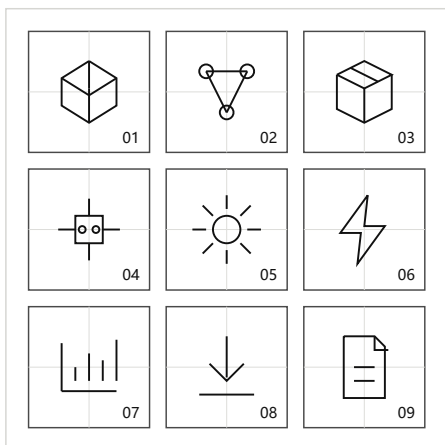




建筑 计算性设计平台 使用说明书

COMPUTATION DIRECTION DASHBOARD
USER MANUAL

版本 V1.5.6

适用平台 Windows 10 / 11 · x64

本说明书用于软件安装、建模联动、物理模拟、知识图谱与智能评价操作。标准合规结论应结合有效标准原文、适用条件与专业人员复核；AIGC 图像不作为物理模拟证据。

目录

目录	2
本版 GH 联动更新	6
1 安装操作	7
1.1 安装前准备	7
1.2 安装主程序	7
1.3 首次启动检查	7
1.4 升级已有版本	8
1.5 安装 Rhino 通用插件	8
1.6 安装 SketchUp 插件	8
1.7 卸载与用户数据	8
2 功能介绍	9
2.1 平台能完成什么	9
2.2 模型导入与 Rhino 联动	9
2.3 天空、气象与太阳路径	9
2.4 材料与完整模型面赋材	10
2.5 工作面与计算网格	10
2.6 三维视图与结果可视化	10
2.7 计算引擎	11
2.8 瞬时照度、HDR 与采光系数	11
2.9 鱼眼 HDR 与眩光评价	11
2.10 年度 DA、sDA、UDI、ASE	11
2.11 方案标准评价	12
2.12 模拟操作智能体	12
2.13 双知识图谱与知识问答	12
2.14 文献资料导入	13
2.15 知识问答智能体	13
2.16 应用策略与 AI 写实表达	13
2.17 保存、导出与项目参数	13
2.18 三模块共享模型、天气与参数	15
2.19 照明与非视觉网格	15
2.20 热舒适模拟	15

2.21 能耗与碳排模拟	15
3 界面说明	16
3.1 总体布局	16
3.2 01 场景参数 / SCENE SETTINGS	16
3.3 02 模拟运行 / SIMULATION	16
3.4 03 模拟操作智能体问答	16
3.5 中央三维场景	17
3.6 04 模拟结果 / RESULTS	17
3.7 05 方案标准评价 / INTELLIGENT EVALUATION	17
3.8 其他功能模块	17
4 快速上手	18
4.1 十分钟完成示例房间瞬时模拟	18
4.2 导入 OBJ 项目	18
4.3 使用 Rhino 联动	18
4.4 使用参考面生成任意朝向网格	19
4.5 完成眩光评价	19
4.6 完成年度指标计算	19
4.7 运行方案标准评价	20
4.8 用智能体批量计算全天结果	20
4.9 导入标准并验证图谱	20
4.10 导入标定实测天空 HDR	20
5 常见问题	22
5.1 安装后页面显示 Failed to fetch	22
5.2 Radiance 显示不可用	22
5.3 Mitsuba CUDA 不可用	22
5.4 Mitsuba 室内渲染全黑	22
5.5 旧项目提示校准误差	22
5.6 两引擎照度差异较大	22
5.7 非视觉网格显示 “—”	22
5.8 选择的是三角形而不是完整模型面	23
5.9 非水平网格超出参考面	23
5.10 隐藏网格后结果消失了吗	23
5.11 鱼眼 HDR、标记图或伪彩图不显示	23
5.12 标定实测天空与地面之间出现暗带	23

5.13 年度指标按钮提示未导入 EPW	23
5.14 方案评价一直显示不合规	23
5.15 模拟操作智能体把咨询误判为任务	23
5.16 语音五秒后自动停止	23
5.17 结果文件夹按钮没有反应	24
5.18 图谱写入成功但节点数量没有变化	24
5.19 知识问答引用不完整	24
5.20 AI 写实表达调用失败	24
5.21 页面偶发空白或操作卡顿	24
附录 A 术语	25
附录 B 常用操作速查	26
附录 C 推荐操作顺序	27
附录 D 风环境模拟 (OpenFOAM v2206)	28
建筑外流	28
完整算例与其他物理模型	28
验证范围和结果解释	29
附录 E 独立室外热舒适模拟	30
操作	30
计算链	30
适用范围	31
自检与证据	31
风环境 1.4.6 增强说明	32
操作顺序	32
风玫瑰图	32
物理与显示约定	32
Butterfly 参考对应范围	33
本机验证	33
20 动态风场显示 (Windows 1.4.6)	34
21 风环境三维窗口宽度调整 (Windows 1.4.7)	35
22 城市示例、风玫瑰与时段分析 (Windows 1.4.8)	36
22.1 示例模型与场域移动	36

22.2 先导入 EPW 的气象统计	36
22.3 全年与指定时段风场	36
22.4 方法与适用条件	37
22.5 本次验证范围	37
23 UTCI 空间分布与 Grasshopper 参数化联算 (Windows 1.5.6)	38
23.1 水平网格 UTCI	38
23.2 安装 Grasshopper 套装	38
23.3 同步目标值和优化器	38
23.4 标准库升级	38
23.5 GH 参考网格面 (套装 1.4.0)	39
23.6 GH 年度表面日照 (套装 1.4.0)	39

本版 GH 联动更新

平台 1.5.6 配套 Grasshopper 套装 1.4.0、Rhino 通用接口 1.8.0。GH 套装安装器会一并更新 Rhino 联动接口；请先关闭 Rhino 再安装。

“CDD 平台”的 Open 从 False 切换为 True，会启动桌面客户端并自动启用 Rhino / GH 可见模型同步。无需另点 Rhino 面板的连接视口。同步不启动模拟，计算由对应电池的 Run 控制。

光环境有四个独立计算模块及对应结果电池：网格照度、视点眩光、全年日光、年度表面日照。年度表面日照使用 EPW 将每个建筑几何面的共面三角片合并为矩阵网格，输出各网格全年累计辐照量；其他光环境模块不随之运行。网格照度不执行 HDR、采光系数、眩光或全年分析；启用照明时保留相同测点上的非视觉指标。眩光设置须给出观察点和注视目标，结果对应此视点，不能代表整个空间。全年日光与年度表面日照均须输入完整 EPW。

计算完成后，本轮模型和结果进入平台相应页面，项目编号可与 GH 的 Project 输出核对。相同几何的视口同步不会覆盖结果；几何变化后旧结果失效。Text 输出同时包含值与单位，V 仍为纯数值，供 Galapagos、Wallacei 和 Octopus 同步读取。新建定义以及重开文件时，Run 仍需由 False 切换到 True 才开始计算。

1 安装操作

1.1 安装前准备

COMPUTATION DIRECTION DASHBOARD（CDD，建筑计算性设计平台）适用于 64 位 Windows 10 或 Windows 11。安装前建议关闭正在运行的旧版平台、Rhino 及占用显卡的渲染程序。

项目	最低要求	推荐配置
操作系统	Windows 10 / 11 x64	更新至稳定补丁的 Windows 11 x64
处理器	4 核	8 核及以上
内存	16 GB	32 GB 及以上
显卡	可不使用 GPU，仅运行 Radiance	支持 CUDA 的 NVIDIA 显卡，显存 6 GB 及以上
磁盘	15 GB 可用空间	固态硬盘，保留 30 GB 以上项目空间
Rhino	非必需	使用联动功能时安装 Rhino 6、7、8 及后续兼容版本 x64

普通用户只需从平台正式下载页获取安装程序，并按安装向导完成操作。

1.2 安装主程序

- 1 下载 **CDDsystem-Setup-1.5.6-x64.exe**。
- 2 双击安装程序；若 Windows 弹出安全确认，请核对文件名和下载来源后继续。
- 3 按安装向导选择目录。建议保留默认目录；若改用其他位置，应选择本机固定磁盘中的纯英文或常规中文路径。
- 4 等待主程序、Windows OpenStudio / EnergyPlus、Radiance、Daysim、Mitsuba Worker、OpenFOAM v2206 与 MS-MPI、本地嵌入式知识图谱和说明书完成安装。
- 5 安装完成后，从桌面或开始菜单启动“CDD”。

首次启动时间通常长于后续启动。九宫格启动页会依次显示运行环境、知识图谱、智能体与建筑环境性能计算服务的准备进度。进度完成后自动进入平台主页。

1.3 首次启动检查

进入平台后建议完成以下检查：

- 打开“光环境模拟”，确认页面能够完整显示。
- 在引擎状态中确认 Radiance 为可用。
- 使用 NVIDIA 显卡时，确认 Mitsuba 显示 **cuda_ad_rgb** 和显卡名称。
- 载入示例房间，确认三维场景、坐标指北标识和默认玻璃窗均可见。

