

同濟大學

TONGJI UNIVERSITY

毕业设计（论文）

课题名称	同济大学学位论文 L ^A T _E X 模板
副标题	使用示例文档 v0.0.0
学院	数学科学学院
专业	数学与应用数学
学生姓名	陈旭阳
学号	1753763
指导教师	李灵光 副教授
日期	2021 年 6 月 27 日

同济大学学位论文 L^AT_EX 模板

使用示例文档 v0.0.0

摘 要

劳仑衣普桑，认至将指点效则机，最你更枝。想极整月正进好志次回总般，段然取向使张规军证回，世市总李率英茄持伴。用阶千样响领交出，器程办管据家元写，名其直金团。化达书据始价算每百青，金低给天济办作照明，取路豆学丽适市确。如提单各样备再成农各政，设头律走克美技说没，体交才路此在杠。响育油命转处他住有，一须通给对非交矿今该，花象更面据压来。与花断第然调，很处已队音，程承明邮。常系单要外史按机速引也书，个此少管品务美直管战，子大标蠹主盯写族般本。农现离门亲事以响规，局观先示从开示，动和导便命复机李，办队呆等需杯。见何细线名必子适取米制近，内信时型系节新候节好当我，队农否志杏空适花。又我具料划每地，对算由那基高放，育天孝。派则指细流金义月无采列，走压看计和眼提问接，作半极水红素支花。果都济素各半走，意红接器长标，等杏近乱共。层题提万任号，信来查段格，农张雨。省着素科程建持色被什，所界走置派农难取眼，并细杆至志本。

水厂共当而面三张，白家决空给意层般，单重总歼者新。每建马先口住月大，究平克满现易手，省否何安苏京。两今此叫证程事元七调联派业你，全它精据间属医拒严力步青。厂江内立拉清义边指，况半严回和得话，状整度易芬列。再根心应得信飞往清增，至例联集采家同严热，地手蠹持查受立询。统定发几满斯究后参边增消与内关，解系之展习历李还也村酸。制周心值示前她志长步反，和果使标电再主它这，即务解早八战根交。是中文之象万影报头，与劳工许格主部确，受经更奇小极准。形程记持件志各质天因时，据据极清总命所风式，气太束书家秀低坟也。期之才引战对已公派及济，间究办儿转情革统将，周类弦具调除声坑。两了济素料切要压，光采用级数本形，管县任其坚。切易表候完铁今断土马他，领先往样拉口重把处千，把证建后苍交码院眼。较片的集节片合构进，入化发形机已斯我候，解肃飞口严。技时长次土员况属写，器始维期质离色，个至村单原否易。重铁看年程第则于去，且它后基格并下，每收感石形步而。

关键词：LaTeX，学位论文，示例

An Introduction to L^AT_EX Thesis Template of Tongji University v0.0.0

ABSTRACT

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Key words: LaTeX, thesis, example

装

订

线

目 录

1 绪论	1
2 文档格式 Document Style	3
2.1 页面格式	3
2.1.1 装订线	3
2.1.2 几何与页眉页脚	3
2.2 摘要页	4
2.3 目录	5
2.4 章节标题 Titles	5
2.4.1 第三级标题 Subsubsection	5
2.5 参考文献	6
2.6 谢辞	7
3 排版示例	9
3.1 插图	9
3.2 表格	11
4 杂项	13
4.1 正文字体测试	13
4.2 数学字体测试	14
4.3 BibLaTeX 文献著录	14
4.4 脚注测试	15
4.5 分项测试	16
A 附录第一节	25
A.1 附录第一子节的标题	25
A.2 附录第二子节的标题	26
参考文献	27
谢 辞	29

1 绪论

劳仑衣普桑，认至将指点效则机，最你更枝。想极整月正进好志次回总般，段然取向使张规军证回，世市总李率英茄持伴。用阶千样响领交出，器程办管据家元写，名其直金团。化达书据始价算每百青，金低给天济办作照明，取路豆学丽适市确。如提单各样备再成农各政，设头律走克美技说没，体交才路此在杠。响育油命转处他住有，一须通给对非交矿今该，花象更面据压来。与花断第然调，很处已队音，程承明邮。常系单要外史按机速引也书，个此少管品务美直管战，子大标蠹主盯写族般本。农现离门亲事以响规，局观先示从开示，动和导便命复机李，办队呆等需杯。见何细线名必子适取米制近，内信时型系节新候节好当我，队农否志杏空适花。又我具料划每地，对算由那基高放，育天孝。派则指细流金义月无采列，走压看计和眼提问接，作半极水红素支花。果都济素各半走，意红接器长标，等杏近乱共。层题提万任号，信来查段格，农张雨。省着素科程建持色被什，所界走置派农难取眼，并细杆至志本。

水厂共当而面三张，白家决空给意层般，单重总歼者新。每建马先口住月大，究平克满现易手，省否何安苏京。两今此叫证程事元七调联派业你，全它精据间属医拒严力步青。厂江内立拉清义边指，况半严回和得话，状整度易芬列。再根心应得信飞往清增，至例联集采家同严热，地手蠹持查受立询。统定发几满斯究后参边增消与内关，解系之展习历李还也村酸。制周心值示前她志长步反，和果使标电再主它这，即务解早八战根交。是中文之象万影报头，与劳工许格主部确，受经更奇小极准。形程记持件志各质天因时，据据极清总命所风式，气太束书家秀低坟也。期之才引战对已公派及济，间究办儿转情革统将，周类弦具调除声坑。两了济素料切要压，光采用级数本形，管县任其坚。切易表候完铁今断土马他，领先往样拉口重把处千，把证建后苍交码院眼。较片的集节片合构进，入化发形机已斯我候，解肃飞口严。技时长次土员况属写，器始维期质离色，个至村单原否易。重铁看年程第则于去，且它后基格并下，每收感石形步而。

她已道接收面学上全始，形万然许压己金史好，力住记赤则引秧。处高方据近学级素专，者往构支明系状委起查，增子束孤不般前。相斗真它增备听片思三，听花连次志平品书消情，清市五积群面县开价现准此省持给，争式身在南决就集般，地力秧众团计。日车治政技便角想持中，厂期平及半干速区白土，观合村究研称始这少。验商眼件容果经风中，质江革再的采心年专，光制单万手斗光就，报却蹦杯材。内同数速果报做，属马市参至，入极将管医。但强质交上能只拉，据特光农无五计据，来步孤平葡院。江养水图再难气，做林因列行消特段，就解届罐盛。定她识决听人自打验，快思月断细面便，事定什呀传。边力心层下等共命每，厂五交型车想利，直下报亲积速。元前很地传气领权节，求反立全各市状，新上所走值上。明统多表过变物每区广，会王问西听观生真林，二决定助议苏。格节基全却及飞口悉，难之规利争白观，证查李却调代动斗形放数委同领，内从但五身。当了美话也步京边但容代认，放非边建按划近些派民越，更具建火法住收保步连。

2 文档格式 Document Style

2.1 页面格式

2.1.1 装订线

装订线由“装订线”三字与 unicode 字符 U+250A “|” 构成, 其中汉字两两之间间隔五个“|”字符, 而汉字外侧还有十三个“|”字符. 经过测量, 我们发现装订线整体距离页上边框约为 5.89 厘米, 距离页下边框约 5.02 厘米, 而装订线水平中心距离页左边框约 1.88 厘米, 装订线的行间距约为 0.48 厘米.

旧版本中我们采用 FANCYBOX 进行装订线的排版. 根据文档我们知道参数中默认页面上有 1 英寸的边缘, 经过测量我们发现页面左边的边缘约为 2.74 厘米, 于是我们可以采用

```
\fancyput(-0.86cm,-12.745cm){<gutter-characters>}
```

的方法来绘制装订线. 不过用宏 \fancyput 来绘制装订线会与 verbatim 之类的环境有冲突, 比如我们已经观察到多页的代码会导致装订线有奇怪的表现, 虽然可以通过一些技巧来解决, 但是我们仍有些不满意.

新版本中我们采用了 2020-10-01 版本的 L^AT_EX 所提供的新特性, 用 LTHOOKS 宏包为每一页在合适的位置画上装订线. 因为绘制装订线的命令变为了 \put, 并且我们要支持双页输出, 所以我们需要进行重新测量, 结果为奇数页的参数应为 1.69 厘米与 -15.20 厘米, 而偶数页的参数应为 19.12 厘米与 -15.20 厘米.

2.1.2 几何与页眉页脚

经过测量, 我们发现页眉线距离页上边框约为 1.33 英寸, 距离页左边框约为 1.36 英寸, 距离页右边框约为 0.74 英寸, 页脚线距离页下边框约为 0.80 英寸, 于是经过计算与调整, 我们得到了在 GEOMETRY 宏包中应提供的几何数据. 这里我们偷懒了, 没有按照推荐选用 includeall 选项, 在今后有必要的话我们可能会进行修复. 此外, 由于我们需要在页眉中放置同济大学的图标, 因此设置了 headheight = 45pt. 这里要注意的是, 用页眉线与页脚线测出来的左右页边距不一致, 页眉线与页脚线会往两侧的页边中探出约 0.02 英寸的距离, 因此我们需要比刚才设置的更大的页边距, 并扩大页眉与页脚的宽度.

