

冷静透视电动车、氢能和我们的未来

为什么要发展电动车、氢能这种新能源汽车？主要是解决两个问题：第一是我们国家的石油不够。我十年前回国的时候，中国的石油总消耗量只有4亿吨，但十年之内由4亿吨增加到7亿吨。我们前20年勉强还能生产2亿吨，到2017年2亿吨都维持不了，只有1.91亿吨，2018年降到1.89亿吨。我们现在将近73%的石油靠进口。第二就是大家都能看到雾霾和空气污染问题。

为了解决这两个问题，就需要开发更清洁的汽车和能源，所以电动车和氢能自然就被推上历史的舞台。

01、为什么100多年前电动车多过燃油车，后来燃油车占了统治地位？

电动车并不新。1912年，纽约、伦敦、巴黎，还有洛杉矶的大街上，跑的电动车远远多于燃油车。为什么？因为铅酸电池早于内燃机发明20多年。100多年前，以爱迪生为首的一批科学家就在赌电动车。

我回国前在GE(通用电气)工作，爱迪生就是GE的创始人。当时以福特为代表的汽车公司赌的是燃油车。到了20世纪30年代以后电动车就几乎销声匿迹了，今天燃油车仍然占有绝对统治地位。

为什么是这样的格局？我来谈几点历史原因。

第一点，我们研究汽车或者研究交通运输燃料的时候，有一个很重要的概念，叫体积能量密度。对汽车来讲，重量重一点无所谓，但油箱不能无穷大。假设我们的油箱都是1立方米，每种能源蕴含的能量密度大小，也就决定了汽车能跑的距离远近。

100多年前就发明的铅酸电池的能量密度是90千瓦时/立方米，人类花了将近上千亿美金和100多年的探索，电池能量密度到如今只从90千瓦时/立方米提高到260千瓦时/立方米。现在特斯拉的电池、比亚迪的刀片电池，大概就是260千瓦时/立方米。而汽油的能量密度是8600千瓦时/立方米，柴油是9600千瓦时/立方米。稍后即将提到的甲醇液体是4300千瓦时/立方米。

总而言之，人类花了100多年时间的研发，电池的能量密度并没有得到革命性的根本的改变。

第二点，液体能源有个非常好的特点，陆上可以管路输送，海上可以非常便宜地跨海输送。2016年我到深圳工作不久，邀请了时任美国能源部部长、诺贝尔奖获得者朱棣文先生，还有当时中国工程院主管能源的副院长谢克昌院士，以及中国科学院主管能源的副院长李静海院士为南科大清洁能源研究院举办成立揭牌仪式。

当时在一个能源研讨会上，我问大家一个问题，说很长一段时间在深圳开车加油是7块钱一升，假设这个汽油是从休斯敦炼油厂用船拉到深圳盐田港，这一升的运费是多少钱？我让好多搞能源的朋友猜，有人猜是3块5，甚至有人猜5块，也有人猜1块的，我说真正的答案是7分钱不到。

我说7分钱的时候大家没人相信，但一算就明白了。现在一条大船可以拉30万吨，大概是4亿升。液体的好处在于，使用泵和管道就能装船，不需要人工。到了深圳的码头，管道连接好后，使用泵就能打到罐里，也不要人工。路上耗费的就是油的油钱和折旧费，4亿升，如果一升一毛钱就是4000万元，但跑一趟船根本用不了这么多油钱。这就是为什么世界上产石油的只有那么几个地方，但任何一个角落都可以很方便地加油开车。所以，液体在运输上有很多好处，而且可以长期储存。茅台酒存50年没问题，但电和气都不能长期储存。

第三点，为什么人类的第一条流水线是福特的流水线？内燃发动机是机械的东西，造一台很贵，但当一条流水线造出100万台的时候，每台的成本会极大降低。1913年，福特的流水线上上去量产，就让美国的汽车从4700美元降到380美元，让蓝领工人都可以买得起汽车。

然而电动车不同，每个电池都需要一定量的镍、钴、锂，车上还有铜等各种金属。产能扩张后每台成本会有所下降，但是下降不多，不像机械不锈钢，要多少，产多少，造得越多，成本越低，材料成本很少。电动车的材料成本占大头，加工成本并不是主流，所以你可以采用流水线，可以降低一点，但不能有根本的降低。

