

水流含沙量同位素监测系统

陈建生 陈 亮 焦月宏 董海洲

(河海大学土木工程学院 江苏 南京 210098)

摘要 :介绍了一种同位素含沙量监测系统 .通过测量放射性透射得到的河水与吸收片的强度比率可求出河水中的含沙量 .多个测量终端利用公用电话线将数据传输到主机进行分析处理 ,同时接受主机的控制 .为克服放大器上的高压漂移与简化定标程序 ,在测量终端上设计了一种代替参考水箱的吸收片标定技术 ,并且在定标过程中采用了滑动平均的数学处理方法以降低随机误差 .

关键词 :含沙量 ;监测系统 ;同位素

中图分类号 :TV149.3 文献标识码 :A 文章编号 :1000-198X(2002)03-0096-03

在水电站安全监测中 ,尤其是在河流洪峰期和航道疏浚施工过程中都要求快速测出含沙量随时间的变化 .但在人工取样观测方式下 ,尤其是在洪峰到来时 ,我们无法连续地测定河水中的含沙量变化^[1] .为这个问题 ,我们设计了一套实时监测系统 ,该系统包括 :同位素²⁴¹Am、测量水箱、进出水装置、闪烁探测器与前置放大器、控制平台、电话传输系统等 .该装置被安置在每台发电机组的尾水处 ,及时地监测与预报河流中的含沙量 ,并分别设置了 4 个级别的含沙量报警值 .

1 系统测量工作原理

1.1 同位素测量原理

由于 γ 射线透射强度随物质密度成比例变化 ,因此含沙水流的含沙量越高 ,在固定透射厚度下透射强度比例越小 .利用此原理可以通过测量透射含沙水流前后的辐射强度 ,从而计算出水流的含沙量^[2] .

透射法测量水流泥沙含量时 ,如果质量吸收系数不受物质化学成分的影响 ,那么 γ 射线强度的相对变化只与水流含沙量有关 . γ 射线强度衰减规律可由公式 (1) 描述 ,在公式中 ,把含沙水流等价于一层水与一层沙结构的两相系 ,泥沙含量越高 ,相当于沙层厚度相对越大 (见图 1) .

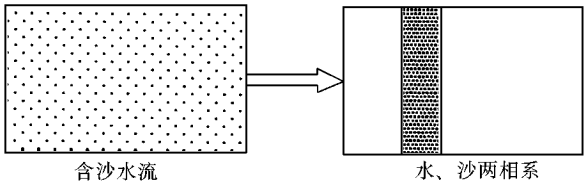


图 1 含沙水流等效图

Fig.1 Equivalence of silt-laden flow

在实际测量中 ,为减少在高计数下探测器漏计数带来的误差 ,一般采用相对测量方法 ,即用射线透射清水的辐射强度 I_w 代替透射空气的强度 I_0 ,即

$$I = I_w \exp [- (\mu_{ms} \gamma_s + \mu_{mw} \gamma_w) x_s] \tag{1}$$

式中 : x_s ——相对沙层厚度 ; μ_{ms} ——沙对 γ 射线的质量吸收系数 ; μ_{mw} ——水对 γ 射线的质量吸收系数 ; γ_s , γ_w ——泥沙和水的密度 .浑水含沙量

$$P_s = \frac{\gamma_s x_s}{x_s + x_w} = \frac{\gamma_s \ln \frac{I_w}{I}}{\mu_{ms} \gamma_s - \mu_{mw} \gamma_w} \tag{2}$$

式中 : x_w ——相对水层厚度 .由式 (2) 可见 ,在源距保持不变的情况下测量透射前后的辐射强度不仅可以计算浑水的含沙量 ,而且可以消除清水水温与水质对测量结果的影响 .

为防止在测量过程中 ,由温度等原因带来的测量误差 ,一般在测量中引入参考标准水箱 ,而参考水箱进行校准的方法在实施中经常会出现机械故障 .为方便现场应用 ,设计中采用吸收片代替参考水箱 ,即在测量

收稿日期 2001-04-19
作者简介 陈建生 (1955—) ,男 ,江苏泗阳人 ,教授 ,博士 ,主要从事岩土工程与同位素水文学研究 .

