

Tikz 学习笔记

2018 年 6 月 22 日

目录

1	三类例子	2
1.1	单位圆与三角函数线	2
1.2	A Petri-Net	5
1.3	平面几何绘图举例	8
1.3.1	Elements' Book I, Proposition I	8
1.3.2	Elements' Book I, Proposition II	10
2	Tikz 的绘图环境和命令	12
2.1	{tikzpicture} 环境或 tikz 命令的格式	12
2.2	主要的绘图对象	13
2.3	命令 \def	13
2.4	创建 coordinate 对象的句法及其命名	14
2.5	Bounding Box	14
2.6	设置图的底线位置	15
2.7	用 scope 环境或 scoped 命令嵌入图形	16
2.8	全局选项设置语句以及 /.style 与 /.default 的设置	16
2.9	过指定点的水平线和竖直线	17
3	Path 的相关操作	17
3.1	设置路径样式, 在路径中插入路径	17

3.2 三种路径连接方式以及环路	17
3.3 用横竖线连接路径部分	18
3.4 连线算子 <code>to</code> 和 <code>edge</code>	18
3.5 常用路径选项, 命名、颜色、线型等	19
3.6 剪贴命令 <code>clip</code>	20
3.7 填充颜色	20
3.8 颜色渐变	21
3.9 用 <code>+</code> 表示的平移	22
4 基本的坐标计算, 用比例确定点	22
5 交点	24
6 重复操作	26
7 <code>node</code> 绘图	26
7.1 <code>node</code> 的句法	26
7.2 <code>node</code> 的常用选项	27
7.3 在 <code>node</code> 中使用 <code>foreach</code> 语句	28
7.4 为环境内所有 <code>node</code> 设置样式	28
7.5 <code>node</code> 中的文字编辑	29
7.6 可以在 <code>node</code> 的内容中插入环境	30
7.7 <code>node</code> 的文字对齐方式	30
7.8 设置 <code>node</code> 每行文字的最大宽度	30
7.9 <code>node</code> 的锚位置	31
7.10 <code>node</code> 的平移位置	31
7.11 设置诸 <code>node</code> 的相互位置	32
7.12 路径上的 <code>node</code> 标签的位置选项	33
7.13 给 <code>node</code> 加 <code>label</code> 标签, <code>label</code> 的用法	35

目录	3
7.14 大头针 <code>pin</code> 标签	37
7.15 用引用选项 <code>quotes</code> 给 <code>node</code> 加标签	37
8 在 <code>node</code> 之间画线	38
8.1 用符号 <code>--</code> , <code>..</code> , <code>- </code> 画线	38
8.2 算子 <code>to</code>	39
8.2.1 出入角度设置	39
8.2.2 加标签	40
8.2.3 设置每条边的样式	41
8.3 路径算子 <code>edge</code>	41
8.3.1 按一对多方式画线	41
8.3.2 加 <code>node</code> 标签	42
8.3.3 加 <code>quotes</code> 标签	42
8.4 重定义样式 <code>pre</code> 和 <code>post</code>	43
9 作图层	43
10 <code>node</code> 的 <code>fit</code> 选项	44
11 在多个图形之间引用 <code>node</code>	45
11.1 <code>remember picture</code> 选项和 <code>overlay</code> 选项	45
11.2 <code>Current Page Node -Absolute Positioning</code>	46
12 关于平面几何作图的几个工具	47
12.1 <code>coordinate</code> 算子	47
12.2 <code>rand</code>	47
12.3 <code>let</code> 赋值算子	47
12.4 函数 <code>veclen(x,y)</code>	48
12.5 <code>circle through</code> 选项	49
12.6 切线坐标系统	49

目录	4
13 透明度设置	50
14 箭头	51
14.1 箭头选项的句法格式	51
14.2 箭头长度选项	52
14.3 箭头宽度选项	52
14.4 调节箭头尾部内凹的深度	53
14.5 调节箭头尖端的角度	53
14.6 箭头依次变化尺寸	53
14.7 箭头原地反向	54
14.8 半箭头——鱼叉	54
14.9 箭头颜色	55
14.10 箭头边界线宽	56
14.11 线冠，线结合，斜结限制	56
14.12 弯曲箭头	57
14.13 串联箭头及其间距	58
14.14 间断串联箭头	58
14.15 指示箭头的界限	59
15 数学程序库	59
15.1 用等号 = 赋值	60
15.2 let 赋值	60
15.3 数值类型	61
15.4 给 coordinate 变量赋值	61
15.5 for 循环语句	62
15.6 if 条件语句	62
15.7 声明函数	63
15.8 用 print 输出结果	63

15.9 注意赋值的有效范围	64
15.10 基本数学运算和函数	64
16 用路径算子 plot 绘制函数图像	66
16.1 两个基本模式: line-to 和 moving-to	66
16.2 用坐标点绘制折线图	67
16.3 与绘图的有关变量	67
16.4 复合函数举例	68
17 坐标轴和图形的变换	69
17.1 设置坐标轴的单位长度和方向	69
17.2 坐标轴以及图形的变换	69
18 预定义的基本几何图形	71
18.1 矩形 rectangle	71
18.2 圆 circle	71
18.3 椭圆 ellipse	71
18.4 圆弧 arc	72
18.5 网格 grid, help lines	73
18.6 抛物线算子 parabola	73
18.7 正弦, 余弦算子 sin, cos	74
18.8 菱形 diamond	74
18.9 梯形 trapezium	74
18.10 半圆 semicircle	75
18.11 正多边形 regular polygon	75
18.12 星星 star	75
18.13 等腰三角形 isosceles triangle	76
18.14 筝形 kite	76
18.15 飞镖 dart	76

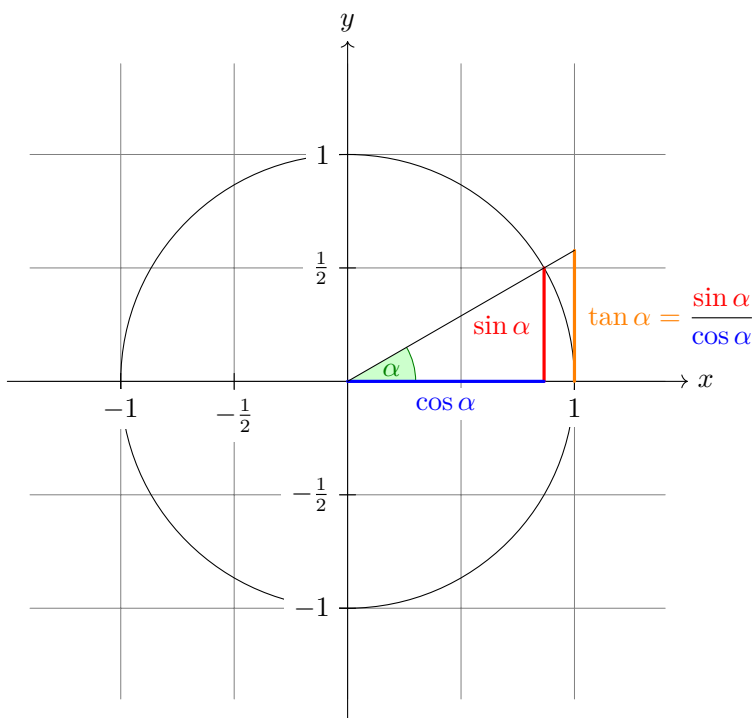
目录	6
18.16 扇形 <code>circular sector</code>	77
18.17 圆柱 <code>cylinder</code>	77
19 象征性图形	77
19.1 禁止指示图 <code>correct forbidden sign</code> 和 <code>forbidden sign</code>	78
19.2 放大镜 <code>magnifying glass</code>	78
19.3 云 <code>cloud</code>	78
19.4 爆炸图 <code>starburst</code>	78
19.5 信号灯 <code>signal</code>	79
19.6 条带 <code>tape</code>	79
20 树状图	80
20.1 树的层次构造, 在节点间连线	80
20.2 给节点命名	80
20.3 节点选项的有效范围	81
20.4 树层样式设置	82
20.5 树层间距以及一层之内的节点间距	82
20.6 节点生长方向选项	83
20.7 旋转排布子节点	84
20.8 隐形占位 <code>missing</code>	85
20.9 父子节点之间的连线设置	85
20.10 几种预定义父子节点连线线型	86
21 图	87
21.1 两种节点排布规则及其转换关系	88
21.2 <code>graph</code> 的选项	89
21.2.1 修饰节点和边的选项	89
21.2.2 结点排布形态、样式选项	90

22 输出单独的图形文件	95
22.1 方法一：用 <code>pgfgraphicnamed</code> 命令	95
22.2 方法二：调用 <code>external</code> 程序库	96
22.3 设置文件名、图形名的选项	97

1 三类例子

1.1 单位圆与三角函数线

本小节展示的代码绘制下面的图形



The angle α is 30° in the example ($\pi/6$ in radians). The sine of α , which is the height of the red line, is

$$\sin \alpha = 1/2.$$

By the Theorem of Pythagoras ...

```

1 \begin{tikzpicture}
2 [scale=3,line cap=round,
3 % Styles
4 axes/.style=,
5 important line/.style={very thick},
6 information text/.style={rounded corners,
7 fill=red!10,inner sep=1ex}]
8 % Colors
9 \colorlet{anglecolor}{green!50!black}
10 \colorlet{sincolor}{red}
11 \colorlet{tancolor}{orange!80!black}
12 \colorlet{coscolor}{blue}

```

1 行，开启 `tikzpicture` 环境。

2 行，`scale=3`，缩放比例为 3。`line cap=round`，线的端头采用圆形（`rect` 为方形，`butt` 为无头）。

4 行，`axes` 采用默认样式。

5 行, 定义 `important line` 的样式, 只要求线宽为 `very thick`。

6 行, 定义 `information text` 的样式, 圆角边框, 颜色为 `red!10`, 文字与文字背景边界距离为 `1ex`。

9 行, 命令 `\colorlet` 定义颜色 `green!50!black` 的名称为 `anglecolor`, 可以用此名称引用该颜色。10、11、12 行类似。

```

13 % The graphic
14 \draw[help lines,step=0.5cm] (-1.4,-1.4) grid (1.4,1.4);
15 \draw (0,0) circle [radius=1cm];
16 \begin{scope}[axes]
17 \draw[->] (-1.5,0) -- (1.5,0) node[right] {$x$}
18     coordinate(x axis);
19 \draw[->] (0,-1.5) -- (0,1.5) node[above] {$y$}
20     coordinate(y axis);
21 \foreach \x/\xtext in {-1, -.5/-\frac{1}{2}, 1}
22 \draw[xshift=\x cm] (0pt,1pt) -- (0pt,-1pt)
23     node[below,fill=white] {$\xtext$};
24 \foreach \y/\ytext in {-1, -.5/-\frac{1}{2}, .5/\frac{1}{2}, 1}
25 \draw[yshift=\y cm] (1pt,0pt) -- (-1pt,0pt)
26     node[left,fill=white] {$\ytext$};
27 \end{scope}

```

14 行, `\draw` 命令开始绘图, `grid` 是网格命令, 采用 `help lines` 的样式, 步长 `step=0.5cm`, 以点 $(-1.4, -1.4)$ 到 $(1.4, 1.4)$ 为对角线。

15 行, 画圆, 圆心为 $(0, 0)$, 半径为 `radius=1cm`。

16 行, 开启 `scope` 环境, 即在整个大图中再绘制一个局部图。

17 行, 从 $(-1.5, 0)$ 到 $(1.5, 0)$ 画线段, 选项 `[->]` 为线段末端添加箭头; 点 $(1.5, 0)$ 后的 `node` 命令为该点添加标签, 选项 `[right]` 指示标签在点的右侧, 标签是 \LaTeX 符号 x 。

21 行, `\foreach` 命令指示对数组中的每个元素进行后面的操作。`\x/\xtext` 表示数组元素可以是 `\x` 形式的或 `\x/\xtext` 形式的; 同一个元素位置上用符号/并列两种形式时, 该元素可用两种形式之一引用。数组 $\{1, \dots, 10\}$ 是公差为 1 的等差数列, 数组 $\{1, 1.5, \dots, 10\}$ 是公差为前两项之差 0.5 的等差数列。

22 行, 是 21 行的 `\foreach` 命令指向的操作。选项 `[xshift=\x cm]` 指示将后面绘制的线段沿着 x 轴平移 `\x cm`。

23 行, `node` 命令为 22 行的点 $(0pt, -1pt)$ 加标签, 标签用 `$_\xtext$` 形式。选项 `[below,fill=white]` 表示标签在点下方, 标签背景为白色。

27 行, 结束 `scope` 环境。

```

28 \filldraw[fill=green!20,draw=anglecolor] (0,0) -- (3mm,0pt)
29 arc [start angle=0, end angle=30, radius=3mm];
30 \draw (15:2mm) node[anglecolor] {$\alpha$};
31 \draw[important line,sincolor]
32     (30:1cm) -- node[left=1pt,fill=white] {$\sin \alpha$}
33     (30:1cm |- x axis);
34 \draw[important line,coscolor]
35     (30:1cm |- x axis) -- node[below=2pt,fill=white]
36     {$\cos \alpha$} (0,0);
37 \path [name path=upward line] (1,0) -- (1,1);
38 \path [name path=sloped line] (0,0) -- (30:1.5cm);
39 \draw [name intersections={of=upward line and sloped line, by=t}]
40     [very thick,orange] (1,0) -- node [right=1pt,fill=white]
41     {$\displaystyle \tan \alpha \color{black}=
42     \frac{\color{red}\sin \alpha}{\color{blue}\cos \alpha}$}(t);
43 \draw (0,0) -- (t);

```

28 行, `\filldraw` 是填充颜色命令 `\fill` 和绘图命令 `\draw` 的结合。 `fill=green!20` 表示用颜色 `green!20` 填充, `draw=anglecolor` 表示用颜色 `anglecolor` (已在 9 行定义) 绘图。

29 行, `arc` 命令绘制圆弧线, 选项 `start angle=0` 表示起始角度是 0° , `end angle=30` 表示终止角度是 30° , `radius=3mm` 表示半径是 `3mm`, 默认圆心是 $(0,0)$ 。

30 行, 极坐标点 $(15:2mm)$ 是 15° , `2mm` 的点。

31 行, 选项 `important line`, `sincolor` 已在 5 行, 10 行定义。

32 行, `node` 命令在连接符号 `--` 之后, 表示标签加在路径中间, 标签 `$$\sin \alpha$` 是 \LaTeX 符号 $\sin \alpha$ 。

33 行, 表示过点 $(30:1cm)$ 的竖直线与 `x` 轴的交点。

35 行, `node` 命令的选项 `below=2pt` 表示标签在路径下方 `2pt` 处, `fill=white` 表示标签文字背景填充为白色。

37 行, `\path` 命令声明它后面的对象是路径, 这里的路径是个线段, 选项 `name path=upward line` 即命名路径为 `upward line`。

39 行, 选项表示命名交点, 把路径 `upward line` 与 `sloped line` 的交点记命名为 `t`。

41 行, \LaTeX 命令 `\displaystyle` 定义显示公式样式, 注意颜色命令 `\color{black}` 只对 42 行的分数线有作用。

```

44 \draw[xshift=1.85cm]
45     node[right,text width=6cm,information text]
46 {

```

```

47 The {\color{anglecolor} angle  $\alpha$ } is  $30^\circ$  in the
48 example ( $\pi/6$  in radians). The {\color{sincolor}sine of
49  $\alpha$ }, which is the height of the red line, is
50 \[
51   {\color{sincolor} \sin \alpha} = 1/2.
52 \]
53 By the Theorem of Pythagoras ...
54 };
55 \end{tikzpicture}

```

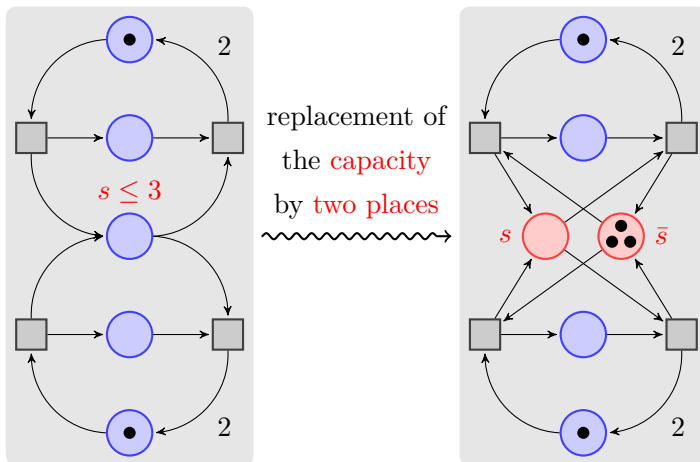
44 行, 选项 `[xshift=1.85cm]` 将绘制的标签右移 1.85cm。

45 行至 54 行, 给原点加的标签, 按 44 行的选项平移。

55 行, 结束 `{tikzpicture}` 环境。

1.2 A Petri-Net

本小节展示的代码绘制下面的图形



```

1 \begin{tikzpicture}
2   [node distance=1.3cm,on grid,>=stealth',bend angle=45,auto,
3   every place/.style= {minimum size=6mm,thick,draw=blue!75,fill=blue!20},
4   every transition/.style={thick,draw=black!75,fill=black!20},
5   red place/.style= {place,draw=red!75,fill=red!20},
6   every label/.style= {red}]

```

2 行, `node distance` 确定 `node` 的间距, 如下设置该间距

`node distance=距离`

当环境带有 `on grid` 选项时, 该值指的是 `node` 的中心之间的距离; 当环境无 `on grid` 选项时, 该值指的是 `node` 边界之间的距离, 初始值为 1cm。 `>=stealth'` 指示箭头样式。 `bend angle=45` 指示路径

的转弯角度。`auto` 指示路径标签与路径的相对位置。用

`auto=direction`

设置 `auto` 的位置, 其中 `direction` 可以是 `left`, `right`, `false`; 当为路径标签选择 `above`, `below` 等位置时, 或使用 `anchor` 选项时, `auto` 的值是 `false`; `auto` 的值默认是 `scope` 的设置。

3 行, `every place` 定义所有 `place` 的样式。`minimum size=6mm` 是最小尺寸为 `6mm`; `draw=blue!75`, 用颜色 `blue!75` 画出边界线; `fill=blue!20`, 用颜色 `blue!20` 填充标签。

5 行, 定义 `red place` 样式, 其中调用了 `place` 样式。

6 行, `every label` 定义所有 `lable` 的样式。

```

7 \node [place,tokens=1] (w1) {};
8 \node [place] (c1) [below=of w1] {};
9 \node [place] (s) [below=of c1,label=above:$s\le 3$] {};
10 \node [place] (c2) [below=of s] {};
11 \node [place,tokens=1] (w2) [below=of c2] {};
12 \node [transition] (e1) [left=of c1] {}
13     edge [pre,bend left] (w1)
14     edge [post,bend right] (s)
15     edge [post] (c1);
16 \node [transition] (e2) [left=of c2] {}
17     edge [pre,bend right] (w2)
18     edge [post,bend left] (s)
19     edge [post] (c2);
20 \node [transition] (l1) [right=of c1] {}
21     edge [pre] (c1)
22     edge [pre,bend left] (s)
23     edge [post,bend right] node[swap] {2} (w1);
24 \node [transition] (l2) [right=of c2] {}
25     edge [pre] (c2)
26     edge [pre,bend right] (s)
27     edge [post,bend left] node {2} (w2);

```

7 行, 命令 `\node` 指示绘制标签。选项 `place` 已在 3 行定义。`tokens=1` 指示标记数目为 1, (`w1`) 中的 `w1` 是标签的名称。花括号无内容, 表示标签无文字 (但不能省略花括号)。

8 行, (`c1`) 指示标签的名称为 `c1`。选项 `below=of w1` 表示标签在 7 行定义的标签 `w1` 的下方。

9 行, 选项 `label=above:$s\le 3$` 指示在 `node` 的上面加 TeX 标签 $s \leq 3$ 。

12 行, 选项 `transition` 已在 4 行定义。

13-15 行, 从 12 行的 `e1` 分别向 `w1`, `s`, `c1` 画线, 注意 13、14 行无分号, 15 行有分号。(选项 `pre`, `post`)。 `bend left=angle`, 以出发点为原点, 起点至终点的位移方向为初始边方向, 逆时针方向为

正，这样规定下的 `angle` 是起点处的出发方向；负的 `angle` 是终点处的进入方向。`bend right=angle` 的意思与之类似，只是角的方向相反。如果不指定角度，它的默认值是前面最近出现的角度。

17-19 行，从 16 行的 `e2` 向 `w2`, `s`, `c2` 画线。注意 17、18 行无分号，19 行有分号。

23 行，`node` 给该行的 `edge` 加标签，标签内容是 2。选项 `swap` 指示标签的位置与 2 行的 `auto` 规定的位置相反。

27 行，`node` 给该行的 `edge` 加标签。标签内容是 2。

```

28 \begin{scope}[xshift=6cm]
29 \node [place,tokens=1] (w1') {};
30 \node [place] (c1') [below=of w1' ] {};
31 \node [red place] (s1') [below=of c1' ,xshift=-5mm]
32     [label=left:$s$] {};
33 \node [red place,tokens=3] (s2') [below=of c1' ,xshift=5mm]
34     [label=right:$\bar{s}$] {};
35 \node [place] (c2') [below=of s1' ,xshift=5mm] {};
36 \node [place,tokens=1] (w2') [below=of c2' ] {};
37 \node [transition] (e1') [left=of c1' ] {}
38     edge [pre,bend left] (w1' )
39     edge [post] (s1' )
40     edge [pre] (s2' )
41     edge [post] (c1' );
42 \node [transition] (e2') [left=of c2' ] {}
43     edge [pre,bend right] (w2' )
44     edge [post] (s1' )
45     edge [pre] (s2' )
46     edge [post] (c2' );
47 \node [transition] (l1') [right=of c1' ] {}
48     edge [pre] (c1' )
49     edge [pre] (s1' )
50     edge [post] (s2' )
51     edge [post,bend right] node[swap] {2} (w1' );
52 \node [transition] (l2') [right=of c2' ] {}
53     edge [pre] (c2' )
54     edge [pre] (s1' )
55     edge [post] (s2' )
56     edge [post,bend left] node {2} (w2' );
57 \end{scope}

```

28 行，开启 `scope` 环境，选项 `xshift=6cm` 使得环境生成的图右移 6cm。

31 行，选项 `xshift=-5mm` 使得标签左移 5mm。

32 行, 给 `node` 加标签, 选项 `left` 指示标签在 `node` 的左侧。

56 行, `node` 给 `edge` 加标签, 标签内容是 2。标签位置参照 2 行 `auto` 的指示。

57 行, 结束 `scope` 环境。

```

58 \begin{scope}[on background layer]
59 \node (r1) [fill=black!10,rounded corners,
60           fit=(w1)(w2)(e1)(e2)(l1)(l2)] {};
61 \node (r2) [fill=black!10,rounded corners,
62           fit=(w1')(w2')(e1')(e2')(l1')(l2')] {};
63 \end{scope}
64 \draw [shorten >=1mm,-to,thick,decorate,
65       decoration={snake,amplitude=.4mm,segment length=2mm,
66       pre=moveto,pre length=1mm,post length=2mm}]
67 (r1) -- (r2) node [above=1mm,midway,
68                   text width=3cm,align=center]
69 {replacement of the \textcolor{red}{capacity}
70   by \textcolor{red}{two places}};
71 \end{tikzpicture}

```

58 行, 选项 `on background layer` 指示开启的 `scope` 环境所在的层属于主层 (即 `tikzpicture` 环境所在层) 之下的层。

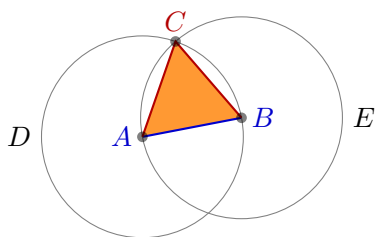
59 行, 选项 `rounded corners` 指示标签边框用圆角。

60 行, 选项 `fit` 生成一个盒子 (`fit=(w1)(w2)(e1)(e2)(l1)(l2)`, 等号右侧各项是坐标或 `node`, 各项之间不能加逗号), 生成的盒子将等号右侧各项包围在内。各项与盒子边界的距离用选项 `inner sep` 设置。

1.3 平面几何绘图举例

1.3.1 Elements' Book I, Proposition I

本小节展示的代码绘制下面的图形



Proposition I

To construct an *equilateral triangle* on a given *finite straight line*.

