

L^AT_EX 科技排版

数学公式

潘建瑜

华东师范大学数学系

2016

内容提要

- ① 数学排版
- ② 常见数学公式排版
- ③ 定理类环境
- ④ amsmath 宏包

数学排版

- 数学排版基本要素
 - 数学变量与函数, 矩阵
 - 数学符号: 希腊字母, 运算符, 上下标, 求和, 积分, ...
 - 数学公式: 行内公式, 行间公式, 多行公式, 自动编号的公式
 - 定义, 定理, 引理, 命题, ...

数学宏包

● 常用数学宏包

```
\usepackage{amsmath,amssymb,amsfonts}  
\usepackage{bm}
```

- 数学模式中的字符都视作为数学变量, 用 *italic* 斜体显示
- 数学模式中的 **空格全部被忽略**, 系统自动安排公式中各部分间距
- 数学公式分 **行内公式** 和 **行间公式** (或**显示公式**)
- 在数学模式中输入普通文本:

```
\mbox{普通文本}  
\text{普通文本} → 需要加载 amsmath 宏包
```

- 数学公式中的字体大小

`\displaystyle` → 显示样式公式中的字体大小

`\textstyle` → 行内公式中的字体大小

`\scriptstyle` → 角标中的字体大小

`\scriptscriptstyle` → 二级角标中的字体大小

- 系统自动设置数学公式中各部分字体大小 (也可手工调节)

- 在数学模式中插入 空白间隔 (微调)

- `\quad`, `\qquad`, `\hspace`, `_`

- `\,` → $3/18 \quad$

- `\;` → $5/18 \quad$

- `\:` → $4/18 \quad$

- `\!` → $-3/18 \quad$

行内公式

- 行内公式: 与普通文本混合排版
- 三种实现方式:

```
\begin{math} \cdots \end{math}
```

```
\( \cdots \)
```

$\$ \cdots \$$ → 推荐使用这种方式

上面三种方式是等价的, 推荐最后一种方式, 例:

1 勾股定理 $a^2 + b^2 = c^2$ 也称商高定理。

行间公式

- 行间公式:
 - 独占一行(单行公式) 或多行(多行公式)
 - 行间公式可以编号,也可以不编号
 - 给公式编号时,一般采用自动编号,也可以人工编号
 - 在输入多行公式时,对应的代码中不能出现空行!

单行公式的四种实现方式

$\backslash\begin{displaymath}$ <p>.....</p> $\backslash\end{displaymath}$	不带编号的单行公式数学环境
$\left[\dots \right]$	<code>displaymath</code> 环境的简化形式
$\$ \$ \dots \$ \$$	与上面的单行数学环境等价, 但可用 <code>\eqno</code> 或 <code>\leqno</code> 人工编号
$\backslash\begin{equation}$ <p>.....</p> $\backslash\end{equation}$	带 自动编号 的单行公式数学环境

 一般采用后面两种方式.

- **equation** 环境中的公式可以是普通的单行公式,也可以是作为一个整体处理的环境或盒子,如矩阵,分段定义函数等,例:

$$|x| = \begin{cases} x & \text{if } x \geq 0 \\ -x & \text{if } x < 0 \end{cases} \quad (1)$$

- 若要改变公式自动编号的值,可在公式前插入

```
\setcounter{equation}{整数}
```

这里的 equation 为公式计数器,每次调用 equation 环境,计数器的值会自动加 1

- 公式的引用: 先标记,后引用
 - 标记: `\label{公式标记}` → 公式标志必须是唯一的
 - 引用: `\eqref{公式标记}` (需 amsmath 宏包)

多行公式

- 多行公式数学环境: `eqnarray` 和 `eqnarray*`

```
\begin{eqnarray}
第一行公式 \\
第二行公式 \\
... ..
\end{eqnarray}
```

- 行与行之间用 `\\` 隔开
- 每行公式分三列, 列与列之间用 `&` 分隔
- 每行公式自动编号
- 带星号的 `eqnarray*` 环境不自动编号

👉 建议使用 `amsmath` 宏包中的 `align` 和 `align*` 环境

数学字体

- 常用数学字体

`\mathrm`, `\mathit`, `\mathtt`, `\mathsf`, `\mathbf`, `\mathcal`

`\mathrm{ABC xyz 1234}` → ABCxyz1234

`\mathit{ABC xyz 1234}` → *ABCxyz1234*

`\mathtt{ABC xyz 1234}` → ABCxyz1234

`\mathsf{ABC xyz 1234}` → ABCxyz1234

`\mathbf{ABC xyz 1234}` → **ABCxyz1234**

`\mathcal{ABC xyz 1234}` → $\mathcal{ABC}\S\ddagger\infty\in\Delta$

 更多数学字体可以通过加载相关宏包实现

数学粗体

- 数学粗体命令: `\boldmath`, `\unboldmath`
 - 这两个命令是声明, 即对其后面的所有数学符号起作用
 - 不能出现在数学模式中, 需放在数学模式前面

```
$ ABC xyz \sin\alpha $ \boldmath $ ABC xyz \sin\alpha $
```

