

民航绕道、森林大火、空投炸药：4张图看战争如何加剧气候变迁

在加沙和俄乌战争的硝烟之间，一场碳排放之战正悄然展开。



2023年9月15日，在以色列和加沙边境，一名巴勒斯坦抗议者口中叼著以色列军队发射的催泪瓦斯罐。摄：Majdi Fathi/NurPhoto via Getty Images

你有想过，战争中的碳排放，可能比许多国家全年的碳排还要高？

数月前，《卫报》(The Guardian) 引用最新研究指出，如果把军事温室气体当成一个国家，那它光在2022年便已占全球温室气体排放量的5.5%，约相当于全世界所有客车加起来的年排放量。

事实上，直至俄乌战争之前，国际社会从未就冲突产生的碳排放进行过统计。而对很多人来说，军事温室气体仍是陌生的领域，因为军事部队不受任何气候协议约束，它的活动也因涉及军事机密而难以量化。

不过，随著近年的俄乌战争和2023 加沙战争开打，愈来愈多人意识到战争对气候变迁深远的负面影响。《卫报》早前报导，在加沙战争的首60天内预计共产生了281,000公吨二氧化碳，这比20多个社会系统难以适应气候变迁的气候脆弱国家一年的碳排放量还要多。而在一片硝烟当中，大部分碳排可归因于以色列对加沙的轰炸和军事活动，其中包括制造炸药、飞机任务、坦克燃料和爆炸产生的排放。

于以色列宣战后两个月，第28届联合国气候变化大会(COP28)在杜拜举行。一直以来，气候峰会都默认避谈政治，但在讲台上，联合国古特雷斯却罕有地指出，气候变迁的后果是可怕的，但“冲突亦正在造成巨大的痛苦和强烈的情绪”。

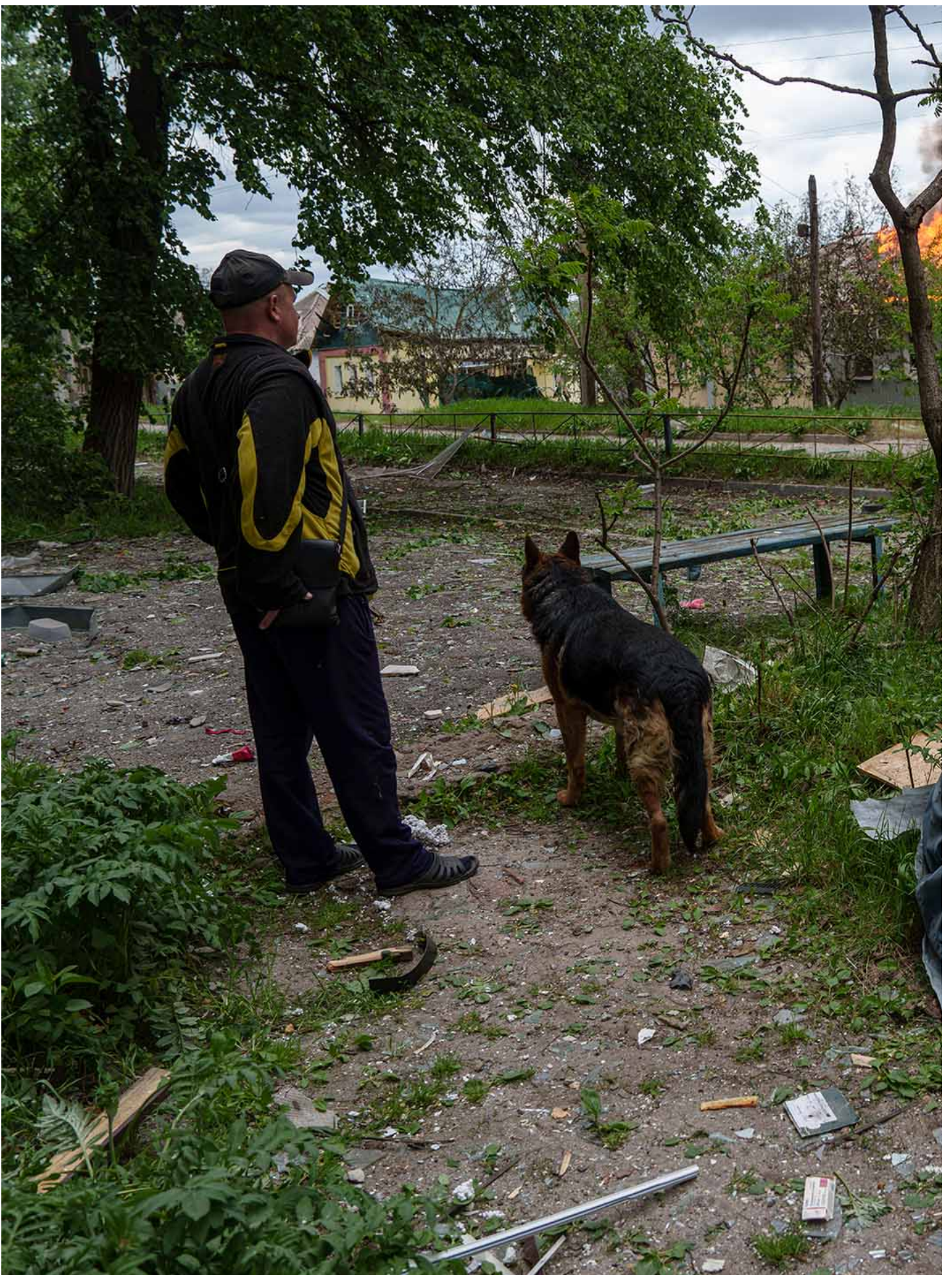
同样饱受战争影响的也门、叙利亚和乌克兰也在大会上发声，控诉战争对环境的隐影伤害。

