北京大学量化交易协会2021级培训

市场基础

市场基础

利率

综述

- 无论什么何种资产，只要涉及未来现金流的现值计算，一定绕不过如何选择相应的折现率。
- 在资产定价中，很多时候需要考虑资金的成本，这涉及到如何选取所需的计价单位和测度。
- 在资金的转移过程中，由于交易主体的不同，涉及的利率产品也不同，利率的选取也不同。
- 本节中介绍常用的利率品种

隔夜利率 Overnight rates

- 定义：银行同业**隔夜**拆借利率（需要承担银行一夜之间倒闭的风险）
  - 银行通常每天需要维持其保证金(reserve)数量达到中央银行的要求，由于实际业务的发生，部分银行的保证金会出现剩余而另一部分银行的保证金会出现短缺，他们可以通过资金需求和供给的匹配完成拆借，这个拆借利率被称为联邦基金利率(Federal funds rate)
  - FFR可以反映银行之间资金的余缺状况
- 美联储进行的加息/降息操作的实质是给定一个联邦基金利率的目标，通过**公开市场操作**来影响银行的储备；如果选择加息，则会通过市场操作（卖出国债、MBS等），从市场抽走流动性，减少银行体系储备，使得银行资金头寸紧张，达到推升利率的目的。
- 而中国会直接给出市场指导利率，例如直接上调金融机构人民币存贷款基准利率。

利率

IBOR

- 定义：银行同业拆借利率（有多种期限）
  - 报价由样本银行给出，由于给出报价的银行主体的信用评级通常较高，IBOR利率通常可以视为AA级以上主体**无担保**货币市场资金拆借利率的参考。
  - IBOR利率同时存在一定问题：
    - 采样银行提供的利率通常是报价，而不是实际市场成交利率
    - 银行间借贷透明度低，难以验证报价数据是否准确
    - 样本银行家数少，市场深度较浅，容易被操纵
  - 目前的IBOR类利率正逐步被市场化程度更高的利率取代，如美元LIBOR从2021年起使用担保隔夜融资利率SOFR替换，日元LIBOR无担保隔夜拆借利率UONCR替换（同时作为OIS参考利率）

Treasury Rates

- 定义：投资国债可以获得的到期收益率
  - 例如US Treasury rates代表美国政府发行**美元债务**为投资者提供的收益率，此类债券进行定价的时候是由本币计价，定价时不需要考虑汇率因素。
  - 通常假设这种政府主权债务不会违约，可以将相应期限的收益率视为无风险收益率
    - 这个假设对于美国国债通常是成立的，但是对于其他经济体不一定成立，例如欧债危机中部分经济体产生违约风险，很多新兴经济体货币财政体系不够稳健发生过债务违约。

利率

回购 Repo

- 持有证券的交易商同意将证券出售给合约的另一方，并在将来以稍高的价格将证券买回。合约中另一方给该交易商提供了资金贷款。证券卖出和买回的差价即为回购利息，相应的利率被称为再回购利率(repo rate)。
  - 回购与IBOR类利率不同，属于有担保的贷款利率。其中涉及的信用风险相较于IBOR类利率更小
    - 如果对手方违约，你手上至少还有做担保的这部分有价证券（通常是国债）
    - 所以同期限的回购利率（例如隔夜回购利率）通常较相应期限的IBOR利率更低。

隔夜利率互换 OIS

- 设想如下情景：一家银行认为3个月内对手方的信用水平可能会有很大下降，不愿意承受另一银行对手方的信用风险，而只愿意在这3个月内每天以隔夜利率进行资金借出交易。
  - 这家银行的等效收益是这三个月期间每天隔夜利率的几何平均
  - OIS就是以这个几何平均作为固定端利率进行互换（浮动端是每天的隔夜利率）
  - OIS面临的信用风险就是这一列隔夜出借存在的信用风险的卷积，相较于直接将资金出借3个月的风险更小

利率

无风险利率

- 从上面的几种利率可以看出，没有概念上的“无风险”利率
  - 国债收益率：持有国债需要考虑税收和监管等因素，使得得出的利率相对较低
    - 银行持有国债不需要资本准备，而需要对其他任意存在风险的投资进行资本准备
    - 国债投资收益不需要交税，而其他低风险投资都需要缴税
  - IBOR类：在08金融危机前，LIBOR被作为无风险利率使用，但是在金融危机期间各个金融机构发现AA类以上主体的信用风险并不可忽略。
  - 目前比较广泛地使用OIS利率作为无风险利率。

- 对于特定的产品，如果能够盯市（mark to market），可以根据相应的数据自己校准（calibrate）出对应产品和期限的隐含贴现率

- 对于算超额收益之类的用法我觉得并不用太纠结取哪个无风险收益率，组合优化之类的如果涉及债券和非标产品可以稍微做精细一些
- 但是部分对利率敏感的信用/利率衍生品在处理贴现率的时候需要非常小心

利率

对于利率敏感产品

- 部分复杂的产品会通过场外（OTC）交易，国际掉期和衍生品协会（ISDA）通常会要求签署信用支持附件（CSA, credit support annex），其中包含场外交易对手双方为潜在违约风险提供担保。
  - 复杂衍生合约通常涉及某类资产在未来的买卖交易，合约的价值会随着基础资产的价格波动而波动，由于此类场外合约通常非标准化同时难以监管，需要以现金（或国债）作为担保（collateral），通常不以其他估值困难的资产（如股票、信用债）作担保。
  - CSA中会表明其中的担保的资产类型（eligible collateral）、数量和如何持有等信息。
    - 例1：你的交易对手找你做一个美元的利率掉期期权（swaption），担保用的是美元现金，你就可以使用SOFR作为折现率。
    - 例2：你的交易对手找你做一个美元swaption，担保用的是欧元现金，你就不能使用SOFR来折现了，因为你现在有欧元的风险敞口。正确的做法是使用欧元隔夜平均利率（EONIA, Euro overnight indexed average）结合欧元-美元跨货币点差（XCCY, cross currency basis）来倒算欧元隐含美元SOFR
    - 例3：你的交易对手找你做一个美元swaption，但是没签担保，这个时候你相对被担保的时候有了额外的风险敞口，所以你应该对使用的SOFR折现率作XVA调整（这个太复杂了）

