

## 6.5 Quiver Plot 箭头图

### 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 (scalar) 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  $(x, y)$ 、 $[x, y]$ 、 $[x, y]^T$ 。向量也可以用有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  $x$  轴上的投影长度， $y$  表示向量在  $y$  轴上的投影长度，也称为向量的横纵坐标。

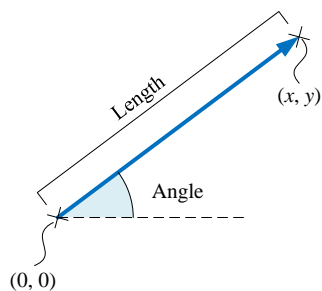


图 1. 向量起点、终点、大小和方向

类似地，在三维空间中，一个向量可以表示为  $(x, y, z)$ 、 $[x, y, z]$ 、 $[x, y, z]^T$ 。三维向量也可以用有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。

### 箭头：向量

`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。

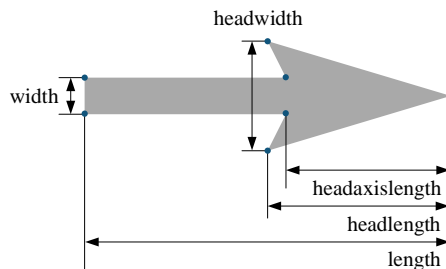


图 2. 箭头的参数

### 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。

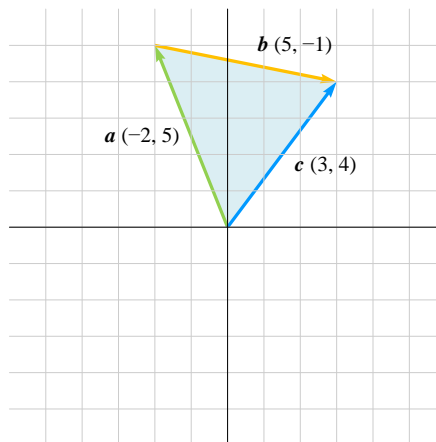
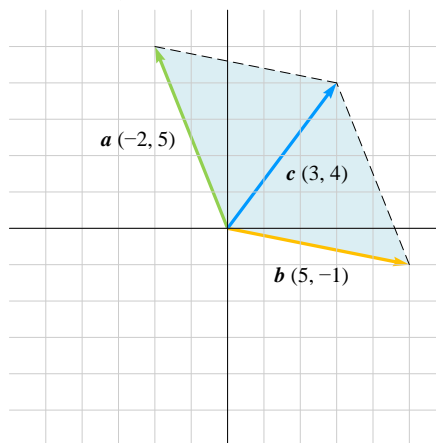


