



数学软件 Matlab

—— 二维平面作图

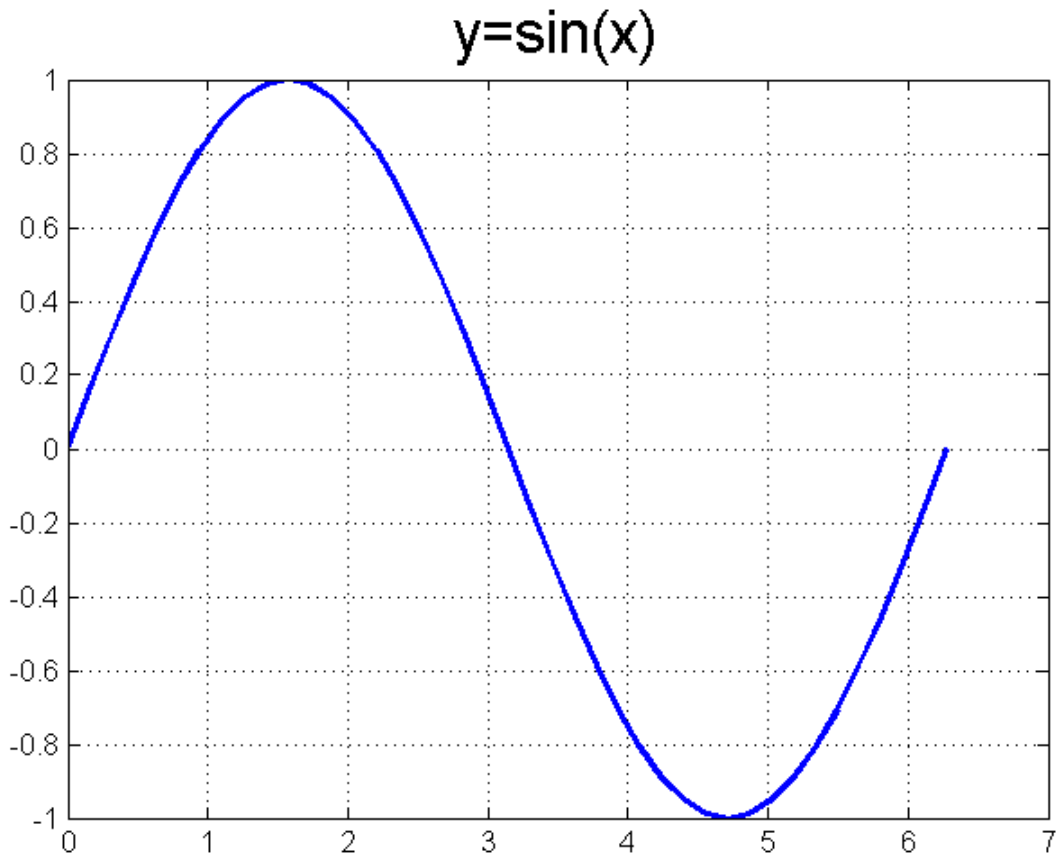
—— 三维空间作图

本讲主要内容

- 二维平面作图
- 三维空间作图
- 符号作图
- Matlab 绘图过程/原理

手工作图

如何画出 $y=\sin(x)$ 在 $[0, 2\pi]$ 上的图像？



Matlab 作图

● 手工作图

- 找点: $x = 0, \pi/4, \pi/3, \pi/2, \pi, \dots$
- 求值: $y = \sin(0), \sin(\pi/4), \sin(\pi/3), \dots$
- 描点: 在坐标系中画出这些离散点
- 连线: 用直线或曲线连接这些点, 得到函数的大致图形

● Matlab 作图

- 找点: $x=[0:\pi/10:2*\pi];$
- 求值: $y=\sin(x);$
- 描点、连线: 使用 Matlab 提供的绘图函数 `plot`

例:

```
x=0:pi/10:2*pi; y=sin(x);  
plot(x,y);
```

二维作图命令

- 平面曲线绘图命令：**plot**

plot(x,y)

- 这里 x, y 都是向量，长度必须相同
- 以 x 的分量为横坐标， y 的分量为纵坐标，作平面曲线

例：作 $y = \cos(x)$ 在 $[0, 4\pi]$ 上的图像

```
x=0:pi/10:4*pi;  
y=cos(x);  
plot(x,y);
```

二维作图命令

- 平面曲线绘图命令：`plot`

```
plot(y)
```

- 绘制向量 y 的线性图

即以下标为横坐标， y 的分量为纵坐标，等价于：

```
x=[1:length(y)]; plot(x,y);
```

例：

```
y=[0,0.4,0.8,1.0,0.9,6.1];  
plot(y);
```

思考：`plot(y)` 与 `plot(x,y)` 有什么区别？

图形的属性

- 指定点和线的属性

```
plot(x,y,str)
```

这里的 `str` 是用 **单引号** 括起来的字符串，用来指定图形的属性：**点、线的形状和颜色**

例：

```
x=0:pi/20:2*pi;  
plot(x,cos(x),'r+');
```

红色、虚线、
点用加号表示

```
x=0:pi/20:2*pi;  
plot(x,cos(x),'bo--');
```

蓝色、间断线、
点用圆圈表示

颜色，线型，点标记：可以全部指定，也可以部分指定，**顺序任意**

点和线的基本属性

help plot

线型	点标记	颜色
- 实线	. 点	y 黄色
: 虚线	o 小圆圈	m 洋红/magenta
- . 点划线	x 叉子符	c 青色/cyan
-- 间断线	+ 加号	r 红色
空白(不画线)	* 星号	g 绿色
	s 方格	b 蓝色
	d 菱形	w 白色
	^ 朝上三角	k 黑色
	v 朝下三角	
	> 朝右三角	
	< 朝左三角	
	p 五角星	
	h 六角星	