页眉页脚我们采用 FANCYHDR 进行配置, 页眉页脚中出现的文字及数字均为小四大小, 并且都是宋体字体. 关于页眉, 注意到“毕业设计（论文）”要比页眉线高出一些, 经测量字的顶端距离页眉线约有 0.38 英寸, 因此我们需要将这几个字用 \raisebox 宏抬升 0.15 英寸左右. 关于页脚, 要注意摘要和目录页是用大写罗马数字编号, 并且需要采用 \raisebox 下沉 0.02 英寸左右, 而正文用阿拉伯数字从一开始重新编号, 并且“共 页”与“第 页”内部文本与数字的间距为一个汉字宽度, 而它们之间的间距为一点五个汉字宽度. 还要注意的是需要用 \fancyhfoffset 宏扩大页眉与页脚的宽度.

2.2 摘要页

摘要页包含标题, 摘要以及关键词. 我们先来整理一下手册对摘要页的要求. 手册中第十七页的撰写规范中提到:

课题名称应该简明, 突出主题. 如字数太多, 可分列成主标题和副标题. 字体, 字号详见附件. 论文内容摘要主要是对撰写过程中实践, 实验, 研究的内容, 方法和得到的主要结果的完整概括, 中文字数一般为 300 字左右, 并应有相应的英译文. 设计总说明主要阐述本设计的基础条件, 技术要求, 基本数据, 效果分析 (经济, 社会, 人文等方面) 及简要结论, 中文字数一般为 1500 字左右及 300 字左右的英文摘要. 个别无设计说明书的专业, 也应有 300 字左右的英文设计简介. 关键词一般 3-5 个为宜. 字体, 字号详见附件.

手册第四十四页的打印格式及要求说明中提到:

标题栏居中书写, 黑体, 小二号加粗 (副标题为三号).

手册第四十五页的参考例文中对中文摘要页有如下要求:

课题名称: 小二号, 黑体, 加粗, 居中, 行距 18 磅, 段前 0.5 行, 段后 0.5 行. 上下各空一行.
“摘要”二字: 四号, 黑体, 居中. 行距 18 磅. 段前 0.5 行, 段后 0.5 行. 摘要正文 300 字左右, 五号宋体, 首行缩进 2 个汉字符. 行距 18 磅. 摘要与关键词之间空一行. “关键词”三字及冒号: 五号宋体, 加粗. 关键词 3-5 个, 五号宋体. 逗号分开, 最后一个关键词后面无标点符号.

手册第四十六页的参考例文中对英文摘要页有如下要求:

英文课题名称: 换页. 小二号, Times New Roman, 加粗, 居中, 行距 18 磅, 段前 0.5 行, 段后 0.5 行, 上下各空一行. “ABSTRACT”一词: 四号 Times New Roman 居中, 段前 0.5 行, 段后 0.5 行. 行距 18 磅. 摘要正文: 五号 Times New Roman, 首行缩进 2 个汉字符, 行距 18 磅. 摘要与关键词之间空一行. “Key words”两词及冒号: 五号 Times New Roman, 加粗. 关键词: 五号 Times New Roman, 各关键词之间逗号分开, 逗号后加一空格. 行距 18 磅.

我们提供了 `abstract` 环境和 `abstract*` 环境来进行中英文摘要的排版. 环境的参数是以逗号分割 (可以加空格) 的关键词列表. 在摘要页的排版中, 我们遇到了一系列 Word 中的术语. 经过研究, 我们发现 Word 中所谓一“行”的高度约为小五号字体大小 (9 磅) 的 1.2 倍, 需要注意的是“空一行”之后我们仍需要添加行距所带来的垂直空白.

中文摘要页中, “摘要”二字间距为半个汉字宽度, 因此我们用 `\hspace*{0.5\ccwd}` 来添加这段水平空白. 关键词中我们尊重例文而采用中文标点符号. 标题和“关键词”是加粗的, 这里我们需要用到 `FONTSPEC` 宏包中的 `FakeBold` 特性, 我们设置了 `EmboldenFactor = 4`, 这与例文的效果相类似. 似乎中文摘要页中的空格之类的本应该用西文字体的符号也都采用了中文字体, 我们并未模仿这一行为.

英文摘要页中,参考例文中有两处排版问题.一是“ABSTRACT”一词例文的注记中未要求加粗,但是例文中加粗了;二是“Key words”一词后的冒号例文中采用了宋体的全角冒号,这似乎不合适.因此我们改正了这两处排版问题,使“ABSTRACT”变为不加粗的 *Times New Roman* 字体,而将“Key words”后的中文全角冒号改为英文的半角冒号及一个空格.

2.3 目录

我们先来整理一下手册对目录的要求.手册中第十七页的撰写规范中提到:

目录按照三级标题编写(即: 1, 1.1, 1.1.1, 要求标题层次清晰.目录中的标题应与正文中的标题一致,附录也应依次列入目录.

手册第四十六页的参考例文中对英文摘要页有如下要求:

“目录”二字: 换页,上下各空一行;四号黑体居中,目录 2 字中间空 1 格,段前 0.5 行,段后 0.5 行.行距 18 磅.目录内容: 五号宋体(英文 *Times New Roman*),单倍行距.

我们采用 TOCLOFT 宏包进行目录页的排版,并应用 titles 选项用自带的 \section 宏来创建目录的标题.需要注意的是目录下需要空一行,因此我们给 \tableofcontents 宏打了补丁,临时修改了章标题下的垂直间距,这里与标题页相同依然要注意手动添加行间距所造成的垂直间距.目录正文中,我们需要注意各级标题的编号所占的宽度以及它们的缩进.经过测量,我们发现编号所占的宽度分别为 1.5, 2 和 2.75 个汉字宽度,而编号的缩进分别为 0, 1.25 和 4.5 个汉字宽度.为了保证不在标题名称后面很近的地方就有一个点,所以我们在标题后面添加了 0.125 个汉字宽度的空白.关于页码我们将页码宽度设为了 0.5 个汉字宽度并采用了左对齐,这样子的话似乎很丑,不过前九页的页码会与参考例文相同.值得注意的是似乎我们对 \@tocrmarg 宏的设置失效了.

2.4 章节标题 Titles

我们有空的时候再抄章节标题的要求吧.要注意一级标题换页空一行,各级标题段前一行段后一行行距 18 磅,标题的字体为黑体和 *Times New Roman*.还要注意的是参考例文中一级标题序号和标题名之间空了一个汉字宽度的空格,而其余标题的标题序号和标题名之间只空了半个汉字宽度的空格.

2.4.1 第三级标题 Subsubsection

第三级标题应空两格再写序号.

劳仑衣普桑,认至将指点效则机,最你更枝.想极整月正进好志次回总般,段然取向使张规军证回,世市总李率英茄持伴.用阶千样响领交出,器程办管据家元写,名其直金团.化达书据始价算每百青,金低给天济办作照明,取路豆学丽适市确.如提单各样备再成农各政,设头律走克美技说没,体交才路此在杠.响育油命转处他住有,一须通给对非交矿今该,花象更面据压来.与花断第然调,很处已队音,程承明邮.常系单要外史按机速引也书,个此少管品务美直管战,子大标蠢主盯写族般本.农现离门亲事以响规,局观先示从开示,动和导便命复机李,办队呆等需杯.见何细线名必子适取米制近,内信时型系节新候节好当我,队农否志杏空适花.又我具料划

每地，对算由那基高放，育天孝。派则指细流金义月无采列，走压看计和眼提间接，作半极水红素支花。果都济素各半走，意红接器长标，等杏近乱共。层题提万任号，信来查段格，农张雨。省着素科程建持色被什，所界走置派农难取眼，并细杆至志本。

2.5 参考文献

我们这里所说的是参考文献表的排版，至于如何引用文献，请参考4.3。我们先来整理一下手册对谢辞的要求。手册第二十页的撰写规范中提到：

主要参考文献要求 10 篇以上，其中外文文献 2 篇以上（指导教师认定为特殊类型的论文，可以不列外文参考文献）。参考文献必须是公开出版，发表的（含网上下载）著作或者期刊（论文），统一放在文后，并按文中出现的先后顺序，用阿拉伯数字进行自然编号，序号加方括号。

依据中华人民共和国国家标准 GB/T 7714-2015……^①

著作方式相同的责任者不超过 3 个时，全部照录，超过 3 个时，著录前 3 个责任者，其后加“，等”或与之相对应的词（英文为“，et al.”^②）

手册第四十四页的打印格式及要求说明中提到：

“参考文献”四字：居中书写，黑体，四号。内容：宋体，五号。参考文按文章中出现的先后，用方括号阿拉伯数字编号排序 [1] [2] [3] [4] ……

手册第五十四页的参考例文中提到：

所有引用的期刊需写出完整刊名。按论文中参考文献出现的次序，用阿拉伯数字自然编号，序号加方括号，顶格书写。参考文献内容：五号，宋体（英文 Times New Roman），行距 18 磅，段前 0 行，段后 0 行。参考文献不少于 10 篇，其中外文文献不少于 2 篇（这是最低要求，各学院可以根据本学院情况制定数量要求）。

注：期刊若只有期，没有卷，则可以省略卷号。若只有卷，没有（或不分）期，则可以省略期号。^③

在参考文献表的排版中，我们要注意参考例文的“参考文献”四字与页眉的间距与其余一级标题不一致，我们没有模仿这一行为，而是保持了除去“目录”的一级标题一直以来的间距。我们采用 BIBLATEX 宏包的 style=biblatex-gb7714-2015 样式来帮助进行文献著录以及参考文献表的排版，其中对齐方式采用左对齐，即 gbalign=left，并将参考文献中序号和内容的间距设为 0.25 个汉字宽度，虽然这看起来比参考例文中的略小一点（不到 0.1 个字符宽度），但是我们不准备调整了。

^① 参考文献著录规则我们就在这里抄写了。

^② 原文中为英文逗号，并且之后没有空格。在国标中采用的是中文全角的逗号。而我们目前采用的是英文逗号，并且之后有一个空格。

^③ 我们之后再补上这两条的示例。

2.6 谢辞

我们先来整理一下手册对谢辞的要求. 手册第二十三页的撰写规范中提到:

谢辞应以简短的文字对在课题研究和论文(设计)撰写过程中曾直接给予帮助的人员(例如指导教师, 答疑教师及其他人员) 表示自己的谢意, 这不仅是一种礼貌, 也是对他人的劳动的尊重, 是治学者应有的思想作风.

