

文章编号:0559-9342(2009)06-0094-03

新型地层抬动检测装置的研究

曹建勇¹,徐力生²,马 迅³,刘 毅²

(1.贵州乌江水电开发责任公司构皮滩电站建设公司,贵州 余庆 564408; 2.中南大学地学与环境工程学院,湖南 长沙 410083; 3.北京木联能工程科技有限公司,北京 100120)

关键词:地层抬动;灌浆压力;光栅位移传感器;基岩灌浆**摘 要:**目前,在水利水电工程灌浆施工中,地表抬动监测主要用千分表等,千分表观测存在灵敏度受环境影响大,不能连续观测等问题。通过对光栅传感器进行特性分析,证实了其应用于地表抬动监测是可行的,并提出了光栅传感器与灌浆自动记录仪结合的方案,研制了一套新的地层抬动监测系统,可实现抬动测量自动化,可确保测量精度及连续性。

Study on New Stratum Lift-movement Monitoring Device

Cao Jianyong¹, Xu Lisheng², Ma Xun³, Liu Yi²

(1.Goupitan Hydropower Station Construction Company, Guizhou Wujiang Hydropower Development Co., Ltd., Yuqing Guizhou 564408; 2.College of and Environment Engineering, Changsha Hunan 410083; 3.Beijing Mulianneng Engineering Scientific and Technology Co., Ltd., Beijing 100120)

Key Words:stratum lift-movement; grouting pressure; grating displacement sensor; base rock grouting**Abstract:** At present, in the grouting construction of water resources and hydropower projects, the stratum lift-movement is monitored by dial gauge. But the observation sensitivity of dial gauge is affected greatly by the environment and could not continuously observe. The characteristic analysis of grating sensor shows that it is feasible to apply in the stratum lift-movement monitoring. This paper also puts forward the alternative of combining the grating sensor with automatic grouting recorder and develops a new stratum lift-movement monitoring system, which can realize the lift-movement measurement automation and guarantee measurement accuracy and continuity.

中图分类号:TV543.14;TV543.17

文献标识码:A

1 地层抬动的产生

在灌浆过程中,引起岩体变形的主要原因是灌浆压力。当灌浆压力较小时,被灌浆液主要充填地层中的裂隙,浆液对岩体的作用力可以忽略不计。随着灌浆压力的增加,灌浆压力除消耗在运送浆液过程中外,还有一部分使岩体发生变形。岩体的变形在某种程度上有利于浆液的运送,但当压力大于岩体或者岩层软弱结构面强度时,岩体发生破坏。在这种情况下,如果这种破坏发生于地层深部,则使地层的裂隙扩大或者增多,继续灌浆则可以使浆液达到更远、更多的地方,同时也使原本软弱的层面被水泥浆液充填,水泥浆液固结后使岩体的总体强度提高,这就是劈裂灌浆。如果在具有较大裂隙的岩层中采用较大压力灌浆,就有可能造成地面抬升和好岩石的破坏。地层抬动不仅可引起冒浆,严重时还可能导致地表开裂、上部建筑物倾斜等,不仅保证不了灌浆效果,还会造成巨大的经济损失。水工建筑物水泥灌浆施工技术规范规定,抬动变形最大不超过0.2 mm。

在实际灌浆中,为了保证灌浆效果,使被灌地层的强度

尽可能大地提高,往往会根据岩体的力学性能及被灌地层的埋深情况,在岩体强度与上部岩体覆盖重力可以承受的条件下,尽可能地选用较大的灌浆压力。合理选择灌浆压力目前通行的做法是在灌浆时对表面岩体的位移进行观测,一般是用千分表观测,如果被观测岩体的位移(一般情况下是向上的抬动)超过了设计容许值,则认为岩体产生了抬动,在这种情况下应立刻降低灌浆压力,以减小抬动的进一步发展。这种方法可以有效防止大的抬动的发生。但是,采用这种办法无法在抬动发生前对灌浆压力进行有效控制,也很难确定抬动发生瞬间的具体抬动数值,这就需要采用一种能连续、动态测量抬动的装置。本文介绍一种新型地层抬动监测系统。

2 传统抬动监测装置

当前,在水利水电工程灌浆施工中,地表抬动主要用到

收稿日期:2009-03-10

作者简介:曹建勇(1974—),男,重庆人,工程师,从事工程建设管理工作。

的监测装置有水准仪、百分表、千分表等。传统千分表在测量过程中存在如下问题:

(1)千分表存在机械组件的通病,如齿轮易磨损、形变或锈蚀。有灰尘、油泥时会造成局部范围内的示值误差,并可能引起跳针、卡针现象。

(2)千分表是灵敏度高的仪表,受现场环境影响较大。钻机等设备运转时的震动,极易造成千分表支架变形而使千分表指针移位;施工人员无意中触碰,也可能造成千分表脱落或指针移位;磁性支架在固定时不易操作,经常使千分表顶针未接触外管或压入过大而造成读数不准。

(3)由于观测人员每隔一段时间才观测1次,而在两次观测间隔时间中,有可能岩石已超过抬动上限。

此外,传统的抬动监测装置水准仪、百分表和千分表还有一个共同弱点就是不能连续动态测量,而且它们都是通过人工读数,不可避免的存在人为误差。且水准仪精度低,不能准确反映地层的微弱变化。传统的抬动监测装置在灌浆时不能及时反映地层的抬动情况,很难满足当前的灌浆要求。

3 光栅位移传感器

光栅传感技术目前已较成熟测量的准确性高,也能体现测量的连续性,应用非常广泛。

3.1 光栅原理

光栅位移传感器主要由标尺光栅、指示光栅、光路系统和光电元件等组成,其原理如图1所示。光栅在本质上是指在光学玻璃上平行均匀地刻出的直线条纹。在标尺光栅和指示光栅上,它们的线纹密度一样,一般为100~500线/mm。标尺光栅是一个固定的长条的光栅,标尺光栅的有效长度即为测量范围,指示光栅是一个可以在标尺光栅上移动的矩形光栅,它们的结构如图2所示。

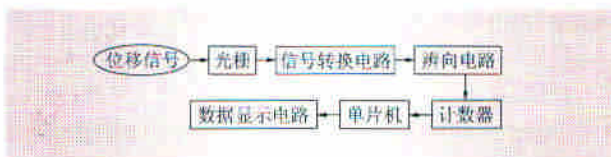


图1 光栅位移传感器的原理



图2 标尺光栅和指示光栅

把指示光栅平行放在标尺光栅的上面,再使它们线纹之间形成一个很小的夹角,在光线照过光栅时,在指示光栅上就会产生若干条粗的明暗条纹,也称莫尔条纹。当指示光栅和标尺光栅相对作左右移动时,莫尔条纹也作上下移动。也就是说,莫尔条纹的移动方向和光栅移动方向是接近垂直的,如图3所示。

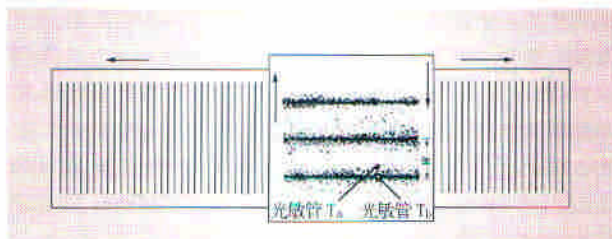


图3 光栅及莫尔条纹的形成

在光栅中,指示光栅移动一个栅距时,则其上的莫尔条纹移动一个宽度 w 。而光栅的栅距很小,为百分之一毫米到五百分之一毫米级,但莫尔条纹的宽度是厘米级的。很明显,光栅对位移有着放大作用。但是,光栅产生的信号分辨率并不高,需要对其采用细分,以提高分辨率。

3.2 莫尔条纹的电子细分

所谓细分就是在莫尔条纹信号变化1个周期内,发出若干个脉冲,以减少脉冲当量。如1个周期内发出 n 个脉冲,则可使测量精度提高 n 倍,而每1个脉冲相当于原来栅距的 $1/n$ 。由于细分后计数脉冲频率提高了 n 倍,因此也称 n 倍频。莫尔条纹的电子细分的原理如图4所示。如果莫尔条纹的宽度为 w ,在每隔 $w/4$ 宽安置2个光敏三极管。随着指示光栅左右移动,莫尔条纹的上下移动,在光敏三极管中就感应出和光线亮度相应的电流。光线暗时电流小,光线亮时电流大。