标题和坐标轴标注

- 添加标题

```
title(str)
```

- 这里的 `str` 是用 **单引号** 括起来的字符串

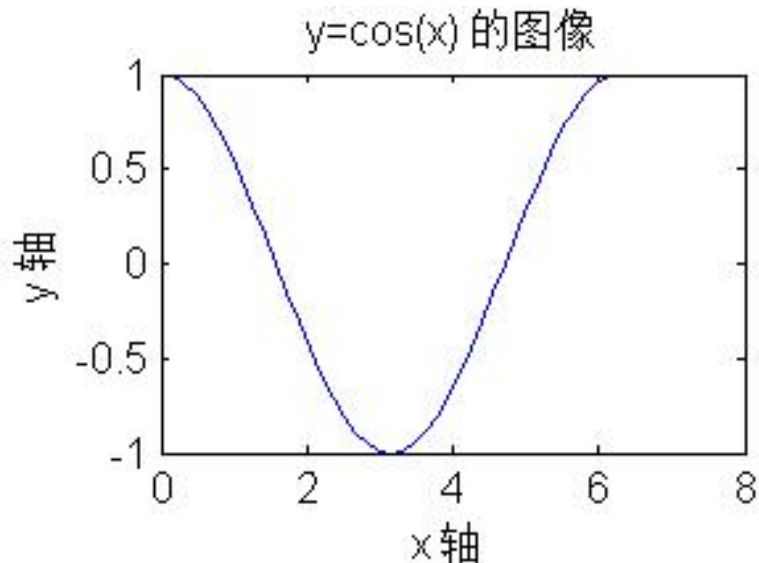
- 添加坐标轴标注

```
xlabel(str)
```

```
ylabel(str)
```

例:

```
x=0:pi/20:2*pi;  
plot(x,cos(x));  
title('y=cos(x) 的图像');  
xlabel('x 轴');  
ylabel('y 轴');
```



坐标轴与刻度

- 坐标轴显示范围

```
axis([x1,x2,y1,y2])
```

- 设置刻度

```
set(gca, 'xtick', [x0,x1,x2,...])
```

例:

```
x=0:pi/20:2*pi;  
plot(x,cos(x));  
title('y=cos(x) 的图像');  
set(gca, 'xtick', [0: 7])
```

绘制多个函数图像

- 在同一个绘图窗口绘制多个图像

```
plot(x1,y1, x2,y2, ...)
```

- 也可以同时指定每条曲线的属性

```
plot(x1,y1,str1, x2,y2,str2, ...)
```

- 另一种实现方法: `hold on`

```
hold on  
plot(x1,y1,str1)  
plot(x2,y2,str2)  
...  
hold off
```

例:

```
x=0:pi/20:2*pi;  
y1=sin(x); y2=cos(x);  
plot(x,y1, x,y2);
```

```
hold on;  
plot(x,y1);  
plot(x,y2);
```

图例

- 添加图例

```
legend(str1, str2, ...)
```

例:

```
x=0:pi/20:2*pi;  
y1=sin(x); y2=cos(x);  
plot(x,y1,'bo-', x,y2,'ks--');  
legend('sin(x)', 'cos(x)')
```

- 在任何指定的地方添加文本

```
text(x, y, str)
```

- 将 `str` 放到由 `(x,y)` 坐标指定的地方

直观方法：直接在绘图窗口进行编辑

划分绘图窗口

● 划分绘图窗口

```
subplot(m,n,p)
```

- 将一个绘图窗口分割成 $m \times n$ 个子区域，并按行从左至右依次编号， p 表示第 p 个绘图子区域。

例：

```
x=-pi:pi/20:pi;  
subplot(2,2,1); plot(x,sin(x));  
subplot(2,2,2); plot(x,cos(x));  
subplot(2,2,3); plot(x,x.^2);  
subplot(2,2,4); plot(x,exp(x));
```

