

硕士研究生学位论文

|  |  |
| --- | --- |
| 题目： | 基于Black Litterman资产配置模型的动态 |
|  | 优化改进 |

|  |  |
| --- | --- |
| 姓 名： |  |
| 学 号： |  |
| 院 系： |  |
| 专 业： |  |
| 研究方向： |  |
| 导师姓名： |  |

二〇一 年 月

版权声明

任何收存和保管本论文各种版本的单位和个人，未经本论文作者同意，不得将本论文转借他人，亦不得随意复制、抄录、拍照或以任何方式传播。否则，引起有碍作者著作权之问题，将可能承担法律责任。

# 摘要

Black Litterman（简称BL）资产配置模型始于1990年高盛公司的Fischer Black和Robert Litterman合作的一篇论文，是90年代以来在学术界和投资机构中相对成熟的，能兼容先验和后验资产收益预测的资产配置框架。本文希望通过对BL模型的进行改造，探索成熟度更高的中国市场权益资产配置模型。从市场结构的角度，可以借助于成熟的细分资产指数和行业研究指标去设计多层次的配置模型；从投资者体验的角度，本文希望寻找能像“60%股票+40%债券”那样既易于投资者理解又具备稳健收益的资产配置策略；从投资研究的角度，通过统一投资策略的预测指标输入，在资产配置模型中实现多种研究方法的汇总。以股票研究为例，基于公司个性化特质的行业研究和基于量化多因子往往难以在策略层面进行对话，投资决策人只能在不同的组合中进行比例选择。

但由于BL模型的构建过程不够直观、模型内主观观点因人而异，该资产配置模型在理论和实践研究中更多地作为一个定性分析参考而不是决策模型。本文的研究计划是在模型层面对其进行改进设计，使之更适应于中国市场证券在不同变革时期的市场风格和特征。从理论模型的角度，我们希望在以下几个角度进行创新：建立资产变量的预筛选机制、对指数和因子变量分别寻求最优解、同时将组合跨期权重调整比例进行限制、对不同的市场状态进行划分并赋予时点的市场状态概率权重、引入极端值理论（EVT）对历史上未发生过的尾部风险进行仿真、对样本内多时期的预测值和实际值的偏离建立记忆变量滚动打分。从实证案例的角度，我们希望在以下几个角度进行分析：参考和改进“美林投资时钟”对市场状态的划分方式、通过对A股历史重大变革期进行分段独立仿真，可能有助于获取更贴近实际的资产配置方案。从我国市场保险资金资产配置的角度，通过在BL模型构建过程将内外部约束条件融入BL最优化模型，寻找保险资金配置的更优框架。

关键词：关键词1，关键词2，关键词3……

ENGLISH TITLE

Author Name ( Major )

Directed by your Supervisor

# ABSTRACT

In environmental economics, environmental resources including environmental quality are categorized as amenity resources. Due to its importance to human welfare, the amenity resources theoretical study and valuation is an ongoing issue at the academic frontier in the environmental economics area.

KEY WORDS: Key word 1, Key word 2, Key word 3, ……

目录

[摘要 I](#_Toc20427807)

[ABSTRACT II](#_Toc20427808)

[第一章 Black Litterman资产配置模型综述 1](#_Toc20427809)

[1.1 模型发展的背景和研究的意义 1](#_Toc20427810)

[1.2 国外相关研究梳理 2](#_Toc20427811)

[1.3 国内相关研究 3](#_Toc20427812)

[1.4 使用BL模型进行资产配置流程和问题 4](#_Toc20427813)

[1.5 改进BL模型的主要内容与创新点 5](#_Toc20427814)

[第二章 模型研究 5](#_Toc20427815)

[2.1 Black Litterman资产配置模型 5](#_Toc20427816)

[2.1.1 经典和其他Black Litterman模型 6](#_Toc20427817)

[2.1.2 Black Litterman滚动预测模型 13](#_Toc20427818)

[2.1.3 Black Litterman模型常用参数 13](#_Toc20427819)

[2.2 中证、中债和MSCI指数体系研究 14](#_Toc20427820)

[2.3 量化因子：基于产业经济学的行业龙头超额收益 14](#_Toc20427821)

[2.4 宏观经济的周期假说{美林时钟等} 14](#_Toc20427822)

[第三章 实证案例分析 15](#_Toc20427823)

[3.1 宏观经济指标对收益率的相关性分析 16](#_Toc20427824)

[3.2 BL模型改进方案 17](#_Toc20427825)

[3.3 实证多资产配置组合 17](#_Toc20427826)

[第四章 结论及展望 17](#_Toc20427827)

[引用 18](#_Toc20427828)

[参考文献-beida模板 23](#_Toc20427829)

[附录一 25](#_Toc20427830)

[致谢 27](#_Toc20427831)

[北京大学学位论文原创性声明和使用授权说明 28](#_Toc20427832)

注：目录从第1章开始，前边因页眉需要设置了标题，实际使用时更新后去掉前边部分。使用时请删除本注释。如本示例，更新目录后删除前边三项（摘要、ABSTRACT、目录）即可。

# 第一章 Black Litterman资产配置模型综述

Black Litterman（简称BL）资产配置模型始于1990年高盛公司的Fischer Black和Robert Litterman合作的一篇论文，是90年代以来在学术界和投资机构中相对成熟的，能兼容先验和后验资产收益预测的资产配置框架。BL模型在Markowitz均值方差理论和Sharpe的CAPM理论基础上，加入定量的投资者主观观点使得资产权重的配置可以体现投资者观点的偏好。BL模型要求任何一个投资观点至少需要标准化为“观点对各资产的配置比例、预测的观点平均收益、预测的观点波动率和观点间相关性、对观点的信心程度”四个输入指标，使得多个观点之间的比较分析具备可操作性。

## 1.1 模型发展的背景和研究的意义

Brinson，Hood和Beehower（2005）的研究发现：82家大型养老基金在1977至1987年底期间业绩在资产配置策略、积极资产管理和证券选择三个因素归因中，资产配置对业绩的解释相关程度为91.5%。四年后该解释百分比进一步上升至93.6%。因此，投资组合管理的核心是资产配置策略的研究。

市场顶层设计层面，“沪深港通机制”和“科创板”等金融市场创新使得中国二级市场证券的定价有效性快速向香港、美国等成熟市场靠近。中国本土市场中机构资金占比的提升和机构投资者投资研究能力的提高也促使了投资研究方法和金融数据逐渐完善。虽然近几年行业内各个机构大都完成了定量投研数据的标准化和量化因子数据的构建，但主流的投资方式还是基于投资经理主观决策。基于行业和上市公司财务、经营数据的研究模式和量化模型研究正互相融合，类似无风险资产的货币基金和不同类型资产指数也为定量资产配置研究提供了基准化的工具。

