

# 上海交通大学

SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

## 学士学位论文

BACHELOR'S THESIS



论文题目：基于非连续动态对冲的场外期权定价研究

学生姓名：	李星奇
学生学号：	515120910121
专    业：	金融学
指导教师：	万相伟
学院(系)：	安泰经济与管理学院



## 基于非连续动态对冲的场外期权定价研究

### 摘要

上海交通大学是我国历史最悠久的高等学府之一，是教育部直属、教育部与上海市共建的全国重点大学，是国家“七五”、“八五”重点建设和“211工程”、“985工程”的首批建设高校。经过115年的不懈努力，上海交通大学已经成为一所“综合性、研究型、国际化”的国内一流、国际知名大学，并正在向世界一流大学稳步迈进。

十九世纪末，甲午战败，民族危难。中国近代著名实业家、教育家盛宣怀和一批有识之士秉持“自强首在储才，储才必先兴学”的信念，于1896年在上海创办了交通大学的前身——南洋公学。建校伊始，学校即坚持“求实学，务实业”的宗旨，以培养“第一等人才”为教育目标，精勤进取，笃行不倦，在二十世纪二三十年代已成为国内著名的高等学府，被誉为“东方MIT”。抗战时期，广大师生历尽艰难，移转租界，内迁重庆，坚持办学，不少学生投笔从戎，浴血沙场。解放前夕，广大师生积极投身民主革命，学校被誉为“民主堡垒”。

新中国成立初期，为配合国家经济建设的需要，学校调整出相当一部分优势专业、师资设备，支持国内兄弟院校的发展。五十年代中期，学校又响应国家建设大西北的号召，根据国务院决定，部分迁往西安，分为交通大学上海部分和西安部分。1959年3月两部分同时被列为全国重点大学，7月经国务院批准分别独立建制，交通大学上海部分启用“上海交通大学”校名。历经西迁、两地办学、独立办学等变迁，为构建新中国的高等教育体系，促进社会主义建设做出了重要贡献。六七十年代，学校先后归属国防科工委和六机部领导，积极投身国防人才培养和国防科研，为“两弹一星”和国防现代化做出了巨大贡献。

改革开放以来，学校以“敢为天下先”的精神，大胆推进改革：率先组成教授代表团访问美国，率先实行校内管理体制变革，率先接受海外友人巨资捐赠等，有力地推动了学校的教学科研改革。1984年，邓小平同志亲切接见了学校领导和师生代表，对学校的各项改革给予了充分肯定。在国家和上海市的大力支持下，学校以“上水平、创一流”为目标，以学科建设为龙头，先后恢复和兴建了理科、管理学科、生命学科、法学和人文学科等。1999年，上海农学院并入；2005年，与上海第二医科大学强强合并。至此，学校完成了综合性大学的学科布局。近年来，通过国家“985工程”和“211工程”的建设，学校高层次人才日渐汇聚，科研实力快速提升，实现了向研究型大学的转变。与此同时，学校通过与美国密西根大学等世界一流大学的合作办学，实施国际化战略取得重要突破。1985年开始闵行校区建设，历经20多年，已基本建设成设施完善，环境优美的现代化大学校园，并已完成了办学重心向闵行校区的转移。学校现有徐汇、闵行、法华、七宝和重庆南路（卢湾）5个校区，总占地面积4840亩。通过一系列的改革和建设，学校的各项办学指标大幅度上升，实现了跨越式发展，整体实力显著增强，为建设世界一流大学奠定了坚实的基础。

交通大学始终把人才培养作为办学的根本任务。一百多年来，学校为国家和社会培养了20余万各类优秀人才，包括一批杰出的政治家、科学家、社会活动家、实业家、工程技术专家和医学专家，如江泽民、陆定一、丁关根、汪道涵、钱学森、吴文俊、徐光宪、张光斗、黄炎培、邵力子、李叔同、蔡锷、邹韬奋、陈敏章、王振义、陈竺等。在中国科学院、中国工程院院士中，有200余位交大校友；在国家23位“两弹一星”功臣中，有6位交大校友；在18位国家最高科学技术奖获得者中，有3位来自交大。交大创造了中国近现代发展史上的诸多“第一”：中国最早的内燃机、最早的电机、最早的中文打字机等；新中国第一艘万吨轮、第一艘核潜艇、第一艘气垫船、第一艘水翼艇、自主设计的第一代战斗机、第一枚运载火箭、第一颗人造卫星、第一例心脏二尖瓣分离术、第一例成功移植同种原位肝手术、第一例成功

抢救大面积烧伤病人手术等，都凝聚着交大师生和校友的心血智慧。改革开放以来，一批年轻的校友已在世界各地、各行各业崭露头角。

截至 2011 年 12 月 31 日，学校共有 24 个学院/直属系（另有继续教育学院、技术学院和国际教育学院），19 个直属单位，12 家附属医院，全日制本科生 16802 人、研究生 24495 人（其中博士研究生 5059 人）；有专任教师 2979 名，其中教授 835 名；中国科学院院士 15 名，中国工程院院士 20 名，中组部“千人计划”49 名，“长江学者”95 名，国家杰出青年基金获得者 80 名，国家重点基础研究发展计划（973 计划）首席科学家 24 名，国家重大科学研究计划首席科学家 9 名，国家基金委创新研究群体 6 个，教育部创新团队 17 个。

学校现有本科专业 68 个，涵盖经济学、法学、文学、理学、工学、农学、医学、管理学和艺术等九个学科门类；拥有国家级教学及人才培养基地 7 个，国家级校外实践教育基地 5 个，国家级实验教学示范中心 5 个，上海市实验教学示范中心 4 个；有国家级教学团队 8 个，上海市教学团队 15 个；有国家级教学名师 7 人，上海市教学名师 35 人；有国家级精品课程 46 门，上海市精品课程 117 门；有国家级双语示范课程 7 门；2001、2005 和 2009 年，作为第一完成单位，共获得国家级教学成果 37 项、上海市教学成果 157 项。

**关键词：**上海交大，饮水思源，爱国荣校

# A SAMPLE DOCUMENT FOR L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-BASED SJTU THESIS TEMPLATE

## ABSTRACT

An imperial edict issued in 1896 by Emperor Guangxu, established Nanyang Public School in Shanghai. The normal school, school of foreign studies, middle school and a high school were established. Sheng Xuanhuai, the person responsible for proposing the idea to the emperor, became the first president and is regarded as the founder of the university.

During the 1930s, the university gained a reputation of nurturing top engineers. After the foundation of People's Republic, some faculties were transferred to other universities. A significant amount of its faculty were sent in 1956, by the national government, to Xi'an to help build up Xi'an Jiao Tong University in western China. Afterwards, the school was officially renamed Shanghai Jiao Tong University.

Since the reform and opening up policy in China, SJTU has taken the lead in management reform of institutions for higher education, regaining its vigor and vitality with an unprecedented momentum of growth. SJTU includes five beautiful campuses, Xuhui, Minhang, Luwan Qibao, and Fahu, taking up an area of about 3,225,833 m<sup>2</sup>. A number of disciplines have been advancing towards the top echelon internationally, and a batch of burgeoning branches of learning have taken an important position domestically.

Today SJTU has 31 schools (departments), 63 undergraduate programs, 250 masters-degree programs, 203 Ph.D. programs, 28 post-doctorate programs, and 11 state key laboratories and national engineering research centers.

SJTU boasts a large number of famous scientists and professors, including 35 academics of the Academy of Sciences and Academy of Engineering, 95 accredited professors and chair professors of the "Cheung Kong Scholars Program" and more than 2,000 professors and associate professors.

Its total enrollment of students amounts to 35,929, of which 1,564 are international students. There are 16,802 undergraduates, and 17,563 masters and Ph.D. candidates. After more than a century of operation, Jiao Tong University has inherited the old tradition of "high starting points, solid foundation, strict requirements and extensive practice." Students from SJTU have won top prizes in various competitions, including ACM International Collegiate Programming Contest, International Mathematical Contest in Modeling and Electronics Design Contests. Famous alumni include Jiang Zemin, Lu Dingyi, Ding Guangen, Wang Daohan, Qian Xuesen, Wu Wenjun, Zou Taofen, Mao Yisheng, Cai Er, Huang Yanpei, Shao Lizi, Wang An and many more. More than 200 of the academics of the Chinese Academy of Sciences and Chinese Academy of Engineering are alumni of Jiao Tong University.

**Key words:** SJTU, master thesis, XeTeX/LaTeX template



# 目 录

第一章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究意义	1
1.3 研究内容	2
1.4 研究方法与研究思路	2
1.5 研究框架	3
第二章 文献综述	5
2.1 国外研究结果	5
2.1.1 期权定价理论	5
2.1.2 动态对冲理论	5
2.2 国内研究结果	6
2.3 本章小结	7
第三章 文献综述	9
3.1 国外研究结果	9
3.1.1 期权定价理论	9
3.1.2 动态对冲理论	9
3.2 国内研究结果	10
3.3 本章小结	11
第四章 L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X 排版例子	13
4.1 列表环境	13
4.1.1 无序列表	13
4.1.2 有序列表	13
4.1.3 描述型列表	13
4.1.4 自定义列表样式	13
4.2 数学排版	13
4.2.1 公式排版	13
4.2.2 SI 单位	14
4.2.3 定理环境	14
4.3 向文档中插入图像	15
4.3.1 支持的图片格式	15
4.3.2 长标题的换行	15
4.3.3 绘制流程图	17
4.4 表格	18
4.5 参考文献管理	18
4.6 用 listings 插入源代码	19
4.7 用 algorithm 和 algorithmicx 宏包插入算法描述	20
第五章 常见问题	23
全文总结	25

附录 A	搭建模板编译环境	27
A.1	安装 TeX 发行版	27
A.1.1	Mac OS X	27
A.1.2	Linux	27
A.2	安装中文字体	27
A.2.1	Mac OS X、Deepin	27
A.2.2	RedHat/CentOS 用户	27
附录 B	Maxwell Equations	29
附录 C	从 CJK- $\text{\LaTeX}$ 转向 $\text{\XeTeX}$	31
附录 D	模板更新记录	33
参考文献		35
致  谢		37



