

海洋数据处理及可视化





任课教师信息

- ◆ 姓名：孟祥凤
- ◆ 单位：海洋环境学院
- ◆ 办公地点：鱼山校区文苑楼302
崂山校区海洋环境学院307
- ◆ 联系电话：13553001635
- ◆ Email: mengxf@ouc.edu.cn



课程性质

- ◆ 新开课程
- ◆ 短学时，集中时间授课
- ◆ 实践性强，上机时间多
- ◆ 类似内容课程
海洋专业Matlab,
大气专业GrADS(并入天气学)



开课目的

- ◆ 培养和强化海洋学专业人才读取,处理和分析数据以及绘图的能力
- ◆ 要求学生通过该课程的学习,掌握读取多种类型海洋数据的方法以及几种通用绘图软件和专业绘图软件的基本使用方法
- ◆ 短期可服务于毕业论文环节,长期可为将来进行科研和业务工作奠定基础



讲课内容

◆ 海洋数据存储形式

- § 1 Ascii码;
- § 2 二进制格式;
- § 3 netcdf格式;

◆ 海洋数据读取、处理方法

- § 1 Fortran读取、处理方法;
- § 2 Matlab读取、处理方法

◆ 通用绘图软件

- § 1 Graher ;
- § 2 Surfer ;
- § 3 Matlab;

◆ 专业绘图软件

- § 1 GrADS;
- § 2 FERRET

参考资料

- ◆ **Grapher2.doc**
- ◆ **Surfer7.doc**
- ◆ **Surfer8初学者中文参考手册.doc**
- ◆ **MATLAB 相关书籍,清华大学课件**
- ◆ **《GrADS气象图形系统使用方法》**
- ◆ **《GrADS实用手册》 grads-ug.pdf**
- ◆ **《FERRET USER'S GUIDE》**
ferret_users_guide_v602.pdf



考核方法

- ◆ 闭卷考试占30%
- ◆ 平时成绩占20%
出勤,课堂表现等
- ◆ 上机成绩占50%
上机实践,上机考试,作业完成情况等

第一章 绪论

- ◆ 海洋数据及其常见存储形式
- ◆ 通用绘图软件
- ◆ 专业绘图软件





- ◆ 利用海洋数据进行绘图可以采用的绘图软件有多种，主要分通用绘图软件和专业绘图软件两大类



通用绘图软件

- ◆ Grapher, Surfer, Matlab, Origin等
- ◆ Grapher主要功能二维制图
- ◆ Surfer主要功能三维制图
- ◆ Matlab二维、三维制图均可

专业绘图软件

- ◆ 利用海洋数据绘图可以采用的专业绘图软件有多种
- ◆ GrADS, FERRET, GMT等



第二章 海洋数据

- ◆ 海洋数据包含信息
- ◆ 常见存储格式



海洋数据包含信息

◆ 现场观测

潮位，温、盐、流，水色，透明度，叶绿素，溶解氧等。

通常有单点单变量，单点多变量；深度剖面，大面观测等。

特点：资料时间或（和）空间上不连续，单个文件存储量不大，通常以ASCII码形式储存
通用绘图软件的讲解主要针对这种资料



海洋数据包含信息

- ◆ 卫星观测
海表高度，海温，水色，风速等
- ◆ 模式输出资料以及同化观测资料的模式资料
海表高度，温、盐、流等
- ◆ 由多年观测的多种资料经过分析处理得到的
资料产品
包含气候态的温、盐、通量等信息
如Levitus, COADS, HadSST等

通常存储为格点资料，特点：在时间和（或）空间上连续性好，数据（按照时间顺序）依次分布在固定的空间网格点上，通常为二进制或Netcdf格式

专业绘图软件的讲解主要针对这类数据进行



海洋数据常见存储格式

- ◆ ASCII码（文本文件）

存储量大、读取速度慢、便于对字符操作，可读性好，不适合存储海量数据

- ◆ 二进制

存储量小、读取速度快、便于存放中间结果及海量数据、不能直接读取（需要借助软件，读取时相关控制常常与存储设备有关）

- ◆ NetCDF格式

存储量小、读取速度快、自说明功能、读取方式灵活（不需要与存储设备有关的控制）

作业

- ◆ 在自己的电脑上安装本课程将要用到的软件，Grapher, Surfer, Matlab, Netcdf for Matlab, Fortran, GrADS, Ferret
- ◆ 找资料（王秀芹老师以前的海洋学绘图练习，青岛的潮汐资料），寻找以及下载数据ETOPO5, Levitus, COADS, Hadley SST, AVHRR SST, SODA, ECCO等



A collection of historical artifacts is arranged on a light-colored, textured surface. In the top left, a portion of a wooden chessboard with a checkered pattern and several chess pieces is visible. Below the chessboard, there are two ornate medals. The top medal features a red ribbon with a circular rosette and a star-shaped pendant. The bottom medal has a blue ribbon with a similar rosette and a star-shaped pendant. To the right of the medals, a pair of thin, gold-colored wire-rimmed glasses lies flat. In the bottom left corner, a small, round, silver-colored compass with a white face and black markings is partially visible. The text '通用绘图软件使用简介' is overlaid in the center-right area of the image.

通用绘图软件使用简介



数据处理及可视化的实用价值

- ◆ 股票分析，最高价，最低价，开盘、收盘
- ◆ 学生成绩分析
- ◆ 社会结构，男女比例，年龄分布，工、农、商、教育、科研、政府、无业人员的比例等等的分析
- ◆ 气候变化、全球变暖、海平面升高等



通用绘图软件

- ◆ Grapher, Surfer, Matlab, Origin等
- ◆ Grapher主要功能二维制图
- ◆ Surfer主要功能三维制图
- ◆ Matlab二维、三维制图均可



Grapher及其使用简介

- ◆ 美国Colorado的Golden Software公司研制开发的绘图软件, 早期多用于二维绘图, 新版本也具有三维绘图功能



常用操作1

◆ 散点图（点聚图）和点线图(line/symbol)

作业：用Levitus资料绘出湾流区马尾藻海（副热带北太平洋、副热带北太平洋）的温度盐度散点图

作业：用Levitus资料绘出180E, EQ上温度、盐度随深度的分布

作业：用Levitus资料绘出180E, 30S(/ EQ /30N), 30m处温度的季节变化

作业：用TOGA-TAO绘出某经、纬度上不同深度处海水温度的日变化

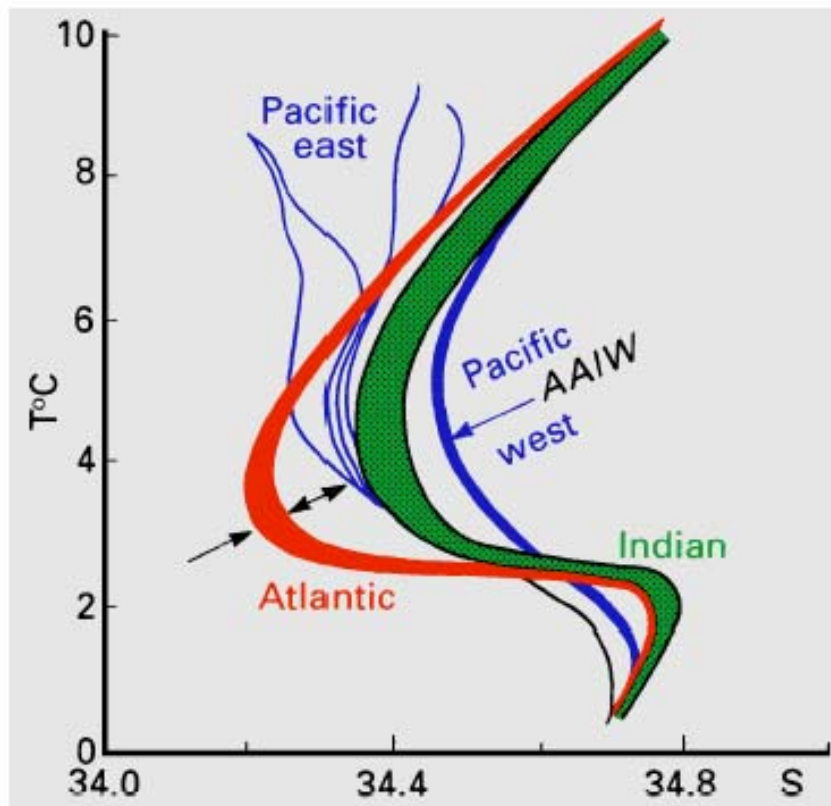
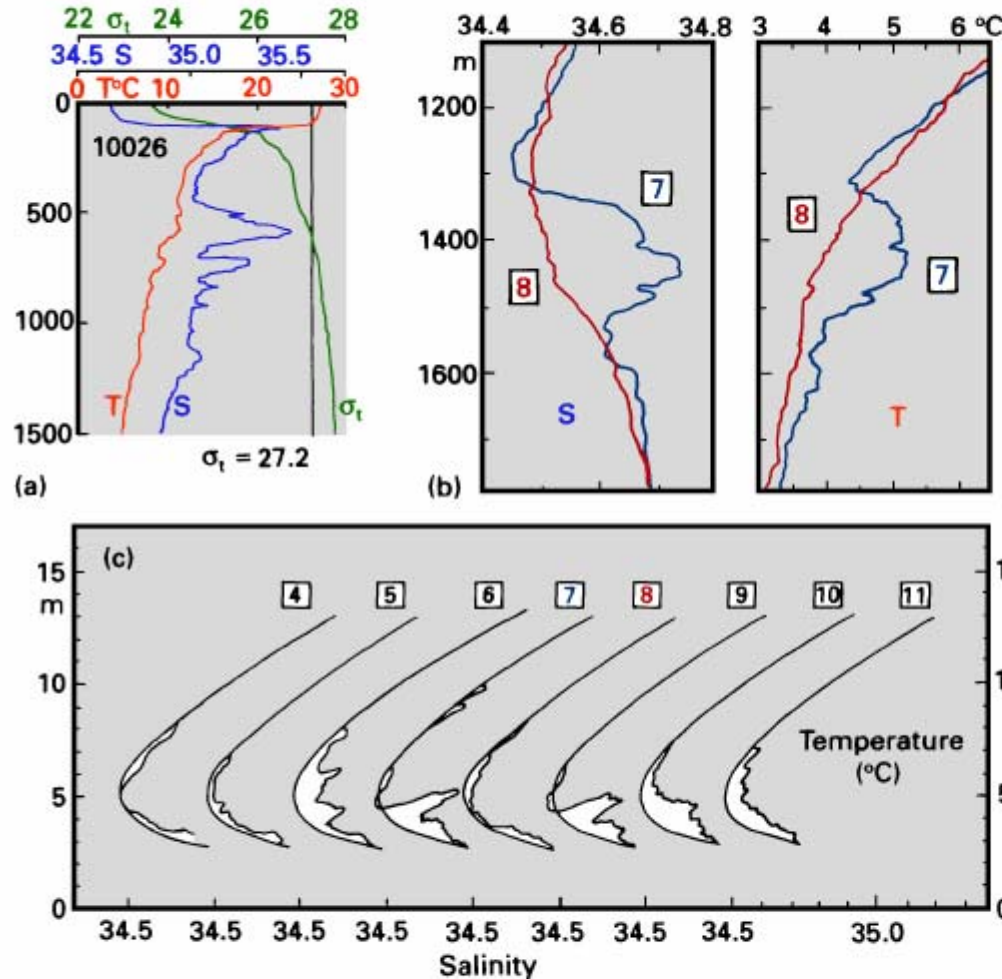


Fig. 12.7. T-S diagrams for various regions in the latitude band $40^{\circ} - 45^{\circ}\text{S}$. The range of T-S diagrams in the Indian Ocean is shaded, while a variety of individual T-S curves is shown for the eastern Pacific Ocean ($80^{\circ} - 160^{\circ}\text{W}$). The region marked "Pacific west" is located in the southern Tasman Sea and south east of New Zealand ($150^{\circ}\text{E} - 160^{\circ}\text{W}$); its higher salinity indicates that any exchange between the Great Australian Bight and the Pacific Ocean cannot pass through these regions but has to pass to the south. From Piola and Georgi (1982).

12.6. Observations of Red Sea and Persian Gulf Water.



(a) Temperature ($^{\circ}\text{C}$), salinity, and density (σ_t) at a station in the Somali Current near 3 $^{\circ}\text{N}$ (the density 27.2 marks the separation between Persian Gulf Water above and Red Sea Water below. Note also the uniform salinity at 300 - 400 m and 800 - 1100 m indicative of the presence of AAMW),

(b) temperature ($^{\circ}\text{C}$) and salinity against depth at two stations in the Agulhas Current near 29 $^{\circ}\text{S}$, with little (stn 8) and strong (stn 7) presence of Red Sea Water,

(c) T-S diagrams from eight stations (stns 4 - 11) across the Agulhas Current along 29 $^{\circ}\text{S}$ (see Fig. 12.1 for location). The diagrams are shifted along the salinity axis by 0.3 units. The smooth curve is the mean from 20 stations without Red Sea Water presence and shows the AAIW salinity minimum. Adapted from Gründlingh (1985b).



常用操作2

- ◆ 高低收盘图(hi-low-close)
做图时需要至少5列数据

作业：采用高低收盘图绘出青岛2005年1月潮汐

作业2

- ◆ 查阅近期某年某月潮汐表了解青岛的潮位信息， 分析其变化规律， 并用图表示出来。



常用操作3

- ◆ 饼图 pie

- ◆ 棒图 bar

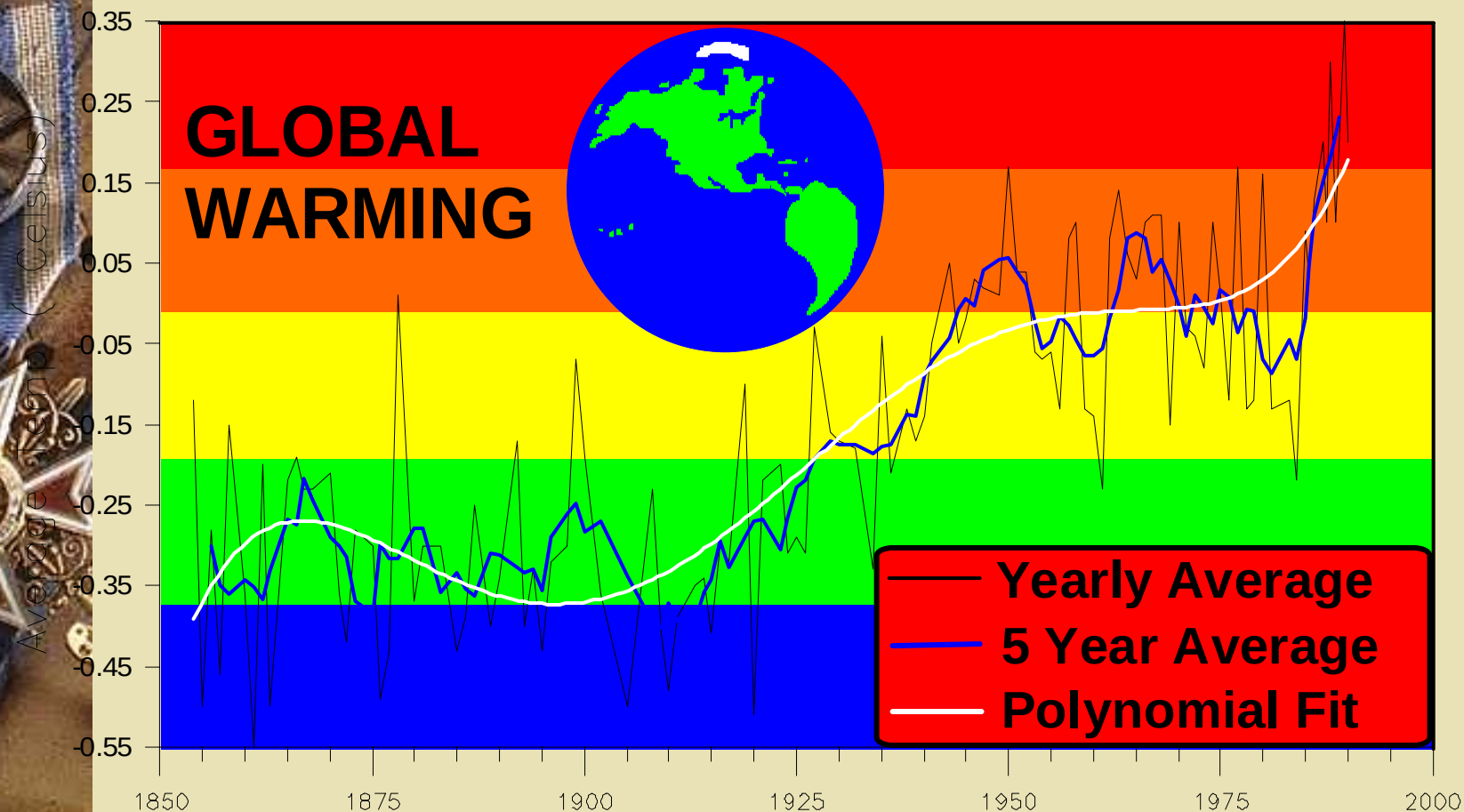
作业：某大学某专业某班考试成绩分布如下，50分以下2人，51-60分3人，61-70分7人，71-80分15人，81-90分10人，91-100分3人，

