

## 柔性储能



## 概念

- **柔性**：在外力作用下产生形变但并不影响基本结构与功能特性的性质，与刚性相对。
- **柔性储能**：将有机/无机材料电子器件制作在柔性/可延性塑料或薄金属基板上的新兴储能技术。
- **柔性储能器件**：运用了柔性储能技术的新型电化学储能器件，其具备在弯曲、折叠、扭转、压缩或拉伸等条件下工作能力，属于柔性电子范畴。目前，常见的柔性储能器件有柔性电池（锂离子电池、硫锂电池等）、柔性超级电容器、可伸缩性电池、可伸缩性超级电容器等，其中柔性电池最具代表性。

柔性电子（**Flexible Electronics**）又称塑料电子、印刷电子、有机电子、聚合物电子等，其概念最早可追溯到20世纪60年代，当时有人提出将有机半导体替代硅等无机半导体，从而使有机电子器件具备柔性特点。2006年，美国伊利诺伊大学的Rogers教授和西北大学的黄永刚教授课题组率先提出了可延展无机柔性电子的概念。柔性电子的主要应用领域有柔性电子显示、柔性储能、柔性医疗电子、柔性电路板等。



## 发展现状

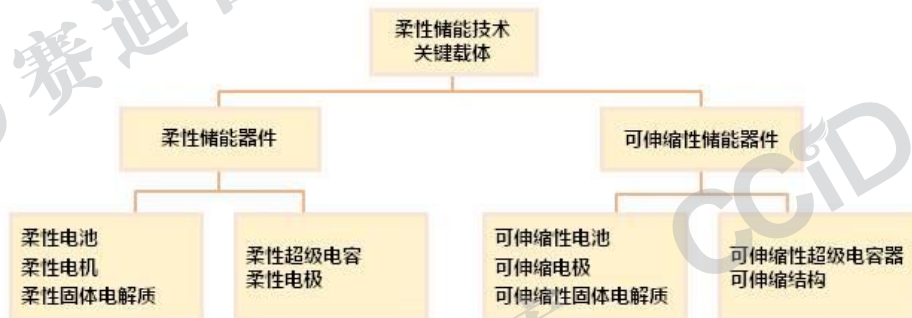
- 2000年，美国《科学》杂志将柔性电子技术列为2000年世界十大科技成果之一，与人类基因组草图、生物克隆技术等重大发现并列。
- 当前，柔性电子发展面临的重大挑战是与之相适应的柔性储能器件。传统的锂电池、超级电容器是刚性的，在弯曲、折叠时，容易造成电极材料和集流体分离，影响电化学性能，甚至导致短路，发生严重的安全问题。
- 2016年，据IDTechEx咨询公司预测，2011年到2028年的柔性电子产业年复合增长率近30%，处于长期高速增长态势。为适应下一代柔性电子设备的发展，柔性储能器件的市场需求量也将持续保持高速增长。

柔性储能器件的应用场景



## 关键载体

- 柔性储能器件和可伸缩性储能器件是柔性储能技术的关键载体，能为可穿戴、可弯曲、柔性的电子产品提供高能量、高功率的能量需求。
- 现阶段研究最多的柔性储能载体是柔性锂离子电池和柔性超级电容器。锂离子电池为高能量柔性储能提供核心部件，超级电容器具有高功率密度、能瞬间大电流放电、快速充电、使用寿命长等优异性能，弥补了锂离子电池功率密度不高的缺点。





## 柔性电池

■ 以柔性锂离子电池为代表的柔性电池是当前研究最多的柔性储能器件之一。

### 叠层型电池

电极结构像三明治一样层层堆叠，与常用的电池区别不大。

### 电线/电缆/纤维型电池

与薄膜结构电池相比，线状结构美观、质轻，易于纺成2D的织物或扭成不同用途所需的形状。

### 透明柔性电池

传统电池中使用的各种材料都是不透明的，但是将其低维化后，它们会变的很细小，这样即使组合起来，光也能透过。

### 可拉伸电池

可拉伸器件要求电池能承受至少1%的应变，不仅能弯曲，还要能拉伸、卷绕、压缩等。

### 高性能柔性杂化电池/电容

把电池与电容进行杂化可很好地综合两个体系的性能优势。

### 一体化集成的多功能柔性电池

柔性电池可以与其它器件集成，满足新型电子设备的需求，并且在此中可以发挥更多的想象和创造力。

柔性电池与刚性电池对比

	刚性电池	柔性电池
安全性能	易受外力撞击而发生爆炸	具备更高的环境适应性和抗碰撞性能
快充性能	快充性能不足	一体化制备可以显著提高材料电子导电率，提高快充性能
能量密度	电池能量密度不足	可不用集流体等辅材，为电池瘦身，提高电池能量密度
成本	电池成本高	避免大量昂贵辅材的使用，经济成本显著



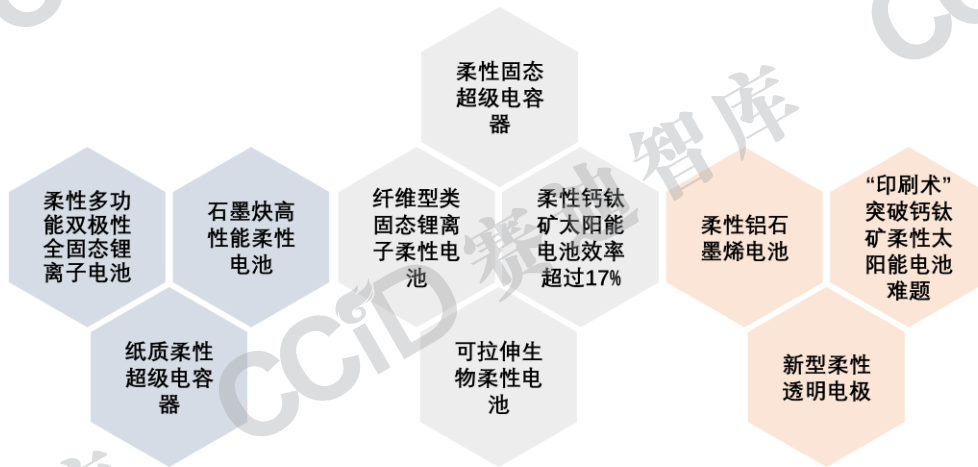
## 发展面临的问题

■ 目前，柔性储能发展面临三个问题：一是柔性电极的设计和制备；二是弯曲折叠过程中器件电化学性能的稳定性；三是高能量密度和高功率密度。





## 近年柔性储能领域的十大技术突破



## 发展方向

- 从成熟度上来看，目前柔性储能距离实现大规模化生产和商业化还有一段距离。从需求出发分析，未来柔性储能的发展方向主要有以下几个方面：



撰稿：规划研究所 魏强 杨幸 联系方式：weiqiang@ccidthinktank.com 010-68209505