

**BLACK DIAMOND
STRUCTURES™**

黑钻石结构

**分子钢筋Molecular Rebar®：用于增强型富液
电池的离散碳纳米管添加剂**

提高DCA和循环寿命背后的客户范例研究和材料科学

谷涛博士

Application Development Engineer

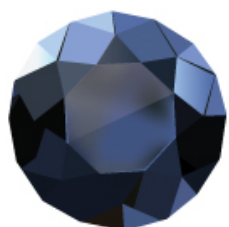
**BLACK DIAMOND
STRUCTURES™**

我们是谁

黑钻石结构Black Diamond Structures™是纳米技术领域的全球领导者，其使命是帮助制造商创造下一代世界级电池。

我们独特的产品，基于专有的分子钢筋Molecular Rebar®技术，与我们的世界一流纳米技术专家团队一起改变您的电池的“DNA”，释放其全部潜力...快速。

我们的团队直接与我们的客户合作，寻找提高电池机械和电化学性能的解决方案，以应对未来几十年的市场挑战。



**BLACK DIAMOND
STRUCTURES™**

我们的合资伙伴



**MOLECULAR REBAR®
DESIGN**

你的
**NANO
CONNECTION**

**BLACK DIAMOND
STRUCTURES™**

分子钢筋Molecular Rebar®技术平台

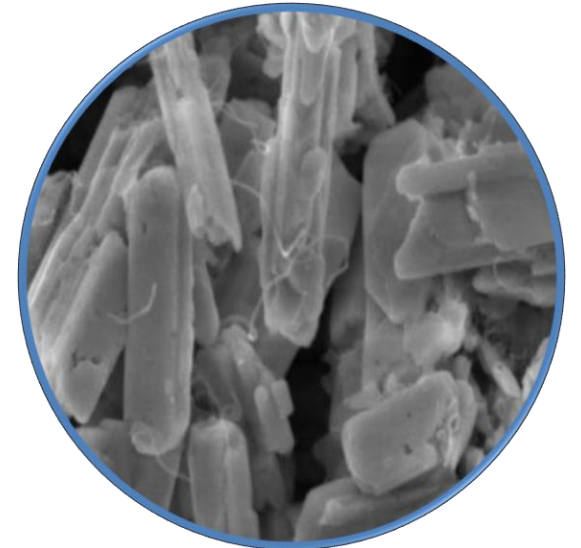
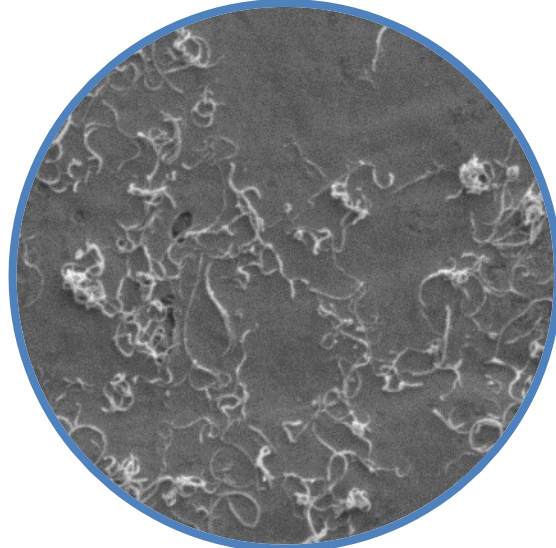
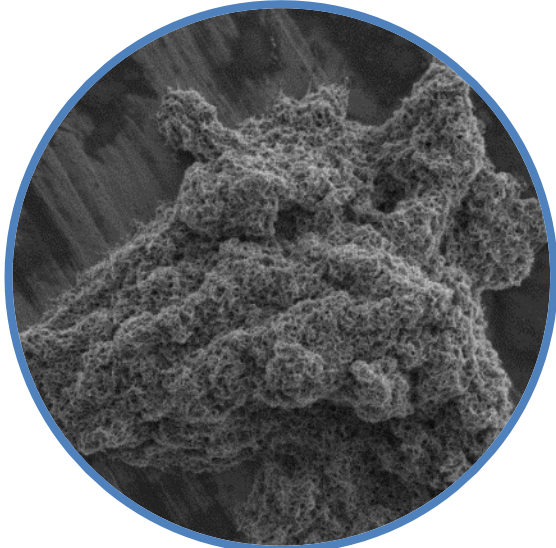
技术

