



# 金融风险管理

代码结果展示分析

未来科学与工程学院

---

---

# 目录

<b>PART ONE : Foundations of Risk Management (风险管理基础)</b>	<b>1</b>
CHAPTER 1: Foundations of Risk Management (风险管理)	1
【代码 1.1】 Sharpe ratio (SR)	1
【代码 1.2】 The information ratio (IR)	2
【代码 1.3】 Mixing Assets	3
【代码 1.4】 CML(结果有问题)	5
【代码 1.5】 TR	5
【代码 1.6】 Jensen' s alpha	6
【代码 1.7】 APT	6
<b>PART TWO:Quantitative Analysis (定量分析)</b>	<b>10</b>
CHAPTER 2:Fundamentals of Probability (概率论基础)	10
CHAPTER 3: Fundamentals of Statistics (统计学基础)	11
CHAPTER 4:Monte Carlo Methods(蒙特卡洛方法)	12
【代码 4.1】 GBM(几何布朗运动)	12

# PART ONE : Foundations of Risk Management (风险管理基础)

## CHAPTER 1: Foundations of Risk Management (风险管理)

### 【代码 1.1】Sharpe ratio (SR)

选取 AAPL 和 SPY 2022.1.1 到 2025.1.1 真实的股票数据进行 SR 的计算和数据可视化分析，并进行两者的比较

得到：

AAPL 夏普比率: 0.51, 年化收益率: 16.22%, 年化标准差: 28.03%

SPY 夏普比率: 0.47, 年化收益率: 10.19%, 年化标准差: 17.57%

可视化结果：

价格走势：AAPL vs SPY 价格随时间化。(图1)

收益率分布：直方图显示每日收益率的分布情况。(图2)

累计收益率：累乘累计收益率，展示长期表现。(图3)

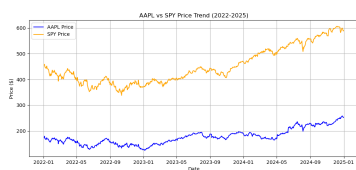


图 1: Price trend

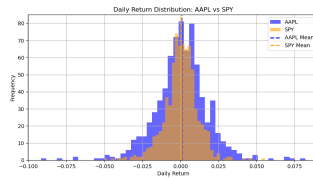


图 2: Daily return distribution



图 3: Cumulative return

两张图的夏普比率比较，见下图4：

展示了 AAPL（苹果）和 SPY（标普 500 ETF）在风险和收益上的关系，同时绘制了**资本市场线 (CML)**，用于衡量资产的风险调整收益。

**AAPL（苹果，蓝色点）**：波动率较高（约 0.28）；期望收益率最高（约 16%）；远离无风险资产，说明风险较高但潜在收益大。

**SPY（标普 500 ETF，橙色点）**：波动率较低（约 0.18）；期望收益率较低（约 10%）；在 CML 上，说明风险调整收益较合理。

**无风险资产 (Cash，红色点)**：无波动性 (0%)，收益率固定（约 2%），代表美国国债、现金存款等低风险投资。

结论：AAPL，虽然风险更大，但回报率更高；SPY，虽然回报较低，但更稳定。无风

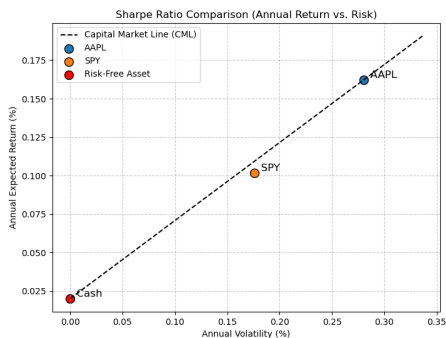


图 4: Sharpe Ratio Comparison

X 轴: 年波动率 (Annual Volatility, 代表风险) 即价格的波动性。

Y 轴: 年期望收益率 (Annual Expected Return, 代表收益)。期望收益率越高, 意味着资产长期上涨的可能性更大。

虚线: 绘制一条从无风险利率起始的直线 (资本市场线, CML), 代表了风险资产与无风险资产的最优组合。斜率等于 AAPL 的 Sharpe Ratio。

险资产 (Cash) 收益率仅 2%。

## 【代码 1.2】The information ratio (IR)

### 数据集:

使用 AAPL 和 S&P 500 2022.1.2 到 2025.1.1 真实的数据; **Apple (AAPL)** 股票的历史交易数据, 用于分析 Apple 股票的价格波动, 计算其收益率, 并与 S&P 500 进行比较; **S&P 500** 数据此数据集包含了 S&P 500 指数的历史数据, 此数据集代表美国股市的整体表现, 是一个广泛使用的市场基准。用于与单一股票 (Apple) 进行比较, 衡量其超越市场表现的能力。

