标普基于信用违约互换的市场波动信号研究

研发部 郭佩/编译

近来，中国债券市场违约率逐步升高，涉及的企业范围也越来越广。9 月 23 日，银行间市场交易商协会发布修订后的《银行间市场信用风险缓释工具试点业务规则》以及信用风险缓释合约（CRMA）、信用风险缓释凭证（CRMW）、信用违约互换（CDS）、信用联结票据（CLN）等四份产品指引，正式推出“中国版 CDS”。本文就标普的市场波动信号为研究对象，旨在更深一步的分析信用违约互换的市场预警，解读市场信息，为我国发展信用违约互换，监测市场风险提供参考。

一、CDS（信用违约互换）MDS（市场波动信号）模型

CDS 是一种信用保护买方和信用保护卖方之间签订的信用衍生合同。合同的签订就意味着一旦参考实体（如公司或主权国家）发生信用事件，那么信用保护卖方就要对买方进行赔付。简而言之，就是信用保护买方向信用保护卖方支付保费来换取信用保护。

CDS 合同的买方和卖方包括各种类型的公司，例如投资基金、对冲基金、保险公司和银行等。这些 CDS 合同由不同的经销商进行定价和销售，但是至今仍属于场外交易，缺乏监管与透明度。因此评级机构不能对其进行评级，只能对其潜在的债务进行分析。

因为 CDS 合同是为违约事件提供保护的，所以标普认为利差在一定程度上可以反映市场信用风险。为了更好的理解市场信号，提升监测市场风险的能力，标普发展出了以 CDS 数据为依托的 MDS（Market Derived Signals）模型。在此模型中，将会对特定参考实体（经标普评级，且有相对应的 CDS 产品）的某些关键因素进行分析，涉及到的因素如下:

- 该实体五年期 CDS 利差;
- 标普对该实体的长期信用评级和信用观察/展望;
- 该实体所属行业（依据标普全球行业分类标准（Global Industry Classification Standard, GICS）[1]划分）;
- 该实体的性质（公司或主权政府）;
- 合同中关于可交割债券的确定（CDS 重组条款[2]）;

[1] 见附录二

[2] 见附录三

- CDS 合同中涉及到的货币单位

其中，标普认为根据给定的级别、货币单位，所属的 GICS 行业,公司或主权政府的确定，就可以建立一个通用的基准利差。此外，根据这些变量，也可以计算出每个公司的预期利差，以此来分析实际利差和预期利差的差异。

标普每天都会对各个国家和各大公司的信息进行收集和更新,并绘制出一个线性模型，以此来反应所观测到的 CDS 对数利差与其它变量之间的回归关系。为了更好地建模,标普针对每个实体的级别相对应的给出了一个数值评分,例如“AAA”=1，“AA+”=2，以此类推。

二、回归关系

标普每天都会去观测 CDS 利差，级别与其它变量之间的关系。其中，大多数公司的 CDS 利差都是会有变化的。为了更好地进行验证，标普从数据库中筛选出了 2012 年 9 月 25 日当天，五年期以美元为货币单位的 CDS 合同，合计为 595 家公司。表 1 展示了级别和行业之间的关系，表 2 列出了各个级别和行业利差的平均值。

表 1：五年期以美元为货币单位的 CDS 合同数量（经筛选）(2012.9.25)

	GICS10（能源）	GICS15（材料）	GICS20（工业）	GICS25（非必须消费品）	GICS30（必须消费品）	GICS35（医疗保健）	GICS40（金融）	GICS45（信息技术）	GICS50（电信服务）	GICS55（公共事业）	总计
AAA	1		2			1	1	1			6
AA+							2				2
AA	2				1	3	1				7
AA-	1		1		4	1	8	2		1	18
A+	1	1	3	2	2	5	15	4	1	1	35
A	4	5	10	3	6	1	20	1	4	2	56
A-	6	7	8	6	3	6	21	2	7	9	75
BBB+	10	5	8	15	8	3	12	3	2	13	79
BBB	23	15	8	16	6	2	14	4	2	8	98
BBB-	8	5	9	7	6	2	25	4	1	7	74
BB+	3	3	1	10	1		4	1		1	24
BB	1	5	1	9	1	2	4	1	2		26

BB-	1	3	1	10			4	3	1	2	25
B+	3	1	5	8	1	4	2	1	1		26
B		1	5	6	2	2	1	4	1		22
B-			1	6	1		2	1	1	1	13
CCC+				1			1				2
CCC			1				3			3	7
总计	64	51	64	99	42	32	140	32	23	48	595

