

天气衍生品研究综述*

孟一坤

[摘要]自1997年首笔天气衍生品交易以来,其发展迅猛,尤见于美国芝加哥商品交易所之标准化产品。但其理论研究落后于实务应用,本文整合外文文献,按照研究的逻辑顺序,从引入天气敏感度和天气衍生品名片式介绍入手,结合定价方法研究,进而评述使用天气衍生品对特定行业与企业套期保值的影响分析,落点于均衡市场和套期保值两个角度的福利效应测度。本文最后指出国内相关文献的一些错误和研究方向的局限性,提出天气衍生品的研究空白点。

关键词:天气衍生品 天气风险 福利效应

JEL 分类号:G23 G32 I31

近年来,国际社会越来越关注天气与气候问题。最早关注的学者主要是气象环境领域专家,后来政治领域的学者逐渐发现气象问题背后是一个与国际分工和国家利益相关的政治问题。1997年由149个国家和地区的代表通过了《京都议定书》,同年还发生了两个事件:一是首个天气衍生品交易,二是荷兰合作银行集团高级经济师 Marcel Jeucken 首次把全球气候变化因素引到金融学中。至此,经济学界而且主要是实务界开始将天气与气候问题纳入经济研究框架(Jeucken, 2004)。在此背景下,许多金融创新产品如雨后春笋出现在西方发达国家,主要有银行绿色信贷、天气衍生品交易、天气保险和碳信用交易。

在上述产品当中,以天气衍生品发展最为迅猛,成为发达国家管理天气风险最有力的工具。1999年9月,全球最大的期货交易所美国芝加哥商品交易所(Chicago Mercantile Exchange, CME)推出了标准化期货交易及其期权交易。自此交易所产品诞生后,天气衍生品交易量迅速攀高。据天气风险管理协会(Weather Risk Management Association, WRMA)的调查显示:2013~2014年的天气衍生品市场交易量增长了20%,达到118亿美元,单CME交易的夏季合约就增加了25%,且客户化和OTC产品正在骤增。另外,天气衍生品在金融危机时表现出极好的抵抗力,交易量只增未跌。值得关注的是,仅亚洲地区2008~2009年,天气风险管理交易合同数目便从2007~2008年的1940份跃至6837份,其增长速度已超过了欧洲市场^①。

天气衍生品尚属新兴金融创新,而且理论研究往往落后于金融实务发展。纵观天气衍生品研究的中外文献,按逻辑顺序,将其分成四类,即特征分析(包括天气敏感性分析和天气衍生品名片式介绍)、定价研究、产业影响或企业套期保值效率分析,以及福利效应测度。

一、天气衍生品特征分析

特征分析有两类,一是对天气风险的研究,主要是天气敏感度分析(Weather Sensitivity Analysis),

* 孟一坤,复旦大学经济学院,博士研究生。本文得到“上海地方高校大文科研究生学术新人培育计划项目”和上海市教育委员会科研创新重点项目“天气衍生品交易的福利效应测度及其在中国的开发框架研究”(课题批准号:13ZS064)资助。

^① 数据来自于WRMA于2014年发布的调查Weather Market in Asia, Europe Grew in 2013-2014,该文件可从以下地址获得:<http://wrma.org/pressroom.html>。

二是天气衍生品的名片式介绍。

(一)天气敏感性分析

天气敏感度根据对象又可以细分为两种,或是行业间比较,或是国别间比较。而且将前者作为后者之计算基础是更为理想的。

行业间比较的代表性文献是美国康奈尔大学的 Larsen(2006)就美国经济各部门的天气敏感性进行的开创研究。其构建超越性对数生产函数(transcendental logarithmic production function),预测了11个部门的经济产出受天气影响的程度,具体做法是用蒙特卡洛方法模拟出天气变量,用以估算经济产出的均值和方差范围,其认为最大和最小变异系数之差即各部门产出对天气的敏感度。Lazo et al.(2011)进一步使用48个州11个部门的24年数据,以资本、劳动时间、能源消耗量和天气变量对生产者剩余进行了非线性回归。值得注意的是,四种天气变量分别是:HDD(Heating Degree Day)、CDD(Cooling Degree Day)、累积降雨量及其方差。其结果显示了降雨量方差的突出显著性,且农业受CDD影响最大。最终的敏感度居前三位的行业是采掘业、农业和制造业。对特定行业分析的典型文献是Martin and Muuls(2011),其就英国制造业对极端天气的敏感度进行了分析,通过上游、产量和下游三种扰动渠道得出热浪带来劳动生产率的下降,GDP的相对损失率达0.32%,有趣的是这种消极影响可以通过出口转嫁。Koetse and Rietveld(2009),Pardo et al.(2002)以及Rothstein and Halbig(2010),Giannakopoulos and Psiloglou(2006)分别作了交通运输业、电力业和能源业的相关研究。Subak et al.(2000)对行业进行了细分,不但测度了各自的正负影响,还得出能源消费、旅游业和保健业对冬天异常天气具有更高天气敏感度,而建筑保险和火灾业则更敏感于夏日异常。值得注意的是,MIT的Olivier and Michael(2006)的气候变化对美国农业影响的实证研究质疑了目前流行的消极说,且指出常用的hedonic模型方法对变量、样本和权重非常敏感,故是不可靠的,实证结果认为天气波动将带来更高的农业利润。

一国对天气之敏感度始于Dutton(2002)的分析,但其并未使用实证方法,所以其估计是主观的。Weatherbill(2008)则给出了计算公式,即各行业天气波动率为权重的产值加总(weather sensi-

tivity= $\sum_{i=1}^n (GDP_i)(WV_i)$),而天气波动率又为各行业CDD、HDD和降雨量三者各自弹性与变异系数之积的和的加总(即: $WV = \sum_{i=1}^n [E_{HDD} \times CV_{HDD} + E_{CDD} \times CV_{CDD} + E_{precip} \times CV_{precip}]_i$)。从最终得到的68个国家的结果值可以发现天气敏感度的异质性和使用风险管理工具套期保值的必要。

还有一些文献针对特定行业进行了天气敏感度研究。Stevens(1991)实证检验美国的玉米、小麦和大豆产出数据,得出生长季节的天气状况是美国此类商品供给情况的重要决定因素。而Fleming et al.(2006)以高天气敏感度特征为切入口,使用玉米、大豆、小麦、天然气和冷冻浓缩桔子汁期货市场数据,转化成天气敏感行业中的季节信息流,检验了公共信息对资产价格波动的贡献。事实上,一行业或一国的天气敏感度定量分析,是我们开发天气衍生品市场的基础研究,这些文献的方法为进一步确定有效套期保值比例,并进而加总福利效应提供了丰富的经验。

