



当干旱来袭 中国农业生产风险气象分析

前言

目前，中国人口约占世界总人口五分之一。虽然国土面积与美国相当，但中国要养育的人口是美国的4倍。而且各种极端天气和自然灾害对农业生产构成重大挑战。因此，中国政府的优先国策之一是保障和维持可持续的农业生产。发展农业保险是促进农业生产的有效途径之一。

一。2007年以来，中国政府大量补贴农业保险。在短短几年时间里，中国农险保费规模增长了十几倍。如今，就保费体量而言，中国已成为世界上第二大农险市场，仅次于美国。2006年以前，仅有5家保险公司提供农险保险，而到2017年，已有31家保险公司从事农险业务。

再保险市场也同样迎来高速增长。2013年之前，这个行业仅由唯一几家再保险公司主导，但由于亮眼的保费增长规模和极低的市场准入壁垒，后续很多新的国际再保公司纷纷进入市场。如今，中国已成为全球第三大农业再保险市场，仅次于美国和印度。

如此快速的增长让中国跻身于最具活力的农业保险市场的行列。业内推出了众多新型产品和试点、保险条款发生了变化，农险市场引进了新规则。业务的快速增长和条款的变化导致许多业务和统计数据序列很短、有些数据不一致，不具可比性或历史数据已经不能反映现今农业生产和保险条件。比如在数据采集过程中，统计年鉴使用的统计方法也发生了变化。因此，怎样开展充分的风险评估是一大挑战，尤其在涉及重大事件和极端事件的情况下。



对于中国这样规模和市场体量的国家来说，极端事件意味着什么？过去几年，我们在中国市场上是否遭受了巨额农业损失？面对这些问题，气象数据可以提供一个初步的答案，因为它是一种相对独立客观的信息来源——独立于农田生产管理和保险条件、独立于定损理赔程序和土壤条件。因此，在这期法再技术简报中，我们将介绍一项基于气象数据（即，干旱指数）分析中国干旱风险的研究。

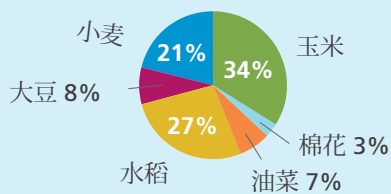
中华人民共和国概况

人口
14亿

国土面积
960万
平方公里

耕地面积
140万
平方公里

主要农作物¹



F图1：中国地图

干旱 — 系统性风险

干旱是最具破坏性的自然灾害之一。一个著名的例子是20世纪30年代美国大平原和加拿大发生的沙尘暴，持久干旱和严重尘暴影响两国环境和经济，导致肥沃农地流失，随之而来的是人口大迁移。而这样的例子并不少见，它们无不彰显着干旱同时影响大片地理区域、造成重大损失的威力。

干旱在中国同样构成重大威胁。例如，2001年，干旱导致饮用水紧缺影响3,300万人，农作物减产合计达到64亿美元²。事实上，中国农作物产量一半以上的损失是干旱所致³，详见图2。

中国水资源分布非常不均，东部和东南地区相当湿润，而北部属干旱区，某些地区年降水量不到100毫米⁴。

一年四季的降水分布同样不均，夏季降水量最多。北方干旱地区尤其依赖降水，而在以季风性降雨为主的西南地区，其他季节（几乎正常的）降水可以弥补旱季降水缺口。但是，中国西南地区也会经历干旱期，例如2009年夏季大旱持续至2010年春。

1. 主要农作物播种面积比例，<http://www.stats.gov.cn/tjsj/nds/j/2016/indexeh.htm>。
2. Shen et al. (2007).
3. 中国农业科学院。
4. Wang et al. (2011).