原生碳纳米管

解开+净化

配方+分散

客户应用



不纯的、缠绕的CNT的聚集物
难以使用，性能体现不良

干净、不缠绕的分子钢筋
离散碳纳米管

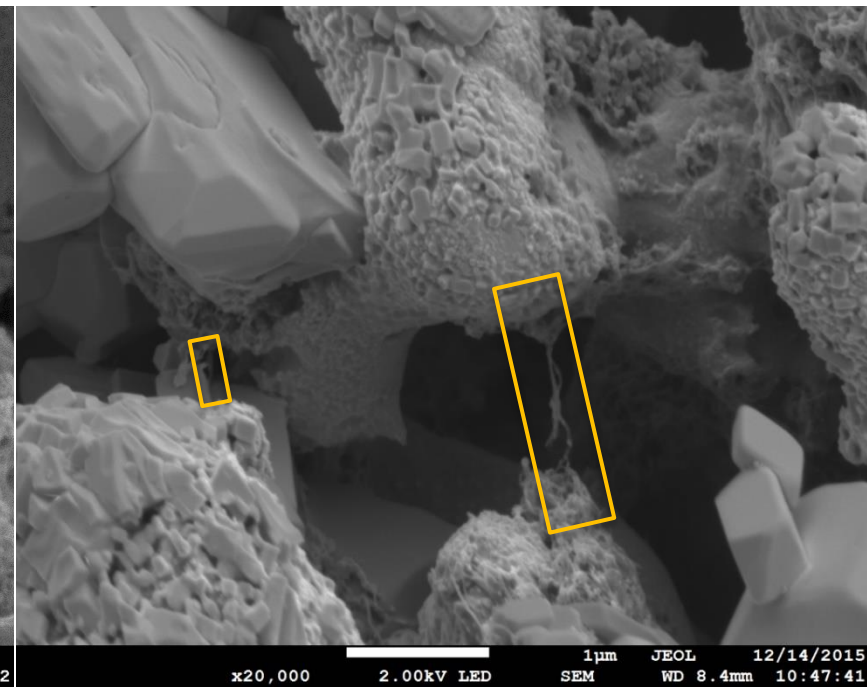
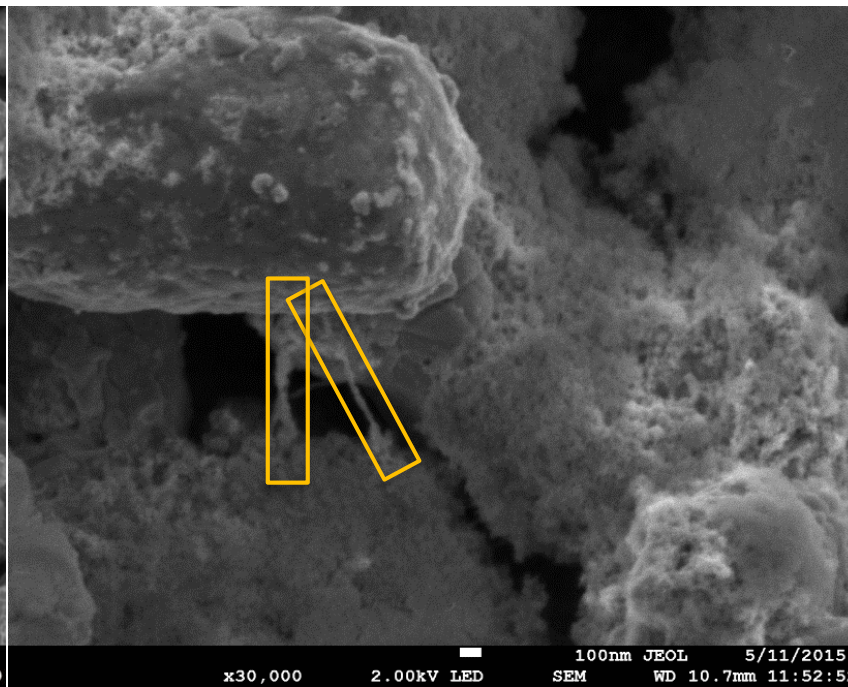
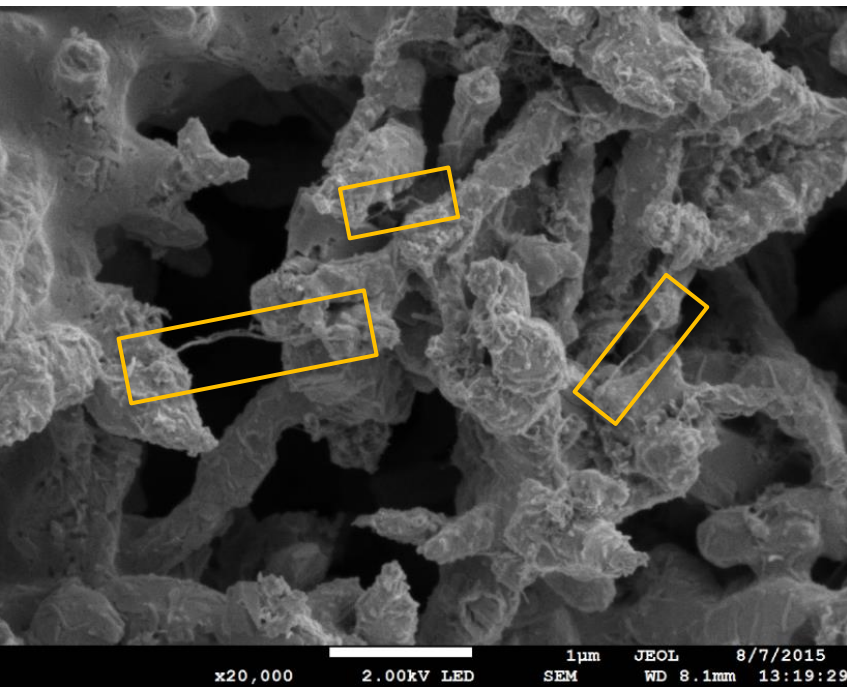
分子钢筋配方
针对系统兼容性和易用性进行了优化

铅膏中的分子钢筋

BLACK DIAMOND
STRUCTURES™

分子钢筋 Molecular Rebar[®] : 纳米连接器

- 分子钢筋Molecular Rebar[®]产品提供纳米级增强材料：
 - 将活性材料结合在一起，加强极板结构 → 增强坚固性
 - 改变晶体填充从而增加表面积和改善孔结构 → 提高电化学性能
 - 限制大颗粒绝缘硫酸铅晶体的生长 → 性能的一致性



