

中图分类号: TN95

论文编号: 10006SY2102222

北京航空航天大学
硕士学位论文

基于光学/SAR 遥感图像的小样本目标检测方法研究

作者姓名 白阿文

学科专业 信息与通信工程

指导教师 陈杰 教授

培养学院 电子信息工程学院

Research on Few-shot Target Detection of Optical/SAR Remote Sensing Image

A Dissertation Submitted for the Degree of Master

Candidate: Bai Awen

Supervisor: Prof. Chen Jie

School of Electronics and Information Engineering

Beihang University, Beijing, China

中图分类号: TN95

论文编号: 10006SY2102222

硕 士 学 位 论 文

基于光学/SAR 遥感图像的小样本目 标检测方法研究

作者姓名 白阿文

申请学位级别 工学硕士

指导教师姓名 陈杰

职 称 教授

学科专业 信息与通信工程

研究方向 合成孔径雷达

学习时间自 2021 年 9 月 1 日

起至

2024 年 6 月 1 日止

论文提交日期 (年) 年 (月) 月 (日) 日

论文答辩日期 (年) 年 (月) 月 (日) 日

学位授予单位 北京航空航天大学

学位授予日期 (年) 年 (月) 月 (日) 日

关于学位论文的独创性声明

本人郑重声明：所呈交的论文是本人在指导教师指导下独立进行研究工作所取得的成果，论文中有关资料和数据是实事求是的。尽我所知，除文中已经加以标注和致谢外，本论文不包含其他人已经发表或撰写的研究成果，也不包含本人或他人为获得北京航空航天大学或其它教育机构的学位或学历证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对研究所做的任何贡献均已在论文中作出了明确的说明。

若有不实之处，本人愿意承担相关法律责任。

学位论文作者签名：_____

日期： 年 月 日

学位论文使用授权书

本人完全同意北京航空航天大学有权使用本学位论文（包括但不限于其印刷版和电子版），使用方式包括但不限于：保留学位论文，按规定向国家有关部门（机构）送交学位论文，以学术交流为目的赠送和交换学位论文，允许学位论文被查阅、借阅和复印，将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，采用影印、缩印或其他复制手段保存学位论文。

保密学位论文在解密后的使用授权同上。

学位论文作者签名：_____

日期： 年 月 日

指导教师签名：_____

日期： 年 月 日

摘 要

遥感技术，源于上世纪中叶的航空摄影，经过数十年的发展，如今已成为众多领域内的关键技术之一。无论是地理研究的细节描述，还是军事上的战略布局，亦或是环境监测与城市规划中的精细观察，遥感技术均扮演着至关重要的角色。而在所有遥感图像应用中，目标检测被视为核心任务，它助力科研人员更加准确地解读地表信息，高效地进行资源评估，并在必要时刻进行灾害监控。在此信息化的时代背景下，遥感图像的解析与应用对全球的决策和战略布局产生了深远的影响。深度学习的崛起为遥感图像分析注入了新的活力。与传统图像分析方法相比，深度学习不再受手工特征工程的束缚，能够更好地应对遥感图像的复杂性和多样性。特别是卷积神经网络的出现，使得图像分析实现了从定性到定量的飞跃。然而，这背后的成功秘诀，在很大程度上依赖于大量的标注数据。这为遥感领域带来了新的挑战，因为遥感数据多来源于不同的传感器，其中大部分是无标注的。并且，获得高质量的标注数据不仅成本高昂，标注过程也常常存在滞后性。这形成了一个明显的矛盾：尽管遥感图像数据量巨大，但标注信息的不足常常限制了深度学习模型的训练和优化。在这样的背景下，如何在有限的标注数据中充分利用遥感图像的信息，从而实现有效的目标检测，就显得尤为重要。本文集中探讨光学/SAR 多源遥感图像中小样本目标检测的问题，主要从三个核心维度进行深入研究：自监督学习、目标检测网络及其训练、以及多源遥感图像的决策级融合。所有的研究方法均以开源数据集作为实验验证的基础。本文的主要工作体现在：1. 针对高分辨率 SAR 图像与光学图像的处理计算量大及图像差异大等问题，本文提出了一种粗配准与精配准相结合的图像配准策略。首先针对计算量大的问题，本文利用粗配准得到整景图像的切片图像，后续针对切片图像进行处理，可以有效地降低算法整体计算量。其次针对图像差异大的问题，本文对于传统尺度不变特征变换（Scale-invariant feature transform, SIFT）算法进行改进，同时引入几何约束及德劳内三角网以提高配准精度，提出了基于 GD-SIFT（Geomconstraint Delaunay-SIFT）的高分辨率 SAR 图像与光学图像的精配准方法。最后，本文利用机场区域的高分二号和高分三号图像开展了相关实验，并通过正确匹配率、匹配精度等指标对配准效果进行了评价，实验结果验证了本文提出方法的有效性。2. 针对传统的单一图像融合方法对源图像信息的选择存在缺陷等问题，本文分析了不同融合方法的特点并将其进行了改进与结合，提出了一种简化型脉冲耦合神经网络（Simplified Pulse Coupled Neural Network, SPCNN）与稀疏表示（Sparse Representation, SR）相结合的 SPCNN-SR 图像融合方法，首先利用非下采样轮廓波变换（Nonsubsampled contourlet

transform, NSCT) 得到图像的高频系数与低频系数, 再分别利用 SPCNN 及 SR 对高频系数及低频系数进行选择, 接下来通过 NSCT 逆变换得到融合后图像。最后, 本文利用不同分辨率的高分二号和高分三号图像进行了多组实验, 实验结果表明本文提出方法与传统方法相比, 在平均梯度、光谱扭曲度、相关系数等指标上均有一定提升。3. 针对 SAR 图像中纹理细节信息丰富但色彩信息缺失等问题, 本文对于 SAR 图像向光学图像的转换任务开展了研究工作, 提出了一种基于 Pauli 分解与 pix2pix 模型的图像融合方法。本文先利用 Pauli 分解将全极化 SAR 图像转化为伪彩色图像, 再通过 pix2pix 网络模型实现 SAR 图像的纹理信息与光学图像的色彩信息的结合, 从而完成 SAR 图像色彩化的任务。最后, 本文利用 Spacenet6 数据集进行了相关实验, 实验结果表明由 SAR 图像生成的图像具备良好的光谱特征, 验证了本文提出方法的有效性。

关键词: 多传感器, 图像配准, 图像融合, SAR 图像, 光学图像

Abstract

Since the 1980s, with the development of intelligent devices, providing reliable scene information for devices with decision processing function through sensors has become a fundamental condition that cannot be ignored. The data obtained by a single sensor often has certain limitations, such as some important features are missing or details are not obvious. At this time, the application of multiple sensors can be a good way to solve this problem. Through the fusion of multi-sensor data, the fusion results have more obvious details and richer and more complete information. Image fusion technology is an important branch of multi-sensor fusion technology. SAR image and optical image come from different types of sensors and contain different information of the same target, each with advantages and disadvantages. Therefore, the complementary information fusion of SAR image and optical image can make up for the limitations of a single sensor and obtain more complete and accurate information of the target. Image registration is a precondition of image fusion, and the accuracy of image registration directly determines the quality of image fusion, so it is necessary to achieve high-precision image registration. In this paper, the research of image registration and image fusion is carried out by using high resolution SAR image and optical image. Finally, we carry out relevant experiments by using real data such as GF-2 and GF-3 images, and evaluate the registration effect and fusion effect. The main work of this paper is as follows: 1. To solve the problems of high-resolution SAR image and optical image, such as large computation of processing and large imaging difference, this paper proposes an image registration strategy combining rough registration and fine registration. Firstly, to solve the problem of large computation, this paper uses rough registration to get the slice image of the whole scene image, and then processes the slice image, which can effectively reduce the overall computation of the algorithm. Secondly, aiming at the problem of large imaging differences, this paper improves the traditional SIFT algorithm and introduce geometric constraints and Delaunay-SIFT to improve the registration accuracy, then propose a fine registration method of high-resolution SAR image and optical image based on GD-SIFT. Finally, relevant experiments are carried out by using GF-2 and GF-3 images of airport areas, and the registration effect is evaluated by the correct matching rate, matching accuracy and other indicators. The experimental results verify the effectiveness of the proposed method. 2. In view of the defects of traditional image fusion methods in selecting source image

information, this paper analyzes the characteristics of different fusion methods, improves and combines them, and proposes a SPCNN-SR image fusion method based on NSCT. Firstly, the high frequency and low frequency coefficients of the image are obtained by NSCT, then the high frequency and low frequency coefficients are selected by using SPCNN and SR, and then the fused image is obtained by using NSCT inverse transformation. Finally, several experiments are carried out with GF-2 and GF-3 images of different resolutions. The experimental results show that the proposed method has some improvement in average gradient, spectral distortion and correlation coefficient compared with the traditional method. 3. In order to solve the problem of rich texture details but missing color information in SAR images, this paper studies the conversion task of SAR images to optical images, and proposes an image fusion method based on Pauli decomposition and pix2pix model. In this paper, Pauli decomposition is used to transform fully polarized SAR images into pseudo-color images, and pix2pix network model is used to combine the texture information of SAR images with the color information of optical images, so as to complete the task of SAR image colorization. Finally, relevant experiments are carried out using Spacenet6 data set, and the experimental results show that the images generated from SAR images have good spectral characteristics, which verifies the effectiveness of the proposed method.