(二)天气衍生品名片式介绍

目前出版的有关天气衍生品的外文专著共有8本,其中5本都属于名片式介绍,但各有特色:Geman(1999)分别介绍了天气保险衍生品(Insurance Derivatives)、天气保险证券(Insurance Securitization)和天气衍生品,并极力论述金融和保险产品之融合趋势。Erik Banks and Element Re Capital Products(2002)从天气风险切入,在市场结构、风险量化和控制等方面展开了全面推介。Dischel(2002)则另介绍了一些实际应用,比如发展中国家的农业天气风险管理、天气市场的投机问题。

Tang(2010)还关注了天气衍生品在印度的发展,又明确区分了天气衍生品和天气保险。而Volker et al.(2007)则是一份学生的调查报告,做了一些整理工作,学术价值不大。值得注意的是,这些专著的作者大多是来自实务领域的专家,有着丰富的天气衍生品开发经验,而非研究学者^①。而各国专家纷纷展开对本国国情下引入天气衍生品市场的情况分析。比如,Geyser(2004)给出了其在南非的发展情况,Ghiulnara and Viegas(2010)给出了葡萄牙的发展前景。Lazibat and Štulec(2011)在克罗地亚作出开拓研究。Barrieu and Scaillet(2010)作了入门介绍,尤其关注天气衍生品对发展中国家农业风险的作用。

天气衍生品法律性质方面的文献,主要关注其法律地位的解释,最大的焦点是其与天气保险产品的区别。其背景是美国的国家保险专员协会(U.S. National Association of Insurance Commissioners, NAIC)曾于2003年起草了一份极具争议的白皮书,认为:“天气衍生品只不过一种伪装的保险产品”(NAIC, 2003)。墨尔本大学法学院Ali(2004)就分析了天气衍生品支付义务的结构,提出其不应受保险法规管制。与此同时,有各种组织和个人提出了反对意见。认为衍生品若是一种保险产品,则就须具备“可保利益”,并受保险法监管,显然这是不合适的。而更早的文献Ali(2000)则强调了天气衍生品不像一般商品期货,它管理了数量风险而非价格风险,并探讨了在澳大利亚法律下公司决策层是否有义务要使用天气衍生品来降低与天气相关的企业收入波动,他认为在判例法下法院可能认为未使用衍生品套保工具有违决策层义务的。

本文在文献整理的基础上,提出天气衍生品与生俱来地具有标的指数固定、标的地点固定和标的时间固定这三种特点。

1. 标的指数固定

所谓标的指数固定,就是天气指数必须确定,如气温、降雨量、降雪量等,因为天气衍生品的品种其实就是对应的标的天气指数品种。表1列出了CME Group交易的所有天气衍生品的种类,主要有基于气温、霜冻、飓风损害、降雪量和降雨量这五种指数,它们各自的计算方式一般比较固定,数据的提供常是外包给第三方具有公信力的服务机构。

2. 标的时间固定

所谓标的时间固定,就是须确定未来的某一个时间段(周、月或季),或是某几个时间段的组合(某几个月度的组合),来进行天气衍生品交易。表2显示了各种标的指数下的时段长、品种和可使用月份的情况。

3. 标的地点固定

所谓标的地点固定,就是须确定某一范围较小的地点,依托当地的气象设施和气象服务,以其气象原始数据进一步编制的天气指数为基础,才能开展指数衍生品交易。值得注意的是,地点范围的大小与产品品种有关。具体来说,基于气温或霜冻指数的产品以城市为地点范围,其范围比基于飓风指数的产品小得多,但比基于降雨量或降雪量的产品大得多。这就不难理解,仅纽约市就有三个降雪量标的地点了(纽约纽瓦克机场、纽约拉瓜迪亚机场和纽约中央公园)。所以严格说来,将“标的城市”的提法运用于各类天气衍生品是错误的。它们各自的性质、数量和举例详见于表3。CME Group电子交易系统(GLOBEX)使用的天气指数来源于EarthSat公司^②,而该公司的原始数

^① 譬如:元素公司(Element Re Capital Products Inc.)的总裁和首席运营官Lynda Clemmons于1997年在安然公司开发完成了世界上第一笔天气衍生品交易业务,后离开安然与合伙人投资创办了元素公司,其首席风险管理官即Erik。事实上,Erik Banks(2002)的版权是属于元素公司的;Stephen Jewson和Anders Brix都效力于Risk Management Solutions公司;Dischel毕业于纽约大学,曾是大学教授,现为Weather Market Observer主席,有着近20年的资本市场量化管理经验;Kenny Tang是Oxbridge Capital和Oxbridge Weather Capital的创立者和CEO。

^② 全名是“地球卫星公司”(Earth Satellite Corporation),该公司建立于1969年,是全球地球观测数据商业使用的先锋。

表1 CME Group 交易的天气衍生品品种(标的指数品种)

标的指数品种	对应的指数计算公式	标的地点
基于气温 (temperature)	$HDD=Max\{65-T_{avg},0\}$ $CDD=Max\{T_{avg}-65,0\}$ $CAT=\sum_{i=1}^n T_i$ (其中:温度 T 为华氏单位, $T_{avg}=(T_{min}+T_{max})/2$)	涵盖全世界 47 个城市(包括 24 个美国城市、11 个欧洲城市、6 个加拿大城市、3 个澳大利亚城市、3 个日本城市)。其中 CAT 主要运用于欧洲和加拿大的城市。
基于霜冻 (frost)	从 11 月第 1 个周一到次年 3 月最后 1 个周五且除去双休和 12/25、12/26、1/1 三天的工作日内,发生以下事件的天数:当地时间 7 时的气温 $\leq -3.5^{\circ}\text{C}$; 或 10 时 $\leq -1.5^{\circ}\text{C}$; 或 7 时 $\leq -0.5^{\circ}\text{C}$ 且 10 时 $\leq -0.5^{\circ}\text{C}$ 。	该指数委托 MDA Information Systems, Inc. 计算。仅运用于荷兰的阿姆斯特丹。(用以应对荷兰建筑企业的天气风险,因荷兰合同规定:建筑工人在霜冻天气停止工作。)
基于飓风损害 (hurricane damage)	$CHI=\left(\frac{V}{V_0}\right)^3+\frac{3}{2}\left(\frac{R}{R_0}\right)\left(\frac{V}{V_0}\right)^2$ (其中: V 为最大风速,单位是英里每小时,其初值 V_0 为 74mph; R 是飓风半径,单位是英里,其初值 R_0 为 60 英里。)	该指数委托主要从事飓风业务的私人再保险公司 Carvill 进行计算。运用于美国的 9 个地区。
基于降雪量 (snowfall)	每日降雨量的累计值大小(单位:英寸)	该指数委托 MDA Information Systems, Inc. 计算。运用于美国的 10 个城市市内地点(多为机场)。
基于降雨量 (rainfall)	每日降雪量的累计值大小(单位:英寸)	该指数委托 MDA Information Systems, Inc. 计算。运用于美国的 10 个城市市内地点(多为机场)。

