

在使用端，无论电动汽车还是氢燃料电池汽车，能否逼近人类“真正零排放”目标，都取决于未来的电力结构。

电动汽车和氢燃料电池汽车：谁更能代表未来？

文 / 尹海涛 殷俊舜 宋沁轩 潘政麟

2020年以来，电动汽车风光无限。特斯拉、比亚迪、蔚来，这些电动汽车领域的龙头企业，都受到了资本市场的青睐。

与此同时，氢燃料电池汽车凭借节能环保、排放零污染的特点，成为汽车低碳化的又一重要战略发展方向，在世界各国引起广泛关注。2019年，日本发布了《氢能与燃料电池战略规划路线图》；2020年11月，美国制定了《氢能计划发展规划》；2021年3月，中国在第十四个五年规划和2035年远景目标中将氢能与储能列为国家六大未来产业之一。这些规划都将氢燃料电池列为未来能源产业发展

的重要方向。

理论上，氢燃料电池汽车能够成为“仅仅排放纯净水”的交通工具，虽然可以做到足够洁净，但其易燃的特性又在安全性能方面埋下了隐患。

如果将氢燃料电池汽车和电动汽车放到“安全”和“环保”的擂台上PK，谁更能代表未来？

安全性能，谁更强？

无论是电动汽车还是氢燃料电池汽车，用于提供动力的电池的安全性与可靠性是新能源汽车行业最为重视的课题。

先来看电动汽车。电动汽车的安

全性主要取决于动力电池的安全性。

三元电池是目前电动汽车的第一选择，与磷酸铁锂电池相比，其安全性能较低。近期蔚来汽车在事故后的燃烧，以及此前关于电动汽车自燃事件的报道，都引起人们在电动汽车安全性方面的担心。

因此，针对动力电池安全性的研究正在积极展开。目前，锂电池的安全性理论上限再获突破，动力电池通过“针刺”实验。

广汽集团最新研发的弹匣电池系统，在安全性技术方面首次实现了三元锂电池整包针刺不起火，比亚迪在2020年研发的刀片电池也通过了锂电



2019年中国电动汽车起火的概率只有万分之0.49；2020年这一概率下降到万分之0.26，是同期燃油汽车自燃率的四分之一。

池针刺测试。在2020全球智慧出行大会上，中国工程院院士孙逢春也已经证实，2019年中国电动汽车起火的概率只有万分之0.49；2020年这一概率下降到万分之0.26，是同期燃油汽车自燃率的四分之一。

此外，针对电动汽车的安全标准也日趋完善，在工信部2021年3月16日发布的《2021年工业和信息化标准工作要点》中，电动汽车的安全标准制定是其重中之重，标准数量达到燃料电池汽车的三倍以上，且对各类车辆应用都已经有了较为详细的规定。

再来看氢燃料电池汽车。由于氢气的燃烧和爆炸极限范畴很宽，因此氢气在人们心中总有易燃易爆的印象，那么氢燃料电池汽车是否能够安全地运用氢气呢？

答案是肯定的。

首先，燃料电池汽车中仅有两个地方涉及氢气——电池堆和储氢瓶。其中，电池堆本身并不储存氢气，因此，一旦检测到氢气泄漏，可以迅速切断电源，保证车身安全。而储氢瓶，根据中国物理工程研究院的调研显示，目前中国主要采用的储氢技术

是来自加拿大（GFI）公司与意大利（OMB）公司的35MPa III型储氢瓶。在国际上更为先进的IV型则尚未进入中国市场。35MPa III型储氢瓶在我国已经属于十分成熟的技术，完全具备车载条件。而且，一旦储氢瓶检测到氢气泄漏，应急电磁阀门便会迅速打开，将氢气及时排出。这些被排出的氢气并不具备爆炸的条件，即使由于温度、着火点等原因发生燃烧事件，它们也将因为欠缺密闭空间等条件，仅能保持燃烧状态。此外，由于氢气密度低，氢气被排出后将迅速远离储氢瓶及车辆，大大减少爆燃的机会。

在现实场景中，储氢瓶的氢气泄漏也是小概率事件，《车用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶》（GB/T35544-2017）甚至可以保证储氢瓶泄漏的概率，比油箱泄漏的概率还要低得多。储氢瓶与燃料电池汽车的坚硬外壳也为其承受撞击而不爆燃提供了另一层保护，即使时速80千米的追尾事故也不能使储氢瓶发生形变。现代汽车名下的氢燃料电池汽车在美国公路安全保险协会（IIHS）测试中获得最高安全评价的检测结果，已经超越了绝大部分的燃油车和电动汽车的防撞性能。甚至在一些现实场景中，比如枪击，氢燃料电池汽车最多发生泄漏，但绝不可能爆燃。从这一点来说，氢燃料汽车的安全性能已经赶超电动汽车了。

在燃料电池汽车相关的安全标准上，我国目前还远不能说完备，尤其

是针对各类氢燃料电池汽车整车测试维保的方法，不管是商用、乘用，还是特殊领域均接近空白，这为氢燃料电池汽车的进一步推广增添了许多阻力。但在《2021年工业和信息化标准工作要点》中，工信部重点提出将大力开发电动汽车和充换电系统并进行燃料电池汽车等标准的研究与制定，标准的制定将始终追寻产业发展，实

