

第十二章

绘图软件介绍

潘建瑜

华东师范大学数学系

2010.05

图形概述

□ 图形的分类：矢量图与点阵图

- 👉 **矢量图**：用数学表示，保存图的几何特征，如直线的端点、样条曲线的控制结点等
- 点阵图**：通常以矩阵形式表示，存贮图像的每个像素点的颜色，可通过复杂的算法进行压缩
- 👉 **矢量图**：图形的精确数学刻划，具很高的精度，经放缩、坐标变换而不丢失信息，一般文件较小
- 点阵图**：图像的直接采样，可表现复杂的内容，但放缩、坐标变换后可能会失真，通常文件较大

图形概述

- 👉 **矢量图**：可用来表示具有一定逻辑的示意图，如流程图、数学曲线等
- 点阵图**：可用来表示不能用数学逻辑关系描述的照片等，或特别复杂的数据图、3D 图等
- 👉 **矢量图**输出时需要先转换为一定精度的点阵图

图形概述

👉 **矢量图**：可用来表示具有一定逻辑的示意图，如流程图、数学曲线等

点阵图：可用来表示不能用数学逻辑关系描述的照片等，或特别复杂的数据图、3D 图等

👉 **矢量图**输出时需要先转换为一定精度的点阵图

❑ **绘图工具**：绘制矢量图工具；绘制点阵图工具

👉 L^AT_EX可插入外部图像，或使用宏包绘制矢量图形

👉 外部绘图工具：专业、强大

👉 内部命令或宏包：直接、有效

L^AT_EX插图宏包

□ L^AT_EX插图宏包: graphics / graphicx

☞ 其它相关宏包

- color / xcolor : 提供颜色和混色机制
- figure: 浮动图形宏包
- float: 定制浮动环境样式
- caption: 控制 figure 等浮动环境的标题格式
- subfigure: 提供子图形功能
- psfrag / psfragx: 用于替换 EPS 图形中的文字
- overpic: 在插入的图形上方增加网格与标注文字

L^AT_EX 绘图宏包

□ L^AT_EX 绘图宏包

- 👉 picture: 提供一些简单的绘图功能
- 👉 amscd, diagrams, xy-pic: 绘制交换图
- 👉 PSTricks, PGF/TikZ: 功能强大的绘图宏包
- 👉 MetaPost, Asymptote: 绘图语言

绘图宏包 PSTricks

❑ PSTricks 绘图宏包

- 👉 基于 PostScript 语言的宏命令集，与 L^AT_EX 兼容
- 👉 具有着色、制图、饼图、旋转、遮盖等强大的图形处理功能，可在 T_EX 源文件中直接使用 pstricks 命令绘制图形
- 👉 不能和 pdftex/pdf_latex 配合使用
(latex → dvips → ps2pdf, 或使用 PDFTricks)
- 👉 基于 PSTricks 开发的绘图宏包：
pst-plot, pst-3d, pst-node, ...
- 👉 主页: <http://tug.org/PSTricks/>

绘图宏包 PSTricks

□ PSTricks 的使用

```
\usepackage{pstricks}
```

- 👉 基于直角坐标系，取当前位置为原点
- 👉 `unit`: 长度单位，默认为 1cm，可用 `\psset` 修改或在其它命令的选项中用“`unit=长度`”修改
→ 例: `\psset{unit=0.6cm}`
- 👉 其它长度单位: `xunit`, `yunit`, `runit` (圆弧)
- 👉 `\psset` 命令: 全局设置命令

绘图宏包 PSTricks

画直线

```
\psline[选项]{箭型}(x_1, y_1)(x_2, y_2) \dots (x_n, y_n)
```

- 选项和箭型可以不出现，此时画实线
- 只给出一个点时，以原点为起点
- 绘图命令不占位置
- 例：1204.tex

绘图宏包 PSTricks

□ 画直线（续）

☞ 通常放在 `pspicture` 环境中









```
\begin{pspicture}[选项]( $x_0$ ,  $y_0$ )( $x_1$ ,  $y_1$ )
    ...
\end{pspicture}
```

