

基于 FLUENT



软件分析 水波中舰船运动
与砰击问题

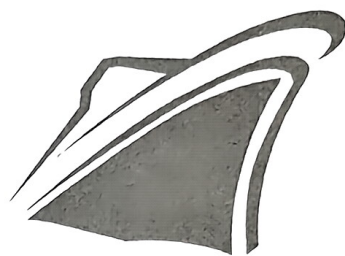
徐刚 谈秋桐 马勇 著



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

基于 FLUENT



软件分析 水波中舰船运动
与砰击问题

徐刚 谈秋桐 马勇 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

·北京·

内 容 提 要

本书基于粘流分析软件, 针对线性波和非线性波作用下的舰船运动性能和船艏舱门砰击载荷进行预报分析, 简要介绍求解水波中舰船运动与砰击问题的软件和基本原理, 重点讨论分别在线性波和畸形波作用下的运动分析案例及船艏舱门砰击案例。

本书是实践指导书, 可作为研究生课程的参考案例, 也可从事船舶与海洋工程相关专业的科技人员提供实践指导。

图书在版编目(CIP)数据

基于FLUENT软件分析水波中舰船运动与砰击问题 / 徐刚, 谈秋桐, 马勇著. — 北京: 中国水利水电出版社, 2022. 11

ISBN 978-7-5226-1123-5

I. ①基… II. ①徐… ②谈… ③马… III. ①船舶运动—研究 IV. ①U661.32

中国版本图书馆CIP数据核字(2022)第217569号

书 名	基于 FLUENT 软件分析水波中舰船运动与砰击问题 JIYU FLUENT RUANJIAN FENXI SHUIBO ZHONG JIANCHUAN YUNDONG YU PENGJI WENTI
作 者	徐刚 谈秋桐 马勇 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@mwr.gov.cn 电话: (010) 68545888 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售有限公司 电话: (010) 68545874、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京中献拓方科技发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 17.5印张 432千字
版 次	2022年11月第1版 2022年11月第1次印刷
印 数	001—300册
定 价	150.00元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

本书简要介绍了求解水波中舰船运动与砰击问题的软件和基本原理，详细列举解决该问题的几种典型案例。

全书共分为5章：第1章概述部分，主要介绍 FLUENT UDF 环境配置；第2章主要介绍数值造波模型；第3章数值波浪水池案例，分别讨论了明渠造波、速度入口造波和推板式造波，实现了三维数值水池基本功能；第4章验证本书方法对砰击问题模拟的可靠性，同时以 DTMB5415 船模为基础，验证了本书船舶运动仿真方法的可靠性；第5章以 DTMB5415 船模为基础，修改成带坞舱的登陆舰模型，重点讨论分别在线性波和畸形波作用下的运动分析案例及船艏舱门砰击案例；此外，书中还在附录部分为每个案例给出了自定义函数（User Defined Function, UDF）。本书由江苏科技大学徐刚教授、中山大学马勇教授和中山大学谈秋桐博士共同负责统稿和撰写，全书由中山大学谈秋桐博士校稿。

需要指出的是水波中舰船运动与砰击问题分析的研究范围非常大，本书仅包括了数值波浪水池、水波与船舶、多体的相互作用，没有考虑系泊、靠泊及螺旋桨的全耦合，但上述问题的解决会给我们一些启发，未来还需要在该领域进行大量的案例研究分析工作。

本书中大部分的研究成果主要是在国家自然科学基金（NoS. 51309125、51879125）、江苏省高校自然科学研究重大项目（18KJA130001）、江苏科技大学海洋装备研究院资助项目（1174871801-17）、江苏省研究生科研与实践创新计划项目（KYCX18-2343、SJCX19-1187、SJCX20-1490、SJCX20-1482、KYCX21-3439、KYCX21-3440、KYCX21-3499、KYCX22-3843、KYCX22-3780、SJCX22-1957、SJCX22-1962）和南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）创新团队建设项目（311021013）资助下取得的，在此作者深表谢意。同时，本书在撰写过程中研究生邓家贤、汪戴飞、盘雨新和常小琴付出了辛勤劳动，在此表示感谢。

作者

2022年9月

前言

1 环境变量配置	1
1.1 Visual Studio 版本的选择	1
1.2 Visual Studio 2019 的下载及安装	1
1.3 FLUENT UDF 环境变量的配置	3
1.3.1 方法一	3
1.3.2 方法二	7
1.3.3 方法三	12
1.4 UDF 环境变量配置验证	13
2 基本数值造波模型	17
2.1 数值造波方法	17
2.2 速度边界造波	17
2.3 仿物理边界造波	19
参考文献	22
3 三维数值波浪水池的案例建立	23
3.1 明渠造波	23
3.1.1 案例基本描述	23
3.1.2 几何建模	24
3.1.3 划分 Block	27
3.1.4 建立映射关系	29
3.1.5 定义节点数目	30
3.1.6 网格生成与导出	32
3.1.7 FLUENT 中的求解设置	33
3.1.8 FLUENT 中后处理	48
3.1.9 CFD-Post 中后处理	50
3.1.10 另一种网格划分方法	53
3.2 速度入口造波	56
3.2.1 案例基本描述	56
3.2.2 消波区划分	56
3.2.3 定义节点数目	57