其他相关命令

- 显示网格

```
grid on / grid off
```

- 保留当前绘图窗口中的图像

```
hold on / hold off
```

- 新建绘图窗口/选取绘图窗口

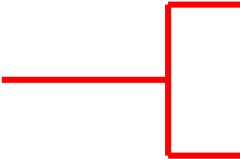
```
figure(n)
```

- 关闭绘图窗口

```
close / close all
```

本讲主要内容

- 二维平面作图

- 三维空间作图 
 - 三维曲线
 - 空间曲面

- 符号作图

- Matlab 绘图过程/原理

三维曲线

- 三维曲线绘图命令：**plot3**

设三维曲线的参数方程为： $x=x(t)$ ， $y=y(t)$ ， $z=z(t)$ ，
则其图形可由下面的命令绘出：

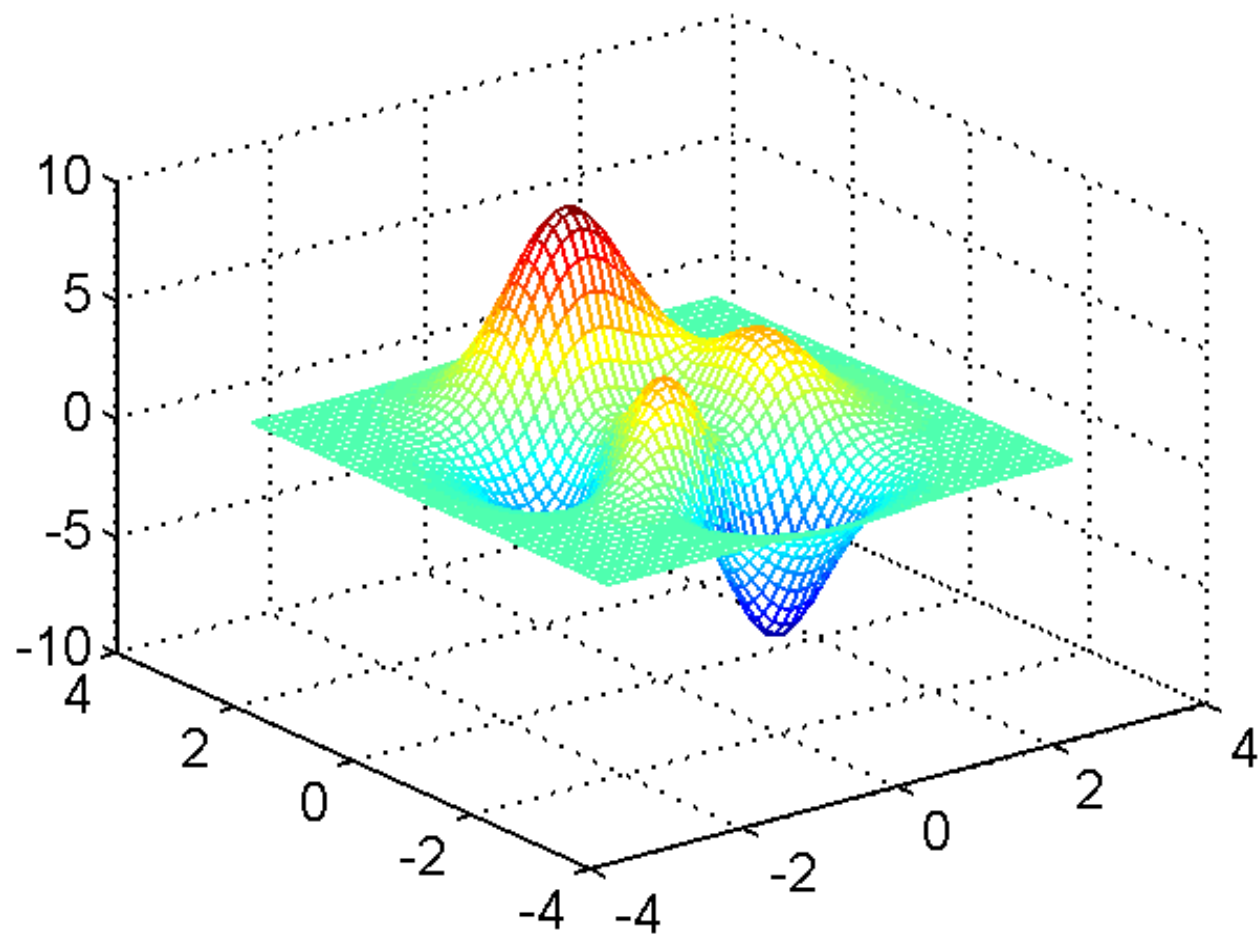
```
plot3(x,y,z)
```

例：三维螺旋线

```
t=0:pi/10:10*pi;  
x=sin(t);  
y=cos(t);  
z=2*t;  
plot3(x,y,z);
```

- **plot3** 只能绘制用参数方程表示的三维曲线
- **plot3** 的用法与 **plot** 类似

三维曲面示例



三维曲面

● 绘制曲面的网格图

`mesh(X,Y,Z)`

绘制由矩阵 X, Y, Z 所确定的曲面的网格图

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{pmatrix}, \quad \mathbf{Y} = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{m1} & y_{m2} & \cdots & y_{mn} \end{pmatrix}, \quad \mathbf{Z} = \begin{pmatrix} z_{11} & z_{12} & \cdots & z_{1n} \\ z_{21} & z_{22} & \cdots & z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{m1} & z_{m2} & \cdots & z_{mn} \end{pmatrix}$$

$P(x_{ij}, y_{ij}, z_{ij})$

例:

```
[X,Y]=meshgrid(-3:1/8:3);  
Z=peaks(X,Y);  
mesh(X,Y,Z);
```

三维曲面绘制过程

- 绘制空间曲面 $z = z(x, y)$ 网格图的步骤：
 - (1) 对 x 的取值区域和 y 的取值区域进行分割，得到离散的点 (x_{ij}, y_{ij}) ，这些离散的点称为**网格点**
 - (2) 这些**网格点**构成了网格矩阵，即矩阵 **X** 和 **Y**
 - (3) 计算 z 在这些网格点上的函数值，即可得矩阵 **Z**
 - (4) 调用 Matlab 的绘图命令 **mesh** 绘出曲面图形
- 怎样得到网格矩阵 **X** 和 **Y** ?
 - 利用 Matlab 的网格生成函数：**meshgrid**

