



## 硕士学位论文

# 低分辨率环境下的微表情识别

作者姓名: 李桂锋

指导教师: 彭进业 教授 西北大学

学位类别: 工学硕士

学科专业: 电子与通信工程

培养单位: 信息科学与技术学院

2019年6月



# **Micro-expression Recognition Under Low-resolution Case**

**A thesis submitted to  
Northwest University  
in partial fulfillment of the requirements  
for the degree of  
Master of Engineering  
in Electronics and Communication Engineering  
By  
Li Guifeng  
Supervisor: Peng Jinye Professor**

**June 2019**



## 西北大学学位论文知识产权声明书

本人完全了解西北大学关于收集、保存、使用学位论文的规定。学校有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版。本人允许论文被查阅和借阅。本人授权西北大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。同时授权中国科学技术信息研究所等机构将本学位论文收录到《中国学位论文全文数据库》或其它相关数据库。

保密论文待解密后适用本声明。

学位论文作者签名：\_\_\_\_\_ 指导教师签名：\_\_\_\_\_

年      月      日                  年      月      日

## 西北大学学位论文独创性声明

本人声明：所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，本论文不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得西北大学或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示谢意。

学位论文作者签名：\_\_\_\_\_

年      月      日



## 摘要

人脸表情在我们的社交互动中发挥着重要作用，因为它传达了丰富的信息。我们可以从一张人脸图像中阅读很多内容，但是如果我没有特殊设备，我们也无法感知到这些信息。本文采用计算机视觉方法分析肉眼难以察觉的两种微妙的面部信息：微表情和心率。微表情是快速、不自主的面部表情，揭示了人们不打算表达的情感。人们很难感知微表情，因为它们太快和微妙，因此自动微表情分析是很有价值的工作，具有重大的应用前景。本文综述了微表情研究的进展，并分四部分工作进行描述。1) 我们介绍了第一个自发的微表情数据库—SMIC。缺乏数据阻碍了微表情的分析研究，因为很难收集自发的微表情。引入用于诱导和注释 SMIC 的协议以帮助未来的微表情收集。2) 引入了包括三个特征和视频放大过程的框架用于微表情识别，其优于两个微表情数据库上的其他最先进的方法。3) 描述了一种基于特征差异分析的微表情定位方法，该方法可以从自发的长视频中发现为微表情。4) 提出了一种自动微表情分析系统 (MESR)，用于发现并识别微表情。心率是我们健康和情绪状态的重要指标。传统的心率测量需要皮肤接触，不能远程应用。我们提出了一种方法，可以对抗照明变化和头部运动，并从彩色面部视频远程测量心率。我们还应用该方法来解决面部反欺骗问题。我们展示了基于脉冲的特征比传统的基于纹理的特征更能够抵抗看不见的掩模欺骗。我们还表明，所提出的基于脉冲的特征可以与其他特征相结合，以构建用于检测多种类型的攻击的级联系统。最后，我们总结了工作的贡献，并基于当前工作的局限性提出了关于微表情和心率研究的未来计划。还计划将微表情和心率（可能还有来自面部的其他微妙信号）结合起来构建用于情感状态分析的多模式系统。

微表达是一种基本的非言语行为，它能忠实地表达人类隐藏的情感。它在国家安全、计算机辅助诊断等领域有着广泛的应用，促使我们对自动微表情识别进行研究。但从监控视频中获取的图像容易出现质量问题，导致实际应用困难。由于捕获的图像质量较低，现有的算法无法达到预期的效果。为了解决这个问题，我们进行了全面的研究

**关键词：**微表情识别，监控视频，低分辨率，超分辨率，Fast LBP-TOP



## ABSTRACT

The face plays an important role in our social interactions as it conveys rich sources of information. We can read a lot from one face image, but there is also information we cannot perceive without special devices. The thesis concerns using computer vision methodologies to analyse two kinds of subtle facial information that can hardly be perceived by naked eyes: the micro-expression (ME), and the heart rate (HR)

MEs are rapid, involuntary facial expressions which reveal emotions people do not intend to show. It is difficult for people to perceive MEs as they are too fast and subtle, thus automatic ME analysis is valuable work which may lead to important applications. In the thesis, the progresses of ME studies are reviewed, and four parts of work are described. 1) We introduce the first spontaneous ME database, the SMIC. The lacking of data is hindering ME analysis research, as it is difficult to collect spontaneous MEs. The protocol for inducing and annotating SMIC is introduced to help future ME collections. 2) A framework including three features and a video magnification process is introduced for ME recognition, which outperforms other state-of-the-art methods on two ME databases. 3) An ME spotting method based on feature difference analysis is described, which can spot MEs from spontaneous long videos. 4) An automatic ME analysis system (MESR) was proposed for firstly spotting and then recognising MEs

The HR is an important indicator of our health and emotional status. Traditional HR measurements require skin-contact which cannot be applied remotely. We propose a method which can counter for illumination changes and head motions and measure HR remotely from color facial videos. We also apply the method for solving the face anti-spoofing problem. We show that the pulse-based feature is more robust than traditional texture-based features against unseen mask spoofs. We also show that the proposed pulse-based feature can be combined with other features to build a cascade system for detecting multiple types of attacks.

At last, we summarize the contributions of the work, and propose future plans about ME and HR studies based on limitations of the current work. It is also planned to combine the ME and HR (maybe also other subtle signals from face) to build a multimodal system for affective status

analysis.

Micro-expression is an essential non-verbal behavior that can faithfully express the human's hidden emotions. It has a wide range of applications in the national security and computer aided diagnosis, which encourages us to conduct the research of automatic micro-expression recognition. However, the images captured from surveillance video easily suffer from the low-quality problem, which causes the difficulty in real applications. Due to the low quality of captured images, the existing algorithms are not able to perform as well as expected. For addressing this problem, we conduct a comprehensive study about the micro-expression recognition problem under low-resolution cases with face hallucination method. The experimental results show that the proposed framework obtains promising results on micro-expression recognition under low-resolution cases.

**Keywords:** Micro-expression recognition, Surveillance video, Low-resolution, Super-resolution, Fast LBP-TOP

## 插图索引

图 1	Q 判据等值面图, 同时测试一下一个很长的标题, 比如这真的是一个很长很长很长很长很长很长很长很长很长很长的标题.....	12
图 2	激波圆柱作用 .....	12
图 3	总声压级。 (a) 这是子图说明信息, (b) 这是子图说明信息, (c) 这是子图说明信息, (d) 这是子图说明信息 .....	13
图 4	Q 判据等值面图, 同时测试一下一个很长的标题, 比如这真的是一个很长很长很长很长很长很长很长很长的标题.....	20
图 5	激波圆柱作用 .....	20
图 6	总声压级。 (a) 这是子图说明信息, (b) 这是子图说明信息, (c) 这是子图说明信息, (d) 这是子图说明信息 .....	21
图 7	Q 判据等值面图, 同时测试一下一个很长的标题, 比如这真的是一个很长很长很长很长很长很长很长很长很长的标题.....	28
图 8	激波圆柱作用 .....	28
图 9	总声压级。 (a) 这是子图说明信息, (b) 这是子图说明信息, (c) 这是子图说明信息, (d) 这是子图说明信息 .....	29
图 10	Q 判据等值面图, 同时测试一下一个很长的标题, 比如这真的是一个很长很长很长很长很长很长很长很长的标题。 .....	36
图 11	激波圆柱作用。 .....	36
图 12	总声压级。 (a) 这是子图说明信息, (b) 这是子图说明信息, (c) 这是子图说明信息, (d) 这是子图说明信息。 .....	37



## 表格索引

表 1	自发微表情数据集比较 .....	5
表 2	这是一个样表 .....	11
表 3	这是一个样表 .....	19
表 4	这是一个样表 .....	27
表 5	这是一个样表。 .....	35



## 符号对照表

符号	符号名称
$\Delta$	difference
$\nabla$	gradient operator
$\delta^\pm$	upwind-biased interpolation scheme



## 缩略语对照表

缩略语	英文全称	中文对照
ME	Micro Expression	微表情
TIM	Time In Model	时间插值模型
BART	Brief Affect Recognition Test	微表情识别标准测验
FACS	Facial Action Coding System	面部动作编码系统
AU	Action Unit	动作单元
METT	Micro Expression Training Tool	微表情训练工具
FD	Feature Difference	特征差异
PD	Peak Detection	峰值检测
LOSO	Leave One Subject Out	留一法



---

## 目 录

摘 要 .....	I
ABSTRACT .....	III
插图索引 .....	V
表格索引 .....	VII
符号对照表 .....	IX
缩略语对照表 .....	XI
<b>第一章 绪论 .....</b>	<b>1</b>
1.1 研究背景与意义 .....	1
1.1.1 微表情研究的意义 .....	1
1.1.2 计算机视觉对微表情研究的意义 .....	2
1.2 国内外研究现状 .....	3
1.3 本文的研究内容 .....	6
<b>第二章 相关工作 .....</b>	<b>9</b>
2.1 先试试效果 .....	9
2.2 文档目录简介 .....	9
2.2.1 Thesis.tex .....	9
2.2.2 编译脚本 .....	9
2.2.3 Tmp 文件夹 .....	10
2.2.4 Style 文件夹 .....	10
2.2.5 Tex 文件夹 .....	10
2.2.6 Img 文件夹 .....	11
2.2.7 Biblio 文件夹 .....	11
2.3 数学公式、图表、参考文献等功能 .....	11
2.3.1 数学公式 .....	11
2.3.2 表格 .....	11
2.3.3 图片插入 .....	12
2.3.4 算法 .....	12
2.3.5 参考文献引用 .....	12
2.4 常见使用问题 .....	15

---

<b>第三章 个人研究</b>	17
3.1 先试试效果	17
3.2 文档目录简介	17
3.2.1 Thesis.tex	17
3.2.2 编译脚本	17
3.2.3 Tmp 文件夹	18
3.2.4 Style 文件夹	18
3.2.5 Tex 文件夹	18
3.2.6 Img 文件夹	19
3.2.7 Biblio 文件夹	19
3.3 数学公式、图表、参考文献等功能	19
3.3.1 数学公式	19
3.3.2 表格	19
3.3.3 图片插入	20
3.3.4 算法	20
3.3.5 参考文献引用	20
3.4 常见使用问题	23
<b>第四章 系统设计</b>	25
4.1 先试试效果	25
4.2 文档目录简介	25
4.2.1 Thesis.tex	25
4.2.2 编译脚本	25
4.2.3 Tmp 文件夹	26
4.2.4 Style 文件夹	26
4.2.5 Tex 文件夹	26
4.2.6 Img 文件夹	27
4.2.7 Biblio 文件夹	27
4.3 数学公式、图表、参考文献等功能	27
4.3.1 数学公式	27
4.3.2 表格	27
4.3.3 图片插入	28
4.3.4 算法	28
4.3.5 参考文献引用	28
4.4 常见使用问题	31

---

<b>第五章 总结与展望</b>	33
5.1 先试试效果	33
5.2 文档目录简介	33
5.2.1 Thesis.tex	33
5.2.2 编译脚本	33
5.2.3 Tmp 文件夹	34
5.2.4 Style 文件夹	34
5.2.5 Tex 文件夹	34
5.2.6 Img 文件夹	35
5.2.7 Biblio 文件夹	35
5.3 数学公式、图表、参考文献等功能	35
5.3.1 数学公式	35
5.3.2 表格	35
5.3.3 图片插入	36
5.3.4 算法	36
5.3.5 参考文献引用	36
5.4 常见使用问题	39
<b>附录 A 附录</b>	41
A.1 论文无附录者无需附录部分	41
A.2 测试公式编号	41
A.3 测试生僻字	41
<b>参考文献</b>	43
<b>攻读博士/硕士学位期间取得的科研成果</b>	47
<b>作者简介</b>	49



# 第一章 绪论

微表情（Micro Expressions），心理学名词，心理应激微反应的一部分，是人类表达自身情感信息的重要非语言性行为。微表情从人类本能出发，在大多数情况下，不受思想的控制，无法掩饰，也不能伪装<sup>[1]</sup>。因为它无法伪装的特性起初被人们用来作为鉴谎的辅助工具，随着人们对其不断深入的研究发现它在临床诊断、司法系统等有着很高的应用价值。近几年来随着计算机技术的不断发展，人们利用计算机视觉对微表情识别研究有了突飞猛进的成果，但就目前而言，还没有团队在低分辨率环境下对微表情做任何研究。本文从实际应用的角度出发，分析实际场景中面临的各种低质量问题，分别使用传统机器学习方法和深度学习方法对微表情识别。

本章主要阐述微表情识别研究的意义和低分辨率环境下微表情识别的重要性，国内外对微表情识别相关的研究和发展趋势，最后概述了文章的内容和结构分配。

## 1.1 研究背景与意义

达尔文在 1872 年出版了《The Expression of Emotions in Man and Animals》，从此拉开了人类对面部表情的系统性研究。时至今日，人类对面部表情的研究已经非常丰富与成熟，但主要关注的是显而易见的宏观表情（Macro Expressions），虽然在 1966 年 Haggard 和 Isaacs 首次提出了微表情现象（Micro-momentary Facial Expressions），但当时并未引起人们的普遍重视。直到三年后（1969 年），Ekman 和 Friesen 在临床发现了微表情，这一发现奠定了微表情在临床辅助治疗上的重要地位<sup>[2]</sup>，也开启了微表情的研究热潮。

本节将从微表情研究的意义和计算机视觉对微表情研究的意义两方面分析。

### 1.1.1 微表情研究的意义

加利福尼亚大学洛杉矶分校的心理学教授 Albert Mehrabian 在上世纪六十年代发现了人际交流中的“55384”原则，他提出有效的沟通技巧应该包含三大要素：身体语言、声音和谈话内容<sup>[3]</sup>。其中谈话内容传递的信息量是总信息量的 7%，声音（包括交谈时的语气、音调和音量）传递的信息量占总信息量的 38%，剩下的 55% 来自身体语言（包括谈话期间身体姿势、肢体动作、面部表情、眼神和目光等），也就是说身体语言比谈话内容能传达更多有价值的信息。论文中阐明，出现这种情况的主要原因是谈话内容（口头语言）可以有意识地被控制，而身体语言这种非语言行为是无意识的举动，人类的主观意识很难控制动作语言行为。身体语言由三部分构成：表情语言、动作语言和空间语

言。表情语言指的是通过面部肌肉运动和眼睛神态所传递出来的思想感情，动作语言指人类通过身体各个部位的动作或姿态来传递感情，空间语言主要指由个体与个体之间所保持的间距所形成的一种信息表达方式。在这三种身体语言中最容易被观察到的就是表情语言，艾伯特教授的这项发现说明了表情语言的重要性。