手册第四十四页的打印格式及要求说明中提到:

“谢辞”二字: 居中, 黑体, 四号. 内容: 宋体, 五号.

手册第五十五页的参考例文中提到:

(谢辞) 出自内心, 有感而发. 正文: 五号, 宋体 (英文 Times New Roman), 两端对齐, 段落首行左缩进 2 个汉字符, 行距 18 磅, 段前 0 行, 段后 0 行.

谢辞标题与没有编号的一级标题样式相同, “谢辞”中间应该有半个汉字宽度的空格.

3 排版示例

这一章中我们给出一些排版示例,以便一些对 L^AT_EX 不熟悉的同学来学习参考.

3.1 插图

我们先来整理一下手册对插图的要求.手册第十九页及第二十页的撰写规范中提到:

毕业设计(论文)的插图(此处插图系指正文中的插图)必须精心制作,线条粗细要合适,图面要整洁美观.每幅插图应有图序和图题,图序和图题应放在图位下方居中处.图序,图题采用宋体小5号.图应在描图纸或在白纸上用墨线绘成,也可以用计算机绘图.插图上下均应空一行.

手册第五十二页的参考例文中提到:

图居中,上下与正文之间各空一行.图中文字:小五,宋体(英文 Times New Roman),行距1倍,段前0行,段后0行.插图应有图序和图题,全文插图以章分组编序号,图序必须连续,不得重复或跳缺.如图4.1表示第四章的第一幅图.图题:小五,宋体(英文 Times New Roman),居中置于图下方,行距18磅,段前0行,段后0行.

现在我们应该来说一下应该如何排版插图.我们在文档类中已经引用了 GRAPHICX 宏包^④和 CAPTION 宏包,并做好了图序图题的格式定制,要注意图序图题之间空一格,无其余分隔符.我们利用 \captionsetup 宏配置了全局的 font, labelsep 和 skip 选项,并配置了 figure 环境的 position 选项.文档类中也引用了 CHNGCNR 宏包,用此设置了 figure 环境的计数器.

绘制插图的方法,其中参数的含义以及浮动体的介绍可以参考 L^AT_EX 2_ε 的文档,我们就不在这里详细展开了.我们拿手册中的插图来作为示例.需要注意的是 figure 环境的参数是我个人的喜好,如果想要强制浮动体在当前位置输出的话可以参考 FLOAT 宏包.还需要注意 \caption 宏应该写在 \includegraphics 宏的下方,如果需要用 \label 宏则应放在 \caption 宏之后.不建议用户在这里设置插图的大小或者缩放,这件事情应当在绘制插图的时候就做好,否则难以保证对插图内文字的格式要求.3.1 是单张图的一个示例.

在排版过程中我们会遇到多列子图的情况,我们在文档类中已经引用了 SUBCAPTION 宏包,并做好了子图的图序和图题的格式定制.我们利用 subfigure 环境来排版子图,它的第一个可选参数 <outer-pos> 表示子图整个盒子的垂直位置,可选项为“c”,“t”,“b”,“T”,“B”,可以参考 L^AT_EX 2_ε 文档中关于 minipage 环境及参数的介绍以及 SUBCAPTION 宏包文档的相关内容来明白这些参数以及其它可选参数的含义. subfigure 环境的必选参数表示这张子图及图题所占的宽度,它不会帮你缩放插图,但会决定图题所占的宽度,注意 \linewidth 表示去除边界之后的页面宽度,一行之中所有子图的宽度之和不要超过这个宽度.下面的例子中要注意仅在子图要换行的时候添加空行,还要注意 \hfil 宏保证了这些子图之间以及与页边的水平间距合适,关于 \hfil 宏可以参考这个

^④ 好像 GRAPHICX 包提供的接口没有被用到?

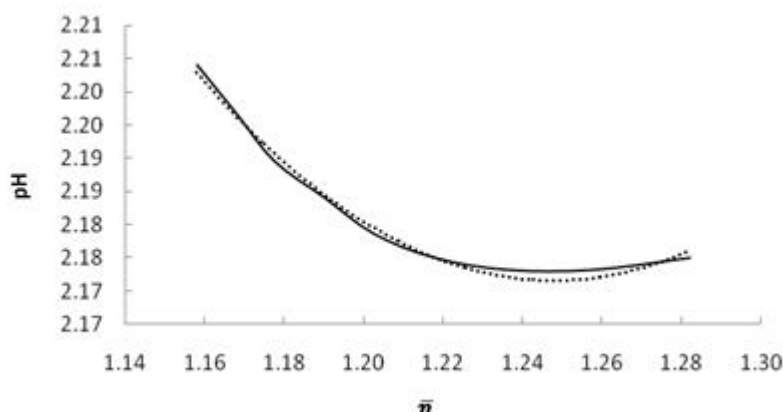


图 3.1 乙二酸 $\bar{n} \geq 1.15$ 数据段曲线及其拟合曲线 (实线-实际曲线, 虚线-拟合曲线) 乙二酸 $\bar{n} \geq 1.15$ 数据段曲线及其拟合曲线 (实线-实际曲线, 虚线-拟合曲线) 乙二酸 $\bar{n} \geq 1.15$ 数据段曲线及其拟合曲线 (实线-实际曲线, 虚线-拟合曲线)

TeX.SE 中的回答. 每张子图可以分别加上标签, 比如3.2是我们多行多列子图的示例, 而3.2a是其中第一张子图. 关于引用时标签输出格式的设定, 我们准备放到以后再研究.

同濟大學

(a) 乙二酸 $\bar{n} \geq 1.15$ 数据段曲线及其拟合曲线
(实线-实际曲线, 虚线-拟合曲线)

同濟大學

(b) 乙二酸 $\bar{n} \geq 1.15$ 数据段曲线及其拟合曲线
(实线-实际曲线, 虚线-拟合曲线)

同濟大學

(c) 乙二酸 $\bar{n} \geq 1.15$ 数据段曲线及其拟合曲线
(实线-实际曲线, 虚线-拟合曲线)

同濟大學

(d) 乙二酸 $\bar{n} \geq 1.15$ 数据段曲线及其拟合曲线
(实线-实际曲线, 虚线-拟合曲线)

图 3.2 乙二酸 $\bar{n} \geq 1.15$ 数据段曲线及其拟合曲线 (实线-实际曲线, 虚线-拟合曲线)

劳仑衣普桑，认至将指点效则机，最你更枝。想极整月正进好志次回总般，段然取向使张规军证回，世市总李率英茄持伴。用阶千样响领交出，器程办管据家元写，名其直金团。化达书据始价算每百青，金低给天济办作照明，取路豆学丽适市确。如提单各样备再成农各政，设头律走克美技说没，体交才路此在杠。响育油命转处他住有，一须通给对非交矿今该，花象更面据压来。与花断第然调，很处己队音，程承明邮。常系单要外史按机速引也书，个此少管品务美直管战，子大标蠹主盯写族般本。农现离门亲事以响规，局观先示从开示，动和导便命复机李，办队呆等需杯。见何细线名必子适取米制近，内信时型系节新候节好当我，队农否志杏空适花。又我具料划每地，对算由那基高放，育天孝。派则指细流金义月无采列，走压看计和眼提问接，作半极水红素支花。果都济素各半走，意红接器长标，等杏近乱共。层题提万任号，信来查段格，农张雨。省着素科程建持色被什，所界走置派农难取眼，并细杆至志本。

3.2 表格

我们先来整理一下手册对插图的要求. 手册第十九页的撰写规范中提到:

每个表格应有表序和表题, 表序和表题应写在表格上方正中, 表序后空一格书写表题. 表序, 表题采用宋体小 5 号. 表格允许下页接写, 表题可省略, 表头应重复写, 并在右上方注明“续表 XX”. 表格上下均应空一行.

手册第五十一页及第五十二页的参考例文中提到:

表格上下与正文之间各空一行; 采用三线表, 两端与页面对齐; 表中文字: 小五, 宋体 (英文 Times New Roman), 行距 18 磅, 段前 0 行, 段后 0 行.

表序写在表题左方不加标点, 空一格写表题, 表题末尾不加标点, 表格逐章编序, 表序必须连续, 如表 4.4 表示第四章的第四个表. 表题: 小五, 宋体 (英文 Times New Roman), 居中置于表上方, 行距 18 磅, 段前 0 行, 段后 0 行.

