



在 2040 年前 实现净零碳排放

亚马逊碳足迹测量、分析和减少碳排放方法论

地球大气中的二氧化碳含量已达到 300 万年来的最高水平。燃烧化石燃料、砍伐森林和开垦农业用地等人类活动，排放了二氧化碳（CO₂）和其他温室气体（GHG），在大气层内累积了热量，从而导致气候变化。从平均气温上升到更强烈和更频繁的暴风、干旱和野外火灾，我们已经看到了这些影响。

亚马逊将气候变化视为对我们客户、环境和我们世界的一个主要威胁。我们认可联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）的科学共识，即需要将全球气温上升控制在 1.5 摄氏度以下，避免气候变化对人类和我们赖以生存的地球带来最糟糕影响。这需要在 2030 年之前将全球因人类活动引发的二氧化碳净排放量（在 2010 年的水平上）减少 40-60%，并在 2050 年之前实现净零排放。¹

¹ IPCC, 2018: Summary for Policymakers. Global Warming of 1.5°C. 在加强全球应对气候变化威胁、可持续发展和努力消除贫困的背景下，IPCC 发布的一份关于全球变暖超过工业化前水平 1.5°C 所造成的影响以及相关全球温室气体排放路径的特别报告。[Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor 以及 T. Waterfield (编辑)]。] 世界气象组织，瑞士，日内瓦，32 页。在线检索。

亚马逊有哪些碳足迹？

碳足迹用于衡量支撑某公司的直接和间接活动所造成的温室气体排放总量。这些排放分为三类 – 1 类、2 类和 3 类排放。1 类排放直接来自于公司的运营活动，例如亚马逊运输车队燃烧的燃料。² 2 类排放来自于所购能源的生成活动，例如为亚马逊设施供电的电力。³ 3 类排放包括公司直接运营活动之外的其他所有活动，例如亚马逊包装和设备的生产活动。

为了计算亚马逊的碳足迹，我们考虑了我们上下游运营活动的一系列直接和间接排放。我们设定了一个全面的系统边界，将以下排放源纳入其中：

- 亚马逊的最后一英里配送车队
- 亚马逊运营的货运，包括卡车和飞机
- 所购买的运输服务（例如邮政服务）及其他合同货运
- 我们的履单中心、数据中心、实体店及其他设施所使用的电力
- 亚马逊包装
- 亚马逊产品制造，例如 Echo 设备、Kindle 电子书阅读器、AmazonBasics、Whole Foods Market 品牌以及其他亚马逊自有品牌产品
- 我们的客户对亚马逊设备的使用
- 资本货物，如建筑施工、服务器和设备制造以及其他亚马逊基础设施生产所产生的排放
- 公司营业费用，例如差旅、办公用品、公司活动、外部咨询服务及其他支出
- 客户到亚马逊实体店（例如 Whole Foods Market）购物
- 我们的数据中心、公司办公室、杂货店以及履单中心用于降温的冷却剂

² 《巴黎协定》的长期温度目标是“将全球气温上升限制在远低于 2 摄氏度之下，同时努力将温度上升限制在 1.5 摄氏度”，而 IPCC 的 1.5 摄氏度报告指出，全球二氧化碳净排放量应在 2050 年前归零。

³ 亚马逊使用“温室气体核算体系”中详述的“运营控制”方法定义对我们碳足迹中的 1 类排放活动。

⁴ 亚马逊根据“温室气体核算体系”的“基于市场”的方法报告排放量，该方法解释了亚马逊为支持其运营活动所购买的可再生能源。

通过将所进行的活动量(例如行驶的里程数或燃烧的燃料容量)乘以其适当的生命周期“排放系数”(例如每使用一千瓦时(kWh)电所造成的二氧化碳克数),我们评估上述每项活动的温室气体排放数量,这与该活动相关的二氧化碳排放提供了一个代表值。计算出所有活动的排放量后,我们将其相加,得出亚马逊整个公司的全部碳足迹,覆盖我们的实体和在线零售业务、云计算、设备制造以及其他业务活动。

我们量化碳足迹的方法体现出我们业务的复杂性。我们的研究人员和科学家团队将先进的生命周期评估(LCA)科学和亚马逊云科技大数据技术相结合,开发了一套稳健的软件解决方案,用于处理来自亚马逊全球运营活动的数十亿条运营和财务记录,从而计算出我们的碳足迹。该软件使用基于美元的环境评估模型估算我们系统边界内所有活动的碳排放,然后通过详细、基于流程的生命周期评估模型提高碳密集型活动的准确性。

这种混合碳足迹方法包含以下 5 个科学模型:



