

文章编号:1671 - 251X(2006)04 - 0040 - 04

工业以太网在煤矿膏体充填系统中的应用

吴利波, 严德昆, 闫莉莉

(中国矿业大学信电学院, 江苏 徐州 221008)

摘要:针对煤矿井下充填系统特点和控制层及管理层对信息开放性的需求,设计了工业以太网控制方案。文章简要介绍了煤矿综合自动化控制系统和膏体充填系统的工艺流程,重点说明了工业以太网控制方案在井下充填系统中硬、软件的具体实现;对工业以太网的实时性进行了必要的分析,并给出了结论。

关键词:煤矿; 膏体充填; 工业以太网; 综合自动化

中图分类号:TD679

文献标识码:B

The Application of Industrial Ethernet in Paste-filling System of Coal Mine

WU Li-bo, YAN De-kun, YAN Li-li

(College of Information and Electrical Engineering of CUMT., Xuzhou 221008, China)

Abstract: According to the features of paste-filling control system and the requirement of the opening information by control lay and managing lay, an industrial Ethernet control scheme was designed. The paper gave a brief introduction on mine integrated automation control system and technological flow of paste-filling control system, and it focused on the realization of industrial Ethernet control scheme in hardware and software of paste-filling system in underground mine. It made a necessary analysis about the performance of the system and gave the conclusion.

Key words: coal mine, paste-filling, industrial Ethernet, integrated automation

收稿日期:2006 - 04 - 12

作者简介:吴利波(1981 -),男,2004年毕业于武汉理工大学,学士学位,现为中国矿业大学信电学院硕士研究生。

0 引言

所谓工业以太网,一般来讲是指在协议上遵循

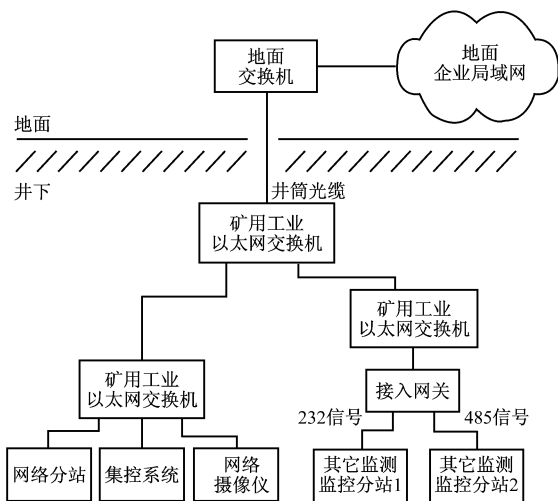


图2 矿用工业以太网交换机应用方案

业务数字网,真正做到了将宽带通信和控制技术延伸至井下,实现了地面宽带网与井下通信网的无缝连接,彻底改变了矿井原有监测监控系统通信速率低、各种系统互不兼容的局面,实现了高速、宽带、统一的综合业务数字网络平台,为井下监测监控系统的网络化、信息化和全矿实现综合自动化铺平了道路。

参考文献:

- [1] 刘富强. 矿井多媒体综合业务数字网(MISDN)网络结构研究[J]. 煤炭学报,2003(3).
- [2] 煤炭工业部安全司. 矿井安全监控原理与应用[M]. 北京:中国矿业大学出版社,1996.
- [3] 陈积明,王智,孙优贤. 工业以太网的研究现状及展望[J]. 化工自动化及仪表,2001(6).
- [4] 林铭镔,吴安定. 以太网在小型控制系统中的应用[J]. 自动化仪表,2001(6).

网协议,首次实现了在煤矿井下建立宽带的综合

IEEE 802.3 标准,但在产品设计时,在材质的选用、产品的强度、适用性以及实时性、可互操作性、可靠性、抗干扰性和本质安全等方面能满足工业现场需要的一种以太网^[1]。尽管控制界对以太网的实时性方面还有很多疑虑,但是,已经有很多公司开发这类产品,且有大量的实际应用。

膏体充填就是把煤矿附近的煤矸石、粉煤灰、工业炉渣、劣质土、城市固体垃圾等在地面加工成一定颗粒大小的粉状固体填料,然后与结胶料、水按一定比例混合搅拌成膏体,再采用充填泵加压,通过管道输送到井下采空区,形成以膏体充填体为主的上覆岩层的支撑体系,有效控制地表沉陷在建筑物允许值范围内,实现村庄不搬迁,安全开采建筑物下压煤,保护矿区生态环境和地下水资源^[2]。