Let *AB* be the given *finite straight line*. ...

```

1 \begin{tikzpicture}[thick,help lines/.style={thin,draw=black!50}]
2 \def\A{\textcolor{input}{A}}
3 \def\B{\textcolor{input}{B}}
4 \def\C{\textcolor{output}{C}}
5 \def\D{D}
6 \def\E{E}
7 \colorlet{input}{blue!80!black}
8 \colorlet{output}{red!70!black}
9 \colorlet{triangle}{orange}

```

1 行, 选项 `thick` 定义环境中的路径的线宽, `help lines/.style=` 定义 `help lines` 的样式。

2 行, `\def` 开启定义功能, `\A` 是定义的名称, `{\textcolor{input}{A}}` 是 `\A` 的内容。

7 行, `\colorlet` 开启定义颜色功能, `{input}` 是颜色名称, `{blue!80!black}` 是定义的颜色。

```

10 \coordinate [label=left:\A] (A)
11     at ($ (0,0) + .1*(rand,rand) $);
12 \coordinate [label=right:\B] (B)
13     at ($ (1.25,0.25) + .1*(rand,rand) $);
14 \draw [input] (A) -- (B);
15 \node [name path=D,help lines,draw,label=left:\D] (D)
16     at (A) [circle through=(B)] {};
17 \node [name path=E,help lines,draw,label=right:\E] (E)
18     at (B) [circle through=(A)] {};
19 \path [name intersections={of=D and E,by={ [label=above:\C]C}}];
20 \draw [output] (A) -- (C) -- (B);
21 \foreach \point in {A,B,C}
22 \fill [black,opacity=.5] (\point) circle (2pt);

```

10 行, `\coordinate` 开启定义坐标功能, 选项 `label=left:\A` 指示给坐标加标签, 标签在坐标的 `left` 侧, 标签内容是 2 行定义的“`\A`”; 括号 (A) 是定义的坐标的名称, `at` 指示坐标的位置; `($ (0,0) + .1*(rand,rand) $)` 用向量运算定义一个点, 其中 `rand` 是 -1 到 1 之间的随机数, 注意分数或小数与 `rand` 相乘必须加 `*` 符号, 两个美元符号表示计算, 而不是 \TeX 的数学模式。

14 行, 画线段 AB。

15 行, `\node` 开启 `node` (加标签) 功能; 选项 `name path=D` 定义 `node` 的边界是名称为 D 的路径; 选项 `help lines` 调用 1 行定义的 `help lines` 样式; 选项 `draw` 指示画出边界路径; 括号 (D) 是该 `node` 的名称。

16 行, `at` 指示 15 行的 `node` 所指向的对象位置; (A) 是 `node` 所指向的对象; (A) `[circle through=(B)]` 画以 (A) 为圆心, 经过点 (B) 的圆, 需要调用 `through` 程序库; 花括号 `{}` 内是 `node` 的内容, 尽管无内容, 但不能没有花括号。

19 行, `\path` 开启定义路径功能; `name intersections=` 用来定义两个路径的交点; `of=D and E` 指示分析路径 D 和 E 的交点; `by=` 指示用 C 来做交点名称, 而 C 带有标签 `[[label=above:\C]C]`, 注意必须用花括号把 `[[label=above:\C]C]` 括起来。

21 行, `\foreach` 开启 `foreach` 操作模式, 对数组 `{A,B,C}` 内的每个元素 (用 `\point` 代表) 进行相同的操作。

22 行, 即 21 行 `\foreach` 指向的操作。`\fill` 指示填充颜色; 选项 `opacity=.5` 设置不透明度为 0.5; `circle` 命令指示以 `\point` 为圆心, 以 `2pt` 为半径画圆; `\fill` 以半透明的黑色填充该圆, 实际上是描三点 A, B, C。

```

23 \begin{pgfonlayer}{background}
24 \fill[triangle!80] (A) -- (C) -- (B) -- cycle;
25 \end{pgfonlayer}
26 \node [below right, text width=5cm,align=justify] at (4,3)
27     {\small\textbf{Proposition I} \par
28         \emph{To construct an
29             \textcolor{triangle}{equilateral triangle}
30             on a given
31             \textcolor{input}{finite straight line}.}
32         \par\vskip1em
33         Let \A\B\ be the given
34         \textcolor{input}{finite straight line}. \dots
35     };
36 \end{tikzpicture}

```

23 行, 在 `background` 层上作图。

25 行, 结束 `background` 层上作图。

26 行, 给 (4,3) 点加标签, 内容是一段文字。`below right` 指示标签在点 (4,3) 的右下方; `text width=5cm` 设置每行文字宽度为 10cm; `align=justify` 设置文字对齐方式是自适应方式。

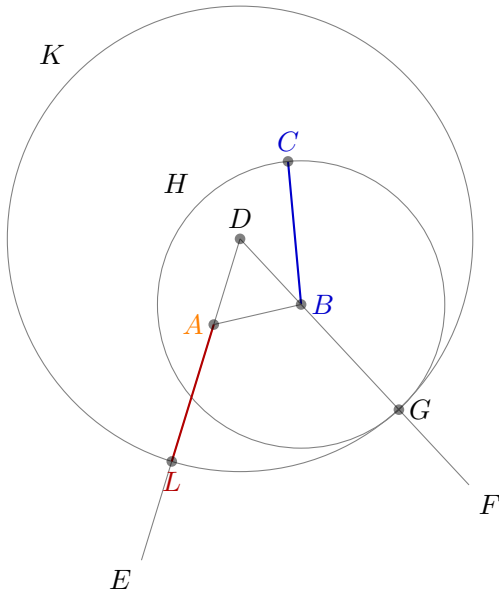
1.3.2 Elements' Book I, Proposition II

本小节展示的代码绘制下面的图形

```

1 \begin{tikzpicture}[thick,help lines/.style={thin,draw=black!50}]
2 \def\A{\textcolor{orange}{A}}
3 \def\B{\textcolor{input}{B}}
4 \def\C{\textcolor{input}{C}}
5 \def\D{D}
6 \def\E{E}
7 \def\F{F}

```

```

8 \def\G{$G$}
9 \def\H{$H$}
10 \def\K{$K$}
11 \def\L{\textcolor{output}{$L$}}
12 \colorlet{input}{blue!80!black}
13 \colorlet{output}{red!70!black}
14 \coordinate [label=left:\A] (A)
15     at ($ (0,0) + .1*(rand,rand) $);
16 \coordinate [label=right:\B] (B)
17     at ($ (1,0.2) + .1*(rand,rand) $);
18 \coordinate [label=above:\C] (C)
19     at ($ (1,2) + .1*(rand,rand) $);

```

以上主要是为后面画图作定义。

```

20 \draw [input] (B) -- (C);
21 \draw [help lines] (A) -- (B);
22 \coordinate [label=above:\D] (D)
23     at ($ (A)!.5!(B) ! {\sin(60)*2} ! 90:(B) $);
24 \draw [help lines] (D) -- ($ (D)!3.75!(A) $)
25     coordinate [label=-135:\E] (E);
26 \draw [help lines] (D) -- ($ (D)!3.75!(B) $)
27     coordinate [label=-45:\F] (F);
28 \node (H) at (B)
29     [name path=H,help lines,circle through=(C),
30     draw,label=135:\H] {};
31 \path [name path=B--F] (B) -- (F);

```

```

32 \path [name intersections={of=H and B--F,
33         by={ [label=right:\G]G}}];
34 \node (K) at (D)
35     [name path=K,help lines,circle through=(G),
36     draw,label=135:\K] {};
37 \path [name path=A--E] (A) -- (E);
38 \path [name intersections={of=K and A--E,
39         by={ [label=below:\L]L}}];
40 \draw [output] (A) -- (L);
41 \foreach \point in {A,B,C,D,G,L}
42 \fill [black,opacity=.5] (\point) circle (2pt);
43 \end{tikzpicture}

```

23 行,表达式 $(A)!x!(B)$ 确定直线 AB 上一个点,如果 x 在 0 到 1 之间,该点在线段 AB 内部;如果 x 大于 1,该点在 AB 外部;如果 x 是正数,则该点与 A、B 的距离之比为 x ;如果 x 是负数,则该点是点 $(A)!|x|!(B)$ 关于点 A 的对称点。

表达式 $(X)!\{\sin(60)*2\}!90:(B)$ 指示以 X 为基点,将线段 XB 绕 X 旋转 90 度,再伸长 $\sin(60)*2$ 倍后,得到的线段端点。

表达式 $(A)!.5!(B)!\{\sin(60)*2\}!90:(B)$ 指示先运算 $(A)!.5!(B)$ 得到一个点,然后该点参与后面的运算。

2 Tikz 的绘图环境和命令

在 \LaTeX 中,要用 tikz 作图,首先调用 tikz 宏包和有关的程序库

```

\usepackage{tikz}
\usetikzlibrary{<list of libraries>}

```

然后开启 `{tikzpicture}` 环境作图,或者用命令 `\tikz` 开始作图。

各种命令必须以分号结束,否则报错。

2.1 {tikzpicture} 环境或 tikz 命令的格式

环境格式

```

\begin{tikzpicture}[<options>]
<environment contents>
\end{tikzpicture}

```

命令格式

```
\tikz[<options>]{<path commands>}
```

例如, `\tikz{\draw (0,0) rectangle (2ex,1ex);}`

2.2 主要的绘图对象

绘图时涉及的主要对象有

- 点

符号 $(1,2)$ 指定笛卡尔坐标点, 默认坐标单位长度是 1cm 。

符号 $(30:1\text{cm})$ 指定极坐标点, 其中 30 表示 30° 。

符号 $(30:1\text{cm} |- 0,0)$ 表示过点 $(30:1\text{cm})$ 的竖直线与过 $(0\text{cm},0\text{cm})$ 点的水平线的交点。 $(2,1 |- 3,4)$ 与 $(3,4 -| 2,1)$ 所定义的点相同。注意其中坐标没有括号。

- 线

主要有直线和曲线。

- Path

以命令 `\path` 开头的句子创建一个 `path` 对象, 构成路径的元素可以是点, 线, `node`, 图形等, 不仅仅只有点和线。

- Coordinate

以命令 `\coordinate` 开头的句子将某个对象 (可以是点, 线, `node`, 图形等) 设置为 `coordinate` 对象。注意点与 `coordinate` 对象不同, `coordinate` 对象可以带多个选项使得其本身的内容更加丰富, 而点则不能。

- Node

以命令 `\node` 开头的句子将某个对象 (可以是点, 线, `node`, 图形等) 设置为 `node` 对象, 可以为 `node` 对象设置位置, 边界形状, 文字, 颜色, 标签等属性。

注意, 创建了以上对象不等于显示它们, 要显示创建的对象需要给这些命令添加选项 `draw`, 或者用 `\draw` 开头的语句来绘图。

`\draw <path>;` 相当于 `\path [draw] ...;`

2.3 命令 `\def`

命令 `\def` 用于自定义一个对象, 该对象名称以反斜线 `\` 开头。句法是

```
\def<对象名称>{定义内容};
```

下面的例子定义 `\wall` (需要调用 `pattern` 程序库)

```
\begin{tikzpicture}
\def\wall{ \fill [fill=black!50] (1,-.5) rectangle (2,.5);
           \pattern [pattern=bricks] (1,-.5) rectangle (2,.5);
           \draw [line width=1pt] (1cm+.5pt,-.5) -- ++(0,1); }
\wall
\end{tikzpicture}
```



2.4 创建 coordinate 对象的句法及其命名

创建 `coordinate` 对象的句法是

```
\path . . . coordinate[<options>](<name>)at(<coordinate>) . . . ;
```

将路径中的某个对象设置为 `coordinate` 对象, 这个对象可以是点, 线, `node`, 标签等等。

```
\coordinate [<options>](<name>)at(<coordinate>);
```

这是上一句法的简写, 注意最好不要在该命令后面用 `node` 命令。

2.5 Bounding Box

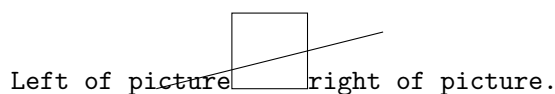
盒子是一个占据一定空间的对象, 盒子有宽度 (`width`), 基线 (`baseline`), 基线到盒子的上界是高度 (`height`), 基线到盒子下界是深度 (`depth`)。默认基线是图形的 `x` 轴。

将绘制的图形作为盒子, 可用如下的选项或命令

选项 `use as bounding box`

命令 `\useasboundingbox`, 是 `\path[use as bounding box]` 的简写。

```
Left of picture\begin{tikzpicture}
\draw[use as bounding box]
(2,0) rectangle (3,1);
\draw (1,0) -- (4,.75);
\end{tikzpicture}right of picture.
```



```
Left of picture
\begin{tikzpicture}
\useasboundingbox (0,0) rectangle (3,1);
\fill (.75,.25) circle (.5cm);
\end{tikzpicture}
right of picture.
```

Left of picture



right of picture.

选项 `current bounding box`

选项 `current path bounding box`

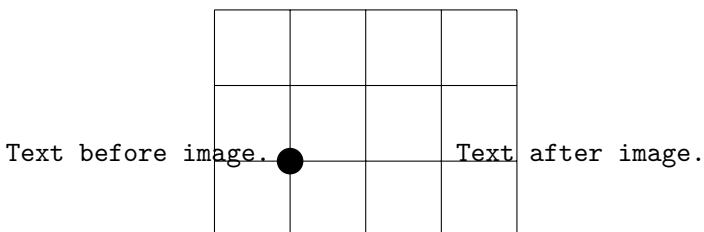
这两个选项可以把当前的图形或者路径看作矩形盒子。

`trim left=<dimension or coordinate or default>` 该选项将图形向左平移，将位置 `x=dimension` 作为当前盒子的边界，该位置左侧的部分会被盒子左侧的内容覆盖，默认 `0pt`（即 `(0,0)`）。

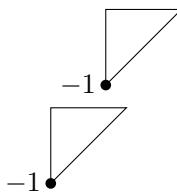
`trim left=<dimension or coordinate>` 意义类似，只是没有默认值。

Text before image.

```
\begin{tikzpicture}[trim left, trim right=2cm, baseline]
\draw (-1,-1) grid (3,2);
\fill (0,0) circle (5pt);
\end{tikzpicture}
```



```
\begin{tikzpicture}
\draw (0,1) -- (0,0) -- (1,1) -- cycle;
\fill (0,0) circle (2pt);
\node[left] at (0,0) {$-1$};
\end{tikzpicture}
\par
\begin{tikzpicture}[trim left]
\draw (0,1) -- (0,0) -- (1,1) -- cycle;
\fill (0,0) circle (2pt);
\node[left] at (0,0) {$-1$};
\end{tikzpicture}
```



2.6 设置图的底线位置

通常，图的下端底线与两侧文字的基线平齐。`baseline` 选项设置图的底线与文字基线之间的距离。

`baseline=<dimension or coordinate or default>` 该选项的 `dimension` 从 `x` 轴算起，默认长度单位为 `pt`。若 `dimension` 为负数则基线从 `x` 轴下移。默认以 `x` 轴为基线。

`coordinate` 该选项指定基线通过该坐标。

`baseline=default` 使用默认值，基线在 `x` 轴上。

Top align:

```
\tikz[baseline=(current bounding box.north)]
\draw (0,0) rectangle (1cm,2ex);
```

Top align:



2.7 用 scope 环境或 scoped 命令嵌入图形

用这个环境或命令可以在 `{tikzpicture}` 环境或 `\tikz` 命令之内嵌入子图形。

环境格式

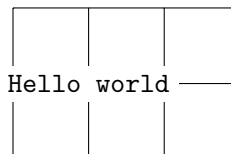
```
\begin{scope}[<options>]
<environment contents>
\end{scope}
```

命令格式

```
\usetikzlibrary{scopes} % 在导言区调用 scopes 程序库
\scoped[<options>]<path command>
```

例如

```
\begin{tikzpicture}
\node [fill=white] at (1,1) {Hello world};
\scoped [on background layer]
\draw (0,0) grid (3,2);
\end{tikzpicture}
```

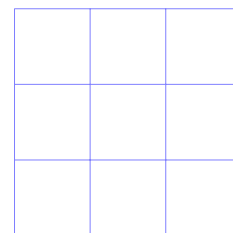


2.8 全局选项设置语句以及 /.style 与 /.default 的设置

```
\tikzset{<options>} 全局设置，影响整个分组
my style/.style={<options>} 定义名称为 my style 的样式
hkeyi/.default=<value> 设置名称为 hkeyi 的对象的默认值
```

例如，网格对象 `help lines` 是预定义的，其网格线宽的初始值是 `line width=0.2pt,gray`，可以用上述选项修改它。

```
\tikzset{help lines/.style=very thin} % 设置线宽为 very thin。
\tikzset{Karl's grid/.style={help lines,color=blue!50}}
% 定义名称为 Karl's grid 的样式，样式内容是网格 help lines，
% 并设置网格线的颜色是 50% 的蓝色。
\draw[Karl's grid] (0,0) grid (3,3);
```



“`/.style`”的选项可以带一个变量，用 `#1` 表示，例如

```
\begin{tikzpicture}[outline/.style={draw=#1,thick,fill=#1!50}]
\node [outline=red] at (0,1) {red};
\node [outline=blue] at (0,0) {blue};
\end{tikzpicture}
```

red

blue

```
\begin{tikzpicture}[outline/.style={draw=#1,thick,fill=#1!50},
outline/.default=black]
\node [outline] at (0,1) {default};
\node [outline=blue] at (0,0) {blue};
\end{tikzpicture}
```

default

blue

2.9 过指定点的水平线和竖直线

在导言区调用through程序库 `\usetikzlibrary{through}`，句法

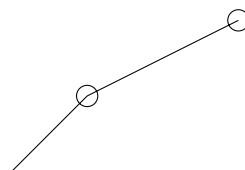
```
horizontal line through={(<coordinate>)}
vertical line through={(<coordinate>)}
```

3 Path 的相关操作

3.1 设置路径样式，在路径中插入路径

命令 `\path` 将它后面的内容定义为路径，它只能用在 `{tikzpicture}` 环境中。
`every path/.style={样式定义}` 设置环境中所有路径共同的样式（每个路径可以作本地修改）。
`insert path=<path>` 给路径内部的某个位置添加路径。

```
\tikz [c/.style={insert path={circle[radius=4pt]}]}
\draw (0,0) -- (1,1) [c] -- (3,2) [c];
```



3.2 三种路径连接方式以及环路

Move-To，从路径的前一部分到后一部分没有连线。

Line-To，用直线段连接路径的前一部分与后一部分，用两个短线 “--” 表示。

Curve-To，用曲线（贝塞尔曲线）连接路径的前一部分与后一部分，用两个点 “..” 表示。

`--cycle` 是环路标识符号。

控制曲线采用如下格式

```
.. controls <first control point> and <second control point> .. <end point>
```

例如

```
\draw (0,0) .. controls (1,1) and (2,1) .. (2,0);
```

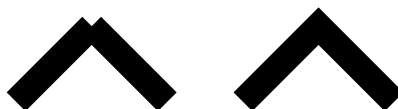
```
\draw (-1,0) .. controls (-1,0.555) and (-0.555,1) .. (0,1)
.. controls (0.555,1) and (1,0.555) .. (1,0);
```

曲线也可用以连接 node 的位置

```
\draw [->] (waiting.west) .. controls +(left:5mm) and +(up:5mm)
.. (enter critical.north);
```

三种路径连接方式在交接点处有不同的表现，下面是 Move-To 和 Line-To 的区别

```
\begin{tikzpicture}[line width=10pt]
\draw (0,0) --(1,1) (1,1) --(2,0);
\draw (3,0) -- (4,1) -- (5,0);
\end{tikzpicture}
```



环路对交接点处的影响如下例

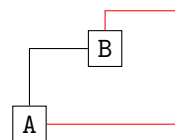
```
\begin{tikzpicture}[line width=10pt]
\draw (0,0) -- (1,1) -- (1,0) -- (0,0)
(2,0) -- (3,1) -- (3,0) -- (2,0);
\draw (5,0) -- (6,1) -- (6,0) -- cycle
(7,0) -- (8,1) -- (8,0) -- cycle;
\end{tikzpicture}
```



3.3 用横竖线连接路径部分

“<位置1> | - <位置2>”表示用过 <位置1> 的竖线和过 <位置2> 横线把这两个位置连接起来，与 <位置2> - | <位置1> 效果一样。这里的 <位置> 可以是坐标，也可以是锚位置等。

```
\begin{tikzpicture}
\draw (0,0) node(a) [draw] {A} (1,1) node(b) [draw] {B};
\draw (a.north) |- (b.west);
\draw[color=red] (a.east) -| (2,1.5) -| (b.north);
\end{tikzpicture}
```



3.4 连线算子 to 和 edge

参考 node。

3.5 常用路径选项，命名、颜色、线型等

`name path=<name>` 给路径命名

`color` 路径使用默认颜色

`color=<color name>` 给路径设置颜色

`draw` 画出路径

`draw=<color name>` 定义画笔颜色

`draw=none` 不画路径

`line width=<dimension>` 定义线宽，初始值 0.4pt

预定义的线宽，由细到粗依次是

`ultra thin, very thin, thin, semithick, thick, very thick, ultra thick`

`line cap=<type>` 定义线端头样式，初始值 `butt`，可选 `round, rect` 或 `butt`

`line join=<type>` 定义两线交接处的样式，初始值 `miter`，可选 `round, bevel, miter`

`miter limit=<factor>` 初始值 10

`dash pattern=<dash pattern>`，`dash phase=<dash phase>`，

预定义的线条样式

`solid, dotted, densely dotted, loosely dotted, dashed, densely dashed, loosely dashed, dash dot, densely dash dot, loosely dash dot, dash dot dot, densely dash dot dot, loosely dash dot dot`

`double` 设置路径为双线

`double=<core color>` 设置双线中的第二条线的颜色

`double distance=<dimension>` 设置双线的间距

`fill=<color>` 设置填充区域的颜色

`fill=none` 不填充颜色

`pattern=<name>` 设置样式线条，需要调用 `patterns` 程序库

`pattern color=<color>` 设置样式线条的颜色

`decorate` 启用装饰样式，需调用相应程序库

`decoration=<style>` 设置装饰样式，需调用 `decoration` 程序库

`shade` 启用颜色渐变效果

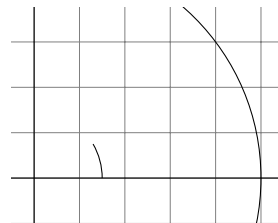
`shading=<name>` 设置颜色渐变的样式，需要调用 `shadings` 程序库。

`shadow` 启用阴影，需要调用 `shadows` 程序库

3.6 剪贴命令 clip

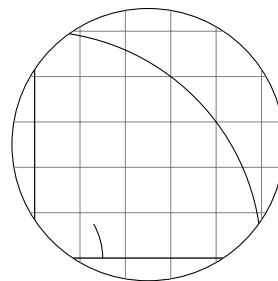
用矩形剪贴

```
\begin{tikzpicture}[scale=3]
\clip (-0.1,-0.2) rectangle (1.1,0.75);
\draw[step=.2cm,gray,very thin] (-1.4,-1.4) grid (1.4,1.4);
\draw (-1.5,0) -- (1.5,0);
\draw (0,-1.5) -- (0,1.5);
\draw (0,0) circle [radius=1cm];
\draw (3mm,0mm) arc [start angle=0, end angle=30, radius=3mm];
\end{tikzpicture}
```



用圆形剪贴

```
\begin{tikzpicture}[scale=3]
\clip[draw] (0.5,0.5) circle (.6cm);
\draw[step=.2cm,gray,very thin] (-1.4,-1.4) grid (1.4,1.4);
\draw (-1.5,0) -- (1.5,0);
\draw (0,-1.5) -- (0,1.5);
\draw (0,0) circle [radius=1cm];
\draw (3mm,0mm) arc [start angle=0, end angle=30, radius=3mm];
\end{tikzpicture}
```



3.7 填充颜色

颜色填充规则

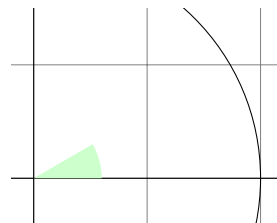
- **nonzero rule**, 这是默认填色规则；为了确定点 **A** 是否属于被填充的区域，考虑从 **A** 出发的射线 \vec{l} ，并从 0 开始计数；如果 \vec{l} 与区域的边界相交且边界从 \vec{l} 左侧穿到右侧，则计数加 1，否则计数减 1；若计数结果非 0，则点 **A** 属于该区域，否则不属于该区域。
- **even odd rule**, 与上一规则做法类似，如果 \vec{l} 与区域边界相交的次数是奇数，则点 **A** 属于该区域，否则不属于该区域。

