

先进光谱技术在纺织纤维成分快速鉴定中的应用

毛立波¹ 戴江英²

(1. 欧标检测技术(杭州)有限公司 浙江杭州 310000; 2. 绍兴中纺联检验技术服务有限公司 浙江绍兴 312000)

摘要: 纤维作为纺织品的原料,在纺织制品中占有举足轻重的地位,其性能与质量关系到纺织品的品质与等级。因为纤维的类型和化学结构的多样性,导致许多纺织原材料在同一企业生产的同一品种间有一定的差别,这就是组成的差别,也就是织物中含有的纤维的种类和含量有差别。随着科技的进步和人民生活的不改善,大量种类、规格、品质各异的纺织品充斥于纺织市场,对其所包含的成分进行鉴定是一个非常重要的课题。但因其组成复杂,传统的鉴定方法很难达到鉴定的要求。因此需要寻找一种快速、准确、高效地鉴别纺织品纤维成分的方法。近年来光谱技术在纺织纤维成分鉴定领域中得到了广泛应用。

关键词: 光谱技术; 纤维成分; 快速鉴定

引言

纺织纤维组分的快速识别是一项非常复杂的工作,其中包括了许多化学分析手段,如红外光谱、紫外可见光谱、拉曼光谱和热分析等。在现代科技发展的推动下,针对各种不同特性和应用场合的被测目标,科学家们不断探索并开发出更为精确的探测技术。特别是在光谱学领域,随着测量仪器精度和分析算法的不断进步,这门学科已经成为一种不可或缺的测试工具。近红外光谱技术以其高分辨率和较低的样品损伤风险而受到青睐;拉曼光谱分析则凭借其独特的荧光现象,为物质的分子组成提供了深入见解;热分析则通过研究材料在热作用下的行为变化,来揭示其内部结构信息。这些技术不仅极大地丰富了我们物质世界的认识,也为相关产业的发展带来了革命性的突破。对于这些前沿技术,我们不仅进行了系统性的概述,而且还开展了初步的研究工作,旨在进一步深化理解并将它们应用于更多实际问题中。

一、光谱检测原理

光谱技术按其作用机理可分为定性研究与定量研究。在定性研究中,定性研究侧重于定性研究,定量研究主要是定量分析。其中,近红外光谱法是一种极具发展前景的分析方法。近红外光谱学(NIR)是一种基于材料在红外波段的吸收性质,可以快速、无损、原位地检测样品中的成分。相对于传统的定性、定量检测技术,该技术具有灵敏度高、损伤小、检测限低、可实时检测等优点,是目前最受欢迎的检测技术之一^[1]。

二、光谱仪器的选择

2.1 分辨率

光谱仪器的分辨能力是指在光谱中所包含的像素数据,通常用“ppb”来表示,通常用波长来表示。在实际应用中,由于光纤组分复杂,待测样品种类繁多,必须依据待测对象选用高分辨的光谱仪。在对光纤组分进行测试时,光谱仪的分辨力是由测试样本的多少来决定的。当多个样本同时探测时,必须调整光谱仪器的分辨力。通常,在光谱仪的分辨力为100纳米的条件下,待测样本数为5的情况下,选用最大(最大)的分辨力(200 nm);在分析仪器的分辨力为300 nm,待测样本个数为10的情况下,选用了最小的600 nm分辨力。

2.2 扫描范围

光谱仪器的扫描距离(又称为“光谱距离”)是指仪器能够探测到的波段,它直接影响着光谱设备的分辨能力,所以在选用光谱仪的时候,一定要把扫描距离作为首要条件。当样品要进行定量分析时,应选用宽量程的光谱仪,这样就能在一定程度上降低测量所需波长,节省费用。当样品无需进行定量分析时,应尽量减少扫描波段,这样既可以有效地减少探测波长,又不会对探测结果产生影响。通常情况下,选择扫描范围较小的光谱仪可以更好地保证光谱

仪器检测效果的一致性。具体情况还需结合样品特征和分析需求来确定。

2.3 速度

在测量时,要校正试样的浓度,同时,由于测量的速度,也会对测量结果产生一定的影响。随着扫描速率的提高,测量精度也随之提高。但是,在实际应用过程中,很难获得理想的试样浓度,必须根据具体条件选取合适的扫描速率。如在采用标样时,标样的浓度要待测物的浓度高,可选用快速的扫描速率;当采用标样+稀释剂配制的试样时,因待测物的浓度有可能低于规定的浓度,可采用低速扫描。在试验期间,必须对仪表进行标定,使其达到最佳的工作状态。所以,在对检测设备进行选型时,要充分考虑检测过程中产生的各种误差,并对检测结果的准确度进行分析。