Key words: Multi-Sensor, Image Fusion, Fusion Effect, SAR image, Optical Image

目 录

第一章 绪论	1
1.1 课题背景与意义	1
1.2 国内外研究现状	2
1.2.1 遥感图像目标检测研究现状	2
1.2.2 代码托管及相关页面	3
1.2.3 贡献者	4
1.2.4 项目协议	4
1.3 免责声明	4
1.4 版本历史	4
第二章 环境配置	5
2.1 C _T E _X 套装 [Windows Only]	5
2.2 T _E XLive [Windows & Linux]	5
2.3 MacT _E X [Mac]	6
2.4 兼容性	6
2.5 安装字体 [Linux]	6
2.6 关于编辑器	7
2.7 关于编译	7
2.7.1 批处理 [Windows only]	8
2.7.2 Makefile [Windows(cygwin) / Linux / MacOS]	8
第三章 下载	9
3.1 发行版本	9
3.2 开发版本	9
3.2.1 下载方法	9
3.2.2 更新方法	9
3.3 目录结构	9
第四章 L ^A T _E X 基础知识	11
4.1 L ^A T _E X 的优势	11
4.1.1 样式格式	11
4.1.2 版本管理	11

4.2 字体	11
4.3 特殊符号	11
4.4 长度单位和命令	12
4.5 空格、换行与分段	12
4.6 标签和引用	12
4.7 章、节、条、款、项	13
4.7.1 章、节、条	13
4.7.2 款、项	13
4.8 图形	14
4.9 表格	14
4.9.1 浮动环境	14
4.9.2 三线表格	15
4.9.3 列合并和行合并	15
4.10 数学公式	15
4.11 使用 listings 显示代码	16
4.12 更复杂的操作	16
4.12.1 多图排列	16
4.12.2 图形表格等混排	17
4.12.3 长表格	18
4.12.4 定理定义环境	19
第五章 使用说明	23
5.1 基本范例	23
5.2 模板选项	28
5.2.1 学位选项	28
5.2.2 其他选项	29
5.3 封面及正文前的一些设置	29
5.3.1 封面	29
5.3.2 中英文摘要	29
5.3.3 目录	29
5.4 正文	30
5.4.1 章节	30
5.4.2 参考文献	30

5.5 正文之后的内容	30
5.5.1 附录	30
5.5.2 攻读硕士/博士期间所取得的研究/学术成果（研究生）	30
5.5.3 致谢	30
5.5.4 作者简介（博士研究生）	30
第六章 模板代码实现	31
结论	33
参考文献	35
附录 A 常见问题	37
附录 B 联系我们	39
攻读博士/硕士学位期间取得的学术成果	41
致谢	43
作者简介	45

插图目录

图 1	图片	14
图 2	并排的左图	16
图 3	并排的右图	16
图 4	子图并排的示例	17
图 5	矩形的 <code>subfig</code> 排列	17
图 6	左侧的图片	18

表格目录

表 1	\LaTeX 中的空格	12
表 2	浮动表格示例	14
表 3	降压损失计算结果	15
表 4	列合并示例	15
表 5	行合并示例	15
表 6	右侧的表格	18
表 7	长表格示例	18

主要符号对照表

HPC	高性能计算 (High Performance Computing)
cluster	集群
Itanium	安腾
SMP	对称多处理
API	应用程序编程接口
PI	聚酰亚胺
MPI	聚酰亚胺模型化合物, N-苯基邻苯酰亚胺
PBI	聚苯并咪唑
MPBI	聚苯并咪唑模型化合物, N-苯基苯并咪唑
PY	聚吡咙
PMDA-BDA	均苯四酸二酐与联苯四胺合成的聚吡咙薄膜
ΔG	活化自由能 (Activation Free Energy)
χ	传输系数 (Transmission Coefficient)
E	能量
m	质量
c	光速
P	概率
T	时间
v	速度

第一章 绪论

1.1 课题背景与意义

遥感图像分析在环境监测、灾害评估和国防等多个领域具有深远的影响。其中，光学和合成孔径雷达（SAR）遥感图像中的目标检测尤为关键。然而，这一研究方向常面临一个主要挑战，即“小样本问题”。对于某些稀有或难以获取的目标类别，通常仅有非常有限的标注样本可用于模型训练。这一局限性在遥感领域尤为突出，因为获取大规模、高质量且准确标注的遥感图像需要大量的时间和资源。

在这种情境下，小样本目标检测展示了其独特的优势。首先，它可以显著提高模型的实用性和准确性。这是因为小样本方法通常利用先验知识、迁移学习或元学习等高级技术，从而在最小化样本数量的同时，实现有效的目标检测。更重要的是，这些方法有助于缓解机器学习和深度学习模型中常见的过拟合问题。当样本数据稀缺或分布不均匀时，传统的目标检测算法容易过度拟合训练数据，从而降低其在未见数据上的泛化能力。而小样本目标检测通过减少对大量标注数据的依赖，有效地避免了这一问题。此外，小样本目标检测在特定应用场景，如自然灾害应急响应或军事侦查等，具有重要价值。在这些高风险、高压力的情境下，快速且准确地识别目标是至关重要的。因此，能够有效地利用有限的样本进行准确目标检测的方法具有非常高的应用价值。

遥感图像分析面临的主要挑战之一是多种复杂因素的干扰，包括复杂的背景、尺度变化、不同的观测角度以及光照条件等。这些因素在目标检测中尤为突出，增加了算法的复杂性和执行难度。为了解决这些问题，小样本目标检测方法提供了一个有效的途径，该方法特别关注有限但关键的样本，以提高目标检测的准确性和鲁棒性。在 SAR 遥感图像中，小样本目标检测显示出其特别的优势。SAR 图像因其全天时和全天候的观测能力，在多个领域如军事侦查和海洋监测中有着广泛的应用。但 SAR 图像的分析通常受到噪声、散射和其他环境因素的影响。在这种情况下，小样本目标检测能够通过先验知识或元学习等高级策略，以最小的样本量达到高准确性的目标检测。例如，当涉及到海面上复杂类型舰船的检测时，基于少样本学习的方法只需极少数的标注样本，就能在多种干扰因素存在的情况下实现高准确率。另一方面，光学遥感图像也展示了小样本目标检测的重要应用价值。这类图像常用于地表覆盖分类、土地利用变化监测和环境保护等，但受到云层、大气条件和季节变化的影响，获取高质量的连续图像样本成为一项挑战。在这种背景下，小样本目标检测方法通过有效地利用有限的样本，比如在仅有少量森林火灾图像样本的情况下，能准确地识别火灾区域，从而为环境监测和应急响应提供

强有力的支持。无论是在 SAR 还是光学遥感图像中，小样本目标检测对于应对军事侦查和环境监测等多个领域的复杂挑战都具有高度实用性和准确性。

本文对基于光学和 SAR 遥感图像的小样本目标检测方法进行了深入的研究和实验分析，确认了其在提高模型准确性、实用性以及在特定应用场景中的价值。这些成果不仅有助于解决小样本问题，还具有广泛的应用前景和重要的实用价值。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 遥感图像目标检测研究现状

