



燕山大学
YANSHAN UNIVERSITY

硕士学位论文

MASTER'S DISSERTATION

(学 术 学 位)

论文题名 生物融合式康复机构理论与应用
研究

作者姓名 姓在前名在后

学科专业 控制科学与工程

指导教师 导师 教授

2024 年 6 月

中图分类号：TP273.2

UDC：623.1

学校代码：10216

密级：公开

学术学位硕士学位论文

生物融合式康复机构理论与应用研究

硕 士 研 究 生： 姓在前名在后

导 师： 导师 教授

申 请 学 位： 工学硕士

学 科 专 业： 控制科学与工程

所 属 学 院： 电气工程学院

答 辩 日 期： 2024 年 6 月

授予学位单位： 燕山大学

BIO-Syncretic Rehabilitation Mechanism Theory and Application

A dissertation submitted to

Yanshan University

in partial fulfillment of the requirement for the degree of

Master of Engineering

in Control Science and Engineering

By

Zhang Name

Supervisor: Professor Liu Name

School of Electrical Engineering, Yanshan University

June, 2024

燕山大学硕士学位论文原创性声明

本人郑重声明：此处所提交的硕士学位论文《生物融合式康复机构理论与应用研究》，是本人在导师指导下，在燕山大学攻读硕士学位期间独立进行研究工作所取得的成果。论文中除已注明部分外不包含他人已发表或撰写过的研究成果。对本文的研究工作做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式注明。本声明的法律结果将完全由本人承担。

作者签字： 日期： 年 月 日

燕山大学硕士学位论文使用授权书

《生物融合式康复机构理论与应用研究》系本人在燕山大学攻读硕士学位期间在导师指导下完成的硕士学位论文。本论文的研究成果归燕山大学所有，本论文的研究内容不得以其它单位的名义发表。本人完全了解燕山大学关于保存、使用学位论文的规定，同意学校保留并向有关部门送交论文的复印件和电子版本，允许论文被查阅和借阅。本人授权燕山大学，可以采用影印、缩印或其它复制手段保存论文，可以公布论文的全部或部分内容。

保密 ☐，在 年解密后适用本协议书。

本学位论文属于

不保密 ☐。

（请在以上对应方框内打“✓”）

作者签名： 日期： 年 月 日

导师签名： 日期： 年 月 日

生物融合式康复机构理论与应用研究

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，就能获得必要的信息。摘要应包括本论文的目的、主要研究内容、研究方法、创造性成果及其理论与实际意义。摘要中不宜使用公式、化学结构式、图表和非公知公用的符号与术语，不标注引用文献编号，同时避免将摘要写成目录式的内容介绍。

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。）

分类号： TP273.2

BIO-Syncretic Rehabilitation Mechanism Theory and Application

Abstract: The rehabilitation mechanism is the foundation for a rehabilitation robot to realize its motion, and the quality of the rehabilitation mechanism decides the rehabilitation effect of patients with the rehabilitation robot. The research of rehabilitation mechanism is……

Keywords: keyword 1;keyword 2; keyword 3; ……;

Classification: 623.1

目 次

摘要	I
ABSTRACT	II
第 1 章 绪论	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	3
1.3 章节条款标题	5
1.3.1 条标题	5
1.4 解决 pdf 文件复制出现乱码问题	6
第 2 章 插图	7
2.1 单个居中图形	7
2.2 两个并排图形	8
2.3 两个以上的并排或者堆叠的图形	8
2.4 图题	10
2.5 图形的引用	11
2.6 本章小结	11
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 特殊形式的表格	13
3.4 表题的生成	14
3.5 表格的引用	14
3.6 本章小结	14
第 4 章 公式	15
4.1 上下标	15
4.2 分式	16
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	18
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	20
4.9.1 定义	21
4.9.2 定理及证明	21
4.9.3 推论	22
4.9.4 引理	22
4.9.5 例子	23
4.10 本章小结	23
第 5 章 结论	24
参考文献	25
攻读硕士学位期间承担的科研任务与主要成果	26
致 谢	27

第 1 章 绪论

快速入门：本模板的意义是为了让从未接触过 L^AT_EX 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。作为一个学文论文作者，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硕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。

上角标引用参考文献 [1]

