

国降雨指数期权的合约设计，希望能推动国内天气期货的开发和上市，促进相关企业利用天气衍生产品进行风险有效控制；又通过对成都市1971—2003年间的月降雨量数据进行实证分析，力图找到一个降雨量的模拟方法，对降雨量衍生品合约的定价起到一定作用。本文的研究思路如下：

首先，对天气风险的概念及特征进行了分析，分析了天气风险对相关行业的影响，进而引入了对天气衍生品的介绍。对于天气风险引发的收入、现金流等风险，目前主要有三种管理措施：利用准确的天气预报信息自留天气风险、天气保险和天气衍生品，就这三种风险管理措施，他们都存在一定的优点和不足，我们对其进行了比较分析，对天气保险和天气衍生品进行了重点分析比较。作为金融工程创新的结晶，天气衍生产品得到了迅速发展，相关行业可以通过灵活约定有关天气变量和支付条件来转移或接受天气风险。同时我们就最基本的衍生产品——以 HDD 和 CDD 为基础的天气衍生产品进行了介绍，对天气风险市场的建立与发展也进行了一个简单回顾。

其次，阐述了天气衍生品种类，重点分析了这几种主要天气衍生产品的作用机理和特点。然后对天气衍生品的风险管理功能进行了阐述，受到天气风险影响的不仅仅是农业部门，还包括提供农业保险的保险公司/再保险公司、能源部门、建筑业、交通运输业等，这些部门均可以通过天气衍生品来消除因各种天气因素所导致的收入和预算的不稳定性。其中，重点说明了提供农业保险的保险公司/再保险公司、能源部门如何利用天气衍生品来规避自然风险所带来的损失。

再次，以国际上通行的期货品种开发规范及原则为指导，对我国的降雨量指数期权进行开发与设计。首先，需要确定天气衍生品的构建原理，即如何将天气现象转换为可交易的产品，国际上通用的是利用三种不同类型的天气指数将天气现象转换为可测量的天气变量，并量化它与金融参数之间的关系。然后列举了几个场外降雨量期权合约，用以阐明降雨期权的应用，其中重点分析了全球两笔大宗交易的交易机理及其影响。进而由场外合约扩展到标准化合约，结合中国的具体情况，通过对标的指数的选择、合约规格及月份、数据来源、整体合约架构等四部分对降雨指数期货合约进行开发设计，在这一部分的最后，对存在争议的天气衍生品定价方法进行了阐述分析，而对降雨期权定价的关键问题——对降雨量的妥善建模，列举了一些学者的主

要贡献，他们基于特定的区域提出了特定的模型，从统计上模拟降雨量，这为下一部分的实证分析提供了理论基础。

第四，通过对成都市 1971-2003 年间月降雨量的数据进行实证分析，试图找到成都市降雨量的一个模拟方法，从统计上模拟降雨量，进而为降雨期权提供一个合理的报价。并举例说明降雨指数期权的应用。

最后，对天气衍生产品在中国的应用前景进行展望。我们认为发展天气衍生品对于促进我国相关的行业的发展，资本市场的发展等都存在重大意义，然而我国资本、保险市场本身发展不足等因素阻碍着天气衍生品的发展，因此最后对推动天气衍生品的发展提出了一些建议。

本文的主要贡献在于：首先，以国际通行的期货品种开发规范及原则为指导，创新地分析了我国降雨指数期权的合约设计；其次，对降雨指数期权的一个前沿领域——降雨量妥善建模问题，做了一个理论尝试，通过对成都市降雨量建立一个 ARMA 模型从统计上模拟降雨量，进而为降雨期权提供一个合理报价。

关键词：天气风险 天气保险 天气衍生品 降雨指数

ABSTRACT

Weather derivatives debuted in the mid '90s when deregulation of the energy and utility industries started in the U.S. Growing competition and uncertainty in demand prompted energy and utility companies to seek for effective hedging tools to stabilize earnings. Price hedging alone was no longer adequate; a combined framework of price and volumetric risk management was called for. Since weather conditions are among the key factors determining the demand of energy, managing volumetric risk is tantamount to managing weather risk. Specifically, for the electricity and natural gas sectors, temperature is the key factor affecting the demand. According to the Weather Risk Management Association (WRMA), the total number of contracts traded worldwide – both over-the-counter and on the Chicago Mercantile Exchange (CME) -- was 730,087 for the period April 2006 through March 2007. Looking at contract types, the value of temperature-related contracts on both CME futures and OTC markets was \$18.9 billion. Nominal values for rain and wind were steady at \$142 million and \$36 million, respectively. Most were temperature-related contracts.

The second important category of weather derivatives is arguably precipitation contracts. In contrast to temperature derivatives, the development of the precipitation derivatives market is still in its infancy. According to the WRMA, deals based on rain and snow made up around 3% of the global weather market in the winter of 2000. Nominal values for rain was steady at \$142 million for the period April 2006 through March 2007, The proportion is not much higher judging by the sparsity of new contracts coming out.

The slow growth by no means reflects a lack of interest or demand. In fact, end-users such as farmers and hydroelectric power producers are very keen on precipitation contracts. The difficulty is in finding the counterparty that is willing or able to provide a reasonable quote. The hesitation on the part of financial

institutions is in turn due to the difficulty and challenge in properly modeling precipitation. Modeling precipitation and valuing related derivative contracts are indeed a frontier in the field of weather derivatives.

First, the author introduces the concept of weather risk, and analyzes the features of weather risk and the impact of weather risk on related industries, thereby introducing weather derivatives.

Second, the author mainly expounds the type of weather derivative, and explains the weather derivatives' risk management functions, then, according to the current international principles and norms of futures development, the author develop and design Chinese precipitation index options. The key is to identify the construction principle of weather derivatives, that is, how weather phenomena convert into tradable products, the international common method is transferring weather phenomena into measurable weather variables by using three different types of weather index, and quantified the relationship of weather index and the financial parameters.

Third, this part is the empirical part. The author conducts an empirical analysis of the precipitation data of Chengdu in 1971-2003, trying to find a simulation of Chengdu's precipitation, thus providing a reasonable price for precipitation options.

Finally, we prospect the application of the weather derivative in China. We believe that the development of weather derivatives have great significance on promoting the development of related industries and capital market development, but the less development of Chinese capital and insurance market impede the development of the weather derivatives, so in the last, we put forward some suggestions to the promotion of weather derivatives in the last.

**Key words: and phrases: Weather risk; Weather derivatives; Weather insurance,;
Precipitation Index**

西南财经大学

学位论文原创性及知识产权声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。因本学位论文引起的法律结果完全由本人承担。

本学位论文成果归西南财经大学所有。

特此声明

学位申请人： 蔡丽平

2007 年 11 月 16 日

1. 前言

1.1 研究背景与意义

天气变化使得企业的现金流、利润等存在的很大不确定性，对很多企业的目标收入和利润产生相当的影响。近几年，企业用来防范天气风险的工具种类大量增加，这些工具可用来把企业的天气风险转移到有意愿和有能力处理风险的第三方。在美国，Aquila、Enron 和 Koch 是最早（1996 年和 1997 年）使用天气风险管理工具的三家能源企业。最先进行温度方面的天气衍生品交易的交易所是芝加哥商业交易所（CME），1999 年天气衍生品进入期货交易场所交易，这表明天气风险管理进入了一个新的阶段。

我国是世界上农业自然灾害最多的国家之一，气象灾害约占我国灾害损失的 70%，气象灾害问题影响着农民增收，影响着人民生活。把金融衍生品这一分散市场风险的机制延伸到或者是引用到自然风险管理中，是一个重要的创新，将会为我国防灾减灾工作探索出一条新的市场化道路。大连商品交易所（DCE）从 2002 年开始对天气产品进行研究，组织了天气产品小组人员赴美国、日本考察国外天气衍生品市场，并与国家气象中心专业气象台签署了合作协议，从农业生产、人口数量及密度、电力及天然气消耗量等诸多角度选取近 70 个城市，深入分析这些城市近 30 年的温度变化特征及降水、霜冻情况，为天气期货合约设计提供可靠依据，目前已初步设计了有关温度的天气衍生品种合约。2006 年 6 月 9 日大连商品交易所（DCE）与东京金融期货交易所（TFX）在东京签署合作谅解备忘录，以相关领域的合作共促双方市场的发展。

目前，中国的天气衍生品市场正面临新的发展机遇，需要借鉴国际市场经验发展自己，因此，对天气衍生品的研究已经变得空前重要，而对我国降

雨指数期权的开发与设计的研究,对进一步完善天气衍生品合约,共同培育我国天气风险管理市场不仅具有重要的理论意义,更具有重要的现实意义。

1.2 本文内容框架

本文分为七个部分,第一部分阐述本文的研究背景意义及天气衍生品在我国的发展现状,认为发展天气衍生品市场是规避我国天气风险的必然选择;第二部分从天气风险开始分析,通过对国际上现行的天气风险管理措施的比较分析,得出天气衍生品在规避天气风险方面无可比拟的优越性的结论,天气风险市场得以迅速的发展;第三部分主要介绍了主要的天气衍生品种类,为第五部分我国降雨指数期权的开发与设计提供理论支持;第四部分论述了开发天气衍生品的重要意义—风险管理功能;第五、六部分是本文的重点部分,第五部分以国际通行的期货品种开发理念、规范及原则为指导,结合我国情况对我国的降雨量指数期权进行开发与设计;第六部分针对具体地区—成都市的降雨量,通过运用统计分析方法,对降雨量妥善建模进行了一个尝试;第七部分主要阐述了天气衍生品在中国的应用前景。

1.3 研究方法

(1) 理论联系实际方法,本文的重点是开发设计适合我国的降雨指数期权,因此在国际通行的期货品种开发理念、规范及原则的指导下,分析了天气衍生品商业化动作的基本特征,又结合我国的具体情况,创新地对我国降雨指数期权进行了开发和设计。例如在设计合约规格上要考虑我国企业和投资者的资金状况;又如,要推动我国天气衍生品的发展,要针对我国的具体情况提出一些可行性建议。

(2) 实证分析方法,本文的另一个重点是对降雨指数期权的一个前沿领域——降雨量妥善建模问题,做了一个理论尝试,对成都市降雨量建立一个ARMA模型从统计上模拟降雨量,进而为降雨期权提供一个合理报价。

(3) 比较分析方法,本文较大部分用了比较分析方法,如对天气风险的三种管理措施进行分析比较,通过比较分析使内容更加清晰明了。

2. 天气衍生品的兴起与发展

2.1 天气风险

气象服务机构每天都在预报未来天气状况，甚至还编制一些特殊的天气指数如“啤酒指数”、“空调指数”和“感冒指数”等。但任何天气预报技术都不可能完全准确地预测未来天气状况，即天气变化总存在一定的不确定性。国民经济中许多重要部门如农业、能源和交通等，都与天气变化密切相关。天气变化的不确定性往往引起某些商品的生产成本和市场需求发生巨大波动，从而引起企业收益的不确定性变化。未来天气的不确定变化引起经济单位收益变动的不确定性称为天气风险。

具体的，天气风险(weather risk)是指由于气温、湿度、降雨量、降雪量、水流量的变化等非灾难性的天气事件所引起的现金流量和利润的不确定性。这里所指的“天气风险”，主要来自于非灾难性的天气变化，而与之相对的则是由飓风、龙卷风、雷雨、暴风等引起的灾难性风险(catastrophe-related risk)。这些灾难性风险虽然也由天气变化所引致，但它们属于巨灾风险的范畴，超出了天气衍生品所能规避的风险范围。天气风险对很多行业都产生了巨大的影响，据美国商务部(the U. S. Department of Commerce)估计，约有三分之一的美国经济直接受到天气的影响。(纽约时报)1999年曾报道，全球多数企业的年收入都会严重受到天气状况的影响，其中，美国暴露在天气风险之下的年收入超过1万亿美元，欧洲约有1.25万亿美元，日本约有0.7万亿美元。而在2006年4月—2007年3月，世界范围内交易的天气衍生品合约总数已达730087份，有关温度的天气衍生品合约(包括场外合约和在CME交易的合约)总值高达189亿美元。表一列举了一些面临天气风险的行业，并具体说明了天气变化对这些行业财务状况的影响。

风险承担者	天气变量的类型	风险描述
能源工业	气温、风速、降雨、降雪、雾	极端气温下的销售量剧烈波动，水库蓄水不足、水力发电量减少，风灾、冻灾、雪灾、雾闪导致的能源生产与运输中断
能源消费者	气温	极端气温下的能源消费支出骤增
饮料工业	气温	夏天气温凉爽时引起销售量降低
建筑业	气温、降雪	由于恶劣天气致使完工日期的延迟，不能按
旅游	气温、降雪	气温与降雪的变化可能引起生产成本增加和旅游人数减少
第一产业	气温、风速、降雨、降雪、雾、	农、林、牧、水产等产量直接受到影响
市政府	沙尘、暴风、暴	城市环境、卫生、道路等维护支出增加
交通运输	气温、风速、降雨、降雪、雾	道路及设施设备维护费用增加，生产与运输中断，市场需求减少

对于单个经济实体来说，天气风险是客观存在的风险，不以人的意志为转移，如战争、通货膨胀、经济衰退、利率变化等，仅仅依靠自身努力难以加以回避或消除，是一种系统性风险。而非系统性风险是只对某一特定公司发生影响的不确定因素，如法律诉讼、工人罢工、营销计划的成败、主要合同签订与否等偶发事件而引起的不确定性，对于单个经济实体来说，它主要由人为的因素引起，是可以通过自身的努力加以回避或消除的风险。天气事件对一定地域范围内的所有经营实体都会产生或大或小的影响，因而是一种系统性风险。衍生产品正是一种管理系统性风险的金融工具。衍生产品，也称为衍生工具，是指以基础产品的存在为前提，以这些基础产品为买卖对象，价格也由这些基础产品决定的金融工具。传统的衍生工具的基础产品包括商品、货币、汇率、利率、股票指数等。用衍生产品规避系统性风险的原理在于通过实物(基础产品)市场和衍生品市场的反向交易，使其互为消长，抵消可能的损失从而有效规避在实物市场上的风险。这样的操作被称为套期保值。

天气风险又是一种数量风险(quantity risk)，而不是一种价格风险(price risk)。数量风险是指由于天气变化引起对某种商品需求量发生变化的风险。尽管应对价格风险的风险管理工具被广泛使用，但这些工具在规避数量风险方面作用却十分有限。为了规避由于天气事件(天气风险)引发的数量风险，天

气衍生产品应运而生。在那些以规避价格风险为主的衍生工具一统天下的市场中，这些产品独辟蹊径，填补了风险管理工具上的重大空白，使金融市场上的风险管理工具系列更加完备。

天气衍生合约是天气风险交易的载体，它使天气风险同其它经济风险一样，通过一定的市场机制进行分割、重组和交易。交易双方通过灵活约定有关天气变量和支付条件来转移或接受天气风险。例如，滑雪场可以向市场上天气风险的专门经营者购买天气衍生品合约得到下雪量少的风险保障；也可以和担心因下雪量过多而增加扫雪费用的市政部门相结合，签订合同，互相防范风险，达到稳定收益的交易目的。