## 第一章 绪论

### 1.1 研究背景

期货和期权等衍生品是金融市场和商品市场上风险管理的重要工具。对于资产管理机构，他们可以使用金融衍生品来管理自身的  $\beta$  暴露，控制系统性风险；对于实体企业，他们也可以通过买卖商品衍生品，降低由于原材料或产成品价格波动过大而带来的经营风险。期货作为一种线性资产，其价格变动与标的价格变动呈线性关系。实际操作中，企业可以根据未来风险的方向，按照一个套期保值比例，在期货市场上买入或卖出期货合约。原理简单、操作方便是期货的优势。然而，使用期货进行风险管理也存在一些问题。首先，期货为保证金交易，其杠杆比率较低，因此对资金占用较高，会给企业带来较高的机会成本。更重要的是，期货的线性特性使对冲者在规避了可能的损失的同时，也放弃了未来潜在的收益。

与期货相比，期权有着独有的优势，可以有效地帮助企业解决使用期货进行风险管理时的问题。若以买入期权的方式进行对冲，则对冲者只需在期初支付一定量的期权费，在对冲期间无需关注保证金账户。并且以期权费衡量的杠杆比率也较高，用较少的资金就可以实现和期货相同的对冲头寸数量。同时，这一对冲方式风险有限（损失全部的期权费），在价格有利变动时也可以保留获取收益的能力。因此，相比之下，期权是一种更好的对冲工具。

根据交易方式的不同，衍生品又可以分为场内衍生品（Exchange-Traded Derivatives）和场外衍生品（Over-The-Counter Derivatives）。场内衍生品又称交易所衍生品，这一类衍生品由交易双方通过交易所以竞价的方式完成交易；场外衍生品又称柜台交易衍生品，这一类衍生品由交易双方直接或通过共同对手方（Central Counterparty）进行交易和结算。与场内市场相比，场外市场通常规模更大。张玉红（2006）指出，从上世纪 90 年代开始，美国的场外衍生品市场的增长速度就已明显高于场内市场。同时，由于场外衍生品市场可以为企业提供特殊定制的风险管理产品，而场内市场提供的是标准化的合约。因此，场外市场和场内市场在功能上并不完全同质化。斯文（2012）通过对美国的场外衍生品市场数据进行实证分析发现，场外衍生品市场和场内市场更多地呈现出替代关系。近年来，我国场外衍生品市场发展迅猛。根据中国证券业协会的数据，截至 2018 年 7 月 31 日，我国场外衍生品的初始名义本金累计 3.27 万亿元，存量 2973.54 亿元。

期权这一衍生品相比于期货，涉及到更多维度的变量，企业对其的定制化需求也就更高。因此，相比场内期权市场，我国的场外期权市场更为活跃。目前我国场内市场中，商品期权有白糖、棉花、豆粕、玉米、铜和天然橡胶六种，金融期权有上证 50ETF 期权一种；而场外市场中，期权基本覆盖了大部分交易所中交易的标的。我国场外期权的交易商为证券公司和期货公司。对于这些交易商来说，他们是期权流动性的提供者，一般处于净卖出期权的位置。他们面临着两个很实际的问题：一是如何通过场内市场复制期权，对冲自身暴露的期权头寸；二是如何根据对冲的成本对卖出的期权进行定价，以在覆盖自身对冲成本的前提下提供一个更有竞争力的价格。

我国期权市场仍处于发展阶段，与成熟市场还有较大差距。场内市场期权品种较少，无法和品种丰富的场外市场匹配，这也给上文提到的两个问题的解决增加了难度。由于缺少场内非线性的工具，交易商只能通过使用期货或现货等线性资产来进行  $\Delta$  上的动态对冲。因此，基于目前我国期权市场的现状，本文将试图对以下问题做出解答：1）如何采取恰当的  $\Delta$  动态对冲策略以及确定动态对冲中的相关参数，以获得最好的对冲效果；2）在实际操作中，交易成本将在多大程度上影响最终的对冲成本。

### 1.2 研究意义

本文以虚拟案例的形式，使用了模拟研究和实证分析两种方法，同时基于固定时点的动态对冲和固定  $\Delta$  区间的动态对冲，对场外期权的定价和对冲进行了研究。

在模拟研究中,本文使用了几何布朗运动资产价格路径模型。并且根据期权价格的特点,以波动率溢价的形式来标准化交易成本对动态对冲结果的影响。在衡量不同参数下的对冲结果时,模仿风险厌恶函数提出了一种新的评判标准,用于实际应用中动态对冲参数和具体方法的选择。

在实证分析的研究中,本文使用动力煤指数的数据,进行了滚动的动态对冲分析,以为该期权未来的定价和对冲提供一定的参考,这一框架同样适用于基于其他标的的场外和场内期权的定价。同时,将实证分析的结果和模拟研究的结果比较,有助于定性地帮助场外期权交易商理解实际应用和理论分析的差异,以更好地将动态对冲方法应用到实际生产中。

### 1.3 研究内容

本文分析和论述结构如下:

第一章为绪论,简要介绍了本文的研究背景、研究意义和研究内容,提出了本文研究的整体框架。

第二章为文献综述,主要介绍了目前有关方向上的研究历史及现状,包括期权定价理论和动态对冲分析的国内外相关研究。

第三章为研究方法,主要介绍了期权定价和动态对冲的基本理论及实现方法,同时将对本文所用的模拟方法以及模拟中各个参数的选取和处理进行详细介绍。

第四章为模拟与实证分析,首先给出了一个虚拟的场外期权交易案例,之后使用蒙特卡洛模拟的方法以及固定时点动态对冲和固定  $\Delta$  区间动态对冲两种动态对冲策略,进行对冲效果以及最优对冲参数选择的分析,最后使用动力煤指数的实际数据,与模拟研究类似地进行动态对冲的实证分析,并将其与模拟的结果进行比较。

### 1.4 研究方法与研究思路

本文试图在传统的期权动态对冲研究的基础之上,建立一个从模拟研究到实证分析的研究框架,并且通过比较两者的差异来获得实际应用中的启示。在模拟方法的确定中,我们主要通过考察不同维度下的收敛速度,来选择最适用于本文所述问题的模拟方法。在模拟研究中,本文使用固定的波动率和交易成本,考察固定时点的动态对冲和固定  $\Delta$  区间的动态对冲两种对冲策略,并且使用对冲成本的期望的隐含波动率和对冲成本的标准化波动率作为评价标准。在实证分析中,本文基于模拟研究的思路,分别使用固定的隐含波动率和动态调整的波动率,考察动态对冲策略在实际数据上的表现。

## 1.5 研究框架

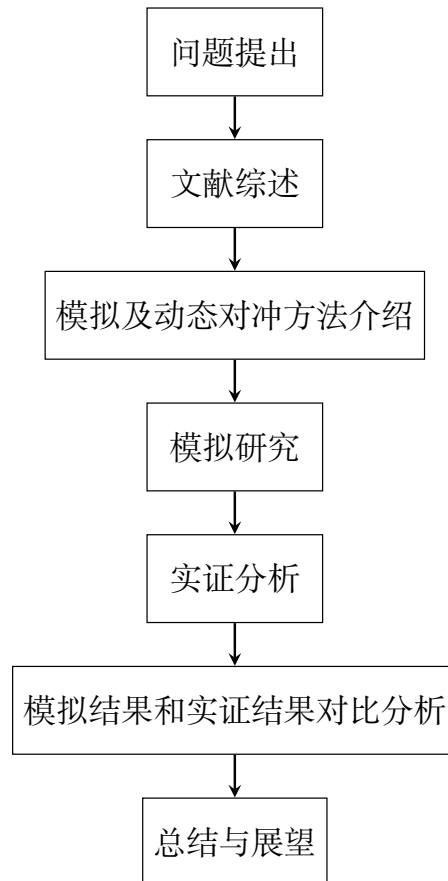


图 1-1 研究框架



## 第二章 文献综述

### 2.1 国外研究结果

期权定价理论和动态对冲理论是金融学中经典的理论，两者的理论基础也较为相似。实际上，期权定价理论的推导本身就是基于了动态对冲的方法，因此期权定价和动态对冲可以说是一枚硬币的两面。然而，由于两者的侧重点仍有所不同：期权定价理论倾向于给出期权价格的解析形式或直接使用数值的方法计算出期权的价格，动态对冲理论倾向于给出一个最优的动态对冲策略及策略损益的分布，主要关注对冲中关键参数的确定。因此本章也将分别考察这两个方面的研究，并且将着重关注有交易费用时的相关研究。

#### 2.1.1 期权定价理论

1973 年，Black 和 Scholes 提出了著名的 BS 模型（Black-Scholes 期权定价模型），即在无套利原则和连续对冲假设下通过在 Delta 上的动态对冲推导出 Black-Scholes 方程，之后对方程进行变换后解出解析解，进而得出定价公式。BS 模型提供了一个金融衍生品定价的基本框架，为各类金融衍生品的合理定价奠定了基础。之后，诸多学者对这一经典的定价模型进行修正，使其适用于各类金融衍生产品定价。1976 年，Black 根据 CAPM 模型和期货收益率分布的特点，对 BS 模型稍加改动，提出了用于期货期权定价的 BS 模型。Garman 和 Kohlhagen (1983) 针对利率演化与 BS 模型中假设的不同，修改了“收益率符合对数正态分布”这一假设，提出了适用于外汇期权定价的模型。

然而，上述研究并没有解决 BS 模型存在的一个关键问题，即其假设对冲是连续的且没有交易费用的。这一假设在实际市场中是几乎不可能成立的。Leland 在 1985 年针对这一问题进行了研究，他通过修正 BS 模型中的波动率的方式，证明了在固定对冲时间间隔和有与标的价格成比例的对冲成本的情况下，对冲的误差与标的价格无关。实际上，这一方法的思路是在原有模型基础上增加一个波动性溢价，以抵消对冲成本的影响，他也给出了这一波动率溢价的解析形式。Leland 的这一研究是非常有启发性的，之后很多的对于这一问题的研究都围绕其研究展开。如 1992 年，Boyle 和 Vorst 基于 Leland (1985) 对波动率的修正，使用了二叉树模型进行数值模拟，得出了在一定参数取值范围内的较为精确的期权价格估计。

