

# 24

## Solid Geometry

# 立体几何

用 Matplotlib 绘制立体几何形状



艺术家，胸怀宇宙，手握繁星。

*The painter has the Universe in his mind and hands.*

—— 列奥纳多·达·芬奇 (Leonardo da Vinci) | 文艺复兴三杰之一 | 1452 ~ 1519



- ▶ Axes3D.bar3d() 绘制三维柱状图
- ▶ Axes3D.plot\_surface() 绘制三维曲面
- ▶ Axes3D.voxels() 绘制三维 voxels 图
- ▶ matplotlib.pyplot.contour() 绘制等高线图
- ▶ matplotlib.pyplot.plot\_trisurf() 在三角形网格上绘制平滑的三维曲面图
- ▶ sympy.abc import x 定义符号变量 x
- ▶ sympy.integrate() 符号积分
- ▶ sympy.symbols() 定义符号变量

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)

## 24.1 绘制几何体的几种方法

本书前文介绍过利用散点、线图、等高线、网格面等三维空间可视化方案。

### 用网格面

图 1 和图 4 所示为利用参数方程绘制的四个几何体。

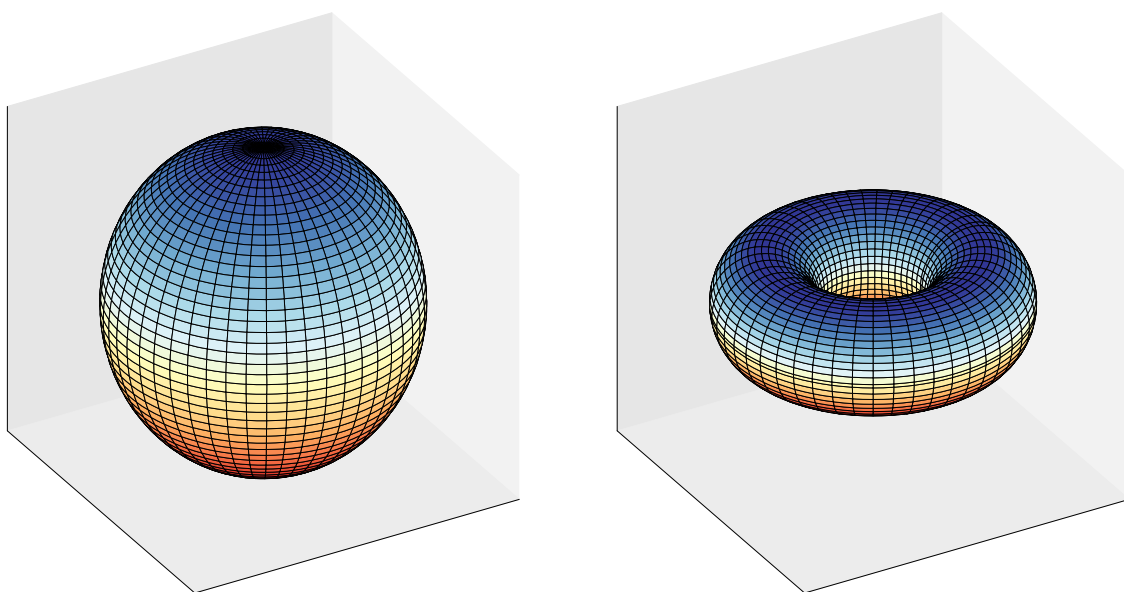


图 1. 用网格面绘制几何体，参数方程，第 1 组

### 用三维柱状图

图 2 所示为利用三维柱状图绘制的几何体。

图 2 实际上展示的二重积分估算，《数学要素》第 18 章将深入介绍这个数学工具。

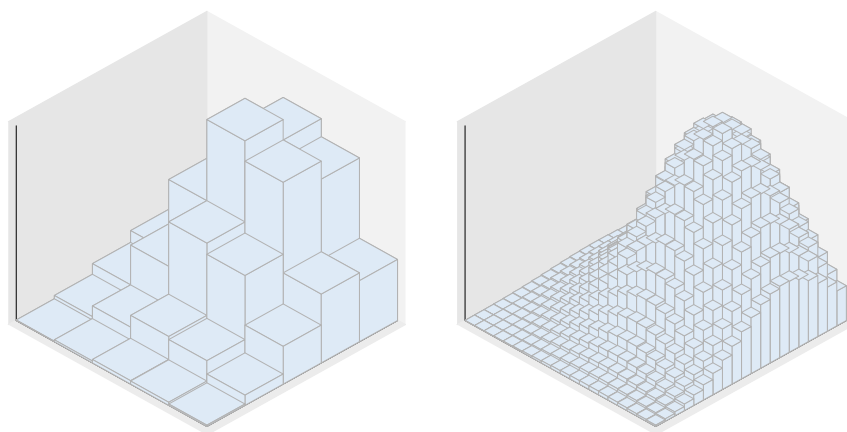


图 2. 用柱状图绘制几何体

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)

## 三角网格

图 5 所示为三角网格绘制的几何体。本书后续将专门介绍三角网格。

## 用 voxels 绘制立体几何体

Matplotlib 中的 voxels 是一种用于三维数据可视化的功能。它将三维数据集表示为一系列的小方块，其中每个方块的位置、大小和颜色都可以自定义。通过使用 voxels，可以直观地展示复杂的三维数据结构，如体积数据、分子模型等。voxels 支持不同的绘制样式，包括实心方块和透明方块，可以根据需要进行调整。此外，还可以添加轴标签、标题和图例等来增强可视化效果。

