

文章编号 :1002 - 5634(2001)01 - 0058 - 05

# 基于 Lonworks 技术的工程安全监测 自动化网络系统开发

田冬成,丁志雄,李崛华,景国强

(中国水利水电科学研究院,中国北京 100044)

**摘要:**一般工程的安全监测面广量大,在各种工况条件下如何快速判断工程的运行性态和安全状况,要求安全监测系统能够准确迅速地采集监测仪器的监测数据,并及时对监测数据进行处理分析,供专家决策作出判断。实现工程安全监测自动化是工程监测的发展趋势,也是解决问题的有效途径。介绍了监测自动化的发展、研制过程、监测网络系统的特点和功能,以及监测网络系统在工程中的应用。

**关键词:**工程安全监测,网络系统,现地测控单元,软件

中图分类号:TP274+.5 文献标识码:A

## 1 早期研究状况

早期的工程安全监测自动化多采用集中式的自动化数据采集系统,其特点是选用专用集线箱进行传感器切换,然后将信息传到集中测量室,大量实践证明这种工作方式可靠性不高,一旦测量装置出现问题,大坝的监测处于瘫痪状态,另外传感器引线过长,干扰加大,测量精度很难保证。此后,工程安全监测出现一些新系统,采用分布式自动化监测系统,基本上做到测量单元与传感器相连,克服了集中式系统的一些弊病,如:系统封闭、互操作性差、独家垄断、系统组态不灵活,一旦系统建成,用户无法对测点重新编组等等<sup>[1,2]</sup>。

## 2 监测网络系统的结构形式

近年来,工程安全监测又出现了一种全新概念的智能网络监测系统,除具有分布式自动化系统的优点之外,这个系统具有无中心控制的真正分布控制模式,使控制节点尽量靠近传感器,就象一条“传感器总线”。结构开放,具有良好互操作性。现地测控单元出现故障不会影响系统工作,现地测控单元内固化有网络通信协议,与其它自动化系统相比,通信的可靠性大大增加,测点的重新组合十分方便<sup>[3]</sup>。

智能网络监测系统开发研制坚持以下原则:

1. 开发一个由现场人员直接使用的监控系统,考虑到辅助决策的实现是监控系统的发展方向。在工程安全信息管理软件的创建过程中,应特别注意国内外的的发展,选择易于收到实效的工程部位初步实现在线运转功能,为进一步发展打下基础。

2. 结合监测资料、施工运行记录、自然条件的实际状况,对结构进行包括正反分析在内的反馈分析是当前国内监控系统开发的一种新方向。因而在开发过程中应当注意国内外的的发展,首先实现生成数据库中相应结构分析成果的调用参考,显示输出以及与监测资料比较分析,进而选择易于收到实效的重点部位,逐步开展反馈分析工作。

智能网络监测系统具有真正的先进性、可靠性、通用性。监测网络系统示意图如图 1 所示。

## 3 现场测控单元(NMCU)

### 3.1 现地测控单元的组成

现地测控单元(NMCU)是自动化安全监测的主要部件,它完成模拟量转换成数字量并把得到数据进行整理,进行初步分析处理,赋给相应的变量,通过网络发送给数据采集中心。NMCU 由节点和电源(防雷单元)、数据测量单元和信号处理单元等部分