神经学家 Paul Donald MacLean 于上世纪五十年代提出了“大脑三位一体”理论 (The Triune Brain)，他认为人类颅腔内的脑并非只有一个，而是三个，这三个脑作为人类不同进化阶段的产物，按照出现顺序依次覆盖在已有的脑层之上，如同考古遗址一样<sup>[4]</sup>。根据在进化史上出现的先后顺序，他将人脑分成“爬行动物脑” (Reptilian brain)、“古哺乳动物脑” (Paleomammalian Brain) 和“新哺乳动物脑” (Neomammalian Brain) 三大部分，它们分别对应人脑的脑干 (Archipallium)、边缘系统 (Limbic System) 和新皮质 (Neocortex)，它们共同控制着人类的身体行为。新皮质被称作“爱说谎的大脑”，经常会因为当事人的某种需要而出现说谎的现象。语言等由新皮质大脑控制的行为是不可信的，欺骗的嫌疑很大，想要得知对方内心的真实感受，必须观察对方边缘系统所控制的表情或肢体动作。边缘系统是控制人类情感的中心，管理着人类的非语言行为表达，因此是分析身体语言的重点。让人不加思索的产生本能反应是它的一大特点，它反映出了一个人最真实的一面，这很难被控制和掩饰。比如，当听到刺耳的噪音时你会不自主地捂住耳朵、手碰到高温或极寒物体时会马上缩回等。所以边缘系统的行为是诚实可信的行为，是人类的思想、感觉和意图的真实反应，也是人类生存、本能的反应，它属于微反应中除微语言以外的非语言行为反应，它包括了微动作 (Micro Action)、微表情。

从上述例子可以看出，有关微表情的研究在心理学和神经学两大学科都有着充分的理论依据。Ekman 等人在临幊上发现微表情是来自于观看一位有自杀倾向的精神病患者的视频，视频中患者在回答医生问题时表现的很开心，没有任何想要自杀的异常迹象，但在随后的二次会谈中患者向医生承认其状况并未好转，而且她曾隐藏了自杀的计划。Ekman 和 Friesen 在逐帧慢放视频时发现确实存在两帧和绝望有关的负面表情，这与患者的二次会谈内容相吻合，但只持续了 1/12 s。之后的几十年里 Ekman 和他的同事继续研究微表情，在不断的实践中量化并定义了微表情，这也引起了越来越多学术界和商业界人士的兴趣，目前微表情已经被应用到了众多领域，比如国家安全、司法系统、政治选举、临床诊断、公共管理和教育领域等<sup>[5]</sup>。

### 1.1.2 计算机视觉对微表情研究的意义

我们人类是优秀的“人脸识别专家”，我们已经习惯甚至并没有意识到这一点。与其他类型的物种相比，我们人类为应对复杂的社交交互问题，大脑已经开发了特殊的识别脸部信息的功能模块，以便我们更好地从人脸中获取更丰富的信息，所谓“察言观

色”就是很好的佐证。当然，人脸也是丰富的视觉信息的来源之处，我们可以从人脸中读取很多信息。比如眼前之人如果是著名人士，我们可以立即认出他或她，如果是陌生人，我们可以对这个人的性别、年龄、种族等做出基本正确的猜测，同时如果该人脸存在表情，我们也可以大致感知他或她的情绪状态。然而尽管我们是人脸识别专家，但这并不意味着我们已经解析出了全部的人脸信息，因为仍然存在部分无法用肉眼读取的深层次信息。

与其他感官（例如听觉和嗅觉）相比，我们的视觉认知功能在我们的大脑中更加精巧地被构建。然而，我们获取视觉信息的能力仍然受到生理机制的限制。超出我们感知范围的视觉变化（在空间域中太微妙或在时域中太快）将被我们的眼睛忽略。比如我们很难从人脸上观察到某个微表情，因为微表情会短暂且快速地发生，所涉及的肌肉运动强度也非常微弱，甚至表情发出者和观察者都察觉不到，尤其在高风险条件下微表情出现的机率更高，被察觉的可能性也更低。研究人员经过严密的统计，发现微表情持续时间最长为 1/2 秒而最短只有 1/25 秒，所涉及的肌肉运动强度更是微乎其微，而正常的表情（宏观表情）一般持续时间在 1/2 秒到 5 秒之间，有一个起承转合的过程。<sup>[6-8]</sup>

由于微表情识别务实的使用价值，其提出者 Ekman 从 2005 年开始对英国情报机构、美国中央情报局等各国机构进行微表情识别培训，而那时他已经 71 岁高龄了<sup>[9]</sup>。他教辩护律师、健康专家、扑克选手，甚至对配偶心怀猜疑的人识破谎言，并且制作了网络课程。但他坦言人类对于微表情的识别能力终归是有限的，不仅要花费大量的人力和物力培训微表情识别专家，而且准确度不高，同时还伴有影响正常生活的风险<sup>[10]</sup>。Ekman 曾说自己的识谎能力影响到了日常生活，他从不试图去识破周围朋友、亲戚的微表情，“去揭露每个人的微表情，揭穿每个人的谎言，这只会让自己的生活痛苦万分”。

计算机的发明是为了帮助人类更好地处理人类不想去处理的任务，而识别人脸微表情这种会影响到日常生活的任务就是计算机存在的价值所在。而且当通过摄像机和计算机系统对待分析者分析时，不仅采集到的表情真实可靠（采集中采集对象并不知情，不存在任何干扰）而且通过计算机算法可以发现细微的人类无法察觉的表情变化，并且已经有大量的实验证明计算机的识别能力确实高于人类<sup>[11]</sup>。我们可以更好更快的训练计算机完成人类能够完成的任务，如人脸检测、人脸识别，同时我们还可以训练计算机执行我们无法完成的任务，如捕获肉眼难以察觉的细微信息<sup>[12]</sup>。

## 1.2 国内外研究现状

早期研究中，研究人员注重于测量或训练个体的微表情识别能力。Ekman 和 Friesen 在 1974 年制定了第一个微表情识别标准测验机制——BART（Brief Affect Recognition

Test)，但当时的微表情识别标准测验有着很大的缺陷，它所呈现的微表情是孤立的呈现，这与现实生活中微表情的动态呈现方式完全不相符，这样的测验没有任何生态效度<sup>[13,14]</sup>。1978年，Ekman发布了面部动作编码系统FACS(Facial Action Coding System)，他们将人脸部的肌肉划分为43块，将它们随机组合获得了1万多种表情，但其中只有3000种具有情感意义，Ekman等人又根据人脸解剖学特点，将这43块肌肉划分成相互独立又相互联系的运动单元(Action Unit, AU)，分析这些运动单元的运动特征和其所控制的主要区域，将这些信息与相关的表情匹配就能得出面部表情的标准运动<sup>[15]</sup>。为了克服BART的缺陷，Matsumoto等人在2000年开发了更完善的微表情识别测量工具(Japanese and Caucasian Brief Affect Recognition Test, JACBART)，该测验具有很好的可信度和严密的实验过程<sup>[16]</sup>。Ekman等人在2002年根据日本人与高加索人短暂表情识别测验开发出了一个新的微表情识别训练工具METT(Micro Expression Training Tool)，该训练工具有7种基本情绪的微表情，包括悲伤、恐惧、愤怒、厌恶、轻蔑、惊讶和高兴，METT被应用在多种人群和领域，且对微表情受训者的识别能力有明显的提升<sup>[17]</sup>。

除上述通过训练提升人工识别能力外自动地微表情识别系统也在如火如荼的发展中，研究者们已经开发出很多相关的算法，甚至在某些数据集的准确度可达90%以上，但这些数据集有个明显的缺点，所有的微表情均为摆拍(Posed)，这一缺点有其产生的必然性，但也严重违背了微表情的定义。为了解决这一问题，国内外的研究团队相继发表了自发微表情数据集，如中科院心理所分别在2013年和2014年发布了CASME<sup>[18]</sup>和CAMSE II<sup>[19]</sup>两个版本的数据集，后者比前者有着更高的时空分辨率和更多的数据量，但参与者全部为蒙古利亚人种(中国人)，在数据的多样性上有一定的不足；芬兰奥卢大学的CMVS团队在2013年发布了SMIC数据集<sup>[20]</sup>，包括8名高加索人种和8名蒙古利亚人种，同时数据集中包含了高速视频数据(High speed video, HS)、近红外视频数据(Near infrared videos, NIR)和普通彩色视频数据(Normal color video, VIS)；英国曼彻斯特城市大学在2017年发布了SAMM数据集<sup>[21]</sup>，是目前发表最新的数据集，包括了几乎全部的人种(蒙古利亚人种、高加索人种、尼格罗人种和大洋洲人种)和均衡的性别比，但其数据集只包含了高速灰度视频数据(见表1)。优秀的数据集提供了良好的实验基础，自动微表情识别系统的研究主要集中在微表情检测(Micro-expression Spotting)和微表情识别(Micro-expression Recognition)。

微表情的检测指在一个图像序列(视频帧)中自动的检测微表情发生的起始时间间隔。在论文[22]中，作者以3D梯度描述为依据，提出了一种基于3D梯度投影描述检测微表情关键帧的方法，对微表情的发现提供了开创性的贡献。Wu等人提出使用Gabor滤波器构建一个自动的微表情识别系统，他们在METT训练集上达到了很高的检测性

表 1 自发微表情数据集比较

	SMIC-HS	SMIC-subHS	SMIC-NIR	SMIC-VIS	CASME II	SAMM
微表情片段	164	71	71	71	247	159
参与者	16	8	8	8	26	32
分辨率	640 × 480	640 × 480	640 × 480	640 × 480	640 × 480	2040 × 1088
人脸分辨率	190 × 230	190 × 230	190 × 230	190 × 230	280 × 340	400 × 400
FPS	100	100	100	100	200	200
性别比 (F/M)	6/10	2/6	2/6	2/6	15/11	16/16
FACS	NO	NO	NO	NO	YES	YES
表情类	3	3	3	3	5	7
平均年龄 (SD)	26.7 (N/A)	26.7 (N/A)	26.7 (N/A)	26.7 (N/A)	22.03 (SD=1.6)	33.24 (SD=11.32)
人种	2	2	2	2	1	4

能<sup>[23]</sup>。Shreve 等人使用基于应变的光流方法检测宏观表情和微表情<sup>[24,25]</sup>。Li 等人提出将特征差异 (Feature Difference, FD) 比较和峰值检测 (Peak Detection, PD) 相结合检测微表情，这种方法是第一个用于真实微表情数据集检测微表情且行之有效的方法。

微表情的识别是指在一段已经被确认包含微表情的图像序列里区分该段微表情属于具体的哪一类（如快乐、悲伤、厌倦等）。Polikovsky 等人使用 3D 梯度描述符来识别 AU 标记的微表情，通过机器学习算法学习后分类<sup>[26]</sup>。Wu 等人结合 Gentleboost 和支持向量机 (Support Vector Machine, SVM) 分类器来识别来自 METT 的合成微表情样本。Pfister 等人将时间插值模型 (Temporal interpolation model, TIM) 和多核学习 (Multiple Kernel Learning, MKL) 结合捕获图像序列的主要变化，利用三正交平面的局部二值模型 (Local Binary Patterns on Three Orthogonal Planes, LBP-TOP) 特征提取符提取动态纹理特征<sup>[27]</sup>，再用随机森林 (Random forest, RF) 作为分类器分类，这是第一个基于真实的微表情数据集上提出的微表情识别方法，该方法在 SMIC 数据集的第一版上实现的识别准确度达 71.4% (两类分类)<sup>[28]</sup>。Ruiz-Hernandez 和 Pietikäinen 使用二阶高斯射流的重新参数化来生成更鲁棒的直方图，并且在 SMIC 数据集第一版上获得了更好的微表情识别结果<sup>[29]</sup>。Song 等人通过从面部和身体微弱运动中学习的稀疏编码来识别情绪，他们的微表情定义更加广泛，将身体部位（脸部除外）的姿势包括在内<sup>[30]</sup>。Wang 等人从张量独立色彩空间（不是普通 RGB, Tensor independent color space, TICS）中提取 LBP-TOP 特征来识别微表情<sup>[31]</sup>。Wang 等人的另一篇论文中将局部时空方向特征与鲁棒主成分分析 (Principal Component Analysis, PCA) 的稀疏部分相结合一起用于微表情识别，在 CASMEII 上达到了 65.4% 的准确度<sup>[32]</sup>。Huang 等人为了提高微表情的辨别力，提出一

种新的基于 Laplacian 的特征选择方法，在已发表的数据集中得到了很好的识别效果<sup>[33]</sup>。Liong 等人从光学应变量值得到一个时间段内人脸的细微相对位移量，并对局部特征赋予不同的权重，形成新的特征<sup>[34]</sup>。Li 等人将低强度的微表情视频经过欧拉视频放大，在三个正交平面上利用不同的特征提取符提取特征对微表情进行识别。随后的一段时间里大多都是在 LBP-TOP 特征提取符上做更改得到的变体版本，例如 Huang 等人通过在时空域中的积分投影获得被试者（目标）的形状属性，将人脸的形状属性与时空域上的纹理信息结合组成新的特征，即时空局部二值模式（Spatial-temporal local binary pattern, STLBP）<sup>[35]</sup>。Wang 等人提出了六交叉点的 LBP-TOP 微表情识别特征描述符（LBP-Six Intersection Points, SIP），该方法是为了减少 LBP-TOP 中的冗余信息<sup>[36]</sup>。Wang 等人在随后的一年里进一步的又提出了一种紧实的 LBP-TOP 描述符（Super-compact LBP-Three Mean Orthogonal Planes, MOP），MOP 所描述的紧实鲁棒形式不仅保留了基本模式而且减少了影响编码特征判别的冗余<sup>[37]</sup>。Hong 等人为提高 LBP-TOP 在时空信息上的计算效率，引入了张量的概念，这加速从三维空间到二维空间的实现过程<sup>[38]</sup>。Ngo 等人提出了一种用于微表情图像序列预处理的选择性转移机（Selective Transfer Machine, STM），用于解决数据库中不平衡和不同面部形态的问题<sup>[39]</sup>。Lu 等人发现微表情的图像序列在时空域中基于 Delaunay 三角归一化，提出了基于 Delaunay 的时间编码模型（Delaunay-based temporal coding model, DTCM）<sup>[40]</sup>。Oh 等人通过 Riesz 小波变换获得多尺度单原信号，提取其幅值、相位、方向特征组成新的特征描述符进行微表情识别<sup>[41]</sup>。Liu 等人提出了主方向平均光流法探索微表达的鉴别特征（Main direction Mean opticflow, MDMO），在利用鲁棒光流模型的同时考虑局部统计运动和空间位置信息<sup>[42]</sup>。Li 等人基于 LBP-TOP 的思想在三个正交平面上扩展了梯度方向直方图（HOG）和图像梯度方向直方图（HIGO）提出了 HOG-top 和 HIGO-top<sup>[11]</sup>。Xu 等人利用光流估计对微表情图像序列选择的粒度进行像素级对齐，得到主光流方向，将其作为精细的面部动态特征描述符<sup>[43]</sup>。He 等人提出了一种多任务的中层特征学习方法进行特征提取，该方法能够获得更具识别能力和泛化能力的中层特征<sup>[44]</sup>。近年来，一些研究者利用时下流行的深度学习算法从微表情中学习深度特征，但效果并不理想。主要原因是深度学习算法需要大量的训练样本，但当前数据集的规模非常有限<sup>[45]</sup>。

### 1.3 本文的研究内容

本文简单介绍了微表情识别的研究现状和基本方法，以及其不容小觑的应用价值。然而，目前的微表情研究都是基于高质量数据集的基础上展开的，例如 SMIC 数据集的人脸分辨率为  $190 \times 230$  像素，最新发布的 SAMM 数据集的人脸分辨率达到  $400 \times 400$