请用饼图示出该班级的成绩构成。

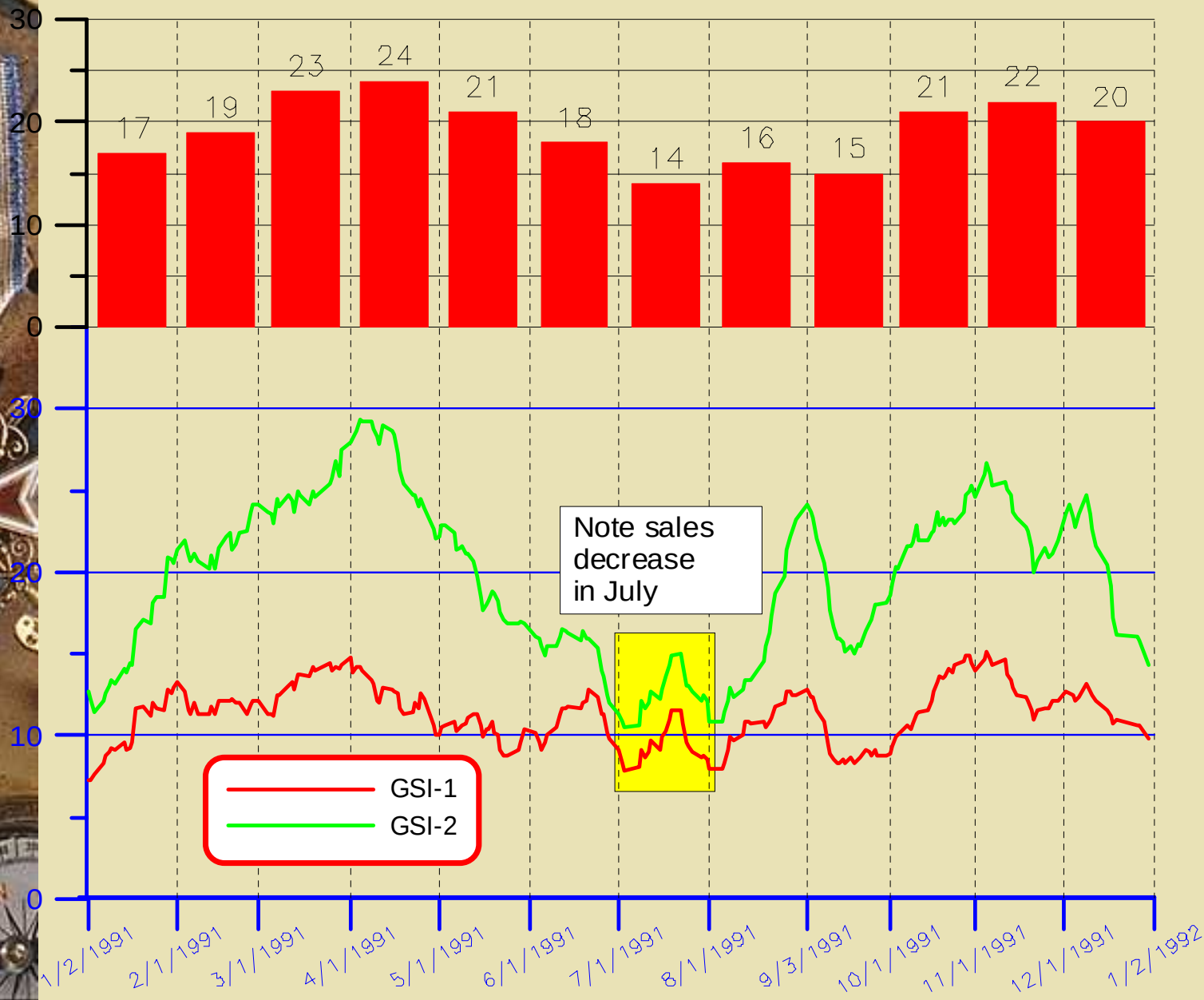
请用棒图形式表示。

- ◆ 作业：全球水资源的分布情况，请用饼图示出

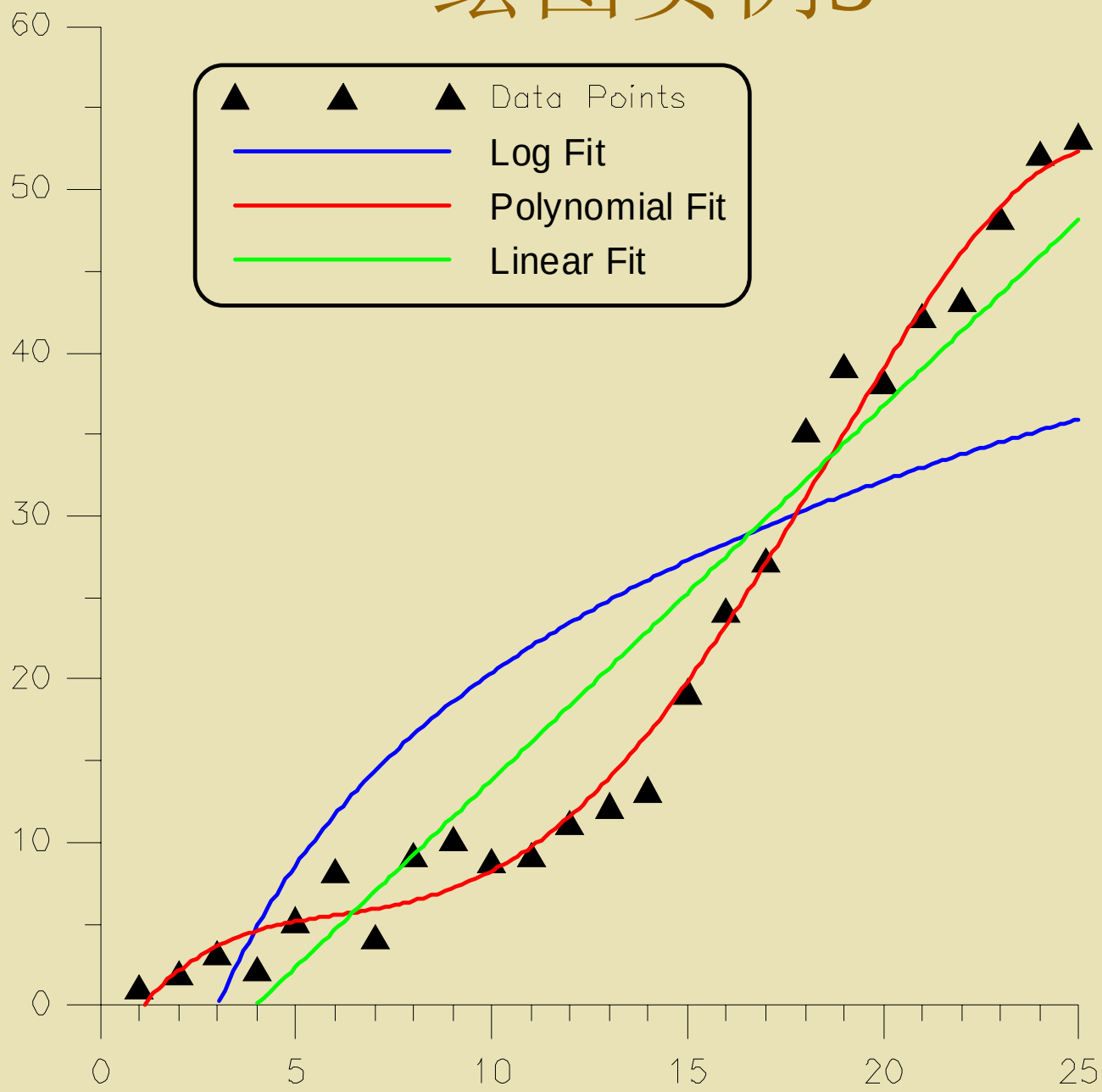
绘图实例1



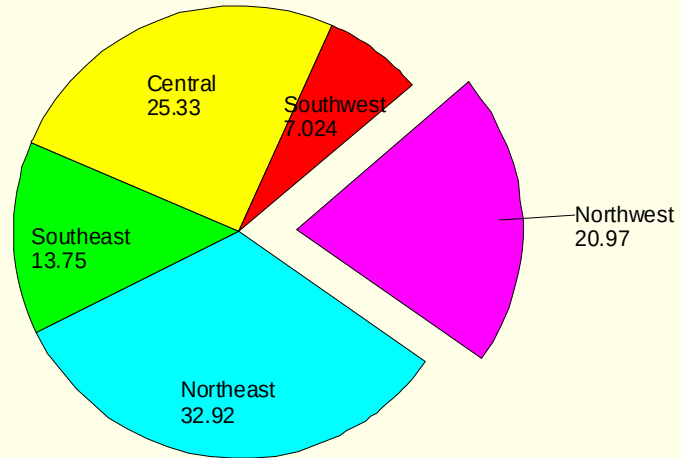
绘图实例2



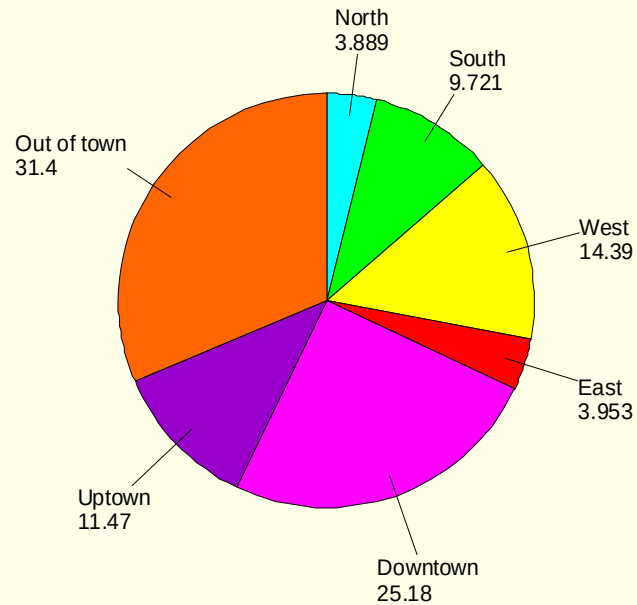
绘图实例3



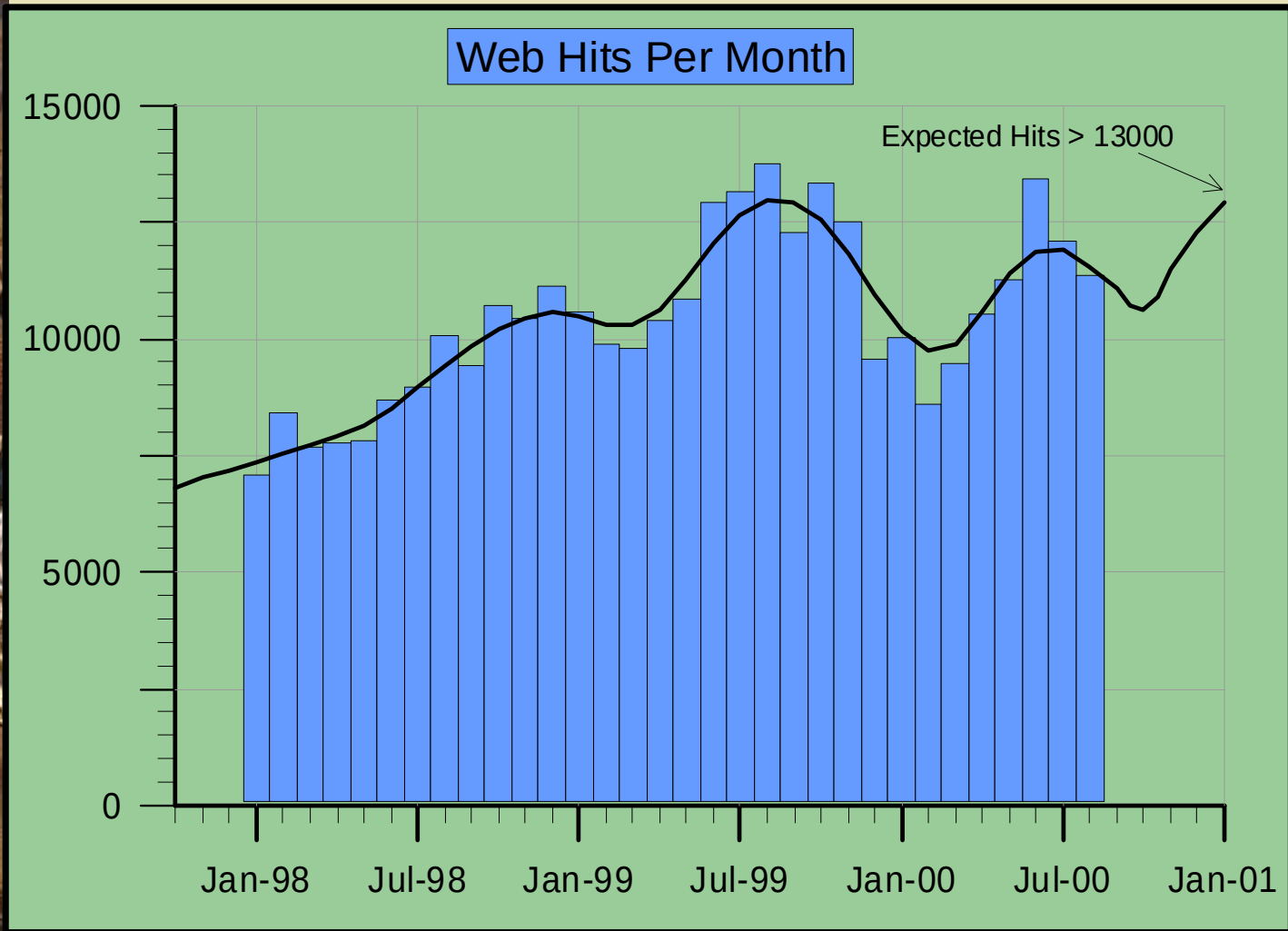
绘图实例4



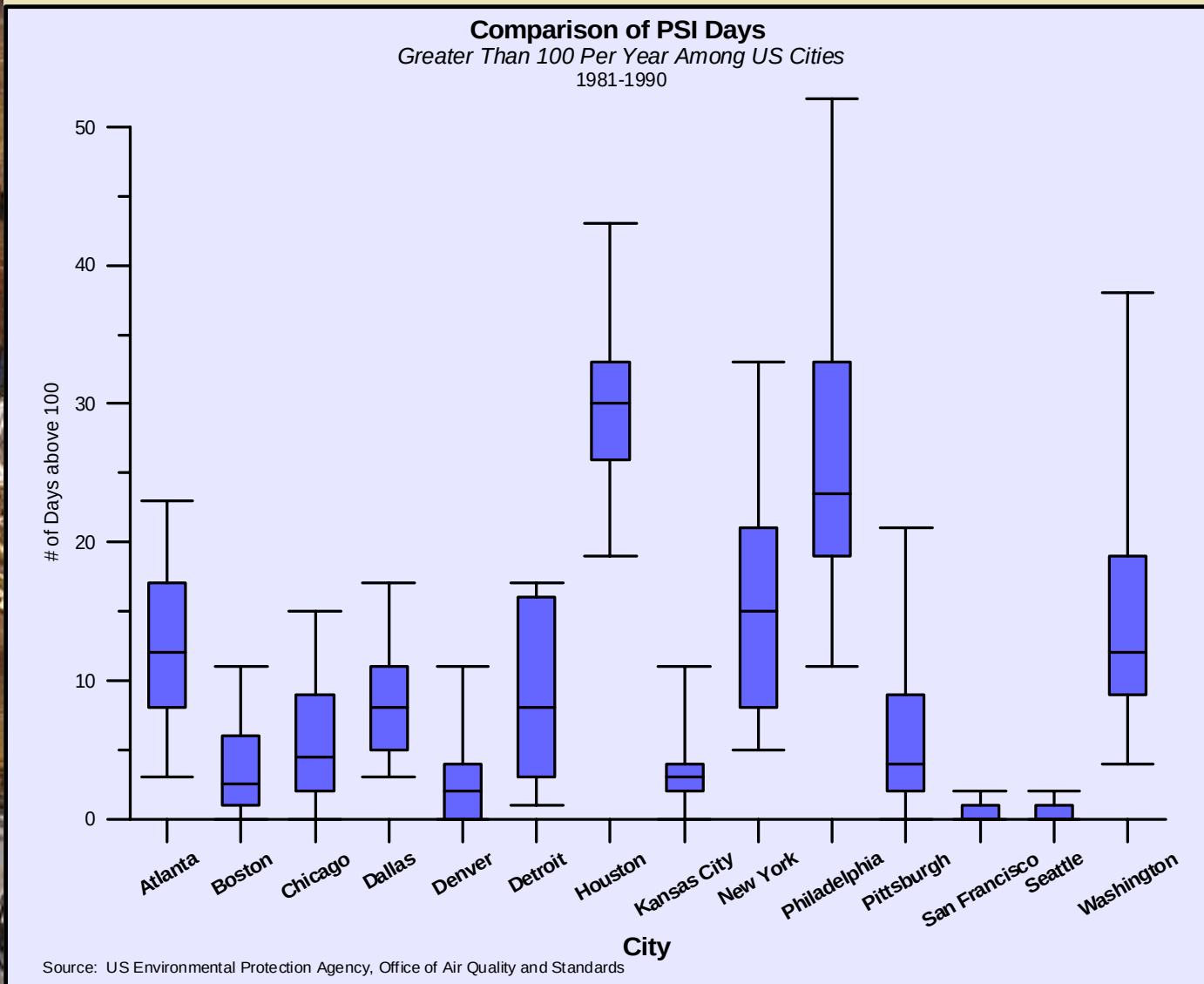
Total Sales by Region
Northwest Regional Sales by Store