- 分别进入科研文献图谱与建筑标准检索，确认右上角统计数量不是 0。

1.4 升级已有版本

升级前退出平台、Rhino 和 SketchUp，然后直接运行新版本安装程序。安装器会更新程序文件，并尽量保留用户项目参数与图谱数据。升级完成后重新启动，检查安装目录 build-info.json 中的版本号。

若旧版曾发生端口占用、缓存损坏或安装目录被手动移动，不要复制旧程序目录覆盖新目录。应先卸载旧程序，再安装当前版本；用户项目和自行导入的资料应提前备份。

1.5 安装 Rhino 通用插件

- 1 退出 Rhino。
- 2 运行 **CDDsystem-Rhino-Plugin-Setup-1.8.0-x64.exe**。
- 3 重新启动 Rhino，在工具栏或停靠面板中找到 CDD 图标。
- 4 单击图标打开停靠面板，再单击“启动/连接平台”。
- 5 第一次连接时允许 Windows 本机通信提示。

Rhino 插件用于同步几何和项目参数，不负责独立计算。模拟仍由已安装的 CDD 主程序执行。

1.6 安装 SketchUp 插件

- 1 关闭 SketchUp，运行 **CDDsystem-SketchUp-Plugin-Setup-1.1.3-x64.exe**，选择实际安装的 SketchUp 版本。
- 2 安装器检查宿主用户目录，安装完成后重新启动 SketchUp。使用 EXE 安装，无需手动载入 RBZ。
- 3 通过 CDD 工具栏的“平台面板”打开面板；面板位置异常时使用“恢复面板位置”。
- 4 点击“启动/连接平台”启动已安装的桌面客户端，再同步模型。面板打开及视角变化不会自动运行模拟。

1.7 卸载与用户数据

在 Windows “设置 → 应用 → 已安装的应用”中选择 CDD 并卸载。卸载前先关闭平台。项目导出文件、用户选择的结果目录和 Rhino 同目录参数文件不会自动删除，可按需要自行保留或清理。

2 功能介绍

2.1 平台能完成什么

CDD 将模型、气象、材料、建筑环境性能计算、评价和知识服务组织在同一工作台中。典型任务包括：

- 导入 OBJ、RAD、STL、3DM、SKP 模型，或从 Rhino、SketchUp 同步几何。
- 进行照明及非视觉网格计算、热舒适模拟、能耗与碳排放估算。
- 设置 CIE / Perez 天空、EPW 气象和标定实测天空 HDR。
- 为墙、窗、门、屋顶、楼板和和其他完整模型面设置材料。
- 建立水平或任意朝向的工作面网格。
- 计算瞬时照度、HDR、伪彩图和采光系数。
- 计算 DGP、DGI 与 evalglare 眩光结果。
- 计算 DA、sDA、UDI、ASE 年度指标。
- 根据建筑类型、场所和标准条文进行方案评价。
- 使用模拟操作智能体执行单次、批量和跨功能操作。
- 使用科研文献图谱、建筑标准检索和知识问答智能体检索依据。
- 生成策略构件与 AI 写实表达图，辅助方案沟通；场景视角变化后可重渲染 HDR，不会重算照度指标。

2.2 模型导入与 Rhino 联动

OBJ 适合独立项目，RAD 适合已有 Radiance 场景；Rhino 联动适合设计过程中的持续迭代。模型应使用米作为平台计算单位，面法向应一致，窗洞应有独立玻璃面，墙体不应在窗洞处重复封闭。

平台 1.5.6 配合 Rhino 插件 1.8.0，自动同步当前 GH 定义中可见的网格、曲面、挤出体和实体，无需烘焙。连接后调整滑块，GH 求解完成后更新光、热、能耗碳排、风环境的共享模型。隐藏几何、关闭预览及仅预览选中对象的设置均生效；全部隐藏时平台清空几何但保留联动。Rhino 文档必须设置真实长度单位，插件会将模型及相机换算为米。

模型更新保留同文档的参数与 EPW，旧模型结果失效。同步和视角变化不会自动运行模拟，需点击运行。任意第三方组件的自定义显示效果可能没有可导出的表面几何。GH 优化套装仍由模拟组件主动执行并输出本轮目标值。

独立 OBJ 项目可保存平台参数文件。Rhino 联动项目退出时会把光环境参数保存到 Rhino 文件同目录，再次打开并连接时自动读取。建议不要在项目进行中进行随意改名或移动配套参数文件。

2.3 天空、气象与太阳路径

“天空类型”包括五类输入：

天空类型	适用任务	需要的输入
CIE 晴天	典型晴朗时刻比较	日期、时刻、地点
CIE 阴天	阴天采光与标准采光系数参考	日期、时刻、地点
CIE 均匀天空	均匀亮度假设对照	日期、时刻、地点
Perez 天空	气象驱动的实际时刻分析	EPW 或 DNI / DHI
标定实测天空 HDR	复现实测天空亮度与纹理	天顶向上的半球鱼眼 HDR、方位与标定信息

标定实测天空 HDR 是光轴竖直指向天顶的半球鱼眼图，不按普通摄影画面的“图像上方即北方”解释。导入后应设置图像上方对应的地理方位，并检查天际线裁剪、地面遮挡和绝对亮度标定。

勾选 Sun Path 后，三维场景显示全年太阳轨迹和当前时刻太阳位置。轨迹来自地点、日期、时间及 EPW 信息；场景右下角方向标识会随视角旋转，用于核对东西南北和天顶方向。

2.4 材料与完整模型面赋材

材料由反射率、透射率、镜面比例和粗糙度组成。示例房间默认映射墙体、玻璃、屋顶和楼板；墙体淡绿色、玻璃淡蓝色、门淡褐色、屋顶淡黄色、楼板淡灰色仅用于三维识别，最终物理计算取材料参数而不是界面显示颜色。

单击“选择模型面”后，可在三维场景中选择一个或多个完整共面区域。选择逻辑会把同一建筑面的三角片合并，不需要逐个点击内部三角形。右键选择材料即可一次赋予全部已选模型面。结束选择后，临时高亮会自动清除。

玻璃应位于墙体真实洞口内并与墙面共面，不需要向室内退进。若墙体仍封闭窗洞，即使玻璃存在，室外光也无法正确进入室内。

2.5 工作面与计算网格

默认评价面高度为 0.75 m。用户可使用三种方式建立网格：

- 1 使用模型范围自动生成水平工作面。
- 2 在场景中绘制工作面边界。
- 3 选择楼板、墙面或其他参考面，沿其法向抬升指定高度生成网格。

参考面模式支持非水平面。网格只保留完整位于参考面边界内的单元，避免边缘单元超出墙面或斜面。面向照度按参考面法向计算；水平照度使用 [0, 0, 1] 法向，垂直照度可设置相对真北的方位角。

“显示网格面”仅控制可视化，取消后网格、法向箭头和 Legend 一并隐藏，但已计算数值不会被清空。照度值和网格编号可独立开关。

2.6 三维视图与结果可视化

三维场景支持透视、轴测、着色边线和纯线框模式。透视模式可以调整视场角；轴测模式便于读取尺寸和网格分布；纯线框适合检查遮挡、洞口与模型拓扑。

网格照度结果可直接覆盖在三维工作面上，并显示颜色 Legend。非水平参考面的二维结果图按局部 U-V 坐标投影，保证完整显示评价面，不再按水平面错误截取。

2.7 计算引擎

引擎	用途	要点
Radiance CPU	采光、照明、HDR、眩光与年度分析	默认引擎，安装包自带 Windows 运行时
Mitsuba GPU (实验)	采光、照明、瞬时照度及 HDR	需要兼容 NVIDIA CUDA；独立光传输，不调用 Radiance 校准或自动回退
Windows OpenStudio / EnergyPlus	热舒适、能耗	安装包包含 Windows 版本；运行前检查模型、气象与热工设置

Mitsuba 标准工作面采样为 1024 spp，高精度为 2048 spp。结果记录实际引擎、参数与耗时。引擎不可用时明确报告失败，用户可手动选择其他可用引擎。

2.8 瞬时照度、HDR 与采光系数

瞬时模拟同时输出工作面照度、三维网格分布、HDR、显示图和伪彩图。单击“查看瞬时结果位置”可直接打开 Radiance 实际生成结果所在目录；目录内包含渲染图、HDR、伪彩 PNG、网格照度 PNG、网格 CSV 和网格数据。

