

哥伦比亚法学院

[奖学金档案](#)

萨宾气候变化法律中心

研究中心和项目

2024 年 4 月

驳斥关于太阳能、风能和电力的 33 个虚假声明

汽车

马修·艾森森

哥伦比亚 法律 学校, 萨宾 中心 气候 改变 法律 邮箱:matthew.eisenson@law.columbia.edu

雅各布·埃尔金

哥伦比亚 法律 学校, 萨宾 中心 气候 改变 法律 邮箱:jacob.elkin@columbia.edu

安迪·菲奇

ajf2227@columbia.edu

马修·阿德

matthew.ard@sjsu.edu

所以西廷格

ks4067@columbia.edu

更多作者请参见下一页

关注此作品及其他作品：https://scholarship.law.columbia.edu/sabin_climate_change



能源和公用事业法公共部分,以及环境法共享

推荐引用

马修·艾森森、雅各布·埃尔金、安迪·菲奇、马修·阿德、卡雅·西格和塞缪尔·拉文，
错误的 索赔 关于 太阳的, 风, 以及 电动汽车 , 萨宾气候变化法中心, 2024 年 4 月

反驳33

(2024 年 6 月修订)。

网址:https://scholarship.law.columbia.edu/sabin_climate_change/217

本报告由奖学金档案馆的研究中心和项目免费提供给您,供您开放访问。

奖学金档案授权管理员已接受该报告并将其纳入萨宾气候变化法中心。如需更多信息,请联系scholarshiparchive@law.columbia.edu。

作者

马修·艾森森、雅各布·埃尔金、安迪·菲奇、马修·阿德、卡娅·西格和塞缪尔·拉文

驳斥 33 项关于 太阳能、风能和电动汽车

2024 年 6 月驳斥 33 项虚假指控

关于太阳能、风能和电力
汽车



2024 年 4 月

(2024 年 6 月更新)

 Columbia Law School | COLUMBIA CLIMATE SCHOOL
SABIN CENTER FOR CLIMATE CHANGE LAW

© 2024 哥伦比亚法学院萨宾气候变化法中心

萨宾气候变化法中心致力于开发应对气候变化的法律技术,培训法学院学生和律师使用这些技术,并为法律界和公众提供有关气候法律和法规关键主题的最新资源。该中心与哥伦比亚大学气候学院的科学家以及众多政府、非政府组织和学术组织密切合作。

萨宾气候变化法中心 哥伦比亚法学院
西 116 街 435 号
纽约, NY 10027
电话:+1 (212) 854-3287
电子邮件: columbioclimate@gmail.com
网址: <https://climate.law.columbia.edu/>
推特: @SabinCenter
博客: <http://blogs.law.columbia.edu/climatechange>

免责声明:本报告仅由萨宾气候变化法中心负责,并不反映哥伦比亚法学院或哥伦比亚大学的观点。本报告是一项学术研究,仅供参考,不构成法律建议。信息的传输不旨在建立发送者和接收者之间的律师-客户关系,接收也不构成发送者和接收者之间的律师-客户关系。任何一方在未事先征求律师意见的情况下,都不应采取行动或依赖本报告中包含的任何信息。

协调编辑: Matthew Eisenson 和 Jacob Elkin

作者: Andy Fitch、Matthew Ard、Kaya Sittinger 和 Samuel Lavine

本报告于 2024 年 4 月首次发布,并于 2024 年 6 月更新,以纳入读者的反馈。请将任何更正或建议的补充内容发送给 Matthew Eisenson,地址为 Matthew.Eisenson@law.columbia.edu。

介绍

要让美国能源系统走上环境可持续的轨道,需要迅速广泛地发展风能、太阳能和其他可再生能源设施;相应的存储、传输和配送基础设施;以及及时的行业特定转型,例如用电池电动汽车取代内燃机汽车。公众广泛支持变革性气候政策,皮尤研究中心 2023 年 6 月的一项调查发现,67% 的美国成年人优先发展可再生能源,而不是增加化石燃料产量。¹然而,“错误信息”和协调一致的“虚假信息”有时会削弱对可再生能源项目和电动汽车的支持。²本报告讨论了有关太阳能、风能和电动汽车的一些更普遍和持久的扭曲,旨在促进更明智的讨论。³

虽然错误信息和虚假信息的影响很难衡量,但令人震惊的数据已经开始出现。例如,蒙茅斯大学的一项民意调查发现,新泽西州对海上风电场的支持率从 2019 年的 76% 下降到 2023 年 8 月的 54%。⁴这种转变很可能在很大程度上是由于可疑的说法,其中一些来自化石燃料资助的反对派团体,他们试图将美国东北海岸鲸鱼死亡数量最近激增归咎于风电场调查。⁵更普遍地说,无论是在全国范围内,还是在能源转型前线的社区,坊间传闻的怀疑和协调一致的虚假信息努力都削弱了公众对雄心勃勃的可再生能源基础设施的热情,尤其是在我们两极分化人口的集中群体中。例如,从 2019 年到 2023 年 8 月,新泽西州共和党人对海上风电的支持率从 69% 下降到 28%,而新泽西州民主党人的支持率仅从 79% 下降到 76%。⁶

关于可再生能源和电动汽车的虚假声明有很多种。有些声明完全是夸大其词,似乎是为了震惊和激怒观众,而不是为紧迫的政策选择进行明智的辩论(“太阳能农场完全依赖于您辛苦赚来的钱的补贴。”)

一旦补贴取消,太阳能发电厂就会被废弃!”)。⁷一些人强调理论影响

¹ Brian Kennedy,Cary Funk 和 Alec Tyson, 多数的美国人优先考虑可再生能源,后退一步应对气候变化, 皮尤研究中心, 2023 年 6 月 28 日,
<https://www.pewresearch.org/science/2023/06/28/majorities-of-americans-prioritize-renewable-energy-back-steps-to-address-climate-change/>。

² 看 错误信息和虚假信息 , AM. PSYCHOLOGICAL ASSOC., <https://www.apa.org/topics/journalism-facts/misinformation-disinformation> (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)(解释了错误信息和虚假信息之间的区别); ANAHI AYALA IACUCCI, 《使用社交媒体进行社区保护》,第 230 页 (2021 年),<https://www.unhcr.org/innovation/wp-content/uploads/2021/01/Using-Social-Media-in-CBP.pdf>(同上)。

³作者认识到,在能源传输基础设施方面也存在类似的错误信息,这些基础设施的建设对于支持可再生能源发电的扩大和电动汽车的普及是必要的,但传输不在本报告的讨论范围内。

看 LU NELSEN,《从头开始:解决社区对清洁能源传输的关键关注》第 10、12、15-16 页 (2013 年), <https://perma.cc/ENA2-S3DW>;能源部, 2022 年 4 月, 看排队 向上。。。但在 需要 传播,
<https://www.energy.gov/sites/default/files/2022-04/Queued%20Up%2080%A6But%20in%20Need%20of%20Transmission.pdf>。

⁴蒙茅斯大学民意调查,蒙茅斯大学支持 2023 年 8 月 29 日,
https://www.monmouth.edu/polling-institute/documents/monmouthpoll_nj_082923.pdf。

⁵ Tracey Tully 和 Winston Choi-Schagrin,《纽约时报》, 2023 年 2 月 28 日,
<https://www.nytimes.com/2023/02/28/nyregion/east-coast-whale-deaths.html>。

⁶ 看看 蒙茅斯大学民意调查,注 4。 同上

⁷ 太阳能如何影响你! , 反对太阳能, <https://perma.cc/63GB-ZQ3B> (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。

设计不良的可再生能源项目,同时忽略了许多行之有效的方法来尽量减少甚至消除这些影响⁸ (“工业规模的太阳能不适合农村农业地区。因为土地 (森林、农田、植被、土壤) 将被永远摧毁。”) 。⁹一些人认为任何偏离现状的行为,例如将农田用于太阳能生产,都是绝对不可想象的 (“问问你自己,如果将几千英亩的农业用地改造成工业太阳能设施,谁来种植你的食物?比尔·盖茨?马克·扎克伯格?”) 。¹⁰一些人依赖未经证实的因果理论,例如推测鲸鱼的死亡源于与风电场调查相关的噪音,尽管海洋生物学家发现海上风电调查期间的声音类似于“房间里风扇的声音”。¹¹一些人一门心思地深入研究可再生能源的毒性或碳足迹¹²,同时拒绝承认化石燃料开采、能源基础设施或其组成部分、生产和分配会造成更为严重的环境污染、对人类健康的危害以及气候不稳定。¹³

本报告并未调查这些虚假声明的来源或传播者的动机。然而,有充分证据表明,其中大部分来自故意误导的来源,例如由遥远的政策倡导者资助的人造“地方”组织,而这些组织本身的资金来自化石燃料生产商。¹⁴布朗大学气候与发展实验室是对这些来源进行更详细研究的学术中心,该实验室广泛地绘制了这些团体在反对海上风电开发的背景下的一些联系。¹⁵

本报告研究了反对太阳能、风能和电动汽车部署的各种说法的实质,仅关注作者认为毫无根据的那些说法。至关重要的是,本报告的目的不是要证明太阳能、风能或电动汽车的部署不会产生任何不利影响,也不是要证明反对太阳能、风能或电动汽车部署的每一个论点都是毫无根据的。事实上,能源转型不可避免地会产生一些不利影响,包括一些不利的环境影响。然而,可再生能源及其衍生产品也可以显著减少气候威胁并改善公众健康,同时为数百万美国人提供就业机会。最终,随着

⁸ 参见等等。 BILL PEDERSON和BROOKS LAMB, 《农业光伏:在保护农田的同时生产太阳能》 (2021年), https://cbey.yale.edu/sites/default/files/2021-10/CBEY_REPORTS_AGRIVOLTAICS_FINAL_0.pdf; 生物多样性咨询,减轻太阳能和风能开发对生物多样性的影响 (2021年), <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2021-004-En.pdf>。

⁹ 工业规模太阳能不适合的原因 农业-农村地区¹⁰ , 公民负责任太阳能, <https://perma.cc/PYC8-SRPJ> (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。
¹⁰ 欢迎 不 太阳能 洛根县(俄亥俄州) , 俄亥俄州洛根县没有太阳能, <https://perma.cc/P45M-W5NF> (最后访问日期:2024 年 3 月 25 日)。

¹¹ Pearl 风力对手蔓延 关于死鲸的神话 , 耶鲁气候联系, 2023 年 9 月 19 日, Marvell, <https://yaleclimateconnections.org/2023/09/wind-opponents-spread-myth-about-dead-whales/>。

¹² 禁止使用太阳能,注释¹³。 看 汉娜·里奇, 最安全、最清洁的能源有哪些? , 我们的数据世界, 2020 年 2 月 10 日, <https://ourworldindata.org/safest-sources-of-energy>。

¹⁴ David Gelles,https://这 德州团体博彩 A 全国反对气候行动运动 , 《纽约时报》, 2022 年 12 月 4 日, www.nytimes.com/2022/12/04/climate/texas-public-policy-foundation-climate-change.html; Marvell,注 11。 同上

¹⁵ ISAAC SLEVIN 等人,气候与发展实验室,《逆风而行:美国东部反海上风电网络地图》 (2023年) , https://drive.google.com/file/d/1a64hVMIqRs4p_a39l2O-gLSERk7GBh0/view。

迈克尔·杰拉德曾写道,能源转型不可避免地会涉及“艰难的权衡”,并且需要做出艰难的牺牲,“以避免产生更为严重的后果”。

16

在此背景下,本报确定并研究了33种最普遍的关于太阳能、风能和电动汽车的误解。关于每种技术的虚假声明大致按以下顺序呈现:与人类健康有关的误解,然后是与环境影响有关的误解,然后是与经济影响有关的误解,然后是不属于任何这些类别的其他误解。¹⁷为了确定有关可再生能源和电动汽车的最常见误解,作者首先进行了初步研究,包括审查为反对可再生能源项目或政策而创建的社交媒体群组和网站,以及有关错误信息的现有新闻报道。¹⁸然后,作者尽可能地依靠学术文献和政府出版物,对这些误解提出了基于事实的回应。作者要感谢Eric Larson、Charles Kutscher、Aniruddh Mohan和David Gahl对这些回复的技术准确性进行审核,还要感谢Karen Florini和Emma Stieglitz帮助进行技术审核,以及感谢Amory Lovins提供技术反馈。作者还要感谢Achyuth Anil和Miguel Severino在编写报告时提供的帮助。任何错误均由作者自己承担。由于每个回复都旨在独立存在,因此从一个回复到下一个回复,内容可能会有所重复。

重要的是,这并不是第一本试图揭穿或阐释有关清洁能源的可疑说法的出版物。以下是一份简短、不全面的清单,列出了其他澄清有关可再生能源和电动汽车的错误信息和虚假信息的努力:

- 美国环境保护署破除“电动汽车迷思”。¹⁹
- RMI的现实检验:国际能源署揭穿有关能源转型的十大迷思。²⁰
- 《今日美国》风力涡轮机会杀死鸟类吗?太阳能电池板有毒吗?辩论。²¹绿色能源背后的真相

¹⁶ Michael B. Gerrard,《A Time For Triage》,39(6) ENVTL. F. 38 (2022年11月/12月),https://scholarship.law.columbia.edu/faculty_scholarship/3867。

¹⁷这些类别之间的分界线通常很模糊:例如,气候变化会影响人类健康、非人类环境和经济。

¹⁸ 例如,俄亥俄州洛根县禁止使用太阳能,<https://www.defiancecountycitizensforresponsiblesol.com/>(上次访问时间为2024年3月25日);Windmills Kill,<https://windmillskill.com/>(上次访问时间为2024年3月25日);<https://wiseenergy.org/solar/>(上次访问时间为2024年3月25日);华尔街日报,2022年6月12日,<https://www.wsj.com/articles/electric-grid-energy-green-Julia-Penn-11654900508>。

另请参阅,例如,Simon,错误信息正在偏离轨道可再生能源项目美国,NPR,2022年3月28日,<https://www.npr.org/2022/03/28/1086790531/renewable-energy-projects-wind-energy-solar-energy-climate-change-misinformation>。

¹⁹ 电动汽车神话,环境保护局,<https://www.epa.gov/greenvehicles/electric-vehicle-myths>(最后2023年8月28日更新)。

²⁰ 金斯米尔·邦德和萨姆·巴特勒-斯洛斯,现实检查:<https://rmi.org/reality-check-the-iaea-busts-10-myths-about-the-energy-transition/>,2023年。

²¹ Elizabeth Weise,《今风力涡轮机会杀死鸟类吗?太阳能电池板有毒吗?绿色能源争论背后的真相日》,2024年2月4日(2024年2月6日更新),<https://www.usatoday.com/story/news/investigations/2024/02/04/green-energy-fact-checked/72390472007/>。

- Carbon Brief 对电动汽车和可再生能源的事实核查,包括:
助应对气候变化事实核查²²:关于电动汽车的 21 个误导性传言事实核查²³;太阳能对英国农田构成“威胁”吗?²⁴海上风电的真相²⁵;打破石油赚钱神话²⁶。
· 美国进步中心
和 误传²⁷
· 安纳伯格公共政策中心的网站 FactCheck.org,其中包括有关气候变化相关主题26 (包括电动汽车)的事实核查。²⁸
- 布朗气候与发展实验室的
AA
· Emily Atkin 的 指南电动车错误信息²⁹
反对海上风电运动中的气候延迟论述:罗德岛案例研究。³⁰

本出版物旨在以这些其他报告为基础,应与它们一起阅读。

22 Zeke Hausfather, [CARBONBRIEF如何帮助19 年 5 月 13 日, https://www.carbonbrief.org/factcheck-how-electric-vehicles-help-to-tackle-climate-change/](https://www.carbonbrief.org/factcheck-how-electric-vehicles-help-to-tackle-climate-change/)。

23 Simon Evans, [CARBONBRIEF 2023 年个误导性传言,https://www.carbonbrief.org/factcheck-21-misleading-myths-about-electric-vehicles/](https://www.carbonbrief.org/factcheck-21-misleading-myths-about-electric-vehicles/)。

24 Josh Gabbatiss 等人,<https://www.carbonbrief.org/factcheck-is-solar-power-a-threat-to-uk-farmland/>。事实核查: 太阳能是 对英国农田的“威胁”? , CARBONBRIEF, 2022 年 8 月 25 日,

25 Michael Freeman, 这 海上风电的真相: 《美国进步》, 2023 年 6 月 6 日,<https://www.americanprogress.org/article/the-truth-about-offshore-wind-busting-oil-money-myths-and-misinformation/>。

26 看 问题:气候变化 , FACTCHECK.ORG, <https://www.factcheck.org/issue/climate-change/> (上次访问时间:2017 年 3 月)
25,2024)。

27 看 D Angelo Gore 等人, [FACTCHECK.ORG 的谎言2023 年 2 月 2 日,https://www.factcheck.org/2023/10/trumps-misleading-claims-about-electric-vehicles-and-the-auto-industry/](https://www.factcheck.org/2023/10/trumps-misleading-claims-about-electric-vehicles-and-the-auto-industry/); Catalina Jaramillo, FACTCHECK.ORG, 2 月 2024 年 7 月,<https://www.factcheck.org/2024/02/electric-vehicles-contribute-fewer-emissions-than-gasoline-powered-cars-over-their-lifetimes/>。

28反对海上风电运动中关于气候延迟的讨论:罗德岛案例研究,布朗气候与发展实验室(2023 年 4 月),https://ecori.org/wp-content/uploads/2023/04/delay_and_misinformation_tactics_in_anti_osc_campaigns-ri_case_study_4-10-23.pdf。

29 艾米丽·阿特金 (Emily Atkin) 电动汽车错误信息指南 (第一部分) , HEATED, 2024 年 3 月 27 日,<https://heated.world/p/a-Atkin电动汽车错误信息指南>。

目录

第一部分:关于太阳能的虚假宣传 (#1-#14)	1
错误说法 #1:太阳能发电场的电磁场对人体健康有害。	2
错误说法 #2:有毒重金属 (例如铅和镉)从太阳能电池板中渗出并对人体健康构成威 胁。	3
错误说法 3:太阳能电池板产生太多废物,将淹没我们的垃圾填埋场。	4
错误说法 4:砍伐树木安装太阳能电池板会抵消任何气候变化效益。	6
错误说法 #5:太阳能对气候的危害比燃烧化石燃料更大.....	7
错误说法 #6:太阳能开发本质上对生物多样性有害。	10
错误说法7:太阳能项目将减少农业产量,损害农民和农村社区的利益.....	11
错误说法 8:太阳能开发将破坏美国就业岗位。	14
错误说法9:依赖太阳能将使美国依赖中国和其他国家.....	16
错误说法 #10:公用事业规模的太阳能发电场会破坏附近房屋的价值。	17
错误说法#11:太阳能比化石燃料更昂贵,而且完全依赖补贴.....	18
错误说法 #12:太阳能电池板在阴天或寒冷气候下无法工作.....	22
错误说法#13:太阳能不可靠,需要 100% 化石燃料作为后备。	23
错误说法#14:我们没有足够的矿产资源进行大规模太阳能开发。	25
B 部分:关于风能的虚假声明 (#15-#29)	28
错误说法 #15:风力涡轮机的电磁辐射对人体健康构成威胁。	29
错误说法 #16:风力涡轮机经常翻倒,叶片或其他部件容易折断,威胁人类健康和安 全。	30
错误说法 #17:风力涡轮机发出的低频噪声危害人体健康并导致 “风力涡轮机综合 症” 。	32
错误说法 #18:风力涡轮机的阴影闪烁会引发癫痫患者癫痫发作。	33
错误说法 #19:风力涡轮机对鸟类和蝙蝠构成重大威胁。	33

错误说法 #20:海上风电开发对鲸鱼和其他海洋生物有害。	36
错误说法 #21:生产和运输风力涡轮机组件比燃烧化石燃料释放的二氧化碳更多.....	38
错误说法 #22:风力涡轮机将产生不可持续的废物量。	38
错误说法 #23:风力涡轮机占用了太多土地。	39
错误说法 #24:风力发电,特别是海上风力发电,成本太高。	42
错误说法 #25:风力涡轮机对农民和农村社区不利.....	44
错误说法 #26:风能不利于美国就业.....	46
错误说法 #27:风力涡轮机破坏了附近的财产价值.....	47
错误说法 28:风能不可靠。	49
错误说法 29:风力涡轮机噪音很大。	51
C 部分:关于电动汽车的虚假声明 (#30-#33)	52
错误说法 #30:电动汽车对气候变化产生净有害影响.....	53
错误说法#31:电动汽车将导致美国汽车行业大量失业。	55
错误说法 #32:电动汽车由于续航里程限制而不实用。	56
错误说法 #33:电动汽车无法在炎热或寒冷的天气下行驶。	58

第一部分:关于 太阳能 (#1-#14)

第一部分:关于太阳能的虚假宣传 (#1-#14)

错误说法1:太阳能发电场的电磁场有害人体健康。

“太阳能发电场产生的电磁场对健康构成严重威胁,尤其是对那些对电磁波过敏的人。”

三+

太阳能发电场产生的电磁场的强度和频率与烤箱和其他家用电器的电磁场相似,对人体无害。北卡罗来纳州立大学的一项详细分析得出结论,“没有确凿和一致的证据”表明“太阳能发电场产生的 EMF [电磁场] 对健康有负面影响。”³¹

EMF 暴露水平因 EMF 源、与源的距离以及暴露时间长短而异。³²在太阳能发电场,逆变器等电气设备周围的 EMF 最高。但是,即使站在公用事业规模的太阳能发电场中最大的逆变器旁边,暴露水平 (最高 1,050 毫高斯,即 mG) 也低于操作电动开罐器时的暴露水平 (最高 1,500 mG),并且完全在可接受的暴露限值 (最高 2,000 mG) 之内。³³

当距离家用逆变器仅 9 英尺或距离公用事业级逆变器 150 英尺时,人的暴露水平会降至“0.5 mG 或更低的极低水平,在许多情况下……低于背景水平 (0.2 mG)。”³⁴相比之下,典型美国人的平均背景暴露水平为 1mG,距离冰箱 3 英尺时达到 6 mG,距离微波炉 3 英尺时达到 50 mG。³⁵

太阳能发电场中的电磁场构成“非电离辐射”,根据定义,它产生的能量“足以移动分子中的原子 (表现为热量),但不足以从原子或分子中去除电子 (电离)或损坏 DNA”。³⁶此外,电磁场的频率极低,这意味着它们包含的能量“比其他常见的非电离辐射类型 (如无线电波、红外辐射和可见光)要少”。³⁷

³⁰反对太阳能, 同上 注7.

³¹ 汤米·克利夫兰, 健康和 安全影响 太阳能光伏 , 北卡罗来纳州立大学, 14 (2017 年 5 月) , <https://nccleantech.ncsu.edu/wp-content/uploads/2019/10/Health-and-Safety-Impacts-of-Solar-Photovoltaics-PV.pdf>。

³² ID。在 15。

³³ ID.; 马萨诸塞州能源资源部等,11 (2015 年 6 月) ,<http://www.mass.gov/> 问题 & 答案:地面安装太阳能光伏系统 , 10-
eea/docs/doer/renewables/solar/solar-pv-guide.pdf。

³⁴ 汤米·克利夫兰,注 31,第 1 頁。

³⁵ ID.; 马萨诸塞州清洁能源中心, 研究和 声学 太阳能光伏项目的 EMF 水平 (2012 年 12 月) , <https://files.masscec.com/research/StudyAcousticEMFlevelsSolarPhotovoltaicProjects.pdf>。

³⁶ 15 岁的 Tommy Cleveland 同上 注31,第16页。

³⁷ ID. 。

错误说法2:有毒重金属,例如铅和镉,会从太阳能电池板中渗出,对人类健康构成威胁。

“研究表明,太阳能电池板中的重金属,即铅和镉,会渗入电池和地下水,进入

以及 影响植物。”

三十八

美国约有 40% 的新太阳能电池板和全球约有 5% 的新太阳能电池板含有镉,³⁹但这种镉是以碲化镉的形式存在的,碲化镉不挥发、不溶于水,毒性是游离镉的1/100.⁴⁰大多数太阳能电池板和许多电子产品一样,都含有少量的铅。⁴¹但是,马萨诸塞州能源资源部(DER)评估认为“由于光伏电池板材料是密封的,不会与水混合或蒸发到空气中,因此在正常使用过程中,化学物质向环境中释放的风险很小,如果有的话。”⁴²马萨诸塞州能源资源部进一步评估认为,即使在极少数情况下发生电池板破裂,太阳能电池板中使用的化学物质的释放也“不必担心”。⁴³

太阳能电池板中的所有材料“在环境条件下都是不溶解和不挥发的”,并且“不会与水混合或蒸发到空气中”。⁴⁴此外,它们被包裹在钢化玻璃中,这种玻璃不仅可以承受高温,而且足够坚固,可以通过冰雹测试,并且经常安装在北极和南极条件下。⁴⁵理论上有可能,当暴露在超过典型住宅火灾的极高热量下时,电池板“可能会将 PV 电池板组件中的蒸汽和颗粒物排放到空气中。”但这种风险受到以下事实的限制:“构成太阳能电池板的硅和其他化学物质可能会与覆盖 PV 电池的玻璃结合并保留在那里。”⁴⁶当碲化镉电池板暴露在足以熔化电池板上玻璃的强度的火焰中时,“超过 99.9% 的镉[被封装在]

熔融玻璃。”⁴⁷此外,2013 年的一项分析发现,即使在地震、火灾和洪水等最坏的情况下,“空气和海水中的 [镉] 浓度也不太可能超过环境监管值。”⁴⁸

³⁹ Emily Chantiri, 这 阴暗面 可再生技术:化石燃料 是 用过的 生产太阳能电池板 , 澳大利亚计算机学会
(2023 年 2 月 2 日),<https://ia.acs.org.au/article/2023/the-dark-side-of-renewable-technology.html>,

⁴⁰ 多晶薄膜研究:碲化镉 , 国家可再生能源实验室, 2022 年 5 月,US-MAC,<https://www.nrel.gov/docs/fy21osti/76975.pdf>; 将碲化镉技术推向
cdte.org/ (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。

⁴¹ 健康和 安全影响 太阳能光伏 7岁时, NC清洁能源技术中心, 2017 年 5 月,<https://content.ces.ncsu.edu/health-and-safety-impacts-of-solar-photovoltaics>。

⁴² Mark Hutchins, 周末读物:太阳能无铅未来 A 光伏, PV MAGAZINE, 2019 年 10 月 26 日,<https://www.pv-magazine.com/2019/10/26/the-weekend-read-a-lead-free-future-for-solar-pv/>。

⁴³ 马萨诸塞州能源资源部等, 同上 注释 33, 第 5 页。

⁴⁴ ID。

⁴⁵ ID。

⁴⁶ ID。

⁴⁷ ID。

⁴⁸ NC CLEAN ENERGY TECHNOLOGY CENTER, 48 Yasunari 环境风险 估体系 碲化镉 光伏被视为灾难性事件

Matsuno, SOLAR, 2013 年 12 月 1 日,https://www.firstsolar.com/-/media/First-Solar/Sustainability-Documents/Sustainability-Peer-Reviews/Japan_Peer-Review_Matsuno_CdTe-PV-Tsunami.ashx。

一项同行评审研究发现，铅或镉不太可能从功能正常的太阳能电池板中渗入土壤。⁴⁹通过测量不同距离土壤中的重金属浓度，研究人员发现，与 45 英尺或 100 英尺外的土壤相比，太阳能电池板正下方的铅或镉浓度没有显著差异。⁵⁰该研究进一步发现，“光伏系统附近土壤中的铅和镉含量并未升高，远低于被认为对环境健康构成迫在眉睫或未来危险的水平。”⁵¹

尽管研究确实发现太阳能电池板正下方的土壤中硒含量较高，但研究指出，硒的存在可能是“建筑中使用的水泥的结果”，而不是从太阳能电池板本身浸出的结果。⁵²此外，研究指出，即使观察到的最高硒浓度也低于美国环保署对哺乳动物的风险阈值。⁵³最后，研究指出，粉煤灰是煤炭燃烧的产物，“通常被填埋并作为农业土壤改良剂处理”，其中的铅（40 倍）、镉（1.1 倍）浓度明显较高

和硒（4 倍），比研究区域内太阳能电池板正下方采集的土壤样本含量还要高。⁵⁴

错误说法3：太阳能电池板产生太多废物，将导致垃圾填埋场不堪重负。

“太阳能电池板构成^A 垃圾填埋场过度填充的巨大风险。”

55

太阳能电池板在未来几十年产生的废物量与化石燃料产生的废物量相比微不足道。2023 年 10 月发表在《自然物理学》上的一项研究发现，“35 年（2016-2050 年）累积的光伏组件废物量与化石燃料能源和其他常见废物流产生的废物量相比微不足道。”具体来说，该研究发现，“如果我们不脱碳并过渡到可再生能源，化石燃料能源产生的煤灰和油泥废物量将分别是光伏组件废物的 300-800 倍和 2-5 倍。”⁵⁶

⁴⁹ Seth A. Robinson 等人， 晶体硅光伏系统中重金属和准金属浸出的可能性
《RES. AND DEV.》 19, 21 (2019), <https://doi.org/10.5027/jnrd.v9i0.02>。

， ”9 J.NAT。

⁵⁰ ID。第21至22页。

⁵¹ ID。;美国环境保护署,研究/生态土壤筛选水平（最后更新于 2023 年 5 月 3 日）。
土壤 筛选等级 (2018 年) ,<https://www.epa.gov/chemical->

⁵² Robinson 等,注 49,第 21-2 回复。

⁵³ ID。

⁵⁴ ID。

⁵⁵反对太阳能， 同上 注7.

