

研究通讯

专题研究（供内部交流）

基于傅里叶变换的黄金价格周期性实证研究

发展研究中心 原油贵金属小组

电话: 020-85590051

E-Mail: liuqingli@gf.com.cn

摘要:

黄金是一种稀有的贵金属,在人类社会漫长的商品经济发展历程中,作为货币充当着一般等价物的功能。马克思说“金银天然不是货币,但货币天然金银”。第二次世界大战之后,以美元作为唯一国际货币的布雷顿森林体系建立,各国央行以35美元/金衡盎司的价格从美联储自由买卖黄金,黄金价格进入了30年左右的稳定期。20世纪70年代初布雷顿森林体系崩溃之后,黄金定价机制发生改变,即由布雷顿森林体系设定的黄金和美元间的固定比价机制,开始转变为世界范围内黄金现货供给和需求均衡黄金商品属性范畴的价格形成机制,以及黄金市场投资和投机的黄金货币属性范畴的价格形成机制。

本文以1972年1月-2019年7月期间伦敦市场现货黄金的日频和月频数据为样本,采用傅里叶变换识别分离黄金价格变动背后的周期因子。我们发现:

首先,无论利用日频还是月频数据,黄金价格背后均存在稳定的四个周期因子,分别是约34~36年的长周期,约15~16年的中周期,约6.5年的中短周期以及约3.5年的短周期;

其次,在长期视角下,黄金价格周期因子的稳定性较好。移动数据时间窗口后,周期因子变化不大。当以1972年-2009年为样本(样本缩小10年)进行考察时,我们发现黄金价格的周期因子变化幅度较小,幅度变化最大的周期因子变化仅为3.67%,而对应的时间窗口缩短了25%;

最后,美元指数周期与黄金价格周期之间存在契合的共周期性,美元指数的变化周期与黄金价格的周期基本吻合,表明这两者之间在中长期来看确实存在紧密且负向同步的关系。

沪金主连



COMEX 黄金主连



相关报告

目录

1.黄金价格周期性变化复盘.....	1
(1) 第一阶段, 固定官价.....	1
(2) 第二阶段, 市场化定价.....	1
2.从周期理论看黄金价格周期性变动	3
(1) 周期理论介绍.....	3
(2) 周期理论分析的局限性.....	3
(3) 本专题的结构.....	4
3.傅里叶变换简介.....	4
4.黄金价格变化周期性实证结果	5
(1) 基于全样本的黄金价格周期性实证结果.....	5
(2) 基于部分子样本的黄金价格周期性实证结果.....	7
5.与黄金相关性最高的美元指数周期性	8
6.总结.....	9
免责声明.....	11

黄金是一种稀有的贵金属，在人类社会漫长的商品经济发展历程中，曾作为货币充当着一般等价物的功能。马克思说“金银天然不是货币，但货币天然就是金银”。历史发展到今天，黄金兼具多重属性，既有类似于一般商品的商品属性，在通胀来临时具备一定的抗通胀能力；同时，也具备货币属性，当全球货币信用遭受冲击时，能够“天然”的成为货币背后强有力的背书；此外，黄金作为一种零息资产，具有金融属性，在当下负利率资产盛行的国际市场上，也成为了投资者资产配置不可或缺的重要组成部分。

20 世纪 70 年代初布雷顿森林体系崩溃之后，黄金价格定价机制发生改变，形成了由布雷顿森林体系设定的黄金和美元间的固定比价机制，开始转变为世界范围内黄金现货供给和需求均衡黄金商品属性范畴的价格形成机制，以及黄金市场投资和投机的黄金货币属性范畴的价格形成机制。随着黄金定价机制的切换，黄金价格在之后的 40 多年间走出了大起大落的行情。

1. 黄金价格周期性变化复盘

(1) 第一阶段，固定官价

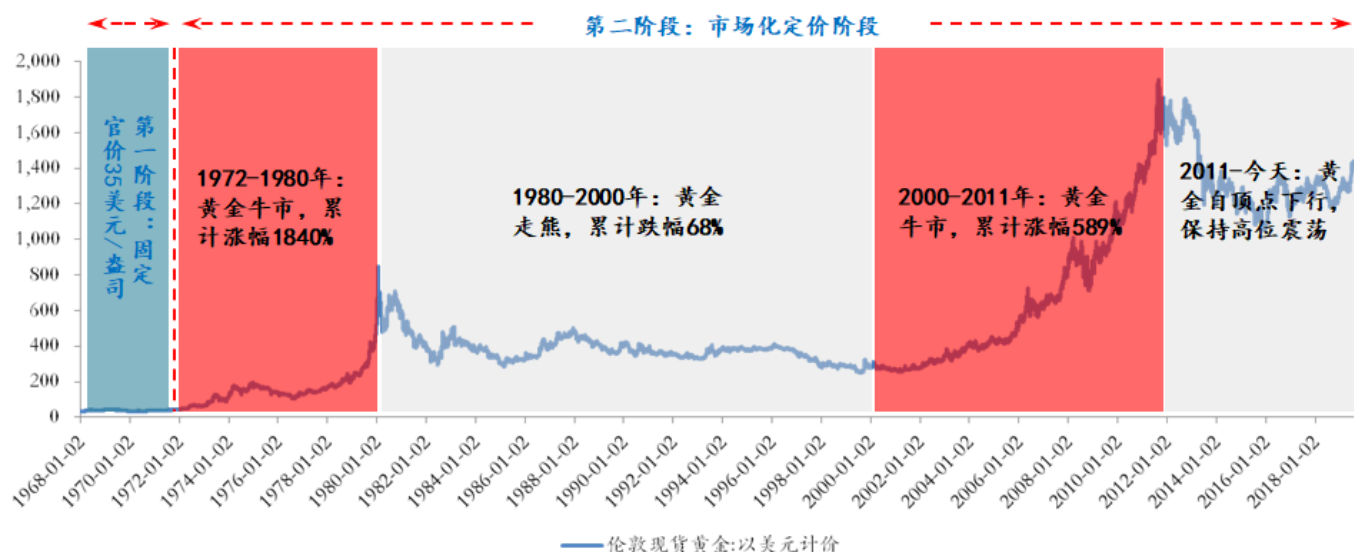
二战结束前夕，1944年7月，西方主要国家的代表在联合国国际货币金融会议上确立了布雷顿森林体系。在布雷顿森林体系的框架下，美元与黄金挂钩，各国央行以官价35美元/金衡盎司的价格从美联储自由买卖黄金。这一时期，黄金价格保持稳定，成为美元背后的价值锚定，主要表现为黄金的货币属性。但布雷顿森林体系有着天生的缺陷，存在“特里芬两难”问题，即美元信用扩张的步伐远快于美联储黄金储备增长的速度，随着美国国际收支逆差的不断扩大，美元信用力不断下降。1971年7月第七次美元危机爆发之后，尼克松政府于8月15日宣布实行“新经济政策”，停止履行外国政府或中央银行可用美元向美国兑换黄金的义务。同年12月《史密森协定》达成，美元对黄金贬值，美联储拒绝再向国外中央银行出售黄金。至此，美元与黄金挂钩的体制名存实亡，布雷顿森林体系崩塌，黄金结束了漫长的27年固定官价过程。