通过这两个数据集, 计算了 **AAPL 股票** (Portfolio P) 的 **平均收益率**和 **波动率**; 计算了 **S&P 500 指数** (Benchmark B) 的 **平均收益率**和**波动率**; 通过信息比率 (IR) 比较了 AAPL 与 S&P 500 的表现, 了解它们的风险调整后超额回报。

### 结果:

表 1: IR 结果

	Average	Volatility	Performance
<b>Portfolio P (AAPL)</b>	0.000446	0.017038	0.008608
<b>Benchmark B (S&amp;P 500)</b>	0.000271	0.011032	NaN

### 结果分析:

#### 平均收益率 (Average):

Portfolio P (AAPL) 的平均收益率为 0.000446, 即 AAPL 每日的平均收益率约为 0.0446%。

---

Benchmark B (S&P 500) 的平均收益率为 0.000271，即 S&P 500 每日的平均收益率约为 0.0271%。

从这些数据来看，AAPL 的平均收益率略高于 S&P 500，表明在所选时间段内，AAPL 的表现优于整体市场。

#### **波动率 (Volatility):**

Portfolio P (AAPL) 的波动率为 0.017038，意味着 AAPL 的价格波动较大，相较于基准 S&P 500 来说，风险略高。

Benchmark B (S&P 500) 的波动率为 0.011032，说明 S&P 500 的波动性相对较低。

这表明，尽管 AAPL 的平均回报率高于 S&P 500，但其波动性较大，投资 AAPL 可能面临更高的风险。

#### **信息比率 (Performance / IR):**

Portfolio P (AAPL) 的信息比率为 0.008608，意味着 AAPL 超越基准 S&P 500 的回报与其波动性之比。

Benchmark B (S&P 500) 的信息比率为 'NaN'，因为基准本身没有超越自己的回报，因此无法计算。

信息比率表明 AAPL 在相对于其风险的超额回报方面的表现。0.008608 说明，尽管 AAPL 的波动性较高，但它仍提供了一个相对较小的超额回报。

### **【代码 1.3】Mixing Assets**

使用 *AAPL\_data.csv* 和 *US\_national\_debt\_data.csv* 2022.1.2 到 2025.1.1 真实的数据，*US\_national\_debt\_data.csv* 数据集包含了美国国债的历史市场数据。

#### **得到结果:**

表 2: Mixing Assets 结果

AAPL Expected Return:	0.04%
AAPL Volatility:	1.70%
US Debt Expected Return:	0.58%
US Debt Volatility:	3.99%
Correlation between AAPL and US Debt:	-0.02

以下是对 AAPL (Apple) 和 US Debt (美国国债) 的分析:

1. **AAPL (Apple):** 预期回报: 0.04%    波动率: 1.70%

AAPL 的预期回报率非常低，为 0.04%（每日），波动率较高。虽然报率相对较低，但 AAPL 是一个高波动性股票，它的回报通常会有较大波动，可能在其他时间段表现得更好。

## 2. US Debt (美国国债): 预期回报: 0.58% 波动率: 3.99%

US Debt (美国国债) 的预期回报为 0.58%（每日），比 AAPL 的回报要高。在正常情况下，债券的回报通常较为平稳，回报较低，因为它们通常是低风险的资产。然而，这个结果表明，在所选的时间段内，美国国债的回报超过了 AAPL，这是因为美国国债作为一个低波动性资产，提供了更稳定的回报。

AAPL 的预期回报结果看起来不太合理，尤其是在股票的长期收益率预期通常较高的情况下，这可能是受到数据时间段比较短等因素的影响

## 3. 相关性: -0.02

AAPL 和 US Debt 之间的相关性为 -0.02，表示这两个资产之间几乎没有相关性回报几乎是独立的。即，当 AAPL 表现较好时，US Debt 并没有显著的反向表现，反之亦然。