用 `\fill` 命令填充颜色

```

\begin{tikzpicture}[scale=3]
\clip (-0.1,-0.2) rectangle (1.1,0.75);
\draw[step=.5cm,gray,very thin]
(-1.4,-1.4) grid (1.4,1.4);
\draw (-1.5,0) -- (1.5,0);
\draw (0,-1.5) -- (0,1.5);
\draw (0,0) circle [radius=1cm];
\fill[green!20!white] (0,0) -- (3mm,0mm)
arc [start angle=0, end angle=30, radius=3mm]
-- (0,0);
\end{tikzpicture}

```



符号 `green!20!white` 的意思是绿色占 20%、白色占 80%。上面最后的代码可以用 `-- cycle` 结尾：

```

\fill[green!20!white] (0,0) -- (3mm,0mm)
arc [start angle=0, end angle=30, radius=3mm] -- cycle;

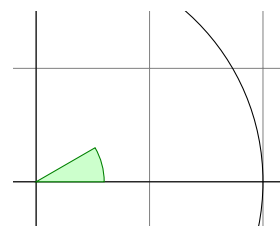
```

`\filldraw` 命令先画出路径，然后填充颜色

```

\begin{tikzpicture}[scale=3]
\clip (-0.1,-0.2) rectangle (1.1,0.75);
\draw[step=.5cm,gray,very thin] (-1.4,-1.4) grid (1.4,1.4);
\draw (-1.5,0) -- (1.5,0);
\draw (0,-1.5) -- (0,1.5);
\draw (0,0) circle [radius=1cm];
\filldraw [fill=green!20!white, draw=green!50!black]
(0,0) -- (3mm,0mm)
arc [start angle=0, end angle=30,
radius=3mm] -- cycle;
\end{tikzpicture}

```



3.8 颜色渐变

颜色渐变命令 `\shade` 和 `\shadedraw`

```

\tikz \shade (0,0) rectangle (2,1) (3,0.5) circle (.5cm);

```



默认的是由灰色到白的渐变。如下选择颜色渐变

```

\begin{tikzpicture}[rounded corners,ultra thick]
\shade [top color=yellow,bottom color=black]
(0,0) rectangle +(2,1);
\shade [left color=yellow,right color=black]
(3,0) rectangle +(2,1);
\shadedraw [inner color=yellow,outer color=black,
draw=yellow] (6,0) rectangle +(2,1);
\shade[ball color=green] (9,.5) circle (.5cm);
\end{tikzpicture}

```



3.9 用 + 表示的平移

平移 $++(acm, bcm)$ 是将紧邻此符号之前的点加上向量 (acm, bcm)

```

\begin{tikzpicture}
\def\rectanglepath{-- ++(1cm,0cm) -- ++(0cm,1cm) --
++(-1cm,0cm) -- cycle}
\draw (0,0) \rectanglepath;
\draw (1.5,0) \rectanglepath;
\end{tikzpicture}

```



上面的小方形可以简化为：

```

\tikz \draw (0,0) rectangle +(1,1) (1.5,0) rectangle +(1,1);

```

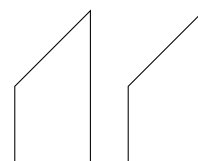


平移 $+(acm, bcm)$ 是将最初的（不是紧邻的）起始点加上向量 (acm, bcm)

```

\begin{tikzpicture}
\def\rectanglepath{-- +(1cm,0cm) -- +(1cm,2cm) --
+(0cm,1cm) -- cycle}
\draw (0,0) \rectanglepath;
\draw (1.5,0) \rectanglepath;
\end{tikzpicture}

```



4 基本的坐标计算，用比例确定点

在导言区设置 `\usetikzlibrary{calc}` 调用程序库 `calc`，然后对坐标做基本计算。

句法格式

```

([<options>])$<coordinate computation>$

```

数乘向量必须加 * 号; 必须是小数乘向量这种简单的运算, 更复杂的运算, 比如, 分数或函数表达式乘以向量都是无法计算的。

```
<coordinate>!<number>!<angle>:<second coordinate>
```

其中 “! $\langle \text{angle} \rangle$:” 可以没有; 但如果有 “! $\langle \text{angle} \rangle$:”, 则 “! $\langle \text{number} \rangle$ ” 必须有。

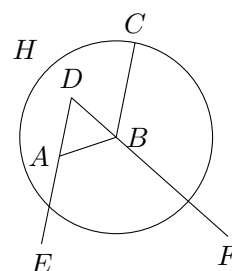
表达式 $(A)!x!(B)$ 确定直线 AB 上一个点, 该点与点 A 的距离比上 AB 的长度就是 x ; 如果 x 大于 0, 该点在射线 AB 上; 如果 x 小于 0, 该点在射线 BA 上, 且点 A 介于该点与点 B 之间。

表达式 $(X)!{\sin(60)*2}!90:(B)$ 指示以 X 为基点, 将线段 XB 绕 X 旋转 90 度, 再伸长 $\sin(60)*2$ 倍后, 得到的线段端点。

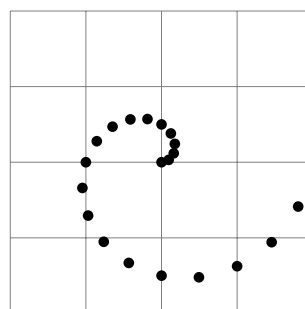
表达式 $(A)! .5 ! (B)! {\sin(60)*2} ! 90:(B)$ 指示先运算 $(A)! .5 ! (B)$ 得到一个点, 然后该点参与后面的运算。

表达式 $(A)! (B)! (C)$ 指示点 B 在直线 AC 上的正交射影点 (垂足)。

```
\begin{tikzpicture}
\coordinate [label=left:$A$] (A) at (0,0);
\coordinate [label=right:$B$] (B) at (0.75,0.25);
\coordinate [label=above:$C$] (C) at (1,1.5);
\draw (A) -- (B) -- (C);
\coordinate [label=above:$D$] (D)
  at ($(A)! .5 ! (B)! {\sin(60)*2} ! 90:(B)$) {};
\node (H) [label=135:$H$,draw,circle through=(C)] at (B) {};
\draw (D) -- ($(D)! 3.5 ! (B)$)
  coordinate [label=below:$F$] (F);
\draw (D) -- ($(D)! 2.5 ! (A)$)
  coordinate [label=below:$E$] (E);
\end{tikzpicture}
```



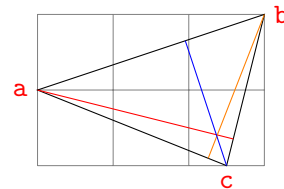
```
\begin{tikzpicture}
\draw [help lines] (0,0) grid (4,4);
\foreach \i in {0,0.1,...,2}
\fill ($(2,2)! \i ! \i*180:(3,2)$) circle (2pt);
\end{tikzpicture}
```



```

\begin{tikzpicture}
\draw [help lines] (0,0) grid (3,2);
\coordinate (a) at (0,1);
\coordinate (b) at (3,2);
\coordinate (c) at (2.5,0);
\draw (a) node[red,left]{a} -- (b) node[red,right]{b} --
      (c) node[red,below]{c} -- cycle;
\draw[red] (a) -- ($(b)!(a)!(c)$);
\draw[orange] (b) -- ($(a)!(b)!(c)$);
\draw[blue] (c) -- ($(a)!(c)!(b)$);
\end{tikzpicture}

```



5 交点

调用 `intersections` 程序库，可对交点设置多个选项。选项 `name path=<name>` 给当前画的路径命名，用选项 `name intersections=<options>` 给两个路径的交点命名。

`name intersections` 也可带选项

```

name intersections={of=<path1> and <path2>, name=<prefix>,
                    total=<macro>, by={<comma-separated list>},
                    sort by=<path name>}

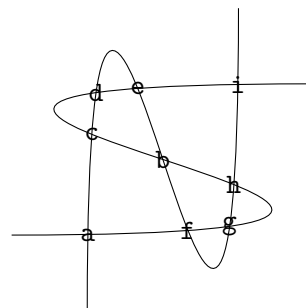
```

其中，`of=` 指定两个路径；`name=` 给交点命名（交点的共名），如果 `name=i`，则这些交点就可用 `i-1`，`i-2`，`i-3` 这种形式来引用；`total=macro`，`macro` 是以命令符号 `\` 开头的一组符号，代表交点的总数目；`sort by=`，按指定路径的方向将交点排序；`by={comma-separated list}`，一组符号或构造对象（个数随意），之间用逗号隔开，用来列举交点；用方括号把 `comma-separated list` 中列举的对象括起来，方括号内用省略号...，可以按规律自动生成列举项目。

```

\begin{tikzpicture}
\clip (-2,-2) rectangle (2,2);
\draw [name path=curve 1] (-2,-1) .. controls (8,-1)
      and (-8,1) .. (2,1);
\draw [name path=curve 2] (-1,-2) .. controls (-1,8)
      and (1,-8) .. (1,2);
\fill [name intersections={
      of=curve 1 and curve 2,
      by={ [label=center:a], [label=center:...],
          [label=center:i] } }];
\end{tikzpicture}

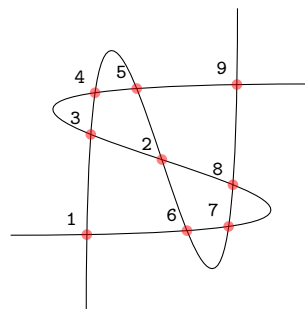
```



```

\begin{tikzpicture}
\clip (-2,-2) rectangle (2,2);
\draw [name path=curve 1] (-2,-1) .. controls (8,-1)
      and (-8,1) .. (2,1);
\draw [name path=curve 2] (-1,-2) .. controls (-1,8)
      and (1,-8) .. (1,2);
\fill [name intersections={of=curve 1 and curve 2,
      name=i, total=\t}]
      [every node/.style={above left, black, opacity=1},
      red, opacity=0.5]
\foreach \s in {1,...,\t}{(i-\s) circle (2pt)}
      node {\footnotesize\s}};
\end{tikzpicture}

```

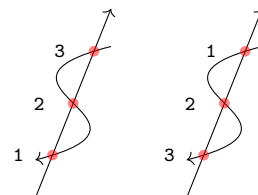


下图中用了选项 `sort by=\pathname`, 所以画了两个图

```

\begin{tikzpicture}
\clip (-0.5,-0.75) rectangle (3.25,2.25);
\foreach \pathname/\shift in {line/0cm, curve/2cm}{
\tikzset{xshift=\shift}
\draw [->, name path=curve] (1,1.5) .. controls (-1,1)
      and (2,0.5) .. (0,0);
\draw [->, name path=line] (0,-.5) -- (1,2) ;
\fill [name intersections={of=line and curve,
      sort by=\pathname, name=i}]
      [every node/.style={left=.25cm, black, opacity=1},
      red, opacity=0.5]
\foreach \s in {1,2,3}{(i-\s) circle (2pt)}
      node {\footnotesize\s}};
}
\end{tikzpicture}

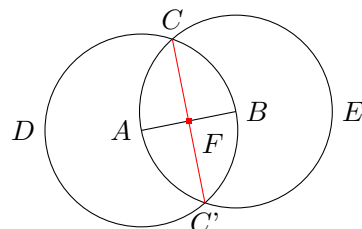
```



```

\begin{tikzpicture}
\coordinate [label=left:$A$] (A) at (0,0);
\coordinate [label=right:$B$] (B) at (1.25,0.25);
\draw [name path=A--B] (A) -- (B);
\node (D) [name path=D,draw,circle through=(B),
  label=left:$D$]
  at (A) {};
\node (E) [name path=E,draw,circle through=(A),
  label=right:$E$]
  at (B) {};
\path [name intersections={of=D and E,
  by={ [label=above:$C$]C, [label=below:$C'$]C' } }];
\draw [name path=C--C',red] (C) -- (C');
\path [name intersections={of=A--B and C--C',by=F}];
\node [fill=red,inner sep=1pt,label=-45:$F$] at (F) {};
\end{tikzpicture}

```



6 重复操作

用含 `foreach` 的语句实现重复操作，句法

```
\path . . . foreach <variables> [options] in {path commands} . . . ;
```

上面的 `foreach` 可用 `\foreach` 代替

```
\foreach \x in {1,2,3} {$x =\x$, }          x = 1, x = 2, x = 3,
```

```
\tikz \foreach \x in {1,...,10}
\draw (\x,0) circle (0.4cm);
```

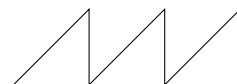


下面的数组是以前两项之差为公差的等差数列

```
\tikz \foreach \x in {-1,-0.5,...,8}
\draw (\x cm,-1pt) -- (\x cm,1pt);
```



```
\tikz \draw (0,0) foreach \x in {1,...,3} { -- (\x,1) -- (\x,0) };
```



7 node 绘图

7.1 node 的句法


```
\path . . . (<coordinate>) node [<options>](<name>)
    {<node contents>} . . . ;
```

`node` 前面的坐标是它指向的对象，方括号里是选项，圆括号里是 `node` 的名称（可以不命名），花括号里是内容，但即使无内容也不能省略花括号，选项中含 `node contents=<node contents>` 时可省略花括号及其中的内容。

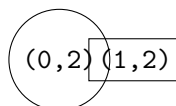
可用 `at` 指示 `node` 指向的位置。

```
\path . . . node [<options>](<name>)
    at(<coordinate>){<node contents>} . . . ;
```

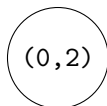
可以将 `\path . . . node` 简略为 `\node` 命令，其中 `at` 可省略

```
\node [<options>](<name>) (<coordinate>)
    {<node contents>} . . . ;
```

```
\begin{tikzpicture}
\path (0,2) node [shape=circle,draw] {(0,2)}
    ( 1,2) node [draw] {(1,2)};
\end{tikzpicture}
```



```
\begin{tikzpicture}
\node at ( 0,2) [circle,draw] {(0,2)};
\end{tikzpicture}
```



7.2 node 的常用选项

`shape=<shape name>` 选择 `coordinate`, `circle`, `ellipse`, `diamond`, `dart` 等形状。初始形状是 `rectangle`,

`draw` 画出形状的边界

`fill` 填充颜色

`label` 给 `node` 加标签

`behind path` 指示路径可能会遮挡 `node`（如果二者有重叠）

`in front of path` 意思与上相反

`double` 边界线是双线

`rounded corners` 边界上的角是圆角

`rounded corners=<dimension>` 设置边界圆角的半径

`inner sep=<dimension>` 设置 node 的文字内容与边界的距离

`minimum height=<dimension>` 设置 node 的最小高度

`minimum width=<dimension>`

`minimum size=<dimension>`

`shape aspect=<aspect ratio>` 设置 node 的宽高之比

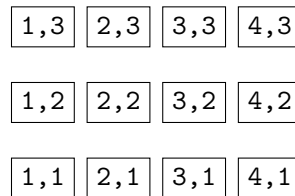
`shape border rotate=<angle>` 使得 node 按指定角度旋转

`name=<name>` 设置 node 的名称, 可以改为上面句法中的命名方法

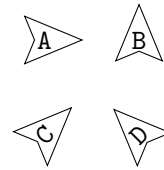
7.3 在 node 中使用 foreach 语句

举例如下

```
\tikz \node foreach \x in {1,...,4}
  foreach \y in {1,2,3}
  [draw] at (\x,\y) {\x,\y};
```



```
\tikzstyle{every node}=[dart, inner sep=1pt, draw]
\tikz \node foreach \a/\b/\c in
  {A/0/0, B/45/0, C/0/45, D/45/45}
  [shape border rotate=\b, rotate=\c]
  at (\b/36,-\c/36) {\a};
```

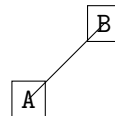


7.4 为环境内所有 node 设置样式

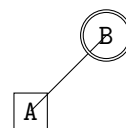
`every <shape> node/.style={style}`

环境的这个选项可以为环境内的每个形状为 `<shape>` (如果无此形状选项, 就针对所有 node) 的 node 设置相同的基本样式, 各个 node 可以在这个基本样式的基础上再分别修改。

```
\begin{tikzpicture}[every node/.style={draw}]
\draw (0,0) node {A} -- (1,1) node {B};
\end{tikzpicture}
```



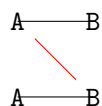
```
\begin{tikzpicture}
  [every rectangle node/.style={draw},
   every circle node/.style={draw,double}]
\draw (0,0) node[rectangle] {A} -- (1,1) node[circle] {B};
\end{tikzpicture}
```



```
name prefix=<text>
```

环境的这个选项可以为环境内的所有 `node` 的名称设置相同的前缀，即“共名”，以便于引用，观察下例，注意其中前缀之后加短线 -

```
\tikz {
  \begin{scope}[name prefix = top-]
    \node (A) at (0,1) {A};
    \node (B) at (1,1) {B};
    \draw (A) -- (B);
  \end{scope}
  \begin{scope}[name prefix = bottom-]
    \node (A) at (0,0) {A};
    \node (B) at (1,0) {B};
    \draw (A) -- (B);
  \end{scope}
  \draw [red] (top-A) -- (bottom-B);
}
```



7.5 node 中的文字编辑

在 `node` 中的文字有多个选项

```
text=<color> 设置文字颜色
```

```
node font=<font commands> 设置 node 的所有字体
```

```
font=<font commands> 设置 node 的花括号内的字体
```

例如

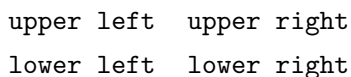
```
\begin{tikzpicture}
\draw[node font=\itshape] (1,0) -- +(1,1) node[above] {italic};
\end{tikzpicture}
```



7.6 可以在 node 的内容中插入环境

例如插入 \TeX 的 `tabular` 环境

```
\tikz \node [draw] {
\begin{tabular}{cc}
    upper left & upper right\\
    lower left & lower right
\end{tabular}
};
```

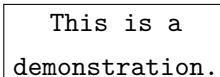


7.7 node 的文字对齐方式

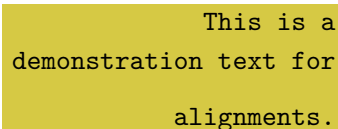
可以用如下选项选择 node 内容中文字对齐方式

```
align=center
align=right
align=flush left
align=flush center
align=justify
```

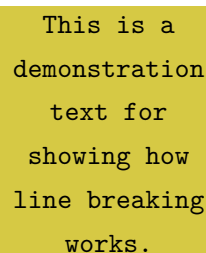
```
\tikz[align=center] \node[draw] {This is a\ demonstration.};
```



```
\tikz \node[fill=yellow!80!black,align=right]
{This is a\[-2pt] demonstration text for\ [1ex] alignments.};
```



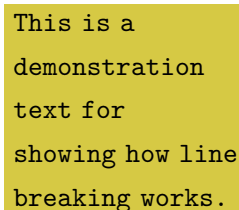
```
\tikz \node[fill=yellow!80!black,text width=3cm,align=flush center]
{This is a demonstration text for showing how line breaking works.};
```



7.8 设置 node 每行文字的最大宽度

可用选项 `text width=<dimension>` 设置 node 每行文字的最大宽度

```
\tikz \draw (0,0) node[fill=yellow!80!black,text width=3cm]
{This is a demonstration text for showing how line breaking works.};
```



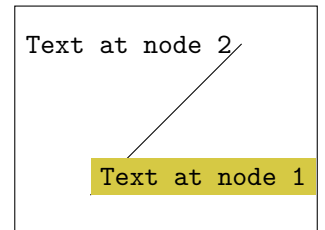
7.9 node 的锚位置

node 指向的对象可以是坐标、node、路径等，这些对象都有以下位置

- 中心, center
- 罗盘位置, north, north east, east, south east, south, south west, west, north west, 罗盘位置都在对象的边界上
- 基线位置, base, base west, base east
- 中间水平线位置, mid, mid west, mid east
- 后缀标记方位, 如果对象名称为 (u), 还可用后缀标记方位 u.north, u.north east, u.south west, u.center 等

锚(anchor)位置选项的格式是 anchor=<anchor name>, 指示 node 的“锚”放在对象的 <anchor name> 位置, 注意“锚与船的位置总是相对的”, 即 node 的显示位置总与指定的锚位相对。

```
\begin{tikzpicture}
\draw (-0.5,0) rectangle (3.5,3);
\draw (0.5,0.5) node [fill=yellow!80!black, anchor=south west]
  {Text at \verb!node 1!}
  -- (2.5,2.5) node [anchor=east]
  {Text at \verb!node 2!};
\end{tikzpicture}
```



7.10 node 的平移位置

above 将 node 平移到所指定的对象上部, 但仍然在对象的边界线上
below, left, right,

above=<offset> 设置从所指定的对象的中心向上平移的距离

below=<offset>, left=<offset>, right=<offset>

above left, above right, below left, below right

above left=距离1and距离2, 从所指定的对象中心算起, 上移距离1并左移距离2

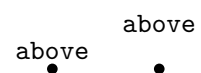
above right=距离1and距离2

below left=距离1and距离2

below right=距离1and距离2

centered

```
\tikz \fill (0,0) circle (2pt) node[above] {above};
\tikz \fill (0,0) circle (2pt) node[above=10pt] {above};
```



7.11 设置诸 node 的相互位置

首先调用 `positioning` 程序库。

举例来说

```
\node at (1,1) [above=2,draw] {above};
```

定义 node 的中心在 (1,1) 之上 2cm 处

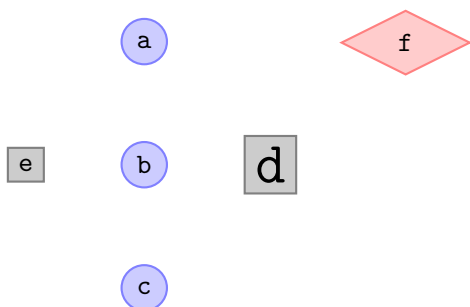
```
\node at (1,1) [above right=.2 and 3mm,draw] {above};
```

定义 node 的中心在 (1,1) 之上 0.2cm, 之右 3mm 处

```
\node [above=5mm of somenode.north east]
```

定义 node 的中心在名为 somenode 的 node 的 north east 位置之上 5mm 处, 注意必须带 of

```
\usetikzlibrary{positioning} % 在导言区设置
\begin{tikzpicture}
  [place/.style={circle,draw=blue!50,fill=blue!20,thick,
    inner sep=0pt,minimum size=6mm},
  transition/.style={rectangle,draw=black!50,fill=black!20,
    thick,inner sep=4pt,minimum size=4mm},
  display/.style={draw=red!50,fill=red!20,thick,
    inner sep=5pt},diamond,aspect=2]
\node[place] (a) at ( 0,2) {a};
\node[place] (b) [below=of a] {b};
\node[place] (c) [below=of b] {c};
\node[transition] (d) [right=of b] {\huge d};
\node[transition] (e) [left=of b] {e};
\node[display] (f) [above right=of d.north east] {f};
\end{tikzpicture}
```

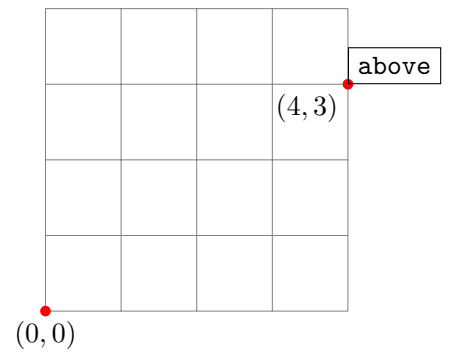


位置选项 `above right=3 and 4` 指示向上平移 3cm, 向右平移 4cm; `above=3 and 4` 指示向上平移 3cm, 没有横向平移, 故 4 无用。

```

\begin{tikzpicture}
\draw[help lines] (0,0) grid (4,4);
\fill [red](0,0) circle [radius=2pt];
\fill [red](4,3) circle [radius=2pt];
\node (0,0) [below] {$(0,0)$};
\node (4,3) [below left]{$(4,3)$} ;
\node at (0,0) [above right=3 and 4,draw] {above};
\end{tikzpicture}

```

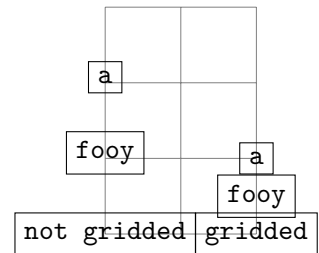


选项“node distance= 距离”确定两个 node 的间距。当环境带有 on grid 选项时，该值指的是 node 的中心之间的距离；当环境无 on grid 选项时，该值指的是 node 边界之间的距离，初始值为 1cm。

```

\begin{tikzpicture}[every node/.style=draw,node distance=5mm]
\draw[help lines] (0,0) grid (2,3);
% Not gridded
\node (a1) at (0,0) {not gridded};
\node (b1) [above=of a1] {fooy};
\node (c1) [above=of b1] {a};
% gridded
\begin{scope}[on grid]
\node (a2) at (2,0) {gridded};
\node (b2) [above=of a2] {fooy};
\node (c2) [above=of b2] {a};
\end{scope}
\end{tikzpicture}

