

News & Highlights

风驰“电”掣,电动竞技赛车冲向未来

Mitch Leslie

Senior Technology Writer

当第一次驾驶电动竞技赛车时, John Metric 被震惊了,这是一辆改装过的 1984 年的庞蒂亚克菲耶罗 (Pontiac Fiero) (图 1)。Metric 将该车的汽油发动机换成了两个电动马达,可以形成 1830 N·m 的扭矩。当踩下油门时,“我感受到猛烈的推背感”,他说道。在短短两秒多内,车的速度便达到 97 km·h⁻¹,巨大的加速度让“我产生了隧道视觉”,我差点昏过去, Metric 说道。他是 Lonestar EV Performance 公司 (美国得克萨斯州杰克逊湖) 的所有者,这是一家电动赛车电池制造商。他形容这种经历好似“坐过山车”一般。



图 1. John Metric 对这辆庞蒂亚克菲耶罗进行了升级,在原来的油箱位置增加了两个电动马达,并安装了一组 375 V 的锂聚合物电池。该车在 9.898 s 内跑完了 1/4 mi (0.4 km),创造了同级别电动赛车记录。来源: John Metric, 经许可。

该事发生在 2010 年,而对 Metric 来说这仅仅只是一个开始。之后他将另外三辆赛车改装成了电动车,其中一辆赛车改装后的速度可达到 300 km·h⁻¹。目前他正在对另一辆车进行电动化改装,希望其速度可以达到 480 km·h⁻¹。Metric 是众多可以让电动汽车在赛道上风驰电掣、大放异彩的车手之一。与众多电动赛车爱好者一样,他自掏腰包并亲自对赛车进行改装,他说。而在过去十年左右,电动赛车运动逐渐流行起来,吸引了主要制造商、企业赞助商、名人车主以及更多观众数百万美元的竞相投资。如今的车迷们可以看到几乎所有类型赛车的专业电动版,包括大奖赛摩托车、越野运动型多用途车 (SUV) 以及越野拉力赛车[1-3]。而著名的 Formula One (世界一级方程式锦标赛) 的纯电动车版 Formula E (电动方程式锦标赛), 现今已迈入第九个赛季,且 2023 年将会在 11 个国家举行比赛[4]。

比起内燃机版本,大多数电动赛车在速度上依旧屈居劣势,但其性能正在被迅速提高[2]。例如,在不到十年的时间里,Formula E 赛车的最高速度已经提高了 40% 以上[2]。在一些与内燃机赛车的角逐中,电动赛车有时还能更胜一筹[5]。但是,电动车比赛的普及度能否赶上传统赛车运动,或者能否对乘用车设计产生同样的技术影响,这些还有待观察[6]。

尽管在 19 世纪 90 年代第一辆电动赛车便驶入赛道[7],但内燃机赛车在这项运动中已主导了一个多世纪。不过,传统汽车与摩托车制造商,包括宝马、奔驰、日

产、奥迪、保时捷和捷豹，开始逐渐将目光转向电动车[2,8]。这些公司将电动赛车视为一种改善消费型车的方式，美国密歇根大学安娜堡分校实践与汽车工程副教授 Arthur Hyde 表示：“赛车运动是一个集技术开发与验证为一体的领域。”他也是福特公司野马项目的首席程序工程师，在该公司拥有40年的工作经验。

与消费型电动车一样，电动赛车在短短几年内也实现了巨大改进突破[9]。Formula E 展示了这一工程创新的快速步伐，以及一些仍然存在的性能限制。第一代 Formula E 汽车采用后置电动马达，可提供 200 kW 的功率，最高速度可达到 $225 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ [2,10]。但电动车的续航里程取决于电池容量 [11]，而这一代汽车的电池功率仅为 $28 \text{ kW}\cdot\text{h}$ [10]，不足以支撑整场 45 分钟的比赛。因此，车手不得不在比赛中途换赛车[9]。

凭借更高容量的电池，第二代 Formula E 赛车可以完成比赛，而 2023 年开始参赛的第三代赛车的表现则更加出色（图2）。目前，在一组 $51 \text{ kW}\cdot\text{h}$ 的电池驱动下，一台功率为 350 kW 的电动马达可使第三代赛车的最高时速达到 $322 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ [2,10]。这三代 Formula E 赛车都可通过再生制动对电池进行部分充电，这种系统设计同样应用在混合动力汽车和消费型电动车中，该设计会使电动机在帮助汽车减速的过程中产生电力[1,12]。第三代汽车将这一能力又向前推进了一步——它们增加了一台仅用于制动和发电的电动机[13]。因此通过再生制动，赛车可获得 600 kW 的功率，相当于比赛中所需要功率的 40% [6,10]。相比之下，第一代赛车只能产生 100 kW 的功率[10]。