网格生成函数

- 网格生成函数

$[X, Y] = \text{meshgrid}(x, y)$

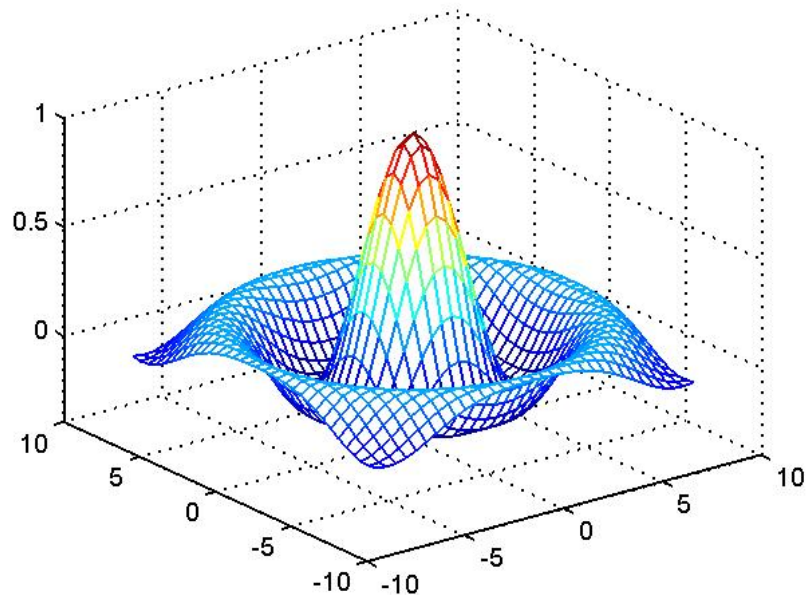
- x, y 是分别对 x 取值区域和 y 取值区域进行分割后得到的向量
- X, Y 即为我们所需要的网格矩阵

若 $y = x$ ，则可简写为： $[X, Y] = \text{meshgrid}(x)$

墨西哥帽子

例：绘制墨西哥帽子

$$z = \frac{\sin\left(\sqrt{x^2 + y^2}\right)}{\sqrt{x^2 + y^2}} \quad x, y \in [a, b]$$



● $a = 8$ 时的曲面图形

```
x=-8:0.5:8; y=-8:0.5:8;  
[X,Y]=meshgrid(x,y);  
r=sqrt(X.^2+Y.^2)+eps;  
Z=sin(r)./r;  
mesh(X,Y,Z);
```

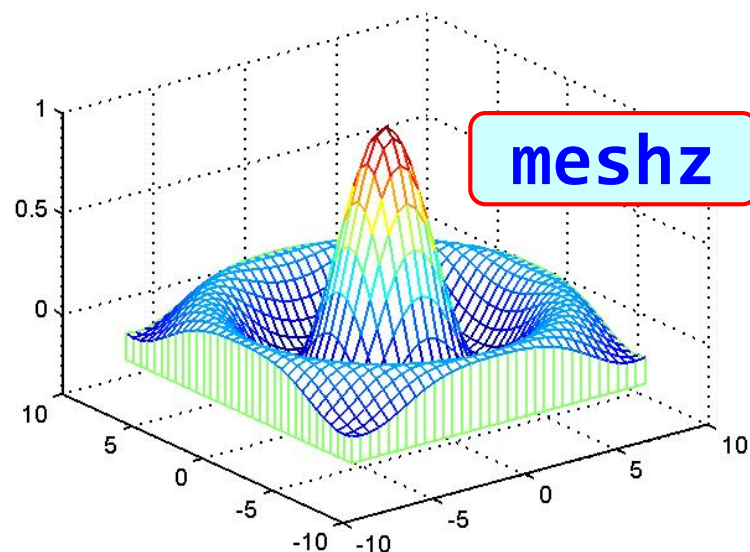
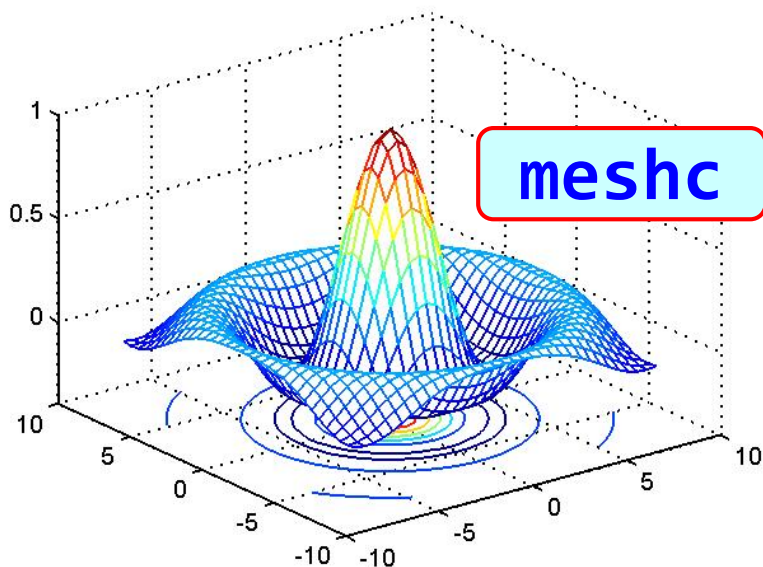
+eps?



