

工程橡胶产品检测的标准化流程与质量控制技术探讨

王月红^{1*}, 陈丙瑞², 何林楠³, 王硕³

(1. 衡水市综合检验检测中心, 衡水 053000; 2. 衡水市质量和标准化研究院, 衡水 053000;
3. 恒为检验检测认证(河北)集团有限公司, 衡水 053000)

摘要: 工程橡胶产品广泛应用于建筑、交通、工业等领域, 其质量直接关系到工程的安全和寿命。因此, 建立科学的检测标准和质量控制技术至关重要。本文首先介绍了工程橡胶产品的基本特性及其主要应用领域, 随后探讨了工程橡胶产品检测的标准化流程, 涵盖物理性能测试、化学成分分析和使用性能评估等方面。针对质量控制技术, 本文详细阐述了生产过程中的控制方法, 原材料的选择与检测, 以及成品检验的关键环节。最后, 结合当前的技术进步, 展望了未来工程橡胶产品检测和质量控制技术的发展趋势, 尤其是智能化检测和环保材料的应用。本研究对于提升工程橡胶产品的性能、延长其使用寿命、保障工程安全具有重要意义, 同时为相关行业制定检测标准和质量控制规范提供了理论依据与技术支持。

关键词: 工程橡胶产品; 检测标准化流程; 质量控制

Discussion on standardized process and quality control technology of engineering rubber product testing

WANG Yue-Hong^{1*}, CHEN Bing-Rui², HE Lin-Nan³, WANG Shuo³

(1. Hengshui Comprehensive Inspection and Testing Center, Hengshui 053000, China; 2. Hengshui Institute of Quality and Standardization, Hengshui 053000, China; 3. Hengwei Inspection and Certification (Hebei) Group Co., Ltd., Hengshui 053000, China)

ABSTRACT: Engineering rubber products are widely used in construction, transportation, industry, and other fields, and their quality is directly related to the safety and longevity of projects. Therefore, establishing scientific testing standards and quality control techniques is crucial. This paper first introduces the basic characteristics of engineering rubber products and their main application areas, followed by a discussion on the standardized testing process, including physical property testing, chemical composition analysis, and performance evaluation. In terms of quality control techniques, the paper details the control methods during production, the selection and testing of raw materials, and the key stages of finished product inspection. Finally, with reference to current technological advances, the paper looks ahead to the future development trends of testing and quality control technologies for engineering rubber products, particularly focusing on intelligent testing and the use of environmentally friendly materials. This study is of great significance for improving the performance of engineering rubber products, extending their service life, and ensuring project safety, while also providing theoretical and technical support for the formulation of testing standards and quality control specifications in relevant industries.

KEY WORDS: engineering rubber products; testing standardization process; quality control

0 引言

工程橡胶产品在现代工程建设中占据举足轻重的地位, 广泛应用于建筑、交通、工业等领域, 尤其在防水、防震、减震等方面发挥着不可替代的作用。由于工程橡胶材料具有优异的

弹性、耐磨、耐候及抗震性能, 它在应对各种环境条件时能够保持稳定的物理和化学特性, 满足多样化的工程需求。在建筑行业, 橡胶支座和密封件普遍用于桥梁、高层建筑等结构中, 以减缓震动、提高结构稳定性, 并保障建筑密封性能。在交通领域, 橡胶减震垫被广泛应用于铁路、公路的减震系统, 有效

* 通信作者: 王月红, 硕士, 高级工程师, 研究方向为质量工程技术。E-mail: 416576483@qq.com

* Corresponding author: WANG Yue-Hong, Master, Senior Engineer, Hengshui Comprehensive Inspection and Testing Center, Hengshui 053000, China. E-mail: 416576483@qq.com

减少设备磨损和振动影响。在制造业中,橡胶材料则在机械系统中承担着关键的减震与密封作用。同时,在环境保护相关领域,橡胶制品凭借卓越的抗腐蚀与抗老化能力,常用于废液处理装置中,延长设备使用寿命并提高可靠性。正因如此,确保工程橡胶产品的质量至关重要。科学的检测标准和严密的质量控制体系不仅能够保证产品的各项性能指标符合工程要求,还能有效提高产品的使用寿命,降低维护成本,提升产品在市场中的竞争力。本文将系统探讨工程橡胶产品的检测流程与质量控制技术,为该领域提供理论参考和实践指导。

