

山东大学中泰证券金融研究院 2016 年项目结题报告

课题名称： 分级基金套利对冲策略研究

山大课题负责人： 石玉峰

山大课题组成员： 王 鑫、滕 斌、郭禄禄、张志鑫  
李艺迪、张文秀、吴 静、李沛然  
李道成、董俊生

公司课题负责人： 马 刚

公司课题对接人： 马 刚

课题立项时间： 2016.4

中泰证券股份有限公司

## 山东大学中泰证券金融研究院课题结题报告

### 课题报告

2016 年度，课题组围绕“分级基金套利对冲策略研究”这一课题进行研究。针对机构投资者如何对冲长期持有分级基金进行循环底仓套利而必须面临的基金净值波动风险这一实际问题，我们综合考虑对冲分级基金净值波动风险的多种可能情况，并进行分类讨论，将问题转化为最优化问题。我们采用成分股逐个匹配对冲的方法，结合不同的需求，建立了五个对冲模型以构建相应的对冲策略。

模型一：配置适当个股的成分股完全匹配对冲模型。该模型通过配置个股多头的方式实现成分股完全匹配对冲的需求，需要占用一定的资金成本。

模型二：不配置个股的成分股不完全匹配对冲模型。该模型只用股指期货对冲，不需要持仓股票，没有额外的对冲成本，但对冲效果可能受到一定影响。

模型三：配置适当个股的成分股不完全匹配对冲模型。该模型实现了保持良好的对冲效果与降低配置个股的资金占用两种需求之间的平衡。

模型四：给定分级基金的持仓比例、配置适当个股的成分股不完全匹配对冲模型。该模型保持了模型三的优势，同时能满足投资者对分级基金持仓的要求。

模型五：分级基金持仓占比在其成交量占比附近波动的成分股不完全匹配对冲模型。该模型是模型四的延伸，能满足投资者更复杂的分级基金持仓要求。

经过真实历史数据回测，五个模型给出的对冲策略对冲效果良好，在研究过程中，我们充分考虑了交易活跃度、交易成本等交易中的实际问题，五个模型都具有很高的实用价值。（具体课题报告见附页）

课题承担单位公章

课题负责人（签字）\_\_\_\_\_

年 月 日

## 中泰证券课题立项单位评审意见

### 一、预期研究目标达成程度

对于深圳证券交易所的分级基金，在具体的套利操作中，投资者观察到溢价到完成套利，过程需要 2~3 个工作日，当投资者需要卖出子份额实现收益时，溢价率可能已经消失，即卖出的价格可能低于申购时的价格，导致亏损。出现整体折价时，需要先按配比买入稳健和进取份额，合并得到母基金份额后赎回。由于整个过程需要 2~3 个工作日，期间投资者相当于持有母基金，净值下跌会吞噬套利收益。本课题通过构建分级基金、股票与股指期货的多品种组合模型，已对冲分级基金的净值波动风险，锁定套利收益。

### 二、课题报告中存在的问题

组合或模型构建的便利性还有待提高。

### 三、后续是否有继续开展此项研究的必要（是否结题）

否，可结题。



公司课题负责人（签字）马刚

年 月 日

（纸面不敷，可另增独立页）

# 分级基金套利对冲策略研究项目

总结报告

2016/12/23

项目负责人： 石玉峰

项目组成员： 王 鑫、滕 斌、郭禄禄  
张志鑫、李艺迪、张文秀  
吴 静、李沛然、李道成  
董俊生

对接部门： 中泰证券研究所

山东大学中泰证券金融研究院

第 1 章 课题背景.....	1
第 2 章 问题描述.....	2
第 3 章 研究思路.....	4
第 4 章 数据选取与处理.....	6
第 5 章 模型构建.....	8
5.1 模型思想综述：成分股匹配对冲模型.....	8
5.2 模型具体介绍.....	9
5.2.1 最小化配置个股资金占用的成分股完全匹配对冲模型.....	9
5.2.2 不配个股的成分股不完全匹配对冲模型.....	11
5.2.3 配置适当个股的成分股不完全匹配对冲模型.....	12
5.2.4 固定分级基金持仓比例、配置适当个股的成分股不完全匹配对冲模型.....	13
5.2.5 分级基金持仓占比与其成交量占比尽量接近的匹配对冲模型.....	14
第 6 章 实证结果与分析.....	15
6.1 基础对照组.....	16
6.1.1 对冲策略.....	16
6.1.2 对冲效果.....	17
6.2 最小化配置个股资金占用的成分股完全匹配对冲模型.....	18
6.2.1 对冲策略.....	18
6.2.2 对冲效果.....	19
6.2.3 对冲策略评价.....	20
6.3 不配个股的成分股不完全匹配对冲模型.....	21
6.3.1 对冲策略.....	21
6.3.2 对冲效果.....	21
6.3.3 对冲策略评价.....	22
6.4 配置适当个股的成分股不完全匹配对冲模型.....	22
6.4.1 对冲策略.....	22
6.4.2 对冲效果.....	25
6.4.3 对冲策略评价.....	26
6.5 固定分级基金持仓比例、配置适当个股的成分股不完全匹配对冲模型.....	26
6.5.1 对冲策略.....	26
6.5.2 对冲效果.....	30
6.5.3 对冲策略评价.....	31
第 7 章 总结与展望.....	31

## 第1章 课题背景

分级基金在海外已有较长的发展历史，其前身是杠杆基金。其最早起源于上世纪的80年代，在90年代后期有了巨大的发展，由于其多样的操作方式。迄今国外的分级基金已具备相当数量和规模，最具代表性的是英国和美国的杠杆型封闭式基金。

我国的分级基金发展起步相对较晚，其诞生于2007年，直到2010年总份额才突破100亿份。但近年来发展迅猛，2013年已发展到超过400亿份的规模，2014年其总份额更是突破1200亿份。分级基金因其结构化设计、独特的条款、多样化的投资策略，深受各类投资者欢迎。在分级基金规模方面，国内还与国外存在着一定的差距，但随着国内分级基金规则的不断完善，其正朝着更加全面多元的方向发展以满足不同风险偏好投资者的需求。

在分级基金的套利交易中，折溢价套利是其重要的盈利模式。从理论上讲，如果基金出现整体溢价或者折价，就存在套利机会。具体操作方法有两类：一是在分级基金出现整体溢价时，投资者申购母基金，拆分后分别卖出两类份额；二是出现整体折价时，投资者申购两类子份额，合并后赎回母基金。

目前，上海证券交易所与深圳证券交易所均有分级基金。分级基金在上海证券交易所与深圳证券交易所的主要区别在于母基金是否上市交易以及分拆与合并效率。上海证券交易所分级母基金可以上市交易，深圳证券交易所的母基金不上市交易（QD 除外）。上海证券交易所分级合并分拆日内可以完成，而深圳证券交易所需要2-3天。在合并规则上，对于深圳证券交易所分级基金的分拆及合并，各个基金公司规定不一，一般门槛都非常低。而上海证券交易所的门槛更高，上海证券交易所申报拆分、合并的申报数量应为100的整数倍，且母基金份额不低于50000份。此外，一旦申请了分拆或合并，上海证券交易所不可变更或撤销，但深圳证券交易所可以撤销。

深圳证券交易所当日分拆母基金，T+1 获得子份额才可以卖出；当日合并子份额，T+1 获得母基金份额才可赎回。而上海证券交易所分级基金的分拆及合

并效率更高。上海证券交易所的分拆及合并是在盘中实时完成的，即当日买入的母基金份额，同日可以分拆，当日拆分母基金所得子份额，同日可卖出。当日买入的子份额，同日可以合并，当日合并子份额所得母基金份额，同日可卖出或赎回。在母基金申购赎回方面，上海证券交易所与深圳证券交易所相同的是申购的母基金份额 T+2 可以赎回，但上海证券交易所的买入赎回效率更高，即当日买入的母基金份额，同日可以赎回。

表1.1 沪深交易所分级基金配对转换规则对比

母基金申赎、拆分	深圳证券交易所				上海证券交易所		
	卖出	赎回	转出	分拆	卖出	赎回	转出
T 日初持有的母基金份额	---	T			T		
T 日买入的母基金份额	深圳证券交易所母基金份额 (非 QD) 不上市, 无法场内买卖				T+1	T	
T 日申购的母基金份额	---	T+2			T+2		
T 日转托管转入的份额	---	T+2			T+2		
T 日子份额合并成的母基金份额	---	T+1			T	T+1	
子份额合并、交易	卖出		合并完成		卖出		合并完成
T 日初持有的子份额	T		T+1		T		T
T 日买入的子份额	T+1		T		T+1		T
T 日由母基金份额分拆出来的子份额	T+1		T+1		T		T+1

## 第2章 问题描述

基于以上分析,对于上海证券交易所的分级基金,其套利操作可以实时进行,风险很小,但是相应的,套利机会也非常少;对于深圳证券交易所的分级基金,在具体的套利操作中,投资者观察到溢价到完成套利,过程需要2~3个工作日,当投资者需要卖出子份额实现收益时,溢价率可能已经消失,即卖出的价格可能低于申购时的价格,导致亏损。出现整体折价时,需要先按配比买入稳健和进取份额,合并得到母基金份额后赎回。由于整个过程需要2~3个工作日,期间投资者相当于持有母基金,净值下跌会吞噬套利收益。下面我们基于对深圳证券交易所的分级基金进行套利操作进行分析。

由以上分析可以看出，分级基金套利的的时间周期较长，使得整个套利交易暴露在母基金净值下跌或者折溢价率收窄的风险之中，风险敞口较大。机构投资者进行分级基金折溢价套利通常的做法是循环底仓套利，即在套利机会出现之前长期持有一篮子分级基金，在出现套利机会时变相实现当日交易。在出现折价套利时，可以当日按比例买入A，B份额并申请合并之前长期持有的A，B份额，并在收盘前赎回母基金，在第二日合并的母基金到账。在出现溢价套利时，当日可卖出A和B份额，并在收盘前申购母基金并申请转换成A和B份额，在第二日分拆的A和B份额到账，第三天申购的母基金到账。不难发现，采用循环底仓套利比一般折溢价套利持续时间短，减少了时间敞口风险，其具体的效率对比见表2.1和表2.2，但另一方面，长期持有一篮子分级基金必然要面临基金净值波动的风险，为了尽可能降低这类风险，投资者可以借助对冲工具进行风险对冲，以实现在承担较低风险下获取稳定收益的可能。理论上讲，利用股指期货来对冲母基金净值波动的风险是最现实、最具可行性的方法。中国证券市场上现有三种股指期货，分别为IF（沪深300）、IC（中证500）、IH（上证50）。

表2.1 循环底仓折价套利和普通折价套利效率对比

套利模式	当时	收盘	T+1	T+2	T+n
循环折价套利	折价套利机会出现	赎回需要15:00前			赎回资金到账后进入待套利状态
	1. 按比例买入A+B 2. 申请合并A+B	赎回母基金	合并的母基金到账，本次套利操作完成，等待赎回资金到账		赎回资金到账可用。
普通折价套利	买入A+B		合并	赎回	赎回基金到账
	盘中出现折价机会配对买入A，B子份额		申请合并，将买入的A，B子份额合并成母基金	场内赎回母基金	赎回资金到账可用。

表 2.2 循环底仓溢价套利和普通溢价套利效率对比

套利模式	当时	收盘	T+1	T+2	T+3
循环溢价套利	溢价套利机会出现	赎回需要15:00前	恢复到待套利状态		



	按比例卖出 A+B	1 申购母基金 2 申请母基金 转换成 A+B	分拆的 A+B 到账	申购的母基金 到账	
普通溢价套利	场内申购母基金		份额确认	申请分拆	卖出
	如果分级基金出现大幅溢价，则场内申购母基金		基金公司确认申购的基金份额	申请将母基金分拆成 A+B	将分拆得到的 A+B 卖出

基于以上分析，我们把问题归纳为：基金管理人持有市场上的一篮子分级基金，以期其中的部分分级基金出现套利机会时获利，但是在套利的过程中会存在母基金净值波动的风险，如何用市场上的三种股指期货来对冲这一风险？

### 第3章 研究思路

首先，我们对分级基金的套利模式进行了深入地研究,通过对文献资料的调研学习经典理论、经典方法，通过了解调查分级基金套利的具体操作模式，深入了解分级基金套利的原理和思想，熟悉分级基金套利的操作方法，明确分级基金套利的风险所在及其原因，探讨规避风险的理论方法。

通过相关学习和深入研究我们了解到在分级基金的套利过程中，尤其是在折溢价套利过程中，由于风险敞口的存在，母基金的净值波动确实会对套利结果产生较大影响。除此之外，即使没有进行套利，绝大多数的机构投资者也会一直同时持有母基金与子基金，为随时进行循环底仓套利做准备。因此通过一定手段将母基金净值波动风险进行某种程度的做空对冲是非常必要的，如果能做到完全对冲是最理想的情况。具体到运用什么手段进行对冲则是我们课题所要研究的重点。

基于对复杂程度、可操作性、模型构建、成本因素等方面的综合考虑，我们选择用做空三种股指期货的方式来对冲母基金净值波动的风险。使用股指期货对冲具有操作方便、成本较低的好处，但缺点在于目前只有 3 个指数沪深 300、中证 500、上证 50 具有对应的期货品种。对于单独持有的跟踪这三个指数的分级基金产品可以实现完全对冲，但在持有大量不同种类分级基金产品多头时，就需要考虑如何根据实际情况实现尽可能好的对冲效果的问题。