像素之高，但在实际应用中由于图像采集设备的机能限制，难免会遇到低像素的视频数据，这严重影响了几乎所有的微表情识别算法的性能，为了解决这一问题，本文提出了专门针对低分辨率环境下的微表情识别方法：按照常规方法对视频做预处理，然后再使用超分辨重建技术从低维图像中近似的重建出高维图像<sup>[46]</sup>，对重建出的高维图像进行微表情识别，最后比较重建后的微表情识别效率与未重建前的低维图像的识别效率，同时分别从传统机器学习和深度学习两个角度介绍了系统框架和识别结果。

本文共分为六章，内容具体安排如下：

第一章：绪论。阐述了微表情研究的背景及意义，概括了国内外最新的微表情研究现状，最后对文章的整体结构做出安排；

第二章：相关工作。简单介绍了微表情的概念和微表情数据集，总结了微表情识别在传统方法和深度学习方法的进展，阐述了低分辨率微表情的识别的意义和最新进展；

第三章：基于传统方法的低分辨率环境下微表情识别的研究。主要介绍了人脸对齐与分割，其中包括对单一目标检测中主动形状模型（Active Shape Model, ASM）准确度的算法改进，图像序列的超分辨重建，LBP-TOP 和 SVM；

第四章：基于深度学习的低分辨率环境下微表情识别的研究。主要介绍了伪 3D 残差网络（Pseudo-3D Residual Networks, P3D ResNet），数据增强以及实验分析；

第五章：低分辨率环境下微表情识别可视系统。通过对需求分析设计出系统的时序图和功能图，最后设计出功能完善的可视化系统；

第六章：总结与展望。总结全文的工作，分析不足和展望未来前景。



## 第二章 相关工作

为方便使用及更好地展示  $\text{\LaTeX}$  排版的优秀特性, `ucasthesys` 的框架和文件体系进行了细致地处理, 尽可能地对各个功能和板块进行了模块化和封装, 对于初学者来说, 众多的文件目录也许一开始让人觉得有些无所适从, 但阅读完下面的使用说明后, 会发现原来使用思路是简单而清晰的, 而且, 当对  $\text{\LaTeX}$  有一定的认识和了解后, 会发现其相对 Word 类排版系统极具吸引力的优秀特性。所以, 如果是初学者, 请不要退缩, 请稍加尝试和坚持, 以领略到  $\text{\LaTeX}$  的非凡魅力, 并可以通过阅读相关资料如  $\text{\LaTeX}$  Wikibook<sup>[47]</sup> 来完善自己的使用知识。

### 2.1 先试试效果

1. 安装软件: 根据所用操作系统和章节 1.2 中的信息安装  $\text{\LaTeX}$  编译环境。
2. 获取模板: 下载 `ucasthesys` 模板并解压。`ucasthesys` 模板不仅提供了相应的类文件, 同时也提供了包括参考文献等在内的完成学位论文的一切要素, 所以, 下载时, 推荐下载整个 `ucasthesys` 文件夹, 而不是单独的文档类。
3. 编译模板:
  - (a) Windows: 双击运行 `artratex.bat` 脚本。
  - (b) Linux 或 MacOS: `terminal -> chmod +x ./artratex.sh -> ./artratex.sh xa`
  - (c) 任意系统: 都可使用  $\text{\LaTeX}$  编辑器打开 `Thesis.tex` 文件并选择 `xelatex` 编译引擎进行编译。
4. 错误处理: 若编译中遇到了问题, 请先查看“常见问题”(章节 5.4)。

编译完成即可获得本 PDF 说明文档。而这也完成了学习使用 `ucasthesys` 撰写论文的一半进程。什么? 这就学成一半了, 这么简单???, 是的, 就这么简单!

### 2.2 文档目录简介

#### 2.2.1 Thesis.tex

`Thesis.tex` 为主文档, 其设计和规划了论文的整体框架, 通过对其的阅读可以了解整个论文框架的搭建。

#### 2.2.2 编译脚本

- Windows: 双击 Dos 脚本 `artratex.bat` 可得全编译后的 PDF 文档, 其存在是为了帮助不了解  $\text{\LaTeX}$  编译过程的初学者跨过编译这第一道坎, 请勿通过邮件传播和接收此脚

本，以防范 Dos 脚本的潜在风险。

- Linux 或 MacOS：在 terminal 中运行
  - ./artratex.sh xa：获得全编译后的 PDF 文档
  - ./artratex.sh x：快速编译模式
- 全编译指运行 `xelatex+bibtex+xelatex+xelatex` 以正确生成所有的引用链接，如目录，参考文献及引用等。在写作过程中若无添加新的引用，则可用快速编译，即只运行一遍 LATEX 编译引擎以减少编译时间。

### 2.2.3 Tmp 文件夹

运行编译脚本后，编译所生成的文档皆存于 Tmp 文件夹内，包括编译得到的 PDF 文档，其存在是为了保持工作空间的整洁，因为好的心情是很重要的。

### 2.2.4 Style 文件夹

包含 `ucasthesis` 文档类的定义文件和配置文件，通过对它们的修改可以实现特定的模版设定。若需更新模板，一般只需用新的样式文件替换旧的即可。

1. `ucasthesis.cls`: 文档类定义文件，论文的最核心的格式即通过它来定义的。
2. `ucasthesis.cfg`: 文档类配置文件，设定如目录显示为“目录”而非“目录”。
3. `artratex.sty`: 常用宏包及文档设定，如参考文献样式、文献引用样式、页眉页脚设定等。这些功能具有开关选项，常只需在 `Thesis.tex` 中的如下命令中进行启用即可，一般无需修改 `artratex.sty` 本身。

```
\usepackage [options] {artratex}
```

4. `artracom.sty`: 自定义命令以及添加宏包的推荐放置位置。

### 2.2.5 Tex 文件夹

文件夹内为论文的所有实体内容，正常情况下，这也是使用 `ucasthesis` 撰写学文论文时，主要关注和修改的一个位置，注：所有文件都必须采用 UTF-8 编码，否则编译后将出现乱码文本，详细分类介绍如下：

- `Frontpage.tex`: 为论文中英文封面及中英文摘要。论文封面会根据英文学位名称如 **Bachelor**, **Master**, 或是 **Doctor** 自动切换为相应的格式。
- `Mainmatter.tex`: 索引需要出现的 Chapter。开始写论文时，可以只索引当前章节，以快速编译查看，当论文完成后，再对所有章节进行索引即可。
- `Chap_xxx.tex`: 为论文主体的各个章节，可根据需要添加和撰写。
- `Appendix.tex`: 为附录内容
- `Backmatter.tex`: 为发表文章信息和致谢部分等。

### 2.2.6 Img 文件夹

用于放置论文中所需要的图类文件,支持格式有:.jpg,.png,.pdf。其中,ucas\_logo.pdf为国科大校徽。不建议为各章节图片建子目录,即使图片众多,若命名规则合理,图片查询亦是十分方便。

### 2.2.7 Biblio 文件夹

1. ref.bib: 参考文献信息库。
2. gbt7714-xxx.bst: 符合国标的文献样式定义文件。由 zepinglee 开发,并满足最新国标要求。与文献样式有关的问题,请查阅开发者所提供的文档,并建议适当追踪其更新。

## 2.3 数学公式、图表、参考文献等功能

### 2.3.1 数学公式

比如 Navier-Stokes 方程:

$$\begin{cases} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{V}) = 0 & \text{times font test} \\ \frac{\partial(\rho \mathbf{V})}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{V} \mathbf{V}) = \nabla \cdot \boldsymbol{\sigma} & \text{times font test} \\ \frac{\partial(\rho E)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho E \mathbf{V}) = \nabla \cdot (k \nabla T) + \nabla \cdot (\boldsymbol{\sigma} \cdot \mathbf{V}) \end{cases} \quad (2.1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{\Omega} u \, d\Omega + \int_S \mathbf{n} \cdot (u \mathbf{V}) \, dS = \dot{\phi} \quad (2.2)$$

数学公式常用命令请见 WiKibook Mathematics。artracom.sty 中对一些常用数据类型如矢量矩阵等进行了封装,这样的好处是如有一天需要修改矢量的显示形式,只需单独修改 artracom.sty 中的矢量定义即可实现全文档的修改。

### 2.3.2 表格

请见表 5。制表的更多范例,请见 WiKibook Tables。

表 2 这是一个样表

Row number	This is a multicolumn						
Row 1	1	2	4	5	6	7	8
Row 2	1	2	4	5	6	7	8
Row 3	1	2	4	5	6	7	8
Row 4	1	2	4	5	6	7	8

### 2.3.3 图片插入

论文中图片的插入通常分为单图和多图，下面分别加以介绍：

单图插入：假设插入名为tc\_q\_criteria（后缀可以为.jpg、.png、.pdf，下同）的图片，其效果如图10。

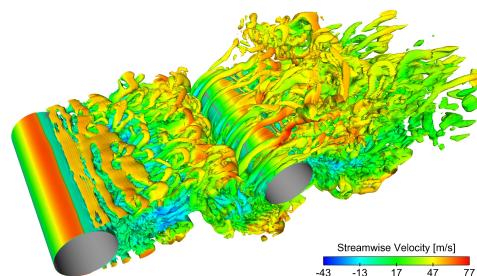


图1 Q判据等值面图，同时测试一下一个很长的标题，比如这真的是一个很长很长很长很长很长很长很长的标题

如果插图的空白区域过大，以图片shock\_cyn为例，自动裁剪如图11。

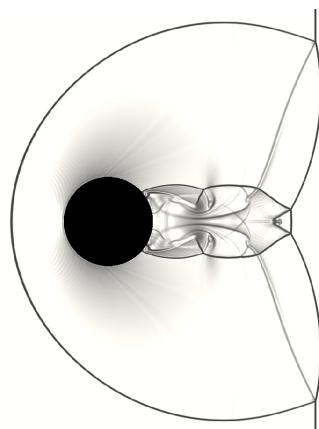


图2 激波圆柱作用

多图的插入如图12，多图不应在子图中给文本子标题，只要给序号，并在主标题中进行引用说明。

### 2.3.4 算法

如见算法4，详细使用方法请参见文档 algorithmicx。

### 2.3.5 参考文献引用

参考文献引用过程以实例进行介绍，假设需要引用名为”Document Preparation System”的文献，步骤如下：

1) 使用 Google Scholar 搜索 Document Preparation System，在目标条目下点击 Cite，展开后选择 Import into BibTeX 打开此文章的 BibTeX 索引信息，将它们 copy 添加到 ref.bib 文件中（此文件位于 Biblio 文件夹下）。

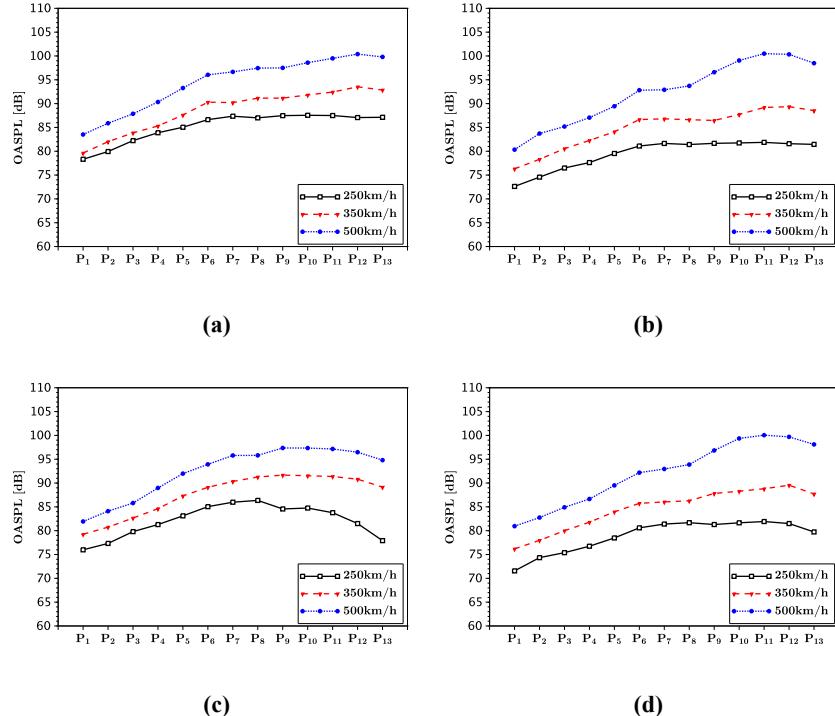


图 3 总声压级。 (a) 这是子图说明信息, (b) 这是子图说明信息, (c) 这是子图说明信息, (d) 这是子图说明信息

---

**Algorithm 1** Euclid's algorithm

---

```

1: procedure EUCLID( $a, b$ ) ▷ The g.c.d. of a and b
2:    $r \leftarrow a \bmod b$ 
3:   while  $r \neq 0$  do ▷ We have the answer if r is 0
4:      $a \leftarrow b$ 
5:      $b \leftarrow r$ 
6:      $r \leftarrow a \bmod b$ 
7:   end while
8:   return  $b$  ▷ The gcd is b
9: end procedure

```

---

2) 索引第一行 `\@article{lamport1986document}`, 中 `lamport1986document` 即为此文献的 label (中文文献也必须使用英文 label, 一般遵照: 姓氏拼音 + 年份 + 标题第一字拼音的格式), 想要在论文中索引此文献, 有两种索引类型:

文本类型: `\citet{lamport1986document}`。正如此处所示 Leslie<sup>[48]</sup>;

括号类型: `\citep{lamport1986document}`。正如此处所示<sup>[48]</sup>。

### 多文献索引用英文逗号隔开:

`\citemp{lamport1986document, chu2004tushu, chen2005zhulu}`。正如此处所示<sup>[48-50]</sup>

更多例子如:

Walls et al.<sup>[51]</sup> 根据... 的研究, 首次提出...。其中关于...<sup>[51]</sup>, 是当前中国... 得到迅速发展的研究领域<sup>[52]</sup>。引用同一著者在同一年份出版的多篇文献时, 在出版年份之后用英文小写字母区别, 如:<sup>[53? ?]</sup>。同一处引用多篇文献时, 按出版年份由近及远依次标注, 中间用分号分开。例如<sup>[52,54-56]</sup>。

使用著者-出版年制 (authoryear) 式参考文献样式时, 中文文献必须在 BibTeX 索引信息的 **key** 域 (请参考 `ref.bib` 文件) 填写作者姓名的拼音, 才能使得文献列表按照拼音排序。参考文献表中的条目 (不排序号), 先按语种分类排列, 语种顺序是: 中文、日文、英文、俄文、其他文种。然后, 中文按汉语拼音字母顺序排列, 日文按第一著者的姓氏笔画排序, 西文和俄文按第一著者姓氏首字母顺序排列。如中<sup>[56]</sup>、日<sup>[57]</sup>、英<sup>[54]</sup>、俄<sup>[58]</sup>。

如此, 即完成了文献的索引, 请查看下本文档的参考文献一章, 看看是不是就是这么简单呢? 是的, 就是这么简单!

