

南开大学

本科生毕业论文（设计）

中文题目： 南开大学 2021 年本科生毕业论文模板
——v1.2

外文题目： Graduation thesis template of Nankai University
——v1.2

学 号： 1710112

姓 名： 张鹏

年 级： 17 级

专 业： 统计学

系 别： 概率统计系

学 院： 数学与科学学院

指导教师： 魏雅薇 老师

完成日期： 2021 年 5 月

关于南开大学本科毕业论文（设计）的声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在指导教师指导下，进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本学位论文的研究成果不包含任何他人创作的、已公开发表或没有公开发表的作品内容。对本论文所涉及的研究工作做出贡献的其他个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本学位论文原创性声明的法律责任由本人承担。

学位论文作者签名：

年 月 日

本人声明：该学位论文是本人指导学生完成的研究成果，已经审阅过论文的全部内容，并能够保证题目、关键词、摘要部分中英文内容的一致性和准确性。

学位论文指导教师签名：

年 月 日

摘要

此模板根据《南开大学本科毕业论文（设计）指导手册 2018》（以下简称《指导手册》）的要求制作，这是目前最新的要求。由于作者专业的原因，本模板花较大篇幅展示了如何排版数学公式、定理和证明。希望此模板能帮助更多正在写论文的同学。

下载方式：

- 你可以在 GitHub: [NKU-biyelunwen-2021](#) 下载文件，在本地使用。若无法登录 GitHub，也可以在 [百度网盘](#) 下载，提取码：p4qv。
- 使用 Overleaf 的模板：[NKU-毕业论文-2021](#) 在线编程。

使用建议：

- 请使用 XeLaTeX 进行编译^①。
- 使用模板时，建议不要删除原来的内容，将其注释即可，以备日后需要。
- 若不希望将超链接上色，将 `preamble.tex` 中导入 `hyperref` 的 `colorlinks` 选项去掉（位于文件约 190 行）。
- 你需要自行在 `cover1.docx` 中制作封面并导出为 `cover1.pdf`，以替换作者的封面。不要使用作者的封面☹
- 推荐在 [Tables Generator](#) 网站制作表格，使用 [Mathpix](#)^② 软件书写数学公式，它们能很大地提升写作效率。

最后，由于本人水平有限，模板仍存在不足，欢迎指出，本人将会量力而为尽力完善。联系方式：(1) 微信：zp18102190105；(2) QQ：602795339；(3) 邮箱：602795339@qq.com。

关键词：南开大学毕业论文；L^AT_EX；数学公式；定理环境；代码

^①在 Overleaf 上切换编译器的方式见 [文章](#)。

^②该软件经由阿里系某二手交易软件赋能后可发挥最大功效。

Abstract

If you skip the previous abstract in Chinese and come here for help, this template is not for you☺.

Keywords: L^AT_EX template; impatient author

目 录

一、 基础	1
(一) 节、小节、小小节、段落	1
1. 这是小小节 1.1.1	1
(二) 列表	1
(三) 脚注、文献引用和交叉引用	2
(四) 图片	2
(五) 表格	4
二、 数学公式	5
(一) 行内公式	5
(二) 单行公式	5
(三) 多行公式	5
(四) 多行的单公式	6
三、 类定理环境示例	7
四、 数字和单位	9
五、 代码与算法	9
附 录	11
参考文献	15
致 谢	16

一、基础

(一) 节、小节、小小节、段落

1. 这是小小节 1.1.1

此处是 1.1.1 小小节。完整的层次结构为：section（节）—subsection（小节）—subsubsection（小小节）—paragraph（段）—subparagraph（小段）。为清晰起见，不建议使用过多层次。作者的毕业论文中只使用了前 3 层。

