

高效节能滤筒除尘在锂电行业中的应用

余绍毅 袁 嘉 朱德能 叶中天

(广州市华滤环保设备有限公司 广东广州 511400)

摘要: 本文主要研究了节能滤筒在锂电池行业生产制作过程中的应用,以文献综述和实验研究为主。本文阐述了锂电池在生产过程中粉尘治理时能耗问题,重点分析高效节能滤筒在锂电池生产制作过程的过滤效率和节能效果等应用状况。高效节能滤筒在滤料、骨架结构及系统控制等方面的改进,在锂电池行业粉尘治理的节能减排具有明显的效果,在锂电池行业也具有重要的应用价值。

关键词: 锂电池行业、锂离子电池、节能降耗、粉尘治理、节能滤筒

Application of high-efficiency energy-saving filter cartridge dust removal in the lithium battery industry

Yushaoyi, YuanJia, Zhudeneng, Yezhongtian,

(Guangzhou Farrley Filtration Co., Ltd guangdong guangzhou511400)

Abstract: This article mainly studies the application of energy-saving filter cartridges in the production and manufacturing process of the lithium battery industry, with literature review and experimental research as the main focus. This article elaborates on the energy consumption issue of dust control in the production process of lithium batteries, with a focus on analyzing the application status of high-efficiency and energy-saving filter cartridges in the filtration efficiency and energy-saving effect of lithium battery production process. The improvement of high-efficiency energy-saving filter cartridges in filter materials, framework structure, and system control has significant effects on energy conservation and emission reduction in dust control in the lithium battery industry, and also has important application value in the lithium battery industry.

Key words: Lithium battery industry, lithium-ion batteries, energy conservation and consumption reduction, dust control, energy-saving filter cartridges

1. 引言

从市场需求的结构上看,近年来,随着新能源汽车的普及和市場持续快速增长,锂离子电池作为一种高能量密度蓄能介质,已经成为新能源汽车动力电池的首选^[1]。EVTank 联合伊维经济研究院共同发布的《中国锂离子电池产业发展白皮书(2023年)》显示,2022年全球锂离子电池总出货量达 957.7GWh,同比增长 70.3%。全球汽车动力电池出货量为 684.2GWh,同比增长 84.4%;储能电池出货量 159.3GWh,同比增长 140.3%。2023年2月23日,国家工信部电子信息司发布《2022年全国锂离子电池行业运行情况》,根据工信部公布的数据,2022年全国锂离子电池产量达 750GWh,同比增长超过 130%。

近年来,政府出台了一系列支持新能源汽车产业发展的政策,例如,《新能源汽车产业发展规划(2021-2035年)》政策,为锂电池材料制备的发展提供了政策支持和契机。

同时,国务院重大决策部署“十四五”节能减碳综合工作,大力推动节能减碳,深入打好节能、减碳的攻坚战,加快建立健全绿色节能发展企业经济体系,全面推进绿色节能转型发展,助力实现碳达峰、碳中和目标。

锂电池产业链较长,制备工艺复杂,过程中大部分工艺点均会产生大量的扬尘,且此类粉尘颗粒小、比重大,如不能及时、有效的进行粉尘捕集和过滤,不但会造成环境污染,影响设备安全和人员健康,还会造成锂电池性能下降和电池使用安全等诸多问题。因

此,锂电池生产的各个环节均配置有粉尘收集和过滤设备。

针对锂电池行业粉尘治理领域,使用传统布袋或常规滤筒存在着过滤精度不高、风阻大、能耗高及容易堵塞等问题。因此,锂电池行业粉尘治理选用合适的过滤元件,有着重要的研究意义和应用价值。

相对于传统的布袋过滤技术,高效节能滤筒具有过滤效率高、风阻低、能耗低等优点。本文旨在探讨高效节能滤筒在锂电池行业中的应用及其效果,并与传统的布袋及常规滤筒的过滤技术进行对比。为锂电行业工艺除尘治理提供新的思路和方法,为锂电池企业在选择粉尘治理技术路线时提供参考。