根据分级基金的定义，母基金的净值波动反映了整个基金资产的盈亏状况、运作水平。但是对于被动指数型分级基金来说，由于紧跟其所对应的指数，其波动相较于其他普通股票型基金更多是由于所跟踪指数的波动造成的。相应的，指数型基金的成分股与所跟踪指数的成分股在绝大多数情况下是能够一一对应的。现实情况是只有沪深 300、中证 500、上证 50 具有对应的能够做空的股指期货品种，而对于所跟踪指数并非以上三种指数的分级基金，其成分股与上述三种指数的成分股并不能做到一一对应，这样的话我们为了达到更好的对冲效果可以考虑在做多某些分级基金的同时做多某一些个股，使多空双方在成分股的角度上能够做到绝大部分甚至是全部都可以实现相互匹配，然后再通过一定的配比，将多空双方的能够实现对应的成分股的权重也配成一致，这样一来就可以从根本上实现尽可能好的对冲效果。

在具体的实盘操作中，绝大多数的机构投资者都不会只持有某几只分级基金的多头，而是持有大量的不同种类的分级基金的多头，这样是为了能够抓住绝大多数的套利机会，使资金得到更有效率的利用。如此一来，为了实现好的对冲效果需要搭配做多的成分股种类也就会非常多，根据成分股匹配对冲思想所建立的数学模型需要考虑到的影响因素也会很多，但其中最重要的影响因素就是权重。权重包括所有资金在每只分级基金、每只所配个股和每种股指期货之间如何分配的权重以及每种分级基金和股指期货中每只成分股的权重。这些权重本身也会受到一定条件的限制，比如权重的取值范围要介于 0 和 1 之间，某些权重的和要等于 1 等等，并且这些权重有些是已知的，可以在公开数据中得到，而有些是未知的，其最终结果可能涉及到对模型的评价。这些都需要在我们的对冲模型中得以体现。

数学模型的建立是一个系统的工作，需要以大量数据分析工作作为基础。因此，我们对分级基金的市场数据进行深入的分析。我们详细地统计了深交所所有指数型分级基金的成分股的相关情况，分析了成分股的构成和分布特点；另外，我们利用各只分级基金的交易量数据，分析对比了各只分级基金的交易活跃度情况。

最后在理论学习和数据分析的基础上，进一步明确我们要选取的解决方案，合理地构建相应的数学模型，并在真实的历史数据上进行实证分析。解决方案明确地说即在持有一篮子分级基金多头的同时通过做多某些个股和做空三种股指期货来对冲分级基金净值波动的风险。数学模型的构建是关键，上文分析了模型构建的思想，一句话来概括即多空双方成分股等权重对冲。这里分级基金是多方，股指期货是空方。对多空双方能够实现一一对应的成分股，可以少配或不配相应的个股；对于多空双方不能够实现一一对应的成分股则肯定要搭配相应个股。最终的目的是通过对持有的分级基金和个股多头和作为对冲工具的股指期货的空头进行适当的权重配比，使得多方每只成分股的总权重与空方该成分股的总权重相等，这样就可以尽量实现完美的对冲效果。由于模型中描述实际问题的关系式都可以表示为线性等式，再加上其他必要的约束条件和合理的目标函数，整个问题就可以描述为一个线性规划问题，相应的模型就是一个线性规划模型。模型的目标函数可以根据不同的实际需求做修改，也就是说模型可以有多种扩展。实证分析的结果能够验证模型对冲效果的好坏，还能够比较不同扩展模型的对冲效果，从而对对冲模型的持续改进提供依据。

## 第4章 数据选取与处理

完成分级基金的套利对冲，基本需求是持有分级基金多头和股指期货空头，因此，我们首先对分级基金和股指期货的数据进行初步的处理分析。

中国证券市场上现有三种股指期货，分别为沪深 300 指数期货（IF），中证 500 指数期货（IC）和上证 50 指数期货（IH）。上交所与深交所共有 135 只指数型分级基金，其中上海证券交易所 18 只，深圳证券交易所 117 只。上交所的分级基金母基金是可以上市交易的，而深交所的分级基金只能申购赎回，不能上市交易，因此在上交所可以实现实时套利，可套利的空间就会非常小，因此，本课题的研究我们只考虑在深交所的分级基金上进行套利操作。

对于股指期货的相关数据，由于股指期货指数的成分股大约每半年调整一次，成分股及权重会在调仓日之后发生改变，不同的成分股权重会影响对冲效果，

所以我们下载了三种股指期货指数在每个调整周期内的成分股列表及权重数据。

在深圳交易所的117只指数型分级基金中，由于数据缺失、信息不全等原因，有3只分级基金无法进行具体的研究，因此，对于分级基金的相关数据，对应我们下载的每一组股指期货成分股的权重数据，我们获取了数据完整、信息齐全的114只分级基金在股指期货成分股权重数据的存续期内的母基金净值数据（前复权）和相应的成分股数据，包括成分股的种类和权重数据。

上述114只分级基金追踪的指数包括高铁产业、军工指数、一带一路等74种，其整体情况如图4.1所示。在这114只分级基金中，国金通用沪深300指数分级、国投瑞银沪深300指数分级等6只分级基金直接追踪沪深300指数，信诚中证500指数分级、泰达宏利500指数分级等3只分级基金直接追踪中证500指数，另有4只分级基金追踪指数的成分股全部在沪深300和中证500的成分股集合中，100只分级基金追踪指数的成分股不全属于沪深300和中证500的成分股集合，华宝兴业中证1000指数分级基金追踪中证1000指数，该指数的成分股与沪深300和中证500的成分股集合没有交集。

深交所分级基金追踪指数情况

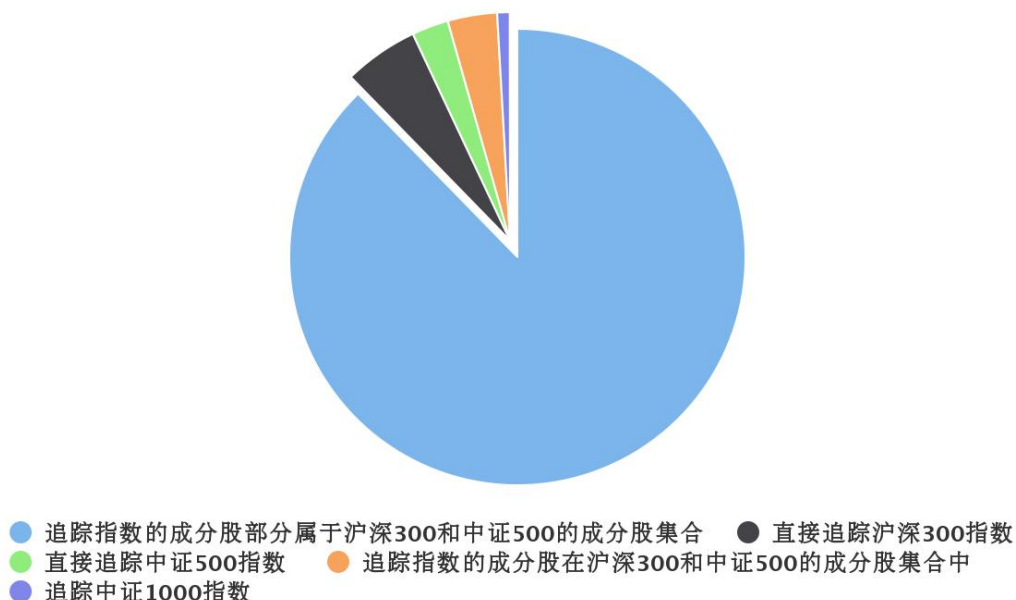


图 4.1 深交所分级基金追踪指数情况

深交所分级基金追踪指数成分股情况

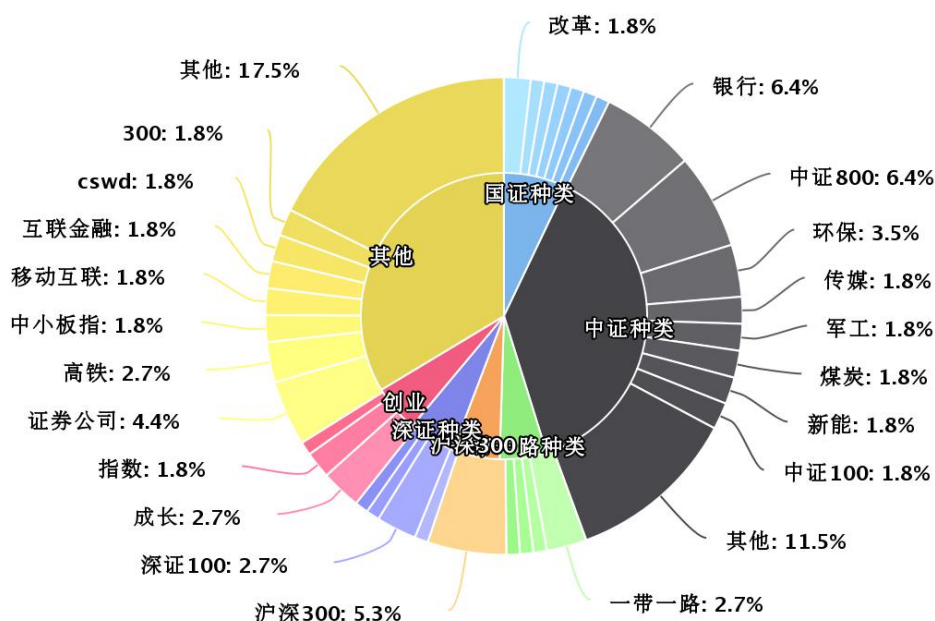


图 4.2 深交所分级基金追踪指数成分股情况

如上分析，在 114 只分级基金中，共有 9 只分级基金直接追踪沪深 300 指数、中证 500 指数或上证 50 指数，一方面，对这部分分级基金进行套利对冲时，可直接按比例做空相应的股指期货即可，不需要使用其他模型求解对冲比例；另一方面，将这部分分级基金与其他分级基金混合考虑对冲方案，反而会影响结果的准确性，因此，我们不研究这 9 只分级基金；另外，华宝兴业中证 1000 指数分级基金所跟踪的指数为中证 1000，其成分股与三种股指期货的成分股并没有交集，理论上讲，做空三种股指期货并不能对冲基金净值波动的风险，因此，我们也不研究这只分级基金。至此我们确定了我们要研究的 104 只分级基金。我们研究的核心就是设计持有所有 104 只分级基金或其中的部分分级基金进行套利时的对冲方案。

## 第5章 模型构建

### 5.1 模型思想综述：成分股匹配对冲模型

用股指期货对冲分级基金的净值波动风险，也即持有某个配比的一篮子分级基金多头和某个配比的股指期货空头，一个很自然的想法是，对于持有的分级基

金的成分股，我们逐一建立等权重的空头进行对冲，对持有的分级基金多头和作为对冲工具的股指期货的空头进行适当的权重配比，使得持有的分级基金中每只成分股的总权重与股指期货空头中的该成分股的总权重相等，这样就实现了理想的对冲效果。具体而言，我们根据分级基金成分股集合和股指期货成分股集合的相互包含关系，分以下三种情况进行分析。

第一种情况，某只股票既在股指期货成分股中，又在分级基金成分股中。此种情况是最理想的状态，此时我们可以直接用股指期货作对冲，可以不配或少配个股，减少了对冲成本。

第二种情况，某只股票在股指期货成分股中，但是不在分级基金成分股中。该种情况中，需要配个股才能实现尽量完美的对冲。我们可以在持有分级基金多头的同时做多该只个股，然后再用股指期货作对冲。

第三种情况，股票不在股指期货成分股中，但是在分级基金成分股中。此时不能用股指期货对冲，按照上面的思路来看，此时需要做空股票才能实现对冲。考虑到做空股票的难度，我们暂时将这部分头寸裸露，不进行对冲。

根据以上的各种情况分析，我们将问题转化为一个最优化问题，其核心的约束条件为持有的股指期货中每只成分股的空头总资金权重与持有的一篮子分级基金和所配个股的多头中该只成分股的多头总资金权重相等（我们在下文说明成分股的权重时都是指资金权重），目标函数可以根据不同的实际需求进行设置，比如，考虑到配置个股多头的成本，为降低成本，以尽量少配个股作为最优化目标；考虑所持一篮子分级基金中各分级基金的平衡性，以各分级基金的持仓均衡性为最优化目标；根据成交量的分布来均衡分级基金的持仓，使持仓权重与成交量比例最接近为目标；考虑模型并未对冲的裸露头寸，以裸露头寸最小为目标等等，基于以上分析与假设，模型中所研究到的股票是三种股指期货的全部 800 个成分股，我们的所有分析全部基于只考虑对冲这 800 个成分股的情形。

## 5.2 模型具体介绍

### 5.2.1 最小化配置个股资金占用的成分股完全匹配对冲模型

从以上分析不难发现，用股指期货对冲持有的分级基金的净值波动风险，需

要适当配个股才能实现较好的对冲效果，但是很显然，持有个股多头需要占用资金成本，在实现同等或相近对冲效果的前提下，投资者自然希望尽可能降低配个股的数量。从这一需求出发，基于模型思想部分的分析，本模型下，我们将模型的约束条件设置为持有的股指期货中每只成分股的空头总权重与持有的一篮子分级基金和所配个股的多头中该只成分股的多头总权重相等，目标函数设置为最小化配个股资金占用，其具体的数学表达如下。

$$\begin{aligned} & \min \sum_{j=1}^{800} \beta_j \\ & \left\{ \begin{array}{l} \alpha_1 x_{11} + \alpha_2 x_{21} + \dots + \alpha_n x_{n1} + \beta_1 = \gamma_1 \sigma_{11} + \gamma_2 \sigma_{21} + \gamma_3 \sigma_{31} \\ \alpha_1 x_{12} + \alpha_2 x_{22} + \dots + \alpha_n x_{n2} + \beta_2 = \gamma_1 \sigma_{12} + \gamma_2 \sigma_{22} + \gamma_3 \sigma_{32} \\ \text{K} \\ \alpha_1 x_{1,800} + \alpha_2 x_{2,800} + \dots + \alpha_n x_{n,800} + \beta_{800} = \gamma_1 \sigma_{1,800} + \gamma_2 \sigma_{2,800} + \gamma_3 \sigma_{3,800} \\ \sum_{i=1}^n \alpha_i + \sum_{j=1}^{800} \beta_j + \gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 = 1 \\ \alpha_i \geq 0 (1 \leq i \leq n), \beta_j \geq 0 (1 \leq j \leq 800), \gamma_1 \geq 0, \gamma_2 \geq 0, \gamma_3 \geq 0 \end{array} \right. \end{aligned}$$