## 组合优化:

要将 AAPL 和 US Debt 作为组合的资产，并在这两者之间进行权重配置，可以根据不同的投资目标（如最大化回报或最小化风险）来调整投资组合的权重。

风险-回报分析图（图5）：展示了不同资产组合的预期回报和波动性（风险）

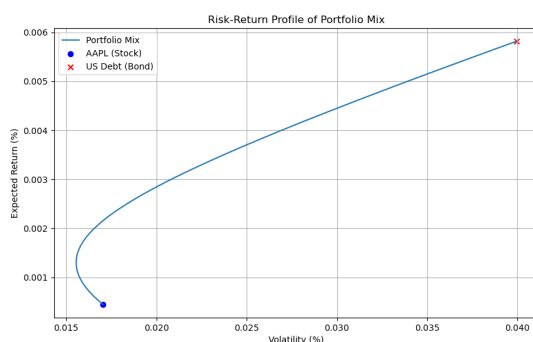


图 5: Risk-Reward Analysis

## 图5分析:

**X 轴: 波动率 (Volatility %)** 通常也称为风险。波动率越大，资产的价格变动幅度越大，投资风险越高。图中显示的波动率范围大约是从 **0.015% 到 0.040%**。

**Y 轴: 预期回报 (Expected Return %)**，预期回报是通过加权平均各资产的回报率计算的，显示了投资组合所期望的收益。图表的预期回报范围大约是从 **0.0004% 到 0.0058%**。

**蓝色曲线：**投资组合混合 (Portfolio Mix) 展示了 AAPL 和 US Debt 在不同权重组合下的风险-回报关系。这条曲线代表了资产配置的不同权重下，投资组合的风险与回报。曲线的形状表明，当组合中 AAPL 和 US Debt 的权重发生变化时，投资组合的回报和波动率会发生相应的变化。

**蓝色点：AAPL (股票)** 单独作为资产的点。该点的波动率较大，预期回报较低，显示了 AAPL 股票的风险和回报特性。AAPL 在图中的位置表示它具有相对较高的波动性，但其预期回报较低。

**红色叉：US Debt (美国国债)** 单独作为资产的点。该点的波动率较低，预期回报较高，显示了美国国债作为低风险资产的特性。由于美国国债是低风险资产，它的波动率较低，回报率较稳定。

#### 【代码 1.4】CML(结果有问题)

沿用【代码 1.3】Mixing Assets 中数据和结果，先从 AAPL 和市场数据中提取超额回报，并计算 CAPM 模型所需要的协方差和  $\beta$  系数，然后进行 MCL 的计算和绘制  
**得到结果：** Sharpe Ratio of the Market Portfolio: -0.32

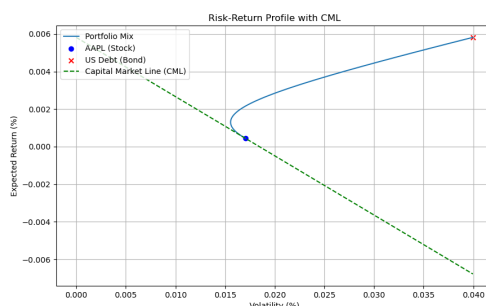


图 6: CML

由数据和结果图来看，SR 小于 0 且 CML 位于曲线下方，说明在该模型中的最优组合并未达到市场组合，或者组合的风险水平和回报并不符合理想的最大化夏普比率。

#### 【代码 1.5】TR

沿用【代码 1.1】*Sharpe ratio (SR)* 的数据集进行 TR 的计算，通过计算每日收益率、回归分析：计算 AAPL 的 Beta 值、计算每日平均回报、计算 Treynor 比率等步骤，得到结果：

表 3: TR 结果

Asset	$\beta$	每日平均回报	Treynor 比率
AAPL	1.2256	0.0006	0.0005
SPY	1.0000	0.0004	0.0003

### 结果分析:

**AAPL 的  $\beta$  值: 1.2256** AAPL 的  $\beta$  值大于 1, 表示其相对于市场的波动性更大, 即 AAPL 的回报变化大于市场的回报变化。

**SPY 的  $\beta$  值: 1.0000** 由于 SPY 是一个指数基金, 代表市场的整体表现, 因此其  $\beta$  值为 1。它的波动性与市场完全一致。

**AAPL 的 Treynor 比率: 0.0005** 表明每单位的系统性风险 ( $\beta$ ) 所带来的回报是相对较小的。由于 AAPL 的  $\beta$  比 SPY 更大, 所以它的 Treynor 比率自然也比 SPY 更高。

**SPY 的 Treynor 比率: 0.0003**, 表示它的系统性风险调整后的回报相对较低, 因为 SPY 的  $\beta$  值是 1, 代表市场的风险。

### 【代码 1.6】Jensen's alpha

沿用【代码 1.1】*Sharpe ratio (SR)* 的数据集, 经过计算每日收益率、回归分析来计算  $\beta$ 、计算每个资产的平均回报等步骤计算 Jensen's Alpha, **得到结果: AAPL 的 Jensen's Alpha: 0.0002**。