“没有和平，就不可能有有效的气候政策”，乌克兰总理泽连斯基亦在会上表示，俄罗斯战争引发能源危机，迫使数十个国家恢复燃煤发电，对环境造成极大影响。

直到现在，俄乌战争已进行超过2年3个月。在经历了几个月的僵局之后，俄罗斯军队在5月挺进乌克兰第二大城市哈尔科夫，正准备新一轮的夏季攻势。《BBC》调查确认，俄军的“绞肉机”战术已造成至少至少五万名乌克兰军人死亡。

加沙战争也已持续8个月，截至2024年5月，加沙地带目前已有超过三万五千人死亡，被杀者有一万多名为儿童。近日，以色列正将军事行动扩大到加萨走廊南部的拉法，大量巴勒斯坦人流离失所。

在庞大的人命伤亡外，战争另一更长远的影响，可能是至今仍没很多人提起的环境祸害。从战前的军事部署，战争期间的炮弹攻击，到战后重建城市，这将如何加剧正在发生的气候变迁？



2024年5月11日，乌克兰沃尔夫斯克，居民在远方看著自己的房屋被俄罗斯军方空袭摧毁。摄：Evgeniy Maloletka/AP/达志影像

追踪军事气体排放，到底有多难？

1997年，联合国通过《京都议定书》，议定将温室气体控制在一个适当的水准，以保证可持续发展。不过，军事气体排放则被排除在外。到了2015年，联合国的《巴黎协定》协议将全球平均气温升幅控制在工业化前水平以上2°C之内，起草者再次免除军事气体排放纳入计算，因为有关数据可能影响国家安全。德国国防部环境保护部门的鲁尔克（Markus Ruelke）曾表示，不想让人知道德国在军事任务中用了多少燃料、飞了多远，以及德军的演习模式。

即便近年科学家们积极推动军事排放报告透明化，但目前大众所掌握的资料仍十分有限。《联合国气候变迁纲要公约》曾要求国家每年报告其温室气体的排放量，但由于报告为自愿性，所以绝大部分国家都未有就军事活动的碳排放进行报告。

《基地帝国：美军海外基地如何影响自身与世界》（Base Nation）的作者，专门研究美国海外军事行动的学者David Vine则以“房间里的大象”形容军事活动造成的气体排放，他认为，美国军队碳排放量极大，但因为资料难以获得，所以一直不为世人所知。