- x 方向与 y 方向可以取不同的步长
- 注意要使用数组运算

meshc 和 meshz

- 其它网格曲面绘制函数：**meshc**、**meshz**
 - 绘制带**等高线**的空间曲面：**meshc**
 - 使用方式与 mesh 相同，在 mesh 基础上增加等高线
 - 绘制带**屏蔽面**的空间曲面：**meshz**
 - 使用方式与 mesh 相同，在 mesh 基础上屏蔽边界面



Mesh 绘图

- 显式方程绘图: $z = z(x, y), \quad a \leq x \leq b, c \leq y \leq d$

```
x=a:h1:b; y=c:h2:d;      % 区域划分
[X,Y]=meshgrid(x,y);    % 生成网格
Z=z(X,Y);               % 计算网格上的函数值
mesh(X,Y,Z);            % 调用绘图命令
```

- 参数方程绘图:

$x = x(u, v), y = y(u, v), z = z(u, v) \quad a \leq u \leq b, c \leq v \leq d$

```
u=a:h1:b; v=c:h2:d;      % 区域划分
[U,V]=meshgrid(u,v);    % 生成网格
X=x(U,V); Y=y(U,V); Z=z(U,V); % 计算函数值
mesh(X,Y,Z);            % 调用绘图命令
```

Mesh 绘图举例

例：绘制马鞍面

显式方程绘图

$$z = \frac{x^2}{4} - \frac{y^2}{9} \quad (-2 \leq x \leq 2, -3 \leq y \leq 3)$$

```
x=-2:0.1:2; y=-3:0.1:3;  
[X,Y]=meshgrid(x,y);  
Z=X.^2/4-Y.^2/9;  
mesh(X,Y,Z);
```


Mesh 绘图举例

例：绘制椭圆抛物面

参数方程绘图

$$\begin{cases} x = 3r \cos \theta \\ y = 4r \sin \theta \\ z = r^2 \end{cases} \quad (0 \leq \theta \leq 2\pi, 0 \leq r \leq 5)$$

```
t=0:pi/20:2*pi;  
r=0:0.1:5;  
[T,R]=meshgrid(t,r);  
X=3*R.*cos(T);  
Y=4*R.*sin(T);  
Z=R.^2;  
mesh(X,Y,Z);
```

曲面作图其它命令

- 空间曲面其它作图命令

`surf(X,Y,Z)`

- 绘制带颜色的表面图 (surface), 参数含义同 mesh

注: mesh 绘制网格图, surf 绘制着色表面图

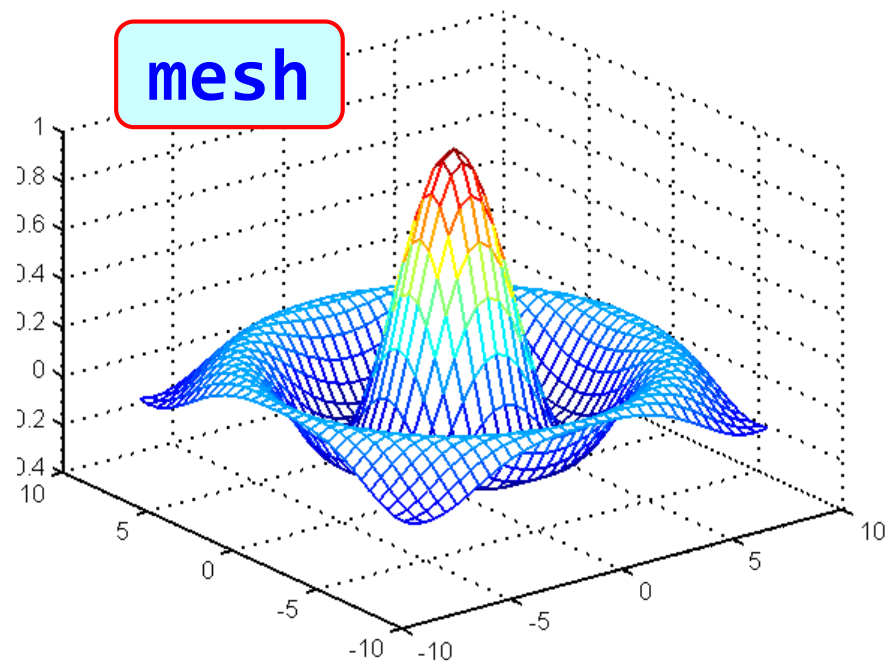
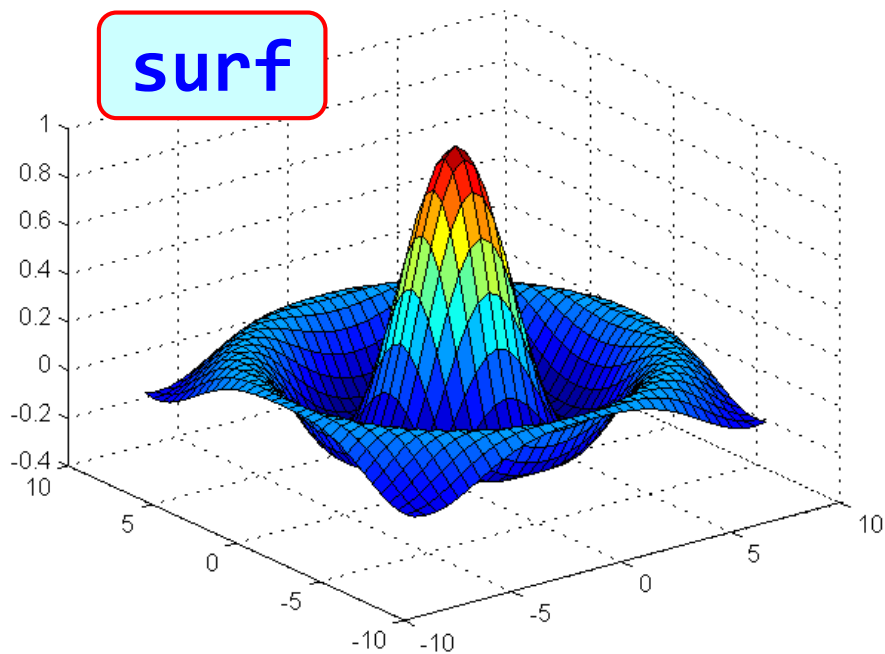
`sphere(n)`

- 绘制单位球面, n 代表网格的多少

注: sphere 只能画单位球面!

