



燕山大学  
YANSHAN UNIVERSITY

# 本科生毕业设计（论文）

论文题目    两轮平衡小车控制系统设计与实现

作者姓名    石殿鹏

专      业    过程控制

指导教师    胡硕 讲师

2021 年 6 月



## 本科生毕业设计（论文）

# 两轮平衡小车控制系统设计与实现

学	院：电气工程学院
专	业：过程控制
姓	名：石殿鹏
学	号：燕山大学
指 导 教	师：胡硕 讲师
答 辩 日	期：2021 年 6 月



## 摘 要

摘要是论文内容的高度概括，应具有独立性和自含性，即不阅读论文的全文，就能通过摘要了解整个论文的必要信息。摘要应包括本论文研究的目的、理论与实际意义、主要研究内容、研究方法等，重点突出研究成果和结论。

摘要的内容要完整、客观、准确，应做到不遗漏、不拔高、不添加。摘要应按层次逐段简要写出，避免将摘要写成目录式的内容介绍。摘要在叙述研究内容、研究方法和主要结论时，除作者的价值和经验判断可以使用第一人称外，一般使用第三人称，采用“分析了……原因”、“认为……”、“对……进行了探讨”等记述方法进行描述。避免主观性的评价意见，避免对背景、目的、意义、概念和一般性（常识性）理论叙述过多。

摘要需采用规范的名词术语（包括地名、机构名和人名）。对个别新术语或无中文译文的术语，可用外文或在中文译文后加括号注明外文。摘要中不宜使用公式、化学结构式、图表、非常用的缩写词和非公知公用的符号与术语，不标注引用文献编号。

摘要的字数（以汉字计），硕士学位论文一般为 500-650 字，博士学位论文为 900-1200 字，均以能将规定内容阐述清楚为原则，文字要精练，段落衔接要流畅。摘要页不需写出论文题目。

英文摘要与中文摘要的内容应完全一致，在语法、用词上应准确无误，语言简练通顺。中文摘要在前，英文摘要在后。

**关键词：**关键词 1；关键词 2；关键词 4；关键词 4 （关键词是供检索用的主题词条。关键词应集中体现论文特色，反映研究成果的内涵，具有语义性，在论文中有明确的出处，并应尽量采用《汉语主题词表》或各专业主题词表提供的规范词，应列取 3-8 个关键词，按词条的外延层次从大到小排列。）

## Abstract

This is the abstract of your paper and it should be ...

This is the abstract of your paper and it should be This is the abstract of your paper and it should be ...This is the abstract of your paper and it should be ...

**Keywords:** Photonic crystal fiber; dispersion; birefringence; genetic algorithm; finite element method; terahertz

# 目录

摘 要 .....	I
ABSTRACT .....	II
第 1 章 快速入门.....	1
1.1 高楼大厦始于一砖一瓦 .....	1
1.2 一个完整的章节实例.....	2
1.3 章节条款标题 .....	3
1.3.1 条标题 .....	3
1.4 解决 pdf 文件复制出现乱码问题 .....	3
第 2 章 插图.....	5
2.1 单个居中图形 .....	5
2.2 两个并排图形 .....	6
2.3 两个以上的并排或者堆叠的图形.....	8
2.4 图题 .....	9
2.5 图形的引用 .....	10
2.6 本章小结 .....	10
第 3 章 表格.....	12
3.1 普通三线表 .....	12
3.2 有合并列的三线表 .....	12
3.3 表格的引用 .....	13
3.4 特殊形式的表格 .....	13
3.5 本章小结 .....	14
第 4 章 公式.....	15
4.1 上下标 .....	15
4.2 分式 .....	15
4.3 矢量点乘与叉乘 .....	16
4.4 求和与积分 .....	16
4.5 矩阵与数组 .....	17
4.6 多行公式与对齐方法.....	17
4.7 带有大括号的方程组.....	18
4.8 特殊的公式 .....	19
4.9 数学环境的使用 .....	19
4.9.1 定义 .....	20
4.9.2 定理及证明 .....	20

4.9.3 推论 .....	21
4.9.4 引理 .....	21
4.9.5 例子 .....	21
4.10 本章小结 .....	22
<b>第 5 章 参考文献 .....</b>	<b>23</b>
5.1 参考文献在正文和列表中格式要求 .....	23
5.1.1 在正文中的要求 .....	23
5.1.2 在列表中的要求 .....	23
5.2 单一参考文献 .....	23
5.3 多个连续参考文献 .....	24
5.4 多个不连续参考文献 .....	24
5.5 本章小结 .....	24
<b>第 6 章 数字物理量与单位 .....</b>	<b>25</b>
6.1 数字 .....	25
6.2 单位 .....	25
6.3 同时输入数字与单位 .....	25
6.4 附 1: 国际标准单位与导出单位输入方式 .....	26
6.5 本章小结 .....	26
<b>结 论 .....</b>	<b>27</b>
<b>附录 A 程序代码的输入 .....</b>	<b>28</b>
A.1 插入程序代码 .....	28
A.2 FORTRAN .....	28
A.3 MATLAB .....	28
A.4 C++ .....	29
<b>参考文献 .....</b>	<b>31</b>



## 第 1 章 快速入门

本模板的意义是为了让从未接触过  $\text{\LaTeX}$  的新手能尽快的上手，熟悉本模板的使用。因此本文介绍的大部分内容都将以实例的形式给出，您可以通过目录快速检索感兴趣的内容。作为一个学位论文作者，你的主要精力应该是论文的内容而不是论文的格式。字体字号对齐方式是否有背题图和图注是否在同一页参考文献作者是否缩写期刊名是否缩写——这些不应该成为一个即将具有博士学位的人花费大量精力去考虑的问题。这也是本模板要解决的问题。

本说明的结构安排如下：第 1 章是一篇简易教程，完整的示例了论文的一章可能会遇到的各种问题如插图、公式、图形引用、公式引用和文献的插入及引用。第 2 章是关于插图的进阶内容，会涉及到图形的不同排列形式，图形的大小缩放等。第 3 章是关于表格的内容，涉及如何插入表格，科技文献常用的三线表以及跨页长表格等问题。第 4 章是关于公式的进阶内容，涉及公式的编号、对齐、矩阵和方程组的编写等问题。第 5 章是关于参考文献，涉及文献的压缩引用，排序等。第 6 章介绍输入数字和物理量的方法。

### 1.1 高楼大厦始于一砖一瓦

简单的说， $\text{\LaTeX}$  是一种对文字进行排版处理的程序语言，尽管它的功能不仅限于此。它与我们常用的 Microsoft Word 在使用上有较大的区别。例如我们在 MSWord 中输入标题时，先输入标题文字，如“绪论”，然后将其选中，选择 MSWord 中的“章标题”样式。这是在已经定义好了章标题样式的前提下。如果从未听说过样式或者没有使用过 MSWord 样式的同学，可能会采取更为繁琐的操作，例如分别设定字体，字号，大纲级别，缩进，对齐方式和自动编号等等。在  $\text{\LaTeX}$  中，是这样输入章标题的：

```
\chapter{绪论}
```

仅此而已。这里的 `\chapter` 是一个命令，它告诉  $\text{\LaTeX}$  “绪论”是章标题，然后  $\text{\LaTeX}$  会按照预先定义好的章标题格式来对其进行处理——这不是我们应该关心的内容。同样，你可以使用 `\section{课题背景}`、`\subsection{理论基础}` 和 `\subsubsection{公式推导}` 来告诉  $\text{\LaTeX}$  这些分别是节标题、条标题和款标题。 $\text{\LaTeX}$  会自动对它们进行格式的设置，并且会自动为你生成编号。

而图形的插入通常则是通过以下形式：

```
\begin{figure}
\includegraphics{ysulogo}
\end{figure}
```

其中 `ysulogo` 为插图的文件名，不包含后缀名（ $\text{\LaTeX}$  支持 PDF, PNG, JPG 格式）。与命令不同，这里使用了

`\begin{figure}` 和 `\end{figure}`

这一对命令来构成一个环境。使用本模板完成学位论文时将会经常用到命令与环境。一般使用者只要能区分二者即可，其实只要完成论文的第一幅插图，后续的插图可以将原来的插图环境复制并稍加修改即可。