同时引用两个参考文献 [2, 3]

同时引用两个参考文献 [4, 5]

普通引用一个 [6]

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 5 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 ?? 章是关于参考文献，涉及文献的压缩引用，排序等。第 ?? 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，L^AT_EX 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，

表 1-1 跨页表格

符号	参数	数值
θ	范围	690 m
f_t	频率	8.9 GHz

表 1-1 (续)

符号	参数	数值
S	指数	133 s
v	车速	430
Q	效果	0.9
G_l	指数	3
δ^2	指数	-90
p	指数	0.6
L_{th}	指数	10^{-8}

`\section{课题背景}`、`\subsection{理论基础}` 和 `\subsubsection{公式推导}` 来告诉 \LaTeX 这些分别是节标题、条标题和款标题。 \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：如图 1-1所示

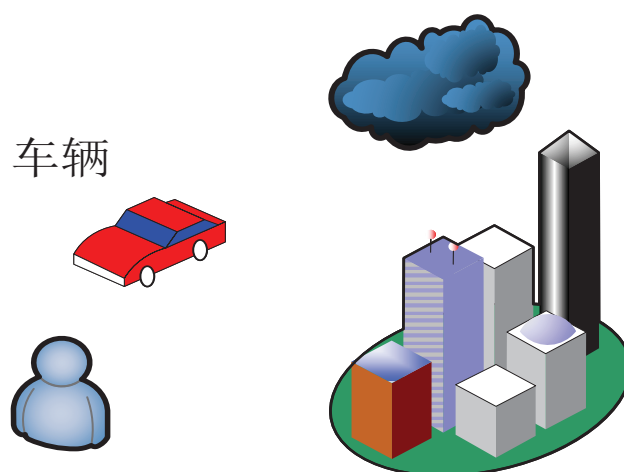


图 1-1 系统模型图

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

其中 `ysulogo` 为插图的文件名，不包含后缀名（ \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。

本节提出了一种算法来解决优化问题。该算法如下所示，

算法 1-1 基于 xxx 算法

Step1: 开始。

Step2: 初始化

Step3: 设置

Step4: 设置

Step5: 根据

Step6: 更新

Step7: 根据

Step8: 根据

Step9: 重复

Step10: 设置

Step11: 结束。

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：进入

表 1-3 不用跨页的表格

符号	参数	数值
S	周期	133 ms
v	车速	430 m/s
Q	效果	0.9
G_l	指数	3

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：

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：

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：

因此，将原问题 (1-1) 给出

$$\mathbf{P2} : \max_{\mathbf{n}} \frac{d}{\ln 2} \sum_{i=1}^R \frac{L_q}{n_i} [g_e \ln((e^g)) + e_k] \quad (1-1)$$

$$\text{s.t. } \chi_w \in L \quad (1-1-1)$$

$$\sum_m k_{s_i}^{[r]} = 1, \forall i, s \quad (1-1-2)$$

$$U_{y_i}^{[w]} \geq y_{a_i}^{[k]} R_{\min}, \forall i, s, k \quad (1-1-3)$$

公式 (1-1-1) 引用了第一个子公式

```
% !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}
```

```
\caption{形式多样的光子晶体光纤} \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1-2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 1-2 自动生成的参考文献

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

如图 2-1所示

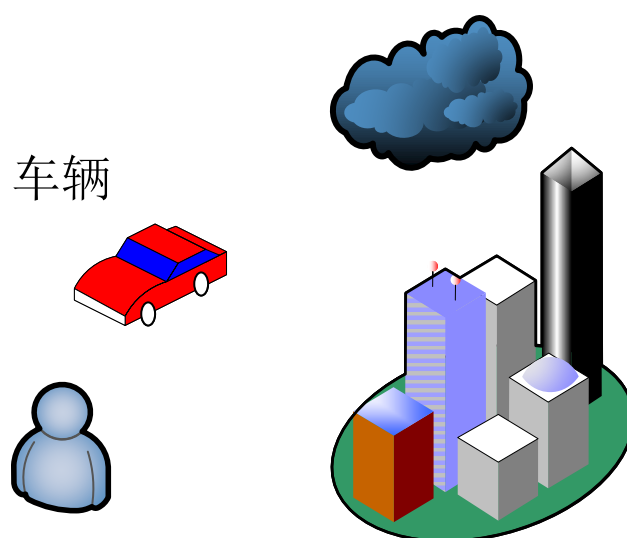


图 2-1 第二章系统模型图

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}  
  \Figcaption{单个居中图形}\label{ysulogo}  
\end{figure}
```