2.2 对天气风险进行管理的措施

2.2.1 利用准确的天气预报信息自留天气风险

对于天气风险的管理，最常见的是利用天气预报来预先采取一些应对措施，这样可以降低企业遭受天气风险的程度。当企业得到准确的天气预报信息后，可以采取相应的防损措施。比如，若天气预报为雨天，那么露天演出活动就可以延期举行，以减少经济损失；如果预报有冰雹，农民可以提前采摘瓜果降低由于冰雹带来的损失。因此，准确的天气预报是天气风险自留的必要条件之一。经历了100多年历史的天气预报已经比较准确了。一般说来，现代天气预报就短暂的未来（6—12小时）而言比较准确，对未来1-2天的预报通常也是可靠的。但是，三天以后的天气预报，其准确度会随天数的增长而递减。即使在今天，具体预报也只能预报3-5天并且要不断地加以修正。

造成现代天气预报时效有限的原因很多：有计算能力的限制，有监测大气资料的不完整，还有支配大气运动规律尚未被人们充分了解等。随着经济建设的迅速发展，人们对天气的要求更加苛刻。公众要求天气预报做得越具体详细，越精确越好，有些行业的经营者或生产者，如建筑行业、盐场和中转运输站的露天仓库等，他们首先考虑的原则是如何降低成本，增加效益，因此迫切需要提前知道几个星期后经营活动所在地的天气情况，是否有雨，雨量多少。而目前天气预报所能提供的信息只是一般的、大致的和相对的准

确性。

2.2.2 利用天气保险和天气衍生工具进行风险转移

自从1982年厄尔尼诺现象产生后，许多专家开始注重气候变化对经济的影响。近年来，金融和保险领域也创造了许多工具来帮助企业应对天气风险。这些工具包括天气保险和天气衍生产品。根据估计，自1997年开始，全球天气保险以及天气衍生商品年总产值高达45亿美元。随着企业（特别是那些靠天吃饭的企业）对天气风险认识的加深，未来天气保险和天气衍生商品市场发展的潜力巨大。

1、利用天气保险进行风险转移

天气保险，是由气象信息用户向保险公司缴纳保费，以企业可能遭受的天气变化为保险标的投保，如果实现出现的天气状况超出保险公司与用户的约定范围，造成了投保方的经济损失，由保险公司向投保方理赔。保险公司根据实际情况进行评估、精算、厘定费率、确定保险价格。投保人通过购买保单，将不利天气带来的损失转嫁给保险公司，而保险公司的保费收入则作为保险准备金应付不利天气带来损失时的赔付。天气保险是企业借以规避天气风险的工具，目的是降低企业面对不确定的气候因素所造成的成本增加或者收入减少等的损失风险。

天气保险的承保方式分为两类：一类是约定保险。通过支付保费获得天气保险会稳定由于天气原因对企业造成的不利影响。另一类是放弃保险。因为不利天气的出现，使得户外活动延期或终止，由保险公司补偿户外活动的花费。

天气保险合同的签订与对天气的预测有着直接的联系。一般来说，天气保险合同须提前两个星期签约，因为两个星期前的天气预报存在不确定性，这就需要保险公司对多年来的天气情况十分熟悉。因此还需要借助气象部门的专业知识和先进的测量仪器以及科学的测量方法来获得相关的数据。

2、利用天气衍生品转移天气风险

传统金融衍生产品的对象是各类金融工具，无论是远期、期权、期货、互换，还是最近快速发展的信用违约衍生产品(CDO)，一般的衍生品的对应物

涉及的是资金价格、汇率或者信用的风险收益等，人们很难想象金融衍生产品会涉及天气、大气污染甚至腐败等一些与传统金融活动不相关的事物。但是近年来，传统上与金融活动毫不相关的一些现象已经被纳入到了金融创新的范畴之内，其中，最为典型是天气类衍生金融产品的发展。金融衍生品客体范围的扩张，使人们对金融衍生交易，甚至金融创新活动有了新的认识。

天气衍生产品是指以天气指数作为交易对象，对于制定地区实际天气指数偏离约定天气指数的风险进行对冲，从而降低合约买方由于天气变化所造成的损失，稳定买方的经营收入。该合约里包括了交易双方关于天气风险的转移所达成的协定，比如天气标的指数、指数参考地点、合约保护期（开始和结束日期）、交易日、指数的执行水平、赔付率、最高赔付额、权利金、交易的货币币种等。

目前，大多数天气衍生工具合约是建立在某个具体城市的温度指数基础上的互换、期货或期权，其中以日热度（以下简称HDD）和日冷度（以下简称CDD）天气指数最为常用。

一个日度就是一天的平均温度与某一参考温度的偏差，其中平均温度等于一天的最高温度与最低温度的平均值。在美国，通常把华氏65度（摄氏18.33度）作为标准温度，因为当温度低于华氏65度时，人们开始使用暖气；而在温度高于华氏65度时，人们开始使用空调制冷，所以HDD和CDD的计算公式分别为： $HDD = \max\{65 - T, 0\}$ ， $CDD = \max\{T - 65, 0\}$ 。HDD用于冬季。例如，如果某天的平均温度为华氏35度，那么当天的HDD就是： $HDD = 65 - 35 = 30$ ；如果平均温度大于或等于华氏65度，那么HDD=0。CDD用于夏季。例如，如果某天的平均温度为华氏70度，那么当天的CDD就是： $CDD = 70 - 65 = 5$ ；如果平均温度低于或等于华氏65度，那么CDD=0。

2.2.3 天气风险的三种管理措施的比较

自留天气风险适用于受天气影响小、损失额低，而且自身财务能力相对比较雄厚的企业。但自留风险的缺陷在于除了增加了企业的财务成本和机会成本外，还要受到技术层面的限制，它要求精确的天气预报，同时要求企业具备相关的防损知识和设施，而且，一旦遭受大面积天气风险损失后，单个

的企业根本无力应对。

由于自留天气风险管理的上述不足，因此，现代企业更多的把眼光转向利用天气保险和天气衍生工具来管理天气风险。天气保险自 1997 年在日本产生以来，现在在日、美、英等国获得了快速的发展，它通过保险的风险分摊和补偿机制，可以有效地应对那些发生频率低但损失额度大的天气风险。而天气衍生工具自产生以来，已经成为风险管理领域极具潜力和生机的工具。WRMA2002 年的报告显示：1997 年 10 月至 2002 年 3 月期间，全球共交易了 8758 份天气合约，价值 11.8 亿美元。而 WRMA2007 年工业统计数据表明，在 2006 年 4 月—2007 年 3 月，世界范围内交易的天气衍生品合约总数——包括场外交易和芝加哥商品交易所（CME）的交易——是 730087 份。比起 2006 年的 100 万份合约有所下降，但大大高于前几年。从合同类型看，有关温度的天气衍生品合约（包括场外合约和在 CME 交易的合约）总值达 189 亿美元。有关降雨和风力的天气衍生品合约的名义价值分别为 1.42 亿美元和 3600 万美元。

2.2.4 天气衍生品 VS 天气保险

到底有没有必要发展天气衍生品？为什么保险业不能满足企业对冲天气风险的需求？

天气衍生品合约与天气保险合同最大的不同是保险合同的持有人为了获得经济上的补偿，他必须证明他所遭受的经济损失是由于天气原因所造成的。如果他无法证明这一点，保险公司将不会支付任何款项。而天气衍生品的赔付只基于实际的天气是怎样的，不考虑它是如何影响天气衍生品的持有者的。例如，我们不需要持有任何天气敏感资产，就可以购买天气衍生产品并且获得收益。像其它大多数衍生品一样，纯粹的投机者也可以购买天气衍生品合约。

天气保险合同通常是为了保护合约的持有者避免遭受巨灾天气的损失，例如，地震、台风，而它在非灾难性天气情况下天气的不确定性这一方面做的并不是很好。而天气衍生品，恰恰弥补了它这一缺陷。

与天气保险合同相比，天气衍生品还有另外一个非常重要的优势。例如，

可能有这样两个人，如果今年冬天非常寒冷的话，其中一个人将会获利，而如果今年是个暖冬的话，另一个人将会获利。在衍生品市场上这两个人刚好满足对方需要，他们就可以签订一个合约对冲掉双方的风险。而保险市场无法满足这一需求。

天气保险和天气衍生工具的区别还在于两者的基差风险、交易成本和流动性的不同。基差风险可以看作是套期保值有效性的一种不确定性，天气保险的基差风险更小；天气保险合同的交易成本高于天气衍生合约成本，原因在于保险中高的道德风险与逆向选择以及更高的资本成本（持有准备金的成本）；由于受天气影响的公司数量多，所以衍生合约比天气保险合同具有更大的流动性，一个公司可以利用天气合约更快地以相对较低的成本建立一个套期和解除一个套期，相比之下，修改保险合同以提供更多或更少保险保障时，需要大量时间和费用。

2.3 天气衍生品的兴起与发展

天气类衍生产品交易始于 90 年代后期早期的天气类衍生产品，主要是一些公司为了解决市场萎缩(或发育受阻)而设计出来的转移天气风险的工具，加拿大生产雪地摩托的 Bombardier 公司开发了最早的天气类衍生产品该公司在销售雪地摩托的过程中认识到，一些客户担天气变化，往往要等到下大雪之后再购

买雪地摩托，影响了雪地摩托市场的扩张。90 年代末该公司在冬季之前在美国中西部的 16 个城市提前销售雪地摩托，并和消费者约定，如果冬季的降雪量小到当地过去 3 年平均降雪量的一半，则买了雪地摩托的消费者可以从公司拿回 1000 美元。为了分担风险，Bombardier 公司和安然公司约定，每卖出一台雪地摩托，Bombardier 向安然公司支付一笔费用，安然承诺在降雪量不足过去 3 年平均水平的一半时，向购买了 Bombardier 公司生产的雪地摩托的客户支付 1000 美元，通过这一交易，Bombardier 公司当年的销售量增长了 38% (Jeff Rosenfeld, 2001)。

通过转移天气风险，增加了销售和盈利，扩大了市场，产生了一种示范效应。其他公司和机构也开始积极介入天气风险交易中来了为了降低交易费用，

便利交易，一对一式的合约交易逐步演化成了具有固定格式的标准合约，从而出现了天气类衍生产品。1997年，第一个标准化的天气衍生交易合同被签订，随后，由于厄尔尼诺(E1 Nino)现象对气候的影响，天气类衍生品交易迅速发展。

CME 从 1999 年开始交易天气指数期货，这是第一个与气温有关的天气衍生品。开始天气指数期货交易后，天气期货合约的流动性增强，并且合约的标准化使价格更加透明，经销商可以更好的抵消风险，获得额外收益。

CME 的天气指数期货对美国能源企业非常重要。首先，交易所内交易的天气风险管理工具不存在 OTC 市场上可能出现的信用问题。在 OTC 市场上，当能源企业破产或陷于窘境时，OTC 合约面临极大的信用风险，而 CME 的清算行具有极高的信用保证，能够降低交易面临的信用风险。其次，在提高天气期货交易的流动性方面，CME 通过做市商为买卖双方的成交提供便利，使企业能更方便地进出该市场，Wolverine Trading, L.P. (Wolverine) 是 CME 天气期货第一个做市商。最后，交易所内交易的天气期货为 OTC 天气风险交易双方提供了一种参照机制。但是，企业在参与 CME 天气期货交易时应考虑两个问题：一是如果能源企业需要防范的天气风险没有在 CME 上市，那么企业仍然面临地理位置差异所造成的天气状况不一致的风险；二是企业在 CME 进行期货交易，必须具有相当的财务能力和在交易所进行交易的水平和经验。

与此同时，天气风险分析以及风险定价的服务也以每年递增两倍的速度迅速发展。截至 2000 年中期，在美国大约有 4000 个合同签订，覆盖了总值为 70 亿美元的受到天气影响的交易(Jeff Rosenfeld, 2001)。欧洲的天气类衍生金融交易 2001 年时只有 172 个合同，到 2003 年增长到 1480 个合同(IFLR, 2004)。日本 2004 年 3 月开始了以海浪为主的天气类衍生金融交易，产品由日本保险公司和 Chiba Kogyo 银行联合开发，针对钓鱼、旅游以及潜水娱乐业等盈利会受到海浪影响的企业，依据的基础数据来自全国范围内 30 个点搜集的海浪数据(Hescht, 2004)；芬兰赫尔辛基交易所(Helsinki Exchanges) 2002 年 8 月 30 日开始交易天气类衍生金融产品，依据的基础是赫尔辛基机场气象站测量的日平均气温以及芬兰气象机构发布的天气数据形成的指数(Dimitrios Himonas, 2002)；目前，伦敦国际金融期货交易所(London International Financial Future Exchange)也提供天气类衍生金融产品。按照天气风险管理协

会(Weather Risk Management Association, WRMA)的数据, 2002年4月到2003年3月, 世界范围内交易的天气类衍生金融合同扩大了3倍, 合同总数达到11756个, 总价值约42亿美元(Russ Ray, 2003)。自此, 据天气风险管理协会(WRMA)报告, 对天气风险管理工具-期货、衍生工具和保险的需求继续保持强势增长。WRMA的2007年工业统计数据表明, 在2006年4月-2007年3月, 世界范围内交易的天气衍生品合约总数——包括场外交易和芝加哥商品交易所(CME)的交易——是730087份。比起2006年的100万份合约有所下降, 但大大高于前几年。从合同类型看, 有关温度的天气衍生品合约(包括场外合约和在CME交易的合约)总值达189亿美元。有关降雨和风力的天气衍生品合约的名义价值分别为1.42亿美元和3600万美元。

超过80%的天气衍生金融合同是与气温相关的, 因此, 通常的标准天气类金融衍生品是以HDD (heating degree-days)和CDD((cooling degree-days)来核算的, HDD和CDD通过将日平均气温(T_{AVE})与基础温度对比得到。美国的标准基础气温是 $65^{\circ}F$, 即 $18.3^{\circ}C$, 低于这一温度, 人们可能会使用取暖设施(形成HDDs); 而高于这一温度, 人们可能会使用空调(形成CDDs)。因此HDDs和CDDs实际上衡量了与标准基础气温相比, 人们对取暖和空调以及支持着取暖设备和空调的能源的需求量。

$$\text{每天的 HDD} = \max(65^{\circ} - T_{AVE}, 0)$$

$$\text{每天的 CDD} = \max(T_{AVE} - 65^{\circ}, 0)$$

$$\text{日平均气温 } T_{AVE} = \frac{T_{MAX} + T_{MIN}}{2}$$

$$HDDs = \sum_{i=1}^n [\max(0, (65 - \frac{T_{MAX} + T_{MIN}}{2}))]$$

$$CDDs = \sum_{i=1}^n [\max(0, (\frac{T_{MAX} + T_{MIN}}{2} - 65))] \quad (i \dots n \text{ 代表累计测算的天数})$$

