

ControlNet 技术及其在冷站控制系统中的应用

朱春花 周齐国 (重庆大学 400045)

摘 要 探讨了基于生产者/消费者通信模式的 ControlNet 总线技术, 包括其技术特点、通信模式、信息交换方式和网络集成, 并对该总线在冷站控制系统中的应用作了具体的分析, 包括网络系统构成和软件组态。

关键词 ControlNet 控制网 生产者/消费者模式 信息交换 时间片算法 网络刷新时间

现场总线技术自 20 世纪 90 年代以来有了长足的进步。目前, 由于种类繁多的控制设备和过程监控装置在工业领域的应用, 对现场总线控制系统信息交换的实时性、确定性以及系统的运行效率提出了越来越高的要求^[1]在这一领域, 北美自动化供应商罗克韦尔自动化公司, 推出了基于开放网络技术的新型通讯模式——生产者/消费者模式的 ControlNet 现场总线。

1 基于生产者/消费者的通讯模式

目前, 工业自动化控制网络采用的网络模型主要有两种: 源/目的地模型 (Source/Destination) 和生

产者/消费者 (Producer/Consumer) 模型。绝大多数控制网络通讯都是采用源/目的地的通讯模式, 如 FF、Lonworks、Profibus 等。源/目的地网络模型 (Source/Destination) 采用应/答式通讯, 如果网络要向多个设备传送数据, 则需要对这些设备分别进行“呼”“应”通信, 即使是同一个数据, 也需要制造多个数据包, 消耗过多的带宽, 并且数据到达每个设备的时间还是不同的。这样, 不仅增大了网络的通信量, 网络响应速度受到限制, 容易发生信息瓶颈问题, 而且当系统对时间有苛求的实时控制信息要求传送时, 还需要采用其它不同的网络。

在现行设计中, 一般将基础钢筋作为自然接地体, 用 40×4 的镀锌扁钢将其连通, 并施行总等电位联结。这样进行处理, 接地电阻很小, 一般容易达到设计要求。在设计中应当注意, 应在室外合适位置预留接地连接板, 做法可以参考国家标准图集《接地装置安装》(03D501-4)。这样, 当接地电阻值达不到要求时, 施工单位可以方便地连接人工接地体和测试接地电阻值, 这一点应当在设计图纸中有所体现。

另外, 在设计图纸中, 不能泛泛而谈“利用建筑物基础钢筋做自然接地体”。前面已经提到, 轻钢结构建筑物在基础施工时需预埋地脚螺栓, 加垫片后才能和钢柱相连。须知: 预埋的接地螺栓本身和基础钢筋是没有电气连接的! 所以, 土建施工时可用不小于 $\phi 10$ 钢筋或圆钢将基础钢筋和接地螺栓可靠焊接, 具体做法参见国家标准图集《利用建筑物金属体做防雷及接地装置安装》(03D501-3) 的 17 页。这样, 从接闪器到引下线, 再到接地装置, 雷

电流才具备完整的泄放通道。这样做还不够, 还应该用短钢筋和基础钢筋可靠焊接, 并引出基础外, 供联结接地环网, 方有利于降低自然接地体的接地电阻值和实施有效的等电位联结。这一点对于设置独立基础的轻钢结构建筑尤其重要, 所以有必要在设计图纸中交待清楚。

如果忽视了轻钢结构建筑物接地装置的特殊性, 即基础钢筋和接地螺栓本身并没有电气连接这一事实, 造成的后果则是整个建筑物没有可靠的接地网。采取的补救措施是用 40×4 的镀锌扁钢做等电位环网, 镀锌扁钢过钢柱时应和柱底脚板下侧可靠焊接。这样, 镀锌扁钢充当了接地极和接地线的双重角色。

除了等电位接地环网沿建筑物外围敷设一周外, 在建筑物内还应该按跨度设置均压网格, 不但可降低跨步电压, 保护人身安全, 而且有利于工业厂房生产设备就地实施等电位联结, 缩短等电位联结线的长度。

图 1 所示为源/目的地通信模式和生产者/消费者通信模式的数据包结构图对比。

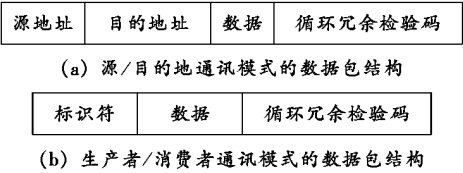


图 1 源/目的地通信模式和生产者/消费者通信模式的数据包结构图

ControlNet 则是采用了一种基于开放网络技术的新型通讯模式——生产者/消费者模式。此模式允许在同一链路上有多个主控制器共存，对输入数据和对等通信数据采用多信道广播方式，将传统网络的针对不同站点多次发送改为一次多点共享，以使链路上所有控制器之间实现预定的对等通信互锁，共享输入数据，从而大大减少了网络发送的次数和网络上的交通量，提高了网络效率和网络性能。同时允许网络上的所有节点同时从单个数据源存取相同的数据，报文通过标识符来识别，从而可