⁵⁶ Heather Mirletz 等人,物理 对光伏组件毒性和废弃物的毫无根据的担忧正在减缓脱碳进程
学， 2023 年 10 月 ,<https://www.nature.com/articles/s41567-023-02230-0>。

， 自然

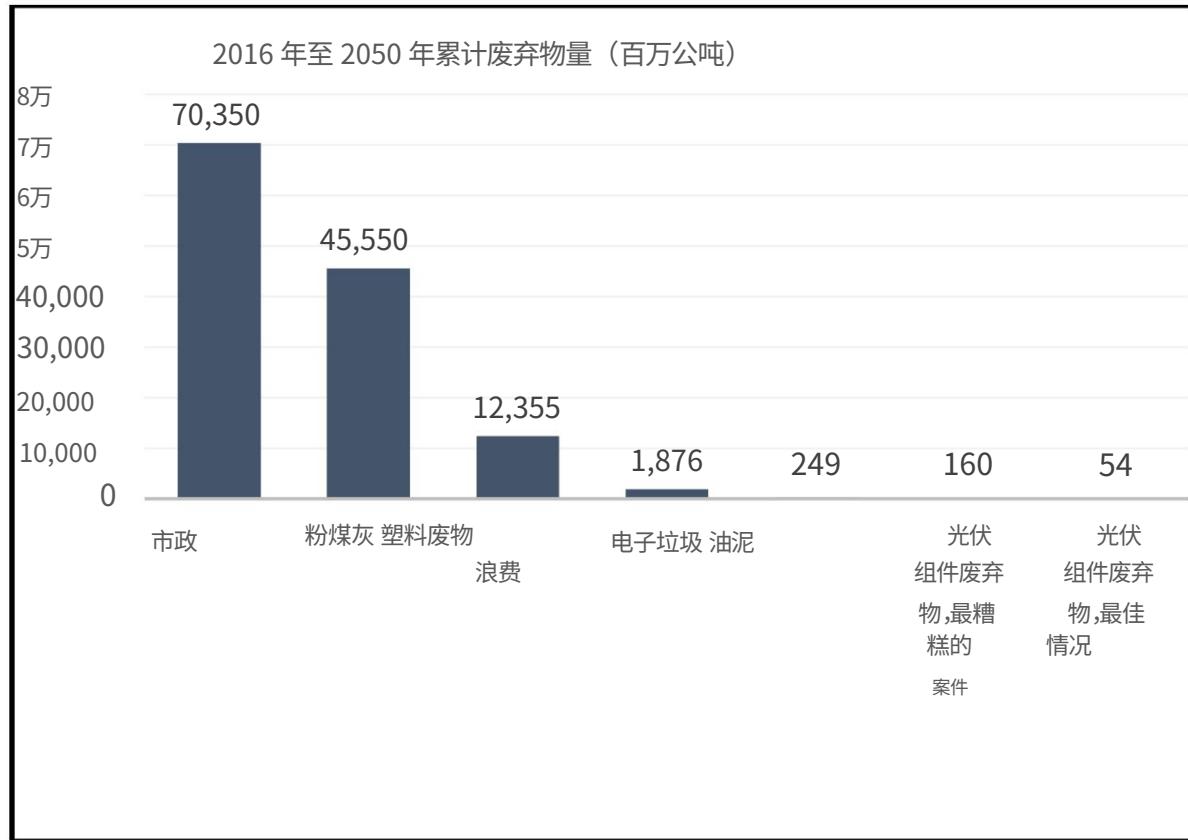


图 1:2016 年至 2050 年光伏组件废弃物与其他来源废弃物的比较。

来源:萨宾气候变化法律中心 (可视化数据来自 Heather Mirletz 等人)。

57

此外,尽管美国只有大约 10% 到 15% 的太阳能电池板得到回收利用,⁵⁸ 但美国能源部已根据《基础设施投资与就业法案》拨款,用于进一步研究和开发太阳能技术的回收利用。⁵⁹ 2024 年的一项关于太阳能光伏回收利用的研究得出结论:“光伏回收利用将减少浪费和二氧化碳排放,同时有助于建设可持续的环境”,并且“随着光伏行业的发展以及越来越多的组织和政府致力于实现可持续的未来,预计高效光伏回收利用策略的研究将会加速。”⁶⁰

⁵⁷ ID.

⁵⁸ Allyson Chu, 科学家们找到了解决方案,回收太阳能电池板
<https://www.washingtonpost.com/climate-solutions/2023/07/05/solar-panel-recycling-microwave-technology/#.>

⁵⁹ 太阳能回收研究与发展,能源效率和可再生能源办公室,能源部,
<https://www.energy.gov/eere/solar-recycling-research-development> (最后访问时间为 2024 年 3 月 26 日)。
⁶⁰ Zita Ngagoum Ndalloka 等人,270 太阳能光伏回收策略 379 (2024 年 3 月), 第 9-10 页, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X24000732>。

目前,一些公司已能够在回收过程中回收 90% 的太阳能电池板质量。⁶¹法国的一家商业回收工厂可以回收 95% 以上的太阳能模块。⁶²玻璃、钢和铝等大宗材料可通过现有的回收线回收,⁶³而某些半导体材料(碲和镉)的回收率也非常高,可达 95% 至 97%。⁶⁴人们积极寻找太阳能电池板中的宝贵材料,包括银、铜和晶体硅,以开发其他产品,包括下一代太阳能电池板。⁶⁵此外,新兴公司也纷纷推出创新技术来回收太阳能电池板。⁶⁶

错误说法4:砍伐树木安装太阳能电池板会抵消任何气候变化效益。

“砍伐数千棵树来建造大型太阳能发电厂并不‘环保’。树木可以吸收大气中的碳并减缓全球变暖。砍伐森林会导致
到 气候变化。”⁶⁷

森林具有巨大的生态效益、休闲效益和内在价值。然而,从碳核算这个狭义但重要的问题来看,砍伐树木建造太阳能发电场通常不会抵消太阳能发电带来的任何减排。事实上,在美国,一英亩的太阳能电池板通常可以抵消的二氧化碳排放量远远超过一英亩种植树木可以吸收的二氧化碳排放量。

在美国,天然气发电厂生产的电力的排放强度约为每兆瓦时(MWh)1,071 磅二氧化碳。⁶⁸与此同时,太阳能光伏发电的排放强度约为每兆瓦时 95 磅,与天然气相比每兆瓦时相差 976 磅。

⁶⁹ 根据 2022 年 杂志 的 光伏
研究表明,公用事业规模的太阳能发电每英亩每年可产生 394 至 447 兆瓦时的电能。⁷⁰因此,当用一英亩的太阳能电池板取代天然气发电时,产生的零排放电力每年可节省 385,000 至 436,000 磅,或 175 至 198 公吨的二氧化碳。

⁶¹ MM Aman 等人, 回顾 的 安全、卫生和 太阳能系统的环境(SHE)问题 , 41 可再生和可持续 ENERGY REVIEWS 1190 (2015), <https://doi.org/10.1016/j.ener.2014.08.086>。

⁶² Rong Deng et al., 硅光伏组件回收工艺的最新进展 , 187 资源、保护和回收利用 106612 (2022) , 第 10 页, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344922004463>。

⁶³ Garvin A. Heath, 研究 和 发展重点 硅光伏组件回收利用 支持 A 循环经济 , 5 《自然能源》 502, 503 (2020), <https://doi.org/10.1038/s41560-020-0645-2>; 美国能源部能源效率和能源政策办公室 可再生能源、太阳能技术办公室、光伏电池寿命终止行动计划 11 (2022 年) , <https://www.energy.gov/sites/default/files/2023-10/SETO-PV-End-of-Life-Action-Plan-1.pdf>。

⁶⁴ 马里兰州 Shahriar Chowdhury 等人, 100431、 概述 太阳能光伏板报废材料回收 , 27 能源战略评论 100437 (2020), <https://doi.org/10.1016/j.est.2019.100431>。

⁶⁵ Jon Hurdle, 作为 数以百万计 太阳能板 年龄 出去, 回收者的希望 入 现金 进 , 耶鲁环境 360 (2023 年 2 月 28 日) , <https://e360.yale.edu/features/solar-energy-panels-recycling>。

⁶⁶ ID。
⁶⁷ 您需要了解的有关太阳能发电生命周期温室气体排放的, 负责任太阳能公民, <https://perma.cc/VE5H-U33V> (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。
⁶⁸ 国家可再生能源实验室, (2021 年 9 月) (表 1) , <https://www.nrel.gov/docs/fy21osti/80580.pdf>。NREL 使用每千瓦时二氧化碳当量的克数来计算排放强度。

⁶⁹ ID。
⁷⁰ Mark Bolinger 和 Greta Bolinger, IEEE J. 土地需求 公用事业规模 光伏: 一个 实证更新 VOLTAICS 589, 593 (2022) , <https://www.doi.org/10.1109/JPHOTOV.2021.3136805> , 12

相比之下,根据美国环保署的数据,美国每英亩平均森林每年可吸收 0.857 公吨二氧化碳。⁷¹因此,美国每英亩平均太阳能电池板每年减少的二氧化碳量大约是每英亩森林的 204 至 231 倍。

此外,砍伐树木虽然会释放森林中储存的碳,但这些排放可以通过太阳能发电和由此减少的化石燃料排放来抵消。美国环保署估计,平均每英亩森林含有 83 公吨碳,其中约一半被封存在土壤中。⁷²即使假设在一英亩森林土地上建造太阳能发电场时释放了所有 83 公吨碳(包括 304 公吨二氧化碳)⁷³,这些排放也可以在典型太阳能发电场运营两年内抵消。⁷⁴最后,为了说明对森林的威胁,美国只有约 4% 的太阳能项目位于目前的森林土地上。⁷⁵

错误说法5:太阳能对气候的危害比燃烧化石燃料更大。

“太阳能发电场很可能会使气候变化更加严重。”

76

大量证据表明,太阳能的生命周期排放量⁷⁷远低于所有化石燃料,包括天然气。⁷⁸平均而言,太阳能电池板安装后仅需三年时间即可抵消其生产和运输过程中的排放。⁷⁹现代太阳能电池板的使用寿命为 30-35 年,有足够的时间实现碳中和并产生新的无排放能源。⁸⁰

美国国家可再生能源实验室(NREL)于 2021 年发布的一份报告研究了“大约 3,000 份已发表的生命周期评估研究,这些研究涉及风能、太阳能光伏、聚光太阳能、生物能、地热能、海洋能、水电、核能、天然气和煤炭技术以及锂离子

⁷¹ 温室 气体 等价计算器 – 修订历史 , 美国环境保护局, <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator-revision-history> (最后访问时间为 2024 年 3 月 26 日)。

⁷² 温室 气体 等价计算器 – 计算和 参考 , 美国环境保护局, <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gases-equivalencies-calculator-calculations-and-references> (最后访问时间为 2024 年 3 月 26 日)。

⁷³ 美国环保署的温室气体当量计算器解释说,要将碳密度转换为二氧化碳密度,应将公吨碳乘以二氧化碳分子量与碳分子量之比 (44/12)。

ID。

⁷⁴ 这一计算基于这样一个事实:一英亩的太阳能电池板取代天然气发电每年可节省 175 至 198 公吨二氧化碳,如本条目前所述。

⁷⁵ L. Kruitwagen 等人, (补充 A 全球库存 光伏太阳能发电机组 , 598 自然 604 (2021 年 10 月)

图 10 的补充数据) ,<https://doi.org/10.1038/s41586-021-03957-7> 补充图 10 的补充数据显示,截至 2018 年 12 月,美国所有土地类型的太阳能容量为 54.14 吉瓦,而标记为“树木覆盖”的土地的太阳能容量为 2.15 吉瓦。

ID。这约占总容量的 4%。

⁷⁶ 反对太阳能, 同上 注 7.

⁷⁷ 能源技术的生命周期排放包括与能源设施运营相关的排放,例如化石燃料的燃烧。生命周期排放还包括与资源开采、制造和设施建设相关的上游排放,以及与设施退役相关的下游排放。国家可再生能源实验室,

如上所 注 68, 第 1 页。

⁷⁸ 看 述。 那个 3; Steffen Schlömer 等人, 2014 年: 附件 三: 技术特定成本和 性能参数 , 气候 CHANGE 2014: 缓解气候变化 1329, 1335 (2014), https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_annex-iii.pdf; COOL EFFECT (2021 碳足迹由太阳能电池板制造的碳足迹请参见 cool effect 太阳能电池的报废管理 carbon-footprint)。

⁷⁹ 是什 酷炫效果, 注 78。

⁸⁰ , 美国能源部太阳能技术办公室, <https://www.energy.gov/eere/solar/end-life-management-solar-photovoltaics> (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。

电池、抽水蓄能水电和储氢技术。”⁸¹报告发现，人们普遍认为，所有太阳能发电方式的总生命周期排放量都大大低于所有化石燃料。⁸²报告特别发现，太阳能光伏(PV)和聚光太阳能(CSP)电池板的总生命周期排放量分别为43和28克二氧化碳当量/千瓦时(每千瓦时二氧化碳当量)。⁸³相比之下，煤炭的生命周期排放量为1,001克二氧化碳当量/千瓦时，天然气的生命周期排放量为486克二氧化碳当量/千瓦时。

当量/千瓦时.⁸⁴

Table 1. Median Published Life Cycle Emissions Factors for Electricity Generation Technologies, by Life Cycle Phase

	Generation Technology	One-Time Upstream	Ongoing Combustion	Ongoing Non Combustion	One-Time Downstream	Total Life Cycle	Sources
Renewable	Biomass	NR	—	NR	NR	52	EPRI 2013 Renewable Electricity Futures Study 2012
	Photovoltaic ^a	~28	—	~10	~5	43	Kim et al. 2012 Hsu et al. 2012 NREL 2012
	Concentrating Solar Power ^b	20	—	10	0.53	28	Burkhardt et al. 2012
	Geothermal	15	—	6.9	0.12	37	Eberle et al. 2017
	Hydropower	6.2	—	1.9	0.004	21	DOE 2016
	Ocean	NR	—	NR	NR	8	IPCC 2011
	Wind ^c	12	—	0.74	0.34	13	DOE 2015
Storage	Pumped-storage hydropower	3.0	—	1.8	0.07	7.4	DOE 2016
	Lithium-ion battery	32	—	NR	3.4	33	Nicholson et al. 2021
	Hydrogen fuel cell	27	—	2.5	1.9	38	Khan et al. 2005
Nonrenewable	Nuclear ^d	2.0	—	12	0.7	13	Warner and Heath 2012
	Natural gas	0.8	389	71	0.02	486	O'Donoughue et al. 2013
	Oil	NR	NR	NR	NR	840	IPCC 2011
	Coal	<5	1010	10	<5	1001	Whitaker et al. 2012

图 2:来源：不同能源的总生命周期排放量。

NREL。

85

公平地说，也有一些异常研究。例如，一项研究考察了一种最坏情况，即以煤炭为动力制造的低效太阳能光伏电池可能比最清洁、最环保的电池在生命周期内产生更大的排放。

⁸¹ 参见同国家可再生能源实验室,第 1-3 页。

⁸² 上。

同上 注68,第1页。

⁸³ 参见同施洛默， 同上 注78,第1335页。

⁸⁴ 上。

⁸⁵国家可再生能源实验室，

同上 注68,第3页。

最高效的化石燃料工厂。⁸⁶然而,国家可再生能源实验室 (NREL) 更广泛的调查并没有支持太阳能对气候的危害比化石燃料更严重的结论。

除了温室气体排放量较少外,太阳能在减少直接热排放方面也优于化石燃料。斯坦福大学 2019 年的一份出版物指出,对于太阳能光伏和 CSP 来说,净热排放量实际上是负的,因为这些技术“通过将阳光转化为电能来减少到达地面的阳光”,最终冷却“光伏板下方的地面或建筑物”。⁸⁷研究发现,屋顶和公用事业规模的太阳能光伏的热排放量相当于负 2.2 克二氧化碳当量/千瓦时电力,而天然气、核能、煤炭和生物质的热排放量为正。

技术 人为热排放	
太阳能	光伏
屋顶	-2.2
太阳能	光伏
公用事业	-2.2
风-	-2.2
陆上	-1.7 至 -0.7
海上风	-1.7 至 -0.7
电	
地热	0
水力发电	0
第0波	
潮汐	
核	0
生物质	1.6 3.4
天然气-CCS/U 煤炭-CCS/	0.61
U 1.5	

图 3: 不同能源的热排放对 100 年 CO₂e 排放的影响,以

g-CO₂e/kWh-电力。来源: MZ Jacobson

86 Jaime Fernández Torres 和 Fontina Petrakopoulou, 于仔细看看
 《挑战》, 2022 年 6 月 22 日,<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/gch2.202200016>。

87 Mark Z. Jacobson, 评估核能作为建议的解决方案全球暖化,
<https://web.stanford.edu/group/efmh/jacobson/Articles//NuclearVsWWS.pdf>.

88 ID. 经许可复制和改编。

太阳能和 风能 , 全球的
 空气污染,以及 能源安全, 十二月

纵观美国以外的学术研究,西安大略大学 2022 年的一项研究追踪了人为热量排放对全球变暖的影响,该研究指出,太阳能技术释放的热量“微不足道”。⁸⁹同样,印度 Hirwal 教育信托基金计算机科学与信息技术学院 2022 年的一项分析也将太阳能电池板热量排放对全球的影响描述为“相对较小”。⁹⁰

错误说法#6:太阳能开发本质上对生物多样性有害。

“建造 的 一个 工业规模太阳能发电厂 。 . . 创建[es] 一个 生态
荒地。” 91

太阳能开发对生物多样性的影响取决于现场的具体条件,例如当地的生态系统、现有的土地使用、开发密度以及现场采用的管理实践。在应用最佳实践进行项目设计时,包括纳入传粉者栖息地和尽量减少土壤扰动,在先前开发的土地(包括农田)上建设大型太阳能发电场可以维持甚至增加当地的生物多样性。⁹²在开发过程中

在未开发土地上建设太阳能项目可能会导致栖息地丧失和退化,并对当地生物多样性产生负面影响,可以通过避免推土机和在设施占地面积内创建野生动物走廊和栖息地斑块来减轻这些影响,使土壤和植被不会受到干扰。⁹³

太阳能发电场内的微气候可以增强植物的多样性,进而可以增强该场地无脊椎动物和鸟类种群的多样性。⁹⁴此外,太阳能电池板下的阴凉处可以为包括濒危物种在内的多种物种提供重要的栖息地。⁹⁵阴凉处同样可以防止土壤水分流失,促进植物生长和多样性,特别是在受极端气候影响的地区。⁹⁶

在太阳能发电厂建设前后采取主动措施可以进一步提高生物多样性。在安装之前,开发商可以通过检查本地物种的进食、交配和迁徙模式,并确保

⁸⁹ 迪米特雷·卡拉马涅夫, EGUSP 教师 2022, <https://egusphere.copernicus.org/p/金融暖化/2022/egusphere-2022-5/egusphere-2022-5.pdf>。

⁹⁰ Sudesh Nagu Kadam 等人, 太阳能电池板散热和 它是对环境造成的影响 , 2 国际高级研究科学与技术杂志 3 (2022 年 12 月) , 113, 116, <https://ijarsct.co.in/Paper13924.pdf>。

⁹¹ 公民负责任太阳能,注 9。 同上

⁹² Parikhit Sinha 等人, 最佳实践 负责任的土地 用于 提高生物多样性 公用事业规模的太阳能设施 , 2 案例研究 IN THE ENV T, 1, 1-2 (2018), <https://doi.org/10.1525/cse.2018.001123>。

⁹³ ID_o; Steven M. Grodsky 等人, 太阳能开发影响了访花甲虫和苍蝇 《生物保护》 109336 (2021), <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320721003888?via%3Dihub>; Anna Siuronen 等人, 60 ENVT L 影响 太阳能发电厂 微气候条件和 生物群落 莫哈维沙漠 , 263 智利沙漠环境 ,

MANAGEMENT 630 (2017), <https://link.springer.com/article/10.1007/s00267-017-0906-4>; 霍尔·索耶等人, 权衡

公用事业规模的太阳能开发和有蹄类动物 在 西部牧场 , 20 生态学与环境前沿 345 (2022) <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/fee.2498>。

⁹⁴ Parikhit Sinha 等人, 注 92 第 1-2 页。

⁹⁵ HANNAH MONTAG 等人, 《太阳能发电场对当地生物多样性的影响》, 第 34 页 (2016 年 4 月), https://helapco.gr/wp-content/uploads/Solar_Farms_Biodiversity_Study.pdf; Maggie Graham 等人, 太阳能电池板的部分遮光可延迟开花, 增加旱地和农业光伏生态系统晚季的花卉丰富度对于传粉者来说 , 11 SCI. REP. 7452, 7458, 7463 (2021), <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86756-4>。

⁹⁶ 格雷格·巴伦-巴福德等人, 农业光伏为干旱地区的食物-能源-水资源关系带来互利 可持续性 848, 851 (2019), <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0364-5> , 2 自然

太阳能项目不应选址在敏感地点或是在敏感时间建设。⁹⁷例如,开发商可以将建设时间安排在当地爬行动物和两栖动物的冬眠期,同时避开繁殖期。⁹⁸

此外,安装太阳能项目后,开发商可以投资栖息地恢复,例如重新种植为昆虫提供花蜜的本土开花物种,这也有利于哺乳动物和地面筑巢鸟类。⁹⁹最近一项关于新建昆虫栖息地对农业景观太阳能农场影响的研究发现,花卉丰富度、开花植物物种丰富度、昆虫群多样性、本土蜜蜂丰富度和昆虫总丰富度都有所增加。¹⁰⁰

传粉媒介在美国农业中发挥着至关重要的作用,超过三分之一的农作物生产依赖于传粉媒介。¹⁰¹仅蜜蜂种群每年就为美国农业生产贡献了约 200 亿美元,为全球农业生产贡献了高达 2170 亿美元。¹⁰²认识到这些重要贡献,美国能源部的太阳能技术办公室目前正在资助或跟踪多项研究,旨在最大限度地发挥太阳能农场对传粉媒介友好型植物的积极影响。¹⁰³

错误说法7:太阳能项目将减少农业产量,损害农民和农村社区的利益。

“问问你自己,如果几千英亩的农业用地被改造成工业太阳能设施,谁来种植你的食物?

