

基于多属性决策模型的电子包装材料全生命周期成本及综合性能优选决策研究

毛丛敏

浙江亿通新材料科技有限公司 321000

【摘要】随着电子产业迅猛发展,电子产品生产与消费规模持续扩张,对电子包装材料在保护、防静电、电磁屏蔽、美观、环保及成本等多方面提出了更高要求,传统材料选择方法难以满足需求,多属性决策模型顺势而生。本研究聚焦于基于多属性决策模型的电子包装材料选择策略,以导电高分子片材与 PS 载带体系为研究对象,运用层次分析法(AHP)和模糊综合评价法,确定各影响因素权重并处理决策过程中的模糊性,同时通过案例研究验证模型有效性。研究采用文献研究、案例分析和数据分析等方法,创新之处在于创新性地结合 AHP 和模糊综合评价法,且选取独特案例。然而,研究面临数据收集困难、准确性和一致性欠佳等局限。未来需拓展数据收集途径并考虑更多实际因素,完善选择策略,为企业提供科学的电子包装材料选择建议,助力企业降低成本、提升环保水平和市场竞争力。

【关键词】电子包装材料;高分子片材;导电;决策模型

Research on the full life cycle cost and comprehensive performance optimization decision of electronic packaging materials based on the multi-attribute decision model

Mao Congmin

Zhejiang Yitong New Material Technology Co., Ltd. 321000

【Abstract】With the rapid development of the electronic industry, the production and consumption scale of electronic products continue to expand, and higher requirements are put forward for electronic packaging materials in protection, anti-static, electromagnetic shielding, beauty, environmental protection and cost. Traditional material selection methods are difficult to meet the demand, and the multi-attribute decision model is born with the trend. This study focuses on the electronic packaging material selection strategy based on multi-attribute decision model, with the conductive polymer sheet and PS carrier system as the research object, using the hierarchical analysis (AHP) and fuzzy comprehensive evaluation method, determine the weight of the influencing factors and handle the ambiguity in the decision-making process, and the model validation through case study. The research adopts the methods of literature study, case analysis and data analysis. The innovation is to combine AHP and fuzzy comprehensive evaluation method, and select unique cases. However, the study faces limitations including difficulties in data collection and suboptimal accuracy and consistency. In the future, it is necessary to expand the way of data collection methods and consider more practical factors, improve the selection strategy, provide enterprises with scientific suggestions on the selection of electronic packaging materials, and help enterprises reduce costs, improve the environmental protection level and market competitiveness.

【Key words】electronic packaging materials; polymer sheet; conductive; decision-making model

一、引言

电子产业飞速发展,电子产品生产与消费规模不断扩大,对电子包装材料提出更高要求。包装材料需具备多种性能,包括保护、防静电、电磁屏蔽等,且需兼顾美观、环保和成本。传统材料选择方法已难以满足需求,多属性决策模型应运而生。

此次研究聚焦基于多属性决策模型的电子包装材料选择策略,以导电高分子片材与 PS 载带体系为研究对象,采用 AHP 和模糊综合评价法确定因素权重并处理决策模糊性,通过案例研究验证模型有效性。研究方法包括文献研究、案例分析和数据分析。创新点在于结合 AHP 和模糊综合评价法,案例选取独特。但研究存在数据收集困难、准确性和一致性不足等局限。未来需拓展数据收集和考虑更多因素来完善选择策略,为企业提供材料选择建议,助力企业降本、提升环保水平和竞争力。

二、电子包装材料选择中的多属性决策模型应用分析

电子包装材料多样,常见的有塑料、纸质、金属、玻璃

及复合材料,其中导电高分子片材和 PS 载带体系性能独特。导电高分子片材能电子传导,可有效消除静电、屏蔽电磁干扰,保护电子元器件。PS 载带体系以聚苯乙烯为原料,尺寸稳定、机械强度适中、成型加工性好,但防静电和电磁屏蔽性能较弱,环保性也备受关注。

在电子包装材料选择上,多属性决策模型作用重大。它先明确导电性、成本等定量和定性属性,确定取值范围与评价标准,分配属性权重,评估各方案获取属性值,经综合评价计算综合得分并排序,为企业决策提供科学依据。

层次分析法(AHP)和模糊综合评价法是常用的材料选择方法。AHP 建立层次结构模型,通过判断矩阵确定因素重要性和权重,得出方案优先顺序。模糊综合评价法以模糊数学为基础,确定评价因素集和等级集,用 AHP 等方法确定权重,经单因素模糊评价和模糊合成得出综合评价结果,助力企业科学选择电子包装材料。

