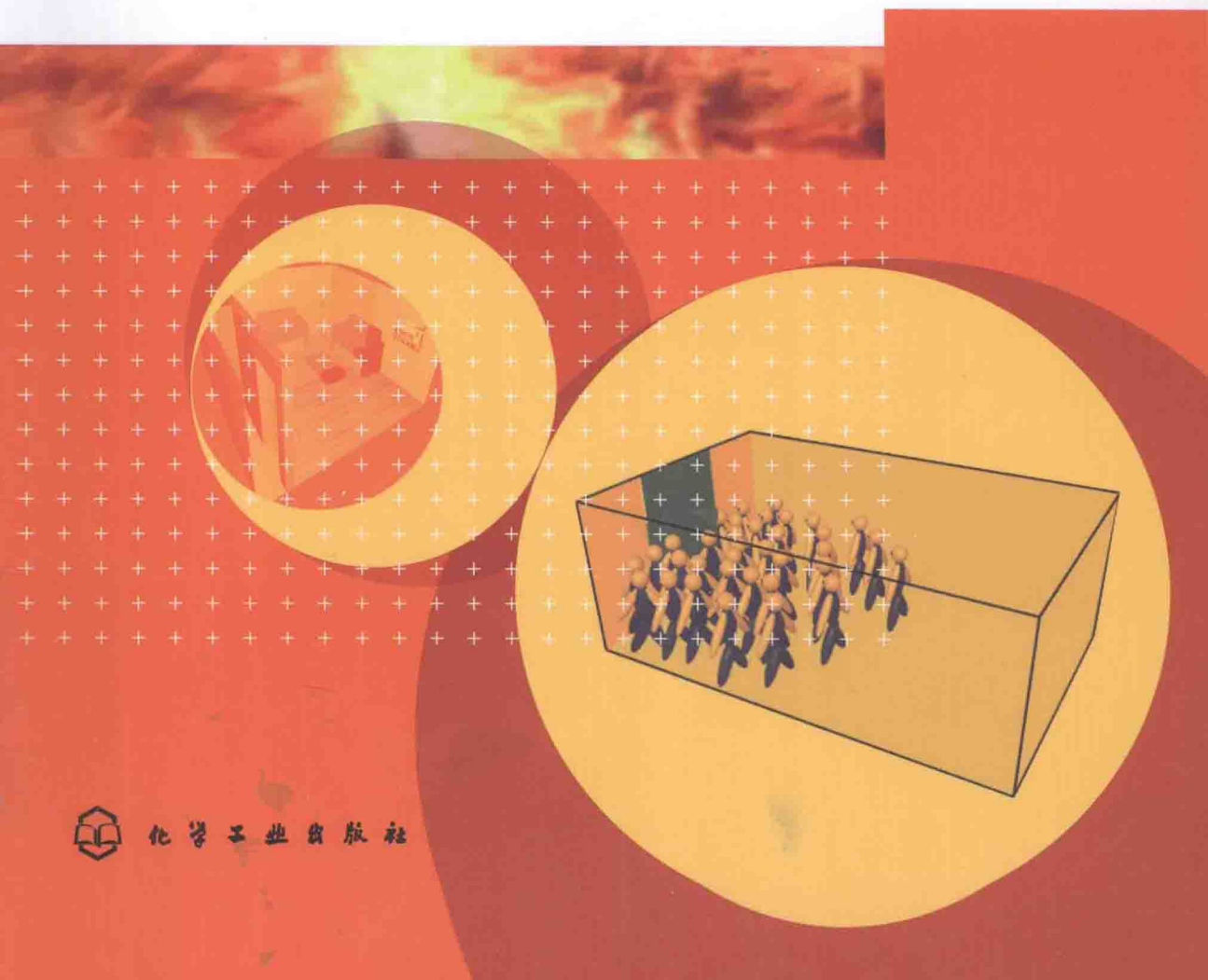


吕淑然 杨凯 编著

火灾与逃生模拟仿真 ——PyroSim+Pathfinder 中文教程与工程应用



化学工业出版社

火灾与逃生模拟仿真 ——PyroSim+Pathfinder 中文教程与工程应用

吕淑然 杨凯 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

火灾与逃生模拟仿真——PyroSim+Pathfinder 中文教程
与工程应用 / 吕淑然, 杨凯编著. —北京: 化学工业出版社,
2014.2

ISBN 978-7-122-19411-4

I. ①火… II. ①吕… ②杨 III. ①火灾-自救互救-
计算机仿真-应用软件 IV. ①X928.7-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 001064 号

责任编辑: 刘丽宏

文字编辑: 吴开亮

责任校对: 宋 玮

装帧设计: 刘丽华

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 装: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 19¼ 字数 487 千字 2014 年 4 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: 88.00 元