其中，

$x_{ij}, i=1,2,\dots,n, j=1,2,3,\dots,800$  表示持有的  $n$  种分级基金  $A_i, i=1,2,3,\dots,n$  中成分股  $j$  的权重；

$\sigma_{1j}, \sigma_{2j}, \sigma_{3j}$  分别表示股指期货中成分股  $S_j, j=1,2,3,\dots,800$  在 IF、IC、IH 中的权重；

$\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$  分别表示 IF、IH、IC 的配比；

$\alpha_i, i=1,2,3,\dots,n$  表示持有的分级基金  $A_i, i=1,2,3,\dots,n$  的配比；

$\beta_j, j=1,2,3,\dots,800$  表示额外所配个股  $S_j, j=1,2,3,\dots,800$  的配比；

注：

1. 前800个等式约束即为“持有的股指期货中每只成分股的空头总权重与持有的一篮子分级基金和所配个股的多头中该成分股的多头总权重相等”这一条件的直接数学表达；
2. 第801个约束为资金配置的约束，即投资者的总资金分配在分级基金、个股和股指期货三类资产中；

3. 最后一组不等式约束为各个资产权重的非负约束，这是显然的；
4. 以上所列权重  $x_{ij}, i=1,2,\dots,n, j=1,2,3,\dots,800$  和  $\sigma_{1j}, \sigma_{2j}, \sigma_{3j}$  都按相应的市值计算，为已知量。

从实现对冲沪深 300、中证 500 股指期货 800 种成分股的需求考虑，上述模型给出的对冲策略能实现最好的对冲效果，但与此同时，这样的对冲策略配置个股的资金占用也是最多的，一个自然的想法是，能否在维持较好的对冲效果的前提下，适当降低配置个股的资金占用呢？为此，我们先构建一个完全不使用个股的对冲模型。

### 5.2.2 不配个股的成分股不完全匹配对冲模型

本部分我们构建一个完全不使用个股的对冲模型，基于以上分析，不使用个股的情况下，必然无法实现成分股的完全匹配对冲。模型的具体数学表达如下。

$$\begin{aligned} & \min \sum_{j=1}^{800} \mu_j \\ & s.t. \\ & \begin{cases} \gamma_1 \sigma_{11} + \gamma_2 \sigma_{21} + \gamma_3 \sigma_{31} - \mu_1 \leq \alpha_1 x_{11} + \alpha_2 x_{21} + \dots + \alpha_n x_{n1} \leq \gamma_1 \sigma_{11} + \gamma_2 \sigma_{21} + \gamma_3 \sigma_{31} + \mu_1 \\ \gamma_1 \sigma_{12} + \gamma_2 \sigma_{22} + \gamma_3 \sigma_{32} - \mu_2 \leq \alpha_1 x_{12} + \alpha_2 x_{22} + \dots + \alpha_n x_{n2} \leq \gamma_1 \sigma_{12} + \gamma_2 \sigma_{22} + \gamma_3 \sigma_{32} + \mu_2 \\ \text{K} \\ \gamma_1 \sigma_{1,800} + \gamma_2 \sigma_{2,800} + \gamma_3 \sigma_{3,800} - \mu_{800} \leq \alpha_1 x_{1,800} + \dots + \alpha_n x_{n,800} \leq \gamma_1 \sigma_{1,800} + \gamma_2 \sigma_{2,800} + \gamma_3 \sigma_{3,800} + \mu_{800} \\ \sum_{i=1}^n \alpha_i + \gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 = 1 \\ \alpha_i \geq 0 (1 \leq i \leq n), \mu_j \geq 0 (1 \leq j \leq 800), \gamma_1 \geq 0, \gamma_2 \geq 0, \gamma_3 \geq 0 \end{cases} \end{aligned}$$

我们将原有的前 800 个等式约束条件调整为不等式约束，其中的  $\mu_j, j=1, \dots, 800$  为松弛变量，这一约束条件的含义为控制每种成分股的多头持仓比例在相应的股指期货空头持仓比例附近波动，显然， $\mu_j$  越小，相应的分级基金的成分股的对冲效果越好。我们把目标函数设置为  $\min \sum_{j=1}^{800} \mu_j$ ，这样实际上实现了在不使用个股进行对冲的情形下最优化对冲效果的需求。

不使用个股的对冲策略达到了个股资金占用量的下界（为零），理论上讲，由于并非完全对冲，因此相应的对冲效果可能是比较差的，这样我们就找到了对



冲效果最好但个股资金占用最多和个股资金占用最少（为零）但对冲效果较差的两个对冲策略，这两个策略可以作为我们研究后续策略的对照组，我们在对冲效果和个股资金占用两个方面进行权衡，即可进一步构建模型，给出相应的对冲策略，该策略的对冲效果较好，同时使用个股的资金占用也较少。

### 5.2.3 配置适当个股的成分股不完全匹配对冲模型

以前两个模型为基础和参照，我们构建如下模型，求得配置适当个股、用三种股指期货进行对冲的对冲策略，使得策略满足对冲效果良好、个股资金占用较少的要求。

$$\begin{aligned} & \min \sum_{j=1}^{800} \beta_j + \lambda \sum_{j=1}^{800} \mu_j \\ & s.t. \\ & \left\{ \begin{array}{l} \gamma_1 \sigma_{11} + \gamma_2 \sigma_{21} + \gamma_3 \sigma_{31} - \mu_1 \leq \alpha_1 x_{11} + \alpha_2 x_{21} + \dots + \alpha_n x_{n1} + \beta_1 \leq \gamma_1 \sigma_{11} + \gamma_2 \sigma_{21} + \gamma_3 \sigma_{31} + \mu_1 \\ \gamma_1 \sigma_{12} + \gamma_2 \sigma_{22} + \gamma_3 \sigma_{32} - \mu_2 \leq \alpha_1 x_{12} + \alpha_2 x_{22} + \dots + \alpha_n x_{n2} + \beta_2 \leq \gamma_1 \sigma_{12} + \gamma_2 \sigma_{22} + \gamma_3 \sigma_{32} + \mu_2 \\ \text{K} \\ \gamma_1 \sigma_{1,800} + \gamma_2 \sigma_{2,800} + \gamma_3 \sigma_{3,800} - \mu_{800} \leq \alpha_1 x_{1,800} + \dots + \alpha_n x_{n,800} + \beta_{800} \leq \gamma_1 \sigma_{1,800} + \gamma_2 \sigma_{2,800} + \gamma_3 \sigma_{3,800} + \mu_{800} \\ \sum_{i=1}^n \alpha_i + \sum_{j=1}^{800} \beta_j + \gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 = 1 \\ \alpha_i \geq 0 (1 \leq i \leq n), \beta_j \geq 0, \mu_j \geq 0 (1 \leq j \leq 800), \gamma_1 \geq 0, \gamma_2 \geq 0, \gamma_3 \geq 0 \end{array} \right. \end{aligned}$$

在该模型下，我们对冲的思想是配置部分个股、使用股指期货进行对冲，但我们不再要求完全对冲，因此我们引入松弛变量，将约束条件表达为如上所示。我们

把目标函数设置为  $\min \sum_{j=1}^{800} \beta_j + \lambda \sum_{j=1}^{800} \mu_j$ ，这样就兼顾了降低配个股的资金占用和优

化对冲效果的需求。其中的  $\lambda$  为一可变正数。

当  $\lambda$  取适当的正数时，模型可以较好的兼顾降低配个股资金占用和优化成分股不完全匹配对冲的对冲效果的需求，构建出合理的对冲策略，使得个股资金占用较低，对冲效果较好。 $\lambda$  的不同的取值会产生不同的对冲策略，这些策略对降低配个股的资金占用和优化对冲效果两个需求的侧重不同，我们可以结合实际情况，从一些系列  $\lambda$  取值下的若干对冲策略中择优使用。

## 5.2.4 固定分级基金持仓比例、配置适当个股的成分股不完全匹配对冲模型

前述三个模型在构建对冲策略前不对分级基金的持仓种类和比例作事前限定，分级基金的持仓种类和比例完全由模型结果确定。本部分我们考虑这样一种需求场景，投资者基于其他方面的认知和需求，在构建对冲策略之前事先确定要长期持有的分级基金的种类和比例，但对持有的分级基金总的资金占用不作事前

限定。模型数学表达式如下

$$\begin{cases} \gamma_1\sigma_{11} + \gamma_2\sigma_{21} + \gamma_3\sigma_{31} - \mu_1 \leq \theta_1\alpha x_{11} + \theta_2\alpha x_{21} + \dots + \theta_n\alpha x_{n1} + \beta_1 \leq \gamma_1\sigma_{11} + \gamma_2\sigma_{21} + \gamma_3\sigma_{31} + \mu_1 \\ \gamma_1\sigma_{12} + \gamma_2\sigma_{22} + \gamma_3\sigma_{32} - \mu_2 \leq \theta_1\alpha x_{12} + \theta_2\alpha x_{22} + \dots + \theta_n\alpha x_{n2} + \beta_2 \leq \gamma_1\sigma_{12} + \gamma_2\sigma_{22} + \gamma_3\sigma_{32} + \mu_2 \\ \dots \\ \gamma_1\sigma_{1,800} + \gamma_2\sigma_{2,800} + \gamma_3\sigma_{3,800} - \mu_{800} \leq \theta_1\alpha x_{1,800} + \dots + \theta_n\alpha x_{n,800} + \beta_{800} \leq \gamma_1\sigma_{1,800} + \gamma_2\sigma_{2,800} + \gamma_3\sigma_{3,800} + \mu_{800} \\ \alpha + \sum_{j=1}^{800} \beta_j + \gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 = 1 \\ \alpha > 0, \beta_j \geq 0, \mu_j \geq 0 (1 \leq j \leq 800), \gamma_1 \geq 0, \gamma_2 \geq 0, \gamma_3 \geq 0 \end{cases}$$

该模型下，投资者事先确定持有的  $n$  只分级基金， $\theta_i, i=1:n$  表示这  $n$  只分级基金

的持仓占分级基金总持仓的比例，为已知量， $\sum_{i=1}^n \theta_i = 1$ ， $\alpha$  表示投资者持有的所

有分级基金总的资金占用比例。我们同样使用不等式约束实现成分股不完全匹配

对冲，仍然设置目标函数为  $\min \sum_{j=1}^{800} \beta_j + \lambda \sum_{j=1}^{800} \mu_j$ ，也是为了兼顾降低配个股的资金

占用和优化对冲效果的需求。其中的  $\lambda$  为一可变正数。

当  $\lambda$  取适当的正数时，模型可以较好的兼顾降低配个股资金占用和优化成分股不完全匹配对冲的对冲效果的需求，构建出合理的对冲策略，使得个股资金占用较低，对冲效果较好。 $\lambda$  的不同的取值会产生不同的对冲策略，这些策略对降低配个股的资金占用和优化对冲效果两个需求的侧重不同，我们可以结合实际情况，从一些系列  $\lambda$  取值下的若干对冲策略中择优使用。本模型较于上一模型的主要改进是事先确定分级基金的持仓种类和比例，这样的场景更接近实际操作的需要

求。

### 5.2.5 分级基金持仓占比与其成交量占比尽量接近的匹配对冲模型

上一个模型我们分析了投资者事先确定分级基金持仓种类和比例的需求场景。不同的分级基金的交易活跃度不同，投资者也可以根据交易活跃度的不同分配不同分级基金的持仓量，我们用分级基金子基金 B 的交易量来刻画相应分级基金的交易活跃度。对于子基金交易量很高的分级基金，分配一个比较高的仓位，而对于子基金交易量很少的分级基金，分配一个较低的仓位。从这一需求出发，我们将模型表达如下。

$$\min \sum_{j=1}^{800} \beta_j + \lambda \sum_{j=1}^{800} \mu_j + \eta \sum_{i=1}^n v_i$$

s.t.

$$\begin{cases} \gamma_1 \sigma_{11} + \gamma_2 \sigma_{21} + \gamma_3 \sigma_{31} - \mu_1 \leq \alpha_1 x_{11} + \alpha_2 x_{21} + \dots + \alpha_n x_{n1} + \beta_1 \leq \gamma_1 \sigma_{11} + \gamma_2 \sigma_{21} + \gamma_3 \sigma_{31} + \mu_1 \\ \gamma_1 \sigma_{12} + \gamma_2 \sigma_{22} + \gamma_3 \sigma_{32} - \mu_2 \leq \alpha_1 x_{12} + \alpha_2 x_{22} + \dots + \alpha_n x_{n2} + \beta_2 \leq \gamma_1 \sigma_{12} + \gamma_2 \sigma_{22} + \gamma_3 \sigma_{32} + \mu_2 \\ \gamma_1 \sigma_{13} + \gamma_2 \sigma_{23} + \gamma_3 \sigma_{33} - \mu_3 \leq \alpha_1 x_{13} + \alpha_2 x_{23} + \dots + \alpha_n x_{n3} + \beta_3 \leq \gamma_1 \sigma_{13} + \gamma_2 \sigma_{23} + \gamma_3 \sigma_{33} + \mu_3 \\ \text{K} \\ \gamma_1 \sigma_{1,800} + \gamma_2 \sigma_{2,800} + \gamma_3 \sigma_{3,800} - \mu_{800} \leq \alpha_1 x_{1,800} + \dots + \alpha_n x_{n,800} + \beta_{800} \leq \gamma_1 \sigma_{1,800} + \gamma_2 \sigma_{2,800} + \gamma_3 \sigma_{3,800} + \mu_{800} \\ \sum_{i=1}^n \alpha_i + \sum_{j=1}^{800} \beta_j + \gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 = 1 \\ k_i - v_i \leq \alpha_i \leq k_i + v_i, v_i \geq 0 (1 \leq i \leq n) \\ \alpha_i \geq 0 (1 \leq i \leq n), \beta_j \geq 0, \mu_j \geq 0 (1 \leq j \leq 800), \gamma_1 \geq 0, \gamma_2 \geq 0, \gamma_3 \geq 0 \end{cases}$$

