

# 锂离子电池电芯生产中的电极浆料过滤

## 引言

锂离子电池电芯由阳极、阴极、电解液、隔膜和其他部件组成。锂离子电池的工作原理可以简单描述为：锂离子在阳极和阴极之间移动，从而在充电和放电过程中携带并储存电子。电池电芯制造关键步骤包括：

- **混合**：在此加工步骤中，将粉末形式的阳极和阴极固体活性成分分别混合在液体载体中，产生均匀的混合物，也称为阴极和阳极浆料。
- **涂层**：在混合过程中制成的电极浆料需要涂覆在金属箔基底上，形成一层薄而均匀的涂层。涂层不均匀会导致涂层上出现高点，使电子流密度不均匀，从而缩短电池寿命和储能容量。涂覆工艺包括将电极浆液泵送到槽式涂布机上，在移动的基底上形成薄层。

涂层必须通过蒸发载体或溶剂固化，形成固体层。电极之间夹有隔膜，根据电池的设计结构，将其卷成大卷或叠成片。

在烘箱中对组件进行固化，确保去除电池组件中的所有溶剂。

在整个制造过程中，涂覆步骤中的电极浆料过滤非常关键。经过过滤处理后，需要将阴极/阳极电极浆料涂覆在金属电极（集流体）上。

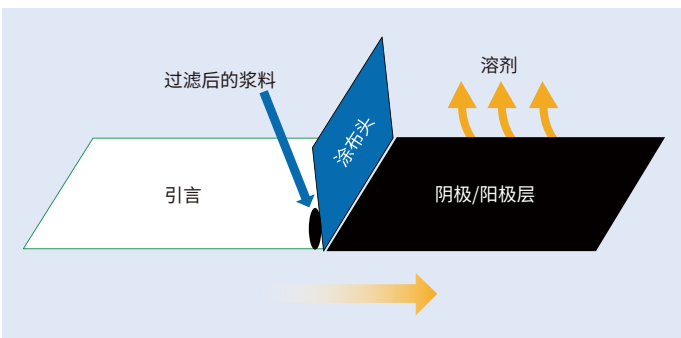


图1:涂覆工艺



图2:3M™ CTG-Klean密封型过滤系统GPJ系列

阴极浆料涂覆在铝箔上，而阳极浆料涂覆在铜箔上。金属极片上的涂层平滑，否则将造成电池的电气短路，影响电池的功率性能。电极上的涂层缺陷会降低电池产量，并提高电池的缺陷率。为保证涂层上的大颗粒不会造成短路或降低电池寿命，必须使用筛网过滤器，只允许小于规定粒径的活性物质通过，而大颗粒则无法通过筛网过滤器。未过滤或过滤不充分会导致电极表面缺陷。通常情况下，在涂覆头之后安装电荷耦合装置 (CCD) 来检测电极的质量。过滤和涂覆不充分带来的缺陷包括：漏箔、凝胶团聚、亮划线、起泡、涂布凹坑等。

本应用简要介绍了在电极浆料涂覆过程中可以采用的适当过滤方法，以减少大颗粒和可变形污染物。过滤方法得当可以确保对涂布喷头提供持续物料供应，既可以提高产量，增加收入，也有助于提高设备的整体效率。

## 浆料成分

阴极浆液含有作为活性成分的三元材料 ( $\text{Li}(\text{NiCoMn})\text{O}_2$ ) 或  $\text{LiFePO}_4$ 、作为粘合剂的聚偏氟乙烯 (PVDF)、作为溶剂的N-甲基吡咯烷酮 (NMP)、以及作为添加剂的一些其他化学品。阳极浆液由以下成分组成:作为活性成分的石墨、作为粘合剂的苯乙烯-丁二烯橡胶 (SBR)、作为溶剂的去离子水 (DI水)、以及作为添加剂的一些其他化学物质,如羧甲基纤维素 (CMC) 用作增稠剂。