(二) 列表

无序列表：

- 中文
- English

有序列表：

1. 中文
2. English

有序列表有行内的版本：(1) 中文；(2) English。

列表可以相互嵌套使用（至多四层）：

1. 中文
 - (a) 古代汉语
 - (b) 现代汉语
 - i. 口语
 - 普通话
 - 方言
 - ii. 书面语
2. English
3. 日本語

(三) 脚注、文献引用和交叉引用

使用 `\footnote` 输入脚注^①。使用 `\cite` 引用文献，如 [1]、[5, 3, 4]、[8]（引用之前需要在参考文献中定义）。

交叉引用，即我们使用 `\label` 命令在某处标记，以后再使用 `\ref` 命令引用该标记。使用交叉引用功能的好处是，`\ref` 命令引用的内容会随着 `\label` 命令所在的位置、环境自动变化。示例：此处是第一节的第三小节，小节的标题是“脚注、文献引用和交叉引用”，位于文档的第 2 页。

(四) 图片

图 1 插入了一个矢量图，经过放大也不会失真。个人的经验是，将图形输出为 PDF 格式，能够较好的支持中文。将图片输出为其它矢量格式时，可能会导致中文乱码。

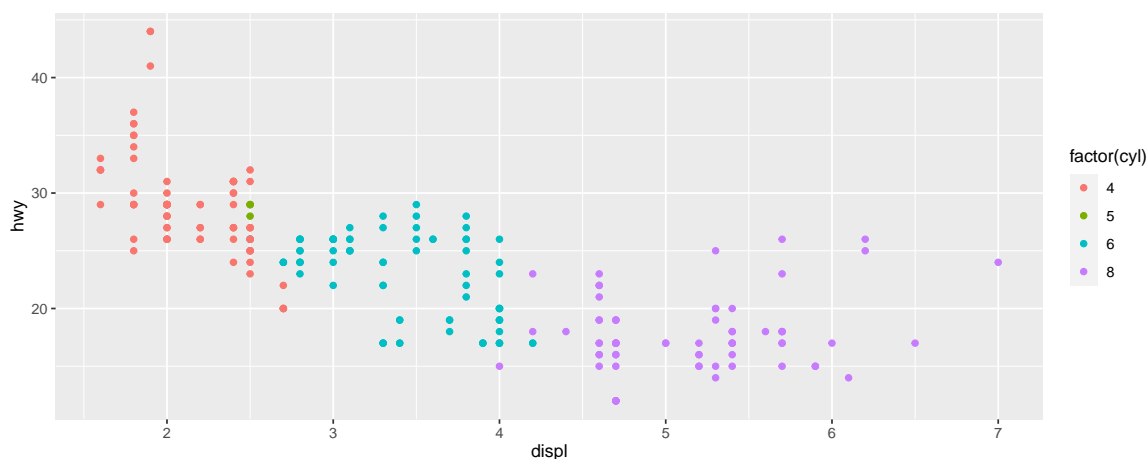


图 1 某散点图^②

图 2 和图 3 是两张并排的图片。图 4 含有 4 个子图。

^①这是脚注。

^②你可能注意到，图片的标题在下方，而表格的标题在下方。这么做的原因可以见 [Stack Exchange](#)。

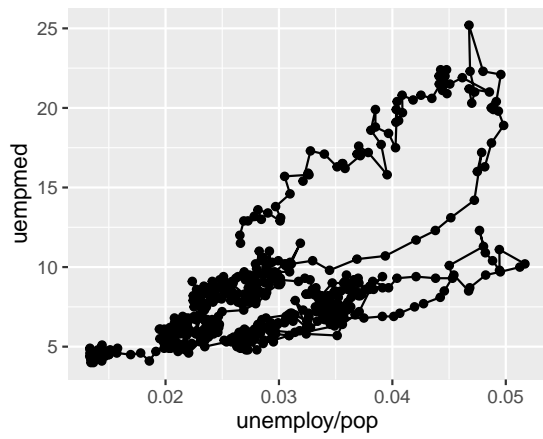


图 2 某路径图

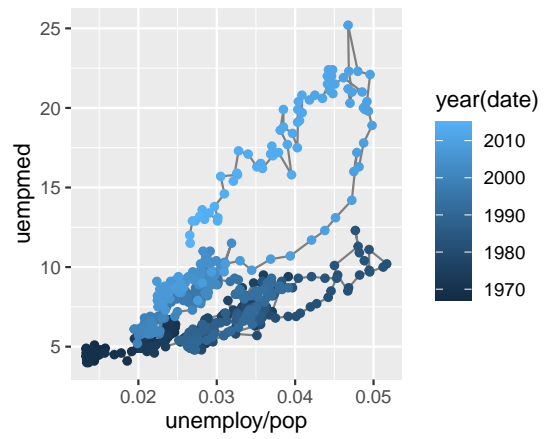
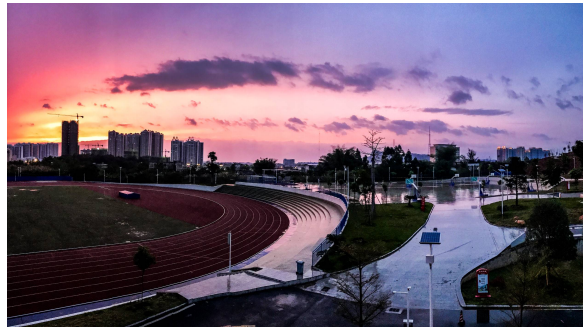


图 3 用颜色区分时间



(a) 冰雪大世界



(b) 高中の夕陽



(c) 八里台桥



(d) 作者得不到的同学

图 4 作者拍的照片

(五) 表格

表 1 用三线表的形式进行符号说明。若完整的表格过长，可以像表 6 那样放在附录，在正文仅保留关键的符号。

表 1 符号表示 1

符号	描述
K	产品数 ($k \in \{1, \dots, K\}$)
T	周期数 ($t \in \{1, \dots, T\}$)
c_t	t 时期的产能
hc_k	每周期每单位产品 k 的持有成本
q_{kt}	t 时期产品 k 的产量
q_{kt}^r	t 时期产品 k 的再制造数量

表 2 也是三线表，但与前者不同，它是二维的，“姓名”和“学科”唯一决定了成绩。将其用表 3 展示可以更清晰的看到这一点。

