

锂电潜力已开发至极限？世界需要一场新电池革命

据连线杂志报道，从智能手机到笔记本电脑，从电动汽车到电子烟，锂离子电池正为各种各样的电子产品提供动力。但是，随着锂的潜力被开发至极致，研究人员正在努力寻找下一个电池突破点。如果你在智能手机上阅读这篇文章，这意味着你正拿着一颗“炸弹”。在防护屏下，锂（一种非常易挥发的金属，一旦与水接触就会被点燃）的化合物正在被分解，并在强大的化学反应中重新构建，这种化学反应为现代世界提供了不可或缺的动力。

锂正被应用在手机、平板电脑、笔记本电脑以及智能手表中，并且存在于我们的电子烟和电动汽车上。它身轻体软，且属于能量密集型物质，这使它成为便携式电子产品的完美动力之源。但是，随着消费技术变得越来越强大，锂离子电池技术却始终难以跟上步伐。现在，就在全世界都对锂上瘾之际，科学家们正争相重新发明为世界提供动力的电池。

巨大的发光屏幕、更快的处理速度、快速的数据连接以及轻薄的设计时尚，这些都意味着许多智能手机的电量很难支持使用一整天。有时候，手机用户甚至要多次充电。在使用两年后，很多设备的电池续航时间都会急剧缩短，不得不被扔进垃圾堆。锂的巨大优势也是它最大的弱点。它是不稳定的，可能会爆炸。锂离子笔记本电脑电池的能量与手榴弹相差无几。Ionic Materials创始人兼首席执行官迈克·齐默尔曼(Mike Zimmerman)说：“口袋里有一部智能手机就像口袋里揣着煤油一样。”



齐默尔曼在他位于美国马萨诸塞州沃本（Woburn）的公司研究实验室，亲眼目睹了这种燃烧效果。在一项实验中，一台机器通过电池组驱动钉子，电池组迅速膨胀，就像微波炉里的爆米花一样，然后发出明亮的闪光。过去50年的电池研究始终在性能和安全性之间走钢丝，即在不把锂推向极端的情况下，尽可能多地挤出能量。

我们现在也在这样做。据预测，到2022年，全球的电池市场规模将达到250亿美元。但消费者认为，在一项又一项的调查中，电池续航时间是智能手机最受关注的功能。随着未来十年能耗更高的5G网络普及，问题只会越来越严重。而对于那些能够解决问题的人来说，他们将会得到巨大的回报。

Ionic Materials公司只是数十家公司中的一员，它们正在进行从根本上重新思考电池问题的史诗竞赛。不过，这场竞赛被错误的开端、痛苦的诉讼以及失败的初创公司所困扰。但在经过十年的缓慢发展之后，希望仍在。世界各地的初创企业、大学和资金雄厚的国家实验室的科学家们，正在使用复杂的工具寻找新材料。他们似乎即将大幅提高智能手机电池的能量密度和续航时间，并创造更环保、更安全的设备，这些设备将在几秒钟内完成充电，并足够持续全天使用。

电池通过分解化学物质来发电。自从1799年意大利物理学家亚历山德罗·沃尔塔(Alessandro Volta)发明了电池，用来解决关于青蛙的争论以来，每块电池都有相同的关键部件：两个金属电极——带负电的阳极和带正电的阴极，由被称为电解质的物质隔开。当电池连接到电路时，阳极中的金属原子会发生化学反应。它们失去一个电子，变成带正电荷的离子，并通过电解质被吸引到正极。与此同时，电子（也带负电荷）则会流向阴极。但是它并没有通过电解质，而是通过电路在电池的外部传播，为它连接的设备供电。

阳极上的金属原子最终会耗尽，此时意味着电池耗尽电量。但在可充电电池中，可以通过充电来逆转这一过程，从而迫使离子和电子回到原位，准备再次启动循环之旅。纯金属制成的电极无法承受原子不断进出的压力而不发生坍塌，因此可充电电池必须使用组合材料，使阳极和阴极通过重复的充电循环保持形状。这种结构可被比作公寓建筑，其中有用于反应性元素的“房间”。可充电电池的性能在很大程度上取决于你能以多快的速度在这些房间里进出，而不会导致建筑物倒塌。

