

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2013.10.029

基于EtherCAT的“透明”泵站SCADA系统设计

刘 麟

(四川机电职业技术学院 信息工程系, 四川 攀枝花 617000)

摘要: 为满足现代水利系统“无人值班、少人值守”的要求,解决传统排灌系统自动化程度低,控制和管理相脱节等问题,将EtherCAT的通信技术应用到泵站数据采集与监视控制(SCADA)系统设计中。通过对“透明”远程泵站SCADA系统设计需求和技术方法的分析,采用“PLC+EtherCAT”的方案对堤段泵站进行了远程监控和管理,实现了对现实工程中的“全透明”的堤段水利管理。研究结果表明,基于EtherCAT的SCADA系统可以实现对泵站远程设备进行有效的“透明”访问和管理,整个系统在实现水资源综合管理、合理分配与利用的同时,也提高了泵站运行管理效率,实现了水资源管理的科学和高效的决策。

关键词: EtherCAT; 泵站; 远程; PLC; 数据采集与监视控制系统

中图分类号: TP273; TH3; TH69

文献标识码: A

文章编号: 1001-4551(2013)10-1288-05

Design of “transparent” pump station SCADA system based on EtherCAT

LIU Lin

(Information Engineering Department, Sichuan Electromechanical Institute of Vocation
and Technology, Panzhihua 617000, China)

Abstract: Aiming at the requirements of modern irrigation system “unattended, fewer people on duty”, solving the problem of low automation degree and changing the disjointed state of control and management in traditional system, EtherCAT communication technology was applied into the design of the pump station supervisory control and data acquisition (SCADA) system. Based on the analysis of design requirements and techniques for “transparent” remote pump station SCADA system, the proposal of “PLC+EtherCAT” was adopted to make a remote monitoring and management for the pumping station of embankments. A kind of “full transparent” embankment water management was realized as the practical engineering case. The results indicate that the SCADA system can effectively make a “transparent” access and management to remote device of pump station. The entire system not only can integrate water resources management, rational allocation and utilization, but also can improve the efficiency of the pumping operation and management, achieved a scientific and efficient decision-making of water resource management.

Key words: EtherCAT; pump station; remote; PLC; supervisory control and data acquisition(SCADA) system

0 引 言

传统水利系统中的泵站管理地点分散,自动化程度低,由于人为主观操作、通信延迟等等不足将导致水泵运行负荷不均、设备运行数据缺失等问题。因为缺少统一的生产调度管理平台、无法平衡管网负荷分

配,控制和管理平台相脱离,无法实现管理控制一体化。数据采集与监视控制系统(SCADA)是以计算机为基础的分散控制系统(DCS)与电力自动化监控系统;它的应用领域很广,可以应用于电力、冶金、石油、化工等领域的数据采集与监视控制以及过程控制等诸多领域^[1]。

收稿日期: 2013-04-11

作者简介: 刘 麟(1967-),女,四川攀枝花人,主要从事计算机信息技术及电气自动化控制工程 and 教学方面的研究. E-mail:wanguangfu126@

为全面提升水利管理的自动化和信息化水平,本研究通过采用现代通信和分布式控制技术研究如何实现水资源综合管理、合理分配与利用,通过信息采集与数据分析、信息共享和集成来提高实现对水利系统的异地数据采集和监控^[2],基于“PLC(Programmable Logic Controller)+EtherCAT(Ethernet for Control Automation Technology)”的方案深入探讨和分析透明泵站SCADA系统在具体水利建设项目中的设计和应用。它不仅能够降低执行人员的劳动强度,同时能够提高系统运行管理的安全可靠性能和自动化水平。

1 需求分析

目标系统位于国内某沿江省份的水利枢纽段,该地段属于该省某县联围堤段,位于该县某工业园西北部,濒临该县主水道,临江而建。具体设计和改造的需求如下:

(1) 泵站系统的主要建设任务是以防洪为主,并提高区内引、排水能力;

(2) 由于该县临江沿线长,沿线分布点泵站特别多且分散,原来泵站管理长期需要人工手动操作,存在着占用大量人力资源;

(3) 原有系统存在人为主观操作、通信延迟等等不足,导致水泵运行负荷不均、设备运行数据缺失等弊端;

