相变潜热。
 - 6) 比热容：常值/温度相关/自定义函数

- a. 常值：固定值
 - b. 温度相关：可编辑密度与温度关系（表格形式），通过增加/移出设置行数，可导入/导出参数（txt/csv 文件）
 - c. 热传导系数：各向同性/正交异性/各向异性、常值/温度相关
 - a. 各向同性：X/Y/Z3 个方向热传导系数相同
 - b. 正交异性：分别设置 $X_0/Y_0/Z_0$ 方向热传导系数
 - c. 各向异性： $X_x/X_y/X_z/Y_x/Y_y/Y_z/Z_x/Z_y/Z_z$ 9 个方向矩阵组合，共 9 个方向设置热传导系数
 - d. 常值：固定值
 - e. 温度相关：可编辑密度与温度关系（表格形式），通过增加/移出设置行数，可导入/导出参数（txt/csv 文件）。
- 7) 透明性：否/是，默认否，选择是后，可设置吸收比、透射比。

| | | |
|-------------------------------|-----------------|-------------------|
| 名称 | Copper (Pure) | |
| 导热系数 | | |
| 导热系数类型 | 各向同性 | |
| 热传导系数 | 常值 | |
| | 385 | W/(m*K) |
| 比热容 | | |
| 比热容 | 常值 | |
| | 385 | J/(kg*K) |
| 密度 | | |
| 密度 | 常值 | |
| | 8930 | kg/m ³ |
| <input type="checkbox"/> 固液相变 | | |
| <input type="checkbox"/> 透明性 | | |
| 表面材料 | 空白 | 编辑 |
| 电阻率 | | |
| 电阻率 | 常值 | |
| | 0 | $\Omega \cdot m$ |
| 颜色 | [255, 153, 102] | 编辑 |

图 5-5 固体材料参数设置

1.4. 流体材料

设置元件的表面材料属性

- (1) 关联元件：流体标记区域、流体标记点。
- (2) 选项说明：
 - 1) 新建仿真模型后，材料默认选项为空白、创建、加载、水 5°C、空气 5 项；
 - a. 空白：关联元件不设置材料属性
 - b. 创建：为元件创建材料属性
 - c. 加载：从库中加载材料（点击加载后会弹出材料库加载项，窗口会过滤掉其他属性，只能加载固体材料，点击清除过滤后可看到其他属性选项）。
 - 2) 创建元件后，元件会自动选择水 5°C，具体如下：
 - 3) 选择创建或加载材料后，后续元件材料的下拉选项会增加创建/加载的选项，方便用户选择。
- (3) 流体材料添加实现方式包括：新建元件自动创建或加载；点击流体材料下拉菜单进行创建或加载；属性树中新建属性后，在下拉菜单中选择；双击/右键使用库中相关属性后，在相关属性下拉菜单中选择。
- (4) 参数设置：
 - 1) 名称：设置材料名称
 - 2) 定常模型：导热系数/动力粘度
 - a. 常值：固定值
 - b. 温度相关：可编辑密度与温度关系（表格形式），通过增加/移出设置行数，可导入/导出参数（txt/csv 文件）。
 - c. 自定义函数
 - 3) 定压比热容：
 - a. 常值：固定值
 - b. 自定义函数

- 4) 状态方程：理想气体/Boussinesq，默认 Boussinesq
 - a. Boussinesq：密度、膨胀系数
 - b. 理想气体：无需设置
- 5) 组分：摩尔质量

| | | | |
|-------|------------|----------------------|----------|
| 名称 | 水 5 °C | | |
| 热传导系数 | 常值 | | |
| | 0.6 | <input type="text"/> | W/(m*K) |
| 动力粘度 | 常值 | | |
| | 0.001519 | <input type="text"/> | Pa*s |
| 比热容 | 常值 | | |
| | 4217 | <input type="text"/> | J/(kg*K) |
| 密度 | Boussinesq | | |
| | 1000 | <input type="text"/> | kg/m^3 |
| 线膨胀系数 | 1.64e-05 | <input type="text"/> | 1/K |
| 摩尔质量 | 18 | <input type="text"/> | g/mol |

图 5-6 流体材料参数设置

1.5. 表面材料

设置元件的表面材料属性，具体如下：

- (1) 关联元件：立方体、平面、棱柱、四面体、斜面、圆柱体、管道、机箱、薄壁机箱、半导体制冷器(TEC)、轴流风扇、PCB板、器件、裸晶、热网络面、散热器。

若元件有多个面可设置表面材料，涉及父节点与子节点设置，逻辑如下：

- 1) 父节点设置后，子节点与父节点设置相同；
- 2) 子节点可单独设置，单独设置后，父节点为空（没有选项）。

- (2) 选项说明：

- 1) 新建仿真模型后，表面材料默认选项为空白、创建、加载三项。
 - a. 空白：关联元件不设置表面材料属性

- b. 创建：为元件创建表面材料属性
 - c. 加载：从库中加载表面材料（点击加载后会弹出属性库加载项，只能加载表面材料，点击清除过滤后看到其他属性选项）。
- 2) 创建元件后，表面材料默认空白选项
- 3) 选择创建或加载表面材料后，后续元件表面材料的下拉选项会增加创建/加载的选项，方便用户选择。
- (3) 添加表面材料方式：点击表面材料下拉菜单进行创建或加载；属性树中右键新建属性后，在下拉菜单中选择；双击/右键使用库中相关属性后，在相关属性下拉菜单中选择。
- (4) 表面材料参数设置：
- 1) 名称：设置表面材料名称
 - 2) 表面材料设置：
 - a. 粗糙度
 - b. 流-固接触热阻
 - c. 固-固接触热阻；
 - d. 辐射发射率
 - e. 面积因子
 - f. 太阳辐射系数率
 - g. 接触角
 - h. 面电阻率
 - i. 表面材料颜色

| | | |
|---------|-----------------|--------------------|
| 名称 | 表面材料 | |
| 粗糙度 | 0 | mm |
| 流-固接触热阻 | 0 | $K \cdot m^2/W$ |
| 固-固接触热阻 | 0 | $K \cdot m^2/W$ |
| 辐射发射率 | 1 | |
| 面积因子 | 1 | |
| 太阳辐射吸收率 | 0 | |
| 接触角 | 90 | $^{\circ}$ |
| 面电阻率 | 0 | $\Omega \cdot m^2$ |
| 颜色 | [180, 180, 180] | 编辑 |

图 5-7 表面材料参数设置

1.6. 表面热交换

表面热交换属性为对智能元件的表面设置对流换热系数，对流的类型包括体积和平面 2 种，参考温度的方式包括自动和指定 2 种。具体的界面设置如下图所示。

| | | |
|------------|-------|-------------------|
| 名称 | 表面热交换 | |
| 类型 | 对流 | |
| 对流方式 | 体积 | |
| 热交换区域高度 | 0 | mm |
| 体积因子类型 | 常值 | |
| 常值因子 | 0 | $W/(m^2 \cdot K)$ |
| 浸湿面积/体积传输率 | 1 | 1/m |
| 参考温度方式 | 自动 | |

图 5-8 表面热交换属性

1.7. 热源

设置元件的热源，具体如下：

- (1) 关联元件：立方体、棱柱、四面体、圆柱体、管道、机箱、板载器件、体源项
- (2) 选项说明：
 - 1) 新建仿真模型后，热源属性默认选项为空白、创建、加载三项

- a. 空白：关联元件不设置热源属性
 - b. 创建：为元件创建表面热源属性
- 2) 创建元件后，体热属性默认空白选项。
- 3) 选择创建或加载体热属性后，后续元件表面材料的下拉选项会增加创建/加载的选项，方便用户选择。
- (3) 添加体热属性方式：点击辐射属性下拉菜单进行创建或加载；右键属性树，添加体热属性后在下拉菜单选择。
- (4) 热源属性参数设置：
- 1) 名称：设置热源属性名称
 - 2) 热源属性类型设置选项：总热功率、热功率/体积、热功率/面积、定温度和非线性热源；
 - a. 总热功率：设置总的热功率 (W)，类型包括常值、时间、温度。
 - b. 热功率/体积：设置功率密度 (W/m^3)，类型包括常值、时间、温度、自定义函数。
 - c. 热功率/面积：设置面功率密度 (W/m^2)，类型包括常值、时间、温度、自定义函数。
 - d. 定温度：设置源项的温度，类型包括常值、时间、温度。
 - e. 非线性热源：设置温度和功耗的曲线，类型类型包括常值、时间、温度。
 - 3) 函数类型：
 - a. 常值：参数为定值
 - b. 时间函数：设置时间-因子的对应关系，通过增加/移出设置行数，可导入/导出参数 (txt/csv 文件)，该功通过关联瞬态属性的与时间相关实现。
 - c. 温度函数：设置温度-因子的对应关系，通过增加/移出设置行数，可导入/导出参数 (txt/csv 文件)，该功通过关联瞬态属性的与温度相关实现。

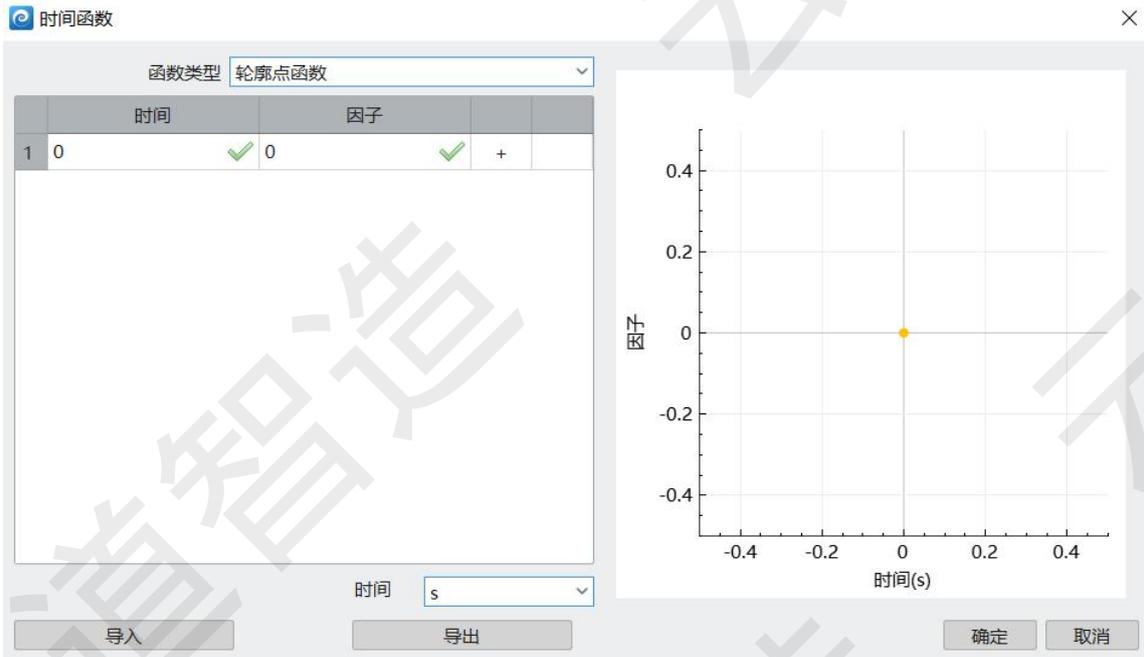


图 5-9 与时间相关

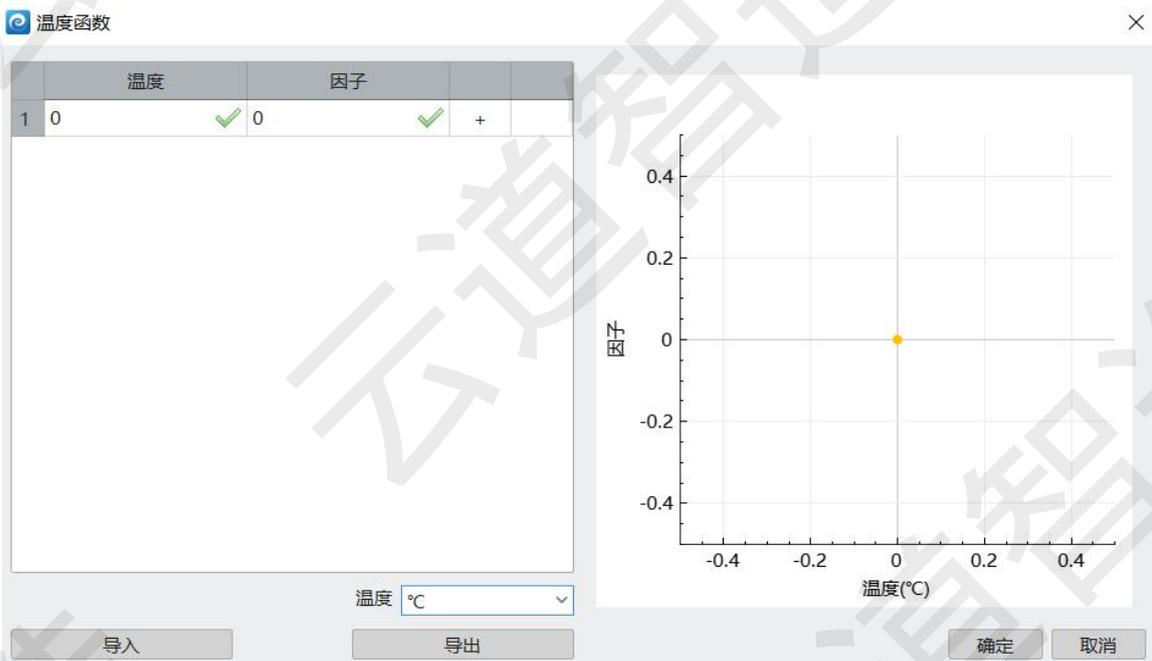


图 5-10 与温度相关项

1.8. 速度源项

设置元件的速度源项属性，具体如下：

- (1) 关联元件：速度源

(2) 选项说明:

1) 新建仿真模型后，源项属性默认选项为空白、创建、加载三项。

a. 空白：关联元件不设置速度源项属性

b. 创建：为元件创建速度源项属性

2) 创建元件后，源项属性默认空白选项。

3) 选择创建或加载源项属性后，后续元件源项属性的下拉选项会增加创建/加载的选项，方便用户选择。

(3) 添加速度源项属性方式：点击源项属性下拉菜单进行创建或加载，右键属性树，添加速度源项属性后在下拉菜单选择。

(4) 速度源项属性参数设置

速度源项类型：源/体积、源/面积、总值、线性源、定值

速度源项方向：X、Y、Z

| | | | |
|--------|------|---|------------------|
| 名称 | 速度源 | | |
| 类型 | 源/体积 | | |
| 源/体积 X | 0 | <input type="checkbox"/> <input type="text"/> | N/m ³ |
| Y | 0 | <input type="checkbox"/> <input type="text"/> | N/m ³ |
| Z | 0 | <input type="checkbox"/> <input type="text"/> | N/m ³ |

图 5-10 速度源项参数设置

1.9. 压强源项

压强源项属性参数设置

压强源项类型：源/体积、源/面积、总值、线性源

| | | | |
|------|------|---|------------------------|
| 名称 | 压强源 | | |
| 类型 | 源/体积 | | |
| 源/体积 | 0 | <input type="checkbox"/> <input type="text"/> | kg/(m ³ *s) |

图 5-11 压强源属性

1.10. 电势源

(1) 关联元件：体源项/平面源

(2) 选项说明：

1) 新建仿真模型后，电势属性默认选项为空白、创建、加载三项。

a. 空白：关联元件不设置电势属性

b. 创建：为元件创建电势属性

2) 创建元件后，电势属性默认空白选项。

3) 选择创建或加载电势属性后，后续元件电势属性的下拉选项会增加创建/加载的选项，方便用户选择。

(3) 电势属性添加实现方式：点击电势属性下拉菜单进行创建或加载；右键属性树，添加电势属性后在下拉菜单选择。

(4) 电势源属性参数设置

电势源类型：电压、电流、电流/面积、电流/体积



| | |
|----|--|
| 名称 | 电势源 |
| 类型 | 电压 |
| 电压 | 0 <input type="button" value="x"/> <input type="button" value="↑"/> <input type="button" value="↓"/> V |