- 国内没有OIS，时常让我非常困惑这些交易商的exotics价格到底是怎么拍出来的？？

利率

中国利率体系

- 央行——金融机构：正逆回购（7/14/28天）、常备借贷便利SLF（期限1-3个月）、短期流动性调节工具SLO（期限短于1周）、中期借贷便利MLF（期限3个月到1年）、抵押补充贷款（3-5年，仅允许政策性银行进行交易）
  - 逆回购：央行放出资金购买交易商的证券，调节短期货币供应和短期利率水平，7天居多
  - SLO：常用的缓解超短期资金面紧张的工具
  - SLF：属于抵押贷款，通常通过SLF对中短期利率水平作限制，例如金融机构间的拆借利率水平高于某一值后启用SLF工具，使得同业拆借转向央行，SLF利率在这种情况下成为利率顶
  - MLF：是量最大的公开市场操作工具，MLF资金通常流向三农和小微企业贷款，引导中期利率，同时是货币供给的重要渠道
  - PSL：不咋用，通常是给政策性银行做长期项目用的
- 金融机构——金融机构：DR__（银行间存款类金融机构以利率债为质押的__天期回购利率）、R__（比前面那个质押标准低一些，可以不用非要是利率债）、SHIBOR、同业存单利率
  - 回购利率相较于SHIBOR是更真实的，因为是实际交易产生的利率
  - 利率债包括国债、央票和政策性金融债
  - DR007适合作为基准利率，因为抵押质量好，不会对利率市场定价产生扰动
  - R007代表市场均衡利率，交易市场深度广度理想

市场基础

商品

资产

- 期货合约的基础资产可以分为两种：投资品和消费品
  - 投资品的合约包括国债期货、股指期货和黄金
  - 消费品则包括一些消耗性质更强的品种，例如铜、原油、玉米和牲畜等

仓储成本

- 由于国债、股指期货等金融资产的持有并不需要实际的仓储空间，其期货的定价也比较简单

$$\mathrm{F} = S_0 e^{rT}$$

- 但是消费品期货涉及实物，如果不定入仓储费用，持有期货合约相较于持有现货的成本更低

$$\mathrm{F} = (S_0 + U)e^{rT},\ F = S_0 e^{(r+u)T}$$

- 实际上这个等式一般不可能严格成立，因为某个主体很少因为出于投机的目的持有消费品现货，更多的情况是这个主体会因为实际生产需要而持有现货。
  - 这使得现货通常会存在一定的溢价，$F \leq (S_0 + U)e^{rT}$

商品

便利收益 Convenience Yield

- 考虑一个情景：目前有玉米期货和玉米现货，气象研究员预期到未来一段时间气候过于干旱会导致农作物减产，从而使得玉米供给产生短缺。
  - 持有玉米现货的生产厂商可以动用已有的玉米库存在这段时间内生产更多的商品，这是通过持有现货带来的便利产量，对应产生的额外利润被称为便利收益。
- 如果有迹象表明政治或自然情况会导致在合理时间内出现高需求、少供应的情况，直接所有权而不是期货期权可能是正确的选择。
- 如果事实证明是这样的话，投资者将从持有现货中获得高水平的便利收益。

- 假设便利收益为y，将便利收益定入期货价格可以得出：

$$Fe^{yT} = Se^{(r+u)T} \Rightarrow F = Se^{(r+u-y)T}$$

Cost of carry

- 持有成本会因持有的资产不同而有不同：
  - 黄金或不分红股票的持有成本为无风险利率；外汇的持有成本为两国之间的利差；商品的持有成本为无风险利率+仓储成本-便利收益

市场基础

利率期货

日数惯例 Day-count convention

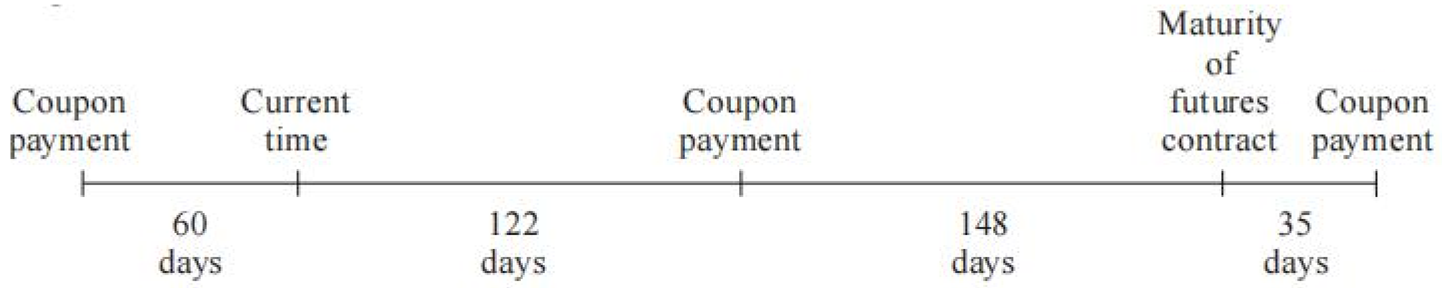
- 计息的时候通常会规定一个期限，比如三个月期/五年期贷款的利息计算，是用相应期限的利率乘以借出时间得出的。
- 月份的天数有28/29/30/31天，年份天数有365/366天，所以到底多少天算一个月/一年？
  - Actual/Actual：美国国债的计息方法。例如对于面值1000元票息8%的国债，每年的3月1日到9月1日付息，如果需要计算3月1日到7月3日共124个自然日之间的应付利息，则参考时间段为3.1-9.1，共184个自然日，于是应计利息为 124/184 * 40 = 26.96
  - 30/360：公司债的计息方法。认为每个月30天，每年360天，对于上一个例子，参考时间段记为180天，应计时间为122天，应计利息为 122/180 * 40 = 27.11
  - Actual/360：货币市场工具的计息方法。如果该工具在2012年1月1日进行投放，2013年1月1日到期，则应计利息为 366/360 * 利率 * 面值。