```



7.12 路径上的 node 标签的位置选项

把 node 作为标签添加到路径上，通常，node 的位置取决于代码的次序

```
(0,0)node{a} -- (1,1) 把 node 标签加在(0,0)点处
```

```
(0,0) --node{a}(1,1) 把 node 标签加在线中间
```

```
(0,0) -- (1,1)node{a} 把 node 标签加在(1,1)点处
```

也可以用选项调整 node 标签的位置，常用的标签位置选项如下

```
pos=<小数>
```

```
auto, auto=<direction>
```

```
swap 或撇号 `
```

```
sloped
```

```
allow upside down=<boolean> 初始值 false
```

```
midway 等于 pos=0.5
```

```
near start 等于 pos=0.25
```

```
near end 等于 pos=0.75
```

```
very near start 等于 pos=0.125
```

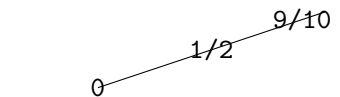
```
very near end 等于 pos=0.875
```

```
at start 等于 pos=0
```

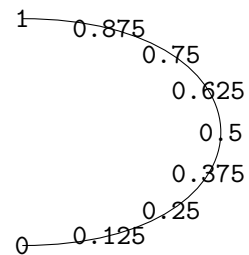
```
at end 等于 pos=1
```

pos=0 指示把 node 标签在起点, pos=1 指示把 node 标签在终点

```
\tikz \draw (0,0) -- (3,1)
      node[pos=0]{0} node[pos=0.5]{1/2} node[pos=0.9]{9/10};
```



```
\tikz \draw (0,0) .. controls +(right:3.5cm)
      and +(right:3.5cm) .. (0,3)
      node foreach \p in {0,0.125,...,1} [pos=\p]{\p};
```

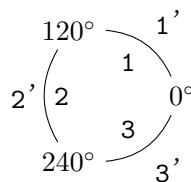


```
\tikz \draw (0,0) |- (3,1)
      node[pos=0]{0} node[pos=0.5]{1/2} node[pos=0.9]{9/10};
```



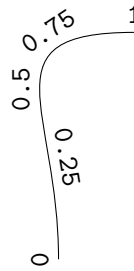
选项 `auto` 指示 node 标签在线的左侧或右侧 (默认是 `scope` 的设置), `auto=left` 指示 node 标签在线的左侧, `auto=right` 指示 node 标签在线的右侧。选项 `swap` 指示 node 标签放在与 `auto` 相反的一侧, 英文的撇号 (一个单引号) ' 是 `swap` 的简写。

```
\begin{tikzpicture}[auto,bend right]
\node (a) at (0:1) {$0^\circ$};
\node (b) at (120:1) {$120^\circ$};
\node (c) at (240:1) {$240^\circ$};
\draw (a) to node {1} node [swap] {1'} (b)
      (b) to node {2} node [swap] {2'} (c)
      (c) to node {3} node [swap] {3'} (a);
\end{tikzpicture}
```



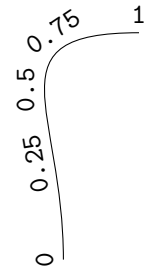
选项 `sloped` 使得 `node` 标签沿着路径倾斜

```
\tikz \draw (0,0) .. controls +(up:2cm)
and +(left:2cm) .. (1,3)
node foreach \p in {0,0.25,...,1}
[sloped,above,pos=\p]{\p};
```



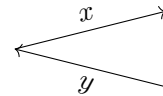
选项 `allow upside down=true` 或 `allow upside down` 使得 `node` 标签总在路径线的一侧,而不是只在路径线的凸的一侧。

```
\tikz [allow upside down]
\draw (0,0) .. controls +(up:2cm)
and +(left:2cm) .. (1,3)
node foreach \p in {0,0.25,...,1}
[sloped,above,pos=\p]{\p};
```



选项 `midway` 将 `node` 标签放在路径中间

```
\begin{tikzpicture}[->]
\draw (0,0) -- (2,0.5) node[midway,sloped,above] {$x$};
\draw (2,-.5) -- (0,0) node[midway,sloped,below] {$y$};
\end{tikzpicture}
```



7.13 给 node 加 label 标签, label 的用法

给 `node` 加标签可用两种方法,方法一,用 `\node`,这个方法已如前所述。方法二,用 `label` 选项。

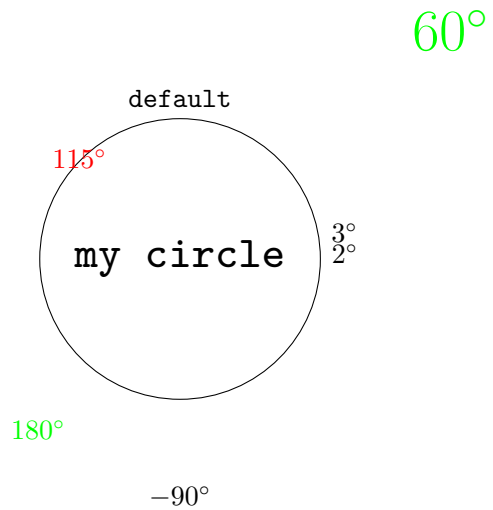
`label` 的句法

```
label=[options]<angle>:<text>
```

其中 `angle` 是标签所指向的对象的方位,可以是角度(方向角,有正负),也可以是 `above`, `below`, `left`, `right`, `above left` 等等。`text` 是标签内容。

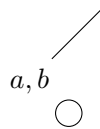
注意下面代码中的 `label` 的选项要用花括号括起来。

```
\tikz
\node [circle, draw,scale=2,
      label=default,
      label={[green]60:\Huge $60^\circ\circ$,
      label=below:$-90^\circ\circ$,
      label=3:$3^\circ$,
      label=2:$2^\circ$,
      label={[green,below]180:$180^\circ\circ$,
      label={[red,centered]135:$115^\circ\circ$}]
{\tiny my circle};
```



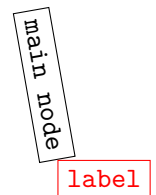
可以给标签命名，加以引用

```
\begin{tikzpicture}
\node [circle,draw,label={[name=label node]
      above left:$a,b$}] {};
\draw (label node) -- +(1,1);
\end{tikzpicture}
```



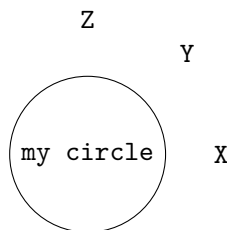
可用环境选项 `every label/.style={}` 设置各个 `label` 的样式

```
\tikz [rotate=-80, every label/.style={draw,red}]
\node [transform shape,rectangle,draw,label=right:label] {main node};
```



选项 `label distance` 设置标签与对象之间的距离

```
\tikz[label distance=5mm]
\node [circle,draw,label=right:X,
      label=above right:Y,
      label=above:Z] {my circle};
```



```
\begin{tikzpicture}
[place/.style={circle,draw=blue!50,fill=blue!20,thick,
inner sep=0pt,minimum size=6mm}]
\node[place, label=right:$s\le 3$] (waiting) at (0,2) {};
\end{tikzpicture}
```

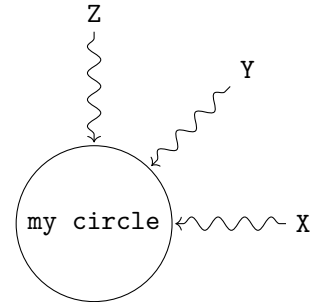


7.14 大头针 pin 标签

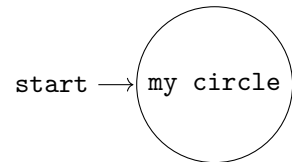
pin 标签的用法与 label 类似，只是多了边的设置。

```
every pin edge/.style={ }
pin edge=<options>
```

```
\tikz [pin distance=15mm,
       every pin edge/.style={<- ,shorten <=1pt,decorate,
       decoration={snake,pre length=4pt}}]
\node [circle,draw,pin=right:X,
       pin=above right:Y,
       pin=above:Z] {my circle};
```



```
\tikz [every pin edge/.style={},
       initial/.style={pin={ [pin distance=5mm,
       pin edge={<- ,shorten <=1pt}]
       left:start}}]
\node [circle,draw,initial] {my circle};
```



7.15 用引用选项 quotes 给 node 加标签

首先调用 quotes 程序库 `\usetikzlibrary{quotes}`。

在 `\node` 的选项中，用双引号引起的字符串（不含某些特殊符号）会被作为标签引用。下面两句等效

```
\tikz \node ["my label" red, draw] {my node};
\tikz \node [label={ [red]my label}, draw] {my node};
```

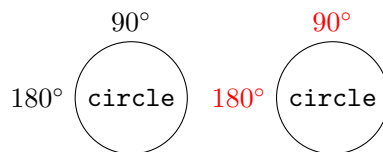
my label
my node

显然双引号简捷一些。

```
\begin{tikzpicture} % 调用 matrix 程序库
\matrix [row sep=5mm,column sep=5mm] {
\node [draw, "label"] {A}; &
\node [draw, "label" left] {B}; &
\node [draw, "label" centered] {C}; \\
\node [draw, "label" color=red] {D}; &
\node [draw, "label" {red,draw,thick}] {E}; &
\node [draw, "label" {green,draw,ultra thick}] {F}; \\
\end{tikzpicture}
```

label
A label B label
label label label
D E F

```
\tikz \node ["90:$90^\circ$", "left:$180^\circ$",
            circle, draw] {circle};
\tikz [every label quotes/.style=red]
      \node ["90:$90^\circ$", "left:$180^\circ$",
            circle, draw] {circle};
```



如果引号内有逗号或冒号，要用花括号括起来。

```
\tikz \node [{"yes, we can"}, draw] {foo};
\tikz \node [{"yes{:} we can"}, draw] {foo};
```

yes, we can yes: we can
foo foo

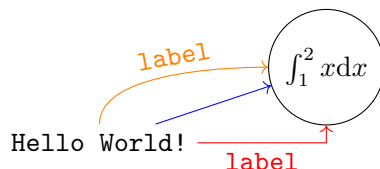
8 在 node 之间画线

8.1 用符号 --, .., -| 画线

可以在坐标、node 之间画连线。基本线条样式有 3 种：用 -- 表示的直线段，用 .. 表示的曲线，用 -| 或 |- 表示的直角连线。

连线的起止点可以是坐标，node 的锚位置，node 的名称，带方位后缀的 node 的名称。（[参照 node 的位置](#)）

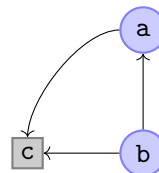
```
\begin{tikzpicture}
\path (0,0) node (x) {Hello World!}
(3,1) node[circle,draw](y) {$\int_1^2 x \mathrm{d} x$};
\draw[->,blue] (x) -- (y);
\draw[->,red] (x) -| node[near start,below] {label} (y);
\draw[->,orange] (x) .. controls +(up:1cm) and +(left:1cm)
.. node[above,sloped] {label} (y);
\end{tikzpicture}
```



```

\begin{tikzpicture}
  [place/.style={circle,draw=blue!50,fill=blue!20,thick,
    inner sep=0pt,minimum size=6mm},
  transition/.style={rectangle,draw=black!50,fill=black!20,
    thick,inner sep=0pt,minimum size=4mm}]
\node[place] (a) {a};
\node[place] (b) [below=of a] {b};
\node[transition] (c) [left=of b] {c};
\draw [->] (b.north) -- (a.south);
\draw [->] (b.west) -- (c.east);
\draw [->] (a.west) .. controls +(left:5mm) and +(up:5mm)
  .. (c.north);
\end{tikzpicture}

```



8.2 算子 to

8.2.1 出入角度设置

也可以用算子 `to` 代替连接线符号 `--` 或 `..` 画线

`to[options] <nodes> <coordinate> <cycle>`

`to` 可带有选项 `out=`, `in=`, `bend left=`, `bend right=` 等来指示连线起止点的位置。

`out=<angle>` 以起点为原点建立直角坐标系，以x轴正方向为初始边，逆时针方向为正，这样规定下的 `<angle>` 是起点处的出发方向角；

`in=<angle>` 的意思与之一样，只是以终点为原点。

`bend left=<angle>` 以出发点为原点，起点至终点的位移向量为初始边方向，逆时针方向（左偏）为正，这样规定下的 `<angle>` 是起点处的出发方向角；而在终点处的进入方向是 `-<angle>`。

`bend right=<angle>` 的意思与之类似，只是角的方向相反。如果不指定角度，它的默认值是前面最近出现的角度。

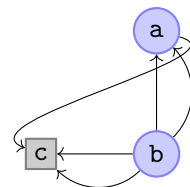
`bend angle=<angle>` 为 `bend left` 和 `bend right` 设置 `<angle>`。

出入角度的设置会影响边的形态，如下例所示

```

\begin{tikzpicture}
  [place/.style={circle,draw=blue!50,fill=blue!20,thick,
    inner sep=0pt,minimum size=6mm},
  transition/.style={rectangle,draw=black!50,fill=black!20,
    thick,inner sep=0pt,minimum size=4mm}]
\node[place] (a) {a};
\node[place] (b) [below=of a] {b};
\node[transition] (c) [left=of b] {c};
\draw [->] (b) to (a);
\draw [->] (b) to (c);
\draw [->] (a) to [out=-15,in=160] (c);
\draw [->] (b) to [bend right=45] (a);
\draw [->] (b) to [bend left=45] (c);
\end{tikzpicture}

```



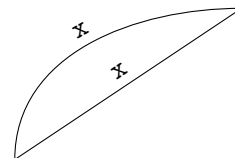
8.2.2 加标签

可以在 to 后接 node 给边加 node 标签

```

\begin{tikzpicture}
\draw (0,0) to node [sloped,above] {x} (3,2);
\draw (0,0) to[out=90,in=180] node [sloped,above] {x} (3,2);
\end{tikzpicture}

```

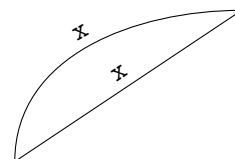


可以给 to 加 edge node=<node specification> 选项给边加 node 标签, 注意下面用花括号把带方括号的内容括起来

```

\begin{tikzpicture}
\draw (0,0) to [edge node={node [sloped,above] {x}}] (3,2);
\draw (0,0) to [out=90,in=180,
edge node={node [sloped,above] {x}}] (3,2);
\end{tikzpicture}

```

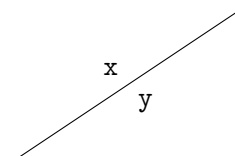


可以给 to 加 edge label=<text> 或 edge label'=<text> 选项给边加标签, 其中的撇号表示转换标签的位置

```

\tikz \draw (0,0) to [edge label=x, edge label'=y] (3,2);

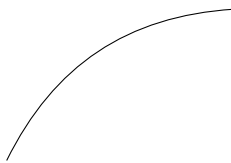
```



8.2.3 设置每条边的样式

可以用 `every to/.style` 设置每条边的样式

```
\tikz[every to/.style={bend left}]
\draw (0,0) to (3,2);
```



8.3 路径算子 edge

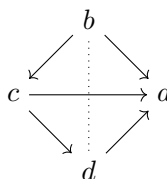
edge 句法格式

```
edge [options] <nodes> <coordinate> <cycle>
```

8.3.1 按一对多方式画线

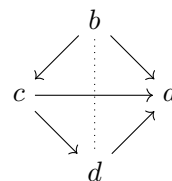
算子 `to` 是一一地画线, 而 `edge` 可以一对多地画线。注意下图中从 `d` 到 `a, b, c` 有 3 个 `edge`, 只在结尾用一个分号。

```
\begin{tikzpicture}
\node (a) at (0:1) {$a$};
\node (b) at (90:1) {$b$} edge [->] (a);
\node (c) at (180:1) {$c$} edge [->] (a)
      edge [<-] (b);
\node (d) at (270:1) {$d$} edge [->] (a)
      edge [dotted] (b)
      edge [<-] (c);
\end{tikzpicture}
```



上图也可以如下作出

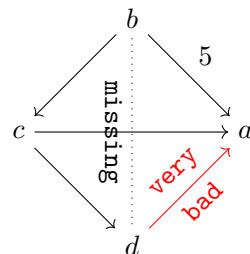
```
\begin{tikzpicture}
\node foreach \name/\angle in {a/0,b/90,c/180,d/270}
(\name) at (\angle:1) {$\name$};
\path[->] (b) edge (a)
          edge (c)
          edge [-,dotted] (d)
          (c) edge (a)
          edge (d)
          (d) edge (a);
\end{tikzpicture}
```



8.3.2 加 node 标签

也可以为 edge 加 node 标签

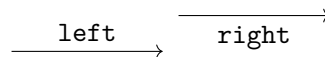
```
\begin{tikzpicture}
\node foreach \name/\angle in {a/0,b/90,c/180,d/270}
  (\name) at (\angle:1.5) {$\name$};
\path[->] (b) edge node[above right] {$5$} (a)
  edge (c)
  edge [-,dotted] node[below,sloped] {missing} (d)
(c) edge (a)
  edge (d)
(d) edge [red] node[above,sloped] {very}
  node[below,sloped] {bad} (a);
\end{tikzpicture}
```



8.3.3 加 quotes 标签

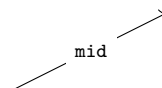
调用 quotes 程序库,也可以为 edge 使用 every edge quotes/.style={} 和 quotes 选项来加标签。

```
\tikz \draw (0,0) edge ["left", ->] (2,0);
\tikz [every edge quotes/.style={auto=right}]
  \draw (0,0) edge ["right", ->] (2,0);
```



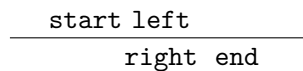
注意,如果在 every edge quotes/.style={} 中没有 auto 选项,则引用的字符串位于线上,而不是在线旁边。

```
\tikz [every edge quotes/.style={fill=white,font=\footnotesize}]
\draw (0,0) edge ["mid", ->] (2,1);
```



在双引号之后加撇号 (一个单引号), 表示 swap, 便于转换字符串标签的侧位。

```
\tikz
\draw (0,0) edge ["left", "right",
  "start" near start,
  "end"' near end] (4,0);
```

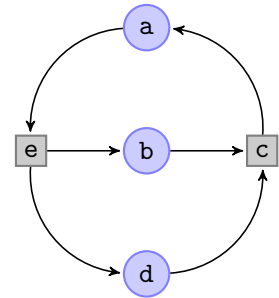


8.4 重定义样式 pre 和 post

```

\begin{tikzpicture}
  [place/.style={circle,draw=blue!50,fill=blue!20,thick,
  inner sep=0pt,minimum size=6mm},
  transition/.style={rectangle,draw=black!50,fill=black!20,
  thick,inner sep=0pt,minimum size=4mm}]
  [bend angle=45,
  pre/.style={<-,shorten <=1pt,>=stealth',semithick},
  post/.style={->,shorten >=1pt,>=stealth',semithick}]
\node[place] (a) {a};
\node[place] (b) [below=of waiting] {b};
\node[place] (d) [below=of critical] {d};
\node[transition] (c) [right=of critical] {c}
  edge [pre] (b)
  edge [post,bend right] (a)
  edge [pre, bend left] (d);
\node[transition] (e) [left=of critical] {e}
  edge [post] (b)
  edge [pre, bend left] (a)
  edge [post,bend right] (d);
\end{tikzpicture}

```



9 作图层

不同环境的图做在不同的层上，如果后面环境的图与前面的有重叠，则重叠部分显示为后做的图，即后来的层覆盖前面的层。可以声明（或者说定义）带名称的层，并规定它们的叠放次序，例如

```

\pgfdeclarelayer{name1}
\pgfdeclarelayer{name2}
\pgfdeclarelayer{name3}
\pgfsetlayers{name1,name2,name3}

```

这样就声明了三个层 `name1`, `name2`, `name3`，并按照输入次序，规定它们自下而上叠放，最上是 `name3` 层。然后可以在不同的层上作图，用下面的环境

```

\begin{pgfonlayer}{<layer name>}
<environment contents>
\end{pgfonlayer}

```

该环境可以是其他环境的子环境。

```

\pgfdeclarelayer{background layer}
\pgfdeclarelayer{foreground layer}
\pgfsetlayers{background layer,main,foreground layer}
\begin{tikzpicture}
% On main layer:
\fill[blue] (0,0) circle (1cm);
\begin{pgfonlayer}{background layer}
\fill[yellow] (-1,-1) rectangle (1,1);
\end{pgfonlayer}
\begin{pgfonlayer}{foreground layer}
\node[white] {foreground};
\end{pgfonlayer}
\begin{pgfonlayer}{background layer}
\fill[black] (-.8,-.8) rectangle (.8,.8);
\end{pgfonlayer}
% On main layer again:
\fill[blue!50] (-.5,-1) rectangle (.5,1);
\end{tikzpicture}

```

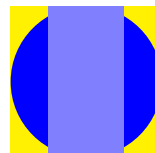


背景层选项 `on background layer` 只能用于 `scope` 环境或者用在命令 `\scoped` 后面，是主层之下的层。

```

\begin{tikzpicture}
% On main layer:
\fill[blue] (0,0) circle (1cm);
\begin{scope}[on background layer={color=yellow}]
\fill (-1,-1) rectangle (1,1);
\end{scope}
\begin{scope}[on background layer]
\fill[black] (-.8,-.8) rectangle (.8,.8);
\end{scope}
% On main layer again:
\fill[blue!50] (-.5,-1) rectangle (.5,1);
\end{tikzpicture}

```



10 node 的 fit 选项

node 的 `fit` 选项需要调用 `fit` 程序库，在导言区设置 `\usetikzlibrary{fit}`

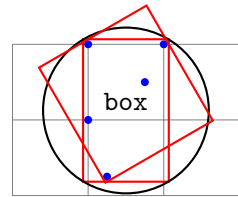
句法

```
fit=coordinates 或 nodes
```

这种语句生成一个盒子，例如 `fit=(a) (b) (c) (d) (e)`，等号右侧各项是坐标或 `node` 的名称，各项之间不能加逗号，用空格分隔，生成的盒子将列举的各项包围在内。各项与盒子边界的距离用选项“`inner sep= 距离`”来设置。

选项 `rotate fit=angle` 设置盒子的旋转角度。

```
\begin{tikzpicture}[inner sep=0pt,thick,
dot/.style={fill=blue,circle,minimum size=3pt}]
\draw[help lines] (0,0) grid (3,2);
\node[dot] (a) at (1,1) {};
\node[dot] (b) at (2,2) {};
\node[dot] (c) at (1,2) {};
\node[dot] (d) at (1.25,0.25) {};
\node[dot] (e) at (1.75,1.5) {};
\node[draw=red, fit=(a) (b) (c) (d) (e)] {box};
\node[draw,circle,fit=(a) (b) (c) (d) (e)] {};
\node[draw=red, rotate fit=30, fit=(a) (b) (c) (d) (e)] {};
\end{tikzpicture}
```



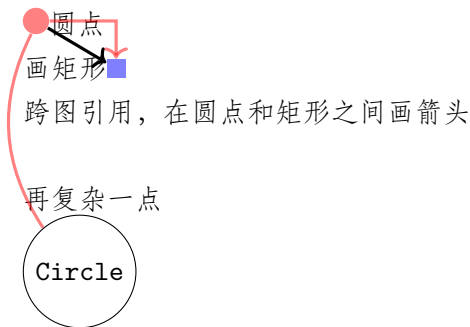
11 在多个图形之间引用 node

11.1 remember picture 选项和 overlay 选项

可以在某个环境或图形中引用其他环境或图形中的 `node`，跨图作图。给包含被引用 `node` 的图形加 `remember picture` 选项；给包含被引用 `node` 的路径或图形加 `overlay` 选项（该选项确保图形不会改变尺寸）。然后就可以在其他环境图形中引用该路径或图形中的 `node`。可能需多次编译排版才得到需要的图形。

观察下面的代码的作用

```
{\noindent \tikz[remember picture] \node[circle,fill=red!50] (n1) {};}圆点\\
画矩形\tikz[remember picture] \node[fill=blue!50] (n2) {};}\\
跨图引用，在圆点和矩形之间画箭头\\
\begin{tikzpicture}[remember picture,overlay]
\draw[->,very thick] (n1) -- (n2);
\end{tikzpicture}}\\
再复杂一点\\
\begin{tikzpicture}[remember picture]
\node (c) [circle,draw] {Big circle};
\draw [overlay,->,very thick,red,opacity=.5]
(c) to[bend left] (n1) (n1) -| (n2);
\end{tikzpicture}}
```



11.2 Current Page Node -Absolute Positioning

`current page` 是一个特殊的预定义 `node`，这个选项把当前页作为一个 `node`，所以 `current page.south west` 是当前页的左下角位置，`current page.center` 是当前页的中心。下面的例子引用 `current page` 为页面添加特殊效果。

在当前页的左下角添加文字

```
\begin{tikzpicture}[remember picture,overlay]
\node [xshift=1cm,yshift=1cm] at (current page.south west)
[text width=7cm,fill=red!20,rounded corners,above right]
{
This is an absolutely positioned text in the
lower left corner. No shipout-hackery is used.
};
\end{tikzpicture}
```

在当前页的中心画一个不透明度为 0.25 的圆

```
\begin{tikzpicture}[remember picture,overlay]
\draw [line width=1mm,opacity=.25,red]
(current page.center) circle (3cm);
\end{tikzpicture}
```

在当前页的中心添加不透明度为 0.2 的文字

```
\begin{tikzpicture}[remember picture,overlay]
\node [rotate=60,scale=10,text=green,text opacity=0.2]
at (current page.center) {Example};
\end{tikzpicture}
```

This is an absolutely positioned text in the lower left corner. No shipout-hackery is used.

