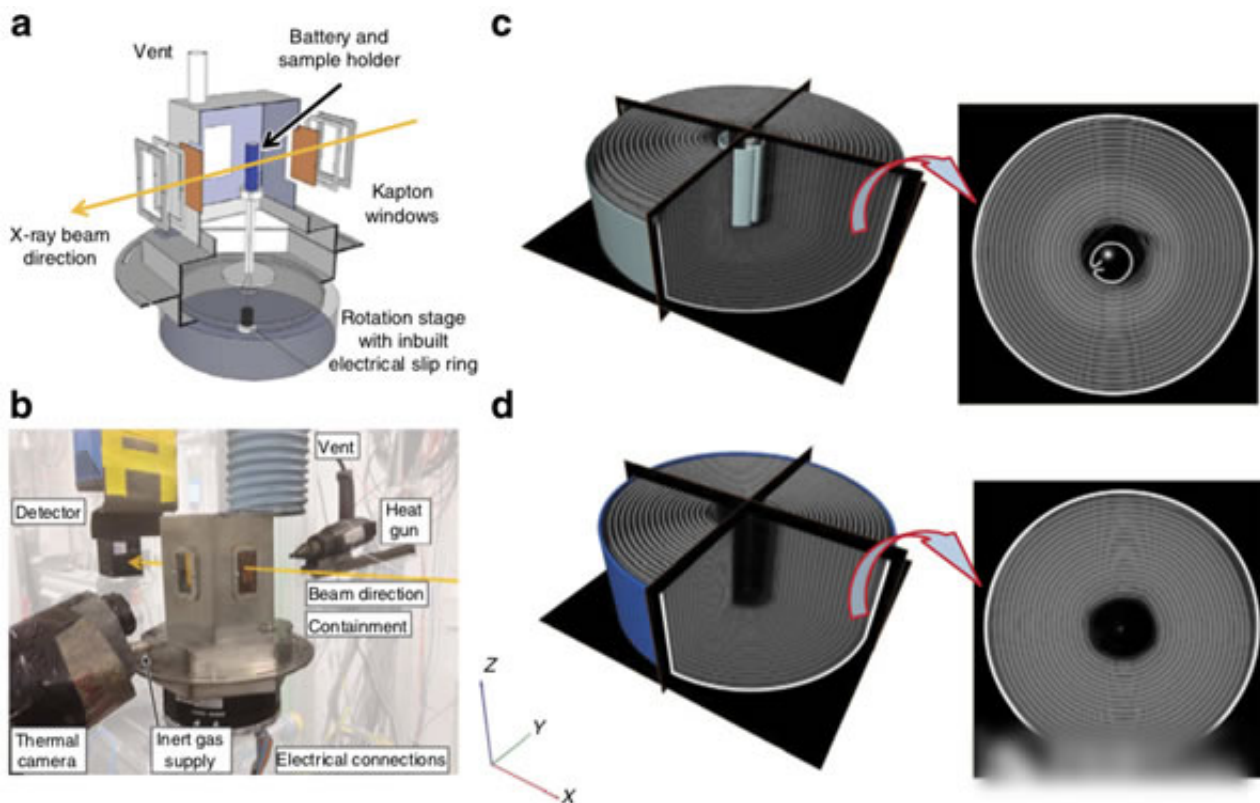


高速CT技术还原LG 18650电池热失控真相！

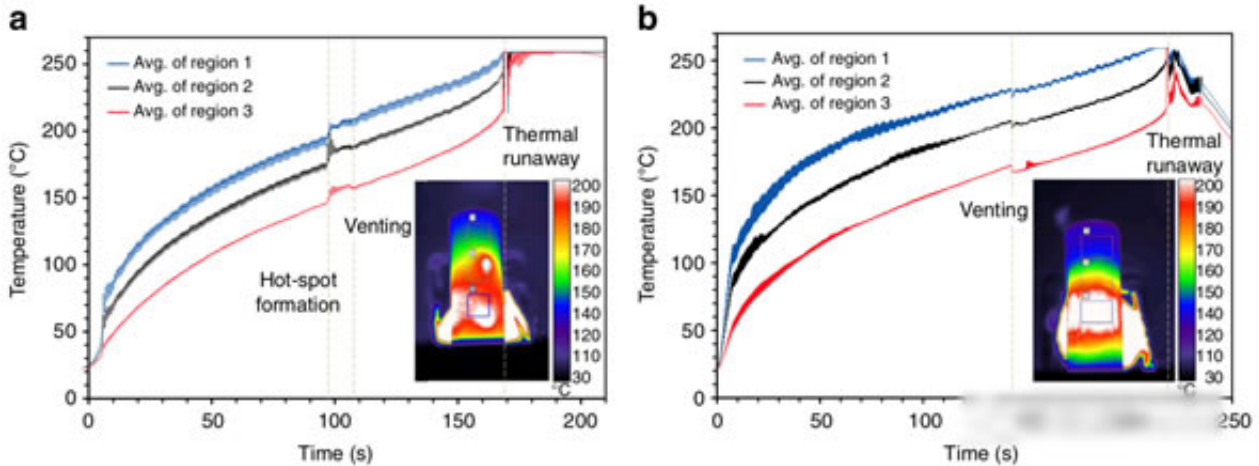
锂离子电池一旦发生热失控会严重的威胁到使用者的生命和财产安全，因此如何防止热失控发生是所有锂离子电池设计者的终极目标。然而，要从设计上杜绝热失控的发生就需要从根源上彻底了解清楚在热失控过程中锂离子电池内部的反应过程。但锂离子电池热失控反应速度快，温度高，同时受限于锂离子电池的密封结构，我们很难直观并且准确的观察到锂离子电池热失控的反应过程。