资料来源:CME Group 网站(<http://www.cmegroup.com/trading/weather/>),截至 2015 年 3 月 30 日情况,作者整理。而 CHI 指数不同于传统的 Saffir-Simpson 飓风衡量标度 SSHS(为五级离散型,仅考虑最大风速),这方面的文献可参考谢世清(2009); CME2011 年发布的 CME Hurricane Index Overview (<http://www.cmegroup.com/trading/weather/files/Hurricane-CHI-Whitepaper.pdf>)以及 NOAA 关于 SSHS 的介绍(<http://www.nhc.noaa.gov/pdf/sshws.pdf>)。

据则来自自动地表观测系统(Automated Surface Observing System, ASOS)^①。由于某些天气指标对环境 and 场地空旷度要求很高(比如水坝、城市化或都会影响气候及仪器测量^②),加之该系统有航空局的背景,所以地点绝大多数设于大型机场是不难理解的^③。

从美国市场和欧洲市场发展来看,确实存在一些差异,本文将其整理出,进行对比研究,如表 4 所示。我们发现欧洲市场相对美国市场的发展滞后。

① ASOS 由美国国家天气服务中心(National Weather Service, NWS)、联邦航空管理局(the Federal Aviation Administration, FAA)和国防部(the Department of Defense, DOD)三方控制运营,于 1991~2004 年研发建成。它是自动数据收集设备,每五分钟收集天气实时数据,并直接传输到国家气候数据中心(NCDC)和国家海洋大气管理局(NOAA)。EarthSat 将提供即时质量监控,一旦 ASOS 设备故障或在报告数据时 NOAA 网络出现通信问题,EarthSat 将负责更新数据。

② 这方面详细资料可参见 Kalnay et al.(2003)和 Gero et al.(2006)。

③ 在 16 个地点中,除了纽约中央公园(New York Central Park)和洛杉矶市区南加州大学校园(Los Angeles Downtown USC Campus),其余 14 个均为国际机场。

表2 CME Group 交易的天气衍生品的标的时段

标的指数	时段长	品种	可使用月份	
美国 24 个城市	HDD	季节性剥离组合	期货、期权	11月~4月
	CDD	季节性剥离组合	期货、期权	5月~10月
	T_{avg}	每周	期货、期权	全年
加拿大 6 个城市	CDD 的 CAT	季节性剥离组合	期货、期权	5月~10月
	HDD	季节性剥离组合	期货、期权	11月~4月
	CDD	季节性剥离组合	期货、期权	5月~10月
欧洲 11 个城市	CDD 的 CAT	季节性剥离组合	期货、期权	5月~10月
	HDD	季节性剥离组合	期货、期权	11月~4月
澳洲 3 个城市	HDD	季节性剥离组合	期货、期权	11月~4月
	CDD	季节性剥离组合	期货、期权	5月~10月
日本 3 个城市	CDD 的每日平均 CAT	季节性剥离组合	期货、期权	除本月外的月份皆可组合
美国 9 个地区	CHI	季节性	期货、期权、二项式期权	全年
		季节性	最大值期货、期权、二项式期权	全年
		季节性	二次事件最大二项式期权	全年
美国 10 个地区	降雨量	季节性剥离组合	期货、期权	4月~10月
		月、季	二项式期权	全年
荷兰 1 个地区	霜冻指数	季节性剥离组合	期货、期权	4月~10月
		月	二项式期权	4月~10月
美国 10 个市区地点	降雪量	季节性剥离组合	期货、期权	11月~3月
		月	二项式期权	12月~4月
		季节性剥离组合	二项式期权	12月~4月

资料来源: CME Group 网站提供,截至 2012 年 11 月 30 日情况,作者整理。

表3 CME Group 交易的天气衍生品标的地点与标的指数关系

	标的地点范围较小	标的地点范围适中	标的地点范围较大
标的指数	基于降雨量、基于降雪量	基于气温、基于霜冻	基于飓风指数
标的地点	建筑物	城市	地域
地点性质	行政性	行政性	地理性
实质原因	地点差异对数值影响大	同城数值差异极小	移动和波及范围广
现有数量	全美 17 个	全球 47 个	北美 9 个
举例	纽约中央公园	纽约市	北大西洋岸区
	杰克逊维尔国际机场	杰克逊维尔市	佛罗里达州

资料来源:截至 2015 年 3 月 30 日情况,作者根据 CME Group 产品整理。

表 4 美国市场和欧洲市场的气温衍生品市场差异比较

	美国市场	欧洲市场
交易起始年份	1997 年	1998 年
CME 交易起始年份	1999 年	2003 年
目前标的城市数量	24 个	11 个
执行方式	经纪人(broker)和 CME 屏幕	经纪人(broker)、拍卖和 CME 屏幕
主要的冬季指数	HDD	HDD
主要的夏季指数	CDD	CDD 的 CAT
气温度量单位	华氏度	摄氏度
气温门槛值	65 华氏度	18 摄氏度
每点对应价值	USD20	GBP20 或 EUR20

资料来源:截至 2015 年 3 月 30 日情况,作者根据 CME Group 产品整理。

附录 1 给出了 CME Group 交易的气温衍生品在美国的标的城市的所在州、所在美国版图的方位、气候类型及具体的统计情况。本文发现,这 24 个城市基本涵盖了美国的气候类型,且它们之间的差异也较大,其地理分布如图 1 所示,这些都是为了提供一个适用于各种大小不同、时间发布不同的天气头寸类型的气温衍生品篮子。



图 1 CME Group 气温衍生品美国标的地点的地理分布

综合以上三个天气衍生品的自身特征,我们不难以此为基础推究出其发展的特征和趋势。其演绎如图 2 所示。就其指数固定的一面,将改进该指数的计量方法,包括对原始气温数据的处理、净化和公式的调整,飓风损失的计算公式之改进正是一个例子。而天气指数品种的增多及其构成某种组合也是一种发展方向,譬如户外活动、餐饮娱乐业更适合使用体感指数而非实际气温来套期保值。就其标的时间固定的一面,或许可能产生时段组合更灵活的产品,并不拘于月度或季度,可能短至旬度,长至半年度。这样更适宜市场周期较长的行业。就其标的地点固定的一面,地点及其组合的增多为必然,还有可能设计出以飓风、降雨量和降雪量为仿例的标的地点范围更适宜的

产品。譬如设计出针对整个州的产品来,这将极大地有利于跨同州多城市企业的天气风险管理。其实这些发展特征都是为了减少企业意欲规避的地点尚未作为标的地点开发而迫不得已使用相似城市产品而导致的基差风险。这些发展将先应用于 OTC 产品,最终渐渐出现在交易所中。