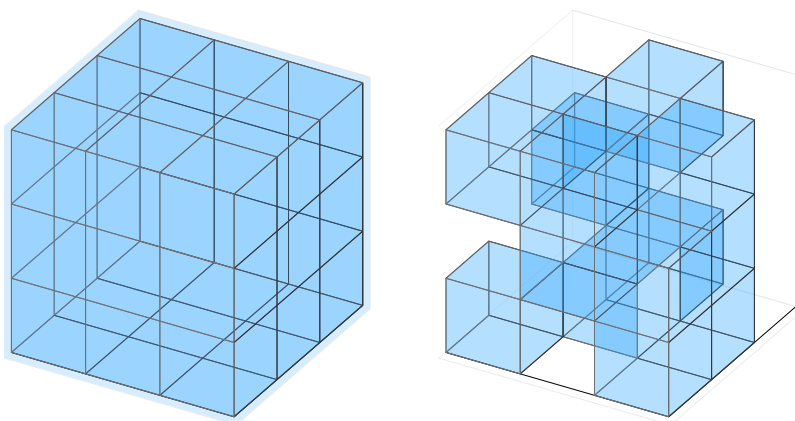


图 3. 用 voxels 绘制几何体

## 24.2 用等高线绘制三维几何体

本章前文提到的这几种绘制立体几何形状的可视化方案外，本章要重点展示的是用沿  $x$ 、 $y$ 、 $z$  方向等高线可视化三维几何体。如图 7 ~ 图 11 所示，前三列图形叠加得到第四列几何体。

这些几何体都是用隐函数写成，《数学要素》第 10 章将会介绍隐函数。

图 12 所示为一个旋转椭球 (ellipsoid) 在三个不同平面的投影。注意，这个椭球不是一般的椭球，它代表了一个  $3 \times 3$  的协方差矩阵的马氏距离为 1 的“等距线”。图 13 所示为图 12 旋转椭球“摆正”后的椭圆，及其在三个平面的投影。也就是说，图 12 和图 13 中两个椭球大小完全一致，空间旋转角度不同而已。

本书后续将介绍更多立体几何变换。

鸢尾花书《统计至简》将会详细介绍相关数学工具。

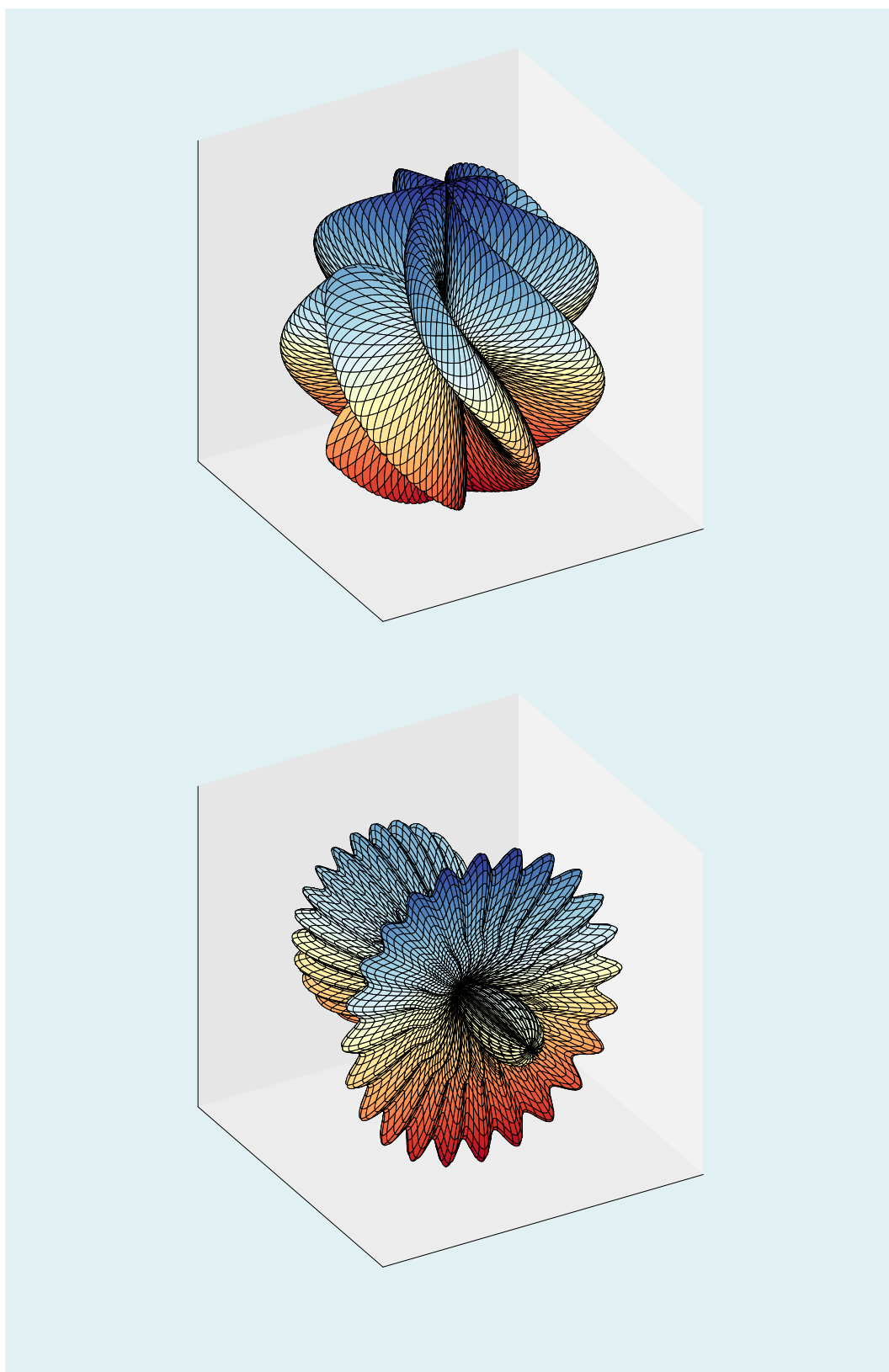


图 4. 用网格面绘制几何体，参数方程，第 2 组

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)

