文章编号:1000-6788(2006)09-0010-07

资金约束条件下机构投资者最优投资策略

王　柱[a] ,刘海龙[a] ,王欣荣[b] ,吴冲锋[a]
(上海交通大学 a. 金融工程研究中心;b. 成人教育学院,上海 200052)

摘要:　在机构投资者投资面临资金约束的前提下,考虑投资过程的内生流动性风险,假设机构投资者不进行交易时股票的价格运动服从不带漂移项的算术布朗运动,以股票购买量为控制变量,得到机构投资者最小平均成本投资策略;考虑投资者的策略对市场新信息的动态反应,将静态最优策略扩展为动态相机投资策略. Monte Carlo 模拟的结果表明动态相机策略所用平均成本低于静态最优策略.

关键词:　内生流动性风险;控制变量;资金约束
中图分类号:　F830.91　　　　**文献标志码**:　A

The Optimal Investing Strategies of the Institution Investor under the Financial Budget

WANG Zhu[a] ,LIU Hai-long[a] ,WANG Xin-rong[b] ,WU Chong-feng[a]
(a. Financial Engineer Center;b. Continuing Education School, Shanghai Jiaotong Univ,Shanghai 200052,China)

Abstract:　On facing the financial budget,the minimum-cost strategy of the institute investors is deduced theoretically on the hypothesis that they will invest when the market is dull,taking the interior liquid risk into account. In the model,the control variable is the volumes at which the institutes invest the stock. After taking the new market information into the strategy, the static best strategy will be extended to the dynamic strategy. The results of the Monte Carlo simulation show the dynamic strategy cost less than the static best strategy on average.

Key words:　interior liquidation risk;control variable; financial budgets

1　引言

由交易行为所产生的证券价格单方向的变动会增加机构投资者的投资成本,这种成本被称为执行成本(execution cost),因为它们直接和执行投资策略相关[1]. 执行成本的存在,使得投资者(特别是机构投资者)面临流动性风险. 在考虑到流动性风险因素后,机构投资者的最佳交易策略就不再是一次进行大规模的交易. 事实上,Chan 和 Lonishok[2] ,以及 Keim 和 Madhavan[3,4]的研究都表明机构投资者经常将较大规模的交易分成更小规模的交易来进行操作.

Dimitris Bertsimas 和 Andrew W. Lo[5]在未来股票数量是确定的假设下,引入线性的冲击,得到了机构投资者最佳的买入股票的策略. 刘海龙等[6]在离散时间范畴下,对机构投资者股票头寸一定的情况下研究了其最优变现策略. 仲黎明等[7]在连续时间下得到了机构投资者股票头寸一定的情况下的变现策略.

然而对机构投资者而言,更常见的情形是:他们不能确切的知道投资某种股票的数目,但能够知道需要投入多少资金到某种或某些股票中. 这种情况在基金建仓时十分普遍. 基金在成立以后,需要在法律规定的期限内将认购所得的资金按招募说明书上的资产配置要求投资,此时,基金需要考虑的因素往往是不同资产间的配置比率,也就是讲,投入到股票中的资金量对基金管理者而言是已知的. 因此,在机构投资者投入资金量总量一定的条件下,寻求的最佳的投资策略具有重要的理论和实践意义.

收稿日期:2004-12-05
资助项目:国家自然科学基金(70471025)
作者简介:王柱(1980 -),男,湖北武汉人,博士生,研究方向:金融工程,金融市场微观结构,E-mail:wangzhu429 @yahoo.com.cn.

如前文所述,现有关于交易策略的研究大都考虑风险资产头寸变现的情况,而对在实际中十分普遍的在资金确定下如何用合适的策略投资风险资产却鲜有研究.本文的创新之处在于给出了机构投资者在期望投入到风险资产的资金为一定的情况下,如何投资风险资产的动态和静态策略.