正是基于这样的背景,笔者利用工业以太网设计了煤矿井下充填系统,以工业以太网代替传统的总线传输充填系统中需要采集的各种信息以及各种控制信号。

1 工业以太网的实时性问题

以太网设计的初衷是用于办公自动化,由于采用 CSMA/CD 介质访问协议,以太网不可避免地带有不确定性,也就是实时性无法保证。这种不确定延时在普通的办公室网络中无关紧要,但是如果用于工业控制领域,就必须改善这一问题,因为工业控制场合对信号的延时有一定的要求,某些运动控制系统对信号响应的延时要求甚至小于 1 ms^[3]。随着以太网技术的不断进步,以太网通信响应的实时性可以通过以下方法予以保证:

(1) 采用交换式以太网

众所周知,只有当采用信道共享机制且有两个或两个以上节点同时向该共享信道上发送数据时才会出现冲突,这也是冲突域产生的根本原因。因此,为了克服这一缺点,只要想办法消除冲突域就可以了。交换机的出现为解决这一问题提供了理想的办法。

虽然从物理结构看,采用交换机的以太网系统仍然是星型结构,但实际上各端口在逻辑上已经被隔离。也就是说,从逻辑上看,各个节点是独享信道的,各端口的信息流是被隔离的。在以交换机为基础的以太网系统中,冲突域被限制在单个节点以内,不同节点同时发送数据帧时不会发生碰撞,由于冲突而产生的通信延时不确定性已经不复存在。

(2) 降低网络负荷

实际应用经验表明,对于共享式以太网来说,当通信负荷在 25 % 以下时,可以保证通信畅通。当通信负荷在 5 % 左右时,网络上碰撞的概率几乎为零^[4]。文献[5]指出,在 25 % 负荷以下时,以太网通信性能比令牌网还要好。所以,降低网络负荷也不失为提高以太网实时性的一个好方法。而且,在工业控制领域,每个节点传送的实时数据量本来就不多,只要合理地限制每个网段的节点数目,就能有效地控制好网络流量,达到降低负荷的目的。

(3) 提高网络传输速度

通信速率的提高可以显著地增加网络的负荷能力以及缩短网络传输延时。目前 10 M/100 M 的以太网设备应用已经相当广泛,技术也十分成熟,1 000 M 以太网在骨干网中已得到了普遍应用,很多地方还出现了 10 G 以太网的概念和应用。相比之下,现场总线的传输速率不过为 1 M、2 M。西门子的高速 Profibus 也不过 12 M,这样的速度对于工业数据的传输已经绰绰有余。所以,以太网传输速度的提高是增强通信实时性的又一个有效保障。

基于以上各方面因素的考虑,有理由认为将工业以太网用在煤矿膏体充填系统中是可行的。膏体充填系统属于过程控制,其实时性要求不如高速运动控制那样苛刻;系统的信号传输负荷也不高,使用 100 M 以太网足够应付;选用交换机,使各节点的冲突域隔离,让各网段独享带宽。这一系列措施都可以让系统的实时性满足要求。

2 膏体充填系统在采煤监控系统中的位置

传统的煤矿开采系统,各子系统都是相互独立的,难以直接建立有效的通信,不利于生产调度的合理协调。因而,近几年很多煤矿相关科研机构都进行了相应的研发工作,并开发了一系列矿井综合自动化监控系统以消除信息孤岛。图 1 是使用工业以太网实现矿井综合自动化的网络拓扑图。