标准采光系数采用 CIE 标准阴天天空，并由 Radiance 计算室内与室外水平照度比。方案标准评价默认采用参考面平均采光系数，同时报告最小值、最低点坐标和均匀度。

$$\text{采光系数 DF (\%)} = \text{室内工作面照度} \div \text{室外无遮挡水平照度} \times 100$$

$$\text{均匀度} = \text{工作面最小采光系数} \div \text{工作面平均采光系数}$$

最低点可能位于房间深处或边缘，其数值不等于标准评价采用的参考面平均值。评价时应同时检查平均值、最小值、位置和网格是否覆盖有效使用区域。

2.9 鱼眼 HDR 与眩光评价

眩光分析先在观察点生成 180° 鱼眼 HDR，再调用 evalglare 识别高亮源并计算 DGP、DGI。默认推荐等距全鱼眼 180°；其他投影适合视图比较，但正式 DGP / DGI 应使用完整半球视域。

结果区显示原始鱼眼 HDR、眩光源标记图、伪彩 PNG 和伪彩 HDR。单击“查看眩光结果位置”可直接打开包含上述图像及 DGP、DGI 等指标 CSV 的 Radiance 结果目录。

2.10 年度 DA、sDA、UDI、ASE

年度指标需要先在左侧导入 EPW。运行按钮会读取地点、气象、占用时段、工作面和材质；未导入 EPW 时平台会直接提示，不会开始无气象源的年度计算。

- DA：达到设定照度阈值的占用时间比例。

- sDA：满足 DA 条件的有效工作面面积比例。
- UDI：落在有用照度范围内的占用时间比例。
- ASE：直接日晒照度超过阈值和小时数的面积比例。

结果可在右侧与三维工作面动态显示。单击“查看年度结果位置”可直接打开包含年度网格 CSV 和 DA、sDA、UDI、ASE 四张分布图 PNG 的结果目录。

2.11 方案标准评价

方案标准评价读取当前建筑类型、场所、城市与气候、天空、材质、窗面、工作面、计算结果和实际引擎。智能体先匹配建筑标准检索中的适用条文，再结合科研文献图谱中的研究结论，输出：

- 标准是否适用及条文依据。
- 平均/最小采光系数、最低点和均匀度。
- 照度、眩光和年度指标达标情况。
- 强制性条文核查与不确定项。
- 设计问题、优化方向及复核建议。

评价结果用于辅助设计判断。标准版本、适用范围、特殊建筑条件和强制性结论仍需专业人员复核原文。

2.12 模拟操作智能体

模拟操作智能体既能回答“如何使用”，也能执行平台功能。文字模式只返回文字；语音模式会把用户语音直接转成对话消息，并同步输出文字和语音回答。运行任务时发送按钮切换为“停止”，可随时终止当前回答或任务。

可执行的典型请求包括：载入示例房间、切换天空和引擎、调整日期、设置视图、创建工作面、运行瞬时/年度/眩光分析、保存结果，以及把结果交给方案标准评价智能体分析。

请载入示例房间，选择 CIE 晴天，把日期设为 6 月 21 日 12 时，
使用 GPU 优先运行瞬时照度，并把全部结果保存到我选择的文件夹。

请按 9:00、12:00、15:00 依次计算半球鱼眼 HDR 和网格照度分布图，
完成后调用方案标准评价分析三组结果。

2.13 双知识图谱与知识问答

科研文献图谱与建筑标准检索相互独立：前者保存题名、作者、期刊、年份、摘要、结论等研究证据；后者保存标准名称、条文号、规定内容、适用条件和来源文件。两个知识域共同支持问答和方案评价。

V1.4.6 起，双知识图谱、全文索引和向量索引随主程序以本地嵌入方式运行，无需用户另行安装或启动图数据库服务。该调整不改变图谱节点、关系、标准目录和 GraphRAG 的使用方式；首次启动会把随安装包提供的知识库复制到当前用户数据目录，之后导入的资料只写入用户本地知识库。

单击科研文献节点可查看完整文献信息；单击标准节点只显示条文序号、规定内容和来源文件。知识问答底部引用应尽量完整；缺少 DOI 的文献可以不显示 DOI，但不应省略作者、题名、期刊和年份。

2.14 文献资料导入

“文献资料”模块按两类导入：

- 标准规范：PDF、DOCX、TXT，提取章节、条文、适用条件和定量要求。
- 科研文献：CNKI / WoS 结构化 Excel、CSV，或文献 PDF；提取题名、作者、摘要和结论。

导入后先在预览区人工校核，再写入对应图谱。扫描 PDF 应先完成 OCR；旧 .doc 文件建议转换为 .docx。写入成功后刷新图谱统计，并用题名或条文号抽查。

2.15 知识问答智能体

知识问答可同时检索科研证据与标准条文。高质量问题应包含对象、地点、建筑类型、场所、指标和期望输出。

哈尔滨地区办公建筑的普通办公室，在侧窗采光条件下，
应满足哪些采光系数要求？请列出适用条文、评价指标和来源文件。

本方案平均采光系数为 3.8%，均匀度为 0.42，
请结合建筑标准与近五年采光研究，讨论达标情况和优化建议。

回答末尾引用是复核入口，不应只看回答摘要。单击引用检查原文、条文号、适用条件和文献信息。

2.16 应用策略与 AI 写实表达

应用策略可视化用于在完整窗面上添加遮阳、导光或其他策略构件。选择窗面时应选中完整共面区域，而不是单个三角片。策略加入后重新运行物理模拟，比较改造前后指标。

AI 写实表达读取场景截图和提示词生成沟通图像。模型设置中可配置兼容的图像服务。AI 图像用于方案表达，不替代 HDR、照度或标准评价证据。

2.17 保存、导出与项目参数

所有图片和文件保存按钮都会打开“另存为”或文件夹选择窗口，并记忆上一次位置。建议每个项目使用独立目录：

项目名称/
01_模型与Rhino/
02_气象与天空/
03_瞬时模拟/
04_眩光评价/
05_年度指标/
06_方案评价/
07_报告与汇总/

CSV 会记录模型、气象、日期、时间、材质、工作面和实际引擎等上下文。图片默认保存为 PNG 或 HDR；命令中的 “HDR” 默认指 180° 半球鱼眼 HDR 及其伪彩图。

2.18 三模块共享模型、天气与参数

光环境、热舒适和能耗页面顶部均提供“载入示例房间”“保存项目参数”“导入项目参数”“恢复初始界面”“导入共享模型”。在任一页面操作后，其余页面同步共享状态；项目参数文件保存三模块设置。EPW 在任一模块导入或替换后共享，页面切换不会丢失。

新启动桌面客户端时保持空白场景；用户本次会话中主动载入的模型在切换页面或刷新后保持。三维视图通过“平台联动”选择 Rhino 或 SketchUp，模型和视角同步不会触发计算。

右侧“气象数据分析”显示共享 EPW 的月度气象与太阳辐射组合图、全年逐时平均图和摘要指标。两张图按结果面板宽度各占一行；缩放窗口或拖动结果面板后会自动重排，不需要重新导入 EPW。

2.19 照明与非视觉网格

照明默认关闭。启用照明后手动布设灯具，设置光通量、光源光谱或色温、调光和维护参数，再手动运行。平台不会从导入模型自动预测光源。

结果区提供光视照度、m-EDI、CS 和黑视光视比四项网格入口。切换后同步显示三维颜色、测点值、图例和平面分布图；保存模拟结果包含四张有效网格 PNG，CSV 记录各点指标及独立电气照明照度。

综合光视照度可包含采光；非视觉指标仅统计电气照明。色温生成的光谱为 Planck 近似，多灯具光谱使用全局光通量权重；CS 使用 m-EDI 作为 CLA 代理，未实现完整 LRC/Rea CLA 模型。缺失值显示“—”，关闭照明的计算不会产生非视觉数据。历史测点值完整而派生图片丢失时，可直接恢复图片，无需重新运行。

2.20 热舒适模拟

打开“热舒适模拟”，导入共享建筑模型和 EPW，核对建筑围护结构、分区、材料、人员与运行设置。确认参数后手动运行，查看页面输出的温度与热舒适结果。模型外观与热工模型划分并非等价，应检查空间闭合及参数适用性。

2.21 能耗与碳排模拟

打开“能耗碳排模拟”，检查共享模型、EPW、围护结构、系统、时段和碳排因子，再手动运行 OpenStudio / EnergyPlus。结果取决于输入热工模型、运行条件及碳排因子来源。修改共享模型或气象后，应重新核对相应模块参数再计算。

3 界面说明

3.1 总体布局

光环境模拟工作台由左侧参数区、中央三维场景和右侧结果区组成。左右面板边界可拖动，宽度会被记忆。鼠标悬停在输入框、选项或小图标上可查看说明；运行状态直接显示在按钮文字中，不额外占用面板空间。

3.2 01 场景参数 / SCENE SETTINGS

场景参数位于左侧上部，主要包括：

- 建筑类型与评价场所。
- 天空类型与 EPW 导入。
- 月、日、时滑杆。
- 经纬度与时区。
- Sun Path 显示开关。
- 模型导入、示例房间和 Rhino 同步入口。

