



News & Highlights

充电基础设施落后或阻碍电动汽车未来发展

Chris Palmer

Senior Technology Writer

美国总统 Joe Biden 于 2021 年 8 月签署了一项行政命令，要求所有在 2030 年销售的新车中，有一半须为零排放车辆，包括电池电动汽车、插电式混合动力电动汽车或燃料电池电动汽车[1]。若该目标实现，美国道路上电动汽车的数量预计可达 4800 万。但美国的公共电动汽车快速充电站网络并未做好准备，完全无法满足如此庞大的充电需求。为了应对即将到来的需求大潮，一个由公共机构和私营公司组成的非正式联盟正在匆匆地进行充电站基础设施以及配套电网容量的建设，而工程师们也正努力让电动汽车充电更快速、更便宜、更高效。

到目前为止，担心电动汽车电池电量在到达充电站之前就会耗尽的“续航焦虑”是早期电动汽车使用者的心病[2]，许多车主都在自家车库或停车位上安装了最慢型的充电桩（1级）。那些车主一早醒来便可以看到充得满满的电池，大多数情况下，他们也只有离家进行长途旅行时才需要依赖公共充电桩。即使这样，2022 年一项针对电动汽车车主的调查表明，62% 的车主对自己的电动汽车的续航能力感到焦虑，导致旅行计划受到影响[3]。

但是，一个由加利福尼亚州牵头、14 个州组成的联盟（规模还在继续扩大中），将在未来几年内推出关于零排放汽车的规定，目标是到 2035 年，所有销售的新车都是电动汽车[4]，而充电焦虑则可能会逐渐演变成公开愤恨。“一些消费者担心自己会被迫购买电动汽车，而数小时的充电时间会影响他们的日常生活。”电动汽车电池创业公司 EC Power（美国宾夕法尼亚州州立学院）首席技

术官 Brian McCarthy 说道，“作为一个行业，如果我们不解决这个问题，电动汽车计划的实施将会面临真正的麻烦。”

在 1 级充电桩连接大多数车库 120 V 插座时，电动汽车电池通常需要 24 h 或更长的时间才能充满电。截至 2023 年 2 月，除这些 1 级充电桩外，美国约有 50 000 个公共电动汽车充电站，共计约 130 000 个独立充电端口[5]。其中 2 级充电站约有 44 000 个，共有约 100 000 个充电端口。而 3 级充电站或直流快速充电站仅有 6000 个，共有约 30 000 个充电端口。使用标准 7 kW 的 2 级充电桩为电池容量 60 kW·h 的电池充电，完全充满需要 4~10 h。对于能够连接使用 250 kW 的 3 级端口的电动车，同样容量的电池充满电则仅需 20~60 min [6]。但速度提高的代价是更高的成本：2 级充电桩成本一般为 700~2000 美元，远低于直流快速充电桩安装所需的 150 000 美元[7]。

“独立住宅用户可以在自己的车库中充电，但其他大多数人要么依靠路边的 2 级充电桩，要么便是进行即时快速充电（短时充电，而非一次性充满电）。”洛基山研究所无碳交通团队负责人 Dave Mullaney 说道。该研究所位于美国科罗拉多州博尔德市，是一个致力于加速全球向清洁能源过渡的非营利组织。“哪种模式最有效取决于所处城市的独特地理环境。”Mullaney 道，“但无论如何，目前的公共基础设施完全无法满足预期需求。”

在 2021 年 11 月出台的《两党基础设施投资与就业法案》中，美国立法者拨款 7.5×10^6 美元，专门用于 2030

年前在全国范围内建立一个由50万个充电站组成的充电站网[8]。随着该笔资金的下拨，美国能源交通联合办公室（JOET）也制定了相应规则，要求全国公路每80 km至少安装四个公共充电端口。为了解决困扰该行业已久的充电桩互操作性不足问题[9]，规则还要求所有端口均能兼容所有类型的电动汽车，功率至少为150 kW，且可通过兼容软件运行，允许进行安全的远程监控、控制和更新[10]。“这笔资金将有助于事情顺利进行。”Mullaney说道，“但不久之后，它将不可避免地商业化，公司需要确定价格点，以确保来自私营部门的投资。”根据JOET的数据，建立50万个充电站最终将需要约 9.0×10^7 美元，其中大部分来自私营部门[11]。