表 2 学生的成绩 1

姓名	文科		理科		总评
	历史	文学	物理	化学	
张三	A	A	B	A	A
李四	C	B	A	B	B

表 3 学生的成绩 2

姓名 \ 科目	历史	文学	物理	化学	总评
	张三	A	A	B	A
李四	C	B	A	B	B

二、数学公式

(一) 行内公式

使用 `$...$` 得到行内公式，如 $x \in [0, 1]$, $\int_0^\pi \sin x dx = 2$ 。

(二) 单行公式

使用 `equation` 环境得到带编号公式，如式 (1) 所示。

$$\alpha^2 \sum_{j \in \mathbb{N}} b_{ij} \hat{y}_j = \sum_{j \in \mathbb{N}} b_{ij}^{(\lambda)} \hat{y}_j + (b_{ii} - \lambda_i) \hat{y}_i \hat{y}_i \quad (1)$$

而通过 `equation*` 得到无编号公式，如

$$A = \{x \in X \mid x \in X_i, \text{ 对某些 } i \in I\}$$

无编号公式也可以通过 `\[... \]` 得到，这是 `equation*` 的简写版本。按照要求，所有公式或都编号，或都不编号，虽然作者并没有遵循这一要求。绝大部分数学环境都有带 * 的版本，它们将不会对公式编号，下文不再赘述。

(三) 多行公式

使用 `align`^① 环境可以指定公式在某处对齐，这里我们使公式沿等号左侧对齐（在代码中用 `&` 表示对齐点）：

$$x = y \times z \quad (2)$$

$$dz = x + y \quad (3)$$

若想用下一级编号，可以用 `subequation` 环境包围 `align`，或其他多公式环境^②：

$$x = y \times z \quad (4a)$$

$$dz = x + y \quad (4b)$$

`alignat` 环境与 `align` 环境类似，区别在于前者需要手动设置列之间的间距，而后者会对其自动设置。我们可以用 `alignat` 排版带有注释的公式：

$$\begin{aligned} x &= x \wedge (y \vee z) && \text{(by distributivity)} && (5) \\ &= (x \wedge y) \vee (x \wedge z) && \text{(by condition (M))} \\ &= y \vee z \end{aligned}$$