当前业界纯粹基于量化策略的基金产品总体来看还未能满足投资者的需要，难点之一是资产配置难以充分利用主动观点和定量分析指标之间相互独立的那部分信息价值。Black Litterman（以下简称BL）资产配置模型在经典均值-方差基础上，将主动观点的预期收益率纳入权重最优化计算过程，是90年代末以来实践领域相对成熟的资产配置框架。

虽然本土学术界2008年以来已经对BL模型的结构和参数进行了充分地描述，但中国市场大型机构对本土资产配置的认识刚起步。截至2019年中，100多家保险公司使用资产配置模型指导投资的不到10家，原因之一在于海外经典的资产配置模型在移植至国内市场时需要一段较长时间进行本土化改造。1932年至2013年，固定比例配置策略——“60%股票+40%债券”的年化收益率比“100%股票”以外的大部分风险平价策略高了超过2个百分点，同时累积最大亏损方面远小于“100%股票”策略。Gupta(2017)发现1982年之后“60%股票+40%债券”配置策略年均收益率、波动率和其他收益率趋同。这是因为在货币政策长期扭曲的背景下，发达国家市场股票和债券两大类资产的收益率均值和波动率趋同。从这个角度看，资产配置模型需要在细分的股票或债券资产中寻找差异化的投资策略。

本文希望通过对BL模型的进行改造，探索成熟度更高的中国市场权益资产配置模型。从市场结构的角度，可以借助于成熟的细分资产指数和行业研究指标去设计多层次的配置模型。从投资者体验的角度，本文希望寻找能像“60%股票+40%债券”那样既易于投资者理解又具备稳健收益的资产配置策略。从投资研究的角度，通过统一投资策略的预测指标输入，在资产配置模型中实现多种研究方法的汇总。以股票研究为例，基于公司个性化特质的行业研究和基于量化多因子往往难以在策略层面进行对话，投资决策人只能在不同的组合中进行比例选择。

## 1.2 国外相关研究梳理

Black和Litterman（1990）首创Black-Litterman模型时便提出经典BL模型需满足以下2个评价条件：收益率的预测服从某种概率分布而不仅仅基于某个时间节点的预测，包括衡量观点可信程度的参数τ。国外的相关研究可以据此分为三类：同时满足两个条件的经典BL模型、收益率预测仅为时点预测值的替代BL模型、同时放弃收益概率分布和可信程度参数τ的超脱BL模型。

Black和Litterman在1991、1992年将高盛公司内部固定收益投资研究会议上的笔记依次发表于Journal of Fixed Income和Financial Analysts Journal。论文首次将投资者观点和信息水平通过贝叶斯分析方法融入组合资产收益率的概率分布。但两篇论文均没有给出模型的所有公式，而基于高盛公司内部数据系统测算的全球资产配置案例存在外部人难以重复实现的问题。两位作者于1999年最后一次发表BL主题的论文，在理论模型方面对输入观点的配置权重、预测收益和观点信心程度进行了规范性定义，并对案例进行了简化以方便读者重复实现。

同为高盛公司的Bevan和Winkelman (1998)基于自身管理的组合，描述了BL模型在更细致的全球资产配置流程的应用，主要的参数值贡献是建议τ数值给定范围0.025~0.05。

Satchell和Scowcroft(2000)从易于理解的角度简化了BL模型，取消了基于贝叶斯分析的表达式。用资产收益率的时点预测值反映先验的历史收益率和后验的观点收益率，观点信心程度τ和观点间协方差Ω仅用于控制观点相对于先验值得收缩程度。由于模型退化为随机协方差矩阵的均值-方差模型，在2005年后被Meucci的模型全面替代。

Idzorek (2002)对BL模型的每个计算流程进行了分析，并使用三种计算方式估计资产先验收益。文章实证结果建议历史数据统计方式可以得到相对大的收益率波动区间，而CAPM和市值组合两种方式得到的权重差异较大。2007年Idzorek (2007)进一步讨论了观点可信度问题，设计观点误差矩阵的变量，使得观点的信心程度可以通过迭代计算进行提高。

Fusai和Meucci (2003)提出了超脱BL模型，该模型取消了BL模型中收益率属于正太分布的假设和参数τ的设置。随后Meucci (2006)引入Copula理论对观点进行混合，构建了非正太分布假设下的BL模型。

Beach和Orlov (2006)引入资产价格波动率预测模型Garch生成观点。纯粹基于资产价格波动的Garch模型可以适用于经典BL模型，但文中实证部分对20个国家的股票类资产使用替代BL模型，测试了不同参数τ值下的组合权重差异。

Braga和Natale (2007)将跟踪误差波动率指标（Tracking Error Volatility，TEV）用于测度观点的不确定性，并对后验观点的预测进行敏感性分析。TEV指标常用于主动组合管理的业绩评估，用于BL模型相当于将具体观点看做一个主动组合。使用类似风险评估指标如VaR、CVaR测度观点不确定性的还有 (Martellini, 2007)、 (Giacometti, 2007)等。使用了风险指标的文章中通常使用的是替代性BL模型，但也都可以转换为经典BL模型。

Cheung (2013)于2010年首次将量化多因子模型引入BL模型并将其命名为Augmented Black Litterman （ABL）模型。ABL可以对证券部分观点和因子部分观点做联合预测。文章中使用了替代BL模型，但公式的角度可以转换为经典的BL模型。

由于海外资产配置学术研究的主要假设是有效的证券市场不存在超额收益机会。BL模型中引入外部观点相当于假设市场存在套利机会，这可能是BL资产配置模型近几年没有被进一步研究的原因之一。另外，海外资产配置实践中，投资数据标准化程度和数据分析平台较为成熟。这使得定量研究和定性研究已经深度融合，因此对于将先验预测和后验预测分两部分测算的需求不那么大。

## 1.3 国内相关研究

2008至2019年，国内陆续有学者对BL理论模型进行了模型细节梳理、在实证案例研究中进行了参数调优和和将目标资产延伸至Fama-French的因子变量。特别是2018和2019年，BL相关的中文论文明显增加。

马家驹(2005)最早将市场流动性风险的测度作为观点输入BL模型，通过控制可接受流动性风险的上限获得由于均值-方差模型的优化配置解。张士强 ( 2008)从国内投资者面向全球市场配置资产的角度，使用历史波动率、VaR、CVaR等风险指标测度风险，并使用BL模型对全球资产配置的进行优化求解。

温琪 (2011)首次采用诸如工业价格指数（PPI）、宏观经济景气指数、货币供应增速指标（M1、M2）等宏观经济指标作为多个沪深300[[1]](#footnote-1)行业指数的内生变量，结合GJR-Garch模型获取行业指数残差收益率的波动特征对行业指数收益率进行预测。将预测作为输入观点构建BL模型，发现在84个月的样本空间内可以获得优于全市场市值加权组合和均值-方差模型的收益。