1977年，年轻的英国科学家斯坦·惠廷汉姆(Stan Whittingham)在新泽西州林登(Linden)的埃克森公司(Exxon)工厂工作，他建造了一个阳极，用铝来形成“公寓街区的墙壁和地板”，用锂作为活性材料。当他给电池充电时，锂离子从阴极移动到阳极，在铝原子之间的空隙中沉淀。当放电时，它们向另一个方向移动，通过电解质回到阴极一侧的空间。

惠廷汉姆发明了世界上第一个可充电的锂电池，这种硬币大小的电池足以为太阳能手表提供动力。但当他试图增加电压（使更多离子进出）或试图制造更大的电池时，它们就会继续燃烧。1980年，在牛津大学工作的美国物理学家约翰·古德诺夫(John Goodenough)取得了突破。古德诺夫是一名基督徒，曾在第二次世界大战中担任美国陆军气象学家，他也是金属氧化物方面的专家。他怀疑，与惠廷汉姆使用的铝化合物相比，肯定有某种物质能为锂提供更坚固的牢笼。

古德诺夫指导两名博士后研究人员系统性地在周期表中摸索，用不同的金属氧化物对锂进行比对，看看在它们崩溃前能从其中抽出多少锂。最终，他们确定了锂和钴的混合物，后者是遍布非洲中部的蓝灰色金属。锂钴氧化物可以承受半数锂被拉出的极限。当它被用作阴极时，这代表了电池技术向前迈出了一大步。钴是一种更轻便、廉价的材料，既适用于小型设备也适用于大型设备，而且大大优于市场上的其他材料。

如今，古德诺夫的阴极几乎出现在地球上的所有掌上设备中，但他并没有从中赚到一分钱。牛津大学拒绝申请专利，他本人也放弃了这项权利。但它改变了可能发生的事情。1991年，经过10年的修修补补，索尼将古德诺夫的锂钴氧化物阴极与碳阳极结合在一起，试图改善其新型CCD-TR1摄像机的电池续航时间。这是第一款用于消费产品的可充电锂离子电池，它改变了整个世界。

吉恩·伯迪切夫斯基(Gene Berdichevsky)曾是特斯拉的第七名员工。当这家电动汽车公司于2003年成立时，电池能量密度稳步提高已经持续了十年，每年的提高幅度约为7%。但到了2005年前后，伯迪切夫斯基发现锂离子电池的性能开始趋于平稳。在过去的七八年里，科学家们不得不竭尽全力去争取哪怕是0.5%的电池性能提高。

当时的进步主要来自工程和制造业的改进。伯迪切夫斯基说：“在现代化学反应被使用27年后，它们不断接受提炼。”材料更加纯净，电池制造商已经能够通过使每层都变得更薄的方式将更活跃的材料装入相同的空间中。伯迪切夫斯基称之为“从罐子里吸出空气”。但这也有其自身风险。现代电池由极薄的阴极、电解质和阳极材料的交替层组成，与铜和铝电荷收集器紧密地结合起来，将电子带出电池，送到需要的地方。

在许多高端电池中，塑料隔膜位于阴极和阳极之间，用来防止它们接触和短路，其厚度仅为6微米（约为人类头发厚度的1/10），这使它们很容易受到挤压损伤。这就是航空公司的安全视频现在为何警告称，如果你的手机掉进了机械装置里，不要试图调整座位。

对锂离子电池的每一次改进，都需要权衡取舍。提高能量密度会降低安全性，引入快速充电可能降低电池的循环寿命，这意味着电池的性能下降得更快。锂离子的潜力正在接近其理论极限。自从古德诺夫的突破以来，研究人员一直在试图寻找下一个飞跃，包括通过系统性地审视电池的四个主要组成部分——阴极、阳极、电解质和分离器，并使用越来越复杂的工具。

克莱尔·格雷(Clare Grey)是古德诺夫在牛津大学的学生，他始终在研究锂-空气电池，即用空气中的氧气充当另一个电极。从理论上讲，这些电池提供了巨大的能量密度，但要让它们可靠地充电，并且持续时间超过几十个周期，在实验室里已经够困难的了，更不用说在现实世界肮脏而不可预知的空气中了。

尽管格雷声称最近取得了突破，但由于上述问题，研究团体的注意力主要转向了锂-硫电池。它为锂离子提供了更便宜、更强大的替代品，但科学家们始终在努力阻止其在阴极上形成的树突(cathode)，以及在阳极上的硫磺因重复充电而溶解。索尼声称已经解决了这一问题，并希望到2020年将含有锂-硫电池的消费类电子产品推向市场。