其中的参数 “[width=\textwidth]” 指定图形的宽度 0.6 倍页宽。最后的效果如图2-2所示。



图 2-2 单个居中图形

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

最终结果如图2-3所示。

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。

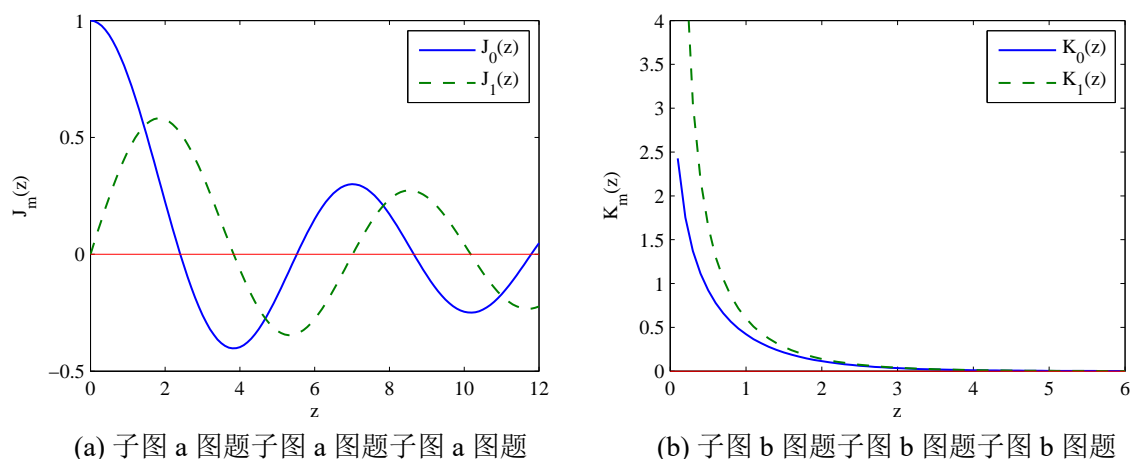


图 2-3 两个并排图形

```
\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
  \end{minipage}%
  \begin{minipage}[t]{0.5\textwidth}
    \centering
    \includegraphics[width=\textwidth]{chp-2_bessel_k}
    (b) 子图b图题
  \end{minipage}  \\\
  \begin{minipage}[t]{0.5\textwidth}
    \centering
    \includegraphics[width=\textwidth]{chp-2_bessel_i}
    (c) 子图c图题子图c图题子图c图题
  \end{minipage}%
  \begin{minipage}[t]{0.5\textwidth}
    \centering
    \includegraphics[width=\textwidth]{chp-2_bessel_n}
    (d) 子图d图题子图d图题子图d图题
  \end{minipage}
\end{figure}
```

```
\Figcaption{贝塞尔函数} \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2-4所示。

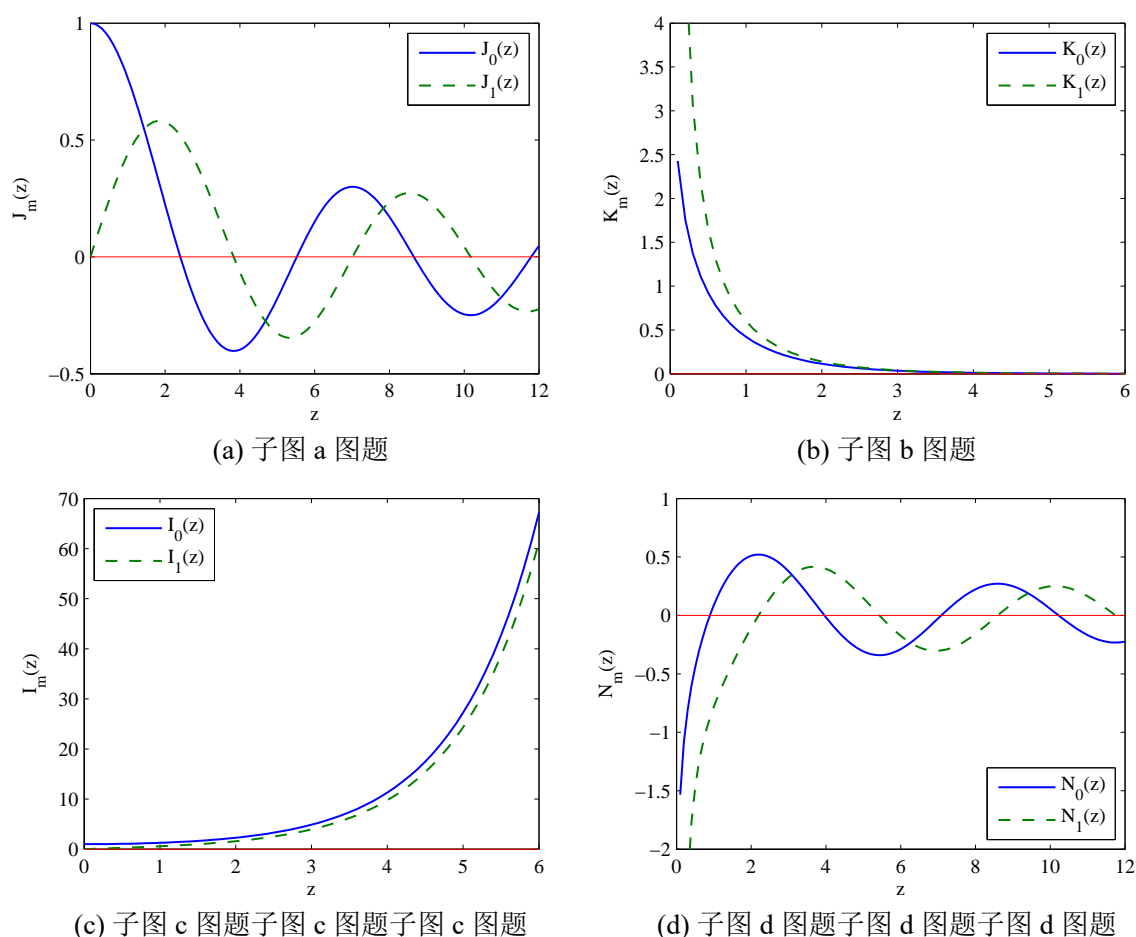


图 2-4 贝塞尔函数

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\Figcaption。例如图2-4中：

```
\Figcaption{贝塞尔函数}\label{fig-bessel-function}
```

为当前的图形添加中文图题“贝塞尔函数”。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。

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2-4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!!!

