

北江大堤渗流自动监测技术的研究及应用

刘 敏¹ 袁明道¹ 陈晓文¹ 陈小春² 钟灵峰² 潘展钊¹

(1 广东省水利水电科学研究院, 广州 510610; 2 广东省北江大堤管理局, 广东 三水 528100)

摘 要:北江大堤上下灵洲段测压管自动化监测系统是“北江大堤安全监测预警系统”的关键技术之一,是为“预警系统”所进行的部分前期工作。该技术是真正意义上的分布式安全监测系统,它能适用恶劣的环境,安装方便,组网灵活,不受场地的限制,可埋设在泥土里,较好地解决了北江大堤的防盗难题。

关键词:北江大坝 渗流监测 数据采集

1 概述

北江流域水患历来十分突出,是我省的重点防洪区域,作为防洪抗灾的主要设施——北江大堤的安全十分重要,它直接关系到整个流域及珠江三角洲人民生命财产的安全。确保北江大堤的安全,就是确保人民生命财产的安全,也是确保我省 20 多年以来的改革开放的成果。我们必须走“科技兴水,科技兴省”的道路,充分运用现代科学技术,采取一定的非工程措施,对影响堤围安全的一些重要因素进行必要的监测和分析,确保能够实时地掌握大堤的运行情况及安全状态。为了更好地管理北江大堤,实现水利现代化,广东省北江大堤管理局委托广东省水利水电科学研究院对石角上下灵洲段的 3 个断面(7+330、7+505、7+932)的 15 孔测压管进行渗流自动化监测工程的试点工作。

北江大堤石角段约 5.4km,由于大堤修筑在深厚冲洪积层上,强透水砂层及卵石层厚达 20m 以上,历史上曾多次决堤,是北江大堤的险段之一。

自 20 世纪 80 年代以来,大堤经过多次加高、培厚、压渗、减压、排渗等工程处理,特别是 1990 年至 1994 年进行了四期高压定喷防渗处理,投入了大量的人力和物力,但是在 1994 年及 1997 年较大洪水时,仍出现了一些险情。

石角段现有测压管 83 孔,用来观测堤坝的渗漏和浸润线,测点的分布广而散,一些测点穿过村庄(如桩号 8+806、8+930 等),有的测点则跨过池塘(如桩号 8+504)。目前,这些测压管内的水位,全部采用人工的观测方法进行施测。巡测一遍需要花费很多的时间和精力,测量的结果和精度与监测人员的素质关系较大。如果是在防洪抢险的紧急时期,靠人工观测数据,则很难满足要求,因为这时需要一小时或更短的时间测量一次数据,这样就必需投入大量的人力物力,而且还容易出现错测漏测现象。只有实现了安全监测自动化,才能够满足现代水利工程和防洪指挥的需要。实施自动化监测,不仅可以对堤坝的所有监测项目进行实时监测,而且根据测得的数据通过特定的数学模型演算,对堤坝的安全性态可做出预测预报,供有关部门决策。

2 自动化监测系统

北江大堤石角上下灵洲段渗流自动化监测系统,主要由传感器、分布式数据采集模块、通信线路、防雷器、供电装置等硬件及数据采集、远程监控、通信、数据库、数据分析和信息管理等软件部分构成。系统网络结构见图 1 所示。

2.1 传感器的选型与检测

据相关专家对堤坝渗流的长期研究,认为要准确地掌握堤坝的渗流状态,测压管内水位监测的精度应在 0.02mH₂O 以内,才能够满足安全分析及预测预报的需要。因此,堤坝的渗流监测对传感器的技术要求较苛刻。