2. 锂电制备过程工艺与粉尘源

2.1 锂离子电池制备工艺及粉尘源

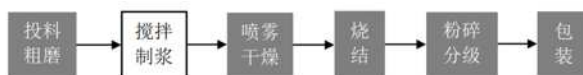


图1 正极材料(磷酸铁锂)制备工艺流程

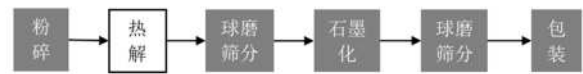


图2 负极材料制备工艺流程



图3 电芯制备工艺流程

注:流程图中深色填充的工艺点为粉尘源。

2.2 锂电池工艺粉尘特性

锂电池生产制备过程中,工艺点复杂,粉尘扬尘点较多,产生的粉尘粒径也有所不同,一般在 0.1-100 μm 之间,不同的工艺段产生不同粒径粉尘。

例如,对于正负极材料制备工艺,常见的粉尘有氧化物粉尘、碳酸盐粉尘、金属粉尘等,大多工艺会产生大量的微米级别的粉尘^[2]。对于电芯制备的冷切制片工艺,使用刀片切割,产生的金属粉尘粒径较大,激光切割产生金属粉尘粒径较小;对于焊接工艺,极耳焊接采用超声波焊接,粉尘量较少;电池外壳采用激光焊,产生粒径极小的氧化铝烟尘,存在爆炸风险等。

2.3 锂电池行业除尘滤筒应用需求

锂电行业中,生产流程长,制备工艺点多,粉尘治理面临着治理越来越小、粉尘排放难达标、集尘设备能耗大等问题。

根据锂离子电池在生产制备中粉尘的特性和生产环境洁净度的要求,除尘滤筒不但需要提高过滤精度,提供特殊的安全防护处理,延长使用寿命,同时还需要降低粉尘治理的能耗成本,在保证满足排放和净化要求的同时,降低生产成本,消除安全隐患,提高经济效益。

3. 高效节能滤筒应用研究

3.1 高效节能滤筒产品特点

节能滤筒滤料采用高性能新型覆膜滤料,滤料的多微孔结构,具有透气性能佳、粉尘拦截效率高等优点。滤筒骨架采用高分子复合材料一次成型,具有高通孔率特点,可有效降低滤筒的风阻。因此,高效节能滤筒具有过滤面积大、透气性能好、运行阻力低、能耗低、过滤效率高等特点。

3.2 节能滤筒滤料研究

在集尘系统运行时,传统布袋压差较大,造成除尘效率降低、能耗增大等问题。高效节能型滤筒使用自研的极滤®滤料,表面涂敷高通透的 ePTFE 膜滤料。ePTFE 由聚四氟乙烯树脂经拉伸等特殊工艺加工制成,富有弹性和柔韧性,具有微细纤维连接而形成的网状结构。与传统覆膜滤料相比,ePTFE 覆膜滤料微孔孔径更加均匀,使得高效节能滤筒的透气性提升 20%以上,系统阻力大为下降^[3]。

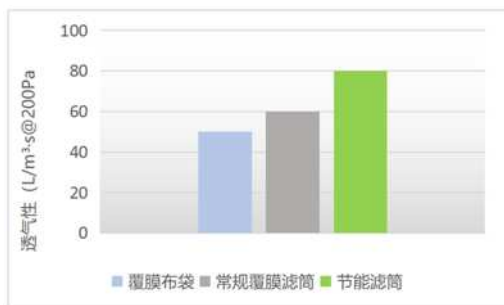


图4 透气性能对比

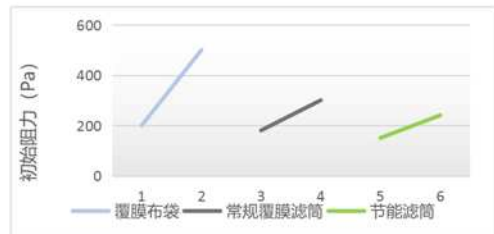


图5 初始阻力对比

3.3 高效节能滤筒骨架研究

滤筒的透气性除了滤料外,滤筒骨架的材料及结构形式也对风阻有较大的影响。常规滤筒滤筒采用镀锌金属冲孔做滤料支撑内网,为了保持骨架强度,内网开孔孔径小、开孔率偏低,导致运行风阻较大。高效节能滤筒骨架内网采用高分子复合材料一体成型,强度大,且透气通孔形状相同,总透气通孔的面积之和占内网柱面面积的 75%及以上,有效降低高效节能滤筒的运行风阻。