2.4 光源

光源作为光谱学仪器的关键部件,其性能的好坏直接影响到仪器的灵敏度、稳定性和分辨力。光源可以分成主动光源和被动光源。主动光源采用大功率电加热设备发热,并向外发射光。该技术具有连续发射可见至近红外波段的发射能力,但对外部环境的要求比较高,一般不适合现场应用。被动式光源通过将电能转化为光能,从而实现对环境无污染。此外,由于其在能量、强度、波长等方面更适用于对可见光波段的探测,也可以选用激光源或红外光源做进一步的研究。因此,可根据不同的应用场合选择相应的光源。

三、红外光谱分析

红外光谱技术是利用被测物体的红外光谱变化,对被测物质的组分进行分析。红外光谱法是测定织物组分的一种重要手段。红外光谱主要包括傅里叶红外光谱、X-射线衍射光谱、核磁共振光谱、中子衍射光谱等。虽然这些检测手段具有简单、快速、无损等特点,但是一些检测手段因其化学结构及组分的差异而受到限制。在实际的材料测试过程中,往往会发现多种检测方法需要结合使用以提高分析的准确性和效率。例如,在对涤纶纤维的品质评估中,傅里叶变换红外光谱分析法(FTIR)作为一种常用的表征手段,可以用来识别纤维的化学成分和分子结构。然而,为了深入了解纤维的内部结构,仅仅依靠这种方法是不够的。X射线衍射法(XRD)和中子衍射法则提供了另一种途径^[2]。这两种技术都能捕捉到非常微小的晶体结构细节,从而揭示出纤维内部的精细构造。

具体来说,X射线衍射法因其独特的空间分辨率,能够呈现出极为精确的纤维形态图,使得我们能够清楚地看到纤维中的晶粒大小、取向以及晶体间的相互作用。而中子衍射法,尽管不如X射线衍射法那样具有强大的信号强度,但它能提供更为丰富的晶体信息,尤其是对于那些难以观察或在其他条件下不易探测的细微结构变化有着独到的优势。因此,通过将这两种技术相结合,研究人员可以从多个角度全方位地解析涤纶纤维的内部构造,为优化产品性能提供

了强有力的科学依据。这种综合运用不同检测方法的策略,不仅提高了分析的全面性,也拓宽了人们对材料科学认识的深度。

四、紫外-可见光谱分析

紫外-可见光谱学是一种通过光谱特征来研究物质的性质和性质的方法。该法灵敏度高,选择性好,操作简单,容易实现自动化。利用 UV—VIS 能对多种织物(如棉、麻、毛、丝、化纤等)进行分析,并能在定量分析过程中检测出杂质。该法不仅可以对棉纤维进行定性、定量分析,而且对棉纤维与其他化学纤维的鉴别具有一定的参考价值。在现代科学研究中,样品纯化和提纯是一个至关重要的步骤,它直接影响到实验结果的准确性和可重复性。该方法提供了一种高效的纯化方案,使得样品的纯度得到显著提升。通过这一过程,科研人员能够获得更纯净、更可靠的样本,从而确保后续分析的精确性。不仅如此,该技术还能应用于纺织品领域,其强大的鉴别能力可以帮助科学家们准确区分各种纤维组分,为含量测定奠定坚实基础。

紫外-可见光谱技术之所以受到广泛关注,是因为它在多个方面展现出卓越性能。这种技术以极高的灵敏度著称,即便在微量物质存在时也能捕捉到光谱信号,而对环境背景的干扰有很好的抑制作用^[3]。同时,由于它具有良好的选择性,因此在复杂混合物中也能稳定地鉴定出特定成分,这对于精细化工产品的质量控制尤为重要。操作上的便捷性也是此技术的一大亮点,它简化了繁琐的光谱采集过程,使得实验室工作变得更加高效。由于这些优点,紫外-可见光谱技术在纤维成分鉴定方面的应用潜力巨大,已经成为当前研究领域快速发展的光谱技术之一。随着技术的不断进步和完善,我们有理由相信,这项技术将在未来的科学探索中发挥更加关键的作用。

五、拉曼光谱

拉曼光谱(Raman)是一种无需标记的分子振动光谱,它是由分子在拉曼光谱中发生共振而形成的,其穿透能力强,且具有特殊的指纹性,是研究材料分子结构与性能的重要方法。相对于传统的光谱学方法,拉曼分析法具有简便、快速和无损的特点。利用拉曼光谱测试方法,可以对物质中的分子振动、旋转和成键情况进行研究。拉曼光谱是一种利用拉曼光谱技术进行织物组分分析的新方法,它可用于纤维、纱的识别。例如,用拉曼光谱鉴别棉花,拉曼光谱法能快速、准确地鉴别出棉花组分,然而,不同品种、不同企业所产棉花的鉴别仍然有很大难度。然而,由于拉曼光谱仪的造价较高,限制了它的推广^[4]。

