由“氧”到“氟”，锂电池练就强劲心脏

陈 军

院士讲科普

“十五五”规划纲要提出，加快新一代信息技术、新能源、新材料、智能网联新能源汽车、机器人、生物医药、高端装备、航空航天等战略性新兴产业发展。锂电池被广泛运用于新能源汽车领域，但目前存在续航里程有限、低温环境表现有待提高等问题。如何让锂电池提升续航能力和耐低温性能？本期“院士讲科普”，我们邀请中国科学院院士、南开大学常务副校长陈军教授，讲解新型电池的科研进展。

——编 者

锂电池被广泛运用于新能源汽车领域，但“续航焦虑”仍令不少车主头疼。如何让现有锂电池在体积与重量不变的情况下，实现续航成倍增长？

今年，由南开大学和上海空间电源研究所等单位科研人员组成的团队，取得锂电池关键技术新突破。团队通过全新的电解液技术，有望使锂电池实现续航能力成倍提升、耐低温性能明显增强。这一成果在国际学术期刊《自然》上发表，受到广泛关注。

遇到瓶颈

锂电池的“成长烦恼”

锂电池堪称现代社会的“能量心脏”，从手机、新能源汽车到航天器，都有锂电池的身影。然而，这颗“心脏”主要有两个“成长烦恼”：一是续航焦虑，二是低温趴窝。

前者源于能量密度提升瓶颈。我们希望电动车能够一次充电跑上千公里，手机续航一周不用再次充电，这需要电池在不改变体积和重量的情况下储存更多的电能。遗憾的是，过去几十年来，锂电池的能量密度提升遇到了困难，如同百米短跑运动员的成绩，11秒要突破到10秒以内，每一步都异常艰难。

后者源于电化学反应速率随温度下降而变慢。在北方寒冷的冬天，很多车主会明显感觉电动车续航里程“打折”，一些用户也发现手机会突然关机，这正是锂电池低温性能不佳的表现。

为了突破瓶颈，科学家尝试了许多方法，但大多围绕着“锂—氧配位”这一基础规则。在传统锂电池的电解液中，溶剂分子（可以想象成运送锂离子的小车）上普遍含有氧原子。锂离子通过与氧原子“手拉手”（配位）的方式，被溶剂装载和运输。然而，在“氧基”模式下，锂离子“上车易下车难”，拖慢充放电；化学窗口窄，电池能量密度难提升；溶剂在高温或滥用情况下易燃，安全性存在挑战。可以说，“锂—氧配位”这一基础规则，本身就设定了电池性能的天花板。

创新赛道

“锂—氟配位”效果好

电解液是锂电池的“血液”和“高速公路”，其性能直接决定了离子传输的效率、电池工作的电压窗口和温度范围。电解液的革新往往是电池迭代升级的关键。因此，团队尝试聚焦溶剂分子底层革新，给电解液换个赛道。

我们选择从根本上改变离子“坐车”的规则——从传统的“锂—氧配位”转向“锂—氟配位”。如果把锂离子穿越电池的过程比作一场旅行，那么溶剂分子就是它乘坐的交通工具。过去，它一直坐的是“氧基马车”，速度慢、负重低、怕颠簸（低温）。现在，我们为它设计了一辆全新的“氟基超级跑车”，研发“氟代烃溶剂”作为“跑车”的材料。

为什么是氟？氟是元素周期表中电负性最强的元素，吸引力极强。当锂离子与氟原子“牵手”时，这种结合力更强、更稳定。我们通过分子设计，使得氟原子与锂离子的结合具有恰到好处的“弱相互作用”，既能稳定地装载离子，又能在需要时轻松释放，让离子的“上下车”效率（脱溶剂化能）大大提升。

全氟化或高度氟化的溶剂分子具有极高的氧化稳定性。由它们构成的电解液能够承受更高的电压而不被分解，这为我们匹配更高电压的正极材料，从而大幅提升电池能量密度扫清了关键障碍。