1993 年，Davis etc. 认为 Leland (1985) 给出的解析形式并不是在有交易费用时的期权定价的“最优”解（效用上的最优）。因此，他们基于 Hodges 和 Neuberger (1989) 的研究，使用效用最大化理论来考察这一问题。虽然在推导中使用了对数效用函数，但是他们认为定价结果与效用函数的具体形式无关。然而，Davis etc. 提出的模型也有不足。主要存在的问题是在他们的模型中，期权价格是一个三维自由边界问题的解，其在计算上耗时较长，不符合实际应用中对价格计算速度的要求；其次，在价格中需要先验地给出投资者的效用函数，这一效用函数实际上较难确定。因此，Whalley 和 Wilmott (1997) 在 Davis etc. (1993) 的研究的基础上，使用渐进分析的方法，将原有的三维自由边界问题转化为了一个二维扩散方程，提高了求解速度，使其可以在实际市场中得以应用，这一二维扩散方程实际上是在 BS 方程的基础上增加一个更小阶数的修正项。并且，他们由此推导出交易费用与 BS 模型下的 Gamma 有关。

#### 2.1.2 动态对冲理论

动态对冲是风险管理的重要方法，同时也是期权定价推导的基础。一般而言，场外期权的动态对冲可以分为两种：一种是使用场内期权对冲场外期权暴露的头寸，一种是使用标的资产或资产组合对期权进行复制。在实务中，又以第二种方法使用较多，国外关于动态对冲的研究也大多基于使用线性资产对期权进行复制。



Black 和 Scholes (1973) 在推导 BS 模型时, 即是使用标的资产对期权在 Delta 上进行对冲。他们在每个时点计算期权的 Delta, 之后调整标的资产的头寸使其与期权暴露的 Delta 值匹配, 再通过以无风险利率借入或贷出所需的资金, 最后将每个时点产生的成本折现加总, 即得到总对冲成本。当对冲时间间隔趋于 0 时, 总对冲成本即为 BS 模型得出的期权价格。由此也可以看出动态对冲和期权定价之间的关系: 动态对冲是期权定价理论推导的基础, 反之期权定价得出的解析形式可以用于实务中动态对冲中 Delta 的确定。

从 BS 模型的框架中, 可以看出动态对冲中的主要需要决定参数有两个: 第一个是用于计算对冲头寸 Delta, 第二个是对冲的具体时间间隔, 之后的扩展研究也基本围绕这两点展开。Black 和 Scholes 的框架由于是相等时间间隔对冲, 因此它其实是事先确定了第二个参数。在此基础之上对有交易费用时的动态对冲的修正, 比如 Leland (1985) 的研究, 也是同样地维持相等时间间隔不变, 而对 Delta 的计算进行了修正, 这一修正通过修正计算 BS 公式下的 Delta 的波动率而实现的。关于这一对冲误差的收敛性, Leland 认为当交易费用与标的价格成比例且保持不变时, 随着对冲时间间隔趋于 0, 对冲误差也收敛于 0, 即对冲成本将从概率上收敛于修正的 BS 模型。然而, Kabanov 和 Safarian 于 1997 年在 Lott (1993) 工作的基础上通过证明, 得出了与 Leland 相反的结论: 当交易费用不变时, 随着对冲时间间隔趋近于 0, 对冲误差并不收敛于 0; 只有当交易费用和对冲时间间隔同时趋于 0 时, 对冲误差才会收敛于 0。2003 年, Pergamenschikov 在 Kabanov 和 Safarian 的工作的基础上进一步证明了这一对冲误差的收敛速度为  $n^{-1/4}$ , 并给出了 Leland 组合终值的极限分布。之后, Darses 和 Denis (2010) 更进一步地证明了对冲误差的极限分布。同时, 他们通过修正 Leland 的模型以及采用不等间隔的对冲间隔, 提高了对冲误差的收敛速度。

Leland 及其之后的一系列研究大部分采用了固定的对冲时间间隔, 主要关注用于计算 Delta 的波动率以及对冲误差的收敛性。与此不同的是, 也有学者使用效用理论对动态对冲进行有交易费用时的动态对冲研究, 通过效用最大化来寻找动态对冲中合适的参数, 在这种情况下, 对冲间隔并不能事先确定。这一类动态对冲策略需要在事先设定好决策规则之后, 每个时点监控标的价格以及计算动态对冲参数, 之后决定是否做出对冲调整。Hodges 和 Neuberger (1989) 最早将基于效用的最优和期权复制联系在一起, 他们使用了风险厌恶效用函数, 通过构造一个偏微分方程来求解最优的对冲头寸水平。实际上, 他们研究中的最优对冲策略主要考虑的是对 Delta 复制的准确性和交易费用之间的一个权衡, 并且使用一个控制变量来定量地反映这一权衡的过程。当这一控制变量小于某一个临界值时, 则不做出对冲头寸的调整, 通过暴露一定的风险来节省交易费用。从对冲结果的标准差来看, 这一对冲策略要优于 Leland (1985) 的对冲策略。在此基础上, Davis etc. (1993) 证明了这一问题的解和效用函数的具体形式无关。之后, Whalley 和 Wilmott (1997) 也证明了在存在交易费用时, Delta 上的动态对冲存在无交易区间、买入区间和卖出区间。

除了以上基于对有交易费用时的动态对冲的修正的研究之外, 另有一些动态对冲的研究关注了其他设定条件下的对冲组合及其相关评价指标。如 Sepp (2013) 基于 BS 模型以及四种不同的资产价格路径: 对数正态扩散过程、跳跃扩散过程、随机波动率模型和带跳跃的随机波动率模型, 首先给出了固定时点对冲方法下期望损益、期望对冲成本和损益波动率的解析式, 并且由此给出了最优化夏普率时的对冲频率。Basak 和 Chabakauri (2012) 的研究关注了不完全市场下最优动态对冲组合的解析形式。Shokrollahi 和 Sottinen (2017) 基于 Sottinen 和 Viitasaari (2017) 在分形布朗运动上的研究, 给出了分形市场假说下条件均值对冲组合的解析式。Hull 和 White (2017) 则转而挖掘收益波动率和收益率之间的关系, 探讨了在收益波动率和收益率相关的条件下的最小化组合波动率的对冲模型, 并使用标普 500 的数据予以检验。

## 2.2 国内研究结果

由于我国衍生品市场起步较晚, 期权类产品更甚, 因此国内关于期权定价和动态对冲的研究较少。在已有的对于动态对冲的研究中, 研究方法以蒙特卡洛模拟和实证研究为主, 研究的内容则大多关注不同动态对冲策略效果的比较分析。张程 (2010) 通过构建工商银行的欧式看涨期权, 使用实证的方法证明了固定 Delta 区间对冲策略优于固定时间对冲策略。熊

辉（2015）和蒋论政（2018）在硕士论文中分别对玉米期权和豆粕期权的动态对冲策略做了分析和比较，也都得出了固定  $\Delta$  区间对冲策略效果较好的结论。魏洁（2011）对股指期货和股指期权套期保值进行模拟，并对各套期保值方法进行了评价。卫剑波和王琦（2014）基于 SLSG（Stop-Loss Start-Gain）对冲策略，使用沪深 300 的数据进行实证分析，发现对冲波动率和实现波动率的差异是对冲时收益的主要来源，并且以此为基础探索了  $\Gamma$  识别和趋势识别的对冲策略。张卫国和杜谦（2016）使用蒙特卡洛方法对基于随机模型预测控制的对冲方法和传统的  $\Delta$  对冲方法进行了对比分析，并使用上证 50ETF 期权合约进行了实证检验，进而证明了基于随机模型预测控制的对冲方法的有效性。

## 2.3 本章小结

本章主要介绍了国内外有关期权定价和动态对冲的研究情况，重点介绍了有交易费用时的期权定价和动态对冲的研究。国外研究主要以模型建立为主，自 1973 年 Black 和 Scholes 提出 BS 模型以来，之后诸多学者从波动率修正和效用最大化等角度对有交易费用时的期权定价和动态对冲进行了研究。其中波动率修正角度的研究认为需要固定对冲的时间间隔，通过在原有波动率的基础上施加一个溢价来抵消交易费用带来的成本增加的影响；效用最大化角度的研究则关注在不完全对冲时的风险暴露和完全对冲时的额外交易成本之间的权衡，通过效用函数最大化来决定是否进行对冲，因此其对冲时间间隔并不固定。相比之下，国内这一方面的研究起步较晚，大多关注不同对冲策略的对比和评价，研究方法也以模拟分析和实证研究为主。





## 第三章 文献综述

### 3.1 国外研究结果

期权定价理论和动态对冲理论是金融学中经典的理论，两者的理论基础也较为相似。实际上，期权定价理论的推导本身就是基于了动态对冲的方法，因此期权定价和动态对冲可以说是一枚硬币的两面。然而，由于两者的侧重点仍有所不同：期权定价理论倾向于给出期权价格的解析形式或直接使用数值的方法计算出期权的价格，动态对冲理论倾向于给出一个最优的动态对冲策略及策略损益的分布，主要关注对冲中关键参数的确定。因此本章也将分别考察这两个方面的研究，并且将着重关注有交易费用时的相关研究。

#### 3.1.1 期权定价理论

1973 年，Black 和 Scholes 提出了著名的 BS 模型（Black-Scholes 期权定价模型），即在无套利原则和连续对冲假设下通过在 Delta 上的动态对冲推导出 Black-Scholes 方程，之后对方程进行变换后解出解析解，进而得出定价公式。BS 模型提供了一个金融衍生品定价的基本框架，为各类金融衍生品的合理定价奠定了基础。之后，诸多学者对这一经典的定价模型进行修正，使其适用于各类金融衍生产品定价。1976 年，Black 根据 CAPM 模型和期货收益率分布的特点，对 BS 模型稍加改动，提出了用于期货期权定价的 BS 模型。Garman 和 Kohlhagen (1983) 针对利率演化与 BS 模型中假设的不同，修改了“收益率符合对数正态分布”这一假设，提出了适用于外汇期权定价的模型。

