Quiver Plots

28 箭头图

有大小、有方向

生存还是死亡，这是一个问题：

要想活的高贵，到底是该忍气吞声

接受厄运的捶打，

还是该拿起武器痛击无尽的烦恼，

打败一切？

To be, or not to be, that is the question:

Whether 'tis nobler in the mind to suffer

The slings and arrows of outrageous fortune,

Or to take arms against a sea of troubles,

And by opposing end them?

—— 威廉·莎士比亚 (William Shakespeare) | 英国剧作家 | 1564 ~ 1616

- `matplotlib.pyplot.axhline()` 绘制水平线
- `matplotlib.pyplot.axvline()` 绘制竖直线
- `matplotlib.pyplot.fill_between()` 区域填充颜色
- `matplotlib.pyplot.plot()` 绘制线图
- `matplotlib.pyplot.quiver()` 绘制箭头图
- `matplotlib.pyplot.scatter()` 绘制散点图
- `matplotlib.pyplot.text()` 在图片上打印文字
- `numpy.flip()` 指定轴翻转数组
- `numpy.fliplr()` 左右翻转数组
- `numpy.flipud()` 上下翻转数组
- `numpy.meshgrid()` 创建网格化数据
- `numpy.prod()` 指定轴的元素乘积
- `sympy.diff()` 求解符号导数和偏导解析式
- `sympy.lambdify()` 将符号表达式转化为函数
- `sympy.symbols()` 定义符号变量

28.1 向量

向量 (vector) 是数学中的一种概念，常用于表示空间中的物理量，如速度、力、位移等。向量可以用有向线段表示，具有方向和大小两个属性。与之相对的标量 (scaler) 只有大小这一个属性。

在二维空间中，一个向量可以表示为一个有序的数对 (x, y)、$[x, y]$、$[x, y]^T$。向量也可以用一个有向线段来表示，线段的起点为原点 $(0, 0)$，终点为 (x, y)。其中，x 表示向量在 x 轴上的投影，y 表示向量在 y 轴上的投影，也称为向量的横纵坐标。

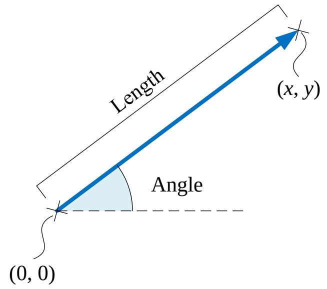

图 1. 向量起点、终点、大小和方向

类似地，在三维空间中，一个向量可以表示为 (x, y, z)、$[x, y, z]$、$[x, y, z]^T$。三维向量也可以用一个有向线段来表示，线段的起点为原点 $(0,0,0)$，终点为 (x, y, z)。其中，x、y 和 z 分别表示向量在 x 轴、y 轴和 z 轴上的投影长度，也称为向量的三个坐标。

向量的大小，也称为向量的长度或模，可以用勾股定理求出。

《矩阵力量》一册将专门讲解向量。

28.2 箭头

quiver 是 matplotlib 中的一个函数，用于绘制二维、三维箭头图。

举个例子，二维箭头图的函数和基本参数为 matplotlib.pyplot.quiver(x, y, u, v, scale=1)。其中，x 和 y 是箭头起始点的坐标，u 和 v 是箭头在两个方向的投影量。默认情况下，箭头的长度是按照输入数据的比例来绘制的，可以通过 scale 参数进行调整。图 2 所示为 quiver 箭头的常用参数。

