

从冬奥“小火炬”，看中国的氢能产业

奥运会总与绿色、环保关联，带着一种预告性。

比如2008年北京奥运会，中国成为国际上第一个大规模应用锂电动车的国家，实现奥运核心区首次零碳排，顺势开启“中国新能源车元年”。如今中国成为了世界上第一大新能源汽车市场。

这一次，中国以温和淡定的姿态，在奥运会上娓娓道出一个上承全球“双碳”趋势，下接中国“3060目标”的预言——中国可再生能源发电技术走向成熟，而中国的氢能技术正在从实验到实用，快速蜕变。

氢能之所以被寄予厚望，不仅因为它是人类终极化学能源，可以解决中国贫油、少气、相对富煤的能源隐患。更重要的是，随着世界各国相继宣布碳达峰和碳中和计划，全球碳本位时代即将到来——氢能技术，将与中国新国运直接挂钩。

本届冬奥会上，火炬里的氢气闪烁着火花，正在告诉世界：中国氢能已经完成了关键的蜕变，属于中国氢能的时代，正在到来。

一、“飞扬”火炬用到的氢气，秀出中国哪些肌肉？

氢能源是一场关乎未来和国运的“军备竞赛”，通过冬奥会上的一朵“微火”，中国向世界传递出在理念和技术上坚定向前推进的决心。

冬奥火炬“飞扬”是世界首款高压储氢火炬，实现冬奥会历史上第一次火炬零碳排放。

从实用角度看，这是个好选择：首先，氢气易燃，不会出现火炬点不着或是中途熄灭的尴尬情况；其次，氢气耐低温，适合冬奥会可能面临的极寒天气。

但把一整套氢气燃烧装置塞进一根火炬里并非易事，需要保证安全、稳定、可视等关键环节。

北京冬奥会筹办工作的确将“绿色办奥”放在首位，不过在火炬上附加技术、死抠细节的做法，除了呼应主题外，还有着两层深意。

第一层是展示技术。高压储氢虽然是当前最为成熟的氢气储运方式，但还是需要具有多重保护、大容量、稳定性强的装置来运作。用于火炬这种几乎可以称为便携型的设备，还要兼顾稳定持续的氢气释放，需要强大的技术攻关能力才能实现。

第二层是展示理念。中国即将在2030年碳达峰，如何让体量庞大的化石能源、重工业及时刹车，迫在眉睫。在解决问题过程中，植入“全过程控制碳排”的意识尤为重要——在排放量几乎可以忽略的火炬中，仍然坚持零碳排，就是这一理念的体现。

二、中日两国奥运会相隔半年，在氢能应用上有哪些不同？

日本作为最早出台氢能政策的国家，在技术上较中国更为成熟，产业链也更加全面。东京奥运会上，氢能的身影一直活跃：火炬、汽车、氢能无人机、氢能社区……在很多方面也刷新记录。

中国在北京冬奥会上的升级和反超，固然有后来者避开弯路的因素存在，但从双方氢能应用推进的广度和深度来看，后发优势绝不是决定因素。

首先是火炬。东京奥运会首次使用氢作为主火炬燃料来源，并且是唯一燃料。但在接力火炬上，没有使用高压储氢技术，并且氢气只在部分地区接力中使用，更多还是用丙烷作为燃料。

其次是燃料电池车。东京奥运会共投放600多辆燃料电池车（其中包括100多辆氢能巴士），但主力运输工具，还是3200辆电车和燃油车。

而北京奥运会投放的燃料电池车不仅在数量上更胜一筹，多样性上也更为丰富：示范运行氢能源车超过1000辆，其中乘用车145辆，巴士及客车749辆，还有107辆服务于残疾人的无障碍车。值得关注的，还有中国首台完整知识产权的黄河X7氢燃料电池雪蜡车，能够为场馆提供绿色电源。

以日本的氢能技术来说，集中力量攻关火炬、投放更多氢能车并非难事，坐拥世界最大的绿氢制取项目FH2R，用绿氢点燃火炬台更加容易，而真正困难的，就是“集中力量”。

不同于中国全国一盘棋，技术与理念协同作战，日本虽然能源隐患严重，但由于市场小、内需弱，从根源上对新能源的渴求就没有中国强烈。日本从上世纪70年代开始持续推进氢能开发，但几乎每次产生重大转折都受到石油危机、地震等天灾人祸的推动。

