

建筑火灾仿真 工程软件 —PyroSim

从入门到精通

黄有波 吕淑然 等编著

PyroSim

▶ **PyroSim软件快速入门:** PyroSim基础知识和操作流程介绍简明扼要, 配合各小节实战练习快速入门

▶ **PyroSim全面精通:** PyroSim模拟案例丰富, 熟练掌握PyroSim应用技巧



化学工业出版社

建筑火灾仿真 工程软件 —PyroSim

从入门到精通

黄有波 吕淑然 等编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书结合作者多年的教学和培训实践,以 PyroSim 的流行版本——6.0 版本为基础,全面系统地介绍了 PyroSim 的使用以及工程应用实例。书中配合各小节实战练习及各阶段仿真模型实例详解,在实例应用中帮助读者不断巩固所学软件知识,将软件学习与实际应用紧密结合,力求帮助读者快速入门并全面精通,最终熟练运用 PyroSim 模拟仿真软件解决实际问题。

本书可作为高等院校安全工程、消防工程、建筑工程专业本科、研究生的教材,也可供广大安防科技工作者使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑火灾仿真工程软件: PyroSim 从入门到精通 /
黄有波等编著. —北京: 化学工业出版社, 2017.5
ISBN 978-7-122-29377-0

I. ①建… II. ①黄… III. ①建筑火灾 - 计算机仿真
- 应用软件 IV. ①TU998.1-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 065583 号

责任编辑: 刘丽宏

责任校对: 宋 夏

文字编辑: 汲永臻

装帧设计: 刘丽萍

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 三河市延凤印装有限公司

710mm×1000mm 1/16 印张 22 $\frac{3}{4}$ 字数 498 千字 2017 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686)

售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 78.00 元

版权所有 违者必究

前言

在社会生活中，火灾已成为威胁公共安全，危害人民群众生命财产安全的一种多发性灾害。据统计，全世界每天发生火灾1万起左右，死亡2000多人，伤3000~4000人，每年火灾造成的直接财产损失达10多亿元。尤其是造成几十人、几百人死亡的特大恶性火灾不断发生，给国家和人民群众的生命财产造成了巨大的损失。总结以往造成群死群伤及重大经济损失的特大火灾教训，其中危害人员最主要的因素是火灾烟气，最重要的是增强烟气探测与控制能力和人员逃生能力。受火灾烟气的危害，火场人员会因窒息或中毒而死亡，距离火灾较近人员也会受火焰高温伤害，只要消防系统设置合理，人员冷静机智运用火场自救与逃生知识，就有可能拯救自己、拯救他人。

PyroSim是由美国国家标准与技术研究院（National Institute of Standards and Technology, NIST）研发的，专用于火灾动态仿真模拟（Fire Dynamic Simulation, FDS）的软件。

笔者在教学中发现，学生对该软件在用于火灾动态仿真及人员疏散仿真时，学习热情高，感觉容易理解且上手快，因此，该软件深受学生欢迎。然而，目前市场没有类似参考书或相关教程。为了满足安全工程、消防工程、建筑安全工程以及制定疏散应急演练教学、科研及设计的需求，结合笔者多年教学实践和科研工作编著成本书。希望本书的出版有助于我国安全工程、消防工程、建筑安全工程的人才培养。

本书以PyroSim的流行版本6.0版本为基础，全面系统地介绍了PyroSim的操作流程，结合火灾仿真案例对软件应用作了详尽解读，使读者在短时间内能够实现从入门到精通的跨越。

全书内容编排紧密结合安全工程、消防工程、建筑安全工程教学需要和特点，选材新颖，注重实用，循序渐进，便于读者学习掌握。本书可作为高等院校安全工程、消防工程、建筑工程专业本科、研究生的教材，也可供广大安防科技工作者使用。

本书的出版还得到了上海曼恒数字技术有限公司的鼎力支持，同时，吕佩桦对本书做了大量文字翻译、校对工作，杨凯博士和董炳燕博士对本书的编写提供了很多建议和帮助，在此向参与此书出版的个人和单位一并表示感谢。

由于水平有限，书中不足之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编著者

PyroSim

目 录

入 门 篇

第 1 章 PyroSim 基础 2

1.1 初识 PyroSim	2
1.1.1 PyroSim 概述	2
1.1.2 PyroSim 购买与安装	3
1.1.3 软件产品登记	4
1.1.4 安装网络版许可证	5
1.1.5 服务器配置	6
1.1.6 启动与退出 PyroSim	8
1.2 PyroSim 工作界面	8
1.2.1 导航视图界面	9
1.2.2 3D 视图界面	10
1.2.3 2D 视图界面	10

