**基于光纤布拉格光栅（Fiber Bragg Grating,BRG）形变检测的基本原理**

1.1发展背景

近几十年以来，电气传感器一直作为测量物理与机械现象的标准设备发挥着它的作用。尽管它们在测试测量中无处不在，但作为电气化的设备，他们有着与生俱来的缺陷，例如信号传输过程中的损耗，容易受电磁噪声的干扰等等。这些缺陷会造成在一些特殊的应用场合中，电气传感器的使用变得相当具有挑战性，甚至完全不适用。光纤光学传感器就是针对这些应用挑战极好的解决方法，使用光束代替电流，而使用标准光纤代替铜线作为传输介质。

1.2光纤传感器简介  
  从基本原理来看，光纤传感器会根据所测试的外部环境参数的变化来改变其传播的光波的一个或几个属性，比如强度、相位、偏振状态以及频率等。非固有型 (混合型) 光纤传感器仅仅将光纤作为光波在设备与传感元件之间的传输介质，而固有型光纤传感器则将光纤本身作为传感元件使用。

光纤传感技术的核心是光纤–一条纤细的玻璃线，光波能够在其中心进行传播。光纤主要由三个部分组成：纤芯(core)，包层(cladding)和保护层(buffer coa[TI](http://bbs.elecfans.com/zhuti_715_1.html)ng)。其中包层能够将纤芯发出的杂散光波反射回纤芯中，以保证光波在纤芯中具有最低的传输损耗。这个功能的实现原理是纤芯的光折射率比包层的折射率高，这样光波从纤芯传播到包层的时候会发生全内反射。最外面的保护层提供保护作用，避免外界环境或外力对光纤造成损坏。而且可以根据需要要强度和保护程序的不同，使用多层保护层。

2.1布拉格光纤光栅（FBG）

光纤布拉格光栅传感器是一种使用频率最高，范围最广的光纤传感器，这种传感器能根据环境温度以及/或者应变的变化来改变其反射的光波的波长。光纤布拉格光栅是通过全息干涉法或者相位掩膜法来将一小段光敏感的光纤暴露在一个光强周期分布的光波下面。这样光纤的光折射率就会根据其被照射的光波强度而永久改变。这种方法造成的光折射率的周期性变化就叫做光纤布拉格光栅。

当一束广谱的光束被传播到光纤布拉格光栅的时候，光折射率被改变以后的每一小段光纤就只会反射一种特定波长的光波，这个波长称为中心波长，公式 λb=2neffΛ，其中neff为纤芯有效折射率，Λ为光栅周期。从式中可得，FBG的中心波长主要有光栅周期和有效折射率决定，因此影响这两个参数的物理过程都会导致FBG的中心波长发生偏移。温度保持恒定时，光纤光栅受纵向拉伸或压缩作用， 即其仅受轴向应变 ε，光栅周期 Λ 将会改变，此时中心波长 会发生漂移 ΔλB 为 ΔλB ＝λB·（１ －Pe）·ε， Pe 为光纤的弹 光系数。FBG的被测点可以建模为圆形截面的变形梁，当 对其施加一个轴向应变时，变形梁上下表面会同时承受拉 伸和压缩，会形成一个圆弧。在变形弯曲变形 区内，在缩短和伸长的两个变形区之间，应变中性层的长度 始终不变，即应变量为 ０。图中虚线表示中性层， L为微元 长度， ΔL为结构微元长度的变化量，ρ 为曲率半径， θ 为圆 弧的圆心角。由图１ 所示关系推导得 L ＝ρθ， L ＋ΔL ＝（ρ ＋h/２） θ， 则，微元的曲率为 k ＝ １ ρ ＝ ２ h ΔL L ＝ ２ h ε， ε ＝ΔL/L为应变。那么， FBG的中心波长的漂移转化为曲率的变化 k＝ ΔλB /λB·（１ －Pe）·h＝AΔλB （２） 对于FBG传感器， λB， h， ΔλB， Pe均为常量，因此式（２） 中A为常数，曲率 k 的大小与 ΔλB 呈线性关系，只要检测 FBG传感器测点的中心波长变化量 ΔλB 即可获得k的大小， 为基于曲率信息的机翼原型曲面重构算法提供基础数据。