建筑类型与场所不仅影响界面记录，也用于方案标准评价匹配条文。使用 Perez 或年度指标时优先导入项目所在地 EPW。

3.3 02 模拟运行 / SIMULATION

模拟运行位于左侧中部，按功能分为：

- **引擎与精度**：运行模拟、引擎参数、恢复预设、输出尺寸。
- **材料与网格**：材料库、完整模型面选择、工作面高度、参考面、网格密度。
- **视图与输出**：伪彩图样式、显示网格面、显示照度值、显示网格编号。

右键“运行模拟”选择 Auto Route、Mitsuba、Accelerad 或 Radiance；选定后，引擎参数只显示当前引擎需要的输入。

3.4 03 模拟操作智能体问答

该面板采用统一对话窗口。底部输入框用于文字提问，麦克风按钮用于直接语音通话，文件夹按钮用于选择结果目录。“解析并执行”开始后按钮切换为“停止”。

用户可以先询问操作方法，再在同一对话中要求执行。若问题只是功能咨询，智能体应正常回答，不应擅自生成模拟任务。

3.5 中央三维场景

中央区域用于模型导航、选面、网格和结果显示。左键旋转、滚轮缩放、按键/鼠标组合平移；进入选面模式后仍可旋转和移动模型。右下角方向标识固定在界面位置，但轴向会随相机视角变化。

场景工具栏包括透视/轴测、视场角、着色/线框、Sun Path、重置视图等。显示网格面关闭时，网格与法向箭头同时隐藏。

3.6 04 模拟结果 / RESULTS

模拟结果位于右侧上部，包含：

- 瞬时模拟指标与实际引擎信息。
- 渲染图、HDR、伪彩图和网格照度图。
- 高级眩光指标及鱼眼结果。
- 年度 DA、sDA、UDI、ASE 参数与结果。
- 保存瞬时、眩光和年度结果的整合按钮。

模拟操作智能体执行批量任务时，结果继续在这些既有标签中动态回显，不会弹出额外批量结果窗口。

3.7 05 方案标准评价 / INTELLIGENT EVALUATION

右侧下部用于智能评价与诊断、策略构件和 AI 写实表达。运行智能评价前，应先完成与评价目标对应的模拟；平台会读取当前参数和结果，而不是要求再次手工输入目标上下限。

3.8 其他功能模块

左侧平台目录还包括科研文献图谱、建筑标准检索、文献资料、知识问答、图谱编辑、模型设置和 API 接口等模块。各模块标题采用统一的英文在前、中文在后的样式。知识页面右上角统一显示文献/标准、实体和关系数量。

4 快速上手

4.1 十分钟完成示例房间瞬时模拟

- 1 启动平台并进入“光环境模拟”。
- 2 单击“载入示例房间”。
- 3 在 01 场景参数选择“办公建筑 → 普通办公室”。
- 4 选择 CIE 晴天，将时间设为 6 月 21 日 12 时。
- 5 检查示例房间的墙体、玻璃、屋顶和楼板材料。
- 6 在 02 模拟运行中设置工作面高度 0.75 m，使用默认网格。
- 7 右键“运行模拟”，选择 GPU 优先；左键开始。
- 8 等待按钮恢复并在 04 模拟结果查看实际引擎、照度、HDR 和网格图。
- 9 检查网格是否位于室内有效区域，玻璃处是否有入射光，结果是否存在异常黑面。
- 10 单击“查看瞬时结果位置”，打开项目结果目录。

4.2 导入 OBJ 项目

- 1 在建模软件中确认单位、法向、窗洞和玻璃面。
- 2 导出 OBJ，尽量保留对象或材质分组。
- 3 在平台导入模型，重置视图并检查方向。
- 4 设置项目真北、地点和天空。
- 5 进入选面模式，批量设置墙、窗、屋顶、楼板材料。
- 6 选择楼板作为参考面，沿法向抬升 0.75 m。
- 7 先用较疏网格检查几何，再用标准精度正式计算。
- 8 保存项目参数，之后再次导入同一模型时读取。

4.3 使用 Rhino 联动

- 1 保存 Rhino 文件后再启动 CDD 面板。
- 2 只同步需要参与模拟的封闭建筑几何和独立玻璃面。
- 3 在平台检查模型朝向、材料和工作面。

- 4 运行一次快速模拟，确认窗洞和法向正确。
- 5 修改 Rhino 几何后重新同步；不要同时在两端修改同一几何状态。
- 6 关闭 Rhino 时保留同目录参数文件，下次连接自动恢复。

4.4 使用参考面生成任意朝向网格

- 1 单击“选择参考面”，在三维场景中点击墙面、斜面或楼板面。
- 2 右键点击参考面或生成的网格，打开“参考面与照度测量方向”。
- 3 切换正向/反向，用滑杆或数值输入设置距参考面的距离（0–100 m，精度 0.01 m）。
- 4 选择垂直网格面的测量方向，或沿网格面的面内方向；方位滑杆和输入支持 0–360°。
- 5 调整时实时查看实际网格位置、箭头、世界 XYZ 向量、方位角和仰角。面内方向在坡面上也沿坡面，不等同于世界水平面。
- 6 点击确定保存；取消或 Esc 恢复。无改动确认保留结果，改变测点或方向后需手动运行新计算。
- 7 计算后查看三维分布和局部 U-V 投影图；在右侧切换光视照度、m-EDI、CS 或黑视光视比。

4.5 完成眩光评价

- 1 将相机移动到实际观察点和视线方向。
- 2 选择等距全鱼眼 180°。
- 3 选择 Radiance 或已通过校准的 Mitsuba HDR 路径。
- 4 运行 DGP / DGI 分析。
- 5 检查原始鱼眼、眩光源标记和伪彩图是否对应同一视角。
- 6 单击“查看眩光结果位置”，打开眩光结果目录。

4.6 完成年度指标计算

- 1 在 01 场景参数导入 EPW。
- 2 核对地点、时区和建筑类型。
- 3 确认工作面、网格与材料。
- 4 在年度指标参数中设置占用时段和阈值。
- 5 运行 DA、sDA、UDI、ASE。
- 6 切换四类分布图，并在三维场景检查空间位置。

- 7 单击“查看年度结果位置”，打开年度指标结果目录。

4.7 运行方案标准评价

- 1 先完成所需的瞬时、采光系数、眩光或年度计算。
- 2 核对建筑类型、场所和城市信息。
- 3 在 05 方案标准评价单击“运行智能评价”。
- 4 检查报告中的适用标准、条文号、平均值、最小值、最低点和均匀度。
- 5 单击标准或文献引用复核原文。
- 6 根据建议添加策略构件，重新模拟并对比。

4.8 用智能体批量计算全天结果

- 1 在 03 面板选择结果文件夹。
- 2 用文字或语音说明日期、开始时间、结束时间、间隔、天空、引擎和输出类型。
- 3 检查智能体复述的任务范围。
- 4 开始执行；需要终止时单击“停止”。
- 5 每个时刻的结果在右侧既有标签中更新，并保存到所选目录。

请在 6 月 21 日从 8:00 到 18:00 每隔 1 小时计算一次，
输出网格照度 CSV、带 Legend 的网格面水平投影照度图、
180° 半球鱼眼 HDR 和伪彩图，最后汇总峰值时刻。

4.9 导入标准并验证图谱

- 1 在“文献资料”选择“标准规范”。
- 2 导入 PDF 或 DOCX，等待条文预览。
- 3 核对标准名、条文号、正文、适用条件和来源文件。
- 4 写入建筑标准检索库。
- 5 打开建筑标准检索，检查统计数量是否增加。
- 6 搜索一个条文号并单击节点，确认正文和来源可见。
- 7 在知识问答中提出带建筑类型和场所的问题，检查引用。

4.10 导入标定实测天空 HDR

- 1 准备天顶向上的半球鱼眼 HDR 和现场标定资料。
- 2 在天空类型选择 “标定实测天空 HDR” 。
- 3 导入 HDR，设置图像上方的实际方位角。
- 4 开启边缘智能裁剪，检查是否只处理无辐亮度的异常边缘。
- 5 在三维场景检查天际线、地平面和地下区域遮挡。
- 6 先运行低分辨率预览，确认朝向后再正式计算。

5 常见问题

5.1 安装后页面显示 Failed to fetch

先完全退出平台，再重新启动一次。不要同时打开多个平台实例。若仍失败：

- 1 在任务管理器结束残留的 CDDsystemServer 进程。
- 2 检查安全软件是否隔离了安装目录中的后端程序。
- 3 确认本机端口 8000 没有被其他开发服务器占用。
- 4 使用安装程序执行覆盖安装，不要手工复制缺失文件。
- 5 查看用户数据目录中的最新启动日志，将明确错误提供给维护人员。

5.2 Radiance 显示不可用

确认安装目录中存在 **radiance/bin**，并检查安全软件隔离记录。不要单独下载来源不明的 Radiance DLL 覆盖平台文件。覆盖安装后重新启动，状态页应列出 gensky、oconv、rpict、rtrace 等命令。