不同文献样式和引用样式, 如著者-出版年制 (authoryear)、顺序编码制 (numbers)、上标顺序编码制 (super) 可在 `Thesis.tex` 中对 `artratex.sty` 调用实现, 如:

- `\usepackage[numbers]{artratex}` % 文本: Jones [1]; 括号: [1]
- `\usepackage[super]{artratex}` % 文本: Jones 上标 [1]; 括号: 上标 [1]
- `\usepackage[authoryear]{artratex}` % 文本: Jones (1995); 括号: (Jones, 1995)
- `\usepackage[alpha]{artratex}` % 文本: 不可用; 括号: [Jon95]

当前文档的默认参考文献样式为 **authoryear**。若在上标 (**super**) 模式下, 希望在特定位置将上标改为嵌入式标, 可使用

文本类型: `\citetns{lamport1986document, chen2005zhulu}`。

正如此处所示 Leslie<sup>[48]</sup>, 陈浩元<sup>[50]</sup>

括号类型: `\citepns{lamport1986document, chen2005zhulu}`。

正如此处所示<sup>[48, 50]</sup>

参考文献索引更为详细的信息, 请见 `zepinglee` 和 `WiKibook Bibliography`。

## 2.4 常见使用问题

1. 模板每次发布前，都已在 Windows, Linux, MacOS 系统上测试通过。下载模板后，若编译出现错误，则请见 `ucasthesist` 和 `LATEX` 知识小站的 编译指南。

2. 模板文档的编码为 UTF-8 编码。所有文件都必须采用 UTF-8 编码，否则编译后生成的文档将出现乱码文本。若出现文本编辑器无法打开文档或打开文档乱码的问题，请检查编辑器对 UTF-8 编码的支持。如果使用 WinEdt 作为文本编辑器（不推荐使用），应在其 Options -> Preferences -> wrapping 选项卡下将两种 Wrapping Modes 中的内容：

`TeX;HTML;ANSI;ASCII|DTX...`

修改为： `TeX;UTF-8|ACP;HTML;ANSI;ASCII|DTX...`

同时，取消 Options -> Preferences -> Unicode 中的 Enable ANSI Format。

3. 推荐选择 `xelatex` 或 `lualatex` 编译引擎编译中文文档。编译脚本的默认设定为 `xelatex` 编译引擎。你也可以选择不使用脚本编译，如直接使用 `LATEX` 文本编辑器编译。  
注：`LATEX` 文本编辑器编译的默认设定为 `pdflatex` 编译引擎，若选择 `xelatex` 或 `lualatex` 编译引擎，请进入下拉菜单选择。为正确生成引用链接，需要进行全编译。

### 4. Texmaker 使用简介

(a) 使用 Texmaker “打开 (Open)” Thesis.tex。

(b) 菜单“选项 (Options)”->“设置当前文档为主文档 (Define as Master Document)”

(c) 菜单“自定义 (User)”->“自定义命令 (User Commands)”->“编辑自定义命令 (Edit User Commands)”->左侧选择“command 1”，右侧“菜单项 (Menu Item)”填入 Auto Build ->点击下方“向导 (Wizard)”->“添加 (Add)”  
: `xelatex + bibtex + xelatex + xelatex + pdf viewer` -> 点击“完成 (OK)”

(d) 使用 Auto Build 编译带有未生成引用链接的源文件，可以仅使用 `xelatex` 编译带有已经正确生成引用链接的源文件。

(e) 编译完成，“查看 (View)” PDF，在 PDF 中“ctrl+click”可链接到相对应的源文件。

### 5. 模版的设计可能地考虑了适应性。致谢等所有条目都是通过最为通用的

`\chapter{item name}` and `\section*{item name}`

来显式实现的(请观察 Backmatter.tex)，从而可以随意添加，放置，和修改，如同一般章节。对于图表目录名称则可在 `ucasthesist.cfg` 中进行修改。

### 6. 设置文档样式: 在 artratex.sty 中搜索关键字定位相应命令，然后修改

(a) 正文行距: 启用和设置 `\linespread{1.5}`，默认 1.5 倍行距。

(b) 参考文献行距: 修改 `\setlength{\bibsep}{0.0ex}`

(c) 目录显示级数: 修改 `\setcounter{tocdepth}{2}`

(d) 文档超链接的颜色及其显示: 修改 `\hypersetup`

### 7. 文档内字体切换方法:

- 宋体：国科大论文模板 `ucasthesist` 或 国科大论文模板 `ucasthesist`

- 粗宋体：国科大论文模板 `ucasthesia` 或 国科大论文模板 `ucasthesia`
- 黑体：国科大论文模板 `ucasthesia` 或 国科大论文模板 `ucasthesia`
- 粗黑体：国科大论文模板 `ucasthesia` 或 国科大论文模板 `ucasthesia`
- 仿宋：国科大论文模板 `ucasthesia` 或 国科大论文模板 `ucasthesia`
- 粗仿宋：国科大论文模板 `ucasthesia` 或 国科大论文模板 `ucasthesia`
- 楷体：国科大论文模板 `ucasthesia` 或 国科大论文模板 `ucasthesia`
- 粗楷体：国科大论文模板 `ucasthesia` 或 国科大论文模板 `ucasthesia`

8. 封面下划线上的文本不居中下划线，这是因为下划线前面还有字头，导致文本只能在页面居中和在下划线上居中二选一。当前封面采取页面居中。如需要调整文本在下划线上的位置，可用 `\hspace{+/- n.0em}` 命令来插入或删除 n 个空格，进行手动调整，比如

```
\advisor{\hspace{+3.0em} xxx~研究员~xxx单位}
```

有时下划线看上去粗细不一致，这是显示的问题，打印正常。

## 第三章 个人研究

为方便使用及更好地展示  $\text{\LaTeX}$  排版的优秀特性，`ucasthesys` 的框架和文件体系进行了细致地处理，尽可能地对各个功能和板块进行了模块化和封装，对于初学者来说，众多的文件目录也许一开始让人觉得有些无所适从，但阅读完下面的使用说明后，会发现原来使用思路是简单而清晰的，而且，当对  $\text{\LaTeX}$  有一定的认识和了解后，会发现其相对 Word 类排版系统极具吸引力的优秀特性。所以，如果是初学者，请不要退缩，请稍加尝试和坚持，以领略到  $\text{\LaTeX}$  的非凡魅力，并可以通过阅读相关资料如  $\text{\LaTeX}$  Wikibook<sup>[47]</sup> 来完善自己的使用知识。

### 3.1 先试试效果

1. 安装软件：根据所用操作系统和章节 1.2 中的信息安装  $\text{\LaTeX}$  编译环境。
2. 获取模板：下载 `ucasthesys` 模板并解压。`ucasthesys` 模板不仅提供了相应的类文件，同时也提供了包括参考文献等在内的完成学位论文的一切要素，所以，下载时，推荐下载整个 `ucasthesys` 文件夹，而不是单独的文档类。
3. 编译模板：
  - (a) Windows：双击运行 `artratex.bat` 脚本。
  - (b) Linux 或 MacOS：`terminal -> chmod +x ./artratex.sh -> ./artratex.sh xa`
  - (c) 任意系统：都可使用  $\text{\LaTeX}$  编辑器打开 `Thesis.tex` 文件并选择 `xelatex` 编译引擎进行编译。
4. 错误处理：若编译中遇到了问题，请先查看“常见问题”（章节 5.4）。

编译完成即可获得本 PDF 说明文档。而这也完成了学习使用 `ucasthesys` 撰写论文的一半进程。什么？这就学成一半了，这么简单??，是的，就这么简单！

### 3.2 文档目录简介

#### 3.2.1 Thesis.tex

`Thesis.tex` 为主文档，其设计和规划了论文的整体框架，通过对其的阅读可以了解整个论文框架的搭建。

#### 3.2.2 编译脚本

- Windows：双击 Dos 脚本 `artratex.bat` 可得全编译后的 PDF 文档，其存在是为了帮助不了解  $\text{\LaTeX}$  编译过程的初学者跨过编译这第一道坎，请勿通过邮件传播和接收此脚

本，以防范 Dos 脚本的潜在风险。

- Linux 或 MacOS: 在 terminal 中运行
  - ./artratex.sh xa: 获得全编译后的 PDF 文档
  - ./artratex.sh x: 快速编译模式
- 全编译指运行 `xelatex+bibtex+xelatex+xelatex` 以正确生成所有的引用链接，如目录，参考文献及引用等。在写作过程中若无添加新的引用，则可用快速编译，即只运行一遍 LATEX 编译引擎以减少编译时间。

### 3.2.3 Tmp 文件夹

运行编译脚本后，编译所生成的文档皆存于 Tmp 文件夹内，包括编译得到的 PDF 文档，其存在是为了保持工作空间的整洁，因为好的心情是很重要的。

### 3.2.4 Style 文件夹

包含 `ucasthesis` 文档类的定义文件和配置文件，通过对它们的修改可以实现特定的模版设定。若需更新模板，一般只需用新的样式文件替换旧的即可。

1. `ucasthesist.cls`: 文档类定义文件，论文的最核心的格式即通过它来定义的。
2. `ucasthesist.cfg`: 文档类配置文件，设定如目录显示为“目录”而非“目录”。
3. `artratex.sty`: 常用宏包及文档设定，如参考文献样式、文献引用样式、页眉页脚设定等。这些功能具有开关选项，常只需在 `Thesis.tex` 中的如下命令中进行启用即可，一般无需修改 `artratex.sty` 本身。

```
\usepackage [options] {artratex}
```

4. `artracom.sty`: 自定义命令以及添加宏包的推荐放置位置。

### 3.2.5 Tex 文件夹

文件夹内为论文的所有实体内容，正常情况下，这也是使用 `ucasthesist` 撰写学文论文时，主要关注和修改的一个位置，注：所有文件都必须采用 UTF-8 编码，否则编译后将出现乱码文本，详细分类介绍如下：

- `Frontpage.tex`: 为论文中英文封面及中英文摘要。论文封面会根据英文学位名称如 **Bachelor**, **Master**, 或是 **Doctor** 自动切换为相应的格式。
- `Mainmatter.tex`: 索引需要出现的 Chapter。开始写论文时，可以只索引当前章节，以快速编译查看，当论文完成后，再对所有章节进行索引即可。
- `Chap_xxx.tex`: 为论文主体的各个章节，可根据需要添加和撰写。
- `Appendix.tex`: 为附录内容
- `Backmatter.tex`: 为发表文章信息和致谢部分等。

### 3.2.6 Img 文件夹

用于放置论文中所需要的图类文件,支持格式有:.jpg,.png,.pdf。其中,ucas\_logo.pdf为国科大校徽。不建议为各章节图片建子目录,即使图片众多,若命名规则合理,图片查询亦是十分方便。

### 3.2.7 Biblio 文件夹

1. ref.bib: 参考文献信息库。
2. gbt7714-xxx.bst: 符合国标的文献样式定义文件。由 zepinglee 开发,并满足最新国标要求。与文献样式有关的问题,请查阅开发者所提供的文档,并建议适当追踪其更新。

## 3.3 数学公式、图表、参考文献等功能

### 3.3.1 数学公式

比如 Navier-Stokes 方程:

$$\begin{cases} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{V}) = 0 & \text{times font test} \\ \frac{\partial(\rho \mathbf{V})}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{V} \mathbf{V}) = \nabla \cdot \boldsymbol{\sigma} & \text{times font test} \\ \frac{\partial(\rho E)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho E \mathbf{V}) = \nabla \cdot (k \nabla T) + \nabla \cdot (\boldsymbol{\sigma} \cdot \mathbf{V}) \end{cases} \quad (3.1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{\Omega} u \, d\Omega + \int_S \mathbf{n} \cdot (u \mathbf{V}) \, dS = \dot{\phi} \quad (3.2)$$

数学公式常用命令请见 WiKibook Mathematics。artracom.sty 中对一些常用数据类型如矢量矩阵等进行了封装,这样的好处是如有一天需要修改矢量的显示形式,只需单独修改 artracom.sty 中的矢量定义即可实现全文档的修改。

### 3.3.2 表格

请见表 5。制表的更多范例,请见 WiKibook Tables。

表 3 这是一个样表

Row number	This is a multicolumn						
Row 1	1	2	4	5	6	7	8
Row 2	1	2	4	5	6	7	8
Row 3	1	2	4	5	6	7	8
Row 4	1	2	4	5	6	7	8

### 3.3.3 图片插入

论文中图片的插入通常分为单图和多图，下面分别加以介绍：

单图插入：假设插入名为tc\_q\_criteria（后缀可以为.jpg、.png、.pdf，下同）的图片，其效果如图10。

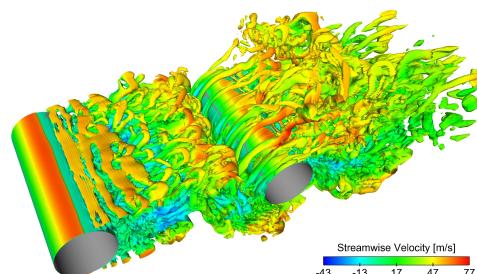


图4 Q判据等值面图，同时测试一下一个很长的标题，比如这真的是一个很长很长很长很长很长很长很长的标题

如果插图的空白区域过大，以图片shock\_cyn为例，自动裁剪如图11。

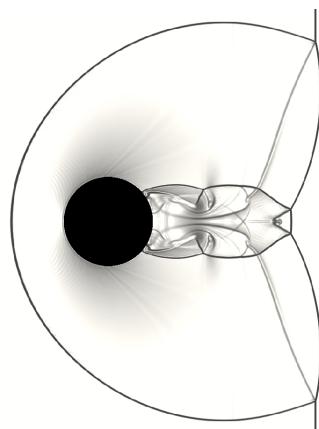


图5 激波圆柱作用

多图的插入如图12，多图不应在子图中给文本子标题，只要给序号，并在主标题中进行引用说明。

### 3.3.4 算法

如见算法4，详细使用方法请参见文档 algorithmicx。

### 3.3.5 参考文献引用

参考文献引用过程以实例进行介绍，假设需要引用名为”Document Preparation System”的文献，步骤如下：

- 1) 使用 Google Scholar 搜索 Document Preparation System，在目标条目下点击 Cite，展开后选择 Import into BibTeX 打开此文章的 BibTeX 索引信息，将它们 copy 添加到 ref.bib 文件中（此文件位于 Biblio 文件夹下）。

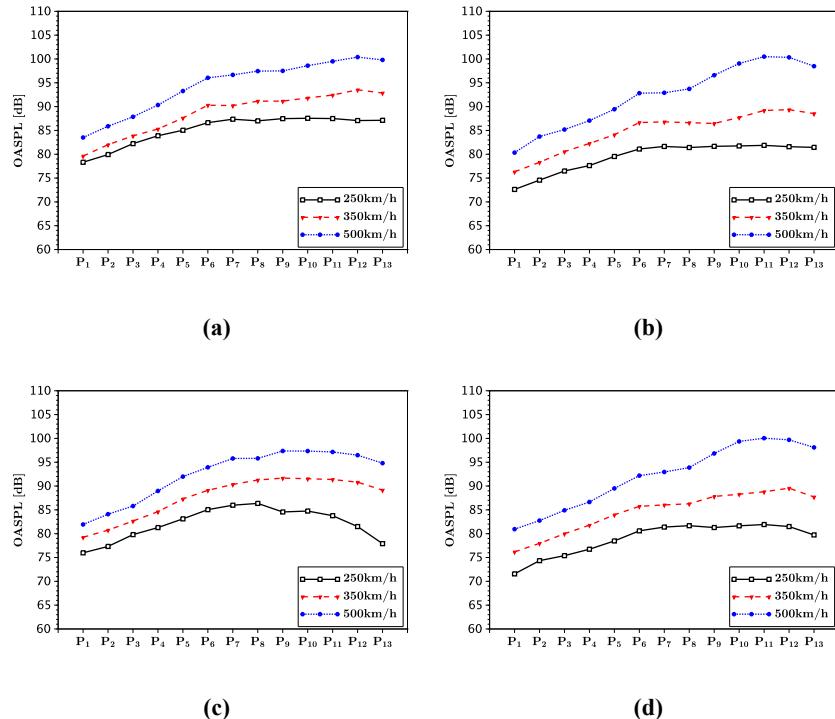


图 6 总声压级。 (a) 这是子图说明信息, (b) 这是子图说明信息, (c) 这是子图说明信息, (d) 这是子图说明信息

---

**Algorithm 2** Euclid's algorithm

---

```

1: procedure EUCLID( $a, b$ ) ▷ The g.c.d. of a and b
2:    $r \leftarrow a \bmod b$ 
3:   while  $r \neq 0$  do ▷ We have the answer if r is 0
4:      $a \leftarrow b$ 
5:      $b \leftarrow r$ 
6:      $r \leftarrow a \bmod b$ 
7:   end while
8:   return  $b$  ▷ The gcd is b
9: end procedure

