

# MindFlow 核心功能演示

MindFlow 用户

2026 年 1 月 19 日

0

目录

<b>1</b>	<b>类选项概览</b>	<b>1</b>
1.1	Section 样式一览 . . . . .	1
1.2	其他选项 . . . . .	1
<b>2</b>	<b>数学定理环境</b>	<b>2</b>
2.1	原版 amsthm 环境 . . . . .	2
2.2	美化版定理环境 (tcolorbox) . . . . .	2
<b>3</b>	<b>提示框环境</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>导读与总结框</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>数学宏库</b>	<b>5</b>
5.1	微分与积分算子 . . . . .	5
5.2	函数空间与范数 . . . . .	5
5.3	常用集合与收敛 . . . . .	5
5.4	深度学习符号 . . . . .	6
<b>6</b>	<b>代码环境</b>	<b>6</b>

<b>7 图文混排环境</b>	<b>7</b>
7.1 textfigure 环境 . . . . .	7
7.2 parallelfigures 环境 . . . . .	7
7.3 figurerow 环境 . . . . .	8
7.4 figuregrid 环境 . . . . .	8
<b>8 科学绘图 (PGFPlots)</b>	<b>9</b>
8.1 默认样式 (mfplot) . . . . .	9
8.2 暗色主题 (mfplot-dark) . . . . .	10
8.3 极简样式 (mfplot-minimal) . . . . .	10
8.4 柱状图样式 (mfplot-bar) . . . . .	11
8.5 散点图样式 (mfplot-scatter) . . . . .	11
<b>9 TikZ 绘图库</b>	<b>12</b>
9.1 神经网络结构图 . . . . .	12
9.2 图论示例 . . . . .	13
9.3 流程图示例 . . . . .	13
9.4 有限状态机 . . . . .	14
9.5 拓扑空间示意 . . . . .	14
<b>10 高级拓扑图形</b>	<b>14</b>
10.1 基本拓扑曲面 . . . . .	15
10.2 Klein 瓶与八字形 . . . . .	15
10.3 纤维丛示意 . . . . .	16
10.4 同伦等价 . . . . .	16
10.5 交换图 (范畴论) . . . . .	16
10.6 向量场 . . . . .	17
10.7 曲线积分区域 . . . . .	17
<b>11 古卷轴与公式注释</b>	<b>18</b>
11.1 古卷轴 (Papyrus) 效果 . . . . .	18
11.2 公式注释系统 . . . . .	18
11.3 公式流程图 (Kohn-Sham 风格) . . . . .	19

<b>12 计算机科学可视化</b>	<b>19</b>
12.1 类继承层次图 . . . . .	20
12.2 数据结构可视化 . . . . .	20
12.2.1 数组 . . . . .	20
12.2.2 链表 . . . . .	20
12.2.3 二叉树 . . . . .	21
12.2.4 栈 . . . . .	21
12.3 蝴蝶网络 (FFT) . . . . .	21
12.4 有限状态机 . . . . .	21
<b>13 化学与物理可视化</b>	<b>22</b>
13.1 元素周期表 . . . . .	22
13.2 分子结构 . . . . .	23
13.2.1 水分子 . . . . .	23
13.2.2 甲烷分子 . . . . .	23
13.2.3 乙烯 (双键) . . . . .	23
13.3 能级图 . . . . .	24
13.4 化学反应图 . . . . .	24
13.5 粒子物理标准模型 . . . . .	24
13.6 几何分类图 . . . . .	25
<b>14 高级数学流程图</b>	<b>25</b>
14.1 迭代算法流程图 (Newton 法) . . . . .	26
14.2 科学计算流程 . . . . .	27
14.3 研究 workflow . . . . .	27
<b>15 3D 几何可视化</b>	<b>28</b>
15.1 长方体 (隐藏边处理) . . . . .	28
15.2 正四面体 . . . . .	29
<b>16 神经网络可视化</b>	<b>29</b>
16.1 多层感知机 (MLP) . . . . .	30
16.2 变分自编码器 (VAE) . . . . .	30

<b>17 概率树与卷积运算</b>	<b>30</b>
17.1 概率树 . . . . .	31
17.2 卷积运算 . . . . .	31
<b>18 TQFT 协边图</b>	<b>32</b>
18.1 基础协边 . . . . .	32
18.2 柱面 (恒等态射) . . . . .	32
18.3 晶格与拓扑等价 . . . . .	32
<b>19 电磁波与光学</b>	<b>33</b>
19.1 线偏振波 . . . . .	33
19.2 偏振片 . . . . .	33
<b>20 水印与批注系统</b>	<b>34</b>
20.1 水印功能 . . . . .	34
20.2 批注命令 . . . . .	34
<b>21 列表环境</b>	<b>35</b>
21.1 无序列表 . . . . .	35
21.2 有序列表 . . . . .	35
21.3 方框编号列表 . . . . .	35
<b>22 数学公式</b>	<b>36</b>
22.1 行内与行间公式 . . . . .	36
22.2 多行公式 . . . . .	36
<b>23 总结</b>	<b>37</b>

【注意】文档模式

- MindFlow 提供三种文档模式：
- note (默认) - 基于 ctexart，适合日常笔记
  - book - 基于 ctexbook，适合系统教材
  - report - 基于 ctexrep，适合实验报告

1.1 Section 样式一览

MindFlow 提供 10 种 Section 样式，可通过类选项切换：

表 1 Section 样式对照表		
选项	类别	视觉效果
secstyle-classic	基础	蓝色编号块 + 浅蓝背景 (默认)
secstyle-modern	基础	大号编号 + 渐变底边线
secstyle-minimal	基础	左侧竖线 + 纯文本
secstyle-boxed	基础	边框卡片 + 阴影
secstyle-neon	极客	□ 霓虹发光 (赛博朋克)
secstyle-terminal	极客	□ 终端命令行风格
secstyle-gradient	极客	□ 蓝紫渐变背景
secstyle-elegant	极客	□ 金色装饰线 (学术典雅)
secstyle-blueprint	极客	□ 蓝图网格背景
secstyle-ribbon	极客	□ 折叠丝带效果

1.2 其他选项

- linux / mac / win - 平台字体配置

- review - 启用行号显示 (审稿模式)
- chapnum / nochapnum - 章节编号 / 全局连续编号

## 2

## 数学定理环境

### 2.1 原版 amsthm 环境

**定理 1** (Lax-Milgram 定理). 设  $V$  是 Hilbert 空间,  $a(\cdot, \cdot)$  是  $V$  上的有界强制双线性形式,  $F \in V'$ . 则存在唯一的  $u \in V$  使得  $a(u, v) = F(v)$ ,  $\forall v \in V$ .

*证明.* 利用 Riesz 表示定理构造算子  $A : V \rightarrow V$ , 证明其为双射。 □

### 2.2 美化版定理环境 (tcolorbox)

#### 定理 2.2 (梯度下降收敛定理)

设  $f : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$  是  $L$ -光滑凸函数, 若使用步长  $\eta = \frac{1}{L}$  的梯度下降:

$$x_{k+1} = x_k - \eta \nabla f(x_k)$$

则有  $f(x_k) - f(x^*) \leq \frac{L\|x_0 - x^*\|^2}{2k}$ 。

#### 证明

由  $L$ -光滑性, 对任意  $x, y$ :

$$f(y) \leq f(x) + \nabla f(x)^\top (y - x) + \frac{L}{2} \|y - x\|^2$$

令  $y = x_{k+1}$ , 代入整理即得。 □

### 定义 2.1 (Sobolev 空间 $W^{k,p}$ )

设  $\Omega \subset \mathbb{R}^n$  是开集,  $k \in \mathbb{N}$ ,  $1 \leq p \leq \infty$ 。定义

$$W^{k,p}(\Omega) := \{u \in L^p(\Omega) \mid D^\alpha u \in L^p(\Omega), |\alpha| \leq k\}$$

其中  $D^\alpha u$  是弱导数。

### 引理 3 (Grönwall 引理)

若  $y(t) \leq a(t) + \int_0^t b(s)y(s) \, ds$ , 则  $y(t) \leq a(t) + \int_0^t a(s)b(s)e^{\int_s^t b(r) \, dr} \, ds$ 。

### 推论 4 (能量估计)

对于抛物方程, 解的  $L^2$  范数随时间指数衰减。

### 例 2.1 (热方程初边值问题)

考虑域  $\Omega$  上的热方程:

$$\frac{\partial u}{\partial t} - \Delta u = 0, \quad u|_{\partial\Omega} = 0, \quad u(x, 0) = u_0(x)$$