## 过滤工艺的作用

制作浆料过程耗时,通过投入较长时间和较大能耗,可实现良好的混合。然而,最后0.1%的颗粒可能需要数小时的混合才能达到100%均匀的浆料。为减少混合循环时间,更经济有效的手段是过滤掉0.1%的未混匀颗粒。可采用单一微米精度过滤器、梯度孔径结构过滤器或多个孔径从上游到下游递减的过滤器来优化过滤。过滤系统的优化取决于活性电池颗粒的粒度和分布。向涂布喷头提供高质量浆料需要监测系统及每个过滤器的压降,这确保了向模头提供足够的浆料;及时更换过滤器,以防止由于过滤器上的高压降而导致流量衰减。浆料涂覆工艺的设计各不相同,大多数系统使用两级或三级过滤。大多数客户设计使用金属网作为第一级过滤。金属网过滤器可以清洗和重复使用,以降低运行成本。第二和第三级过滤采用无纺布深层过滤器。囊式过滤器是第二和第三阶段操作的不错选择,可缩短清洁时间并快速更换,从而降低了连续涂覆过程中中断的次数。

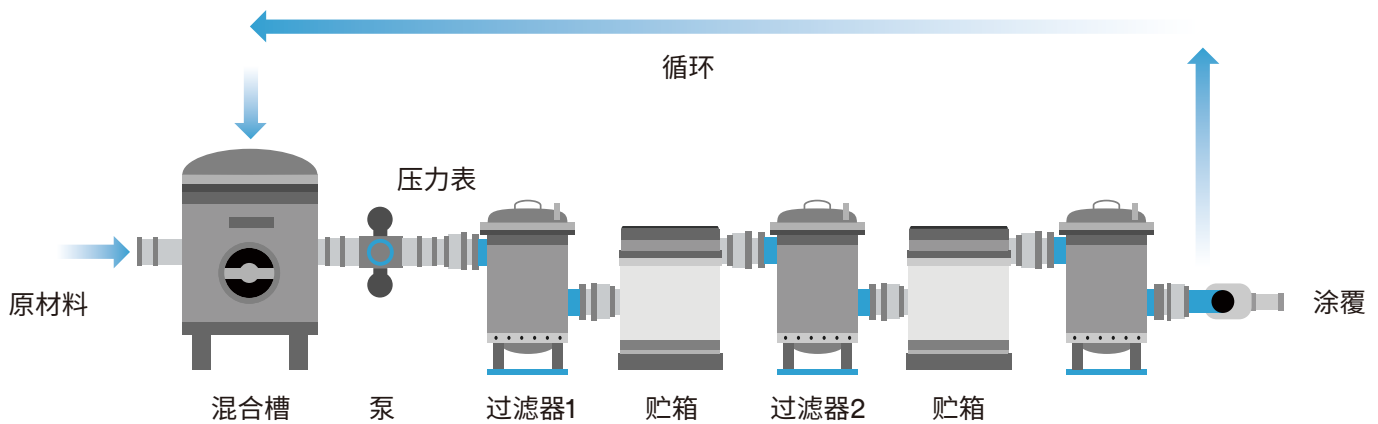


图3:典型阴/阳极浆料过滤工艺

### 缺陷率高

阴极和阳极浆料的粘度非常高,约为10K cP(通常,阴极浆液比阳极浆液粘度更高)。因此,在该应用中,倾向于使用刚性滤芯,以避免与粘胶流体流动相关的高压降导致滤芯变形和坍塌。

### 非刚性结构



### 刚性结构



压溃的滤芯

图4:刚性结构滤材和非刚性滤材比较

阴/阳极浆料中还含有凝胶状污染物。凝胶是由浆液中的粘合剂过早固化或干燥而产生的。去除凝胶状杂质的较好方法是使用刚性深层过滤器。当凝胶状污染物未去除或通过表面过滤器挤出，它们将沉积在阴极或阳极电极上，导致电池性能下降。

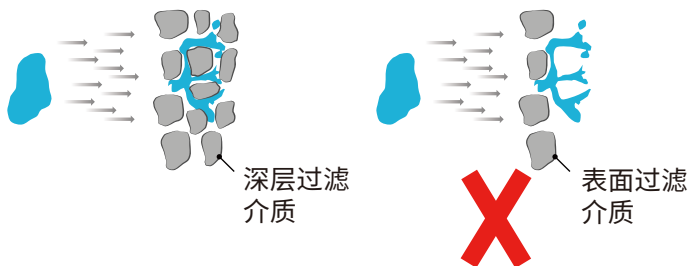


图5: 深层滤材与表面滤材的比较

在浆料过滤过程中，需要具有陡峭(分级)截留曲线的过滤器，以阻止超大颗粒，并让小粒径的有效成分通过。分级过滤有助于去除大颗粒浆料，同时保持固体含量。分级过滤器通常采用孔隙密度均匀的滤材制成。