数据来源：根据标普数据绘制

表 2：五年期以美元为货币单位的 CDS 平均利差（单位：BP）（2012.9.25）

	GICS10（能源）	**GICS15（材料）**	**GICS20（工业）**	**GICS25（非必须消费品）**	**GICS30（必须消费品）**	**GICS35（医疗保健）**	**GICS40（金融）**	**GICS45（信息技术）**	**GICS50（电信服务）**	**GICS55（公共事业）**	**平均值**
AAA	21		56			35	57	30			42
AA+							130				130
AA	89				34	52	127				71
AA-	99		27		40	51	281	32		67	151
A+	59	91	50	43	44	47	102	56	50	102	74
A	62	58	62	35	62	78	124	53	99	104	87
A-	79	103	68	80	71	67	153	159	74	57	99
BBB+	111	121	111	98	58	115	124	173	52	80	102
BBB	142	106	119	131	151	104	192	112	129	137	138
BBB-	159	193	229	134	173	87	209	298	174	173	193
BB+	260	319	397	306	216		219	430		370	295
BB	192	330	743	328	390	239	485	638	343		366
BB-	570	332	407	337			476	500	466	399	400
B+	674	1129	433	396	470	362	477	478	487		474
B		566	702	482	690	329	1879	927	244		674
B-			756	1136	734		1150	1616	580	545	1027

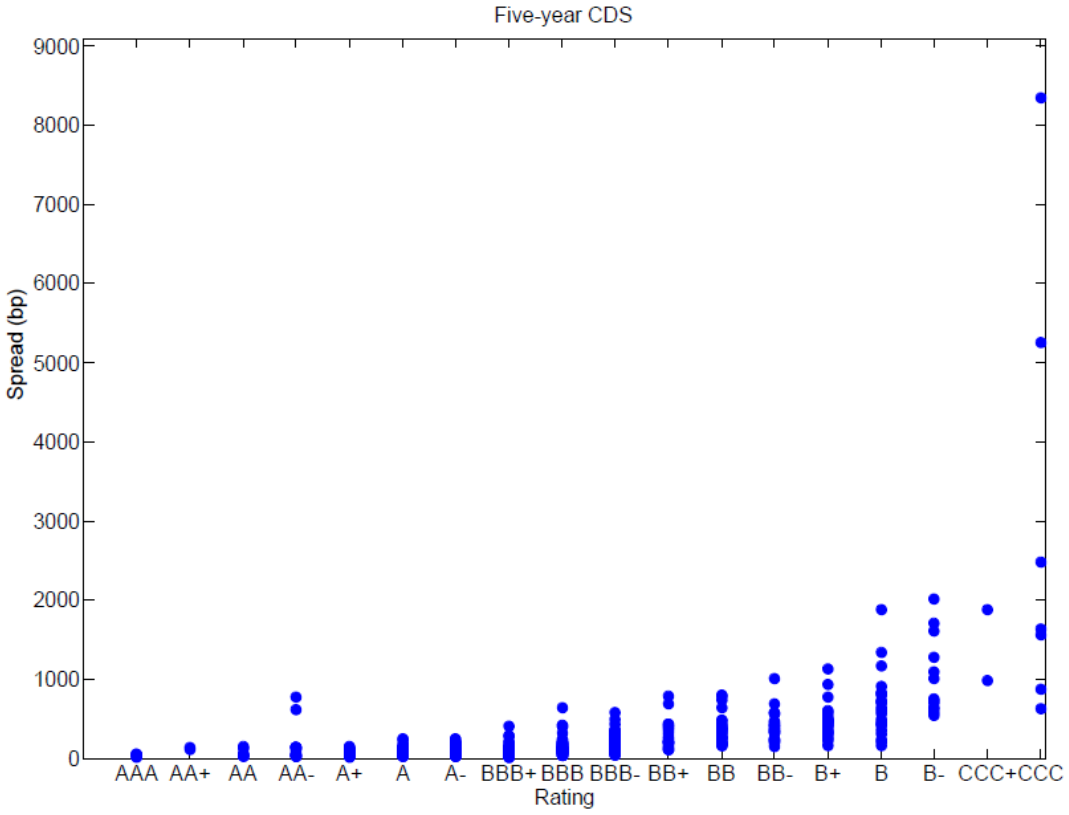
CCC+				1886			984				1435
CCC			2479				1047			5054	2969
平均值	161	187	247	302	154	133	243	350	172	440	