Jensen's Alpha 为正, 意味着 AAPL 的回报超出了 CAPM 模型预期的回报。这表示 AAPL 的风险调整后回报相对于市场回报 (根据 CAPM 模型计算) 有轻微的超额收益。

### 【代码 1.7】APT

通过多个因子来预测资产的期望回报: 通过回归分析来计算超额收益 (MSFT、AAPL、GOOGL), 回归模型估计每个因子的敏感度  $\beta_{ik}$  以及因子的风险溢价  $\lambda_k$

**得到结果:**

**结果分析:**

#### 1. MSFT (微软)

**R-squared: 0.639** 表示模型可以解释 63.9% 的超额回报波动。这表明宏观经济因素对 MSFT 超额回报的解释能力较强。



表 4: APT 数据集

	角色	作用
AAPL, MSFT, GOOGL	股票回报数据（因变量）	计算每只股票的回报率，作为回归模型的因变量
market_data	市场回报（风险因子）	用于计算市场回报率，作为回归模型中的第一个因子
risk_free_rate	无风险利率	用于计算市场风险溢价（市场回报减去无风险利率）
inflation_rate	通货膨胀率（风险因子）	作为额外的风险因子，参与回归分析
gdp_data	GDP（风险因子）	作为额外的宏观经济风险因子，参与回归分析
unemployment_rate	失业率（风险因子）	作为额外的宏观经济风险因子，参与回归分析

MSFT回归结果:

OLS Regression Results						
Dep. Variable:	Excess_Return_MSFT	R-squared:	0.639			
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.583			
Method:	Least Squares	F-statistic:	11.49			
Date:	Tue, 21 Jan 2025	Prob (F-statistic):	1.66e-05			
Time:	16:50:52	Log-Likelihood:	184.36			
No. Observations:	31	AIC:	-198.7			
Df Residuals:	26	BIC:	-191.5			
Df Model:	4					
Covariance Type:	nonrobust					
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
const	0.1637	0.071	2.309	0.029	0.018	0.309
GS10	-0.0081	0.002	-3.779	0.001	-0.013	-0.004
UNRATE	-0.0020	0.001	-2.161	0.042	-0.004	-8.88e-05
CPIAUCSL	-0.0012	0.001	-1.921	0.066	-0.003	8.71e-05
GDP	7.852e-06	4.33e-06	1.815	0.081	-1.84e-06	1.67e-05
Omnibus:	1.749 Durbin-Watson: 1.909					
Prob(Omnibus):	0.437 Jarque-Bera (JB): 0.683					
Skew:	-0.439 Prob(JB): 0.682					
Kurtosis:	3.138 Cond. No. 8.86e+05					

图 7: MSFT 回归结果

AAPL回归结果:

OLS Regression Results						
Dep. Variable:	Excess_Return_AAPL	R-squared:	0.340			
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.249			
Method:	Least Squares	F-statistic:	3.483			
Date:	Tue, 21 Jan 2025	Prob (F-statistic):	0.0289			
Time:	16:50:52	Log-Likelihood:	91.361			
No. Observations:	31	AIC:	-172.7			
Df Residuals:	26	BIC:	-165.5			
Df Model:	4					
Covariance Type:	nonrobust					
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
const	0.1978	0.108	1.833	0.078	-0.024	0.428
GS10	-0.0042	0.003	-1.278	0.213	-0.011	0.003
UNRATE	-0.0020	0.001	-1.444	0.169	-0.005	0.001
CPIAUCSL	-0.0015	0.001	-1.685	0.109	-0.003	0.001
GDP	8.38e-06	6.58e-06	1.273	0.214	-5.15e-06	2.19e-05
Omnibus:	0.463 Durbin-Watson: 1.889					
Prob(Omnibus):	0.797 Jarque-Bera (JB): 0.447					
Skew:	0.256 Prob(JB): 0.792					
Kurtosis:	2.684 Cond. No. 8.86e+05					

图 8: AAPL 回归结果

GOOGL回归结果:

OLS Regression Results						
Dep. Variable:	Excess_Return_GOOGL	R-squared:	0.352			
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.252			
Method:	Least Squares	F-statistic:	3.527			
Date:	Tue, 21 Jan 2025	Prob (F-statistic):	0.0199			
Time:	16:50:52	Log-Likelihood:	91.889			
No. Observations:	31	AIC:	-173.8			
Df Residuals:	26	BIC:	-166.6			
Df Model:	4					
Covariance Type:	nonrobust					
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
const	0.1802	0.106	1.708	0.101	-0.038	0.398
GS10	-0.0042	0.003	-1.921	0.066	-0.013	0.008
UNRATE	-0.0009	0.001	-0.637	0.528	-0.004	0.002
CPIAUCSL	-0.0014	0.001	-1.474	0.152	-0.003	0.001
GDP	8.86e-06	6.47e-06	1.371	0.182	-4.41e-06	2.22e-05
Omnibus:	0.158 Durbin-Watson: 1.842					
Prob(Omnibus):	0.924 Jarque-Bera (JB): 0.136					
Skew:	0.127 Prob(JB): 0.934					
Kurtosis:	2.888 Cond. No. 8.86e+05					

图 9: GOOGL 回归结果

**常数项 (const):** 0.1637 表示当所有宏观经济因素为零时，MSFT 的预期超额回报为 16.37%。

**无风险利率 (GS10):** -0.0081（10 年期国债收益率）的系数为负，表示无风险利率上升时，MSFT 的回报会减少。每增加 1 个基点（即 0.01%）的无风险利率，MSFT 的超额回报将减少 0.0081。

**失业率 (UNRATE):** -0.0020 对 MSFT 回报有显著的负向影响，P 值为 0.042，表明失业率上升时，MSFT 的回报会下降。

**通货膨胀率 (CPIAUCSL):** -0.0012 对 MSFT 回报有负向影响，P 值为 0.066，接近常规显著性水平（0.05），表明它可能对 MSFT 回报产生一定影响，但影响较小。

**GDP 增长 (GDP):** 7.852e-06 GDP 的影响对 MSFT 超额回报较小，但系数为正（7.852e-06），表示 GDP 增长对 MSFT 的回报有轻微的正向影响，P 值为 0.081，接近 0.05，

表明这一影响可能在某些情况下显著。

**统计显著性:**

**P 值:** 无风险利率 (GS10) 和失业率 (UNRATE) 的影响具有显著性, P 值小于 0.05。通货膨胀率和 GDP 的影响接近显著性 (P 值接近 0.05)。

**Durbin-Watson:** 1.909, 表明回归模型没有明显的自相关问题。

## 2. AAPL (苹果)

**R-squared:** 0.349 表示模型可以解释 AAPL 超额回报波动的 34.9%。这表明宏观经济因素对 AAPL 超额回报的解释能力较弱。

**常数项 (const):** 0.1978 表示当所有宏观经济因素为零时, AAPL 的预期超额回报为 19.78%。

**无风险利率 (GS10):** -0.0042 负系数表明无风险利率上升时, AAPL 的回报会减少, 然而 P 值为 0.213, 表明这一影响在统计上并不显著。

**失业率 (UNRATE):** -0.0020 对 AAPL 超额回报的影响不显著 (P 值 = 0.169), 表明失业率对 AAPL 的回报影响较小。

**通货膨胀率 (CPIAUCSL):** -0.0015 CPI 的负系数表明通货膨胀率上升时, AAPL 的回报会下降, 但 P 值为 0.149, 表示这一影响不显著。

**GDP 增长 (GDP):** 8.38e-06 GDP 对 AAPL 的影响也不显著 (P 值 = 0.214), 说明 GDP 增长对 AAPL 的回报影响微弱。

**统计显著性:**

**P 值:** 大部分宏观经济因子 (如无风险利率、失业率、通货膨胀率和 GDP) 的影响不显著 (P 值较大), 表明这些因子对 AAPL 超额回报的影响较小。

**Durbin-Watson:** 1.809, 表明模型没有显著的自相关问题。