^①`align` 环境还可以对多列进行对齐，此处只展示了对一列对齐。

^②有关微分算子应该用直立体还是斜体，可以见 [Stack Exchange](#) 的讨论。

或方程组：

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 = y_1, \quad (6a)$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{24}x_4 = y_2, \quad (6b)$$

$$a_{31}x_1 + a_{33}x_3 + a_{34}x_4 = y_3. \quad (6c)$$

有时候我们不想指定公式具体沿哪里对齐，而只是想将它们居中放置，使用 `gather` 环境可以达到这个目的。

$$3(a-x) = 3.5x + a - 1 \quad (7)$$

$$a = \frac{13}{4}x - \frac{1}{2} \quad (8)$$

$$(9)$$

使用 `\intertext` 可以在公式中插入一行文字，如：

$$h(x) = \int \left(\frac{f(x) + g(x)}{1 + f^2(x)} + \frac{1 + f(x)g(x)}{\sqrt{1 - \sin x}} \right) dx \quad (10a)$$

化简为

$$= \int \frac{1 + f(x)}{1 + g(x)} dx - 2 \arctan(x - 2) \quad (10b)$$

注意到虽然中间有一行字，但式 (10a) 和式 (10b) 仍在同一个数学公式中。

(四) 多行的单公式

本小节提及的环境，都需要嵌套于前面的小节提及的数学环境中。例如，若想使用 `aligned` 环境 (`align` 的行内版本)，需要将其放于 `equation` 等数学环境中。整个 `aligned` 环境作为一个整体，成为父环境的一个元素。

我们使用 `aligned` 将不同的行沿等号左侧对齐：

$$\begin{aligned} \arctan'(x) &= (h^{-1})'(x) \\ &= \frac{1}{h'(h^{-1}(x))} \\ &= \frac{1}{\tan'(\arctan x)} \\ &= \frac{1}{\sec^2(\arctan x)} \end{aligned} \quad (11)$$

注意到它只会对整个公式居中编号，而不像式 (2) 对每行都进行编号。更复杂的例子如下，我们令他们沿最左侧对齐，并且在后 3 行的行首加入了长度不等的空白。

$$\begin{aligned}
& \bar{J}(\alpha_t^{i,*}; \mu) - \bar{J}(\hat{\alpha}_t^{i,*}; \hat{\mu}) + \lambda^k \mathbb{E} \left[\int_0^T \|\alpha_t^{i,*} - \hat{\alpha}_t^{i,*}\|^2 dt \right] \\
& \leq \mathbb{E} \left[\int_0^T \left(\frac{\zeta^k}{2} (\hat{g}_t^{i,*} - h_t^k)^2 + \frac{\gamma^k}{2} (\hat{\Gamma}_t^{i,*})^2 + S_t^\mu \hat{\Gamma}_t^{i,*} \right) dt + PF'_\delta(R^k - \hat{X}_T^i) \right] \\
& \quad - \mathbb{E} \left[\int_0^T \left(\frac{\zeta^k}{2} (\hat{g}_t^{i,*} - h_t^k)^2 + \frac{\gamma^k}{2} (\hat{\Gamma}_t^{i,*})^2 + S_t^{\hat{\mu}} \hat{\Gamma}_t^{i,*} \right) dt + PF'_\delta(R^k - \hat{X}_T^i) \right] \\
& = \mathbb{E} \left[\int_0^T \hat{\Gamma}_t^{i,*} (S_t^\mu - S_t^{\hat{\mu}}) dt \right].
\end{aligned}$$

下面这种 if-else 情况可以用 cases 环境生成：

$$f(x) = \begin{cases} -x^2, & x < 0; \\ \alpha + x, & 0 \leq x \leq 1; \\ x^2, & \text{其它.} \end{cases} \quad (12)$$

目前为止我们都是单独地使用多行的单公式。实际上我们也可以将其放入多行公式中：

$$f = (x_1 x_2 x_3 x_4 x_5 x_6)^2 \quad (13)$$

$$= (x_1 x_2 x_3 x_4 x_5 + x_1 x_3 x_4 x_5 x_6 + x_1 x_2 x_4 x_5 x_6 + x_1 x_2 x_3 x_5 x_6)^2,$$

$$g = y_1 y_2 y_3. \quad (14)$$

这里我们在多行公式中使用了多行的单公式。可以看到，前两行是一个公式，最后一行是另一个公式。

下面展示了一些矩阵，它们本身是多行的，作为整体被视为父公式的一个部分。

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ a & b & c \end{pmatrix} \quad \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ a & b & c \end{bmatrix} \quad \left| \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \\ a & b & c \end{array} \right| \quad \begin{bmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

三、类定理环境示例

定义 1 (上确界与下确界).

