

流



2021年12月

总第34期

目录

封面絮语：读书、写作、分享（老牛）	3
一位韩二代（Jack Liu）	4
粉红色的磊磊山林（下）土干	7
诗四首：我将悲伤精心化装（童歌）	13
遇见梵高（娅竹）	15
历代名词欣赏（我思我在）	18
说说陈独秀（生生）	20
绿氢的未来（能源杂志）	24
关于碳中和（刘科院士演讲）	33

友好合作 FRIENDSHIP



卡爾加里石油非正式論壇



征稿 CALL FOR SUBMISSION

<<FLOW>>, an online literary magazine, is delighted to accept submissions of novels, poems, fiction, artwork, any other innovative literary work, and articles about petroleum industry. Email us at magazine.flow@Yahoo.com.

《流》杂志常年征稿:

1. 文体: 虚构和非虚构, 散文, 诗歌, 小说节选连载, 书评, 影评, 采访, 绘画, 摄影。
2. 文字: 英文, 中文。
3. 作者: 附近照和简介。
4. 投稿: magazine.flow@yahoo.com
5. 其他: 非营利杂志, 编辑和作者均基于对文字热爱, 义工奉献。

所有已出期刊, 请查阅爱城网 www.780780.ca。

封面絮语：读书、写作、分享（老牛）



老牛，资深石油工程师，在加拿大出版《印第安悲歌》一书。

《流》34 期出刊，封面照片是我用手机向窗外随意拍摄的，当时在读一本书，论述人类文明高度发展到一定程度，或将以某种方式重返原始自然，此情此景，正好暗合了这个意境。

读书，是汲取或者索取，是个内敛的过程，我们中国人的文化，内敛是为了外放，收得愈紧，爆发愈烈。比较典型的一句话是“十年苦读无人晓，一举成名天下知”，千百年来激励无数读书人像战场上的士兵那样前仆后继。士兵战死了叫炮灰，读书读傻了叫书呆子。真正能爆发、成就功名利禄的，如同士兵当了将军，读书人成了宰相，不多。

写作，是外放或者展示，这个过程也叫分享。当今世界鼓励分享，分享越多，回报越大。GOOGLE 是个因分享而成功的例子，它甚至分享源代码，让无数人参与进来，共同打造财富。《流》杂志立刊 7 年，编辑或写作的文章，加起来字数超过《红楼梦》、《源氏物语》或者《金瓶梅》。《流》一直在分享，有没有回报？有。

我经常跑现场。石油现场是西人地盘，其他族裔不多见。一天我正在平台上转悠，一个亚洲人凑上来问，中国人？这个场景有点像地下党接头。我四周看了一下，回答是的。于是我们用汉语聊起来。旁边经过的工人忍不住会瞟我们一眼。聊着聊着，他说我知道你是谁了，到我办公室坐坐？我去了他办公室，他的电脑文件夹里，列着每期下载的《流》。那是我跑现场最开心的一次。

一位读者向我索要第 32 期，说他每一期都有收藏，唯独少了这期。我立刻传给他，并保证说，以后每期出来，我单独发给你一份。这样做的时候，我内心是喜悦的。

有位笔友是搞模糊数学的，来加拿大 30 多年，已经退休，喜欢写作。模糊性是文字的精髓所在，学模糊数学的搞写作，浑然天成。本期有一篇他的评论，纳兰性德《浣溪沙》。“我是人间惆怅客，知君何事泪纵横。”人间沧桑、凄楚之情，滴落白纸黑字之间。读这些文字，我是享受的。

有个东西叫爱好，花钱花时间，但能给你带来快乐。《流》杂志通过分享带来的快乐感觉，我相信这些年来陆续参与《流》杂志的笔友们，都体验到了。

一位韩二代 (Jack Liu)



Jack Liu, 70 后的中年人。在国内是电子工程师，来加拿大 16 年，定居在埃德蒙顿。来加后从事过多种不同工作，最后改行成为 power engineer。目前在 Pembina pipeline 的 NGL 工厂从事运行操作。平时喜欢写些东西，着眼点主要是普通人的生活。

Paul 是我在 2013 年在 Fox Creek 工作时遇见的一个实习生。那年，白白净净的 Paul 才 21 岁。他在 NAIT 读完第一年的 Power Engineer 课程后，在暑期实习时来到了我们厂。

Paul 姓 Kim (金)。有个韩国人告诉过我，金姓在韩国是大姓，金姓在韩国有三个来源。前两个来自两个大旺族，金日成一家就是其中的一族。这两个金姓属于一、二等金。第三个来源比较低贱一些，是其他姓氏的人花钱改姓而来，这就是三等金。我见到 Paul 时，就和他开玩笑说：你的金是几等金呀？Paul 是韩二代，会说一些韩语，但是对我这么专业的问题就吱吱呀呀答不上来了。这哪里能和长白山上骑大白马将军的气势相比？我看，Paul 的金无疑是属于三等金。

Paul 从小在加拿大长大，但是一点都不像加拿大人。Paul 吃饭喜欢扒唧嘴，大家在安静的吃饭时，就听见他嘴巴扒唧扒唧发出很大的声音。Paul 不合群，他表现出和厂里的白人同事有些距离，但是喜欢和我这个亚洲移民呆在一起。Paul 在加拿大长大，英文当然比我强很多，但是我奇怪的发现同事说的一些俚语他听不懂。他讲话快而且短，给人感觉和他讲话有一种压迫感。关于 Paul 的语速快的问题，一直令我非常困惑。阿省人的英文语速是偏慢一些的，温哥华人的语速要比阿省人要快。Paul 是土生土长的阿省人，语速明显偏快，可能和他内心长期焦虑有关系。

那时，我刚刚进入油气行业，一个人离开家到小镇上班，在工作中我是加了十二分小心的。我不仅仅在工作上小心翼翼，还在生活上仔细地观察同事的一举一动，并在网上吸收很多前人宝贵的经验。比如，我们一直觉得白人吃饭右手刀左手叉，这其实是不全面的。如果吃饭时不需要用刀切东西，那么你随便左手还是右手都可以拿叉子叉东西吃。切牛排时，确实是右手刀左手叉，但是北美人喜欢把牛排全切成小块，然后放下刀，随使用左手或右手叉着吃。而欧洲白人吃牛排则

是一直右刀左叉，因为他们是切一块，吃一口；再切一块，再吃一口。在那个时候，我由于非常注意细节，就越来越觉得 Paul 怎么这么奇怪呢？

在一个周末的上午，我和 Paul 经过一番促膝长谈，才对一切疑问有了解释。Paul 的父母从韩国来加拿大三十多年，一直在 Food Court 打工。他们的生活就是工作和居家的单调重复。在 Paul 成长的过程中，他的父母不能给出任何有效的建议，因为他们和社会基本脱节，也听不懂英文。但是，他们希望 Paul 能出人头地。他们经常拿 Paul 和他们韩国朋友的孩子比较。亚洲人都是喜欢书本知识，韩国，印度，中国这些国家的二代在学校里成绩都是普遍比较好的。但如果父母缺乏见识，只看中孩子分数，这样的孩子往往在高中前成绩很好；但是高中或者大学后，成绩落差就大了。Paul 上了本市最好的高中 Old Scona School。这个学校名声在外，每年都有一些学生能上美国腾校，在很多亚洲家长眼里该校的招牌是闪闪发光的。

虽然 Paul 初中学习成绩好，但是他不适合 Old Scona。在高中，他每天要学习到凌晨 2 点才能基本完成功课。但即使 Paul 这么拼命学习，他在年级里成绩也是中偏下，整个高中，Paul 的内心压力非常大。如果我的孩子像 Paul 这样的话，我会首先建议他换一个学校。我宁可让我的孩子在二流学校里当头，也不愿他在一流学校里当末尾。俗语“宁做鸡头不做凤尾”就是这个道理。但是 Paul 的父母没有这样做，他们只会不断给 Paul 鼓励，每当 Paul 读书到深夜时，他的父母不是劝他休息而是鼓励他读书。Paul 对我说，在高中里他没有一个朋友。同学见面就是互相交流做题经验。他和同学间没有任何友谊可言。

高中毕业后，Paul 进入 Alberta 大学科学系。在科学系第一年的学习后，Paul 自觉对学习有着极大的厌恶，他退学了。Paul 对我说，他的父母听到他要退学的计划时，既没有支持，也没有反对，只表示 Paul 做什么父母都支持。Paul 回忆道，那时他内心极其茫然，他其实很希望他父母提出个建议，甚至骂他一顿让他收起这念头。但是他父母什么建议都提不出来，用 Paul 的话，他们就是 useless。Paul 退学后，报了 NAIT 的两年 Power Engineer 课程。这个课程毕业后可以短平快地进入油气行业。Paul 打算放弃大学教育，找一个赚钱多一些的行业。然后 Paul 就问我工资有多少？我不诧异对方这么直接问收入，就把我的工资单给他看。Paul 对我表示感谢。

之后的一段时间，工厂让我带着 Paul。我到哪里，他就跟着我到哪里。渐渐地，我感到 Paul 不能工作，也就是做事没个样子。中国人往往以为加拿大人从小动手能力比较强，这个观点并不全面。据我观察，单亲家庭的孩子，动手能力往往差很多。父母上班很忙，没法照顾孩子的，孩子动手能力也不太好。Paul 的父母是韩国移民，一直只希望 Paul 学习成绩好，所以估计也没有让他从事其他各种劳动。渐渐的，Paul 的工作就是每天扫扫地，然后就坐在椅子上看书。

Paul 跟我抱怨说：他在加拿大生活了 21 年，从来没有见过野生动物。我问他，你有没有露营过？去过国家公园？到美国旅游过？Paul 的回答一律是：没有。可能是回答里“没有”太多了，Paul 主动说：“我 Picnic 过，我喜欢 Picnic。”Paul 还说，有时候高中同学相约去酒吧喝酒。Paul 没有太多零用钱，他会自己在家先吃个半饱，然后再去酒吧。这样可以少花一些钱。我一听，当时觉得这个孩子很替家里着想，很省钱哦。但是我的一个白人同事艾琳听了我的转述的 Paul 的故事，说：“其实他这样做无形地和同学拉开了关系。Paul 这样做，同学不可能不觉察。Paul 一直这么放不开，他的社交就会渐渐枯竭。”很多时候，穷人思维就是看着钱包里的几张钱。我和 Paul 都

是有着穷人思维的一群人。我经常标榜自己可以把消费减小到微乎其微，但如果每个人都这样，社会经济怎么才能发展？但是，穷人思维人畜无害哦，虽然我觉得艾琳的观点很犀利和正确，但是我还是近似于救赎一样地享受我的穷人思维。

Paul 的实习快要结束的时候，有一天，他对我说他发觉自己不适合这个工作，想要 drop 课程。我吃了一惊，劝他再好好想想。那天整个下午，Paul 躲在更衣间和他父母通电话，脸色一会红一会白，思想在极度挣扎。一下午电话打完后，Paul 对我说，他们还是什么建议都给不出，让我自己决定。我对他说：如果我是你，我不会这么轻易 drop 课程的。实习时，我们工厂是按照时薪\$30给他工资，他完全可以把实习进行完，然后再做决定。Paul 说，他做了网上职业心里测试，发现他比较适合当老师。所以，他希望重新选择一次职业，往教师方向发展。我心想：Paul 本来是在 Alberta 大学读的科学系，这个系毕业对口工作之一就是教师。你要是觉得自己适合当教师，两年前 drop 科学系是为了什么呢？但是，我终究没有提出我的疑问。

Paul 第二天就提交辞职申请了，第三天离开工厂。Paul 对我说，他的父母对他的人生规划从来提不出任何建议，只会拿他自己和朋友孩子比较。他还叮嘱我说，等我儿子长大之后，我千万不要这样对待他们。我同意 Paul 的观点，对他说：等我儿子长大之后，我的话他肯定听不进去了。如果那时候我还能联系到你，你能不能对他们说说你的经历？Paul 想了想，然后坚定地回答：我一定会帮忙的。

打那以后，我再也没有听到 Paul 的任何消息。我很感谢 Paul 把他的内心世界和我分享，但是我能力有限，不能给予他太多帮助。Paul 的经历让我第一次体会到一个 20 多岁年轻人内心居然有如此的挣扎和绝望。我年轻的时候，也一度对自身价值怀疑过，但终究不像 Paul 那样。

虽然离开 Fox Creek 很多年，但有时我还会想起这个白白净净的 Paul。我希望 Paul 能渐渐地走出这段艰难；某一天，我觉得我们还能在某个地方相会。



粉红色的磊磊山林（下）土干



土干：移居英国北京人，研究生物三十载，关注睡眠与心情，烹饪园艺全都爱。

（四）

彩云由红变紫，天色由灰变黑，太阳完全藏起来了，月亮高高挂起，星星也悄悄地聚在月亮身边。静夜下，一曲尖细的歌声由远而近：

吱吱吱，吱吱吱，石头干，树叶湿，吱吱吱，吱吱吱，喜欢月亮喜欢吃。

吱吱吱，吱吱吱，睡足觉，喝足水，吱吱吱，吱吱吱，夜夜出寻为觅食。

吱吱吱，吱吱吱，上回差点丢小命，吱吱吱，吱吱吱，从此小心避雄狮。

吱吱吱，吱吱吱，走小溪，绕树枝，吱吱吱，吱吱吱，休息片刻也不迟。

老鼠靠着大树休息，看着天上的月亮。

“今晚的月亮真明亮。不过我可得小心，别让其他大动物看见我，来追我。抬头看看月亮吧，听说月亮里住着个兔子。凭什么兔子能住到月亮里，我就不能呢？月亮里有什么好东西吃呢？哎，那是什么？一个大黑家伙在天上，我可要小心。”老鼠想着，躲在树后，细细观望。

看清楚了，那是一头雄狮，被猎人的网套住了。老鼠从树后跳出来，悄声问：

“狮爷，狮爷，是您吗？”“哎，小老鼠，是我。”

“狮爷，啊，您还活着。”

“唉，如今连小老鼠都嘲笑我了。是，我快死了。就让我孤独地死去吧。”

“啊呀，啊呀，这么糟，怎么办呢？怎么办？”

“老鼠，你要是可怜我，就走开吧。不要象其它动物一样，嘲笑了我，再离开我。”