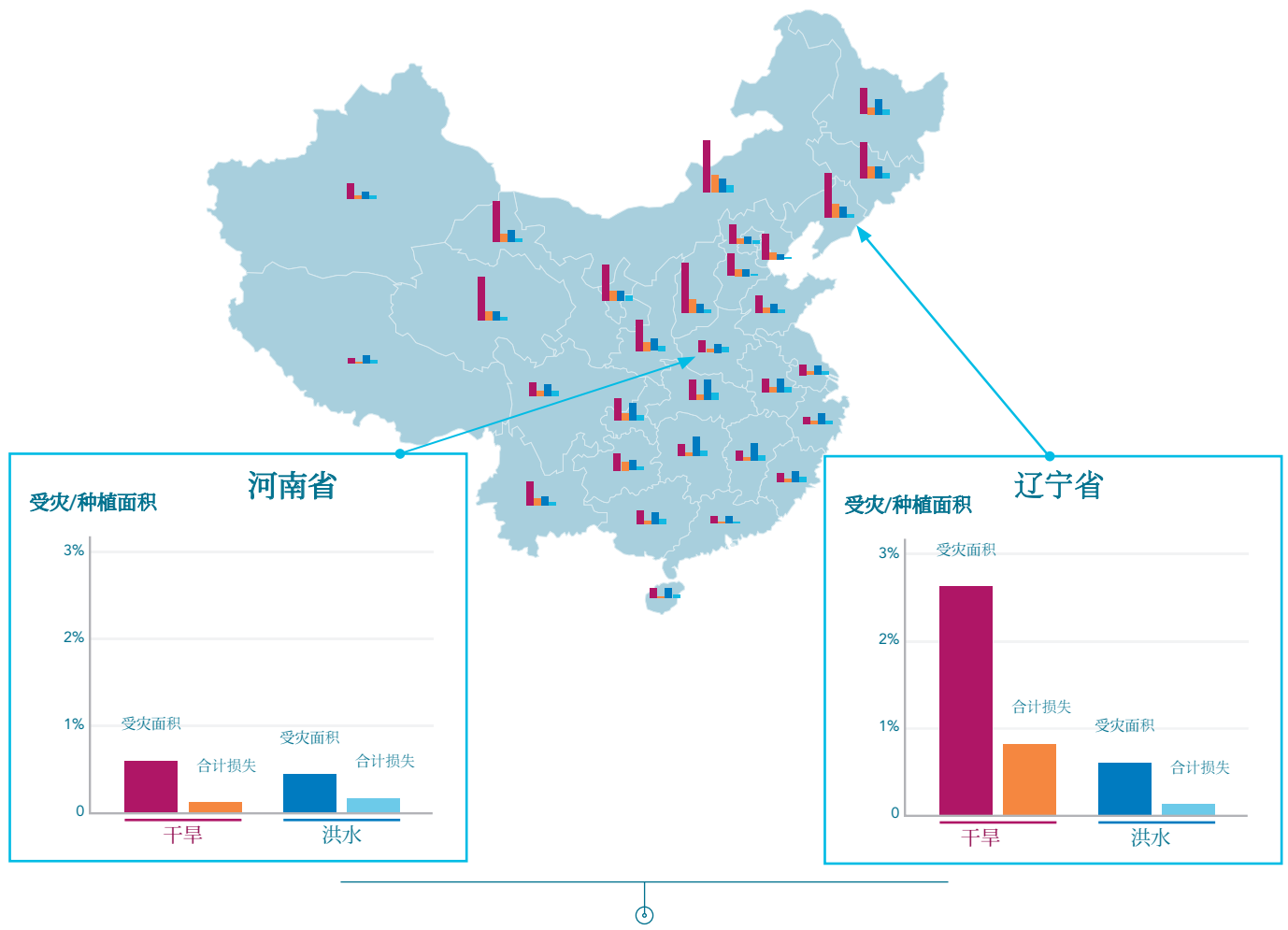


图2：分省旱涝受灾面积与种植总面积的百分比（条形图全部采用同等比例尺。基于大部分省份1990-2016年的数据。）

资料来源：《中国统计年鉴》

干旱的定义及干旱对农作物造成的影响

干旱是非常复杂的自然现象，通常指在较长一段时间内降水低于平均水平，往往伴随高于平均水平的气温。干旱分为不同类型，比如水文干旱、气象干旱和农业干旱。当然，各类干旱之间存在相互关联。以农业为例，干旱与土壤湿度不足关系切。干旱事件的特征包括