在曼彻斯特大学，材料学家刘旭清(Xuqing Liu)是那些试图从碳阳极中挤出更多能量的人之一，他将类似于石墨烯的二维材料结合起来，以便扩大表面积，从而增加锂原子的数量。刘旭清把它比作增加一本书的页数。这所大学还投资建设干燥的实验室，这将使其研究人员能够安全、轻松地交换不同的元件，以测试不同的电极和电解质的组合。

令人难以置信的是，即使古德诺夫本人也在研究这个问题。去年，94岁的他发表了一篇论文，描述了一种容量是现有锂离子电池三倍的电池。这受到广泛质疑。一位研究人员说：“如果是古德诺夫之外的其他人发表了这篇文章，我可能就要骂娘。”

但是，尽管有成千上万的论文发表，数十亿美元的资金投入，数十家创业公司成立并提供资金支持，自1991年以来，我们大部分消费电子产品的基本化学功能几乎没有改变。在成本、性能和消费性电子产品的便携性方面，还没有什么能够取代锂钴氧化物和碳的组合。iPhone X的电池的原理几乎和索尼的第一台便携式摄像机一样。

因此，2008年，伯迪切夫斯基从特斯拉离开，开始专注于研究新的电池化学反应。他对寻找石墨阳极的替代品尤其感兴趣，他认为这是制造更好电池的最大障碍。伯迪切夫斯基说：“石墨的使用已经有六七年了，它现在基本上是用在电池的热力学容量上。”2011年，他与特斯拉的前同事亚历克斯·雅各布斯(Alex Jacobs)、佐治亚理工学院材料学教授格莱布·尤辛(Gleb Yushin)共同创立了Sila Nanotechnologies。他们在阿拉米达的湾区办公室有开放式布局，以雅达利游戏命名的会议室，还有充满熔炉和燃气管道的工业实验室。

在调查了所有可能的解决方案之后，三人从理论上确定硅是最有前途的材料。他们只需要让技术发挥作用。许多人在他们之前尝试过，但都以失败告终。不过，伯迪切夫斯基和他的同事们对他们的成功表示乐观。一个硅原子可以附着4个锂离子，这意味着与重量相近的石墨阳极相比，一个硅阳极可以储存10倍的锂。这一潜力意味着，美国国家研究院对硅阳极材料充满了兴趣，Amprius、Enovix和Envia等风投机构支持的初创企业也是如此。

当锂离子在电池充电时附着在阳极上时，它会轻微膨胀，然后在使用时再次收缩。在重复的充电循环中，这种膨胀和收缩破坏了固态电解质界面层，后者是一种保护物质，在阳极表面形成斑块。这种损害会产生副作用，消耗电池中的部分锂。伯迪切夫斯基说：“它被困在无用的垃圾里。”

随着时间的推移，这是智能手机开始快速损失储能的主要原因。石墨阳极膨胀和收缩约7%，因此在性能开始急剧下滑之前，它可以完成大约1000个充放周期。这相当于一部智能手机持续两年、每天充电。但由于硅颗粒能吸附如此多的锂，它们在充电时膨胀的幅度要大得多（高达400%）。大多数硅阳极经过几次充电循环后会断裂。在实验室的5年多时间里，Sila Nanotechnologies创造了一种纳米复合材料来解决膨胀问题。

伯迪切夫斯基解释说，如果石墨阳极是个“公寓区”，那么所有的“房间”都是一样大小，而且都紧紧地挤在一起。经过3万次迭代（不同的柱子和房间组合），他们形成了阳极，那里每层都有足够的空间让硅原子在获取锂时膨胀。他说：“我们把多余的空间困在建筑内部。”这就解决了膨胀问题，同时保持阳极的外部尺寸和形状稳定。

伯迪切夫斯基表示，明年Sila Nanotechnologies将向制造商提供的第一代材料，将使能源密度提高20%，并最终提高40%，同时也能提高安全性。他说：“硅能让你远离边缘，你可以空出1%或2%的空间，以真正大幅提高你的安全。”最重要的是，它也可以直接转换成现有的设计。随着亚洲的电池生产商争相增加工厂产能，为电动汽车时代到来做准备，伯迪切夫斯基认为，任何与当前生产工艺不兼容的产品都可能被排除在外。他说：“如果现在还不存在可以替代锂离子的技术，到上市的时候，它将迎来无数的用户群。”