ABCxyz sin α **ABCxyz sin α**

- `bm` 宏包: `\bm{数学符号或公式}`

```
$$ ABC xyz \sin\alpha \bm{ABC xyz \sin}\alpha $$
```

ABCxyz sin α **ABCxyz sin α**

数学符号

可直接输入的数学运算符


+ - * / = < > () [] | ' ! :

其它符号

{	}	∞	∂	\cdot	\dots	\cdots
\{	\}	\infty	\partial	\cdot	\ldots	\cdots

\vdots	\ddots	\dotscdots
\vdots	\ddots	\reflectbox{\ddots}

更多数学符号

- 二元运算符: \pm , \mp , \times , \div , ...
 - 关系运算符: \leq , \geq , \neq , \subset , ...
 - 箭头符号: \rightarrow , \leftarrow , \Rightarrow , \Leftrightarrow , ...
 - 具有两种尺寸的符号: Σ , \cup \sum , \cup , ...
 - 其它符号: \forall , \exists , \clubsuit , \spadesuit , ...
 - 函数名: **sin**, **cos**, **lim**, **max**, ...
 - 希腊字母: $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ $\Gamma, \Omega, \Delta, \dots$
-  更多数学符号参见帮助文件, 或 WinEdt / TeXFriend

数学函数

- 数学公式中的函数名必须用**正体**, 一般通过**函数名命令** 输入
- \TeX 预定义的函数名 (参见帮助文件或 WinEdt)

```
\sin, \cos, \ln, \exp, ...
```

- 自定义新的函数名 (需 `amsmath` 宏包)

```
\DeclareMathOperator{\函数名命令}{函数名}
\DeclareMathOperator*{\函数名命令}{函数名}
```

- 这两个命令只能放置在**导言区**
- 带星号命令所定义的函数名, 在处理角标时, 可根据需要将上下角标放置在函数名的正上方或正下方.

- 如果是临时使用未定义的函数名,也可以直接在公式中使用命令

```
\operatorname{函数名}
\operatorname*{函数名}
```

- 这两个命令使用起来比较灵活
- 带星号的命令的含义与前面一样

```
\DeclareMathOperator{\abc}{abc}
\DeclareMathOperator*{\xyz}{xyz}
$ \abc_1^2, \abc\limits_1^2 $ → abc12, abc12
$ \xyz_1^2, \xyz\limits_1^2 $ → xyz12, xyz12
$ \operatorname{newfun}\limits_1^2 $ → newfun12
$ \operatorname*{newfun}\limits_1^2 $ → newfun12
```


- ① 数学排版
- ② 常见数学公式排版
- ③ 定理类环境
- ④ amsmath 宏包

常见数学公式排版

● 常见数学公式排版

○ 角标: 上标和下标. 如: x^2, a_{ij}

○ 分式与根式. 如: $\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \sqrt{x+y}$

○ 求和与积分. 如: $\sum_{i=1}^n a_i, \int_a^b f(x)dx, \sum_{i=1}^n a_i, \int_a^b f(x)dx$

○ 数学重音符号. 如: $\tilde{x}, \grave{y}, \grave{a}$

○ 上、下划线等. 如: $\overline{abc}, \underbrace{a+a+\cdots+a}_{20\text{个}}$

○ 堆积符号. 如: $\stackrel{\text{def}}{=}$

角标: 上标和下标

- 上标: $\overset{\dots}{}{}$, 下标: $\underset{\dots}{}{}$
 - 若角标由多个字符组成, 则须用大括号括起来
 - 多层角标需要使用分组符号, 如

$$\text{\$ } x^{a+b}, x^{\{a+b\}}, x^{\{y^2\}} \text{\$ } \rightarrow x^a + b, x^{a+b}, x^{y^2}$$

- 一级角标字体大小为 `\scriptsize`, 约 7pt,
二级及以上角标字体大小为 `\scriptscriptsize`, 约 5pt
- 中文角标要放入盒子, 并指定字体大小, 否则字体偏大, 如:

$$\text{\$ } x^{\{\mbox{\scriptsize 平方}\}} \text{\$ } \rightarrow x^{\text{平方}}$$