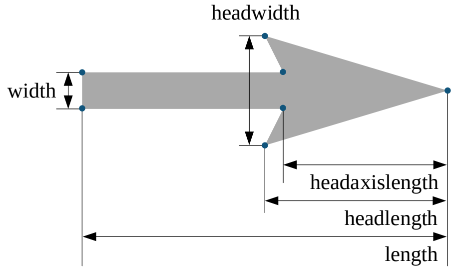

图 2. 箭头的参数

二维箭头

图 3 所示为利用箭头图可视化向量加法。图 4 所示为利用箭头图展示向量长度。图 5 可视化向量减法。

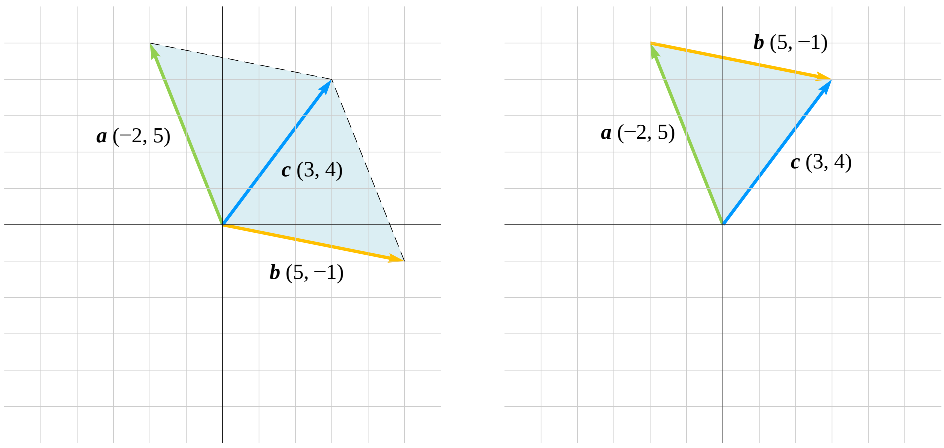

图 3. 可视化二维向量加法

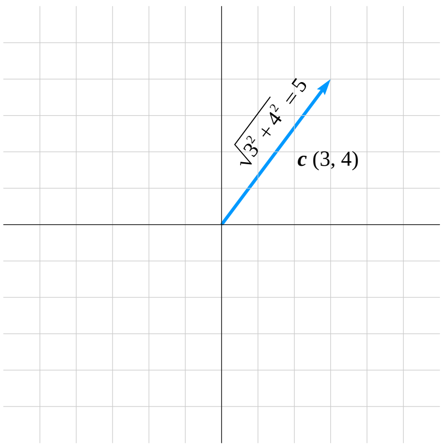

图 4. 可视化二维向量长度

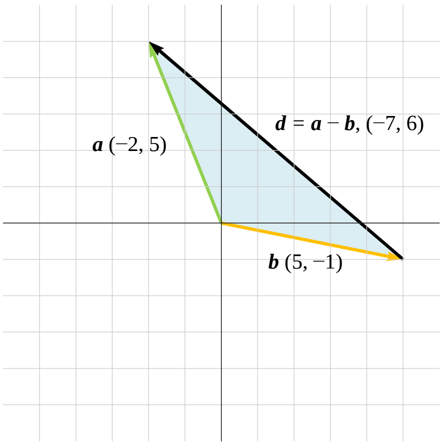

图 5. 可视化二维向量减法

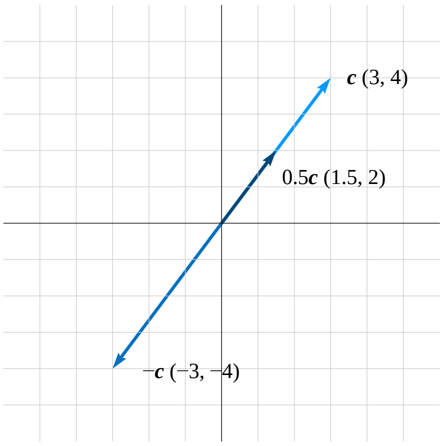

图 6. 可视化二维向量乘法

三维箭头

图 7 所示为利用三维箭头图可视化三维向量加法。图 8 所示为向量投影到 xy 平面、xz 平面、yz 平面。图 9 所示为向量投影到 x 轴、y 轴、z 轴。

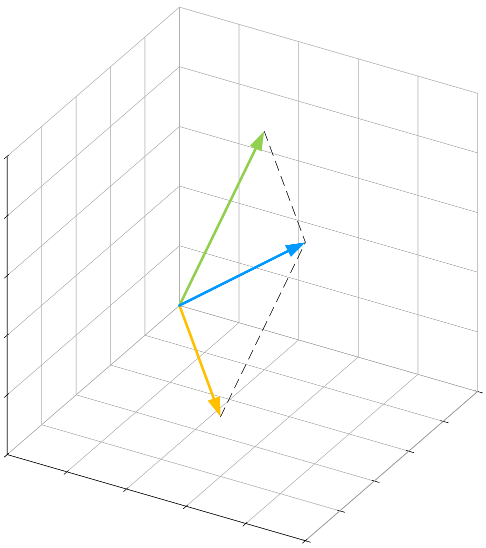

图 7. 可视化三维向量加法

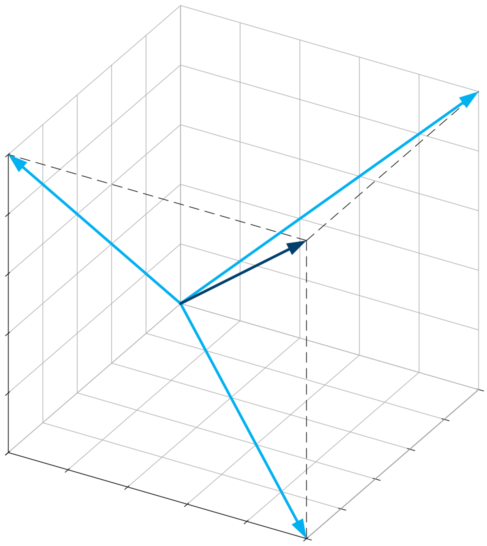

图 8. 三维向量投影到平面

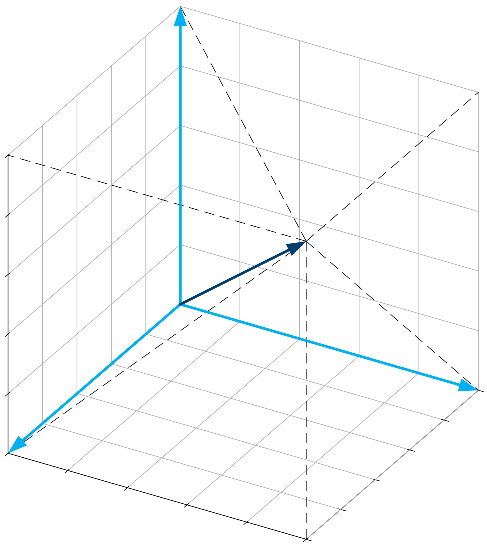

图 9. 三维向量投影到轴

28.3 向量场

除了单独绘制箭头图，我们还可以绘制向量场。向量场是指在空间中的每一个点都存在一个向量的集合。在数学中，向量场通常用函数来描述，这个函数将每个点映射到该点处的向量。这个函数被称为向量场的场函数或者向量场的定义式。向量场可以用来描述许多物理现象，例如流体力学中的速度场，电场、磁场、水流、风向等等。