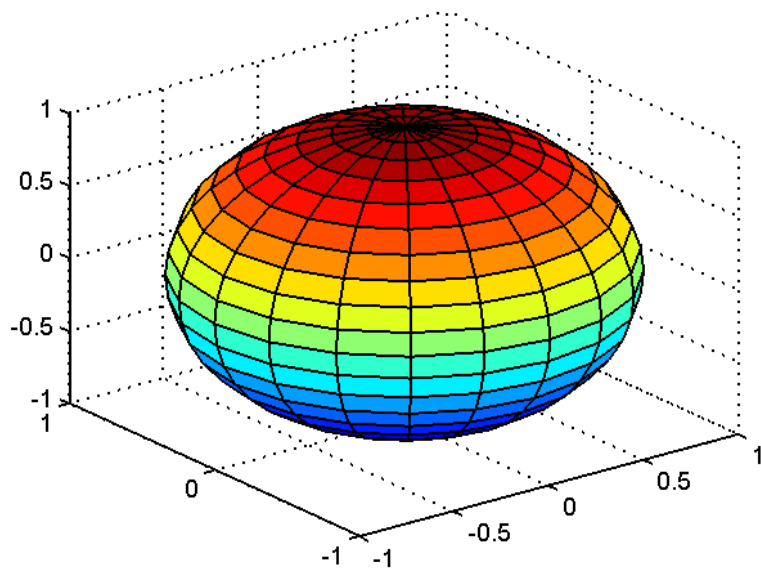
surf 作图举例

```
[X,Y]=meshgrid(-8:0.5:8);  
r=sqrt(X.^2+Y.^2)+eps;  
Z=sin(r)./r;  
surf(X,Y,Z);
```



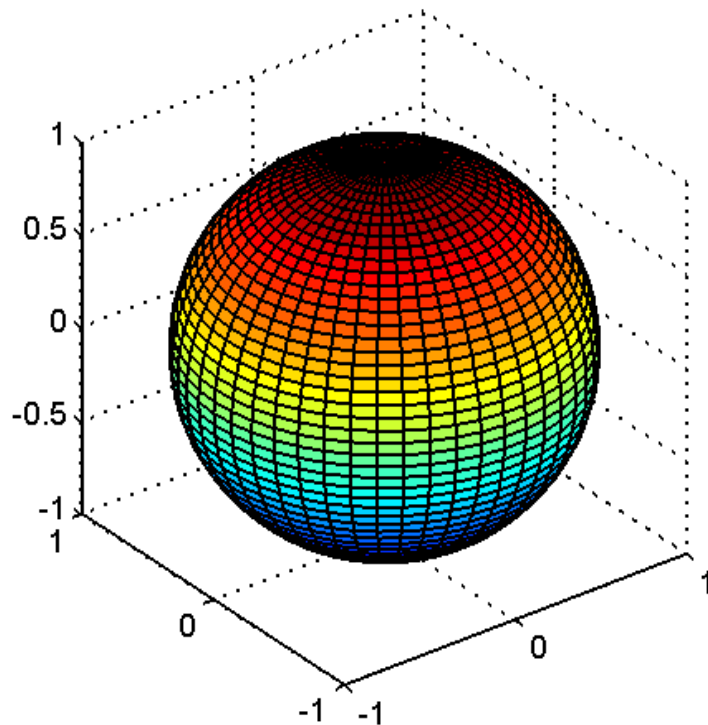
sphere 作图

```
sphere;
```



如果没有给出 n 的值,
则系统默认为 $n=20$

```
>> sphere(60);  
>> axis equal;
```



坐标轴控制

- 坐标轴控制命令

```
axis([xmin,xmax, ymin,ymax, zmin,zmax])
```

- 作用：指定坐标轴的显示范围

```
axis on/off      % 显示/不显示坐标轴
```

- 其它调用方式：

<code>axis auto</code>	自动，使得图形的坐标满足图中的一切元素
<code>axis equal</code>	各坐标轴采用等长刻度
<code>axis square</code>	使绘图区域为正方形
<code>axis manual</code>	以当前的坐标限制图形的绘制（多图时）
<code>... ..</code>	更多用法参见联机帮助： <code>help axis</code>

图像的着色方案

- 图形的着色方案

`colormap(s)`

- `s` 为字符串，表示所采用的色系，常用的值有

颜色映象	相应的色系
<code>autumn</code>	红黄色系
<code>gray</code>	线性灰色系
<code>cool</code>	青和洋红色系
<code>pink</code>	柔和色系
<code>... ..</code>	更多参见联机帮助： <code>help colormap</code>

