

# 能 量 转 换

总 28 期  
4/2020.4

## 剪 报 资 料

中国科学院广州能源研究所 广东省新能源生产力促进中心

中国科学院可再生能源重点实验室 中国科学院天然气水合物重点实验室

广东省新能源和可再生能源研究开发与应用重点实验室

---

## 目 录

### 一、总论

1. 疫情或催生全球能源治理变革 .....	5
2. 综合能源系统需突破关键技术应用 .....	8
3. 疫情之下，我国能源发展的长远谋划 .....	9
4. 产学研共推清洁能源项目落地 .....	13
5. 《中华人民共和国能源法（征求意见稿）》发布 .....	14
6. 《能源法》征求意见，争议问题有了初步结论 .....	16
7. 新能源企业抢滩 IPO .....	19
8. 可再生能源“十四五”规划编制工作启动 .....	21
9. 区块链入选国家能源技术创新“十四五”课题 .....	22
10. 德国可再生能源占电力消耗量一半以上 .....	22
11. 科技创新赋能新时代能源高质量发展 .....	23
12. 可再生能源有助经济复苏和增长 .....	27

### 二、热能、储能、动力工程

1. 双离子电池革新柔性储能 .....	28
2. 锂电池固态电解质的锂离子传输机理揭示 .....	30
3. 研究者利用微生物制造空气发电机 .....	31
4. “刀片电池”支持新能源汽车续航 600 公里 .....	31
5. 谐振光束实现无线充电新方案 .....	32
6. 金属卤化物钙钛矿大幅提升锂电池循环稳定性 .....	32
7. 纳米反应器助力提升锂硫电池性能 .....	33

8. 动力电池回收体系建设再获政策支持	34
9. 分子筛膜“组合拳”破解节能减排难题	35
10. “沐浴绵”式材料助推氢动车发展	36
11. 电涡流阻尼新技术应用前景广阔	37
12. 研制出二氧化碳电还原高效催化剂	38
13. 磷酸铁锂电池坐上5G“风口”	39
14. 固态电池产业化之路多艰	41
15. 今年新能源汽车标准化工作明确三大重点	43
16. 新设计解决锂电池硅基阳极粉化难题	44
17. 《2020年智能网联汽车标准化工作要点》发布——智能网联汽车标准化再进一步	45
18. 国内首个飞轮储能系统团体标准发布	47
<b>三、生物质能、环保工程（污水、垃圾）</b>	
1. 磷矿井水无害化处理及综合利用技术	49
2. 新污水处理系统可有效去除有机污染物	49
3. 这些国家在建筑垃圾处理上为何走在前列？	50
4. 中科院青岛能源所发现细菌酸耐受性新机制	51
5. 生态环境部通报全国医疗废物、医疗废水处置和环境监测情况	52
6. 科学家“最想要”这种微生物——新发现被命名为“中科微菌”	53
7. 新AI算法能监测全球海洋塑料垃圾	54
8. 广州今年规划建成6座污水处理厂	55
9. 生物质制甲醇：给点“阳光”就催化	56
10. 垃圾发电行业迎新规	59
11. 提高塑料回收率：酶说了算	60
12. 桃江修山“三步走”净化农村生活污水	61
13. 今年全省畜禽粪污综合利用率将达到77%以上	62
14. 荷兰大力倡导并发展循环建筑产业	63
15. 甘州：生物降解膜助力农业可持续发展	65
16. 为城市医疗废物处置设施减压新固废法按下“加键”	66
17. 新修订的固体废物污染环境防治法将从9月起施行	68
<b>四、太阳能</b>	
1. 太空能：供暖新科技 暖了百姓心	69
2. 科学家发现吸光优选材料——可使太阳能电池在深水中工作	70
3. 新疆首个光热发电示范项目运行	71
4. 越南最大光伏电站建设启动	72

5. 中科院大连化学物理研究所 实现高活性光热协同催化	72
6. 进入“风光储用”多效融合新阶段	73
7. 钙钛矿太阳能电池应重“叠层”	74
8. 大幅提升锂金属电池循环稳定性	76
9. 政策驱动BIPV市场	76
10.“太阳能充电车衣”问世	78
11. 多功能光催化复合纤维制备成功	78
12. 太阳能分解水 构建一片“氢农场”	79
<b>五、地热</b>	
1. 我国地热能供暖（冷）将在“十四五”集中释放	81
2. 从地热盐中淘“锂矿”	82
<b>六、海洋</b>	
1. 海洋一所发布千年全球海浪数据	84
2. 我国首套深海原位荧光传感器海试成功	85
3. 海水淡化新应用 锰矿废水成资源	86
4. “蓝能”可贵“蓝海”可期	86
5. 探脉海洋 解码波流奥秘	89
<b>七、氢能</b>	
1. 氢能产业发展仍需突破三大障碍	92
2. 我国氢燃料电池产业发展概况	93
3. 电解技术助可再生能源制氢成本降40%	94
4. 固态储氢材料要走出“象牙塔”	95
5. 天津完成氢燃料电池车首次加氢测试	97
6. 欧洲公布氢能发展路线图	98
<b>八、风能</b>	
1. 两项风能成果获北京市科学技术进步奖一等奖	99
2. 风电关键部件“卡脖子”难题待解	99
3. 单体最大陆上风电项目进入建设阶段	101
<b>九、核能</b>	
1. 晏敏皓：将核废物放进“安全匣”	102
2. 核燃料循环是怎么回事？	104
3. 我国核与辐射安全总体形势稳定	104
4. 恰希玛核电站机组安全连续运行创记录	105
5. 第四代核电主管道实现国内制造	106

## **十、其它**

- |                          |     |
|--------------------------|-----|
| 1. 给复杂油气藏做“彩超”           | 107 |
| 2. 塔里木盆地获重大油气发现          | 109 |
| 3. 加快氢气基础设施建设提升天然气储备能力   | 109 |
| 4. 我国将加快推进天然气储备能力建设      | 110 |
| 5. 油气领域持续提升勘探开发能力        | 110 |
| 6. 优化煤炭开发布局与清洁高效利用并进     | 113 |
| 7. 我国首个千亿方储量深层页岩气田开发全面启动 | 116 |

---

## **行业动态**

- |                          |     |
|--------------------------|-----|
| 1. 国际热核聚变实验堆“心脏”安装开启     | 116 |
| 2. 黑龙江发布新低碳固废处理技术        | 117 |
| 3. 哈尔滨将建秸秆发电厂            | 117 |
| 4. 我国首条自主新型稀土储氢合金生产线正式运转 | 117 |
| 5. 车用燃料电池电堆实现批量化生产       | 118 |

**本剪报资料仅供领导和科技（研）人员学习参考**

## 一、总论

# 疫情或催生全球能源治理变革

中国能源报 2020.4.6

### 核心阅读

新冠肺炎疫情在全球范围蔓延给国际能源市场带来明显冲击，或将拖慢全球低碳能源转型步伐。这充分体现出全球能源治理的缺位，同时也为全球能源治理的深刻变革创造了条件。但全球能源治理能否就此步入新的变革轨道，还取决于相关大国间的博弈。全球能源治理因此走向深刻变革，将建立一个真正全球性的能源治理协调机构，区域性能源治理得到发展以作为全球能源治理的有益补充，国际能源应急管理也将得到加强。

年初，新冠肺炎疫情在中国大规模爆发，现已在全球其它许多国家与地区呈蔓延之势。中国是能源消费大国，也是全球制造业供应链的枢纽，日韩等疫情较为严重的国家亦在全球产业链中占据较为重要的地位，疫情对全球经济及国际能源市场产生了重要影响。而应对疫情影响的国际合作的缺位则凸显了全球能源治理的功能缺失。但危机往往催生变革，疫情能否推动全球能源治理的改革完善呢？

### 疫情或拖慢全球低碳能源转型步伐

新冠肺炎疫情导致国际油价显著下降。受疫情影响，作为石油消费大国的中国及其它许多国家交通领域油品消费大幅受限，多数企业生产活动减弱甚至停滞也导致石油需求降低。在供应没有发生明显变化的情况下，国际油价持续下跌。3月6日，石油输出国组织（OPEC）及俄罗斯等产油国（OPEC+机制）进行减产谈判，沙特未能说服俄罗斯实施减产，谈判不欢而散。沙特随后大幅调低其主要原油定价，并计划大幅提高原油产量，以维护其国际石油市场份额。这对本已承压的石油价格无疑是雪上加霜，国际油价应声暴跌。

天然气价格在疫情下同样遭受重挫。近年来，由于页岩气供应不断增加、俄罗斯天然气产量大幅提升、天然气液化能力提升等原因，国际天然气市场处于供应宽松状态。中国是天然气进口第一大国、LNG进口第二大国，在天然气国际市场中的地位举足轻重。疫情抑制了中国的天然气消费，叠加其它国家需求的减少，将进一步导致国际天然气价格的下跌。进一步的供过于求将使国际天然气市场中买方更加受益。在天然气出口商面临更大竞争的情况下，中、日、印、韩等亚洲天然气消费大国的议价谈判空间大幅提升，从而可更好地维护自身利益。比如，当前的国际天然气市场形势，为买方修改甚至废除LNG合同中常有的对买方不甚公平的目的地限制、照付不议等条款，获取更为公正的贸易地位提供了机遇。

全球可再生能源行业不可避免地受到了疫情冲击，主要表现在光伏产业方面。由于中国是全球主要的光伏产品供应国，产业链波及效应或将导致全球光伏产业低迷。光伏组件生产端为劳动密集型行业，面对复工延迟、用工紧张、物流受阻的挑战，组件企业生产供货受到严重影响，从而损及下游市场及海外企业。依赖中国光伏产品的许多国家难免受到不同程度

的影响，且韩国、日本、美国等光伏发电装机大国自身已受到较为严重的疫情影响。

问题的关键是，疫情对国际能源市场的影响究竟是短期的还是更为深远的？此次新冠疫情的影响与之前的 SARS 不可同日而语，其高重症率与高死亡率对经济更具破坏性。许多疫情严重国家均是深度融合全球产业链的国家，若疫情持续足够长的时间，将对许多产业造成致命性打击，致使全球经济陷入较长时间的低迷，全球经济更可能呈现 U 型而非 V 型的发展状态。油气需求将呈现较长时期的疲软，天然气供应仍将持续宽容，OPEC + 即便再次磋商达成减产协议，在生产国竞争市场份额的总体情况下，油价也难以反弹到较高水平。因此，至少中短期看，我们或将面临一个油气低价时期。

可再生能源领域，若疫情持续更长时间并继续在更多国家蔓延，由于产业链的传导，许多企业难以撑过“寒冬”而倒闭，导致产业恢复面临更大困难。这种情形下，风能等可再生能源行业也难免独善其身。加之化石能源价格走低，成本相对较高的可再生能源的市场份额面临被化石能源挤占的风险，相关投资也将受到影响，从而导致可再生能源行业较长时期的低迷，或将拖慢全球整体的低碳能源转型步伐。

### 全球能源治理明显缺位

全球能源治理的主体十分多样化，有的具有较强的执行力与约束力（如 IEA、OPEC），有的则主要是政策性对话平台（如国际能源论坛、国际可再生能源机构）。若这些治理主体的功能加总，几乎可以覆盖国际能源问题的方方面面。但疫情当前，各机构的应对明显迟缓、乏力。

面对国际石油市场的动荡，作为石油领域全球治理的主要国际组织，IEA 并未采取促进市场稳定的措施，仅是针对疫情影响对其全球油品需求的预测进行了调整。IEA 曾通过释放储备、限制需求等应急措施在抑制油价上涨方面发挥过重要作用。但其主要由石油消费国组成，缺乏应对油价暴跌的应急手段。尽管 IEA 与石油输出国组织 OPEC 建立了对话机制，旨在加强磋商与政策协调，以共同维护国际石油市场稳定，但这显然尚未制度化，不能发挥实质性作用。作为石油输出国组成的国际组织，OPEC 通过联合俄罗斯等石油生产国，以减产为手段在提振油价方面曾发挥了重要作用。但此次减产谈判的失败也表明，OPEC + 与 IEA、OPEC 的对话机制一样，远未达到真正意义上全球治理的制度化程度。OPEC + 机制本质上，是一种 OPEC 内部矛盾加剧及非 OPEC 国家石油供应能力增强的背景下石油供应国加强联合、提升国际石油市场话语权的权宜性安排，其本身存在沙特、俄罗斯利益协调困难及各国竞争市场份额的矛盾，短期内难以形成以部分权力让渡及利益损失为代价寻求能源市场善治目的的制度化。

天然气领域尚未建立专门的全球治理机构。现有的国际天然气联盟并非政府间国际组织，不具有国家政策协调功能。俄罗斯曾长期推动建立类似于 OPEC 的天然气输出国联盟，但至今未有成效。当前，天然气国际贸易快速增长，北美、欧洲、东亚三大市场出现联动趋势，全球性天然气市场逐步形成。无论是从供应国、消费国利益角度，还是从国际市场稳定

的角度看，均有发展天然气全球治理制度的必要性。

国际可再生能源机构（IRENA）是旨在促进可再生能源发展的国际能源组织，致力于推动可再生能源信息共享、技术创新，并为成员国可再生能源发展提供咨询建议。联合国气候变化框架公约组织（UNFCCC）以促进成员国应对气候变化的合作为宗旨，发展可再生能源是应对气候变化的重要手段，可再生能源问题治理是其职能的应有之义。另外，IEA 也具有类似功能。但面对疫情的影响，上述机构在可再生能源领域尚未有任何响应之策。可再生能源不直接关涉传统能源安全问题，相应的治理长期局限在以政策建议、搭建合作平台等软措施创造良好发展环境的范围，而缺乏以国家政策协调等硬措施解决问题的功能。

### 能否变革取决于相关大国间博弈

全球治理的载体是国际制度，国际制度根源于全球化背景下各国应对全球性问题的共同利益需求。国际危机与冲击性事件往往是国际制度产生及深刻变革的催化剂。比如，1985年在南极发现臭氧洞是促使世界各国加强环境保护合作的一个重要事件，而国际金融危机直接导致了G20的产生。从这个意义上可以说，此次疫情为全球能源治理的深刻变革创造了条件。全球能源治理是否就此步入新的变革轨道，还取决于相关大国间的博弈。权力是国际制度建立、延续、变革的关键因素，国际制度背后反映的是国家间尤其是大国间的利益竞争。比如，美国当前不满于WTO为核心的国际贸易制度，欲建立新的贸易体系，中国则更倾向于维护现有制度。中美两国的博弈竞争很大程度上决定着未来国际贸易制度的改革方向。国际能源领域，在基本实现能源独立及遵循“美国第一”理念的情况下，美国更多以单边或双边的手段实现其能源利益。中国是化石能源消费大国，也在可再生能源技术、产业部署方面具有优势，国际能源话语权不断提升，中国与欧盟的利益竞争将主要决定全球能源治理是否或怎样变革。

疫情大考后，全球能源治理若能走向深刻变革，或主要表现在以下几个方面：

一是建立一个真正全球性的能源治理协调机构。现有的全球能源治理制度是一个多元、多层、分散的体系，各国际能源组织相互独立，其上并无全球性和综合性的全球能源治理机构。全球能源治理分散在众多能够影响能源治理的机构与国际规则中，仅在某些方面发挥着治理功能。这种制度体系特征，可以说是全球能源治理面对疫情影响功能缺失的主要原因。全球性的能源治理协调机构应具有足够的权威性，可协调许多现有国际能源组织功能及主要能源生产国与消费国的能源政策；另外，疫情的影响凸显了能源与其它行业的紧密关联性。比如，能源系统的设计除应考虑节能等因素外，还应纳入卫生防疫等因素。因而，这样的机构还应在治理领域方面更具综合性。从当前的全球治理机构看，G20更适合担当此任。G20已将能源问题作为其治理功能的重要内容，并在要求IEA等其它国际能源组织提供协助方面进行了努力。G20应通过进一步的组织机构改革，增强其能源治理约束力及对其他国际能源治理机构的协调性，提升可再生能源的议题设置，帮助可再生能源行业应对危机并为其创造快速发展的政策、技术等条件。

二是区域性能源治理应得到发展以作为全球能源治理的有益补充。区域能源治理范围较小、更有针对性，也更容易实现治理成效。比如，疫情冲击为东亚国家提升作为天然气消费国的话语权进一步创造了机遇。东亚国家应增强共同声音争取利于消费国的天然气贸易规则，并基于此在形成东亚地区天然气定价机制方面加强合作。目前，中国、日本、新加坡等国均在建设自身的天然气定价中心。天然气定价中心的建设本质上是发现形成反应地区天然气供需基本面的价格，以促进天然气的合理利用。各国并非存在绝对的天然气定价权竞争关系，东亚国家完全可以通过合作尽快促成地区的一个或多个天然气定价中心。

三是加强国际能源应急管理。此次疫情冲击并非是意想不到的“黑天鹅”事件，历史上曾多次发生广泛蔓延的疫情，均对国际能源市场产生了较大冲击。相应的国际能源组织应具有紧急应对的政策手段储备，比如企业紧急救助、投资刺激、产业链环节替代措施等。能源应急管理应成为全球能源治理能力建设的重要内容。（毛吉康 候东羊 张玉琢）

## 综合能源系统需突破关键技术应用

中国能源报 2020.4.6

日前，在“新基建，新时代——电力数字化转型”公益直播课上，华北电力大学教授张建华谈及“综合能源系统技术发展趋势”时表示，综合能源运营模式的创新，需要将多能互补的能源互联网络与信息物理系统相结合，以满足能源电力系统转型需求。同时，综合能源系统建设和发展在政策支撑之外，需要技术上的持续突破创新。

### 综合能源系统特征明显

张建华表示，能源发展的总体目标，是加快能源消费转型升级，实现能源消费与能源结构双替代，构建清洁低碳、安全高效的现代能源体系。而正是由于我国正向新一代能源系统转型，电力系统开始面临灵活性、运行经济性与安全性、分布式能源并网、能源市场建设运营等诸多挑战。

据统计，我国可再生能源装机到2019年6月已达7.5亿千瓦，到2040年、2050年，可再生能源电量占比或分别达到50%、60%以上。同时，随着城镇化率逐年提升，负荷需求也将快速增长。“面对大规模可再生能源和大范围分布式能源的接入，电网如何处理与各类可再生能源、间歇性能源和负荷大量接入后的协调运行，成为关键问题之一。”张建华说。

张建华指出，在商业特征上，综合能源系统应具备如下特征：融合能源各领域，促进价值服务供需对接；建立共享互通网络，实现资源优化配置；实现信息对等，促进各方平等参与，为“能源系统+市场”注入活力；提供创新平台，催生各种新型服务业态。

针对目前许多综合能源系统项目在验收时存在效益不达标、投资不到位、建设不成形的问题，张建华解释，这些问题往往都涉及综合能源系统技术与经济性的比较。推进综合能源服务，目前最主要的手段还是政策支撑，例如参与电力辅助服务等。“为实现综合能源服务‘多能协同’的运行模式与‘对等共享’的市场交易，需要继续突破一系列关键应用。”

## **新技术促综合能源变革**

在助推综合能源系统发展的前沿技术中，张建华对新一代人工智能技术的发展前景表现出极大信心。“人工智能可以解决新一代电力系统运行的许多难题，包括大量负荷与新能源接入后的应对等，它将成为新一代能源电力系统的重要技术支撑。”

同样，在可再生能源消纳方面，高效、高密度、低成本、长寿命的储能应用也备受行业期待。“储能技术的应用贯穿于能源电力系统发输配用的各个环节，能够改善电能质量；可以通过参与电网调峰等辅助服务，提升电力输送的能量效率；可以支持可再生能源大规模接入和分布式能源的广泛使用。”张建华认为，多元化储能技术，有望打破电力系统发输配用必须实时平衡的瓶颈，成为实现多能互联共享和多网融合的支撑和纽带，并有可能成为改变传统电力系统架构和运营模式的颠覆性技术之一。

此外，一些新型高可靠性、低损耗的电力电子装备和技术也陆续在电力系统中得到应用。张建华介绍，采用宽禁带半导体技术的电力电子器件，可以适用于大型新能源变流装置、中低压配电网或微电网，将为综合能源系统带来革命性变化。

## **与环境治理协同创新**

“2000年以来，我国各行业每年产生的工业固体废弃物超过8亿吨，而禽畜粪便产生量是工业固体废弃物产生量的2.4倍，带来了土地负荷压力过大、土壤及水体污染、空气恶臭和疾病传播等一系列问题。”张建华表示，“我们曾向中科院建议，调研各省区生物质废弃物的资源化、能源化情况，对于很多地方而言这些问题已经成了‘老大难’。”

对此，张建华提出，可以将综合能源系统与环境治理工程综合考虑。采用固废清洁资源化处理技术解决本地污染源的无害化处理问题，将其产生的能源参与风光小水电等间歇性季节性发电的调节，辅以多种储能手段，实现环境能源与可再生能源的互补运行和高效消纳。

同时，通过能源物联网平台，实现煤气、蒸汽、冷、热、电之间的能量生产、消费、储存和相互转换，推进综合能源需求响应和能源互联网增值服务。对此，张建华肯定了分布式压缩空气储能技术，称其已在山西等地实现楼宇的综合能源供给。“压缩空气还能驱动公交车、环卫车等，第一台压缩空气动力公交车的启动发动机已通过国家第三方检测认证，压缩空气动力公交车目前正在交通运输部公路交通运输研究院的主导下开展测试。”

张建华表示，固废资源化、分布式压缩空气储能的综合能源系统示范工作未来将陆续推进，通过示范工程实现能源、环境、交通的协同创新。（卢彬）

## **疫情之下，我国能源发展的长远谋划**

中国能源报 2020.4.13

2020年是决胜全面建成小康社会的收官之年，是实现第一个百年奋斗目标的关键之年，注定是中国发展历史上极具历史意义的一年。

2020年开局不利，新冠肺炎疫情骤然袭来。经过全国上下艰苦努力，我国疫情防控形

势持续向好，生产生活秩序正在加快恢复。但全球新冠肺炎疫情短期内不会结束，其引发的危机及次生危机正影响着全球的政治生态、经济形势和社会秩序。我们将面临极其复杂的局面和更加严峻的挑战。所以，2020年也必是极其特殊的一年。

电力规划设计总院始终与国家能源电力发展同呼吸、共命运，致力于为构建绿色低碳、安全高效的现代能源体系提供高质量智力支持。为统筹做好疫情防控和经济社会发展各项工作，“十四五”能源行业发展亟待全面重估形势，克“危”寻“机”，谋长远促转型，保供应防风险，以创新赋能高质量发展，确保实现决胜全面建成小康社会、决战脱贫攻坚目标任务。

很难想象“百年未有之大变局”会以这样的方式展开，迅猛扩散的疫情让亚洲、欧洲和美洲等地区主要经济体选择“禁足”“闭户”“封城”“锁国”等管控模式，工厂停工、商店停业、交通停运，给全球经济发展、社会治理和国际秩序等投射下长期而深远影响。疫情冲击，能源行业避无可避，当前正值“十四五”能源规划编制前期，我们需要盘点疫情影响，明确当前挑战，找准未来定位，为将要发生的变化做好准备。

### **疫情致能源发展三大新趋势**

疫情导致能源发展外部形势出现新变化，主要体现在能源消费增量大幅萎缩、外部发展环境更趋复杂、能源新型业态活跃兴起等方面。

**一是能源需求增长更趋平缓。**

今年1-2月，我国原煤产量、原油加工量和发电量都出现负增长，能源行业增长动力减弱。其实，经济由高速增长转向高质量发展后，我国能源消费就已进入中低速增长周期，2015年后的平均增速低于3.0%，叠加这场百年未遇疫情冲击，增速转负实属正常。但是，疫情本身可能还不是最大冲击，疫情后的次生冲击——“世界产业格局松动”才是。越来越多国家意识到，无论经济怎么全球化，与国家安全、人民生命直接相关产业都需要掌握在自己手里。可以预见，疫情后很多国家都会重新评估本国产业体系，开始回收、扶持基础产业和民生产业，这将可能冲击世界产业格局，甚至中国制造业基础，让我国能源需求增长曲线趋于平缓。虽然有“新基建”政策刺激增长，但是短期脉冲对长期趋势影响有限，因为疫情改变了各国对全球化的“看法”。

**二是能源国际竞争更趋激烈。**

需求减弱，短期难有好转，但政策刺激却让能源供应变得更加富余，依赖原油和石化产品出口的国家很“受伤”，国际能源博弈进入激烈模式。与俄罗斯就石油减产谈崩后，沙特宣布石油出口量提高至1000万桶/日以上，并启动价格大战，国际油价直接开启史诗级暴跌。较之以往，世界能源重镇中东的局势变得更加复杂、敏感、脆弱、多变，随时可能成为全球地缘政治热点。实现“能源独立”后，集能源消费大国、能源生产大国、能源出口大国三重属性于一身的“新美国”浮出水面，能源不仅是大国竞争工具和武器，也是美国“再次伟大”的载体行业。为扩大油气出口空间，美国重启对伊朗的制裁，全面禁运委内瑞拉，竭力阻碍北溪2线，施压中国进口美国能源产品，在世界能源霸权战略目标主导下，美国

对外能源政策日趋咄咄逼人。世界能源市场关系愈发政治化，能源地缘政治不稳定性增加。

三是能源新生业态更趋活跃。

疫情影响也不全是负面的。百业滞转下，在线教育、在线会议、在线娱乐和网红直播等逆势而起，1—2月互联网商务活动指数高于服务业商务活动指数11个百分点，俨然成为一抹显眼亮色。进入21世纪后，世界各国均把新型能源技术视为新一轮产业变革突破口，新型能源技术正以前所未有的速度加快迭代，并与云计算、大数据、物联网和人工智能等现代信息技术深度融合，不断催生出能源新生业态。相比“十三五”初期，新能源的核心关键技术已获得更多突破，新能源的开发利用也变得更加经济高效，风能、太阳能、地热能、生物质能早已“飞入寻常百姓家”，海洋能和氢能的利用也已起步，多能互补、“互联网+”智慧能源等能源业态纷纷落地生根。疫情下，活跃的在线经济不断解锁全新生产生活方式，同时也加快了以智能化为特征的新能源产业发展和新生业态崛起。

**能源发展定位应转向“保供应”“促发展”并重**

疫情已导致部分产业供应链断裂、产业链破坏，部分国家短期经济衰退在所难免，欧美国家部分产业抵御不住下行压力而转移的概率已大大增加，这将带来新一轮全球资产抄底，加速全球产业链重构。历史证明，每一轮经济周期切换都是产业“拾贝”好机会，美国就利用二战的机会收割了德意志帝国的技术、产品和人才。所以，谁先走出疫情，谁先恢复生产，谁就能先抢得产业承接先机。通过全国动员抗疫，我国国内疫情基本得到控制，本土新增病例趋近于零，规模以上企业复工复产率超过90%，中国已是新冠疫情下世界最安全、全球生产能力最稳定地区。率先走出泥潭的中国经济，仍是全球“最靓的仔”，这将帮助中国赢得产业和资本的青睐，抢得产业链重构的先发战略机遇。

作为攸关国计民生的重要行业，长期以来，我国能源行业定位于生产供给，核心任务就是提供能源产品，满足经济社会发展对能源日益增长的需要。同时能源也是最重要的应用产业，是促进社会经济发展的引擎产业，关联着众多其他行业的发展，在占GDP约30%的装备制造业中，就有约60%的通用装备应用于能源行业。在当前潜在经济增速下降之时，能源行业须充分发挥引领和带动作用，通过自身创新发展为其他产业提供应用场景，带动关联行业发展，拉动国民经济增长。此外，能源装备制造业技术密集、产业关联度高，多数分支领域都属于战略新兴产业范畴，是承载欧美日技术密集型产业转移的主体行业，是产业链重构的主要领域。

疫情是人类的灾难，但也是完成产业转型升级的机会。“十四五”及以后一段时间，能源发展定位应由“保供应”转向“保供应”和“促发展”并重。能源行业在完成保障能源供给任务的同时，还有两个重要角色需要扮演。一是通过自身创新发展，创造市场需求，为其他产业提供“用武之地”，助推其他行业和国民经济发展。二是紧紧抓住这次时间窗口为2—3年的全球产业链重构战略机遇期，积极接纳欧美日技术密集型产业转移，补链扩链，加速完成我国能源技术和装备制造转型升级。

## “十四五”能源规划应重点关注五个问题

疫情影响广泛而深远，“十四五”能源规划需结合疫情发展形势，提高重点任务的针对性和有效性，统筹好“稳增长”与“求发展”之间的平衡，有以下几方面需要重点关注。

### 一是要重点关注能源安全保障。

当前，我国油气进口量还处于不断上升态势，在越趋恶劣的国际政治经济环境下，破坏对方能源供给成为国际政治和军事角力中常用手段，疫情又致国际能源市场愈发复杂多变，我国获取能源的难度和不确定性不断增加。“家中有粮，心中不慌”，保障供给安全还是“十四五”能源发展的基本要求，要重点关注以下几方面内容：一是稳油增气保供应，守住国内原油和天然气产能底线，提升油气核心和底线需求保障能力。二是充分考虑煤炭的“压舱石”和煤电机组的托底保障作用，合理安排煤炭保障产能和储备煤电机组。三是从国家安全战略高度加强能源应急保障能力建设，特别是电力应急保障能力和信息网络安全水平，增强抗打击能力和应急恢复能力。

### 二是要重点关注清洁产业壮大。

壮大清洁能源产业是十九大做出的重大部署，全球气候变化、各国百姓诉求、国际前沿潮流都在倡导清洁发展，越来越多社会主体愿意为绿色转型付费买单。清洁产业已是新经济增长点，是新一轮工业革命的关键领域，关乎未来发展主动权、产业竞争力和能源安全。清洁低碳还要继续作为“十四五”能源发展主方向，清洁能源能用尽用，并且要创造条件多加利用，应重点关注以下两项工作：一是提升可再生能源开发优先级，用好用足风能、太阳能、生物质、水电、核电和天然气等清洁能源，要从国家能源发展高度考虑布局产业，而不能仅停留在壮大行业发展规模；二是加大城乡用能基础设施覆盖范围，在居民生活、工农业生产、交通运输等领域加快加大清洁能源替代，鼓励多用绿色清洁能源，让生产生活模式变“绿”。

### 三是要重点关注能源科技创新。

3月18日，我国在南海神狐海域进行的“可燃冰”第二轮试采取得成功，肆虐的疫情没能阻挡能源科技创新步伐。当下，深度融合云计算、大数据、物联网、人工智能和区块链等现代信息技术的数字能源经济正迎面走来，但技术装备应用“卡脖子”情况却时有发生。“创新是引领发展的第一动力”，“十四五”能源科技创新应重点关注以下事项：一是聚焦“卡脖子”技术，加快推进自主研发和技术替代，加快相对成熟技术装备的推广应用。二是加强可燃冰、储能和氢能等前沿技术应用引导和市场培育，壮大新动能。三是构建多种能源形态灵活转换、智能协同的智慧能源系统，推进示范工程建设，依靠能源数据等新生产要素，探索数字能源经济新模式。

### 四是重点关注能源惠民利民。

我国能源地域发展水平差异较大，现阶段农村地区天然气管网覆盖率极低，供电可靠率较城市明显偏低，北方地区农村居民还在使用低效炉灶、劣质燃料，非商品能源约占三分之一。“十四五”期间，能源行业还要在惠民利民方面下大力气，重点关注以下事项：一是加

大农村能源基础设施建设，增强能源普遍服务能力，提升农村居民优质能源可获得率，满足农村多样化能源需求。二是以深度贫困地区为重点，继续推进能源精准扶贫工程，加大革命老区、民族地区、边疆地区和贫困地区大型能源项目开发建设支持力度，共享能源发展福祉。

#### 五是要重点关注国际能源合作。

疫情再次表明人类是一个休戚与共的命运共同体，但人类命运共同体远不止共防病毒，更多国际事务都需要秉持人类命运共同体理念，加强团结合作。疫情过后，国际政治经济格局可能会发生明显变化，不乏出现西方另行主导国际秩序的可能，并把中国排斥在外。能源是国际合作的重中之重，“十四五”期间需重点关注以下事项：一是在能源安全新战略指导下，遵循共商共建共享原则，加快构建多主体、多方向、多渠道的能源进口格局，保障开放条件下的能源安全；二是以更开放心态推进能源行业规则、制度与国际规则和惯例广泛接轨，为中国企业全球配置资源提供稳定制度保障。三是以“一带一路”沿线国家地区为重点，加快能源设施互联互通，抓好重大标志性合作项目，推动能源装备、技术和服务“走出去”。

2020年必定是特殊的一年，时处两个百年战略目标交汇期，承前启后。2020年也必定是不平凡的一年，开局就面临影响深远的困难。“石以砥焉，化钝为利”，疫情之下，“十四五”能源规划需直面当前形势，克服不利因素，推进转型升级，谋划长远发展，让中国能源这艘航母行稳致远。（陈铮 付兆辉）

## 领军企业 + 能源智库 产学研共推清洁能源项目落地

中国能源报 2020.4.13

4月8日，联美量子股份有限公司（下称“联美控股”）、国网（苏州）城市能源研究院有限责任公司（下称“国网（苏州）城市能源院”）、北京韬能咨询顾问有限公司（下称“韬能咨询”）三方战略合作签约仪式在京举行。

根据协议，三方将围绕江苏、浙江、福建、广东等东南沿海省份产业园综合能源服务的发展政策环境开展模型研究；在产业园区、大型公用设施和居民小区等领域，加强冷、热、电、汽等能源生产耦合集成和互补利用，余热等资源回收和综合利用，热电联产、天然气冷热电三联供、多能互补综合利用等集约化供能技术的推广示范；积极推动集中式和分布式储能示范工程建设，提升城市能源供应配置灵活性和可调性。

联美控股董事长苏壮强表示，联美控股愿与国网（苏州）城市能源院、韬能咨询联手，共同推进京津冀、长三角、粤港澳大湾区等区域合作，推动一批具有标杆性的优质清洁能源项目落地，促进清洁能源新技术应用和产业化加速发展，助力清洁能源产业孵化和商业化落地。

据了解，联美控股是清洁供热领域的龙头企业，其在南方冷热联供、产业园、工业蒸汽等领域占有重要市场份额。“经过多年实践，联美控股已对行业痛点有深入了解，在此次三

方合作中可提供丰富的运营管理经验和成熟的应用技术。”联美控股副总裁潘文戈说。

3月31日，联美控股发布公告称，公司拟投入8100万元收购上海华电福新能源有限公司49%股权。而后者主要为国家会展中心（上海）提供天然气分布式冷热电三联供能源服务。上海国家会展中心是目前世界最大的建筑单体和会展综合体，也是建筑界的节能标杆。此次入股被业界认为是联美控股加速布局南方清洁用能市场的战略举措。

公开资料显示，2018年联美控股平均清洁供暖面积达6200万平方米，未来规划清洁供暖面积达1.5亿平方米。“目前，联美控股在热电联产、清洁燃煤等领域也已拥有几十项专利，其自主研发的再生水源热泵供热等技术已完成孵化应用。”潘文戈表示，联美控股研发的再生水源热泵供热技术属国内领先，旗下沈阳沈水湾项目拥有国内单体装机规模最大的水源热泵项目，自主研发的“热泵自洁技术”系国内首创。其清洁供能技术成熟、经验丰富，为推进清洁能源产业发展与平台建设提供了实践依据。

国网（苏州）城市能源院院长李伟阳表示，清洁能源是国家能源转型的重要抓手，在这方面，国网（苏州）城市能源院同联美控股战略方针高度吻合。作为城市能源领域的高端智库，国网（苏州）城市能源院在推动城市能源转型中践行着倡导者、规划者和引领者的重要角色，可为此次战略合作提供“整体解决方案”和优质的渠道链接平台，助力推动清洁能源标杆项目和行业新技术的应用落地及产业化发展。

韬能咨询副董事长周明强表示，韬能咨询将与联美控股、国网（苏州）城市能源院一道，共同推动资源共享，促进研究成果应用落地，合力打造城市能源绿色可持续发展生态平台。（王海霞 张金梦）

## 中华人民共和国能源法（征求意见稿）》发布

优先发展可再生能源，安全高效发展核电，提高非化石能源比重，推动化石能源的清洁高效利用和低碳化发展

中国电力报 2020.4.13

本报讯（记者王怡 张溥）报道4月10日，国家能源局发布关于《中华人民共和国能源法（征求意见稿）》（以下简称“征求意见稿”）公开征求意见的公告。征求意见稿中，包括建立可再生能源电力消纳保障制度，规定各省、自治区、直辖市社会用电量中消纳可再生能源发电量的最低比重指标，以及电网、石油天然气管网等能源输送管网设施应当完善公平接入机制，依法向符合条件的能源生产、销售企业等市场主体公平、无歧视开放等内容，均被列入法条。

能源是国民经济的重要领域。新时代能源发展对推动社会生产生活方式变革，构建现代化经济体系具有重要的支撑和驱动作用。长期以来，我国能源基础性法律缺位。国家能源局在同步发布的《中华人民共和国能源法（征求意见稿）》起草说明中指出，为贯彻落实习近平

平总书记“四个革命、一个合作”能源安全新战略，健全完善能源治理体系、推进能源治理能力现代化，促进能源高质量发展，国家发展改革委和国家能源局对《中华人民共和国能源法（送审稿）》修改稿进一步研究修改，形成新的《中华人民共和国能源法（征求意见稿）》，现再次向社会公开征求意见。

征求意见稿包括总则、能源战略和规划、能源开发与加工转换等十一章，拟设立的法律制度主要有七个方面。一是通过战略、规划统筹指导能源开发利用活动，推动能源清洁低碳发展；二是科学推进能源开发和能源基础设施建设，提高能源供应能力；三是以保障人民生活用能需要为导向，健全能源普遍服务机制；四是全面推进科技创新驱动，提升能源标准化水平，加快能源技术进步；五是支持能源体制机制改革，全面推进能源市场化；六是建立能源储备体系，加强应急能力建设，保障能源安全；七是依法加强对能源开发利用的监督管理，健全监管体系，推进能源治理体系和治理能力现代化。

征求意见稿明确了我国能源发展的战略和体系。能源开发利用应当与生态文明相适应，贯彻的新发展理念，遵循推动消费革命、供给革命、技术革命、体制革命和全方位加强国际合作的发展方向，实施节约优先、立足国内、绿色低碳和创新驱动的能源发展战略，构建清洁低碳、安全高效的能源体系。

征求意见稿多次强调能源结构优化。第一章“总则”中，明确优先发展可再生能源，安全高效发展核电，提高非化石能源比重，推动化石能源的清洁高效利用和低碳化发展。第三章“能源开发与加工转化”中进一步明确，国家鼓励高效清洁开发利用能源资源，支持优先开发可再生能源，合理开发化石能源资源，因地制宜发展分布式能源，推动非化石能源替代化石能源、低碳能源替代高碳能源，支持开发利用替代石油、天然气的新型燃料和工业原料。

针对化石能源，征求意见稿指出，国家对特殊、稀缺煤种实行保护性开采，鼓励煤层气的优先开采和煤矿瓦斯的抽采利用；鼓励致密油气、页岩油、页岩气、煤层气等非常规、低品位油气资源的经济有效开发。在保护性开发的前提下，允许符合准入要求的市场主体参与油气勘查开采。

针对非化石能源，征求意见稿明确，国家将可再生能源列为能源发展的优先领域，制定全国可再生能源开发利用中长期总量目标以及一次能源消费中可再生能源比重目标，列入国民经济和社会发展规划以及年度计划的约束性指标，并分解到各省、自治区、直辖市实施。国家建立可再生能源电力消纳保障制度，规定各省、自治区、直辖市社会用电量中消纳可再生能源发电量的最低比重指标。国家实行可再生能源发电优先上网和依照规划的发电保障性收购制度。电网企业应当加强电网建设，扩大可再生能源配置范围，发展智能电网和储能技术，建立节能低碳电力调度运行制度。

征求意见稿还提出扶持农村能源，完善能源开发利用生态补偿机制，建立和完善能源相关税费制度，建立能源行业信用体系，构建以信用为基础的新型能源监管机制等。

# 《能源法》征求意见，争议问题有了初步结论

中国能源报 2020.4.20

近日，国家能源局就《中华人民共和国能源法（征求意见稿）》（下称“新版《能源法》”）再次向社会公开征求意见。这是该法第二次公开征求意见，第一次是已经撤销的原国家能源领导小组办公室组织的，时间是2007年12月3日。

两次公开征求意见相隔13年，这在我国立法实践中并不多见。我们相信，这与近年来的能源改革有很大关系。我国改革开放多年来使用最多的一种立法方式是，对于改革还在深入的领域，立法时给改革留出空间，为先行先试、探索经验留路子；对实践证明已经比较成熟的改革经验和行之有效的改革举措，及时上升为法律。能源立法工作也是如此。在改革探索阶段，各方认识难免不一，很难就能源法达成一致；经历实践检验后，各方容易达成共识，用法律确认改革成果也就水到渠成了。因此，新版《能源法》实际上是对我国能源改革经验、改革举措的总结，集中反映了包括国家发展改革委、国家能源局在内的起草单位的共识——至少是现阶段的，揭示了我国能源改革、发展的方向。可以说，公开征求意见本身就具有宣示能源改革成果的意义。

研读新版《能源法》，特别是与2007版相比，能够发现不少曾经引发讨论甚至争议的问题都有了初步结论或解决思路。

## 能源市场化 确立改革方向

能源属于关系国计民生的基础性行业，大多离不开固定区域、特定输送管网，具有自然垄断属性，“计划”“垄断”一直是我国能源的主要特征，电力、石油、天然气甚至被称为“计划经济的最后堡垒”。能源改革是坚持计划为主，还是走向市场，实践中一直存有不同程度的争议，即使是在中央文件对于能源改革的市场化方向已经明确的情况下，这种争论也始终在一定范围内存在。

新版《能源法》为这一争论彻底划上了句号。该法在总则中即明确提出“能源市场化”的原则，“国家坚持发挥市场在资源配置中的决定性作用，构建有效竞争的市场结构和市场机制，在竞争性领域形成主要由市场决定能源价格的机制，建立有效的能源监管体系”（第十四条）。同时，专设第五章“能源市场”规定能源市场的主体、目标、价格机制、市场监管等问题。可见，“能源市场化”已是共识，即将以法律的形式确认下来，这标志着能源领域计划与市场的争论将划上句号，为能源市场化改革的进一步深化奠定基础。