欧洲也正在努力缩小预期上路的电动汽车数量与在运行的充电站数量之间的差距。截至2020年9月，欧洲有25万个充电端口，其中一半位于荷兰和德国[12]；为满足2030年3000万辆电动汽车的充电需求，该地区需要总计290万个充电端口，为达到这一目标，每年需要增加26.5万个充电端口[13-14]。中国在该方面做得更为优秀。截至2022年10月，中国拥有115万个公共充电端口，其中约有一半于2021年建成。中国政府计划到2025年建设足够的充电设备以满足2000万辆电动汽车的充电需求[15]。

美国电动汽车制造商特斯拉（美国加利福尼亚州帕洛阿托）领导私营部门创建了一个全国性的充电网络，迄今为止已建成约1660座充电站，约17 700个充电端口（图1）[16]。但这些充电桩目前仅适用于特斯拉生产的电动汽车。2023年年初，特斯拉首席执行官Elon Musk表示，特斯拉计划在2024年年底向非特斯拉品牌的电动汽车提供7500个专有端口，包括约3500个功率250 kW的充电端口[16]。在包括欧盟和中国在内的其他市场，特斯拉充电站也长期保持着该做法。美国的第一个配备有Magic Dock端口、可为所有类型电动汽车电池充电的特斯拉超级充电站已于2023年2月在纽约投入使用[17]。其他加入电动汽车潮流的主要汽车制造商，如福特[18]、通用[19-20]、梅赛德斯奔驰[21]以及大众[22]，已经宣布与ChargePoint（美国加利福尼亚州坎贝尔）、Electrify America（美国弗吉尼亚州雷斯顿）和EVgo（美国加利福尼亚州洛杉矶）等公司展开合作，在美国各地建设数以万计的充电站。

那么电动汽车车主如何能找到所有这些新充电站呢？目前谷歌地图可为用户标出最近的快速充电站[23]。不久之后，电动汽车司机也可通过亚马逊的语音助手Alexa定位公共充电站；EVgo将成为第一家与亚马逊合作提供该项服务的充电公司，这项服务将于2023年年底上线[24]。



图1. 位于美国的一个特斯拉超级充电站，设有四个专有端口，可为特斯拉汽车充电，功率为250 kW。2024年年底之前，特斯拉计划效仿其在欧洲和中国的做法，对它在美国的多个类似的充电站进行改造，改造后的端口可为任何电动汽车充电。资料来源：特斯拉公司（公共领域）。

建立一个全国性的充电站网络仅是挑战之一。虽然安装电动汽车充电桩仅需要几个月的时间，但国家机构和公用事业部门可能需要花费数年的时间来批准和扩建电动汽车供电所需的主要输电网。目前，美国在运行的真正兆瓦级充电中心仅有少数，新的充电中心在获得所需的电网连接方面面临着延迟[25]。考虑到电网的潜在弱点，目前越来越多的电动汽车充电站都配备有电池，可以在充电桩闲置时进行电力储存，并在充电负荷超过可用电网容量时提供电力[26]。

未来对电网的需求只增不减。2023年，一家总部位于英国伦敦、为纽约和马萨诸塞州提供电力的National Grid Plc公司[27]的一项研究表明，到2030年，美国高流量充电站内将需要配备10-20个充电端口，每个端口需能够提供350 kW的功率。这些端口的峰值功率将高达7 MW，大约相当于一个户外体育场的电力需求[27]。而随着越来越多的电动卡车上路，预计2035年，一个大型卡车充电站的电力需求将会与一个小城镇的电力需求相当。到2045年，中型和重型卡车将占据电动汽车市场的四分之三，最大的卡车充电站需要的电力将相当于一个主要工业场所消耗的电力。

“美国电网在基础设施和容量方面并未做好准备，而未来全电动家居和全电动建筑只会使该问题变得更加严重。”加利福尼亚大学欧文分校（美国加利福尼亚州欧文市）机械和航空航天工程荣誉教授、先进动力和能源项目创始主任Scott Samuelsen道，“将来无论室内还是室外，所有充电桩均需要智能电网来进行管理。”这种智能电网技术将从本质上对能源输送进行限制，确保电网不超过容