绘图小结

- 平面曲线绘图:

$$y = f(x), \quad a \leq x \leq b$$

- (1) 绘图区域划分

```
X=a:h:b;
```

- (2) 计算分割点上的函数值

```
y=f(x); %
```

- (3) 调用 Matlab 绘图命令

```
plot(x,y);
```

绘图小结

- 三维曲面绘图: $z = z(x, y), \quad a \leq x \leq b, \quad c \leq y \leq d$

(1) 绘图区域划分

```
x=a:h1:b; y=c:h2:d;
```

(2) 生成网格

```
[X,Y]=meshgrid(x,y);
```

(3) 计算在网格点上的函数值

```
Z=z(X,Y); % 数组运算
```

(4) 调用 Matlab 绘图命令

```
mesh(X,Y,Z);
```


绘图小结

- 三维曲面参数方程绘图: $x = x(u, v), y = y(u, v), z = z(u, v)$

(1) 绘图区域划分

$$a \leq u \leq b, c \leq v \leq d$$

```
u=a:h1:b; v=c:h2:d;
```

(2) 生成网格

```
[U,V]=meshgrid(u,v);
```

(3) 计算在网格点上的函数值

```
X=x(U,V); Y=y(U,V); Z=z(U,V); % 数组运算
```

(4) 调用 Matlab 绘图命令

```
mesh(X,Y,Z);
```

本讲主要内容

- 二维平面作图
- 三维空间作图
- 符号作图
- Matlab 绘图过程/原理

二维曲线 ezplot

- 二维曲线符号绘图函数

`ezplot(f(x), [a, b])`

绘制 $y = f(x)$ 在区域 $a \leq x \leq b$ 上的图形

`ezplot(f(x, y), [a, b, c, d])`

绘制 $f(x, y) = 0$ 在区域 $a \leq x \leq b, c \leq y \leq d$ 上的图形

`ezplot(x(t), y(t), [a, b])`

绘制 $x = x(t), y = y(t)$ 在区域 $a \leq t \leq b$ 上的图形

二维曲线 ezplot

ezplot(f(x))

缺省的绘图区间为 $[-2\pi, 2\pi]$

绘制 $y = f(x)$ 在区域 $-2\pi \leq x \leq 2\pi$ 上的图形

ezplot(f(x,y))

缺省的绘图区间为 $[-2\pi, 2\pi]$

绘制 $f(x, y) = 0$ 在区域 $-2\pi \leq x, y \leq 2\pi$ 上的图形

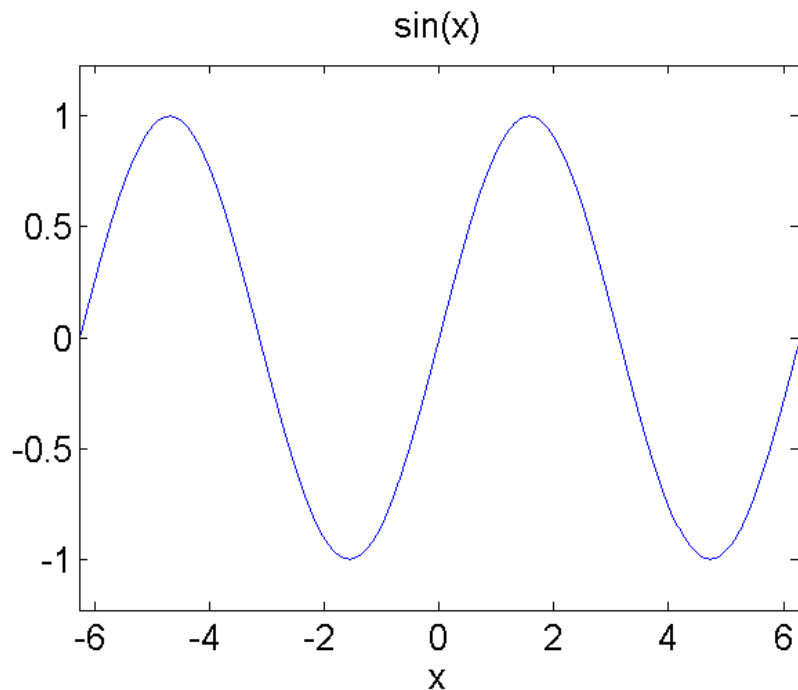
ezplot(x(t),y(t))

缺省的绘图区间为 $[0, 2\pi]$

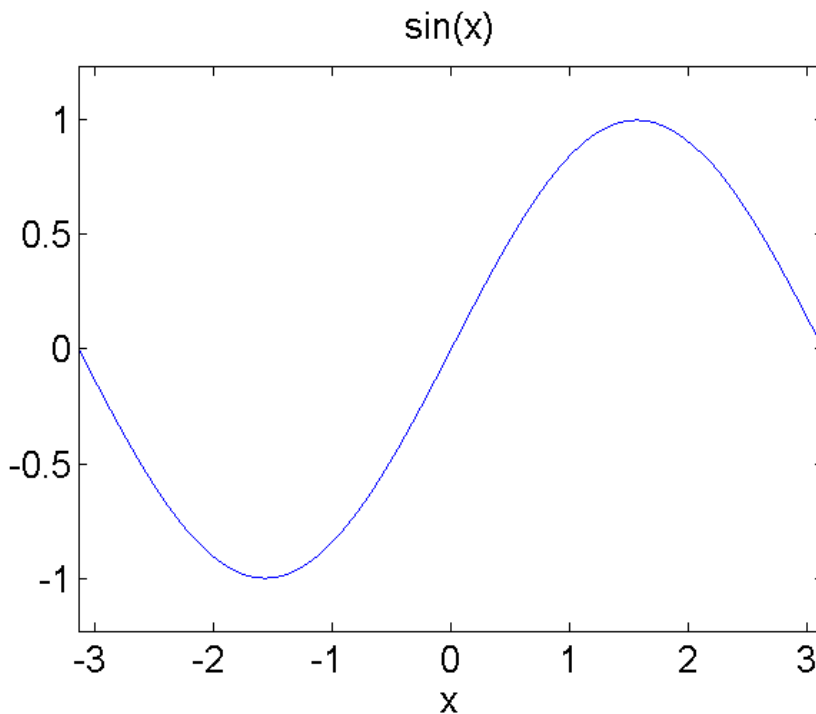
绘制 $x = x(t), y = y(t)$ 在区域 $0 \leq t \leq 2\pi$ 上的图形

ezplot 作图

```
ezplot('sin(x)');
```



```
ezplot('sin(x)', [-pi, pi]);
```



符号作图时要注意使用 **单引号**!

