

风雷软件快速入门手册

(Windows 系统)

2025 年 06 月 30 日

目录

1 引言	3
1.1 软件标识	3
1.2 软件概述	3
1.3 软件功能	5
2 软件获取	7
2.1 访问控制	7
2.2 安装和设置	8
2.3 文件清单	8
2.4 软件环境	9
3 软件使用	10
3.1 解算器编译	10
3.2 example 算例运行	13
3.3 其它链接	15
附录	16

1 引言

本章主要对风雷软件相关信息进行简单的介绍，希望用户能够更加清晰的了解风雷软件的发展历程。

1.1 软件标识

软件名称：风雷（PHengLEI）软件

软件标识：



版本号：2506.v1818

1.2 软件概述

风雷软件[1,2]（PHengLEI, Platform for Hybrid ENGINEERING simulation of flows）是面向流体工程的混合 CFD 平台。平台的建立遵循面向对象的设计理念，采用 C++语言编程。自 2010 年开始，气动中心开始着力于工程化品牌 CFD 软件的开发；2016 年 4 月，风雷软件面向全国免费发布，迄今为止，已有超过 200 家单位、2000 人次申请下载使用；2020 年 7 月，风雷软件面向“NNW”参研单位开源；2020 年 12 月，风雷软件正式面向全国用户开源发布，与其他开源 CFD 软件相比，风雷软件具有扩展能力强、开发难度低、计算效率高等特点。2023 年，风雷软件团队整体入驻四川天府流体大数据研究中心。

风雷软件为了适应结构网格、非结构网格、混合网格、重叠网格等不同网格的计算，设计了具有良好通用性、可扩展性的体系结构和数据结构，实现了在同一个软件平台上，同时兼容结构求解器和非结构求解器。两种求解器可独立运行，也能耦合计算，即在流场中同时含有结构网格和非结构网格的情况下，在结构网格上调用结构求解器，在非结构网格上调用非结构求解器。特别地，风雷是目前唯一同时兼容结构/非结构的开源平台。

[1] 赵钟,等.风雷（PHengLEI）通用 CFD 软件设计[J]. 计算机工程与科学, 2020, 42(2): 210-219.(ZHAO Zhong, et al. Design of general CFD software PHengLEI [J]. Computer Engineering & Science, 2020,42(2): 210-219. (in Chinese))

[2] 赵钟,等.适用于任意网格的大规模并行 CFD 计算框架 PHengLEI[J]. 计算机学报, 2019, 42(11):2368-2383. (ZHAO Zhong, et al. PHengLEI: A Large Scale Parallel CFD Framework for Arbitrary Grids [J].Chinese Journal of Computers, 2019, 42(11): 2368-2383. (in Chinese))

声明：若用户将该软件用于学术研究或工程应用，须在相关的论文成果的显要位置处标注基“风雷（PHengLEI）”软件，并引用“风雷（PHengLEI）”软件相关的参考文献（例如[1]和[2]）。

软件的发布历史总结了风雷软件正式发布版本的功能变更。其中，为了保持发布历史信息的简洁性，将不记录用户不可见的变更。

发布时间	版本号	新增功能模块
2020.12	PHengLEI 2012.v7129	(1) 初始开源版本。
2021.03	PHengLEI 2012.v7407	(1) 调整风雷软件构建过程； (2) 网格转换/分区/计算合并流程； (3) 重构亚声速入口、出口边界条件； (4) 质量流量入口、出口边界条件； (5) 平移周期边界条件； (6) 点监控功能； (7) HDCS 格式； (8) 更新《风雷软件应用与开发指南》等。
2021.04	PHengLEI 2012.v7628	(1) 结构网格大涡模拟（LES）模块； (2) Smagorinsky 亚格子模型； (3) 动态 Smagorinsky 亚格子模型； (4) WALE 亚格子模型； (5) 修复部分内存泄漏问题； (6) 调整文件格式； (7) 更新《风雷软件应用与开发指南》等。
2021.06	PHengLEI 2171.v7934	(1) 天河二号 GPU 并行版本（广州超算中心 张曦）； (2) 无锡太湖之光并行版本（无锡超算中心 顾寒峰）； (3) 结构/非结构重叠网格； (4) 结构/非结构大涡湍流模拟（LES）模块； (5) 亚格子模型； (6) 旋转周期边界条件； (7) 流场数据监控：线、面； (8) 更新《风雷软件应用与开发指南》等。
2021.12	PHengLEI 2112.v9198	(1) 高阶有限差分方法 LES 求解器功能扩展； (2) 转换模型； (3) 非定常动网格； (4) 非结构网格变形； (5) 自定义边界条件； (6) 更新《风雷软件应用与开发指南》等。
2022.06	PHengLEI 2206.v10111	(1) 不可压 Simple 求解器（万云博、中山大学明平剑团队）； (2) WENN 高精度算法（厦门大学 李沁）； (3) Matrix-SSOR 加速算法； (4) 结构熵修正算法； (5) 非结构多组分模拟； (6) 非结构并行网格加密； (7) AEDC 三维外挂物分离投放模拟； (8) 更新《风雷软件应用与开发指南》等。
2023.06	PHengLEI 2306.v889	(1) GMRES 求解器（西工大王博谦等 华为石京昶 张勇）； (2) SIMPLE 重大升级（万云博 中山大学明平剑）； (3) LBM 求解器（中国科技大学黄海波等）； (4) Ensight 输出接口（颜勇、徐刚）； (5) 华为昇腾软硬件一体化湍流 AI 预测（华为冯犇等 西工大孙旭翔等 张勇）； (6) Bug、内存修复； (7) 更新《风雷软件应用与开发指南》等。
2023.12	PHengLEI 2312.v975	(1) 风雷可视化（GUI）； (2) 多参考系模型（周庆霖 张宇轩）； (3) Bug 修复。
2024.06	PHengLEI2406.v1217	(1) 新增多种前后处理接口（王敏、于要杰）； (2) 基于 GPU 加速的 MC-LUSGS 算法；