即使在这些技术进步的加持下，Formula E 赛车依旧没有做好与 Formula One 赛车角逐的准备。Formula One 赛车的功率通常超过 780 kW，在比赛中速度可达到约 $360 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ [2,14]。Hyde 表示，续航能力仍然是消费型电动车的一个痛点，也是电动方程式赛车的一个限制。他指出，即便有较高容量的电池和再生制动，Formula E 赛车依旧无法完成 Formula One 比赛，因为 Formula One 比赛的总驾驶时间长达 2 h [15]。

尽管如此，电动赛车在一些性能指标上胜过传统赛车。其中，“电动马达可以产生巨大的扭矩”，Metric 道。一个直径只有 23 cm 的电动马达可“产生与大缸体 V8 发动机一样大的扭矩”，他说。此外，电动机可以使扭矩在驾驶员踩下油门后立即达到最大，而内燃机的峰值扭矩只有在达到较高转速时才能产生[16]。对于诸如爬坡赛、直线加速赛和越野赛的某些特定类型比赛而言，这种性能是一个福音。在这些比赛中，车辆需要快速加速或发力以跨越障碍。例如，拥有两年历史的 Extreme E（纯电动越野



(a)



(b)

图2. 保时捷 (a) 和日产 (b) 的第三代 Formula E 赛车外观相似，因为所有参加比赛的赛车都具有相同的车身设计、最大功率以及电池容量。而不同 Formula E 车队之间的区别在于赛车的动力系统设计、电池电量管理策略以及车手的技能。来源：(a) 保时捷（公共领域）；(b) 日产（公共领域）。

系列赛，是 Formula E 的一个分支）便是利用了电动赛车的这些优势，参赛的赛车是在经过改装的 SUV [2]。而在 2022 年，以公路和泥土路面为主的世界越野拉力赛（World Rallycross）也将内燃机赛车替换为电动发动机赛车[3]。

大多数电动赛车并不会与其内燃机版本赛车进行竞赛，但这两种类型的赛车有时也会正面交锋。例如，2018 年，一辆大众 ID.R 纯电动赛车在派克峰国际爬山赛中创造了世界纪录。这项赛事拥有 100 多年历史，比赛包括爬升 1300 m 的高度到达位于美国科罗拉多州的一座山的山顶[17]。在高海拔地区比赛中，受氧气含量低的影响，内燃机赛车的内燃机所产生的动力减少，而电动发动机不需要氧气，因而性能不受影响[17]。大众 ID.R 纯电动赛车还是英国古德伍德速度节中爬坡纪录的保持者，直到 2022 年该纪录被另一辆电动赛车打破[18]。

近几年来，电动赛车的赛事发展也如火如荼。十年前

还不存在的Formula E，如今每年吸引的电视观众数超过3亿[9]。但目前电动赛车比赛能否像传统赛车运动一样对汽车技术产生影响，或吸引同样众多的车迷，这些都尚未可知。Hyde表示，内燃机赛车，特别是Formula One赛车，推动了乘用车的创新。他表示，Formula One车队每周都会对它们的赛车进行重新设计。“与其说它是一个赛车系列，不如说是一个工程系列。”许多在Formula One首次亮相的功能已经成为乘用车的标准配置，包括自适应悬架、防抱死刹车系统、拨片换挡器和牵引力控制。

但电动赛车对消费型电动车的设计是否会产生那么重要的影响，这一点Hyde持怀疑态度。相反，他认为Formula One赛车产生的影响更大，因为自2014年以来，Formula One赛车一直采用混合动力。它们的电池可通过再生制动以及连接到涡轮增压器的装置进行充电，为只能携带有限燃料的汽车提供另一种动力来源[19]。他表示，向混合动力的转变意味着Formula One赛车工程团队一直在尝试解决如电池产生的巨大热量和电气安全等方面的问题，这同样也是消费型电动车设计师面临的挑战。如果有谁能想出这些问题的改进方案，“我保证Formula One将会成为这一进程的推动者”。