## 区别对待不同业务垄断和竞争并存

垄断是市场经济的天敌。破除垄断、公平竞争是能源市场化的必然要求。由于能源领域存在输送管网等自然垄断，集产供销于一身的垂直一体化的独家垄断经营曾被视为最佳模式，在我国电力、石油行业长期存在。近年来的改革，则是在区分垄断环节与竞争环节、垄断性业务与竞争性业务的基础上，实行切分，针对不同环节施以不同的对策：一方面，承认

并保持垄断环节的存在，对垄断性业务加强监管；另一方面，放开竞争性环节，让竞争性业务走向市场。“管住中间，放开两头”，就是这一原则的具体体现。以石油天然气行业的改革为例，输送管网属于自然垄断环节，生产、销售属于竞争性环节。解决思路是实行网运分开，石油天然气管网公司独家负责管网的投资、建设、调度、运行，但不得从事油气生产、购销；生产、销售等竞争性环节则完全放开，向社会开放。

可见，在垄断与竞争的问题上不搞一刀切，而是根据业务特点区别对待，是改革实践取得的重要经验，于是新版《能源法》将其上升为法律，明确“能源领域的自然垄断性业务与竞争性业务应当分开经营”（第六十四条）。

#### **破除所有制限制向民营、外资全面开放**

2007版《能源法》曾对民营资本、外资进行限制，规定“国有资本关系国家安全和国民经济命脉的能源领域，实行国有资本控股为主的投资产权制度”（第十六条）。但随着我国改革的进一步深化和对外开放的扩大，这一限制已具备了取消条件。因此，新版《能源法》明确，“从事能源开发利用活动的投资、经营和管理主体应当公平竞争，其合法权益受法律保护”（第十四条），“鼓励各类投资主体依法平等参与能源开发利用活动和基础设施建设”（第六十四条）。这意味着，不再区分所有制，能源领域向民营资本和外资全面开放。

#### **监管模式不变发改委、能源局各司其职**

在能源监管的问题上，是“政监合一”还是“政监分离”，一直有不同意见。我国历史上曾实行过不同模式，比如当年的国家电力监管委员会就是政监分离的探索。新版《能源法》并未提及政监分离，而是授权给了国务院能源主管部门，也就是国家能源局。明确“国务院能源主管部门依照本法和国务院规定的职责对全国能源开发利用活动实施监督管理”（第十六条）。对于能源监管的具体问题，则明确“能源监管条例由国务院制定”（第九十条）。

在发展改革委与能源局的分工上，新版《能源法》基本沿用了发展改革委主要管规划、管价格的现有模式，规定“全国综合能源规划由国务院能源主管部门组织编制，经国务院发展改革部门审核后报国务院批准实施”（第二十四条），“全国分领域能源规划由国务院能源主管部门会同国务院发展改革部门，依据全国综合能源规划组织编制和实施”（第二十五条）；作为监管核心的能源价格成本监审，由“价格主管部门按照规定开展”（第六十七条）。

#### **完善消纳保障措施优先发展可再生能源**

在已经制定《中华人民共和国可再生能源法》，获得专门立法保护的情况下，新版《能源法》再次将可再生能源摆在了突出重要的位置：统计数据显示，“可再生能源”在该法中出现高达24次。

新版《能源法》围绕“消纳”难题进行制度设计，提出了可再生能源目标制度、强制消纳保障制度和消费管理政策等具体措施，明确政府、企业、个人的责任。规定“制定全国可再生能源开发利用中长期总量目标以及一次能源消费中可再生能源比重目标，列入国民

经济和社会发展规划以及年度计划的约束性指标，并分解到各省、自治区、直辖市实施”（第四十四条）。“规定各省、自治区、直辖市社会用电量中消纳可再生能源发电量的最低比重指标。供电、售电企业以及参与市场化交易的电力用户应当完成所在区域最低比重指标”（第四十五条）。“鼓励单位和个人购买可再生能源等清洁低碳能源”（第六十三条），上述一系列措施具有很强的操作性，必将有助于从根本上解决可再生能源的消纳难题。

对于发电补贴政策，则授权国务院有关部门“根据交易情况相应调整”（第四十五条），这意味着补贴将是动态的。

#### **健全普遍服务机制保障公民基本用能权**

交叉补贴问题是能源领域的顽疾，在电力行业表现得尤为突出，已成为电力体制改革的绊脚石。普遍服务机制是解决交叉补贴、保障公民基本用能权的必然选择。

新版《能源法》提出，“国家健全能源普遍服务机制，保障公民获得基本能源供应与服务”（第十二条）；要求电力等能源供应企业承担普遍服务义务（第五十八条），否则，造成用户经济损失的，要处以罚款（第一百零九条）；至于备受关注的能源普遍服务补偿的具体办法，则采取了授权的方式，“由国务院能源主管部门会同国务院财政部门、价格主管部门等有关部门制定，报国务院批准后公布施行”（第五十八条）。

#### **输送管网无歧视开放保障市场主体公平接入**

在允许输送管网垄断经营的同时，必须加强公平开放的监管，防止经营者利用垄断地位侵犯其他企业和消费者的合法权益。

新版《能源法》规定，“电网、石油天然气管网等能源输送管网设施应当完善公平接入机制，依法向符合条件的能源生产、销售企业等市场主体公平、无歧视开放”，强调“任何单位和个人不得限制市场主体按照国家有关规定申请接入能源输送管网”（第五十三条）。同时，对管网公平开放的监管措施、违反公平开放的法律责任做出规定，“对责任方按日处以经济损失额二倍以上五倍以下的罚款”（第一百零九条）。

#### **实现更大范围跨行业标尺竞争有助改革经验快速移植**

除上述内容外，新版《能源法》在很多方面都进行了明确。包括：对火电不是一概否定，而是提出发展清洁、安全、高效火力发电以及相关技术；在能源“远方来还是身边取”的问题上，提出“坚持集中式和分布式并举、本地消纳和外送相结合的原则发展风电和太阳能发电”，对农村不是一味要求能源输送网络的全面覆盖，而是鼓励城镇和农村“就地开发利用可再生能源，建设多能互补的分布式清洁供能体系”；明确对跨境能源基础设施的监管；提出能源审计，要求培育专业咨询机构、专业人员，等等。

同时，另一个潜在影响或许更值得期待。新版《能源法》让不同能源行业、不同能源企业处在同样的法律规范之下，实现了更大范围的跨行业标尺竞争，“对标”将有助于改革经验的快速移植，如电力改革可以借鉴石油天然气“网运分离”的经验，这对能源改革而言无疑是巨大利好。（展曙光）

## 行业步入微利时代 资金压力日益凸显

### 新能源企业抢滩 IPO

中国能源报 2020.4.20

#### 核心阅读

风电、光伏等新能源企业热衷 IPO，根源在于“钱荒”。随着新能源政策不断调整，企业受到的融资待遇冷热不均，融资难的问题日益突出。同时，这反映出新能源产业发展周期有见顶迹象，企业急于变现。

新能源“平价”节点日益临近，风电、光伏项目建设如火如荼。除了工程现场的火热外，资本市场同样火热。近来，风电、光伏企业纷纷加速跑向资本市场。

记者梳理发现，今年以来，已有中国三峡新能源集团股份有限公司（简称“三峡新能源”）、晶科电力科技股份有限公司（简称“晶科电力”）、新天绿色能源股份有限公司（简称“新天绿能”）、洛阳新强联回转支承股份有限公司（简称“新强联”）、中国纳泉能源科技控股有限公司（简称“纳泉科技”）、浙江省新能源投资集团股份有限公司（简称“浙江新能”）、苏州赛伍应用技术股份有限公司（简称“赛伍技术”）等十多家新能源企业正在或将要登陆资本市场。

业内专家认为，新能源企业“醉心” IPO，暴露出行业正在遭遇资金不足之困，新能源行业发展或将迎来微利时代。

#### 企业纷纷加快 IPO 步伐

随着新能源补贴政策不断调整，越来越多的新能源企业期望借力资本运作做大做强。今年以来，新能源企业纷纷加快了 IPO 步伐。

仅 4 月 10 日一天就传来两条消息：上能电气股份有限公司（简称“上能电气”）正式登陆深交所创业板；证监会核准了湖南宇新能源科技股份有限公司（简称“宇新能源”）首发申请。这仅仅是新能源企业热衷上市的一个缩影。

特别值得注意的是，并非所有企业都可以登陆 A 股主板。不少新能源企业采取了“鲤鱼跃龙门”的“迂回战术”，即借助“创业板”“新三板”等寻找机会再转主板。

以从事风电服务产业的中际联合（北京）科技股份有限公司（简称“中际联合”）为例，该公司 2014 年在新三板正式挂牌转让，近日公告称，拟在主板上市。这正是不少新能源企业的上市路径。数据显示，新三板上市公司超过 11000 家，仅涉及光伏产业的企业就达 100 家以上。

“近年来，新能源产业发展的迅猛之势有目共睹，新能源企业上市后市场表现总体良好。”著名经济学家宋清辉对记者表示，“上市对企业发展起到巨大的推动作用，但一部分核心竞争力较弱的企业，上市融资恐怕难达预期。在上市过程中，企业需要注意产能过剩、公司巨额存货带来的跌价损失等问题，这些问题很有可能导致 IPO 进程受阻。”

## IPO 背后或是“钱荒”

既然进军资本市场之路并非一马平川，缘何风电、光伏等新能源企业对 IPO 充满热情？

纵观行业发展，近几年我国新能源产业快速发展，新能源企业如雨后春笋，其业绩也呈现爆发式增长。而快速成长之后，问题也开始显现。有的公司业绩增速进入瓶颈期，同时偿债压力骤增；有的企业疲于应对市场竞争，不断“跑马圈地”扩产能；有的企业现金流日趋紧张，项目建设资金开始捉襟见肘。

业内人士普遍认为，当前，风电、光伏企业热衷 IPO，主要和补贴政策退坡有关，一旦没有了财政补贴支持，新能源企业将面临资金不足的问题。

从企业招股书看，也可窥见一二。三峡新能源招股书称，拟募集资金 250 亿元投入海上风电项目；浙江新能招股书显示，拟公开发行不超过 4.6 亿股，募集资金主要用于浙能嘉兴 1 号海上风电场工程项目及偿还借款及银行贷款；赛伍技术招股书称，募资 6.74 亿元用于发展年产太阳能背板 3300 万平米等项目；新强联上市拟公开发行不超过 2650 万股，拟募集资金约 4.42 亿元，其中 3.22 亿元资金指向大功率风力发电主机配套轴承建设项目；上能电气募资金额 3.97 亿元将主要投资“高效智能型逆变器产业化项目”“储能双向变流器及储能系统集成产业化项目”“研发中心建设项目”“营销网络建设项目”，以及补充营运资金。

在宋清辉看来，风电、光伏新能源企业热衷 IPO，根源在于“钱荒”。随着新能源政策不断调整，新能源企业受到的融资待遇冷热不均，融资难问题日益突出，这是新能源企业频繁冲刺 A 股的主要原因。

以遭遇融资难的新天绿能为例，该公司产业规模已较成立之初实现几十倍的增长，而激进扩张让其存在一定的偿债压力。数据显示，2015 年底公司总负债为 180.38 亿元，2018 年底达 267.64 亿元，三年增加 87 亿元。在 H 股难以融资、负债急剧攀升、风力光伏发电业务面临补贴退坡等背景下，再投资建设河北建投丰宁森吉图风电场（三期）150MW 工程项目，从港股转战 A 股似乎是新天绿能更好的融资方式。

对外经贸大学公共政策研究所首席研究员苏培科认为，现金流对企业来说至关重要，现金流代表着企业的血液，其充裕与否决定企业兴衰存亡。不过，新能源企业“钱紧”只是一方面，这也反映出新能源产业发展周期有见顶迹象，新能源行业红利时代已是“过去时”，企业急于变现。虽然从 2015 年开始，我国资本市场整体表现黯淡，但并不影响企业 IPO “圈钱”。尤其是证监会再融资新规落地，条件全面放宽，更激发了诸多公司的融资热情。

“当然也不能一概而论，新能源企业 IPO 并非都是为了‘圈钱’，有的企业为规范公司治理结构，建立完善现代企业制度，借助上市谋求更大发展空间。”苏培科对记者表示，新能源企业上市，资源配置渠道更为多样，对有发展前景的企业更具优势。

## 过度 IPO 苗头已显现

据记者不完全统计，在我国资本市场上，新能源上市公司超过 220 家，风电概念上市公司约 100 多家，光伏概念上市公司超 120 家。在资本人士看来，从近几年新能源企业积极筹

谋上市的状况来看，已经出现过度 IPO 倾向。

苏培科对新能源行业发展也表现出担忧。他对记者直言，在补贴退坡的情况下，部分新能源企业将不具备市场竞争力。新能源企业一定要顺应行业发展趋势调整战略，逆势操作往往会造成不良影响或亏钱。

一位不愿具名的资深行业专家对记者表示：“曾经风光无限的新能源行业，其微利时代已经来临。政策补贴退坡后，我国新能源行业将进入新一轮调整期。”

苏培科建议，证监会应严格审核新能源上市公司，把资本市场流动性分配给有创新动能、具有真正技术含量或有隐性冠军潜力的企业，从而促进新能源行业的优胜劣汰。（苏南）

## 可再生能源“十四五”规划编制工作启动

中国能源报 2020.4.20

本报讯 4月15日，国家能源局发布《关于做好可再生能源发展“十四五”规划编制工作有关事项的通知》（下称《通知》）。

《通知》指出，“十四五”是推动能源转型和绿色发展的重要窗口期，也是陆上风电和光伏发电全面实现无补贴平价上网的关键时期。要充分发挥可再生能源成本竞争优势，坚持市场化方向，优先发展、优先利用可再生能源。

为此，《通知》明确提出，优先开发当地分散式和分布式可再生能源资源，大力推进分布式可再生电力、热力、燃气等在用户侧直接就近利用，结合储能、氢能等新技术，提升可再生能源在区域能源供应中的比重。通过提升既有通道输电能力和新建外送通道等措施，推进西部和北部地区可再生能源基地建设，扩大可再生能源资源配置范围。因地制宜推动生物质、地热能、太阳能等非电利用方式，显著提升可再生能源在北方地区清洁取暖中的比重。结合国家能源电力体制改革，完善可再生能源发展政策机制和市场环境，创新可再生能源发展方式，推动可再生能源与相关技术和产业融合发展的新模式、新业态。

此外，《通知》还特别强调要加快推进可再生能源技术装备和产业体系建设。以技术进步为核心，着力提升可再生能源装备制造能力，重点突破一批关键“卡脖子”技术问题，研究建立机构、企业和高校等共同构成的多层次可再生能源技术创新模式，培育具有自主知识产权的可再生能源产业体系。

根据《通知》，国家可再生能源规划编制的进度安排为：2020年4月上旬前，完成规划研究报告初稿。

2020年6月底前，结合各省（区、市）可再生能源规划研究成果，完成国家规划和地方规划的初步衔接。结合国家综合能源规划和分领域能源规划进展情况，完成可再生能源规划和相关能源规划的初步衔接。完成规划研究报告中间稿，通过座谈研讨等方式，听取吸收相关方意见，并持续论证完善。

2020年9月底前，持续做好国家可再生能源规划与地方规划、国家相关专项规划的衔

接。完成《可再生能源发展“十四五”规划研究》报告，同时组织专家进行评审验收，并进一步完善。

2020年11月底前，完成《可再生能源发展“十四五”规划（征求意见稿）》，向相关方正式征求意见。

2021年3月底前，形成国家《可再生能源发展“十四五”规划（送审稿）》，经合法性审查等程序后上报或印发。（刘澄谚）

## 区块链入选国家能源技术创新“十四五”课题

中国能源报 2020.4.27

**本报讯** 近日，由国网电商公司牵头申报的“区块链”技术在能源领域应用研究成功入选国家能源技术创新“十四五”规划及配套方案支撑课题，国家电投集团、中国石化、国网浙江电力、中电联电力发展研究院共同承担该课题。

国网电商公司立足技术创新推动能源行业转型升级，深刻分析区块链技术在提升能源行业多主体协同效率、实现能源产业链上下游间资源共享、优化业务流程等提升能源行业整体运行能力方面的价值优势，拟提出“平台+应用+生态”的“十四五”能源区块链应用发展体系。该体系通过构建以区块链公共基础设施为发展平台，以能源企业联盟链为重要抓手，以实验室和标准体系为应用保障，统筹推进区块链在能源互联网建设的应用，持续推动能源行业的转型升级。

下一步，国网电商公司作为该研究课题的牵头单位，将积极承担协调分工职责，全力开展该课题研究实施工作，确保该课题研究成果支撑能源技术创新“十四五”规划，进一步巩固区块链技术行业领先优势，通过区块链新技术基础设施助力能源行业高质量发展，推动区块链技术在互联互通、共享互济国际领先能源互联网建设中破局出新。（杜玥霞）

## 补贴绿色电力生产企业 能源转型取得明显成效

## 德国可再生能源占电力消耗量一半以上

人民日报 2020.4.28

新冠肺炎疫情期间，德国太阳能利用率大幅提高。德国联邦气象局表示，当地时间4月20日，德国光伏电站发电量达到约3.2万兆瓦，创历史新高纪录。德国联邦能源与水业协会日前也发布数据称，2020年第一季度，德国可再生能源发电量占总电力消耗量的52%，创历史新高。

近年来，德国积极推动能源转型，大力发展可再生能源。2010年，德国联邦政府发布《能源概念》文件，提出德国到2050年的能源转型长期发展目标。2017年，德国《可再生能源法》出台了一系列新规，采用招投标模式来确定可再生能源补贴额度。2019年3月，

德国联邦政府宣布成立气候保护内阁委员会，由总理默克尔直接领导，旨在推动相关立法，实现气候保护目标。当年9月，联邦政府出台了“气候保护计划2030”，并宣布计划拨款400亿欧元帮助德国传统煤炭产区在2038年之前实现可持续经济转型。

德国能源转型已取得明显成效。2019年，德国可再生能源发电量首次高于传统化石燃料发电量。其中，通过风能、太阳能等可再生能源的发电量满足了全国近43%的用电需求，硬煤与褐煤发电量分别同比下降31%与22%。根据德国政府的能源转型目标，到2050年，德国可再生能源占电力消费比重将达到80%。

德国主要通过财政补贴等方式激励可再生能源大规模发展。德国政府自1991年开始对绿色电力生产企业提供补贴，目前的年补贴额已超过200亿欧元。在补贴带动下，德国成为全球新能源投资额最多的国家之一。

德国参与的欧洲碳排放交易体系中碳排放权价格上升也对能源转型发挥了积极作用。2019年，欧洲能源交易所的二氧化碳排放价格由此前的每吨低于10欧元上涨至每吨约24欧元。这使得二氧化碳排放量高的煤炭发电利润减少，与排放更少的燃气发电和享受补贴的可再生能源发电相比竞争力下降。

德国智库“Agora能源转型”发布的数据显示，2019年，德国碳排放量约为8.11亿吨，比1990年下降了约35%，体现出德国朝着实现2020年温室气体减排目标又迈进了一步。根据德国联邦政府制定的目标，到2020年、2030年和2050年时，德国的温室气体排放总量将较1990年分别减少40%、55%和80%—95%，最终实现温室气体净零排放。

能源专家认为，德国要进一步实现减排目标仍面临挑战。大排量越野车仍受到德国消费者青睐。清洁环保的电动车技术还不够成熟，配套基础设施不完善，电动车所占市场份额依旧不高，也导致交通运输领域的温室气体排放量仍处于上升状态。2019年，德国在建筑和交通领域没有大量使用可再生能源，使得电力供应领域取得的环保成绩黯淡不少。根据“气候保护计划2030”，德国将从2021年起在建筑和交通领域实施二氧化碳排放定价，向销售汽油、柴油、天然气、煤炭等产品的企业出售排放额度，价格为每吨二氧化碳10欧元，并于2025年增至每吨35欧元。（花放）

## 科技创新赋能新时代能源高质量发展

中国能源报 2020.4.27

### 核心阅读

当前，新一轮能源科技革命和产业变革正形成历史性的交汇期，我们必须牢牢把握新时代新特点和新需求，补短板，强弱项，增优势，通过能源技术革新培育壮大我国产业升级的新增长点，支撑我国能源事业高质量发展。

创新是引领发展的第一动力。坚持能源技术创新是践行“四个革命，一个合作”能源安全新战略的核心基础支撑。新时代，我国能源科技要紧跟国家战略需求，坚持问题导向和

目标导向，瞄准重大前沿领域加快布局，并强化体制机制有效配套，推进技术要素市场化配置，从而推动能源科技创新驱动发展的引擎高效运转。

### **新时代能源技术应紧跟国家战略需求**

“十三五”以来，我国能源科技创新取得了长足进步，“华龙一号”、蓝鲸系列、特高压建设等一系列大装备、大工程，打造了亮丽的中国名片；风电、光伏产业化技术水平平均处于世界领先地位；氢能、储能等新兴能源领域强势出击，实验室研究与产业化探索齐头并进；跟随“一带一路”脚步，中国能源企业通过承揽国际能源工程，实现了装备、标准走出去。

面向新时代，我国能源科技应紧跟国家战略需求，坚持问题导向和目标导向，补短板，强弱项，增优势，通过能源技术革新培育壮大我国产业升级的新增长点，支撑我国能源事业高质量发展的根本需求、发展需求和引领需求。

补强技术短板是解决我国能源技术装备自主化的根本需求。国际形势复杂多变，关键核心技术竞争成为国家竞争的关键所在。能源行业作为传统产业，技术思维惯性大、创新活力稍显不足，长期以来重应用轻研究，导致能源技术基础理论研究相对薄弱。能源短板技术装备主要存在于基础材料、关键元器件、工控系统等方面，这类研究涉及领域广、周期长、投资大、见效慢，需要进一步加大科技投入和政策支持。

全面提质增效是满足人民群众美好用能的发展需求。目前我国的能源利用效率水平仍然较低，能源碳排放是美国、欧盟、日本的总和，能源转型任重道远，资源压力、环境压力、减排压力亟需加强技术应对。清洁能源规模化发展还需进一步降本提效，积极提升市场环境下的竞争力。油气对外依存度高、煤电产能过剩、西部能源外送困难等不均衡发展问题亟需通过技术手段进行破除。不断涌现的用能新方式和个性化需求为能源技术创新带来了新的挑战和机遇。

抢占竞争先机是实现我国迈向能源科技强国的引领需求。我国进入“两个一百年”奋斗关键期，世界综合国力较量要求加快抢占科技竞争高地。能源是关系国民经济命脉的重要领域，能源科技创新必须担当起历史重任，着眼未来发展，重点在前瞻性、颠覆性领域密集发力、加速跨越，用科技力量引导、创造未来能源，从“跟跑者”“并跑者”转向“领跑者”，为建设科技强国提供有力支撑。

### **“不断丰富新时代科技创新内涵”**

新时代，技术创新日新月异，应用场景更加智慧多元，能源科技发展面临新使命和新挑战，需要与时俱进重新审视能源科技创新的内涵和重点，以“鼎新”带动“革故”，加快构建“清洁低碳、安全高效”的现代能源体系。

全方位保障能源安全。

保障能源安全是能源行业发展的底线原则，其内涵和要求在新时代背景下不断丰富。

在能源供应安全方面，在提高常规与非常规油气资源采收率的基础上，还应着力发展接替能源，从广义上来讲，包括但不局限于发展低成本高效率的煤制油、煤制气等技术，探索

核能工业供热、可移动电源热源等应用场景，拓展光热、生物质能、地热能利用空间，尤其加强深远海油气开采、风力发电等海洋资源利用，践行海洋强国战略。

随着大数据、云计算、物联网等现代信息技术在能源系统的推广应用，给能源系统带来了前所未有的网络安全挑战，网络安全建设成为重点。一方面，加快推进工业级芯片及控制系统的国产化应用，防患于网络末端；另一方面，加快建立智能主动防御网络安全体系，提升能源网络防护能力。

随着国际竞争日益激烈，能源部分关键核心技术装备受制于人的问题备受关注。亟需以实现关键核心技术自主可控为目标，加快布局基础性、前瞻性、颠覆性研究，系统梳理并制定短板技术攻关路线图，发挥新型举国体制优势集中攻关，力争在一定时期内取得突破。注重以国际化视野健全技术标准和知识产权体系，巩固技术优势，提高国际竞争力。同时做好应急预案，加强对断供、加税等突发事件的防范与应对。

#### 高标准支撑绿色转型。

为支撑我国 2030 年左右碳排放达到峰值、2050 年能源生产环节非化石能源占一次能源的比重超过 50% 等重大战略目标，加快能源绿色低碳转型是新时代建设美丽中国最紧迫的任务，需以高标准严要求持续优化提升。

2019 年可再生能源发电量占比 27.9%，但局部地区弃水、弃风、弃光现象仍然突出。随着可再生能源由辅助角色向主体角色转变，对新能源提出了主动支撑电网、高精度预测的技术需求。需加强对新一代电力系统特性和机理的认知，加强优化调度和智能控制，保持电网安全稳定运行的同时提升电网的资源配置能力。同时，不断优化储能本体能量密度、功率密度、使用寿命等性能指标，深挖并发挥其在源网荷各环节的支撑、调节潜力。

化石能源清洁转化利用是实现非绿色能源向绿色转型的重要途径。随着全球油品升级换代步伐加快，炼油业脱硫能力需进一步提升，以满足国际海事组织“限硫令”要求。继续发展碳捕获、利用和储存（CCUS）技术，从一次能源源头控排。对煤炭深加工过程进行烟气污染物脱除、有机废水净化等处理，满足环境和政策要求。

长期以来，我国能源行业“重输、次配、轻用”，消费侧技术、管理水平相对滞后，市政、居民、商业、交通等部门节能提效空间大。目前我国建筑能耗占全社会能耗的比例约为 1/3，通过户用光伏、热泵、墙体蓄热等手段，可实现建筑能源自产自销，加快打造“低碳建筑”、“零碳建筑”乃至“正能量建筑”。

#### 深度融合引领高效发展。

如果说传统能源效率的提升和成本的降低主要源于单一技术本身参数性能的迭代创新，新时代能源变革动力将更多来自多元化应用需求。

一方面，基于 5G、大数据、人工智能、区块链等先进信息技术的数字经济将加速对传统产业的融合与渗透，加快形成以技术创新、应用创新、模式创新为核心的新型经济形态。其意义不仅在技术上衍生智能电厂、智能油气田、智能矿山、智能电网等创新路线，推进能

源装备自动化、控制系统数字化、运行维护无人化、能源交易透明化、能源网络互联化，最终构建智慧能源系统新形态；更在于对创新主体、市场主体带来了更加包容、开放、友好的能源科技创新生态，通过数字基建推动信息成本下降和投资门槛降低，催生共建共享的业务形态，爆发出磅礴的生产力。

另一方面，要更加注重系统性提质增效。单一品种能源效率提升终将遭遇瓶颈，多能源品种跨界融合将打破技术、行业壁垒，盘活灵活性资源，实现能源系统效益最大化，为能源产业高效可持续发展提供了可行的思路。因地制宜打造综合能源基地，通过风光的互补、配套储能氢以及经过灵活性改造的调峰煤电进行系统集成优化，实现能源基地整体平稳出力；针对分布式能源规模化发展的趋势，通过虚拟电厂技术将独立分散的火电、可再生能源电源和储能储氢进行有机整合，统一协调，进一步提升清洁能源消纳能力；研究居民、工业、建筑、交通等领域电能替代与负荷灵活调节技术，运用智能感知、即插即用、数字孪生等技术手段，通过跨行业综合能源服务实现用能高效转换与供需互动。

#### **以打通能源科技创新链提升协同效率**

与发达国家相比，我国能源科技创新体系尚不完善，协作不够紧密，需进一步打破能源科技创新链管理和研究壁垒，实施科技创新与制度创新“双轮驱动”。

政府科技管理“分而有合”。在我国能源科技领域，科技部、相关部委、地方政府分工明确，却存在彼此分割、相互脱节的现象，需加强宏观统筹和战略协同。建议完善政府创新治理机制和顶层设计，加强行业内外、国家和地方科技资源的互联互通，推进科技创新思路、政策、机制上下配套、左右协调。提高相关行业主管部门在国家级重大科技计划、重点科技示范项目和创新平台建设中的参与度和贡献度，发挥部门优势实施分级分类指导。

创新主体“合而有分”。近年来，随着“产学研用”不断推进，创新主体联动协同有所提升，需进一步发挥新型举国体制优势，加强在关键核心领域的优势力量整合和集中攻关。与此同时，创新主体间应进一步明晰定位，在细分关键技术领域深化研究。高等院校、科研机构应充分利用优势学科和科研资源，加强源头知识创新。能源上下游企业更加靠近市场需求，在工程研发、装备制造、产业化应用等方面加大投入，发挥企业在技术创新中的主体作用。通过加强政策激励、市场激励、股权激励等体制机制保障，促进创新链各环节高效联动、互利共赢，营造健康友好的创新生态。

#### **着力推动市场与技术融合创新**

在我国，由于传统能源行业重资产的属性和国有企业的绝对主导地位，市场活跃度一直较低。随着能源转型加快，能源行业新模式、新业态不断涌现和壮大，市场在我国能源技术发展导向和资源配置中的作用日益突显。可再生能源补贴“退坡”已成定局，风电和光伏发电平价上网时代渐行渐近，可通过大容量风电机组、新型高效电池等技术更迭以实现降本增效，并研究发展混合发电、绿色制氢等新技术开拓市场。中国碳市场建设初见成效，据报道，深圳市碳排放权交易市场运行以来，煤电、气电碳排放强度在国内同类型机组领先水平

的基础上均有显著下降，将有效促进发电技术更新换代和可再生能源的发展。

同时，能源技术创新应更多地贴近新时代社会民生需求、市场需求，通过需求引导拓宽市场空间，催进商业模式迭代，调动投资积极性，建立良性循环。例如，通过区块链等技术加快构建公平、公开、公正的能源电力市场秩序，让市场主体充分分享能源发展的成果，从而支持和推动电力市场改革。再如，通过 V2G、共享储能、智慧建筑等技术或模式创新实现供需高效可靠互动，提高市场用户参与度与获得感，加快能源消费转型升级。

工欲善其事，必先利其器。科技创新这把国之利器将为新时代能源高质量发展持续提供活力补给，助生产转型，促消费升级，赋改革动能，为中国能源发展擎帆引航，为中国科技强国梦添砖加瓦。（项力恒 唐飞 李青芯）

## 国际可再生能源署发布报告

### 可再生能源有助经济复苏和增长

中国科学报 2020.4.30

本报讯（记者冯丽妃）受疫情影响，美国原油期货价格暴跌。这是否会影响可再生能源发展的势头？

日前，国际可再生能源署（IRENA）首次发布的《全球可再生能源展望》（以下简称《展望》）认为，能源系统的脱碳不仅可对短期经济复苏提供支持，还有助于推进以可再生能源为基础的能源转型，不仅能帮助实现国际气候目标，同时能促进经济增长、创造数百万个就业机会并且改善人们的生活质量。

该报告显示，为了实现能源系统的深度去碳化，虽然需要新投入约 130 万亿美元，但这类投资的社会经济收益将是巨大的。从现在到 2050 年，与常规情境相比，能源系统的转型能使全球 GDP 多增加 98 万亿美元，将使可再生能源产业的就业增加近 3 倍，达到 4200 万个，并推动能源效率相关就业机会增加到 2100 万个，电网灵活性相关就业增加到 1500 万个。

IRENA 总干事 Francesco La Camera 说：“各国政府面临着一项艰巨任务，那就是要在采取重大经济刺激和复苏措施的同时，控制住突发卫生事件。这场危机暴露出当前系统中根深蒂固的隐患。IRENA 的《展望》展示了这样的道路——将短期复苏目标与《巴黎协定》和《联合国可持续发展议程》的中长期目标保持一致，打造更具持续性、公正性和韧性的经济。”

“通过加速利用可再生能源，使能源转型变成更广大地区经济复苏的重要组成部分，各国政府可以实现多重经济和社会目标，在追求韧性未来的同时不让任何人掉队。”Francesco La Camera 说。

《展望》研究了能源系统的组成部分以及管理转型所需的投资策略和政策框架，探索了如何实现到 2050 年将全球 CO<sub>2</sub> 排放量至少减少 70%。此外，关于深入脱碳的新观点提供了实现净零排放和零排放的方法。以 5 个技术支柱（特别是绿色氢能和提高最终用途电气化）

为基础，可以促进化石燃料被取代，大幅降低重工业和难以脱碳行业的排放量。

《展望》指出了低碳投资的回报丰厚，如果将减少的健康问题和经济活动对环境的影响考虑进来，节约费用将比投资成本高出 8 倍。到 2050 年，保障气候安全的方案将需要累计 110 万亿美元的能源投资，而实现完全碳中和则需要再增加 20 万亿美元。

《展望》还介绍了全球 10 个地区的能源和社会经济转型方法。虽然转型方案各不相同，但所有地区的可再生能源使用率均有望提高。到 2050 年，东南亚、拉丁美洲、欧盟和撒哈拉以南非洲地区的可再生能源将在其总能源结构中达到 70% ~ 80%。同样，世界各地均将提高终端应用（例如供暖和交通）的电气化，东亚、北美和欧洲大部分地区均将超过 50%。所有地区的福利也将大幅提高。虽然化石燃料相关工作岗位减少，但能源部门的工作岗位有所增加。然而，整个经济体内各地区的新增岗位分布不均。虽然各地区 GDP 增长差异明显，但大多数地区都有望实现增长。

加强地区和国家的抱负对实现相互关联的能源和气候目标、提高社会经济福利至关重要。《展望》得出的结论是，国际、地区和国家各级都需要加强协调，并根据需要提供资助，包括资助最脆弱的国家和群体。气候投资平台旨在推动清洁能源的采用及相关投资。作为气候投资平台的合作伙伴，IRENA 将推进合作行动，帮助各国创造有利条件，促进投资可再生能源。

## 二、热能、储能、动力工程

### 双离子电池革新柔性储能

中国科学报 2020.4.1

当前，锂离子电池已成为便携式电子设备、电动汽车、可再生能源系统等领域的主要能源转换和存储设备。商用锂离子电池的能量密度虽然有所提升，但其制造成本较高，且不易回收，难以满足便携式电子设备、可再生清洁能源、电网调峰等领域对高能量密度、低成本、环保储能器件的性能要求。

近日，中国科学院深圳先进技术研究院（以下简称深圳先进院）集成所功能薄膜材料研究中心研究员唐永炳团队联合香港理工大学教授郑子剑团队，成功研制出新型硅—石墨双离子电池。

“该电池在上万次弯折过程中的单次压降仅为 0.0015%，在 10 C 倍率下循环 2000 次后的容量保持率高达 97%，在柔性储能领域展现出良好的应用前景。”唐永炳向《中国科学报》介绍说。相关论文目前已发表于《先进材料》（Advanced Materials）。

#### 从铝—石墨双离子电池说起

2007 年，唐永炳在中国科学院金属研究所获博士学位，随后在导师成会明研究员（2013 年当选为中国科学院院士）的推荐下，前往香港城市大学从事访问研究，并于 2013

年9月加入深圳先进院。

“成老师认为只有研发出新型高效低成本储能器件及其关键材料，才能真正促进钠、钾等非锂体系电池的发展。”唐永炳告诉记者，在成会明的指导下，他开始带领团队从事新型储能器件及材料的研究开发。2016年3月，唐永炳团队在《先进能源材料》上发表了第一篇关于铝—石墨双离子电池的研究成果。

此前报道的双离子电池，由于正、负极都采用石墨材料，石墨的振实密度较低，并且作为正负极的比容量都不高，导致双碳电池的能量密度较低。双离子电池的研究发展缓慢。

对此，唐永炳团队提出了活性材料/集流体一体化的设计思路。他介绍，相比现有传统石墨负极，铝等合金化型金属负极具有更高的理论比容量，在提高能量密度方面具有优势。“此外，铝具有优异的导电性和延展性，并且廉价且储量丰富，因此我们采用一体化设计的铝箔同时作为活性物质和导电集流体，构建了新型铝—石墨双离子电池。”

在后续的研究工作中，为了提高铝负极在新型电池中的稳定性，唐永炳团队还进行了铝负极的结构改性和界面调控，研发出三维多孔铝/碳负极、中空界面结构的铝负极、碳包覆纳米铝负极、活性材料/集流体/隔膜一体化电极、超快充放一体化柔性电池等。

“我们将这种一体化的设计新思路进一步拓展到不依赖于有限锂资源的钠、钾、钙基双离子电池体系，为发展新型高效低成本储能器件开拓了新思路。”唐永炳说。

### 联合攻关提升能量密度

目前，双离子电池的主要技术难点在于其工作电压较高（大于4.2伏），常规碳酸酯类电解液易氧化分解，造成电池充电效率降低。

“现在亟待设计研发高电压电解液体系，解决产气现象，并提升双离子电池的充电效率。”唐永炳说，“提高其能量密度的途径主要有两条，一是开发针对双离子体系的高容量正负极材料；二是研发高浓度电解液体系，减小电解液用量，从而提高能量密度。”

就负极而言，硅具有高理论比容量，且储量丰富，是提高双离子电池能量密度的理想负极材料。问题也随之产生，唐永炳团队发现，硅负极严重的体积膨胀问题制约了其在双离子电池中的应用。

尽管研究人员提出了纳米化、多孔结构、复合结构等多种改性方案，但多数采用金属材料作为集流体，硅负极与集流体之间的刚性界面接触造成界面应力集中，从而导致界面开裂甚至活性材料剥落，使得循环性能难以满足实际应用要求。

对此，唐永炳团队提出柔性界面设计策略，拟将硅负极构筑于柔性聚合物织物表面，从而对界面应力进行有效调控。他介绍道：“要实现硅负极在柔性聚合物表面的良好界面构筑，需要在二者之间设计具有良好导电性的界面缓冲层。”

郑子剑团队在柔性导电织物领域具有良好的工作基础，因此双方开展联合攻关。郑子剑团队主要负责柔性导电织物的制备研究，从而为硅负极提供柔性导电基底材料；唐永炳团队则以柔性导电织物为基底，开展柔性硅负极制备、电池组装、原位应力及电化学性能测试等

研究工作。

此外，目前唐永炳团队在高浓度电解液的研发方面也取得了阶段性突破，已研发出高浓度高电压电解液体系，有望进一步提升双离子电池的能量密度和稳定性。

#### 期望早日投入示范应用

近年来，唐永炳团队在能源材料化学领域，尤其是新型电池、柔性电池、新型正极材料等方向开展了一系列研究工作。除了前文列出的相关研究成果，该团队还采用多离子杂化策略，通过引入少量具有高动力学性能的离子，提升了钠、钾、钙离子等电池体系的倍率性能，为改善钠、钾、钙等新型电池体系的动力学性能提供了新的解决思路。

此外，为发展高效低成本且环保的新型正极材料，唐永炳团队还率先开展了草酸盐体系、混合聚阴离子体系等新型正极材料的开发及其电化学反应机理的研究工作。

从目前的发展来看，双离子电池未来的应用领域主要在储能领域。唐永炳颇为看好双离子电池的未来，比如，家用储能、UPS、通信基站、分布式储能系统等领域。但他谨慎表示：“双离子电池未来的具体应用还要取决于技术成熟度能否满足相关领域的技术要求。”

当前，唐永炳团队已联合深圳本地大型企业逐步开展双离子电池的产业化技术攻关研究，并取得了预期进展，已进入中试验证阶段。随着双离子电池技术的不断成熟，他希望通过努力，未来三到五年，产品从小型储能系统应用示范逐渐扩展到其他储能系统的应用推广。（沈春蕾 丁宁宁）

## 锂电池固态电解质的锂离子传输机理揭示

科技日报 2020.4.21

科技日报讯（记者吴长锋）记者从中国科学技术大学获悉，该校马骋教授课题组用球差校正透射电镜直接观测到了一种奇特的非周期性结构，该结构尽管只有一个原子层厚，却能对锂离子的传输产生显著影响，从而成为除了晶界、点缺陷以外的又一类需要受到固态锂电池研究者密切关注的非周期性结构。研究成果近日发表在国际学术期刊《自然·通讯》上。

全固态锂电池因兼具安全性和高能量密度成为当前电池研究的热点，而成功构筑这一电池的关键在于找到合适的固态电解质。为了有针对性地设计具备高离子电导率的固态电解质，必须先充分理解其中锂离子的传输机理。

研究人员通过球差校正透射电镜对经典固态电解的观测，研究者发现了大量单原子层缺陷，并且这些缺陷相互之间会形成闭合回路。综合分析表明，尽管这些缺陷只有一个原子层厚，它的特殊原子构型却可以彻底阻止锂离子穿过。当这些缺陷相互结合形成闭环时，被封闭体积中的锂离子将无法逃离，而其外部的锂离子也无法进入，从而使得这部分材料实质上无法参与离子传输。电镜观测已证实该现象在样品中大量存在，这种固态电解质的离子电导率将因此下降约1—2个数量级。研究者把这种独特的非周期性结构命名为“单壁锂阱”。如果能减少甚至避免单壁锂阱的形成，离子电导率将获显著提升。

## 研究者利用微生物制造空气发电机

中国科学报 2020.4.1

近日，据《自然》报道，美国马萨诸塞大学阿姆赫斯特分校的研究者开发了一种新型发电设备，通过蛋白纳米薄膜利用空气中的水分发电。这项技术将对可再生能源、气候变暖和医学等领域产生巨大的影响。

马萨诸塞大学微生物学家 Derek Lovley 30 多年前在美国东部波托马克河的泥浆中发现了一种地杆菌属（Geobacter）的微生物，后来发现它能够生产导电蛋白质纳米线，并一直对其进行研究。此次，他与电子工程专家合作用地杆菌生产的蛋白质纳米线来制造有用的电子设备。多年研究后，他们设计出一种发电设备，称为“空气发电机（Air-gen）”，利用地杆菌产生的 7 微米厚的蛋白质纳米线薄膜，从空气中吸收水分，形成一个可自我维持的水分梯度，以这一水分梯度为驱动力，设备会产生约 0.5 伏的持续电压，电流密度约为每平方厘米 17 微安。