- a) 烈度（即干旱的强度）
- b) 历时（即干旱事件的持续时长）
- c) 空间范围（即受灾面积大小）以及
- d) 频率（即一段给定时期内发生的干旱事件数量）。

农作物对干旱的反应是多方面的。农作物的受影响程度取决于农作物品种、干旱发生的时机（作物生长期）和其他因子，比如养分缺乏和对干旱的适应能力等。一般而言，缺水会抑制农作物生长发育，导致农作物减产，同时也影响收成质量。强干旱会导致无法弥补的损害。

干旱指数

干旱风险可以通过多种方式和各种指数进行量化，具体取决于我们最关注的观察干旱的角度。在本研究中，我们选取了干旱研究中广泛应用的自适应帕尔默旱度指数⁵。该指数的计算“使用一个非常复杂的水量预算系统，以拟议地点的历史降水气温记录 and 土壤特征为依据”⁶。因此，该指数是有“记忆”的。这对于干旱研究具有重要意义——该指数将当地气候特征纳入考虑之中⁷，因而能够比较各种气候区，比如中国境内存在的不同气候区。自适应帕尔默旱度指数是一个标准化指数，负值表示干旱状况（-4以下表示极端干旱），而正值表示湿润状况（4以上表示极端湿润），详见表1。该指数的空间分辨率为0.5度，也就是说网格单元覆盖面积约为50公里 × 50公里，具体视经度而定。虽然该指数自1901年以来即存在月度值，但业内公认近些年的自适应帕尔默旱度指数值更加可靠。

自适应帕尔默旱度指数值	自适应帕尔默旱度指数类别
4.00以上	极端湿期
3.00至3.99	严重湿期
2.00至2.99	中度湿期
1.00至1.99	轻微湿期
0.50至0.99	初期湿期
0.49至-0.49	正常
-0.50至-0.99	初期干旱
-1.00至-1.99	轻微干旱
-2.00至-2.99	中度干旱
-3.00至-3.99	严重干旱
-4.00以下	极端干旱

表 1：自适应帕尔默旱度指数值

资料来源：改编自Van der Schrier et al. 2005

农业地图

自适应帕尔默旱度指数覆盖整个中国，仅华北少数极像沙漠的地区除外。不过，在本研究中，我们仅关注农地。因此，我们采用欧洲空间局的全球陆地覆盖数据2009⁸来得出农业生产区。全球陆地覆盖数据网格的空间分辨率（300m）远高于自适应帕尔默旱度指数网格（约50km），所以我们计算农地在自适应帕尔默旱度指数网格中所占比例，然后进行“重新抽样”，使全球陆地覆盖数据与自适应帕尔默旱度指数网格相匹配。图3所示为最后得出的农业地图，表明低分辨率农地在每个重新抽样像素单元中所占比例。⁹