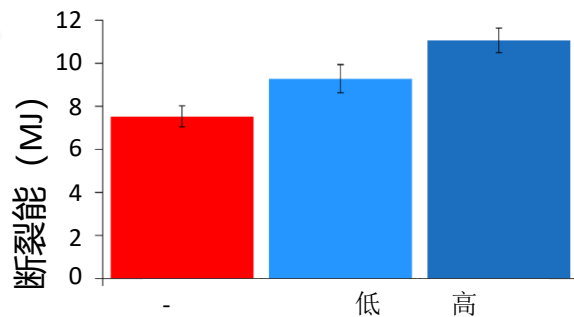
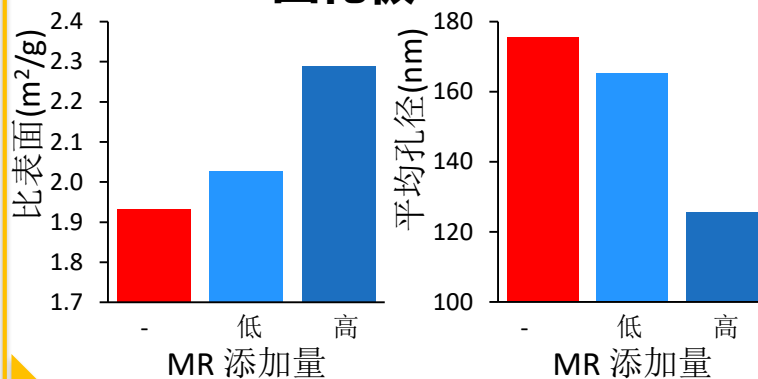
改变您电池的DNA

生产线



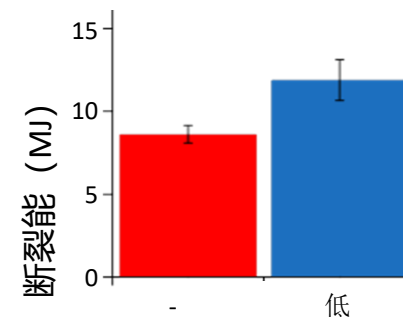
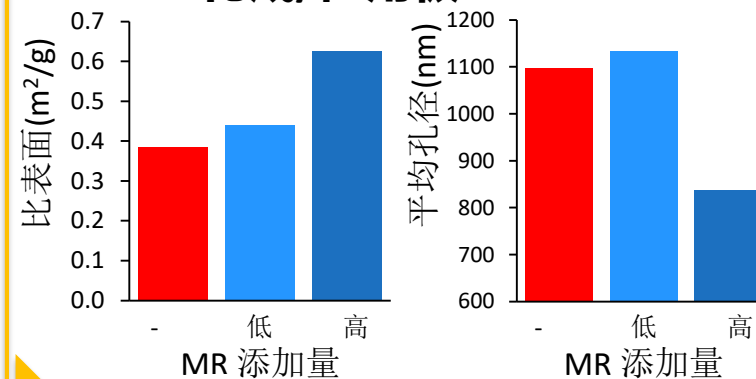
- 分子钢筋(MR)的存在立即体现
- 塑性改变, 仍然可用
- 增加板栅和活性材料的粘附力
- 不合格极板更少

固化板



- 增加表面积
- 孔径减小
- 提高材料强度

化成/在用板



- 持续表面积增加
- 持久孔隙结构
- 持久极板强度
- 一致的性能

增强型富液电池(EFB): PB1200系列

- **主要特点:**

- 用于负极和/或正极
- 使EFB可与VRLA产品竞争
- 满足有挑战性的原始设备制造商(OEM)要求
- 使负极(NAM)高级碳解决方案可用或增强

- **PB1200系列在下述测试中提高了电池性能:**

- 动态充电接受能力(DCA)
- 耐久性寿命循环试验
- 微型混合动力寿命循环试验



我们的EFB开发方法

• *BDS开发方法需要与电池制造商进行密切讨论，尤其是在膨胀剂/碳添加方面。*

- **BDS希望与您的合作可以快速获得成功：**

- 在没有合作的情况下尝试MR可能会重复BDS已经经历的错误。
- 尤其是EFB比大多数应用更复杂
- 客户可能已经围绕特定的碳或设计，优化了膨胀剂成分。
- 对现有设计的清晰讨论可能会改变：
 - 分子钢筋(MR)产品型号选择
 - 建议的分子钢筋 (MR)添加量
 - 建议的膨胀剂/碳成分的调整

- **BDS将利用符合制造商既定目标的经验来帮助指导合作：**

- BDS的开发方法和必要支持将根据客户产品开发状况而变化。
- 我们的建议将根据每个电池制造商的需求量身定制。
- 示例：客户范例（以下幻灯片）从“第0天”开始，客户没有基础的EFB设计