“狮爷，我怎么能嘲笑您呢？”

“你走开吧，我不希望你看着我死去。”

“狮爷，当初您要是吃了我，现在谁来救您呢？”

“你能救我？怎么救呢？连金丝猴都解不开人类设计的网结，你难道比金丝猴还聪明吗？”

“狮爷，您不要动，让我来试试，不要说话了，赶紧干活，在天亮前，也许我能把您救下来呢。”

“老鼠，我快死了，你却说梦话，你有什么能力救我呢，你这么小，小得都快没有了。不过，谢谢你了。自从我落网，还有谁称我为狮爷呢？你现在还这样称呼我，我已经心慰了，死后也会记得你的。”

“狮爷，别说了，让我开始干活吧，我干活时，要喊口令的，就是老鼠之歌，你不要嫌弃我的声音哟。”

“我快死了，还嫌弃什么呢？”

小老鼠抖了抖小身体，一个跳跃，蹿到大树杆上，尖声唱起来：

老鼠唱：

吱吱吱，吱吱吱，攀树爬藤走分枝，吱吱吱，吱吱吱，为救狮爷不疑迟。

吱吱吱，吱吱吱，顺绳滑下近网结吱吱吱，吱吱吱，四脚不稳睬了狮爷。

狮子答：不要紧。

老鼠唱：

吱吱吱，吱吱吱，抓紧时间细观察，

吱吱吱，吱吱吱，小心翼翼找支点。

狮子问：啥支点？

老鼠唱：

吱吱吱，吱吱吱，支点就是受力点，

吱吱吱，吱吱吱，咬破那点网就残。

狮子唱：

吼吼吼，嘿嘿嘿，生命曙光在眼前。

老鼠唱：

吱吱吱，吱吱吱，找啊找啊找到了，

吱吱吱，吱吱吱，这个支点真叫糟。

狮子问：糟在哪里？

老鼠答：你的屁股坐在支点上了。

狮子说：这……这……我保证不放屁。

老鼠说：好吧，拯救工程开始。

老鼠唱：

嘿赫嘿赫赫赫，老鼠我开始把牙磨，

割了割了割，磨呀磨呀磨，

哼嗨哼嗨猛干活，哼嗨哼嗨我使劲磨。

割了一根绳，割了两根绳，三根四根接着接着磨，五根六根不嫌不嫌多。

割了左一根，割了右一根，前后左右接着接着磨，东南西北不嫌不嫌多。

……

突然，老鼠感到天旋地转，泰山压顶。他的牙齿还咬在网上的一根绳子上面，他的前爪紧紧抓住网绳，全身颤栗。一个巨大的物体从他身边往下滑去……

啊…喔…哟…哎…啊呀呀……扑通通……

那是雄狮沉重的身体落在地上了，他趴在地上一动不动。

老鼠的小身体仍然挂在网上，他低头望去：“天哪，雄狮摔死了？我确实实是想救他，没想杀他啊。”他跳到地上，站在雄狮面前，看看雄狮是不是还活着。

雄狮睁开了眼，他看着老鼠，目光突然狰狞起来，说：“原来你是要摔死我，我这回饶不了你。”

老鼠的腿吓软了，根本跑不动。他战战兢兢地说：“我悔，我悔……”

雄狮突然张开大口笑了：“哎，亲爱的小老鼠，我逗你玩呢。你是我的大恩人啊。”

“狮爷啊，这玩笑我经……经不起。”说完，老鼠吓昏过去了。

雄狮叼起小老鼠，迅速消失在夜幕中。

（五）

磊磊森林的又一个美丽黄昏，金丝猴插腰站在一棵野樱桃树的枝杈上，其他大小动物仰望着他。他深深地吸了口气，又重重地吐出，心想：“做梦都没想到，我也有做王的这一天。”看到大家这么仰慕他，他心里又很不习惯。虽然，他从前就受仰慕，但那是仰慕他的才华，如今是敬畏他的王位。他稳定了一下自己的情绪，开始向山徒儿们训话：

“小的们，小的们，谢谢你们拥我为王。”

“谁拥他了？”小白兔轻轻地向小松鼠耳语道。

“小的们，雄狮遇难了。我们都看见了。那张吊在树上的网不见了。我们要沉痛悼念我们的狮王，学习他的品德，我们要更好地生活下去。我——金丝猴，保证好好引领大家，把这个磊磊山林变成一个舒心的乐园。”

“对，在树上多做几个窝。”小松鼠说。

“在地上多挖几个洞。”小白兔说。

“好好，好好，你们做窝打洞时，我们猴兵放哨，我们一起努力，让大家都开心。”

这时远处飘来歌声……

磊磊山上彩云低，樱桃树下绿草齐。漫步溪流好心境，摇头摆尾深呼吸。

歌声浑厚抒情而又耳熟，飘在山道上，树林里，飘入石缝间。石缝里的小虫子们都不动了。



“狮魂来了！”松鼠的声音都发抖了。

“难道我们患了集体幻听症？”白兔眨着大眼睛看着天。

树枝上的金丝猴全身的血液早就凝固了，这是最可怕、最尴尬的事情了。

“你们在干什么呢？”雄狮已经来到大家面前。

“啊，狮爷，我们在……在怀……怀念您……哦，不、不、不……在想……想念您呢。我们以……以为……”小白兔短尾巴颤抖着，不停地咽吐沫，说不出后面的话。

“……以为我死了，是吧？”

扑通通……那是金丝猴从树上掉下来了，他摔了个大屁墩儿。他没有站起来，而是用双手捂住了他自己的脸。

雄狮挺起胸膛，用前爪小心地捋了捋他金色的长发，用浑厚低沉的声音问：“大家好吗？”

众山徒都不敢回答，一齐望着雄狮，不知道将会发生什么。他是鬼？还是死而复活的雄狮？突然，松鼠喊了起来：“看，狮爷，您头上有一只丑陋的小老鼠。”

这时，大家才看到雄狮的金发中藏着一只羞涩的小老鼠，在试图用那些金发来遮盖自己的小身体，嘴里发出“啾……哟……嘘……”的声音。

哈哈，雄狮放声大笑。笑声差一点把小老鼠颠下来，他慌忙用四爪抓住雄狮的金发。众山徒里发出笑声。雄狮说：“小老鼠是我的恩人。过去的我死了，现在的我是个崭新的大雄狮。我们一大一小做个伴儿，互相帮助，非常愉快。是不是？小老鼠。”

小老鼠在狮子金色的头发里无声地点点头。

“小老鼠，咱们继续散步吧，咱们来个高低声二重唱，好不好？”说着雄狮继续前行。

“你不做王啦？”一个山徒儿问。

“就请金丝猴做吧，他会做好的。”雄狮的声音。

山徒们迷茫，雄狮的身影消失在云雾中，远处传来二重唱。

吱吱吱，吱吱吱，云雾缭绕晚风飘。

吼吼吼，吼吼吼，头顶鼠弟真逍遥。

吱吱吱，吱吱吱，稳坐狮头游林间。

吼吼吼，吼吼吼，行到月弯挂树梢。

吱吱吱，吱吱吱……吼吼吼，吼吼吼……

吱呀吱……吼呀吼……吱吼吱吼吱吼吼……



（完）

=====

根据 Bob Hartman 一分钟小故事改编。

取意《道德经》六十二章，道者，万物之奥，善人之宝，不善人之所保。美言可以市尊，美行可以加人。人之不善，何弃之有。故立天子，置三公，虽有拱璧以先驷马，不如坐进此道。

插图：Angela Vandenbogaard

诗四首：我将悲伤精心化装（童歌）



童歌：出生在一个书香门第。受父亲影响，自幼酷爱文学。大学期间开始写诗。曾多次在校刊上发表诗作与文章，同时也在当地的文学期刊上发表诗作。1988年赴加留学。刚来时英文水平有限，又忙于学业工作，无暇写作。大约十二年以前开始学着用英文写作。已陆续在英文文学杂志上发表一些短篇小说并获得三个文学奖，一次列入获奖提名名单。现为阿省作协会员。

荆棘

在这月黑风高的旷野之郊
我是如何
赤脚踏上这布满荆棘的路径？
不管是前行
还是后退
都会再次遍体鳞伤
再次心碎

我将悲伤精心化装

为忘却那夜夜残梦
忘却那梦中挥之不去的身影
我将悲伤精心化装
涂上口红 仰起笑脸
背起挎包去远航
我来到海上生明月的远方
来到你也许走过的街道 驻足过的教堂
然而在天涯海角
你依然会闯入我的梦境
防不胜防
我依然会在醒时仔细咀嚼
然后一口口吞咽
那青梅的酸涩 那细碎的痛苦
和永不离去的以往

偶然在梦里

偶然在梦里
还会遇到从未发生的故事
还会遇到你
或是你曾经住过的宅院
坐过的木椅
碰过的茶几
然而在清晨
这些梦就像月下的树影
随着曙光散去
只有坠满露珠的花瓣
仍细数着
梦中的点点滴滴

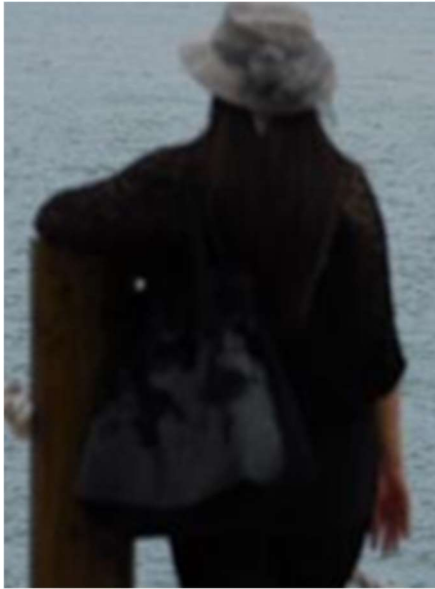
鱼的记忆

据说 鱼类只有七秒钟的记忆
也有人说 那不过是一个都市传奇
无论如何 失忆何尝不是一种幸福
我祈求上苍 让我们来世投胎为鱼
这样 每隔七秒钟我们就可以重新开始
无数个七秒钟 便可连成
一生一世



我是一只鱼
只有
七秒的记忆

遇见梵高（姍竹）



姍竹，幼年由祖母和父亲启蒙，学习诗词格律。十九岁离家读书时开始写作，曾获荆州第六届七夕诗会一等奖，并在《青年文艺家》，《北京文学》，《诗神》等刊物上发表过诗歌散文。辍笔多年，刚拾旧爱。现旅居加拿大卡尔加里，在落基山下听风读雨焚雪品茗，有采他乡石之心无攻玉之意，淡泊不志明。

极光

苍穹之下，
衰草摇曳的曼舞，
仿佛在追问地老天荒是一种感觉
还是一种感悟。
是飘忽不定的痛苦，
亦或万念俱灰的幸福。

如雨的星辉，
撒下冰冷的柔情似水，
随风摇落，
一地寒声碎。

苍凉中忽然明白每一种极致的美，
都是忧伤的源泉，
都是一种浪费。

把旷野覆盖在身上吧，
如同，

覆盖着生命中最华丽的谎言。
在瑟瑟的风中含泪睡去，
指间极光满屏的手机，
如同丹麦女孩手中那簇燃尽的火柴。
绿霞云涌翻飞的梦里，
极光如一段虐心的爱，
无法靠近，
却又不忍远离。



遇见梵高 星空

年少时常有这样的时刻，面对美丽，面对幸福，面对渴望已久的东西，因敬畏不敢亲近，知道它们与我虽近在咫尺，却有着永远无法超越的距离。每逢这时，无论置身何处，无论四周是多么欢乐的氛围，心中都会涌起一种苦涩，一种落漠。随着年龄的增长，这种孤独袭来的次数越来越少，而昨夜，在梵高沉浸展的大厅里，当《星空》布满四壁时，那种感觉又悄然涌来。

从来不曾奢求走进你的世界，
只想在那个光影斑驳的角落
默默仰慕你的光芒，
寂寞你的寂寞，
忧伤你的忧伤。
而你不经意的眸光，
总是如星芒，

掠过我的面庞，
刺破我隐隐作痛的胸膛。

今夜，
星空如此灿烂，
又是，
如此凄凉。

遇见梵高 尾声

一直抗拒着尾声来临，不愿一场热闹的盛宴如海市蜃楼般消失，清冷的暗夜中又只剩下自己。而当乐声响起，屏幕上缓缓地，一遍又一遍地写出梵高的名字 Vincent, Vincent……还是明白到了曲终人散的时候，无论多么留恋，多么不舍，都必须礼貌地退场，安静地离开。

所有的辉煌都将走向黯淡，唯梵高永恒，我们只是过客。而在那一幕剧中，我们却是那样郑重地盛装华服，倾情出演。只是卸去铅华后入戏太深的我们才发现，落幕后竟然无处可逃。

裹紧披肩，推开剧场大门，夜幕中的 downtown 豁然眼前，依旧高楼耸立，霓虹闪烁，灯火辉煌。顷刻间，梵高不再，油画不再，我也褪去羽衣，不再是杏花雨里忘我的诗者，又成了这一郭人间烟火中最平凡的那个妇人……谁曾说过人字两笔，一笔人生，一笔生活，这样毫不相干的两件事却偏偏纠缠在一起，逃不掉，躲不开，生死相随。

因梵高相聚在一起的人们四散着离去，彼此又变得陌生。

初秋的风携着微凉轻轻抚在脸上，不知何来何往，何去何从……



历代名词欣赏（我思我在）



我思我在：南京人，毕业于华东师大数学系。文革后，在兰州大学数学系计算数学专业深造两年。1988年以访问学者身份留学加拿大，从事学习与科研，在模糊数学进行计算机图像处理上发表数篇论文。退休前，在一家跨国公司的软件研发部工作二十余年。爱好甚多，兴趣广泛。

《浣溪沙》【清】纳兰性德

残雪凝辉冷画屏，落梅横笛已三更。

更无人处月胧明。

我是人间惆怅客，知君何事泪纵横。

断肠声里忆平生。

这首小令是纳兰脍炙人口的词作之一。一个清冷空寂的寒冬之夜，茕茕孑立的词人在书房里徘徊，远处传来哀怨的笛声，触动了他多愁善感的情怀，抚思人生，凄然泪下。于是，他提笔写下此首《浣溪沙》。