当电池充满电并放电时，锂离子在两个电极之间舞动，有时它们很难返回。相反，尤其是当电池充电太快时，它们会在电极的外面聚集，逐渐形成树枝状的分支，就像洞穴顶部的钟乳石。最终，这些看起来像窗玻璃上结了霜的树突，可以通过电解质一路延伸，穿透隔膜，并通过触碰到对面的电极产生短路。

随着各层之间的距离越来越近，这种风险就会增加，出错的可能性也会随之增加。正如三星去年发现的那样，出错可能会造成损害，代价相当高昂。微小的制造缺陷曾导致Galaxy Note 7手机电池内部短路。在某些设备上，阳极和阴极最终彼此接触，这起灾难性的召回事件估计导致三星损失了34亿欧元。Ionic Materials公司的齐默尔曼解释道：“当这种情况发生时，电池会变得非常热，液体电解质会发生热逃逸，最终引发火灾和爆炸。”

因为这种情况非常危险，实际上锂离子电池中没有那么多锂，仅为百分之二左右。但如果有一种方法可以安全地把纯金属锂从金属钴氧化物笼子里释放出来，就像惠廷汉姆在20世纪70年代尝试的那样，可能会带来增加十倍的能量密度。这被称为电池研究的“圣杯”，齐默尔曼可能发现了它。

他认为电解质实际上是增加电池能量密度的最大障碍。人们已经逐渐不再使用浸在液体电解质中的物质，而是使用凝胶和聚合物，但它们通常仍然是易燃的，而且对阻止快速的热逃逸过程毫无帮助。齐默尔曼自己承认，他不是“电池控”。他主修的专业是材料科学，尤其是聚合物，他在贝尔实验室和塔夫茨大学任教了14年，之后才开始创业。

21世纪初，齐默尔曼开始对可充电电池产生兴趣。当时，有些人在努力从液态电解质转向固态电解质。资深储能科学家唐纳德·海格特（Donald Highgate）解释说：“原则上，因为固态电解质电池更安全，你可以让它更努力工作。同样的应用程序，你可以使用更小的电池。”但它们大多是陶瓷或玻璃制品，因此很脆，很难大规模生产。”

塑料已经在电池中被用于隔离器，即位于电解质中间以阻止电极接触的部分。齐默尔曼认为，如果他能找到合适的材料，他就可以抛弃液体电解质和分离器，取而代之的是一层固体塑料，这层塑料是可以防火的，而且还可以防止在两层之间生长树突。通过Ionic Materials，齐默尔曼用一种全新的传导机制创造了一种聚合物，它模仿了电子穿过金属的方式。这是第一个能在室温下导电锂离子的固态聚合物。材料是灵活的，低成本的，经得起各种各样的考验。

在一次实验中，他们把原材料送到了弹道学实验室，那里通常被用来测试防弹背心，并用9mm的子弹来射击它。两根电线将电池（扁平的银袋子）连接到三星平板电脑上，后者的电源被小心移除。子弹击中后，电池就像火山一样炸开了。在慢镜头里，可以看到塑料和金属从火山口喷出，就像熔岩。但电池内部没有爆发，没有爆炸或起火。每次碰撞，设备都保持开启状态。齐默尔曼说：“我们一直认为聚合物会使它更安全，我们从来没有指望电池还能继续工作。”

据齐默尔曼说，这种聚合物将推动锂金属的发展，并加速采用新的电池化学物质，如锂-硫或锂-空气。但长远的未来可能不只是锂。曼彻斯特大学的研究员刘旭清表示：“这种改进不能与设备性能的改进速度相匹配，我们需要一场革命。”

在牛津郡庞大的哈韦尔科学与创新园区，也就是约翰·古德诺夫(John Goodenough)签署协议宣布放弃他在锂离子领域取得重大突破专利的地方，史蒂芬·沃勒（Stephen Voller）举着一块与饮料杯大小和形状相似的碳纤维。沃勒是一位和蔼可亲的曼城球迷，年近50岁。在加盟首个浏览器品牌网景（Netscape）公司之前，他曾在IBM担任软件工程师。在公司被AOL收购后，沃勒对笔记本电脑电池续航时间的限制越来越感到失望，于是决定采取些措施。

沃勒的第一个想法是使用氢燃料电池来延长电池续航时间，但它的波动性证明是便携式电子产品无法克服的挑战。他说：“让氢气通过机场安检是相当困难的。”然后，通过牛津大学的熟人，沃勒听说了一些令人兴奋的研究，包括性能更像超级电容器的极快充电材料。当电池以化学方式储存能量时，超级电容器却可将其置于电场中，就像气球上的静电收集一样。