图 5-12 电势源参数设置

需要说明的是电势源只有在开启焦耳热的情况下才能起作用，其他情况下均不起作用。

1.11. 网格属性

用于智能元件的局部网格尺寸设置。提供了最大尺寸约束和最小尺寸约束，对于

最大/最小尺寸约束，提供了绝对尺寸和网格层数 2 种类型。同时还可以对正/负边界设置膨胀厚度。具体的设置界面如下图所示。

在网格属性节点下的所有网格参数，可供所有智能元件使用，如需修改，可通过直接修改网格属性参数实现所有智能元件的网格尺寸更新。

- (1) 关联元件：组合体、立方体、平面、孔、棱柱、四面体、斜面、圆柱体、管道、机箱、机箱侧壁、薄壁机箱、PCB 板、板载器件（芯片）、器件（双热阻封装）、裸晶、热网络、热网络体、热网络面、体积热源、平面源项、散热器、半导体制冷器(TEC)、轴流风扇、平面风扇、离心风扇、开口流动、鼓风机、空调、回风面、出风面、流动阻尼、平面流动阻尼、多孔板、体积区域、平面区域、切割域；

若元件有多个面可设置辐射，涉及父节点与子节点设置，逻辑如下：

- a. 父节点设置后，子节点与父节点设置相同；
- b. 子节点可单独设置，单独设置后，父节点为空（没有选项）。

(2) 选项说明：

- 1) 新建仿真模型后，网格属性默认选项为空白、创建、加载三项。
 - a. 空白：关联元件不设置网格属性
 - b. 创建：为元件创建网格属性
 - c. 加载：从智能元件网格控制库中加载网格属性（点击加载后会弹出材料库加载项，只能加载表面材料，清除过滤）。
- 2) 创建元件后，以下属性存在默认网格设置，其余为空白。
 - a. 机箱/薄壁机箱父节点：机箱网格控制
 - b. PCB 板 Zo 方向：PCB_Z 网格
 - c. 轴流风扇 Xo/Yo：风扇 XY 网格
 - d. 轴流风扇 Zo 方向：风扇 Z 网格
- 3) 选择创建或加载网格属性后，后续元件网格属性的下拉选项会增加创建/加载的选项，方便用户选择。

- (3) 网格属性添加实现方式如下：某些新建元件自动创建或加载；点击网格属性下拉

菜单进行创建或加载；属性树中右键新建属性后，在下拉菜单中选择；双击/右键使用库中相关属性后，在相关属性下拉菜单中选择。

(4) 网格属性参数设置

- 1) 标签：设置网格属性名称
- 2) 正/负向边界层：定义元件局部坐标轴正向边界层网格
 - a. 边界层厚度定义：百分数/绝对尺寸，默认百分数。
 - b. 尺寸定义类型：最大尺寸/最小网格数，默认最小网格数。
- 3) 网格尺寸：
 - a. 尺寸定义类型：最大尺寸/最小网格数，默认最大尺寸。
 - b. 使用局部最小尺寸：否/是，默认否。选择是：设置该元件最小网格尺寸。

网格属性中所设置尺寸、系统网格参数取最小值。



图 5-13 网格尺寸参数设置

1.12. 辐射

- (1) 关联元件：装配体、立方体、平面、棱柱、四面体、斜面、圆柱体、管道、机箱、薄壁机箱、半导体制冷器(TEC)、PCB板、器件、裸晶、热网络面、散热器

(2) 若元件有多个面可设置辐射，涉及父节点与子节点设置，逻辑如下：

- 1) 父节点设置后，子节点与父节点设置相同。
- 2) 子节点可单独设置，单独设置后，父节点为空（没有选项）。

(3) 选项说明：

- 1) 新建仿真模型后，辐射默认选项为空白、创建、加载三项。
 - a. 空白：关联元件不设置辐射属性
 - b. 创建：为元件创建辐射属性
- 2) 创建元件后，辐射默认空白选项。
- 3) 3) 选择创建或加载辐射属性后，后续元件表面材料的下拉选项会增加创建/加载的选项，方便用户选择。

(4) 辐射属性添加实现方式：点击属性下拉菜单进行创建或加载；属性树中右键新建属性后，在下拉菜单中选择。

(5) 辐射参数设置

- 1) 名称：设置辐射名称
- 2) 辐射面类型设置选项：单一面辐射/分割面辐射/开启聚合面辐射
 - a. 单一面辐射：计算过程以元件或元件某个面作为一个整体计算。
 - b. 分割面辐射：细化辐射面的计算，可设置分割面容差。
 - c. 开启聚合面辐射：可设置聚合面法向夹角、聚合面个数；聚合辐射针对八叉树网格。

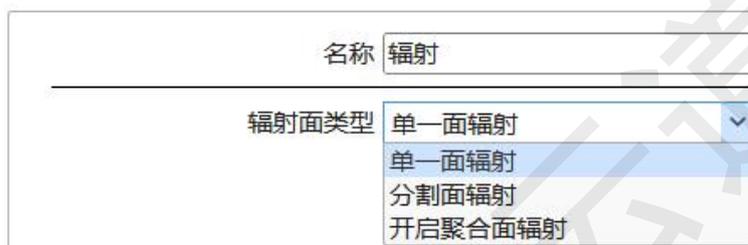


图 5-14 辐射属性参数设置

备注：

单一面辐射模型计算得到的辐射温度过高，可能会导致某些区域温度较低，网格

辐射热流过大，导致非物理解的出现。

1.13. PCB 组分

(1) 关联元件：电路板

(2) 选项说明：

1) 新建仿真模型后，PCB 组分默认选项为空白、创建、加载三项。

a. 空白：关联元件不设置 PCB 组分属性

b. 创建：为元件创建 PCB 组分属性

2) 创建元件后，辐射默认空白选项。

3) 选择创建或加载 PCB 组分属性后，后续元件 PCB 组分的下拉选项会增加创建/加载的选项，方便用户选择。

(3) PCB 组分属性添加实现方式：点击属性下拉菜单进行创建或加载；属性树中右键新建属性后，在下拉菜单中选择。

(4) PCB 组分参数设置

1) 名称：设置 PCB 组分名称。

2) PCB 组分设置：体积含铜量、层定义、PCB 质量

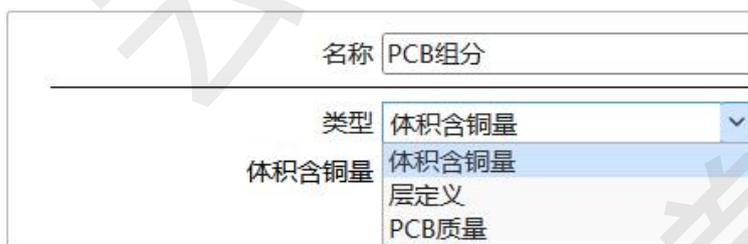


图 5-15 辐射属性参数设置

a. 体积含铜量：设置 PCB 板的含铜量

b. 层定义：可设置 PCB 板的层数，及每层的含铜量，通过增加/移出设置行数，可导入/导出参数（txt/csv 文件），如下图所示，



图 5-16 PCB 组分参数设置

c. PCB 质量：设置 PCB 板的含铜质量

1.14. 轴流风扇流动

设置元件的轴流风扇流动属性

(1) 关联元件：轴流风扇

(2) 选项说明：

1) 新建仿真模型后，轴流风扇流动默认选项为空白、创建、加载三项。

a. 空白：关联元件不设置轴流风扇流动属性

b. 创建：为元件创建轴流风扇流动属性

2) 创建元件后，轴流风扇流动默认空白选项。

3) 选择创建或加载轴流风扇流动属性后，后续元件轴流风扇流动的下拉选项会增加创建/加载的选项，方便用户选择。

(3) 轴流风扇流动添加实现方式：点击属性下拉菜单进行创建或加载；属性树中右键新建属性后，在下拉菜单中选择。

(4) 轴流风扇参数设置

1) 名称：设置轴流风扇流动名称。

2) 降速因子：设置风扇流动的降速因子。

3) 流量设置：固定/非线性

a. 固定流量：固定体积流量（CFM）。

- b. 非线性工作曲线（P-Q 曲线）：设置压力与流量的对应关系，通过增加/移出设置行数，可导入/导出参数（txt/csv 文件）；可设置修正方法（增强/减弱）和修正系数。

4) 流动类型：

- a. 垂直出风：垂直于风扇出风口。
- b. 旋转出风：
- 是否依赖于流动（是/否）
 - 旋转方向：顺时针旋转/逆时针旋转
 - 旋转速度（rpm）
 - 扇叶个数。
- c. 倾斜出风：X/Y/Z 方向。

5) 功耗值：设置风扇的功耗。

| | | | |
|------|--------|---|---------|
| 名称 | 轴流风扇流动 | | |
| 降速因子 | 1 | ✕ | ◇ |
| 流量类型 | 固定流量 | ▼ | |
| 体积流量 | 0 | ✕ | ◇ CFM ▼ |
| 流动类型 | 垂直出风 | ▼ | |
| 功耗 | 0 | ✕ | ◇ W ▼ |

图 5-17 轴流风扇参数设置

1.15. 2D 风扇流动

设置元件的 2D 风扇流动属性

- (1) 关联元件：平面风扇。

(2) 选项说明：

- 1) 新建仿真模型后，2D 风扇流动默认选项为空白、创建、加载三项。
- a. 空白：关联元件不设置 2D 风扇流动属性。
- b. 创建：为元件创建 2D 风扇流动属性。

- 2) 创建元件后，2D 风扇流动默认空白选项。
 - 3) 选择创建或加载 2D 风扇流动属性后，后续元件 2D 风扇流动的下拉选项会增加创建/加载的选项，方便用户选择。
- (3) 2D 风扇流动属性添加实现方式：点击属性下拉菜单进行创建或加载；属性树中右键新建属性后，在下拉菜单中选择。
- (4) 2D 风扇参数设置
- 1) 名称：设置 2D 风扇流动名称。
 - 2) 降速因子：设置风扇流动的降速因子。
 - 3) 流量设置：固定/非线性
 - a. 固定流量：固定体积流量（CFM）。
 - b. 非线性工作曲线（P-Q 曲线）：设置压力与流量的对应关系，通过增加/移出设置行数，可导入/导出参数（txt/csv 文件）；可设置修正方法（增强/减弱）和修正系数。
 - 4) 流动类型：
 - a. 垂直出风：垂直于风扇出风口。
 - b. 倾斜出风：X/Y/Z 方向。
 - 5) 功耗值：设置风扇的功耗。

| | | | |
|------|---------------------------------------|----------------------|---|
| 名称 | 2D风扇流动 | | |
| 降速因子 | 1 | <input type="text"/> | <input type="button" value="x"/> <input type="button" value="↑"/> <input type="button" value="↓"/> |
| 流量类型 | 固定流量 <input type="button" value="v"/> | | |
| 体积流量 | 0 | <input type="text"/> | <input type="button" value="x"/> <input type="button" value="↑"/> <input type="button" value="↓"/> CFM <input type="button" value="v"/> |
| 流动类型 | 垂直出风 <input type="button" value="v"/> | | |
| 功耗 | 0 | <input type="text"/> | <input type="button" value="x"/> <input type="button" value="↑"/> <input type="button" value="↓"/> W <input type="button" value="v"/> |

图 5-18 2D 风扇流动属性参数设置

1.16. 离心风扇流动

设置元件的离心风扇流动属性

(1) 关联元件：离心风扇

(2) 选项说明：

1) 新建仿真模型后，离心风扇流动默认选项为空白、创建、加载三项。

a. 空白：关联元件不设置离心风扇流动属性。

b. 创建：为元件创建离心风扇流动属性。

2) 创建元件后，离心风扇流动默认空白选项。

3) 选择创建或加载离心风扇流动属性后，后续元件离心风扇流动的下拉选项会增加创建/加载的选项，方便用户选择。

(3) 离心风扇流动属性添加实现方式：点击属性下拉菜单进行创建或加载；属性树中右键新建属性后，在下拉菜单中选择。

(4) 离心风扇参数设置

1) 名称：设置离心风扇流动名称

2) 风扇类型：设置风扇的旋转速度和扇叶角度

3) 流量设置：固定/非线性

a. 固定流量：固定体积流量（CFM）

b. 非线性工作曲线（P-Q 曲线）：设置压力与流量的对应关系，通过增加/移出设置行数，可导入/导出参数（txt/csv 文件）；可设置修正方法（增强/减弱）和修正系数。

| | | | |
|------|--------|----------------------|-----|
| 名称 | 离心风扇流动 | | |
| 旋转速度 | 0 | <input type="text"/> | rpm |
| 扇叶角度 | 30 | <input type="text"/> | ° |
| 流动类型 | 固定流量 | | |
| 体积流量 | 0 | <input type="text"/> | CFM |

图 5-19 离心风扇属性参数设置

1.17. 鼓风机流动

设置元件的鼓风机流动属性

(1) 关联元件：鼓风机

(2) 选项说明：

1) 新建仿真模型后，鼓风机流动默认选项为空白、创建、加载三项。

a. 空白：关联元件不设置鼓风机流动属性

b. 创建：为元件创建鼓风机流动属性

2) 创建元件后，鼓风机流动默认空白选项。

3) 选择创建或加载鼓风机流动属性后，后续元件鼓风机流动的下拉选项会增加创建/加载的选项，方便用户选择。

(3) 鼓风机流动属性添加实现方式：点击属性下拉菜单进行创建或加载；属性树中右键新建属性后，在下拉菜单中选择。

(4) 鼓风机参数设置

1) 名称：设置鼓风机流动名称

2) 流量设置：固定/非线性/固定的垂直出风速度

a. 固定流量：固定体积流量（CFM）

b. 非线性工作曲线（P-Q 曲线）：设置压力与流量的对应关系，通过增加/移出设置行数，可导入/导出参数（txt/csv 文件）；可设置修正方法（增强/减弱）和修正系数。

c. 固定的垂直出风速度：固定速度（m/s）

| | |
|------|-------------------------------|
| 名称 | 鼓风机流动 |
| 流动类型 | 固定流量 |
| 体积流量 | 固定流量 非线性风扇工作曲线 固定垂直出风速度 |

图 5-20 鼓风机流动属性参数设置

1.18. 出风流动

设置元件的出风流动属性

- (1) 关联元件：出风面
- (2) 选项说明：
 - 1) 新建仿真模型后，流动默认选项为空白、创建、加载三项。
 - a. 空白：关联元件不设置出风流动属性。
 - b. 创建：为元件创建出风流动属性。
 - 2) 创建元件后，出风流动默认空白选项。
 - 3) 选择创建或加载出风流动属性后，后续元件流动的下拉选项会增加创建/加载的选项，方便用户选择。
- (3) 出风流动属性添加实现方式：点击属性下拉菜单进行创建或加载；属性树中右键新建属性后，在下拉菜单中选择。
- (4) 出风流动参数设置
 - 1) 名称：设置出风流动名称。
 - 2) 出风方向
 - a. 垂直出风：垂直于出风面方向。
 - b. 倾斜出风：X/Y/Z 方向。
 - c. 非均匀垂直出风： X_o/Y_o 方向非均匀性。

1.19. 空调工作参数

设置元件的空调工作参数属性

- (1) 关联元件：空调
- (2) 选项说明：
 - 1) 新建仿真模型后，空调工作参数默认选项为空白、创建、加载三项。
 - a. 空白：关联元件不设置空调工作参数属性。