2 模型描述和模型假设

2.1 模型描述

假设机构投资者手头持有现金 M,并打算在$[0, T)$时间内将其全部投入股票市场.不失一般性,考虑机构投资者只购入一只股票的情况.从建模的便利性角度出发,将区间$[0, T)$分为 K 个等时间长度的不相交的时间区间,每个区间的长度为 $\tau = \frac{T}{K}$.简单起见,用 i 来表示时间区间$[i\tau - \tau, i\tau)$.用 $x(i)$表示机构投资者在时间区间 i 末的头寸量,那么机构投资者在时间区 i 内增加的头寸量就可以表示为$\Delta x(i) = x(i) - x(i-1)$.

本文的投资策略是指在每个时区内购买的股票头寸量,例如对第 i 个时间区间而言,$\Delta x(i)$就是投资策略.现在的问题就是在时间区间$[0, T)$内,机构投资者选择投资策略,用现金 M 买入股票,使平均成本最小.

假机构投资者不进行交易时股票的价格运动服从没有漂移项的算术布朗运动:

$$\Delta p(i) = \varepsilon(i)\sigma\sqrt{\tau}, \tag{1}$$

其中 $\varepsilon(i)$,$(i = 1, 2, \cdots, K)$为 I.I.D 过程,且为标准正态分布.

2.2 引入内生流动性风险

本文遵循 K&S(Kraus&Stoll)[8]对交易对价格的冲击的分类方法,将由于该机构投资者买入股票造成的对股票价格的冲击作用分为两类:永久冲击和瞬时冲击.永久冲击会使得股票的均衡价格发生调整,在模型中的表现就是在价格的微分方程中产生一个向上的漂移项;瞬时冲击也会使股票的价格发生向上的偏移,但是这种影响只是对该次交易的,并在下次交易时消失.

假设永久冲击为交易量的线性函数,并用 α 来表示永久冲击系数,那么在引入永久冲击后,价格运动的微分方程就变为:

$$\Delta p(i) = \alpha\Delta x(i) + \varepsilon(i)\sigma\sqrt{\tau}. \tag{2}$$

遵循 Dimitris Bertsimas 和 Andrew W. Lo[6]的假设,认为 $v(i)$,$\varepsilon(i)$是相互独立或者把条件放得更松一些,认为:

$$E(\varepsilon(i) \mid \Delta x(i), p(i-1)) = 0. \tag{3}$$

独立性假设表明,机构投资者的投资行为并不会影响股票价格的自然过程.从变量的经济含义来看,$v(i)$是机构投资者的控制变量,而 $\varepsilon(i)$表示的是机构投资者不进行任何交易的时候股票价格变动的动力学过程;机构投资者的投资行为对股票价格的影响都体现在冲击过程中,因此假设机构投资者的投资行为不影响股票价格的自然过程是合理的.

瞬时冲击是对某个时刻的成交价格的瞬间的冲击,因此,为了引入瞬时冲击,就需要得到交易时刻的股票价格.在时刻 $i\tau$,不考虑瞬间冲击的股票价格为:

$$p(i) = p(i-1) + \Delta p(i) = p(0) + \sum_{j=1}^{i}\sigma\varepsilon_j\sqrt{\tau} + \sum_{j=1}^{i}\Delta x(j)\alpha. \tag{4}$$

瞬间冲击使股票价格与式(3)中表示的价格有一个瞬间的偏离,假设瞬间冲击系数与交易的速度是线性关系,用 β 表示瞬间冲击的强度系数.这样便可以将瞬间冲击系数引入到股票价格过程中:

$$p(i) = p(i-1) + \Delta p(i) = p(0) + \sum_{j=1}^{i}\sigma\varepsilon_j\sqrt{\tau} + \sum_{j=1}^{i}\Delta x(j)\alpha + \beta\Delta x(i). \tag{5}$$

从(5)式中可以看到永久冲击和瞬时冲击对股票价格的影响.永久冲击在股票价格过程中的影响是一直存在的,表现在公式中就是冲击的不断累计;而瞬间冲击的影响是短暂的,表现在公式中就是只影响当前的价格,并不累计到下一个阶段.