(2) 第二阶段，市场化定价

自布雷顿森林体系崩溃后，黄金进入了市场化定价阶段，这一阶段，黄金的定价机制开始转变为世界范围内黄金现货供给和需求均衡黄金商品属性范畴的价格形成机制，以及黄金市场投资和投机的黄金货币属性范畴的价格形成机制。

从长周期视角来看，这一阶段包括2轮为期大约10年的黄金牛市和1轮为期大约20年的黄金熊市。具体来看，从1972年-1980年，黄金价格突破固定官价的束缚，叠加石油危机，美国通胀高企，伦敦现货黄金价格由43美元/盎司剧烈上涨到850美元/盎司，累计涨幅达1840%；而后，黄金价格迎来了一轮20年大调整，从1980年-2000年，伦敦现货黄金价格由850美元/盎司下跌到275美元/盎司，累计跌幅达68%；经历了漫长熊市之后，黄金再次走出牛市行情，从2000年-2011年，伦敦现货黄金价格由275美元/盎司上涨到1895美元/盎司，累计涨幅达589%；之后，伦敦现货黄金价格从最高1895美元/盎司一路回落，目前保持高位震荡态势。

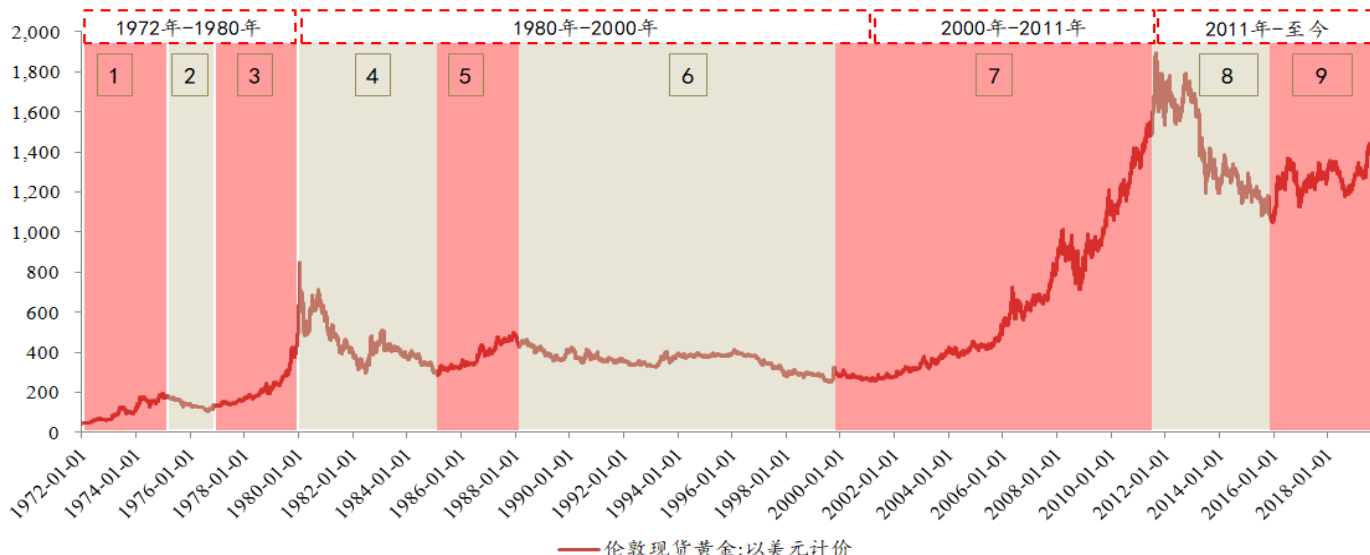
图1：长期视角下黄金的周期性变化



数据来源：wind，广发期货发展研究中心

同时，我们继续观察可以发现，在黄金的每一轮长期趋势中，还包含着若干中短周期。尽管如此，从图2可以看出，中短期趋势最短（1974年-1976年）也超过了2年，而最长的中短期趋势则持续了10余年（1988年-2000年）。因此，黄金价格的变化趋势表现为长期性，即一旦一轮行情开启，其持续的时间都是以年为计量单位，同时，这也映射出驱动黄金价格变动的背后因素具有长周期性特点。