贾慧 (2011) 、王楠溪 (2012)使用了相近的ARMA-Garch模型，从波动率角度预测股票行业指数的收益率并将其作为BL模型的外生观点。实证组合结果中，BL组合的衡量风险调整收益的夏普比率指标均优于传统均值-方差组合。刘超(2013)同样使用沪深300行业指数考察BL模型在不同做空限制条件、观点信心水平下投资组合表现，发现做空限制会使得组合收益和夏普比例下降。刘超 (2015)基于Idzorek（2007）提出的观点误差矩阵，推导出BL模型最优权重和观点信心的计算公式。在实证部分将“光大乌龙指”事件作为内幕信息观点，测算基于内幕信息的BL模型最优权重，并对不同观点信心水平下的权重特征进行比较。

孟繁易(2017)对Cheung的Augmented Black Litterman模型进行较为细致地公式描述，并引入宏观经济指标如消费者物价指标（CPI）、银行间7天回购利率（R007）、十年国债到期收益率三个指标作为资产变量的内生因子变量。在Garch模型中构建因子的收益预测数据，对原有的资产收益预测进行扩增。实证案例结果中发现相同观点信心水平下，ABL模型相比传统BL模型具有更高的收益率和更大的夏普比例，但也存在业绩稳定性弱于BL模型的特点。

李知常(2017)认为先验市场均衡组合配置应基于对不同行业收益而不应仅考虑风险中性、对于多个连续回测周期应评价组合权重变化的稳定性、基于资产历史夏普比例(EGP资产选择模型的主要分析指标)替代资产市值占比进行初始权重分配获得的初始权重变动更稳定且风险调整后的收益更高。

资产配置实践领域，李心愉和付丽莎（2013）将中国保险业监督管理委员会对保险资金运用中对不同资产投资比例限制的条件加入保险资金BL模型的约束条件。韩焯林(2018)使用BL模型对沪深港市场股票基金进行探索并发现BL配置组合可以获得优于大部分沪深港市场股票基金的夏普比例，但收益和波动率并无绝对优势。文中认为主要原因在于A股市场沪港深基金经理研究经验存在局限性，难以兼顾两个市场证券的研究。由于不同基金经理投资风格不同，在不讨论风险偏好的情况下难以假定基金经理投研能力的局限性，但对于中国市场基金公司未普及系统性资产配置框架的观点本文表示认同。

机器学习领域，蔡德安 (2019)使用动态时间规则算法(Dynamic Time Warping，DTW) 匹配资产收益率时间序列数据里相似的片段，并使用K-临近算法（KNN）对资产收益率波动的预测作为观点输入BL模型。

## 1.4 使用BL模型进行资产配置流程和问题

相比于仅使用证券历史收益率数据的经典均值—方差最优资产配置模型，BL模型可以通过输入定量的观点预测数据使得资产组合收益更稳定和更优。本节尝试简要描述BL模型应用于实践中资产配置流程涉及的步骤。

首先，投资者需要确定资产空间（包括可投资的证券对象和数量）、并且确定资产空间内每只证券的总市值、可投资市值和其他因子（例如证券纳入因子）。对于样本空间内的所有证券，需要选择合适的时间窗口获得历史价格变动的收益率数据并计算资产波动的协方差矩阵。Litterman、Bevan和Winkelmann在2003年前梳理的高盛公司实践中一般使用60个月的历史超额收益数据 (Walters, 2014)。像中国、美国这样较大的国家通常各自有几千至几万只股票或债券，专业投资者主要使用一种或几种指数体系对大类资产进行跟踪，例如对全球股票市场进行分类的MSCI指数系列、代表中国市场股票可交易市值前300名的中证沪深300指数和其他中证规模类指数、代表中国市场不同风险的中债债券指数系列等。在股票、债券、银行保本理财这些可交易性较好的资产之外，房地产、信托产品、私募基金、实物资产等难以频繁交易的资产即便对于专业投资者也较难获得充分的市场价格收益率信息。结合BL模型本身的特点，本文设计的模型将仅限于可交易性较好且价格信息可以充分获得的资产或资产指数。对于股票和债券资产，应分别通过反向最优化算法计算基于资本资产定价模型（简称CAPM）的市场均衡组合收益。

其次，在输入BL资产配置模型前，投资者需要自行对形式各异的内外部的观点进行定量处理。只有包括观点预测收益率均值、波动率、观点可信度三者的观点才可以被BL模型解析。经过20多年的发展，A股市场公开发布的研究报告仍普遍存在分析过程过多但有效预测观点较少的特点。不少研究报告为了避免预测失败，很愿意使用含糊不清的文字描述替代数字化的定量观点。在证券收益率的预测观点中，仍存在格式标准不统一、无效信息较多、预测观点频繁更新、预测有效期长短不一[[2]](#footnote-2)、预测值偏重于证券财务指标等问题。BL模型在计算所有输入的观点时，通过矩阵计算的方式可以将不同观点之间缺失或矛盾的部分给予简化。

然后，基于资产历史数据和观点预测的收益，BL模型可以计算出新的资产预测收益和波动率，并获得改进后的资产组合有效前沿和最优组合。对于股票类资产，国内外均有增强型BL（Augmented BL）模型增加了多因子变量作为资产变量的一部分。

最后，大部分文献 (Walters, 2014)倾向使用封闭形式的公式作为不施加限制的均值-方差最优化结果。从处于结论简洁的角度，使用非极端的观点有助于获得稳定的优化结果。2000年以来金融市场历次危机使得监管机构普遍加强对证券卖空（即负数的证券权重）或过度杠杆倍数的限制。从投资组合风险和资产变现的角度，单只证券或同类型证券持有集中度的比例限制通常会写入基金或投资组合的合同内。从机构投资者组合管理的角度，充分地对资产组合设置限制条件会获得更好地效果。这是因为无限制条件下的最优化结果，在投资实践中必然被机构内部风险控制系统拦截，需要人工根据风险控制条件修改投资计划后才可以进入交易执行环节。临时的人工决策将对组合绩效产品难以预料的风险。

但由于BL模型的构建过程不够直观、模型内主观观点因人而异，该资产配置模型在理论和实践研究中更多地作为一个定性分析参考而不是决策模型。本文的研究计划是在模型层面对其进行改进设计，使之更适应于中国市场证券在不同变革时期的市场风格和特征。

## 1.5 改进BL模型的主要内容与创新点

从理论模型的角度，我们希望在以下几个角度进行创新：

1.建立资产变量的预筛选机制，剔除信息价值低、变量间相关性较高的变量，使得之后的矩阵计算不容易出现矩阵不可倒、无解的情况；

2，经典BL模型仅考虑指数、个股变量，2012年后出现的Augmented BL模型增加了多因子（主要是行业和Fama-French模型中的5种因子）变量。因子变量和指数、个股变量容易存在较强的相关性，因此应对两类变量分别寻求最优解，之后将不同的最优解做为新的变量构建第二层的优化模型，有助于决策人评估和跟踪不同层次优化模型的表现；