- 一个特殊的角标: 导数 \rightarrow 可以直接使用右单引号 或 `\prime`, 如

$$\text{\$ } x' \text{\$ } \text{ 或 } \text{\$ } x^{\backslash\prime} \text{\$ } \rightarrow x' \text{ 或 } x'$$

分式

- 分式命令: / 或 `\frac{分子}{分母}`, 如

`x/y` 或 `$\frac{x}{y}$` → x/y 或 $\frac{x}{y}$

- 系统自动指定分子分母字体的大小:
在行间公式中为 `\displaystyle`, 在行内公式中是 `\textstyle`
- `\displaystyle` → 将分子分母的字大小都设为 `\displaystyle`

根式

- 根式: `\sqrt{\dots}`, `\sqrt[n]{\dots}`

$$\$ \sqrt{x+y}, \sqrt[4]{x+y} \$ \rightarrow \sqrt{x+y}, \sqrt[4]{x+y}$$

- 根式可以嵌套
- 被开方式字符高度不同时, 根号线会在不同水平线上

$$\$ \sqrt{ \sqrt{a} + \sqrt{b} } \$ \rightarrow \sqrt{\sqrt{a} + \sqrt{b}}$$

调整方法: `\mathstrut` \rightarrow 与圆括号同高, 但没有宽度的数学支柱

$$\$ \sqrt{a\mathstrut} + \sqrt{a\mathstrut} \$ \rightarrow \sqrt{a} + \sqrt{b}$$

求和与积分

- 求和: `\sum`, 积分: `\int`

$$\text{\$ \sum_{i=1}^n x^i, \int_a^b f(x) \$} \rightarrow \sum_{i=1}^n x^i, \int_a^b f(x)$$

- 上下限位于符号的右上下侧, 或符号的头顶和脚下
- 在行内公式和行间公式中取不同的尺寸, 上下限位置也可能不同

$$\text{\$ \$ \sum_{i=1}^n x^i, \int_a^b f(x) \$ \$} \rightarrow \sum_{i=1}^n x^i, \int_a^b f(x)$$

- 可以手工指定上下限的位置: `\limits` 和 `\nolimits`

$$\text{\$ \sum\limits_{i=1}^n x^i \$} \rightarrow \sum_{i=1}^n x^i$$

数学重音符号

`\hat{a}` → \hat{a}

`\dot{a}` → \dot{a}

`\tilde{a}` → \tilde{a}

`\acute{a}` → \acute{a}

`\grave{a}` → \grave{a}

`\bar{a}` → \bar{a}

`\ddot{a}` → \ddot{a}

`\vec{a}` → \vec{a}

`\check{a}` → \check{a}

`\mathring{a}` → \mathring{a}

`\imath` → \imath

`\jmath` → \jmath

`\widehat{abc}` → \widehat{abc}

`\widetilde{abc}` → \widetilde{abc}

上、下划线等

- 上、下划线: `\overline{...}`, `\underline{...}`

`$$ \overline{\overline{a}^2 + \underline{abc} + \bar{b}^2} $$`

$$\overline{\overline{a}^2 + \underline{ab} + \bar{b}^2}$$

- 上、下大括号: `\overbrace{...}`, `\underbrace{...}`

`$$ \underbrace{a + \overbrace{b + \cdots + b}^m + c}_n $$`

$$\underbrace{a + \overbrace{b + \cdots + b}^m + c}_n$$

堆积符号

- 堆积: `\stackrel{上位符号}{基位符号}`

`$$ \vec{x}\stackrel{\mathrm{def}}{=} (x_1, \ldots, x_n) $$`

$$\vec{x} \stackrel{\text{def}}{=} (x_1, \dots, x_n)$$

- 基位符号采用正常字体大小，上位符号采用较小的字体

定界符

- \LaTeX 中常用的定界符

`() [] | / \ { } || || [] [] < > ↑ ↓ ⇕ ⇎ ⇏ ⇐ ⇑`

定界符可以放大: `\big` (1.5 倍), `\Big` (2 倍), `\bigg` (2.5 倍), `\Bigg` (3 倍)

`\big:` () [] | / \ { } || || ...
`\Big:` () [] | / \ { } || || ...
`\bigg:` () [] | / \ { } || || ...
`\Bigg:` () [] | / \ { } || || ...