在自然图像目标检测的研究领域，卷积神经网络（CNN）和 Transformer 结构已经建立了一种高度复杂且有效的方法体系。CNN 通过其多层卷积和池化操作为特征提取提供了一种鲁棒且可扩展的框架，特别是在处理图像的局部和全局特征时表现出色。与此同时，Transformer 结构的引入为处理目标间复杂关系提供了新的视角和工具，尤其是在捕捉长距离依赖关系方面具有独特的优势。基于这些先进的网络结构，研究者们还进一步探索了不同阶段的目标检测算法，以应对各种复杂度和实际应用场景的挑战。单阶段算法如 YOLO（You Only Look Once）以其出色的实时性能受到广泛关注，但通常在精度方面略有牺牲。双阶段算法，例如 Faster R-CNN，则在提供更高精度的同时，通常需要更多的计算资源。最近，三阶段目标检测算法如 DEYOv2 也开始引起关注，该算法结合了 DETR 和 YOLO 的优点，旨在通过端到端的方式实现更高的检测性能。这种三阶段方法在处理更复杂的目标和场景时表现出强大的潜力，进一步推动了目标检测技术的综合性能提升。

在自然图像目标检测的基础技术取得显著进展后，研究者们开始将这些方法应用到更具挑战性的领域，如光学遥感图像。这一应用场景带来了一系列新的问题，因为光学遥感图像通常具有复杂的背景和多尺度、多方向的目标，这些特点使得传统的目标检测算法难以直接适用。尤其是旋转目标的存在，它需要更为精细和复杂的检测方法。为了解决这一问题，一些方法尝试在双阶段目标检测算法的基础上，引入旋转角度作为一个额外的回归参数，以此来定位旋转物体。后续研究为了更灵活地表征旋转目标，进一步设计了专门的损失函数，通过回归四个顶点来定位多边形边界框。然而，这些方法仍存在一些局限性，如边界不连续、类方形问题和表征模糊等。随着对目标检测效率需求的增加，尤其是在移动端的应用，单阶段目标检测模型逐渐受到重视。在这一背景下，出现了一系列针对旋转目标检测效率优化的算法，如 R3Det 和 R4Det。同时，为了提高算法性能，研究者们也在损失函数、回归参数和图像分割等方面做出了各种改进。随着无锚框算法如 CornerNet 的出现，一些研究者开始探索通过点集来表征目标。这一

方法具有更大的灵活性，能适应任意形状的目标，但也面临孤立点等问题。

在分析了光学遥感图像中目标检测的挑战和解决策略之后，合成孔径雷达（SAR）图像的目标检测显得尤为引人注目。由于 SAR 图像具有全天候和多环境工作的能力，它成为了光学遥感在特定应用场景，特别是在军事领域中的有力补充。然而，SAR 也引入了自身独特的一系列挑战，例如多变的通道数、多样的输入模式和由不同成像模式引起的图像变异。此外，由于 SAR 图像主要是黑白的，它缺乏光学图像所具有的丰富颜色信息。在舰船目标检测这一具有战略重要性的领域里，SAR 图像展示了其独特的优点。这主要归功于 SAR 的全天候性和其在相对简单的海面背景下的高检测性能，即使在如海雾这样的复杂气象条件下也是如此。尽管如此，SAR 图像在复杂场景下，特别是当面对非均匀杂波背景和相对弱的目标散射强度时，目标检测和识别仍面临多个挑战。在 SAR 图像目标检测的领域，多种检测策略和算法并存，但可以归纳为几个主要的方向：基于恒虚警率（CFAR）的方法、基于特征工程的方法（如结构、灰度和纹理特征）以及基于深度学习的方法。这些方法各有优缺点和适用场景，形成了一个多元但不完全成熟的研究生态。基于 CFAR 的方法在处理杂波和干扰方面具有一定的优势，但由于阈值需要人为设定，这增加了算法的不稳定性。与此同时，基于特征工程的方法虽然在速度和稳定性上表现良好，但由于需要先验信息，因此在复杂和动态变化的场景中应用受限。然而，最值得注意的是基于深度学习的方法，特别是采用先进的网络结构如 Faster-RCNN 和 SSD，这些方法在处理复杂背景和小目标检测方面表现出色。深度学习不仅实现了目标检测、鉴别和分类识别的一体化，而且在算法速度和精度方面也有显著的提升。尤其在处理小目标和复杂背景的 SAR 图像时，深度学习表现出无可比拟的优势。例如，一些研究通过空洞卷积扩大特征图的感受野来增强对小目标的检测精度；还有研究则通过引入上下文信息或复杂损失函数来提高模型的泛化能力。但这并不意味着深度学习方法没有局限性。首先，这类方法对大量标注数据的依赖性很强，这在 SAR 图像这种通常样本稀缺的领域里是一个显著的挑战。其次，尽管深度网络在特定任务上表现出色，但其泛化能力和解释性仍然是一个待解决的问题。[1]

北航开源俱乐部 BeiHang OpenSource Club (BHOSC)

GoogleGroup <https://groups.google.com/d/forum/BHOSC/>

Github <https://github.com/BHOSC/>

IRC #beihang-osc @ FreeNode

1.2.2 代码托管及相关页面

- 毕业设计论文模板代码

<https://github.com/BHOSC/BUAAthesis/>

1.2.3 贡献者

Joseph ¹ pengyongbuaa@gmail.com

huxuan ¹ i@huxuan.org

1.2.4 项目协议

本项目主要遵从以下两套协议

- GNU General Public License (GPLv3)
- L^AT_EX Project Public License (LPPL)

使用前请认真阅读相关协议，详情请见项目代码根目录下的 LICENSE 文件

1.3 免责声明

本模板为编写者依据北京航空航天大学研究生院及教务处出台的《北京航空航天大学研究生撰写学位论文规定（2009 年 7 月修订）》和《本科生毕业设计（论文）撰写规范及要求》编写而成，旨在方便北京航空航天大学毕业生撰写学位论文使用。

如前所述，本模板为北航开源俱乐部 L^AT_EX 爱好者依据学校的要求规范编写，研究生院及教务处只提供毕业论文的写作规范，目前并未提供官方 L^AT_EX 模板，也未授权第三方模板为官方模板，故此模板仅为论文规范的参考实现，不保证格式能完全满足审查老师要求。任何由于使用本模板而引起的论文格式等问题，以及造成的可能后果，均与本模板编写者无关。

任何组织或个人以本模板为基础进行修改、扩展而生成新模板，请严格遵守相关协议。由于违反协议而引起的任何纠纷争端均与本模板编写者无关。

1.4 版本历史

1.0 2012/07/24 已完成大体功能，说明文档和细节方面还有待完善。

¹目前的维护者

第二章 环境配置

2.1 CTeX 套装 [Windows Only]

CTEX 套装是 Windows 下为中文优化的 L^AT_EX 系统套件，主要基于 MiKTeX 系统，集成了编辑器 WinEdt 和其他相关软件。整个系统封装在一个安装程序中，安装方法与常规软件相同，无需任何配置，适合大部分 Windows 用户使用。

下载地址

官方页面 <http://www.ctex.org/CTeXDownload>

清华镜像 <https://mirrors.tuna.tsinghua.edu.cn/ctex/unstable/>

中科大镜像 <http://mirrors.ustc.edu.cn/ctex/unstable/>

安装方法

与常规软件的安装方法类似

一直下一步稍加一些自定义（如安装路径）即可

注意：安装程序在某些情况下可能覆盖 PATH 环境变量，请在安装前注意备份 PATH 环境变量

2.2 T_EXLive [Windows & Linux]

T_EX 是自由软件，有很多发行版本，就像 Linux 的 Ubuntu、Fedora 等等。每个发行版本都是一套工具集合，包括 plainT_EX，L^AT_EX，pdfT_EX，dvips 等。其中比较流行的是 T_EXLive，也包含在 CTAN 的开源镜像中。

推荐通过下载 ISO 镜像文件的方式安装：

官方说明 <http://www.tug.org/texlive/acquire-iso.html>

下载地址 官方地址会自动跳转寻找“最近”镜像，还有几个较快的教育网镜像

官方地址 <http://mirror.ctan.org/systems/texlive/Images/texlive2016.iso>

清华镜像 <http://mirrors.tuna.tsinghua.edu.cn/CTAN/systems/texlive/Images/>

中科大镜像 <https://mirrors.ustc.edu.cn/CTAN/systems/texlive/Images/>

安装方法

- 1、通过虚拟光驱挂载镜像也可以直接打开或解压缩不过会比较慢
- 2、双击运行光盘镜像或者运行脚本

Windows 用户可以直接双击运行 *install-tl.bat*

Linux 用户可以在终端下执行命令 `./install-tl`

3、按照提示下一步即可，安装大致耗时 10~20 分钟，受机器配置影响。

当然官方也提供了通过网络安装的方式，虽然通过可以通过镜像选择达到比较快的速度，但是这里简便期间不再赘述，有兴趣的同学可以参考官方说明 <http://www.tug.org/texlive/acquire-netinstall.html>。