3，BL模型的计算仅基于某一时点，尚未考虑在包括多个时点的一段时期内如何实现组合目标最优。同时将多时点和相邻两个时点间的组合权重调整比例进行限制，使得实证案例的仿真计算过程更具有可操作性(例如月度权重调整上限30%或12个月累计调整上限300%等)；

4，资产收益率数据在回顾时间窗口的选取方面，常见的思路是包括尽可能长的时期以包括尽可能多的牛市、熊市、震荡市场状态后取平均值和标准差，短期思路是使用尽可能短的时期以跟踪最新的市场波动。我们认为重点在于对未来资产收益率进行更好地预测，计划对四个不同的市场状态进行划分并赋予时点的市场状态概率权重。假设预测能力存在的情况下，对资产预测所处市场状态能获得比全历史样本计算出一个状态有更好的预测价值；

5，针对尚未发生过的市场异常波动场景，引入极端值理论（EVT）对历史上未发生过的尾部风险进行仿真，使得资产配置方案预测值能应对金融危机场景下的尾部风险；

6，对样本内多时期的预测值和实际值的偏离建立记忆变量滚动打分，用于调整变量中的观点可信度、历史市场状态的调整项、投资者效用函数中风险厌恶系数等。

从实证案例的角度，我们希望在以下几个角度进行分析：

1，近年文章中后验的主观观点通常会使用宏观经济指标作为资产的内生变量并结合回归方程的残差波动率进行收益率预测。但实践中通常没有持续有效的分析指标。对此，我们计划参考和改进“美林投资时钟” (Merrill Lynch, 2004)等市场状态的划分方式，对历史宏观指标组合数值与大类资产收益率(如股票、债券、商品)进行一一匹配，形成宏观视角对资产收益率的主观预测；

2，由于中国证券市场过去10年经历了快速改革和发展，期间发生的例如“股权分置改革”、“2015股灾”对市场资产收益率的概率分布都产生了根本性的改变。通过对重大变革期进行分段独立仿真，可能有助于获取更贴近实际的资产配置方案。

# 第二章 模型研究

## 2.1 Black Litterman资产配置模型

Black Litterman在Markowitz“均值-方差”（Mean-Variance，下简称MV）最优配置策略的基础上，基于贝叶斯分析方法引入观点计算最优配置权重。“均值-方差”最优配置策略的主要输入变量为投资者风险偏好、对资产历史收益率的平均值和波动率，并假设收益率的分布服从正态分布。完全基于历史收益率价格使得配置策略无法反映市场最新的定量或定性信息。假定市场仅有两种资产且收益率历史波动率相近，则收益率均值较高的资产会获得较高的正权重而收益率均值低的资产会得到负权重，这在有做空限制的投资实践中价值有限。若投资实践中有效信息传递存在低效率、投资者对信息反应速度快慢不同，那么可以利用对资产收益率数据以外的信息获取超额收益。

### 2.1.1 经典和其他Black Litterman模型

本节介绍经典Black Litterman模型的假设、变量和主要计算过程。经典BL模型中假设n个资产收益率向量的值属于正态分布

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 1) |

其中是正态分布下收益率的理论期望值向量、是收益率的理论协方差矩阵，两者都是未知变量。替代BL和超脱BL模型通常取消了是正态分布的假设，仅适用某一时点的预测值。

虽然未知变量无法取值，但可以假设其自身的正态分布为

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 2) |

其中是对收益率期望的预测、是对资产收益率协方差的预测。预测对应的残差来自于和的差异，且属于正态分布

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 3) |

根据定义，相互独立，因此若定义为资产收益率的方差矩阵，则预测的协方差矩阵为

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 4) |

由公式(1. 4)可知，对资产收益率协方差的预测越大，则误差越大。

#### 2.1.1.1市场组合的均衡收益和投资者效用函数

经典BL模型使用市场中性（均衡状态）组合作为对先验收益率的组合配置预测，最优化的目标方程可以是任意一种效用函数。投资实践中应用最广的是是基于最大化均值和最小化方差设计的二次效用函数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 5) |

其中是资产权重的向量，（等于）是代表每个资产超额收益的向量，风险厌恶参数用来描述不同风险偏好投资者的效用。

该效用函数的优点是先验组合可以被简化为资本资产定价模型（简称CAPM），相比于效用函数使用收益率下行风险（条件在险价值，CVaR）可以保持效用函数的对称性。因此，BL模型的资产收益率先验分布就是CAPM模型市场组合相对于无风险资产的预测平均超额收益。CAPM模型假设资产收益率服从正太分布，且和所有资产组成的市场中性组合具备线性关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 6) |

其中代表某种资产或某个投资组合的收益、代表无风险收益、代表市场中性组合的超额收益、代表线性回归系数，计算公式为、是线性方程中的残差项或称为资产特质化(idiosyncratic)超额收益。

CAPM模型中资产收益的选择会对组合最优解产生显著的影响。无风险资产的收益率取决于投资者。对于欧美市场投资者，无风险收益通常可以采用当地货币对应的本国中央政府发行债券；对于中国市场绝大部分投资者，无风险收益可以采用银行1年及以内的活期存款利率代替；对于中国市场的专业投资者，银行理财或货币基金可以获得比银行存款更优的无风险收益。理论模型角度，风险资产应该包括房地产、珠宝古玩、数字货币、股权基金等流动性或安全性不佳的所有资产类别，但由专业投资者管理的投资组合仅可以依据合同约定投资于流动性好的股票、债券、衍生品、基金、现金工具几类证券。这几类资产实际上构成了资产配置模型的可投资空间。

通过预先检验和调整资产协方差矩阵使其满足正定（positive definite）条件后，可以对效用函数求解。由于（1.5）二次效用函数为凸（convex），因此对资产权重变量取一阶导可以得到唯一的全局最优解，其对应的资产超额收益的向量为

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
|  |  | (1. 7) |
|  |  | (1. 8) |

根据定义，可以推导出风险厌恶参数为夏普比率和资产波动率的比值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 9) |

其中，若将投资组合基准（通常为某个指数组合）设置为市场均衡组合m，则可以通过组合历史收益率和方差计算，也可以通过组合的夏普比率、波动率求解得到风险厌恶系数。基于（1.7）求解的收益率结合了投资者的风险偏好和组合资产的历史波动率信息。

以上最优权重、市场中性组合隐含收益的计算均基于经典的均值-方差模型，也就是BL模型的先验收益部分。BL模型为了简化对资产收益率方差的预测，将误差项用乘以一个固定比例参数替代。则真实的预测资产收益率所属分布为