注

美化版环境与原版环境共享计数器, 编号格式为 section-编号。

3

提示框环境

### 【注意】关于 physics 包

MindFlow 加载了 physics 包，提供 `\pdv`, `\grad`, `\norm` 等便捷命令。

### 【技巧】性能优化建议

1. 使用 mini-batch 梯度下降平衡效率与稳定性
2. 添加学习率预热 (warmup) 避免初期震荡
3. 使用梯度裁剪防止梯度爆炸

### 【警告】数值稳定性

计算 softmax 时应先减去最大值防止溢出：

$$\text{softmax}(z_i) = \frac{e^{z_i - \max(z)}}{\sum_j e^{z_j - \max(z)}}$$

### 【结论】本节要点

- notice - 信息提示 (蓝色)
- tip - 技巧建议 (绿色)
- warning - 警告注意 (橙色)
- conclusion - 总结归纳 (紫色)

## 4

## 导读与总结框

### 本节导读

导读框适合放在章节开头，概述本节内容和学习目标。支持自定义标题。

*i*



1. 总结框适合放在章节结尾
2. 用于归纳核心知识点
3. 帮助读者复习回顾

## 5.1 微分与积分算子

### 【定义】微分与积分宏

- 偏导数:  $\frac{\partial u}{\partial t}, \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$  (二阶)
- 微分元:  $dx, dy, dt, d\mu$  (测度)
- 区域积分:  $\int_{\Omega} f \, dx, \int_{\mathbb{R}^n} f \, dx$
- 边界积分:  $\int_{\partial\Omega} g \, ds$

热方程的经典形式:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \quad x \in \Omega, \quad t > 0$$

## 5.2 函数空间与范数

- Sobolev 空间:  $W^{1,p}(\Omega), H^1(\Omega)$
- $L^p$  空间:  $L^p(\Omega), L^2(\Omega)$
- 范数:  $\|f\|_{L^p}, \|f\|_{L^2}$

## 5.3 常用集合与收敛

- 数集:  $\mathbb{R}$  (实数),  $\mathbb{N}$  (自然数),  $\mathbb{Z}$  (整数),  $\mathbb{Q}$  (有理数),  $\mathbb{C}$  (复数)
- 收敛:  $u_n \rightharpoonup u$  (弱收敛),  $X \hookrightarrow Y$  (嵌入)

■ 极限:  $\lim_{n \rightarrow \infty} a_n, \lim_{x \rightarrow 0^+} f(x)$

## 5.4 深度学习符号

### 【定义】深度学习符号表

- 基础: 损失  $\mathcal{L}$ , 数据集  $\mathcal{D}$ , 模型  $\mathcal{M}$ , 参数  $\theta$
- 概率: 期望  $\mathbb{E}[\cdot]$ , 概率  $\mathbb{P}(\cdot)$ , KL 散度  $\text{KL}(P\|Q)$
- 激活:  $\text{ReLU}(x)$ ,  $\sigma(x)$ ,  $\tanh(x)$ ,  $\text{softmax}(z)$
- 网络:  $\text{Conv}(x)$ ,  $\text{LSTM}(x)$ ,  $\text{BatchNorm}(x)$ ,  $\text{Dropout}(x)$
- 向量:  $\mathbf{x}$ ,  $\mathbf{W}$ ,  $\mathbf{b}$

## 6

## 代码环境

代码 6-1: PyTorch 神经网络示例

```
1 import torch
2 import torch.nn as nn
3
4 class SimpleNet(nn.Module):
5     def __init__(self, input_dim, hidden_dim, output_dim):
6         super().__init__()
7         self.fc1 = nn.Linear(input_dim, hidden_dim)
8         self.relu = nn.ReLU()
9         self.fc2 = nn.Linear(hidden_dim, output_dim)
10
11     def forward(self, x):
12         x = self.relu(self.fc1(x))
13         return self.fc2(x)
14
15 # 训练循环
```

```

16 model = SimpleNet(784, 256, 10)
17 optimizer = torch.optim.Adam(model.parameters(), lr=1e-3)

```

代码 6-2: LaTeX 定理环境使用

```

1 \begin{theoremnew}{定理名称}
2     定理内容...
3 \end{theoremnew}

4

5 \begin{proofnew}
6     证明过程...
7 \end{proofnew}

```

## 7

## 图文混排环境

### 7.1 textfigure 环境

图文并排环境，支持左右布局：

神经网络的训练过程可以通过损失函数的下降曲线来监控。理想情况下，训练损失和验证损失应该同时下降并趋于稳定。

如果验证损失在某个点开始上升而训练损失继续下降，则说明模型出现了过拟合。此时可以考虑：增加训练数据、使用正则化 (L2, Dropout)、提前停止训练。

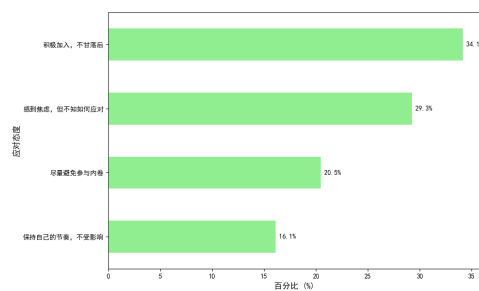
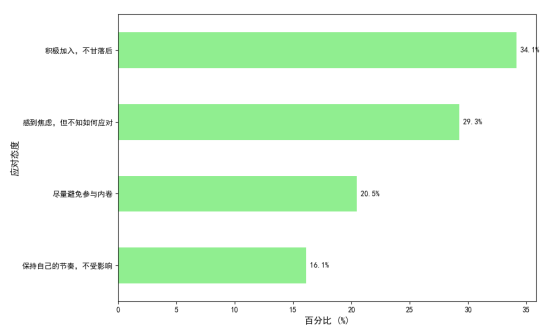


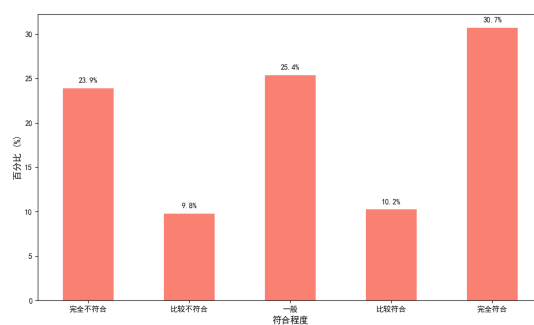
图 1 训练曲线示例

### 7.2 parallelfigures 环境

并列双图环境：



(a) 训练损失

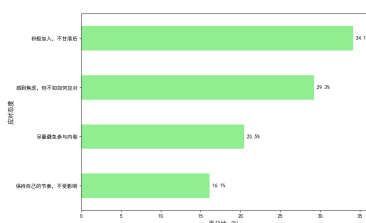


(b) 验证损失

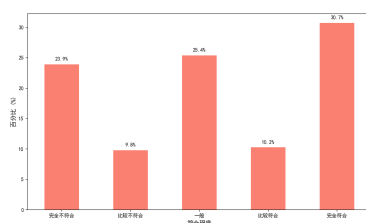
图 2 训练过程对比

## 7.3 figurerow 环境

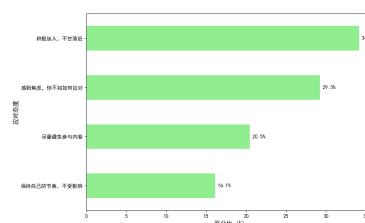
多图行环境，支持自定义列数：



(a)  $\eta = 0.001$



(b)  $\eta = 0.01$

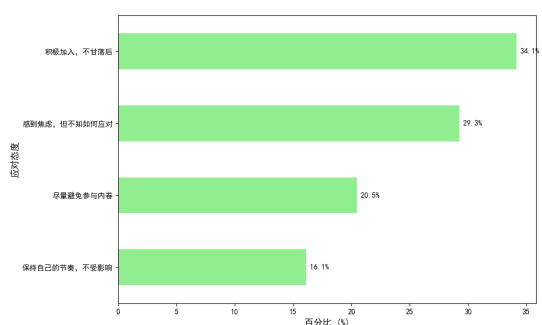


(c)  $\eta = 0.1$

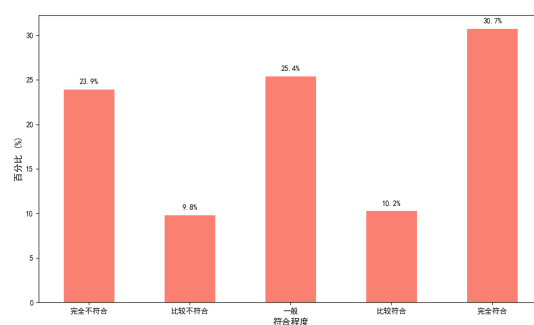
图 3 不同学习率的训练效果

## 7.4 figuregrid 环境

网格布局环境：



(a) ResNet



(b) VGG

图 4 模型架构对比

MindFlow 提供 6 种预设绘图样式，满足不同场景需求：

表 2 PGFPlots 样式一览

样式	用途	特点
mfplot	通用折线图	网格 + 彩色标记 (默认)
mfplot-dark	暗色主题	黑底 + 霓虹配色
mfplot-minimal	极简风格	无网格 + 箭头坐标轴
mfplot-bar	柱状图	分类数据可视化
mfplot-scatter	散点图	数据分布展示
mfplot-area	面积图	堆叠区域展示