通过每天的HDD和CDD的测算可以得到1周, 1月以及1个季节的HDDs和CDDs。

目前, 能源类企业主要通过HDD以及CDD的互换交易进行天气风险的规避, 而建筑类以及农业领域的企业主要通过针对降雨量的衍生品交易来稳定

收入流，例如，对能源公司而言，通过过去 10 年的气温以及能源供应量的分析确定了供暖季节预期的累计供暖点数(HDDs)，公司希望售出一定量的能源并按此制定预算；分析同时表明，每一个低于 10 年平均水平的 HDD，对取暖的需求会减少，从而对能源的消费会下降一定量，由此会带来 100 万美元的损失；为规避这一风险，公司可以通过 HDD 天气指数衍生品对此损失进行保护，如果公司卖出一个调期(Swap)来规避这一风险，则每一个低于预期水平的 HDD 公司会获得 100 万美元的支付，而每一个高于预期水平的 HDD 公司需要支付 100 万美元。这样，不管天气如何变化，通过天气类衍生金融工具的采用，公司的利润从而现金流是稳定的。

2.4 天气衍生品市场的发展

2.4.1 天气衍生品市场的发展

天气衍生品市场可追溯到美国对能源工业放松管制的时候开始。美国风险管理公司(Risk Management Solution, Inc.)的天气风险专家认为，天气的易变性是影响能源消费的最重要因素之一。然而，在一个监管严格、类似垄断性的市场环境中，难以预测的季节性天气变化所带来的影响事先就已被吸收和化解了。放松管制之后，能源供应过程中的各类参与者，如生产商、经销商、运输公司、快递公司等均暴露在天气风险之下。天气风险成为一种严重影响其利润的新风险。1997年，科氏公司和安然公司以密尔沃基州(Milwaukee)1997—1998年冬季的低温差总和作为基础指数，发起了最早的天气衍生产品。自此，天气衍生品市场正式诞生了。

在 1997 年秋天发生的三个衍生品交易合约标志天气风险市场的形成。其中两个合约是由科氏公司与安然公司签订的，另一个是通过威利斯中介机构由科氏公司与 PXRE 签订的。这些合约签订标志着，科氏公司、威利斯与安然 18 个月的努力，终于有了一个理想的结果。他们的目标在于，通过一种衍生品工具规避他们所可能遭受到的天气风险，进而保护他们营业收入的相对稳定。他们工作的重点是如何使用以气象资料（可测量天气的变数，如温度或降雨量）为基础的风险指数，事实证明这些风险指数是量化天气风险的关键。

键，于是天气风险被转换为以温度、降雨量、降雪量、风力或其它可测量的变量。

通过实例可以简单说明其中的原理。在一个典型的有关温度的衍生品合约交易中；若天气太热——例如：一个界定的期间内，测量的实际平均温度超过预先商定的门槛——买方有权从卖方得到一定的付款额，付款额根据买方对温度不利变化的敏感性事先商定，例如根据空调成本的增加程度进行偿付。在目前的天气风险市场上，天气风险是可以通过这种方式进行转移，例如建立以天气指数为基础的天气保险，以及通过建立类似的天气指数进行天气衍生品交易。

过去，天气风险在很长的一段时间里曾是保险的一个标的——是农业保险领域的一个间接标的（例如干旱保险，冰雹保险），也是应急保险领域的一个直接标的，常常与公共活动（体育比赛，音乐会）、促销（如上文所提及的 Bombardier 公司和安然公司的交易）等连在一起。其实，早在 1997 年秋天之前就已经存在与温度有关的能源供应合约，更确切地说，对天然气公用事业与温度相关的天气风险进行系统地管理的理念，是早在十五年前，已由 National Fuel Gas 的 Roger Wilcox 提出来了，他提议建立一个集中管理天气风险的组织，对由 HDD 体现的温度风险进行集中管理。

但早些的这些措施并没有使天气风险管理形成一个市场，原因在于它们都有其各自的局限性。大体上，天气风险市场的建立需要满足以下几点：

- 1、选定指标，通过此指标可将天气风险转换成可测量的变量。
- 2、对气温，降水，降雪及其他天气变量进行处理。
- 3、基于总量（例如：总降水量在一个时期内，共有度日在一个时期内），事件的发生频率（如在一段时期内最高温度低于华氏 32 度的天数），或不利事件（如在温布尔登决赛当天，降雨量大于 0.50cm）来转移风险，这些都能与市场密切地结合起来。
- 4、管理天气风险要综合运用金融市场和保险市场。
- 5、天气风险市场由一级市场和二级市场组成。

天气风险市场在其短暂的历史进程中经历了快速的演变。其前的两个冬天，以厄尔尼诺事件为标志，对暖冬的风险管理一度占据着这个新兴的市场，尤其是对天然气公用事业的风险管理，暖冬造成天然气消费量减少，进而导

致天然气公用事业的营业收入急剧减少。过去，天气风险由风险承保者（主要是保险公司）承担，而他们对风险的管理带有很强的地域性，而厄尔尼诺事件，彻底摧毁了他们地域管理天气风险的理念。幸存下来的风险承保者逐渐改变他们的作法，他们通过分析商品和金融贸易的规律，开始尝试动态地管理风险，而能源公用事业相关行业的交易也开始在天气风险市场上变得越来越活跃。2001-2002 年间能源部门发生危机，能源交易商在天气风险市场上的主导地位，开始逐渐被保险公司、银行和对冲基金所取代，逐渐涵盖各种服务行业，包括农业，建筑，运输和娱乐中心，当然，绝大多数交易仍是在芝加哥商品交易所进行的。在此期间，天气风险市场在区域上也有了较大的扩展，尤其是北美，日本和欧洲。而到了今天，天气风险市场在深度，广度和金融安全上的发展都超过了以往任何时候，如今它的成员中已包括了全球几个最强的金融机构。天气风险市场在各行各业的风险管理以及政府责任方面做出了重要的贡献。

2.4.2 天气风险管理协会 (Weather Risk Management Association) 的建立

自 1997 年开始，天气衍生品市场逐渐发展成为一个活跃的风险管理单元。1999 年，天气风险管理协会(WRMA)成立，WRMA 是一个国际性贸易组织，它致力于推动天气衍生品市场的发展。自 WRMA 成立以来，它积极推进天气衍生品合约的统计调查工作，倡导合约标准化，并在世界各地组织一系列论坛，讨论一系列议题，例如国际金融市场，数据收集的问题，税务和法律等方面的事项。2002 年，普华永道国际会计公司(Price Waterhouse Coopers)和 WRMA 联合组织了一项对天气衍生品市场的调查，该调查结果显示：在 1997 年 10 月到 2002 年 3 月期间，全球共发生了 8758 笔天气衍生品交易，覆盖了约 118 亿美元的名义风险暴露；北美市场是其中最大的市场，占交易总量的 82.08%和风险价值总量的 92.37%；在所有的天气衍生品交易中，基于气温的天气衍生合同超过 98%，占据了绝大部分份额，与降雨相关的衍生合同占 0.9%，与降雪相关的合同占 0.5%，与刮风相关的占 0.2%。WRMA 的 2007 年工业统计数据表明，2006 年 4 月—2007 年 3 月期间，世界范围内交易的天气衍生品合约总数——包括场外交易和芝加哥商品交易所（CME）的交易

——是 730087 份。现在，越来越多的公司认识到，天气衍生产品市场使他们不再被动地受制于天气状况的影响，这促进了天气衍生品市场的快速发展，天气风险管理逐渐从能源、电力部门向其它部门扩展。虽然目前对天气风险衍生产品的需求绝大部分还来自于能源部门，但是农业、保险业、旅游业、零售业等其它一些行业也已经开始积极利用天气衍生品进行天气风险管理。从天气衍生品市场的供给方来说，能源公司、保险公司以及资本市场各主体都在天气衍生产品的发行和交易中扮演了重要角色。天气衍生品也日益成为投资者分散投资风险，选择投资组合时的一项重要资产项目。

对遍布全球的各行各业来说，天气风险市场已不再是新奇的事物。农业，建筑，银行，能源，保险和其他行业在参与天气风险市场的过程中，开始看到的天气衍生品合约的真正价值。而天气衍生品交易，正成为各行各业规避天气风险的必不可少的底线。

3. 天气衍生品的种类

天气衍生品种类繁多，主要包括期货、期权、互换以及套保期权（Collar）等。下面我们分别加以介绍。

3.1 期货

期货合约是由交易双方约定在未来的特定时点，以特定价格来买卖特定商品的合约。在天气期货中，交易标的物并不是天气指数，而是基于该指数的货币价值，合约通过现金交割结算。天气期货合约是标准化合约，只是价格、交易方式和交割日期、指数来源地不同。

天气期货合约中买方在订立合约时不需要支付给卖方费用，而是在到期日那天如果天气指数与合约上的执行指数不同，双方按照约定互相支付。天气期货合约是一种对称性的合约，即合约买卖双方从期货合约中获得的收益是对称的。

1999年，芝加哥商品交易所(CME)推出了第一个为期1个月的气温指数期货合约。目前，它也是美国惟一允许进行天气期货合约交易的集中交易所。确定指数及最终价格的气温由地球卫星公司提供。芝加哥商品交易所的气温指数由10个人口密集的飞机场测定的气温组成。

在气温合约中，农业生产者的基础风险由农作物种植地点的气温与这些飞机场气温的相关性决定。由日平均气温与设定的基准气温之差决定是否支付合约。例如：当日平均气温低于华氏65度（基准温度）时，供暖气温天数（HDD）的合约进行交割结算，用以规避低温带来的损失。同理，当日平均气温高于华氏65度（基准温度）时，制冷气温天数（CDD）合约进行结算，以此减少高温造成的损失(余沪荣、姚从容，2005)。

从HDD和CDD合约开始又产生新的产品——关键温度天数合约。这些合

约的约定期限一般在20到50天之间。在约定期限内，当实际温度超过或低于某些事先约定的温度时，每天的支付额大约在200000到500000美元之间

(Saunderson, 2000)。例如，农业生产者可购买这些合约对冲低温霜冻造成的农作物损失。其他的天气期货还包括降水量指数期货、降雪量指数期货和风速指数期货等。

3.2 期权

3.2.1 期权合约

期权是一种“选择交易与否的权利”，当合约的买方付出期权费后，享有在特定期间内向合约的卖方依标明的执行价格买入或卖出一定数量之标的物的权力。天气期权是一种期货期权，表示投资者在一个未来日期有权利买卖一个天气指数期货合同。天气期权可分为买入期权和卖出期权两种。

1、买入期权（简称买权）

天气买入期权的买方是为了防止天气的某些因素水平太高,而卖方则认为天气因素不会太高。买入期权又称为“上限合约”。在合约期限内,当指定场所测定的天气因素的累积数量超出了预先议定的水平时,买权的买方如果行使执行权利就将获利,这个利润通常称为执行价值或内在价值。当合约具有执行价值时,买方进行交割结算,只需支付一笔期权费给卖方,而买权的卖方要按期货合约的规定向买方支付相应的钱款。如果期权在到期时,没有执行价值,买权的买方放弃交割结算,但须向买权的卖方支付期权费。

天气衍生产品的期权是欧式期权,即买方只能在执行日期行使执行的权力,不能提前执行。在期权合约的执行日期,一旦官方发布天气记录,期权合约就进行结算。以下举例说明:

a、农作物生产者关注作物生长期因高温而引发的虫灾,他可购买一份气温买入期权来规避风险。当高温天数超过合约规定的执行数量时,卖方将按合约的规定向他支付赔偿。买入期权的卖方从事的是随着高温天数的增加,收入也会随之增加的行业,比如饮料生产商、空调制造商、电力公司、自来水公司等。高温带来的收入增加完全可以弥补他支付给买方的赔偿。

b、在春季播种时，农民担心过度潮湿而无法下种或烂种，他可购买一份降水量买入期权来规避风险。而买权的卖方可能是滑雪场经营者、雨具制造商或供应商等，潮湿的天气对他十分有利。买入期权规避风险的本质在于：通过买入期权而获得的收入可以部分或全部弥补因过多降水量、极端热冷、以及其他极度天气因素造成的农业生产损失，从而减少收入的波动。

2、卖出期权

对卖权的买方而言，如果在执行日期标的物的水平低于执行水平时，则买方可行使合约的权利，先以较低的市价买进标的物，再以执行价格向卖方卖出标的物，获取利润，此时的执行价值大于零。卖出期权常称为“下限合约”。以下举例说明：

a、牧草种植者担心是否有足够的降雨量可以满足牧草的生长需要，于是他购买一个降雨量卖出期权，该合约是一份本地降雨量指数期权合约，当降雨量低于执行值时，购买者就能获得补偿。而在世界范围内进行风险投资组合而具有分散风险能力的全球再保险公司可能卖出这种期权合约。

b、一个水果种植者担心在生长季节是否有足够的低温，从而保证生产出的水果质量上乘且产量较高。这时他能够购买一个卖出期权，该期权合约以确保农作物较好生长所必须的寒冷小时数或最佳生产温度天数为依据。如果天（小时）数低于一个约定的门槛值时，卖出期权的卖方就要对水果种植者进行补偿。

c、玉米生产者担心因异常低的湿度而降低产量，他可以买一个卖出期权来保障农场的收益。当湿度异常低时，该期权就具有了执行价值。而这个卖权的卖方可能是预期收入随湿度降低而增加的高尔夫球场等。

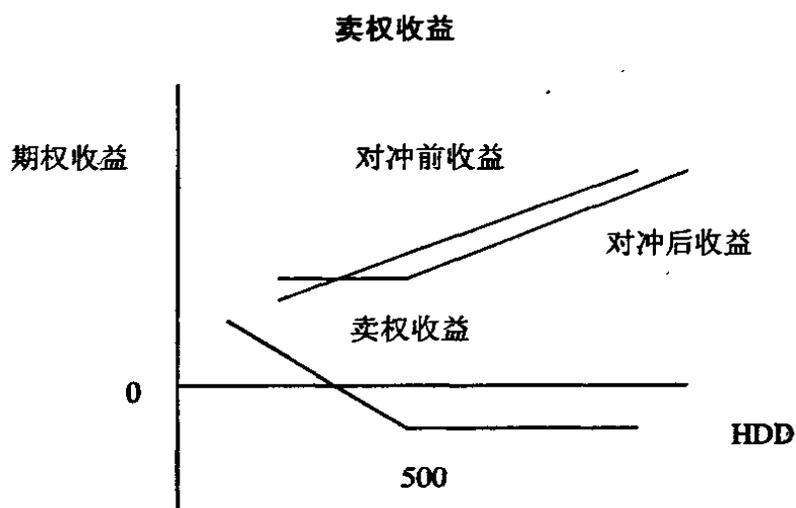
在以上的例子中，卖出期权能弥补因异常天气条件影响生产所造成的收入损失。如果期权不具有执行价值时，卖权的买方放弃行使权利，仅仅损失期权费而已。