```

---

2) 索引第一行 `\@article{lamport1986document}`, 中 `lamport1986document` 即为此文献的 label (中文文献也必须使用英文 label, 一般遵照: 姓氏拼音 + 年份 + 标题第一字拼音的格式), 想要在论文中索引此文献, 有两种索引类型:

文本类型: `\citet{lamport1986document}`。正如此处所示 Leslie<sup>[48]</sup>;

括号类型: `\citep{lamport1986document}`。正如此处所示<sup>[48]</sup>。

### 多文献索引用英文逗号隔开:

`\citemp{lamport1986document, chu2004tushu, chen2005zhulu}`。正如此处所示<sup>[48-50]</sup>

更多例子如:

Walls et al.<sup>[51]</sup> 根据... 的研究, 首次提出...。其中关于...<sup>[51]</sup>, 是当前中国... 得到迅速发展的研究领域<sup>[52]</sup>。引用同一著者在同一年份出版的多篇文献时, 在出版年份之后用英文小写字母区别, 如:<sup>[53? ?]</sup>。同一处引用多篇文献时, 按出版年份由近及远依次标注, 中间用分号分开。例如<sup>[52,54-56]</sup>。

使用著者-出版年制 (authoryear) 式参考文献样式时, 中文文献必须在 BibTeX 索引信息的 **key** 域 (请参考 `ref.bib` 文件) 填写作者姓名的拼音, 才能使得文献列表按照拼音排序。参考文献表中的条目 (不排序号), 先按语种分类排列, 语种顺序是: 中文、日文、英文、俄文、其他文种。然后, 中文按汉语拼音字母顺序排列, 日文按第一著者的姓氏笔画排序, 西文和俄文按第一著者姓氏首字母顺序排列。如中<sup>[56]</sup>、日<sup>[57]</sup>、英<sup>[54]</sup>、俄<sup>[58]</sup>。

如此, 即完成了文献的索引, 请查看下本文档的参考文献一章, 看看是不是就是这么简单呢? 是的, 就是这么简单!

不同文献样式和引用样式, 如著者-出版年制 (authoryear)、顺序编码制 (numbers)、上标顺序编码制 (super) 可在 `Thesis.tex` 中对 `artratex.sty` 调用实现, 如:

- `\usepackage[numbers]{artratex}` % 文本: Jones [1]; 括号: [1]
- `\usepackage[super]{artratex}` % 文本: Jones 上标 [1]; 括号: 上标 [1]
- `\usepackage[authoryear]{artratex}` % 文本: Jones (1995); 括号: (Jones, 1995)
- `\usepackage[alpha]{artratex}` % 文本: 不可用; 括号: [Jon95]

当前文档的默认参考文献样式为 **authoryear**。若在上标 (**super**) 模式下, 希望在特定位置将上标改为嵌入式标, 可使用

文本类型: `\citetns{lamport1986document, chen2005zhulu}`。

正如此处所示 Leslie<sup>[48]</sup>, 陈浩元<sup>[50]</sup>

括号类型: `\citepns{lamport1986document, chen2005zhulu}`。

正如此处所示<sup>[48, 50]</sup>

参考文献索引更为详细的信息, 请见 `zepinglee` 和 `WiKibook Bibliography`。

### 3.4 常见使用问题

1. 模板每次发布前，都已在 Windows, Linux, MacOS 系统上测试通过。下载模板后，若编译出现错误，则请见 `ucasthesist` 和 `LATEX` 知识小站的 编译指南。

2. 模板文档的编码为 UTF-8 编码。所有文件都必须采用 UTF-8 编码，否则编译后生成的文档将出现乱码文本。若出现文本编辑器无法打开文档或打开文档乱码的问题，请检查编辑器对 UTF-8 编码的支持。如果使用 WinEdt 作为文本编辑器（不推荐使用），应在其 Options -> Preferences -> wrapping 选项卡下将两种 Wrapping Modes 中的内容：

`TeX;HTML;ANSI;ASCII|DTX...`

修改为： `TeX;UTF-8|ACP;HTML;ANSI;ASCII|DTX...`

同时，取消 Options -> Preferences -> Unicode 中的 Enable ANSI Format。

3. 推荐选择 `xelatex` 或 `lualatex` 编译引擎编译中文文档。编译脚本的默认设定为 `xelatex` 编译引擎。你也可以选择不使用脚本编译，如直接使用 `LATEX` 文本编辑器编译。  
注：`LATEX` 文本编辑器编译的默认设定为 `pdflatex` 编译引擎，若选择 `xelatex` 或 `lualatex` 编译引擎，请进入下拉菜单选择。为正确生成引用链接，需要进行全编译。

#### 4. Texmaker 使用简介

(a) 使用 Texmaker “打开 (Open)” Thesis.tex。

(b) 菜单“选项 (Options)”->“设置当前文档为主文档 (Define as Master Document)”

(c) 菜单“自定义 (User)”->“自定义命令 (User Commands)”->“编辑自定义命令 (Edit User Commands)”->左侧选择“command 1”，右侧“菜单项 (Menu Item)”填入 Auto Build ->点击下方“向导 (Wizard)”->“添加 (Add)”  
: `xelatex + bibtex + xelatex + xelatex + pdf viewer` -> 点击“完成 (OK)”

(d) 使用 Auto Build 编译带有未生成引用链接的源文件，可以仅使用 `xelatex` 编译带有已经正确生成引用链接的源文件。

(e) 编译完成，“查看 (View)” PDF，在 PDF 中“ctrl+click”可链接到相对应的源文件。

#### 5. 模版的设计可能地考虑了适应性。致谢等所有条目都是通过最为通用的

`\chapter{item name}` and `\section*{item name}`

来显式实现的(请观察 Backmatter.tex)，从而可以随意添加，放置，和修改，如同一般章节。对于图表目录名称则可在 `ucasthesist.cfg` 中进行修改。

#### 6. 设置文档样式: 在 artratex.sty 中搜索关键字定位相应命令，然后修改

(a) 正文行距: 启用和设置 `\linespread{1.5}`，默认 1.5 倍行距。

(b) 参考文献行距: 修改 `\setlength{\bibsep}{0.0ex}`

(c) 目录显示级数: 修改 `\setcounter{tocdepth}{2}`

(d) 文档超链接的颜色及其显示: 修改 `\hypersetup`

#### 7. 文档内字体切换方法:

- 宋体：国科大论文模板 `ucasthesist` 或 国科大论文模板 `ucasthesist`

- 粗宋体：国科大论文模板 **ucasthesia** 或 国科大论文模板 **ucasthesia**
- 黑体：国科大论文模板 **ucasthesia** 或 国科大论文模板 **ucasthesia**
- 粗黑体：**国科大论文模板 ucasthesia** 或 **国科大论文模板 ucasthesia**
- 仿宋：国科大论文模板 **ucasthesia** 或 国科大论文模板 **ucasthesia**
- 粗仿宋：国科大论文模板 **ucasthesia** 或 国科大论文模板 **ucasthesia**
- 楷体：国科大论文模板 **ucasthesia** 或 国科大论文模板 **ucasthesia**
- 粗楷体：**国科大论文模板 ucasthesia** 或 **国科大论文模板 ucasthesia**

8. 封面下划线上的文本不居中下划线，这是因为下划线前面还有字头，导致文本只能在页面居中和在下划线上居中二选一。当前封面采取页面居中。如需要调整文本在下划线上的位置，可用 `\hspace{+/- n.0em}` 命令来插入或删除 n 个空格，进行手动调整，比如

```
\advisor{\hspace{+3.0em} xxx~研究员~xxx单位}
```

有时下划线看上去粗细不一致，这是显示的问题，打印正常。

## 第四章 系统设计

为方便使用及更好地展示  $\text{\LaTeX}$  排版的优秀特性, `ucasthesys` 的框架和文件体系进行了细致地处理, 尽可能地对各个功能和板块进行了模块化和封装, 对于初学者来说, 众多的文件目录也许一开始让人觉得有些无所适从, 但阅读完下面的使用说明后, 会发现原来使用思路是简单而清晰的, 而且, 当对  $\text{\LaTeX}$  有一定的认识和了解后, 会发现其相对 Word 类排版系统极具吸引力的优秀特性。所以, 如果是初学者, 请不要退缩, 请稍加尝试和坚持, 以领略到  $\text{\LaTeX}$  的非凡魅力, 并可以通过阅读相关资料如  $\text{\LaTeX}$  Wikibook<sup>[47]</sup> 来完善自己的使用知识。

### 4.1 先试试效果

1. 安装软件: 根据所用操作系统和章节 1.2 中的信息安装  $\text{\LaTeX}$  编译环境。
2. 获取模板: 下载 `ucasthesys` 模板并解压。`ucasthesys` 模板不仅提供了相应的类文件, 同时也提供了包括参考文献等在内的完成学位论文的一切要素, 所以, 下载时, 推荐下载整个 `ucasthesys` 文件夹, 而不是单独的文档类。
3. 编译模板:
  - (a) Windows: 双击运行 `artratex.bat` 脚本。
  - (b) Linux 或 MacOS: `terminal -> chmod +x ./artratex.sh -> ./artratex.sh xa`
  - (c) 任意系统: 都可使用  $\text{\LaTeX}$  编辑器打开 `Thesis.tex` 文件并选择 `xelatex` 编译引擎进行编译。
4. 错误处理: 若编译中遇到了问题, 请先查看“常见问题”(章节 5.4)。

编译完成即可获得本 PDF 说明文档。而这也完成了学习使用 `ucasthesys` 撰写论文的一半进程。什么? 这就学成一半了, 这么简单???, 是的, 就这么简单!

### 4.2 文档目录简介

#### 4.2.1 Thesis.tex

`Thesis.tex` 为主文档, 其设计和规划了论文的整体框架, 通过对其的阅读可以了解整个论文框架的搭建。

#### 4.2.2 编译脚本

- Windows: 双击 Dos 脚本 `artratex.bat` 可得全编译后的 PDF 文档, 其存在是为了帮助不了解  $\text{\LaTeX}$  编译过程的初学者跨过编译这第一道坎, 请勿通过邮件传播和接收此脚

本，以防范 Dos 脚本的潜在风险。

- Linux 或 MacOS: 在 terminal 中运行
  - ./artratex.sh xa: 获得全编译后的 PDF 文档
  - ./artratex.sh x: 快速编译模式
- 全编译指运行 `xelatex+bibtex+xelatex+xelatex` 以正确生成所有的引用链接，如目录，参考文献及引用等。在写作过程中若无添加新的引用，则可用快速编译，即只运行一遍 LATEX 编译引擎以减少编译时间。

#### 4.2.3 Tmp 文件夹

运行编译脚本后，编译所生成的文档皆存于 Tmp 文件夹内，包括编译得到的 PDF 文档，其存在是为了保持工作空间的整洁，因为好的心情是很重要的。

#### 4.2.4 Style 文件夹

包含 `ucasthesis` 文档类的定义文件和配置文件，通过对它们的修改可以实现特定的模版设定。若需更新模板，一般只需用新的样式文件替换旧的即可。

1. `ucasthesist.cls`: 文档类定义文件，论文的最核心的格式即通过它来定义的。
2. `ucasthesist.cfg`: 文档类配置文件，设定如目录显示为“目录”而非“目录”。
3. `artratex.sty`: 常用宏包及文档设定，如参考文献样式、文献引用样式、页眉页脚设定等。这些功能具有开关选项，常只需在 `Thesis.tex` 中的如下命令中进行启用即可，一般无需修改 `artratex.sty` 本身。

```
\usepackage [options] {artratex}
```

4. `artracom.sty`: 自定义命令以及添加宏包的推荐放置位置。

#### 4.2.5 Tex 文件夹

文件夹内为论文的所有实体内容，正常情况下，这也是使用 `ucasthesist` 撰写学文论文时，主要关注和修改的一个位置，注：所有文件都必须采用 UTF-8 编码，否则编译后将出现乱码文本，详细分类介绍如下：

- `Frontpage.tex`: 为论文中英文封面及中英文摘要。论文封面会根据英文学位名称如 **Bachelor**, **Master**, 或是 **Doctor** 自动切换为相应的格式。
- `Mainmatter.tex`: 索引需要出现的 Chapter。开始写论文时，可以只索引当前章节，以快速编译查看，当论文完成后，再对所有章节进行索引即可。
- `Chap_xxx.tex`: 为论文主体的各个章节，可根据需要添加和撰写。
- `Appendix.tex`: 为附录内容
- `Backmatter.tex`: 为发表文章信息和致谢部分等。

### 4.2.6 Img 文件夹

用于放置论文中所需要的图类文件,支持格式有:.jpg,.png,.pdf。其中,ucas\_logo.pdf为国科大校徽。不建议为各章节图片建子目录,即使图片众多,若命名规则合理,图片查询亦是十分方便。

### 4.2.7 Biblio 文件夹

1. ref.bib: 参考文献信息库。
2. gbt7714-xxx.bst: 符合国标的文献样式定义文件。由 zepinglee 开发,并满足最新国标要求。与文献样式有关的问题,请查阅开发者所提供的文档,并建议适当追踪其更新。

## 4.3 数学公式、图表、参考文献等功能

### 4.3.1 数学公式

比如 Navier-Stokes 方程:

$$\begin{cases} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{V}) = 0 & \text{times font test} \\ \frac{\partial(\rho \mathbf{V})}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{V} \mathbf{V}) = \nabla \cdot \boldsymbol{\sigma} & \text{times font test} \\ \frac{\partial(\rho E)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho E \mathbf{V}) = \nabla \cdot (k \nabla T) + \nabla \cdot (\boldsymbol{\sigma} \cdot \mathbf{V}) \end{cases} \quad (4.1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{\Omega} u \, d\Omega + \int_S \mathbf{n} \cdot (u \mathbf{V}) \, dS = \dot{\phi} \quad (4.2)$$

数学公式常用命令请见 WiKibook Mathematics。artracom.sty 中对一些常用数据类型如矢量矩阵等进行了封装,这样的好处是如有一天需要修改矢量的显示形式,只需单独修改 artracom.sty 中的矢量定义即可实现全文档的修改。