以实现网络节点的精确同步，提高带宽的有效使用率，并且所有数据可以同时到达。此时采用该模式既可以支持系统的主从、多主或对等通信结构，也可以支持其任意组合的混合系统结构，还可在同一链路上传送任意信息类型相混合的数据。

显然，与典型的源/目的地模式相比，生产者/消费者模型是一种更为灵活高效的处理机制。可以说，基于此模式的 ControlNet 是目前各种工业控制底层现场总线网络中性能较为可靠的网络。

2 ControlNet 总线的性能特点

ControlNet 是一种新的面向控制层的实时性现场总线网络，在同一物理介质链路上提供对时间有苛求的控制信息和 I/O 数据以及无时间苛求的信息发送，包括程序的上/下载，组态数据和点对点的报文传送等通讯支持，是具有高度确定性、可重复的高速控制和数据采集网络，I/O 性能和端到端通讯性能都较传统网络有较大提高^[6]。

表 1 给出了 ControlNet 现场总线技术和其他总线技术的主要性能比较。

表 1 几种总线技术的性能比较

性能指标	ControlNet	CAN	Profibus	AS-I	FF
研制公司	罗克韦尔-AB	Bosch	西门子	AS-I 国际	FF 基金会
拓扑结构	星型、树型、总线型	总线型	总线型、树型	星型、树型	总线型、树型
最大通信速率	5Mb/s	1.0Mb/s	12.0Mb/s	167kb/s	2.5Mb/s
最多节点	99 个	110 个	127 个	31 个从站	156 个
最大无中继距离	同轴:5km 光纤:30km	10km	电缆:2.4km 光纤:23.8km	100m	1.9km
最大帧长	510 字节		244 字节		
仲裁方法	时间或多路存取(CTDMT)生产者/消费者	非破坏性总线仲裁	令牌传送	主/从周期查询	调度/周期、非调度/非周期、生产者/消费者
通信方式	主/从、多主、对等、混合	多主	主/从、对等	主/从、周期查询	服务器/客户机
网络效率	高	高	不高	不高	高

相比可知，ControlNet 网络具有吞吐量较高、体系结构灵活、组态和编程简单、信息交换可靠等特点，是一种适合各种工业、企业和建筑智能化网络信息传输与控制的实时控制网络和控制系統。

ControlNet 的媒质访问控制采用了独特的基于排队论的时间片算法(Time Slice)。根据实时数据的特性，一些带宽预先保留和预定用来支持实时数据的传送，余下的带宽用于非实时和未预定数据的传送。因此，它在保证对时间有苛求的控制信息传输的同时，也能在同一物理介质链路上传送其它无时间苛求的信息。

至于 ControlNet 的介质存取则采用了一个特殊的令牌传递机制——隐性令牌传递^[2]。其中传递隐

性令牌的逻辑是通过特别设计的并行时间域多路存取(CTDMA)算法^[2]，来控制各个节点在网络刷新时间(NUT)内传送信息的机会。网络刷新时间(NUT)分为三个部分：预定信息传送时间、非预定信息传送时间和维护时间。

表 2 网络刷新时间

网络刷新时间 (NUT)	功 能
预定信息传送时间	传送预定节点(在一个循环的顺序次序的基础上)的有时间苛求的信息。
非预定信息传送时间	传送非预定节点(按顺序进行循环传送，一直到分配给非预定传送的时间用完为止)没有时间苛求的信息。控制网保证至少有一个非预定节点有机会传送数据,提供给非预定节点的时间取决于预定节点的通信量。
维护时间	能够自动调整,以使 NUT 大小不变,并保证其他节点同步。

NUT(网络刷新时间)是由用户自己选择的,它将不停地扫描网络上的设备节点,并根据节点上设备类型的不同,按照 ControlNet 的时间片算法在 NUT 内为它们分配时间段。由此可知,ControlNet 网络具有预见数据何时能够可靠传输到目标,并且数据的传输时间不受网络节点添加/删除或网络繁忙等状况的影响而保持恒定的能力。

