气候变暖增加了非洲内战的风险

加州大学伯克利分校农业与资源经济系和经济系 （伯克利市，CA县，94720）；纽约大学政治系（纽约市，10012）；哈佛大学工程与应用科学学院（剑桥市，MA县，02138）；斯坦福大学粮食安全与环境工程计划（斯坦福市，CA县，94305）

国家内部的武装冲突已经造成了遍及世界大部分地区的灾难性的人道主义后果。 这里我们保证《全球气候变化对非洲撒哈拉以南武装冲突潜在影响》的第一次全面调查的真实性。我们发现在非洲，内战和气温之间有着强烈的历史联系，温暖的岁月会明显增加战争的可能性。这种对温度的历史性反应的现象，结合未来气温趋势的气候预测模型表明，到2030年武装冲突事件将大约增加54%；或如果未来战争和近代战争的致命性（死亡率）类似，那么死亡人数将会额外增加393000人。我们的结果表明需要紧急改革非洲政府和外国援助的政策，来应对正在上升的气温。

撒哈拉以南非洲地区超过三分之二的国家（以下称“非洲”）自1960年以来经历过内部冲突，导致数百万人死亡和巨大的人类痛苦。 了解这场冲突的原因和后果一直是社会科学研究的一个主要焦点，最近的实证研究突出了经济波动在塑造冲突风险中的作用。 结合不断累积的关于气候变化对人类企业可能造成的破坏性影响的证据，例如全球粮食生产可能下降和海平面显着上升，这些结果支持了这一断言：气候变化将加剧已经不稳定动荡地区。

然而，尽管研究工作不断增加，但气候变化与冲突之间的联系仍然不确定。大多数现有的研究将这两个变量联系起来，重点关注降水在解释冲突发生率中的作用，过去的冲突更可能发生在干旱年代。鉴于非洲国家仍然高度依赖雨养农业来促进就业和经济生产，农业占国内生产总值的50％以上，占非洲大陆大部分就业人口的90％，将关注点集中在降水上是可以理解的。但是，这种焦点对全球气候变化下冲突风险的变化会产生不确定的关系，因为气候模型对非洲大陆大部分地区未来降水变化的迹象和程度都不一致。这种不确定性混淆了旨在更全面地了解气候变化所需的人类成本并制定适当应对政策的努力。

虽然未来降水的全球气候模型预测变化很大，但对未来气温的预测更为均匀，尤其是在未来几十年。 最近的研究强调了温度在解释非洲农业产量和经济产出的过去时空变化方面的特殊作用，因此温度波动可能影响过去和未来的冲突风险似乎有道理，但有几个研究已经明确考虑到温度的作用。自1400 C以来对历史气候代理的分析发现，战争频率的长期波动遵循温度变化的周期; 然而，这与现代非洲的相关性尚不确定。

我们提供量化证据，将过去的国内武装冲突事件与温度变化联系起来，在温暖的年份中发现冲突大幅增加，我们利用这种关系来预测气候变化对非洲未来冲突风险的潜在影响。为了探讨气候在解释冲突的历史风险中的直接作用，我们使用1981年至2002年间气候变化和冲突事件的小组回归（见方法）。我们的模型将国家层面的温度和降水波动与非洲内战的发生率联系起来，定义为两个政党之间使用武力，其中一个政党是一个国家的政府，导致至少1000个与战争有关的死亡。与先前的研究一致，并且为了捕捉冲突对气候引发的经济冲击的潜在延迟响应（由于例如气候事件和收获期之间经过的时间），我们允许同期的和滞后的气候变量来影响冲突风险。

结果：：

温度变量与我们历史面板的冲突发生率密切相关，我们的首选规格温度上升1°C，导致同年内战增加4.5％，明年冲突发生率增加0.9％ （表1中的模型1）。 相对于我们小组历史上经历冲突的国家年份中的11.0％，这样变暖1°C代表了内战发生率相对显着增加了49％。

根据样本周期（表1中的模型3），不管在过去的冲突研究中突然出现的降水，这种温度对冲突的影响对于在回归中包含降水（表1中的模型2）是强有力的，并且对于国家层面的人均收入和民主措施的明确控制也是强有力的----先前研究强调的因素在解释冲突风险方面具有潜在重要性（1,14-16）。我们还发现温度对各种替代模型规范的影响是很强的，包括有和没有滞后的模型（表S1）;使用气候变量的替代变换的规范，例如第一次差异或与国家趋势的偏差（表S2）;使用替代气候据集（表S3）;模型包括气候导联和滞后的模型（表S4）;使用冲突起始而不是发生率作为因变量的模型（表S5）;使用收入和民主控制的替代规范（表S6）。根据农业影响文献（3,11），我们还探讨了农业区平均气候变量和生长季节期间的气候变量是否提供了更好的信号，结果是混合的（表S7）。最后，我们发现了少量的气候变量对冲突发生率的非线性影响的证据（表S8）。