战争如何影响气候变迁？

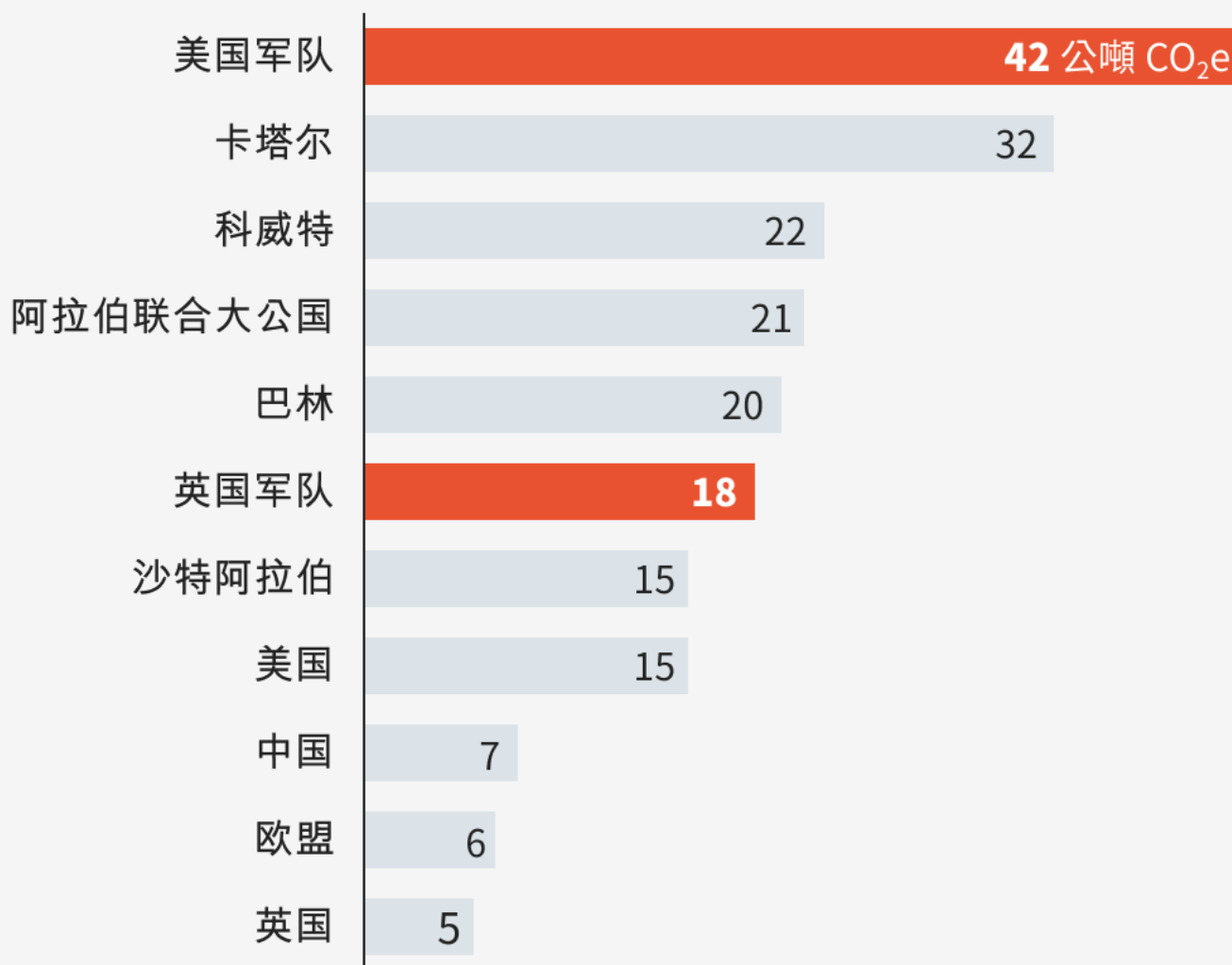
军方资料在过去多因涉及机密而难以取得，因此只能靠专家从公开数据中推算碳足迹。不过其实不需要等到开战，军方是在和平时期的碳排放便已高得惊人。以美国为例，作为世界军事强国，虽然美国在气候变迁议题上一直处于研究前沿，但它也制造了世界上最大的军事排放。自2001年起，国防部便是美国政府最大的化石燃料消耗者，长期占联邦政府能源总量77%以上。虽然美国曾推出多项促进永续发展和清洁能源产业的行政命令，但国防部在很大程度上不受此限，令军事活动的影响长期被忽视。

美国国防部在海外有逾700个基地、超过50万栋建筑物，运作主要依赖船只、火车和飞机组成的网络来维持日常活动。以2018年的数据为准，若把美军的碳排放除以军队人数，人均排放量将高于卡塔尔、科威特、沙特阿拉伯等多个高碳排放国家。

目前美军现役人数约有132万，与爱沙尼亚的人口相若。相较之下，美军每年人均碳排放高达42吨，而爱沙尼亚仅约16.97吨。同理，英军总人数约15万人，这与加勒比海的英属领土安圭拉体量相近，但安圭拉的人均碳排放却只得1.9吨。

英美军队人均碳排放量， 高于多个高碳排国家

军队碳排指包括军队基地、建筑物，以及由船只、火车和飞机组成的作网络的碳排总量



资料来源：Decarbonize the military — mandate emissions reporting, Nature

端傳媒 Init

到了战争时期，军事活动的碳排放自然爆炸级增长。

在俄乌战争爆发后，科学家开始著手统计碳排放量。来自荷兰的碳专家德克勒（Lennard de Klerk）从事温室气体研究超过20年，但军事排放对他来说仍是全新的领域。在冲突发生后，他和几个科学家组成团队进行军事碳排研究。团队首先在社交媒体上收集俄乌战争的袭击资讯，再结合卫星图像和军事文献推算实际数字，并于2022年在埃及举行的第27届联合国气候峰会（COP27）公布数据。