利率期货

国债期货价格

- 假设标的国债票息12%，每半年付息一次，下一次付息时间是在122日后，合约在270日后交割。
- 对应期限的贴现率为10%，国债报价（quoted price）为115元
- Cash price = quoted price + accrued interest
  - 115 + 6 * 60 / 182 = 116.98
- 由于持有国债期货不获得票息，所以需要将期间的票息现值减出来
  - $F = (S - I)e^{rT} = \left(116.98 \ - 6 \times e^{-0.1\times 122/365}\right) \times e^{0.1\times 270/365} = 119.711$
- 由于交割日有148天的利息应计，所以实际的quoted price要减accrued interest
  - 119.711 – 6 * 148 / 183 = 114.86

- 国债市场成交量大流动性好，通常我们可以直接在市场上观察到成交价格，可以反算出国债期货成交价格隐含的贴现率



期权基础

风险敞口与Greeks

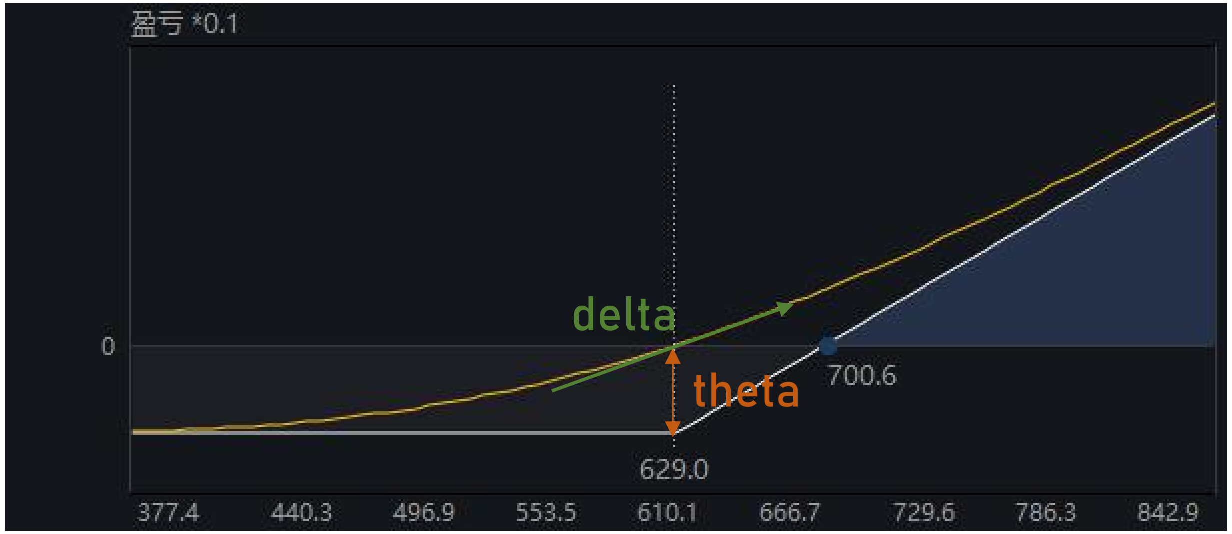
期权组合瞬时收益的分解

- 由于期权价格变动相对其基础资产非线性，分解其瞬时收益可得（省略利率）：

$$dC(t,S,\sigma) = \theta dt + \Delta dS + \text{Vega} d\sigma + \frac{1}{2}(\Gamma(dS)^2 + \text{Volga}(d\sigma)^2) + \text{Vanna}(dSd\sigma)$$

敞口含义

- 时间价值
  - 由期权价格下界知，未到期的期权在每个在值度上的价格均高于其到期**payoff**
  - 一般买入期权的**theta**为负值，在到期时间临近过程中，黄线向白线收拢
- 内在价值
  - 对于**call**而言，在基础资产上涨时期权价格上涨



风险敞口与Greeks

敞口含义

- 凸性
  - 期权价格相对于同delta的期货敞口上涨更多，而在下跌时受到的损失更少

- 关于隐含波动率(IV)的敞口更加不直观
  - Vega: IV通常被解读为期权的估值，将Vega解释为对于期权估值的敞口；但是Vega并不是一个“干净”的风险测度，对冲Vega时通常会引入其他风险：

a. 通过long ATM short OTM 对冲，实际上是在做平vol smile

b. 通过long 近月 short 远月 straddle，实际上时在做平vol term structure；同时由于underlying本身可能有期限结构，还需要额外承担underlying月差风险

c. 此外不同的对冲方式还会引入高阶风险，例如ATM call/put的Volga为0，若使用OTM期权对冲则引入Volga（$\partial^2 C/\partial\sigma^2$）和Vanna（$\partial\Delta/\partial\sigma$）敞口；通过使用不同期限的非ATM call/put对冲还会引入Charm（$\partial\Delta/\partial t$）

期权基础

如何交易方向

理论杠杆倍数

- Delta的成本并不是一样的，这里我们引入理论杠杆倍数Lambda=Δ*S/C，例如图中put K=700的理论杠杆倍数为5.15倍，则标的物每下跌1%，put price上涨5.15%