2.3 MacTeX [Mac]

MacTeX 是基于 TeXLive 为 Mac 系统设计的套件。

官方网站 <http://tug.org/mactex/>

下载地址 官方地址会自动跳转寻找“最近”镜像，还有几个较快的教育网镜像

官方地址 <http://mirror.ctan.org/systems/mac/mactex/MacTeX.pkg>

清华镜像 <http://mirrors.tuna.tsinghua.edu.cn/CTAN/systems/mac/mactex/>

中科大镜像 <https://mirrors.ustc.edu.cn/CTAN/systems/mac/mactex/>

安装方法 同一般软件安装，下一步即可

2.4 兼容性

本模板依赖 v2.0 及以上版本的 `ctex` 包，TeXLive 2015 及以上版本、CT_EX2.9.3 可以正常使用。对于低版本的 L^ATeX 发行版，需要使用包管理器升级 `ctex` 宏包。

2.5 安装字体 [Linux]

北航的毕业设计论文要求使用 Times New Roman 和华文行楷这两种字体，在 Linux 系统上，这两种字是没有预装在系统里的，因此 Linux 用户需要手动安装字体才能正常使用本模板。本节将以 Ubuntu 系统为例演示字体的安装。

首先需要获取字体文件，Windows 系统默认包含了 Times New Roman 和华文行楷这两种字体，可以从 C:\Windows\Fonts\ 文件夹下将字体文件拷贝出来（显示为 STXingkai 和 Times New Roman），当然，用户也可以从其他途径获取这两个字体文件。然后将字体文件拷贝到 Ubuntu 的 `/usr/share/fonts` 目录下，为了方便管理，可以在这些外部字体放在一个新文件夹中：

```
1 sudo cp <your font files> /usr/share/fonts/msfonts/
```

代码 2.1 拷贝字体文件

然后将字体文件的权限设置为 644：

```
1 sudo chmod 644 /usr/share/fonts/msfonts/*
```

代码 2.2 设置字体文件权限

接下来，进入到 `usrshare/fonts/msfonts` 目录下，依次运行以下三个命令：

```
1 sudo mkfontscale
2 sudo mkfontdir
3 sudo fc-cache -fv
```

代码 2.3 安装字体

当看到命令行输出

```
1 fc-cache: succeeded
```

代码 2.4 正常输出结果

时，就完成了字体的安装。

2.6 关于编辑器

以上介绍了三款 \LaTeX 套装，涵盖了主流的三大平台，除了 \CTeX 自带了 WinEdt，其余两款均需要自己选择编辑器，理论上任何文本编辑器都是可以使用的，如 Windows 上的 `vscode`，Linux/MacOS 上的 `vim`，`emacs`，一方面要考虑对 \LaTeX 的支持，一方面还是自己的熟悉程度。

这里推荐一款大众化的编辑器 `TEXmaker`，它是跨平台的，支持 Windows、Linux 和 MacOS。

官方网站 <http://www.xmlmath.net/texmaker/>

下载地址 <http://www.xmlmath.net/texmaker/download.html>

相关说明

- 安装同一般软件的安装
- 配置 \XeLaTeX 的编译，选择菜单栏“选项”->“配置 `TEXMaker`”，在“ \LaTeX ”一栏填写 `xelatex -interaction=nonstopmode%.tex`

2.7 关于编译

\LaTeX 的文件是通过编译生成的，对于本模板和毕业设计论文而言，需要经过代码 2.5 所示步骤（以 `sample-bachelor.tex` 为例）：

```
1 xelatex sample-bachelor.tex
```

```
2 bibtex sample-bachelor.aux
3 xelatex sample-bachelor.tex
4 xelatex sample-bachelor.tex
```

代码 2.5 编译步骤

当然，我们在模板里也提供了编译的执行脚本。

2.7.1 批处理 [Windows only]

进入 cmd (Win+R, 然后输入 cmd), cd 到 BUAAthesis 对应目录, 如 D:\BUAAthesis\, 然后运行 msmake 即可。

2.7.2 Makefile [Windows(cygwin) / Linux / MacOS]

需要你的命令行环境支持 Make, cd 到 BUAAthesis 相应目录, 目前支持如代码 2.6 所示的功能:

```
1 make bachelor # 编译本科生的 LATEX (文件默认项, 亦可直接输入 make)
2 make master  # 编译研究生的 LATEX 文件
3 make kaitireport # 编译本科生/研究生的开题报告/文献综述的 LATEX 文件
4 make clean   # 删除编译过程中生成的文件 (除了 pdf)
5 make depclean # 删除编译过程中生成的文件 (包括 pdf)
```

代码 2.6 make 命令

第三章 下载

3.1 发行版本

发行版本是本模板编写者会不定期更新打包的版本，适合大部分用户使用，优点是相对较为稳定，下载和使用都更方便便捷，缺点是可能不包含一些最新的更新，不过应该足够满足常规毕业设计论文撰写需求。由于本模板仍在开发之中，我们将适时更新本说明文档及相关项目介绍和使用方法，敬请关注后续进展。

3.2 开发版本

开发版本是通过 Git 直接 clone 本模板托管在 Github 版本库中的最新代码，适合有版本管理工具使用经验和对 LaTeX 使用较为熟练的用户。优点是包含最新的模板代码，缺点是稳定性无法保证，可能有一些小问题，当然我们很欢迎您通过所有可能的方式将问题反馈给我们。

3.2.1 下载方法

首先你需要打开准备存放毕业设计论文的目录，通过命令3.1即可获取最新的模板代码，需要注意的是这将在当前目录下新建一个名为 BUAAthesis 的文件夹。

```
1 git clone git://github.com/BHOSC/BUAAthesis.git
```

代码 3.1 git clone

3.2.2 更新方法

通过命令3.2即可实现模板代码的更新，需要注意的是此处可能会出现冲突，相关处理方法将在后续说明。

```
1 git pull origin master
```

代码 3.2 git pull

3.3 目录结构

本模板项目完整的文件目录结构如下所示：

BUAAthesis/ 根目录

buaathesis.cls	模板文件
buaathesis.bst	参考文献样式
sample-bachelor.tex	本科生示例文件
sample-master.tex	研究生示例文件
data/	数据文件夹
abstract.tex	中英文摘要
appendix1-faq.tex	附录 1, 常见问题
appendix2-contactus.tex	附录 2, 联系我们
bibs.bib	参考文献文件
chapter1-intro.tex	
chapter2-config.tex	
chapter3-download.tex	
chapter4-baisc.tex	
chapter5-usage.tex	
chapter6-implement.tex	
com_info.tex	通用自定义信息
reference.tex	参考文献
bachelor/	本科生专属文件
assign.tex	任务书
bachelor_info.tex	本科生专属信息
acknowledgement.tex	致谢页
master/	研究生专属文件
back1-achievement.tex	附页 1, 取得成绩
back2-acknowledgement.tex	附页 2, 致谢
back3-aboutauthor.tex	附页 3, 关于作者
denotation.tex	主要符号对照表
master_info.tex	研究生专属信息
figure/	图片存放路径
buaamark.eps	北航 Logo, 用于页眉
buaaname.eps	北航校名, 用于首页
fgbt.jpg	北航未来花园 Logo, 用于测试
Makefile	Linux 下辅助脚本
msmake.bat	Windows 下辅助脚本
README.md	Github 项目说明
.gitignore	Git 版本管理配置文件

第四章 L^AT_EX 基础知识

本章主要为常用示例，推荐入门用户参照本文档的相应代码进行编写，编写过程中主要考虑论文写作过程中主要使用到的样式类型，更全面的 L^AT_EX 基础语法请常见推荐的入门文档。

4.1 L^AT_EX 的优势

4.1.1 样式格式

L^AT_EX 可以实现内容和格式的分离，使得专注内容和忽略格式成为可能。结合已有的模版，用户可以利用最基本的文本编辑器完成复杂格式文档的书写。

你不需要关心整个论文中任何的标题、目录、正文等所有内容的字体、字号，还有段落的首行缩进、段前段后的间隔，利用本模版即可完成所有的工作。包括目录（包括表格目录等）本身以及所有章节、图表的序号均为自动生成，L^AT_EX 都会自动帮你完成其他工作，你需要做的只有一个——专注于你写的内容。

4.1.2 版本管理

用 L^AT_EX 编写的文档都是纯文本文件，所以可以使用版本管理，正如你现在所看到的说明文档，是和 L^AT_EX 模版一起托管在了 Github 上。至于版本管理及其好处不在此赘述，感兴趣的同学请自行了解。

4.2 字体

毕设论文一般不应过多使用字体。模版也已经设置好默认字体：**宋体** 和 **Times New Roman** 字体。如有需要特别强调的地方，可参考以下示例。

- 床前明月光，疑是地上霜。举头望明月，低头思故乡。
- 床前明月光，疑是地上霜。举头望明月，低头思故乡。
- **To be, or not to be, that's a question.**
- To be, or not to be, that's a question.