EFB项目开发-分享的客户范例

• 添加到商业SLI方案中的PB1200系列负极产品提供了性能的阶跃性提高。

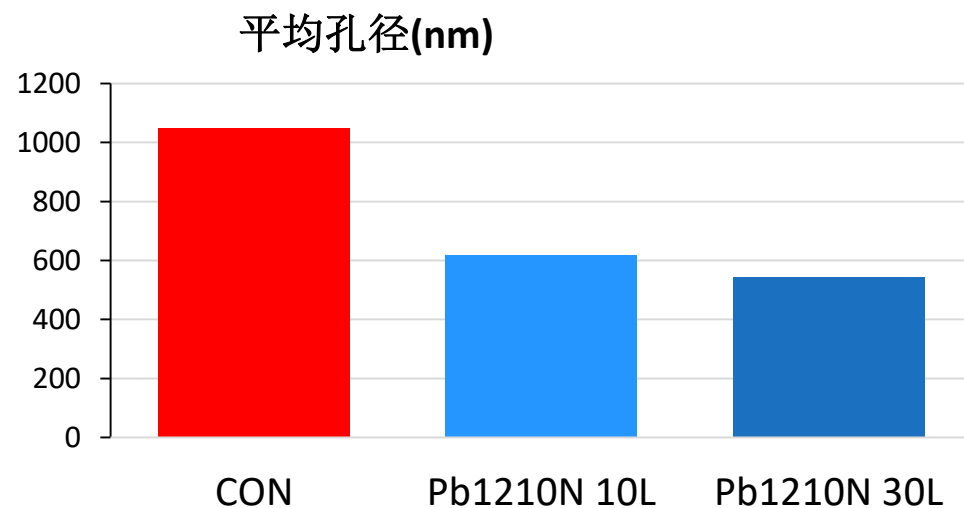
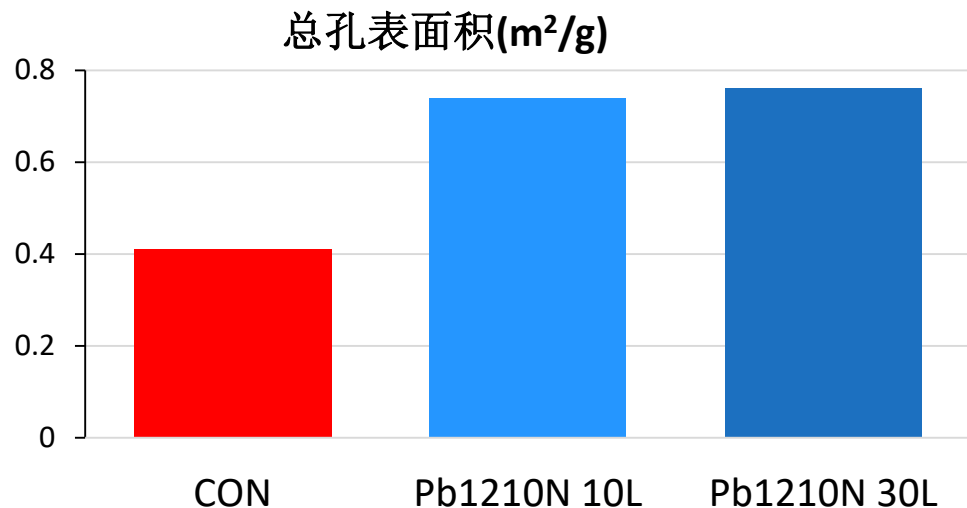
项目	对照组	10L PB1210N	30L PB1210N
C ₂₀	59Ah	61Ah	60Ah
CCA-10 s 电压	7.25V	7.75V	7.60V
CCA-6V 时间	120S	150S	142S
EN 50342-6 DCA	0.26 A/Ah	0.38 A/Ah	0.42A/Ah
丰田Regen (CA)	400As	500As	540As
SAE J2801	13	12	12
EN 50342-6 17.5%DOD	4单元	7单元	7单元

Hammond He-631:0.075%碳
0.225%木质素
0.450%硫酸钡

- 对照组和分子钢筋(MR)电池都使用相同量的HE-631
 - 唯一的区别是添加了PB1210N
- BDS与客户合作的开发过程如下:
 - 配方和设计的初步联合评估
 - 讨论目标和局限性
 - 制造商当前产品的评估
 - 在本范例中, 客户当前没有EFB原型; 商业SLI产品被用作基准
 - BDS提供初始的数据分解和分析
 - 由数据驱动, 通过对设计/配方和分子钢筋(MR)产品选择的修改完成下一型电池

通过极板分析以平衡膨胀剂/PB1210N

- 化成板的孔率测定分析:



- PB1210N可增加总孔面积, 减小平均孔径 (固化和化成的极板)

- 小孔数量增加
- 铅反应的高表面积
- 更均匀的晶体和孔隙

- 这种转变必须与膨胀剂平衡, 类似于“碳-木质素吸收”现象

- BDS提供的极板分析有助于找到正确的目标并确认实施效果

分子钢筋(MR)对晶体结构的影响贯穿电池寿命

总硫酸盐% (XRD)
表面积 (MIP)
平均孔径 (MIP)

