

# 分布式网络控制系统在盾构机上的应用

刘羡伦<sup>1</sup>, 郭京波<sup>2</sup>

(1. 北京华隧通掘进装备有限公司, 北京 100081; 2. 石家庄铁道大学, 石家庄 050043)

**摘要:** 盾构机的控制系统直接影响盾构机整体性能和使用, 运用单一的控制方式不能完全贴合其产品特征和使用特性。分布式网络控制系统是输入输出信号用分散设备实现, 控制运算集中到一个控制中心的综合控制方式。信号连接就地化, 在生产成本、维护便利、盾构机快速拆解、重组等方面具备优势, 充分体现经济性和实用性; 集中控制中心信息全面, 运算准确, 从而保障机器安全。总之, 分布式控制系统能够合理配合盾构机的各种要求。

**关键词:** 盾构机; PLC; 控制系统; 通讯; 网络

中图分类号: U 455.3<sup>+</sup>9

文献标志码: A

文章编号: 1672-741X(2011)增刊1-0421-04

## Application of Distributed Network Control System used in Shield Machine

Liu Xianlun<sup>1</sup>, GUO Jingbo<sup>2</sup>

(1. Beijing Huasuitong Boring Equipment Co., Ltd., Beijing 100081, China;

2. Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China)

**Abstract:** The overall performance and application of shield machine is directly affected by control system of shield machine. The control system of distributed network is a composite control mode, which puts the input and output signal scatter on the device and puts the operation focus into the control center. The on-site connecting of signal can fully reflect economic efficiency and practicality. It has advantages in the cost, service and assembly. The center of control is complete in information and exact in calculation. The distributed control system can meet the requirements of shield machine.

**Key words:** shield machine; PLC; control system; communication; network

## 0 引言

盾构机全名叫盾构隧道掘进机, 是一种隧道掘进的专用工程机械。现代盾构掘进机集光、机、电、液、传感、信息技术于一体, 是一种机、电、液集成度很高的工程机械。历经 190 多年的发展, 盾构机在性能和应用上都趋于成熟, 在现代科学技术方面, 主要在设备、人身安全和施工快速、降低劳动强度等方面进行优化, 电控技术的合理运用是实现这些要求的关键因素之一。

盾构机上一般采用可编程控制器(PLC)控制架构, PLC 控制系统常规分为集中控制和分散控制, 这 2 种方式都在特定的场合有成熟优秀的应用。具体对应盾构机特点, 集中控制会带来电连接电缆过多, 电信号

(特别是模拟信号) 传送距离过长及由此带来的信号失真等问题; 分散控制不利于集中操控功能的实现, 更不利于电控上实现整台机器的动作联锁等, 极度影响操作、电气及设备动作等带来的安全。在分析单一控制方式的实现方法和优劣势后, 扬长避短, 盾构机应使用分布式网络控制系统。

## 1 单一控制方式

单一控制方式包含集中控制和分散控制, 从不同角度考虑具有各自的优势和劣势。

### 1.1 集中控制方式

集中控制即所有输入输出信号都集中到一个控制器下的输入输出模块, 统一采集信号, 由一个处理器计算处理后, 统一发出信号。这种控制方式的特点是所有

收稿日期: 2011-05-27

基金项目: 国家科技支撑项目(No. 2006BAJ16B06)

作者简介: 刘羡伦(1983—), 男, 江西吉安人, 2004年毕业于景德镇陶瓷学院自动化专业, 本科, 现从事隧道掘进设备电气设计工作。

的信息都流入控制室,由控制室集中处理后,全部指令由此控制室下达。在这样的控制方式下,控制室可以收集和控制所有控制对象的信息和被控点,保证信息的完整性和控制的可靠性,不容易出现偏差、遗漏和错误。然而采用这种控制方式时,控制室应包括控制模块、输入信号隔离、输出信号隔离及控制配电等,控制室会过于庞大。一方面,控制室所需要的电控箱柜也会比较大,在空间紧凑的盾构机不好布置;另一方面,控制室电控箱柜的电缆过多,不仅带来电缆成本增加及信号稳定性受影响的问题,更给盾构机的拆解、组装带来麻烦。

## 1.2 分散控制方式

分散控制是指系统中的控制部分采用若干个分散的,有一定相对独立性的子系统,这些子系统在各自的范围内各司其责,各行其是,互不干涉,各自完成自己的目标。这些目标是整个系统目标中的分目标。分散控制的特点是与集中控制相反,不同的信息流入不同的子系统,不同的控制指令由不同的子系统发出。分散控制没有统一的控制器,全部控制功能分散在各个子系统中完成,在此控制方式中,各子系统的输出、输入信号及系统信号相互关联。