图2：长期视角下黄金的周期性变化



数据来源：wind，广发期货发展研究中心

在每一个中短周期内，来自多方面的宏观因素是左右黄金价格走势的重要力量，这些宏观的因素往往包括经济增长状况、货币政策变化、地缘政治的演变等等。有关黄金价格每一个中短周期背后具体的驱动因素，本文暂时不做过多的分析，仅在表1中罗列每一段周期背后的宏观背景。

表 1：黄金价格周期性变化背后的宏观背景

长周期	中短周期	涨跌幅	宏观背景
1972-1980 年	(1) 1972.01~1974.12	346.13%↑	布雷顿森林体系崩溃；第一次石油危机，美国经济恶化
	(2) 1974.12~1976.09	46.74%↓	美国经济缓慢修复，美元指数阶段性走强
	(3) 1976.09~1980.01	717.24%↑	第二次石油危机；美国经济陷入滞胀，美元走弱，CPI 高企
1980-2000 年	(4) 1980.01~1985.02	66.56%↓	美联储主席沃克尔上任，美国货币收缩，利率大幅上升
	(5) 1985.02~1987.12	75.81%↑	广场协议，美元贬值；美国通胀下滑，美联储降息，美元指数暴跌
	(6) 1987.12~1999.09	48.81%↓	亚洲金融危机；，美国经济平稳，低通胀，互联网经济兴起
2000-2011 年	(7) 1999.08~2011.09	640.67%↑	1999 年欧元正式诞生；美国次贷危机，美联储量化宽松
2011-2019 年	(8) 2011.09~2015.12	44.06%↓	欧债危机爆发；该阶段后期，美国逐步退出量化宽松
	(9) 2015.12~至今	35.82%↑	英国脱欧，欧洲经济增速疲软

数据来源: Wind 广发期货发展研究中心

2.从周期理论看黄金价格周期性变动

(1) 周期理论介绍

有关经济周期的划分，一直也是学术界争论不已的话题，不同的流派有不同的周期划分标准。我们在上一个专题《黄金价格的影响因素》当中提及所依据的经济周期主要是熊彼特的综合经济周期理论，包括康德拉季耶夫周期长周期、朱格拉周期中周期以及短期库存周期。

在经济周期的不同阶段，黄金价格表现迥异。同时，我们也对于黄金目前所处的周期阶段做了一个定性的判断，即从康德拉季耶夫长周期的角度来看，现在经济大概率处于新一轮长周期的后半期，黄金价格高位运行下的大涨大跌注定是最近10年的基本格调。而从朱格拉周期（固定资产或者设备的投资周期）来看，金价与设备投资周期并未有显著的关系，但在朱格拉周期下降时金价大概率会有上涨。同时，我们也发现长期来看，黄金和白银的走势基本相同，其本身存在明显的周期，均为约长达10年的上涨期（期间经历一个大波峰），长达20年的下降期。

(2) 周期理论分析的局限性

周期理论是诸多学者基于历史经济数据统计分析，再结合人类社会经济发展的一般规律总结而出的一套分析理论。周期理论背后有着严密的逻辑体系支撑，是我们分析人类社会经济发展长期趋势的有力武器。但与此同时，在某些方面，周期理论也存在着一些局限性。

首先，理论分析主观性较强，在区分黄金价格周期时，仅仅是根据价格的历史数据人为的划分周期，周期的起止点、长度、层次划分往往都是主观性的认定。同时，机械的认为周期的长度是固定的，不随时间而改变，但实际上，周期背后的驱动因素会随着社会的变革、技术的进步以及生产

效率的提高而不断的变化，在一个较长的时期内，周期也可能发生变化。

其次，周期理论分析不能揭示价格背后的多周期复合作用的本质。如果黄金的价格确实存在周期，那么很可能是若干不同振幅和频率周期因子叠加的结果。在某些时段，不同频率周期元素之间可能是互相强化，导致牛市或者熊市，例如1975年-1980年，石油危机导致通胀高企，美国经济处于滞胀状态，美元指数走低等等因素叠加形成黄金大牛市；而在其他一些时段，这些周期元素之间可能是相互抵消，导致黄金价格一段时间内波动率较低。例如，1986年-2000年间，黄金价格经历了15年的低迷期，在此期间，黄金价格波动率很小。

最后，无法把不同的周期元素分离出来进行定量分析。利用周期理论进行分析时，无法定量的描述不同的周期因素叠加起来对黄金价格的影响。例如，当长周期、中周期和短周期分别处于不同趋势时，传统的理论分析方法就很难分析出后续黄金价格的走势，仅仅能给出一个模糊而定性的描述。

(3) 本专题的结构

在前一个专题《黄金价格的影响因素》中，我们提出了从周期的视角看黄金的价格变动的观点，但鉴于传统周期理论的不足，我们尝试利用数学模型以及计算机技术来对这一问题进行更为深入的研究。本文结构如下：

在第一和第二部分中，我们对黄金价格变化周期做一个复盘，并回顾周期理论对于黄金价格变化趋势的判断；在第三部分中，我们先将傅里叶变换技术及其应用先做一个简单的介绍；在第四部分中，我们尝试利用傅里叶变换分离1972年-2019年这段区间的黄金价格背后所隐藏的周期性波动因素。同时，我们尝试对不同时间段的数据再次进行周期提取，以验证周期因是否稳定；在第五部分中，我们尝试对美元指数的周期性进行分析，进而与黄金价格的周期性做一个比对分析。第六部分中，我们针对前述的分析做一个总结，并给出我们下一步的展望。