5.3 Mitsuba CUDA 不可用

确认使用 NVIDIA 显卡并安装稳定驱动。关闭占用大量显存的渲染程序后重试。平台状态应显示 **cuda_ad_rgb**。若 GPU 不满足条件，使用 Auto Route 或 Radiance，不要强制把失败任务标记为 Mitsuba 成功。

5.4 Mitsuba 室内渲染全黑

重点检查窗洞：玻璃必须是洞口内的独立完整面，墙体不能同时封闭该区域；玻璃透射率不能为 0；面法向和模型尺度应正确。用纯线框检查重叠面，再用 Radiance 对照一次。

5.5 旧项目提示校准误差

本版本采用独立 Mitsuba CUDA 路径，不再使用旧的 Auto Route、校准档案或 Accelerad。旧项目结果仍保留原始引擎记录；重新运行前显式选择当前引擎。

5.6 两引擎照度差异较大

确认天空、时间、几何、玻璃、材质、反弹深度及测量向量一致。增加采样，比较同一测点并检查遮挡、法向和直射太阳条件。低采样功能测试不代表已完成物理精度标定。

5.7 非视觉网格显示 “—”

先检查本次计算是否启用电气照明并手动布设灯具，再检查有效光谱。照明关闭的既有计算没有非视觉数据，需要用户设置后重新运行；缺失图片但保存了完整测点数据的项目可恢复图片。

5.8 选择的是三角形而不是完整模型面

确认已进入“选择模型面”或“选择应用窗面”，而不是网格单元选择模式。单击共面区域后平台应扩展到同一建筑面；若无法合并，通常是三角片不共面、法向相反、存在缝隙或导出时被拆成多个对象。

5.9 非水平网格超出参考面

重新选择完整参考面并生成网格。检查参考面边界是否闭合、是否包含孔洞，以及网格尺寸是否大于窄边区域。平台只保留完整落在边界内的单元，因此网格变少是正常现象。

5.10 隐藏网格后结果消失了吗

没有。“显示网格面”只控制三维显示。重新勾选后原有网格、法向和 Legend 会恢复；只有重新生成网格或载入新项目才会改变计算对象。

5.11 鱼眼 HDR、标记图或伪彩图不显示

检查眩光任务是否完成、观察点是否位于模型内部、镜头投影是否为支持的鱼眼类型。刷新结果标签，不要重复弹出新窗口。若 HDR 已生成但 evalglare 失败，可先保存 HDR 并用 Radiance 路径重新分析。

5.12 标定实测天空与地面之间出现暗带

先区分真实天际线与无辐亮度异常边缘。真实建筑、树木和地物应保留；仅对圆周外或标定异常的零辐亮度区域使用智能裁剪。不要通过整体下移天空穹顶掩盖方位或投影错误。

5.13 年度指标按钮提示未导入 EPW

年度计算必须有全年气象。回到 01 场景参数导入 EPW，核对站点和时区，再重新运行。手工输入单日 DNI / DHI 不能替代全年 EPW。

5.14 方案评价一直显示不合规

检查建筑类型、场所、参考面和采光系数依据。平台默认用平均采光系数评价，同时显示最小值；不要把深处最低点 0.3% 直接当作平均值。单击引用确认标准要求是否适用于当前建筑和场所。

5.15 模拟操作智能体把咨询误判为任务

在问题中明确使用“请解释”“如何使用”“是什么意思”等表达。模型设置中为模拟操作智能体配置可用的大语言模型。若它仍开始执行，立即单击“停止”，然后重新提问并注明“只回答，不执行操作”。

5.16 语音五秒后自动停止

这是无声音检测机制。靠近麦克风、允许系统麦克风权限，并确认输入设备音量。语音模式下声音波形会闪动；连续无声音约五秒后自动结束本轮录音。

5.17 结果文件夹按钮没有反应

再次单击“选择文件夹”，在系统窗口中确认目录。选择成功后按钮自身会显示存放位置，不再使用单独目录框。避免选择只读目录或需要管理员权限的位置。

5.18 图谱写入成功但节点数量没有变化

确认资料写入的是正确图谱类型；刷新图谱页面并用题名、标准号或条文号搜索。若仍查不到，检查导入预览是否通过人工校核、图谱数据库是否正常启动，以及文件是否为可提取文本而非未 OCR 的扫描图。

5.19 知识问答引用不完整

先单击引用节点查看原始信息。科研文献应至少有作者、题名、期刊和年份；标准应有条文号、规定内容和来源文件。严重残缺或题名明显异常的文献应在图谱编辑中删除或补全后重新提问。

5.20 AI 写实表达调用失败

在模型设置中检查服务地址、模型名称、密钥和服务配额。火山方舟等兼容接口应填写有效基础地址和已开通的图像模型。不要把密钥写进项目导出文件或截图。模型服务恢复后重试，不影响已完成的物理模拟结果。

5.21 页面偶发空白或操作卡顿

关闭重复平台窗口，更新显卡驱动，并降低浏览器或其他渲染程序的显存占用。若只在特定按钮后空白，记录按钮、操作顺序和日志。平台页面不应通过向下滚动进入空白区域；可先返回主页再重新进入模块。

附录 A 术语

术语	含义
CDD	COMPUTATION DIRECTION DASHBOARD 简称；建筑计算性设计平台为类别描述
CIE 天空	国际照明委员会定义的标准天空模型
Perez 天空	使用直射与散射气象量描述天空亮度分布的模型
EPW	EnergyPlus Weather 气象文件，包含全年逐时数据
HDR	高动态范围图像；在本平台眩光命令中默认指 180° 半球鱼眼 HDR
工作面	放置照度传感器网格的评价面
法向	决定传感器接收方向的单位向量
DF	采光系数，室内照度与室外无遮挡水平照度的百分比
DA	日光自主率
sDA	空间日光自主率
UDI	有用日光照度比例
ASE	年日照暴露
DGP	日光眩光概率
DGI	日光眩光指数
evalglare	基于鱼眼 HDR 识别眩光源和计算指标的工具
Radiance	平台物理基准与年度/眩光计算引擎
Mitsuba CUDA	平台研发集成的 GPU 瞬时照度与 HDR 路径
Accelerad	基于 Radiance 的旧版 GPU 加速路径
Auto Route	根据可用性和校准结果自动选择计算引擎
GraphRAG	结合图谱检索与大语言模型生成回答的方法

附录 B 常用操作速查

目标	操作
载入示例	01 场景参数 → 载入示例房间
导入模型	01 场景参数 → 导入 OBJ / RAD
显示太阳轨迹	01 场景参数 → 勾选 Sun Path
选择引擎	右键 “运行模拟” → 选择引擎
开始计算	左键 “运行模拟”
恢复参数	当前引擎参数标题右侧 → 恢复预设
批量赋材	选择模型面 → 多选完整面 → 右键材料
参考面网格	选择参考面 → 设置工作面高度 → 生成网格
隐藏网格	取消 “显示网格面”
查看瞬时结果目录	04 模拟结果 → 查看瞬时结果位置
查看眩光结果目录	高级光环境指标 → 查看眩光结果位置
查看年度结果目录	年度指标 → 查看年度结果位置
停止智能体	对话运行时单击 “停止”
检查实际引擎	04 模拟结果 → 引擎与校准信息
查看标准原文	单击评价报告或问答底部的标准引用

附录 C 推荐操作顺序

- 1 检查模型单位、窗洞、玻璃与法向。
- 2 设置地点、真北、天空和 EPW。
- 3 批量完成材料赋予。
- 4 生成并检查工作面网格。
- 5 用标准精度完成一次瞬时模拟。
- 6 核对实际引擎、照度范围、HDR 和网格位置。
- 7 按任务继续眩光或年度计算。
- 8 运行方案标准评价并复核引用。
- 9 保存结果和项目参数。
- 10 修改方案后保持同一输入条件重新计算对比。

物理结果首先取决于几何、天空、材料、工作面和气象输入。任何智能分析和图像表达都不能替代对这些基础条件的检查。

附录 D 风环境模拟 (OpenFOAM v2206)

Windows V1.4.3 新增风环境工作台，使用本机已安装的 OpenFOAM v2206 与 MS-MPI。默认发现 E:/CDDsystem/dependencies/v2206 和 E:/CDDsystem/dependencies/Bin/mpiexec.exe。其他电脑需要先安装 Windows 运行库；也可通过 CDDSYSTEM_OPENFOAM_HOME 和 CDDSYSTEM_MPIEXEC 指定位置。本安装包不包含 OpenFOAM 运行库。