分散控制的优点是针对性强,信息传递效率高,系统适应性强。缺点是信息不完整,对整机控制统一性影响很大。盾构机存在多个机构联动或互锁的要求,比如刀盘旋转需要以油脂系统运行,盾构机不过度偏转等为前提,又如掘进状态(刀盘旋转、螺旋机及皮带机出渣、推进系统工作)与拼装状态(拼装机工作、推进系统油缸在机内作伸缩动作)互锁。由此,分散控制可能因其固有的缺失而影响盾构机的各个部位的整体动作或安全互锁,甚至因为控制失误造成危害。

## 1.3 小结

单一地选择集中控制或分散控制方式,都不适用于盾构机应用。

## 2 分布式网络控制

我们在盾构机上采用了集中控制和分散控制结合的分布式网络控制方式。控制系统一方面采用集中控制方式中一个控制中心进行控制任务的处理和计算,一方面运用分散控制理念,分散地采集和发送控制信号。简单地说,在计算处理时用集中控制方式,在信号传输时用分散控制方式。这样的控制策略,保留了集中控制方式中处理计算的完整性、统一性,又通过引入分散控制方式,避开了控制中心过大,连接电缆过多的缺点。盾构机同时实现了信号就近接入接出和整机统一调控的目标。

### 2.1 控制网络

如图1所示,操作盘的PLC组件1-1是控制中

心所在。控制中心完成盾构机的所有信息采集,受控对象的控制及通讯功能的管理。信号传输方面采用2级网络的架构:一级网络是包括控制中心在内的4个控制站都具有PLC处理器,各个处理器之间建立MELSEC NET10/H网络;二级网络是各个控制站依据安装部位的需求分别建立CC-LINK网络。

整个控制网络中交换的数据和信息包括3种类型:

1) PLC的就地信号模块。即PLC处理器所在安装基板(主基板)上带信号模块,输入输出模块直接通过处理器映射完成数据的交换,在物理连接上应用的是安装基板的背板传输。

2) PLC的就地扩展信号模块。主基板不能满足就地信号模块要求时,通过基板的扩展通讯,对就地基板进行扩展的方法,扩展基板安装的信号模块在传输和处理时除了增加了基板间传输外,与主基板信号模块相同。系统组建时,增加扩展电缆和扩展基板,扩展基板上没有处理器,扩展后的基板可以如主基板一样搭载各种通讯、信号模块。盾构机控制系统分别在操作盘的PLC组件1(控制中心)、电源控制盘的PLC组件2和机内控制盘的PLC组件4都运用了扩展信号模块。

3) PLC的二级网络信号。二级网络采用带通讯功能的信号模块,在盾构机有控制需要的部位布置。信号模块采集输入信号时,现场信号通过模数转换后到模块映射区,写入到一级网络中的通讯模块上。相反,输出信号时,信号从一级网络中的通讯模块映射区读出,读出到模块映射区,通过数模转换为电信号给现场执行机构或其他电器元件。

#### 2.1.1 一级网络

一级网络由MELSEC NET/10构建。MELSEC NET/10网络是为了实现可编程控制器网络中,各个控制站控制信息的共享,各编程控制器间进行开关量信息以及运算数据的通信形式。数据通讯在各个可编程控制器的共用软元件存储器的区域间进行,传送方式有瞬时方式和循环方式,对于可编程控制器网络一般采用循环传送方式。该方式下,对链接软元件进行定期通信,链接用软元件即用于开关信号的链接继电器(B/LB)和运算数据的链接寄存器(W/LW)。送信的区,在主控制器上已经分配了使用范围,而传送的数据可供整个网络的控制站来读取使用。

MELSEC NET/10的物理连接可以是同轴电缆或光纤。盾构机的系统中采用同轴电缆,通讯速率为10 Mbps,没有中继模块时,总延长可达到500 m。根据需要,一个控制站可以连入2个或2个以上的MELSEC NET/10网络。如图1所示,MELSEC NET/10 1连入了PLC组件1,2,3,4,完成盾构机主要设备