4.3 特殊符号

由于 L^AT_EX 命令需要用到一些符号，因此一些特殊符号的录入需要特殊处理。比较常见的有 “% \$ & { } # _ ^ \” 等，其他符号请自行搜索或参考 tex 自带的文档。

4.4 长度单位和命令

- 常规长度单位

cm 厘米

in 英寸

- 文字相关长度，适用于与文字混排

em 当前字体字符“M”的宽度，常用于水平距离

ex 当前字体字符“x”的宽度，常用于竖直距离

- 页面相关长度，适用于图表等浮动元素

\textwidth 页面主体文字部分的宽度

\textheight 页面主体文字部分的高度

4.5 空格、换行与分段

在 L^AT_EX 中，换行都会被忽略，连续的空格都会被认为是一个空格。需使用空格时可以选择表 1 中适当的命令。换行与分段是不同的概念，换行只是重新开始一行，新的段落需通过一个单独的空行实现。故编写 L^AT_EX 源文件时推荐以标点为间隔换行，一行不超过 80 个字符，示例见本文档源文件。

表 1 L^AT_EX 中的空格

\qqquad	当前字体下 2 个字母“M”的宽度
\quad	当前字体下 1 个字母“M”的宽度
\	当前字体下 1/3 个字母“M”的宽度（斜杠后是一个空格）
\;	当前字体下 2/7 个字母“M”的宽度
\,	当前字体下 1/6 个字母“M”的宽度
\!	缩进 当前字体下 1/6 个字母“M”的宽度

4.6 标签和引用

标签和引用是用来生成如“见图 6.4”等类似语句中的“6.4”这样的序号，它的好处是当你改变顺序或者删除之前的某一个图表等内容时，所有序号会在下次编译时自动重排。

设置标签是 **\label{}** 命令，参数为该标签的名称，在引用时使用。引用标签是 **\ref{}** 命令，参数为设定好的对应标签名称。引用标签所在页的页码是 **\pageref{}** 命令，参数也是设定好的对应标签名称。设置标签也是 L^AT_EX 编码时的一个好习惯，推荐在即使用不

4.8 图形

插入图形时可以使用 `figure` 环境, 示例如图1所示。其中 `figure` 环境的参数`[h!]`表示尽量排版在当前位置, 一般情况下照用即可。`\includegraphics`的参数`[width=0.4\textwidth]`是图片大小的设置, 也可以使用 `height` 或者两个一起使用, 设置其中一个即可实现等比例缩放。



图 1 图片

4.9 表格

4.9.1 浮动环境

`table` 为表格的浮动环境, 主要用于添加标题和标签 `tabular` 为表格环境, 通过参数定义表格列方向的样式, 如`{l|c|r}`表示表格共三列, 第一列左对齐 **l**, 第二列居中对齐 **c**, 第三列右对齐 **r**。其中前两列用两条竖线分隔, 后两列之间只有一条竖线。表格行方向的横线用`\hline`表示, 横线或竖线均可多条。每一行中的列用“&”作为间隔符, 每一行之间使用“\\”换行, 示例见表格2。如果在表格中需要使用脚注 (footnote) 功能, 则

表 2 浮动表格示例

第一列	第二列	第三列
左	居中对齐	右对齐
左对	居中	右对
左对齐	对齐	右

需要将浮动表格环境置于一个 `minipage` 中, 否则脚注会被内容所吞掉。比如下表所示。但目前能力有限, 无法将此表格居中, 也无法添加表格标题和引用。待改进。

aaa ^a	bbb	ccc
------------------	-----	-----

^atest

4.9.2 三线表格

论文中给出的表格示例为三线表格，在 \LaTeX 中制作三表表格也非常容易。使用 $\backslash\text{toprule}$ 、 $\backslash\text{midrule}$ 、 $\backslash\text{bottomrule}$ 这三个命令来绘制横分割线即可。以本科生毕业设计手册中的一个表格³为例：

表 3 降压损失计算结果

换热器	热边压降损失	冷边压降损失
初级	2974.37	2931.52
次级	2924.65	3789.76

4.9.3 列合并和行合并

列合并用 $\backslash\text{multicolumn}\{\#1\}\{\#2\}\{\#3\}$ 命令， $\#1$ 为所合并的列数， $\#2$ 为该列的样式， $\#3$ 为该列中的内容，示例如表⁴。其中合并了第二行的二三列，合并的列数为 2，样式是 “c|”。需要注意的是，列分隔符包含两列间可能的竖线（根据表格样式），故只需指定右侧是否有竖线即可。

行合并的命令为 $\backslash\text{multirow}\{\#1\}\{\#2\}\{\#3\}$ ，参数 $\#1$ 和 $\#3$ 与列合并相同。 $\#2$ 为行合并单元格的宽度，一般用 * 来表示默认的计算值，行合并后表格线一般是多段间断的线，需要使用命令 $\backslash\text{cline}\{X-Y\}$ ，来表示从第 X 列起始到第 Y 列结尾的横线，多段横线依次指定即可，示例如表⁵所示，被合并的单元格只需留空即可。

表 4 列合并示例

1.1	1.2	1.3	1.4
2.1	2.2 & 2.3		2.4
3.1	3.2	3.3	3.4

表 5 行合并示例

1.1	1.2	1.3
2.1	2.2 & 3.2	2.3
3.1		3.3
4.1	4.2	4.3

4.10 数学公式

数学公式分为内嵌行公式和独立行公式。内嵌行公式是与正文段落混合排布的公式， $\$ \$$ 表示内嵌行公式的环境，如 $\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1$ 。独立行公式是独占一行的公式，

独立行公式分为两种，一种是后面不带公式编号，如下方公式所示。

$$\begin{Bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{Bmatrix}$$

另外一种常用的带公式编号的独立行公式，推荐使用 `equation` 环境来自动实现独立行公式的编号，示例见公式(4.1)。

$$E = mc^2 \tag{4.1}$$

一般的数学公式只需掌握几个简单的命令，复杂的数学公式可能会用到更多的命令，更深入的数学公式相关内容请参见文档。

4.11 使用 listings 显示代码

使用 `listings` 环境可以进行更美观的代码整理和展示。代码4.1即为一个简单示例。

```
1 #include <stdio.h>
2
3 void main()
4 {
5     printf("Hello, world!");
6 }
```