		(3) 非定常预处理功能升级； (4) 重叠隐式装配功能优化； (5) 多块非结构网格合并提速； (6) 数据容器部分函数及使用场景优化； (7) Bug 修复。
2024.12	PHengLEI2412.v1478	(1) 多孔介质模型； (2) 湍流壁面函数（蒋璇）； (3) 基于 LBM 的浸入边界流固耦合方法（彭泽瑞、许平煜）； (4) 基于随机森林算法的 CFD 计算 AI 加速技术（郭磊、杨劲草）； (5) 面向异构编程的并行框架； (6) 多分区结构网格流场数据合并可视化； (7) HDF5 与 CGNS 新版本三方库更新。
2025.06	PHengLEI2506.v1818	(1) 重叠/拼接网格技术； (2) 笛卡尔网格转化接口； (3) Linux 环境一键编译； (4) 多分区非结构网格合并； (5) 非结构湍流模型 bug 修复； (6) 变来流续算功能。

1.3 软件功能

风雷软件是在气动中心现有 CFD 软件技术基础上，充分利用多年来在结构与非结构专业软件开发方面的技术储备，开发的结构/非结构通用 CFD 品牌软件。开发过程中，以现代软件工程方法为指导，结合 CFD 行业特点，设计了面向下一代的软件体系结构。目前，软件具备的主要功能点如下图 1-1 所示。计算范围覆盖低速、亚跨和高速；发展面向多区域多算法融合的混合计算框架，支持结构/非结构不同网格类型混合，二阶/高阶不同求解精度混合，可压/不可压不同求解器类型混合等多种混合策略；构建适配任意硬件架构的多层级混合并行模型，支持 MPI、MPI/OpenMP、MPI/CUDA 等多种同构及异构并行策略，具备百亿网格百万核并行模拟能力；发展多种高效计算加速策略，支持 LUSGS/GMRES 等多种高效隐式加速算法、具备湍流 AI 预测能力；支持高精度方法、SIMPLE 不可压、多组分计算、多孔介质模拟，提供 SA/SST/湍流壁面函数等多种湍流模型、具备 RANS/DES/LES 的定常/非定常湍流模拟能力，可满足常规工程应用需求；支持网格加密、网格变形、重叠网格、动网格等多种网格功能；支持 LBM、基于 LBM 的浸入边界流固耦合方法，可满足用户多样化需求。同时，风雷软件也提供常用前、后置软件接口，如 Gridgen、Pointwise、ICEM-CFD、FieldView、Tecplot、Ensign、ParaView 等。