日本政府在政策上的徐步缓进，也侧面压低企业研发氢能技术的积极性，日系知名车企众多，但真正持续在投入燃料电池车的，只有丰田一家。

相隔半年的两届奥运会上，丰田都有投放燃料电池车，但不同的是，东京奥运会只有丰田一家；而北京冬奥会上，中国本土车企却是百花齐放。

能源危机、氢能发展，固然和代表先进生产力的“技术”密不可分，但只有坚定的“国家意志”，才是推进技术持续前进的关键筹码。

三、冬奥氢能应用背后的企业有哪些？

举重若轻的北京冬奥会，将氢能的彩蛋隐藏在看似寻常的应用之中，也正因此，各个企业以及研制团队所付出的努力也是成倍的。

比如看似只是造型华美的飞扬火炬，集合了航天科技、中石油、中石化三大央企。

火炬外壳由中国石化下属上海石化研发的碳纤维复合材料制作，解决氢燃烧时的高温难题，并且实现量产；

火炬三段内核，均为中国航天科技集团六院研制，其中控制阀和燃烧器由11所研制，气瓶由101所研制；

位于北京主火炬的氢气由燕山石化提供；张家口赛区的太子城火炬台所用的绿氢，由中国石油提供，这也是冬奥历史上首次用绿氢点燃的火炬。

燃料电池车方面，丰田汽车交付了140辆MIRAI，107辆无障碍车COASTER；而G产品品牌表现则更加亮眼：福田、宇通共交付749辆客车，一汽红旗专门打造燃料电池版H5供冬奥会使用。一家名为亿华通的中国本土氢能公司，则为G产品品牌的燃料电池车提供727套发动机。

冬奥会背后还有数十座加氢站，背后囊括国家能源的“油氢电”一体能源站，中石油、中石化各4座加氢站，以及国电投氢能产业园。

立方造局将视野放大至中国氢能产业版图，并梳理出一份国内氢能专精特新小巨人名单。

四、什么是绿氢？为什么它是氢能技术发展的最终方向？

氢气按照不同制备工艺，有颜色之分，主要有绿氢、蓝氢和灰氢。比如，在冬奥会太子城火炬台上，用到的是绿氢。

笼统来讲，绿氢是以可再生能源电解水制得的绿氢，灰氢是以化石能源制备而成，蓝氢则比灰氢制备过程中多出一个步骤——CCUS（碳捕捉）。

而根据制氢过程中产生的碳排放来衡量，中国氢能联盟给出了另一套划分标准——低碳氢、清洁氢、可再生氢。

两套标注中唯一重合的定义，是通过电解水、光催化分解、热化学和生物方法制得的绿氢，它被认为是氢能实现全过程零碳化的终极目标。目前技术上相对成熟的制取绿氢的方式是靠风光、水等可再生能源发电进行电解水。

不过，目前制备绿氢面临着成本高、产率低等问题，制取1kg氢气需消耗60度电。在全球氢气产量中，电解法生产氢气仅占5%左右。不过，目前全球已有大型绿氢项目基本属于试运行状态。

五、为什么说冬奥赛区张家口是中国氢能城市群的典型案例？

张家口崇礼县之所以被选为冬奥会赛区，除了崇礼本身具有雪地环境以及滑雪文化之外，还与张家口当地的氢能产业有关。

从2018年开始，张家口便全面布局氢能产业，打造氢能源全产业链基地。当地拥有4000万KW风能和3000万KW太阳能资源储量，非常适合可再生能源制氢。到2019年，已有28个国内外氢能产业落户张家口，产业基地已有雏形。

真正让张家口成为中国氢能产业基地领头羊的，还是“城市群”政策。

六、为什么氢能关乎中国“新国运”？

我们以前的文章中提到，随着巴黎气候协定签署通过，包括中国在内的世界各个主要国家双碳目标发布，控制碳排放、发展氢能源已成为大势所趋。

北京冬奥会频频出现的氢能，不仅是奥运会对低碳环保呼吁的回应，还包含了中国对发展氢能的信心与决心。无论是从国内还是国外两个角度去看，氢能均关乎中国的新国运。

国内：中国化石能源体系一直存在“贫油、少气相对富煤”的特点，在三种资源上均是世界第一进口大国。而以风光水为主

的可再生能源发电体系，受地域和气象的制约严重，即使在特高压的加持下将弃电率降至个位数，供电仍不稳定，高碳排的煤电将长期占据主要地位。

因此北京冬奥会将氢能定为主旋律之一，不仅是对奥运会呼吁低碳环保概念的回音，还向世界展示当前中国氢能源的先进水平，以及发展氢能的决心。

另一方面，中国制造业的飞速发展推动产业升级和污染治理成为基本国策，碳排放开始和各项政策、目标挂钩。能源产业转型升级蓄起中国制造业升级的势能，也为中国经历寻求新的增长点。

