

土坝渗流浸润线自动化监测系统硬件设计及应用

吴深, 滕杰, 刘吉海

(济南市卧虎山水库管理处, 山东 济南 250115)

摘要:针对土坝渗流场自动化监测中存在测点布置多、数据分析复杂以及流场难以确定的问题,提出通过渗流浸润线确定土坝渗流场的思想,设计了一套土坝渗流浸润线自动化实时监测硬件系统,该系统由敞开型测压管、渗压计、数据采集装置以及无线遥测数传仪组成。应用结果表明,该系统运行稳定、可靠;坝体浸润线随库水位升降而变化,变化规律符合渗流理论,较真实地反映了坝体内的渗流状态。

关键词:土坝;渗流;浸润线;自动化监测系统;硬件设计;敞开型测压管

中图分类号:TV698.1

文献标志码:A

文章编号:1006-7647(2014)S2-0040-02

大坝安全监测是水库运行管理的一项重要重要的技术内容,监测数据也是大坝安全评价的重要依据^[1]。随着电子技术、信息技术以及传感技术的飞速发展,大坝安全自动化监测技术也已取得了长足的进步^[2-9]。对于土坝或土石坝,坝体的渗流监测是重要的监测项目之一,普遍受到重视。现有的监测方法主要是通过通过在坝体中埋设渗压计,监测得到各测点的孔隙水压力变化,以此为依据分析坝体的渗流状态。该方法需要在监测断面上埋设多个渗压计,存在测点布置多、数据分析复杂以及流场难以确定的问题。为此,本文提出通过渗流浸润线确定土坝渗流场的思想,设计了一套土坝渗流浸润线自动化实时监测硬件系统,并应用于某水库大坝的渗流监测。该系统由敞开型测压管、渗压计、数据采集装置以及无线遥测数传仪组成。

1 系统结构

系统结构如图1所示。为实现自动化监测,在监测断面上渗流浸润线穿越的关键位置埋设1组敞开型测压管,在每个测压管内放置1个振弦式渗压计,这些渗压计与设计放在现场机房内的数据采集装置之间通过水工专用电缆有线连接,实现对传感器的激励和数据采集传输。对于数据采集装置的布设位置,根据监测断面位置选择一种工程上最经济、技术上最合理的布置方案,以充分发挥数据采集装置所具有的渗流压力和温度监测信号通道的接入能力。

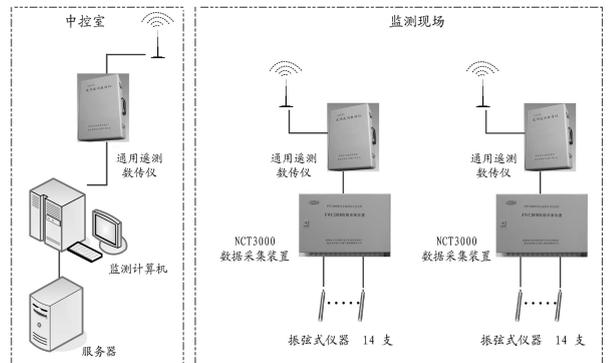


图1 系统结构示意图

数据采集装置与中控室微机之间采用通用遥测数传仪和吸盘天线发射和接收装置,进行采集数据的通信传输和采集频率的控制。另外,中控室除了配置一台微机用于自动监控和人工操作外,还配置一台服务器,以安全存储所采集到的数据。

2 通信及供电方式

渗压计传感器通过有线方式接入监测分站后,与监测总站之间的数据通信采用无线通信方式(超短波无线通信)。无线通信的传输速率最低为2400波特率。监测分站设在大坝现场机房内,各分站放置1台数据采集装置。监测总站则设在水库管理处的中控室内。在采集站上设置无线通信模块,建立其与监测分站和监测总站之间的双向通信。无线通信的媒介是“以太”大气,信息传送的媒体是高频电磁波。在近地大气中传输较稳定,并且不受电力系

统干扰,也不受雷电对线路的袭击。此外,无线通信双方之间不需架设线路,具有很好的跨越能力,一般适用于有效通信距离约 30 km。

考虑到水库电源电压可能存在的不稳定性,以及雷击时容易从电源端侵入的可能性,供电方式采用直流供电。在监测分站的机房外墙上安装太阳能电池板,接入到机房内安装的蓄电池,以直流供电方式满足数据采集装置、通用遥测数传仪及信号接收发射装置的用电需求。