版权所有 违者必究

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,其中最根本的一点是要提高人们火场疏散与逃生的能力。一旦火灾降临,在浓烟毒气和烈焰包围下,不少人葬身火海,也有人死里逃生。面对滚滚浓烟和熊熊烈焰,只要冷静机智运用火场自救与逃生知识,就有极大可能拯救自己、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。美国国家标准与技术研究院(NIST)直属美国商务部,从事物理、生物和工程方面的基础及应用研究,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。

Pathfinder是由美国Thunderhead engineering公司开发的一个基于人员进出和运动的模拟器。它提供了图形用户界面的模拟设计和执行,以及三维可视化工具的分析结果,是一套简单、直观、易用的新型智能人员紧急疏散逃生评估系统。

笔者在教学中发现,学生对以上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。同时对Pathfinder的功能与操作结合典型案例进行了详细说明。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。

本书编写过程中借鉴了同行的相关文献资料,在此对这些文献资料的编撰者表示衷心的感谢!

限于时间仓促,书中不当之处难免,请广大读者批评指正。

编著者

第一篇 PyroSim 火灾仿真与案例

1

第1章

Pyrosim 程序概况

1.1 PyroSim 软件介绍 / 2

1.2 PyroSim 入门介绍 / 3

1.2.1 介绍 / 3

1.2.2 PyroSim 安装 / 3

1.2.3 PyroSim 购买 / 4

1.2.4 软件产品登记 / 4

1.2.5 安装网络版许可证 / 5

1.2.6 服务器配置 / 6

1.3 PyroSim 启动与退出 / 7

1.3.1 启动 PyroSim 程序 / 7

1.3.2 退出 PyroSim 程序 / 8

1.3.3 PyroSim 程序组织体系与界面系统构成 / 8

1.4 PyroSim 常用菜单与对话框操作指南 / 9

1.4.1 公用菜单用法 / 9

1.4.2 快捷功能图标按钮用法 / 9

1.4.3 图形操作按钮用法 / 10

1.4.4 图形显示操作按钮用法 / 11

1.4.5 对话框执行按钮用法 / 11

1.5 PyroSim 文件系统和文件操作 / 11

1.5.1 PyroSim 文件类型 / 11

1.5.2 建立一个新的 PyroSim 模型 / 12

1.5.3 保存文件 / 12

1.5.4 打开文件 / 12

1.5.5 防止更改模型 / 13

1.5.6 读入文件 / 13

1.5.7 写出文件 / 15

1.6 PyroSim 基础 / 15

1.6.1 PyroSim 界面 / 15

- 1.6.2 导航视图 / 16
- 1.6.3 3D 视图 / 16
- 1.6.4 2D 视图 / 18
- 1.6.5 截图 / 18
- 1.6.6 首选项 / 18
- 1.6.7 单位 / 18
- 1.6.8 配色方案 / 19
- 1.6.9 View 菜单 / 20

2

第 2 章 PyroSim 标准求解和分析方案制订

2.1 PyroSim 程序模型建立的基本步骤 / 21

2.2 PyroSim 标准求解过程实例演示 / 22

- 2.2.1 创建网格 / 23
- 2.2.2 创建燃烧器表面 / 23
- 2.2.3 创建燃烧器 / 24
- 2.2.4 创建顶部通风口 / 25
- 2.2.5 添加一个热电偶 / 25
- 2.2.6 添加温度切片平面 / 25
- 2.2.7 为更好地查看而旋转模型 / 25
- 2.2.8 保存模型 / 26
- 2.2.9 仿真运行 / 26
- 2.2.10 3D 烟雾 / 26
- 2.2.11 查看温度切面 / 27
- 2.2.12 观看绘制的时间历史结果图 / 28
- 2.2.13 利用命令流文件实现 FDS 解算 / 28
- 2.2.14 PyroSim 求解过程的几点说明 / 29

