

文献标识码: B 文章编号: 1003-0492 (2021) 12-058-06 中图分类号: TP27

OCS工业光总线控制系统及其应用

Industrial Optical Bus Control System (OCS) and Application

★ 方垒 (和利时集团, 北京 100176)

摘要: OCS工业光总线控制系统将工业光总线技术和软件定义I/O技术应用于流程工业控制领域, 实现了工业现场信号输入/输出和传输环节的技术创新, 可以显著降低用户的项目建设成本 (CAPEX) 和运营成本 (OPEX), 简化自动化系统的工程设计, 同时大幅缩短项目的建设时间。

关键词: 工业光总线; 软件定义I/O; 可信计算技术; 工业控制系统

Abstract: The Industrial Optical Bus Control System (OCS) applies the industrial optical bus technology and software defined I/O technology to the field of process control, realizes technical innovation of input/output and transmission link of the process signal, which can reduce significantly project capital expenditure (CAPEX) and operating expense (OPEX) for end user. It simplifies the engineering design of the automation system, meanwhile, the project period is shortened greatly.

Key words: Industrial optical bus; Software defined I/O; Trusted computing technology; Industrial control system

1 引言

众所周知, 自动化系统在流程行业被称为工业大脑, 因此系统的设计、施工、调试和投运都是重点关注的部分, 自动化系统的整体架构以及现场信号的有效传输都是工程设计的重中之重。在自动化系统的传统设计中, 现场设备 (如仪表、控制阀等) 是通过铜制的仪表电缆和控制系统进行连接, 但是, 由于技术的限制, 在实际的工程应用中, 这个看似简单的连接过程, 还需要有额外的工程设计才能实现, 现场设备的信号传输到控制系统需要经过现场接线箱、电缆桥架、端子柜 (对于

本安设计的仪表系统还需要有安全栅柜)、I/O机柜等一系列中间环节才能完成。由于现场设备的信号类型种类繁多, 所以在控制系统的设计中, 还需要考虑配置相应种类的I/O模块, 才能实现现场信号有效地接入到控制器。这种传统的方式会大幅增加用户的项目成本, 影响项目的快速交付, 同时增加控制系统备品备件的成本, 项目建设过程中的设计变更以及投运后的项目改造也会变得很麻烦。另一方面, 长期沿用的基于铜制仪表电缆传输弱电模拟信号的方式, 存在信号容易受到干扰、传输效率低 (一根仪表电缆只能传输一路现场信号)、无法实现冗余等诸多不利因素。

OCS工业光总线控制系统融合了工业光总线技术和软件定义I/O技术, 可以从根本上解决上文所说的所有问题。首先软件定义I/O技术的使用, 可以仅用一种I/O模块, 通过软件定义的方式来改变每个I/O通道的信号类型, 从而适配于不同信号类型的现场设备 (仪表或控制阀), 这意味着可以从根本上消除传统工程设计中的现场设备和控制器之间的信号编排 (Marshalling) 环节, 与之相对应的端子柜和繁琐的接线工作量也就不复存在了, 可以降低项目成本并缩短施工周期。其次, 工业光总线的应用可以提高现场信号在传输过程中的抗电磁干扰的能力和防雷击的能力, 而且一根光纤可以传输至少512路现场信号, 提高传输效率。更为重要的是, 可以实现现场信号的冗余传输, 光纤的敷设可以采用“一天一地”的方式, 以进一步实现信号传输环节的高可用性, 而且还可以大幅减少电缆桥架的数量和繁重

的施工量。

总体而言，OCS工业光总线控制系统可以彻底简化从现场设备到控制器之间的工程设计，可以实现标准化的工程交付，缩短项目建设周期，并大量节省项目投资和运行过程中的维护成本。可以节省自动化系统的总成本30%以上，减少机柜间面积70%以上，缩短项目周期50%以上，节省I/O模块备件30%以上，并大幅降低项目建设过程中的施工量和控制系统的维护成本。

