

# 基于组态软件与光纤光栅传感技术的 监测系统铁路上的应用

卢涛

(中铁建电气化局集团公司,北京 100043)

**摘要:** 概述了光纤光栅技术及组态软件的基本原理;分析了光纤光栅传感技术与组态软件的结合在铁路安全的运用——在线监测系统。主要针对其功能做了详细阐述,分析了铁路安全在线监测系统在实际中的应用方案以及发展前景。

**关键词:** 光纤光栅技术;光纤传感器;组态软件;铁路安全;在线监测系统

中图分类号: TP29

文献标识码: B

文章编号: 1674-7720(2010)14-0096-03

## Application of the monitoring system based on configuration software and FBG sensing technology in railway

LU Tao

(China Railway Construction Electrification Bureau Group Co.,Ltd,Beijing 100043, China)

**Abstract:** The paper summarizes the basic principle of fiber grating technology and configuration software. It analyses the application of the configuration software combining with the fiber grating technology in railway safety—on-line monitoring system, and especially describes their functions in detail. It analyses the application scheme and the development prospects of on-line monitoring system for railway safety in practice.

**Key words:** optical fiber grating technology; optical fiber sensor; configuration software; railway safety; on-line monitoring system

近年来,高速铁路在我国得到了蓬勃发展。高速铁路的特点是行车密度大,因此如果发生事故其造成的后果也会非常严重。保障运行列车的安全成为日益凸显的重要研究内容。

### 1 光纤光栅技术<sup>[1-3]</sup>与组态软件的分析

光纤光栅是利用紫外曝光技术在光纤芯中引起折射的周期性变化而形成的。光纤光栅中折射率分布的周期性结构,导致某一特定波长光的反射,从而形成光纤光栅的反射谱。反射光的波长对温度、应力和应变敏感,当环境温度、应力或应变发生变化时,光纤光栅反射光的峰值波长漂移,通过对波长漂移量的度量就可以实现对温度、应力和应变的感测。

组态软件为“组态式监控软件”。“组态”(Configure)的含义是“配置”、“设定”、“设置”,指用户通过类似“搭积木”的简单方式来完成自己所需要的软件功能,而不需要编写计算机程序,即所谓的“组态”。“监控”

(Supervisory Control)指通过计算机信号对自动化设备或过程进行监视、控制和管理。

#### 1.1 理论基础

光纤光栅的周期在几百纳米数量级。当某一宽带光源的光入射到光纤光栅中时,折射率分布的周期性结构导致某一特定波长光的反射,反射光的波长(即谐振波长)由 Bragg 公式确定:

$$\lambda = 2n_{eff}\Lambda \quad (1)$$

式中, $\lambda$ 、 $n_{eff}$ 和 $\Lambda$ 分别为光纤光栅的谐振波长、导波模的有效折射率和周期。

光纤光栅应力传感器通常是将光纤光栅附着在某弹性体上,同时进行保护封装。当弹性体受到压力时,光纤光栅与弹性体一起发生应变,导致光纤光栅的谐振波长漂移,漂移量由式(2)给出:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = (1 - P_e)\varepsilon + (\alpha + \xi)\Delta T \quad (2)$$

## 应用奇葩

Example of Application

式中  $P_e = 2neff[P_{12} - \mu(P_{11} + P_{12})]/2$  为有效弹光系数,  $P_{11}$  和  $P_{12}$  为弹光系数,  $\mu$  为纤芯材料的泊松比,  $\alpha$  为弹性体的热膨胀系数,  $\xi$  为光纤的热光系数,  $\Delta T$  为温度改变量,  $\varepsilon$  为光纤的轴向应变。由式(2)可得:

$$\varepsilon = \frac{1}{1-P_e} \left[ \frac{\Delta\lambda}{\lambda} - (\alpha + \xi)\Delta T \right] \quad (3)$$