德克勒先统计了俄乌战争的总排放量，然后把碳排放来源进一步分为战事、火灾、难民迁离、民航、重建基础设施，以及和北溪一号与北溪二号的天然气泄漏。燃料、军火等所导致的碳排会计算在“战事”此一类别之下，而飞机、直升机、舰船、坦克和装甲车辆是军用燃料的主要消耗源者，在战争时期的消耗尤其明显；而德克勒的研究发现，在俄乌战争的前18个月中，光是燃料和军火的碳排放便已达占3,700万吨二氧化碳。

若把这数字当作一个国家，那它在全球209个国家或地区当中将排名约70左右，与斯洛伐克年碳排放量相约，更超过新西兰、斯里兰卡、约旦和香港等130多个全球国家或地区一整年的排放量。

加沙戰爭首60日，大部分碳排來自飛機 當中過半為美國派出的軍事補給運輸機

总量 28.1 万 公吨 CO₂eq

陆上交通 0.5

飞机 25.5 萬

弹药 2.1

飞机

美军补给航班 13.4 萬

以色列空军 12.1 萬

弹药

以色列炮弹 1.4 万

以色列炸弹 0.67 万

哈马斯火箭弹 713

陆上交通

以色列坦克和装甲车 0.57

资料来源：The Guardian, A Multitemporal Snapshot of Greenhouse Gas Emissions from the Israel-Gaza Conflict