对于高端专业赛车系列中的众多创新是否会应用于民用电动汽车这一点，美国伊利诺伊州莱蒙特市阿贡国家实验室的首席电气工程师Ted Bohn也持怀疑态度。相反，他认为另一种类型的比赛更有意义，即面向学生的业余电动车比赛系列。这些比赛得到了美国以及世界各地的几十所大学以及中学的响应参与，学生们会在比赛中设计、建造并驾驶自己的电动车[20–21]。Bohn表示，这些比赛不仅可以培养学生的关键工程技能，而且可以成为汽车公司的招聘现场。“相较于更高水平、更高预算的Formula E及其同等系列赛车比赛，面向学生的比赛可以影响或激发到更多人，如工程师、管理者和创新者等。”

电动赛车能否像内燃机赛车一样赢得众多车迷是另一个未知数。Formula E的电视观众数量仍然只有Formula One的20% [8]。包括Hyde和Metric在内的许多赛车迷也都认为，电动赛车的吸引力较小。Formula E“欠缺戏剧性”，Hyde说，“体育魅力的一部分是鉴证人类不断挑战极限，”而电动方程式赛车速度较慢，比赛时常较短，缺乏这种极限魅力。Metric与Hyde还说，内燃机产生的强劲轰鸣声也让他们心生怀念。

尽管如此，Formula One向混合动力赛车的转变使赛车变得更加安静，其受欢迎程度也在急剧增加[22–23]。Metric表示，年轻车迷们对汽车的轰鸣声并不太在意。他说：“如果你仔细听，仍然会感到兴奋。”