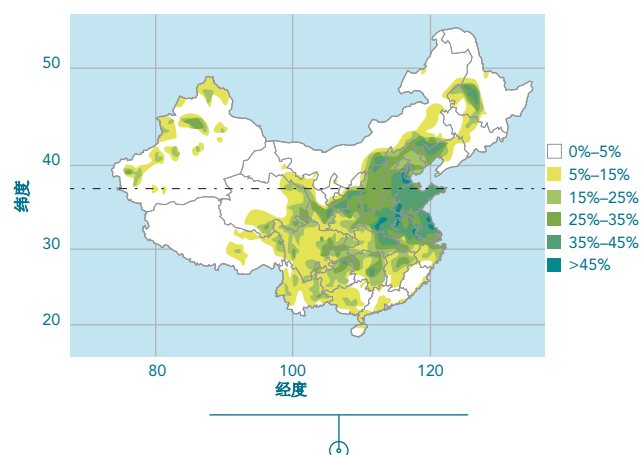


图3：根据重新抽样到自适应帕尔默旱度指数网格的较低分辨率全球陆地覆盖数据得出的农业区。绿色越深，农地在各像素单元中所占的比例越高。

资料来源：法国再保险公司

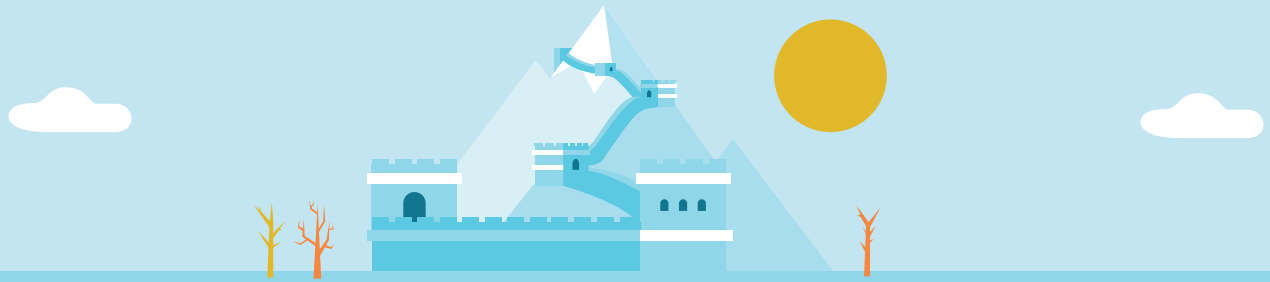
5. 东安格利亚大学气候研究中心。

6. Van der Schrier et al., 2005, 第2,818页。

7. Wells et al., 2004.

8. © 欧洲空间局2010年版权所有和天主教鲁汶大学, http://due.esrin.esa.int/page_globcover.php

9. 在缩减欧洲空间局全球陆地覆盖数据地图的空间分辨率后，会遗失不少信息。这种全国性的分析是合理的，也是为了匹配自适应帕尔默旱度指数网格。要获得更加详细的分析，应维持原来的300m分辨率。



作物生长期与指数值

中国领土南北跨度广，各地的生长期差异较大。南方植被的生长期比北方早几个月。我们采用简化方法，将中国分为北方地区（纬度 $\geq 37.25^\circ$ ）和南方地区（纬度 $< 37.25^\circ$ ），相应地选择自适应帕尔默旱度指数值：为南方选取7月份的指数值，为北方选取9月份的指数值，覆盖主要的作物季节。

干旱的空间相关性

网格单元之间的相关性可用于量化空间范围和依存度。由此得出一张关于成对相关值的大表。因为这张表的维度使之难以解读，因此，我们给出所谓的“一点图”，从中选取一个参照单元格，用以显示其他单元格与参照单元格的相关性。因为我们采用主成分分析法选取参照单元格，仅考虑农地和显著相关性¹⁰。于是，部分非农区域的显著相关性未列示出来，因为它们不属于农地类别。

在图4中，我们用白色十字标记相关性最强的参照单元格（即，第1个具有最大解释方差的主成分1）。同理，我们可以用此方法计算相关性第2、第3和第x的主成分及其对应的参照单元格（即主成分2、主成分3等）。图中，相关性最强的参照单元格位于东北部，在北京市与河北省的边界上。

相关系数范围介于-1（线性负相关，在图中以蓝色阴影表示）和1（线性正相关，图中以黄-红色阴影表示）之间。从黄到红色，颜色越深，即相关系数越接近1，正相关性越高。而正相关性越高，网格单元/区域在同一季节相对于旱（或湿润）的几率越大。黑色虚线表示北纬 37.25° 的南北分界线——参见“作物生长期与指数值”一节。