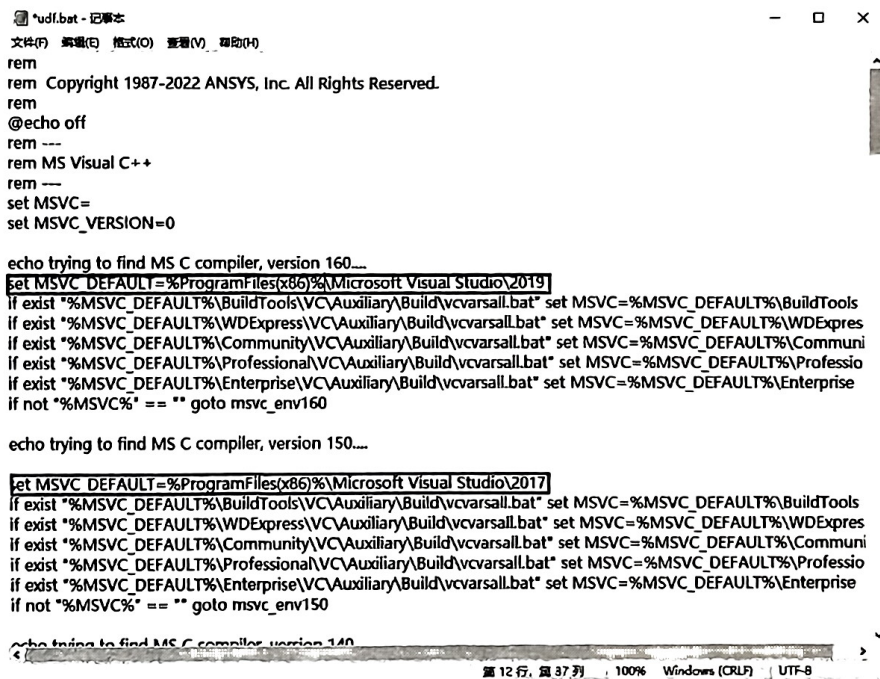
3.2.4	网格生成与导出	59
3.2.5	FLUENT 中的求解设置	60
3.2.6	计算结果	73
3.3	推板式造波	75
3.3.1	案例基本描述	75
3.3.2	划分 Block	76
3.3.3	建立映射关系	78
3.3.4	定义节点数目	79
3.3.5	网格生成与导出	80
3.3.6	FLUENT 中的求解设置	81
3.3.7	计算结果	88
3.4	畸形波案例	91
3.4.1	案例基本描述	91
3.4.2	UDF 参数修改	91
3.4.3	几何建模	93
3.4.4	划分 Block	96
3.4.5	建立映射关系	99
3.4.6	定义节点数目	99
3.4.7	网格生成与导出	100
3.4.8	FLUENT 中的求解设置	101
3.4.9	计算结果	112
4	模型试验验证案例建立及分析	115
4.1	平板砰击案例	115
4.1.1	几何建模	116
4.1.2	划分 Block	119
4.1.3	建立映射关系	122
4.1.4	定义节点数目	123
4.1.5	网格生成与导出	125
4.1.6	FLUENT 中的求解设置	126
4.1.7	计算结果	140
4.2	DTMB 船模运动案例	140
4.2.1	几何建模	141
4.2.2	四面体网格划分	145
4.2.3	六面体网格划分	149
4.2.4	边界融合及网格导出	156
4.2.5	FLUENT 中的求解设置	157
4.2.6	计算结果	172

参考文献	172
5 水波中舰船运动及船艏舱门砰击案例	173
5.1 网格无关性	173
5.2 模型改造	174
5.2.1 舱门关闭状态	174
5.2.2 舱室建造	176
5.2.3 舱门不同打开状态	178
5.3 线性波作用下舰船运动及船艏舱门砰击案例	181
5.3.1 案例描述	181
5.3.2 几何建模	181
5.3.3 四面体网格划分	186
5.3.4 六面体网格划分	189
5.3.5 边界融合及网格导出	194
5.3.6 FLUENT 中的求解设置	195
5.3.7 计算结果	213
5.4 畸形波作用舰船运动及船艏舱门砰击案例	214
5.4.1 案例描述	214
5.4.2 几何建模	215
5.4.3 四面体网格划分	218
5.4.4 六面体网格划分	221
5.4.5 边界融合及网格导出	226
5.4.6 FLUENT 中的求解设置	227
5.4.7 计算结果	244
附录	246
附录 1 线性波速度入口造波	246
附录 2 线性波推板式造波	249
附录 3 二阶 Stokes 波程序	251
附录 4 ITTC 双参数谱程序	254
附录 5 水波色散关系求解程序	258
附录 6 畸形波推板式造波程序	258
附录 7 船模运动验证案例程序	261
附录 8 线性波作用下程序	265
附录 9 畸形波作用下程序	269
参考文献	272