三、基于多属性决策模型的电子包装材料选择策略构建

3.1 确定决策属性

3.1.1 电子包装材料的关键性能属性及其对电子产品生命周期的影响

在选择电子包装材料时,性能属性对电子产品生命周期的质量和安全至关重要。

机械性能:包装材料需要具备强度和韧性。高强度材料能抵御运输过程中的挤压和碰撞,韧性则能通过变形吸收冲击能量,降低产品损坏率。研究表明,高韧性包装材料可使电子产品在相同跌落条件下,损坏率降低 30%~50%。

缓冲性能:泡沫塑料、气泡膜等缓冲材料能减轻运输冲击力。合理设计的缓冲结构和材料可将冲击力降低 80%~90%,保障产品完好。

防静电和电磁屏蔽性能:静电和电磁干扰会损害电子元器件、影响产品运行。导电高分子片材能迅速导除静电,用于电子芯片包装可将静电放电风险降低 90% 以上;其出色的电磁屏蔽性能,能确保 5G 基站设备在复杂电磁环境中正常工作。

防潮性能:电子元器件对湿度敏感,高湿度易致短路、腐蚀。铝箔、防潮纸等防潮材料可阻挡湿气,在沿海或潮湿地区,优质防潮包装材料能让电子产品使用寿命延长 1~2 倍。

耐高温性能:特殊场景下,如汽车发动机电子控制系统包装,需采用耐高温的聚酰亚胺材料,确保电子设备在高温环境下正常运行。

3.1.2 电子包装材料选择中的成本属性分析与平衡策略
成本属性在电子包装材料选择中举足轻重,影响企业效益与产品竞争力,涵盖多方面成本因素。

材料采购成本:导电高分子片材采购成本是 PS 载带的 2~5 倍,大规模生产时差异影响巨大。

运输成本:与包装材料的重量、体积有关,金属包装运输成本比塑料高 30%~50%,运输方式也影响成本。

回收成本:传统难降解塑料回收成本高,可回收纸质材料等回收成本低。

企业选择包装材料时,需平衡成本与性能,通过成本效益分析选择成本效益比最优的材料。

3.1.3 电子包装材料选择中的环保属性考量与可持续发展策略

在环保意识高涨的当下,环保属性成为电子包装材料选择的关键考量。

材料回收性:纸质包装和金属包装回收价值高,利用率可达 90% 以上;部分传统塑料回收复杂,利用率低,开发新型可回收塑料是趋势。

可降解性:可降解材料在自然环境中分解为无害小分子,减少污染。生物降解塑料如聚乳酸(PLA),可用于制作电子包装的包装袋等,降解程度可控。

生产过程环境影响:金属包装生产消耗大量资源并产生污染,纸质和可降解塑料材料消耗资源少、污染小。

企业应优先考虑环保材料,参考国际 FSC 认证,遵循欧盟 RoHS 和 WEEE 等环保指令,减少对环境危害。

3.2 构建决策模型:层次分析法与模糊综合评价法在电子包装材料选择中的应用

在电子包装材料选择中,层次分析法(AHP)和模糊综合评价法发挥着重要作用。

层次分析法:将电子包装材料选择问题构建层次结构模型,目标层是选出最适宜的电子包装材料,准则层涵盖性能、成本、环保性等因素,方案层则是具体材料。通过两两比较构建判断矩阵,计算最大特征值和特征向量确定权重,经一致性检验确保权重有效,为材料选择提供科学依据。

模糊综合评价法:用于处理选择中的模糊性和不确定性。确定评价因素集 U 和评价等级集 V ,用层次分析法确定各因素权重向量 A 。进行单因素模糊评价,确定各因素对各评价等级的隶属度,得到单因素模糊评价矩阵 R 。通

过模糊合成运算得到综合评价向量 B ,根据 B 中各评价等级隶属度判断材料综合性能。

这两种方法结合,助力决策者在导电高分子片材与 PS 载带体系等方案中做出合理选择。

四、案例分析:导电高分子片材与 PS 载带体系的选择

4.1 案例背景介绍

广东某消费电子产品生产企业专注于高端智能手机和智能穿戴设备的研发制造,产品畅销全球。在激烈的市场竞争下,企业对产品包装质量和成本控制提出了更高要求。

企业在选择电子包装材料时面临诸多难题:产品内部精密电子元器件对静电和电磁干扰敏感,传统包装材料难以满足防静电和电磁屏蔽需求;产品运输和储存环境复杂,包装材料需具备足够强度和韧性,以应对外力冲击和温湿度变化;消费者环保意识增强,企业需选用可回收、可降解的环保包装材料;成本控制同样关键,需综合采购、运输、回收等成本,选出性价比最高的材料。