“比尔盖茨?马克扎克伯格?”¹⁰⁴

与目前用于农业的土地相比,雄心勃勃的太阳能部署将占用美国土地的一小部分。美国能源部估计,如果到 2050 年累计太阳能部署达到 1,050-1,570 吉瓦,那么美国太阳能开发总面积将占地约 1030 万英亩,这是美国能源部在 2021 年评估的最高土地使用情景¹⁰⁵如果所有 1030 万英亩的太阳能农场都位于

太阳能期货研究

⁹⁷生物多样性咨询机构, <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2021-004-En.pdf>。

⁹⁸ ID。51岁。

⁹⁹ ID。第54,82页。

¹⁰⁰ Leroy J. Walston 等人,¹⁹ 如果建造它,它们会来吗?昆虫群落对你栖息地建立的反应
在 美国明尼苏达州 , ENVT L RESEARCH LETTERS 14053 (2024),第 1 页, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ad0f72>。

¹⁰¹ 传粉者栖息地种植:CP42 , 美国农业部, https://www.fsa.usda.gov/Internet/FSA_File/pollinator_fact_sht.pdf (最后访问日期:2024 年 3 月 25 日)。

¹⁰² ID。

¹⁰³ 太阳能发电:太阳能电池阵列下的传粉昆虫栖息地 , 美国能源部 (2022 年 6 月 21 日) , <https://www.energy.gov/eere/solar/articles/buzzing-around-solar-pollinator-habitat-under-solar-arrays>。

¹⁰⁴俄亥俄州洛根县没有太阳能,注 10。 同上
¹⁰⁵美国能源部太阳能技术办公室, ENERGY, 第 vi,179 页 (2021 太阳能期货研究 , 美国能源部能源效率和可再生能源办公室年 9 月) , <https://www.energy.gov/sites/default/files/2021-09/Solar%20Futures%20Study.pdf>。

农田,它们仅占 2021 年美国 895,300,000 英亩农田的 1.15%。¹⁰⁶然而,其中许多项目不会位于农田上。¹⁰⁷

此外,太阳能电池阵列的设计可以允许甚至增强现场的持续农业生产。这种做法被称为农业光伏,为农民和农村社区带来了许多好处,尤其是在炎热或干燥的气候条件下。¹⁰⁸农业光伏让农民可以在太阳能电池板下方或之间种植农作物,甚至可以放牧绵羊等牲畜。¹⁰⁹当安装在农作物和植被上方时,太阳能电池板可以在白天提供有益的遮荫。¹¹⁰

多项研究表明,这些条件可以提高农场的生产力和效率。¹¹¹例如,一项研究发现“生菜在光伏发电下可以保持相对较高的产量”,因为它们能够调整“叶面积以适应光照”。¹¹²太阳能电池板的额外遮光也能减少蒸发,从而根据遮光程度减少农作物用水量约 14-29%。¹¹³太阳能装置减少蒸发同样可以减轻水土侵蚀。¹¹⁴太阳能农场还可以为濒危传粉昆虫物种创造避难栖息地,进一步提高作物产量,同时支持本地野生物种。¹¹⁵总体而言,农业光伏可以使普通农场的经济价值提高 30% 以上,同时使年收入增加约 8%。¹¹⁶其他国家的农民已开始实施农业光伏系统。¹¹⁷

截至 2019 年 3 月,日本已拥有 1,992 个农光伏农场,种植了 120 多种不同的作物,同时产生 500,000 至 600,000 兆瓦时的电能。¹¹⁸

此外,太阳能开发将危及粮食供应的说法也与事实不符,因为目前数千万英亩的农田正被用于种植用于其他目的的作物,比如生产玉米乙醇。

目前,美国大约有 9000 万英亩的农业用地用于种植玉米,其中近 45% 的玉米用于生产乙醇。¹¹⁹太阳能可以更有效地利用同一块土地。

¹⁰⁶ 美国农业部,4 (2022 年 2 月),<https://www.nass.usda.gov/Publications/Farms/2021/Yearbook/reports/fnlo0222.pdf>。

¹⁰⁷ Eric Larson 等人,《净零排放的美国:潜在途径、基础设施和 2021 年 29 日》,<https://netzeroamerica.princeton.edu/the-report> 影响:最终报告,普林斯顿大学,247 (10 月)

¹⁰⁸ 国家可再生能源实验室,2024 年 3 月 25 日访问)。农业光伏,<https://www.nrel.gov/solar/market-research-analysis/agriviltaics.html> (最后

¹⁰⁹ Michael Nuckles, 将农业用地出租给太阳能开发商时的注意事项,<https://smallfarms.cornell.edu/2020/04/considerations-when-leasing-agricultural-lands-to-solar-developers/>; Eliaz Adeh 等人,9 SCI。太阳的光伏农田上最大的电力潜力,REP. 4 (2019),<https://doi.org/10.1038/s41598-019-47803-3>。

¹¹⁰ Henry J. Williams 等人,《农业光伏的潜力》,增强太阳能发电场的冷却,应用能源 332 (2023),<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.120478>。

¹¹¹ Raúl Aroca-Delgado 等人,743,745 作物与,<https://doi.org/10.3390/su10030743> 太阳能板:一个遮阳系统概述,10 可持续性

¹¹² 海伦·马鲁等。他们的。生产力和辐射利用效率,生长在部分阴影,光伏板,十四,《农学杂志》54,60,63 (2013),<https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.08.003>。

¹¹³ Harashvardhan Dinesh 和 Joshua M. Pearce,302 (2016),<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.024>。农光伏系统的潜力,54 可再生和可持续能源评论 299,

¹¹⁴ ID。

¹¹⁵ 增强生物多样性,太阳能农场,佐治亚大学农业与环境科学学院,2020 年,<https://www.caes.uga.edu/research/impact/impact-statement/9839/empowering-biodiversity-on-solar-farms.html>。

¹¹⁶ Dinesh & Pearce,注 113,第 10 页。

¹¹⁷ 例如,田岛诚和饭田铁成,演化,农光伏农场,日本,2361 AIP 会议记录 030002 (2021),<https://doi.org/10.1063/5.0054674>。

¹¹⁸ 同 2. 这些能源足以供给大约 50,000 个美国家庭供电。美国能源信息署,上解释:家庭能源使用,<https://www.eia.gov/energyexplained/use-of-energy/electricity-use-in-homes.php> (上次访问时间为 3 月 25,2024)。

¹¹⁹ 饲料谷物部门,一瞥,美国农业部 (最后更新于 2023 年 12 月 21 日),<https://www.ers.usda.gov/topics/crops/corn-and-other-feed-grains/feed-grain-industry-overview/>。

据计算,用于驱动内燃机的玉米乙醇所需的土地面积,比用于驱动电动汽车的太阳能光伏能源多 63 至 197 倍,才能达到相同的运输里程数。120如果转化为电能为电动汽车提供动力,乙醇仍将需要比太阳能光伏能源多 32 倍的土地才能达到相同的运输里程数。

运输里程数。¹²¹即使考虑到乙醇生产产生的其他能源副产品,太阳能光伏发电每英亩产生的总能量也比玉米多 14 到 17 倍。¹²²下图对比了太阳能光伏发电与专用生物质和其他能源的土地使用要求。专用生物质发电平均每年每太瓦时消耗 160,000 公顷土地,而地面安装的太阳能光伏发电平均消耗 2,100 公顷土地。¹²³

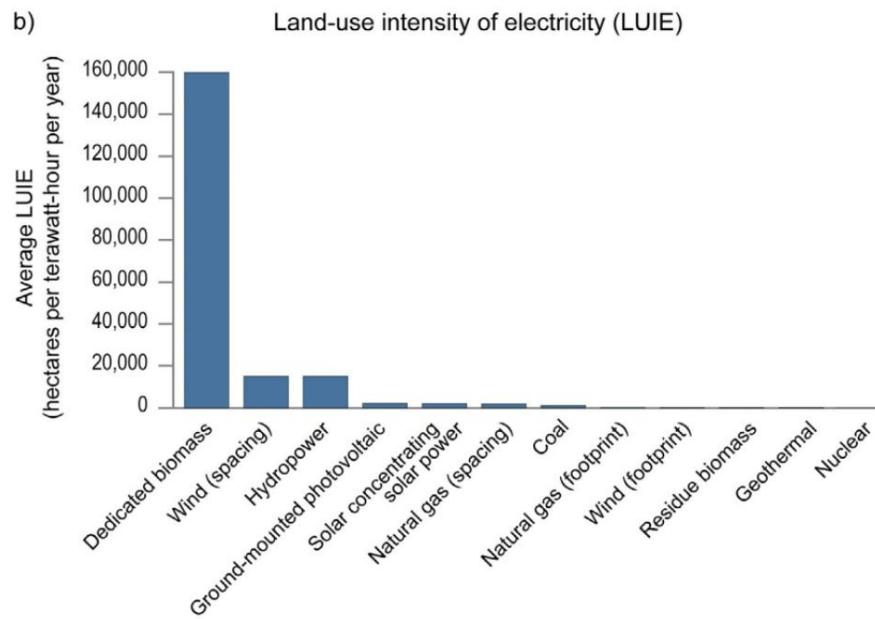


图4： 土地利用平均用电强度（以公顷计算）
每
年份。资料来源：美国全球变化研究计划（数据可视化来自 Jessica
爱人等）。和¹²⁴

最后,虽然太阳能设施与任何基础设施项目一样,不可避免地会产生一些不利影响,但未能建设避免气候变化所需的基础设施对农业生产构成了更为严重的威胁。气候
极端天气事件、天气不稳定等变化已经损害了全国乃至全球的粮食生产,

¹²⁰ PAUL MATHEWSON 和 NICHOLAS BOSCH, 玉米乙醇与太阳能: 土地利用比较, 第 1 页 (Clean Wisconsin 2023) , <https://www.cleanwisconsin.org/wp-content/uploads/2023/01/Corn-Ethanol-Vs.-Solar-Analysis-V3-9-compressed.pdf>。

¹²¹ ID。

¹²² ID。

¹²³ Jessica Lovering 等人, [电力生产的土地利用强度和未来的能源格局](https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0270155#pone-0270155-t001)

, PLOS ONE, 2022 年 7 月, 第 8 页,

¹²⁴ 美国全球变化研究计划, 第五次国家气候评估, 第 32-29 页 (2023 年), https://nca2023.globalchange.gov/downloads/NCA5_Ch32_Mitigation.pdf (可视化数据来自 Jessica Lovering 等人, 第 8 页)。

同上 注 123

和水资源短缺。¹²⁵最新的政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 报告预测,到 2050 年,气候变化将导致多达 8000 万人面临饥饿风险。¹²⁶ 2019 年的 IPCC 报告预测,到 2050 年,由于气候变化,谷物价格将上涨高达 29%。¹²⁷ 这些价格上涨将给全球消费者带来压力,同时也会产生不均衡的区域影响。¹²⁸ 此外,虽然较高的二氧化碳水平最初可能会在较低的温度升高条件下提高某些作物的产量,但这些作物的营养质量可能会降低。¹²⁹ 例如,在 546-586 ppm 二氧化碳浓度下种植的小麦,蛋白质浓度降低 5.9-12.7%,锌浓度降低 3.7-6.5%,铁浓度降低 5.2-7.5%。¹³⁰ 害虫和疾病的分布也会发生变化,损害许多地区的农业生产。¹³¹ 只要因为我们继续燃烧化石燃料。¹³²

错误说法8:太阳能开发将摧毁美国就业机会。

“对可再生能源的要求意味着美国的石油和就业机会将被中国制造的风力涡轮机和太阳能电池板所牺牲。”

到

133

太阳能开发每单位能源创造的就业机会远远多于其他类型的能源生产,包括天然气。¹³⁴ 此外,包括太阳能在内的可再生能源行业创造的就业机会预计将进一步超过因摆脱化石燃料而损失的就业机会。美国第五次国家气候评估预测,到 2050 年,在高度电气化的情况下,将有近 300 万个新的太阳能、风能和输电相关工作岗位,在 100% 可再生能源的情况下,将有 600 万个新工作岗位,而化石燃料相关工作岗位的损失将不到 100 万个。¹³⁵

¹²⁵ Alisher Mirzabaev 等人,《气候变化对粮食安全和营养构成的不利后果》(²⁰²²董树刚译),<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212096322000808> (“不利后果已经发生,在气候变化下,这些后果加剧的可能性很高”);联合国粮食及农业组织,《气候变化与粮食安全:风险与应对》, ox-xii (2015), <https://www.fao.org/3/i5188e/i5188e.pdf>;美国ENV T。

PROT. AGENCY, <https://www.epa.gov/agriculture/agriculture-and-climate> (上次访问时间为 2024 年 3 月 25 日);Laura Reiley 和 Kadir van Lohuizen,《气候变化如何影响美国农民面对接下来的十年》(2023 年 11 月 10 日),<https://www.washingtonpost.com/business/interactive/2023/american-agriculture-farming-climate-change/>。

¹²⁶ IPCC,《气候变化2022:影响、适应和脆弱性》(2022 年),717,https://report.ipcc.ch/ar6/wg2/IPCC_AR6_WGII_FullReport.pdf。

127 Cheikh Mbow 等人,《粮食安全》,在 气候变化和土地: 量 IPCC 特别报告气候变化、荒漠化、土地退化、可持续土地管理、粮食安全以及陆地生态系统温室气体通量,执行摘要,

政府间气候变化专门委员会,<https://www.ipcc.ch/srccl/chapter/chapter-5/>(2019)注 126,第 796 页。

¹²⁸ ID.; 阅 请参 气候变化 2022:影响、适应和脆弱性, 129 气候变化 2022:影响、适应和脆弱性, 130 同上

Mbow 等人,注 127。同上

同上

¹³¹ ID.; 气候变化 2022:影响、适应和脆弱性,

¹³² 气候变化的原因和影响, 联合国, <https://www.un.org/en/climatechange/science/causes-effects-climate-change>

(最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。

¹³³ Diana Fergott-Roth,遗产基金金佛(2023 年 5 月 9 日),<http://heritagenergy.org/energy-economics/commentary/the-hypocrisy-the-left-energy-policy>。

134 国家州能源官员协会等,(最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。

工资、福利和

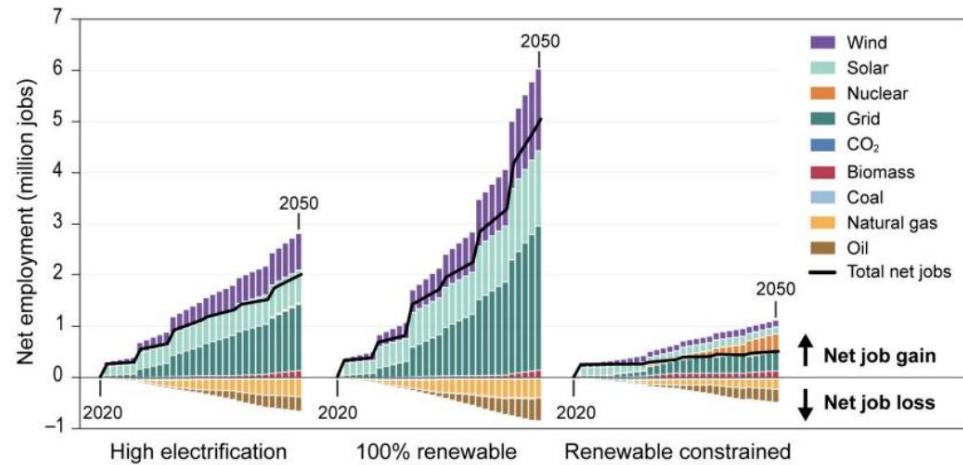
改变

,<https://www.usenergyjobs.org/s/Wage-Report.pdf>

135 美国全球变化研究计划,

同上 注 124,第32-31页。

Energy Employment from 2020 to 2050 for Alternative Net-Zero Pathways



净零温室气体

排放情景。资料来源:美国全球变化研究计划。

136

截至 2022 年,太阳能行业支持了美国约 346,143 个就业岗位,其中包括 175,302 个建筑岗位和 44,875 个制造业岗位,而且数量每年都在增加。¹³⁷此外,这些工作中的大多数都无法外包。

目前,美国太阳能行业约有 65% 的就业岗位从事项目开发,6% 从事运营或维护,其中大部分无法出口。¹³⁸太阳能行业的就业岗位数量也超过了化石燃料发电行业。例如,在肯塔基州,包括太阳能在内的清洁能源行业就业岗位数量是煤炭开采行业的 8 倍。¹³⁹在整个美国,仅太阳能行业的就业岗位数量就大约是煤炭行业的 5.4 倍,而太阳能行业的就业岗位数量大约是煤炭、天然气和石油发电行业总和的 1.78 倍。¹⁴⁰

近期联邦立法进一步加速了太阳能生产和相关行业的国内就业增长,包括《2021 年基础设施投资和就业法案》和《2022 年通胀削减法案》,这两项法案共计提供 600 多亿美元支持清洁能源制造业,主要通过国内供应链。¹⁴¹作为回应,制造商已宣布计划建设价值数十亿美元的太阳能电池板制造设施和相关的电池

¹³⁶ ID.¹³⁷ 2023 年美国能源与就业报告 , 美国能源部 (2023 年 6 月) ,<https://www.energy.gov/sites/default/files/2023-06/2023%20USEER%20REPORT-v2.pdf>。¹³⁸ 2022 年全国太阳能就业普查 , 州际可再生能源委员会, <https://irecusa.org/programs/solar-jobs-census/> (上次访问

2024 年 3 月 25 日)。

¹³⁹ Ryan Van Velzer, 肯塔基州是美国清洁能源行业增长速度第二快的州 , 路易斯维尔公共媒体, 2023 年 9 月 27 日,<https://www.lpm.org/news/2023-09-27/kentucky-has-the-second-fastest-growing-clean-energy-sector-in-the-us>。¹⁴⁰ 美国能源与 2023 年就业报告 , 同上 注释 134, 第 4 页。¹⁴¹ DOE 优化结构以实施 \$62 十亿 两党基础设施法推动的清洁能源投资 , 美国部门能源 (2022 年 2 月 9 日) , <https://www.energy.gov/articles/doe-optimizes-structure-implement-62-billion-clean-energy-investments-bipartisan>。

在美国,太阳能制造工厂将雇佣数千名工人。¹⁴²规模较小的新兴太阳能回收行业也已开始创造就业机会。¹⁴³

错误说法9:依赖太阳能将使美国依赖中国和其他国家。

“他们犯下的最大错误之一 并试图减少对中国的依赖。” ¹⁴⁴ 可再生能源让西方处于困境之中	西向 天然气转型	绿色政策	油和生产国 碳 碳排放的关键是向
--	-------------	------	-----------------------------

尽管美国安装的太阳能电池板大部分仍依赖进口,但国内太阳能制造业正在崛起,尤其是在 2021 年《基础设施投资与就业法案》(IIJA)和 2022 年《通胀削减法案》(IRA)通过之后。¹⁴⁵ 2022 年,美国生产的太阳能电池板比 2021 年多约 10%。¹⁴⁶ 随着制造商利用 IIJA 和 IRA 激励措施在美国开设工厂,这一比例可能会增加。¹⁴⁷ 此外,如前所述,当今美国太阳能生产工作岗位中约 65% 属于项目开发,6% 属于运营或维护,其中大部分无法外包。¹⁴⁸

¹⁴² 例如, Syris Valentine, , GRIST 在 2022 年 1 月 11 日, <https://grist.org/economics/the-ira-has-injected-25-billion-into-clean-energy-it-might-not-be-enough/>; Zack Budryk, The Hill (2023 年 1 月 11 日), <https://thehill.com/policy/energy-environment/3807489-白宫宣称韩国公司对美国太阳能进行最大单笔投资/>;

制造商将在考维塔县投资 25.7 亿美元,创造 700 多个就业岗位, 州长 Brian P. Kemp 州长办公室 (2022 年 11 月 11 日), <https://gov.georgia.gov/press-releases/2022-11-11/gov-kemp-battery-manufacturer-invest-257b-create-over-700-jobs-coweta>;

¹⁴³ Jon Hurdle, 作为《耶鲁环境 360》太阳电池板回收项目的负责人, 回收率的希望 <https://360.yale.edu/features/solar-energy-panels-recycling/>; SOLARCYCLE 融资 3000 万美元 扩大先进回收利用规模 太阳能行业 , SolarCycle 新闻 (2023 年 3 月 15 日), <https://www.solarcycle.us/press-releases/solarcycle-raises-30m-equity-financing-to-scale-solar-energy-panels-recycling/>;

¹⁴⁴ Kenneth Rapoza, 中企在美设厂, 2021 年 3 月 14 日, <https://www.forbes.com/sites/kenrapoza/2021/03/14/how-chinas-solar-industry-is-set-up-to-be-the-new-green-opec/?sh=f3f6e851446d>。

¹⁴⁵ 2020 年美国太阳能光伏组件出货量增长 33% 美国能源信息署 (2021 年 9 月 2 日), <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=49396>; 美国能源部太阳能技术办公室, 能源部能源效率和可再生能源办公室, 太阳能制造 , 我们 <https://www.energy.gov/eere/solar/solar-manufacturing> (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。

¹⁴⁶ David Feldman 等人, 2023 年春季太阳能行业动态 , 国家可再生能源实验室, 68 (2023 年 4 月 27 日), <https://www.nrel.gov/docs/fy23osti/86215.pdf>。

¹⁴⁷ 美国能源部, 美国能源部 (2021) DOE 情况说明书: 这 两党基础设施协议 将要 递送 为了 美国工人、家庭和 迎来 清洁能源的未来 , 年 11 月 9 日, <https://www.energy.gov/articles/doe-fact-sheet-bipartisan-infrastructure-act-will-bring-benefits-workers-families>—基础设施协议将为美国工人家庭和带来福利; 贝拉·艾萨克斯·托马斯, 什么 通货膨胀的降低 采取绿色行动 活力, PBS 新闻一小时 (2022 年 8 月 17 日), <https://www.pbs.org/newshour/science/what-the-inflation-reduction-act-does-for-green-energy>; 美国能源部, 《2022 年通胀削减法案》, <https://www.energy.gov/opa/inflation-reduction-act-2022>; Kavya Balaraman, <https://www.utilitydive.com/news/inflation-reduction-act-solar-manufacturing-seia/630061/>。 降低通货膨胀 倡导者称该法案可能刺激美国制造业复兴 说 , UTILITYDIVE (2022 年 8 月 18 日), <https://www.utilitydive.com/news/inflation-reduction-act-solar-manufacturing-seia/630061/>。

¹⁴⁸ 国际可再生能源委员会, 注 138 同上。

最后,有人担心太阳能将特别增加美国对中国的依赖,值得注意的是,中国不再是太阳能电池板进口的主要来源 至少不是直接进口。¹⁴⁹美国政府 2012 年对中国太阳能电池板征收的关税大大削弱了中国作为美国主要供应商的地位。2022 年,美国约 77% 的太阳能电池板进口来自四个国家:越南 (37%)、泰国 (17%)、马来西亚 (16%) 和柬埔寨 (7%)。¹⁵⁰虽然美国商务部发现这四个国家的公司一直在使用中国材料而没有支付相应的关税,但美国

政府已采取措施打击不合规行为。¹⁵¹特别是,美国政府现在要求,自 2024 年 6 月起,从这些国家向美国出口的太阳能制造商必须证明其遵守所有相关贸易规则,并接受可能的审计。¹⁵²

错误说法10:公用事业规模的太阳能发电场会破坏附近房屋的价值。

“太阳能发电厂会降低房地产价值。随着工业规模太阳能县的发展,房地区的值将下降,县城的吸引力也将下降,而其他地
值将上升。”

153

多项研究的数据表明,公用事业规模的太阳能项目不会对周围房产的价值产生重大影响。¹⁵⁴相反,安装太阳能发电场通常只会对其附近房屋的价值产生很小的影响。

迄今为止最全面的研究调查了六个州 1,500 个大型光伏项目附近的 180 多万笔房屋交易,发现对房产价值的影响相对较小。¹⁵⁵与距离 2-4 英里的房产相比,距离太阳能发电场 0.5 英里以内的房屋价格下降了 1.5%。¹⁵⁶距离太阳能发电场 1 英里以上的房屋价格没有受到统计学上显着的影响。¹⁵⁷同样,2020 年的一项研究调查了马萨诸塞州和罗德岛州 208 个公用事业规模太阳能设施周围的 400,000 笔交易,发现距离项目 1 英里以内的房屋的房产价值下降了 1.7%。¹⁵⁸这些下降集中在

¹⁴⁹大卫·费尔德曼等人, *supra* 注 146, 第 68,80 页; Ian Tiseo, 美国进口太阳能光伏组件分布 2022 年, 按原籍国 STATISTA, 2024 年 1 月 25 日, <https://www.statista.com/statistics/232941/us-imports-of-solar-equipment-by-source-country/>。

¹⁵⁰ David Feldman 等人, ¹⁵¹ 上文是 *注 146, 第 68,80 页。*

Eric McDaniel, (2023 太阳能电池板的进口量最大 新的裁决可能会让成本更高 全国公共广播电台 年 8 月 18 日), [https://www.npr.org/2023/08/18/1194303196/solar-panel-imports-china%20and%20%](https://www.npr.org/2023/08/18/1194303196/solar-panel-imports-china%20and%20%20/)。

¹⁵²美国商务部, 部门 的 部门发布初步裁定 规避调查 太阳能电池 和 生产的模块 华宁 , 2022 年 12 月 2 日, <https://www.commerce.gov/news/press-releases/2022/12/department-commerce-questions-initial-rules-avoidance>。

¹⁵³ 属性值 , 公民责任太阳能组织, <https://www.citizensforresponsible solar.org/property-values> (上次访问时间为 2017 年 3 月 25 日) 2024)。

¹⁵⁴ Richard Kirkland, 《太阳撞击研究 PRAISALS》, (2016 年 2 月 25 日), <https://www.southripleysolar.com/wp-content/uploads/2020/09/Kirkland-Grandy-Solar-Impact-Study.pdf>; 太阳能产业协会 (2019 年 7 月), https://www.nrel.gov/policy/property-value/default/files/2019-09/Solar%20Property%20Value%20FactSheet%202019-PRINT_1.pdf。

¹⁵⁵ Salma Elmallah 等人, 175 能源 脱落 光 在 大规模太阳撞击: 一个分析 房产价值和 靠近 光伏 横跨美国六国 州, 身份 政策 113425 (2023), <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113425>。

¹⁵⁶ 证。在 113425。

¹⁵⁷ ID.

¹⁵⁸ Vasundhara Gaur 等人, 以及 房产价值影响 商业规模太阳能 在 马萨诸塞州和罗德岛州 , 部门环境 NAT. 牛肉。经济。URI,4 (2020) , <https://www.uri.edu/news/wp-content/uploads/news/sites/16/2020/09/PropertyValueImpactsOfSolar.pdf>。

在郊区,空间竞争更加激烈。¹⁵⁹在农村社区,太阳能发电场对房地产价值没有影响。¹⁶⁰其他研究也发现,公用事业规模的太阳能发电场对居住人口密度较高的地区的房地产价值影响更大。¹⁶¹

然而,其他研究发现,太阳能电池板对房屋价值的影响是中性的,甚至是积极的影响。2018 年对印第安纳州和伊利诺伊州太阳能发电场的一项研究发现,邻近房产的价值“没有持续的负面影响”,“这可以归因于邻近太阳能发电场的距离”。¹⁶²相反,研究人员发现,距离太阳能发电场 1,320 英尺以内的房产比不靠近任何太阳能发电场的同类房产平均售价高出 1.92%。¹⁶³另一项 2018 年的研究调查了 2016 年之前安装的 956 个美国太阳能项目,发现其中大多数项目对房产价值的影响是中性的。¹⁶⁴

相比之下,另一项研究发现,如果住所 2 英里范围内有化石燃料发电厂,其价值会降低 4-7%,1 英里范围内的降幅最大,而且降幅较大的是高容量发电厂。¹⁶⁵在该研究中,92% 接受调查的发电厂都使用天然气作为燃料。¹⁶⁶

错误说法#11:太阳能比化石燃料更昂贵,而且完全依赖补贴。

“太阳能发电场完全依赖补贴,补贴没 在 补贴来自你的血汗钱。当
了,太阳能发电场就被废弃了!”¹⁶⁷

目前,无补贴太阳能通常比化石燃料更便宜。根据国际能源署 2020 年的报告,光伏太阳能是“全球大部分地区最便宜的新增电力来源”,并且“对于利用优质资源世界能源展望 的低成本融资项目,太阳能光伏现在是历史上最便宜的电力来源。”

168

在平准化成本(终生成本除以终生能量输出)方面,太阳能与化石燃料相比具有优势。根据 Lazard 的 2023 年 4 月数据,公用事业的平均无补贴平准化成本为平准化成本 能量分析 ,

¹⁵⁹ ID。35岁。

¹⁶⁰ ID。35岁。

¹⁶¹ Leila Al-Hamoodah 等人, 一个探索 实验室 (2018 年 5 月), <https://static1.squarespace.com/static/58d03116725e2542873aa638/t/6058df6f1107f91adc9cc20d/1616437113682/Link+in+No.+13C++对近公用事业规模太阳能安装的财产价值影响的探索.pdf>。

¹⁶² PATRICIA MCGARR 和 ANDREW LINES, 《财产价值影响研究:拟建太阳能发电场,伊利诺伊州麦克莱恩县》,第 17 页,(2018 年 8 月 7 日), <https://www.mcleancountyil.gov/DocumentCenter/View/13192/Patricia-L-McGarrProperty-Value-Impact-Study>。

¹⁶³ ID。

¹⁶⁴ Leila Al-Hamoodah 等人, 同上 注161。

¹⁶⁵ 卢卡斯·戴维 这 效果 发电厂 当地房屋价值和 租金 , 93 REV. ECON. STAT. 1391 (2011), 斯, https://doi.org/10.1162/rest_a_00119。

¹⁶⁶ ID。在 14:00。

¹⁶⁷ 167 反对太阳能, 同上 注7.