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 燕山大学硕士学位论文参考文献规则

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：

```
\begin{table}[htbp!]
\centering\small
\Tablecaption{燕山大学硕士学位论文参考文献规则}\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
\Tablecaption{带有合并列的三线表}\label{tab:test}
\begin{tabular}{llr} \toprule
\multicolumn{2}{c}{Item} \\\ \cmidrule(r){1-2}
```


表 3-2 带有合并列的三线表

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

```

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 特殊形式的表格

```

\begin{table}[htbp!]
\centering\small
\Tablecaption{The relation of  $E(\{L\}_q)$  with  $\{p\}_2$ 
and  $\theta$ }\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 \\
\bottomrule

```

`\end{tabular*}`

`\end{table}`

生成

表 3-3 The relation of $E(L_q)$ with p_2 and θ

θ	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

3.4 表题的生成

其实上边的例子中已经包含了表题的引用命令`\Tablecaption`。例如表3-1中：

`\Tablecaption{燕山大学硕士学位论文参考文献规则}\label{tab:ysubof}`

为当前的表格添加中文图题“燕山大学硕士学位论文参考文献规则”。同时添加标签“tab:ysubof”。对表格的引用就是通过标签来实现的。

3.5 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。 \LaTeX 会自动将其替换为表格的编号。例如：

燕山大学硕士学位论文参考文献规则的表格如表`\ref{tab:ysubof}`所示。

的效果如下：

燕山大学硕士学位论文参考文献规则的表格如表3-1所示。

3.6 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!!!