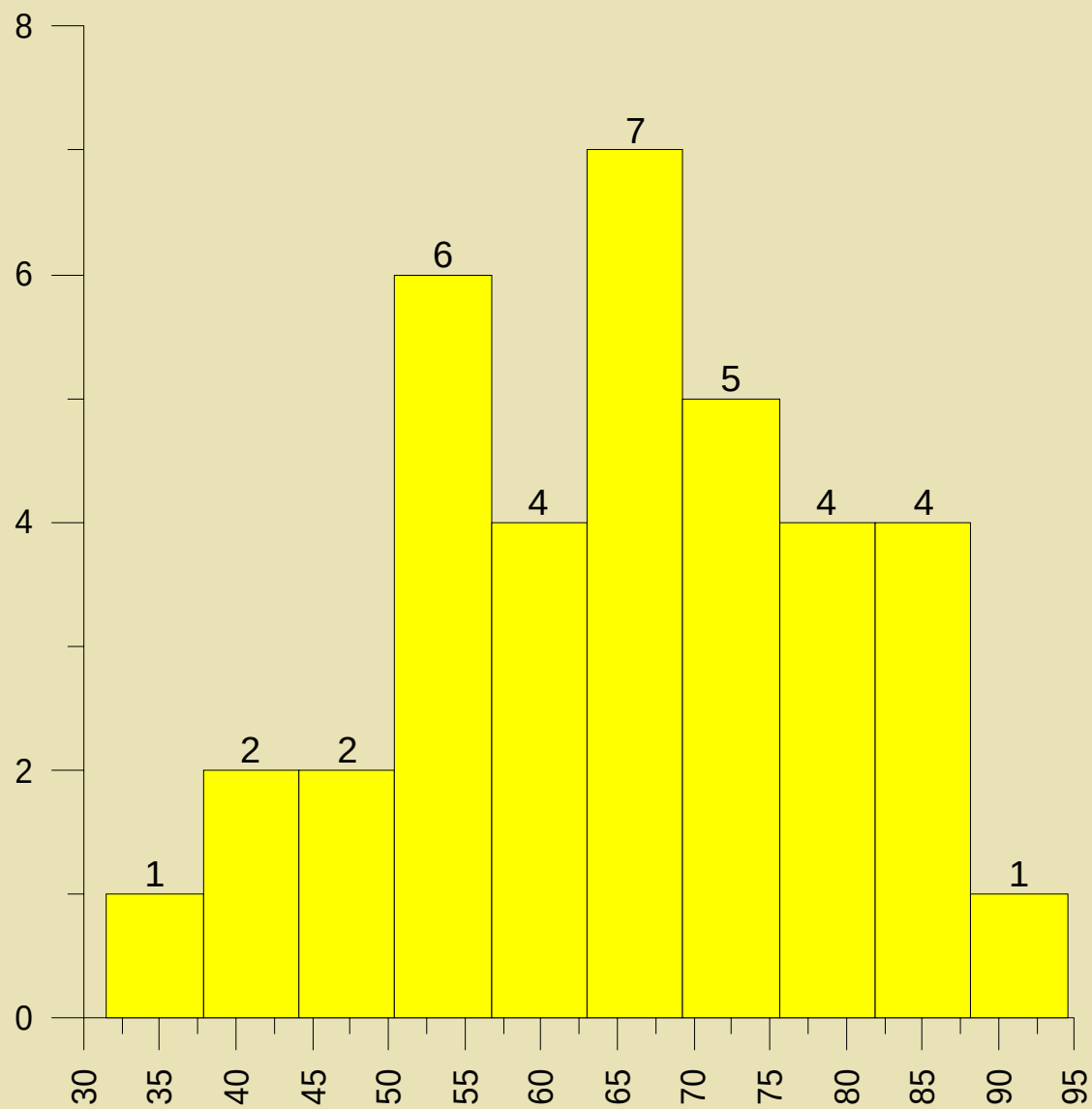
绘图实例5



绘图实例6



绘图实例7





Surfer及其使用简介

- ◆ 同Grapher一样，Surfer也是美国Colorado的Golden Software公司研制开发的绘图软件，但其主要用于三维绘图，具有插值功能。
（可读入空间上离散的或不等间距的数据，将其插值为均匀空间网格的格点数据（*.grd）
备注：插值方法很重要,选择不好可能会产生虚假信息
- ◆ 绘图时根据具体操作可能读入的数据格式有以下几种 *.grd, *.bln, *.CSB等



格点数据*.grd的存储形式

- ◆ GS ASCII码
- ◆ GS 二进制(缺省)
- ◆ Surfer7.grd



基本操作

1. 读入数据
2. 进行网格化处理,生成Surfer可识别的网格数据 *.grd
3. (Blank处理)
4. 绘图

常用操作1

- ◆ 等值线 (**contour**)

用test.dat进行演示

- ◆ 练习：用1939年8月黄海表层海水温度观测资料，绘等值线图，要求等值线间距 1°C ,每隔 5°C 等值线加粗



常用操作2

- ◆ 矢量图(vector)
作图时需要1个或2个*.grd文件
- ◆ 用test.grd练习一下

常用操作3

- ◆ 加载底图(base)
作图时需要*.bln, *.csb文件
- ◆ 用world.bln 和world0360.bln练习一下



*.bln文件的结构

- ◆ Length, flag
- ◆ 5,1 数据点个数(5),标识(1,标示闭合曲线内部被**blank**掉,0表示外部被**blank**掉)
- ◆ X1,y1
- ◆ X2,y2
- ◆ X3,y3
- ◆ X4,y4
- ◆ X5,y5
- ◆ ...

常用操作4

- ◆ 对格点数据进行blank处理
需要一个*.grd, *.bln
- ◆ 用test.grd练习一下



常用操作5

- ◆ 线网图(wireframe)
- ◆ 用sample3.dat练习一下



常用操作6

- ◆ 光栅图(image map)
- ◆ 用sample3.dat练习一下



常用操作7

- ◆ 阴影地貌图(shaded relief map)
- ◆ 用sample3.dat练习一下

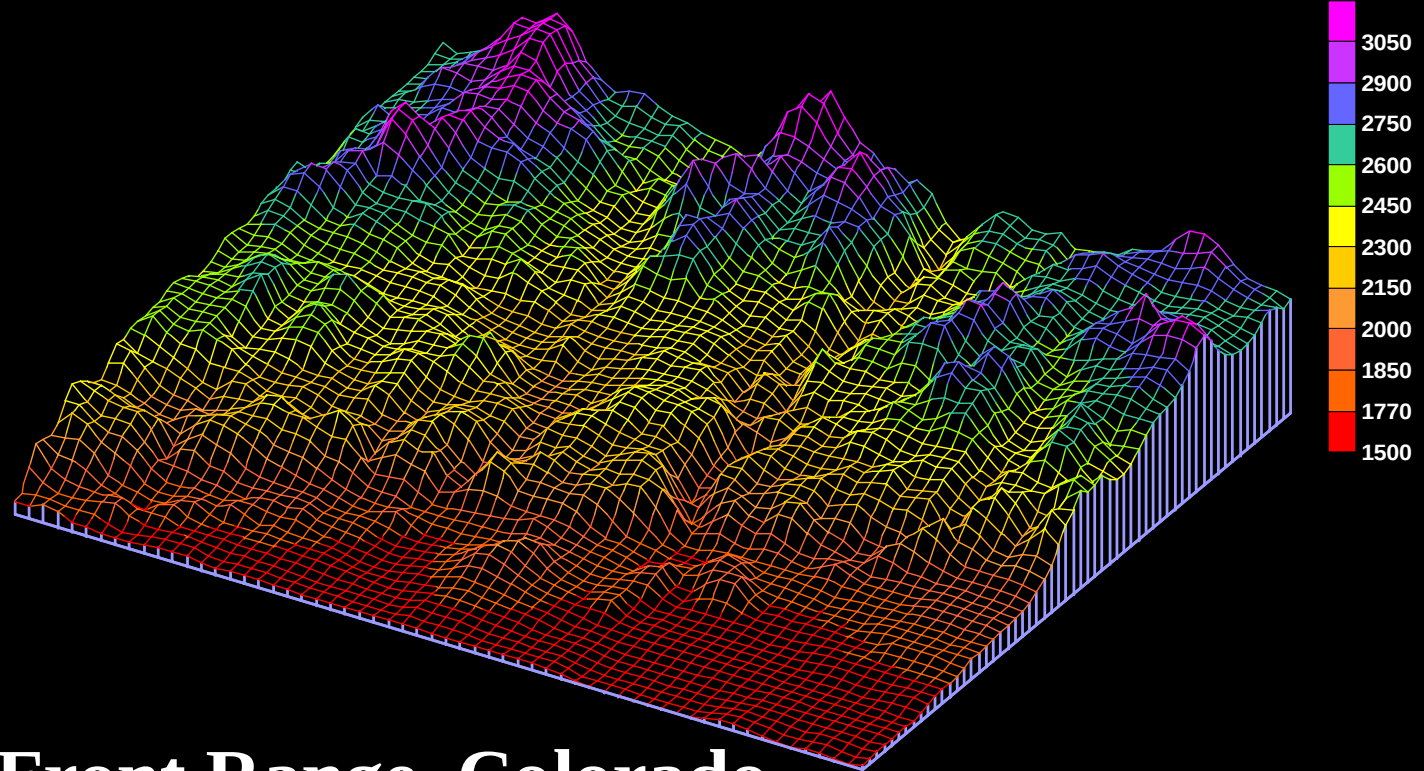




常用操作8

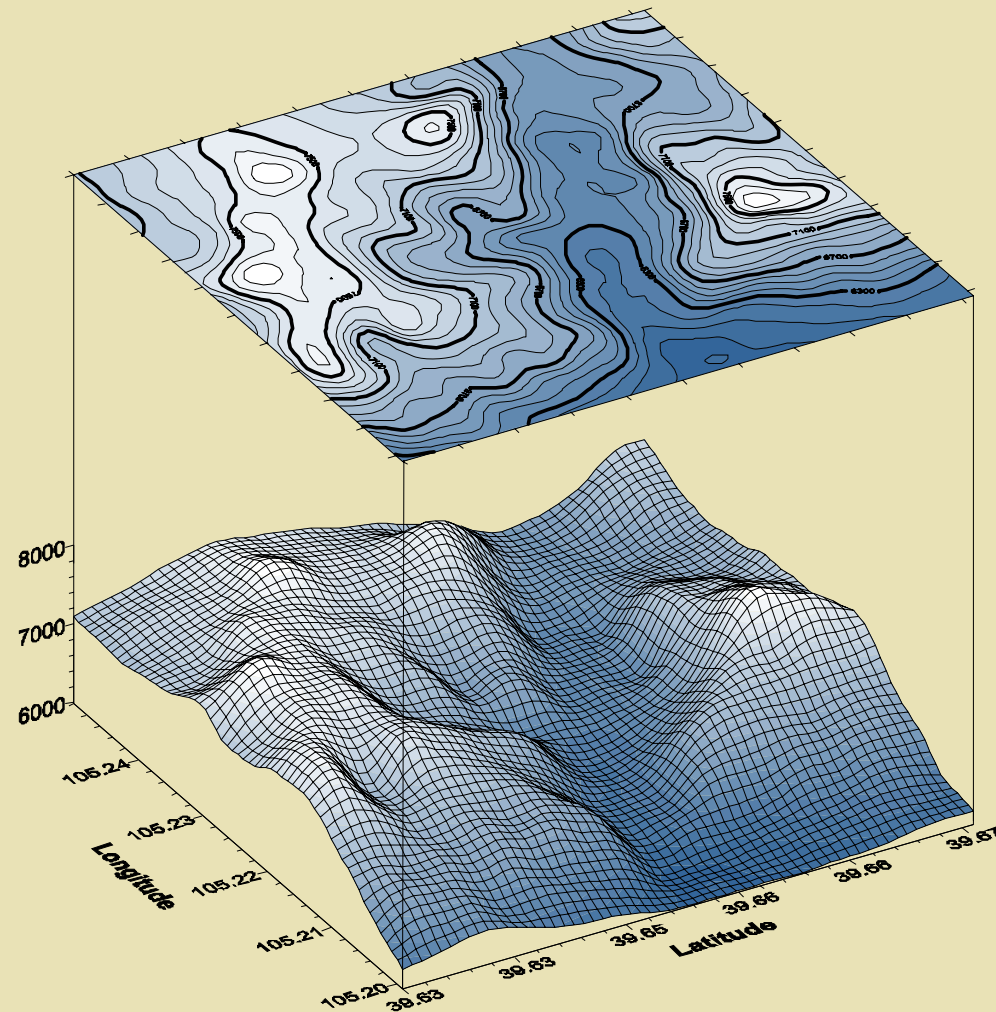
- ◆ 2个图形以上时,可能用到以下操作
- ◆ 图形堆垒(stack maps)
- ◆ 图形迭合(Overlay maps)
- ◆ 用sample3.dat练习一下