### 8.1 默认样式 (mfplot)

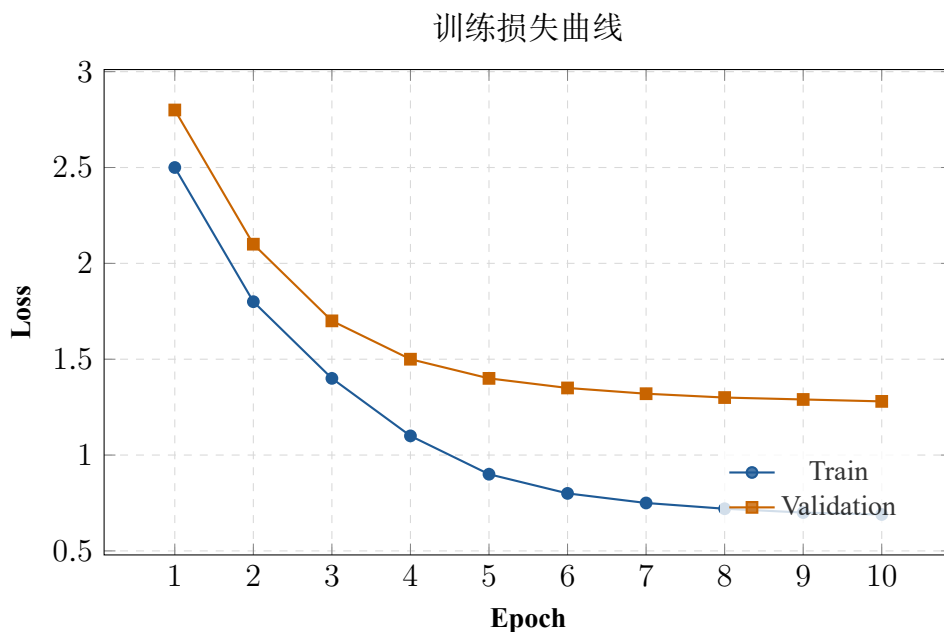


图 5 mfplot: 标准折线图，适合训练曲线展示

## 8.2 暗色主题 (mplot-dark)

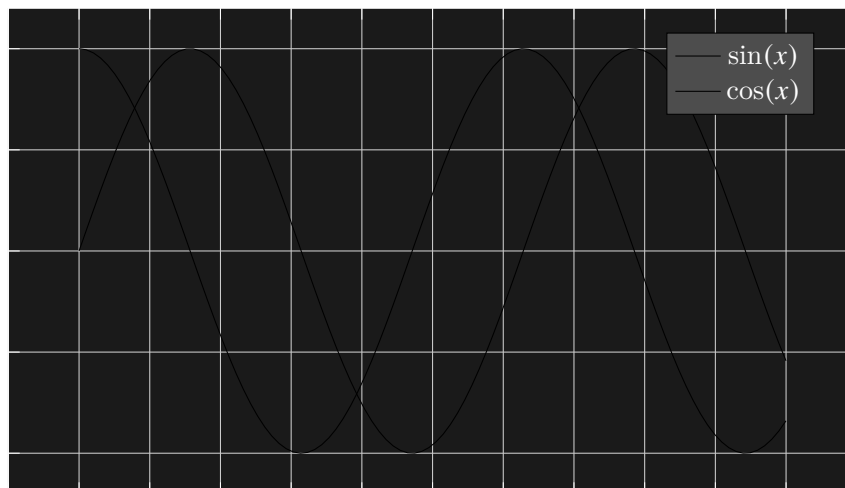


图 6 mplot-dark: 暗色主题, 适合演示文稿

## 8.3 极简样式 (mplot-minimal)

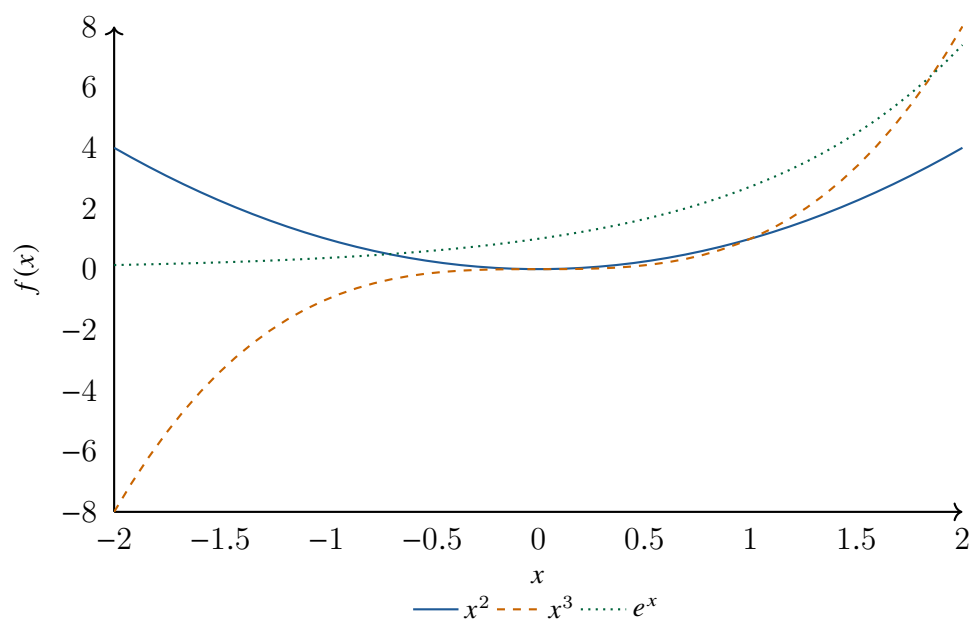


图 7 mplot-minimal: 极简风格, 适合教材插图

## 8.4 柱状图样式 (mfpplot-bar)

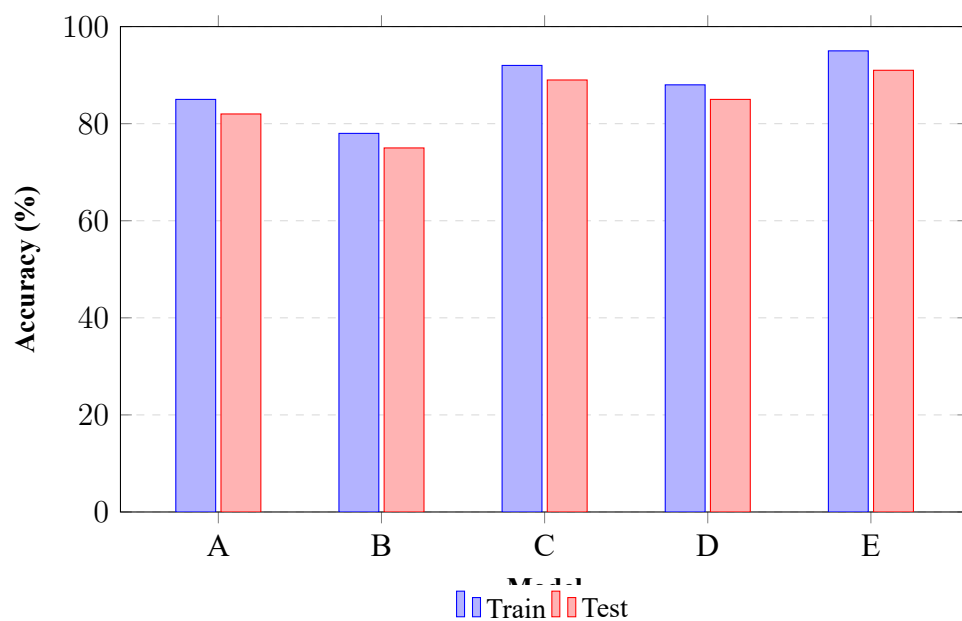


图 8 mfpplot-bar: 柱状图, 适合模型对比

## 8.5 散点图样式 (mfpplot-scatter)

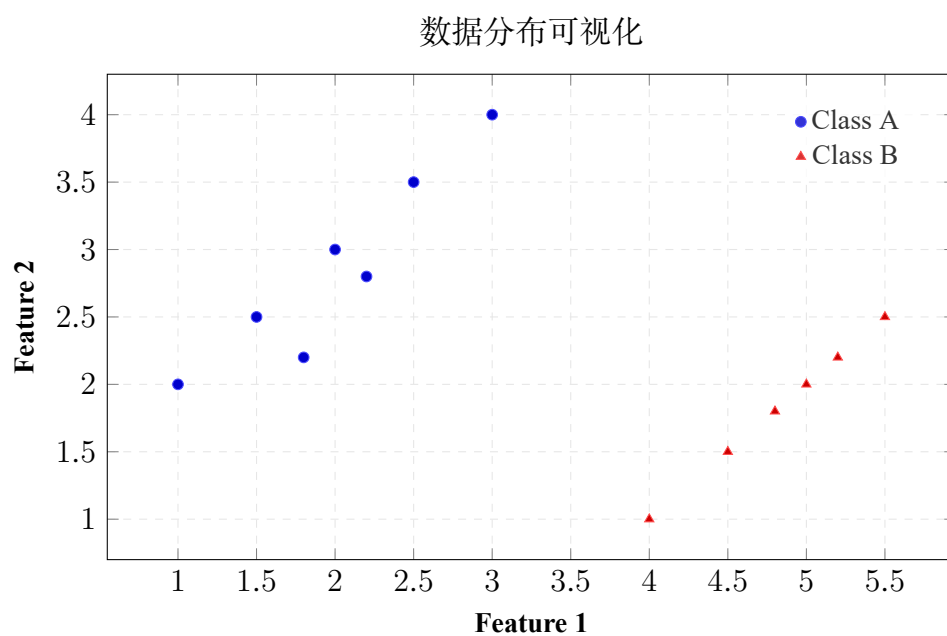


图 9 mfpplot-scatter: 散点图, 适合分类数据展示

- 所有样式可通过 [style, key=value] 进一步自定义
- 使用 \addplot+[...] 可覆盖默认样式
- 复杂图形建议使用 \pgfplotstableread 读取外部数据

## 9

## TikZ 绘图库

MindFlow 提供了丰富的 TikZ 预设样式，用于绘制神经网络、图论、流程图、拓扑空间等。

表 3 TikZ 样式分类

类别	样式	用途
通用节点	mfnode, mfbox, mfdiamond	基础图形节点
神经网络	neuron, input neuron, nnedge	网络结构图
图论	graphedge, dirgraphedge, edgelabel	图与路径
流程图	process, decision, terminal	算法流程
状态机	state, transition, loop edge	有限自动机
拓扑	open set, closed set, point	拓扑空间

### 9.1 神经网络结构图

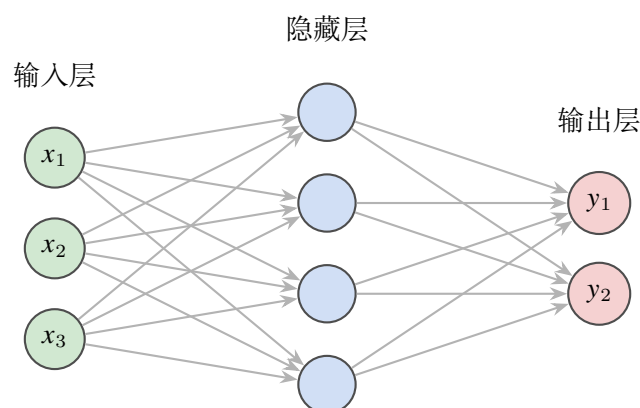


图 10 全连接神经网络结构 (使用 neuron 样式)