氟代烃溶剂通常具有优异的阻燃性和极低的凝固点。前者让电池的“血液”本身更难燃烧，提升了安全性；后者则让电解液在极寒环境下也能保持流畅，解决了电池的低温趴窝问题。

总的来说，“锂—氟配位”通过氟代烃溶剂实现了“用量更少、跑得更快、更耐低温”的效果，好比为锂电池换上了一颗更强大、更耐用的“心脏”。

想象未来

从实验室到改变生活

这项突破将为我们描绘出怎样的未来图景？

首先，它有望实质性破解新能源汽车的续航与低温焦虑。实验表明，基于新电解液体系的锂电池，在同等体积和重量下，其能量密度有望比目前顶级的传统锂电池提升一倍以上。未来搭载此类电池的电动车续航里程突破1000公里将成为可能。同时，即使在严寒环境中，电池依然能保持大部分活性，让北方的朋友冬天开车不再担心。

其次，它将为诸多前沿领域提供更强劲的动力。在低空经济与航空航天领域，更长续航、更轻量化的电池是“空中出租车”、物流无人机及高空长航时飞行器的作业基础，也为深空探测等尖端装备提供新选项。在具身智能与算力中心领域，人形机器人、外骨骼需要高能量密度、高安全性的动力源，算力中心也面临能源需求飙升。一颗强大的“氟基”电池，正是它们的力量之源。

当然，这项技术从实验室走向规模化量产，还需要解决氟代烃溶剂的大规模低成本合成与纯化问题，需要优化与之匹配的正负极材料体系，需要建立全新的电池制造工艺与品控标准，可能还需要1—2年甚至更长时间的工程化攻关。

放眼未来，我们看到了电池乃至整个电化学储能领域发展的新方向：从原子、分子层面进行原创性的材料设计，通过突破传统规则的应用边界（如配位化学），来颠覆现有技术路径。这不只是单项技术的突破，更可能引发正极、负极、隔膜等一系列材料的连锁创新，推动电池技术进入一个全新的代际。

（作者为中国科学院院士、南开大学常务副校长，本报记者**李家鼎**采访整理）



▶未来电池的应用图景。

▼陈军（右二）和团队成员在实验室工作。

▲锂电池电解液的创新思路示意图。

以上图片均为**南开大学**提供

延伸阅读

新型电池，不止一条赛道

严振华

当前，液态锂离子电池因为能量密度较高、循环寿命长、产业成熟等优势，是应用的主流。但仍存在成本高、安全性不足、环境适用性差等痛点。全球新型电池技术正从“单一锂电路线”走向“多元技术矩阵”。在科研界和产业界，多条技术路径正在并行竞逐，它们各有侧重，共同勾勒出“更安全、更持久、更经济”的储能未来。

其中，固态、准固态锂电池被视为下一代高端动力的主攻方向。它的逻辑是用本征不可燃的固态电解质，替代传统锂离子电池中易燃的有机电解液，从根本上提升安全性。同时，这种设计能够适配金属锂负极、富锂锰基正极等高比容量活性材料，有望同时突破安全与能量密度的天花板。

钠离子电池则是另一条快速崛起的路径。钠资源在地壳中的丰度远高于锂，且分布广泛，这使得钠离子电池在原材料端具备显著的成本优势，其生产制造设备与现有锂离子电池产线高度兼容，但能量密度仍偏低。因此，钠离子电池的主打战场是储能电站和低速电动车等领域，扮演着“成本补位”的重要角色。

对于追求极致安全的场景，锌等新型水系电池提供了重要补充。这类电池采用水系电解液，规避了燃烧爆炸的风险。而锂硫电池则另辟蹊径，利用硫的超高理论比容量，瞄准对能量密度有极端要求的特种应用场景。