绘图实例1



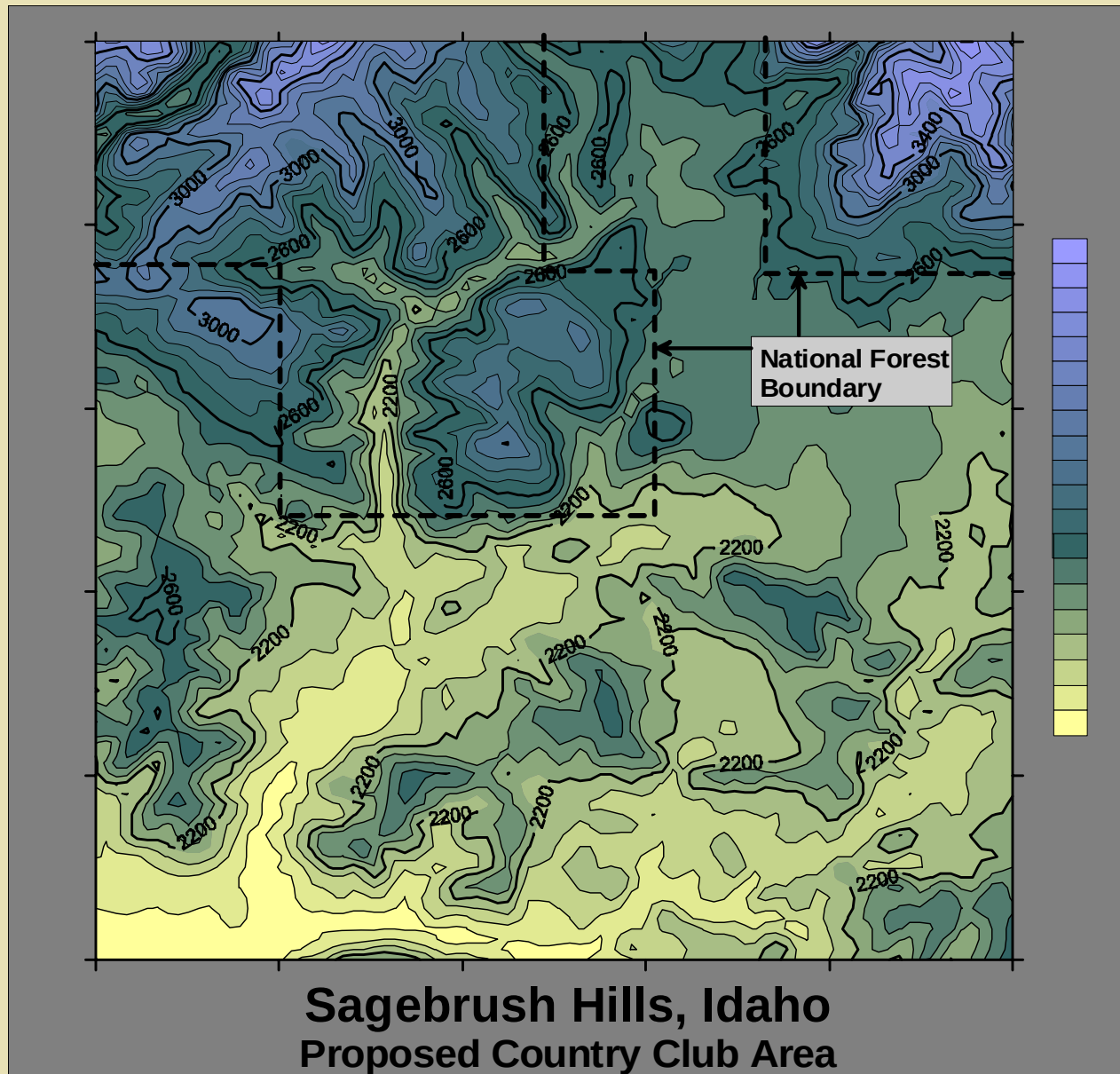
Front Range, Colorado

绘图实例2

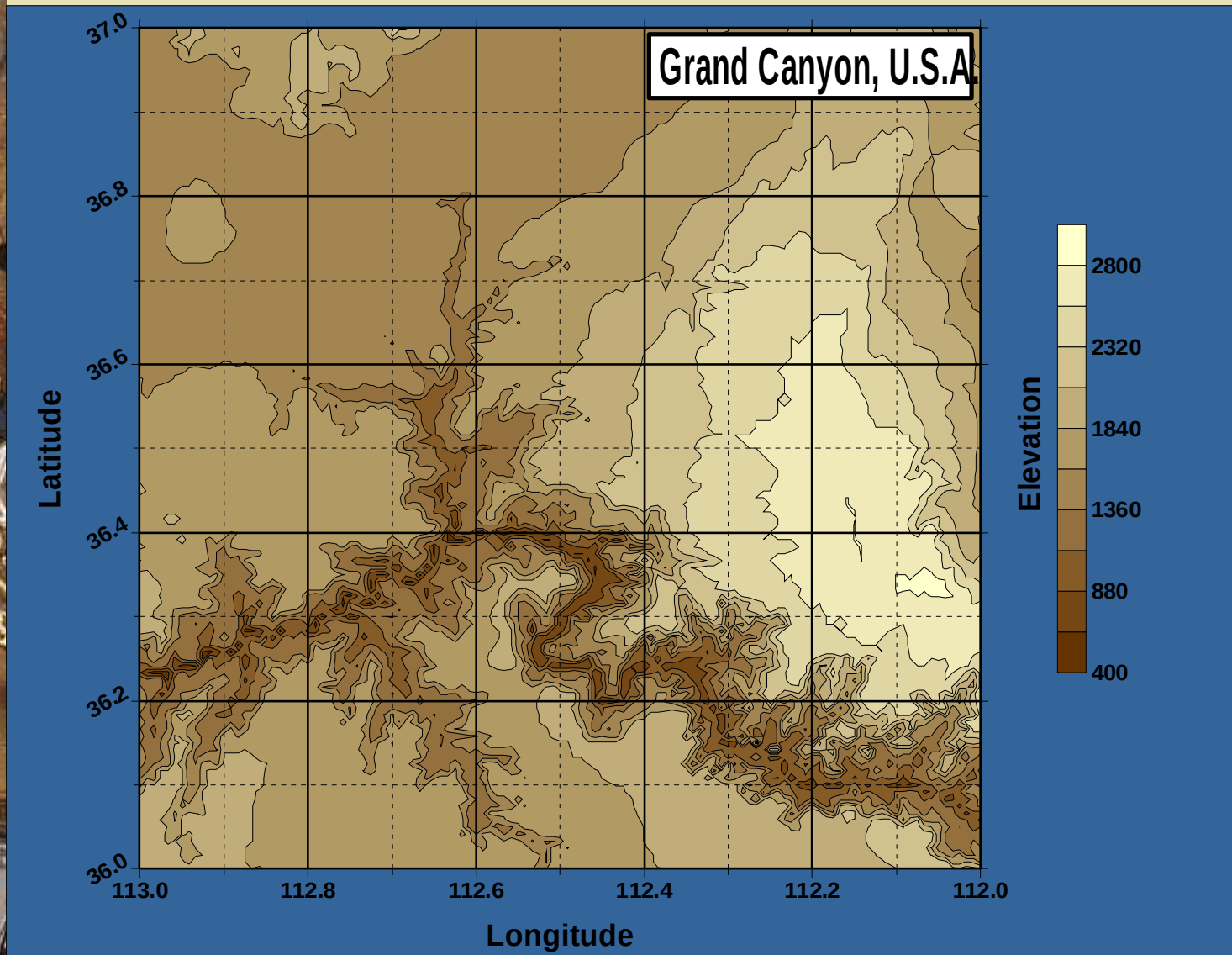


**Southwest Corner of the
Morrison Quadrangle, Colorado**

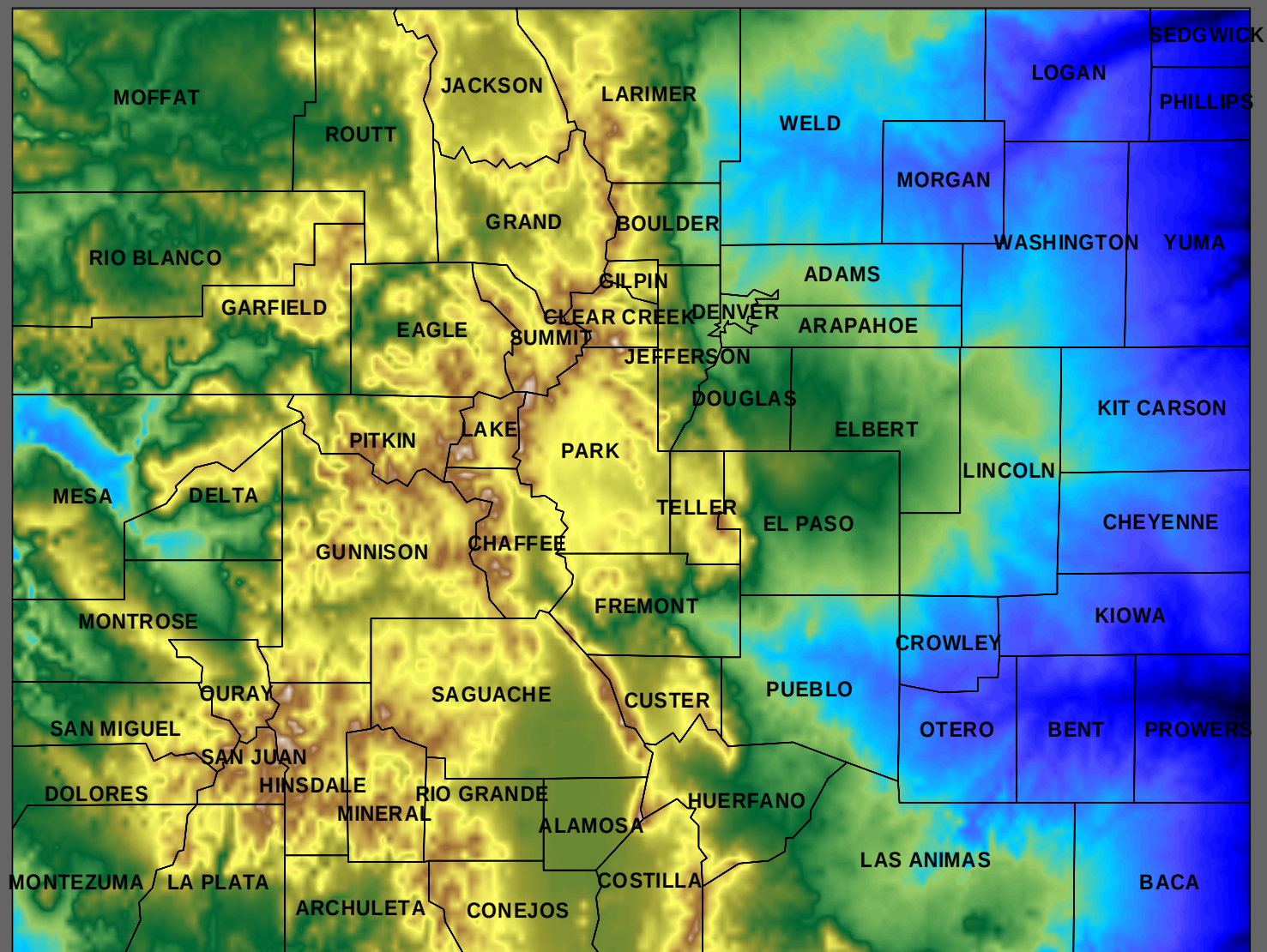
绘图实例3



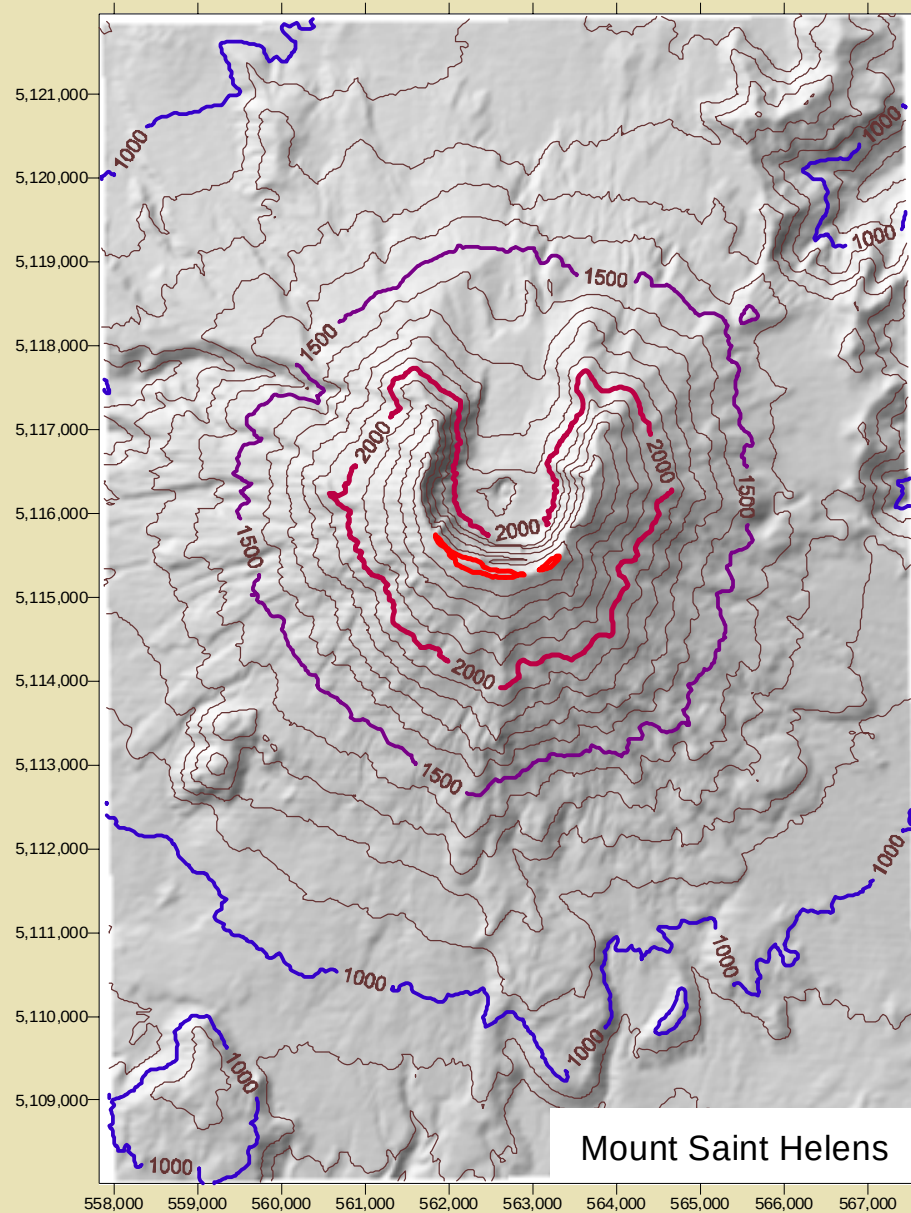
绘图实例4



A vertical strip of a collage featuring a blue ribbon with a rosette, a red and white Maltese cross, and a circular medal.

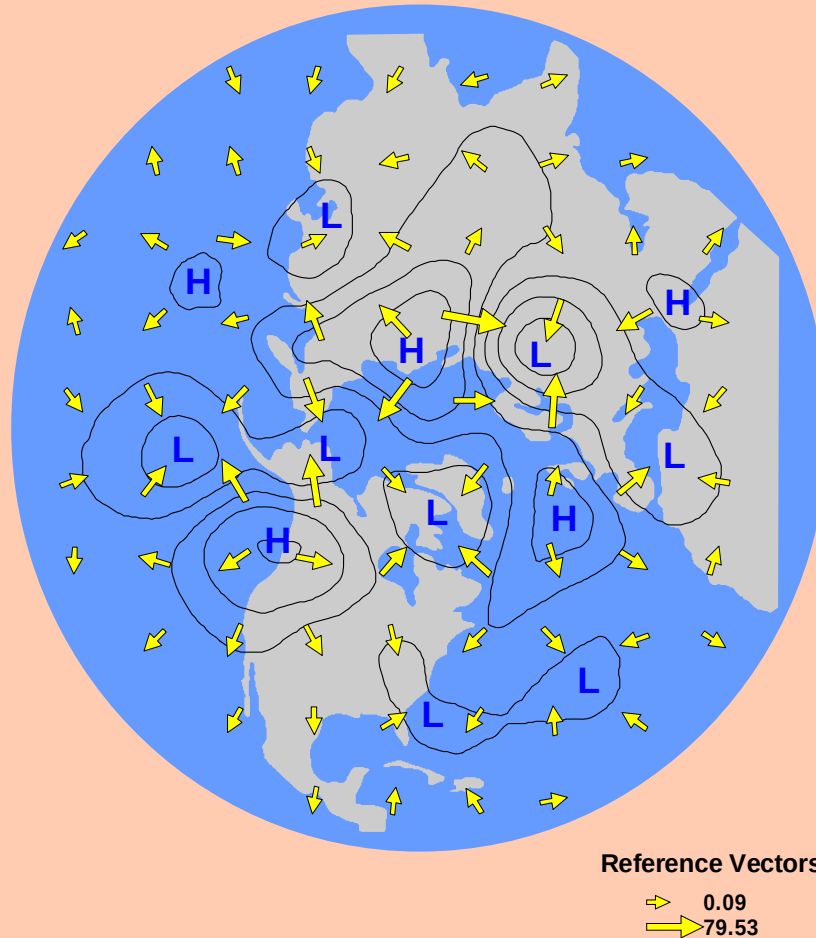


绘图实例6



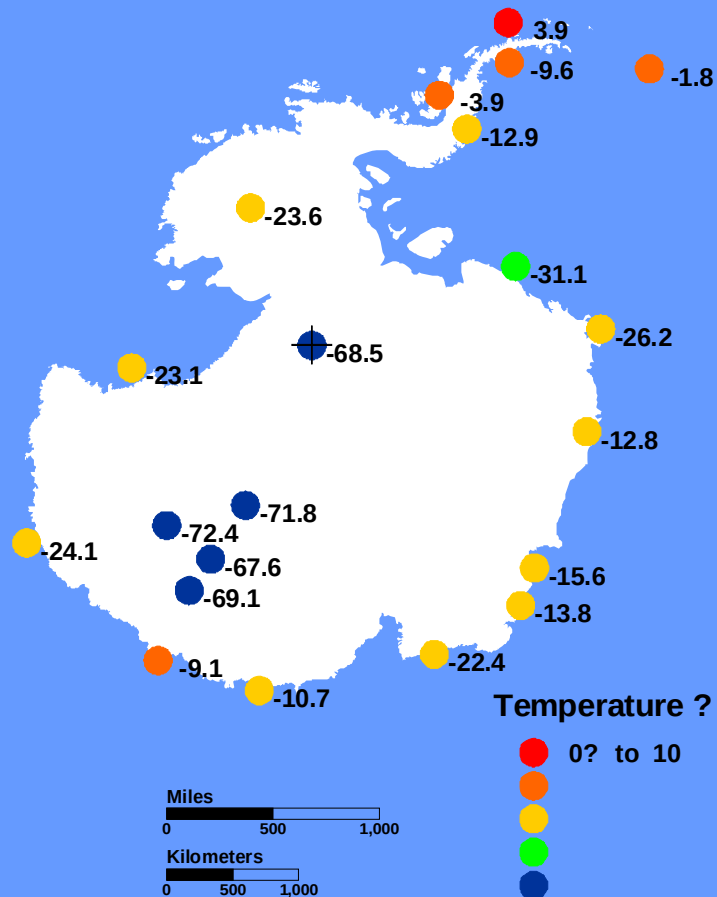
绘图实例7

Barometric Pressure Patterns in the Northern Hemisphere



绘图实例8

Antarctic Temperatures





Matlab及其使用简介

- ◆ **Matlab**—全名**Matrix Laboratory** (矩阵实验室)

由美国 MathWorks公司开发,是一个功能强大,适用于多个专业领域的通用软件。1984年推出1.0版, 目前已发布至2006版

- ◆ **Matlab**可用于数值分析、数值和符号计算、工程与科学绘图、数字图像处理、数字信号处理、通讯系统设计与仿真等



MATLAB的优点

1. 容易使用
2. 可由多种操作系统支持(Windows,Linux等)
3. 适合矩阵运算
4. 丰富的内部函数
5. 强大的图形和符号功能
6. 与其他软件和语言有良好的对接性
Mathematics, Maple等



MATLAB的缺点

◆ 运行效率较低

- 由于MATLAB是一种合成语言，因此，与一般的高级语言相比，用MATLAB编写的程序运行起来时间往往要长一些。
(矩阵运算可能例外)