然而，上述研究并没有解决 BS 模型存在的一个关键问题，即其假设对冲是连续的且没有交易费用的。这一假设在实际市场中是几乎不可能成立的。Leland 在 1985 年针对这一问题进行了研究，他通过修正 BS 模型中的波动率的方式，证明了在固定对冲时间间隔和有与标的价格成比例的对冲成本的情况下，对冲的误差与标的价格无关。实际上，这一方法的思路是在原有模型基础上增加一个波动性溢价，以抵消对冲成本的影响，他也给出了这一波动率溢价的解析形式。Leland 的这一研究是非常有启发性的，之后很多的对于这一问题的研究都围绕其研究展开。如 1992 年，Boyle 和 Vorst 基于 Leland (1985) 对波动率的修正，使用了二叉树模型进行数值模拟，得出了在一定参数取值范围内的较为精确的期权价格估计。

1993 年，Davis etc. 认为 Leland (1985) 给出的解析形式并不是在有交易费用时的期权定价的“最优”解（效用上的最优）。因此，他们基于 Hodges 和 Neuberger (1989) 的研究，使用效用最大化理论来考察这一问题。虽然在推导中使用了对数效用函数，但是他们认为定价结果与效用函数的具体形式无关。然而，Davis etc. 提出的模型也有不足。主要存在的问题是在他们的模型中，期权价格是一个三维自由边界问题的解，其在计算上耗时较长，不符合实际应用中对价格计算速度的要求；其次，在价格中需要先验地给出投资者的效用函数，这一效用函数实际上较难确定。因此，Whalley 和 Wilmott (1997) 在 Davis etc. (1993) 的研究的基础上，使用渐进分析的方法，将原有的三维自由边界问题转化为了一个二维扩散方程，提高了求解速度，使其可以在实际市场中得以应用，这一二维扩散方程实际上是在 BS 方程的基础上增加一个更小阶数的修正项。并且，他们由此推导出交易费用与 BS 模型下的 Gamma 有关。

#### 3.1.2 动态对冲理论

动态对冲是风险管理的重要方法，同时也是期权定价推导的基础。一般而言，场外期权的动态对冲可以分为两种：一种是使用场内期权对冲场外期权暴露的头寸，一种是使用标的资产或资产组合对期权进行复制。在实务中，又以第二种方法使用较多，国外关于动态对冲的研究也大多基于使用线性资产对期权进行复制。

Black 和 Scholes (1973) 在推导 BS 模型时, 即是使用标的资产对期权在 Delta 上进行对冲。他们在每个时点计算期权的 Delta, 之后调整标的资产的头寸使其与期权暴露的 Delta 值匹配, 再通过以无风险利率借入或贷出所需的资金, 最后将每个时点产生的成本折现加总, 即得到总对冲成本。当对冲时间间隔趋于 0 时, 总对冲成本即为 BS 模型得出的期权价格。由此也可以看出动态对冲和期权定价之间的关系: 动态对冲是期权定价理论推导的基础, 反之期权定价得出的解析形式可以用于实务中动态对冲中 Delta 的确定。

从 BS 模型的框架中, 可以看出动态对冲中的主要需要决定参数有两个: 第一个是用于计算对冲头寸 Delta, 第二个是对冲的具体时间间隔, 之后的扩展研究也基本围绕这两点展开。Black 和 Scholes 的框架由于是相等时间间隔对冲, 因此它其实是事先确定了第二个参数。在此基础上对有交易费用时的动态对冲的修正, 比如 Leland (1985) 的研究, 也是同样地维持相等时间间隔不变, 而对 Delta 的计算进行了修正, 这一修正通过修正计算 BS 公式下的 Delta 的波动率而实现的。关于这一对冲误差的收敛性, Leland 认为当交易费用与标的价格成比例且保持不变时, 随着对冲时间间隔趋于 0, 对冲误差也收敛于 0, 即对冲成本将从概率上收敛于修正的 BS 模型。然而, Kabanov 和 Safarian 于 1997 年在 Lott (1993) 工作的基础上通过证明, 得出了与 Leland 相反的结论: 当交易费用不变时, 随着对冲时间间隔趋近于 0, 对冲误差并不收敛于 0; 只有当交易费用和对冲时间间隔同时趋于 0 时, 对冲误差才会收敛于 0。2003 年, Pergamenschikov 在 Kabanov 和 Safarian 的工作的基础上进一步证明了这一对冲误差的收敛速度为  $n^{-1/4}$ , 并给出了 Leland 组合终值的极限分布。之后, Darses 和 Denis (2010) 更进一步地证明了对冲误差的极限分布。同时, 他们通过修正 Leland 的模型以及采用不等间隔的对冲间隔, 提高了对冲误差的收敛速度。

Leland 及其之后的一系列研究大部分采用了固定的对冲时间间隔, 主要关注用于计算 Delta 的波动率以及对冲误差的收敛性。与此不同的是, 也有学者使用效用理论对动态对冲进行有交易费用时的动态对冲研究, 通过效用最大化来寻找动态对冲中合适的参数, 在这种情况下, 对冲间隔并不能事先确定。这一类动态对冲策略需要在事先设定好决策规则之后, 每个时点监控标的价格以及计算动态对冲参数, 之后决定是否做出对冲调整。Hodges 和 Neuberger (1989) 最早将基于效用的最优和期权复制联系在一起, 他们使用了风险厌恶效用函数, 通过构造一个偏微分方程来求解最优的对冲头寸水平。实际上, 他们研究中的最优对冲策略主要考虑的是对 Delta 复制的准确性和交易费用之间的一个权衡, 并且使用一个控制变量来定量地反映这一权衡的过程。当这一控制变量小于某一个临界值时, 则不做出对冲头寸的调整, 通过暴露一定的风险来节省交易费用。从对冲结果的标准差来看, 这一对冲策略要优于 Leland (1985) 的对冲策略。在此基础上, Davis etc. (1993) 证明了这一问题的解和效用函数的具体形式无关。之后, Whalley 和 Wilmott (1997) 也证明了在存在交易费用时, Delta 上的动态对冲存在无交易区间、买入区间和卖出区间。

除了以上基于对有交易费用时的动态对冲的修正的研究之外, 另有一些动态对冲的研究关注了其他设定条件下的对冲组合及其相关评价指标。如 Sepp (2013) 基于 BS 模型以及四种不同的资产价格路径: 对数正态扩散过程、跳跃扩散过程、随机波动率模型和带跳跃的随机波动率模型, 首先给出了固定时点对冲方法下期望损益、期望对冲成本和损益波动率的解析式, 并且由此给出了最优化夏普率时的对冲频率。Basak 和 Chabakauri (2012) 的研究关注了不完全市场下最优动态对冲组合的解析形式。Shokrollahi 和 Sottinen (2017) 基于 Sottinen 和 Viitasaari (2017) 在分形布朗运动上的研究, 给出了分形市场假说下条件均值对冲组合的解析式。Hull 和 White (2017) 则转而挖掘收益波动率和收益率之间的关系, 探讨了在收益波动率和收益率相关的条件下的最小化组合波动率的对冲模型, 并使用标普 500 的数据予以检验。

### 3.2 国内研究结果

由于我国衍生品市场起步较晚, 期权类产品更甚, 因此国内关于期权定价和动态对冲的研究较少。在已有的对于动态对冲的研究中, 研究方法以蒙特卡洛模拟和实证研究为主, 研究的内容则大多关注不同动态对冲策略效果的比较分析。张程 (2010) 通过构建工商银行的欧式看涨期权, 使用实证的方法证明了固定 Delta 区间对冲策略优于固定时间对冲策略。熊

辉（2015）和蒋论政（2018）在硕士论文中分别对玉米期权和豆粕期权的动态对冲策略做了分析和比较，也都得出了固定  $\Delta$  区间对冲策略效果较好的结论。魏洁（2011）对股指期货和股指期货套期保值进行模拟，并对各套期保值方法进行了评价。卫剑波和王琦（2014）基于 SLSG（Stop-Loss Start-Gain）对冲策略，使用沪深 300 的数据进行实证分析，发现对冲波动率和实现波动率的差异是对冲时收益的主要来源，并且以此为基础探索了  $\Gamma$  识别和趋势识别的对冲策略。张卫国和杜谦（2016）使用蒙特卡洛方法对基于随机模型预测控制的对冲方法和传统的  $\Delta$  对冲方法进行了对比分析，并使用上证 50ETF 期权合约进行了实证检验，进而证明了基于随机模型预测控制的对冲方法的有效性。

### 3.3 本章小结

本章主要介绍了国内外有关期权定价和动态对冲的研究情况，重点介绍了有交易费用时的期权定价和动态对冲的研究。国外研究主要以模型建立为主，自 1973 年 Black 和 Scholes 提出 BS 模型以来，之后诸多学者从波动率修正和效用最大化等角度对有交易费用时的期权定价和动态对冲进行了研究。其中波动率修正角度的研究认为需要固定对冲的时间间隔，通过在原有波动率的基础上施加一个溢价来抵消交易费用带来的成本增加的影响；效用最大化角度的研究则关注在不完全对冲时的风险暴露和完全对冲时的额外交易成本之间的权衡，通过效用函数最大化来决定是否进行对冲，因此其对冲时间间隔并不固定。相比之下，国内这一方面的研究起步较晚，大多关注不同对冲策略的对比和评价，研究方法也以模拟分析和实证研究为主。



## 第四章 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 排版例子

### 4.1 列表环境

#### 4.1.1 无序列表

以下是一个无序列表的例子，列表的每个条目单独分段。

- 这是一个无序列表。
- 这是一个无序列表。
- 这是一个无序列表。

使用 `itemize*` 环境可以创建行内无序列表。• 这是一个无序列表。• 这是一个无序列表。

- 这是一个无序列表。行内无序列表条目不单独分段，所有内容直接插入在原文的段落中。

#### 4.1.2 有序列表

使用环境 `enumerate` 和 `enumerate*` 创建有序列表，使用方法无序列表类似。

1. 这是一个有序列表。
2. 这是一个有序列表。
3. 这是一个有序列表。

使用 `enumerate*` 环境可以创建行内有序列表。1. 这是一个默认有序列表。2. 这是一个默认有序列表。3. 这是一个默认有序列表。行内有序列表条目不单独分段，所有内容直接插入在原文的段落中。

#### 4.1.3 描述型列表

使用环境 `description` 可创建带有主题词的列表，条目语法是 `\item[主题] 内容`。

主题一 详细内容

主题二 详细内容

主题三 详细内容...