→ $(x_0, y_0), (x_1, y_1)$: 绘图盒子的左下角与右上角
(确定绘图区域)

→ 只给出一个坐标时, 以原点为绘图盒子的左下角

☞ 绘图盒子的上下移动: `shift` 选项 (1204.tex)

\psline 的箭型

| 输入 | 样式 | 说明 |
|---------|---|----------------|
| - |  | 实线 |
| <-> |  | 箭头 |
| >-< |  | 逆向箭头 |
| <<->> |  | 双重箭头 |
| >>-<< |  | 双重逆向箭头 |
| - |  | T形条, 限制在端点坐标之内 |
| * - * |  | T形条, 以端点坐标作为中心 |
| [-] |  | 方括号 |
| (-) |  | 圆括号 |
| o-o |  | 圆圈, 以端点坐标为圆心 |
| *-* |  | 圆盘, 以端点坐标为圆心 |
| **-** |  | 圆盘, 限制于端点之内 |
| C-C |  | 外突的圆头 |
| CC-CC |  | 受限于端点坐标的圆头 |
| C-C |  | 外突的方头 |

\psline 的选项

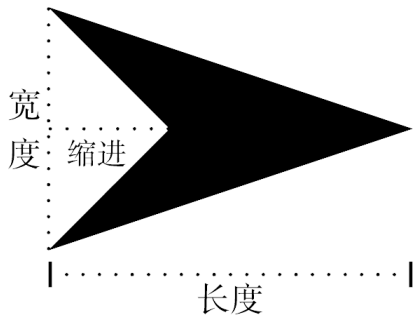
- ☞ 线条两头可以取不同的形状，如：o-c
- ☞ 其它选项
 - `linecolor`=颜色：可以是 red, green, yellow, blue, cyan, magenta
 - `linestyle`=类型：可以是 dashed, dotted
 - `linewidth`=宽度：默认为 0.8pt
 - `doubleline=true`：双线
 - `doublesep`=宽度：双线之间的距离
默认为 $1.25 \times \text{linewidth}$
 - `linearc`=长度：折线拐弯时的弧线半径
 - `showpoints=true`：显示各个节点
 - `arrows`=箭型：指定箭型

一些参数

| 参数 | 值 | 说明 |
|---|---|-----------------|
| <code>dash=5pt 3pt</code> | 线段长 5pt, 间隙 3pt | 虚线 (dashed) 的参数 |
| <code>dotsep=3pt</code> | 间隙 3pt | 点线 (dotted) 的参数 |
| <code>dotsize=0.5pt 5</code> | $5 \times \text{linewidth} + 0.5\text{pt}$ | 圆的直径 |
| <code>tbarsize=2pt 5</code> | $5 \times \text{linewidth} + 2\text{pt}$ | T形条、方括号或圆括号的宽度 |
| <code>bracketlength=0.15</code> | $0.15 \times \text{宽度}$ | 方括号的长度 |
| <code>rbracketlength=0.15</code> | $0.15 \times \text{宽度}$ | 圆括号的长度 |
| <code>arrowsize=2pt 3</code> <code>arrowlength=1.4</code> <code>arrowinset=0.4</code> | 宽度 = $3 \times \text{linewidth} + 2\text{pt}$ 长度 = $1.4 \times \text{宽度}$ 缩进 = $0.4 \times \text{长度}$ | 箭头形状 |

 以上参数都可以在选项 `1204.tex` 中修改

关于箭头的参数



画封闭折线

画封闭折线（多边形）

```
\pspolygon[选项](x_1, y_1)(x_2, y_2) \dots (x_n, y_n)
```

```
\pspolygon*(x_1, y_1)(x_2, y_2) \dots (x_n, y_n)
```

☞ 带星号的命令是画实心多边形

画矩形

```
\psframe[选项](x_1, y_1)(x_2, y_2)
```

```
\psframe*(x_1, y_1)(x_2, y_2)
```