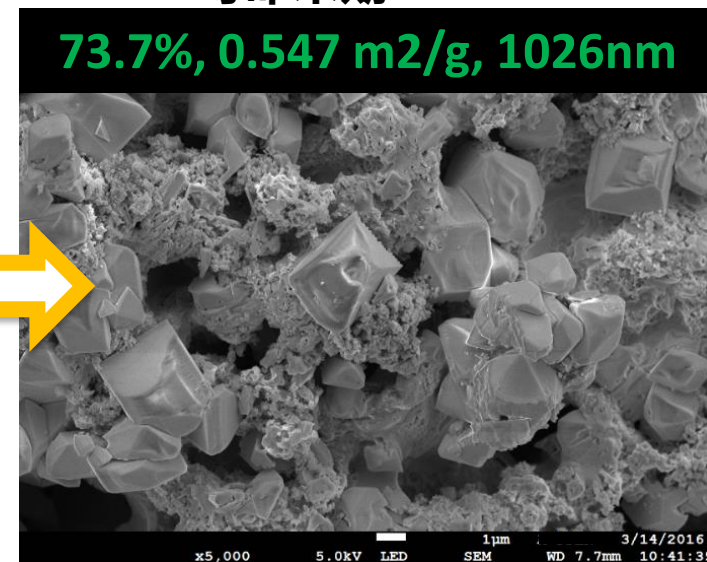
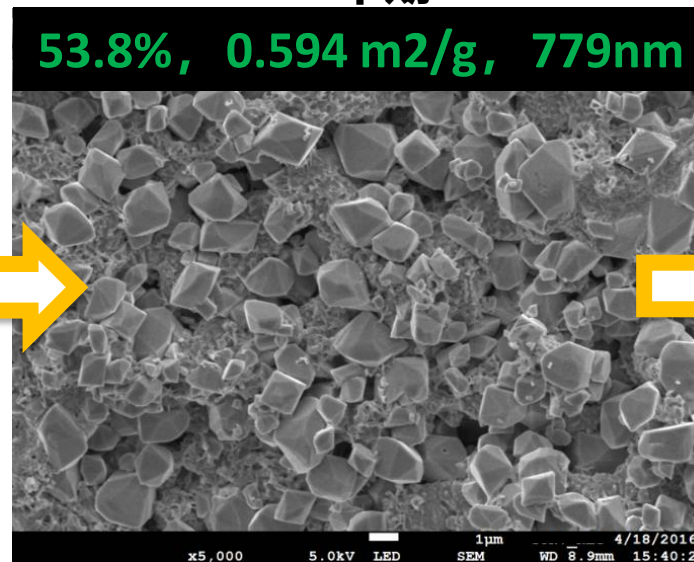
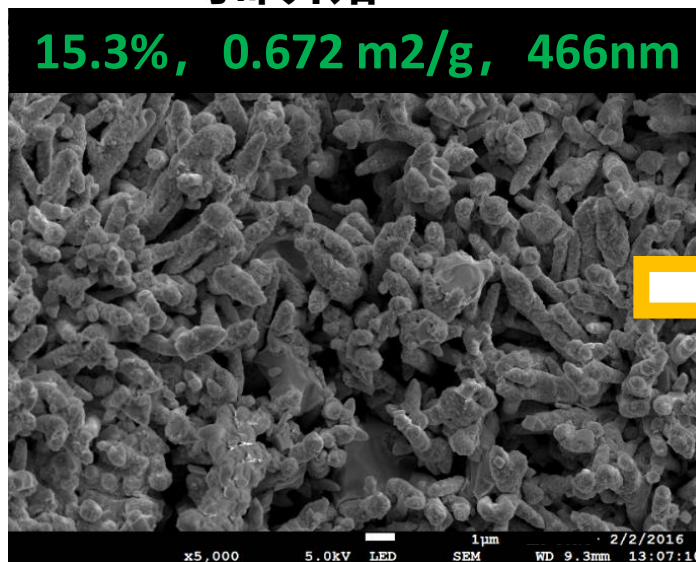
寿命开始

中期

寿命末期

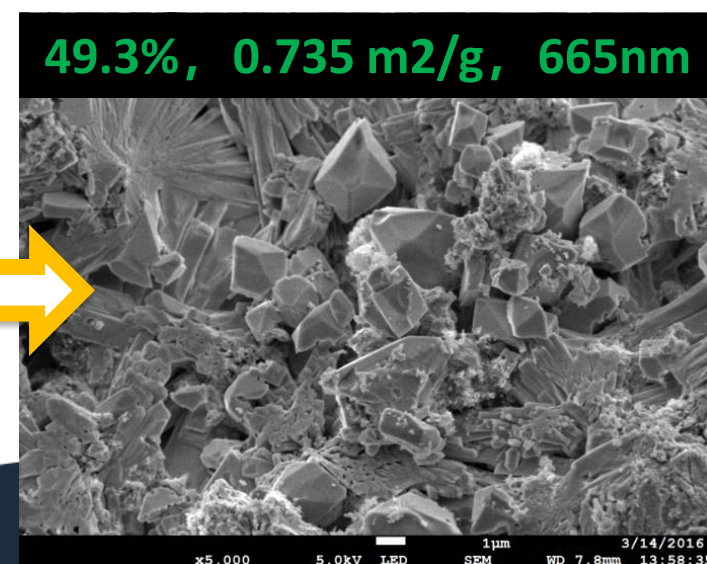
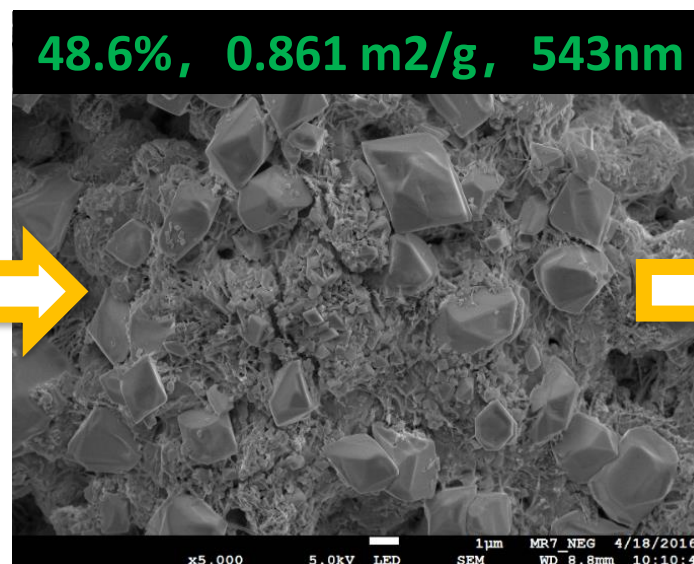
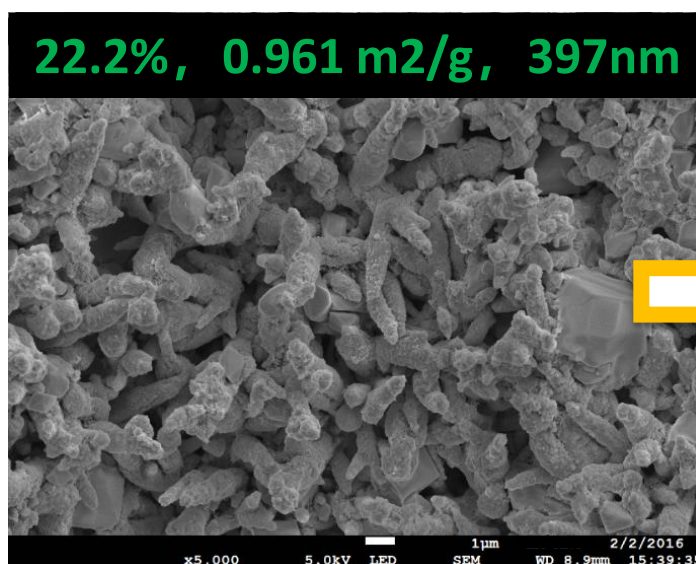
• 对照组变化