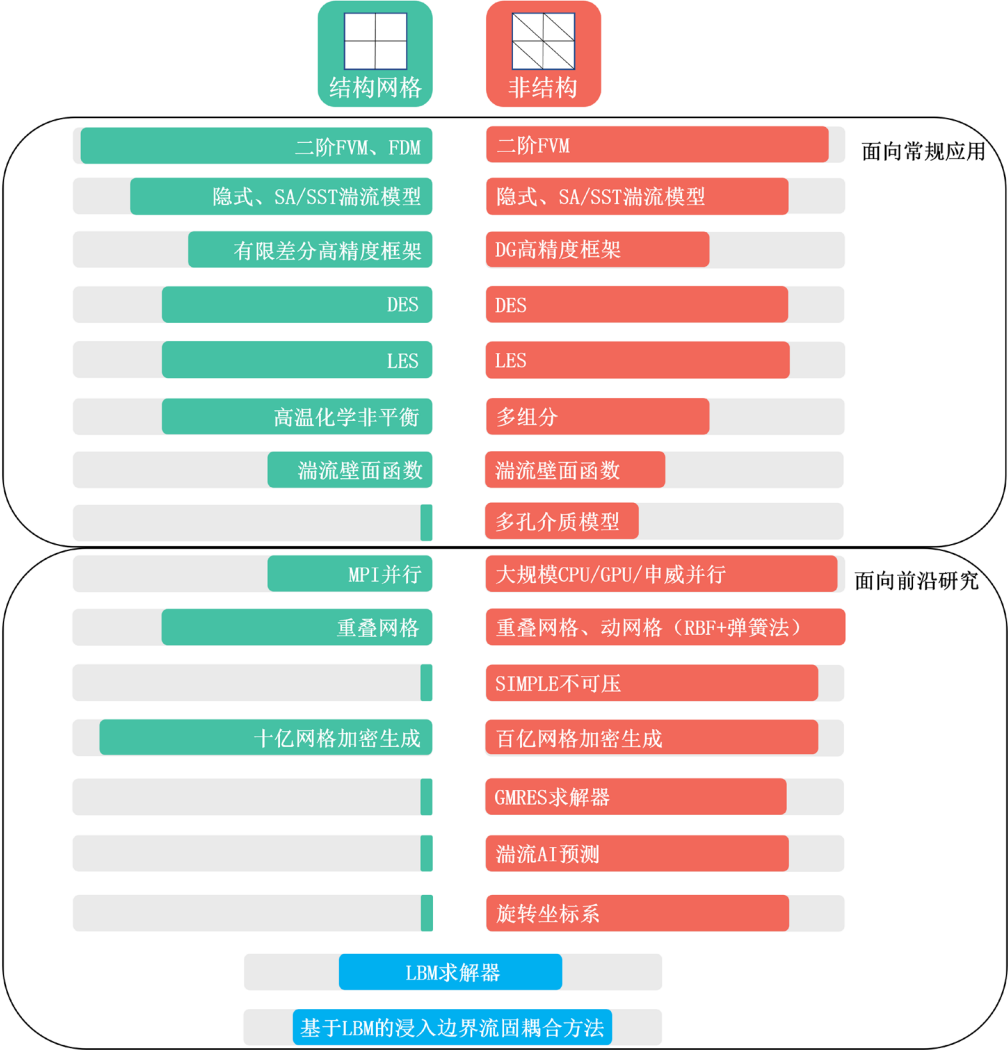


图 1 软件功能

2 软件获取

本章主要介绍风雷软件源代码申请和相关环境配置。风雷软件代码下载地址：<https://www.osredm.com/>。

2.1 访问控制

首次使用用户进入红山开源平台（如图 2）右上角进行个人账号注册，注册成功后点击首页上方开源项目，然后点击风雷团队/国家数值风洞风雷软件，就会出现图 3 提示。此时需要下载风雷软件开源协议（如图 4），填写完成后再上传，等待审核通过。



图 2 红山开源平台



图 3 首次进入时提示下载或上传开源协议

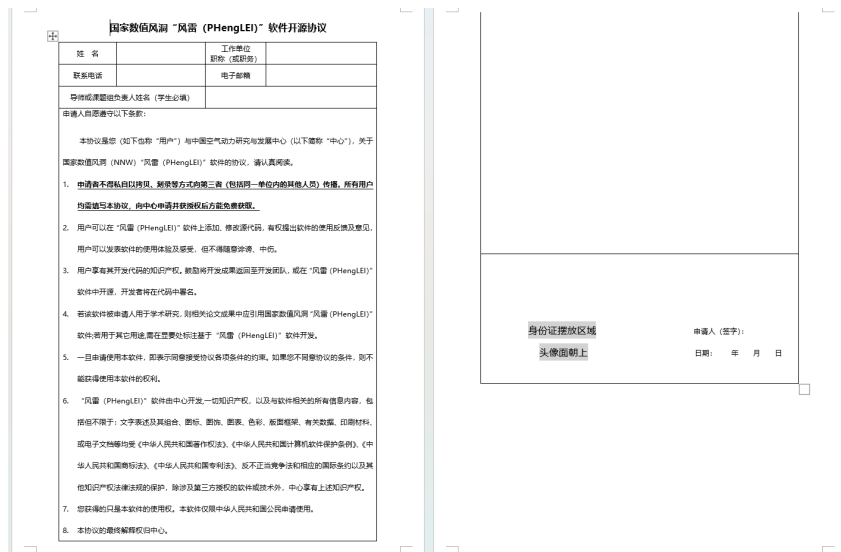


图 4 风雷软件开源协议

2.2 安装和设置

审核通过后即可进入风雷软件代码下载页面，如图 5 所示。用户可以点击右上角关注、点赞、Fork 等按钮。页面左侧位置有分支 master 下拉列表，可以选择代码的不同分支（建议使用 master 分支），然后点击右侧的下载列表，下载代码的压缩包或采用 Git 克隆拉取代码。