在长时储能领域，液流电池展现出独特优势。以全钒液流电池为例，它将能量存储与功率输出解耦，通过外置的电解液储罐来轻松扩容，适合大规模、长时间的电网级储能。此外，金属—空气电池也备受关注，它以锂、锌、铝等金属为负极，直接利用空气中的氧气作为正极活性物质，理论能量密度极高，但目前技术尚不成熟，正极催化剂和能量效率提升仍是攻关的重点。

目前准固态锂电池、钠离子电池和液流电池的发展相对较快，因为它们的技术更为成熟，成本优势逐渐显现，也吸引了大量的资本投入。相比之下，锂硫电池、金属—空气电池等仍处于实验室研发或示范阶段，距离大规模商业化还有较长距离。

电池很难产生“全能冠军”，本质上是在能量密度、安全、成本、寿命、倍率、温域等多个指标上做权衡取舍，目前没有一款电池能同时把所有指标都做到最优。因此，未来的电池发展格局，并非谁取代谁，而是根据不同应用场景的需求，选择最合适的体系，实现协同演进。

（作者为南开大学化学学院副研究员、博士生导师，本报记者**李家鼎**采访整理）

罗『科』

没了闰秒，会不会影响我们的日常生活

窦 忠

第二十八届国际计量大会在法国凡尔赛表决通过：从2027年5月20日起，国际标准时间启用“连续协调世界时”，闰秒将不再使用。

消息一出，不少人犯嘀咕：没了闰秒，会不会影响我们的日常生活？

首先，我们来看看，时间到底是怎么“算”出来的。

人类计时依赖两套并行的体系。一套以地球自转为基准，太阳连续两次经过同一位置的时间间隔为一天，这是“世界时”，日常生活、天文观测和大地测量都习惯使用它；另一套以原子跃迁频率为基准，叫“原子时”，由此定义的秒长几乎不随时间变化，通信、导航等系统都需要这样的时间基准。

问题在于，地球这个“钟”不太靠谱。地球自转速率受日月摄动、海洋大气、地球内部运动等诸多因素影响，并不均匀，长期看还在慢慢变慢。原子时走得稳稳当当，世界时却时不时“磨蹭”一下。时间一长，两套标准就对不上了。

目前，全球通行的标准时间叫“协调世界时”。“秒长”采用原子时秒，保证均匀稳定；“时刻”尽量逼近世界时，通过闰秒，保证跟地球自转合拍。说白了，协调世界时就是两套标准的折中和协调，这套办法从半个多世纪前定下来，一直用到今天。

当世界时和原子时的时刻差预测接近0.9秒时，就给协调世界时一个整秒的调整，这就是闰秒。从1972年到现在，全球一共实施了27次闰秒，全是“正闰秒”，即增加一秒——这50多年里，地球自转相对原子时一直在减慢，平均两年闰一次。当然也不绝对，上一次闰秒发生在北京时间2017年1月1日，至今已近10年未再增加闰秒。

加一秒而已，能有多大事？

对普通人来说，多一秒少一秒没啥感觉。但对现代数字系统而言，这一秒的“突然袭击”却可能掀起不小的风波。闰秒降临的周期不是固定的，国际地球自转服务组织通常只提前半年发通知，很多软件系统无法事先把这一秒写进代码。2012年闰秒曾导致多个海外网站崩溃，澳大利亚某航空订票系统瘫痪；2015年闰秒则导致美国洲际交易所被迫停牌60多分钟。我国在闰秒调整过程中未出现意外。

2012年世界无线电通信全会上，不少国家主张取消闰秒，理由很充分：航空航天、全球定位系统、电信、网络同步等都需要连续时标；数字时间分配系统难以有效处理闰秒；闰秒发生时正是东半球国家白天工作时间，冲击更显著。

更麻烦的是，近年地球自转出现了加速迹象。这意味着未来可能不再需要“加一秒”，反而要“减一秒”——也就是负闰秒。当前，负闰秒出现的概率在快速上升，有专家估计到2035年可达30%。而负闰秒是人类从未遇到过的情况，真让它发生会出什么状况，谁也说不准。