(4) 由于缺少生产调度管理平台、无法平衡管网负荷分配,缺少对全网过压保护、电机保护、能量监控的具体实现手段;

(5) 原有系统控制和管理平台相脱离,无法实现管理控制一体化,控制平台的数据不能自动汇总到管理平台,需要人工迁移,费时费力。

2 系统设计

2.1 设计原则

针对以上需求,新的泵站SCADA系统按满足排、灌并行的两种功能相结合的原则设计,在利用自流排灌不能满足区内正常用水时,开机抽水,这样可使河涌能保持良好的水质,同时也满足区内渠网水环境的需要。排、灌水泵采用双向泵,既用作排泄涝水,又用作抽入外江水,从而实现河涌的换水净河,吐故纳新。整个系统必须能够按照“无人值班、少人值守”的原则和满足以上要求的目标进行设计,综合利用自动化控制、微机保护、图像监视和计算机网络,通过EtherCAT通信技术建立起先进的自动化SCADA系统,提高整个堤段泵站控制的安全性、可靠性,充分发挥工程效益,促进工程管理的现代化。

2.2 系统规划

EtherCAT作为一种实时工业以太网技术,它是一个开放源代码,高性能的系统,其1 000个分布式I/O数据的刷新周期仅为30 μ s,其中包括端子循环时间。通过一个以太网帧,可以交换高达1 486字节的过程数据,几乎相当于12 000个数字量I/O。而这一数据量的传输仅用300 μ s。EtherCAT系统配置简单,数据传输高速、高效,且总线利用率高,数据有效率可达90%以上^[3]。在硬件设计上,本研究采取“集中管理,分散控制”的分布式控制形式,在软件设计上,采用积木式模块化的结构,从结构上保证其安全、可靠、完善。本研究在系统整体规划上采用“PLC+EtherCAT”的架构实现,如图1所示。基于分布式的SCADA系统利用以太网通信技术实现了远程实时数据的采集把现场控制与人机接口分离,它通过通信网络把检测线设备主机和众多辅机互联,达到资源共享、协同工作的目的,便于实现分散监测、控制、故障诊断和分布式数据的集中管理^[4]。

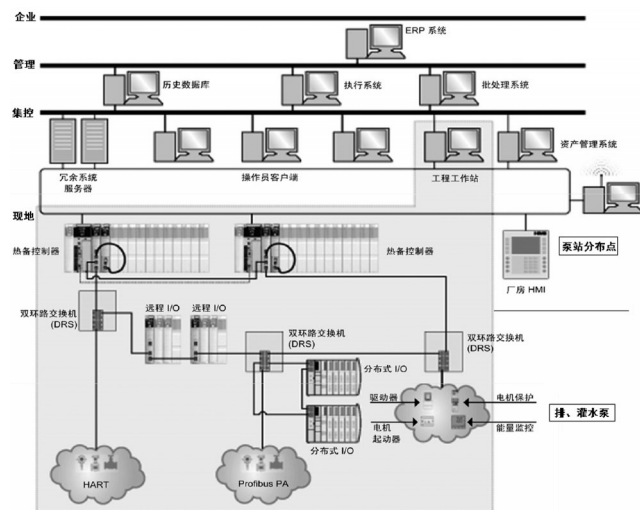


图1 基于PLC与Ethernet的典型架构

整个系统采用基于工业以太网的分层分布开放式拓扑结构,在基于EtherCAT的分布式应用中,包括企业层、管理层和集控层和现地层的三层工业以太网^[5-6]。具体设备包含EtherCAT本地机架、EtherCAT远程I/O子站、EtherCAT分布式I/O设备、ConneXium扩展可管理交换机、预配置为用作双环路交换机(DRSs)、热备配置远程I/O和分布式I/O设备、第三方设备(主要为分布式I/O设备),整个系统必须提供少于50 ms的自动网络恢复性能和确定性远程I/O性能。本研究在分布式I/O端通过连接变频器和驱动电机对排、灌水泵进行控制,以及实现对I/O点的远程控制 and 现场数据采集^[6]。