图 5 风雷软件项目页面

2.3 文件清单

代码下载完成后，本地的代码文件清单如图 6 所示。

名称	修改日期	类型	大小
API	2024/12/25 14:26	文件夹	
CFD	2024/12/25 14:26	文件夹	
GPU	2024/12/25 14:24	文件夹	
GUI	2024/12/25 14:24	文件夹	
Main	2024/12/25 14:24	文件夹	
Mesh	2024/12/25 14:26	文件夹	
PHengLEI	2024/12/25 14:26	文件夹	
.gitattributes	2024/5/16 17:08	txtfile	1 KB
.gitignore	2024/12/3 11:13	txtfile	1 KB
caseVersion	2023/12/29 13:44	文件	1 KB
CHANGELOG.md	2024/12/19 11:31	Markdown File	3 KB
LICENSE	2023/4/7 9:24	文件	2 KB
PHengLEI软件开源协议.docx	2024/12/25 14:24	Microsoft Word 文档	25 KB
Readme.md	2024/12/3 11:23	Markdown File	6 KB
Readme.pdf	2024/12/3 11:23	Adobe Acrobat 文档	214 KB

图 6 风雷软件文件清单

风雷软件中的各文件夹主要功能如下：

Main 文件夹：主程序入口，执行风雷软件的 **Simulation** 计算；

CFD 文件夹：求解器文件夹，各种流场求解器实现；

GPU 文件夹：风雷 CPU+GPU 异构框架；

GUI 文件夹：风雷可视化框架，可集成求解器、前处理、后处理等模块；

API 文件夹：风雷底层库文件夹，封装了网格、数据结构、常用工具等内容；

Mesh 文件夹：和网格处理相关源文件；

PHengLEI 文件夹：包含 3rdparty、Documents 等文件夹，并用于生成可执行程序；

3rdparty 文件夹：风雷软件使用了用于辅助的第三方开源库，比如利用 CGNS 支持读入具有 cgns 格式的网格，利用风雷软件转换生成的网格文件，其数据格式为 HDF5，支持并行读写，Metis 和 Parmetis 实现对非结构网格的分区，利用 Eigen 实现一些简单的矢量或者矩阵运算，FFTW 实现快速傅里叶变换，P3dfft 实现“束分解”的并行傅里叶变换。

2.4 软件环境

风雷软件支持的计算机操作系统有：win7、win10、win11、winserver、Linux、macOS。计算机内存显卡等配置需求取决于计算算例，目前主流配置即可满足风雷运行常规简单算例。

风雷软件源代码采用 C++语言编写，需要 CMake 软件构建项目，并行计算采用 MPI 库。操作系统必须提供 C++编译器、CMake3.0 以上版本软件和 MPI1.0 或 MPI2.0 标准库。CMake (<https://cmake.org/>)、MPI 库 ([Microsoft MPI - Message Passing Interface | Microsoft Learn](#))、编译器 (Visual Studio: microsoft.com) 用户可自行在官网下载，安装方式可网上搜索。其中 CMake、MPI 库可以使用最新版本，Visual Studio 支持 2012-2022 版本。

3 软件使用

本章将介绍风雷软件编译流程、代码中自带 example 算例运行过程。

3.1 解算器编译

1.进入代码中的 PhengLEI 文件夹，打开 3rdparty 文件夹，解压其中的 eigen.tar.gz 压缩文件、PETSc.zip、Sacado.zip 压缩文件（后两者在不使用 GMRES 求解器时可不用解压）到当前文件夹，如图 7、8 所示。