该空气大电机已经可以为小型电子设备供电，下一步计划开发为智能手表、身体健康监视器等可穿戴设备供电的设备，以及为手机充电的设备，而最终的目的是开发大型发电系统，比如应用到墙面漆中为家庭供电的空气发电机。（吴晓燕）

## “刀片电池”支持新能源汽车续航 600 公里

安徽科技报 2020.4.3

3 月 29 日，比亚迪在线发布新一代动力电池产品“刀片电池”。该公司宣称，通过独特的结构设计，“刀片电池”的空间利用率比传统电池包提升 50%，兼具超强安全性以及长寿命、长续航的优势。

“从电池的安全性、体积能量密度以及成本三个方面，‘刀片电池’应该说都具有比较好的优势。”中科院院士、清华大学教授欧阳明高评价说。

比亚迪集团董事长兼总裁王传福在发布会上表示，“刀片电池”最大的特点就是安全，比亚迪希望用“刀片电池”捍卫新能源汽车的安全底线。他还透露，搭载“刀片电池”的新能源汽车续航里程可达 600 公里，将于今年 6 月投产上市。

比亚迪股份有限公司副总裁何龙介绍，传统的新能源汽车电池先由电池组成电池模组，再组成电池包。由于存在大量结构件，整个电池包空间利用率只有 40% 左右。

“刀片电池”则将电池做成长条薄片形状，电池同时也是结构件。电池在装配时可跳过电池模组环节，直接组成电池包。这使电池包的空间利用率达到 60% 以上，比以往提升 50%。而空间利用率越高，体积比能量密度就越大。

何龙介绍，在安全方面，“刀片电池”通过了电池行业公认最严苛的针刺测试。这种测试要求用一根直径 3 至 8 毫米的钢针刺穿电池，观察电池是否着火、爆炸。发布会展示的测

试视频显示，“刀片电池”被刺穿时，结构完整稳定，未出现任何起火冒烟现象。

“电动汽车电池的安全问题，我们一般称之为热失控。”欧阳明高解读说，针刺实验是非常有效和严酷的一种热失控的测试方法。“刀片电池”之所以在针刺实验中表现优异，原因在于这种电池的结构设计使它发生短路时产热少且散热快。

欧阳明高认为，在设计和产品工程方面进行创新是未来新能源汽车电池的发展趋势之一，“‘刀片电池’就是一个非常好的例子”。（刘园园）

## 谐振光束实现无线充电新方案

中国科学报 2020.4.7

本报讯（记者黄辛）中科院上海光学精密机械研究所强场激光物理国家重点实验室与同济大学电子与信息工程学院研究人员合作，提出一种基于全固态激光器的谐振光束实现无线充电的新方案，并实现了2瓦电功率、2.6米无线能量传输。相关成果最近发表于《物联网杂志》。

随着物联网技术的发展，物联网设备的电量供给成为了制约物联网发展的障碍之一。物联网设备的电池容量和供电之间的矛盾也愈加显著。因此，为物联网设备提供随时随地无线能量传输的技术受到了研究者的广泛关注。但是由于技术限制，现有的无线传能技术均无法同时实现安全、远距离、高功率的无线能量传输。

为此，研究人员提出利用全固态激光的腔内光作为无线能量传输媒介的谐振光束充电技术，可以安全传输数瓦的无线功率到数米的距离。谐振光束充电技术具有本征安全性，传输通道内一旦有异物遮挡不仅可以自动切断能量的传输，而且传输通道外的生物不会受到能量泄露的影响。此外，谐振光束充电系统还可实现自动对准和同时多路输出。

研究人员建立了谐振光束充电能量传输通道的解析模型，并分析了谐振光束充电系统的连续、稳定运转条件以及工作距离内的能量传输效率；在实验和理论上对谐振光束充电系统的传输距离、传输效率、输出电功率等性能进行了评估。

研究人员表示，通过进一步提升谐振腔的可移动性，该技术有望广泛应用于手机等电子器件的远程无线充电中。

## 金属卤化物钙钛矿大幅提升锂电池循环稳定性

科技日报 2020.4.15

科技日报合肥4月14日电（记者吴长锋）记者14日从中国科学技术大学获悉，该校核化学与材料学院姚宏斌课题组与合作者合作，充分利用氯基金属卤化物钙钛矿宽带隙、成膜性好、制备简单等优势，开发出基于金属卤化物钙钛矿的梯度导锂层，实现了金属锂负极与电解液的隔离，大幅度提升了锂金属电池的循环稳定性。该成果日前发表在《自然·通讯》上。

金属卤化物钙钛矿因其带隙可调、缺陷容忍度较高、以及制备简单等优势成为近年来光电研究领域的热点材料。然而，与锂离子导体锂镧钛氧化合物具有相似空间结构的金属卤化物钙钛矿材料，其框架内的锂离子传导特性以及相关应用却少有研究。

研究人员发现，利用旋涂法制备的金属氯基钙钛矿具有容纳和传输锂离子的特性。锂离子可以插入金属卤化物钙钛矿的晶格中，并能够在钙钛矿/基底界面可逆地进行合金化/去合金化反应，在底部生成构成独特的钙钛矿-合金层梯度渐变结构。这种独特的钙钛矿-合金层梯度渐变结构有利于锂离子在电极上的均匀沉积/脱出。

此外，研究人员发展了方便的固相转印方法，将旋涂法制备的高质量氯基钙钛矿薄膜原位地转移到在锂箔表面，形成具有梯度结构的导锂层，实现致密的锂金属沉积和脱出，避免了锂枝晶生长和锂金属电极的粉化。最终电化学循环测试表明，即使在贫锂和有限电解液的严格条件下，循环 100 圈后容量仍保持在 80% 以上，而没有保护层的锂金属电池在循环 50 圈后容量已降低到初始的 40%。

该成果是金属卤化物钙钛矿材料在锂金属负极界面导锂层应用的首次尝试，将为新型固态电解质设计和高性能锂金属电池构筑提供更多的可行性思路。

## 纳米反应器助力提升锂硫电池性能

中国科学报 2020.4.21

本报讯（记者刘万生 通讯员石浩东）近日，中科院大连化学物理研究所研究员刘健团队与吴忠帅团队通过分子水平的设计，开发了一种硫化物催化剂修饰的纳米反应器，并将其应用于锂硫电池正极，获得了优异的多硫化物催化活性和循环稳定性。相关研究成果发表于《先进能源材料》。

锂硫电池具有较高的理论能量密度（2600 瓦时每千克）和理论比容量（1675 毫安时每克），被认为是一种有广阔应用前景的高比能电池。但由于在充放电过程中硫的转化反应动力学慢，导致硫的利用率不高、溶解现象严重，使得锂硫电池的容量偏低、循环稳定性差，大大限制了锂硫电池的实际应用。如何合理设计电催化体系，在高负载硫正极的条件下，高效稳定地实现多硫化物的催化转化，提高锂硫电池的容量和寿命，是目前锂硫电池应用发展的瓶颈之一。

研究人员从分子水平的设计角度出发，设计出一种硫化物电催化剂颗粒修饰的碳球纳米反应器，并将其应用于锂硫电池的正极，成功构建了高催化活性的硫正极复合材料。该纳米反应器质量密度低、孔隙率高，具有高度分散的电催化剂，显著提高了对多硫化物的吸附、催化、转化能力，在 0.5C 的电流密度条件下，容量保持 1070 毫安时每克循环 200 圈几乎没有衰减。这种纳米反应器结构的设计策略为研究纳米空间中的离子迁移扩散，构建高容量、长循环寿命的金属硫电池提供了新的思路。

# 动力电池回收体系建设再获政策支持

## 规范回收仍存诸多挑战

中国能源报 2020.4.6

力神大容量三元铝壳锂电池 1.9 元/块、宁德时代 234AH 三元动力锂电池 1.35 元起、汽车底盘拆下来的国轩 20A 铁锂动力电池 24 元/块……记者日前在二手交易平台“闲鱼”上随手一搜，呈现出来的动力电池回收乱象令人触目惊心。

随着动力电池“报废潮”的来临，进一步完善动力电池回收法律法规已刻不容缓。日前，工信部印发了《2020 年工业节能与综合利用工作要点》（下称《工作要点》），再次强调推动新能源汽车动力蓄电池回收利用体系建设，从回收、梯次利用以及溯源监管三方面下手，引导行业健康发展。

### 回收市场乱象仍存

据新能源汽车国家大数据联盟发布的数据，预计今年，我国退役动力电池累计约达 25GWh。国际市场研究机构 Markets and Markets 最新发布的研究报告也显示，预计 2019—2024 年，亚太地区的锂离子电池回收市场将以最高的复合年增长率增长，其中，中国作为电动汽车保有量第一的国家，更是储能等应用锂离子电池回收的最大市场之一。

此前，为更好地对退役电池进行规范性回收和处理，我国制定了动力电池回收企业“白名单”制度：凡是进入名单的企业均具有较强的处理废旧动力电池实力，以此减少报废动力电池对环境的污染。

但记者联系多位“白名单”企业的相关负责人后发现，由于市场不规范，“白名单”企业的回收量并不乐观。

“目前的动力电池回收市场仍存在大量乱象，比如电池的回收渠道还是价高者得，哪怕该企业并不在动力电池回收企业‘白名单’里。”资源强制回收产业技术创新战略联盟秘书长何叶告诉记者，目前的电池回收成本较高，行业想要健康发展就必须规范回收渠道，让电池价格回归正常，不再以竞价的方式进行回收。

在此背景下，《工作要点》指出，要从三方面推动新能源汽车动力蓄电池回收利用体系建设：首先，要深入开展试点工作，加快探索推广技术经济性强、环境友好的回收利用市场化模式，培育一批动力蓄电池回收利用骨干企业。其次，要研究制定《新能源汽车动力蓄电池梯次利用管理办法》，建立梯次利用产品评价机制。最后，要依托“新能源汽车国家监测与动力蓄电池回收利用溯源综合管理平台”，健全法规，督促企业加快履行溯源和回收责任。

“企业在电池回收中的主动性和责任感不强，或许与当下回收还未形成规模有关。因此，工信部今年提出要着重抓试点，培育一批骨干企业的做法，无疑将起到标杆和示范引领作用，让良性竞争促进行业健康发展。”有业内人士指出。

## “行业正进入规范化发展阶段”

“从规划政策、指导政策、具体政策三个维度看，目前国内动力电池回收行业正在进入规范化发展阶段。”中国电池联盟综合部主任杨清雨指出。

记者了解到，为规范行业，近年来，相关部门陆续出台了不少关于废旧蓄电池综合利用方面的政策和标准。比如，规划性政策有《节能与新能源汽车技术路线图》等；指导性政策有《关于加快新能源汽车推广应用的指导意见》等；具体性政策则有《新能源汽车废旧动力蓄电池综合利用行业规范条件（2019年本）》和《新能源汽车废旧动力蓄电池综合利用行业规范公告管理暂行办法（2019年本）》等。

“希望可以在动力电池大规模退役前建立具有一定成熟度的电池回收利用体系，建立以生产者责任延伸制度为依托的各环节高度配合的产业链条。这些政策对于指导废旧动力电池回收行业规范发展将起到重要作用，也可为新能源汽车的可持续发展提供重要保障。”何叶认为。

“未来，动力电池回收网络将向着多元化方向发展，车企自有渠道建设回收网络、第三方企业回收网络建设、车企与第三方合作建设回收网络等模式将并存。”杨清雨提到，“而回收处置等盈利环节的企业将会更加积极地参与回收网络建设，新建企业会逐步增加。”

但值得注意的是，虽然目前已有大量政策为动力电池行业的发展“护航”，但由于回收体系尚待健全完善，未来的回收产业仍将面临诸多挑战。

“最重要还是得从源头想办法，政策可以为行业发展提供一个良好的市场环境，但最重要的还是需要生产企业负担起责任主体的‘重担’，积极履行溯源和回收责任。”何叶坦言。

（黄珮）

## 分子筛膜“组合拳”破解节能减排难题

江苏科技报 2020.4.10

我国过程工业每年生产和使用的有机溶剂超过亿吨。如何降低有机溶剂生产成本、实现应用过程节能减排？南京工业大学获得2019年度江苏省科学技术奖一等奖的研究成果——“高性能分子筛膜规模化制备与膜分离脱水集成技术”，为解决这一难题提供了“组合拳”，使我国成为继日本、德国之后拥有该项成套技术的国家。

“降低有机溶剂生产成本、实现应用过程节能减排，迫切需要新型分离技术支撑。”该获奖项目团队负责人、南京工业大学国家特种分离膜工程技术研究中心副主任顾学红教授介绍，以分子筛膜为核心的膜分离技术，能够实现溶剂/水共沸体系的低能耗分离，避免污染物排放，促进溶剂生产和循环过程节能减排。

“分子筛膜就像一个筛子，能把不同大小的分子筛分开来，只不过筛孔很小，孔径小于1纳米。”顾学红解释，高性能分子筛膜规模化制备与膜分离脱水集成技术主要用于有机溶剂与水的高效分离，以取代传统的精馏技术。在国家863、973计划和国家自然科学基金及

江苏省成果转化专项资金等资助下，该项目以实现渗透汽化膜材料的自主研发与工业应用为目标，开展了一系列创新性研究，开发出具有自主知识产权的高性能分子筛膜规模化制备和膜分离脱水集成技术，膜产品渗透通量是国外产品的2倍以上，管式膜组件成本较国外同类产品降低20%，溶剂脱水分离能耗比常规方法减少50%以上，推动了分子筛膜的大规模工业应用，在全球首次实现了中空纤维分子筛膜的工程化。

据介绍，该研究项目促进了过程工业的技术升级，在化工、医药、可再生能源等领域具有广阔的应用前景。相关成果获中国授权发明专利26件、日本授权发明专利2件、欧洲授权发明专利1件、美国授权发明专利1件，软件著作权4件，发表学术论文26篇。

“项目成果已在10余种溶剂生产和回用中成功应用，推广工业装置200余套，产生了显著的经济和社会效益。”顾学红介绍，近两年该项成果已完成产品销售额1亿元以上，为统计的8家应用企业新增经济效益超9000万元，全部应用单位新增经济效益约20亿元。项目还产生了较高国际影响力，与美国、德国多家公司开展战略合作，产品应用到国际市场。  
(新华日报)

## “沐浴绵”式材料助推氢动车发展

参考消息 2020.4.20

【英国广播公司网站4月18日报道】题：“沐浴绵”研发突破可推动更清洁汽车的发展  
(记者 mate · 麦格拉思)

科学家开发的一种新材料可大大推动新一代氢动力汽车的发展。

这种材料就像沐浴海绵一样，能以较低的压力和成本容纳和释放大量氢气。

这种铝基材料由大量小孔构成，一克材料的表面积相当于一个足球场。

2017年，轿车、卡车、飞机和火车的二氧化碳排放量超过发电厂，成为美国温室气体排放的最大来源。

除开发电动汽车外，业界也在重点关注作为零排放汽车动力来源的氢气。

氢气为轿车和卡车中的燃料电池提供动力。如果氢气是利用可再生能源制备的，那它就是一种环保程度较高的燃料。

然而，氢动力汽车也存在一些缺点。

氢气极轻——在正常气压下，要携带1公斤氢气(可驱动汽车行驶100多公里)，需要一个容积达1.1万升的储气箱。

为了解决这个问题，人们通常在高压状态下——约700巴(约合7000万帕斯卡)——储存氢气，因此汽车单次可携带4到5公斤氢气，最多可行驶500公里。

这一压强水平是汽车轮胎中压强的300倍左右，需使用特制储气箱，这就导致汽车成本上升。

现在，研究人员认为，有了他们研发的新方法，就可在压力低得多的环境下储存大量氢

气。

研究小组设计了一种多孔新材料，称其为“金属有机结构”。

该产品名为 NU - 1501，以有机分子和金属离子为原料，这些分子和离子自行组合成高度结晶的多孔结构。

带头开展这项研究的美国西北大学教授奥马尔·法尔哈说：“它就像一块沐浴绵，但孔洞排列得非常有序。如果你泼水后用海绵擦拭，再次使用海绵时，你得先把里面的水挤出来。这种材料也一样——我们利用压力来储存和释放这些气体分子。”法尔哈还说：“因此，它的工作原理就像沐浴绵一样，不过其工作方式非常巧妙、经过编排。”

这种新材料的关键能力是，它不需要一个巨大的容器就能在压力低得多的环境下储存氢和其他气体。

法尔哈说：“我们可以在金属有机结构的孔洞中储存大量氢和甲烷，用比目前燃料电池汽车所需的更低的压力将其输送至汽车引擎。”

在为美国国防部研发用于保护士兵免受神经毒气袭击的吸附材料时，法尔哈的团队积累了经验。

这种新材料达到了美国能源部对替代燃料的车载储存和输送系统设定的严格要求。

但为进一步研发，科学家需要汽车制造商大力投资。

该研究论文发表在美国《科学》周刊上。(耿凌楠)

## “科技+产业+金融”共推成果转化 电涡流阻尼新技术应用前景广阔

中国科学报 2020.4.17

本报讯 4月15日上午，湖南大学“科技成果转化系列活动·院士专场活动”——“电涡流阻尼新技术产业化研讨会”在长沙市岳麓科创港举行。在新冠肺炎疫情防控期间，90余位现场来宾和近40位网络参会代表通过线上、线下同步的形式深入交流，共同探讨电涡流阻尼新技术的产业化进程，110多人观看了直播。

电涡流阻尼原创性新技术由中国工程院院士、湖南大学振动与冲击技术研究中心带头人陈政清率先提出，现已广泛应用于大型桥梁工程、建筑结构、电力工程等领域。陈政清在会上介绍，振动与冲击是多领域面临的共性问题，减振与缓冲设备是保证工程安全的必备品，传统的黏滞阻尼器易漏油、寿命短、维护成本高，TMD 调频质量阻尼器也存在连接复杂、灵敏度低、启动阻力大等问题。基于电涡流阻尼新技术开发的电涡流阻尼器具有无摩擦、无流体、全金属、长寿命、可控性强等优点，在结构振动控制与冲击缓冲设备领域具有独特优势。

迄今为止，由陈政清领衔开发的电涡流阻尼新技术成果已获得中国、日本、美国、欧盟等13个主要国家和地区的发明专利授权，并获国家科学技术进步奖二等奖2项、省部级一等奖8项，现已广泛应用于张家界大峡谷玻璃桥、厦深铁路榕江特大桥、江阴长江大桥、杭

瑞高速洞庭湖大桥、拉萨—林芝铁路藏木特大桥等铁路、公路桥梁，以及摩洛哥太阳能集热塔、上海中心大厦、深圳世界之窗仿埃菲尔铁塔等高耸结构和北京大兴国际机场、北京冬奥会国家体育馆速滑馆等大跨结构减振工程。目前，研究团队正积极推进该项新技术在大型机械、武器装备、轨道列车、涡流制动等领域的应用和开发，与相关企业合作开发的列车减振缓冲器、车辆悬架减振系统等都已进入产品中试阶段，应用前景十分广阔。

该校科技成果转化中心主任李飞龙介绍，科技成果转化采用“湖大+”特色模式，是为了构建“政产学研金服”的一体化、高效率的生态运营体系。通过科技界、产业界和金融界共同参与的“科技成果转化系列·院士专场活动”，向投融资机构和企业重点推介具有良好产业化前景的科技成果，旨在推动更高层次的交流和合作，促进市场资本深度融入高价值科技成果的转化，面向国家的战略需求，加快实现产业化。

活动吸引了中车集团、中建集团、中铁大桥、中国兵器集团、湖南建工集团、三一重工等31家大型企业所属单位和清科集团、盛世景集团、湖南高新创投、湖南省产业技术协同创新公司、阳光城集团等12家知名投融资机构的代表参会。（向鹏 李浩鸣）

## 研制出二氧化碳电还原高效催化剂

中国科学报 2020.4.21

本报讯（见习记者杨凡）近日，中国科学技术大学高敏锐教授课题组和俞书宏院士团队，设计了系列具有“富集”效应的纳米催化剂，结合流动电解池的合理设计，成功实现了二氧化碳到目标产物的高选择性转化。相关工作在线发表于近期的《德国应用化学》和《美国化学会志》。

二氧化碳转化技术不仅能够降低大气中的二氧化碳浓度，同时还可以得到诸多高附加值的碳基燃料。在现有的各种二氧化碳转化技术中，电催化二氧化碳还原技术具有可在常温常压下进行、能够实现人为闭合碳循环等优点，成为一种具有应用前景的方法。当前，通过更高效催化剂的理性设计与可控合成，实现二氧化碳电还原技术走向工业化应用成为研究重点与难点。

研究人员使用简单的微波热合成，通过反应参数调节，成功制备了3种具有不同尖端曲率半径的硫化镉纳米结构。模拟表明这种半导体材料尖端曲率半径减小会引起尖端附近的电场强度增大，从而增强钾离子在电极附近的富集。流动电解池测试表明，这种催化剂性能大大优于其他过渡金属硫属化物电催化剂。除了利用纳米多针尖的“近邻效应”实现对目标离子的富集外，研究团队进一步提出利用纳米空腔的“限域效应”来富集反应中间体，实现二氧化碳到多碳燃料的高效率转化。

以上研究表明二氧化碳电还原反应中催化剂纳米结构设计对催化性能的重要影响，纳米尺度“富集效应”可有效增强关键中间体的吸附，从而推动反应高效率运行。这种新的设计理念为今后相关电催化剂的设计和高附加值碳基燃料的合成提供了新思路。

据预测，2020年新建及改造的5G基站对磷酸铁锂电池需求量将达10GWh；到2025年，更将激增至155.4GWh

## 磷酸铁锂电池坐上5G“风口”

中国城市能源周刊 2020.4.20

今年，磷酸铁锂电池不仅在新能源汽车市场大火，其在5G基站场景中的需求也大幅攀升。

3月11日，中国铁塔股份有限公司（下称“中国铁塔”）发布《2020年备电用磷酸铁锂电池组产品集约化电商采购项目采购公告》，将招标采购2GWh磷酸铁锂电池组产品。较早之前，中国移动通信集团有限公司也发布公告，计划采购不超过25.08亿元的通信用磷酸铁锂电池共计6.102亿Ah（规格3.2V）。

公开资料显示，2020年新建及改造的5G基站磷酸铁锂需求量约10GWh。未来磷酸铁锂电池市场需求仍将持续增加。

业内人士指出，与4G基站采用的铅酸蓄电池相较，磷酸铁锂电池在安全性、循环寿命、快速充放等方面具备明显优势，可减少对市电增容改造的依赖，降低网络建设和运营成本，是目前最适合国内5G基站储能电池的技术路线。

“通信基站后备电源电池由磷酸铁锂电池逐步替代铅酸蓄电池是大势所趋。”中国化学与物理电源行业协会储能应用分会秘书长刘勇对此表示。

### 优势“碾压”铅酸蓄电池

5G基站应用场景中，磷酸铁锂电池的“压倒性”优势一直是业内公认的。

“从技术层面分析，磷酸铁锂电池循环寿命长、充放电速度快、耐高温性能强，能为5G基站降低运行成本、提升运行效率。”上海电气国轩新能源科技有限公司销售总监唐传文说。

他补充道：“一般铅酸蓄电池循环寿命为3—5年，充放电次数为500—600次，而磷酸铁锂电池循环寿命达10年以上，充放电次数为3000次以上，也就是说，在基站全生命周期内，如使用铅酸蓄电池，需要更换电池，而磷酸铁锂电池则无需拆换。”

对此，孟海星说：“虽然现阶段磷酸铁锂电池成本费用比铅酸蓄电池高1—2倍，但在5000次循环系统使用寿命下，磷酸铁锂电池成本费用仅为铅酸蓄电池的1/3。从长期运行经济效益来看，磷酸铁锂电池使用成本更低。”

不仅如此，较铅酸蓄电池而言，磷酸铁锂电池在充放电速度方面也更胜一筹。孟海星指出，磷酸铁锂电池充电速度是铅酸蓄电池的10倍，这将大大节省基站后备电源电池的充电时间。

据了解，作为储能电池，磷酸铁锂电池还可以将夜间的低谷期电储存，在白天高峰期放出，实现削峰填谷，进一步降低基站用电成本。

“此外，根据5G网络互联互通特性，基站后备电源电池也应向‘互联网+’属性发展，

实现智能化、自动化。”李璐慧说。

据唐传文介绍，磷酸铁锂电池的BMS（电池管理系统）可以监控整个电池系统设备，实现对后备电源中每一个电池性能的监控，用户只需动动手指就能轻松掌握每个电池的剩余电量和设备运行情况等，这与5G基站发展智慧化趋势高度契合。

在安全性能方面，铁塔能源有限公司四川省分公司副总经理李春园表示，磷酸铁锂电池温度失控度数较高，发生明火爆炸的情况较少，其安全可控性高，能够保障5G基站的安全运行。

### 获5G基站青睐需求激增

近日，工信部发布消息称，今年年底全国5G基站数量将超过60万个。据中国联通网络技术研究院无线技术研究部高级专家李福昌预计，建成后的5G基站数量将是4G基站的1.5—2倍。

“数量多，是5G基站的明显特征，除此之外，5G基站还呈现出集成度高、设备种类多等趋势。”中国铁塔相关负责人向记者表示，这些特殊属性使得5G基站对保证基站连续供电的后备电源电池也提出了更高要求。

“具体来讲，目前，多地已在陆续建设‘电力杆塔+5G’基站，其利用现有路灯杆、交通杆等设施建设5G基站，摆脱了以往‘铁塔基站’的固定模式，大幅缩短了建设周期，节省了5G基站建设投资成本与占地面积，是近两年多地青睐的基站建设新模式。”中关村储能产业技术联盟研究经理孟海星说，此类小型化、轻型化、密集型基站建设模式的应用潮流也正驱动着通信基站后备电源电池向能量密度更高、体积更小、重量更轻的方向发展。

而磷酸铁锂电池恰能满足5G基站特性，其密度高、体积小、重量轻，电池组供电电量大，被视为5G基站后备电源电池的最佳选择。“但早些年，磷酸铁锂电池价格为每瓦时3—5元，是同等规格铅酸蓄电池价格的3—5倍，所以大多数的通信基站选择使用更便宜的铅酸蓄电池作为基站后备电源电池。”孟海星坦言，随着磷酸铁锂电池技术的成熟和普及，其价格正逐年降低。中国移动近日发布的公告中就指出，磷酸铁锂电池每瓦时价格降低到1.3元。孟海星指出，突破了价格“大关”，磷酸铁锂电池在基站中的应用需求自然“暴涨”。

据上海电气国轩新能源科技有限公司市场总监李璐慧介绍，2019年以磷酸铁锂电池为主的储能锂电池出货量为11.6GWh（包括储能、通信后备电源、不间断电源等），而从2019年到2025年，5G基站对磷酸铁锂电池的需求量将达155.4GWh。

“磷酸铁锂电池在5G基站中的市场需求激增、市场前景广阔。”孟海星说。

中国铁塔相关负责人同时指出，在未来新建的5G基站项目中，仍将继续鼓励使用磷酸铁锂电池作为基站后备电源电池，推动磷酸铁锂电池在基站中的规模化应用。

### 回收处理限制规模商用

在采访中，上述专家均认为，尽管磷酸铁锂电池已在5G基站中广泛应用，其应用技术也已达到现有5G基站备用电池标准，但想要实现磷酸铁锂电池在基站中的规模化应用还有

待时日。

李春园说：“目前四川基站总数超过 13 万座，但使用磷酸铁锂电池的基站仅占总基站数量的 15—20%。”他补充道，现有铅酸蓄电池还没有全部退役，磷酸铁锂电池想要全部替换铅酸蓄电池至少还需 5—8 年时间。

孟海星还指出，磷酸铁锂电池的回收技术门槛高、回收流程复杂、回收价值有限等问题也限制了磷酸铁锂电池的规模化发展。

他补充道：“铅酸蓄电池回收工艺成熟，且其回收流程简单，具备一定的经济性；但磷酸铁锂电池组中除锂、铜回收价值较高外，其整体电池回收尚不具备经济性，回收工艺也不成熟。目前 5G 基站建设正全面铺开，届时需要超过 100GWh 磷酸铁锂电池，接近 8 亿吨的备用电池量该如何回收处理，目前尚没有明确方案。”

对此，唐传文指出：“磷酸铁锂电池回收处理问题亟待解决，相关部门应出台磷酸铁锂电池回收处理政策，以保证废弃的磷酸铁锂电池能得到妥善处置。”

此外，唐传文还表示，目前基站后备电源电池对电芯要求严格，希望其产品标准化体系能够尽快建立，推动磷酸铁锂电池市场化发展。（张金梦）

## 固态电池产业化之路多艰

中国能源报 2020.4.20

### 核心阅读：

目前几乎所有大型车企、领先的电池生产商都在持续推进固态电池的研发和产业化探索。部分企业研发的固态电池也表现出比锂离子电池更明显的优势。但很多成果实际上仍停留在实验室阶段，实现产业化还为时尚早。固态动力电池在安全性、生产工艺以及与汽车配套后的一致性上都有更高的要求，这些都是企业必须攻克的难题。

作为被业界看好的下一代新型电池技术，固态电池近年来热度不断攀升，在业内形成了一股新的投资热潮。

目前，固态锂电池技术公司辉能科技（下称“辉能科技”）对外宣布已完成近亿美元 D 轮融资，投资方包括中银投资和一汽产业基金，本轮融将用于固态锂电池的商业化落地和工厂建设。“我们今年预计完成 1GWh 车载固态电池产线的试车，2021 年开始量产，将比同行早 4—5 年时间。”辉能科技表示。

### 深受企业追捧

记者了解到，辉能科技成立于 2006 年，在 2013 年实现了固态锂电池的商业化量产，早期应用于消费电子领域，近年来应用于新能源汽车领域。今年 3 月，辉能科技对外发布了全新堆叠式固态锂电池（SSB）。资料显示，与平常使用的液体或凝胶聚合物不同，SSB 电池采用的是氧化物陶瓷电解质，可延长电池寿命，缩短充电时间，而且更加安全，不会发生火灾或爆炸。

“与目前使用的电动汽车锂离子电池相比，SSB 电池重量更轻、更节能、更安全，总能量密度提高了 29%—56%。”辉能科技公布的数据显示，目前，该企业的车载固态电池包能量密度已达 190 Wh/kg，预计在 2022 年可达 270 Wh/kg。

“我们研究固态氧化物路线已经超过 13 年，克服了材料瓶颈与量产工艺制备的挑战，创造出固态锂陶瓷电池芯、多轴双极电池包等独家专利技术，可同时解决电动车的安全问题和里程焦虑，而且使用寿命比传统锂电池长、可 5C 快充、耐高低温。”辉能科技创始人杨思相强调。

事实上，辉能科技并不是唯一一个推进固态电池的企业，目前几乎所有大型车企、领先的电池生产商都在持续推进固态电池的研发和产业化探索，其中包括宝马、奔驰、松下和三星等跨国企业，以及国内的宁德年代、比亚迪、国轩高科、江苏清陶等企业。

“没有一个厂商是完全不关注固态电池的。对于下一代新技术方向，每个有实力的厂商都会关注、研究，以保持竞争力。”中国化学与物理电池行业协会秘书长刘彦龙坦言。

### 技术和成本等难题待攻克

虽然从技术和性能方面来看，固态电池都极有可能成为三元电池之后电动汽车的主流选择，但从目前进展来看，由于其产业化条件仍未成熟，发展仍然面临着很多困难。

“在固态电池的开发上，我们应该考虑四个因素——电解质与电极之间的稳定化学界面、用于表征的有效工具、可持续的制造过程，以及可回收性设计。”作为从事固态电池研究的机构之一，加利福尼亚大学圣地亚哥分校近日发布了一篇论文，重点探讨了固态电池技术发展面临的四大挑战。

“需要注意的是，我们应该考虑如何同时应对这些挑战，因为它们都是相互关联的。如果我们要确保全固态电池的技术是可靠的，那就必须找到同时解决这些挑战的方案。”加州大学圣地亚哥分校雅各布斯工程学院的纳米工程学教授 Shirley Meng 指出。

除了技术难关需要攻克，业内还普遍认为，由于固态电池成本过高，如果想要实现批量化生产，与锂离子电池同台竞争，恐怕尚需不少时日。

“比如固态电解质能否实现快充这个问题，我认为如果用双核心技术，辉能科技的固态电池在能量密度上基本是等同于采用了相同的活性材料，即能够达到快充状况。”杨思相举了个例子来描述固态电池的高成本问题。“唯一的问题就只有固态电解质本身的价格了。”

### 多项进展尚停留在实验室阶段

记者注意到，为能够在下一代电池技术更迭时抢占先机，目前已有很多动力电池企业在积极研发与固态电池相关的技术，同时也获得了一定的突破。然而在产业化的问题上，业内普遍认为还是为时尚早。

“固态电池要想产业化还很难。”刘彦龙表示，目前很多企业的固态电池试验样本是做出来了，但大部分还处于实验阶段，能否达到车规级应用还有待考证。

比如三星日前发布了关于固态电池研究的最新进展，在困扰全固态电池量产的锂枝晶与

充放电效率问题上提出了解决方案。资料显示，使用该技术的电池在体积上会比相同容量传统锂离子电池缩小 50%，单次充电可达 800 公里续航，循环次数高达 1000 次。但记者注意到，这项技术目前仅在实验室中得到验证，短期内还无法投放市场。

同样表示无法量产的还有其他企业。辉能科技日前坦言，新研发出来的 SSB 电池，目前还难以实现大规模量产和应用。而宁德时代的一位电池开发负责人此前更是直言：“宁德时代的全固态电池还在开发中，也制作了样品，但要实现商品化，恐怕要到 2030 年以后。”

“固态动力电池在安全性、生产工艺以及与汽车配套后的一致性上都有更高的要求，这些都是目前企业想要发展固态电池必须攻克的难题。”有业内人士强调，只有把以上的问题都解决了，固态电池才能更好地迈入产业化。（黄珮）

## 今年新能源汽车标准化工作明确三大重点

中国能源报 2020.4.27

本报讯（记者黄珮）报道：工信部日前发布的《2020 年新能源汽车标准化工作要点》（下称《要点》）指出，在新能源汽车标准化工作方面，2020 年主要有三大重点：一是持续优化标准体系；二是加快重点标准研制，尤其是在电动汽车整车、燃料电池、动力电池、充换电等相关领域；三是深化国际交流合作。

“新能源汽车因其有着巨大的发展前景，技术也在逐渐成熟，通过标准化手段，可以提升产品质量，同时扩大应用提高产量降低成本——这些都离不开政策的支撑。”有业内人士指出。

“2020 年新能源汽车标准化工作，将深入贯彻实施发展新能源汽车的国家战略，秉承创新、融合、开放、合作的理念，持续优化标准体系，加快重点标准研制，深化国际交流合作，发挥标准对技术创新和产业升级的引领作用，支撑我国新能源汽车高质量发展。”《要点》指出。

记者注意到，今年的《要点》共分为三大板块。首先，要持续优化标准体系，其中包括加强标准顶层设计和制定标准工作路径。其次，要加快重点标准研制，与去年的电动汽车安全、电动汽车能耗、燃料电池电动汽车、充电设施及加氢系统、动力电池回收利用这五大领域相比，今年强调的是电动汽车整车、燃料电池、动力电池、充换电四大领域。

《要点》提出，在电动汽车整车领域，要完成纯电动汽车能耗与续驶里程、混合动力电动汽车能耗试验方法标准的制定。在燃料电池汽车领域，除了要加快燃料电池电动汽车加氢枪、加氢口等标准的制定，还要完成整车标准、整车试验方法标准，以及关键部件标准的立项。在动力电池领域，要满足动力电池安全试验方法标准的预研，加快动力电池电性能和循环寿命相关标准的立项等。在充换电领域，推动充电连接装置通用要求相关标准的修订，开展大电流充电测试验证工作等。

最后，《要点》还指出，要深化国际交流合作，不仅要积极参与全球技术法规协调、深

入参与国际标准制定，还提出要广泛开展国际合作交流等。

“标准化建设的进一步完善，对行业发展来说是重大保障，同时在技术创新和产业升级方面也起到了巨大的引领作用。”上述业内人士表示。

“与去年的文件相比，今年更加强调标准的顶层设计，除了制定标准工作路径以外，还提出将编制发布第三版《中国电动汽车标准化工作路线图》。从具体领域来看，提出的标准研制重点也比此前要求的更细化与深化。”一位动力电池企业的工作人员告诉记者，以上标准的制定都为新能源汽车产业融合的可持续发展提供了有力支撑。

但据记者了解，虽然目前我国每年都会针对新能源汽车的标准化问题进行完善，但当前我国新能源汽车产业及其上下游产业，仍面临着标准体系不健全、产业上下游衔接、关键技术有待突破等诸多难题。

以充电桩领域为例，其标准化的制定较之前有了明显深化。“在充换电领域，除了对充电桩的硬件做出了标准化要求，《要点》还提及了此前没有提过的开展大电流充电测试验证工作等细分领域，这些都对完善充电标准、推进该领域的细化内容具有积极意义。”某充电桩运营商告诉记者。

“在换电领域，我们认为标准化问题一直是制约其普及的重要原因之一。还有电池的标准化问题，现在各家路线都不一样，通用性、互换性很难。”北汽新能源汽车股份有限公司工程研究院常务副院长李玉军表示，标准化问题作为企业积极探索的问题之一，除了政策的支持，还需要行业的共同努力来协同发展。

“标准化是产业规范化、规模化发展的基础和前提。”上述动力电池企业的工作人员表示，《要点》对目前新能源汽车产业起到的更多是“护航”作用，“主要还是需要政府部门、科研机构、行业组织、企业等多方的共同推动，才能更好地促进行业标准化发展。”

## 新设计解决锂电池硅基阳极粉化难题

科技日报 2020.4.30

科技日报华盛顿4月28日电（记者刘海英）硅是目前最重要的半导体材料，但其应用范围远不止于此。美国能源部西北太平洋国家实验室研究人员设计了一种新颖的纳米结构，能够赋予硅非凡的强度，使其有望成为锂离子电池的阳极材料，成为石墨的升级版。研究人员在《自然·通讯》杂志上发表研究报告称，他们的成果是锂离子电池硅基阳极开发的一个飞跃，为其他类型电池材料设计提供了新的思路。

长期以来，石墨一直是锂离子电池的关键组成部分。这种碳导电且稳定，非常适合在充电时将锂离子填充到电池的阳极中。但随着对更高能量密度电池的需求不断增加，石墨基电极也需要升级，而硅被认为是一种很好的升级版材料。与石墨相比，硅可以吸收更多的锂，但问题是，硅在遇到锂时会大幅膨胀，可能会导致锂电池阳极破裂粉化。

为了克服硅基阳极粉化这一难题，西北太平洋国家实验室研究人员设计了一种新颖的纳

米结构。他们将细小的硅颗粒聚集到直径约 8 微米的微球中，形成一种相当于红细胞大小的分层多孔硅结构。这种结构就像海绵一样，内部有空间来吸收膨胀压力。研究表明，这种分层多孔结构具有出色的电化学性能、机械强度和结构完整性，可用于高性能锂离子电池阳极，其可容纳的电荷也是典型石墨基阳极的两倍。

研究人员表示，他们设计的纳米结构不仅可以满足硅基阳极各方面的性能要求，也适用于包括压延在内的标准工业加工程序，可以为其他类型电池材料设计提供新的思路。下一步，他们将努力开发更具扩展性和经济性的硅微球制造方法，以便进行商业化应用，最终帮助提高电动汽车、电子设备和其他设备中锂离子电池的性能。

## 《2020 年智能网联汽车标准化工作要点》发布——

### 智能网联汽车标准化再进一步

中国能源报 2020.4.27

#### 核心阅读：

“标准化作为智能网联汽车发展的前提条件，对于企业转型、行业发展，以及主动参与市场竞争都会有实际的促进作用，将助推智能汽车进入一个快速发展期。”

近日，工信部发布《2020 年智能网联汽车标准化工作要点》（下称《工作要点》），指出今年要形成能够支撑驾驶辅助及低级别自动驾驶的智能网联汽车标准体系，并建立智能网联汽车标准制定及实施评估机制。

“2020 年是完成智能网联汽车标准体系建设第一阶段目标的收官之年，也是下一阶段工作谋篇布局之年。”《工作要点》强调。

#### “政府引导的力度和强度前所未有”

中国汽车工程学会此前发布的《节能与新能源汽车技术路线图》显示，至 2020 年，我国汽车产业规模将达 3000 万辆，驾驶辅助或部分自动驾驶车辆的市场占有率达到 50%；高度或完全自动驾驶汽车在 2021—2025 年有望上市；2026—2030 年，每辆车都应采用无人驾驶或辅助驾驶系统，无人驾驶汽车热潮即将袭来。

“当前在全球新一轮科技革命和产业变革蓬勃发展之中，汽车与能源、交通、信息通信等领域加速融合，智能网联汽车作为产业融合创新的重要载体，正在推动汽车产品形态、交通出行模式、能源消费结构和社会运行方式发生深刻变革，具有广阔市场前景和巨大增长潜力。”中国汽车工程学会名誉理事长付于武表示。

在此背景下，我国政府频频出台政策，大力推动智能网联汽车的发展。2019 年底，工信部发布《新能源产业发展规划（2021—2035 年）》公开征求意见，明确提出到 2025 年智能网联汽车新车销量占比要达到 30% 的目标；2020 年 2 月，11 部委联合发布的《智能汽车创新发展战略》，强调了到 2025 年，中国标准智能汽车的技术创新、产业生态、基础设施、法规标准、产品监管和网络安全体系要基本形成。

4月16日，工信部针对智能网联汽车的标准化问题进一步加码。《工作要点》指出，2020年智能网联汽车的标准化工作，将以推动标准体系与产业需求对接协同、与技术发展相互支撑，建立国标、行标、团标协同配套新型标准体系为重点，促进智能网联汽车技术快速发展和应用，充分发挥标准的引领和规范作用，支撑我国汽车产业转型升级和高质量发展。

“近年来，国家出台了智能网联汽车的产业发展战略、产业发展规划、技术发展路线图，以及自动驾驶分级标准等，政府引导的力度和强度前所未有。”付于武指出，在智能网联创新发展的道路上，我们的态度是坚定的。