1 工程橡胶产品检测的标准化流程

1.1 物理性能测试

物理性能测试是工程橡胶产品检测的基础,主要包括拉伸强度、伸长率、硬度、压缩永久变形等项目。这些测试能够评估橡胶材料的基本机械性能,确保其在实际应用中的可靠性。

1.1.1 拉伸强度和伸长率

橡胶材料在拉伸过程中的最大承受力称为拉伸强度,而伸长率则描述材料断裂时的形变程度。通常,为了测定材料的拉伸强度和伸长率,会使用拉力试验机进行相应的测试。以某种橡胶材质为例,在进行拉伸强度测试后,得到的测试结果为15 MPa,同时其伸长率达到了400%。根据所获取的数据,该材料展现了显著的抗拉伸破坏能力,同时具备优秀的形变能力。

测试方法:根据国家标准,GB/T 528—2009《硫化橡胶或热塑性橡胶拉伸应力应变性能的测定》的标准方法制备标准哑

铃状试样,将其固定于测试机上,进行等速拉伸,并监测记录最大抗力和样品断裂时的形变数据^[1]。

1.1.2 硬度

硬度是指材料抵抗局部变形的能力,通常使用邵氏硬度计进行测试。橡胶材料的硬度范围一般在20-90 Shore A之间。以某橡胶材料为例,其邵氏硬度测试结果为70 Shore A。这表明该材料具有适中的硬度,能够在一定压力下保持稳定的形状。

1.1.3 压缩永久变形

压缩永久变形是指橡胶材料在一定压缩应力下,保持一段时间后,释放应力时的残余变形量。以某橡胶材料为例,在23°C环境下,50%压缩应力作用24小时后的压缩永久变形为10%。这一数据表明该材料在长时间压缩作用下具有较好的恢复能力,材料的压缩永久变形大小受交联度、填料类型等因素影响,合理调整橡胶配方和制造工艺,有助于优化该性能,提升产品的耐久性和可靠性^[2]。

测试方法:根据国家标准化管理委员会发布的标准《硫化橡胶或热塑性橡胶压缩永久变形的测定 第1部分:在常温及高温条件下》(GB/T 7759.1—2015),制备圆柱形试样,施加规定的压缩应力,保持一段时间后,释放应力,测量恢复后的变形量。具体操作步骤包括:在标准环境条件下(23°C、50% RH)将样品置于压缩装置中,施加规定的压力,并保持24小时。然后释放压力,测量橡胶恢复后的形变量,以评估其恢复性能^[3]。如表1所示。

表1 某橡胶材料的物理性能测试数据
Table 1 Physical property test data of a rubber material

测试项目	测试方法	测试条件	测试结果
拉伸强度(MPa)	GB/T 528	23°C, 50%RH	15
伸长率(%)	GB/T 528	23°C, 50%RH	400
邵氏硬度(Shore A)	GB/T 531.1	23°C, 50%RH	70
压缩永久变形(%)	GB/T 7759	23°C, 50%RH, 24 小时	10

1.2 化学成分分析

进行化学组成的研究是了解橡胶产品在化学性质上的稳定性和抗老化能力的重要方法,其中包括了对其硫化水平、添加剂的种类与分布均匀性等多个维度的评估。

1.2.1 硫化程度

橡胶材料的性能,包括机械性能和耐老化性能,其决定因素在于硫化程度所影响的交联密度。借助差示扫描量热法等热分析技术,测定橡胶材料的硫化进程,以此评估其硫化程度。以特定橡胶材料为研究对象,观察其硫化过程的曲线变化,发现该材料在硫化的初始阶段温度设定为150°C,而在峰值阶段温度提升至170°C,由此可知,该橡胶材料在较高温度条件下展现出优异的硫化特性^[4]。

测试方法:根据国家标准化管理委员会发布的标准《塑料差示扫描量热法(DSC)第6部分:氧化诱导时间(等温OIT)和氧化诱导温度(动态OIT)的测定》(GB/T 19466.6—2009)中的方法制备试样,进行温度扫描,记录硫化曲线,分析硫化特