¹⁶⁸ 2020 年世界能源展望 , 国际能源署, 202,214 (2020), <https://iea.blob.core.windows.net/assets/a72d8abf-de08-4385-8711-b8a062d6124a/WEO2020.pdf>。

规模太阳能光伏发电的平均无补贴平准化成本为 60 美元/兆瓦时。¹⁶⁹ 相比之下，燃气联合循环的平均无补贴平准化成本为 70 美元/兆瓦时，煤炭的平均无补贴平准化成本为 117 美元/兆瓦时，燃气峰值的平均无补贴平准化成本为 168 美元/兆瓦时。¹⁷⁰ 下图来自 Lazard，显示了不同类型的公用事业规模能源发电的历史平均无补贴平准化成本。

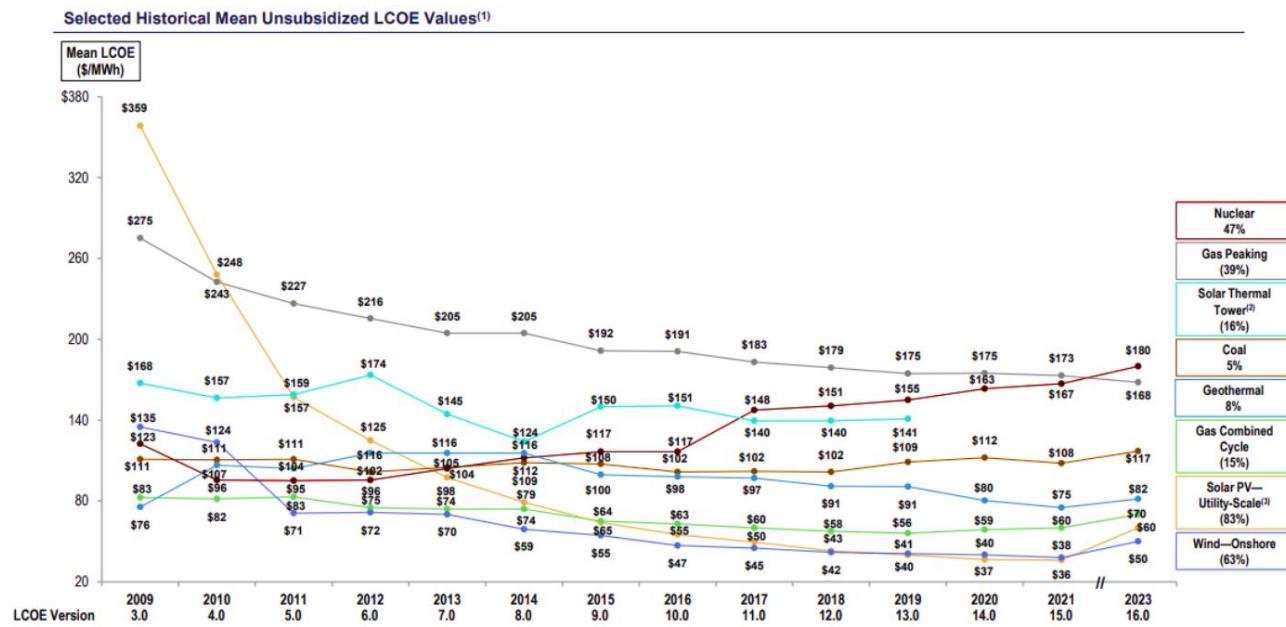


图 6：选定的历史平均无补贴 LCOE 值。该图反映了每年每种技术的高低 LCOE 值。

2009 年以来平均 LCOE 的下降幅度。

图右侧的百分比平均值表示自

来源:Lazard。

171

Lazard 将公用事业规模可再生能源发电成本的历史性大幅下降归因于资本成本下降、技术改进和竞争加剧等因素。¹⁷² 对于太阳能，与陆上风能和电动汽车电池一样，历史成本下降与累计容量和销售额的增加相关。¹⁷³ 作为太阳能发电成本下降的一个例子，下图来自《气候新闻内幕》显示，从 2011 年到 2023 年，太阳能电池组件价格下降了约 90%。¹⁷⁴

¹⁶⁹ 平准化能源成本分析：版本 16.0
2023 年 4 月.pdf。

， LAZARD， 9 (2023 年 4 月) ,<https://www.lazard.com/media/20zoovyg/lazards-lcoeplus-2023.pdf>

¹⁷⁰ ID。

¹⁷¹ ID。经许可转载。

¹⁷² ID。

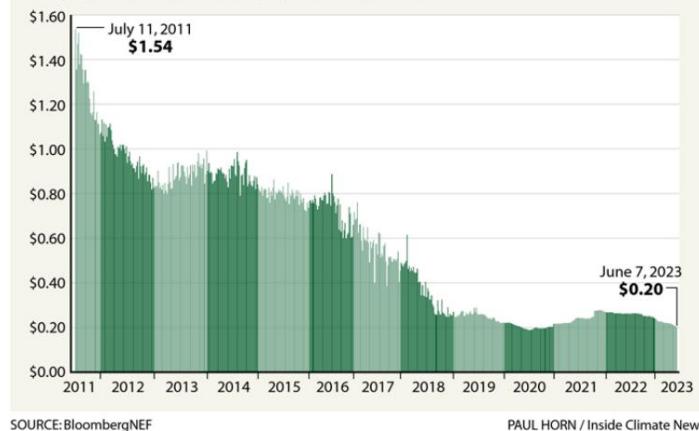
¹⁷³ 看 美国全球变化研究计划， 174 Dan Gearino， *supra* 廉注124,第32-15页。

《气候新闻内幕》 价太阳能电池板对于能源转型至关重要。以下是目前的价格情况
(2023 年 6 月 15 日) , <https://insideclimateneWS.org/news/15062023/inside-clean-energy-solar-panel-prices-drop/>

Solar Panel Prices Are Falling Again

The global average price for a monocrystalline silicon solar panel was on a steady decline for years before levelling off and then rising in 2020. Now, the price is decreasing once again, partly due to a drop in the cost of silicon.

GLOBAL SOLAR MODULE PRICES
Average price per watt, in U.S. dollars, July 11, 2011-June 7, 2023



SOURCE: BloombergNEF

PAUL HORN / Inside Climate News

阳能价格。图 7:2011 年至 2023 年的太

来源:BloombergNEF/Paul Horn/Inside Climate News。

175

除了许多因素降低太阳能的无补贴 LCOE 外,还有大量补贴将在补贴基础上进一步降低成本。特别是,预计到 2030 年,《通货膨胀削减法案》将使太阳能的补贴 LCOE 降低 20%-35%。¹⁷⁵ 下图来自 ICF,显示了 IRA 对太阳能补贴 LCOE 的预期影响。

¹⁷⁵ ID。经许可转载。

176 Ian Bowen 等人,清洁能源经济如何受益于全球最大的气候法

<https://www.icf.com/insights/energy/clean-energy-economic-benefits-us-climate-law>;

美国历史另见上文 ICF (2022 年 9 月 16 日),
拉扎德, 第 169 页,第 3 页。

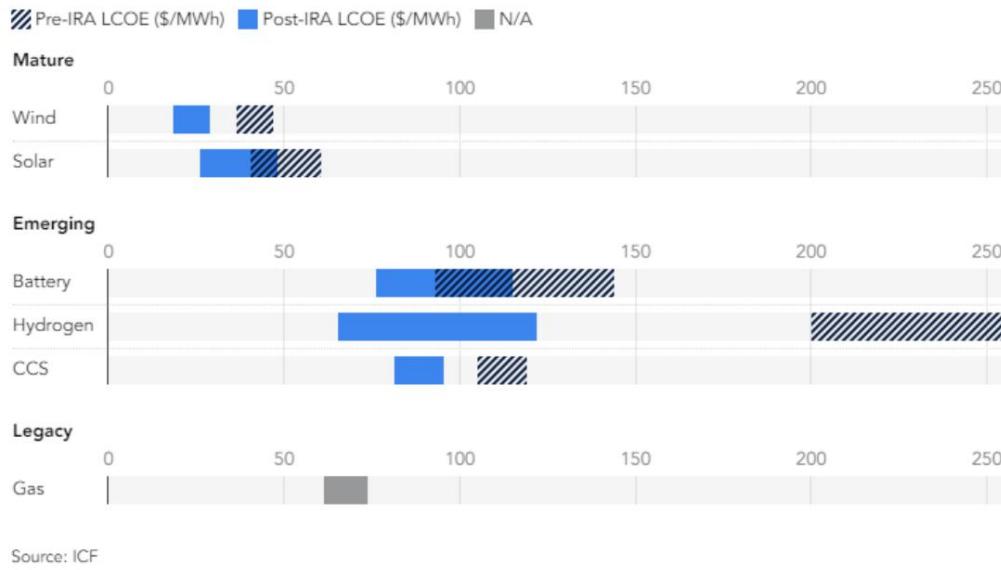


图 8: IRA 对来源 ICF 的影响。
177

预计 2030 年的 LCOE。

化石燃料也获得补贴,尽管补贴金额低于目前可再生能源获得的补贴金额。¹⁷⁸ 2022 财年,联邦政府用于天然气和石油补贴的税收支出为 21 亿美元。¹⁷⁹

依靠平准化成本作为衡量太阳能与天然气和其他类型传统发电厂的指标的一个缺点是,平准化成本没有考虑到需要额外的能源生产来补偿间歇性。但即使考虑到这些所谓的固定成本,独立太阳能的补贴和非补贴平准化成本也低于天然气峰值的平准化成本,并且在美国大部分地区与天然气联合循环具有成本竞争力。¹⁸⁰ 太阳能加储能系统更昂贵。然而,当考虑到固定成本时,太阳能加储能的补贴和非补贴平准化成本通常都在或低于天然气峰值的平准化成本范围内,具体取决于美国境内的位置。¹⁸¹

¹⁷⁷ ID。经许可转载。

¹⁷⁸ 2016-2022 财年联邦能源财政干预和补贴,美国能源信息管理局,第 3 页 (2023 年 8 月), <https://www.eia.gov/analysis/requests/subsidy/pdf/subsidy.pdf>。

¹⁷⁹ ID 第 3-4 页。

¹⁸⁰ 拉扎德 同上 注 169,第 8 页。加利福尼亚州是例外,如果考虑固定成本,该州太阳能的补贴和非补贴平准化能源成本都超过了燃气联合循环。ID。

¹⁸¹ ID。

Levelized Cost of Energy Comparison—Cost of Firming Intermittency

The incremental cost to firm⁽¹⁾ intermittent resources varies regionally, depending on the current effective load carrying capability ("ELCC")⁽²⁾ values and the current cost of adding new firming resources—carbon pricing, not considered below, would have an impact on this analysis

LCOE v16.0 Levelized Firming Cost (\$/MWh)⁽³⁾

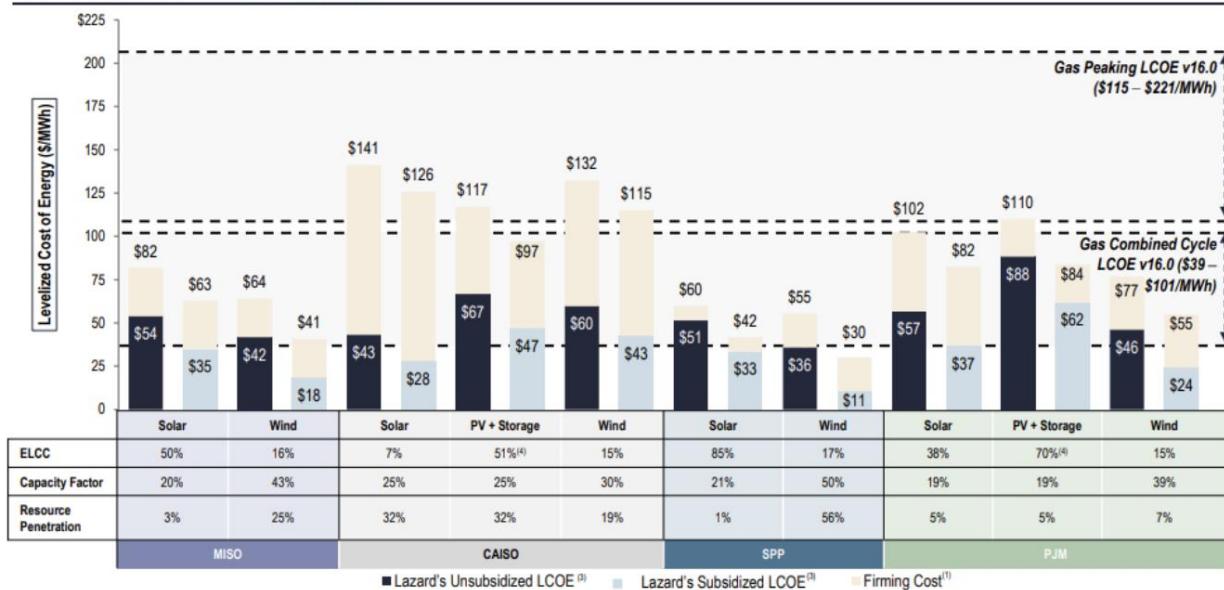


图 9: LCOE 成本对于风能、太阳能以及太阳能加储能,已针对紧缩程度进行了调整

间歇性。资料来源:Lazard。 182

错误说法#12:太阳能电池板在阴天或寒冷的气候下无法工作。

“乌云过后,太阳直线下降”

183

太阳能电池板即使在阴天或寒冷的条件下也能产生电能。¹⁸⁴尽管阴天可能会使发电量减少多达 45%,但在这些条件下仍然可以产生大量电能。¹⁸⁵

此外,在大多数情况下,低温根本不会降低电力输出,实际上,通过增加电压可以提高太阳能电池板的效率。¹⁸⁶晶体硅电池约占美国市场的 84%,而

¹⁸² ID。经许可转载。

¹⁸³ Brian Gitt, 太阳能 肮脏的秘密:太阳能如何伤害人类和行星 ,《原子洞察》(2022 年 2 月 24 日),
<https://atomicinsights.com/solars-dirty-secrets-how-solar-power-hurts-people-and-the-planet/>。[参见 Chris Morris 的评论,2022 年 3 月 17 日凌晨 2:23]。

¹⁸⁴ 阴天时太阳能电池板会发生什么情况 或者 下雨? , 太阳能产业协会,
<https://www.seia.org/initiatives/what-happens-solar-panels-when-its-cloudy-or-raining> (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日);Makbul AM Ramli 等人,经调查尘积累和天气条件导致光伏输出功率降低

ENERGY 836, 843 (2016 年),
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.07.063>。

¹⁸⁵ Ramli 等人,注 184,第 13 页。

¹⁸⁶ Pranjal Sarmah 等人, 综合分析 OMEGA 47897, 47900 (2023),
<https://doi.org/10.1021/acsomega.3c06442>;乔治·马克里德斯等人,

, 8 美国癌症协会

碲化镉电池约占美国市场的 16%,实际上在寒冷天气下性能更佳。¹⁸⁷
只有非晶硅电池 (其在美国市场上所占比例微不足道) 在较冷的温度下性能会下降。¹⁸⁸

错误说法#13:太阳能不可靠,需要 100% 的化石燃料备用。

“太阳能发电厂始终需要 100% 的化石燃料。”¹⁸⁹

189

完全依赖太阳能发电,没有其他发电来源、储能、长距离传输或其他电网灵活性资源,¹⁹⁰将带来间歇性挑战。然而,越来越多的计划中的太阳能项目将包括储能组件,¹⁹¹太阳能、风能和储能相结合可以提供该国大部分电力,而不会影响可靠性。¹⁹²

当某个本地服务区确实面临太阳能发电能力下降的情况时 (例如在阴天),风能和其他可再生能源以及电池存储和从阳光充足地区输送电力的长距离传输可以补充能源供应,确保电网的弹性。¹⁹³因此,增加对太阳能的依赖不需要建造新的天然气厂作为备用。¹⁹⁴例如,能源部 2021 年的“太阳能未来研究”概述了三种不同的脱碳情景,每种情景都假设可再生能源发电量大幅增加,而天然气发电量减少。¹⁹⁵在“一切照旧”的参考情景下,天然气、石油和蒸汽合计占美国年发电量的比重将从 2020 年的约 39% 下降到 2035/2036 年的约 31% 和 2049/2050 年的 30%;在同样的情景下,太阳能光伏发电将从 2020 年的约 3.4% 增长到 2035/2036 年的 17.6%,到 2037/2038 年将增长到 27.3%。

对的影响 不同的光伏技术 , 43 可再生能源 407, 407-411 (2012),
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148111006483>。

¹⁸⁷ 看 Makrides 等人,注 186,第 410-411 页;太阳能光伏:供应链深度评估,美国能源部,2022 年 2 月 24 日,第 iii 页,<https://www.energy.gov/sites/default/files/2022-02/Solar%20Energy%20Supply%20Chain%20Report%20-%20最终版.pdf>。

¹⁸⁸ 参见 Makrides 等人, 同上 注 186, 第 407、411 页; 太阳能光伏: 供应链深度评估, 美国能源部, 上文 注释 187, 第 iii。

¹⁸⁹ 太阳能 是不可靠 , 公民太阳能责任组织, <https://www.citizensforresponsible solar.org/solar-unreliable> (上次访问 2024 年 3 月 25 日)。

¹⁹⁰ Amory Lovins 已确定了八种可替代大容量存储或化石燃料备用的“电网灵活性”资源:(1) 高效使用,可降低峰值负荷;(2) 灵活需求;(3) 现代预测;(4) 多样化可变可再生能源;(5) 与可调度替代方案和热电联产相结合;(6) 分布式或管理式热存储;(7) 分布式电力存储;(8) 氢能。Amory B. Lovins, 《电力杂志》58,58-61 (2017),<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1040619017302889?via%3Dihub>。

可靠地整合可变可再生能源: 将电网灵活性资源从模型转化为结果

, 三十一

¹⁹¹ JOSEPH RAND ET AL., 排队. 截至 2021 年底寻求输电互联的发电厂的特征, 第 13 页 (Berkely Lab 2022) , https://eta-publications.lbl.gov/sites/default/files/queued_up_2021_04-13-2022.pdf。

¹⁹² 看 Eric Larson 等人, 同上 注 107, 第 88 页 (指出, “为确保可靠性,所有情况下均应在所有年份保持 500-1,000 吉瓦的稳定发电能力”, 而 2050 年净零情景下的风能和太阳能发电能力为 7,400-9,900 吉瓦)。

¹⁹³ Robert Fares, 《科学美国人》(2017 年 12 月) 和 <https://blogs.scientificamerican.com/plugged/>; Mark Jacobson, 《AM PHYSICAL SOC Y》(2022 年 4 月 20 日), <https://physics.aps.org/articles/v15/54>。 可再生能源的间歇性 不是一个 精彩表演 ,

¹⁹⁴ 这 2035 年报告: 太阳能、风能和电池成本 能 加速我们清洁电力的未来, 加州大学伯克利分校 高盛 SCH. 发布。 POL Y, 4 (2020), <https://cta-redirect.hubspot.com/cta/redirect/6000718/8a85e9ea-4ed3-4ec0-b4c6-906934306ddb>。

¹⁹⁵ 美国能源部太阳能技术办公室,注 105, 第 215 页。 太阳能期货研究 ,

到 2049/2050 年。¹⁹⁶在研究评估的两种非参考脱碳情景下,到 2035/2036 年,天然气、石油和蒸汽发电量将缩减至年发电量的约 4.7%-5.2%,到 2049/2050 年将降至 0%;与此同时,太阳能光伏发电量到 2035/2036 年将增加到 36.9% 至 42.2% 之间,到 2049/2050 年将增加到 40.1% 至 44.8% 之间。¹⁹⁷

普林斯顿大学的“净零美国”研究评估了到 2050 年实现温室气体净零排放的途径,同样预见到化石燃料的消耗和发电量将大幅减少,即使在维持 500-1,000 吉瓦的稳定发电能力以确保可靠性的情况下也是如此。¹⁹⁸在评估的一系列净零情景中,该研究假设到 2030 年所有动力煤的生产和消费都将停止,到 2050 年石油产量将下降 25% 至 85%,到 2050 年天然气产量将下降 20% 至 90%。¹⁹⁹

加州已经增加了太阳能发电量,同时减少了天然气的使用量。2012 年,太阳能光伏和太阳能热能合计仅占加州州内发电量的 0.9%,而天然气约占 70%。²⁰⁰到 2022 年,太阳能将增加到加州州内发电量的 19.9%,而天然气将下降到 47.5%。²⁰¹值得注意的是,即使太阳能依赖度增加,加州的电网可靠性仍接近或高于全国平均水平。²⁰²在美国其他地区,能源专家声称,德克萨斯州广泛采用太阳能发电有助于防止在最近夏季热浪期间用电量激增时发生停电。²⁰³

尽管在 2021 年冬季德克萨斯州发生大规模停电后,太阳能和风能的可靠性受到质疑,但德克萨斯州的电网故障主要是由于天然气基础设施冻结造成的,而不是太阳能和风电场的故障,不过核能、煤炭和风能也经历了较小规模的中断。²⁰⁴

储能也将在实现脱碳和提高能源可靠性方面发挥重要作用。美国能源部的“太阳能未来研究”预测,实现脱碳需要每年额外增加 60 吉瓦的储能容量。²⁰⁵

幸运的是,近年来,储能技术的研究取得了重大突破。例如,钠离子电池已成为锂离子电池的潜在替代品,钠的储量更为丰富

¹⁹⁶ ID。
¹⁹⁷ ID。

¹⁹⁸ Larson 等人,第 同上 注107,第88,261页。

¹⁹⁹ ID。261 页。

200 California Energy Comm n., 发电容量和活力 ,<https://www.energy.ca.gov/data-reports/energy-almanac/california-electricity-data/electric-generation-capacity-and-energy> (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。

201 California Energy Comm n.,<http://2022年系统总览量.gov/data-reports/energy-almanac/california-electricity-data/2022-total-system-electric-generation> (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。

202 加州公共事业委员会,topics/electrical- 电力系统可靠性年度报告 ,<https://www.cpuc.ca.gov/industries-and-energy/infrastructure/electric-reliability/electric-system-reliability-annual-reports> (上次访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。2020 年,加州六家投资者所有的公用事业公司中有五家在包括重大事件日的情况下持续停电频率低于全国平均水平;六家中有四家在不包括重大事件日的情况下持续停电频率低于全国平均水平;六家中有四家在包括重大事件日的情况下停电时长低于全国平均水平;六家中有四家在不包括重大事件日的情况下停电时长低于全国平均水平。“重大事件日”占停电事件最严重的 0.63%。

²⁰³ 看 E&E News 和 Benjamin Storrow, 《本尼·斯托罗》, 2023 年 6 月德克萨斯州电网遭遇严重热浪 ,
<https://www.scientificamerican.com/article/solar-power-bails-out-texas-grid-during-major-heat-wave/>。

204 Joshua W. Busby 等人, 连锁风险:了解 2021 年冬季停电事件 德克萨斯州, 77 能源研究与社会科学

102106,1-4 (2021),<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629621001997>; 阿德里亚娜·乌塞罗和萨尔瓦多·里佐, 冰雪奇缘

风车不是罪魁祸首 德克萨斯州停电 , 《华盛顿邮报》, 2021 年 2 月

18 日,<https://www.washingtonpost.com/politics/2021/02/18/frozen-windmills-arent-blame-texass-power-failure-neither-is-green-new-deal/>; Dionne Searcey, 不, 风力发电场不是 主要原因 德克萨斯州停电 , 《纽约时报》, 2021 年 2 月 17 日 (2021 年 5 月 3 日更新) ,
<https://www.nytimes.com/2021/02/17/climate/texas-blackouts-disinformation.html>。

205 美国能源部太阳能技术办公室,注释105,第33页。 太阳能期货研究 ,

和更便宜的材料。206 研究人员也在开发更有效的公用事业规模的太阳能储存方法。207

其他研究人员强调了能源效率和电网灵活性机制,这些机制可以补充和支持太阳能和风能,而无需化石燃料备用,甚至不需要大规模公用事业规模的能源储存。208 这些包括一体化设计实践,以显着减少建筑物和其他部门的能源需求;需求灵活性和需求响应机制,以补偿客户在高峰时段减少的能源使用;以及分布式热能和电力储存。209

最后,虽然太阳能是间歇性的,但多项研究表明,太阳能电池板本身非常可靠 性能下降和故障率相当低,因此很少需要维修或更换。210 美国国家可再生能源实验室 (NREL) 的一项研究发现,2000 年至 2015 年期间安装的太阳能电池板的平均故障率为每年 10,000 个中的 5 个,即 0.05%。211 研究人员将家用光伏逆变器的故障率描述为“可接受的,甚至是良好的”,逆变器通常只需要在光伏系统的使用寿命内更换一次。212

错误说法14:我们没有足够的矿产资源进行大规模太阳能开发。

“矿产和土地资源根本不足以实现向‘可再生能源’转型。”
213

2023 年的一项研究考察了 75 种减排情景,得出结论,全球关键材料储备可能足以满足未来对发电基础设施的需求。214 根据该研究,

206 卡琳·赫德, 更持久的钠离子电池 这 地平线 帕克。不。纳特。实验室。 (2022 年 7 月 13 日) ,
<https://www.pnnl.gov/news-media/longer-permanent-sodium-ion-batteries-horizon>。

207 Robert Armstrong 等人, 的 未来 储能: 一个 麻省理工学院跨学科研究, 麻省理工学院(2022 年 6 月 3 日)
<https://energy.mit.edu/wp-content/uploads/2022/05/The-Future-of-Energy-Storage.pdf>。

208 Amory B. Lovins, 第 可靠地整合可变可再生能源:将电网灵活性资源从模型结果转移到 supra , , 注 190, 58-61 页。

209 ID。;Amory B. Lovins,13 能源效率资源更多ERS at 1-14 (2018),<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aad965>;Amory B. Lovins 和 MV Ramana, YALE ENV T 360,2021 年 12 月 9 日,<https://e360.yale.edu/> 关于可再生能源的三个误区 和 网格, 揭穿真相 , features/three-myths-about-renewable-energy-and-the-grid-exposed。

210 Dirk C. Jordan 等人, 光伏故障和退化模式 , 25 光伏研究与应用 318, 324 (2017), 28 光伏
<https://doi.org/10.1002/pip.2866>; Dirk C. Jordan 等人, 光伏现场可靠性状态 太阳能系统分析 100 000 ,
《研究与应用》 739, 747 (2020),<https://doi.org/10.1002/pip.3262>。

211 Jordan 等人, 212 光伏故障和退化模式调查显示,15 年内家用逆变器的故障率为 34.3%注 210, 第 324 页 (2017 年) 。

Emiliano Bellini, 杂志.com/ , PV MAGAZINE, 2023 年 2 月 8 日,<https://www.pv-magazine.com/>

2023/02/08/survey-shows-34.3-failure-rate-for-residential-inverters-over-15-years/ (讨论 Christof Bucher 等人,
生活 期望 光伏逆变器和 优化器 住宅 光伏系统 , 伯尔尼应用科学大学, 2022 年, https://www.bfh.ch/dam/jcr:5bfd5c32-f70f-4bf6-8d60-fdab6094e164/2022_09_WCPEC-8_3DV.1.46-.pdf)

213 不是 足够的稀有金属 规模 向上 太阳能发电 , ENERGY SKEPTIC.COM (2021 年 2 月 21 日) ,<https://energyskeptic.com/2021/solar-pv-cells-using-rare-elements-unlikely-to-scale-up-enough-to-replace-fossil-fuels/>。

214 Seaver Wang 等人, 不同气候缓解情景下未来发电材料的需求 , 7 焦耳 309, 315
(2023 年 2 月) , [https://www.cell.com/joule/pdfExtended/S2542-4351\(23\)00001-6](https://www.cell.com/joule/pdfExtended/S2542-4351(23)00001-6); 阅 另请参 塞思·博伦斯坦, 研究 稀土元素充足

许多关键材料的产量需要大幅增长,但“全球矿产储量应足以满足电力部门的材料需求。”²¹⁵美国内政部也得出结论:“除了可能因市场力量或地缘政治事件造成的短期中断外,预计不会有任何长期的材料限制阻碍光电管大量能源的开发。”²¹⁶其他分析表明,全球矿产资源可能足以满足所有能源转型领域的长期需求,包括电动汽车和输电。²¹⁷

此外,如前所述,太阳能电池板回收利用方面的创新²¹⁸可能会减少未来对单个原材料的需求。²¹⁹人们积极寻求太阳能电池板中有价值的材料,包括银、铜和晶体硅,以开发其他产品,包括下一代太阳能电池板。²²⁰此外,2021年《基础设施投资与就业法案》和2022年《通胀削减法案》都包括条款,旨在确定和开发能源转型所需的稀土材料和其他关键矿物的国内来源。²²¹随着这些激励措施的推出,内政部的一个跨部门工作组同样发布了60多项具体建议,以负责任地改革仍然主要受《采矿法》影响的行政框架。

1872年的222条建议包括大量研究投资、许可改革以及积极的公众和

矿物助力绿色转型 美联社, 2023年1月27日,<https://apnews.com/article/science-green-technology-climate-and-environment-renewable-energy-141761657a8e7a5627a0e49e601dd48e>。

