

智能拉伸强度测量装置研制及其应用

沈碧桦

(漳州职业技术学院智能制造学院 福建 漳州 363000)

摘要：拉伸强度特性对材料的研究和应用都具有重要意义，目前所研发的拉伸强度测试装置存在一定的局限性。为了弥补现有拉伸测试装置设备的缺陷，以及为研究者对拉伸强度特性的探究提供一个新的测量设备，本文自主设计研发了智能拉伸测量装置。详细阐述了智能拉伸测量装置的机械部件组成、连接及使用方法，并且介绍了智能拉伸测量装置的实际应用领域。得出智能拉伸测量装置具有以下优势：智能拉伸测量装置设备能够简便而又精确地测量材料的拉伸强度参数，并通过计算机软件自动绘制出清晰的拉应变-拉应力曲线，为拉伸强度特性的分析提供了便利，波浪形模具能增大机械设备与所测试试样间的接触面，使其不易产生相对位移；通过抗拉强度试验智能测量装置能够拍摄记录所测试材料在拉伸作用下产生塑性形变或者发生断裂的影像资料，可以为研究所测试材料的拉伸破坏形态分析提供帮助。

关键词：拉伸强度；测量装置；应力-应变；波浪形模具

0 引言

材料强度特性的测试是评价材料性能的重要参数，是一种获取材料特性的可靠方法^[1]。通常使用的测试设备包括拉伸试验机、冲击试验机、动态疲劳试验仪器、高温蠕变强度测试仪、拉扭复合试验仪等^[2-4]，从而反映出材料样品的弹性极限、弹性模量、拉伸强度、屈服强度等性能参数，对材料进行评价^[5-6]。

拉伸强度特性指材料在不发生断裂或不产生塑性形变的情况下承受拉力或拉伸力的能力，是衡量材料所能承受的最大拉伸应力。材料的抗拉伸强度特性取决于其组成、分子结构和加工技术等。高抗拉伸强度特性的材料对拉伸应力表现出优异的抵抗力，使这些材料能适用于耐久性和具备承载能力产品的应用。拉伸强度特性是建筑、制造和食品等各个行业中考虑的一个关键特性^[7]。

材料的拉伸强度特性通常使用轴向拉伸试验装置测量，该方法试验的样品呈圆柱形或多边形试样，试样被牢固地夹在测试机的夹具之间，如图 1 所示。该机器以可控的方式向试样施加一个稳定增加的力，称为拉伸荷载。当施加力时，材料会发生变形和伸长，直到最终断裂。在试验过程中，测量了各种参数，包括轴向施加的荷载、试样所经历的变形、应变及试样破坏时的伸长率。抗拉强度的数值等于试验过

程中获得的最大拉伸应力除以试样的原始横截面积。这种方法可以较为准确地测量抗拉强度，有助于不同材料拉伸强度参数的比较。

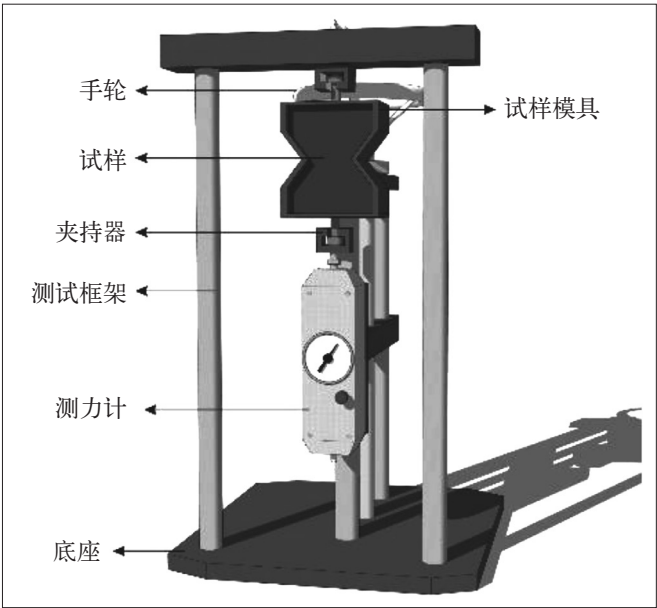


图 1 轴向拉伸试验装置

近年来，用于测量材料抗拉强度的机械装置一直在进行研究和开发，并在微尺度和纳米尺度测试、多轴拉伸试验和原位拉伸测试等测试方法上取得了一定的进展。随着人们对研究材料在较小尺度上的力学行为越来越感兴趣，研究人员专注于开发用于微