性^[5]。

1.2.2 添加剂含量

在橡胶材料的制备过程中,普遍会加入各类填料、增塑剂、抗氧化剂等添加剂,目的是提升其综合性能。借助光谱分析技术,如傅里叶变换红外光谱(FTIR),对添加剂的含量及其在配方中的分布进行精确测定,以此确保配方的科学性和均匀性。选取一种橡胶材料进行研究,采用傅里叶变换红外光谱(FTIR)技术对其进行分析,结果表明该材料中炭黑的质量分数为30%,而增塑剂的质量分数为10%。数据显示,该配方中各组成部分的比例分配恰当,实现了均匀分散^[6-10]。

测试方法:利用傅里叶变换红外光谱仪对试样进行光谱扫描,以分析添加剂的含量和分布情况。

1.2.3 均匀性

橡胶材料的均匀性对于其性能表现及使用年限有着直接的决定作用。借助扫描电子显微镜(SEM)技术,可以细致地观察橡胶材料的微观结构,借此评价其内部的均匀性与组分分布

情况。选取一种橡胶材料进行研究,通过扫描电子显微镜(SEM)观察其微观结构,结果显示其分布均匀,未观察到显著的聚集区域,从而证实了该材料具备良好的均一性^[11-12]。

测试方法:采用扫描电子显微镜,按标准方法(如GB/T 3301)制备试样,进行显微观察,分析材料的均匀性和分散性^[13]。

1.3 使用性能评估

使用性能评估是模拟橡胶产品在实际环境中的性能变化,主要包括耐候性、耐油性、耐化学腐蚀性等项目。

1.3.1 耐候性测试

耐候性测试通过紫外光加速老化试验,评估橡胶材料在长期阳光照射下的性能变化。以某橡胶材料为例,在紫外光照射 1000 小时后的拉伸强度下降率为 15%,伸长率下降率为 20%。这些数据表明该材料在紫外光照射下具有较好的耐候性^[14-15]。

测试方法:根据国家标准化管理委员会发布的标准《塑料实验室光源暴露试验方法 第 2 部分:氙弧灯》(GB/T 16422.2—2022),对试样进行紫外光照射,定期测量性能变化^[16]。

1.3.2 耐油性测试

耐油性测试通过浸油试验,测定橡胶材料在油类介质中的性能变化。以某橡胶材料为例,在浸泡于 10 号机油中 100 小时后的体积膨胀率为 5%,拉伸强度下降率为 10%。这些数据表明该材料在油类介质中具有较好的耐油性。

测试方法:根据国家标准化管理委员会发布的标准《硫化橡胶或热塑性橡胶 耐液体试验方法》(GB/T 1690—2010),浸泡于规定的油类介质中,定期测量性能变化^[17]。

1.3.3 耐化学腐蚀性测试

耐化学腐蚀性测试通过化学试剂浸泡试验,评估橡胶材料在不同化学介质中的耐腐蚀性。以某橡胶材料为例,在硫酸溶液中浸泡 100 小时后的质量变化率为 2%,拉伸强度下降率为 8%。这些数据表明该材料在酸性环境中具有较好的耐化学腐蚀性^[18]。

测试方法:按标准方法制备试样,浸泡于规定的化学试剂中,定期测量性能变化。

2 工程橡胶产品的质量控制技术

2.1 原材料控制

在工程橡胶产品质量控制系统中,原材料的质量构成了其根本性要素,直接影响着最终产品的性能。在产品质量控制流程中,首要任务是对原料进行精细挑选与严格检验,以确保其满足既定的规范与标准。对橡胶、填料、添加剂等组成物质进行详尽的质量评估,是确保最终产品材质达到预定标准的关键环节。利用尖端检测技术及设备,能够对原材料的各类属性进行精确测评。以天然橡胶为对象进行的检测工作,利用气相色谱法(GC)对其中挥发性成分进行分析,以保证其纯度达到 99% 以上的标准。利用比表面积测定仪(BET),对炭黑的比表面积进行测定,以保证其在 80~120 m²/g 之间,从而确保炭黑的质量。

构建一套严谨的供应商管理系统,是保障原材料质量恒定性的关键策略。经过对供应商的全面评价与仔细审查,能

够甄别出符合标准的供应商,并进而与他们构建持久合作纽带。在对供应链中的合作伙伴进行细致审查的过程中,涉及对质量管理体系的合规性审核(例如遵循 ISO 9001 标准),以及对生产潜力和供应链持续性的考察。企业应按既定周期对供应商进行评定,以验证其提供的原材料是否满足既定的质量标准。