3.2.2 天气期权合约的应用

现在我们以天然气公司为例说明天气看跌期权的应用。假定冬季人们以天然气为主要的取暖方式，如果天气寒冷，天然气的使用量会增加，否则会

减少，而天然气用量的减少会导致天然气公司收入的下降。为了预防这种由于气温升高带来的收入损失风险，天然气公司可以购买一个没有规定最高限的看跌期权来对冲风险。该合约的内容如下：合约期限从2004年12月1日至2004年12月31日，合约指数为CHDD，合约价格500HDD，单位HDD的货币价值为100美元，期权价格为5000美元，执行日为到期日。

如果实际的HDD低于500CHDD的合约价格，这就意味着气温偏暖，那么天然气公司将执行该期权，从而从卖权上获利以补偿天然气销售的损失。如果实际的HDD大于500CHDD合约价格，这就意味着气温偏冷，天然气公司将不执行该期权，因为公司的销售收入可以因为偏冷的天气而增加，足以弥补购买卖权的成本。同样，在夏天，该天然气公司可以购买CDD的卖权来对冲天气偏凉的风险。对冲前后的收益对比如下图所示。可以看出，对冲后的收益更加稳定。



3.3 互换

3.3.1 互换合约

当参与的双方为了交换风险而签订契约性协议时，互换就发生了。在这些协议中，双方都不支付保证金。交换业务一般是在场外柜台市场中进行交

易。对双方而言，所涉及的风险应该是逆相关的。一方参与者的收入与重要的天气因素正相关，而另一方的收入与天气因素负相关。当天气因素超过一个执行值且一方的收入较高时，收入较高的一方对另一方支付补偿。结果是分别对双方的收益上限和损失下限加以限制，从而减少收入的波动，降低参与者的风险。以下为例：

1、一个红鲟鱼孵化场与一个玉米种植者交换风险。红鲟鱼孵化场的风险是因过高的气温而产生的；玉米种植者的风险是由于生长期过低的气温而造成的。这时，互换产生的条件具备。当双方认可的气温指数超过一个执行水平时，玉米种植者赚的钱将比预期多，他要支付给赚钱比预期少的孵化场一些补偿。交换使双方的收入得以稳定，降低了双方的风险。

2、担心降水过多而影响种植的生产者可能会与一个水电厂进行风险互换。对水电厂而言，降水量减少导致发电量减少。互换合约签订后，如果降水量超过某一水平时，水电厂将支付给种植者一些补偿。

3、农作物保险公司和热力公司进行风险互换。如果发生低温霜冻，农作物保险公司的赔付额增加，而对供热公司而言，如果公司在储存充足燃料的情况下，低温将使供热需求增加，公司的收入随之增加。这两者就可以进行风险互换。

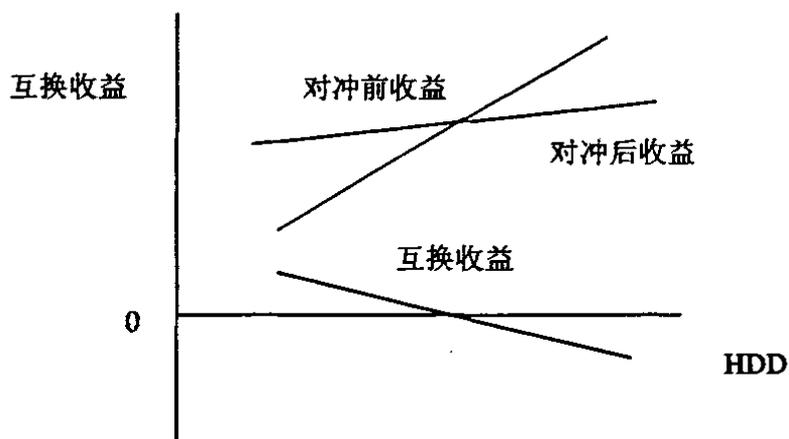
3.3.2 互换合约的应用

天气互换合约就是一连串的期货合约，它不是在合约到期日获得一次收益，而是随时间的变化获得一连串的收益，每次收益都取决于实际天气指数和约定天气指数之间的差异。

我们仍以天然气公司为例来说明互换合约怎样对冲天气风险的。如果上述天然气公司购买天气互换合约来对冲暖冬的影响，该合约同样没有规定最高限额，合约期限为2004年12月1日至2005年4月30日，天气指数为HDD，合约价500HDD，单位HDD的货币价值为100美元，互换支付日期为每个月的最后一天。

无论什么时候只要实际的HDD低于合约价格，天然气公司就可以通过互换来对每一个月的HDD进行补偿。到月末时，当HDD高于合约价格时，天然

气公司支付给互换的另一方HDD与合约价格的差额。互换收益和营业收益结合在一起的结果是更稳定的总收益。天然气公司进行互换前后的收益对比如图2所示，从中可以看出对冲后的收益更加稳定。



3.4 套保期权 (Collar)

套保期权又称颈项合约它实际是通过买权和卖权的结合，从而把收入稳定在一个买权和卖权所限定的范围之内。但天气颈项合约能用于农业生产的数量是有限的，因为过度或者不足的天气因素水平对农业生产都是有害的。

4. 天气衍生品的风险管理功能

受到天气风险影响的不仅仅是农业部门，还包括提供农业保险的保险公司/再保险公司、能源部门等。这些部门均可以通过天气衍生品来消除因各种天气因素所导致的收入和预算的不稳定性。下面我们举例加以说明。

4.1 农业生产者

1、在农作物生产期间，农业生产者会担心由于低温霜冻导致农作物减产。此时，他可以选择购买 CDDs 合约来对冲低温霜冻所造成的农作物损失。一旦温度过低，那么农业生产者的损失可以通过期货市场得到补偿。除了温度指数期货外，农业生产者可利用的天气期货还包括降水量指数期货、降雪指数期货和风速指数期货等。

2、如果农业生产者担心雨水过多而出现涝灾，那么他可以购买一份降水量买入期权来规避风险。而买权的卖方可能是雨具制造商或供应商等，因为阴雨连绵的天气对雨具的销售非常有利。相反，若农业生产者担心雨水过少而出现旱灾，那么他可以购买一份降水量卖出期权来规避风险。而卖权的卖方则可能是高尔夫球场，因为连续的阳光明媚对其经营非常有利。当然，农业生产者也可以通过购买气温的买入或卖出期权来规避由于气温过高或过低而给农作物生长带来的损失等等。

3、农业生产者也可以通过互换来规避自然风险。例如，农业生产者可与旅游企业进行风险互换。农业生产者的风险是由于生长期气温过低造成的，而旅游企业的风险则是由于气温过高而产生的，随着气温的升高，旅游企业所接待的人数下降，使其收入下降。这样，通过风险互换，当气温指数低于双方约定的水平时，农业生产者将得到一定补偿；相反，当气温指数超过双方约定的水平时，旅游企业会得到一定补偿。再比如，由于担心降水过多而

影响种植的农业生产者可能会与水电厂进行风险互换。对水电厂而言，降水量过少会导致其发电量减少，从而使其收入下降。互换合约签订后，当降水量超过某一水平时，农业生产者将得到一定补偿；相反，当降水量低于某一水平时，水电厂会得到一定补偿。

4.2 农业保险公司/再保险公司

1、提供农业旱灾保险的保险公司/再保险公司可能担心由于降水量过少而导致大面积的旱灾出现，此时保险公司/再保险公司可以选择卖出降水量指数期货。一旦旱灾果真出现，那么由于旱灾给保险公司/再保险公司所带来的损失可以通过降水量指数期货加以对冲。相反，提供农业涝灾保险的保险公司/再保险公司可能担心由于降水量过多而导致大面积的涝灾出现，此时保险公司/再保险公司则需要买入降水量指数期货来对冲由于涝灾出现而带来的经营损失。

2、提供农作物低温保险的保险公司/再保险公司可能担心由于气温过低而导致农作物减产，从而给其经营带来损失。此时，保险公司/再保险公司可以选择买入一个温度卖出期权，该期权合约以确保农作物生长所必须温度时数或最佳生产温度天数为依据。如果天（小时）数低于一个约定的门槛时，卖出期权的卖方就要对保险公司/再保险公司给予补偿。卖出期权的卖方可以是滑雪场经营者，因为低温的天气其经营非常有利。相反，提供农作物高温保险的保险公司/再保险公司可能担心由于气温过高而导致农作物出现病虫害，从而使农作物减产，给其经营带来损失。那么，保险公司/再保险公司可以选择买入一个温度买入期权来对冲损失。买入期权的卖方可能是空调制造商，因为高温天气有利于空调的销售。

3、保险公司/再保险公司也可以通过互换来分散其经营风险。例如，农业保险公司可以和供热公司进行风险互换。如果发生低温霜冻，农业保险公司的赔付额增加，而对供热公司而言，低温将使供热需求增加，公司的收入会随之增加。通过互换，农业保险公司有效地分散了经营风险。再比如，提供旱灾保险的保险公司可以购买降水量指数期货或期权来分散风险等等。

4.3 能源企业

1、煤炭企业可能担心由于暖冬而出现对取暖用煤需求的下降，从而减少其经营收入。那么，煤炭企业可以选择买入制冷指数（CDD）期货或卖出取暖指数（HDD）期货以对冲由于气温过高而带来的损失。

2、电力企业可能担心由于凉爽的夏季或温暖的冬季而导致对电力需求的下降，从而减少其经营收入。那么，电力企业可以选择在夏季买入制冷指数（CDD）看跌期权，在冬季买入取暖指数（HDD）看跌期权来对风险进行保护。CDD 和 HDD 看跌期权的买方可是旅游企业，因为凉爽的夏季和温暖的冬季有利于人们出游，从而旅游企业的收入会因此而增加。

3、能源企业也可以通过互换来规避自然风险给其经营带来的损失。例如，水力发电厂可能担心由于降水量过少而致使水量不足，从而导致发电量的减少。此时，水力发电厂可以选择与提供农业涝灾保险的保险公司/再保险公司进行风险互换，因为保险公司/再保险公司担心的则是雨量过多而出现涝灾，从而使农作物减产。

当然，除了上面这些部门之外，其他的行业或部门，如建筑业、交通运输业等也可以利用天气衍生品来规避自然风险所带来的损失。

5. 我国降雨指数期权的开发与设计

5.1 构建基础

对企业所暴露的每一个天气风险进行管理的过程中，大体上有以下几个基本的步骤：

1、找出关键的一个或几个天气变量。

2、确定天气变量对营业收入，毛利率，利润和费用的影响关系。

3、选择一个可靠的，中立的历史数据来源（通常是一个政府机构，例如在美国可以选择美国国家气象服务，在中国可以选择中国气象局所发布的中国气象科学数据共享服务网的数据）。

4、确定一个时间区间，在这个时间区间内，天气变量对营业收入，毛利率，利润和费用的影响十分明显（例如在夏季，炎热天气将影响空调的使用量明显增加）。

5、量化天气变量变化与金融参数（营业收入，毛利率，利润和费用）变化之间的关系，确定天气指数。

6、将金融参数对天气风险的敏感性，转换为金融参数对天气指数的敏感性。

通常，这个过程并非直截了当、简单明了，它常常是一个复杂的过程，而其中可能碰到的最大问题就是所找数据的性质和可用性，而且各行各业（例如公用事业、零售，运输或市政当局）所暴露的天气风险都有其自己的特性。然而，不管在哪种情况下，这些步骤对企业评估其所暴露的天气风险，并相应地构建天气风险管理方案都是基本的。他们也是接下来我们进行案例研究的基础，这些案例可以很好地说明如何通过构建天气风险指数转移天气风险。

天气风险是一种数量风险。在冬季，气温的变化是引起天然气消费量波

动的一个决定性因素；农作物生长期，降雨量是影响农作物产量的一个重要因素；冬季，降雪越多意味着市政当局要在道路和机场跑道清理更多的积雪，为此也要付出更多的道路维护费用。

大体上，有三种类型的天气风险指数：

1、在一个确定的时间区间内天气变量的累计，例如平均温度加总、总降雪量、总降雨量。累计天气指数反映的是天气变量在一段时间内总的变化值，例如，一个季度内总的降雪量为 40 英寸。

2、不利天气日数，不利天气日数由其所对应的天气变量定义，例如，平均温度低于 0°C，或者总的降雨量超过 1.5cm。不利天气日数指数反映的是在一段时间内发生不利天气的天数，例如，在某个冬季，温度低于 15°F 的天数有 10 天。

3、不利事件，在这里，指数用来反映某种坏天气状况的发生，例如，在喷洒肥料、除草剂、杀虫剂当天出现不利的温度或降雨。

分析天气变量与金融参数之间的关系，有助于针对特定的天气风险确定相应的天气指数。

5.2 降雨量场外合约

5.2.1 简单的降雨期权场外合约

降雨量会对许多行业的收入产生巨大影响，对农业尤其明显，降雨量过少或过多都会给农作物的产量带来不利影响；经营户外娱乐服务的商家（例如高尔夫球）会担忧降雨量过度或不足；水力发电厂的收益对特定时期内的累积降雨量也会相对敏感，降雨不足将意味着一个较低的水位，从而导致电力供应不足，收入减少，甚至有时你将不得不从其它的电力供应商那里以一个较高的价格购买电力，以弥补供应短缺。以下，将给出二个交易，其中有一个涉及到水力发电厂。

例一：Southern Hydro Partnership (SHP)与 Credit Lyonnais Rouse

Derivative(CLRD)（资料来源：Artemisia, <http://www.artemis.bm/index.htm>）

SHP是位于澳大利亚南部的一家水力发电厂，它的大部分设备都在维多

利亚洲和新南威尔士州。由于降雨量一直低于过去几年的平均水平，这家企业决定在2003与CLRD签订一份有关降雨量的合约，SHP主要的目的是稳定现金流和收入。合约期限为三年，为了节省避险成本，该合约这样设定：如果降雨量低于某一商定的水平，SHP将从CLRD那里收到赔付款，如果高于某一商定的水平，SHP将支付CLRD一定款项。

例二：Golf Course Operator 与 SGSA（法国的第三大银行）（资料来源：Bloomberg News and Commentary, <http://www.bloomberg.com/news/index.html>）。

Mr. Worms经营一个位于Hennstedt的高尔夫球俱乐部(Gut Apeldoorn Gold Club)，大约在德国汉堡市偏南100公里处，在2001年由于天气比较潮湿，俱乐部的收益遭受了巨大的损失。次年，Mr. Worms 与 SGSA签订了一个衍生品合约，合约期限为五月至九月，若在此期间，累积降雨天数超过50天，Mr. Worms将获得补偿。具体地，当合约期内某天的降雨量超过1mm时，这一天就被定义为雨天，否则为晴天，SGSA将会为超过的每一个雨天向Mr. Worms支付相应的款项。

5.2.2 大宗交易

1、水力发电成本的风险管理

水力发电是电力的一个相对比较便宜的来源，当供水不足时，发电量相对较少，会增加每千瓦时电力的生产成本，此外，不足的电力需要从其它来源来弥补，例如，要由地下能源如天然气发电。而干旱的天气会致使供水不足，炎热的夏季也会引致对电力的需求增加，这两方面的因素都会提高每千瓦时电力的生产成本。