中国的电动车从2016年底的51.7万辆增加到2018年第一个季度的79.4万辆，增量为28万辆，相对于当时整个汽车市场一年

2900万辆的产量，是很少的，但同期追踪全世界的钴的价格和锂的价格，分别翻了四倍和一倍。这种情况告诉我们，如果技术不突破，不把钴和锂的用量降下来，造得越多材料越贵。当钴的价格翻了四倍，锂价格翻了一倍的时候，全世界没有一家公司声称通过回收电池里的钴和锂能实现盈利，这反过来告诉我们，电池的回收技术还有待突破。

02、如果电网67%还是煤电，电动车的增加还是在增加碳排放

今天的电动汽车用了5到7年，把退役动力电池用作储能电源，比如放到5G基站底下做储能，可能还能再延迟一二十年。但是储能电池也是有寿命的，里边有很多对自然有害的化学物质，不可能无限期使用。一二十年后仍然需要回收。如果不回收，当几百万个甚至将来上千万个电池分布在中国大地，如果任其泄露，那是环境的灾难。

现在的电动车里大概有600到800公斤的电池，不是手拎就可以回收的。将来谁去回收？国家如果要回收，钱谁来出？卖车的时候已经补贴了这么多，将来回收电池是否还要补贴，什么时候是底？

这些环境的问题都要考虑，所以我现在一再呼吁要加强电池回收技术的研发，把这个系统工程做好。否则光考虑发展电动车，不考虑回收的问题，未来我们每个人都会为之付出代价。

当然另外一点现实因素是，中国67%的电靠煤炭来发。如果能源结构不改变，如果电网67%的还是煤电，那电动车的增加还是在增加碳排放，而不是减少碳排放。只有能源结构和电网里大部分是可再生能源构成的时候，电动车才能算得上清洁能源。

现阶段针对电池投入大量研发非常重要，不管是电动车、燃油车还是氢燃料电池车都需要电池。高档燃油车里的电池规模已经到5kW甚至10kW了，氢能汽车里有100升左右的电池。汽车电子、控制系统以及蓄电池等都需要电池，所以电池的研发怎么强调也不过分。电池的技术一定要有突破，如果没有突破，一味地、盲目地去追求电动车是一个很危险的战略。遗憾的是，尽管电池技术100年来有些进展，但仍然没有本质的飞跃，这是一个非常严峻的挑战。

03、氢气不那么好储，更没想象中那么好用

2018年，国内突然掀起一股氢能热。氢能有它的好处，发电效率高，能降低对石油的依赖，排放为水蒸气，而且大规模量产燃料电池后成本能下来。尽管燃料电池也要用贵金属，但是它的贵金属回收技术相对来讲比较成熟。并且这些年的研发使得贵金属用量在降低，这都是它的优点。

其实燃料电池也不新，这已经是第四轮了。我2000年左右见证了美国上一轮氢能与燃料电池热。上世纪90年代末一直到2005、2006年，这个期间美国花了上百亿美金在燃料电池上的研发。

我记得小布什总统在他的国情咨文演讲时说，今晚他会宣布一个计划，美国能源部花多少亿美金开发氢燃料电池汽车，15年后每一个美国人开的车后边排放的都是水蒸气。

现在，已经是2021年了，达到了没有？没有。全世界的燃料电池(车)可能加起来也就是3万多辆，美国不到1万辆。

燃料电池汽车，也就是我们说的氢能汽车，没有产业化的最根本的原因是氢气不适合于作为大众你我共有的能源载体。为什么？

第一点刚才讲了，它的体积能量密度是最小的，为了增加体积能量密度，只好把压力增加。目前看到所有的氢燃料电池车里的储氢罐，都是350和700公斤大气压，储氢罐如果拿不锈钢设计必须做得非常厚，因为压力太高。学过理工的人都知道，700公斤压力的高压设备，不是那么容易生产制造的。

第二点，氢气高压会有一个问题，氢气是元素周期表中最小的分子，最小的分子就意味着最容易泄露。

第三点，氢气在露天没有问题，我们在20多年前在美国做过这个实验，一个加氢车，它的储氢罐为了安全一般都放在最后，普通步Q一枪是打不透的。打完以后，因为氢气在露天没问题，它很轻，就像氢气球一样，一条火龙冲上天，驾驶室温度一下子升不了那么高，人有足够时间逃逸。