量，这也意味着一些车主将可能面临充电时间的不确定或分层计价。“我们可以部署智能电网技术的程度将会降低原本需要的容量和基础设施的数量。” Samuelsen 说道。

虽然在可预见的未来，向充电桩供电依旧是一个挑战，但车辆方面的新发展可以帮助弥充电桩可用性上的不足。工程师们正在进行创新技术研究，致力于使电动汽车电池的充电速度更快，充电频率更低。

让电池保持最佳的充放电温度对工程师来说是一项重大挑战。“外部温度越低，电池的充电速度就越慢，这并不是因为从物理角度上无法向电池输送更多电力，而是在在较低的温度下进行快速充电会损坏电池。” EC Power 公司的 McCarthy 道。

绕过这一限制的方法之一是利用电池管理系统。该系统是一种监测电池单元的电压、电流和温度，并调整这些参数水平以使车辆保持最佳性能的微处理器模块[28]。它将电池中的单元预热至最佳温度，以保证电池尽可能快地接受充电。为了调节电池温度，目前上路的大多数电动汽车都依赖于笨重的外部加热和冷却系统，这些系统反应迟缓且浪费能源。为了更好地解决这个问题，EC Power 公司在其设计的快充电池（图2）内分层铺设了10~25 μm 厚的镍箔片，作为内部加热元件[29]。“因为是从内部开始加热，所以加热速度至少是现有电动汽车电池热管理系统的30倍。” McCarthy 道。这种新型系统可以更有效地满足快充所需的更高温度条件。

镍箔系统还可以帮助电动汽车捕获制动能量。为提高续航能力，捕捉制动能量是大多数电动汽车的设计。但它



图2. EC Power 公司设计的创新电动汽车电池顶部的黑匣子可控制电池内分层铺设的10~25 μm 厚的镍箔片，实现电池从内到外的加热。与当今大多数电动汽车电池所使用的外部热管理系统相比，这种内部系统能更有效地控制电池温度，改善其操作，包括促进快充。资料来源：EC Power（公共领域）。

们并没有捕捉所有可能的能量，因为相较于电池单元能够安全接受的能量，制动能量通常大得多。“我们的技术可通过快速加热电池来捕获所有的能量，在提高电池性能的同时进行充电操作。” McCarthy 道。他表示公司目前正在努力扩大其电池的生产规模。

其他电池制造商也在紧锣密鼓地进行创新研究，提高电动汽车的续航能力。例如，世界上最大的电池制造商宁德时代新能源科技股份有限公司（中国宁德）设计出一种名为“麒麟”的CTP（cell-to-pack）无模组动力电池包，该电池组采用单一结构设计，而不是像传统电动汽车电池那样将单独的模块组连接在一起。近期，第三代麒麟电池被《时代周刊》评为2022年最佳发明之一[30]，它有望实现72%的破纪录的体积利用效率以及高达255 W·h·kg⁻¹的能量密度，可实现单次充电续航1000 km [31]。目前，由跨国汽车制造商吉利公司（中国杭州）负责制造的Zeekr 001型电动汽车便以该电池为动力[32]。

尽管这种改进的汽车可以抑制续航焦虑，激励大众对电动汽车的购买欲望，但缺乏充电桩和足够的电力支持仍然是目前大多数国家实现自身所设想的电动汽车未来的实质性障碍。“在向电动汽车转换的过程中，我们不能以梦游的方式前进。” Mullaney 说道，“如果我们不在未来五到十年对技术和基础设施进行投资以满足未来的需求，那么我们将错失发展良机。”