2.3 基于Quantum构建EtherCAT I/O网络

系统采用基于Quantum Hot Standby系统构建的EtherCAT I/O网络如图2所示(集成了远程I/O设备和分布式I/O设备)。

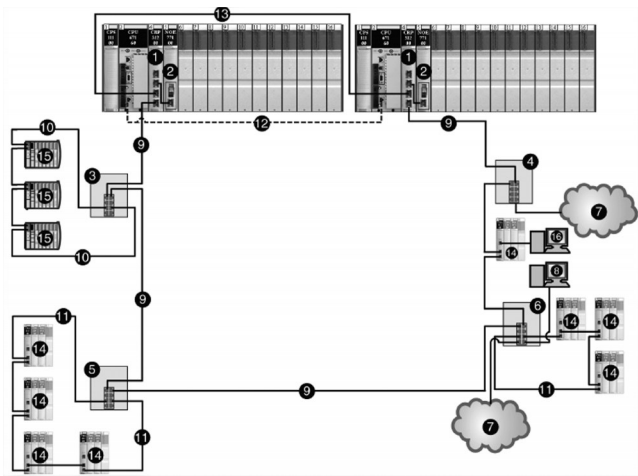


图2 基于Quantum的EtherCAT I/O网络

1—本地机架上的140 CRP 31200主站模块;2—140 NOE 77100通讯模块(与140 CRP 31200主站模块互连);3—DRS(连接到分布式I/O子环路);4—DRS(连接到分布式I/O云);5—DRS(连接到远程I/O子环路);6—DRS(连接到远程I/O子环路、分布式I/O云和PC/端口镜像);7—分布式I/O云;8—用于端口镜像的PC;9—主环路;10—分布式I/O子环路;11—远程I/O子环路;12—CPU同步链路;13—140CRP31200主站模块同步链路;14—远程I/O子站(包括140CRA31200适配器模块);15—分布式I/O设备(STB岛上的STB NIP2311 NIM);16—使用140CRA31200适配器模块上的服务端口的Unity Pro连接

在Quantum EIO系统中,分布式I/O设备(包含执行元件和检测元件)可以采用两种方式:

(1) 连接到Ethernet远程I/O网络。140 CRP 31200主站模块与本地机架上的140 NOE 771通讯模块互连,因为分布式I/O设备由140 NOE 771模块控制。分布式I/O设备通过位于主环路上的DRS进行连接。具有2个Ethernet端口并支持RSTP的特殊类型分布式I/O设备可以直接连接到子环路。许多类型的分布式I/O设备可以作为分布式I/O云连接到DRS。

(2) 未连接到Ethernet远程I/O网络。设备作为分布式I/O云直接连接到本地机架上的140 NOE 771模块,包括诸如TeSysT电机驱动器、STB设备岛、SCADA和HMI设备以及PC这类设备。如果系统使用的某个设备有2个Ethernet端口并支持RSTP,则只能采用星形或菊花链(而不是环路)连接该设备。在这种情况下,这些分布式I/O设备是隔离的并且不是远程I/O网络的物理部分。

在实际连接中,本研究采用第一种方式以便于对远程数据进行采集访问和集中管理。

3 硬件系统设计

硬件系统设计部分重点讨论面向控制的集中监控层和现地监控层设计,其主要包含图1上的EtherCAT本地机架、远程I/O子站、分布式I/O设备等等现场PLC控制设备以及控制水泵的智能马达和变频器成。集控层与现地层的设计如图3所示。

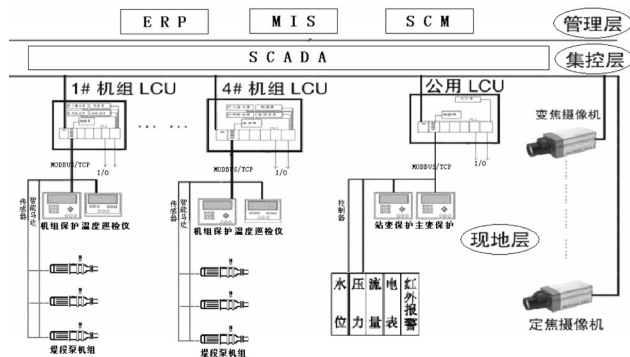


图3 集中控制层与现地控制层

集中监控层和现地监控层采用以太网(包含快速以太网与EtherCAT)实现数据通信,系统采用的双环路DRS网络交换速度达到100 Mbps及以上,能够保证数据、图形和语音信息的高速传输。集中监控层与现地级监控层LCU采用超五类屏蔽双绞线连接,能够保证信号的可靠传输。网络交换机通过光端机与远程监控中心联网,接口速度达到100 Mbps以上,接口协议为TCP/IP和UDP。