但是，在封闭的空间里，氢气就会有巨

大的问题。氢气是爆炸范围最宽的气体，4%到74%，小于4%是安全的，大于74%只着火不爆炸，但是在4%到74%这个很宽的范围内，遇火星就爆。

当北上广深这些城市，尤其深圳90%以上的车是停到地下车库这一封闭空间里的。大量氢能汽车进到地下车库，若有一辆车泄露，就会产生巨大的危险。尽管这个是小概率事件，但是使用众多的时候，总有部件老化等问题发生，哪怕储氢罐是安全的，阀门、管路等也有一定小概率老化，或者开车不注意发生了撞击。一旦泄露遇火星爆炸，引起其他车爆炸，一个大楼都有可能毁掉。所以在封闭的空间里，使用氢气要非常注意。

我在90年代初曾加入全世界最大的石油公司埃克森美孚，记得加入时，不管多高位置进去，前一个礼拜什么也不干，只进行安全培训。尽管炼油厂非常重视安全培训，但这100年来，总是有小概率事故发生，炼油厂发生的故事多数是由于氢气的泄露而造成的。所以我们在石油化工行业里，有句话叫“Hydrogen is the devil in the refinery”(氢气是炼油厂的魔鬼)，它泄露的时候，无色无味，甚至着的火都是没颜色的。所以电不好储，氢气也不那么好储，更没想象中的那么好用。

04、甲醇可能是最好的储氢的载体

怎么解决这些问题？怎么让电动车、燃料电池汽车更好地发展呢？我提出要用液体的氢气的载体来做，将来可能会有其他更好的液体，目前我们的方案是：甲醇可能是最好的储氢的载体。为什么？

甲醇可以从煤、天然气来制，未来可以用太阳能催化二氧化碳和水来制甲醇，就变成绿色的甲醇。中国现在甲醇产能全世界最高，大概8000多万吨，按吨位来讲接近汽油1/4的量。

另外页岩气革命让世界发现了将近200年用不完的天然气的。有200年用不完的天然气的，就有200年用不完的甲醇。天然气是甲醇的原料，天然气这边供气，那边就可以生产甲醇装船，是非常成熟的技术。气体跨海不好运，但是一旦转成液体，全世界任何一个港口都能运输，每吨的运费大概也就50块钱左右，很便宜。

在未来，我们可以做太阳能制甲醇。一年多前，中国科学院大连化学物理研究所70周年所庆，我的主题演讲也讲了这个观点。大连化物所的李灿院士已经成功地在甘肃做了示范，用太阳能催化二氧化碳和水转成甲醇，只是今天的成本比煤制甲醇大概每吨要贵出500~700块钱，但是给未来指明了方向。未来使用太阳能制甲醇，生产的甲醇就完全是绿色甲醇了，这是第一点。

第二点，假如在车上装甲醇，其实装的是甲醇和水的摩尔比1:1，重量比是64%的甲醇36%的水，就相当于64度的酒。甲醇跟乙醇都是酒精的性质，只是不能喝，其他性能都差不多。装在车上，甲醇和水反应可以制氢，1升甲醇可以放出143克的气，也就是1升甲醇可以储2升液氢，氢气推动燃料电池给车提供电能。燃料电池是在80度发电，我们学过热力学的人就知道卡诺定理，它的效率更高。

今天来看，我们认为甲醇可能是最好的储氢的载体。氢气随产随用。甲醇在常温常压下是液体，矿泉水瓶子就可以装。那么我上面讲的液体能源的所有优点都有了，它的能量密度4300千瓦时/立方米，是现在电动汽车电池的接近20倍的样子。

所以我认为，未来氢燃料电池和电动车都有前途，但储能的载体要考虑好。甲醇常温常压下是液体，有了液体能源，人类现在已经投资几万亿美元建成的液体基础设施就不用废掉了，可以改造后使用。对于一般的加油站，近年可能是6个罐，前期替换成1个甲醇罐，5个柴油罐，再过十年，替换成2个甲醇罐，4个汽油罐。这样整个能源转型就不需要再花多少万亿去建加氢站和充电桩了。

甲醇供氢长期可以在汽车上用。短期之内，我们已经用甲醇的分布式能源解决5G基站山顶上的5G基站、边防哨所和孤岛的供电，因为目前这种远距离的供电通过电网成本很高，要实现不间断供电唯一的技术选择是柴油机。