- 松散堆积的铅，带有大空腔
- PbSO₄覆盖表面
- 大颗粒PbSO₄和团聚物



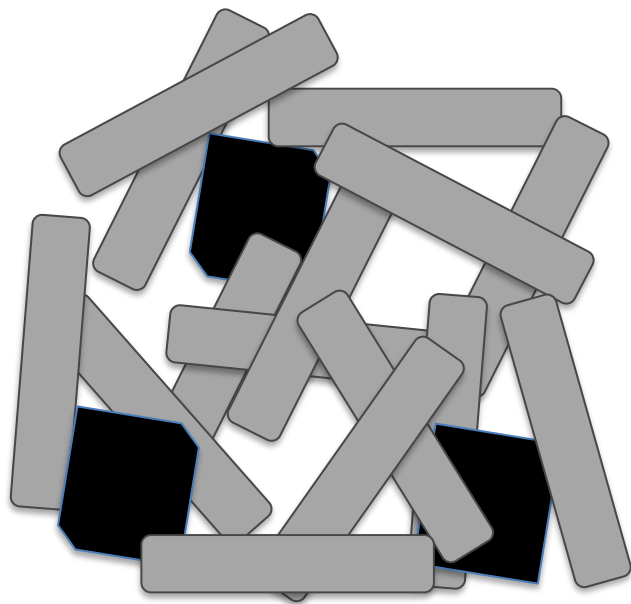
• 分子钢筋(MR)带来的变化

- 紧密填充的铅，带有小空腔
- 更少的PbSO₄晶体
- 硫酸盐%，高表面积，小孔径得以保持



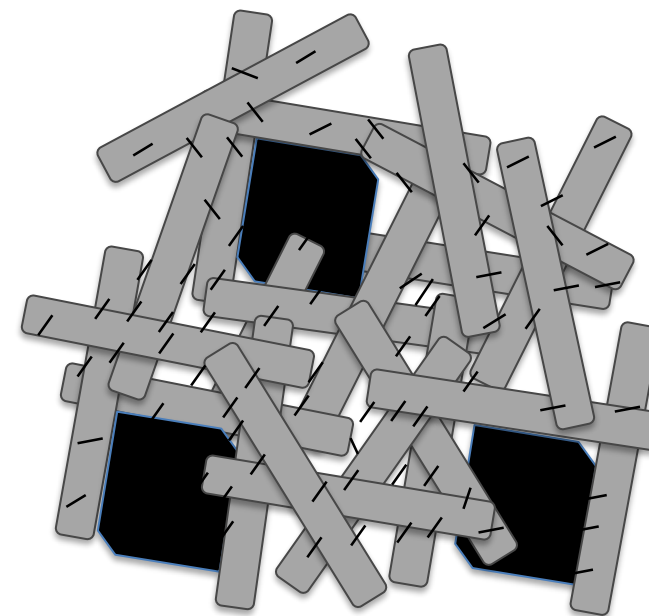
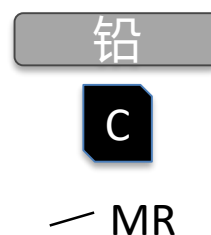
分子钢筋(MR)作用原理表述