其中，前801个约束与最小化配个股目标的成分股匹配对冲模型的约束条件相同，约束条件  $k_i - v_i \leq \alpha_i \leq k_i + v_i, v_i \geq 0 (1 \leq i \leq n)$  中， $k_i$  表示第  $i$  个分级基金的子基金 B 的交易量占所有分级基金的子基金 B 总交易量的比例， $v_i$  为松弛变量，这一约束条件的含义为控制每种分级基金的持仓比例在该分级基金交易量占比的附近波动，显然， $v_i$  越小，相应的分级基金的持仓比例与其交易量占比越接近。我们把

目标函数设置为  $\min \sum_{j=1}^{800} \beta_j + \lambda \sum_{j=1}^{800} \mu_j + \eta \sum_{i=1}^n v_i$ ，这样就兼顾了降低配个股的资金占

用、优化对冲效果和按交易量比例进行持仓的需求。其中的  $\eta$  为一可变正数，可

根据实际情况对其进行调整。

当目标函数中的 $\eta$ 取不同值时，模型可以刻画不同的需求场景。

1.  $\eta = 0$ . 此时，模型的目标函数变为  $\min \sum_{j=1}^{800} \beta_j + \lambda \sum_{j=1}^{800} \mu_j$ ，模型对松弛变量  $v_i$  只有非负的约束，由  $v_i$  取值的任意性，约束条件  $k_i - v_i \leq \alpha_i \leq k_i + v_i, v_i \geq 0 (1 \leq i \leq n)$  实际并未对  $\alpha_i$  产生实际的影响，因此在这种情形下，模型演变为配置适当个股的成分股不完全匹配对冲模型。

2.  $\eta$  取值越大，目标函数  $\min \sum_{j=1}^{800} \beta_j + \lambda \sum_{j=1}^{800} \mu_j + \eta \sum_{i=1}^n v_i$  的取值会越多的依赖于  $\sum_{i=1}^n v_i$ ，当  $\eta \rightarrow +\infty$  时，目标函数  $\min \sum_{j=1}^{800} \beta_j + \lambda \sum_{j=1}^{800} \mu_j + \eta \sum_{i=1}^n v_i$  会使得  $\sum_{i=1}^n v_i$  趋近于 0，也即每一个  $v_i$  趋近于 0，这时，模型实际是求解按交易量占比确定分级基金的持仓和相应的对冲方案。

3. 基于以上两种情况，当  $\eta$  取适当的正数时，模型可以较好的兼顾降低配个股的资金占用、优化对冲效果和按交易量比例进行持仓的需求。 $\eta$  的不同的取值会产生不同的对冲策略，这些策略对降低配个股的资金占用、优化对冲效果和按交易量比例进行持仓等需求的侧重不同，我们可以结合实际情况，从一系列  $\eta$  取值下的若干对冲策略中择优使用。

## 第6章 实证结果与分析

对于第五部分构建的模型，我们分别进行编程求解，利用分级基金、股指期货、个股的相关数据，构建每种需求场景下的对冲策略，并使用真实历史数据进行回测，检验对冲策略的对冲效果。考虑到股指期货成分股大约每半年调整一次，股指期货的成分股种类和权重直接决定对冲策略的构建，因此，我们用 2016 年 1 月 4 日至 2016 年 6 月 13 日的日价格数据进行回测，在该时间段内，股指期货的成分股保持不变。我们假设总资金 10000 元，投资者依据模型给出的对冲策略

将全部资金用于持有分级基金、股票和股指期货，股指期货持仓需全额保证金。

模型结果评估方面，对每种模型构建的对冲策略，我们主要评估分级基金、股票和股指期货资金占用的合理性，分级基金持仓种类的多样性以及配置个股的种类数等。

对每种对冲策略的对冲效果，我们分析持有的多头资产（一篮子分级基金和配置的个股）与空头资产（三种股指期货）的价值变化（多头资产价值用分级基金的日净值和个股日收盘价按持仓权重加权求和求得，空头资产用三种股指期货的日收盘价按持仓权重加权求和求得）的一致性、对冲偏差（多头资产价值-空头资产价值）的稳定性，并设置基础对照组考察对冲策略的实际效果。

对于基础对照组的设置，经过前期我们对数据的分析，我们发现，有 9 只分级基金直接跟踪沪深 300 指数或中证 500 指数，其中 6 只跟踪沪深 300 指数，3 只跟踪中证 500 指数。理论上讲，持有这些分级基金时，可直接用相应的股指期货实现较好的对冲，因此，我们设计如下对冲方案作为对照组。全部资金的一半用于等金额持有 9 只分级基金多头，一半用于持有两种股指期货空头，沪深 300 期货和中证 500 期货的资金占用比例为 2: 1。通过比较每个模型的结果评价我们构建的策略的对冲效果。

## 6.1 基础对照组

### 6.1.1 对冲策略

作为所有模型策略的基础对照组，我们将 10000 元总资金均分，其中 5000 元用于等金额持有直接跟踪沪深 300 指数或中证 500 指数的 9 只分级基金，另外 5000 元按 2: 1 的比例持有沪深 300 股指期货和中证 500 股指期货，因为 6 只分级基金跟踪沪深 300 指数，3 只分级基金跟踪中证 500 指数，这样的对冲策略实际上实现了等金额持有每只分级基金多头和其对应的股指期货空头。

表 6.1 对照组对冲策略概要

资产	资金占用比例	资产种类数	持仓方向
分级基金	50.00%	9	多头
沪深 300 股指期货	33.33%	1	空头

中证 500 股指期货	16.67%	1	空头
-------------	--------	---	----

### 6.1.2 对冲效果

在基础对照组的情形下，持有的分级基金和股指期货的价值变化走势如图 6.1 所示。

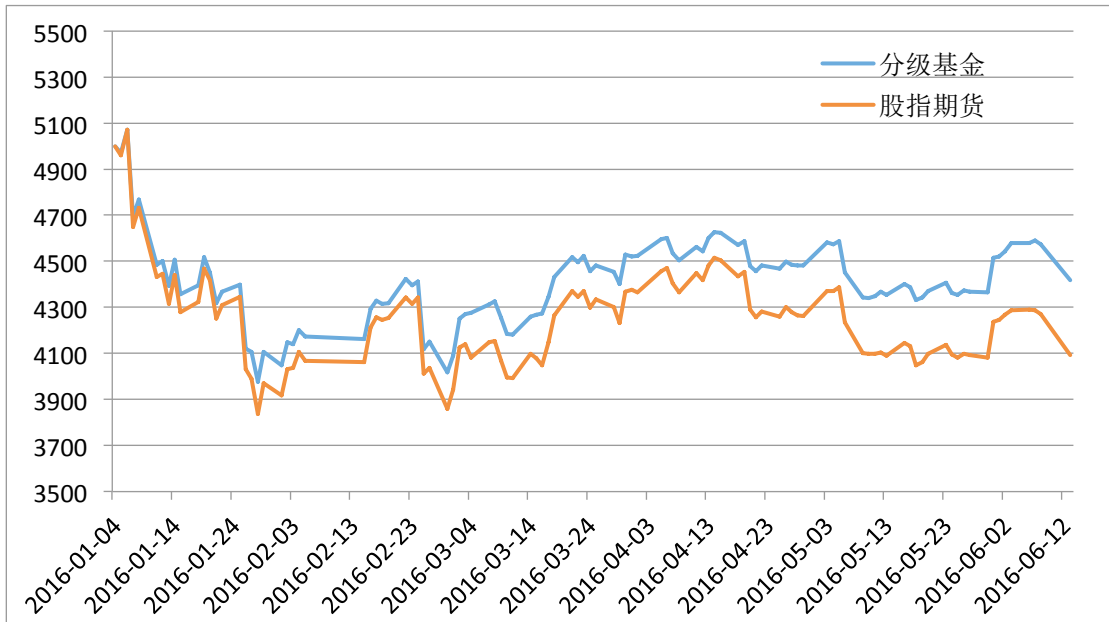


图 6.1 股指期货对冲持有的跟踪沪深 300 或中证 500 指数的分级基金对冲效果  
对冲偏差如图 6.2 所示。

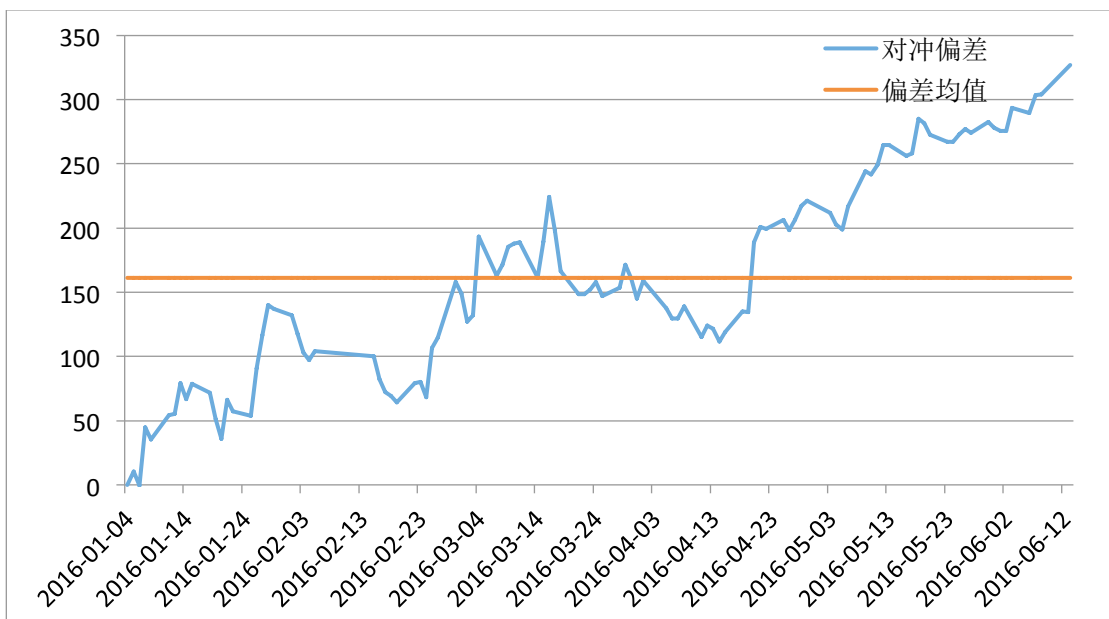


图 6.2 股指期货对冲持有的跟踪沪深 300 或中证 500 指数的分级基金对冲偏差

对冲效果的指标刻画如表 6.2 所示。

表 6.2 股指期货对冲持有的跟踪沪深 300 或中证 500 指数的分级基金对冲效果指标

对冲偏差序列均值	161.15
对冲偏差序列极差	327.57
对冲偏差序列标准差	79.66

## 6.2 最小化配置个股资金占用的成分股完全匹配对冲模型

### 6.2.1 对冲策略

模型给出的对冲策略整体情况如表 6.3 所示，不难发现，配置个股进行成分股完全匹配对冲时，需要配置的个股种类和资金占用都非常高。

表 6.3 最小化配置个股资金占用的成分股完全匹配对冲策略概要

资产（资产类别）	资金占用比例	资产种类数	持仓方向
分级基金	30.93%	37	多头
个股	20.68%	762	多头
沪深 300 股指期货	36.89%	1	空头
中证 500 股指期货	11.50%	1	空头
上证 50 股指期货	0	1	不持仓