第 2 章 PyroSim 基本操作 13

2.1 PyroSim 文件操作	13
2.1.1 新建文件	13
2.1.2 保存文件	13
2.1.3 打开文件	13
2.1.4 加密文件	14
2.1.5 导入文件	14
2.1.6 输出文件	16
2.2 PyroSim 常用菜单操作	17
2.2.1 公用菜单操作	18
2.2.2 常用工具菜单操作	18
2.2.3 图形操作菜单操作	19
2.2.4 图形显示菜单操作	20
2.2.5 树形菜单操作	20
2.2.6 对话框执行按钮用法	21

第 3 章 PyroSim 模拟仿真操作控件 22

3.1	建模前准备	22
3.1.1	单位	22
3.1.2	配色方案	22
3.1.3	View 菜单	23
3.1.4	首选项	24
3.2	坐标系	26
3.3	模型建立	26
3.3.1	新建文件并保存和命名	27
3.3.2	定义反应	28
3.3.3	材料数据	34
3.3.4	创建网格	42
3.3.5	定义和创建物体表面属性	49
3.3.6	创建实体构筑物	57
3.3.7	创建通风口	69
3.4	创建结果输出记录	71
3.4.1	实体剖面	71
3.4.2	切片	72
3.4.3	边界数量	72
3.4.4	等值面	73
3.4.5	绘制 3D 数据	74
3.4.6	数据统计	75
3.4.7	存储模型	76
3.5	创建探测设备和消防灭火设备	76
3.5.1	激活事件	77
3.5.2	创建探测设备	79
3.5.3	创建消防灭火设备	94

第 4 章 运行求解..... 101

4.1	仿真参数 (simulation parameter)	101
4.1.1	时间参数介绍	102
4.1.2	输出参数介绍	102
4.1.3	环境参数介绍	102
4.1.4	粒子参数介绍	103
4.1.5	模拟参数介绍	103
4.1.6	辐射参数介绍	104
4.1.7	几何角度参数介绍	104
4.1.8	其他参数介绍	104
4.2	模拟运行 (Run FDS)	105
4.3	并行执行 (Run Parallel FDS)	106

4.4 恢复一个模拟	106
第5章 结构后处理	107
5.1 Smokeview 查看 3D 结果	107
5.1.1 认识 Smokeview 软件	107
5.1.2 Smokeview 软件原理	108
5.1.3 Smokeview 软件功能	109
5.2 Smokeview 菜单选项	111
5.2.1 Smokeview 主菜单	111
5.2.2 加载/卸载 (Load/Unload)	111
5.2.3 显示/隐藏 (Show/Hide)	113
5.2.4 选项 (Options)	116
5.2.5 对话框 (Dialog)	118
5.3 绘制时间历程结果	119
5.3.1 时间历史结果设置	119
5.3.2 时间历史结果查看	120
第6章 基础模型实例——建模详解	122
6.1 简单房间模型	122
6.1.1 输入反应和材料数据	123
6.1.2 创建网格	124
6.1.3 指定燃烧参数	124
6.1.4 创建表面	125
6.1.5 打造家具 (障碍物)	127
6.1.6 墙	130
6.1.7 使用通风口定义火源和楼层	132
6.1.8 添加一个开放的边界	133
6.1.9 在墙上悬挂图片	134
6.1.10 创建热电偶记录	134
6.1.11 创建 3D 效果绘制的切片记录	135
6.1.12 创建边界记录	135
6.1.13 指定模拟属性	135
6.1.14 保存并运行	135
6.1.15 Smokeview 查看结果	136
6.1.16 查看时间历史结果	137
6.2 空气流动模型	137
6.2.1 创建网格	137
6.2.2 创建进气表面	139
6.2.3 创建微粒释放	140