1. 财务: 我们将亚马逊支出数据与特定行业、以美元为基础的排放系数(例如与某项活动的每一美元支出相关的二氧化碳污染标准量)相结合。我们通过该模型捕捉各项活动的碳排放,例如亚马逊建筑建造、亚马逊自有品牌产品生产、我们仓库中使用的设备、办公用品以及其他所购商品和服务等。

2. 运输: 我们追踪将产品运往亚马逊仓库、仓库间运输、以及运往客户家中、亚马逊快递柜以及其他取货点的过程中所产生的碳排放。这包括客户前往实体店的估算排放量。

3. 电力: 我们考虑我们的办公室、数据中心和仓库所消耗的能源影响,以及我们在全球产生的可再生能源收益。

4. 包装: 我们仔细考虑亚马逊售卖产品所使用的各种盒子、邮包和其他包装物品背后的材料和加工。

5. 亚马逊设备: 我们开发了一个专用的碳足迹模型,处理亚马逊设备的制造、使用和寿命终止的复杂事项,包括 Echo 设备、Kindle 电子书阅读器、Fire Tablet、Fire TV、Ring、Blink 以及其他所有设备。这从组件层面开始 - 包括组件的采购地和产品制成方式 - 一直延伸至客户对产品的使用以及最终的产品寿命终止。

我们的软件使用亚马逊云科技技术实施这 5 个模型，以便将物理和财务数据换算为亚马逊具体业务活动（例如运输、包装）的排放测量结果。然后，我们使用这些计算结果汇集全公司的碳足迹，确定我们各项业务的最大排放源。这些结果旨在为团队提供可执行的数据和指标，帮助他们减少碳排放。例如，该系统将能够让我们跟踪各项活动，例如与某日货物经由亚马逊履单网络的相关排放总量，包括来自履单中心（电力模型）、运输（运输模型）和包装（包装模型）的排放量。

我们的碳足迹符合普遍采用的温室气体核算体系国际标准，⁵ 并由 Apex 根据国际标准化组织 ISO 14064-3 验证协议进行独立审计和核对。

以下内容详细说明了我们为衡量亚马逊碳足迹而构建的各个排放模型所使用的科学和数据。

财务排放模型

通过使用经济投入产出生命周期评价 (EIO LCA) 方法，我们基于美元的模型将亚马逊总账的支出数据与美国环境保护署 (EPA) 及其他同行评议的学术和政府来源公布的具体行业、基于美元的排放系数（例如，每美元卡车运输产生 1,556 克二氧化碳等价物⁶ (CO₂e)）融合起来。EIO LCA 排放系数考虑了任何行业生产 1 美元商品或服务所需要的“从摇篮到大门”排放量，包括原材料提取、能源使用、供应链运输和制造所产生的排放。这种方法利用政府收集的经济投入产出数据，跟踪生产任何商品或服务所需要的投入“配方”。例如，在美国生产 10,000 美元的计算机，需要计算机存储设备制造领域投入 1,466 美元，印刷电路组装领域投入 491 美元，等等。⁷EIO LCA 解释了生产这些中间投入品产生的碳排放，以及生产我们供应链中上游的全部投入所产生的碳排放。

我们通过将亚马逊的支出映射到一个或多个行业领域、并将适当的排放系数乘以支出的美元而使用 EIO LCA。例如，由第三方承运人运输包裹而产生的支出映射至快递员和邮递员领域（即每美元产生 224 克二氧化碳等价物），装运箱映射至纸板箱制造领域（即每美元产生 807 克二氧化碳等价物）。这种方法是确保每项企业活动都对应一个近似碳足迹的最有效方法。在亚马逊之外，这种方法通常被各种组织用来估算碳足迹，包括披露其碳排放的大型公司、像美国国防部这样的政府机构、甚至希望了解其个人活动对环境影响情况的个人。⁸

运输排放模型

为客户运输产品是亚马逊业务的一个组成部分。行程因模式、目的、生产力、时间以及其他本地化变量而不同，从而产生与运输活动相关的各种排放系数。为了说明这种复杂性，我们使用了一个稳健的建模框架，在行程层面估算碳排放，并适应不同水平的数据可用性。我们的评估范围包括由亚马逊和我们的第三方运输提供商管理的运输活动，以及客户前往亚马逊零售店和 Whole Foods Market 门店产生的排放。

⁵世界资源研究所 (WRI) 和世界可持续发展工商理事会 (WBCSD) 的温室气体核算体系划定了哪些行为属于企业足迹国际标准的适用范围。

⁶温室气体排放通过全球变暖潜数值 (GWP) 转换为标准单位的二氧化碳等价物。例如，一千克甲烷的全球变暖潜数值为 28，意味着这些甲烷排放相当于 28 千克二氧化碳。这种转换反映了这样一个事实：在 100 年的时间范围内，甲烷捕获热量的效率是二氧化碳的 28 倍。