六、热分析技术

热分析是一种以特定加热速度测量材料在特定温度下的质量变化的方法。该方法节省了样品,简化了样品前处理,快速反应,测定结果准确,重现性好。因此,在纺织品的检测中,热分析法得到了广泛地应用。目前,热分析方法主要有两种:一是热失重法,二是差示扫描量热法。热重分析法操作简便,反应迅速,结果准确,并能在线进行测定。利用热重分析技术,通过对试样进行加热,既能测量试样的质量变化,又能实时监控其随温度的变化,从而提高了测试结果的准确性。但是,热重分析所需的试样数量通常为数 mg,因此, TGA 仅适用于含微量有机物质或无机物质的样品。DSC 作为一种准确、高效的热重分析技术,是研究高温条件下有机物与无机物反应性质的重要手段。

七、纺织品成分的检测和鉴别

在当今这个快速发展的时代,纺织品的质量和安全性成为消费者最为关注的焦点之一。为了确保纺织品满足市场标准并保障消费者权益,对其成分的检测和鉴别变得至关重要。这不仅涉及产品的基本性能要求,还关系到其健康安全指标,包括甲醛、可分解芳香胺染料等有害化学物质的含量,以及其他潜在的过敏原或刺激物。因此,专业的检测设备和成为不可或缺的工具,它们能够提供精确的成分分析结果,帮助制造商确保他们的产品符合严格的国际

标准和法律法规。同时,随着科技的进步,新型检测方法不断涌现,例如采用先进的光谱成像技术,可以更准确地识别纺织品中的各种成分。通过这种方式,不仅能够确保纺织品的质量,还能为消费者提供更加安心的购物体验。

7.1 超快速傅里叶变换红外光谱

作为一种全新的傅立叶变换红外光谱方法,超快傅里叶变换红外光谱(UFT-IR)可以将常规红外光谱仪的扫描速度提升 3-10 倍,具有快速、无损、精确、无损、无损、无损、无损的特点。采用超短波红外光谱技术,不仅可以实现对样品的定性、定量分析,而且还可以实现对一种或多种纤维的分析。利用超快光谱技术,可以实现对纤维原料成分的快速检测。超短波红外光谱技术最大的优点是不会对试样造成破坏,而且用的试样很少;本方法无需添加任何化学试剂,快速准确;同时,对试样的含量也不作任何限定;并对不同类型的纤维原料进行了分析。

7.2 微区成分分析

微区成分分析是指采用微量电子显微镜进行的分析。它可以提供纤维的截面图像,而且可以根据图像显示出纤维的形态结构。微区组分检测技术是一种新颖的微区检测手段,其最大优势在于对测试样品的影响微乎其微。这种方法特别适合于在不造成任何损害的情况下,对样品进行详尽分析。与传统检测方法相比,它简化了样品前处理流程,并能够实现快速、高效的样品检测,显著提升了工作效率。该方法能在同一试样上同时得到横断面及显微组织的图像,并通过图像中的成分分析,确定纤维的类型。微区组分测定是当前国内外研究最多的一种方法,它主要用于化学纤维、天然纤维和混合纤维的组分的测定与识别^[5]。

八、在线检测

在线量测方面,主要有光纤、光纤光栅和光纤传感等。光纤及光纤传感器是利用光学讯号来侦测纤维之化学成分,借由其化学成分来辨识。该方法具有实时性好、抗外界干扰、在线、连续测量等优点。比如,美国的朗格公司开发了一种新的光纤传感装置,用来监视和控制化纤,它是利用光的方式,在光纤内部发出高强度的光线,然后由发出的光线强度来推算出纤维的化学组成。另外,采用光纤、光纤传感器、有关线路及微机控制等构成了一套在线测试系统。本系统无需进行特别的调试,可以达到实时监控的目的。在纺织生产中,通过对纺纱、织造等工艺参数的实时监测,可对各工艺参数(如温度、湿度、压力等)进行在线检测,进而对工艺参数进行在线调节与优化,提升产品品质。

结语

纺织纤维组分的快速识别是一个非常复杂的课题,它牵涉到多个学科和领域,因此,对其研究具有重要的理论和现实意义。针对织物组分分析复杂多变的特点,提出了一种基于光谱学和传统测试方法相结合的方法,实现对织物组分的快速、准确测定。随着光谱学技术的进步,其应用范围的进一步扩大,对织物组分的快速识别将变得更加方便快捷。随着现代光谱学的发展,其在纺织纤维组分测试方面的应用也越来越广泛。

参考文献:

- [1]谷洪刚,柯贤华,丁可,等.先进光谱椭圆测量技术及其在 OLED 中的应用[J].微纳电子与智能制造,2020,2(02):41-62.
- [2]常玉红.新技术研发珠宝和先进技术鉴定方法[J].科技资讯,2019,17(23):246-247.DOI:10.16661/j.cnki.1672-3791.2019.23.246.
- [3]赵继民.量子材料超快光谱的先进激光技术.北京市,中国科学院物理研究所,2016-12-01.
- [4]王跃明,韦丽清,郎均慰,等.先进焦平面与光谱成像技术现状[J].光学与光电技术,2014,12(01):7-13.
- [5]赵洋.高集成多光谱在线水质快速监测系统广西项目获水利先进实用技术优秀示范工程[J].中国水利,2015,(19):74.