尺度和微米尺度拉伸测试的专用机械设备。微型拉伸试验是将拉伸试验机小型化,以实现更便携、更方便的拉伸强度测量。这些设备设计紧凑,易于使用,能够快速便捷地测试各种材料的拉伸强度特性。它们通常包含称重传感器、位移传感器和先进的数据采集系统,以准确测量和分析施加的力和产生的应变。多轴拉伸试验是一种能够施加多轴向荷载的机械装置,该装置能够研究较为复杂的应力状态,包括双轴和三轴加载条件,从而深入了解材料在多个受力方向作用下的真实应用中的行为。原位拉伸测试一般涉及在扫描电子显微镜(SEM)或透射电子显微镜(TEM)的受控环境中对材料进行机械测试。研究人员开发了可以与这些显微镜集成的专用机械设备,可以直接观察和分析材料在拉伸载荷过程中的微观结构和变形。这项技术为微观结构和机械性能之间的关系提供了有价值的见解。

这些用于测量抗拉强度的机械设备的应用状态已扩展到多个行业,包括航空航天、汽车、建筑和材料制造。但是,现有的拉伸强度测试仪器都是竖直放置,拉伸测试过程容易受重力影响,且大多抗拉设备模具多设计为矩形、柱形和多边形,使得材料与模具间因接触面积不足易产生滑动,同时在数据读取方面若无接入计算机系统计数不够简便。本文自主研发了智能拉伸测量装置,测量过程克服了材料自身重力对拉伸强度参数的影响,同时设置波浪形模具增大机械设备与所测试样品之间的接触面,使其不易相对位移,并接入计算机系统,自动采集绘制所测材料拉伸位移与拉伸强度之间的变化关系,并记录保存材料断裂过程影像,可以为材料的拉伸强度特性的分析提供便利。

1 装置结构设计及主要组成

为了克服现今拉伸试验装置技术所存在的不足,本文自主研发一种用于测量材料拉伸强度的智能试验装置,该装置可以便捷且精确地测试出材料的拉伸强度特性,同时利用软件自动绘制出拉伸强度与位移变化之间的矢量图,同时能够拍摄材料在拉伸状态下逐渐断裂的影像资料,因而可以更好地为测试抗拉特性提供帮助。

自主研发的智能拉伸测量装置各部分结构如图2所示。该装置包括底座、试样装载单元、测量单元、动力加载单元及数据处理单元。底座上设有

试样装载单元、测量单元和动力加载单元。测量单元、动力加载单元分别通过数据线与数据处理单元连接。其中,试样装载单元包括波浪形模具、插销和第一底板,测量单元包括拉力传感器、回弹式位移传感器、图像传感器、第二底板和柔性连接杆,动力加载单元包括丝杆、导向杆和电动机。