## 1.2 一个完整的章节实例

下边我们使用命令与环境的概念，完成一个迷你章节的例子。

进入 YSUthesis 文件夹，打开主文件 template.tex。进入 chapter 文件夹，打开 chap-intro.tex 文件。该文件对应论文的第一章“绪论”。然后输入如下内容：

```
% !Mode:: "TeX:UTF-8"
\chapter{绪论}
我是绪论中的正文文本。

\section{课题背景}
我要使用引用命令为我的文章引用文献：
\ldots加速度为\SI{12345}{\square\micro\meter\per\nano\second},
是一般加速度的\num{1.2345e3}倍\supercite{Yablonovitch1987},
误差\SI{+-2e-6}{\square\micro\meter\per\nano\second}。

\subsection{该小节插图}
这里我要使用图形环境插图。注意该插图拥有中英双语图注和自动生成的图形编号。
同时我要引用该图形：该图的编号是 \ref{fig-pcf}。
\begin{figure}[hptb]
\centering
\includegraphics{chp-1_pcf}
\FigureBiCaption{形式多样的光子晶体光纤}{英文图题}\label{fig-pcf}
\end{figure}

\subsection{该小节插入公式}
我还要使用公式环境插入公式。注意公式是自动居中编号。同时我也要引用该公式，
该公式的编号是\eqref{equ-sample}
\begin{equation}\label{equ-sample}
\sum_{i=1}^n\sin\beta_i^2+\int_a^b\frac{D}{c}\backslash,\mathrm{d}x=0.
\end{equation}

\section{本章小结}
以上为本章的所有内容。
```

保存该文件。切换到 template.tex 主文件，依次执行菜单“TeX”下的“XeLaTeX” - “BibTeX” -

“XeLaTeX” - “XeLaTeX”，（这些步骤也可以通过工具栏上的按钮完成）。之后会在主目录下自动生成 PDF 文件，您不妨亲自动手试试看！生成的参考文献如图 1-1所示。

## 参考文献

- 1 E. Yablonovitch. Inhibited Spontaneous Emission in Solid-state Physics and Electronics. Phys. Rev. Lett. 1987, 58(20):2059–2062.

图 1-1 自动生成的参考文献  
Fig. 1-1 References are generated automatically

### 1.3 章节条款标题

论文的框架分为：章节条款等，分别由下列一些命令生成。由`\chapter{}`生成章标题，由`\section{}`生成节标题，由`\subsection{}`生成条标题，由`\subsubsection{}`生成款标题。

#### 1.3.1 条标题

论文的框架分为：章节条款等，分别由下列一些命令生成。由`\chapter{}`生成章标题，由`\section{}`生成节标题，由`\subsection{}`生成条标题，由`\subsubsection{}`生成款标题。

##### 1.3.1.1 款标题

论文的框架分为：章节条款等，分别由下列一些命令生成。由`\chapter{}`生成章标题，由`\section{}`生成节标题，由`\subsection{}`生成条标题，由命令`\subsubsection{}`生成款标题。

### 1.4 解决 pdf 文件复制出现乱码问题

以下是解决pdf文件复制乱码问题（方便论文查重，我已经按照第一种办法做了，如果有个别同学还是不成功，请按照后边方法，照做一下）！！！下面是另外两种办法，共三种办法！！！！

(1) 在YSUthesis.cls的Line142, 加上```\setCJKmainfont{新宋体}`第一种办法！''  
%%上面一行是解决pdf文件复制乱码问题！！！！下面是另外两种办法，共三种办法！

(2) 在template.tex文件的`\begin{document}`前边，加上```\usepackage{ccmap}`删掉前边的注释！为了解决论文查重，PDF文件复制出现乱码问题，请去掉这行前面的注释，编译完成后，使用Adobe Acrobat 删掉论文前面多余的两页即可！！！！不知道是什么原因，但是这样可以解决问题，有待大家找到更好的解决办法！！！！这种方法在编译过程中会终止，需要回车一下！！！！''

(3) 在template.tex文件的`\classification{0226}`前边，加上

``为了解决论文查重，PDF文件复制出现乱码问题，请去掉这行前面的注释，编译完成后，使用Adobe Acrobat 删掉论文前面多余的两页即可！！！  
不知道是什么原因，但是这样可以解决问题，有待大家找到更好的解决办法！！！''

注意！第一章不要有“本章小结”!!!

## 第 2 章 插图

插图主要涉及到：单个居中图形；两个并排图形；两个以上的并排或者堆叠的图形；图题；图形的引用；

### 2.1 单个居中图形

大多数情况下，需要插入的图形是单个的时候可以使用如下环境：

```
\begin{figure}[hptb!]
\centering\small
\includegraphics[width=0.6\textwidth]{ysulogo}
\FigureBiCaption{单个居中图形}
{A single center graphics A single center graphics}\label{ysulogo}%\vspace{0.3em}
\end{figure}
```

或者

```
\begin{figure}[hptb!]
\centering\small
\includegraphics[width=0.6\textwidth]{ysulogo}
\caption{单个居中图形\label{ysulogo}}\vspace{0.3em}
\begin{minipage}[t]{0.9\textwidth}
\centering
{Fig. \ref{ysulogo} A single center graphics}
\end{minipage}
\end{figure}
```

其中的参数 “[width=\textwidth]” 指定图形的宽度 0.6 倍页宽。两种方式都可以达到最后的效果如图 2-1 所示。个人推荐第一种方式。



图 2-1 单个居中图形

Fig. 2-1 A single center graphics A single center graphics

## 2.2 两个并排图形

下列代码在文中插入两个并排的图形。它使用了一个称作 `minipage` 的环境。在同一行插入两个并排的 `minipage`，每个 `minipage` 包含一个图形。图中 `minipage` 的参数 “[0.5\linewidth]” 指定 `minipage` 的宽度是当前正文页面的 0.5 倍（一半）。而插图命令中的参数 “[width=\textwidth]” 则是指定插图的宽度为当前 `minipage` 的宽度。如果这个插图命令是在 `minipage` 环境外边的话，参数中的 “\textwidth” 的宽度为当前正文页面的宽度。

```
\begin{figure}[htbp!]
\centering
\subfigure{\label{subfigure1}}\addtocounter{subfigure}{-2}
\subfigure[The 1st subfigure caption]{\subfigure[第1个子图标题]
{\includegraphics[width=0.46\textwidth]{chp-2_bessel_k}}}%第1个子图
\subfigure{\label{subfigure2}}\addtocounter{subfigure}{-2}
\subfigure[The 2nd subfigure caption]{\subfigure[第2个子图标题]
{\includegraphics[width=0.46\textwidth]{chp-2_bessel_k}}}%第2个子图
\FigureBiCaption{中文总标题}{The total caption\label{Figure-all}}
\end{figure}
```

或者

```
\begin{figure}[hptb!]
\centering\small
\begin{minipage}[t]{0.5\linewidth}
\centering
\includegraphics[width=\textwidth]{chp-2_bessel_j}
(a) 子图a图题\\[0.3em]
(a) Subfigure a
\end{minipage}%
\begin{minipage}[t]{0.5\textwidth}
\centering
\includegraphics[width=\textwidth]{chp-2_bessel_k}
(b) 子图b图题\\[0.3em]
(b) Subfigure b
\end{minipage}
\FigureBiCaption{两个并排图形}{Two coordinate graphics}\label{fig-dbfig}
\end{figure}
```

或者

```

\begin{figure}[hptb!]
  \centering\small
  \begin{minipage}[t]{0.5\linewidth}
    \centering
    \includegraphics[width=\textwidth]{chp-2_bessel_j}
    (a) 子图a图题\\[0.3em]
    (a) Subfigure a
  \end{minipage}%
  \begin{minipage}[t]{0.5\textwidth}
    \centering
    \includegraphics[width=\textwidth]{chp-2_bessel_k}
    (b) 子图b图题\\[0.3em]
    (b) Subfigure b
  \end{minipage}
  \caption{两个并排图形\label{fig-dbfig}}
  \vspace{0.3em}
  \begin{minipage}[t]{0.9\textwidth}
    \centering
    {Fig. \ref{fig-dbfig} Two coordinate graphics}
  \end{minipage}
\end{figure}

