

文章编号:1005-7854(2015)S0-0035-06

超大型尾矿库安全技术监测与管理系统

左晓辉 梁升 赵景渤

(首钢矿业公司 水厂铁矿技术科,河北 迁安 064404)

摘要:尾矿库运行的安全技术参数能够准确反映尾矿库的安全状况和稳定程度,通过自动化、信息化等手段快速、准确地掌握尾矿库运行参数十分必要,也是体现尾矿库管理水平提高的一个重要标志。首钢水厂铁矿通过对坝体位移、浸润线、降雨量、库区水位等尾矿库关键参数进行在线监测,建立安全管理平台,实现数据共享,使得各级管理人员都能及时了解当前尾矿库的运行状态,实现管理过程透明化,提高尾矿库的安全管理水平。

关键词:尾矿库;在线监测;技术参数自动采集

中图分类号:TD76 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1005-7854.2015.z1.009

尾矿库运行的安全技术参数能够准确反映尾矿库的安全状况和稳定程度,因此,通过自动化、信息化等手段快速、准确掌握尾矿库运行参数十分必要,也是体现尾矿库管理水平提高的一个重要标志。

随着国家与矿山企业对尾矿库的安全生产重视程度的不断提高,《尾矿库安全监测技术规范》等相关国家法律要求,三等以上尾矿库必须安装在线监测系统。

水厂铁矿现有新水、尹庄两个尾矿库,由于库区面积大,需要监测的点位多,长期以来,绝大部分是采用人工监测,工作量大、精度差,尾矿库的运行状况很难做到准确、及时。因此,必须建立一套尾矿库安全自动监测系统,针对一些对尾矿库安全稳定性影响较大的参数实施自动监测;建立科学的信息平台,实现关键技术数据的实时在线和历史查询,同时具备安全预警能力,当控制参数超出标准时,能够实现报警。提高尾矿库管理水平,达到尾矿库在线监测管理系统的正规化、专业化。

1 在线监测系统设计

1.1 坝体在线浸润线监测

尾矿坝的浸润线是尾矿库的生命线,也是评价尾矿坝稳定状况的一项重要的基础。研究表明,浸润线每升高 1.0 m,可使坝体稳定系数减少 0.05 左右,甚至更多。由此可见,坝体浸润线的高低直接影响着尾矿坝坝体的稳定性。因此,需对坝体浸润线

进行密切监测,以便及时了解掌握尾矿坝的安全状态,采取应急措施。

由于浸润线监测主要是监测坝体渗水的高度,一般监测仪器无法准确测量浸润线的高度。在线浸润线采集设备主要为振弦式渗压计和数据采集器,其原理为通过在坝体钻凿钻孔,把渗压计放置在钻孔里(共用常规浸润线观测井),通过数据采集器测量渗压计的压力,再转化为水头高度(高程),结合安装深度以及孔口高程即可得到坝体的浸润线高度(高程)。测量精度取决于渗压计的精度,误差小于 10 mm。

浸润线单孔高度 = 安装仪器高 + 渗压计测量高度

处于同一断面的各个浸润线单孔高度的拟合曲线,即为浸润线。如图 1 所示。

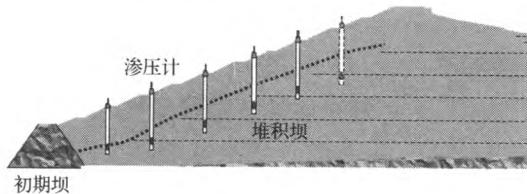


图 1 坝体剖面浸润线监测测点结构示意图

根据设计在尹庄主、副坝设立三条在线浸润线观测点,测点布置共 20 个。新水库设立两条在线浸润线观测点,共布置 5 个测点。

1.2 坝体位移在线监测

为了实时监测坝体位移的微小变形,采用基于

作者简介:左晓辉,工程师,自动化专业。

GPS 技术的坝体形变监测系统来对坝体变形状况进行监测，并根据监测结果和系统设定发出信息，系统能够根据所采集的历史数据进行分析，给出形变状态在一定时间段内的发展趋势，使决策管理人员能够将事故消灭在萌芽状态，大大提高坝体安全性和可控性。