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 10) |

均值-方差最优配置模型框架下，若投资者没有个人观点且无投资约束，则会100%投资于市场中性组合。在存在对资产收益率预测不确定性（即）的情况下，会投资于市场中性组合而会投资于BL最优组合。BL最优配置框架下权重为

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 11) |

贝叶斯方法调整后的有效前沿 (Walters, 2014)相当于根据预测不确定性参数将原始有效前沿右移。新的有效前沿意味着相同资产收益率波动下组合预期收益有所下降。



图1 贝叶斯方法进行风险调整后的有效前沿

#### 2.1.1.2 投资者的定量观点

BL模型中不同投资者的观点属于条件分布，并以向量的形式共同组成了矩阵变量。根据模型求解过程对矩阵计算的要求，首要的约束条件是观点矩阵中所有观点向量之间应相互独立且不相关。其次，单个观点投资于不同资产的权重之和要么为0（相对投资观点），要么为1（全仓位投资观点）。文献中一般认为不同观点可以相互矛盾，但这容易导致观点矩阵非满秩（full rank）和无法用于计算，而不同观点中，对于单个资产的观点矛盾则不会影响矩阵计算。

假设市场中有n中资产，投资者合计有效的(相互独立且不相关)观点为k个，则定量观点可以通过以下三个变量组成 (Walters, 2014)：

1，资产配置权重矩阵P：n维矩阵包括了每个观点对不同资产的配置权重，矩阵每一行之和要么为0、要么为1；资产配置权重矩阵P对应的约束条件为

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 12) |

2，观点的预期收益向量Q：由k个观点的预期收益组成的1维向量；

3，观点收益的协方差矩阵：是观点收益率之间的协方差矩阵。基于观点间相互独立且不相关的假设，并且是对角（diagonal）矩阵，这意味着矩阵对角线以外的其他元素均为0；的对角矩阵中第i个元素用(让)代表，若为0则表示投资者完全确定第j个观点。的形式如

给定投资者对资产收益率的最佳预测有

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 13) |

其中表示投资者观点的不确定性，经典BL模型假定其服从均值0，方差为的正态分布。

若不考虑先验资产收益的部分，且观点矩阵P为满秩，则观点的隐含收益服从分布

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 14) |
|  |  | (1. 15) |

其中均值和方差的求解依赖于矩阵P可倒和可倒。该式子可以反映观点自身在资产配置空间中的投影，但不是BL模型求解的必备条件。

观点收益的协方差矩阵与投资者对观点的信心负相关，经典BL模型假定该矩阵完全由使用者给定。常用的几种计算观点协方差矩阵的方法有以下四种

一、给定固定系数使其和观点的先验协方差矩阵成比例,；

二、使用置信区间；

三、使用因子模型的残差方差；

四、计算后验观点权重配置和先验市场均衡权重差异的百分比

方法一主要通过假设观点之间的方差和观点历史收益率之间的协方差成比例，并且在未来会延续该先验的分布。He和Litterman（1999）将观点的方差方程定义为

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 16) |

等价于

Meucci（2006）放松了对非对角线元素为0的约束，定义观点协方差矩阵为

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 17) |

其中Meucci设置c>1,并建议设置为的倒数。百分比参数的方式优点在于仅需要指定一个固定值参数，不增加模型的复杂程度。

方法二在预期的平均收益率左右定义置信区间。例如，对于已知观点收益率在95.4%的概率内坐落于【-2%,8%】，且平均期望为3%，则根据正态分布可以计算得出观点的方差为（8-5）。值得注意的是对应的是观点平均期望预测的不确定性，而不是收益率的方差。

方法三对应使用因子模型生成观点的情况，因子实际上被看作一种资产。该方法使用因子对收益率线性回归模型的残差项方差描述观点的不确定性。因子模型的标准化形式为

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 18) |

其中对应某一资产的收益、代表第l个因子载荷、表示第l个因子对应的收益、表示m个因子之外的残差收益率，独立并且服从正态分布。

多个资产的情况下，对每个资产对应的残差项可以计算出所有资产残差项的协方差，Beach和Orlov(2006)最早使用Garch模型对残差项波动的自回归部分建模。

方法四首先由Idzorek (2007)提出，使用0~100%的百分比权重描述给定权重相对于100%观点确定性权重的一种相对信心比例

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 19) |

其中表示观点j对资产i的权重、表示无观点情况下市场均衡组合对资产i的配置比例、表示100%观点确定程度下资产i的配置权重。由于该方法需要使用BL替代模型，我们将在替代参考模型一节展开。

#### 2.1.1.3 基于贝叶斯方法的Black Litterman模型

Black Litterman模型对先验和后验资产收益的分布基于贝叶斯方法。贝叶斯方法定义给定历史事件B，发生事件A的后验（posterior）的概率分布为

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 20) |

其中是历史样本概率分布，也被称为条件分布；是先验分布；是发生事件B的概率，通常可以使用某一个概率常数值代替。BL模型和均值-方差理论中资产收益率通常被假设为正态分布，则后验的概率分布也属于正态分布。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 21) |

其中和观点P属于某个常数值。因此概率密度函数和联合密度函数剔除常数项后有

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 22) |
|  |  | (1. 23) |

对于任意正态分布变量的概率密度函数为

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 24) |

将（1.14）（1.15）带入公式（1.23）,且P包含k个观点，则根据联合密度函数有

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 25) |

根据（1.10），给定后验观点P及其对应的后验平均收益率条件下，资产真实收益率的概率分布为

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 26) |

将分布（1.26）带入公式（1.23）得到联合密度函数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 27) |

联立后有

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 28) |

剔除常数项、

将其中未知变量的次方重新排列且其他变量看做已知变量，有

让,且 则

其中是常数项，终于得到的分布

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 29) |

该公式通常被称为Black Litterman主方程，若定义为分布的期望，M作为分布的后验方差，是对后验平均收益的不确定性，并不反应资产的方差。

将分拆成2部分

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 30) |

根据矩阵求逆引理[[3]](#footnote-3)，

其中

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 31) |

证明如下

因此分拆后的第一部分可以改写成

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 32) |

而分拆后的第二部分

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 33) |

将(1.32)(1.33)带入(1.30)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 34) |

该式子也被称为Black Litterman资产预期收益的替代公式。若投资者对于观点100%确信，此时，BL模型的调整后预期收益为

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 35) |

进一步，若观点权重矩阵P可倒，则

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 36) |

若投资者对观点完全确信，此时，BL模型的预期收益均值中观点项被消去

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 37) |

对BL模型的预期收益方差M使用矩阵求逆引理，可得

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 38) |

若投资者对于观点100%确信(),M取值为0；若投资者对于观点完全不确信()，M取值为资产先验方差的百分比值。

资产收益率的后验方差为

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 39) |

不考虑投资者观点情况下，可以简化为

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 40) |

可以看出，使用固定数值的在无主观观点的情况下，将导致BL模型的资产配置权重之和小于100%。可以用来对冲由资产预期收益预测的不精确而增加的组合风险。

Satchell (2000)首先提出了Black Litterman的超越模型，也就是取消参数变量并对资产收益进行点预测。使用点预测可是使得后验资产收益的方差不再重要，因此仅需要考虑后验资产收益的并将(1.34)改写为