从式(3)可以看出,如果已知光纤光栅谐振波长的漂移量以及其工作温度的改变量,就可以计算出光纤光栅的应变。

## 1.2 物理逻辑模型

光纤<sup>[4]</sup>光栅感应输出的是波长改变量,必须采用专用的波长解调设备进行波长识别,然后送入计算机进行分析处理和报警。

图1给出了光纤光栅应力传感器与波长解调仪组成的应力测量系统。

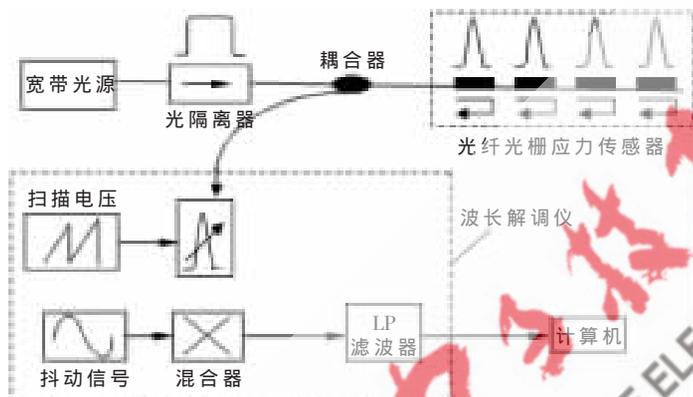


图1 测量系统光路示意图

该应力测量系统主要由宽带光源、光纤光栅应力传感器<sup>[5]</sup>、基于可调F-P滤波器的波长解调仪和计算机及软件分析处理系统四部分组成。图中给出等间隔分布的多个光纤光栅应力传感器,这些光纤光栅通常要进行串接。由宽带光源发出的宽带光信号经过隔离器和3dB耦合器传输到串接的传感光栅上,经过这些光纤光栅的波长选择后,一组不同波长的窄带光被反射,反射光再次经过3dB耦合器由波长解调仪接收,经过波长解调仪对这些波长进行识别,得到一组应力传感信息。当检测传感器外部应力发生变化时,通过光栅解调器监测出波长的变化即应力变化之后,输入到计算机进行数据分析处理,最后得到传感器受压分布状况,从而判断是否会产生塌方、位移等危险影响,起到报警作用。

波长解调仪由可调F-P滤波器、锯齿波扫描电压发生器、抖动信号发生器、信号混合器和LP低通滤波器五部分组成。波长解调仪的工作原理是:波长编码的压力传感信号输入到可调谐F-P滤波器,当锯齿波驱动F-P滤波器使其透射波峰与光纤光栅反射峰重合时,即可根据此时的F-P滤波器驱动电压与透射波长关系测得光纤光栅反射峰位置。但由于F-P滤波器输出的透射谱是光栅反射谱与F-P滤波器透射谱的卷积,会使带

宽增加,分辨率降低。所以,在扫描电压上加一小的抖动电压,其输出经混频和低通滤波器,测量抖动频率,在信号为零时,所测得数据即为光栅的反射峰值波长。

## 1.3 组态软件

组态软件(Configuration)为模块化任意组合,软件包括系统组态软件平台和应用软件平台两部分。操作系统可任意选用Window NT、Linux、Unix等。网络传输统一采用TCP/IP协议。在系统软件的基础上建立应用软件的支撑平台,即分布式实时运行环境。包括分布式系统管理与监视、基于内存的实时数据库、实时数据库组态工具、基于OPENGL的三维图形组态工具、多层次多协议网络通信结构等。在组态平台之上二次开发应用软件平台全面建立在开放的国际工业标准基础上,需要具有良好的开放性。考虑系统的开发性,采用商业数据库,并且应用系统的开放性设计需具备多层次特征,为多方位、多层次持续拓展系统功能提供坚实的基础。

组态软件平台的层次结构分为操作系统(可选Windows、Linux、Unix等)、实时运行环境(包含实时数据库、实时数据库组态工具、关系数据库、多层次/多协议网络接口三部分)、图形组态以及数据库维护和SCADA应用功能四部分。

## 2 系统方案

## 2.1 系统逻辑功能

铁路在线监测系统<sup>[6]</sup>包括数据测量系统和数据管理与分析两大子系统。其中,数据测量系统由传感器子系统和数据采集与传输子系统有机地组成;数据管理与分析系统包括监测数据管理子系统和数据分析处理子系统。系统逻辑功能如图2所示。

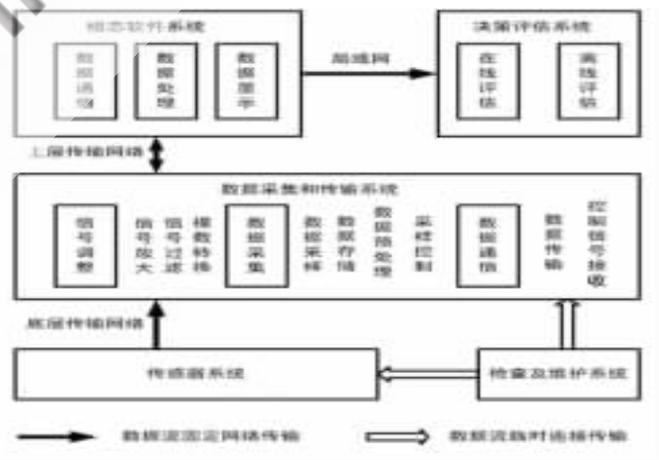


图2 系统逻辑功能图

传感器子系统由分布在现场的传感器组成,主要包括光纤温度、应变、压力、位移、振动传感器,光纤分析仪根据现场监测点的多少可以配置不同通道的仪器。传感器主要分布在牵引变电站的电力开关柜、电缆接头、变压器、互感器等输变电设备上,用来在线测温及自动报警,还有分布在桥梁、铁路轨道、铁路隧道等土木