3.1 集中控制层

集中监控层位于厂房中央控制室(控制台),采用100 M/1 000 Mbps快速以太网网络技术组成开放的计算机网络系统。主要设备包括2台主操作站(计算机主机),1台网络交换机,1台网络激光打印机,1套GPS时钟系统和语音报警系统。系统通过监控网络与现地级建立通信,通过工作站的监测监控界面,显示现场设备的运行参数与状态,同时下发控制命令,监督现地监控单元对监测监控命令的执行。

3.2 现地监控层

现地控制单元基于Schneider Quantum平台,其中每台机组分别设置1套PLC(CPU65260),计3套;公共设备如主变、站变、110 kV进线、厂用电及直流等设置1套PLC以上共计4套PLC。采用PLC可使控制结构紧凑、储存及运算能力强大、完善的开发功能可以高效组合,适用定制复杂的中小型水利项目。

系统最为复杂、工作量最大的工作在于该层的网络配置与开发,包括D/A、A/D、网关的开发与配置。系统将要检测的状态量、模拟量与现场监控模块相连,经现场控制网络和网络适配器、路由器将采集的数据

上传至监控中心。Unity Pro 系统可将现场超声波液位计的测量值和设定值进行比较,根据比较结果对排水泵进行启停自动控制和运行时开机时间统计及自动平衡控制。网关主要负责报警信号时自动拨号至监控中心,以及一些重要参数的采集与存储功能。

现地层实时采集现场传感器的测量值和监测现场设备的运行状态,对所有的监测超限值和设备故障信号、烟感探头的检测信号都将产生报警信号,并通过智能网络适配器自动接通监测中心,发送报警信号。该层配备4套LCU控制柜,其中2套机组LCU控制柜,2套公用LCU控制柜(控制整个工程的公用设备,其中一台网络设备备用屏)。现地控制级是系统最后一级也是最优先的一级控制,它向下接收各类传感器与执行机构的输入/输出信息,采集设备运行参数和状态信号;向上接收上级控制主机的监测监控命令,并上传现场的实时信息,实施对现场执行机构的逻辑控制。在监控中心,系统通过监控工作站和声光报警装置进行报警,值班人员可通过监控工作站对报警信息进行诊断,及时进行处理。为保证排水系统的可靠运行,现场另配置2只液位浮球开关,作为启停水泵的后备信号,确保排水系统安全、可靠运行。

4 软件系统设计

软件系统主要包含监控与预警、控制与通讯、人机交互、故障诊断和冗余管理、综合调度、统计和报表等功能模块。

系统软件规划与设计如图4所示,最底层为现场执行元件和检测元件,紧靠最底层为现地层软件功能模块,其工作流程为:系统定时从LCU采集全站机组、公用设备、线路开关、母线、闸门等生产设备的运行参数和运行状态,更新实时数据库。远程控制状态下系

统可接收并执行监控中心指令,控制水泵的启动、调速、停止,同时将采集参量上传管理中心。监控中心通过计算机发布指令选择控制方式,PLC执行后通过变频器控制水泵的启动、停止与调速。通过EtherCAT与现地监控层LCU的通讯;与远程监控中心通讯,实现远程水利闸站群控中心监控。当系统及各种单元发生故障或发生错误时,自诊断程序能正确地判断出故障内容,能对外部设备和计算机硬件进行自检修,指出故障设备,以便迅速更换^[8]。当主系统出现故障时,系统将控制权自动切换到备用系统。

再上一层为SCADA系统,它通过人机接口(HMI)对数据进行采集和监控。人机交互包括:调用画面、一览表、测点索引;趋势显示的设置和启动^[9];模拟量限值的修改;对枢纽可控设备发出控制操作命令;各种参数的设置;报警确认和画面清闪;各种运行日志、一览表打印等等。

最上层为管理相关功能模块。系统通过调度中心对所管辖水源井泵站、水位监测站、流量站实现远程控制、监测,自动采集各站的运行数据,实现数据显示、报警、存储、曲线、查询、汇总、打印输出报表等功能,并可与水利局信息中心通讯等等。