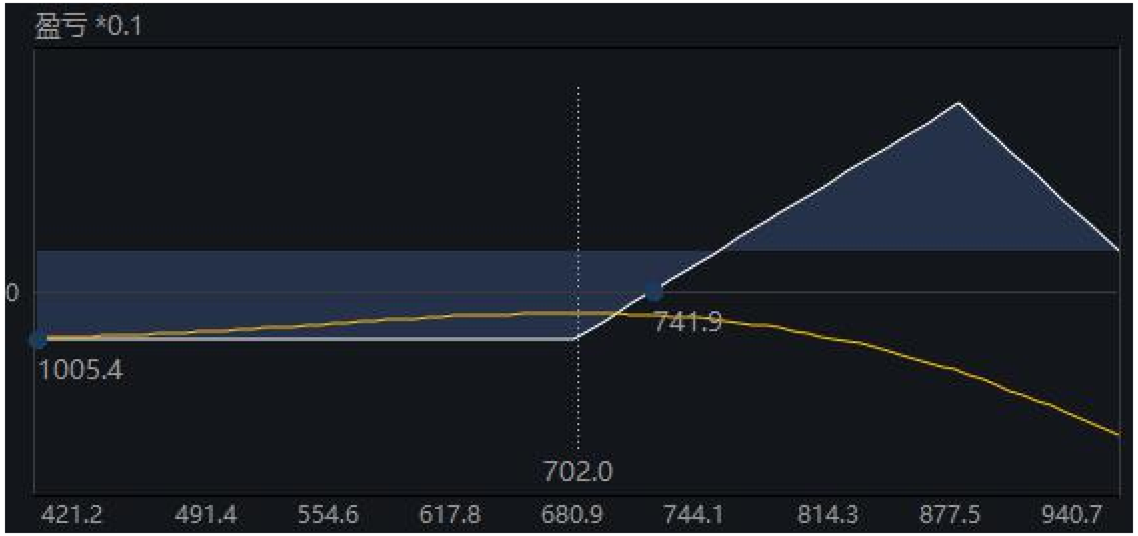
认购							全部	认沽						
最新价	涨跌	涨跌幅	成交量	持仓量	IV	理论杠杆倍数	行权价	最新价	涨跌	涨跌幅	成交量	持仓量	IV	理论杠杆倍数
131.5	18.2	16.06%	14	89	0.00%	4.14	590.0	24.5	0.0	0.00%	421	2230	56.09%	-6.37
127.0	20.4	19.14%	28	130	0.00%	4.18	600.0	26.4	-1.4	-5.04%	489	4021	56.74%	-6.40
116.2	16.1	16.08%	18	80	0.00%	4.45	610.0	29.1	-2.2	-7.03%	253	874	71.99%	-6.26
111.2	17.3	18.42%	32	278	0.00%	4.53	620.0	31.3	-3.8	-10.83%	245	1840	55.27%	-6.25
103.8	15.8	17.95%	65	429	38.70%	4.73	630.0	33.4	-5.7	-14.58%	266	750	54.67%	-6.26
96.0	13.7	16.65%	65	680	0.00%	4.96	640.0	36.3	-7.2	-16.55%	187	967	61.58%	-6.15
92.1	15.2	19.77%	44	213	35.50%	5.02	650.0	40.0	-8.0	-16.67%	723	3021	53.40%	-5.93
83.9	12.1	16.85%	123	260	38.55%	5.34	660.0	42.7	-10.2	-19.28%	148	583	48.95%	-5.88
77.5	10.6	15.84%	39	274	41.41%	5.60	670.0	40.0	-18.0	-31.03%	180	1789	64.93%	-6.63
71.6	9.3	14.93%	70	366	43.89%	5.86	680.0	51.2	-12.1	-19.12%	181	1419	61.91%	-5.46
68.9	11.0	19.00%	109	324	49.50%	5.89	690.0	56.3	-12.6	-18.29%	124	1406	81.99%	-5.22
63.3	9.5	17.66%	737	2217	49.94%	6.18	700.0	59.8	-15.0	-20.05%	373	4165	49.85%	-5.15
56.7	6.8	13.63%	50	329	53.60%	6.66	710.0	65.4	-15.4	-19.06%	95	910	69.67%	-4.92
54.3	8.1	17.53%	105	1893	41.72%	6.70	720.0	73.5	-13.6	-15.61%	41	435	77.90%	-4.57
48.8	6.0	14.02%	203	918	48.78%	7.17	730.0	79.4	-14.3	-15.26%	30	642	63.07%	-4.40
45.0	5.5	13.92%	176	1787	48.54%	7.47	740.0	82.0	-18.4	-18.33%	54	482	48.59%	-4.43
42.0	5.5	15.07%	596	1892	46.10%	7.69	750.0	89.9	-17.5	-16.29%	117	919	71.50%	-4.19
38.0	4.3	12.76%	152	626	47.89%	8.16	760.0	97.9	-16.6	-14.50%	29	473	48.98%	-3.98
34.3	3.2	10.29%	114	726	48.45%	8.66	770.0	104.7	-17.2	-14.11%	67	1095	48.38%	-3.84
31.8	3.2	11.19%	263	2023	47.77%	8.94	780.0	109.6	-19.8	-15.30%	58	798	63.36%	-3.79
27.9	1.6	6.08%	205	482	68.73%	9.74	790.0	118.2	-18.9	-13.79%	9	278	47.50%	-3.62
26.1	1.9	7.85%	1685	4406	47.62%	9.97	800.0	122.8	-22.1	-15.25%	62	976	46.44%	-3.58
23.2	1.0	4.50%	87	451	48.13%	10.72	810.0	134.0	-18.9	-12.36%	28	1230	66.39%	-3.37