 cgns-3.3.0.tar.gz	2023/6/30 10:32	WinRAR 压缩文件	3,267 KB
 eigen.tar.gz	2023/6/30 10:32	WinRAR 压缩文件	1,498 KB
 fftw-3.3.4.tar.gz	2023/6/30 10:32	WinRAR 压缩文件	3,849 KB
 hdf5-1.8.8-p1.tar.gz	2023/6/30 10:32	WinRAR 压缩文件	7,815 KB
 metis-5.0.1.tar.gz	2023/6/30 10:32	WinRAR 压缩文件	4,847 KB
 mgrid-1.0.tar.gz	2023/6/30 10:32	WinRAR 压缩文件	28 KB
 p3dfft-2.7.9.tar.gz	2023/6/30 10:32	WinRAR 压缩文件	277 KB
 parmetis-4.0.3.tar.gz	2023/6/30 10:32	WinRAR 压缩文件	5,438 KB
 PETSc.zip	2023/6/30 10:32	压缩(zipped)文件...	15,755 KB
 Readme.md	2023/6/30 10:32	Markdown File	2 KB
 Sacado.zip	2023/6/30 10:32	压缩(zipped)文件...	437 KB
 tecio2013.tar.gz	2023/6/30 10:32	WinRAR 压缩文件	223 KB

图 7 压缩文件
















 cgns	2023/6/30 10:32	文件夹
 eigen	2023/6/30 10:34	文件夹
 Gmsh	2023/6/30 10:32	文件夹
 HDF5	2023/6/30 10:32	文件夹
 hypre	2023/6/30 10:32	文件夹
 liblinux	2023/6/30 10:32	文件夹
 libwindows	2023/6/30 10:32	文件夹
 metis	2023/6/30 10:32	文件夹
 mgrid	2023/6/30 10:32	文件夹
 parmetis	2023/6/30 10:32	文件夹
 PETSc	2023/6/12 17:01	文件夹
 Sacado	2023/6/12 17:01	文件夹
 TECIO	2023/6/30 10:32	文件夹
 unapLib	2023/6/30 10:32	文件夹
 yhamg	2023/6/30 10:32	文件夹

图 8 解压压缩文件

2.进入代码文件夹，打开 PHengLEI 文件夹，新建 build 文件夹，如图 9 所示。

名称	修改日期	类型	大小
3rdparty	2022/8/22 10:16	文件夹	
build	2022/8/25 9:53	文件夹	
Documents	2022/7/27 17:46	文件夹	
examples	2022/7/27 17:46	文件夹	
CMakeLists.txt	2022/7/27 17:46	文本文档	11 KB
Makefile	2022/7/27 17:46	文件	5 KB
PHMacro.cmake	2022/7/27 17:46	CMAKE 文件	5 KB

图 9 新建 build 文件夹

3.打开 CMake 软件，如图 10 所示，在上方的 Where is the source code 中选择步骤 1 中的 PHengLEI 文件夹路径，在 Where to build the binaries 中选择新建的 build 文件夹路径。然后点击左下角 Configure。此时会提示选择 Visual Studio 版本，用户选择自己安装的版本即可，然后下一项选择 X64，点击 Finish，等待运行完成。

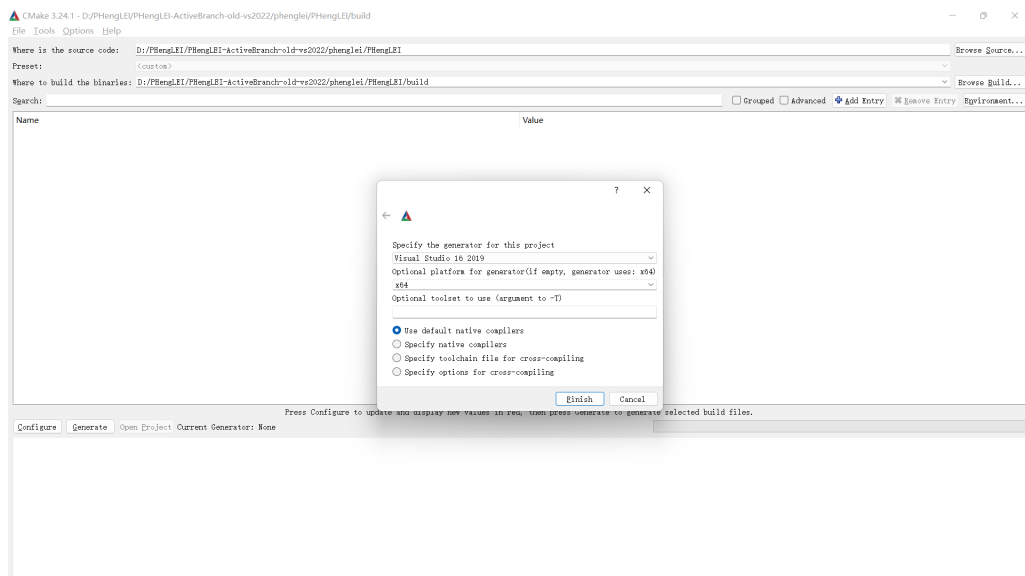


图 10 Cmake 中路径及编译器设置

4.运行完成后，左下角会显示 Configuring done，再点击 Generate，左下角会显示 Generating done，如图 11 所示。此时点击左下角 Open Project，即可打开 Visual Studio 开始解算器编译。