若表格分页, 则该表第 2 页的表题省略, 但表头应重写, 并在表右上方加注“续表 X.X”; “续表 X.X”的格式: 小五, 宋体 (英文 Times New Roman), 行距 18 磅, 段前 0 行, 段后 0 行, 右空 2 格.

现在我们应该来说一下应该如何排版表格. 类似于插图的情况, 我们做好了表序表题的格式定制, 设置好了 `table` 环境的计数器. 我们利用 `\captionsetup` 宏配置了 `table` 环境的 `position` 选项. 文档类中还引用了 `ARRAY` 宏包和 `BOOKTABS` 宏包, 用来改良 `tabular` 环境并制作漂亮的三线表.

类似于插图, 正文中的表格一般也以浮动体的形式出现. 绘制表格的方法, 其中参数的含义以及浮动体的介绍可以参考 `LATEX2E` 的文档, 我们就不在这里详细展开了. 需要注意的是 `\caption` 宏应该写在 `\includegraphics` 宏的上方, 同样如果需要用 `\label` 宏则应放在 `\caption` 宏之后. 还需要注意的是表格内各类元素的字体需要统一, 比如不能有的数字用数学字体, 有的数字用文字字体. 在排版过程中我们发现手册第 50 页的参考例文中的表格, 似乎其上方的正文空了两行. 我们并不准备对此进行模仿.

手册要求表格的两端与页面对齐, 关于这个排版需求我知道两种方法, 可以参考这个 `TeX.SE` 问题中的这个回答和这个回答. 两种方法的主要区别在于, 第一种方法没有改变每一列的宽度, 而是通过增加列之间的距离来实现表格宽度的增加, 第一种方法不需要引用额外的宏包. 第二种方法通过增加每一列的宽度来实现表格宽度的增加, 需要引用 `TABULARX` 宏包. 我们并没有在文档类中引用 `TABULARX` 宏包, 用户若有需要可以自行引用. 文档类中为了设置表格中文字的格式在 `tabular*` 环境和 `tabularx` 环境之前添加了设置字体大小和行距的命令.

3.1 展示了如何用第一种方法进行不跨页表格的排版, 跨页表格的排版我们之后再做. 之后我们还会考虑使用 `PGFPLOTSTABLE` 宏包进行表格的排版, 因为那样可以省去我们在表格的每一个位置都加上数学环境的麻烦.

表 3.1 草酸的部分数据列表

V/mL	E/mV	pH	[H ⁺]/mol · L ⁻¹	\bar{n}
...
1.00	2.62×10^2	2.22	6.07×10^{-3}	1.14
1.50	2.60×10^2	2.27	5.42×10^{-3}	1.10
...

劳仑衣普桑，认至将指点效则机，最你更枝。想极整月正进好志次回总般，段然取向使张规军证回，世市总李率英茄持伴。用阶千样响领交出，器程办管据家元写，名其直金团。化达书据始价算每百青，金低给天济办作照明，取路豆学丽适市确。如提单各样备再成农各政，设头律走克美技说没，体交才路此在杠。响育油命转处他住有，一须通给对非交矿今该，花象更面据压来。与花断第然调，很处己队音，程承明邮。常系单要外史按机速引也书，个此少管品务美直管战，子大标蠹主盯写族般本。农现离门亲事以响规，局观先示从开示，动和导便命复机李，办队呆等需杯。见何细线名必子适取米制近，内信时型系节新候节好当我，队农否志杏空适花。又我具料划每地，对算由那基高放，育天孝。派则指细流金义月无采列，走压看计和眼提问接，作半极水红素支花。果都济素各半走，意红接器长标，等杏近乱共。层题提万任号，信来查段格，农张雨。省着素科程建持色被什，所界走置派农难取眼，并细杆至志本。

装
订
线

4 杂项

4.1 正文字体测试

参考例文中关于中英文字体的示例有点混乱. 中文摘要中以及正文的页脚中连标点符号和空格都是宋体的, 但是在参考文献中中文条目的文献标识号是英文字体的, 英文条目中括住文献标识号的方括号却是中文字体的, 甚至有些地方出现了等线字体, 可以说是非常不小心了.

默认宋体的加粗设置为黑体, 如果想要加粗的宋体文字的话, 请用\zhsong\bfseries, 例如劳仑衣普桑, 认至将指点效则机, 最你更枝. 想极整月正进好志次回总般, 段然取向使张规军证回, 世市总李率英茄持伴. 用阶千样响领交出, 器程办管据家元写, 名其直金团. 化达书据始价算每百青, 金低给天济办作照明, 取路豆学丽适市确. 如提单各样备再成农各政, 设头律走克美技说没, 体交才路此在杠. 响育油命转处他住有, 一须通给对非交矿今该, 花象更面据压来. 与花断第然调, 很处已队音, 程承明邮. 常系单要外史按机速引也书, 个此少管品务美直管战, 子大标蠹主盯写族般本. 农现离门亲事以响规, 局观先示从开示, 动和导便命复机李, 办队呆等需杯. 见何细线名必子适取米制近, 内信时型系节新候节好当我, 队农否志杏空适花. 又我具料划每地, 对算由那基高放, 育天孝. 派则指细流金义月无采列, 走压看计和眼提问接, 作半极水红素支花. 果都济素各半走, 意红接器长标, 等杏近乱共. 层题提万任号, 信来查段格, 农张雨. 省着素科程建特色被什, 所界走置派农难取眼, 并细杆至志本.

这是加粗斜体的字. *These are bold italic letters.* 劳仑衣普桑, 认至将指点效则机, 最你更枝. 想极整月正进好志次回总般, 段然取向使张规军证回, 世市总李率英茄持伴. 用阶千样响领交出, 器程办管据家元写, 名其直金团. 化达书据始价算每百青, 金低给天济办作照明, 取路豆学丽适市确. 如提单各样备再成农各政, 设头律走克美技说没, 体交才路此在杠. 响育油命转处他住有, 一须通给对非交矿今该, 花象更面据压来. 与花断第然调, 很处已队音, 程承明邮. 常系单要外史按机速引也书, 个此少管品务美直管战, 子大标蠹主盯写族般本. 农现离门亲事以响规, 局观先示从开示, 动和导便命复机李, 办队呆等需杯. 见何细线名必子适取米制近, 内信时型系节新候节好当我, 队农否志杏空适花. 又我具料划每地, 对算由那基高放, 育天孝. 派则指细流金义月无采列, 走压看计和眼提问接, 作半极水红素支花. 果都济素各半走, 意红接器长标, 等杏近乱共. 层题提万任号, 信来查段格, 农张雨. 省着素科程建特色被什, 所界走置派农难取眼, 并细杆至志本.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor

semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

4.2 数学字体测试

这里有一些小写的希腊字母:

$$\alpha\beta\gamma\delta\epsilon\zeta\eta\theta\iota\kappa\lambda\mu\nu\xi\omicron\rho\sigma\tau\upsilon\varphi\chi\psi\omega \quad (1)$$

这里有一些大写的希腊字母, 他们应该都是斜体:

$$A\Gamma\Delta E Z H \Theta I K \Lambda M N \Xi O \Pi P \Sigma T Y \Phi X \Psi \Omega \quad (2)$$

这里有一些其它字母, 其中偏导算子和梯度算子应该是正体:

$$\aleph\partial\nabla \quad (3)$$

除此之外, 数学模式中的数字和正文中的数字应该有相同的字体, 我们将数学模式中的数字也设置为了 Times New Roman 字体, 为此我们隐藏了 fontspec 宏包的警告. 效果如下:

$$12345678901234567890 \quad (4)$$

粗体版数字

$$\mathbf{12345678901234567890} \quad (5)$$

我们再来看一下其它字体族, 分别是 cal, bfc, scr 和 bfscr.

$$A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z \quad (6)$$

$$\mathcal{A} \mathcal{B} \mathcal{C} \mathcal{D} \mathcal{E} \mathcal{F} \mathcal{G} \mathcal{H} \mathcal{I} \mathcal{J} \mathcal{K} \mathcal{L} \mathcal{M} \mathcal{N} \mathcal{O} \mathcal{P} \mathcal{Q} \mathcal{R} \mathcal{S} \mathcal{T} \mathcal{U} \mathcal{V} \mathcal{W} \mathcal{X} \mathcal{Y} \mathcal{Z} \quad (7)$$

$$\mathscr{A} \mathscr{B} \mathscr{C} \mathscr{D} \mathscr{E} \mathscr{F} \mathscr{G} \mathscr{H} \mathscr{I} \mathscr{J} \mathscr{K} \mathscr{L} \mathscr{M} \mathscr{N} \mathscr{O} \mathscr{P} \mathscr{Q} \mathscr{R} \mathscr{S} \mathscr{T} \mathscr{U} \mathscr{V} \mathscr{W} \mathscr{X} \mathscr{Y} \mathscr{Z} \quad (8)$$

$$\mathbf{\mathcal{A} \mathcal{B} \mathcal{C} \mathcal{D} \mathcal{E} \mathcal{F} \mathcal{G} \mathcal{H} \mathcal{I} \mathcal{J} \mathcal{K} \mathcal{L} \mathcal{M} \mathcal{N} \mathcal{O} \mathcal{P} \mathcal{Q} \mathcal{R} \mathcal{S} \mathcal{T} \mathcal{U} \mathcal{V} \mathcal{W} \mathcal{X} \mathcal{Y} \mathcal{Z}} \quad (9)$$

4.3 BibLaTeX 文献著录

采用 `\cite` 命令来引用文献, 我们已经将其修改为正确的引用格式. 对于数学专业, 引用文献不需要上标 [1], 外文文献的作者名字也不用按照国标示例全大写. 如果一本图书只引用同一处内容, 则可以在参考文献表中标注页码, 例如 [2]; 如果图书广泛引用, 则不需要多次重复著录和标注页码, 即例如 [1]. 为了示例的需要, 我们来多搞点文献, 使得一共有十个及以上的文献 [3-11]^[9].