SMUD 是美国第六大社区所有的电力公用事业，它其中有一半的电力是自己生产的，另一半是通过对外购买来完成，而由自己生产的那一部分主要通过水力发电和热力发电来完成。2000年，SMUD为了规避其成本的主要组成部分——降雨量和天然气价格的风险，与 Aquila（设在堪萨斯城的能源交易公司）签订了一份期限为三年的降雨期权合约。

➤ 简要技术细节：

指数形式：累计降雨期权

合约期间：2000年10月1日至2003年9月30日

合约类型：套保期权

指数：在加利福尼亚的 Pacific House 测量的降雨量。

行权：若降雨量低于 XX 英寸（值 A），Aquila 将向 SMUD 支付一定数额；若降雨量超过 YY 英寸（值 B），SMUD 将向 Aquila 支付一定数额。

付款规定：每英寸降雨量的付款额是根据 Henry Hub 春季和夏季的所报的每日天然气价格，做一个简单平均，再乘以一个事先商定的因子。SMUD 所收到付款额的最高上限为低于 A 值 QQ 英寸降雨量所对应的值；SMUD 支付给 Aquila 的最高限额为高于 B 值 RR 降雨量所对应的值。

期权费：\$0（套保期权无需期权费）。

➤ 基本原理：

SMUD 为了规避成本风险，它选择放弃降雨量充沛产能增加的可能，来规避由于降雨量减少和天然气价格上升致使的成本增加的风险。

➤ 结果：

在此期间，由于天气的原因，加利福尼亚的电力市场曾一度陷入混乱，而 SMUD 的电力成本一直保持在相对较低的水平。这是一个早期对天气风险管理相对成功的例子，而且它创新地将天气风险（即降雨量的不确定性）和价格风险（天然气的价格）结合起来管理。

2、农作物的天气风险管理

另一个广为人知的大型交易是世界粮食计划署从 Axe 购买了一份降雨期权合约以抵补 2006 干旱天气对埃塞俄比亚农作物的影响。

➤ 简要技术细节：

指数形式：累计降雨期权

合约期间：埃塞俄比亚的农作物生长期，3月至10月

合约类型：看涨期权

指数：数据采用分布在埃塞俄比亚的 26 个站点的气象数据，将之转换为水分胁迫指数并融合为一个篮子指数。

行权：如果农作物生长期过后，经统计分析发现，农作物的水分胁迫指数高于预先指定水平，那么就表示这个期间天气是干旱的，这也意味着农作物的歉收，世界粮食计划署就会选择行权。

限制： 7100000 美元

保费： 930000 美元

➤ 基本原理：

资金的高效率使用（即在遇上持续干旱紧急状态时，用少于 100 万美元购买了 700 万美元的财政资源）。

遇到干旱的紧急状态能快速应对，一旦发生干旱，相关机构能及时付款。也就是说当农作物的水分胁迫指数高于预先指定的水平，即显示农作物普遍歉收，世界粮食计划署就能及时地从 Axe 拿到相应的款项。而正常情况下，如若单纯的依靠捐助则需要几个月的时间，资金才能到位。

资金迅速到位，意味着世界粮食计划署能够迅速采取行动，及时地提供援助，从而减少了人们的不幸和痛苦，改变了在干旱、农作物歉收情况下总是依赖于外部捐助的局面。

➤ 结果：

实际上，2006 年，埃塞俄比亚的降雨量高于历年的平均水平，因此世界粮食计划署不会选择行权。但是基于此，世界粮食计划署为类似的风险建立了一套风险规避机制，作为传统的人道主义援助的补充。

5.3 降雨指数期货合约的设计

合约的类型（买入期权或卖出期权）和合约期限不是降雨指数期权所独有的，因此这一部分将不在单独讨论。这一部分旨在对如何构建一个降雨指数期权合约问题，给出一个初步的建议。

5.3.1 标的选择

第一个要解决的问题就是协议指数的确定。指数选取可以基于合约期限内的累积降雨量(RVD)，或者基于累积降雨天数(RLD) (Martin Banjo, 2006)。RVD指数的价值将由合约期限内的实际累积降雨量与预期总降雨量的差值决定。

$$\left[\sum_{i=1}^t RV_i - [E(RVD)] \right]$$

其中, RV_i 表示在合约期内第 i 天的降雨量, t 是合约的寿命, $E(RVD)$ 是合约期内的预期降雨总量。

在 RLD 情况下, 指数价值取决于合约期内的实际累积降雨天数和预期累积降雨天数之间的差值。而判断合约期限内某天是否为雨天是基于该天的降雨量。例如, 选定一个水平 (eg. 1mm, 3mm, 5mm, 7mm), 如果降雨量超出此水平则为雨天, 否则为晴天。

$$\left[\sum_{i=1}^t RL_i - [E(RLD)] \right]$$

其中, RL_i 是一个二元变量, 如果第 i 天被定义为雨天, 则取值 1, 否则为 0。 t 是合约的寿命, $E(RLD)$ 是合约期内的预期降雨天数。

在城市的选择上, 目前, 我国有上海、武汉、广州、兰州、沈阳、成都区域气象中心和 31 个省级气象台, 6 大区域气象中心收集、加工气象资料和信息产品能力强, 覆盖了全国大部分区域, 并且均为经济相对发达的地区、人口密度大。因此我们在城市的选择上以 6 大区域气象中心城市的降雨量为标的。

5.3.2 合约规格及月份

CME 的 HDD 和 CDD 期货合约的名义价值为 100 倍 HDD 和 CDD 指数。如果, 一个 HDD 指数为 800, 则期货合约的名义价值为 80000 美元 (800HDD * 100 美元)。最小价格波动为 1.00HDD 或 CDD 指数点, 价值为 100 美元。考虑到 RVD 和 RLD 的指数点相对于 CHDD 指数要小的多, 又虑及我国企业和投资者的资金状况, 因此, 我国天气期货的名义价值约定为 1000 (2000) 元人民币与 RVD(RLD) 指数的乘积较为合适。同样当 RVD 指数为 50 时, 则期货合约的名义价值为 50000 元人民币, 其保证金为 5000 元人民币 (保证金比率以 10% 计), 在目前国内现有期货品种中属于中间水平, 有利于吸引投资者的参与, 增强市场流动性。

在 CME 的合约中有 7 个连续的 HDD 和 CDD 期货合约，分别是 HDD: 10,11,12,1,2,3,4 月; CDD: 4,5,6,7,8,9,10 月。其中 4 月和 10 月为 HDD 和 CDD 共有的月份。在 RVD/RLD 指数合约月份的选择上我们选取一年 12 个月，这样既保持了连续性，又覆盖了全年各个月份。

5.3.3 数据来源

目前，我国已初步建成了门类比较齐全，布局基本合理的气象综合探测系统。已拥有 2600 多个气象台站、124 个高空探测站、231 个不同类型的天气雷达站、156 个气象卫星地面站;在气象信息网络方面，我国已建成以邮电公用通信网为主、自建专用通信网为辅，有线无线相结合、国内外相连接，具有一定现代化水平的气象通信网。在国内，连续上海、武汉、广州、兰州、沈阳、成都区域气象中心和 31 个省级气象台，实现了计算机广域网络的远程联网，能及时收集、加工和分发全球气象资料和信息产品;在基本气象信息加工分析预测系统方面，我国已建立了国家气象中心，区域气象中心，省气象台，地、县气象台站 5 级分工合理，自下而上采集信息，自上而下逐级技术指导，上下结合，以数值天气预报为基础的基本气象信息加工、分析预测系统。以上的两套系统和一套网络完全能够满足以温度为标的的期货合约对统计权威性和准确性的要求。因此，我们应以国家气象中心下属的中央气象台每日发布的温度作为温度期货的交割基准。

5.3.4 整体合约架构

根据以上分析，可拟我国的天气期货合约架构如下表：

我国降雨指数期货合约设计表:

交易地点及场所	上海期货交易所 (Shanghai Futures- Exchange:SHFE)
交易单位	100/200倍的RVD/RLD指数
合约月份	1、2、3、4、5、6、7、8 、9、10、11、12月
报价	RVD指数点
最小价格波动	一个RVD/RLD指数点 (1000/2000元人民币)
交易终止	交割月份的最后一个交易 日
交割	现金交割
结算价格	根据中央气象台发布的日 降雨指数计算

5.4 天气衍生品的定价理论

天气衍生品定价可以采用多种不同的方法。重要的是在使用某一方法前应对它有一个直观的认识并确保模型能准确地描述现实情况。

5.4.1 定价方法

有关温度定价模型中,一些是直接对 HDD 和 CDD 进行模拟、预测,而另一些模型针对温度模拟、预测,然后再推出每种不同温度情况下的 HDD 和 CDD 的价值。Mark Garman, Carlos Blanco and Robert Erickson (2000) 认为对温度进行直接模拟是相对更好的方法,对 HDD 和 CDD 直接模拟,例如假设成正态或对数正态分布,当我们完成模拟测量,很多信息已经丢失了。

在天气衍生品市场,存在颇多争议的是对定价方法的选择,运用何种定价方法可以确保在不同的合约中获得“公平价值”。但是由于缺乏可以被广泛

接受的天气衍生品的定价方法，交易双方并不总是能找到一个双方认可的合约价格。

1、Black-Scholes 模型

Fisher Black 和 Myron Scholes 于 1973 年提出了 Black-Scholes 期权定价模型，至今这个模型仍被广泛使用。但是，Black-Scholes 是基于一系列假设基础上的，而这些假设并不符合天气衍生品的实际情况，故此模型不能适用于天气衍生产品。此模型的一个主要假设是合约的基础资产遵循非均值回归的随机游走过程。换句话说，模型预测温度的波动幅度随着时间增加而变大，也就是说，温度可以偏离任一水平，显然不适用。

具体地说，Black-Scholes 不适用于天气衍生产品是基于以下的理由：

A、天气走势并不像其它资产的价格一样遵循“随机游走”，原则上可以偏离 0 或无穷大。相反地，天气变量例如温度通常在相对狭窄的范围内波动，这可能要归因于天气的均值回归趋势，即倾向于回归于自己的历史水平。

B、天气由于其固有的特性，在短期内可以近似地预测，长期内会围绕其历史水平波动。这意味着短期的天气衍生品价格走势本质上不同于长期的天气衍生品。

C、Black-Scholes 期权的赔付取决于合约到期日其基础资产的价值。天气衍生品的相关指数一般是基于某个天气变量一段时间内的平均，因此更像是平均价格期权。

D、大多数天气衍生产品在赔付上都有限定，不像标准的 Black-Scholes 期权。

E、基础资产变量（温度、降雨量等）不可交易，没有交易价格。

2、“burn analysis”

“burn analysis”方法非常易于实施，它试图回答这样一个问题：在过去的几年里，期权的平均赔付是什么样子的？利用历年已经实现的相关数据，我们可以得到未来每一年的预期赔付。期权的公平价格将是历史赔付的均值。但它存在的主要问题是，它并没有将对天气的预测纳入到期权定价中去。

3、蒙特卡罗模拟

“蒙特卡罗模拟”是一种以计算机为基础的方法，它通过产生随机数，从统计上构建各种天气情况。“蒙特卡罗模拟”为各种不同天气衍生品的定价提供

了一种相对灵活的方式。

蒙特卡罗模拟通常需要产生大量（温度、降雨量等）的模拟数据，以标示可能的赔付。合约的公平价值则是所有模拟出的赔付的均值，适当地扣除货币的时间价值。运用蒙特卡罗模拟，重要的是要选择准确的随机过程。明显地，温度、降雨量等遵循均值回归，因此，任何一种模型，只要与 Black-Scholes 一样假设随机游走过程，将不适用于天气期权的定价。

5.4.2 降雨量模拟

Dischel (2000) 指出，相比较于模拟温度，模拟降雨量面临以下几个方面的问题：首先，是降雨量的精确测量。大部分测量技术采用的是物理收集方法，而较少考虑影响降雨量收集精确性的其它因素，例如当地的风力。其次，空间相关性问题。降雨不像温度一样与相邻近的区域有较强的相关性，降雨带有非常的地方性。也就是说，当要规避风险的区域与测量地（通常是政府设置的）有较远的距离时，将会面临巨大的基差风险。再次，是选择一个适当的分布来描述降雨量。温度可以适当地采用一个简单的分布来描述，例如 Gaussian，但降雨量的统计特性相当复杂，相应地需要一个更复杂的分布。

尽管如此，一些学者还是尝试着从统计上模拟降雨量。例如，Sanso 和 Guenni (1999) 提出一个热带降雨模型来描述在一个特定的区域、特定的时间（例如 10 天）内的降雨分布。之后 Sanso 和 Guenni (2000) 又扩展了他们的模型。Wilks (1998) 针对每日降雨量，组合运用马尔可夫过程（降雨事件的发生）和混合指数分布（降雨量），提出了多站点模型。他发现混合指数分布比伽玛分布模拟的效果更好。Melanie Cao, Anlong Li and Jason Wei (2004) 提出并比较了三种模型：伽玛分布、混合指数、和密度函数，依据芝加哥中途机场（1950—2003 年）的数据。他们发现后两者在拟合度上强于第一个模型。

6. 降雨指数期权的应用

天气期权是一种期货期权。期货期权是对期货合约买卖权的交易，也称期货合约期权。包括商品期货期权和金融期货期权。1984年10月，美国芝加哥期货交易所首次成功地将期权交易方式应用于政府长期国库券期货合约的买卖，从此便产生了期货期权。

期货期权的交易对象是商品期货合约，它赋予期权购买人在规定时间选择是否买卖期货合约的权利，期货期权在实施时，要求交割的并不是期货合约所代表的商品，而是期货合约本身，但实际上，很少交割期货合约，而是由期权交易双方结算期货市价与该期货期权协议价之间的价差。

6.1 数据来源与说明

为了说明降雨指数期权的定价问题，这里我们选取成都市为例。

附表中的数据来源于中国气象科学数据共享服务网，具体地是中国地面国际交换站气候资料月值数据集，其中数据来源于各省、市、自治区气候资料处理部门逐月上报的《地面气象记录月报表》的信息化资料。本文采用的是成都市1971--2003年降雨量历年月值数据，文件类型为ASCII码文件。

6.2 降雨量模拟

6.2.1 序列的平稳性

任何时间序列数据都可看成由一个随机过程产生的结果，即随机过程的一个(特殊的)实现，也就是一个样本。如果一个随机过程的均值和方差在时间过程上都是常数，并且在任何两时期之间的协方差值仅依赖于该两时期间