- b. 创建：为元件创建空调工作参数属性。
 - 2) 创建元件后，空调工作参数默认空白选项。
 - 3) 选择创建或加载空调工作参数属性后，后续元件空调工作参数的下拉选项会增加创建/加载的选项，方便用户选择。
- (3) 空调工作参数属性添加实现方式：点击属性下拉菜单进行创建或加载；属性树中右键新建属性后，在下拉菜单中选择。
- (4) 空调工作参数设置
 - 1) 名称：设置空调工作参数名称。
 - 2) 制冷功率限制类型：默认无
 - a. 固定值：最大制冷功率（W）
 - b. 变量：
 - 空气流量（CFM）
 - 空气流量指数
 - 回风温度-制冷功率曲线：设置回风温度-制冷功率的对应关系，通过增加/移出设置行数，可导入/导出参数（txt/csv 文件）。
 - 3) 流量设置：
 - a. 固定流量（CFM），默认选项。
 - b. 非线性工作曲线（P-Q 曲线）：设置压力与流量的对应关系，通过增加/移出设置行数，可导入/导出参数（txt/csv 文件）；可设置修正方法（增强/减弱）和修正系数。
 - 4) 进出风目标温度：
 - a. 设置方式：设置空调温度控制方式：进风温度控制或出风温度控制方式。
 - b. 进出风目标温度：设置出风的目标温度。

| | | | |
|--------|--------|---|-----|
| 名称 | 空调工作属性 | | |
| 制冷能力 | 无 | | |
| 流量类型 | 固定流量 | | |
| 体积流量 | 2900 | <input type="text"/> <input type="text"/> | CFM |
| 温度控制位置 | 出风 | | |
| 目标值 | 20 | <input type="text"/> <input type="text"/> | °C |

图 5-21 空调工作参数设置

1.20. 流动阻力模型

(1) 关联元件：流动阻尼

(2) 选项说明：

1) 新建仿真模型后，流动阻力模型默认选项为空白、创建、加载三项。

a. 空白：关联元件不设置流动阻力模型属性

b. 创建：为元件创建流动阻力模型属性

2) 创建元件后，流动阻力模型默认空白选项。

3) 选择创建或加载流动阻力模型属性后，后续元件流动阻力模型的下拉选项会增加创建/加载的选项，方便用户选择。

(3) 流动阻力模型属性添加实现方式：点击属性下拉菜单进行创建或加载；属性树中右键新建属性后，在下拉菜单中选择。

(4) 流动阻力模型参数设置

4) 名称：设置流动阻力模型名称

5) 阻尼模型：

a. 阻尼类型：体积

b. 系数耗散依据选项：逼近速度（默认）、设备速度、加速度；设备速度/加速模式下需设置 $X_o/Y_o/Z_o$ 面积因子

c. 计算类型：标准/高级，（默认标准）

- 标准：Xo/Yo/Zo 方向阻尼系数
 - 高级：Xo/Yo/Zo 方向阻尼系数 A、B，特征长度，雷诺数指数
- d. 辐射透明：否/是，默认否。



图 5-22 流动阻力模型参数设置

1.21. 平面阻尼模型

(1) 关联元件：平面流动阻尼

(2) 选项说明：

1) 新建仿真模型后，平面阻尼模型默认选项为空白、创建、加载三项。

a. 空白：关联元件不设置平面阻尼模型属性

b. 创建：为元件创建平面阻尼模型属性

2) 创建元件后，平面阻尼模型默认空白选项。

3) 选择创建或加载平面阻尼模型属性后，后续元件平面阻尼模型的下拉选项会增加创建/加载的选项，方便用户选择。

(3) 平面阻尼模型添加实现方式：点击属性下拉菜单进行创建或加载；属性树中右键新建属性后，在下拉菜单中选择。

(4) 平面阻尼模型参数设置

1) 名称：设置平面阻尼模型名称

2) 阻尼模型：

a. 阻尼类型：平面

b. 系数耗散依据选项：逼近速度（默认）、设备速度、加速度；设备速度/

加速模式下需设置面积因子。

c. 计算类型：标准/高级，（默认标准）。

➤ 标准：设置阻尼系数

➤ 高级：设置阻尼系数 A、B，特征长度，雷诺数指数。

3) 外部角系数：垂直/角度，默认垂直；选择角度时，需设置 Xo/Yo/Zo 方向的值。

辐射透明：否/是，默认否。

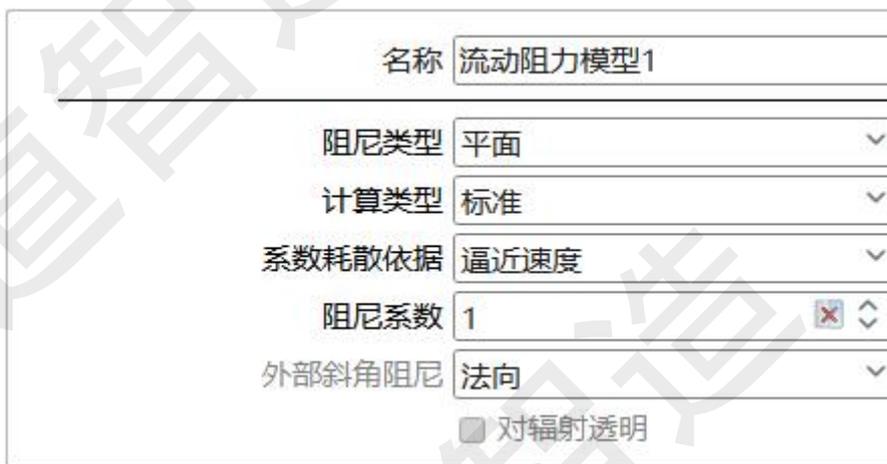


图 5-23 平面阻尼模型参数设置

1.2.2. 瞬态

所有属性中与时间相关/与温度相关的变化统一在瞬态设置。如下图所示。

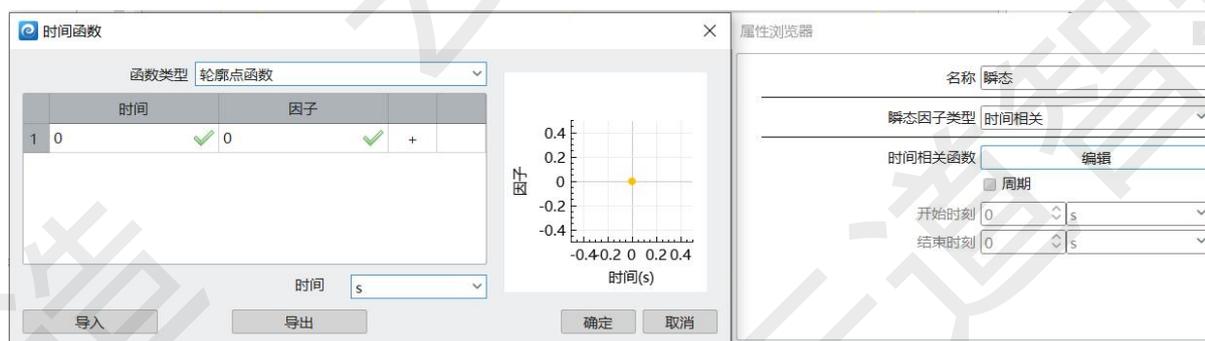


图 5-24 瞬态设置界面与时间相关

与时间相关：设置物理量随时间的变化，包括周期性变化，同时可定义周期开始时间和结束时间。

与温度相关：设置物理量随温度的变化，同时需要用户指定温度的载体（监控

点)。

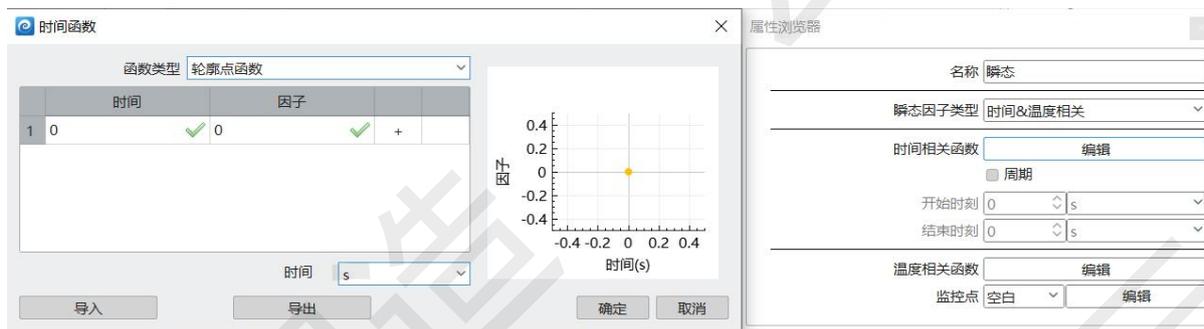


图 5-25 瞬态设置界面与温度相关

时间&温度相关：温度时间相关设置界面是指物理量既随时间变化，也随温度变化。



图 5-26 瞬态设置界面与时间&温度相关

第六章 求解计算

此章节将介绍项目树窗口求解系统下，求解域、模型设置及求解器控制这三大节点的功能。

1.1. 求解域

点击求解系统下的求解域节点，在软件的设置窗口中显示了求解域相关的设置内容。

点击【求解域】节点，可以在设置窗口中看到如下图所示的内容，分为几何、属性、边界、环境、信息；其中几何 Tab 页可编辑求解域的大小，属性 Tab 页可设置求解域内流体材料，求解域边界 Tab 页可设置求解域边界条件，分为开放、对称、壁面三种类型，环境 Tab 页可设置环境温度、压力、辐射温度，信息页可设置用户对求解域的备注信息。

| 几何 | 属性 | 边界 | 环境 | 信息 |
|----------------|-----|-------|----|----|
| 位置 | | | | |
| X | 0 | ◇ | mm | ▼ |
| Y | 0 | ◇ | mm | ▼ |
| Z | 0 | ◇ | mm | ▼ |
| 尺寸 | | | | |
| X | 200 | ◇ | mm | ▼ |
| Y | 200 | ◇ | mm | ▼ |
| Z | 200 | ◇ | mm | ▼ |
| 求解域扩展策略 输入比例 ▼ | | | | |
| -X | 15 | ◇ | % | ▼ |
| +X | 15 | ◇ | % | ▼ |
| -Y | 15 | ◇ | % | ▼ |
| +Y | 15 | ◇ | % | ▼ |
| -Z | 15 | ◇ | % | ▼ |
| +Z | 15 | ◇ | % | ▼ |
| 重置求解域 | | 重置求解域 | | |

图 6-1 几何设置



图 6-2 属性设置



图 6-3 边界设置

设置求解域的边界类型，有开放、对称、壁面三种边界类型。当选择开放时，用户可以在每个方向中绑定一个外部边界属性，若用户没有绑定任何外部边界属性，求解域边界处的总压与温度等于系统环境参数中的压力与温度值；若用户绑定了外部边界属性，则使用外部边界属性中的环境温度、表压条件与速度边界条件；当选择对称时，即使用对称边界条件；当选择壁面时，速度边界条件是无滑移，用户可以在每个方向中绑定一个壁面热属性，若用户没有绑定任何壁面热属性，默认使用绝热边界条件；若用户绑定了壁面热属性，则使用壁面热属性的边界条件（壁面热属性的具体内容参考第五章伏图电子散热建模中的基础几何元件小节）。

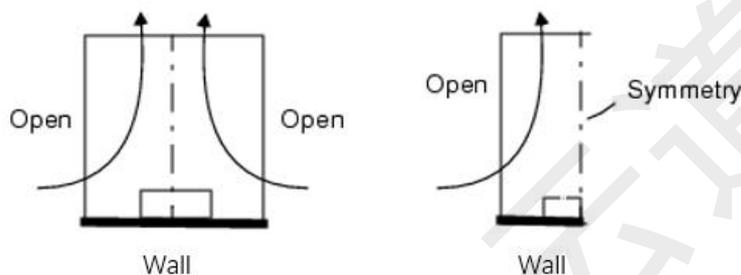


图 6-1 开放、对称和壁面边界

注意：

- 1、当有智能元件的某侧表面贴在求解域边界时，其表面的热边界条件将

由其自身的壁面热属性决定，即求解域边界的壁面热属性仅对求解域自身边界有效；

2、外部条件中的速度和表压不兼容，当外部条件同时设置表压和速度时，软件在输出边界条件时默认选择速度。

| 几何 | 属性 | 边界 | 环境 | 信息 |
|----|----|--------|------------|----|
| | | 环境压力 | 1.0133e+05 | Pa |
| | | 环境温度 | 30 | °C |
| | | 环境辐射温度 | 30 | °C |

图 6-4 环境设置

| 几何 | 属性 | 边界 | 环境 | 信息 |
|----|----|----|----|----|
| 备注 | | | | |
| | | | | |

图 6-5 信息页

1.2. 模型设置

点击求解系统下的模型设置节点，在软件的设置窗口中显示了该节点中可定义的物理模型。



图 6-2 物理模型设置窗口

1.2.1. 求解类型设置

设置求解类型，可以选择“流热耦合”、“仅流动”、“纯导热计算”、冻结流动三种。

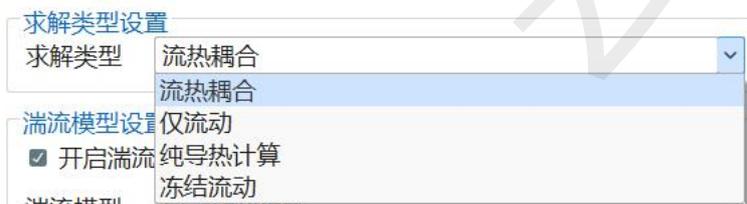


图 6-3 求解类型设置窗口

其中，当用户选择纯导热计算时，如果求解域内部某些区域是流体区域，则软件会将忽略流体的流动，流体内的传热方式也仅仅为导热。

1.2.2. 湍流模型

进行“湍流模型”设置，选择是否计算湍流。其中湍流模型可选择自动代数模型、K-Epsilon 模型、K-Omega SST 模型。壁面函数可选择标准壁面函数和低雷诺数壁面函数。一般情况下，软件默认的湍流模型是自动代数湍流模型；当用户使用 K-Epsilon 类型或 K-Omega SST 类型的湍流模型时，推荐用户使用低雷诺数壁面函数即可。



图 6-4 湍流模型设置窗口

1.2.3. 辐射

进行“辐射”设置，选择是否计算辐射，可选择计算 DO 或 S2S 辐射。选择 DO 辐射模型时，需要设置辐射求解频率（流动迭代次数与辐射迭代次数的比值，该值目前建议用户将其设为 1）、空间分割数、流体介质的辐射吸收率与辐射发射率；选择 S2S 辐射模型时，需要设置辐射空间分辨率。

注意到，用户可以选择是否开启固体的辐射阻挡，当开启时，对于未设置辐射属性的固体表面（即不会向外发射热辐射），求解器会考虑该表面对红外射线的完全反射；当未开启时，求解器会认为红外射线将完全穿过该固体表面。

注意：属性“辐射”（第五章中基础几何元件小节中对“辐射”属性有详细介绍）仅用于 S2S 辐射，与 DO 辐射无关。



图 6-5 辐射设置

1.2.4. 太阳辐射

进行“太阳辐射”设置，选择是否计算太阳辐射。单击编辑按钮，弹出太阳辐射的设置窗口，分为两种模式：计算模式和用户自定义模式。

计算模式下，**用户自定义模式**置灰。可设置“地理位置与时刻”、“正北方向”和“环境属性”，参数修改完成后，点击“计算”可以计算出太阳方向和辐射强度，此时在模型视图的右上角显示处太阳辐射的方向箭头。

用户自定义模式下，**计算模式**置灰。用户可直接设置“太阳方向和辐射强度”和“正北方向”，此时在模型视图的右上角显示处太阳辐射的方向箭头。



图 6-6 太阳辐射设置窗口

该设置窗口中参数的输入范围参考下表：

表 6-1 太阳辐射设置参数

| 中文 | 单位 | 取值范围 |
|--------|-----|------------|
| 月份 | | [1,12] |
| 日期 | | [1,31] |
| 小时 | | [0,23] |
| 分钟 | | [0,59.99] |
| 纬度 | Deg | [-90,90] |
| 经度 | Deg | [-180,180] |
| 正北方向矢量 | | |
| 地面反射率 | | [0,1] |
| 阳光透射率 | | [0,1] |

| | | |
|----------|------------------|------|
| 太阳直射辐射量 | W/m ² | [0,] |
| 太阳总散射辐射量 | W/m ² | [0,] |