图 3. 可视化二维向量加法

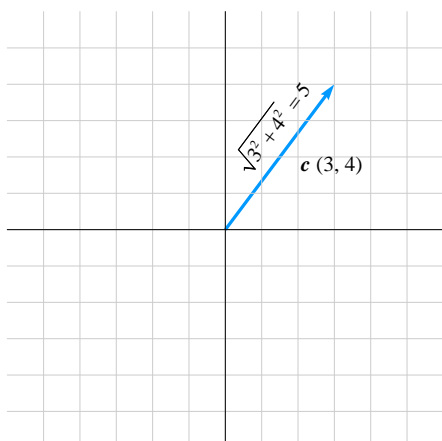


图 4. 可视化二维向量长度

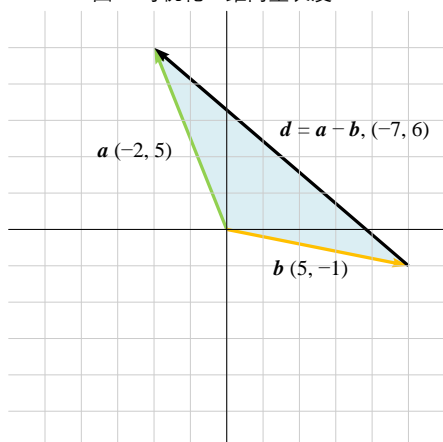


图 5. 可视化二维向量减法

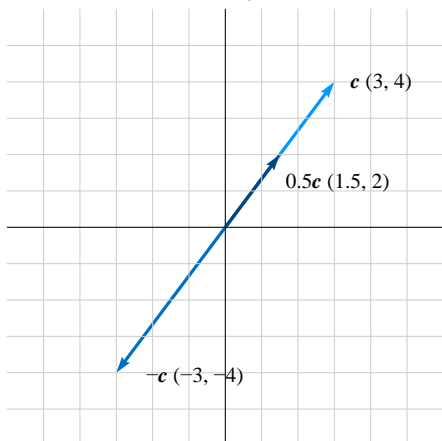


图 6. 可视化二维向量乘法

### 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。

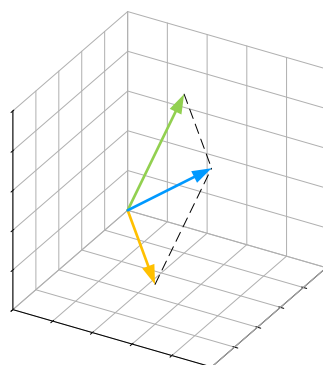


图 7. 可视化三维向量加法

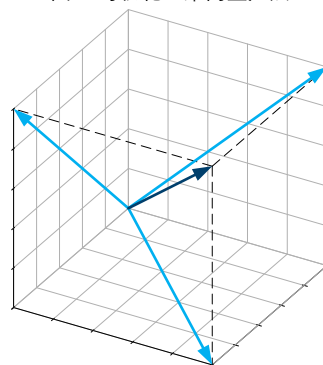


图 8. 三维向量投影到平面

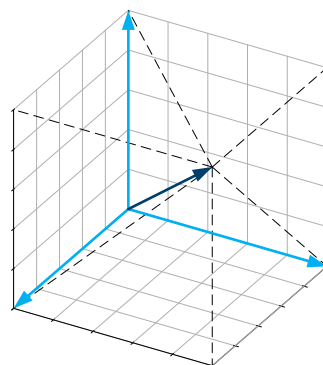


图 9. 三维向量投影到轴