持有的 37 种分级基金的资金占用如图 6.3 所示。

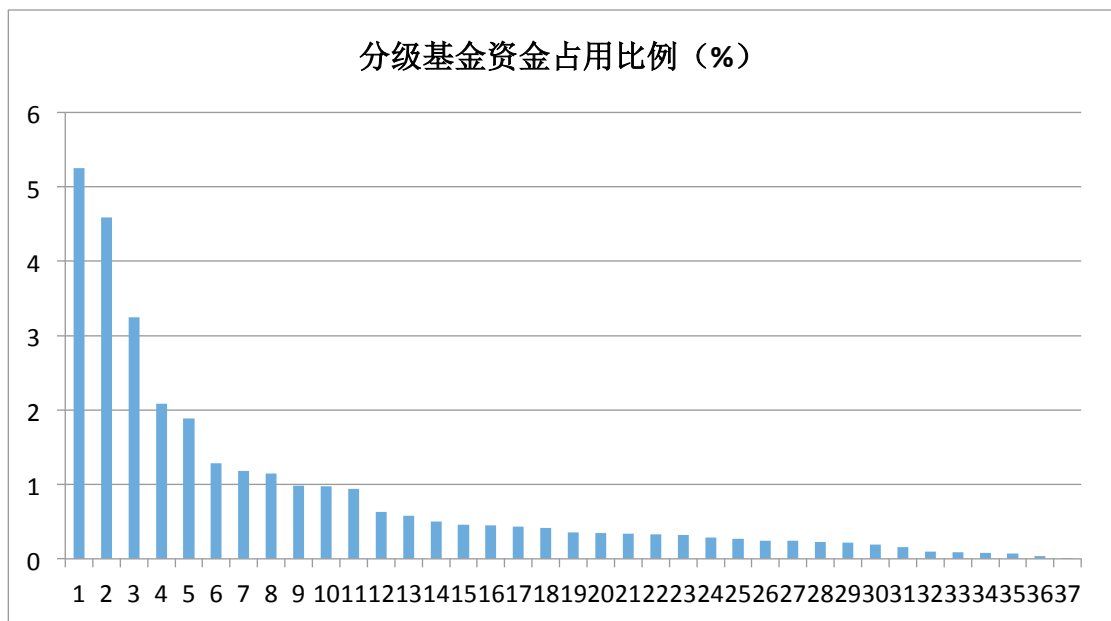


图 6.3 最小化配置个股资金占用的成分股完全匹配对冲策略持仓情况

## 6.2.2 对冲效果

模型给出的对冲策略的对冲效果如图 6.4 所示。

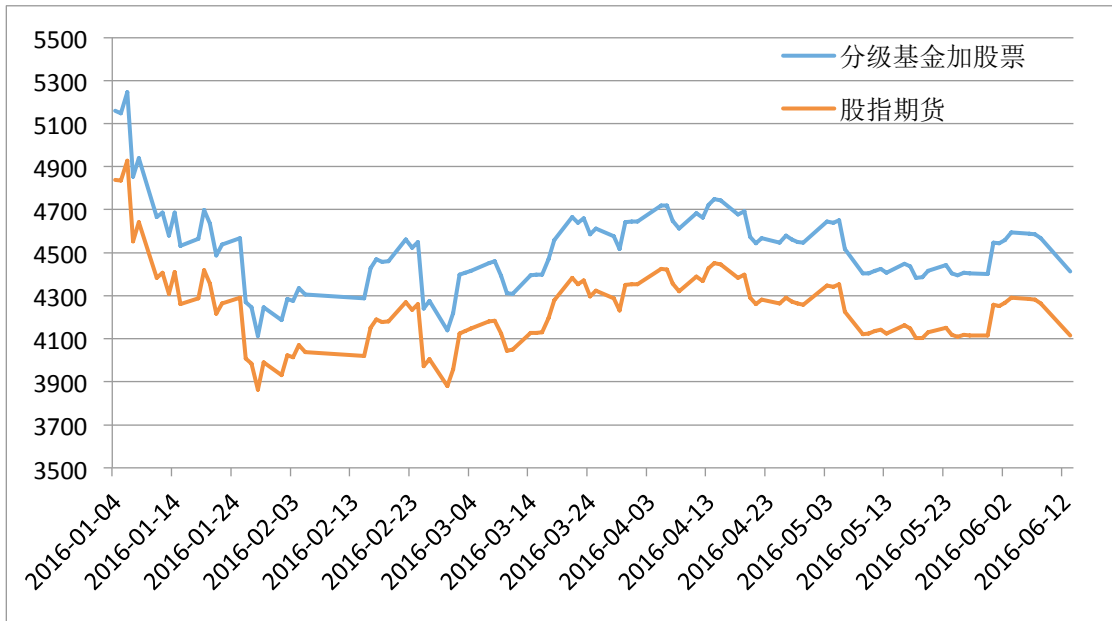


图 6.4 最小化配置个股资金占用的成分股完全匹配对冲策略对冲效果

从多空资产的价值走势图来看，对冲效果非常理想。由于我们在进行对冲时，只对属于股指期货 800 只成分股集合的股票进行了完全匹配对冲，对于不属于这 800 只股票集合的分级基金的成分股，我们裸露这部分头寸，因此，多头资产与空头资产必然有一个固有的差值，我们把这一差值定义为对冲偏差。如果对冲偏差稳定，就说明对冲效果良好。从图 6.5 不难发现，对冲偏差确实走势平稳，对冲偏差呈现出很好的均值回复特性，极差和标准差都很小（如表 6.4 所示），这说明裸露的头寸不会带来额外损失，对冲效果良好。单从对冲偏差的平稳性分析，这一对冲策略的对冲效果甚至要明显好于基础对照组的对冲效果。



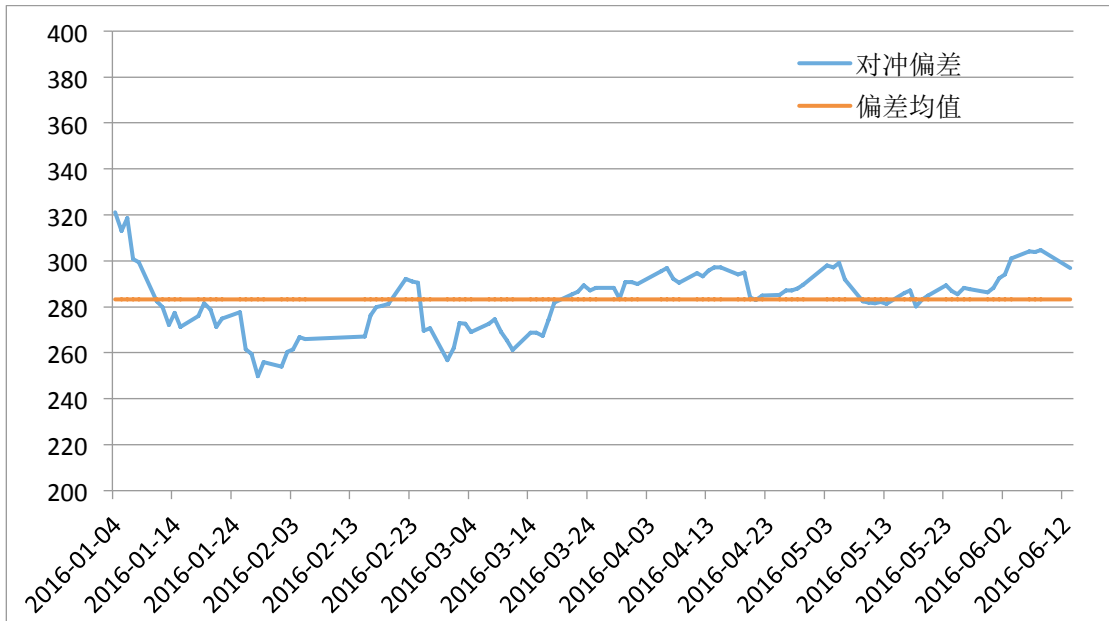


图 6.5 最小化配置个股资金占用的成分股完全匹配对冲策略对冲偏差

对冲效果的指标刻画如表 6.4 所示。

表 6.4 最小化配置个股资金占用的成分股完全匹配对冲策略对冲效果指标

对冲偏差序列均值	283.20
对冲偏差序列极差	71.29
对冲偏差序列标准差	13.49

### 6.2.3 对冲策略评价

从以上对对冲效果的分析中可以看出，这一策略实现了较好的对冲效果，由于我们确定模型时直接从对冲的需求出发，并未考虑分级基金的持仓问题，对冲策略中分级基金的持仓种类和资金分配没有任何约束，策略的构建只是满足了成分股完全匹配对冲要求下，个股资金占用最少这一条件，因此，如图 6.3 所示，直观上看，该策略下分级基金的资金分配并不合理。从理论上讲，模型逻辑清晰合理，理论上实现了成分股的完全匹配对冲，相应的对冲效果也非常好，这说明，我们的模型能给出对冲效果很好的对冲策略。但另一方面，由于模型构建策略时不考虑分级基金的持仓问题，因此从实际交易操作的角度出发，模型仍有较大的缺陷，这样好的对冲效果在实际中也不易实现。我们需要对模型做进一步的修正。下文展示了模型修正后的实证结果。

## 6.3 不配个股的成分股不完全匹配对冲模型

### 6.3.1 对冲策略

模型给出的对冲策略，用 50.54% 的资金持有 11 种分级基金，49.46% 的资金持有沪深 300 股指期货进行对冲，具体的资金占用情况如表 6.5 所示。

表 6.5 不配个股的成分股不完全匹配对冲策略概要

资产（资产类别）	资金占用比例	资产种类数	持仓方向
国富中证 100 指数增强分级	30.91%	1	多头
长盛同瑞中证 200 指数分级	18.03%	1	多头
其他分级基金	1.06%	9	多头
沪深 300 股指期货	49.46%	1	空头
中证 500 股指期货	0	1	不持仓
上证 50 股指期货	0	1	不持仓

### 6.3.2 对冲效果

模型给出的对冲策略的对冲效果如图 6.6 所示。

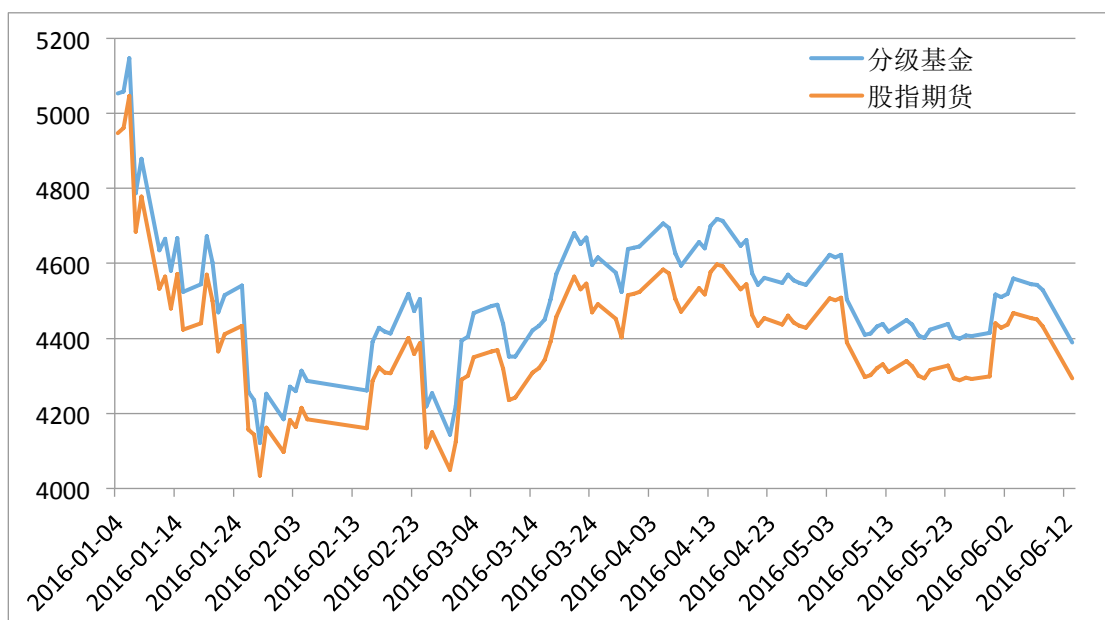


图 6.6 不配个股的成分股不完全匹配对冲策略对冲效果

从多空资产的价值走势图来看，对冲效果非常理想。从图 6.7 不难发现，对冲偏差走势平稳，对冲偏差呈现出很好的均值回复特性，极差和标准差都很小（如表 6.6 所示），这说明裸露的头寸不会带来额外损失，对冲效果良好。

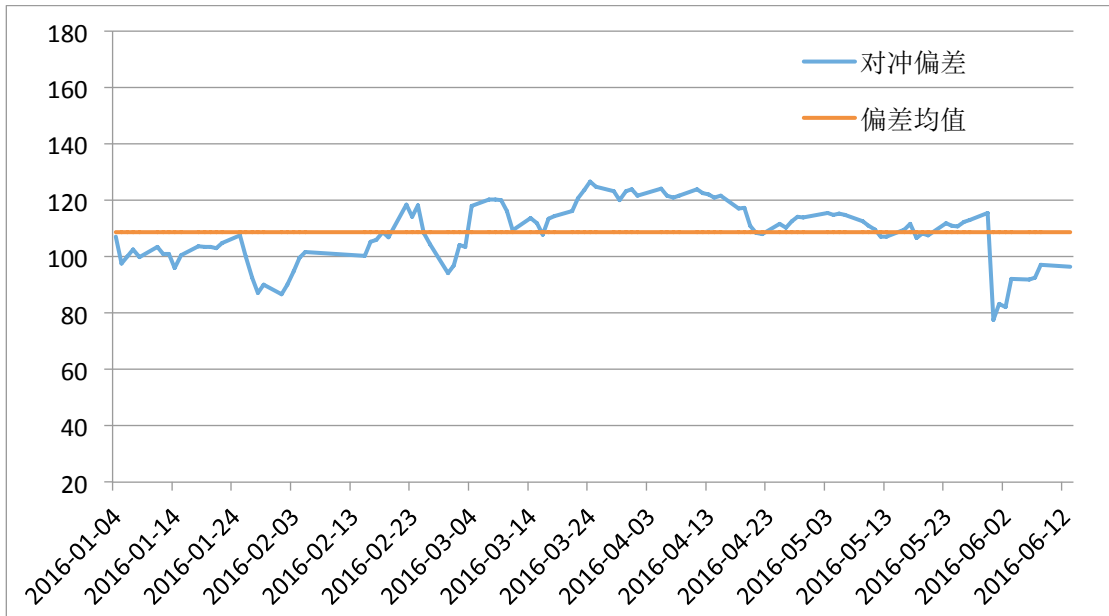


图 6.7 不配个股的成分股不完全匹配对冲策略对冲偏差

对冲效果的指标刻画如表 6.6 所示。

表 6.6 不配个股的成分股不完全匹配对冲策略对冲效果指标

对冲偏差序列均值	108.55
对冲偏差序列极差	49.01
对冲偏差序列标准差	10.66

### 6.3.3 对冲策略评价

从以上对对冲效果的分析中可以看出，这一策略的对冲效果非常理想。但是从策略的持仓我们也不难发现，分级基金的主要持仓集中在国富中证 100 指数增强分级和长盛同瑞中证 200 指数分级两种分级基金上，而相应的对冲工具只有沪深 300 股指期货。这是一组显然的结果，因为中证 100 指数与中证 200 指数的成分股和沪深 300 指数的成分股完全一致，理论上确实只用沪深 300 股指期货对两个分级基金对冲就能产生非常好的效果。但这样的对冲策略要限定只持有两种分级基金，这不见得符合套利的需求。