5 通信系统的“透明”转变

何为“透明”?即通过以太网可以访问到整个包含企业、管理、集控、现地各层的数据信息。在实际的执行过程中,本研究对不同的数据进行了封装、过滤和对不同对象设置了不同的操作权限以保证数据安全,通过EtherCAT的应用将传统的混合型以太网转换为全透明以太网通信架构。企业层、管理层、控制层和设备层的全透明监控如图5所示。

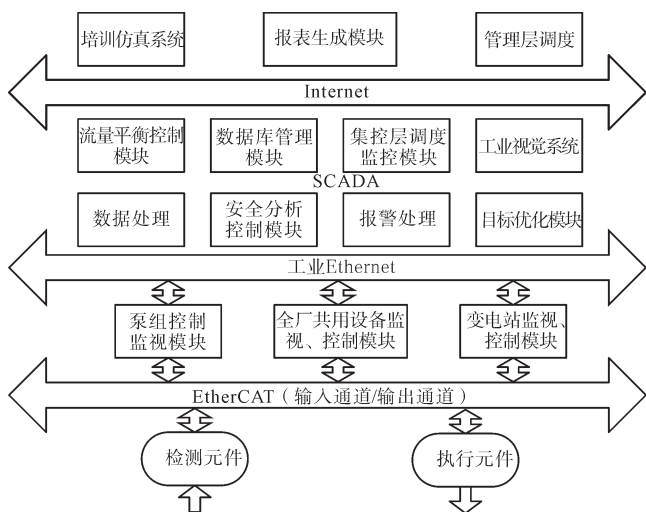
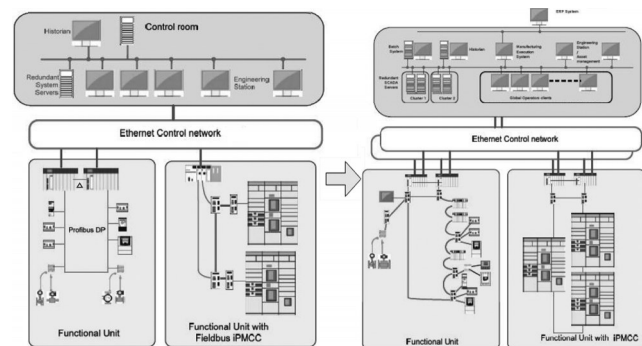


图4 系统软件规划与设计



(a) 传统通信结构

(b) 全透明以太网通信机构

图5 通过EtherCAT对通信进行透明转变

透明以太网中的一个显著特点是将Ethernet访问的功能扩展到I/O级,从而实现了远程调节I/O的功能,而不仅仅是停留在访问I/O信息上,EtherCAT恰恰满足了这种需求。图5(b)中,双环通信线即为带冗余

的工业以太网,图5(a)中“△”上方的细线为控制现场总线。图5(b)中采用双环结构,是为了更好地保证通信质量和整个系统的稳定性和鲁棒性。

传统混合型工业以太网是目前许多公司采用的工业网络架构模型。这是一种过渡的方案,它在工业现场的管理层和车间层使用以太网,向上可以和Internet连接,向下可以读取车间里各个控制子系统的状态信息。系统在设备层采用独自の现场总线技术,如CAN、Profibus、ASI等^[10]。它们与以太网之间通过专用的网关连接。这种方案可以利用现有以太网所能提供的通信功能,每个网关是以太网的节点,同时也是下面子系统的主站。网关可以实现对子系统实时的控制,并把子系统内部的信息进行预处理,只把一些重要的信息按照TCP/IP的帧的格式发送到以太网上。因为设备现场总线的繁多协议同样影响着终端用户的使用,而现场总线统一开放的思想还是没有完全实现,这种方法不利于整个系统的管理和维护,开发成本高。在未来随着工业以太网性能的提高,越来越多的以太网技术被应用到现场层,本研究正是对这种方法的一种变革和创新^[11]。