需要注意的是，太阳方向的计算依赖于正北方向以及重力方向，因此打开“太阳辐射”必须打开“重力”，同时正北方向必须与重力方向垂直，如果用户设置的该方向参数不满足这一条件，在信息窗口中会有错误提示。

1.2.5. 瞬态计算

设置瞬态，可以选择是否进行瞬态计算，选择瞬态计算后点击编辑设置时间步。



图 6-7 开启瞬态计算

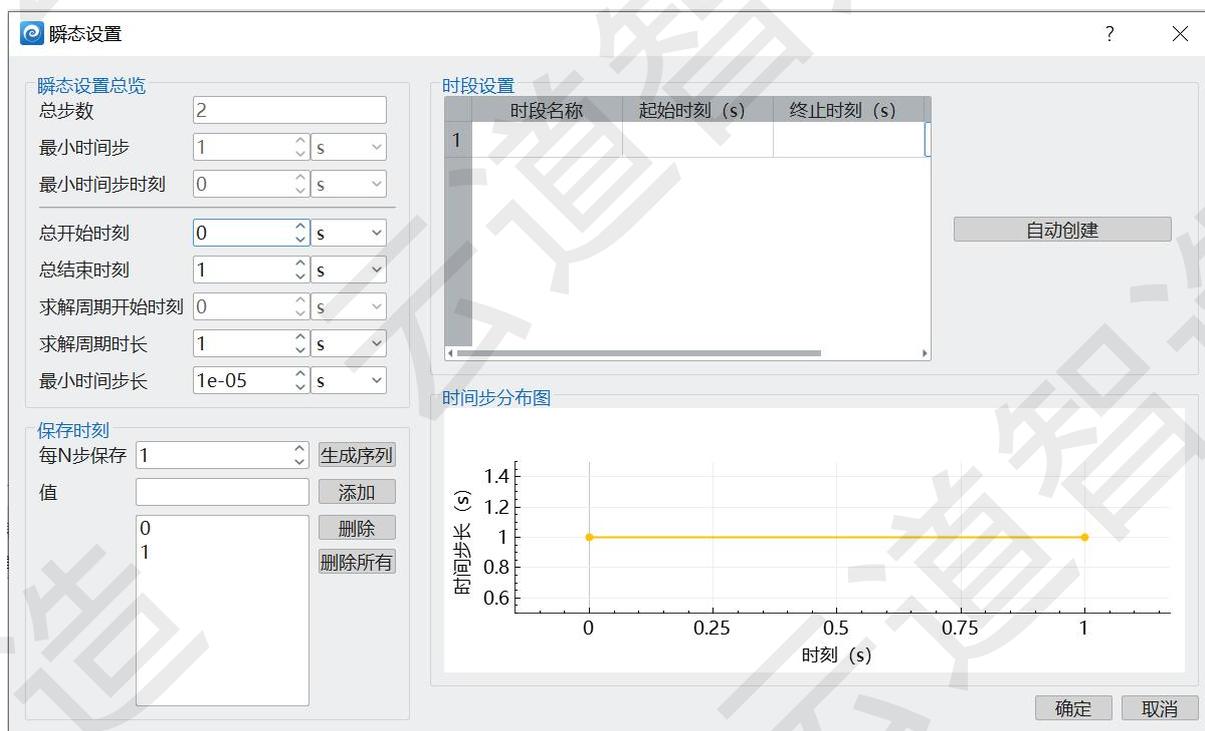


图 6-8 瞬态设置面板

在瞬态设置面板中，总开始时刻和总结束时刻表示瞬态计算的起始时刻和终止时刻；在右侧的时段列表中，用户可以设置任意一段时间内的计算时刻分布，有均匀分

布、指数增长分布、指数下降分布和指数对称分布，时段列表的下方是全时间段内的时间步长分布图，按照时段列表的设置，软件计算出每个时刻的时间步长，并绘出分布图；在保存时刻区域，用户可以设置保存时刻，设置方式有两种，即每 N 个计算时刻保存一次，或在指定的计算时刻保存。

1.2.6. 重力设置

重力根据 x、y、z 设置重力方向以及重力数值。

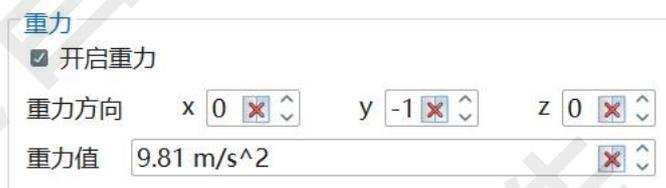


图 6-9 重力设置

1.2.7. 平面内导热

对于一个方向的尺寸远小于其他两个方向的尺寸的准二维模型，在计算过程中需要开启【平面内导热】才能计算热量在平面内的扩散，如果没有开启【平面内导热】，则计算过程中只考虑热量在平面法向的传播。

1.2.8. 多流体域计算

在设置窗口中，勾选【开启多流体区】，用户可以在求解域的不同流体域设置不同的流体材料。勾选后，流体标记点与流体标记区域这两个元件对求解域内不同的流体域进行标记，及流体标记点可以标记其所在的流体域，流体标记区域可以标记其完全包含的流体域。

下图所示的模型是一个液冷与风冷混合的散热模型，红色网格线框所在的区域就是水通过的区域，用户可打开软件的【网格窗口】，可以在【流体域网格】节点下方看到有多个 Connected Region 节点，分别在视图区高亮显示这些节点所代表的网格，从而检查流体域是否准确建立。为了给这两个流体域设置不同的流体材料，可以在水

冷区域建立一个流体标记点，如下图中模型树里挂载的流体标记点，它在模型中的位置见视图区内的局部坐标系。

在流体标记点或流体标记区域这两个元件的设置窗口中，用户可以为其属性【流体材料】指定一种流体材料。

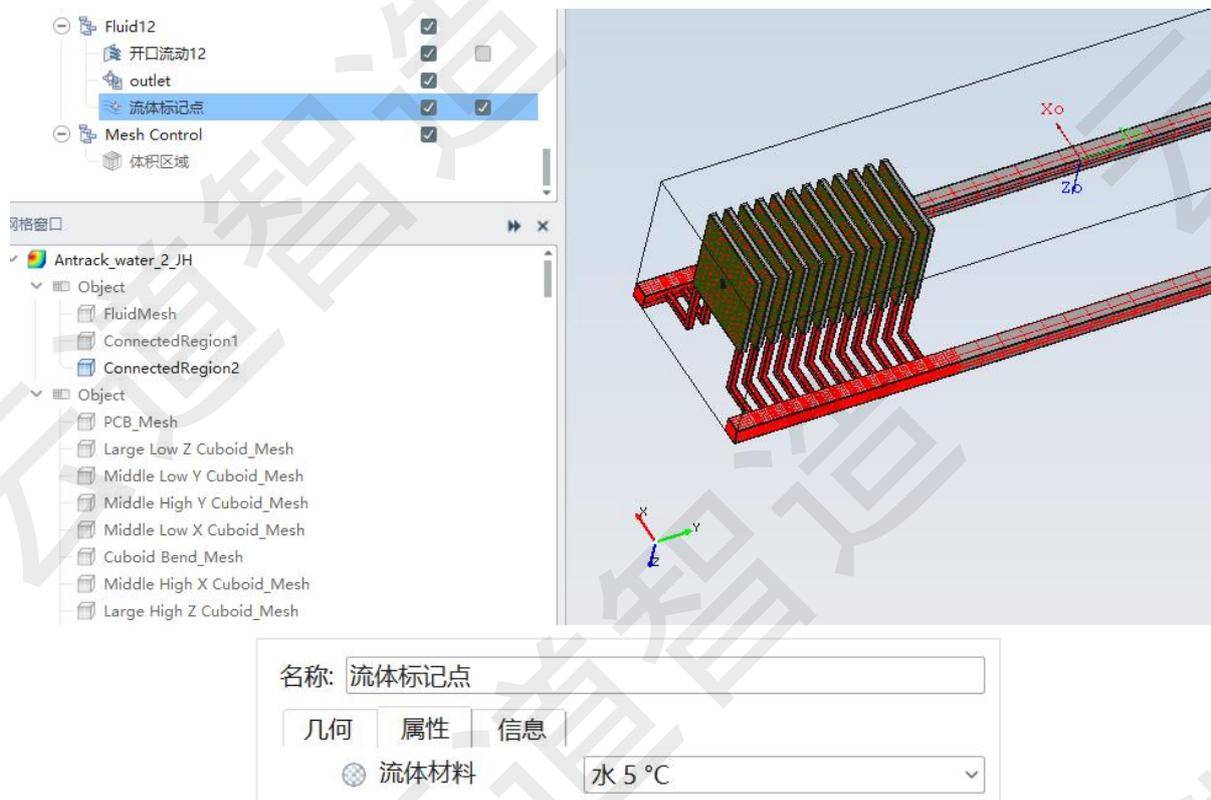


图 6-10 多流体域分析计算的相关设置

1.2.9. 焦耳热

焦耳热用于计算模型中由于电路引起的发热。

1.2.10. 保存变量

点击【保存变量】，弹出变量保存窗口，软件默认输出压强、温度和速度 3 类常用的变量，用户可根据结果需求保存需要的变量。

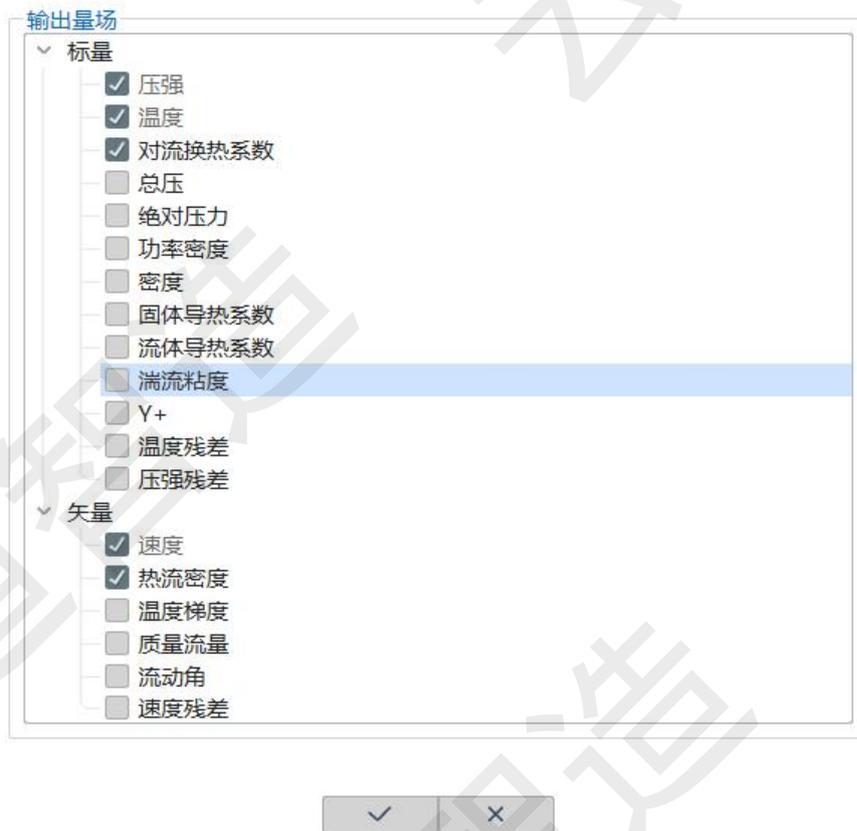


图 6-11 保存变量设置

1.3. 求解器控制

点击求解系统下的求解器控制节点，在软件的设置窗口中显示了该节点中可定义求解器控制参数。

1.3.1. 基本设置



图 6-12 求解器控制的基本设置

“监控点收敛性设置”中可以设置用监控点温度判断收敛的相关参数，当开启该功能时，用户需要设置温度收敛精度判据、收敛性测量区间的迭代步数以及判断收敛所要求的计算残差阈值。在外迭代计算过程中，当压力、速度和温度求解残差低于残差阈值时，求解器会计算测量区间内的监控点温度波动，当波动值小于温度收敛精度判据时，求解器会认为计算已经收敛并停止当前时刻的计算。

监控点收敛性设置

开启监控点收敛判断

开启监控点瞬态终止判断

温度收敛精度判据 °C

收敛测量区间迭代步数

计算残差阈值

图 6-13 监控点温度判断收敛

1.3.2. 高级设置

下图为软件的【高级设置】窗口。

高级设置

初始场

初始值设置方式

压力初始场 Pa

温度初始场 °C

速度初始场

热扩散系数初始场

湍流粘性系数初始场

对流项离散设置

对流项离散方式

线性方程求解器设置

物理量

求解器类型

伪时间步长

自动计算

速度

松弛步数

自动计算

流体温度

松弛步数

自动计算

固体温度

松弛步数

图 6-14 求解器控制的高级设置

“计算松弛因子”设置中，可以根据物理模型的收敛难易程度，输入计算松弛因子。一般采用软件提供的默认值，在大多数常见的流动传热计算中可以快速稳定地收敛。

“初始场”中提供了三种设置初始场的方式：自动计算、用户设置、导入已有计算结果。软件可自动将初始场设置为用户设置的环境压力和温度；当导入外部已有的计算结果作为初始值时，用户需要保证计算结果所属工程文件的网格节点、辐射属性、热阻属性与当前工程文件是完全一致的，否则软件会提示用户重新剖分网格并且采用自动计算初始值的初始化方式。

“对流项离散设置”参数用来设置对流项离散类型，包含一阶迎风、二阶迎风、中心差分和三阶 QUICK 四种类型。

“压力-速度耦合”参数用来设置压力和速度之间的计算类型，包含 Coupled 和 Segregated 两种类型。

“线性方程求解器设置”用来设置压力、速度和温度方程的离散矩阵求解方式，当“压力-速度耦合”选择 Coupled 时有 GMRES 和多重网格法（Multi-Grid）两种方式，当“压力-速度耦合”选择 Segregated 时有 CG 和多重网格法（Multi-Grid）两种方式并允许设置内迭代步数。

“伪时间步长”可以根据物理模型的收敛难易程度，输入速度、流体温度和固体温度计算时的伪时间步长。一般采用软件提供的默认值，在大多数常见的流动传热计算中可以快速稳定地收敛。

第七章 后处理

Simdroid_Electronic_Cooling 后处理模块支持显示结果模型流体域与固体域的平面云图、表面云图、等值面、流线、标签、直线、视图视角和仿真报告等，并支持各个模块的组合显示,同时各元件的表格统计信息可以在后处理模块进行查看。

点击下图的**加载结果**，可以将 CFD 热仿真的计算结果直接加载，对应的后处理工具栏状态将被激活。



图 7-1 后处理结果展示窗口

1.1. 结果窗口

1.1.1 后处理对象树

下图为后处理对象树的层级，

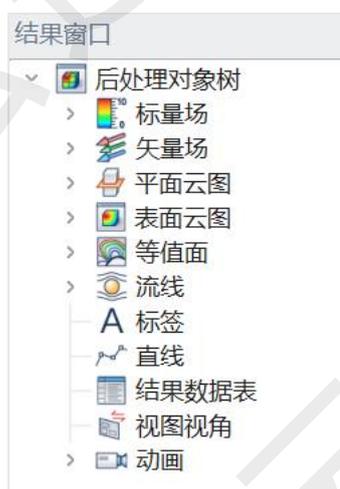


图 7-2 后处理结果查看窗口

在结果查看窗口，第一级节点为项目名称，第二级【结果展示】节点包含标量场 (Scalar Field)，矢量场(Vector Field)以及平面云图、表面云图、等值面、流线、标签、

直线、视图视角 9 个子节点。其中标量场和矢量场节点中，可以设置各个物理量的显示方式，而其他节点中，新建的表面云图、平面云图等均会以子节点的形式挂载至对应节点下。

1.1.2 全局标量场

单击各标量场物理量，可以打开物理量设置窗口对物理量的显示进行全局设置（做完后处理后，点击图例的色条，也可以打开某个量的设置窗口）。目前标量场可以显示温度、固体温度、流体温度、速度、压力、湍流粘度、热通量等。