经过一定时间后需要校正时,电脑控制电机将水箱中的入水管移位,将测量水箱中水全部排尽,此时漂浮在水面上的吸收板落下,落于放射源与探测器之间,测量出此时的辐射强度作为校准值,然后重新将含沙水流导入水箱继续正常测量.由于高压的漂移与温度有关,是一种缓慢的渐变过程,为减小放射性的统计涨落误差,采用滑动平均的方法,即对最近的 10 次校准值进行平均,作为新校准值进行计算.在实际应用中,利用现场的真实沉淀物进行测量,用含沙水流测量值与校准值之比作为纵坐标进行标定,再利用二项式拟合得出标定曲线(见图 2).

1.2 多路监测基本原理

监测的几种常用方式为:模拟信号区分,一般利用专用电子元件将多路测量结果处理为按照幅度(电压调幅、电流调幅)或频度(调频)区分,为节约成本,调制好的信号在同一区间(一条线路或无线传输)上传输,在接收端按照同样原理再将结果分析出来.查询方式,无论是数字信号还是模拟信号,利用多路开关或某种约定信号将其中一路开通而屏蔽其余各路信号,这样就在某一时刻成为专用线路,然后依次访问每一路;中断方式,类似于查询方式,仅仅在初始状态是由终端发出中断信号决定查询信道;数据包,约定一定规范,每个终端拥有私有代码,将私有代码和数据同时传送,主机接受信号并解包区分信号来源.

对应不同方式一般有以下几种硬件设计:无线传输有红外传输或电磁波传输,利用红外线或电磁波将信号发送到对方;有线一般有电流环、令牌环、总线、专业接口与公众网,一般都有通用信号约定;混合方式,为方便应用,充分利用现有资源和提高系统兼容性,利用电话线进行数据通讯(通常状况下拥有专用线路),在特殊情况下,无论在何处,只要拥有相关权利,在任何地方都可以拨号读取测量终端的数据进行现场分析,随时随地判断河流中的泥沙含量(见图 3).

1.3 主机软件设计

软件设计要求首先是人机界面友好方便使用,并充分利用操作系统的多线程功能使数据接受即时可靠.提供数据库管理模式,完善的测试与备份恢复功能及绘图查询功能.测量数据设计为标准的数据逻辑方式与存储方式(SQL 全兼容),结构化的数据查询管理语言在国际上拥有相同的标准,在此标准上设计的数据库软件方便移植并具有高度的兼容性.现场实时监测并利用多媒体进行多级别实时报警.通讯接口采用微软 WINDOWS 通用的 I/O 服务和二进制兼容串行设备信号传输规范在硬件间互传,方便软硬件移植.系统在数据库管理模式强大的图形图表功能,便于对数据的查阅和处理分析.

2 现场设计

刘家峡水电厂地处黄河中上游,汛期上游河水中带来大量泥沙,泥沙的淤积不仅损失了有效库容,削弱了水库的调洪能力,而且如果利用这种泥沙含量极高的水流进入水轮机发电,高速含沙水流对水轮机的磨损和气蚀会带来极大危害.

为确保电厂的安全运行,及时了解各发电机组的过机含沙量,分别在 2[#]、3[#] 机组安装了水流过机含沙量在线测试系统,其中包括监测主机、电话式远程通讯子系统和位于 2[#] 与 3[#] 机组的现场数据采集子系统.现场数据采集子系统在预先设定的工作模式下连续监测,定标时间为 1~3 min.远程通讯子系统的信号传输方式有两种,一是通过电话线直接进行在线控制,采用动态连续测量方式,其优点是方便直接,在雨季一般采用这种方式报警;另一种是通过拨号查询对指定时间的数据进行采集,这种方式的优点是不长期占用电话资源,这种方式一般用于少雨的季节.系统总体采用多路管理,在线测试时最多同时管理 8 台数据采集终端,对应不同的含沙量设置了 4 级报警系统,以便于在特别情况下可及时抢占系统资源发出相应警告.