### 4.3.2 表格

请见表 5。制表的更多范例,请见 WiKibook Tables。

表 4 这是一个样表

Row number	This is a multicolumn						
Row 1	1	2	4	5	6	7	8
Row 2	1	2	4	5	6	7	8
Row 3	1	2	4	5	6	7	8
Row 4	1	2	4	5	6	7	8

### 4.3.3 图片插入

论文中图片的插入通常分为单图和多图，下面分别加以介绍：

单图插入：假设插入名为tc\_q\_criteria（后缀可以为.jpg、.png、.pdf，下同）的图片，其效果如图10。

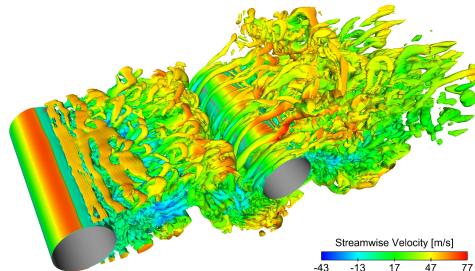


图 7 Q 判据等值面图，同时测试一下一个很长的标题，比如这真的是一个很长很长很长很长很长很长很长的标题

如果插图的空白区域过大，以图片shock\_cyn为例，自动裁剪如图11。

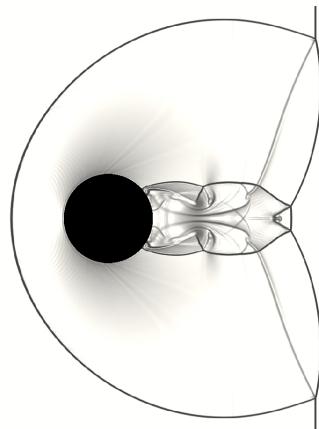


图 8 激波圆柱作用

多图的插入如图12，多图不应在子图中给文本子标题，只要给序号，并在主标题中进行引用说明。

### 4.3.4 算法

如见算法 4，详细使用方法请参见文档 algorithmicx。

### 4.3.5 参考文献引用

参考文献引用过程以实例进行介绍，假设需要引用名为”Document Preparation System”的文献，步骤如下：

1) 使用 Google Scholar 搜索 Document Preparation System，在目标条目下点击 Cite，展开后选择 Import into BibTeX 打开此文章的 BibTeX 索引信息，将它们 copy 添加到 ref.bib 文件中（此文件位于 Biblio 文件夹下）。

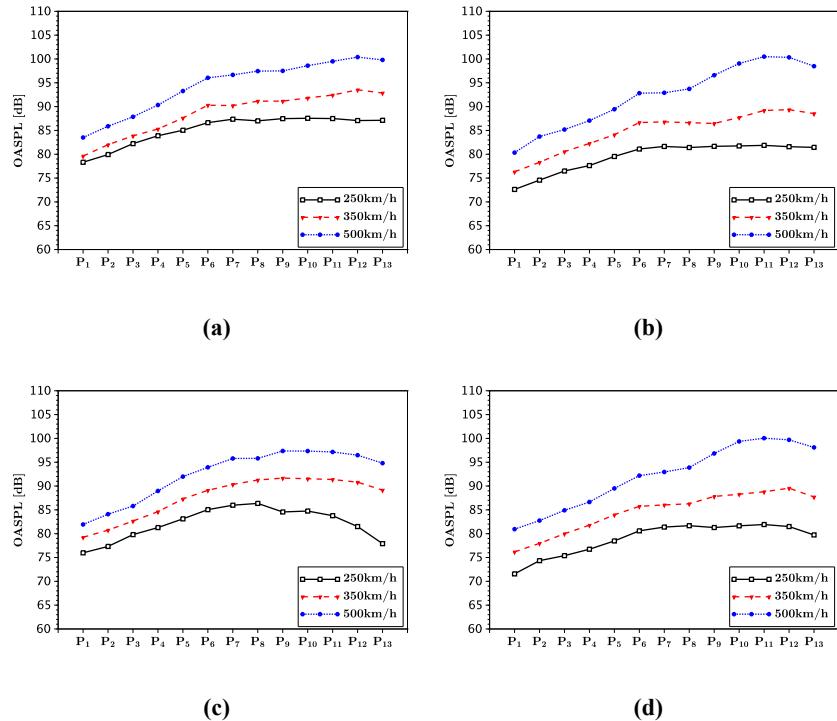


图9 总声压级。(a) 这是子图说明信息, (b) 这是子图说明信息, (c) 这是子图说明信息, (d) 这是子图说明信息

---

**Algorithm 3** Euclid's algorithm

---

```

1: procedure EUCLID( $a, b$ ) ▷ The g.c.d. of a and b
2:    $r \leftarrow a \bmod b$ 
3:   while  $r \neq 0$  do ▷ We have the answer if r is 0
4:      $a \leftarrow b$ 
5:      $b \leftarrow r$ 
6:      $r \leftarrow a \bmod b$ 
7:   end while
8:   return  $b$  ▷ The gcd is b
9: end procedure

```

---

2) 索引第一行 `\@article{lamport1986document}`, 中 `lamport1986document` 即为此文献的 label (中文文献也必须使用英文 label, 一般遵照: 姓氏拼音 + 年份 + 标题第一字拼音的格式), 想要在论文中索引此文献, 有两种索引类型:

文本类型: `\citet{lamport1986document}`。正如此处所示 Leslie<sup>[48]</sup>;

括号类型: `\citep{lamport1986document}`。正如此处所示<sup>[48]</sup>。

### 多文献索引用英文逗号隔开:

`\citemp{lamport1986document, chu2004tushu, chen2005zhulu}`。正如此处所示<sup>[48-50]</sup>

更多例子如:

Walls et al.<sup>[51]</sup> 根据... 的研究, 首次提出...。其中关于...<sup>[?]</sup>,<sup>[51]</sup>, 是当前中国... 得到迅速发展的研究领域<sup>[52]</sup>。引用同一著者在同一年份出版的多篇文献时, 在出版年份之后用英文小写字母区别, 如:<sup>[53? ?]</sup>。同一处引用多篇文献时, 按出版年份由近及远依次标注, 中间用分号分开。例如<sup>[52,54-56]</sup>。

使用著者-出版年制 (authoryear) 式参考文献样式时, 中文文献必须在 BibTeX 索引信息的 **key** 域 (请参考 `ref.bib` 文件) 填写作者姓名的拼音, 才能使得文献列表按照拼音排序。参考文献表中的条目 (不排序号), 先按语种分类排列, 语种顺序是: 中文、日文、英文、俄文、其他文种。然后, 中文按汉语拼音字母顺序排列, 日文按第一著者的姓氏笔画排序, 西文和俄文按第一著者姓氏首字母顺序排列。如中<sup>[56]</sup>、日<sup>[57]</sup>、英<sup>[54]</sup>、俄<sup>[58]</sup>。

如此, 即完成了文献的索引, 请查看下本文档的参考文献一章, 看看是不是就是这么简单呢? 是的, 就是这么简单!

不同文献样式和引用样式, 如著者-出版年制 (authoryear)、顺序编码制 (numbers)、上标顺序编码制 (super) 可在 `Thesis.tex` 中对 `artratex.sty` 调用实现, 如:

- `\usepackage[numbers]{artratex}` % 文本: Jones [1]; 括号: [1]
- `\usepackage[super]{artratex}` % 文本: Jones 上标 [1]; 括号: 上标 [1]
- `\usepackage[authoryear]{artratex}` % 文本: Jones (1995); 括号: (Jones, 1995)
- `\usepackage[alpha]{artratex}` % 文本: 不可用; 括号: [Jon95]

当前文档的默认参考文献样式为 **authoryear**。若在上标 (**super**) 模式下, 希望在特定位置将上标改为嵌入式标, 可使用

文本类型: `\citetns{lamport1986document, chen2005zhulu}`。

正如此处所示 Leslie<sup>[48]</sup>, 陈浩元<sup>[50]</sup>

括号类型: `\citepns{lamport1986document, chen2005zhulu}`。

正如此处所示<sup>[48, 50]</sup>

参考文献索引更为详细的信息, 请见 `zepinglee` 和 `WiKibook Bibliography`。

## 4.4 常见使用问题

1. 模板每次发布前，都已在 Windows, Linux, MacOS 系统上测试通过。下载模板后，若编译出现错误，则请见 `ucasthesist` 和 `LATEX` 知识小站的 编译指南。

2. 模板文档的编码为 UTF-8 编码。所有文件都必须采用 UTF-8 编码，否则编译后生成的文档将出现乱码文本。若出现文本编辑器无法打开文档或打开文档乱码的问题，请检查编辑器对 UTF-8 编码的支持。如果使用 WinEdt 作为文本编辑器（不推荐使用），应在其 Options -> Preferences -> wrapping 选项卡下将两种 Wrapping Modes 中的内容：

`TeX;HTML;ANSI;ASCII|DTX...`

修改为： `TeX;UTF-8|ACP;HTML;ANSI;ASCII|DTX...`

同时，取消 Options -> Preferences -> Unicode 中的 Enable ANSI Format。

3. 推荐选择 `xelatex` 或 `lualatex` 编译引擎编译中文文档。编译脚本的默认设定为 `xelatex` 编译引擎。你也可以选择不使用脚本编译，如直接使用 `LATEX` 文本编辑器编译。  
注：`LATEX` 文本编辑器编译的默认设定为 `pdflatex` 编译引擎，若选择 `xelatex` 或 `lualatex` 编译引擎，请进入下拉菜单选择。为正确生成引用链接，需要进行全编译。

### 4. Texmaker 使用简介

(a) 使用 Texmaker “打开 (Open)” Thesis.tex。

(b) 菜单“选项 (Options)”->“设置当前文档为主文档 (Define as Master Document)”

(c) 菜单“自定义 (User)”->“自定义命令 (User Commands)”->“编辑自定义命令 (Edit User Commands)”->左侧选择“command 1”，右侧“菜单项 (Menu Item)”填入 Auto Build ->点击下方“向导 (Wizard)”->“添加 (Add)”  
: `xelatex + bibtex + xelatex + xelatex + pdf viewer` -> 点击“完成 (OK)”

(d) 使用 Auto Build 编译带有未生成引用链接的源文件，可以仅使用 `xelatex` 编译带有已经正确生成引用链接的源文件。

(e) 编译完成，“查看 (View)” PDF，在 PDF 中“ctrl+click”可链接到相对应的源文件。

### 5. 模版的设计可能地考虑了适应性。致谢等所有条目都是通过最为通用的

`\chapter{item name}` and `\section*{item name}`

来显式实现的(请观察 Backmatter.tex)，从而可以随意添加，放置，和修改，如同一般章节。对于图表目录名称则可在 `ucasthesist.cfg` 中进行修改。

### 6. 设置文档样式: 在 artratex.sty 中搜索关键字定位相应命令，然后修改

(a) 正文行距: 启用和设置 `\linespread{1.5}`，默认 1.5 倍行距。

(b) 参考文献行距: 修改 `\setlength{\bibsep}{0.0ex}`

(c) 目录显示级数: 修改 `\setcounter{tocdepth}{2}`

(d) 文档超链接的颜色及其显示: 修改 `\hypersetup`

### 7. 文档内字体切换方法:

- 宋体：国科大论文模板 `ucasthesist` 或 国科大论文模板 `ucasthesist`

- 粗宋体：国科大论文模板 `ucasthesia` 或 国科大论文模板 `ucasthesia`
- 黑体：国科大论文模板 `ucasthesia` 或 国科大论文模板 `ucasthesia`
- 粗黑体：国科大论文模板 `ucasthesia` 或 国科大论文模板 `ucasthesia`
- 仿宋：国科大论文模板 `ucasthesia` 或 国科大论文模板 `ucasthesia`
- 粗仿宋：国科大论文模板 `ucasthesia` 或 国科大论文模板 `ucasthesia`
- 楷体：国科大论文模板 `ucasthesia` 或 国科大论文模板 `ucasthesia`
- 粗楷体：国科大论文模板 `ucasthesia` 或 国科大论文模板 `ucasthesia`

8. 封面下划线上的文本不居中下划线，这是因为下划线前面还有字头，导致文本只能在页面居中和在下划线上居中二选一。当前封面采取页面居中。如需要调整文本在下划线上的位置，可用 `\hspace{+/- n.0em}` 命令来插入或删除 n 个空格，进行手动调整，比如

```
\advisor{\hspace{+3.0em} xxx~研究员~xxx单位}
```

有时下划线看上去粗细不一致，这是显示的问题，打印正常。

## 第五章 总结与展望

为方便使用及更好地展示  $\text{\LaTeX}$  排版的优秀特性, `ucasthesys` 的框架和文件体系进行了细致地处理, 尽可能地对各个功能和板块进行了模块化和封装, 对于初学者来说, 众多的文件目录也许一开始让人觉得有些无所适从, 但阅读完下面的使用说明后, 会发现原来使用思路是简单而清晰的, 而且, 当对  $\text{\LaTeX}$  有一定的认识和了解后, 会发现其相对 Word 类排版系统极具吸引力的优秀特性。所以, 如果是初学者, 请不要退缩, 请稍加尝试和坚持, 以领略到  $\text{\LaTeX}$  的非凡魅力, 并可以通过阅读相关资料如  $\text{\LaTeX}$  Wikibook<sup>[47]</sup> 来完善自己的使用知识。

### 5.1 先试试效果

1. 安装软件: 根据所用操作系统和章节 1.2 中的信息安装  $\text{\LaTeX}$  编译环境。
2. 获取模板: 下载 `ucasthesys` 模板并解压。`ucasthesys` 模板不仅提供了相应的类文件, 同时也提供了包括参考文献等在内的完成学位论文的一切要素, 所以, 下载时, 推荐下载整个 `ucasthesys` 文件夹, 而不是单独的文档类。
3. 编译模板:
  - (a) Windows: 双击运行 `artratex.bat` 脚本。
  - (b) Linux 或 MacOS: `terminal -> chmod +x ./artratex.sh -> ./artratex.sh xa`
  - (c) 任意系统: 都可使用  $\text{\LaTeX}$  编辑器打开 `Thesis.tex` 文件并选择 `xelatex` 编译引擎进行编译。
4. 错误处理: 若编译中遇到了问题, 请先查看“常见问题”(章节 5.4)。

编译完成即可获得本 PDF 说明文档。而这也完成了学习使用 `ucasthesys` 撰写论文的一半进程。什么? 这就学成一半了, 这么简单???, 是的, 就这么简单!