6.2.4	创建通风口	140
6.2.5	创建开放(排气)通风口	141
6.2.6	创建切片记录	141
6.2.7	指定模拟属性	141
6.2.8	保存模型	142
6.2.9	运行仿真	143
6.2.10	查看粒子运动	143
6.2.11	查看切片数据	143
6.3	房间烟气测量模型	144
6.3.1	创建火源表面	145
6.3.2	创建火源通风口	145
6.3.3	创建开放边界通风口	146
6.3.4	创建网格	147
6.3.5	增加墙	148
6.3.6	增加门	149
6.3.7	旋转模型得到更好的视角	149
6.3.8	增加层区探测设备	150
6.3.9	增加流量测量设备	150
6.3.10	设定模拟时间	150
6.3.11	保存模型	151
6.3.12	开始模拟	151
6.3.13	3D 视图中观看烟雾	152
6.3.14	查看时间历史数据	152

提 高 篇

第 7 章 创建复杂的几何结构

156

7.1	弯曲的墙壁	156
7.1.1	使用墙工具	157
7.1.2	使用块工具	158
7.1.3	旋转对象	158
7.2	桁梁和屋顶	159
7.3	楼梯	161

第 8 章 几何对象编辑操作

164

8.1	鼠标操作	164
8.1.1	选择	164
8.1.2	快捷菜单	164

8.1.3	双击编辑	165
8.1.4	调整图形尺寸	165
8.1.5	2D 视图下转换/拖动对象	166
8.1.6	2D 视图下旋转物体	167
8.2	工具栏操作	167
8.2.1	撤销/重做	167
8.2.2	复制/粘贴	168
8.2.3	转化	168
8.2.4	镜像	168
8.2.5	缩放对话框	169
8.2.6	旋转对话框	170
8.2.7	仅展示选择的对象	170

第9章 提高模型实例——建模详解 171

9.1	电器火灾模型	171
9.1.1	计算网格	173
9.1.2	材料特性	175
9.1.3	保存模型	177
9.1.4	表面性质	177
9.1.5	几何模型	179
9.1.6	后处理控制	193
9.1.7	仿真参数	195
9.1.8	运行分析	195
9.1.9	查看结果	195
9.2	多房间模型	198
9.2.1	输入材料数据	198
9.2.2	创建网格	200
9.2.3	指定燃烧参数	200
9.2.4	创建表面	201
9.2.5	创建地板和墙	204
9.2.6	创建门窗	218
9.2.7	创建家具(障碍物)	229
9.2.8	使用通风口定义火源	243
9.2.9	定义开放边界	243
9.2.10	设置探测器	244
9.2.11	设置水喷淋设备	246
9.2.12	设置切片	248
9.2.13	设置模拟属性	248
9.2.14	保存并运行	249

9.2.15	Smokeview 查看 3D 结果	249
9.2.16	查看时间历史结果	251
9.3	多楼层模型	251
9.3.1	输入材料数据	251
9.3.2	创建网格	252
9.3.3	指定燃烧参数	253
9.3.4	创建表面	253
9.3.5	创建楼层	254
9.3.6	创建第一层楼结构	255
9.3.7	创建第二层楼结构	255
9.3.8	创建楼梯	268
9.3.9	设置模拟属性	272
9.3.10	保存并运行	272
9.3.11	查看结果	273
9.3.12	查看时间历史结果	273

精 通 篇

第 10 章 创建 FDS+EVAC 逃生模型 276

10.1	认识 FDS+EVAC	276
10.1.1	FDS+EVAC 的特点	276
10.1.2	建模注意事项	278
10.1.3	使用疏散模型的简要步骤	279
10.2	FDS+EVAC 建模	280
10.2.1	创建网格	280
10.2.2	导入材料和反应	281
10.2.3	创建表面	281
10.2.4	创建构筑物	281
10.3	FDS+EVAC 菜单	282
10.3.1	人员参数 (Person Types)	283
10.3.2	初始位置 (Initial Positions)	285
10.3.3	疏散孔洞 (Evac Holes)	286
10.3.4	出口 (Exits)	287
10.3.5	入口 (Entrances)	288
10.3.6	门 (Doors)	289
10.3.7	走廊 (Corridors)	290
10.3.8	斜坡/楼梯 (Incline/Stairs)	291

第 11 章 燃气喷射火模型 294

11.1 创建网格	294
11.2 导入材料和反应	295
11.3 创建表面	296
11.3.1 火源表面	296
11.3.2 泄漏表面	296
11.4 创建构筑物	299
11.4.1 创建罐体	300
11.4.2 创建罐盖	301
11.5 设置泄漏孔与点火源	304
11.5.1 设置点火源	304
11.5.2 设置泄漏孔	304
11.6 设置探测设备	304
11.7 设置模拟属性	305
11.8 保存并运行	305
11.9 查看结果	306
11.9.1 图像结果	306
11.9.2 时间历史结果	306