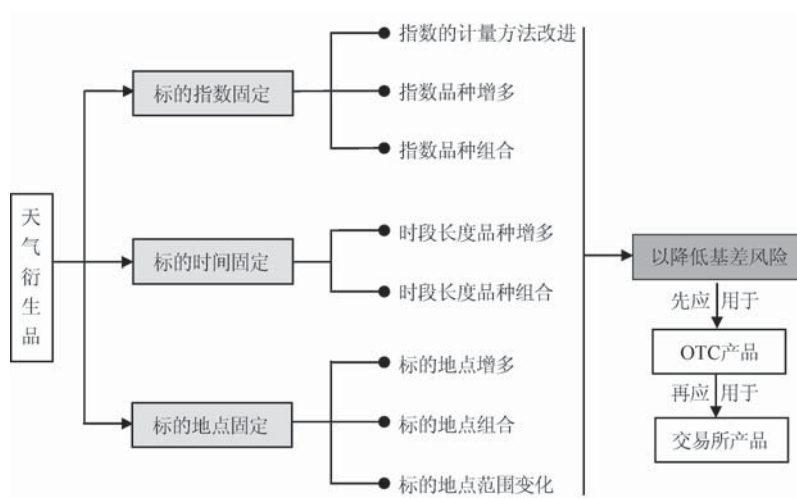


图2 天气衍生品自身特征到发展特征的演绎

天气衍生品名片式介绍对其最终福利效应测度

研究的价值在于,在对已有的衍生品福利测度的方法进行改良和借鉴时,须结合天气衍生品独有的特点(譬如:标的的不可交易性)提出一种相对科学的测度方法。而这些特点除了市场现状研究外,主要就来自于这些名片式介绍的抽象和整合。

二、天气衍生品定价研究

有三本专著不属于名片式的范畴。Jewson and Brix(2005,2010),主要介绍定价方法,内容详尽,是技术上的权威。Mandal(2010)则只专注于探索一种新的定价方法,其使用英国的四个城市的30年日数据,捕捉包括季节效应和年趋势特征的日气温波动,使用高斯 Ornstein-Uhlenbeck 过程的模型进行无套利期权定价,并将其与蒙特卡洛模拟结果进行对比。Benth and Benth(2013)也只集中提出一种新方法,在深度分析了 CME 的 CDD 和 HDD 期货后,将复杂随机过程引入了时间和空间的动态模型中,使用立陶宛的天气数据进行试验,效果良好。

Ahmet(2011)对中国直辖市的天气衍生品定价作出了突出贡献,比如其对北京(使用季节波动率模型)、上海和深圳(使用均值反转的 Ornstein-Uhlenbeck 模型)进行了气温期权的定价研究,又利用重庆 1990~2009 年降雨量数据,使用跳跃的马尔科夫过程进行衍生品定价,最终显示在捕捉历史降雨量方面优于纯马尔科夫过程。

国内学者在此方面多有模仿,其多见于学位论文。姑举一例,刘景伟(2012)梳理了前人各种关于气温衍生品定价理论和模型,并使用加拿大多伦多市 1841~1996 年的每日平均温度数据进行温度过程模拟,比较修正的 Alaton 模型和 Diebold 模型的预测效果,实证结果认为前者优于后者。国内学者在此方面做了较全面的天气衍生品定价方面的文献综述,皆可参考,在此不再赘述,仅作参考以上补充。

三、天气衍生品对产业或企业的影响

产业与企业影响并不相同,前者是引入天气衍生品后对一国之特定行业的影响,后者是对企业套期保值效率的分析。

(一)对特定产业的影响分析

Muller and Grandi(2000)较早地探讨天气衍生品是否能成为天气敏感行业的风险管理工具,并提出随着欧洲和其他区域的能源行业的进一步去管制化(deregulation),天气因素将受到更高的重视,带来天气衍生品市场的繁荣。Yoo(2004)则主要关注去管制化的电力市场。Jones(2007)着重分析天气衍生品在农业中的应用,但仍停留在定性分析。Bokusheva(2011)用动态回归和 copula 方法衡量了哈萨克斯坦农业产出和天气变量在联合分布中的依赖性,认为极度干旱的频度和技术的改进对二者依赖性的影响较大。Cyr and Kusy(2007)以及 Zara(2010)研究了天气衍生品对制酒业的作用。前者创造性地引入冰酒指数(Icewine Degree Days, IWDD)。后者认为长期使用基于 CDD 期货的枷型双向期权能十分有效地抵补天气风险,减少农业经济波动性带来的行业损失。Connors(2003)则详细探讨建筑业在冬季如何使用 HDD 期货进行风险转移。

(二)对企业套期保值效率的影响分析

Mian(1996)较完整地探讨了套期保值对企业的作用。Pollard et al.(2008)认为天气衍生品对公司财务改善具有显著作用。Mulong(2010)引入独立随机过程和无套利方法研究天气衍生品在企业套期保值中的价值和作用,并指出其有效性与企业的风险杠杆率有关,当杠杆率非常高时几乎无效。Leggio(2007)以连续降雨为例,运用 McIntyre(1999)的天气衍生品定价模型研究了天气衍生品在突发性气象异常中的作用,认为企业能将利润波动性降至原本水平的 80%。并指出购买天气衍生品对中小企业尤为重要,因为它能有效提高经营者的利润预测准确度和支出控制能力。Pérez-González and Yun(2011)选择了明显受制于天气的企业作为样本,发现在 1997 年没有引入天气衍生品之前,企业现金流随天气情况而波动,且与其他厂家相关。一旦引入天气衍生品后,企业具有更高的市场价值、带来高投资和杠杆率。可见天气衍生品能显著影响企业产出并通过有效风险控制影响企业价值、投资和金融决策。另外,从实务上企业的套期保值效果得到肯定。CME Group 和 Storm Exchange Inc 于 2009 年所作调查显示,85%的企业表示在使用天气管理工具套期保值对缓解本来暴露的风险是有效的。

四、天气衍生品福利效应测度

引入衍生品的福利效应测度主要有两类,或是考量均衡市场下的动态福利效应,或是测度套期保值的福利效应。

(一)均衡市场的福利效应

福利效应测度除了从微观层面测度外,还有从全市场角度的考察,旨在量化引入衍生品前后市场均衡(不论是局部均衡还是一般均衡)打破下的福利水平改善程度。从思路,又可分为两大类:由效用函数出发和由消费者生产者福利三角形分析出发。

1.由效用函数出发

其主要通过代表性企业的分析,进而加总效用得到社会总福利水平,构造指标进行福利改善程度的衡量。但其按照是否构建一般均衡市场又可进一步分为两小类。

(1)做一般均衡分析的,主要有 Turnovsky(1983),Turnovsky and Campbell(1985),孙坚强(2006)。他们做出了用数值分析来求解方程,进而确定均衡状态下的价格方程,再用社会总效用测度福利水平的开创性研究。其中都包括两种情形的模型求解,一是未引进衍生品时的单市场均衡,二是引入衍生品后的多市场的一般均衡。他们的分析核心是将现货价格设定为: $p_t = E_{t-1}(p_t) + \rho_u u_t + \rho_v v_t$,其中 u_t 和 v_t 分别为短期的总需求方面和总供给方面的扰动,并且这两种扰动服从状态独立分布。这为进一步不同水平下的参数模拟所得福利效应大小创造了空间。孙坚强(2006)主要因袭了国外研究