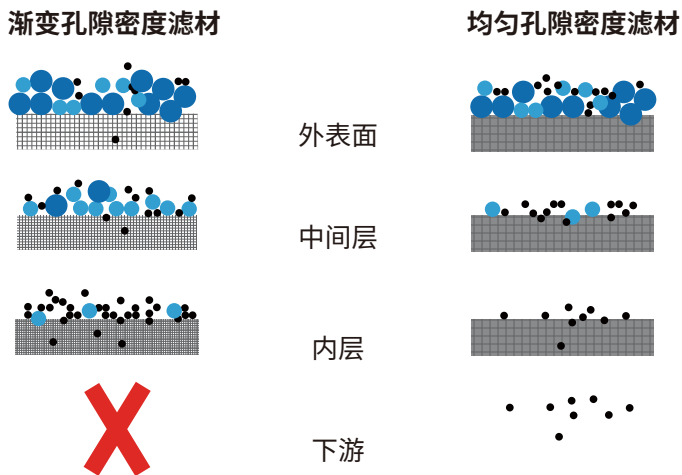


图6: 分级滤材与澄清滤材比较

此外，使用具有分级刚性结构滤材的深层过滤器进行浆料过滤，可以提供大量过滤层并防止由于施加压力而导致的孔径变化。

### 防止浆料浪费

电极浆料成本较高，尤其是由于活性原料的高成本而导致的阴极浆液。因此，应尽可能避免浆料浪费。囊式过滤器设计应具备低溢出，甚至无溢出、浆料材料易回收、减少清洁和使用溶剂以及减少固废等优点。相比之下，如果在涂覆过程中使用芯式过滤器，则需使用溶剂或去离子水清洗使用过的过滤器滤筒，这将导致锂离子电池制造过程中的额外运营成本。

### 解决方案

通过对浆料进行适当的过滤，将大颗粒和易变形的污染物去除，可大大减少电池缺陷。因此，能够生产出一致的高质量浆料，实现阴/阳极电池和涂覆工艺的稳定性。3M™ Betapure™ AU系列滤芯具有刚性自支撑结构，适用于高粘度浆料过滤。3M Betapure系列滤芯在其使用寿命期间具有出色的过滤能力。自始至终，过滤性能保持稳定。3M Betapure AU系列过滤器的刚性结构不易变形，能够抵御颗粒卸载或过滤器旁通，同时提供高效的颗粒去除能力。相较于表面过滤器，在相同的压降下，3M Betapure AU深层滤材可以滤去更多可变形的凝胶状污染物。此外，3M Betapure AU滤芯孔隙均匀，可拦截超大颗粒，允许小粒径有效成分通过，具有良好的分级性能。

此外，3M™ CTG Klean密封型过滤系统GPJ系列是一种软囊式过滤器设计，用薄膜封装滤芯，在过滤器和金属外壳之间提供物理屏障。所有的压力负载都转移至金属外壳上，从而不需要沉重的塑料体。较大限度减少了物料使用，同时优化了物料浪费。这种柔软而薄的塑料膜很容易切开，以回收过滤结束后留在囊式过滤器的任何残留浆料。这些设计优势有助于降低客户的过滤总成本，根据计算，一支20" 3M CTG-Klean密封型过滤系统GPJ系列囊式过滤器可回收约0.5L的浆料。按100美元/升计算阴极浆液成本，每次更换过滤器能节省50美元。3M CTG-Klean密封型过滤系统GPJ系列囊式过滤器可兼容3M Betapure AU、3M™ Betapure™ NT-T和3M™ Micro-Klean™ RT滤芯。这些过滤器各自具有独特的特点和优势，可用于优化阴极或阳极过滤系统。在大多数情况下，两级或三级过滤器组合可以提供优化的过滤流程，从而延长过滤器寿命、减少过滤器更换并降低总运行成本。

## 结论

1. 浆料涂覆工艺在浆料混合后包含多个过滤点。3M公司提供过滤解决方案,以确保浆料在输送到涂布喷头时,高质量满足浆料规格。利用上述“解决方案”部分中提到的高性能滤芯和囊式过滤器,将减少电极表面出现划痕缺陷的可能性,能有效降低客户的总运营成本。
2. 3M Betapure AU滤芯具有刚性、深层滤材和均匀的孔隙结构,可以去除超大颗粒和凝胶状可变形污染物,并将小粒径活性颗粒保留在浆料中,是阴/阳极浆料过滤的合适选择。