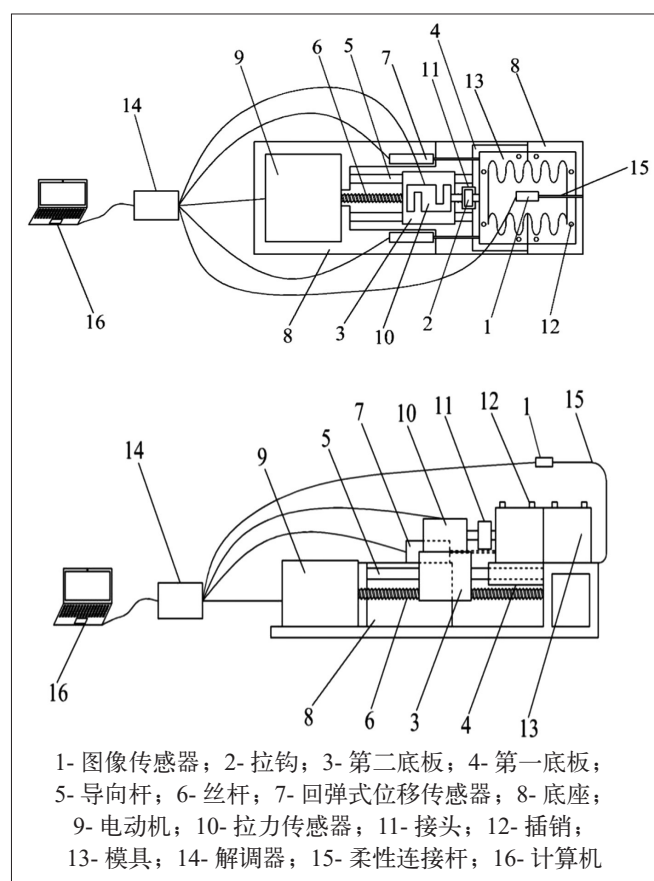


图2 测量土体抗拉强度智能试验装置

机械设备采集数据后,进行数据处理所需的组件包括解调器和计算机。解调器通过数据线连接到计算机。波浪形模具分为左右两部分,其左端连接到第一底板上,通过拉钩和接头与拉力传感器相连,右端固定在底座上。丝杆的一端穿过第二底板与电动机相连,另一端固定在底座上。导向杆的一端穿过第一底板和第二底板与底座相连,另一端也固定在底座上。拉力传感器安装在第二底板上。回弹式位移传感器位于底座上。图像传感器通过柔性连接杆安装在模具的中间正上方。拉力传感器、回弹式位移传感器和图像传感器均通过数据线连接到数据处理单元。电动机来自动力加载单元,通过数据线连接到数据处理单元。

装置的试验原理是将制备好的试样放入波浪形模具中,启动电动机,丝杆带动第二底板、拉力传感器和波浪形模具的左端一起水平向左移动,试样受拉力作用产生断裂;导向杆一端固定在底座上,另一端依次穿过第一底板和第二底板与底座连接,模具的左端通过插销固定在第一底板上,模具的左端发生移动时会带动第一底板,第一底板会沿着导向杆移动,第一底板不会因为受到试样在抵抗抗拉应力时所产生的反力而偏离原有的位置,这可保证试样受力的方向一致;波浪形模具的两侧呈波浪状,增大波浪形模具的内壁与试样之间的接触面积,一方面可避免所测试材料出现端部效应,另一方面可保证所测试材料和波浪形模具的侧壁之间不产生滑动;在试样发生断裂破坏的过程中,计算机精确、连续地记录试验过程中的各项参数,并能拍摄应变相对应时刻试样拉伸破裂的照片。

根据智能拉伸测量装置所测得材料的拉伸强度参数,如拉伸强度应力-应变曲线能力、弹性特性、抗断裂或撕裂性的参数,以及拍摄得到的橡胶随拉应力破坏形态,并通过计算可以获取所测材料的屈服强度、断裂伸长率和弹性模量,为研究者对材料所需的抗拉强度特性研究提供帮助。

2 智能拉伸测量装置的应用

近年来,材料抗拉强度测量装置在很多领域得到了应用,本文所设计的仪器可以在食品工业、橡胶材料、塑料质量和土体强度特性评估等领域得到应用。

本文所研制的智能拉伸测量装置设备可在食品工业中广泛得到应用。在评估食品工业中使用的包装材料的机械性能时,该设备可以确定包装薄膜和层压材料的拉伸强度及弹性,确保它们能够承受与运输、储存和搬运相关的应力,有助于选择合适的包装材料,以保持食品质量和安全。质地是食品质量评价中的一个重要属性,所研发的抗拉强度测量装置也可用于分析各种食品的质地。在评价面团的抗拉强度、测量肉制品的硬度,评估熟肉的嫩度和水果或蔬菜的新鲜程度等方面,智能拉伸测量装置的研制可以快速帮助从业者识别高质量的产品。例如,在具体的烘焙行业的应用中,智能拉伸测量装置的研制可以帮助确定最佳面筋含量或评估添加剂对面团强度的影响,通过分析不同成分的拉伸特性,食品从业者可以根据参数进行配方修正。

橡胶产品广泛应用于汽车、航空航天、建筑、医疗保健和消费品等行业,橡胶材料以其弹性和具有足够的抗拉抗剪强度特性而闻名,测量橡胶的抗拉强度对于评估其机械性能、质量控制和确定其适用于特定的应用非常重要。智能拉伸测量装置可以对橡胶样品进行拉伸试验测试,通过施加线性增加的拉力,直到橡胶产生塑性形变。通过测试,可以提供所测橡胶的拉伸强度应力-应变曲线能力、弹性特性、抗断裂或撕裂性的参数,以及拍摄得到橡胶随拉应力破坏形态,并通过计算得到橡胶的屈服强度、断裂伸长率和弹性模量。橡胶通过智能拉伸测量装置获得的参数可应用于确保橡胶材料符合特定的标准和规范,有助于开发和改进橡胶配方和工艺,使制造商能够优化橡胶产品的性能和耐用性,同时也能帮助监管部门对橡胶质量进行管控。