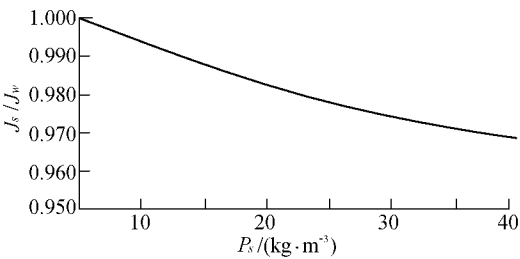


图 2 含沙量与计数率比率曲线
Fig.2 Count ratio for different sediment contents

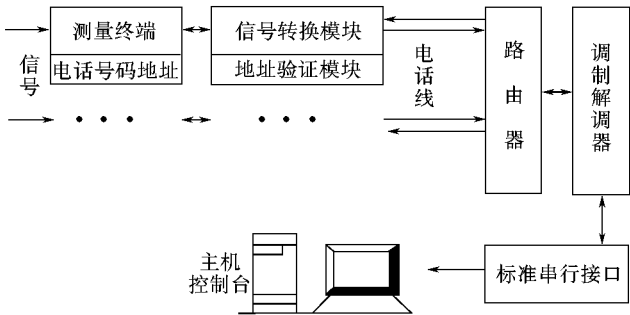


图 3 信号传输结构
Fig.3 Structure of signal transmission

测量终端仪器用产生低能 γ 射线的²⁴¹Am 做放射源,源活度为 1.85×10^{10} Bq 采用的水箱结构见图 4.进水管受到转盘的控制,转盘由电机控制,可将进水切换到水箱或直通水槽中,为了防止高含沙量时管路堵塞,由蜗壳阀门引出的水为长开状态.水箱底部设计为漏斗型,为防止泥沙沉淀,漏斗底部排水管上的阀门为长开,当进水管的水量大于水箱的排水量时,水箱将会被注满水,设计时间小于 30 s,水箱充满后计数开始,每连续测量 10 min(5 到 10 个计数),仪器进行一次标定,此时电机控制转盘顺时针旋转,进水管的水将全部排到直通水槽中,水箱的排空时间约 10 s,此时漂浮的吸收片落下,30 s 后仪器进行标准计数率的测量,该计数率与最近测量到的 9 个标准计数率相加取平均作为当前标准值.泥沙含量测量范围下限为 0.5 g/L,通过事先标定的相对计数率与含沙量的曲线由计算机软件确定出被测水样的含沙量并绘出随时间的变化曲线.

3 结 束 语

江河水流泥沙含量的变化,不仅反映上游环境状况,而且还对水电设施的正常运行和安全性有着直接的影响.由于水流含沙量的多变随机性和决策需要的及时性,取样分析等手段已达不到连续在线测量的要求.采用同位素透射方法在线测量河流的含沙量,并采用电话进行远距离信号传输是一种尝试,也是本项研究工作的特点.

参考文献:

[1] 胡春宏.我国江河治理与泥沙研究展望[J].水利水电技术,2001(1):50~52.
[2] 李樟苏.同位素技术在水利工程中的应用[M].北京:水利水电出版社,1990.92~108.

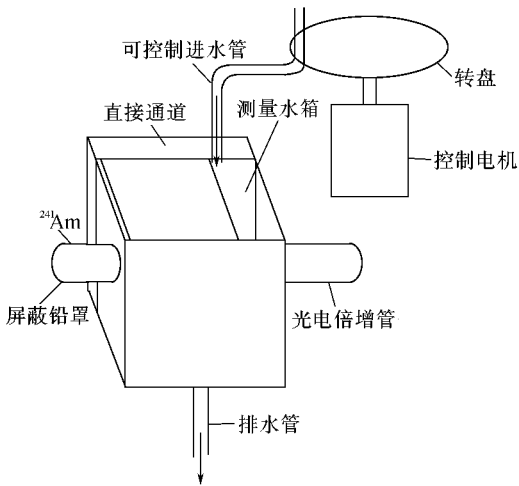


图 4 测量水箱结构
Fig.4 Structure of water tank

Isotopic Monitoring System for Sediment Content in Water Flows

CHEN Jian-sheng , CHEN Liang , JIAO Yue-hong , DONG Hai-zhou
(College of Civil Engineering , Hohai Univ. , Nanjing 210098 , China)

Abstract : The sediment content in rivers can be determined by the count ratio of radioactivity transmitting through river water and absorbed by metal flakes. Under the control of a host computer , the measured data from terminals are transmitted through public telephone lines and processed by the host computer. In addition , a contrast calibrating system is designed for measuring terminals to overcome high pressure drift of amplifiers and to simplify the calibrating programs , and the moving average method is adopted to correct random errors.

Key words : sediment content ; monitoring system ; isotope