2.2 质量控制检测技术

工程橡胶产品的质量控制不仅仅依赖于生产过程的优化,还需通过精密的质量检测技术来确保每个环节符合标准。生产过程中的每一个重要环节,均需通过严格的检测程序进行验证,以确保最终产品达到设计要求。物理性能检测包括对橡胶支座、密封件等成品的拉伸强度、硬度、压缩永久变形等物理指标进行检测。例如,采用拉伸试验机对样品进行拉伸强度测试,确保其符合设计标准;使用 Shore 硬度计测定产品的硬度值,保证其在标准范围内。

化学性能检测包括对橡胶的硫化程度和添加剂含量的检测。通过差示扫描量热仪(DSC)分析硫化热量变化,评估橡胶硫化的充分程度,确保其具有理想的物理性能;同时,采用气相色谱法(GC)分析添加剂含量,确保其在合理范围内,避免过量使用不符合环保要求的添加剂。对橡胶制品进行紫外线老化测试、热老化测试、耐油性和耐化学腐蚀性测试等,以评估其在长期使用中的稳定性和可靠性。如采用紫外光老化试验箱进行耐紫外线老化测试,以模拟产品在户外环境中的老化表现。

2.3 成品检测与验收

成品质量检验是工程橡胶产品生产流程终结阶段的最终质量控制环节,此环节通过对成品的详尽检验与评定,以保证产品满足既定的技术规范与顾客期望。对成品样本进行细致的实验分析,深入评估其物理属性、化学组成以及实际应用中的表现,以确保各项标准化指标均得到满足。^[19]针对橡胶支座,进行其物理属性的检验,涵盖拉伸力度、硬度以及压缩后的持久形变等指标;开展橡胶密封件的化学组成分析,涵盖对其硫化水平及添加剂含量的测定等检验项目;针对橡胶制成的减震垫,进行其在耐受天气变化、耐油渍侵蚀、抗化学性质侵蚀等方面的性能评估。例如,某批次橡胶支座的全面检测结果显示,拉伸强度为 15 MPa,硬度为 70 Shore A,压缩永久变形为 10%,各项指标均符合标准。

采用科学的抽样方法,对批量生产的产品进行验收,确保每批产品的质量稳定。具体措施包括制定抽样标准,明确抽样方法和样本量;实施抽样检测,按照标准对抽样样本进行全面检测;分析检测结果,评估批量产品的质量。某企业通过实施抽样验收,批量产品的合格率从 95% 提高到 97%。建立用户反馈机制,及时收集和分析用户反馈的信息,改进和优化产品质量。具体措施包括建立用户反馈系统,收集用户对产品的评价和建议;实施用户满意度调查,评估用户对产品质量的满意度;分析用户反馈的信息,发现和解决产品质量的问题。例如,某企业通过实施用户反馈机制,用户满意度从 85% 提高到 90%。某批次橡胶支座的全面检测结果如表 2 所示^[20]。

表2 某批次橡胶支座的全面检测结果
Table 2 Full test results of a batch of rubber bearing

测试项目	标准要求	检测结果
拉伸强度(MPa)	≥12	15
硬度(Shore A)	60~75	70
压缩永久变形(%)	≤15	10
硫化程度(ΔH, J/g)	≥50	55
添加剂含量(%)	5-10	8
耐候性(1000 h, Δ%)	≤20	15
耐油性(100 h, Δ%)	≤10	5
耐化学腐蚀性(100h, Δ%)	≤10	8

3 未来发展方向

科技进步与市场需求变动共同推动了工程橡胶产品检测标准与质量控制技术的持续演进。借助人工智能与大数据技术,构建一套高效准确的智能检测体系,以便对橡胶产品进行全面且即时的检测与监控。在环保意识日益增强的背景下,研发低污染的绿色橡胶素材,成为推动材料科学进步的关键路径。借助技术革新之道,打造出色性能且环境友好型橡胶制品,以迎合市场所需。在全球化步伐不断加快的当下,形成一致的产品检验规范与严格的品质监管架构,成为增强商品在国际市场竞争力的关键手段。借助标准化手段,促进工程橡胶产品按照既定规范生产,并向国际标准靠拢,进而助推整个行业的良性增长。