## 3. GOOGL (谷歌)

**R-squared:** 0.352 表示模型可以解释 GOOGL 超额回报波动的 35.2%。与 AAPL 相比, 这个值稍微更高, 但仍表明宏观经济因素对 GOOGL 超额回报的解释能力较弱。

**常数项 (const):** 0.1802 表示当所有宏观经济因素为零时, GOOGL 的预期超额回报为 18.02%。

**无风险利率 (GS10):** -0.0062 GS10 对 GOOGL 的回报有负向影响, P 值为 0.066, 接近 0.05, 表明无风险利率的变化对 GOOGL 超额回报有一定影响。

**失业率 (UNRATE):** -0.0009 对 GOOGL 的回报影响不显著 (P 值 = 0.530), 表明失业率对 GOOGL 的回报没有明显影响。

**通货膨胀率 (CPIAUCSL):** -0.0014 CPI 对 GOOGL 回报的影响不显著 (P 值 = 0.152), 表明通货膨胀率对 GOOGL 超额回报的影响较小。

---

**GDP 增长 (GDP):**  $8.868e-06$  GDP 对 GOOGL 的影响也不显著 (P 值 = 0.182), 意味着 GDP 的变化对 GOOGL 超额回报没有显著影响。

**统计显著性:**

**P 值:** 无风险利率的影响接近显著性 (P 值 = 0.066), 但其他宏观经济因子的影响并不显著。

**Durbin-Watson:** 1.842, 表明模型没有显著的自相关问题。

**总结:**

1. **MSFT (微软)** 的回报受宏观经济因素的影响较大, 尤其是无风险利率 (GS10) 和失业率 (UNRATE)。这些因子的影响是显著的, 表明 MSFT 的回报与这些宏观经济因素密切相关。

2. **AAPL (苹果) 和 GOOGL (谷歌)** 的回报对宏观经济因子的反应较小。大多数宏观经济因子 (如无风险利率、失业率、通货膨胀率和 GDP) 的影响在统计上不显著, 表明它们对这两只股票的回报影响较弱。

从回归结果来看, MSFT 受宏观经济因素影响的程度更大, 而 AAPL 和 GOOGL 受这些因素的影响较小, 可能需要更多的公司特定因素来解释它们的回报波动。

---

## PART TWO:Quantitative Analysis (定量分析)

### CHAPTER 2:Fundamentals of Probability (概率论基础)

---

## CHAPTER 3: Fundamentals of Statistics (统计学基础)

# CHAPTER 4:Monte Carlo Methods(蒙特卡洛方法)

## 【代码 4.1】GBM(几何布朗运动)

选取 AAPL 2023.1.1 到 2024.1.1 真实的股票数据进行，该数据集包含 AAPL 股票在多个交易日内的历史数据，包括每个交易日的开盘价、收盘价、最高价、最低价和成交量等信息。

经过数据预处理和清理、计算日收益率、设置模拟参数等步骤，模拟了 3 条股票价格路径，通过几何布朗运动模型生成未来股价。  
得到结果：

表 5: 模拟价格路径数据

Step	Uniform	Normal	Price Increment	Price
0	-	-	-	191.5914
1	0.186853	-0.000515	-0.000983	191.8812
2	0.067704	-0.000876	0.000381	191.6972
3	0.608220	-0.000409	0.000790	191.8734
4	0.775236	-0.000409	0.000361	191.8357
5	0.450333	0.000837	-0.000307	191.8812
...	...	...	...	...
99	0.221834	0.000781	-0.001029	191.8343
100	0.421483	0.000985	-0.000902	191.9935

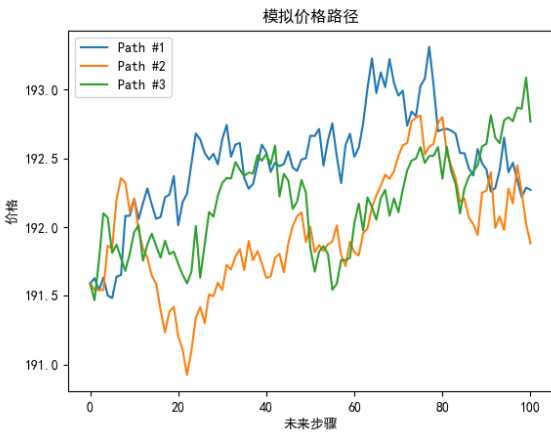


图 10: 模拟价格路径

结果分析：

---

图10，显示了 3 条模拟路径 (Path #1, Path #2, Path #3)，并且从图的趋势来看：  
**股价波动：**

三条路径都展示了明显的波动性。股价有时剧烈波动，有时较为平稳，这显示了市场的随机性和不确定性。

路径 1（蓝色）总体呈现出上涨趋势，路径 2（橙色）和路径 3（绿色）则表现出不同程度的波动和回撤，尤其是在后期。

**模拟路径的差异：**

虽然三条路径的初始价格相同，但由于随机因素（标准正态分布的随机变量），它们在后续的模拟步骤中表现出不同的价格变化。

Path #1 显示出相对更为平稳的增长，而 Path #2 和 Path #3 则经历了一些较大的波动，特别是在第 50 步左右，股价开始出现较大幅度的波动。