

L^AT_EX 排版

可复现练习工程

LSQY 学习笔记

2026 年 10 月 3 日

摘要

本工程将一份中文技术文档拆成结构、数学、图表和参考文献四个部分。公式、图片与书目都有可编辑的源文件；通过修改内容观察自动编号与版面的变化，比记忆孤立命令更容易掌握排版规则。这里的机器人关节数据为教学构造数据，不代表实际测量或控制器性能。

目录

1 从结构开始	1
2 最小二乘与数学结构	2
3 图片、关节数据与分组表格	3
4 长表格、代码与验证	4
5 引用链路与下一次练习	5

1 从结构开始

正文只描述内容的层级与含义。章、节、图、表、公式的序号由计数器管理，引用目标由标签标识。不要用手打空格对齐正文，也不要将编号写死在句子中。例如数学部分见节 2，坐标图见图 1。

- `main.tex`: 文档类、宏包、字体、页眉与章节装配。
- `sections/`: 按学习主题组织的正文源文件。
- `figures/`: 坐标图的 TikZ 源文件及编译生成的 PDF。
- `references.bib`: 真实文献的元数据，引用键不依赖显示顺序。

第一项练习：在本节前增加一个小节，重新构建后检查目录、正文引用与页码。一次构建应让依赖稳定；PDF 能打开，只能说明产物存在，不能替代检查警告和版面。学习排版底层模型可以参阅 Knuth 的著作 [1]。

2 最小二乘与数学结构

设 $\mathbf{A} \in \mathbb{R}^{m \times n}$ 、 $\mathbf{x} \in \mathbb{R}^n$ 、 $\mathbf{b} \in \mathbb{R}^m$ ，所有元素均为实数。最小二乘目标为

$$J(\mathbf{x}) = \frac{1}{2} \|\mathbf{Ax} - \mathbf{b}\|_2^2. \quad (1)$$

两条分别编号的公式使用 `align`，以等号为对齐点：

$$\nabla J(\mathbf{x}) = \mathbf{A}^\top (\mathbf{Ax} - \mathbf{b}), \quad (2)$$

$$\nabla^2 J(\mathbf{x}) = \mathbf{A}^\top \mathbf{A}. \quad (3)$$

一条推导需要多行、但只保留一个编号时，使用外层公式包住 `aligned`：

$$\begin{aligned} J(\mathbf{x}) &= \frac{1}{2} (\mathbf{Ax} - \mathbf{b})^\top (\mathbf{Ax} - \mathbf{b}) \\ &= \frac{1}{2} \mathbf{x}^\top \mathbf{A}^\top \mathbf{Ax} - \mathbf{b}^\top \mathbf{Ax} + \frac{1}{2} \mathbf{b}^\top \mathbf{b}. \end{aligned} \quad (4)$$

以阈值 $\delta > 0$ 定义分段损失，条件列与表达式列分开对齐：

$$\rho_\delta(r) = \begin{cases} \frac{1}{2}r^2, & |r| \leq \delta, \\ \delta(|r| - \frac{1}{2}\delta), & |r| > \delta. \end{cases} \quad (5)$$

矩阵环境中的分列、换行同样表达结构，例如

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{x} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}, \quad \mathbf{b} = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 2 \end{bmatrix}.$$

定理 2.1 (正定二次型). 若实对称矩阵 $\mathbf{Q}$ 正定，则 $f(\mathbf{x}) = \mathbf{x}^\top \mathbf{Q} \mathbf{x}$ 的唯一全局最小点为 $\mathbf{x} = \mathbf{0}$ 。