²¹⁵ 王等人, 不同气候缓解情景下未来对发电材料的需求, , 注214,第320页。

²¹⁶ 用于 的产品 光伏电池 , 美国地质调查局(2010) ,2, <https://pubs.usgs.gov/circ/1365/Circ1365.pdf>。

²¹⁷ 能源转型的材料和资源需求,能源转型委员会(2023),https://www.energy-transitions.org/wp-content/uploads/2023/08/ETC-Materials-Report_highres-1.pdf; Hannah Ritchie, 《可持续发展数字》, 2023年12月1日,<https://www.sustainabilitybynumbers.com/p/>

我们有足够的矿物质 但中期供应能源转型是一个 挑战 [第一部分] , www.sustainabilitybynumbers.com/p/transition-mineral-demand-part-one。至少有一位研究人员 Simon P. Michaux 得出了相反的结论,但他的分析通常侧重于目前已知的全球储量(可以用现有技术经济地开采或提取的矿藏),而不是更广泛的全球资源类别,而且他的分析并不像能源转型委员会那样重视通过提高效率和回收利用来减少材料需求。 Simon P. Michaux, , GTK,2023年2月23日,<https://unece.org/sites/default/files/2023-02/1.%20Simon%20Michaus-Challenges%20and%20Bottlenecks%20for%20the%20Green%20Transition.pdf>。还值得注意的是,全球矿产资源的长期充足并不意味着在开采这些资源时不存在道德、经济和环境挑战。 挑战和 瓶颈 绿色转型

看到中 能源转型委员会, 超级挑 注释 217,第 71-114 页;Hannah Ritchie, 我们的储备储量,但

期供应是 战 [第二部分] , 可持续发展数字, 2023 年 12 月 7 日, <https://www.sustainabilitybynumbers.com/p/transition-mineral-demand-part-two>。

²¹⁸ 看 德鲁梅斯(Drew 未来 太阳能电池板回收 , INNOVATE ENERGY GROUP, 2023年7月6日,<https://www.ieg.solutions/post/the-future-of-Mays>),太阳能电池板回收。

²¹⁹ Wang 等人, 不同气候缓解情景下未来对发电材料的需求, , 注214,第320页。

²²⁰ Jon 作为 数以百万计 太阳能板 年龄出,到 回收者的希望 现金 在,耶鲁环境360 (2023年2月28日), <https://e360.yale.edu/features/solar-energy-panels-recycling>。

²²¹ 奥斯卡·瑟佩尔, 影响 的 降低通货膨胀 采取行动 稀土元素 , 克莱曼能源政策中心(2022年9月24日), <https://kleinmanenergy.upenn.edu/news-insights/impacts-of-the-inflation-reduction-act-on-rare-earth-elements/>。

²²² 拜登-哈里斯政府的基本原则 国内矿业改革 , 美国内政部(2022年2月22日), <https://www.doi.gov/sites/doi.gov/files/biden-harris-administration-fundamental-principles-for-domestic-mining-reform.pdf>。

部落参与。²²³而美国能源部最近宣布了一项 1.5 亿美元的计划，旨在“推进成本效益高且对环境负责的工艺”，以在美国生产关键矿物和材料。²²⁴

²²³ 参见 建议 改善采矿 公共土地 ，美国内政部（2023年9月），
<https://www.doi.gov/media/document/mriwg-report-final-508-pdf>。

²²⁴ 拜登-哈里斯政府宣布拨款 1.5 亿美元 加强国内关键材料供应链 ，美国能源部
(2023 年 9 月 6 日) ,<https://www.energy.gov/articles/biden-harris-administration-announces-150-million-strengthen-domestic-critical-material>。

B 部分 : 关于 风能 (#15-#29)

B 部分:关于风能的虚假声明 (#15-#29)

错误说法#15:风力涡轮机发出的电磁辐射对人类健康构成威胁。

“最近,公众会议和法律诉讼中提出了对风力涡轮机电磁场暴露以及相关电气传输的担忧。”

在

225

多项研究发现,风力涡轮机产生的电磁场 (EMF) 低于大多数常见家用电器产生的电磁场,而且它们很容易满足严格的国际安全标准。²²⁶举例来说,不靠近电线的普通家庭的背景水平 EMF 大约为 0.2 μT。该值因与某些家用电器的距离而有很大差异。²²⁸例如,在 4 英尺的距离处,电动开罐器的 EMF 为 0.2 μT,但从 6 英寸的距离开始,这个值会增加到 60 μT。²²⁹ 2020 年的一项学术研究发现,涡轮机产生的 EMF 在 1 米的距离处约为 0.44 μT,但在 4 米的距离处小于 0.1 μT,如下所示。²³⁰

²²⁷ 然而,

²²⁵俄亥俄州卫生部,《风力涡轮机和风力发电场:总结与评估》第 8 页 (2022 年 4 月 12 日),https://odh.ohio.gov/wps/wcm/connect/gov/816f89dc-767f-4f08-8172-71c953b8ee02/ODH+Wind+Turbines+and+Farms+Summary+Assessment_2022_04.pdf?MOD=AJPERES。

²²⁶ Lindsay C. McCallum 等人,13 测量风力涡轮机周围的电磁场 (EMF) 加拿大: 有没有 人类健康
忧虑? , ENV T. HEALTH 1, 9 (2014), <https://doi.org/10.1186/1476-069x-13-9>; Aris Alexias 等人, 极低频

风力涡轮机附近的电磁场暴露测量 , 189辐射防护剂量测定395, 397 (2020),
<https://doi.org/10.1093/rpd/ncaa053>; Nektarios Karanikas 等人, 风电行业的职业健康危害和风险 , 7能源
REP. 3750,3752 (2021) , <https://doi.org/10.1016/j.jegyr.2021.06.066>。

²²⁷ 辐射:电磁场 , 世界卫生组织 (2016 年 8 月 4 日),<https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/项目/辐射电磁场>。

²²⁸ ID。 , WIS. DEP T. OF HEALTH SERV. (2022 年 9 月 14 日), <https://www.dhs.wisconsin.gov/air/emf.htm>。
电磁场 (EMF) 上文 , 229 亚历克西亚斯等人, 注226,第397页。

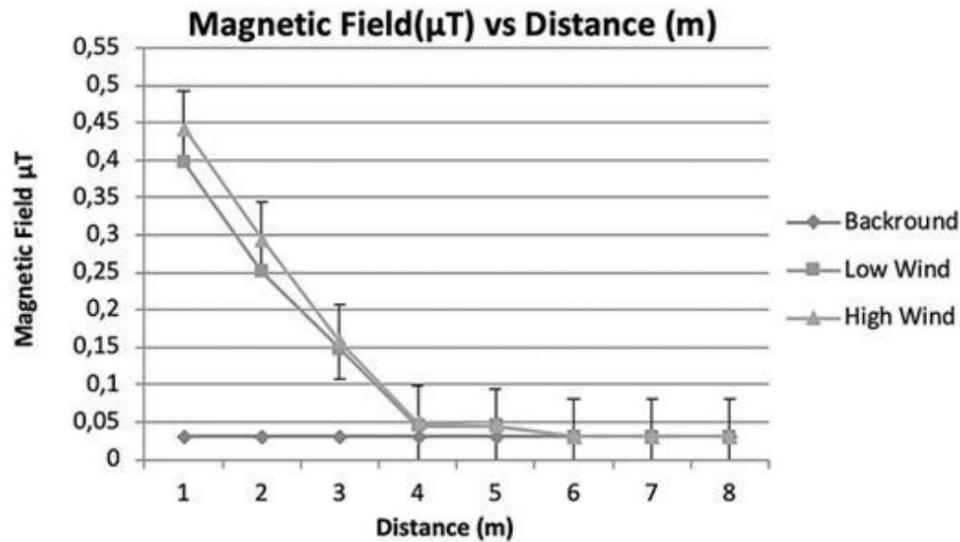


图 10:以微特斯拉 (μT) 为单位测量的 EMF 水平随着与源距离的增加而急剧下降。

来源:Alexias 等人。

231

这些 EMF 水平与风速无关。²³²

错误说法#16:风力涡轮机经常翻倒,叶片或其他部件很容易折断,威胁人类的健康和安全。

“居住在涡轮机破碎的飞叶片附近会给健康带来很多危害。”

果 的结 。。

233

涡轮机倒塌或断裂的情况极为罕见,而且公用事业规模的风力涡轮机都配备了安全机制,以抵御飓风等极端天气条件。²³⁴涡轮叶片断裂不会对人类构成重大威胁。²³⁵

美国能源部指出,尽管风力涡轮机叶片在运行过程中脱落的风险“是风电行业早期的一个担忧”,但由于工程设计更先进,传感器的使用,这种故障“在今天的风力涡轮机上几乎不存在”。²³⁶谈到所有风力涡轮机叶片故障,而不仅仅是风力涡轮机叶片脱落,

²³¹ ID。

²³² ID。第398页。

²³³ 涡轮机能经受住严重的风暴吗?风力 , 拯救皮亚特县, <http://www.savepiattcounty.org/> (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。

²³⁴ 如何 , 美国能源部能源效率和可再生能源办公室, (2017 年 6 月 20 日), <https://www.energy.gov/eere/articles/how-do-wind-turbines-survive-severe-storms>。

²³⁵ M. McGugan 等人,373 例风力涡轮机的损伤情况和结构监测。Y A, 4 (2015),<https://doi.org/10.1098/rsta.2014.0077>。

²³⁶ 风能项目和

安全 ,能源部, <https://windexchange.energy.gov/projects/safety> (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。

2015 年的研究发现,全球风力涡轮机叶片的故障率约为每年 0.54%。²³⁷美国能源部进一步报告称,“灾难性的风力涡轮机故障……被视为罕见事件,截至 2014 年,在美国安装的 40,000 多台现代涡轮机群中,发生的此类事件不到 40 起。”²³⁸

如果以每太瓦时能源造成的死亡人数来衡量,风能造成的死亡率与化石燃料的风险相比微不足道。褐煤每太瓦时能源造成 32.72 人死亡,黑煤每太瓦时能源造成 24.6 人死亡,石油每太瓦时能源造成 18.4 人死亡,天然气每太瓦时能源造成 2.8 人死亡,而风能每太瓦时能源仅造成 0.04 人死亡。²³⁹

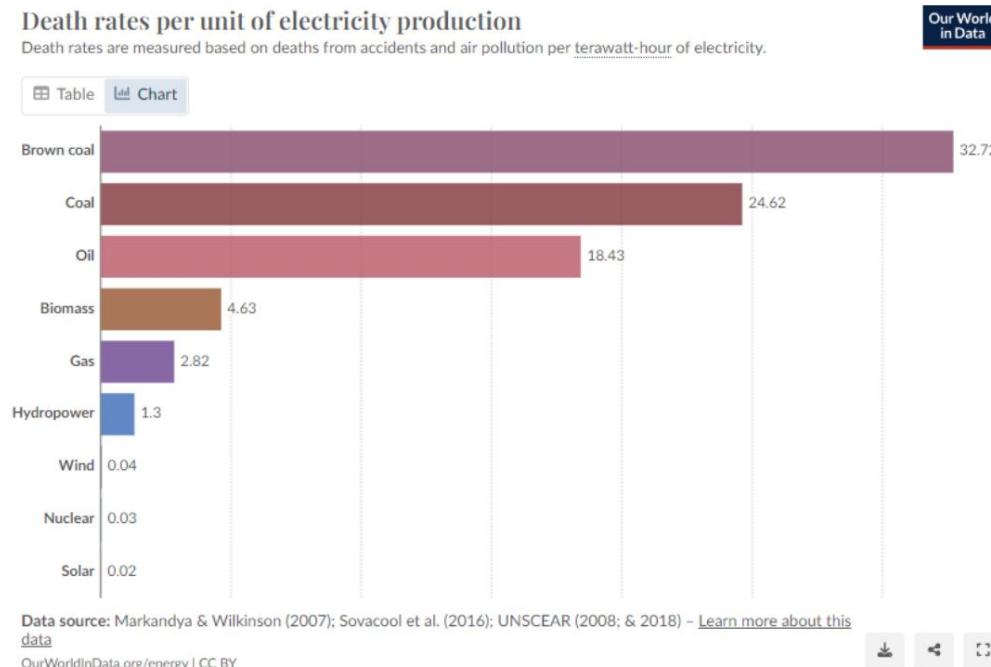


图 11:电力生产死亡率单位。 资料

来源:Hannah Ritchie,《我们的数据世界》。

240

237 GCube Insurance Services, Inc.,载 GCube 报告:叶片断裂:全球风力涡轮机停机事件趋势
 于 Xiao Chen, A 批判性评论和 损害 失败 复合材料风力涡轮机叶片结构 , IOP 会议系列:材料

SCI. AND ENGINEERING (2020),第 4 页,<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/942/1/012001/pdf>。

238 风之愿景: A 新的 时代 风力发电 美国 , 美国能源部, 105 (2015) ,

https://www.energy.gov/sites/prod/files/WindVision_Report_final.pdf

239 Hannah Ritchie,由于风 最安全、最清洁的能源是什么? , 注 13. 如果与风有关的死亡人数趋于

力发电厂的建设阶段不成比例地发生事故,该分析可能夸大了每太瓦时风力发电造成的死亡人数,而这一数字预计会随着时间的推移而下降。

看 Benjamin K. Sovacool 等人,平衡安全性与可持续性:评估现代低碳能源系统的事故风险,112 Journal of Cleaner Production 3952, 3960, 2016 年 1 月 20 日,[\(表 5 显示,大多数与风有关的死亡发生在施工期间\)。](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615009877)

240 ID。

错误说法17:风力涡轮机发出的低频噪声危害人体健康并导致“风力涡轮机综合症”。

“随着风力涡轮机像雨后春笋般出现在人们的家中,风力涡轮机引发了工业瘟疫。” 241

综合症已经成为

大量证据表明,风力涡轮机的低频噪声与人类健康之间没有直接的因果关系。242居住在新风力涡轮机附近的人出现睡眠障碍的个案更可能是由于对涡轮机的存在感到厌烦,而不是涡轮机发出的听不见的噪声。243

一项历史研究调查了 1993 年至 2012 年间针对 51 个澳大利亚风力发电场提出的投诉。244 2009 年之前,尽管许多大大小小的风力发电场已经投入运营,但与健康和噪音相关的投诉却很少。245然而,在那一年一本自费出版的书中创造了“风力涡轮机综合症”一词后,投诉数量急剧增加。246

241 加尔文·路德·马丁,2010 您的指南 风力涡轮机综合症……路线图如此复杂 , 全国风力预警 (七月年) , <https://docs.wind-watch.org/WTSGuide.pdf>。

242 Nathaniel Marshall 等人,这 72 对健康的影响 小时 模拟风力涡轮机次声波: A 双盲随机交叉研究 对噪音敏感的健康成年人 , 131 ENV T HEALTH PROSPECTIVE, 1 (2023), <https://doi.org/10.1289/EHP10757>; Jenni 157 可再生和 Radun 等人, 健康影响 风力涡轮机噪音和 道路交通噪音 居住在风力涡轮机附近的人 , 《可持续能源评论》, 10 (2022), <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.112040>; Irene van Kamp 等人,18 INT L J. 与健康影响相关 风 涡轮声音: 一个更新 , ENV T RSCH & PUB. HEALTH, (2021),<https://doi.org/10.3390%2Fijerph18179133>; 风能 技术办公室,能源部, 关于风能的常见问题 , 美国能源效率和可再生能源办公室 <https://www.energy.gov/eere/wind/frequently-asked-questions-about-wind-energy#WindTurbineHealth> (上次访问时间为 2024 年 3 月 25 日); Jesper Schmidt 等人,<https://doi.org/> 与健康影响相关 风力涡轮机噪声暴露: A 系统评价 , 9 PLOS ONE, (2014) , 10.1371/journal.pone.0114183; 澳大利亚政府医学研 NHMRC 声明: 证据 风电场和 人类健康 , 国家健康和 究委员会(NHMRC) , 1 (2015), <https://www.nhmrc.gov.au/file/19045/download?token=0IA17MHu>; Tracy Merlin 等人, 系统评价 对人类健康的影响 风电场 , 国家卫生和医学研究委员会, 2013 年, <https://www.livingstoncounty-il.org/wordpress/wp-content/uploads/2015/01/PR-Fx-281-2014-NHMRC-Australia.pdf>; Richard R. James, 但看到 风力涡轮机基础设施和 低频 声音: 警告信号 不是听到 , 32 科学、技术与社会公报, 2012 年, <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0270467611421845> (分析了“20 世纪 70 年代至 90 年代末期间风力涡轮机和其他噪声源产生的次低频声音的历史证据”, 得出结论, 风能可能会对居住在风力涡轮机附近的一些人造成不利影响); Anne Dumbrille 等人, 风力涡轮机和不良健康影响: 应用布拉德福德·希尔的因果关系标准 , 6 环境疾病 109, 2021 年, 第 65 页, https://journals.lww.com/endj/fulltext/2021/06030/wind_turbines_and_adverse_health_effects_applying_1.aspx (结论是, 尽管“无可辩驳的因果关系证据往往是一个难以实现的目标”, 但当应用较低的因果关系标准时, “反复出现的睡眠障碍、焦虑和压力”可以归咎于工业风力涡轮机)。

243 Irene van Kamp 等人,注 242, 2010 年的一篇报纸头版文章试图根据一项非同行评审的研究结果推断涡轮机相关次声与人类健康影响之间的直接因果关系, 受到了广泛批评。

看 Jacqui Hoepner 和 Will J Grant, 风力涡轮机研究如何区分好、坏和丑 , 对话, 1 月 21 日, 2015 年, <https://theconversation.com/wind-turbine-studies-how-to-sort-the-good-the-bad-and-the-ugly-36548>; Ketan Joshi, 《卫报》, 风电场 怪异综合症是真实存在的。 看看我们的全国“辩论” 2015 年 2 月 23 日, <https://www.theguardian.com/environment/2015/feb/23/windfarm-study-author-threatens-to-sue-media-watch-for-misrepresentation>。

244 Fiona Crichton 等人, 2 FRONTIERS IN HEALTH SCIENCE AND HUMANITIES, 2-3 (2014), <https://doi.org/10.3389/fphs.2014.00024> 反安慰剂预期假说 ,

²⁴⁵ ID。

²⁴⁶ ID。

错误说法#18:风力涡轮机的阴影闪烁可能会引发癫痫患者癫痫发作。

“风电场不仅仅是

一个很碍眼。它们会引发癫痫。” 247

即使在峰值时,风力涡轮机的阴影闪烁通常仍比已知的引发癫痫患者癫痫发作的程度要弱得多。248

2021 年的一项学术研究发现,风力涡轮机的运行频率在 0.5 到 1 Hz 之间,远低于通常引起癫痫发作所需的 3 Hz 阈值频率。²⁴⁹同样,2012 年为马萨诸塞州环境保护部准备的一份报告发现,风力涡轮机的阴影闪烁频率“通常在 0.3–1.0 Hz 范围内,这超出了国家资源委员会和癫痫基金会规定的癫痫发作阈值范围。”²⁵⁰如果阴影闪烁达到 3 Hz,则在光敏感人群中引起癫痫发作的概率约为 1.7/100,000。²⁵¹

其他公共卫生研究也发现,风力涡轮机不会引起癫痫。²⁵²例如,带有三个叶片的风力涡轮机需要以 60 rpm 的速度旋转才能引起癫痫。²⁵³然而,现代涡轮机的最高运行速度通常在 15 到 17 rpm 之间,具体取决于型号,远低于 60 rpm 的阈值。²⁵⁴

错误说法#19:风力涡轮机对鸟类和蝙蝠构成重大威胁。

“明显的证据是
鸟类和蝙蝠”。 255

。 . . 风力涡轮机对人类生命构成了另一种威胁,但尚未

根据美国奥杜邦协会的数据,由于气候变化,北美三分之二的鸟类面临灭绝的风险。²⁵⁶野火将摧毁许多物种的筑巢地,²⁵⁷而极端热浪将使

²⁴⁷ 风力发电机能引发癫痫和适合癫痫发作,说科学家们,《每日邮报》(2008年4月9日),<https://www.dailymail.co.uk/news/article-562841/Wind-turbines-trigger-epileptic-fits-seizures-say-scientists.html>。

²⁴⁸ 风能技术办公室,249 Nektarios Karanikas 等人,关于 Wind Energysupra 的常见问题风险,注242。
<https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.06.066>。职业健康危害和风电行业,7能源报告3750,3752-3753 (2021),

²⁵⁰ 风力涡轮机健康影响研究报告,独立专家小组,马萨诸塞州环境保护部,36 (2012年),<https://www.mass.gov/doc/wind-turbine-health-impact-study-report-of-independent-expert-panel/download>。

²⁵¹ ID。
252 Oleksandr Zaporozhets 等人,2022 IEEE 第 8 届影响风能系统会议 386,387 (电气电子工程师协会的风能系统会议)。<https://doi.org/10.1109/ESS57892022.9969323>; Loren Knopper 等人,2 FRONTIERS PUBL. HEALTH, 14 (2014年),<https://doi.org/10.3389/fpubh.2014.00063>。

风力涡轮机和人类健康,

²⁵³ Knopper 等人,注释 252,即 14。
²⁵⁴ ID。

²⁵⁵ 389 种鸟类对生存的影响程度:WildlifeFAQ:,国家风力监测,<https://www.wind-watch.org/faq-wildlife.php> (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。

²⁵⁶ 奥杜邦协会,<https://www.audubon.org/climate/survivalbydegrees> (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。

²⁵⁷ 奥杜邦协会,2024 年 3 月 25 野火如何影响鸟类,NAT' L. 奥杜邦协会(AUDUBON SOCIETY),<https://www.audubon.org/news/how-wildfires-affect-birds> (最后日访问)。

它们的典型栖息地变得不再适合居住。²⁵⁸例如,在全球变暖 3 摭氏度的情况下,美洲金翅雀预计将失去 65% 的活动范围,而艾伦蜂鸟预计将失去 64% 的活动范围。²⁵⁹

259

相比之下,风力发电对鸟类的死亡影响相对较小。美国鱼类和野生动物管理局估计

在美国,猫每年平均杀死 24 亿只鸟,与建筑物玻璃的碰撞导致

撞,而风力涡轮机平均每年会杀死 23.4 万只鸟。

²⁶⁰每年平均有 5.99 亿只鸟与电线相

每年平均造成 2550 万人死亡,而随着将风力发电项目(和其他可再生能源)连接至电网的新输电线路的建设,这个数字可能还会增加。

²⁶¹这些死亡率数据依赖于 2013 年或 2014 年的研究,可能已经过时,因为

10 年前的风力涡轮机数量比现在少。²⁶²

然而,研究发现,每单位能源输出,风力发电造成的鸟类死亡数量远低于化石燃料,而这一指标对安装的风力涡轮机总数并不敏感。化石燃料每千兆瓦时造成 5.2 只鸟类死亡,而风力涡轮机每千兆瓦时仅造成 0.3-0.4 只鸟类死亡。²⁶³

²⁵⁸奥杜邦协会,生存学位:389 鸟物种上这布林肯同,注²⁵⁷。
²⁵⁹Id.

²⁶⁰ 对鸟类的威胁 Id., 美国鱼类与野生动物管理局, <https://www.fws.gov/library/collections/threats-birds> (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。
261

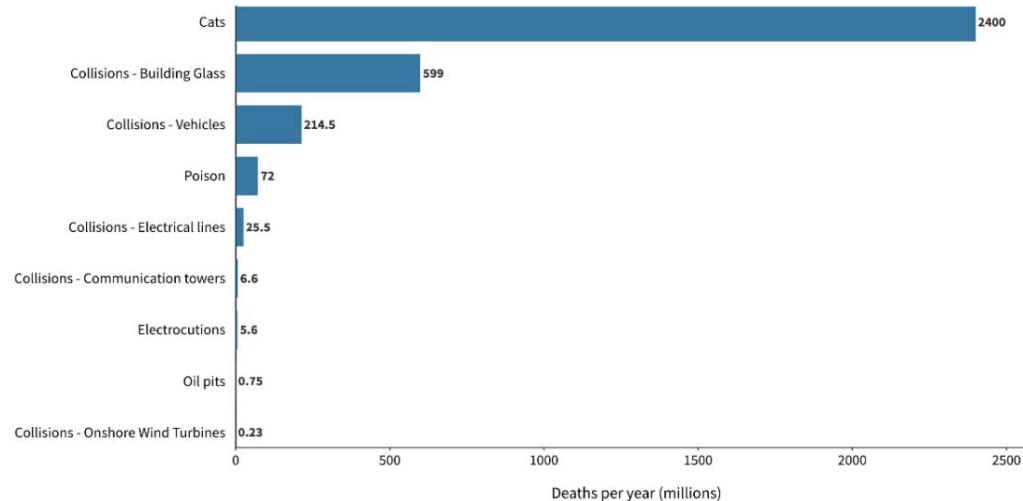
²⁶² 风力涡轮机会杀死鸟类吗? MIT 气候门户网站(2023 年 8 月 17 日), <https://climate.mit.edu/ask-mit/do-wind-turbines-kill-birds> (注意,所引用的研究发表于 2013 年和 2014 年,而且今天的数字可能会更高,因为从那时起已经建造了更多的风电场)。

²⁶³ 本杰明·K·索瓦库尔,风能对鸟类的益处: 2009 年更新,49 可再生能源 19, 19 (2013), <https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.01.074>. Sovacool 2013 年的研究解释称,化石燃料在煤矿开采过程中、与运行中的工厂设备碰撞和触电时,以及通过酸雨、汞污染和气候变化间接导致鸟类死亡。第 19 页。请注意,Sovacool 2009 年发表的早期研究版本因混淆鸟类和蝙蝠等问题而受到批评;Sovacool 在 2010 年的一篇文章中直接回应了这些批评,并在本报告引用的 2013 年版研究中解决了其中的许多问题。ID。21 岁。该项研究以美国和欧洲的经营业绩为基础。

Craig KR Willis 等,38 能 蝙蝠不应对兆瓦时和~~鸟类死亡~~问题与 Sovacool (2009) 对动物死亡的分析
代代相传。,源政策 2067 (2010);Benjamin K. Sovacool,
,38 能源政策 2,070 (2010) (回应了对风能对鸟类益处的研究早期版本所提出的批评)。

看
电等 威利斯

Leading anthropogenic causes of bird mortality in the United States



Source: Source: US Fish and Wildlife Service (2017)
Boston University Institute for Global Sustainability | visualizingenergy.org | CC BY 4.0

visualizingEnergy

图 12:美国鸟类死亡的主要原因是人为因素。

源:波士顿大学全球可持续发展研究所。

来

264

风力发电对某些蝙蝠物种的影响可能更为严重。2021 年发表的一项研究估计,如果不采取措施减少死亡率,到 2028 年,北美灰毛蝠的数量可能会下降 50%。²⁶⁵

然而,可以采取切实可行的措施来减少风力涡轮机造成的鸟类和蝙蝠死亡。对于鸟类来说,大多数死亡发生在涡轮机靠近筑巢地点时。将设施选址在避开鸟类筑巢、觅食和交配的地方以及它们迁徙时停留的地方,已被证明能成功减少死亡人数。²⁶⁶此外,对鸟类构成最大风险的风力涡轮机部件是叶片和塔架。²⁶⁷将塔架漆成黑色这一相对简单的措施已被证明能将雷鸟(一种松鸡科鸟类)的死亡率降低约 48%,²⁶⁸而将其中一个叶片漆成黑色则能将死亡率降低 70%。²⁶⁹其他成功的方法包括当涡轮机需要时减慢或停止涡轮机电机。