的方法和设计,指数考虑了利率参数,即在各主体的成本阐述前乘以 $(1+r)$ 作为贴现因子,并给出更为直观和全面的参数模拟情况。

(2)不做一般均衡分析的,主要是 Zant(2001),该文献有四点突出特征。第一,其不但考虑了传统的生产者和投机者,还创造性地虚拟了交易所(the commodity board),令其交易量为前两种主体的加总。交易所能将国内的橡胶现货市场连接于国外的期货市场,并以最优化其利润函数为目标。第二,使用 ARMA 来预期价格,这样使得分析突破了数值分析的框架,转向从历史信息进行预测的实证分析中。第三,拟合行为方程估计得到参数,其中最巧妙的即使用非线性回归的方法估计出较难确定的成本函数参数和绝对风险厌恶系数。第四,并不考虑需求和供给的扰动,而是直接把产量作为决策变量,免去了计划产量因波动而产生的随机效应,于是不再出现协方差项。

2.由福利三角形出发

其思路是在原本的现货市场周围寻找合适的相关市场,从局部均衡跃升至一般均衡,然后使用 Rausser and Just(1981)所开创的一般均衡的动态福利测度方法,量化在冲击(shock)下时变的福利损失值。但其基本模型是针对需求与预期价格无关,而攻击完全受制于预期价格的商品供求类型。其价格预期机制为理性预期,也使用历史信息来进行 ARMA 估计得到。值得注意的是,衡量福利损失有两种指标:一种是绝对值,即福利三角形面积的减少值;另一种是用它占消费者和生产者的总福利的比值进行计量。这种方法的特点是以时变的福利损失为福利效应的动态刻画指标。Rausser and Walraven(1990)成功地使用此方法对外汇市场、利率市场和商品市场所构成的一般均衡体系进行福利损失测度。

(二)套期保值的福利效应

天气衍生品套期保值效率研究是其福利效应研究的基础,因为前者考虑的是个体期望效用的情况,后者是前者通过某种规则的加总。套保效率研究的基本思路是:首先构造一个期望效用函数作为目标函数,其次将天气变量引入收益函数,再次优化求解得到一个最优的套保比例,最后以一个反映效率的前后改善的指标来度量套保效率。方法上都用到了最优化,并且或仿真模拟或实证研究。下面按以上步骤评述已有文献要点。

第一,关于目标函数。均值方差目标函数被许多文献使用来刻画效用。早期的文献是Rolfo(1980),其指出这种预期效用函数仅是收入的预期和收入的方差的函数,其基本形式为 $EU = E(\tilde{W}) - mVar(\tilde{W})$,其实质是把采取了指数效用函数,也就是常绝对风险厌恶效用函数(Constant Absolute

Risk Aversion, CARA)。其中 m 即为绝对风险厌恶系数, $m = \frac{d[E(\tilde{W})]}{d[Var(\tilde{W})]}$ 某一固定期望效用,表示在某一固

定期望效用水平下单位收入方差的变动时引发的单位收入预期的变化量。于是,参数 m 越高,反映风险规避程度越高; $m=0$ 时,个体是风险中立的(risk neutral)。Golden et al.(2007)、Brockett et al.(2009)、Yang et al.(2009)采用的便是这种均方效用框架,只不过前两篇文章其欲考量 OTC 产品仍具有的信用风险,在引入了一个与不违约概率 p 有关的随机变量 θ 后,使目标函数变形为具有了条件概率形式: $u(W|\theta) = E(W|\theta) - \lambda Var(W|\theta)$ 。而另一种形式是对数效用函数(即 Bernoulli 效用函数),其允许递增的绝对风险厌恶和常相对风险厌恶,故更加接近现实情形,但其在加总时不如指数形式具有线性的性质。而且值得注意的是,仿真结果确实与选用哪一种期望效用函数类型有关。

第二,关于天气变量的选用。Golden et al.(2007)使用的是累积的 HDD 指数(即 $t = \sum_{i=1}^n HDD_i$)和累积的 CDD 指数(即 $t = \sum_{i=1}^n CDD_i$)。且其进一步假设数量风险与天气变量之间成线性关系,即

$q = \alpha + \beta t + \varepsilon$ 。在其基础上,衍生出三个参数:用当地天气指数之标准差(σ_{it})表示天气风险,用当地天气指数与交易所制定城市之指数的相关系数($\rho_{i,te}$)表示基本风险,以及用违约概率($1-p$)表示信用风险,这便能进行控制参数下的套保效率变化研究。这方面,Patrick et al.(2009)亦因循此种天气变量选用。但Yang et al.(2009)在构建需求量与天气变量关系时,引入了虚拟变量(D)来考虑双休日和节假日对能源需求量(用每日能源负荷量表示 q_{ij})的影响,且考察不同地区 i 中不同气象站 k 的情况。故其建立的关系式为: $q_{ij} = \alpha_i + \sum_{k=1}^m (\beta_{ik} HDD_{ijk} + \gamma_{ij} CDD_{ijk}) + \lambda_i D_{ij} + \varepsilon_{ij}$ 。其研究聚焦于能源市场,所以能使用实证数据,而非仿真模拟来确定需求量。

第三,关于反映效率改善的指标。这与具体文献的研究对象直接相关。比如Golden et al.(2007)欲构造一个交易所产品(降低信用风险)和OTC产品(降低基本风险)的结合,并计算出其最优套保比例。其动机和天气衍生品的地域使用特征有关,因为身处他地的企业使用交易所天气衍生品进行套期保值时,就会面临可观的基本风险;而转向使用OTC产品的企业却又面临了信用风险。这种结合称为“基差衍生品”(basis derivative),是一种OTC产品,它既减少了交易所天气衍生品带来的基差风险,又降低了单纯OTC产品所带来的信用风险。具体做法就是,将当地的天气指数和交易所的天气指数结合起来消除地域差异影响。其设置的效率改善指标是最小方差之相对变化量,因为在一个无偏的市场中 $\min_h Var(W|\theta)$ 问题和 $\max_h E(W|\theta) - \lambda Var(W|\theta)$ 问题是等价的。其仿真结论显示,不论使用线性还是非线性的套保工具^①,当基本风险较低(公司收入与交易所合约价格之相关)或天气风险较高(公司收入对天气较敏感)时,套保效率更高。且在天气风险不太高或基本风险不太高时,信用风险对线性工具的套保效率影响不大;而天气风险不太高时,其对非线性工具的套保效率影响显著。Brockett et al.(2009)也采用最小方差之相对变化(即: $\frac{V_{min-原} - V_{min-现}}{V_{min-原}}$)作为效