## 6.4 配置适当个股的成分股不完全匹配对冲模型

### 6.4.1 对冲策略

我们对冲的思想是配置部分个股、使用股指期货进行对冲，但我们不再要求

完全对冲，我们把目标函数设置为  $\min \sum_{j=1}^{800} \beta_j + \lambda \sum_{j=1}^{800} \mu_j$ ，兼顾对冲策略的个股资金

占用和对冲效果。 $\lambda$  的不同取值反映的是对冲策略对降低个股资金占用和优化对冲效果的不同倾向。 $\lambda$  越大，策略对优化对冲效果这一需求倾向越明显，相应的个股资金占用也越大。我们设计算法求出  $\lambda$  一组取值下的一组对冲策略，分别刻画每一个策略的个股资金占用和对冲效果，个股资金占用相应的占用比例（也即

$\sum_{j=1}^{800} \beta_j$  的值）刻画，策略对冲效果用对冲偏差序列的标准差和极差刻画。 $\lambda$  取值

从 0 到 100 变化时，相应的个股资金占用比例、对冲偏差的标准差和极差如图 6.8 所示。

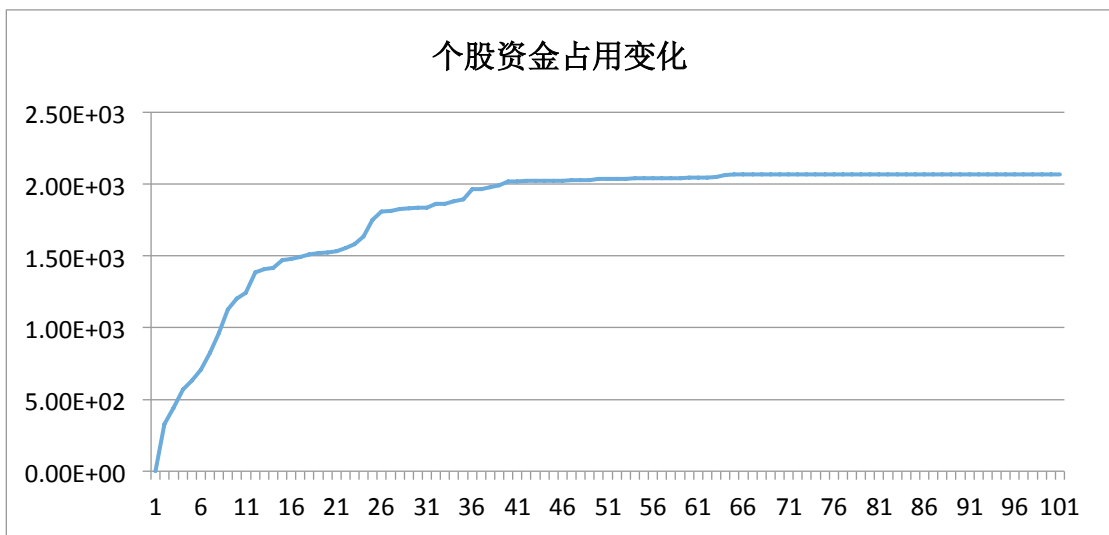


图 6.8-1 个股资金占用比例随  $\lambda$  变化走势

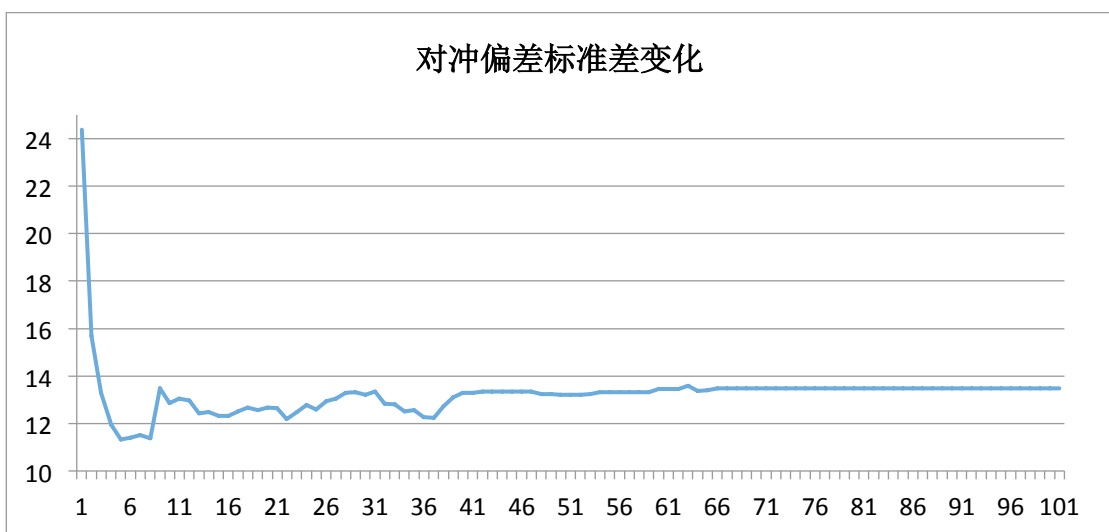


图 6.8-2 对冲偏差标准差随  $\lambda$  变化走势

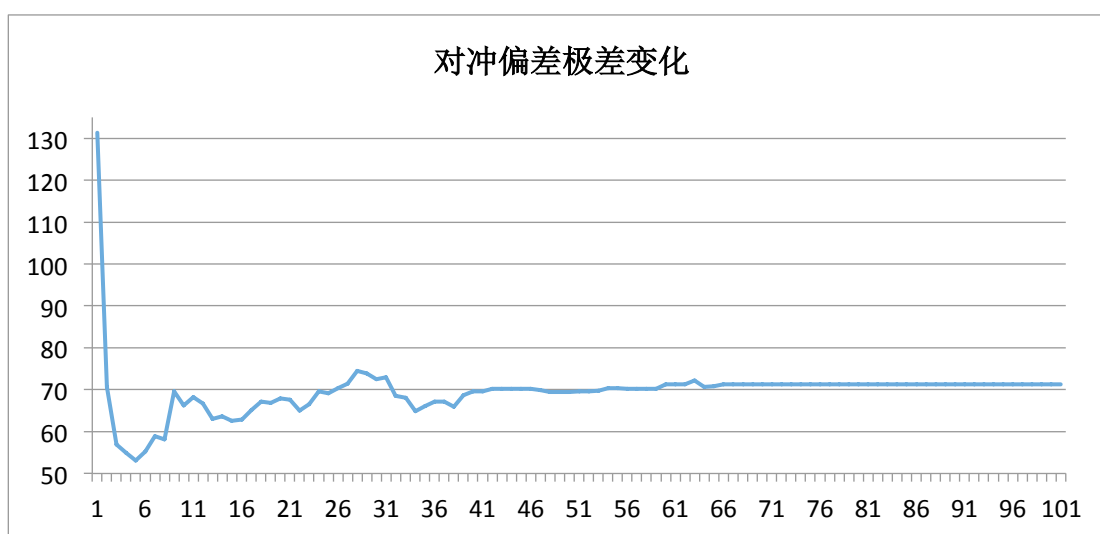


图 6.8-3 对冲偏差极差随  $\lambda$  变化走势

从以上三图我们不难发现，随着  $\lambda$  增大，个股资金占用迅速增大，对冲偏差标准差和极差迅速减小，三个序列很快收敛到稳定值，这与我们的预期高度一致。我们发现，当  $\lambda$  取值为 16 时，对冲偏差的标准差和极差都已非常接近稳定值，而这时的配置个股的资金占用不到 15%，较之前完全匹配对冲策略 20% 的个股资金占用有了明显下降，因此我们具体分析  $\lambda$  取值为 16 时的对冲策略。

这一对冲策略用 36.74% 的资金持有 36 种分级基金，14.92% 的资金配置 736 种个股（但其中有 326 种个股配置的资金占用不足万分之一，对对冲的影响很小），49.46% 的资金持有沪深 300 和中证 500 股指期货进行对冲，具体的资金占用情况如表 6.7 所示。

表 6.7  $\lambda$  取值为 16、配置适当个股的成分股不完全匹配对冲策略概要

资产（资产类别）	资金占用比例	资产种类数	持仓方向
分级基金	36.74%	36	多头
个股	14.92%	736	多头
沪深 300 股指期货	38.62%	1	空头
中证 500 股指期货	9.72%	1	空头
上证 50 股指期货	0	1	不持仓

该策略的分级基金持仓具体情况如图 6.9 所示。

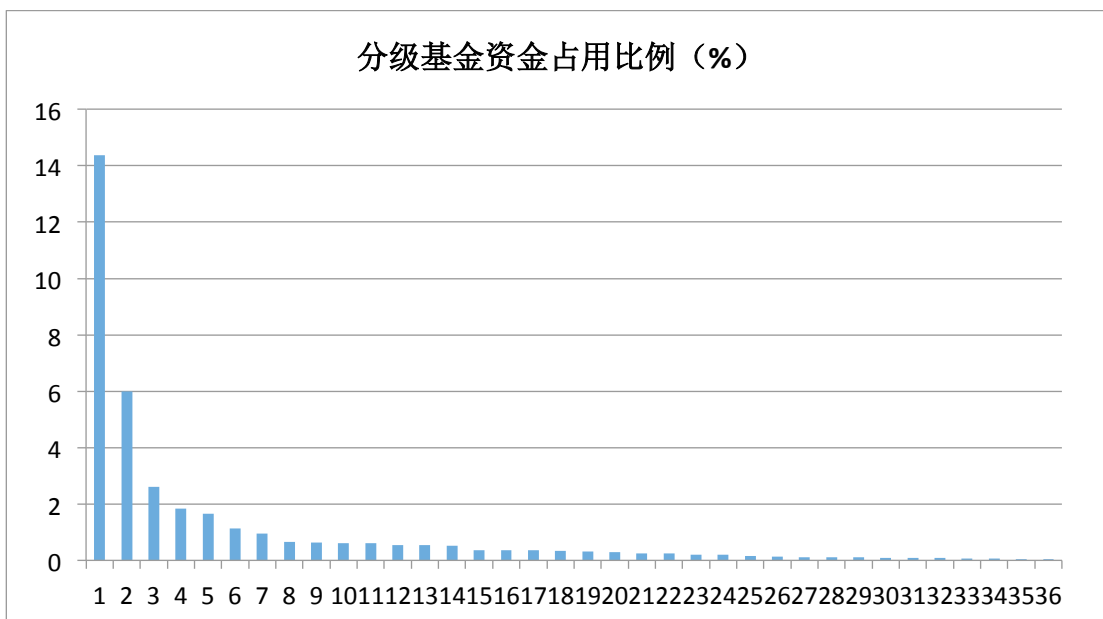


图 6.9  $\lambda$  取值为 16、配置适当个股的成分股不完全匹配对冲策略分级基金持仓

### 6.4.2 对冲效果

该对冲策略的对冲效果如图 6.10 所示。

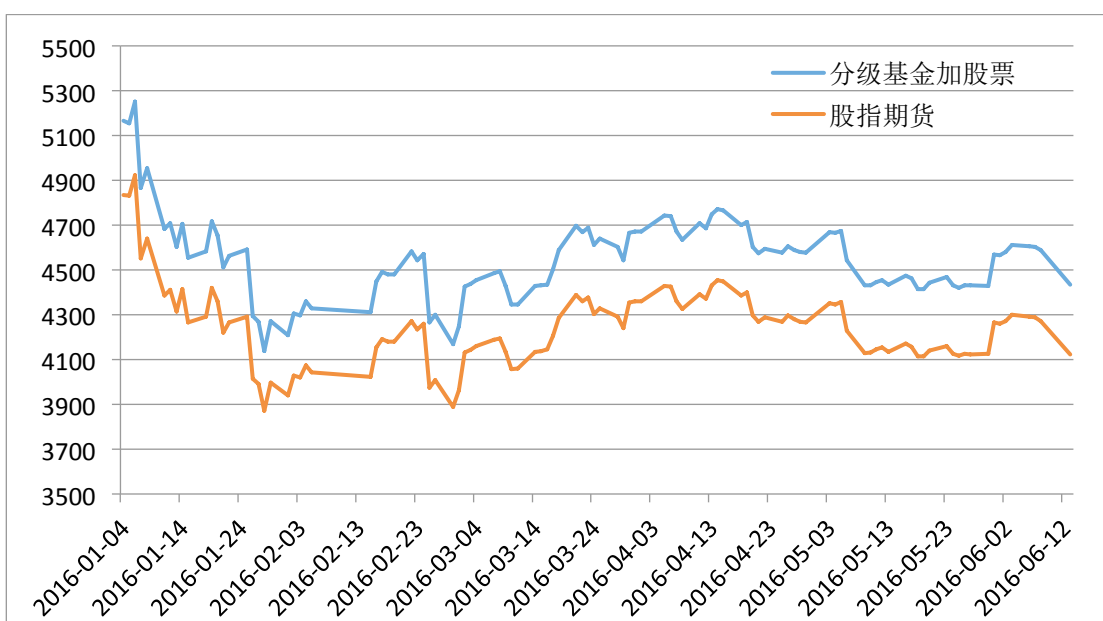


图 6.10  $\lambda$  取值为 16、配置适当个股的成分股不完全匹配对冲策略对冲效果

从多空资产的价值走势图来看，对冲效果很好。从图 6.11 不难发现，对冲偏差走势平稳，对冲偏差呈现出很好的均值回复特性，极差和标准差都很小（如表 6.8 所示），这说明裸露的头寸不会带来额外损失，对冲效果良好。