国际：早在2009年的哥本哈根气候会议上，“控制碳排放”就已经成为发达国家阻挡后发国家的壁垒。

2016年巴黎气候协定开放签署，至今已有178个国家签署通过，环保意识已变成意识形态。随着世界各大国相继宣布“碳排放”和“碳中和”计划，意识形态又演化为关于碳排放权的政策和实践——以“碳”为本位的新货币体系即将到来。

中国发展氢能，不仅是一条在能源领域弯道超车的路径，还能保障国家能源安全、创造新的经济增长点；在国际上，先进的氢能技术能主导国际话语权，在未来碳本位体系下抢占先机。

七、中国氢能发展主要分为几个阶段？

中国氢能发展直到目前，大致可以分为四个阶段：

1. 独自摸索：中国氢能和航天几乎同时起步，上世纪60年代卫星发射艰难攻关时，各地化物所纷纷接到氢氧燃料电池科研任务。因此包括液氢生产、储运在内的顶尖技术，航天系统基本都有掌握。负责冬奥会火炬研制的101所，就具备自主开发氢液化设备、加氢站、储运系统的能力，直到现在也是中国液氢产能和用量最大的单位。

2. 接轨世界：上世纪70年代以后，中国氢能发展开始受到国际大环境的影响，而国际氢能环境又受到石油价格的影响，因此经历了“三起三落”：分别发生在1973年、90年代两次石油危机后，以及21世纪初《京都议定书》签订和金融危机时。

3. 政策引导：中国早在2001年就有燃料电池车相关的扶持政策出台，当时进入这一领域的多是产学研形式，同济大学支持的上燃公司、大连化物所衣宝廉团队支持的大连新源、清华欧阳明高团队支持的亿华通相继成立。双碳目标、补贴政策发布后，氢能技术企业进一步增多，能源国家队、车企相继进入赛道。

4. 规模应用：氢能技术、产业不断推进，加上城市群的带头作用，越来越多的城市已经部署燃料电池公交车，并且将氢气、天然气混输加入城市规划中。北京冬奥会上大规模的氢能应用，也会促进使用氢能成为深入人心的概念，更有利于氢能技术规模化、市场化发展。

60年，4个阶段。中国拿着氢能后来者的剧本，从氢能世界的配角，逐渐在产学研、城市群中历练，最终有了冬奥会舞台上的惊艳亮相。这一次中国与世界在氢能上的联动，不再疏离。

八、为什么国际氢能企业要到中国合作氢能项目？

氢能应用和减碳浪潮相伴而生，两者都需要全世界的努力才能实现，过程中的竞争不可避免，但合作同样重要。

中国氢能发展相较日本、美国、欧盟来说稍晚，但中国具备巨大的内部市场以及更有效率的统筹能力，能让发展不断加速，这吸引着外资涌入。

以日本为例，虽然氢能技术领先世界，但由于国内资源少，内需弱，一方面需要将过剩的技术产能转移到中国，另一方面也寄望于中国巨大的氢产量能够反哺。

这便有了——

日本新日矿、丸红等企业相继与中石化、各省政府展开技术合作；丰田汽车更是将中国市场当作自家燃料电池车MIRAI的救命稻草，与一汽、广汽、亿华通等企业联合开发燃料电池车的产品和系统。