坝体在线位移监测原理是接收机天线实时接收 GPS 信号，并通过以太网的传输方式实时发送到控制中心，经过核心解算软件——HCMonitor 基于 GPS 差分方法的计算获得各点实时三维坐标，从而反映位移的微量变化。为了提高系统的精度和稳定性，采用多个 GPS 基站的方式进行解算。系统监测精度为水平 3 mm，高程 5 mm。如图 2。

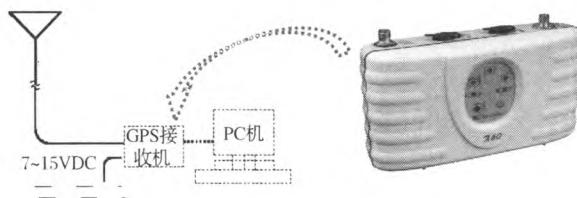


图 2 位移数据监测示意图

该系统共设计 3 个 GPS 基站，16 个 GPS 在线监测点位，广泛地分布于库区，实时监测库区的位移变化。

1.3 降雨量监测

及时掌握降雨量大小，可推算入库水量，是调蓄库水位的重要指标，是尾矿库汛期安全的重要考察对象之一。

降雨量监测点放置在距尾矿库较近的尾矿车间院内，位置开阔且避风。雨量监测装置选用翻斗式遥测雨量计，精度为 0.2 mm。由于其结构简单、维护方便、可靠性较高，广泛应用于水文测报系统中。其工作原理是：当雨水通过漏斗进入机械稳态组件构成的翻斗内，达到一定量时，引起翻斗翻转并产生一个脉冲信号。将产生的脉冲信号接入 PLC 系统，对其进行累计，并将累计结果通过以太网的方式由上位机按照每 10 分钟、每小时、每日上传到服务器。雨量采集系统的工作示意图如图 3。

1.4 库水位监测

尾矿库库水位是反映尾矿库安全稳定的关键参数之一，及时掌握库水位的高程，可反算干滩长度、调洪高差以及实时库容，可以为库水位状态及其预警预报提供最直接最重要的基础数据。

尾矿库库水位采用超声波测量法测量，超声波

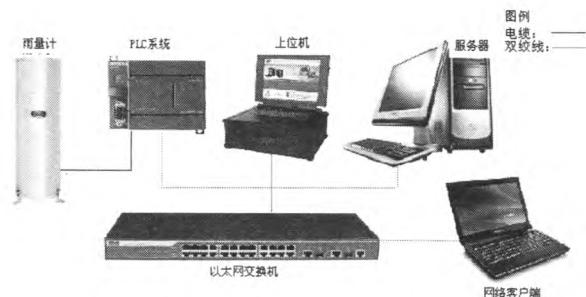


图 3 降雨量系统工作示意图

液位计安装在尾矿库内水位比较平稳的位置，可实时测量仪器距库水面的高差，该高差值加事先已测定的仪器高程可计算出库水位高程。该系统使用 PLC 系统采集超声波液位计的测量值，通过光纤将采集数据传输至数据服务器。为了保证测量精度，选用 10 m 的超声波液位计，具体测量精度为：

$$M = L (\text{量程}) \times \eta (\text{误差率}) = 10 \times 1000 \times 0.15\% = 15 \text{ mm}$$

设备精度满足 20 mm 的精度要求。系统工作原理及监测结果见图 4。

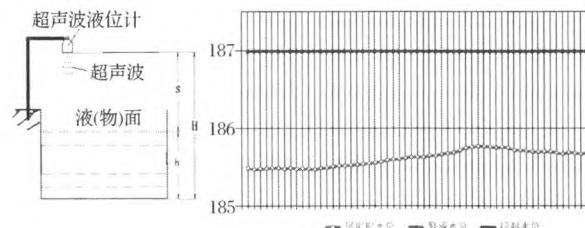


图 4 库水位监测工作原理及监测结果

2 网络结构及防雷系统设计

2.1 数据采集设备(数采仪)的网络结构

现场的数据采集采取分布式结构，组网灵活，同时减少了布线量，降低了故障率。在各数采仪的干线上，只分布供电电缆和通讯光缆。通讯网络采用光缆多机通讯方式(RS485-光纤转换器)，即使某台终端设备出现故障，也不会影响到整个通讯网络和系统的正常运行。通讯网络采取“即插即用”的链接方式，可实时增加、减少数采仪数量，方便后续系统的扩充。