12 关于平面几何作图的几个工具

先调用程序库`\usetikzlibrary[calc,intersections,through,backgrounds]`

12.1 coordinate 算子

`coordinate` 算子用于声明坐标, 可用以下句法得到 `coordinate` 对象

```
\coordinate
\path . . . coordinate [options] (name) at (coordinate) . . . ;
\node [shape=coordinate] [options] (name) at (coordinate) {};
```

画线段并给端点命名

```
\begin{tikzpicture}
\coordinate [label=left:\textcolor{blue}{A}] (A) at (0,0);
\coordinate [label=right:\textcolor{blue}{B}] (B) at (1.25,0.25);
\draw[blue] (A) -- (B);
\end{tikzpicture}
```



12.2 rand

函数 `rand` 生成 -1 到 1 之间的随机数, 用它画随机点

```
\coordinate [...] (A) at (0+0.1*rand,0+0.1*rand);
\coordinate [...] (B) at (1.25+0.1*rand,0.25+0.1*rand);
```

也可以写成

```
\coordinate [...] (A) at ($ (0,0) + .1*(rand,rand) $);
\coordinate [...] (B) at ($ (1.25,0.25) + .1*(rand,rand) $);
```

注意小数或分数与 `rand` 相乘要加 `*` 号, 这样的乘积可以套嵌。这里两个美元符号表示计算, 而不是 \TeX 的数学模式。

12.3 let 赋值算子

可用 `let` 算子对表达式中的符号作定义

```
\path . . . let <assignment>,<assignment>,<assignment>. . . in . . . ;
```

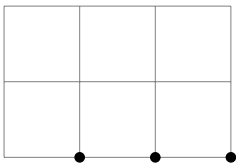
其中 `in` 后是表达式, 表达式中的符号由 `assignment` 定义。`assignment` 的形式是“符号 = 数值或表达式”。在 `assignment` 中常用宏 `\p`, `\x`, `\y`, `\n`。如果定义

```
let \p1=(1pt,1pt+2pt), \p2=(4,3), \p{name}=(0,5)...
```

则`\p1` 就是 7 个字符“1pt,3pt”，要是加括号(`\p1`) 就得到点 (1pt,3pt)。对应的,`\x1` 就是(`\p1`) 的第一个坐标分量 1pt,`\y1` 就是(`\p1`) 的第二个坐标分量 3pt,`\x2` 就是 4,`\y2` 就是 3,`\x{name}` 就是 0,`\y{name}` 就是 5。注意,用 `let` 定义的点坐标都以 `pt` 为单位存在,即 \TeX 符号`\x2`, `\y2` 显示为带 `pt` 的数字。

观察下例,注意在 `in` 后各行有无分号,带分号的行结束 `let` 赋值。

```
\begin{tikzpicture}
\draw [help lines] (0,0) grid (3,2);
\fill
  let
    \p1 = (1,0),
    \p2 = (3,2),
    \p{center} = ($ (\p1) !.5! (\p2) $)
  in
    (\x1,0) node[below=0.9cm,red]{\scriptsize\verb!\p1!_x=1$}
    circle [radius=2pt]
    (\x2,0) node[below=0.3cm,red]{\scriptsize\verb!\p2!_x=3$}
    circle [radius=2pt]
    (\x{center},0) node[below=0.6cm,blue]{\scriptsize\verb!\p{center}!_x=2.5$}
    circle [radius=2pt] ;
\end{tikzpicture}
```



$\p2_x = 3$
 $\p{center}_x = 2.5$
 $\p1_x = 1$

12.4 函数 `veclen(x,y)`

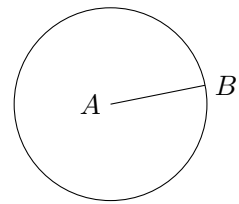
函数 `veclen(x,y)` 的值是 $\sqrt{x^2 + y^2}$, 即向量 (x,y) 的长度。下面的例子中,用函数 `veclen(x,y)` 来构造 `let` 算子的赋值过程。

函数 `veclen(x,y)` 作为 `circle` 的参数

```

\begin{tikzpicture}
\coordinate [label=left:$A$] (A) at (0,0);
\coordinate [label=right:$B$] (B) at (1.25,0.25);
\draw (A) -- (B);
\draw (A) let
    \p1 = ($ (B) - (A) $)
    in
    circle ({veclen(\x1,\y1)});
\end{tikzpicture}

```

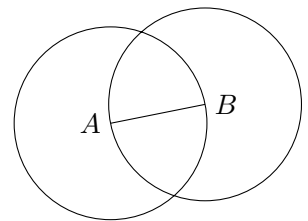


将函数 `veclen(x,y)` 的值转化为宏, 再加以利用

```

\begin{tikzpicture}
\coordinate [label=left:$A$] (A) at (0,0);
\coordinate [label=right:$B$] (B) at (1.25,0.25);
\draw (A) -- (B);
\draw let \p1 = ($ (B) - (A) $),
    \n{radius} = {veclen(\x1,\y1)}
    in
    (A) circle (\n{radius})
    (B) circle (\n{radius});
\end{tikzpicture}

```



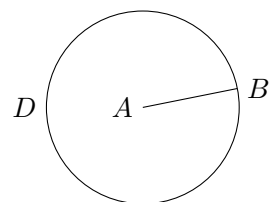
12.5 circle through 选项

给 `\node` 加选项 `circle through=<coordinate>`, 将以 `node` 指向的对象位置为圆心画过 `coordinate` 的圆, 这需要调用 `through` 程序库。

```

\begin{tikzpicture}
\coordinate [label=left:$A$] (A) at (0,0);
\coordinate [label=right:$B$] (B) at (1.25,0.25);
\draw (A) -- (B);
\node [draw,circle through=(B),label=left:$D$] at (A) {};
\end{tikzpicture}

```



12.6 切线坐标系统

首先调用 `cal` 程序库。

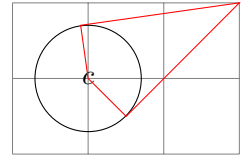
```

tangent cs:node=<node> 指定切线切于<node>的边界, <node>的形状只能是 coordinate 或 circle
tangent cs:point=<point> 指定切线通过点<point>

```

`tangent cs:solution=<number>` 如果切点多于1个, 指定需要被操作的切点

```
\begin{tikzpicture}
\draw[help lines] (0,0) grid (3,2);
\coordinate (a) at (3,2);
\node [circle,draw] (c) at (1,1) [minimum size=40pt] {$c$};
\draw[red] (a) -- (tangent cs:node=c,point={a},solution=1)
-- (c.center) -- (tangent cs:node=c,point={a},
solution=2) -- cycle;
\end{tikzpicture}
```



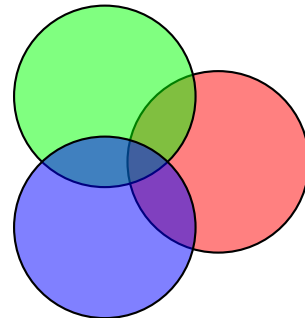
13 透明度设置

可用选项 `opacity=<value>` 设置不透明度。选项 `opaque` 指示完全不透明。例如 `draw opacity=0.5`, `fill opacity=0.5`, `text opacity=1` 分别设置路径、填充色、文字的不透明度。

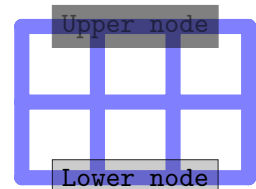
```
\begin{tikzpicture}[line width=1ex]
\draw (0,0) -- (3,1);
\filldraw [fill=yellow!80!black,draw opacity=0.5]
(1,0) rectangle (2,1);
\end{tikzpicture}
```



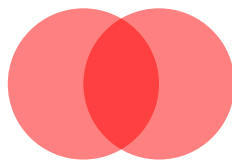
```
\begin{tikzpicture}[thick,fill opacity=0.5]
\filldraw[fill=red] (0:1cm) circle (12mm);
\filldraw[fill=green] (120:1cm) circle (12mm);
\filldraw[fill=blue] (-120:1cm) circle (12mm);
\end{tikzpicture}
```



```
\begin{tikzpicture}[every node/.style={fill,draw}]
\draw[line width=2mm,blue!50,line cap=round] (0,0) grid (3,2);
\node[opacity=0.5] at (1.5,2) {Upper node};
\node[draw opacity=0.8,fill opacity=0.2,text opacity=1]
at (1.5,0) {Lower node};
\end{tikzpicture}
```




```
\begin{tikzpicture}[fill opacity=0.5]
\fill[red] (0,0) circle (1);
\fill[red] (1,0) circle (1);
\end{tikzpicture}
```



14 箭头

14.1 箭头选项的句法格式

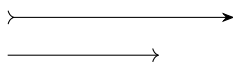
```
arrows=<start arrow specification>-<end arrow specification>
```

此语句指定起点和终点的箭头样式（中间有短线）。如果未指定，例如 `->` 未指定起点箭头样式，就不在起点画箭头。语句中的 `arrows=` 可以省略。

给 `\draw` 命令或含有 `draw` 选项的命令添加选项 `->` 或 `-<` 可以在路径末端添加箭头；添加选项 `<-` 或 `>-` 可以在路径始端添加箭头；添加选项 `<->` 可以在路径始末两端添加箭头。只能给有端点的路径加箭头。当未指定箭头样式时，使用 `clip` 命令时，`tips=never` 或 `false` 时，`tips=on draw` 但无 `draw` 命令时，`\path` 为空时，点在环路上时，都没有箭头。

注意 `->Stealth`，`-Stealth[] >`，`-Stealth[] >` 合法，但 `-Stealth>` 不合法。

```
\begin{tikzpicture}
\draw[->] (0,0) -- (2,0);
\draw[>-Stealth] (0,0.5) -- (3,0.5);
\end{tikzpicture}
```



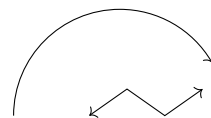
作为其他命令的选项的箭头样式自己也可以带选项，此时必须把箭头样式用花括号括起来

```
\draw [-{Stealth[length=5mm]}] ...
```

选项 `tip` 可以指示箭头是否画出

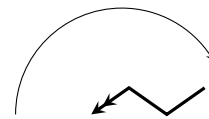
```
tips=<value> 默认 true, 初值 on draw, 其中 value 可以取值 true, proper, on draw,
on proper draw, never 或 false.
```

```
\begin{tikzpicture}
\draw [->] (0,0) arc [start angle=180, end angle=30,
radius=40pt];
\draw [<->] (1,0) -- (1.5cm,10pt) -- (2cm,0pt) -- (2.5cm,10pt);
\end{tikzpicture}
```

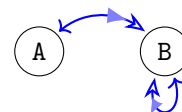


如下更换另一种箭头样式

```
\begin{tikzpicture}[>=stealth]
\draw [->] (0,0) arc [start angle=180, end angle=30, radius=40pt];
\draw [←←-,very thick] (1,0) -- (1.5cm,10pt) --
(2cm,0pt) -- (2.5cm,10pt);
\end{tikzpicture}
```



```
\tikz {
\node [circle,draw] (A) {A};
\node [circle,draw] (B) [right=of A] {B};
\draw [draw = blue, thick,
arrows={
Computer Modern Rightarrow [sep]
- Latex[blue!50,length=8pt,bend,line width=0pt]
Stealth[length=8pt,open,bend,sep]}]
(A) edge [bend left=45] (B)
(B) edge [in=-110, out=-70,looseness=8] (B);
}
```



14.2 箭头长度选项

```
length=<dimension>_<line_width_factor>_<outer_factor>
```

注意这三个选项之间有空格。第一选项 `dimension` 是箭头基本长度，例如 `5mm`；第二选项是个（不带单位的纯数值）倍数因子 `w`，使得箭头尺寸在 `dimension` 的基础上再增加“`w` 与线宽的乘积”；第三选项是在使用双线 `double` 选项时才有效，指的是双线的间距。

```
\tikz{
\draw [-{Stealth[length=5mm]}] (0,0) -- (2,0);
\draw [|<->|] (1.5,.4) -- node[above=1mm] {5mm} (2,.4);
}
```



`double` 指示画双线

`double distance=<dimension>` 设置双线的间距

```
\tikz \draw [line width=1pt, double distance=3pt,
arrows = {-Latex[length=0pt 3 0]}] (0,0) -- (1,0);
```



14.3 箭头宽度选项

```
width=<dimension>_<line_width_factor>_<outer_factor>
```

与长度选项类似，注意这三个选项之间有空格。

```
width'=<dimension>_<length_factor>_<line_width_factor>
```

此格式中，第一选项设置箭头宽度为 `dimension`；第二选项是个数值，指示在 `dimension` 基础上再加箭头长度的倍数；第三选项是数值，指示在前两项的基础上再加线宽的倍数。这个格式容易使得箭头宽度、长度、线宽成一定比例。例如 `width'=0pt 0.5` 设置箭头长宽比为 2。

```
\tikz
\draw [arrows = {-Latex[width'=0pt .5, length=15pt]] (0,0) -- (1,0);
```



14.4 调节箭头尾部内凹的深度

```
inset=<dimension>_<line_width_factor>_<outer_factor>
inset'=<dimension>_<length_factor>_<line_width_factor>
```

注意格式中的空格，格式的意义与 `width'` 类似。

比较

```
\tikz \draw [arrows = {-Stealth[length=10pt, inset=5pt]] (0,0) -- (1,0);
\tikz \draw [arrows = {-Stealth[length=10pt, inset=2pt]] (0,0) -- (1,0);
```



14.5 调节箭头尖端的角度

```
angle=<angle>:<dimension>_<line_width_factor>_<outer_factor>
angle'=<angle>
```

注意格式中的空格，格式的意义与 `width'` 类似。

比较

```
\tikz \draw [arrows = {-Stealth[inset=0pt, length=10pt, angle'=90]]
(0,0) -- (1,0);
\tikz \draw [arrows = {-Stealth[inset=0pt, length=10pt, angle'=30]]
(0,0) -- (1,0);
```



14.6 箭头依次变化尺寸

```
scale=<factor>
```

箭头带上这个选项，使得箭头尺寸（长，宽，内凹深度三方面）是默认箭头尺寸的 `factor` 倍，但不影响线宽。

```
\tikz {
\draw [arrows = {-Stealth[]}] (0,1) -- (1,1);
\draw [arrows = {-Stealth[scale=2]}] (0,0.5) -- (1,0.5);
\draw [arrows = {-Stealth[scale=4]}] (0,0) -- (1,0);
}
```



```
scale length=<factor>
scale width=<factor>
```

这两个选项只针对箭头长度和宽度。

```
\tikz {
\draw [arrows = {-Stealth[]}] (0,1) -- (1,1);
\draw [arrows = {-Stealth[scale length=4]}] (0,0.5) -- (1,0.5);
\draw [arrows = {-Stealth[scale width=4]}] (0,0) -- (1,0);
}
```



14.7 箭头原地反向

选项 `reverse` 使得箭头原地反向

```
\tikz [ultra thick]
\draw [arrows = {-Stealth[reversed]}]
(0,0) -- (1,0);
\tikz [ultra thick]
\draw [arrows = {-Stealth[reversed, reversed]}]
(0,0) -- (1,0);
```



14.8 半箭头——鱼叉

选项 `harpoon` 显示半个箭头，等于选项 `left`；选项 `swap` 显示另一半箭头；而选项 `right` 等于 `harpoon, swap` 两个选项。

```

\tikz [ultra thick]
  \draw [arrows = {-Stealth[harpoon}}]
    (0,0) -- (1,0);
\tikz [ultra thick]
  \draw [arrows = {-Stealth[harpoon,swap}}]
    (0,0) -- (1,0);
\tikz [ultra thick]
  \draw [arrows = {-Stealth[left}}]
    (0,0) -- (1,0);
\tikz [ultra thick]
  \draw [arrows = {-Stealth[right}}]
    (0,0) -- (1,0);

```



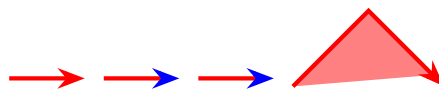
14.9 箭头颜色

可以用 `\draw` 命令画箭头边界线的颜色。

```

\tikz [ultra thick]
  \draw [red, arrows = {-Stealth}]
    (0,0) -- (1,0);
\tikz [ultra thick]
  \draw [red, arrows = {-Stealth[color=blue}}]
    (0,0) -- (1,0);
\tikz [ultra thick]
  \draw [red, arrows = {-Stealth[blue}}]
    (0,0) -- (1,0);
\tikz [ultra thick]
  \draw [draw=red, fill=red!50,
    arrows = {-Stealth[length=10pt}}]
    (0,0) -- (1,1) -- (2,0);

```

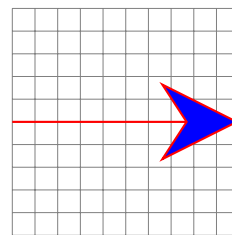


也可以用 `fill=color` 或 `none` 选项在箭头内部填充颜色。

```

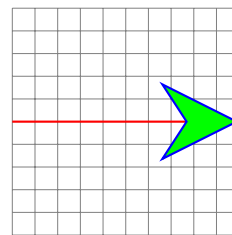
\tikz {
  \draw [help lines,scale=3] (0,-.5) grid [step=1mm] (1,.5);
  \draw [thick, red, scale=3, arrows = {-Stealth[fill=blue,
    length=30pt,width'=0 1}}]
    (0,0) -- (1,0);
}

```



下面图中, `red` 是整个 `\draw` 的颜色, 所以线是红色的; 而选项 `blue` 修改了箭头颜色为蓝色, `fill` 又用绿色填充箭头内部。

```
\tikz {
\draw [help lines, scale=3] (0,-.5) grid [step=1mm] (1,.5);
\draw [thick, red, scale=3,
arrows = {-Stealth[color=blue, fill=green,
length=30pt,width'=0 1]}] (0,0) -- (1,0);
}
```



14.10 箭头边界线宽

```
line_width=<dimension>_<line_width_factor>_<outer_factor>
line_width'=<dimension>_<length_factor>
```

此格式意思与箭头长度、宽度选项类似。如果第一项 `dimension` 是 0，则只填充，无边界。

```
\tikz \draw [arrows = {-Latex[line width=5pt, fill=white,
length=25pt,width'=0 1]}] (0,0) -- (2,0);
```



14.11 线冠，线结合，斜结限制

```
line cap=<type> 线冠类型
line join=<type> 线结合类型
miter limit=<factor> 斜结限制
```

线冠有 3 种类型，圆 `round`，方 `rect`，平（无线冠）`butt`

```
\begin{tikzpicture}
\begin{scope}[line width=15pt]
\draw[line cap=rect] (0,0) -- (1,0);
\draw[line cap=butt] (0,.5) -- (1,.5);
\draw[line cap=round] (0,1) -- (1,1);
\end{scope}
\draw[white,line width=2pt]
(0,0) -- (1,0) (0,.5) -- (1,.5) (0,1) -- (1,1);
\end{tikzpicture}
```



线结合部有 3 个样式，圆 `round`，平 `bevel`，斜 `miter`

```
\begin{tikzpicture}[line width=10pt]
\draw[line join=round] (0,0) -- ++(.5,1) -- ++(.5,-1);
\draw[line join=bevel] (1.25,0) -- ++(.5,1) -- ++(.5,-1);
\draw[line join=miter] (2.5,0) -- ++(.5,1) -- ++(.5,-1);
\useasboundingbox (0,1.5); % enlarge bounding box
\end{tikzpicture}
```



斜结限制 `miter limit=<factor>` 调节两线交接部的尖锐程度。

```
\begin{tikzpicture}[line width=5pt]
\draw (0,0) -- ++(5,.5) -- ++(-5,.5);
\draw[miter limit=25] (6,0) -- ++(5,.5) -- ++(-5,.5);
\useasboundingbox (14,0); % enlarge bounding box
\end{tikzpicture}
```



线冠选项，线结合选项，斜结限制也适用于箭头，可以作为箭头的选项。

```
\tikz [line width=2mm]
\draw [arrows = {-Computer Modern Rightarrow[line join=miter}}]
(0,0) -- (1,0);
\tikz [line width=2mm]
\draw [arrows = {-Computer Modern Rightarrow[line cap=round}}]
(0,0) -- (1,0);
```



也可以略去 `line cap`, `line join`, 改用样式 `round`, `sharp`

```
\tikz [line width=2mm]
\draw [arrows = {-Computer Modern Rightarrow[sharp}}]
(0,0) -- (1,0);
\tikz [line width=2mm]
\draw [arrows = {-Computer Modern Rightarrow[round}}]
(0,0) -- (1,0);
```



14.12 弯曲箭头

箭头带 `bend` 选项会使曲线上的箭头随着曲线的弯曲而弯曲。

```
\begin{tikzpicture}
\draw [red,line width=1mm,-{Stealth[bend,round,length=30pt]]
(0,-.5) .. controls (1,-.5) and (0.5,0) .. (1.5,0);
\end{tikzpicture}
```



14.13 串联箭头及其间距

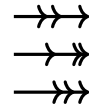
`->>>` 是短线 `-` 和 3 个 `>` 的组合, 与 `-[>>>` 和 `->[>[>[>]` 等效, 生成 3 个紧紧相邻的箭头。

选项

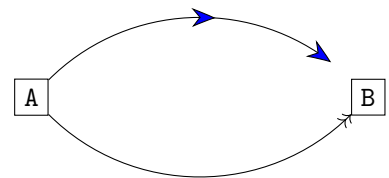
```
sep=<dimension>_<line_width_factor>_<outer_factor>
```

用在两个对象之间, 设置二者的间距, 默认 `sep=0.88pt .3 1` (注意这个默认值是三个数量格式的)

```
\tikz {
\draw [very thick,-{>[sep=1pt]>[sep= 6pt]>}]
(0,1.0) -- (1,1.0);
\draw [very thick,-{>[sep=6pt]>[sep=-2pt]>}]
(0,0.5) -- (1,0.5);
\draw [very thick,-{> >[sep] >}]
(0,0.0) -- (1,0.0);
}
```



```
\tikz {
\node [draw] (A) {A};
\node [draw,node distance=4cm] (B) [right=of A] {B};
\draw [>={Stealth[scale=2,fill=blue,bend]}]
[-{> [sep=40pt] >[sep=10pt]}]
(A) to [bend left=45] (B);
\draw [-> >] (A) to [bend right=45] (B);
}
```



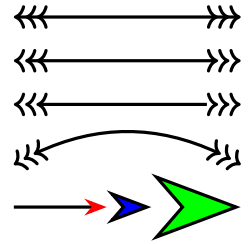
14.14 间断串联箭头

可以在某个箭头前或后加一个点号, 使得点号之后的路径不显示, 造成多个箭头不连续的效果。


```

\tikz [very thick]
  \draw [<<<->>>] (0,0) -- (3,0);\\
\tikz [very thick]
  \draw [<. <<-> .>>] (0,0) -- (3,0);\\
\tikz [very thick]
  \draw [<<. <-> .>>>] (0,0) -- (3,0);\\
\tikz [very thick]
  \draw [<<. <-> .>>] (0,0) to [bend left] (3,0);\\
\tikz [very thick]
  \draw [-{Stealth[red] . Stealth[scale=2,fill=blue]
    Stealth[scale=4,fill=green]}] (0,0) -- (3,0);

```



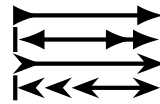
14.15 指示箭头的界限

将竖线符号 `|` 放在箭头符号一旁，可以给箭头指示界限。

```

\begin{tikzpicture}[scale=2,ultra thick]
\begin{scope}[>=Latex]
\draw[>->] (0pt,3ex) -- (1cm,3ex);
\draw[|<->|] (0pt,2ex) -- (1cm,2ex);
\end{scope}
\begin{scope}[>=Stealth]
\draw[>->] (0pt,1ex) -- (1cm,1ex);
\draw[|<<. <-> |] (0pt,0ex) -- (1cm,0ex);
\end{scope}
\end{tikzpicture}

```



关于箭头的更多样式，参考《手册》16.5 Reference: Arrow Tips; 67.5 Arrow Shapes.