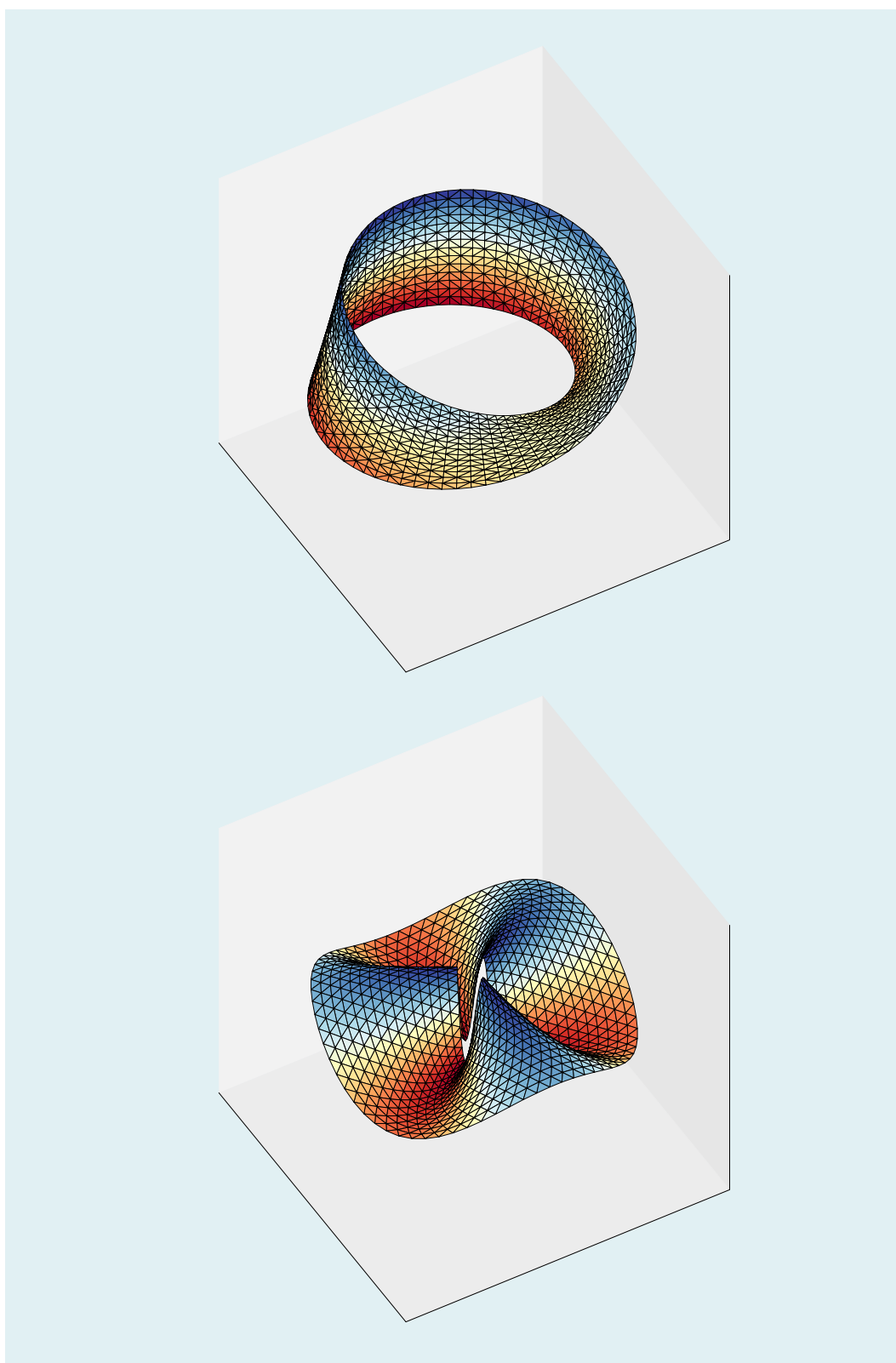


图 5. 用三角网格绘制几何体，来自 Matplotlib 示例

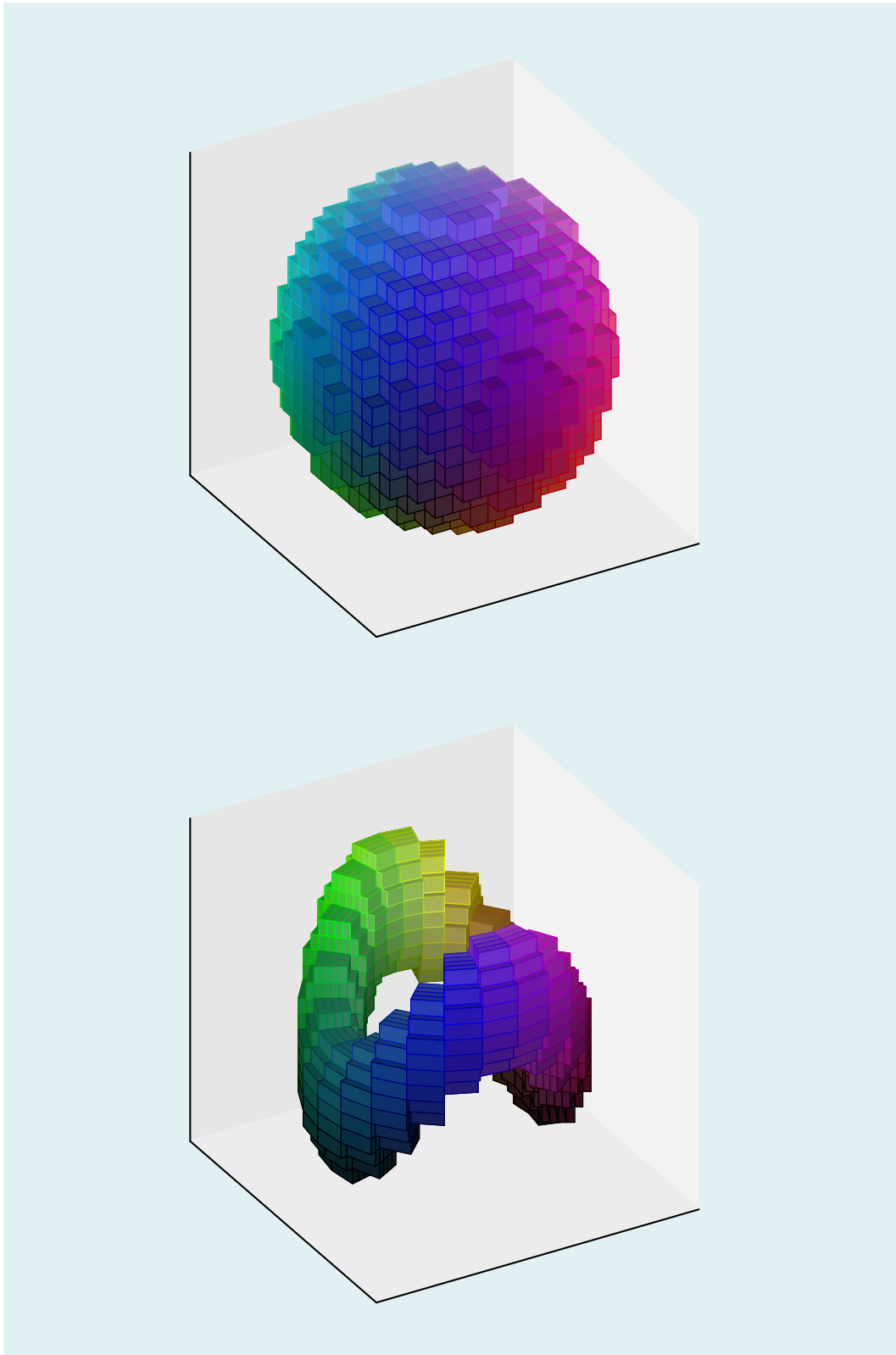


图 6. 用 voxels 绘制几何体，RGB、CMYK 色彩空间