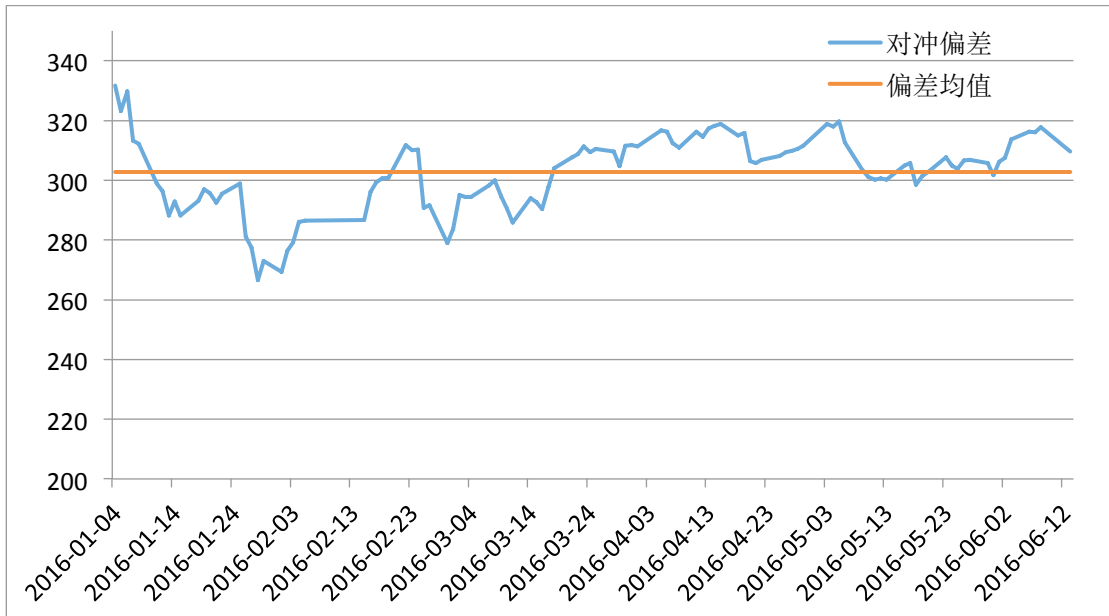


图 6.11  $\lambda$  取值为 16、配置适当个股的成分股不完全匹配对冲策略对冲偏差

对冲效果的指标刻画如表 6.8 所示。

表 6.8  $\lambda$  取值为 16、配置适当个股的成分股不完全匹配对冲策略对冲效果指标

对冲偏差序列均值	302.66
对冲偏差序列极差	65.15
对冲偏差序列标准差	12.52

### 6.4.3 对冲策略评价

实证的整体结果和  $\lambda$  取特定值的具体结果很好的契合了模型的思想和我们结果的预期，本模型下给出的对冲策略确实能够兼顾降低配置个股资金占用和优化对冲效果的需求。 $\lambda$  取值 16 时，个股资金占用明显降低，对冲效果也可以接受。但由于本模型仍未对分级基金的持仓给出具体要求，因此仍然存在之前模型的问题——对冲策略下分级基金持仓不尽合理。

## 6.5 固定分级基金持仓比例、配置适当个股的成分股不完全匹配对冲模型

### 6.5.1 对冲策略

前述几个模型的结果有一个共同的问题，分级基金的持仓种类和比例不尽合理，解决这一问题，我们对分级基金的持仓比例做出限定。对冲的思想仍是配置

部分个股、使用股指期货进行对冲、不要求完全匹配对冲、目标函数设置为

$$\min \sum_{j=1}^{800} \beta_j + \lambda \sum_{j=1}^{800} \mu_j$$

，兼顾对冲策略的个股资金占用和对冲效果，同时，我们对分级基金的持仓种类和比例做出限定，种类和比例均可根据投资者的不同需求任意给定。本部分，我们给出一个具体的算例，投资者持有我们研究的 103 只分级基金（去除一只无成交量数据的分级基金），分级基金的持仓比例为其子基金 B 的成交量占所有子基金 B 成交量和的比例，对分级基金总的资金占用不做限定。103 只分级基金子基金 B 的成交量如图 6.12 所示，103 只分级基金的子基金 B 的成交量分布也很不平衡，只有 17 只分级基金的子基金 B 的成交量占比超过 1%，占比最高的两只分级基金比例达到了 12%和 16%，有 25 只分级基金的子基金 B 的成交量占比几乎为 0。

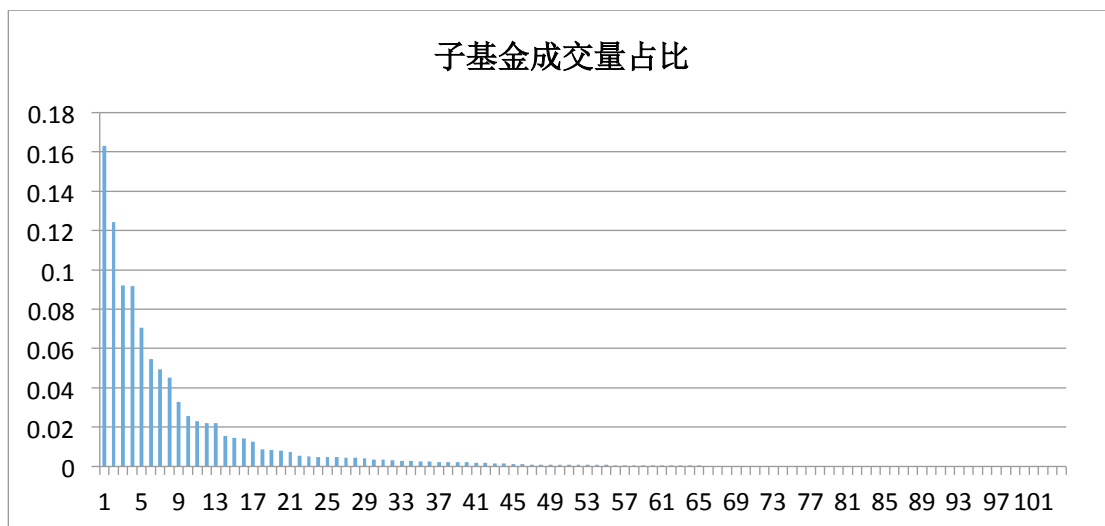


图 6.12 分级基金子基金 B 成交量占比

与上一个模型类似，我们把目标函数设置为  $\min \sum_{j=1}^{800} \beta_j + \lambda \sum_{j=1}^{800} \mu_j$ ，兼顾对冲策略的个股资金占用和对冲效果。 $\lambda$  的不同取值反映的是对冲策略对降低个股资金占用和优化对冲效果的不同倾向。 $\lambda$  越大，策略对优化对冲效果这一需求倾向越明显，相应的个股资金占用也越大。我们对  $\lambda$  进行 200 个不同的取值，取值范围为 [0,40]，步长 0.2，随  $\lambda$  变化，个股资金占用比例、对冲偏差的标准差和极差如图 6.13 所示。



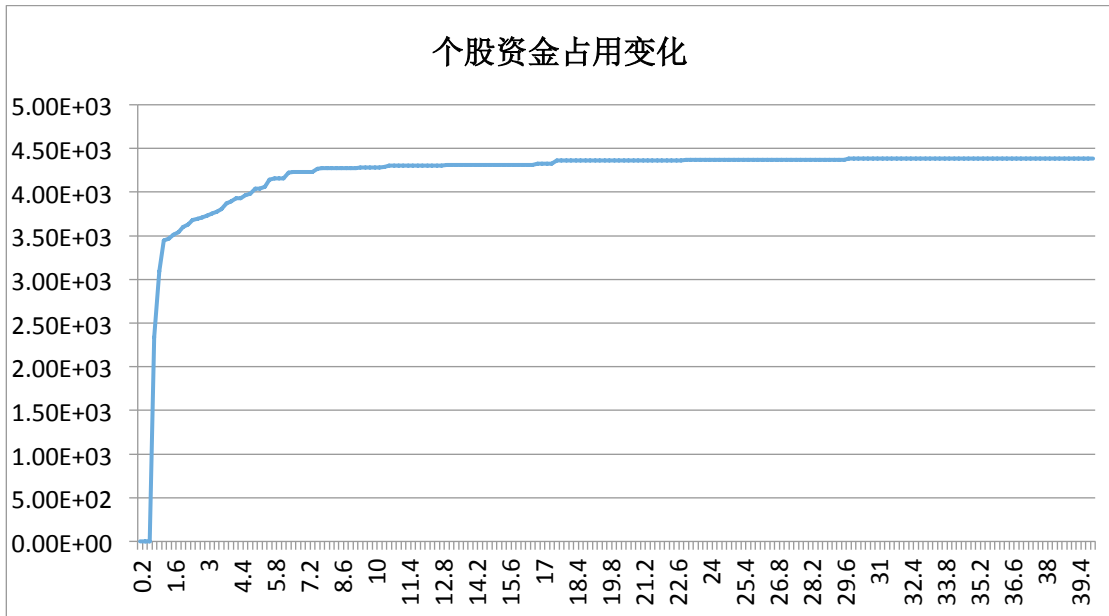


图 6.13-1 个股资金占用比例随  $\lambda$  变化走势

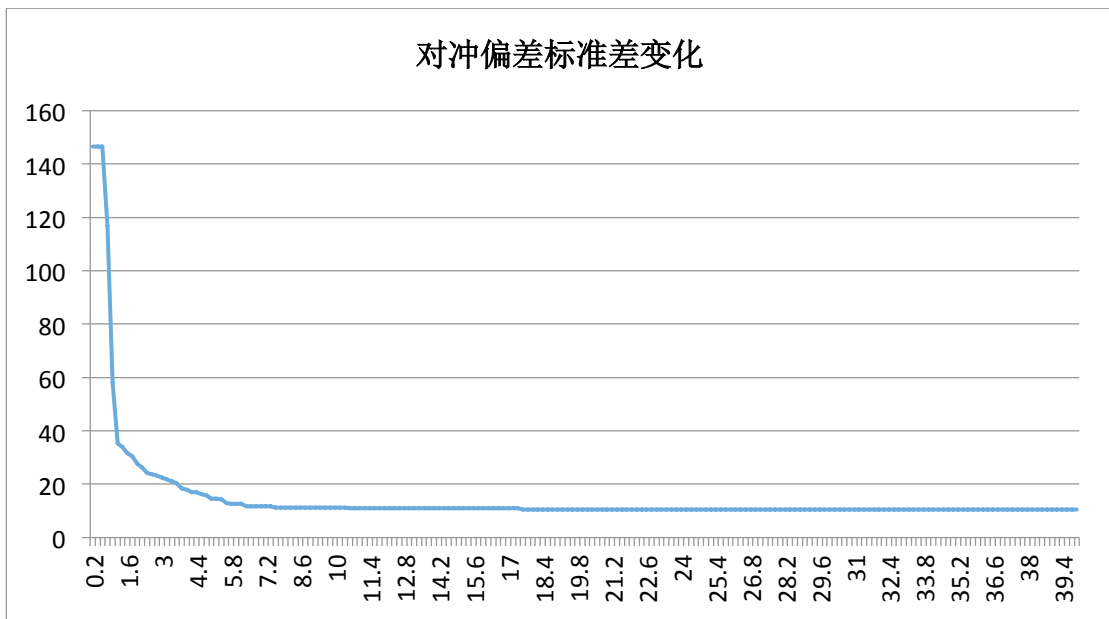


图 6.13-2 对冲偏差标准差随  $\lambda$  变化走势

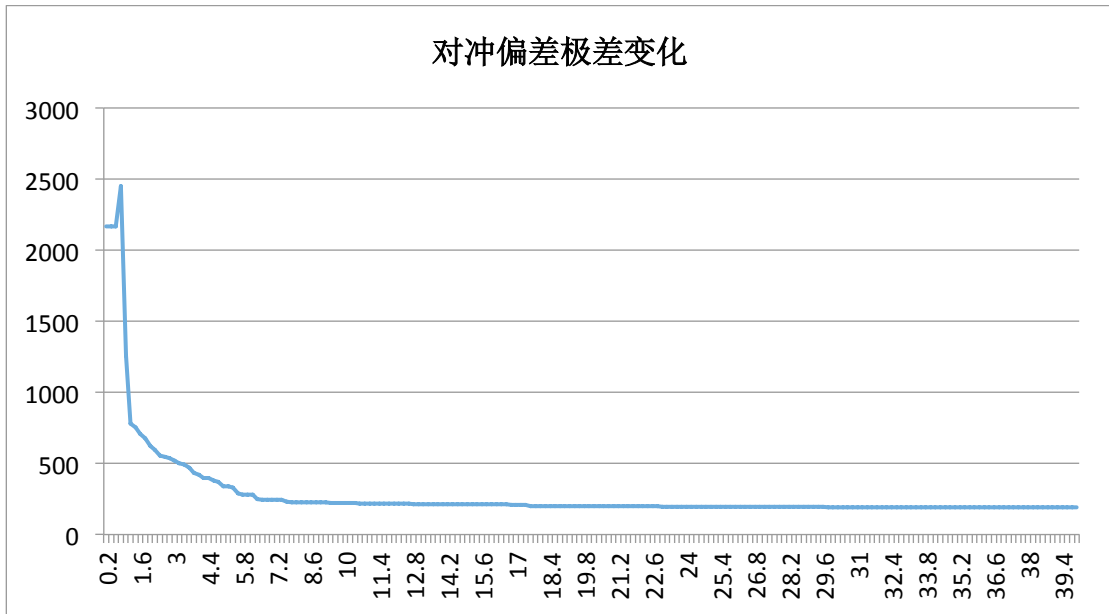


图 6.13-3 对冲偏差极差随  $\lambda$  变化走势

从以上三图我们不难发现，随着  $\lambda$  增大，个股资金占用迅速增大，对冲偏差标准差和极差迅速减小，三个序列很快收敛到稳定值，这与我们的预期高度一致。我们发现，由于对分级基金的持仓做出了明确限定，以上给出的一系列结果中，配置个股的资金占用大都非常高。当  $\lambda$  取值为 0.8 时，对冲偏差的标准差和极差都比较接近稳定值，而这时的配置个股的资金占用相对较低，为 23.41%，较之前完全匹配对冲策略 20% 的个股资金占用差别不大，因此我们具体分析  $\lambda$  取值为 0.8 时的对冲策略。