数据来源：根据标普数据绘制

（一）关键变量

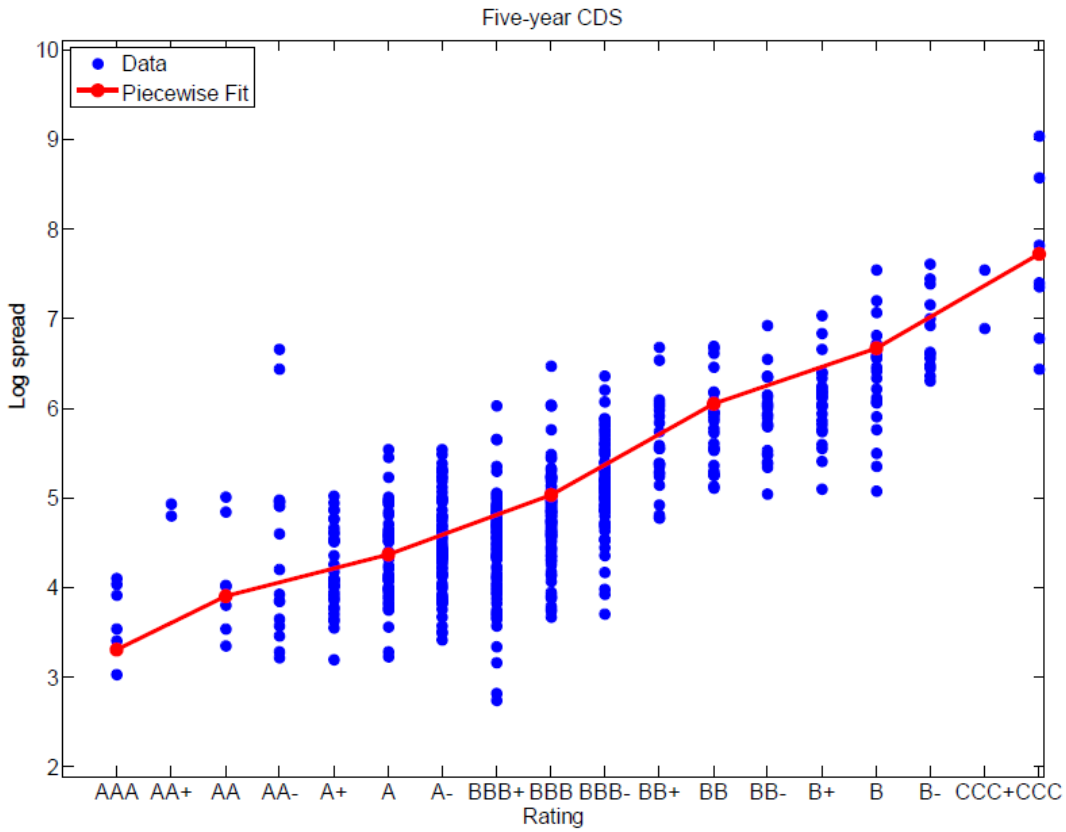
为了制定 CDS MDS 模型，标普首先确定了各个实体的级别和与 CDS 合同相关的变量，这些数据对于预测 CDS 利差有着重大的意义。此外，除了级别，行业分类、实体性质，包括信用观察/展望、CDS 货币单位和 CDS 重组条款等都构成了 CDS 违约的信用事件。图 1 展示了 2012 年 9 月 25 日当天利差和级别之间呈指数关系，这对于通过利用利差的对数来转换利差是非常有利的。图 2 中，将落在“AAA”，“AA”，“A”，“BBB”“BB”“B”和“CCC”的节点（预测数据）分别连接起来，形成线性段序列，再将这些线段连接起来，构成分段线性函数，经证明，分段线性函数与对数利差数据相拟合。而各节点的值也决定了每个级别的基准对数利差。

图 1：五年期以美元为货币单位的 CDS 利差 VS 标普级别（2012.9.25）



数据来源：标准普尔市场信号白皮书（2013.9）

图 2：对数利差的分段线性拟合 VS 标普级别（2012.9.25）



数据来源：标准普尔市场信号白皮书（2013.9）

（二）基本模型

通过检验三年的数据，标普确定了分段线性模型，此模型为实体为公司（金融公司除外），美元为货币单位的 CDS 对数利差进行了最好的拟合，其中 GICS 行业、信用观察/展望和 CDS 重组条款等关键变量可以进行调整。基本模型如下:

对数（CDS 利差）=标普各级别基准对数利差

+信用观察/展望调整

+GICS 行业调整

+重组条款调整

+余数调整

每天结束的时候，模型中各参数的值就会被确定，并用来反映当天的 CDS 利差。这些参数就包括各个级别的利差和模型中所列的调整率。

举例来说，2012 年 9 月 25 日这天，联邦快递公司的 CDS 利差为 91 基点，相等的自然对数利差为 4.512，标普给予“BBB”的级别，展望为稳定，行业分类为工业，CDS 重组条款为 NR，因此相对应的模型如下:

对数（91）=5.043（级别为“BBB”的公司的基准利差）

+0.000（信用观察/展望为稳定的调整）

+0.029（工业行业的调整）

-0.384（重组条款为 NR 的调整）

-0.176（余数调整）

取等式两边的指数函数，得到的关系如下:

91 基点=154.95（级别为“BBB”的公司的基准利差）

*1.000（信用观察/展望为稳定的调整率为 0%）

*1.029（+2.9%工业行业的调整率）

*0.681（-31.9%重组条款为 NR 的调整率）

*0.839（-16.1%余数调整率）

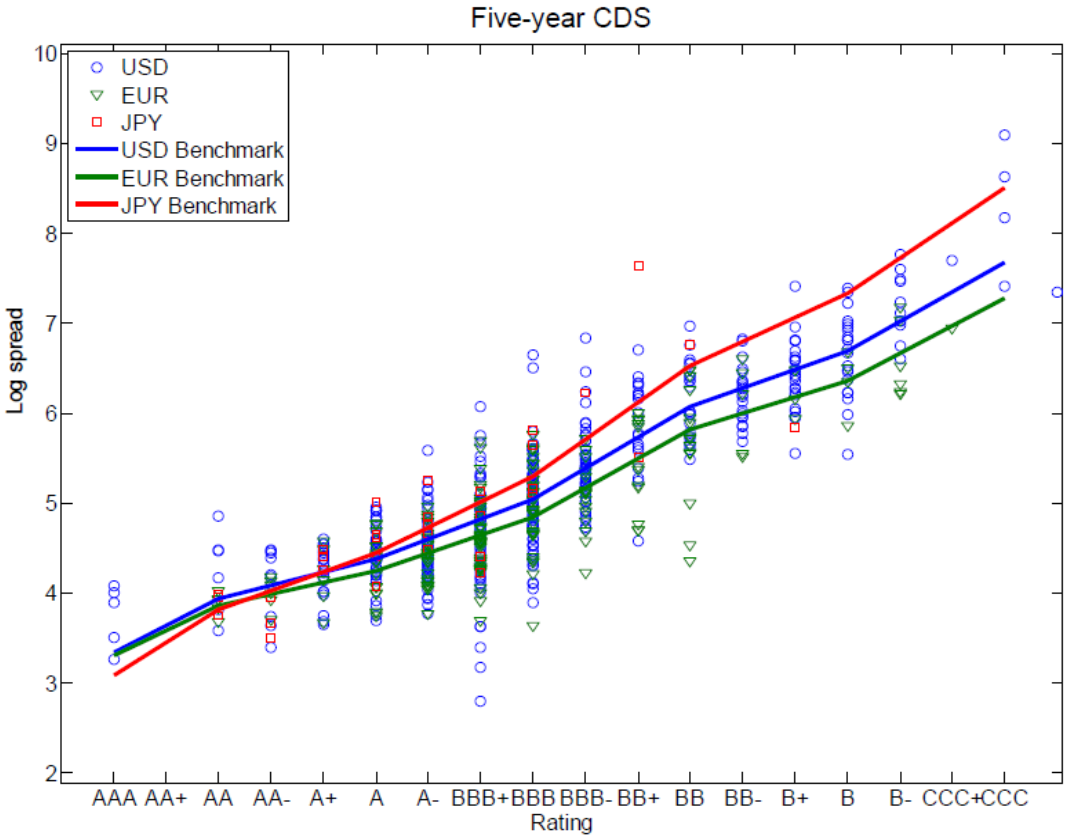
（三）基本模型的延伸

标普认为，基本模型可以进行进一步的延伸，可以适用于非工业企业、以欧元或日元为货币单位的 CDS 合同，以及主权国家。举例来说，标普通过对 CMA 数据库里历史数据的分析，发现金融行业不像其它行业一样，可以通过整体对数利差水平的简单移动来定模。因此，标普通过测试得出，金融行业的模型需要依靠基础模型中级别分段线性函数的联合位移和倾斜率调整来确定。

现实中，许多 CDS 合同是以欧元或日元为货币单位的，因此与这些货币相关联的 CDS 利差与以美元为货币单位的 CDS 利差表现大大不同。标普发现，不管是位移还是倾斜率，都是欧元或日元 CDS 合同建模时的关键因素，尤其是当这些因素与以美元为基础的级别分段线性函数发生冲突时。

此外，以主权政府为参考实体发行的 CDS 合同与以公司企业为参考实体发行的 CDS 合同，CDS 利差又大不相同，标普经过研究历史数据，得出结论：在以公司为参考实体，美元为货币单位的基本模型中，级别分段线性函数进行位移和倾斜的微调，就可以确定主权政府发行的以美元为货币单位的 CDS 利差模型。同样的，在以公司为参考实体，欧元为货币单位的基本模型中，级别分段线性函数进行位移和倾斜的调整，就可以确定主权政府发行的以欧元为货币单位的 CDS 利差模型。