相邻网格单元的情况类似，相比较远网格单元具有更高的正相关系数，这种情况很正常。而真正值得关注的是这种相关性降低的速度和强度，还有距离较远地区也具有显著相关性的情况。其它网格单元/区域与参照单元格的正相关性会随着距离降低—but并非均匀分布。

乍看之下，选取这么晚的月份或许出人意料。但是，自适应帕尔默旱度指数将过往情况纳入考虑之中，所以我们仍然能够捕捉当季初期发生的干旱情况。整个分析一致采用“南七北九”。

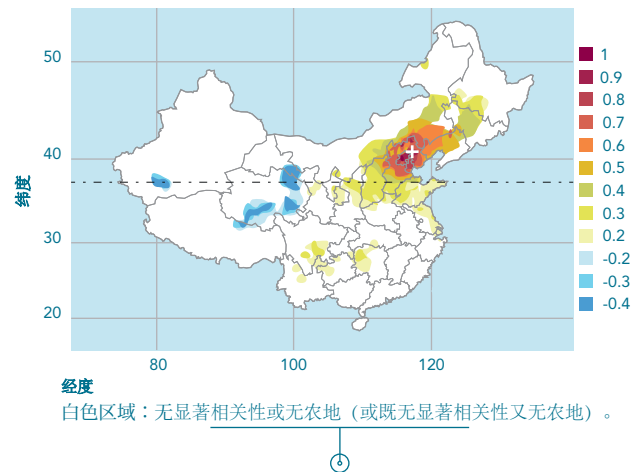


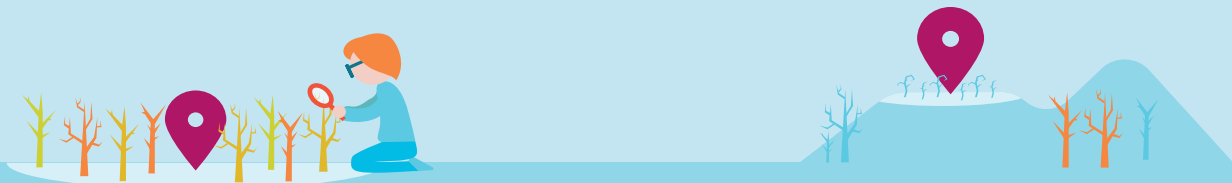
图4：农地的显著相关系数对照标有白色十字的参照单元格显示。黑色虚线表示北纬 37.25° ，构成指数值选取的分界线。

资料来源：法国再保险公司

参照单元格与周边的京津冀地区具有较强相关性，与辽宁、内蒙古和山西中度相关。另外，几个较远的单元格呈正相关性，不过程度较弱。这些结果是否可以归因于气候特征和潜在的物理过程？这是一个值得探讨的问题。如图4所示，具有显著正相关性的农业区合计占中国农业区总面积的31%左右。

我们可以观察到，参照单元格与若干华西网格单元（主要位于青海省）之间呈中度负相关关系。但这些负相关单元格对应的农业区面积比例微不足道，在中国农地总面积中仅占2.4%。

10. 农地比例不到5%的网格单元未纳入分析之中，显著性水平为1%。



干旱频率

在上一节中，我们分析了空间依存度。而干旱的另一个重要方面是发生频率和烈度。就此而言，我们计算每年面临强度干旱威胁的农业面积比例。我们将干旱烈度分为3类，如图5所示：“严重”（自适应帕尔默旱度指数 -3 ）、“严重-极端”（自适应帕尔默旱度指数 <-3.5 ）和“极端”（自适应帕尔默旱度指数 <-4 ）干旱，并且使用“作物生长期与指数值”一节中介绍的指数值（南北方不同）。