第 12 章 精通模型实例——建模详解 308

12.1 EVAC 疏散模型	308
12.1.1 启用 FDS+EVAC	308
12.1.2 创建网格	308
12.1.3 创建一个出口	309
12.1.4 添加人员	310
12.1.5 指定模拟属性	311
12.1.6 保存模型	311
12.1.7 运行分析	311
12.1.8 查看结果	311
12.2 FDS+EVAC 疏散模型	313
12.2.1 导入反应和材料	313
12.2.2 创建网格	314
12.2.3 用石膏创建墙面	315
12.2.4 创建燃烧器表面	315
12.2.5 创建流场表面	315
12.2.6 创建墙	315
12.2.7 创建走廊墙壁	316
12.2.8 创建燃烧用的障碍物	317

12.2.9	创建门洞	317
12.2.10	创建火灾用通风口	317
12.2.11	创建火源	318
12.2.12	创建疏散流场	318
12.2.13	创建疏散出口	318
12.2.14	设置人员参数	319
12.2.15	添加人员	319
12.2.16	疏散孔洞	320
12.2.17	创建切片	320
12.2.18	边界输出量	320
12.2.19	指定模拟参数	320
12.2.20	保存并运行	321
12.2.21	Smokeview 查看结果	321
12.2.22	查看时间历史结果	322
12.3	复杂建筑物火灾人员疏散模型	323
12.3.1	导入反应和材料	324
12.3.2	创建网格	324
12.3.3	创建表面	327
12.3.4	创建地板与墙壁	328
12.3.5	创建门洞及通风口	335
12.3.6	创建火源	339
12.3.7	创建疏散出口	339
12.3.8	设置疏散门洞	340
12.3.9	设置人员参数	343
12.3.10	添加人员	344
12.3.11	疏散孔洞	344
12.3.12	创建切片	345
12.3.13	边界输出量	345
12.3.14	指定模拟参数	346
12.3.15	保存并运行	346
12.3.16	Smokeview 结果查看	346
12.3.17	查看历史结果	348

参考文献	349
-------------	------------

入门篇

- 第1章 PyroSim 基础
- 第2章 PyroSim 基本操作
- 第3章 PyroSim 模拟仿真操作控件
- 第4章 运行求解
- 第5章 结构后处理
- 第6章 基础模型实例——建模详解

PyroSim

第 1 章 PyroSim 基础

1.1 初识 PyroSim

1.1.1 PyroSim 概述

Thunderhead Engineering PyroSim 简称 PyroSim, 是由美国国家标准与技术研究院 (National Institute of Standards and Technology, NIST)研发的, 是专门用于火灾动态仿真模拟(Fire Dynamic Simulation, FDS)的软件。美国国家标准与技术研究院 (NIST) 直属美国商务部, 主要从事物理、生物和工程方面的基础和应用研究, 以及测量技术和测试方法方面的研究, 提供标准、标准参考数据及有关服务, 在国际上享有很高的声誉。

PyroSim 是在 FDS 的基础上发展起来的, 它为火灾动态模拟 (FDS) 提供了一个图形用户界面。它被用来创建火灾模拟, 准确地预测火灾烟气流动、火灾温度和有毒有害气体浓度分布。软件以计算流体动力学为理论依据, 仿真模拟预测火灾中的烟气、CO 等毒气的流动、火灾温度及烟气浓度的分布; 该软件可模拟的火灾范围很广, 包括日常的炉火、房间火灾以及电气设备引发的多种火灾; 软件除可方便快捷地建模外, 还可直接导入 DXF 和 FDS 格式的模型文件。

PyroSim 最大的特点是提供了三维图形化前处理功能, 可视化编辑可实现在构建模型的同时, 可方便查看所建模型, 使用户从以前使用 FDS 建模的枯燥复杂的命令行中解放出来。

在 PyroSim 里面不仅包括建模、边界条件设置、火源设置、燃烧材料设置和帮助等模块, 还包括 FDS/ Smokeview 的调用以及计算结果的后处理, 用户可以直接在 PyroSim 中运行所建模型。

PyroSim 广泛应用于以下领域:

- ① 性能化建筑防火设计;
- ② 消防安全评估之后的项目验收评估;
- ③ 火灾事故调查;
- ④ 灭火实战与训练;
- ⑤ 用于火灾科学研究;
- ⑥ 火灾自动探测与报警系统的开发等。