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 41) |

经典BL模型使用者需要同时给定和对投资者观点和先验收益进行合并,但通过(1.41)可以发现和可以合并。若仅保留一项，则有

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 42) |

其中投资者观点对后验预期收益的影响权重变大，同时不用再考虑M和两项的计算。

和经典BL模型相比，超越BL模型不会对未知资产收益预期均值的后验方差进行更新，因此对资产收益预测的不确定性不会降低。经典BL模型更新后验方差可以提供更多地信息，逐渐降低对后验收益预测的不确定性，从模型的角度优于超越BL模型。

#### 2.1.1.4 的敏感性分析

### 2.1.2 Black Litterman滚动预测模型

### 2.1.3 Black Litterman模型常用参数

#### 2.1.3.1 基金产品的常见约束

A股基金合同通常约定单券持仓比例不超过10%，即

#### 2.1.3.2 保险资金的常见约束

保险资金运用过程主要可以投资于8类资产：银行存款、股票、国债、企业债、金融债、股票型基金、债券型基金、混合型基金（分别用数字1~8指代）。则在BL模型原有的限制条件之上，根据银保监会对保险资金投资以上8类资产上限的规定[[4]](#footnote-4)，有如下限制条件：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1. 43) |
|  |  | (1. 44) |
|  |  | (1. 45) |
|  |  | (1. 46) |
|  |  | (1. 47) |

例如：根据中国银保监会数据，2018年保险资金运用余额16.4万亿、总资产18.3万亿，则保险业可运用资金比例g的值为89.62%（16.4/18.3）。

## 2.2 中证、中债和MSCI指数体系研究

{指数适合作为大类资产配置的起点； 样本空间，参考MSCI分类方法：海外不同市场、行业、因子多维分类，做大类资产配置；中国股票单列}

## 2.3 量化因子：基于产业经济学的行业龙头超额收益

## 2.4 宏观经济的周期假说{美林时钟等}

# 第三章 实证案例分析

{todo

1，根据理论，对宏观经济指标和资产收益率变动做了线性回归飞行，没用；也对标准的BL模型建模，发现负权重无法接受，因此我们设计了改进的模型算法，得到了？？？结果。

3，除了A股全市场的，还要选一个最难做的行业寻找超额收益，比如波动率低的能源和基础设施，或者波动特别大的tmt；

}

我们以A股权益类资产和固定收益类资产组合收益最大化进行动态配置研究。

## 3.1 宏观经济指标对收益率的相关性分析

我们希望发现对资产收益或波动有解释力的宏观经济指标来支持战略性资产配置决策。传统宏观研究的目的往往是追求长期预测效用最大化，而我们追求在不超过2年的时间内发现具有中短期预测能力的宏观指标。同时，我们假设资产投资目标和管理人的因素对战略性资产配置具有决定性的影响，宏观经济指标应该用于提供投资决策。

根据海外和国内相关研究报告 (冯佳睿, 2018)，宏观经济指标在预测证券价格波动的角度实践应用价值不高，同时多数股票收益率对宏观指标因子的变动不敏感。特别是重要经济指标往往按季度披露，且在季度末月份之后的40天左右披露，使得数据的时效性有所减弱。

从战略性资产配置的实践中，宏观经济指标的价值主要在于给投资管理人提供一个大视角的参考。投资决策过程希望能及时发现有预测价值的数据指标并纳入资产权重调整的算法中。基于这个假设，我们将部分精选的宏观经济指标作为一种主观的观点用于资产配置优化模型。

{做了哪些事情？

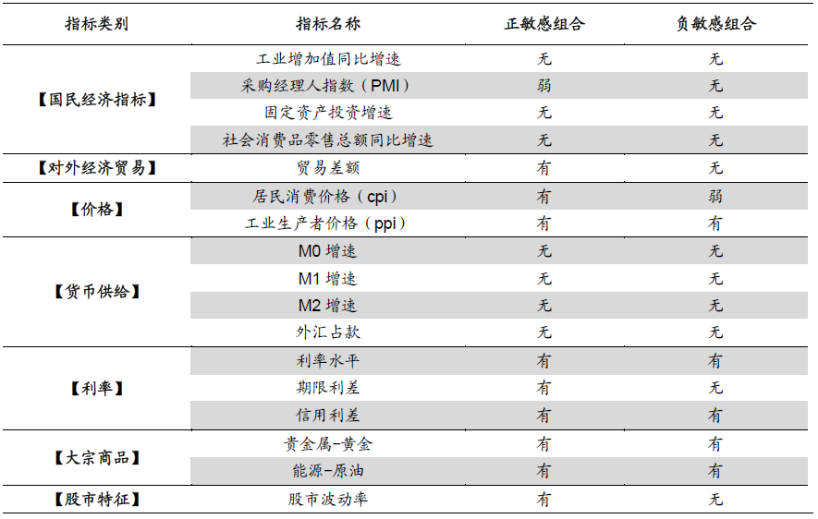
1，梳理不同类别的宏观经济指标，并对其与市场收益率相关性、预测能力、披露频率，披露时滞等因素进行统计分析

2，确定指标数据的算法，比如lag1,2，用过去N日的波动率什么的，进行预测能力验证；

3，按过去N1个时间窗口进行动态择优。

4，参考现有的研究成果：例如：

海通180916：制造业PMI指数，PPI同比，CPI；利率水平、期限利差以及信用利差，股市波动率，金价；货币：M0，M1，M2，外汇占款。原油

“表 1 宏观经济指标选股效果汇总” 

}

## 3.2 BL模型改进方案

## 3.3 实证多资产配置组合

3.0，数据

1，wind-oracle：拉数据，分行业、风格建立多个组合矩阵

2，朝阳永续：一致预期数据，或者用wind的反正现在也可以了；

2.2，主观判断、新的基本面数据等作为边际模块；

2.3，组合调整的目标比例要用优化器--BL；

2.4，每个行业、风格要有anchor stock，对其他股票进行定价，集中化投资；

4，绩效分析：将模拟组合逐期权重导入Wind-PMS

5，产品和投资者分析：{假设保险资金买入国内发行的投资于海外权益资产的公募基金，就可以实现全球配置。}

亮点：模仿MSCI体系，为投资者实现一个跟踪全球资产的主动配置体系，实现模块化的主动投资（可以自设参数）

# 第四章 结论及展望

未来的研究方向是希望用动态资产配置模型对不同投资者进行仿真，从市场整体的角度更好地预判配置行为对资产价格地影响。

# 引用[[5]](#footnote-5)

Beachand Orlov, AlexeiSteven. (2006). An Application of the Black-Litterman Model with EGARCH-M-Derived views for International Portfolio Management.