① 收稿日期:2000-06-12;修订日期:2001-02-02

作者简介:田冬成(1969-)男,湖北应城市人,中国水利水电科学研究院工程师,大学,从事工程安全监测方面的研究。

组成<sup>[4]</sup>。组成框图如图 2。

### 3.2 现地测控单元的功能

1. 现地测控单元(NMCU)采集(如电压、电流、

电阻、电感、电容、压阻、振弦、转矩、脉冲)传感器的电信号,转换成数据量。

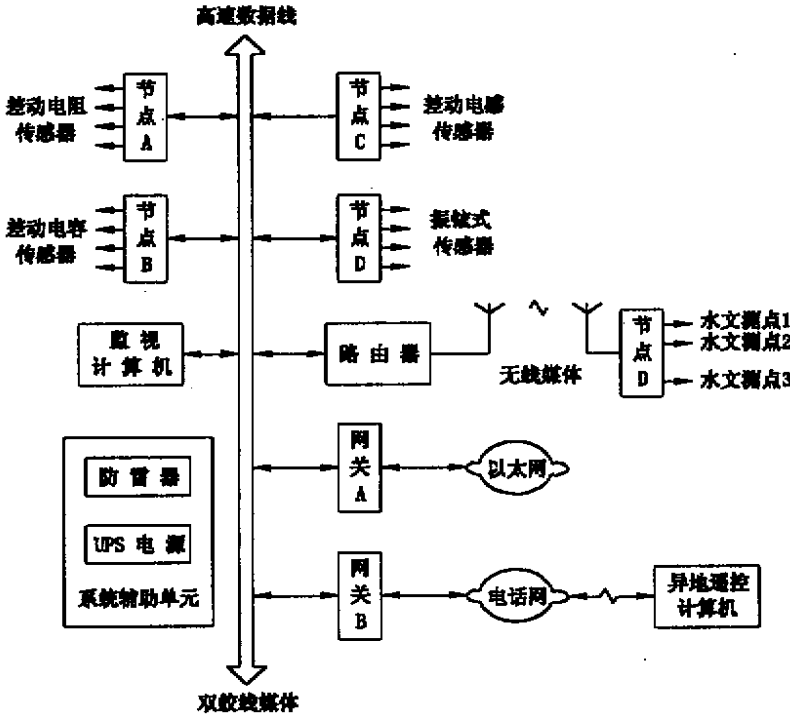


图 1 监测网络系统示意图

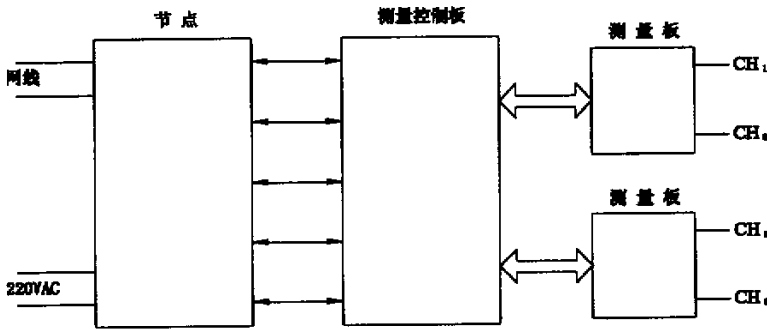


图 2 现地测控单元组成框图

2. 现地测控单元(NMCU)处于交流、直流两种工作方式,内部有存储器,断电后参数不会变更,可以主动或被动与主控机通信,遇有紧急情况随时发出请求。

3. 现地测控单元(NMCU)可以脱网运行,便携仪器可以随时介入。

4. 现地测控单元(NMCU)具有自诊、自检功能。

5. 现地测控单元(NMCU)充分考虑大坝的环境,采用铝压铸密封结构防潮湿、防腐蚀。

6. 现地测控单元(NMCU)可以独立工作,数据自存。

### 3.3 节点

节点是现地测控单元(NMCU)的重要部件,亦是网络构成的基本要素,节点由以下几部分组成:神经元芯片、I/O 调理电路和通信收发器。一般节点形成如图 3 所示。

每一种节点与外部连接的端口均采取了防雷措施,具有测量、存储、自检、控制、通讯、数据处理、网络变量编辑等功能,可以进行电压、电阻、电流、频率、计数、周期、电容和电感参数测量,能直接接入弦式仪器、电阻式仪器、电容式仪器、电解质式,以及具有标准工业信号输出的模拟、数字传感器,可以提供电压、电流、开关量的控制信号。

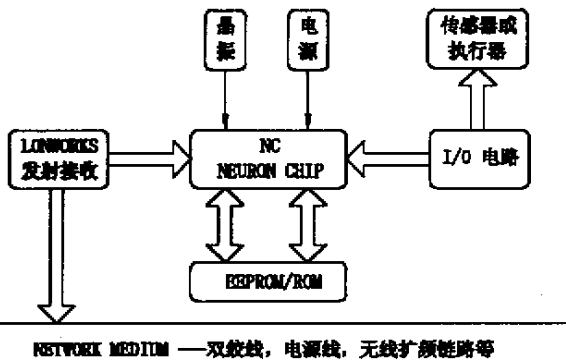


图3 一般节点形式

## 4 监测网络系统

### 4.1 监测网络系统理论基础及特点

1. 该系统依据美国 EchLon 公司开发研制的全分布式测量控制网络 LonWorks 原理, 是在大坝安全监测方面的具体体现。

2. 每个节点均有一固定地址和其所归属的子网、域。系统有一套完整网络理论。每个节点除了有节点地址外, 这个节点还归属某个域、某个子网, 整个网络系统可以容纳几个域, 每个域又可以分为 255 个子网, 每个子网可以容纳 127 个节点。