3.傅里叶变换简介

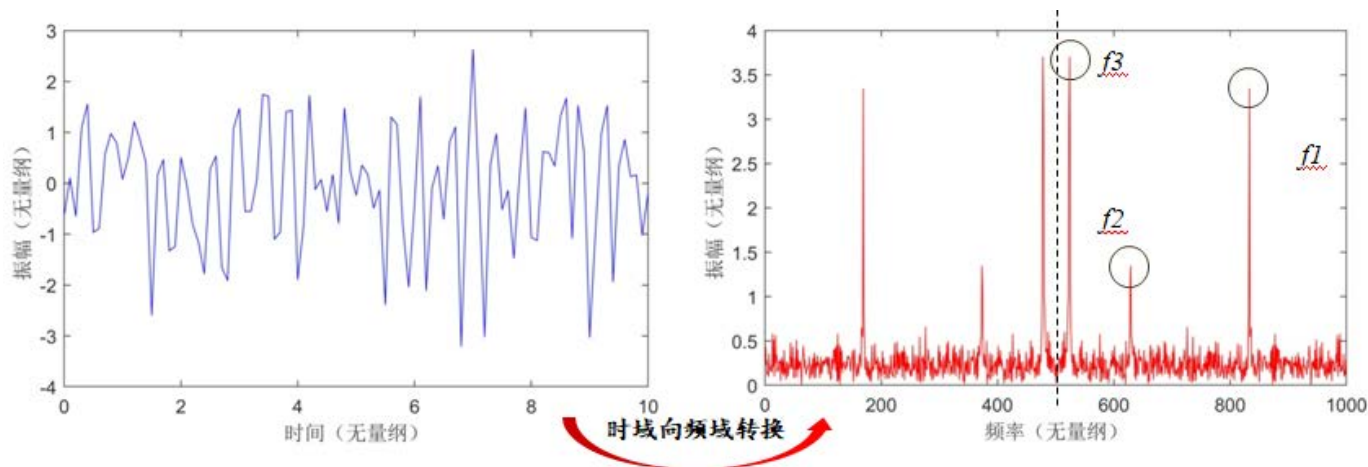
傅里叶是一位著名的法国数学家和物理学家，其发现和证明了傅里叶级数，即任何周期函数 $f(x)$ 都可以用正弦函数 $\sin(x)$ 和余弦函数 $\cos(x)$ 构成的无穷级数来表示，而傅里叶级数正是傅里叶变换的数学理论基础：

$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos \frac{n\pi x}{l} + b_n \sin \frac{n\pi x}{l})$$

其中， a_n 和 b_n 分别是所对应的余弦和正弦周期元素的振幅， a_0 是常数项。

基于傅里叶级数而发展起来的傅里叶变换（Fourier Transform）是一种信号分析的方法，可以将连续信号或者离散信号拆分成为固定频率的正弦或者余弦成分，也可反过来用这些成分合成初始信号。因此，傅里叶变换的本质是从时域分析的框架转向了频率分析的框架。以图3为例，在时域中看似毫无规律可言的信号，反映到频谱图中却一目了然，仅仅是三个频率信号周期叠加的结果。

图3：离散信号时域和频域之间的转换



数据来源:Wind, 广发期货发展研究中心

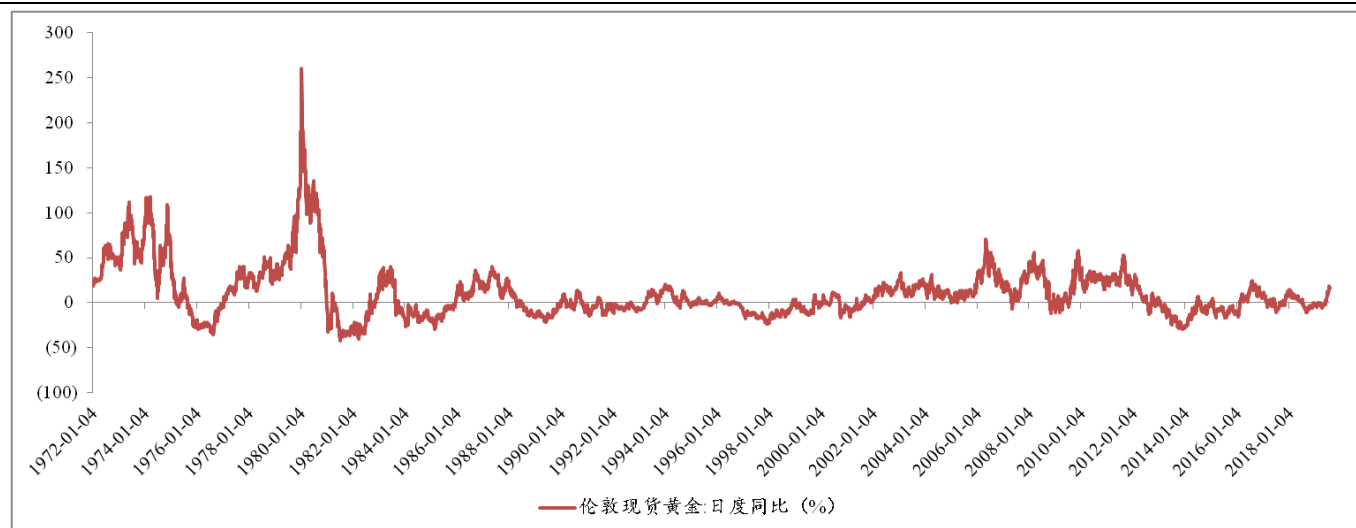
傅里叶变换在物理学、电子类学科、信号处理、统计学、密码学、声光学、结构动力学等领域都有着广泛的应用。在不同的研究领域，傅里叶变换具有多种不同的变体形式，如连续傅里叶变换和离散傅里叶变换。本文利用的是离散傅里叶变换，即通过傅里叶变换从离散的日频和月频黄金价格数据中分离出黄金价格变动背后的周期因子。