3 ControlNet 总线的网络体系

ControlNet 是高度确定性、可重复的高速控制和数据采集网络。因此,它非常适用于那些控制关联复杂,要求协调实时控制、控制信息同步、数据传输率较高的场合。此外,对于多个基于 PC 的控制器之间,不同 PLC 之间或 PLC 与个人计算机之间存在通讯要求的场合,ControlNet 也非常适用。在罗克韦尔推出的工业网络平台方案——NetLinx 体系中^[3],ControlNet 处于核心地位,网络结构如图 2 所示。ControlNet 总线不仅可以与多种设备或子网直接相连,还能够通过扫描器连接下层的 DeviceNet 设备网和 FF 现场总线等产品;同时,通过通信接口模块连通上层的以太网,实现控制网络与信息网络的集成,共享信息资源。

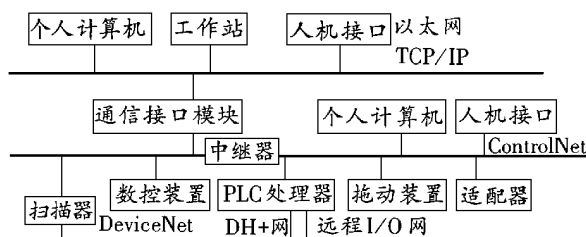


图 2 ControlNet 逻辑网络体系

组态软件是现场总线控制系统普遍应用的人机接口(MMI)监控软件,是控制网络底层总线与现场设备直接进行数据交换的软件接口和控制网络与信息网络集成的桥梁。RSView32^[4]、RSView SE 是基于 Windows 环境的工业监控软件,使用方便、直观、可靠,同时允许用户进行图形观察和组态整个网络。它全面支持 ActiveX 技术,同时支持 OPC 的服务器和客户端模式,既可以通过 OPC 和硬件通讯,又可以向其它软件提供 OPC 的服务。同时,Windows 为 RSView 和基于 Windows 的应用软件提供接口,利用 DDE(动态数据交换)技术^[5],与 Windows 的应用程序间进行数据交换,实现本地控制网络与上层信息网络之间的信息共享,从而为用户提

供更为集中的数据操作环境,实现系统集成。

4 工程应用

某卷烟厂的动力车间冷站控制系统,在制冷机进出水温差小于 7℃的前提下,对制冷机的出水温度有很严格的要求。由于该冷站是具有高速数据量 I/O 和大量模拟量 I/O 的系统,控制关系之间有复杂关联,且要求互锁灵活、控制信息同步、数据传输率高,因此笔者以美国 AB 公司的 ControlNet 网络、ControlLogix 控制器及操作站构建系统。图 3 为冷站控制系统网络结构示意图。

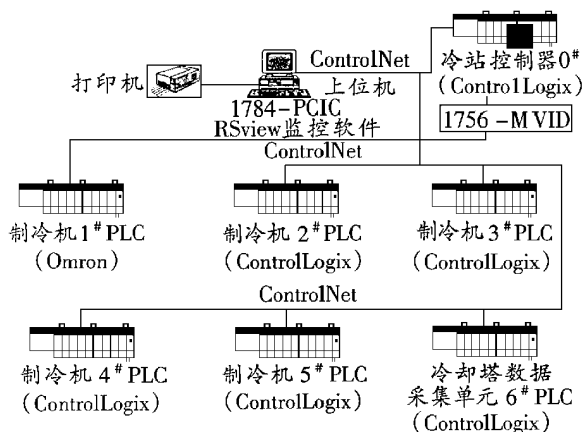


图 3 某卷烟厂的动力车间冷站自控系统网络结构

该系统包括一台制冷机 PLC 控制柜(机组自带)0#、四台制冷机远方数据采集控制单元(2# ~ 3#)、一台冷却塔远方数据采集控制单元 6# 及一台冷冻站下位机系统 1#,同时还配有周边设备:6 台冷冻水泵、5 台冷却水泵、2 台补水泵、6 台凉水塔(共 28 个风扇)。

由于冷站的冷水系统及冷却水系统已并管,具备了机组设备进行自由组合、优化运行的条件,故在水系统中加配相应的电动开关阀进行水路切换,可做到整个冷站系统的全自动运行。

该冷站控制系统主要使用了 PLC 来对所有的现场设备进行高速监控。其中 4 台开利溴化锂制冷机,将原来的分离元件控制电路改为 AB 公司的 ControlLogix PLC 并与冷站的 ControlNet 联网;而一台双良溴化锂制冷机,已配有 Omron 的 PLC 就地控制器及触摸显示屏,同时在该机上增加串行通讯接口,该接口与冷站的 ControlLogix PLC 的 1756-MVID 通讯接口相连,传送双良制冷机已检测的模拟量及开关量。