⁷Yang, Y., W. Ingwersen, T. Hawkins, M. Srocka, D. Meyer. USEEIO: a New and Transparent United States Environmentally Extended Input-Output Model. *Journal of Cleaner Production*. Elsevier Science Ltd, New York, NY, 158:308-318, (2017)。在线检索。

⁸Henderson, A., M. Bruckner, K. Scanlon, W. Ingwersen. The USEEIO framework to create IO models: application to the DoD and case demonstration. *LCA XVIII*, Fort Collins, CO, 2018 年 9 月 25-27 日。在线检索。

运输排放系数

运输活动通过车辆行驶时燃烧化石燃料、车辆制造以及燃料供应链而产生碳排放。运输的排放模型包含与“油井到车轮”影响 - 开采、提炼、分销和消费运输燃料 - 以及“车辆”影响 - 制造、维护和处置车辆 - 相关的排放。这些影响按照以每公里行程的二氧化碳等价物克数为基础的排放系数进行记录。

运输排放模型使用两个独立的工具量化这些影响。对于“油井到车轮”影响，排放模型根据美国阿贡国家实验室的温室气体、监管排放和运输中的能源使用 (GREET) 模型所提供的数据和逻辑，估算“油井”燃料的碳强度 (例如，每兆焦耳的二氧化碳克数)。GREET 是一个 LCA 工具，用于评估柴油、汽油、氢气、天然气以及生物燃料等各种运输燃料。车辆的燃料消耗率基于各国家和地区 - 包括美国环境保护署、美国能源部、欧盟、联合国以及国际清洁运输理事会 - 的车队均值。

对于车辆影响，排放模型使用商业 LCA 软件 - 保持着最新的同行审议 LCA 排放系数库 - 估算与车辆制造 (包括电池)、维护和处置相关的排放。对车辆生命周期内行驶里程的估算，使用的是联合国国际资源委员会的一份报告，该报告审查了世界各地的车辆使用年限。总之，我们的车辆模型汇集了世界各地运营的车队排放系数，并能为 100 多种“油井到家油泵”燃料途径生成排放系数。

客户前往门店

我们利用美国联邦公路管理局在全国家庭旅行调查 (NHTS) 中公开的旅行行为信息，构建了一个用于计算客户前往亚马逊实体店 (例如 Whole Foods Market) 所产生的排放总量。该模型的未来版本可能会纳入客户调查数据。该模型侧重于影响此类活动排放的以下三个变量：

驾车距离 - 我们根据客户的环境 (例如城市、郊区或农村) 使用 NHTS 数据估算客户 “购物” 的典型驾车距离。我们假设顾客只前往一个目的地，并且所有的行程都是直接和往返的。

使用的交通方式 - NHTS 数据显示了顾客在以下 5 类交通方式中使用某种交通方式的概率：汽车、轻型卡车 (例如卡车、SUV、面包车)、运输 (例如公共汽车、铁路)、非机动车 (例如步行、骑自行车) 和其他。

客户每年总出行次数 - 我们根据实体店的环境 (例如城市、郊区或农村) 估算客户的出行次数。

在收集了这些数据和所有车辆及运输方式的排放系数后，我们将每种方式的行驶里程乘以适当的排放系数，然后将该结果再乘以一年中的客户总数。

包装排放模型

我们建立了一个详细的排放模型，用来量化每一种亚马逊包装（例如瓦楞纸箱或邮包）从生产到寿命终止的碳足迹。碳排放发生在包装的原材料提取、加工、制造和处置的整个过程之中。在给出材料类型、质量和尺寸等关键参数的情况下，我们的环境包装模型对每个包装从制造到寿命终止的碳足迹进行量化。基于亚马逊关于包装材料、厚度和回收率的详细数据，该排放模型共为数百种包装生成了生命周期碳排放系数。我们在每件包装的基础上，将具体区域的包装排放系数应用于出站货物，以计算包装的总排放量。该计算涵盖了从原材料和中间产品、运输箱制造一直到包装寿命终止（即回收利用或处置）的排放量。该项服务使用来自商业 LCA 工具的行业标准 LCA 数据为原材料和制造过程影响进行建模。