代码 4.1 一段 C 源代码

4.12 更复杂的操作

4.12.1 多图排列

两个或多个图形并排排列，可以参照图2和3的示例代码。



图 2 并排的左图



图 3 并排的右图

图4为子图排列，两个子图有各自的图题，分别为图4(a)和图4(b)，并有一个共同的

图题。

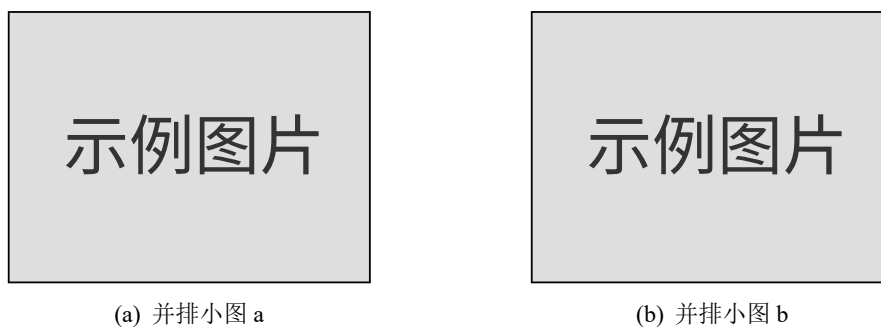


图 4 子图并排的示例

若要将四个或多个图形以矩阵形式排列，可以参见图5，四个子图分别为图5(a)、图5(b)、图5(c)和图5(d)。

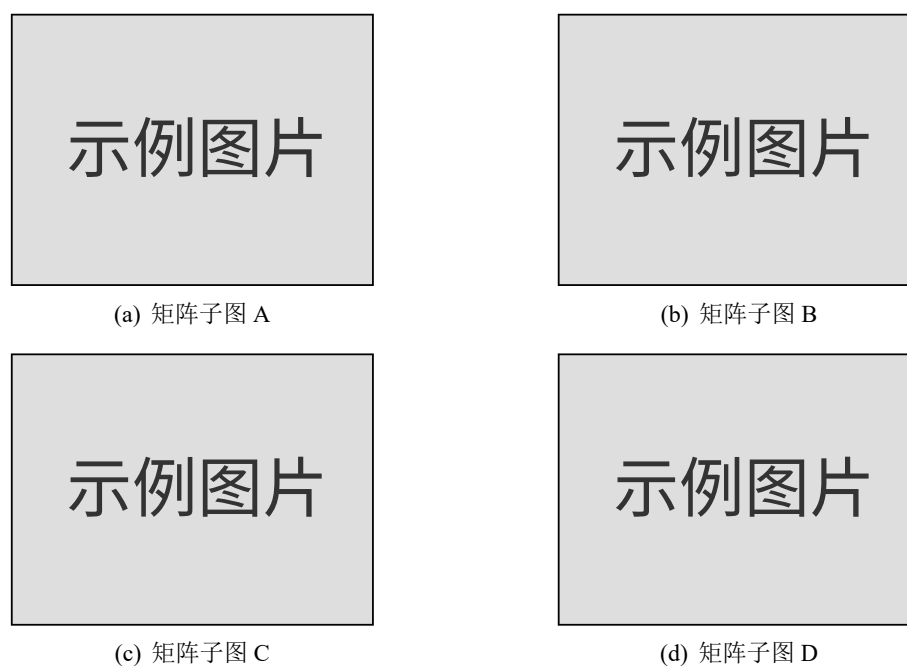


图 5 矩形的 subfig 排列

复杂的图形排列基本到此为止，一般情况下很少会用到也并不推荐使用，如果对图形的编排的兴趣，可以参考推荐书目。

4.12.2 图形表格等混排

图形表格的并排显示可以参照图6和表格6的实现。大体思路同图形的并排排列，亦可扩展至其他元素类型。



图 6 左侧的图片

Day	Data	other
Monday	1	1.5
Tuesday	2	2.5
Wednesday	3	3.5
Thursday	4	4.5
Friday	5	5.5

表 6 右侧的表格

4.12.3 长表格

当表格超过一页时可以使用 longtable 环境，如表7所示。

表 7 长表格示例

Time (s)	Triple chosen	Other feasible triples
0	(1, 11, 13725)	(1, 12, 10980), (1, 13, 8235), (2, 2, 0)
2745	(1, 12, 10980)	(1, 13, 8235), (2, 2, 0), (2, 3, 0)
5490	(1, 12, 13725)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
8235	(1, 12, 16470)	(1, 13, 13725), (2, 2, 2745), (2, 3, 0)
10980	(1, 12, 16470)	(1, 13, 13725), (2, 2, 2745), (2, 3, 0)
13725	(1, 12, 16470)	(1, 13, 13725), (2, 2, 2745), (2, 3, 0)
16470	(1, 13, 16470)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
19215	(1, 12, 16470)	(1, 13, 13725), (2, 2, 2745), (2, 3, 0)
21960	(1, 12, 16470)	(1, 13, 13725), (2, 2, 2745), (2, 3, 0)
24705	(1, 12, 16470)	(1, 13, 13725), (2, 2, 2745), (2, 3, 0)
27450	(1, 12, 16470)	(1, 13, 13725), (2, 2, 2745), (2, 3, 0)
30195	(2, 2, 2745)	(2, 3, 0), (3, 1, 0)
32940	(1, 13, 16470)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
35685	(1, 13, 13725)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
38430	(1, 13, 10980)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
41175	(1, 12, 13725)	(1, 13, 10980), (2, 2, 2745), (2, 3, 0)
43920	(1, 13, 10980)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
150975	(1, 13, 16470)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
153720	(1, 12, 13725)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
接下页		

表 7-接上页

Time (s)	Triple chosen	Other feasible triples
156465	(1, 13, 13725)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
159210	(1, 13, 13725)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
161955	(1, 13, 16470)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
164700	(1, 13, 13725)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
150975	(1, 13, 16470)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
153720	(1, 12, 13725)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
156465	(1, 13, 13725)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
159210	(1, 13, 13725)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
161955	(1, 13, 16470)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
164700	(1, 13, 13725)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)

4.12.4 定理定义环境

本模版支持的定理定义环境及示例：如假设4.1、定义4.1、命题4.1、注释4.1、公理4.1、引理4.1、定理4.1、证明1、推论4.1、例4.1、练习4.1、猜想4.1、问题4.1。

假设 4.1： 待月西厢下，迎风户半开；隔墙花影动，疑是玉人来。

$$c = a^2 - b^2 \quad (4.2)$$

$$= (a + b)(a - b) \quad (4.3)$$

定义 4.1： 子曰：「道千乘之国，敬事而信，节用而爱人，使民以时。」

命题 4.1： 曾子曰：「吾日三省吾身 — 为人谋而不忠乎？与朋友交而不信乎？传不习乎？」

注释 4.1： 天不言自高，水不言自流。

$$\varphi(x, z) = z - \gamma_{10}x - \gamma_{mn}x^m z^n$$

$$= z - Mr^{-1}x - Mr^{-(m+n)}x^m z^n$$

$$\zeta^0 = (\xi^0)^2, \quad (4.4)$$

$$\zeta^1 = \xi^0 \xi^1, \quad (4.5)$$

$$\zeta^2 = (\xi^1)^2, \quad (4.6)$$

公理 4.1: 两点间直线段距离最短。

$$x \equiv y + 1 \pmod{m^2} \quad (4.7)$$

$$x \equiv y + 1 \pmod{m^2} \quad (4.8)$$

$$x \equiv y + 1 \pmod{m^2} \quad (4.9)$$

引理 4.1: 《猫和老鼠》是我最爱看的动画片。

$$\begin{aligned} \int_a^b \left\{ \int_a^b [f(x)^2 g(y)^2 + f(y)^2 g(x)^2] - 2f(x)g(x)f(y)g(y) dx \right\} dy \\ = \int_a^b \left\{ g(y)^2 \int_a^b f^2 + f(y)^2 \int_a^b g^2 - 2f(y)g(y) \int_a^b fg \right\} dy \end{aligned}$$

定理 4.1: 犯我强汉者，虽远必诛 — 陈汤（汉）

证明 燕赵古称多感慨悲歌之士。董生举进士，连不得志于有司，怀抱利器，郁郁适兹土，吾知其必有合也。董生勉乎哉？

夫以子之不遇时，苟慕义强仁者，皆爱惜焉，矧燕、赵之士出乎其性者哉！然吾尝闻风俗与化移易，吾恶知其今不异于古所云邪？聊以吾子之行卜之也。董生勉乎哉？

吾因子有所感矣。为我吊望诸君之墓，而观于其市，复有昔时屠狗者乎？为我谢曰：“明天子在上，可以出而仕矣！” — 韩愈《送董邵南序》 □

推论 4.1: 四川话配音的《猫和老鼠》是世界上最好看最好听最有趣的动画片。

$$V_i = v_i - q_i v_j, \quad X_i = x_i - q_i x_j, \quad U_i = u_i, \quad \text{for } i \neq j; \quad (4.10)$$

$$V_j = v_j, \quad X_j = x_j, \quad U_j u_j + \sum_{i \neq j} q_i u_i. \quad (4.11)$$

例 4.1: 大家来看这个例子。

$$\begin{cases} \nabla f(\mathbf{x}^*) - \sum_{j=1}^p \lambda_j \nabla g_j(\mathbf{x}^*) = 0 \\ \lambda_j g_j(\mathbf{x}^*) = 0, \quad j = 1, 2, \dots, p \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, p. \end{cases} \quad (4.12)$$

练习 4.1: 清列出 Andrew S. Tanenbaum 和 W. Richard Stevens 的所有著作。

猜想 4.1: *Poincare Conjecture* If in a closed three-dimensional space, any closed curves can shrink to a point continuously, this space can be deformed to a sphere.