3. 网络具有完整的符合国际标准的 7 层通信协议。除了 LonTalk 协议以外, 目前还没有哪一个协议能够提供 OSI 参数模型所定义的全部 7 层服务, 这是 Lonworks 技术的先进性之一, 也是 Lontalk 协议区别于其它各种协议的重要特点。系统通信协议可以提供报文服务、突击检测、优先级、网络变量等服务。

4. 网络自身具有大量的配套设施。净化电源、不间断电源、防雷器, 保证系统可靠运行, 不受外界条件影响; 路由器可以变更不同的通信介质, 多种通信介质, 使系统不受外界环境局限, 本系统具有先进的通信接口, 可以支持双绞线(近距离测控)、电力线(建筑物已定型)、光纤(高速、远距离)、同轴电缆(干扰较强地域)、无线(障碍物复杂)、红外线等收发器; 网关可以方便的与其它完整网络连接, 并完成网络协议调理, 实现与其他网络资源共享。

5. 网络上可以划分子网、域、组等等概念, 这些概念只有真正网络才具备。只有这样才能实现种类繁多的测控方式。

6. 智能型的节点控制器是整个系统无故障工作的必要条件。这个控制器里包括三个微处理器: 一个称为媒体访问器、一个称为网络处理器和一个称为调理控制器。开放式结构使系统扩容方便。

7. 这个系统充分考虑了实际工程的环境特点, 在防雷方面采用了多级防雷措施, 电路上采用大功率防雷二极管, 在电路与元器件接口采用光隔离防雷, 在所有元器件保护壳采用腹空防雷。采用上述三重防雷措施后可以保证系统不受雷电干扰。

8. 测量单元采用 16 位 A/D 数模转换器和精密电压源确保高精度测量。

### 4.2 监测网络系统功能

管理数据采集节点, 控制数据采集节点的性态, 收集数据信息, 在监控管理软件的支持下, 进行数据的转换、管理、分析及各类图表的输出。

主要功能包括: 各个传感器的数据入库, 数据检验, 测值超限报警、节点故障报警; 显示传感器的参数; 显示各种曲线、作图; 配置系统参数; 调整测量多节点的工作指标; 控制实现定时、定位及部分节点自动测量; 控制实现测量节点的优先级; 可根据测量数据的状态, 自动调整测量频次; 系统报文打印、数据库打印; 系统自检、故障自检、显示功能; 系统数值分析、预报、安全评价; 具有完善的报表制作系统, 提供辅助的办公自动化软件; 具有网络通讯功能, 可实现厂区及远程网络通讯; 具备有广泛兼容性的多媒体数据库; 有完善的系统配置、安全保密等系统关联功能; 具备可供培训学习用的系统演示功能。

### 4.3 性能指标

1. 位移单向测量: 量程  $\pm 25$  mm, 最小分辨率 0.001 mm, 测量精度  $\pm 0.1$  mm。

2. 位移双向测量: X 向  $\pm 25$  mm, Y 向  $\pm 25$  mm, 最小分辨率 0.002 mm, 测量精度 0.1 mm。

3. 位移三向测量: X 向  $\pm 30$  mm, Y 向  $\pm 30$  mm, Z 向  $\pm 10$  mm, 最小分辨率 0.002 mm, 测量精度 0.1 mm。

4. 电阻测量: 量程  $500 \pm 5$  V 激励恒压源, 精密激励电阻, 16 位 A/D 模数转换, 最小分辨率  $0.025 \pm$ , 测量精度  $0.05 \pm$ 。

5. 振弦式频率测量: 激励方式分一次激励(扫描方波 400 Hz ~ 5 000 Hz)和二次激励(自适应一次回波频率), 扫描时间 150 ms, 扫描幅度  $0 V_p - p \sim 10 V_p - p$ , 回波接收带宽 400 Hz ~ 5 000 Hz, 回波接收灵敏度(450 Hz ~ 4 500 Hz  $< 0.1$  mv rms, 400 Hz ~ 5 000 Hz  $< 10$  mv rms), 适用仪器范围(进口、国产弦式), 周期测量(每次取 255 个被测信号周期为一个测量周期, 触发计数, 采样周期  $0.1 \mu s$ , 准确度  $\pm 0.002\%$   $T = -5^\circ C \sim +5^\circ C$  温漂 10 ppm/ $^\circ C$ )。

6. 可接入的现地测控单元数: 1 ~ 64 个 NMCU。

7. 网络数据: 普通双绞线, 遥测距离 2 700 m, 传

输速率 78 kbit/s.