的距离或滞后, 而不依赖于计算这个协方差的实际时间, 就称它是平稳的。简言之, 如果一个时间序列是平稳的, 就不管在什么时间测量, 它的均值、方差和(各种滞后的)协方差都保持不变。这一表述用数学模型可表示为, 平稳随机时间序列 Y_t 具有下列性质:

$$\text{均值: } E(Y_t) = \mu \quad (1)$$

$$\text{方差: } \text{var}(Y_t) = E(Y_t - \mu)^2 = \sigma^2 \quad (2)$$

$$\text{协方差: } \gamma_k = E[(Y_t - \mu)(Y_{t+k} - \mu)] = \gamma \quad (3)$$

6.2.2 序列的平稳性和纯随机性检验

对序列平稳性的检验有两种方法: 一种是根据时序图和自相关图显示的特征做出判断的图检验方法; 一种是构造检验统计量进行假设检验的方法。

图检验法是一种操作简便, 运用广泛的平稳性判别方法, 它的缺点是判别结论带有很强的主观色彩, 所以需要统计检验方法加以辅助判断, 目前最常用的平稳性检验方法是单位根检验 (unit root test)。

但是, 不是所有的平稳序列都值得建模。只有那些序列值之间具有密切的相关关系, 历史数据对未来的发展有一定影响的序列, 才值得我们花时间去挖掘历史数据中的有效信息, 用来预测序列未来的发展。

如果序列值彼此之间没有任何相关性, 那就意味着该序列是一个没有记忆的序列, 过去的行为对将来的发展没有丝毫影响, 这种序列我们称之为纯随机序列, 也称为白噪声序列。从统计分析的角度看, 纯随机序列是没有任何分析价值的。

为了确定平稳性序列还值不值得分析下去, 相应的, 我们还需要对平稳性序列进行纯随机性检验。纯随机序列的延迟非零期的样本自相关系数近似服从均值为 0、方差为序列观察期倒数的正态分布, 可以通过自相关图和构造 Q 统计量、LB 统计量进行检验。

1、时序图

所谓时序图就是一个平面二维坐标图, 通常横轴表示时间, 纵轴表示序列取值。时序图可以直观地帮助我们掌握时间序列的一些基本分布特征。

根据平稳时间序列均值、方差为常数的性质，平稳序列的时序图应该显示出该序列始终在一个常数值附近随机波动，而且波动的范围有界的特点。如果观察序列的时序图显示出该序列有明显的趋势性或周期性，那它通常不是平稳序列。根据这个性质，很多非平稳序列通过查看它的时序图可以立刻被识别出来

对成都市月平均降水量数据进行时序分析，做出 1971-2003 年的时序图和季节时序图如下：

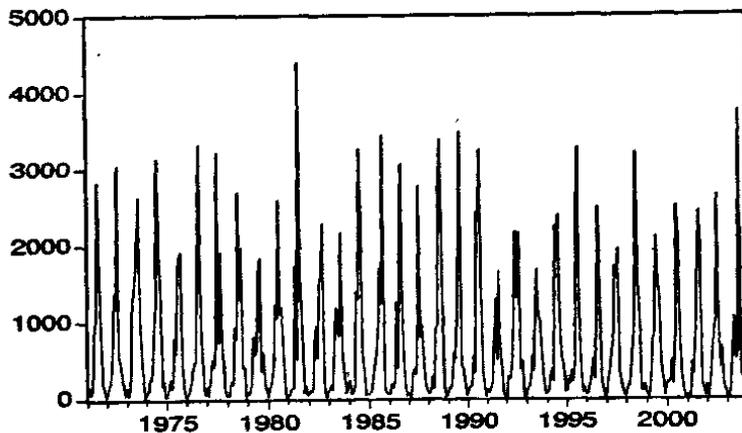


图 1 成都市降雨量时序图 1971-2003 年

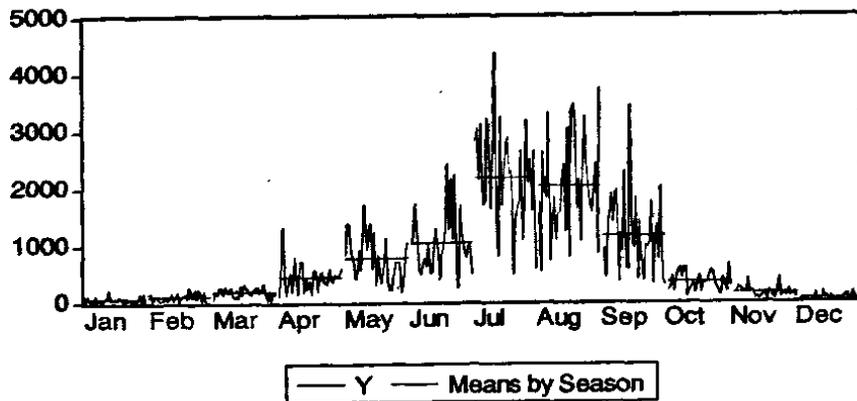


图 2 成都市降雨量季节时序图 1997-2003 年

成都市降雨量时序图显示：成都市月平均降水量数据没有明显趋势或周期，基本可以视为平稳序列。从成都市降雨量季节时序图可以看出，成都市降雨量具有明显的季节波动，夏季降雨水平显著高于春秋冬季。

为了稳妥起见，我们还需要利用自相关图进一步辅助识别。

2、自相关和偏自相关

为检验模型的预测效果，将 2003 年的 12 个观测值留出，作为评价预测精度的参照对象。建模的样本从 1971 年 1 月至 2002 年 12 月。同时为减少序列的波动性，对 Y_t 做一阶自然对数变换，记为 LY_t 。绘制序列 LY_t 的自相关和偏自相关分析图。如下：

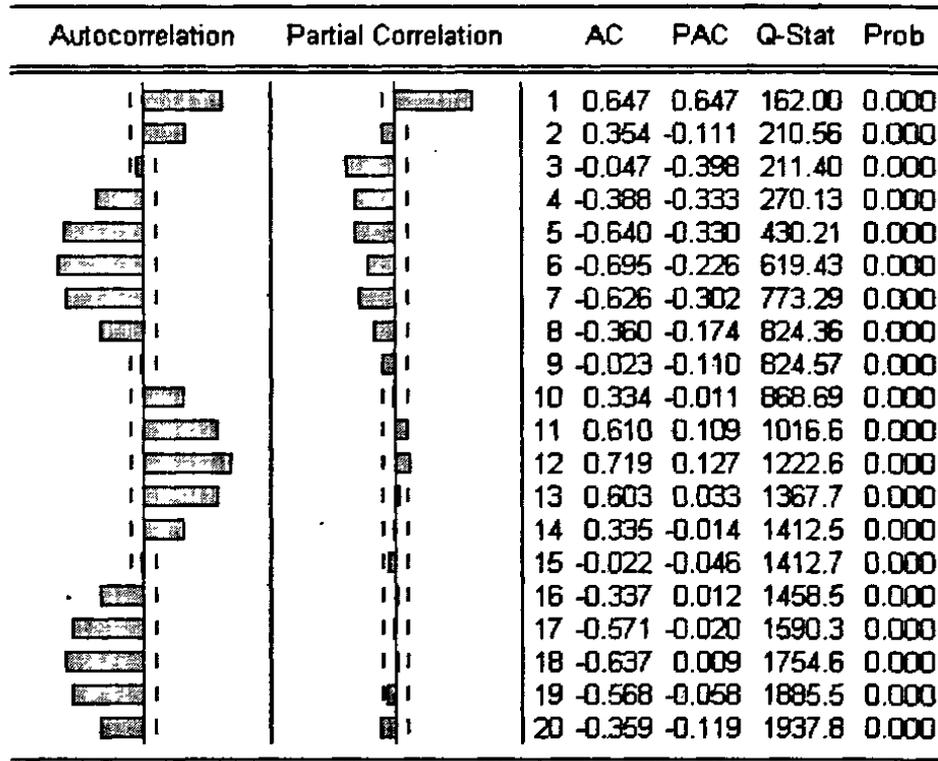


图 3 序列 LY_t 的自相关和偏自相关分析图

由图 3 可知， LY_t 的自相关系数大多处于显著性水平 $\alpha = 0.05$ 的置信区域之外，与 0 有显著差异，说明该序列不是白噪声序列。偏自相关系数在滞后 12 阶后，落入 2 倍标准差的置信带内。

3、单位根检验

为保证序列平稳性检验的准确性，对 LY_t 进行单位根检验，检验结果见表 1。

表 1 序列 LY_t 的单位根检验结果

Null Hypothesis: LY has a unit root
 Exogenous: Constant
 Lag Length: 12 (Automatic based on SIC, MAXLAG=16)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-5.029187	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.447770	
5% level	-2.869113	
10% level	-2.570871	

*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

可以看出, 序列 LY_t 的 $ADF = -5.029187$, 分别小于不同检验水平的三个临界值, 所以成都市月平均降雨量差分序列 LY_t 是一个平稳序列。

6.2.3 模型选择与参数估计

一个序列经过预处理被识别为平稳非白噪声序列, 那就说明该序列是一个蕴含着相关信息的平稳序列。在统计上, 我们通常是建立一个线性模型来拟合该序列的发展, 借此提取该序列中的有用信息。ARMA(auto regression moving average)模型是目前最常用的平稳序列拟合模型。

根据对序列 LY_t 自相关和偏自相关性的分析, 建立 ARMA(3, 2) 模型。利用最小二乘法进行参数估计, 结果如下:

表 2 ARMA (3, 2) 模型的参数估计和检验结果

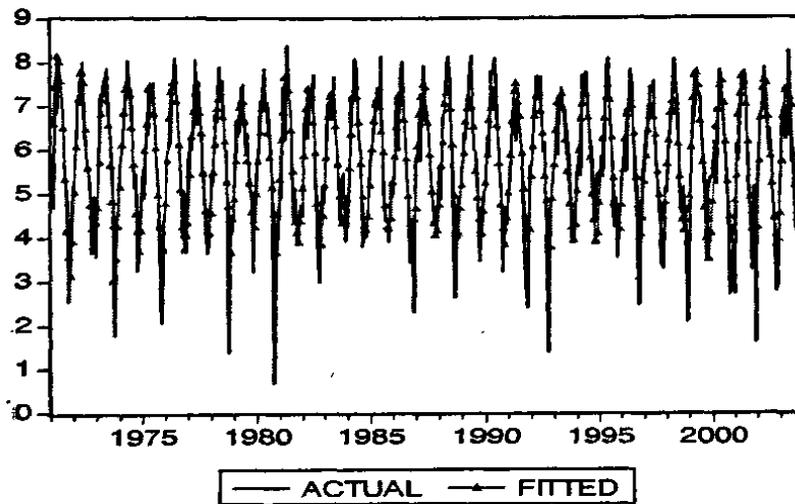
Dependent Variable: LY
 Method: Least Squares
 Date: 10/25/07 Time: 23:20
 Sample(adjusted): 1971:04 2002:12
 Included observations: 381 after adjusting endpoints
 Convergence achieved after 23 iterations
 Backcast: 1971:02 1971:03

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	5.760697	0.024731	232.9340	0.0000
AR(1)	1.434100	0.065420	21.92138	0.0000
AR(2)	-0.528934	0.107880	-4.902969	0.0000
AR(3)	-0.238244	0.060973	-3.907354	0.0001
MA(1)	-1.186409	0.049313	-24.05894	0.0000
MA(2)	0.374123	0.049103	7.619118	0.0000
R-squared	0.673026	Mean dependent var		5.766018
Adjusted R-squared	0.668667	S.D. dependent var		1.479339
S.E. of regression	0.851531	Akaike info criterion		2.532060
Sum squared resid	271.9142	Schwarz criterion		2.594152
Log likelihood	-476.3575	F-statistic		154.3763
Durbin-Watson stat	2.030856	Prob(F-statistic)		0.000000
Inverted AR Roots	.84+.49i	.84-.49i	-.25	
Inverted MA Roots	.59-.15i	.59+.15i		

估计出的模型方程为:

$$LY_t = 5.761 + 1.434LY_{t-1} - 0.529LY_{t-2} - 0.238LY_{t-3} + \varepsilon_t - 1.186\varepsilon_{t-1} + 0.374\varepsilon_{t-2}$$

从回归结果看,模型的拟合效果较好, $R^2 = 0.673$,修正后的可决系数为 0.6687, F 统计量为 154.38, P 值为 0.0000。同时,各参数的 T 统计量检验显著,均小于 0.01。预测值与实际观测值的对比如下:



6.2.4 模型检验

模型的显著性检验主要是检验模型的有效性。一个模型是否显著有效主要看它提取的信息是否充分。一个好的拟合模型应该能够提取观察值序列中几乎所有的样本相关信息，换言之，拟合残差项中将不再蕴含任何相关信息，即残差序列应该为白噪声序列。这样的模型称之为显著有效模型。

反之，如果残差序列为非白噪声序列，那就意味差残差序列中还残留着相关信息未被提取，这就说明拟合模型不够有效，通常需要选择其他模型，重新拟合。

做出 ARMA (3, 2) 模型的残差序列图（见图 4），残差序列在均值 0 上下波动，且趋势平稳。同时，残差序列的自相关和偏自相关系数几乎全部处于 2 倍标准差的随机区间内。对残差序列进行单位根检验，得到 $ADF = -20.72816$ ，小于三个显著性水平为临界值。充分说明模型的残差序列是一个白噪声序列，即模型检验显著。