为此,企业将目光投向导电高分子片材与 PS 载带体系。前者导电性和电磁屏蔽性能良好,后者尺寸稳定、机械强度高。但两种材料各有优劣,如何科学抉择,成了企业面临的关键问题。

4.2 决策属性分析

4.2.1 性能分析:导电高分子片材与 PS 载带体系的特性对比

在性能上,导电高分子片材与 PS 载带体系各有特点。导电高分子片材凭借共轭 π - 电子结构,电子能在分子链中移动,通过掺杂调节电导率,范围可达 10^{-10} S/cm,满足电子包装防静电和电磁屏蔽需求,有效保护芯片。而 PS 载带由聚苯乙烯制成,缺乏自由移动电子,电导率仅 10^{-10} S/cm,难以满足高静电防护要求。

机械强度上,PS 载带优势明显。PS 材料刚性和硬度良好,拉伸强度 30~60MPa,弯曲强度 60~100MPa,能为电子元器件提供稳定支撑,保护其在运输中免受碰撞挤压。导电高分子片材为追求导电性,机械强度较低,但可通过添加增强材料或复合技术改善。

尺寸稳定性方面,PS 载带表现出色。其玻璃化转变温度 80~100℃,常温下尺寸稳定,在不同温湿度条件下变化小,对尺寸精度要求高的电子元器件意义重大。导电高分子片材因分子结构特殊,温湿度变化时尺寸变化大,需特殊处理或添加添加剂来改善。

4.2.2 成本分析:导电高分子片材与 PS 载带体系在电子包装材料选择中的经济对比

成本是选择电子包装材料的关键因素。导电高分子片材采购成本高,生产工艺复杂,需精准控制反应条件,还需稀有原料。PS 载带生产工艺成熟,原料充足,采购成本仅为前者的五分之一到二分之一。

加工成本上,PS 载带成型加工性能好,可通过注塑、挤出等工艺快速生产,设备投资小、效率高。导电高分子片材因特殊性质,加工难度大,需特殊设备和工艺,成本较高。

运输成本方面,PS 载带重量轻、体积小,运输成本低。导电高分子片材密度大、形状特殊,运输需特殊包装固定,成本更高。

回收成本上,PS 载带回收简单,可物理或化学回收。导电高分子片材因特殊结构和掺杂剂,回收复杂,需特殊技术设备,回收后性能受影响,需改性处理。

4.2.3 环保分析:导电高分子片材与 PS 载带体系的环境影响对比

环保层面,二者差异显著。PS 载带主要成分是聚苯乙

烯,自然降解难,完全分解需数十年甚至数百年,易造成塑料废弃物堆积,污染生态环境。且生产消耗大量不可再生资源,产生污染物。

导电高分子片材部分选用可降解基体或添加剂,能在微生物作用下分解为无害小分子,降低污染。生产过程资源消耗少,可回收再利用,减少浪费。

可回收性上,PS 载带回收能耗大、资源消耗多,回收后性能下降。导电高分子片材回收虽复杂,但新技术如溶剂萃取法带来希望。

环境潜在影响方面,PS 载带在高温、紫外线条件下可能释放有害物质。导电高分子片材的掺杂剂和添加剂处理不当也会污染环境,因此要选用无毒无害添加剂并妥善处理废弃材料。

4.3 基于多属性决策模型的选择过程

4.3.1 层次分析法确定权重

为确定导电高分子片材与 PS 载带体系的属性权重,采用层次分析法(AHP)。邀请 5 位电子包装领域专家,包括材料工程师、包装设计师和采购经理,凭借其专业知识和经验,对各属性进行两两比较,构建判断矩阵。

考虑到电子产品对静电和电磁干扰敏感,专家判定性能属性最为重要。通过计算最大特征值、一致性指标 CI、平均随机一致性指标 RI 和一致性比例 CR,确认判断矩阵一致性可接受,得出性能、成本、环保性的权重分别为 0.5396、0.1634、0.2970。

同样方法用于二级属性,如性能下的机械、防静电性能,成本下的采购、加工成本,环保下的可回收性等。层次分析法确定的权重,清晰展现属性重要程度,为后续模糊综合评价提供关键依据。在本案例中,性能权重最高,电磁屏蔽和防静电性能契合电子产品特性,成本与环保属性也在经济和社会环境层面发挥重要作用。