主干网络采用工业以太网的方式，通过 TCP/IP 传输控制协议实现数据流通讯。在尾矿车间建立数据服务器机房用来存放现场采集的数据，由机房敷设 3 条光纤分别实现新水库位移基站数据、新水库在线监测数据和尹庄库在线监测数据到机房的通讯。网络拓扑图如图 5。

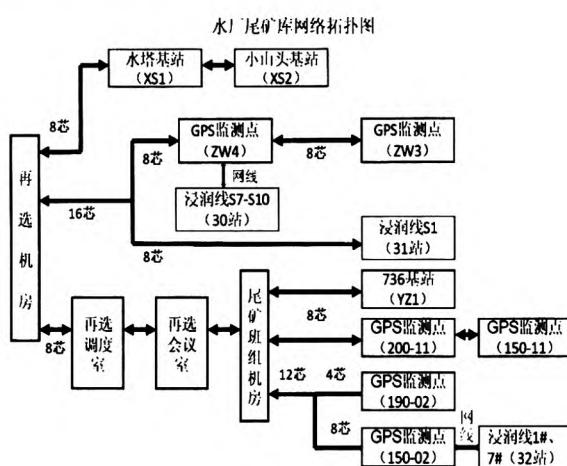


图 5 水厂尾矿库网络拓扑图

2.2 硬件系统的防雷措施

系统的防雷设计是整个系统能否稳定工作的重点之一。尤其尾矿库现场在野外山林中,雨季容易受到雷电攻击,造成现场设备的损坏。因此系统防雷非常重要。

一个完善的防雷体系包括以下三方面内容:

1) 外部防雷。即由外部防雷装置(接闪器、下引线和接地装置)承接 50% 以上的雷电流泄入大地;外部防雷设计是工程项目的重点设计,尾矿库监测系统一般处于易受雷电攻击的环境,合理的外部防雷设计是必不可少的。

2) 内部防雷。即采用等电位连结、屏蔽、防闪电络技术和装置阻塞雷电波沿金属导线和空间电场入侵的途径。

3) 电涌保护。利用某些元件的非线性特性,组成电涌保护器并将其连结在配电和信号线路中,将累计产生的过电压和过电流通过电涌保护器泄入大地。

为了保证系统在雷雨季节能够正常运行,我们在防雷设计中采取了如下具体措施:

1) 机房内设备供电电源采取三级防雷保护。

2) 设备间内的机柜采取等电位接地,柜内设备的外壳与机柜可靠连接。现场设备供电处均加装电源防雷模块。

3) 布线采取地下埋设方式。采用电缆地下埋设方式布线,要比架空线方式降低雷击概率 70% 左右,是预防雷击的重要手段之一。

4) 现场的浸润线测点、位移测点均安装金属防护箱,在设备旁加装避雷针,并将金属箱接到防雷地网上,对内部的传感器、数采仪进行保护和屏蔽,可

有效减少设备端的雷击概率。

5) 设计的数采仪产品,均采用模块化结构,防雷模块内部设置有多重防雷保护措施,供电端、通讯端均设计有快速响应的气体放电防雷管、光电隔离、瞬态抑制电路等多项措施,提供对核心部件及连接仪器的保护。

6) 通讯干线采用光缆布线,支线网线端加装网络防雷器。

采取上述措施后,再加上机房所处位置已有的防雷网的有效保护,可以使系统因雷击造成损坏的可能性降至最低。

3 尾矿库安全监测信息管理软件系统

尾矿库安全监测信息管理系统是尾矿库安全监测自动化系统的核心,是基于数据库的局域网络下的一个开放的软件平台,要求采用 B/S 结构进行设计。它包含三大功能模块:一是数据的采集、解析与故障诊断;二是数据查询与分析;三是丰富的报警功能。