X射线具有非常强的穿透能力，能够穿过锂离子电池的外壳，对锂离子电池的内部结构进行观测，特别是断层扫描技术让我们能够直接生成锂离子电池三维图像，但是通常X射线成像比较缓慢，无法在锂离子电池热失控的过程中对锂离子电池内部的结构变化进行跟踪。同步辐射技术的出现大大提高了X射线的能量，从而有效的降低了曝光所需要的时间，因此极大的提高了成像速度。伦敦城市学院的Donal P. Finegan（第一作者）等人利用同步辐射技术大幅提高了CT扫描的速度，对热失控过程中818650电池内部的结构变化进行了深入的了解和研究。

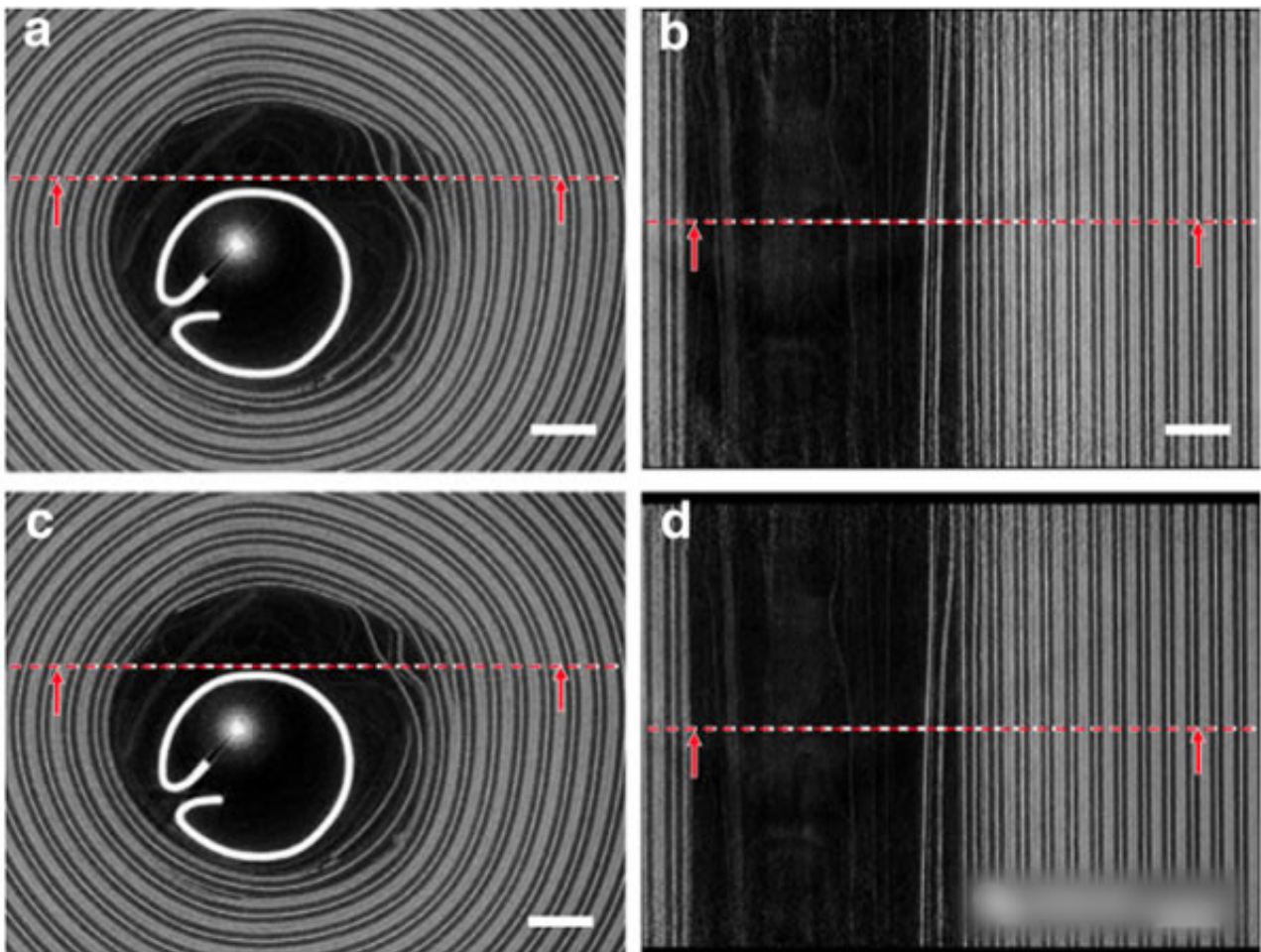


实验中Donal P. Finegan采用了LG的两款18650电池作为研究对象（容量分别为2.2Ah和2.6Ah），通过欧洲同步辐射中心的同步辐射光源的应用Donal