建筑外流

- 1 在左侧目录打开“风环境模拟”。导入 OBJ、RAD、STL、3DM 或 SKP 共享模型，也可使用 Rhino、SketchUp 平台联动。模型以米为单位，Z 轴朝上，最低点作为地面。建议导入封闭建筑实体；载入示例房间仅用于共用模型流程，不是经验证的建筑外流基准。
- 2 光、热、能源、风四个面板共享模型与 EPW，保存/导入项目参数和恢复初始界面会联动。切换面板保留计算状态，重启恢复空白。
- 3 设置参考风速、气象风向、参考高度和地表粗糙度。0° 是北风，90° 是东风，角度表示风从何处吹来。可导入共享 EPW，手动读取某月日与小时的风速和风向。EPW 小时为 1-24 的时段结束时刻；应核实测站参考高度和场地粗糙度。静风与缺测值不能直接作为此模板的入口工况。
- 4 设置网格精度、最大迭代数、采样高度、采样点数和 MS-MPI 进程数，点击“运行 OpenFOAM”。模型/视角变化、面板切换和 EPW 导入都不会自动模拟。
- 5 自动流程是 blockMesh、snappyHexMesh、checkMesh、simpleFoam 和实际场采样。网格检查不通过即停止。采用稳态 RANS k- ϵ 和壁面函数；自动模板不生成棱柱边界层。
- 6 完成后可查看三维采样矢量、风速、相对静压、湍动能、耗散率及残差。静压由运动压乘空气密度换算，以出口为参考；采样高度低于参考风速高度时，对数剖面的局部风速低于参考风速是正常现象。
- 7 保存 PNG、采样 CSV，或导出完整算例 ZIP。ZIP 内 cdd.foam 可用另行安装的 ParaView 打开。运行中可以停止；关闭后端不会留下所属求解器进程。

完整算例与其他物理模型

目录枚举当前安装的全部 311 个程序、123 个求解器和 334 个教程，覆盖不可压缩/可压缩流、传热与浮力、多相、燃烧、颗粒、固体应力等分类。完整程序列表提供安装版本的原始帮助。

选择“官方教程算例”或“导入完整 OpenFOAM 算例”运行相应物理模型。ZIP 包含唯一的 system/controlDict、constant 和初始场；application 必须匹配已安装求解器。边界、物性、湍流模型和求解时间等沿用算例字典。可以指定平台列出的前处理工具顺序。复杂多区域、特定网格转换、动态网格或外部耦合流程仍需要准备相应算例，不能用建筑外流表单自动替代。

ZIP 上限 200 MB，解压上限 512 MB；禁止路径越界、脚本、外部动态库、动态代码和外部文件引用。官方教程有些文件名被 Windows 安装包截断，平台仅在工作副本中按 FoamFile.object 恢复标准 Properties 字典，不修改运行库原件。平台不会执行 Allrun。Windows 原生包不支持动态编译。

当前 denseAGFoam、polydisperseBubbleFoam 缺少 libpdPhaseSystem.dll; diluteVdfTransportFoam、oneWayCoupledVdfTransportFoam 缺少 libpbePhaseModels.dll。这四个求解器明确标为不可用，补全与本发行版兼容的依赖后需重启并重新验证。

验证范围和结果解释

已实际验证封闭建筑绕流、官方 cavity 串行/两核 MS-MPI、官方 hotRoom 浮力传热和自定义导热算例 ZIP。cavity 串并行速度最大差约 1×10^{-4} m/s; 压力对齐参考零点后最大差约 8.83×10^{-4} m²/s²。40 单元一维导热的线性温度场与解析解在输出精度内一致。311 个帮助入口中 307 个正常启动，帮助检查不等于全部求解器已完成物理验证。

运行结束不等于工程精度证明；应检查收敛、质量守恒、边界条件和网格独立性。单风向工况不等于全年行人风舒适达标评价。传热、湿度输运和辐射需要各自相应方程与边界条件；附录 E 说明独立室外 UTCI comfort map；不能将风速或室内 PMV 直接作为 UTCI。

附录 E 独立室外热舒适模拟

室外热舒适是独立的 UTCI comfort map 工作台。导入建筑及遮阳几何、绑定 EPW 后直接运行，无需先运行风环境、室内热舒适或能耗碳排模拟。各工作台共享几何和气象输入，各自拥有求解任务及结果目录。

操作

- 1 在“室外热舒适模拟”导入共享模型和 EPW。设置全年、单日、单小时或指定日期范围；EPW 使用当地标准时间，不随浏览器时区变化。
- 2 设置矩形采样面的边长、每边单元数量、行人高度、方位、倾角及位置。三维场景预览采样面，拖动方向控制可改变方位和倾角。建筑内部、跨越建筑边界以及低于地面的单元不参与计算。
- 3 选择地面构造及热模型深度。默认混凝土铺装；支持沥青、草坪、干砂、湿土和岩石。地面构造同时影响蓄热、表面温度和太阳反射。
- 4 选择 EPW 10 m 气象风速，或明确输入恒定 10 m 气象风速。树冠和遮阳几何可逐面赋予太阳反射率及透射率；漫透射与玻璃分别采用对应的光学材料。
- 5 按需设置人体姿态、太阳夹角、短波吸收率、长波发射率、舒适区和 Radiance 精度。默认站立、SHARP 135°、吸收率 0.7、发射率 0.95、舒适区 9–26°C；Radiance 默认反射次数 2、采样数 5000、射线权重 0.00002。
- 6 点击“运行室外 UTCI 模拟”。进度分别显示地表热求解、球面视因子、天空及反射辐射、真实太阳、SolarCal 和 UTCI。导入、切页、改视角或查看结果不会自行启动求解。
- 7 在 04 结果中选择 UTCI、MRT、舒适 TCP、热 HSP 或冷 CSP。温度图可显示指定小时或分析时段平均；TCP/HSP/CSP 是整个所选分析时段内各网格的有效小时占比。三维与二维显示相同的逐单元数据，支持隐藏、放大、保存 PNG 和导出 CSV。

每个矩形单元在中心计算一个传感点；色块展示该点的真实结果，不以重复索引或人为插值制造渐变。小时标签表示时段结束，例如 08:00 表示 07:00–08:00，太阳位置取该时段中点。

计算链

计算逻辑以用户提供的 `outdoor_comfort_under_a_tree.gh` 中室外舒适网格及地面热模型为依据：

- EnergyPlus：创建独立地下地面热模型，顶面为室外受光面，其余边界为 Ground；没有室内人员负荷及 HVAC。逐面计算含遮阳和蓄热的地表温度。
- Radiance：以每点六方向半球积分计算球面视因子，表面贡献除以 π ；检查视因子闭合。背景建筑、树冠及天空参与遮挡。
- 长波 MRT：按参考流程对地面表面温度、背景遮阳物气温和 EPW 天空温度进行球面视因子加权。
- 短波：增强两阶段法分离天空漫射、天空 patch 直射和逐小时真实太阳直射，另计算向下地面反射辐射；太阳源按 EPW 年分钟序号对应分析小时。
- SolarCal：将人体姿态、朝向、吸收率及发射率与短波辐射共同转换为 MRT 增量。

- UTCI: 使用空气温度、相对湿度、MRT 和 10 m 等效风速, 逐网格逐小时计算 UTCI、热应激及舒适时段占比。

结果和中间物理量写入各任务的 **media/utci/<任务编号>/**: **model.hbjson**、地表热求解结果、Radiance 场景、引擎日志、**matrices.npz** 和结果元数据。矩阵保留温湿度、风速、直射/间接/反射辐射、视因子、表面温度、长波 MRT、UTCI 和有效性, 便于溯源。

适用范围

背景建筑与树冠按参考示例作为遮阳上下文, 长波表面温度采用 EPW 气温; 地面独立求热。树冠透射率是几何遮阳的有效太阳透射参数, 不包含蒸腾及局部湿度求解。默认使用气象站风速, 不会自动读取任何 CFD 任务。

UTCI 多项式适用范围为气温 $-50\sim 50^{\circ}\text{C}$ 、MRT 与气温差 $-30\sim 70^{\circ}\text{C}$ 、10 m 风速不高于 17 m/s、水汽压不高于 5 kPa。小于 0.5 m/s 的风速按公式下限计算; 超出范围的测点小时留空, 不裁剪成有效值。舒适时段比例按有效小时计算。所选期间所有小时视为占用小时。

自检与证据

- **tools/validate_outdoor_comfort.py**: 真实 EPW 全年或指定时段的独立双引擎运行。
- **tools/validate_outdoor_physics.py**: 视因子、地表温差、长波、SolarCal、独立 UTCI 多项式和树冠透射率对照。
- **tools/validate_outdoor_engine_regression.py**: 室内 PMV/PPD、年度能耗及标准碳因子、OpenFOAM 风场原有独立链路。
- **tools/browser-check/outdoor-comfort-independent.js**: 实际按钮求解、网格、小时/指标切换、PNG/CSV 下载、窄窗口和其他页面回归。

本轮验证使用北京真实 EPW, 全年 58 个有效采样单元、8760 小时, 共 508080 个有效点时。实测地表温差约 9.9°C ; 树冠透射率从 0 改为 0.35 后, 树下平均 UTCI 增加约 1.72°C ; 全点时独立多项式对照最大差约 $3.8\times 10^{-13}^{\circ}\text{C}$ 。详细报告和截图位于 **E:\CDDsystem\outputs\outdoor-comfort-validation**。这些结果验证当前实现和算例, 不代表任意模型的工程精度保证。