6 结束语

任何一个系统都不是孤立存在的,对于水利系统来说,基于整个水系的综合考虑,综合规划是必然的发展趋势。本研究所需监控和调度管理的对象,因为节点多,位置分散,而且一旦故障后果十分严重,笔者基于简单实用和稳定可靠的原则设计了基于PLC和EtherCAT的“透明”泵站SCADA系统。整个系统在实现水资源综合管理、合理分配与利用的同时,通过信息采集与统计分析、信息共享和集成来提高运行管理效率,实现了水资源管理的科学和高效的决策。系统

设备选型上主要采用技术上成熟、产品可靠及兼容性好的PLC系统,同时为了便于“透明”管理和未来扩展的需要,采用了基于EtherCAT的通信架构。本研究在系统的实施过程中充分考虑到与其他相关的机电设备的接口,确保系统接口的可靠性、合理性。综合来说,整个系统简单实用,稳定可靠,在同行业中具有一定的先进性和创新性。

参考文献(References):

- [1] 王建中,茅睿炜.鲁仁全基于节能控制的排水泵站选泵方法[J].机电工程,2009,26(6):20-23.
- [2] 王 斐,张 生.模糊PID控制在泵站高效运行中的分析[J].微计算机信息,2010,5(1):81-82.
- [3] 翟 华,李贵闪,严建文,等.基于以太网技术的大型冲压生产线的远程监控系统设计[J].机床与液压,2012(1):92-94.
- [4] 孙传恒,杨信廷,李文勇,等.基于监管的分布式水产品追溯系统设计与实现[J].农业工程学报,2012,28(8):146-153.
- [5] 袁 梦,刘 萍,余 勃,等.组合秤包装生产线分布式监控系统的软件设计[J].包装工程,2009,30(11):10-13.
- [6] 高 雁.机柜包装生产线的设计方法[J].包装与食品机械,2012(15):69-71.
- [7] Quantum. Quantum Ethernet I/O 系统规划指南[R],Quantum,2011.
- [8] WU Shao-en, BIAZ S, WANG Hong-gang. Rate adaptation with loss diagnosis on IEEE 802.11 networks[J]. *International Journal of Communication Systems*, 2012 (25): 515-528.
- [9] 王整风.基于PLC与触摸屏技术的原煤取样系统的设计与开发[J].煤矿机械,2008(11):172-173.
- [10] 胡 炼,罗锡文,张智刚,等.基于CAN总线的分布式插秧机导航控制系统设计[J].农业工程学报,2009,25(12):88-92.
- [11] 黄文君,谢东凯,卢 山,等.一种高可用性的冗余工业实时以太网设计[J].仪器仪表学报,2010,31(3):704-708.

[编辑:洪炜娜]

(上接第1279页)

参考文献(References):

- [1] 张学镭,王松龄.简单循环燃气轮机系统建模及其变工况性能分析[J].动力工程,2006,26(5):619-623.
- [2] 史霖鑫,臧述升.基于SIMULINK的气垫船三轴燃气轮机的动态仿真[J].燃气轮机技术,2006,19(3):37-39.
- [3] 常 隽,屈卫东.基于MATLAB/SIMULINK的燃气轮机系统动态模型仿真研究[J].微型电脑应用,2010(6):41-44.
- [4] 敖晨阳,张 宁,陈华清.基于MATLAB的三轴燃气轮机动态仿真模型研究[J].热能动力工程,2001,16(5):523-526.
- [5] 夏 迪,王永泓. PG9197E型燃气轮机变工况计算模型的建立[J].热能动力工程,2008(4):338-342.
- [6] 童万军,唐世建.基于流量法的齿轮传动涡扇发动急动态

建模[J].航空动力学报,2011,26(6):1377-1383.

- [7] 张 杰,张雪梅,沈 岑,等.基于Modelica/Dymola的小型燃气轮机建模与仿真[J].机电工程,2013,30(4):476-479.
- [8] 黄开明,刘 杰.基于无迭代法的航空发动机的实时模型[J].航空发动机,2004,30(2):35-38.
- [9] UZOL O. A new high-fidelity transient aero thermal model for real-time simulations of the T700 helicopter turbo shaft engine[J]. *Thermal Science and Technology*, 2011,31(1): 37-44.
- [10] 韩晓光,曲文浩,董 瑜,等.基于Simulink的燃气轮机动态仿真的模型[J].航空发动机,2010,36(3):20-25.

[编辑:洪炜娜]