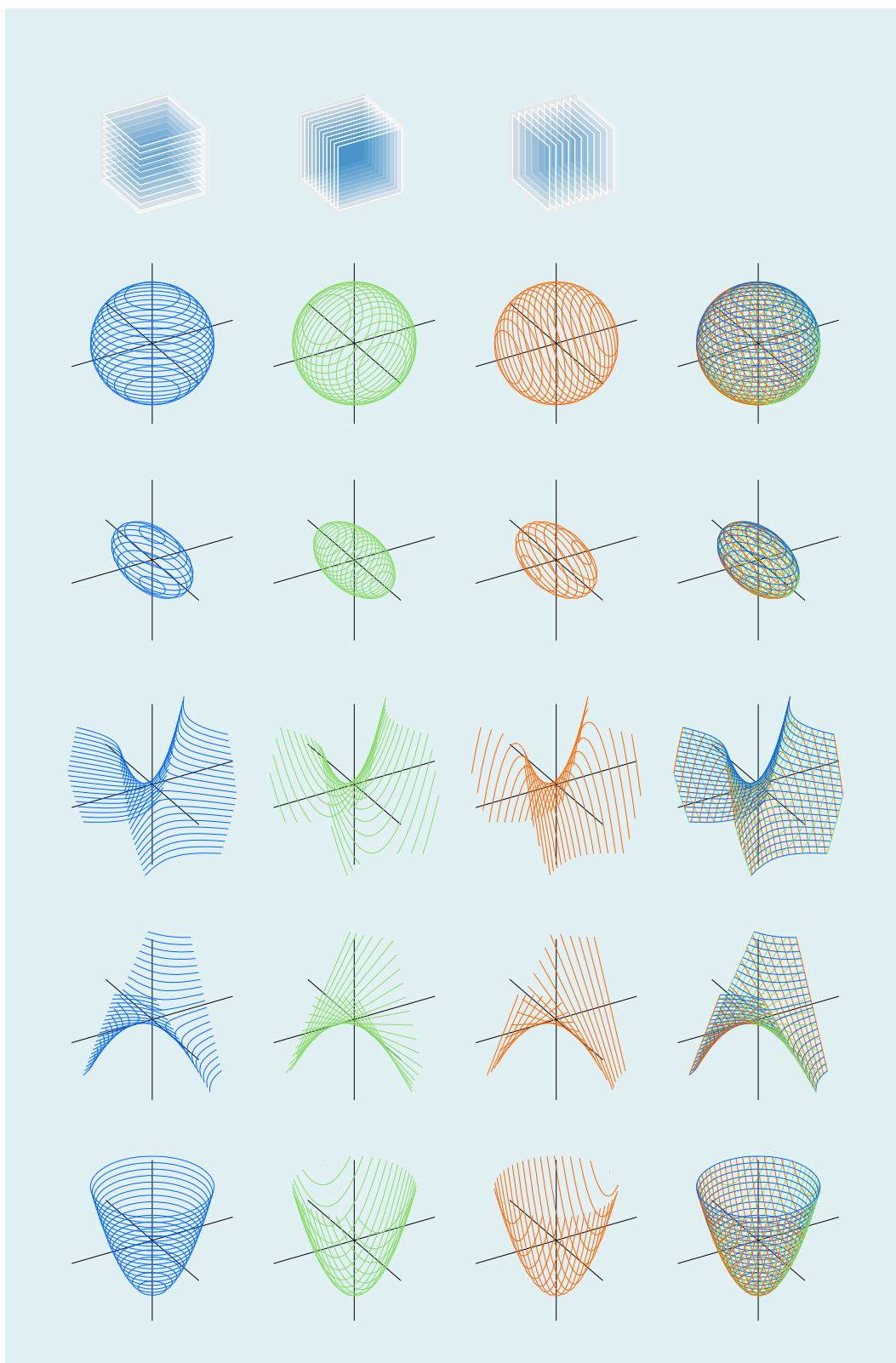


图 7. 用等高线可视化隐函数曲面，第 1 组图形

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)