2.3 制订 PyroSim 分析方案 / 29

- 2.3.1 影响制订分析方案的因素 / 30
- 2.3.2 管理数据库 / 30
- 2.3.3 使用组来组织一个模型 / 33

3

第 3 章 创建几何模型

3.1 建模造型简介 / 34

3.2 坐标系 / 34

3.3 创建楼层 / 34

- 3.3.1 通过楼层来组织建筑模型 / 35
- 3.3.2 添加地板背景图像 / 36

3.4 3D 视图创建几何模型 / 36

3.4.1 创建障碍物 (Obstruction) / 37

3.4.2 创建孔洞 (Hole) / 38

3.4.3 创建通风口 (Vent) / 39

3.4.4 创建板块 (Slab) / 40

3.4.5 创建粒子云 (Particle Cloud) / 41

3.5 2D 视图创建几何模型 / 42

3.5.1 绘制障碍物和孔洞 / 42

3.5.2 绘制墙壁和墙孔 / 43

3.5.3 绘制块和块孔 / 44

3.5.4 绘制房间 / 44

3.5.5 绘制通风口 / 44

3.5.6 绘制粒子云 / 45

3.6 创建复杂的几何结构 / 46

3.6.1 创建弯曲的墙壁 / 46

3.6.2 桁梁和屋顶 / 48

3.6.3 楼梯 / 49

3.7 几何对象的工作 / 50

3.7.1 选择 (Selection) / 50

3.7.2 快捷菜单 (Context Menus) / 51

3.7.3 撤销/重做 (Undo/Redo) / 51

3.7.4 复制/粘贴 Copy/Paste / 52

3.7.5 双击编辑 (Double-Click to Edit) / 52

3.7.6 调整对象尺寸 (Resize an Object) / 52

3.7.7 2D 视图下转换/拖动对象 (Translating /Dragging Objects in 2D View) / 52

3.7.8 2D 视图下旋转物体 (Rotating Objects in 2D View) / 53

3.7.9 转化 (Translate) 对话框 / 53

3.7.10 镜像 (Mirror) 对话框 / 54

3.7.11 缩放 (Scale) 对话框 / 54

3.7.12 旋转 (Rotate) 对话框 / 54

3.7.13 仅展示选择的对象 / 55

4

第 4 章

创建火灾监测设备

4.1 激活事件 / 56

4.1.1 激活控制介绍 / 56

4.1.2 创建激活控制 / 57

4.2 吸气监测系统 / 59

4.2.1 吸气取样设备 / 59

4.2.2 吸气监测系统 / 59

- 4.3 气相和固相设备 / 60**
 - 4.3.1 气相监测设备 / 60
 - 4.3.2 固相监测设备 / 62
- 4.4 热电偶 / 63**
 - 4.4.1 热电偶工作原理 / 63
 - 4.4.2 创建热电偶 / 64
- 4.5 流量测量设备 / 65**
- 4.6 热释放速率监测设备 / 65**
 - 4.6.1 热释放速率 / 65
 - 4.6.2 创建热释放速率监测设备 / 66
- 4.7 层分区设备 / 66**
- 4.8 路径遮蔽（光束）探测设备 / 67**
- 4.9 电缆故障监测设备 / 68**
- 4.10 感温探测设备 / 69**
 - 4.10.1 感温探测器模型 / 69
 - 4.10.2 创建感温探测设备 / 69
- 4.11 感烟探测设备 / 70**
 - 4.11.1 感烟探测设备介绍 / 70
 - 4.11.2 感烟探测器模型 / 71
 - 4.11.3 创建感烟探测设备 / 72
- 4.12 自动喷水灭火设备 / 73**
 - 4.12.1 自动喷水灭火系统介绍 / 73
 - 4.12.2 创建喷头连接模型 / 74
 - 4.12.3 创建喷头连接 / 75
 - 4.12.4 创建喷雾模型 / 76
 - 4.12.5 创建干燥管 / 77
 - 4.12.6 创建自动喷水灭火系统 / 77
- 4.13 喷嘴 / 78**

5

第 5 章

创建 PyroSim 火灾模型

- 5.1 网格 / 80**
 - 5.1.1 网格对话框 / 80
 - 5.1.2 立方体网格 / 81
 - 5.1.3 非立方体网格 / 82
 - 5.1.4 使用多重网格 / 83
 - 5.1.5 2D 视图画网格 / 85
- 5.2 反应 / 85**
 - 5.2.1 导入反应 / 85