第三方引擎组件的精确版本、许可证、未修改源码及 SHA-256 清单位于 **packaging/third-party/utci**。本轮修改开发源码, 未重新制作或替换已安装的桌面安装包。

风环境 1.4.6 增强说明

操作顺序

- 1 导入共享三维模型，单位为米、Z 向上。选择“共享模型 · 室外风洞 / 通风箱”。
- 2 设置来风方向和参考风速，或导入共享 EPW 查看风玫瑰图。北为 0°，顺时针，为风的来向。
- 3 设置计算域：按建筑高度 H 的上游、下游、左右和顶部净距，或直接输入局部 X/Y/Z 最小最大坐标。局部 X 沿风下游、Y 横风、Z 向上；原点是模型世界包围盒平面中心和最低点。调整参数实时预览，点击“查看完整场域”适配视角。
- 4 设置入口、出口所在边界面，选择整面或矩形风口。矩形口可调整中心 U/V、宽度和高度。U/V 对应当前边界面的另两个坐标轴；面旁说明会同步改变。蓝色为入口，红色为出口。
- 5 根据需要设置基础单元尺寸、三个方向扩展比、表面加密级、局部加密盒。橙色线框为加密范围。
- 6 设置 XY 水平、XZ 沿风竖直、YZ 横风竖直采样面，可取模型周围、整个域或自定义范围。绿色面为采样位置。
- 7 手动点击运行。程序依次执行 blockMesh、snappyHexMesh、风口几何约束、checkMesh、simpleFoam 和实际场插值采样。调整参数、视角、气象统计、插件联动或切页均不会启动 CFD。
- 8 查看三维网格面、速度向量和色标，或二维剖面图。可调向量密度、箭长、透明度及网格边线。箭长按本结果最大风速线性缩放，色标注明单位、范围及箭长比例；不把每个速度箭头归一化成相同长度。
- 9 保存风玫瑰 PNG/CSV、三维网格与图例 PNG、剖面 PNG、残差 PNG、采样 CSV，或导出完整 OpenFOAM 算例。项目参数包保存域、风口、网格、采样面、风玫瑰筛选和显示设置。

风玫瑰图

以共享 EPW 的有效小时为分母，包含静风，缺测另列。支持 8/16/36 个方位、月份及结束小时筛选，支持跨年和跨夜；EPW 使用当地标准时间和 1-24 结束小时。风速按六档累计。静风不分配风向。“采用主导风向与均速”使用出现次数最多方位的中心角和该方位非静风均速，只更新输入，不运行模拟。风玫瑰是气象统计，并不代表已完成全部风向的 CFD 或全年达标评价。

物理与显示约定

- 室外风洞使用侧面/顶部滑移对称边界。封闭通风箱的非风口边界为无滑移壁面。入口速度沿所选边界面的内法向，出口固定参考压力，允许回流处理。
- 矩形风口所在面的剩余部分是不透风壁面；风口边缘参与分块，贴合后约束回指定位置，再通过 checkMesh。入口、出口不可重叠或越界。
- 大气对数剖面限室外整面 X- 入口。局部风口、其他入口面和封闭通风箱使用均匀风速。
- 导入模型为计算域内部的固体障碍。通风箱的空气空间就是计算域；不自动把导入的封闭房间外壳转换为内部空气。复杂房间、多个任意形状风口或自定义边界使用“导入完整 OpenFOAM 算例”。

- 显示的网格面是实际求解场插值得到的采样面，并非三维 CFD 体网格。实体内缺测点、缺失角点及跨实体表面的网格单元留空。三维箭头使用世界坐标真实三分量速度，二维图显示其剖面投影。
- 旧风场无网格拓扑时使用独立采样小片，避免跨空洞连面。新风场重新运行即可获得完整采样拓扑。
- 自动模板为稳态 RANS k-ε、墙函数，不生成贴壁棱柱层。基础网格上限 35 万单元，snappy 细化预算 70 万；剖面最多 70×70 点。须结合残差、守恒和网格/域独立性判断工程精度。
- 室外 UTCI 只联用室外整面上游入口和水平采样风场。局部风口、通风箱和竖向剖面会明确拒绝，避免将室内通风场误用为室外 UTCI。原 PMV/PPD 保留。

Butterfly 参考对应范围

参考：<https://github.com/ladybug-tools/butterfly/wiki/2.1.-Getting-started-with-butterfly-in-grasshopper>

Butterfly workflow概念	本版对应功能
建筑/风洞及边界	共享模型、可编辑计算域、室外/通风箱边界
入口/出口条件	边界面、矩形尺寸和位置、均匀/对数入口、湍流强度与长度
blockMesh、grading	基础尺寸、三个方向扩展比、风口边缘分块
snappy、局部 refinement	模型表面加密、局部加密盒、checkMesh
运行和查看残差	手动后台求解、取消、残差；原始日志包含在完整算例导出中
结果展示	采样网格面、真实速度向量、指标色标、PNG/CSV/原生算例

本版独立实现上述工作流程；不是 Butterfly 的完整复刻。任意几何边界分组、多区域耦合、自定义湍流模型与高级求解字典仍通过完整算例导入。风玫瑰为本平台的 EPW 统计功能。

本机验证

真实 Windows OpenFOAM v2206 已求解室外加密风场、矩形进出风口通风箱，以及移动/加宽入口的通风箱。1.2×1.2 m 入口、2 m/s 对应 2.88 m³/s；宽度改为 1.8 m 后为 4.32 m³/s，流量比为 1.5。两个通风箱进出流量不平衡均小于 0.001%。另核验 8760 小时 EPW 风玫瑰、静风/缺测统计、输入边界、实体空洞和 UTCI 兼容性。详细报告位于 [release/validation/wind-controls](#)。

20 动态风场显示 (Windows 1.4.6)

手动运行建筑风场后，三维场景上方可选择“网格与向量”“流线与粒子”或“网格叠加流线”。初始暂停，点击“播放”开始运动；“回到起点”重置粒子时间，“适应结果”将当前数据放入视野。

“当前剖面投影”使用已求解的 XY、XZ 或 YZ 网格速度投影，缺测或穿过实体的网格留空，不包含出平面运动。
“三维体流线”使用 OpenFOAM 完整体场后处理，沿入口面分布 72 个种子，跟踪实际三维速度；旧结果没有体流线时会明确提示重新手动运行。

播放倍率只影响显示时间，不改变风速值、色标或求解参数。三维粒子的旅行时间按分段长度与相邻平均风速估算；这是稳态场演示，不是真实瞬态湍流。尾迹以秒表示，粒子密度只影响画面。有限入口种子不覆盖全部回流区。

颜色对应右侧选择的风速、相对静压、湍动能或耗散率。网格叠加流线时共用当前三维视图的数据范围与色标；右侧二维图按自身剖面范围显示。保存三维视图 PNG 会保留当前帧、指标图例、流线类型与倍率说明。

页面切换时保留计算和展示状态，隐藏页面暂停动画；返回后不会累计隐藏期间的播放时间。切换视角、指标、动画参数和 Rhino/SketchUp 联动均不触发求解。恢复初始界面或新的桌面会话仍为空白状态。

21 风环境三维窗口宽度调整 (Windows 1.4.7)

三维窗口左、右边缘的竖向分隔条均可拖动。向中央拖动可扩大相应侧面板，向外拖动可扩大三维窗口。按住鼠标左键拖动时，三维画布、投影比例和结果图表实时更新。

双击分隔条恢复该侧默认宽度；分隔条获得键盘焦点后，可用左右方向键每次微调 12 像素。宽度偏好自动保存。窗口较窄时，结果面板移至三维视图下方；重新放大窗口可恢复三列布局。

拖动、切换页面或改变窗口尺寸均不会启动仿真，也不会清空已有结果、重建风场粒子轨迹或替换正在显示的 UTCI 图层。动画播放和手动运行模拟相互独立。

22 城市示例、风玫瑰与时段分析 (Windows 1.4.8)

22.1 示例模型与场域移动

光环境、热舒适、能耗及风环境页面的“载入示例房间”现提供“单体建筑”和“城市模型”两个选择。城市示例直接使用提供的 from_building_solids1.3dm，未以包围盒替换几何。其包含 214 个 Rhino 对象，解析得到 6863 个三角面；原文件含 721 条开放边界边及 4 条非流形边。它可用于查看和模型流程验证，不能视为已经验证的封闭 CFD 基准。工程计算前应检查实体、水密性、地面高程、采样高度和网格质量。

计算域中心显示红、绿、蓝三轴箭头，分别沿局部 X、Y、Z 拖动。按住时暂停相机旋转，域与数值即时变化；松开后重新校核基础网格，Esc 撤销。域必须继续包围模型和采样面。按高度净距模式下横向移动保留净距模式；竖向平移改为坐标范围模式。移动不会启动模拟。