◆ 价格比较贵

- 一般的用户可能支付不起它的高昂费用。但是，购买MATLAB的昂贵费用在很大程度上可以由使用它所编写的程序的价值抵消。

MATLAB 的主界面

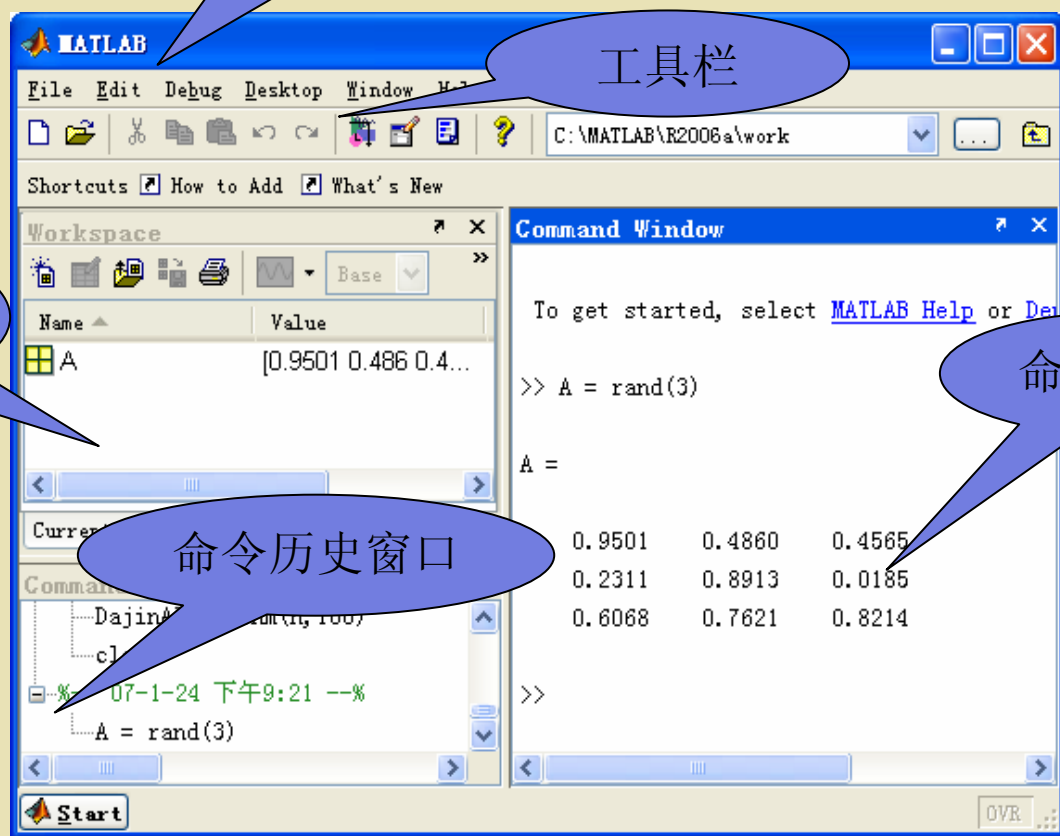
菜单栏

工具栏

工作区窗口

命令历史窗口

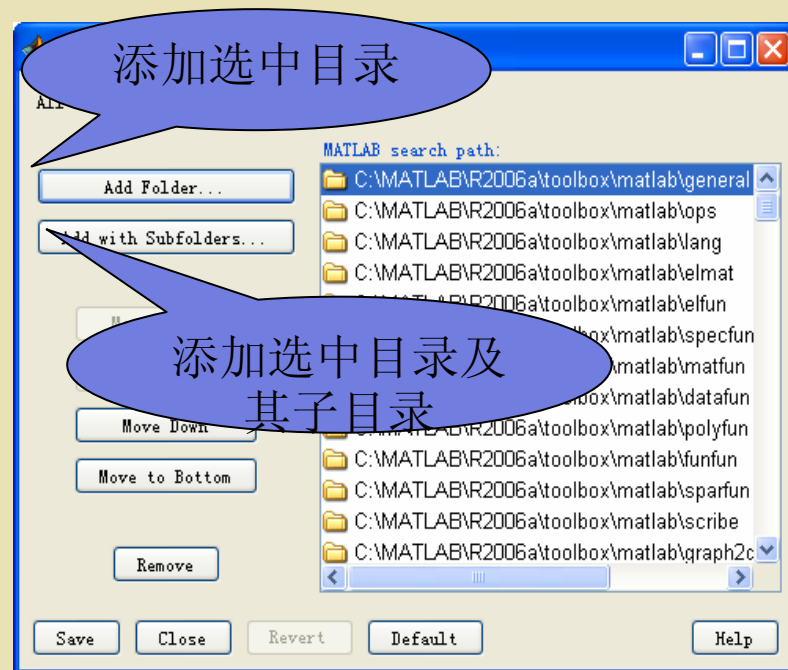
命令窗口



MATLAB 的路径设置

◆ 路径设置

除 MATLAB 默认的搜索路径外，用户可以设置搜索路径。设置方法为：选择 MATLAB 窗口中的 File | Set Path 命令，进入路径搜索对话框。





Netcdf for MATLAB 的安装

1. 解压netcdf toolbox.rar(把解压后的目录拷贝到matlab主程序所在的目录,其他位置也可)
2. 路径设置.在Matlab中 File - Set path - Add with subfolders 将解压后的这两个文件目录mexcdf53_pcwin 和 netcdf 添加上;
3. 将 mexcdf53_pcwin\PCWIN 中的两个dll文件复制到MATLAB下的 \bin\win32 里面。



Matlab基本使用方法

- ◆ 可直接在command window直接发指令
- ◆ 也可以通过运行*.m文件



常用的操作命令

命 令	该命令的功能	命 令	该命令的功能
cd	显示或改变工作目录	hold	图形保持命令
clc	清除工作窗	load	加载指定文件的变量
clear	清除内存变量	pack	整理内存碎片
clf	清除图形窗口	path	显示搜索目录
diary	日志文件命令	quit	退出MATLAB
dir	显示当前目录下文件	save	保存内存变量到指定文件
lookfor	搜索所有*.m文件，寻找相近的关键词	doc	浏览寻找相关的html文件
disp	显示变量或文字内容	type	显示文件内容
echo	工作窗信息显示开关	help	详尽在线帮助，有举例



常用标点符号

标 点 符 号	定 义	标 点 符 号	定 义
;	区分行，取消运行显示等	.	小数点以及域访问等
,	区分别，函数参数分隔符等	...	连接语句
:	在数组中应用较多	‘	字符串的标识符号
()	指定运算优先级等	=	赋值符号
[]	矩阵定义的标志等	!	调用操作系统运算
{ }	用于构成单元数组等	%	注释语句的标识



Matlab基本功能

(这里只列出了本课程我们关心的几种)

1. 简单的数学运算

直接计算,

也可用变量表达式给变量赋值后进行计算

2. 二维和三维绘图

3. ...



数值运算符

符 号	功 能	实 例
+	加法	1+2
-	减法	1-2
*	乘法	1*2
/、\	除法	1/2或是2\1
^	乘方	2^1



Matlab绘图

1. 绘图数据的准备

可直接在命令窗口下输入(或生成)数据
也可从外部加载数据

ASCII数据的加载
二进制数据的加载
Netcdf数据的加载

2. 基本的绘图命令

3. 图形注释

ASCII数据的加载

- ◆ 直接 load 目录\文件名 (*.dat, *.txt, *.mat(二进制形式储存,但是也用load指令))
- ◆ 或 aa=load('目录\文件名 ');
将文件内的数字信息,赋值给变量aa
- ◆ 或 fid=fopen('目录\文件名 ','r')
data=fscanf(fid,'%f')
将文件内的数字信息,赋值给变量data

二进制数据的加载

- ◆ `fid=fopen('etopo5.gds','rb');`
- ◆ `all=fread(fid,[4320,2161],'float32');`
- ◆ `contour(all')`
- ◆ 或
- ◆ `all=fread(fid,inf,'float32');`
- ◆ `rose=reshape(all,4320,2161);`
- ◆ `contour(rose)`

Netcdf数据的加载

- ◆ `ncload('etopo120.cdf');`
- ◆ 或
- ◆ `file='目录名\文件名.cdf';`
- ◆ `aa=netcdf(file);`
- ◆ `aa{1}` %显示第一个变量的信息
- ◆
- ◆ `aa{n}`

基本的绘图命令

◆ 绘制基本线性图

函 数 名	功 能 描 述
plot	在x轴和y轴都按线性比例绘制二维图形
plot3	在x轴、y轴和z轴都按线性比例绘制三维图形
loglog	在x轴和y轴按对数比例绘制二维图形
semilogx	在x轴按对数比例，y轴按线性比例绘制二维图形
semilogy	在y轴按对数比例，x轴按线性比例绘制二维图形
plotyy	绘制双y轴图形

(2) 绘图的一般步骤

基本的绘图步骤

步 骤	典 型 代 码
1. 准备绘图数据	<code>x = 0:0.2:12;y1 = bessell(1,x);</code>
2. 选择一个窗口并在窗口中给图形定位	<code>figure(1) , subplot(2,2,1)</code>
3. 调用基本的绘图函数	<code>h = plot(x,y1,x,y2,x,y3);</code>
4. 选择线型和标记特性	<code>set(h,'LineWidth',2,{'LineStyle'},{'--';':';'-.'})</code>
5. 设置坐标轴的极限值、标记符号和网格线	<code>axis([0 12 -0.5 1])</code>
6. 使用坐标轴标签、图例和文本对图形进行注释	<code>xlabel('Time')ylabel('Amplitude')</code>
7. 输出图形	<code>print -depsc -tiff -r200 myplot</code>

(3) 绘制二维曲线图

- ◆ `plot(y)`
- ◆ `plot(x,y)`
- ◆ `plot(x,y1,x,y2,...)`
- ◆ `plot(x,y1,'r:',x,y2,...)`

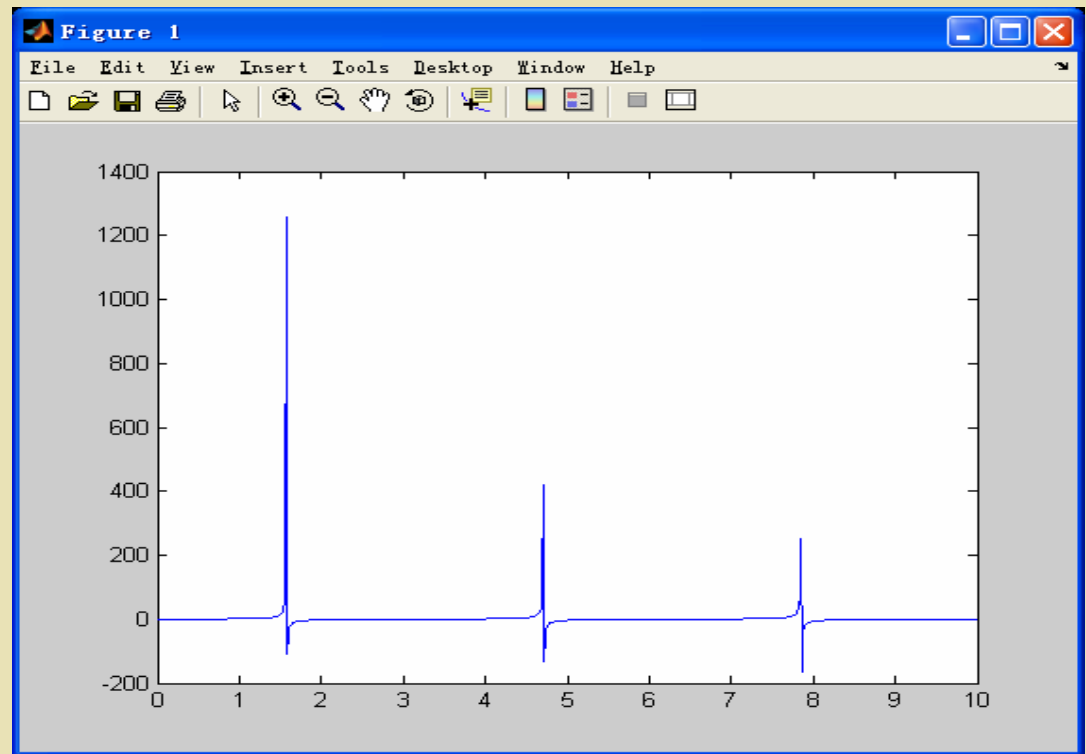


绘制散点图

- ◆ `scatter(x,y)` 默认为蓝色圆圈
- ◆ `scatter(x,y,z)` 对应 x,y 各点标记的大小用 z 来设定
- ◆ `scatter3(x,y,z)`
- ◆ `scatter(x,y,s)` s 颜色,标记类型 'rd'
- ◆ `scatter(...,'filled')` 圆圈填充为实心

绘制二维曲线图

- >> x= 0:0.01:10;
- >> y=tan(x);
- >> plot(x,y)
- >>



曲线的色彩、线型和数据点型

◆ 曲线的色彩、线型和数据点型参数定义

颜色符号	含义	数据点型	含义	线型	含义
b	蓝色	.	点	-	实线
g	绿色	x	X符号	:	点线
r	红色	+	+号	-.	点划线
c	篮绿色	h	六角星形	--	虚线
m	紫红色	*	星号	(空白)	不画线
y	黄色	s	方形		
k	黑色	d	菱形		

◆ `plot(x,y,'b:',x,y,'-.r*')`



坐标轴的控制

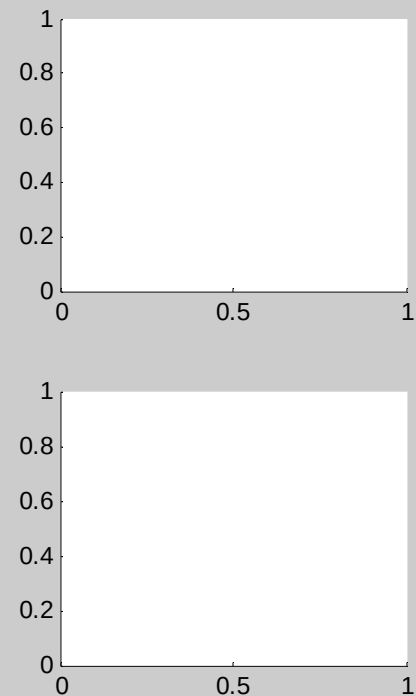
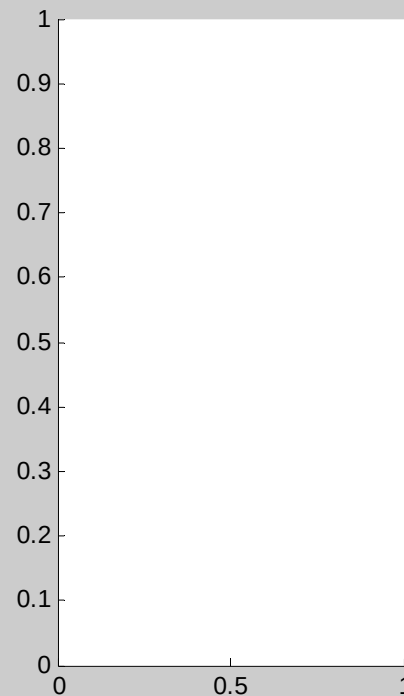
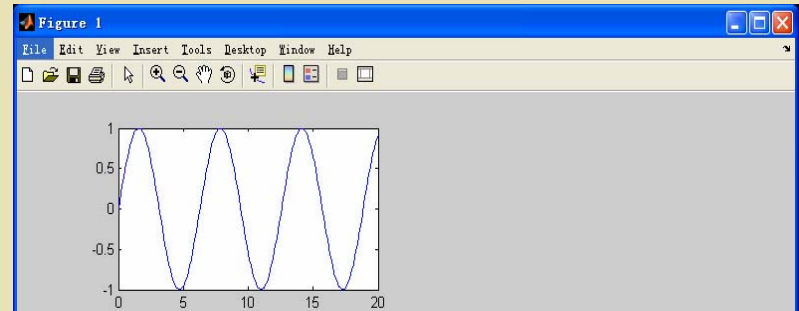
- ◆ `axis([xmin xmax ymin ymax])`
- ◆ `axis([xmin xmax ymin ymax zmin zmax])`
- ◆ `axis tight` 坐标范围限制在数据范围内
- ◆ `axis ij` 矩阵形式坐标, 原点在左上角
- ◆ `axis xy` 直角坐标
- ◆ `axis on/off`
- ◆ ...