- 5.2.2 新建反应对话框 / 87
- 5.2.3 新建反应 / 89
- 5.3 材料 / 91**
 - 5.3.1 导入材料 / 92
 - 5.3.2 材质编辑对话框 / 93
 - 5.3.3 新建固体材质 / 96
 - 5.3.4 新建液体燃料 / 97
- 5.4 额外物质和粒子 / 97**
 - 5.4.1 额外物质 / 97
 - 5.4.2 粒子 / 98
 - 5.4.3 自定义烟雾 / 102
- 5.5 表面 / 102**
 - 5.5.1 表面编辑对话框 / 102
 - 5.5.2 内置表面 / 103
 - 5.5.3 表面类型 / 103
 - 5.5.4 在表面增加纹理 / 109
- 5.6 创建构筑物 and 通风口 / 110**
 - 5.6.1 创建水泥桌凳 / 110
 - 5.6.2 创建门窗 / 111
 - 5.6.3 创建顶部通风口和火源 / 111
- 5.7 创建探测设备 / 112**
 - 5.7.1 创建一个热电偶 / 112
 - 5.7.2 创建烟雾探测器 / 112
 - 5.7.3 创建自动喷淋设备 / 113
- 5.8 输出控制 / 113**
 - 5.8.1 实体轮廓 / 113
 - 5.8.2 切片 / 113
 - 5.8.3 边界数量 / 114
 - 5.8.4 等值面 / 115
 - 5.8.5 绘制 3D 数据 / 115
 - 5.8.6 数据统计 / 116
- 5.9 模型保存 / 117**

6

第 6 章

创建 FDS + EVAC 逃生模型

- 6.1 FDS + EVAC 介绍 / 118**
 - 6.1.1 FDS + EVAC 特点介绍 / 118
 - 6.1.2 建模注意事项 / 120
 - 6.1.3 使用疏散模型的简要步骤 / 121

- 6.2** 创建疏散网格 / 121
- 6.3** 导入反应和材料 / 122
- 6.4** 创建表面 / 123
- 6.5** 创建构筑物 / 123
 - 6.5.1 创建障碍物 / 123
 - 6.5.2 创建通风口 / 123
 - 6.5.3 创建孔洞 / 123
- 6.6** FDS+ EVAC 菜单 / 123
 - 6.6.1 人员参数 (Person Types) / 124
 - 6.6.2 初始位置 (Initial Positions) / 126
 - 6.6.3 疏散孔洞 (Evac Holes) / 126
 - 6.6.4 出口 (Exits) / 127
 - 6.6.5 入口 (Entrances) / 128
 - 6.6.6 门 (Doors) / 129
 - 6.6.7 走廊 (Corridors) / 131
 - 6.6.8 斜坡/楼梯 (Incline/Stairs) / 132

7

第 7 章

运行求解

- 7.1** 仿真参数 (Simulation Parameter) / 134
- 7.2** 模拟运行 (Run FDS) / 137
- 7.3** 并行执行 (Run Parallel FDS) / 138
- 7.4** 恢复一个模拟 / 138

8

第 8 章

结果后处理

- 8.1** Smokeview 查看 3D 结果 / 139
 - 8.1.1 Smokeview 软件介绍 / 139
 - 8.1.2 Smokeview 软件原理 / 140
 - 8.1.3 Smokeview 功能介绍 / 141
- 8.2** Smokeview 菜单选项 / 142
 - 8.2.1 Smokeview 主菜单 / 143
 - 8.2.2 载入/卸载 (Load/Unload) / 143
 - 8.2.3 显示/隐藏 (Show/Hide) / 144
 - 8.2.4 选项 (Options) / 147
 - 8.2.5 对话框 (Dialogs) / 149
- 8.3** 绘制时间历程结果 / 149
 - 8.3.1 时间历史结果设置 / 150

9

第 9 章

PyroSim 仿真综合练习

9.1 房间火灾模型实例练习 / 152

- 9.1.1 输入反应和材料数据 / 153
- 9.1.2 创建网格 / 153
- 9.1.3 指定燃烧参数 / 154
- 9.1.4 创建表面 / 155
- 9.1.5 打造家具（障碍物） / 156
- 9.1.6 墙 / 160
- 9.1.7 使用通风口定义火源和楼层 / 161
- 9.1.8 添加一个开放的边界 / 162
- 9.1.9 在墙上悬挂图片 / 162
- 9.1.10 创建热电偶记录 / 163
- 9.1.11 创建片绘制 3D 效果记录 / 163
- 9.1.12 创建边界记录 / 163
- 9.1.13 指定模拟属性 / 163
- 9.1.14 保存并运行 / 164
- 9.1.15 Smokeview 查看结果 / 164
- 9.1.16 查看时间历史结果 / 165