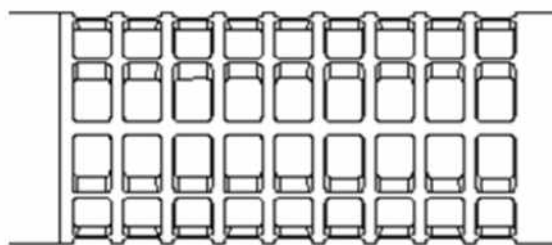


图6 高效节能滤筒骨架

3.4 节能滤筒风阻

对于传统布袋,存在过滤面积小,过滤风速大,阻力大等问题;对于常规滤筒,骨架采用金属冲孔,开孔率小,风阻高等问题。而高效节能滤筒采用高性能新型 ePTFE 覆膜滤料和高开孔率的高分子骨架,使得节能滤筒在集尘设备运行时阻力更低,确保滤筒在锂电池行业粉尘治理的性能发挥到更佳状态。



图7 过滤元件运行时内外压差

3.5 滤料过滤效率研究

覆膜滤料的选择和骨架是高效节能滤筒的核心,ePTFE 膜覆膜使得滤料的除尘机理由内层过滤转化为表面过滤,ePTFE 膜是通过双向拉伯等复杂工艺,并且经过膨化后的 PTFE 呈多层网状结构,膜的厚度约为 10 μm ,平均孔径仅有 1 μm ,有着传统 PTFE 材料本身所有的优良特性,比超细纤维滤料的孔径还要低 1-2 个数量级,有着良好的粉尘拦截和过滤效果^[4,5]。

采用 ePTFE 覆膜技术的高效节能型滤筒,对于粒径 $\geq 0.5\mu\text{m}$ 颗粒的拦截率可达 99.95%,对于粒径 $\geq 1\mu\text{m}$ 颗粒的拦截率可达 100%。

表1 高效节能型滤筒过滤效率

分组粒径, μm	≥ 0.3	≥ 0.5	≥ 1.0	≥ 3.0	≥ 5.0
分组效率, %	99.0	99.95	100.0	100.0	100.0

3.6 高效节能滤筒安全防爆研究

在锂电池生产制造过程中,会产生大量的可燃性爆炸粉尘。高效节能滤筒具有一体式防静电结构,滤料、骨架等部件上都含有导电成分,其滤筒整体的表面电阻约为 $1 \times 10^6\Omega$,能够有效地防止静电在滤料或在骨架上积聚和放电,即使在粉尘颗粒长期高强度的摩

擦下, 高效节能滤筒仍能保持良好的防静电特性^[6]。因此, 高效节能滤筒能有效地避免因静电引起的爆炸安全事故的发生。

3.7 滤料的耐磨损研究

PET 是聚对苯二甲酸乙二醇酯, 俗称涤纶树脂, PET 滤料具有强度高、耐磨性强等优点。

ePTFE 覆膜滤料是以 PET 滤料为基布, 将 ePTFE 膜与 PET 滤料经特殊工艺复合而成一种过滤材料。由于 ePTFE 和 PET 滤料的耐磨损特性, 在 PET 为基布表面上覆一层 ePTFE 微孔膜以后, ePTFE 覆膜滤料的耐磨特性更加显著。

高效节能滤筒 ePTFE 覆膜滤料的微孔透气性, 降低反吹时压手空气对滤料的影响。高分子复合材料骨架和 ePTFE 覆膜滤料的耐磨特性, 降低了滤料和骨架之间因碰撞摩擦而产生的磨损, 提高了滤料的使用寿命, 降低锂电生产企业粉尘治理的使用成本。

4. 节能滤筒在锂电除尘设备应用

4.1 节能应用

无论使用布袋除尘器或滤筒除尘器, 都是通过风机将含尘空气以负压抽吸的形式使其强行通过滤料进行过滤, 过滤后的清洁气体排入大气, 粉尘颗粒被拦截。在锂电池生产过程使用除尘系统, 含尘气体的动能来源于风机电机设备, 风机的主要参数全压是影响电机选取功率大小的因素之一。然而除尘系统风阻阻力是影响选择风机电机大小的因素之一。影响除尘系统风阻阻力因素是滤筒风阻和管路风阻, 风阻影响含尘空气的动能。当设计减低除尘滤筒的风阻时, 含尘气体的动能消耗也随着降低, 达到节约能源的目的。