```

最终结果如图 2-3所示。

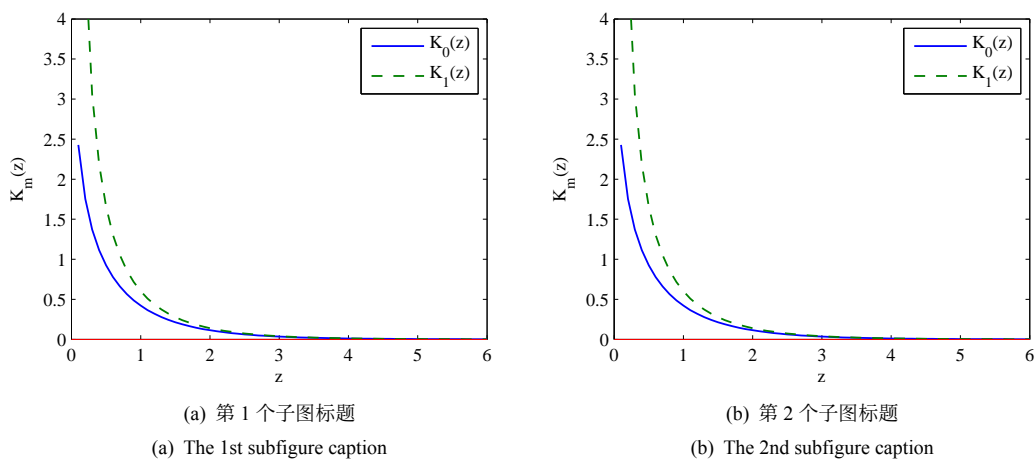


图 2-2 中文总标题  
Fig. 2-2 The total caption

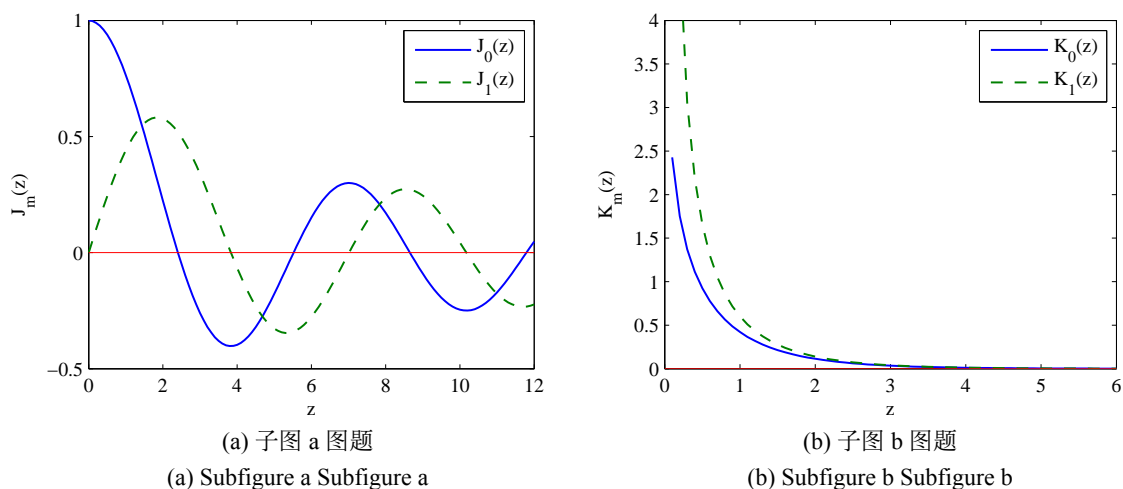


图 2-3 两个并排图形

Fig. 2-3 Two coordinate graphics

## 2.3 两个以上的并排或者堆叠的图形

同样是使用 minipage 的方法，只不过排列的方式不同。例如 4 幅堆叠排列的图形。

```
\begin{figure}[htbp!]
\centering
\subfigure{\label{subfigure1}}\addtocounter{subfigure}{-2}
\subfigure[The 1st subfigure caption]{\subfigure[第1个子图标题]
{\includegraphics[width=0.46\textwidth]{chp-2_bessel_k}}}%第1个子图
\subfigure{\label{subfigure2}}\addtocounter{subfigure}{-2}
\subfigure[The 2nd subfigure caption]{\subfigure[第2个子图标题]
{\includegraphics[width=0.46\textwidth]{chp-2_bessel_k}}}\[-1.5em]%第2个子图
\subfigure{\label{subfigure1}}\addtocounter{subfigure}{-2}
\subfigure[The 3rd subfigure caption]{\subfigure[第3个子图标题]
{\includegraphics[width=0.46\textwidth]{chp-2_bessel_k}}}%第3个子图
\subfigure{\label{subfigure4}}\addtocounter{subfigure}{-2}
\subfigure[The 4th subfigure caption]{\subfigure[第4个子图标题]
{\includegraphics[width=0.46\textwidth]{chp-2_bessel_k}}}%第4个子图\\
\FigureBiCaption{中文总标题}{The total caption\label{Figure-all}}
\end{figure}
```

或者

```
\begin{figure}[hptb!]
\centering\small
\begin{minipage}[t]{0.5\linewidth}
```



---

```

\centering
\includegraphics[width=\textwidth]{chp-2_bessel_j}
(a) 子图a图题\\[0.3em]
(a) Subfigure a
\end{minipage}%
\begin{minipage}[t]{0.5\textwidth}
\centering
\includegraphics[width=\textwidth]{chp-2_bessel_k}
(b) 子图b图题\\[0.3em]
(b) Subfigure b
\end{minipage} \\
\begin{minipage}[t]{0.5\textwidth}
\centering
\includegraphics[width=\textwidth]{chp-2_bessel_i}
(c) 子图c图题\\[0.3em]
(c) Subfigure c
\end{minipage}%
\begin{minipage}[t]{0.5\textwidth}
\centering
\includegraphics[width=\textwidth]{chp-2_bessel_n}
(d) 子图d图题\\[0.3em]
(d) Subfigure d
\end{minipage}
\FigureBiCaption{贝塞尔函数}{Bessel function}\label{fig-bessel-function}
\end{figure}

```

注意其中与一对并排图形不同的地方，加入了换行命令“\\”。最终效果如图 2-5所示。

其它类似的多个图形并排或者堆叠均可以灵活的运用 minipage 照猫画虎获得。

## 2.4 图题

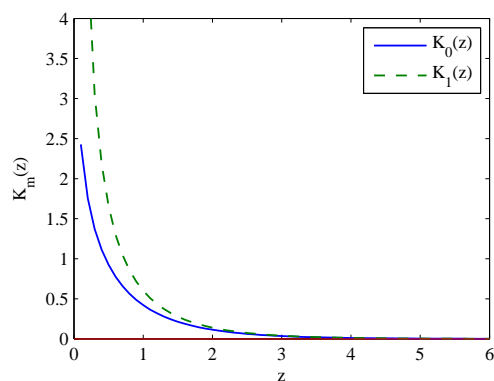
其实上边的例子中已经包含了图题的引用命令\FigureBiCaption或命令\caption两种方式，个人推荐使用第一种。例如图 2-5中：

```

\FigureBiCaption{贝塞尔函数}{Bessel function}\label{fig-bessel-function}
或
\caption{贝塞尔函数\label{fig-bessel-function}}\vspace{0.3em}
{Fig. \ref{fig-bessel-function} Bessel function}

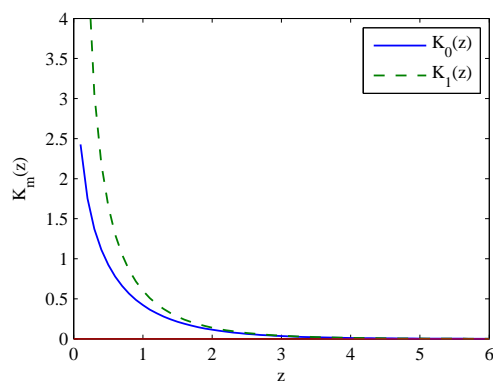
```