冷站控制器 ControlLogix PLC 是整个冷站控制

楼宇自控网络 BACnet 中的广播技术

王 波 陈恒鑫 (重庆大学计算机学院 400044)
卿晓霞 (重庆大学城环学院 400045)

摘 要 BACnet(楼宇自控网络)标准中的广播功能在其事件预定与通告、设备配置、设备操作等任务中起着重要作用。文章介绍了 BACnet 报文广播的三种形式,并详细介绍了基于 Internet 的 BACnet 网络的广播技术。

关键词 BACnet BACnet/IP BVLL BBMD 广播 控制网络 楼控网络 系统集成

1 ISO 标准 BACnet 概要

1.1 BACnet 简介

BACnet 数据通信协议于 2003 年 1 月 18 日被宣布为 ISO(国际标准化组织)的正式标准,即 ISO16484-5。它支持多种局域网技术,包括 ISO8802-3(以太网)、ARCNET、MS/TP(主从/令牌环协议)、

LonTalk 和 PTP(点对点)通讯。BACnet 楼宇自控网络根据自身的特点对 OSI-RM(开放系统互连参考模型)进行了精简和定制,使 BACnet 标准的体系结构更加紧凑,具有高效的特性,以适应楼宇自控系统对实时性的要求。图 1 是 BACnet 标准体系结构与 OSI-RM 的参照图。

系统的核心,它具有 32 个 AI(模拟量输入)、64 个 DI(数字量输入)、4 个 AO(模拟量输出)、32 个 DO(数字量输出),这样既可满足本系统较大的 AI 点、AO 点、DI 点、DO 点的需求,同时又留有足够的冗余点。它能完成以下功能:①读取各台制冷机就地 PLC 的数据,包括 Omron PLC;②控制各台制冷机启、停,达到自由组合、优化运行的目的;③控制与制冷机自由组合的冷水泵、冷却水泵启、停;④控制冷冻水出水与回水管之间的压差。

冷冻站下位机系统由一台控制器加扩展板构成。它完成对五台制冷机和相应的水泵、阀门、计量装置的检测、调节、控制、积算等实时任务。同时完成与制冷机、冷却塔控制单元及上位机的数据交换等通讯工作,即:①冷站下位机可与一台制冷机的 PLC 进行通讯,读取制冷机内部数据;②冷站下位机可与四台制冷机控制单元进行通讯,读取制冷机内部数据;③冷站下位机可与冷却塔控制单元进行通讯,读取冷却塔的全部监控点数据。

系统的软件组态是在 WIN2000/NT 平台上,采用 AB 公司的 RSView32 软件实现。该冷站操作站监控软件具有以下功能:①各个 ControlLogix PLC 及 Omron PLC 通讯,实现 ControlNet 网络连接;②实时显示网络中各个模拟量数值及开关量状态;③实时显示系统中的报警信息;④用模拟图形显示冷站

设备结构及状态运行数据;⑤记录、显示、存储系统中重要模拟量的数据曲线;⑥设定系统运行参数及设备运行组合关系,设定系统运行方式;⑦远方手动操作各个设备起/停;⑧系统自动运行功能的起/停;⑨三级密码保护的系统登录或操作;⑩甲方生产管理需要设计冷站运行数据打印报表。

实践证明,该系统在控制信息送达时间的准确性、可重复性及控制器互锁等方面具有优异的性能,当制冷机进出水温差小于 7℃ 时,系统使制冷机出水温度恒定控制在 7℃ ± 1℃ 以内,即系统具有很高的可靠性。此外,该系统的数据传输率很高,且具有良好的开放性、扩展性、经济性和很强的信息集成能力。

参考文献

- 1 严隽高.关于提高现场总线控制系统实时性的探讨.通信技术与设备,2002(2):21、22、36
- 2 王莉.开放的自动化网络—ControlNet.仪器仪表标准化与计量,2000(3):9~12
- 3 吴小洪,吴乃优,何捷,胡志刚.控制网网络及其应用.微计算机信息,1998(4):11~13
- 4 张明光.RSView32 工控组态软件功能分析和应用举例.自动化仪表,2002(6):53~55
- 5 阳宪惠,邸丽清.OPC 和 DDE 技术及其对工控系统开放性的影响.工业控制计算机,2001(9):31~34
- 6 蔡方伟,吴章维,刘珏,魏成文.ControlNet DeviceNet 现场总线技术.宝钢技术,2001(6):34~38、48