电力排放模型

我们计算了亚马逊各设施中所购电力的碳足迹，包括数据中心、履单网络设施、零售店和公司办公室。电力排放系数解释了发电厂的直接排放、输配电损失。我们设施的最大碳排放源是用于支撑我们运营的电力。我们收集来自全球各地设施的使用数据，并处理来自公用事业发票的数据，借以获取对电力和燃料使用情况的可见性。当无法获得实际消耗数据时，我们则通过将电费金额（美元）除以地区平均电价（美元 / 每千瓦时）的方法估算电力消耗。然后，我们通过将各设施消耗的电力（千瓦时）乘以与地区电网组合相关的排放系数（二氧化碳等价物 / 千瓦时）而计算碳排放。

当我们购买太阳能和风能时，我们使用温室气体核算体系中的市场化方法展示购买可再生能源 - 例如从亚马逊德克萨斯州风电场购买可再生能源 - 能够减少多少我们对电网电力的消耗。¹ 我们致力于让我们的全球基础设施全部使用可再生能源，在我们逐步实现这一目标的过程中，通过使用该方法，我们能够说明亚马逊每年的电力减排量。

计算电力的碳排放依赖于来自本地、国家和地区的各种排放系数准确数据。某个站点所消耗的电力要乘以该站点所在地的排放系数。由于用于发电的技术不同，发电产生的碳排放量在公用事业供应商、州、国家和地区之间存在很大差异。一些国家严重依赖煤炭，而其他地区则使用大量的低碳风电或水电。

为了获得这些系数，我们构建了一个地理空间排放模型，该模型使用当前最细化的发电数据。这样，亚马逊全部设施都可以置于地图之上，并与最精确的排放系数关联起来。美国权威的排放源来自美国环境保护署的 eGrid 数据（美国电网子区域的电力排放）。国际能源署（IEA）提供了世界上几乎所有国家和地区每千瓦时的平均电力排放量。澳大利亚和加拿大等一些国家上报州或省级排放数据，这进一步提高了数据的精细度。

亚马逊设备排放模型

我们使用各设备组件和每年销量的详细数据，量化某年所售亚马逊设备的碳足迹。我们为我们的主要设备类型构建详细的参数化模型，包括 Fire TV、Echo、Fire Tablets、Kindle、Ring Doorbells 以及 Blink 等。我们通过检查设备的“物料清单” - 详细说明了设备中各组件的质量和构成 - 计算各设备类型的碳足迹，并使用商业和公共可用的 LCA 数据库为各组件的生命周期排放进行建模。在对生命周期的各阶段建模后，我们的研究团队通过汇总制造、运输以及设备寿命终止阶段的碳排放而为各设备建立排放系数。我们按照销售数量换算这些排放系数，估算与某年全部售出的亚马逊设备制造、运输以及寿命终止处理相关的碳足迹。对于使用阶段的排放，我们建立了一套方法，使用遥测数据确定现场已激活的设备数量，然后将设备数量乘以各设备的年平均能源使用量。随后，我们计算与我们设备使用情况相关的排放量。对于通过我们可再生能源匹配计划而匹配的能源使用，我们计算与各可再生能源类型相关的排放量。对于我们尚未匹配的能源使用，我们计算与设备上报所在国家和地区电网相关的排放量。总之，设备的年排放量依全部生命周期阶段的年排放量之和而定。

着手推进在 2040 年前实现净零碳排放的目标

在 2040 年前实现净零碳排放的进程中，首先要对我们公司的碳足迹进行详细摸底，全方位了解我们的运营活动以及我们业务的每一部分可如何推动减排。我们量化自身碳足迹的工作，能够让我们确定亚马逊的最大碳排放源头，并优先考虑对缩减我们的碳足迹具有最大影响的碳减排活动。我们致力于利用自身先进技术和创新文化，系统化追踪我们推动运营活动碳减排的进度。

随着亚马逊公司的不断发展，我们推动碳减排的方法也将随之发生变化。这将需要持续的迭代、改进和试验，在减排的过程中为我们的客户做出更多贡献。我们将持续致力于提高自身能力，获取关于我们运营活动的更精细数据，并开发新模型，助力我们更快速、更高效地减少碳排放。在碳减排的各个阶段，我们旨在让我们的客户、投资者以及其他利益相关者能够轻松地获得这些信息。

当前，各行各业的企业都纷纷设立了自己的可持续发展目标，亚马逊云科技为了帮助企业，通过构建应用程序监测和监控其碳排放数据，推出了云端服务碳足迹工具“Customer Carbon Footprint Tool”，新工具除了能显示用户当前使用的每一个服务的碳足迹，还会显示随着亚马逊持续迈向净零碳排目标，投入的永续性发展投资会如何降低用户工作负载的碳强度，为企业提供未来几年服务产生的碳排预测值，协助企业实现自身的减碳目标。

只要您是亚马逊云科技的客户，就可以免费使用工具，加速实现可持续发展目标。