### 5.2 文档目录简介

#### 5.2.1 Thesis.tex

`Thesis.tex` 为主文档, 其设计和规划了论文的整体框架, 通过对其的阅读可以了解整个论文框架的搭建。

#### 5.2.2 编译脚本

- Windows: 双击 Dos 脚本 `artratex.bat` 可得全编译后的 PDF 文档, 其存在是为了帮助不了解  $\text{\LaTeX}$  编译过程的初学者跨过编译这第一道坎, 请勿通过邮件传播和接收此脚

本，以防范 Dos 脚本的潜在风险。

- Linux 或 MacOS: 在 terminal 中运行
  - ./artratex.sh xa: 获得全编译后的 PDF 文档
  - ./artratex.sh x: 快速编译模式
- 全编译指运行 `xelatex+bibtex+xelatex+xelatex` 以正确生成所有的引用链接，如目录，参考文献及引用等。在写作过程中若无添加新的引用，则可用快速编译，即只运行一遍 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 编译引擎以减少编译时间。

### 5.2.3 Tmp 文件夹

运行编译脚本后，编译所生成的文档皆存于 Tmp 文件夹内，包括编译得到的 PDF 文档，其存在是为了保持工作空间的整洁，因为好的心情是很重要的。

### 5.2.4 Style 文件夹

包含 ucasthesis 文档类的定义文件和配置文件，通过对它们的修改可以实现特定的模版设定。若需更新模板，一般只需用新的样式文件替换旧的即可。

1. ucasthesis.cls: 文档类定义文件，论文的最核心的格式即通过它来定义的。
2. ucasthesis.cfg: 文档类配置文件，设定如目录显示为“目录”而非“目录”。
3. artratex.sty: 常用宏包及文档设定，如参考文献样式、文献引用样式、页眉页脚设定等。这些功能具有开关选项，常只需在 Thesis.tex 中的如下命令中进行启用即可，一般无需修改 artratex.sty 本身。

```
\usepackage [options] {artratex}
```

4. artracom.sty: 自定义命令以及添加宏包的推荐放置位置。

### 5.2.5 Tex 文件夹

文件夹内为论文的所有实体内容，正常情况下，这也是使用 **ucasthesis** 撰写学文论文时，主要关注和修改的一个位置，注：所有文件都必须采用 UTF-8 编码，否则编译后将出现乱码文本，详细分类介绍如下：

- Frontpage.tex: 为论文中英文封面及中英文摘要。论文封面会根据英文学位名称如 Bachelor, Master, 或是 Doctor 自动切换为相应的格式。
- Mainmatter.tex: 索引需要出现的 Chapter。开始写论文时，可以只索引当前章节，以快速编译查看，当论文完成后，再对所有章节进行索引即可。
- Chap\_xxx.tex: 为论文主体的各个章节，可根据需要添加和撰写。
- Appendix.tex: 为附录内容
- Backmatter.tex: 为发表文章信息和致谢部分等。

### 5.2.6 Img 文件夹

用于放置论文中所需要的图类文件,支持格式有:.jpg,.png,.pdf。其中,ucas\_logo.pdf为国科大校徽。不建议为各章节图片建子目录,即使图片众多,若命名规则合理,图片查询亦是十分方便。

### 5.2.7 Biblio 文件夹

1. ref.bib: 参考文献信息库。
2. gbt7714-xxx.bst: 符合国标的文献样式定义文件。由 zepinglee 开发,并满足最新国标要求。与文献样式有关的问题,请查阅开发者所提供的文档,并建议适当追踪其更新。

## 5.3 数学公式、图表、参考文献等功能

### 5.3.1 数学公式

比如 Navier-Stokes 方程:

$$\begin{cases} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{V}) = 0 & \text{times font test} \\ \frac{\partial(\rho \mathbf{V})}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{V} \mathbf{V}) = \nabla \cdot \boldsymbol{\sigma} & \text{times font test} \\ \frac{\partial(\rho E)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho E \mathbf{V}) = \nabla \cdot (k \nabla T) + \nabla \cdot (\boldsymbol{\sigma} \cdot \mathbf{V}) \end{cases} \quad (5.1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{\Omega} u \, d\Omega + \int_S \mathbf{n} \cdot (u \mathbf{V}) \, dS = \dot{\phi} \quad (5.2)$$

数学公式常用命令请见 WiKibook Mathematics。artracom.sty 中对一些常用数据类型如矢量矩阵等进行了封装,这样的好处是如有一天需要修改矢量的显示形式,只需单独修改 artracom.sty 中的矢量定义即可实现全文档的修改。

### 5.3.2 表格

请见表 5。制表的更多范例,请见 WiKibook Tables。

表 5 这是一个样表。

Row number	This is a multicolumn
Row 1	1 2 4 5 6 7 8
This is a sample table.	Row 2 1 2 4 5 6 7 8
	Row 3 1 2 4 5 6 7 8
	Row 4 1 2 4 5 6 7 8

### 5.3.3 图片插入

论文中图片的插入通常分为单图和多图，下面分别加以介绍：

单图插入：假设插入名为tc\_q\_criteria（后缀可以为.jpg、.png、.pdf，下同）的图片，其效果如图10。

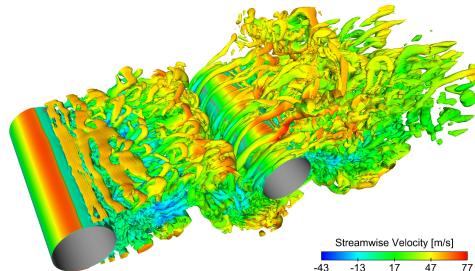


图 10 Q 判据等值面图，同时测试一下一个很长的标题，比如这真的是一个很长很长很长很长很长很长很长的标题。

如果插图的空白区域过大，以图片shock\_cyn为例，自动裁剪如图11。

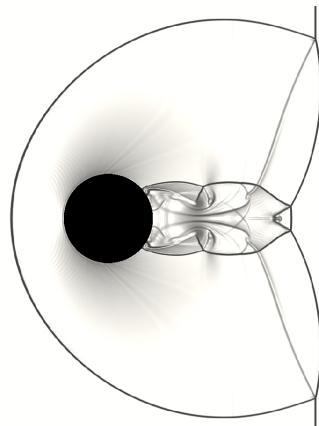


图 11 激波圆柱作用。

多图的插入如图12，多图不应在子图中给文本子标题，只要给序号，并在主标题中进行引用说明。

### 5.3.4 算法

如见算法 4，详细使用方法请参见文档 algorithmicx。

### 5.3.5 参考文献引用

参考文献引用过程以实例进行介绍，假设需要引用名为”Document Preparation System”的文献，步骤如下：

- 1) 使用 Google Scholar 搜索 Document Preparation System，在目标条目下点击 Cite，展开后选择 Import into BibTeX 打开此文章的 BibTeX 索引信息，将它们 copy 添加到 ref.bib 文件中（此文件位于 Biblio 文件夹下）。

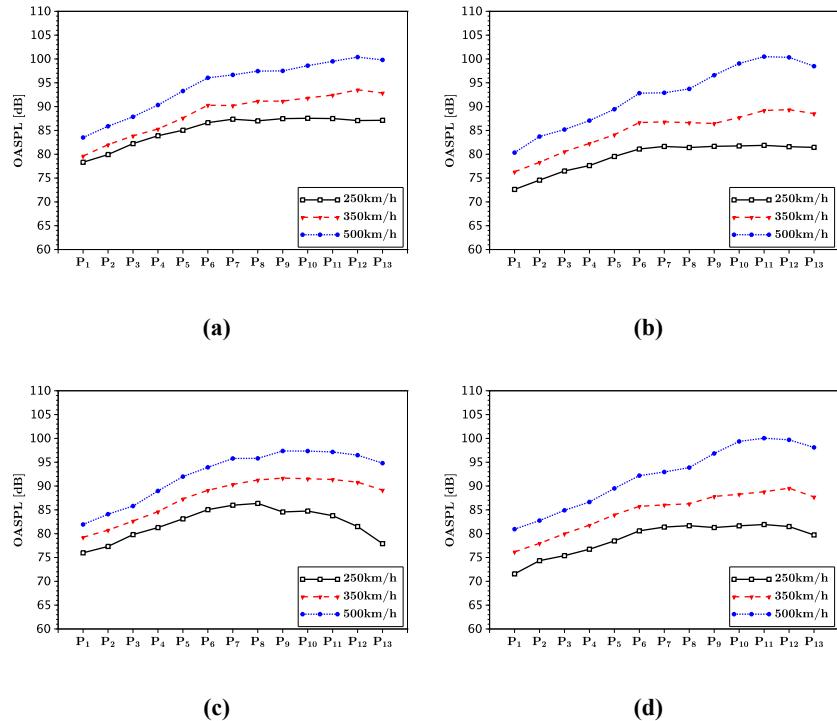


图 12 总声压级。 (a) 这是子图说明信息, (b) 这是子图说明信息, (c) 这是子图说明信息, (d) 这是子图说明信息。

---

**Algorithm 4** Euclid's algorithm

---

```

1: procedure EUCLID( $a, b$ ) ▷ The g.c.d. of a and b
2:    $r \leftarrow a \bmod b$ 
3:   while  $r \neq 0$  do ▷ We have the answer if r is 0
4:      $a \leftarrow b$ 
5:      $b \leftarrow r$ 
6:      $r \leftarrow a \bmod b$ 
7:   end while
8:   return  $b$  ▷ The gcd is b
9: end procedure

```

---

2) 索引第一行 `\@article{lamport1986document}`, 中 `lamport1986document` 即为此文献的 label (中文文献也必须使用英文 label, 一般遵照: 姓氏拼音 + 年份 + 标题第一字拼音的格式), 想要在论文中索引此文献, 有两种索引类型:

文本类型: `\citet{lamport1986document}`。正如此处所示 Leslie<sup>[48]</sup>;

括号类型: `\citep{lamport1986document}`。正如此处所示<sup>[48]</sup>。

### 多文献索引用英文逗号隔开:

`\citemp{lamport1986document, chu2004tushu, chen2005zhulu}`。正如此处所示<sup>[48-50]</sup>

更多例子如:

Walls et al.<sup>[51]</sup> 根据... 的研究, 首次提出...。其中关于...<sup>[51]</sup>, 是当前中国... 得到迅速发展的研究领域<sup>[52]</sup>。引用同一著者在同一年份出版的多篇文献时, 在出版年份之后用英文小写字母区别, 如:<sup>[53? ?]</sup>。同一处引用多篇文献时, 按出版年份由近及远依次标注, 中间用分号分开。例如<sup>[52,54-56]</sup>。

使用著者-出版年制 (authoryear) 式参考文献样式时, 中文文献必须在 BibTeX 索引信息的 **key** 域 (请参考 `ref.bib` 文件) 填写作者姓名的拼音, 才能使得文献列表按照拼音排序。参考文献表中的条目 (不排序号), 先按语种分类排列, 语种顺序是: 中文、日文、英文、俄文、其他文种。然后, 中文按汉语拼音字母顺序排列, 日文按第一著者的姓氏笔画排序, 西文和俄文按第一著者姓氏首字母顺序排列。如中<sup>[56]</sup>、日<sup>[57]</sup>、英<sup>[54]</sup>、俄<sup>[58]</sup>。

如此, 即完成了文献的索引, 请查看下本文档的参考文献一章, 看看是不是就是这么简单呢? 是的, 就是这么简单!

不同文献样式和引用样式, 如著者-出版年制 (authoryear)、顺序编码制 (numbers)、上标顺序编码制 (super) 可在 `Thesis.tex` 中对 `artratex.sty` 调用实现, 如:

- `\usepackage[numbers]{artratex}` % 文本: Jones [1]; 括号: [1]
- `\usepackage[super]{artratex}` % 文本: Jones 上标 [1]; 括号: 上标 [1]
- `\usepackage[authoryear]{artratex}` % 文本: Jones (1995); 括号: (Jones, 1995)
- `\usepackage[alpha]{artratex}` % 文本: 不可用; 括号: [Jon95]

当前文档的默认参考文献样式为 **authoryear**。若在上标 (**super**) 模式下, 希望在特定位置将上标改为嵌入式标, 可使用

文本类型: `\citetns{lamport1986document, chen2005zhulu}`。

正如此处所示 Leslie<sup>[48]</sup>, 陈浩元<sup>[50]</sup>

括号类型: `\citepns{lamport1986document, chen2005zhulu}`。

正如此处所示<sup>[48, 50]</sup>

参考文献索引更为详细的信息, 请见 `zepinglee` 和 `WiKibook Bibliography`。

## 5.4 常见使用问题

1. 模板每次发布前，都已在 Windows, Linux, MacOS 系统上测试通过。下载模板后，若编译出现错误，则请见 `ucasthesist` 和 `LATEX` 知识小站的 编译指南。

2. 模板文档的编码为 UTF-8 编码。所有文件都必须采用 UTF-8 编码，否则编译后生成的文档将出现乱码文本。若出现文本编辑器无法打开文档或打开文档乱码的问题，请检查编辑器对 UTF-8 编码的支持。如果使用 WinEdt 作为文本编辑器（不推荐使用），应在其 Options -> Preferences -> wrapping 选项卡下将两种 Wrapping Modes 中的内容：

`TeX;HTML;ANSI;ASCII|DTX...`

修改为： `TeX;UTF-8|ACP;HTML;ANSI;ASCII|DTX...`

同时，取消 Options -> Preferences -> Unicode 中的 Enable ANSI Format。

3. 推荐选择 `xelatex` 或 `lualatex` 编译引擎编译中文文档。编译脚本的默认设定为 `xelatex` 编译引擎。你也可以选择不使用脚本编译，如直接使用 `LATEX` 文本编辑器编译。  
注：`LATEX` 文本编辑器编译的默认设定为 `pdflatex` 编译引擎，若选择 `xelatex` 或 `lualatex` 编译引擎，请进入下拉菜单选择。为正确生成引用链接，需要进行全编译。

### 4. Texmaker 使用简介

(a) 使用 Texmaker “打开 (Open)” Thesis.tex。

(b) 菜单“选项 (Options)”->“设置当前文档为主文档 (Define as Master Document)”

(c) 菜单“自定义 (User)”->“自定义命令 (User Commands)”->“编辑自定义命令 (Edit User Commands)”->左侧选择“command 1”，右侧“菜单项 (Menu Item)”填入 Auto Build ->点击下方“向导 (Wizard)”->“添加 (Add)”  
: `xelatex + bibtex + xelatex + xelatex + pdf viewer` -> 点击“完成 (OK)”

(d) 使用 Auto Build 编译带有未生成引用链接的源文件，可以仅使用 `xelatex` 编译带有已经正确生成引用链接的源文件。

(e) 编译完成，“查看 (View)” PDF，在 PDF 中“ctrl+click”可链接到相对应的源文件。

### 5. 模版的设计可能地考虑了适应性。致谢等所有条目都是通过最为通用的

`\chapter{item name}` and `\section*{item name}`

来显式实现的(请观察 Backmatter.tex)，从而可以随意添加，放置，和修改，如同一般章节。对于图表目录名称则可在 `ucasthesist.cfg` 中进行修改。

### 6. 设置文档样式: 在 artratex.sty 中搜索关键字定位相应命令，然后修改

(a) 正文行距: 启用和设置 `\linespread{1.5}`，默认 1.5 倍行距。

(b) 参考文献行距: 修改 `\setlength{\bibsep}{0.0ex}`

(c) 目录显示级数: 修改 `\setcounter{tocdepth}{2}`

(d) 文档超链接的颜色及其显示: 修改 `\hypersetup`

### 7. 文档内字体切换方法:

- 宋体：国科大论文模板 `ucasthesist` 或 国科大论文模板 `ucasthesist`

- 粗宋体：国科大论文模板 `ucasthesia` 或 国科大论文模板 `ucasthesia`
- 黑体：国科大论文模板 `ucasthesia` 或 国科大论文模板 `ucasthesia`
- 粗黑体：国科大论文模板 `ucasthesia` 或 国科大论文模板 `ucasthesia`
- 仿宋：国科大论文模板 `ucasthesia` 或 国科大论文模板 `ucasthesia`
- 粗仿宋：国科大论文模板 `ucasthesia` 或 国科大论文模板 `ucasthesia`
- 楷体：国科大论文模板 `ucasthesia` 或 国科大论文模板 `ucasthesia`
- 粗楷体：国科大论文模板 `ucasthesia` 或 国科大论文模板 `ucasthesia`