欧美企业同样不落后。全球三大气体公司——德国林德、法国液化空气、美国空气化工都与中国企业合作，走出差异化路线。

林德集团与中国的合作方向是高压气态氢储运、加氢站。主要合作者有上海、淄博、广州等地方政府，上海驿蓝、宝武、中海油、大连冰山等企业。

美国空气化工主要参与的是工业副产

制氢与提纯、液氢、燃料电池、检测技术标准等方面。与浙江、安徽、山西等地方企业合作较多。

法国液化空气主攻地方性氢能基础设施网络与产业链，合作企业有山东兖矿集团、成都华气厚普、中石化、鸿达兴业。

另一方面，国内钢铁企业也开始面向全世界聚集产学研力量：河钢集团与北京科技大学共同发起世界钢铁发展研究院；宝武集团发起设立全球低碳冶金创新联盟，成员来自15个国家。参与成员有世界排名前列的米塔尔、蒂森、塔塔等钢铁集团，亚琛工业大学、乌克兰冶金学院等科研院所。

随着中国氢能技术不断突破、迭代、升级，中国在部分领域的国际主导地位将逐渐显现。

九、氢能技术的应用，都有哪些难点？

北京冬奥会上氢能的大规模应用，只是迈出新阶段的第一步，未来的氢能源需要深入的是千家万户，成本、易用将成为市场考量的主要因素。

但就目前来说，氢气在制取、储运、应用——标志着一种能源能否被大众接受的三个要素上，仍然存在许多问题。

制取端：可再生能源+电解法，制氢成本高、转换效率低，目前还处于“目标”的阶段；看起来很好实现的低碳氢，实际需要等待副产制氢设备、CCUS技术的普及。而灰氢由于纯度低，更多利用在工业领域，与普通消费者无关。

储运端：氢能储运主要有四种形式，高压气态，固态材料，低温液态，有机液态。最成熟的仍然是高压气态储运，也就是冬奥会火炬应用的方式。但其缺点非常明显，运输半径短，危险性更高。而剩下三种方式，更多不是看氢能技术的发展，而是储运材料的突破，这也将经历漫长的验证过程。

应用端：当前新能源车还是以纯电和混动为主，留给氢能车的空间并不大。2021年，全球主要国家氢能车销量虽然同比大幅增长68%，但实际数量只有16000多台。其原因一方面在于氢能车产业化仍然偏弱，市场上还没有典型爆款，能改变人们对于新能源车等于电动车的固化观念。

十、未来哪些科幻场景将在氢能产业中实现？

“虽然未来似乎很遥远，但其实已经开始了。”——马提·史提潘尼科

光伏、氢能、机器人、AI……过去数个世纪在故事、小说里反复出现的科幻迷思，已经在几十年内成为人们熟知的“新”事物。雨果曾说：没有什么比梦想更能创造未来。当人类举目向天，太阳和星星已经成为终极能量来源的目标——没错，就是核聚变。

2021年7月，人类历史上第一个太空发电站（接收端）在中国重庆投建，未来通过发射人造光伏卫星，可以直接从太空接收太阳能并直接转换成电能，再通过微波输送至地球。这种形式收集到的太阳能更多，发电不再被天气影响，也不用考虑昼夜变化。更加稳定的光伏制氢也可以实现了。

虽然这个工程的确是“人类的一大步”，但实验意义大过实用意义。短暂的兴奋后，我们的目光还是得回到地面，好好思考在没有太空电站的日子里，要怎样进一步提升光伏板的接收效率，找到更先进的材料。

将AI引入材料开发的方法被称为“材料信息学”——“数据科学”的一个分支。而数据科学是继经验科学、理论科学、计算机科学之后的第四种范式。

2021年，日本大阪大学的佐伯昭纪将论文中记载的1200种光伏材料加入数据库，完成学习的AI成功分析出发电效率和高分子材料间的关系，并进行材料预测。而使用预测的材料制作成光伏电池后，实际效率和预测效率几乎一致。

对于中国来说，材料信息学和氢能技术一样，都是实现弯道超车的巨大机遇。根据工信部的调研，在130多种关键基础材料中，32%一片空白，52%依赖进口，许多卡脖子技术都与材料有关。传统“试错式”研发模式，在愈发激烈的能源竞争中已逐渐失去后发优势，新材料必须快速走出实验室。

原先一个团队需要5~6年从合成到确认100种高分子材料，还不包成功、不包量产，如今AI只要用数分钟就能快速筛选出具有研究价值的材料。

当前，产业与产业之间的联系越发超乎人们的想象，氢能源向上能推动材料技术，向下能解决能源问题。因此现在谈到氢能源的“未来”，并非是在做一个美好的设想，而是一场切实可行的终极之争。