图 3：以美元、欧元、日元为货币单位的 CDS 合同（金融行业 CDS 和主权国家 CDS 除外）的对数利差及其基准利差



数据来源：标准普尔市场信号白皮书（2013.9）

（四）线性约束

模型中的因素存在着自然的线性约束。举例来说，由于 CDS 利差每天都在变化，所以相邻的级别之间会出现利差的重叠性，某天预测的“BBB”级别的基准利差甚至会大于“BB”级别的基准利差。但是这样的结果就与原来的预测相悖，标普经过对历史数据的观察认为，级别越低，利差越高，信用随之也会降低。因此在分析的过程中，当级别降低时，基准利差就要相对应的增加。同样的，当信用观察/展望为负面时，就要增加对数利差，相反的，当信用观察/展望为正面时，就要减少对数利差，模型相对应的也要进行调整。但也有例外的情况，那就是这种线性约束并不会改变模型的回归参数，主要是因为函数所需的单调性通常是通过数据来进行反映的。

（五）稳健性

在预测的过程中，标普致力于确保数据的稳定性，减少因离群值或观察不足而产生让人误导的预测数据。首先，通过两个步骤来控制离群值。第一步，把所有的观测值进行回归分析，并预估参数。剔除在观测值中出现的过大残差，不要

用在最后的参数估计中。然而，在现实的建模中，往往会对离群值进行分析，并把其融入 CDS MDS 模型。

接下来，标普通过利用前一天预测的信息来提高模型参数的准确性和稳定性。其使用了贝叶斯估计理论，即先验分布等于前一天的参数估计值。所附的先验协方差矩阵是基于历史上观察到的参数之间的相关性与差异性。举例来说，对于一些由于节假日或技术原因问题而中断观测的公司，就会增加相关参数的先验方差，以次来反映时间差。标普认为，贝叶斯估计法的优点在于它打破了昨天和今天的观测值之间的适当平衡，给予今天观测到的数据更大的权重。

（六）标准误差和置信区间

需要指出的是，参照历史数据，残差大致呈正态分布，标准误差的回归可以衡量回归方程的拟合优度。此外，标普注意到了线性约束通常没有约束力，所以可以计算出每个参数的近似置信区间，以及它们之间的相关性。因此，常用的回归分析适用于这里的置信区间。

三、基准

一旦确定了线性回归的参数，由此产生的 CDS 利差与解释变量之间的关系，根据某些给定的因素，就可以确定不同级别的基准利差和调整率，这些因素包括：GICS 行业、货币、信用观察/展望及主权指标。级别调整的大小依赖于分段线性函数的对数利差和数值分数之间的斜率。