图 7-3 全局标量面板

【范围控制】包含全局、自动、自定义三个选项，其中“全局”表示物理量在整个计算域内的极值；“自动”表示物理量的显示范围为当前场景的极值，“自定义”则可以用户自定义物理量显示范围。

【裁剪】可以在后处理中仅仅显示自定义的对应数值，不在自定义范围内的数值将不显示，该功能仅在【范围控制】设置自定义时起作用。

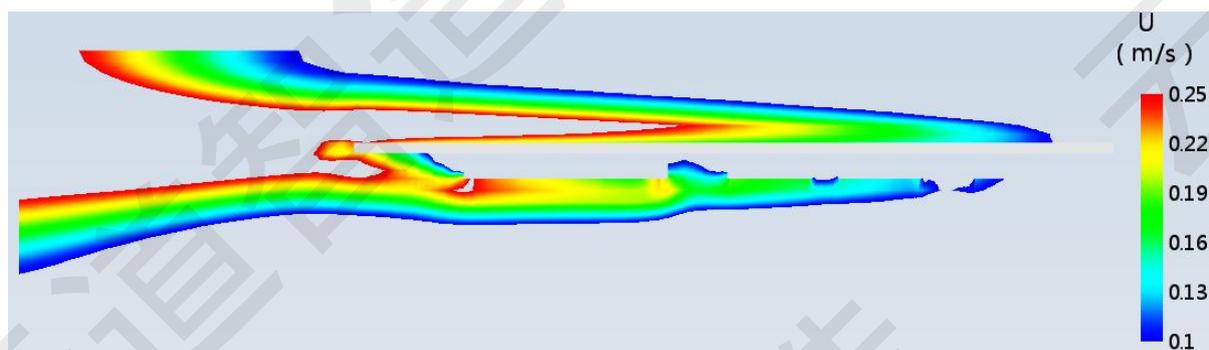


图 7-4 裁剪云图

【全局范围最大值】与【全局范围最小值】分别对应物理量显示的全局最大值与全局最小值，该值不受【范围控制】约束。

【图例开关】控制视图区图例显示的开关。

【标题】为视图区图例的名称。

【统计方法】为视图区图例上显示的数值，有常规和科学计数法。

【对数坐标】为视图区图例显示数值的方式。

【图例最大值】与【图例最小值】为视图区色条的范围，该值的大小与【范围控制】相关，不同的控制范围有不同的色条极值。

【图例分割数】为视图区图例分割的段数。

【图例颜色】控制物理量后处理渲染中的色条显示样式，包含 Rainbow, Cool2Warm 等多种类型。

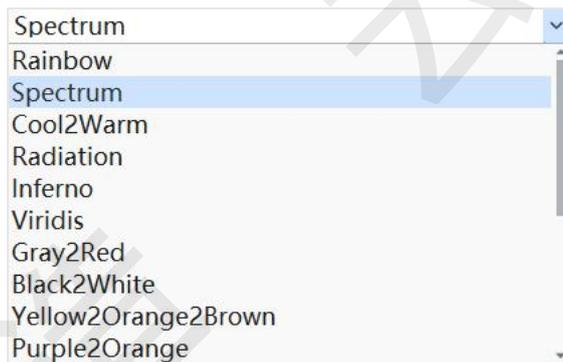


图 7-5 图例颜色

【方向】表示色条图例的显示方向，包含垂直和水平。

【图例位置 X】和【图例位置 Y】表示图例在视图区中的对应位置。

【图例宽度】和【图例高度】表示图例在视图区的宽度及高度。

注意：

对于瞬态计算，可将每个时间步输出的结果作稳态处理，【控制范围】中的全局为当前时间步内求解域内的所有结果。

1.1.3 全局矢量场

全局矢量场的界面如下图所示。



图 7-6 矢量场全局设置

【比例因子】用于对箭头的整体大小的调整，越往左箭头越小，越往右箭头越大。

【箭头大小】用于对箭头的头部整体大小做出调整，越往左箭头头部尺寸越小，越往右箭头头部尺寸越大，最大可与箭头长度尺寸一致。

【箭头宽度】用于对箭头的头部宽度做出调整，越往左箭头头部宽度越小，越往右箭头头部宽度越大，最大可与箭头长度尺寸一致。

【稀疏化】用于对箭头的密度的统一调整，当勾选时，可以使箭头变得更为稀疏。当把拖动条拖到最右侧时，则无矢量箭头。

【矢量缩放类型】用于对矢量箭头长度调整，分为线性、对数和无三种。

- 线性表示该箭头的长短会随着变量场的大小整体缩放。
- 对数表示该箭头的长短会随着变量场的大小进行对数缩放。
- 无表示所有箭头的长短保持默认值，且长短一致。

1.2. 平面云图

单击菜单栏【平面云图】选项，即可新建平面云图节点。单击选中该平面云图节点可以进入平面云图设置面板。平面云图包含两个 Tab 页，左侧的用于设置标量云图的属性，包含【平面】、【云图】、【标签】，右侧的用于设置矢量云图相关的属性，包含【面统计】和【矢量】。



图 7-7 名称和开关

【名称】设置当前平面云图对象的名称。

【开/关】切换平面云图对象激活与失效的状态，按空格键也可以实现切换。

1.2.1 平面

“平面栏”主要用于定义平面云图的关联对象和位置与方向信息。

【关联项】平面部分下有关联项选项卡。选项卡内有无、几何体、场三种可选。

- (1) 创建平面云图时，选择模型树的某个几何再点击创建平面云图，关联项默认关联“几何体”关联显示框显示该几何体名字，以该几何在“X”方向的中心创建平面云图。创建平面云图时不选择几何，关联项默认关联“几何体”，关联显示框显示“求解域”，以整个求解域在“X”方向的中心位置创建平面云图。
- (2) 当关联项选择“几何体”时，在模型树中点选几何或求解域时，再点击“更新”按钮，平面云图会移动到该几何或求解域的中心位置，关联的部件会更新为该几何或求解域。当在模型树中点选多个几何或求解域时，再点击“更新”按钮，平面云图会移动到以所选的所有对象最大包络面的中心位置，关联的部件会更新为所选的多个对象。显示框不可编辑，当所选模型较多时，显示框只能显示一部分名称，且优先显示先选中的模型名称。
- (3) 当关联项选择“场”时，场右边下拉框可选择“最大值”、“最小值”两个选项，最右边下拉框可选择不同的场变量（包括了标量场里的所有场）。当分别选择“最大值”或“最小值”时，平面云图会分别定位到当前坐标轴方向，该场变量最大值或最小值的位置。
- (4) 当关联项选择“无”时，不会出现新增的按钮，下面可以输入位置跟平面云图法定位平面云图。
- (5) 无论关联项处于哪种状态，当输入框数值改变从而改变平面云图位置时，关联项选择会自动关联“无”。

【位置】栏对平面云图位置进行设置。XYZ分别对应三种平面云图的法线方向，修改输入框可以在特定方向调整平面云图的位置。

【坐标轴】栏和【方向】栏一一对应，可定义平面云图的方向。

【切割平面】在平面云图设置窗口的云图有切割平面选项卡。下拉框可选择“高于”、“低于”、“禁用”三个选项。“高于”表示平面云图会将某一侧的元件部分全切割

掉，只剩下平面云图和剩下的元件，“低于”则正好相反，“禁用”表示不切割平面云图。该功能对等值面、流线和平面云图不起作用，即无法切割等值面、流线和平面云图等。

【拖拽器】选项用来显示拖拽器，用于移动平面云图在 X\Y\Z 三个方向的位置。当在平面云图上点击了标签后，拖动平面云图时，标签会随之进行移动；当修改平面云图的变量时，原有标签会随之进行修改，显示当前所选变量的数值。

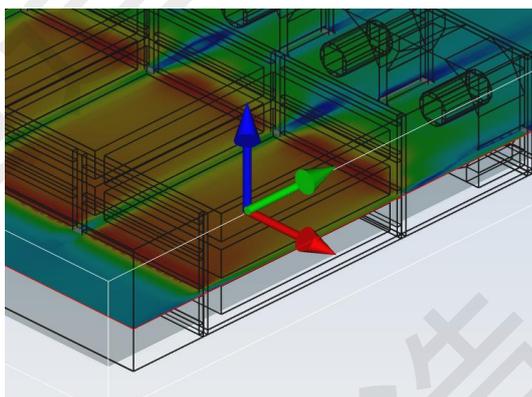


图 7-8 平面云图的拖拽器

1.2.2 云图

“云图”栏用来设置平面云图所显示物理量的属性。

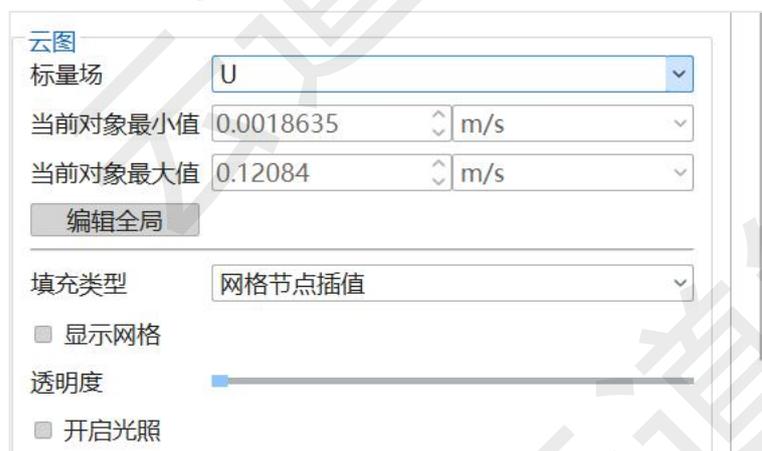


图 7-9 云图栏

【标量场】用于选择云图展示的变量场，仅可调用全局的标量场。

【当前对象最大/小值】用于展示所选变量在该平面云图上的最大值和最小值。

【关联全局】勾选后，则可出现【编辑全局】按钮，表示矢量联动全局标量场，- 随全局的标量场变化，如图 7-3 所示。

【填充类型】云图下方设置有填充类型选项，可选网格节点插值、网格中心填充、等值线。选择等值线后，下面出现等值线数量输入框与滑条，通过等值线数量输入框或拖动滑条后能改变等高线的数量。

【显示网格】栏主要用于显示平面云图上的网格分布。

【透明度】栏用于调节平面云图的透明度，最左侧为不透明，最右侧为完全透明。

【开启光照】栏用于调节平面云图的光照程度，开启光照，后处理对象会更立体。

1.2.3 标签

【标签】栏用于创建平面云图上的标签。包含最大/小值标签和用户可自定义的普通标签。

点击最大/小值标签按钮可以创建该对象的标量的最大/小值标签，

点击创建当前对象标签右侧的+按钮，则可以任意在平面云图上点击，创建出只可以在平面云图上的标签。



图 7-10 标签栏

1.2.4 面统计

【面统计】栏用来计算面上变量的平均值。



图 7-11 面统计栏

1.2.5 矢量

【矢量】栏用于对矢量场相关的设置。



图 7-12 矢量

【矢量场】可以选择矢量场想调用的对象，主要用于定义矢量箭头分布的位置。

【矢量渲染】支持对当前矢量场箭头以其他任意标量场数据进行颜色渲染。如下图，箭头的方向和分布采用的是速度 U ，但是颜色采用的是 Fluid T。

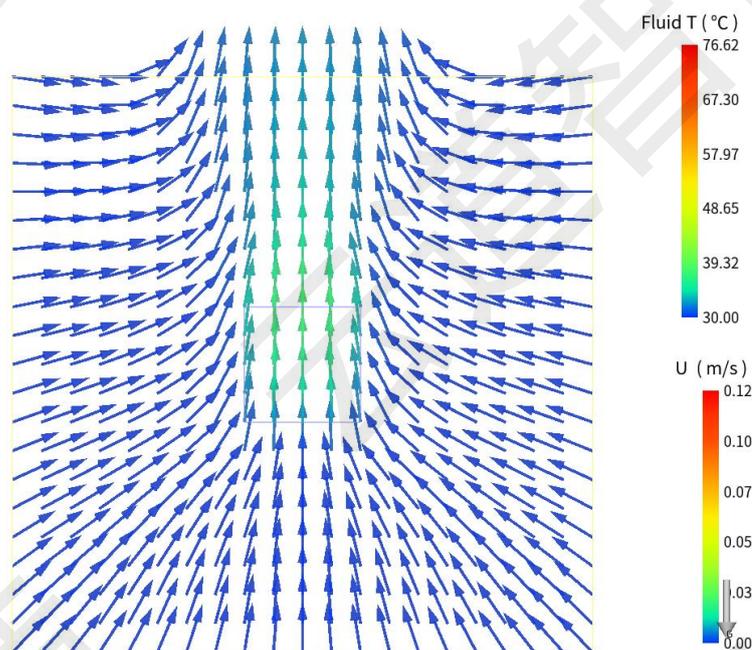


图 7-13 矢量渲染

【比例因子】用于对箭头的整体大小的调整，越往左箭头越小，越往右箭头越大。

【箭头大小】用于对箭头的头部整体大小做出调整，越往左箭头头部尺寸越小，越往右箭头头部尺寸越大，最大可与箭头长度尺寸一致。

【箭头宽度】用于对箭头的头部宽度做出调整，越往左箭头头部宽度越小，越往

右箭头头部宽度越大，最大可与箭头长度尺寸一致。

【稀疏化】用于对箭头的密度的统一调整，当勾选时，可以使箭头变得更为稀疏。当把拖动条拖到最右侧时，则无矢量箭头。

【矢量缩放类型】用于对矢量箭头长度调整，分为线性、对数和无三种。

- 线性表示该箭头的长短会随着变量场的大小整体缩放。
- 对数表示该箭头的长短会随着变量场的大小进行对数缩放。
- 无表示所有箭头的长短保持默认值，且长短一致。

【矢量分量】表示对矢量的投影方向。

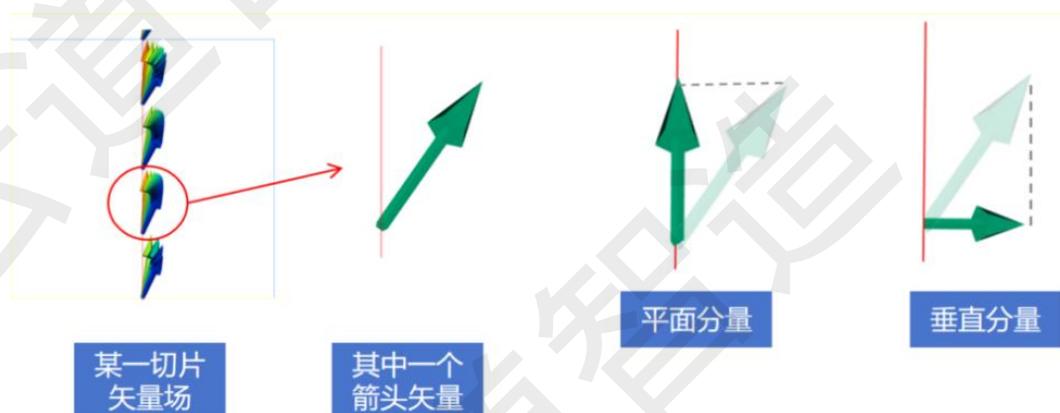


图 7-14 矢量分量

【关联全局】勾选后，则可出现【编辑全局】按钮，表示矢量联动全局矢量场，随全局的矢量场变化，如下图所示。

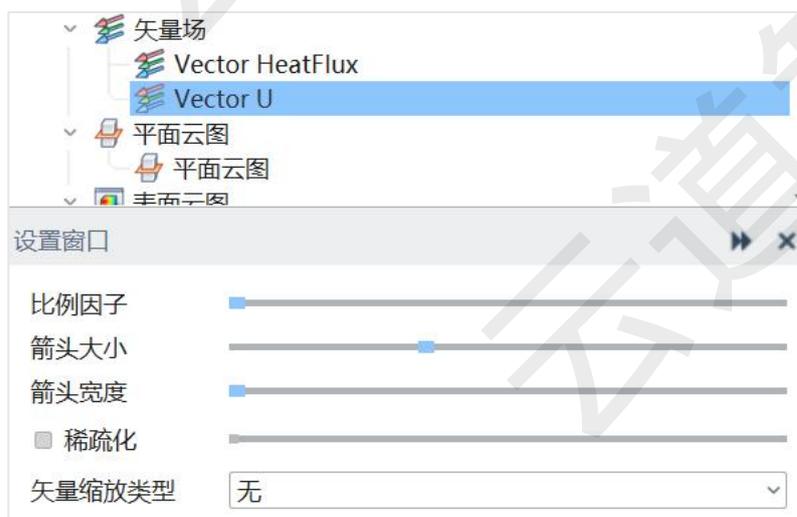


图 7-15 全局矢量面板

1.2.6 右键

【右键】选择平面云图节点，点击【导出】选项可以将当前平面云图上的物理量数值整体导出为 csv 文件。

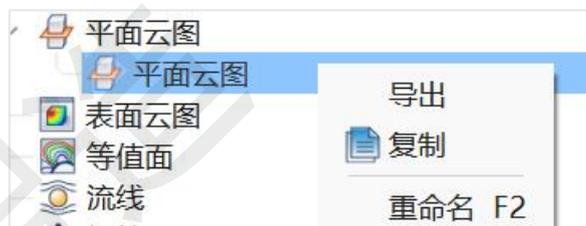


图 7-16 平面云图导出

1.3. 表面云图

在模型树上选择任意元件，点击顶部菜单栏【表面云图】选项即可在【结果查看】窗口内的【表面云图】节点下生成对应表面云图节点；单击该表面云图节点即可进入表面云图设置面板。