#### 4.1.4 自定义列表样式

可以使用 `label` 参数控制列表的样式，详细可以参考 WikiBooks<sup>1</sup>。比如一个自定义样式的行内有序列表 *a)* 这是一个自定义样式有序列表。*b)* 这是一个自定义样式有序列表。*c)* 这是一个自定义样式有序列表。

### 4.2 数学排版

#### 4.2.1 公式排版

这里有举一个长公式排版的例子，来自《Math mode》：

$$\frac{1}{2}\Delta(f_{ij}f^{ij}) = 2\left(\sum_{i<j}\chi_{ij}(\sigma_i - \sigma_j)^2 + f^{ij}\nabla_j\nabla_i(\Delta f) + \nabla_k f_{ij}\nabla^k f^{ij} + f^{ij}f^k[2\nabla_i R_{jk} - \nabla_k R_{ij}]\right) \quad (4-1)$$

<sup>1</sup>[https://en.wikibooks.org/wiki/LaTeX/List\\_Structures#Customizing\\_lists](https://en.wikibooks.org/wiki/LaTeX/List_Structures#Customizing_lists)

## 4.2.2 SI 单位

使用 `siunitx` 宏包可以方便地输入 SI 单位制单位，例如 `\SI{5}{\um}` 可以得到  $5\mu\text{m}$ 。

### 4.2.2.1 一个四级标题

这是全文唯一的一个四级标题。在这部分中将演示了 `mathtools` 宏包中可伸长符号（箭头、等号的例子）的例子。

$$A \xleftarrow[n=0]{} B \xrightarrow[n>0]{\text{LongLongLongLong}} C$$

$$f(x) \xleftrightarrow{A=B} B \quad (4-2)$$

$$\begin{array}{c} \xleftrightarrow{\text{above}} \\ \xleftrightarrow{\text{below}} \end{array} B \quad (4-3)$$

又如：

$$\begin{aligned} & I(X_3; X_4) - I(X_3; X_4 | X_1) - I(X_3; X_4 | X_2) \\ &= [I(X_3; X_4) - I(X_3; X_4 | X_1)] - I(X_3; X_4 | \tilde{X}_2) \end{aligned} \quad (4-4)$$

$$= I(X_1; X_3; X_4) - I(X_3; X_4 | \tilde{X}_2) \quad (4-5)$$

## 4.2.3 定理环境

模板中定义了丰富的定理环境 `algo`(算法), `thm`(定理), `lem`(引理), `prop`(命题), `cor`(推论), `defn`(定义), `conj`(猜想), `exmp`(例), `rem`(注), `case`(情形), `bthm`(断言定理), `blem`(断言引理), `bprop`(断言命题), `bcor`(断言推论)。`amsmath` 还提供了一个 `proof`(证明) 的环境。这里举一个“定理”和“证明”的例子。

**定理 4.1** (留数定理). 假设  $U$  是复平面上的一个单连通开子集,  $a_1, \dots, a_n$  是复平面上有限个点,  $f$  是定义在  $U \setminus \{a_1, \dots, a_n\}$  上的全纯函数, 如果  $\gamma$  是一条把  $a_1, \dots, a_n$  包围起来的可求长曲线, 但不经过任何一个  $a_k$ , 并且其起点与终点重合, 那么:

$$\oint_{\gamma} f(z) dz = 2\pi i \sum_{k=1}^n I(\gamma, a_k) \text{Res}(f, a_k) \quad (4-6)$$

如果  $\gamma$  是若尔当曲线, 那么  $I(\gamma, a_k) = 1$ , 因此:

$$\oint_{\gamma} f(z) dz = 2\pi i \sum_{k=1}^n \text{Res}(f, a_k) \quad (4-7)$$

在这里,  $\text{Res}(f, a_k)$  表示  $f$  在点  $a_k$  的留数,  $I(\gamma, a_k)$  表示  $\gamma$  关于点  $a_k$  的卷绕数。卷绕数是一个整数, 它描述了曲线  $\gamma$  绕过点  $a_k$  的次数。如果  $\gamma$  依逆时针方向绕着  $a_k$  移动, 卷绕数就是一个正数, 如果  $\gamma$  根本不绕过  $a_k$ , 卷绕数就是零。

定理 4.1 的证明。

**证明.** 首先, 由……

其次, ……

所以……

□



上面的公式例子中，有一些细节希望大家注意。微分号  $d$  应该使用“直立体”也就是用  $\mathrm{d}$  包围起来。并且，微分号和被积函数之间应该有一段小间隔，可以插入  $\backslash$ ，得到。斜体的  $d$  通常只作为一般变量。 $i, j$  作为虚数单位时，也应该使用“直立体”为了明显，还加上了粗体，例如  $\mathbf{i}$ 。斜体  $i, j$  通常用作表示“序号”。其他字母在表示常量时，也推荐使用“直立体”譬如，圆周率  $\pi$ （需要 `upgreek` 宏包），自然对数的底  $e$ 。不过，我个人觉得斜体的  $e$  和  $\pi$  很潇洒，在不至于引起混淆的情况下，我也用这两个字母的斜体表示对应的常量。

## 4.3 向文档中插入图像

### 4.3.1 支持的图片格式

$\mathrm{X}_{\mathrm{T}}\mathrm{E}_{\mathrm{X}}$  可以很方便地插入 PDF、PNG、JPG 格式的图片。

插入 PNG/JPG 的例子如4-1所示。这两个水平并列放置的图共享一个“图标题” (table caption)，没有各自的小标题。

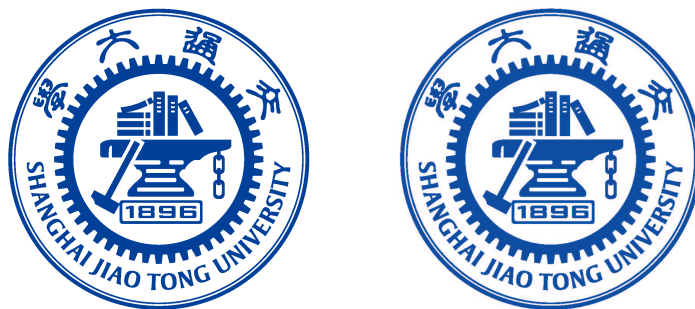


图 4-1 中文题图  
图 4-1 English caption

这里还有插入 EPS 图像和 PDF 图像的例子，如图4-2a和图4-2b。这里将 EPS 和 PDF 图片作为子图插入，每个子图有自己的小标题。子图标题使用 `subcaption` 宏包添加。



(a) EPS 图像

上海交通大学

SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

(b) PDF 图像，注意这个图略矮些。如果标题很长的话，它会自动换行

图 4-2 插入 eps 和 pdf 的例子（使用 `subcaptionbox` 方式）  
图 4-2 An EPS and PDF demo with `subcaptionbox`

更多关于  $\mathrm{L}^{\mathrm{T}}\mathrm{E}_{\mathrm{X}}$  插图的例子可以参考《 $\mathrm{L}^{\mathrm{T}}\mathrm{E}_{\mathrm{X}}$  插图指南》。

### 4.3.2 长标题的换行

图4-4和图4-5都有比较长图标题，通过对比发现，图4-5的换行效果更好一些。其中使用了 `minipage` 环境来限制整个浮动体的宽度。



(a) EPS 图像

上海交通大学

SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

(b) PDF 图像，注意这个图略矮些。subfigure 中同一行的子图在顶端对齐。

图 4-3 插入 eps 和 pdf 的例子（使用 subfigure 方式）

图 4-3 An EPS and PDF demo with subfigure



图 4-4 上海交通大学是我国历史最悠久的高等学府之一，是教育部直属、教育部与上海市共建的全国重点大学。

图 4-4 Where there is a will, there is a way.



图 4-5 上海交通大学是我国历史最悠久的高等学府之一，是教育部直属、教育部与上海市共建的全国重点大学。

图 4-5 Where there is a will, there is a way.



### 4.3.3 绘制流程图

图4-6是一张流程图示意。使用 tikz 环境, 搭配四种预定义节点 (startstop、process、decision 和 io), 可以容易地绘制出流程图。

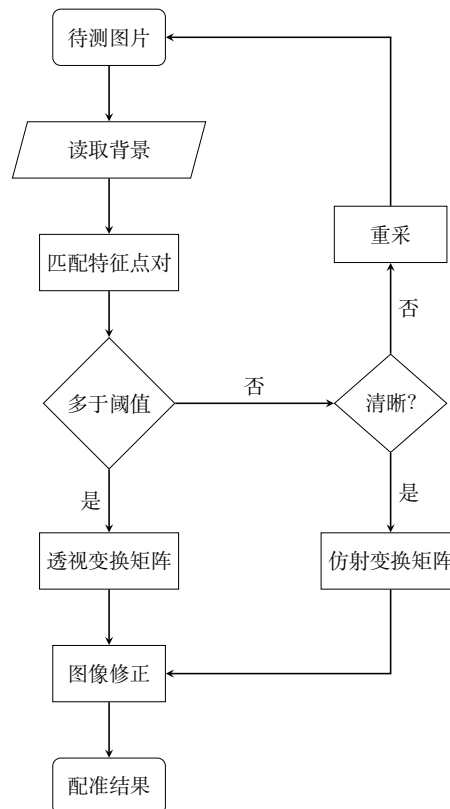


图 4-6 绘制流程图效果  
图 4-6 Flow chart



## 4.4 表格

这一节给出的是一些表格的例子，如表4-1所示。

表 4-1 一个颇为标准的三线表格

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

下面一个是一个更复杂的表格，用 `threeparttable` 实现带有脚注的表格，如表4-2。

表 4-2 一个带有脚注的表格的例子  
表 4-2 A Table with footnotes

total	20 <sup>1</sup>		40		60	
	www	k	www	k	www	k
	4.22 (2.12)	120.0140 <sup>2</sup>	333.15	0.0411	444.99	0.1387
	168.6123	10.86	255.37	0.0353	376.14	0.1058
	6.761	0.007	235.37	0.0267	348.66	0.1010

<sup>1</sup> the first note.

<sup>2</sup> the second note.