P. Finegan将CT的采用速度提高到了1.25Hz和2.5Hz，而普通的二维拍摄速度则达到了1250Hz，这也让我们首次“看到”了热失控产气和高温对锂离子电池结构的影响。

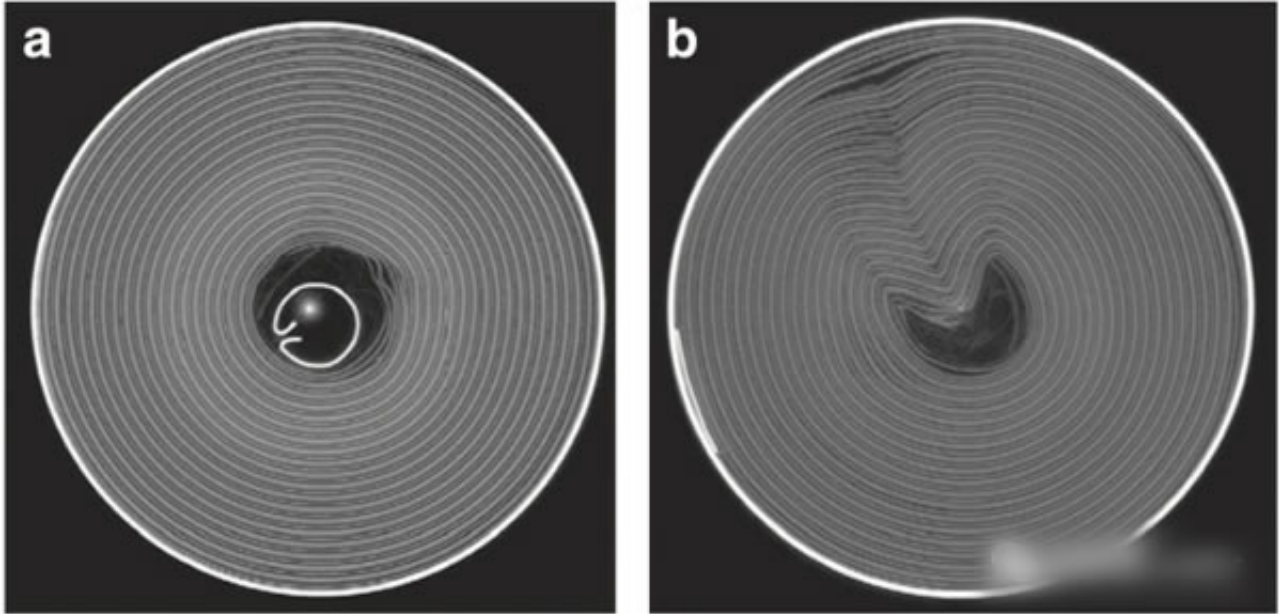
实验中Donal P. Finegan采用高温法分别将两只LG的18650电池触发热失控（如上图所示），其中2.6Ah电池电芯中间加入了芯骨，能够起到支撑作用，有利于提升锂离子电池的安全性，而2.2Ah电池则没有加入芯骨。作者采用热成像仪对热失控过程中电池温度变化进行了跟踪（2.6Ah电池为视频1，2.2Ah电池为视频2）。