同一页面多个分图

- ◆ subplot函数 可以实现多个图形的绘制:

- `>> x = 0:0.1:20;`
- `>> subplot(2,2,1)`
- `>> plot(x,sin(x));`
- `>>`

- ◆ `subplot(m,n,p)`
- ◆ m行,n列,第p个分图
`subplot(m,n,1:2)`
`subplot(2,2,[1 3])`
`subplot(2,2,2)`
`subplot(2,2,4)`



2. 图形注释

- ◆ 图题的标注 `title('....')`
- ◆ 坐标轴的标签 `xlabel('...')`, `ylabel('...')`
- ◆ 文本标注和交互式文本标注
`text('...')` `gtext('...')`
- ◆ 图例的添加 `legend('...', '...', '...')`
- ◆ 坐标网格的添加 `grid on/off`

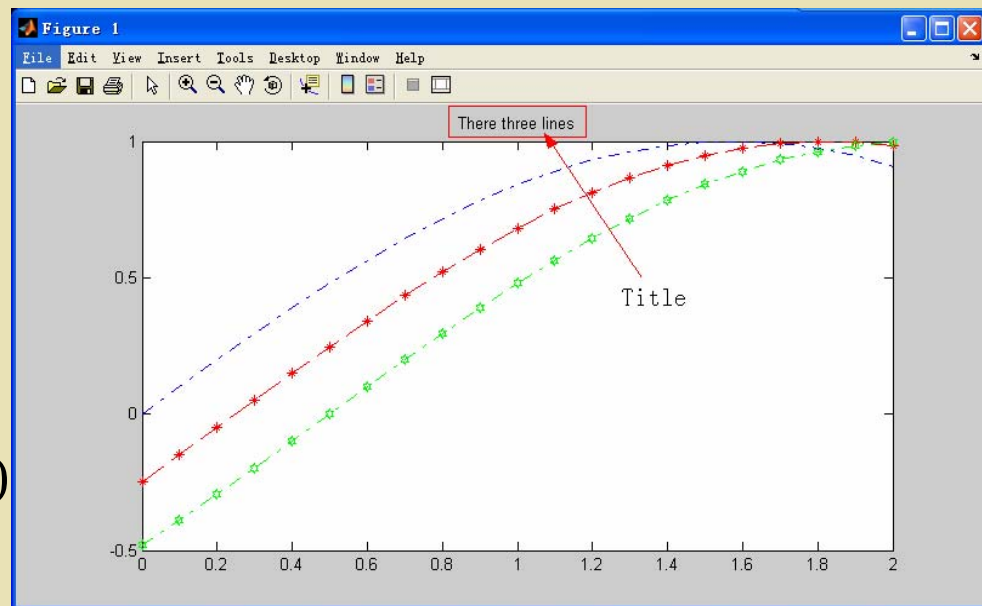


(1) 图题的标注

- ◆ 在MATLAB中，通常可以使用3种方式给图形添加图题：
 - 使用Insert 菜单中的Title命令；
 - 使用属性编辑器(Property Editor)；
 - 使用title函数。

图题的标注

- `>> x = 0:1:2;`
- `>> y1=sin(x);`
- `>> y2 = sin(x-0.25);`
- `>> y3 = sin(x-0.5);`
- `>> plot(x,y1,'-.b', x,y2,'--r*', x,y3,'-.gh')`
- `>> title('There three lines')`
- `>>`



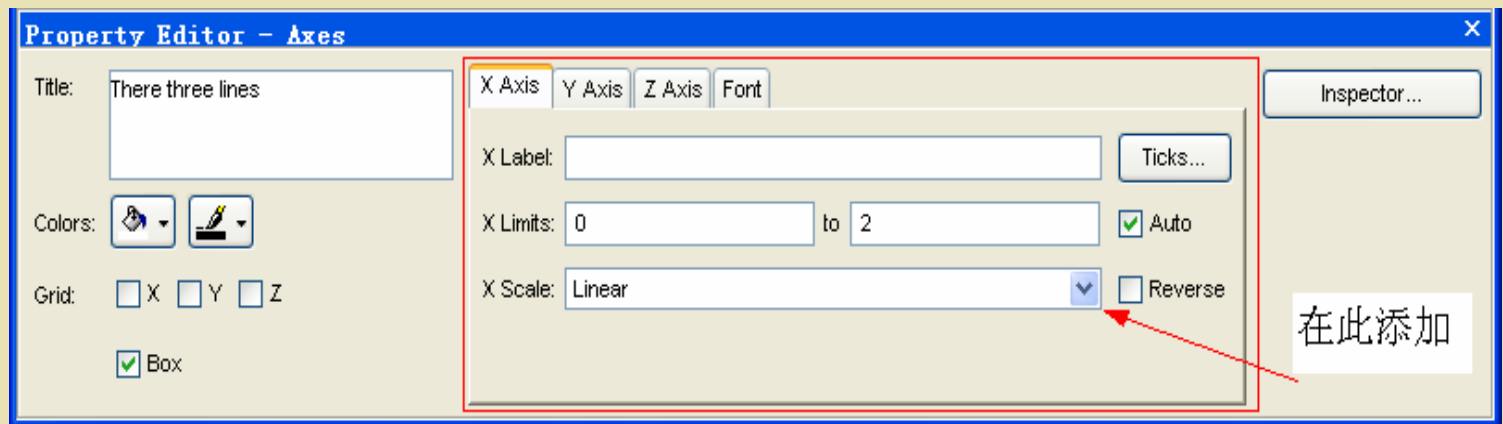


(2) 坐标轴的标签

- ◆ 可以使用如下3种方式给图形的坐标轴添加标签：
 - 使用Insert菜单下的Label选项；
 - 使用属性编辑器(Property Editor)；
 - 使用MATLAB 的添加标签命令；

坐标轴的标签添加举例

- ◆ 使用属性编辑器(Property Editor)添加坐标轴标签
 - 打开Tools菜单，选择Edit Plot命令，激活图形编辑状态。
 - 在图形框内双击空白区域，调出属性编辑器；也可以采取在图形框内右击，从弹出的菜单中选择Properties 项的方式调出属性编辑器；或者是在View菜单中选择Property Editor项。



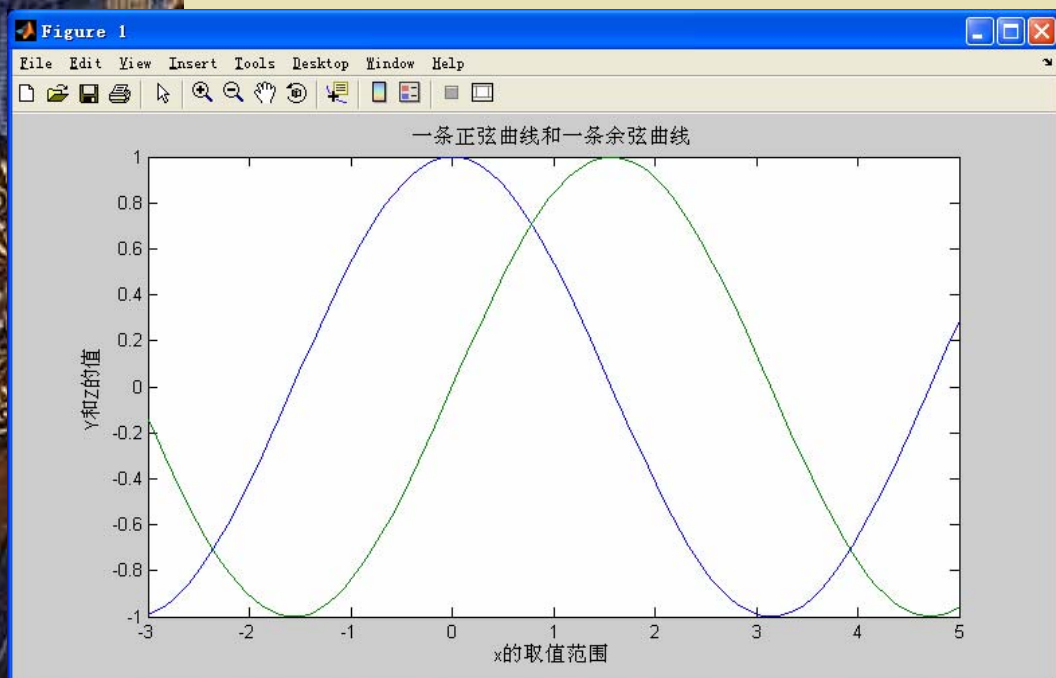


(3) 文本标注和交互式文本标注

- ◆ 用户可以在MATLAB图形窗口的任意地方添加文本注释，从而更好地解释图形窗口的数据。MATLAB 提供了text函数和gtext函数来进行文本标注。其中gtext函数的使用形式更为灵活，可以实现交互式文本标注。

```
text(x,y,'...')  
gtext('...')
```

文本标注举例



- `>> x=linspace(-3,5,100);`
- `>> y=cos(x);`
- `>> z=sin(x);`
- `>> plot(x,y,x,z)`
- `>> title('一条正弦曲线和一条余弦曲线')`
- `>> xlabel('x的取值范围')`
- `>> ylabel('Y和Z的值')`
- `>>`

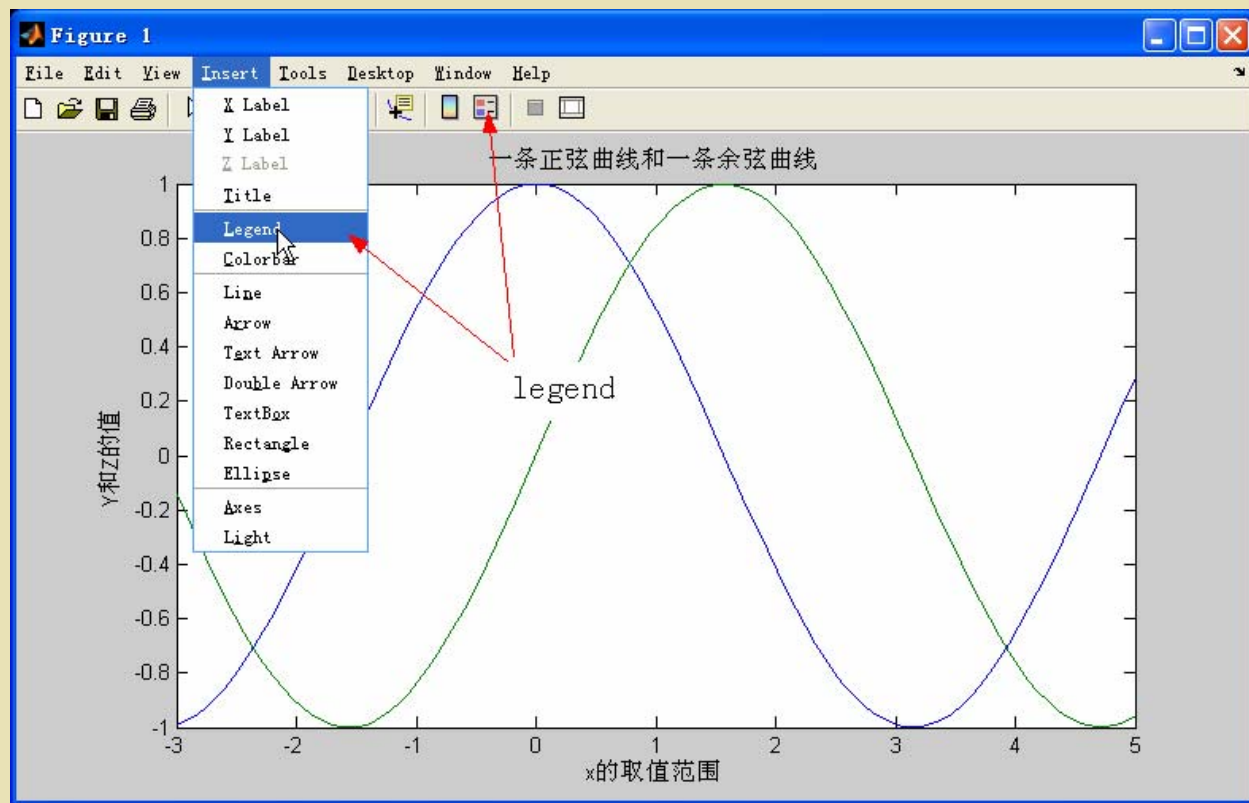
(4) 图例的添加

- ◆ 为了更好地区分所绘制的多条曲线，可以使用图例加以说明，对它们表示的数据进行更准确的区分。可以使用如下3种方法生成图例：

- 打开Insert 菜单中并选择Legend命令；
- 单击工具栏中的legend图标；
- 使用legend函数。

legend str1,str2,str3,
legend('str1','str2','str3'),
legend off, legend hide, legend show,
legend('...',pos), pos=1,2,3,4,-1分别对应图形的右上角,
左上角右下角,左下角,右外侧

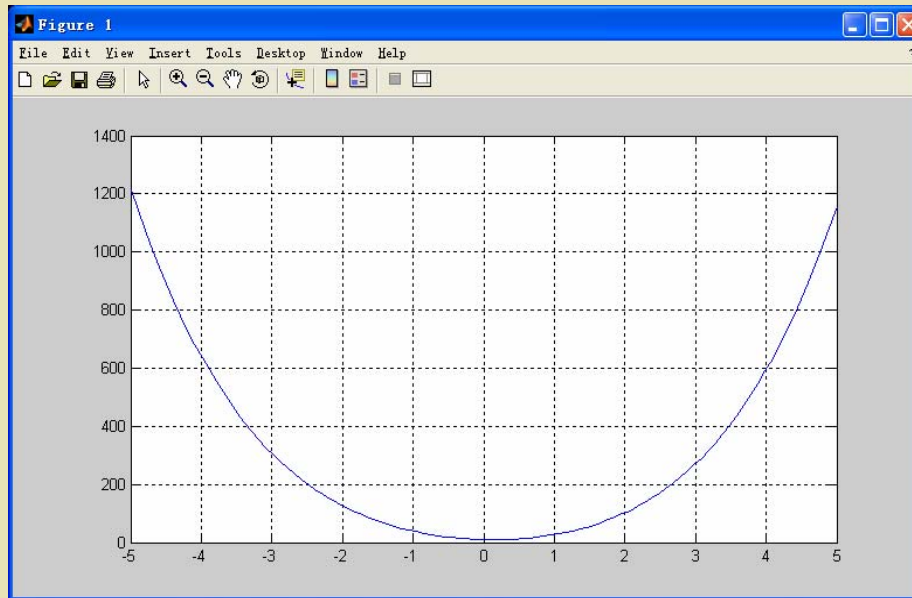
图例的添加 举例



(5) 坐标网格的添加

- ◆ 在图形绘制过程中，为了精确地知道图形上某点的坐标，需要绘制坐标网格来定位，MATLAB 语言中提供了grid函数来实现这一功能：
 - grid off命令关闭坐标网格；
 - grid on命令打开坐标网格；
 - grid minor命令使用更细化的网格；
 - ...

坐标网格的添加举例



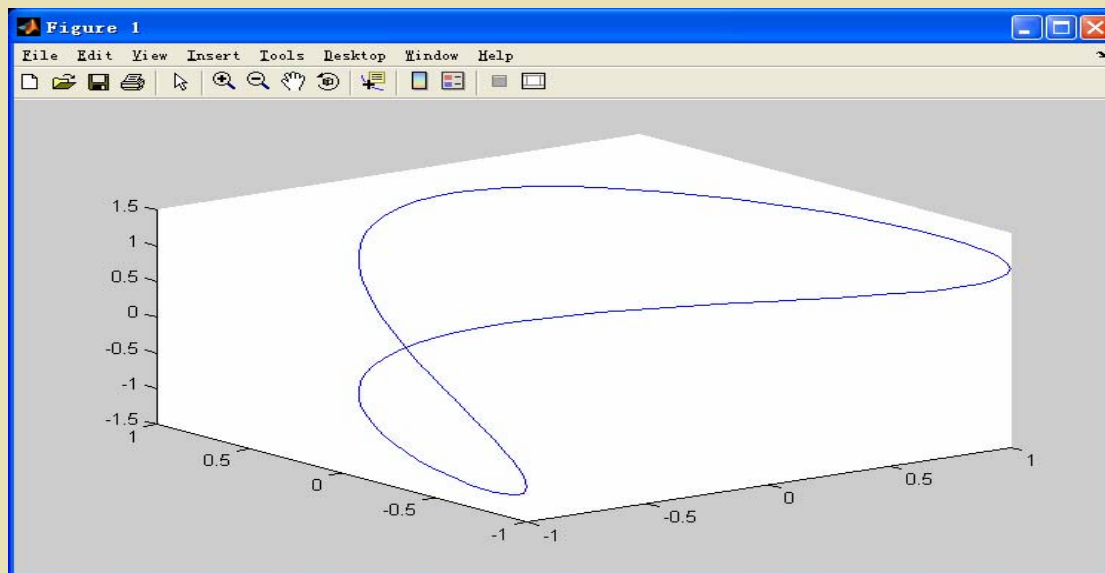
- `>> x=linspace(-5,5,100);`
- `>> y=x.^4+22*x.^2-6*x+10;`
- `>> plot(x,y)`
- `>> grid on`
- `>>`

3. 三维图形的绘制

- ◆ 三维线图指令 `plot3(x,y,z)` `plot3(x,y,z,s)`
- ◆ 三维网线图和曲面图
 - 三维网线图 `mesh(z)`, `mesh(x,y,z)`, `mesh(x,y,z,c)`
`meshc` 三维网线图加等值线
`meshz` 有边界的三维网线图
 - 三维曲面图 `surf(z)`, `surf(x,y,z)`, `surfz`
 - 瀑布流水样的网线图 `waterfall`, 用法类似 `mesh`
- ◆ `meshgrid` 将给定的区域划分为平面网格
 - `>> x=[1:1:50];y=[1:1:50];`
 - `>> [X Y]=meshgrid(x,y);`

(1) 三维线图指令plot3

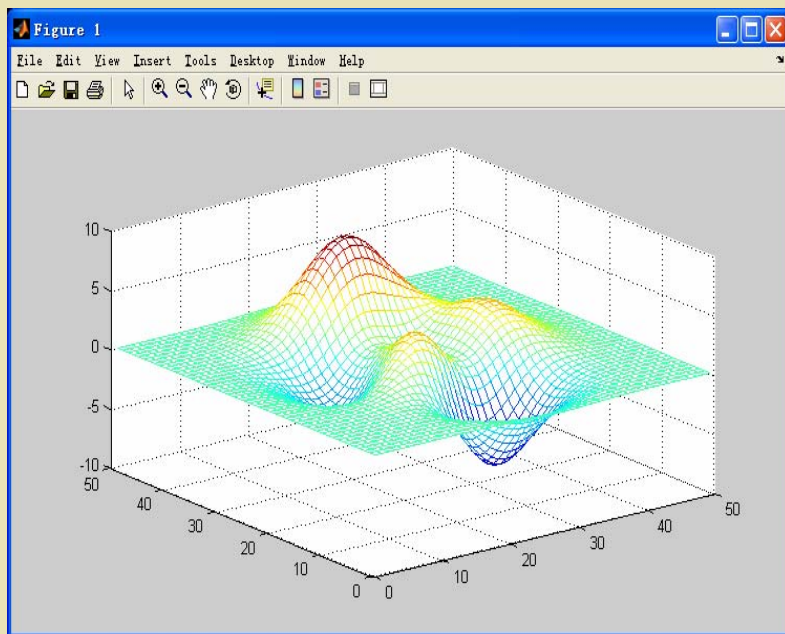
- >> % 该程序用于绘制三维的螺旋曲线图
- >> t = 0:pi/50:20*pi;
- >> plot3(sin(t),cos(2*t),sin(t)+cos(t))