264 Cutler Cleveland 等 是 风能 对鸟类的主要威胁? , 可视化能源, 2023 年 10 月 9 日, <https://visualizingenergy.org/is-人, 《风能对鸟类构成重大威胁》/>

²⁶⁵ Nicholas A. Friedenberg 和 Winifred F. Frick, 评估在持续风能影响下灰毛蝠的死亡率最小化发展 , 262 BIOLOGICAL CONSERVATION, 2021 年, 第 1 页, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000632072100361X>; 参见另外, Minho Kim 还指出, 新研究表明, 风能对蝙蝠更加安全。注 263, 第 19-20 页。²⁶⁶ Sovacool, 最风能对鸟类的益处: 2009 年更新 ,
²⁶⁷ ID。多 23。

²⁶⁸ Bard G. Stokke 等人, 4 塔基涂装对柳雷鸟与风力涡轮机的碰撞率 , 生态与进化, 月 2020 年 2 月 29 日, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ece3.6307>。

²⁶⁹ Roel May 等人, 2020 年 涂色 黑色 : 提高风力涡轮机转子叶片的可见度可有效减少鸟类死亡 7 月 26 日, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ece3.6592>; 阅 另请参 尼尔·达尼什 , 能 风力涡轮机叶片涂漆 黑色真的拯救鸟类 , AUDUBON 杂志, 2020 年 9 月 18 日, <https://www.audubon.org/news/can-painting-wind-turbine-blades-black-真正拯救鸟类。>

脆弱物种,以减少发生碰撞的可能性。270怀俄明州采用这种方法已使鹰的死亡率下降了 80%。²⁷¹对于蝙蝠,减少死亡率的策略包括限制(在某些情况下停止风力涡轮机旋转),以及超声波威慑²⁷²和

IE

(视觉威慑。²⁷³ 2022 年,美国能源部拨款 750 万美元用于研究蝙蝠威慑技术。²⁷⁴

总体而言,尽管完全消除碰撞风险仍然很困难,但风能最终可以通过取代化石燃料和减轻气候变化的影响来帮助保护鸟类和蝙蝠种群。²⁷⁵

错误说法 #20:海上风电开发对鲸鱼和其他海洋生物有害。²⁷⁶

“创纪录数量的濒危鲸鱼因海上风力发电而死亡
海岸”²⁷⁷

美国东部

如果选址合理,海上风电场不会对鲸鱼或其他海洋生物造成严重危害。在安装过程中,通过对某些活动实施季节性限制来减轻施工噪音的影响

这与鲸鱼迁徙的时间相吻合。一旦投入使用,风力涡轮机产生的低频噪音远低于船舶,而且没有证据表明涡轮机的噪音会对海洋物种种群造成负面影响。²⁷⁸

人们非常关注海上风电开发(包括施工期间打桩噪音)对极度濒危的北大西洋露脊鲸的影响,这种鲸鱼目前总数约为 360.²⁷⁹

但导致露脊鲸死亡的主要原因是船只撞击(占人为死亡的 75%)和被绳索缠绕。

270 美国能源部风能技术办公室,能源效率和可再生能源办公室, <https://www.energy.gov/eere/wind/environmental-impacts-and-siting-wind-projects> 选址 风电项目, 美国能源部:

(最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。

²⁷¹ Christopher JW McClure 等人, 通过自动限制风力涡轮机的发电量来减少鹰的死亡人数,²⁸⁰ 446, 450-451 (2021), <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13831>, 58 英国生态学会。

²⁷² 弗里登伯格和弗里克, 同上, 注265, 第8页。

²⁷³ 第四章: 最大限度地降低碰撞风险 行动期间的野生动物:最小化:威慑, 可再生能源野生动物研究所 (12 月)²⁸¹, <https://rewi.org/guide/chapters/04-minimizing-collision-risk-to-wildlife-during-operations/minimization-deterrance/>。

274 美国能源部风能技术办公室, 美国能源部风能技术办公室选定 15 项目总计 27 美元
百万至 地址 钥匙 部署挑战 海上、陆基和 分布式风能, 美国能源部, 2023 年 9 月 21 日,
<https://www.energy.gov/eere/wind/articles/doe-wind-energy-technologies-office-selects-15-projects-totaling-27-million>。

275 奥杜邦协会 (Audubon Society) 为风力发电和 L. AUDUBON SOCIETY。 (2020 年 7 月 21 日), <https://www.audubon.org/news/wind-power-and-birds>。

276 虽然超出了本报告的范围,但值得注意的是,记者发现了化石燃料利益集团与某些团体之间的财务联系,这些团体声称海上风电开发会对鲸鱼造成相当大的负面影响。

看

Marvell,注26上

277 Mike 创纪录的 濒临灭绝的鲸鱼被 风电场 离开美国东海岸 , EXPRESS, (2023 年 9 月 2 日)
Parker, <https://www.express.co.uk/news/us/1808681/endangered-whales-killed-east-coast-windfarms> (将大写字母编辑为句子大小写)。

278 Jakob Tougaard 等人, 148 J. 声学海上风力涡轮机运行时的噪音有多大? <https://doi.org/10.1121/10.0002453>。

279 北大西洋露脊鲸,NOAA FISHERIES, <https://www.fisheries.noaa.gov/species/north-atlantic-right-whale> (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。

器具 与海上风电开发无关。²⁸⁰至关重要的是,美国国家海洋和大气管理局 (NOAA) 也没有发现海上风电调查或开发与鲸鱼死亡之间存在联系。²⁸¹

此外,通过适当的规划,可以避免或大大减少对北大西洋露脊鲸的任何影响。例如,2019 年,800 兆瓦葡萄园风电项目的开发商与三个环保组织达成协议,规定了施工期间打桩的季节性限制(以避免露脊鲸出现时产生过大噪音),以及运营阶段对船只速度的严格限制(以避免船只撞击)等措施。²⁸²在项目的最终环境影响声明中,美国海洋能源管理局(BOEM)发现,“鉴于实施了针对项目的具体措施,BOEM 预计,仅因 [项目] 而导致船只撞击的可能性极小,对海洋哺乳动物个体的影响……预计会很小;因此,不会对种群产生影响。”²⁸³ BOEM 还发现,由于施工活动是在一年中的这个时候进行的,因此项目安装不太可能对露脊鲸造成与噪音有关的影响。²⁸⁴

海上风电开发对其他海洋物种也有好处。例如,海上风力涡轮机的底座可以充当人工礁石,为本地鱼类创造新的栖息地。²⁸⁵

相比之下,海上石油和天然气钻探通常会危害海洋生物,同时带来持续的灾难性后果风险。²⁸⁶用于海上石油和天然气勘探的声纳发出的声脉冲比用于风电场勘测的声纳强得多。²⁸⁷ 2010 年的“深水地平线”漏油事件导致数百万海洋动物死亡,其中包括多达 80 万只鸟。²⁸⁸更广泛地说,化石燃料使用产生的二氧化碳排放使海洋酸化加剧,从而抑制了贝类和珊瑚的碳酸钙壳和外骨骼的发育和维持。²⁸⁹最后,气候变化预计将对鲸鱼和其他海洋哺乳动物产生“长期、后果严重的影响”,包括“与迁徙路线改变相关的能量成本增加、适宜繁殖和/或觅食栖息地减少以及个体适应性下降,尤其是幼年个体。”²⁹⁰

²⁸⁰ ID.; VINEYARD WIND 1海上风电项目最终环境影响声明第 I 卷,2023 年 3 月,第 3-95 页, <https://www.boem.gov/sites/default/files/documents/renewable-energy/state-activities/Vineyard-Wind-1-FEIS-Volume-1.pdf>。

²⁸¹ 常见问题 - 海上风电和鲸鱼,NOAA,<https://www.fisheries.noaa.gov/new-england-mid-atlantic/marine-life-dangers/problems-sea-wind-whales> (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。

²⁸² Vineyard Wind – NGO 协议,2019 年 1 月 22 日,<https://www.nrdc.org/sites/default/files/vineyard-wind-whales-agreement-20190122.pdf>。

²⁸³ Vineyard Wind 最终 EIS,第 3-91 同上 注280,第3-95页。

²⁸⁴ ID. 页。

²⁸⁵ Steven Degraer 等人, 海上风电场人工鱼礁影响生态系统结构和《海洋学》48,49 (2020), <https://doi.org/10.5670/oceanog.2020.405>;罗德岛州海洋 海上可再生能源改善栖息地,增加赠地(2020 年 7 月 26 日),<https://seagrant.gso.uri.edu/offshore-renewable-energy-improves-habitat-increases-fish/>。

²⁸⁶ Marvell, 同上 注11.

²⁸⁷ ID.

²⁸⁸ Martha Harbison,奥株邦地深水钻井平台事故中超过一百万只鸟死亡。

(2014 年 5 月 6 日),<https://www.audubon.org/news/more-one-million-birds-died-during-deepwater-horizon-disaster>。

²⁸⁹国家海洋局,国家海洋和大气管理局是海洋酸化,oceanservice.noaa.gov/facts/acidification.html (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。

²⁹⁰ Vineyard Wind 最终环境影响报告, 同上 注280,第3-85页。

错误说法21:生产和运输风力涡轮机组件比燃烧化石燃料释放的二氧化碳还多。

“风力发电机可能是最糟糕的浪费能源制造、安装、维护和
生产。”²⁹¹

。 。 。 因为它们需要比它们上升更多的高度和后退

曾经

从生命周期来看,风能每发电一千瓦时所排放的二氧化碳远低于化石燃料。²⁹²

根据美国国家可再生能源实验室 (NREL) 的数据,海上和陆上风力涡轮机的平均生命周期排放量为 13 克二氧化碳当量/千瓦时。²⁹³化石燃料的生命周期排放量要高得多,天然气和煤炭分别释放 486 克二氧化碳当量/千瓦时和 1001 克二氧化碳当量/千瓦时排放量。²⁹⁴换句话说,风能的平均生命周期排放量大约是煤炭的 1/77。²⁹⁵

制造过程仅占风力涡轮机生命周期排放量的一小部分 (2.41%)。²⁹⁶大部分涡轮机排放来自运输,占海上和陆上作业排放量的 90% 以上。²⁹⁷风力涡轮机投入运营后,会产生清洁、无排放的能源,抵消生产和运输过程中产生的二氧化碳排放。²⁹⁸

错误说法#22:风力涡轮机将产生难以承受的大量废物。

“这种清洁的绿色能源并不清洁,对我们的垃圾填埋场来说也并不那么环保。”²⁹⁹
在

。 。 。 这只会造成更多浪费

风力涡轮机的约 85% 质量 (包括塔架、变速箱和发电机)由易

²⁹¹ 开发商声称:风能效率 ,州际知情公民联盟, <https://iiccusa.org/developer-claims/developer-claims-wind-energy-inefficiency/> (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。

²⁹² Stacey L. Dolan 和 Garvin A. Heath, 生活循环温室 气体 排放量 公用事业规模的风力发电, 16 J.工业生态学, S136-S154 (2012), <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00464.x>; Shifang Wang 等人,210 J. 生命周期温室 气体 排放量 陆上和 海上风力涡轮机 , CLEANER PROD. 804, 807-808 (2019),<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.031>;Nat I 可再生能源实验室,注 68,第 3 页。

²⁹³国家可再生能源实验室,注 68,第 3 页。

同上

²⁹⁴ 。

²⁹⁵ IdId。

²⁹⁶ 王等人,804。 生命周期温室 气体 排放量 陆上和 海上风力涡轮机 , , 注292,第807页。
²⁹⁷ ID。

²⁹⁸ Sara Peach, 什么是 碳足迹 风力涡轮机? , 耶鲁气候联系 (2021 年 6 月 30 日) ,

<https://yaleclimateconnections.org/2021/06/whats-the-carbon-footprint-of-a-wind-turbine/>。

²⁹⁹ Donnelle 爱荷华州的赌注很大 在 风能,但它正在创造 A 问题:刀片一旦被 不 更长 有用? , Eller, 《得梅因登记册》(2019 年 11 月 6 日) ,<https://www.desmoinesregister.com/story/money/agriculture/2019/11/06/few-recycling-options-wind-turbine-blades-desmoines/394248002/>。

回收。 300 其余 15% (包括叶片)由复合材料制成,例如玻璃纤维,这些材料更难回收。

³⁰¹ 然而,回收涡轮叶片的新技术正在开发中,而涡轮叶片

事实上,一些设施正在回收利用。302 最近,美国能源部支持的一项突破使美国所有 303 家私营公司开始开发可回收的涡轮叶片涡轮部件,

回收工厂.304

2017 年的一项研究估计,到 2050 年,全球每年的涡轮叶片废弃量将达到 290 万公吨,2018 年至 2050 年期间累计产生的废弃量总计为 4300 万公吨。³⁰⁵ 这可不仅是小数目。然而,《自然物理》杂志预测,2016 年至 2050 年期间,全球化石燃料发电产生的累计废弃量预计仅煤灰就将产生约 455.5 亿公吨,以及 2.49 亿公吨油泥。³⁰⁶ 换句话说,煤灰的累计废弃量预计约为涡轮叶片的 1000 倍,油泥的累计废弃量预计约为涡轮叶片的 5-6 倍。重要的是,煤灰和油泥都是有毒的。³⁰⁷ 进一步来说,仅在美国,2018 年所有行业就产生了约 6 亿短吨 (5.44 亿公吨) 的建筑和拆除垃圾。³⁰⁸ 实际上,仅在美国,每年的建筑和拆除垃圾就大约是 2050 年全球风力涡轮机叶片预计年度垃圾的 187 倍。

错误说法#23:风力涡轮机占用了太多土地。

“风的要求很低。” 功率密度意味着巨大的材料 和 陆地/海域面积
309

普林斯顿大学 2021 年的报告指出,到 2050 净零美国 , 得出的结论是,美国所需的风力涡轮机到涡轮机基地和通道覆盖的区域)
年实现净零排放将产生直接足迹 (IE ,

³⁰⁰ Muhammad Khalid 等人,44 可再生能源 373, 375 (2023) 风力涡轮机叶片通过现代回收技术 2.001; 亚历杭德罗·德拉加尔萨,《时代》杂志,九月 2023 年至路, 零浪费 ,

<https://time.com/6316828/recycling-old-wind-turbine-blades/>,
³⁰¹ ID。

302 Jonas Jensen 等人,97 可再生能资源回收:经验、挑战和 SUSTAINABLE ENERGY REV. 165, 171 (2018), <https://doi.org/10.1016/j.ser.2018.08.041>; Roth International, <https://www.ro> 风力涡轮机的回收和恢复 recycling-recycling-of-wind-turbines/ (最后访问时间为 2024 年 6 月 4 日)。

303 风能技术办公室, Carbon Rivers 制造风力涡轮机叶片回收和 升级再造 现实与支持
美国能源部, 美国能源效率和可再生能源办公室 (2022 年 10 月 17 日) <https://www.energy.gov/eere/wind/articles/carbon-rivers-makes-wind-turbine-blade-recycling-and-upcycling-reality-support>

304 Dave Downey, 我们是爱荷华州(2家爱荷华州公司的做法) <https://www.weareiowa.org/science/environment/recycling-wind-turbine-blades-regen-fiber-travero-alliant-energy-fiberglass-iowa/524-88fe0610-cede-4a56-a9a3-01a36319927c>。

305 Pu Liu 和 Claire Y. Barlow, 2050 年风力涡轮机叶片废弃物 , 62 废物管理 229 (2017 年 4 月) ,
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.02.007>。

306 Mirletz 等人,注 305 第 1376 页。
³⁰⁷ ID。

308 建筑和拆除垃圾:特定材料数据 , 美国环境保护署, <https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/construction-and-demolition-debris-material> (最后访问时间为 2024 年 4 月 1 日)。

309 家 , 国家风向监测, <https://www.wind-watch.org/> (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。

介于 603,678 至 2,479,208 英亩之间。³¹⁰这明显少于目前用于天然气开采的 440 万英亩土地和用于石油开采的 350 万英亩土地。³¹¹

一些分析大大夸大了风能所需的土地面积,要么包括涡轮机之间的未使用空间,要么使用一种称为视觉足迹的指标来衡量涡轮机可见的区域。正如 Amory Lovins 所说,“说风力涡轮机‘使用’它们之间的土地,就像说停车场的灯柱与停车场的面积相同:事实上,大约 99% 的面积仍然可供驾驶、停车和步行。”³¹²当风力涡轮机位于农田上时,它通常只使用大约 5% 的项目面积,其余部分可用于农业和其他用途。

313

此外,根据位置和所用技术的不同,风力涡轮机每发电一千瓦时所需的土地也比化石燃料少。³¹⁴联合国欧洲经济委员会(UNECE)的一份报告发现,2022 年风力发电的总土地占用量(农业和城市)为 0.3-1 平方米/千瓦时。³¹⁵具体数值取决于风力涡轮机的类型、陆上或海上位置以及涡轮机的具体位置。³¹⁶相比之下,天然气的数值为 0.6-3.3 平方米/千瓦时,煤炭的数值为 7.2-23.8 平方米/千瓦时。³¹⁷UNECE 报告指出,这些计算不包括碳捕获和储存(CCS),如果实施,将减少排放但增加土地使用。³¹⁸

风能使用的土地也比生物质少得多。专用生物质每年每太瓦时平均消耗 160,000 公顷土地。³¹⁹相比之下,如果从风的直接足迹来看,风能的土地使用强度仅为每年每太瓦时 170 公顷,如果包括涡轮机之间的空间,则为每年每太瓦时 15,000 公顷。³²⁰

³¹⁰ Larson 等人,数字包 同上 注 107,第 245 页。报告预测“风电场总面积”将显著增加,但这些括风电场的整个视觉足迹。

³¹¹ Dave 美国 零碳经济将需要更多土地,aa ID。第 243,245 页。

彭博社 (2021 年 6 月 3 日),

Merrill, <https://www.bloomberg.com/graphics/2021-energy-land-use-economy/>。

³¹² 看 Amory B. Lovins, 可再生能源的“足迹” 神话,24 ELECTRICITY JOURNAL 40, 41 (2011), <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1040619011001436?via%3Dihub>; Larson 等人, 313 同上 注 107,第 245 页。

McGill University, 净化空气: 风力发电场比以前想象的更节省土地, 科学日报, 2024 年 4 月 17 日, www.sciencedaily.com/releases/2024/04/240417182834.htm。

³¹⁴ 碳中和 联合国欧洲经济委员会区域:综合生命周期评估 电源 , 联合国经济委员会 欧洲(联合国欧洲经济委员会),联合国,70 (2022 年),https://unece.org/sites/default/files/2022-08/LCA_0708_correction.pdf。

³¹⁵ ID。

³¹⁶ ID。

³¹⁷ ID。

³¹⁸ ID。

第319章 杰西卡·洛夫林等人, 同上 注 123,第 8 页。

³²⁰ ID。

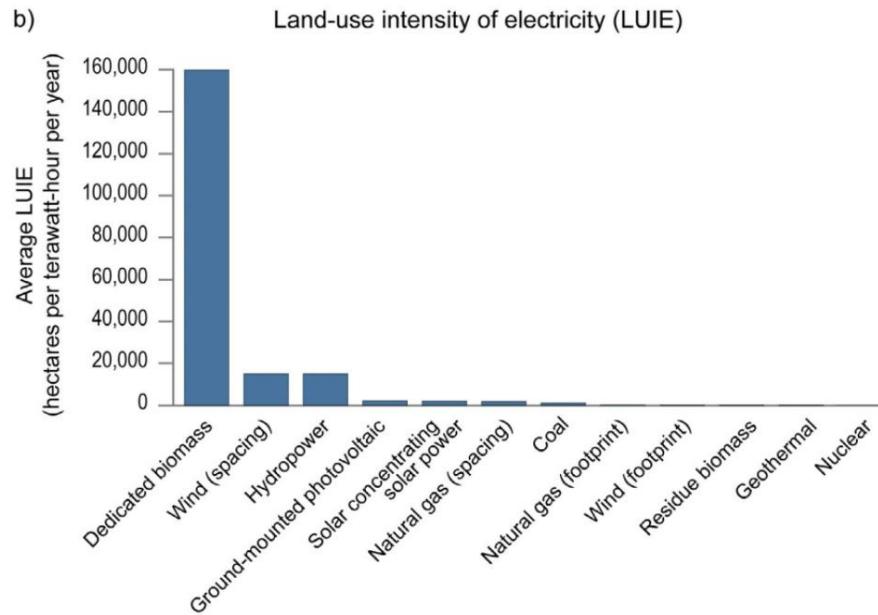


图 13：土地利用平均用电强度（以公顷为单位）

年份。资料来源：美国全球变化研究计划（数据可视化来自 Jessica Lovering 等人）。和 321

化石燃料发电还会对其所使用的土地产生更有害、更持久的影响。石油和天然气的开采、运输和分配过程中经常发生泄漏，造成土壤和水质损害。2017 年的一项研究发现，每年有 2% 至 16% 的非常规油气井报告发生泄漏，某些州的泄漏率高于其他州。³²²由于频繁泄漏，开采地点周边地区的复垦十分困难。³²³所涉及的土地往往会长期遭受损害，只能用于有限的用途。³²⁴此外，废弃煤矿和闲置的油气井会继续威胁公众健康，因为它们会污染地下水，排放甲烷和其他有毒气体，就废弃的露天煤矿而言，甚至会持续存在巨石坠落的风险。³²⁵目前，美国有超过 130,000 口闲置的油气井³²⁶；在肯塔基州，近 40% 的所谓“活跃”煤矿已“功能性废弃”。³²⁷

³²¹美国全球变化研究计划，³²²Lauren A. Patterson, 科学与技术非传统的石油和气体泄漏风险缓解优先事项和州报告要求

参见注 123, 第 8 页)。
, 51 环境

2563, 2563 (2017), <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.est.6b05749>。

³²³ 布雷迪·奥尔雷德等人，生态系统服务丧失石油和气体进入北美 348 SCI 401, (2015) , <https://www.science.org/doi/full/10.1126/science.aaa4785>。

³²⁴ ID。

³²⁵ 看 孤儿威尔斯，美国内政部，<https://www.doi.gov/orphanedwells> (上次访问时间为 2024 年 4 月 1 日) ; James Bruggers, 国会办公室同意 调查“僵尸”煤矿，气候新闻内幕，2024 年 1 月 12 日，<https://insideclimateneWS.org/news/12012024/kentucky-zombie-coal-mines/>。

³²⁶ 联邦孤儿井计划，美国土地管理局，<https://www.blm.gov/programs/energy-and-minerals/oil-and-gas/federal-orphaned-well-program> (最后访问时间为 2024 年 4 月 1 日)。

³²⁷ 布鲁格斯，同上 注 325。

相比之下,公用事业规模的风力发电厂可以并入美国的牧场和农田,而且干扰要小得多。风力发电厂直接占用的土地面积相对较少。根据美国能源部的数据,通过风力涡轮机为美国 35% 的电网供电需要 3,200 平方公里 (790,000 英亩) 的土地,这仅仅是美国 23 亿英亩土地的一小部分。³²⁸此外,风力发电厂内还有充足的空间用于其他土地用途:美国国家可再生能源实验室估计,风力发电厂约 98% 的面积可用于农业或其他用途。³²⁹此外,植物和动物物种可以安全地生长并直接漫游到涡轮机的底座。

这可以帮助本地物种繁衍生息,并允许农民在发生火灾后继续种植农作物和放牧动物。

风能项目已经启动。³³⁰风能(和太阳能)场地的回收可以在电厂开始运营后立即开始,因为与其他能源相比,风能和太阳能只需要很少量的土壤扰动。³³¹

最后,燃烧化石燃料产生的气候变化直接损害森林、海洋、农作物和野生动植物,包括引发野火、藻华、干旱和破坏视觉景观的极端天气事件。³³²相比之下,风能可以通过减轻气候影响进一步保护当地景观。

错误说法24:风力发电,特别是海上风力发电,成本太高。

“风电场 . . . 无法以有竞争力的方式生产电力,并且需要政府对安装和后续运营进行大量补贴。纳税人受到打击
A 双重打击,更高的电费和更高的税收补贴。”³³³ 支付

在美国,陆上风电的无补贴平准化能源成本 (LCOE) 是所有公用事业规模能源中最低的。陆上风电的平均无补贴平准化能源成本为 50 美元/兆瓦时,远低于燃气联合循环 (70 美元/兆瓦时)、煤炭 (117 美元/兆瓦时) 和天然气调峰 (168 美元/兆瓦时) 的平均无补贴平准化能源成本。³³⁴如下图 Lazard 所示,虽然不考虑补贴时海上风电比燃气联合循环更昂贵,但海上风电的无补贴平准化能源成本 (106 美元) 仍低于天然气调峰和煤炭。³³⁵

³²⁸ 风之愿景: A 新的时代 风力发电 美国上文 , 注238,第139页; 土地和自然资源 , 美国农业部经济研究局, <https://www.ers.usda.gov/data-products/ag-and-food-statistics-charting-the-essentials/land-and-natural-resources/?topicId=a7a658d4-f209-4641-9172-066ca0896abe> (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。

³²⁹ Paul Denholm 等人,第 51 页,国家可再生能源实验室, 2022 年,<https://www.nrel.gov/docs/fy22osti/81644.pdf>。

³³⁰ 莫莉·伯根, 风力涡轮机如何提供 A 安全网 农村农民, 世界资源研究所 (2020 年 10 月 13 日) , <https://www.wri.org/insights/how-wind-turbines-are-providing-safety-net-rural-farmers>。

³³¹ Amalesh Dhar,《整体观点 在环境影响和 太阳能和风能系统的土地复垦策略》, 718 环境科学》134602, 11 (2020),<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719345930>。

³³² Savannah Bertrand 研究所 情况说明书:气候、环境和 健康影响 化石燃料, 环境与能源研究 (2021 年 12 月 17 日) ,<https://www.eesi.org/papers/view/fact-sheet-climate-environmental-and-health-impacts-of-fossil-fuels-2021>。

³³³ 海上风电场的问题 不是值得 它, 国家风力监测, <https://www.wind-watch.org/news/2011/04/21/problems-with-offshore-wind-farms-not-worth-it/> (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。

³³⁴ 拉扎德 同上 注169,第2、6、9页。

³³⁵ ID。

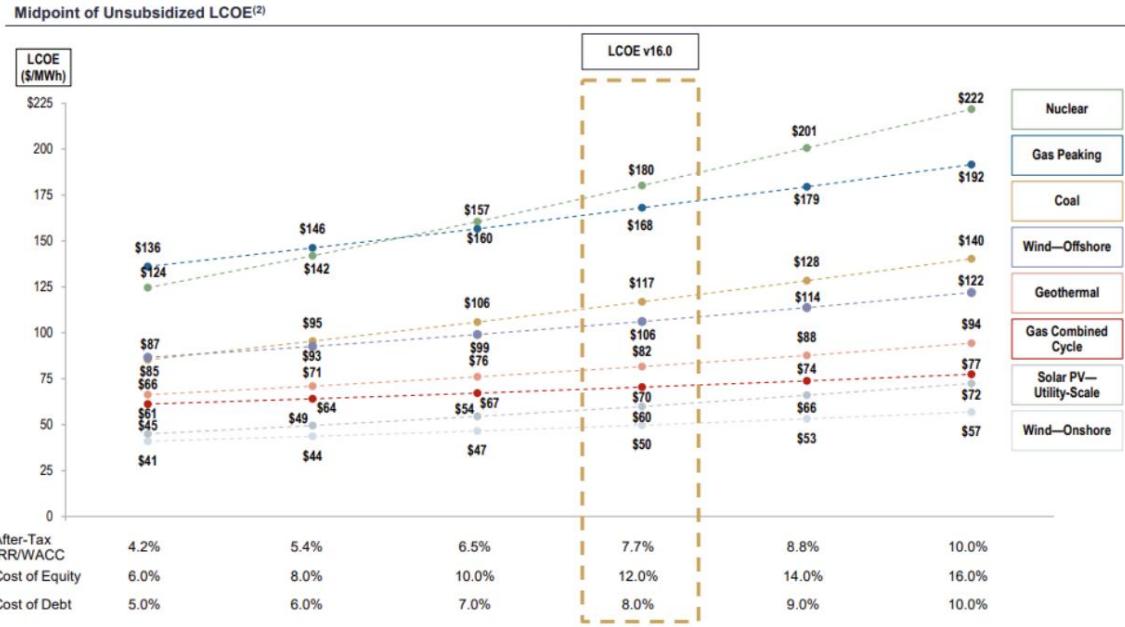


图 14: 不同资本成本情景下的无补贴 LCOE, 突出显示 2023 年 4 月的平均无补贴 LCOE。“IRR”代表“内部收益率”，“WACC”代表“加权平均资本成本。”来源:Lazard。 336