从视频中我们能够看到开始加热的时候，2.6Ah电池的温度呈现缓慢上升的趋势，在168s时电池外壳温度上升到230℃，然后电池的温度开始快速升高超过260℃（热成像仪的最高观测温度为260℃），随后在非常短的时间内，随后由于电池内部气体压力的增加，电池内部产生的气体和电极的分解产物从电池上盖的位置喷出，电池发生热失控。2.2Ah电池发生热失控的时间为加热开始后的217s。



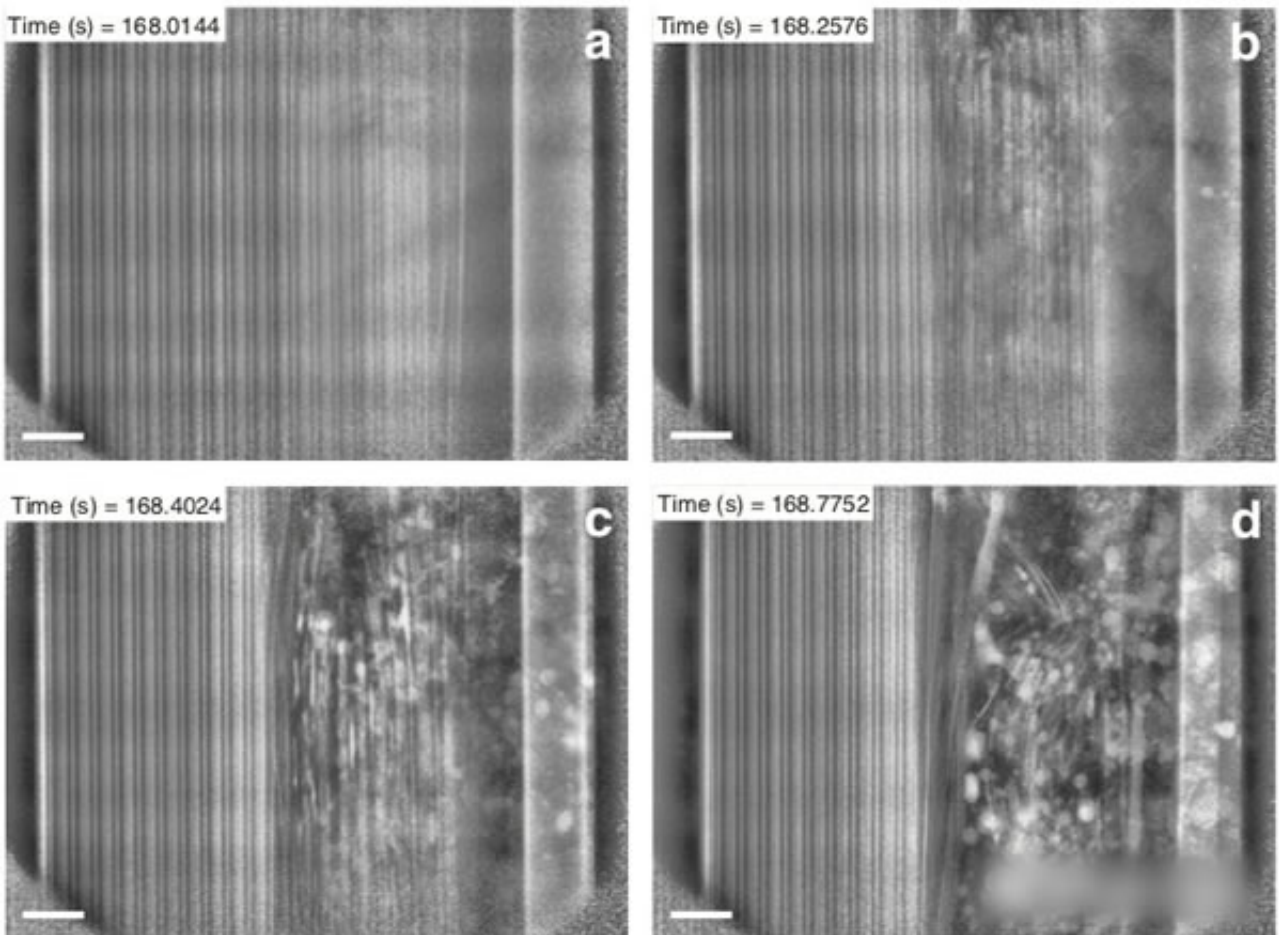
为了分析热失控发生过程中LG电池内部结构的变化，DonalP. Finegan还采用高速摄CT技术对热失控触发过程中2.6Ah电池（视频3）和2.2Ah电池（视频4）的内部三维结构进行了扫描和重建。