• 对照组负极活性物质



- 表面积较低，孔径较大
- 晶体堆积松散
- 与碳的相互作用较差
- 从先前的设计已知膨胀剂的平衡

• 含分子钢筋(MR)的负极活性物质

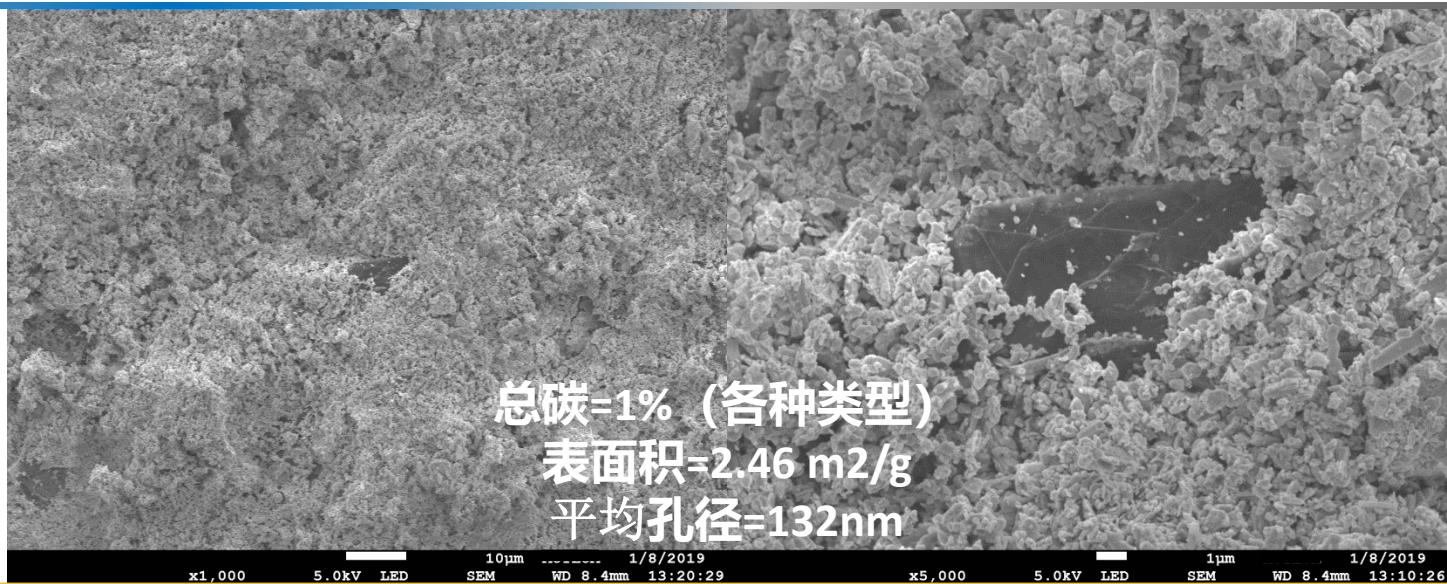


- 表面积较大，孔径较小
- 更致密的晶体堆积
- 与碳的相互作用增强
- 纳米重组的Pb-C合金可从膨胀剂优化中获益。

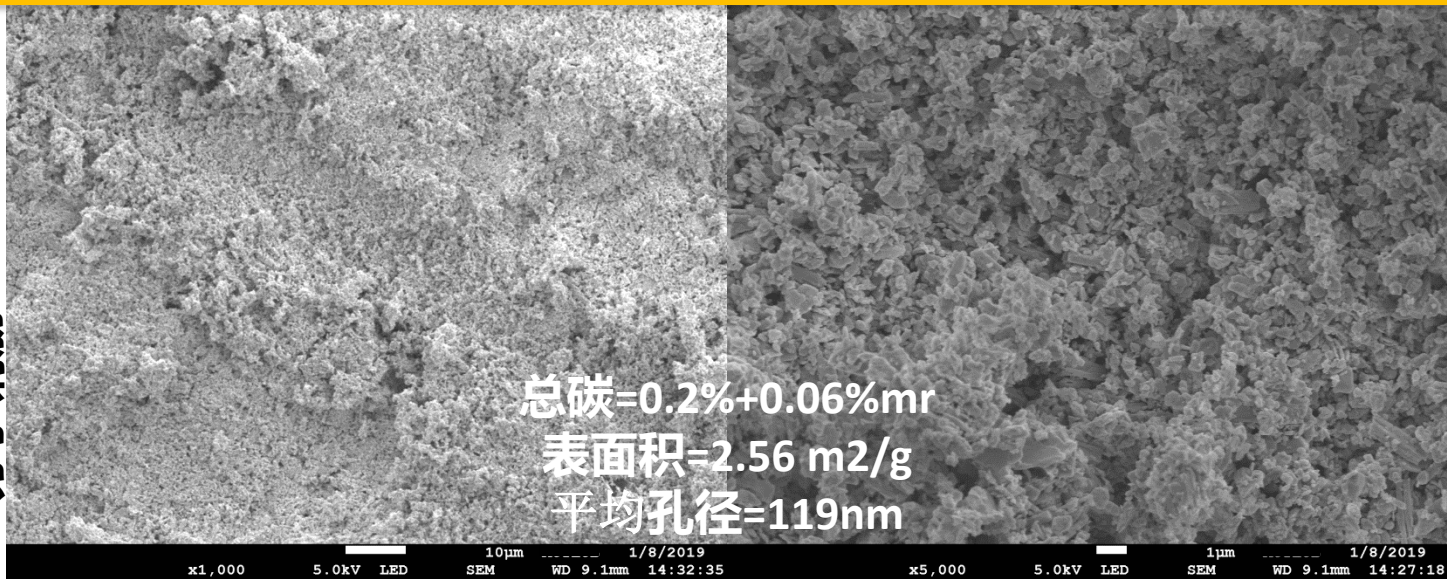
配方的简化和碳的作用

- 铅碳电极的概念不新，只是很难实现
 - 不容易创造出理想的“碳铅合金”
- 含碳量高的极板会出现意想不到的失衡。
 - 达到性能所需的碳 % 通常会导致显著的生产/配方调整。
 - 碳/木质素比例变得不平衡；许多铅膏配方需经过优化以和碳含量平衡
- 以分子钢筋(MR)为核心，优化碳%的简化设计方法，可以得到性能优良的“Pb-C电极”。
 - 使用你想用的碳，并且效率更高
- 实现您需要的DCA性能，同时进一步提高循环寿命，并减少水损失