☞ 画圆角矩形： `framearc=数`（圆角直径=`数`×短边）

→ 或 `[cornersize=absolute, linearc=数]`（绝对长度）

画封闭折线

画等腰三角形

```
\pstriangle[选项](x, y)(b, h)
\pstriangle*(x, y)(b, h)
```

☞ (x, y) : 底边中点; b : 底边长; h : 底边上的高

画菱形

```
\psdiamond[选项](x, y)(d_1, d_2)
\psdiamond*(x, y)(d_1, d_2)
```

☞ (x, y) : 菱形的中心
水平与竖直对角线长为: $2d_1$ 和 $2d_2$

画曲线

画点

```
\psdots[选项](x, y)
```

画圆

```
\pscircle[选项](x, y){r}
```

```
\pscircle*(x, y){r}
```

👉 (x, y) 是圆心; r 是半径

画曲线

画圆弧：

```
\psarc[选项](x,y){r}{deg1}{deg2}
```

```
\psarcn[选项](x,y){r}{deg1}{deg2}
```

- 👉 (x, y) 是圆心； r 是半径， deg_1, deg_2 为起始与结束的角度
- 👉 `\psarc` 按逆时针画；`\psarcn` 按顺时针画
- 👉 相应的带星号的命令画实心弓形

画曲线

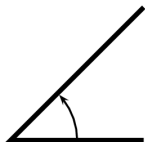
画扇形:

```
\pswedge[选项](x,y){r}{deg1}{deg2}  
\pswedge*(x,y){r}{deg1}{deg2}
```

- 👉 参数含义同 `\psarc`
- 👉 相应的带星号的命令画实心扇形

画曲线

画带箭头圆弧的角:



```
\begin{pspicture}(-2,0)(2,2)
\psline[linewidth=2pt](2,0)(0,0)(2,2)
\psarc[arcsepB=2pt]{->}(0,0){1}{0}{45}
\end{pspicture}
```

- 👉 `arcsepB=2pt`: 使得弧线的终点与宽度为 2pt 的直线恰好接触 (避免箭头与直线重叠)
- 👉 类似选项: `arcsep`, `arcsepA`

画曲线

□ 画椭圆（水平）：

```
\psellipse[选项](x, y)(a, b)
```

- ☞ 以 (x, y) 为中心，水平半轴为 a ，竖直半轴为 b
- ☞ 相应的带星号的命令画实心椭圆

□ 画抛物线（开口向上或向下）：

```
\parabola(x_0, y_0)(x_1, y_1)
```

- ☞ 以 (x_0, y_0) 为起始点， (x_1, y_1) 为极值点
- ☞ 相应的带星号的命令画实心抛物弓形

画曲线

画一条通过指定点的曲线:

$$\backslash\text{pscurve}[\text{选项}]\{\text{箭型}\}(x_1, y_1) \dots (x_n, y_n)$$

$$\backslash\text{psccurve}[\text{选项}](x_1, y_1) \dots (x_n, y_n)$$

$$\backslash\text{psecurve}[\text{选项}]\{\text{箭型}\}(x_1, y_1) \dots (x_n, y_n)$$

- ☞ 第二个命令画封闭曲线
- ☞ 第三个命令不画首尾两点
- ☞ 可使用 `curvature` 参数控制曲线的形状

画曲线

□ 画 Bézier 曲线:

```
\psbezier[选项]{箭型}(x_1, y_1)(x_2, y_2)(x_3, y_3)(x_4, y_4)
```




















☞ 画一条连接 (x_1, y_1) , (x_4, y_4) 的 Bézier 曲线, (x_2, y_2) , (x_3, y_3) 为控制点

彩色

❑ PSTricks 能调用xcolor 宏包给图形着色

- 👉 常见的颜色: red, green, blue, cyan, magenta, yellow, black, white, orange, violet, purple, ...