4. 黄金价格变化周期性实证结果

(1) 基于全样本的黄金价格周期性实证结果

考虑到布雷顿森林体系崩溃之前黄金价格恒定在35美元/盎司的水平，本文剔除这部分时间的黄金价格数据，而是取1972年1月1日到2019年7月31日的数据作为研究对象。为了更好的观察黄金价格变化的周期性，我们先对数据进行同比处理，得到黄金价格变动的同比价格序列，分为日频和月频两种频率。同时，由于日频和月频数据同比序列图形形态一致，此处本文仅给出日频数据的图形。

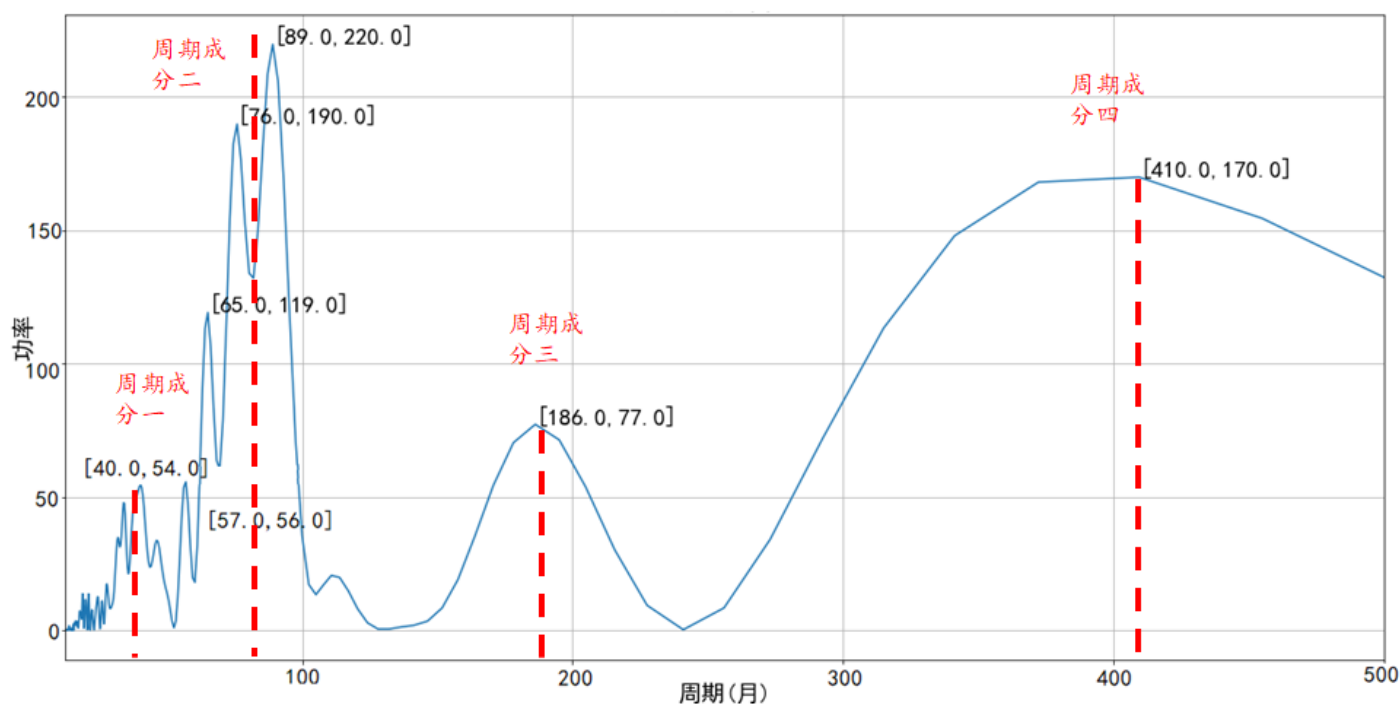
图4：1972年-2019年黄金价格日频同比变化



数据来源:Wind, 广发期货发展研究中心

从价格同比序列的形态来看, 1975-1980年黄金牛市仍然十分明显, 这是由于这一轮牛市黄金价格上涨的速度较快, 而2000年-2011年的黄金牛市看起来显得较为平缓, 这是由于这一轮黄金牛市走的时间较长, 且整体上涨幅度不及上一轮牛市。同时, 我们也可以看到在1986年-1999年这段时间内, 黄金价格的波动被放大了, 这也有利于考察期变化周期。进而, 我们先利用月频价格同比序列进行傅里叶变换, 其结果如下图5所示:

图5: 基于月频数据的黄金价格傅里叶变换结果(全样本)