环境变量配置

1.1 Visual Studio 版本的选择

首先在 FLUENT 安装路径下找到 UDF. bat 这个文件。如果忘记安装路径，可通过计算机搜索文件名 UDF. bat，右击鼠标选择编辑文件，单击“编辑”之后如图 1-1 所示。本教程安装目录路径为：F:\ANSYS2022 R1\ANSYS Inc\v221\FLUENT\ntbin\win64。



```

udf.bat - 记事本
文件(F) 编辑(E) 格式(O) 查看(V) 帮助(H)
rem
rem Copyright 1987-2022 ANSYS, Inc. All Rights Reserved.
rem
@echo off
rem ---
rem MS Visual C++
rem ---
set MSVC=
set MSVC_VERSION=0

echo trying to find MS C compiler, version 160...
set MSVC_DEFAULT=%ProgramFiles(x86)%\Microsoft Visual Studio\2019
if exist "%MSVC_DEFAULT%\BuildTools\VC\Auxiliary\Build\vcvarsall.bat" set MSVC=%MSVC_DEFAULT%\BuildTools
if exist "%MSVC_DEFAULT%\WDEXpress\VC\Auxiliary\Build\vcvarsall.bat" set MSVC=%MSVC_DEFAULT%\WDEXpress
if exist "%MSVC_DEFAULT%\Community\VC\Auxiliary\Build\vcvarsall.bat" set MSVC=%MSVC_DEFAULT%\Communi
if exist "%MSVC_DEFAULT%\Professional\VC\Auxiliary\Build\vcvarsall.bat" set MSVC=%MSVC_DEFAULT%\Professio
if exist "%MSVC_DEFAULT%\Enterprise\VC\Auxiliary\Build\vcvarsall.bat" set MSVC=%MSVC_DEFAULT%\Enterprise
if not "%MSVC%" == "" goto msvc_env160

echo trying to find MS C compiler, version 150...

set MSVC_DEFAULT=%ProgramFiles(x86)%\Microsoft Visual Studio\2017
if exist "%MSVC_DEFAULT%\BuildTools\VC\Auxiliary\Build\vcvarsall.bat" set MSVC=%MSVC_DEFAULT%\BuildTools
if exist "%MSVC_DEFAULT%\WDEXpress\VC\Auxiliary\Build\vcvarsall.bat" set MSVC=%MSVC_DEFAULT%\WDEXpress
if exist "%MSVC_DEFAULT%\Community\VC\Auxiliary\Build\vcvarsall.bat" set MSVC=%MSVC_DEFAULT%\Communi
if exist "%MSVC_DEFAULT%\Professional\VC\Auxiliary\Build\vcvarsall.bat" set MSVC=%MSVC_DEFAULT%\Professio
if exist "%MSVC_DEFAULT%\Enterprise\VC\Auxiliary\Build\vcvarsall.bat" set MSVC=%MSVC_DEFAULT%\Enterprise
if not "%MSVC%" == "" goto msvc_env150

echo trying to find MS C compiler, version 140...

```

图 1-1 UDF. bat 文件中的 Visual Studio 版本限制

图 1-1 方框中最后所示的时间（如 2019、2017）代表当前 FLUENT 版本所适配的 Visual Studio 的版本，即 FLUENT 2022 R1 最高适配 Visual Studio 2019。因此，选择安装 Visual Studio 2019。