- (1) 如果数集 S 的上界集中有最小值，则称之为 S 的**上确界**，记为 $\sup S$ ；

(2) 如果数集 S 的下界集中有最大值, 则称之为 S 的**下确界**, 记为 $\inf S$ 。

从定义 1 容易看到, 如果数集 S 有上(下)确界, 则它的上(下)确界是唯一的。以上定义中 \sup 是 *supremum* 的简写, 而 \inf 是 *infimum* 的简写。设 $\beta = \sup S$, 这包含两层意思: (i) β 是 S 的上界, 即对任意 $x \in S$, 都成立 $x \leq \beta$; (ii) β 是 S 的所有上界中最小的, 即对任意 $\varepsilon > 0$, $\beta - \varepsilon$ 都不是 S 的上界, 亦即对任意 $\varepsilon > 0$, 都存在 $x_0 \in S$, 使得 $x_0 > \beta - \varepsilon$ 。总结如下:

定理 1. β 是数集 S 的上确界的充分必要条件是

(1) 对任意 $x \in S$, 都成立 $x \leq \beta$;

(2) 对任意 $\varepsilon > 0$, 都存在 $x_0 \in S$, 使得 $x_0 > \beta - \varepsilon$ 。

对于下确界也有类似的定理。

推论 1 (确界原理). 有下界的非空数集必有下确界。

证. 设 S 是一个有下界的非空数集。于是 $T = \{-x \mid x \in S\}$ 非空有上界, 因而有上确界, 设 $\beta = \sup T$ 。记 $\alpha = -\beta$, 于是 $\alpha = \inf S$ 。 ■

注 1. 我也不知道有什么好注的, 告诉你可以这么用而已。

定理 2 (单调收敛定理). 单调有界数列必收敛, 具体地说:

(1) 若数列 $\{x_n\}$ 递增且有上界, 则

$$\lim_{n \rightarrow \infty} x_n = \sup\{x_n \mid n \in \mathbb{N}\};$$

(2) 若数列 $\{x_n\}$ 递减且有下界, 则

$$\lim_{n \rightarrow \infty} x_n = \inf\{x_n \mid n \in \mathbb{N}\}.$$

引理. *Let $a < b < c$ and let f be continuous on the interval $[a, c]$. Let $\varepsilon > 0$, and suppose that statements hold. Then there is a $\delta > 0$ such that, if x and y are in $[a, c]$ and $|x - y| < \delta$, then $|f(x) - f(y)| < \varepsilon$.*

假设 1. *The proportion of the total population of agents belonging to each class k converges to a constant as the number of firms (N) increases.*

四、数字和单位

表 4 展示了一些数字和单位的写法，以及常见的错误写法。

表 4 数字与单位示范

优秀范例	没那么好
12345.67890	12345.67890
$1 \pm 2i$	$1 \pm 2i$
0.3×10^{45}	0.3×10^{45}
$1.654 \times 2.34 \times 3.430$	1.654 x 2.34 x 3.430
kgms^{-2}	kg m s^{-2}
$\text{V}^2 \text{lm}^3 \text{F}^{-1}$	$\text{V}^2 \text{lm}^3 \text{F}^{-1}$
$1.23 \text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$	$1.23 \text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$
\$1.99/kg	\$ 1.99/kg
$1.345 \frac{\text{C}}{\text{mol}}$	$1.345 \frac{\text{C}}{\text{mol}}$

五、代码与算法

我们可以使用 `listings` 排版代码。它支持多种语言，如 C, C++, JAVA, Matlab, R, Python 等，完整语言支持见文档的 2.4 节 (Programming languages)。代码 1 用 Python 实现了通过递推的方式计算斐波那契数列，以防止栈溢出。

```
1 def fibonacci(n):
2     if n == 1:
3         return 1
4     elif n == 2:
5         return 2
6     else:
7         curr, prev, i = 3, 2, 3      # 从 fib 3 开始计算
8         while i != n:
9             i, curr, prev = i+1, curr+prev, curr
10
11     return curr
```