### 有望有效解决标准化滞后难题

记者注意到，与此前的政策相比，本次的《工作要点》更着重于强调“标准化”。“我国智能网联汽车产业发展迅速，但一些相关标准化工作相对滞后，《工作要点》的出台或将有效解决这一难题。”有业内人士告诉记者。

中国汽车技术研究中心中国汽车战略与政策研究中心此前发布的报告也指出，现行技术标准是基于传统汽车制定的，与智能网联汽车的本质矛盾，导致高级别自动驾驶功能无法上路使用，对智能网联汽车的发展形成了制约。

针对以上问题，《工作要点》提到，2020年希望完成标准体系阶段性建设目标。首先，加快完善智能网联汽车标准体系建设。实现《国家车联网产业标准体系建设指南（智能网联汽车）》第一阶段建设目标，形成能够支撑驾驶辅助及低级别自动驾驶的智能网联汽车标准体系，为实现支撑高级别自动驾驶的标准体系第二阶段建设目标提供基础保障。

其次，建立智能网联汽车标准制定及实施评估机制。根据产业发展情况，针对先进驾驶辅助系统、自动驾驶、信息安全、功能安全、汽车网联功能与应用等技术领域特点，有计划、有重点地部署标准研究与制定工作。同时，要实现智能网联汽车标准体系闭环管理与持续完善。

此外，工信部在2020年内还将推进产品管理和应用示范标准研制，并加快推进各类急需关键标准出台。具体来看，包括加大智能网联汽车产品管理所需标准的有效供给、发挥标准对产业重点需求及应用示范的支撑作用，统筹推进基础通用类与汽车智能化、网联化标准制定与加强行业协同和标准联合研究，从而促进提升我国智能网联汽车测试服务能力，并助力智能网联汽车技术应用和商业化进程等。

### 今年是智能网联汽车标准化建设关键一年

“2020年不仅是智能网联汽车发展的重要节点，更是其标准化建设的关键一年。”上述业内人士告诉记者，“智能网联汽车已成为未来汽车发展的主要方向，同样也是国际汽车产业未来竞争的重要阵地，加快标准化建设将对产业今后的发展具有重要意义。”

记者了解到，与去年侧重落实具体工作、加强法规与产业协同推进相比，今年的《工作要点》更侧重于加快完善智能网联汽车标准体系建设、建立智能网联汽车标准制定及实

施评估机制，强调整体总结、建立机制。

“在推进中国智能汽车发展的过程中，相关标准的缺乏一直是此前的难题。如今，伴随着各项标准的陆续制定和出台，这一问题正逐步得到解决。”业内人士告诉记者，随着每一年政策的实施，智能网联汽车标准化建设也得到了与时俱进的完善。

“标准化作为智能网联汽车发展的前提条件，无论是对企业转型、行业发展，还是主动参与市场竞争都会有实际的促进作用，也将助推智能汽车进入一个快速发展期。”全国乘用车市场信息联席会秘书长崔东树认为，只有充分发挥标准的引领和规范作用，才能更好地助力我国汽车产业在智能网联汽车方面抢占到一席之地。“积极落实《工作要点》提出的目标任务，做好标准化的一系列工作，才能更好地促进智能网联汽车技术快速发展和应用，支撑我国汽车产业转型升级和高质量发展。”（黄珮）

## 国内首个飞轮储能系统团体标准发布—— 飞轮储能有望从“小众”走向“大众”

中国能源报 2020.4.27

### 核心阅读

储能项目最重要的是应用场景。飞轮储能的自身特点决定了其在数据中心、电网调频等场景中具有显著优势。

在众多的储能技术路线中，飞轮储能被认为是“小众”技术，但以其安全、可靠、寿命长、环境友好等优势，目前正走出“小众”局限，迎来快速发展期，已在石油钻井、轨道交通、UPS 备用电源等领域投入示范应用。

日前，经过近两年的研究论证，中关村储能产业技术联盟正式发布国内首个飞轮储能系统团体标准 T/CNESA 1202 – 2020《飞轮储能系统通用技术条件》（以下简称《条件》），助推飞轮储能行业规范化发展。

### 从示范阶段迈向产业化阶段

据沈阳微控新能源技术有限公司储能研究院院长江卫良介绍，近年来，我国飞轮储能技术发展很快，在飞轮储能关键技术研发、生产制造和推广应用等方面都已取得突破性进展，应用场景也拓展到城市轨道交通能量回收、不间断电源保障、电力调频、微电网、脉冲功率电源等。

“飞轮储能技术直接服务于特高压、城际高速、新能源汽车充电桩、大数据中心 IDC 等领域。可以说，在技术驱动下，飞轮储能支撑着‘新基建’拉动经济社会发展的半壁江山。”梧桐树资本新能源新材料方向投资总监吴川认为，“我国飞轮储能正处于示范阶段迈向产业化阶段的过渡期，企业还需克服若干难点。需要正确理解、深入了解我国飞轮储能的场景需求，并进行相应的产品设计；需要建设批量化生产能力，完善品控能力，真正使飞轮储能产品走出实验室。”

一位业内人士表示，储能行业技术路线多，其中，抽水蓄能占比最高，近年来，电化学储能发展也非常迅速，但这并不意味着其他技术路线就没有机会。储能最重要的是看应用场景，飞轮储能具有快速充放电的特点，在数据中心等场景中具有显著优势。

江卫良指出，伴随飞轮储能产品走向产业化应用，面临的标准缺失短板，必须补齐。

### 标准制定正当时

目前，飞轮储能已在国外实现了产业化发展，在国内仍处于推广应用阶段。随着部分关键部件国产化提速以及规模化生产，飞轮储能成本有望大幅降低，市场化大门正在开启。在这一情形下，亟需制定相关标准规范。

《条件》的出台可谓生逢其时。江卫良认为，《条件》作为国内首个飞轮储能系统的团体标准，填补了相关领域的空白。该标准作为飞轮储能领域基础性标准，一方面可以给从事飞轮储能研发、设计、测试和使用的单位提供参考；另一方面也可以给后续相关的国标、行标和团标的编制提供参考和借鉴，有利于促进飞轮储能产业持续发展。

据介绍，《条件》规定了飞轮储能系统的一般要求、性能要求和试验方法。根据飞轮储能系统目前国内外的通用表述方式，同时参考电化学储能系统相关标准，明确了飞轮储能系统、相关设备、工作状态和性能参数的相关定义，特别是关于储能量、待机功耗和储能效率的相关参数，填补了目前行业空白，让飞轮储能行业对各项指标有了更加清晰、明确和统一的认识。

“《条件》虽然仅是团体标准，但意义非常重大。该标准规范了从业者对飞轮储能系统的设计和生产，为行业安全发展保驾护航。同时，该标准也积极宣传了飞轮储能，为业主选用飞轮储能产品提供了参考依据。”吴川解释说。

### 电网级调频市场潜力大

业内预计，随着市场应用场景拓宽和上下游配套产业链不断完善，飞轮储能系统成本还有很大下降空间。而成本下降，将助力其进一步打开潜在市场空间。

北京泓慧国际能源技术发展有限公司沈庆生表示，飞轮储能应以四个目标为基本发展方向：通过更有效地利用制动能量，提高能量使用效率；改善直流供电的稳定性；降低供电系统峰值功率要求；在供电系统断电时作为应急电源使用。

吴川认为，飞轮储能技术的细分赛道正是梧桐树资本新能源新材料基金进行重点布局的业务之一。“我国具备发展飞轮储能的土壤，工业基础较好，能够为飞轮产业化提供较好的基础技术和供应链支撑。更关键的是，我国飞轮储能潜在市场空间巨大。未来五到十年，国内有机会培育出世界级的飞轮储能公司。”

“具体而言，电网调频是一个千亿元级市场，这是我国特有的优势应用场景，国内尚没有成熟产品进行飞轮电网调频的示范。由于我国对辅助调频和独立调频的迫切需求，一旦示范成功，市场增速将会非常快。为此，飞轮储能行业要突破兆瓦级飞轮阵列技术，以适应这一市场的需要。”吴川表示。

## 背景链接

### 什么是飞轮储能

飞轮储能是一种机电能量转换的储能装置，突破了化学电池的局限，用物理方法实现储能。

该装置通过电动/发电互逆式双向电机，实现电能与高速运转飞轮的机械动能之间相互转换与储存，并通过调频、整流、恒压与不同类型的负载衔接。（韩逸飞）

### 三、生物质能、环保工程（污水、垃圾）

## 磷矿矿井水无害化处理及综合利用技术

中国自然资源报 2020.4.3

作为侵蚀基准面以下开采矿山，以矿井水处理为中心，根据磷矿山矿井涌水特点，基建阶段研究注浆堵水技术，降低矿井水量；生产阶段研究分阶排水技术，节能降耗，研究清污分流和井下多级沉淀技术，保证达标排放。

湖北省远安县燎原矿业公司苏家坡矿矿井水处理项目设计生产规模 80 万吨/年，投资 2000 万元，年回收低品位矿石 3.6 万吨，年降低成本 410 万元。通过注浆堵水，涌水量由 800 立方米/小时减少至 280 立方米/小时，每年可节约排水电费 346 万元。采用分段排水及清污分流技术，每年可节约电耗 63 万度，按 0.7 元/度算，可节约电费 44.1 万元。经过采区初级沉淀后，中央水仓及地表沉淀池水质改善，减少絮凝剂使用量和清淤费用，每年可节约 20 万元。宜昌磷矿逐步转向侵蚀基准面以下深部开采，矿井水处理问题将更加突出，如何在基建期治水，如何在生产期保证排水安全的前提下节能降耗，国内尚无系统的成功经验和案例借鉴，市场应用前景广泛。

## 新污水处理系统可有效去除有机污染物

中国科学报 2020.4.2

本报讯（记者唐凤）香港大学研究团队研发了一种新型污水处理系统，能将污水的化学混凝强化初级沉淀（CEPS）与污泥酸化发酵串联在一起，有效去除有害污染物，回收有价值的资源，例如可用作肥料的磷和其他有机物质（碳纤维和挥发性有机酸）。相关论文近日刊登于《水研究》。

目前，人们日益关注水环境中的新兴有机污染物。研究人员采集了 3 个污水处理厂各自处理过程中的污水和污泥样本，检测了其中类维生素 A 和雌激素类内分泌干扰物的水平。结果表明，这 3 个污水处理厂只能从污水中平均去除 57% 的类维生素 A 和 54% 的雌激素类内分泌干扰物。

而在实验室条件下使用新型污水处理系统，去除率平均高出 16% ~ 19%。CEPS 程序平

均可去除 65% ~ 80% 的类维生素 A 和 72% ~ 73% 的内分泌干扰物。CEPS 污泥酸化发酵后，从污泥上清液中进一步去除了 50% ~ 58% 的类维生素 A 和 47% ~ 50% 的内分泌干扰物。

这些结果表明，与传统的污水处理厂相比，将 CEPS 与污泥酸化发酵相结合的新型处理系统，可以更有效地去除污水中新兴有机污染物，从而减少它们对环境的影响。

此外，CEPS 处理系统比现有的污水处理系统更具成本优势，其成本不到生物污水处理（即活性污泥法）成本的一半，而 CEPS 污泥酸化发酵可以通过从污泥中回收有机碳和磷来进一步降低处理成本，同时去除更多的污染物。

研究人员表示，深圳在建的中试污水处理系统投入运作后，可进一步测试及提升系统的效能。

## 这些国家在建筑垃圾处理上为何走在前列？

### ——记德国、日本、新加坡高效回收利用的经验做法

中国环境报 2020.4.3

**本报综合报道** 建筑垃圾是社会发展的产物，同时影响着社会的健康发展。在中国，建筑垃圾产生的速度很快，体量也很庞大，在高效建筑垃圾资源化利用方面，还有很长的路要走。

在这方面，欧洲的德国、亚洲的日本和新加坡走在前列。在德国，人们对垃圾的认识是：一旦善加利用，垃圾也是资源；在日本，对“建设副产物”的分类多达 20 多种，按照类别科学处理；新加坡则注重制定绿色建筑的标准，从源头上减少建筑垃圾的产生。

#### 德国：“垃圾山”的变迁折射垃圾处理上的思维转变

汉堡易北河畔有一座人工山，绿树掩映之中，白色的风电叶片缓缓转动。谁能想到，数十年前，这里是二战轰炸建筑瓦砾的堆场，此后又被用于堆积工业废料和城市垃圾。

从上世纪 80 年代起，当地政府用塑料防水膜覆盖垃圾山，铺上最厚达 3 米的土层，种上植被。垃圾产生的沼气则收集起来转化为附近一家炼铜厂的部分用电来源。2011 年，垃圾山上安装了 8000 平方米的光伏发电系统，功率更高的风力发电机取代了老电机。两者产生的电力可满足 4000 户家庭的全年需求。垃圾产生的废液携带的热量也被收集起来，为办公室供暖。此外，山顶建成一条长 1000 米的长廊，成为人们观赏汉堡全景的最新去处。垃圾山成为汉堡的能源之丘、市民的景观公园。

汉堡垃圾山的今昔反映了德国对垃圾处理的思维转变。根据德国法律，建筑垃圾生产链条中的每一个责任者，都需要为减少垃圾和回收再利用出力。

建筑材料制造商必须将产品设计得更加环保和有利于回收。比如生产不同长度的板材，避免将来重新切割。建筑承包商（包括工程师、建筑设计师）必须把垃圾回收纳入建筑计划。比如多采用可回收建筑材料等。房屋拆迁工程商的责任最为关键。法律要求他们的拆除行为必须有利于建筑垃圾回收。在激烈的市场竞争下，拆迁商经常以很低甚至零价格从业主

那里得到合同，然后通过分解、回收和销售建筑垃圾获利。

目前，德国是建筑垃圾回收做得最好的国家之一，回收利用率达到 87%。

#### 日本：处理不同种类“建设副产物”的法律也不相同

日本对“建设副产物”的细分多达 20 多种，处理不同种类副产物适用的法律也不同。比如杂草等按一般垃圾处理，木材、建筑污泥等按建筑垃圾处理，金属等按产业垃圾处理，石棉、荧光灯变压器等有毒有害物质按特别管理产业垃圾处理，建筑渣土则不归入垃圾。

减少施工现场垃圾产生和尽可能再利用是日本处理建筑垃圾的主要原则。根据《建设副产物适正处理推进纲要》，建设项目的发包人和施工方有义务在建设过程中减少建设副产物的产生，建材供应商和建筑设计者有义务生产和采用能再生利用的建材。对能再使用的建设副产物应尽量再使用；对不能再使用的建设副产物应尽量再生利用；对不能再生利用的副产物则尽量通过燃烧实现热回收。

日本对建筑垃圾的生产、分类、处理有严格的流程管理。施工队要向建筑公司总部提交对工程可能产生的垃圾估算、分类再利用和最终处理的详细计划，并将结果报告保存 5 年。如果一家企业上一年产生的产业垃圾超过 1000 吨，则必须在当年 6 月 30 日前向当地都道府县知事提交垃圾减量的计划。

#### 新加坡：土地空间有限迫使政府必须提高回收利用率

对于建筑垃圾回收工厂，新加坡环境局通过出租土地的方式予以支持，这些工厂回收的建筑垃圾占据新加坡全部建筑垃圾回收份额的 80% 至 90%。为了最大程度地回收建筑垃圾，新加坡政府出台了建筑拆除行为准则，帮助建筑拆除承包商更好地规划拆除程序。

新加坡还注重从源头上减少垃圾产生，与之相关的政府措施包括绿色与优雅建筑商计划和绿色建筑标志计划等。前者是 2009 年推出的一项认证计划，从员工管理、尘土和噪声控制以及公共安全等多个方面对建筑从业者进行评分。后者始于 2005 年，这一认证专门针对热带地区的建筑，以评估建筑物对环境的负面影响及奖励其可持续发展性能为目的，考核的指标包括节能、节水、环保、室内环境质量和其他绿色特征与创新 5 个方面。

## 中科院青岛能源所发现细菌酸耐受性新机制

山东科技报 2020.4.3

本报讯中国科学院青岛生物能源与过程研究所咸漠和赵广带领研究组发现了一种大肠杆菌酸耐受性新机制，可以保证细菌在酸性环境下的正常生长。

据咸漠与赵广两科研人员介绍，该研究发现传感激酶 CpxA 可以通过组氨酸残基的质子化直接感应酸性环境，并激活其配对的调控蛋白 CpxR 来启动不饱和脂肪酸合成基因 fabA 和 fabB 的表达，最终提高细胞膜磷脂中不饱和脂肪酸的比例。细胞膜磷脂成分的变化会降低细胞膜的流动性和质子通透性，从而维持大肠杆菌细胞内部的 pH 不会受外界酸性环境的影响。

据了解，对于细菌来说在酸性环境中的生长能力至关重要。例如大肠杆菌和沙门氏菌等会在宿主消化道内定殖并引起疾病，而它们在侵染宿主的全过程中都要抵御外界的酸性环境：人的胃部呈强酸性（pH 1.5 – 2.5），被认为是宿主防御肠道致病菌的第一道屏障；而小肠内呈弱酸性（pH 4 – 6），大肠杆菌等会在这里快速繁殖并致病。目前已知的大肠杆菌酸抗性系统有五种，它们可以维持大肠杆菌在 pH 2 左右的环境中存活数小时，但却对大肠杆菌在 pH 4 – 6 条件下的生长毫无作用。

青岛能源所科研人员发现的这种酸耐受性机制在有机酸发酵领域也具有良好的应用前景。有机酸是一类重要的微生物发酵产品，然而高浓度有机酸的积累会造成发酵液 pH 的下降，严重抑制生产菌株的生长和后续生产，所以在发酵过程中必须添加碱液维持中性状态。前期研究中科研人员构建了生产 3 - 羟基丙酸的大肠杆菌工程菌株。将该酸耐受性系统导入到工程菌株后，无论是否调节发酵液 pH，都可以得到相似的细胞浓度和 3 - 羟基丙酸产量。这样可以大幅降低有机酸的发酵生产成本，提高有机酸生物合成过程的经济性。（王健高 刘佳）

## 生态环境部通报全国医疗废物、医疗废水处置和环境监测情况

1月20日以来全国累计处置医疗废物 25.6 万吨

中国环境报 2020.4.15

本报记者杜宣逸北京报道 截至 2020 年 4 月 11 日，全国医疗废物处置能力为 6062.4 吨/天，相比疫情前的 4902.8 吨/天，增加了 1159.6 吨/天。其中，湖北省能力从疫情前的 180 吨/天提高到了 667.4 吨/天，武汉市能力从疫情前的 50 吨/天提高到了 265.6 吨/天。自 1 月 20 日以来，全国累计处置医疗废物 25.6 万吨。

4 月 11 日当日，全国共收集处置医疗废物 3480.7 吨，其中定点医疗机构的涉疫情医疗废物 237.1 吨。湖北省收集处置 214.7 吨医疗废物。武汉市收集处置 121.9 吨医疗废物。

全国 31 个省（自治区、直辖市）及新疆生产建设兵团现有定点医院 2516 家，集中隔离场所 4757 个，接收医疗污水的城镇污水处理厂 2029 座。通过排查累计发现三大类 413 个问题，已全部整改完成。目前，全国医疗污水处理平稳有序，均严格落实消毒措施。

2020 年 1 月 20 日至 4 月 11 日，337 个地级以上城市空气自动监测结果表明，平均优良天数比例为 88.1%，优良天数比例比去年同期上升 7.3 个百分点。全国 PM2.5 平均浓度为 40 微克/立方米，同比下降 16.7%。1858 个国家水质自动站预警监测数据显示，与去年同期相比，I – III 类水质比例上升 7.7 个百分点，IV、V 类水质比例下降 4.2 个百分点，劣 V 类水质比例下降 3.5 个百分点。

累计对饮用水水源地开展监测 31368 次，未发现受疫情防控影响饮用水水源地水质情况。湖北省累计对饮用水水源地开展监测 1410 次，水质均达到或优于Ⅲ类标准。武汉市累计对饮用水水源地开展监测 171 次，水质均达到或优于Ⅲ类标准。

# 科学家“最想要”这种微生物

## 新发现被命名为“中科微菌”

中国科学报 2020.4.3

日前，中国科学院微生物研究所（以下简称微生物所）和生态环境研究中心（以下简称生态中心）的科研人员从污水处理厂发现了一种独特的微生物，它是全世界科学家“最想要”的28个活性污泥核心微生物类群之一。

“这种菌有助于消除污水中的氮、磷和各类有机污染物，为提升污水处理技术水平和发展新一代活性污泥工艺打下了基础。”近日，该研究通讯作者之一、微生物所研究员刘双江在接受《中国科学报》采访时说。

据介绍，该研究成果论文已获《应用与环境微生物》发表。这一成果是依托2017年启动的中国微生物组计划预研项目“中科院微生物组计划”而完成的。作为纪念，科研人员将该类微生物命名为“中科微菌”。同时，他们还将该类微生物的首个物种命名为“惠芳中科微菌”（以下简称“惠芳菌”），以纪念我国已故著名环境微生物学家杨惠芳先生。

### 广泛分布 代谢多样

污水处理厂的微生物是水净化的核心。包括中国在内全球城市污水处理系统的90%以上是采用活性污泥工艺，微生物是活性污泥有效清除各种污染物的“主力军”，每克活性污泥中有10<sup>12</sup>个微生物细胞。这些微生物与废水中的有机营养物形成了复杂的“生态网”。

活性污泥微生物组的复杂度远高于哺乳动物肠道微生物组的复杂度。最新研究和统计表明，活性污泥中99.9%的微生物物种还没有被分离培养，从而限制了认识和理解这些微生物在污水处理中的作用。

此次，研究人员从北京清河污水处理厂活性污泥中分离培养了“惠芳菌”。“我们团队一共分离了800多个菌株，最后成功了。”该论文第一作者、微生物所和生态中心联合培养博士研究生宋阳告诉记者。

宋阳表示，活性污泥中绝大多数微生物的脱氮除磷效果不明显，但“惠芳菌”菌种和污水处理的主要指标却呈正相关。“‘惠芳菌’越多，污水处理效果就越好。”他说。

据介绍，在清河污水处理厂活性污泥微生物群落中，“惠芳菌”数量占总菌群的1%左右，其代谢功能多样。除了分解各种有机污染物（如碳水化合物、芳香族化合物和短链脂肪酸）外，还具有还原硝酸盐和积累磷的能力。

“它能够把磷变成聚磷酸盐存在细胞里，随着污泥的排放就可以把磷收集起来。它能够把硝酸盐变成亚硝酸盐，再进一步反硝化脱氮，最后把它除掉。”刘双江解释说。

不止于此。刘双江介绍，“中科微菌”还具有广泛分布的特点，不仅存在于中国污水处理厂，更广泛存在于世界各地城市污水处理厂的活性污泥中。

### 一个节点 一代工艺

在清河污水处理厂活性污泥微生物群落中，“惠芳菌”起着重要的模块枢纽作用。这使新发现为发展新一代活性污泥工艺打下了基础。

“活性污泥里的所有微生物就像一张‘大网’，而有些微生物之间会构成一个‘小网’，它们通过相互作用，共同去除污染物。”刘双江解释说。其中，小网络的每一个节点就像互联网的“路由器”，会影响其他的微生物。

而“中科微菌”就是这样的一个“路由器”，通过它可以了解其他微生物是在直接还是间接地促进污染物降解。

刘双江介绍，除了“中科微菌”之外，全球“最想要”的28个活性污泥核心微生物类群已经找到了一半，还有一半尚待挖掘。

目前，为期两年的中科院中国微生物组计划预研项目（研究对象包括人体、动物、活性污泥等研究内容）即将结束。刘双江表示，研究团队将在科技部最新启动的国家重点研发计划项目“活性污泥人工多细胞体系构建与应用”的支持下继续开展相关研究，寻找活性污泥里那些“隐藏的星星”，为我国污水处理技术水平的提升，提供微生物资源和科技支撑。（冯丽妃）

## 新AI算法能监测全球海洋塑料垃圾

科技日报 2020.4.24

科技日报北京4月23日电（记者张梦然）英国《科学报告》杂志23日发表的一项环境学研究，英国人工智能团队报告了一种能检测海洋环境中大塑料（大于5毫米）漂浮垃圾带的新方法。研究人员利用欧洲空间局“哨兵2”号卫星数据，训练机器学习算法将塑料从其他材料中区分出来，平均准确率达86%，局部区域最高达到了100%。

人类活动与垃圾排放，让大量塑料涌入海洋，如何将塑料从其它漂浮物中准确高效鉴别出来成为难题。鉴于漂浮物吸收和反射的可见光与红外光波长各有所异，英国普利茅斯海洋实验室研究人员劳伦·比尔曼及其同事利用这种光谱特征，在“哨兵2”号数据中识别出了漂浮物带。研究团队随后训练了一种机器学习算法，能根据不同塑料和天然材料的特定光谱特征，为组成这些漂浮带的个体材料进行分类。

机器学习算法利用到的这些特征，是来自于2019年4月24日冲到南非德班港的塑料垃圾的卫星数据，以及研究团队2018年和2019年在米蒂利尼海岸（希腊）部署的漂浮塑料的卫星数据。他们还利用了之前获得的、可能会与海洋塑料同时发现的海藻、木质物、泡沫和火山岩等天然材料的卫星数据。

研究团队利用四个不同地区沿岸海域的“哨兵2”号数据测试了这种方法：阿克拉（加纳）、圣胡安岛（加拿大）、岘港（越南）和苏格兰东部（英国）。该方法能以86%的平均准确率成功将四个地方的塑料从其他漂浮材料或海水中区分出来，在圣胡安岛的准确率更是达到了100%。

该研究结果表明，这种方法在四个不同的海岸带都取得了成功。研究人员希望这种方法可以与无人机或高分辨率卫星联用，提高对海洋塑料垃圾的全球监测。

### 总编辑圈点

是我们每个人的日常需求，才使得塑料产量呈指数级翻倍。想要这些塑料消失很容易——流入大海，很快就可以淡出人们的视野。但实际上，它们中的绝大多数会一直存在，幽灵一般以各种方式与我们捆绑在一起。时至今日，人类已然意识到海洋塑料污染的深度和广度远超预期，但想要追踪它们的具体分布情况，技术上一直有待提升。如今研究者们利用AI与卫星数据的双重“追击”，远比以往更为精确、全面地从空间和生态层面评估了问题的严重性，进而帮助我们采取更大规模的清理和缓解措施。

## 广州今年规划建成6座污水处理厂

### 明确2020年河湖基本实现河畅水清堤固岸绿景美

南方日报 2020.4.9

《广州市2020年河长制湖长制工作要点》（下称《要点》）近日印发，从建立健全河长制运行机制、全面推进源头污染治理工作、大力提升污水收集处理效能、全面提升水环境质量等方面提出24条河湖长制工作重点任务，明确今年广州市河湖基本实现河畅、水清、堤固、岸绿、景美的工作目标。

### 13个国省考断面稳定达标

《要点》提出，今年广州全市河湖要基本实现河畅、水清、堤固、岸绿、景美，推动河湖生态系统保护和永续利用。

具体来看，广州提出要实现全市城市污水处理率达到95%以上；畜禽粪污资源化利用率达到75%以上。13个国省考断面稳定达标，地表水考核断面水质优良比例达到61.5%以上；城市建成区黑臭水体基本消除。

在水生态系统方面，实现重要生态保护区、水源涵养区、江河源头区得到有效保护，全市林地面积保持在425万亩左右，其中生态公益林占林地面积稳定在45%以上，湿地保护率达到52%以上。

在水资源保护上，全市年用水总量控制在49.52亿立方米以内，万元GDP用水量比2015年下降20%以上，万元工业增加值用水量比2015年下降27%以上，重要水功能区水质达标率达到75%，城市集中式饮用水水源和区级集中式饮用水水源水质全部达到或优于Ⅲ类，农村饮水安全基本得到保障。

在水安全保障上，提出要完成从化区朝盖水（盖洞水段）治理工程，治理河道长度7km；城市适宜水域面积率不低于10%。

在景观建设方面，提出要建设河湖绿色生态廊道和沿岸休闲绿道，至少建成1—2个水岸公园。建设水文化景观驿道驿站和水利风光带，全面推进水利工程文化设施配套建设。

## **新增 1000 公里以上污水管网**

《要点》明确，从建立健全河长制运行机制、全面推进源头污染治理工作、大力提升污水收集处理效能、全面提升水环境质量等方面提出 24 项河湖长制工作重点任务。

其中包括，在河长办机构和队伍建设上，明确在区、街道河长办设置专职工作人员，将借调人员的抽调时间由 1 年延至 2 年。在优化健全河长制体制机制上，将探索建立河长激励制度。同时，推动建立河长履职评价指标体系及评价方法，将河长履职培训的触角延伸至各级河长。

《要点》提出加快完善“一河（湖）一档”，推动建立河湖动态监控与考核。推动河长和河湖警长的无缝对接，依法打击涉水违法犯罪行为。

在推进河涌、暗渠两岸违法建设整治上，提出 2020 年底前基本完成有产权（含产权不全）但影响污水管网铺设或河道行洪的建构筑物的拆迁安置工作。2020 年底前完成 175 个镇街“散乱污”场所整治任务验收。同时，加快推进池塘养殖水治理工作，2020 年初完成相关收尾工作。

2020 年，广州将推进大观净水厂、大沙地污水厂二期等 17 座污水厂的新扩建工作，建成 6 座污水处理厂，新增 1000 公里以上污水管网，新增污水处理能力 101 万吨/日。

《要点》提出，2020 年底前，全市排水单元达标比例达到 60%，率先完成机关事业单位（含学校）类排水单元达标工作；2020 年底前，全市自然村污水终端处理设施完成率 100%，雨污分流管网建设完成率 100%，基本消除门前屋后污水沟，污水收集实现管道或暗渠化。2021 年，广州要完成中心城区影响河涌黑臭的重点渠箱清污分流工程；非中心城区参照中心城区做法，2021 年全面完成辖区内主要合流渠箱的清污分流工程。

此外，《要点》要求到 2020 年底，城市建成区 20% 以上的面积达到海绵城市建设要求。今年，全市计划建设 300 公里以上碧道，重点推进从化流溪河、海珠环岛路、天河临江大道、越秀二沙岛、新河浦、荔湾沙面、黄埔生物岛等 58 公里碧道示范段建设工作。今年底前，基本完成国有河湖管理范围和水利工程管理与保护范围的划定工作。今年，广州还将开展流溪河、沙湾水道、陈村水道、东江北干流、增江、西江引水等全国重要饮用水水源地安全保障建设与评估工作。（余嘉敏 赵雪峰）

## **生物质制甲醇：给点“阳光”就催化**

中国科学报 2020.4.8

进入 4 月，随着国内新冠肺炎疫情趋势向好，中国科学院大连化学物理研究所研究员王峰团队成员开始陆续忙碌起来。从提高催化剂性能，到设计优化催化工艺，再到与企业寻求合作，他们一刻也没有休息过。

“我们正在和一家做传统光伏的企业对接合作，他们想在新能源领域拓展空间，我们则想在他们的基地里开展实验应用。”在接受《中国科学报》采访时，王峰说。

历时3年多，王峰团队创新性地利用光催化的方法，实现了室温条件下生物质裂解制备甲醇和合成气，相关论文不久前刚发表于《自然—通讯》。

“生物质在光照下合成，这项工作又实现了其在光照下的转化，为高质量利用生物质资源提供了创新的方法。”中国科学院院士、中国科学院化学研究所研究员韩布兴评价道。

### 绿色甲醇的呼唤

当化石能源枯竭时，人类是否有应对之策？甲醇可能是解决问题的关键。

在过去的两个世纪，化石燃料为社会经济带来了指数级增长。但如今，人类却不得不面对这一增长带来的一系列后果——气候变化、环境恶化、能源安全等。为解决这些问题，人们开始将希望寄于原料成本低廉、燃烧清洁的甲醇。

甲醇也被称为“液态阳光”。2018年，中国科学院成立了“液态阳光”专题组，对甲醇燃料进行了研究。专题组认为，甲醇以其来源不同可以划分为5代，第4代即为生物质甲醇，又被称为绿色甲醇。

“除了煤、石油、天然气之外，最大的碳库就是生物质。生物质来源广泛，秸秆、木屑等农林废弃物都能变废为宝。”论文第一作者、中国科学院大连化学物理研究所副研究员王敏告诉《中国科学报》。

据统计，我国每年可利用的生物质资源高达67亿吨，全球年产量达到1700亿吨。同时，生物质里的组分如纤维素等都是多羟基结构，与甲醇较为类似。从碳、氧资源的利用率上讲，从生物质到羟基化合物有着不可比拟的优势。

不过，这种转化并非一蹴而就，而是分步进行。“一开始我们想从原生态的木质纤维素直接转化，但设想得完美，难度却很大。”王峰说，后来他们发现，用可以从纤维素获得的含有多个羟基的化合物，如乙二醇、甘油和葡萄糖等作为原料，继续转化就容易得多。

而接下来，用什么手段转化就成为科学家挠头的问题。

一般而言，生物质经高温（700~1000℃）热解可以制备合成气，再经费托过程制备成甲醇。但是，这一过程不仅能耗大，反应条件也较为苛刻。

为解决上述问题，王峰团队以二氧化钛纳米棒负载的铜作为光催化剂。这种催化剂只要接触光照就会受到“刺激”，继而在室温下就能将甘油等多元醇和葡萄糖等糖生成甲醇和合成气。同时，室温下光照比较温和，此过程中能耗损失也会少得多。

“铜和氧化钛的来源广，适合做催化剂原料，并且铜的使用量只有2%。”王峰说，“选择铜作为催化剂是偶然发现，后来经过反复确认，发现铜是最好的组分。”

### 遇光活络的“鱼缸”

“假如家里的鱼缸是我们的反应体系，在这个鱼缸里会添加溶剂、原料等化合物成分，里面的鱼就是催化剂。混合搅拌后，拿几个手电筒在鱼缸周围照射，里面就活络起来，从而起反应。”王峰用一个形象的比喻解释了整个催化过程。

原来，二氧化钛表面缺陷有利于底物吸附，发生碳—碳键的裂解。通过降低溶剂体系中

水的含量，就可以抑制羟基自由基产生，减缓甲醇等有机物降解成二氧化碳。同时，中间产物甲酸的分解方式也影响了气相产物中一氧化碳和二氧化碳的比例。

当铜载量高时，形成铜氧化物纳米颗粒，铜氧化物纳米颗粒与二氧化钛之间形成一种异质节结构，在光激发下二氧化钛产生的空穴迁移到铜氧化物上，甲酸被铜氧化物上的空穴氧化，发生脱氢反应，生成二氧化碳和氢气。

当铜载量低时，单分散的铜掺杂到二氧化钛中，形成掺杂能级。甲酸在二氧化钛上发生脱水反应，生成一氧化碳和水。通过调控催化剂的能级结构和溶剂体系，可以调节生成的一氧化碳和二氧化碳的比例。一氧化碳选择性可达到90%，得到较多的合成气。

王敏认为，该研究的难点就在于催化剂的设计，“在这个密闭的‘鱼缸’里，催化剂需要和底物进行作用。但是，底物结构有好几种——碳—氧、碳—氢、碳—碳，应该打断哪个键？怎么与反应物的活化相匹配？看不见，也摸不着”。

此外，光照的选择也很有讲究。催化剂只会吸收特定波长，即约200纳米左右的光线。“目前，实验中吸收的紫外光只占太阳光的5%左右，能量利用率太低。我们希望开发出新的体系，吸收更多的可见光。”王敏说。

### 打造“全链条”生产体系

目前，我国由焦炉气等原料制造甲醇的产能出现富余，开发甲醇替代石油燃料具有充足的产量和产能保障，且呈逐年上升趋势。据统计，2018年，我国甲醇产量4756万吨，同比增长5%。截至2019年三季度，我国甲醇产量为3683万吨。

在王峰看来，我国“富煤、贫油、少气”的能源结构决定了国内甲醇生产主要还是以煤、焦炉气、天然气为原料。经过几十年技术的革新，我国煤制甲醇产能占比已高达71.25%，仍是主流工艺。因此，他认为，“生物质制备甲醇和合成气在实际运行过程中，重点要从降低项目的固定投资成本、运营维护成本和提高能源利用效率等方面把总成本降到最低。”

韩布兴告诉《中国科学报》，现在各国都极为看重生物质能源对现有化石能源的替代和补充作用。已有生物质化学转化方法往往需要过多输入能源以实现转化。而该工作利用光激发生物质中的化学键，实现了温和条件下生物质裂解制备甲醇和合成气，产物则是重要的化工原料。

“如果过程效率再提高一些，有望打通生物质直接制甲醇的新路线，创新性很强。”韩布兴补充道。然而，这项技术若想投入产业化应用还需打造“全链条”制备体系。

“生物质制甲醇产业化是一个典型的系统工程，从原料收集到分解为葡萄糖和甘油，从催化剂的研制到反应器结构设计，从提高光吸收效率到实现甲醇的制备，从工艺路线设计到工程化放大，涉及众多的学科和领域，需要系统的技术集成和全面整合资源。”王峰说。

“我们将在现有研究基础上，进一步优化催化剂和工艺条件，努力获得具有实用价值的高活性、高选择性和高稳定性催化剂，并提高能量利用率。”王峰表示，该团队正在致力于与相关企业合作，以期尽早将该技术推向市场。（程唯珈）

**新增项目需纳入各地生活垃圾焚烧中长期规划，按“以收定支”继续享受国家补贴，但资金规模尚不明确，存量项目另行管理——**

## **垃圾发电行业迎新规**

中国能源报 2020.4.13

近日，国家发改委发布《关于有序推进新增垃圾焚烧发电项目建设有关事项的通知（征求意见稿）》（以下简称《通知》）。《通知》首次明确“存量”与“新增”项目的分割时间点，新增项目继续享受国补，存量项目另行管理。同时强调，新增项目需纳入各地生活垃圾焚烧中长期规划，明确纳入补贴项目清单的要求，控制垃圾焚烧项目规划和建设进度……对此，业内分析人士表示，垃圾焚烧发电行业将迎来一系列新变化。

### **界定增量与存量项目**

目前，补贴已成垃圾焚烧发电企业的支柱性收入。近一年来，企业普遍担忧补贴退坡，而《通知》打消了上述疑虑。《通知》指出，2020年1月20日后并网发电的生活垃圾焚烧发电（含沼气发电）项目为新增项目，按“以收定支”原则，可再生能源发展基金将继续予以补贴支持，此前并网项目则为存量项目另行管理。

长江证券环保与公用事业分析师于夕朦认为，考虑到目前可再生能源补贴缺口较大，存量项目补贴缺口需时间消化，新核准项目增速将放缓。在E20研究院高级行业分析师李少甫看来，新增项目的国补来源是可再生能源基金的年度增收部分，理论上与存量项目国补资金划清了界线，不会直接竞争。

中华环保联合会废弃物发电专委会秘书长郭云高表示，当前行业面临的问题，表面上说是中央财政拖欠可再生能源行业电价补贴，实质上是可再生能源行业提前透支了中央财政的补贴规模。“‘以收定支’一直是可再生能源电价补贴政策的指导方针，近几年‘收少支多’的情况愈演愈烈，财政部不得不将该原则显性化，避免继续上演‘百桌客人吃十桌饭’的局面。”

此外，《通知》还设置了“预警机制”，即当申请的国补资金超过当年补贴总规模一倍时将暂缓审批，未开工的项目也将暂缓开建。李少甫表示，该预警机制自2021年起生效，理论上对申请2020年度新增国补的项目影响相对较小。“《通知》中‘未纳入当年装机规模的项目在下一年度优先予以支持’，实质就是‘排队机制’”。

### **地方政府规划先行**

《通知》指出，各省需编制垃圾焚烧发电项目三年滚动投资计划并上报国家发改委；新增补贴需求项目应按国家有关规定完成审批、核准或备案，并纳入国家重大项目建设库三年滚动计划。

信息显示，目前安徽、福建、海南、河北、河南等15个省（自治区、直辖市）已编制专项规划，重庆等地规划正处公示阶段，垃圾焚烧产能缺口较大的广东、北京等地需加快相

关规划编制以获得国家补贴。

李少甫认为，结合今年以来的系列政策，审批机制已从国家发改委、财政部直接转为向电网企业申报、省发改委审批。“若依此执行，实际上已将部分权责下放至地方。值得注意的是，《通知》中提出地方必须编制生活垃圾焚烧中长期规划、申请国补的项目必须纳入中长期规划、申请国补前省补需先到位，实际也是加强地方政府管理。”

《通知》还指出，地方新增项目申请国补必须建立垃圾处理收费政策，预示未来居民垃圾处理付费将加速推进。对此，李少甫表示，申请国补，地方政府需已实行垃圾处理收费制度，通过“污染者”付费机制分担部分垃圾处理成本，提高市场化投资运营企业的收款保障，降低项目支付风险。

### 补贴资金规模未定

记者注意到，《通知》并未明确今年垃圾焚烧发电新增项目补助资金规模。对此，中信建投证券环保与公用事业证券分析师万炜预测，国补资金若按7亿元估算，对应新增的垃圾焚烧产能为5万吨/日左右。光大证券公用事业与环保行业证券分析师殷中枢认为，最乐观预计是，假设今年无新建农林废弃物项目并网，垃圾焚烧项目新增项目的补贴规模约10亿元。

华泰证券的分析数据显示，2016—2019年，我国城镇垃圾焚烧新增产能分别为3.9、7.5、6.8、8.0万吨/日，2019年底产能达49.0万吨/日，距离2020年垃圾焚烧处理规模达59.1万吨/日的“十三五”目标尚有10.1万吨/日的缺口。

对于补贴规模，李少甫认为，《通知》相关条例需进一步细化。“‘建设规模合理’可通过可研进行规范，但‘补贴合理’如何界定？实行垃圾处理收费制度仅从‘收’给予保障，但大多数地区的垃圾处理收费收支是两条线管理，垃圾处理收费合理比例应如何确定？《通知》同时明确，项目收入与垃圾分类效果挂钩，此为先进理念，但未明确具体如何挂钩。”