3.1 数据的采集与存储

现场的监测数据经传输后,由网络服务器端接收。这些数据经过工程化处理后,与监测时间一起存储于服务器系统的数据库中。对于人工采集的数据,软件提供了一个人机界面窗口,直接由键盘输入进库。实现数据共享,方便车间、厂矿、公司各级管理人员进行管理。数据存放在尾矿库在线安全监测系统的数据服务器中。数据采集存储示意图如图 6。

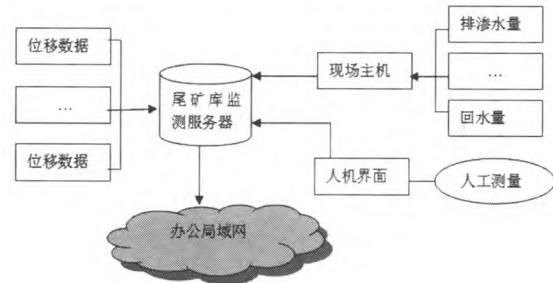


图 6 数据采集存储示意图

3.2 操作环境及数据库设计

本系统以 Windows XP 系统为操作平台,用 c# 4.0 编程语言和 .Net 框架、ASP.NET Web Application 服务和 SQL Server 2008 数据库来实现尾矿库安全监测系统所需功能。由于用到的数据表格多,另外考虑到实际情况,基本信息的变动,还有点位信息多少的变化,我们选用 SQL Server 2008 数据库作为开发,而不用 Access,主要是因为 Access 存放的记

录,在实际运用中容易出错,导致相关信息丢失,故不适合此系统;而 SQL Server 2008 是一种常用的关系数据库,能存放和读取大量的数据,管理众多并发的用户,故选用 SQL Server 2008 数据库。

3.3 软件功能设计

3.3.1 系统组成

在系统功能分析的基础上,总体模块划分如表 1 所示。

表 1 系统功能模块划分

模块名称	模块功能
库区简介	对尾矿库的基础信息做简单介绍
实时数据	查询尾矿库当前最新的主要信息
历史数据	组件部位更换、手动计算等管理操作
运行现状	对单位基本信息、设备基础信息等系统所需基本信息的维护
基础信息	用于记录和显示系统相关点位的基础信息
后台管理	设置或删除系统的用户以及用户的权限,基础数据的维护
日常运行	显示尾矿库运行的一些日常状况
检查预案	包括日检查、安全检查、防洪预案、筑坝计划等
天气预报	显示 5 天内的天气预测情况

通过以上功能实现对尾矿库重要运行数据的实时采集、传输、计算、分析;包括库水位、库降雨量、排渗水流量、坝体位移、坝体浸润线埋深变化的监测以及尾矿库干滩长度等,管理人员通过公司局域网实时掌握尾矿库整体运行的安全状态。

3.3.2 系统功能设计

该系统在设计过程中,本着简洁高效、形象直观的原则,将界面设计的一目了然,层次分明。通过信息化手段使管理人员更好地掌握尾矿库运行情况,直观显示各项监测、监控信息的历史变化过程及当前状态,为各级管理人员提供简单、明了、直观、有效的信息参考。该系统尽可能地贴近生产实际,便于用户操作。例如:

1) 库区简介

对尾矿库的基本情况做一个简要的介绍,包括库容、坝高、等级等信息,使初次使用此系统的人员对尾矿库有一个初步的了解。

2) 实时数据

显示尾矿库水位、浸润线、位移、排渗量这几个重要参数的最新数据值,使用图形曲线加数据的方式使尾矿库参数直观明了。

3) 历史数据

对一定时间段内的数据进行查询,在查询过程中,对于一些有标准数值的参数进行判断,超出正常

范围就用红色字体显示,达到报警目的。

3.3.3 数据库逻辑结构设计

表 2 用户(user_ls)

登陆名	usercode	nvarchar(50)	主键
密码	username	nvarchar(50)	
角色	juese	nvarchar(50)	

表 3 用户权限表(userqx_ls)

登陆名	usercode	nvarchar(50)	主键
单位编码	unitcode	nvarchar(10)	主键
数据编码	dcode	char(8)	主键
添加	add	int	默认为 0
删除	delete	int	默认为 0
修改	update	int	默认为 0

表 4 浸润线表(wkk_jinrun_ls)