图 10 所示为利用向量场可视化特征向量。图 11 所示为利用向量场可视化曲面梯度向量、法向量。

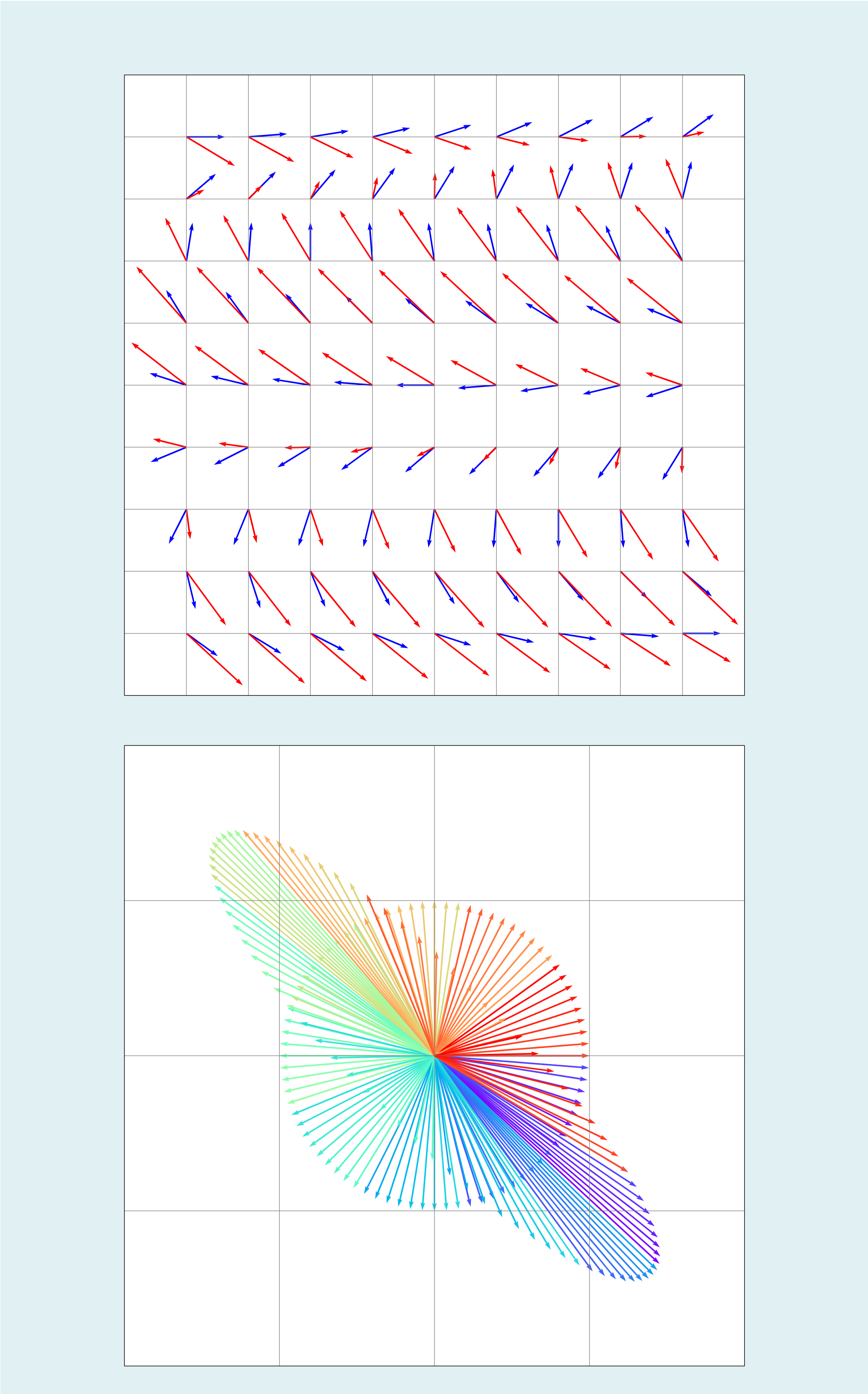

