

分布式光纤传感器在预应力结构健康监测中的应用

孙光东

光纤传感器是近年来随着光导纤维技术的发展而出现的新型传感器,它具有抗电磁干扰能力强、安全性能高、灵巧便捷、使用方便等特点。光纤传感器的基本原理是将光源入射的光束经由光纤送入调制区,在调制区内,外界被测参数与进入调制区的光相互作用,使光的光学性质(如光的强度、波长、频率、相位、偏振态等)发生变化成为被调制的信号光,再经光纤送入光敏器件、解调器而获得被测参数。随着交通运输的发展而发展起来的近代桥梁,至今已有 200 多年的历史。1989 年,美国首次提出将光纤传感器埋入混凝土建筑和结构中以后,英国、加拿大、日本、西班牙、韩国等一些国家相继在这一领域投入大量精力进行光纤传感器在混凝土结构中的应用研究。随着光学光纤传感器的研究和发展,出现了具有结构简单、灵敏度高、耐腐蚀、电绝缘、防爆性好、抗电磁干扰、光路可绕曲、易于与计算机连接、便于遥测等九大优点的光纤传感器。光纤传感器优良的传感特性为桥梁结构的长期健康监测提供了一种行之有效的解决方案。在众多的光纤传感器中,分

布式光纤传感器最具发展前途。

一、分布式光纤传感器的发展现状

分布式光纤传感器(图 1)就是一根连续的光纤,既作传感元件,又起导光作用,可同时获得被测物随时间和空间变化的分布信息。分布式光纤传感测试技术是在 20 世纪 70 年代末提出来的,它是随着现在光纤工程中应用十分广泛的光时域反射技术的出现而发展起来的。目前,这项技术已成为光纤传感技术中最具前途的技术之一。几乎所有的物理量都可以应用分布式光纤传感器进行测量。分布式传感技术主要是利用光时域反射原理,即通过检测沿光纤散射(瑞利散射、赖曼散射和布里渊散射)回来的光强进行物理量的测量。将大功率的窄带光脉冲注入光纤一端,在光纤中传播的光脉冲会因瑞利

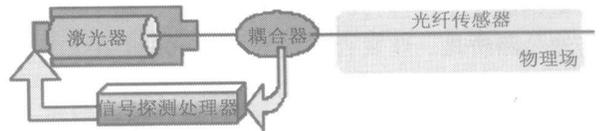


图 1 分布式光纤传感器

持与帮助。如国家可以设立“国债贴息”和专项基金,给一些需要进行信息化却为资金苦恼的中小汽车企业提供资金支持;成立专门指导信息化的全国汽车信息化领导小组,专门负责推进行业和重点企业信息化的发展。国外的经验表明,政府在汽车信息化进程中都起了明显甚至决定性的作用。如韩国政府在韩国现代汽车公司信息化过程中发挥了重要作用。韩国的汽车工业协会把所有的汽车企业统一管理,全面贯彻的“国家宏观指导、企业自己制定”政策大大提高了韩国汽车信息化的程度。美国政府为了发展汽车信息化水平,成立由总统挂帅、副总统负责,前后投入数十亿美元的 PNGV 项目,使美国汽车产业的发展彻底走上信息化道路,实现了革命性的转折。所以,在实现我国汽车行业信息化的过程中,政府必须采取强有力的政策介入,提供资金、政策和技术上的支持,加速国内汽车行业的信息进程。

生产企业在推进汽车信息化及电子商务方面非常盲目,为了我国汽车工业信息化的健康发展,必须尽快着手规划、研究制定汽车行业信息化及电子商务涉及的各种技术规范、标准、测试和监测方法和相关的汽车行业信息化政策,保证信息及电子商务系统的可靠安全运行,真正地为整个汽车行业服务。

加强公共共性信息资源的建设 当前,汽车的发展日新月异,汽车行业新技术、新工艺、新产品层出不穷。对于单个汽车生产企业来讲,由于自身各种条件的局限,如果不加选择地跟踪研究这些高新技术,不管是人力、物力、财力,还是全面性和准确性等方面都不可能做到。因此,作为政府和国家相关行业、协会或者汽车联盟等必须共同促进汽车信息化共性信息资源的收集与处理,并通过高效、快捷的信息网络系统及时为整个汽车行业服务,通过提供信息平台,加速我国汽车行业信息化建设水平。

(安徽蚌埠海军士官学校物理教研室 233012)