日期时间	dttime	datetime	主键
数据编码	dcode	char(8)	主键
井深	jingsd	numeric(18,2)	
埋深	maisd	numeric(18,2)	
上传时间	sctime	datetime	
录入者	user1	nvarchar(20)	

井深默认是 12 m,如有变动,根据实际井深填写。埋深 = 井深 - 测量的值(水深)。

表 5 位移表(wkk_weiyi_ls)

日期时间	dttime	datetime	主键
数据编码	dcode	char(8)	主键
横坐标	heng	numeric(18,4)	
纵坐标	zong	numeric(18,4)	
高坐标	gao	numeric(18,4)	
基坐标-横	hengbase	numeric(18,4)	
基坐标-纵	zongbase	numeric(18,4)	
基坐标-高	gaobase	numeric(18,4)	
上传时间	sctime	datetime	
录入者	user1	nvarchar(20)	

坐标位移量 = 解算出的坐标 - 基坐标(可以在视图中做计算)。

基坐标是通过某个点位一段时间内(例如 2 个月)的平均值计算得出。每隔一年或者两年修正一次。

3.4 报警值的设置、显示与记录

为了更好地服务于尾矿库管理人员,系统中包含丰富的报警信息,一旦出现紧急异常情况(如库水位超过调洪保障水位、干滩长度小于最小干滩长度等),系统都会给出明确的预警提示,并自动记录相关的报警信息,如报警内容、报警时间、报警级别等,形成记录报表。所有矿业公司用户可以通过公

司局域网随时查询报警信息,了解以往的报警信息。

3.5 系统安全性设计

尾矿库安全监测系统的数据是尾矿库安全与否的数字化体现,所以系统中的数据安全性至关重要。本系统采用角色+密码+特殊用户的方式对使用系统的用户严加控制。在登录时,使用用户验证控件,来确认用户是否为合法用户,是否有足够权限操作此系统,以保证信息安全。另外用户登录密码在系统中也是加密的,为系统数据的安全性提供了更多一层的保护,编程代码如下。用户权限截图如图7所示。

usercode	username	juese	pass
cdl	陈代利	一级管理员	40BD001563085FC35165329E
gts	mark	一级管理员	40BD001563085FC35165329E
gyb	谷彦博	一级管理员	40BD001563085FC35165329E
lf	李福禄	一级管理员	A9BA8E6D8BFE548BF2448B63
ls	梁升	超级管理员	8AEFB06C426E07A0A671A1E2
wl	王蕾	一级管理员	40BD001563085FC35165329E
yjz	阎志坚	二级管理员	40BD001563085FC35165329E
zdh	左晓辉	二级管理员	40BD001563085FC35165329E

图7 用户权限

//登录判断

```
string s1 = TextBox1.Text.Trim();
string s2 = TextBox2.Text.Trim();
if (s1.Trim() == "")
{
    Label1.Text = "用户名不能为空!";
    Return;
}
else
{
    Session["juese"] = "";
}
```

```
Session["usercode"] = "";
string pas = FormsAuthentication.HashPasswordForStoringInConfigFile(s2, "SHA1");
string str1 = "select * from user_ls where usercode = " + s1 + "\";
dt = db.QueryDataT76(str1);
if (dt.Rows.Count <= 0)
{
    Label1.Text = "此用户名不存在!";
}
else
{
    if (dt.Rows[0]["pass"].ToString() != pas)
    {
        Label1.Text = "请输入正确的密码!";
    }
    else
    {
        Session["juese"] = dt.Rows[0]["juese"].ToString();
        Session["usercode"] = dt.Rows[0]["usercode"].ToString();
        Label1.Text = "用户" + dt.Rows[0]["usercode"] + "登录成功! 请继续操作。";
    }
}
```