2.6Ah电池由于电芯内部具有芯骨，因此理论上能够对电芯起到支撑作用，防止电芯在热失控过程中发生塌陷，从下图2.6Ah电池在热失控发生前瞬间的CT图像能够看到大部分电芯的位置仍然保持完好，但是在电芯中央靠近芯骨的位置电芯结构发生了明显的变形，这可能是由于局部的副反应产气引起的正负极分离造成的。



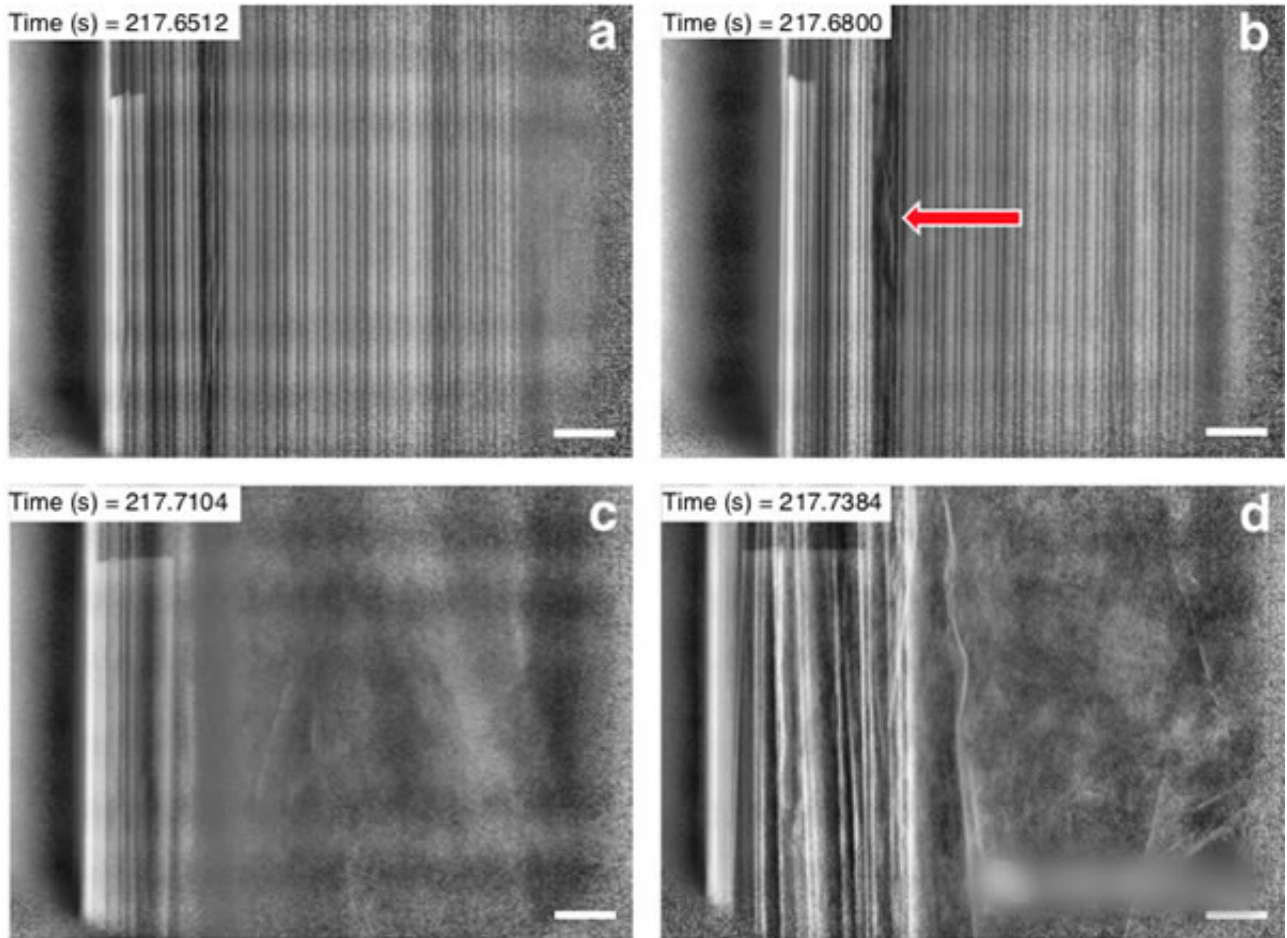
芯骨对于电芯结构的稳定作用我们可以从下面的两张图片中得到答案，在下图a中我们能够看到由于电芯中间存在芯骨，因此在电池发生泄压后电芯的结构没有发生明显的破坏，但是下图b中我们能够看到由于没有芯骨的支撑，在电池泄压发生后电芯的结构发生了明显的破坏。