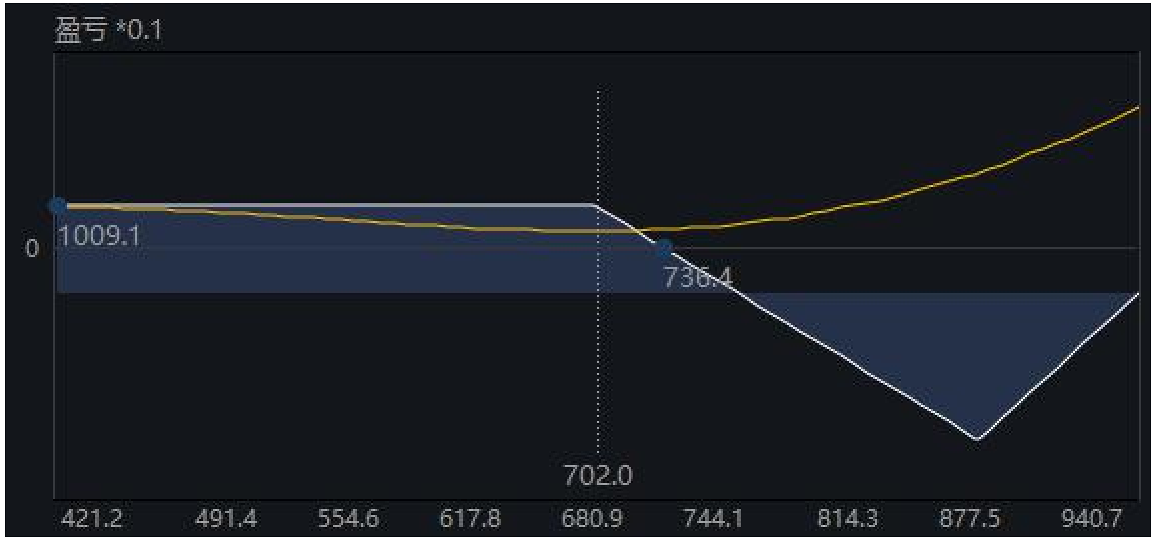
如何交易方向

Bull ratio spread

- IV过高的时候看涨市场并不适合单边买call，通常可以通过卖出更多的期权来获取负的Vega看跌IV，这时可以构建一个Bull ratio组合。例如long 2手K=700的铁矿石call Δ=0.5577，short 5手K=900 Δ=0.2267，则构建了一个long theta short vega组合，根据9月24日的最新价，盈亏平衡点为741.9元。

- 反之，如果IV较低，则可以Inverse bull ratio来获取正的Vega看涨IV



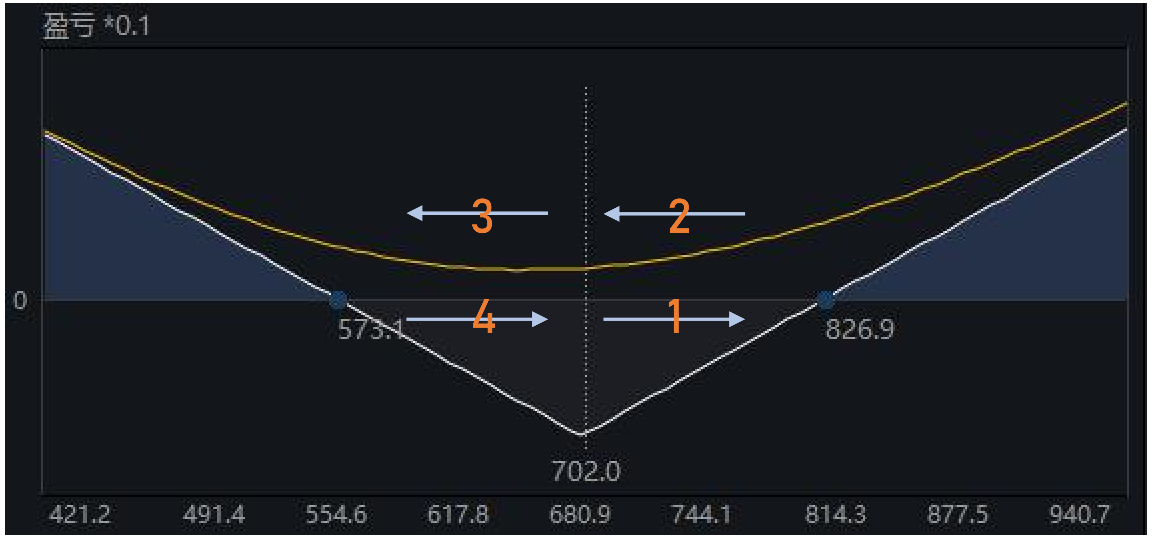


期权基础

如何交易波动

Gamma Scalping

- Straddle在价格产生较大幅度变动的时候会产生浮盈，但是价格在持有期间可能多次出现较大幅度的震荡，且最后还可能落在亏损区间，市场教你做人还拖堂这种事情搁谁心里都不舒服。
- 由于straddle是一个long convexity的策略，那么动态来看我们可以利用这种convexity获取收益。
- 第一步是价格上涨，此时delta neutral + long gamma敞口会为我们提供正的pnl和正的delta，此时可以考虑通过short und/ buy put/ sell call来把组合的delta重新冲到0
- 第二步是价格回落，由于我们已经在第一步把delta平到了0，我们会获得正的pnl和负的delta，此时如果把delta平到0，那我们这两步就完成了一次高抛低吸。