表面云图包含两个 Tab 页，分别为表面云图定义和矢量。左侧的用于设置标量云图的属性，包含【云图】、【标签】，右侧的用于设置矢量云图相关的属性，包含【面统计】和【矢量】。



图 7-17 名称和开关

【名称】设置当前平面云图对象的名称。

【开/关】切换平面云图对象激活与失效的状态，按空格键也可以实现切换。

1.3.1 云图

“云图”栏用来设置平面云图所显示物理量的属性。



图 7-18 云图栏

【几何体】支持对选中元件的表面做出表面云图渲染，更换选择的元件，点击右侧更新可更新渲染的元件表面。

【标量场】用于选择云图展示的变量场，仅可调用全局的标量场。

【当前对象最大/小值】用于展示所选变量在该表面云图上的最大值和最小值。

【关联全局】勾选后，则可出现【编辑全局】按钮，表示矢量联动全局标量场，- 随全局的标量场变化，如图 7-3 所示。

【填充类型】云图下方设置有填充类型选项，可选网格节点插值、网格中心填充、等值线。选择等值线后，下面出现等值线数量输入框与滑条，通过等值线数量输入框或拖动滑条后能改变等高线的数量。

【显示网格】栏主要用于显示表面云图上的网格分布。

【绘制边框】栏主要显示表面云图上特征线组成的边框。

【透明度】栏用于调节表面云图的透明度，最左侧为不透明，最右侧为完全透明。

【开启光照】栏用于表面云图的光照程度，开启光照，后处理对象会更立体。

1.3.2 标签

【标签】栏用于创建平面云图上的标签。包含最大/小值标签和用户可自定义的普通标签。

点击最大/小值标签按钮可以创建该对象的标量的最大/小值标签，

点击创建当前对象标签右侧的+按钮，则可以任意在平面云图上点击，创建出只

可以在平面云图上的标签。



图 7-19 标签栏

1.3.3 面统计

【面统计】栏用来计算面上变量的平均值。



图 7-20 面统计栏

1.3.4 矢量

【矢量】栏用于对矢量场相关的设置。



图 7-21 矢量

【矢量场】可以选择矢量场想调用的对象，主要用于定义矢量箭头分布的位置。

【矢量渲染】支持对当前矢量场箭头以其他任意标量场数据进行颜色渲染。如下图所示，箭头的方向和分布采用的是速度 U，但是颜色采用的是 Fluid T。

【比例因子】用于对箭头的整体大小的调整，越往左箭头越小，越往右箭头越大。

【箭头大小】用于对箭头的头部整体大小做出调整，越往左箭头头部尺寸越小，越往右箭头头部尺寸越大，最大可与箭头长度尺寸一致。

【箭头宽度】用于对箭头的头部宽度做出调整，越往左箭头头部宽度越小，越往右箭头头部宽度越大，最大可与箭头长度尺寸一致。

【稀疏化】用于对箭头的密度的统一调整，当勾选时，可以使箭头变得更为稀疏。当把拖动条拖到最右侧时，则无矢量箭头。

【矢量缩放类型】用于对矢量箭头长度调整，分为线性、对数和无三种。

- 线性表示该箭头的长短会随着变量场的大小整体缩放。
- 对数表示该箭头的长短会随着变量场的大小进行对数缩放。
- 无表示所有箭头的长短保持默认值，且长短一致。

【关联全局】勾选后，则可出现【编辑全局】按钮，表示矢量联动全局矢量场，随全局的矢量场变化，如下图所示。

1.3.5 右键

【右键】选择表面云图节点，点击【导出】选项可以将当前表面云图上的物理量数值整体导出为 csv 文件。

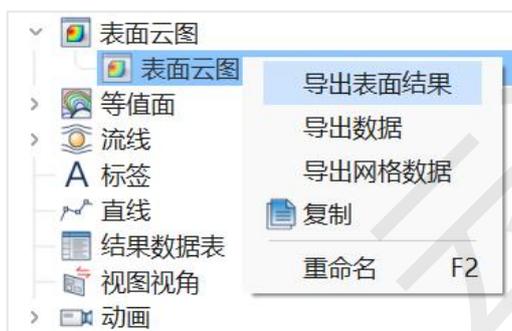


图 7-22 表面云图导出

注意：

1. 需要首先选择元件才能点击【表面云图】按钮进行表面云图创建，否则无法创建表面云图节点。

2. “几何体”关联显示框显示该几何体或多个几何的名字，视图中创建该几何或多个几何的表面云图。显示框显示为“模型 1；模型 2”的格式。

1.4. 等值面

单击菜单栏【等值面】选项，即可新建等值面节点。单击选中该等值面节点可以进入等值面设置面板。包含【等值面】、【云图】、【标签】三栏。

The screenshot shows the '等值面设置面板' (Iso Surface Settings Panel) with the following details:

- 名称 (Name):** 等值面1
- 开/关 (On/Off):** 开/关
- 等值面 (Iso Surface):**
 - 场变量 (Field Variable): T
 - 当前值 (Current Value): 30 (with a slider ranging from 64.509 to 375.09)
 - 单位 (Unit): °C
- 云图 (Cloud Map):**
 - 标量场 (Scalar Field): 空
 - 当前对象最小值 (Current Object Minimum): 0
 - 当前对象最大值 (Current Object Maximum): 0
 - 按钮: 编辑全局 (Edit Global)
 - 显示网格 (Show Grid)
 - 透明度 (Transparency): (slider)
 - 开启光照 (Enable Lighting)
- 标签 (Labels):**
 - 按钮: 创建最小值标签 (Create Minimum Value Label)
 - 按钮: 创建最大值标签 (Create Maximum Value Label)
 - 按钮: 创建当前对象标签 (Create Current Object Label) with a '+' icon

图 7-23 等值面设置面板

【名称】设置当前等值面对象的名称。

【开/关】切换等值面对象激活与失效的状态，按空格键也可以实现切换。

1.4.1 等值面

“等值面”栏用于设置等值面的属性。

【等值面】栏的场变量可以设置等值面对应物理量，主要用于定义等值面的形状，可以通过拖动滑动条或者修改输入框调整等值面物理量数值，也可以直接输入变量对应的数值，最左侧和最右侧为选中场变量的最小值和最大值。

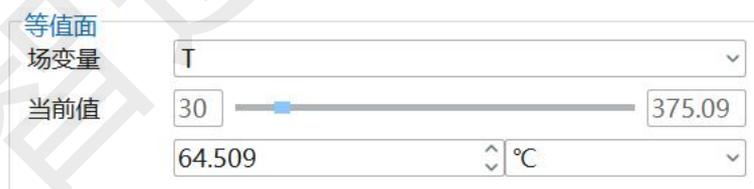


图 7-24 等值面栏

1.4.2 云图

“云图”栏用于设置等值面渲染的场和参数，主要用于定义等值面的颜色。具体参数与平面云图和表面云图一致，此处不再赘述。

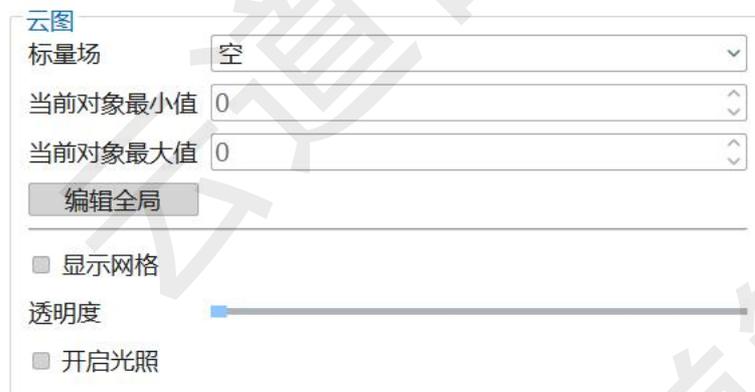


图 7-25 云图栏

1.4.3 标签

【标签】栏用来创建标签并显示标签数值，使用方法与前述章节一致。



图 7-26 标签栏

【面统计】栏用来计算面上变量的平均值，使用方法与前述章节一致。

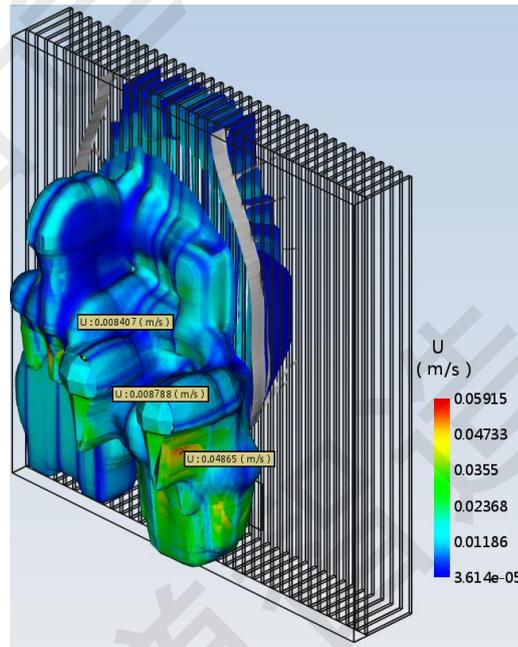


图 7-27 等值面后处理显示

1.5. 流线

单击菜单栏【流线】选项，即可新建流线节点。单击选中该流线节点可以进入流线设置面板。





图 7-28 流线设置面板

【名称】设置当前流线对象的名称；【开/关】切换流线对象激活与失效的状态，按空格键也可以实现切换。

【流线】栏用来设置流线的种子点属性。其中【种子点可见】勾选后，能看见流线对应的种子点，【区域填充】勾选后，流线的分布按照分布形状进行实心分布，取消则只有轮廓分布。【关联几何】显示当前流线关联的几何体名称，点击【更新几何体】能够根据选择的几何体对流线的关联几何进行更新。【分布形状】设置种子点分布形状，包含方形、十字形、水平、垂直、椭圆等类型，【种子点个数】设置种子点

数量。

【位置】设置种子点分布平面的方向。勾选【控制器】则可以在视图区调整包围盒大小和位置，从而限制种子点分布范围以及流线显示区域；只有用户点击了【重新生成流线】按钮后，在这一栏内的所有操作才会生效。【流线方向】可选向前、向后、穿透，选择向前，则流线从种子点出发绘制；选择向后，流线的终点为种子点。【类型】选择流线的类型，有线状、粒子、条带、管道四种可选，当选择粒子或条带时，流线【外观】可选择实心、椭圆、箭头、三角形。【宽度】用来调整流线显示的宽度大小。【长度】用来调整粒子或条带的形状长度与空白区域长度的比值，长度越大，粒子或条带的形状长度相对越大。【分布】【周期】决定了粒子或条带的形状与空白区域的总长度，周期越大，总长度越大。【寿命】决定流线从种子点出发后，在求解域的总长度。

【云图】栏用来设置流线上颜色所代表物理量的属性，相关内容与前述章节一致。

【矢量】栏的矢量场用于选择描绘流线形态的矢量场。

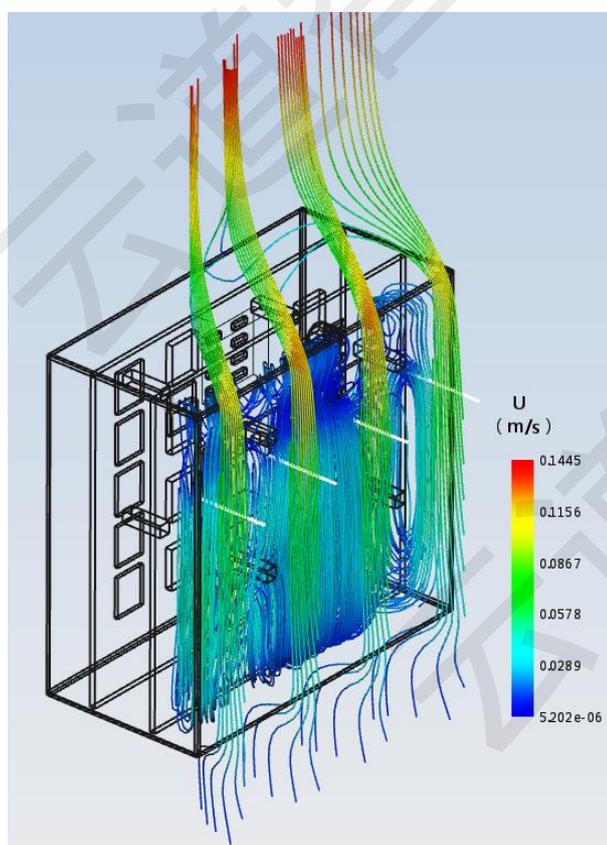


图 7-29 流线后处理结果展示

1.6. 标签

在结果展示菜单栏以及后处理快捷工具栏中选择“标签”按钮，结果窗口内的“标签”下统计模型中所有的标签，点击下面的单个标签，显示标签设置窗口如下。

【标量场】表示标签显示的标量类型，如果标签附属的载体标量场改变，标签标量场也随之改变。

【名称】显示标签名，对于非极值标签，用户可手动设置名称。勾选框分别设置对应数据是否显示。

【开/关】切换流线对象激活与失效的状态，按空格键也可以实现切换。

X、Y、Z 可通过滑动杆或者数据框设置更改标签位置；同样标签字体大小也可手动设置。X 方向偏移、Y 方向偏移可通过滑动杆微调标签在视图位置，但不更改标签指示点实际位置。

【字体】设置窗口可更改字体大小、颜色；字体大小可通过摇杆滑动或者输入框输入控制；字体颜色可通过色条控制，点击颜色的色条后可以选择不同的基础颜色，有基础颜色、选择屏幕颜色、自定义颜色、根据颜色的 RGB\HSVH 值设置颜色等。

【注释】设置窗口中可对标签添加注释。颜色下方有一条注释输入框，注释框中输入内容后，注释内容显示在相应标签的最上方；【属于】表示标签附属的载体。



图 7-30 标签设置窗口

选择元件或求解域，点击标签按钮，软件会自动统计此模型或者求解域体中心点的温度数值（板载器件、双热阻等会取结温，散热器会取基板中心）生成几何标签；当不选择任何元件或求解域时点击标签按钮，软件会进入标签模式，在后处理视图区中能动态显示鼠标所在区域的物理量，点击可生成几何标签或绘图标签。