但是柴油机使用柴油每百万大卡的成本比甲醇高一倍，贵；柴油污染大、噪音大；另外在前不着村后不着店的地方放着柴油

的话，晚上有些人连柴油带柴油机一起偷走了。如果增设人力维护和安防，成本就会上升。

使用甲醇供氢即便偷走也需要特定的技术才能使用，我们在广州山顶的一个基站给5G基站已经供电多年，只需要一套装置外加地埋了500升甲醇和水的罐，甲醇和水制氢气发电，通过预警装置，发生偷窃会自动报警或锁定。

柴油机械不可以自动报废，即便报废仍然容易维修，但甲醇制氢发电别人偷走也没用。全世界现在有100万个坏电基站，原来都是设置柴油机发电，使用这个技术能够把它们救活。那么这个技术充分发展以后，边防哨所、孤岛都能使用，将来缩微后就可以上车，可以解决很多基础设施的问题。

除了我上面讲的，如今电动车、氢燃料电池车还有一个很大的问题，就是基础设施的问题。氢气的安全、储存都要求一定的占地面积。现在像北上广市中心的地区，每亩土地价值过亿。将来仅占地成本就难以承受。调研显示，现在有些中国已建的充电桩的利用率不到4%，北京、上海这些地方利用率不到1.5%，因为地价问题很难解决。

另外一点电动车还有一个问题——冬天的趴窝。新闻经常一到冬天就报道，哈尔滨、北京等地的电动车趴窝。北京前几年开始推广电动车，我上车后发现司机大冬天穿着军大衣、棉靴子，不敢开暖气。我说把暖气打开，司机说他不敢。因为不开暖气，只能跑100多公里，如果开了暖气，马上就沒电了。

请记住，全世界80%的经济产出是北纬25度以上的城市带来的，纽约、伦敦、巴黎、莫斯科、东京、北京、多伦多这些地方，都是有冬天的地方。如果一个电动车你只能够夏天用，冬天不能用，也会影响它的发展。那么怎么解决这些问题呢？

我们提出的方案是插电式醇氢混合动力。不用去建什么充电站，也不要建加氢站，就在家地下车库放个几百块钱的慢充的站，晚上睡觉的时候插上充电。但是车上永远装50升的甲醇。如果不装这50升的甲醇，比如我现在在深圳，买一个电动车往广州都不敢跑，因为跑到那就回不来，找到充电桩几个小时很耽误事。

但如果我车上有了50升甲醇，甲醇制氢发电，可以给电池充电，我们做一个相当于电动车的“充电宝”。一旦没有电的时候或者冬天冷的时候，装50升甲醇类似装50升汽油一样，甲醇和水反应的温度是200多度，用余热就把车可以加热，也可以把电池保持到最佳温度。基础设施就可以解决电动车“鸡和蛋”的问题。所以我们实际上通过新的技术给电动车和氢燃料电池赋能。

说到最近很热的碳中和，很多人认为，碳中和主要寄希望于风能和太阳能这些可再生能源，但风能和太阳能最大的问题是不稳定，一年8760个小时，太阳能的发电时间，中国平均在1700小时，所以很多人说太阳能比火电都便宜了，这个话只对了1/7。在1/7时间里成立，但是其他6/7的时间的成本还是火电的好几倍。

中国的风能、太阳能发展了40年，有很大进步，但现在的发电量大概就是2亿吨标准煤的发电量。而中国的总发电量是22亿吨标准煤。而且这些风能、太阳能在发展的时候，弃风、弃电也非常严重。为什么呢？因为电网只能容纳15%的非稳定电源。风能、太阳能发出来的电，电网没法全部承受。如果继续增加风能、太阳能的同时，大规模储能问题解决不了，只能废弃更多。

那么怎么办？我们提出来就像把太阳能和风能转成一个液体，类似甲醇这样常温常压是液体的物质，用它来储氢，那么今天液体能源的所有新的概念都可以应用了。

正如南方科技大学校长、原清华大学副校长薛其坤院士跟埃隆·马斯克对话提到的，未来技术的颠覆式创新在于太阳能和氢能的可持续循环。我认为大规模应用的方法是把风能、太阳能的储能以液体的形式储存。今天是甲醇，未来也可能是其他更好的液体。把风能、太阳能以液体形式储下来，再利用人类用几万亿美元建的液体基础设施，就可以做到碳中和，而且也可以让电动车和燃料电池有更大的发展。