15 数学程序库

在导言区调用程序库 `\usetikzlibrary{math,calc}`。

`pgf` 和 `TikZ` 都使用 `pgf` 数学引擎（这个引擎用纯 `TeX` 来计算，与专业的数学软件相比，计算的速度和精度有限）来执行数学表达式，但是所用的语法非常复杂。数学程序库会利用 `pgf` 数学引擎，但使用相对便捷的句法。可以调用 `fpu` 程序库来提高计算精度。数学程序库在执行关于坐标的运算时，会调用 `cal` 程序库。

数学程序库用在命令 `\tikzmath{<statements>}` 之中，其中 `<statements>` 是一系列执行数学运算的语句，每个语句必须以分号结束。

关键词 `evaluate=<statements>`，等效于 `\tikzmath{<statements>}`。

命令 `evaluate=<statements>` 和语句 `\tikzmath{<statements>}` 中的 `<statements>` 由一些数学程序库定义的关键词和表达式构成，注意每个关键词之后必须带一个空格，不能有空行。

15.1 用等号 = 赋值

可以用等号 `=` 给宏赋值，例如

```
\newcount\mycount
\newdimen\mydimen
\tikzmath{
    \a = 4*5+6;
    \b = sin(30)*4;
    \mycount = log10(2048) / log10(2);
    \mydimen = 15^2;
}
\a, \b, \the\mycount, \the\mydimen
```

26.0, 2.0, 11, 225.0pt

被赋值的宏可以有数字后缀，作用类似数学下标

```
\tikzmath{
    \x1 = 3+4; \x2 = 30+40; \x3 = 300+400;
}
\x1, \x2, \x3
```

7.0, 70.0, 700.0

被赋值的宏也可以有非数字后缀，只需把后缀用花括号括起来

```
\tikzmath{
    \c{air} = 340; \c{water} = 1435; \c{steel} = 6100;
}
\foreach \medium in {air,steel}
    {The speed of sound in \medium\ is \c{\medium} m/s. }
```

The speed of sound in air is 340 m/s. The speed of sound in steel is 6100 m/s.

15.2 let 赋值

句法

```
let <variable> = <expression>;
```

```
\tikzmath{
  let \x = (5*4)+1;
  let \c1 = blue;
}
\x, "\c1"
```

(5*4)+1, "blue"

15.3 数值类型

默认按照十进制小数做计算。也可以声明数值类型。

```
integer <variable>, <additional variables>; 声明所列举的变量是整数
int <variable>, <additional variables>; 上一语句的简写
real <variable>, <additional variables>; 声明所列举的变量是实数
```

```
\tikzmath{
  integer \x, \y, \z;
  \x = 4*5+6;
  \y = sin(30)*4;
  \z = log10(512) / log10(2);
  print {$x=\x$, $y=\y$, $z=\z$};
}
```

$x = 26, y = 2, z = 9$

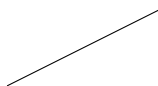
15.4 给 coordinate 变量赋值

可以把 (2cm,3pt), (my node.east), 或者坐标的运算表达式(无需用 $\$...\$$ 符号)赋予某个 coordinate 变量 (宏), 并可以在 tikzpicture 环境中引用这个宏。

句法

```
coordinate <variable>, <additional variables>;
```

```
\tikzmath{
  coordinate \c, \d;
  \c = (-1,2)+(1,-1);
  \d = (4,1)-(2,-1);
}
\tikz\draw (\c) -- (\d);
```



坐标分量可用如下方式引用

```
\tikzmath{
  coordinate \c;
  \c1 = (30:20pt); % 加后缀
  \c2 = (210:20pt); % 加后缀
}
\tikz\draw (\cx1,\cy1) -- (\cx2,\cy1) -- (\cx2,\cy2) -- (\cx1,\cy2);
```



15.5 for 循环语句

句法

```
for <variable> in {<list>}{<expressions>;}
```

注意, (1) 使用花括号; (2) <list> 中不能有坐标; (3) 一个 for 后只能有一个变量; (4) for 引起的赋值的有效范围超出循环体。

```
\tikzmath{
  int \x, \y;
  \y = 0;
  for \x1 in {1,...,5}{
    for \x2 in {10,20,...,50}{
      \y = \y+\x1*\x2;
    };
  };
}
$x_1=\x1, x_2=\x2, y=\y$
```

$$x_1 = 5, x_2 = 50, y = 2250$$

15.6 if 条件语句

语句结构

```
if <condition> then {<if-non-zero-statements>;}

if <condition> then {<if-non-zero-statements>}
  else {<if-non-zero-statements>;}
```

例如

```

\begin{tikzpicture}
\begin{tikzmath}
  int \x;
  for \k in {0,10,...,350}{
    if \k>260 then { let \c = orange; } else {
      if \k>170 then { let \c = blue; } else {
        if \k>80 then { let \c = red; } else {
          let \c = green; }; }; };
{\path [fill=\c!50, draw=\c] (\k:0.5cm) -- (\k:1cm) --
(\k+5:1cm) -- (\k+5:0.5cm) -- cycle;};
  };
}
\end{tikzpicture}

```



15.7 声明函数

句法

```
function <name>(<arguments>) { <definition> };
```

其中的 `name` 可以是任何当前环境中尚未定义的名称；如果没有变量，可以不用圆括号；在函数定义中，必须用 `return <expression>;` 结尾。

```

\begin{tikzmath}
  function product(\x,\y) {return \x*\y;};
  int \i, \j, \k;
  \i = random(1,10);
  \j = random(20, 40);
  \k = product(\i, \j);
  print { $\i\times \j = \k$ };
}

```

$$10 \times 23 = 230$$

15.8 用 print 输出结果

句法

```
print {<code>;}
```

```

\tikzmath{
  int \x, \y, \z;
  \x = random(2, 5);
  for \y in {0,...,6}{
    \z = \x^\y;
    print {\$ \x^\y = \z$, };
  }
}

```

$5^0 = 1$, $5^1 = 5$, $5^2 = 25$, $5^3 = 125$, $5^4 = 625$, $5^5 = 3125$, $5^6 = 15625$,

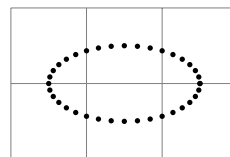
15.9 注意赋值的有效范围

所有赋值在整个分组内有效，注意用环境或者花括号分组限制赋值的有效范围。

```

\begin{tikzpicture}
\draw [help lines] grid (3,2);
\tikzmath{
  coordinate \c;
  for \x in {0,10,...,360}{
    \c = (1.5cm, 1cm) + (\x:1cm and 0.5cm);
    { \fill (\c) circle [radius=1pt]; };
  }
}
\end{tikzpicture}

```



15.10 基本数学运算和函数

$x + y$	加法
$x - y$	减法
$-x$	相反数
$x * y$	乘法
x / y	除法
$x ^ y$	乘方，幂运算
$x!$	阶乘
$x r$	把 x 转为弧度
$x ? y : z$	等价于 <code>if x then y else z</code> ，若 x 非零即真
$x == y$	若 x 等于 y 则返回 1，否则返回 0
$x > y$	若 x 大于 y 则返回 1，否则返回 0
$x < y$	若 x 小于 y 则返回 1，否则返回 0
$x = y!$	若 x 不等于 y 则返回 1，否则返回 0

<code>x >= y</code>	若 x 大于等于 y 则返回 1, 否则返回 0
<code>x <= y</code>	若 x 小于等于 y 则返回 1, 否则返回 0
<code>x && y</code>	若 x 和 y 都是非零的则返回 1, 否则返回 0
<code>x y</code>	若 x 或 y 非零则返回 1, 否则返回 0
<code>!x</code>	若 x 是零则返回 1, 否则返回 0
<code>divide(x,y)</code>	x 除以 y 的商
<code>div(x,y)</code>	按就近原则, 对 x 除以 y 的商取整
<code>sqrt(x)</code>	x 的算术平方根
<code>pow(x,y)</code>	x 的 y 次幂
<code>e</code>	自然对数底
<code>exp(x)</code>	e^x
<code>ln(x)</code>	以 e 为底的 x 的对数
<code>log10(x)</code>	以 10 为底的 x 的对数
<code>log2(x)</code>	以 2 为底的 x 的对数
<code>abs(x)</code>	x 的绝对值
<code>mod(x,y)</code>	x 除以 y 的余数
<code>sign(x)</code>	x 的符号
<code>round(x)</code>	对 x 四舍五入
<code>floor(x)</code>	按就近原则, 对 x 取整
<code>ceil(x)</code>	对 x 向上取整
<code>int(x)</code>	返回 x 的整数部分
<code>frac(x)</code>	返回 x 的小数部分
<code>real(x)</code>	声明 x 是实数
<code>isodd(x)</code>	若 x 的整数部分是奇数则返回 1
<code>iseven(x)</code>	若 x 的整数部分是偶数则返回 1
<code>isprime(x)</code>	若 x 的整数部分是素数则返回 1
<code>pi</code>	圆周率 π
<code>rad(x)</code>	把 x 转为弧度
<code>deg(x)</code>	把 x 转为角度
<code>sin(x)</code>	角度 x 的正弦值
<code>sin(x r)</code>	弧度 x 的正弦值, 例如 <code>sin(pi/3 r)</code>
<code>cos(x)</code>	角度 x 的余弦值
<code>cos(x r)</code>	弧度 x 的余弦值
<code>tan(x)</code>	角度 x 的正切值
<code>tan(x r)</code>	弧度 x 的正切值
<code>cot(x)</code>	角度 x 的余切值
<code>cot(x r)</code>	弧度 x 的余切值
<code>asin(x)</code>	x 的反正弦角度值, 在 -90° 到 90° 之间
<code>acos(x)</code>	x 的反余弦角度值, 在 0° 到 180° 之间
<code>atan(x)</code>	x 的反正切角度值

<code>atan2(y,x)</code>	y/x 的反正切角度值
<code>trig format=deg rad</code>	设置三角函数按照角度或弧度模式计算, 初值为 <code>deg</code>
<code>rnd</code>	产生 0 到 1 之间的一个服从均匀分布的随机数
<code>rand</code>	产生 -1 到 1 之间的一个服从均匀分布的随机数
<code>random</code>	与 <code>rnd</code> 相同
<code>random(x)</code>	产生 1 到 x 之间的一个随机整数
<code>random(x,y)</code>	产生 x 到 y 之间的一个随机整数
<code>veclen(x,y)</code>	返回向量 (x,y) 的模 $\sqrt{x^2 + y^2}$
<code>min(x1,x2,...,xn)</code>	返回数组的最小值
<code>max(x1,x2,...,xn)</code>	返回数组的最大值
<code>array({x},{y})</code>	用数组 $\{y\}$ 来索引数组 $\{x\}$
<code>sinh(x)</code>	x 的双曲正弦值
<code>cosh(x)</code>	x 的双曲余弦值
<code>tanh(x)</code>	x 的双曲正切值
<code>width(``x'')</code>	返回包含 x 的盒子的宽度
<code>height(``x'')</code>	返回包含 x 的盒子的高度
<code>depth(``x'')</code>	返回包含 x 的盒子的深度

`()`, 圆括号, 定义运算顺序, 或者标识函数的自变量, 例如, `sin(30)` 等价于 `sin 30` (注意空格); `sin 30*10` 等价于 `sin(30)*10`.

`{ }`, 花括号, 用来定义数组, 数组元素可以是数值也可以是数组, 例如 `{1, {2,3}, {4,5}, 6}`.

`[]`, 方括号, 索引数组元素, 索引顺序是 `0,1,2, ...`

`'' ''`, 双引号, 引起文本。

16 用路径算子 plot 绘制函数图像

路径算子 `plot` 只适合绘制简单的初等函数图。

16.1 两个基本模式: line-to 和 moving-to

```
\path_..._--plot<further_arguments>_..._;
```

```
\path_..._plot<further_arguments>_..._;
```

带两条短连接线的 `--plot` 是 `line-to` 模式, 即把 `plot` 之前的路径与 `plot` 绘制的路径连接起来。不带短线的是 `moving-to` 模式, 从 `plot` 之前的路径直接跳到 `plot` 绘制的路径, 之间无连接线。

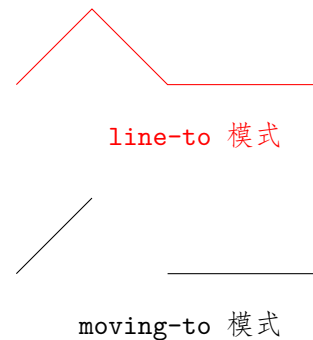
基本句法


```
--plot[<local_options>]coordinates{<coordinate_1>
.....<coordinate_2>.....<coordinate_n>}
--plot[<local_options>]file{<filename>}
--plot[<local_options>]<coordinate_expression>
--plot[<local_options>]function{<gnuplot_formula>}
```

<coordinate expression> 的意思是，坐标的每个分量都是函数表达式；如果函数表达式中有圆括号，则整个表达式要用花括号括起来。

line-to 和 moving-to 的区别

```
\begin{tikzpicture}
\draw (0,0) -- (1,1) plot coordinates {(2,0) (4,0)}
node[below left=0.5 ] {moving-to模式};
\draw[color=red,yshift=2.5cm]
(0,0) -- (1,1) -- plot coordinates {(2,0) (4,0)}
node[below left=0.5 ]{line-to模式};
\end{tikzpicture}
```



16.2 用坐标点绘制折线图

```
\tikz \draw plot coordinates {(0,0) (1,1) (2,0) (3,1) (2,1) (10:2cm)};
```



16.3 与绘图的有关变量

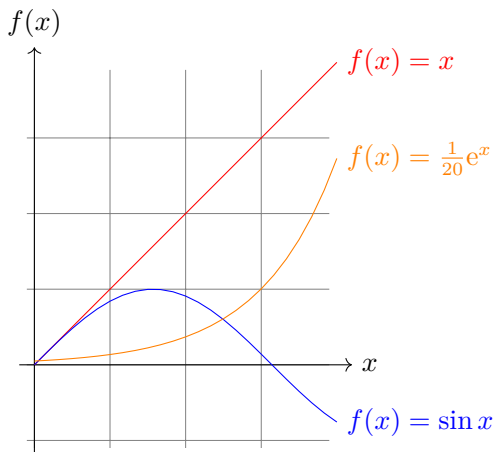
对于函数表达式有以下可用选项

```
variable=<macro> 自定义自变量，必须以宏符号\开头，默认\x
samples=<number> 样本点数目，默认25
domain=<start>:<end> 定义域，默认-5:5
samples at=<sample list> 自变量取值表，用以计算样本点
```

在下面的代码中，符号 $\x r$ 是将角度 \x 转换为弧度

```
\begin{tikzpicture}[domain=0:4]
\draw[very thin,color=gray] (-0.1,-1.1) grid (3.9,3.9);
\draw[->] (-0.2,0) -- (4.2,0) node[right] {$x$};
\draw[->] (0,-1.2) -- (0,4.2) node[above] {$f(x)$};
\draw[color=red] plot (\x,\x) node[right] {$f(x) =x$};
\draw[color=blue] plot (\x,{sin(\x r)}) node[right] {$f(x) = \sin x$};
```

```
\draw[color=orange] plot (\x,{0.05*exp(\x)})
  node[right] {$f(x) = \frac{1}{20} \mathrm{e}^x$};
\end{tikzpicture}
```



下面的代码画三维参数曲线，选项 `smooth` 会使得曲线更加平滑。

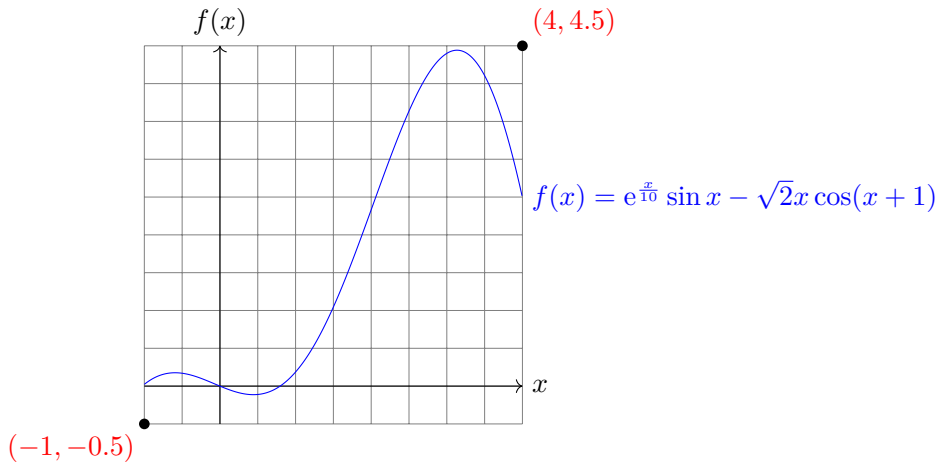
```
\tikz \draw[domain=0:360,smooth,variable=\t]
  plot ({sin(\t)},\t/360,{cos(\t)});
```



16.4 复合函数举例

下面例子中的运算可能需要调用 `math`, `cal` 程序库

```
\begin{tikzpicture}[samples=500,domain=-1:4]
\draw [help lines,step=0.5cm]
  (-1,-0.5)node[below left,red]{\(-1,-0.5\)} grid
  (4,4.5)node[above right,red]{\$(4,4.5)\$};
\draw[->] (-1,0) -- (4,0) node[right] {\$x\$};
\draw[->] (0,-0.5) -- (0,4.5) node[above] {\$f(x)\$};
\draw[color=blue] plot (\x,{exp(\x / 10) * (sin(\x r))
  - (2 ^ (1/2)) * \x * (cos(\x r + 1))})
  node[right] {$f(x) = \mathrm{e}^{\frac{x}{10}} \sin x
  - \sqrt{2} x \cos (x+1)$};
\fill (-1,-0.5) circle [radius=2pt]
  (4,4.5) circle [radius=2pt];
\end{tikzpicture}
```



17 坐标轴和图形的变换

17.1 设置坐标轴的单位长度和方向

`x=<value>` 设置x轴的单位长度是多长（注意长度单位）

`x=<coordinate>` 设置x轴的单位向量

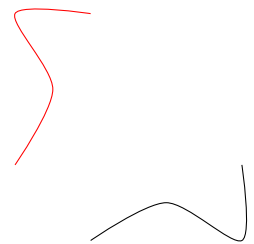
`y=<value>` 类似

`y=<coordinate>` 类似

`z=<value>` 类似

`z=<coordinate>` 类似

```
\begin{tikzpicture}[smooth]
\draw plot coordinates{(1,0) (2,0.5) (3,0) (3,1)};
\draw[x={(0cm,1cm)},y={(1cm,0cm)},color=red]
plot coordinates{(1,0) (2,0.5) (3,0) (3,1)};
\end{tikzpicture}
```



17.2 坐标轴以及图形的变换

下面的变换都是针对图形及其固连坐标系的

`xshift=<value>` 将坐标轴和图一起沿着x轴平移

`yshift=<value>` 将坐标轴和图一起沿着y轴平移

`zshift=<value>` 将坐标轴和图一起沿着z轴平移

`shift={<coordinate>}` 将坐标轴和图一起按指定向量平移

`shift only` 只保留复合变换中的平移

`scale=<factor>` 以原点为位似中心作放缩

`scale around={<factor> : <coordinate>}` 以指定坐标为位似中心作放缩

```

xscale=<factor> 点的纵标不变，横标放缩factor（有正负）倍
yscale=<factor> 类似
xslant=<factor> 将点(x,y)变成(x+y*factor,y)
yslant=<factor> 类似
rotate=<degree> 以原点为中心旋转
rotate around={<degree>:<coordinate>} 以指定点为中心旋转
rotate around x=<angle> 在三维坐标系中，绕x轴旋转（有向角度）
rotate around y=<angle> 类似
rotate around z=<angle> 类似
cm={<a>,<b>,<c>,<d>,<coordinate>} 这是二维的一般变换

```

假设对点 (x, y) 施加 `cm` 选项的变换，令选项中的 `coordinate` 是 (p, q) ，则变换就是

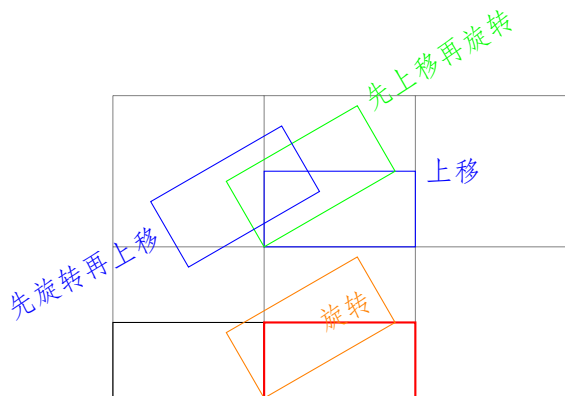
$$\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} p \\ q \end{pmatrix}$$

上面的选项是针对图形及其固连坐标系的，故平移和旋转复合时，交换次序可能产生不同结果。

```

\begin{tikzpicture}[scale=2]
\draw[help lines] (0,0) grid (3,2);
\draw (0,0) rectangle (1,0.5);
\begin{scope}[xshift=1cm]
\draw [red, thick] (0,0) rectangle (1,0.5);
\draw[yshift=1cm] [blue] (0,0) rectangle (1,0.5) node[right]{上移};
\draw[rotate=30] [orange] (0,0) rectangle node[sloped,right]{旋转}(1,0.5);
\draw[yshift=1cm,rotate=30] [green] (0,0) rectangle (1,0.5)
node[rotate=30,right]{先上移再旋转} ;
\draw[rotate=30,yshift=1cm] [blue] (0,0) rectangle
node[sloped,left=1]{先旋转再上移}(1,0.5) ;
\end{scope}
\end{tikzpicture}

```



18 预定义的基本几何图形

预定义的几何图形是圆和矩形，调用 `shapes.geometric` 程序库后有更多图形可用。

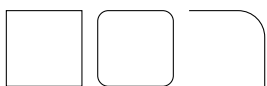
18.1 矩形 `rectangle`

`<coordinate> rectangle <coordinate>` 指定对角线坐标画矩形

选项 `rounded corners` 把直角改为圆角

选项 `rounded corners=10pt` 设置圆角半径为10pt

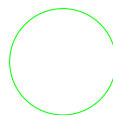
```
\tikz \draw (0,0) rectangle (2,2);
\tikz \draw[rounded corners] (0.5,0.5) rectangle (1.5,1.5);
\tikz \draw[rounded corners=10pt] (2,0) -- (2,2) -- (0,2);
```



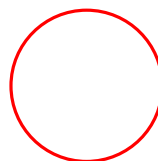
18.2 圆 `circle`

`circle` 之前是圆心坐标，之后的选项是半径尺寸，半径尺寸可放在方括号内，也可放在圆括号内。

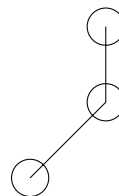
```
\begin{tikzpicture}
\draw[color=green,very thin] (10pt,15pt)
circle[radius=20pt];
\end{tikzpicture}
```



```
\begin{tikzpicture}
\draw[color=red,very thick] (10pt,15pt)
circle(1cm);
\end{tikzpicture}
```



```
\begin{tikzpicture}[radius=7pt]
\draw (0,0) circle -- (1,1) circle -- ++(0,1) circle;
\end{tikzpicture}
```



18.3 椭圆 `ellipse`

若 `circle` 带有 `x radius=`, `y radius=` 选项，就是设置两个半轴画椭圆，此时可用 `ellipse` 代替 `circle`。

```
\begin{tikzpicture}
\fill (1,0) ellipse [x radius=1cm, y radius=5mm, rotate=30];
\end{tikzpicture}
```