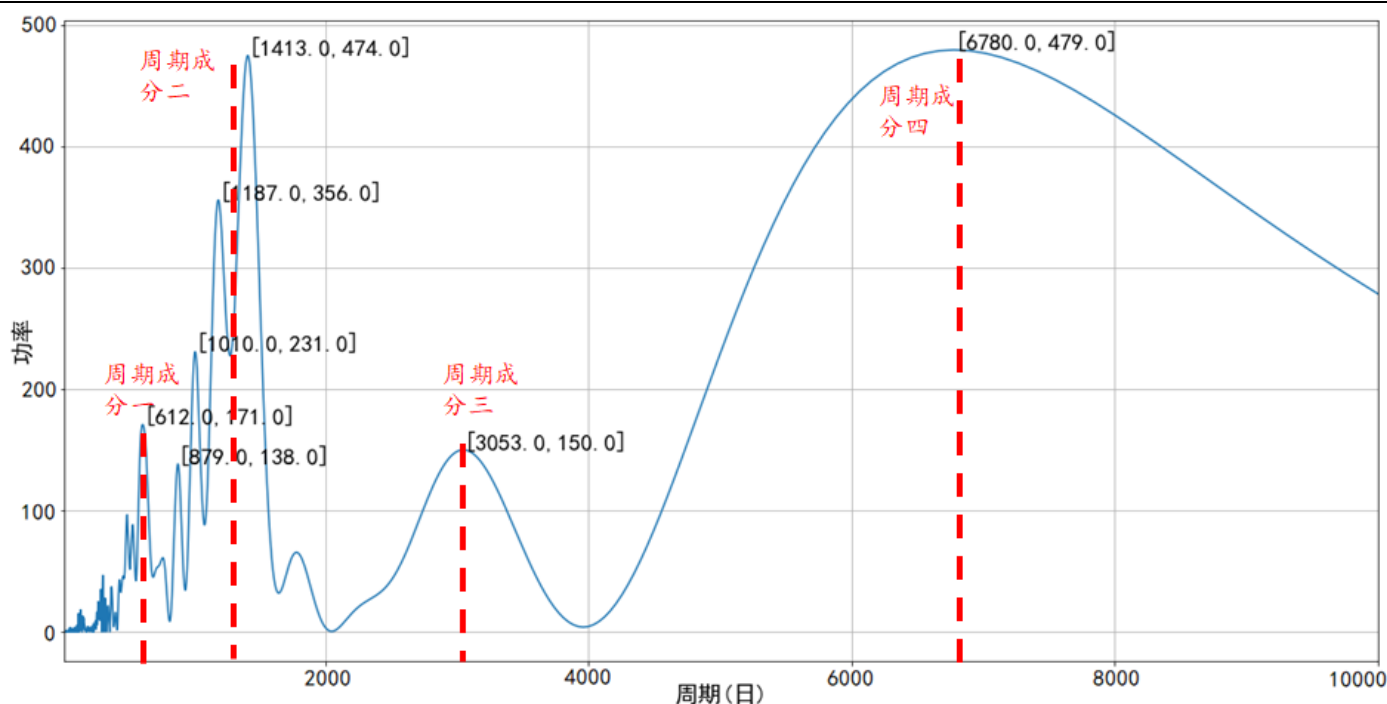
注: 方括号内第一个数字代表周期(月), 第二个元素代表该周期元素的强度。

数据来源: Wind, 广发期货发展研究中心

从图5中我们可以看到全样本47年的数据背后存在明显的四种周期性元素。信号最强的周期是在77个月附近, 折合为6.4年(考虑到这附近的信号噪音, 故而采用信号强度加权的方式计算: $(89 \times 220 + 76 \times 190 + 65 \times 119 + 57 \times 56) / (220 + 190 + 119 + 56) = 76.83$ 个月); 次之为410个月附近的长周期, 折合为34.2年; 再者是186个月的中周期, 折合为15.5年; 最后是40个月附近的短周期, 折合为3.3年。因此, 按时间长短来看, 黄金价格变动背后的周期分别是34.2年、15.5年、6.4年以及3.3年, 其中6.4年以及34.2年的周期强度最大。

与此同时, 由于月频数据采取的是一个月中黄金价格的均值, 因此, 可能一定程度上存在“削峰填谷”的效应, 所以, 我们再使用日频数据进行傅里叶变换, 其结果如图6所示。

图6：基于日频数据的黄金价格傅里叶变换结果(全样本)



注：方括号内第一个数字代表周期（日），第二个元素代表该周期元素的强度。

数据来源：wind，广发期货发展研究中心

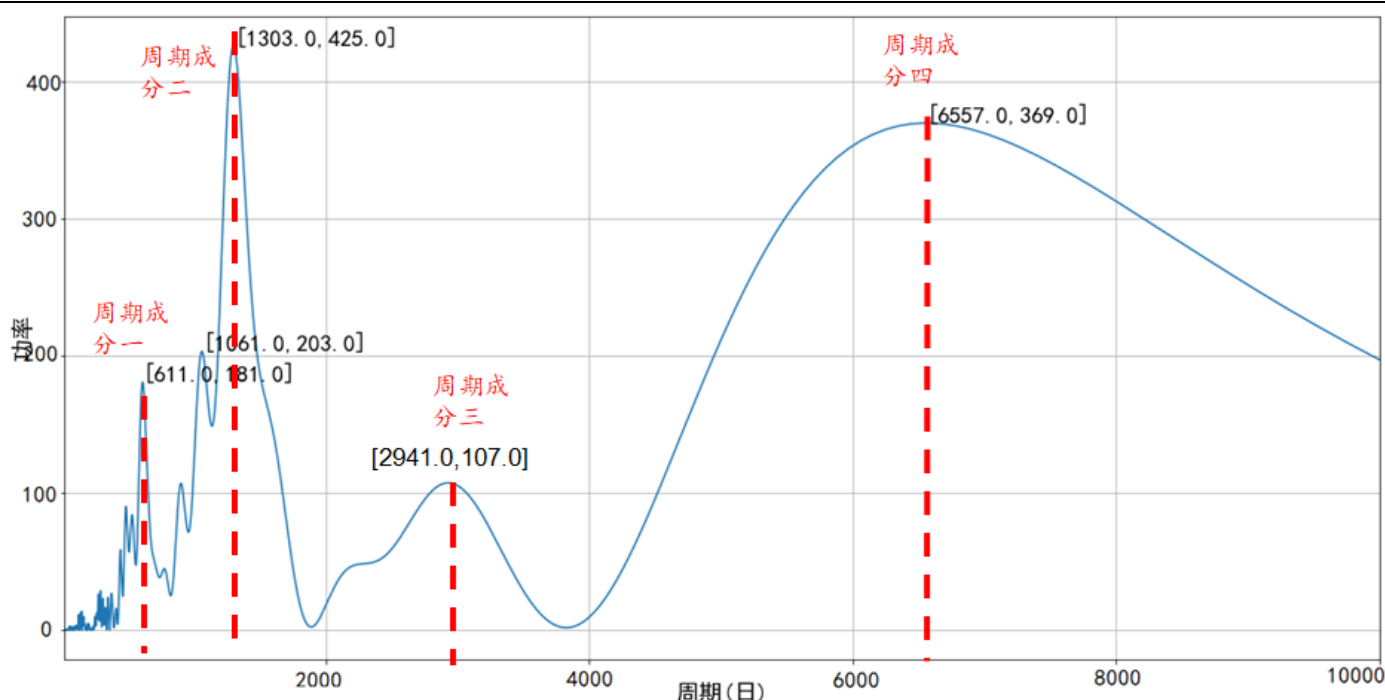
图6的形态与图5基本一致，首先，信号强度最强的是长周期成分6780天，折合36.1年（47年的日频数据中，每一年平均包含188个有效交易日）；其次是周期成分1207天，折合6.4年；再者是周期成分3053天，折合16.2年；最后是短周期612天，折合3.3年。因此，按时间长短来看，黄金价格变动背后的周期分别是36.1年、16.2年、6.4年以及3.3年，其中6.4年以及36.1年的周期强度最大。

