

克服“膨胀”， 硅碳负极电池小身板有大能量

□ 科普时报记者 张英贤

近日，“张朝阳谈未来手机电池的发展”话题登上热搜。手机电池直接影响用户的使用体验。张朝阳提到，相比传统石墨电池，硅碳负极电池的能量密度可以做到数量级提升。什么是硅碳负极电池技术？硅碳负极电池搭载手机和汽车又有何优势？记者对此进行了采访。

硅碳“双向奔赴”

外出旅行时，手机电量“焦虑”几乎影响着每一个人。目前，我们使用的手机电池多为锂离子电池。在我们肉眼看不到的地方，电池里的化学反应快速地进行着。

“锂离子电池有一个外号叫作‘摇椅电池’。它在充电的时候，锂离子从正极出来跑到负极；放电的时候，锂离子又从负极出来跑到正极。”哈尔滨工业大学材料学博士、副教授高鹏告诉记者，正负极的储锂能力非常重要，它决定了锂离子电池存储能量的多少。

作为锂离子电池的重要组成部分，高容量的负极材料可以有效提升电池

能量密度。目前，市面上主流锂电池的负极都是采用石墨材料，但经过数十年发展，石墨材料的比容量已经十分接近理论极限。因此，继续改善石墨负极性能对锂离子电池性能提升十分有限。而人们发现，硅材料具有比石墨高得多的储锂能力。

张朝阳在讨论“从物理学看中国手机领创技术”话题时解释说，石墨是6个碳原子容纳一个锂离子，但是1个硅原子却能够容纳接近4个锂离子。硅材料的储锂能力是碳材料的10倍以上。因此，如果电池加入了硅材料后，就可以做到能量密度的数量级提升。

那么，硅材料是放得越多越好吗？“在充放电过程中，硅的体积膨胀效应非常严重。锂离子嵌进来，硅的体积膨胀，脱出去体积又收缩，最高可膨胀300%。多次循环以后，硅材料就会破碎、粉化，导致性能下降。”高鹏坦言，电导率较低、电阻比较大，不利于传导电流，也是硅材料的问题之一。

科学家发现，碳材料能够弥补硅材料的缺点，于是便将硅和碳复合起来，制造出高导电性、低体积膨胀率的硅碳



视觉中国供图

负极材料。

电池容量增加20%

作为一种新型的电池材料技术，硅碳负极材料技术应用到汽车动力电池之后，继而被手机厂商应用在手机电池上。

“目前的碳材料都是直径为几百纳米到几微米的小微球，但是对于硅来说，颗粒越小越好，因为硅颗粒越大越容易破碎，越小越不容易破碎。因此，为了防止硅颗粒破裂，人们尽量将其做到几十纳米的小尺寸，叫作纳米硅。”高鹏介绍。

硅碳复合有多种方式，目前主要流行两种技术，一种是将碳包覆在硅微球表面，另一种是把硅颗粒嵌入到多孔碳中或者在多孔碳中沉积硅。

高鹏介绍说，为防止体积膨胀，目前硅碳负极材料中硅的比例不会太高，储锂能力大致是目前碳负极的一倍，与高能正极相匹配，可为电池提升大约20%的整体能量密度。也就是说，对于手机或者电动汽车来讲，同样大小的电池可以多出来20%的电量，极大地提升了电池的续航能力。

最新研究成果表明，与石墨负极材料相比，硅碳负极材料在低温下具有更好的循环稳定性。因此，使用硅碳负极材料有助于改善电池的低温性能，也能改善手机和电动汽车在冬季常见的掉电问题。“硅碳负极技术还是一个正在发展中的技术。将来随着技术的进步，硅碳负极材料中硅的比例提升以后，还能为电池带来更高的性能提升。”高鹏介绍。

新型碳中和电池会“吸”二氧化碳

□ 赵佳亮

到碳层的微孔中。同样道理，在电池使用，也就是放电过程中，嵌在负极碳层中的锂离子脱出，又运动回到正极。放电过程特别之处在于，电池内的二氧化碳组分转变为碳酸锂和碳，从而实现二氧化碳固定和储能的灵活应用。

锂—二氧化碳电池的研究始于锂氧电池，也叫锂空气电池。1996年，来自波士顿东北大学的研究者首次制作了可充电锂氧电池，获得了每克1400毫安时的比容量，从而引发广泛的关注。要知道，直到今天普遍使用的正极材料才具有不到每克300毫安时的比容量。正如其名，锂空气电池利用金属锂与空气中的氧反应产生的能量来转化为电能。这种好似生物呼吸的充放电过程，也让这种电池得名“呼吸电池”。因为氧来自空气而无需预存在电池系统中，金属锂又具有较低的密度，所以锂空气电池的理论能量密度要远超锂离子电池。这意味着，电动汽车可以使用更小巧轻便的电池，同时续航能力还可超越传统燃油汽车。