### 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。

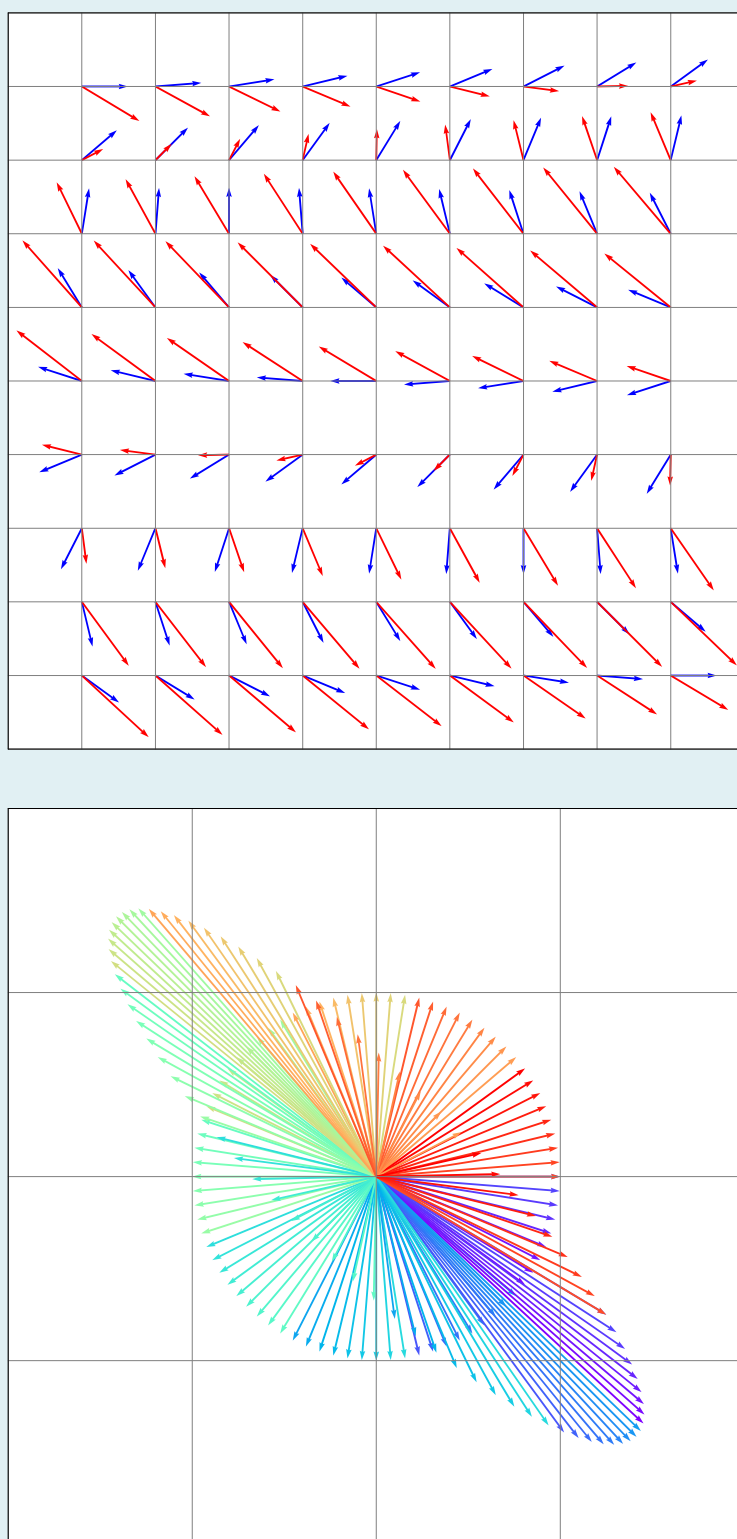


图 10. 可视化特征向量

本 PDF 文件为作者草稿，发布目的为方便读者在移动终端学习，终稿内容以清华大学出版社纸质出版物为准。

版权归清华大学出版社所有，请勿商用，引用请注明出处。

代码及 PDF 文件下载：<https://github.com/Visualize-ML>

本书配套微课视频均发布在 B 站——生姜 DrGinger：<https://space.bilibili.com/513194466>

欢迎大家批评指教，本书专属邮箱：[jiang.visualize.ml@gmail.com](mailto:jiang.visualize.ml@gmail.com)

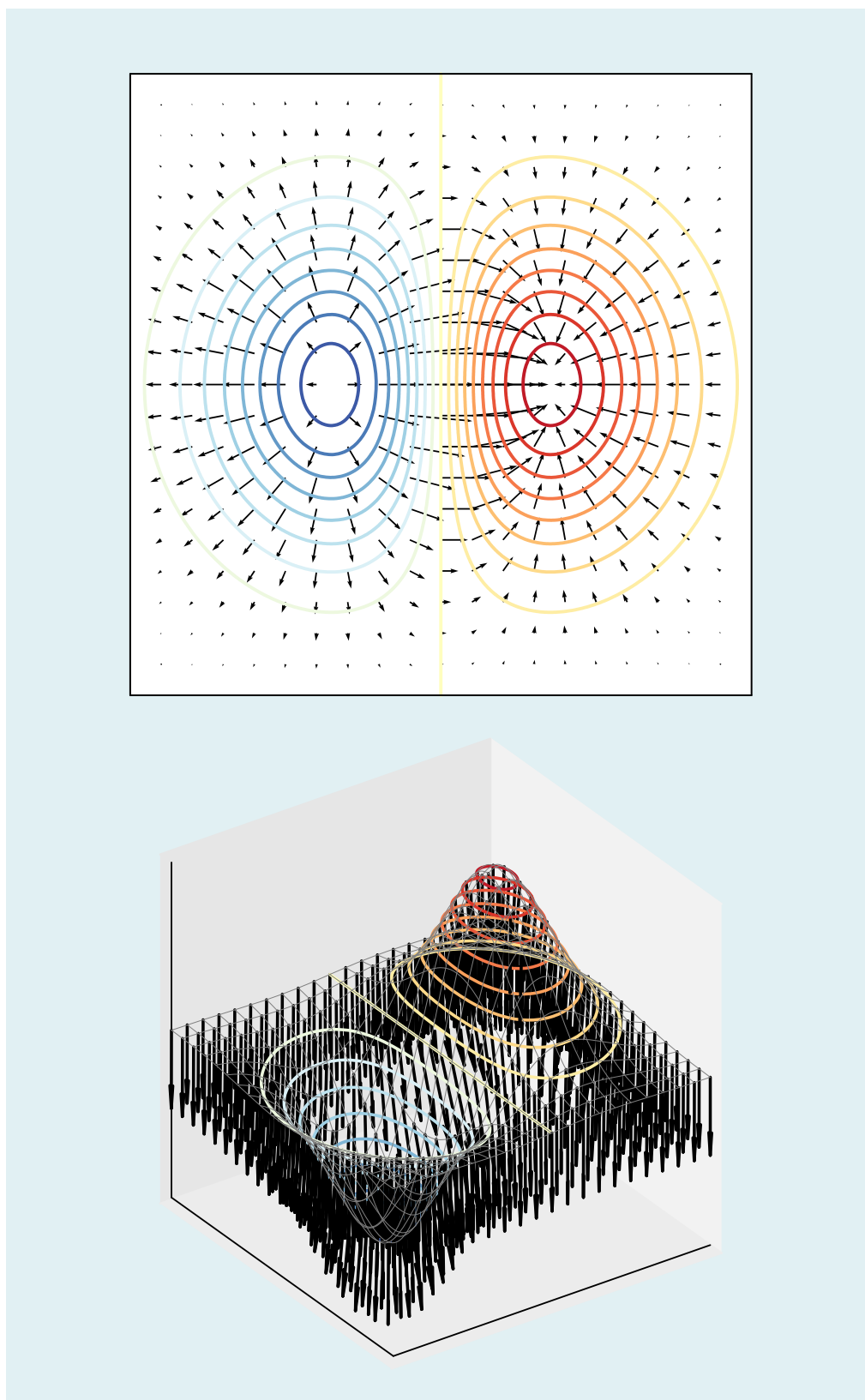


图 11. 可视化曲面梯度向量、法向量