3 机构投资者头寸过程、资金约束与投资策略

3.1 机构投资者头寸过程和资金约束

在引入内生流动性因素后,机构投资者在购入股票的过程中就会有一个与流动性因素相关的头寸过程.在第 i 个时间区间内,机构投资者用去的资金为:

$$c(i) = p(i)\,\Delta x(i). \tag{6}$$

在问题提出部分,曾经假设过机构投资者持有的资金头寸为 M,因此,机构投资者在购入股票的时候必须要满足资金头寸的约束:

$$E\left[\sum_{i=1}^{K} c(i)\right] = M. \tag{7}$$

将股票价格过程式(5)和式(6)代入式(7)中,得到:

$$E\left\{\sum_{i=1}^{K}\left[p(0) + \sum_{j=1}^{i}\sigma\varepsilon_i\sqrt{\tau} + \alpha\sum_{j=1}^{i}\Delta x(j) + \beta\Delta x(i)\right]\Delta x(i)\right\} = M,$$

$$p(0)\sum_{i=1}^{K}\Delta x(i) + \alpha\sum_{i=1}^{K}\Delta x(i)\sum_{j=1}^{i}\Delta x(j) + \beta\sum_{i=1}^{K}\Delta x^2(i) = M. \tag{8}$$

式(8)就是机构投资者应该满足的资金约束或者称为预算约束.

在资金约束方程中,将 $\sum_{i=1}^{K} x(i)\sum_{j=1}^{i} x(j)$ 变形为:

$$\sum_{i=1}^{K}\Delta x(i)\sum_{j=1}^{i}\Delta x(j) = \frac{1}{2}\left(\sum_{i=1}^{K}\Delta x(i)\right)^2 + \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{K}\Delta x^2(i), \tag{9}$$

将式(9)代入资金约束方程(8),可以得到新的资金约束方程:

$$p(0)\sum_{i=1}^{K}\Delta x(i) + \frac{1}{2}\alpha\left(\sum_{i=1}^{K}\Delta x(i)\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\alpha + \beta\right)\sum_{i=1}^{K}\Delta x^2(i) = M. \tag{10}$$

3.2 静态最小平均成本策略

从投资者的角度来看,投入的资金量是一定的,因此,为了最小化平均成本,就需要最大化买入的股票头寸量.问题可以写成下面的规划问题:

$$\max_{\Delta x(i)|\,i=1,2,\cdots,K}\left\{\sum_{i=1}^{K}\Delta x(i)\right\}$$

$$\text{s.t. } p(0)\sum_{i=1}^{K}\Delta x(i) + \frac{1}{2}\alpha\left(\sum_{i=1}^{K}\Delta x(i)\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\alpha + \beta\right)\sum_{i=1}^{K}\Delta x^2(i) = M. \tag{11}$$

Dimitris Bertsimas 和 Andrew W. Lo[6]在未来股票数量是确定的假设下,通过动态规划的 Bellman 方程得到了最小执行成本策略.规划(11)可以通过动态规划的 Bellman 方程来求解,但需要的演算过程比较复杂.由问题的特殊性,本文将采用更简单的办法进行求解.

首先来考虑约束方程,通过观察可以知道,约束方程的前两项都与目标函数有直接关系.因此,可以很自然的希望如果第三项也是目标函数的直接函数形式,就可以通过约束方程求得目标函数.考虑不等式:

$$\sum_{i=1}^{K}\Delta x^2(i) \geq \frac{\left(\sum_{i=1}^{K}\Delta x(i)\right)^2}{K}. \tag{12}$$

不等式(12)取等号当且仅当 $\Delta x(i) = \Delta x(j)$,对任何 $i \neq j, i, j \leq K$,由式(11)和式(12)可以得到不等式:

$$p(0)\sum_{i=1}^{K}\Delta x(i) + \frac{1}{2}\alpha\left(\sum_{i=1}^{K}\Delta x(i)\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\alpha + \beta\right)\frac{\left(\sum_{i=1}^{K}\Delta x(i)\right)^2}{K} \leq M. \tag{13}$$

由于 $\sum_{i=1}^{K}\Delta x(i) = x(T)$,因此可以将不等式(13)简化为:

$$p(0)x(T)+\frac{1}{2}\alpha x^2(T)+\frac{\frac{1}{2}\alpha+\beta}{K}x^2(T)\le M,$$

$$f(x(T))=\left(\frac{\frac{1}{2}\alpha+\beta}{K}+\frac{1}{2}\alpha\right)x^2(T)+p(0)x(T)-M\le 0. \tag{14}$$