的控制; MELSEC NET/10 2 则连入了 PLC 组件 1 和 5, 完成盾构机辅助系统的控制。PLC 组件 1 被连入 2 个

网络, 2 个网络即按控制对象分离通讯, 又在 PLC 组件 1 中完成统一的控制调度。

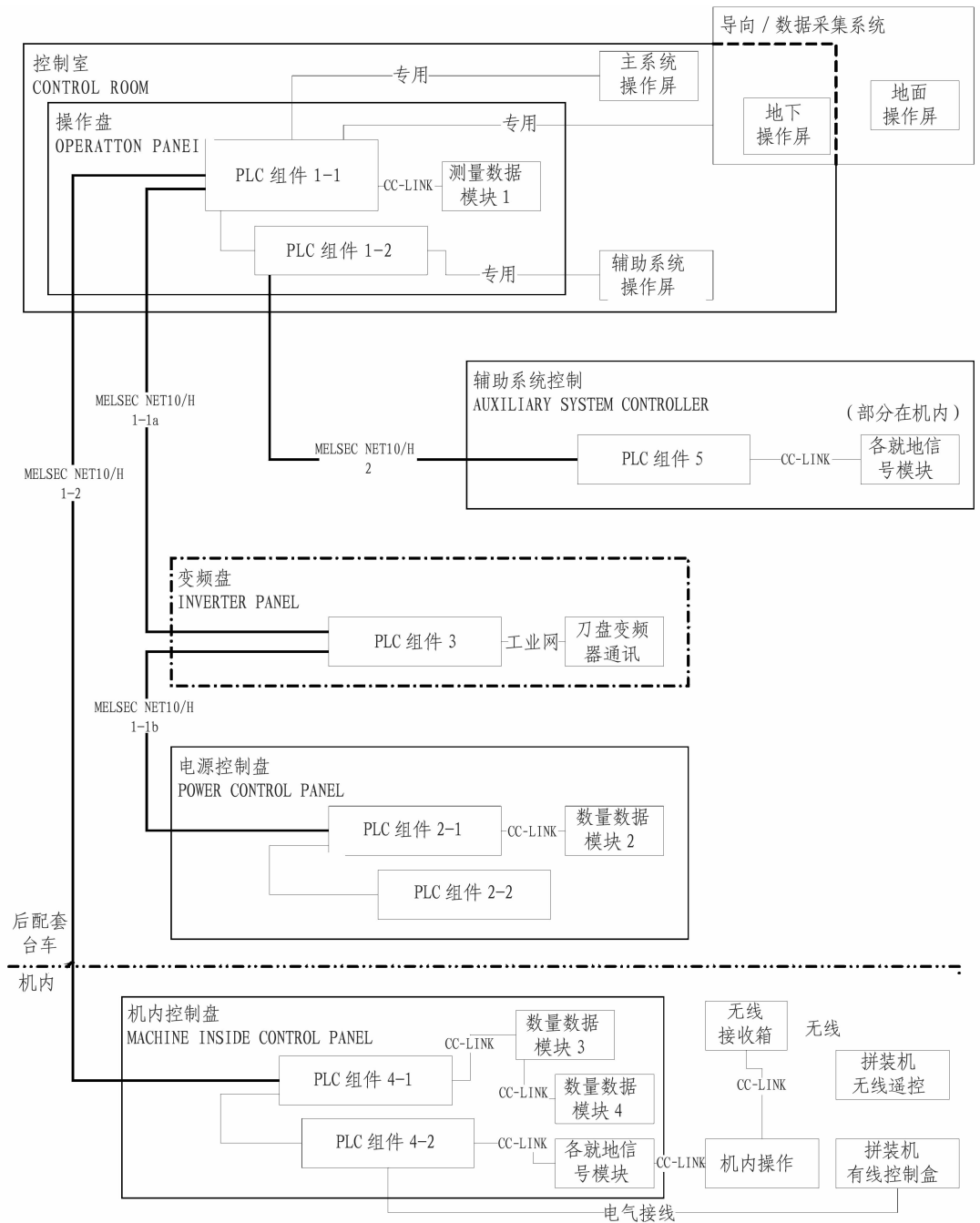


图 1 分布式控制网络拓扑

Fig. 1 Topology of distributed network control system

2.1.2 二级网络

二级网络采用 CC-LINK。CC-LINK 是一个可同时进行控制和信息传递的高速现场总线。数据采用循环传输方式, 传输距离为 100 m 以内时, 传输速率可高达 10 Mbps。在盾构机上, 任何一个控制站都可以在就地或就地扩展上布置 CC-LINK 网络主站模块, 在物理连接上, 该模块类同信号模块处理即可。在网络主站模块下, 最多可以连接 64 个带有 CC-LINK 通信功能的信号模块, 信号模块安装到与该

控制站邻近而有较多信号交换的位置。各个信号模块只需要经过通信电缆串接并合理配置后即可作为二级网络的子站。

如机内控制盘, 由 PLC 组件 4-1 作为二级网络通讯的主控制器, 各个子站情况如表 1 所示。二级网络比较广泛的应用, 使得各个控制站与机器现场的电缆连接变得更简化。网络的实时监控和远程诊断等为机器运行和调试提供了便捷。因为信号模块在现场传感器、执行器最靠近位置, 使用单位在检修维护