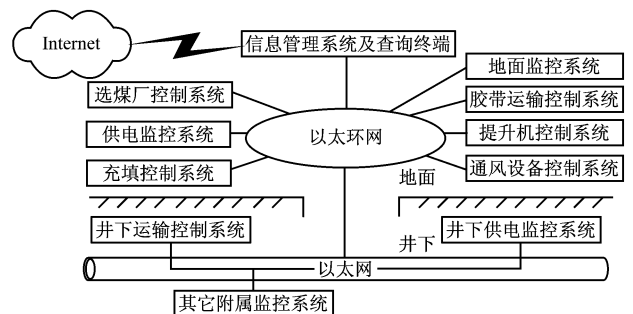


图 1 矿井综合自动化监控系统网络拓扑图

各子系统由以太网实现无缝连接。子网内部各设备之间也用以以太网或以网与其它信号线结合的方式相互连接。本文中设计的膏体充填系统也在其中。

尽管膏体充填系统目前还没有在煤矿开采系统中广泛地使用,但是这项技术的正确使用,不仅会有效地控制地表沉陷,并可在此基础上提高单位面积的煤矿产量。

3 膏体充填工艺流程和设备简介

膏体充填系统的主要机械设备:上料机、搅拌机、搅拌机、充填泵等。工艺流程如图 2 所示^[6]。

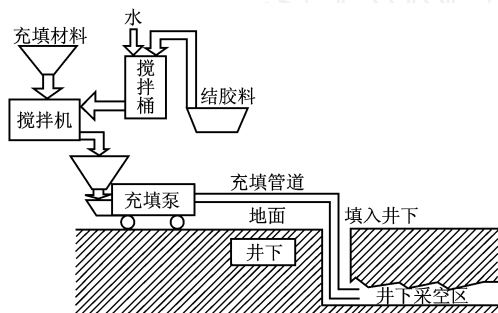


图 2 膏体充填工艺流程图

充填膏体是由充填材料和结胶料混合而成,结胶料与水混合成结胶剂再和充填材料搅拌均匀,经由充填泵打入井下采空区。

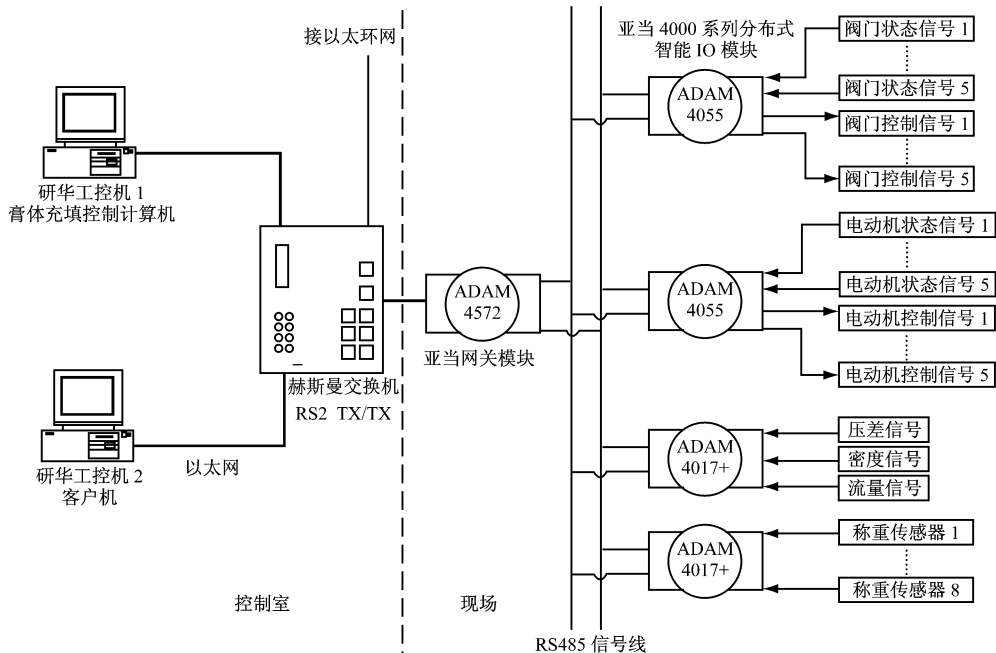


图 3 计算机监控网络结构图

4 膏体充填监控系统设计方案

4.1 硬件配置

膏体充填系统需要采集监视充填管道内膏体的流量、压差、密度信号,同时还有上料机和搅拌桶的称重信号、各个阀门、电动机的开关信号,发出的控制信号主要是阀门和电动机的开关控制信号。组成该系统的计算机监控网络结构图如图 3 所示。

充填系统由 1 台研华工控机控制,另外还增加 1 台计算机作为办公室客户机,方便上层管理人员随时了解工作状况和信息查询,同时将其设为历史记录服务器存储各种历史数据以备查询。数据采集模块选用的是研华 ADAM(亚当)4000 系列分布式智能 IO 模块。其中:ADAM4017+ 是 16 位 8 通道双端模拟输入模块,用来采集流量、压力、密度等模拟量;ADAM4055 是 16 通道隔离式数字输入输出模块,提供 8 路数字输入和 8 路数字输出,用来采集阀门和电动机的开关状态以及发送相应的控制信息。以上模块都支持 Modbus 协议。ADAM4572 是以太网到 Modbus 的网关模块,它是整个通信网络的关键,底层传感器的信号到达 ADAM4017+、ADAM4055 后,通过 ADAM4572 网关模块才能传到基于 TCP/IP 协议的以太网上。同样计算机的控制信号也必须经过 ADAM4572 才能送到现场。