上片书写夜间的景况。“残雪凝辉冷画屏”，“冷画屏”：取自唐杜牧七绝《秋夕》之句“红烛秋光冷画屏”。窗外，庭院里的残雪凝含着月华的清辉，映入书房，为屏风上的彩画抹上一层暗淡幽冷的色调。“落梅横笛已三更”，夜阑人静的三更时分，耳边传来古笛《梅花落》的声音，凄怨沉悠，如诉如泣。“落梅横笛”：精炼地化用北宋晏几道《虞美人》的词句：“倩谁横笛倚危阑，今夜落梅声里、怨关山。”上片前两句描写环境，点明地点、时间，以及所见和所闻。第三句“更无人处月胧明”，更有那远远的一片悄然无人之处，月色朦胧，若明若暗。承上启下，引出下片写人，唯有作者一人在这深幽寂寥的冷月之下沉于幽思。

下片作者倾诉凄楚的内心世界。“我是人间惆怅客”，夜深沉，词人伫立在书房的窗前，面对空茫冷寂的月色，一声太息：人世间，芸芸众生，我是一个孤苦忧伤、生命短暂的过客。何以如此伤感？“知君何事泪纵横”，我知道“君”为何事而泪水纵横。作者自言自语，对自己发问，“君”是他本人。词的最后一句自己给出回答：“断肠声里忆平生”，在《梅花落》令人愁肠寸

断的笛声中，回忆自己忧忧寡欢的人生，黯然神伤，泪如雨下。“断肠声”对应着上片的“落梅横笛”，引自杜甫《吹笛》：“吹笛秋山风月清，谁家巧作断肠声。”

整首词在“忆平生”中结束，留下空白的人生细节。作者出生在满族豪门世家，家族与皇室沾亲带故，父亲明珠是康熙的重臣，他个人深得康熙的赏识，任康熙随身侍卫。然而，纳兰却有伴君如伴虎之感，“惴惴有临履之忧”（严绳孙“《成容若遗集》序”），不愿走仕途之路。正如顾贞观为纳兰词集《饮水词》所撰的序中之言：“非文人不能多情，非才子不能善怨。”纳兰是一位多情的文人，善感的才子，生命中唯有爱情和友情。二十三岁，爱妻卢氏难产突然离世，给他致命的打击。他的好友顾贞观、严绳孙、朱彝尊、陈维崧等，均是才华出众、人品高洁的君子，宁愿落魄、不肯落俗的江南布衣文人。纳兰为人正直善良，仗义疏财。他曾为营救素不相识的吴兆骞而竭尽全力，纳兰常常在梦中还在惦记着每一位朋友的遭际。

“我是人间惆怅客”，是纳兰的自题小像。

这首词是纳兰真情的直白，如王国维对纳兰词所评：“以自然之眼观物，以自然之舌言情。”（《人间词话》）婉丽凄清，深挚痛切，充溢着悲情之美，动人心扉。结构上，上片写景，为下片营造一个清寒凄美的氛围。下片抒情，直抒愁肠，却丝毫没有任何具体的平生之事，留下无穷的想象空间。同时，化用前人诗词，信手拈来，不着痕迹，足见作者深厚的文学造诣。

二零二零年十月二十三日



说说陈独秀（生生）



生生，本名唐承生，自由作家和专栏作者、独立艺术家和评论人、资深收藏玩家和驴友、“思享者”。一贯秉持“自由之思想，独立之精神”，在生活及创作上，特立独行。

1 由桂林独秀峰想到陈独秀

桂林山水甲天下。我很向往桂林，那儿的风光很美，所以多次去那游玩，特别是在我青春年少时候，去的次数较多。桂林山水秀甲天下，主要是那喀斯特的山有韵味，没有那山，水也就平常。桂林的山，最让我魂牵梦绕的是城中的独秀峰，它简直就生长、矗立在我的心中。年轻时，我多次攀爬过独秀峰，站在峰顶，俯瞰全城及远远近近的山山水水，有一种独秀天下、舍我其谁的豪迈气概。为此，我还写了一首诗，写这首诗时，我只有二十来岁，有一种初生牛犊不怕虎的架势。



《独秀峰》

谁都没我秀
我比谁都秀
因为——
我独秀
我独
我秀

过了几十年，独秀峰一直在我心里矗立、生长着，生生不息。

由桂林的独秀峰，我想到一个人，就是我精神上一个哥们——独秀哥。他名字叫陈独秀，大名鼎鼎，在中国历史上是个划时代的人物，影响巨大。他之所以有名，是因为他这人就如同他的名字，独秀。

现在时尚秀，什么都秀，秀相貌、秀才华、秀情感、秀恩爱……就连吃个快餐，买棵葱，都要用手机拍下，在微信上秀一把，让大家来点赞。现在的各种秀，哪怕秀到中央台，秀到大会堂，就是秀到世界各地，秀到联合国，与陈独秀当年的秀，差到不止十万八千里，无论品位、段位，还是张力、影响力，都难望其项背。

2 陈独秀的两大秀

陈独秀一生的事迹，不用我来说，史册记着。我这里说下他的人生中的两大秀，这两把秀，把历史都震惊了，吓得历史都改变了，史书都得按他秀的去写。

一把是秀新文化。这是不得了、了不得的大事情，比历代改朝换代的事件大了不知多少，也远不止十万八千里。改朝换代只是换个大王旗，相当于换件衣服，其实是换汤不换药，没有什么实质的意义。而陈独秀，秀出的一把新文化，把几千年的文化都改变了，这事真是大到天上去了，扭转乾坤呀！

陈独秀是新文化运动的领军人物，他坐新文化运动第一把交椅，没人会不服气。新文化运动是从他创办《新青年》杂志（开始叫《青年杂志》）发端和兴起的，而后也一直是新文化运动的大本营。别小看新文化运动，它是一场真正的革命，是灵魂和大脑的革命，比换旗子、换衣服、换汤汤水水的革命要深刻得多。以新文化运动为标志，以前的时代是中国古代文明，此后是中国现代文明。在我看来，新文化运动的历史意义，比辛亥革命更重要更深远。因为真正的社会变革，是深层次的文化和文明的变革。

陈独秀另一把很值得说的秀，就是创建了一个党。这个事也特别重大，对中国社会变迁和历史进程的影响和作用巨大，这个事情很政治，而政治的宏大叙事，平头百姓说了不算，我就不说罢了。

3 陈独秀很独秀的几桩事

陈独秀一生特立独秀，言行举止与众不同，大到改造文化和建党伟业，小到睡觉和做爱，任何事情都秀得奇特，秀得出色。我就说下他最后一次被捕坐牢后的几桩事，看他是怎么秀的。

陈独秀一生被捕过五次，最后一次被捕是在 1932 年。这次被捕，还被判了刑，刑期是十三年，后减为八年。再后因抗战爆发，又加上胡适等众多名人大腕呼吁斡旋，最后在 1937 年被提前释放。在这五年牢狱生活中，陈独秀有许多精彩绝伦的表现秀，这里说几桩。

呼呼大睡，视死如归。

陈独秀是在上海被捕的，旋即押解南京。按当时形势和情况，这次他没好果子吃，完全有可能像瞿秋白一样被处死。然而这哥们全然不把死当作一回事，赴死就像赴宴一样悠然自得。在从上海押解南京的火车上，从上车起，一路上是呼呼大睡，鼾声悠扬，直到南京，才被人叫醒。

劝降不成，大义凛然。

因为陈独秀的影响和名望，执政党当局当然希望把他招安，如果归顺，不仅生命无虞，而且还有大官可做，如果不归顺，那就完全有可能难保性命，可是陈独秀却把义看得比命重要得多。包惠僧在《我所知道的陈独秀》一文中说，其时任国民党军政部长的何应钦曾接陈独秀到军政部，何应钦客套了一番，陈独秀无动于衷。何又请陈独秀写字，陈挥笔写了“三军可夺帅也，匹夫不可夺志也”。

高调受审，拒绝悔过。

对待犯人，那时还是走法律程序的，陈独秀受审时，没钱请律师，当时名望很高的大律师章士钊主动免费为他辩护，并为他作无罪辩护，可是陈独秀却拒绝了，在受审时自我辩护，其辩护辞十分高大上伟光正，义正词严，完全是一篇宣言书，正气歌。后来，官方在各方的奔走呼吁之下，打算释放他，但要他悔过，可是他却说：“我宁愿炸死在狱中，实无过可悔。”并声明“不要人保”。

潜心学问，牢中出书。

陈独秀判刑坐牢，既不焦虑，也不闲着，就在牢里读书做学问，潜心研究文字学。在狱中陪同陈独秀的濮清泉写下过这样一件趣事：关于研究文字学，江苏南通有一位姓程的老先生也是小学家，因慕陈独秀之名，来到监狱里看他，两人一见如故，互道钦佩，交换著作，互称对方有卓见，却又为了一个“父”字争论起来，闹到面红耳赤，拍桌对骂。陈独秀说父字明明画着一个人，以手执杖，指挥家人行事。而那位程先生说，父字明明是捧着一盆火，教人炊饭。隔了一会，陈独秀又和程老先生和好了。陈独秀在狱中还出版了第九版《独秀文存》。

狱中做爱，狂野宣示。

陈独秀坐牢后，其妻潘兰珍从上海来到南京，在监狱附近租房住，常去狱中探望陈独秀，难免不在监禁之地行夫妻之事，狱方得知此事，觉得不妥，就有所诫告，哪知陈独秀火起，痛骂道：“老

子人犯了法，老子的性欲却没有犯法！”狂野宣示在狱中做爱的正当性，可见其性情之独特，无人可比拟。

4 独秀其秀，源自其独

说了陈独秀的秀，再来说他的独。其实，陈独秀所有的秀，都来自于他的独，没有他独立的思想，独立的品格，独立的意志，他怎么可能有这么奇异的秀。陈独秀一生都保持着他的独立性，不依附更不屈服任何团体与个人。1937年出狱后，蒋介石诚请他出任政府劳动部部长，他严词拒绝。政府又出资十万元请他另立党派，他也大加痛斥。为了保持自己的独立性，他拒绝了许多高官厚禄，宁愿待在偏僻乡下，过着贫病交加的困顿生活。

1938年8月，当陈独秀生病卧床之际，中共驻重庆国民政府代表周恩来，在辛亥革命元老安徽人朱蕴山陪同下，探访了陈独秀。周恩来此次拜访，仍继续劝说陈独秀，希望他放弃个人成见与固执，写个检查回到延安去。陈独秀说：“李大钊死了，延年死了，……我也落后了，年纪也大了，中央开会，我怎么办呢？我这个人又不愿被人牵着鼻子走，我何必弄得大家无结果而散呢。”陈独秀还是老脾气，是直言不讳的。

陈独秀是个特别孤傲的人，晚年住在四川江津乡下，生活困顿，贫病交加，景况凄凉。凭着他的名望，他要过上好日子，轻而易举，不说高官厚禄，就是接受社会各界的资助，都足以使他富绰，但他拒绝了包括周恩来等许多人的资助，为的就是人格的独立与尊严。他晚年基本上是靠稿费生活，但为了尊严，他连巨额稿费都放弃，他写了一本文字学著作《小学识字课本》，由教育部出版，稿费二万元，教育部长陈立夫认为书名“小学”不妥，建议改为《中国文字说明》，陈独秀是一字都不能改，把预支的八千元稿费退了回去。

陈独秀，一身是傲骨，标杆千古独。木秀于林，风必摧之……



绿氢的未来（能源杂志）

尽管被无数的网友和媒体吐槽，但日本东京奥运会也有着很多开创性的第一次。采用氢燃料点燃的奥运圣火就是东京奥运会无数“氢元素”的开端。而火炬与圣火台所用的氢气均来自于太阳能电解水制氢装置生产的绿氢。

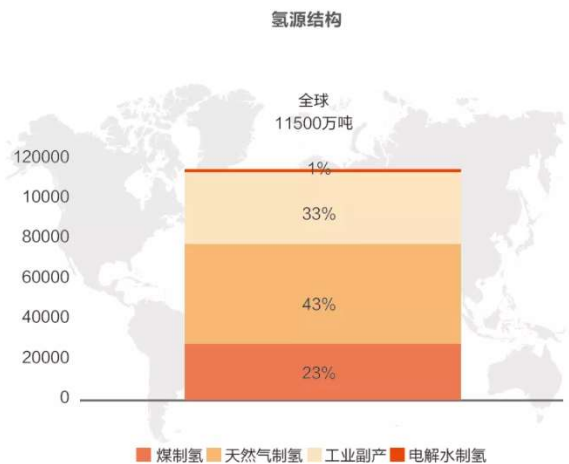
除了奥运圣火，氢燃料电池大巴和汽车、超级加氢站、氢能发电供暖的奥运会村都为东京奥运会增添了无数的“氢元素”。

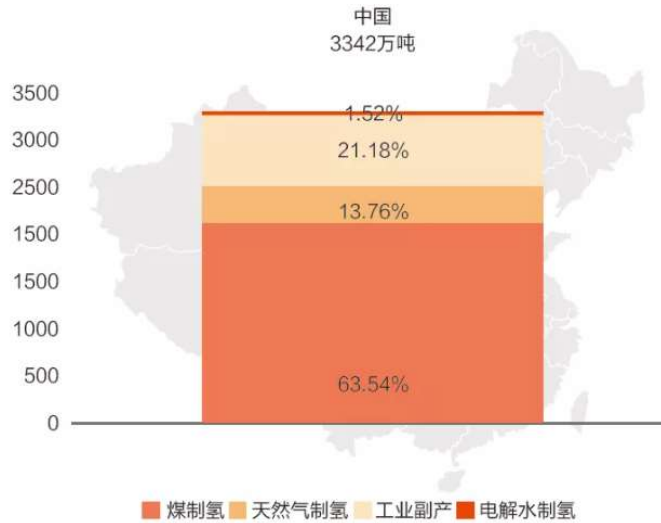
元素周期表中氢被排在第一位元素，具有高热值、零排放等多重优点。但作为能源，氢能难以获取、成本较高，一直没有能够得到广泛应用。除了航天领域之外，氢能在能源行业的应用多年来一直未有大的突破。