以后不管世界时了吗？

管，但换了个管法。新方案叫“闰时”：不必再每隔几年就拨动一次秒针，而是允许原子时和世界时慢慢拉开差距，等累积到大约1小时，再一次性调整。按目前趋势估算，攒够这1小时大概需要数千年。

需要特别说明的是，世界时测量服务是守时、深空探测和高精度天体测量等领域所必需的基础服务。近年来，中国科学院国家授时中心利用在国内建立的多手段世界时测量系统，已经开展了世界时服务工作，能够初步满足我国各项工作的需求。因此，闰秒的取消与否不会影响我国的时间服务工作。

从“秒”到“时”，调整的间隔拉长了，把时间的连续性和稳定性放在了优先位置。用了半个多世纪的闰秒，完成了它的历史使命，而我们的时间，还将稳稳当当地走下去。

（作者为中国科学院国家授时中心党委书记）

中国第四十三次南极考察队出征

本报北京电 （记者**刘诗瑶**）记者从自然资源部获悉：由自然资源部组织的中国第四十三次南极考察队日前出征奔赴南极。

此次考察重点推进以下五方面工作：一是完善极地考察站点和运输保障体系，全面完成秦岭站现场建设收尾和验收工作，开展玛丽·伯德地考察站拟选配套设施踏勘测绘，开展长城站和中山站升级改造前期准备工作；二是持续开展南极多领域综合调查监测，在南极半岛邻近海域、宇航员海等典型海域，开展多学科综合调查与长期监测；三是瞄准国际极地科技前沿实施重点任务，继续开展国家重点研发计划“南极麒麟冰下湖钻探”任务，组织实施“南极斯科舍海板块俯冲停止机制研究及其资源效应”国家自然科学基金共享航次，深入研究极区地质灾害联动机制与热液—冷泉相互作用等重大前沿科学问题；四是推进国产技术装备测试应用，组织AR500大型无人直升机等国产设施设备在南极的测试应用，开展大厚度雪面压实装备研发和移动式全模块拼装航站样机验证；五是深化双多边国际科研和保障合作。

此次考察由“雪龙”号、“雪龙2”号、“大洋号”共同保障，来自国内100多家单位的600余名队员参加，预计2027年4月完成任务后返回国内。

我国成功完成空间站舱外激光“微创”试验

本报武汉电 （记者**范昊天**）记者从华中科技大学获悉：由该校机械科学与工程学院黄禹教授团队与上海空间电源研究所联合研制的“舱外激光维修装置”，近期在轨成功完成我国空间站舱外激光切割维护试验。这是国际上在数百公里外的太空极端环境下，首次通过遥操作开展的激光精密切割试验，试验的成功标志着我国在轨运维与相关装备制造技术领域取得重大突破。

团队创新激光工艺方法，成功将工业级产品升级为符合航天苛刻标准的高可靠在轨装备；同时研发出“8+2”轴多自由度精调机构、三自由度精准捕获机构与先进的多级视觉引导系统，实现了太空复杂姿态下舱外目标的智能高精度定位与微米级激光热效应精密切割。

我国科学家破译大麦早熟稳产遗传密码

本报北京电 （记者**喻思南**）近日，中国农业科学院作物科学研究所研究员杨平团队联合国内外科研单位，解析了中国大麦80余年育种史的遗传本底和育种选择变迁，揭示了一年两熟地区秋播大麦早熟与稳产协同的遗传基础。相关研究成果在《自然》上发表。