## 9.2 图论示例

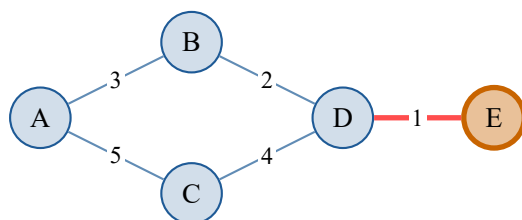


图 11 加权图 (使用 mfnnode + graphedge + edgelabel)

## 9.3 流程图示例

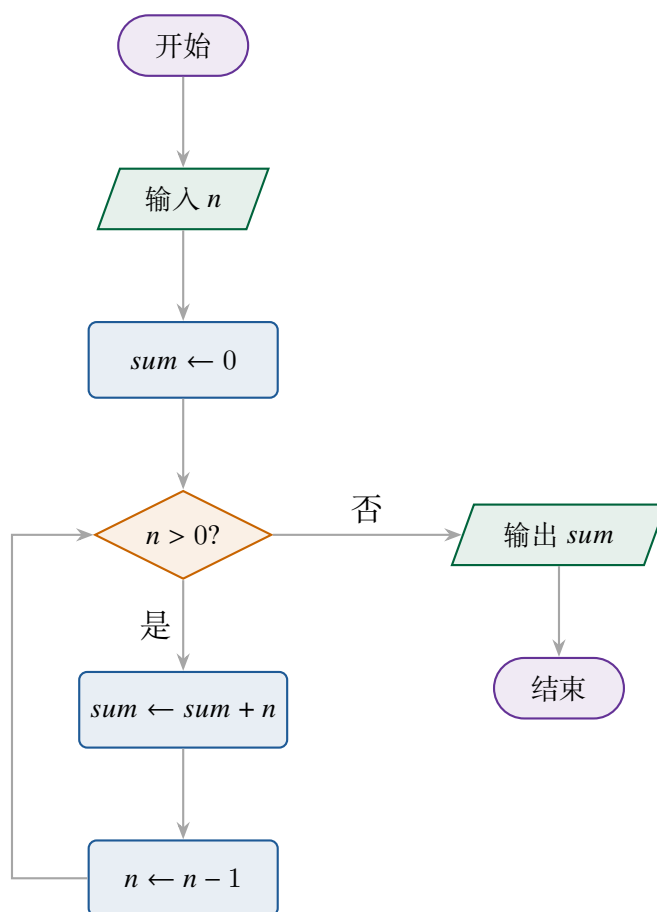


图 12 求和算法流程图 (使用 process/decision/terminal/io)

## 9.4 有限状态机

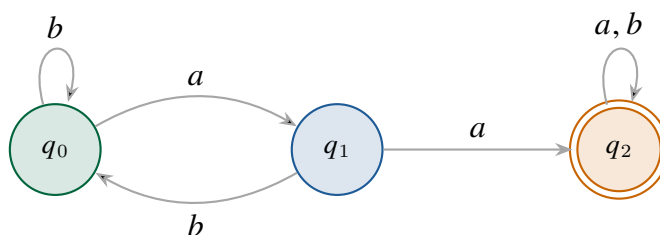


图 13 有限自动机 (使用 state/initial state/final state)

## 9.5 拓扑空间示意

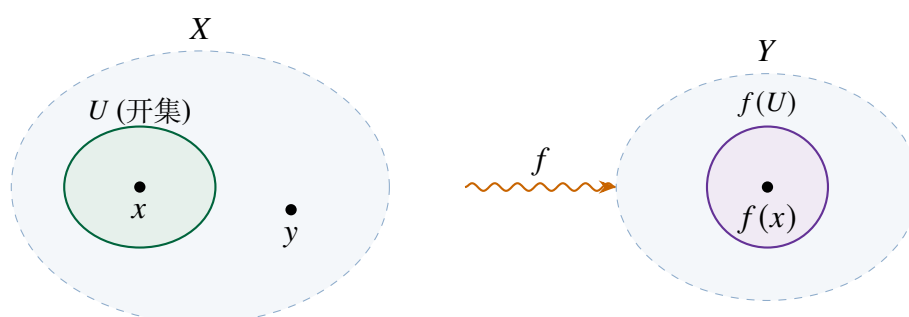


图 14 连续映射示意图 (使用 topology space/open set/closed set)

### 【注意】TikZ 样式使用说明

所有样式可直接使用或组合，例如：

- `\node[mfnode] (A) at (0,0) {A};` - 创建圆形节点
- `\draw[graphedge] (A) -- (B);` - 绘制无向边
- `\node[state, highlight node] ...` - 组合样式

## 10

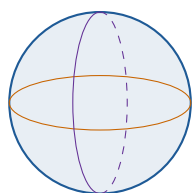
## 高级拓扑图形

MindFlow 提供了专业的拓扑学图形绘制命令，支持常见拓扑曲面的可视化。

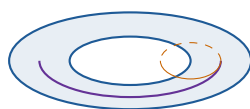
表 4 拓扑绘图命令

命令	曲面	参数
<code>\sphere</code>	球面 $S^2$	位置 + 半径
<code>\torus</code>	环面 $T^2$	位置 + 大/小半径
<code>\cylinder</code>	圆柱面	位置 + 半径 + 高度
<code>\kleinbottle</code>	Klein 瓶	位置 + 缩放
<code>\bouquet</code>	八字形	位置 + 缩放
<code>\fiberbundle</code>	纤维丛	位置 + 底空间半径 + 纤维高度