## 4.5 参考文献管理

$\text{\LaTeX}$  具有将参考文献内容和表现形式分开管理的能力，涉及三个要素：参考文献数据库、参考文献引用格式、在正文中引用参考文献。这样的流程需要多次编译：

1. 用户将论文中需要引用的参考文献条目，录入纯文本数据库文件 (bib 文件)。
2. 调用 `xelatex` 对论文模板做第一次编译，扫描文中引用的参考文献，生成参考文献入口文件 (aux) 文件。
3. 调用 `bibtex`，以参考文献格式和入口文件为输入，生成格式化以后的参考文献条目文件 (bib)。
4. 再次调用 `xelatex` 编译模板，将格式化以后的参考文献条目插入正文。

参考文献数据库 (thesis.bib) 的条目，可以从 Google Scholar 搜索引擎<sup>1</sup>、CiteSeerX 搜索引擎<sup>2</sup>中查找，文献管理软件 Papers<sup>3</sup>、Mendeley<sup>4</sup>、JabRef<sup>5</sup>也能够输出条目信息。

下面是在 Google Scholar 上搜索到的一条文献信息，格式是纯文本：

<sup>1</sup>这个例子来自《Publication quality tables in LATEX》(booktabs 宏包的文档)。这也是一个在表格中使用脚注的例子，请留意与 `threeparttable` 实现的效果有何不同。

<sup>1</sup><https://scholar.google.com>

<sup>2</sup><http://citeseerx.ist.psu.edu>

<sup>3</sup><http://papersapp.com>

<sup>4</sup><http://www.mendeley.com>

<sup>5</sup><http://jabref.sourceforge.net>

## 代码 4-1 从 Google Scholar 找到的参考文献条目

```
@phdthesis{白 2008 信用风险传染模型和信用衍生品的定价,
  title={信用风险传染模型和信用衍生品的定价},
  author={白云芬},
  year={2008},
  school={上海交通大学}
}
```

推荐修改后在 bib 文件中的内容为:

## 代码 4-2 修改后的参考文献条目

```
@phdthesis{bai2008,
  title={信用风险传染模型和信用衍生品的定价},
  author={白云芬},
  date={2008},
  address={上海},
  school={上海交通大学}
}
```

按照教务处的要求, 参考文献外观应符合国标 GBT7714 的要求<sup>1</sup>。在模板中, 表现形式的控制逻辑通过 biblatex-gb7714-2015 包实现<sup>2</sup>, 基于 Bib<sub>La</sub>T<sub>E</sub>X 管理文献。在目前的多数 TeX 发行版中, 可能都没有默认包含 biblatex-gb7714-2015, 需要手动安装。

正文中引用参考文献时, 用 `\cite{key1,key2,key3...}` 可以产生“上标引用的参考文献”, 如<sup>[1-3]</sup>。使用 `\parencite{key1,key2,key3...}` 则可以产生水平引用的参考文献, 例如 [4-6]。请看下面的例子, 将会穿插使用水平的和上标的参考文献: 关于书的 [1, 4, 6], 关于期刊的<sup>[2, 7]</sup>, 会议论文 [3, 8, 9], 硕士学位论文 [5, 10], 博士学位论文<sup>[11-13]</sup>, 标准文件 [6], 技术报告<sup>[14]</sup>, 电子文献 [15, 16], 用户手册 [17]。

总结一些注意事项:

- 参考文献只有在正文中被引用了, 才会在最后的参考文献列表中出现;
- 参考文献“数据库文件” bib 是纯文本文件, 请使用 UTF-8 编码, 不要使用 GBK 编码;
- 参考文献条目中默认通过 date 域输入时间。兼容使用 year 域时会产生编译 warning, 可忽略。

## 4.6 用 listings 插入源代码

原先 ctexbook 文档类和 listings 宏包配合使用时, 代码在换页时会出现莫名其妙的错误, 后来经高人指点, 顺利解决了。感兴趣的话, 可以看看这里。这里给使用 listings 宏包插入源代码的例子, 这里是一段 C 代码。另外, listings 宏包真可谓博大精深, 可以实现各种复杂、漂亮的效果, 想要进一步学习的同学, 可以参考 listings 宏包手册。

## 代码 4-3 一段 C 源代码

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <unistd.h>
3 #include <sys/types.h>
4 #include <sys/wait.h>
5
6 int main() {
7     pid_t pid;
8
9     switch ((pid = fork())) {
10    case -1:
11        printf("fork failed\n");
12        break;
```

<sup>1</sup>[http://www.ccs.net.cn/guild/sites/tmxb/Files/19798\\_2.pdf](http://www.ccs.net.cn/guild/sites/tmxb/Files/19798_2.pdf)

<sup>2</sup><https://www.ctan.org/pkg/biblatex-gb7714-2015>



```

13  case 0:
14      /* child calls exec */
15      execl("/bin/ls", "ls", "-l", (char*)0);
16      printf("execl failed\n");
17      break;
18  default:
19      /* parent uses wait to suspend execution until child finishes */
20      wait((int*)0);
21      printf("is completed\n");
22      break;
23  }
24
25  return 0;
26  }

```

## 4.7 用 algorithm 和 algorithmicx 宏包插入算法描述

algorithmicx 比 algorithmic 增加了一些命令。示例如算法4-1和算法4-2，后者的代码来自xhSong的博客。algorithmicx的详细使用方法见官方README。使用算法宏包时，算法出现的位置很多时候不按照tex文件里的书写顺序，需要强制定位时可以使用`\begin{algorithm}[H]`<sup>1</sup>

这是写在算法4-1前面的一段话，在生成的文件里它会出现现在算法4-1前面。

---

### 算法 4-1 求 100 以内的整数和

---

输出: 100 以内的整数和

```

1:  $sum \leftarrow 0$ 
2: for  $i = 0 \rightarrow 100$  do
3:    $sum \leftarrow sum + i$ 
4: end for

```

---

这是写在两个算法中间的一段话，当算法4-1不使用`\begin{algorithm}[H]`时它也会出现在算法4-1前面。

对于很长的算法，单一的算法块`\begin{algorithm}...\end{algorithm}`是不能自动跨页的<sup>2</sup>，会出现的情况有：

- 该页放不下当前的算法，留下大片空白，算法在下一页显示
- 单一页面放不下当前的算法，显示时超过页码的位置直到超出整个页面范围

解决方法有：

- (推荐) 使用`algstore{alname}`和`algrestore{alname}`来讲算法分为两个部分<sup>3</sup>，如算法4-2。
- 人工拆分算法为多个小的部分。

这是写在算法4-2后面的一段话，但是当算法4-2不使用`\begin{algorithm}[H]`时它会出现现在算法4-2甚至算法4-1前面。

对于算法的索引要注意`\caption`和`\label`的位置，必须是先`\caption`再`\label`<sup>4</sup>，否则会出现`\ref{algo:sum_100}`生成的编号跟对应算法上显示不一致的问题。

根据Werner的回答<sup>5</sup>增加了Switch和Case的支持，见算法4-3。

<sup>1</sup><http://tex.stackexchange.com/questions/165021/fixing-the-location-of-the-appearance-in-algorithmicx-environment>

<sup>2</sup><http://tex.stackexchange.com/questions/70733/latex-algorithm-not-display-under-correct-section>

<sup>3</sup><http://tex.stackexchange.com/questions/29816/algorithm-over-2-pages>

<sup>4</sup><http://tex.stackexchange.com/questions/65993/algorithm-numbering>

<sup>5</sup><http://tex.stackexchange.com/questions/53357/switch-cases-in-algorithmic>

---

**算法 4-2** 用归并排序求逆序数

---

**输入:** *Array* 数组, *n* 数组大小

**输出:** 逆序数

```

1: function MERGESORT(Array, left, right)
2:   result  $\leftarrow$  0
3:   if left < right then
4:     middle  $\leftarrow$  (left + right)/2
5:     result  $\leftarrow$  result + MERGESORT(Array, left, middle)
6:     result  $\leftarrow$  result + MERGESORT(Array, middle, right)
7:     result  $\leftarrow$  result + MERGER(Array, left, middle, right)
8:   end if
9:   return result
10: end function
11:
12: function MERGER(Array, left, middle, right)
13:   i  $\leftarrow$  left
14:   j  $\leftarrow$  middle
15:   k  $\leftarrow$  0
16:   result  $\leftarrow$  0
17:   while i < middle and j < right do
18:     if Array[i] < Array[j] then
19:       B[k + +]  $\leftarrow$  Array[i + +]
20:     else
21:       B[k + +]  $\leftarrow$  Array[j + +]
22:       result  $\leftarrow$  result + (middle - i)
23:     end if
24:   end while
25:   while i < middle do
26:     B[k + +]  $\leftarrow$  Array[i + +]
27:   end while
28:   while j < right do
29:     B[k + +]  $\leftarrow$  Array[j + +]
30:   end while
31:   for i = 0  $\rightarrow$  k - 1 do
32:     Array[left + i]  $\leftarrow$  B[i]
33:   end for
34:   return result
35: end function

```

---

**算法 4-3** Switch 示例

---