图 4: 历史基准利差

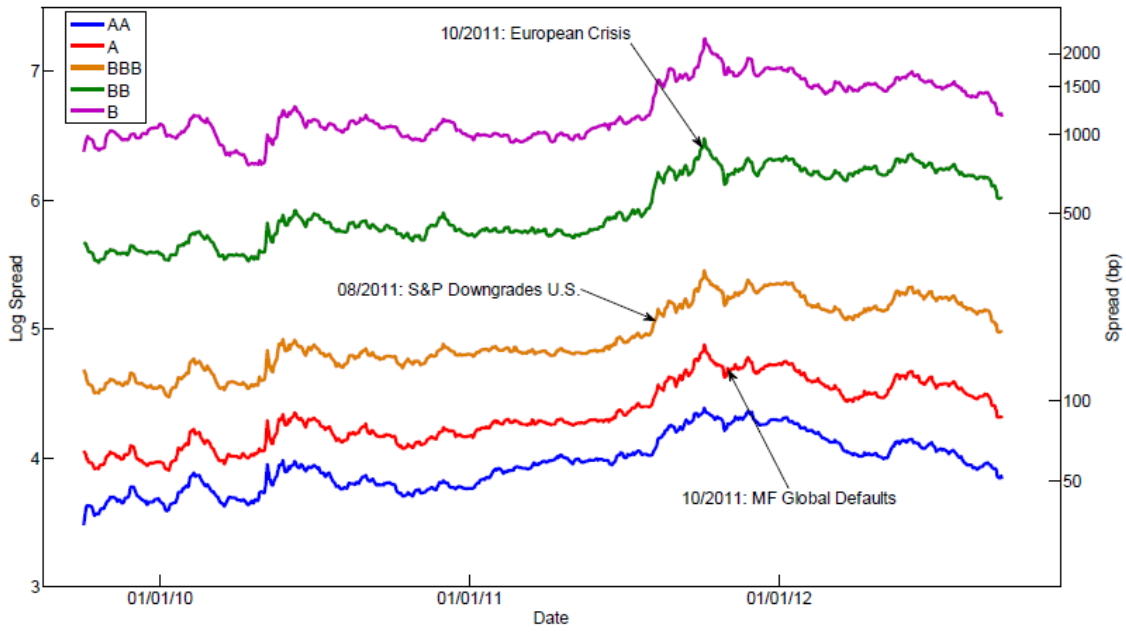


图 5：GICS 行业历史调整率

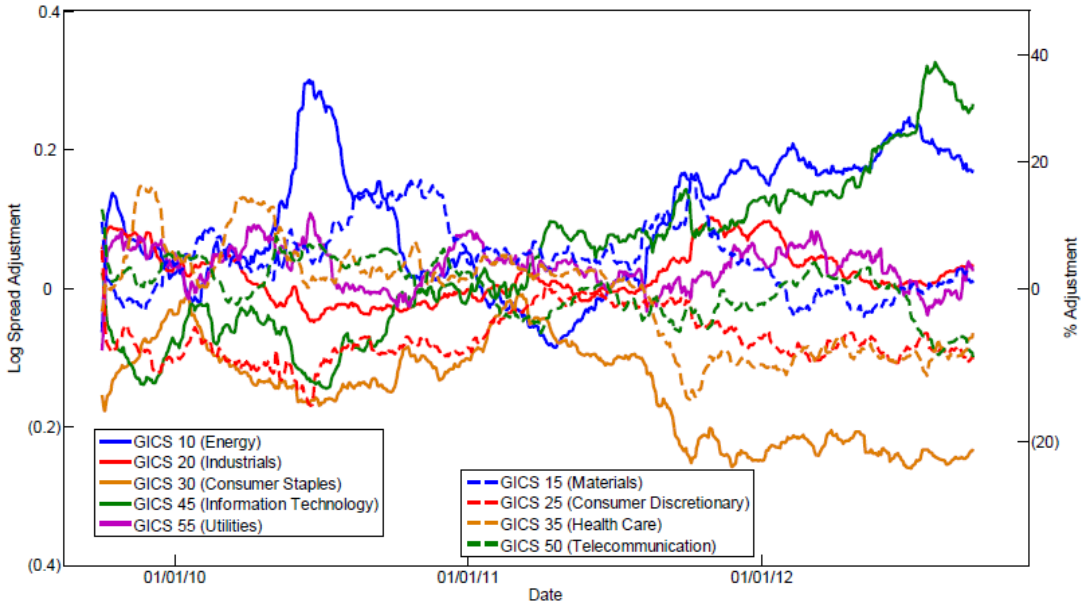
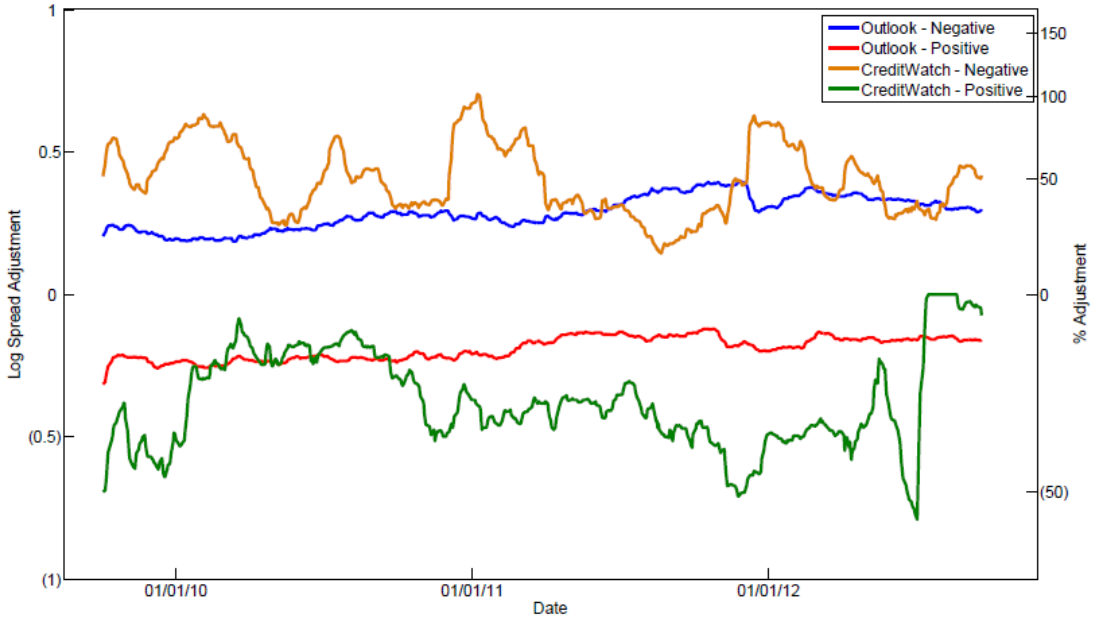


图 6：信用观察/展望历史调整率



数据来源：标准普尔市场信号白皮书（2013.9）

四、标普 CDS MDS 模型

从上文联邦快递公司的例子中可以看出，所观测到的参考实体的对数利差，4.512，等于拟合的基准利差，那么考虑到信用观察/展望、行业、重组条款及其它因素的调整，得到的联邦快递公司调整过后的对数利差为 4.867，如以下等式所示：

对数（91）=4.867（公司调整过后的对数利差）

+0.000(信用观察/展望调整)