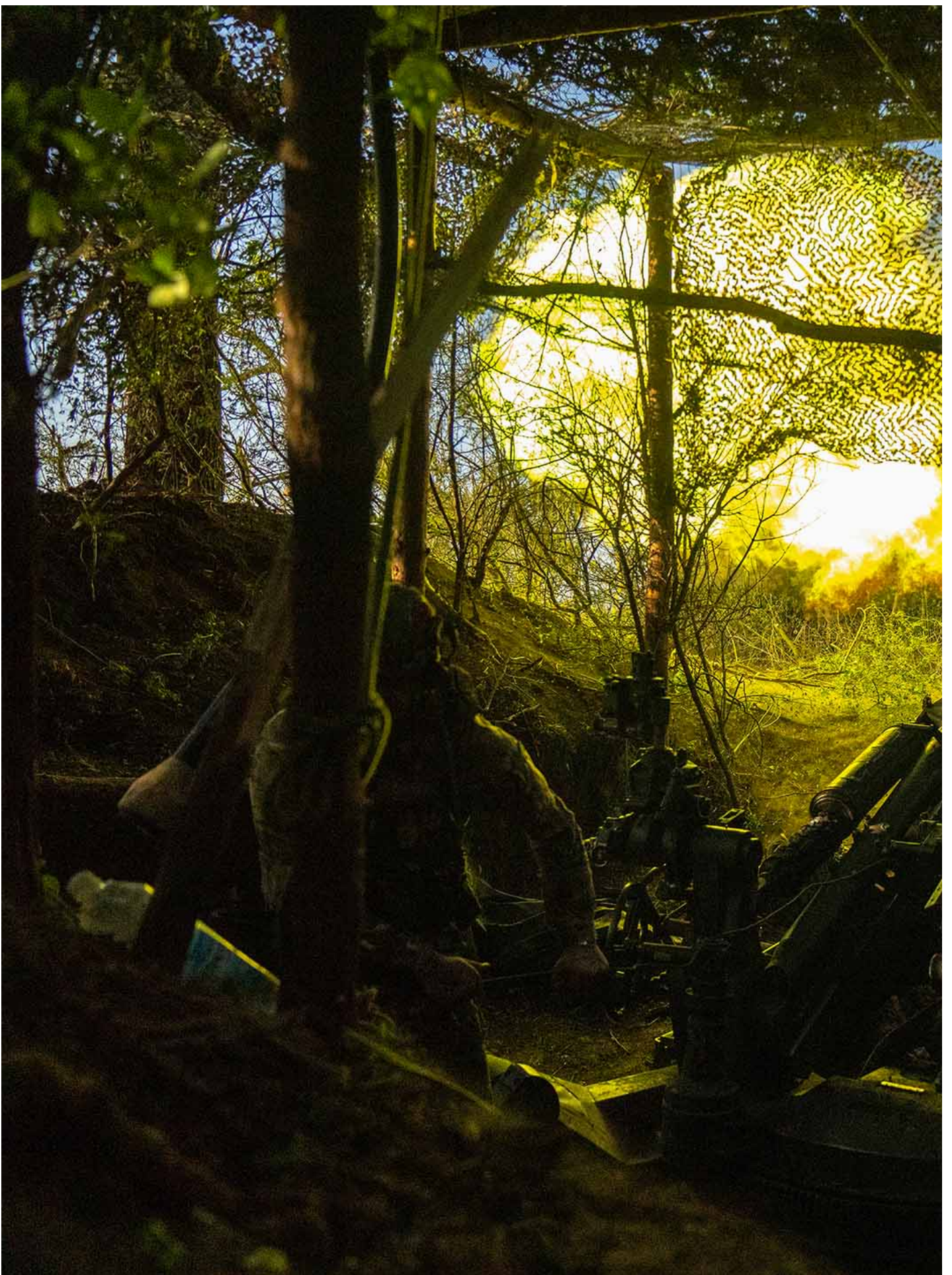


端傳媒 Init

从图表可见，俄罗斯在燃料消耗上比乌克兰高出至少三倍。德特勒和团队解释说，作为入侵的一方，俄罗斯采用的则是更进取的“外线作战”，即以大包围的方式分别进攻乌克兰北部、东部和南部，这对兵力和物资的需求都要更高。加上俄方军事补给线因腹地辽阔而拉长，变相增加运送军火到前线的碳成本。另外，俄方军火库发生数次爆炸，其衍生的火灾和碳排放亦被计算在内。

不过，报告未包含燃料采购和制造所产生的排放，因为部分燃料可能是军方长年库存，难以追踪产地和制造方式。若要计算整个供应链，预计最终数字可能会比目前高出两至五倍。

相对地，因为在乌军是被入侵方，在战事中采用“内线作战”，即本身就已经处于战场，只死守于防卫位置以消耗对方的军事力量，因而无需主动追敌，军队实际移动的路程很短。这种部署的好处是兵力集中，部署灵活，加上乌军擅长夹杂游击战队和轻型设备“以小搏大”，因此在燃料消耗上差距巨大，双方的消耗也不对等。



2024年5月7日，乌克兰顿内茨克，乌克兰武装部队向俄罗斯阵地发射榴弹炮。摄：Francisco Seco/AP/达志影像

其实，这个数字已包含了乌方接收的国际军事援助。在40万吨长途运输造成的碳排放中，绝大部分来自美国的空投援助。跨太平洋军援飞行距离长，需求大，因此战争初期每日都有八至十架飞机降落在乌克兰。至于剩下的援助，多以海运和铁路方式从欧洲大陆运到乌克兰边境，俄罗斯则因为缺乏数据未有纳入计算。

不过，上述的燃料和军火排放，其实只占整场俄乌战争四分之一的碳排放。

一般而言，战争所造成的碳排放主要分为备战、战争和战后重建阶段。说到军事碳排放，大众直觉可能会想到燃料、火药等消耗。但德克勒指出，战后重建才是产生最多碳排放的因素。在俄乌战争的前18个月中，重建基础设施预计将占总排放5,470万吨二氧化碳（36%），相等于德国两年碳排放量。

除了战事，火灾产生的碳排放也不容忽视。在战前，乌克兰全国有18.5%土地为森林，当中有近三分之一有高度易燃的松树。自战事开打以来，约有6万公顷土地被**完全摧毁**，多地发生火灾，当中大部分由炮弹和火箭引起。

除此之外，2022年连接俄罗斯和德国的天然气管道北溪一号和北溪二号发生爆炸，导致大量天然气泄漏到附近海域。

值得注意的是，俄乌战争对航空业也造成巨大影响，加速气候变迁。自2022年起，西方社会开始对俄罗斯实施空禁，旗下所有航班需绕开俄罗斯空域。其中，而首当其冲的是欧洲和亚洲间的航道。如今大部分往来欧亚的航班都需绕道东南亚，其中赫尔辛基 - 首尔航线更比战前需要多飞7小时，大大增加飞行成本。

最后，战后漫长的重建工作，将是作为战争最大的排放源，重建工作仍十长漫长。目前，部分重建已在陆续进行中，地区主要集中在基辅以北、哈尔科夫和赫尔松等已被乌克兰收复的土地。对乌方来说，现在首要恢复的是民宅、医院、学校和宗教场所，其次是桥路和交通，之后是商业场所和其他社会设施。而在重建过程中，水泥、钢筋和沥青等材料在运输和施工中均会释出大量温室气体。