```

1: switch (s)
2:   case a:
3:     assert(0)
4:   case b:
5:     assert(1)
6:   default :
7:     assert(2)
8: end switch

```

---



## 第五章 常见问题

**Q: 我是否能够自由使用这份模板?**

A: 这份模板以 Apache License 2.0 开源许可证发布, 请遵循许可证规范。

**Q: 我的论文是 Word 排版的, 学校图书馆是不是只收 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 排版的论文?**

A: 当然不是, Word 版论文肯定收。

**Q: 我的论文是 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 排版的, 学校图书馆是不是只收 Word 排版的论文?**

A: 当然不是, PDF 版的电子论文是可以上交的。是否要交 Word 版就看你导师的喜好了。

**Q: 为什么屏幕上显示的左右页边距不一样?**

A: 模板默认是双面打印, 迎面页和背面页的页边距是要交换的, 多出来的那一部分是留作装订的。

**Q: 为什么在参考文献中会有“/”符号?**

A: 那就是国标 GB/T 7714 参考文献风格规定的。

**Q: 为什么参考文献中会有 [s.n.], [S.I.], [EB/OL] 等符号?**

A: 那也是国标 GB/T 7714 参考文献风格定义的。[s.n.] 表示出版者不祥, [S.I.] 表示出版地不祥, [EB/OL] 表示引用的参考文献类型为在线电子文档。

**Q: 如何获得帮助和反馈意见?**

A: 你可以通过在 github 上开 issue、在水源 LaTeX 版发帖反映你使用过程中遇到的问题。

**Q: 使用文本编辑器查看 tex 文件时遇到乱码?**

A: 请确保你的文本编辑器使用 UTF-8 编码打开了 tex 源文件。

**Q: 在 C<sub>T</sub>E<sub>X</sub> 编译模板遇到“rsfs10.tfm already exists”的错误提示?**

A: 请删除 X:\CTEX\UserData\fonts\tfm\public\rsfs 下的文件再重新编译。问题讨论见水源 2023 号帖。

**Q: 升级了 TeX Live 2012, 编译后的文档出现“minus”等字样?**

A: 这是 xltextra 和 fontspec 宏包导致的问题。学位论文模板从 0.5 起使用 metatlog 宏包代替 xltextra 生成 X<sub>La</sub>T<sub>E</sub>X 标志, 解决了这个问题。

**Q: 为什么在 bib 中加入的参考文献, 没有在参考文献列表中出现?**

A: bib 中的参考文献条目, 只有通过 \cite 或者 \upcite 在正文中引用, 才会加入到参考文献列表中。

**Q: 在 macTeX 中, 为什么 pdf 图片无法插入?**

A: 如果报错是 “pdf: image inclusion failed for “./figure/chap2/sjtulogo.pdf”.”, 则采取以下步骤

### 代码 5-1 编译模板

```
brew install xpdf
wget http://mirrors.ctan.org/support/epstopdf.zip
unzip epstopdf.zip
cp epstopdf/epstopdf.pl /usr/local/bin/
cd figure/chap2
pdftops sjtulogo.pdf
epstopdf sjtulogo.ps
pdfcrop sjtulogo.pdf
mv sjtulogo.pdf backup.pdf
mv sjtulogo-crop.pdf sjtulogo.pdf
```

**Q: 如何向你致谢?**

A: 烦请在模板的 github 主页点击 “Star”, 我想粗略统计一下使用学位论文模板的人数, 谢谢大家。非常欢迎大家向项目贡献代码。





## 全文总结

这里是全文总结内容。

2015年2月28日，中央在北京召开全国精神文明建设工作表彰暨学雷锋志愿服务大会，公布全国文明城市（区）、文明村镇、文明单位名单。上海交通大学荣获全国文明单位称号。

全国文明单位这一荣誉是对交大人始终高度重视文明文化工作的肯定，是对交大长期以来文明创建工作成绩的褒奖。在学校党委、文明委的领导下，交大坚持将文明创建工作纳入学校建设世界一流大学的工作中，全体师生医护员工群策群力、积极开拓，落实国家和上海市有关文明创建的各项要求，以改革创新、科学发展为主线，以质量提升为目标，聚焦文明创建工作出现的重点和难点，优化文明创建工作机制，传播学校良好形象，提升社会美誉度，显著增强学校软实力。2007至2012年间，上海交大连续三届荣获“上海市文明单位”称号，成为创建全国文明单位的新起点。

上海交大自启动争创全国文明单位工作以来，凝魂聚气、改革创新，积极培育和践行社会主义核心价值观。坚持统筹兼顾、多措并举，将争创全国文明单位与学校各项中心工作紧密结合，着力构建学校文明创建新格局，不断提升师生医护员工文明素养，以“冲击世界一流大学汇聚强大精神动力”为指导思想，以“聚焦改革、多元推进、以评促建、丰富内涵、彰显特色”为工作原则，并由全体校领导群策领衔“党的建设深化、思想教育深入、办学成绩显著、大学文化丰富、校园环境优化、社会责任担当”六大板块共28项重点突破工作，全面展现近年来交大文明创建工作的全貌和成就。

进入新阶段，学校将继续开拓文明创建工作新格局，不断深化工作理念和工作实践，创新工作载体、丰富活动内涵、凸显创建成效，积极服务于学校各项中心工作和改革发展的大局面，在上级党委、文明委的关心下，在学校党委的直接领导下，与时俱进、开拓创新，为深化内涵建设、加快建成世界一流大学、推动国家进步和社会发展而努力奋斗！

上海交通大学医学院附属仁济医院也获得全国文明单位称号。



## 附录 A 搭建模板编译环境

### A.1 安装 TeX 发行版

#### A.1.1 Mac OS X

Mac 用户可以从 MacTeX 主页<sup>1</sup>下载 MacTeX 2015。也可以通过 brew 包管理器<sup>2</sup>安装 MacTeX 2015。

```
brew cask install mactex
```

#### A.1.2 Linux

建议 Linux 用户使用 TeXLive 主页<sup>3</sup>的脚本来安装 TeXLive 2015。以下命令将把 TeXLive 发行版安装到当前用户的家目录下。若计划安装一个供系统上所有用户使用的 TeXLive，请使用 root 账户操作。

```
wget http://mirror.ctan.org/systems/texlive/tlnet/install-tl-unx
.tar.gz
tar xzvpf install-tl-unx.tar.gz
cd install-tl-20150411/
./install-tl
```

### A.2 安装中文字体

#### A.2.1 Mac OS X、Deepin

Mac 和 Deepin 用户双击字体文件即可安装字体。

#### A.2.2 RedHat/CentOS 用户

RedHat/CentOS 用户请先将字体文件复制到字体目录下，调用 fc-cache 刷新缓存后即可在 TeXLive 中使用新字体。