资本。”来源:Lazard。 336

此外,过去十年来,海上风电的 LCOE 大幅下降。³³⁷美国能源部最新的海上风电市场报告估计,2022 年开始运营的固定底部海上风电项目的 LCOE 将比 2014 年开始运营的项目低约 50%,尽管与 2021 年的成本估算相比成本增加了 6%。³³⁸研究人员进一步预测,到 2030 年,海上风电的平均 LCOE 将降至 63 美元/兆瓦时。³³⁹

在很大程度上由于价格大幅下跌,近年来,美国国内和全球海上风电的部署激增。截至 2022 年底,全球装机容量已达到 59,009 兆瓦,比 2021 年增长约 18%。³⁴⁰截至 2023 年 5 月底,美国正在开发和运营的海上风电项目管道估计代表 52,687 兆瓦的风能容量,比 2022 年 5 月增长 15%。³⁴¹然而,值得注意的是,几个海上风电项目

³³⁶ ID。经许可转载。

³³⁷ 看 沃尔特·穆西尔等人, 海上风电市场报告:2023 年版 , 美国能源效率和可再生能源办公室

能源部,第 xiii 页,81-83 页 (2023 年) ,<https://www.energy.gov/sites/default/files/2023-09/doe-offshore-wind-market-report-2023-edition.pdf>; Ryann Wise 等人,6 自然能量, 555,557 (2022 年) ,<https://www.natureenergy.com/articles/s41560-021-00810-z>。 49% 下降 2050 年风能成本 ,

³³⁸ Musial 等人,注 337,第 xii 页,81-83 页。

339

³⁴⁰ Id. 第 xii 页;Walter Musial 等人,能 海上风电市场报告:2022 年版 , 美国能源效率和可再生能源办公室

源部, ix (2022 年) ,<https://www.energy.gov/sites/default/files/2022-09/offshore-wind-market-report-2022-v2.pdf>。

³⁴¹ Musial 等人,注 337,第 xii 页。

由于项目取消,自 2023 年 5 月以来,已有项目从美国海上风电项目储备中剔除。³⁴²其中包括 2023 年 10 月取消的 Ocean Wind I 和 II 项目,预计这两个项目的风能容量将超过 2,200 兆瓦。³⁴³

一旦投入运营,海上风力涡轮机将比陆上风力发电场产生更多的能源和收入,因为风速更快更稳定;它们还具有在更靠近美国沿海人口中心的地方发电的优势,从而减少了长距离传输的需要。³⁴⁴根据欧洲风能协会的数据,普通陆上风力涡轮机产生的能源足以供 1,500 户家庭供电,而普通海上风力涡轮机可以为超过 3,300 户家庭供电。³⁴⁵此外,当考虑到与气候变化和人类健康影响相关的成本时,与许多化石燃料能源相比,海上风电甚至更便宜。³⁴⁶

错误说法#25:风力涡轮机对农民和农村社区有害。

“工业风力涡轮机的建设会影响含水层、水流、瓦线、土壤侵蚀、土壤压实、空气和水流。”³⁴⁷

的土壤、农田。”³⁴⁷ 它破坏了世界上最好的压力本质,即世世代代养活世界

我们 留下的感到自豪和 我们

到

风力发电为农民提供了通过出租土地赚取额外收入的机会,同时还可以种植农作物或放牧牲畜。³⁴⁸因此,许多农民认为风力涡轮机对他们的农田和当地社区有益。³⁴⁹风力发电场为继续农业使用留下了充足的空间:³⁵⁰国家可再生能源实验室

³⁴² 看 美联社, 风电行业遭遇挫折,新泽西州取消了两个大型海上项目 ,<https://www.npr.org/2023/11/01/1209986572/offshore-wind-energy-new-jersey-orsted>;Heather Richards, 2024 年的金融动荡 ENERGYWIRE, 2024 年 1 月 8 日,<https://www.eenews.net/articles/offshore-wind-faces-more-financial-2024-years-turbulence/>。

³⁴³ Ocean Wind 2, <https://oceawindtwo.com/> (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。

³⁴⁴ 海上风电场有哪些优势和劣势? , 美国地球科学研究所, <https://www.americangeosciences.org/critical-issues/faq/what-are-advantages-and-disadvantages-offshore-wind-farms> (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日);Adrijana Buljan, OFFSHOREWIND.BIZ (2021 年 4 月 19 日),<http://offshorewind.biz/2021/04/2050-year-possible-wind-turbine-growth-outlook-50-could-be-lower-than-previously-expected/>;Laura Small 等人,环境与能源研究所, 3 (2016 年 1 月 4 日),<https://www.eesi.org/papers/view/factsheet-offshore-wind-2016>;美国能源部, 2023 年 8 月 24 日,<https://www.energy.gov/eere/articles/wind-turbine-growth-outlook-offshore-wind-america-can-keep-up-europe>。

³⁴⁵ Laura Small 等人,注 344,第 3 段上

³⁴⁶ ID。第 2 页;Paul R. Epstein 等人, 满的成本会计 生活周期 煤炭 , 1219 ECOLOGICAL ECON. REV.,纽约科学院年报, 2011 年 4 月,73-98 (Robert Costanza,Karin Limburg 和 Ida Kubiszewski 编辑,2011 年) ,<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21332493/>。

³⁴⁷ 救援皮亚特县,注释 233。 同上

³⁴⁸ 看 风能对经济的影响 社区能源, 美国能源部能源效率和可再生能源办公室, <https://windexchange.energy.gov/projects/economic-impacts> (上次访问时间为 2024 年 3 月 26 日);Elizabeth Weise, 《今日美国》, 2020 年 2 月 16 日 (2020 年 2 月 20 日更新),<https://www.usatoday.com/story/news/nation/2020/02/16/wind-energy-can-help-american-farmers-earn-money-avoid-bankruptcy/4695670002/>。

³⁴⁹ Kirsty Holstead 等人, 话语 的 农场风能发电 英国农业出版社 , 19 J. ENV T. POL Y & PLAN. 391, 399 手册 (2017 年) ,<https://doi.org/10.1080/1523908X.2016.1224157>;Sarah Mills, SUSTAINABILITY & 风能和 农村社区可持续发展 , SOC. SCI. RSCH. 215, 219-221 (Walter Leal Filho,Robert W. Marans 和 John Callewaert 编辑,2018 年) ,https://doi.org/10.1007/978-3-319-67122-2_12。

估计典型风力发电场中约 98% 的面积可用于农业或其他用途。³⁵⁰纽约农业局表示，“风力涡轮机适用于持续的农业活动，因为风力涡轮机通常相隔一英亩。”³⁵¹此外，“牲畜不受风力涡轮机的影响，它们会一直吃到风力涡轮机的底部。”³⁵²

租赁费用带来的额外收入可以帮助农民维持土地的生产。³⁵³密歇根大学 2017 年的一项研究发现，拥有风力涡轮机的农民在农场上的投资往往是没有风力涡轮机的农民的两倍。³⁵⁴此外，公用事业规模风力发电项目的财产税为农村社区提供了投资学校、道路和桥梁的收入。³⁵⁵

拥有涡轮机的农民似乎也更有信心在去世后继续拥有自己的农场。密歇根大学的一项研究显示，80% 拥有涡轮机的农民制定了农场的继承计划，而没有涡轮机的农民只有 62% 制定了继承计划。³⁵⁶研究人员得出结论，这种差异可能是由于风力涡轮机提供的额外收入。³⁵⁷

风力发电场同样可以提高农业生产力。中国浙江大学 2019 年对戈壁沙漠风力发电场的一项研究发现，涡轮机的距离使当地植被“代谢效率更高，社区覆盖率、密度和地上生物量更高”。³⁵⁸爱荷华州立大学农学系最近的一项研究表明，随着涡轮机从土壤中吸收更多的二氧化碳，农业产量的相关收益可能来自光合作用能力的提高。³⁵⁹进一步的研究表明，风力涡轮机甚至可以提高邻近农场的农作物产量，因为它可以最大限度地减少周边地区的极端有害温度。³⁶⁰此外，虽然认识到风力发电场的安装可能导致短期土壤退化，但巴西塞阿拉联邦大学 2020 年的一项分析得出结论，这些设施产生的影响小于“同一时期农业使用和降雨造成的影响”，当地农民发现“可以协调农业和风力发电，而不会对农村地块造成重大影响”。³⁶¹

³⁵⁰ Paul Denholm 等人，同上 参见第 329 页注 51。

³⁵¹纽约农场局，《租赁农田用于风能和太阳能开发：农民入门指南》第3 页（2014 年），https://www.nyfb.org/application/files/2014/9780/6349/file_y349d211hx.pdf; 允许牲畜放牧和种植农作物。”）。另见（“风力涡轮机安装兼容

³⁵² 同上，另见参阅风能对社区（“风力涡轮机足够坚固，可以承受牛群将其用作摩擦柱或遮荫。”）。

³⁵³ 影响，上文《英国农业新闻》上文《风能发电对社区的经济影响》，注 348; Kirsty Holstead 等人，¹⁹ J. 话语，ENV T. POL Y & PLAN. 391, 399 (2017), <https://doi.org/10.1080/1523908X.2016.1224157>; Mills, 注 349, 第 219-221 页。

³⁵⁴ 米尔斯，同上 注 349, 第 219-221 页。

³⁵⁵ 风能对经济的影响 社区之上，注 348。

³⁵⁶ Mills, 注 349, 第 215,219 页。

³⁵⁷ ID. 第 215,219-220 页。

³⁵⁸ Kang Xu et al., 积极的生态效应 风力发电场 植被 中国的戈壁沙漠，SCI 报告 9, 6341 (2019) <https://www.nature.com/articles/s41598-019-42569-0>。

³⁵⁹ Ed Adcock, 爱荷华州立大学研究发现风力发电场对农作物产生积极影响，爱荷华州立大学推广与外联部 2018 年 3 月 5 日，<https://www.extension.iastate.edu/news/iowa-state-university-research-finds-wind-farms-positively-impact-crops>。

³⁶⁰ Daniel T. Kaffine, 风电场对微气候的影响 当地农作物产量，96 J. ENV T. ECON. MGMT. 159, 159-160 (2019), <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2019.06.001>。

³⁶¹ Manoel Fortunato Sobrinho Júnior 等人, ¹⁹ 土壤 使用和 职业 风电场农业 区域，MERCATOR - REVISTA DE GEOGRAFIA DA UFC, 1, 3, (2020), <https://www.redalyc.org/journal/2736/273664287012/273664287012.pdf>。

错误说法#26:风能不利于美国就业。

“补贴风能和太阳能会破坏更多

工作比他们

永远‘创造’” 362

风力发电是一个快速增长的行业,为美国创造了许多就业机会。2021年,风能生产雇用了约120,000名美国工人,创造了约5,400个新工作岗位(自2019年以来增长4.7%)。363美国能源部表示,到2050年,该行业可能雇用多达600,000名美国工人。364如前所述,美国第五次国家气候评估预测,到2050年,在高度电气化情景下将有近3,000,000个新的太阳能、风能和输电相关工作岗位,在100%可再生能源情景下将有6,000,000个新工作岗位,而化石燃料相关工作岗位将减少不到1,000,000个。365

Energy Employment from 2020 to 2050 for Alternative Net-Zero Pathways

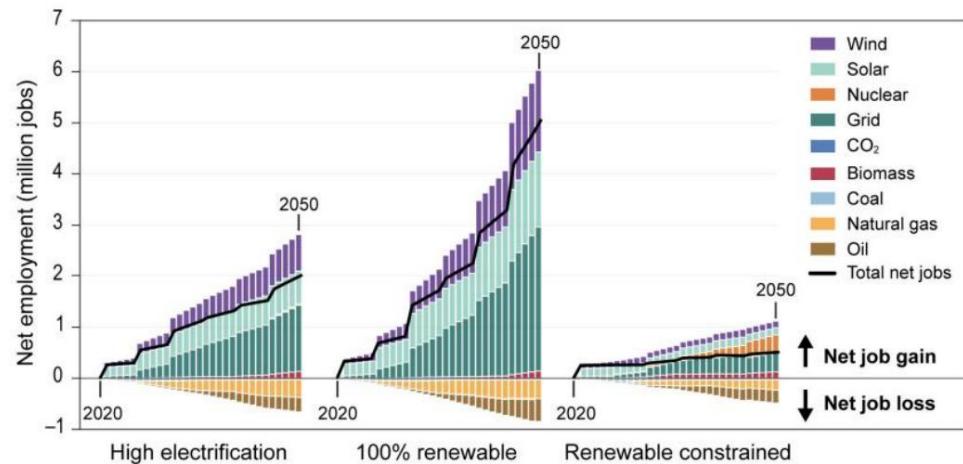


图 15:2020 年至 2050 年美国各种净零温室气体排放目标下的能源就业情况

排放情景。资料来源:美国全球变化研究计划。

366

目前,美国大部分就业岗位都在制造业。367目前,美国有500多家制造工厂专门生产风力发电部件。368对于在美国安装的涡轮机而言,大约70%的塔架

³⁶² 再生能源 工作 误区:风电补贴和 太阳毁灭 远的 创造的就业机会比以往任何时候都多, “停止这些事情,五月 11,2020,<https://stopthesethings.com/2020/05/11/renewable-energy-job-myth-subsidised-wind-and-solar-destroy-far-more-jobs-than-they-ever-create/> (大写字母已编辑为句子大小写)。

³⁶³ 美国能源与 2022 年就业报告 , 美国能源部政策办公室、能源就业办公室, 24 (2022 年 6 月),https://www.energy.gov/sites/default/files/2022-06/USEER%202022%20National%20Report_1.pdf。注 238, 第 139 页。

³⁶⁴ 风之愿景: A 新的 时代 风力发电 美国上文上文 ,
365美国全球变化研究计划, 注124,第32-31页。

³⁶⁶ ID。

367詹姆斯·汉密尔顿等人,https://www.bls.gov/green/wind_energy/wind_energy.pdf 职业发展 风能 , 美国劳工统计局 (2010 年 9 月) ,

368能源部风能技术办公室, <https://www.energy.gov/eere/wind/wind-manufacturing-and-supply-chain> (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。

制造和 80% 的机舱组装也在国内进行。³⁶⁹此外,美国劳工统计局指出,风力涡轮机服务技术人员是 2022 年至 2023 年间增长最快的职业,在此期间规模增长约 45%。³⁷⁰

错误说法#27:风力涡轮机破坏了附近的财产价值。

“存在某种属性。” 风力发电设施可能会降低周边地区的价值
371

多项学术研究评估了风力涡轮机对房产价值的影响。最近的一项 2024 年 3 月的研究发现,在房屋的视野范围内安装风力涡轮机会使销售价格平均降低 1.12%。³⁷²该研究发现,涡轮机对房产价值的负面影响主要体现在城市房产而非农村房产中,并且涡轮机安装后十年内对房产价值的任何负面影响都会消失。³⁷³该研究还发现,随着时间的推移,涡轮机安装对房屋价值的破坏性越来越小:研究人员发现 2017 年之后安装的涡轮机对房屋价值没有统计学上显著的影响,并表示 1.12% 的平均影响“大于人们对近期和未来安装的预期影响。”³⁷⁴

相比之下,2023 年 12 月的一项研究发现,当宣布在距离住宅一英里的范围内开发风力发电时,与距离三到五英里的住宅相比,价格会下降高达 11%。

³⁷⁵ 然而,在项目投入运营大约五年后,房价会回到通胀调整后的公告前水平的 2% 以内。³⁷⁶研究发现,县的人口很重要:在人口超过 25 万的县,降幅约为 15%,但在人口少于 25 万的县,降幅在统计上并不显著。³⁷⁷研究还发现,在距离最近的涡轮机 1.25 英里以外的地区,房屋销售价格没有受到统计上显著的不利影响。³⁷⁸

2021 年的一项早期研究测试了涡轮机大小如何影响不同距离的房产价值,结果发现,平均而言,附近的涡轮机安装会使房屋价值降低 1.8%。³⁷⁹该研究还发现,涡轮机距离房屋越远,对房产价值的影响就越小。³⁸⁰当大型涡轮机 (>150 米) 安装在距离房屋 750 米以内时,影响最大,价格下降了 8.3%。³⁸¹中型涡轮机 (50-

³⁶⁹ ID。机舱是容纳变速箱、发电机、传动系统和制动器组件的外壳。

³⁷⁰ 增长最快的职业常见问题:经济学风力涡轮机的房地 美国劳工统计局 (2023 年 9 月),<https://www.bls.gov/ooh/fastest-growing.htm>。

³⁷¹ 产价值的视觉效果很小,并且,国家风能监测, <https://www.wind-watch.org/faq-economics.php> (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。

³⁷² Wei Guo et al., 会随着时间的推移而逐渐减小,<https://www.pnas.org/doi/epdf/10.1073/pnas.2309372121>, PNAS,2024 年 3 月,

³⁷³ ID。在 3.

³⁷⁴ ID。在 3-4.

³⁷⁵ Eric J. Brunner 等人, 商业风力涡轮机和住宅价值:来自全球陆地风力发电项目的新证据
美国 , 185能源政策113837,第 1 页 (2023 年),

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421523004226?via%3Dihub>.

³⁷⁶ ID。在 1。

³⁷⁷ ID。在 9-10 点。

³⁷⁸ ID。7,10。

³⁷⁹ Martijn Dröes 等人,<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112327>。在 8 点。

³⁸⁰

³⁸¹ IdId。

150 米)的价格影响为 3.4%。³⁸²此外,2021 年的研究发现,在 2,250 米以上,涡轮机对价格没有明显的影响。

³⁸³另一项研究发现 3 公里以外没有影响。³⁸⁴下图显示了 2021 年研究中,涡轮机的大小和距离如何影响房产价值。³⁸⁵

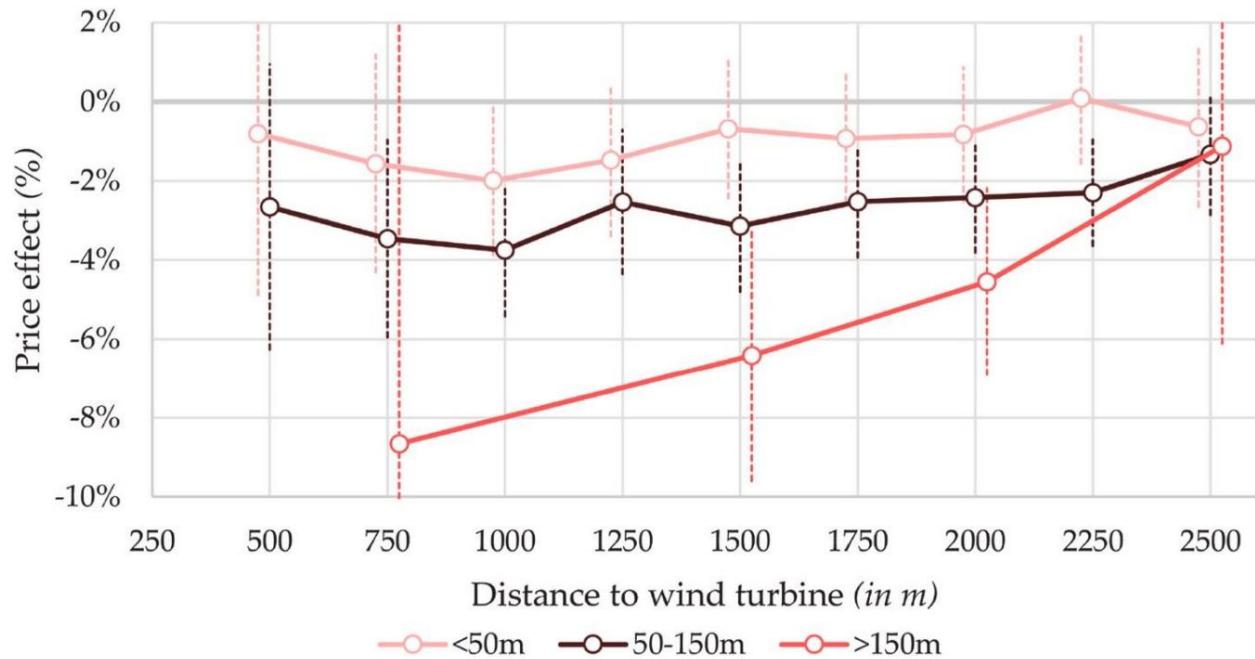


图 16:图表显示了不同尺寸的风力涡轮机以及与房产的距离对房屋价值的影响。涡轮机高度计算如下
轴高加上转子叶片的一半

直径。资料来源:Martijn Dröes 等人。³⁸⁶

另一项针对距离风力涡轮机站点 5 英里范围内约 50,000 笔罗德岛独户住宅交易的学术研究发现,价格影响没有显著的统计学意义。

³⁸⁷而另一项对风力涡轮机发电站 10 英里范围内约 50,000 笔房屋交易(分布在 9 个州)的学术研究同样没有发现具有统计学意义的价格证据

³⁸² ID。

³⁸³ ID。

³⁸⁴ Cathrine Jensen 等人, 的 影响 岸上和 海上风力涡轮机发电场 (2018 年), <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.01.046>。

³⁸⁵ Martijn Dröes 等人,注释³⁸²,第 8 页。

³⁸⁶ ID。

³⁸⁷ Corey Lang 等人, 这 有风 城市:房产价值影响 (2014), <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.05.010>。

变化。其³⁸⁸相比之下,2011年的一篇论文发现,如果一个人家附近2英里内有一座化石燃料发电厂价值降低了4-7%。³⁸⁹在研究样本中的化石燃料发电厂中,92%是天然气发电厂。³⁹⁰

最后,这些影响可以得到缓解。例如,多项研究建议在风力发电场内集中安装涡轮机。³⁹¹

其中一项研究发现,在现有涡轮机两公里范围内增加一台涡轮机对房价的影响在统计上并不显著。³⁹²但值得注意的是,涡轮机必须以适当的方式间隔开,以尽量减少尾流干扰,即上游风力涡轮机干扰下游风力涡轮机生产的现象。³⁹³

错误说法28:风能不可靠。

“由于风的间歇性和高变化性,它们对其他燃料几乎没有任何影响。”³⁹⁴
减少

与太阳能一样,完全依赖风能会带来间歇性挑战。然而,风能、太阳能和储能相结合可以在不影响可靠性的情况下提供该国大部分电力。

效率和电网灵活性机制可支持基于可再生能源的电网。³⁹⁶研究还发现,水电可通过补偿风能和太阳能的间歇性来支持这些能源。³⁹⁷此外,建设更多的长距离输电基础设施可实现对风能和太阳能发电的更大依赖,³⁹⁸通过海上输电网络连接海上风电项目也有望提高电网可靠性。³⁹⁹美国国家可再生能源实验室的一份报告得出结论:“风电可通过提供‘有功功率控制’来支持电力系统的可靠性”,⁴⁰⁰

388 Lucas Nelsen, <https://www.cfra.org/blog/are-property-values-affected-wind-farms>.

,农村事务中心(2018年7月19日),

389 卢卡斯·戴维斯, https://doi.org/10.1162/rest_a_00119。

,93 REV. ECON. STAT. 1391 (2011),

390 ID。在14:00。

391 Cathrine Jensen等人,Martijn Dröes等人,注释同上注384,第51; Martijn Dröes等人,注释同上注379,第7页。

392 Dröes等人,Daniel R. Houck,面379,第7页。

393 看 <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/we.2668>。

,25 风能 195, 195-96 (2022)

394 ID。

395 看 Eric Larson等人,同上注107,第88页(指出,“为确保可靠性,所有情况下均应在所有年份保持500-1,000吉瓦的稳定发电能力”,而2050年净零情景下的风能和太阳能发电能力为7,400-9,900吉瓦)。

396 看 阿莫里·B·洛文斯, 可靠地整合可变可再生能源:将电网灵活性资源从模型结果转移到supra 190.