## 10.1 基本拓扑曲面



球面  $S^2$



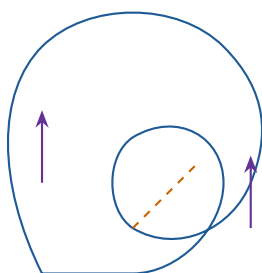
环面  $T^2$



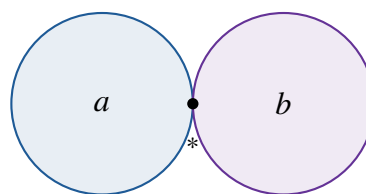
圆柱面

图 15 常见拓扑曲面：球面、环面、圆柱面

## 10.2 Klein 瓶与八字形



Klein 瓶 (不可定向)



八字形  $S^1 \vee S^1$   
 $\pi_1 = \mathbb{Z} * \mathbb{Z}$

图 16 非平凡拓扑空间示例

### 10.3 纤维丛示意

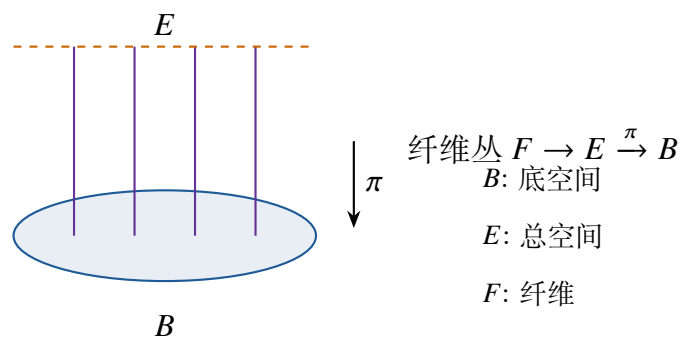


图 17 纤维丛的几何结构

### 10.4 同伦等价

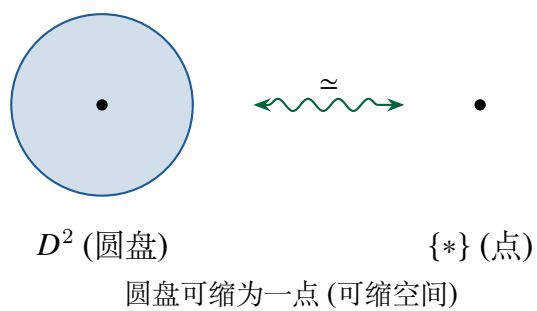


图 18 同伦等价示意

### 10.5 交换图 (范畴论)

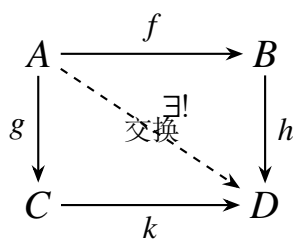


图 19 交换图:  $h \circ f = k \circ g$

## 10.6 向量场

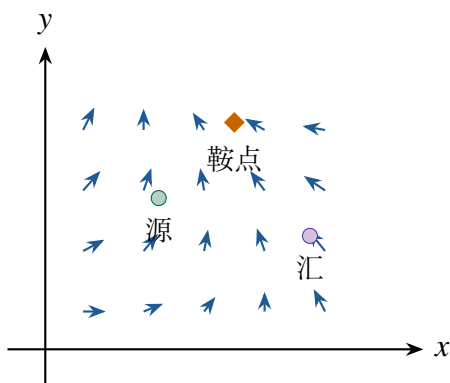


图 20 向量场与奇点分类

## 10.7 曲线积分区域

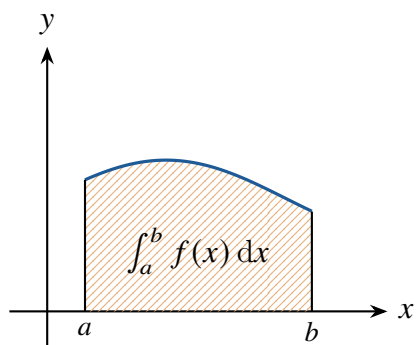


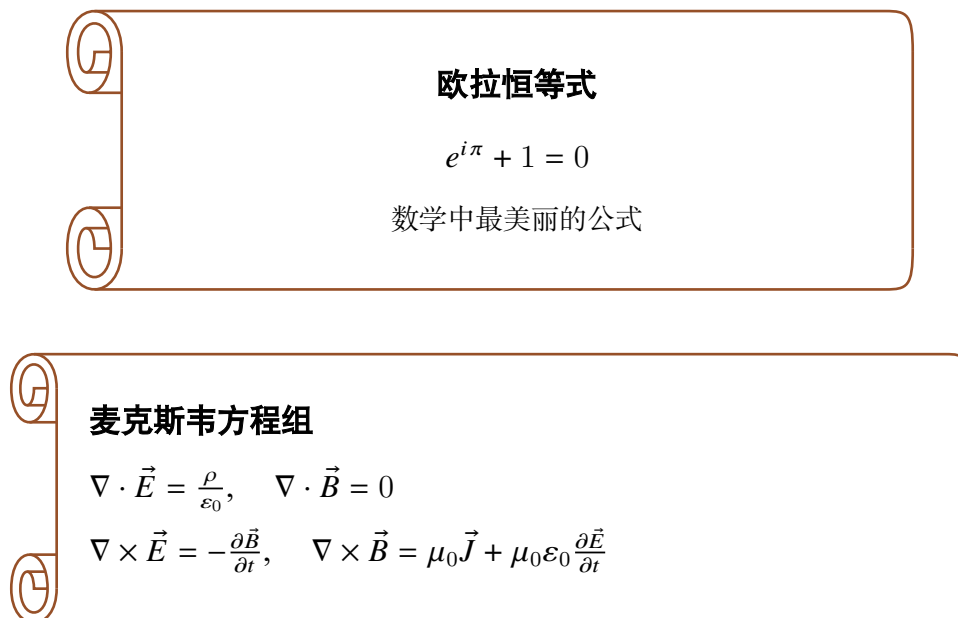
图 21 定积分的几何意义

### 【技巧】高级拓扑绘图建议

1. 使用 `\sphere`, `\torus` 等命令快速绘制标准曲面
2. 交换图使用 `cd arrow`, `cd mono`, `cd epi` 等样式
3. 向量场使用 `\vectorfield` 命令自动生成
4. 所有命令支持可选参数自定义 TikZ 样式

## 11.1 古卷轴 (Papyrus) 效果

使用 `\papyrus` 命令创建类似古老羊皮纸卷轴效果的装饰文本框：



## 11.2 公式注释系统

使用 `formulaexplain` 环境为公式添加详细的分项解释：

动能算符

非相对论形式

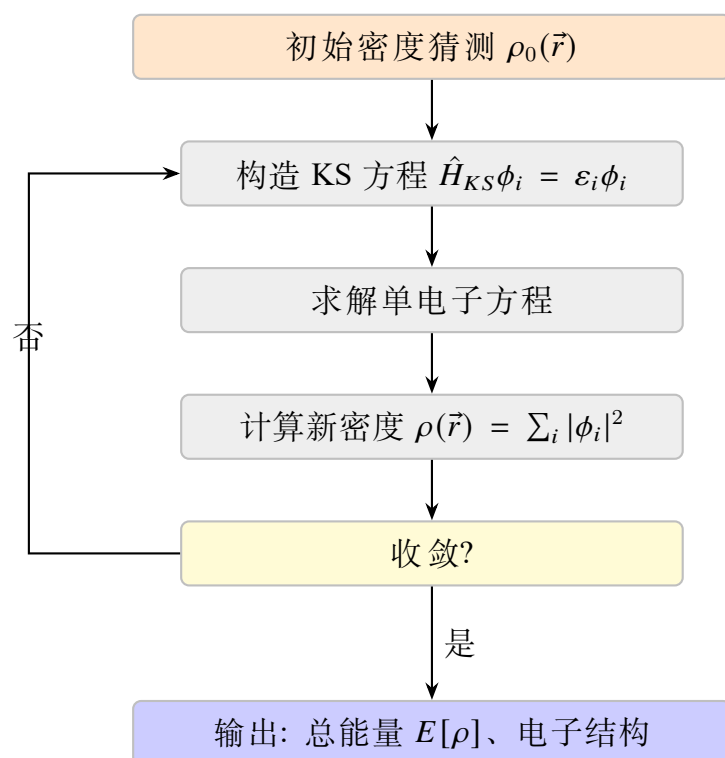
$$\boxed{-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2} + \boxed{V(\vec{r})} \quad \psi = E\psi$$

势能项

外场或相互作用

### 11.3 公式流程图 (Kohn-Sham 风格)

使用 `formulaflow` 环境创建自洽计算流程图：



#### 【注意】公式注释命令参考

- `\papyrus[缩放]{内容}` - 卷轴装饰框
- `eq part=颜色` - 公式组件高亮框
- `eq label` - 说明文字样式
- `ks box`, `ks input`, `ks output` - 流程图框