为当前的图形添加中文图题“贝塞尔函数”，及英文图题“Bessel function”。同时添加标签“fig-bessel-function”。对图形的引用就是通过标签来实现的。



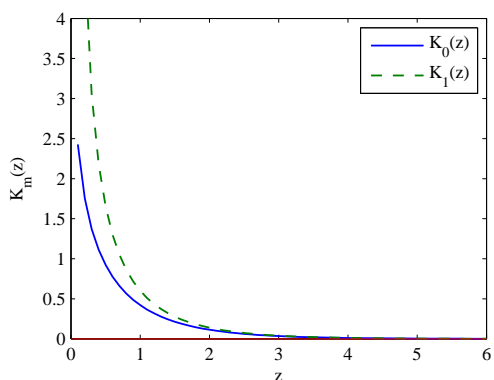
(a) 第 1 个子图标题

(a) The 1st subfigure caption



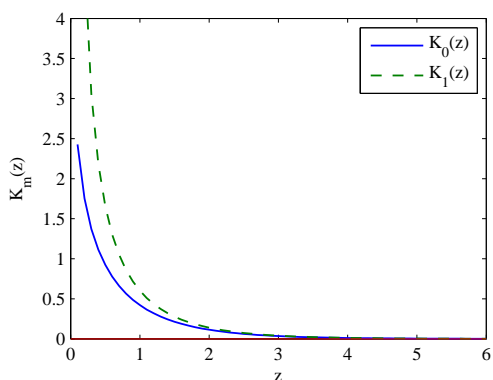
(b) 第 2 个子图标题

(b) The 2nd subfigure caption



(c) 第 3 个子图标题第 3 个子图标题

(c) The 3rd subfigure captionThe 3rd subfigure caption



(d) 第 4 个子图标题第 4 个子图标题

(d) The 4th subfigure captionThe 4th subfigure caption

图 2-4 中文总标题

Fig. 2-4 The total caption

## 2.5 图形的引用

在已知图形的标签的基础之上，通过命令：

```
\ref{label}
```

来引用标签为“label”的图形。 $\LaTeX$  会自动将其替换为图形的编号。例如：

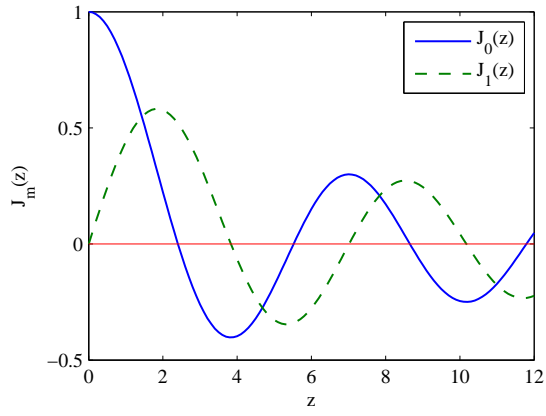
贝塞尔函数的图形如图 \ref{fig-bessel-function} 所示。

的效果如下：

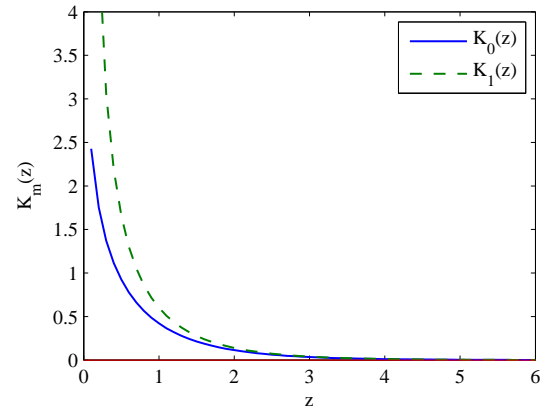
贝塞尔函数的图形如图 2-5 所示。

## 2.6 本章小结

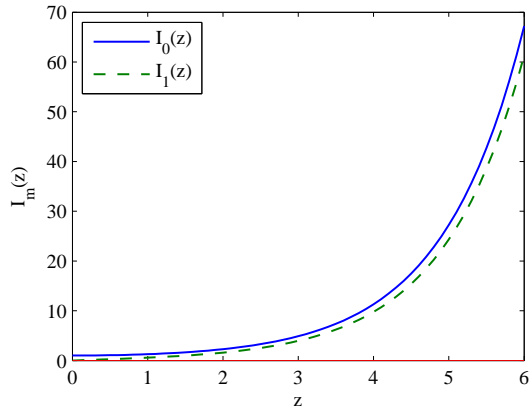
注意！从第二章开始应有“本章小结”，主要总结本章所做的主要研究工作，研究成果等内容!!!



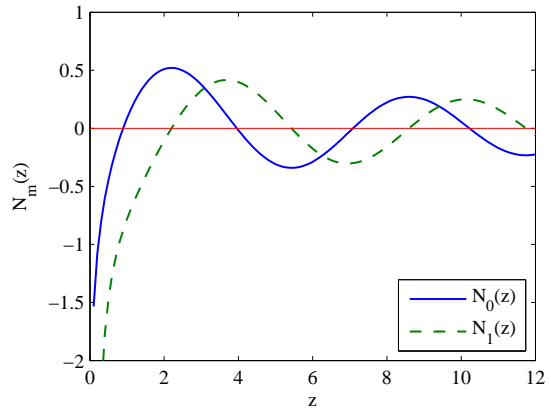
(a) 子图 a 图题  
(a) Subfigure a



(b) 子图 b 图题  
(b) Subfigure b



(c) 子图 c 图题  
(c) Subfigure c



(d) 子图 d 图题  
(d) Subfigure d

图 2-5 贝塞尔函数  
Fig. 2-5 Bessel function

## 第3章 表格

### 3.1 普通三线表

科技文献中常用的三线表：

表 3-1 燕山大学博士学位论文参考文献规则  
Table 3-1 Reference rules of doctor degree theses of Yanshan university

论文版本	参考文献标准	实施年份（年）
旧版	BF7714-87	1987
新版	GBT7714-2005	2005

实现代码如下：实现代码如下：实现代码如下：实现代码如下：实现代码如下：实现代码如下：实现代码如下：实现代码如下：实现代码如下：实现代码如下：实现代码如下：实现代码如下：

```
\begin{table}[htbp!]
\centering\small
\TableBiCaption{燕山大学博士学位论文参考文献规则}{Reference rules
of doctor degree theses of Yanshan university}\label{tab:ysubof}
\begin{tabular}{llr}
\toprule
论文版本      & 参考文献标准      & 实施年份（年）  \\
\midrule
旧版          & BF7714-87        & 1987             \\
新版          & GBT7714-2005     & 2005             \\
\bottomrule
\end{tabular}
\end{table}
```

### 3.2 有合并列的三线表

合并列通常见于表格的第一行，在适当的位置使用\multicolumn 命令即可。

该表格是采用如下代码实现的：

```
\begin{table}[htbp!]
\centering\small
\TableBiCaption{带有合并列的三线表}{Three line table
with a combined column}\label{tab:test}
```

表 3-2 带有合并列的三线表  
Table 3-2 Three line table with a combined column

Item		
Animal	Description	Price (\$)
Gnat	per gram	13.65
	each	0.01
Gnu	stuffed	92.50
Emu	stuffed	33.33
Armadillo	frozen	8.99

```
\begin{tabular}{llr} \toprule
\multicolumn{2}{c}{Item} \\\cmidrule(r){1-2}
Animal & Description & Price (\$)\\ \midrule
Gnat & per gram & 13.65 \\
& each & 0.01 \\
Gnu & stuffed & 92.50 \\
Emu & stuffed & 33.33 \\
Armadillo & frozen & 8.99 \\\bottomrule
\end{tabular}
\end{table}
```