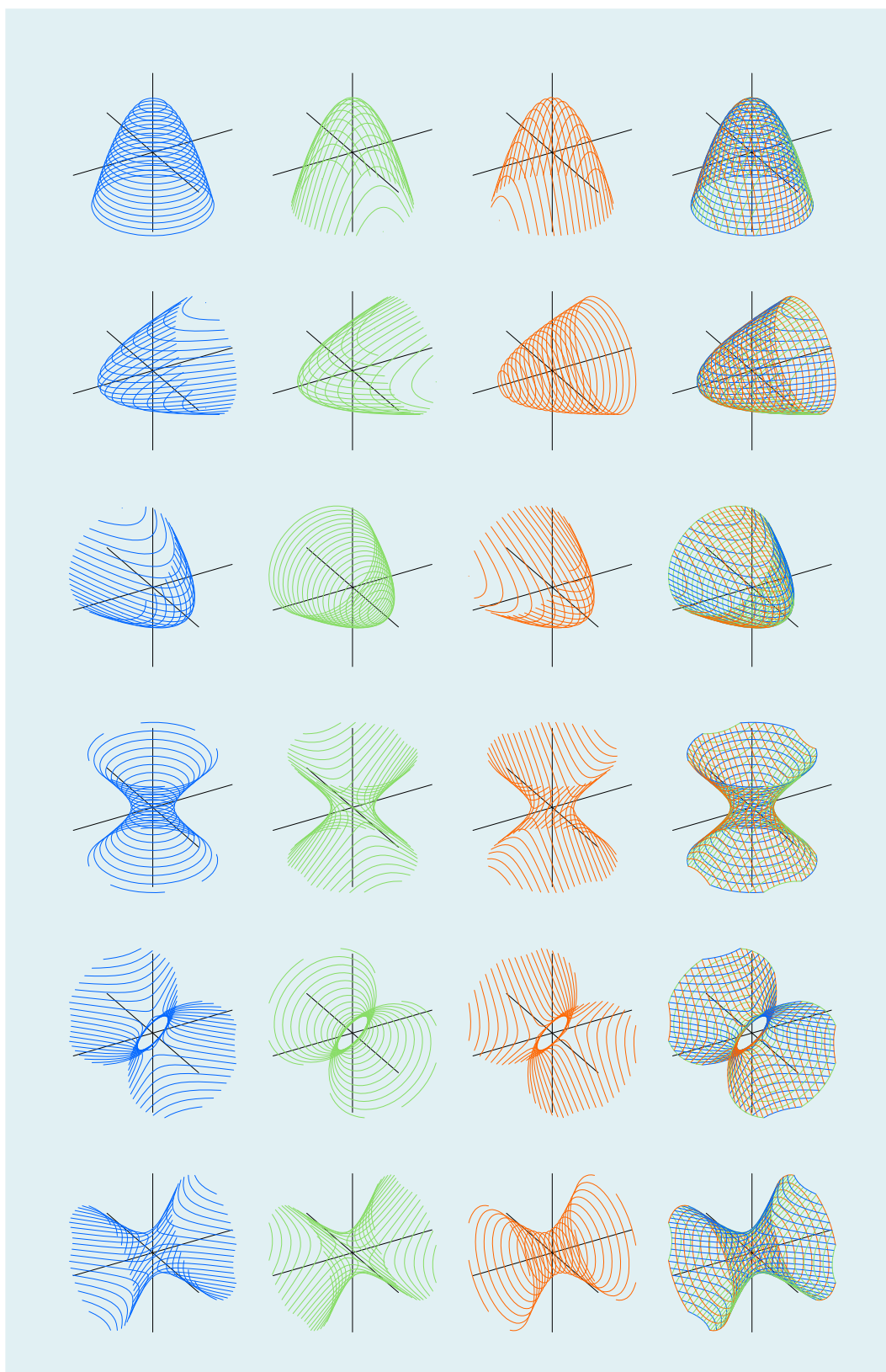


图 8. 用等高线可视化隐函数曲面，第 2 组图形

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)