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。 \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：

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

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：

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

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\dfrac{\cos\dfrac{a}{b}}{c}=
\sin\frac{\cos\frac{a}{b}}{c}=
\sin\tfrac{\cos\tfrac{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)=(\frac{a}{b}).
\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{fit{A}}\cdot\mathbf{fit{B}}` 输出: $\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}$ 。

矢量叉乘: `\mathbf{fit{C}}\times\mathbf{fit{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\{
\right.
```

```

\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{equation}

```

得到的结果如下：

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

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\&...\&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
      ... & ... & ... & ... & ... \cr
      z_1 & 8.0 & 9.9 & 0.9 & 9.99 \cr}.
\end{equation}

```

输出结果为：

$$\begin{array}{c}
0 \quad 1 \quad 2 \\
0 \begin{pmatrix} A & B & C \\ d & e & f \\ 1 & 2 & 3 \end{pmatrix}, \\
1 \\
2
\end{array}$$

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

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{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{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：

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

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{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：

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

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，例如使用 equation 环境：

```
\end{lem}
```

引理 4.3 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例例例例：得到的结果是：

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

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 结论

学位论文的结论作为论文正文的最后一章单独排写，但不加章标题序号。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。博士学位论文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。

参考文献

- [1] Birks T A, Knight J C, Russell P S. Endlessly Single-mode Photonic Crystal Fiber [J]. Opt. Lett., 1997, 22(13): 961–963.
- [2] Ma H, Li S, Zhang E, et al. Cooperative Autonomous Driving Oriented Mec-aided 5g-v2x: Prototype System Design, Field Tests and Ai-based Optimization Tools [J]. IEEE Access, 2020, 8: 54288–54302.
- [3] Benabid F, Knight J, Russell P. Particle Levitation and Guidance in Hollow-core Photonic Crystal Fiber [J]. Opt. Express, 2002, 10(21): 1195–1203.
- [4] Khuwaja A A, Chen Y, Zheng G. Effect of User Mobility and Channel Fading on the Outage Performance of Uav Communications [J]. IEEE Wireless Communications Letters, 2020, 9(3): 367–370.
- [5] Zhao Z, Xu G, Zhang N, et al. Performance Analysis of the Hybrid Satellite-terrestrial Relay Network with Opportunistic Scheduling Over Generalized Fading Channels [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2022, 71(3): 2914–2924.
- [6] Agrawal G P. Nonlinear Fiber Optics [M]. Third, OPTICS AND PHOTONICS.[S.l.]: Academic Press, 2001: 9.

攻读硕士学位期间承担的科研任务与主要成果

(一) 参与的科研项目

- [1] ×××, ×××. 人足机构学仿生与生物融合机构系统研究, 国家自然科学基金资助项目, 项目编号: 50675191.
- [2] ×××, ×××. 双重驱动少自由度并联机构型综合理论与应用, 河北省自然科学基金资助项目, 项目编号: E2009000388.
- [3] ...

(二) 发表的学术论文

- [1] ×××, ×××, ×××. Optimization of Dispersion Properties of Photonic Crystal Fibers Using a Real-Coded Genetic Algorithm [J]. Chin. Phys. Lett., 2011, 28(6): 064215.
- [2] ×××, ×××. 并联 2-RRR/UPRR 踝关节康复机器人机构及其运动学 [J]. 机器人, 2010, 32(1): 6-12. (EI 收录号: 20101212786168).
- [3] ... 要与参考文献格式一致!!!

(三) 申请及已获得的专利

- [1] ×××, ×××. 具有远程运动中心的三自由度转动并联机构: 中国, 200910073844.8 [P]. 2011-01-05.
- [2] ×××, ×××. 五自由度双重驱动并联机构: 中国, 200910075071.7 [P]. 2011-01-05.

(四) 科研获奖

- [1] ×××, ×××. 机器人机型综合及结构分析理论. XX 省科学技术二等奖, 2009.

致 谢

衷心感谢导师 ××× 教授对本人的精心指导。他的言传身教将使我终生受益。

感谢 ××× 教授，以及实验室全体老师和同窗们的热情帮助和支持！

本课题承蒙 ×××× 基金资助，特此致谢。

...