郭云高也补充道：“行业顾虑的重点不在《通知》本身，而在于增量与存量的政策差异、增量补贴资金规模的确定细则，以及增量补贴资金‘蛋糕’划分的依据等。”（赵紫原）

## 提高塑料回收率：酶说了算

中国科学报 2020.4.10

**本报讯** 法国科学家找到了提高塑料回收率的方法：对酶进行改造，就能将你手中的塑料瓶回收率提高3倍。相关研究于4月8日在《自然》上发表。

作为世界上最常见的塑料成分，聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）全球年产量可达7000万吨。尽管许多地区都把PET塑料瓶列为可回收物，但其回收率并不尽如人意，可能只有三成被回收，并被制成低强度的新塑料。

回收时还有一个尴尬的问题：PET塑料有各种颜色，如果不加区分统一回收，高温熔化后生成的就是黑色或灰色塑料颗粒——这类颜色的塑料制品并不受包装生产商欢迎，所以这

些再生品往往会被制成地毯或其他低级塑料纤维制品，最终归宿依然是被填埋或焚化。

为了解决这些问题，研究者从各种微生物中寻找能分解 PET 和其他塑料成分的酶。2012 年，日本大阪大学的研究者在堆肥中找到了叶分支堆肥角质酶（LLC），这种酶可切割 PET 分子，但存在分解速度缓慢、持续性差等缺点。

于是，来自图卢兹大学的科学家与可持续塑料公司展开合作，从 LLC 的晶体结构入手，对其做了改造。

LLC 能降解塑料，是因为它能与 PET 分子中连接对苯二酸酯和乙二醇的化学键结合，并使其断裂。在结合接头处，研究者发现了一种关键的氨基酸，并据此改造出数百个突变版本的 LLC。为了使其在更高温度下工作，研究者还添加了热稳定酶。

综合、筛选、比对了大量突变版本后，研究者最终找出了加强版 LLC，其断裂化学键的效率比原始版本高一万倍。而且，原始版本的工作最高温度是 65℃，加强版将这一温度提高到 72℃。

在反应器中，加强版酶可在 10 小时内分解 200 克 PET 塑料，分解效率达到 90%。研究人员据此改造了 PET 原料，并发现新材料制作的塑料瓶的坚固程度和传统塑料制出的瓶子一样。

该技术已扩大应用规模，相关公司正在建设示范性工厂，预计每年可回收数百吨 PET，计划于明年建成。但该技术目前还不能实现聚乙烯和聚苯乙烯等其他类塑料的回收，该技术可否成功市场化仍然未知。不过，有研究者表示，未来消费者及制造商可能愿意为同样坚固但可回收性更高的再生塑料支付稍高一些的价格。（任芳言）

## 桃江修山“三步走”净化农村生活污水

湖南科技报 2020.4.16

本报讯 农村生活污水处理程度不高一直是桃江县修山镇的“痛点”。4月10日，桃江县洞庭湖流域化肥农药农业废弃物污染整治项目正式开工，将采取多项举措净化当地生活污水。

第一步源头过滤。此次污染整治将在修山镇建设 80 座农家户用污水净化池，过滤生活污水；建设 80 座隔油池，分离餐厨清洗用水等携带的油污，减少油污的直接排放。这些池子将设置在村民住宅屋后，供村民日常使用。

第二步中间拦截。此项目将在莲盆嘴村内建设约 800 米的生态沟，可拦截修山镇约 320 亩农田的排水和 200 余户沿岸居民生活废水。生态沟内不会添加任何净化水质的化学物质，而是种植美人蕉、梭鱼草和铜钱草等植物，以大自然的力量净化拦截的污水。“考虑到机器开挖生态渠会影响周围农田，我们会在 5 月之前将把约 522 米的生态沟支渠建好，绝不耽误村民播种育秧。”负责此次施工统筹的陈师傅告诉记者。

第三步终点净化。从生态沟流出的生活污水将全部汇集到进入资江的“大门”，以往这些废水都是直接排入资江，严重污染其水质。“我们将在生态沟流向资江的入口处建立一个

湿地公园，利用职务的净化功能和生态循环系统对生活污水进行第三级净化。”项目施工人员介绍道。

记者从施工人员处了解到，桃江此次整治农业废弃物污染项目最快今年10月就能完工。  
(余杏余莎)

## 今年全省畜禽粪污综合利用率将达到77%以上

山西科技报 2020.4.16

本报讯 4月13日，记者从省农业农村厅获悉，根据《山西省2020年畜禽粪污资源化利用工作计划》(以下简称《计划》)，今年我省畜禽粪污资源化利用工作以黄河、汾河流域为重点，加强政策扶持力度，加强技术推广力度，加强措施保障力度，坚决补上畜禽养殖环境保护的突出短板，确保全省畜禽粪污综合利用率到77%以上，全省规模养殖场粪污处理利用设施配套率达到95%以上，大型规模养殖场粪污处理设施配套率达到100%，助力农业农村污染治理攻坚战、农业绿色高质量发展和农村人居环境整治。

《计划》指出，今年我省将加强政策扶持，加大规模养殖场粪污处理设施建设力度、加大散养户粪污处理力度、加大整县推进畜禽粪污资源化利用工作力度、加快推进种养结合。同时，加强技术推广，提升科技支撑能力，大力推广畜禽粪污资源化利用各项标准开展技术研究与推广。

在养殖密集土地承载力有限的地区，因地制宜建设畜禽粪污集中处理中心。鼓励第三方企业对畜禽粪污进行专业化集中处理利用，打造畜禽粪污能源化利用的沼气工程典型项目。鼓励通过粪肥经纪公司、经纪人等社会化服务主体，与种植主体有效衔接，解决无法足量配套用肥土地的散养户的粪污利用问题，实现畜禽粪污资源化利用新突破。

以粪污无害化处理、粪肥全量还田为重点，坚持依法治理、以用促治、利用优先，加快推进种养结合，促进畜禽粪污还田利用。市县要根据环境容量和土地承载力，科学规划布局，统筹安排种养发展空间，明确粪肥利用的目标、途径和任务，加强种养结合发展指导。推行规模养殖场畜禽粪肥还田利用台账管理，引导实现养分平衡。推广经济高效、灵活多样的种养结合模式，引导养殖场户配套种植用地，拓宽粪肥利用渠道，扩大粪肥经纪公司、经纪人队伍，调动种植户使用粪肥积极性，形成有效衔接、相互匹配的种养业发展格局。

各市、县要大力推广农业农村部《畜禽粪便堆肥技术规范》，推广山西省《规模猪场(小区)粪污设施配套与建设标准》《规模奶牛场粪污处理设施建设规程》《规模肉牛场粪污处理设施建设规程》《规模蛋鸡场粪污处理设施建设规程》《规模肉鸡场粪污处理设施建设规程》地方标准，指导做好规模养殖场粪污处理设施新建和改扩建工作。制定山西省《规模猪场粪水还田技术规程》《畜禽粪污沼渣基质制备技术规程》《果园施用畜禽粪污沼液技术规程》《设施蔬菜畜禽粪污沼渣沼液施用技术规程》《禾谷作物施用畜禽粪污沼液技术规程》地方标准，指导种植户科学合理施用沼肥沼液，推进区域内粪肥还田利用。(王秀娟)

# 荷兰大力倡导并发展循环建筑产业

人民日报 2020.4.24

## 核心阅读

传统建筑业中，一座建筑从修建到拆除，要产生大量建筑垃圾，造成很大资源浪费。如何让旧建筑材料在新建筑中重复使用，减少不必要的资源消耗和环境污染？近年来，荷兰大力倡导并发展循环建筑产业，建造了一大批富有创意的循环建筑，让每一块材料在循环使用中重获新生。

### “循环展馆”——探索原材料重复利用可能性的“试验场”

在荷兰，原材料总消耗量的一半来自建筑行业。循环建筑理念的重点，在于实现建筑原材料的再利用。位于阿姆斯特丹的“循环展馆”就是这样一个探索原材料各种重复利用可能性的“试验场”。

“循环展馆”位于阿姆斯特丹繁华的泽伊达斯商业区，外表如同一座“大型木屋”，在林立的水泥建筑中，远远望去就极具特色。展馆建成于2017年，主要用于举办会议、讲座、艺术展等活动。走进馆内，从地板、立柱、楼梯、天花板到各式家具，目之所及都是木头。整体的原木设计，不光是为了好看，更重要的是，木材是良好的碳中性建筑材料。展馆业务发展经理妮娜·佩森宁告诉记者，展馆使用荷兰本地的落叶松，避免了长途运输产生的碳排放，松木坚硬，可以使用数百年，这意味着等展馆多年后被拆除，这些木料还可以在新建筑中派上用场。

展馆就像是一个巨大的原材料“仓库”。很多原材料就像积木一样，可拼可拆。佩森宁说，如果不能拆卸，重复使用也就无从谈起，因此在建筑建造过程中，包括设计、测量、组装等各个环节，都要考虑建材的可拆卸性。为了实现易于拆卸，展馆的木质横梁和吊顶使用螺钉而非黏合剂固定。为了防止回收熔化时释放有害物质，建筑外墙的铝制门框没有进行涂层处理。从玻璃、木料到铝材、钢板，这些材料仿佛只是暂时寄存在这里，等待几十年后的重生。

在这座展馆，建筑垃圾、生活垃圾上演了极具颠覆性的“大变身”。2500公斤废旧工作服经过特殊处理成为会议室的隔音墙和台阶，1.6万条旧牛仔裤被加工成天花板上的绝缘材料，1600平方米的木地板全部采用其他建筑拆除翻新后的残留木料，废旧冰箱的材料被3D打印成椅子，废弃床垫和皮料被制成沙发，百年银行的老式保险柜拼在一起组成前台，城市街道翻修拆除的鹅卵石铺就了天台的走道，废弃自行车变成了花园长椅的椅子腿……你甚至可以隐约看到门框上的划痕、隔音墙上残留的衣服标签，佩森宁解释：“如果彻底掩盖使用痕迹，就需要采取其他手段或使用其他原料，但在循环建筑中，我们尽可能不做加法。”

展馆还创造了一个自给自足的生态系统。500个太阳能板为展馆和周边一栋大楼发电，特制蜂箱养蜂为屋顶花园植被授粉，并自产蜂蜜。展馆地下建有蓄水池，贮存的雨水经过处理用来浇灌全楼植被、冲洗厕所，甚至被天台酒吧拿来酿啤酒。

用循环模式代替“取用—制造—丢弃”的线性模式，展馆的建造在原材料使用上减少了近2.4吨。佩森宁说：“两年来，数十万游客来这里参观，或参加定期举办的有关绿色生活的讲座，我们希望以这栋循环建筑为载体，向更多人传递循环经济的理念。”

#### “材料护照”——为建材循环利用提供信息依据

有统计显示，荷兰每年产生2300万吨建筑垃圾，回收率达97%，但大部分被处理为碎石用于道路建设。为了实现更高水平的回收利用，荷兰建筑业采取了对现有建筑中的材料进行数字化分类的方法。

“地球是一个封闭的系统，不应有任何浪费。垃圾只是没有身份的原材料，如果我们追踪建筑每个组成部分的来源和性能，给它们一个身份标识，就可以减少浪费。”荷兰建筑师托马斯·劳提出将建筑视为素材库的想法，为每一块建筑材料标号立档，方便其为下一栋建筑所利用，这便是“材料护照”。

“材料护照”为循环利用提供了信息依据，它记录了每一块建材的尺寸、年份、用途、价格、来源等，只有充分了解它们，才能在下一次使用时制定更好的设计方案。托马斯·劳建立的公共在线档案库，目前已标记了超过250万平方米的建材，他还与阿姆斯特丹市政府合作，为城市中每一座公共建筑建档。据英国《卫报》报道，对于已经为建筑注册“材料护照”的开发商，荷兰政府实施税收优惠政策，目前正在考虑将“材料护照”作为所有新项目的强制性要求。

“延长建筑的使用寿命也是减少资源消耗的有效方法。”“循环展馆”建造方荷兰银行建筑和房地产部门负责人佩得兰·范·海尔告诉记者，对于生产商和建造方来说，延长产品使用寿命尽管会使短期内收益减少，但从长期来看可以创造附加值。“我们并非总是选择最优惠的产品，而是采用生命周期成本核算法，选择高品质的产品，并借助物联网、大数据、人工智能等技术对建筑及设备进行维护、更新和翻修，以获得更长的使用时间，提高建筑的可持续性。”

#### “转型议程”——力求打造完全循环的建筑行业

根据荷兰绿色建筑委员会公布的“循环建筑框架”，使用更少、更环保、可再生、可重复使用、无毒无害、可生物降解的原材料是判断循环建筑的指标。如今，在荷兰各地，从循环社区、循环公路、循环银行到循环净水厂、循环鸟类观测站等，展现着循环建筑的广泛应用场景。

与其拆除，不如翻修。荷兰能源公司安联集团的新办公楼保留了83%的原有建筑，原先的水泥、钢材、木料、沥青实现了回收利用。阿姆斯特丹“边缘奥林匹克”办公楼将上世纪80年代的邮局大楼进行翻新，原来的混凝土被磨碎处理形成新的混凝土，旧的天然石材被用作一楼的地板，天花板上的传感器只需轻按即可安装和拆卸，以便二次利用。

交通基础设施也可以实现循环利用。在连接荷兰坎彭市和德龙滕市的高速公路上，有一座循环高架桥，40个独立的混凝土块经过拆卸重组，不仅实现二次利用，还为高架桥增加

了一条额外车道或新的出口。据当地媒体报道，普通高架桥的使用寿命为 30 至 50 年，而这些混凝土块可重复使用五六轮，相当于 200 年的使用寿命。

可循环的临时建筑既能解燃眉之急，也有助于减少短期需求造成的资源浪费。阿姆斯特丹地方法院预计用 5 年时间建成新大楼，在过渡期间投入使用了一座组装、可拆除的临时法院。临时法院大楼采取模块化设计，尽可能少地使用原材料，并开发了一套特殊的空心地板安装系统，以便对每块地板进行拆装，整个设计保证了时间、地点、功能的灵活性。

荷兰是世界上人口密度最高的国家之一，有限的空间和资源决定了其必须采用创新方式利用资源，走发展循环经济的道路。为此，荷兰政府推出“循环建筑经济转型议程”，要求 2023 年以后签订的建设项目必须达到 100% 的可循环性，为循环业务提供补贴；将循环建筑理念加入专业教学计划中，并开设相关专业培训。从房地产到道路、桥梁、堤坝、铁路、污水处理系统等基础设施建设，荷兰力求打造完全循环的建筑行业。（方莹馨）

## 甘肃生物降解膜助力农业可持续发展

甘肃科技报 2020.4.17

**本报张掖讯** 近年来，随着张掖市甘州区设施农业加快推进，农膜用量不断增加，严重影响了生态环境，制约着耕地可持续利用。为此，甘肃省前沿生物科技有限公司积极开展生物降解地膜试验与推广工作，大胆尝试生物降解膜替代地膜示范工程，带动大面积试验推广，降低农田残膜污染，推动甘州区农业健康发展。

4 月 5 日，在甘州区党寨镇下寨村一片农田里，村民张正平正忙着将新型降解地膜和滴灌带一起用铺膜机整齐的覆盖在农田地面上。据悉，此类地膜可根据不同土壤、气候条件以及不同农作物生长周期科学调控降解时间，有保温、保湿、防止害虫侵袭等功能，半年左右即可降解成二氧化碳和水，对土壤不会造成二次污染。“这种降解膜到秋天的时候就自动化到地里了，不用捡拾地膜，是一种无公害的环保膜，今年我的地里都使用了这种地膜。”张正平说。

“降解地膜主要原料为生物降解母料与塑料粒子母料混合生产而成，是一种新型环保农膜，在自然条件下受到光照、温度等影响，会自行降解破裂，对于改善村容村貌、改善土壤耕地质量都起到极大的促进作用。”张掖市种子管理局质量管理科副科长杨勇对记者说，通过有机降解地膜的使用可以很好地保护农田土壤。

甘州区作为农业大区，每年地膜使用量达 6800 多吨、棚膜 3000 多吨，同时产生尾菜达 40 余万吨。地膜的使用，虽然实现了农作物的稳产增产，但难以降解的塑料薄膜残留物又造成了白色污染，影响农作物生长。而位于张掖经济技术开发区的甘肃省前沿生物科技有限公司，是一家专业从事可降解生物基高分子材料技术研发与生产的企业，主要生产新型降解农膜。该企业由中国聚乳酸产业联盟与甘肃前进牧业集团合资新组建，生产的全生物降解地膜主要原料，采用目前国内外普遍认可的主流全生物降解材料。2019 年，该公司在张掖市

各县区示范 2 万多亩，作物品种增加至 12 个。其中联合甘州区能源服务中心在石岗墩开发区开展玉米降解膜示范 8000 亩。“前沿生物从 1 月 12 日开始生产，每天的生产能力达到 30 吨左右，同时，公司还委托临泽的宏远公司和民乐的庆丰公司一同生产，每天产量可达到 50 吨左右。”甘肃省前沿生物科技有限公司董事长张熙告诉记者。

据了解，该公司自成立以来，已经在张掖市一区五县以及金昌、武威等甘肃省内地地区和新疆、内蒙等周边地区，包括玉米、蔬菜和瓜果等 15 个品种、40 多个地块、数万亩农田和大型农场不间断实验、示范和持续跟踪观察。不仅在 60—360 天内具有良好的生物全降解功能，而且具有较好的产品耐候性和自适应性，尤其对根茎类植物增产效果明显，平均每亩可增产 10—25% 左右，未来公司还将计划建立 10 万吨聚乳酸原料生产基地，为当地经济发展做出积极贡献。（马岳荣 石光华 何长凯）

## 为城市医疗废物处置设施减压 新固废法按下“加速键”

科技日报 2020.4.30

一方面是医疗废物快速增长，另一方面医疗废物处理处置设施运行压力日益增大。目前连续四年超负荷运行的城市数量明显扩大。从全国来看，近 1/3 城市的医疗废物处置设施基本处于满负荷或超负荷运行状态。

十三届全国人大常委会第十七次会议 4 月 29 日审议通过修订后的《固体废物污染环境防治法》（以下简称新固废法），自 2020 年 9 月 1 日起施行，针对新冠肺炎疫情防控中出现的一些现实问题作出多项针对性规定。

全国人大宪法和法律委员会副主任委员徐辉介绍，新固废法加强了医疗废物特别是应对重大传染病疫情过程中医疗废物的管理。其中，明确医疗废物按照国家危险废物名录管理。

“新固废法明确医疗废物基于国家危险废物名录的方式管理，对今后加强医疗废物管理、更好地预防医疗废物可能对生态环境和人体健康产生的不良影响，对预防在应对公共卫生事件中产生的医疗废物可能造成的环境污染，都具有重要意义。”中国法学会环境资源法学研究会副会长、中国政法大学环境资源法研究所所长于文轩教授表示。

### 全国日均处置能力超过 6000 吨

医疗废物是具有一定传染性、毒性及其他危害性的危险废物，处理不当会给人民群众身体健康和环境带来安全隐患。

1 月 25 日初到武汉时，国家卫生健康委派武汉专家组成员、北京佑安医院主任医师李素英发现，确实存在医疗废物清理不及时的情况。

疫情发生前，武汉市医疗废物的产生量是 40 多吨。随着湖北和武汉病例大量增加，医疗废物产生量快速增加到 240 多吨，武汉和周围几个市都需要快速提高废弃物处理能力。

3 月 11 日，在国务院联防联控机制就加强医疗废物综合治理保护生态环境情况举行的发布会上，生态环境部应急办主任赵群英表示，这次疫情暴露出湖北武汉医疗废物处置能力

差距比较大的情况，实际上全国有 22 个市医疗废物处理超负荷运行，还有 28 个满负荷运行或者接近满负荷。

赵群英介绍，为解决武汉医疗废物处置问题，生态环境部先后 15 次和湖北省、武汉市一起视频研究如何快速提升处理能力，同时动员各方力量，组织 46 台移动设备送到武汉；另一方面把原来处理危险废物的设备，通过适当的工艺改造来处理医疗废物；此外，利用垃圾焚烧厂协同处置隔离点等按照医疗垃圾来管理的生活垃圾。同时在半个月内新建 30 吨的千子山医疗垃圾处置中心。通过几方面努力，3 月 9 日，武汉的医疗废物处置能力从最初的 50 吨增加到 263.8 吨/天，负荷率达 93.2%。

“这实际是一个‘紧平衡’状态，每天产生的医疗废物当天就能得到处理。”赵群英解释说。

生态环境部最新统计数据显示，截至 4 月 25 日，全国医疗废物处置能力为 6122.8 吨/天，相比疫情前的 4902.8 吨/天，增长 24.88%。1 月 20 日至 4 月 25 日，全国已累计处置医疗废物 30.4 万吨。

### 处置设施运行压力日益增大

一方面是医疗废物快速增长，另一方面医疗废物处理处置设施运行压力日益增大。早在 2018 年，生态环境部固体废物与化学品管理技术中心副主任胡华龙在中国城市及区域生态环境发展论坛上表示，目前连续四年超负荷运行的城市数量明显扩大，包括北京、上海、海南等 76 个主要城市的设施负荷率已经超过 100%。从全国来看，近 1/3 城市的医疗废物处置设施基本处于满负荷或超负荷运行状态。

于文轩告诉记者，根据《医疗废物分类目录》，医疗废物分为五类。一是感染性废物，即携带病原微生物、具有引发感染性疾病传播危险的医疗废物；二是病理性废物，即诊疗过程中产生的人体废弃物和医学实验动物尸体等；三是损伤性废物，即能够刺伤或者割伤人体的废弃的医用锐器；四是药物性废物，即过期、淘汰、变质或者被污染的废弃的药品；五是化学性废物，即具有毒性、腐蚀性、易燃易爆性的废弃的化学物品。

医疗废物与生活垃圾最大的区别在于，一是要求储运过程要全封闭，二是对焚烧时间有着严格的要求。所谓全封闭，是医院内有负责医疗废物转运的工作人员，他们在每天上下午固定时间内，沿着固定的路线统一回收医疗废物，乘坐污物专用电梯，避开病患，最终到达医院内的医疗废物暂存站。

在储存和焚烧时间上，按照相关规定，医疗废物在医院的储存时间最多只有 48 小时，接下来，第三方处置机构派人派车运走。离开医院、经过严密的转运以后，医疗废物就来到了销毁前的最后一站：医疗废物处理中心。

胡华龙之前介绍，医疗废物在国内主要以焚烧为主，占医疗废物处置的 70%；其次是高温蒸汽、化学消毒、微波消毒和其他处置方式，约占 30%。由于大量医疗废物处置设施超负荷运行，加上处理成本高昂，我国不少地方存在把医疗废物随意丢弃、混入生活垃圾等问题。

早前，国家卫生健康委、生态环境部、国家发展改革委等十部门印发《医疗机构废弃物综合治理工作方案》，要求加强集中处理设施建设，到2020年底，全国每个地级市都要至少建一个规范的医疗废物处置设施。

赵群英在发布会也重申了这一观点，今年年底前，每个地级市都要建成一个规范的医疗垃圾处理厂，到2022年6月，在全国所有区县都将形成医疗垃圾从收集、转运到处置的科学体系，从而使得所有医疗废物都能科学有效、安全地收集转运处置。

### 瞄准处置能力薄弱地区

疫情给医疗废物处置问题的解决按下了“加速键”。生态环境部于1月印发《新冠病毒肺炎疫情医疗废物应急处置管理与技术指南（试行）》，并于2月召开疫情应对工作领导小组会议，从技术和管理层面提出了要求。

不少业内人士认为，医疗废物处置的薄弱点在县、乡层面。

胡华龙也曾提到，全国还有超过1/4的地级市不具备医疗废物集中处置能力，部分农村和边远山区的医疗废物仍未纳入收集处置等范围。乡村一级医疗废物处置问题，可能是下一步亟须解决的问题。

新固废法特别规定，当有重大传染病疫情等突发事件发生时，县级以上人民政府应当统筹协调医疗废物等危险废物的收集、贮存、运输、处置等工作，保障所需的车辆、场地、处置设施和防护物资。各级人民政府应当按照事权划分的原则，安排必要的资金用于重大传染病疫情等突发事件产生的医疗废物等危险废物应急处置。

在于文轩看来，新固废法明确规定县级以上地方人民政府应当加强医疗废物集中处置能力建设，这对加强医疗废物的有效处置具有重要意义。“可以根据修订后的《固体废物污染环境防治法》，制定和完善医疗废物处理相关的技术指南，以便更好地落实法律规定。”

在落实医疗废物处置主体责任方面，新固废法规定，医疗卫生机构应当依法分类收集本单位产生的医疗废物，交由医疗废物集中处置单位处置。医疗废物集中处置单位应当及时收集、运输和处置医疗废物。医疗卫生机构和医疗废物集中处置单位应当采取有效措施，防止医疗废物流失、泄漏、扩散；同时加大了对相关违法行为的惩处力度，对擅自倾倒、堆放危险废物等违法行为，提高罚款额度，增加处罚种类；对无许可证从事收集、贮存、利用、处置危险废物经营活动等违法行为，增加对相关责任人员的处罚。（陈瑜）

## 新修订的固体废物污染环境防治法将从9月起施行

### 明确危险废物转移管理应当全程管控、提高效率

中国环境报 2020.4.30

据新华社4月29日北京电4月29日，十三届全国人大常委会第十七次会议审议通过了修订后的固体废物污染环境防治法，自2020年9月1日起施行。

新修订的固体废物污染环境防治法明确固体废物污染环境防治坚持减量化、资源化和无

害化原则。强化政府及其有关部门监督管理责任，明确目标责任制、信用记录、联防联控、全过程监控和信息化追溯等制度，明确国家逐步实现固体废物零进口。

从具体方面看，法律完善了工业固体废物污染环境防治制度。强化产生者责任，增加排污许可、管理台账、资源综合利用评价等制度。

在生活垃圾分类方面，法律明确国家推行生活垃圾分类制度，确立生活垃圾分类的原则。统筹城乡，加强农村生活垃圾污染环境防治。

法律完善了建筑垃圾、农业固体废物等污染环境防治制度。建立建筑垃圾分类处理、全过程管理制度。健全秸秆、废弃农用薄膜、畜禽粪污等农业固体废物污染环境防治制度。明确国家建立电器电子、铅蓄电池、车用动力电池等产品的生产者责任延伸制度。加强过度包装、塑料污染治理力度。明确污泥处理、实验室固体废物管理等基本要求。

法律对危险废物污染环境防治制度进行了完善，规定危险废物分级分类管理、信息化监管体系、区域性集中处置设施场所建设等内容。

#### 四、太阳能

环境好了 成本低了 住户乐了

### 太空能：供暖新科技 暖了百姓心

青海科技报 2020.4.8

4月2日，循化撒拉族自治县供暖季已接近尾声。对于该县供销合作社联合社家属楼的25户住户来说，今年冬季暖意融融，以前“烧煤炭、冒黑烟”依靠燃煤锅炉供暖的时代一去不复返了，取而代之的是一种叫做“太空能”的新型清洁能源供暖技术。这项技术开创了高寒农牧区冬季取暖新模式，取得了“护了环境，乐了百姓”的良好社会效果。

推开住户马学良家的房门，暖融融的空气扑面而来。记者看到温度计显示的室内温度为21摄氏度，室温十分舒适。

“以前用燃煤锅炉的时候，每年冬季采暖费3965元，现在用上太空能供暖系统后供暖费用仅为1573.8元，每平方米的供暖费用2.58元，比以前节省60%。而且这种供暖方式安全舒适，可享受全天候服务。”马学良说起太空能热利用系统喜形于色。

除了节省成本和安全舒适外，太空能供暖还有一个亮点就是可通过物联网技术进行远程控制。

这栋家属楼的楼长马吉录是整个家属楼太空能热利用系统的操作者。他只要打开手机就可以随时对安置在楼顶的三台太空能供暖主机进行操控。

“因为这两天循化的天气已经转暖，我只开通了1号机和3号机，2号机停运。你看，调控温度的高低我只需要点点手机就OK了。太空能供暖实在是太方便了。”马吉录拿出手机为记者演示。

“以前，我们使用燃煤锅炉的时候，烟尘很大，周边的居民经常给我们提意见。换上了太空能热利用系统，节能减排效果十分明显，还省去了两名锅炉工的开支。”马吉录告诉记者。

### 什么是“太空能”？它又是如何实现清洁供暖的？

据循化县供销合作社联合社家属楼太空能取暖技术和建设提供方白果科技股份公司相关负责人介绍，太空能供暖技术的工作原理是，放置在室外的太空能主机将聚热板吸收的太阳、空气和磁场中的能量转换为热能，从而使住户房间温度达到20摄氏度以上。同时，这项技术创造性地提出了太空能分布式独栋供暖标准和施工规范，并设计了“EVI喷气增焓+双级压缩+双级蒸发内耦合技术”和“太空能清洁供暖PPP项目”商业模式，让老百姓享受到了科学供暖的舒适与便捷。

据了解，白果科技股份公司开发的太空能取暖系统已取得多项专利，在青藏高原区域及我国西部地区示范推广了1800多例，推广面积100万平方米，为清洁供暖和生态宜居提供了一个太阳能建筑一体化光热利用样本，被中国城乡建设部科技发展促进中心列为“全国建设行业科技成果推广推荐项目”，被中国质量检验协会评定为“全国绿色建筑节能推荐产品”，被中国质量协会评定为“全国质量诚信标杆典型企业”和“全国质量检验稳定合格产品”。图为白果科技股份公司研发的太空能聚热板。（范旭光）

## 科学家发现吸光优选材料

可使太阳能电池在深水中工作

中国科学报 2020.4.10

**本报讯** 美国科学家发现，有很多被忽视的有机或无机材料可在水下利用太阳光，从而为自动潜水器高效供能。近日发表于《焦耳》的这项研究，为不同水深制定了最优带隙值准则，阐明了多种宽带隙半导体是水下使用的最佳装备，而非传统硅太阳能电池中的窄带隙半导体。

论文作者之一、纽约大学坦登工程学院博士后研究员Jason A. Röhr说：“截至目前，总体趋势是使用传统硅电池，但我们发现它远不尽人意，一旦深度较深，硅会吸收大量红光和红外光，而水也会吸收这两种光。有了我们制定的准则，更多优选材料将被开发出来。”

例如用于探索深海的潜水器，目前正受限于陆上电力或机载电池不足，导致无法实现远距离及长时间航行。太阳能电池技术已经从陆地进入外太空，这给了潜水器更多自由漫游的机会。但水下世界存在独特的挑战。水能够散射并吸收大多可见光谱，在较浅深度时便吸收了红色太阳能波长，使硅基太阳能电池毫无捕捉机会。

先前大多试图开发水下太阳能电池的研究都是基于硅或非晶硅，它们带隙较窄，是陆地上吸收光照的最佳选择。然而，在其他光波波长消失时，蓝光和黄光依然可以深入穿透水体，这表明传统太阳能电池中不采用的宽带隙半导体可能是水下功能的更好选择。

为了更好理解水下太阳能电池的潜能，Röhr和同事测试了从太平洋到大西洋的最清澈

水域，以及浑浊的芬兰湖泊的水体，利用一个精准平衡的模型测定了太阳能电池在每个地点的效率极限。发现太阳能电池可在地球最清澈的水体 50 米深处吸收太阳能，而寒冷的水能进一步提高电池效率。

经研究人员计算，太阳能电池吸收器在水下 2 米、以 1.8 电子伏特带隙，或水下 50 米、以 2.4 电子伏特带隙能够发挥最佳功能。这些数值在所有研究水域中保持恒定，证明太阳能电池应根据特定工作深度而非水域位置来设制。

Röhr 注意到，能够在低光线条件下较好发挥功能的廉价有机材料太阳能电池，以及由 3 到 5 种元素制成的合金也是深水中的理想材料。虽然构成这些半导体的物质与陆地用太阳能电池不同，但整体设计依然相似。

“太阳光吸收材料必须做出改变，但答案的设计并不需要大的改动。” Röhr 说，“为了防止环境中的损伤，传统的硅太阳能电池板——就是可以在房顶上找到的那种——经过了封装。研究显示，这些电池板在没有持续损伤的情况下，可以浸入水中工作数月。优选材料所制成的太阳能电池板也可以采取类似的封装方法。” 现在他们已经揭示了水下太阳能电池高效工作的要点，研究人员计划研发优选材料。

“这会非常有趣！” Röhr 说，“我们已经研究出了在水下高度稳定的未封装有机电池，但依然需要证明这种电池比传统电池更高效。我们相信不久就会在市场上见到新型的令人激动的太阳能电池。”（晋楠）

## 新疆首个光热发电示范项目运行

可实现年供电量 1.9 亿千瓦时，年节约标煤 6.19 万吨

中国环境报 2020.4.16

本报记者杨涛利哈密报道 新疆维吾尔自治区首个 50 兆瓦太阳能光热发电站——哈密熔盐塔式 50 兆瓦发电项目日前并入新疆电网发电运行。这将对新疆光热发电产业的发展和技术进步起到示范引领作用。

据了解，项目位于新疆哈密市伊吾县淖毛湖镇境内，是国家首批光热发电示范项目，也是新疆首个光热发电示范项目，项目于 2017 年 10 月开工建设。

资料显示，哈密属于新疆重点风能、太阳能开发地区，太阳能资源较丰富，开发利用潜力大。此次哈密光热电站项目装机容量 50 兆瓦，采用“光 - 热 - 电”的发电方式，成千上万面定日镜把太阳光反射到位于塔顶的吸热器表面，形成 800℃ 以上的高温，通过传热介质产生 500℃ 以上的蒸汽，推动蒸汽轮机发电，年平均利用小时数可达 3967 小时，是普通光伏发电的 2 - 3 倍。

项目负责人介绍，项目建成投产后，可实现年供电量 1.983 亿千瓦时，每年可节约标煤 6.19 万吨，相当于每年减排燃煤产生的二氧化硫约 61.89 吨、氮氧化物约 61.89 吨、烟尘约 19.84 吨，减排二氧化碳 15.48 万吨，对哈密生态环境保护起到积极促进作用。

## 越南最大光伏电站建设启动

中国能源报 2020.4.6

**本报讯** 据《越南新闻》报道，越南能源企业忠南集团近日宣布，将在越南中南沿海地区的宁顺省再建一座光伏电站，预计装机容量为450兆瓦，将成为越南国内最大规模光伏电站。

据悉，作为配套项目，该光伏电站还将建设500千伏变电站和由该变电站输出的500千伏和220千伏的输电线路。忠南集团公布的数据显示，该光伏电站及配套项目合计总投资接近14万亿越盾，预计今年10—12月期间竣工投产。

据了解，忠南集团在宁顺省投资4万亿越盾建设的忠南风力发电厂，以及投资6万亿越盾建设的忠南光伏电站已于去年4月投产。两座发电厂的年发电量合计达9.5亿—10亿千瓦时。

根据越南官方公布的信息，越南正在努力减少化石燃料的使用，同时大力发展可再生能源。其中，宁顺省的目标是到2030年，拥有8000兆瓦的可再生能源电力装机。(王英斌)

中科院大连化学物理研究所

## 实现高活性光热协同催化

中国科学报 2020.4.14

**本报讯** (记者刘万生 通讯员康磊) 近日，中科院大连化学物理研究所研究员刘晓艳、院士张涛团队在光热协同催化研究方面取得进展，发现采用铂/二氧化钛—三氧化钨( $\text{Pt}/\text{TiO}_2 - \text{WO}_3$ )催化氧化丙烷，在低温和高浓度氧气条件下，光热协同催化的活性远高于单独的光催化和热催化活性。相关研究成果发表于《德国应用化学》。

以氧气为氧化剂的氧化反应(如挥发性有机污染物消除、烷烃燃烧等)是工业催化中非常重要的一类反应，负载型铂(Pt)催化剂是这类反应的高活性催化剂之一。然而，由于Pt表面对氧气有很强的吸附性，特别是在低温或高浓度氧气情况下，Pt很容易被氧气“毒化”而失活。

此次研究实现的光热协同催化可以在低温和高浓度氧气条件下极大地提升 $\text{Pt}/\text{TiO}_2 - \text{WO}_3$ 催化剂对丙烷的催化氧化活性。催化剂的活性随着光照强度的增加而增加，T70(丙烷转化70%时的反应温度)最低可至90℃。与热催化相比，T70的最大温差可达234℃。动力学研究发现，光热协同催化反应活化能随光照强度的增加而呈线性降低，最多可达十倍以上。与此同时，氧气的反应级数在加光前后也发生极大变化：不加光时氧气的反应级数为-1.4，而加光之后氧气的反应级数变为0.1。这表明，在光热协同催化条件下，催化活性几乎与氧气浓度无关。

# 进入“风光储用”多效融合新阶段

## 山东电工电气综合能源服务高效助力节能降耗

中国电力报电气周刊 2020.4.16

“今日光伏发电量 4101kWh，累计光伏发电量 266730kWh。今日储能充放电 2 次，充电量 1935kWh，放电量 1817kWh，累计充电量 114513kWh，放电量 110537kWh。”4月7日，山东输变电设备公司园区综合能源项目已累计安全运行 108 天。该项目运行以来，标志着集团进入风、光、储、用多效融合新阶段，为企业节能降耗和社会经济绿色发展提供了新的系统解决方案。

### 储能与电力物联网发挥关键作用

在山东输变电设备公司园区综合能源项目中，山东电力设备有限公司承担了集装箱式储能舱供应。储能作为综合能源服务的关键环节，在削峰填谷、负荷调控、平滑新能源出力、就地消纳等扮演着多重角色。自投运以来，储能舱积极参与园区源 - 网 - 荷 - 储的协调优化和整体互动，并发挥着重要作用。

该公司研制的移动储能舱，以长寿命、高安全性、高可靠的磷酸铁锂电池作为储能器件，通过储能变流器实现交/直流电能变换和电能流向控制。根据系统功率配置 0.5MW、备电时间 2h 配置容量 1MWh。该储能舱采用模块化集成技术和设计优化，系统集成了电池系统（含电池管理系统 BMS）、储能变流系统（PCS）、就地能量管理系统（EMS）、空调系统、消防系统以及辅助支撑系统，实现了各部件的可靠电气连接供能，各模块的高速稳定通信。其中，就地能量管理系统，可实时对电池、PCS、空调、消防的运行模式和状态进行管理、控制和监测，确保系统始终处在稳定的工作环境下，按照上级指令或控制策略安全地运行，以满足项目十二年使用寿命的要求。

借助于先进的电力物联网技术，在园区内建立了综合能源管控平台，实现园区内源、网、荷、储的全面监测，并利用优化技术提升园区能源系统的运行效率。储能舱通过就地能量管理系统与综合能源管控平台通信，可以实现以下四项功能：新能源发电消纳，调节光伏、风电等发电的自用消纳，抑制发电的波动性；平抑尖峰负荷，降低园区的用电基本容量，节省电费；实现能量海绵的作用，通过削峰填谷，以及参与需求侧响应，获取收益；提供厂区的应急备用电源，满足重要负荷的供电需求。

### 向客户为中心的能源服务模式迈进

该项目的实施和投运，一方面帮助企业进行源 - 网 - 荷 - 储多能源的协调和综合管理，在优化用能方式、降低能耗方面潜力巨大；另一方面实现集团由过去以产品为中心的能源服务模式向以客户为中心的能源服务模式迈进。随着增量配电网市场的打开，未来的园区综合能源服务可积极与增量配电网业务融合，发挥更大作用。

在园区增量配电网的运营阶段，拥有配电网运营权的项目业主可以单独经营配电网，采

用配售一体化进行盈利。也可以将运营权委托给电网企业或者符合条件的售电公司，自身只拥有投资收益权。项目业主还可以以配网为切入点，逐步成为该区域的综合能源（电、冷、热、气）服务商，再发挥社会资本的创新精神，在区域内拓展设计、改造、节能、售电等业务。

近年来，集团积极开拓综合能源服务业务，拥有集装箱式储能舱、移动储能车、户用光储系统等新产品，掌握核心设备 PCS 技术、系统集成等技术，面向不同客户需求，具有完整解决方案设计能力。先后完成了江苏镇江储能电站、海外户用光储系统、山东输变电公司园区综合能源储能舱、西安储能车等项目。此外，集团也积极发展预装式移动变电站、预装式储能电站等增量业务，取得了较好的发展。（周庆庆）

## 钙钛矿太阳能电池应重“叠层”

中国科学报 2020.4.21

近期，钙钛矿太阳能电池研究领域异常火热。刚刚过去不久的3月份，《科学》连续刊发4篇有关钙钛矿太阳能电池的研究论文，其中关于钙钛矿与硅的叠层太阳能电池的文章就有3篇。

钙钛矿太阳能电池的热点科学问题是什么？受关注的解决策略有哪些？近期发表的文章对热点科学问题有什么贡献？带着这些问题，4月15日，《中国科学报》专访了中国科学院院士、中国科学院化学研究所研究员李永舫。

“3篇采用叠层技术的文章值得重视，将来可能会进一步提升商品化硅太阳能电池的能量转化效率，但这一方向目前国内开展研究的不多。”李永舫指出，“国内研究者应该重视钙钛矿/硅叠层太阳能电池的研究，尤其是在现有硅太阳能电池生产线技术的基础上开发钙钛矿/硅叠层太阳能电池生产技术，同时需要研究叠加钙钛矿太阳能电池后对原来的硅太阳能电池产品稳定性和寿命的影响。”

《中国科学报》：为何钙钛矿太阳能电池这么受关注？

李永舫：钙钛矿太阳能电池是利用一种新兴的钙钛矿型的有机金属卤化物半导体作为吸光材料，进行光电转换的光伏器件。最近几年，钙钛矿太阳能电池得到快速发展，能量转化效率已经超过25%，并且具有低成本溶液加工的优势，拥有很大的应用潜力。

在潜在应用领域中，它的竞争对手是硅光伏电池。当今商用光伏市场份额主要被硅光伏电池占据，因为它可以稳定提供超过18%的组件能量转化效率、25年以上的使用寿命以及0.3美元/瓦的低成本，接近于电网平价的水平。