BragaDebora and NataleMaria. (2007). TEV Sensitivity to Views in Black-Litterman Model.

CheungWing. (2013). The Augmented Black-Litterman Model: A Ranking-Free Approach to Factor-Based Portfolio Construction and Beyond. Quantitative Finance, 页 301-316.

Fusai and MeucciAttilio. (2003). Assessing Views. Risk Magazine, 页 16,3，S18-S21.

GaryP.Brinson, L. RandolphHood, & GilbertL.Beebower. (2005年47(3)月). Determinants of Portfolio Performance II:An Update. Financial Analysts Journal, 页 40-48.

GiacomettiBertocchi, Marida, Rachev, Svetlozar T. and Fabozzi, Frank J.Rosella,. (2007). Stable distributions in the Black-Litterman approach to asset allocation. Quantitative Finance, 页 7:4,423-433.

GuptaPranay. (2017). 多资产配置：投资实践进阶. 北京: 机械工业出版社.

IdzorekT. (2007). A step-by-step guide to the Black-Litterman model : Incorporating user-specified confidence levels. Forecasting Expected Returns in the Financial Markets, 页 17-38.

Martelliniand Ziemann, VolkerLionel. (2007). Extending Black-Litterman Analysis Beyond the Mean-Variance Framework. Journal of Portfolio Management, 页 Vol 33,4,33-44.

Merrill Lynch. (2004). The Investment Clock：Special Report #1: Making Money from Macro.

MeucciAttilio. (2006). Beyond Black-Litterman in Practice: A Five-Step Recipe to Input Views on non-Normal Markets. SSRN.

Satchelland Scowcroft, AlanStephen. (2000). Managing Quantitative and Traditional Portfolio Construction. Journal of Asset Management, 页 Vol1,2,138-150.

T.Idzorek. (2002). A step-by-step guide to the Black-Litterman Model.

WaltersJay. (2014). The Black-Litterman Model In Detail. Boston University.

WinkelmannandBevan. (1998). Using the Black-Litterman Global Asset Allocation Model: Three Years of Practical Experience”. Goldman Sachs Fixed Income Research paper.

蔡德安. (2019). 基于机器学习预测的Black-Litterman模型资产配置研究. 北京大学.

韩焯林乔元波,邵晓燕. (2018年4月). 基于Black-Litterman模型的沪深港基金动态资产配置研究. 投资研究, 页 125-139.

贾慧. (2011). Black-Litterman模型在中国股票市场资产配置中的应用研究. 西北大学.

李心愉，付丽莎. (2013年3月). 基于Black-Litterman模型的保险资金动态资产配置模型研究. 保险研究, 页 24-38.

李知常. (2017). 基于Black-Litterman模型的资产配置策略研究. 山东大学.

刘超. (2013). VECM在Black-Litterman投资组合模型中的应用. 北京大学.

刘超, & 黄海. (2015年3月). 结合VEC和信心水平分析Black-Litterman投资组合模型. 数学的实践与认识, 页 8-14.

马家驹. (2005). 基于Black-Litterman模型下的带流动性风险测度约束的资产配置模型. 浙江大学.

孟繁易. (2017). 扩增Black-Litterman模型在中国股票市场中的应用. 北京大学.

王楠溪. (2012). Black-Litterman模型在中国市场中的应用——考虑非对称投资者观点的扩展模型. 北京大学.

温琪. (2011). 金融市场资产选择与配置策略研究. 中国科学技术大学.

张士强. (2008). 全球资产配置理论与实证研究--基于收益—风险分析的组合优化与BL模型的应用. 南京理工大学.

Beachand Orlov, AlexeiSteven. (2006). An Application of the Black-Litterman Model with EGARCH-M-Derived views for International Portfolio Management.

BragaDebora and NataleMaria. (2007). TEV Sensitivity to Views in Black-Litterman Model.

CheungWing. (2013). The Augmented Black-Litterman Model: A Ranking-Free Approach to Factor-Based Portfolio Construction and Beyond. Quantitative Finance, 页 301-316.

Fusai and MeucciAttilio. (2003). Assessing Views. Risk Magazine, 页 16,3，S18-S21.

GaryP.Brinson, L. RandolphHood, & GilbertL.Beebower. (2005年47(3)月). Determinants of Portfolio Performance II:An Update. Financial Analysts Journal, 页 40-48.

GiacomettiBertocchi, Marida, Rachev, Svetlozar T. and Fabozzi, Frank J.Rosella,. (2007). Stable distributions in the Black-Litterman approach to asset allocation. Quantitative Finance, 页 7:4,423-433.

GuptaPranay. (2017). 多资产配置：投资实践进阶. 北京: 机械工业出版社.

IdzorekT. (2007). A step-by-step guide to the Black-Litterman model : Incorporating user-specified confidence levels. Forecasting Expected Returns in the Financial Markets, 页 17-38.

Martelliniand Ziemann, VolkerLionel. (2007). Extending Black-Litterman Analysis Beyond the Mean-Variance Framework. Journal of Portfolio Management, 页 Vol 33,4,33-44.

Merrill Lynch. (2004). The Investment Clock：Special Report #1: Making Money from Macro.

MeucciAttilio. (2006). Beyond Black-Litterman in Practice: A Five-Step Recipe to Input Views on non-Normal Markets. SSRN.

Satchelland Scowcroft, AlanStephen. (2000). Managing Quantitative and Traditional Portfolio Construction. Journal of Asset Management, 页 Vol1,2,138-150.

T.Idzorek. (2002). A step-by-step guide to the Black-Litterman Model.

WaltersJay. (2014). The Black-Litterman Model In Detail. Boston University.

WinkelmannandBevan. (1998). Using the Black-Litterman Global Asset Allocation Model: Three Years of Practical Experience”. Goldman Sachs Fixed Income Research paper.

蔡德安. (2019). 基于机器学习预测的Black-Litterman模型资产配置研究. 北京大学.

韩焯林乔元波,邵晓燕. (2018年4月). 基于Black-Litterman模型的沪深港基金动态资产配置研究. 投资研究, 页 125-139.

贾慧. (2011). Black-Litterman模型在中国股票市场资产配置中的应用研究. 西北大学.

李心愉，付丽莎. (2013年3月). 基于Black-Litterman模型的保险资金动态资产配置模型研究. 保险研究, 页 24-38.

李知常. (2017). 基于Black-Litterman模型的资产配置策略研究. 山东大学.

刘超. (2013). VECM在Black-Litterman投资组合模型中的应用. 北京大学.