1.2 Visual Studio 2019 的下载及安装

进入 Visual Studio 官网下载，出现如图 1-2 所示页面。使用浏览器进行下载，等待下载完成。

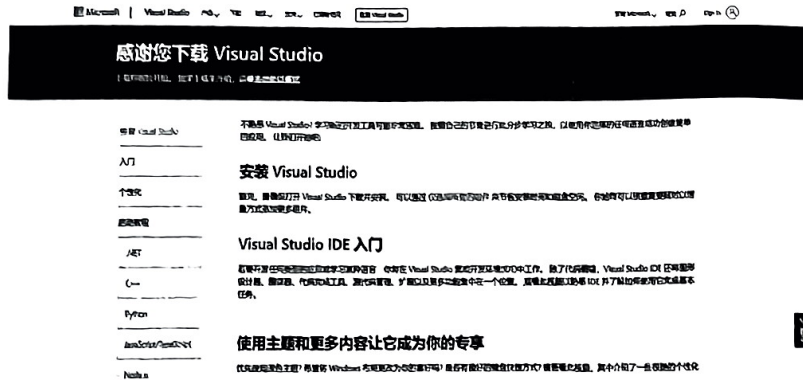
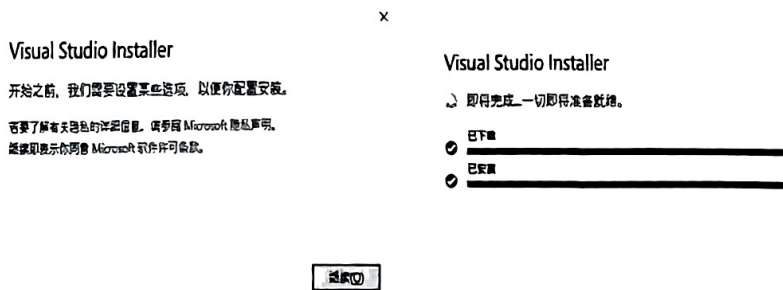


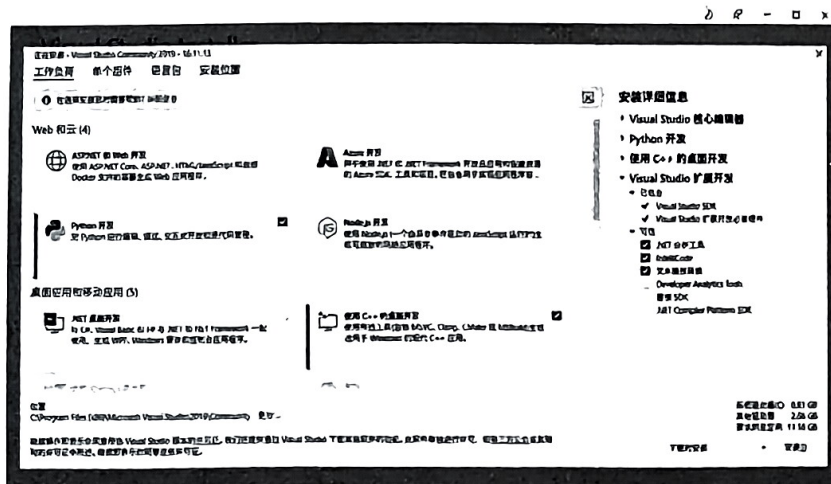
图 1-2 Visual Studio 的下载

运行下载文件，如图 1-3 所示。单击“继续”即进行安装。安装时的文件安装位置尽量不要改动（后面会涉及 FLUENT UDF 的编译，若改动的话可能会出现 Visual Studio 文件读取的丢失，造成不必要的麻烦）。单击“安装”，等待下载安装成功。