Base colors (always available)

| | | | | |
|--|--|--|---|---|
|  <i>black</i> |  <i>darkgray</i> |  <i>lime</i> |  <i>pink</i> |  <i>violet</i> |
|  <i>blue</i> |  <i>gray</i> |  <i>magenta</i> |  <i>purple</i> |  <i>white</i> |
|  <i>brown</i> |  <i>green</i> |  <i>olive</i> |  <i>red</i> |  <i>yellow</i> |
|  <i>cyan</i> |  <i>lightgray</i> |  <i>orange</i> |  <i>teal</i> | |

更多颜色

 `\usepackage[dvipsnames]{pstricks}`

Colors via dvipsnames option

| | | | | |
|---|--|---|--|---|
|  <i>Apricot</i> |  <i>Cyan</i> |  <i>Mahogany</i> |  <i>ProcessBlue</i> |  <i>SpringGreen</i> |
|  <i>Aquamarine</i> |  <i>Dandelion</i> |  <i>Maroon</i> |  <i>Purple</i> |  <i>Tan</i> |
|  <i>Bittersweet</i> |  <i>DarkOrchid</i> |  <i>Melon</i> |  <i>RawSienna</i> |  <i>TealBlue</i> |
|  <i>Black</i> |  <i>Emerald</i> |  <i>MidnightBlue</i> |  <i>Red</i> |  <i>Thistle</i> |
|  <i>Blue</i> |  <i>ForestGreen</i> |  <i>Mulberry</i> |  <i>RedOrange</i> |  <i>Turquoise</i> |
|  <i>BlueGreen</i> |  <i>Fuchsia</i> |  <i>NavyBlue</i> |  <i>RedViolet</i> |  <i>Violet</i> |
|  <i>BlueViolet</i> |  <i>Goldenrod</i> |  <i>OliveGreen</i> |  <i>Rhodamine</i> |  <i>VioletRed</i> |
|  <i>BrickRed</i> |  <i>Gray</i> |  <i>Orange</i> |  <i>RoyalBlue</i> |  <i>White</i> |
|  <i>Brown</i> |  <i>Green</i> |  <i>OrangeRed</i> |  <i>RoyalPurple</i> |  <i>WildStrawberry</i> |
|  <i>BurntOrange</i> |  <i>GreenYellow</i> |  <i>Orchid</i> |  <i>RubineRed</i> |  <i>Yellow</i> |
|  <i>CadetBlue</i> |  <i>JungleGreen</i> |  <i>Peach</i> |  <i>Salmon</i> |  <i>YellowGreen</i> |
|  <i>CarnationPink</i> |  <i>Lavender</i> |  <i>Periwinkle</i> |  <i>SeaGreen</i> |  <i>YellowOrange</i> |
|  <i>Cerulean</i> |  <i>LimeGreen</i> |  <i>PineGreen</i> |  <i>Sepia</i> | |
|  <i>CornflowerBlue</i> |  <i>Magenta</i> |  <i>Plum</i> |  <i>SkyBlue</i> | |

彩色

❑ 设置线条颜色的选项: `linecolor=颜色`

→ 例: `\psframe[linecolor=blue](0,0)(2,2)`

❑ 设置填充颜色的选项: `fillcolor, fillstyle`

→ 例: `\psframe[fillstyle=solid,fillcolor=blue](0,0)(2,2)`

→ `fillstyle` 的取值有: `none, solid, vlines, hlines, crosshatch, vlines*, hlines*, crosshatch*`

(带星号的表示仍然对背景着色)

坐标网格

画坐标网格:

```
\psgrid[选项]( $x_0, y_0$ )( $x_1, y_1$ )( $x_2, y_2$ )
```

- ☞ (x_0, y_0) 表示坐标标注的起始点, 可省略
- ☞ (x_1, y_1)(x_2, y_2) 指定网格范围
- ☞ 若三个点全部省略, 则使用 `pspicture` 的参数
- ☞ 若需要使用极坐标, 则在画网格命令前加上命令 `\SpecialCoor`, 此时点的坐标应写为 $(r; \theta)$, 其中 r 为弧长, 角度 θ 以度为单位

□ \psgrid 的选项

| 选项 | 说明 | 默认值 |
|----------------|----------------------------|--------|
| subgriddiv | 主网格划分数 | 5 |
| gridwidth | 主网格线的宽度 | 0.8 pt |
| subgridwidth | 次网格线的宽度 | 0.4 pt |
| griddots | 当这个数大于0时, 主网格是点线, 每格有这么多个点 | 0 |
| subgriddots | 当这个数大于0时, 次网格是点线, 每格有这么多个点 | 0 |
| gridlabels | 坐标标注的字体大小 | 10 pt |
| gridcolor | 主网格线的颜色 | black |
| subgridcolor | 次网格线的颜色 | black |
| gridlabelcolor | 网格标注的颜色 | black |