2020年9月，中国正式提出了“2030年碳达峰、2060年碳中和”的目标（以下简称“3060双碳目标”）。与此同时在过去一两年的时间里，世界许多国家都开始提出“碳中和”目标。据不完全统计，超过100个国家已经承诺要实现“碳中和”，这些国家的排放占全球总排放量的73%。其中，甚至有90%以上的国家将2050年设为“碳中和”节点。

“碳中和”大潮席卷全球为氢能发展带来了巨大的机遇。纵观能源的发展历史，从最初使用固态的木柴、煤炭，到液态的石油，直至气态的天然气，其分子结构中的氢碳比例一直在不断地提高：木柴的氢碳比在1:3~10之间，煤为1:1，石油为2:1，天然气为4:1。从18世纪中叶至今，氢碳比上升超过6倍。每一次能源的“脱碳”都会推动人类社会的进步和文明程度的提高，可以预见未来随着碳中和的进行，氢在能源中的占比将会继续提高。然而需求的急速增长并不能为氢的制备立刻带来颠覆性地进步。除了高成本问题依然存在，我们在“碳中和”时代还需要制氢过程的低碳甚至无碳化。

目前，全球氢能产量中，有23%是煤制氢，43%是天然气制氢，33%是工业副产品制氢。这些大多属于灰氢，部分属于蓝氢。而中国更是有超过60%的氢来自于完全属于灰氢的煤制氢。





一般来说，我们把使用化石能源燃料制取，且不对释放二氧化碳进行处理的氢气，都叫做灰氢。如果对释放出的二氧化碳进行捕集和封存，这种氢气则被称为蓝氢。只有使用可再生能源发电电解或者光解制取的氢气，才能被成为绿氢。所以即便是电解水制氢，考虑到目前电力系统的脱碳比例，我们依然无法统称其为绿氢。而无论是中国的“3060 双碳目标”，还是世界各国或早或晚的碳中和目标，所需要的氢能都更多是绿氢。

进入 2021 年，中国的“3060 双碳目标”逐渐从热议进入了各行业的实践阶段。能源行业是脱碳的主力军，电力更是主力中的主力，很快就确立了以新能源为主体的新型电力系统建设。尽管困难重重，但已经有了明确的发展路径和方向。但是对于传统工业、交通、建筑等领域来说，脱碳受困于经济和技术条件。因为能源的使用有时候不仅是提供动力，还有热值、热能、能量密度等多种因素的考虑。而无论是从人类能源发展还是化学性质考虑，氢能都是替代化石能源的最佳选择。也因此有人喊出了“氢能是人类能源终极解决方案”的口号。然而绿氢发展还是不可避免地面临着经济技术性条件的制约。甚至于在《能源》杂志记者的采访中，对于“2021 年是否是绿氢元年”这一观点，业内人士还没有能够形成统一的意见。

中国的绿氢发展正在呈现出怎样的格局？面对经济技术难题，绿氢应该如何破局？这些纷纷涌入绿氢产业的企业，又有着怎样的发展计划？

热潮源起

中国对于氢能的研究最早可以追溯到 20 世纪 50 年代，但是在“十三五”之前，对于氢能的研究局限于航空应用和小范围的燃料电池、电解技术发展等领域，商业化程度较低，而且国家层级的政策支持也较少。从“十三五”时期开始，氢能在国内的发展开始逐渐有了商业化的突破。产业链开始初具雏形，这侧面反映在国家政策对于氢能的支持力度开始增大。

“实际上氢能作为交通领域的清洁能源，在国内兴起热潮至少有了 5 年的时间。但是氢燃料汽车的覆盖面还是比较小。”中科院一位氢能科研专家告诉《能源》杂志记者，“2021 年或许是氢能

发展的一个关键点，一方面是国家和地方政策越来越开始关注氢能，另一方面就是越来越多的行业外企业一比如光伏企业一开始进入氢能产业。”

2021年3月31日，西安隆基氢能科技有限公司（以下简称“隆基氢能”）正式注册。隆基股份的创始人李振国亲自担任董事长、总经理。

6月阳光电源下属氢能公司——合肥阳光氢能科技有限公司成立（下称合肥阳光氢能）宣布成立。7月，协鑫集团高调对外发布旗下协鑫新能源的氢能战略，具体目标为：蓝氢——首期建成年产230万吨合成氨，逐步扩能至每年400万吨生产规模，可供应国内70万吨蓝氢；绿氢——2025年建设100座综合能源站，达到40万吨年产能。

对于光伏企业开始大规模进入氢能产业，氢能业内人士认为这主要有内因和外因两个方面的驱动。“外因方面是国家3060双碳目标的设定，对于氢能产业有了直接的刺激。这必然会带来更多地产业外资本进入氢能领域。”上述氢能专家说，“内因的话，更多来自于光伏企业自身发展进入了瓶颈期或者平台期，需要找到新的发展方向。”

2021年是中国光伏平价上网的元年，经过十几年的发展中国光伏发电成功实现平价上网。在“3060双碳目标”之下，电力系统减排会要求可再生能源装机持续快速增长。但增长的同时，由于消纳制度、电力市场建设的相对滞后，可再生能源的消纳也面临着一定的挑战。这也是国内光伏企业在解决了平价上网问题之后的又一个挑战。

《能源》记者在采访中了解到，国内光伏企业进军氢能也并非都是突然的心血来潮，而是都有着一定的积累。阳光电源氢能事业部营销总监方伟告诉《能源》杂志记者，阳光电源早在2016年就在公司内部成立了氢能的研究小组。“阳光电源最终选择氢能业务有两个主要原因，一方面是因为氢能的发展逐渐被大家所关注，重要性在不断增强。另一方面就是氢能与我们的主业——新能源——结合的非常紧密。”

隆基的氢能战略也有着类似的考虑。据《能源》杂志了解，隆基股份从2018年开始就对氢能的技术进行储备。隆基氢能副总经理王英歌对《能源》杂志记者说：“隆基拓展氢能业务有两个方面的考虑，作为光伏企业，隆基拥有全套的光伏解决方案，我们希望利用光伏的技术优势与电解水制氢结合。另外一点是中国在提出双碳目标之后，除了电力领域需要深化清洁能源对化石能源的替代，还有很多领域是目前可再生能源难以实现脱碳的。”

的确，在“3060双碳目标”涉及整个国家方方面面的前提下，电力系统脱碳实际上是相对容易的领域。但很多领域依然十分依赖化石能源。例如钢铁生产中的高炉就产生了大量的碳排放。当前，我国炼钢企业大多使用铁矿石为铁源、炼焦煤作为碳源的长流程高炉生产技术，通过焦炭燃烧提供还原反应所需要的热量并产生还原剂一氧化碳（CO），在高温下利用一氧化碳将铁矿石中的氧发生反应生成CO₂，将铁矿石还原得到铁，这个过程带来了大量的二氧化碳排放。除了提高能源利用率、发展CCS技术，电锅炉是钢铁行业碳减排的主要手段。但如果想要做到更深层次、高效率的“零排放”，通过绿氢作为还原剂的直接还原技术（DRI）是最佳方案。

除此之外，工业与建筑供热也很难通过单一的电气化改造来实现完全的脱碳。绿氢的应用已经超越了最初的燃料电池领域，扩展到整个经济体系的应用，包括将氢转化成其他能源载体和产品，例如氨、甲醇和合成液体燃料。

“可再生能源发电或者说绿电可以保证我们的电力系统实现 100%的脱碳。但并不是全世界所有的工业门类以及生产生活的所有领域都可以实现电气化。” 西门子能源股份公司新能源业务全球首席战略官兼新能源亚太区业务负责人赵作智博士对《能源》杂志记者说，“飞机、工业用热等等很多门类我们都无法实现电气化。在无法实现电气化的领域，实现脱碳的一个必经之路就是使用绿氢。”

看起来绿氢正是一片广袤的蓝海，光伏企业涉足其中不仅可以积极拓展自身主业的发展，还可以抢占未来能源转型的全新制高点。但绿氢发展的诸多障碍依然不能被我们所忽视。迟迟无法大规模商业化的绿氢依然还处于发展的最初阶段。那么这个被寄予厚望的未来能源，又正在走着怎样的商业化之路呢？

技术路径的选择

如果说东京奥运会增加了氢能源在奥运会场景中的应用，那么即将到来的北京冬奥会将使氢能的应用进一步拓宽。北京延庆是 2022 年冬奥会的三大赛区之一。2016 年，国家电投与延庆区政府签署战略合作协议，以冬奥会为契机，共同推进绿色制氢、加氢项目落地，探索氢能创新技术，促进氢能装备产业发展，并配合北京市交通委、冬奥组委开展氢能交通示范应用，共同推动绿色智慧园区和低碳示范村庄建设，着力打造新能源应用示范区。

技术指标	碱性电解水制氢			质子交换膜制氢			固体氧化物水电解制氢		
	目前	2030	长期	目前	2030	长期	目前	2030	长期
电解效率 (%，LHV)	63-70	65-71	70-80	56-60	63-68	67-74	74-81	77-84	77-90
工作压力 (bar)	1-30			30-80			1		
工作温度 (摄氏度)	60-80			50-80			650-1000		
寿命 (h)	60000-90000	90000-100000	100000-150000	30000-90000	60000-90000	100000-150000	10000-30000	40000-60000	75000-100000
工作范围 (%)	10-110			0-160			20-100		
固定资产投入 (美元/kw)	500-1400	400-850	200-700	1100-1800	650-1500	200-900	2800-5600	800-2800	500-10000

作为国家电投的绿氢合作伙伴，西门子能源将为国家电投位于延庆的中国电力氢能创新产业园提供一套撬装式质子交换膜（PEM）纯水电解制氢系统“Silyzer200”。而质子交换膜水电解技术正是能够生产绿氢的制氢技术—电解水技术—的三大类技术路径之一。除了质子交换膜水电解技术外，电解水制氢技术还有碱性水电解、固体氧化物水电解两种。“水电解制氢实际上并不是一个新鲜的技术，而是一个成熟了几十年的技术。最早来源于航天领域，用于给宇航员制氧，产生了氢气这样的副产品。”上述氢能专家说，“目前的水电解技术路线中，碱水电解和质子交换膜技术应用最多。其中碱水电解更加成熟、成本更低。但是在安全和品质上还存在问题，产量、效率也有限。质子交换膜技术更简单，理论上效率更高，但是成本也更高，部分关键设备还需要进口。”

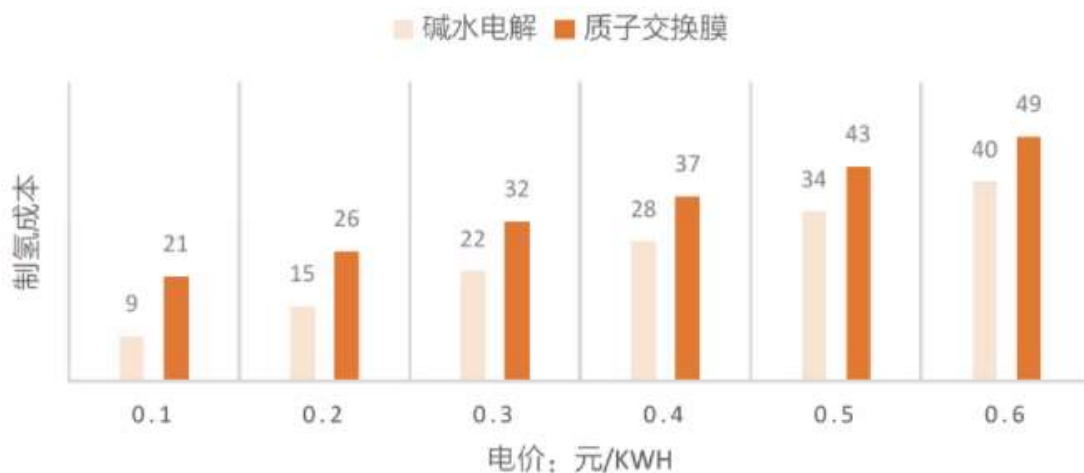
看起来制氢技术的发展遭遇了和当年太阳能发电类似的境况：多种技术路线并存的情况下，是选择当下低成本的技术通过大规模产业化降低成本，还是押注高成本而更具技术含量的技术？对于这个问题，西门子能源的思考结合了现实性和前瞻性。“质子交换膜制氢是我们研发的重点之一。”赵作智说，“质子交换膜水电解槽的启停非常灵活，可以成为电网调节负荷的重要参与者。这一点已经在西门子能源位于法兰克福的制氢项目中进行了实践。这种特性也让质子交换膜技术能够很好地与可再生能源发电的波动性相耦合，从而降低用电成本。从氢能应用的角度来说，质子交换膜制氢也可以与下游的氢燃料电池应用实现技术上的互通，更具竞争力。”但他同时强调，西门子能源对于制氢技术路线的选择不仅仅考虑制作绿氢本身，在不同的场景，结合不同的国情，需要不同的技术路线。

相比于西门子能源对未来技术进步和创新的期待，国内的光伏企业或许更加“谨慎”。王英歌告诉《能源》杂志记者，隆基选择产业化的制氢路线依然是目前更加成熟的碱水电解制氢。“从性价比的角度来说，碱水电解制氢更符合大规模可再生能源制氢的应用。隆基会更加注重技术是否适应当前的产业化发展。”但同时王英歌也强调，隆基对于其他的电解水技术也在进行关注和研究。“在产业化的同时，保持对新技术研究与创新的领先，这是隆基的一贯作风。一旦新技术成熟，我们会立刻将其产业化。”阳光电源也表示正在同时推进碱水电解制氢技术和质子交换膜制氢技术的发展。“但是两者的定位完全不同，前者是立马可以做到的，后者是基于未来 3 到 5 年需求的发展。”方伟说。

而将多种技术路线齐头并进做到极致的，或许就是协鑫了。在 2021 年 6 月的 SNEC 大会上，协鑫集团与西门子中国、东芝中国、中船派瑞氢能科技、国家电投北京绿氢科技公司正式牵手，缔结氢能源战略合作伙伴关系。这其中西门子能源押注质子交换膜制氢技术，东芝在水电解的研究上正积极推进固体氧化物电解池的研发。中船派瑞氢能科技公司是中国船舶重工集团第 718 研究所（以下简称 718 所）的子公司，而 718 所正式国内主要研究水电解氢的机构，掌握着成熟的碱水电解技术。