8. 封面下划线上的文本不居中下划线，这是因为下划线前面还有字头，导致文本只能在页面居中和在下划线上居中二选一。当前封面采取页面居中。如需要调整文本在下划线上的位置，可用 `\hspace{+/- n.0em}` 命令来插入或删除 n 个空格，进行手动调整，比如

```
\advisor{\hspace{+3.0em} xxx~研究员~xxx单位}
```

有时下划线看上去粗细不一致，这是显示的问题，打印正常。

## 附录 A 附录

学位论文是研究生科研工作成果的集中体现，是评判学位申请者学术水平、授予其学位的主要依据，是科研领域重要的文献资料。根据《科学技术报告、学位论文和学术论文的编写格式》(GB/T 7713-1987)、《学位论文编写规则》(GB/T 7713.1-2006) 和《文后参考文献著录规则》(GB7714—87) 等国家有关标准，结合中国科学院大学（以下简称“国科大”）的实际情况，特制订本规定。

### A.1 论文无附录者无需附录部分

### A.2 测试公式编号

$$\begin{cases} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{V}) = 0 \text{ times font test} \\ \frac{\partial(\rho \mathbf{V})}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{V} \mathbf{V}) = \nabla \cdot \boldsymbol{\sigma} \text{ times font test} \\ \frac{\partial(\rho E)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho E \mathbf{V}) = \nabla \cdot (k \nabla T) + \nabla \cdot (\boldsymbol{\sigma} \cdot \mathbf{V}) \end{cases} \quad (A.1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{\Omega} u \, d\Omega + \int_S \mathbf{n} \cdot (u \mathbf{V}) \, dS = \dot{\phi} \quad (A.2)$$

### A.3 测试生僻字

霜蟾盟薇曜灵霜飈妙鬘虛霏凌澌蕘枯菡萏沉寥宵冥瑤琨濩落雪雪便嬛岩峣灑澣姽婳  
婳愔嫕飒纏梦俪縕冤孽甲摛藻卮言倥侗椒觞期颐夜阑彬蔚倥偬澄廓簪缨陟遐迤逦缥缃  
鹣鲽憎憊闺闼璀璨错媖嫮噌吆湧洞闔闢覩缕玓瓅逡巡譏譏琭琭濂濂跼跼叆叇氤氲瓠犀流  
眄蹀躞瓌嬛暎頃瓔珞螭首衡皋琳愴缱绻皵皵顰頷愀然菡萏卑陬纯懿犇羣哢喧豎  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇墇墇  
墇墇墇墇墇  
墇墇墇  
墇墇  
墇  
墇



## 参考文献

- [1] Haggard E A, Isaacs K S. Micromomentary facial expressions as indicators of ego mechanisms in psychotherapy[M/OL]. Springer US, 1966: 154-165. [https://doi.org/10.1007/978-1-4684-6045-2\\_14](https://doi.org/10.1007/978-1-4684-6045-2_14).
- [2] Ekman P, Friesen W V. Nonverbal leakage and clues to deception[J]. Psychiatry, 1969, 32(1):88-106.
- [3] Mehrabian A, Ferris S R. Inference of attitudes from nonverbal communication in two channels[J]. Journal of Consulting Psychology, 1967, 31(3):248.
- [4] Kazlev M. The triune brain[J/OL]. KHEPER, 1999, 5(19)[2003-11-19]. <http://www.kheper.net/topics/intelligence/MacLean.htm>.
- [5] Chiu M H, Chou C C, Wu W L, et al. The role of facial microexpression state (fmes) change in the process of conceptual conflict[J]. British Journal of Educational Technology, 2014, 45(3):471-486.
- [6] Yan W J, Wu Q, Liang J, et al. How fast are the leaked facial expressions: The duration of micro-expressions[J]. Journal of Nonverbal Behavior, 2013, 37(4):217-230.
- [7] Matsumoto D, Hwang H S. Evidence for training the ability to read microexpressions of emotion[J]. Motivation and Emotion, 2011, 35(2):181-191.
- [8] Porter S, Brinke L T. Reading between the lies: Identifying concealed and falsified emotions in universal facial expressions[J]. Psychological Science, 2008, 19(5):508-514.
- [9] 周凯莉. 别对我撒谎, 我懂“微表情” [N/OL]. 中国青年报, 2010, 11(10). [http://zqb.cyol.com/content/2010-11/10/content\\_3441411.htm](http://zqb.cyol.com/content/2010-11/10/content_3441411.htm).
- [10] Ekman, Paul, Sullivan O, et al. A few can catch a liar[J]. Psychological Science, 1999, 10(3):263-266.
- [11] Li X, Hong X, Moilanen A, et al. Towards reading hidden emotions: A comparative study of spontaneous micro-expression spotting and recognition methods[J]. IEEE Transactions on Affective Computing, 2017, PP(99):1-1.
- [12] Li X. Reading subtle information from human faces[D/OL]. Doctoral Dissertation: Acta Universitatis Ouluensis. C, Technica, 2017[2017-09-08]. <http://urn.fi/urn:isbn:9789526216386>.
- [13] Ekman P, Friesen W V. Detecting deception from the body or face[J]. Journal of Personality & Social Psychology, 1974, 29(3):288-298.
- [14] 殷明, 张剑心, 史爱芹, 等. 微表情的特征、识别、训练和影响因素[J]. 心理科学进展, 2016, 24(11): 1723-1736.
- [15] Ekman P, Friesen W. Facial action coding scheme (facs): A technique for the measurement of facial action[M]. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press. Google Scholar, 1978.
- [16] Matsumoto D, Leroux J, Wilsoncohn C, et al. A new test to measure emotion recognition ability: Matsumoto and ekman's japanese and caucasian brief affect recognition test (jacbart)[J]. Journal of Nonverbal Behavior, 2000, 24(3):179-209.
- [17] Ekman P. Mett. micro expression training tool[J]. CD-ROM. Oakland, 2003.

- [18] Yan W J, Wu Q, Liu Y J, et al. Casme database: a dataset of spontaneous micro-expressions collected from neutralized faces[C]//IEEE International Conference & Workshops on Automatic Face & Gesture Recognition. 2013.
- [19] Yan W J, Li X, Wang S J, et al. Casme ii: an improved spontaneous micro-expression database and the baseline evaluation[J]. Plos One, 2014, 9(1):e86041.
- [20] Li X, Pfister T, Huang X, et al. A spontaneous micro-expression database: Inducement, collection and baseline[C]//IEEE International Conference & Workshops on Automatic Face & Gesture Recognition. 2013.
- [21] Davison A K, Lansley C, Costen N, et al. Samm: A spontaneous micro-facial movement dataset[J]. IEEE Transactions on Affective Computing, 2018, 9(1):116-129.
- [22] Polikovsky S, Kameda Y, Ohta Y. Facial micro-expressions recognition using high speed camera and 3d-gradient descriptor[C]//International Conference on Crime Detection & Prevention. 2010.
- [23] Qi W, Shen X, Fu X. The machine knows what you are hiding: An automatic micro-expression recognition system[C]//International Conference on Affective Computing & Intelligent Interaction. 2011.
- [24] Shreve M, Godavarthy S, Manohar V, et al. Towards macro- and micro-expression spotting in video using strain patterns[C]//Applications of Computer Vision. 2009.
- [25] Shreve M, Godavarthy S, Goldgof D, et al. Macro- and micro-expression spotting in long videos using spatio-temporal strain[J]. 2011.
- [26] Polikovsky S, Kameda Y, Ohta Y. Facial micro-expression detection in hi-speed video based on facial action coding system (facs)[J]. Ieice Transactions on Information & Systems, 2013, 96(1):81-92.
- [27] Zhao G, Pietikäinen M. Dynamic texture recognition using local binary patterns with an application to facial expressions[C]//IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence. IEEE, 2007.
- [28] Pfister T, Li X, Zhao G, et al. Recognising spontaneous facial micro-expressions[C]//Computer Vision (ICCV), 2011 IEEE International Conference on. IEEE, 2011.
- [29] Ruiz-Hernandez J A, Pietikäinen M. Encoding local binary patterns using the re-parametrization of the second order gaussian jet[C]//Automatic Face and Gesture Recognition (FG), 2013 10th IEEE International Conference and Workshops on. IEEE, 2013.
- [30] Song Y, Morency L P, Davis R. Learning a sparse codebook of facial and body microexpressions for emotion recognition[J]. 2013.
- [31] Wang S J, Yan W J, Li X, et al. Micro-expression recognition using dynamic textures on tensor independent color space[C]//2014 22nd International Conference on Pattern Recognition (ICPR). IEEE, 2014.
- [32] Wang S J, Yan W J, Zhao G, et al. Micro-expression recognition using robust principal component analysis and local spatiotemporal directional features[C]//Workshop at the European conference on computer vision. Springer, 2014.
- [33] Xiaohua H, Wang S J, Liu X, et al. Discriminative spatiotemporal local binary pattern with revisited integral projection for spontaneous facial micro-expression recognition[C]//IEEE Transactions on Affective Computing. IEEE, 2017.

- [34] Liang S T, See J, Phan R C W, et al. Subtle expression recognition using optical strain weighted features [C]//Asian Conference on Computer Vision. Springer, 2014: 644-657.
- [35] Huang X, Wang S J, Zhao G, et al. Facial micro-expression recognition using spatiotemporal local binary pattern with integral projection[C]//Workshop on Computer Vision for Affective Computing at Iccv. 2015.
- [36] Wang Y, See J, Phan R C W, et al. Lbp with six intersection points: Reducing redundant information in lbp-top for micro-expression recognition[C]//Asian Conference on Computer Vision. Springer, 2014.
- [37] Wang Y, See J, Phan R C W, et al. Efficient spatio-temporal local binary patterns for spontaneous facial micro-expression recognition[C]//PloS one. Public Library of Science, 2015.
- [38] Hong X, Xu Y, Zhao G. Lbp-top: a tensor unfolding revisit[J]. 2016.
- [39] Le Ngo A C, Phan R C W, See J. Spontaneous subtle expression recognition: Imbalanced databases and solutions[C]//Asian conference on computer vision. Springer, 2014.
- [40] Lu Z, Luo Z, Zheng H, et al. A delaunay-based temporal coding model for micro-expression recognition [C]//Asian conference on computer vision. Springer, 2014.
- [41] Oh Y H, Le Ngo A C, See J, et al. Monogenic riesz wavelet representation for micro-expression recognition[C]//Digital Signal Processing (DSP), 2015 IEEE International Conference on. IEEE, 2015.
- [42] Liu Y J, Zhang J K, Yan W J, et al. A main directional mean optical flow feature for spontaneous micro-expression recognition[C]//IEEE Transactions on Affective Computing. IEEE, 2016.
- [43] Xu F, Zhang J, Wang J Z. [C].
- [44] He J, Hu J F, Lu X, et al. Multi-task mid-level feature learning for micro-expression recognition[C]// Pattern Recognition. Elsevier, 2017.
- [45] Patel D, Hong X, Zhao G. Selective deep features for micro-expression recognition[C]//Pattern Recognition (ICPR), 2016 23rd International Conference on. IEEE, 2016.
- [46] Shi J, Liu X, Zong Y, et al. Hallucinating face image by regularization models in high-resolution feature space[C]//IEEE Transactions on Image Processing. IEEE, 2018.
- [47] Wikibook. <http://en.wikibooks.org/wiki/latex>[M]. On-line Resources, 2014.
- [48] Leslie L. Document preparation system[M]. Addison-Wesley Reading, MA, 1986.
- [49] 初景利. 图书馆数字参考咨询服务研究[M]. 北京: 北京图书馆出版社, 2004.
- [50] 陈浩元. 著录文后参考文献的规则及注意事项[J]. 编辑学报, 2005, 17(6):413-415.
- [51] Walls S C, Barichivich W J, Brown M. Drought, deluge and declines: the impact of precipitation extremes on amphibians in a changing climate[J/OL]. Biology, 2013, 2(1):399-418[2013-11-04]. <http://www.mdpi.com/2079-7737/2/1/399>. DOI: 10.3390/biology2010399.
- [52] 陈晋镳, 张惠民, 朱士兴, 等. 蓼县震旦亚界研究[M]//中国地质科学院天津地质矿产研究所. 中国震旦亚界. 天津: 天津科学技术出版社, 1980: 56-114.
- [53] 袁训来, 陈哲, 肖书海. 蓝田生物群: 一个认识多细胞生物起源和早期演化的新窗口 – 篇三[J]. 科学通报, 2012, 57(34):3219.
- [54] Heinrich S, Deyan G, Catalin D, et al. MathML-aware article conversion from LaTeX[J]. Towards a Digital Mathematics Library, 2009, 16(2):109-120.

- [55] 哈里森·沃尔德伦. 经济数学与金融数学[M]. 谢远涛, 译. 北京: 中国人民大学出版社, 2012: 235-236.
- [56] 牛志明, 斯温兰德, 雷光春. 综合湿地管理国际研讨会论文集[C]. 北京: 海洋出版社, 2013.
- [57] ボハンデ. 過去及び現在に於ける英國と会[J]. 日本時報, 1928, 17:5-9.
- [58] Дубровина А. И. Открытое письмо Председателя Главного Совета Союза Русского Народа Санкт-Петербургскому Антонию, Первенствующему члену Священного Синода[J]. Вече, 1906:1-3.
- [59] Lei Z, Ahonen T, Pietikäinen M, et al. Local frequency descriptor for low-resolution face recognition[C]//Automatic Face and Gesture Recognition and Workshops (FG 2011), 2011 IEEE International Conference on. IEEE, 2011.
- [60] Wang Z, Miao Z, Wu Q J, et al. Low-resolution face recognition: a review[C]//The Visual Computer. Springer, 2014.
- [61] Li X, Pfister T, Huang X, et al. A spontaneous micro-expression database: Inducement, collection and baseline[C]//Automatic face and gesture recognition (fg), 2013 10th ieee international conference and workshops on. IEEE, 2013.
- [62] Zhou Z, Zhao G, Pietikäinen M. Towards a practical lipreading system[C]//Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2011 IEEE Conference on. IEEE, 2011.
- [63] Cootes T F, Taylor C J, Cooper D H, et al. Active shape models-their training and application[C]// Computer vision and image understanding. Elsevier, 1995.
- [64] Goshtasby A. Image registration by local approximation methods[C]//Image and Vision Computing. Elsevier, 1988.
- [65] Chang C C, Lin C J. Libsvm: a library for support vector machines[C]//ACM transactions on intelligent systems and technology (TIST). ACM, 2011.

## 攻读博士/硕士学位期间取得的科研成果

### 1. 发表学术论文

[1] ucasthesis: A LaTeX Thesis Template for the University of Chinese Academy of Sciences, 2014.

### 2. 申请（授权）专利

(无专利时此项不必列出)

### 3. 参与科研项目及科研获奖

可以随意添加新的条目或是结构。



## 作者简介

### 1. 基本情况

吴凌云，福建省屏南县人，中国科学院数学与系统科学研究院博士研究生。

### 2. 教育背景

2008.08~2012.07 西北大学，本科，专业：

2012.09~西北大学，硕士研究生，专业：

### 3. 攻读硕士学位期间的其它奖励

可以随意添加新的条目或是结构。