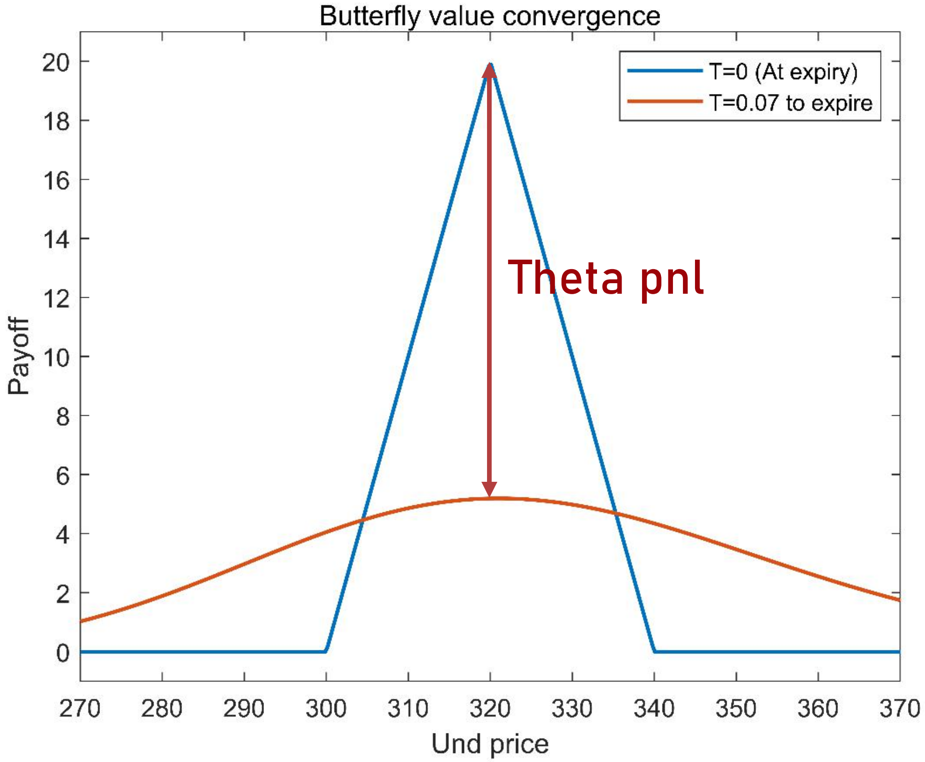
- 同理，步骤3、4也完成一次高抛低吸
- Gamma scalping具有很好的价格稳健性，也就是说，无论价格怎样变化，不管两头拉爆仓还是涨上天跌入地，正的Gamma敞口都会给出正的收益。
- 而风险点在于对IV并不稳健，这个策略永远会持有正的Vega敞口，当波动率曲面上下平移时会产生对应的pnl
- 策略的成本是负的theta敞口，如果在持有期内出现了断网行情，则会亏损theta

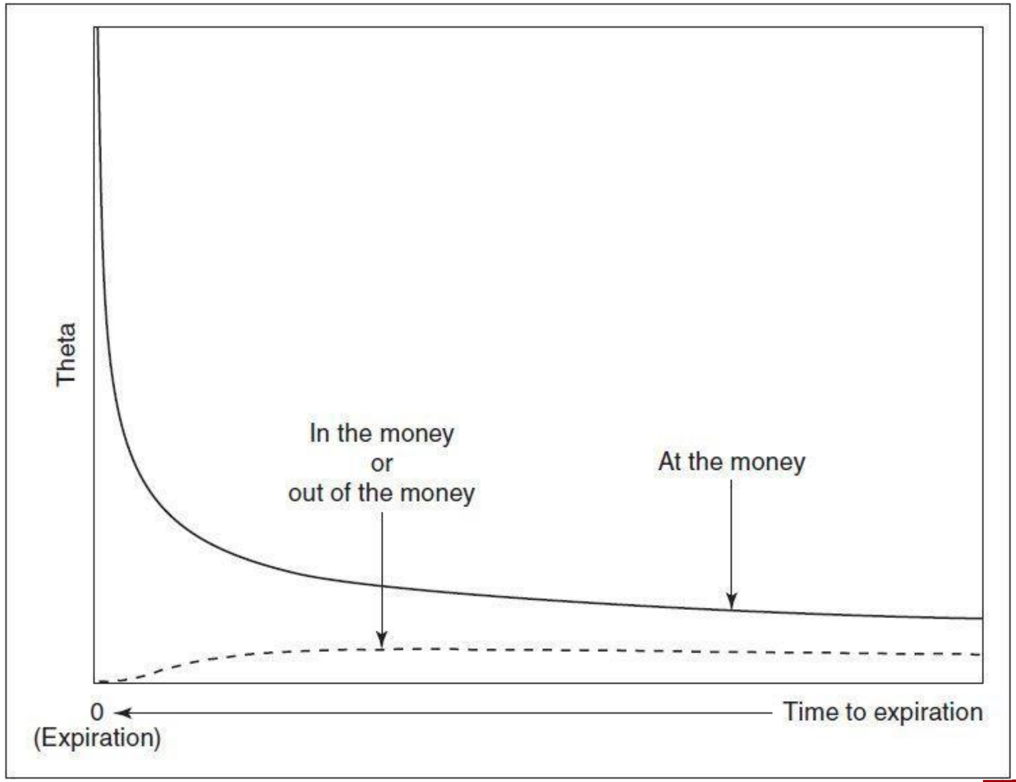
期权基础

如何交易时间

Butterfly

- Short convexity策略通常有正的theta，而且由于theta具有指数衰减的特性，在临近到期日时会疯涨，下图中可以看出，在S=320处，Butterfly的payoff在25个自然日内由5暴涨至20
- ➢ gamma需要通过交易日实现，而theta通过自然日实现，所以放长假+末日期权通常有奇效