, 笔记

397 Rui Shan等人,小水电与日益普及的太阳能光伏发电之间的互补关系:证据来自CAISOSee 155可再生能源1139, 1140(2020年)。

398 id。 第97页(指出“将跨区域输电能力限制为当前容量的两倍左右……会导致天然气(碳捕获)量略有增加,而风能减少”)。

399 美国能源部能源效率和可再生能源办公室,大西洋海上风电传输研究,第vii页(2024年3月), <https://www.nrel.gov/docs/fy24osti/88003.pdf>。

400 Erik Ela等人,风力发电的有功功率控制:弥合 <https://www.nrel.gov/docs/fy14osti/60574.pdf>;

差距也 xi,国家可再生能源实验室, 2014年1月,

NREL报告重新定义风能再生能源实验室, 2014年1月, <https://www.nrel.gov/docs/fy14osti/60993.pdf>; Weihang Yan等人, 同步风:评估电网影响无逆变器并网风力发电厂 <https://www.nrel.gov/docs/fy23osti/84609.pdf>。

作为一个电网稳定器, 不是一个责任 , NAT L

这是平衡风力发电场发电量与电网消耗电量的机制。⁴⁰¹

尽管在 2021 年冬季德克萨斯州发生大规模停电后，风能和太阳能的可靠性受到质疑，但德克萨斯州的电网故障主要是由于天然气基础设施冻结造成的，而不是风力发电机故障。

以及太阳能发电场，但核能、煤炭和风能也遭遇了较小规模的中断。⁴⁰²

风能已成功大规模并入美国电网。⁴⁰³ 2011 年至 2022 年间，美国内风能发电量增长了两倍多，从 1200 亿千瓦时（占总发电量的 2.9%）增加到 4350 亿千瓦时（占总发电量的 10.3%）。⁴⁰⁴ 一些州的增长速度甚至更快。2021 年，风能占爱荷华州发电量的 58%，占堪萨斯州发电量的 43%。⁴⁰⁵

风能不仅使爱荷华州降低了能源成本，而且还通过在电力短缺期间向邻近各州出售多余的电力来创造额外收入。⁴⁰⁶ 如今，爱荷华州被认为是能源系统最可靠的州之一。⁴⁰⁷ 在加利福尼亚州，风能发电量从 2009 年的约 3% 增加到 2022 年的约 7%。

天然气发电量从 2009 年的约 56% 下降到 2022 年的约 47%。⁴⁰⁸ 然而，即使对风能的依赖增加，加州的电网可靠性仍然保持一致，并且大大高于全国平均水平。⁴⁰⁹ 加州甚至能够短暂地仅靠可再生能源满足其 103% 的能源需求，这表明大型经济体可以通过可再生能源提供动力。⁴¹⁰ 英国在利用风能方面也取得了实质性进展，风能占 2022 年总能源产量的 26.8%，并有助于避免俄罗斯入侵乌克兰后能源危机带来的更严重影响。⁴¹¹

⁴⁰¹ Jan-Willem van Windergarden 等人，有功功率控制韦克德风力发电场，50 IFAC 4484,4484, (2017 年 7 月)，<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S240589631730722X>。

⁴⁰² Joshua W. Busby 等人，连锁风险：了解 2021 年冬季停电事件，德克萨斯州，77 能源研究与社会科学 102106 (2021),1-4,<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629621001997>; 阿德里亚娜·乌塞罗和萨尔瓦多·里佐，冰雪奇缘

风车不是罪魁祸首，德克萨斯州停电，《华盛顿邮报》，2021 年 2 月 18 日，<https://www.washingtonpost.com/politics/2021/02/18/frozen-windmills-arent-blame-texas-power-failure-neither-is-green-new-deal/>; Dionne Searcy，不，风力发电场不是主要原因，德克萨斯州停电，《纽约时报》，2021 年 2 月 17 日 (2021 年 5 月 3 日更新)，<https://www.nytimes.com/2021/02/17/climate/texas-blackouts-disinformation.html>。

⁴⁰³ 风能解释：风能发电，美国能源信息署，<https://www.eia.gov/energyexplained/wind/electricity-generation-from-wind.php> (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。

⁴⁰⁴ ID。405 尼科洛·孔特，美国哪个州的风力发电量最大？胜负分明，世界经济论坛 (2022 年 4 月 26 日)，<https://www.weforum.org/agenda/2022/04/us-wind-electricity-generation-renewable-energy/>。

406 Chazz Allen，爱荷华州领先 (2022 年 4 月 26 日)<https://www.thegazette.com/guest-columnists/iowa-leads-in-homegrown-reliable-renewable-energy/>。

⁴⁰⁷ 能源排名：衡量各州的能源基础设施，美国新闻与世界报道，<https://www.usnews.com/news/best-state-rankings/infrastructure/energy> (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。

408 加州能源委员会，2009 年至 2022 年系统总发电量 (总计)，加州能源委员会，(2022)，www.energy.ca.gov/media/7311。

409 加州能源委员会，电力系统可靠性年度报告，加州能源委员会，(2022)，www.cpuc.ca.gov/industries-and-topics/electrical-energy/infrastructure/electric-reliability/electric-system-reliability-annual-report。

410 Lauren Sommer, NBC News (2022 年 5 月 13 日) 100% 可再生能源 <https://www.nbcnews.com/science/renewable-energy/for-a-brief-moment-california-fully-powered-itself-with-renewable-energy>。

⁴¹¹ 乔治娜·兰纳德，风力发电创纪录的 2022 年的电力，BBC 新闻，(2023 年 1 月 6 日)，<https://www.bbc.com/news/science-environment-64179918>。

错误说法 29:风力涡轮机噪音很大。

“商业规模风力涡轮机产生的噪音已成为风力发电发展的一大障碍。”⁴¹² 主要关注的是世界作为到

美国能源部在 2021 年针对怀俄明州 120 台涡轮机、500 兆瓦铁路枕木风力发电项目的环境影响声明中发现，该项目预计将满足 18 万户家庭的能源需求，现场运营产生的噪音可能不会超过 55 A 加权分贝 (dBA)，⁴¹³除非在最坏的情况下，噪音“可能会略高于 55 dBA”。⁴¹⁴美国能源部提供了一个比较点，即 60 dBA 的声音类似于 20 英尺外的家用空调的声音，而 50 dBA 的声音类似于 50 英尺外的家用空调的声音。⁴¹⁵

从距离风力涡轮机 124 至 330 米的建筑物内部测量时，涡轮机运动产生的噪音范围为 30.7 至 43.4 分贝。⁴¹⁶ 从相同距离的室外测量时，噪音水平在夏季为 38.2 至 50.0 分贝，在冬季为 38.9 至 44.6 分贝。⁴¹⁷举个例子，轻声细语的音量为 30 分贝，冰箱嗡嗡声的音量为 40 分贝，而典型的谈话音量为 60 分贝。⁴¹⁸美国疾病控制与预防中心已将 70 分贝设为临界值，在此音量下长时间接触会引起烦躁和听力损伤。⁴¹⁹此外，随着涡轮机的创新，噪音也大幅降低：早期的涡轮机因齿轮转动而产生稳定的噪音，而现代涡轮机的设计可以隔绝这些声音。⁴²⁰

⁴¹² 噪音投诉 在 新兴工业风电项目崛起 noise.php (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。 , 国家风力监测, <https://www.wind-watch.org/faq-noise.php>

⁴¹³ A 加权分贝测量将人耳对声音的实际感知纳入评估之中。 看 基础知识 噪音和 声音, 联邦航空管理局, https://www.faa.gov/regulations_policies/policy_guidance/noise/basics (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。

⁴¹⁴铁路枕木风电项目最终环境影响声明, 2021 年 11 月,ES-vi, <https://www.energy.gov/sites/default/files/2021-11/final-eis-0543-rail-tie-wind-wyoming-2021-11.pdf>。

⁴¹⁵ ID。第3-104页。

⁴¹⁶ 邱俊祥等人, 效果 风力涡轮机产生的低频噪声 在 心率变异性 健康个体 , 11 SCI。 REP. 17817, 17822 (2021),<https://doi.org/10.1038/s41598-021-97107-8>

⁴¹⁷ ID。 , 美国疾病控制与预防中心 (CDC) , https://www.cdc.gov/nceh/hearing_loss/what_noises_cause_hearing_loss.html (上次访问时间为 2024 年 3 月 25 日)

⁴¹⁸ ID。 , 丹麦环境部环境保护署, <https://eng.mst.dk/air-noise-waste/noise/wind-turbines/noise-from-wind-turbines/> (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。

C 部分:虚假声明 关于电动汽车 (#30-#33)

C 部分:关于电动汽车的虚假声明 (#30-#33)

错误说法#30:电动汽车对气候变化产生净有害影响。

“与那些喧嚣的断言相反,电动汽车的朋友们并不

环境。” 421

电动汽车对于减少温室气体 (GHG) 排放以及导致这些排放的化石燃料的使用至关重要。⁴²²
 美国环境保护署发现,即使考虑到制造电动汽车和为其充电时产生的排放,电动汽车的生命周期排放量通常也低于传统的汽油驱动汽车。⁴²³ 政府间气候变化专门委员会进一步解释说:“电动汽车的部署通过取代内燃机汽车能够减少排放的程度取决于电网的发电结构,尽管即使在现有电网下,电动汽车在几乎所有情况下都能减少排放。”⁴²⁴ 电动汽车在几乎所有情况下都能减少排放的关键原因是它们本质上比传统的汽油驱动汽车更高效:电动汽车将超过 77% 的电能转化为车轮动力,而传统汽车只能将汽油中大约 12%-30% 的能量转化为车轮动力。⁴²⁵

假设美国电网排放量为平均水平,每加仑行驶 30.7 英里的汽油动力汽车的生命周期温室气体排放量是续航里程为 300 英里的电动汽车的两倍多。⁴²⁶
 下图来自美国环保署 (EPA),显示在此情景下,汽油动力汽车的生命周期温室气体排放量在 350 至 400 克/英里之间,而电动汽车的生命周期温室气体排放量仅略高于 150 克/英里。⁴²⁷

⁴²¹ Steve Forbes, 这《福布斯》, 2023 年 [关于电动汽车的有害真相](https://www.forbes.com/sites/steveforbes/2023/01/06/the-expensive-and-harmful-truth-about-electric-vehicles/), www.forbes.com/sites/steveforbes/2023/01/06/the-expensive-and-harmful-truth-about-electric-vehicles/。

⁴²² 查看 Divya Singh 等人.⁸ 清洁与 电动汽车普及 (EVA) 是否有助于清洁能源?文献计量见解和未来研究

机构 , 负责任消费 100099, 1 (2023),
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666784322000535#bib4>;美国能源 电动汽车的好处和
 部能源效率和可再生能源办公室燃料数据中心, https://afdc.energy.gov/fuels/electricity_benefits.html (最后
 访问时间为 2024 年 4 月 1 日)。

注意事项 , 选择

⁴²³ 电动汽车神话,同上 注19。

⁴²⁴ IPCC,《气候变化 2022:缓解气候变化》(2022 年) ,271, https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_FullReport.pdf。

⁴²⁵ 全电动汽车 , 美国能源部, <https://www.fueleconomy.gov/feg/evtech.shtml> (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日);注释 107, 第 阅 另请参
 Eric Larson 等人, 同上 40 页。

⁴²⁶ 电动汽车神话,同上 注19。

⁴²⁷ ID 。

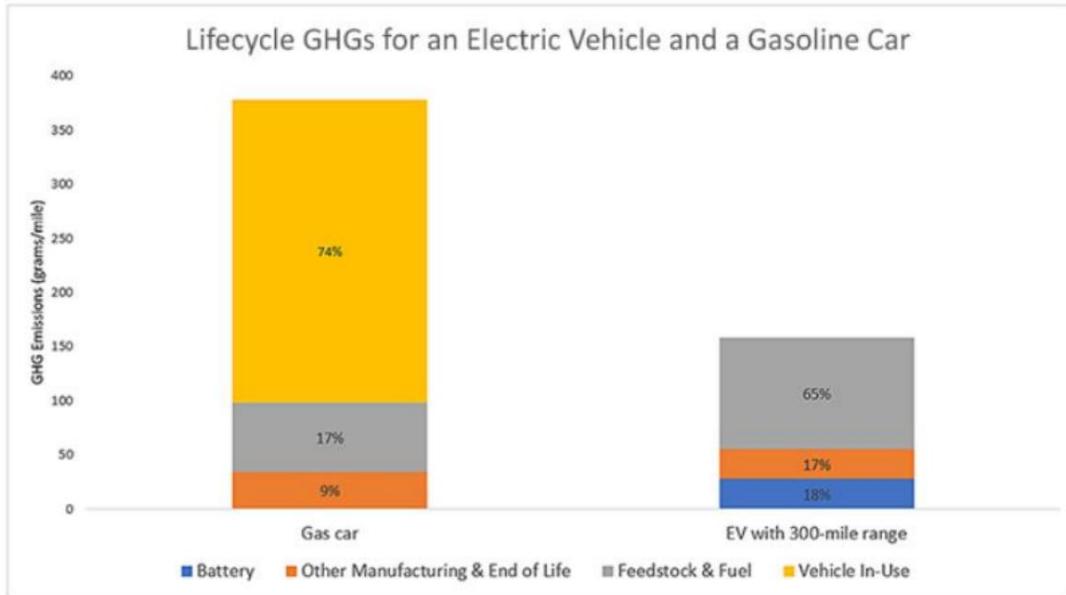


图 17:以下假设电动汽车和汽油汽车生命周期排放量的细分。该数据基于电动汽车和汽油汽车的使用寿命均为 173,151 英里,汽油汽车为 30.7 MPG;汽油假设和美国电网排放量。

汽车;平均来源:EPA。

428

最重要的是,电动汽车没有尾气排放且效率更高,这足以抵消制造电动汽车电池所需的排放:电动轿车的这些排放可在 1.4 至 1.5 年内抵消,电动 SUV 的排放可在 1.6 至 1.9 年内抵消。减少的尾气排放不仅有助于稳定我们的气候,而且还能改善空气质量,带来多种健康益处,包括降低儿童哮喘的发病率,尤其是在城市地区。

转向电动汽车所抵消的排放量因能源网的碳强度而异。慕尼黑联邦国防军大学的一项研究发现,在德国电网供电的情况下,电动汽车的排放量减少了 72%,2021 年德国电网 23% 的电力来自可再生能源。但研究人员预测,100% 可再生能源电网将使电动汽车的排放量减少高达 97%。431 随着时间的推移,美国电网变得越来越清洁,2005 年至 2023 年电力部门的排放量减少了 44%,这意味着电动汽车对美国排放的影响越来越积极。432 对于那些希望确保自己在充电时

428 ID。

429 Maxwell Woody https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac5142. 这些数据假设“一切照旧,包括截至 2020 年 6 月的政策,预计不会发生任何政策变化,从而导致 2035 年电网的碳排放强度与 2005 年相比降低 50%。”

430 Johannes Buberger 等人,可持续 商用乘用车生命周期内二氧化碳当量总排放量,续能源评论, 10 (2022),https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112158。

431 ID., 阅 请参阅 Paul Wolfram 等人, 间接排放定价加速低碳转型 NATURE COMMUNICATIONS, (2021),https://doi.org/10.1038/s41467-021-27247-y。

432 电力行业碳排放指数 , 斯科特能源创新研究所, https://emissionsindex.org/ (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。

电动汽车是最清洁的能源,环境保护署的“能源之星”计划可帮助驾驶员确定哪些充电器依赖可再生能源。⁴³³

错误说法#31:电动汽车将导致美国汽车行业大量失业。

“根据大多数人的估计,在拜登的电动汽车授权下,美国 40% 的汽车工作岗位将在一两年内消失。想想看。”⁴³⁴

434

电动汽车制造不一定会导致美国汽车行业的就业岗位减少。⁴³⁵ 2022 年的一项研究发现,制造电池电动汽车 [BEV] 动力总成部件比制造内燃机汽车 [ICEV] 动力总成部件需要更多的劳动力,这表明汽车电气化可能会导致动力总成制造业就业岗位增长。⁴³⁶ 此外,经济政策研究所的一份报告得出结论:“如果向电动汽车的转变伴随着对美国汽车行业制造业和就业质量的战略投资,那么就业岗位的数量和质量可以随着电动汽车的生产一起上升。”⁴³⁷

电动汽车生产已经在美国创造了数千个新岗位。从 2015 年到 2023 年,美国宣布的与电动汽车和电动汽车电池相关的岗位超过 179,000 个。⁴³⁸ 2021 年,美国内电动汽车行业雇用了约 106,000 名工人,比 2016 年(约 55,000 个工作岗位)增长了 90% 以上。⁴³⁹ 仅在 2021 年,美国内电动汽车行业的就业岗位数量就增长了 26% 以上。⁴⁴⁰

⁴³³ 利用绿色能源为您的电动汽车可持续充电

, 能源之星, 美国环境保护署, 2,

<https://www.energystar.gov/sites/default/files/asset/document/Charging%20EVs%20with%20Green%20Power.pdf> (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 日)。

⁴³⁴ 安吉洛·费切拉, 特朗普汽车工人演讲事实核查:电动汽车怎么样?

, 《纽约时报》(2023 年 9 月 28 日, 最后更新于 2023

年 10 月 9 日), <https://www.nytimes.com/2023/09/28/us/politics/trump-fact-check-electric-vehicles.html> (引用唐纳德·特朗普)。

⁴³⁵ 看 艾米丽·蓬特科沃(Emily)令人惊讶的是,几乎没有证据表明 电动汽车 将要 需要更少的工人 , 热图(2023 年 10 月 6 日), <https://heatmap.news/electric-vehicles/evs-trump-uaw-jobs-evidence/>

⁴³⁶ Turner Cotterman 等人, 向电动汽车的过渡:评估制造传统汽车与电动汽车动力系统的劳动力需求

第 1 页(2022 年 6 月 4 日), <https://ssrn.com/abstract=4128130>。

⁴³⁷ Jim Barrett 和 Josh Bivens, 经济政策研究所(2021 年 9 月 22 日), <https://www.epi.org/PolicyWorkers/>。该报告作者重点关注了“全电动汽车”即负责产生动能以推动汽车前进的汽车系统”, 因为动力系统是电动汽车和内燃机汽车之间最不相似的方面。

ID。在 3 点。

⁴³⁸ ENVT L DEFENSE FUND, 《美国电动汽车制造业投资和就业:描述通胀削减法案实施一年后的影响》(2023 年), <https://www.edf.org/sites/default/files/2023-08/EDF%20WSP%20EV%20report%208-16-23%20FINAL%20FINAL.pdf>。

⁴³⁹ BW 研究伙伴关系, 147 (2020), <https://www.usenergyjobs.org/2020USEER-Energy-Employment-by-State-2020.pdf>; David Keyser 等人, 美国能源部能源就业办公室政策办公室, 141-143 (2022), https://www.energy.gov/sites/default/files/2022-06/USEER%202022%20National%20Report_1.pdf,

⁴⁴⁰ 美国能源部报告发现能源行业就业增长速度快于美国整体

2021 年就业情况 , 美国能源部(2022 年 6 月 28 日), <https://www.energy.gov/articles/doe-report-finds-energy-jobs-grew-faster-overall-us-employment-2021>。

此外,2022年《通胀削减法案》的经济激励措施增加了国内生产,加强了国内供应链。⁴⁴¹《通胀削减法案》为在美国生产的电动汽车提供高达7,500美元的客户回扣。⁴⁴² IRA还包括其他条款,动员国内采矿和矿物加工以及电池制造,进一步集中美国境内的电动汽车供应链。⁴⁴³ 这刺激了广泛分布的就业增长,自IRA通过以来,宣布了约84,800个新的电动汽车相关工作岗位和923亿美元的电动汽车相关投资。⁴⁴⁴ 除了造福美国就业岗位外,电动汽车预计还将造福美国消费者:Gartner最近的一项分析表明,到2027年,下一代电动汽车的平均生产成本将低于同类内燃机汽车。⁴⁴⁵

错误说法#32:电动汽车由于行驶里程限制而不切实际。

“问题是

电动车:它们不远。

非常好 简单。”⁴⁴⁶

大多数电动汽车一次充电可以行驶约200英里,有些型号一次充电可以行驶超过400英里。⁴⁴⁷ 尽管汽油车的平均续航里程(403英里)大约是电动汽车(234英里)的两倍,⁴⁴⁸ 但标准电动汽车的续航里程足以满足美国中等家庭的日常需求。⁴⁴⁹ 2016年的一项研究发现,现有的经济实惠的电动汽车可以满足87%的车辆日出行需求。⁴⁵⁰ 从那时起,电动汽车的平均续航里程只增不减,从2016年的约145英里增加到2021年的约217英里。⁴⁵¹

由于大多数电动汽车司机晚上都会在家里给汽车充电,因此大多数电动汽车司机可以继续日常驾驶
无需停下来充电。⁴⁵²

电动汽车续航里程也受益于充电基础设施的建设。美国正在迅速建设电动汽车充电桩,目前运营的充电桩数量增加了两倍多,从2017年的约52,500个增至2018年的约184,000个。

⁴⁴¹ 参见环境平衡基金复兴。注释438,第4-5页;Leo Banks,美如何降低通货膨胀,国进步中心,2023年11月22日,<https://www.americanprogress.org/article/how-to-reduce-inflation/>。

⁴⁴² Owen Minott等人,两党政策中心分^{2023年2月24日},国内制造,<https://bipartisanpolicy.org/blog/ira-ev-tax-credits/>。

⁴⁴³ ENVT L DEFENSE FUND,注438,第4-5页。

⁴⁴⁴ Gartner概述新阶段电动汽车,GARTNER,2024年3月7日,<https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2024-03-07-gartner-outlines-a-new-phase-for-electric-vehicles>。

⁴⁴⁵ 前总统唐纳德·特朗普,竞选演讲爱荷华州安克尼,CSPAN(2023年12月2日),<https://www.c-span.org/video/2532073-1/president-trump-delivers-remarks-ankeny-iowa>,上文

⁴⁴⁶ 电动汽车神话注19;能源部,2021年款纯电动汽车有一个平均行驶里程约为汽油动力汽车,2022年1月17日,<https://www.energy.gov/eere/vehicles/articles/fotw-1221-january-17-2022-model-year-2021-all-electric-vehicles-had-median>;IEA(最后更新于2021年2月2021年),<https://www.iea.org/reports/ev-powertrain-2010-2021>。

⁴⁴⁷ 能源部同上注446注19。

⁴⁴⁸ 电动汽车神话,扎卡里·A·尼德尔(Zachary A. Needell)等人,16112(2016),<https://doi.org/10.1038/nenergy.2016.112>。

⁴⁵⁰ 2010年至2021年电动汽车动力系统发展情况(平均续航里程),注446。

⁴⁵¹ 为电动汽车充电,美国能源部,https://afdc.energy.gov/fuels/electricity_charging_home.html(上次访问2024年3月25日)。

2023. 452相比之下,美国大约有 15 万个加油站,其中可能包括约 90万至180万台独立泵。453此外,美国在 2022 年安装了 6,300 个快速充电器,使全国快速充电器总数达到 28,000 个。454第二年,即 2023 年,美国安装了 10,651 个公共快速充电器,比 2022 年增加了 56%。455利用 2021 年《基础设施投资与就业法案》和 2022 年《通胀削减法案》的资金,美国承诺到 2030 年建成 50 万个充电站。456在全球范围内,到 2022 年全球将有 270 万个电动汽车充电器投入运营,仅 2022 年就安装了 90 多万个,比 2021 年增长 55%。457

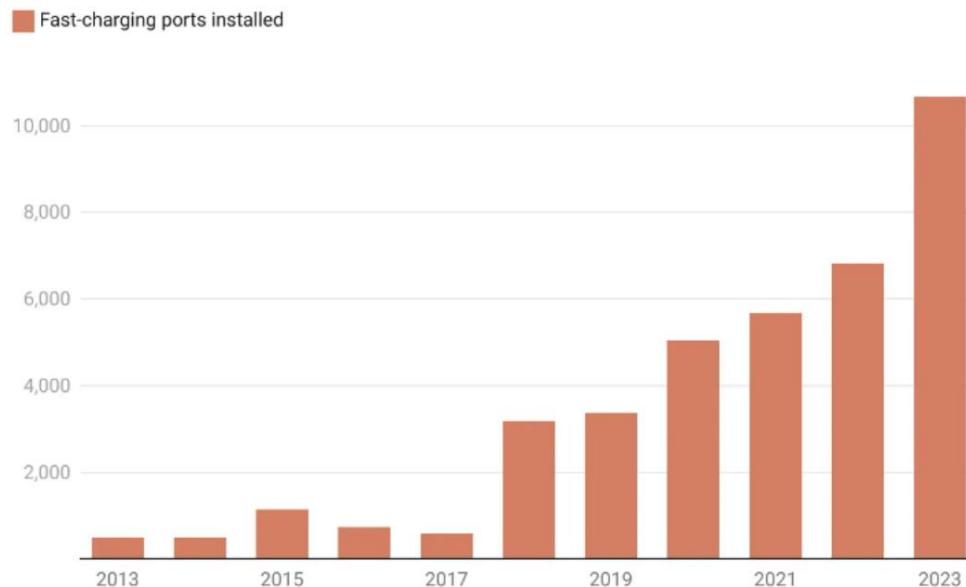


图 18:2013 年至 2023 年美国每年安装的快速充电端口情况。
来
源:迈克尔·托马斯 (Michael Thomas) ,Distilled。 458

452 电动汽车充电基础设施趋势 , 美国能源部能源效率和可再生能源办公室, https://afdc.energy.gov/fuels/electricity_infrastructure_trends.html (最后访问时间为 2024 年 5 月 16 日)。

453 服务站常见问题解答 , 美国石油学会, <https://www.api.org/oil-and-natural-gas/consumer-information/consumer-Enel X Way,11 月 21 日, resources/service-station-faqs> (最后访问时间为 2024 年 3 月 25 车站的未来 日) ;2022 年,<https://www.enelxway.com/us/en/resources/blog/what-is-the-future-of-gas-stations-vs-ev-chargers>。

454 国际能源署, 《2023 年全球电动汽车展望》,45 (2023),<https://iea.blob.core.windows.net/assets/dacf14d2-eabc-498a-8263-9f97fd5dc327/GFEO2023.pdf>。

455 迈克尔·托马斯,<https://www.distilled.earth/n/america-is-finally-building-a-nationwide-electric-vehicle-charging-network>。

456 情况说明书:拜登-哈里斯政府宣布新标准和电动汽车充电器 , 白宫 (2023 年 2 月 15 日) ,<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/02/15/fact-sheet-biden-harris-administration-announces-new-national-electric-vehicle-charging-network-standards-and-major-progress/>。

457 国际能源署, 《2023 年全球电动汽车展望》,注 454, 第 45 页。 同上

458 Michael Thomas,注释 455 同上。

错误说法#33:电动汽车在炎热或寒冷的天气下无法行驶。

“气温会对电动汽车产生不利影响 方式。” 459

极端温度会降低电动汽车的续航里程,尤其是在极寒天气下,但这一问题并非电动汽车独有。根据 2019 年美国汽车协会的一份报告,与关闭 HVAC 的 75°F 条件相比,20°F 条件下典型电动汽车的续航里程减少了 12%,95°F 条件下减少了 4%。⁴⁶⁰当将 HVAC 设置为自动时,温度从 72°F 降至 20°F 会导致典型电动汽车的续航里程减少 41%,温度从 72°F 升至 95°F 会导致续航里程减少 17%。⁴⁶¹但是,电动汽车车型越来越多地采用热泵技术代替传统的电阻加热,这可以最大限度地减少在极寒天气下加热电动汽车所涉及的电力消耗。⁴⁶²

传统汽油动力汽车同样容易受到极端天气条件的影响。燃油经济性测试还表明,由于气温下降,传统汽油汽车每加仑行驶里程数会减少,20°F 时的行驶里程数比 72°F 时的行驶里程数大约低 15%。⁴⁶³与电动汽车一样,极端天气下传统汽油汽车的燃油效率下降部分归因于对 HVAC 系统的依赖增加。⁴⁶⁴电动汽车和汽油动力汽车同样容易受到低温影响,从而降低轮胎压力。⁴⁶⁵

挪威一家道路救援公司提供的数据表明,从某种程度上来说,电动汽车在寒冷天气下可能比汽油驱动的汽车更可靠。⁴⁶⁶具体而言,尽管内燃机有时在寒冷天气下难以启动,但电动汽车似乎不太常见:虽然挪威 23% 的汽车是电动汽车,但在报告的寒冷天气下无法启动的汽车案例中,只有 13% 是电动汽车。⁴⁶⁷

⁴⁵⁹ Federico 15 缺点 电动车 , TOPSPEED (2023 年 7 月 6 日) ,<https://www.topspeed.com/disadvantages-of-electric->
Alcala, 汽车/#充电时间仍与加油时间不符。

⁴⁶⁰ AAA 电动汽车续航里程测试 , 美国汽车协会, 32,51 (2019) ,
<https://www.aaa.com/AAA/common/AAR/files/AAA-Electric-Vehicle-Range-Testing-Report.pdf>。

⁴⁶¹ ID。 ⁴⁶² 卡罗琳·福图纳, 为什么热泵 是必需 电动汽车 当。。的时候 天气 是寒冷的 CLEANTECHNICA, 2024 年 1 月 22 日,
<https://cleantechnica.com/2024/01/22/why-heat-pumps-are-essential-for-evs-when-the-weather-is-cold>; 香农大阪, 为什么你
可能想要 A 电动汽车中的热泵 , 《华盛顿邮报》, 2023 年 1 月 7 日,<https://www.washingtonpost.com/climate-solutions/2023/01/07/electric-vehicles-cold-weather/>。

⁴⁶³ 燃油经济性 寒冷的天气 , 美国能源部, <https://www.energy.gov/energysaver/fuel-economy-cold-weather> (上次访问 2024 年 3 月 25 日)。

⁴⁶⁴ ID; 燃油经济性 热的天气 , 美国能源部, <https://www.energy.gov/energysaver/fuel-economy-hot-weather> (上次访问 2024 年 3 月 25 日)。

⁴⁶⁵ 看 西德尼·杰拉德, 冬季范围: 冰 汽车电动, UTILMARC, 2022 年 1 月 4 日, <https://www.utilimarc.com/blog/winter-range-ice-vs-ev/>; 燃料
经济 寒冷天气 , 注 463。

⁴⁶⁶ Fred Lambert, <https://electrek.co/2024/01/17/electric-vehicles-fail-lower-rate-than-gas-cars-extreme-cold/> (注意电动汽车平均比其他类型的汽车更新)。电动汽车在挪威寒冷天气下表现相对较好,可能是受到更频繁使用家庭充电、更广泛的充电端口分布以及更习惯在寒冷天气下管理电动汽车的驾驶员的影响。

看 Emily Schmall 和 Jenny Gross, 《纽约时报》, 2024 年 1 月 17 日 (2024 年 1 月 17 日更新) ,<https://www.nytimes.com/2024/01/17/business/tesla-charging-chicago-cold-weather.html>。

⁴⁶⁷ ID。