8. 采样收集时间 巡测一次小于 3 min.

9. 现地测控单元(NMCU):内部 64 kb 的数据缓存器 RAM 5 MHz 的工作时钟,8 位处理器 3 只协调工作,内部 2K E<sup>2</sup>Prom,接入仪器数 64 个,接入仪器类型(电阻式、钢弦式、电容式、差动变压器式、步进电机式),通讯能力(双绞线、无线电台).

10. 中心站:1 台普通微机多媒体配置,工控机时新配置.

11. 网络适配器:输入 DC12V,输出标 RS232 接口,数据收发双绞线 78 kbit/s 2 700 m.

12. 防雷器:启动电压 500 V,响应时间 20  $\mu$ s,耐受电流 5 000 A.

13. 不间断电源:输出功率 2 100 VA,工作时间 8 h.

14. 环境条件:主控室(湿度 95%,温度 -30  $^{\circ}$ C ~ 60  $^{\circ}$ C),节点工作环境(湿度 98%,温度 -40  $^{\circ}$ C ~ 70  $^{\circ}$ C).

15. 便携式检测仪:X 方向 999.99 mm,Y 方向 999.99 mm,测量精度 0.1 mm,分辨率 0.002 mm,数据存储量 512 测点/次,温度 0  $^{\circ}$ C ~ 40  $^{\circ}$ C,湿度 95%.

16. 气象站:雨量计(量程 100 mm,精度 3%,分辨率 1 mm),温度计(量程 -50  $^{\circ}$ C ~ 50  $^{\circ}$ C,精度 0.1  $^{\circ}$ C,分辨率 0.01  $^{\circ}$ C),风向仪(量程 360 $^{\circ}$ ,精度  $\pm 5^{\circ}$ ,分辨率 1 $^{\circ}$ ),风速仪 0.5 m/s,气压计  $\pm 0.5$  hPa,蒸发器(直径 618 mm  $\pm 2$  mm,分辨率 0.1 mm,量程 70 mm).

17. 收发器:双绞线(传输距离 2 700 m,传输速率 78 kbit/s),无线电台(发射功率 2.5 W,接收灵敏度 0.25  $\mu$ V,传输速率 1 200 bit/s).

## 5 监测自动化网络系统软件

该系统软件分三大块,包括前端数据采集程序、在线监控管理软件以及离线分析系统.

### 5.1 数据采集程序

数据采集程序负责从现地测控单元(NMCU)中提取数据、管理现地测控单元(NMCU)整个测量网络,并负责与在线监控管理软件之间的数据通讯<sup>[5]</sup>.

数据采集程序运行在监控计算机上,其任务是接收测控节点通过网络传送过来的数据,并将采集到的数据入库,以进行各种处理.该程序是利用 Visual Foxpro 开发环境及 DDE 驱动软件开发的,提供给用户的数据库分为两类,一类是电量库,另一类是物理量库.

数据采集程序是基于 LonManager DDE Server 网络协议运行的,要实现其采集数据的功能,须首先运行 LonManager DDE Server 程序,然后运行数据采集程序,若两者运行成功,数据采集程序将驻留于内存,通过监控管理软件发出数据采集指令,即可实现数据采集功能.

### 5.2 在线监控管理软件

在线监控管理软件主要负责在线监控管理的工作,包括数据采集指令管理,数据检验,数据转换与管理,数据在线分析,以及与离线分析系统的数据通讯.

### 5.3 数据离线分析系统

数据离线分析系统软件主要负责数据的离线分析工作.采用了多种途径综合分析判断大坝运行状态的监控模式,通过合理的总体设计,使之适用于大坝运行的各个阶段以及安全管理中各个层次的技术工作.

## 6 工程应用

本系统在河北省桃林口水库大坝安全监测自动化中首先得到应用,其后在湖南蟒塘溪等地方先后得到推广使用,这里以桃林口水库大坝自动化系统作为工程应用实例.

### 6.1 工程概况

桃林口水库位于秦皇岛市青龙县原三道河村附近的滦河支流青龙河上,是一座供水、灌溉、发电等综合利用的水利枢纽工程.大坝为碾压混凝土重力坝,大坝工程分两期施工,一期工程主要解决秦皇岛市及滦河中下游农业用水,坝顶高程 145.5 m,最大坝高 74.5 m,坝顶长 500 m,正常蓄水位 143.4 m,总库容  $8.59 \times 10^8$  m<sup>3</sup>.二期工程坝顶高程 163.3 m,最大坝高 91.3 m,坝顶长 526.64 m,正常蓄水位 158.8 m,总库容  $17.8 \times 10^8$  m<sup>3</sup>.为了解和掌握大坝在施工期、第一次蓄水期及运行期的工作性态,确保大坝安全运行,对大坝进行了观测设计.一期工程大坝观测分内部观测和外部观测两部分.内部观测仪器已随大坝混凝土施工全部埋设完毕,外部观测(包括坝内水平位移、挠度)在大坝建成后与大坝安全监测自动化系统的制作、安装、调试同时进行.