率改善指标,但其研究方向着眼于对比不同地区、使用不同来源的同一天气指数、不用季节时的套保效率,于是使用三因素ANOVA(A Three-way Analysis of Variance)来分析单一因素、它们两两之间的互动和三者的互动影响的差异显著性。其实证结论显示,地区、指数来源或季节的不同都对套保效率发生显著影响。具体来说,冬季效率高于夏季效率,使用CME指数高于使用RMS指数^②。只有地区和季节在线性工具中以及指数来源和季节在非线性工具中发生互动影响。Yang et al.(2009)因为未考虑违约风险的条件概率问题,故其指标与经典的Ederington(1979)结论相同:最优套保比例是协方差与方差的比值(即: $\frac{Cov(q,t)}{Var(t)}$),其套保后得到的方差减少值是协方差平方与两

项方差积的直接比值(即: $\frac{Cov^2(q,t)}{Var(q)Var(t)}$),并没有像前两篇文献使用相对变化量度量效率。其研究

关注能源市场中使用RMS地区数据^③和CME城市数据^④这两种情况下的基本风险的套期保值效率,结果发现:前者是后者的很好补充。二者的使用对美国东北地区和大西洋中部地区的夏季和冬季,以及加利福尼亚地区的夏季能源业具有很好的套保效率,具有较小的基本风险。但德州地区在不同月份中套保效率相异很大,尤以二月的基本风险为最高。

① 线性工具指远期或期货这样的线性支付工具;而非线性工具指期权那样非线性支付的工具。

② 即Risk Management Solutions, Inc.(RMS)公布的指数,该公司是全球提供量化和自然灾害风险产品和服务的领导者。

③ RMS当时公布的是美国十个地区的天气指数数据,即Mid-Atlantic、Midwest、Mountain States、Northeast、Northern Plains、Pacific Northwest、Plains、South Central、Southeast和Southwest。

④ CME当时公布的是美国十八个城市的天气指数数据,即Atlanta、Boston、Chicago、Cincinnati、Dallas、Des Moines、Houston、Kansas City、Las Vegas、Minneapolis-St Paul、New York、Philadelphia、Portland、Sacramento、Tucson、Baltimore、Detroit和Salt Lake City。

五、国内天气衍生品研究之局限性

中国在宏观国民经济、中观行业经济和微观企业经济三个层次上暴露于天气风险的头寸甚大。仅以农业为例,我国农业具有很高的产量风险^①,其中以天气风险最严重,受到世界银行和学者的高度关注。且传统的基于损失的农业保险产品本身有局限性,常被形容为“要么保不起,要么赔不起”^②。可见,中国必须通过跟上全球金融创新步伐对此头寸作出抵补性防御,积极研究开发天气衍生品交易市场。然而,在天气衍生品理论研究领域,主要集中在两方面:一是定价研究,前文已经评述,且只是将中国数据代入既有模型,并未作出模型修正或方法创新,甚至也没有多种方法的参照比对;二是名片式介绍和发展前景展望,这方面最突出的深圳大学学者李国华的译作《天气风险管理》,值得注意的是,这项工作是以2003年3月其申请成立中国第一家天气风险管理公司,最终流产为背景的^③。此外,文献主要集中在对天气衍生品特性功能、交易策略和定价机制的介绍以及在某些具体领域的应用前景展望,对天气衍生品各种经济效应的分析大多属于定性研究,尚缺乏专门的福利效应分析。于力(2003),齐绍洲和凌棱(2003)介绍了天气风险管理的基本常识和交易所的天气期货产品。刘元元(2005)较早地提出对天气类衍生产品与金融衍生工具功能再认识。陈信华(2009)以介绍 Larsen(2006)和 Weatherbill(2008)两篇主要的度量天气敏感度文献为基础,引申讨论了上海国际金融中心建设背景下的推出气候衍生品交易的意义。余沪容和姚从容(2005),李黎和张羽(2006),尹晨和许晓茵(2007),以及李鑫(2008)都聚焦于农业方面的天气风险管理,且很可惜的是混淆了衍生品和保险产品。肖宏(2008)提出过天气风险证券化设想。郭劲朝和王哲(2011),王培和高雷(2011)简介了天气风险,并较浅地展望了我国的情况。

综上,我国学者对天气衍生品的研究除了定价领域(也大多没有作出模型改进),都集中在定性研究,着力分析制约我国天气衍生产品推出的主要因素,既没有就我国的细分行业情况考量天气头寸,更没有关于引入天气衍生品福利效应测度方面的思考,是为研究空白点。2012年9月13日,CME Group与上海期货交易所更新了双方在2003年就已达成了谅解备忘录(Memorandum of Understanding),共同致力于为银行、企业和其他金融机构开发出更多套期保值的衍生品以管理风险^④,这再一次对我国天气衍生品的理论研究构成倒逼,亟待探索。

参考文献

- 班克斯、埃里克(2011):《天气风险管理》,经济管理出版社。
- 陈信华(2009):《天气敏感性分析与气候衍生品开发》,《上海金融》,第11期。
- 郭劲朝、王哲(2011):《探析天气风险以及天气衍生品在我国的发展》,《时代金融》,第3期。
- 胡正、董青马(2012):《天气风险管理及其最新研究进展》,《西南金融》,第5期。
- 李国华(2004):《开发中国天气风险管理市场的基本思路》,2004年中国经济特区论坛:科学发展观与中国的发展学术研讨会论文集。
- 李黎、张羽(2006):《农业自然风险的金融管理:天气衍生品的兴起》,《证券市场导报》,第3期。

① 从保险深度上看,2007年中国农业GDP仅有0.2%得到保险(Swiss Re,2009)。

② 上海市于2004年首创我国首家农业保险公司——上海安信农业保险股份有限公司。每一笔农民保费都含有政府补贴,有些险种补贴高达35%。原先试想赔率应控制在50%以内,但事实上大大超过了这个估计,而且虽已与中国再保险(集团)公司签订了再保险协议,仍难以支付保险金。见于中国保险网文章《台风给农业保险出难题》。

③ 李国华译著“翻译者的话”中这样描述:“遗憾的是,在就要拿到营业执照的前一天,因中央国家行政管理机关的意见,这家微型公司流产了。”

④ 见CME Group Media Room 2012年9月13日发布的新闻“CME Group and Shanghai Futures Exchange Renew Memorandum of Understanding”。