## 12

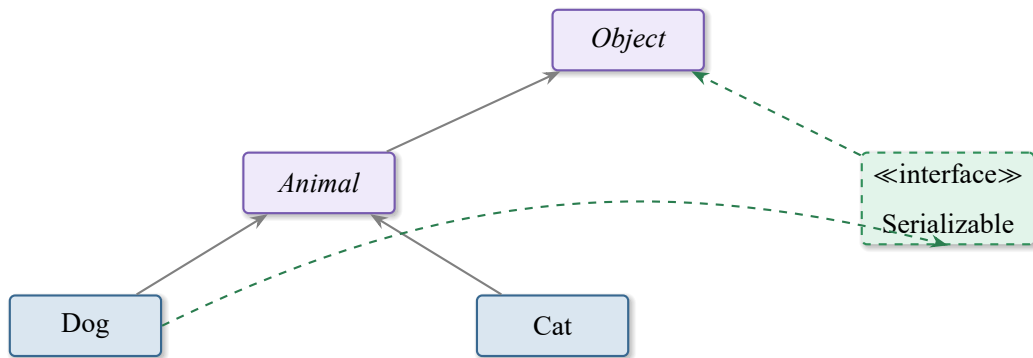
## 计算机科学可视化

MindFlow 提供了专业的计算机科学图形样式，用于绘制类继承图、数据结构、算法流程等。

表 5 CS 可视化样式分类

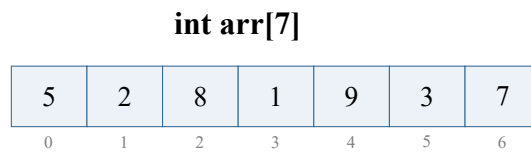
类别	主要样式	用途
层次结构	hasse node, inherit arrow	类继承/Hasse 图
UML	uml class, aggregation	类图设计
蝴蝶网络	bf node, bf op	FFT/并行算法
数据结构	array cell, tree node	数组/树/链表
内存图	memory block, register	内存布局
状态机	fsm state, fsm trans	FSM/DFA

## 12.1 类继承层次图



## 12.2 数据结构可视化

### 12.2.1 数组



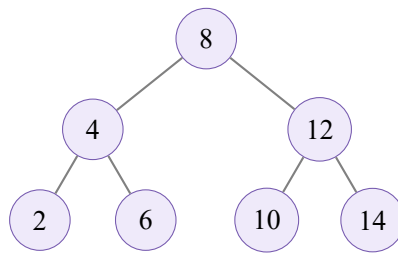
### 12.2.2 链表





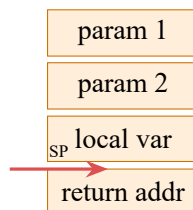
### 12.2.3 二叉树

二叉搜索树

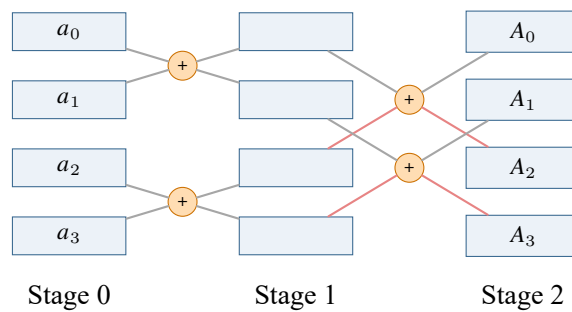


### 12.2.4 栈

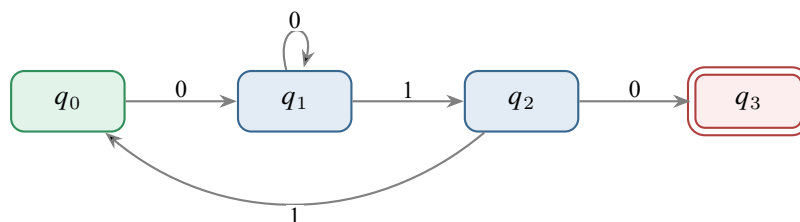
调用栈



## 12.3 蝴蝶网络 (FFT)



## 12.4 有限状态机



### 【技巧】CS 可视化使用建议

1. 使用 `hassediagram` 环境绘制类继承图
2. 使用 `datastructure` 环境绘制数据结构
3. `\drawarray` 和 `\drawstack` 是便捷的快捷命令
4. 蝴蝶网络使用 `bf node + bf op` 组合

## 13

## 化学与物理可视化

MindFlow 提供了专业的化学和物理图形样式，用于绘制元素周期表、分子结构、能级图等。

表 6 化学/物理可视化样式分类

类别	主要样式	用途
元素周期表	alkali metal, halogen	元素分类
粒子物理	quark, lepton, gauge boson	标准模型
分子结构	carbon, single bond	有机化学
能级图	energy level, transition arrow	量子力学
化学反应	reactant, reaction arrow	反应方程

### 13.1 元素周期表

元素周期表使用不同颜色区分元素类别：

1 <b>H</b>		2 <b>He</b>		
3 <b>Li</b> Lithium	4 <b>Be</b> Beryllium	6 <b>C</b> Carbon	9 <b>F</b> Fluorine	10 <b>Ne</b> Neon

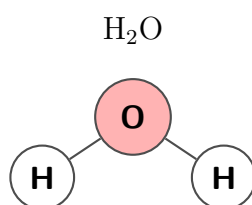
图 22 元素周期表片段 (使用 `element` 样式)

### 【注意】元素类别样式

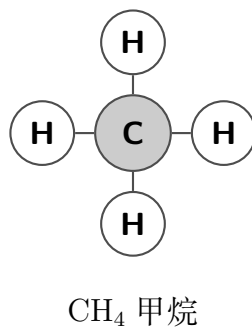
- alkali metal - 碱金属 (红色)
- alkaline earth - 碱土金属 (橙色)
- nonmetal - 非金属 (绿色)
- halogen - 卤素 (黄色)
- noble gas - 稀有气体 (青色)

## 13.2 分子结构

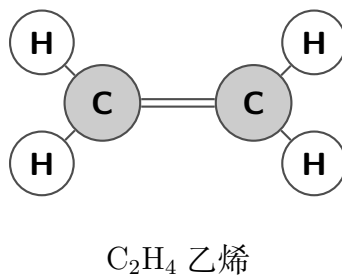
### 13.2.1 水分子



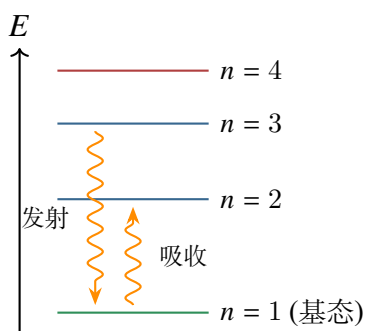
### 13.2.2 甲烷分子



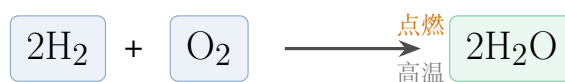
### 13.2.3 乙烯 (双键)



### 13.3 能级图



### 13.4 化学反应图



#### 【技巧】化学可视化使用建议

1. 使用 periodictable 环境绘制元素周期表
2. 使用 molecule 环境绘制分子结构
3. 原子样式: carbon, hydrogen, oxygen, nitrogen
4. 键样式: single bond, double bond, triple bond