- 定界符的自适应放大: `\left`, `\right`
 - 根据定界符所包含的内容自动放大
 - 必须成对出现
 - 必须出现在公式的同一行

```
$$ \left(\sum x^2\right), \left(\sum_{x=1}^n x^2\right) $$
```

$$\left(\sum x^2\right), \left(\sum_{x=1}^n x^2\right)$$

若只需出现一半, 则另一半须用 `\left.` 或 `\right.` 代替

```
$$ \left.\frac{\partial f}{\partial x}\right|_{x=0} $$
```

$$\left.\frac{\partial f}{\partial x}\right|_{x=0}$$

阵列

- 阵列环境: `array`

```
\begin{array}[竖向位置][列格式]
  第一行 \\
  第二行 \\
  ...
\end{array}
```

- **竖向位置**: 垂直方向与外部文本相对位置, 取值: `t` 或 `b`
缺省为**垂直居中**
- **列格式**: 同 `tabular` 环境
- 行与行之间用 `\\` 隔开, 列与列之间用 `&` 分隔
- 该环境只能在**数学模式**中使用

阵列举例

```
$$ \begin{array}{ccc} 11 & 12 & 13 \\ 21 & 22 & 23 \end{array} $$
```

$$\begin{array}{ccc} 11 & 12 & 13 \\ 21 & 22 & 23 \end{array}$$

```
$$ \left( \begin{array}{cc} 11 & 12 \\ 21 & 22 \end{array} \right) $$
```

$$\left(\begin{array}{cc} 11 & 12 \\ 21 & 22 \end{array} \right)$$

- ① 数学排版
- ② 常见数学公式排版
- ③ 定理类环境
- ④ amsmath 宏包

定理类环境

- 定理类环境: 定理, 引理, 推论, 命题, 定义, ...
 - 需要用特定的格式显示
 - 带有特定的标题
 - 自动编号

Theorem 9.1 (Fermat). *There do not exist integers x , y , z and $n > 2$ such that $x^n + y^n = z^n$.*

定理类环境的实现

- (1) 先用 `\newtheorem` 命令定义一个定理类环境

```
\newtheorem{定理环境名}{标题}[父计数器]
```

- (2) 然后就可以使用该定理环境

```
\begin{定理环境名}[附加标题]  
... ..  
\end{定理环境名}
```

以上定义的定理类环境使用独立的计数器

- 多个定理类环境使用一个共同的计数器

```
\newtheorem{新定理环境名}[已有定理环境名]{标题}
```

新定义的定理环境与已有定理环境 共用一个计数器

定理类环境的定制: `amsthm` 宏包

```
\usepackage{amsthm}
```

- 新增命令 `\newtheorem*`, 创建不带编号定理环境
- 提供三种预定义的定理格式
 - `plain`: 标题与编号均采用粗体, 正文用斜体
 - `definition`: 标题与编号为粗体, 正文正常字体
 - `remark`: 标题与编号为斜体, 正文用正常字体
- 选择定理格式的指令: `\theoremstyle{定理格式}`
 - 在该命令后调用, 创建的定理环境将采用指定的格式
 - 可以自己定制定理类环境: `\newtheoremstyle` (详细用法见宏包手册)

amsthm 宏包

- 新增证明环境: `proof`

```
\begin{proof}[可选标题]  
...  
\end{proof}
```


- 修改缺省标题: `\renewcommand{\proofname}{...}`
- 若使用了可选标题, 则输出该标题, 否则输出 *Proof*.
- 证明环境结束时, 会自动在最右边打印一个方盒子 (□)
- 修改证明结束记号: `\qedsymbol`

定理类环境的定制: ntheorem 宏包

```
\usepackage[选项]{ntheorem}
```

● 常用选项有

- **thmmarks**: 自动添加“结束符号”,如证明结束标记
- **amsmath**: 如果文档中加载了 **amsmath** 宏包,需加上该选项
- **hyperref**: 兼容 **hyperref** 宏包
- **amsthm**: 兼容 **amsthm** 宏包
- **framed**: 带边框
- **thref**: 设置新的引用方式

 定制定理类环境的格式, 详见宏包手册.