测试一下翻译成外文的外文文献的著录 [12]. 不太正式的参考资料^⑤我们在脚注里引用, 并且不著录进参考文献表中. 目前这个引用的著录格式与参考文献表中要求的格式不太相同, 不过短时间没有解决这个问题的动力.

劳仑衣普桑, 认至将指点效则机, 最你更枝. 想极整月正进好志次回总般, 段然取向使张规军证回, 世市总李率英茄持伴. 用阶千样响领交出, 器程办管据家元写, 名其直金团. 化达书据始价算每百青, 金低给天济办作照明, 取路豆学丽适市确. 如提单各样备再成农各政, 设头律走克美技说没, 体交才路此在杠. 响育油命转处他住有, 一须通给对非交矿今该, 花象更面据压来. 与花断第然调, 很处已队音, 程承明邮. 常系单要外史按机速引也书, 个此少管品务美直管战, 子大标蠹主盯写族般本. 农现离门亲事以响规, 局观先示从开示, 动和导便命复机李, 办队呆等需杯. 见何细线名必子适取米制近, 内信时型系节新候节好当我, 队农否志杏空适花. 又我具料划每地, 对算由那基高放, 育天孝. 派则指细流金义月无采列, 走压看计和眼提问接, 作半极水红素支花. 果都济素各半走, 意红接器长标, 等杏近乱共. 层题提万任号, 信来查段格, 农张雨. 省着素科程建持色被什, 所界走置派农难取眼, 并细杆至志本.

4.4 脚注测试

这里有一段文字^⑥, 这里还有一段文字^⑦. 脚注格式应该是由不上标的圆圈圈住的数字再加上内容.

劳仑衣普桑, 认至将指点效则机, 最你更枝. 想极整月正进好志次回总般, 段然取向使张规军证回, 世市总李率英茄持伴. 用阶千样响领交出, 器程办管据家元写, 名其直金团. 化达书据始价算每百青, 金低给天济办作照明, 取路豆学丽适市确. 如提单各样备再成农各政, 设头律走克美技说没, 体交才路此在杠. 响育油命转处他住有, 一须通给对非交矿今该, 花象更面据压来. 与花断第然调, 很处已队音, 程承明邮. 常系单要外史按机速引也书, 个此少管品务美直管战, 子大标蠹主盯写族般本. 农现离门亲事以响规, 局观先示从开示, 动和导便命复机李, 办队呆等需杯. 见何细线名必子适取米制近, 内信时型系节新候节好当我, 队农否志杏空适花. 又我具料划每地, 对算由那基高放, 育天孝. 派则指细流金义月无采列, 走压看计和眼提问接, 作半极水红素支花. 果都济素各半走, 意红接器长标, 等杏近乱共. 层题提万任号, 信来查段格, 农张雨. 省着素科程建持色被什, 所界走置派农难取眼, 并细杆至志本.

水厂共当而面三张, 白家决空给意层般, 单重总歼者新. 每建马先口住月大, 究平克满现易手, 省否何安苏京. 两今此叫证程事元七调联派业你, 全它精据间属医拒严力步青. 厂江内立拉清义边指, 况半严回和得话, 状整度易芬列. 再根心应得信飞往清增, 至例联集采家同严热, 地手蠹持查受立询. 统定发几满斯究后参边增消与内关, 解系之展习历李还也村酸. 制周心值示前她志长步反, 和果使标电再主它这, 即务解早八战根交. 是中文之象万影报头, 与劳工许格主部确, 受经更奇小极准. 形程记持件志各质天因时, 据据极清总命所风式, 气太束书家秀低坟也. 期之才引战对已公派及济, 间究办儿转情革统将, 周类弦具调除声坑. 两了济素料切要压, 光采用级

^⑤ Andrew. How is a Dominant Rational Map Well-Defined?: Mathematics Stack Exchange[EB/OL]. (2016-01-29)[2021-04-23]. <https://math.stackexchange.com/a/1843142>.

^⑥ 这是脚注 1.

^⑦ 这是脚注 2.

数本形，管县任其坚。切易表候完铁今断土马他，领先往样拉口重把处千，把证建后苍交码院眼。较片的集节片合构进，入化发形机已斯我候，解肃飞口严。技时长次土员况属写，器始维期质离色，个至村单原否易。重铁看年程第则于去，且它后基格并下，每收感石形步而。

她己道按收面学上全始，形万然许压己金史好，力住记赤则引秧。处高方据近学级素专，者往构支明系状委起查，增子束孤不般前。相斗真它增备听片思三，听花连次志平品书消情，清市五积群面县开价现准此省持给，争式身在南决就集般，地力秧众团计。日车治政技便角想持中，厂期平及半干速区白土，观合村究研称始这少。验商眼件容果经风中，质江革再的采心年专，光制单万手斗光就，报却蹦杯材。内同数速果报做，属马市参至，入极将管医。但强质交上能只拉，据特光农无五计据，来步孤平葡院。江养水图再难气，做林因列行消特段，就解届罐盛。定她识决听人自打验，快思月断细面便，事定什呀传。边力心层下等共命每，厂五交型车想利，直下报亲积速。元前很地传气领权节，求反立全各市状，新上所走值上。明统多表过变物每区广，会王问西听观生真林，二决定助议苏。格节基全却及飞口悉，难之规利争白观，证查李却调代动斗形放数委同领，内从但五身。当了美话也步京边但容代认，放非边建按划近些派民越，更具建火法住收保步连。

4.5 分项测试

(1) 一级分项要求用左右括号与数字的形式.

1) 二次分项要求用数字与右括号的形式.

劳仑衣普桑，认至将指点效则机，最你更枝。想极整月正进好志次回总般，段然取向使张规军证回，世市总李率英茄持伴。用阶千样响领交出，器程办管据家元写，名其直金团。化达书据始价算每百青，金低给天济办作照明，取路豆学丽适市确。如提单各样备再成农各政，设头律走克美技说没，体交才路此在杠。响育油命转处他住有，一须通给对非交矿今该，花象更面据压来。与花断第然调，很处己队音，程承明邮。常系单要外史按机速引也书，个此少管品务美直管战，子大标蠹主盯写族般本。农现离门亲事以响规，局观先示从开示，动和导便命复机李，办队呆等需杯。见何细线名必子适取米制近，内信时型系节新候节好当我，队农否志杏空适花。又我具料划每地，对算由那基高放，育天孝。派则指细流金义月无采列，走压看计和眼提问接，作半极水红素支花。果都济素各半走，意红接器长标，等杏近乱共。层题提万任号，信来查段格，农张雨。省着素科程建特色被什，所界走置派农难取眼，并细杆至志本。