一般情况下，用户点击 Configure 后，CMake 中选项保持默认即可，若需要使用如不可压、LBM 求解器等功能，可参照下表 1 勾选相应选项。然后再点击 Configure、Generate 后，打开工程编译即可。

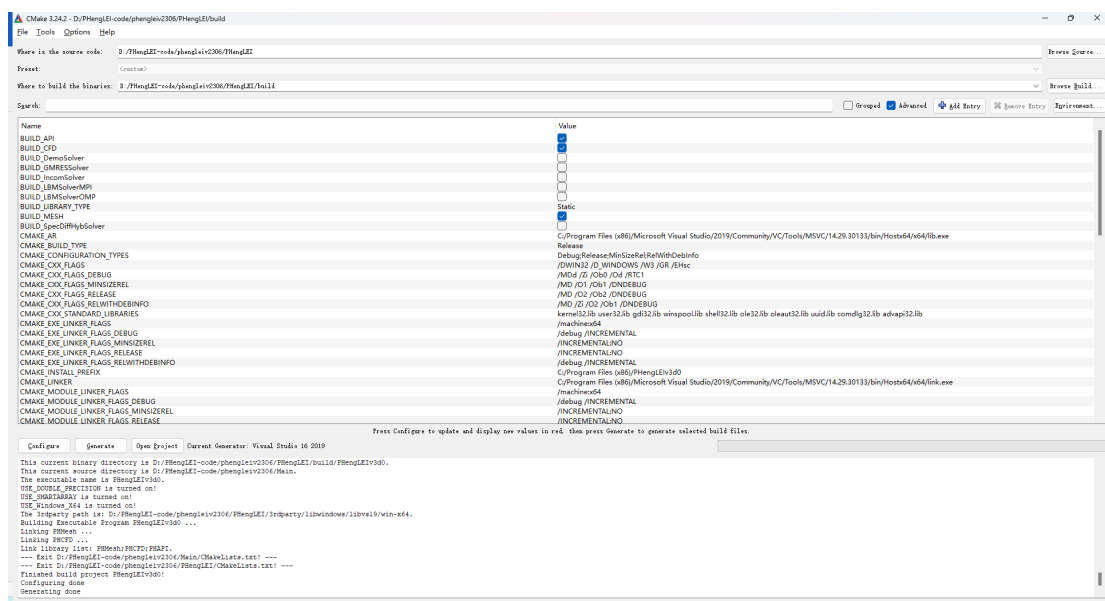


图 11 Cmake 运行结果

表 1 CMake 编译选项

BUILD_IncomSolver	勾选该选项，即可打开不可压求解器
BUILD_LBSolverMPI	勾选该选项，即可打开MPI并行版本的LBM求解器，目前该求解器仅支持Windows系统
BUILD_LBSolverOMP	勾选该选项，即可打开OpenMP并行版本的LBM求解器，目前仅支持Windows系统，此选项与BUILD_LBSolverMPI不可同时打开
BUILD_GMRESSolver	勾选该选项，即可打开GMRES(NK) 求解器

5.需要说明的是,若用户安装了多个 Visual Studio 版本,则点击 Open Project 后可能不是用 CMake 中设置的 Visual Studio 版本打开的工程,此时用户可以进入新建的 build 文件中,找到 PHengLEIv3d0.sln,右键打开方式,选择 CMake 中设置的 Visual Studio 版本打开工程。**Visual Studio** 打开后如图 12 所示,当左下角显示就绪后,用户需要做的就是**在上方 Debug 下拉列表中选择 Release**,然后右键左侧的 PHengLEIv3d0 项目设为启动项目。接下来就可以点击上方的生成,选择生成解决方案,等待编译完成,生成可执行程序。