(2) 三维网线图

◆ 使用mesh函数来绘制三维网格图形:

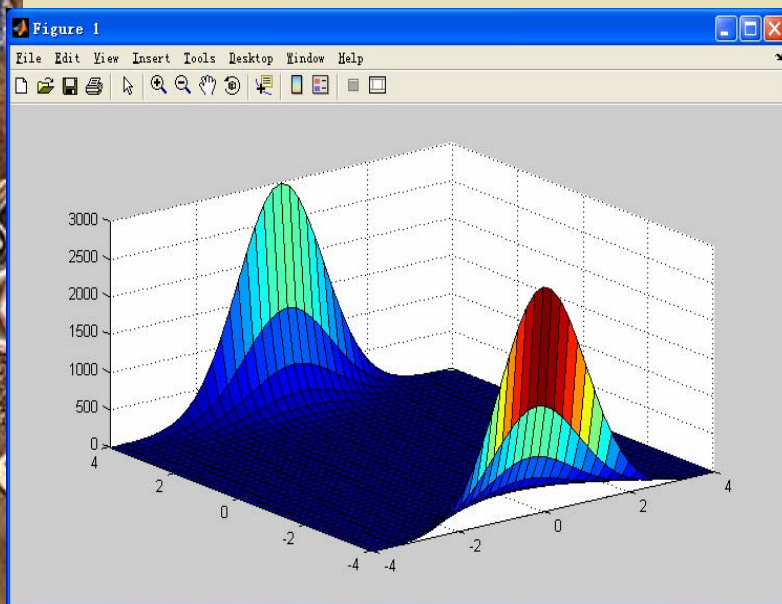
- `>> z=peaks(50);`
- `>> mesh(z);`
- `>>`



(3) 三维曲面图

◆ 可使用surf函数来绘制三维表面图形：

```
>> [X,Y]=meshgrid([-4:0.2:4]);  
>> Z=exp(-0.5*(X.^2-Y.^2));  
>> surf(X,Y,Z)  
>>
```





其它绘图方式

- ◆ 条形图和面积图(bar and area Graphs)
- ◆ 饼形图(pie Charts)
- ◆ 直方图(hist)
- ◆ 离散型数据图(stem, stairs)
- ◆ 方向和速度矢量图形
(compass, quiver, quiver3, feather等)
- ◆ 等高线的绘制(contour Plots)

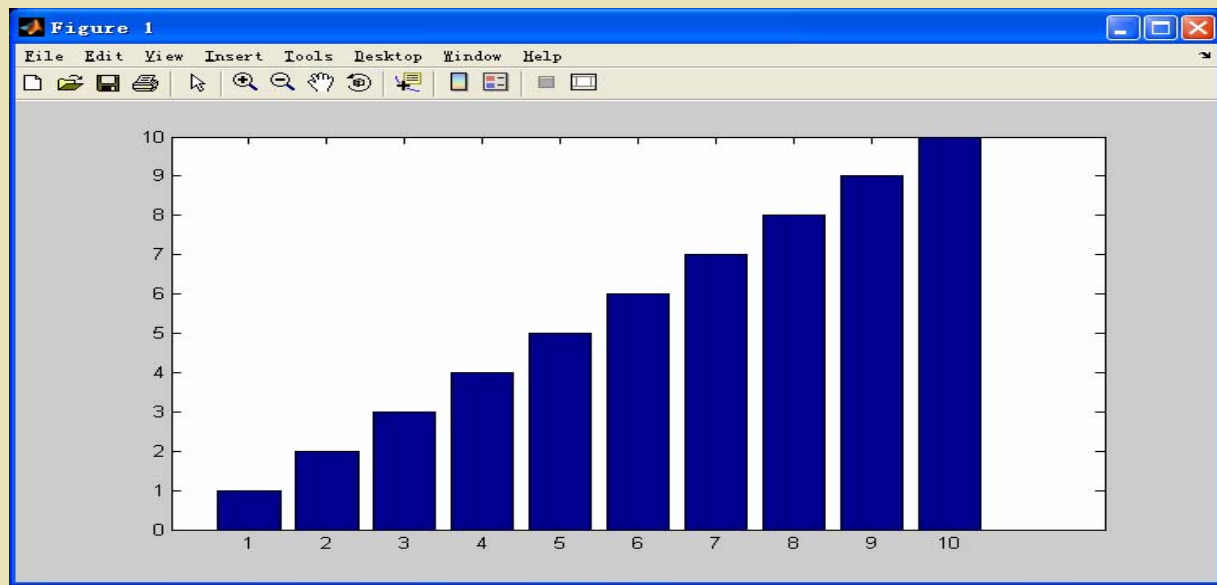
(1) 条形图和面积图

- ◆ 条形图和面积图用于绘制向量和矩阵数据，这两种图形可以用来比较不同组的数据在总体数据中所占的比例，其中条形图适于表现离散型数据，而面积图适于表现连续型数据。

函 数	功 能 描 述
bar	绘制矩阵 $Y(m \times n)$ 各列的垂直条形图，各条以垂直方向显示
barh	绘制矩阵 $Y(m \times n)$ 各列的垂直条形图，各条以水平方式显示
bar3	绘制矩阵 $Y(m \times n)$ 各列的三维垂直条形图，条以垂直方向显示
bar3h	绘制矩阵 $Y(m \times n)$ 各列的三维垂直条形图，各条以水平方式显示
area	绘制向量的堆栈面积图

bar(条形图)举例

- `>> y=[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]`
- `>> bar(y)`



饼图

- ◆ 表示各个统计量占总量的份额
- ◆ 二维饼图 `pie(x)`, `pie(x,e)`, `pie(x,e,labels)`
三维饼图 `pie3`
- ◆ 向量 x 的和 < 1 , 则 x 的各个分量的值直接成为饼块份额, 绘出的是一个不完整的饼
- ◆ `pie(x,explode,labels)`
- ◆ `pie([1 3 5 3],[0 1 0 0],{'a','b','c','d'})`
数据 某元素非零则相应饼块分离
饼块标注



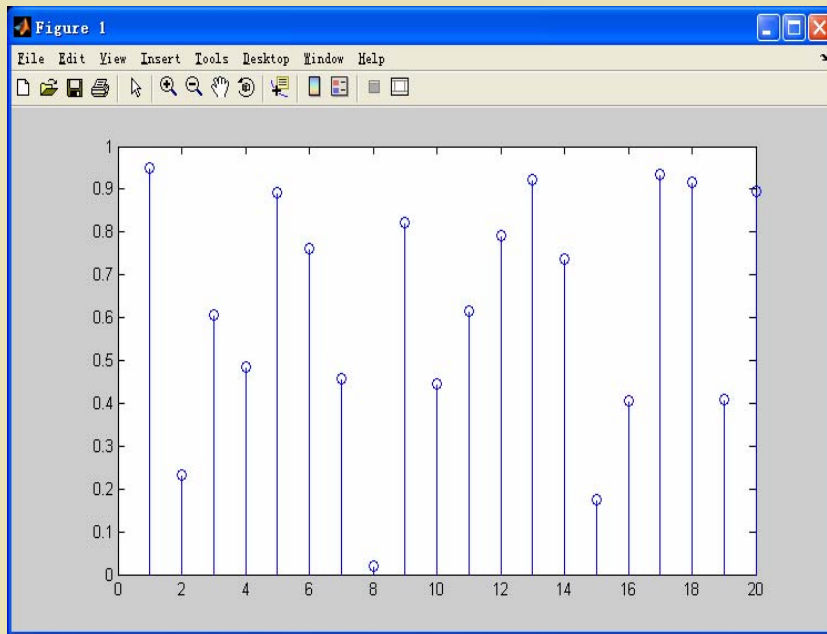
直方图

- ◆ 表示数据的分布情况
- ◆ $n = \text{hist}(y)$, 根据大小将 y 自动分为10段
- ◆ $n = \text{hist}(y, n)$, 根据大小将 y 自动分为 n 段
- ◆ 实例:考试成绩分布的统计
 $[n, xout] = \text{hist}(y, n)$
 $\text{bar}(xout, n)$
配合bar图看成绩分布构成

(3) 离散型数据图

- ◆ stem 函数(茎秆图) `stem(Y),stem(X,Y)`
- ◆ stem3函数 `stem3(Z),stem3(X,Y,Z)`
- ◆ stairs函数(阶梯图) `stairs(Y),stairs(X,Y)`

离散型数据图举例



◆ 使用 `stem(y)` 函数来绘制句柄状图形。

- `>> y=rand(20,1);`
- `>> stem(y)`
- `>>`

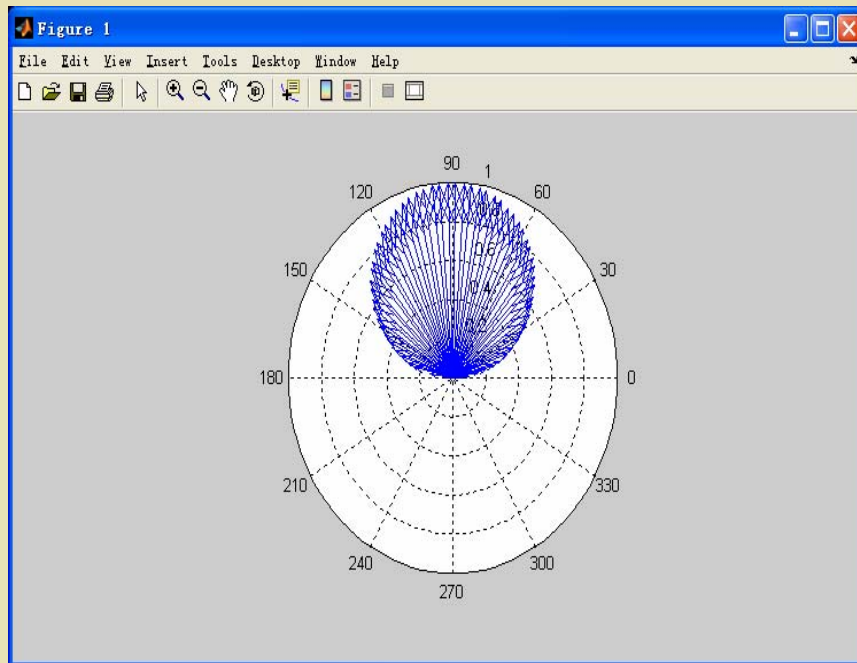


(4) 方向和速度矢量图形

- ◆ compass、feather、quiver和quiver3。

函 数	功 能 描 述
compass	显示极坐标图形中的极点发散出来的矢量图
feather	显示从一条水平线上均匀间隔的点所发散出来的矢量图
quiver	显示由 (u,v) 矢量特定的二维矢量图 quiver(u,v) quiver(x,y,u,v) quiver(u,v,scale)
quiver3	显示由 (u,v,w) 矢量特定的三维矢量图 quiver3(z,u,v,w) quiver3(x,y,z,u,v,w)

方向和速度矢量图形举例



用compass函数绘制
矢量图形：

- `>> w=0:0.1:6;`
- `>>`
`z=sin(w).*exp(j*w);`
- `>> compass(z)`
- `>>`

(5) 等高线的绘制

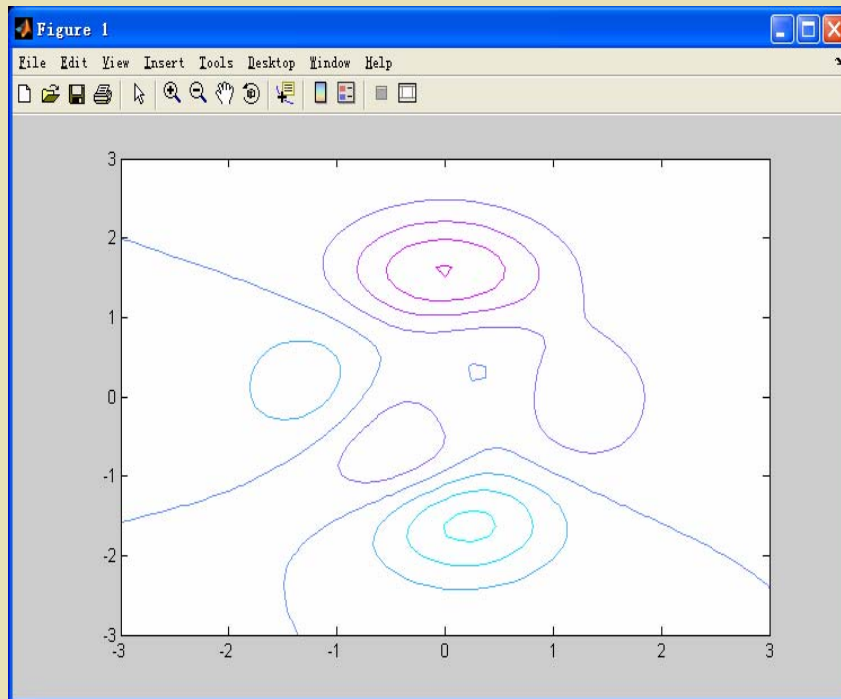
- ◆ 创建、显示并标注由一个或多个矩阵确定的等值线。

函 数 名	功 能 描 述
clabel	使用等值矩阵生成标注，并将标注显示在当前图形
contour	显示矩阵Z的二维等高线图 $\text{contour}(z)$, $\text{contour}(x, y, z)$, $\text{contour}(z, n)$ n条等值线
contour3	显示矩阵Z的三维等高线图
contourf	显示矩阵Z的二维等高线图，并在各等高线之间用实体颜色填充
contourc	用于计算由其他等高线函数调用的等值矩阵
meshc	创建一个与二维等高线图匹配的网线图
surf	创建一个与二维等高线图匹配的曲面图

等高线的绘制

- ◆ `contour(z), contour(x,y,z)`
- ◆ `contour(z,n)` n等值线的条数
- ◆ `contour(z,v)` v各条等值线对应的值,
可以矩阵形式给出[1 3 5 6]
 - `>> [x,y,z]=peaks;`
 - `>> [c,h]=contour(x,y,z)`
 - `>> clabel(c)` %标出等值线上的值

等高线的绘制举例



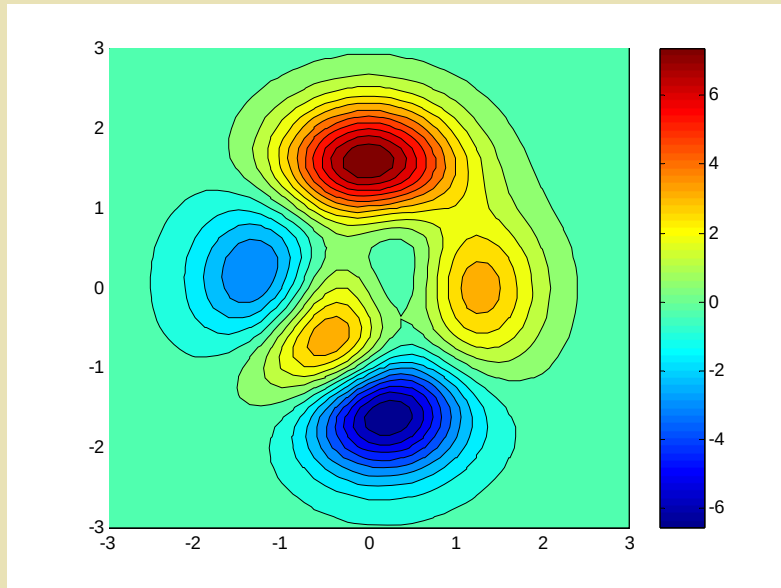
◆ 使用contour函数绘制等高线图形：

- `>> [x,y,z]=peaks;`
- `>> contour(x,y,z)`
- `>>`

填色等高线的绘制举例

- ◆ 使用contourf函数绘制等高线图形：

```
>> [x,y,z]=peaks;  
>> contourf(x,y,z,20)  
>> colorbar
```



颜色条的使用

`colorbar('horiz')` % 水平颜色条
`colorbar('vert')` % 垂直颜色条



海洋数据应用实例(1)

利用Levitus年平均资料绘制马尾藻海的温度盐度散点图(备注: 所有深度层的资料都要用),散点图用黑色实心原点绘制



海洋数据应用实例(2)

利用离散数据生成格点数据

(王秀芹老师的绘图练习)已知黄海一系列离散观测点的经度、纬度、观测数据,

利用Matlab做底层温度的等值线图

1.数据形式为经度,纬度,测量值1,测量值2,....

2.找到经度和纬度的变化范围取整数

`xi=linspace(xmin,xmax,nx); yi=linspace(y1,y2,ny);`

3.`[XI YI]=meshgrid(xi,yi)`

4.`[XI YI ZI]=griddata(x,y,z1,XI,YI)`

5.`contour(ZI)`

问题: 陆地上的点如何标志为无观测的区域?

方法一: 已经确定了*.bln, 可以通过Surfer的Grid blank处理得到GS ASCII *.grd数据,处理之然后用Matlab将陆地/岛屿的值设置为Nan, 绘图即可



海岸线数据

<http://rimmer.ngdc.noaa.gov/mgg/coast/getcoast.html>

指定范围后生成边界数据,

再用边界数据做一个bln文件, 样本程序见公共邮箱
mat_to_bln.for



Ferret及其使用简介

- ◆ Ferret是美国西雅图NOAA/PMEL/TMAP (National Oceanic and Atmospheric Administration/Pacific Marine Environment Laboratory/the Thermal Modeling and Analysis Project,热模拟和分析项目组)发展的一个交互式计算机可视化和数据分析系统。
- ◆ 设计用来满足海洋学家和气象学家处理和分析数据及绘图的需要。



功能

- ◆ 数据分析和处理,生成新数据
- ◆ 统计分析, EOF,FFT,均值,方差,相关分析
- ◆ 数值运算,差分,积分,计算海水密度,坐标转换等
- ◆ 绘图,两维、三维、动画等均可,可以在Ferret工作窗口下产生数据,也可以从外部加载数据
- ◆ ...