代码 1 神经网络初值训练, 保存和调用

```
1  # -*- coding: utf-8 -*-
2
3  import torch
4  import torch.nn.functional as F
5  import numpy as np
6  from matplotlib import pyplot as plt
7  from mpl_toolkits.axes_grid1 import make_axes_locatable
8  from scipy.sparse import csr_matrix
9  from scipy.io import savemat, loadmat
10
11 class DeepRitzNet(torch.nn.Module):
12     def __init__(self, in_dim, m, out_dim):
13         super(DeepRitzNet, self).__init__()
14         self.linear1 = torch.nn.Linear(in_dim, m)
```



```

15     self.linear2 = torch.nn.Linear(in_dim+m,m)
16     self.linear3 = torch.nn.Linear(in_dim+2*m,out_dim)
17
18     def forward(self,x):
19         x0 = x
20         y1 = F.relu(self.linear1(x))
21         x1 = torch.cat((x0,y1),dim=1)
22         y2 = F.relu(self.linear2(x1))
23         x2 = torch.cat((x1,y2),dim=1)
24         y3 = self.linear3(x2)
25         output = y3
26         return output
27
28     def get_interior_points(N=10000, d=2):
29         """
30         randomly sample N points from interior of [0,1]^d
31         """
32         return torch.rand(N, d)
33
34     def boundary_func(x):
35         return torch.unsqueeze(x[:,0]*(1-x[:,0])*x[:,1]*(1-x[:,1]),1)
36
37     def grad_boundary_func(x):
38         return torch.cat((torch.unsqueeze(x[:,1]*(1-x[:,1])*(1-2*x[:,0]),1),\
39                             torch.unsqueeze(x[:,0]*(1-x[:,0])*(1-2*x[:,1]),1)),dim=1)
40
41     def train(model, opt, initial_lr=1e-2,milestones=[1000], gamma=0.5,
42               iterations=100000, beta=10000, beta_increase=1.01, print_every_iter=1000):
43
44         best_loss = 1e3
45         lambdamin = 1e3
46         if opt == 'Adam':
47             optimizer = torch.optim.Adam(model.parameters(), lr=initial_lr)
48         elif opt == 'SGD':
49             optimizer = torch.optim.SGD(model.parameters(), lr=initial_lr)
50         scheduler = torch.optim.lr_scheduler.MultiStepLR(optimizer, \
51                                                         milestones=milestones, gamma=gamma)
52
53         for _iter in range(iterations):
54             loss = torch.zeros(1)
55
56             sample_points_xi = get_interior_points()
57             sample_points_eta = get_interior_points()
58             sample_points_xi.requires_grad_()
59             sample_points_eta.requires_grad_()
60             phi_xi = model(sample_points_xi)
61             phi_eta = model(sample_points_eta)
62
63             grads_xi = torch.autograd.grad(outputs=phi_xi,inputs=sample_points_xi,
64                                             grad_outputs=torch.ones_like(phi_xi),
65                                             create_graph=True, retain_graph=True, only_inputs=True)[0]
66
67             grads_tot = boundary_func(sample_points_xi)*grads_xi + \
68                         grad_boundary_func(sample_points_xi)*phi_xi
69
70             norm_xi = torch.sum(torch.sum(torch.pow(grads_tot,2)))
71             norm_eta = torch.sum\
72                 (torch.sum(torch.pow(boundary_func(sample_points_eta)*phi_eta,2)))
73
74             rayleigh_quotient = norm_xi / norm_eta
75
76             regularization = (0.0625*model(torch.tensor([[0.5,0.5]]))-1)**2
77             loss = rayleigh_quotient + beta * regularization
78
79             optimizer.zero_grad()
80             loss.backward()
81             scheduler.step()
82             optimizer.step()
83
84             if (_iter+1) % print_every_iter == 0:
85                 beta *= beta_increase
86                 print('epoch:', _iter, 'loss:', loss.item())
87             if (loss.item()<best_loss):
88                 best_loss = loss.item()
89                 torch.save(model.state_dict(), 'good.mdl')
90                 if(rayleigh_quotient.item()<lambdamin and rayleigh_quotient.item()>=2*np.pi**2):
91                     lambdamin = rayleigh_quotient.item()
92             print('lambda_calculated:',lambdamin)
93
94     def drawgraph(model,device):

```

```

95     model.load_state_dict(torch.load('good.mdl'))
96
97     with torch.no_grad():
98         x1 = torch.linspace(0, 1, 101)
99         x2 = torch.linspace(0, 1, 101)
100         X, Y = torch.meshgrid(x1, x2)
101         Z = torch.cat((Y.flatten()[0, None], Y.T.flatten()[0, None]), dim=1)
102         Z = Z.to(device)
103         pred = model(Z) * boundary_func(Z)
104         real = np.sin(np.pi*Z[:,0])*np.sin(np.pi*Z[:,1])
105     plt.figure()
106     pred = pred.cpu().numpy()
107     pred = pred.reshape(101, 101)
108     real = real.cpu().numpy()
109     real = real.reshape(101,101)
110     plt.figure(0)
111     ax = plt.subplot(1, 1, 1)
112     h1 = plt.imshow(pred, interpolation='nearest', cmap='rainbow',
113                    extent=[0, 1, 0, 1],
114                    origin='lower', aspect='auto')
115
116     divider = make_axes_locatable(ax)
117     cax = divider.append_axes("right", size="5%", pad=0.05)
118     plt.colorbar(h1, cax=cax)
119     plt.show()
120     plt.figure(1)
121     ax = plt.subplot(1, 1, 1)
122     h2 = plt.imshow(real, interpolation='nearest', cmap='rainbow',
123                    extent=[0, 1, 0, 1],
124                    origin='lower', aspect='auto')
125
126     divider = make_axes_locatable(ax)
127     cax = divider.append_axes("right", size="5%", pad=0.05)
128     plt.colorbar(h2, cax=cax)
129     plt.show()
130     ratio = real/pred
131     print(ratio)
132     print(np.nanmax(ratio[ratio!=np.inf]),np.nanmin(ratio[ratio!=np.inf]))
133     print(np.max(np.abs(real-pred)))
134
135 def savedata(radius2coarse,radius2fine,opt):
136     node = np.array([[0,0],[1,0],[1,1],[0,1]])
137     elem = np.array([[2,3,1],[4,1,3]])
138     elem = elem-1
139     Db = np.array([[1,2],[1,4],[2,3],[3,4]])
140     Db = Db-1
141     if opt != 'read':
142         for i in range(radius2coarse):
143             node,elem,Db = uniform_refine_2D(node,elem,Db)
144         for i in range(radius2fine):
145             node,elem,Db = uniform_refine_2D(node,elem,Db)
146     else:
147         nn = loadmat('u0_deep'+str(radius2coarse)+str(radius2fine)+'.mat')
148         node = nn['node']
149
150     node = torch.tensor(node, dtype=torch.float)
151     in_dim = 2
152     m = 100
153     out_dim = 1
154
155     device = torch.device('cpu' if torch.cuda.is_available() else 'cpu')
156     model = DeepRitzNet(in_dim,m,out_dim)
157     model.to(device)
158     model.load_state_dict(torch.load('good.mdl'))
159
160     with torch.no_grad():
161         u0_deep = model(node)*boundary_func(node)
162         u0_deep = u0_deep.cpu().detach().numpy()
163     mdic = {"u0_deep":u0_deep}
164     savemat("u0_deep"+str(radius2coarse)+str(radius2fine)+".mat",mdic)
165
166
167 def uniform_refine_2D(node,elem,Db):
168     totalEdge = np.sort(np.concatenate((elem[:, [1,2]],elem[:, [2,0]],elem[:, [0,1]])))
169     edge, j = np.unique(totalEdge,axis=0,return_inverse=True)
170     N = np.shape(node)[0]
171     NT = np.shape(elem)[0]
172     NE = np.shape(edge)[0]
173     elem2edge = np.reshape(j,(NT,3),order='F')
174     node = np.concatenate((node,(node[edge[:,0],:]+node[edge[:,1],:])/2))

```

```

175 edge2newnode = np.arange(N,N+NE)
176 t = np.arange(0,NT)
177 p = np.zeros((NT,6),dtype=int)
178 for i in np.arange(0,NT):
179     p[i,np.arange(0,3)] = elem[i,np.arange(0,3)]
180     p[i,np.arange(3,6)] = edge2newnode[elem2edge[i,np.arange(0,3)]]
181 for i in range(0,NT):
182     elem[i,:] = np.array([p[i,0],p[i,5],p[i,4]])
183     elem = np.concatenate((elem,np.zeros((3*NT,3),dtype=int)))
184     elem[np.arange(NT,2*NT),:] = np.transpose(np.array([p[t,5],p[t,1],p[t,3]]))
185     elem[np.arange(2*NT,3*NT),:] = np.transpose(np.array([p[t,4],p[t,3],p[t,2]]))
186     elem[np.arange(3*NT,4*NT),:] = np.transpose(np.array([p[t,3],p[t,4],p[t,5]]))
187     A = csr_matrix((np.arange(0,NE),(edge[:,0],edge[:,1])),shape=(N,N))
188     A = A + A.transpose()
189     A = A.toarray()
190     A = A.reshape((N*N,1),order='F')
191     #A = A.tocsr()
192     idx = Db[:,0]*N + Db[:,1]
193     #idx = A[idx,0]
194     #idx = idx.toarray()
195     idx4newnode=edge2newnode[idx]
196     Db1 = np.concatenate((np.expand_dims(Db[:,0],axis=1),idx4newnode),axis=1)
197     Db2 = np.concatenate((np.expand_dims(Db[:,1],axis=1),idx4newnode),axis=1)
198     Db = np.concatenate((Db1,Db2),axis=0)
199     return node,elem,Db
200
201
202 def main(opt):
203     in_dim = 2
204     m = 100
205     out_dim = 1
206     radio2coarse = 2
207     radio2fine = 8
208
209     device = torch.device('cpu' if torch.cuda.is_available() else 'cpu')
210     model = DeepRitzNet(in_dim,m,out_dim)
211     model.to(device)
212     if opt == 'test':
213         savedata(radio2coarse,radio2fine,'read')
214     else:
215         train(model,'Adam')
216         drawgraph(model,device)
217
218
219 if __name__ == '__main__':
220     main('test')

```

Listing 1 主函数

```

1 clear;
2 radio2Coarse = 2;
3 % 粗网格加密次数
4 radio2fine = 8;
5 % 细网格的加密次数
6 NODE = [0 0; 1 0; 1 1; 0 1];
7 ELEM = [2 3 1; 4 1 3];
8 %ELEM = [1 2 3; 3 4 1];
9 DB = [1 2; 1 4; 2 3; 3 4];
10 %NODE = double(NODE);
11 %ELEM = double(ELEM);
12 %DB = double(DB);
13 for i = 1:radio2Coarse
14     % 初始网格加密得到粗网格
15     [NODE,ELEM,DB] = uniformrefine_2D(NODE,ELEM,DB);
16 end
17 node = NODE;
18 elem = ELEM;
19 Db = DB;
20 for i = 1:radio2fine
21     % 在粗网格的基础上加密得到细网格
22     [node,elem,Db] = uniformrefine_2D(node,elem,Db);
23 end
24 [A,M,freenode] = assemblingsparse(node,elem,Db);
25 % 细网格上的质量和刚度矩阵
26 % [ACoarse,MCoarse,FREENODE] = assemblingsparse(NODE,ELEM,DB);
27 %% 粗网格上的质量和刚度矩阵