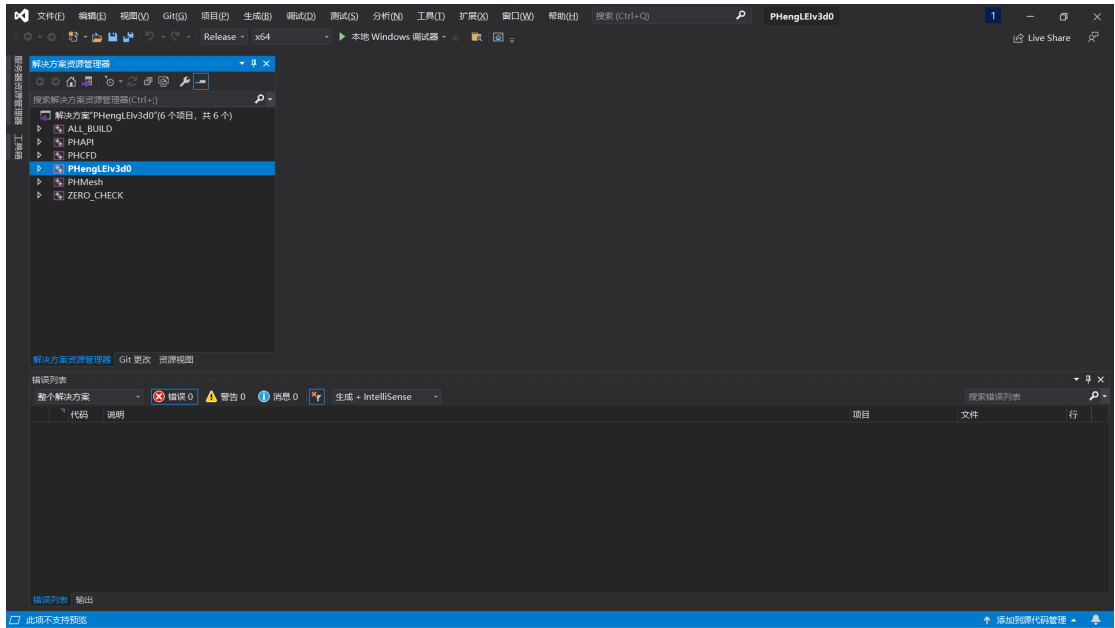


图 12 Visual Studio 打开界面

6.编译完成后，如图 13 所示。用户可以在 build\PHengLEIv3d0\Release 中找到 PHengLEIv3d0.exe 应用程序，即编译成功的风雷软件可执行程序。

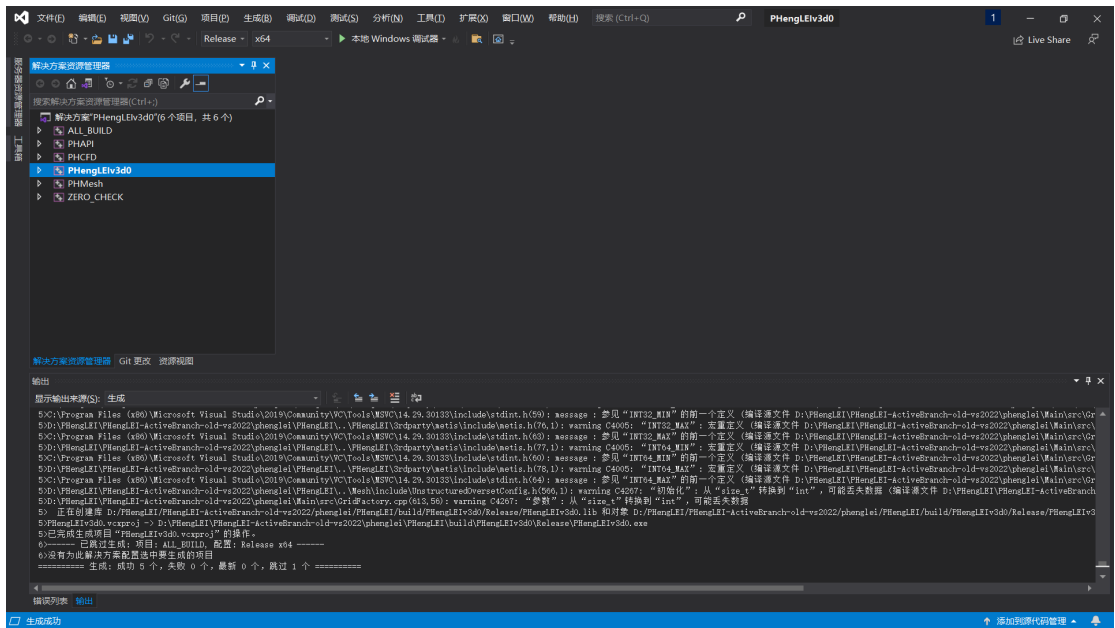


图 13 解算器编译成功界面

3.2 example 算例运行

example 算例为风雷代码中自带的算例，用于测试编译好的解算器是否能正常运行。本节将向用户介绍 example 算例的运行过程。

1.将编译好的解算器拷贝复制到 PHengLEI 文件夹的 examples 文件夹中，如图 14，风雷软件在计算时需要的工程文件即为 bin+grid+PHengLEIv3d0。