对照组



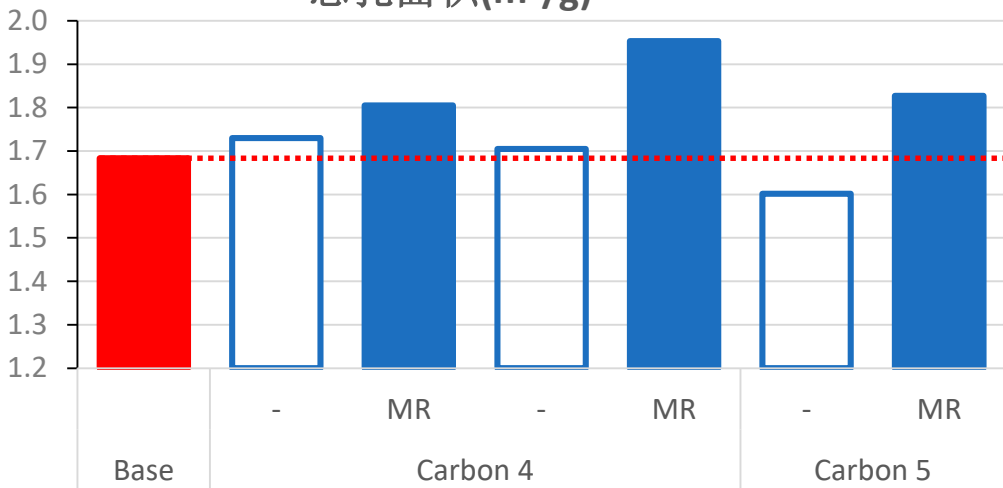
分子钢筋



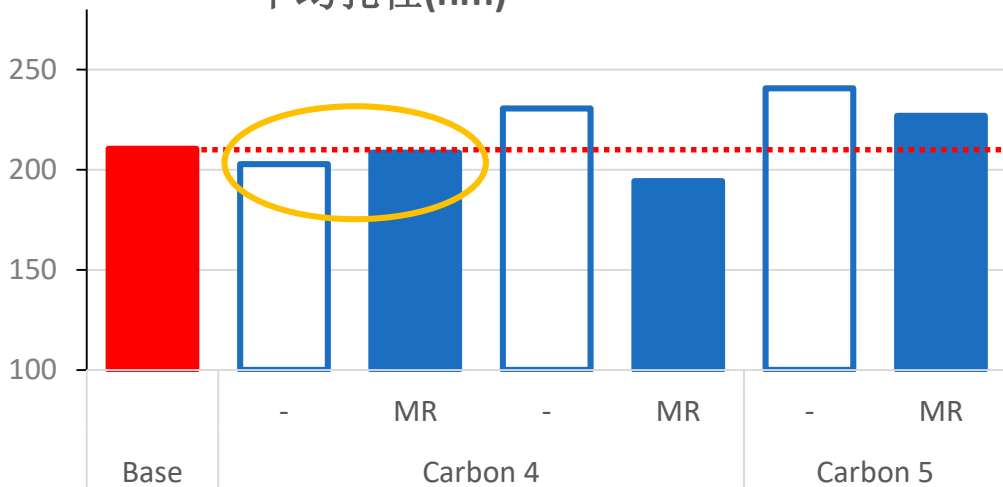
在你的电池中使用分子钢筋(MR)

• 使用分子钢筋Molecular Rebar®最优化电池性能仍然需要膨胀剂和碳

总孔面积(m²/g)



平均孔径(nm)



方案: 1千克氧化铅, 0.20-1.0%C/0.2-0.5%木质素/0.25-0.80 BaSO4
按照C-MFR说明, 4.25 g/ml密度, 3bs固化

• 但是用哪种膨胀剂/碳????

- 膨胀剂/碳配方应与BDS应用开发工程师讨论。
- 和大多数碳一起使用时, 分子钢筋(MR)产品能增加表面积, 减少孔径 (DUF/FOR)
- 这是除了力学性能, 保持结构, 及其他之外的好处。
- 围绕分子钢筋(MR)进行设计, 优化结构和性能, 可以简化复杂配方 易于生产实施

总结

- **黑钻石结构Black Diamond Structures™作为合作伙伴开发EFB等高级电池应用**
 - 能够提供专业知识、测试电路、极板分析
 - **分子钢筋Molecular Rebar®效应**
 - 改进的，更均匀的，更有效的，活性物质形态
 - 在整个循环/生命周期中提高活性物质结构的一致性
 - 其他未知的有益作用机理
 - **性能效果**
 - 在整个生命周期内更好地保持所有性能指标的一致性
 - 提高充电效率和DCA
 - 提高循环寿命，特别是在PSOC和其他高硫化条件下
- 满足原始设备制造商 (OEM) 的规格要求，实际使用超出他们的期望!***