由于$\frac{\frac{1}{2}\alpha+\beta}{K}+\frac{1}{2}\alpha>0$,而且 $p(0)>0$,$M>0$,因此,不等式(14)表示 $x(T)$的范围应该在 x 轴以下,因此,$f(x(T))$与 x 轴右边的交点 $x(T)=\frac{-P(0)+\sqrt{P^2(0)+2M\left(\frac{\alpha+2\beta}{K}+\alpha\right)}}{\frac{\alpha+2\beta}{K}+\alpha}$是 $x(T)$的最大可能值.而且由不等式(14)取等号的条件可知,当且仅当 $\Delta x(i)=\Delta x(j)$,对任何 $i\ne j$, $i,j\le K$,不等式可以取到等号.因此,对规划(11),可以得到目标函数的最大值为:

$$\max_{\Delta x(i)\mid i=1,2,\cdots,K}\left\{\sum_{i=1}^{K}\Delta x(i)\right\}=\frac{-P(0)+\sqrt{P^2(0)+2M\left(\frac{\alpha+2\beta}{K}+\alpha\right)}}{\frac{\alpha+2\beta}{K}+\alpha}. \tag{15}$$

此时,投资策略为:

$$\Delta x(i)=\frac{x(T)}{K},\quad i=1,2,\cdots,K. \tag{16}$$

$$v(i)=\frac{\Delta x(i)}{\tau}=\frac{x(T)}{K\tau}=\frac{x(T)}{T}. \tag{17}$$

根据模型的假设,可以认为 K 是一个比较大的数目,因此式(15)可以取近似值:

$$\max_{\Delta x(i)\mid i=1,2,\cdots,K}\left\{\sum_{i=1}^{K}\Delta x(i)\right\}\approx\frac{-P(0)+\sqrt{P^2(0)+2\alpha M}}{\alpha}. \tag{18}$$

3.3　构投资者最优投资策略的动态相机

3.2 节推导的策略是机构投资者在期初对全局的规划,此时并没有考虑对市场信息的调整.然而,现实是瞬息多变的,投资者在每次执行完交易以后,市场的行情就会发生新的变化,因此,机构投资者有必要根据现实中已经得到的信息将全局策略动态相机为相机策略.

过去发生的事情已经成为既定事实,动态相机的策略显然不能改变既定事实.因此,合理的策略调整应该是以现在的禀赋(包括股票头寸和资金头寸)为基础和约束,规划从现在到以后的最优化策略.这种调整的方法满足马尔可夫性.在$(0,\tau)$时间,投资者确定需要购买的股票头寸为:

$$\Delta x_0(1)=\frac{-P(0)+\sqrt{P^2(0)+2M\left(\frac{\alpha+2\beta}{K}+\alpha\right)}}{K\frac{\alpha+2\beta}{K}+K\alpha}, \tag{19}$$

其中,$\Delta x_0(1)$的下标表示该策略是投资者在 0 时刻对全局的策略.那么在时间$(0,\tau)$内,投资者购买股票头寸 $\Delta x(1)$用的资金为:

$$\Delta M_1=p_1\Delta x_0(1), \tag{20}$$

其中 p_1 表示股票价格 $p(1)$在 τ时刻的实现值.因此在 τ时刻后,投资者拥有的资金量为 $M-\Delta M_1$,而此时投资期限还剩下 $T-\tau$,此时为有 $K-1$ 个等时间间隔.因此根据 3.2 节式(17)的结论,可以得到,在 τ时刻后投资者每期的最优投资策略为:

$$\Delta x_1(2)=\frac{-p_1+\sqrt{p_1^2+2(M-\Delta M_1)\left(\frac{\alpha+2\beta}{K-1}+\alpha\right)}}{\alpha+2\beta+(K-1)\alpha}. \tag{21}$$

因此,通过重复式(20)和(21),可以得到投资者的动态相机策略.