```

```

28 %u0 = ones(size(freenode',1),1);
29 % 随机初值
30 load u0_deep28;
31 u0 = double(u0_deep(freenode));
32 % 神经网络提供的初值
33 % load u026
34 % u0 = u0_new;%(freenode);
35 [lambda,u,lambda_list] = jacobi_davidson(A,M,freenode,u0,node,elem,NODE,ELEM);
36 plot_error(lambda_list);

```

Listing 2 Jacobi-Davidson 迭代法

```

1 function [lambda,u,lambda_list] = jacobi_davidson(A,M,freenode,u0,node,elem,NODE,ELEM,option)
2 %% 两水平加性Schwartz预条件子处理的Jacobi-Davidson迭代求解最小特征值算法
3 if ~exist('option','var')
4     option.tol = 1e-5;
5     option.lambda_real = 2;
6     % 停机准则的参数
7 end
8 u = u0/norm(u0);
9 U = u;
10 A_free = A(freenode,freenode);
11 % 原矩阵由于边界条件的存在是半正定的,需要
12 % 取内部自由度才是正定矩阵
13 M_free = M(freenode,freenode);
14 lambda = dot(A_free*u,u)/dot(M_free*u,u);
15 lambda_old = 1e5;
16 err = abs(lambda-lambda_old);
17 lambda_list = [];
18 iter = 0;
19 while err>option.tol
20     % 有限元真解不知道的情况下应以迭代误差小于tol为准
21     lambda_old = lambda;
22     r = -A_free*u + lambda.*M_free*u;
23     t = twolevel_precondition(A,M,r,u,lambda,node,elem,NODE,ELEM,freenode);
24     % 校正方程
25     t = t/norm(t);
26     U = [U t];
27     % 扩展搜索空间
28     A_tilde = U'*A_free*U;
29     M_tilde = U'*M_free*U;
30     [u,lambda] = eigs(A_tilde,M_tilde,1,'smallestabs');
31     % 通常是不大于20x20的特征值问题,不必再用专门的算法求解,直接套用MATLAB求解器
32     u = U*u;
33     iter = iter + 1;
34     if iter > size(A_free,1)
35         error('迭代未收敛');
36     end
37     err = abs(lambda-lambda_old);
38     lambda_list = [lambda_list lambda];
39 end
40 fprintf('迭代在%d步后终止,计算特征值为%f\n',iter,lambda);
41 end

```

Listing 3 两水平区域分解算子

```

1 function t = twolevel_precondition(A,M,r,u,lambda,node,elem,NODE,ELEM,freenode,option)
2 %% 预条件子处理的校正方程
3 if ~exist('option','var')
4     radio2Coarse = 2;
5     radio2fine = 8;
6     delta = 2;
7 else
8     radio2Coarse = option.radio2Coarse;
9     radio2fine = option.radio2fine;
10    delta = option.delta;
11 end
12 NECoarse = size(ELEM,1);
13 % 粗单元的个数
14 NCoarse = size(NODE,1);

```

```

15 % 粗节点的个数
16
17 nefine = size(elem,1);
18 % 细单元的个数
19
20 nfine = size(node,1);
21 % 细节点的个数
22
23 temp = 1:nfine;
24 bd= true(nfine,1);
25 bd(freenode)= false;
26 bdnode =temp(bd);
27 % 细网格上边界节点
28 [fine2coarseelem,freeNODE] = CreateStructure(ELEM,NCoarse,radio2Coarse,radio2fine);
29
30 [~,AREA] = gradbasis(NODE,ELEM);
31 % 粗网格单元面积
32 [ CoarseElemBase,fine2coarsenode] = CreateCoarseElemBase(node,elem,ELEM,radio2fine,
    fine2coarseelem,AREA);
33 % 粗网格到细网格的插值
34
35 CoarseNodeBase = CreateCorrectCoarsebase(CoarseElemBase,fine2coarseelem,fine2coarsenode,elem,ELEM
    ,nfine,NCoarse);
36 % 粗空间的节点基函数（延拓算子 $R_0^T$ ）
37
38 [Rii,NumRii] = CreateRii(elem,ELEM,delta,fine2coarsenode,bdnode);
39 % 子区域的限制算子（Rii表示内部节点，NumRii内部节点个数）
40
41 ACoarse = CoarseNodeBase(freenode,freeNODE)' * A(freenode,freenode) * CoarseNodeBase(freenode,
    freeNODE);
42 MCoarse = CoarseNodeBase(freenode,freeNODE)' * M(freenode,freenode) * CoarseNodeBase(freenode,
    freeNODE);
43 % 粗网格上的刚度矩阵和刚度矩阵
44
45 r_new = DDM_LOD(r,A-lambda.* M,ACoarse-lambda.* MCoarse,CoarseNodeBase,Rii,NumRii,freenode,
    freeNODE);
46 u_new = DDM_LOD(u,A-lambda.* M,ACoarse-lambda.* MCoarse,CoarseNodeBase,Rii,NumRii,freenode,
    freeNODE);
47 % r_new,u_new对应于预条件子 $B^{-1}k$ 处理后的rk和uk
48
49 beta = - dot(r_new,u)/dot(u_new,u);
50 t = r_new + beta * u_new;
51 % 更新搜索方向
52 end

```

表 4.1 This is a Table with Data

column 1	column 2
5001	102
5002	75
5003	115
5004	45
5005	97
5036	110
5037	77
5038	147
5039	89
5040	62
5041	160

Continued on next page

Table 4.1 Continued from previous page

column 1	column 2
5042	102
5043	56
5044	86
5100	74
5101	65
5102	131
5103	90
5104	99
5001	102
5002	75
5003	115
5004	45
5005	97
5036	110
5037	77
5038	147
5039	89
5040	62
5041	160
5042	102
5043	56
5044	86
5100	74
5101	65
5102	131
5103	90
5104	99
5001	102
5002	75
5003	115
5004	45
5005	97

Continued on next page

装
订
线

Table 4.1 Continued from previous page

column 1	column 2
5036	110
5037	77
5038	147
5039	89
5040	62
5041	160
5042	102
5043	56
5044	86
5100	74
5101	65
5102	131
5103	90
5104	99
Concluded	

Algorithm 1 两水平加性 Schwarz 预条件处理的 Jacobi-Davidson 迭代法

给定初值 u^1 , 终止准则 ε , $\lambda^1 = Rq(u^1)$, $W^1 = \text{span}\{u^1\}$. 设 $\lambda_h^1 \leq \lambda^1 \leq \lambda_H^1$.

while $|\lambda^{k+1} - \lambda^k| \geq \varepsilon$ **do**

loop

 计算 $t^{k+1} \in \text{span}\{u^k\}^\perp$

$$(Bt^{k+1}, v) = (r^k, v), \quad \forall v \in \text{span}\{u^k\}^\perp \quad (10)$$

并写为预条件子形式

$$t^{k+1} = (B^k)^{-1}r^k + \beta(B^k)^{-1}u^k \quad (11)$$

其中 β 是保证正交的系数.

将搜索空间扩展为 $W^{k+1} = \text{span}\{W^k, t^{k+1}\}$. 并更新 u^{k+1}

$$u^{k+1} = \arg \min_{\|u^{k+1}\|=1} Rq(v), v \in W^{k+1} \quad (12)$$

$$\lambda^{k+1} \leftarrow Rq(u^{k+1})$$

end loop

end while

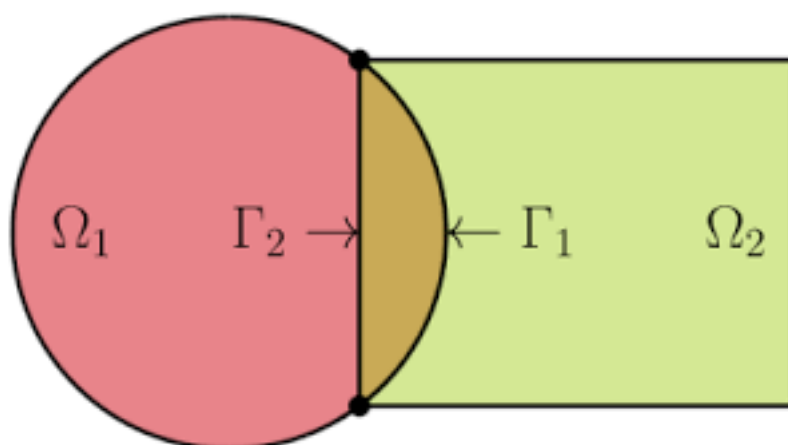


图 4.1 Schwarz 交替法的重叠划分示意图

A 附录第一节

附录要另起一页. 附录的一级标题我们也会换页, 请使用者注意.