Matlab 符号作图

● 空间曲线符号作图

```
ezplot3(x(t),y(t),z(t),[a,b])
```

- 绘制空间曲线: $x = x(t), y = y(t), z = z(t), a \leq t \leq b$

缺省的绘图区间为 $[0, 2\pi]$

```
ezplot3(x(t),y(t),z(t))
```

- 绘制空间曲线: $x = x(t), y = y(t), z = z(t), 0 \leq t \leq 2\pi$

例:

```
ezplot3('2*t','sin(t)','cos(t)',[0,20])
```

Matlab 符号作图

- 空间曲面符号绘图函数：**ezmesh**、**ezsurf**

ezmesh(z(x,y), [a,b,c,d])

$$z = z(x, y), a < x < b, c < y < d$$

ezmesh(z(x,y), [a,b])

$$z = z(x, y), a < x, y < b$$

ezmesh(z(x,y))

$$z = z(x, y), -2\pi < x, y < 2\pi$$



ezsurf 的用法
与 **ezmesh** 相同

Matlab 符号作图

- 空间曲面符号绘图函数：`ezmesh`、`ezsurf`

`ezmesh(x(s,t),y(s,t),z(s,t),[a,b,c,d])`

$$x = x(s,t), y = y(s,t), z = z(s,t), a < s < b, c < t < d$$

`ezmesh(x(s,t),y(s,t),z(s,t),[a,b])`

$$x = x(s,t), y = y(s,t), z = z(s,t), a < s, t < b$$

`ezmesh(x(s,t),y(s,t),z(s,t))`

$$x = x(s,t), y = y(s,t), z = z(s,t), -2\pi < s, t < 2\pi$$

本讲主要内容

- 二维平面作图
- 三维空间作图
- 符号作图
- **Matlab 绘图过程/原理**

曲线作图过程

- 基本原理：点 \rightarrow 线，即先画点，后连线

例： $y = \sin(x), 0 < x < 2\pi$

一、画点

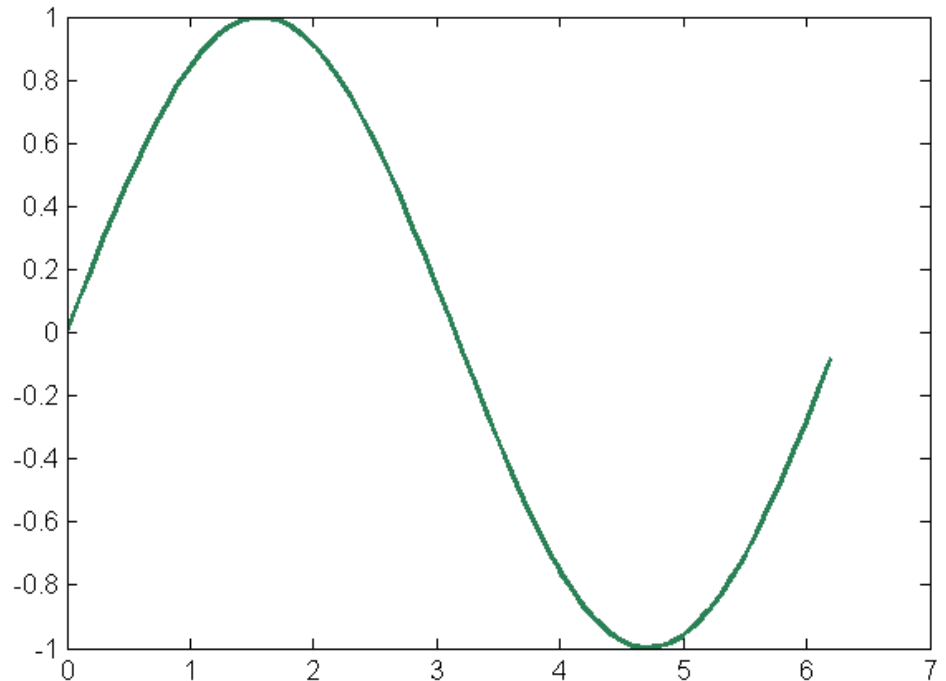
```
x=0:pi/5:2*pi;  
plot(x,sin(x),'.')
```

二、连线

```
x=0:pi/5:2*pi;  
plot(x,sin(x),'r.-')
```

三、加密

```
x=0:pi/20:2*pi;  
plot(x,sin(x),'r.-')
```



三维曲面作图

先画点，后连线，构成曲面网格图

点： $(x_{ij}, y_{ij}, z_{ij}) \quad i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{Y} = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{m1} & y_{m2} & \cdots & y_{mn} \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{Z} = \begin{pmatrix} z_{11} & z_{12} & \cdots & z_{1n} \\ z_{21} & z_{22} & \cdots & z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{m1} & z_{m2} & \cdots & z_{mn} \end{pmatrix}$$

线：分别沿 x 方向和 y 方向
连接这些点即可得到