References

- [1] Fact sheet: President Biden announces steps to drive American leadership forward on clean cars and trucks [Internet]. Washington, DC: The White House; 2021 Aug 5 [cited 2023 Feb 28]. Available from: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/08/05/fact-sheet-president-biden-announces-steps-to-drive-american-leadership-forward-on-clean-cars-and-trucks/>.
- [2] Palmer C. Electric car market poised to accelerate. *Engineering* 2021; 7(2): 136–8.
- [3] Lekach S, Kwanten A. EV survey shows range anxiety high while charging costs remain low [Internet]. Jersey City: Forbes; 2022 Jun 28 [cited 2023 Feb 28]. Available from: <https://www.forbes.com/wheels/features/ev-range-cost-confidence-survey/>.
- [4] Mitchell R. California bans sales of new gas-powered cars by 2035. Now the real work begins [Internet]. Los Angeles: Los Angeles Times; 2022 Aug 25 [cited 2023 Mar 12]. Available from: <https://www.latimes.com/business/story/2022-08-25/california-ban-gasoline-mandate-zero-emission-2035>.
- [5] Loveday S. A comprehensive guide to US EV charging networks [Internet]. Washington, DC: US News & World Report; 2023 Jan 4 [cited 2023 Feb 28]. Available from: <https://cars.usnews.com/cars-trucks/advice/ev-charging-stations>.
- [6] Electric vehicle charging speeds [Internet]. Washington, DC: US Department of Transportation; [cited 2023 Feb 28]. Available from: <https://www.transportation.gov/rural/ev/toolkit/ev-basics/charging-speeds>.
- [7] Hawkins AJ. General Motors is helping its dealers install Level 2 EV chargers with ‘triple the power’ [Internet]. Washington, DC: The Verge; 2022 Dec 7 [cited 2023 Feb 28]. Available from: <https://www.theverge.com/2022/12/7/23496686/gm-ev-charging-dealer-flo-power-output>.
- [8] Bipartisan Infrastructure Investment and Jobs Act [Internet]. Washington, DC: The White House; 2021 Aug 2 [cited 2023 Feb 28]. Available from: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/08/02/updatedfact-sheet/>.