为了预测未来气候变化下内战发生率的变化，我们将冲突与气候的估计历史响应与来自20个大气环流模型的气候预测结合起来，这些模型为世界气候研究计划的耦合模型比对项目的第3阶段做出了贡献（WCRP CMIP3））。 我们关注气候变化以及2030年冲突风险的相关变化，相对于本世纪中叶或世纪末的几十年，均是因为主观因素超过了气候因素，更可能导致的冲突风险（如经济表现，政治机构）在未来几年内保持接近恒定，以及因为气候预测本身对2030年的替代温室气体排放情景相对不敏感。

图1的左图显示了18个气候模型运行A1B排放的气候模型预测的2020 - 2039年相对于1980 - 1999年期间，5个非洲地区和整个大陆的生长季降水和温度变化范围。 大陆的温度变化范围在1°C之内，有些模型的温度变化高达⫹1.6°C，有些变化则低至水量变化中值接近于⫹0.7°C。 降水预测变化较大，气候模型对未来变化的符号和幅度都不一致，预测的降0。

图1的右侧小组显示了到2030年非洲内战发生率变化的预测，考虑到气候预测和对气候变化反应的冲突的不确定性。 这些预测是根据表1中的模型1建立的，对气候的冲突响应的不确定性来自10,000次模型的bootstrap(web前端开发框架)运行，以及通过运行A1B情景的18个单独气候模型来评估bootstrap运行集的气候不确定性，给予每个模型相等的权重（17）（参见SI文本）。 因此，结果的分布代表180,000个预测影响，其中显示了第5-95百分位数。

所有模型预测所有人的冲突发生率增加第5至第95百分位数的区域，整个非洲大陆预计增长一个中位数为5.9％。 再分析面板中11％的国家年经历了冲突，这一增长相当于整个非洲大陆冲突平均可能性增加了54％（表2）。 如果未来的冲突平均与我们研究期间的冲突一样致命，并假设温度线性上升，到2030年，这种由气候变暖引起的冲突风险增加将导致到2030年累计增加393,000伤亡人数（见方法）。 鉴于与冲突事件有关的全部生命损失可能比直接战斗死亡人数高出许多倍（18），这种冲突增加的人力成本可能会高得多。

由于冲突发生率预测的不确定性似乎更多地受到气候 - 冲突关系的不确定性的驱动，而不是气候模型预测（图1，右图），我们重新评估了模型1的各种替代规范的全非预测。 预计冲突增加的中位数和范围仍然非常一致关于内战如何应对气候的规范（图2，Top），包括战争是否被认为是对气候变量的水平或这些变量的逐年变化的响应，是否除了对降水的潜在响应之外 包括温度，以及使用替代气候数据集。 替代排放情景（A2和B1）也对冲突风险增加的中位数和范围给出非常相似的预测（表2）。

另外，因为非气候因素会影响冲突风险也可能随着时间的推移而改变，我们包括2030年的2个预测考虑到联合效应的内战发生率预计气候，经济增长和民主化的变化（图2，下图）。使用表1中模型3的10,000次运行自举，我们评估了两种情景：（i）“线性外推”，其中假设未来人均经济增长和民主化的进展速度与1981年相同 - 2002年（使用非洲样本国家的平均数），以及（ii）“乐观情景”，其中人均年经济增长率为2％，民主增长与1981 – 2002年期间相同，非洲大规模民主改革的时期（见方法）。我们发现两者都无法克服温度升高对内战发生率的巨大影响，尽管乐观情景相对于线性外推将内战风险降低约2％，相当于冲突相对下降20％（图.2，Bottom）。

讨论：：

温度相对于降水的影响很大，考虑到降水的重要作用，也许会令人惊讶，非洲农村地区的生计以及之前的工作强调降水量下降对冲突风险的影响（2）。事实上，在我们的研究期间，降水和温度波动是负相关的（r = 0.34），这表明在较干旱年代冲突增加的早期发现可能部分地捕捉了较热年份的影响。当使用与参考文献中相同的降水数据集时，当前研究中推断的降水效应更强。 2（表S3），表明降水的作用在经验上仍然模糊不清，可能是因为相对粗糙的气候数据，降水的高空间变异性不如温度变化那么好。然而，温度信号在数据集中是稳健的，并且与越来越多的证据证明高温对农业生产力的直接负面影响以及这些波动对经济绩效的重要性（10,11,19）。