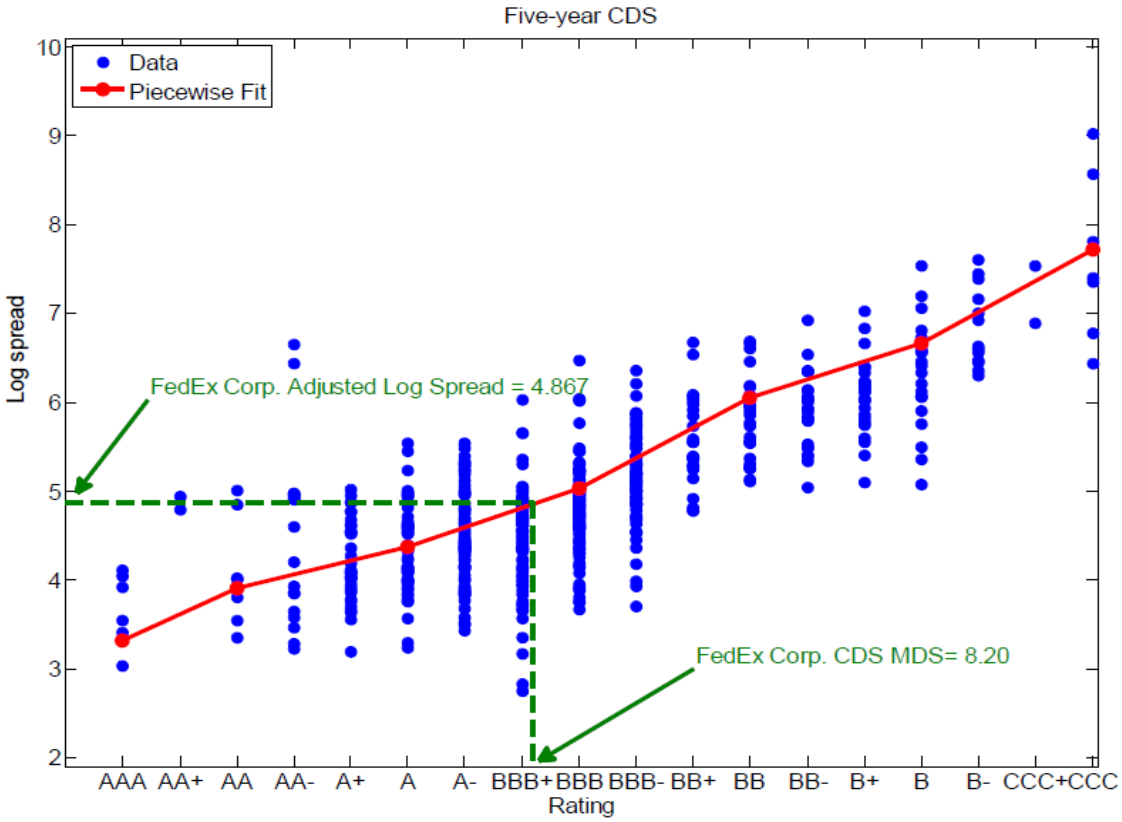
+0.029（工业行业调整）

-0.384（重组条款为 NR 调整）

+0.000（其它因素调整）

通过使用分段线性级别模型（如图 7 所示），可以看出 Y 轴的 4.867 相对应的数值分数是 X 轴的 8.2，四舍五入约等于 8，那么相对应的 CDS MDS 级别为“bbb+”。需要注意的是，CDS MDS 的计算不受实体现有信用观察/展望的影响，因为 CDS MDS 模型旨在利用一个单一的尺度来反映实体信用质量的市场预测。这样就可以跨越时间维度来比较实体之间的 CDS MDS 值。更为重要的是，CDS MDS 是用小写表示，目的就是为了区别标准普尔的信用级别，减少误解，因为这两种评断结果的打分过程是不同的。

图 7：S&P CDS MDS 计算方法图解



数据来源：标准普尔市场信号白皮书（2013.9）

五、标普 CDS MDS 评级与主体长期评级的区别与联系

标普 CDS MDS 评级与主体长期评级分别隶属于两个不同的板块，一个是定量分析中的市场信号模型，一个是定量分析中的基础模型。因此，两种模型在进行打分时，所考虑的因素也略有不同。前者着重于主体的 CDS 利差，而后者则

把重点放到了主体的财务报表上。然而，相似之处在于，两种模型在进行打分时，都考虑了国家风险、行业风险、经济风险和主权风险。

附录 1:

回归方程的矩阵表示及其最小化

设 $\beta=\{\beta[j],j=1,\ldots,M\}$表示参数向量，其值由回归分析的结果决定。计算中，M=36， β 表示 6 条线段（定义为 7 个节点）和各因素调整。前 7 个位置表示为通用企业各级别（AAA，AA，A，BBB，BB，B，CCC）的对数利差，其中全球行业不进行调整，假设信用观察/展望为稳定，重组条款为 MR，货币单位为美元。接下来 6 个位置的参数向量是，信用观察/展望不为稳定的对数利差调整。紧接着的 8 个位置为全球行业（金融行业除外）的对数利差调整。β 的下一个位置为 NR 的调整。接下来的 4 个位置分别为以欧元和日元为货币单位的工业企业的对数利差调整的位移和斜率。27 至 32 的位置分别为以美元、欧元和日元为货币单位的金融公司的位移和斜率的调整。最后 4 个位置的参数向量分别为以美元和欧元为货币单位的主权国家的位移和斜率的调整。

设 **X** 为矩阵，NC 为行，M 为列，其中 X[i,j]中的 j^{th} 为 i^{th}CDS 合同的特征，NC 为所观测的合同的数量。举例来说，如果 i^{th}是所属行业为必需消费品，级别为 BBB，信用观察为正面的公司发行的以美元为货币单位的 CDS 合同，且为 NR 条款，那么 X[i,j]=1，j=4,13,17，或 X[i,j]=0。如果想要矩阵更加复杂多样，就需要其它类型的 CDS 合同，比如以欧元或日元为货币单位的，金融行业发行的，主权政府发行的。

设 **y** 为向量{y[i],i=1,…,NC},其中 y[i]为所观测到的 CDS 合同 i 的自然对数中间利差。

根据上面的符号，可以得出回归方程 $\mathbf{y}=\mathbf{X}\beta+\varepsilon$，其中 ε 为残差向量项，具有先验多元正态分布的特征，μ 为平均数，C 为协方差矩阵。需要注意的是先验平均数 μ 被设定为等于前一天的预测值 β。

CDS MDS 模型的约束条件可以表示为:

$$\mathbf{L}\beta \geqslant \mathbf{c}$$

L 为 K × M 的矩阵，**c** 为长度 K 的向量，K 为约束条件的数量。

为了最大程度的减少贝叶斯理论的残差平方和，标普将先验和线性约束结合到一起，得出以下公式:

$$BRSS(\beta)=(\mathbf{y}-\mathbf{X}\beta)^{T}U^{T}U(\mathbf{y}-\mathbf{X}\beta)+VS^{2}(\beta-\mu)^{T}C^{-1}(\beta-\mu)$$

其中的 β，受 $\mathbf{L}\beta \geqslant \mathbf{c}$ 的约束。在这个公式中，U 为对角矩阵，i^{th}为对角元素，可以等于 1 或 0，这取决于 i^{th}所观测到的异常值是否剔除。VS^{2}，可以从历史数据的实验中获得，它所代表的是一个标量的权重。需要指出的是，在现有数

据基础上的隐含权重取决于上述 BRSS（β）方程第一项中，包含的数据点的数量。

已知 C 为正定协方差矩阵，包含满秩矩阵 **A**，例如 $\mathbf{A}^{T}\mathbf{A}= C^{-1}$。通过设置:

$$\mathbf{Q}=\begin{pmatrix}\mathbf{UX}\\ V^{1/2}S\mathbf{A}\end{pmatrix} \quad \text{and} \quad \mathbf{z}=\begin{pmatrix}\mathbf{Uy}\\ V^{1/2}S\mathbf{A}\boldsymbol{\mu}\end{pmatrix},$$

其中 **Q** 和 **z** 都有 NC+M 行，因此被最小化的数量可以写为:

$$(\mathbf{z}-\mathbf{Q}\beta)^{T}(\mathbf{z}-\mathbf{Q}\beta)$$

其中 **A** 有满秩，**Q** 也有满秩。由于上述方程受到约束，所以这里存在着独特最小值$\tilde{\boldsymbol{\beta}}$。如果存在特殊情况，例如，没有观测值，那么$\tilde{\boldsymbol{\beta}}$将会等于 μ。当内点 μ 受限于 β，满足上文的约束条件时，通过使用二次最小化方程，此函数就非常容易实现最小化。

附录 2:

标普全球行业分类标准（GICS）行业代码

10 能源	35 医疗保健
15 材料	40 金融
20 工业	45 信息技术
25 非必须消费品	50 电信服务
30 必须消费品	55 公共事业

附录 3:

CDS 重组条款

CR - Complete Restructuring (a.k.a. full restructuring, FR): 任何重组事件都被认定为信用事件。任何到期期限为 30 年的债券都是可交割的。

MR - Modified Restructuring: 重组协议算作信用事件，但是可交割义务限于 CDS 合同终止日期后，到期日不超过 30 个月的义务，或已重组的参考义务（无论是否到期）。

MM - Modified- Modified Restructuring: 到期期限为 60 个月的重组义务和 30 个月的所有其他义务为可交割债券。主要用于欧洲市场。

XR - No Restructuring(a.k.a. NR): 所有的重组事件都不会触发信用事件，普遍存在于高收益市场。