内部观测包括应力应变观测、温度观测、坝体渗压观测、接缝和裂缝观测.内部观测以 5<sup>#</sup>,17<sup>#</sup> 坝块为观测坝块,集中布置内观仪器,同时结合施工控制要求及专门观测需要,在坝体、坝基、右岸边坡、电站等部位布置了应变计、无应力计、温度计、孔隙水压力计、钢筋计、钢板计、测缝计、裂缝计,共计 297 支

内观仪器,其中有270支仪器纳入自动化系统.内观仪器均为差动电阻式仪器.

外部观测包括变形观测、渗流观测、水文观测.变形观测包括水平位移观测、垂直位移观测、倾斜观测、挠度观测和基岩变形观测.渗流观测包括扬压力观测、绕坝渗流观测和坝基渗流量观测.水位观测包括库水位观测和水温观测.坝内水平位移观测采用引张线法,共设有4条引张线,38个测点,在每个测点上各放置一台单向引张线仪及一台引张线测点箱,用于自动化观测及人工观测.挠度观测采用垂线法,在右岸山体、10#坝块、23#坝块各设有一条正、倒垂线,在18#、28#坝块各设有一条倒垂线,共设有9个正垂测点及5个倒垂测点,在每个垂线测点上设有垂线坐标仪及垂线瞄准器,用于自动化观测及人工观测,其中设在右岸山体和18#坝块的倒垂线采用三向遥测垂线坐标仪,其余均为双向遥测垂线坐标仪.基岩变形观测采用多点岩石变位计,扬压力观测采用渗压计,二者均为差动电阻式仪器.库水位观测采用库水位计,为差动电感式仪器.

大坝安全自动化监测范围包括埋设在坝体、坝基及消力池内的全部永久性内观仪器及引张线、挠度、基岩变形、扬压力、库水位等外部观测仪器.

### 6.2 大坝安全监测自动化系统网络

“桃林口水库大坝安全监测自动化网络系统”是针对桃林口水库大坝特有的环境、条件及观测设计而开发的一种无中心控制的全新智能网络系统.

系统总体由传感器、现地测控单元(NMCU)、监控主机、数据分析从机以及电源保证系统等组成.现地测控单元分布在坝内的各个观测内,传感器通过引线接到测控节点上,现地测控单元通过网线与存放在中控室的监控主机相连,如图4所示.该系统经安装、调试和近两年的运行,系统硬件、软件的稳定性、可靠性均满足设计要求和研制的预期目标.

“监控主机”与“数据分析从机”组成一个10 Mb~100 Mb的局域网络,从而实现两机之间快速数据通讯,并预留了与外部网络的通讯接口.局域网络示意图如图4所示.



图4 局域网络示意图

### 参 考 文 献

[1] 吴中如,沈长松.水工建筑物安全监控理论及其应用[M].南京:河海大学出版社,1999.

[2] 梅孝成.水工监测[M].郑州:黄河水利出版社,1996.

[3] 郭敬松.微机控制技术[M].重庆:重庆大学出版社,1994.

[4] 邬宽明.CAN总线原理和应用系统设计[M].北京:北京航空航天大学出版社,1996.

[5] 罗光春.微机软件开发技术[M].成都:电子科技大学出版社,1998.

## The development of engineering safty monitoring automatic network system based on Lonworks technics

TIAN Dong-cheng, DING Zhi-xiong, LI Jue-hua, JING Guo-qiang

(China Institute of Water Resourse and Hydropower Research, Beijing 100044, China)

**Abstract**:The safty of Engineering ,especially of water dams ,is very important for people 's lifes and assets. It is usually wide and hard for engineering safty monitoring work to be done by manual ,but engineering status should be monitored and analysed immediately so that the experts can make decision and judgement. Automatization is the development trend of engineering safty monitoring and the efficient way to solving problem. This paper introduces the development of monitoring automatization ,characters and functions of the monitoring network system.

**Key words**:engineering safty monitoring ;network system ;monitoring and controlling unit ;software