

# 探析光纤通信工程的传感技术在工程安全监测中应用

林小冬

黑龙江农垦通信有限公司

DOI:10.32629/bd.v3i8.2648

**[摘要]** 光纤通信工程的传感技术是依托于半导体光电技术、计算机网络技术及光纤通信技术而发展起来的技术,其具备带宽大、耐环境、体积小、强度高、稳定性好、灵敏度高、抗电磁干扰等诸多优势。基于此,本文概述了光纤通信工程的传感器技术,对光纤通信工程的传感技术在工程安全监测中的应用及其注意事项进行了简要分析,旨在保障工程施工安全。

**[关键词]** 光纤通信工程的传感技术; 工程; 安全监测; 应用; 注意事项

城市化建设的不断推进,促进了城市基础设施建设发展,使得公路、桥梁、隧道、地铁、水利等工程建设越来越多,因此为了确保相关工程的安全运行,需要对其进行健康评估和安全监测,但是传统的振弦式、电感式监测传感器存在环境耐受力、信号传输性及实时监测性差的诸多弊端,而光纤传感器技术的应用突破了这一限制,可实现多点布设,支持多参量、可编程、自检测,在工程安全监测中具有明显应用优势。

## 1 光纤通信工程的传感器技术概述

### 1.1 光纤传感器技术的主要类别

根据工程安全监测的实践分析,依据随距离增加可否实现被测量基体的连续监测划分为:点式、准分布式和分布式等几类,其中,点式光纤通信工程的传感技术存在迈克尔逊干涉传感技术和非本征型法布里-珀罗干涉传感技术几类,对于结构局部变形的高精度监测具有较强适用性,准分布式光纤通信工程的传感技术是基于光纤布拉格光栅,通过波分复用、时分复用和空分复用技术,构建多点准分布式传感网络系统实现,分布式光纤通信工程的传感技术是依据沿线光波分布参量,并获取对传感光纤区域内随时间及空间变化的被测量的分布信息,适用于长距离、大范围的持续性监测。

### 1.2 光纤传感器技术的工作原理分析

光纤传感器技术是集成光电技术、光导纤维及光通信技术于一体的综合性应用技术,与传统传感器技术的最大区别是其以光纤为导体,其具备高精度、环境耐受力、抗干扰性、实时监测及高效传输性,尤其适用于空间狭小、潮湿、腐蚀性强等特殊环境,也因此被广泛应用在石油、矿场、隧道、电力及水利工程之中,其基本工作原理是借助光纤对温度、压力等外部环境的敏捷感知力,将光源发出的光经光纤耦合后传输至调制器,促使监测参数与进入调制区的光互相作用后,引发传输光波强度、频率、相位、偏振态、温度、压力、位移等物理特征参数发生直接或间接改变,而后将光纤作为传感元件来测量光参数的变化,从而完成监测外界被测物理量的目的。

## 2 光纤通信工程的传感技术在工程安全监测中应用分析

为详细分析光纤传感器技术在工程安全监测中应用的布设方案,本文以某大型水电工程为例,运用分布式光纤传感器技术来监测基座沿坝轴线方向存在的裂缝位置与宽度,以监测基座在施工期蓄水期及运行期的变形工作状态,从而及时修护裂缝、渗漏,具体而言,光纤传感在混凝土基座埋的布置范围为坝0+130.00~0+340.00,将两条连续分布的折线形光纤传感器回路布置在心墙基座内,形成4条布设在成型钢筋下方的传感光路组成的监测空间,各个光路由3种以折线形水平和垂直分布的传感光纤构成,光缆沿监测廊道、灌浆廊道分段分层由左向右,引入右岸廊道内的监测室。上层光纤水平布置于基座顶面高程以下30cm处,先用光纤形状的Φ6.5钢筋固定在顶面下第二层Φ36的受力钢筋上,在完成全部钢筋的绑扎焊接后,而后在Φ6.5钢筋上进行传感光纤绑扎,下层上游侧面光纤以立式方式布置在一期混凝土防渗墙凿除段顶缝面上的一层钢筋上,在受力钢筋上将冷弯成型的Φ6.5钢筋并排焊接,在焊接完成全部钢筋后,在Φ6.5钢筋上进行光纤绑扎,下游侧光纤以立式方式在最外层受力钢筋外侧焊接Φ6.5钢筋,而后在Φ6.5钢筋上完成光纤绑扎。