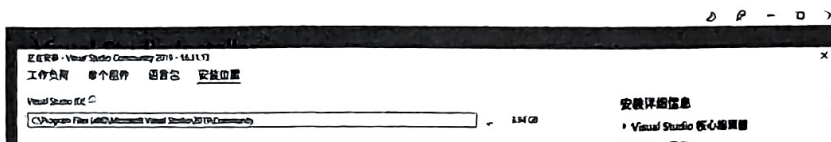


(a) 准备安装过程

(b) 下载完成



(c) 工作负载的选择



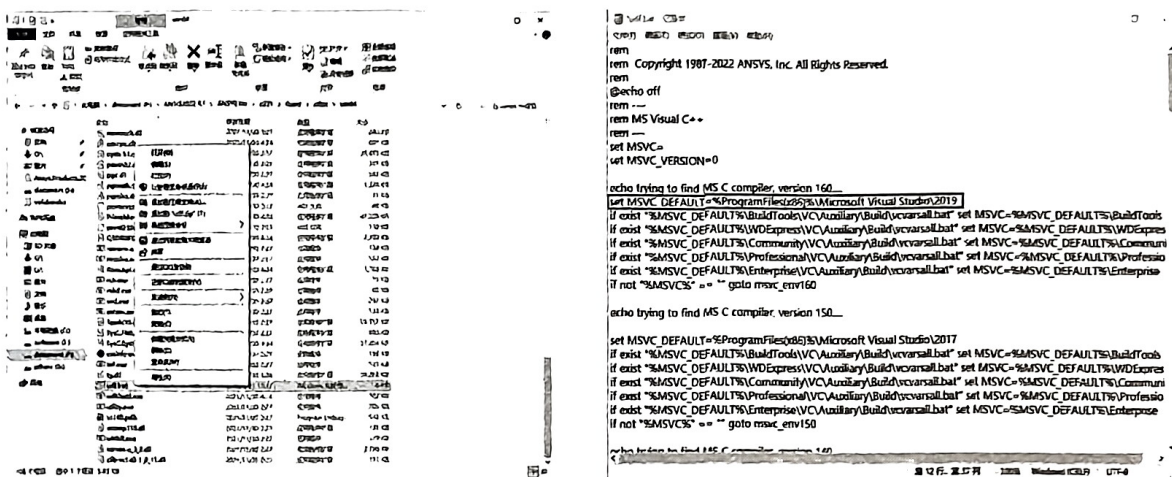
(d) 安装位置的确定

图 1-3 Visual Studio 的安装

1.3 FLUENT UDF 环境变量的配置

1.3.1 方法一

(1) 首先在 FLUENT 安装路径下找到 UDF.bat 这个文件。如忘记安装路径，可通过计算机搜索文件名 UDF.bat，右击鼠标选择编辑文件，本教程安装目录路径为：F:\ANSYS2022 R1\ANSYS Inc\v221\FLUENT\ntbin\win64，如图 1-4 所示。



(a) 准备编辑UDF.bat

(b) 找到替换位置所对应行数

图 1-4 编辑 UDF.bat

(2) 找到第 12 行 [图 1-4 (b) 方框所在位置]，将第 12 行的安装路径换为 Visual Studio 2019 的安装路径，注意版本号不要搞错 [将 %ProgramFiles(x86)%\Microsoft Visual Studio\2019 改为 C:\Program Files (x86)\Microsoft Visual Studio\2019]。修改好之后，保存 UDF.bat 文件。打开 FLUENT，编译 UDF。更改后的安装路径如图 1-5 所示。最后单击“文件”选项选择“保存”。

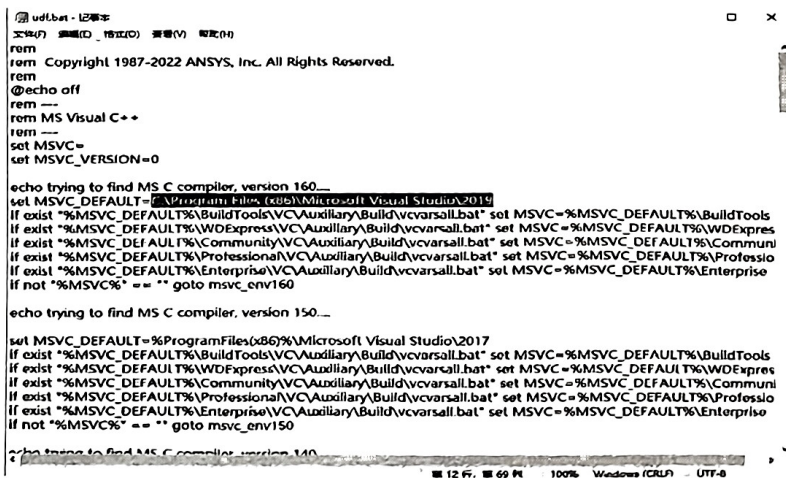


图 1-5 替换 UDF.bat 中安装路径

Visual Studio 2019 的安装路径见图 1-3。若忘记 Visual Studio 2019 的安装路径，可通过如下方式进行搜索。单击电脑左下角的开始菜单栏，找到 Visual Studio 2019，右击，如图 1-6 所示。