投资者第 $i-1$ 期实际投资股票头寸的资金为:

$$\Delta M_i = p_i \Delta x_{i-1}(i)$$

$$\Delta x_i(i+1) = \frac{-p_i + \sqrt{p_i^2 + 2\left(M - \sum_{j=1}^{i-1} p_j \Delta x_j(j+1)\right)\left(\frac{\alpha+2\beta}{K-i} + \alpha\right)}}{\alpha + 2\beta + (K-i)\alpha}, \quad i = 0,1,2,\cdots,K-1, \quad (22)$$

其中 p_{i-1} 表示 $(i-1)\tau$ 时刻股票价格的实现值,$\Delta x_i(i+1)$ 表示在 $i\tau$ 时刻,在第 $i+1$ 个时间区间 $(\tau,(i+1)\tau)$ 内购买的股票头寸.

为了得到实现价格对动态策略的影响,对式(22)求偏导,可以得到:

$$\frac{\partial[\Delta x_i(i+1)]}{\partial p_i} = \frac{p_i - \sqrt{p_i^2 + 2\left(M - \sum_{j=1}^{i-1} p_j \Delta x_j(j+1)\right)\left(\frac{\alpha+2\beta}{K-i} + \alpha\right)}}{[\alpha + 2\beta + (K-i)\alpha]\sqrt{p_i^2 + 2\left(M - \sum_{j=1}^{i-1} p_j \Delta x_j(j+1)\right)\left(\frac{\alpha+2\beta}{K-i} + \alpha\right)}} < 0,$$

$$i = 0,1,2,\cdots,K-1, \quad (23)$$

从式(23)可以知道实现价格对投资者策略有负的影响.更进一步,这种影响是随实现价格 p_i 而递增的,因为:

$$\frac{\partial^2[\Delta x_i(i+1)]}{\partial p_i^2} = \frac{2\left(M - \sum_{j=1}^{i-1} p_j \Delta x_j(j+1)\right)\left(\frac{\alpha+2\beta}{K-i} + \alpha\right)}{[\alpha + 2\beta + (K-i)\alpha]\left\{p_i^2 + 2\left[M - \sum_{j=1}^{i-1} p_j \Delta x_j(j+1)\right]\left(\frac{\alpha+2\beta}{K-i} + \alpha\right)\right\}^{\frac{3}{2}}} > 0,$$

$$i = 0,1,2,\cdots,K-1. \quad (24)$$

从上面的分析可以看出,相对与股票价格波动小的情形,投资者更应该在股票价格波动大的时候对策略进行动态调整.但是,从实际操作的角度来看,动态策略需要不断的进行调整,可能会增加投资者的决策成本和转换成本,如果股票的价格波动不是很大,投资者可以不对策略进行调整或少调整.而在股票波动相对大的时候,对策略进行更频繁的调整.

4 Monte Carlo 模拟

为了更明确地将描述投资者的动态相机策略和静态最优策略,利用计算机模拟的方法给出明确的数字结果.

假设 $p(0) = 10$ 元,$\alpha = 0.0001$,$\beta = 0.0002$,$M = 1000000$ 元,$\sigma = 0.01$,投资的期限为 30 个时间间隔.通过 1000 次 Monte Carlo 模拟得到的平均结果见附录中的表 1 和表 2.

从模拟的结果来看,投资者动态相机策略得到的平均购买成本为 10.51 元,而静态投资策略得到的平均购买成本为 10.59 元;而且动态相机策略使用的资金量要比静态策略所使用的资金要少 1132.42 元.从购买成本来看,动态相机策略的平均成本要比静态策略低 0.76 %.

通过比较,可以发现,动态的相机策略要优于单纯的静态策略.这是因为动态相机策略考虑到真实的客观市场的价格实现值,因此投资者有必要根据新的市场条件来判断并更新自己的策略.

图 1 描绘了动态相机策略以及动态相机策略和静态策略差异,图中 t 表示时间,$d(t)$ 表示是两种策略的差异,$\Delta x(t)$ 表示 t 时刻的动态相机策略;左边的纵轴对应 $d(t)$,右边的纵轴对应 $\Delta x(t)$.