所研制的智能拉伸测量装置在塑料的质量控制方面也起到重要的作用。塑料广泛应用于各种行业,包括汽车、航空航天、包装、建筑和电子。智能拉伸测量装置测量塑料的抗拉强度可以获取其抗拉强度特性、机械破坏方式图像和耐久性等重要信息。在塑料产品的研发和设计上,通过设备所测得的拉伸强度有助于塑料部件的设计,可用来评估不同配方、添加剂和加工技术的机械性能。根据拉伸参数,研究人员也可以优化成分和制造参数,以提高塑料的性能和强度。工程师通过智能拉伸测量装置了解塑料的抗拉强度,以确保它们能够承受预期的力和荷载而不会断裂或变形,帮助其确定该塑料材料在特定环境中的适用性、安全性和可靠性。抗拉强度达标是确保符合针对塑料材料的特定标准和法规的要求。例如,在汽车行业,塑料部件需要满足一定的耐撞性和安全性抗拉强度要求,智能拉伸测量装置设备可以用于监测塑料材料的质量。制造商使用这个设备可以验证塑料部件的抗拉强度是否符合特定标准或客户要求。通过评估抗拉强度,制造商可以确保塑料产品的耐用性和可靠性。

智能拉伸测量装置在土体的拉伸特性测试上也可以得到应用,拉伸强度特性在土体变形与破坏的过程中起着非常重要的作用。裂隙的存在会极大破坏土体结构的完整性,弱化土体力学性质,降低稳定性,增加渗透性,加剧蒸发,加重坡面水土流失和风化等,给岩土工程和环境岩土工程带来一系列负面影响。许多工程中遇到的滑坡后缘裂缝、地裂缝及水

力劈裂都与土体的抗拉强度有关。通过智能拉伸测量装置不仅能够简便而又精确地测量土体的抗拉强度，还能通过连接的计算机绘制出所测土体拉应变 - 拉应力曲线关系图，可以更好地为研究土体的拉伸强度特性提供帮助。

3 结语

针对现有拉伸强度试验仪器所存在的不足，其难以满足现今探究材料拉伸强度特性的需求，本文研制了智能拉伸测量装置，对拉伸特性的研究设备种类进行补充，其有以下优势：

(1) 智能拉伸测量装置能够简便而又精确地测量材料的拉伸强度特性，并通过计算机软件自动绘制出清晰的拉应变 - 拉应力曲线，为拉伸强度特性的分析提供了便利，波浪形模具能增加机械设备与所测样品间接触面，使其不易相对位移；

(2) 通过抗拉强度试验智能测量装置能够拍摄记录所测试材料在拉伸作用下发生塑性形变或者产生断裂的影像资料，可以为研究所测试材料的拉伸破坏形态分析提供帮助；

(3) 智能拉伸测量装置可以在众多领域得到应用，可以为食品工业、橡胶材料、塑料质量和土体强度特性等的拉伸特性评估提供一定的帮助。

参考文献：

[1]POKLUDA J,CERNY M,SOB M,et al.Ab initio

calculations of mechanical properties:Methods and applications[J].Progress in Materials Science,2015,73:127-158.

[2]RZEPA S,BUCKI T,KONOPÍK P,et al.Influence of specimen dimensions on ductile-to-brittle transition temperature in Charpy impact test[J].IOP Conference Series:Materials Science and Engineering,2017,179(1):1-6.

[3] 邹宇明，高怡斐，牛瞳，等．复合加载条件下的 IF 钢力学性能测试探讨 [J]．物理测试，2017,35(6):7-10.

[4] 崔利娜．拉伸 - 弯曲预载荷下纳米压痕装置设计分析与试验研究 [D]．长春：吉林大学，2016.

[5]LI Z,ZHAO S,RITCHIE R O,et al.Mechanical properties of high-entropy alloys with emphasis on face-centered cubic alloys[J].Progress in Materials Science,2019,102(5):296-345.

[6]KIM H J,HAN J H, KAISER R,et al.High-throughput analysis of thin-film stresses using arrays of micromachined cantilever beams[J].Review of Scientific Instruments,2008,79(4):225.

[7] 王少辉，李颖，翁依柳，等．基于棒材拉伸试验确定金属材料真实应力应变关系的研究 [J]．塑性工程学报，2017,24(4):138-143.

作者简介：沈碧桦（1988.05-），女，汉族，福建漳州人，硕士研究生，讲师，研究方向：机械设计与制造、机械结构损伤监测。