PyroSim 是一款人机互动、图形化的用户界面 (前端) 的火灾模拟软件 (FDS)。FDS 模型可预测烟雾、温度、一氧化碳及其他物质在火灾过程中的流动及变化规律。

仿真模拟的目的在于确保建筑物的安全。在建筑设计阶段,利用 FDS 仿真模拟结果,评估建筑物的火灾安全性;此外还可用于建筑物的火灾事故的调查,以及用于协助消防队员的培训。

FDS 是由美国国家标准与技术研究院 (NIST) (McGrattan 等, 2007) 开发的一个功能强大的火灾模拟器。FDS 以计算流体力学 (CFD) 为基础,适用于模拟低速和热驱动流的火灾场景,可灵活地模拟多种火灾,如炉火、储油罐火灾。FDS 和可视化的程序 Smokeview 集成到 PyroSim。

PyroSim 界面可直接输出反馈,确保 FDS 输入文件格式的正确性。用户可以在公制或英制单位间进行选择,也可随时在两者之间进行切换。此外,PyroSim 还提供了高级的二维和三维几何创建功能,如斜墙、背景生成、灵活复制、对象分组,灵活地显示选项,以及拷贝和障碍物的复制。用户可以导入含有 3D 面或 2D 线的 DXF 文件,将在 PyroSim (第 3 章) 中用于创建 3D 结构。

1.1.2 PyroSim 购买与安装

(1) PyroSim 购买 PyroSim 的试用期超过 30 天,用户必须购买新授权码。在 PyroSim 网站可以找到购买选项的列表。用户也可以在网上或通过电话购买 PyroSim。

用户可以填写网站安全订货单在线购买 PyroSim,网址:

<https://www.thunderheadeng.com/PyroSim/buy.php>。

加密的邮购表格和 Thunderhead Engineering (公司) 不保留用户信用信息。一旦网上交易成功,用户将收到一个注册码。接下来按软件注册说明激活授权码。

(2) PyroSim 安装

① 系统要求 PyroSim 在 Microsoft Windows 操作系统上运行。系统 RAM 为 256MB 以上,并配有 OpenGL1.1 或更高版本的图形显卡。用户要想得到更为逼真的模拟效果,建议计算机系统内存为 2GB 以上,图形卡至少为 128MB, CPU 为双核或四核。PyroSim 可以在 multi-core/multi-processor 电脑上并行处理。

② 互联网升级/安装 用户可以直接从互联网下载 PyroSim 免费试用版,网址为: <http://www.PyroSim.com/>。如果用户已有 PyroSim 的安装软件,若使用的是 Host ID 版 (2008.1 或更高版本),安装程序将自动更新 PyroSim 版本,而用户的授权码不变。如果用户使用的是旧版本,需要从 support@thunderheadeng.com 重新申请一个新授权码。

安装 PyroSim 时,确保用户对计算机具有管理员权限。

从互联网上安装 PyroSim:

- a. PyroSim 网站: <http://www.PyroSim.com/>。
- b. 按照说明下载试用版。
- c. 安装程序下载后,双击 SETUP.EXE。

d. 按安装步骤安装。

③ CD 安装 如果用户有一张装有 PyroSim 的 CD 光盘，可以按照以下步骤安装到用户的计算机上。为确保用户能够使用最新版本的 PyroSim 软件，用户可从互联网上对软件进行升级。

从 CD 安装 PyroSim

a. 将装有 PyroSim 的 CD 光盘插入用户计算机的 CD-ROM 驱动器。

b. 安装程序会自动启动。如果不能自动启动，用户可手动启动。方法为：打开 Start 菜单，单击 Run，键入 D: \SETUP.EXE（其中 D 是用户的 CD-ROM 驱动器的盘符），然后单击 OK。

c. 按照安装程序步骤进行安装。

④ 使用不同的（新的或 64 位）FDS 可执行文件 NIST 定期提供 FDS 和 Smokeview 的维护版本，有关 FDS 和 Smokeview 版本的信息显示在输出对话框的顶部。使用新的（或 64 位）可运行的 PyroSim：