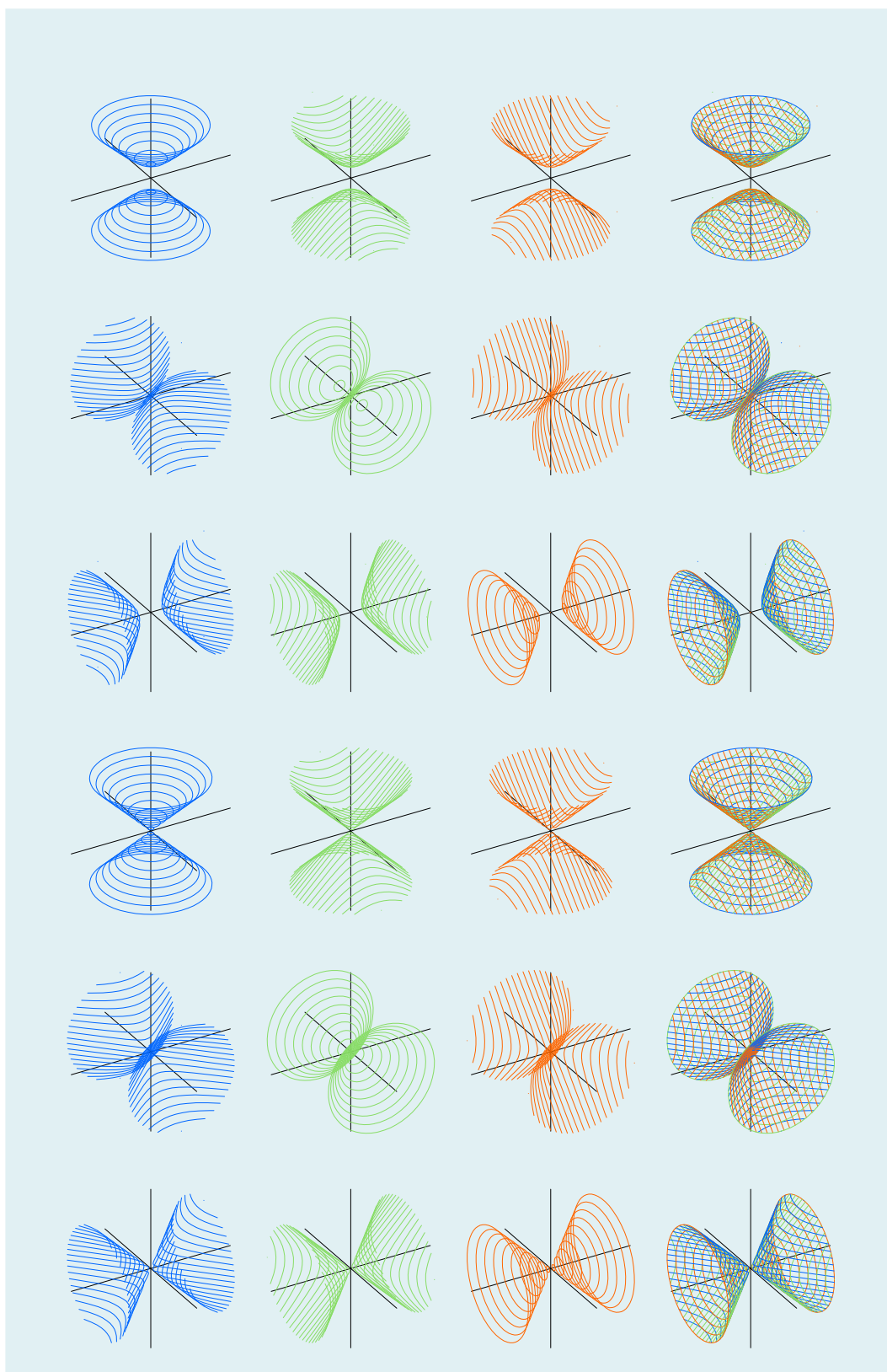


图 9. 用等高线可视化隐函数曲面，第 3 组图形

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)

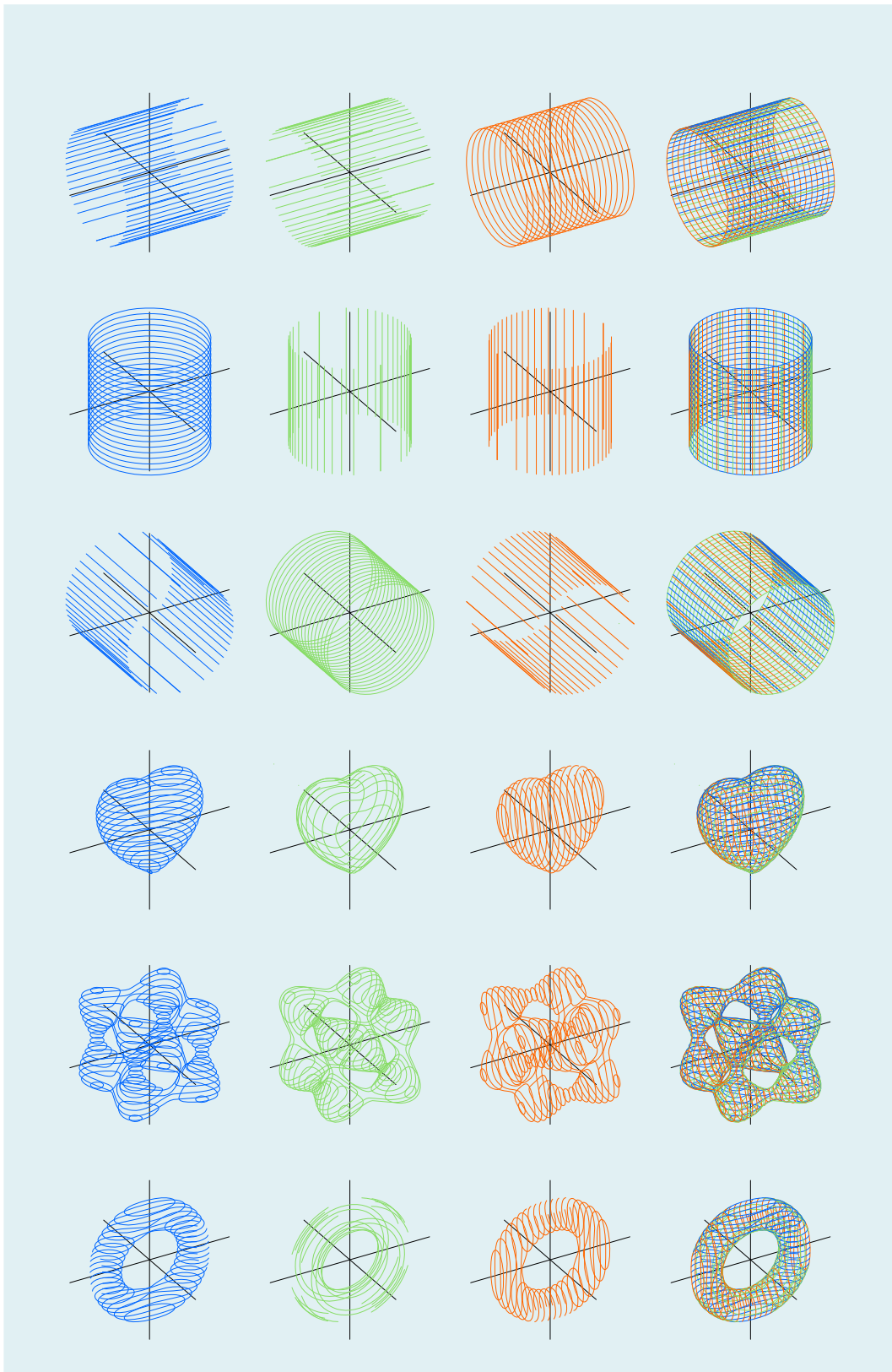


图 10. 用等高线可视化隐函数曲面，第 4 组图形

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)