盾构机电控系统时很方便。

表1 机内控制盘的二级网络

模块安装部位	通讯站	模块类型	关联信号
机内控制柜	St. 1 ~ 4	Ai 16 通道	推进速度,土压力,倾斜(前嗣),螺旋机转速和油压力,闸门开度,仿行刀行程,铰接保持压力
机内控制柜	St. 5 ~ 8	Ai 16 通道	推进油压力,铰接行程,倾斜(后嗣),驱动及轴承密封温度
	St. 9	Di 32 点	操作输入
机内操作箱	St. 10	Do 16 点	前闸门开关,螺旋机伸缩,指示灯
	St. 11	Do 32 点	指示灯
	St. 12	Do 32 点	指示灯
拼装机无线接收箱	St. 13	Di 32 点	无线遥控接收的信号
1号机内接线箱	St. 14	Di 32 点	盾尾油脂阀的反馈
	St. 15	Do 16 点	盾尾油脂阀的动作指令
	St. 16	Do 16 点	推进选择阀的动作指令
2号机内接线箱	St. 17	Do 16 点	注浆枪/铰接随动阀的动作指令
	St. 18	Do 16 点	推进选择阀的动作指令
3号机内接线箱	St. 19	Do 16 点	推进主阀/铰接随动阀的动作指令
4号机内接线箱	St. 20	Do 16 点	铰接伸缩阀的动作指令
	St. 21	Do 16 点	仿行刀/前闸门的动作指令

## 2.2 模块化设计

系统设计时,各控制站都预留了增加信号的物理插槽和软元件空间,系统可以在控制站很方便地对就地信号和就地扩展信号进行增加。应用于一级网络和二级网络的 MELSEC NET/10 和 CC-LINK 都具有很好的扩展性,可以很方便地在既有网络拓扑的任何位置增加信号模块,而既有网络的信号不会受影响。这样,有了合理的网络架构后,盾构机可以很灵活地应对使用单位要求增加部分功能等情况下的控制点的增加,也可以应对在盾构机基本产品定型后,机型加大等原因带来的控制系统的变化。这样一个符合模块化设计的特性体现在缩短电控系统设计周期,方便组装变化,便于扩展和维护等方面。

## 3 其他网络

除了对现场设备的监视和控制,盾构机电控系统在人机交互设备与控制系统的连接上体现网络化。辅助系统的人机界面运用 Q-BUS 通讯,不占用其他网络资源,与控制系统形成专用的数据交换链路。操作盘人机界面和数据采集系统通过串口通讯与控制系统形成网络。

## 4 调试和诊断

网络的运用,在使用调试软件对控制系统作调试和诊断时,可以很方便地监测到网络各个站点发出或接收的信号,也可以实时监控系统内各个部件的状态及异常的情况。网络架构运用越广泛和合理,在盾构机初始、重组调试及运行故障排除时就越可以保障准确和快捷。

## 5 结论

先进的网络架构在盾构机上成功应用,为盾构机实现了制造、使用、维护等各个环节上的便捷和经济。采用网络分散,集中处理的分布式网络控制系统是符合盾构机产品特征和使用特性的控制系统。

### 参考文献(References):

- [1] 王世昌,程耕国. 串口通信在工业控制中的应用[J]. 武汉科技大学学报,2003,26(4):45-47. (WANG Shichang, CHENG Gengguo. Application of serial port communication in control system [J]. Journal of Wuhan Science and Technology University,2003,(4):45-47. (in Chinese))
- [2] 苗建新,许超,裴瑞林. 新型 PLC 控制系统在双边剪的应用[J]. 电气传动,2006,36(3):34-36. (MIAO Jianxin, XU Chao, PEI Ruilin. Application of novel control system in trimming shear [J]. Electric drive,2006,36(3):34-36. (in Chinese))
- [3] 刁博,方彦军. 工业以太网通信网络技术的研究[J]. 微机计算机信息,2005(2):39-41. (XI Bo, FANG Yanjun. The development of network communication in industrial ethernet [J]. Micro-computer information,2005(2):39-41. (in Chinese))
- [4] 徐凯冬,王宏,杨志家. 基于以太网的工业控制网络[J]. 信息与控制,2000,29(2):26-29. (XU Kaidong, WANG Hong, YANG Zhijia. Industrial automation network based on ethernet [J]. Information and Control,2000,29(2):26-29. (in Chinese))
- [5] 侯祥明. 浅析盾构技术[J]. 科技信息:科学教研,2007(18):107,118. (HOU Xiangming. Application and development of shield machine and shield method [J]. Science & Technology Information, 2007(18):107,118. (in Chinese))
- [6] 孙连. 铰接式土压平衡盾构辅助测控系统研制技术[J]. 隧道建设,2007,27(2):22-26. (SUN Lian. Development technology for survey and control systems of articulated eph shield machine [J]. Tunnel Construction, 2007,27(2):22-26. (in Chinese))
- [7] Dave Harrold. Ethernet Meets Requirements of Deregulated Electric Industries,2007.
- [8] Dick Johnson. Ethernet Edges Toward Process Control,2008.