4 系统应用效果

通过系统的应用开展坝体位移变化分析。数据显示位移偏移量均在0.005 m内,均满足国标0.03 m的要求。如图8所示。

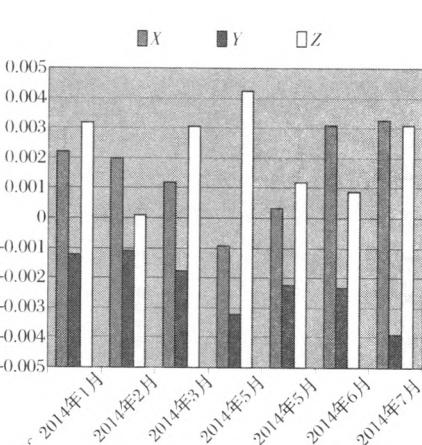
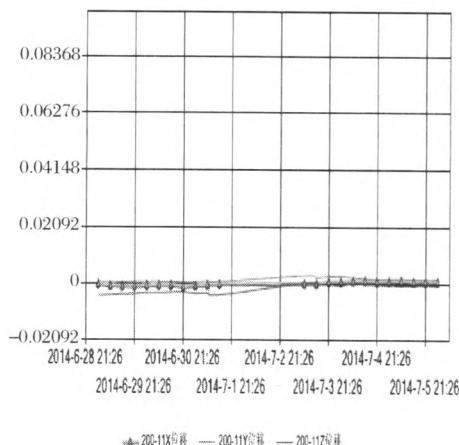


图8 坝体位移变化分析图

通过系统对坝体浸润线埋深分析。监测数据表明,浸润线最大埋深达到 50 m,最小埋深为 7.65 m。所有观测井的埋深均满足国标 6~8 m 的要求。

实现尾矿库区域降雨量的自动监测统计上传,保证了数据真实,方便技术人员进行雨情准确分析,提前采取防范措施。降雨量分析如图 9 所示。

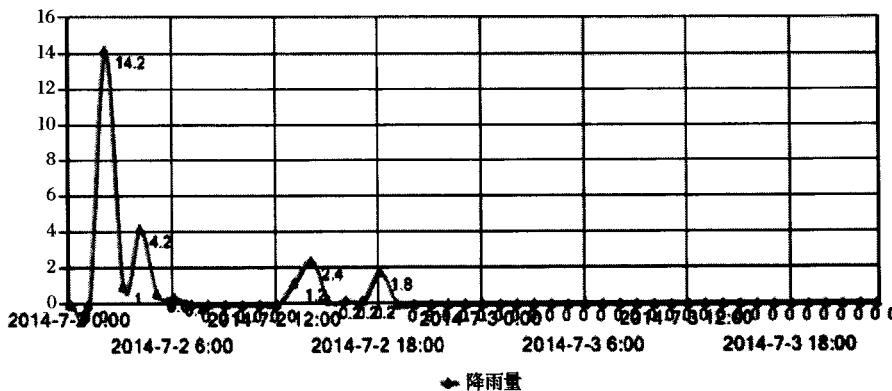


图 9 降雨量在线查询

5 结论

1)按照《尾矿库安全监测技术规范》等相关国家法律要求,实现尾矿库位移、浸润线、库区水位、降雨量等关键数据的在线实时监测。保证尾矿库的安全稳定运行。

2)采用多个 GPS 基站的方式进行位移解算,大大提高了系统监测精度和稳定性。监测精度达到水平 3 mm、高程 5 mm。远高于国家安全监测精度标准水平 10 mm、高程 5 mm 的要求。

3)多种防雷措施并用,提高系统防雷等级,保证整个监测系统的稳定性。

4)开发尾矿库安全监测和工艺管理为一体的信息技术及管理系统,属同行业领先水平。

5)建立尾矿库管理的信息化平台,实现数据共享,使得各级管理人员都能及时了解当前尾矿库的运行状态,实现管理过程透明化。

6)应用信息化手段对尾矿库进行管理,实现尾矿库安全工艺数据自动采集,保证数据的真实性和及时性,提高尾矿库的安全管理水平。

参考文献:

- [1] 谢希仁. 计算机网络 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [2] 马军. 精通 ASP.NET2.0 网络应用系统开发 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.
- [3] 王珊, 陈红. 数据库系统原理 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.
- [4] 周汉民. 尾矿库闭库设计施工及验收 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2012.
- [5] 王威威. 尾矿库对环境的影响及防治对策 [J]. 黑龙江科技信息, 2011(20):155.
- [6] 廖伙木. 尾矿坝的稳定性分析 [J]. 安全与健康, 2011(15):42-43.