2023加沙战争如何加剧碳排放？

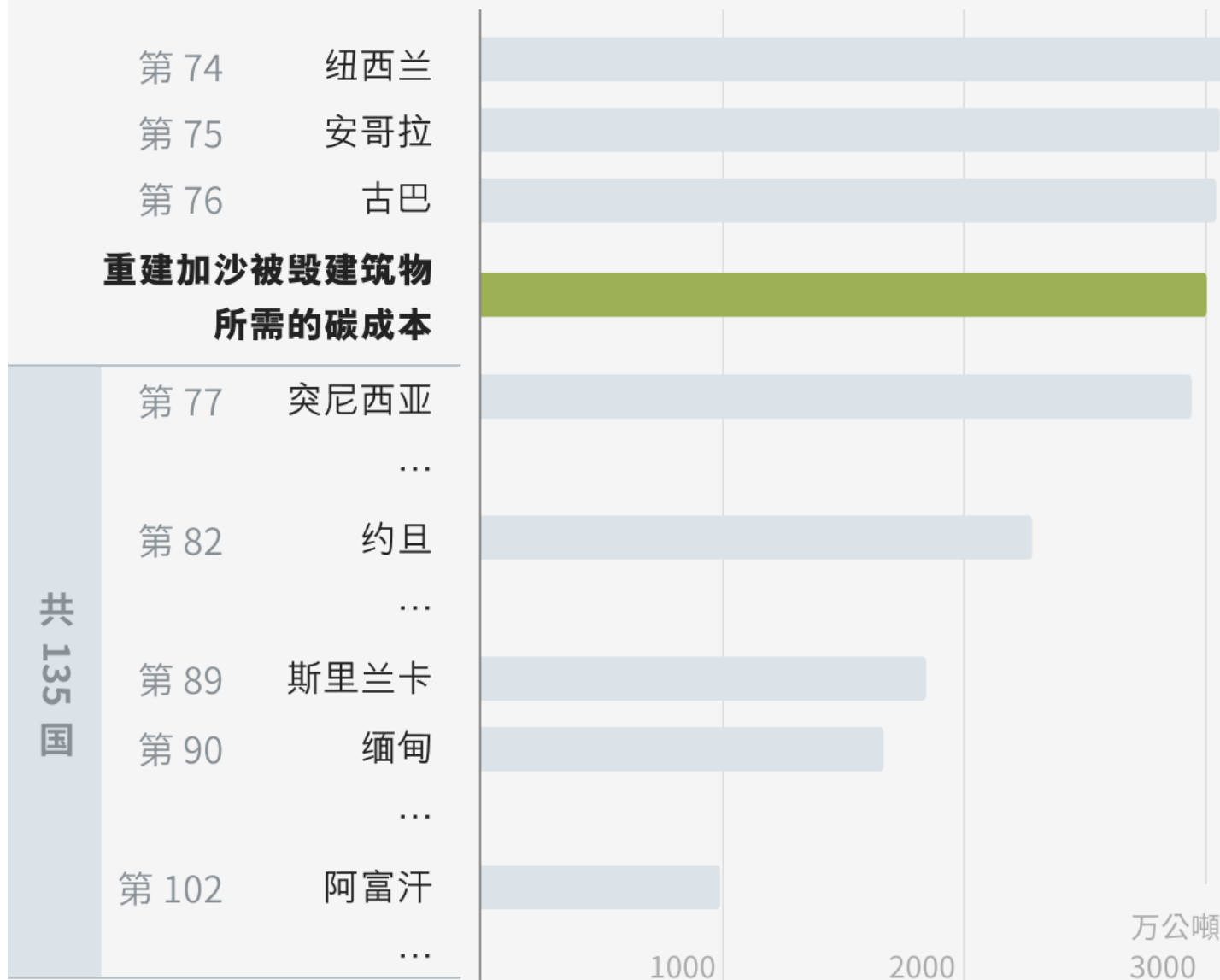
自2023年10月开战以来，以色列对加沙地带的攻击不断升级，大量巴勒斯坦人流离失所。据联合国难民署表示，在2024年5月第二周，就有约36万巴勒斯坦人被逼离开加沙南部的拉法（Rafah）——以色列称之为哈马斯最后的据点。虽然联合国大会已呼吁立即停火，终结已持续多月的战争，但以色列多次拒绝停战及进一步在拉法发动袭击，加沙的伤亡人数亦不断上升。

相较于俄乌战争，加沙战争仍在持续白热化，对环境造成的影响还没有具体数字。不过，研究俄乌战争军事碳排放的荷兰碳专家德克勒（Lennard de Klerk）指出，和俄乌战争相比，加沙战争无论在战火和对环境的“破坏的强度要大得多”。伦敦玛丽女王大学高级讲师Benjamin Neimark最新的**研究**亦指出，加沙战争前两个月的碳排放，约等于75座美国平均规模的燃煤发电厂运行一年。