当点击完标签后，点击选择命令，如下图所示，即可将鼠标点击标签的“+”字显示更改为鼠标“选择”命令。



图 7-31 切换选择命令

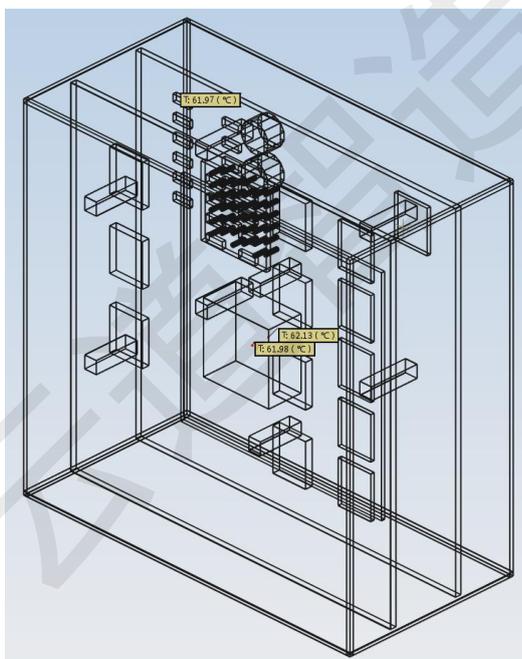


图 7-32 标签的后处理显示

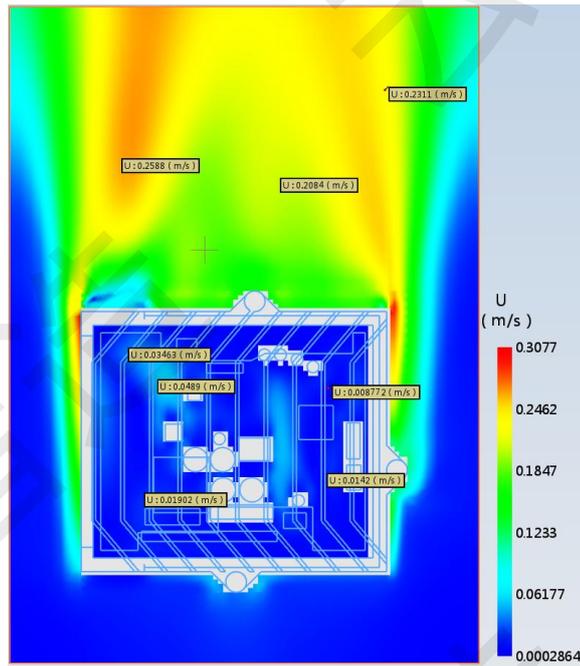
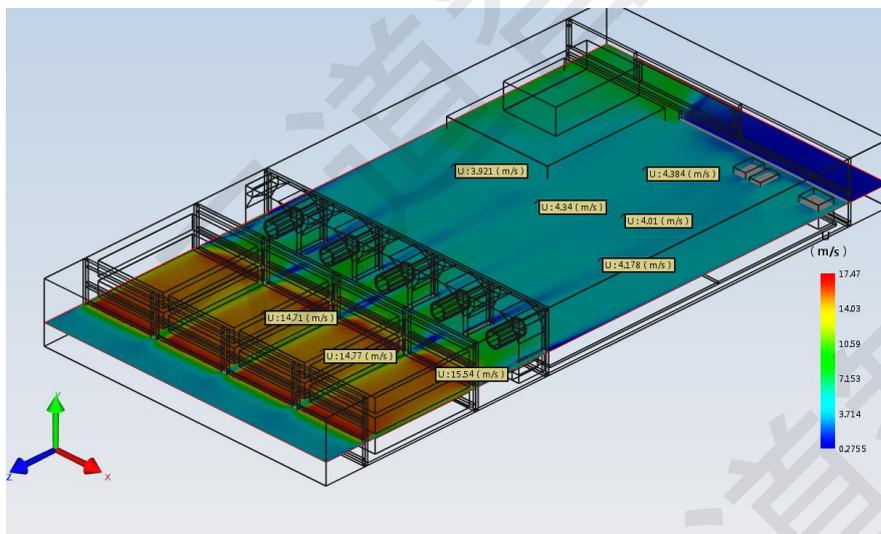


图 7-33 平面云图里标签的后处理显示

当在平面云图上点击了标签后，拖动平面云图时，标签会随之进行移动；当修改平面云图的变量时，原有标签会随之进行修改，显示当前所选变量的数值。



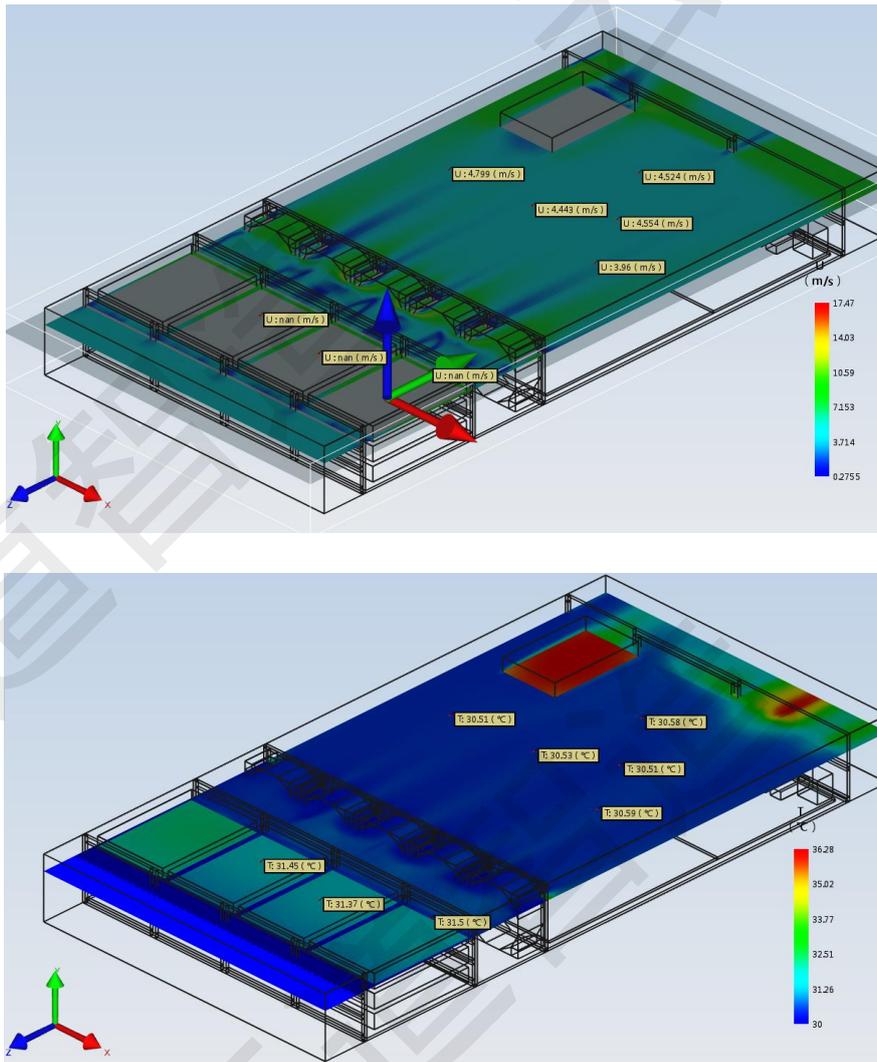


图 7-34 标签的自动更新

1.7. 直线

单击菜单栏【直线】选项，即可新建直线节点。单击选中该直线节点可以进入直线设置面板。



图 7-35 直线设置面板

【名称】设置当前直线对象的名称；【开/关】切换直线对象激活与失效的状态，按空格键也可以实现切换。

在【创建顶点】中点击【+】在表面云图或者切片的基础上取两个点，可在两个点之间生成直线，并显示两个点的坐标，用户可以通过修改两点坐标重新编辑直线。

【X 变量】是默认值，表示两直线间距离，Y 变量选择直线上点的变量值；点击【X-Y 曲线查看】按照上述 X、Y 表示显示二维曲线。【导出】将上述二维曲线按照“CSV”格式导出。

如下图所示，在视图区域拾取点击对应的点（也可以在表面云图、平面云图里点击拾取），然后在 Y 轴里勾选需要输出的变量，点击 X-Y 曲线查看，即可出现 XY 曲线图；点击右侧的导出，可以将 XY 曲线展示的数据导出为 Excel 的数据格式。

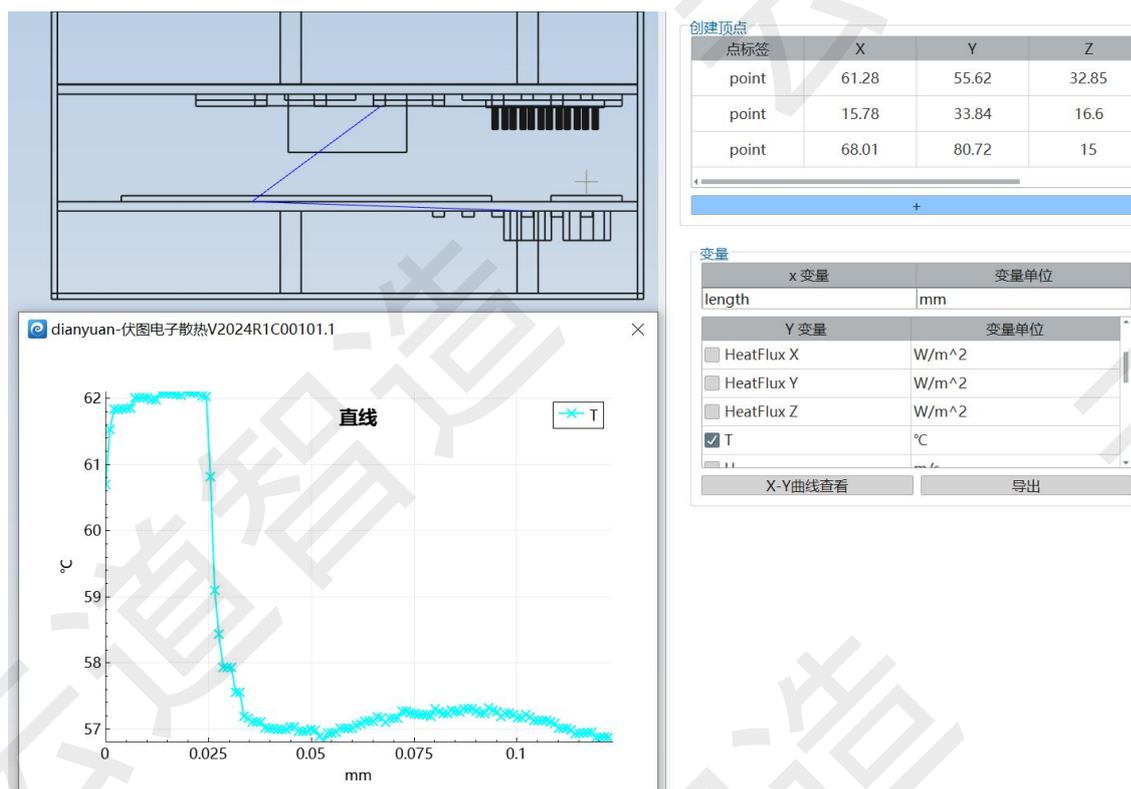


图 7-36 直线后处理显示

| | A | B | C |
|----|---------------------------|---------|---|
| 10 | Point Coordinate Unit: mm | | |
| 11 | Length (mm) T (°C) | | |
| 12 | 0 | 60.6983 | |
| 13 | 0.0010191 | 61.5291 | |
| 14 | 0.0020383 | 61.8382 | |
| 15 | 0.0030574 | 61.8325 | |
| 16 | 0.0040766 | 61.8416 | |
| 17 | 0.0050957 | 61.8471 | |
| 18 | 0.0061149 | 61.853 | |
| 19 | 0.007134 | 62.0078 | |
| 20 | 0.0081531 | 62.0078 | |
| 21 | 0.0091723 | 62.0102 | |
| 22 | 0.0101914 | 62.0108 | |
| 23 | 0.0112106 | 61.9813 | |
| 24 | 0.0122297 | 61.978 | |
| 25 | 0.0132488 | 62.0774 | |
| 26 | 0.014268 | 62.0707 | |
| 27 | 0.0152871 | 62.0707 | |
| 28 | 0.0163063 | 62.0707 | |
| 29 | 0.0173254 | 62.0581 | |
| 30 | 0.0183445 | 62.0465 | |
| 31 | 0.0193637 | 62.0977 | |
| 32 | 0.0203828 | 62.0903 | |
| 33 | 0.021402 | 62.0843 | |
| 34 | 0.0224211 | 62.0771 | |
| 35 | 0.0234403 | 62.0373 | |
| 36 | 0.0244594 | 62.0275 | |
| 37 | 0.0254785 | 60.8165 | |

图 7-37 直线 XY 数据导出

1.8. 结果数据表

结果数据表用于保存智能元件的表格结果。

可通过表格窗口右上角的【保存当前数据表】创建【结果数据表】，也可以通过菜单直接创建，还可以根据【后处理对象树】右键【结果数据表】创建。

对于已有的结果数据表，可通过在属性树选中对象，点击结果数据表中的更新，实现表格中数据的更新。

结果数据表导出格式为 csv 格式。

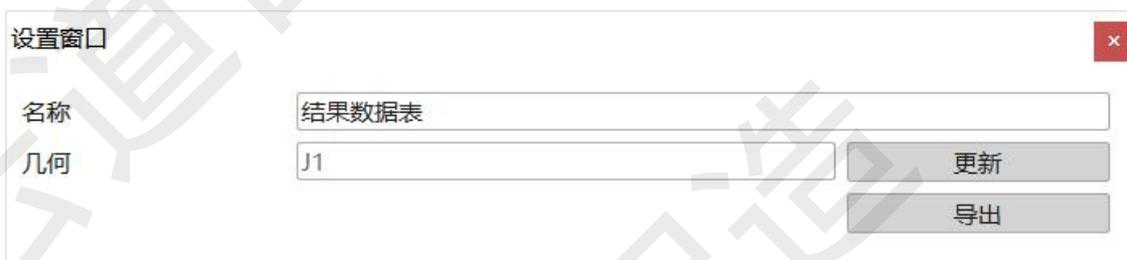


图 7-38 结果数据表导出界面

1.9. 视图视角

单击菜单栏【视图视角】选项，即可新建视图视角。单击选中该视图视角节点可以进入视图视角设置面板。

【相机类型】可以切换渲染方式，目前支持【平行渲染】和【透视渲染】，【平行渲染】下输入【视图高度】；【透视渲染】下输入【视图角度】。

输入【相机位置 X】、【相机位置 Y】、【相机位置 Z】、【镜头转轴 X】、【镜头转轴 Y】、【镜头转轴 Z】、【镜头转角】后，点击【跳转到视角】，后处理界面的视图视角按照设置参数进行跳转。