交易控制基础

1 Limit order book

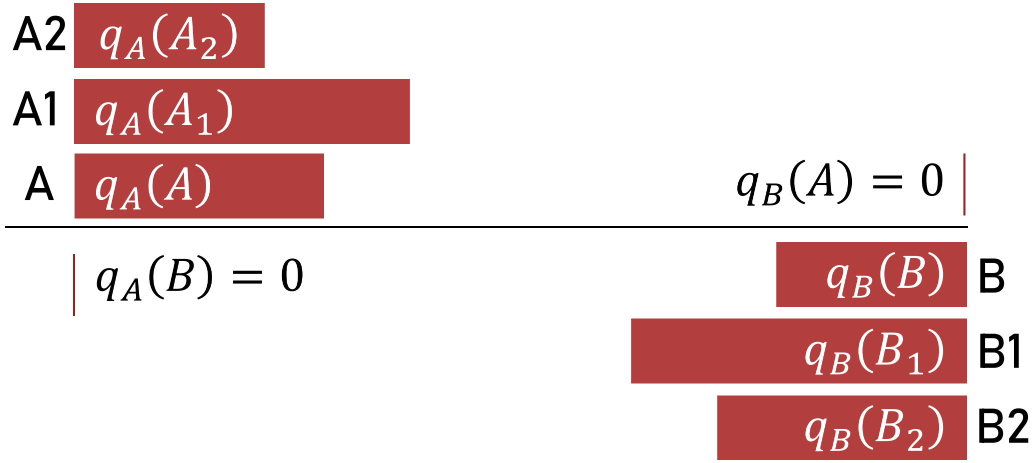
2 Liquidity consuming and refilling

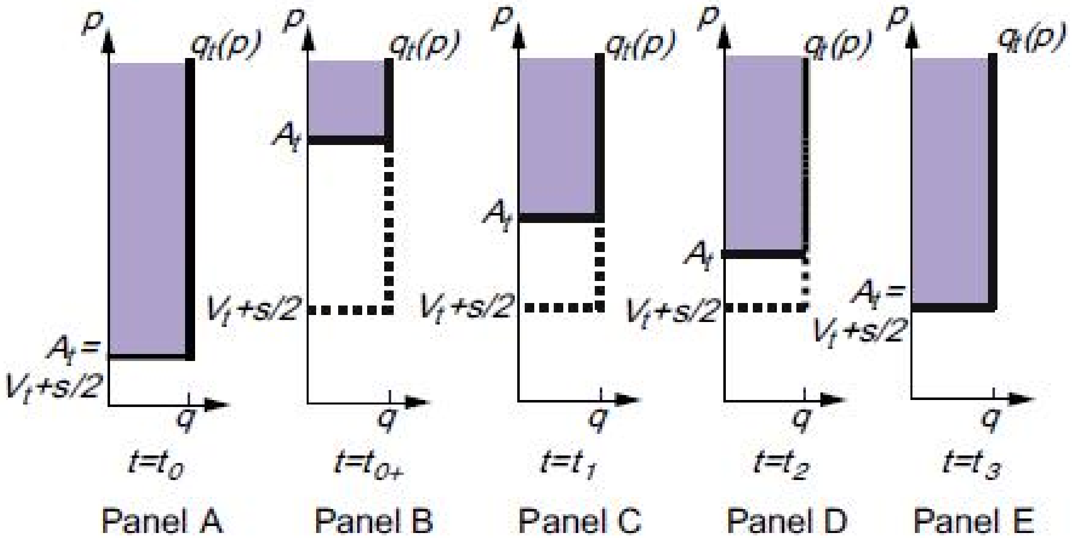
3 Objectives and benchmark

4 Insights

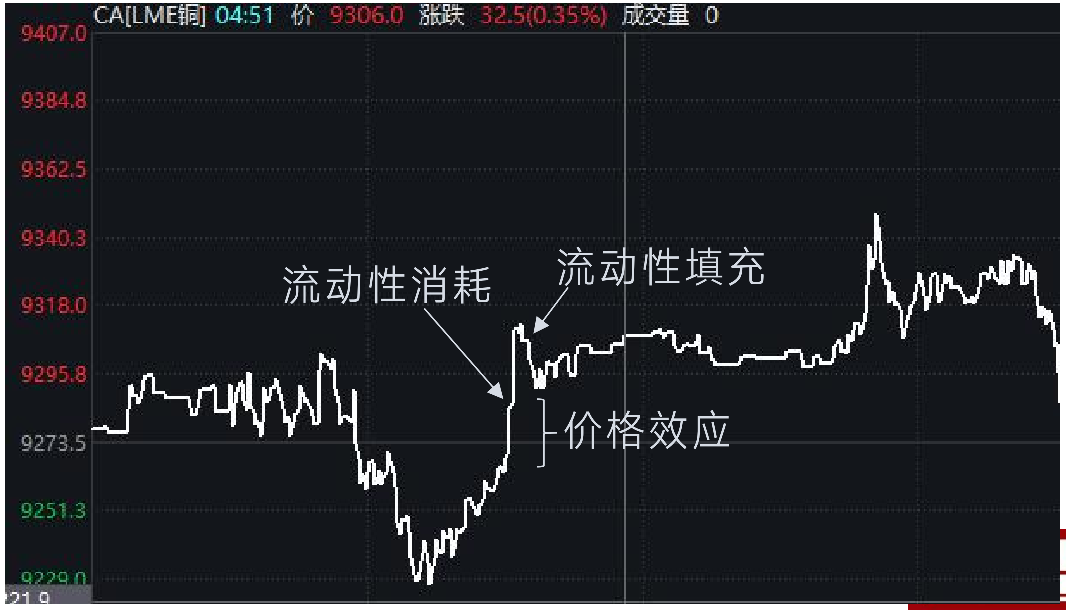
Limit order book

Illustration of a limit order book





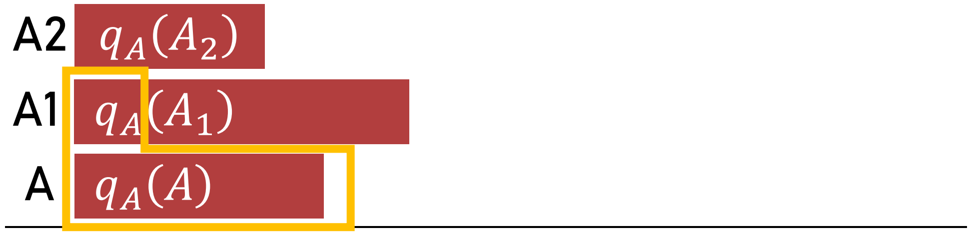
螺纹钢2201	RB2201	
5499	-12 -0.22%	
卖五	5503	43
卖四	5502	442
卖三	5501	5
卖二	5500	202
卖一	5499	89
买一	5497	59
买二	5496	40
买三	5495	24
买四	5494	8
买五	5493	40