而战后重建的碳排数字又将更为庞大：在加沙战争的头几个星期内，以色列已在加沙地带投放超过2,500吨炸药，其数量超过人类史上两次核弹爆炸的威力。在首轮攻势之下，《半岛电视台》**统计**加沙有一半以上的房屋、80%商业设施、73%校舍和两百多个礼拜场所已被摧毁或损坏，更有高达83%的地下水无法运行，重建过程的碳成本预估相当高昂。

虽然科学家目前仍未有重建加沙地带建筑物的数据，但依照英美研究团队独家提供给《卫报》的分析，如使用现代技术重建加沙10万栋被毁的建筑，预计将产生至少3,000万吨温室气体，这数字与新西兰或古巴的年排放量相当，更将高于约旦、斯里兰卡和缅甸等135个国家。

重建加沙被毁建筑物所需的碳成本， 高于 135 个国家 / 地区的全年碳排放



比较两次战争，德克勒指出因为乌克兰是地面战争，因此主要使用坦克和柴油作为军备和燃料；加上乌克兰有不少森林，火灾亦是俄乌战争的碳排放因素之一。而在加沙战争中，冲突则主要以空军作战，因而以方军队对战斗机和航空燃油的需求非常大，还需考虑战斗机每天的训练、演习和移动期间所排放的温室气体。

加沙戰爭首60日，大部分碳排來自飛機 當中過半為美國派出的軍事補給運輸機

总量 28.1 万 公吨 CO₂eq

陆上交通 0.5

飞机 25.5 萬

弹药 2.1

飞机

美军补给航班 13.4 萬

以色列空军 12.1 萬

弹药

以色列炮弹 1.4 萬

以色列炸弹 0.67 萬

哈马斯火箭弹 713

陆上交通

以色列坦克和装甲车 0.57

资料来源：The Guardian, A Multitemporal Snapshot of Greenhouse Gas Emissions from the Israel-Gaza Conflict



端傳媒 Initium

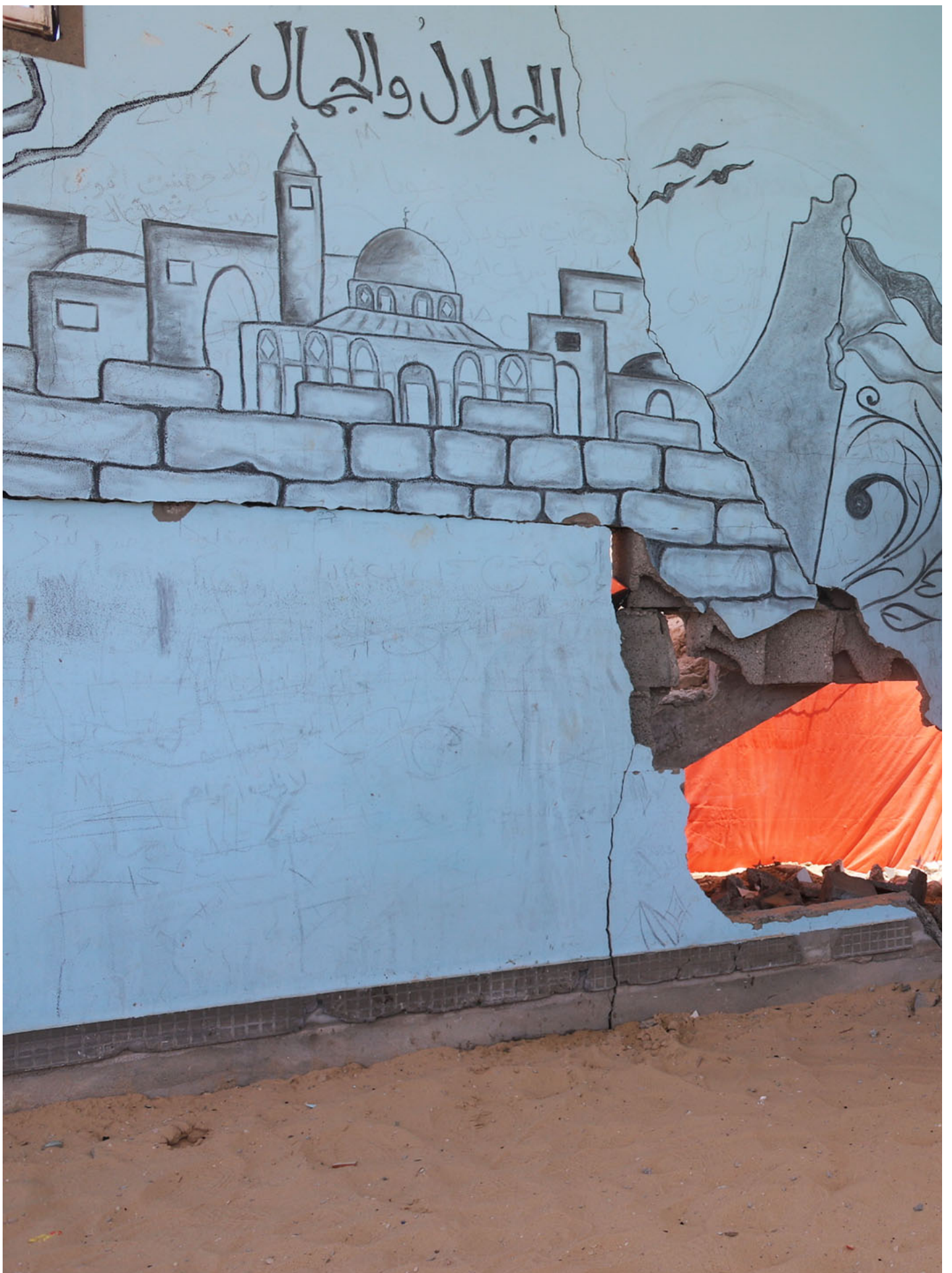
同一份研究报告也显示，在加沙战争产生的28万吨二氧化碳中，有25万可归咎于各类战斗机和飞机的排放，当中更有超过一半为美国向以色列运送军事补给的运输机。而在以色列军的战斗机中，光是F-16和 F-35战斗机便占了12万。