《中国科学报》：要与硅光伏电池竞争，钙钛矿太阳能电池在科学上还需要加强哪些工作？

李永舫：相比之下，新兴的钙钛矿太阳能电池仍然需要在各方面更加成熟，除了效率以外，还应关注稳定性、大面积器件的生产工艺、材料和器件制备的成本等等，才能真正形成

产业竞争力。现在提升稳定性应当作为钙钛矿太阳能电池研究的重点，因为这是钙钛矿太阳能电池能否实现实际应用的关键。

**《中国科学报》：**近期的3篇《科学》论文有哪些特点？对上面提到的工作有什么帮助吗？

**李永舫：**我花了一些时间，仔细读了近期3篇《科学》上发表的前沿工作，都是针对钙钛矿光伏材料的另一种潜在应用方式：钙钛矿/硅叠层太阳能电池。叠层技术是进一步提高效率从而降低光伏发电成本的有效途径。

钙钛矿太阳能电池相比硅太阳能电池，能更有效地利用高能量的紫外和蓝绿可见光，而硅太阳能电池可以有效地利用钙钛矿材料无法吸收的红外光，因此，通过叠层方式组合这些高效的单电池，可以突破传统纯硅光伏电池的理论效率极限，进一步提升硅光伏电池的效率。

比如，3月6日，美国科罗拉多大学团队发表的这篇论文，获得了截至目前文献报道的钙钛矿/硅叠层太阳能电池27%的最高能量转化效率。这项工作重点围绕一直以来备受关注的问题：氯元素在混合钙钛矿中的功能与作用。研究人员利用一系列材料学表征手段进行了研究，并通过对钙钛矿组分以及氯的调节，加上电池制备集成工艺上的经验积累，得到了如此高的效率和较好的稳定性。

同日，加拿大多伦多大学、沙特阿拉伯阿卜杜拉国王科技大学等团队合作发表的论文，创新点集中在叠层电池连接技术的有效精简上，尤其是在复杂的纹理化硅电池表面制备叠层器件的连接技术。对于商品化的硅太阳能电池，为了提高太阳光的吸收和利用，在硅电池表面大多会制备成纹理化结构，因此该项研究工作对于与商品化的硅太阳能电池生产技术的接轨具有潜在的优势和实用性。

3月26日，美国国家可再生能源实验室和韩国首尔大学团队合作发表的论文，思路仍然集中在钙钛矿/硅叠层太阳能电池中的宽带隙钙钛矿材料本身的调控上，创新点是通过调节钙钛矿中阴离子添加剂工程，达到了26.7%的高效率，这也是世界领先的水平。

**《中国科学报》：**这些工作有哪些不足之处？

**李永舫：**这3篇文章都没有特别关注如何解决钙钛矿太阳能电池的稳定性问题，报道的器件效率也都源自实验室的小面积器件，还没有把握能将这种技术应用到商业化硅太阳能电池中。

除了效率以外，还应关注稳定性、与现有硅太阳能电池生产工艺的匹配、工艺精简程度、材料成本，还有大面积太阳能电池的效率是否可以同步提升等。

**《中国科学报》：**中国科研工作者有什么经验可以借鉴？

**李永舫：**这种钙钛矿/硅叠层太阳能电池是进一步提升硅太阳能电池效率的有效手段，它可以结合传统硅电池成熟的生产技术优势，在其基础上对能量转化效率作进一步提升。目前中国在整个钙钛矿太阳能电池领域处于前沿水平，有一些公司已经开展了大面积器件制备

和应用研究。但是，国内有关硅和钙钛矿叠层太阳能电池方面的研究不多。

国内相关研究者应该重视钙钛矿/硅叠层太阳能电池的研究。我国硅太阳能电池的生产技术水平在国际上处于领先地位，商业化硅太阳能电池的产量占全球产量的 50% 以上，应该在现有硅太阳能电池生产线技术基础上开发钙钛矿/硅叠层太阳能电池的生产技术，进一步提升商品化硅太阳能电池的光电转换效率。同时需要研究和解决叠加钙钛矿电池后形成的叠层器件对硅太阳能电池稳定性和寿命的影响问题。（甘晓）

## 大幅提升锂金属电池循环稳定性

中国科学报 2020.4.23

**本报讯（见习记者杨凡）**近日，中国科学技术大学化学与材料学院姚宏斌课题组与合作者，在金属卤化物钙钛矿导锂层的构建和应用研究中取得重要进展。研究人员利用氯基金属卤化物钙钛矿宽带隙、成膜性好、制备简单等优势，开发出基于金属卤化物钙钛矿的梯度导锂层，实现了金属锂负极与电解液的隔离，大幅度提升了锂金属电池的循环稳定性。该成果近日发表在《自然—通讯》上。

研究人员发现，利用旋涂法制备的金属氯基钙钛矿具有容纳和传输锂离子的特性。研究人员发展了方便的固相转印方法，将旋涂法制备的高质量氯基钙钛矿薄膜原位转移到锂箔表面，形成具有梯度结构的导锂层。该金属卤化物钙钛矿导锂层可以改善电解液与锂金属的界面问题，实现致密的锂金属沉积和脱出，避免了锂枝晶生长和锂金属电极的粉化。锂金属全电池电化学循环测试表明，在金属卤化物钙钛矿导锂层的保护下，锂电池的稳定性显著提升。

该工作是金属卤化物钙钛矿材料在锂金属负极界面导锂层应用的首次尝试，并且给出了该材料高锂离子传导性能的有力证据。审稿人认为，此工作是首次报道使用金属卤化物钙钛矿作为锂金属负极的保护层。金属卤化物丰富的结构和稳定的框架，将为新型固态电解质设计和高性能锂金属电池构筑提供更多的可行性思路。

## 政策驱动 BIPV 市场

### 光伏和建筑行业融合度有待提高

中国电力报电气周刊 2020.4.23

“目前国内外对近零建筑的要求越来越高，部分国家对于近零建筑在政策方面给出了明确的强制要求，这是其 BIPV 市场发展步伐走的较快的原因之一。”中国建筑设计有限公司国家住宅与居住环境工程技术研究中心太阳能建筑技术研究所所长鞠晓磊指出，BIPV 在某个市场的发展机遇一般要从政策的影响、行业标准、以及光伏和建筑两个行业的融合度几个角度来评判。基于以上几个维度的思考，我国目前 BIPV 蓄势待发，将开启绿色建筑以及光

伏应用的新时代。

### 政策支持是产业发展的强劲动力

随着，国内外对于环保的重视逐日提升，对于近零能耗的相关要求也不断提升。以美国加利福尼亚州为例，加州能源委员会颁布的《2019 建筑能效标准》就明确要求，从今年 1 月 1 日开始，所有在加利福尼亚州建造的新建住宅包括 3 层楼以下独栋或公寓都将被要求安装住宅光伏系统。

毫无疑问，这一政策对于去年底发布第三代光伏屋面的特斯拉而言是一个利好政策，事实也正如此，据外媒报道，3 月，特斯拉的超级工厂已经可以一周内完成 4 兆瓦的第三代光伏屋面的制造。

不仅美国，在英国、丹麦、法国等对新建建筑的近零排放标准都提出不同程度的政策要求。“建筑产能需求大大提升了市场对建筑光伏集成构件的需求，可以说，政策为 BIPV 带来一定的市场空间。”鞠晓磊说。

目前，我国对于建筑光伏的态度以引导为主。从近两年国家发布的政策来看，对国内 BIPV 市场引导意见明显。从去年到今年，对于 BIPV 的利好消息不断，能源和建筑行业相继出台了有关政策规定，推动绿色建筑的发展。2019 年，国家发展改革委、国家能源局印发的《能源技术革命创新行动计划（2016 – 2030 年）》中将“高效太阳能利用技术创新”列入了重点任务当中；而住房和城乡建设部下发的《建筑节能与绿色发展“十三五”规划》中又规定，城镇可再生能源替代民用建筑常规能源消耗比重超过 6%，城镇绿色建筑占新建建筑比例超过 50%。由此可见，在政策鼓励下，“十四五”期间，BIPV 实现跨越式发展不无可能。

鞠晓磊说：“BIPV 是解决近零能耗建筑用电用能需求的关键技术因素，随着近年来光伏产业链成本的快速降低，使得光伏建筑具备商业化应用的价值。从早期的户用光伏走向 BIPV，行业由政策依赖走向无补贴时代，自发性市场需求的崛起将打开 BIPV 发展的广阔空间。”

### 技术及行业间协作等问题仍需攻克

具体到 BIPV 技术环节，毕竟是光伏与建筑的跨行业合作，其中很多共性问题仍需进一步攻克。目前，从制造到施工再到运维，各个环节算下来国内做光伏的企业成千上万，而做 BIPV 的却屈指可数。鞠晓磊强调：“BIPV 产业推进缓慢的原因最主要的还是跨行业结合带来的困难，行业间的合作机制没有建立，光伏组件及设备制造商与建筑师之间没有建立直接联系，有可能造成需求与产品的不匹配。”

同时，在安装和建设 BIPV 方面应注意到，BIPV 的发电功能并不是建筑光伏的唯一收益，其对建筑环境的提升有可能被忽视。BIPV 不同特性的光伏构件选择安装在建筑不同部位，带来的节能效果也需重视，达到发电与节能效果的最大化的结果最佳。鞠晓磊解释说：“例如不透光的 BIPV 光伏构件适宜平行安装在屋面，或者在遮阳板处安装，可以起到保温

隔热、遮阳避光的效果；而中、低透光的光伏构件可安装在采光窗或采光顶的位置，发电的同时不影响建筑内自然采光的效果。”

“在构件方面，越来越多的企业参与进来，目前多种不同型式的 BIPV 光伏发电设备也逐渐丰富，未来随着 BIPV 市场的逐渐兴起，相关的产品标准也有待完善，保障行业优质发展。”鞠晓磊说。目前为止，国内 BIPV 项目的建设虽然数量较少，项目的规模与技术一直在不断提升，越来越多的光伏企业和建筑企业加入推动 BIPV 的行列。（简悦）

## “太阳能充电车衣”问世

安徽科技报 2020.4.24

目前，法国高新科技研发初创企业 GazelleTech 设计并制造了一件“太阳能自动伸缩充电车衣”，这件车衣能让汽车在停车过程中自动充电，既解除了车主寻找充电桩的焦虑，同时也节省了安装充电桩的地理资源。

只需按动一个按键，这件太阳能充电车衣便会从车辆后备厢下方缓慢升起，并一直延伸至车头，侧面采用红色围布，中间部分是一整条柔性太阳能板，可以将光能转化为电能，储存到车辆的电池包内。

按照数据计算，这件太阳能车衣每小时可提供约 12.8 公里的续航里程。据相关人士介绍，这件太阳能自动伸缩充电车衣可折叠至少 5 万次，直至失去吸收太阳能的活性。与市面上的其他太阳能面板相比，车衣的重量只有其它产品的三分之一。

GazelleTech 致力于轻型车身材料的研究，其创始人曾是雷诺 F1 车队材料工程专家顾问团中的成员。（李惠钰）

## 多功能光催化复合纤维制备成功

江苏科技报 2020.4.24

本报讯（通讯员张小晴记者孟婧）4月22日，记者从南京工业大学获悉，该校陆春华教授、寇佳慧教授与东南大学教授赵远锦合作制备了一种多功能光催化复合纤维，首次实现了太阳光驱动内建电场重构，并有效增强光催化性能提高。日前，这一研究成果以《构筑红外光响应的光生电子驱动器来增强光催化产氢》为题，作为封面文章发表在《先进材料》上。

光催化反应是在太阳光照射下完成的化学反应，如果能够在太阳光照射下实现内建电场重构，那么内建电场重构增强光催化这一研究策略将有效推动光催化技术的实际应用与发展。

据论文第一作者、南京工业大学材料科学与工程学院博士生代宝莹介绍，课题组创新性地设计并构筑了热释电—光热—光催化复合微米纤维 PVDF—HFP/CNT/CdS—Pt 系统，以实现太阳光驱动内建电场重构，并显著提高光催化分解水制氢效率达 5 倍以上，对应的平均

表观量子效率约为 16.9%。

为充分发挥光热材料和热释电材料的性能，该团队将光催化反应局域在构筑的复合纤维的表界面，形成热收集型光催化微反应器。为得到最佳的光催化性能，他们探讨了热释电基底、光热材料含量等与热释电电势输出及光催化性能的关联，并对复合螺旋纤维的光催化稳定性进行探索。

其研究表明太阳光驱动内建电场重构可实现光催化性能的显著提高。另外，该团队通过变温荧光和变温光电化学表征等技术手段，探索了热释电内建电场对光生载流子分离、传输及寿命的影响，为未来太阳光驱动内建电场重构增强光催化性能的研究提供了理论依据与指导。

据了解，该研究成果将来可以用来分解水制备清洁可再生能源氢气、还原温室气体二氧化碳、氮氧化物固定、降解生产和生活中形成的有毒有害物质（如工业有机染料、医用抗生素、家居装修产生的甲醛等）等，以缓解日益严峻的环境和能源问题。

## 太阳能分解水 构建一片“氢农场”

中国科学报 2020.4.22

近日，中国科学院院士、中国科学院大连化学物理研究所研究员李灿团队在《德国应用化学》发表的一项成果，引起了业界的关注。他们提出并验证了一种新的太阳能分解水规模化制氢策略——“氢农场”策略，并使太阳能光催化分解水制氢效率创世界纪录。

“氢农场”策略类似于农场所种庄稼，春天大面积播种后，利用光合作用过程把太阳能储存在庄稼里，等秋天庄稼成熟后再把粮食集中收割起来。

“太阳能光催化来分解水制氢是被国际上认为非常理想的生产绿色氢能的过程。”李灿在接受《中国科学报》采访时说，他们的研究就是把光催化剂做成纳米颗粒分散到水里，经太阳光照射水分解就可产生氢气和氧气。

不过，据记者了解，这种制氢方式目前要想实现大规模工业化应用仍然面临挑战。

### 灵感来自“道法自然”

利用太阳能制取清洁的氢能以代替化石燃料，被认为是未来能源革命的重要方向。

太阳能分解水制氢，目前主要有三条途径，第一条以太阳能电池发电为主，利用电解等技术把水分解成氢气和氧气；第二条为光电催化分解水制氢；第三条就是光催化分解水。该途径虽然工艺简单，但实现规模化生产的技术难度较大。

“氢农场”策略就属于第三条途径。其目前需要解决两个关键问题，一是如何高效地利用水氧化反应把太阳能储存起来；二是如何抑制光催化剂表面生成的氧化态和还原态储能介质之间的逆反应。

李灿告诉《中国科学报》，早在 2001 年，中国科学院大连化学物理研究所太阳能制氢的相关实验室便已建成，经过前后 20 年的研究积累，最终取得如今的成绩。而在这场前后

上百人投入的马拉松式的“竞赛”中，也遇到很多难题，如光催化剂效率偏低、直接将氢气和氧气同时释放存在混合爆炸的安全隐患、氢气和氧气的分离和成本等等。

解决这些难题的背后，李灿给出了四个字“道法自然”。

五六年前，为了找到破解之策，农业中大面积种植庄稼的过程给了李灿团队灵感。他们发现，绿色植物光合作用的第一步就是分解水反应，将水分解为氧气和质子及高能电子，氧气释放到大气中，质子参与后面的碳固定反应，合成糖类等生物质。整个过程既不需要密封，也不需要收集气体，氧气的释放还改善了空气质量，很容易实现大面积种植。

因此，“氢农场”策略也是先捕获太阳能发生水氧化反应，把氧气释放出去，再把储存的太阳能收集起来，集中生产氢气。其原理与种庄稼的过程类似，破解了大规模太阳能光催化制氢应用的技术瓶颈。

### 三大创新展示未来前景

“李灿团队的工作，向同行们展示了未来太阳能分解水制氢的前景，增加了该领域研究者的信心。”提及该项成果，中国科学院外籍院士、瑞典皇家工学院分子器件讲席教授孙立成如此评价。

孙立成长期从事太阳能燃料与太阳能电池科学前沿领域应用基础研究，组织完成了多项太阳能燃料与太阳能电池领域重大科研项目。在他看来，李灿团队在科学和技术挑战、成本及可规模化展示上，都做得“非常漂亮”。

从科学和技术挑战来说，李灿团队用的是一种叫“钒酸铋”的黄色半导体光催化材料，可以吸收一定波长范围的太阳光，把这个材料做成一个个具有规则结构的小单晶，分散到水溶液中，光一照就可以高效地把水氧化成氧气。

“这种做法还是不多见的。”孙立成对《中国科学报》说，其可以利用单晶的不同暴露晶面把电子和空穴在空间上分开，高效地把水氧化成氧气，还可以同时解决储能介质（氧化还原对）之间的逆反应，再用电解的方式把氢气释放出来。这种策略的好处是，氧气和氢气完全分开，解决了光催化分解水体系中氧气和氢气混合在一起的技术难题。

从成本来讲，“氢农场”策略所用的光催化剂由一些非贵重金属元素组成，是相对廉价的材料。而且，大面积储存太阳能的过程不需要收集气体，反应器也不需要密封，反应器的制造加工成本也低，这为未来实现工业化生产提供很大的可能性。

从可规模化展示上，孙立成认为，工作中的“反应池”已经有了平方米级的“尺寸”，并且通过太阳光下的试验，证明“氢农场”这一思路确实可行，未来还可以放大并进一步优化，有希望实现规模化生产。

### 创建大规模工业应用之路

“氢农场”体系的太阳能到氢能转化效率超过1.8%，是目前国际上报道的基于粉末纳米颗粒光催化分解水体系太阳能制氢效率的最高值（此前最高纪录是1.1%）。这是否意味着该项技术已趋向成熟，很快就可以推广？

美国能源部对化石资源制氢和太阳能分解水制氢成本做过一个粗略估算，若利用纳米颗粒光催化剂的太阳能制氢效率达到 10%、催化剂稳定工作时间超过 3000 小时，太阳能制氢的成本与廉价化石资源（例如煤或天然气）制氢的成本相当，具有与传统化石资源制氢可竞争的成本，可以进行大规模工业应用。

对此，中国科学院大连化学物理研究所研究员李仁贵认为，太阳能分解水制氢技术目前还存在效率较低、制氢成本高等问题，不考虑环境和生态成本的话，太阳能分解水制氢的成本还高于化石资源制氢，尤其是基于粉末纳米颗粒体系的光催化分解水制氢。

“该技术虽然工艺简单、易操作、投资成本低，但是由于其太阳能制氢效率还不够高，距离规模化工业应用还有一定距离。”李仁贵坦言。

他表示，目前，“氢农场”制氢效率超过 1.8%，还有很大的提升空间。如果将光催化剂对太阳光的吸收范围从目前钒酸铋材料的 520 纳米进一步拓展至 600 纳米以上，甚至 700 纳米，储能介质的化学电位进一步降低的话，整个体系的太阳能制氢效率达到 10% 还是有希望的。这项研究验证了这种可行性，也为本领域同行展示了努力的方向。

孙立成则表示，通过“氢农场”的思路，氢气、氧气可以分离，太阳能制氢效率也可以提高。“太阳能制氢效率将来如果能超过 6% 的话，就有希望大规模生产，最理想的状态是 10% 以上。基于目前的成果，大家有信心继续努力把这个体系做得更好。”（崔雪芹）

## 五、地热

### 我国地热能供暖（冷）将在“十四五”集中释放

中国自然资源报 2020.4.21

本报讯（记者 于德福）近段时期，浙江、陕西、山东、江苏、河北等省份陆续出台相关政策措施，推动地热能对工业建筑和民用建筑进行集中供暖（冷）。这预示着，“十四五”时期我国地热能集中供暖（冷）将进入集中释放期。

据了解，地热能供暖（冷）作为地热能利用技术，主要通过换热器把地热能中的热量利用起来，在冬季给建筑物供应暖气，在夏季供应冷气。近年来，随着热泵供暖（制冷）等浅层地热能开发利用技术加快发展，我国地源热泵总利用面积不断扩大。

浙江省前不久发布的工程建设标准《地源热泵系统工程技术规程》明确指出，地源热泵系统可利用浅层地热能资源进行供热、空调和供生活热水，属于可再生能源建筑应用形式的一种，工程应优先采用。

陕西省近期印发通知明确了地热能利用的目标，即力争到 2021 年年底前，关中地区城镇新增地热能供热面积约 2200 万平方米，占新建建筑供热比例的 20% 以上。

《山东省冬季清洁取暖规划（2018—2022 年）》明确，2022 年全省清洁取暖率达 80% 以上、农村地区平均清洁取暖率达 75% 左右。近日发布的 2020 年山东省住房和城乡建设厅部门预算显示，今年清洁取暖涉及财政拨款金额达 3.9 亿元。

江苏省将 2019 年度江苏省科学技术奖一等奖授予“浅层地热能高效可持续开发关键技术及应用”后，今年 3 月 9 日在南京市浦口区举行了一季度重大项目集中开工仪式。其中，总投资 80 亿元的挪宝生产装备制造基地及研发中心项目，建成后将形成年产地源热泵机组 1 万台套的生产能力。

河北省辛集市科学技术局发布的 2020 年农村电代煤地源热泵采购及安装项目中标公告显示，农村居民将采用地源热泵机组进行冬季供暖，总费用的 85% 由财政补贴。这一模式，为解决我国北方大量散居农户的冬季供暖问题提供了借鉴。

## 从地热盐水中淘“锂矿”

中国科学报 2020.4.22

随着锂电池在电子产品、新能源汽车等领域的火热应用，锂元素的价值也愈发凸显。

目前，锂主要是从富含锂的海水、地下热盐水或岩石中提炼获得。不久前，美国加州能源委员会还专门讨论从地热盐（卤）水中提取锂，以期在美国创造一个“世界级的锂产业”。

在此之前，由美国公司 Lilac Solutions 与澳大利亚公司 Controlled Thermal Resources (CTR) 合作的美国加州索尔顿海盐湖地热盐水锂矿，凭借其创新的锂回收技术，吸引了比尔·盖茨旗下风投 Breakthrough Energy Ventures (BEV) 的 2000 万美元的投资。该风投的投资人还包括阿里巴巴的马云、亚马逊的杰夫·贝索斯及彭博的迈克尔·布隆伯格等资本大佬。

在业内看来，地热盐（卤）水或许也会成为我国提高锂的可持续自主生产、降低对锂进口依赖的解决方案之一。

### 手里有矿，心中不慌

据《洛杉矶时报》报道，上述锂矿项目位于美国加州南部帝王谷的索尔顿海盐湖。该湖的盐分（4.4%）高于太平洋，有很多冒出地下热盐水的泥丘。这些盐水富含锂和其它矿物元素，几十年来吸引了无数“淘金者”前仆后继地投资。然而，此前这些锂矿项目大多成本过高，如果无法脱手，最终只好关门了之。

Lilac Solutions 称，其公司用独有的离子交换珠技术取代了传统的蒸发池方法，能够连续高效率地处理地热盐水，从而提纯出电池级的锂产品。该技术不仅可以降低生产成本，还能充分利用低品位的资源。

目前，全球锂的主要供应方为南美的盐水锂矿和澳大利亚的岩石锂矿。索尔顿海盐水锂矿项目如果能够在 2023 年投入运行，预计第一年就将生产出超过 1.7 万吨锂，届时有望跻身锂市场主要玩家的行列。

“电动汽车是削减碳排放的最有前景的机会，但电池原材料如锂和钴的供给不足是其最大挑战。” BEV 投资人 Carmichael Roberts 称，Lilac Solutions 的新技术使得生产商能够以更低的成本从更新的资源中提炼出更多的产品，这能够改变锂市场的供求关系。这类工业级创新

还能够最终支持机动车向电动车的转变。

实际上，锂矿不光博得了私营企业的青睐，美国能源部在十几年前就资助过很多能够从地下热盐水中高效提取锂的分子筛研究。加州能源委员会于2019年12月发起了名为“GFO-19-303 克服技术障碍与实现盐水中矿物锂回收的地热能”的项目。项目包含“提高现有地热设施的产能和灵活性”“改进回收锂的处理技术”以及“从地热盐水中回收锂的实施和示范工程”三个子课题，将资助总计1400万美元的地热回收研究课题。

中国地质大学（北京）教授李克文向《中国科学报》分析称，鼓励这类研究项目对于美国加州有许多好处。首先锂作为电子、新能源产业重要的战略资源，当地政府不希望过度依赖进口。其次，加州历来重视地热、太阳能、风电等清洁能源，投入的经费在美国所有州中是最多的。目前，加州地热装机容量约4千兆瓦，占该州总发电量的5%~6%。如果能够利用现有地热发电项目的热盐水提取锂等稀有元素，不仅能够取得一部分额外的经济效益，而且有利于地热盐水的环保回灌，还可以增加不少就业岗位。

据李克文介绍，过去十几年来，美国能源部一直对从地热盐水中回收锂等稀有元素的理论和有关技术非常重视，资助了不少科研项目，也取得了一些重要成果。

### 把地热盐水“吃干榨净”

那么，除了提供锂以外，地热盐水（盐度3%~5%）、卤水（盐度高于5%）还有哪些用途？中国科学院院士汪集旸提出了“三重禀赋”。

在康养方面，40~50℃的地热盐水具有很好的疗养效果。我国用地热水泡温泉已有2000多年的历史，目前在这方面的开发也很广泛。

第二重禀赋是能源。地热井口温度达到150~200℃就可以高温发电，如西藏的羊八井地热发电站。此外，还包括低温热水的非电直接利用。汪集旸说，我国的地质特点决定了地热资源以中低温为主，除西藏、腾冲等少数地区有高温地热资源外，广大东部地区的地下热水低于100℃，这类热水虽然能量密度低，但可以用于供暖、制冷以及生活热水三联供。据他估计，目前中国的浅层地源热泵（深度少于200米）项目在以每年10%的速率增长。

地热盐水的第三重禀赋是可以提取稀有元素。汪集旸告诉《中国科学报》，除了锂以外，一些地区地热盐水中的钾、氯、溴、碘等稀有元素的含量也具有重要的工业价值。

“1959至1962年，我在莫斯科地质学院读研期间，结合导师承担的苏联地质保矿部项目‘西西伯利亚自流盆地地下卤水中Br、I微量元素的分布与提取’，完成了我的副博士论文。”汪集旸回忆道，“可见，苏联在上世纪50至60年代就已经非常重视从地下盐（卤）水中提取有用矿物元素乃至矿产资源的工作。”

上世纪60年代，我国曾存在缺乏钾盐的问题。“在西北地区发现钾盐矿以前，从自贡2000多米深的地下卤水中提取的钾盐解了燃眉之急。”汪集旸说。

目前，我国每年需要以碳酸锂、氢氧化锂、氯化锂等方式大量进口锂盐用于医药、新能源、新材料等多个制造业门类。据中国有色金属工业协会锂业分会发布的《2018年锂产品

进出口情况简报》，2018 年中国碳酸锂进口总量为 2.4 万多吨。与此同时，我国已成为锂电池的主要生产国，2018 年中国锂离子电池总出货量 102 吉瓦时，国际占比约 54%。

多位专家认为，我国要想提高锂等稀有元素的可持续自主生产、降低对这些资源的进口依赖，挖掘地热盐（卤）水资源或将成为解决方案之一。

### 呼吁启动地热盐水提取工作

据统计，目前我国锂资源主要集中在青海、西藏、四川等地区，占全国总量的 85% 左右。其中，青海现在已经探明的氯化锂储量为 1982 万吨，西藏为 1740 余万吨。

“从锂资源的总量来看我们是全球最大的，但大而不强。”中国科学院院士郑绵平指出，我国锂原料对外依赖度依然较高，目前的使用量主要依赖于进口锂辉石及盐湖卤水。

在“十四五”规划中，地热作为一种重要的清洁和可再生能源得到了高度重视。2019 年 10 月，中国工程院启动了“夏热冬冷”地区地热能应用战略研究课题。而汪集旸牵头的《长三角地区地热资源及其综合利用研究》近日也获得了中国科学院评议通过。

“除了地热发电、地热三联供以外，应该把从地热盐（卤）水里提取矿物质也作为‘十四五’规划之一，把这方面的工作启动起来。”汪集旸呼吁。

此外，记者了解到，盐湖提锂也将成为全球未来锂矿开发的趋势。其中，地下卤水型锂矿以四川自贡、湖北潜江地区的地下卤水为代表，该类资源开发利用的潜力较大。（池涵）

## 六、海洋

### 海洋一所发布千年全球海浪数据

中国自然资源报 2020.4.14

本报讯（记者 王晶）近日，自然资源部第一海洋研究所公开发布了千年全球海浪数据。这是国际上首套来自于完整气候模式的长时间海浪数据，空间范围上可覆盖全球海洋，时间尺度上可涵盖过去百年、现在和未来百年。据了解，该数据来源于海洋一所自主研发的第二代气候系统模式，目前已向全球共享。

该项工作主要负责人、海洋一所物理海洋室研究员宋振亚介绍，该数据由月平均和 3 小时高时间分辨率的有效波高、波向、谱峰周期和跨零周期等 4 个海浪要素组成，包括了时长 700 年的工业革命前试验、165 年（1850 年～2014 年）的历史模拟试验、86 年（2015 年～2100 年）的 ssp126、ssp245 和 ssp585 未来情景试验以及 150 年的 1% 二氧化碳增加、4 倍二氧化碳突增试验数据。

海浪是海洋中最为常见的物理现象，也是全球海洋中含能最高的运动。以往研究普遍认为，海浪对航行安全、减灾防灾、海岸侵蚀等具有重要影响，但在大尺度海洋和气候系统中作用微弱，其作用一直未受到重视。

海洋一所科研人员经过长期不懈努力，揭示了波浪对上层海洋混合层及气候系统的核心作用，创建了浪致混合理论并解开了波生湍流的本质，在国际首次建立了海浪－潮流－环流

耦合模式 FIO - COM（以海浪耦合为特色的气候模式），大幅降低了海洋模式模拟偏差。

在此基础上，海洋一所建立了国际首个包含海浪的气候模式 FIO - ESM v1.0。2003 年，海洋一所参加了第五次国际耦合模式比较计划，随后将波浪破碎飞沫、波浪对海气通量的影响纳入气候模式，发展了 FIO - ESM v2.0，目前正在参加第六次国际耦合模式比较计划。

据宋振亚介绍，该气候模式包含了海浪模式，因此能直接得到工业革命前、历史模拟、不同未来气候变化情景以及二氧化碳敏感试验条件下的海浪参数，所得数据将弥补当前海浪研究及海浪应用中数据的不足。工业革命前千年的数据，有望加深对海浪这一物理过程的科学理解；历史试验数据，能进一步厘清过去百年海浪变化的科学事实；未来气候变化情景试验数据，能在海岸工程、海岸侵蚀研究等方面发挥重要作用；基于二氧化碳敏感试验的数据，能够深入理解海浪对气候变化的响应。这些数据将在气候变化科学研究、防灾减灾、应对气候变化以及生态文明建设等方面发挥重要的作用。

## 中科院大连化学物理研究所等 我国首套深海原位荧光传感器海试成功

中国科学报 2020.4.15

本报讯（记者刘万生 通讯员耿旭辉）近日，我国三种深海原位荧光传感器工程样机在深海勇士号/探索一号 TS16 南海科考航次中，搭载“深海勇士号”载人潜水器先后 11 次进行水下试验，最大潜深达 3497.6 米。此三种传感器由中科院大连化学物理研究所研究员关亚风、副研究员耿旭辉团队与中科院深海科学与工程研究所共同研制，前者负责深海原位有机组分气相色谱—质谱联用仪与荧光传感器的研发，后者负责耐压水密封外壳的研发和海试。

该系列传感器包括深海原位叶绿素荧光传感器、深海原位微生物荧光传感器和深海原位多环芳烃荧光传感器，为我国首套该类型的深海原位荧光传感器。其中，深海原位微生物荧光传感器也是国际首套该类型仪器。

经中科院深海科学与工程研究所测试，此三种传感器均通过净水压力试验，最大工作深度均为 4500 米。本航次海试过程中，深海原位叶绿素荧光传感器共进行 5 潜次海底试验，最大试验深度为 3497.6 米；深海原位多环芳烃荧光传感器共进行 3 潜次海底试验，最大试验深度为 3340.0 米；深海原位微生物荧光传感器共进行 3 潜次海底试验，最大试验深度为 2371.4 米。

该系列传感器分别测量了南海海水中从海平面到海底整个剖面的叶绿素 a、微生物和多环芳烃的浓度。其中叶绿素 a 的浓度，反映了深海中浮游植物生物量或现存量，是计算初级生产力的基础；微生物的浓度，具有很高的科学研究价值和衍生的经济价值；多环芳烃的浓度则有助于勘探海底原油溢油，具有重要的能源勘探价值。

本项目是中科院战略性 A 类先导专项“深海/深渊智能技术及海底原位科学实验站”的子课题。此次勘探所得数据为海洋生物、物理海洋等多学科研究提供了重要的原始数据。

## 海水淡化新应用 锰矿废水成资源

中国自然资源报 2020.4.22

**坐标：**广西壮族自治区崇左市大新县下雷镇大新锰矿

**病症：**锰矿废水废渣污染

**医生：**自然资源部天津海水淡化与综合利用研究所

**治疗手段：**锰矿废水连续反应结晶技术

**治疗方案：**在锰矿废水治理方面，将高效提溴、连续反应结晶、离子交换以及膜分离等技术结合起来，应用于锰矿废水处理，在脱除废水中锰、镁、钙、硫酸根、氨的同时，实现副产氢氧化锰、氢氧化镁、碳酸钙、硫酸铵以及水的资源化利用，避免了原有废水处理工艺的环境污染风险。

在锰矿废渣治理方面，采用海水（高含盐水）连续反应结晶技术，通过分段结晶和控制反应条件，实现废渣无害化处理以及硫酸钙、硫酸镁、氢氧化铁等的资源化利用。

此外，控制结晶和多效蒸发浓缩技术还可应用于一水硫酸锰制备。

2019年12月24日，由天津海水淡化与综合利用研究所和中信大锰矿业有限责任公司联合建立的锰资源综合利用技术联合实验室、成果转化基地，在大新锰矿揭牌成立。该实验室的建立将为提高我国的锰资源综合利用率和产品附加值、降低过程能耗等方面提供强大的技术支撑，同时为助力企业技术升级和绿色矿山建设提供了良好的服务平台。该实验室将推进新技术、新产品、新装备的研发和成果转化，实现尾矿渗滤液、生产废水资源化利用，尾渣洗涤及锰资源回收利用，源头治理金属锰矿渣资源化利用，引领行业健康发展。

**治疗效果：**每年可从废水中回收氢氧化锰、氢氧化镁和碳酸钙等无机盐产品8000余吨，降低能耗30%以上，年节电115万度；实现废渣无害化处理和硫酸钙、硫酸镁、氢氧化铁等资源化利用，废渣年排放量可减少15万~21万吨。硫酸锰制备车间技术改造后，产品中钙镁杂质去除率达97.5%，年节约蒸汽1.2万吨，品质提升后的高纯硫酸锰售价将提高1倍，预计年产值翻一番，达到6000万元。

## “蓝能”可贵 “蓝海”可期

中国科学报 2020.4.29

前不久，欧洲海洋能组织（OEE）发布了《2019年度海洋能发展趋势与统计》报告（简称《报告》）。《报告》预测，2020年将是海洋能的丰收年。

无独有偶，2020年也是我国《海洋可再生能源发展“十三五”规划》（简称《规划》）的最后一年。按照目标，我国海洋可再生能源装备将实现从“能发电”向“稳定发电”转变，海洋能开发利用水平步入国际先进行列。

蔚蓝的海洋中蕴藏着巨大能量，今年，我国海洋能可否迎来爆发与转折？

## **战略资源 全球竞赛**

万有引力、太阳辐射对海洋“施加”各种影响，使得海洋发生潮汐、潮（海）流、波浪、温差、盐差等多种形式的变化。这些变化形式可化作能量存在于海洋之中，它们有个统一的名字“海洋能”。

海洋能全球总储量巨大，资源分布极为广泛，被认为是“取之不尽，用之不竭”的能源。在全球化石能源不断枯竭、生态环境恶化的今天，发展海洋能也成为国际竞争的战略制高点。

今年以来，欧美国家和地区持续加大对海洋能研发应用的支持，建立了更为完善的政策体系。美国推出清洁可再生能源债券等用于海洋可再生能源开发的市场激励。英国多个规模化研究项目和商业化项目正在实施。欧盟 H2020 计划将持续支持潮流能示范、波浪能发电及海水淡化综合利用等海洋能发展。

“近年来，我国高度重视海洋可再生能源的开发利用，发展前景十分广阔。”中国科学院广州能源研究所（简称广州能源所）海洋能研究室研究员吴必军对《中国科学报》说。

中国海洋大学工程学院教授史宏达告诉《中国科学报》，海洋能资源特点与海域环境有关，不同纬度、气候带、岸线、水深，有不同的资源。我国海洋能的主要特点是分布广泛、类型多样、资源丰富，但密度较低。

自然资源部国家海洋技术中心发布的《中国海洋能 2019 年度进展报告》显示，截至 2018 年底，我国海洋能电站总装机达 7.4 兆瓦，累计发电量超 2.34 亿千瓦时。另据“908 专项”以及海洋可再生能源专项评估结果，我国近海的潮汐能、潮流能、波浪能、温差能、盐差能的资源潜在量约为 6.97 亿千瓦，技术可开发量约为 0.66 亿千瓦，开发潜力较大。

“目前的海洋能的开发利用较 10 年前更理智，因此脚步反而更稳健些。”在史宏达看来，现阶段我国每一年都有进步，但尚未出现成果爆发的迹象，谈“海洋能的丰收年”为时尚早。

## **多“能”并举 突破难关**

海洋能的主要利用方式是发电。小功率海洋能装置可用于海岛灯塔、航道灯标及海洋观测浮标系统；大功率海洋能装置可实现并网或独立供电，为偏远海岛及海洋资源开发设施等提供清洁能源。

为了充分高效获取海洋可再生能源，依据能源分布和特点，我国推动多“能”并举，各种新技术不断涌现。

在潮汐能方面，我国的技术研究起步较早，与国际先进水平差距不大，1980 年建成的江厦潮汐试验电站（4.1 兆瓦），目前装机规模位居世界第四。2010 年以来，我国相继开展了健跳港、乳山口、八尺门、马銮湾等多个万千瓦级潮汐电站工程。主要潮流能发电技术已全面进入海试阶段，实现兆瓦级潮流能发电机组开发和并网运行。

就波浪能而言，“有海的地方就有波浪，而波浪能就是海洋表面波浪所具有的动能和势

能。”吴必军说，与潮汐能、温差能、盐差能等分布有局限相比，波浪能是分布较为广泛的一种海洋能，开发技术形式最为丰富。

当前，波浪能能量转换技术主要包括振荡水柱式、振荡浮子式、越浪式等。针对传统的结构简单、安全可靠但转换效率低的振荡水柱技术，广州能源所进行了深入研究，并实现了技术突破。作为该技术负责人，吴必军告诉记者，2019年，这一技术经国家海洋技术中心测试结果表明，波电转换效率最高达50.73%，实现了转换效率、可靠性和安全性“三高”，可作为海上“充电宝”为海上测量仪器、海洋牧场、海岛等供电。

海洋能技术成熟度从低到高分为1~9级。“就我国而言，保障在台风等灾害性海洋气候条件下安全运行、提高转换效率，是波浪能装置开发利用的难题和方向。”吴必军说。“转换效率的提高，为发电造价成本降低打下技术基础。保守估计，经过未来几年的发展，波浪能装机造价从1千瓦10万元降至3万元。”此外，温差能、盐差能等也在开展相应技术原理探索与试验。

“我国拥有各能种的技术积累，也拥有失败的教训。总体来看，我国海洋能技术发展基本接近6级，也就是说形成了模型样机；有的冲入8级，即在海上进行了投放和试运行，但这并不绝对。”史宏达表示，当前，新理念、新装置仍然在推出，只是并未像风能发电那样定型。

### 站在商业化的门口

《规划》指出，要加速我国海洋能商业化进程。“当今我们站在商业化的‘门口’，但还没有进门。”史宏达坦言，目前海洋能还存在着建造技术、系泊避险技术、防腐防污技术、收放运维技术和多能互补技术等开发瓶颈。

国家海洋局第一海洋研究所研究员刘伟民也在《海洋可再生能源开发利用与技术进展》一文中指出，中国海洋能发电装备系统集成技术、关键部件设计与制造技术、海洋能装备试验测试技术等核心技术仍未取得根本突破。装置转换效率、可靠性和稳定性普遍不高，示范工程进展和效果不如预期。

在不断进行技术突破的过程中，究竟满足什么条件才可以进入商业化的“大门”？史宏达表示，要想充分利用海洋能，就要有“场”。就像风电场一样，要有海洋能电场，形成阵列，单一装置是不行的，某一个小小的海区也不能算。吴必军则指出，降低成本十分关键，除了探索发电装置平台的综合利用，还要寻找其他更好的技术路线。

我国由于独特的海洋资源禀赋及条件，应走一条怎样的特色发展之路？

史宏达对各个能种分析认为，潮流能可能是下一个产业化能种，但依赖选址；潮汐能技术最充分，但由于占用岸线资源，并不太符合我国国情；波浪能分布最广泛，但技术成熟程度还待提高，尤其是安全性成本过高。

“在发展时，第一步先进行海能海用，建设多能互补的海岛微网；第二步是海能陆输，开发海洋能电场，实现并网。”史宏达说。

“值得注意的是，欧洲企业与高校均投入了研发力量，但真正的投入源于国家政策及与其相关联的风险投资。在资金得到保障、风险得到控制的前提下，海洋能才得以被开发。”对于海洋能未来商业化之路，史宏达表示，“总体看好，但需要建设持之以恒的团队与平台，要准备再走10年艰苦的道路。”（韩扬眉）

## 探脉海洋 解码波流奥秘

### ——中科院海洋所科技报国70年系列报道之四

中国科学报 2020.4.29

4月的青岛春意融融，与中国科学院海洋研究所（以下简称海洋所）一路之隔的黄海涛声隆隆，海潮每一次拥抱海岸都掀起无数浪花。

70年前，中国海洋科学的第一批“弄潮儿”从这里出发，欲透过波涛汹涌的海表，窥探潜流暗藏的海洋不平静的内心世界。

历史的浪涛滚滚，海洋所几代物理海洋学人勇立潮头，从近海水文气象到全球大洋环流与海气相互作用，解码波流奥秘，推动着现代中国物理海洋学不断发展。

#### 在艰难中开创

1950年中国科学院水生生物研究所青岛海洋生物研究室（海洋所前身）成立之初，海洋物理研究组便应运而生，1959年扩建为研究室，逐步形成研究特色。

学科建立之初，研究基础十分薄弱。1954年，我国物理海洋学的奠基人之一毛汉礼先生放弃美国的优厚条件，克服重重阻力回到祖国，和管秉贤、任允武等老一辈科学家，带领海洋物理组的研究人员，克服设备简陋、经费不足等困难，一步步开创和发展了我国的物理海洋学研究。