在采访中《能源》杂志记者发现，所有的企业对于绿氢制造技术未来发展的预判几乎都借鉴了光伏成本下降的路径：技术创新与大规模产业化让成本得以快速下降。从宏观的角度来看，这并没有问题。但对于绿氢的制造成本，也必须有更为细致的分析。

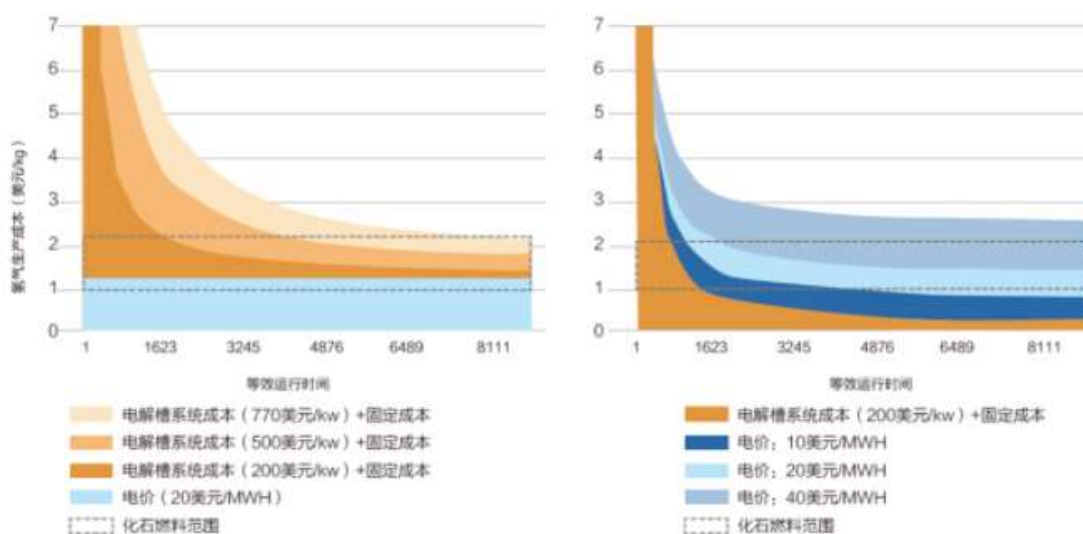
不同电价下的电解水制氢成本（元/kg）



“目前绿氢项目的固定成本中，有三分之一属于工程、项目管理、风险成本，这部分成本与选择哪一种技术路线没有关系。”赵作智告诉《能源》杂志记者说，“剩余三分之二的硬件成本中，对于碱水电解的技术路线，大约四分之一属于电解槽的成本。也就是说整体固定成本中只有大约16%~17%由技术路线来决定。相对来说，目前质子交换膜的硬件成本则达40%到50%，但随着技术研发与进步，未来有巨大的成本降幅空间。此外，电解水制氢还有大量的变动成本，也就是电价。”

所以实际上绿氢的制造成本必须要综合考虑电解槽成本、电价和运行时间三个重要的因素。

氢生产成本与电解槽系统成本、电价、等效运行时间关系



这样看起来，国内蜂拥而上的光伏企业制氢似乎存在了逻辑上的问题：虽然光伏发电的成本几乎可以降到最低，但考虑到光伏发电只有1000多小时的利用小时数，似乎光伏制氢在成本上存在很

大问题。再加上光资源丰富的西北地区水资源紧缺，似乎同时包含了海水资源、风电资源和东部发达地区条件的海上风电制氢更具潜力。

事实果真如此么？绿氢的发展还存在着哪些我们没有发现的隐形限制呢？

有限制的解决方案

从数据上看，中国可再生能源制氢的潜力无疑是巨大的。2020 年全国弃风电量 166.1 亿千瓦时，弃光电量 52.6 亿千瓦时，主要河流弃水电量 301 亿千瓦时。

但是中国风资源、光资源和水电资源分布都呈现出极强的地域特征。西北地区风光资源丰富且开发潜力巨大，但水资源相对较少。西南地区水资源和水电资源都十分丰富，看起来适合发展电解水。但西南地区经济发展程度较低，人口密度相对较少。缺乏广泛的氢能应用市场。东南沿海地区海上风电资源、水源充足，并且工业门类齐全、城市密集，同时具备绿氢的制造和应用潜力。

	电量（亿千瓦时）	制氢潜力（万吨）
弃风	166.1	33.22
弃光	52.6	10.52
弃水	301	60.2
合计	519.7	103.94

注：电耗以5千瓦时/立方米计算

“但是目前海上风电成本下降的幅度不仅低于陆上风电，更远低于光伏。”上述业内人士说，“再加上氢气或者电力的运输成本、海水淡化成本，目前的海上风电制氢几乎没有经济上的竞争力。”西北地区虽然看起来风光利用小时数少、经济欠发达、氢能需求不足，并不是完美的绿氢发展区域。但在绿氢的起步阶段，西北地区依然吸引了大量的企业进入。“宁夏的宁东、河北的张家口、内蒙的鄂尔多斯、陕西的榆林，这些都是西北地区氢能发展火热的地方。”方伟说，“这其中有三个煤化工基地，具备绝佳的消纳条件。”在现代煤化工的生产工艺流程中，氢不仅仅是重要的产品，更是重要的化工原料。在“3060 双碳目标”的严苛要求之下，煤化工如何实现生产过程的低碳乃至脱碳，是西北煤化工基地必须要解决的问题。这也为西北地区绿氢的发展提供了市场潜力。

对于光伏发电小时数较低的问题，光伏企业则正在通过风光储结合等方式来解决。“目前制氢还是要使用一部分网电。但使用网电制氢在电力系统脱碳之前没有解决制氢的碳排放问题。”王英歌说，“目前来看风光储结合的可再生能源制氢是主流的制造绿氢方向。”

而水资源的制约对于绿氢来说也是有限的。制造绿氢的水消耗主要分为绿氢的生产环节和绿电的生产环节。氢生产而言，电解水的最小消耗大约是 9 千克水/千克氢气。考虑到水的脱矿过程，这一比例大约为 18~24 千克水/千克氢气。而上游的绿电用水更少，光伏发电的用水量在 2.4~19 千克水/千克氢气（50~400L/MWh）之间变化，风力发电的用水量在 0.2~2.1 千克水/千克氢气（5~45L/MWh）之间。总体来讲，利用光伏发电和风力发电产生氢气的总耗水量平均为 32kg 千克水/千克氢气和 22 千克水/千克氢气。

“实际上从化学上来说，不管是煤制氢、天然气制氢还是电解水制氢，都是将氢元素与氧元素进行结合。”上述制氢专家说，“反而是电解水的耗水是最少的。水对于绿氢制造的约束性没有那么强。”对于涉足绿氢的企业来说，电价还是最大的限制性因素。“在所有影响成本的因素中，电价是第一位的。第二就是设备的运行小时数。”赵作智说。

尽管绿氢在水资源相对贫瘠的西北地区也可以发展，但这依然无法掩盖绿氢发展过程中受到多种条件限制的现实。当下的光伏企业选择西北地区也是看中庞大的煤化工作为消纳市场。除了制氢，氢的储运、加注成本也在全口径成本中占据了重要部分。

“目前氢气通过管道运输还存在技术上的难题。”国内一家氢气运输设备制造商负责人对《能源》杂志记者说，“除非对现有天然气管道进行大规模的改造，否则管输氢气很可能存在较大隐患。而用罐车运输氢气，较为经济的辐射半径大概在以氢气制造为中心的 500 公里范围内。”显然，对于当下有关氢气成为未来“终极能源解决方案”的看法，更多只是侧面反应出当下氢能市场的火热。对于真正踏足绿氢制造的企业来说，它们不约而同的选择了将氢气作为低碳电力在未来能源体系中的补充。“脱碳的电力系统始终是能源产业碳中和的首选和最主要目标，使用绿氢更多地是为了补全能源系统中无法进行电气化的部分。让整个能源产业的碳中和完整地实现。”然而任何一项新技术从出现、兴起到最终的产业化和规模化都要经历一番艰难的波折。绿氢恐怕也难以逃脱这一循环。

未来的考验

中国科学院大连化学物理研究所（以下简称大连化物所）在制氢与燃料电池技术技术方面在国内处于领先地位。近一两年来，大连物化所可以说是门庭若市。“我们接待了很多很多的企业。”大连化物所的一位专家说，“到最后我都会提醒企业，绿氢是很好的技术方向，但是它要实现产业化还有很大的难度，很长的时间。”

每一个企业都想当先行者，但是没有一家企业想做先烈。然而，一个产业从无到有、从默默无闻到长成参天大树，总会有人牺牲。中国光伏产业过去十几年的降本过程中，无数曾经显赫一时的明星企业都是“眼见他高楼起，又眼见他楼塌了”。“即便是企业没有成为行业发展过程中的“先烈”，绿氢行业未来不可预期的大量投入—包括时间投入和资本投入—都需要企业有充足的思想准备。”

据大连化物所专家介绍，现在的电解水成本正在进入成本剧烈下降的阶段。“用于实验的 1 兆瓦设备成本近期就下降了三分之一左右。如果是规模化生产，成本还能更低。”但面对灰氢和蓝氢，绿氢依然缺乏经济上的竞争力。

现阶段绿氢最大的优势是零碳排放，但碳排放偏偏对用户缺乏经济性约束。“现在单纯让绿氢和煤制氢、天然气制氢、工业副产品制氢相比，成本还是相对较高的。”王英歌说，“未来中国各地区会有更强的碳排放约束，以及逐渐完善的覆盖全行业的碳市场。欧洲的碳价已经达到每吨 50 欧元，中国未来的碳价是可以预见会上涨。这些因素都会增加化石能源制氢的成本，有利于绿氢的发展。”

制氢种类	制氢方式	原料价格	制氢成本 (元/kg)	碳排放 (kg二氧化碳/kg氢气)
电解水制氢	商业用电	0.8元/千瓦时	48	33.75-43.41
	谷电	0.3元/千瓦时	23	
	可再生能源弃电	0.1元/千瓦时	14	0.4-0.5
化石能源制氢	煤制氢	550元/吨	9	22-35
	天然气制氢	3元/立方米	27	10-16
工业副产品氢气		—	10-16	—

在光伏产业发展的过程中，国家补贴发挥了巨大作用。绿氢有可能会延续这一发展路径么？对于这一问题，光伏企业普遍表达了对于绿氢直接补贴的期待。不过它们同时也表示，补贴并不应该成为企业生存的基础。“从光伏的经验来看，如果依靠补贴解决企业生存问题也是不正确的。”方伟说，“国家补贴证明了产业发展的方向和趋势没有错，表明了国家对这个行业的支持。最终还是要依靠企业自身的投入和创新才能实现行业的健康发展。”

对于补贴，有专家预测国家可能会更加倾向于支持氢能的用能端，而且不再过多地使用直接补贴。“例如部分城市出台对于氢燃料汽车的支持政策或者是其他使用绿氢工业项目可以得到其他政策。”上述大连化物所专家说，“从技术角度来看，我们已经应用到了元素周期表的第一个元素。在目前的人类认知下，可能几乎无法找到更清洁的能源。从这个角度来说，把氢能称为终极能源也不算过分。”

这个“终极能源”未来会又怎样的发展空间呢？当《能源》杂志记者问出对“十四五”绿氢产能规模预测这一问题的时候，所有的企业专家都表示很难预判。而最大的阻碍就是氢能“十四五”规划的未知。也许只有当未来 5 年政策导向这只“靴子”真正落地，我们才能够更加看清楚绿氢未来的发展方向与路径。

关于碳中和（刘科院士演讲）

我自己曾在海外工作过二十多年，之前在 GE、UTC（联合技术公司）、埃克森-美孚等单位工作，2009 年回国。回来以后第一份工作就是参与筹建北京低碳清洁能源研究所（现国家能源集团北京低碳清洁能源研究院），并且担任副所长和首席技术官。再后来，我决定出来做一些自己的事情。当时，南方科技大学前校长陈十一院士邀请我去南方科技大学，就这样几年前我就来到了深圳。来到南科大后我担任了创新创业学院院长和清洁能源研究院院长，因为我一直在研究低碳和能源的事情，今天与大家分享一下碳中和的一些内容。

碳中和很热，大家都在谈，但真正做这一方面研究的人不多。有一次我碰到一个朋友，他说我们现在专门在研究将来怎么去计量各个单位、各家公司的二氧化碳排放，这是一个大产业。我说他是劳民伤财。其实一方面，碳中和是一个宏观的问题；另一方面，看一个城市的碳排放，可以系统地看，比如深圳市一年耗多少万吨煤炭，耗多少万吨天然气，耗多少万吨油，每一个乘一个系数，这个二氧化碳的排放就出来了，这样算出来的碳排放量基本上占实际排放量的 92%。

我先讲一些数据和事实。据统计，2020 年，中国二氧化碳排放大约 103 亿吨（大约是 102 亿吨到 108 亿吨，我选了 103 这个中间的数字），其中，煤炭、石油、天然气排放达到 95 亿吨，另外一部分是各种小的，比如沼气、生物质，还有一些其他的排放。所以，约 92%的排放是以上这三个产生的。衡量任何一家公司、任何一家单位、任何一个系统，把这三个算准就可以了。国家对这三个都有统计数据，不需要额外计量。2020 年，中国的总煤耗量大约 36 亿吨，折算成标准煤大约 28 亿吨，每吨标准煤再乘以一个系数就可以得出，煤炭一年大约排放 73.5 亿吨二氧化碳。2020 年，中国的石油消耗量折成标准煤是 9 亿吨，排放二氧化碳 15.4 亿吨；天然气消耗量折成标煤是 4 亿吨，排放二氧化碳 6 亿吨；三个加起来是 95 亿吨。103 亿吨除以 14 亿人口，人均大概 7.4 吨，一个三口之家平均每年排放 22 吨二氧化碳，这是一个天量的数字。怎么说呢？如果把二氧化碳转化成一种产品，22 吨原料就要生产 22 吨产品，哪家一年能消耗掉这 22 吨的东西呢？