- ① 数学排版
- ② 常见数学公式排版
- ③ 定理类环境
- ④ amsmath 宏包

amsmath 宏包

```
\usepackage[选项]{amsmath}
```

- 常用的选项有
 - `reqno`, `leqno` → 公式编号位置
 - `fleqn` → 行间公式居左对齐 (缺省为居中对齐)
- 提供更多的数学符号和数学函数
- 提供更多数学公式环境

```
equation, equation*, gather, gather*, align, align*  
alignat, alignat*, multiline, multiline*, subequations, ...
```

- 提供各种矩阵环境

```
matrix, pmatrix, bmatrix, Bmatrix, vmatrix, Vmatrix, smallmatrix
```

单行公式

- 若带编号, 则只能有一个编号
- 对应的数学环境: `equation`, `equation*`
- `\boxed{公式}` → 给数学公式加框
- 公式太长时, 可以分多行处理 (详细用法见宏包手册)
 - (1) 使用 `equation` 环境 + `split` 环境
 - (2) 使用 `multline` 环境

多行公式

- 由多个公式组成, 每个公式独占一行
- `amsmath` 宏包提供的多行公式环境有
 - `align, gather` → 自动编号
 - `align*, gather*` → 不自动编号
- 若其中某个公式无需编号, 在其后面加 `\notag` 或 `\nonumber`
- 多行公式的换页: `\allowdisplaybreaks[n]`
 - 多行公式是一个整体, 若行数很多, 会影响分页, 可能造成大片空白
 - 在导言区使用该命令可以让 \TeX 在多行公式中实现自动分页
 - `n` 的取值可以是 `0,1,2,3,4`, 代表建议力度
 - 也可以在需要换页的那个公式处用命令 `\displaybreak[n]`

多行公式: align, align* 环境

- 每行可排多列, 用 & 分隔, 对齐方式: 奇右偶左
- 相邻奇偶两列构成一个“列队”, 也称一个“公式”

```
1 \begin{align}
2   \frac{\partial u}{\partial x} &= 2x+3y \\
3   \frac{\partial u}{\partial y} &= x-5y \\
4 \end{align}
```

$$\frac{\partial u}{\partial x} = 2x + 3y \quad (2)$$

$$\frac{\partial u}{\partial y} = x - 5y \quad (3)$$

子方程组: `subequations` 环境

```
1 \begin{subequations}
2   \begin{align}
3     (a+b)^2 &= a^2+b^2 \\
4     (a+b+c)^2 &= a^2+b^2+c^2+2ab+2ac+2bc
5   \end{align}
6 \end{subequations}
```

$$(a + b)^2 = a^2 + b^2 \quad (4a)$$

$$(a + b + c)^2 = a^2 + b^2 + c^2 + 2ab + 2ac + 2bc \quad (4b)$$

amsmath 中的矩阵

矩阵环境: `matrix`, `pmatrix`, `bmatrix`, `Bmatrix`, ...

$$\begin{array}{ccccccc}
 a & b & \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} & \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} & \begin{Bmatrix} a & b \\ c & d \end{Bmatrix} & \begin{vmatrix} a & b \\ c & d \end{vmatrix} & \begin{Vmatrix} a & b \\ c & d \end{Vmatrix} & \begin{smallmatrix} a & b \\ c & d \end{smallmatrix}
 \end{array}$$

`matrix` `pmatrix` `bmatrix` `Bmatrix` `vmatrix` `Vmatrix` `smallmatrix`

- 必须放在其它数学环境中使用
- 缺省至多只能有 10 列
改变缺省最大列数 → `MaxMatrixCols` (可用 `\setcounter` 修改)
- 每列都居中对齐 (若需修改对齐方式, 可使用 `array` 环境)

amsmath 中的多重数学符号

- 多重脚标: `\substack` 命令和 `subarray` 环境
- 多重积分: `\iint`, `\iiint`, `\iiiint`, `\idotsint`
- 叠置重音符号: \hat{B} , \breve{B}
- 省略号: `\ldots`, `\cdots`, `\dots`, `\dotscb`, `\dotsc`, `\dotsm`, `\dotsi`
- 用于阵列环境中的长省略号: `\hdotsfor{列数}`

amsmath 中的分式

- amsmath 中的分式
 - `\frac` → 普通分式
 - `\tfrac` → `\textstyle`
 - `\dfrac` → `\displaystyle`
- 连分式: `\cfrac[位置]{分子}{分母}`
- 二项式系数
 - `\atop`, `\choose` → 过时命令, 不推荐
 - `\binom`, `\tbinom`, `\dbinom`
- 自定义分式:
`\genfrac{左定界符}{右定界符}{线条粗细}{字体尺寸}{分子}{分母}`

amsmath 的其它功能

- 在数学公式中插入普通文本: `\text{文本内容}`
- 公式中的空白间隔: `\mspace{数 mu}`
- 调整根式指数位置: `\leftroot{数}`, `\uproot{数}`
- 调整公式编号的竖直位置: `\raisetag{高度}`
- 特殊的上下标 (上下限):
 - `\sideset`, `\overset`, `\underset`
 - 自动收缩的上下箭头和水平箭头