完成上述布设后,将进行模板的架立,光纤埋设时应确保安全与稳定性,混凝土入仓时、端槽入仓应避免与光纤的冲突,为预防已布设光纤的损坏,振捣器须与光纤距离20cm之上,光纤盘在每浇筑仓末端由堵头模板内引出后放置在保护箱内,完成光纤布设后以通导仪来检测其光纤通导状况,存在断点的,应以光纤熔接机予以及时修补。在混凝土防渗墙基座内光纤是以折线形构型布置的,其折线波长、高、夹角分别为135cm, 50cm, 10.69°, 光纤曲率半径≥60cm, 光纤露头以大于5mm壁厚的橡胶管予以保护,同时,要尽力保证光纤的完整性,尽量不留接头,最终将所有终端盒连接后通过传输光纤引入监测室。完成布设后,根据实际检测,左岸、河槽段、右岸三测区传感光纤运行良好,可以支撑基座所有关键部位渗漏及裂缝的监测,成活率达到52%,与常规监测技术相比具有应用优势性。

## 3 光纤传感器技术在工程安全监测中应用的注意事项分析

### 3.1 光纤传感器与被测基体耦合的注意事项

工程结构变形测量因受封装材料、中介介质力学特质及尺寸效应等的干扰, 光纤传感器应变与被测基体实际应变不能归一为1:1的关系, 而是存在一个应变传递过程, 对于测量基体变形的精准测量具有重要影响, 而工程监测中应变传递率多通过提升光纤传感器与被测基体的耦合性来实现, 而这需要保持光纤传感器表层材料及中间耦合材料与被测基体材料的契合性, 以规避滑动、移动问题, 而且还要确保两者力学特性的相似, 以最大限度维持同步变形, 预防严重的剪切位移, 耦合材料存在原位与自配之分, 但都是为了与原位材料保持特质的相似性, 以提升应变传递率。

### 3.2 光纤传感器的二维变形监测注意事项

光纤传感器是沿轴向的一维变形, 因材料特性的影响, 其不能承受较大的横向剪切变形, 实际测量中, 受轴向变形和横向变形的双重作用, 为此, 光纤传感器技术是置于二维或三维变形环境中的一维监测手段, 无法有效监测结构变形状况, 需要对光纤传感器的布设方式和结构进行改进, 以完成二维、三维结构变形监测, 目前常用的二维变形监测方法有: 首先, 光纤应变变化, 将3个大型光纤传感器依照 $120^\circ$  角度布设于同一水平面上, 构造成应变花结构, 根据测得不同方向上的应变, 可得出应变椭圆弧度 $\Phi$ 变化; 其次, 基于FBG的节理式偏斜仪水平位移监测, 也即借助节理式设计来限制光纤的轴向变形, 可在某一方向自由弯曲, 利用应变与旋转角度关系计算水平位移, 但存在 $\pm 2^\circ$  的最大可量范围限制, 实用性较差。

### 3.3 光纤传感器的三维变形监测注意事项

在运用分布式光纤传感器技术进行工程监测时, 可将3~4根分布式光纤传感器等角度沿轴向粘贴到杆体或管体表面, 此种布置方法可支撑该光纤传感器的三维变形测量, 方法是基于弯矩的积分计算, 依据协管4个方向的应变数据信息来对水平和垂直方向的变形量进行反推。ITEN等在边坡桩基上布设了4根分布式传感光纤测量其滑动量, 并与3年测斜仪监测数据进行比较, 结果表明该方法能够有效监测边坡稳定性。

## 4 结束语

综上所述, 工程施工的外部环境较为恶劣, 且受材料腐蚀、地质灾害、使用方法及疲劳效应等诸多因素的影响, 导致工程结构可能存在开裂变形、地基下沉及稳固性衰减等问题, 因此必须对相关工程进行健康评估和安全监测。基于光纤传感器的高精度、抗干扰及成活率高等优势, 使其在工程安全监测中得到广泛应用, 因此必须加强对其进行分析。

### [参考文献]

- [1]高垠, 马玉华, 李克绵. 光纤传感技术在岩土工程安全监测中的应用[J]. 水利水电技术, 2013, 44(2): 117-121+128.
- [2]王洪明. 岩土工程施工监测信息系统初探[J]. 居业, 2018, (05): 6-7.
- [3]寸江峰. 光纤传感技术在岩土工程安全监测中的应用分析[J]. 无线互联科技, 2017, (17): 136-137.
- [4]王建业, 齐二恒, 王强昆. 光纤传感技术在岩土工程安全监测中的应用分析[J]. 民营科技, 2018, (02): 57.