大家都说碳中和容易，比如每天用空调、开车等等都与碳有关系，每一个人、每一小步都是可以为碳中和做出贡献的，但完成碳中和这个任务还是非常艰巨的，而且是一个漫长的过程。因为可见的未来，我们缺不了这三种化石能源。尽管风能、太阳能，二氧化碳转化为化学品，CCS（carbon capture and storage，碳捕获与封存）、CCUS（Carbon Capture, Utilization and Storage，碳捕获、利用与封存），提高能效都会或多或少地对减碳有些贡献，都值得去鼓励探索和实施，但对天量排放的二氧化碳减低的比例是相当有限的。

在这种情况下我们怎么才能实现碳中和？这是我希望跟大家进一步探讨的。当前大众对碳中和的挑战及认知有一定局限，认为单一的技术路线或者技术突破能够解决碳中和问题，因此常存在几个误区。

第一个误区是认为风能和太阳能比火电都便宜了，因此太阳能和风能完全可以取代火电实现碳中和。这句话只对了 1/5 到 1/6。因为一年有 8760 小时，而中国的太阳能每年发电小时数因地而异，在 1300 小时到 2000 小时之间不等，很少有超过 2000 小时的区域，平均在 1700 小时左右；也就

是说太阳能大约在 1/5 - 1/6 的时间段比火电便宜；而在其他 4/5-5/6 的时间段，如果要储电，其成本会远远高于火电。风能每年发电的时间比太阳能略微长一点，是 2000 小时左右，但电是需要 24 小时供的，不能说一个电厂一年只供一两千小时，因为我们用电不能说有太阳有风的时候用电，没太阳、没风的时候就停电。太阳能和风能是便宜了，但最大的问题是非稳定供电。

不可否认，中国的风能和太阳能发展了将近四十年，取得非常大的成绩，我们给这个领域做出贡献的科学家们以崇高的致敬。但直到今天，风能、太阳能与煤电相比仍然是杯水车薪。以 2019 年为例，全国的风能和太阳能加起来发电总量相当于 1.92 亿吨标准煤的发电量，而中国年发电耗煤大约是 22 亿吨煤，相当于 18-19 亿吨标准煤，也就是说，风能和太阳能只能占煤电的 10%左右。

而且，电网靠电池储电的概念是非常危险的。据估算，目前全世界 5 年的电池产能仅能满足东京全市停电 3 天的电能。如果说我们有 4/5 的时间或者 5/6 的时间要靠电池储电，这是不可想象的。况且，这个世界也没有那么多的钴和锂，没法让我们造那么多的电池。在这种情况下，弃光弃风的问题非常严重，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，同时大规模储能问题解决不了，只能废弃更多。

弃光弃风在中国有两方面的原因，一是技术因素，就是因为太阳能、风能是没办法预测的，电网小于 15%可以容纳，多于 15%容纳不了，这是一个很大的技术难题，到现在还不好解决；二是机制因素，地方保护主义的存在可能会让地方出于各种原因不用风电、光电、水电。机制问题在中央大力推动“碳中和”的背景下是可以解决的，但技术问题，不容易解决。

因此，太阳能和风能需要大力发展，但在储电成本仍然很高的当前，在可见的未来仍然无法全部取代化石能源发电。

第二个误区是人们以为有个魔术般的大规模储电技术，认为如果储能技术进步，风能和太阳能就能彻底取代火电。这个假设太大了，因为自铅酸电池发明至今一百多年来，人类花了数千亿美元的研发经费研究储能，可从铅酸电池的 90 千瓦时/立方米增加到今天特斯拉的 260 千瓦时/立方米，电池的能量密度并没有得到革命性的根本改变。要知道，汽油是 8600 千瓦时/立方米。同时，迄今大规模 GW（十亿瓦特发电装机容量）级的储电最便宜的还是 100 多年前就被发明的抽水蓄能技术。

科学技术的突破不是没有可能，但是只有发现了才能知道发现了。今天无法预测明天的发现。我经常举一个例子，火药发明之后近一千年才有枪的发明。枪的机械原理其实很简单，但是你要说火药发明后就可以预测肯定会发明枪，那就错得离谱了。这就提醒我们，在制定任何战略时，都千万不要假设未来这块有突破就可以做什么事。我们制定战略一定是以已有的、证明的、现实的技术路线为基础。

不同行业的进步不一样，计算机行业有摩尔定律，这么多年确实发展得很快，但是能源行业目前还没找到类似摩尔定律一样的规律，“碳中和”必须选择现实可行的路线来推进。

有一个笑话是，比尔·盖茨跟波音公司总裁讲，假如飞机行业的技术进步跟计算机一样快，那现在人人都可以不用开车，可以改为开飞机了。波音公司的总裁说，假如我的技术跟你一样的话，

这个世界就没人敢坐飞机了，因为那个年代计算机动不动就死机。所以说，大家不要认为某一个行业发展很快，其他的行业就都一样。能源行业就是一个不断地砸钱但技术进步缓慢的行业。未来储能技术肯定会有新发明，我们鼓励储能技术的创新与发展，但是在制定战略目标的时候一定要谨慎，没发明的时候就不要先假设这个事情存在。

第三个误区，有些人认为我们可以把二氧化碳转化成各种各样的化学品，比如保鲜膜、化妆品等等。这些要能转化、能赚钱，可以去干，但是这些解决不了二氧化碳的问题。粗略估算，一个三口之家一年平均排放碳 22 吨，但什么产品一个家庭一年也消耗不了 20 多吨。

另一方面，全世界只有大约 13%的石油就生产了我们所有的石化产品，剩下的大约 87%的石油都是被烧掉的。如果把全世界的化学品都用二氧化碳来造，也只是解决 13%的碳中和问题。所以说，从规模上二氧化碳制成化学品并不具备减碳价值。二氧化碳转化为其他化学品对减碳的贡献是相当有限的。

所以说，把二氧化碳转化成任何化学品，如果能赚钱那可以去干，但挣不了钱就别打着“碳中和”的概念来拿国家的补贴。讲这个话我可能会得罪很多人，特别是企业界的人。但我们科学家要讲事实，拿数字说话。我也参加过很多关于碳中和的论坛，很多时候甚至有些经济学家在讲的时候，没有数字的概念，只有一个大概，说这样可以减碳、那样可以减碳，但是对减多少没有概念。这个也不能怪他们，隔行如隔山。

第四个误区，是说可以大量地捕集和利用二氧化碳。利用 CCUS 技术，把生产过程排放的二氧化碳进行捕获提纯，再投入到新的生产过程中进行循环再利用或封存。理论上能够实现二氧化碳的大规模捕集。现在大家说在电厂把二氧化碳分离，分离完以后打到地下可以做驱油和埋藏等等其他的作用。那么我们看看，未来十年，中国整个二氧化碳驱油消耗量大概是 600 多万吨，我们一年的排放是 103 亿吨。而且驱油这个阶段是一部分二氧化碳进到地里，还有一部分会跟着油出来，它不是一个完全的埋藏。

把碳打到地下埋藏，我回国前在 GE 曾经做过这个事情。把煤和水、氧转成氢气和二氧化碳，氢气燃烧发电产生水蒸气，二氧化碳就打到地底下。我们做了示范工程，前后花了 28 亿美元，有上百名博士参与，用了 7 年的时间，这个示范具有环境方面的意义，并且工厂在美国运行至今，但是不具备经济性。我们做完这个项目以后，发现这是 GE 创立以来最复杂的一套工业系统。别看全 GE 可以生产的包括飞机发动机、医疗器械、核磁共振、CT 等等这些，包括三峡水利工程的设备和青藏线的火车头等等，但是 GE 成立以来最复杂的一套系统就是我们当时做的“零污染火电厂”，不过这个成本太高了。

我回国之前和当时的 GE 总经理交流，他在一次演讲中也提到今后通过煤炭零污染的火电厂解决二氧化碳的问题，但是讲完就下来跟我说，别看我在会上那么讲，真正要去做还不如干核能，核能比零污染火电厂便宜多了。当然，那会儿福岛核电站事故还没有发生，核能可以做。法国现在将近 70%都是核能，做了几十年了。但是福岛核电站泄漏事故之后，全世界都在提高核能的安全系数，这个安全系数到后期每提高一点，成本就增加很多。

碳中和不光是一个技术问题，更是经济和社会平衡发展的综合性问题。现在在电厂把二氧化碳分离，分离完以后打到地下可以做驱油和埋藏这条路，在可以驱油的地方可以改，还有一点经济效益，我国新疆等地已经有类似的二氧化碳驱油工程。这块的成本是把二氧化碳分离出来的成本，我们算过，假设打下去的成本为 30 美元一吨，其中 20 美元是把二氧化碳从整个尾气里面分离出来成为纯二氧化碳，5 美元是输送，另外 5 美元是把它压缩到地底下。分离是核心，成本也最大。在目前的技术手段下，靠 CCUS 利用来处理的成本很高，作用也是有限的，当然这也可能是实现碳中和的保底技术。

实际上，我刚刚讲的每一件事，比如风能、太阳能都对碳中和有贡献，我们每一个都应该去做，但是今天的技术你再怎么做，对碳中和的贡献是有限的。当然，这不是说让大家不去做，我们每一个人能够努力的都去努力，毕竟积少成多。

第五个误区是认为通过提高能效可以显著降低工业流程、产品使用中的碳排放，就可以实现碳中和。能效永远要提高，提高能效也很对，也是世界上成本最低的减碳路线。但是我经常问一句话，加入 WTO 这二十年来，我们国家的能效提高了还是降低了？我们能效提高了很多，但是碳排放的总量是增加了还是减少了？增加得更多。我记得 2000 年中国的石油消耗大概是 2 点几亿吨，2010 年大概是 4 亿吨，到去年是 7.5 亿吨。

我是做能源的，从能源的数据变化可以看到整个社会的变化。我们加入 WTO 之前有一个很重要的数字，中国的煤产量大概是 12 亿吨，基本上自产自销，出口有一点，但很少。结果到 2012 年短短 12 年的时间，从 12 亿吨飙升到 36 亿吨，这是一个天量，当然也伴随着碳排放。这该怎么解读？唯一的解读是加入 WTO，世界的市场向中国开放了。当然，这一期间我们大量的房地产建设也是一个因素。煤的耗量表示电的耗量，电的耗量表示工业化的程度。这期间能效肯定提高了很多，但是单凭能效也难以解决碳中和的问题。因此，提高能效是减碳的重要手段，但只要仍然在使用化石能源，提高能效对碳中和的贡献也是非常有限的，提高能效确实是成本最低的减低碳排放的方式，也是最应该优先做的，但是有一个现实的考量就是不能光靠能效提高就能够达到碳中和。

第六个误区是认为电动车可以降低碳排放。前段时间，我在网易公开课上讲《电动车和氢能的历史与未来》，全国大概有十几万人观看，很多领导看完以后跟我讨论这个问题：为什么我们要发展电动车？很简单，主要是因为中国的石油不够，我们石油 73% 靠进口；还有就是雾霾的问题。

我们石油不够，寄望于我们的多余的发电能力，这样发展电动车是有好处的。因为电厂正常一年 8760 小时，但我们实际使用不到 4 千小时，这是资产的巨大浪费。而且毕竟电动车可以让局部的污染降下来，比如东部地区的用电很多是在西部新疆等地发的，污染在西部新疆等地排放，不在东部地区排放。但是，在全生命周期的碳排放分析看来，对全球气候变化并没有什么影响。

为什么靠电动车不能完全解决碳中和的问题？只有中国的能源结构彻底改变以后，电动车才能算得上清洁能源，也才有可能做到碳中和。如果能源结构不改变，电网 67% 的还是煤电，那电动车的盲目扩张是在增加碳排放，而不是减少碳排放，这个你们去算一下就知道了。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。

大家老在谈一个问题，说假设马六甲海峡封了以后我们能源安全的问题怎么解决？但是这个东西你要仔细考虑，靠电网是解决不了的。因为电网在现代战争中是最脆弱的东西。石油可以到处分布，可以分一万个点去藏，炸了一个油库，其他的还可以用。但一个城市的电网只有一个配电中心站，电网的安全也非常重要。

有的时候，能源政策和碳排放的政策不能因为假设战争发生，别人打我，就不顾成本干一些高成本东西。第一，打仗是小概率事件，第二，真正到那会儿是靠一个国家的制海权、制空权等综合能力，而不是说靠一个电动车就能够解决问题的。

为什么前一百年电动车未能战胜燃油车？

电动车这个概念并不新，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。



图 1 1912 年，爱迪生跟他的电动车合影

电动车和燃油车之争不是今天刚刚开始。1912 年，以爱迪生为首的一批科学家，就觉得将来电动车可以统领世界。以福特为代表的汽车公司走的是燃油车路线。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。

为什么一百年前电动车多于燃油车？因为铅酸电池早于内燃机发明二十多年。有了铅酸电池，再接一个发动机，就是今天高尔夫球场开的车，上面再加一个棚子就是汽车了。今天高尔夫球场开的车就是一百年前爱迪生开的车，所以电动车不是什么新技术，它这么多年来创新的核心在电池和电控系统。

那么，为什么前一百年电动车没有竞争过燃油车？原因是什么？我只讲历史不预测未来。我跟大家解释几个原因。

第一个原因，我们做能源的人都有一个概念叫做体积能量密度。汽车有压舱钢板，轮船有压舱水，这个能源略微重一点对汽车、轮船的影响不大，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，人类花了上千亿美元和 100 多年的探索，电池能量密度到现在特斯拉的电池、比亚迪的刀片电池，也就是 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。

第二个原因，我认为液体可能是最好的储能的载体。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，邀请了我的三个好朋友，有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参加南科大清洁能源研究院成立的揭牌仪式。

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再到加油站，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。高度酒（醇类）存 50 年没问题，但电和气都不能长期储存。

这些最基本的概念大家需要清楚，这也是为什么我冬天到加拿大那些靠近北极的镇子去看，那里没有电网、天然气网，只有一个加油站，一罐汽油、一罐柴油拉过来就可以生产了。在世界上再偏僻的角落，只要有公路的地方，拉过去就可以长期储存，拉一罐，一两个月就够了，但电和天然气管网没那么容易可以铺设到。这就是液体能源的优势。人类永远选择经济最优化的东西，不是谁喜欢什么，是什么东西最科学。