ADAM4572 可以通过网线(交叉线)直接连接到工控机的网卡上,但是考虑到还要与其它计算机

通信并接入环形以太网,增加了 1 台交换机设备。值得注意的是,这里使用的网线和交换机都必须符

合工业现场环境的要求。由于煤矿井下充填工作现场有多台大功率电动机,甚至还有变频设备,因而产生的电磁干扰相当严重,网线选用了工业级的屏蔽双绞线,接口部件和线体本身都有相当程度的抗拉强度,足以满足现场恶劣的环境。交换机选用的是德国赫斯曼工业交换机 RS2 - TX/ TX。

4.2 软件组态

组态软件选用国产工业自动化通用组态软件组态王 6.5。该组态软件功能强大,提供丰富的图库、完善的报表系统、多种趋势曲线和报警系统等功能;支持 DDE、SQL 和 OPC 通信,还具备网络功能和 Web 发布功能;采用窗口界面,全中文环境,使用相当方便。

使用组态王 6.5 对系统进行组态的过程相对来说比较简单。主要分为以下几个步骤:(1) 定义设备;(2) 定义数据变量并设置相关属性;(3) 创建用户窗口画面并建立相应的动画连接;(4) 根据工艺要求编写事件命令语言;(5) 编制趋势曲线和报表;(6) 网络配置;(7) 检验排错,进一步完善。

其中第(1)、(2)步和第(6)步是难点,稍微不注意就会出现通信故障。具体说明如下:

ADAM4572 模块比较特殊,它的数据不是从工控机的 PCI、ISA 总线或串行端口进入,而是通过网卡采入,这就无法使用组态王固有的硬件支持功能。组态王要访问 ADAM4572 传输来的数据必须使用 OPC 通信功能。ADAM 模块有多种 OPC Server 以支持不同 ADAM 模块和组态软件的 OPC 通信。安装好 ADAM OPC Sever 后,在组态王中定义 OPC 设备时一定要选择 Modbus TCP OPC Server,错误的选择会导致数据无法正确显示,而且即使选错了 OPC Server,系统也不会有任何提示,为以后的排错造成一定的困难。在定义变量时很容易出错的就是原始值和工程值的转换问题。因为 ADAM 模块的 OPC Server 也提供了输入范围转换功能,所以很可能会重复使用 OPC Server 和组态王的输入值范围转换功能,这也会导致组态王显示值不正确。因而,两者一定要协调好。另外,原始值也根据使用产品的不同而不同。例如,同样作为研华产品的 PCL 系列数据采集板,其原始值是数字量,即根据转换精度计算出的二进制数;而 ADAM 分布式智能 IO 模块的原始值却是模拟量,即实际输入的电压、电流值。以上的任

何一步有差错都会造成数据无法正常采集,给后续工作带来很大的麻烦,一定要相当留意。

网络配置是保证网络上各台计算机正常通信的关键。尤其是本系统中功能分散在 2 台计算机上,如果无法正常通信可能会对整个系统的运作有一定的影响。

进行网络配置首先要保证每台计算机上都绑定 TCP/ IP 协议。各计算机在组态王环境下建立的工程所在文件夹一定要完全共享。节点类型按如下方式配置:膏体充填控制计算机设为 IO 服务器;2 台计算机都设为报警服务器;第 2 台计算机设为历史记录服务器;2 台中选 1 台且只能选 1 台作为登陆服务器,这里选膏体充填控制计算机作为登陆服务器。服务器配置好后,进行客户配置,建议所有的计算机都设置成客户,即每台计算机既作为其它计算机的服务器,又作为其它计算机的客户,这样就方便各站点随时了解其它站点的情况。硬件安装和组态完毕后,系统就可以投入试运行了。

5 结语

现在的工业以太网已经在很大程度上摆脱了传统以太网技术的束缚,工业以太网正以越来越快的步伐进入各类控制领域。笔者也是在经过仔细分析和慎重考虑后设计将其应用在煤矿膏体充填系统的监控中。因此本文对于推广工业以太网在实际工业控制领域中的应用有一定的实际意义。

参考文献:

- [1] 王容莉,雷 斌.工业以太网技术的现状与发展[J].自动化博览,2004(4):63~65.
- [2] 周华强,侯朝炯,孙希奎,等.固体废物膏体充填不迁村采煤[J].中国矿业大学学报,2004,33(2):154~158.
- [3] 徐皓冬,王 宏,邢志浩.工业以太网实时通信技术[J].信息与控制,2005,34(1):60~64.
- [4] 周祖德.基于网络环境的智能控制[M].北京:国防工业出版社,2004:60~61.
- [5] 黄文君,冯卫标,葛 毅,等.实时控制系统网络设计[J].机电工程,2000,17(3):77~80.
- [6] 陈建国,严德昆,王 洋.煤矿膏体充填测控系统与 RBF 神经网络建模[J].控制工程,2005(12)(增刊):61~63.