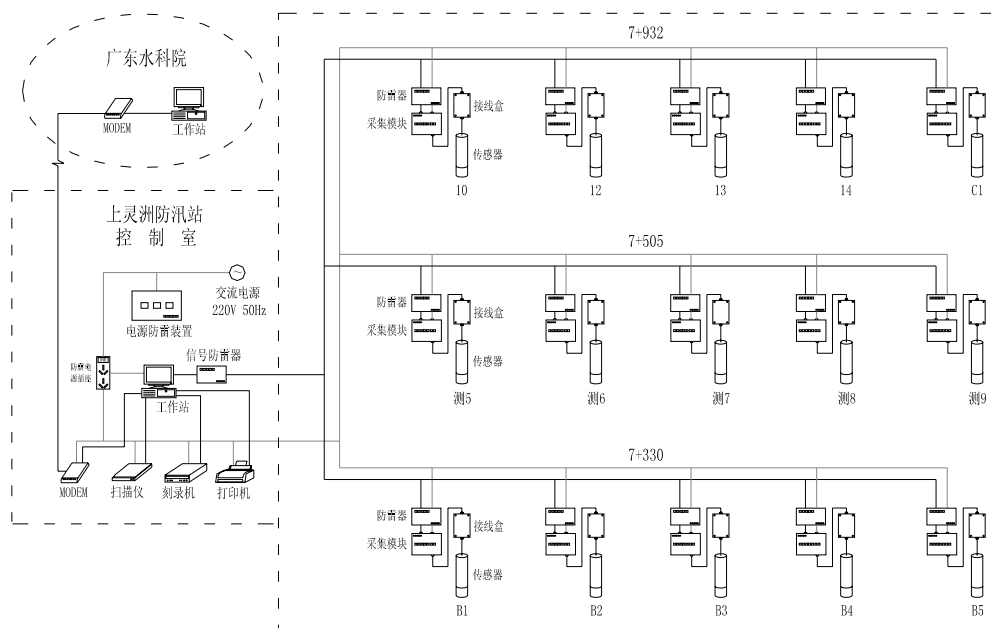


图 1 系统网络结构图

根据我们长期从事安全监测的实践经验及北江大堤的具体情况，本自动化监测系统选用 MPM426W 压阻式液位压力传感器，其敏感元件为瑞士 KELLER 公司生产的高稳定性 PR-10 系列带隔离膜扩散硅，精度为 0.1%F.S。该传感器的压力与温度信号，经专用放大电路的多路 14 位 A/D 转换(转换速率 > 100 次/秒)及微处理器的运算、补偿、修正后，再由 16 位 D/A 转换器输出标准的 4 ~ 20mA 模拟信号，输出信号每 10ms 更新一次。

用于本工程的所有传感器，除要求生产厂家严把质量关外，我们还专门委托武汉大学对测量精度、零漂和温漂等控制参数，首先进行严格的实验室检验和测试，然后再拿去水库进行实体标定。第一批的 15 支传感器，经过这些措施的检验和测试，未能达到我们的设计要求，全部退回厂家重新制造。重新生产的 15 支传感器，仍有一支未能通过检测。经过这样严格的三次检测，本试验段的 15 支传感器的质量均达到了要求。

每支传感器检测后的修正数据，输入系统的参数管理数据库。当系统进行数据采集时，采集软件将会根据各支传感器的具体情况，对其输出的结果进行自动修正。用户可通过 RS-485 接口，对传感器实现全数字化温度补偿及非线性修正。

2.2 分布式数据采集模块

分布式数据采集模块主要由 I/V 转换电路、A/D 转换电路、单片机、时钟电路、通信接口电路、光电隔离电路、过压保护器以及电源等构成。其电路结构如图 2 所示。

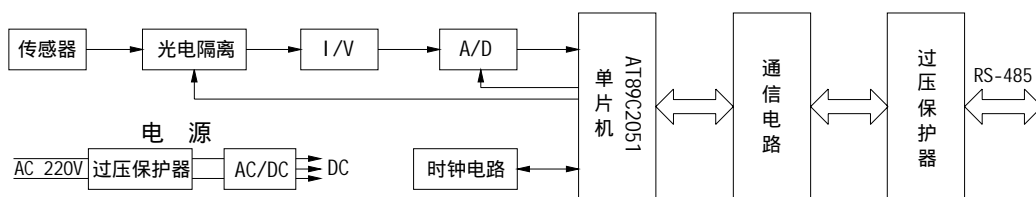
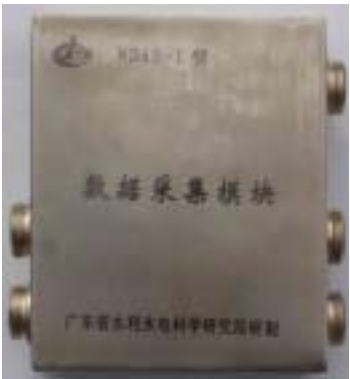


图 2 数据采集模块结构示意图

I/V 转换电路将传感器输出的 4 ~ 20mA 电流信号转换成 1 ~ 5V 的标准电压信号 ,A/D 转换电路将 1 ~ 5V 的模拟信号转换为数字信号。单片机对采集的数据进行预处理，以获得测点的水位值，然后，将测点号、水位值及测量时间等存放在数据存储区。数据存储区可存储 10 天的测量信息。

数据采集模块每天定时地自动地进行测量。用户可通过监控机，令系统的每个或某个数据采集模块进行测量或将数据等信息上传；也可对每个模块进行系统授时，修改其时钟芯片的时间，以保证整个监测系统时间的统一性。

通信接口将输出的数据转换成符合 RS-485 电气接口规范的信号，以便数据的传输。时钟电路为数据采集模块提供标准时间信号，供测量和控制用。为了避免雷击和各种强电的干扰，在数据采集模块的电源及通信接口的进线处均设置了过压保护电路，对传感器则采取了隔离措施，从而大大提高了数据采集模块的可靠性。