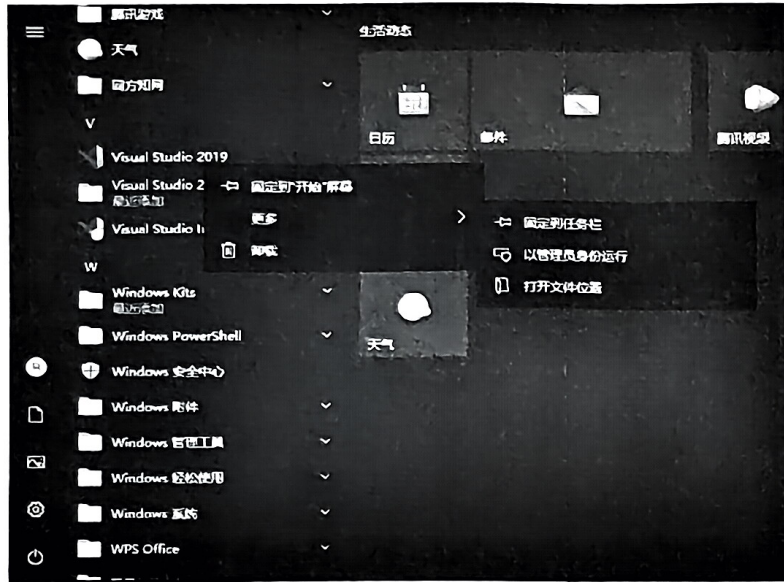


图 1-6 右击菜单栏中的 Visual Studio

鼠标放置更多选项处，点击打开文件位置，打开后如图 1-7 所示。

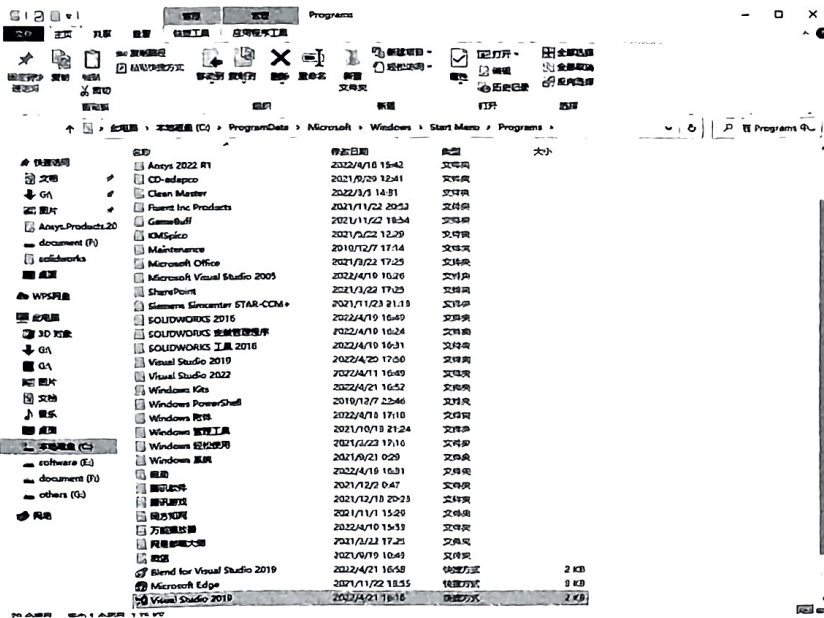
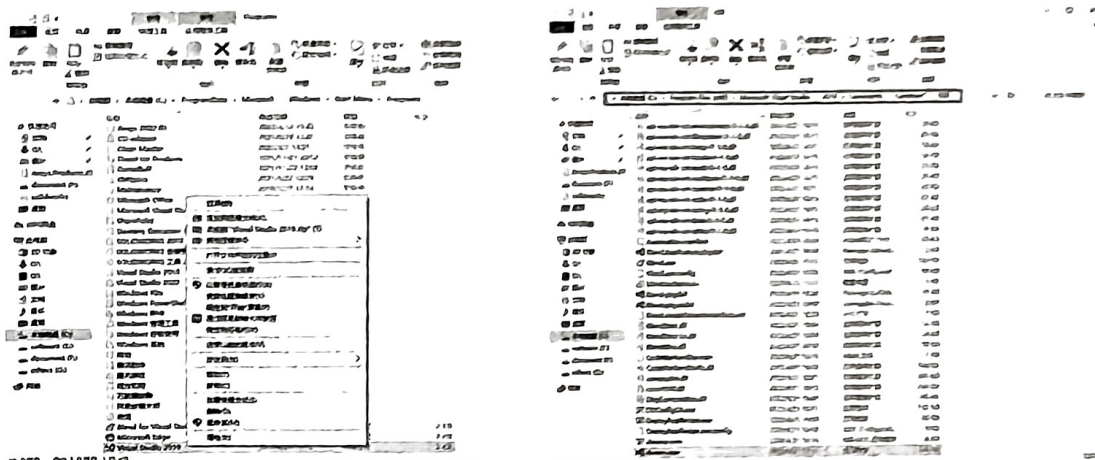