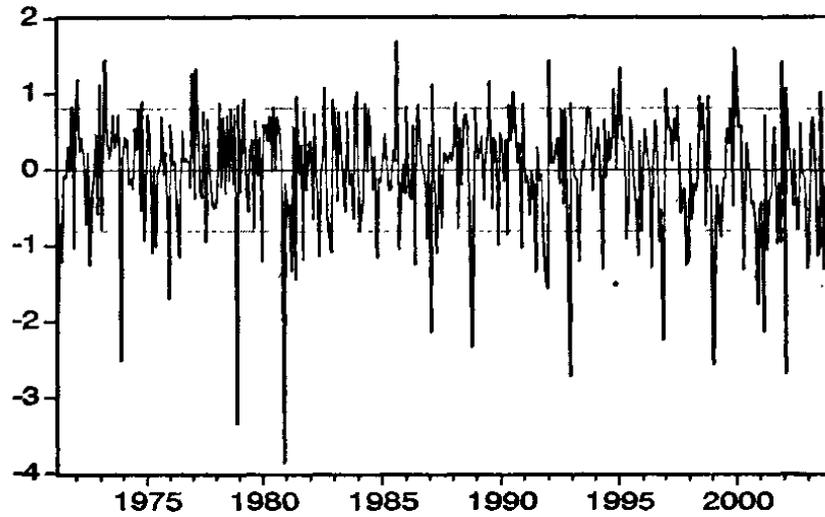


图4 残差序列图

6.2.5 序列预测

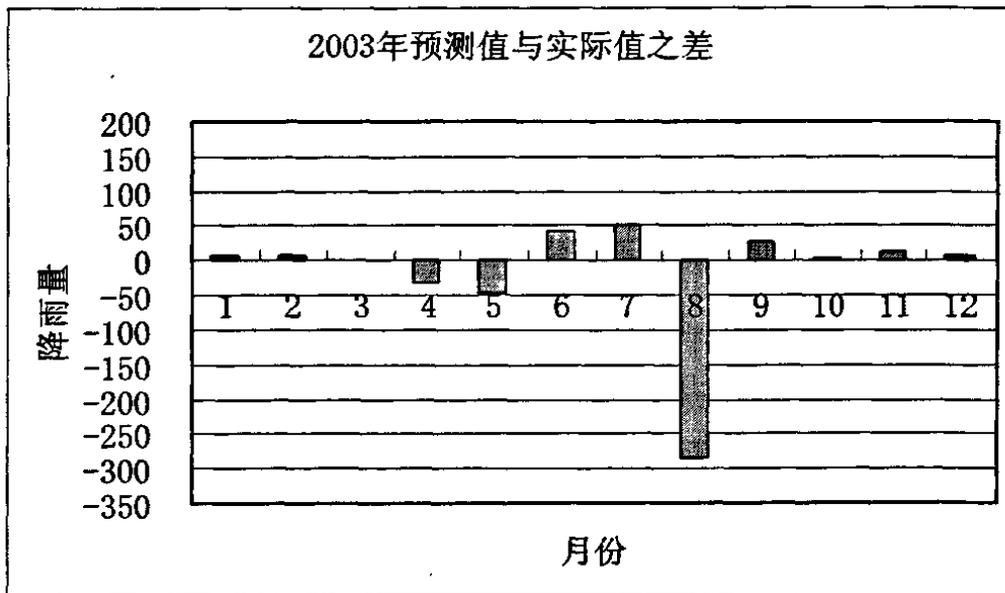
1、预测结果

根据 $LY_t = 5.761 + 1.434LY_{t-1} - 0.529LY_{t-2} - 0.238LY_{t-3} + \varepsilon_t - 1.186\varepsilon_{t-1} + 0.374\varepsilon_{t-2}$ 预测 2004 年 1-12 月的降雨量数据，预测结果如下：

表3 2003 年成都市月平均降雨量预测结果 单位：1mm

	1月	2月	3月	4月	5月	6月
降雨量	7.9	9	15.2	29.9	58.2	93.2
	7月	8月	9月	10月	11月	12月
降雨量	109.5	91.8	58.5	32.4	18.4	12.4

2、预测效果分析



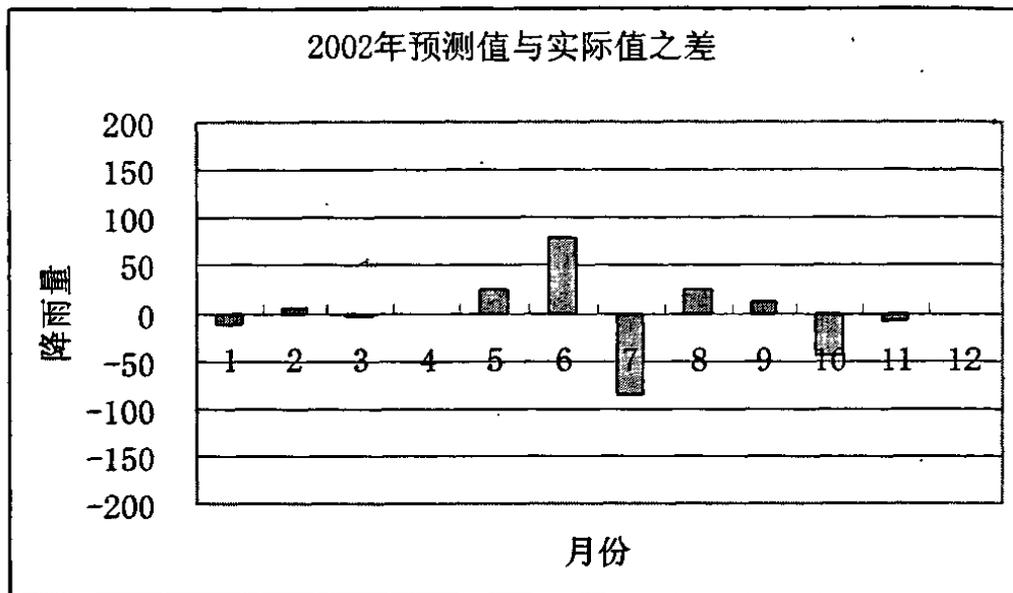
比较分析2003年成都市降雨量预测值与实际值之间的偏差:

A.由成都市1971-2003年的降雨量的月度数据可知,成都市一年中的雨水多集中在7、8月,冬季和春季这两个季度属于干旱少雨的,而成都市雨季一般始于5月、止于9月;年内降水分配不均匀,7、8月份降水最多,均在200mm左右

B.2003年8月成都市经历了2003年入汛以来首次区域性暴雨袭击,也遭遇了多次雷暴袭击,导致8月份降雨量达375mm,占全年降雨量的50.48%,偏离预期值异常高。

C.除8月的异常之外,预测值与实际值之差均落在50mm之内,在误差允许范围内,可知模型设定基本合理。

为再次检验模型的预测效果,将2002年的12个观测值留出,作为评价预测精度的另一参照对象,2002年的预测效果如下图:



比较分析2002年与2003年的预测效果可知：冬季与春季这两个季度的预测效果相对较好，而夏季与秋季这两个季度的预测值之间存在较大的偏差，这与成都市的气候规律是分不开的，夏季与秋季是成都市的雨季，而这两个季度的降雨量又往往带有很大的不确定性。因此，可以想象，一旦成都市的降雨期权指数可交易，那么有关夏季与秋季的降雨期权交易将尤为活跃。

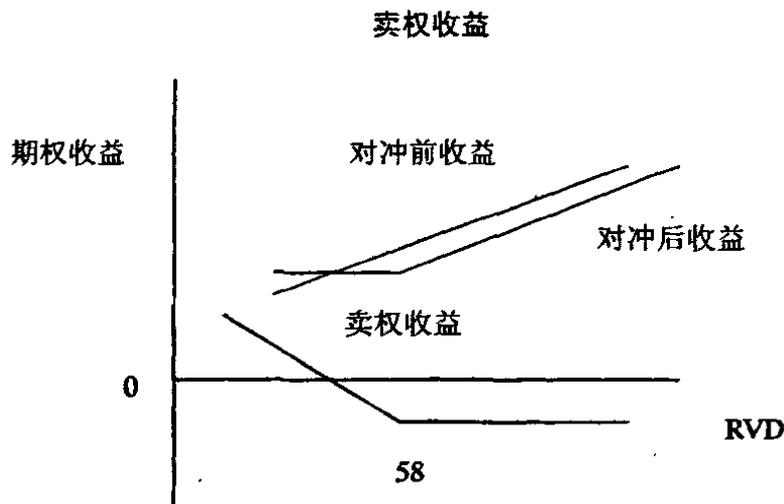
当然，仍可借助天气预报对一定期间的降雨量进行修正，尽管目前天气预报所能提供的信息是大致的和相对的准确性。

6.3 实例分析

例 1：现在我们以成都市水力发电厂为例说明降雨指数看跌期权的应用。水力发电厂可能担心由于降水量过少而致使水量不足，从而导致发电量的减少。为了预防这种由于降水量过少带来的收入损失风险，水力发电厂可以购买一个没有规定最高限的看跌期权来对冲风险。该合约的内容如下：(1)合约类型:卖权；(2)合约期限:2003年5月1日至2003年5月31日；(3)相关指数:RVD；(4)获得降雨资料的气象站:成都气象站；(5)合约价格:58RVD；(6)单位RVD的货币价值:1RVD=1000元；(7)期权价格:5000元。

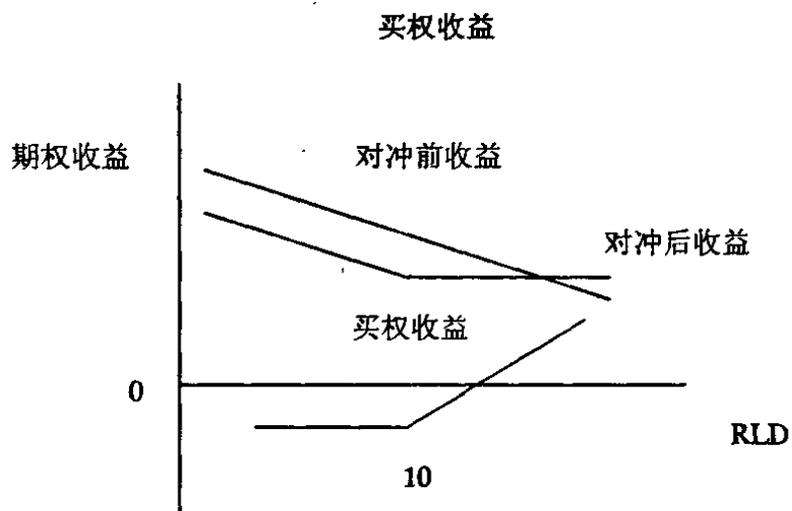
如果实际的RVD低于58RVD的合约价格，这就意味着降雨量偏少，那么水力发电厂将执行该期权，从而从卖权上获利以补偿发电量的减少的损失。

如果实际的 RVD 大于 58 RVD 的合约价格，这就意味着降雨量偏高，那么水力发电厂将不执行该期权，因为水力发电厂的销售收入可以因为偏高的降雨量而增加，足以弥补购买卖权的成本。对冲前后的收益对比如图 1 所示，可以看出，对冲后的收益更加稳定。



例二：下面我们以 X 冰淇淋公司为例说明 RLD 指数看涨期权的应用。X 冰淇淋公司可能担心由于降雨天数过多引起销售量降低。为了预防这种由于降雨天数过多带来的收入损失风险，X 冰淇淋公司可以购买一个没有规定最高限的看涨期权来对冲风险。该合约的内容如下：(1)合约类型:买权；(2)合约期限:2003 年 7 月 1 日至 2003 年 8 月 31 日；(3)相关指数: RLD (降水量 $\geq 1.0\text{mm}$)；(4)获得降雨资料的气象站:成都气象站；(5)合约价格:10RLD；(6)单位 RLD 的货币价值:1RLD=2000 元；(7)期权价格:2000 元。

如果实际的 RLD 高于 10RLD 的合约价格，这就意味着降雨天数偏多，那么 X 冰淇淋公司将执行该期权，从而从买权上获利以补偿冰淇淋销售量减少的损失。如果实际的 RLD 低于 10 RLD 的合约价格，这就意味着降雨天数偏少，那么 X 冰淇淋公司将不执行该期权，因为 X 冰淇淋公司的销售收入可以因为偏少的降雨天数而增加，足以弥补购买买权的成本。对冲前后的收益对比如图 2 所示，可以看出，对冲后的收益更加稳定。



7. 天气衍生品在我国的应用前景展望

7.1 发展天气衍生产品的必要性

天气衍生产品在美国等经济发达国家防范风险的方面显示了巨大的活力和创造性,对于仍处于经济发展中的我国来说,要规避天气风险,保障农业、能源以及交通等重要行业的发展;要推动金融市场和资本市场的发展;要提高我国在国际市场的竞争力,加快发展速度,天气衍生产品的开发和交易显得尤为必要。

7.1.1 有利于保障我国重要行业的发展

我国仍是农业大国,生产力发展水平有限,第一产业以及其他占GDP的比重大,能源、交通等行业对天气条件的依赖都很强。例如在建立电力市场过程中,天气风险对电力系统的影响越来越不容忽视。电力市场建立以后,电力企业受气温影响最直接、最迅速、最经常,对管理气温风险的需求最迫切。例如,2000-2001年夏季美国加州电力市场几乎崩溃,虽然背后有深刻的政治经济原因,但天气持续干旱和异常炎热引发事故无疑是最直接的原因。2003年我国南方大面积长时间高温天气导致了许多城市拉闸限电。如果这种情况发生在电力市场已经建立的条件下,电价必将剧烈地变化,这会给一些电力企业和电力用户带来难以估计的风险,电力市场的平稳运行也将面临考验。

据统计,我国每年因自然灾害造成的直接经济损失,20世纪70年代平均每年约520亿元,80年代上升至620亿元,到90年代的灾害损失则呈现显著递增的趋势,年平均损失额达到1747亿元(谢家智,2004)。尤其是近年来,由于生态环境的累积破坏,气温、降水量等主要天气指标的年变化幅度比较大,天气偏离正常状况的程度严重,天气异常变化的概率比较高,这些都让我国面

面临着更加严峻的天气风险的考验。发展天气风险市场，可以有效的削弱天气风险对我国重要行业的危害，保障宏观经济稳定发展。

7.1.2 有利于推动传统金融和资本市场的发展

首先，我国资本市场投资品种匮乏，投资者要么投资风险较大的股票，要么投资收益较小的国债，不管是个人投资者还是机构投资者都很难通过构造合适的投资组合提高收益降低风险，而天气衍生产品的推出在很大程度上拓宽了投资渠道。其次，HDD 与 CDD 等指数的出现扩大了衍生产品标的物的选择范围，诸如气温、降雨量、降雪量等不可交易的现象由于对现实经济的重大影响，也进入了衍生交易的范围。再次，天气衍生产品丰富了传统的天气保险的内容。传统的天气保险通过保险的分摊和补偿机制，仅能有效的应对那些发生频率低但损失额度大的天气风险，而对企业的一些由于气温、降雨等非灾难的损失却无法保障。天气衍生产品的出现弥补了这一不足，而且由于受非灾难天气影响的公司数量较多，衍生合约比天气保险合同有更大的流动性，一个公司可以利用天气合约更快地以较低的成本建立和解除一个套期。

7.1.3 有利于我国经济参与国际市场的竞争

我国已是 WTO 成员国，随着我国金融市场对外开放，存在巨大市场潜力的天气风险管理市场竞争将日趋激烈。发展我国大气风险市场，一方面有利于缩短与国际市场的差距，另一方面也有助于培养我国企业经营中的风险管理意识，增强企业的竞争能力，促进国家经济的稳定发展。

1、参与金融市场竞争。天气风险市场是金融市场的组成部分，我国已是 WTO 成员国，随着我国金融市场对外开放，特别是国内在天气风险管理方面存在巨大的市场潜力，这一特定金融领域内的竞争就不可避免。国外天气风险管理服务提供商已经积累了丰富的经验，培养了大批开发和交易天气衍生合同的人才，经济实力雄厚，在竞争中处于有利地位。而天气衍生合同对我国的金融企业和能源贸易企业来说还是一个新事物。金融市场正经历

由资本服务向风险管理服务的历史性转变，我国在这一新兴市场上的竞争劣势会产生更大的负面影响。为避免在未来天气风险市场竞争中的不利地位，应该积极发展国内的天气衍生合同交易。

