

目录

快速开始	2
安装	2
第一个示例	2
核心 API	2
Mesh 类	2
Model 类	3
高级用法	4
并行计算	4
自定义材料模型	4
故障排除	4
常见问题	4
版本历史	5
v2.1.0 (2025-05-01)	5
v2.0.0 (2025-01-15)	5

快速开始

安装

通过 pip 安装 Phynexis:

```
1 pip install phynexis
```

bash

提示

建议使用虚拟环境安装，避免与系统 Python 包冲突。

```
1 python -m venv venv
2 source venv/bin/activate # Linux/macOS
3 # venv\Scripts\activate   # Windows
```

bash

第一个示例

```
1 from phynexis import Model, Mesh
2
3 # 创建简单网格
4 mesh = Mesh.rectangle(width=1.0, height=1.0, nx=20, ny=20)
5
6 # 定义材料模型
7 model = Model(mesh)
8 model.set_material(young=210e9, nu=0.3, rho=7850)
9
10 # 求解
11 result = model.solve()
12 print(f"最大位移: {result.max_displacement:.6f} m")
```

python

核心 API

Mesh 类

网格是有限元分析的基础。Mesh 类提供多种工厂方法创建常见几何。

类方法

Mesh.rectangle

签名: Mesh.rectangle(width, height, nx, ny)

参数:

参数	类型	说明
width	float	矩形宽度
height	float	矩形高度
nx	int	x 方向单元数
ny	int	y 方向单元数

返回: Mesh 实例

属性

```
1 mesh.nodes          # ndarray, shape (n_nodes, 2) - 节点坐标
2 mesh.elements       # ndarray, shape (n_elements, 4) - 四边形单元拓扑
3 mesh.n_nodes        # int - 节点总数
4 mesh.n_elements     # int - 单元总数
```

python

Model 类

Model 封装了物理场求解的完整流程。

核心方法

```
1 model = Model(mesh)
2
3 # 设置材料参数
4 model.set_material(young=210e9, nu=0.3)
5
6 # 施加边界条件
7 model.fix_boundary(tag="left")          # 固定左侧边界
8 model.apply_force(tag="right", fx=1e6)  # 右侧施加力
9
10 # 求解
11 result = model.solve(solver="direct")
```

python

注意

solve() 方法默认使用直接求解器。对于大规模问题 (> 100,000 DOF)，建议使用 "cg" 或 "gmres" 迭代求解器：

```
1 result = model.solve(solver="cg", preconditioner="ilu")
```

python

高级用法

并行计算

Phynexis 支持 MPI 并行和 OpenMP 多线程。

```
1 from phynexis.parallel import ParallelContext
2
3 with ParallelContext(nprocs=4) as ctx:
4     model = Model(mesh, comm=ctx.comm)
5     result = model.solve()
```

python

危险

在 `ParallelContext` 内部分配大规模数组时，务必确保每个进程只分配自己的局部部分。全局数组会导致内存溢出：

```
1 # ❌ 错误：每个进程都分配了全局矩阵
2 global_K = np.zeros((n_global, n_global))
3
4 # ✅ 正确：只分配局部矩阵
5 local_K = np.zeros((n_local, n_local))
```

python

自定义材料模型

通过继承 `Material` 基类实现自定义本构：

```
1 from phynexis.material import Material
2
3 class HyperelasticMaterial(Material):
4     def __init__(self, C10, C01):
5         self.C10 = C10
6         self.C01 = C01
7
8     def stress(self, F):
9         # F: 变形梯度
10        # 返回: PK1 应力张量
11        ...
12
13    def tangent(self, F):
14        # 返回: 切线模量
15        ...
```

python

故障排除

常见问题

Q: 导入时报错 `ImportError: cannot import name 'Model' from 'phynexis'`

说明你安装的是旧版本。请升级：

```
1 pip install --upgrade phynexis
```

bash

Q: 求解器收敛失败

检查以下事项：

1. 边界条件是否充分约束了刚体位移
2. 材料参数是否合理（特别是泊松比接近 0.5 时）
3. 网格质量是否太差

Q: 并行计算结果与串行不一致

确保所有随机操作（如网格重编号）使用了相同的种子：

```
1 import numpy as np
2 np.random.seed(42)
```

python

版本历史

v2.1.0 (2025-05-01)

- 新增 GPU 加速求解器（CUDA 后端）
- 支持非线性材料模型
- 改进 mesh 生成器，支持任意多边形

v2.0.0 (2025-01-15)

- 重构核心 API，向后兼容 v1.x
- 引入 `Model` 类统一求解接口
- 新增 Python 类型注解