今年84岁的中国科学院院士胡敦欣依然记得60年前毛汉礼先生指导他们在海上测量水温的情形：先把温度计装在颠倒采水器里，每隔5至20米一层放到水下，感温后，手摇绞车将其取出读温，一个测温站要放十几层水温表。“测温后要两人读数，如果前后读数差大于0.02℃，就必须重读。当年调查船小，晕船很厉害，有时一支水温表读下来就得呕吐几次……”胡敦欣回忆。

物理海洋室的老一辈科学家们，正是用这些“小米加步枪”的初级调查研究装备，为我国的物理海洋学发展做出了许多奠基性和开创引领性的成果。

上世纪50年代末，毛汉礼先后领导了我国第一次烟威外海鮰鱼渔场海洋学调查、第一次大型综合海洋考察渤海及北黄海西部综合调查；联合筹建了我国第一个海浪观测小麦岛海浪站；翻译出版了《海洋科学》《动力海洋学》等我国第一批现代海洋专业教材。他与日本海洋学家吉田耕造合作于1957年发表的上升流理论模式迄今仍被广泛采用。

1958至1960年，海洋所全程参加了首次全国海洋综合调查这一里程碑事件。毛汉礼担任这次调查专家组组长。他带领物理海洋研究室和其他单位开展了中国近海温度、盐度和密

度等相关调查研究，揭示了黄海冷水团的成因、变化规律和中国海海流系统的结构及其与外海流系相互关系等，奠定了我国物理海洋学的学科基础。

### 在继承中创新

1978年全国科学大会召开，迎来了我国科学发展的春天。海洋所物理海洋学研究也逐步走上多元化发展的快车道。

这一时期，物理海洋研究室设立了水文、海流、气象、波浪、潮汐潮流、海洋物理等6个研究组，取得了一系列重要成果，可谓“全面开花”。

毛汉礼等第一次从多方面阐述了黄东海区域海洋学中的一些重要现象及基本特征；管秉贤发现了南海北部冬季存在着逆风向东北的南海暖流；胡敦欣在太平洋发现并命名“棉兰老潜流”等三支潜流，这是我国首次发现大洋海流，改变了有关西太平洋环流动力结构的传统认识；袁业立首次导出了波面主要部分的演化方程，实现了国外期望得到而未得到的结果；方国洪提出了潮汐准调和分析理论……这些成果和发现有力推动了物理海洋学的发展。

同时，海洋所的物理海洋学研究迅速与国际接轨。如参加了中美长江口联合调查研究，与美国伍兹霍尔海洋研究所联合开展南黄海环流与沉积动力学考察研究。此后成立了中国海洋通量研究委员会，在国际上首次开展陆架海洋通量研究，揭开了我国海洋通量研究的序幕，并与全球海洋通量联合研究计划接轨。

进入新世纪，在中科院知识创新工程背景下，海洋所物理海洋学再次迎来发展机遇。2000年，原来的物理海洋学研究室和海洋环流与海气相互作用研究实验室合并，并于2006年获批成立中科院海洋环流与波动重点实验室，聚焦环流、波动和遥感三大研究方向。

海洋所所长王凡表示，这是学科发展的需要，不管研究近海还是大洋，海洋动力学作为一个系统不能割裂，整合是为了更好地促进物理海洋学各方向交叉融合，更容易一个拳头发力。

这一时期，海洋所的物理海洋学家把目光进一步聚焦于西太平洋环流与气候系统。这里聚集了许多全球“之最”，如最大的暖池、最强的热带对流、最多的水汽含量等等，是我国从近海挺进大洋的“必经之路”。在胡敦欣的带领下，经过长达6年的系列国内外研讨会，海洋领域第一个由中国科学家发起并领导的大型国际合作计划“西北太平洋海洋环流与气候实验（NPOCE）”于2010年诞生，中、美、日、澳、韩、菲、印尼、德等8国的19个研究机构参与其中。

2013年，海洋所牵头实施的中科院海洋领域首个战略先导专项“热带西太平洋海洋系统物质能量交换及影响”使我国在西太平洋环流与气候领域的观测研究迈上了新台阶。

### 在新时代奋进

博观而约取，厚积而薄发。党的十九大以来，海洋环流与波动重点实验室科研人员始终不忘初心，砥砺前行，面向世界科技前沿和国家重大需求，瞄准解决关键核心技术和重大科学问题，取得了一系列丰硕成果。

“比如，建立了西太平洋主流系潜标观测阵列，证实了‘棉兰老潜流’等潜流的存在，发现了新的次表层海流北太平洋次表层潜流，系统揭示了环流季节内到年代际的多尺度变异及机制，揭示了西太暖池分裂现象及对厄尔尼诺（ENSO）的影响，提出了印度洋—太平洋相互作用的‘海洋通道’机制，提出首个中科院海洋所冠名的 ENSO 预测模式并在国际发布……”实验室主任尹宝树举例说。

特别是，2017 年实验室成功在西太平洋构建了全球最大的实时传输科学观测网，并于 2019 年进一步实现了基于北斗卫星的深海 6000 米潜标数据的实时传输，突破双向通信技术，实现观测频率可调，显著提高了深海数据实时传输的安全性、自主性和可靠性，在许多重要领域得到应用。

此外，科研人员首次从多学科观测结果找到了黑潮入侵中国东海陆架近岸的证据，提出了大洋入侵陆架的地形  $\beta$  螺旋动力学理论，阐明了连接西太平洋和东海陆架区的黑潮分支对我国近海生态环境的影响。

这些成果确立了中国在西太平洋海洋环流与气候观测研究领域的国际学科优势和引领地位。今年 1 月，由海洋所牵头申报的中科院 B 类先导专项“印太交汇区海洋物质能量中心形成演化过程与机制”立项，它将带领中国物理海洋学迈向新的国际前沿。

### 在笃行中传承

学科发展，人才是关键。早在上世纪 50 年代，毛汉礼等就主持开办海洋调查培训班，培养了一大批海洋调查骨干力量。1961 年他开始招收国内首批物理海洋学研究生，提倡“以老带新、互教互学、能者为师”，培养了以胡敦欣、袁业立为代表的一批物理海洋学家，为我国物理海洋学的后续发展播下了人才的“种子”。

胡敦欣依然记得 1961 年在莱阳路 25 号二楼研究生办公楼学习的情景。“毛先生对研究生要求极为严格。他强调做科学就像小和尚打坐念经一样，首先要坐得住。”近 60 年后，胡敦欣仍记得恩师的教诲。正因为有这样的“严师”，胡敦欣和师兄弟的俄文、英文成绩在所里都是最拔尖的。

在后来的学习、科研生涯中，胡敦欣将沉心坐下来学习、做科研比喻为科学上的“意守丹田”，又把它传给了王凡等弟子们。“只有始终坚持培养年轻人发扬刻苦钻研、持之以恒的精神，科研方有持续后劲。”胡敦欣说。

继往开来，王凡表示，物理海洋学的发展首先要传承老一辈的科学精神，包括淡泊名利、追求真理的科学精神，不断开拓、勇于跟踪和引领国际前沿的探索精神，以及以开放的心态团结协作、推动学科发展的合作精神。

未来，人才仍是海洋所物理海洋学发展的重中之重。目前，海洋环流与波动重点实验室已涌现出一批在国内物理海洋领域崭露头角的优秀青年科学家。“他们拥有国际化的思维方式和研究能力，将在国际舞台上绽放新的光彩。”尹宝树对未来充满信心。（冯丽妃 廖洋）

## 七、氢能

# 氢能产业发展仍需突破三大障碍

中国能源报 2020.4.6

彭博新能源财经（BNEF）近日发布研究报告《氢能经济展望》（以下简称“《展望》”）指出，到2050年，预计可再生能源制氢成本将低于目前的化石能源制氢成本，大规模氢能利用将成为现实。但从目前情况看，氢能发展前景仍有不确定性，成本、技术和政策成为左右产业发展的三大因素。

### 成本下降是第一竞争力

BNEF十分看好氢能的发展，其在报告中指出，作为一种清洁燃料，氢气可在众多应用环节替代煤、石油和天然气。随着全球能源结构转型成为全球各国共同的目标，市场对氢能产业发展的期待可谓意料之中。

据可再生能源新闻网 Renewable Energy World 估算，一旦制氢成本控制在一定范围内，氢能利用将有望媲美天然气。

根据 BNEF 此前发布的《可再生能源制氢经济性》报告，目前，制氢成本仍维持在2.5—6.8 美元/千克，预计未来这一数字将明显下降。

《展望》对未来制氢成本的价格走势做出了具体预测：在2050年前，全球大部分地区可再生能源制氢成本将降至0.8—1.6 美元/千克，对应的天然气价格为6—12 美元/百万英热单位，与巴西、印度、德国等地当前的天然气价格相比均具有竞争优势。

同时，如果将氢气存储和管道基础设施的成本也考虑在内，到2030年，中国、印度和西欧地区的可再生制氢用户侧成本可以降至2 美元/千克（相当于15 美元/百万英热单位），到2050年将进一步降至1 美元/千克（相当于7.4 美元/百万英热单位）。

Renewable Energy World 认为，这意味着在不远的将来，阻碍目前制氢产业发展的成本问题将得以解决。此外，氢能的各应用场景的成熟度也将不断提高。除了发电侧的应用外，还可以为水泥、化工等产业供热供能、为船舶、汽车提供燃料。随着氢能产业相关基础设施的发展，未来氢能利用形式还将继续扩展。

### 可再生能源制氢是必要途径

《展望》指出，氢气作为一种清洁燃料，最有望推动清洁经济发展。为了实现全球整体环境的积极效益，氢气的生产必须源自清洁的途径，而非通过当前主流的制氢方法，即未采取减排手段的化石燃料制氢。这使得可再生能源制氢成为目前可行性最高的途径。

此前，电气工程师学会（IEEE）也曾公开表示，氢气“低碳”与否取决于其生产过程，尽管氢气本身用作燃料不会产生碳排放，但当下绝大部分氢气都来自于化石能源制氢，最终也会导致一定的碳排放。因此，可再生能源制氢才能够带来“低碳化”经济。

《展望》首席作者 Kobad Bhavnagri 介绍：“我们可以通过风力发电和太阳能发电等方式

以很低的成本价格生产氢气，生产的氢气可以在地下储存数月，需要的时候则通过管道将氢气输送到各种应用场景，比如为船舶提供动力或者冶炼钢铁。”

目前，可再生能源制氢普遍的技术方法是电解水。根据《展望》的数据，在过去五年中，电解槽的成本下降了 40%。如果电解槽的部署规模进一步扩大，成本还将继续下降。一旦实现规模化可再生能源制氢，氢气的用途将更加广泛。

BNEF 认为，“绿氢”成本与当地可再生能源成本息息相关，只有可再生能源成本维持低位，才能保障“绿氢”大规模推广。从全球范围来看，可再生能源发展较为成熟的地区将率先迎来可再生能源制氢成本的降低，比如欧美地区和中国等。

### 政策支持至关重要

在 Kobad Bhavnagri 看来，可再生能源为零碳电力铺平了道路，但要实现全面净零排放，就需要在零碳电力的基础上，拥有零碳燃料，这是氢能存在的意义。然而，目前除了上述提及的成本过高、可再生能源制氢技术仍需突破外，政策的缺失同样阻碍了氢能产业的发展。

《展望》指出，由于政策缺位，行业投资不足，氢能产业发展空间得不到支撑。尽管制氢成本在逐渐降低，但氢气仍然是价格较高的燃料，市场不会主动改用氢气，除非在净零排放目标等政策的压力下。

根据《展望》预测，氢气若想达到天然气现在的普及程度，需要一个规模宏大、产业协调性高的基础设施改造和新建计划。例如，若希望氢气达到与天然气同等的供应安全水平，储氢基础设施需要在 2050 年前新增三至四倍，总投资高达 6370 亿美元。

在此背景下，政策对于氢能的普及至关重要。《展望》认为，目前，可再生能源制氢的产业规模极小、成本很高。虽然未来降本潜力极大，但前提是要扩大氢气的应用规模，并建设相应的基础设施网络。这就需要各国政府的支持，以及各政府部门间的相辅相成的协调政策。比如，为社会资本提供一个明确的投资框架，未来十年为氢能产业需提供 1500 亿美元的补贴等。

“这听起来似乎困难重重，但实际上并非遥不可及。毕竟目前全球各国每年给予化石燃料产业的补贴是我们预估补贴金额的两倍以上。”Kobad Bhavnagri 说。（董梓童）

## 我国氢燃料电池产业发展概况

中国能源报 2020.4.6

随着燃料电池产业的推进和以氢为核心的储能的发展，氢气作为沟通交通、发电和储能三大领域的关键能源气体，重要性不断上升，未来地位有望与石化资源比肩。

中国燃料电池产业目前与 2012 年锂电池极为相似，政策自上而下支持，技术达到产业化条件，产业链国产化进程开启，企业加快布局速度，资本市场投融资热度持续上升。中国燃料电池产业处于上行通道起点。

产业规划：2016 年 11 月 29 日，《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》提出系统

推进燃料电池汽车研发和产业化。加强燃料电池基础材料与过程机理研究，推动高性能低成本燃料电池材料和系统关键部件研发。加快提升燃料电池堆系统可靠性和工程化水平，完善相关技术标准。推动车载储氢系统以及氢制备、储运和加注技术发展，推进加氢站建设。到2020年，实现燃料电池汽车批量生产和规模化示范应用。

**发展路线：**2016年10月，汽车工程年会发布的《节能与新能源汽车技术路线图》指出，到2020年燃料电池汽车在公共服务领域的示范应用要达到5000辆的规模；到2025年，实现氢燃料电池汽车的推广应用，规模达到5万辆；到2030年，实现氢燃料电池汽车的大规模推广应用，氢燃料电池汽车规模超过100万辆。2019政府工作报告提出推动加氢设施发展。

**补贴扶持：**2016年12月30日，财政部、科技部、工信部和发改委发布的《新能源汽车推广补贴方案及产品技术要求》规定，除燃料电池汽车外，各类车型2019—2020年中央及地方补贴标准和上限，在现行标准基础上退坡20%，对燃料电池汽车补贴延续至2020年不退坡，对于燃料电池乘用车，给予20万元/辆补贴；对于燃料电池小型货车、客车，给予30万/辆补贴；对于燃料电池大中型客车，中重型货车，给予50万/辆补贴。2018年发布《关于调整完善新能源汽车推广应用财政补贴政策的通知》，燃料电池汽车补贴基本保持不变，并明确加氢站建设和运营补贴支持。过渡期内，燃料电池汽车补贴退坡20%，正式期补贴政策目前仍未出炉。（庆观）

## 电解技术助可再生能源制氢成本降40%

中国能源报 2020.4.13

**本报讯** 全球知名研究机构彭博新能源财经的最新报告《氢能经济展望（Hydrogen Economy Outlook）》显示，未来，清洁的氢能可以在全球减少来自化石燃料和工业部门高达34%的温室气体排放。不过，这项研究同时指出，只有在政策支持下，扩大氢能技术规模，并使其成本降低，这一前景才有可能实现。

彭博新能源财经指出，氢能经济需要以成本低、排放量尽可能小的途径大量制取氢气。过去的五年里，在欧洲和北美，电解技术生产可再生能源制氢的成本下降了40%，而中国制造的系统比欧美国家的价格便宜了80%。报告强调，如果电解槽的部署规模进一步扩大，成本还将继续下降。

报告显示，2050年前，在全世界大部分地区，可再生能源制氢的生产成本将降至每公斤0.8—1.6美元，相当于6美元天然气的能源当量。这将使氢能成本在巴西、中国、印度、德国和北欧地区，比当前天然气价格具有成本竞争力。如果将储存成本和管道基础设施成本计算在内，到2030年，中国、印度和西欧的可再生能源制氢交付成本可能会降至约2美元/公斤，2050年降至约1美元/公斤。

“氢有可能成为推动清洁经济发展的主要燃料，”彭博新能源财经工业脱碳部门负责人、

报告的主要撰写者 Kobad Bhavnagri 表示，“在未来的几年里，以较低的成本利用风能和太阳能生产氢能，并将它储存在地下，然后按需求输送，为船舶、钢铁厂、所有运输和生产领域提供动力，是有可能的。”

根据该报告，到 2031 年，重型卡车使用氢能的成本也可能比使用柴油的成本更低，同时，对于公共汽车和轻型卡车，燃料电池也将成为“廉价解决方案”。

“清洁氢能产业目前规模仍然很小，成本也很高，这减缓了氢生产、储存和运输基础设施的部署。尽管氢成本下降的潜力很大，但前提是氢能使用规模扩大，同时建立供应基础设施的网络。” Bhavnagri 说，“这需要政府间的政策协调，以及在未来 10 年间推出约 1500 亿美元的补贴。” 报告强调，这些补贴资金的投入将有助于可再生能源生产氢气的成本下降一半。

“这一数字可能令人望而生畏，但事实上，这并不是一项十分艰巨的任务——目前世界各国政府每年在化石燃料消费补贴上的支出是这一数字的两倍多。” Bhavnagri 表示。

Bhavnagri 强调：“氢能是富有前途的能源，因为它可以实现多重目标。可再生能源为‘无碳电力’的目标铺平了道路，但要真正实现净零排放目标，我们需要超越电力，使用无碳燃料——这就是氢的作用。”（杨中慧）

## 固态储氢材料要走出“象牙塔”

中国科学报 2020.4.8

当前，我国正面临能源安全和碳排放两大挑战，能源结构亟待向低碳、清洁、智能化的方向转型。氢能除了应用于燃料电池汽车，还可应用于发电、工业及其建筑等领域，因此，将氢能纳入我国整个能源体系备受关注。

开发新型储氢材料是氢能利用的重要研究方向。近日，Materials Today Nano、Journal of Materials Chemistry A 等期刊相继发表了储氢材料的相关研究，其中，固态储氢材料因其具有储氢密度高、工作压力适中、安全性能好等优势，被认为极具应用前景。

日前，国家有色金属新能源材料与制品工程技术研究中心主任蒋利军在接受《中国科学报》采访时指出，高密度储存和安全储运是当前整个氢能供应链中面临的主要瓶颈，而采用固态储氢将成为其破解之道。

### 固态储氢密度高又安全

氢具有最高的重量比能量，但其体积能量密度很低。因此，要想将氢能推向实用，就需要大幅提高氢能的体积能量密度。

蒋利军介绍，目前一般采用高压压缩、液化或固化的方式，提高体积储氢密度。在这三种方式中，固态储氢具有最高的体积储氢密度。

“固态储氢相对于高压气态和液态储氢，具有体积储氢密度高、工作压力低、安全性能好等优势。”蒋利军说，如与燃料电池一体化集成，可充分利用燃料电池余热，吸热放氢，降低系统换热用能，使得整个燃料电池动力系统的能源效率得以提高。

因此，他认为，采用固态储氢是提高体积储氢密度的最有效途径。这是由其本身储氢特性所决定的。氢气先在固态储氢材料表面催化分解为氢原子，氢原子再扩散进入到材料晶格内部空隙中，形成金属氢化物，因而其储氢密度比液氢还要高。

不仅如此，高压储氢存在高压泄漏、液氢储氢存在蒸发泄漏等安全隐患，固态储氢则可做到常温常压储氢，储氢容器易密封。并且，当发生突发事件如泄漏时，由于固态储氢放氢需吸收热量，因而可以自控式地降低氢气泄漏速度和泄漏量，为采取安全措施赢得时间，从而提高了储氢装置的使用安全性。

### 国内外研究成果丰硕

蒋利军告诉记者，近年来，国际上成熟的储氢材料已在热电联供、储能、摩托车载燃料电池等多个领域得到应用。德国 HDW 公司将开发的 TiFe 系固态储氢系统用于燃料电池 AIP 潜艇中，是固态储氢迄今为止最成功的商业应用。

我国在固态储氢应用上也取得了较大进展。TiMn 系固态车储氢系统已成功应用于燃料电池客车，不需高压加氢站，在 5 兆帕氢压下 15 分钟左右即可充满氢，已累计运行 1.5 万公里；40 立方米固态储氢系统与 5 千瓦燃料电池系统成功耦合，作为通信基站备用电源，可持续运行 16 小时以上；小型储氢罐已批量用于卫星氢原子钟中，为其提供了安全氢源。截至目前，我国还建立了 3 项固态储氢相关国家标准。

据蒋利军介绍，尽管上述储氢材料技术已较为成熟，并得到了实际应用，但其重量储氢率仍然偏低，难以满足车载储氢的技术要求，需要更高重量储氢率的新型储氢材料。这些高容量储氢材料多为氢元素形成的离子键、共价键氢化物，但键合力太强，放氢温度过高。

蒋利军说，对于这些新型高容量储氢材料，目前主要通过纳米化、复合化和催化等方法，来调控其热力学、动力学和循环寿命性能。如韩国汉阳大学制备出了三维碳材料纳米限域和过渡金属修饰的  $MgH_2$  纳米复合材料，可在 80℃ 放出 4wt%（质量百分比）的氢气，180℃ 下放氢量可达 6.55wt%，并具有较好的吸放氢循环性能；澳大利亚新南威尔士大学制备出具有核壳结构的镍催化氨硼烷纳米储氢材料，使原来不可逆储氢的氨硼烷具有了部分可逆储氢性能。

我国近期合成的  $N - Nb_2O_5$  掺杂的  $MgH_2$  起始放氢温度也已降至 170℃。但是总体来看，这些材料仍存在热力学稳定性过高、储氢量偏低、可逆性较差等问题。

### 要直面市场需求

尽管国内外固态储氢材料的研究成果不断，但蒋利军仍认为这类材料的综合性能还不能完全满足燃料电池动力系统的应用要求，特别是燃料电池乘用车车载储氢的要求。

为提高重量储氢率，一系列的配位氢化物、金属氨基氢化物、金属氨硼烷等轻质高容量储氢材料被相继开发出来。虽然这些材料具有较高的重量储氢率，但仍存在吸放氢温度高、吸放氢速度慢、可逆吸放氢循环性能差、低成本规模化制备技术欠缺等问题。

此外，储氢材料成本偏高也是制约其发展的一个重要因素。一方面，受有色金属原料价

格波动影响，储氢材料的原料成本变动较大；另一方面，这些材料应用的市场小、制造批量小、成品率低，导致其制造成本较高。

蒋利军说，要解决这些问题，就要让研究走出“象牙塔”，直接面向市场需求，与最终用户紧密合作，开展实用型储氢新材料开发、配套工程化和应用技术开发。

他建议，首先要加快成熟储氢材料的应用。要认真分析细分市场，在现有成熟的储氢材料中筛选出性价比最合适的配对材料，开展工程化和应用技术研究，使成熟的储氢材料能尽快在特定的细分市场中得到很好的应用。

其次，要以产品为导向，开发高容量储氢新材料，以满足综合性能为导引，避免片面追求高容量，做到有的放矢。

第三，将成本核算引入到研发阶段。研发时不仅要追求高性能，还要充分考虑材料成本和批量制造成本，找到原材料成本低、批量制备技术易于控制的材料和技术。

最后，由于储氢系统涉及氢和压力容器，使用安全也至关重要，必须要以标准规范为保障。目前储氢材料和系统标准规范及安全评价体系尚待完善，相关安全评价装备和检测基地也不完备，需要从宏观层面加以推动。

蒋利军认为，氢能既可以大规模储存，又可以跨区域、跨季节地调度，且使用多样化，使整个能源体系变得更高效、更柔性。氢能通过电气协同，将成为整个能源结构中的桥梁和纽带，与太阳能、风能等清洁能源一起，构成清洁的、可持续的能源体系。

他对固态储氢的经济性充满信心，“内蒙古地区风能、稀土资源丰富，但弃风严重，镧铈稀土积压严重，而稀土储氢材料恰恰大量使用了镧铈元素。如能借机在当地发展风电制氢、稀土系固态储氢，则能使这两种优势资源协同发展，走出一条具有中国特色的氢能发展之路”。（池涵）

## 天津完成氢燃料电池车首次加氢测试

中国能源报 2020.4.27

**本报讯** 目前，天津临港投资控股有限公司（下称“临港控股”）承担的上海岩谷有限公司氢燃料电池车辆测试项目已成功完成车辆加氢测试任务，并提供配套加氢设施支持。

据了解，天津临港控股提供的配套加氢设施由空气驱动系统、氢气加注系统及集束格供气系统三部分组成，该加氢设施使用国产化设备，实现设计研发及核心技术自主化，在国内处于领先地位。

天津港保税区年产副产氢达5.9万吨，具有得天独厚的氢能产业发展优势。此外，天津临港区域现已形成高端装备制造、能源化工等产业集群，具有丰富的氢能应用场景，市场空间广阔。

上海岩谷有限公司相关负责人表示，天津临港区域氢能配套设施及产业发展环境十分优越，未来将与天津临港控股在氢能领域开展更加深入的合作。（常相怀）

## 欧洲公布氢能发展路线图

2030 年前安装超过 80 吉瓦的电解水制氢系统

中国能源报 2020.4.27

**本报讯** 近日，欧洲氢能研究所发布《欧洲 2X40 吉瓦绿氢行动计划》称，为促进欧洲地区氢能产业的发展，拟在 2030 年前，安装超过 80 吉瓦的电解水制氢系统，在满足本地及出口需求的同时，努力推动碳排放量的降低。

据悉，本次计划分为两部分，一是在欧洲范围内共安装电解水制氢系统 40 吉瓦。其中，6 吉瓦的制氢系统将安装在对氢能需求旺盛的地区，以市场为依托，就近消纳；另外 34 吉瓦的拟装机容量则依据资源地位置安排，将安装在风电、光伏等可再生能源电站附近，形成配套系统，大规模建设可再生能源制氢项目。

二是欧洲能源企业投资外部市场，在非洲北部地区至欧洲东部乌克兰一线安装超过 40 吉瓦的电解水制氢系统。计划显示，其中 7.5 吉瓦的系统将供应安装地市场，另外 32.5 吉瓦系统的产能将瞄准出口市场。

欧洲氢能研究所秘书长 Jorgo Chatzimarkakis 表示：“本次计划的提出旨在促进欧盟范围内的氢能产业发展，以支持绿色氢气的生产。”

据了解，虽然氢气本身是一种清洁燃料，但目前绝大部分氢气都来自于化石能源制氢，生产过程仍会导致一定量的碳排放。因此，如何“绿色制氢”格外重要。而清洁制氢的成本与当地可再生能源成本息息相关，只有可再生能源成本维持低位，才能保障绿氢大规模推广，这让在可再生能源电站附近安装制氢系统成为目前可行的方案。

“如果计划顺利实施，预计未来欧盟每年可减少碳排放 8200 万吨。这不仅促进了新兴产业的发展，还将对气候变化起到积极作用。” Jorgo Chatzimarkakis 强调。

不过，预期乐观，但发展道路并不是一帆风顺。Jorgo Chatzimarkakis 表示，这一计划是在新冠肺炎疫情暴发前制定的，受新冠肺炎疫情影响，目前欧洲地区制造业大部分处于停工状态，可能影响氢能产业的发展。不过，他同时强调：“这个计划是一个非常具体的计划，对如何建设、选择何种技术都做出了明确说明，一旦提上日程，还可以创造大量的就业机会。因此，也可将这一计划看作是恢复经济的‘垫脚石’。”

据悉，德国正试图抓住这一机遇。今年 3 月，德国经济和能源部表示，已经制定了大规模生产清洁氢的规划，旨在让德国成为绿氢领域的全球领先提供商。为此，德国可能与非洲和澳洲开展战略合作，利用当地充足的太阳能资源来建立氢气生产基地。根据德国的计划，到 2030 年，绿氢将占德国工业用氢总量的 20%。（董梓童）

## 八、风能

### 两项风能成果获北京市科学技术进步奖一等奖

中国科学报 2020.4.15

**本报讯** 近日，2019年度北京市科学技术奖正式揭晓。新疆金风科技股份有限公司（下称金风科技）申报的“轻量化超大叶轮风电机组与柔性高塔一体化关键技术开发及产业化”和“电网友好型风电高效安全主动支撑关键技术及规模化应用”两项成果获北京市科学技术进步奖一等奖。

平价时代下，大叶轮、高塔架是降低风电机组度电成本的必需配置。其关键技术一直受到叶轮动态载荷精确控制、柔性高塔谐振点穿越以及整机疲劳寿命在线预测等难题的制约。针对这一问题，金风科技与运达风电、沈阳工业大学等单位合作，在上述关键技术方面取得突破，在改变传统设计理念的同时，降低风电上网电价，助力早日实现风电平价上网。

此外，风电友好接入电网是实现风电可持续发展的必然选择。随着风电并网容量不断增长，系统的安全稳定运行风险将进一步凸显，因此提升高比例风电系统安全稳定运行水平和风电消纳能力显得尤为重要。为此，金风科技与中国电力科学研究院、合肥工业大学等合作，突破了高比例风电自适应虚拟惯量、调频/调压及协调优化、谐波谐振主动抑制、载荷优化与全工况仿真试验5大关键技术。其间，金风科技提出了基于多源协同的风电一次调频方法，将风电场的一次调频响应时间缩短至5秒以内。（计红梅）

### 风电关键部件“卡脖子”难题待解

中国能源报 2020.4.13

#### 核心阅读

疫情就像一面放大镜，将风电产业原有的产业链“吃紧”问题进一步凸显出来，也促使风电业内更深思考：如何破解我国风电产业链的“卡脖子”问题。

新冠肺炎疫情打乱了全球风电产业链生产节奏。意大利、德国、厄瓜多尔等主要原材料和部件产地实行“封国封城”，巴沙木等原材料以及主轴承、齿轮箱轴承、IGBT芯片等部件的进出口受限，直接影响了我国风电整机生产。业内预计，这一状况将持续到今年第二季度或第三季度。

疫情就像一面放大镜，将风电产业原有的产业链“吃紧”问题进一步凸显出来，也促使风电业内更深思考：如何破解我国风电产业链的“卡脖子”问题。

#### 供应链“吃紧”状况进一步凸显

记者从多位风电业主处证实，虽然不少风电企业复工复产、加速抢工期，但受风电部件不足及运输等影响，实际施工进度仍将落后预期。

中国可再生能源学会风能专业委员会秘书长秦海岩近日预测，国内疫情虽已得到有效控

制，但风电产业所受影响还远未消除。陆上风电项目建设工期至少延误 6 个月以上，海上风电项目受施工窗口期和国际供应链制约更为严重，项目工期至少延后 8—12 个月。

实际上，叶片和主轴承等关键部件供应“吃紧”在疫情之前已开始显露。去年，风电存量项目加速抢装，风电行业却尚未做好产业链环节的全面应对，叶片、主轴承等部件生产商早已爆单。只是在疫情这个放大镜下，我国风电供应链短板格外凸显。

在曾兼任过华电海兴风电项目经理、中国能源建设集团北京电力建设有限公司（专业）子公司副总经理肖栋看来，疫情暴发后，我国许多风机部件的生产陷入停滞，直接导致风电供应链紧张；在疫情的影响下，劳动力流动受阻，不少零部件厂商处于“用工荒”的境地。“此外，风电物流环节复杂，涉及多省市的海运、陆运、吊装、港口卸船、滚装滚卸等环节，各地开工时间不一、生产配套、交通运输等问题必然会影响到影响风电零部件的供应。”

南高齿一位不愿具名人士向记者坦言：“订单有严格的交货期限，在疫情全球蔓延的情况下，风电部件的交付周期更长了。如今，风电部件的空运价格已经翻了三四倍。纵观全球疫情发展趋势，风电部件空运价格还会再涨，空运价格上涨必将加剧风电部件供应紧张。”

### 关键部件面临“卡脖子”

回顾近年风电设备国产化进程，一大批企业积极从事风电零部件的开发生产，扩大完善了生产供应体系，我国风机部件基本实现国产化。叶片、齿轮箱、发电机等部件的制造能力已接近国际先进水平，能够满足主流机型的配套需求，并开始小批量出口。轴承、变流器和控制系统的研发也取得了重大进步，并开始批量供应国内市场。塔筒、轮毂、机舱等部件的生产能力完全满足国内市场需求，并向国际市场供货。但是，主轴承、齿轮箱轴承等风电关键部件仍然受制于人，尤其是高端风电主轴承市场，长期被 SKF、FAG、罗特艾德勒等跨国巨头所垄断。

“以风电主轴为例，设备研发成本较高、技术更新快，且风电设备大多工况环境恶劣，对相关设备可靠性和稳定性要求高，国内企业在该领域尚未完全突破。”一位风电项目业主人士对记者表示。

目前，风电主轴市场长期被外企占据半壁江山，大兆瓦风机配套轴承更是毫无悬念全部被外企垄断。即便是国内轴承龙头企业瓦轴集团，能够生产的最大轴承也仅为 7MW。而今明两年，我国海上风电将更多安装 8MW 及以上机型。除了产品容量的大小之外，国产主轴与进口主轴的最大差距则在于产品的稳定性和可靠性。

在一位风电设计院专家看来，经过近几年风电行业快速发展，我国风电设备制造已经达到中高端水平，形成具有竞争力的风电装备全产业链。而由于产业转移表现出“粘性”特征，风电设备企业过于依赖现有的经济增长方式，另辟技术升级改造路径尤为艰难。这也是为什么诸多风电设备制造企业宁愿待在“舒适圈”的原因。

### 需要时间积累和政策扶持

如今，全球风电产业正加速向中国转移，维斯塔斯、西门子—歌美飒、GE 三大跨国巨

头的风电塔筒、铸件、主轴、叶片等风机供应链均已延伸至中国。这些跨国巨头的标准体系、质量管理也有助于国内配套企业进一步提升产品的稳定性和可靠性。

受访的业内人士一致认为，短期内，设备部件高端产品依然要依赖国外企业，风电设备关键部件国产化任重道远。为不再长期受制于人，亟需解决风电关键部件国产化这块“心病”，降低对外依赖程度。

秦海岩对记者表示，“关键部件国产化率低不是风电产业特有的问题，是很多产业面临的共性问题。在轨道交通等其他行业，高端重载轴承、IGBT 同样依赖进口，这是我们基础工业落后的表现。而改变现状需要长时间的积累，更需要相关政策支持。”

肖栋建议，国家在税收等方面给予设备企业一定程度的政策倾斜，为设备企业投融资、研发创新、产能扩张创造良好环境。“此外，为加快风电关键零部件国产化，一方面可与国外企业合作，成立合资企业，共同研究风电部件技术，提升风电部件生产水平；另一方面，国内风电行业的龙头企业也要形成合力，实现资源互补，共同提升风电零部件制造技术。”

（苏南）

## 单体最大陆上风电项目进入建设阶段

中国能源报 2020.4.20

**本报讯** 日前，国家电投内蒙古乌兰察布风电基地 600 万千瓦示范项目以及配套电力外送项目签约启动，这标志着该重大项目进入实质性建设阶段。

乌兰察布 600 万千瓦风电基地是目前全球一次性开发规模最大的单体陆上风电项目，是国家首个大规模可再生能源平价上网示范项目，也是推动我国能源转型发展的重大示范项目，对于探索新能源资源优势区域可持续发展具有重大意义。项目位于乌兰察布四子王旗境内，占地面积 2072 平方公里，总投资 400 亿元，采用最先进的高分辨率全球气候模型，5G 通讯、智能巡检机器人等技术，结合不同地形的优化风机排布，中标机型单机平均容量 4.16 兆瓦，带动国内陆上风电机组从 2.0 兆瓦时代迈向 4.0 兆瓦时代，且故障率控制在 0.5% 以内，总运维人数较常规风电场减少 50% 以上。根据项目规划，风电基地“风、光、草、牧、农”模式同步拉动旅游业和农牧业，推动地方牧业、工业、服务业融合发展，带动地方经济可持续发展，可带动 1000 多人就业。项目预计 2020 年底建成并网发电，2021 年向京津冀地区运送大规模清洁电力。每年可减少标准煤燃烧 600 万吨。

此外，项目还将通过平价上网、先进技术、智慧智能、工程建设、生态改善、社会效益“六个示范”，实现一流规划、一流设计、一流设备、一流工程、一流运维、一流成果“六个一流”目标，打造世界一流风电基地，引领风电行业建设发展新趋势。同时，风电基地外送工程作为跨省区重点项目，正式列入国家能源局 2020 年主网架规划，是国家电投进入内蒙古自治区西部建设的首个标志性示范工程，对内蒙古自治区建设清洁能源输出基地意义重大。

今年以来，国家电投内蒙古公司全力克服疫情影响，加快项目推进步伐。疫情期间利用“云端”加强线上沟通，积极开展相关路条的线上资料申报、请示等工作，顺利取得水土保持和环境影响两个关键环节的报告批复。紧盯政策，加大与当地政府沟通协调，成为首批复工复产企业，仅用一个月时间基本完成项目征地、定点放线和微观选址等工作。（韩品品 陶红丽）

## 九、核能

### 晏敏皓：将核废物放进“安全匣”

科技日报 2020.4.1

创新成果从实验室到成熟产品的过程常被称为“死亡之谷”，从研发到产品，再到投入市场，每一个环节都是“惊险一跳”。然而，对于晏敏皓而言，这一步必须要干，而且要“干得漂亮”。

3月31日，记者从环境友好能源材料国家重点实验室（西南科技大学）——环境修复材料国际研究中心获悉，为解决高放废液（高放射性、高酸、高离子浓度）高效安全处理处置这一世界性难题，在该中心主任晏敏皓研究员的带领下，他们设计出拥有自主知识产权的，具有高选择吸附效率、高稳定性、低成本等特点，可工业化生产的特种树脂材料，即将投入使用。

而在不久前举办的第十三届中国产学研合作创新大会上，晏敏皓刚刚获得2019年产学研合作创新奖（个人）。

#### 做核废物处理处置新材料的探路者

“儿时在四川省绵阳市梓潼县‘两弹城’——中国工程物理研究院（核九院）的成长经历，在我的心里埋下了一颗科研报国种子。”晏敏皓说，随着年龄的增长，这颗种子生根发芽、不断长大。

2013年，晏敏皓主持了四川省海外高层次人才“百人计划”项目。随后，在法国原子能委员会工作多年的他毅然全职回国，回到中国（绵阳）科技城，加入环境友好能源材料国家重点实验室（西南科技大学）。而彼时，他已在法国小有成就。

“作为一个中国学者，学成回国、报效祖国，是顺理成章的事情。”晏敏皓说。

2018年，环境友好能源材料国家重点实验室（西南科技大学）——环境修复材料国际研究中心正式组建，晏敏皓担任中心主任。他带领中心团队致力于环境修复新材料，尤其是核废物处理处置新材料的基础与应用研究。

#### 为何要选择核废物处理处置新材料这个“少数派”领域？

“截至2019年6月，我国已是全球核能/电在建规模最大的国家，与此同时，我国核工业发展中一些早期建设的核设施相继进入核退役节点。如何对与日俱增的核废物进行安全、妥善、长期的管理和处置是一个严峻的课题。”对此，晏敏皓看在眼里、急在心里，“我国

相关领域的专业人才、核心技术、核心材料与核心设备相对匮乏，尤其缺乏整体解决方案，对进口技术、材料、装备的依赖度较高，受制于人。”

为此，针对国家在核退役与核废物安全处理处置方向上的重大需求，晏敏皓带领团队以基础创新为起点，开展特色鲜明、导向明确的国际前沿基础研究与应用基础研究，孵化孕育出拥有自主知识产权的核废物处理处置的核心技术与“硬核”材料。

很快，在基础研究方面，针对高放废物深地质处置中的迁移扩散问题，晏敏皓团队与北京大学、中国工程物理研究院核物理与化学研究所以及欧洲同步辐射光源合作，通过研究锕（镧）系元素在“矿物—水”固液界面上的反应机制，为准确评估处置库天然屏障在实际工程应用中有效吸附/去除水环境中锕系元素提供科学参数与依据。

“科学研究不是阳春白雪，要接地气”

随着团队基础研究越深入，产出了越多领先的成果，晏敏皓却越焦虑，看着陆续发表的科研论文，晏敏皓扪心自问：这些就是我们工作的终点和目的吗？他意识到，只有通过成果转化与产业化推进，才能尽快解决核废物安全处理领域的实际问题。

但是，科研人员的产业化之路谈何容易？

“最重要的是需要转变思维。”晏敏皓说。

“从科研的角度，看到自己孕育的技术，就像自己的孩子一样宝贵和无价。但从市场和资本的角度来看，技术的先进性只是一个部分，更为重要的是市场是否有极为迫切的需求和成熟稳定的技术和工艺。”晏敏皓说，即使满足了这两个条件，也需要去打动客户，敲开市场，而这些，仅靠科研人员一己之力远远不够。

如何克服这些困难？在晏敏皓看来，科学研究不是阳春白雪，要接地气，要找准市场需求的定位，切合实际，强强联手，共同推进。2019年4月22日，他着手成立了四川长晏科技有限公司。随即，他又担任了国家核技术工业应用工程技术研究中心副主任，四川核清科技有限公司总经理。

在放射性废物的安全处理与处置方面，晏敏皓带领团队针对放射性废液尤其是高放废液处理中的痛点与难点，通过巧妙的分子/纳米结构设计，制备出在极端环境（高酸、高放射性、高离子浓度）下，高效、高选择性吸附/萃取高放射性元素（钚、镅等）的新材料，且实现了工业化量产。

“下一步，即将在中核集团某专业乏燃料后处理厂的废液处理线上开展实际工程化应用。”晏敏皓说。

在核设施退役方面，反应堆堆芯拆除一直是业界头疼的难题。晏敏皓他们联合中国工程物理研究院核物理与化学研究所等单位开展了联合攻关。

“我们在机械工程、通信工程、核工程等多个领域交叉合作，有望破解耐辐射性能、自动耦合精准控制等多个难题，3到4年内实现核退役机器人国产化，这将填补该领域的空白。”晏敏皓说。（马爱平）