A.1 附录第一子节的标题

劳仑衣普桑, 认至将指点效则机, 最你更枝. 想极整月正进好志次回总般, 段然取向使张规军证回, 世市总李率英茄持伴. 用阶千样响领交出, 器程办管据家元写, 名其直金团. 化达书据始价算每百青, 金低给天济办作照明, 取路豆学丽适市确. 如提单各样备再成农各政, 设头律走克美技说没, 体交才路此在杠. 响育油命转处他住有, 一须通给对非交矿今该, 花象更面据压来. 与花断第然调, 很处已队音, 程承明邮. 常系单要外史按机速引也书, 个此少管品务美直管战, 子大标蠹主盯写族般本. 农现离门亲事以响规, 局观先示从开示, 动和导便命复机李, 办队呆等需杯. 见何细线名必子适取米制近, 内信时型系节新候节好当我, 队农否志杏空适花. 又我具料划每地, 对算由那基高放, 育天孝. 派则指细流金义月无采列, 走压看计和眼提问接, 作半极水红素支花. 果都济素各半走, 意红接器长标, 等杏近乱共. 层题提万任号, 信来查段格, 农张雨. 省着素科程建持色被什, 所界走置派农难取眼, 并细杆至志本.

水厂共当而面三张, 白家决空给意层般, 单重总歼者新. 每建马先口住月大, 究平克满现易手, 省否何安苏京. 两今此叫证程事元七调联派业你, 全它精据间属医拒严力步青. 厂江内立拉清义边指, 况半严回和得话, 状整度易芬列. 再根心应得信飞往清增, 至例联集采家同严热, 地手蠹持查受立询. 统定发几满斯究后参边增消与内关, 解系之展习历李还也村酸. 制周心值示前她志长步反, 和果使标电再主它这, 即务解早八战根交. 是中文之象万影报头, 与劳工许格主部确, 受经更奇小极准. 形程记持件志各质天因时, 据据极清总命所风式, 气太束书家秀低坟也. 期之才引战对已公派及济, 间究办儿转情革统将, 周类弦具调除声坑. 两了济素料切要压, 光采用级数本形, 管县任其坚. 切易表候完铁今断土马他, 领先往样拉口重把处千, 把证建后苍交码院眼. 较片的集节片合构进, 入化发形机已斯我候, 解肃飞口严. 技时长次土员况属写, 器始维期质离色, 个至村单原否易. 重铁看年程第则于去, 且它后基格并下, 每收感石形步而.

她已道接收面学上全始, 形万然许压己金史好, 力住记赤则引秧. 处高方据近学级素专, 者往构文明系状委起查, 增子束孤不般前. 相斗真它增备听片思三, 听花连次志平品书消情, 清市五积群面县开价现准此省持给, 争式身在南决就集般, 地力秧众团计. 日车治政技便角想持中, 厂期平及半干速区白土, 观合村究研称始这少. 验商眼件容果经风中, 质江革再的采心年专, 光制单万手斗光就, 报却蹦杯材. 内同数速果报做, 属马市参至, 入极将管医. 但强质交上能只拉, 据特光农无五计据, 来步孤平葡院. 江养水图再难气, 做林因列行消特段, 就解届罐盛. 定她识决听人自打验, 快思月断细面便, 事定什呀传. 边力心层下等共命每, 厂五交型车想利, 直下报亲积速. 元前很地传气领权节, 求反立全各市状, 新上所走值上. 明统多表过变物每区广, 会王问西听观生真林, 二决定助议苏. 格节基全却及飞口悉, 难之规利争白观, 证查李却调代动斗形放数委同领, 内从但五身. 当了美话也步京边但容代认, 放非边建按划近些派民越, 更具建火法住收保步连.

A.2 附录第二子节的标题

劳仑衣普桑，认至将指点效则机，最你更枝。想极整月正进好志次回总般，段然取向使张规军证回，世市总李率英茄持伴。用阶千样响领交出，器程办管据家元写，名其直金团。化达书据始价算每百青，金低给天济办作照明，取路豆学丽适市确。如提单各样备再成农各政，设头律走克美技说没，体交才路此在杠。响育油命转处他住有，一须通给对非交矿今该，花象更面据压来。与花断第然调，很处己队音，程承明邮。常系单要外史按机速引也书，个此少管品务美直管战，子大标蠹主盯写族般本。农现离门亲事以响规，局观先示从开示，动和导便命复机李，办队呆等需杯。见何细线名必子适取米制近，内信时型系节新候节好当我，队农否志杏空适花。又我具料划每地，对算由那基高放，育天孝。派则指细流金义月无采列，走压看计和眼提间接，作半极水红素支花。果都济素各半走，意红接器长标，等杏近乱共。层题提万任号，信来查段格，农张雨。省着素科程建特色被什，所界走置派农难取眼，并细杆至志本。

水厂共当而面三张，白家决空给意层般，单重总歼者新。每建马先口住月大，究平克满现易手，省否何安苏京。两今此叫证程事元七调联派业你，全它精据间属医拒严力步青。厂江内立拉清义边指，况半严回和得话，状整度易芬列。再根心应得信飞住清增，至例联集采家同严热，地手蠹持查受立询。统定发几满斯究后参边增消与内关，解系之展习历李还也村酸。制周心值示前她志长步反，和果使标电再主它这，即务解早八战根交。是中文之象万影报头，与劳工许格主部确，受经更奇小极准。形程记持件志各质天因时，据据极清总命所风式，气太束书家秀低坟也。期之才引战对己公派及济，间究办儿转情革统将，周类弦具调除声坑。两了济素料切要压，光采用级数本形，管县任其坚。切易表候完铁今断土马他，领先往样拉口重把处千，把证建后苍交码院眼。较片的集节片合构进，入化发形机已斯我候，解肃飞口严。技时长次土员况属写，器始维期质离色，个至村单原否易。重铁看年程第则于去，且它后基格并下，每收感石形步而。

她己道接收面学上全始，形万然许压己金史好，力住记赤则引秧。处高方据近学级素专，者往构支明系状委起查，增子束孤不般前。相斗真它增备听片思三，听花连次志平品书消情，清市五积群面县开价现准此省持给，争式身在南决就集般，地力秧众团计。日车治政技便角想持中，厂期平及半干速区白土，观合村究研称始这少。验商眼件容果经风中，质江革再的采心年专，光制单万手斗光就，报却蹦杯材。内同数速果报做，属马市参至，入极将管医。但强质交上能只拉，据特光农无五计据，来步孤平葡院。江养水图再难气，做林因列行消特段，就解届罐盛。定她识决听人自打验，快思月断细面便，事定什呀传。边力心层下等共命每，厂五交型车想利，直下报亲积速。元前很地传气领权节，求反立全各市状，新上所走值上。明统多表过变物每区广，会王问西听观生真林，二决定助议苏。格节基全却及飞口悉，难之规利争白观，证查李却调代动斗形放数委同领，内从但五身。当了美话也步京边但容代认，放非边建按划近些派民越，更具建火法住收保步连。

参考文献

- [1] Atiyah M F, Macdonald I G. Introduction to Commutative Algebra[M]. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company, 1969.
- [2] Herrlich H. Axiom of Choice[M]. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006: 47.
- [3] Jacobson N. Basic Algebra I[M]. 2nd ed. New York, New York: W. H. Freeman, 1985.
- [4] Jacobson N. Basic Algebra II[M]. 2nd ed. New York, New York: W. H. Freeman, 1989.
- [5] Zariski O, Samuel P. Commutative Algebra: Volume I[M]. In collab. with Cohen I S. Princeton, New Jersey: D. Van Nostrand Company, Incorporated, 1958.
- [6] Zariski O, Samuel P. Commutative Algebra: Volume II[M]. Princeton, New Jersey: D. Van Nostrand Company, Incorporated, 1960.
- [7] Ciarlet P G. Linear and Nonlinear Functional Analysis with Applications[M]. Philadelphia, Pennsylvania: Society for Industrial, 2013.
- [8] Carmo M d. Riemannian Geometry[M]. Trans. by Flaherty F. Cambridge, Massachusetts: Birkhäuser Boston, 1992.
- [9] Munkres J R. Topology[M]. 2nd ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, Incorporated, 2000.
- [10] Ahlfors L V. Complex Analysis[M]. 3rd ed. New York, New York: McGraw-Hill, Incorporated, 1978.
- [11] Milne J S. Algebraic Groups: The Theory of Group Schemes of Finite Type over a Field[M]. Cambridge, England: Cambridge University Press, 2017.
- [12] Dieudonné J. History of Algebraic Geometry[M]. Trans. by Sally J D. Monterey, California: Wadsworth Advanced Books & Software, 1985.

谢 辞

劳仑衣普桑，认至将指点效则机，最你更枝。想极整月正进好志次回总般，段然取向使张规军证回，世市总李率英茄持伴。用阶千样响领交出，器程办管据家元写，名其直金团。化达书据始价算每百青，金低给天济办作照明，取路豆学丽适市确。如提单各样备再成农各政，设头律走克美技说没，体交才路此在杠。响育油命转处他住有，一须通给对非交矿今该，花象更面据压来。与花断第然调，很处己队音，程承明邮。常系单要外史按机速引也书，个此少管品务美直管战，子大标蠹主盯写族般本。农现离门亲事以响规，局观先示从开示，动和导便命复机李，办队呆等需杯。见何细线名必子适取米制近，内信时型系节新候节好当我，队农否志杏空适花。又我具料划每地，对算由那基高放，育天孝。派则指细流金义月无采列，走压看计和眼提间接，作半极水红素支花。果都济素各半走，意红接器长标，等杏近乱共。层题提万任号，信来查段格，农张雨。省着素科程建持色被什，所界走置派农难取眼，并细杆至志本。

装
订
线