图5表明，农地面临的严重干旱风险在某些年度远远严重于其他年度，频繁干旱期与低干旱活跃度时期交替分布。例如，在过去10年里，在考察月份期间遭受极端干旱事件的农业面积平均不足3%。极端干旱受灾面积比例最高（约占农业面积的15%-18%）的两年分别是1942/43年度和1920/21年度。华北地区在这两年里遭遇的干旱在近代历史上实属罕见¹¹。

风险集群

对于中国境内的大多数模型应用，省份是最重要的地理单位，因为保费补贴、法规条例和初始保险条件等往往都是按省设定的。因此，我们使用省这一聚合层级来计算遭受中度干旱（即自适应帕尔默旱度指数 <-2 ）的农地比例。

如前文所述，我们将中国划分为南方和北方两大区域。地跨南北分界线的省份要么属于北方省份，要么属于南方省份，具体视哪边农地面积占比更多而定。我们使用层次聚类法¹²来界定31个省份之间的相似性（或相异性）。图6中的纵轴（“高度”）表示省份之间的相异性。也即是说，融汇点越高，省份越不相似。

分析的目的是为了找出存在相似干旱特征的同质区域。总体来说，此方法的效果因省而异，因为某些省份本身就非常异质化（比如安徽和四川）。

在图5中，我们列示了历年来中国遭受干旱的农业面积总和。这种分析也可针对单个省份或地区开展，识别当地干旱事件、评估其烈度。另外，这种分析还可作为确定干旱事件发生周期的基础。

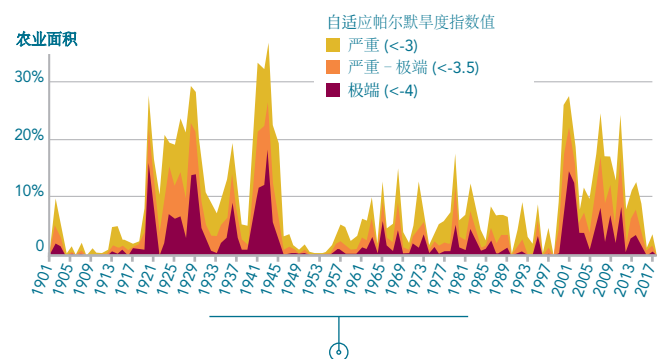


图5：1901-2018年间中国遭遇严重和极端干旱的农业面积比例。为南方和北方选取的自适应帕尔默旱度指数值不同。

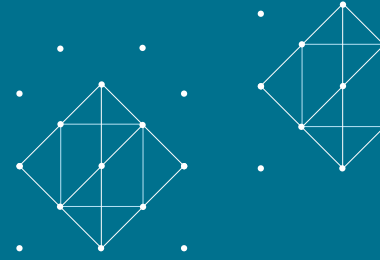
资料来源：法国再保险公司

所以，此方法虽然存在一定的局限性，但在我们分析的业务背景下，开展省级分析至关重要。

为避免过分分割和维持信息的稳定性，我们仅选取4个集群。图6显示，最大的相异性存在于北部和东北省份（红色区域）与南部和西北省份（蓝色区域）之间。在同一高度，两个集群又分别分为2个子集群。蓝色集群分为南部子集群和西北到东部子集群，而红色集群分为北部子集群和东北子集群。

对这些集群或风险区域的分析可用于构建一个风险合理分散的组合，使风险敞口在不同集群之间均匀分布。假设可以设定一个合理的区域风险敞口上限，避免单一集群内的风险敞口过多，降低整个业务组合的波动率。除了业务组合管理，了解依存度也有助于管理一个合理的风险资本配置。

11. 例如参见Yu et al. (2014)、Shen et al. (2007)以及Wang et al. (2011)。
12. 我们使用欧几里得距离和Ward2算法作为联动函数。