温度可以通过以下方式影响农业产量作物蒸散量的增加（因此在没有灌溉的情况下水分胁迫加剧）和作物生长加速，这两种机制的综合作用往往使非洲主食作物产量每降低10％-30％（3， 11,20）。由于绝大多数贫困的非洲家庭都是农村家庭，而且最贫穷的家庭通常来自农业活动的收入的60％至100％（21），这种与温度有关的产量下降会对两个农业家庭产生严重的经济后果。以及严重依赖农业的整个社会（10）。最后，由于经济福利是跨国和国内研究（1,2,14-16）中与冲突发生率最一致相关的单一因素，农业绩效的变化是将变暖与非洲冲突联系起来的核心机制。然而，因为我们的研究无法明确地排除其他合理的因素 - 例如，暴力犯罪已经被发现随着温度升高而增加（22），而非农业劳动生产率会随着温度的升高而下降（23） - 进一步阐明这些因素的相对贡献仍然是未来研究的关键领域。

然而，简化形式关系的稳健性许多替代模型规范之间的温度和冲突之间存在着温度对塑造冲突风险的巨大直接作用。结合气候模型和气候情景中近期变暖的一致预测，这种温度效应提供了非洲未来20年气候变化下冲突风险增加的连贯和令人震惊的情况。此外，到2030年变暖对冲突的不利影响似乎可能超过强劲经济增长和持续民主化的任何潜在抵消效应。然而，我们谨慎地看待这一最终结果，因为经济和政治的Burke等人。变量显然是内生的冲突;例如，冲突可能会对经济表现（2）或民主化产生反应并导致其变化。因此，难以可靠地确定经济增长或民主化对内战风险的过去或未来贡献。我们将结果解释为温度效应强度的证据，而不是记录经济进步或民主化对冲突风险的确切未来贡献。同样，我们没有明确说明农业内部或外部可能发生的任何调整，这些调整可能会降低这些国家对高温的敏感性，从而影响2030年的结果应被视为预测而非预测。

大变暖引起的可能性增加内战的发生具有一系列公共政策含义。首先，如果温度主要通过对经济生产力的冲击影响冲突，那么，鉴于农业在非洲生计中当前和预期的未来重要性（24），政府和援助捐助者可以提供帮助 通过提高非洲农业应对极端高温的能力，减少非洲的冲突风险。 这些努力可能包括开发更好地适应的作物品种，为农民提供使用它们的知识和动力，并在可行的情况下扩大灌溉基础设施（25）。

第二，实施保险计划以保护贫困人口来自不利气候冲击的社会也有助于降低非洲内战的风险。 一种可能性是扩张天气指数作物保险，已在中国发挥作用许多欠发达国家（26）。 另一种变体是根据气候风险提供外援指标 - “快速预防冲突”（27） - 支持当暴力风险很高时的当地经济状况。 我们的研究结果表明，随着全球气温持续上升，非洲对这种机制的需求将变得越来越迫切。

方法：：

气候变量代表东英吉利大学气候研究单位（CRU）的温度和降水的时间序列（28），给定网格单元的所有月份的平均值（温度）或总和（降水量）（0.5 x 0.5） 这些数据的程度，或赤道约50公里），然后平均给定国家的所有细胞。 我们的因变量是针对国家和年份的内战发生率（13），如果发生冲突，那么战争就会发生，如果发生冲突，那么在第t年国家i将导致1000英镑的死亡，其他情况则为0。我们的回归方程将内战与各种措施联系起来 历史气候，x it，以国家固定效应和时间趋势为条件，其中ci代表国家固定效应，说明时间不变的国家特定特征（如机构能力），可以解释冲突风险基线水平的差异，而di年i代表国家特定的时间趋势，以控制可能发展的变量 随着时间的推移（如经济表现或政治机构）和改变冲突风险。 在我们的基线规范（表1中的模型1）中，气候由当前和上一年（29）的国家平均温度h的水平表示，使得它在1小时内⫹2小时-1。 图2所示的替代面板规范模型x包含同期和滞后降水，具有不同的气候变化（例如偏离趋势或第一差异），明确控制国家人均收入或民主化趋势，或使用替代方案 气候数据集（表S1-S8）。

人均收入滞后于年度价值（按购买力平价计算，1985年美元），政治制度类型由共同的Polity2度量表示，其中各国的年度得分在⫺10（最不民主）和⫹10（最民主）之间（ 30）（见SI文本）。这些变量滞后1年，因为政治体制类型和经济增长都可能是冲突的内生因素（2），并且使用预定值可以减少最直接的内生性问题。对这些变量的预测到2030年

基于对样本国家1981 - 2002年中位数趋势的线性推断（相当于人均年收入增长0.1％，政治2得分增加7％）或乐观情景[等于相同的大幅增长]在Polity2得分和人均收入年增长⫹2.0％，这与2000年至2008年间非洲的平均表现相似（31）]。与变暖有关的额外战斗死亡使用历史计算

战斗死亡数据（32），并假设与1990年开始的变暖相关的冲突风险线性增加（对应于我们小组的历史风险水平），并在2030年结束（风险增加54％）。然后累计额外的战斗死亡从我们的小组（2003年）到2030年结束后的第一年总结，假设基线年度战斗死亡总数等于我们1981-2002研究期间的平均值（39,455人死亡/年）。