### 3.3 表格的引用

表格的引用同样也是使用`\ref{}`命令实现的。例如“表`\ref{tab:ysubof}`”输出的结果为：表3-1。

### 3.4 特殊形式的表格

```
\begin{table}[htbp!]
\centering\small
\TableBiCaption{中文}{English}\label{tab.2}
\begin{tabular*}{\columnwidth}{@{\extracolsep{\fill}}@{~~}ccccccc@{~~}}
\toprule
\multicolumn{7}{c}{\hspace{2cm} The expected waiting queue length}
$E(\{L_q\})$\\
\cline{2-8}
\raisebox{1ex}[0pt]{\theta$} & \p_2=0.1$ & \p_2=0.15$ & \p_2=0.2$ \\
& \p_2=0.25$ & \p_2=0.3$ & \p_2=0.35$ & \p_2=0.4$\\
\midrule
0.3 & 16.4830 & 5.1232 & 2.9232 & 1.9704 & 1.4339 & 1.0886 & 0.8479\\
0.5 & 9.0488 & 3.7848 & 2.2906 & 1.5839 & 1.1723 & 1.9035 & 0.7146 \\
0.7 & 7.4321 & 3.3256 & 2.0528 & 1.4338 & 1.0686 & 0.8291 & 0.6607 \end{pre>
```

```

\bottomrule
\end{tabular*}
\end{table}

```

生成

表 3-3 中文  
Table 3-3 English

$\theta$	The expected waiting queue length $E(L_q)$						
	$p_2 = 0.1$	$p_2 = 0.15$	$p_2 = 0.2$	$p_2 = 0.25$	$p_2 = 0.3$	$p_2 = 0.35$	$p_2 = 0.4$
0.3	16.4830	5.1232	2.9232	1.9704	1.4339	1.0886	0.8479
0.5	9.0488	3.7848	2.2906	1.5839	1.1723	1.9035	0.7146
0.7	7.4321	3.3256	2.0528	1.4338	1.0686	0.8291	0.6607

### 3.5 本章小结

注意！从第二章开始应有“本章小结”，主要总结本章所做的主要研究工作，研究成果等内容!!!

## 第4章 公式

本章介绍基本公式的输入方法；矩阵和向量的输入；方程组的输入；多行公式的换行与对齐。 $\text{\LaTeX}$  中数学公式的输入依赖于数学环境。

在正文中用到的简短公式，可以直接使用两个美元符号“\$”括起来，如：

直角三角形三边长度满足关系式  $a^2 + b^2 = c^2$ 。

得到的结果是：

直角三角形三边长度满足关系式  $a^2 + b^2 = c^2$ 。

而对于一些较为重要或者较复杂、需要编号的公式，则需要使用各种数学环境，例如使用 `equation` 环境：

```
\begin{equation}\label{chp-mode}
\mathbf{E}=\mathrm{Re}(\mathbf{E}(\mathbf{r}))e^{j\omega t}.
\end{equation}
```

得到的结果是：

$$E = \mathrm{Re}(E(\mathbf{r}))e^{j\omega t}. \quad (4-1)$$

对它的引用方式为：公式 `\eqref{chp-mode}`。

得到的结果为：公式 (4-1)。

如果不想对公式进行编号，则可以使用 `equation*` 环境：

```
\begin{equation*}\label{chp-m2}
\mathbf{E}=\mathrm{Re}(\mathbf{E}(\mathbf{r}))e^{j\omega t}.
\end{equation*}
```

得到的结果是：

$$E = \mathrm{Re}(E(\mathbf{r}))e^{j\omega t}.$$

### 4.1 上下标

`a_1+b^2\times c_1^2=0` 输出结果为：  $a_1 + b^2 \times c_1^2 = 0$ 。

### 4.2 分式

命令 `\frac`，`\dfrac`，`\tfrac` 可以用来输出分式：

```
\begin{equation}\label{fr}
\sin\frac{\cos\frac{a}{b}}{c}=
\sin\frac{\cos\frac{a}{b}}{c}=
\sin\frac{\cos\frac{a}{b}}{c}.
\end{equation}
```

输出的结果是：

$$\sin \frac{\cos \frac{a}{b}}{c} = \sin \frac{\cos \frac{a}{b}}{c} = \sin \frac{\cos \frac{a}{b}}{c}. \quad (4-2)$$

当使用括号来括起纵向尺寸较大的对象例如分式时，要使用`\left`和`\right`命令使括号在纵向上伸长。例如：

```
\begin{equation}\label{frr}
\left(\frac{a}{b}\right)=\left(\frac{a}{b}\right).
\end{equation}
```

的输出结果是：

$$\left(\frac{a}{b}\right)=\left(\frac{a}{b}\right). \quad (4-3)$$

### 4.3 矢量点乘与叉乘

矢量点乘：`\mathbf{A}\cdot\mathbf{B}`输出： $\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}$ 。

矢量叉乘：`\mathbf{C}\times\mathbf{D}`输出： $\mathbf{C} \times \mathbf{D}$ 。

### 4.4 求和与积分

命令`\sum`和命令`\int`负责输出求和与积分号。例如：

```
\begin{equation}\label{equ-sum}
\sum_{i=1}^n\sin\beta_i^2=0.
\end{equation}
```

输出结果为：

$$\sum_{i=1}^n \sin \beta_i^2 = 0. \quad (4-4)$$

```
\begin{equation}\label{equ-int}
\int_a^b\frac{c}{d}\mathrm{d}x=0.
\end{equation}
```

输出结果为：

$$\int_a^b \frac{c}{d} \mathrm{d}x = 0. \quad (4-5)$$



## 4.5 矩阵与数组

矩阵与数组使用 array 环境:

```
\begin{equation}\label{equ-array}
\left(
\begin{array}{c} a \\ c \end{array}
\right)=
\left(
\begin{array}{cc} a & b \\ c & d \end{array}
\right).
\end{equation}
```

输出结果是:

$$\begin{pmatrix} a \\ c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}. \quad (4-6)$$

也可以使用 matrix 环境:

```
\begin{equation}\label{equ-matrix}
\begin{matrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{matrix} =
\begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix} =
\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} =
\begin{vmatrix} a & b \\ c & d \end{vmatrix}.
\end{equation}
```

输出结果是:

$$\begin{matrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{matrix} = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} = \begin{vmatrix} a & b \\ c & d \end{vmatrix}. \quad (4-7)$$

## 4.6 多行公式与对齐方法

多行公式排列, 每个公式都有自己的编号通常使用 align 环境。例如:

```
\begin{align}
a_1+a_2+a_3 &=0, \label{equ-s1}\\
b_1+b_2+b_3+b_4 &=0, \label{equ-s2}\\
c_1+c_2 &=0. \label{equ-v1}
\end{align}
```

输出结果为:

$$a_1 + a_2 + a_3 = 0, \quad (4-8)$$

$$b_1 + b_2 + b_3 + b_4 = 0, \quad (4-9)$$

$$c_1 + c_2 = 0. \quad (4-10)$$

其中符号“&”为对齐符号。这里实现了等号对齐。

也可以使用 eqnarray 环境输入

```
\begin{eqnarray}
a_1+a_2+a_3 &=&0, \label{equ-s1a}\\
b_1+b_2+b_3+b_4 &=&0, \label{equ-s2a}\\
c_1+c_2 &=&0. \label{equ-v1a}
\end{eqnarray}
```

得到效果如下：

$$a_1 + a_2 + a_3 = 0, \quad (4-11)$$

$$b_1 + b_2 + b_3 + b_4 = 0, \quad (4-12)$$

$$c_1 + c_2 = 0. \quad (4-13)$$

## 4.7 带有大括号的方程组

与多行公式不同，方程组左侧使用“\left{”加了一个大括号，另外只有一个公式编号，因此采用 equation 和 aligned 结合的方式，例如：

```
\begin{equation}\label{equ-fml}
\left\{
\begin{aligned}
x^2+y^2 &=0,\\
x+y+z^2 &=0,\\
x^2+y+z &=0.
\end{aligned}
\right.
\end{equation}
```

输出结果为：

$$\left\{ \begin{array}{l} x^2 + y^2 = 0, \\ x + y + z^2 = 0, \\ x^2 + y + z = 0. \end{array} \right. \quad (4-14)$$

也可以这样对齐，这样输入：

```
\begin{equation}\label{equ-fmla}
\left\{
\begin{array}{l}
x^2+y^2 =0,\\
x+y+z^2 =0,\\
x^2+y+z =0.
\end{array}
\right.
```

```

\end{array}
\right.
\end{equation}

```

得到的结果如下:

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = 0, \\ x + y + z^2 = 0, \\ x^2 + y + z = 0. \end{cases} \quad (4-15)$$

## 4.8 特殊的公式

```

$$
\bordermatrix{
& 0 & 1 & 2\cr
0 & A & B & C\cr
1 & d & e & f\cr
2 & 1 & 2 & 3},
$$
\begin{equation}
\bordermatrix{\&a_1\&a_2\&\dots\&a_n\cr
b_1 & 1.2 & 3.3 & 5.1 & 2.8 \cr
c_1 & 4.7 & 7.8 & 2.4 & 1.9 \cr
\dots & \dots & \dots & \dots & \dots \cr
z_1 & 8.0 & 9.9 & 0.9 & 9.99 }
\end{equation}

```

输出结果为:

$$\begin{array}{c} 0 \quad 1 \quad 2 \\ 0 \left( \begin{array}{ccc} A & B & C \end{array} \right) \\ 1 \left( \begin{array}{ccc} d & e & f \end{array} \right), \\ 2 \left( \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \end{array} \right) \end{array}$$

$$\begin{array}{c} a_1 \quad a_2 \quad \dots \quad a_n \\ b_1 \left( \begin{array}{cccc} 1.2 & 3.3 & 5.1 & 2.8 \end{array} \right) \\ c_1 \left( \begin{array}{cccc} 4.7 & 7.8 & 2.4 & 1.9 \end{array} \right) \\ \dots \left( \begin{array}{cccc} \dots & \dots & \dots & \dots \end{array} \right) \\ z_1 \left( \begin{array}{cccc} 8.0 & 9.9 & 0.9 & 9.99 \end{array} \right) \end{array} \quad (4-16)$$

## 4.9 数学环境的使用

一些常见的数学环境:

---

```

\theoremstyle{plain}
\newtheorem{algo}{算法~}[chapter]
\newtheorem{thm}{定理~}[chapter]
\newtheorem{lem}[thm]{引理~}
\newtheorem{prop}[thm]{命题~}
\newtheorem{cor}[thm]{推论~}
\theoremstyle{definition}
\newtheorem{defn}{定义~}[chapter]
\newtheorem{conj}{猜想~}[chapter]
\newtheorem{exmp}{例~}[chapter]
\newtheorem{rem}{注~}
\newtheorem{case}{情形~}
\theoremstyle{break}
\newtheorem{bthm}[thm]{定理~}
\newtheorem{blem}[thm]{引理~}
\newtheorem{bprop}[thm]{命题~}
\newtheorem{bcor}[thm]{推论~}
\renewcommand{\proofname}{\bf 证明}

```

### 4.9.1 定义

```
\begin{defn}\label{defn4-1}
```

对于一些较为重要或者较复杂、需要编号的公式，则需要使用各种数学环境，例如使用`equation`环境：得到的结果是：

```

\begin{equation}
\mathbf{fit}\{E\}=\mathrm{Re}\{(\mathbf{fit}\{E\}(\mathbf{fit}\{r\}))e^{j\omega t}\}.
\end{equation}

```

对它的引用方式为：`\verb|公式 \eqref{chp-mode}|`，  
得到的结果为：公式 `\eqref{chp-mode}`。

```
\end{defn}
```

**定义 4.1** 对于一些较为重要或者较复杂、需要编号的公式，则需要使用各种数学环境，例如使用 `equation` 环境：得到的结果是：

$$E = \mathrm{Re}(E(r))e^{j\omega t}. \quad (4-17)$$

对它的引用方式为：公式 `\eqref{chp-mode}`，得到的结果为：公式 (4-1)。

### 4.9.2 定理及证明

```
\begin{thm}\label{theorem4-1}
```

对于一些较为重要或者较复杂、需要编号的公式，则需要使用各种数学环境，例如使用`equation`环境：得到

---

```
\begin{equation}
```

```
\mathbf{E}=\mathrm{Re}(\mathbf{E}(\mathbf{r}))e^{j\omega t}.
```

```
\end{equation}
```

对它的引用方式为：`\verb|公式 \eqref{chp-mode}|`，  
得到的结果为：公式 `\eqref{chp-mode}`。

```
\end{thm}
```

```
\begin{proof}
```

对于一些较为重要或者较复杂、需要编号的公式，则需要使用各种数学环境，例如使用 `equation` 环境。

```
\end{proof}
```

**定理 4.1** 对于一些较为重要或者较复杂、需要编号的公式，则需要使用各种数学环境，例如使用 `equation` 环境：得到的结果是：

$$E = \mathrm{Re}(E(r))e^{j\omega t}. \quad (4-18)$$

对它的引用方式为：公式 `\eqref{chp-mode}`，得到的结果为：公式 (4-1)。

**证明** 对于一些较为重要或者较复杂、需要编号的公式，则需要使用各种数学环境，例如使用 `equation` 环境。

### 4.9.3 推论

```
\begin{cor}\label{cor4-2}
```

推论推论推论推论推论推论推论推论：

对它的引用方式为：

得到的结果为：公式 `\eqref{chp-mode}`。

```
\end{cor}
```

**推论 4.2** 推论推论推论推论推论推论推论推论：对它的引用方式为：得到的结果为：公式 (4-1)。

### 4.9.4 引理

```
\begin{lem}\label{lemma4-2}
```

引理引理引理引理引理引理引理引理：对于一些较为重要或者较复杂、需要编号的公式，则需要使用各种数学环境。

```
\end{lem}
```

**引理 4.3** 引理引理引理引理引理引理引理引理：对于一些较为重要或者较复杂、需要编号的公式，则需要使用各种数学环境，例如使用 `equation` 环境：

### 4.9.5 例子

```
\begin{exmp}\label{exmp4-2}
```

例例例例例例例例例例例例例例：

得到的结果是：

`\begin{equation}`

`\mathbf{E}=\mathrm{Re}(\mathbf{E}(\mathbf{r}))e^{j\omega t}.`

`\end{equation}`

对它的引用方式为：`\verb|公式 \eqref{chp-mode}|`，

得到的结果为：公式 `\eqref{chp-mode}`。

`\end{exmp}`

**例 4.1** 例例例例例例例例例例例例：得到的结果是：

$$\boldsymbol{E} = \mathrm{Re}(\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r}))e^{j\omega t}. \quad (4-19)$$

对它的引用方式为：公式 `\eqref{chp-mode}`，得到的结果为：公式 (4-1)。

## 4.10 本章小结

注意！从第二章开始应有“本章小结”，主要总结本章所做的主要研究工作，研究成果等内容!!!

## 第 5 章 参考文献

所有被引用的参考文献信息均存储在模板目录中的“bib”目录下，文件名为“tex.bib”。由于使用了 BibTeX，参考文献的格式是不需要手动调整。模板中的 ysubst.bst 文件负责文献格式输出。这里推荐您使用软件 JabRef 来对文献进行管理。JabRef 支持中文，它可以在这个网址下载到。<http://jabref.sourceforge.net/>

首先需要了解一个概念叫“BibTeX key”，也称作“BibTeX 键”。它可以简单的理解为一篇参考文献的“身份证号”。每一篇参考文献均有一个属于自己的不会重复的 BibTeX key。在引用文献的时候，需要使用引用命令`\supercite{}`以上角标形式出现，使用引用命令`\cite{}`以正文形式出现。

### 5.1 参考文献在正文和列表中格式要求

#### 5.1.1 在正文中的要求

在正文中，引用参考文献格式要求如下。

如果是单个作者的文献，应该写成：Kivshar<sup>[1]</sup> 研究了...，得到了... 结果。

如果是多个作者的文献，应该写成：Knight 等<sup>[2]</sup> 研究了...，得到了... 结果。姚建铨等<sup>[3]</sup> 研究了...，得到了... 结果。只需要列出第一个作者加上“等”字即可。中英文的文献是一样的标准，都是加上“等”字。

文献的序号紧接着名字出现，而不是放到这句话的最后面，大家要统一一下。

#### 5.1.2 在列表中的要求

参考文献的格式一定按照 bib 文件夹里的 tex 文件的格式书写，特别指出：

- (1) 文献标识一定要加上，比如 J、M、C、D 等。
- (2) 当三个以上作者是省略掉，只列出前三个，后边加上“等”、“et al”。
- (3) 期刊的年、卷、期、页的格式：2018, 30(4): 15-30. 当缺少卷或期时，在参考文献 tex.bib 的文件里把相应的项不填就可以了。

上述指出的问题只要是严格按照模板格式去填写，就不会出现的。为了防止有上述不规范的情况出现，请打印装订之前务必检查是否有类似问题。

### 5.2 单一参考文献

例如这里我引用一篇文献：

Knight 等`\supercite{Knight1996}`研究了... Russell 是光子晶体光纤之父...