9.2 空气流动实例练习 / 165

- 9.2.1 创建网格 / 166
- 9.2.2 创建进气表面 / 166
- 9.2.3 创建微粒释放 / 167
- 9.2.4 创建通风口 / 167
- 9.2.5 创建开放（排气）通风口 / 167
- 9.2.6 创建切片记录 / 168
- 9.2.7 指定模拟属性 / 168
- 9.2.8 保存模型 / 169
- 9.2.9 运行仿真 / 169
- 9.2.10 查看粒子运动 / 169
- 9.2.11 查看切片数据 / 170

9.3 房间烟气测量实例练习 / 171

- 9.3.1 创建火源表面 / 171
- 9.3.2 创建火源通风口 / 172
- 9.3.3 创建开放边界通风口 / 173
- 9.3.4 创建网格（Mesh） / 173
- 9.3.5 增加墙 / 174
- 9.3.6 增加门（Door） / 175

9.3.7 旋转模型得到更好的视角 / 175

9.3.8 增加层区探测设备 / 176

9.3.9 增加流量测量设备 / 176

9.3.10 设定模拟时间 / 176

9.3.11 保存模型 / 176

9.3.12 开始模型 / 176

9.3.13 View Smoke in 3D / 176

9.3.14 查看时间历史数据 / 178

9.4 电器开关火灾模型实例练习 / 179

9.4.1 计算网格 / 181

9.4.2 材料特性 / 182

9.4.3 保存模型 / 184

9.4.4 表面性质 / 184

9.4.5 几何模型 / 186

9.4.6 后处理控制 / 199

9.4.7 仿真参数 / 200

9.4.8 运行分析 / 200

9.4.9 查看结果 / 201

9.5 单个房间的 EVAC 实例练习 / 203

9.5.1 启用 FDS+EVAC / 203

9.5.2 创建网 / 203

9.5.3 创建一个出口 / 204

9.5.4 添加人员 / 205

9.5.5 指定模拟属性 / 205

9.5.6 保存模型 / 206

9.5.7 运行分析 / 206

9.5.8 查看结果 / 206

9.6 单房间 FDS+ EVAC 实例练习 / 207

9.6.1 导入反应和材料 / 207

9.6.2 创建网格 / 208

9.6.3 用石膏创建墙面 / 209

9.6.4 创建燃烧表面 / 209

9.6.5 创建流场表面 / 209

9.6.6 创建墙 / 210

9.6.7 创建走廊墙壁 / 210

9.6.8 创建燃烧用的障碍物 / 211

9.6.9 创建门洞 / 211

9.6.10 创建火灾用通风口 / 211

9.6.11 创建火源 / 212

9.6.12 创建疏散流场 / 212

9.6.13 创建疏散出口 / 212

- 9.6.14 设置人员参数 / 213
- 9.6.15 添加人员 / 213
- 9.6.16 设置疏散孔洞 / 213
- 9.6.17 创建切片 / 214
- 9.6.18 边界输出量 / 214
- 9.6.19 指定模拟参数 / 214
- 9.6.20 保存并运行 / 214
- 9.6.21 Smokeview 查看结果 / 214
- 9.6.22 查看时间历史结果 / 216

第二篇 Pathfinder 中文教程与案例分析

10

第 10 章

Pathfinder 功能概述

- 10.1 图形用户界面 / 218
- 10.2 模型展现 / 220
- 10.3 模拟方式 / 220
- 10.4 局限性及存在的问题 / 221
- 10.5 模拟器的名字 / 221

11

第 11 章

Pathfinder 程序基础

- 11.1 导航视图 / 222
- 11.2 3D 和 2D 视图 / 223
 - 11.2.1 3D 导航视图 / 224
 - 11.2.2 2D 导航视图 / 224
 - 11.2.3 重置视图 / 224
 - 11.2.4 在 3D 和 2D 视图中绘图 / 224
- 11.3 视图选项 / 225
 - 11.3.1 渲染选项 / 225
 - 11.3.2 人员显示 / 225
 - 11.3.3 房间着色 / 225
 - 11.3.4 房间透明 / 226
- 11.4 群体模型组织 / 226
 - 11.4.1 创建次群组 / 226
 - 11.4.2 改变组 / 226