问题 4.1: 回答还是不回答，是个问题。

第五章 使用说明

5.1 基本范例

本科生论文基本结构	研究生论文基本结构
封面	封面（中、英文）
扉页	题名页、独创性声明和使用授权书
中英文摘要	中英文摘要
目录	目录
正文	图表清单及主要符号表（根据实际情况可省略）
致谢	主体部分
参考文献	参考文献
附录	附录
	攻读硕士/博士期间取得的研究/学术成果
	致谢
	作者简介 (仅博士生)

本科生论文结构推荐按如下的代码形式来组织整个论文。

```

1 % !Mode:: "TeX:UTF-8"
2 \documentclass[bachelor,openany,oneside,color,AutoFakeBold=true]{buaathesis}
3
4 % 参考文献
5 \usepackage{gbt7714}
6 % 参考文献输出方式, numerical 为按照出现顺序, authoryear 为按照作者姓名和年
   份
7 \citestyle {numerical}
8 %
9
10 \begin{document}
11
12 % 用户信息
13 \include{data/com_info}
14 \include{data/bachelor/bachelor_info}
15
16 % 任务书信息

```

```

17 \include{data/bachelor/assign}
18
19 % 页眉页脚样式
20 \pagestyle{mainmatter}
21 % 封面、任务书、声明
22 \maketitle
23 % 摘要
24 \include{data/abstract}
25 % 目录
26 \tableofcontents
27
28 % 正文页码样式
29 \mainmatter
30
31 % 正文
32 \include{data/chapter1-intro}
33 \include{data/chapter2-config}
34 \include{data/chapter3-download}
35 \include{data/chapter4-basic}
36 \include{data/chapter5-usage}
37 \include{data/chapter6-implement}
38 \include{data/conclusion}
39
40 % 致谢
41 \include{data/bachelor/acknowledgement}
42 % 参考文献
43 \include{data/reference}
44
45 % 附录
46 \appendix
47 \include{data/appendix1-faq}
48 \include{data/appendix2-contactus}
49 \end{document}

```

代码 5.1 本科生论文结构

研究生则推荐使用如下的代码形式来组织论文。

```

1 % !Mode:: "TeX:UTF-8"

```

```
2 \documentclass[master,openright,twoside,color,AutoFakeBold=true]{buaathesis}
3
4 % 参考文献
5 \usepackage{gbt7714}
6 % 参考文献输出方式, numerical 为按照出现顺序, authoryear 为按照作者姓名和年
   份
7 \citestyle {numerical}
8 %
9
10 \begin{document}
11
12 % 用户信息
13 \include{data/com_info}
14 \include{data/master/master_info}
15
16 % 中英封面、提名页、授权书
17 \maketitle
18 % 前言页眉页脚样式
19 \pagestyle{frontmatter}
20 % 摘要
21 \include{data/abstract}
22 % 目录、插图目录、表格目录
23 \tableofcontents
24 \listoffigures
25 \listoftables
26 % 符号表
27 \include{data/master/denotation}
28
29 % 正文页码样式
30 \mainmatter
31 % 正文页眉页脚样式
32 \pagestyle{mainmatter}
33
34 % 正文
35 \include{data/chapter1-intro}
36 \include{data/chapter2-config}
37 \include{data/chapter3-download}
```

```

38 \include{data/chapter4-basic}
39 \include{data/chapter5-usage}
40 \include{data/chapter6-implement}
41 \include{data/conclusion}
42
43 % 参考文献
44 \include{data/reference}
45
46 % 附录
47 \appendix
48 \include{data/appendix1-faq}
49 \include{data/appendix2-contactus}
50
51 % 附页标题样式
52 \backmatter
53
54 % 附页
55 \include{data/master/back1-achievement}
56 \include{data/master/back2-acknowledgement}
57 \include{data/master/back3-aboutauthor}
58 \end{document}

```

代码 5.2 研究生论文结构

对于本科生或研究生的开题报告或文献综述，则推荐使用如下的代码形式组织。

```

1 % !Mode:: "TeX:UTF-8"
2
3 % 默认为本科生开题报告
4 % 如需修改为硕士/博士开题报告，请将 bachelor 替换为 master/doctor
5 \documentclass[bachelor, ktreport, twoside, color]{buaathesis}
6 % openany, oneside
7 % 参考文献
8 \usepackage{gbt7714}
9 % 参考文献输出方式，numerical 为按照出现顺序，authoryear 为按照作者姓名和年
   份
10 \citestyle{numerical}
11 %
12

```



```
13 \begin{document}
14
15 % 开题文件类型，如果为文献综述请自行更改
16 \ktclass{开题报告}
17
18 % 学院中英文名称
19 \school{(学院名)}{(Name of School)}
20
21 % 专业中英文名
22 \major{(专业名)}{(Name of Major)}
23
24 % 研究方向名称（仅研究生）
25 \direction{(研究方向)}
26
27 % 论文中英文标题（注意，无论是否有子标题，必须包含 3 个以上的大括号）
28 \thesistitle {北京航空航天大学学位论文\LaTeX{}模板}{}{}
29
30 % 学号
31 \studentID{(学号)}
32
33 % 作者中英文名
34 \thesisauthor{(姓名)}{(Name)}
35
36 % 导师中英文名
37 \teacher{(导师姓名)}{(Name of Tutor)}
38
39 % 毕设答辩时间
40 \thesisdate{(年)}{(月)}
41
42 % 页眉页脚样式
43 \pagestyle{mainmatter}
44
45 % 封面、任务书、声明
46 \maketitle
47
48 % 前言页眉页脚样式
49 \pagestyle{frontmatter}
```

```
50
51 %
52 % 目录
53 \tableofcontents
54
55 % 正文页码样式
56 \mainmatter
57 % 正文页眉页脚样式
58 \pagestyle{mainmatter}
59
60 % 正文
61 \include{data/chapter1-intro}
62 \include{data/chapter2-config}
63 \include{data/chapter3-download}
64 \include{data/chapter4-basic}
65 \include{data/chapter5-usage}
66 \include{data/chapter6-implement}
67 \include{data/conclusion}
68
69 % 参考文献
70 \include{data/reference}
71
72 % 附录
73 \appendix
74 \include{data/appendix1-faq}
75 \include{data/appendix2-contactus}
76
77 \end{document}
```

代码 5.3 开题报告/文献综述论文结构

5.2 模板选项

5.2.1 学位选项

- bachelor—学士学位;
- master—硕士学位;

- `doctor`—博士学位;
- `professional`—添加该选项为专业硕士/博士学位, 否则为学术硕士/博士学位。
- `kaitireport`—添加该选项为开题报告/文献综述, 否则为毕业论文。

5.2.2 其他选项

- `oneside/twoside`—单面/双面打印;
- `openany/openright`—新的章节在任何页面开始/新的章节从奇数页开始;
- `classified`—保密论文;
- `color`—将论文中的链接文字用颜色标识。

5.3 封面及正文前的一些设置

5.3.1 封面

本科生论文封面直接使用`\maketitle`命令, 将编译生成论文封面和任务书(任务书中的各项需要自己在`assign.tex`中填写), 以及“本人声明”页。只需将`data/bachelor/bachelor_info.tex`中的信息填写完整即可自行编译生成。

研究生(包括博士研究生)的毕设论文封面使用`\maketitle`将生成中英文封面、题名页、和独创性声明与使用授权书。只需将`data/master/master_info.tex`中的信息填写完整即可自行编译生成。

5.3.2 中英文摘要

本科生和研究生的论文中英文摘要为`abstract.tex`, 请直接按照模板示例进行更改替换即可, 关键词以及其他的一些个人论文信息在`data/bachelor/bachelor_info.tex`或`data/master/master_info.tex`中自行定义。

5.3.3 目录

生成目录为命令`\tableofcontents`, 需要`xelatex`两遍才能正确生成目录。

对于研究生, 论文还需要有图表目录以及论文主要符号表。分别使用命令`\listoffigures`和`\listoftables`, 而主要符号表则在`data/master/denotation.tex`中, 请自行按照模板给出的样式替换即可。

5.4 正文

5.4.1 章节

正文中的各个章节，推荐将其每一章分为单独的.tex 文件，然后使用`\include{chapter.tex}` 将其包含进来即可。

章节中的内容如何编写，请见[第四章 L^AT_EX 基础知识](#)。

5.4.2 参考文献

参考文献使用 BiBTeX 工具，参考文献的数据库为 bibs.bib，可以使用记事本等文本编辑器进行编辑。具体如何进行编辑也可参照示例模板给出的范例来编写。在 Winedt 软件中有具体的增加参考文献的选项；在book.google.com中搜索到的书籍，在页面的最下方也有 BiBTeX 的导出选项。

.bib 参考文献数据库文件中，每个类别后的第一个为标号，在示例的 bibs.bib 中第一个书籍的标号为 **kottwitz2011latex**，在引用此文献时，使用`\upcite{kottwitz2011latex}`即可得到此文献^{Kottwitz (2)} 的引用¹。使用`\cite{kottwitz2011latex}`即可得到文献 Kottwitz (2) 的引用²。

5.5 正文之后的内容

5.5.1 附录

附录和正文中的章节编写方式一样。无特殊之处。

5.5.2 攻读硕士/博士期间所取得的研究/学术成果（研究生）

5.5.3 致谢

5.5.4 作者简介（博士研究生）

博士学位论文应该提供作者简介，主要包括：姓名、性别、出生年月日、民族、出生地；简要学历、工作经历（职务）；以及攻读学位期间获得的其它奖励（除攻读学位期间取得的研究成果之外）。

¹左侧“文献”的右上方即得到了此文献的引用。

²“文献”的后面得到了此文献的引用，不是上标形式。

第六章 模板代码实现

结论

本文主要介绍使用 \LaTeX 进行撰写论文的方法，文中范例丰富，涵盖基本的论文使用，在使用本 \LaTeX 模板时可直接复制后进行内容的替换更改即可使用。

在第一章主要介绍了 \LaTeX 的背景、本模板的维护者信息以及开源协议等；在第二章介绍了各个操作系统平台下 \LaTeX 的配置方法；在第三章介绍了各 \LaTeX 版本及软件的下载地址；在第四章介绍了 \LaTeX 的基本常用语法以及代码示例，高阶使用技巧等；

.....