在我国，大麦常与小麦一起，与后茬的水稻等作物搭配构建一年两熟种植制度，以提高耕地复种指数。但该体系茬口短、两季衔接紧，易受极端气候影响。早熟品种虽能缓解茬口矛盾，但往往伴随生物量不足、产量降低等问题。研究团队历时10年，绘制了我国大麦“育种选择图谱”。研究发现，20世纪中叶以来我国引进的欧洲高产、优质啤酒大麦不断和本土化大麦融合及适应性改良，最终形成了兼顾丰产潜力与本土环境适应性的种质群体，奠定了我国现代啤酒大麦和饲料大麦的遗传基础。

研究团队还鉴定出光敏色素基因PhyC与春化基因VRN—H1连锁组成的基因模块。前者如同调控开花的“油门”，后者则扮演“刹车”角色，两者精妙调控植株生长进程，实现大麦早熟与稳产高产的统一。

怎样让番茄有爆米花味

郑 鹏

趣科普

咬一口番茄，嘴里却是爆米花的香甜——这并非异想天开，而是一场精妙的“基因魔术”带来的味觉惊喜。

有网友说，现在货架上的番茄虽然“颜值爆表”——表皮光滑鲜亮、个头匀称饱满，但咬下去味道却很寡淡，没有番茄味。为什么？

这是现代农业“甜蜜的烦恼”：在追求更高产量、更长保鲜期、更强抗病性的路上，部分风味基因在番茄选育过程中被无意“丢失”，才让我们日常食用的番茄少了一些记忆里的浓郁味道。

好在，随着现代农业科技的突破，一些“丢失”的番茄味不仅能够被重新“唤醒”，还迎来了让人意想不到的“跨界升级”。

位于浙江杭州的湘湖实验室联合澳大利亚阿德莱德大学等科研团队，成功培育出自带爆米花香味的番茄，让番茄与爆米花这对“八竿子打不着”的食物，在舌尖上实现奇妙的风味交融。

这场风味互动，最早竟然源自一碗香喷喷的米饭。在优质香米煮熟后，会飘出类似爆米花的诱人香气，令人食欲大开。此前，科学家揭开了这股香气的真面目——它来自一种简称为“2—AP”的物质。更有趣的是，随着香米中特定风味调控因子的自然变异，2—AP会大量积累，香气也随之愈发浓郁。

既然米能有这股香味，番茄行不行？

带着好奇，科研团队开启了番茄风味育种的探索之旅。他们通过生物信息学分析，在番茄基因组中找到了调控2—AP积累的“密码”——两个BADH家族基因：SlBADH1和SlBADH2。它们就像番茄香味的隐形“抑制器”，一直默默限制着2—AP的积累，让番茄与爆米花香无缘。

找到问题根源，接下来就是用科学开展“基因魔术”。科研团队通过破坏SlBADH1和SlBADH2的功能，解除了这两个“抑制器”的限制。这与传统育种中依托自然变异筛选优良品种本质一样，但是依托现代生物技术，过程变得更精准、更高效。

此外，这次风味的改变并没有降低番茄的品质。科研团队通过实验观察发现，这款“爆米花味番茄”，无论是开花时间、植株高度、单果重量，还是果实甜度、酸度，都和普通番茄没有区别。而爆米花味的加入后，原本单一的口感变得层次丰富。

有些人可能有这样的顾虑：经过改造的“爆米花味番茄”，食品安全能否得到保证？其实，我国对特色育种农产品有一套完善的监管体系，从实验室研究到田间种植，再到端上餐桌，每一个环节都有严格规范把控。

目前，科研团队正在把这项技术应用到更多主流商业番茄品种中。在不久的将来，消费者就能品尝到这种奇妙的风味。同时，通过应用生物技术，科研人员有望打开更多蔬果的风味“盲盒”。巧克力味、草莓味、桂花味……这些蔬果或许还可能像香水一样拥有不同的“香调”。到那时，买菜也能变成一场有趣的“寻香之旅”。

（作者为湘湖实验室植物代谢与生物合成团队副研究员，本报记者**刘军国**采访整理）

本版责编：**曹怡晴 肖 遥 陈圆圆** 版式设计：**汪哲平**