从动态相机策略投资的全过程看,投资者在剩余时间比较多的时候倾向于多投资,而在剩余时间少的时候投资量急剧减少,产生这种现象的原因是和资金约束有关的.在剩余时间比较长的时候,投资者希望尽可能平稳的购买股票,以免引起股票价格的大波动;从另一个角度来看,这种冲击有一部分是永久冲击,会增加股票的价格,投资者又有动机提前购买股票,这反映在投资者的策略中就是购买量平稳的上升,然而,当接近期末时,资金约束的矛盾提升,投资者不得不考虑自身资金的限制,因此反映在策略中就是投资量急剧的下降.

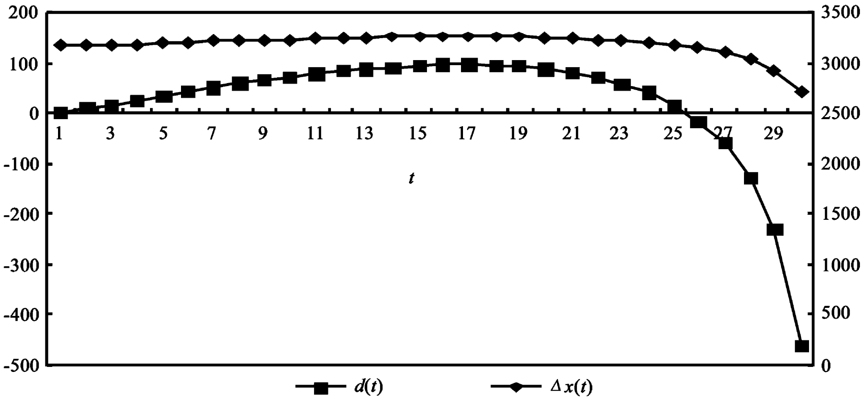

图 1　动态相机策略及动态相机策略和静态策略差异图

5　结论与操作对策

在机构投资者进行投资的过程中,往往会考虑不同的资产间的资金配置的比率,因此,本文在机构投资者面临资金约束的前提下对其投资策略进行了研究.考虑到市场是不断的变化的,而投资者的策略是可以根据市场的实际状况进行动态相机的,因此,本文将投资者的策略区分为动态的相机策略和静态的策略.从模拟的结果来看,动态相机策略在一定程度上要优于静态策略.但是,从实际操作的角度来看,动态策略需要不断的进行调整,可能会增加投资者的决策成本和转换成本.因此,投资者可以根据实际的情况选择动态或如果市场变化不是很大,可以采取静态策略;如果市场变化比较大,可以对策略进行调整;也可以将静态策略和动态相机策略相结合,将调整的时间间隔拉大,由原来一个时间间隔一次调整变为为多个时间间隔一次调整.策略转换方法的探讨,将另文研究.

参考文献:

[1]　Wagner W, Edwards M. Best execution[J]. Financial Analyst Journal, 1993, 49(1): 65 - 71.

[2]　Chan L, Lakonishok J. The behavior of stock prices around institutional trades[J]. Journal of Finance, 1995, 50(4): 1147 - 1174.

[3]　Keim D, Madhavan A. The anatomy of the trading process[J]. Journal of Financial Economics, 1995, 37(3): 371 - 398.

[4]　Keim D, Madhavan A. The upstairs market for large-block transactions: Analysis and measurement of price effects[J]. Review of Financial Studies, 1996, 9(1): 1 - 36.

[5]　Dimitris B, Andrew W L. Optimal control of execution costs[J]. Journal of Financial Market, 1998, 1(1): 1 - 50.

[6]　刘海龙, 吴冲锋, 仲黎明. 开放式基金的最优变现策略[J]. 管理工程学报, 2003, 17(2): 106 - 108.
Liu Hailong, Wu Chongfeng, Zhong Liming. Optimal liquidation strategy of the open-end fund[J]. Journal of Industrial Engineering/Engineering Management, 2003, 17(2): 106 - 108.