- sheet-bipartisan-infrastructure-investment-and-jobs-act/.
- [9] Weiss P. Charger collaborations power global electric vehicle expansion. *Engineering* 2019;5(6):991–2.
- [10] Policastro W. Closing the gap on rural EV ‘charging deserts’ [Internet]. New York City: Utility Dive; 2022 May 13 [cited 2023 Feb 28]. Available from: <https://www.utilitydive.com/news/closing-the-gap-on-rural-ev-charging-deserts/623682/>.
- [11] Walton R. US reaches 140k public EV charging ports as key federal official says \$90B infrastructure investment needed [Internet]. New York City: Utility Dive; 2022 Dec 15 [cited 2023 Feb 28]. Available from: <https://www.utilitydive.com/news/us-reaches-140k-public-ev-charging-ports-as-key-federal-official-says-90b/638821/>.
- [12] Electric cars: half of all chargers in EU concentrated in just two countries [Internet]. Brussels: European Automobile Manufacturers’ Association; 2022 Jun 22 [cited 2023 Mar 12]. Available from: <https://www.acea.auto/press-release/electric-cars-half-of-all-chargers-in-eu-concentrated-in-just-two-countries>.
- [13] Strauss M. Deployment of EU electric vehicle charging stations too slow, auditors say [Internet]. London: Reuters; 2021 Apr 13 [cited 2023 Mar 12]. Available from: <https://www.reuters.com/article/us-eu-autos-electriccharging/deployment-of-eu-electric-vehicle-charging-stations-too-slow-auditorssay-idUSKBN2C023C>.
- [14] The state of EV charging infrastructure in Europe by 2030 [Internet]. Helsinki: Virta; 2022 May 16 [cited 2023 Mar 12]. Available from: <https://www.virta.global/blog/ev-charging-infrastructure-development-statistics>.
- [15] Xu S. This Chinese province has more EV chargers than all of the US [Internet]. New York City: Bloomberg; 2022 Oct 21 [cited 2023 Mar 12]. Available from: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-10-22/this-chinese-province-has-three-times-more-ev-chargers-than-all-of-the-us>.
- [16] Osaka S. Elon Musk agrees to open parts of Tesla’s charging network to everyone [Internet]. Washington, DC: Washington Post; 2023 Feb 15 [cited 2023 Mar 12]. Available from: <https://www.washingtonpost.com/climateenvironment/2023/02/15/tesla-supercharger-network-locked/>.
- [17] Lambert F. First Tesla Supercharger with ‘Magic Dock’ for non-Tesla electric cars spotted in the US [Internet]. Fremont: Electrek; 2023 Feb 23 [cited 2023 Feb 28]. Available from: <https://electrek.co/2023/02/23/tesla-superchargermagicdock-for-non-tesla-electric-cars-spotted-us/>.
- [18] Lambert F. Ford’s new EV dealer network will result in one of the largest DC fast-charging networks in the US [Internet]. Fremont: Electrek; 2022 Dec 6 [cited 2023 Feb 28]. Available from: <https://electrek.co/2022/12/06/ford-evdealer-network-result-one-of-the-largest-dc-fast-charging-networks-us/>.
- [19] Gitlin JM. GM, EVgo, and Pilot will install 2000 fast chargers at travel centers [Internet]. New York City: Ars Technica; 2022 Jul 14 [cited 2023 Feb 28]. Available from: <https://arstechnica.com/cars/2022/07/gm-evgo-and-pilotwill-install-2000-fast-chargers-at-travel-centers/>.
- [20] Gitlin JM. General Motors installs the first of 40 000 new EV chargers [Internet]. New York City: Ars Technica; 2022 Dec 8 [cited 2023 Feb 28]. Available from: <https://arstechnica.com/cars/2022/12/general-motorsinstalls-the-first-of-40000-new-ev-chargers/>.
- [21] Hawkins AJ. Mercedes-Benz and ChargePoint are going to install thousands of EV fast chargers in the US [Internet]. Washington, DC: The Verge; 2023 Jan 5 [cited 2023 Feb 28]. Available from: <https://www.theverge.com/2023/1/5/23538898/mercedes-benz-chargepoint-ev-charging-stations-build>.
- [22] Ramey J. VW charging network is in a global race with Tesla [Internet]. Detroit: Autoweek; 2023 Jan 30 [cited 2023 Feb 28]. Available from: <https://www.autoweek.com/news/green-cars/a42704800/vw-charging-network-plans/>.
- [23] Nedelea A. Google Maps update makes finding EV fast chargers much easier [Internet]. Miami: Inside EVs; 2022 Nov 19 [cited 2023 Feb 28]. Available from: <https://insideevs.com/news/622609/google-maps-update-ev-fastchargers/>.
- [24] Bellan R. Alexa, find me an EV charging station [Internet]. San Francisco: Tech Crunch; 2023 Jan 5 [cited 2023 Feb 28]. Available from: <https://techcrunch.com/2023/01/05/alexa-find-an-ev-charging-station/>.
- [25] Johnson W. Tesla is building four enormous Supercharger locations in California [Internet]. San Francisco: Teslarati; 2022 Sep 12 [cited 2023 Feb 28]. Available from: <https://www.teslarati.com/tesla-supercharger-locationexpansion-california/>.
- [26] St. John J. Why EV fast-charging stations are going big on batteries [Internet]. New York City: Canary Media; 2021 Oct 15 [cited 2023 Feb 28]. Available from: <https://www.canarymedia.com/articles/ev-charging/fast-ev-chargers>.
- [27] Electric highways study [Internet]. London: National Grid Plc; 2022 Nov 11 [cited 2023 Feb 28]. Available from: <https://www.nationalgrid.com/us/EVhighway>.
- [28] Weiss P. Better battery management boosts electric vehicle prospects. *Engineering* 2021;7(8):1041–3.
- [29] Choi CQ. Fast-charging EV batteries with Nickel foil [Internet]. New York City: IEEE Spectrum; 2022 Oct 19 [cited 2023 Feb 28]. Available from: <https://spectrum.ieee.org/ev-battery-fast-charging>.
- [30] Mullich J. 620 miles on a single charge [Internet]. New York City: Time; 2022 Nov 10 [cited 2023 Feb 28]. Available from: <https://time.com/collection/best-inventions-2022/6224749/catl-qilin-battery/>.
- [31] Doll S. CATL’s energy dense Qilin batteries one-up the 4680 cell and will debut in the Zeekr 009 [Internet]. Fremont: Electrek; 2022 Aug 29 [cited 2023 Feb 28]. Available from: <https://electrek.co/2022/08/29/catl-qilin-batteries-zeekr-009-001/>.
- [32] Hampel C. Zeekr gives its 001 the CATL Qilin battery [Internet]. Berlin: Electrive; 2023 Jan 4 [cited 2023 Feb 28]. Available from: <https://www.electrive.com/2023/01/04/zeekr-gives-its-001-the-catl-qilin-battery/>.