图 10. 可视化特征向量

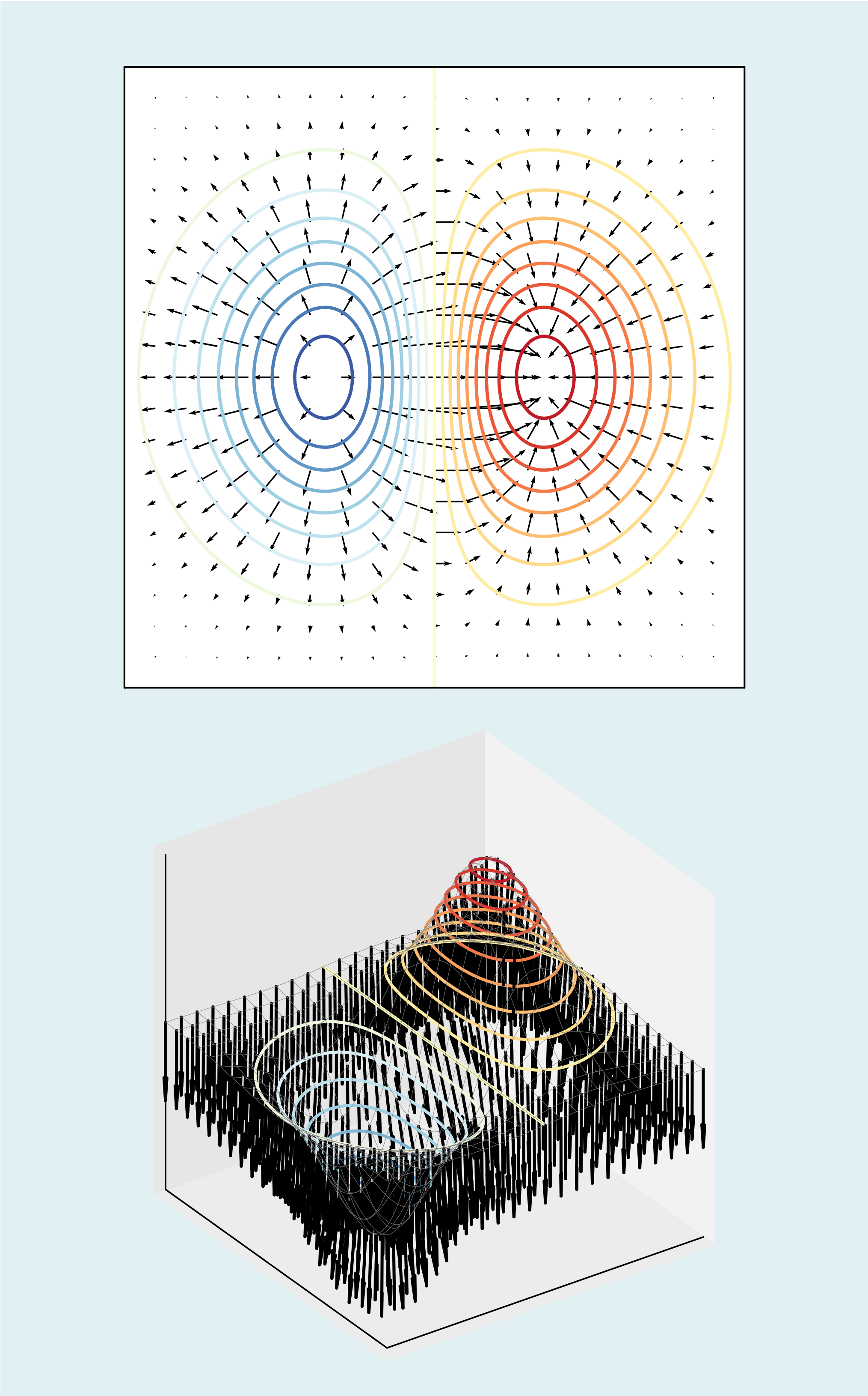

图 11. 可视化曲面梯度向量、法向量