References

- [1] Blaustein M. The Enel Motoe World Cup finale [Internet]. Moorpark: CleanTechnica; 2022 Sep 14 [cited 2023 Jan 25]. Available from: <https://cleantechnica.com/2022/09/14/the-enel-motoe-world-cup-finale/>.
- [2] Ulrich L. Auto racing test drives its own EV future—the FIA World Rallycross series goes all-electric [Internet]. New York City: IEEE Spectrum; 2022 Sep 2 [cited 2023 Jan 25]. Available from: <https://spectrum.ieee.org/auto-racing-electric-future>.
- [3] Morris J. Will electric car racing be better? World rallycross thinks so [Internet]. New York City: Forbes; 2022 Aug 13 [cited 2023 Jan 25]. Available from: <https://www.forbes.com/sites/jamesmorris/2022/08/13/will-electric-car-racing-be-better-world-rallycross-thinks-so>.
- [4] Formula EABB. ABB FIA Formula E World Championship 2023 race calendar [Internet]. London: ABB Formula E; undated [cited 2023 Jan 25]. Available from: <https://www.fiaformulae.com/en/races>.
- [5] Kew M. How a little electric storm thundered to Goodwood’s Hillclimb record [Internet]. London: Autosport; 2022 Jun 28 [cited 2023 Jan 25]. Available from: <https://www.autosport.com/historics/news/how-a-little-electric-storm-thundered-to-goodwoods-hillclimb-record/10329632>.
- [6] Morris J. Formula E Gen3 could be make or break for electric race series [Internet]. New York City: Forbes; 2022 Dec 10 [cited 2023 Jan 25]. Available from: <https://www.forbes.com/sites/jamesmorris/2022/12/10/formula-e-gen3-could-be-make-or-break-for-electric-race-series>.
- [7] Wilson KA. Worth the watt: a brief history of the electric car, 1830 to present [Internet]. Ann Arbor: Car and Driver; 2022 Aug 17 [cited 2023 Jan 25]. Available from: <https://www.caranddriver.com/features/g15378765/worth-the-watt-a-brief-history-of-the-electric-car-1830-to-present/>.
- [8] Southwell H. Is Formula E in crisis amid manufacturer exodus and rival F1’s booming popularity? [Internet]. Bristol: ESPN; 2022 Jul 13 [cited 2023 Jan 25]. Available from: https://www.espn.com/racing/story/_/id/34233108/is-formula-e-crisis-amid-manufacturer-exodus-rival-f1-booming-popularity.
- [9] Visram T. How Formula E, the all-electric alternative to Formula 1, is driving EV innovation [Internet]. New York City: Fast Company; 2022 Jul 20 [cited 2023 Jan 25]. Available from: <https://www.fastcompany.com/90770341/how-formula-e-the-all-electric-alternative-to-formula-1-is-driving-ev-innovation>.
- [10] FIA. Gen1 to Gen3: the evolution of EVs in Formula E [Internet]. London: Formula E Operations Ltd.; 2022 Sep 29 [cited 2023 Jan 25]. Available from: <https://www.fiaformulae.com/en/news/1733/gen1-to-gen3-the-evolution-of-evs-in-formula-e>.
- [11] Voelcker J. EVs explained: battery capacity, gross versus net [Internet]. Ann Arbor: Car and Driver; 2021 Apr 10 [cited 2023 Jan 25]. Available from: <https://www.caranddriver.com/features/a36051980/evs-explained-battery-capacity-gross-versus-net/>.
- [12] O’Dell J. What is regenerative braking? [Internet]. New York City: Forbes Wheels; 2021 Oct 4 [cited 2023 Jan 25]. Available from: <https://www.forbes.com/wheels/advice/regenerative-braking/>.
- [13] Miller C. Formula E’s Gen3 car is faster, lighter, and more efficient [Internet]. Ann Arbor: Car and Driver; 2022 Apr 29 [cited 2023 Jan 25]. Available from: <https://www.caranddriver.com/news/a39861521/formula-e-gen3-revealed/>.
- [14] Duxbury A, Holding J. How fast is an F1 car? Top speeds of F1, IndyCar, MotoGP, and more [Internet]. London: Autosport; 2022 Nov 23 [cited 2023 Jan 25]. Available from: <https://www.autosport.com/f1/news/how-fast-is-an-f1-car-top-speeds-of-f1-indycar-motogp-and-more-4980734/4980734/>.
- [15] Horton P. FIA reduces maximum F1 race time to three hours [Internet]. London: Motorsport Week; 2020 [cited 2023 Jan 25]. Available from: <https://www.motorsportweek.com/2020/12/17/fia-reduces-maximum-f1-race-time-to-three-hours/>.
- [16] Whitehead J. Here’s why electric cars have plenty of grunt, oomph and torque [Internet]. Boston: The Conversation; 2019 Apr 15 [cited 2023 Jan 25]. Available from: <https://theconversation.com/heres-why-electric-cars-have-plenty-of-grunt-oomph-and-torque-115356>.
- [17] Stewart J. The neat engineering VW used to smash the pikes peak record [Internet]. San Francisco: Wired; 2018 Jun 25 [cited 2023 Jan 25]. Available from: <https://www.wired.com/story/engineering-of-the-vw-pikes-peak-battery/>.
- [18] Sunday Times Driving. Top 5 fastest ever Goodwood festival of speed Hillclimb cars [Internet]. London: The Sunday Times Driving; 2022 Jun 27 [cited 2023 Jan 25]. Available from: <https://www.driving.co.uk/news/top-5-fastest-ever-goodwood-festival-speed-hillclimb-times/>.
- [19] Gitlin JM. Mercedes-AMG shows off its new F1-based road car hybrid system [Internet]. New York City: Ars Technica; 2021 Mar 31 [cited 2023 Jan 25].

- Available from: <https://arstechnica.com/cars/2021/03/real-f1-to-road-car-tech-the-mercedes-amg-performance-hybrid/>.
- [20] O' Kane S. These bullet-shaped electric race cars are turning teens into engineers [Internet]. New York City: The Verge; 2015 Apr 29 [cited 2023 Jan 25]. Available from: <https://www.theverge.com/2015/4/29/8465307/electric-race-cars-formula-e-for-teens>.
- [21] Ross PE. For racing glory, students built a mountain-busting electric motorcycle [Internet]. New York City: IEEE Spectrum; 2016 Oct 27 [cited 2023 Jan 25]. Available from: <https://spectrum.ieee.org/for-racing-glory-students-built-a-mountainbusting-electric-motorcycle>.
- [22] Davis B. Beijing hosts debut of Formula E as engines whir rather than roar [Internet]. New York City: New York Times; 2014 Sep 13 [cited 2023 Jan 25]. Available from: <https://www.nytimes.com/2014/09/14/sports/beijing-hosts-debut-of-formula-e-as-engines-whir-rather-than-roar.html>.
- [23] Richards G. Kids in America drive boom in Formula One' s popularity [Internet]. London: The Guardian; 2022 Oct 22 [cited 2023 Jan 25]. Available from: <https://www.theguardian.com/sport/2022/oct/21/kids-in-america-drive-boom-in-formula-ones-popularity>.