### 13.5 粒子物理标准模型

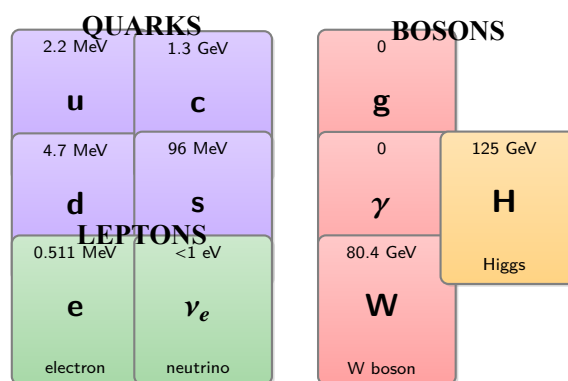


图 23 粒子物理标准模型简化图

13.6 几何分类图

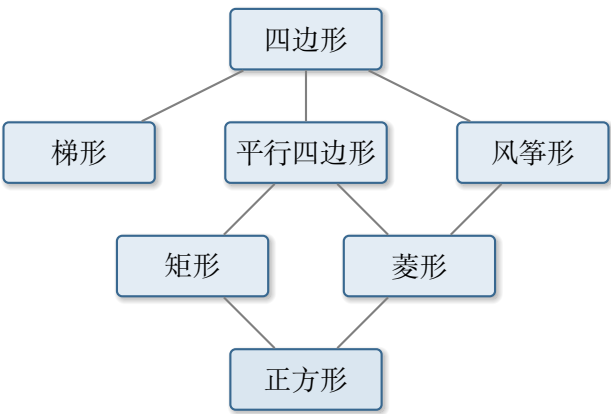


图 24 四边形分类 Hasse 图

14

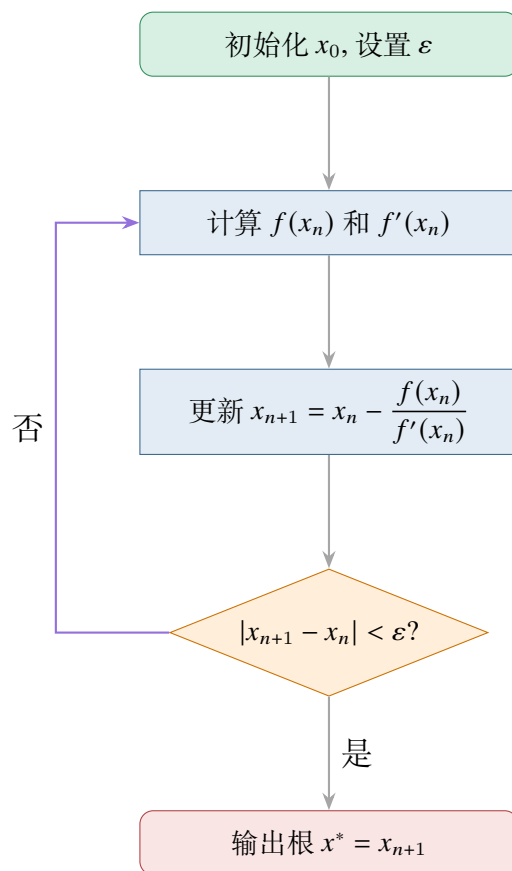
高级数学流程图

MindFlow 提供了专业的科学计算和研究工作流流程图样式。

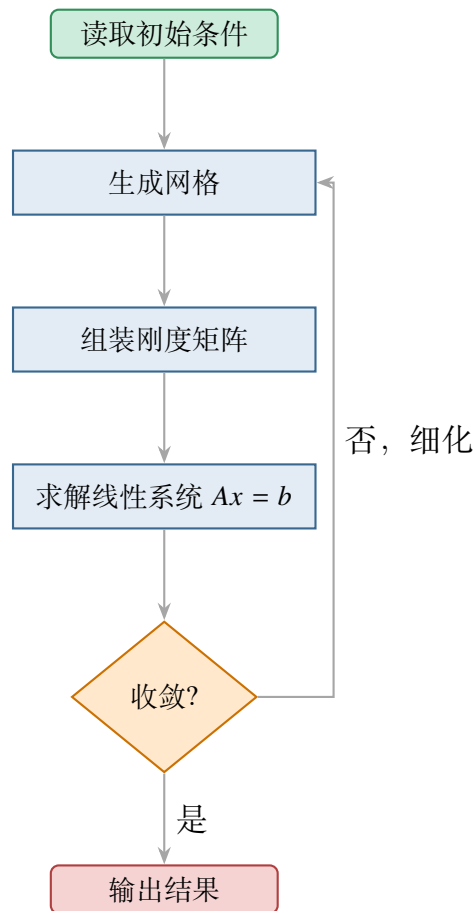
表 7 高级流程图样式分类

类别	主要样式	用途
分组框	basic box, loop box	DMFT 循环
科学计算	sci input, sci step	数值方法
迭代算法	iter init, iter converge	Newton 迭代
研究工作流	phase box, milestone	项目管理

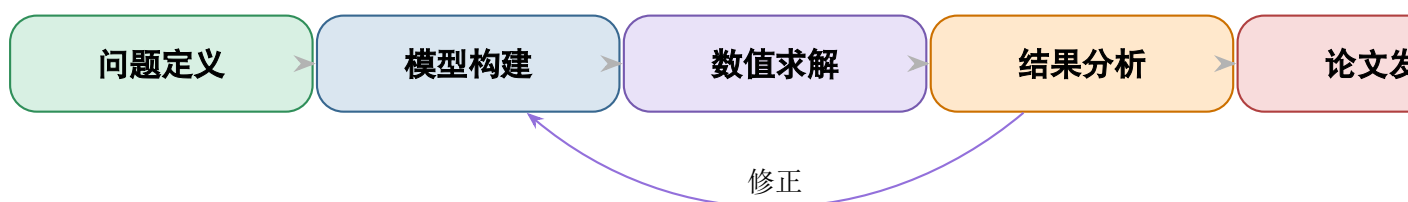
### 14.1 迭代算法流程图 (Newton 法)



## 14.2 科学计算流程



## 14.3 研究工作流



### 【技巧】高级流程图使用建议

1. 使用 `iterflow` 环境绘制迭代算法
2. 使用 `sciflow` 环境绘制科学计算流程
3. 使用 `workflow` 环境绘制研究工作流
4. 样式可通过 `basic box=颜色` 自定义

MindFlow 提供了 3D 多面体和几何图形的绘制样式，需要 `tikz-3dplot` 包支持。

表 8 3D 几何样式分类

类别	主要样式	用途
多面体	<code>poly face</code> , <code>poly edge</code>	面/边绘制
曲面	<code>surface grid</code> , <code>skew edge</code>	参数曲面
坐标系	<code>3d axis</code>	3D 坐标轴
晶体	<code>rhombic face</code> , <code>lattice point</code>	晶体结构

### 15.1 长方体 (隐藏边处理)

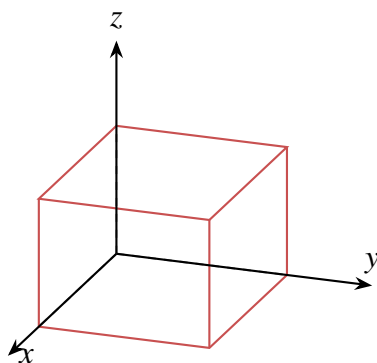


图 25 长方体与 3D 坐标系



## 15.2 正四面体

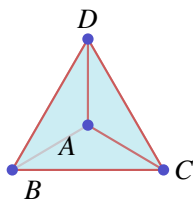


图 26 正四面体 (使用 poly face 样式)

### 【注意】3D 几何环境

- `geometry3d[仰角]{方位角}` - 通用 3D 环境
- `polyhedron[仰角]{方位角}` - 多面体专用
- 需要 `\usepackage{tikz-3dplot}` (已在 `cls` 中加载)

## 16

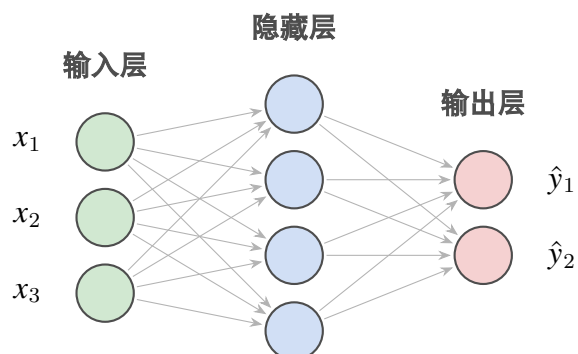
## 神经网络可视化

MindFlow 提供了专业的神经网络架构可视化样式。

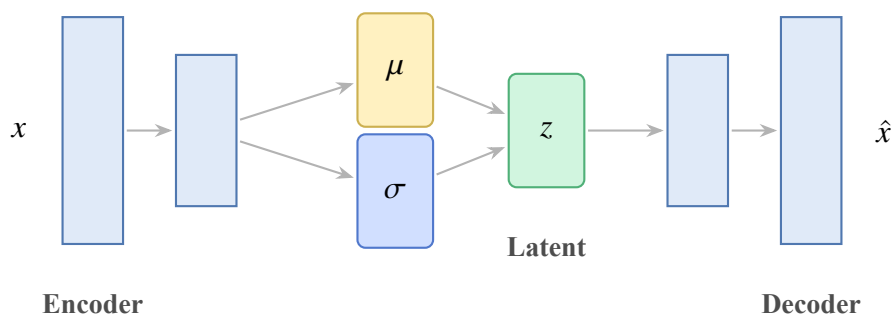
表 9 神经网络样式分类

类别	主要样式	用途
神经元	<code>input/hidden/output neuron</code>	不同层节点
连接	<code>nn edge, skip connection</code>	全连接/残差
层	<code>conv layer, pool layer</code>	CNN 组件
VAE	<code>mu block, sigma block</code>	变分自编码器

## 16.1 多层感知机 (MLP)



## 16.2 变分自编码器 (VAE)



### 【技巧】神经网络可视化使用建议

1. 使用 `neuralnet` 环境绘制 MLP
2. 使用 `autoencoder` 环境绘制 VAE/AE
3. 使用 `convnet` 环境绘制 CNN
4. 快捷命令: `\drawlayer`, `\connectlayers`