[7]　仲黎明, 刘海龙, 吴冲锋. 机构投资者的最优变现策略[J]. 管理科学学报, 2002, 5(5): 18 - 22.
Zhong Liming, Liu Hailong, Wu Chongfeng. Institution investors' optimal liquidation strategy[J]. Journal of Management Sciences in China, 2002, 5(5): 18 - 22.

[8]　Kraus A, Stoll H R. Price impacts of block trading on the New York stock exchange[J]. Journal of Finance, 1972, 27(3): 569 - 588.

附录

投资策略是指每期投资股票的数量. 股票的实现价格是根据 $p(k) = p(k-1) + \Delta p(k) = p(0) + \sum_{i=1}^{k} \sigma\varepsilon_i \sqrt{\tau} + \sum_{i=1}^{k} \Delta x(i)\alpha + \beta\Delta x(k)$ 模拟得到的. 资金剩余量是用总指每期期末剩余的资金量.

表1 动态相机策略

时间	投资策略(股)	股票现实价格(元)	每次使用资金量(元)	剩余资金量(元)
初始时刻		10		1000000
1	3159	10.00	31892.14	968107.86
2	3168	10.10	32083.85	936024.01
3	3176	10.13	32212.95	903811.06
4	3185	10.14	32389.15	871421.91
5	3194	10.17	32577.30	838844.61
6	3202	10.20	32752.74	806091.87
7	3209	10.23	32959.65	773132.22
8	3217	10.27	33131.92	740000.30
9	3223	10.30	33266.24	706734.06
10	3230	10.32	33402.52	673331.54
11	3236	10.34	33533.73	639797.81
12	3241	10.36	33736.93	606060.87
13	3246	10.41	33927.04	572133.83
14	3249	10.45	34072.64	538061.19
15	3252	10.49	34159.08	503902.12
16	3253	10.50	34254.24	469647.87
17	3254	10.53	34363.72	435284.16
18	3253	10.56	34446.62	400837.54
19	3251	10.59	34498.92	366338.62
20	3246	10.61	34529.96	331808.66
21	3239	10.64	34559.40	297249.26
22	3230	10.67	34555.77	262693.49
23	3216	10.70	34482.53	228210.96
24	3199	10.72	34381.96	193829.01
25	3175	10.75	34206.16	159622.85
26	3143	10.77	33960.05	125662.80
27	3098	10.80	33564.79	92098.01
28	3033	10.83	32972.41	59125.60
29	2926	10.87	31917.33	27208.27
30	2699	10.91	29507.13	- 2298.86
总量	95403		1002298.86	

表2 静态最优策略

时间	投资策略(股)	股票现实价格(元)	每次使用资金量(元)	剩余资金量(元)
初始时刻		10		1000000
1	3159	10.1	31909.76	968090.24
2	3159	10.13	31994.61	936095.63
3	3159	10.16	32094.9	904000.73
4	3159	10.2	32207.25	871793.48
5	3159	10.23	32304.19	839489.29
6	3159	10.26	32400.51	807088.78
7	3159	10.29	32506.59	774582.19
8	3159	10.33	32624.36	741957.83
9	3159	10.38	32786.35	709171.48
10	3159	10.41	32870.18	676301.3
11	3159	10.43	32957.04	643344.26
12	3159	10.48	33112.11	610232.15
13	3159	10.51	33197.49	577034.66
14	3159	10.54	33301.23	543733.43
15	3159	10.57	33394.72	510338.71
16	3159	10.61	33507.77	476830.94
17	3159	10.66	33676.06	443154.88
18	3159	10.69	33773.36	409381.52
19	3159	10.73	33887.73	375493.79
20	3159	10.75	33940.65	341553.14
21	3159	10.79	34072.14	307481
22	3159	10.81	34158.68	273322.32
23	3159	10.83	34217.67	239104.65
24	3159	10.89	34400.79	204703.86
25	3159	10.92	34484.22	170219.64
26	3159	10.94	34544.47	135675.17
27	3159	10.97	34652.23	101022.94
28	3159	11	34737.55	66285.39
29	3159	11.02	34811.38	31474.01
30	3159	11.05	34905.3	- 3431.29
总量	94762		1003431.29	