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，电池的回收技术还有待突破。

最近很多原材料涨价，一方面是因为量化宽松，另一方面就是这些金属原来的供需关系发生了变化。原来的供需关系是非常稳定的，因为工业上用到的钴、镍这些的量非常有限。现在突然来了这么多造车新势力，供需关系就变了。当供需关系变了以后价格绝对不会说是按比例增长，比如世界上 100 个人，但是只有 99 瓶矿泉水，最后 1 瓶的矿泉水一定不是涨到 1.1 倍，而是最后一个人买不起的价格。

就按今天的价格，我们电动车的成本其实每个人心里都有数。我列出来，每辆车需要铜 53.2 公斤，锂 8.9 公斤，镍 39.9 公斤，锰 24.5 公斤，钴 13.3 公斤，石墨 66.3 公斤，稀土 0.5 公斤，其他 0.3 公斤。最近，磷酸铁锂电池出来，钴的用量可以降下来，但是最大的问题是冬天温度一低它的性能不好了。所以，今天的这个价格，一辆最好的宝马、奔驰的内燃机成本在 2300 美元左右，特斯拉的电池成本则是在 2 万美元左右。一个工业要发展必须是可以大规模量产的时候，越大规模越便宜。这就是为什么人类的第一条流水线是福特的流水线。这都不是偶然的。这些问题我们大众不清楚，但是行业里面是清楚的。现在资本市场很热，但是一旦补贴政策停止了，能不能挣钱冷暖自知。

2018 年网上疯炒氢能，炒作说电动车真正的未来是氢燃料电池汽车。氢能有它的好处，发电效率高，能降低对石油的依赖，排放的是水蒸气，而且大规模量产后成本能下来。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料量在降低，这都是它的优点。

现在我们的电池是梯级利用，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，可能还可以再延迟一二十年。但是储能电池是有寿命的，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。

能源全生命周期分析概念很重要，我们曾经做过一百多条线的“油井到车轮子”或者是“矿井到车轮子”的分析，要知道中国的能源 40% 在新疆，怎么把能源输送过来，这是一个复杂的系统。

我在 GE 曾花了几百亿美元和很多博士一起做分析研究的模型，每一步的排碳是多少，效率是多少，最后用数字说话。于是，我花了很大的代价把这套方法论引进来，做了一个“能源的全生命周期的分析”。这种软课题在国内很难拿到，但是很重要，因为要用“数据决策”。中国工程院谢克昌院士正在致力于推动这一块短板的开发，因为真正的决策最后是要依靠数据的，要科研人员花大量的时间把数学模型一点点建起来，并不断地调整，最后能够跟现实的数据对上去，用这

些模型的预测数字做未来的决策，这叫“数据决策”，这是我们要提倡的一种文化。就像碳中和，将来也要做好各种渠道的碳中和数据搜集，从油井、矿井、天然气井到车轮子、到电灯泡等等，每一步的全生命周期分析，分析完以后大家用数字说话。

电动车遇到这些问题，不是不可以发展，电池的研发永远是重要的。但是有一点我要讲，电动化和网联化没有必然的联系。内燃机驱动只要电池足够大，够我的手机用就行了。现在有人说要搞网联化、搞智能化，所以必须搞电能化，这句话只对了一半。今天一个手机的运算能力有多少？网联化可能需要十个手机的运算能力，那也就是几块电池的问题。但是如果因为需要十个手机的运算能力，就要把驱动改成电动吗？这是没有必要的。实际上，现在一辆比较好的奔驰车，只要有一块足够的电池，里面有电动机发电也可以做网联化、智能化。所以智能化、网联化、电动化没有必然的联系。

为什么氢能汽车没有产业化？

氢能一点也不新，早在阿波罗登月的时候就是带着液氢液氧上天，发的电供仪器用，产生的水宇航员喝。

我曾经在 UTC-壳牌合资公司工作，美国宇宙飞船的燃料电池就是联合技术公司生产的。20 世纪 90 年代末一直到 2005 年、2006 年，此期间美国花了上百亿美元在燃料电池的研发上。我记得 2003 年，小布什总统在他的国情咨文演讲时说，他会宣布一个计划，美国能源部花多少亿美元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。到现在，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。去年全世界氢能源车只卖了 1900 多辆，丰田也没卖多少辆。

燃料电池汽车，也就是我们说的氢能汽车，为什么没有产业化？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。很多人在这块有一个误区，甚至媒体渲染说“氢气是人类的终极能源”，这句话是不严谨的。氢气不是一次能源，是一种二次能源，或者更确切地说是能源的载体。这个世界没有氢矿，我们有煤田、油田、天然气田，但没有氢田。氢和电以及甲醇一样，是通过别的能源制造的，但是作为载体，氢不具备液体能源在能量密度、管道输送、长期储存方面的优势。

氢气不适合于做大众能源载体，主要的原因在于有几个方面人类没法改变。第一，氢气是体积能量密度最小的东西，我们要求是越大越好。好多人犯了一个概念性的错误，说氢是能量密度最大的，这句话又是对了一半。如果论公斤，氢能量密度是最大的。但是对于汽车来说，应该论每立方米，论公斤是毫无意义的。如果转成同样的能源概念，它的体积能量密度是最小的（如图 2）。为了增加体积能量密度，只好增加压力。目前看到所有的氢燃料电池车里的储氢罐，都是 350 公斤和 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。

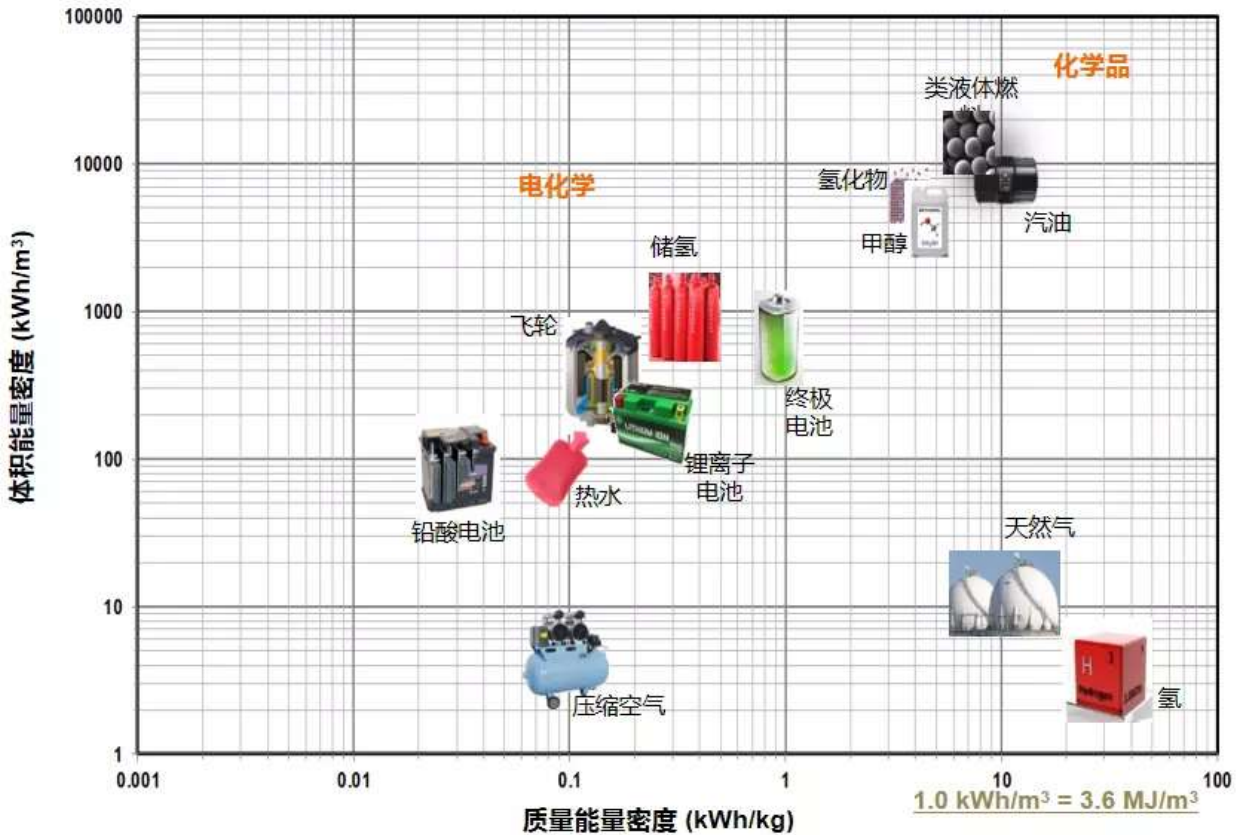


图 2 各类能源的能量密度。

第二，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，长期储存是问题。

第三，氢气在露天没有问题，我们 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，普通步枪一枪是打不透的。打完以后，因为它很轻，就像氢气球一样，一条火龙冲上天，驾驶室的温度一下子升不了那么高，人有足够时间逃生。

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，可以从 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，遇火星就爆。

现在北上广深这些城市，尤其在深圳，大量的车是停到地下车库这一封闭空间里的。当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。

因为氢气的爆炸性，现在都不让运输氢超过一定的范围的车辆过隧道，如果把隧道炸掉了怎么办？当然，将来是不是能够建氢管道是另外一个问题。

同样因为氢气的爆炸性，建设加氢站要特别小心，周围一定距离不能有居民。现在的北上广深到处都是加油站，到哪能找那么多地，重新建加氢站呢？

因为这些问题，尽管氢能现在很热，但是要谨慎。氢气的这些问题决定了它不适合做能源载体。所以，当人们说“氢是人类能源的终极”时，很多的东西似是而非。

疫情前，科技部几位同志可能听说我做了几届全美氢能与燃料电池峰会主席，带了几个专家到深圳来调研，我们谈了一下，之后我把氢能的一些现状、问题以及解决途径写了一个简单的报告，没有想到他们就把它放进《科技日报》的头版头条。

制氢容易，但储氢、运氢有难度。世界上氢气的使用很广泛，今天我们用的每一克的化肥都是氢造的。世界上有这么多的化肥厂、炼油厂都要大量的氢气，但是有一个化肥厂、炼油厂是靠太阳能、风能制氢、制化肥吗？没有。什么原因？太贵了，要是便宜的话他们早就改用太阳能、风能制氢了。

氢不是说现在没用，现在全世界每年几千万吨的氢市场，而且到炼油厂，氢是最贵的，每个炼油厂边上都有几个大的气体公司。用风能、太阳能制氢不是不可以做，只是缺乏经济性。如果说这是赚钱的，相信很多企业家早就开始拿风能和太阳能制氢去了。

氢也不是没有优势，也可以做，怎么做？跟我们的碳中和有关系。

为什么甲醇可能成为最好的储氢载体？

如果今后真正想实现碳中和，并且太阳能、风能可以卖碳税的时候，可以把风能、太阳能和煤结合制出比较便宜的甲醇，通过车载甲醇制氢并与燃料电池系统集成，这就比直接燃烧的发动机效率高。这条路线未来是有可能的。我只说有可能，不能保证，主要取决于各种政策的调整和碳税。如果碳税上去了，这条线路就有经济性。

1L 甲醇和水反应可以放出 143 克的氢。储氢要么压缩，要么冷凝。即使冷凝，1L 的液氢也就 72 克，而 1L 甲醇的产氢量是 1L 液氢的 2 倍。

为什么这个技术有可能这样做？二十年前，全世界第一辆汽油转化制氢的燃料电池汽车，是我领着尼桑和壳牌的一些工程师造出来的。

这有一个小故事，那时丰田、本田、GM 的高压氢燃料电池已经造出来了，尼桑发现落后了，于是找到壳牌，又找到我们，说能不能造一辆车，加的是汽油，汽油在车上和水、空气反应造氢，然后推动燃料电池，这样燃料电池的效率，同时也可以不用加氢站。

当时为什么没有做甲醇？因为美国还没有大规模开采页岩气，国外的甲醇成本太高。2005 年，如果我们预测到会发生页岩气革命，就不会花 28 亿美元建零污染火电厂。但技术是不可预测的。页岩气革命让世界上突然发现了上百年用不完的天然气，也使得天然气从 17 美元/百万英热单位狂降到 1.5 美元，现在平盘到 3 美元左右。

在天然气价格那么高的时候，甲醇没有经济性。所以，当时我们公司考虑用油，说能不能在车上汽油制氢。老板找我的时候，我说这个项目肯定不挣钱。他跟我说，我做阿波罗登月的时候根本没有想到挣钱，但事实上我们阿波罗登月开发的技术后来在各个领域用上了，现在有尼桑给我们钱，只要把技术做到极限，最后也能在其他领域有用。我说，只要别拿挣钱衡量我，你给我钱我来玩技术。后来，几年之内我们就把第一辆汽油转化制氢的燃料电池汽车造出来了。

有了这个技术做积累，甲醇制氢比汽油转化容易很多，因为一方面甲醇干净得多，没有硫；另一方面汽油转化需要 850 度以上，甲醇 200 度就可以了。

为什么我提甲醇这条线路？甲醇可以用煤、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。中国科学院大连化物所的李灿院士以及我们南方科技大学都在做绿色甲醇的研发，中科院在兰州已经建设了 1000 吨的论证示范工厂。现在中国甲醇产能全世界最高，大概 8000 多万吨。另外，页岩气革命让世界发现了 100 多年用不完的天然气。有 100 多年用不完的天然气，就有 100 多年用不完的甲醇。未来如果碳税真正上去了，我们也可以利用风能和太阳能制氢，这样生产的甲醇就完全是绿色甲醇了。

但是这个世界不需要追求绝对的“零碳”。“碳中和”有一个概念，就是这个世界碳太多不好。但是任何人追求零碳是不科学的，因为我们吃的食品、植物生长和光合作用都需要二氧化碳。如果把中国的经济从煤经济转到天然气经济或者是甲醇经济就可以减碳 67%，那么基本上就可以做到碳平衡了。因此中国讲的是“碳中和”，国外讲的是“净零排放”，也就是要排放的同时也要有别的技术平衡排放。

我个人觉得，从中国的天然禀赋来看，中国有很成熟的煤制甲醇技术，只是要产生很多的二氧化碳，因为要补氢。如果那部分的氢可以在西部用太阳能和风能制，这样煤转成甲醇就不用排放二氧化碳，再用甲醇作为能源的载体就可以减碳 67%，这可能是比较现实的一条碳中和路线。