绘图形式

- ◆ 二维三维绘图功能丰富，可以产生如下形式的图形,线型图,散点图,实线图,等值线图,填色等值线图,raster(光栅),矢量图,多边型图,三维线条图等
- ◆ 投影方式有很多种（类似Grads）
- ◆ 可以实现动画显示, 断面资料显示等等



Ferret优点

- ◆ 适合应用于海洋学领域
- ◆ 功能强大,有些功能类似Matlab, 但它是**免费**的
- ◆ 函数运算功能丰富, 多种内部函数、外部函数
- ◆ 可加载几乎所有形式的数据 (Ferret可以读入不太规范的Netcdf数据,而Grads对Netcdf数据的要求比较严格,不太规范的数据可能无法载入)
- ◆ 可以接受模糊指令 `shaded sst; con rose,cont rose` (其它软件一般不可以)
- ◆ 使用方便 日志文件(ferret.jnl)可以记录历史操作,可对其重新命名并进行编辑以便于将来使用 (*.jnl批处理文件,类似GrADS的*.gs,Matlab的*.m文件)



备注

1. 使用ferret之前,必须启动一个xwindows,否则图形将无处显示(这一点类似于以前的Grads,现在的GrADS有自带xwindows的版本.)
2. 要想更好的使用Ferret,就要熟悉Ferret的语法表达, Thinking like a Ferret (经常使用就可以做到)



Ferret

Ferret(包含数据)完全安装之后,自带数据会安装在默认的目录

C:\Program Files\TMAP\fer_dsets\data\之下

etopo20.cdf, etopo40.cdf, etopo60.cdf,
etopo120.cdf, levitus_climatology.cdf,
coads_climatology.cdf, esku_heat_budget.cdf,
monthly_navy_winds.cdf, polydata.cdf等

这些数据Ferret可以直接调用



可加载数据形式

- ◆ Ferret可以读取ASCII码数据,二进制格式数据,以及两种自说明数据格式(一种为现在非常流行的Netcdf格式,后缀一般为*.nc或*.cdf;另外一种为TMAP自说明数据格式).
- ◆ 用Netcdf形式的数据进行Ferret操作最为方便快捷.



加载文件的基本指令 set data

- ◆ 加载ASCII数据或二进制数据
- ◆ `file/var=var1,var2,... filename`
- ◆ `file=set data/ez`
- ◆ Netcdf文件的加载
- ◆ `use filename(.cdf)` (或者`set data filename.cdf`)
- ◆ `use=set data/format=cdf`



ASCII数据的载入

- ◆ 单列数据
file/variable=aa d:\aa.dat
plot aa
- ◆ 多列数据
file/col=2/vars='aa,bb' d:\aabb.dat
file/col=n/vars=z1,z2,...,zn d:\z.dat
- ◆ file reading demo.jnl



二进制数据的载入

- ◆ 一般要求加载的二进制数据内部为纯数字信息
- ◆ `binary_read_demo.jnl`

Fortran生成顺序存取数据

几个变量的数据长度一致

```
REAL VAR1(10), VAR2(10), VAR3(10)
```

```
...
```

```
OPEN(UNIT=20,FORMAT='UNFORMATTED',ACCESS='SEQUENTIAL',FILE='MYFILE.DAT')
```

```
...
```

```
DO 10 I=1,10
```

```
WRITE (20) VAR1(I), VAR2(I), VAR3(I)
```

```
10 CONTINUE
```

```
...
```

set data/ez/**FORMAT=UNF**/VAR=var1,var2,var3/col=3 myfile.dat

或者

(目录\文件名)

file/**FORMAT=UNF**/VAR=var1,var2,var3/columns=3 myfile.dat

顺序存取数据的Fortran生成

几个变量的数据长度不一致

```
real VAR1(1000), VAR2(500)
```

```
...
```

```
OPEN(UNIT=20,FORMAT='UNFORMATTED',ACCESS='SEQUENTIAL',  
      FILE='MYFILE.DAT')
```

```
...
```

```
WRITE (20) VAR1
```

```
WRITE (20) VAR2
```

```
....
```

```
DEFINE AXIS/X=1:500:1 xaxis
```

```
DEFINE GRID/X=XAXIS mygrid
```

```
FILE/FORMAT=stream/SKIP=1003/GRID=mygrid/VAR=var2  
myfile.dat
```

1003表示纪录1中**1000**个数据与**2**个信息记录(**2**个为记录1的周边信息, 另一个为记录2的开始信息)
The argument 1003 is the sum of the 1000 data words in record 1, plus 2 words of record length information surrounding the data values in record 1 (variable var1), plus 1 word of record information preceding the data in record 2.



直接存取数据的生成

```
REAL VAR1(10), VAR2(10), VAR3(10)
```

```
...
```

```
OPEN(UNIT=20,FORMAT='UNFORMATTED',ACCESS='Direct',FILE='MYFILE.  
DAT')
```

```
...
```

```
DO 10 I=1,10
```

```
WRITE (20,rec=i) VAR1(I), VAR2(I), VAR3(I)
```

```
10 CONTINUE
```

```
...
```

file/format=stream/var=var1,var2,var3 myfile.dat



直接存取数据的生成

```
REAL*4 MYVAR(10,5)
```

```
...
```

```
OPEN(UNIT=20, FILE="myfile.dat", ACCESS="DIRECT", RECL=10)
```

```
...
```

```
DO 100 j = 1, 5
```

```
100 WRITE (20,REC=j) (MYVAR(i,j),i=1,10)
```

```
....
```

```
DEFINE AXIS/X=1:10:1 x10
```

```
DEFINE AXIS/Y=1:5:1 y5
```

```
DEFINE GRID/X=x10/Y=y5 g10x5
```

```
FILE/VAR=MYVAR/GRID=g10x5/FORMAT=stream myfile.dat
```

If the file consisted of a set of FORTRAN **REAL*8** or C doubles, then the data would look like:

```
dddddddddd ddddddddddd ddddddddddd ...
```

and the following Ferret commands would read the data into "myvar":

```
DEFINE AXIS/X=1:10:1 x10
```

```
DEFINE AXIS/Y=1:5:1 y5
```

```
DEFINE GRID/X=x10/Y=y5 g10x5
```

```
FILE/VAR=MYVAR/GRID=g10x5/FORMAT=stream/type=r8 myfile.dat
```



直接存取格点数据的加载

二进制格点数据,可以先定义 x, y, z, t 的轴,网格,再按照网格分布形式读入,大体形式如下

...

```
def axis/x=1:nx:1 xax
def axis/y=1:ny:1 yax
def axis/z=1:nz:1 zax
def axis/t=1:nt:1 tax
def grid/x=xax/y=yax/z=zax/t=tax mygrid
file/format=stream/var=num,num1/grid=mygrid
($file)
```



Netcdf数据的载入

- ◆ use 文件目录\文件名
- ◆ set data 文件目录\文件名



基本操作n部曲

1. 确定数据
use 文件名(必须为Netcdf格式数据)
set data 文件名 (或文件被赋予的标示号)
2. 确定所需要的网格范围
set region/x/y/z/t/l/j/k/l
3. 确定准备操作的变量或者变量表达式,绘图
con (sst-273.16)*9/5
4. 结果输出
frame/file=aaa.gif
5. 关闭数据
cancel 文件名(或文件被赋予的标示号)



图形窗口的设置

`set window/new` 打开一个新窗口

`set window n` 打开窗口n,在该窗口下操作,
如窗口n不存在,则新建一个窗口

`set window/aspect=0.5` 纵横比,默认为0.75

`set window/size=0.5` (<1的某个数)

Ferret可以打开n个绘图窗口,这一点不同于GrADS(只有一个绘图窗口)

`set window/clear` 或 `set window/c` 或 `cancel viewport`
清除当前图形显示

`set window/location=0,0.5`

`cancel window n` 关闭标号为n的窗口



分图的设置

set viewport upper; 绘图操作...

set viewport lower; 绘图操作...

分为两个绘图区,一上一下

set viewport left

set viewport right

分为两个绘图区,一左一右

set viewport ul /ur /ll /lr

分为四个绘图区,左上、右上、左下、右下



常用指令list

/I/J/K/L /X/Y/Z/T /D /ILIMITS /JLIMITS /KLIMITS
/LLIMITS /XLIMITS /YLIMITS/ZLIMITS /TLIMIT
/APPEND /FILE /FORMAT /HEADING /NOHEAD
/TITLE /ORDER/RIGID /PRECISION /CLOBBER
/SINGLE /QUIET /WIDTH /EDGES /BOUNDS

list 变量名[i=i1:i2,j=....]

list 列出,列于表上,记入名单内



查询格点 i,j,k,l 对应的空间范围和时间

list 变量名 $[i=i1:i2,j=....]$

show grid/ $i=.../j=.../k=.../l=... var$



*.jnl的使用

go 文件名.jnl

打开C:\Program Files\TMAP\examples
看*.jnl文件自学Ferret



go tools的使用

go 文件名(.jnl)

如:

go land

go fland

....

go tools存储于C:\Program Files\TMAP\go

基本绘图操作plot

- ◆ PLOT /I/J/K/L /X/Y/Z/T /OVERLAY/ SET_UP /FRAME /D/ TRANPOSE/ VS/ SYMBOL/NOLABEL /LINE /COLOR /THICKNES /SIZE /HLIMITS /VLIMITS /TITLE /STEP /NOAXES /DASH /NOYADJUS /AXES /HLOG /VLOG /NOKEY
- ◆ /I/J/K/L /X/Y/Z/T 确定使用的资料范围 /X=40E:60W /OVERLAY 叠加在刚才的图上 /D 确定资料
- ◆ plot/line/symbols/I=1:30 sin(I)
- ◆ plot/vs temp, salt
- ◆ 绘制散点图

基本绘图操作contour

- ◆ 等值线 (**contour/con**)
作用等同于GrADS (**set gxout contour**),但Ferret的**contour**功能更加丰富
- ◆ 用**levitus**资料进行演示
use levitus_climatology
contour temp[k=1] (contour的变量必须为二维数据)
绘图时, 在变量名的后面以[x=...,y...]限定
或者 set region/x=x1:x2/y=y1,y2/z=z1:z1/t=t1:t2
把网格设定为二维,再进行绘图
con temp
- ◆ 加入海陆分界线 go land (颜色或者颜色号)
- ◆ 陆地填充颜色 go fland red

◆ contour绘图操作的一些选项

contour/**I/j/k/l**/**x/y/z/t**/**d**/**fill**/levels/**key/nokey**/line

/I/j/k/l 格点范围的设置

/x/y/z/t 经度、纬度、深度、时间范围的设置

/d 数据 **/fill** 填色等值线; **/line** 选contour/fill时叠加等值线

/levels=(lo,hi,delta)

/levels=(lo,hi,delta,ndigits) 仅contour有此选项,
负值表示 等值线的数值不被标注

/levels =40 等值线的条数40

= 40c 某条等值线为0,关于0

=2000d 等值线间距2000

=2000dc 等值线间距2000某条等值线为0

/levels=(5) 画出某条值为5的等值线

/levels= (inf)(lo,hi,delta)(inf) 重点标注(lo,hi,delta) 之间值的颜色,但也考虑这范围之外的值

◆ **/key** 控制colorbar, **key=continous** 连续的colorbar

/nokey 无colorbar 当选择contour/fill时才使用key的控制

◆ contour选项(续)

contour/noaxis/palette/**pen**/sigdigs
/size/spacing/nolabels/**overlay**/**title**

/noaxis 无坐标轴 /palette 颜色设置 /**pen**画笔颜色

/sigdigs 等值线上小数点和有效数字的个数

/size 等值线上字体的大小

/spacing 等值线间距

/nolabels 不显示ferret自动标注的文字

overlay 或 /ov 绘图操作叠加在已画出的图上

/**title**=‘....’ 本图的标题

投影方式

- ◆ 请学习
- ◆ `go mp_demo.jnl`
- ◆ mercator投影的使用方法
- ◆ `go mercator_demo [ymin, ymax] [yticks]`



基本绘图操作fill

- ◆ **fill = contour/fill**
- ◆ 填色等值线，边缘与contour/line重合
- ◆ 本操作基本等同于GrADS (set gxout shaded)



基本绘图操作shade

- ◆ 网格填色，边缘与contour/line不重合
- ◆ 作用等同于GrADS (set gxout fgrid)

- 
- ◆ shade绘图操作的一些选项
shade/**I**/**j**/**k**/**l**/**x**/**y**/**z**/**t**/**d**/frame/**key**/levels
/line/noaxis/**nokey**/nolabels/**overlay**
/palette /title/transpose/modulo/**hlimits**
/vlimits/ axes

/transpose纵、横轴交替

/**hlimits** **/vlimits/** 纵、横轴的范围

/axes [1 1 0 0]上下左右轴的标注，为0则不标注



基本绘图操作vector

- ◆ 矢量图(vector)
- ◆ vector u, v
- ◆ 用coads_climatology.cdf练习一下

Vector选项

- ◆ `vector/length/flowline/xskip/yskip`
- ◆ `/length` 1cm对应的速度模大小
`/flowline` 流线图
`/xskip` 跳跃取点



常用绘图操作动画

- ◆ `repeat/l=1:12 con sst; go fland`
- ◆ `repeat/l/j/k/l/animate`
- ◆ `repeat/animate = animate`





常用操作存储数据文件

- ◆ Netcdf格式

save/file=文件名.cdf/clobber/I/j/k var1,var2,...

save = list/form=cdf/file=

- ◆ ASCII 码和二进制数据

list/form/file var1,var2,...



Netcdf文件的生成例子

- ◆ **LIST/FORMAT=CDF** variable_name
- ◆ **SAVE/FILE=example.cdf/l=1:100** sin(l/100)

yes? SET DATA coads_climatology

- ◆ **SAVE/L=1** sst,airt,uwnd,vwnd

- ◆ 如果未指定文件名,则**ferret**会自动命名一个**Netcdf**文件来保存数据



常用操作let

- ◆ define 的一种操作，是专门针对变量的define
- ◆ let = define/variables
- ◆ let var=f(var1,...)
- ◆ let 相当于 Grads中的define

常用操作define

- ◆ define
- ◆ 可定义坐标轴，网格，变量等等





常用操作transformation

- ◆ transform应用实例
寻找 20° C等温线的深度
- ◆ yes? USE levitus_climatology
- ◆ yes? SET REG/Y=10s:30n/X=140E:140W
- ◆ yes? PPL CONSET .12 !label size
- ◆ yes? CONTOUR temp[Z=0:200@LOC:20] 定位
- ◆ yes? QUIT
- ◆ *Fill/line/levels=(-10)(12,30,2)(35) temp[X=130:200@AVE,L=1:50:5]*
取平均

想知道有哪些transform吗?

那就发指令 show transform



常用操作show

- ◆ show
show data/grid/variable/....
show data 1



常用操作set mode

- ◆ set mode metafile (输出图形文件格式为*.plt)
- ◆ cancel mode metafile
- ◆ **SET MODE META filename**
- ◆ **SET MODE JOURNAL filename**
- ◆ **SET MODE PPLLIST filename**
- ◆ SET MODE/LAST Resets mode to its last state.
- ◆ **SET MODE DIAGNOSTIC**
- ◆ 参见手册 P409 set mode options



模式设置选项set mode(1)

- ◆ **ASCII_FONT** imposes PPLUS ASCII font types on plot labels set
- ◆ **CALENDAR** uses date strings for T axis (vs. time step values) set
- ◆ **DEPTH_LABEL** uses "DEPTH" as Z axis label set
- ◆ **DESPERATE** attempts calculations too large for memory canceled
- ◆ **DIAGNOSTIC** turns on internal pro gram diagnostic out put canceled
- ◆ **GRATICULE** sets drawing of graticule lines on all subsequent plots cancelled
- ◆ **GUI** un sup ported; used in GUI development
- ◆ **IGNORE_ERROR** continues command file after errors canceled
- ◆ **INTERPOLATE** automatically interpolates data between planes canceled



模式设置选项set mode(2)

- ◆ **JOURNAL** records key board commands in a journal file set
- ◆ **LATIT_LABEL** uses "N" "S" notation for labeling latitudes set
- ◆ **LONG_LABEL** uses "E" "W" notation for labeling longitudes set
- ◆ **METAFILE** captures graphics in GKS metafiles can beled
- ◆ **PPLIST** listed output from PPLUS is directed to the named file can beled
- ◆ **REFRESH** refreshes graphics on systems lacking "backing store" can beled
- ◆ **SEGMENT** utilizes GKS segment storage set
- ◆ **STUPID** controls cache hits in memory (diagnostic) can beled
- ◆ **VERIFY** displays each command file line as it is executed set
- ◆ **WAIT** waits for carriage return after each plot can beled
- ◆ **P409 set mode options**



图形输出（gif）

- ◆ 启动时运行 `ferret -gif`
- ◆ 将不显示图形窗口
- ◆ 绘图之后
`frame/file=aa.gif`
- ◆ 将会把图形文件指定的文件`aa.gif`
- ◆ 不指定图形文件名字，将会保存到`.gif`

Ferret内部的帮助

- ◆ show transform
- ◆ show commands
- ◆ show alias
- ◆ show functions
- ◆ go/help string