这主要是因为，在电池泄压发生之前在正负极极片之间就已经积累了不少的气体，因此在电池防爆阀开启后，这些气体就会沿着阻力最小的位置排出，从而导致没有支撑的电芯发生了显著的变形，电芯的变形也导致了电池发生短路的风险大大增加。



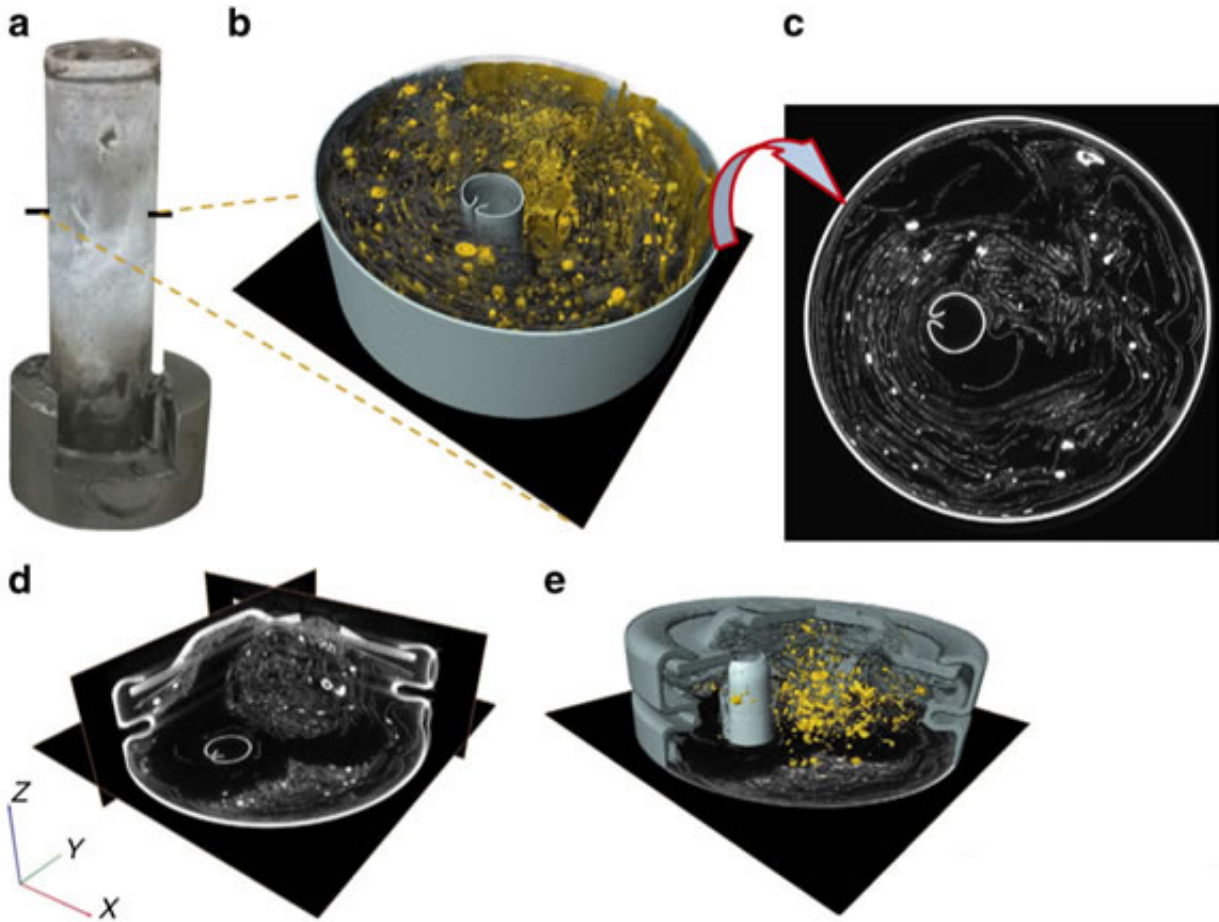
下图为2.6Ah电池在热失控发生过程中的高速X射线照片（1250张/秒），从图中能够看到了热失控首先从电池的中心位置开始发生，然后逐渐向电池的外部进行扩散（视频5）。从图中能够看到热失控开始的时候，Cu箔还能够保持完整，引导反应的产物向电池的上部移动，但是随着热失控温度的持续升高Cu箔也发生了熔化（熔点1085℃），并凝固成为金属珠。



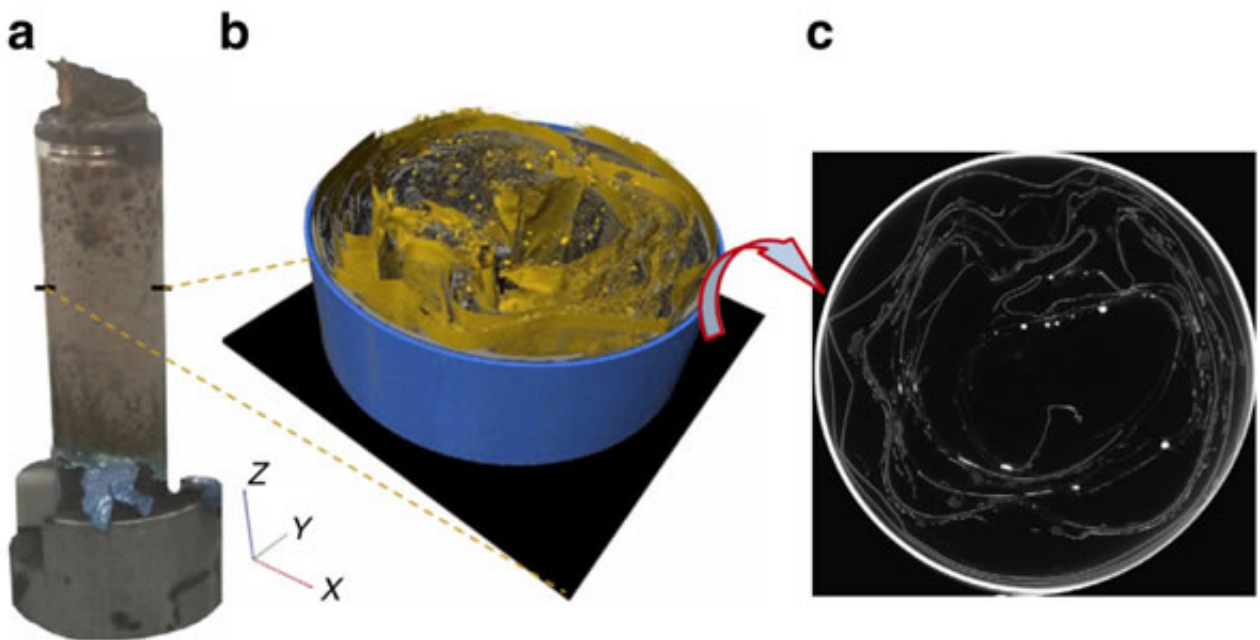