a. 从 NIST (<http://fire.nist.gov/fds/>) 下载所需的 PyroSim，并将其保存在用户的计算机上。

b. 在 File 菜单上，单击 Preferences。

c. 打开已下载到用户的电脑的 FDS Execution，点击 Folder 文件。

d. 单击 OK，关闭 Preferences 对话框。

1.1.3 软件产品登记

用户购买得到一个注册码，这是软件运行的密钥。用户必须在 Licensing and Activation 对话框输入这个注册码。使用网上激活注册码：

① 开始 PyroSim。如果目前安装的 PyroSim 未经注册，Licensing and Activation 对话框会自动出现，用户可以跳到第③步。

② 在 Help 菜单上，单击 Licensing。

③ 选择 Online Activation 选项。

④ 在 Key 中输入注册码，如图 1.1 所示。

⑤ 单击 Activate 按钮。

(1) 转移许可 用户的注册码转移到另一台计算机：

① 在 Help 菜单上，单击 Remove License...

② 单击 OK，将永久删除用户的许可证。

③ 对话框显示注册码已被成功删除。复制另一台计算机的机器码并与 Thunderhead Engineering（公司）联系，为这台计算机补发注册码。

④ 关闭 Remove License 对话框，PyroSim 退出当前用户。

(2) 更新 PyroSim 更新 PyroSim 版本，只需运行更新 PyroSim 版本的安装程序即可，用户当前运行的程序文件将被删除，替换为更新的版本，用户的注册码保持不变。

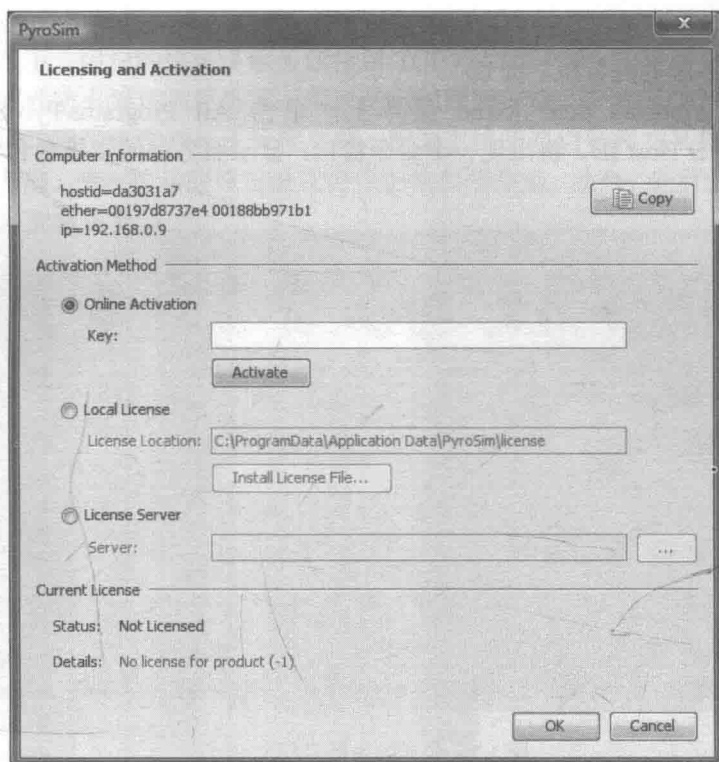


图 1.1 注册码和激活对话框

如果是 PyroSim 永久性用户，用户的免费升级服务已过期，无法正常升级新版本的 PyroSim，系统会要求重新安装老版本的 PyroSim 或购买更新的注册码。

1.1.4 安装网络版许可证

网络版许可证允许一个中央服务器上的多个用户同时运行 PyroSim，用户需要取得网络版 PyroSim 许可证。许可证安装到一台计算机作为服务器，安装网络版 PyroSim 许可证的服务器，将通过网络对安装在任何地方的 PyroSim 许可证进行核对管理，服务器通过网络对多个装有 PyroSim 的终端进行许可管理。

(1) 安装网络注册码管理 将网络版许可证安装在服务器计算机上，作为服务器的许可证。安装 PyroSim 网络注册码管理：

① 下载 PyroSim 的注册码安装程序 (PyroSim License Mgr-setup.exe)。文件从 PyroSim 下载页面下载。

② 使用已注册的账户登录。

③ 运行 PyroSim 许可证安装程序。

在服务器上安装许可证 (rlm.exe)，PyroSim 许可证服务器 (theng.exe) 用于管理服务器的实用程序。要启用网络许可证服务器，用户必须安装许可证文件。

(2) 安装许可证文件 要激活用户的网络许可证，用户必须安装一个许可证文