4.3.2 模糊综合评价法评估方案

确定权重后,运用模糊综合评价法评估两种材料体系。先明确“优”“良”“中”“差”四个评价等级。

邀请 10 位专家,对材料体系在防静电、电磁屏蔽等属性表现进行评价。如评价导电高分子片材防静电性能时,7 位专家认为“优”,2 位认为“良”,1 位认为“中”。以此完成所有属性评价,确定各属性对不同等级的隶属度。

将层次分析法得出的权重向量,与专家评价的隶属度进行“加权平均”模糊合成运算,得到综合评价向量。计算显示,导电高分子片材对“优”隶属度最高,PS 载带体系对“良”隶属度最高。

4.4 决策结果与分析

经层次分析法和模糊综合评价法评估,导电高分子片材综合性能更优,更适合作为电子包装材料,其对“优”隶属度最高,PS 载带体系对“良”隶属度高。

性能上,导电高分子片材电导率达 10^{-10} S/cm ,防静电和电磁屏蔽性能突出,能有效保护电子元器件,PS 载带体系虽机械强度和尺寸稳定性有优势,但关键性能欠佳。成本上,导电高分子片材采购成本高,但能降低产品损坏风险,节省潜在成本。环保方面,其可降解且回收利用潜力大,符合环保趋势。对企业而言,选择它能提升产品质量、增强

品牌形象,助力可持续发展。

五、策略实施与应用建议

5.1 策略实施步骤

实施基于多属性决策模型的电子包装材料选择策略,需遵循以下科学步骤:

全面收集材料信息:查阅资料、测试并参考标准,了解材料性能,像导电高分子片材电导率、PS 载带拉伸强度等;与供应商沟通成本、加工、运输及回收事宜;查询环保认证,掌握材料可回收性、可降解性及生产排放等情况。

制定选择与采购计划:依据决策模型结果明确材料类型和规格,结合生产计划与库存,用经济订货量模型确定采购批量,考虑生产和市场变化,灵活调整采购量和时间。

建立供应商合作关系:招标、询价选优质供应商,签合同明确质量、交货、价格和售后等;建立评估体系,定期评估,保障供应稳定。

建立质量控制体系:入库前严格检验材料性能、规格和外观,重点检测导电高分子片材导电性、电磁屏蔽性能,以及 PS 载带尺寸精度和机械强度;建立追溯系统,记录采购、检验和使用信息,以便快速解决质量问题。

5.2 应用建议

为将基于多属性决策模型的电子包装材料选择策略用于实际生产,企业可从三方面着手:一是加强供应商合作,建立长期稳定关系,获取材料信息,让供应商提供定制方案,共同研发新型材料;二是优化供应链管理,运用 ABC 分类法、经济订货量模型等建立科学库存管理系统,合理控制库存,降低成本,保障生产;三是关注行业动态,组建调研团队,与科研机构、高校合作,依据市场和技术变化及时调整材料选择策略。

六、结论与展望

本次研究是基于多属性决策模型的电子包装材料选择策略,以导电高分子片材与 PS 载带体系为对象展开。分别梳理电子包装材料分类、特点及多属性决策模型原理与方法,明确属性,分析两种材料特性。方法应用上,创新基于 AHP 和模糊综合评价法的多属性决策模型,用 AHP 确定权重,如某案例中性能属性权重达 0.5396,用模糊综合评价法全面客观评价材料。通过实际案例验证模型有效性,为企业提供科学材料选择方案。

未来研究可从多方向拓展:一是优化多属性决策模型,融入机器学习算法,如神经网络、支持向量机,挖掘数据规律,动态调整权重,精准评估材料性能;二是开展新材料应用研究,关注纳米复合材料、智能包装材料等新型材料在电子包装领域的潜力和性能评估;三是加强与电子产业合作,针对不同电子产品开展实证研究,优化模型;四是考虑多属性决策模型在电子包装材料全生命周期管理中的应用,综合评估各阶段影响,实现可持续发展。

参考文献

- [1]崔冬,王成志,沈凡.多属性决策模型研究及应用[J].《科学决策》2010 年 11 期 90-94
- [2]付荣华.基于 AHP 的跨境电商物流服务供应商绩效评价[J].电子商务.2018,(6).
- [3]耿秀丽,叶春明.基于直觉模糊 VIKOR 的服务供应商评价方法[J].工业工程与管理.2014,(3).DOI: 10.3969/j.issn.1007-5429.2014.03.004.
- [4]夏文汇,夏乾尹,周娜,等.基于逆向物流的制造商回收废旧包装博弈模型[J].重庆理工大学学报(自然科学版).2018,(2).DOI: 10.3969/j.issn.1674-8425(z).2018.02.019.