相比于2.6Ah电池热失控在电池内部缓慢扩散，2.2Ah电池的热失控过程就要显得简单粗暴的多，在217s左右热失控开始后不到0.1s的时间里锂离子电池内的电极和活性物质就从电池内部喷了出去，这可能是由于向上移动的电芯堵住了电池上盖的泄压阀，从而导致电池内部的压力急剧上升，引起电池爆炸。



下图为2.6Ah电池在热失控后利用CT扫描技术重建的内部结构，从图中可以看到在发生热失控后锂离子电池的内部结构已经被完全破坏，其中黄色的部分为Cu，我们能够观察到在热失控后电芯内部产生了大量的铜珠，这是由铜箔熔化后再凝固后形成了，这表明在热失控发生时锂离子电池内部的温度要超过1085（Cu的熔点）



下图为2.2Ah电池热失控后的三维重建模型，从图中能够看到大多数铜箔都维持了最初的形貌，只有少量的铜箔发生熔化，在电池内部产生了少量的比较小的铜珠，这主要是因为热失控发生后该电池在短时间内就发生了喷发，活性物质和分解产物等在短时间内从电芯中喷出，也阻止了电池内部温度的进一步增加。



Donal P. Finegan的工作让我们看到了18650电池热失控过程中锂离子电池内部的反应历程，该研究工作也表明了锂离子电池内部的结构也对锂离子电池热失控的行为有着显著的影响。内部缺少支撑的电芯在电极之间的气体释放时更容

易引起电芯的变形，导致电芯更容易发生短路，因此更容易引起热失控。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/133445.html>