12.1 楼层 / 227

12.1.1 自动创建楼层 / 227

12.1.2 手动创建楼层 / 229

12.1.3 改变活动楼层 / 229

12.1.4 显示所有楼层 / 229

12.1.5 编辑楼层 / 229

12.2 房间 / 230

12.2.1 添加新房间 / 230

12.2.2 添加房间的薄墙 / 231

12.2.3 分割房间 / 231

12.2.4 分离和合并的房间 / 232

12.3 障碍物/洞 / 233

12.3.1 任意形状的障碍物（书桌、餐桌等） / 233

12.3.2 墙 / 234

12.4 门 / 235

12.4.1 薄门 / 235

12.4.2 厚门 / 236

12.5 楼梯 / 236

12.5.1 两条边的楼梯 / 237

12.5.2 从一条边延伸的楼梯 / 238

12.6 坡道 / 239**12.7 电梯 / 239**

12.7.1 创建电梯 / 240

12.7.2 电梯表示法 / 241

12.7.3 编辑电梯 / 242

12.7.4 连接/非连接楼层 / 242

12.8 出口 / 243**12.9 导入文件 / 243**

12.9.1 导入图像 / 243

12.9.2 导入 DXF 文件 / 244

12.9.3 导入 PyroSim 和 FDS 文件 / 245

12.10 使用导入的数据 / 245

12.10.1 使用图像 / 245

12.10.2 使用 3D 的 DXF、PyroSim 和 FDS 文件 / 246

12.10.3 使用 2D 的 DXF 数据 / 246

12.10.4 创建丢失的部分 / 247

13

第 13 章

创建群体

13.1 扼要描述 / 249

13.2 行为 / 251

13.2.1 创建新行为 / 251

13.2.2 添加动作 / 252

13.2.3 去航点的动作 / 252

13.2.4 去房间的动作 / 252

13.2.5 通过电梯逃生的动作 / 253

13.2.6 等待动作 / 253

13.3 添加群体 / 254

13.3.1 创建个体 / 254

13.3.2 创建群体 / 254

13.3.3 放置在房间内 / 255

13.4 重新分布描述和行为 / 256

14

第 14 章

编辑和复制对象

14.1 改变和复制对象 / 257

14.1.1 移动 / 257

14.1.2 旋转 / 258

14.1.3 镜像 / 260

14.2 用控制点来操作对象 / 260

14.2.1 选择和取消的控制点 / 261

14.2.2 编辑控制点 / 261

14.2.3 房间控制点 / 261

14.2.4 薄门控制点 / 261

14.2.5 厚门控制点 / 262

14.2.6 台阶和斜坡控制点 / 262

14.2.7 群体控制点 / 262

14.2.8 航点控制点 / 263

15

第 15 章

模型分析

15.1 测量距离 / 264

15.2 检查连通 / 264

15.3 检查正在使用的对象 / 266

16

第 16 章

模拟

- 16.1 参数 / 267
- 16.2 仿真的启动和管理 / 269
- 16.3 仿真的暂停和开始 / 270
- 16.4 被困群体 / 270

17

第 17 章

结果

- 17.1 总结报告 / 271
- 17.2 门的通过率 / 272
- 17.3 房间历史记录 / 273
- 17.4 3D 结果 / 273
 - 17.4.1 导航到模型任意位置 / 273
 - 17.4.2 显示几何文件输入 / 274
 - 17.4.3 显示群体 / 274
 - 17.4.4 选择群体 / 274
 - 17.4.5 查看多楼层问题 / 274
 - 17.4.6 动画回放 / 277
 - 17.4.7 刷新结果 / 277
 - 17.4.8 查看群体路径 / 277
 - 17.4.9 控制图细节/速度 / 278
 - 17.4.10 制作电影 / 278

18

第 18 章

宿舍公寓模型实例

- 18.1 创建房间 / 281
- 18.2 添加人员 / 285
- 18.3 设置模拟参数并模拟 / 287
- 18.4 查看结果 / 288

第一篇

PyroSim 火灾仿真 与案例

- 第 1 章 PyroSim 程序概况 / 2
- 第 2 章 PyroSim 标准求解和分析方案制订 / 21
- 第 3 章 创建几何模型 / 34
- 第 4 章 创建火灾监测设备 / 56
- 第 5 章 创建 PyroSim 火灾模型 / 80
- 第 6 章 创建 FDS + EVAC 逃生模型 / 118
- 第 7 章 运行求解 / 134
- 第 8 章 结果后处理 / 139
- 第 9 章 PyroSim 仿真综合练习 / 152