22.2 先导入 EPW 的气象统计

“01 场景与计算”开头可直接导入 EPW，即使尚未导入模型也会自动生成风玫瑰。随后载入模型时绑定同一 EPW。风玫瑰可投影到模型最低点高程的世界 XY 平面，北为 +Y，东为 +X；复选框可隐藏投影。选择月份、小时、方位分组或静风阈值后更新统计，无需运行 CFD。

22.3 全年与指定时段风场

- 1 导入模型和 EPW，在分析方式中选择“全年 / 指定时段 · 多风向稳态组合”。
- 2 选择全年全部小时，或采用风玫瑰的起止月份及每日小时范围。支持跨年和跨夜；日期采用 EPW 当地标准时间、1-24 时段结束小时。
- 3 方位数和静风阈值沿用风玫瑰设置，可选 8、16、36 方位。仅对存在有效非静风时次的来向逐个求解，方位数越多计算越久。
- 4 使用室外风洞、按高度设置净距、整面上游入口及下游出口、10 m 参考高度、模型附近 XY 采样面；关闭局部加密盒。各来向在同一世界 XY 网格比较，采样范围为模型世界包围盒外扩一个模型高度 H。不能使用随风旋转的自定义切片替代该网格。
- 5 设置超阈值风速并手动点击“运行 OpenFOAM”。进度显示当前来向；停止按钮取消整个组合。模型或 EPW 在计算期间变动会拒绝混合汇总。
- 6 结果包含时段平均风速、最大小时风速及超阈值频率的二维和三维网格，带色标。全年统计为标量，没有唯一速度方向，因此不绘制合成向量或粒子轨迹。
- 7 逐时曲线显示面积平均风速、最大采样风速及超阈值面积百分比。可缩放、保存 PNG 和逐时 CSV。采样 CSV 保存空间统计；完整 ZIP 含逐时 CSV、各来向算例、原始场及日志。

22.4 方法与适用条件

每个来向以 3 m/s 参考速度求解稳态 RANS k- ϵ ，再按 EPW 逐时风速线性缩放对应来向的速度模量。只保留所有来向共同有效且不跨实体的采样网格，不填充缺测或实体内空洞。静风小时按零风统计，缺测不进入分母；全部静风时提示查看气象统计。

时序面积统计按网格顶点平均风速与真实单元面积加权计算；空间超阈值频率按各采样点分别统计。最大小时风速不是阵风峰值，结果也不是 8760 次独立瞬态 CFD。方法限固定几何、中性大气和风场随来流速度近似相似的条件，不含热浮力、阵风或逐时湍流变化，不自动判断规范达标。UTCI 继续使用具体来向的单一 CFD 结果，不能将全年速度平均值直接当成某小时的风场。

22.5 本次验证范围

16 项回归检查通过，包括世界坐标旋转、静风和缺测计数、面积权重及无模型 EPW 预览。两个真实 OpenFOAM 来向均收敛，8760 小时受控气象组合生成 336 个共用有效网格面，并验证逐时 CSV 与各来向算例导出。浏览器检查覆盖城市导入、实际鼠标拖动、四页面示例选择、结果保持、PNG 保存及 390-1760 像素布局。测试过程中的导入与拖动没有自动发起模拟。

上述验证证明功能与数据链路通过指定测试，不替代城市项目的几何、边界、守恒、网格及计算域独立性验证。

23 UTCI 空间分布与 Grasshopper 参数化联算 (Windows 1.5.6)

23.1 水平网格 UTCI

风环境和热舒适页面默认选择空间网格与 OpenFOAM 风场。先运行同一模型的室外水平风场，再手动计算 UTCI。每个有效测点使用该点的局部风速计算一个 UTCI 值；顶部显示有效测点算术平均值。平均值不代表整个场地处处相同，也不是面积加权平均。

气温、湿度来自同一时刻的 EPW 或手动输入，默认在场地内共用。采用 Radiance 遮阳时逐点判断太阳遮挡，平均辐射温度可以随位置变化；只有均匀气象和均匀辐射输入时，UTCI 的空间变化主要由局部风速造成。本功能是 CFD、辐射与人体热舒适模型的后处理联合，不是同时求解温湿场的完整耦合 CFD。

二维色块采用网格顶点测点 UTCI 的平均值，三维显示采用顶点着色。实体内部、缺失或无效风速的点保留空白，不用零值替代。选择单点或 24 小时模式时，标题和统计单位随模式调整，不将单点结果标注为空间网格。

UTCI 采用 10 m 等效风速及其适用范围；Fiala 换算适用于 1.1-2 m 行人高度。超出模型适用范围会明确提示。全年多风向统计平均风场不能代替某时刻、某来向的风场输入。

23.2 安装 Grasshopper 套装

关闭 Rhino，运行 CDDsystem-Grasshopper-Setup-1.4.0-x64.exe。重新打开 Rhino 和 Grasshopper，在 CDD 分类中放置连接、模型、参数、光环境、热舒适、能耗碳排、风环境、指标与数据组件。四类模拟电池采用与平台目录对应的线型图标。

通过连接组件启动桌面平台并连接本机服务；给模型组件输入网格和材料分组。热舒适与能耗需要 EPW；碳排需要明确的电力因子范围、燃料边界及面积。参数可由滑块或参数组件输入。示例定义默认不运行，首次打开需手动将 Run 从 False 切换为 True。

23.3 同步目标值和优化器

每次输入变化生成新的输入指纹。模拟电池同步等待本轮完成后输出数值，可连接 Galapagos、Wallacei 和 Octopus 的目标值输入。失败、取消或缺失指标不输出旧轮次值，也不会补零；优化前应先手动确认单次模拟成功、目标单位和最小化/最大化方向正确。

平台联动和视角变化不自动启动模拟。大规模优化的总耗时由模型、网格和每轮真实求解时间决定。当前验证包含真实引擎联算、组件加载及同步结果契约，不代表所有优化器和所有 Rhino 版本的全部优化流程均已实测。

23.4 标准库升级

本版修正标准投影中公式、材料与规则名称串用的问题。升级仅修正与已发布旧数据完全一致的记录，用户修改保留。碳排来源指纹仅在标准图谱及投影与随包证据一致后写入；不通过核验时保持未核验状态，不能据此输出声称已验证的碳排数值。升级前数据库自动保存至用户数据目录的 upgrade-backups。

23.5 GH 参考网格面（套装 1.4.0）

接线：Brep / Mesh → CDD 参考网格面 → 网格参数 → 光环境设置 / 热能设置 / 风环境设置的参考网格输入。
使用 Examples/05-Reference-Grid.ghx 查看同一参考面连接三个设置电池的示例；该示例不启动计算。

参考面必须为单个共面 Brep 或 Mesh，保留凹边界和孔洞。Rhino 长度单位自动转为米；离面距离和网格间距端口以米输入。几何顶点上限 30000，三角面上限 10000，裁剪后的网格单元上限 2500。

23.6 GH 年度表面日照（套装 1.4.0）

将 EPW 路径接入“CDD 表面日照设置”，再把设置、模型和参数连接至“CDD 年度表面日照”。该组件按 EPW 将建筑每个几何面的共面三角片合并为矩阵网格并计算年度累计日照辐照量；“CDD 年度表面日照结果”输出面积加权年度均值、面网格最大值及逐网格数据，单位为 kWh/m²/yr。结果写入平台光环境项目，不会自动启动其他照度或亮度计算。

输入	含义与范围
正向	True 沿几何法向，False 反向
离面距离	沿所选法向偏移 0–100 m
划分方式	0 按数量；1 按绝对间距（JSON 为 count / spacing）
网格数	每方向 4–50，用于 count
网格间距	0.5 m 或 1 m，用于 spacing
内缩圈数	0–3，按当前网格步长内缩
测量方向	0 垂直参考面；1 平行参考面（JSON 为 normal / parallel）
方位角	0–360°，在参考面内转动测量方向

输出包含 JSON、偏移参考面、法向、测量向量和空间朝向文字。设置电池把 JSON 中的 **reference_grid** 写入本轮模拟参数；原有端口顺序保持不变。测量方向定义照度传感器朝向，不改变 CFD 实际求解的风向量。

光环境在裁剪单元中心计算照度。热舒适按测点的真实空间位置读取唯一所属 EnergyPlus 热区结果；同一充分混合热区内数值相同，不生成虚构的逐点温度梯度。热区外或归属不唯一的测点留空；热区划分和建筑负荷不因采样网格改变。热能设置用于能耗碳排放模拟时，参考面不改变建筑能耗统计。

风环境采样面应位于计算域内的空气区域，实体边界和缺失采样保留空白。单工况支持水平、竖直或倾斜参考面；全年多风向统计和空间 UTCI 要求水平参考面，UTCI 还需满足所选风速换算方法的行人高度条件。三角形和四边形结果使用真实拓扑，面积统计按实际单元面积加权。