通过对比日频数据和月频数据的分析结果，我们发现两者得出的周期元素是基本吻合的，误差小于5%。那么，从纯数据的角度来看，我们基本可以得出结论：黄金价格存在一个较长周期，大约为34~36年，中周期大约15~16年，中短周期约6.5年，短周期约3.5年

（2）基于部分样本的黄金价格周期性实证结果

与此同时，我们尝试研究当样本长度变化时，在长期的视角下，周期因子是否能够较为稳定。对此，我们把样本的长度缩短了25%，即设定数据时间范围为1972年01月-2009年01月，并再次对黄金价格同比序列进行傅里叶变换处理，结果如图7所示：

图7：基于日频数据的黄金价格傅里叶变换结果（1972.01-2009.01）



注：方括号内第一个数字代表周期（日），第二个元素代表该周期元素的强度。

数据来源：Wind，广发期货发展研究中心

当以1972年-2009年为样本（样本缩小10年）进行考察时，我们发现黄金价格的周期因子变化幅度较小，四个周期因子变化幅度依次为：-0.16%、-1.94%、-3.67%以及-3.29%，而相对应的时间窗口缩短了23.5%。换言之，随着取样范围的大幅变动，黄金价格背后的周期因子却表现稳定，变化幅度不大。因此，我们认为在长期视角下，黄金周期因子的稳定性较好，这有利于从周期的视角来分析黄金价格的变动规律。

5.与黄金相关性最高的美元指数周期性

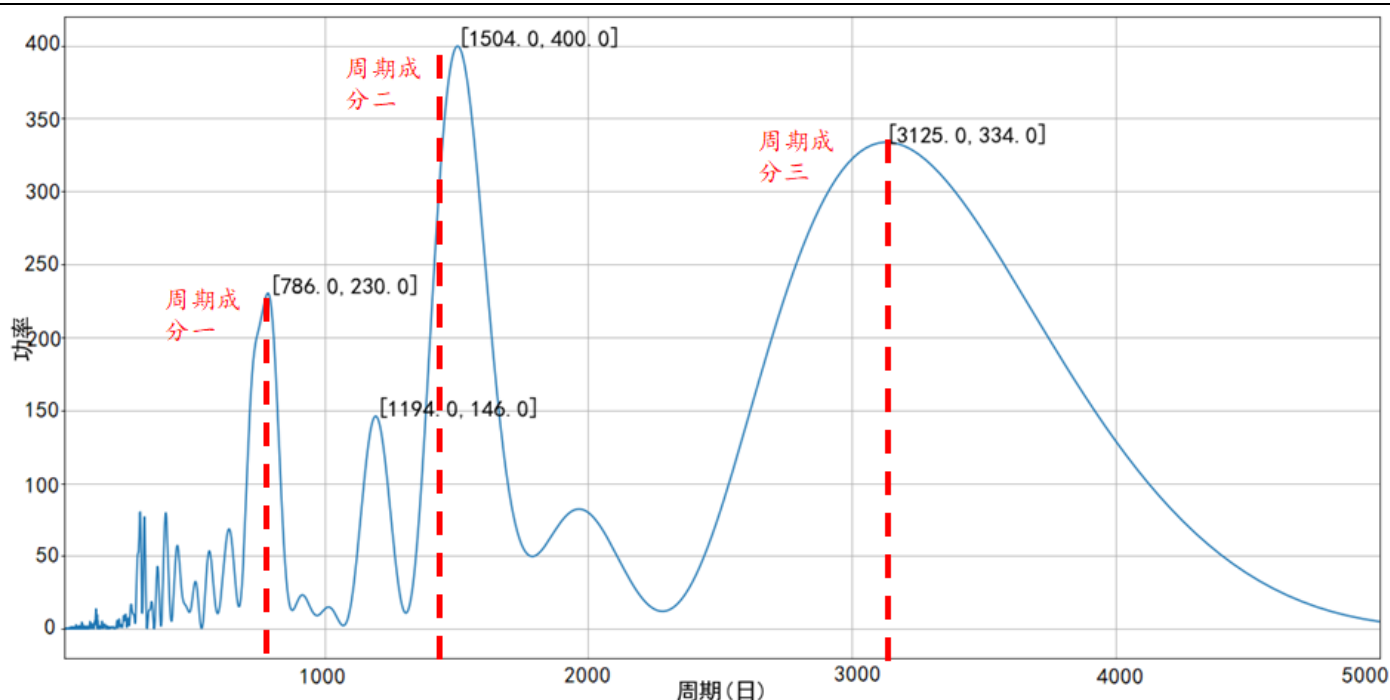
在贵金属的分析框架中，我们认为贵金属其本质是全球货币体系的信用对标，而作为主要的国际货币，美元又是全球货币体系的核心。美元作为贵金属的标价货币，美元指数的强弱与贵金属价格的走势之间存在密切联系。美元指数的强弱是由美国经济实力以及美联储货币政策取向所决定的。从横向来看，当美元强于美元指数构成货币时，黄金价格往往走低，而当美元式弱时，黄金价格往往走高；从纵向来看，美元每年以CPI的速率逐渐贬值，随着美元的贬值，黄金中枢缓慢抬升，美元相较于历史的强弱决定了黄金的绝对高度。