散射和菲涅耳反射产生背向光,该背向光经光纤反向传播后再经定向耦合器由光电探测器收集,并转换成电信号,最后即可得到沿光纤长度的损耗信息,进而得出应变、温度等信息。

二、分布式光纤传感器在国外预应力结构健康监测中的应用

美国佛蒙特(Vermont)大学自20世纪90年代初已在光纤传感器的智能化钢筋混凝土结构健康诊断以及振动监测方面进行了一系列实用性探索。1989年在一座横跨威努斯基(Winooski)河的高速公路桥桥面上埋置了光纤传感器,对桥面在气锤冲击、卡车行驶时的振动情况进行了监测。1992年,在佛蒙特大学附近的一座铁路桥中埋入和粘贴了单模光纤以及部分光纤束和光缆,以检测铁路桥在火车经过时的振动情况,从而根据收集到的振动信息来确定所通过列车的类型,达到控制火车流量的目的。1994年,德国结构维护及现代化研究所在德国柏林市区一座桥的钢筋上粘贴了光纤应变传感器,用来测量钢筋在车辆经过时的变形和振动。瑞士的吕利高速公路桥是一座复合材料大桥,1995年在其混凝土路面中安装了11根1m长的由瑞士联邦工学院应力实验室开发的传感器,以监测混凝土的收缩、混凝土与钢排架的相互作用以及预应力引起的变形。1998年加拿大的圣埃梅利、德黑兰、若夫尔等大桥采用埋入式、点焊式光纤传感器进行测量;1999年加拿大的惠灵顿大桥采用粘贴式光纤传感器进行测量。日本电报电话公共公司将光纤分布于日本高知的河堤中,以监测河堤的塌陷位移情况,取得了良好效果。英国已将基于赖曼散射原理的分布式光纤温度传感器实现商品化,其第3代产品DTS 80系统的最大测量距离是10km、空间分辨率为1m、温度分辨率为1℃、准确度达0.3℃。

三、分布式光纤传感器在国内预应力结构健康监测中的应用

国内在此方面也进行了大量研究工作,重庆大学国家教育部光电技术及系统开放实验室的研究人员开展了一系列工作。他们发展了一种新颖的多模光纤模域光纤振动传感系统,并构建了一种机敏桥面铺装结构。他们还和重庆公路科学研究所的工程技术人员一起,将多模光纤模域光纤振动传感系统应用于虎门大桥桥面铺装结构的模型实验中,以监测5种桥面铺装结构经过几十万次重复加载过程中

的变形、裂缝生成和扩展等情况。清华大学的杨建良和查开德研究了一种可用于机敏复合材料与结构状态监测的本征型强度调制光纤应变传感器,由2根多模光纤相互缠绕绞合形成,可测量结构的应变和温度。哈尔滨工程大学的章立滨等人将光纤传感器胶合在桥梁模型的钢索上,对桥梁在受载情况下钢索的应变变化进行了实验研究。武汉工业大学的赵宏生等人将螺旋线微弯增敏光纤传感器埋入混凝土结构,进行了安全监测的研究。天津大学的李川、张以谋、刘铁根等提出了一种分布式光纤形变片,并将其复合于悬臂梁进行位移检测和应变检测,取得了良好的效果。

四、分布式光纤传感器最具发展前途

目前已研制成功的百余种光纤传感器,应用十分广泛,已涉及国防军事、航天航空、工矿农业、能源保护、生物医学、计量测试、自动控制和家用电器等多个领域。但是,在各种光纤传感器中,分布式光纤传感器是最具潜力的一种。它适用于大型结构的非破坏性测试和监测,可满足许多特殊环境的要求,许多大坝、桥梁等土木工程结构中的光纤传感系统正在发挥着作用,随着国内外桥梁等大型钢筋混凝土结构建设对安全性的迫切需求,将光纤传感器应用于桥梁等大型结构以实现其关键受力构件的长期实时在线监测已成为土木工程结构测试领域的研究热点。因此分布式光纤传感器必将在桥梁等大型预应力结构的健康监测方面获得更大发展。

(河北省廊坊市北华航天工业学院 065000)

科苑快讯

量子水平上的萨格纳克效应

法国科学家的研究表明量子水平上也存在光学上的萨格

纳克效应(Sagnac effect),这种效应一般用于火箭导航系统。

这种光学效应是,将一激光束分为两束,以相反方向绕过一圈旋转的光学纤维,当这两束激光重新会合时,会发生干涉现象,形成的干涉图样决定于光学纤维的角速度。所以这一效应可用于探测系统自转的角速度。尼斯大学(University of Nice Sophia-Anitipolis)的Cuillaume Bertocchi与其同事发现了一种类似的量子关联现象,发射出的单个光子绕过旋转的环状光学纤维时,角速度与干涉图样也有类似的联系。然而,这种效应可能太微小,不能实际应用。

(高凌云译自 *Nature*, 2006年第1期)

现代物理知识