表1 一辆纯电动车的碳排放计算

平均百千米耗电量（千瓦时）	能源转换效率	远距离输电效率	不同发电方式的碳排放（克/千瓦时）		我国发电量占比（2020年12月）	
			发电方式	碳排放	发电方式	占比
16	90%	90%	火电	841	火电	77.60%
			水电	85	水电	10.50%
			核电	128	核电	4.85%
			风电	10	风电	5.62%
			光电	17	光电	1.43%
一辆电动汽车的碳排放				13.20 千克/百千米		

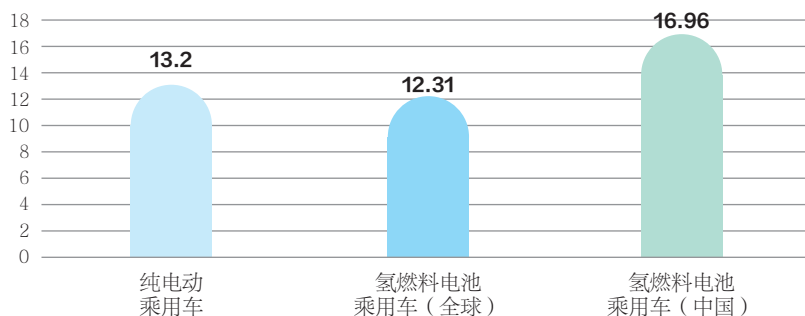
表2 全球与中国的氢气生产结构

制氢原料及方式		全球	中国	碳排放（千克二氧化碳/千克氢气）
化石能源制氢	煤制氢	18%	62%	20
	天然气重整制氢	48%	19%	10
	石油制氢	30%		
工业副产制氢	焦炉煤气、氯碱尾气等	—	18%	13
电解水制氢		4%	1%	32
其他方式制氢	生物质、光催化等	—	微量	—

>> 以上数据均由作者根据当下的中国电力结构来进行计算

纯电动乘用车和氢燃料电池乘用车每百千米碳排放

(单位: 千克/百千米)



>> 以上图表由作者提供

时调整。

因此,就安全性能而言,动力电池的研究和发展在近几年突飞猛进,但氢燃料电池汽车的技术发展也不落下风,在安全性能上正在迅速追赶电动汽车。

环保性能,谁更优?

发展新能源汽车最大的动力来自低碳和清洁交通的内在需要。因此,谁能在这个维度上胜出,是决定谁能主宰未来的重要因素。

而当前的能源结构则是决定未来赢家的关键。

早在2010年,清华大学的一个研究团队曾指出,在当前中国的能源结构下,电动汽车造成的碳排放,与燃油汽车相比差别不大;但是在二氧化硫和碳化物方面的排放,要数倍于燃油汽车。燃油汽车目前每百千米的碳排放量为19.9千克。而根据2020年中

国发电能源结构和电动汽车的主流性能计算,得到的数据:纯电动乘用车每百千米的碳排放量为13.2千克。(计算过程中涉及的各种参数见表1)

可以看到,纯电动车的碳排放主要取决于发电结构。随着我国当前能源结构的不断改善,尤其是清洁能源的发电比例逐年提高,电动汽车在未来会占据很大的环保优势。

而关于氢燃料电池汽车,一些研究也表明,车辆储存氢气、驾驶运行对能耗和碳排放的影响极小。但是在制氢过程中,其碳排放量远远大于其他用氢环节的碳排放。因此,在测算氢燃料电池汽车的碳排放量时也要把制氢过程中的碳排放量算入其中。

制氢过程中的碳排放很大程度取决于氢气的生产结构。根据公开数据,综合考虑当前氢电转化效率,氢燃料电池乘用车百千米氢耗1千克,如果按照全球氢气生产结构计算,氢燃料电池乘

用车每百千米碳排放为12.31千克;如果按照中国氢气生产结构计算,氢燃料电池乘用车每百千米碳排放为16.96千克。(计算过程中涉及的各种参数见表2)

从全球角度来看,氢燃料电池乘用车的碳排放低于纯电动乘用车,但按照我国能源结构和制氢方式来测算,氢燃料电池乘用车的碳排放高于纯电动乘用车,这是因为我国当前生产的氢气还是以灰氢和蓝氢为主,因此,氢燃料电池汽车相比电动车在环保方面处于下风。

可以看到,在使用端,无论电动汽车还是氢燃料电池汽车,能否逼近人类“真正零排放”的目标,都取决于未来的电力结构。

未来理想状态下,如果电动汽车所使用的电力是由风能、核能和光伏发电所产生,那么在使用过程中,能够实现零碳排放;如果氢燃料电池汽车使用的氢气是利用风能、核能和光伏发电产生的电力,通过电解水制备而来,那氢燃料电池汽车也能实现“真正零排放”。因此,未来在环保方面的比拼,更重要的环节可能是:动力电池的处置以及氢储存中的能耗等。

通过上面的分析,氢燃料电池汽车和电动汽车,无论在安全性能还是环保性能方面,都没有确定的胜出者。所以我们当前还是应当保持着一个百花齐放的心态,让市场选择最能够代表未来的技术路线。■

(作者均就职于上海交通大学)