- 李鑫(2008):《我国农业保险的现状与天气衍生品在农业保险中的作用》,《金融经济》,第8期。
- 刘景伟(2012):《温度预测与天气衍生品》,厦门大学硕士毕业论文。
- 刘元元(2005):《天气类衍生产品与金融衍生工具功能的再认识》,《国际金融研究》,第8期。
- 齐绍洲、凌棱(2003):《美国天气衍生金融工具模型及其应用》,《证券市场导报》,第11期。
- 孙坚强(2006):《农产品期货市场福利效应分析》,厦门大学博士毕业论文。
- 王培、高雷(2011):《我国非灾害性天气风险与天气衍生品的应用》,《武汉金融》,第4期。
- 肖宏(2008):《天气风险证券化探析》,《商业时代》,第4期。
- 谢世清(2009):《CME-Carvill 飓风指数期货与期权分析》,《证券市场导报》,第6期。
- 尹晨、许晓茵(2007):《论天气衍生产品与农业风险管理》,《财经理论与实践》,第1期。
- 余沪容、姚从容(2005):《天气衍生产品及其在我国的应用前景展望》,《生态经济》,第1期。
- Ahmet, G. (2011): "Pricing Temperature-based Weather Contracts: An Application to China", *Applied Economics Letters*, 18, 1349-1354.
- Ali, P. (2000): "Weather Derivatives, Hedging Volumetric Risk and Directors' Duties", *Company and Securities Law Journal*, 18, 93-122.
- Ali, P. (2004): "The Legal Characterization of Weather Derivatives", *Journal of Alternative Investments*, 7, 75-79.
- Barrieu, P. and O. Scaillet (2010): "A Primer on Weather Derivatives", *International Series in Operations Research & Management Science*, 138, 155-175.
- Benth, F. and J. Benth (2013): "Modeling and Pricing in Financial Markets for Weather Derivatives", World Scientific Publishing Company Incorporated.
- Bokusheva, R. (2011): "Measuring Dependence in Joint Distributions of Yield and Weather Variables", *Agricultural Finance Review*, 71, 120-141.
- Brockett, L., L. Golden, M. Wen and C. Yang (2009): "Pricing Weather Derivatives Using the Indifference Approach", *North American Actuarial Journal*, 13, 303-315.
- Connors, R. (2003): "Weather Derivatives Allow Construction to Hedge Weather Risk", *Cost Engineering*, 45, 21-24.
- Cyr, D. and M. Kusy (2007): "Canadian Ice Wine Production: A Case for the Use of Weather Derivatives", *Journal of Wine Economics*, 2, 145-167.
- Dischel, R. (2002): "Climate Risk and the Weather Market: Financial Risk Management with Weather Hedges", Risk Books.
- Dutton, J. (2002): "Opportunities and Priorities in a New Era for Weather and Climate Services", *American Meteorological Society*, 83, 1303-1311.
- Ederington, L. (1979): "The Hedging Performance of the New Futures Markets", *Journal of Finance*, 34, 157-170.
- Erik Banks and Element Re Capital Products (2002): *Weather Risk Management: Markets, Products, and Applications*, Palgrave.
- Geman, H. (1999): "Insurance and Weather Derivatives: From Exotic Options to Exotic Underlyings", RiskBooks.
- Gero, A., A. Pitman, G. Narisma, C. Jacobson and R. Pielke (2006): "The Impact of Land Cover Change on Storms in the Sydney Basin", *Global and Planetary Change*, 54, 57-58.
- Geysler, J. (2004): "Weather Derivatives: Concept & Application for Their Use in South Africa", Working Paper 2004-03, Department of Agricultural Economics, Extension and Rural Development, University of Pretoria.
- Ghiulnara, A. and C. Viegas (2010): "Introduction of Weather-derivative Concepts: Perspectives for Portugal", *Journal of Risk Finance*, 11, 9-19.
- Giannakopoulos, C. and B. Psiloglou (2006): "Trends in Energy Load Demand for Athens, Greece: Weather and Non-weather Related Factors", *Climate Research*, 31, 97-118.
- Golden, L., M. Wang and C. Yang (2007): "Handling Weather Related Risks Through the Financial Markets: Considerations of Credit Risk, Basis Risk, and Hedging", *Journal of Risk and Insurance*, 74, 319-346.
- Jeff, F., K. Chris and O. Barbara (2006): "Information, Trading and Volatility: Evidence from Weather-Sensitive Markets", *Journal of Finance*, 61, 2899-2930.
- Jeucken, M. (2004): "Sustainable Finance and Banking: The Financial Sector and the Future of the Planet", Eburon Academic Publishers.
- Jewson, S. and A. Brix (2010): "Weather Derivative Valuation: The Meteorological, Statistical, Financial and Mathematical Foundations", Cambridge University Press.
- Jones, T. (2007): "Agricultural Applications of Weather Derivatives", *International Business & Economics Research Journal*, 6, 53-60.
- Kalnay, E. and M. Cai (2003): "Impact of Urbanization and Land-use Change on Climate", *Nature*, 423, 528-531.
- Koetse, M. and P. Rietveld (2009): "The Impact of Climate Change and Weather on Transport: An Overview of Empirical Findings", *Transportation Research Part D*, 14, 205-221.