通过使用本模块来完成论文，可以基本掌握 \LaTeX 的使用，也在最小学习成本的基础上满足规范的论文格式，省去后期调格式之苦，使作者更专注于论文，亦可更高效的完成论文。

参考文献

- [1] 孙其博, 刘杰, 黎彝, 等. 物联网: 概念、架构与关键技术研究综述[J]. 北京邮电大学学报, 2010, 33(3):1-9.
- [2] KOTTWITZ S. Latex beginner's guide[M/OL]. Packt Publishing, 2011. <http://books.google.com.hk/books?id=rB1Cb62dVnUC>.
- [3] ACHARYA A, SETIA S. Availability and utility of idle memory in workstation clusters [J]. ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review, 1999.
- [4] ANDERSON E A, NEEFE J M. An exploration of network ram: CSD-98-1000[R]. [S.l.]: UC Berkley, 1994.
- [5] BODEN N, COHEN D, FELDERMAN R, et al. Myrinet: A gigabit-per-second local area network[J]. IEEE Micro, 1995, 15(1):29-36.
- [6] BOVET D P, CESATI M. Understanding the linux kernel[M]. 3rd ed. [S.l.]: O'Reilly, 2005.
- [7] CORBET J, RUBINI A, KROAH-HARTMAN G. Linux device drivers[M]. 3rd ed. [S.l.]: O'Reilly, 2005.
- [8] FEELEY M J, MORGAN W E, PIGHIN F H, et al. Implementing global memory management in a workstation cluster[J]. ACM SIGOPS Operating Systems Review, 1995: 201-212.
- [9] FLOURIS M D, MARKATOS E P. The network ramdisk: Using remote memory on heterogeneous nodes[J]. Cluster Computing, 1999, 2(4):281-293.
- [10] FRANKLING M J, CAREY M J, LIVNY M. Global memory management in client-server dbms architectures[C]//Proceeding of the 18th VLDB Conference. [S.l.: s.n.], 1992.
- [11] HAN J, ZHOU D, HE X, et al. I/O profiling for distributed ip storage systems[C]//Proceeding of The Second International Conference on Embedded Software and Systems. [S.l.: s.n.], 2005.
- [12] HE X, YANG Q, ZHANG M. A caching strategy to improve iscsi performance[C]//Proceeding of Local Computer Networks. [S.l.: s.n.], 2002.
- [13] HINES M R, LEWANDOWSKI M, GOPALAN K. Anemone: Adaptive network memory engine[D]. [S.l.]: Florida State University, 2003.
- [14] IFTODE L, LI K, PETERSEN K. Memory servers for multicomputers[C]//Proceeding of the IEEE Spring COMPCON 93. [S.l.: s.n.], 1993: 538-547.

-
- [15] KOUSSIH S, A. ACHARYAM S S. Dodo:a user-level system for exploiting idle memory in workstation clusters[C]//Proceeding of the Eighth IEEE International Symposium on High Performance Distributed Computing. [S.l.: s.n.], 1999.
- [16] LIANG S, NOTONHA R, PANDA D K. Swapping to remote memory over infiniband: An approach using a high performance network block device[J]. IEEE Cluster Computing, 2005.
- [17] LOVE R. Linux kernel development[M]. 2nd ed. [S.l.]: Sams Publishing, 2005.
- [18] MARKATOS E P, DRAMITSONS G. Implementation of a reliable remote memory pager [C]//Proceeding of the 1996 Usenix Technical Conference. [S.l.: s.n.], 1996.
- [19] MCCALPIN J. Streambenchmark[EB/OL]. <http://www.streambench.org>.
- [20] NEWHALL T, FINNEY S, GANCHEVM K, et al. Nswap:a network swapping module for linux clusters[C]//Proceeding of Euro-Par'03 International Conference on Parallel and Distributed Computing. Klagenfurt, Austria: [s.n.], 2003.
- [21] OLESZKIEWICZ J, XIAO L, LIU Y. Parallel network ram: Effectively utilizing global cluster memory for large data-intensive parallel programs[C]//Proceeding of International Conference on Parallel Proceeding. [S.l.: s.n.], 2004: 577-592.
- [22] PETRINI F, FRACHTENBERG E, HOISIE A, et al. Performance evaluation of the quadrics interconnection network[J]. Journal of Cluster Computing, 2003, 6(2):125-142.
- [23] SUN H T, CHEN M, FAN J. A scalable dynamic network memory service system[C]//Proceeding of High-Performance Computing in Asia-Pacific Region. [S.l.: s.n.], 2005.
- [24] TREVISAN T S, COSTAL V S, WHATELY L, et al. Distributed shared memory in kernel mode[C]//Proceeding of Computer Architecture and High Performance Computing. [S.l.: s.n.], 2002.
- [25] XIAO L, CHEN S, ZHANG X. Adaptive memory allocations in clusters to handle unexpectedly large data-intensive jobs[J]. IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 2004, 15(6):577-592.
- [26] ITA. The infiniband architecture[EB/OL]. InfiniBand Trade Association. <http://www.infinibandta.org/spec>.

附录 A 常见问题

1、 本模板如何使用？

- 按照第 2 章的要求，先下载和安装相应的软件，推荐使用 \TeX Live ；
- 下载 `cls` 文件；
- 使用 `tex` 的编辑器或其他编辑器，编写论文，注意保存为 UTF-8 编码；
- `xelatex` 编译。

2、 Windows 下的 `msmake.bat` 如何使用？

- 使用 Windows 的 CMD 命令行，进入到 `msmake.bat` 所在目录；
- 键入 `msmake` 后会显示相应的帮助文件；
- 按照所显示的相关信息再键入相应命令即可。

3、 使用 \TeX Live 如何更新？TUG 官方推荐 \TeX Live 通过镜像站进行更新，具体步骤为：

- 在“开始”菜单中，找到有 `TeX Live Manage` 程序；
- 在菜单“`tlmgr`”下选择“载入其他仓库”，选择最近的仓库即可（如果是北航校内用户并能够访问到北航开源镜像站的话，可以在仓库地址中输入 `http://mirror.buaa.edu.cn/CTAN/systems/texlive/tlnet/`）；
- 按照目录选择更新。

附录 B 联系我们

攻读博士/硕士学位期间取得的学术成果

发表论文:

- 1、 Gang Bai and Yue Qi. An Interactive 3D Exhibition System with Global Illumination for Digital Museum. In Lecture Notes in Computer Science, 2009, Volume 5670, Learning by Playing. Game-based Education System Design and Development, Pages 85-92.
- 2、 Hu Yong, Qi Yue and Bai Gang. Modeling and Editing Isotropic BRDF. In proceedings of the Second International Conference on Modeling, Simulation and Visualization Methods (WMSVM). 15-16 May, 2010, Sanya, China. Pages 74-77.

申请专利:

- 1、 齐越,马宗泉,白刚.基于任意位置多球的光源方向标定 [P]. 中国发明专利(200910092909), 公开日 2010 年 2 月 17 日

致谢

感谢

作者简介

1997 年 9 月 25 日出生于山西省朔州市。

2017 年 9 月考入山东大学机电与信息工程学院系通信工程专业，2021 年 6 月本科毕业并获得工学学士学位。

2021 年 9 月免试进入北京航空航天大学电子信息工程学院攻读工学硕士学位至今。