3 渗压计

通过对不同传感器类型渗压计工作原理、特点和应用情况的对比分析,确定采用精度高达 0.1% FS 的振弦式渗压计作为实现土坝渗流浸润线自动化监测系统的传感器。振弦式渗压计能够保证测试数据的精度要求,满足长期稳定性和可靠性要求。尤其是在水库大坝较长的情况下,采用振弦式渗压计能够保证数据长距离传输的准确性。渗压计的量程根据测压管内的最高水位确定。

另外,对于长期运行的大坝安全自动化监测系统来说,其所采用的振弦式渗压计应配有电涌放电器,以防止过载而损坏渗压计。同时,数据采集装置都配有雷电保护装置,应将渗压计电缆线的屏蔽线和接地线与其连接并接地,以防雷击,满足长期监测的需要。

4 数据采集装置

水库大坝坝区经常会出现超常的电磁干扰和雷电袭击现象,会对监测系统造成不利影响,也是潜在的安全隐患,具体表现为系统运行不稳定,数据跳跃无序,甚至雷击损坏。为解决该类问题,数据采集装置的设计要求至关重要。

4.1 抗干扰能力

数据采集装置的数据处理主板和测量模块若采用传统的抗干扰技术,虽然能保证渗压计常规信号数据采集时获得稳定、准确的测量数据,但由于现场地形、地物、雷电等不利自然条件,使得极少数监测点在信号数据超常规时,可能获得不稳定的测值。因此,为提高抗干扰能力,数据采集装置应:①设计有良好的自适应滤波电路,有效克服长导线引入的干扰信号;②自适应增益调整,有效克服长导线引起的信号失真问题;③增加数值滤波功能,使之能剔除来自各方面的测量干扰,获得稳定准确的测量数据。

4.2 内置全方位防雷电路

数据采集装置的数据处理主板和测量模块的防雷措施,若是通过外扩一个防雷电路板实现装置内部防雷,将导致其布置为分体式结构,降低了防雷性

能和系统的可靠性。因此,应将防雷电路与测量模块设计为合二为一的一体化结构,对传感器输入芯线、模块直流供电电源芯线、通信线等全方位防雷。通过采用压敏电阻、气体放电管、固体放电管、TVS管、快恢复熔丝等多种防雷器件,可有效消除不同类型的感应雷打击。

4.3 一体化结构设计

数据采集装置的接口通道数宜根据传感器个数确定。分体式结构不利于系统的完整性,会增加安装和调试难度,也不利于后期维护,增加的环节也降低了系统的可靠性,因此宜采用一体化结构,安装和调试非常方便,同时,硬件环节的减少,有助于提高系统的可靠性。

4.4 在线自检

数据采集装置应具有模块工作状态的自检功能,并能够在线反馈数据采集装置的各种工作状态,主要包括:模块供电方式、测量模式、模块时钟、模块温度、电池电压等。这样,有利于及时发现模块硬件故障,提醒用户及时采取维护措施。

5 结 语

系统在某水库大坝的渗流监测中的应用结果表明,该系统运行稳定、可靠;坝体浸润线随库水位升降而变化,变化规律符合渗流理论,较真实地反映了坝体内的渗流状态。

通过敞开型测压管和渗压计的结合,监测土坝的渗流浸润线,以确定土坝渗流场的监测方法,可以有效解决单纯使用渗压计进行孔隙水压力监测时存在测点布置多、数据分析复杂以及流场难以确定的问题。土坝渗流浸润线自动化监测系统的硬件设计中,解决全系统的防雷击问题是保证系统安全、长期运行的关键,应从传感器、数据采集装置、输入电源等各个方面均应采取防雷措施。渗压计宜采用振弦式传感器,以保证数据长距离传输的可靠性。系统的通信方式宜采用水利专用超短波无线通信。系统的供电方式宜采用直流供电方式。

参考文献:

- [1] 杨正华,刘嘉焯. 峡山水库大坝渗流安全评价[J]. 水利水电科技进展,2007,27(2):40-44.
- [2] 李永江. 土石坝安全监测技术及安全监控理论研究进展[J]. 水利水电科技进展,2006,26(5):73-77.
- [3] 肖衡林,邓翔文,何俊,等. 基于分布式光纤温度传感技术的库水温度测量方法及应用[J]. 水利水电科技进展,2011,31(2):85-88.