参考文献

- Shen, Caiming & Wang, Wei-Chyung & Hao, Zhixin & Gong, Wei. (2007)。 “过去500年中国东部的特大干旱事件” 。《气候变化》 第85期第453-471页。
- 中国农业科学院, <http://www.caas.cn/en/agriculture/>
- Wang, Aihui & Lettenmaier, Dennis P. & Sheffield, Justin. (2011)。 “1950-2006年中国土壤湿度旱情” 。《气候杂志》 第24期第3,257-3,271页。
- 东安格利亚大学气候研究中心, <http://www.cru.uea.ac.uk/>
- Van der Schrier, G. & Briffa, K.R. & Jones P.D. & Osborn, T.J. (2005)。 “欧洲湿度变化” 。《气候杂志》 第19期第 2,818-2,833页。
- 全球陆地覆盖数据：© 欧洲空间局2010年版权所有和天主教鲁汶大学, http://due.esrin.esa.int/page_globcover.php
- Wells, Nathan & Goddard, Steve & Hayes, Michael. (2004)。 “自适应帕尔默旱度指数” 。《气候杂志》 第17期第2,335-2,351页。
- Yu, Meixiu & Li, Qiongfang & Hayes, Michael J. & Svoboda, Mark D. & Heim, Richard R. (2014)。 “从1951-2010年标准降水水蒸发蒸腾指数来看，中国干旱是否越来越频繁或严重？” 《国际气候学杂志》。第34期第545 - 558页。
- Leng, Guoyong & Tang, Qihong & Rayburg, Scott. (2015)。 “气候变化对中国气象干旱、农业干旱和水文干旱的影响” 。《全球及星球变化》。第126期第23-34页。
- Su, Buda & Huang, Jinlong & Fischer, Thomas & Wang, Yanjun & Kundzewicz, Zbigniew W. & Zhai, Jianqing & Sun, Hemin & Wang, Anqian & Zeng, Xiaofan & Wang, Guojie & Tao, Hui & Gemmer, Marco & Li, Xiucang & Jiang, Tong. (2018)。 “在气候变暖 1.5 - 2.0 摄氏度情况下，中国干旱损失可能翻一番” 。《美国国家科学院文集》，第115卷第42册第10,600-10,605页。

本文作者：



SARAH CONRADT
风险分析师
skonradt@scor.com

其他贡献者：



WEI XU
高级农险核保人
wxu@scor.com

欲知详情，请联系我们的团队：

建模团队：

- Tobias HOFFMANN**, 农业和特种风险建模负责人 thoffmann@scor.com
Iakovos BARMPADIMOS, ibarmpadimos@scor.com
Duri FLORINETH, dflorineth@scor.com
Brigitte PABST, bpabst@scor.com
Hanna PŁOTKA, hplotka@scor.com

核保团队：

- René KUNZ**, 农险首席核保官, rkunz@scor.com
Michael RUEEGGER, 副农险首席核保官, mrueegger@scor.com
Yvonne BUSCHOR, ybuschor@scor.com
Henri DOUCHE, hdouche@scor.com
Guillermo GONSETH, ggonseth@scor.com
Fanny ROSSET, frosset@scor.com
Daniela SCHOCH BARUFFOL, dschoch@scor.com
Swapnil SONI, ssoni@scor.com

欢迎访问我们的网站 **SCOR.COM**

SCOR P&C
5, avenue Kléber - 75795 Paris Cedex 16
France
scorglobalpc@scor.com

如需获取全部技术简报，敬请联系 SCORGLOBALPC@SCOR.COM

编辑：法国再保险公司
ISSN: 1967-2136

财险战略开发团队

未经出版方事先许可，不得以任何形式复制或转载本出版物的任何内容。法国再保险公司已尽一切合理努力确保旗下出版物所含信息在载入之时准确无误，对任何错漏之处概不负责。

© 2019年10月版权所有 - 设计与制作：Periscope