图 7-39 视图视角的面板设置

1.10. 动画

动画能够以直观、动态的方式展示电子设备散热过程中的热流分布、温度变化等情况，帮助相关人员更好地理解和分析散热效果。

【结果窗口】中“动画”的位置如下图所示，



图 7-40 动画位置

可以生成动画的后处理对象包含平面云图和流线两种。默认界面中，动画下无子

节点。

1.10.1 平面云图动画

当创建平面云图后，动画下相应增加平面云图对应的动画。

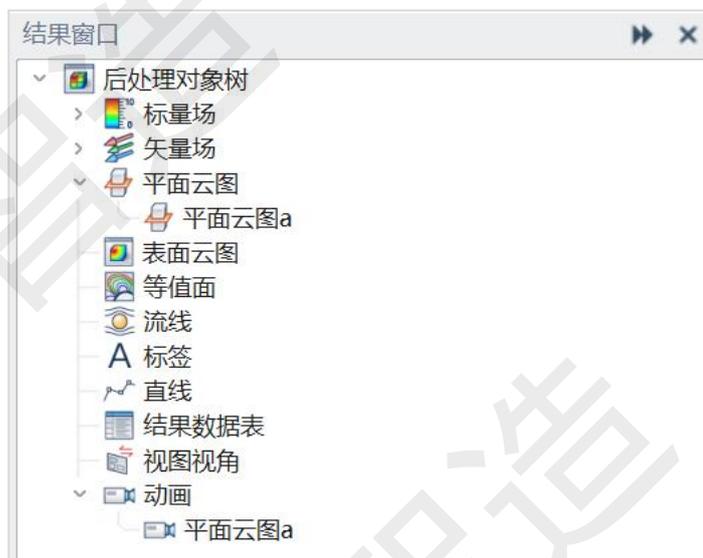


图 7-15 平面云图动画位置

1. 点击动画平面云图 a，在【设置窗口】弹出动画平面云图 a 的设置参数。



图 7-16 平面云图设置窗口

2. 名称为不可更改参数框，继承选中切片的名字，如切片 a；
3. 最小值为切片 a 在全部坐标系中的位置，如切片 a 垂直 Y 轴，则最小值表示动画起始的位置，最大值表示动画结束的位置。
4. 当最大值和最小值输入的数据超出求解域的范围时，会提示“输入数据必须处于求解域位置范围内”。

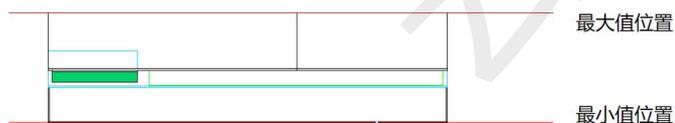


图 7-17 最大值和最小值位置

1.10.2 流线动画

5. 当创建流线后，动画下相应增加流线对应的动画。



图 7-18 流线动画位置

1. 点击动画流线 1，在【设置窗口】弹出动画流线 1 的设置参数。

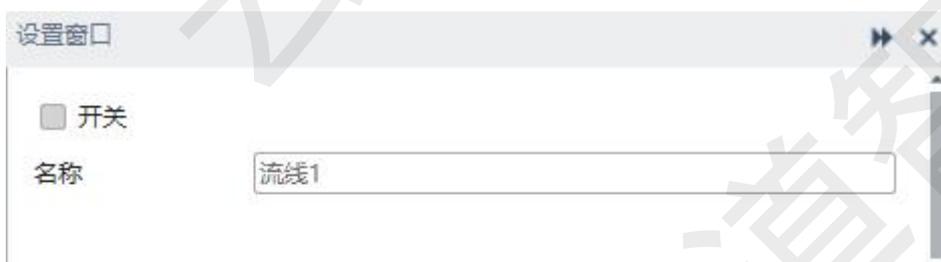


图 7-19 流线动画设置窗口

2. 开关勾选后，能在视图区看到流线动画的效果。

3. 名称为不可更改参数框，继承对应流线的名字，如流线 1。

4. 流线动画开启后，配合后处理视图工具栏的录制和动画播放工具条能够保存与播放稳态与瞬态工程下的流线动画。在瞬态工程中，勾选瞬态进行播放，流线动画展示的

是各时间步的瞬态动画；在稳态工程中，不勾选瞬态进行播放，流线动画展示的是当前所选时间下的稳态流线动画。

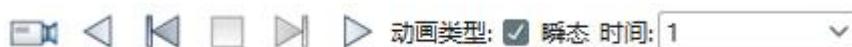


图 7-20 动画播放工具条

1.11. 仿真报告

点击仿真报告生成设置窗口如下，用户需填写【工程名称】和【工程描述】，并通过勾选“求解域”、“模型”等报告内容选项确定报告中所包含的内容，然后点击【生成报告】即可生成仿真报告。



图 7-41 仿真报告的面板设置

新建工程首次打开仿真报告设置窗口，用户需要输入【工程名称】和【工程描述】，其他内容均为默认选择，其他情况下打开仿真报告，则设置窗口的内容为最近打开的设置界面，可进行编辑。

当计算报告输出后，在信息窗口中会提示对应的输出结果；用户可以直接打开此html文件，即可查看对应的输出报告。

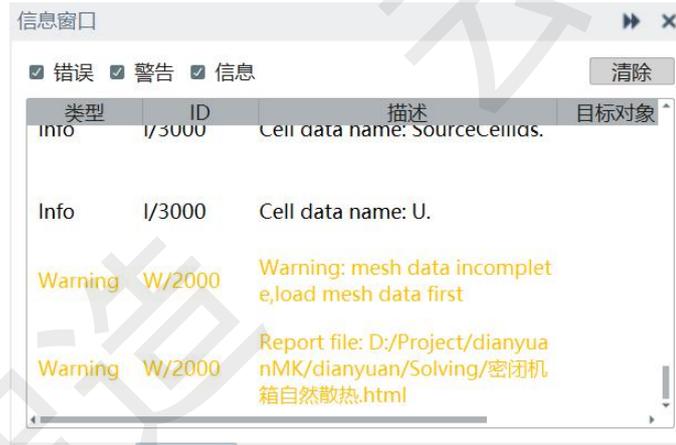
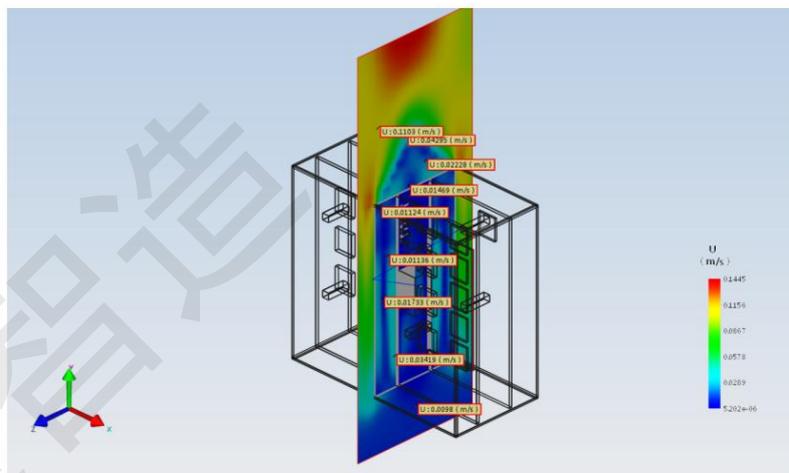


图 7-42 仿真报告输出提示



图 7-43 打开仿真报告

10.2 切片



| 切片 | | | | | | | |
|----|------|-----------|------------|-----|-------|---------------------|------------------|
| 序号 | 切片名称 | 切片方向 | 切片坐标 | 物理量 | 最小值坐标 | 最小值 | 最大值坐标 |
| 1 | 切片 1 | (0,0,0,1) | (50,75,25) | U | | 5.346392048e-06 m/s | 0.1444818089 m/s |

11 结果表格

本次计算的结果表格：

| 结果表格 | | | | |
|------|----|-----|------|-----------|
| 序号 | 序号 | 名称 | 输出参数 | 值 |
| 1 | 1 | 圆柱体 | 最低温度 | 332.01614 |

图 7-44 查看仿真报告

1.12. 表格统计

后处理模块集成了元件信息统计功能；单击选中所要查询的元件或者多个元件，即可在【表格窗口】中查看对应统计信息，切换时间步可以查看不同时间步该元件统计信息。

对于特殊的元件，比如双热阻模型的器件，表格窗口可以统计其对应的结温、壳温、板温等数值，如下图所示。

| | Time | T(C) | Heat Net(W) |
|-------------|------|---------|-------------|
| 器件 board | 100 | 36.0041 | 3.57598 |
| 器件 case | 100 | 39.4502 | 1.29861 |
| 器件 side | 100 | 31.7265 | 0 |
| 器件 junction | 100 | 39.5801 | |

图 7-45 表格统计窗口

如果选择的元件为风扇或者离心风机，点击对应的风机模型，【表格窗口】会罗列出其对应的风机工作点，如下图所示，风机 AxialFan 的工作点的流量为 16.91cfm、静压 68.51Pa；风机 AxialFan1 的工作点的流量为 16.76cfm、静压 69.45Pa。

| | Max T(C) | Mean T(C) | Volume Flow(cfm) | Static Pressure(Pa) |
|-----------|----------|-----------|------------------|---------------------|
| AxialFan | 30 | 30 | 16.91 | 68.51 |
| AxialFan1 | 30 | 30 | 16.76 | 69.45 |

图 7-46 风扇的表格统计窗口

如果选择的是固体元件，那么【表格窗口】中有“元件统计”、“面统计”、“总结”；“元件统计”中会罗列统计器件的最低温度、最高温度及平均数值；选择【表格窗口】对应的数据，点击右键，调出复制、导出面板；选择【复制】，可以将数据复制到 Word、Excel 里；点击右键选择【导出】，导出为 csv 格式文件进行数据后续处理。

| | Time | Min T(C) | Max T(C) | Mean T(C) |
|-----|------|----------|----------|-----------|
| yp | 28 | 30.9 | 31.53 | 31.28 |
| yp1 | 28 | 32.21 | 32.99 | 32.73 |
| yp2 | 28 | 32.6 | 33.28 | |

复制
 导出

元件统计 面统计 总结

图 7-47 统计表格导出窗口

如果点击“面统计”，可以查看所选元件不同面的统计数据，如面最低温度、最高温度及平均温度；面流出的热耗、对流换热系数等等数值；如果点击“总结”，可以对此元件的热耗信息进行总结。

| 表格窗口 | | |
|----------|-------------|---|
| | Heat Net(W) | Convective Heat Transfer Coeff(W/(m ² *K)) |
| yp ypos | -3.016 | 159.9 |
| yp zneg | -0.1027 | 34.34 |
| yp zpos | -0.04901 | 23.79 |
| yp1 xneg | -0.2567 | 32.57 |
| yp1 xpos | -0.3039 | 39.25 |
| yp1 yneg | -3.939 | 99.15 |

图 7-48 统计表格导出窗口

1.12.1. 元件干涉

当智能元件之间存在相互干涉时，表格统计中增加了对被干涉元件的干涉边界的数据统计。

下图所示为两个干涉的立方体 A 和立方体 B，在进行网格剖分时，按照优先级的规则，立方体 A “吃掉” 与立方体 B 相交的部分，立方体 A 保持网格完整，立方体 B 的相交区域的网格则被“吃掉”，生成额外的边界，剖分后的网格如下图所示。

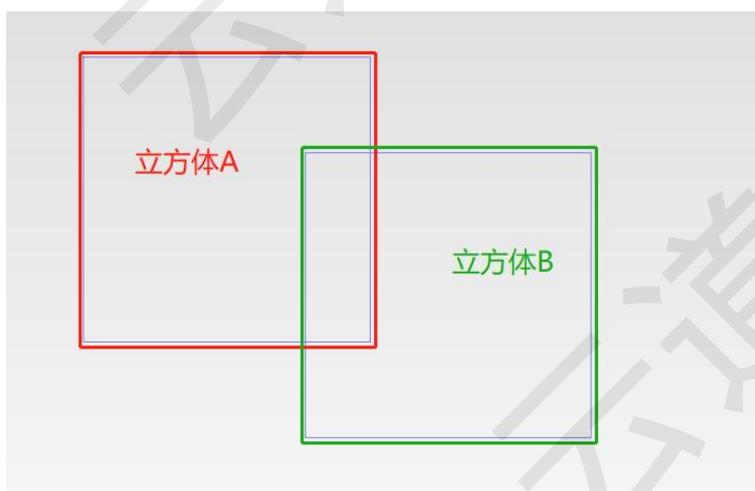


图 7-49 两个相互干涉的立方体

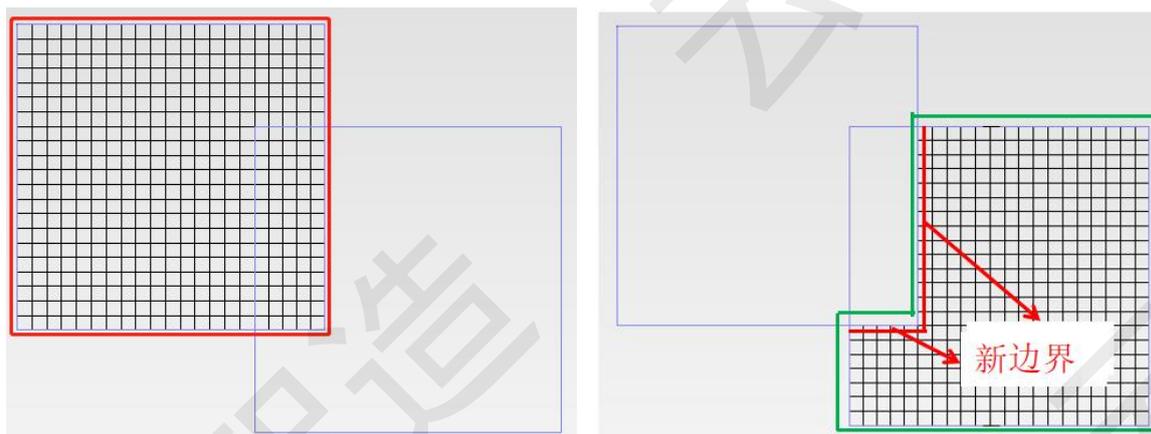


图 7-50 相互干涉立方体的网格独立显示

对于立方体 A，由于是完整的边界，在后处理表格中输出的面统计中，保持完整的 6 个面的结果统计，对于立方体 B，由于在被干涉区域生成新的边界，在后处理的表格输出中，除了立方体 B 默认的 6 个面的结果统计外，还会输出一个额外的面统计【otherFaces】，如下图所示。

表格窗口

立方体 保存当前数据表

| | Mean S-S Surface T (°C) | Max S-S Surface T (°C) | Min S-S Surface T (°C) | Mean S-F Surface T (°C) | Max S-F Surface T (°C) | Min S-F Surface T (°C) | Conducted Heat (W) |
|-----------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|--------------------|
| 立方体B -X | - | - | - | 30.517 | 30.518 | 30.517 | 0 |
| 立方体B +X | - | - | - | 30.517 | 30.518 | 30.517 | 0 |
| 立方体B -Y | - | - | - | 30.517 | 30.518 | 30.517 | 0 |
| 立方体B +Y | - | - | - | 30.517 | 30.518 | 30.517 | 0 |
| 立方体B -Z | - | - | - | 30.517 | 30.517 | 30.517 | 0 |
| 立方体B +Z | - | - | - | 30.518 | 30.518 | 30.518 | 0 |
| 立方体B otherFaces | 30.518 | 30.518 | 30.518 | - | - | - | 0.004946 |

体热统计 | 面热统计 | 体热总结 | 几何信息

图 7-51 “被吃”立方体“被吃”边界的面统计

对于干涉中“被吃掉”的元件，无论“被吃”生成几个边界，这些新生成的边界都会统一的统计到【otherFaces】。

说明：

① 智能元件干涉的顺序请参考智能元件优先级说明，当优先级高的智能元件与优先级低的元件干涉时，优先级高的智能元件会“吃掉”优先级低的智能元件，如果相互干涉的两个智能元件优先级相同，则项目树靠下位置的智能元件“吃掉”项目树位置靠上的智能元件；

② 目前 Simdroid-EC 的智能元件干涉结果输出仅支持区域类型网格，八叉树类型网格不支持干涉边界表格统计；

③ 机箱智能元件作为一个整体，从逻辑角度来说所有机箱内部的智能元件均可看做被机箱“吃掉”，这与实际情况不符，所以机箱相关的统计保持原来的统计方法不变。

1.13. 后处理快捷工具栏

在视图区域的左上角有一个可伸缩的窗口，是后处理快捷工具栏，如下图所示。



图 7-52 后处理快捷工具栏

点击 ，快捷新建【切片】节点；点击 ，快捷新建【表面云图】节点；点击 ，快捷新建【流线】节点；点击 ，快捷新建【等值面】节点；点击 ，快捷新建【标签】节点；点击 ，快捷新建【直线】节点；点击 ，快捷新建【试图视角】节点；点击 ，快捷新建【结果数据表】。