(下转第 57 页)

表2 ZG00Cr13Ni5Mo 铸造不锈钢的力学性能技术要求和应用

类别	$R_{p0.2}/\text{MPa}$	R_m/MPa	$A/\%$	$Z/\%$	A_{KV}/J	HB	用途
I	≥ 550	≥ 750	≥ 15	≥ 35	≥ 50	240 ~ 280	磨蚀轻微的大中型水轮机转轮和叶片
II	≥ 620	≥ 800	≥ 13	≥ 35	≥ 35	280 ~ 320	磨蚀较严重的大中型水轮机转轮、叶片和导叶等过流部件
III	≥ 700	≥ 850	≥ 12	≥ 30	≥ 27	≥ 300	磨蚀严重的水轮机导叶、止漏等过流部件

蚀性能^[4]。通过二台子水电站检修过程中对过流部件的检查发现,材料为 ZG00Cr13Ni5Mo 的转轮及叶片完好,而材料为 1Cr18Ni9Ti 的顶盖护板和底环护板严重磨损,进一步证实 ZG00Cr13Ni5Mo 性能优于 1Cr18Ni9Ti。过流部件材料性能是造成其泥沙磨损程度的又一重要因素。

3 过流部件磨损处理及建议

3.1 过流部件磨损处理

底环及顶盖过流面受到严重泥沙磨损,导致导叶端面间隙增大,使机组漏水量增大,机组在关闭导叶的情况下不能正常停机。同时,由于导叶端面间隙增大,致使水力不平衡,将严重影响机组稳定运行。在检修过程中,用碳弧气刨的方法铲除破坏区域的金属,露出基体金属光泽;用砂轮将高点和毛刺磨掉;采用含 Cr 在 12% 以上的焊条进行堆焊,堆焊完成后底环按照图纸进行车削加工,顶盖用砂轮打磨光滑,最后与转轮组配调整。

3.2 建议

二台子水电站水头较高(330 m),因此流速较大;又由于水流中存在大量泥沙(油槽冷却器及发电机空气冷却器在清扫打压过程发现部分铜管被泥沙堵塞),尤其是汛期雨水大,对周围山体冲刷,使水中长时间含有大量泥沙,从而使得水流对过流部件磨损大大增加。为减轻过流部件泥沙磨损程度,提出如下建议:

a. 在闸首上游河道修建沉砂池。在河道内修建一定数量的沉砂池(河道内挖深坑或修建挡水墙形成水池),使得水流在经过沉砂池时,流速减缓,水流中泥沙有一定的时间沉降,从而减少进入引水隧洞的泥沙含量,从一定程度上降低泥沙对过流部件的磨损破坏。

b. 改善过流部件材质。机组投运 1 a 后检查发现,材料为 ZG00Cr13Ni5Mo 的转轮及叶片完好,未受到泥沙磨损,而材料为 1Cr18Ni9Ti 的顶盖护板和底环护板严重磨损,磨损严重部位有深达 6 ~ 7 mm 的坑。从材料试验性能及二台子水电站过流部件暴露出的问题,证实 ZG00Cr13Ni5Mo 性能优于 1Cr18Ni9Ti,具有更好的抗磨蚀性能。故建议将顶盖及底环护板换成抗磨蚀性能更好的 ZG00Cr13Ni5Mo。

参考文献:

- [1] 戴均,王洪云. 中小型混流式水轮发电机组机械检修及主要易损部件的修复技术[M]. 北京:中国水利水电出版社,2007.
- [2] 马贵兴,刘秀杰. 大型水轮机用 ZG00Cr13Ni5Mo 不锈钢的性能研究[J]. 大机电技术,1997(3):33-40.
- [3] JB/T 10384—2002 中华人民共和国机械行业标准[S].
- [4] 薛伟,陈昭运. 水轮机空蚀和磨蚀理论研究[J]. 大机电技术,1999(6):44-48.

(收稿日期:2014-08-26 编辑:熊水斌)

(上接第 41 页)

- [4] 沈振中,陈允平,王成,等. 大坝安全实时监控和预警系统的研制和开发[J]. 水利水电科技进展,2010,30(3):68-72.
- [5] 王逸民,王士军,董福昌,等. 山美水库大坝安全监控系统[J]. 水利水电科技进展,2007,27(4):77-79.
- [6] 王平,童颀,贾化萍,等. 大坝安全监测系统硬件集成研究及应用[J]. 河海大学学报:自然科学版,2007,35(1):26-29.
- [7] 王仁钟,李雷,彭雪辉. 透水覆盖层上土石坝渗流量观测设计方案综合评价方法[J]. 水利水电科技进展,2011,31(1):42-44,73.
- [8] 金可礼,顾昭明,李永祥,等. 光纤传感器在茜坑水库土坝渗流监测中的应用[J]. 水利水电科技进展,2005,25(4):53-55.

- [9] 王润英,方卫华. 大坝安全监测自动化系统的 LEMP 防护[J]. 河海大学学报:自然科学版,2001,29(3):99-102.

(收稿日期:2014-09-29 编辑:熊水斌)