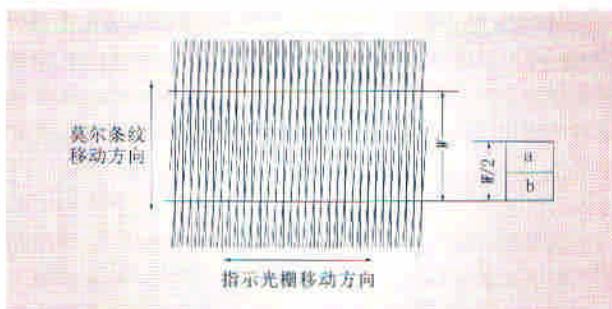


图4 莫尔条纹的电子细分原理

光栅和单片机的接口把光敏三极管从光栅检测出的信号转换成脉冲信号,并且对脉冲信号进行计数。在光栅中,指示光栅每移动1个栅距,则会使莫尔条纹移动1个纹距;而1个移动纹距会在光敏三极管中产生1个周期的正弦波。光敏三极管将1个电流正弦波表示为4个计数脉冲信号,单片机接口检测光栅所产生的1个计数脉冲,表示指示光栅移动 $1/4$ 个栅距。显然,这个接口的精度达 $1/4$ 栅距。如果采用间距为250线/mm的光栅,这种电路得到的测量精度可达 $1\mu\text{m}$,完全可以满足当前地表抬升值一般不超过0.2mm的要求。

通过对光栅特性的分析,光栅测量应用于灌浆工程中地表抬动监测是完全可行的,而且其分辨率可通过电子细分实现,其测量元件标尺光栅和指示光栅互不接触,不会磨损,所以在灌浆工程这种条件恶劣的情况下使用,有其明显的优势。

3.3 辨向电路

利用光敏三极管对莫尔条纹的检测就可以检测出指示光栅和标尺光栅的相对位移和移动方向。在指示光栅上,以 $1/4$ 的莫尔条纹宽度为距离安置的两个光敏三极管 T_1 和 T_2 所检

测出来的电流信号如图5所示。由于所处的位置关系,两个光敏三极管的电流在相位上相差 90° 。 I_a 是光敏管 T_a 的检测电流,而 V_a 则是由比较器放大之后所得的对应开关电压。 I_b 是光敏管 T_b 的检测电流, V_b 则是放大所得的对应开关电压。在5图中,当指示光栅向左移动时,莫尔条纹向上移动,形成了图5a中的电流电压波形;当指示光栅向右移动时,莫尔条纹向下移动,形成了图5b的电流电压波形。

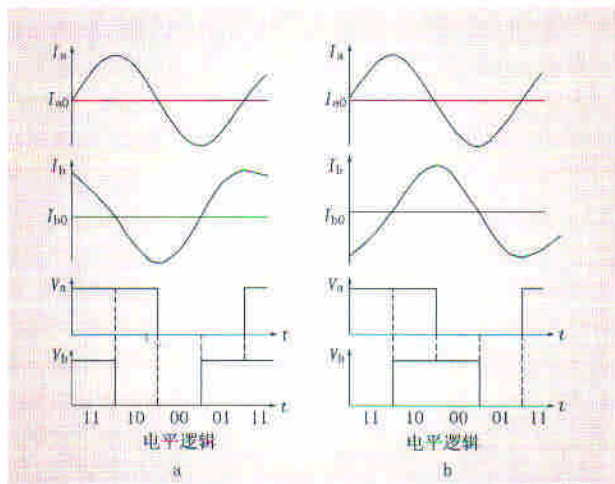


图5 光敏管电流及放大后的电压波形

从图5a可以看出,当指示光栅左移时, $V_a V_b$ 的电平逻辑为 $00 \rightarrow 01 \rightarrow 11 \rightarrow 10 \rightarrow 00$;从图5b可以看出,当指示光栅右移时, $V_a V_b$ 的电平逻辑变化为 $00 \rightarrow 10 \rightarrow 11 \rightarrow 01 \rightarrow 00$ 。从电平逻辑的变化情况,也可以判别出指示光栅移动的方向。

4 使用光栅传感器观测地层抬动

光栅传感器采用的外形设计与传统千分表相似,并沿用了千分表的测杆机构,故在进行抬动装置安装时也与传统千分表安装相同(见图6),不同点是光栅传感器必须有信号线与灌浆系统连接,而千分表是独立的个体。