这一对冲策略用 38.7% 的资金持有全部 103 种分级基金，23.41% 的资金配置 651 种个股（但其中有 147 种个股配置的资金占用不足万分之一，对对冲的影响很小），37.89% 的资金持有沪深 300 和中证 500 股指期货进行对冲，具体的资金占用情况如表 6.9 所示。

表 6.9  $\lambda$  取值 0.8、固定分级基金持仓比例、配置个股的成分股不完全匹配对冲策略概要

资产（资产类别）	资金占用比例	资产种类数	持仓方向
分级基金	38.7%	103	多头
个股	23.41%	651	多头
沪深 300 股指期货	28.32%	1	空头
中证 500 股指期货	9.57%	1	空头
上证 50 股指期货	0	1	不持仓

全部 103 只分级基金的资金占用比例与其成交量占比完全一致。

## 6.5.2 对冲效果

该对冲策略的对冲效果如图 6.14 所示。

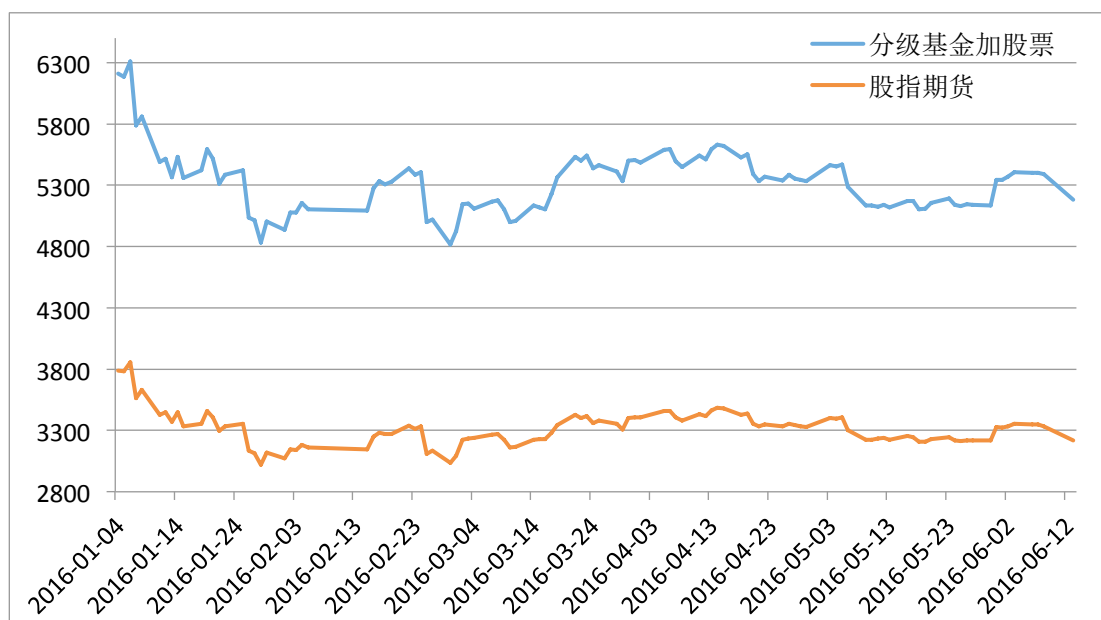


图 6.14  $\lambda$  取值为 0.8、固定分级基金持仓比例、配置个股的成分股不完全匹配对冲策略对冲效果

从多空资产的价值走势图来看，对冲效果可以接受。从图 6.15 不难发现，对冲偏差走势平稳，对冲偏差仍有不错的均值回复特性，极差和标准差相对不大（如表 6.10 所示），对冲效果可以接受。

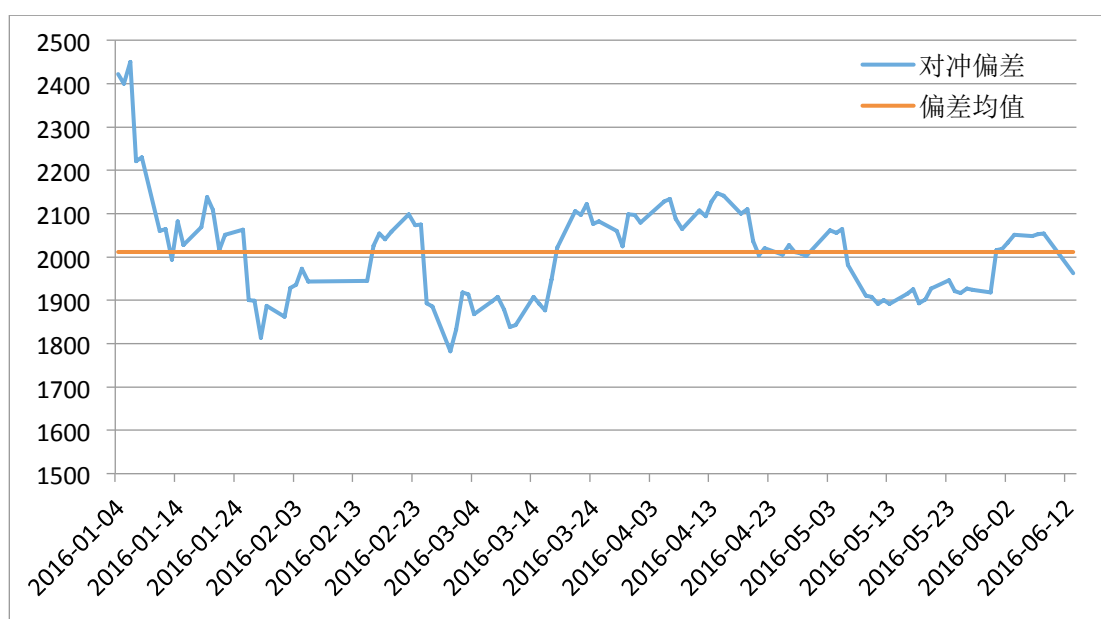


图 6.15  $\lambda$  取值为 0.8、固定分级基金持仓比例、配置个股的成分股不完全匹配对冲策略对冲效果

对冲效果的指标刻画如表 6.10 所示。

表 6.10 固定分级基金持仓比例、配置个股的成分股不完全匹配对冲策略对冲效果指标

对冲偏差序列均值	2011.72
对冲偏差序列极差	668.23
对冲偏差序列标准差	116.82

### 6.5.3 对冲策略评价

实证的整体结果和  $\lambda$  取特定值的具体结果较好的契合了模型的思想和我们结果的预期，本模型下给出的对冲策略确实能够兼顾降低配置个股资金占用和优化对冲效果的需求。本策略的最大改进是事先确定了分级基金的持仓比例。这明显是更符合实际套利和对冲操作的。当  $\lambda$  取值 0.8 时，个股资金占用相对不高，对冲效果也可以接受。对于投资者不同的分级基金持仓种类和比例的需求，都可用本模型求得相应的对冲策略。因此，本模型给出了一个理论合理、逻辑清晰、实证结果可接受、符合实际操作要求的对冲策略。这正是我们研究的目的所在。

## 第7章 总结与展望

围绕分级基金套利对冲策略这一问题，我们进行了文献资料学习、市场数据分析、数学模型建立、对冲策略回测等研究环节。

我们对分级基金套利操作以及风险对冲的相关资料进行了深入的调研学习，包括国内外经典文献、大型金融机构高质量的研究报告等，通过学习经典理论、经典方法以及市场上较为成熟的做法，我们深入了解了分级基金套利的原理和思想，熟悉了分级基金套利的操作方法，明确了分级基金套利的风险所在及其原因，整体把握了规避风险的理论方法。

数据分析阶段，我们详细地统计了深交所 115 只指数型分级基金的成分股的相关情况，分析了成分股的构成和分布特点；另外，我们利用各只分级基金的交易量数据，分析对比了各只分级基金的交易活跃度情况。通过详尽的数据分析，我们进一步熟悉了分级基金的市场情况，明确了分级基金折溢价套利的机会所在

和净值波动风险所在。

基于文献资料学习和数据分析的结果，我们综合考虑对冲分级基金净值波动风险的多种可能情况，并进行分类讨论，将问题转化为最优化问题。结合不同的需求，我们给出了一系列成分股匹配对冲模型。我们基本的对冲目标是将分级基金的成分股中，属于沪深 300 指数、中证 500 指数的 800 只成分股集合的部分全部或部分对冲，对于不属于这 800 只成分股集合的部分予以裸露，主要的方法是成分股逐个匹配对冲。作为最基本的对照，我们分析了用沪深 300、中证 500 股指期货对冲 9 只直接跟踪沪深 300、中证 500 指数的分级基金的效果，理论上讲，二者之间能实现完美的对冲。

首先，我们考虑成分股完全匹配对冲的情形。这种情况下，必然要配置个股多头才能实现，而配置个股多头需要较高的成本，因此我们设置最小化配置个股资金占用为优化目标，给出第一个模型：配置适当个股的成分股完全匹配对冲模型。对冲策略的对冲效果很好，甚至优于基础对照组。但这一对冲策略存在两个主要问题，一是个股资金占用较高，二是分级基金的持仓种类和比例分配不尽合理。

其次，我们研究不配置个股，只用股指期货对冲分级基金的情形，给出第二个模型：不配置个股的成分股不完全匹配对冲模型。这时必然无法实现成分股的完全匹配对冲。这种情形事实上与第一种情形是两种极端情况。第一种情形对冲效果最好，但相应的需要配置较多个股，成本较高，而这一种情形完全不需要配置个股，没有额外的成本，但对冲效果可能不好。实证结果表明，模型给出的对冲策略对冲效果依然很好，而且不需要配置个股。但仔细分析该策略下分级基金和股指期货的持仓我们发现，分级基金主要的持仓是国富中证 100 指数增强分级和长盛同瑞中证 200 指数分级两种，对冲工具只有沪深 300 股指期货，两种分级基金与沪深 300 股指期货的成分股完全一致，因而有很好的对冲效果，但从实际套利操作的角度考虑，只持有这两种分级基金显然不符合投资者的持仓需求。这一模型事实上也暴露出了分级基金持仓不合理的问题。

基于以上两种情形，我们希望在保持良好的对冲效果与降低配置个股的资金

占用两种需求中寻找平衡，因此，我们提出了第三个模型：配置适当个股的成分股不完全匹配对冲模型。这一模型可以兼顾优化对冲效果、降低个股资金占用的需求，实证结果较好的契合了模型思想和我们的预期。通过对模型中可变参数进行不同的取值，我们得到了一系列策略，这些策略对优化对冲效果、降低个股资金占用两种需求有不同的侧重，权衡个股资金占用和优化效果，我们选出了一个较优的策略，该策略实现了很好的对冲效果，同时个股的资金占用也比第一种情形有了显著的降低。与前两种模型相似，这一模型仍然存在分级基金持仓不合理的问题。

通过前三个模型，我们寻找到了兼顾优化对冲效果、降低个股资金占用的需求的模型，我们希望进一步改进模型的主要缺陷：分级基金持仓不合理。因此，我们给出了第四个模型：给定分级基金的持仓比例、配置适当个股的成分股不完全匹配对冲模型。与第三个模型相似，模型仍然能在优化对冲效果与降低配置个股的资金占用两种需求中寻找平衡。实证分析中，我们将分级基金的持仓比例确定为分级基金子基金 B 的交易量占总交易量的比例。通过对模型中可变参数进行不同的取值，我们得到了一系列策略，这些策略的分级基金持仓保持事先确定的比例，对优化对冲效果、降低个股资金占用两种需求有不同的侧重，权衡个股资金占用和优化效果，我们选出了一个较优的策略，该策略虽然配置个股的资金占用有了小幅增加，但对冲效果良好，最重要的，策略能按照事先确定的比例持有分级基金。事实上，这一策略最接近实际的套利对冲操作。至此，我们找到了最贴合实际的求解对冲方案的模型，该模型下，投资者根据需要，事先确定分级基金的持仓种类和比例，通过模型求解，获得一系列兼顾优化对冲效果、降低个股资金占用的对冲策略，投资者可根据实际情况从中选取恰当的对冲策略。

作为第四个模型思想的延伸，我们考虑一种更为复杂的情况，投资者事先只给出分级基金的持仓种类和持仓比例的大体范围（比如持仓比例在其成交量占比的附近波动），但对持仓比例不做准确的限定。对于这种情形，我们给出了第五个模型：分级基金持仓占比在其成交量占比附近波动的成分股不完全匹配对冲模型，我们给出了模型思想的合理解释和完整的数学表达，但并未进行实证分析。

通过一系列的分析与建模，我们最终给出了一套理论合理、逻辑清晰、贴合交易实际的模型，模型能够根据投资者的不同需要，给出一系列对冲策略供投资者选择。对于大部分模型我们都给出了实证结果和相应的分析评价。

从实际交易需求的角度考虑，分级基金套利对冲策略的研究还有一系列后续的研究工作，我们计划在接下来的时间持续进行相关的研究。首先，基于与研究所负责人的沟通情况，我们本周期项目研究的中心放在了构建有效的对冲策略上，而实际操作时，套利操作和风险对冲是一个有机的整体，我们希望在后续的研究中能全面的结合套利操作和对冲策略，整体的分析套利收益和对冲效果。另外，我们计划进一步完善策略的回测机制，充分地考虑调仓成本、交易手续费等实际情况，尽可能的模拟真实交易的场景，使得回测结果更加真实有效，并结合回测结果对模型与方法做进一步的修正和完善。