## 17

## 概率树与卷积运算

MindFlow 提供了概率树图和卷积运算可视化样式。

## 17.1 概率树

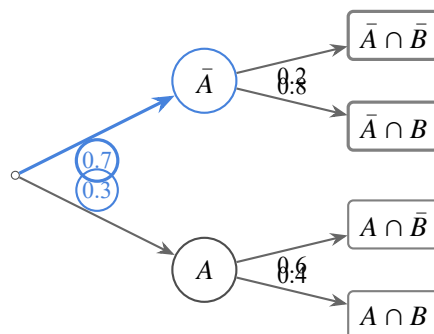


图 27 条件概率树

## 17.2 卷积运算

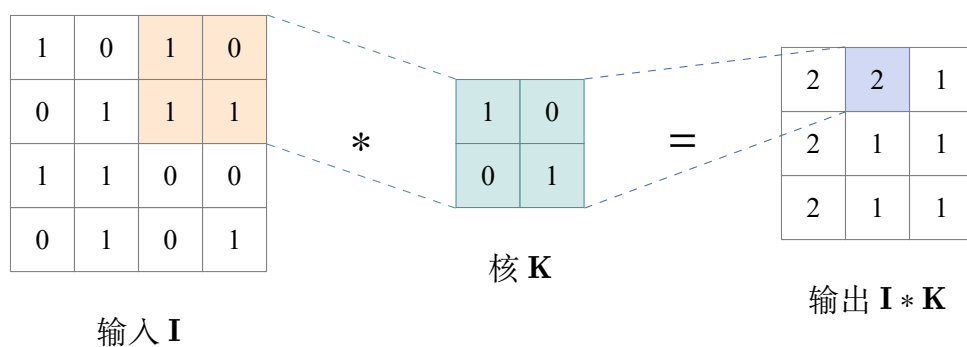


图 28 2D 卷积运算示意图

### 【注意】概率/卷积样式

- prob event, prob edge - 概率树节点/边
- prob label, prob label highlight - 概率标签
- input matrix, kernel matrix - 卷积矩阵
- conv input highlight, conv output highlight - 区域高亮

MindFlow 支持拓扑量子场论 (TQFT) 的协边图绘制, 使用 `tqft` TikZ 库。

## 18.1 基础协边

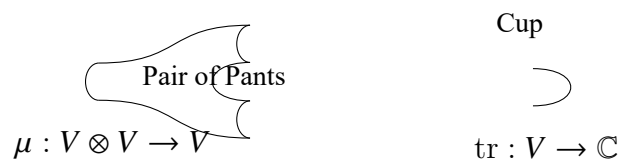


图 29 TQFT 基本协边: Pair of Pants (乘法) 和 Cup (迹)

## 18.2 柱面 (恒等态射)

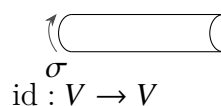


图 30 柱面协边 (恒等态射)

### 【注意】TQFT 样式

- `tqft/pair of pants` - 乘法协边
- `tqft/cup`, `tqft/cap` - 迹/余迹
- `tqft/cylinder` - 恒等态射
- 环境: `cobordism`, `tqftdiagram`

## 18.3 晶格与拓扑等价

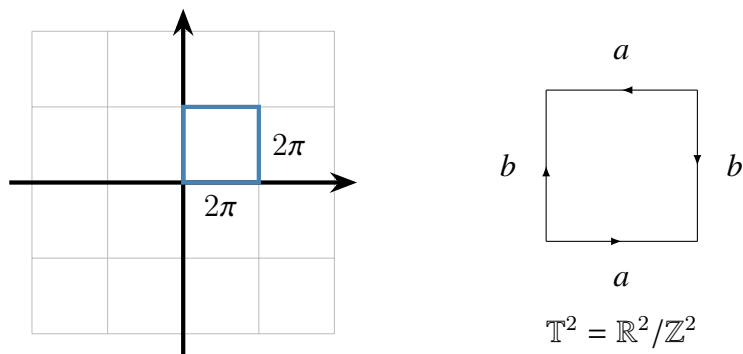


图 31 晶格基本域与环面粘合

### 【注意】晶格/拓扑样式

- lattice grid, lattice axis - 晶格网格/轴
- fundamental domain - 基本域
- identification arrow - 等价粘合箭头
- 环境: latticediag, surfaceconstruct

## 19

## 电磁波与光学

MindFlow 提供电磁波和光学可视化样式，包括偏振光等。

### 19.1 线偏振波

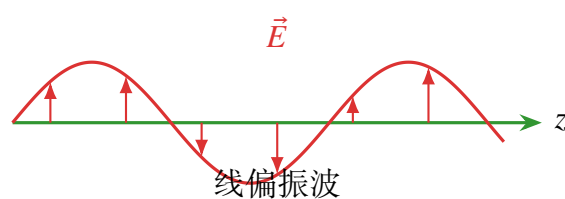


图 32 线偏振电磁波 (E 场)

### 19.2 偏振片

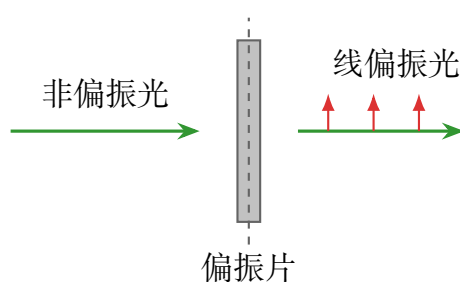


图 33 偏振片作用示意图

- wave curve - 波形曲线
- polarizer, wave plate - 光学元件
- 环境: emwave, optics

## 20

## 水印与批注系统

### 20.1 水印功能

#### 【注意】水印命令

- \mfWatermarkText{DRAFT} - 默认灰色文字水印
- \mfWatermarkText[red!15]{绝密} - 自定义颜色
- \mfWatermarkText[blue!10][6]{内部} - 颜色 + 缩放
- \mfWatermarkImage{figure/logo.png} - 图片水印

水印默认不显示，调用上述命令后才启用。

### 20.2 批注命令

配合 review 选项使用效果更佳：

#### TODO (待办)

待完成：增加更多示例

#### FIXME (需修正)

需要修正：公式编号格式

#### NOTE (备注)

备注：此功能在 v2.0 版本新增

## 21

## 列表环境

## 21.1 无序列表

- 第一级项目
  - 第二级项目
    - 第三级项目
- 另一个一级项目

## 21.2 有序列表

1. 初始化模型参数  $\theta$
2. 前向传播计算预测值
3. 计算损失函数  $\mathcal{L}(\theta)$
4. 反向传播计算梯度  $\nabla_{\theta}\mathcal{L}$
5. 更新参数:  $\theta \leftarrow \theta - \eta \nabla_{\theta}\mathcal{L}$

## 21.3 方框编号列表

- 1** 三种文档模式适应不同场景
- 2** 十种 Section 样式自由切换
- 3** 完整的数学定理环境
- 4** 深度学习专用符号宏
- 5** 美观的提示框与代码块
- 6** 高级图文混排环境

## 22.1 行内与行间公式

梯度下降更新规则： $\theta_{t+1} = \theta_t - \eta \nabla \mathcal{L}(\theta_t)$ 。

反向传播的链式法则：

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \mathbf{W}^{(l)}} = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \mathbf{a}^{(l)}} \cdot \frac{\partial \mathbf{a}^{(l)}}{\partial \mathbf{z}^{(l)}} \cdot \frac{\partial \mathbf{z}^{(l)}}{\partial \mathbf{W}^{(l)}} \quad (1)$$

## 22.2 多行公式

Adam 优化器的更新规则：

$$\mathbf{m}_t = \beta_1 \mathbf{m}_{t-1} + (1 - \beta_1) \nabla \mathcal{L}(\theta_t) \quad (2)$$

$$\mathbf{v}_t = \beta_2 \mathbf{v}_{t-1} + (1 - \beta_2) (\nabla \mathcal{L}(\theta_t))^2 \quad (3)$$

$$\hat{\mathbf{m}}_t = \frac{\mathbf{m}_t}{1 - \beta_1^t}, \quad \hat{\mathbf{v}}_t = \frac{\mathbf{v}_t}{1 - \beta_2^t} \quad (4)$$

$$\theta_{t+1} = \theta_t - \frac{\eta}{\sqrt{\hat{\mathbf{v}}_t} + \epsilon} \hat{\mathbf{m}}_t \quad (5)$$



mindflow.cls 提供了以下核心功能：

- 1 三种文档模式:** note / book / report
- 2 十种 Section 样式:** 基础 4 种 + 极客 6 种
- 3 定理环境:** 原版 + 美化版 tcolorbox
- 4 提示框:** notice / tip / warning / conclusion
- 5 图文混排:** textfigure / parallelfigures / figurerow / figuregrid
- 6 代码环境:** codeblock 语法高亮
- 7 数学宏库:** PDE + 泛函分析 + 深度学习
- 8 辅助功能:** 水印 / 批注 / 科学绘图