而现在有一项新技术，不仅电池能量密度是传统锂离子电池7倍以上，还能在输出电能同时将二氧化碳固定为碳酸盐和碳，这就是锂—二氧化碳电池。

与锂离子电池类似，锂—二氧化碳电池的工作原理是，当对电池进行充电时，锂离子从电池正极经过电解液运动到负极。而作为负极的碳呈层状结构，有很多微孔，到达负极的锂离子就嵌入

起电池短路。这一问题让不少锂空气电池不得不只能在纯氧环境中工作，从“锂空气电池”变成“锂氧气电池”。这样一来，“背上氧气瓶”的锂空气电池，不仅能量密度优势几乎丧失殆尽，还增添了“氧气瓶”这个额外的安全风险因素。

2011年，锂电先驱塔拉斯孔将二氧化碳引入锂氧电池，发现放电产物为更加稳定的碳酸锂，同时继承了原有的高能量密度优势。可以说，锂—二氧化碳电池既是一项关键的电池技术，又是一项重要的固碳技术，能为应对气候变化作出双重贡献。

众所周知，二氧化碳的反应活性远低于氧气，反应产物之一的碳酸锂在充电阶段会循环使用，但是碳的积累抑制了催化剂的活性和二氧化碳的扩散，引发了带电状态下的电解质分解，最终导致电池失效。因此，大量的研究人员聚焦于提高电池转化反应的速度。

中国科大的研究团队尝试引入合适浓度的氧气，辅助锂—二氧化碳电池突破了工程瓶颈，使二氧化碳的工业利用成为可能，其实际工作电压更高达2.65伏，而在这之前，其工作电压仅为1.1伏。国外的研究团队则摒弃了以往耗时、低效的试错法筛选催化剂，致力于开发多功能的电化学测试平台，加速筛选高效的催化剂，从而提高了碳的循环速度。

显然，以锂—二氧化碳电池为代表的下一代电池将在有效固定二氧化碳和先进储能方面发挥至关重要的作用，这不仅体现在日常生活中，也体现在工业生产中。毫无疑问，要厘清锂—二氧化碳电池的关键科学问题，需要依靠化学工程到材料科学、电化学、纳米技术等多学科和跨领域的研究，这也是促进其大规模应用的关键步骤。

（作者系远景科技集团工程师）

人工智能 需要节能“培训”

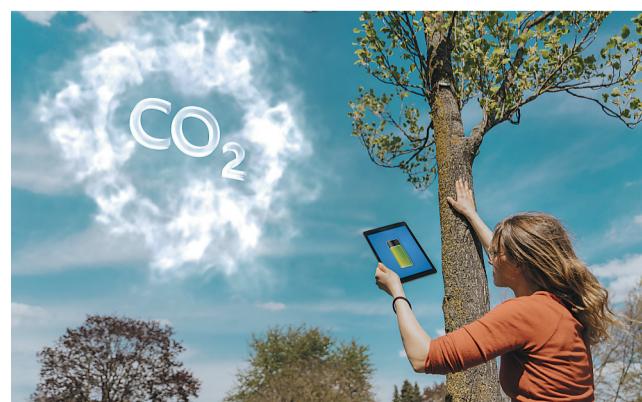
科普时报讯（实习生 王雨珂）ChatGPT这种大型人工智能（AI）语言模型在世界上取得了显著的成功，而直到现在才有更多的人注意到，训练和运行AI模型会产生惊人的碳排放量。

国际能源署日前公布的数据表明，全球各国数据中心的温室气体排放量，已占到全球温室气体总排放量的1%左右。大型语言模型训练已产生数千吨的碳排放，这与全球2050年实现“碳中和”的目标相悖。

美国麻省理工新闻网曾发布一篇名为《新工具可帮助减少人工智能模型消耗的能源》的文章，提到麻省理工学院林肯实验室超级计算中心（LLSC）正在开发一项技术，帮助数据中心降低能源消耗。他们的技术涵盖从对硬件进行功耗限制，到采用能够提前停止AI训练的新型工具。但这些技术对模型性能的影响微乎其微，在以后工作中将推动绿色计算研究。

与许多数据中心一样，LLSC在硬件上运行的AI作业数量显著增加。LLSC的计算机科学家注意到能源使用量的增加，并对更高效运行作业的方法产生了好奇。绿色计算是该中心的原则，其能源完全来自无碳能源。

训练人工智能模型，需要使用耗电量大的图形处理单元（GPU）。自从实施功耗限制以来，LLSC超级计算机上的GPU温度降低了约17摄氏度，并且温度更加稳定，减少了冷却系统的压力。降低硬件运行温度还有可能提高可靠性和使用寿命。他们现在正考虑推迟购买新硬件，以减少中心的“内在碳排放”。



新型碳中和电池一边放电一边固碳，能量密度是锂电池的7倍。
视觉中国供图