F-16 战机是目前世界上战斗力最强、使用最普遍的战机之一，而以色列则是中东地区拥有最多F-16 战机的国家。至于F-35则是隐形战机中性能最高的战机之一，不过它的碳排放却比一般战机要高。近年，挪威有环保人士建议F-35战机转用生物燃料，其后挪国防部宣布将在今年内转用生物燃料。

能为战争带来的环境问题索偿吗？

随著战争升级，学术界也掀起更多讨论。据环境团体“南北临界点”（Tipping Point North South）的成员统计，在2023年的前5个月，学术界发表了至少17篇已被同行评审，关于战争和气候变迁的[论文](#)。比2022年高出3倍，更超过之前9年的总和。

同时，国际社会亦开始关注对战争对各方面的负面影响。红十字会在联合国安理会一次针对气候变迁的讨论中形容自然环境是“战争的无声牺牲品”，呼吁其他组织制定气候行动和加强合作。环境组织“南北临界点”和“冲突与环境观察站”（The Conflict and Environment Observatory）也于2023年致函联合国气候变迁纲要公约（UNFCCC）的秘书处，指出“我们气候的紧急情况不容许‘一切照旧’地忽略军事和冲突相关排放”，呼吁将所有军事排放纳入统计数据。



2024年4月30日，加沙，艺术家 Ghassan Habboub 在一所建筑物上画了巴勒斯坦国旗和阿克萨清真寺。摄：Ramez Habboub/Anadolu via Getty Images

虽然论文数字在两年间翻倍，但其实无论是论文的数量还是针对论文的讨论仍非常少，这亦反映了它们的作用其实十分有限。该报告也指出，目前的成果几乎没有迹象表示相关研究和游说工作会得到回应（There are few signs there will be any tangible response to the lobbying drive this year）。

在战争碳排放的资料逐渐浮出水面，相关科研愈来愈多之后，有关战争的索偿亦随之被提上日程。在2022年的COP27上，乌克兰总统泽连斯基表示俄乌战逼使数十个国家恢复燃煤发电以降低能源价格，更在6个月内摧毁了乌克兰500万英亩森林，造成大量火灾。泽连斯基建议各国支持成立平台，以评估军事对环境造成的影响。这亦是首次有国家就战争对气候造成的损害提出索偿。

罗格斯大学法学院教授、国际环境赔偿专家Cymie Payne指，乌克兰此举“将使我们战争对环境造成的危害的理解朝著新的方向发展”。不过他也补充，乌克兰这样的做法若要成功，必须证明温室气体对乌克兰造成影响。Essex大学法学院的Karen Hulme也认同这项主张是史无前例的，她表示国际法从未就气候影响定义为损害，预计乌克兰将会面对许多法律障碍。

即使面对重重障碍，但乌克兰的主张仍然为未来战争和气候的发展指出新的可能性，也意味著战争的碳成本正受到更多关注。冲突与环境观察站负责人Doug Weir也有同样的观察：“这是人们第一次认真关注战争如何导致全球碳排。”

[#加沙](#) [#以巴冲突](#) [#俄乌战争](#) [#数洞](#) [#气候变化](#)

本刊载内容版权为端传媒或相关单位所有，未经[端传媒编辑部](#)授权，请勿转载或复制，否则即为侵权。