放置绘图对象

□ 放置绘图对象:

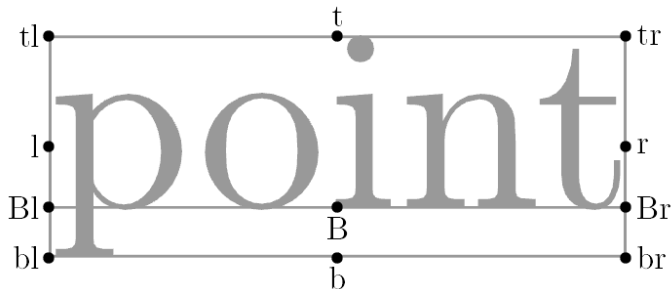
```
\rput(x, y){对象}
```

```
\rput{旋转角度}(x, y){对象}
```

```
\rput[参考点]{旋转角度}(x, y){对象}
```

- 👉 将对象的原点移到 (x, y) ，即移到对象
- 👉 第三个命令主要针对文本，设置文本排放的位置
这对于在图上标注文本非常有用！

□ 参考点: `\rput` 将该点移至 (x, y)



→ 缺省的参考点是文本盒子的中心点

放置绘图对象

❑ `\uput` 命令:

```
\uput{长度}[方位]{旋转角度}{对象}
```

- 👉 该命令专门用来放置标注文本
- 👉 **长度**: 放置后文本与点 (x, y) 的距离, 缺省为参数 `labelsep` 的值, 该参数的默认值为 5pt
- 👉 **方位**: 与点 (x, y) 的相对位置, 取值为角度, 或下面的缩写: `r(右), u(上), l(左), d(下), ur, ul, dr, dl`

用函数画曲线

□ 用函数画曲线

👉 调用 `pst-plot` 宏包

```
\usepackage{pst-plot}
```

(1) 将函数写成 PostScript 命令形式

(2) 调用相关命令绘图:

`\psplot`, `\parametricplot`, ...

PostScript 中的运算符和函数

| 算子 | 意义 | 语法 | 例 | |
|------|---------|------------|----------|-----|
| | | | 输入 | 结果 |
| add | 两数之和 | 数1 数2 add | 7 2 add | 9 |
| sub | 两数之差 | 数1 数2 sub | 7 2 sub | 5 |
| mul | 两数之积 | 数1 数2 mul | 7 2 mul | 14 |
| div | 两数之商 | 数1 数2 div | 7 2 div | 3.5 |
| exp | 数的指数函数 | 数1 数2 exp | 7 2 exp | 49 |
| idiv | 整数相除之整商 | 数1 数2 idiv | 7 2 idiv | 3 |
| mod | 整数相除之余数 | 数1 数2 mod | 7 2 mod | 1 |
| sqrt | 数的平方根 | 数 sqrt | 16 sqrt | 4 |
| neg | 相反数 | 数 neg | 7 neg | -7 |
| abs | 绝对值 | 数 abs | -7 abs | 7 |

| 算子 | 意义 | 语法 | 例 | |
|---------|-----------|-----------|---------------|-----|
| | | | 输入 | 结果 |
| ceiling | 向上取整 | 数 ceiling | 7.6 ceiling | 8 |
| floor | 向下取整 | 数 floor | 7.6 floor | 7 |
| round | 四舍五入 | 数 round | 7.6 round | 8 |
| | | | 7.2 round | 7 |
| sin | 正弦(度为单位) | 数 sin | 30 sin | 0.5 |
| cos | 余弦(度为单位) | 数 cos | 60 cos | 0.5 |
| atan | 反正切(度为单位) | 数 atan | 1 atan | 45 |
| ln | 自然对数 | 数 ln | 2.71828182 ln | 1 |
| log | 常用对数 | 数 log | 100 log | 2 |