Limit order book

Limit orders

- 挂单方式分为限价单和市价单，限价单对市场提供流动性，而市价单消耗市场流动性
  - 例如某交易员希望以市价成交90手螺纹钢2201合约，则其成交价格中有89手为5499，有1手为5500
- 通常市价单成交会带来价格效应，如上例中的价格效应为5499→5500



A1 is the price of the price of highest limit order executed in this trade, define the price change:

$$\Delta p = A_1 - S$$

Then any limit order with $\delta^a < \Delta P$ will be executed

螺纹钢2201 RB2201

5499 -12 -0.22%

卖五	5503	43
卖四	5502	442
卖三	5501	5
卖二	5500	202
卖一	5499	89
买一	5497	59
买二	5496	40
买三	5495	24
买四	5494	8
买五	5493	40

交易控制基础

1 Limit order book

2 **Liquidity consuming and refilling**

3 Objectives and benchmark

4 Insights

Liquidity consuming and refilling

Econophysics

- 从交易机制出发，考虑最简单的FIFO排队过程，通常是一个连续时间马尔科夫链
- 限价单的成交通常由一下因素决定：市价单打入的频率，市价单的规模和市价单打入的价格效应
  - 简便起见假设打入频率为常数Λ，市价单规模的分布为$f^Q(x) \propto x^{-1-\alpha}$，价格效应为$\Delta p \propto \ln Q$
  - 可以由此解出相应挂单$mid + \delta$的成交服从Poisson
- 于是每一个限价队列都是M/M/1，通过修改分布假设可以得出关于任意价格限价单成交的随机过程

$$
\begin{aligned}
\lambda(\delta) &= \Lambda P(\Delta p > \delta) \\
&= \Lambda \mathrm{P}(\ln Q > K\delta) \\
&= \Lambda \mathrm{P}(Q > \exp(K\delta)) \\
&= \Lambda \int_{\exp(K\delta)}^{\infty} x^{-1-\alpha} dx \\
&= \mathrm{A}\exp(-k\delta)
\end{aligned}
$$

交易控制基础

Objectives and benchmark

Dynamic Programming

- 通常我们希望在交易过程中获得更高的收益，同时控制持仓量，避免过大的风险敞口
  - 构建这样一个价值函数：$V(\cdot) = \mathbb{E}\left(-\exp\left(-\gamma(X_T + q_T S_T)\right) - c\int_t^T q_s^2 ds\right)$
  - 其中期望第一部分是CARA效用函数，第二部分是仓位惩罚项
  - $dX_t = p^a dN_t^a - p^b dN_t^b$代表通过买卖交易持有的现金，$q_t = N_t^b - N_t^a$是持仓数量，在上个部分已知$N_t$服从Poisson，且$N_t$与挂单价差$\delta$有关
  - 于是可以通过求解这一带约束的动态规划问题求解最优δ^*
- 这时benchmark是naïve trader，只会同时挂特定价格的买单和买单，期望赚到价差。

交易控制基础

1 Limit order book

2 Liquidity consuming and refilling

3 Objectives and benchmark

4 **Insights**

Insights

Trading Behavior

q	$\mu = -0.01$ (Tick.s^{-1})	$\mu = 0$ (Tick.s^{-1})	$\mu = 0.01$ (Tick.s^{-1})
1	9.2252	10.6095	12.2329
2	6.581	7.8737	9.3921
3	4.92	6.1299	7.5507
4	3.6732	4.8082	6.1391
5	2.6607	3.728	4.9765
6	1.8012	2.8073	3.9806

q	$\sigma = 0$ (Tick.s$^{-\frac{1}{2}}$)	$\sigma = 0.3$ (Tick.s$^{-\frac{1}{2}}$)	$\sigma = 0.6$ (Tick.s$^{-\frac{1}{2}}$)
1	10.9538	10.6095	9.6493
2	8.6482	7.8737	6.0262
3	7.3019	6.1299	3.6874
4	6.3486	4.8082	1.9455
5	5.6109	3.728	0.55671
6	5.0097	2.8073	-0.59773

q	$A = 0.05$ (s^{-1})	$A = 0.1$ (s^{-1})	$A = 0.15$ (s^{-1})
1	8.4128	10.6095	11.9222
2	5.6704	7.8737	9.1898
3	3.9199	6.1299	7.4491
4	2.5917	4.8082	6.1302
5	1.5051	3.728	5.0525
6	0.57851	2.8073	4.1341

q	$k = 0.2$ (Tick^{-1})	$k = 0.3$ (Tick^{-1})	$k = 0.4$ (Tick^{-1})
1	2.8768	0.79631	-0.031056
2	-4.0547	-3.8247	-3.4968
3	-8.1093	-6.5278	-5.5241
4	-10.9861	-8.4457	-6.9625
5	-13.2176	-9.9333	-8.0782
6	-15.0408	-11.1488	-8.9899

q	$\gamma = 0.01$ (Tick^{-1})	$\gamma = 0.05$ (Tick^{-1})	$\gamma = 0.5$ (Tick^{-1})
1	11.2809	10.6095	9.84
2	8.8826	7.8737	6.7461
3	7.4447	6.1299	4.7262
4	6.4008	4.8082	3.189
5	5.5735	3.728	1.9384
6	4.8835	2.8073	0.88139

q	$b = 0$ (Tick)	$b = 3$ (Tick)	$b = 20$ (Tick)
1	10.7743	10.6095	10.4924
2	8.0304	7.8737	7.7685
3	6.278	6.1299	6.0353
4	4.9477	4.8082	4.7229
5	3.859	3.728	3.6509
6	2.9301	2.8073	2.7374

Insights

Trading Behavior