而在袋除尘器中滤袋或常规滤筒部分的阻力大约占总阻力的 65% 以上, 过滤元件的风阻阻力主要是滤料和骨架所产生的风阻力。从上述可知, 滤料的性能和骨架通孔率对除尘设备的整体阻力影响最大, 改变过滤元件的阻力就可以改变设备的能耗。高效节能滤筒在透气性能上优于传统布袋或传统滤筒, 阻力也远比传统布袋或常规滤筒低, 采用节能滤筒可降低锂电除尘设备的能耗 30% 以上。

4.2 反吹节能效果

节能滤筒 ePTFE 覆膜滤料的微孔结构, 使其滤料的表面摩擦系数小, 具有良好的非黏附能力, 粉尘附着力较低, 粉尘层集聚一定厚度依靠自重可降落; 微孔膜滤料的粉尘剥离率稳定且最高达到了 98.5%, 滤料的表面清灰能力强, 避免了滤料内部的堵塞, 减少粉尘外溢情况。可降低除尘设备脉冲电磁阀的压缩空气喷吹频率, 节约压缩空气/氮气的使用量。

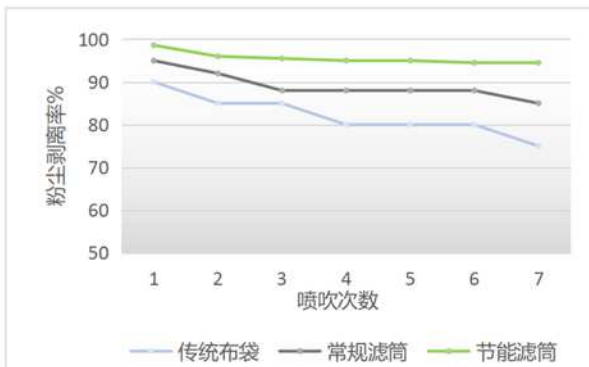


图 8 粉尘剥离率对比

5. 节能滤筒在锂电除尘应用效果

5.1 节能经济效益

在除尘节能降耗能力方面, 如图 7 所示, 使用高效节能型优氮迅®滤筒的内外阻力损失约为 400-800Pa, 使用布袋除尘或传统滤筒的内外阻力损失为 800-1500Pa。

以 1000m³/h 风量单台除尘设备进行分析对比, 经计算得出, 使用节能滤筒的除尘设备选用 5.5kw 的风机, 使用布袋/传统滤筒选用 7.5kw 的风机。年产能 5GWh 的锂电池制备工厂, 除尘处理风量约 8 万风量/小时。锂电池工厂一般为 24 小时工作制, 按一年工作 330 天计算, 节能效益如下表所示:

表 2 风机能耗经济粗算对比

节能滤筒	传统滤袋/滤筒	节约能耗值	创造经济效益 (万/年)
5.5kw × 80 台 × 24h × 330d = 3484800 kw/年	7.5kw × 80 台 × 24h × 330d = 4752000kw/年	1267200kw/年	69.696

注: 工业电费按 0.55 元/kwh 计算

粗略估算, 前者比后者每年节约电耗为 1267200kWh, 每年为企业直接节约 69.696 万元, 节能降耗效益显著。

另外, 在锂电正负极材料的制备阶段, 高效节能滤筒具有更高的过滤效率, 相比传统布袋和常规滤筒, 减少了排放, 可收集更多的高价值物料, 为企业减少不必要的损失。

5.2 社会效益

高效节能滤筒运用在锂电行业的除尘系统中, 可有效控制锂电生产制备过程中粉尘达到排放标准, 有效的降低空气粉尘环境污染, 改善空气质量, 保障人员健康。

6. 总结

通过上述理论与应用的数据说明, 高效节能滤筒作为一种高效、节能的除尘元件, 在除尘效率、节能降耗方面都优于传统布袋和常规滤筒。高效节能滤各项性能优异, 其技术及经济指标先进, 完全能够满足锂电池制备行业除尘技术指标的需求。

总体上, 高效节能滤筒是除尘节能技术领域的重要进展, 拥有更好的经济效益、社会效益, 实现降本增效, 落实节能环保政策和环境效益, 在锂电池行业有着较好的市场应用前景。

参考文献

- [1] 贾磊. 电动汽车推动锂电池市场继续扩大[J]. 无机盐工业, 2018, 50(12):1
- [2] 蒋海波. 锂电池正极材料作业场所粉尘扩散规律研究; [J]. 安全科学. 2019.