这样风能、太阳能虽然贵一点，但煤很便宜，这两个一中和，成本就可控了。氢气和二氧化碳做绿色甲醇目前还有一定的成本障碍，如今直接用现有的煤甚至劣质煤制甲醇就可以了。甲醇是一个载体，液体的载体比气和电载体科学多了。因为，电虽然好输送但是不好存储，氢既不好输送，也不好存储，只有液体比较方便。

今天氢气制造很便宜，可一旦压缩到几百公斤大气压的时候成本就上去了。张家口冬奥会做氢能示范，国家补贴了大量资金，并且目标在未来几年达到 30 元/kg 的氢气价格。但是如果在车上用甲醇，就按今天的市场价格买甲醇，每公斤氢气的成本只有 15 元。所以一方面甲醇制氢的成本低了；另一方面，甲醇常温常压下是液体，甲醇站可以用已有的液体加油站改装。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 个汽柴油罐，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。

简单估算一下布局成本，按照加油站 450 辆车/天的加注能力，充电站 24 辆车/天充电能力，小型氢气加注 30 辆车/天的能力来测算，假设都建一万座，甲醇大约需要 20 亿美元，充电站大约需要 830 亿美元，加氢站大约 1.4 万亿美元，而且这个 1.4 万亿还没有考虑地价的元素。

我不认为我们会把花了几万亿建起来的液体燃料基础设施毁掉再重新建加氢站和充电桩，没有必要。石油如果排碳太高可以用绿色的液体取代，而且我们可以把太阳能和风能转成液体储存下来，这就改变了储能的概念，原来大家多少年花了多少万亿就是研究储电，但是储电干了一百年都干不过一个抽水储电，这条线上再给十亿的研发经费，成功的概率也就是万分之十、千分之一。

电池对小型设备比如说手机非常重要，但是靠电池做大型的储能要非常谨慎。最近国家也非常注意，把梯级利用的大电站停下来了，因为安全性是一个问题。

电动车和燃料电池最大的问题在于基础设施的土地成本问题和冬天续航问题。现在我们城市里土地很贵，好多人为了拿国家补贴就在郊外搞一个充电站，但是买一辆车如果开车一个小时才能到充电站，你会买吗？现在，中国已建成的公共充电桩利用率平均只有 4%左右，其中充电桩铺设最多的北京、上海，使用率仅为 1.8%、1.5%。电动车存在里程焦虑且冬天无法满足供暖，到冬天一遇冷可能会趴窝，要知道全世界 80%主要发达城市位于北纬 25 度以上，纽约、伦敦、巴黎、莫斯科、东京、北京、多伦多，这些城市都是有冬天的地方，如果一辆汽车只能夏天开冬天开不了，你会买吗？原来我在北京，为了研究这个，专门找电动出租车坐，上车后我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，马上就没电了，他根本赚不了钱。

如果风能、太阳能和煤炭结合转成甲醇，我车上永远装 50 升的甲醇就好办了。今天，在深圳买一辆电动车，连广州都不敢跑一趟。跑到那里没电了不知道到哪充，即使能找到充电桩，可能也要等一个小时，而快充对电池的破坏很大。怎么办？我们现在想办法给电动车赋能。反正晚上回家停车，你在停车位边安一个比较小的慢充装置，几百块钱就行了。你把它充满，但是车上永远装 50L 的甲醇，就相当于你晚上睡觉把手机充满，同时还带了一个充电宝。没电的时候，就可以用车上的甲醇和水制氢，用氢发电。这样根本不需要再建那么多充电站和加氢站，而且甲醇和水反应只需要 200 多度，它的余热就可以把电池维持在最佳的温度。

雾霾的元凶在哪里？

这些年，我一直在研究雾霾。我对雾霾有亲身体会。如果一直在北京生活我们可能感觉不到，但我家在南加州，早些年回国后，每次从洛杉矶到北京以后，那种强烈的对比让我觉得一定要把中国的雾霾给治理好。

雾霾包括一次颗粒和二次颗粒。化石燃料如柴油燃烧时尾气中直接排放的颗粒是“一次颗粒 (Primary Particulates)”，占雾霾总量的 24%左右。对雾霾贡献最大的是“二次颗粒(Secondary Particulates)”占到其总量的约 50%左右。“二次颗粒”是化石燃料燃烧尾气中的气态污染物（如 NOx、SOx）和挥发性有机物（VOC）进入大气后，在一定的水雾状态下与空气中的氨及 VOC 等物质发生气溶胶反应形成的颗粒。氮氧化物在天空遇水就变成硝酸，硫氧化物氧化遇水就是硫酸。如果我们不使用化肥就只能形成酸雨形不成雾霾。大量使用化肥所以天上有氨，氨是碱，酸碱反应然后形成颗粒 PM2.5。肉眼的分辨率只有 60 微米，头发丝大概是 70 微米，一个 PM2.5 的颗粒是看不见摸不着，但是当无数个 PM2.5 悬浮在天空中就可以遮天蔽日。

这两年国家在脱硫脱硝上花了上万亿，取得非常大的进展，但是到冬天还有雾霾，一个重要因素是使用化肥以及氨排放没有得到足够的重视。化肥的排放就是氨的排放。

化肥有它的问题和弊性，使用一年、两年、三年、五年没问题，但是用了三十年、五十年以后，问题来了。早些年硝酸铵、磷酸铵强酸弱碱，氨被吸收，酸流到土壤里面，把土壤中的细菌杀死，引起大面积的土地板结。

另外，用了化肥三十年、五十年后的东西看着个大皮厚，但吃着没有味道了。什么原因？因为决定食品营养和味道的是生长作物的半米左右深的土壤中微量元素和矿物质的含量。土壤中有很多矿物质不溶于水，但是一遇到酸，会发生酸浸，浸三五十年以后，当半米深的土壤中这些微量的矿物质都没有了的时候，食品不可能不变。中国淮河两岸吃的东西不一样是因为两岸的土壤组成不一样。

对比 1960 年的玉米和 2013 年的玉米情况。1960 年是纯粹自然生长的，2013 年的是化肥催大的，看着个大饱满，但是每 100 克里面钙含量下降了 78%。人类大量使用化肥和农药，导致土壤中的微量元素不断下降，并伴随着哮喘、心脏病、癌症等疾病的增加。

中国自 1978 年改革开放之后，开始大量使用化肥，到大概 2011 年化肥产能接近峰值。这期间全中国粮食增产了 87%，但化肥使用量增加到 682%。每吨粮食产量需要 0.1 吨的化肥。2017 年全国农作物总播种面积 1.6 亿公顷，平均化肥施用强度为 352 公斤/公顷，福建、海南、北京、广东等省市分别为 751 公斤/公顷、724 公斤/公顷、707 公斤/公顷、611 公斤/公顷；而国际警戒线值为 225 公斤/公顷（世界平均水平为 120 公斤/公顷）。

其实随经数百万至数千万年，物质不灭，土壤中宝贵的微量元素及矿物质是以煤炭的形式保留至今的。煤炭中可燃的部分，基本是通过光合作用二氧化碳形成的；不可燃的部分从哪里来的？就是远古时期树根吸收的宝贵的矿物质、微量元素。但这些东西不能用火烧掉，一千多度以后它们就形成了玻璃状的琉璃瓦。

现在我们有一个核心技术就是在水中把煤里面可燃的和不可燃的分开进行磨细，底下浅色的就是土壤中最宝贵的东西，但是不能直接加，要经过一系列微生物的过程，最后形成最好的土壤改良剂。上层的劣质煤就可以制甲醇，这样甲醇的成本也可以降下来。这是环环相扣的。

为什么要从雾霾开始讲？因为这种小颗粒像雾霾，过滤下来以后比重比空气重得多，它以 2.5 微米悬浮在空中不会落下来，除非下雨，因为当粒度到这么小的时候，重力就起不了作用，而是表面力在起作用。

那么既然它悬浮到空气中下不来，我们就让它悬浮到水里面造成类似“黑色牛奶”的燃料。牛奶表面上看是液体，在显微镜底下其实是几十微米的氮颗粒悬浮在水里的。我们将微米级的煤炭颗粒、纯碳颗粒悬浮在水里，然后设计一个锅炉，让它燃烧起来比天然气都干净。我们甚至可以直接用汽化炉制甲醇，得到的燃料比现在的船油还干净、还便宜，同时还可以解决中国的煤炭运输问题。

现在到鄂尔多斯、吕梁高速公路上，很多大卡车拉煤，污染很重。目前，我们储煤的地方海拔大约 1500-2000 米，运煤的地方比如深圳只有几十米的海拔，这样建一个管路自己就流过来了。

十年前，我说中国的雾霾汽车有贡献但是绝对不是主要的，要治理雾霾首先要把煤搞干净以后再烧；当时推动电动车的一批人，说要治理雾霾就要把汽车变成电动车。但是去年疫情防控期间很多地方封城，让我有机会做一个大实验，当时，全中国的汽车，包括电动车都停了两个多月，可北京、太原、西安、哈尔滨、郑州雾霾的天还是很多。原因在哪里？主要还是抗疫的时候大冬天家里供暖的问题，中国的天然气不够，还得烧煤。

当时，我以治理雾霾的心态做这个技术，现在已经产业化了，工厂已经开始运转了，而且做了大量的农田实验，效果比我们想象的要好。

这样，我们就可以谈碳中和的几个现实路径。

第一是通过现有煤化工与可再生能源结合实现低碳能源系统。一方面可以让现有的煤化工实现净零碳排放，另一方面是通过太阳能、风能、核能电解水制备绿氢和氧气，合成气不经水汽变换，大大降低煤制甲醇的二氧化碳排放。

第二是利用煤炭领域的碳中和技术——微矿分离技术。在煤燃烧前，把可燃物及含污染物的矿物质分离开，制备低成本类液体燃料+土壤改良剂，源头解决煤污染、滥用化肥及土壤生态问题，同时低成本生产甲醇、氢气等高附加值化学品。

因为传统的煤炭使用方式燃烧二氧化碳排放产生的灰渣有 10%的碳，不光是浪费能源而且现在变成了固废，整个内蒙古的电厂粉煤灰成灾。通过分离之后，该做燃料就做燃料，该做土壤做土壤，分流以后，这边释放二氧化碳，更多的森林长起来把二氧化碳吸回来，这样做了完全可以达到碳中和。

当清洁固体燃料 CSF 产量达到 25 万吨时，我们每年碳排放大约 69.5 万吨，根据治理的面积大约可以吸回来 20.8 万吨，在施用土壤矿物改良剂 SRA 条件下，可以吸回来 48.7 万吨、61.9 万吨，甚至 74.9 万吨。

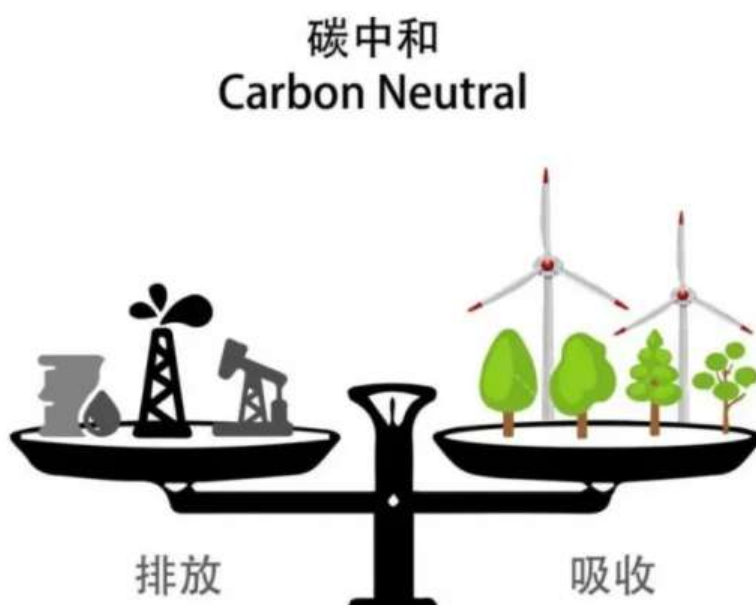
这是比较现实的碳中和的路径，而且不需要那么高的成本，适当花一点钱就可以做到的。

第三，实现光伏与农业的综合发展，将光伏与农业、畜牧业、水资源利用及沙漠治理并举，实现光伏和沙漠治理结合，及光伏和农业联合减碳。

西部缺水，水一浇就漏下去了，因此，我们可以采用非常保水的材料。但是西部再保水，大太阳晒还是长不出来，怎么办？有了太阳能板，底下的挥发减少了，就可以种东西。太阳能有一个最大的好处，就是要定期冲这个板，有了发电，大家可以花一点钱拿 PVC 管接点黄河水过去，每周给光伏板冲水，同时，水资源宝贵，冲过的水我们还可以用来给农作物做滴灌。这样，发电的同时还可以把底下全部变成绿色，变好了再把太阳能板搬个几百米，一片片土地可以治理出来。

第四，峰谷电与热储能综合利用。火电厂是半夜也不能停的。现在中国的火电厂在半夜 12 点到早上的 6 点电这个区间，尽管还在排放大量二氧化碳，但发的电没人用，是浪费掉的。怎么办？电不好储存，可以用热的形式储存下来，利用分布式储热模块，在谷电时段把电以热的形式储下来，再在需要时用于供热或空调，这样可以使 1/4 甚至是 1/3 的时间的电不至被浪费，可大大降低二氧化碳排放，实现真正的煤改电，再配合屋顶光伏战略及县域经济，进一步减少电能消耗。能量不仅仅是电能，国内储能领域对于储电关注较多，但实际上大多数的能量从消费端来看都是用在热能领域，储热技术也是需要我们去关注和发展的。

第五，利用可再生能源制甲醇，然后做分布式的发电。可以使用甲醇氢能分布式能源替代一切使用柴油机的场景，和光伏、风能等不稳定可再生能源多能互补。



所有内容均来自网络和作者投稿，本刊仅提供平面载体供大家方便阅读。我们对文中观点保持中立，对所包含内容的准确性、可靠性或者完整性不提供任何明示或暗示的保证，不对文章观点负责。版权属于原作者。

All contents are from Internet and submissions. FLOW magazine only provides a convenient platform for everyone to read. We remain neutral on the text. We are not responsible for the accuracy, reliability or integrity of the contents contained. The copyright belongs to the original author.