18.4 圆弧 arc

<coordinate> arc [<options>] 这里的<coordinate>是起点坐标

选项 start angle=<degrees> 设置起始角度

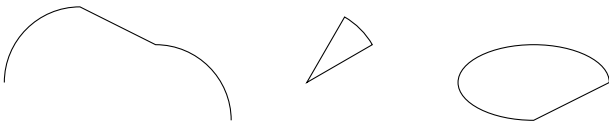
选项 end angle=<degrees> 设置终止角度

选项 delta angle=<degrees> 设置终止角度减起始角度之差

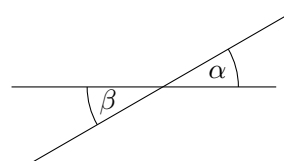
选项 radius=尺寸 设置弧的半径尺寸

注意比较下面例子中 -- cycle 的作用

```
\begin{tikzpicture}[radius=1cm]
\draw (0,0) arc[start angle=180, end angle=90]-- (2,.5)
      arc[start angle=90, delta angle=-90];
\draw (4,0) -- +(30:1cm)
      arc [start angle=30, delta angle=30] -- cycle;
\draw (8,0) arc [start angle=0, end angle=270,
                x radius=1cm, y radius=5mm] -- cycle;
\end{tikzpicture}
```

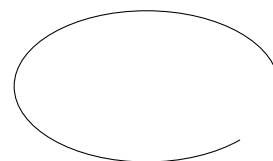


```
\begin{tikzpicture}[radius=1cm,delta angle=30]
\draw (-1,0) -- +(3.5,0);
\draw (1,0) ++(210:2cm) -- +(30:4cm);
\draw (1,0) +(0:1cm) arc [start angle=0];
\draw (1,0) +(180:1cm) arc [start angle=180];
\path (1,0) ++(15:.75cm) node{\alpha};
\path (1,0) ++(15:-.75cm) node{\beta};
\end{tikzpicture}
```



也可以画椭圆弧

```
\tikz \draw (0,0) arc [start angle=0, end angle=315,
                    x radius=1.75cm, y radius=1cm];
```



18.5 网格 grid, help lines

```
<coordinate> grid [<options>] <coordinate>;
[<options>]<coordinate> grid <coordinate>;
```

grid 前后的坐标指示网格所在区域的对角线。

选项 `step=<number or dimension or coordinate>` 设置每小格的边长, 初始值1cm

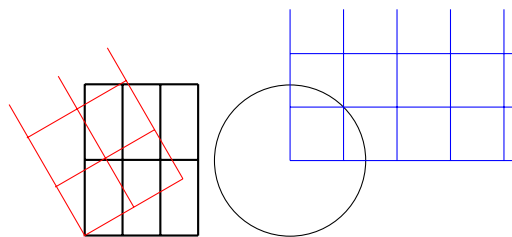
选项 `step=<coordinate>` 指示一个小格的对角线向量

选项 `xstep=<dimension or number>` 设置横向步长, 初始值1cm

选项 `ystep=<dimension or number>` 设置纵向边长, 初始值1cm

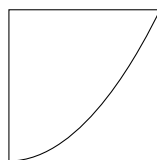
help lines 是预定义的网格, 初始值 `line width=0.2pt,gray`

```
\begin{tikzpicture}[x=.5cm]
\draw[thick] (0,0) grid [step=1] (3,2);
\draw[red] (0,0) grid [step=.75cm] (3,2);
\end{tikzpicture}
\begin{tikzpicture}
\draw (0,0) circle [radius=1];
\draw[blue] (0,0) grid [step=(45:1)] (3,2);
\end{tikzpicture}
```



18.6 抛物线算子 parabola

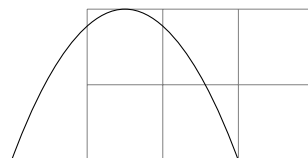
```
\tikz \draw [scale=2](0,0) rectangle (1,1)
(0,0) parabola (1,1);
```



```
\tikz \draw [x=1pt,y=1pt,scale=4]
(0,0) parabola bend (4,16) (6,12);
```



```
\begin{tikzpicture}
\draw[help lines] (0,0) grid (3,2);
\draw (-1,0) parabola[parabola height=2cm] +(3,0);
\end{tikzpicture}
```



18.7 正弦, 余弦算子 `sin`, `cos`

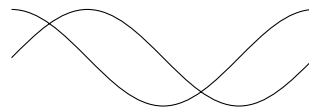
这两个算子只能画出区间 $[0, \pi/2]$ 内的 $\sin(x), \cos(x)$ 图, 区间端点为 $\pi/2$ 的整数倍的区间内的图可以用拼接的方法画出。

```
A sine \tikz \draw[x=1ex,y=1ex] (0,0) sin (1.57,1); curve.
```

A sine \curvearrowright curve.

注意下图中 x 轴的单位

```
\tikz \draw[x=1.57ex,y=1ex,scale=4]
(0,0) sin (1,1) cos (2,0) sin (3,-1) cos (4,0)
(0,1) cos (1,0) sin (2,-1) cos (3,0) sin (4,1);
```



18.8 菱形 `diamond`

可以将 `aspect=ratio` 作为环境或者 `node` 的选项, 设置菱形的横宽与竖高之比

```
\tikz [aspect=2]
\node[shape=diamond ,draw] {Diamond};
```

其中的 `shape=` 可以省略



18.9 梯形 `trapezium`

如果没有其他选项, 选项 `trapezium` 画出等腰梯形, 另外有以下选项

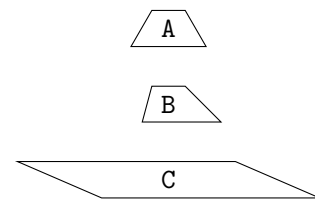
```
trapezium left angle=<angle> 左下角度数
trapezium right angle=<angle> 右下角度数
trapezium angle=<angle> 两个底角都是某个度数
trapezium stretches=<boolean> 默认 true
minimum size= 最小尺寸
minimum width= 最小宽度
minimum height= 最小高度
trapezium stretches
```

`trapezium stretches` 允许在某一个方向伸缩, 如果没有这个选项, `minimum width` 或 `minimum height` 将改变整体尺寸, 而不仅改变横向或竖向尺寸。


```

\begin{tikzpicture}
\tikzstyle{every node}=[trapezium, draw]
  \node at (0,2) {A};
\node[trapezium left angle=75, trapezium right angle=45]
  at (0,1) {B};
\node[trapezium left angle=120, trapezium right angle=60,
  trapezium stretches,minimum width=4cm]
  at (0,0) {C};
\end{tikzpicture}

```



18.10 半圆 semicircle

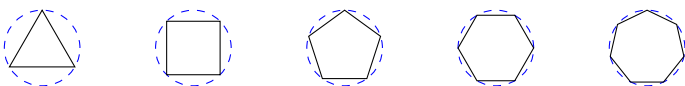
18.11 正多边形 regular polygon

用选项 `regular polygon sides=<integer>` 设置多边形的边数

```

\begin{tikzpicture}
\foreach \a in {3,...,7}
{
  \draw[blue, dashed] (\a*2,0) circle(0.5cm);
  \node[regular polygon, regular polygon sides=\a,
  minimum size=1cm, draw] at (\a*2,0) {};
}
\end{tikzpicture}

```



18.12 星星 star

`star` 可以有以下选项

```

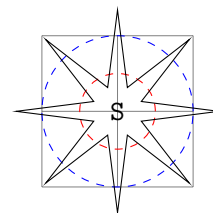
star points=<integer> 星星凸出角的个数
star point height=<distance> 点的高度
star point ratio=<number> 角的角度

```

```

\begin{tikzpicture}
\draw [help lines] (0,0) grid (2,2);
\draw [blue, dashed] (1,1) circle(1cm);
\draw [red, dashed] (1,1) circle(.5cm);
\node [star, star points=8,star point ratio=30,
      star point height=1cm,minimum size=2cm, draw]
      at (1,1) {S};
\end{tikzpicture}

```



18.13 等腰三角形 isosceles triangle

等腰三角形有以下选项

```

isosceles triangle apex angle=<angle> 底角度数
isosceles triangle stretches=<boolean> 默认true

```

选项 `isosceles triangle stretches` 允许在某一个方向伸缩,如果没有这个选项,`minimum width` 或 `minimum height` 将改变整体尺寸,而不仅改变横向或竖向尺寸。

18.14 筝形 kite

`kite` 有以下选项

```

kite upper vertex angle=<angle> 顶角度数
kite lower vertex angle=<angle> 底角度数
kite vertex angles=<angle specification> 上下角都是某个度数

```

18.15 飞镖 dart

`dart` 有两个选项

```

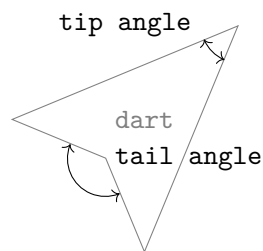
dart tip angle=<angle> 顶角度数
dart tail angle=<angle> 底角度数

```

```

\begin{tikzpicture}
\node[dart, draw, gray, shape border uses incircle,
      shape border rotate=45] (d) {dart};
\draw [<->] (d.tip)++(202.5:.5cm)
      arc(202.5:247.5:.5cm);
\node [left=.5cm] at (d.tip) {tip angle};
\draw [<->] (d.tail center)++(157.5:.5cm)
      arc(157.5:292.5:.5cm);
\node [right] at (d.tail center) {tail angle};
\end{tikzpicture}

```



18.16 扇形 circular sector

扇形有角度选项 `circular sector angle=<angle>`。

18.17 圆柱 cylinder

`cylinder` 有以下选项

```

aspect=<value> 底面的圆度，圆度越小就越扁
cylinder end fill=<color> 底面填充颜色
cylinder body fill=<color> 侧面填充颜色
cylinder uses custom fill=<boolean> 能否填充颜色，默认 true

```

```

\begin{tikzpicture}[aspect=0.5]
\node [cylinder, cylinder uses custom fill,
      cylinder end fill=red!50,
      cylinder body fill=red!25] {\huge Cylinder};
\end{tikzpicture}

```

Cylinder

19 象征性图形

首先调用 `shapes.symbols` 程序库 `\usepgflibrary{shapes.symbols}`。

在下面的象征性图形中，可以用 `aspect,minimum width,minimum height ,fill=yellow,draw=red, line width=2pt` 等选项。

19.1 禁止指示图 correct forbidden sign 和 forbidden sign

```
\tikz \node [correct forbidden sign,line width=1ex,
            draw=red,fill=white] {Smoking};
```

```
\tikz \node [forbidden sign,line width=1ex,
            draw=red,fill=white] {Smoking};
```



19.2 放大镜 magnifying glass

magnifying glass 有两个相关选项

```
magnifying glass handle angle fill=<degree> 放大镜手柄的角度, 默认 -45
```

```
magnifying glass handle angle aspect=<factor> 手柄长度与圆半径之比, 默认 1.5
```

```
\begin{tikzpicture}
\node [magnifying glass,line width=1ex,draw] {huge};
\end{tikzpicture}
```



19.3 云 cloud

cloud 有两个相关选项

```
cloud puffs=<integer> 云瓣个数, 初始值 10
```

```
cloud puff arc=<angle> 云瓣角度, 初始值 135
```

```
\begin{tikzpicture}
\node[cloud, draw, fill=gray!20, aspect=2] {ABC};
\node[cloud, draw, fill=gray!20] at (1.5,0) {D};
\end{tikzpicture}
```



19.4 爆炸图 starburst

starburst 有以下相关选项

```
starburst points=<integer> 突出角的个数, 初始值 17
```

```
starburst point height=<length> 突出角的高度, 初始值 .5cm
```

```
\begin{tikzpicture}
\node[starburst, fill=yellow, draw=red, line width=2pt]
  {\bf BANG!};
\end{tikzpicture}
```



19.5 信号灯 signal

signal 有以下相关选项

signal pointer angle=<angle> 终端角度, 初始值 90

signal from=<direction> and <opposite direction> 指定内凹端方位, 初始值 nowhere, 例如, north, south, east, west, above, below, right, left, nowhere, nowhere 只有内凹端, 没有外凸端

signal to=<direction> and <opposite direction> 指定外凸端方位, 初始值 east

```
\begin{tikzpicture}
[every node/.style={signal, draw, text=white, signal to=nowhere}]
\node[fill=green!65!black, signal to=east] at (0,1) {To East};
\node[fill=red!65!black, signal from=east] at (0,0) {From East};
\end{tikzpicture}
```

19.6 条带 tape

tape 有以下相关选项

tape bend top=<bend style> 指定上边界的弯曲方式, 从 in and out, out and in 或 none 之中三选一, 初始值 in and out, 将字母 S 逆时针旋转 90 度, 就是 in and out 形态

tape bend bottom=<bend style> 指定下边界的弯曲方式, 初始值 in and out

```
\begin{tikzpicture}
\tikzstyle{every node}=[tape, draw]
\node [tape bend top=out and in, tape bend bottom=out and in]
  {Parallel};
\node at (2,0) [tape bend bottom=out and in] {Why?};
\end{tikzpicture}
```

20 树状图

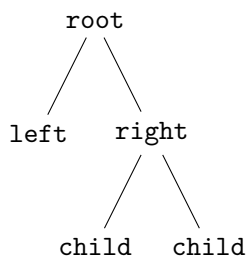
首先调用 `trees` 程序库 `\usetikzlibrary{trees}`。

20.1 树的层次构造，在节点间连线

根节点用 `\node` 语句设置,子节点用 `child { <node 语句设置> child { ... } }` 这种句型设置。可以根据环境和花括号分组判断节点所在的层次。在设置好最后一个子节点时加分号。程序会按预设设在父节点与子节点画线。

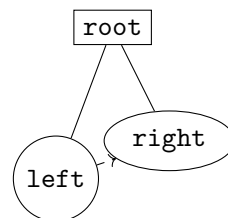
下图中,根之下的层次有 2 个 `child`,分别命名为 `left` 和 `right`;在 `right` 之下有 2 个 `child`。

```
\begin{tikzpicture}
\node {root}
  child {node {left}}
  child {node {right}}
    child {node {child}}
    child {node {child}}
  };
\end{tikzpicture}
```



可以用连线符号 `--` 在子节点之间画线

```
\begin{tikzpicture}[sibling distance=15mm]
\node[rectangle,draw] {root}
  child {node[circle,draw,yshift=-5mm] (left node) {left}}
  child {node[ellipse,draw] (right node) {right}};
\draw[dashed,->] (left node) -- (right node);
\end{tikzpicture}
```



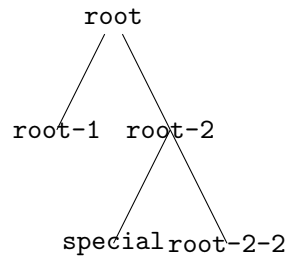
20.2 给节点命名

如前面的例子,可用 `node` 语句给节点命名。如果不给节点命名,则系统会自动给节点命名。假设父节点的名称是 `parent`,则它的子节点分别命名为 `parent-1`, `parent-2` 等等;`parent-1` 的子节点分别命名为 `parent-1-1`, `parent-1-2` 等等。

```

\begin{tikzpicture}[sibling distance=15mm]
\node (root) {root}
  child
  child {
    child {coordinate (special)}
    child
  };
\node at (root-1) {root-1};
\node at (root-2) {root-2};
\node at (special) {special};
\node at (root-2-2) {root-2-2};
\end{tikzpicture}

```



20.3 节点选项的有效范围

选项的有效范围按如下原则设置

- 对整个树的选项设置应在根之前，放在方括号里。
- 对根节点的选项设置在根的 `node` 语句中设置。
- 对根下所有子节点的选项设置放在根与第 1 个子节点之间，放在方括号里。
- 在某个子节点后的方括号里（花括号之前）的选项，对该子节点以及该子节点产生的分支都有效。
- 对单个子节点的选项设置应在该子节点后的花括号里用 `node` 语句设置。
- 特定层次、分支或节点的属性，都可以在本地设置，并且本地设置优于前面的设置。

```

\begin{tikzpicture}
\scoped % 开启子环境画树图
[... ] % 方括号内的选项用于整个树
\node[... ] {root} % 方括号内的选项只针对根节点
  [... ] % 方括号内的选项针对所有子节点
  child[... ] % 方括号内的选项针对该子节点以及该子节点之下的分支
  {
    node[... ] {} % 方括号内的选项只针对当前的子节点
    ...
  }
  child[... ] % 方括号内的选项针对该子节点以及该子节点之下的分支
;
\end{tikzpicture}

```

20.4 树层样式设置

可以为环境的所有树层设置样式选项，格式为

```
level/.style={ ... }
```

```
\begin{tikzpicture}[level/.style={sibling distance=20mm/#1}]
\node {root}
  child { child child }
  child { child child child };
\end{tikzpicture}
```

也可以对特定的树层定义样式，下面分别定义第 1 层和第 2 层的样式

```
\begin{tikzpicture}
[level 1/.style={sibling distance=20mm},
level 2/.style={sibling distance=5mm}]
\node {root}
  child { child child }
  child { child child child };
\end{tikzpicture}
```

20.5 树层间距以及一层之内的节点间距

```
level distance=<distance>
```

按有效范围设置层间距。如果本选项针对单个节点，则只对从该节点出发的向下的间距有效。

```
sibling distance=<distance>
```

按有效范围，设置层内各节点之间的间距。

```
\begin{tikzpicture}
[level distance=10mm,
every node/.style={fill=red!60,circle,inner sep=1pt},
level 1/.style={sibling distance=20mm,nodes={fill=red!45}},
level 2/.style={sibling distance=10mm,nodes={fill=red!30}},
level 3/.style={sibling distance=5mm,nodes={fill=red!25}}]

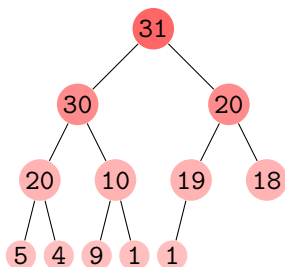
\node {31}
  child {node {30}
    child {node {20}
      child {node {5}}
      child {node {4}}
    }
  }
}
```



```

    child {node {10}}
      child {node {9}}
      child {node {1}}
    }
  }
  child {node {20}}
    child {node {19}}
      child {node {1}}
      child[missing]
    }
    child {node {18}}
  };
\end{tikzpicture}

```



20.6 节点生长方向选项

```
grow=<direction>
```

<direction> 可以是某个角度（方向角），也可以是 down, up, left, right, north, south, east, west, north east, north west, south east, south west.

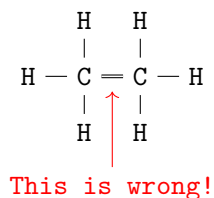
```
grow'=<direction>
```

撇号' 等效于选项 swap, 使得与 grow 反向。

```

\begin{tikzpicture}[level distance=2em]
\node {C}
  child[grow=up] {node {H}}
  child[grow=left] {node {H}}
  child[grow=down] {node {H}}
    child[grow=right] {node {C}
      child[grow=up] {node {H}}
      child[grow=right] {node {H}}
      child[grow=down] {node {H}}
    edge from parent[double]
    coordinate (wrong)
  };
\draw[<-,red] ([yshift=-2mm]wrong) -- +(0,-1)
  node[below]{This is wrong!};
\end{tikzpicture}

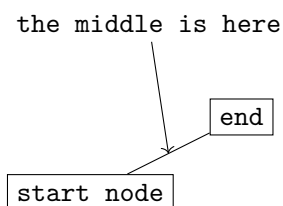
```



```

\begin{tikzpicture}
\node[rectangle,draw] (a) at (0,0) {start node};
\node[rectangle,draw] (b) at (2,1) {end};
\draw (a) -- (b)
  node[coordinate,midway] {} % 属性是坐标, 在路径中点
  child[grow=100,<-] {node[above] {the middle is here}};
\end{tikzpicture}

```



20.7 旋转排布子节点

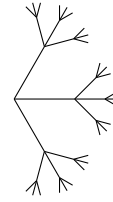
`grow cyclic` 使得子节点围绕父节点成环形排布

`sibling angle=<angle>` 设置一层之内, 相邻两条 (父-子) 连线之间的夹角

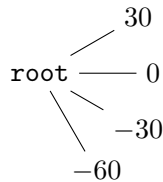
`clockwise from=<angle>` 从角度 `<angle>` 开始, 按顺时针方向排布子节点

`counterclockwise from=<angle>` 从角度 `<angle>` 开始, 按逆时针方向排布子节点

```
\begin{tikzpicture}
[grow cyclic,
level 1/.style={level distance=8mm,sibling angle=60},
level 2/.style={level distance=4mm,sibling angle=45},
level 3/.style={level distance=2mm,sibling angle=30}]
\coordinate [rotate=-90] % going down
child foreach \x in {1,2,3}
{child foreach \x in {1,2,3}
{child foreach \x in {1,2,3}}};
\end{tikzpicture}
```



```
\begin{tikzpicture}
\node {root}
[clockwise from=30,sibling angle=30]
  child {node {$30$}}
  child {node {$0$}}
  child {node {$-30$}}
  child {node {$-60$}};
\end{tikzpicture}
```

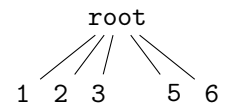


20.8 隐形占位 missing

`missing=<true or false>` 默认 true

节点选项 `missing` 或 `missing=true` 隐藏该节点，但占据显示位置

```
\begin{tikzpicture}[level distance=10mm,sibling distance=5mm]
\node {root} [grow=down]
  child { node {1} }
  child { node {2} }
  child { node {3} }
  child[missing] { node {4} }
  child { node {5} }
  child { node {6} };
\end{tikzpicture}
```



20.9 父子节点之间的连线设置

路径生成算子 `edge` 可用来设置父子节点之间的连线样式。

`edge from parent` 初始值 `draw`

默认画出父子节点之间的连线

```
edge from parent [<options>]
```

选项可以是线型（如 `dashed`），`draw=none`，颜色，箭头，标签等等

```
edge from parent path={<path>}
```

方括号里可以定义复杂的线型

```
child anchor=<anchor> 初始值 border
```

连线所指向的子节点的方位

```
parent anchor=<anchor> 初始值 border
```

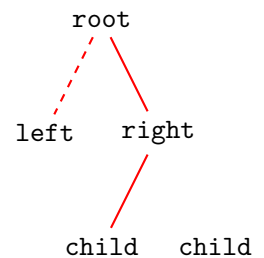
连线所指向的父节点的方位

环境选项

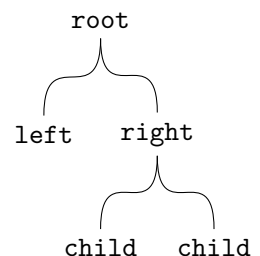
```
edge from parent/.style={ }
```

设置环境内的连线样式。

```
\begin{tikzpicture}
  [edge from parent/.style={draw,red,thick}]
  \node {root}
  child {node {left} edge from parent[dashed]}
  child {node {right}
    child {node {child}}
    child {node {child} edge from parent[draw=none]}}
  };
\end{tikzpicture}
```



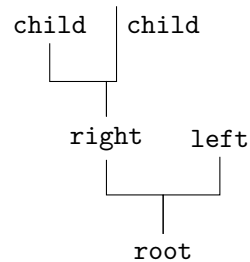
```
\begin{tikzpicture}[level distance=15mm, sibling distance=15mm,
edge from parent path=
{(\tikzparentnode.south) .. controls +(0,-1) and +(0,1)
.. (\tikzchildnode.north)}]
\node {root}
  child {node {left}}
  child {node {right}
    child {node {child}}
    child {node {child}}
  };
\end{tikzpicture}
```



20.10 几种预定义父子节点连线线型

```
edge from parent fork down
edge from parent fork right
edge from parent fork left
edge from parent fork up
```

```
\begin{tikzpicture}
\node {root}
[edge from parent fork down]
  child {node {left}}
  child {node {right}}
  child[child anchor=north east] {node {child}}
  child {node {child}}
};
\end{tikzpicture}
```



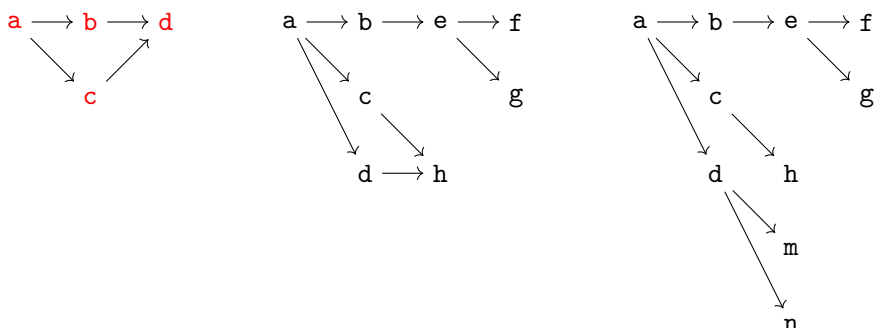
21 图

首先调用程序库 `\usetikzlibrary{graphs}`

图是由结点和连接两个结点的边组成的集合。`\graph` 命令可以构造 `node` 结点，将结点按某种规则排布，并在结点之间画边构成图。它可以省去频繁利用 `\node` 命令构造结点的麻烦。

观察下面例子中花括号分组对两组结点之间的连线规则的影响

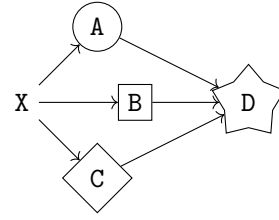
```
\tikz \graph [nodes=red] { a -> {b, c} -> d };
\tikz \graph { a -> {b,c,d} -> {e -> {f,g}, h} };
\tikz \graph { a -> {b,c,d} -> {e -> {f,g}, h,g} };
\tikz \graph { a -> {b,c,d} -> {e -> {f,g}, h, m, n} };
```



```

\tikz [new set=my nodes] {
\node [set=my nodes, circle, draw] at (1,1) {A};
\node [set=my nodes, rectangle, draw] at (1.5,0) {B};
\node [set=my nodes, diamond, draw] at (1,-1) {C};
\node (d) [star, draw] at (3,0) {D};
\graph { X -> (my nodes) -> (d) };
}

```



21.1 两种节点排布规则及其转换关系

默认的节点排布规则是 Cartesian placement.