## 核燃料循环是怎么回事？

中国电力报能源周刊 2020.4.18

核燃料循环指为核电站发电而进行的从铀矿开采到废物处置的一系列工业过程，它以反应堆为界，反应堆之前的过程称为核燃料循环前段，反应堆之后的过程称为核燃料循环后段。

核燃料循环有两种方式：一种是“一次通过”循环方式，即将乏燃料（反应堆中使用过一次的燃料）作为“废物”，经过储存和适当包装后，直接进行最终地质处置，即将废物埋藏在500~1000米深的地质层中，使之与周围的生物圈隔离；另一种是“闭式”循环方式，即将乏燃料视为资源，经过后处理分离出铀和钚等有用的核材料，回到热中子或快中子反应堆循环使用。后处理产生的高放废液经过玻璃固化之后，再进行最终地质处置。

由此可见，两种循环方式在燃料循环前段是相同的，均包括铀矿开采、铀冶炼、铀转化、铀浓缩和燃料制造。两种循环方式的不同之处在燃料循环后段，对于“一次通过”循环方式，仅包括乏燃料储存和最终地质处置；对于“闭式”循环方式，包括乏燃料储存、后处理、分离钚和铀的再循环、高放废液玻璃固化处理和高放废物最终处置等。

“一次通过”循环方式比较简单，但铀资源的利用率很低，只有不到1%，且乏燃料直接处置，将导致高放废物的体积及释热量很大，从而使地质处置所需的库容很大。

对于“闭式”循环方式，如果后处理分离出的铀和钚等核材料在压水堆中再循环使用，则铀资源的利用率从0.6%提高到0.8%以上，天然铀节省35%~40%（引自《原子能工业》），产生的高放废物体积将减少到乏燃料的四分之一。如果在快中子堆（快堆）中再循环使用（需要多次循环），则铀资源的利用率可提高50倍以上，产生的高放废物的体积可以降低1~2个数量级。总之，“闭式”循环是实现铀资源的充分利用和废物最少化的有效途径。

我国与世界上其他主要的核能国家（如俄、法、英、印、日、韩等）一样，采取核燃料“闭式”循环的技术路线。

核电机组总数全球第二，在建机组全球第一

我国核与辐射安全总体形势稳定

人民日报 2020.4.17

核安全是国家安全的重要组成部分。生态环境部4月15日召开例行新闻发布会，生态环境部核设施安全监管司司长郭承站表示，当前我国核电机组总数全球第二，在建机组全球第一，核技术利用量大面广，核与辐射安全总体形势保持稳定。生态环境部（国家核安全局）将始终坚持国家总体安全观和核安全观，全面推进核安全治理体系和治理能力现代化，为确保核与辐射安全提供坚强保障。

我国现有 47 台运行核电机组、15 台在建核电机组，有 18 座核燃料循环设施，在用放射源约 15 万枚，射线装置近 20 万台（套）。郭承站说，我国运行核电机组安全状态良好，在建机组质量受控，核燃料循环设施安全运行。

最近，世界核电运营者协会公布了全球核电机组 2019 年综合指数排名，全球 411 台运行机组参评、65 台满分，我国 45 台机组参评、23 台满分，在全球处于较高水平。

前不久，生态环境部印发核与辐射安全管理体系第三层级 355 份监督执法程序，进一步规范了现场监督检查执法的模式和尺度，推进核安全治理体系和治理能力取得新进展。“为落实核安全法要求，我们开展了一系列法规制度建设，构建了一套接轨国际、符合国情的法规标准体系，建立健全了一套制度体系。”郭承站说。

新冠肺炎疫情有没有对核电行业造成影响？“没有核电厂因为疫情影响而导致暂时停堆或者关闭。”生态环境部核电安全监管司司长汤搏表示，运行核电厂本身担负着春节期间保障电力供应的重要任务，在春节前一段时间，各个核电厂就制订了发电保障计划。现在来看，发电保障计划为疫情期间保证核电厂的安全稳定运行发挥了很好的作用。

“我国建立了一套自动的监测网络，覆盖了全国地级及以上城市。同时，在重要核设施周边建立了一套监督性监测体系和一套应急监测体系，在全国有 1600 个监测点，包括水、气、土和生物监测，这些监测数据都通过生态环境部网站及时发布。”郭承站表示。在长期监管能力建设的基础上，生态环境部已经基本建成辐射环境质量监测、核与辐射事故应急、核安全许可管理、核电厂的经验反馈、核技术利用管理等信息系统。

按照核安全法规定，放射性废物处置能力建设应与核能发展的要求相适应。“截至去年年底，我国所有在运核电站一共建成了整备好的废物总体积大约 1.6 万立方米。同时有三个放射性废物处置场正在运行，建成的处置能力为 7.6 万立方米，目前已经接收处置废物 4.5 万立方米。”生态环境部辐射源安全监管司司长江光介绍，目前三个运行的处置场正在进行改扩建。同时相关部门和单位也正在开展新处置场的选址，准备在核电发展相对集中的省份选址建设新的处置场。

“从技术上讲，建造一个放射性废物处置场不难，主要还是公众的接受性。”江光说，生态环境部将积极配合相关部门做好公众宣传和信息公开，及时公开监测数据，让大家心里有底。（孙秀艳 寇江泽）

## 恰希玛核电站机组安全连续运行创记录

中国电力报电气周刊 2020.4.30

本报讯（通讯员周梦昕唐斌）报道巴基斯坦伊斯兰堡时间 4 月 26 日 6 时 44 分，巴基斯坦恰希玛核电站传来喜讯，其 4 号机组（以下简称“C4 机组”）安全连续运行时间刷新了该电站 2 号机组在 2016 年第 4 个燃料周期内创造的 302 天 4 小时 17 分的安全连续运行时间纪录。如今 C4 机组仅在第二个燃料周期内就打破了这一记录，这也标志着从这一刻开始，

C4 机组的安全连续运行每时每刻都在创造着新的纪录。

巴基斯坦恰希玛核电站为 30 万千瓦压水堆型核电站，是我国自行设计、建造的第一座出口商用核电站。2017 年 9 月，该电站 C4 机组竣工，采用的核主泵为哈电集团自主设计制造、具有完全自主知识产权，同时也是我国第一套出口的自主化核主泵。

哈电集团所属动装公司依托核主泵产品布局，建立了世界先进的生产线，配备了轴封式核主泵全流量试验台、主泵及主泵电机全工艺流程装备、检测检验设备设施，同时建立了核质保体系。早在 2016 年，哈电集团动装公司自主设计、制造的国家科技重大专项 CAP1400 主泵屏蔽电机样机成功交付发运，标志着哈电集团已完全掌握 CAP 系列主泵屏蔽电机制造、检验和试验的关键技术，100% 实现制造国产化，成为了国内唯一一家同时具备设计、制造核电轴封主泵和屏蔽主泵电机资质和能力的企业。

## 第四代核电主管道实现国内制造

创新的“减材制造”工艺，使原材料利用率较传统锻造工艺大幅提升，达 80% 左右，加工周期减少约 2/3

自主研发成功世界压力最大的 5 万吨垂直挤压机组，企业掌握了大型核电锻挤压产品制造核心技术

中国能源报 2020.4.27

本报讯（记者苏南）报道：4 月 20 日，河北宏润核装备科技股份有限公司（以下简称“宏润核装”）承担的我国第四代核电一回路核主管道项目完成制造并顺利起运。多位专家指出，宏润核装 5 万吨垂直挤压机突破了管道在口径、厚壁和长度方面的制造瓶颈，形成了制造时间短、效率高、质量好的管道制造技术和能力，对大幅降低核电建设成本，提高核电建造水平和国际竞争力具有重要意义。

“核电主管道相当于核电项目的‘主动脉血管’。第四代核主管道的各项力学指标、几何尺寸，都比三代和二代加工过程要求高出很多。不仅要求大口径、薄壁、小半径，特别是 90 度和 103 度的两个空间连体弯，看起来如鬼斧神工，无论哪道生产工艺都在挑战制造极限。”中国科学院金属研究所相关专家表示。

2017 年 6 月，宏润核装承担了中国原子能科学研究院和中科院金属研究所科研课题制造任务。2018 年 6 月 14 日，宏润核装牵头承担的国家重大科技专项“核电大型复杂管件关键制造工艺及应用研究”课题，通过工信部组织的专家验收。

“该课题研制的核电管道和大型复杂管件的挤压成形关键技术，将为发电（核电、火电等）、石化、天然气及机械制造等领域的高性能高品质大口径管材和复杂管件提供制造技术，市场前景广阔。”课题负责人刘春海表示。

自首件试制到正式承担科研项目、产品制造、工程模拟件制造，再到工程产品制造，宏

润核装联合各方开展了4个阶段的大量技术攻关工作。试制从小试到中试、从数值模拟到1:1试制件，开展了上百次技术准备和大量试验、验证。据了解，整个研发进行了全流程试验，采用了创新的“减材制造”工艺，使原材料利用率达80%左右，较传统锻造工艺提高50多个百分点，加工周期减少约2/3时间，最终拿出了全部符合工程要求和科研要求的产品和数据。

为参与四代核电项目，宏润核装投入大量人力、物力、财力进行全流程试验。宏润核装董事长刘春海向记者表示：“我们最大的优势就来自于自主研发的5万吨垂直挤压机组，这台世界上压力最大的挤压机组，可以将直径近一米的直角大口径弯头一次挤压成形。这不仅在全球是独一份，而且大幅提高了原材料利用率。”

在此之前，宏润核装率先研发了核电主泵不锈钢壳体、核主管道热段等一次挤压成形全球首创技术，成功牵手我国迄今最大核电CAP1400主蒸汽管道研制，为优化CAP1400和AP1000后续项目主蒸汽管道和超级管道的设计和制造，提高设备国产化率奠定了良好基础。

“本次核电主管道的顺利交付，体现出宏润核装的技术水平、全球唯一5万吨压力机的能力以及大型钢管的制造能力，为提升我国自主制造能力和水平，提升产品品质发挥出积极作用，也将为我国核电‘走出去’的配套能力提升发挥更大的作用。”刘春海认为，从φ711大口径不锈钢管挤压成形，到大型裤形三通挤压成形、高难度一体化空间弯管成形，再到这些复杂成形产品的力学性能、晶粒度、疲劳试验等高质量指标，都对装备和技术、工艺等有很高的要求，同时验证了宏润核装的制造能力。

中国科学院院士李依依在考察宏润核装后评价：“宏润核装掌握了大型核电锻挤压产品制造的核心技术，标志着我国核电关键部件自有知识产权和自主制造能力的升级。”

## 十、其它

### 给复杂油气藏做“彩超”

中国科学报 2020.4.8

如果把地球物理勘探比作给地球做超声波扫描，那么描述埋在地下油气藏的叠前地震反演及软件，就相当于给油气藏做B超。

目前，一种整体技术攻克了制约多类型复杂油气藏叠前地震描述和油气识别的技术瓶颈，在岩石物理机制、反演精度、油气识别可靠性等方面都取得突破，相当于给复杂油气藏照出信息更加丰富的“彩超”。

这项整体技术就是来自中国石油大学（华东）地球科学与技术学院教授印兴耀团队的“多类型复杂油气藏叠前地震直接反演技术及基础软件工业化”项目。

#### 三大创新攻克世界级难题

近年来，随着油气勘探开发向深层、深水、非常规等领域推进，油气藏也面临着类型更加多样化、复杂化的困局，多类型复杂油气藏描述和油气识别继而成为研究前沿。

“现存以均匀介质理论为基础的叠前地震反演及商业软件，无法满足多类型复杂储层描述和油气识别的需求。”印兴耀对记者坦言。

为解决这一难题，自 2000 年以来，由印兴耀负责，吴国忱、宗兆云、张广智、张繁昌、曹丹平等教授共同参与的项目组，依托“973”“863”重大专项等百余项课题持续攻关，攻克了普通叠前地震反演预测中的难题，并取得原创性突破。

“团队 20 年一直坚持做一件事，遇到困难也从未偏离研究轨迹；团队为每个成员定制了恰当的发展目标，分工明确，营造了一种追求卓越的氛围。”项目组成员、中国石油大学（华东）教授曹丹平介绍，20 年来，印兴耀带领项目组经过无数次试验，提出了三大科技创新理论。

首先，他们揭示了复杂油气藏微观组构与宏观地震响应的物理机制，创建了多类型复杂油气藏岩芯、测井、地震多尺度迭代岩石物理建模技术。此外，还创建了多类型复杂储层微观主控因素定量分析技术，建立了 16 种岩石物理模型，涵盖了主要复杂油气藏类型，奠定了油气储层描述的理论基础。

项目组还建立了 18 组储层性质直接表征的新的地震反射特征方程，创建了多类型复杂储层叠前直接反演描述技术，超越了现有均匀介质间接计算的理论范畴。项目组创新了基于新方程的非均质正反演理论，创建了多级扰动叠前地震直接反演技术并研制了特有的工业化软件，反演精度与国际先进技术相比平均提高 12%。

与此同时，项目组还创立了固液解耦地震油气识别理论，首创了岩石骨架、孔隙及油气水解耦的叠前地震识别技术，并在广泛研究和试验的基础上，形成了固液解耦叠前地震识别技术，填补了国内外技术空白。

由院士及行业专家组成的鉴定委员会一致认为，该项目形成的复杂储层地震岩石物理建模、敏感参数叠前地震直接反演、岩石物理驱动下固液解耦油气直接识别技术等三项核心关键技术均达到国际领先水平，解决了制约多类型复杂油气藏岩石物理模型精度低、储层描述及油气识别多解性强的难题。

### 贡献油气勘探领域“软”实力

经过 20 年的持续攻关，该项目不仅形成了基础软件，还实现了工业化应用，并取得了显著的经济效益，被国家“973”项目列为“亮点”成果。

自 2003 年陆续开展推广应用以来，该项整体技术已成功应用于渤海湾、鄂尔多斯、四川、松辽、塔里木、准噶尔、柴达木、南海、东海、非洲、南美洲、大洋洲等盆地及地区的 69 个区块，有效指导了多类型复杂油气藏储层描述与油气识别，为储量的发现和采收率的提高提供了支撑。

“能够取得创新成果，得益于团队的研究工作始终聚焦国家油气勘探对地震技术的战略需求，各个创新性成果坚持服务生产，在实践中发现问题，提出问题，创新解决问题的思路。”项目组成员、中国石油大学（华东）教授宗兆云表示。

今年1月10日，2019年度国家科学技术奖励大会在北京召开。该项目以三项原创核心关键技术达国际领先水平并成功工业化应用的贡献，获国家科技进步奖二等奖。

“科研无止境。随着油气勘探开发目标越来越复杂，对地震勘探精度的要求也进一步提高，宽方位地震将成为地震勘探技术发展的主流方向之一。通过宽方位地震勘探可以获得几十TB的海量高品质‘五维’叠前地震道集。”印兴耀表示，五维数据的解释是地震技术的又一次革命。课题组目前针对这一前沿难题又开展了新的研究，并已取得了一定的理论成果，在油田开始试验。（廖洋 王大勇）

## 塔里木盆地获重大油气发现

石油储量逾2亿吨

人民日报 2020.4.9

据新华社乌鲁木齐4月8日电（记者杜刚、顾煜）记者从塔里木油田公司获悉：8日，油田满深1井用10毫米油嘴进行试油后，日产原油624立方米，日产天然气37.1万立方米，获得重大突破。这标志着油田新发现一条区域级富含油气断裂带，石油资源量达2.28亿吨，为塔里木油田加快塔北—塔中千万吨级大油气区建设奠定了坚实基础。

塔里木盆地碳酸盐岩油气藏储量丰富，约占盆地油气资源总量的38%，是塔里木油田原油增储上产的重要战略接替领域。作为西气东输主气源地之一的塔里木油田，承担着向我国华东、华北地区120多个大中型城市约4亿人口、3000余家企业的供气任务。

## 加快储气基础设施建设提升天然气储备能力

5部门印发《关于加快推进天然气储备能力建设的实施意见》

中国电力报 2020.4.15

本报讯（记者张溥报道）近日，国家发展改革委、财政部、自然资源部、住房城乡建设部、国家能源局等5部门联合印发《关于加快推进天然气储备能力建设的实施意见》（以下简称《实施意见》，进一步加快推荐储气基础设施建设，提升天然气储备能力。

《实施意见》指出，近年来，我国天然气消费持续快速增长，在国家能源体系中重要性不断提高。与此同时，储气基础设施建设滞后、储备能力不足等问题凸显，成为制约天然气安全稳定供应和行业健康发展的突出短板。

根据同期发布的《国家发展改革委有关负责人就加快推进天然气储备能力建设答记者问》，《实施意见》聚焦解决储气能力建设和运营中心统筹规划不足、行业标准不够完善、储气价值没有充分体现等瓶颈问题，从规划布局、运营模式、体制机制、政策支持等方面有针对性地提出政策措施。

一是优化规划建设布局，建立完善标准体系。国家发布年度储气设施建设重大项目

清单，各地发布省级储气设施建设专项规划。引导峰谷差大、需求增长快的地区适当提高建设目标。

二是建立健全运营模式，完善投资回报渠道。《实施意见》提出明确推行储气设施独立运营模式，原则上地下储气设施应独立核算，专业化管理、市场化运作。独立运营的储气设施，储气服务价格、天然气购进和销售价格由市场形成。

三是深化体制机制改革，优化市场运行环境。加快推进基础设施互联互通和公平开放，储气设施连接主干管网，管道运输企业优先接入、优先保障运输。

四是加大政策支持力度，促进储气能力快速提升。《实施意见》从土地、财税、金融、投资等方面提出多项支持政策，提高企业投资积极性。

## 我国将加快推进天然气储备能力建设

中国科学报 2020.4.15

**本报讯** 近日，国家发展改革委、财政部、自然资源部、住房和城乡建设部、能源局等5部门联合印发《关于加快推进天然气储备能力建设的实施意见》（以下简称《实施意见》），要求加快推进储气基础设施建设，提升天然气储备能力。

《实施意见》从规划布局、运营模式、体制机制、政策支持等多方面提出了相关政策措施。一是优化储气设施规划建设布局，引导峰谷差大、需求增长快的地区适当提高建设目标，建立完善统一规范的设计、建设、验收、运行、退役等行业标准体系。二是建立健全储气设施运营模式，推行独立运营，完善价格机制等投资回报渠道。三是深化体制机制改革，加快实现基础设施互联互通和公平开放，优化市场运行环境。四是加大土地、财税、金融、投资等政策支持力度，激励企业加速补足储气基础设施建设短板，促进储气能力快速提升。

《实施意见》要求切实落实主体责任，建立健全考核制度，督促各方按时完成各项任务目标。（李惠钰）

## 油气领域持续提升勘探开发能力 ——我国油企降本增效，积极应对低油价挑战

中国电力报能源周刊 2020.4.18

我国首个深层千亿立方米储量页岩气田全面开建，我国海域可燃冰第二轮试采成功，我国渤海获得垦利6—1大型发现……近一段时间，我国油气勘探开发频频传来好消息。

增储上产、保障能源安全是我国油气领域一直以来坚守的目标，近年来油气勘探开发态势良好，油气产量持续快速增长，非常规油气开发也取得了突破性进展。面对老区块产量递减，低品位、低丰度新区块开发难度大的问题，油气企业正逐步通过科技探索攻克难关。在近期国际油价呈现持续走低趋势的新局势下，油气企业降本增效，逆境中求生存、谋发展，

在油价“寒冬”逆势中求突围。

### 我国油气勘探开发获得积极进展

过去一年，我国通过提高老油田采收率、开采新发现的油气田等举措，持续加大油气勘探开发力度，油气供应保障能力持续提升。作为油气勘探开发的主力军，中国石油、中国石化、中国海油近期陆续公布了各自企业2019年度业绩，油气勘探开发均获得重大突破。

2019年，中国石油在勘探开发业务方面探索复杂地质条件下实现增储上产，发现并形成了长庆庆城大油田、四川页岩气和塔里木博孜一大北两个大气区，夯实了资源基础。

中国石化加强新区新领域风险勘探和预探力度，在塔里木盆地、四川盆地、鄂尔多斯盆地取得一批油气新发现，境内全年新增油气经济可采储量5.87亿桶油当量，油气储量替代率达138.7%。全年油气当量产量458.92百万桶，其中，境内原油产量249.43百万桶，天然气产量10477.8亿立方英尺，同比增长7.2%。

中国海油2019年共获得23个商业发现，成功评价了30个含油气构造，工作量创历史新高。在国内，渤中19—6凝析气田群评价再创佳绩，新增探明地质储量近2亿立方米油当量；在海外，圭亚那Stabroek区块再获5个新发现，目前可采资源量已进一步扩大至80亿桶油当量以上。

当前，油气企业持续推进完成2019～2025七年行动方案工作要求，加强油气资源自给能力。

陆上油气方面，中国石油塔里木油田于4月8日发现一条区域级富含油气断裂带，石油资源量达2.28亿吨，为塔里木油田加快塔北—塔中千万吨级大油气区建设奠定了坚实基础。位于四川盆地中部的中国石油安岳气田今年一季度累计产气37.3亿立方米，约占川渝地区一季度产量30%，该气田探明储量达1.04万亿立方米，是川渝首个万亿级储量大型气田。位于准噶尔盆地的中国石油滴西328天然气井3月26日试气获油压25.5兆帕，日产6.2万立方米高产工业气流，为新疆油田首个千亿立方米储量规模的克拉美丽气田产能建设有序接替奠定了基础。

海上油气方面，中国海油于3月18日宣布，在渤海莱州湾北部获得垦利6—1大型发现，打破了该区域40余年无商业油气发现的局面，发现井垦利6—1—3共钻遇约20米厚的油层，完钻井深1596米。自然资源部3月26日宣布，我国海域天然气水合物第二轮试采取得成功并超额完成目标任务，试采创造了“产气总量86.14万立方米，日均产气量2.87万立方米”两项新的世界纪录，实现了海域天然气水合物从“探索性试采”向“试验性试采”的重大跨越。

### 科技进步在勘探开发领域发挥重要作用

科技进步在油气勘探开发过程中起到举足轻重的作用。立足于我国油气资源禀赋不理想、关键技术相较国外领先的国家还有一定差距的现实，我国油气领域加强技术攻关与探索，努力实现高质量发展。

经过多年开发的老油田储量递减、开采难度加大，稳产压力大，发展进入困局。我国通过探索创新，突破关键技术瓶颈，深挖老油田潜力，从而提高采收率，使其重新焕发“青春”。

长庆油田将“堵水调驱”作为延长油田稳产期、保持效益产量、提高油藏采收率的主要技术手段。自2019年以来，长庆油田利用纳米微球调驱技术已在超低渗油藏水平井开发区实施83个井组先导试验，递减增油9150吨，累计降水6950立方米，区域年自然递减下降7.0%以上。吐哈油田开展了压驱采油技术的调研和技术引进工作，优选形成了两种满足油田需求的驱油剂体系，并完成了“压—注—驱—采”物理模拟及数模实验，选定温西16—4井作为首口试验井。截至4月14日，温西16—4井已连续稳产80天，初步证实了压驱采油技术在老油田提高采收率方面的可行性。

油气资源地质调查作为基础性工作，是油气开发的重要前提。随着油田的不断开发，常规油气藏越来越少，等待被发现的大多为深盆地油气藏、页岩油以及致密油藏。由于油气勘探风险高、投资大，为使深埋于地下的油气资源“重见天日”，需要通过技术的驱动来提升探明效率。以中国石油青海油田为例，青海油田创立了“强改造型咸化湖盆油气地质理论及勘探技术体系”，实现陆相油气勘探理论新突破。在该理论指导下，柴达木盆地环英雄岭地区连续发现浅层、中层和深层油藏。

近年来，大数据和人工智能技术深度融合于油气勘探开采过程，对油田开采进行实时生产处理和监控，地上、地下配合实现安全、高效开采，也解决了数据信息孤岛问题。以中国石化西北油田为例，西北油田将智能化试油计量系统成功应用于顺北52A井完井试油现场，系统在整个生产过程中运行稳定，达到了精准计量、高低液位预警、实时监控罐内液面，并通过中控室远程控制，实现了智能化启停、定量装油、自由切换各储备罐进出液功能，很好地达到了设计使用要求和井控安全需求。

### 油气企业面对油价挑战推动改革创新

近期石油整体大幅下跌趋势与石油供应过剩引起了石油市场投资者的担忧。低油价是市场供需关系严重失衡的体现，新冠肺炎疫情在全球扩散导致需求锐减，“欧佩克+”新一轮减产谈判破裂导致产油国增产，供给侧与需求侧的双重作用致使国际油价断崖式下降。

面对油价处于低位震荡的形势，我国石油企业在保持油气勘探开发工作常规运行的同时逆流而上，面对油价挑战推动改革创新，降低开发成本，优化产能布局，以稳健发展之姿抵御石油领域“严寒”。

中国石油上游企业纷纷根据自身实际制定降本增效方案。辽河油田在3月中旬已明确24项开降工程基础上，4月初继续自我加压，再添7项工程近8亿元开降目标，全年预计优化投资4亿元、效益挖潜近30亿元。长庆油田在多开发富集区、富集层，多打高产井，以最少投入获取最大回报的同时，尽可能发挥老站、老输油输气管线、老路、老井场的作用，少征新地或不征新地，让产能建设工程少花钱多办事。

中国石化于3月23日召开“百日攻坚创效”行动动员（视频）大会，要求上游板块坚定信心、稳住阵脚，做好投资、储量、产量、成本、效益统筹优化，坚定以大发现、大突破应对低油价，以多产效益油应对低油价，以低成本应对低油价，以改革创新应对低油价，实现可持续发展。

中国海油于4月7日召开“坚决打好应对低油价挑战攻坚战”工作部署视频会议，明确年度国内原油、天然气增产目标不动摇，年度投资压减10%~15%，总成本降低不少于10%，通过推进降本增效专项行动实现降本50亿元，亏损企业治理工作要实现减亏50亿元。

陕西延长石油于3月23日召开“应对低油价、打赢攻坚战”专题会，提出“提速改革，对集团改革顶层设计、重点改革任务及年初改革部署安排，加大力度加快速度加紧进度”“再降成本，通过改革的办法打破固有格局，以灵活的运营模式和最有竞争力的成本应对瞬息万变的市场”等应对之策。

厦门大学中国能源政策研究院院长林伯强表示，低油价具有不确定性，而短期之内培育新业态、产业结构转型不一定为可行之举。原油价格与天然气价格有联动作用，而油价的降低也会削弱新能源的竞争力，例如油价降低消费者更难以选择新能源汽车作为出行方式。我国石油行业当前最关键的是要通过科技等手段降低成本应对低油价形势。

科技创新是加强核心竞争力和市场话语权的基础。在勘探开发过程中注入技术元素，全方位挖掘油藏开发潜力并降低成本，可实现质量与效益的双提升。对此，中海油服物探事业部装备研发制造中心高级工程师阮福明表示，低油价是“危”也是“机”，持续低油价会加速油气企业努力降本增效以求生存发展，而降本增效最根本的手段是技术创新。低油价带动了全球油气产业链生产经营成本不同程度的降低，而技术进步带来油气效益的提高突出表现在美国页岩油气领域，其通过增加水平段长度、减少压裂间距、增加支撑剂等工程创新手段，结合以压裂液技术革新，大幅降低了作业成本。具有自主知识产权的国产装备产业化，将有效降低作业成本，抵御低油价带来的油气勘探开发风险。中国海油持续推进的自主海洋油气勘探开发相关装备研发工作，既是解决技术“卡脖子”问题，也是积极应对低油价的一种有效降本增效手段。未来，低油价可能演化为一种“新常态”，这就要求我们将技术创新助力降本增效的认识提高到“企业之本”的高度，更加自觉主动地进行技术创新。（王若曦）

## 优化煤炭开发布局与清洁高效利用并进

中国电力报能源周刊 2020.4.18

中国首部《能源法》揭开了神秘的面纱。4月10日，国家能源局发布公告，就《中华人民共和国能源法（征求意见稿）》公开征求意见。根据征求意见稿，我国将着力构建清洁低碳、安全高效的能源体系。其中，对煤炭的开发利用，一方面重在优化煤炭开发布局和生

产结构，另一方面则落脚到煤炭清洁高效利用。

### **构建清洁低碳、安全高效的能源体系**

“为了规范能源开发利用和监督管理，保障能源安全，优化能源结构，提高能源效率，促进能源高质量发展，根据宪法，制定本法。”《能源法》征求意见稿开宗明义，保障能源安全是第一要务，其次是优化能源结构，再次是提高能源效率。

对于能源安全，长期以来受制“富煤、贫油、少气”的资源禀赋，我国坚持以煤为主的能源战略。2014年，“四个革命、一个合作”能源安全新战略提出开展能源生产和消费革命，要求调整能源结构，减少煤炭消费，增加清洁能源供应。2017年，十九大提出在我国构建清洁、低碳、安全、高效的能源体系。

可见，我国对于能源安全、保障能源安全的认知是不断发展变化和调整的，其内涵也逐步丰富。正因如此，《能源法》征求意见稿中对能源战略体系有了更加精准的表述：能源开发利用应当与生态文明相适应，贯彻创新、协调、绿色、开放、共享发展理念，遵循推动消费革命、供给革命、技术革命、体制革命和全方位加强国际合作的发展方向，实施节约优先、立足国内、绿色低碳和创新驱动的能源发展战略，构建清洁低碳、安全高效的能源体系。

能源安全新战略指导下的能源结构调整，重点是减少化石能源尤其是煤炭的消费，加大清洁能源替代，《能源法》征求意见稿首次明确优先开发可再生能源：国家鼓励高效清洁开发利用能源资源，支持优先开发可再生能源，合理开发化石能源资源，因地制宜发展分布式能源，推动非化石能源替代化石能源、低碳能源替代高碳能源，支持开发利用替代石油、天然气的新型燃料和工业原料。

从坚持以煤为主，转变为将开发可再生能源放在第一位，中国煤炭建设协会副理事长徐亮在接受本报记者时表示，《能源法》征求意见稿对能源安全以及能源战略体系的表述与以往相比发生这种变化，主要基于三方面：“一是国家将着重发展生态文明，推进质量效益型社会的发展，而不再依托规模扩张型的工业经济，对能源的依赖程度也会相对降低。二是国家推进转型发展，推进第三产业，尤其是‘新基建’带动的现代服务业和新兴产业，社会发展的驱动力更多依靠技术创新。三是能源资源储量和产能得到保障，比如煤炭产能已经适当过剩，油气贸易和管廊也初具规模，且能源利用技术和效率不断提升，能够保障中长期社会经济发展的需要。”

### **优化煤炭开发布局**

对于煤炭的开发利用，《能源法》征求意见稿明确，国家加强煤炭、石油和天然气等化石能源的勘查，对化石能源实行合理开发。煤炭、石油和天然气的开发和加工转换应当遵循安全、绿色、集约和高效的原则，提高资源回采率和清洁高效开发利用水平。

煤炭开发利用坚持统一规划、整体勘查、有序开发、清洁高效利用。国家优化煤炭开发布局和生产结构，推进煤炭安全绿色开采，鼓励发展矿区循环经济，促进煤炭清洁高效利用，适当发展煤制燃料和化工原料。

徐亮透露，2017年，在国务院原法制办、司法部的指导下，国家发展改革委、国家能源局组织成立专家组和工作组对该版《能源法》送审稿进行进一步修改。他作为专家组成员之一，参与了修改建议。

“2017年正处于煤炭去产能的第二年，也正是国家大力推进蓝天保卫战等环保举措的时段，所以我们就从优化开发布局和清洁低碳利用两个方面提出修改建议。”徐亮表示，煤炭行业基本达成共识，煤炭开发利用应坚持统一规划、合理布局、清洁利用的原则，按照资源禀赋、运输、水资源等条件和环境承载能力确定区域煤炭开发规模和开发强度，控制东部开发强度，稳定中部生产规模，优化西部资源勘查，在大型整装煤田和资源富集地区优先建设大型和特大型现代化煤矿。

实际上，随着煤炭去产能工作的深入推进，我国煤炭产业结构不断优化，煤炭供给质量不断提升。全国煤矿数量由2015年底的12000多处，减少到现在的不足6000处，年产120万吨及以上的大型煤矿产能达到总产能的3/4，大型现代化煤矿已经成为全国煤炭生产的主体。且煤炭开发布局呈现出明显的西进特征。2019年1~11月，全国原煤累计产量340721万吨，同比增长4.5%。其中，晋陕蒙新四省区的煤炭产量约占全国原煤总产量的76%。

### 重点发展新型煤化工

能源结构优化，一方面是加大可再生能源发展，另一方面是做好化石能源的清洁高效利用。《能源法》征求意见稿明确：国家调整和优化能源产业结构和消费结构，优先发展可再生能源，安全高效发展核电，提高非化石能源比重，推动化石能源的清洁高效利用和低碳化发展。

对于煤炭，要求推进煤炭清洁低碳集约化利用，适当发展煤制燃料和化工原料，促进煤炭由燃料向燃料与原料并重。“适当”发展煤制燃料和化工原料，在某种程度上说明了国家对煤化工的态度，将延续“十三五”时期控制煤化工规模总量和发展节奏的思路，倒逼煤化工产业转型升级。“目前来看，煤炭的清洁高效利用主要还是以新型煤化工的示范利用为主。”徐亮表示，“十三五”期间，我国对煤化工采取“六基地、五模式”，规划在内蒙古、新疆、陕西、宁夏重点建设六大煤化工基地，重点发展煤制超清洁油品、低阶煤的分级分质利用、煤制天然气、煤炭与石油的综合利用与煤制重要化学品等五类升级示范产业。

记者了解到，当前除新疆基地进展较缓外，其他五大煤化工基地已经建设成型，已有一大批新型煤化工技术和重点项目落地。例如，内蒙古鄂尔多斯示范区，已建成世界上最大规模的煤制烯烃项目；宁夏宁东示范区布局建设的190万吨煤制烯烃、40万吨煤制乙二醇等现代煤化工示范项目进展顺利；陕西榆林示范区加速推进神华榆林煤炭综合利用、延长靖边综合利用、中煤煤制烯烃二期、百万吨煤制芳烃、未来能源煤制油、陕煤化榆林煤炭分质利用、延长石油CCSI示范等项目，并制定了到2021年甲醇、烯烃、芳烃、乙二醇产能分别达到360万吨、420万吨、100万吨、60万吨，煤炭就地转化率提高到50%以上的目标。（邹春蕾）

# 我国首个千亿方储量深层页岩气田开发全面启动

中国科学报 2020.4.15

本报讯 4月14日，《中国科学报》获悉，我国首个深层页岩气田——探明储量超千亿方的威荣页岩气田开发建设项目目前已全面铺开。项目建成后年产能30亿立方米，相当于1600万个家庭的年用气量。

威荣页岩气田位于四川省内江市、自贡市境内，平均埋深3750米，属深层页岩气田。其已提交探明储量1247亿立方米，2018年获评中国地质学会“十大地质找矿成果”，是中国石化进军深层页岩气并取得重大勘探突破的标志性成果。

据悉，威荣页岩气田建设分两期进行。目前，一期项目10亿立方米年产能建设部署的8个平台54口井全部开钻，已完钻46口，优质储层钻遇率达95%以上，集气总站和3个平台12口井已投产，日输气量105万立方米；二期项目建设全面铺开，计划建设年产能20亿立方米，实施14个平台110口开发井，9口井已开钻，10余口井正开展油气测试，集气管线、供电线路等工程正加紧施工。（计红梅）

---

## 行业动态

### 国际热核聚变实验堆“心脏”安装开启

中国能源报 2020.4.27

本报讯 当地时间4月21日，国际热核聚变实验堆（ITER）组织在法国举办杜瓦底座移交仪式。至此，由中核集团牵头的中法联合体按期开展杜瓦底座接收及吊装准备工作，为“人造太阳”核心设备后续安装工作全面开展创造有利条件。这是中国向核能高端市场迈出的实质性步伐，将为我国深度参与聚变国际合作、自主设计建造未来中国聚变堆奠定坚实基础。

“人造太阳”是可控核聚变装置的俗称，是全球核聚变人一代代接力奔跑，致力于照亮人类未来的终极能源梦想，其规模仅次于国际空间站的国际大科学工程计划。2019年9月，中核集团牵头的中法联合体正式与ITER组织签订了TAC1安装合同。TAC1安装标段工程好比核电站核岛里的反应堆、人体心脏，主要工作是安装杜瓦结构及杜瓦结构和真空容器之间所有的系统，吊装安装杜瓦底座是该标段第一个重要工程节点。

据了解，杜瓦底座是托卡马克装置压力容器的底座，承担着重要安全屏障作用，是托卡马克装置安装第一个重大组件，吊装重量1200吨，设备最终就位偏差不超过2毫米，吊装操作难度大、测量技术要求高，其安装精度、进度都对主体结构及重要部件安装产生重要影响。目前，来自中核集团中核工程欧洲公司、中核二三的48名人员正在法国ITER现场开展相关工作。（郑忠伟 杨呈）

## 黑龙江发布新低碳固废处理技术

加快科技成果产业化 推进多污染物综合防治

中国环境报 2020.4.14

本报见习记者李明哲哈尔滨报道 黑龙江省工程咨询协会与哈尔滨市环境科学学会日前联合举办新低碳固废处理环保技术发布会，以加快科技成果产业化，推进多污染物综合防治和环境治理，促进全省循环经济健康、高质量可持续发展。

会议探讨了固废低碳新工程材料、分子生物诊断技术应用于污染场址检测以及存量垃圾治理等方面问题。同时，推出宣传推广行动、谋划项目行动、落实项目行动、生产服务行动等4个行动口号。

据了解，黑龙江省工程咨询协会现有会员单位约157家，已确定成立11个专业委员会，此次发布会由生态环境工程专业委员会承办。未来，协会还将联合国家各类优势资源，深入开展新技术的发布、应用、推广等专题交流研讨活动，广泛搭建融合发展平台。

## 哈尔滨将建秸秆发电厂

年消耗秸秆30万吨，发电2亿千瓦时供热20万平方米

中国环境报 2020.4.23

本报见习记者李明哲哈尔滨报道 在黑龙江省哈尔滨市阿城经济开发区内的一片空地内，停放着挖掘机等大型机械，这里将建设一座每年可消耗30万吨秸秆的发电厂。

哈尔滨辰能生物质发电有限公司副总经理焦殿丰介绍说，眼前的这块土地有11万平方米，准备建一个发电厂，原料就是难处理的秸秆。项目总投资3.2亿元，是阿城区的重点招商项目，预计2020年年底将投产。

项目投产后，当地的秸秆处理问题将迎刃而解。发电厂辐射范围达到周边30公里，年处理秸秆能力在25万吨—30万吨。农民们可以先把秸秆打包后送到发电厂，每吨能卖200元。

“发电厂每年可用秸秆发电两亿多千瓦时，还能给附近的其他企业冬季供热，供热面积达20万平方米，重要的是，用秸秆发电、供热都是超低排放，非常环保。”焦殿丰说。

## 我国首条自主新型 稀土储氢合金生产线正式运转

科技日报 2020.4.10

科技日报讯（李宝乐 记者张景阳）近日，记者在中科院包头稀土研发中心孵化的一家新能源科技企业采访时了解到，该企业新型稀土镁镍基储氢合金电极生产线已经开始正常运转。据了解，该生产线产能为200吨，目前生产的280公斤电极成品已经进入市场。

稀土镁镍基储氢合金电极材料具有高容量和低自放电等优点，被认为是替代传统 AB5型稀土基储氢合金。这一新电极产品制备的镍氢动力电池，具有出色的低温稳定性能，大量实验证明，新材料制备的镍氢动力电池产品可让汽车性能十分稳定，即使在北方极寒的环境中也可以正常使用。镍氢动力电池目前被丰田等世界主流车企应用在混合动力车型上。我国在支持新能源汽车产业发展方面，也把镍氢动力电池当成重点支持对象。

“我们选用燕山大学自主知识产权的合金制备技术，通过稀土镁镍基储氢合金相结构与电化学储氢性能间的匹配关系，优化合金结构特性，开发出不同优势性能的稀土镁镍基储氢合金新产品。”技术研发负责人肖明介绍说。

据悉，该生产线是我国具有自主知识产权的第一条新型稀土储氢合金生产线。该产品做电极的电池容量较传统镍氢电池和储氢合金提高 30% 以上，是生产高容量、宽温区、高工艺、低耗电镍氢动力电池关键材料。

新型稀土镁镍基储氢合金电极制备的镍氢电池相较于镍镉电池更环保，相较于锂电池更安全，能够大范围应用于汽车的混合动力电池，以及固态储氢及氢燃料电池当中。

## 车用燃料电池电堆实现批量化生产

云浮日报 2020.4.8

本报讯（记者 梁湛华）记者近日获悉，我市的广东国鸿氢能科技有限公司、佛山（云浮）氢能产业与新材料发展研究院等单位共同研发出车用燃料电池电堆技术，成功实现燃料电池电堆批量化生产，于近期获得广东省科技进步奖二等奖。目前，国鸿公司已建设年产 2 万台燃料电池电堆的自动化生产线，预计可为该公司创造年产值超过 15 亿元。

国鸿公司等单位开发的燃料电池电堆与批量化生产技术实现了燃料电池电堆的批量化生产。生产的车用电堆是燃料电池汽车的动力装置，电池以氢气为燃料，有效解决锂电动车续航不足的问题，加氢时间远少于锂电的充电时间，燃料电池的能量密度远高于锂离子电池，且燃料电池的零部件 90% 可回收利用。该技术还攻克了电堆使用寿命短、低温启动困难等技术难题。经用户反馈电池电堆使用寿命达 15000 小时，电堆可在 -40℃ 存储，在 -30℃ 无辅助启动。

据介绍，由于工艺复杂、技术要求高等原因，目前国内具备电堆批量化生产技术的厂家屈指可数。国鸿公司根据燃料电池技术特点和工艺要求，建立了全国首条燃料电池电堆生产线，将燃料电池电堆技术产业化。目前，该技术生产的燃料电池已应用于氢能公交车并投入到佛山和云浮的示范线运行，示范线有 28 辆燃料电池公交车进行载人示范运行，截至目前在示范运行的燃料电池大巴行驶里程均超过 6 万公里。