证明. 由正定性，非零向量满足 $f(\mathbf{x}) > 0$ ，而 $f(\mathbf{0}) = 0$ 。□

练习：引用式 (2) and (3)，再插入新公式观察编号变化。将定理 2.1 的“正定”改成“半正定”后，数学结论需要重新检查。

3 图片、关节数据与分组表格

图题在图后，标签放在图题之后。这里重复使用同一份矢量图，演示两个独立子图的编号与引用；它们不是不同实验结果。

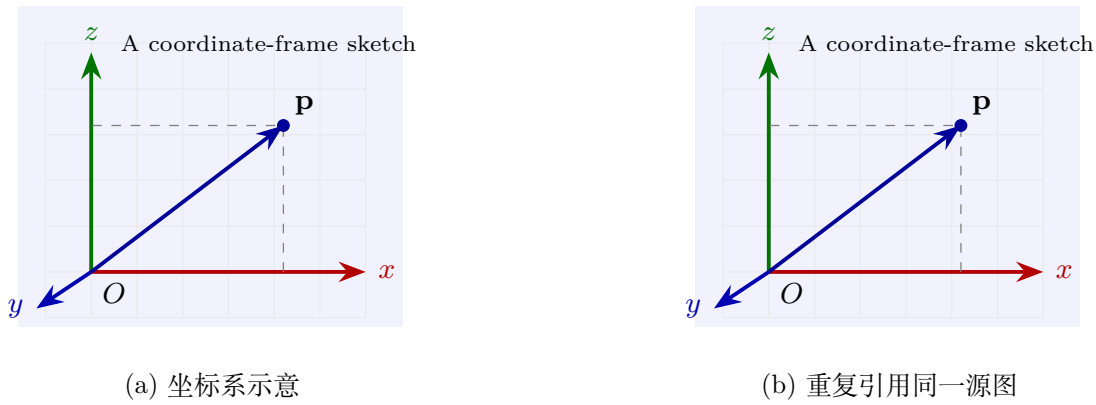


图 1: 一份矢量资源组成的双子图练习

表格中的数字按小数点对齐，单位统一放在表头。下面使用 `tabularx` 的弹性文字列和 `siunitx` 的数字列。

表 1: 教学用关节跟踪误差，数据为人为构造

关节	说明	RMSE (rad)	峰值 (rad)
J1	髋部俯仰，仅用于演示排版	0.012	0.031
J2	膝部俯仰，数值保留三位小数	0.008	0.024
J3	踝部俯仰，单位与前两项一致	0.015	0.040

跨行表示一个组包含多个条目，跨列表示共同的表头。三线表通常不加竖线，组间局部横线用 `cmidrule` 表达，避免让表格过于密集。

表 2: 跨行与跨列结构示例

模块	项目	样本数量	
		训练	检查
关节	位置	120	30
	速度	120	30
姿态	横滚	80	20
	俯仰	80	20

练习：将表 1 的说明改成较长句子，观察文字列换行；把某个数字改为两位整数时，同时调整 `table-format`。浮动体的 `htbp` 是位置偏好，不能保证恰好放在源码所在行。

4 长表格、代码与验证

跨页表格直接使用 `longtable`，不要再套 `table` 浮动环境。本例先保留少量行；复制数据行后，继续页会显示重复表头。

表 3: 练习记录：包含继续页的表头与页尾定义

序号	修改内容	验收现象
01	新增带编号公式	正文引用自动更新
02	调整图的宽度	图未越过正文边界
03	加长表格说明	文字列自动换行
04	增加真实书目	引用键解析为文献编号
05	复制本表的数据行	跨页后显示继续页表头

下面的 Python 代码只含 ASCII 字符，避免把中文字体问题与代码环境问题混在一起。它实现式 (5)；命令的语法高亮不能证明算法逻辑正确。

Listing 1: Huber loss with an explicit threshold

```
1 def huber(residual, delta=1.0):
2     if delta <= 0:
3         raise ValueError("delta must be positive")
4     magnitude = abs(residual)
5     if magnitude <= delta:
6         return 0.5 * residual * residual
7     return delta * (magnitude - 0.5 * delta)
8
9 assert huber(0.0) == 0.0
10 assert huber(1.0) == 0.5
11 assert huber(-2.0) == 1.5
```

一次完整检查：确认没有未定义引用、缺失字符或越界盒子；逐页观察公式、表格和图题；点击一个公式引用和一条文献引用；最后核对数学条件、单位及数据来源。工程构建使用 `latexmk` 驱动 XeLaTeX 与 Biber，而不是把“生成了 PDF”作为唯一成功条件。

5 引用链路与下一次练习

引用键是文献的稳定标识，显示出来的数字由引用顺序决定。本例先引用 Knuth[1]，再引用 Lamport 对文档准备系统的介绍 [2]。两条记录都对应真实出版物；示例中的机器人数据与这些书目没有实验来源关系。

本工程采用 BibLaTeX 加 Biber：

1. XeLaTeX 写出文献请求与交叉引用辅助信息。
2. Biber 读取 `references.bib`，生成处理后的文献数据。
3. XeLaTeX 读入数据，继续编译直到引用稳定。

平时用 `latexmk -xelatex main.tex` 让工具按依赖判断构建步骤。如果出现未定义引文，应检查引用键、文件路径、Biber 日志和版本配套，不能靠手写文献编号补救。

交付前的四个问题

- 结构：新增章节后，目录、标签和超链接是否仍正确？
- 排版：长公式、数字列、续表和页眉是否均在预期位置？
- 内容：符号维度、定理条件、数据单位和参考来源是否准确？
- 复现：换到同一构建环境，是否能从源文件重新生成 PDF？

参考文献

- [1] Donald E. Knuth. *The TeXbook*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley, 1984. ISBN: 0-201-13448-9.
- [2] Leslie Lamport. *LaTeX: A Document Preparation System*. 2nd ed. Addison-Wesley, 1994. ISBN: 978-0-201-52983-8.

建议每次只改变一种因素，并保留修改前后的 PDF。本练习中的显式换页用于将每个主题独立展示；正式长文档应先让结构与浮动体自然排版，再针对需要处理分页。