其中“Knight1996”是我要引用的文献的 BibTeX 键。输出的结果为：

Knight 等<sup>[4]</sup> 研究了...Russell 是光子晶体光纤之父...。

注意文献的编号是自动生成的，并且具有超链接功能。单击编号可以定位到文末的参考文献章节。

### 5.3 多个连续参考文献

如果要一次引用多个文献，只要在引用命令中用英文逗号隔开各个 BibTeX 键即可，例如：

我要引用2篇文献\supercite{Knight1996,Knight2000}。

输出结果为：

我要引用 2 篇文献<sup>[5-6]</sup>。

如果是 3 篇或者以上，加入更多 BibTeX 键即可。例如：

3篇文献\supercite{Knight1996,Knight2000,Knight2002}。

输出结果为：

3 篇文献<sup>[7-9]</sup>。

更多文献的例子：

很多很多文献\supercite{Kivshar2008,John1987,Jing2010,Jeon2005,%  
Jastrow2008,Jackson2008,Huttunen2005,Hou2008,Hilligsoe2004,%  
Hassani2008,Han2002}。

输出的结果为：很多很多文献<sup>[10-19]</sup>。

### 5.4 多个不连续参考文献

四个不连续文献\supercite{Zhu2004,Zhu2001,Han2002,Knight1996}。

四个不连续文献<sup>[2-3,20-21]</sup>。

专利及学位论文格式如下：<sup>[16]</sup>。

多个作者的中文文献显示如下<sup>[22]</sup>，language={Chinese} 很重要，在 bib 文件中，中文文献要加上！会议论文的格式如下<sup>[23]</sup>。

### 5.5 本章小结

注意！从第二章开始应有“本章小结”，主要总结本章所做的主要研究工作，研究成果等内容!!!



## 第 6 章 数字物理量与单位

模板加载了 `siunitx` 宏包，可以实现长串数字位数的正确分割和各种物理量单位的自动格式化，避免手工调用数学环境输入单位。尤其适用于理工科各种物理量的输入。该宏包的引入主要是为了解决论文格式标准中的这个要求：数字的书写不必每格一个数码，一般每两数码占一格，数字间分节不用分位号”，”，凡 4 位或 4 位以上的数都从个位起每 3 位数空半个数码 (1/4 汉字)。“3 000 000”，不要写成“3,000,000”，小数点后的数从小数点起向右按每三位一组分节。一个用阿拉伯数字书写的多位数不能从数字中间转行。

### 6.1 数字

使用 `\num` 命令可以输入正确格式的长数字，包括科学计数法格式的数字。

表 6-1 `siunitx` 宏包与  $\LaTeX$  数学环境输出效果对比  
Table 6-1 Output effect comparison of `siunitx` macro package and  $\LaTeX$  mathematical environment

<code>siunitx</code> 输出样式	<code>siunitx</code> 输入方式	$\LaTeX$ 数学环境输出样式	$\LaTeX$ 数学环境输入方式
123 456 789	<code>\num{123456789}</code>	123456789	<code>123456789</code>
-1 000 000	<code>\num{-1000000}</code>	-1000000	<code>\$-1000000\$</code>
$3.2 \times 10^{-8}$	<code>\num{3.2e-8}</code>	$3.2 \times 10^{-8}$	<code>\$3.2\times 10^{-8}\$</code>
1.234 567 8	<code>\num{1.2345678}</code>	1.2345678	<code>1.2345678</code>

### 6.2 单位

单独输入单位时，可以采用 `\si` 命令。

表 6-2 单位的不同输入方式  
Table 6-2 Different input methods of units

输出样式	输入方式
$\text{kg m/s}^2$	<code>\si{kg.m/s^2}</code>
$\text{g}_{\text{polymer}}\text{mol}_{\text{cat}}\text{s}^{-1}$	<code>\si{g_{polymer}mol_{cat}.s^{-1}}</code>
$\text{kg m s}^{-2}$	<code>\si{\kilo\gram\metre\per\square\second}</code>
$\text{g cm}^{-3}$	<code>\si{\gram\per\cubic\centi\metre}</code>
$\text{V}^2 \text{ lm}^3 \text{ F}^{-1}$	<code>\si{\square\volt\cubic\lumen\per\farad}</code>
$\text{m}^2 \text{ Gy}^{-1} \text{ lx}^3$	<code>\si{\metre\squared\per\gray\cubic\lux}</code>
H s	<code>\si{\henry\second}</code>

### 6.3 同时输入数字与单位

通常情况下，数字与单位是共同给出的，这时可以采用 `\SI` 命令。注意这里的 SI 是大写的。并且加入不同的可选项，最终的效果也不同。

表 6-3 同时输入数字与单位  
Table 6-3 Numbers and units which are input at the same time

输出样式	输入方式
$1.23 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$	<code>\SI[mode=text]{1.23}{J.mol^{-1}.K^{-1}}</code>
$0.23 \times 10^7 \text{ cd}$	<code>\SI{.23e7}{\candela}</code>
$\$1.99/\text{kg}$	<code>\SI[per-mode=symbol]{1.99}[\\$]{\per\kilogram}</code>
$1.345 \frac{\text{C}}{\text{mol}}$	<code>\SI[per-mode=fraction]{1,345}{\coulomb\per\mole}</code>

## 6.4 附 1：国际标准单位与导出单位输入方式

表 6-4 国际标准单位输入方式  
Table 6-4 Unit input mode under International standard

单位	命令	符号	单位	命令	符号
安培	<code>\ampere</code>	A	坎德拉	<code>\candela</code>	cd
开尔文	<code>\kelvin</code>	K	千克	<code>\kilogram</code>	kg
米	<code>\meter</code>	m	摩尔	<code>\mole</code>	mol
秒	<code>\second</code>	s			

表 6-5 国际标准导出单位输入方式  
Table 6-5 Unit input mode which exported by International standard

单位	命令	符号	单位	命令	符号
becquerel	<code>\becquerel</code>	Bq	newton	<code>\newton</code>	N
degree Celsius	<code>\degreeCelsius</code>	°C	ohm	<code>\ohm</code>	Ω
coulomb	<code>\coulomb</code>	C	pascal	<code>\pascal</code>	Pa
farad	<code>\farad</code>	F	radian	<code>\radian</code>	rad
gray	<code>\gray</code>	Gy	siemens	<code>\siemens</code>	S
hertz	<code>\hertz</code>	Hz	sievert	<code>\sievert</code>	Sv
henry	<code>\henry</code>	H	steradian	<code>\steradian</code>	sr
joule	<code>\joule</code>	J	tesla	<code>\tesla</code>	T
katal	<code>\katal</code>	kat	volt	<code>\volt</code>	V
lumen	<code>\lumen</code>	lm	watt	<code>\watt</code>	W
lux	<code>\lux</code>	lx	weber	<code>\weber</code>	Wb

## 6.5 本章小结

注意！从第二章开始应有“本章小结”，主要总结本章所做的主要研究工作，研究成果等内容!!!