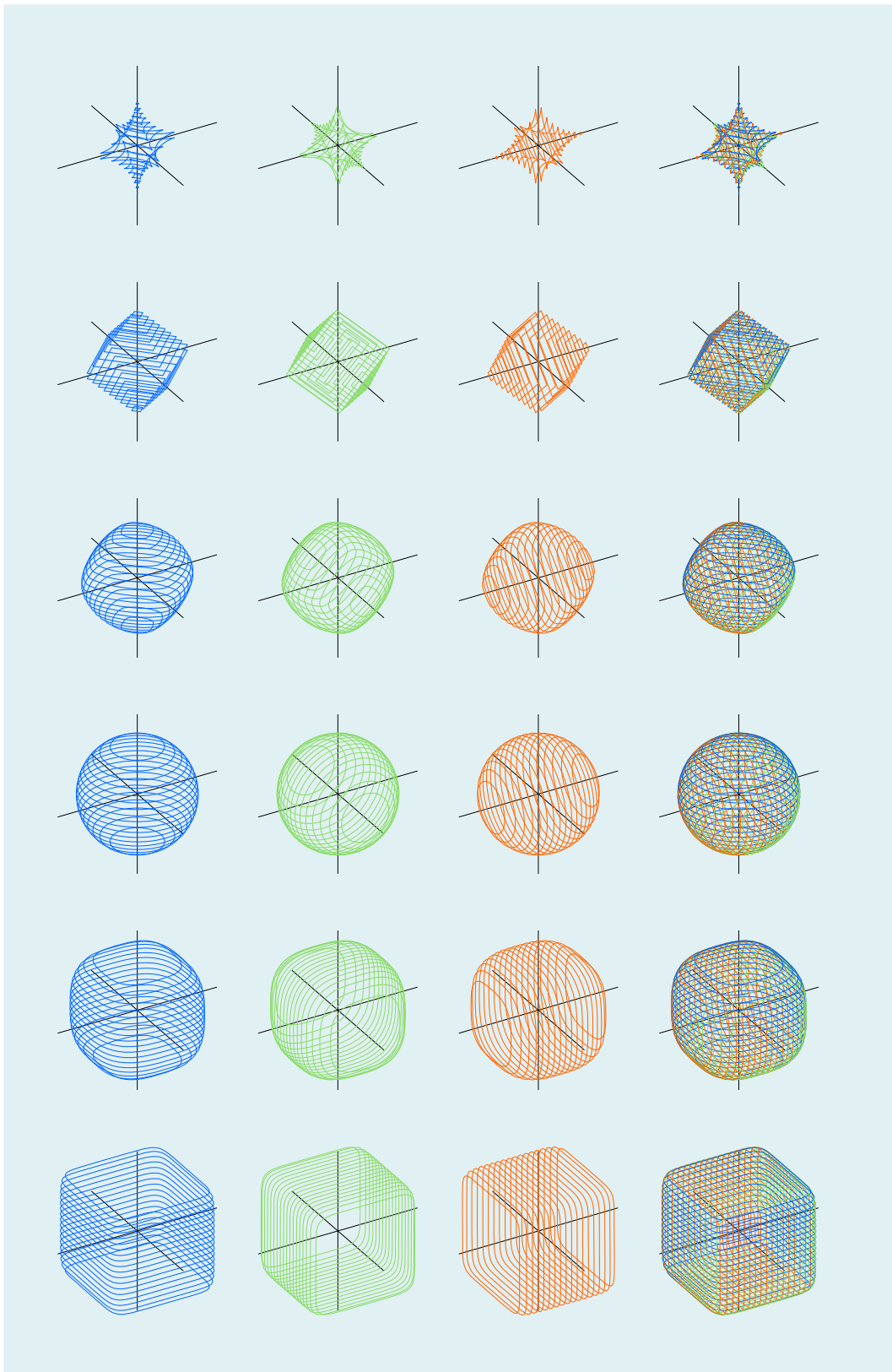


图 11. 用等高线可视化隐函数曲面，第 5 组图形

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)