刘超, & 黄海. (2015年3月). 结合VEC和信心水平分析Black-Litterman投资组合模型. 数学的实践与认识, 页 8-14.

马家驹. (2005). 基于Black-Litterman模型下的带流动性风险测度约束的资产配置模型. 浙江大学.

孟繁易. (2017). 扩增Black-Litterman模型在中国股票市场中的应用. 北京大学.

王楠溪. (2012). Black-Litterman模型在中国市场中的应用——考虑非对称投资者观点的扩展模型. 北京大学.

温琪. (2011). 金融市场资产选择与配置策略研究. 中国科学技术大学.

张士强. (2008). 全球资产配置理论与实证研究--基于收益—风险分析的组合优化与BL模型的应用. 南京理工大学.

# 参考文献-beida模板[[6]](#footnote-6)

[1] Intel Corperation, http://download.intel.com/pressroom/kits/IntelProcessorHistory.pdf.

[2] Intel Corperation, http://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/presentation/  
revolutionary-22nm-transistor-technology-presentation.pdf.

[3] I. Žutić, J. Fabian and S. Das Sarma, Spintronics: Fundamentals and applications, Reviews of Modern Physics 76 (2), 323-410 (2004).

[4] R. Hanson, L. Kouwenhoven, J. Petta, S. Tarucha and L. Vandersypen, Spins in few-electron quantum dots, Reviews of Modern Physics 79 (4), 1217 (2007).

[5] D. Loss and D. P. DiVincenzo, Quantum computation with quantum dots,Physical Review A 57 (1), 120 (1998).

注：以上是“顺序编码制”索引文献时参考文献著录法（对应第1章示例）。各项著录信息未核准，仅为样式参考。“著者—出版年”制索引文献著录方法如下（对应第二章示例）：

段凤魁, 贺克斌, 刘咸德, 董树屏, 杨复沫. 2007. 含碳气溶胶研究进展：有机碳和元素碳. 环境工程学报, 1: 1-8.

Bond T.C.; Bergstrom R.W. 2006. Light absorption by carbonaceous particles: an investigative review. Aerosol Science and Technology, 40: 27-67.

Bond, T. C.; Streets, D. G.; Yarber, K. F.; et al. 2004. A technology-based global inventory of black and organic carbon emissions from combustion. Journal of Geophysical Research, 109, D14203.

Cao, G. L.; Zhang, X. Y.; Zheng, F. C. 2006. Inventory of black carbon and organic carbon emissions from China. Atmospheric Environment, 40: 6516-6527.

Klimont, Z.; et al. 2009. Projections of SO2, NOx and carbonaceous aerosols emissions in Asia. Tellus, 61B, 602-617.

Lu, Z.; Zhang, Q.; Streets, D. G. 2011. Sulfur dioxide and primary carbonaceous aerosol emissions in China and India, 1996-2010. Atmospheric Chemistry and Physics, 11, 9839-9864.

Penner, J. E.; Eddleman, H.; Novakov, T. 1993. Towards the development of a global inventory for black carbon emissions. Atmospheric Environment, 27 (A): 1277-1295.

Streets, D. G.; Bond, T. C.; Carmichael, G. R.; et al. 2003. An inventory of gaseous and primary aerosol emissions in Asia in the year 2000. Journal of Geophysical Research, 108, 8809.

Streets, D. G.; Bond, T. C.; Lee, T.; Jang, C. 2004. On the future of carbonaceous aerosol emissions. Journal of Geophysical Research, 109, D24212, doi:10.1029/2004JD004902.

Streets, D.G.; Shalini, G.; Waldhoff, S.T.; et al. 2001. Michae Black carbon emissions in China. Atmospheric Environment, 35, 4281- 4296.

Zhang, Q.; Streets, D. G.; Carmichael, G. R.; et al. 2009. Asian emissions in 2006 for the NASA INTEX-B mission. Atmospheric Chemistry Physics, 9, 4081- 4139.

# 附录一

# 致谢

本论文是在xx老师的悉心指导下完成的。xx老师作为一名优秀的、经验丰富的教师，具有丰富的xx知识和xx经验，在整个论文实验和论文写作过程中，对我进行了耐心的指导和帮助，提出严格要求，引导我不断开阔思路，为我答疑解惑，鼓励我大胆创新，使我在这一段宝贵的时光中，既增长了知识、开阔了视野、锻炼了心态，又培养了良好的实验习惯和科研精神。在此，我向我的指导老师表示最诚挚的谢意！

……

(仅为网络示例，可根据论文实际进行撰写，使用时把模板示例内容尽皆删除即可)

# 北京大学学位论文原创性声明和使用授权说明

**原创性声明**

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品或成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本声明的法律结果由本人承担。

论文作者签名： 日期： 年 月 日

**学位论文使用授权说明**

（必须装订在提交学校图书馆的印刷本）

本人完全了解北京大学关于收集、保存、使用学位论文的规定，即：

* 按照学校要求提交学位论文的印刷本和电子版本；
* 学校有权保存学位论文的印刷本和电子版，并提供目录检索与阅览服务，在校园网上提供服务；
* 学校可以采用影印、缩印、数字化或其它复制手段保存论文；
* 因某种特殊原因需要延迟发布学位论文电子版，授权学校□一年/□两年/□三年以后，在校园网上全文发布。

（保密论文在解密后遵守此规定）

论文作者签名： 导师签名：

日期： 年 月 日

1. 沪深300指数由中证指数公司编制，代表上海和深圳证券市场中市值大、流动性好的300只股票组成，综合反映中国A股市场上市股票价格的整体表现。沪深300指数也是最主要的A股股票基金投资基准。沪深300行业指数由300只股票中分别属于11个一级行业的股票组成。 [↑](#footnote-ref-1)
2. 业界常用的“一致预期”计算方法通常将给定时点过去180天内所有预测数据进行取平均值或中位数，超过180天的预测值将予以剔除。但观点伴随研究报告发布时自身个性化的适用期间通常被忽视。 [↑](#footnote-ref-2)
3. 对于可逆矩阵A,B,有 [↑](#footnote-ref-3)
4. 《关于加强和改进保险资金运用比例监管的通知》 [↑](#footnote-ref-4)
5. 全文参考文献索引方式只能选用“顺序编码制”或“著者—出版年制”其中之一，文献列表也应选择相对应的著录方法，此处作为示例列举了两种方式，实际撰写论文时不得混用。注：以上是“顺序编码制”索引文献时参考文献著录法（对应第1章示例）。各项著录信息未核准，仅为样式参考。“著者—出版年”制索引文献著录方法如下（对应第二章示例）： [↑](#footnote-ref-5)
6. 全文参考文献索引方式只能选用“顺序编码制”或“著者—出版年制”其中之一，文献列表也应选择相对应的著录方法，此处作为示例列举了两种方式，实际撰写论文时不得混用。 [↑](#footnote-ref-6)