数据采集模块实物图片

2.3 系统的功能与特点

2.3.1 系统的功能

控制功能：可接受上位机或笔记本电脑的命令，实现集中控制方式的巡测或选测及自动控制方式的巡测。

测量功能：自动对所接入的传感器进行巡测——逐点依次自动测量并存储数据，或选测——对选定的某一测点进行测量。

上下灵洲段各测点的分布，以电子地图的形式显示在监控机的屏幕上，用户一目了然，操作简捷、直观，只需用鼠标点击图上的测点，就可以查看对应测点的水位数据等信息。



计时和定时功能：所设置的实时时钟电路，供用户查询和修改时间，或设定起始测量时间和测量时间间隔。

通讯功能：可与上位机或笔记本电脑实现双向通讯。设定分为 RS-485 和 Modem 通讯参数，其中 RS-485 通讯参数除通讯端口外，其它参数则禁止修改。

测点名称、传感器编号等相关信息的设置，其界面如右图所示。



数据查询功能：可以指定具体的测点、日期进行相关的数据查询，并根据查询的结果，在数据表格中体现出来。数据表格是将监测返回的数据以表格的形式反映，并以日期加以限制。当汛期采集功能启用时，可以选择汛期方式进行数据查询。数据图形功能中，将采集水位以图形的方式显示。

另外，还可以按照指定的日期查看水位的趋势图，也可以指定具体的某一天，查看对应的时刻趋势图。

雷电保护功能：在电源、通讯和传感器接口的入口处均设有防雷保护电路，以防止感应雷

电流对内部电路造成损坏，保证系统长期可靠地工作。

2.3.2 系统的特点

将网络传感技术应用到水利工程的安全监测中，是本系统的特色之一，这对提高测量的可靠性很有意义。在目前的大坝安全监测系统中，一个监测区域使用一台 MCU 进行数据的采集与传输。每台 MCU 连接着数十只传感器，一旦 MCU 发生故障，则由该 MCU 所监测的测量数据就会全部丢失，从而影响大坝安全数据采集的完整性和可靠性。而在本技术中，每只传感器都是一个独立的网络节点，分别直接与上位机通信，实现了真正意义上的分布式监测。某个节点一旦发生故障，只会丢失一个数据，而不会影响到安全监测系统数据采集的完整性与可靠性。

能适用恶劣的环境，安装方便，组网灵活，不受场地的限制，可埋设在泥土里，是该技术的特色之二，它较好地解决了北江大堤的防盗难题。

远程监控则是本系统的第三大特点，它极大地方便了我们及用户对本系统的管理。通过电脑与电话线或手机(要求电脑装有无线 Modem)，具有一定权限的管理人员，均可随时在任何地方对现场的监测点进行数据采集、监视及调用数据库里的信息，以便及时地了解系统的运行情况和堤围的状况。

3 结语

北江大堤石角上下灵洲段测压管自动化监测系统，由广东省水利水电科学研究院研发的具有自主知识产权的新技术，是真正意义上的分布式安全监测系统，是“北江大堤安全监测预警系统”的关键技术之一，是为“预警系统”所进行的部分前期工作。该技术解决了数据的快速采集、预处理、传输及远程监控问题，特别是解决了北江大堤的防盗难题。

该系统测量迅速、准确，抗干扰能力强，软件界面友好，操作方便。系统的免维护和自恢复功能，适合无人值班需要。

2005 年 1 月 28 日，我们用 DGK-110 平尺电测水位仪，对测压管内的水位进行了人工比测，综合测量误差小于 0.02mH₂O，达到了预期效果。

图 3 是 B3 号测压管内从 2005 年 1 月 1 日~2005 年 2 月 28 日的水位变化过程曲线，从图中可以看出飞来峡水利枢纽三次大的放水过程。头尾两个曲线波峰，反映的是为疏通北江的航运而放水的情况；中间的一个曲线波峰，是飞来峡水利枢纽为配合从千里之外的广西、贵州进行应急调水入粤，实施“压咸补淡”与解旱，进行放水的情况。另一方面，从图中还可以看出：北江大堤底部的透水性非常强，几乎形成“通道”。

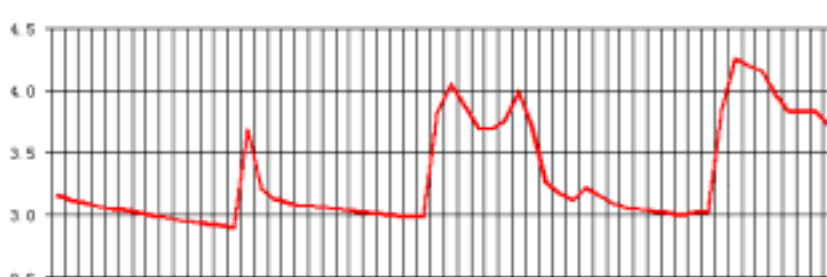


图 3 B3 测压管水位过程曲线

参考文献

- [1] 北江大堤石角段安全监测自动化系统竣工报告，广东省水利水电科学研究院，2004，12
- [2] 李珍照主编，大坝安全监测(高等学校教材)，中国电力出版社，1997，11
- [3] 何立民，MCS-51 系列单片机应用系统设计系统配置与接口技术，北京航空航天大学出版社，1991，3