- Larsen, P. (2006): "An Evaluation of the Weather Sensitivity of US Economic Sectors to the Weather", Completed as a Master Thesis for Cornell University.
- Leggio, K. (2007): "Using Weather Derivatives to Hedge Precipitation Exposure", *Managerial Finance*, 33, 246–252.
- Lazibat, T. and I. Štulec (2011): "Research on Weather Risk Management among Large Croatian Companies", The 5th International Scientific Conference.
- Lazo, J., M. Lawson, P. Larsen and D. Waldman (2011): "Sensitivity of the U.S. Economy to Weather Variability", Bulletin of the American Meteorological Society.
- Mandal, A. (2010): *Pricing of Weather Derivatives*, LAP Lambert Academic.
- Martin, M. and M. Muuls (2011): "The Sensitivity of UK Manufacturing Firms to Extreme Weather Events", Report.
- McIntyre, R. (1999): "Black–Scholes will Do", *Energy Power and Risk Management*, 11.
- Mian, S. (1996): "Evidence on Corporate Hedging Policy", *The Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 31, 419–439.
- Muller, A. and M. Grandi (2000): "Weather Derivatives: A Risk Management Tool for Weather-sensitive Industries", *Geneva Papers on Risk and Insurance*, 25, 10–46.
- NAIC (2003): "Property and Casualty Committee, Weather Financial Instruments (Temperature): Insurance or Capital Markets Products? (Draft White Paper)", 2–6.
- Olivier, D. and G. Michael (2004): "The Economic Impacts of Climate Change: Evidence from Agricultural Profits and Random Fluctuations in Weather", MIT Department of Economics Research Paper, No. 04–26. July 1, 2004.
- Pardo, A., V. Meneu and E. Valor (2002): "Temperature and Seasonality Influences on Spanish Electricity Load", *Energy Economics*, 24, 55–70.
- Pérez-González, F. and H. Yun (2010): "Risk Management and Firm Value: Evidence from Weather Derivatives", AFA 2010 Atlanta Meetings Paper.
- Pollard, J., J. Oldfield, S. Randalls and J. Thorne (2008): "Firms Finances, Weather Derivatives and Geography", *Geoforum*, 39, 616–624.
- Rausser, G. and N. Walraven (1990): "Linkages Among Commodity Futures Markets and Dynamic Welfare Analysis", *Review of Economics and Statistics*, 72, 631–639.
- Rausser, G. and R. Just (1981): "Principles of Policy Modeling in Agriculture, Department of Agricultural & Resource Economics", UC Berkeley, Working Paper Series qt04v728v1, Department of Agricultural & Resource Economics, UC Berkeley.
- Rolfo, J. (1980): "Optimal Hedging under Price and Quantity Uncertainty: The Case of A Cocoa Producer", *Journal of Political Economy*, 88, 100–116.
- Rothstein, B. and G. Halbig (2010): "Weather Sensitivity of Electricity Supply and Data Services of the German Met Office, In: Troccoli, A. editor, Management of Weather and Climate Risk in the Energy Industry", NATO Science Series, Springer Academic Publisher.
- Stevens, S. (1991): "Evidence for a Weather Persistence Effect on the Corn, Wheat and Soybean Growing Season Price Dynamics", *Futures Markets*, 1, 81–88.
- Subak, S. et al. (2000): "The Impact of the Anomalous Weather of 1995 on the U.K. Economy", *Climatic Change*, 44, 1–26.
- Swiss Re (2009): *An Insurance Recipe for the Chinese Food and Agricultural Industry*, Swiss Re Technical Publishing.
- Tang, K. (2010): *Weather Risk Management: A Guide for Corporations, Hedge Funds and Investors*, Risk Books.
- Tang, K. and L. Tang (2000): *Weather Risk Management: A Guide for Corporations, Hedge Funds and Investors*, Risk Books.
- Turnovsky, S. (1983): "The Determination of Spot and Futures Prices with Storable Commodities", *Econometrica*, 51, 1363–1387.
- Turnovsky, S. and R. Campbell (1985): "The Stabilizing and Welfare Properties of Futures Markets: A Simulation Approach", *International Economic Review*, 26, 277–303.
- Volker, S., S. Maybauer and M. Boensch (2007): "Weather Derivatives: The Effects of Weather Catastrophies on Economy", GRIN Verlag.
- Wang, M. (2010): "Weather Derivatives, Price Forwards, and Corporate Risk Management", *Journal of Risk Finance*, 11, 358–376.
- Weatherbill (2008): "Global Weather Sensitivity: A Comparative Study", Report.
- Yang, C., P. Brockett and W. Min-Ming (2009): "Basis Risk and Hedging Efficiency of Weather Derivatives", *Journal of Risk Finance*, 10, 517–536.
- Yoo, S. (2004): "Using Weather Derivatives to Manage Financial Risk in Deregulated Electricity Markets", Cornell University.
- Zant, W. (2001): "Hedging Price Risks of Farmers by Commodity Boards: A Simulation Applied to the Indian Natural Rubber Market", *World Development*, 29, 691–710.
- Zara, C. (2010): "Weather Derivatives in the Wine Industry", *International Journal of Wine Business Research*, 22, 222–237.

(责任编辑:马辰)

附录1 CME Group 交易的气温衍生品在美国的标的城市

序号	城市	所在州(所处方位)	气候类型	气候情况			
				年平均温度 (单位:°C)	年温度 标准差	日内温差均值 (单位:°C)	年降雨总量 (单位:mm)
1	亚特兰大(Atlanta)	佐治亚州(美国东南部)	副热带潮湿气候	16.7963	8.6697	12.3336	113.5375
2	芝加哥(Chicago)	伊利诺伊州(美国中部)	温带大陆性气候	10.7708	11.1143	8.8236	99.6075
3	辛辛那提(Cincinnati)	俄亥俄州(美国中部)	温带大陆性气候	12.7875	10.0072	11.9180	108.7400
4	纽约(New York City)	纽约州(美国东北部)	冷温带大陆性气候	13.3057	9.5025	7.9922	140.4850
5	达拉斯(Dallas)	德克萨斯州(美国南部)	温带大陆性气候	16.2509	8.6363	12.8067	116.9875
6	费城(Philadelphia)	宾夕法尼亚州(美国东北部)	冷温带大陆性气候	18.2905	8.4998	12.7068	138.0900
7	波特兰(Portland)	俄勒冈州(美国西北部)	地中海气候兼海洋性	8.8080	9.6570	10.0852	134.5125
8	图森(Tucson)	亚利桑那州(美国西南部)	亚热带沙漠气候	21.3994	8.0202	15.3711	28.8200
9	蒙(又译:得梅因,Des Moines)	爱荷华州(美国中部)	温带大陆性气候	10.5803	12.0500	10.4038	101.7625
10	拉斯维加斯(Las Vegas)	内华达州(美国东南部)	亚热带沙漠气候	20.2664	9.4441	12.5456	10.0450
11	波士顿(Boston)	马萨诸塞州(美国东北部)	冷温带大陆性气候	11.5611	9.4692	8.1126	125.1750
12	休斯顿(Houston)	德克萨斯州(美国南部)	亚热带季风性气候	21.8904	7.5005	10.2049	98.5775
13	堪萨斯城(Kansas City)	堪萨斯州(美国中部)	温带大陆性气候	13.5049	11.0697	10.4991	94.0650
14	明尼阿波利斯(Minneapolis)	明尼苏达州(美国中部)	湿润性大陆气候	7.6037	12.7520	10.7685	61.9700
15	萨克拉门托(又译:沙加缅度 Sacramento)	加利福尼亚州(美国西部)	地中海气候	16.2027	6.4538	14.1441	44.2650
16	底特律(Detroit)	密西根州(美国中部)	温带大陆性气候	10.4449	10.6581	9.0342	83.9925
17	盐湖城(Salt Lake City)	犹他州(美国中部)	温带大陆高原气候	11.3370	10.4396	12.0312	42.0925
18	巴尔的摩(Baltimore)	马里兰州(美国东北部)	温带海洋性气候	13.6460	9.7299	10.9076	125.6525
19	科罗拉多泉(Colorado Springs)	科罗拉多州(美国中部)	温带大陆性气候	10.0182	9.6211	15.2325	35.4475
20	杰克逊维尔(Jacksonville)	佛罗里达州(美国东南部)	亚热带湿润性气候	21.8446	7.1088	9.6014	120.4750
21	小石城(Little Rock)	阿肯色州(美国中部)	温带大陆性气候	23.0945	9.9474	5.9548	167.8625
22	洛杉矶(Los Angeles)	加利福尼亚州(美国西南部)	地中海气候	18.7751	4.2461	10.2146	42.1550
23	罗利-达勒姆(Raleigh Durham)	北卡罗来纳州(美国东部)	亚热带湿润气候	16.6338	9.0813	12.1943	108.8800
24	华盛顿特区(Washington D.C.)	华盛顿特区(美国东北部)	亚热带季风性气候	13.6381	9.7172	11.3460	108.8950

资料来源:CME Group 网站(<http://www.cmegroup.com/trading/weather/>),截至2015年3月30日情况,作者整理。其气象资料为2007~2014年的日数据,来源于Bloomberg 数据库,作者整理所得。