→ 调用 `pst-math` 宏包后可使用更多函数
(见 `pst-math.pdf`)

□ 绘图命令:

`\psplot[选项]{下界}{上界}{函数表达式}`

- ☞ 下界、上界: 变量 x 的变化范围
- ☞ 函数表达式: 用 PostScript 语言描述的函数
- ☞ 两个重要选项: `plotstyle`, `plotpoints`
 - `plotpoints` 为一整数, 缺省值为 50
 - 当 `plotstyle=curve` 时, `\psplot` 先计算函数在 `plotpoints` 个等分点上的函数值, 然后用 `\pscurve` 画出经过这些点的曲线
 - 当 `plotstyle=dots` 时, 可用 `dotstyle` 指定点的形状
 - `plotstyle` 也可以是: `ccurve`, `ecurve`, `line`, `polygon`

用函数画曲线举例

👉 函数 $y = x^3 - x$, $(-1.5 \leq x \leq 1.5)$

```
\psplot[plotstyle=curve]%
      {-1.5}{1.5}{x 3 exp x sub}
```

```
\psplot[plotstyle=curve,%
      plotpoints=5]%
      {-1.5}{1.5}{x 3 exp x sub}
```

```
\psplot[plotstyle=line,%
      plotpoints=5]%
      {-1.5}{1.5}{x 3 exp x sub}
```

❑ 参数作图:

`\parametricplot[选项]{下界}{上界}{函数表达式}`

👉 例: 画下面函数的图像

$$x = 1/(1 + t^2), y = t^3/(1 + t^2), (-2 \leq t \leq 2)$$

```
\parametricplot%
    [plotstyle=curve,%
     linecolor=blue]%
    {-2}{2}%
    {t t 2 exp 1 add div t 3 exp
     t 2 exp 1 add div}
```

画坐标架

□ 画坐标架:

$\backslash\text{psaxes}[\text{选项}]\{\text{箭型}\}(x_0, y_0)(x_1, y_1)(x_2, y_2)$

☞ $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$: 确定作标架的范围

☞ (x_0, y_0) : 两个坐标轴的交点

☞ 若只给出两个点, 则第一个点被重复使用两次

☞ 若只给出一个点, 则前两个点均设为 $(0, 0)$

→ 例:

$\backslash\text{psaxes}\{\text{o->}\}(-1,1)(-2,-1)(3,2)$

$\backslash\text{psaxes}\{->\}(3,2)$

画坐标架

□ 常用选项:

- 👉 `ticks, labels`: 画短线和标注, 取值有:
`all`(缺省值), `x`, `y`, `none`
- 👉 `tickstyle`: 控制短线位置, 取值有: `full`(缺省值),
`top`(在标注的另一侧), `bottom`(与标注同一侧)
- 👉 `ticksize`: 控制短线长度, 缺省为 `3pt`
- 👉 `showorigin=false`: 不显示原点的标注
- 👉 `labelsep`: 标注与坐标轴之间的距离

画坐标架

👉 更改标注属性(颜色、字体等):

重新定义命令 `\pshlabel`, `\psvlabel`

```
\renewcommand{\pshlabel}[1]{\color{blue}#1}
```

👉 图像原点不是 (0, 0) 的处理方法

```
\psaxes[Ox=1994, Oy=0, Dx=1, Dy=10,%  
dx=2, dy=1](10.5, 7.5)
```

原点的 x 标注为 1994, 增量为 1, 相邻两个标注间距为 2 个 x unit; 原点的 y 标注为 0, 增量为 10, 相邻两个标注间距为 1 个 y unit

其它功能

- ❑ 从文件中提取数据作图：
`\fileplot`, `\dataplot`, `\listplot`
 - ❑ 带边框的文字和蛇形文字：
`\psframebox`, `\psshadowbox`, ...
 - ❑ 变换：`\psrotateleft`, `\psrotateright`, ...
 - ❑ 螺旋形曲线：`\pscoil`, `\pszigzag`, ...
 - ❑ 节点及其连线：`\rnode`, `\pnode`, ...
- 详见教材或 PSTricks 的手册