名称	修改日期	类型	大小
bin	2022/7/27 17:46	文件夹	
grid	2022/7/27 17:46	文件夹	
PHengLElv3d0.exe	2022/8/25 10:22	应用程序	7,397 KB

图 14 风雷工程文件

2.按 WIN+R 打开运行，输入 cmd 打开命令窗口，进入到 example 目录中，如图 15 所示。

```

C:\windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [版本 10.0.22000.856]
(c) Microsoft Corporation. 保留所有权利。

C:\Users\11494>:

D:\>cd D:\PHengLEI\PHengLEI-ActiveBranch-old-vs2022\phenglei\PHengLEI\examples
D:\PHengLEI\PHengLEI-ActiveBranch-old-vs2022\phenglei\PHengLEI\examples>

```

图 15 cmd 命令窗口

3.在命令窗口中输入：mpirun -n 4 .\PHengLElv3d0.exe 命令，点击 Enter 即可开始运行，如图 16 所示。运行成功即代表环境配置和编译的解算器都没有问题。

```

C:\windows\system32\cmd.exe - "C:\Program Files\Microsoft MPI\Bin\mpirun.exe" -n 4 .\PHengLElv3d0.exe
Temperature of Wall 1 : Adiabatic Wall
Dimensional Sound Speed : 340.295 m/s
Dimensional Velocity : 248.415 m/s
Dimensional Viscosity : 1.7894e-05 kg/(m*s)
Geometry Informations
Scale Factor : 1
Force Reference Area : 1 m^2
Force Reference Length : 1 m
Force Reference x : 0
Force Reference y : 0
Force Reference z : 0
Min && Max wall distance : 1.40999e-06, 110.827
Entropy fix coefficient for ROE scheme: 0.00101929
Wait for all processors before iteration ...
Wait is over, start iteration ...
End init flow by first order ...

Iter   averageRes   maxRes   maxResCoorX   maxResCoorY   maxResCoorZ   maxResVariable   WallTime
7010   1.16774e-06   2.04835e-04   6.50380e+00   2.73157e+00   0.00000e+00   4   1.77000e-01
7020   4.70985e-07   1.01687e-04   9.96776e+00   1.41430e+00   0.00000e+00   4   3.35000e-01
7030   2.83651e-07   2.86346e-05   -1.57940e-03   -9.92989e-03   0.00000e+00   4   4.84000e-01
7040   2.14328e-07   2.90676e-05   -3.09613e-05   -8.81382e-03   0.00000e+00   1   6.43000e-01
7050   1.65822e-07   2.03528e-05   -7.16682e-04   -9.31218e-03   0.00000e+00   4   7.88000e-01
7060   1.41543e-07   3.45868e-05   -2.66531e-03   -1.06944e-02   0.00000e+00   1   9.53000e-01
7070   1.29129e-07   2.70978e-05   9.99467e-01   3.38676e-04   0.00000e+00   4   1.09400e+00
7080   1.20521e-07   3.32483e-05   -1.57940e-03   -9.92989e-03   0.00000e+00   1   1.23900e+00
7090   1.15389e-07   3.45969e-05   -1.57940e-03   -9.92989e-03   0.00000e+00   1   1.37700e+00
7100   1.11205e-07   2.72849e-05   -7.16682e-04   -9.31218e-03   0.00000e+00   1   1.51600e+00
7110   1.02658e-07   2.91525e-05   -7.16682e-04   -9.31218e-03   0.00000e+00   1   1.65400e+00

```

图 16 运行界面

4.计算结果 results 文件夹会自动在 bin+grid+PHengLElv3d0 工程文件的同级目录下生成，如图 17 所示。results 文件夹中每个结果文件含义可查询风雷软件应用与开发指南中的结果文件夹中的说明。

bin	2023/5/4 19:29	文件夹	
grid	2023/4/18 8:55	文件夹	
results	2023/4/12 16:22	文件夹	
PHengLElv3d0.exe	2023/4/12 16:19	应用程序	8,273 KB

图 17 计算结果文件夹

3.3 其它链接

官网地址: <https://www.cardc.cn/nnw/products.aspx?t=9>

风雷软件代码下载地址: <https://www.osredm.com/>

算例库地址: <https://www.osredm.com/PHengLEI/PHengLEI-TestCases>

B 站视频教程地址:

[https://www.bilibili.com/video/BV1eX4y1T7yW?from=search&seid=9482198996609923785;](https://www.bilibili.com/video/BV1eX4y1T7yW?from=search&seid=9482198996609923785)

风雷论坛地址: <https://fc.osredm.com/forums/theme/38>

风雷软件应用与开发指南 pdf (风雷软件详细介绍): 位于代码文件夹中的
phenglei\PHengLEI\Documents 路径下

附录

暂无。