图 1-7 文件夹中的 Visual Studio

右击 Visual Studio 2019，单击打开文件所在的位置，如图 1-8 (a) 所示。

单击图 1-8 (b) 方框内部分，路径选择精确到如图 1-9 已选部分。复制粘贴至 UDF.bat 编辑记事本处，然后保存。

(3) 同时按下 Win+R 键，进入 Windows 系统的运行窗口，如图 1-10 所示。



(a) 确定文件夹中的 Visual Studio 所在位置

(b) 确定文件所在位置的路径

图 1-8 确定文件所在位置

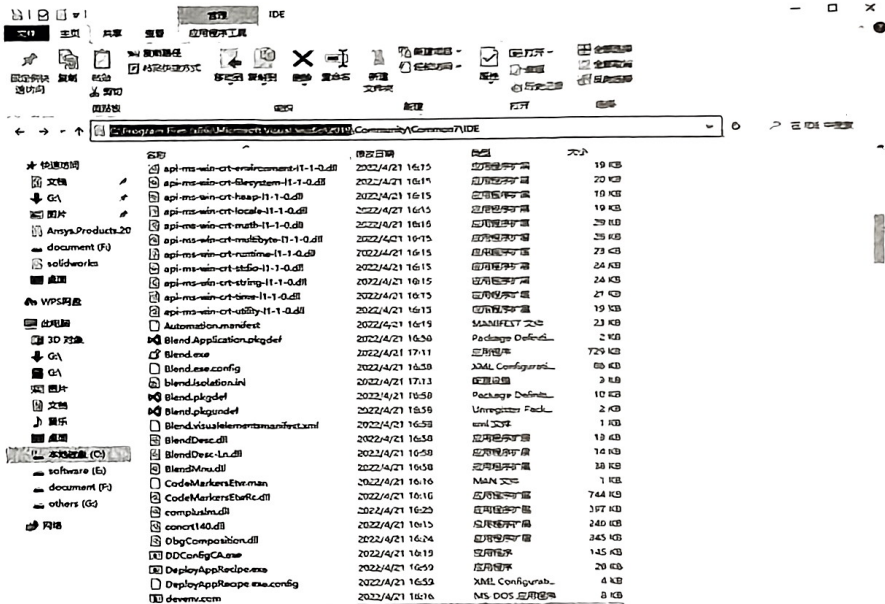


图 1-9 复制文件所在位置的路径

在输入栏中输入：“cmd”字符，单击“确定”，进入 Windows 系统下的命令窗口，如图 1-11 所示。

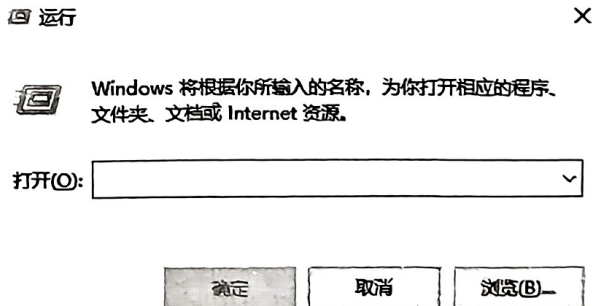


图 1-10 启动 Windows 系统运行窗口

此时，打开 UDF.bat 文件所在位置，长按鼠标左键将 UDF.bat 文件拖入 Windows 系统下的命令窗口，如图 1-12 所示。

切换至 Windows 系统下的命令窗口界面，按下回车键，如图 1-13 所示。

若方法一配置后，仍不能进行 FLU-ENT UDF 环境变量的配置，则采取方法二。此时，需单击“电脑属性”，选择高级系统设置，单击“环境变量”，将环境变量中 INCLUDE、LIB、PATH 三个部分的内容全部删除（图 1-14 方框中内容）。

1.3.2 方法二

(1) 首先，找到文件 vcvars64.bat，本机安装位置为 C:\Program Files (x86)\Microsoft Visual Studio\2019\Community\VC\Auxiliary\Build。若不清楚安装位置，也可通过计算机搜索获得，如图 1-15 所示。由于本机电脑系统为 64 位，所以选择 vcvars64.bat。如果电脑系统为 32 位，则需要找到 vcvars32.bat。

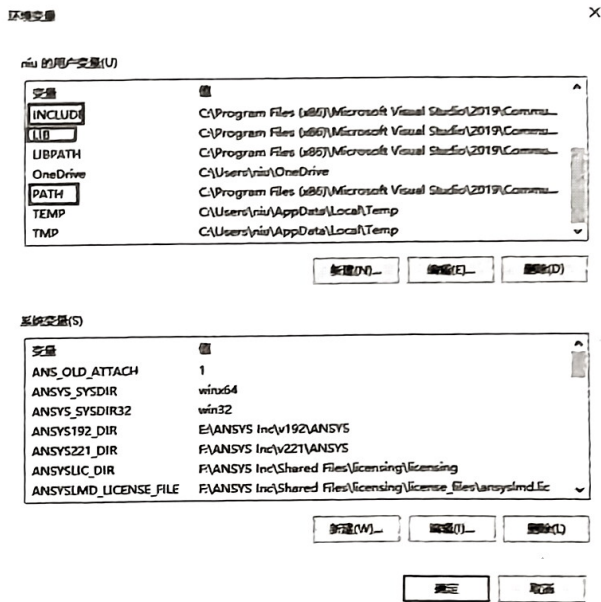


图 1-14 删除已配置的环境变量

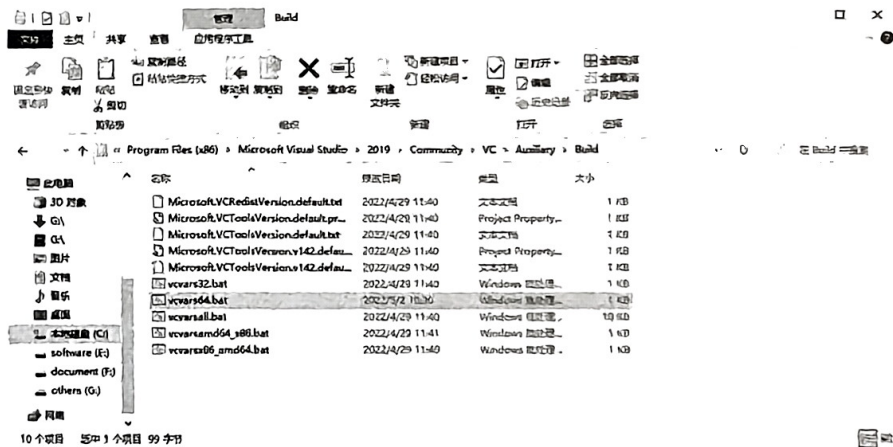


图 1-15 确定 vcvars64.bat 文件位置

(2) 右击文件，选择“编辑”，用记事本打开。在记事本中添加：

```
set INCLUDE>>path.txt
set LIB>>path.txt
set PATH>>path.txt
```