我们考察自1972年以来美元指数和黄金价格之间的关系可以发现，现货黄金价格和美元指数之间相关性高达-0.7。黄金是全球货币体系的对标资产，自布雷顿森林体系崩溃之后，全球货币看似与黄金完全脱钩，但实质上，黄金的货币属性从未消失，仍然是隐藏于全球货币信用背后的对标。与此同时，美元作为全球主要的国际货币，其强弱和黄金价格之间存在着密切关系。一般而言，在美元走强的长周期中，黄金或牛市终结，或价格表现低迷，例如1980-1985年美元走强，而黄金牛市崩塌；而当美元长期式弱时，黄金价格往往迎来一波牛市，例如1999年之后，欧元诞生挑战美

元全球货币的低位，美元指数式弱，黄金迎来一轮10年大牛市。

因此，从周期的角度来看，我们试图寻找黄金周期与美元周期之间是否存在一定的契合度。仿照对黄金价格的分析方法，我们先对计算美元指数的同比序列，对其进行去趋势处理，进而进行傅里叶变换，其结果如图8所示。我们发现美元指数显著的存在三个周期成分，分别是4.2年、7.7年以及16.8年。显然，从周期的角度来看，美元指数与黄金前三个周期成分相当接近，存在一定的共周期性，这也符合我们提出的“黄金是以美元为代表的国际货币的信用对标”的观点，即两者从逻辑上而言存在着强弱互换的规律。因此，这也就从实证的角度验证了美元指数对于黄金的中长期走势有着较强的解释力度的现象。

图8：基于日频数据的美元指数傅里叶变换结果



注：方括号内第一个数字代表周期（日），第二个元素代表该周期元素的强度。

数据来源：Wind，广发期货发展研究中心

6.总结

本文的研究是对我们上一个专题《黄金价格的影响因素》的补充和延续，这两个专题分别从理论和实证的角度研究了黄金价格变动的周期性。在上一个专题中我们指出黄金在不同的经济周期下有着不同的表现，并指出在我们目前大概率是处于康德拉季耶夫长周期的下半段，黄金价格大概率会维持在一个高位运行；同时，在全球设备投资周期往下的过程中，黄金价格中枢逐步上抬；而从黄金本身的周期来看，目前尚处于牛熊切换的阶段，黄金可能会有高位反复震荡的走势。

继上一个专题的研究，本文假设黄金价格确实存在周期性变化，而非简单的随机游走。进而，采用傅里叶变换研究了黄金以及与之关系密切的美元指数背后的周期因子。我们发现：首先，无论利用日频还是月频数据，

黄金背后均存在稳定的四个周期因子，分别是约34~36年的长周期，约15~16年的中周期，约6.5年的中短周期以及约3.5年的短周期。其次，在长期视角下，黄金周期因子的稳定性较好，移动数据时间窗口后，周期因子变化不大。当以1972年-2009年为样本（样本缩小10年）进行考察时，我们发现黄金价格的周期因子变化幅度较小，幅度变化最大的周期因子变化仅为3.67%，而对应的时间窗口缩短了25%。最后，美元指数周期与黄金周期之间存在契合的共性，美元指数的变化周期与黄金价格的周期基本吻合，表明这两者之间在中长期来看确实存在紧密且反向同步的关系；

进一步展望来看，目前本文仅仅是通过技术手段验证了黄金价格背后的周期因子，但我们没有考虑周期因素自身可能随着时间也会发生变化，因此，本文的处理略显粗糙。所以，接下来我们将尝试利用高斯滤波的方法，缩短数据时间间隔，提高数据频率，并不断的移动数据时间窗口，将主要的周期因子提取出来，通过周期波的叠加，对贵金属未来价格进行滚动预测。

免责声明

本报告中的信息均来源于被广发期货有限公司认为可靠的已公开资料，但广发期货对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。

本报告反映研究人员的不同观点、见解及分析方法，并不代表广发期货或其附属机构的立场。报告所载资料、意见及推测仅反映研究人员于发出本报告当日的判断，可随时更改且不予通告。

在任何情况下，报告内容仅供参考，报告中的信息或所表达的意见并不构成所述品种买卖的出价或询价，投资者据此投资，风险自担。

本报告旨在发送给广发期货特定客户及其他专业人士，版权归广发期货所有，未经广发期货书面授权，任何人不得对本报告进行任何形式的发布、复制。如引用、刊发，需注明出处为“广发期货”，且不得对本报告进行有悖原意的删节和修改。

广发期货有限公司提醒广大投资者：期市有风险 入市需谨慎！

相关信息

广发期货发展研究中心

<http://www.gfqh.cn>

电话：020-38456888

地址：广州市天河区体育西路 57 号红盾大厦 14 楼

邮政编码：510620