代码 1 计算斐波那契数列

我们可以使用 `algorithms` 包排版算法。算法 1 将指数计算的复杂度由 $O(n)$ 降到了 $O(\log n)$ 。

算法 1 加速指数计算

输入: $n \geq 0 \vee x \neq 0$

输出: $y = x^n$

$y \leftarrow 1$

if $n < 0$ **then**

$X \leftarrow 1/x$

$N \leftarrow -n$

else

$X \leftarrow x$

$N \leftarrow n$

end if

while $N \neq 0$ **do**

if N is even **then**

$X \leftarrow X \times X$

$N \leftarrow N/2$

else { N is odd}

$y \leftarrow y \times X$

$N \leftarrow N - 1$

end if

end while

续表 5

First column	Second column	Third column
One	abcdef ghijklmn	123.456778
One	abcdef ghijklmn	123.456778
One	abcdef ghijklmn	123.456778
One	abcdef ghijklmn	123.456778
One	abcdef ghijklmn	123.456778
One	abcdef ghijklmn	123.456778
One	abcdef ghijklmn	123.456778

表 6 展示了较长的符号说明，并将类似的符号归类。为了指定表格的宽度，我们使用了 `tabularx` 环境，而不是普通的 `table` 环境

表 6 较长的符号说明表格

<u>索引</u>	
K	number of products ($k \in \{1, \dots, K\}$)
T	number of periods ($t \in \{1, \dots, T\}$)
<u>参数</u>	
δ_k	target δ -service level for product k
c_t	production capacity in period t
c_t^r	remanufacturing capacity in period t
hc_k	holding cost of product k per unit and period
hc_k	holding cost of product k per unit and period
oc	overtime costs per unit
M_{kt}	bignumber for product k in period t
pc_k	production cost of product k per unit
pc_k^r	remanufacturing cost of product k per unit
sc_k	setup cost of product k
<u>随机变量</u>	
BL_{kt}	backlog of product k at the end of period t
D_{kt}	external demand of product k in period t
I_{kt}	net inventory of product k at the end of period t
I_{kt}^r	net inventory of returns of product k at the end of period t
IP_{kt}	physical inventory of product k at the end of period t
IP_{kt}^r	physical inventory of recoverables at the end of period t
R_{kt}	returns of product k in period t
SF_{kt}^r	shortfall of recoverables of product k in period t
<u>决策变量</u>	
q_{kt}	production quantity of product k in period t
q_{kt}^r	remanufacturing quantity of product k in period t
o_t	amount of overtime for production in period t
o_t^r	amount of overtime for remanufacturing in period t

参考文献

- [1] 庞青山. 论大学学科组织及其特色. 高等理科教育, 2005, 63 (5): 1~3.
- [2] Koh Y W, Lai C S, Loh K, *et al.* Growth of bismuth sulfide nanowire using bismuth trisoxanthate single source precursors. Chem Mater, 2003, 15(24): 4544~4554.
- [3] 李明. 物理学. 北京: 科学出版社, 1977, 58~62.
- [4] Dupont B. Bone marrow transplantation in severe combined immunodeficiency with an unrelated MLC compatible donor. In: White H J, Smith R, eds. Proceedings of the Third Annual Meeting of the International Society for Experimental Hematology. Houston: International Society for Experimental Hematology, 1974.44~46.
- [5] 胡刚. 蛋白质深度分析以及基因的进化模型: [博士学位论文]. 天津: 南开大学, 2005.
- [6] 姚光起. 一种氧气泵材料的制备方法. 中国专利.ZL891056088, 1980-07-03.
- [7] 中华人民共和国国家技术监督局.GB3100-3102. 中华人民共和国国家标准. 北京: 中国标准出版社, 1994-11-01.
- [8] SREC Trade, New jersey srec market, 2019, <https://www.srectrade.com/srec/markets/newjersey> (accessed 2019-02-13)^①.

^①除本条外, 所列的参考文献均来源于《指导手册》。本条意在演示使用 url。

致 谢

感谢使用本模板。

Thanks for using this template.