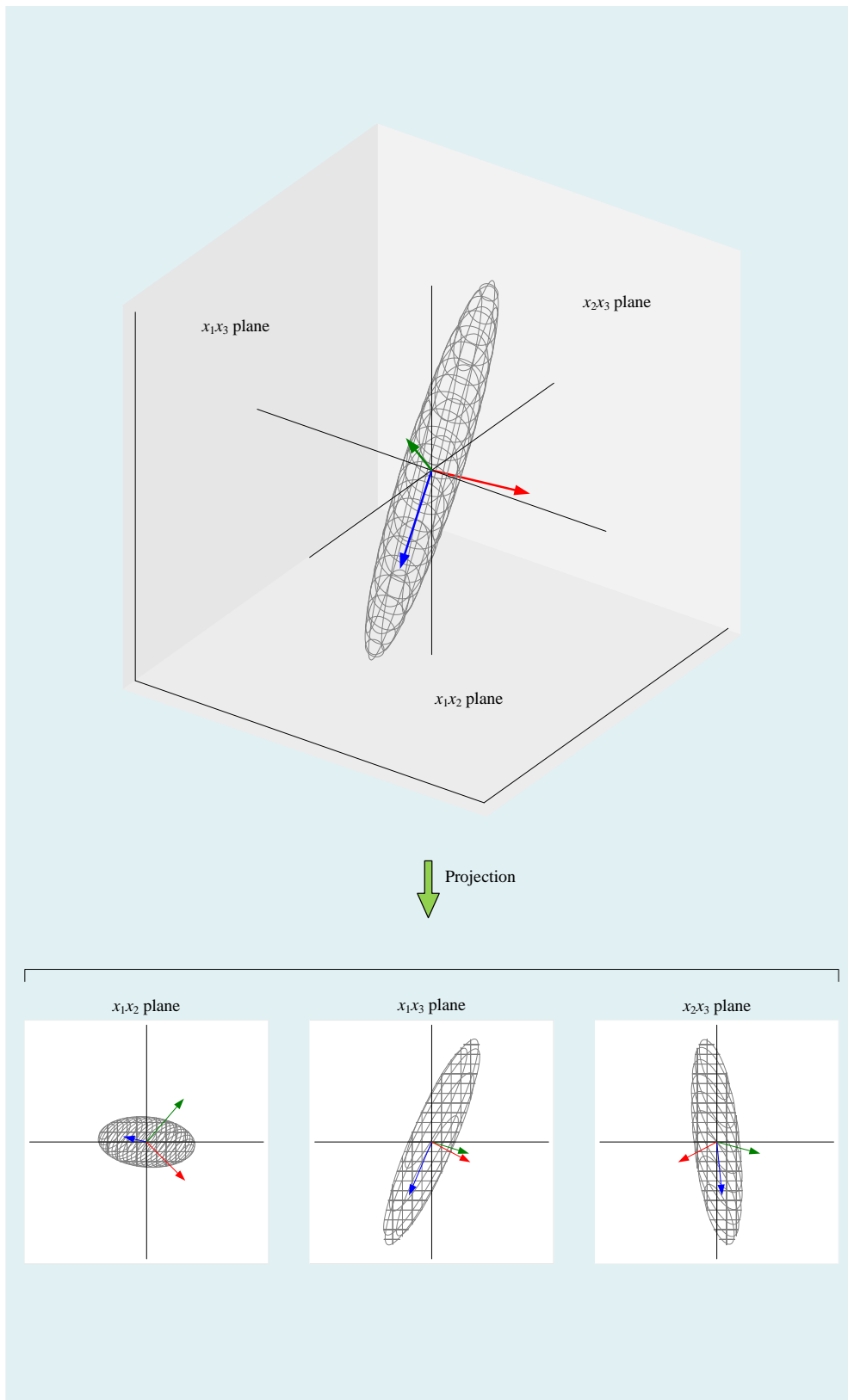


图 12. 旋转椭球在三个平面的投影

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)

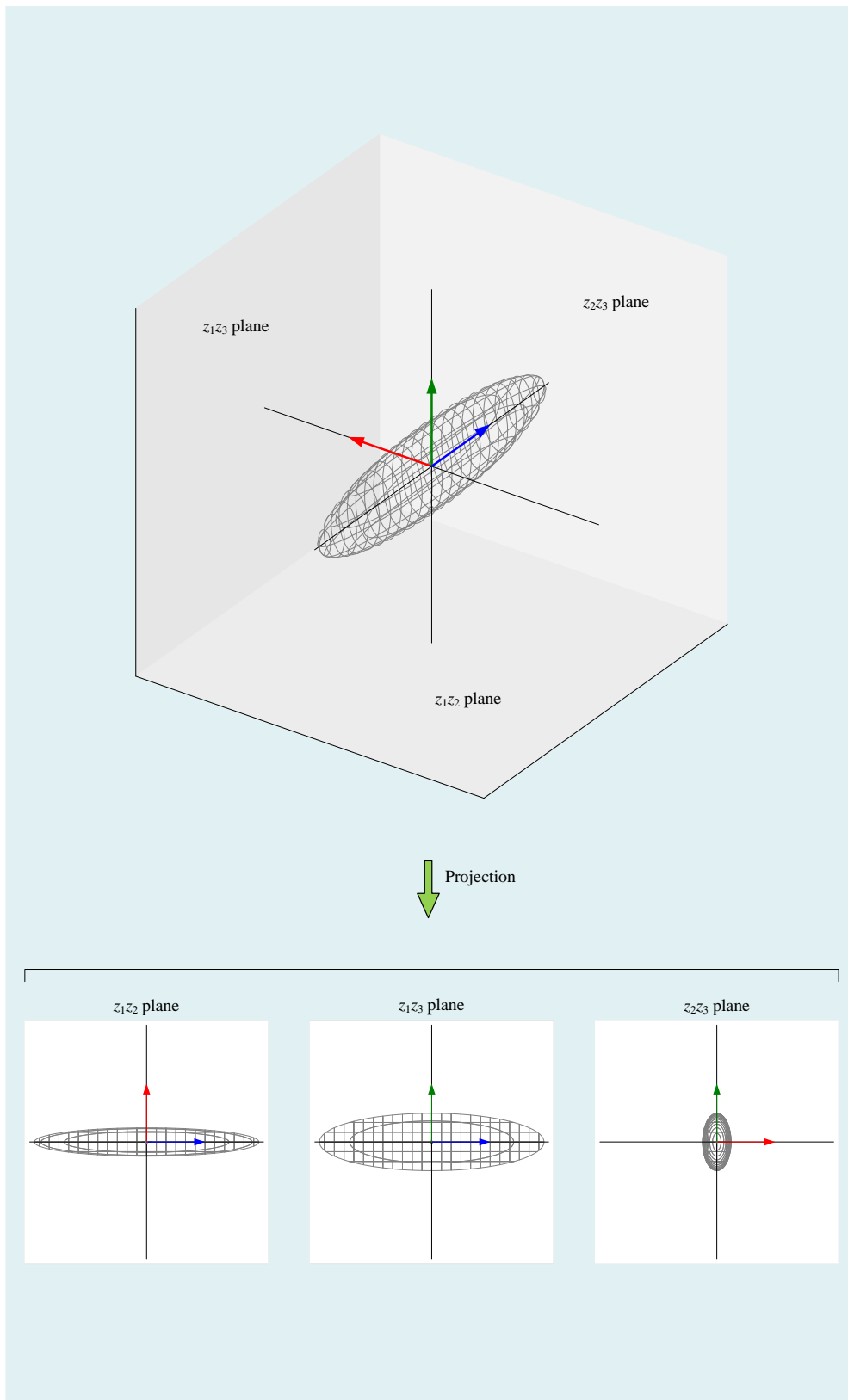


图 13. 正椭球在三个平面的投影

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)