超级电容器的问题在于，它们不能像电池一样储存那么多的能量，而且电量会很快泄露出去。如果你不经常使用，锂离子电池的放电可持续2周，而超级电容器只能保持数小时。许多业内人士认为，将超级电容器与电池结合起来，可能对智能手机和其他耗电的消费科技产品有利。海格特表示，超级电容器可以被用来制造一、两分钟内就能充满电的混合手机，而且还可以作为备用的锂离子电池。他说：“如果你可以非常快速的充电，你可以把它放在感应圈上，在你搅拌咖啡的时候充电。”

沃勒认为，他可以做得更好。2013年，他创立了ZapGo，该公司正在开发碳基电池，其充电速度与超级电容器一样

快，但充电时间与锂离子电池差不多。到2017年11月，该公司的员工已增至22人，分别在哈韦尔的卢瑟福德阿普尔顿实验室和北卡罗来纳州夏洛特的办公室工作。它的第一个消费电池将被用在今年年底推出的第三方产品上，包括用于汽车的助推启动装置，以及充电时间从8小时缩短至5分钟的电动滑板车。

沃勒手里拿着的那块碳纤维是一块电池，使用了固态电解质，不会着火。两个电极是由薄层铝制成的，上面覆盖着纳米结构的碳，用来增加表面积。沃勒说：“你希望它看起来像喜马拉雅山。”尽管在显微镜下，它更像是城市天际线的轮廓。ZapGo技术的关键在于提高效率 and 减少漏电量，主要是通过确保电解液无缝地与上面的碳天际线相吻合，就像尼龙搭扣一样。

碳基电池的最大优势是长寿。因为ZapGo的电池存储更像气球，而不是传统的电池。正如沃勒所说“没有化学反应”，他声称新电池可以持续10万个放电周期，这是锂离子电池的100倍。即使每天给手机充电，也可以使用30年。目前的第三代ZapGo电池还没有强大到可以运行智能手机的地步，但由于使用的材料没有提供增加电压的障碍，沃勒预计这种电池将在2022年，也就是“iPhone 15前后”投入应用。

这需要改变充电基础设施。许多爆炸事件被归咎于廉价的第三方充电器，而这些充电器没有阻止爆炸所需的电子设备。对于ZapGo的电池，或者任何基于超级电容的系统，你需要一个充电器来做相反的事情——从电网中吸取和储存能量，然后在短时间内把它送到你的手机上。在实验室里，沃勒的团队已经制造出了笔记本电脑大小的电源，但他们正在努力使它变得更小、更高效。

包括戴森设计工程学院的萨姆·库珀(Sam Cooper)在内的许多人质疑，这些公司是否真的希望在产品中植入能持续使用如此之久的附件。库珀说：“手机公司有个明确的利润激励，就是要在下次发布时让老款设备及时停产。为此，研发更好电池的竞赛可能根本不存在。”沃勒承认，ZapGo持有的大约30项专利中，有一种方法可人为地降低电池的使用寿命，阻止它们持续使用30年。他说：“我们不会这么做，但如果客户愿意，我们有能力提供给他们。”

与现有技术相比，碳基储能技术还有另一个主要优势。它实际上可以作为手机外部结构使用。沃勒并没有设计出适合当前手机设计的电池，而是在为柔性屏幕和可折叠设备的未来做准备。在5G网络下，我们所有的数据都来自云端，电池续航时间变得更加重要。

沃勒沿着他办公室狭窄的走廊走着，走到午后的阳光下，穿过Diamond Light Source的阴影，这是个巨大的环形建筑，看起来像是外星飞船降落在牛津郡的乡村。在内部，研究人员正在利用加速光束在微观尺度上对潜在的电池材料进行研究，探究为何锂-硫电池会失败，以及寻找替代材料以获得阳极和阴极，这些问题已经困扰了这个领域近30年。

沃勒在空中挥舞着他的智能手机，哀叹着锂离子电池的缺陷，正是这些缺陷促使他和其他数百人加入了这场高风险的竞赛，以期重新发明这些绝好却又存在缺陷的电池。他说：“我们都必须制定策略来应对这种情况，不管是背夹式电池，还是带着两部手机，这都太疯狂了，事情不应该是那样的。”

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/news/127229.html>