3M CTG-Klean密封型过滤系统GPJ系列囊式过滤器,内置合适的滤芯,不仅具有滤芯的所有优点,而且基于其“软胶囊式”设计,可以节省浆料。3M CTG-Klean密封型过滤系统GPJ系列囊式过滤器具有更加环保、无需清洗滤壳、操作人员不接触浆料等优点。

## 参考资料和相关产品信息

**3M™ Betapure™ AU系列滤芯**- 3M Betapure AU滤芯采用先进的技术,具有清洁,刚性的过滤结构,一致和可重复的过滤特性,适用于浆料过滤应用。过滤器滤材使用长的双组分纤维构建,每根纤维都有一个内芯和一个外层(见产品数据表)。3M Betapure AU滤芯可提供两种双组分纤维结构:聚丙烯/聚乙烯或聚酯/聚酯共聚体,具有广泛的化学兼容性。

**使用限制:**3M不建议将这些3M产品用于任何预期用途以外的用途,因3M未对其他应用进行评估,可能会导致不安全或意外情况的发生。本3M产品或其萃取物和浸出物,不能用于医疗器械、药品、化妆品、增补物、婴儿配方粉或涉及到生命维持设备或长期接触人体内部体液或组织的应用环境,也不能遗留在上述产品和应用环境中。

**技术信息:**本文或3M另行提供的其他文件包含的技术信息、指引和其他声明均基于3M认为具有可靠性的记录、测试或经验作出,但3M无法保证其准确性、完整性和代表性。这些信息适用于具有丰富知识和技术技能的人员,以便对信息进行评估和应用自己的知情判断。本信息未授予或默示任何属于3M或第三方的知识产权许可。

**产品选择和使用:**在特定应用下,3M产品的使用和性能受多重因素影响,这些因素不受3M控制,仅取决于用户知识,受用户控制。鉴于此,客户完全有责任对产品进行评估,并确定产品是否为适合客户的应用,包括进行工作场所危险评估和审查所有适用的法规和标准(如OSHA, ANSI等)。如无法正确评估、选择和使用3M产品和适当的安全产品,或不能满足所有适用的安全规定,可能会导致人身伤害、疾病、死亡和/或财产损失。

**担保、有限补救及免责声明:**除非适用的3M产品包装或产品说明书上明确规定了不同的保证(此时以该保证为准),其他情况下,3M保证每件产品在发货时均符合适用的3M产品规格。3M不接受任何其他明示或暗示的担保或条件,包括但不限于任何隐含的适销性、适用特定用途的担保或条件,或因交易过程、习惯或贸易惯例而产生的担保。如3M产品不符合本担保规定,可自行选择更换产品或退款。

**赔偿责任限制:**除上述有限补救措施外,在法律禁止的范围内,3M公司不对任何由3M产品引起,或与之相关的损失或损害负责,无论是直接的、间接的、特殊的、偶然的或后果性的(包括但不限于利润或商业机会带来的损失),也无论主张的法律或公平理论如何,包括但不限于保证、合同、过失或严格责任。

利用两种纤维组分熔融温度的差异,可以通过热熔技术对过滤滤材的双组分纤维进行粘接。将滤材加热至聚乙烯外层的熔融温度,此时温度未达到聚丙烯内芯的熔融温度,这样就可以在所有的接触点处将纤维粘合。高度的纤维间粘合提供了刚性结构,减少了对中心杆支撑的需求和介质迁移的可能性。动态应用中,过滤系统受到脉冲、循环或高差压影响,可能会导致污染物通过非刚性过滤器重新释放回流体中。3M Betapure AU滤芯的刚性结构不易变形、能够抵御颗粒物卸载和旁路,即使在恶劣的操作条件下也能提供一致的颗粒截留效率。

**3M™ CTG-Klean密封型过滤系统GPJ系列囊式过滤器**- 3M CTG-Klean密封型过滤系统GPJ系列囊式过滤器专为工业过滤应用而设计。囊式过滤器内可兼容不同款3M系列滤芯,包括3M Betapure AU、3M Betapure NT-T、3M Micro-Klean RT滤芯,具有更加环保,无需清洗滤壳,操作人员无需接触浆料等优点。易于切开的“软囊”设计,具有过滤后回收残留物的重要优势。



3M中国有限公司

地址:上海市兴义路8号万都中心大厦38楼

邮编:200336

电话:021-62753535

3M、Betapure和Micro-Klean为3M公司商标。

其他所有商标均为其各自所有者的财产。

©2023年3M公司。保留所有权利。