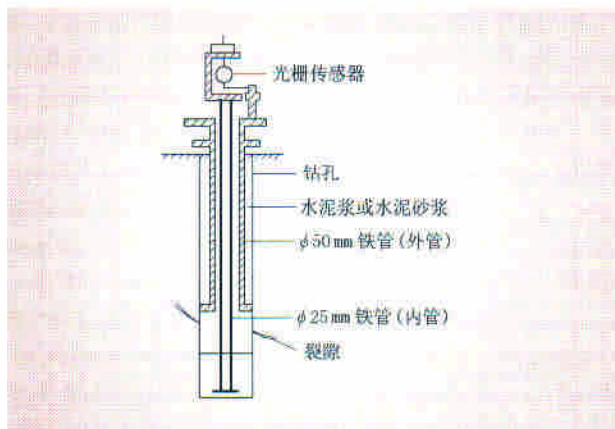


图6 光栅传感器抬动监测装置示意

5 光栅传感器与灌浆自动记录仪的结合

光栅传感器可以整合到灌浆自动记录仪形成一套新的

灌浆系统,其连接示意图7。灌浆自动记录仪的主机可以为光栅传感器提供信号处理系统、数据显示电路和数据保存。这样的设计不仅可以使光栅传感器不必另外配备主机,而且可以使抬动数据与灌浆压力的控制紧密结合。

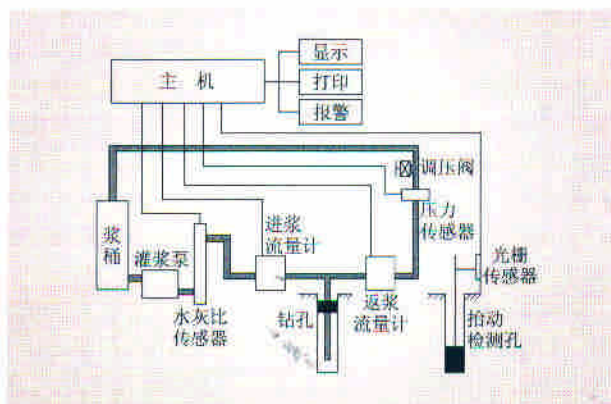


图7 光栅与灌浆系统连接示意

图7所示的是光栅传感器与LJ灌浆自动记录仪整合系统,在灌浆过程中通过光栅采集到的数据可直接输入主机进行处理,通过主机处理后显示出来,屏幕显示的是抬动的连续变化,还可通过打印机打印某段时间内抬动值与时间的变化曲线及压力与抬动变化曲线。该系统还能根据光栅对岩层或者地层位移的实时、连续测量结果,由主机分析判断岩层的劈裂与抬动现状和发展趋势。当主机分析预测到岩层将发生超过设计规定的劈裂或者是抬动时,主机发出指令,通过电动压力控制阀提前降低灌浆压力到安全值以避免不良后果的发生;如果在当前的灌浆压力下岩层没有发生超过设计规定的劈裂或是抬动时,主机发出指令,通过电动压力控制阀适当提高灌浆压力以提高灌浆效率。另外,该系统具有超限报警功能,当灌浆时抬动值超过设置值时,主机报警及时提醒工作人员降低灌浆压力。

6 结 语

通过对光栅传感器的特性分析,证实了光栅传感器应用于地表抬动监测是可行的。此外,还提出了光栅传感器与灌浆自动记录仪结合的方案,研制了一套新的抬动监测系统,成功实现了抬动测量的自动化和数字化,并确保了测量的精确性和连续性。

参考文献:

- [1] 张景秀. 坝基防渗与灌浆技术[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2002.
- [2] 张琳, 于启洋. 薄板混凝土结构帷幕灌浆抬动变形控制的探讨[J]. 水利水电快报, 2003, 24(17): 26-27.
- [3] 罗明全, 王森荣. 灌浆施工过程中岩石抬动变形观测装置存在的缺陷及改进措施[J]. 四川水力发电, 2000, 19(4): 34-36.
- [4] 梁长根. 光栅传感智能位移测量系统[J]. 传感器技术, 2001, 20(4): 41-43.
- [5] 雷孔成, 余海波. 光栅传感器中光电信号转换和处理电路的改进[J]. 制造技术与机床, 2001, (5): 18-19.