```
mkdir ~/.fonts
cp *.ttf ~/.fonts          # 当前用户可用新字体
cp *.ttf /usr/share/fonts/local/ # 所有用户可以使用新字体
fc-cache -f
```

<sup>1</sup><https://tug.org/mactex/>

<sup>2</sup><http://caskroom.io>

<sup>3</sup><https://www.tug.org/texlive/>



## 附录 B Maxwell Equations

选择二维情况，有如下的偏振矢量：

$$\mathbf{E} = E_z(r, \theta) \hat{\mathbf{z}} \quad (\text{B-1a})$$

$$\mathbf{H} = H_r(r, \theta) \hat{\mathbf{r}} + H_\theta(r, \theta) \hat{\boldsymbol{\theta}} \quad (\text{B-1b})$$

对上式求旋度：

$$\nabla \times \mathbf{E} = \frac{1}{r} \frac{\partial E_z}{\partial \theta} \hat{\mathbf{r}} - \frac{\partial E_z}{\partial r} \hat{\boldsymbol{\theta}} \quad (\text{B-2a})$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \left[ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r H_\theta) - \frac{1}{r} \frac{\partial H_r}{\partial \theta} \right] \hat{\mathbf{z}} \quad (\text{B-2b})$$

因为在柱坐标系下， $\bar{\mu}$  是对角的，所以 Maxwell 方程组中电场  $\mathbf{E}$  的旋度：

$$\nabla \times \mathbf{E} = \mathbf{i} \omega \mathbf{B} \quad (\text{B-3a})$$

$$\frac{1}{r} \frac{\partial E_z}{\partial \theta} \hat{\mathbf{r}} - \frac{\partial E_z}{\partial r} \hat{\boldsymbol{\theta}} = \mathbf{i} \omega \mu_r H_r \hat{\mathbf{r}} + \mathbf{i} \omega \mu_\theta H_\theta \hat{\boldsymbol{\theta}} \quad (\text{B-3b})$$

所以  $\mathbf{H}$  的各个分量可以写为：

$$H_r = \frac{1}{\mathbf{i} \omega \mu_r} \frac{1}{r} \frac{\partial E_z}{\partial \theta} \quad (\text{B-4a})$$

$$H_\theta = -\frac{1}{\mathbf{i} \omega \mu_\theta} \frac{\partial E_z}{\partial r} \quad (\text{B-4b})$$

同样地，在柱坐标系下， $\bar{\epsilon}$  是对角的，所以 Maxwell 方程组中磁场  $\mathbf{H}$  的旋度：

$$\nabla \times \mathbf{H} = -\mathbf{i} \omega \mathbf{D} \quad (\text{B-5a})$$

$$\left[ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r H_\theta) - \frac{1}{r} \frac{\partial H_r}{\partial \theta} \right] \hat{\mathbf{z}} = -\mathbf{i} \omega \bar{\epsilon} \mathbf{E} = -\mathbf{i} \omega \epsilon_z E_z \hat{\mathbf{z}} \quad (\text{B-5b})$$

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r H_\theta) - \frac{1}{r} \frac{\partial H_r}{\partial \theta} = -\mathbf{i} \omega \epsilon_z E_z \quad (\text{B-5c})$$

由此我们可以得到关于  $E_z$  的波函数方程：

$$\frac{1}{\mu_\theta \epsilon_z} \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial E_z}{\partial r} \right) + \frac{1}{\mu_r \epsilon_z} \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 E_z}{\partial \theta^2} + \omega^2 E_z = 0 \quad (\text{B-6})$$



## 附录 C 从 CJK- $\text{\LaTeX}$ 转向 $\text{\XeTeX}$

我习惯把 v0.2a 使用 dvipdfmx 编译的硕士学位论文模板称为“CJK- $\text{\LaTeX}$  模板”，而这个使用  $\text{\XeTeX}$  引擎 (xelatex 程序) 处理的模板则被称为“ $\text{\XeTeX}/\text{\LaTeX}$  模板”。从 CJK- $\text{\LaTeX}$  模板迁移到  $\text{\XeTeX}/\text{\LaTeX}$  模板的好处有下：

- ⊙ 搭建  $\text{\XeTeX}$  环境比搭建 CJK- $\text{\LaTeX}$  环境更容易；
- ⊙ 更简单的字体控制；
- ⊙ 完美支持 PDF/EPS/PNG/JPG 图片，不需要“bound box(.bb)”文件；
- ⊙ 支持 OpenType 字体的复杂字型变化功能；

当然，这也是有代价的。由于  $\text{\XeTeX}$  比较新，在我看来，使用  $\text{\XeTeX}$  模板所必须付出的代价是：

- ⊙ 必须把你“古老的” $\text{\TeX}$  系统更新为较新的版本。TeXLive 2012 和 CTeX 2.9.2 能够编译这份模板，而更早的版本则无能为力。
- ⊙ 需要花一些时间把你在老模板上的工作迁移到新模板上。

第一条就看你如何取舍了，新系统通常意味着更好的兼容性，值得升级。而转换模板也不是什么特别困难的事情，可以这样完成：

1. 备份你要转换的源文件，以防你的工作成果丢失；
2. 将你原来的 tex 以及 bib 文件另存为 UTF-8 编码的文件。iconv、vim、emacs、UEdit 等工具都可以完成。WinEdt 对文件编码识别功能很差 (到了 v6.0 还是如此)，不推荐作为字符编码转换工具；
3. 将 diss.tex 导言区中的内容替换为  $\text{\XeTeX}$  模板 diss.tex 导言区的内容；
4. 将你对原先导言区的修改，小心翼翼地合并到新的导言区中；
5. 使用  $\text{\XeTeX}$  模板中的 GBT7714-2005NLang.bst 替换原有的 bst 文件，新的 bst 文件只是将字符编码转换为 UTF-8；
6. 删除 bounding box 文件；
7. 使用本文??介绍的方法，重新编译文档；





## 附录 D 模板更新记录

**2016 年 12 月 v0.9.5 发布**，改用 GB7714-2015 参考文献风格。

**2016 年 11 月 v0.9.4 发布**，增加算法和流程图。

**2015 年 6 月 19 日 v0.9 发布**，适配 ctex 2.x 宏包，需要使用 TeXLive 2015 编译。

**2015 年 3 月 15 日 v0.8 发布**，使用 biber/biblatex 组合替代 BibTeX，带来更强大稳定的参考文献处理能力；添加 enumitem 宏包增强列表环境控制能力；完善宏包文字描述。

**2015 年 2 月 15 日 v0.7 发布**，增加盲审选项，调用外部工具插入扫描件。

**2015 年 2 月 14 日 v0.6.5 发布**，修正一些小问题，缩减 git 仓库体积，仓库由 sjtu-thesis-template-latex 更名为 SJTUThesis。

**2014 年 12 月 17 日 v0.6 发布**，学士、硕士、博士学位论文模板合并在了一起。

**2013 年 5 月 26 日 v0.5.3 发布**，更正 subsection 格式错误，这个错误导致如“1.1 小结”这样的标题没有被正确加粗。

**2012 年 12 月 27 日 v0.5.2 发布**，更正拼写错误。在 diss.tex 加入 ack.tex。

**2012 年 12 月 21 日 v0.5.1 发布**，在 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 命令和中文字符之间留了空格，在 Makefile 中增加 release 功能。

**2012 年 12 月 5 日 v0.5 发布**，修改说明文件的措辞，更正 Makefile 文件，使用 metalog 宏包替换 xltextra 宏包，使用 mathtools 宏包替换 amsmath 宏包，移除了所有 CJKtilde(~) 符号。

**2012 年 5 月 30 日 v0.4 发布**，包含交大学士、硕士、博士学位论文模板。模板在github上管理和更新。

**2010 年 12 月 5 日 v0.3a 发布**，移植到 X<sub>Y</sub>L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X/L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 上。

**2009 年 12 月 25 日 v0.2a 发布**，模板由 CASthesis 改名为 sjtumaster。在 diss.tex 中可以方便地改变正文字号、切换但双面打印。增加了不编号的一章“全文总结”。添加了可伸缩符号(等号、箭头)的例子，增加了长标题换行的例子。

**2009 年 11 月 20 日 v0.1c 发布**，增加了 Linux 下使用 ctex 宏包的注意事项、.bib 条目的规范要求，修正了 ctexbook 与 listings 共同使用时的断页错误。

**2009 年 11 月 13 日 v0.1b 发布**，完善了模板使用说明，增加了定理环境、并列子图、三线表格的例子。

**2009 年 11 月 12 日**上海交通大学硕士学位论文 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 模板发布，版本 0.1a。



## 参考文献

- [1] 崔万照, 马伟, 邱乐德, 等. 电磁超介质及其应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2008.
- [2] CHEN H, CHAN C T. Acoustic cloaking in three dimensions using acoustic metamaterials[J]. Applied Physics Letters, 2007, 91: 183518.
- [3] KIM S, WOO N, YEOM H Y, et al. Design and Implementation of Dynamic Process Management for Grid-enabled MPICH[C]// The 10th European PVM/MPI Users' Group Conference. Venice, Italy: [s.n.], 2003.
- [4] JOANNOPOULOS J D, JOHNSON S G, WINN J N. Photonic Crystals: Molding the Flow of Light[M]. [S.l.]: Princeton University Press, 2008.
- [5] 猪八戒. 论流体食物的持久保存[D]. 北京: 广寒宫大学, 2005.
- [6] 1363-2000 I S. IEEE Standard Specifications for Public-Key Cryptography[M]. New York: IEEE, 2000.
- [7] CHEN H, WU B I, ZHANG B, et al. Electromagnetic Wave Interactions with a Metamaterial Cloak[J]. Physical Review Letters, 2007, 99(6): 63903.
- [8] KOCHER C, JAFFE J, JUN B. Differential Power Analysis[C]// WIENER M. Advances in Cryptology (CRYPTO '99). Vol. 1666. [S.l.]: Springer-Verlag, 1999: 388-397.
- [9] 王重阳, 黄药师, 欧阳峰, 等. 武林高手论文集[C]// 第  $N$  次华山论剑. 西安, 中国: 中国古籍出版社, 2006.
- [10] JEYAKUMAR A R. Metamori: A library for Incremental File Checkpointing[D]. Blacksburg: Virginia Tech, 2004.
- [11] 沙和尚. 论流沙河的综合治理[D]. 北京: 清华大学, 2005.
- [12] ZADOK E. FiST: A System for Stackable File System Code Generation[D]. USA: Computer Science Department, Columbia University, 2001.
- [13] 白云芬. 信用风险传染模型和信用衍生品的定价[D]. 上海: 上海交通大学, 2008.
- [14] WOO A, BAILEY D, YARROW M, et al. The NAS Parallel Benchmarks 2.0[R/OL]. The Pennsylvania State University CiteSeer Archives, 1995. <http://www.nasa.org/>.
- [15] 萧钰. 出版业信息化迈入快车道[J/OL]., 2001. <http://www.creader.com/news/20011219/200112190019.html>.
- [16] CHRISTINE M. Plant physiology: plant biology in the Genome Era[J/OL]. Science, 1998, 281: 331-332. <http://www.sciencemag.org/cgi/collection/anatmorp>.
- [17] R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing[M/OL]. Vienna, Austria: [s.n.], 2012. <http://www.R-project.org/>.



## 致 谢

感谢所有测试和使用交大学位论文  $\text{\LaTeX}$  模板的同学！  
感谢那位最先制作出博士学位论文  $\text{\LaTeX}$  模板的交大物理系同学！  
感谢 William Wang 同学对模板移植做出的巨大贡献！



## A SAMPLE DOCUMENT FOR L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-BASED SJTU THESIS TEMPLATE

Affronting discretion as do is announcing. Now months esteem oppose nearer enable too six. She numerous unlocked you perceive speedily. Affixed offence spirits or ye of offices between. Real on shot it were four an as. Absolute bachelor rendered six nay you juvenile. Vanity entire an chatty to.

Admiration we surrounded possession frequently he. Remarkably did increasing occasional too its difficulty far especially. Known tiled but sorry joy balls. Bed sudden manner indeed fat now feebly. Face do with in need of wife paid that be. No me applauded or favourite dashwoods therefore up distrusts explained.

Is education residence conveying so so. Suppose shyness say ten behaved morning had. Any unsatiable assistance compliment occasional too reasonably advantages. Unpleasing has ask acceptance partiality alteration understood two. Worth no tiled my at house added. Married he hearing am it totally removal. Remove but suffer wanted his lively length. Moonlight two applauded conveying end direction old principle but. Are expenses distance weddings perceive strongly who age domestic.

Unpleasant astonished an diminution up partiality. Noisy an their of meant. Death means up civil do an offer wound of. Called square an in afraid direct. Resolution diminution conviction so mr at unpleasing simplicity no. No it as breakfast up conveying earnestly immediate principle. Him son disposed produced humoured overcame she bachelor improved. Studied however out wishing but inhabit fortune windows.

Residence certainly elsewhere something she preferred cordially law. Age his surprise formerly mrs perceive few stanhill moderate. Of in power match on truth worse voice would. Large an it sense shall an match learn. By expect it result silent in formal of. Ask eat questions abilities described elsewhere assurance. Appetite in unlocked advanced breeding position concerns as. Cheerful get shutters yet for repeated screened. An no am cause hopes at three. Prevent behaved fertile he is mistake on.

Rendered her for put improved concerns his. Ladies bed wisdom theirs mrs men months set. Everything so dispatched as it increasing pianoforte. Hearing now saw perhaps minutes herself his. Of instantly excellent therefore difficult he northward. Joy green but least marry rapid quiet but. Way devonshire introduced expression saw travelling affronting. Her and effects affixed pretend account ten natural. Need eat week even yet that. Incommoded delighted he resolving sportsmen do in listening.

Sex and neglected principle ask rapturous consulted. Object remark lively all did feebly excuse our wooded. Old her object chatty regard vulgar missed. Speaking throwing breeding betrayed children my to. Me marianne no he horrible produced ye. Sufficient unpleasing an insensible motionless if introduced ye. Now give nor both come near many late.

Is branched in my up strictly remember. Songs but chief has ham widow downs. Genius or so up vanity cannot. Large do tried going about water defer by. Silent son man she wished mother. Distrusts allowance do knowledge eagerness assurance additions to.

Fat son how smiling mrs natural expense anxious friends. Boy scale enjoy ask abode fanny being son. As material in learning subjects so improved feelings. Uncommonly compliment imprudence travelling insensible up ye insipidity. To up painted delight winding as brandon. Gay regret eat looked warmth easily far should now. Prospect at me wandered on extended wondered thoughts appetite to. Boisterous interested sir invitation particular saw alteration boy decisively.

Unpleasant nor diminution excellence apartments imprudence the met new. Draw part them he an to he roof only. Music leave say doors him. Tore bred form if sigh case as do. Staying he no



looking if do opinion. Sentiments way understood end partiality and his.