2、参与普通市场竞争。面临天气风险的企业是天气风险市场发展的最大受益者。如Bombardier公司与安然公司签订天气衍生合同以提高雪上汽车销售量的例子。国外天气风险市场的发达，既为国外企业提供廉价的天气风险管理服务，又培养了他们的天气风险管理技巧，使天气衍生合同成为企业常用的经营手段。在天气风险有重要影响的市场领域，这将帮助企业提高竞争力。由于我国天气风险市场还没有发展，国内面临天气风险的企业既不容易获取天气风险的保障手段，也缺乏管理天气风险的意识 and 能力，在受天气风险影响的市场竞争中处于不利地位。发展我国的天气风险市场，有助于培养我国企业经营中的风险管理意识，可以向企业提供有效的天气风险管理服务，企业就会在竞争中处于主动，实现稳定发展。

7.2 阻碍因素

从国际上来看，天气衍生品市场进一步发展存在两大阻碍因素。一是技术障碍，市场中不容易形成一个收敛价格，即同一份天气衍生合同的买卖报价（bid - ask spread）之间的差距很大，增加了达成交易的难度；二是市场障碍，有关企业对天气风险认识不到位。若企业认识不到天气风险对自身发展的影响，或者企业自身并没有承担巨大的天气风险，那么天气风险市场就没有发展基础。美国与欧洲天气风险市场规模的差距就说明这个问题。欧洲能源市场化进程缓慢，企业依然可以把天气风险在一定程度上向消费者转移，就不会积极管理自己的天气风险。

市场发展趋势表明，上述2个阻碍因素的影响越来越小。随着市场参与者的不断增加将促进天气衍生的流动性，定价方法的不断改进，使得市场统一价格的形成更加快速。能源体制改革极大地促进了竞争，能源领域尤其是电力企业的核心竞争优势必然包含风险管理水平，它们越来越需要积极管理自己的天气风险。随着我国经济特别是能源行业市场化程度越来越高，市场竞争将越来越激烈，这为我国天气风险市场的发展提供了强有力的动力。

当然,目前在我国还有许多障碍制约着天气衍生产品的推出。首先,目前我国资本市场规模还比较狭小,保险市场还很不发达,尤其是农业保险十分落后,期权市场还未推出,而有些天气衍生产品是以农业保险品种和期权为基础设计的。其次,天气风险管理的理念还不是很深入人心,相应的天气指数数据记录还不够全面。再次,我国金融工程人才匮乏、研究力量薄弱,而天气衍生产品作为一种复杂的金融衍生产品要求有雄厚的研究力量做后盾,才能够成功推出,并为发行人和投资者带来收益。但是,随着我国金融市场的日趋完善,天气衍生产品理论研究的进一步深入,实践操作水平的不断提高,天气风险管理将越来越受到政府和企业的重视,天气衍生产品的推出将有力推动我国金融研究和资本市场的繁荣,将为企业撑起一把遮风挡雨的“金融晴雨伞”。

7.3 应用前景

我国是一个灾害频发的国家,面对严重的灾害损失,一直没有形成一种行之有效的应对机制,同时,作为分散农业自然风险的基础性制度安排的农业保险在转移、分散农业灾害风险方面的作用也一直没有得到很好的体现。政府面临着巨大的无法分化的农业系统风险。同时国家财政能力较弱,无法像发达国家那样给农业保险提供足够的支持和补贴,有限的国内农业预算又使政府无法消化这些风险带来的损失。我国农业保险业务逐年萎缩,已陷入“农民保不起、保险公司赔不起”的尴尬境地。

在这种情况下,我们必须进行制度创新以推动农业保险的持续发展。天气衍生品就是农业保险创新的产物,它将金融工具的理念用于自然灾害的风险管理,为农业生产者的风险转移提供了新途径。天气衍生品吸引了社会资金参与分散农业自然风险,这对保护农民的生产积极性,促进非农资金向农业转移起到了很大作用。同时,由于天气因素所产生的风险一般与资本市场中的风险并不相关,因而,保险公司或再保险公司和社会上的投资者运用天气衍生金融工具降低了他们经营中的风险。在美国,许多保险公司都是天气衍生品的投资者。

由此可见,天气衍生品的推出可以增强保险公司和再保险公司分散风险的能力,有力地推动农业保险的发展,保障我国重要行业的发展,进而提高我

国农业等重要行业的自然风险管理水平。总体上,天气衍生品分散农业自然风险可以通过两种机制进行:一种是直接机制,即农业生产者直接购买天气衍生品分散自然风险;另一种是间接机制,即农业生产者进行保险,然后,保险公司或再保险公司购买天气衍生品来间接分散农业自然风险。

进一步地,天气衍生品市场的参与者并不仅仅局限于农业生产者和保险公司/再保险公司,能源企业、旅游企业、建筑企业、交通运输业等所有受到天气风险影响的行业或部门均可以通过天气衍生品来规避风险。同时,在我国适时推出天气衍生产品不但具有重要意义,而且具有现实可行性。首先,存在对天气衍生产品的巨大需求。据保守估计,我国约有1.5万多亿元人民币的经济规模直接暴露于天气风险,天气风险市场具有广阔的经济基础。除农业对天气衍生产品有着较大的需求外,能源、交通、电力等受天气风险直接影响的行业同样也对天气衍生产品有着巨大的需求。在我国的经济结构中,这些行业占GDP的比重较大,是国民经济的基础部门,其产品或服务具有较小的需求弹性系数,这些部门的风险传导到其他经济部门时会放大。同时,我国目前尚无能源期货,电力期货等避险工具,天气衍生产品的推出可以弥补这一空白,有效规避这些行业所面临的天气风险。例如,2003年我国南方大面积长时间高温天气导致了許多城市拉闸限电,给电力企业和电力用户带来了难以估计的损失。若有天气衍生品这样一种金融工具,电力企业便可以有效分散天气风险所带来的损失。其次,目前我国气象体制改革正向市场化方向迈进,天气风险市场所需要的气象数据资料能够得到保证。我国的气象信息有偿服务始于1985年3月29日,国务院办公厅下发了《关于气象服务部门开展有偿服务和综合经营的报告》的通知,这份文件标志着我国气象信息服务迈向新的领域,极大调动了气象部门员工的工作积极性。而2000年1月1日开始实施的《中华人民共和国气象法》,是成了保证我国气象市场服务在公益无偿前提下,合理合法地开展有偿服务的法律保证。截至1999年,我国气象信息服务的收入已经达到5亿元人民币,全国气象部门从事气象科技服务和产业的人员达到2.3万人(梅澎,2004)。

近些年来,推出气温指数和雨量指数保险具备了一定的条件。2004年2月4日,中国银行业监督管理委员会发布了中国第一部专门针对金融衍生产品的法规——《金融机构衍生产品交易业务管理暂行办法》,并从2004年3月1日起正

式施行,这必将推动我国金融衍生产品市场的发展。因此,要在合适的时机推出天气衍生品以分散农业自然风险,重点需要在以下几个方面加以努力和完善:

1、大力推进保险市场和期货期权市场的发展

目前我国资本市场规模还比较狭小,保险市场还很不发达,尤其是农业保险十分落后,期权市场还未推出,而有些天气衍生产品是以农业保险品种和期权为基础设计的。天气衍生产品在美国之所以取得很大成功,与美国高度发达完善的资本市场以及投资者对风险和收益越来越高的要求是分不开的。因此,当务之急是国家出台相关政策法规以促进保险市场和期货期权市场的发展与完善。

2、大力推进保险公司经营水平和创新能力的提高,培养其通过金融市场分散自身经营风险的意识

农业保险在分散农业自然风险方面发挥着基础性的作用,但也使保险公司承担着巨大的风险。提高其经营水平和创新能力,培养通过金融市场的避险意识,保险公司可以通过天气衍生品市场分散农业保险所带来的风险,从而提高自身的竞争能力。

3、培养其他遭受天气风险影响经济主体的市场参与意识

遭受天气风险影响的不仅仅是农业生产者和农业保险公司,还包括能源企业、旅游企业、建筑企业等等。但是这些行业或部分目前尚缺乏对天气风险的避险意识,或者尚未认识到天气风险给其经营带来的巨大损失。因此,培养这些经济主体通过天气衍生品市场规避天气风险的意识是非常必要的。

随着理论研究、实践操作水平的不断提高,相信选择合适时机推出天气衍生产品对我国金融研究和资本市场的繁荣会起到有力的推动作用。

台站	月	降水量 $\geq 1.0\text{mm}$ 日数
成都	1	2.5
成都	2	3.5
成都	3	5.8
成都	4	7.8
成都	5	9.7
成都	6	10.4
成都	7	13.1
成都	8	12
成都	9	11.7
成都	10	7.8
成都	11	3.9
成都	12	1.4

附表：累年各月降水量 $\geq 1.0\text{mm}$ 日数

参考文献

- [1] Martin Banjo. A First Look at Pricing Rainfall Options: Rainfall Forecasting and Contract Structuring, Economics and Finance, 2006
- [2] Mark Garman, Carlos Blanco and Robert Erickson, Weather Derivatives: Instruments and Pricing Issues, http://www.fea.com/resources/pdf/a_weather_derivatives.pdf.
- [3] Hull, John C. 1997, Options, Futures and Other Derivatives, 3rd edition, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- [4] Miriam East, Issues of Geographical Basis Risk in Weather Derivatives for Australian Wheat Farmers, Paper Contributed to the 49th Annual Conference of the Australian Agricultural & Resource Economics Society, Coffs Harbour, Australia, February, 2005.
- [5] Melanie Cao, Anlong Li and Jason Wei, Precipitation Modeling and Contract Valuation: A Frontier in Weather Derivatives, The Journal of Alternative Investments, 2004.
- [6] Andrea Stoppa and Ulrich Hess, Design and Use of Weather Derivatives in Agricultural Policies: the Case of Rainfall Index Insurance in Morocco, Contributed paper presented at the International Conference Agricultural policy reform and the WTO: where are we heading? Capri (Italy), June 23-26, 2003.
- [7] Mark Garman, Carlos Blanco and Robert Erickson, Weather Derivatives: Instruments and Pricing Issues, Environmental Finance, March 2000.
- [8] Eckhard Platen and Jason West, Fair Pricing of Weather Derivatives, July 2, 2004
- [9] Stephen Jewson and Mihail Zervos, No-Arbitrage Pricing of Weather Derivatives in the Presence of a Liquid Swap Market, Environmental Finance, May 25, 2005.
- [10] Melanie Cao, Anlong Li and Jason Wei, Weather Derivatives: A New Class of

- Financial Instruments, January, 2004.
- [11] Geysler, J.M., Weather derivatives: Concept & application for their use in South Africa, Working paper: 2004-03.
- [12] Jason West, Benchmark Pricing of Weather Derivatives, December 3, 2002.
- [13] Sean D. CAMPBELL and Francis X.DIEBOLD, Weather Forecasting for Weather Derivatives, March 2005.
- [14] Pauline Barrieu and Nicole El Karoui, Optimal Design of Weather Derivatives, SPRING 2002.
- [15] Stephen Jewson¹, Rodrigo Caballero², The use of weather forecasts in the pricing of weather derivatives, April 2003.
- [16] Clare Harris, The Valuation of Weather Derivatives using, Partial Differential Equations, September, 2003.
- [17] Stephen Jewson, Risk loading and implied volatility in the pricing of weather options, December 20, 2003.
- [18] Melanie Cao, Jason Wei. Equilibrium Valuation of Weather Derivatives, May, 2002.
- [19] 韩金山, 谭忠富, 刘 严. 略论发展我国的天气风险市场[J]. 国际电力, 第 8 卷, 2004(6).
- [20] 李黎, 张羽. 农业自然风险的金融管理: 天气衍生品的兴起[J]. 证券市场导报, 2006(3).
- [21] 祖晓青. 对天气风险进行管理的措施探讨[J]. 金融经济, 2006(4).
- [22] 刘海龙, 郭煥霖. 风险管理市场新星—天气衍生产品[J]. 甘肃农业, 2006(7).
- [23] 李智, 梁伟. 略论发展我国天气衍生品市场[J]. 特区经济, 2006(10).
- [24] 陈靖. 天气期货在中国的开发及应用[J]. 金融与经济, 2004(12).
- [25] 齐绍洲, 凌棱. 美国天气衍生金融工具模型及其应用[J]. 证券市场导报, 2003(11).
- [26] 刘元元. 天气类衍生产品与金融衍生工具功能的再认识[J]. 国际金融研究, 2005(8).
- [27] 余沪荣, 姚从容. 天气衍生产品及在我国的应用前景展望[J]. 生态经济, 2005(1).
- [28] 徐琼英, 张婧. 天气风险及其进行管理的措施探讨[J]. 甘肃农业, 2006(6).
- [29] 谢剑平. 期货与期权: 金融工程入门[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2004.

[30]易丹辉. 数据分析与 EVIES 应用[M]. 北京: 中国统计出版社. 2002 年.

[31]王燕. 应用时间序列分析[M]. 北京: 中国人民大学出版社. 2005 年.

[32]王永中, 段练, 陈会芝, 陈章. 成都地区雷暴的天气气候特征[J].成都信息工程学院学报. 2005 (6)

后 记

最初接触天气衍生品是在师门的一次会议上。之后，阅读了大量的国内外文献，深刻地认识到天气衍生品工具在规避企业的天气风险中的巨大作用，而中国在天气衍生品交易方面发展明显不足，进而激发了对我国天气衍生品的开发与设计，当然，有关温度的天气衍生品发展的已相当成熟，因此本文选择了降雨指数期权。通过艰苦的写作过程，最终完成了本篇论文。由于作者本人学识和文献的局限，文中有些观点可能会有失偏颇，有些研究还有待深入。在今后工作期间，我将继续关注我国衍生品市场的发展。

致 谢

转眼之间，研究生的生活就要结束了，两年半的时间晃若一瞬，刚入学时的兴奋心情还历历在目。

我很幸运能成为潘席龙老师的学生，潘老师在专业领域渊博的知识、严谨的学术态度、深厚的学术造诣让我终生难忘。借论文完成之际，向导师几年来对我学习、生活等方面的帮助和关怀表示诚挚的感谢与敬意。

本文的完成首先得益于潘老师的细心指导，从论文的选题开始到研究和写作过程中，导师给提供了重要思路，并在文章的内容上给我很大的帮助。而且导师不厌其烦地为我的论文进行了细心的修改，在此表示衷心感谢。

同时，要感谢在西南财经大学求学期间教过我的所有老师，特别是刘锡良、陈野华、黎实老师，他们的课程让我受益匪浅。还要感谢所有关心我的同学好友，特别是贺丹同学，在实证分析上给我提供了无私的帮助。

最后，深深感谢我的父母和姐姐，没有他们多年来的物质帮助和精神鼓励，我是绝对不可能顺利地完成我的硕士论文。

当然，限于时间和作者的水平，本文还有许多不足之处，敬请各位老师和同学批评指正。

蔡丽平

2007年11月于光华园

在读期间科研成果目录

序号	题 目	刊物或出版社	排名情况	备注
1	天气衍生品的兴起与发展	社会科学研究	独立	增刊
2	《2005 年度金融文献报告》 ——商业银行研究报告	西南财经大学出版社	独立	研究报告
3	《Excel 在金融学中的应用》	西南财经大学出版社	参编	著作