## 结 论

结论作为学位论文正文的组成部分，单独排写，不加章标题序号，不标注引用文献。结论内容一般在 2000 字以内。

结论应是作者在学位论文研究过程中所取得的创新性成果的概要总结，不能与摘要混为一谈。结论应包括论文的主要结果、创新点、展望三部分，在结论中应概括论文的核心观点，明确、客观地指出本研究内容的创新性成果（含新见解、新观点、方法创新、技术创新、理论创新），并指出今后进一步在本研究方向进行研究工作的展望与设想。对所取得的创新性成果应注意从定性和定量两方面给出科学、准确的评价，分 (1)、(2)、(3)……条列出，宜用“提出了”、“建立了”等词叙述。此外，结论的撰写还应符合以下基本要求：

(1) 结论具有相对的独立性，不应是对论文中各章小结的简单重复。结论要与引言相呼应，以自身的条理性、明确性、客观性反映论文价值。对论文创新内容的概括，评价要适当。

(2) 结论措辞要准确、严谨，不能模棱两可，避免使用“大概”、“或许”、“可能是”等词语。结论中不应有解释性词语，而应直接给出结果。结论中一般不使用量的符号，而宜用量的名称。

(3) 结论应指出论文研究工作的局限性或遗留问题，如条件所限，或存在例外情况，或本论文尚难以解释或解决的问题。

(4) 常识性的结果或重复他人的结果不应作为结论。

## 附录 A 程序代码的输入

$$a = b^2 + c_2. \quad (\text{A-1})$$

### A.1 插入程序代码

使用 `lisitings` 宏包可以在正文中插入程序的代码，插入的代码有自己的字体，可以实现行号、关键字高亮等功能。该环境的参数 `language` 决定了程序的类型，例如 `language={ [77]Fortran }` 指定程序代码为 FORTRAN 语言；`language={MATLAB}` 指定程序代码为 MATLAB 的 m 语言。下边给出具体的例子。

### A.2 FORTRAN

```

1  C MATLAB gateway
2      subroutine mexFunction(nlhs, plhs, nrhs, prhs)
3  C variables
4      integer nlhs, nrhs
5      integer plhs(*), prhs(*)
6  C input pointers
7      pr_x=mxgetpr(prhs(1))
8      pr_x1=mxgetpr(prhs(2))
9  C output pointers
10     plhs(1)=mxCreateDoubleScalar(0)
11     pr_y=mxGetPr(plhs(1))
12 C calculation
13     call eim(%val(pr_x),%val(pr_x1),%val(pr_y))
14     end subroutine mexFunction

```

### A.3 MATLAB

```

\begin{lstlisting}[language={MATLAB},
numbers=left,
numberstyle=\tiny,
basicstyle=\small\ttfamily,
stringstyle=\color{purple},
keywordstyle=\color{blue}\bfseries,
commentstyle=\color{brown},

```

```

frame=single]
% bessel j

n=-0:0.1:12;
y=n*0;
b0n=besselj(0,n);
b1n=besselj(1,n);
plot(n,b0n,'-',n,b1n,'-',0:0.1:12,y)

ylabel('J_m(z)')
xlabel('z')
legend('J_0(z)', 'J_1(z)')
\end{lstlisting}

```

输出的结果为:

```

1  % bessel j
2
3  n=-0:0.1:12;
4  y=n*0;
5  b0n=besselj(0,n);
6  b1n=besselj(1,n);
7  plot(n,b0n,'-',n,b1n,'-',0:0.1:12,y)
8
9  ylabel('J_m(z)')
10 xlabel('z')
11 legend('J_0(z)', 'J_1(z)')

```

## A.4 C++

```

\begin{lstlisting}[language={C++},
numbers=left,
numberstyle=\tiny,
basicstyle=\small\ttfamily,
stringstyle=\color{purple},
keywordstyle=\color{blue}\bfseries,
commentstyle=\color{brown},
frame=single]
# include<iostream.h>
void main()
int r;

```

```
double n;  
{  
cout<<"hello, LaTeX!"<<endl;  
}  
\end{lstlisting}
```

输出的结果为:

```
1 # include<iostream.h>  
2 void main()  
3 int r;  
4 double n;  
5 {  
6 cout<<"hello, LaTeX!"<<endl;  
7 }
```

## 参考文献

- [1] BABU S S, PILLAI A S. Design and Implementation of Two-Wheeled Self-Balancing Vehicle Using Accelerometer and Fuzzy Logic[C]//SATAPATHY S C, RAJU K S, MANDAL J K, et al. Proceedings of the Second International Conference on Computer and Communication Technologies. New Delhi: Springer India, 2016: 45-53.
- [2] de Souza M R S B, MUROFUSHI R H, TAVARES J J P Z D S, et al. Comparison Among Experimental PID Auto Tuning Methods for a Self-balancing Robot[C]//SANTOS OSÓRIO F, SALES GONÇALVES R. Robotics. Cham: Springer International Publishing, 2016: 72-86.
- [3] 何军虎, 鞠剑平. 自平衡车控制方法研究及仿真分析[J]. 机械设计与制造, 2019(07):144-146+152.
- [4] 金永波, 张士金, 李宗帅, 等. 两轮自平衡小车的设计与实现[J]. 电子制作, 2018(08):5-7.
- [5] 刘春阳, 刘幸, 杨曼, 等. 两轮自平衡小车的系统设计与实现[J]. 测控技术, 2018, 37(02):70-74.
- [6] 刘永鹏. 基于 STM32 的智能平衡车设计[J]. 科技经济导刊, 2018, 26(30):39.
- [7] 李姿景, 张具琴, 于俊杰, 等. 基于单片机的两轮平衡车设计[J]. 电子测量技术, 2020, 43(23): 1-5.
- [8] 潘二伟, 张鹏, 何艳. 基于 STM32 的两轮自平衡车设计与实现[D]. [出版地不详]: 黑龙江大学, 2018.
- [9] PENG L, ZHOU C. Design and Implementation of Self-balancing Robot Based on STM32[C]// LI K, LI W, CHEN Z, et al. Computational Intelligence and Intelligent Systems. Singapore: Springer Singapore, 2018: 365-375.
- [10] 王磊, 宁欣. 基于 STM32 的两轮自平衡小车控制系统设计[J]. 山东工业技术, 2018(13):54.
- [11] 王文, 邓三鹏, 张香玲, 等. 基于姿态检测的两轮自平衡车控制方法研究[J]. 装备制造技术, 2019(10):18-22.
- [12] 闻双云, 黄永平. 两轮自平衡小车控制算法的研究与优化[D]. [出版地不详]: 吉林大学, 2017.
- [13] 吴振磊, 孙二威, 李笑笑. 一种基于 PID 算法的自平衡车控制系统设计[J]. 甘肃科技纵横, 2019, 48(08):22-24.
- [14] 杨志强. 基于 STM32C8T6 的智能二轮自平衡小车的设计[J]. 电子测试, 2020(17):9-11+37.
- [15] ZIMIT A Y, YAP H J, HAMZA M F, et al. Modelling and Experimental Analysis Two-Wheeled Self Balance Robot Using PID Controller[C]//GERVASIO, MURGANTE B, MISRA S, et al. Computational Science and Its Applications – ICCSA 2018. Cham: Springer International Publishing, 2018: 683-698.
- [16] 采长涛, 凌六一. 两轮小车自平衡控制系统的设计与实现[D]. [出版地不详]: 安徽理工大学, 2018.
- [17] 陈昱, 沈林涛, 王凯. 基于 STM32 控制的平衡小车系统设计[J]. 软件导刊, 2020, 19(08):117-121.

- [18] CHHOTRAY A, PRADHAN M K, PANDEY K K, et al. Kinematic Analysis of a Two-Wheeled Self-Balancing Mobile Robot[C]//LOBIYAL D K, MOHAPATRA D P, NAGAR A, et al. Proceedings of the International Conference on Signal, Networks, Computing, and Systems. New Delhi: Springer India, 2016: 87-93.
- [19] 丛玉华, 吴洪佳, 朱惠娟, 等. 两轮自平衡小车的设计及实现[J]. 电子技术与软件工程, 2020 (19):106-109.
- [20] 黄强, 唐杰, 林立, 等. 双闭环 PID 控制的两轮平衡小车设计与实现[J]. 邵阳学院学报 (自然科学版), 2020, 17(03):35-39.
- [21] 李帅男. 基于 STM32 控制的双轮自平衡小车的设计[J]. 现代工业经济和信息化, 2018, 8(13): 34-35.
- [22] 贺文涛, 杨睿, 秦睿. STM32 控制器的姿态解算互补滤波器设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2020, 20(10):52-55.
- [23] 杜丽敏, 王岩. 基于单片机的两轮自动平衡小车系统的设计[J]. 长春大学学报, 2020, 30(12): 19-24+38.