单击左上角“文件”选项，选择“保存”，如图 1-16 所示。此时会出现两种情况。情况一：无保存权限，如图 1-17 所示。

先选择放弃此次编辑，右击 vcvars64.bat 文件，单击“属性”按钮，单击“安全”，再单击“编辑”。然后单击 Users，把 Users 的权限全部勾选，单击“应用”，然后“确定”，如图 1-18 所示。

接下来重复在记事本中的编辑操作，然后保存。

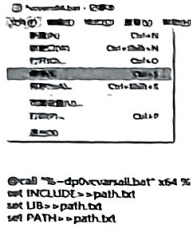
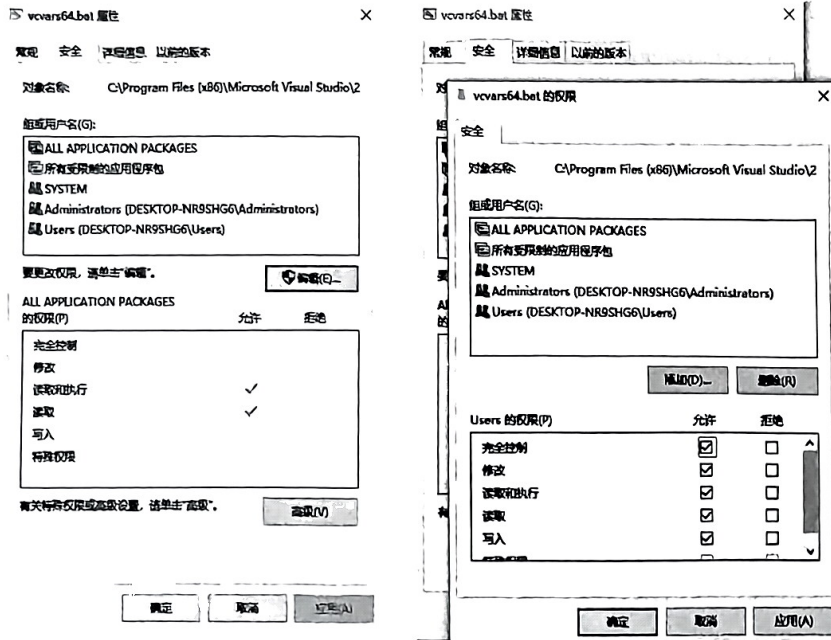


图 1-16 编辑 vcvars64.bat 文件



图 1-17 无权限问题



(a) 权限用户的确定

(b) Users权限的允许

图 1-18 用户权限的更改

情况二：直接保存成功，无需进行“情况一”中的操作。

上述两种情况保存成功后，双击 vcvars64.bat 文件，此时在 vcvars64.bat 文件同一目录中会生成一个 path.txt 文件，右键编辑，如图 1-19 所示。

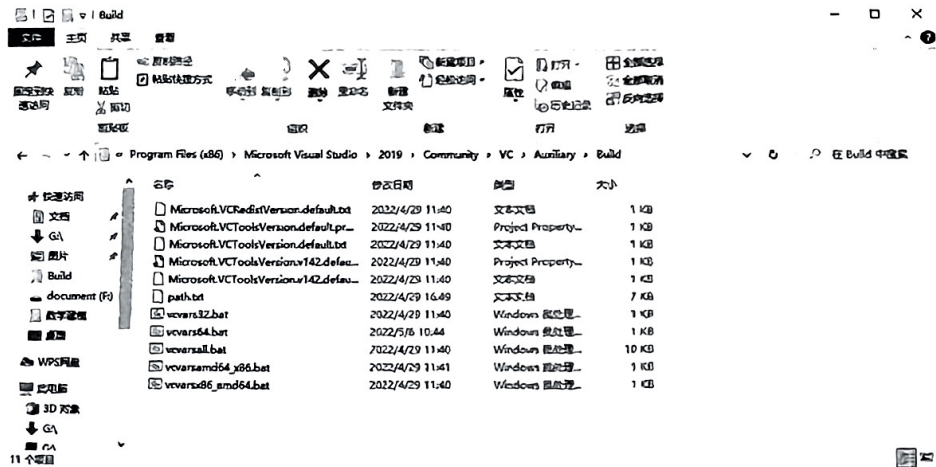


图 1-19 path.txt 文件的生成