4 结束语

工程橡胶产品检测的标准化流程和质量控制技术是保证产品质量、提升其可靠性的关键手段。本文通过介绍工程橡胶产品的基本特性及其在建筑、交通和工业等领域的广泛应用,深入探讨了其物理性能测试、化学成分分析以及使用性能评估的标准化检测流程。同时,详细阐述了质量控制技术的具体实施方法,包括生产过程中的质量控制、成品检测等环节。通过这些科学的检测方法和严格的质量控制体系,能够确保橡胶产品的各项性能指标符合标准和用户需求。未来,随着科技的进步和市场的变化,检测和质量控制技术将不断发展和完善,借助自动化和智能化手段,为工程橡胶产品的应用提供更加可靠的保障,并推动行业标准的进一步提升。

参考文献

- [1] 国家质量监督检验检疫总局,国家标准化管理委员会.硫化橡胶或热塑性橡胶拉伸应力应变性能的测定:GB/T 528—2009[S].北京:中国标准出版社,2009.
- [2] 陈君雪.ISO22941:2021 主要检测项目的技术性分析与国内橡胶奶牛垫标准展望[J].中国标准化,2024,(12):111-114.
- [3] 国家质量监督检验检疫总局,国家标准化管理委员会.硫化

橡胶或热塑性橡胶压缩永久变形的测定第1部分:在常温及高温条件下:GB/T 7759.1—2015[S].北京:中国标准出版社,2015.

- [4] 何松,周田,陈健,等.橡胶密封材料的二甲醚-石油气复合燃气耐腐蚀性能研究[J].液压气动与密封,2024,44(05):122-128.
- [5] 国家质量监督检验检疫总局,国家标准化管理委员会.塑料差示扫描量热法(DSC)第6部分:氧化诱导时间(等温OIT)和氧化诱导温度(动态OIT)的测定:GB/T 19466.6—2009[S].北京:中国标准出版社,2009.
- [6] 张相胜,杨骁.基于改进YOLOv7-tiny的橡胶密封圈缺陷检测方法[J].图学学报,2024,45(03):446-453.
- [7] 王靖宇.南水北调大宁调蓄水库橡胶坝工程质量评价分析[J].水利科学与寒区工程,2024,7(02):104-108.
- [8] 徐高辉.橡胶改性乳化沥青混凝土施工要点[J].运输经理世界,2023,(33):155-157.
- [9] 杨柳,姜莹,陈宇方,等.天然橡胶、异戊橡胶和天然橡胶/异戊橡胶并用胶的鉴定方法[J].合成橡胶工业,2023,46(06):449-456.
- [10] 蔡观新.高速公路养护施工中橡胶沥青的应用[J].交通世界,2023,(30):41-43.
- [11] 黄超.公路路面橡胶沥青碎石应力吸收层设计及施工问题探讨[J].交通世界,2023,(29):68-70.
- [12] 米晓丽.橡胶沥青及胶粉双复合改性沥青混凝土路面施工技术[J].交通世界,2023,(28):121-123.
- [13] 刘晋斌,庄道军.非接触式检测技术在橡胶件质量控制中的应用研究[J].机电产品开发与创新,2023,36(05):102-105.
- [14] 巫舒宁.板式橡胶支座抗压弹性模量试验检测[J].四川建材,2023,49(09):184-186.
- [15] 许言明.浅谈影响橡胶制品刚度性能的主要因素[J].橡塑资源利用,2023,(04):1-6.
- [16] 肖克彦,宋培振.石墨烯复合橡胶改性沥青路面性能研究[J].交通世界,2023,(24):20-22.
- [17] 陆少华.橡胶沥青及单粒径碎石应力吸收层的施工技术要点[J].交通世界,2023,(22):110-112.
- [18] 王哲.橡胶坝技术在城区河道水环境治理中的应用[J].四川水力发电,2023,42(02):35-38,49.
- [19] 孔欣欣.衡水市工程橡胶产业发展分析[J].化工管理,2021,(18):5-6.
- [20] 于宗南.氧化石墨烯在工程橡胶履带花纹侧胶中的应用[J].橡胶科技,2018,16(10):24-26.

作者简介

王月红, 硕士, 高级工程师, 研究方向为质量工程技术。