将节点作为（平面第四象限及其边界的）网格上的整数点，每个点都有逻辑宽度（logical width，即笛卡尔坐标的横坐标）和逻辑深度（logical depth，笛卡尔坐标的纵坐标的相反数）两个逻辑坐标。最左上角点（就是坐标系的原点）的 logical width 和 logical depth 都是 0，向右一格 logical width 加 1，向下一格 logical depth 加 1。

circular placement 排布规则

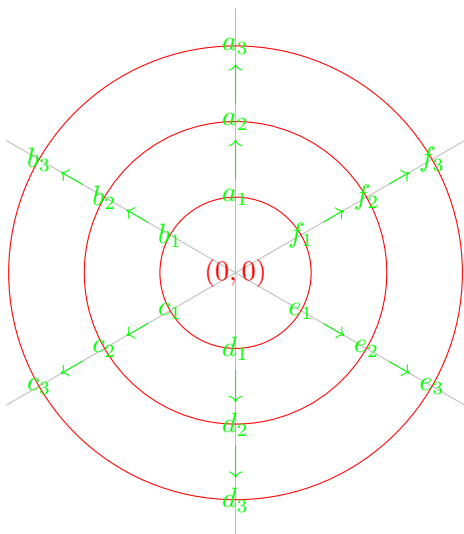
以原点为圆心，以正整数 n 为半径作圆 C_n ；设 α 为参数， m 是非负整数；以原点为始点， $90^\circ + m\alpha^\circ$ 为方向作射线 $(90 + m\alpha : t) (t \geq 0)$ ，与圆 C_n 相交于点 C_{nm} ，则点 C_{nm} 的 logical width 是 $n-1$ ，logical depth 是 m 。这相当于以射线 $(90 : t)$ 为初始边构造一种极坐标系。如果没有其他相关选项（如后文的 group polar shift=(angle:radius)），默认 $\alpha = 60$ 。

两种排布规则相互转换时，其中点的位置的变换关系是：在 Cartesian placement 排布规则下 logical 坐标为 (i, j) 的格点对应 circular placement 排布规则下的点 $C_{(i+1)j}$ ，逻辑坐标仍然是 (i, j) 。

```

\begin{tikzpicture}[ray/.style={gray!50}]
\draw [ray](-3.5,0) -- (3.5,0) (0,-3.5)--(0,3.5);
\draw [ray,rotate=60](-3.5,0) -- (3.5,0) (0,-3.5)--(0,3.5);
\draw [ray,rotate=-60](-3.5,0) -- (3.5,0) (0,-3.5)--(0,3.5);
\draw [red](0,0)node[red]{$(0,0)$} circle [radius=1];
\draw [red](0,0) circle [radius=2];
\draw [red](0,0) circle [radius=3];
\graph [math nodes,circular placement,nodes=green,edge=green] {
a_1 -> a_2 -> a_3 -> a_4 -> a_5;
b_1 -> b_2 -> b_3 -> b_4 -> b_5;
c_1 -> c_2 -> c_3 -> c_4 -> c_5;
d_1 -> d_2 -> d_3 -> d_4 -> d_5;
e_1 -> e_2 -> e_3 -> e_4 -> e_5;
f_1 -> f_2 -> f_3 -> f_4 -> f_5;
};
\end{tikzpicture}

```



21.2 graph 的选项

21.2.1 修饰节点和边的选项

```

nodes=<options>
edges=<options> 等于 edge=<options>
edge node=<node specification>
edge label=<text>
edge label'=<text>
edge quotes=<options>
edge quotes center 等于 edge quotes to anchor=center
edge quotes mid 等于 edge quotes to anchor=mid
-> [<options>]
-- [<options>]
<- [<options>]
<-> [<options>]
-!- [<options>] 不画线

```

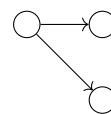
as=<text> 将节点显示为文字符号

```
\tikz \graph { a [as=$x$] -- b [as=$y_5$] -> c [red, as={a--b} ]};
```

 $x \text{ --- } y_5 \rightarrow \mathbf{a--b}$

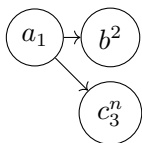
empty nodes 结点只占位，不显示

```
\tikz \graph [empty nodes, nodes={circle, draw}] { a -> {b, c} };
```



math nodes 将符号按数学模式显示

```
\tikz \graph [math nodes, nodes={circle, draw}] { a_1 -> {b^2, c_3^n} };
```



multi 允许两个节点之间画多条线
simple 使两个节点之间只能画一条线

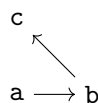
```
\tikz \graph [multi] { % "multi" is not really necessary here
a ->[bend left, red] b;
a ->[bend right, blue] b;
};
```



21.2.2 结点排布形态、样式选项

no placement 启动手工指定结点位置模式。

```
\tikz \graph [no placement]
{
a[at={(0:0)}] -> b[at={(1,0)}] -> c[yshift=1cm];
};
```



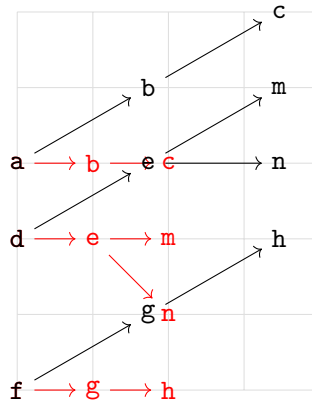
chain shift=<(a:r)>

这里 $\langle(a:r)\rangle$ 必须是极坐标。在这个选项之下, 用 **logical width** 和 **logical depth** 定义结点坐标, 假设原来的结点 $P(p_w, p_d)$ 平移到 P' , 再设点 $Q(0, p_d)$ (即 Q 与 P 处于同一水平线上, 且在最左边), 则 $P'Q = r \cdot PQ$, 有向角 $\angle P'QP = a^\circ$ 。


```

\begin{tikzpicture}
\draw [gray!25] (0,-3)grid(4,2);
\graph [nodes=red,edge=red]{
a -> b -> c;
d -> e -> {m,n};
f -> g -> h;
};
\graph [chain shift=(30:2)] {
a -> b -> c;
d -> e -> {m,n};
f -> g -> h;
};
\end{tikzpicture}

```



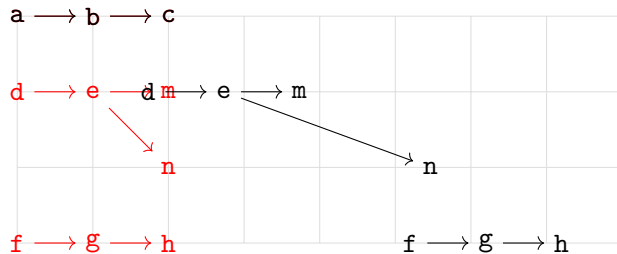
```
group shift=<(a:r)>
```

这里 $\langle(a:r)\rangle$ 必须是极坐标。在这个选项之下, 用 `logical width` 和 `logical depth` 定义结点坐标, 假设原来的结点 $P(p_w, p_d)$ 平移到 P' , 再设点 $Q(p_w, 0)$ (即 Q 与 P 处于同一竖直线上, 且在最上边), 则 $P'Q = r \cdot PQ$, 有向角 $\angle PP'Q = a^\circ$ 。

```

\begin{tikzpicture}
\draw [gray!25] (0,-3)grid(8,0);
\graph [nodes=red,edge=red]{
a -> b -> c;
d -> e -> {m,n};
f -> g -> h;
};
\graph [ group shift=(-30:2)] {
a -> b -> c;
d -> e -> {m,n};
f -> g -> h;
};
\end{tikzpicture}

```



```

grow up=<distance> 默认 1, 向上伸展并设置相邻节点的中心间距
grow down=<distance> 默认 1
grow left=<distance> 默认 1
grow right=<distance> 默认 1
branch up=<distance> 默认 1, 分支向上并设置相邻节点的中心间距
branch down=<distance> 默认 1
branch left=<distance> 默认 1
branch right=<distance> 默认 1

```

```

grow up sep=<distance> 默认 1em, 向上伸展并设置相邻节点的边界间距
grow down sep=<distance> 默认 1em
grow left sep=<distance> 默认 1em
grow right sep=<distance> 默认 1em
branch up sep=<distance> 默认 1em
branch down sep=<distance> 默认 1em
branch left sep=<distance> 默认 1em
branch right sep=<distance> 默认 1em
circular placement 圆形排布, 排布规则, 见前文
chain polar shift=(angle:radius) 初始值 (0:1), 在circular placement下有效
group polar shift=(angle:radius) 初始值(45:0), 在circular placement下有效
clockwise=number 将 number 个结点按顺时针排布, 在circular placement下有效
counterclockwise=number 将 number 个结点按逆时针排布, 在circular placement下有效
radius=<dimension> 初始值 1cm, 圆形排布的半径, 在circular placement下有效
level 同一宽度的结点作为一层, 设置层的样式
level 1/.style={ } 设置第 1 层样式
level 2/.style={ } 设置第 2 层样式
level 3/.style={ } 设置第 3 层样式

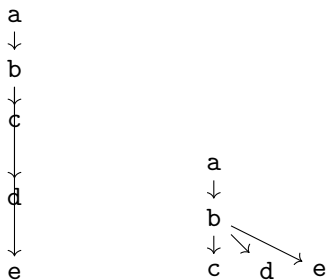
```

注意下面例子中 `grow` 和 `branch` 命令的配合

```

\tikz \graph [grow down=7mm] { a -> b -> {c, d, e}};
\tikz \graph [branch right=7mm, grow down=7mm] { a -> b -> {c, d, e}};

```



```
chain polar shift=(a:r)
```

这里 $\langle(a:r)\rangle$ 必须是极坐标, 本选项在 `circular placement` 下才有效。假设原来的结点 $P(i, j)$ 平移到 P' , 原点是 O (故 $OP = i + 1$), 则有向角 $\angle POP' = i \cdot a^\circ$, $P'O = (r \cdot i)\text{pt} + 1\text{cm}$ 。观察下图

```

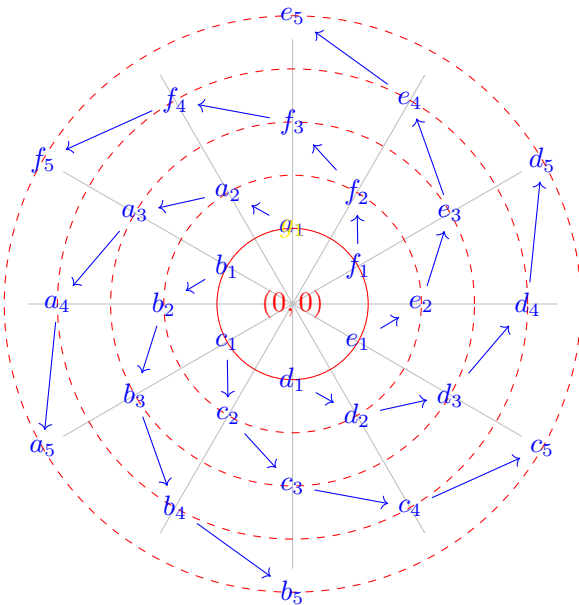
\begin{tikzpicture}[ray/.style={gray!50}]
\draw [ray](-3.5,0) -- (3.5,0) (0,-3.5)--(0,3.5);
\draw [ray,rotate=60](-3.5,0) -- (3.5,0) (0,-3.5)--(0,3.5);
\draw [ray,rotate=-60](-3.5,0) -- (3.5,0) (0,-3.5)--(0,3.5);
\draw [red](0,0)node[red]{$(0,0)$} circle [radius=1];
\draw [dashed,red](0,0) circle [radius=1cm+20pt];
\draw [dashed,red](0,0) circle [radius=1cm+40pt];

```

```

\draw [dashed,red](0,0) circle [radius=1cm+60pt];
\draw [dashed,red](0,0) circle [radius=1cm+80pt];
\graph [math nodes,circular placement,chain polar shift=(30:20),nodes=blue,edge=blue] {
a_1 -> a_2 -> a_3 -> a_4 -> a_5;
b_1 -> b_2 -> b_3 -> b_4 -> b_5;
c_1 -> c_2 -> c_3 -> c_4 -> c_5;
d_1 -> d_2 -> d_3 -> d_4 -> d_5;
e_1 -> e_2 -> e_3 -> e_4 -> e_5;
f_1 -> f_2 -> f_3 -> f_4 -> f_5;
g_1[yellow];
};
\end{tikzpicture}

```



```
group polar shift=(a:r)
```

这里 $\langle(a:r)\rangle$ 必须是极坐标, 本选项在 `circular placement` 下才有效。设置 `circular placement` 排布规则中的 $\alpha = a$ 。假设原来的结点 $P(i, j)$ 平移到 P' , 原点是 O (故 $OP = i + 1$), 则有向角 $\angle POP' = i \cdot a^\circ$, $P'O = (r \cdot j)\text{pt} + 1\text{cm}$ 。观察下图

```

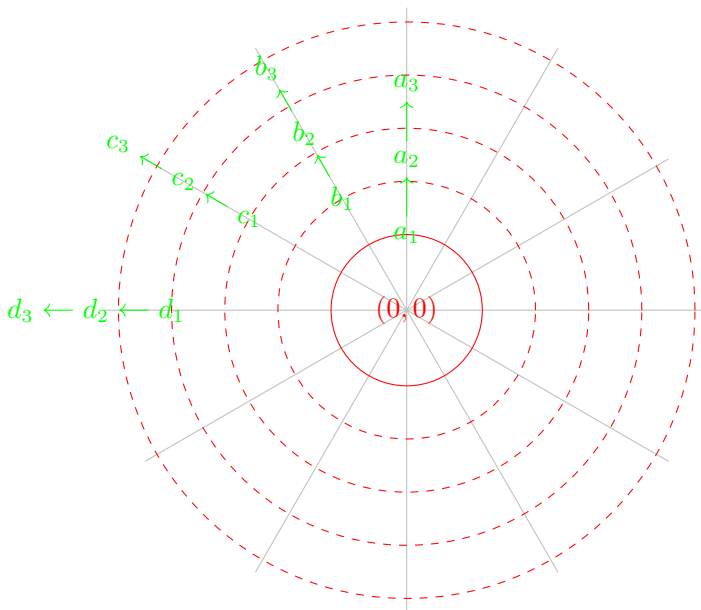
\begin{tikzpicture}[ray/.style={gray!50}]
\draw [ray](-4,0) -- (4,0) (0,-4)--(0,4);
\draw [ray,rotate=60](-4,0) -- (4,0) (0,-4)--(0,4);
\draw [ray,rotate=-60](-4,0) -- (4,0) (0,-4)--(0,4);
\draw [red](0,0)node[red]{$(0,0)$} circle [radius=1];
\draw [dashed,red](0,0) circle [radius=1cm+20pt];
\draw [dashed,red](0,0) circle [radius=1cm+40pt];
\draw [dashed,red](0,0) circle [radius=1cm+60pt];

```

```

\draw [dashed,red](0,0) circle [radius=1cm+80pt];
\graph [math nodes,circular placement,nodes=green,edge=green,
      group polar shift=(30:20)] {
a_1 -> a_2 -> a_3;
b_1 -> b_2 -> b_3;
c_1 -> c_2 -> c_3;
d_1 -> d_2 -> d_3;
};
\end{tikzpicture}

```

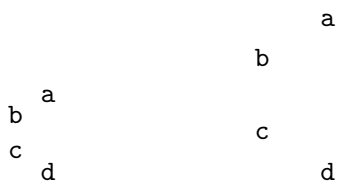


radius 示例

```

\tikz \graph [circular placement, radius=5mm] { a, b, c, d };
\tikz \graph [circular placement, radius=1cm] { a, b, c, d };

```

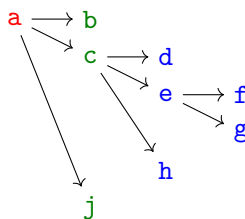


level 示例

```

\tikz \graph [
branch down=5mm,
level 1/.style={nodes=red},
level 2/.style={nodes=green!50!black},
level 3/.style={nodes=blue}]
{
a -> {
b,
c -> {
d,
e -> {f,g},
h
},
j
}
};

```



22 输出单独的图形文件

22.1 方法一：用 pgfgraphicnamed 命令

按照如下步骤

1. 在导言区设置 `\pgfrealjobname{<name>}`，其中 `<name>` 是正在编辑的包含图形的 `.tex` 文件的名称（文档排版保存时必须用这个名称）。例如，编辑的文件名称是 `survey.tex`，那么可以写下 `\pgfrealjobname{survey}`。

2. 将需要外部化的图形代码放在宏命令 `\beginpgfgraphicnamed{<file name prefix>}` 和 `\endpgfgraphicnamed` 之间。在这两个命令之间只能有一个 `{tikzpicture}` 或 `{pgfpicture}` 环境，其内容将被装入一个 `TEX` 盒子之中并输出，输出的图形尺寸就是盒子尺寸。

`\beginpgfgraphicnamed{<file name prefix>}`，定义待输出的图形文件名，名称的主要部分必须必须与图形所在的 `.tex` 文件的名称一致，不能有模糊符号。例如，如果在导言区设置了

```
\pgfrealjobname{survey},
```

那么可以给图形命名

```
\beginpgfgraphicnamed{survey-f1} 或者
```

```
\beginpgfgraphicnamed{survey-f2}。
```

3. 排版输出 `.tex` 文件后，在命令行进入 `.tex` 文件所在文件夹，运行

```
bash> latex --jobname=survey-f1 survey.tex
```

```
bash> dvips survey-f1
```

得到名称为 `survey-f1.ps` 的 `ps` 格式的图形。如果运行

```
bash> pdflatex --jobname=survey-f1 survey.tex
```

得到名称为 `survey-f1.pdf` 的 `pdf` 格式的图形。

举例，先执行以下内容

```
\documentclass{article}
\usepackage{graphics}
\usepackage{tikz}
\pgfrealjobname{survey} % 定义文档名称是 survey.tex
\begin{document}
下图是个圆：
\beginpgfgraphicnamed{survey-f1} % 定义第一个图形的名称，注意要与文档名称一致
\begin{tikzpicture}
\fill (0,0) circle (10pt);
\end{tikzpicture}
\endpgfgraphicnamed
作为比较，这是个矩形：
\beginpgfgraphicnamed{survey-f2}
\begin{tikzpicture}
\fill (0,0) rectangle (10pt,10pt);
\end{tikzpicture}
\endpgfgraphicnamed
\end{document}
```

执行后得到文档 `survey.tex`，然后在命令行进入 `survey.tex` 文件所在文件夹，如下运行 `pdflatex` 两次：运行

```
bash> pdflatex --jobname=survey-f1 survey.tex
```

得到图形 `survey-f1`；运行

```
bash> pdflatex --jobname=survey-f2 survey.tex
```

得到图形 `survey-f2`。

用这种方式得到的 `PDF` 图形有白边，不够美观。下一种方法就没有这个问题。

22.2 方法二：调用 external 程序库

调用程序库 `\usetikzlibrary{external}`。这个程序库以自动或半自动的方式输出 `TikZ` 图形（包括图形的标签等），不必改变文档就可以得到 `PDF` 格式的图形。

这个程序库以 `\begin{tikzpicture}` 开始，以 `\end{tikzpicture}` 结束，不会主动分析这些环境命令的套嵌结构，所以一个环境最好只绘制一个图。

在导言区设置

```
\usepackage{tikz}
\usetikzlibrary{external}
\tikzexternalize
```

`\tikzexternalize` 用于激活输出图形的功能。

示例

```
\documentclass{article}
% 主文件, 名称为 main.tex
\usepackage{tikz}
\usetikzlibrary{external}
\tikzexternalize % 激活
\begin{document}
\begin{tikzpicture}
\node {root}
  child {node {left}}
  child {node {right}}
    child {node {child}}
    child {node {child}}
  };
\end{tikzpicture}
A simple image is \tikz \fill (0,0) circle(5pt);.
\end{document}
```

将这一段代码排版, 保存名称为 `main`, 会生成 `main.tex` 文件 (控制台可能有问题提示, 但只要生成了 `.tex` 文件, 就可以忽略控制台的问题提示)。然后在命令行进入 `main.tex` 文件所在文件夹, 运行

```
pdflatex -shell-escape main
```

就得到名称分别是 `main-figure0` 和 `main-figure1` 的 PDF 格式的图形文件。图形文件的名称格式默认为 `<real file name>-figure_<number>`, 编号 `<number>` 从 0 开始。

22.3 设置文件名、图形名的选项

```
\tikzexternalize[<optional arguments>]{<main job name>}
```

激活外部化功能, 放在导言区。`<main job name>` 是编辑的 `.tex` 文件的名称。

```
\tikzexternalrealjob{文件名}
```

调用程序库后, (在导言区) 可用该选项定义主文件名。

```
\pgfactualjobname{ }
```

使用 `\tikzexternalize` 后, (在导言区) 可用该选项定义输出的图形名称的主要部分。

```
prefix={<file name prefix>}
```

作为 `\tikzexternalize` 的选项，初始值 `empty`，设置图形文件名的前缀。

```
\tikzsetexternalprefix{<file name prefix>}
```

用在 `{tikzpicture}` 环境之前或绘图命令 `\tikz` 之前，定义它后面所有输出的图形文件名称的前缀，例如

```
\tikzsetexternalprefix{figures/}
```

可以给输出的图形文件名称加前缀 `figures/`。

```
\tikzsetnextfilename{<file name>}
```

设置下一图形的名称，前缀会自动加到这个名称之前。

例子

```
\documentclass{article}
% 主文件，名称为 main.tex
\usepackage{tikz}
\usetikzlibrary{external}
\tikzexternalize[prefix=figures/] % 激活并给图形文件名加前缀figures/
\begin{document}
\tikzsetnextfilename{trees} % 设置下一图形的名称为 trees
\begin{tikzpicture} % 该环境生成的图形名称将是 figures/trees.pdf
\node {root}
  child {node {left}}
  child {node {right}}
    child {node {child}}
    child {node {child}}
  };
\end{tikzpicture}
\tikzsetnextfilename{simple} % 设置下一图形的名称为 simple
A simple image is \tikz \fill (0,0) circle(5pt);. % 该图形名称将是 figures/simple.pdf
\begin{tikzpicture} % 该环境生成的图形名称将是 figures/main-figure0.pdf
\draw[help lines] (0,0) grid (5,5);
\end{tikzpicture}
\end{document}
```

```
figure name={<name>}
```

作为 `\tikzexternalize` 的选项，设置该命令之后的所有图形文件的名称。

```
\tikzsetfigurename{<name>}
```

设置该命令之后的所有图形文件的名称，也可以用命令

```
\tikzset{external/figure name={<name>}}
```


对不同的名称会运用不同的计数器来给图形文件编号，所有编号从 0 开始。设置的名称的有效范围受到花括号分组的限制。

例子

```
\documentclass{article}
% 主文件，名称为 main.tex
\usepackage{tikz}
\usetikzlibrary{external}
\tikzexternalize % 激活
\begin{document}
\begin{tikzpicture} % 该环境生成的图形名称将是 main-figure0.pdf
\node {root}
  child {node {left}}
  child {node {right}}
    child {node {child}}
    child {node {child}}
  };
\end{tikzpicture}
{
\tikzsetfigurename{subset_}
A simple image is \tikz \fill (0,0) circle(5pt);. % 该图形名称将是 subset_0.pdf'
\begin{tikzpicture} % 该环境生成的图形名称将是 subset_1.pdf
\draw[help lines] (0,0) grid (5,5);
\end{tikzpicture}
} % 名称 subset_ 至此失效，后面将用原来的名称并继续编号
\begin{tikzpicture} % 该环境生成的图形名称将是 main-figure1.pdf
\draw (0,0) -- (5,5);
\end{tikzpicture}
\end{document}
```