2 OCS系统说明

OCS工业光总线控制系统主要由工程师站、操作员站、冗余历史站、设备管理站、冗余控制站和工业光总线智能数据传输单元（iDTU）等设备组成，系统结构如图1所示。

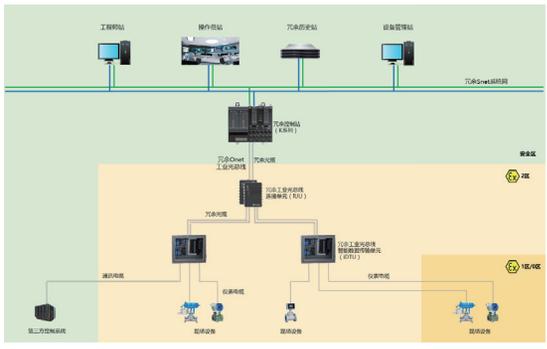


图1 OCS系统结构图

(1) 工程师站

用于完成系统组态、修改及下装，包括数据库、图形、控制算法、报表的组态、过程参数的配置、操作员站、现场控制站及iDTU的配置组态、数据下装和增量下装等。

(2) 操作员站

用于进行生产现场的监视和控制，包括系统数据的集中管理和监视、工艺流程图显示、报表打印、控制操作、历史趋势显示、日志和报警的记录和管理等。

(3) 冗余历史站

用于完成系统历史数据的采集、存储与归档服务，以及与工厂管理网络信息交换等。

(4) 设备管理站

用于对现场智能仪表的管理以及远程诊断、远程调试等，实现预测性维护。

(5) 冗余控制站（K系列）

用于完成现场信号采集、控制和联锁保护，通过系统网络将数据和诊断结果上传到操作员站等功能。

(6) 工业光总线智能数据传输单元（iDTU）

iDTU用于与现场设备连接，实现信号输入/输出与转换、工程单位变换、模块和通道级故障诊断，通过冗余的工业光总线与冗余控制站通讯。

OCS工业光总线控制系统主要面向流程行业中超大型项目的应用需求，可以适用于DCS和SCADA的应用场合，其主要性能指标如图2所示。

系统性能指标	OCS系统
系统规模	128个域
系统点规模	单域120万点
实时库单实例处理能力	处理实时数据50万点/秒
历史库单实例处理能力	储存20万点/秒
控制站规模	单域支持64对控制器，每个控制器最大支持360个I/O模块
工程师站协同组态规模	单域支持128个客户端同时组态
操作员站规模	单域64个操作员站，每个操作员站支持4屏，每个操作站都支持与控制器P2P通信
系统流程图数量	单域支持5000个流程图

图2 OCS系统性能指标

3 K系列冗余控制站

控制器是整个控制系统的核心，在现场应用必须有冗余机制。目前业界普遍采用备份冗余的工作模式，一台控制器工作时、另外一台控制器热备工作。一旦工作控制器出现故障，热备控制器需要马上完成冗余切换，接管控制任务。

控制器冗余切换要做到完全无扰，最关键就在于控制器的冗余切换，作为运行IEC逻辑指令的控制器来说，必须保证主从控制器运算指令（程序）、运算数据、运算节拍一致，才能保证运算的结果一致，从而在控制器冗余切换过程中实现完全无扰。OCS工业光总线控制系统的控制器采用三重冗余链路，一对千兆以太网、一对RS-485链路和一组GPIO。保证了控制系统的冗余无扰、功能安全、控制稳定。控制器冗余通讯链路如图3所示。

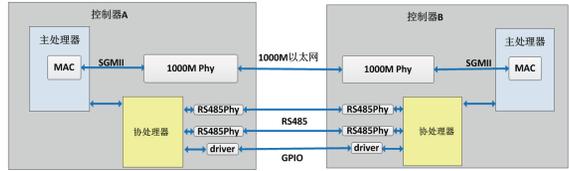


图3 OCS控制器冗余通信链路示意图

OCS工业光总线控制系统的控制器冗余切换平均无故障时间方面相比其它系统的控制器可以提升22.2%，分析如下：

其它系统控制器冗余切换功能的平均无故障时间：

$$MTBF_{冗余1} = MTBF \times (1+1/2)$$

OCS控制器冗余切换功能的平均无故障时间：

$$MTBF_{冗余2} = MTBF \times (1+1/2+1/3)$$

OCS控制器冗余机制相对于普通控制器冗余机制在冗余切换功能平均无故障时间方面的提升 = $(MTBF_{冗余2} - MTBF_{冗余1}) / MTBF_{冗余1} = 22.2\%$ 。

注：假设冗余以太网、GPIO和485链路故障率相同，其平均无故障时间为MTBF。

K系列控制器在设计中还融入了可信计算技术，区别于传统工业控制系统被动的信息安全防御机制，K系列控制器建立了基于内生安全的主动免疫机制。在系统启动阶段，构建了双体系架构的可信链传递模型，确保可信启动，在运行过程中，建立动态度量模型，确保控制系统运行环境安全可信，K系列控制器采用的嵌入式可信计算双体系架构如图4所示。

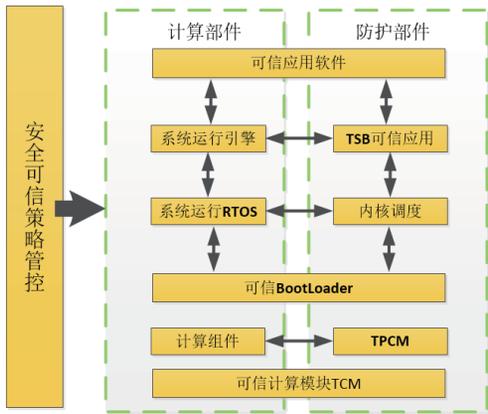


图4 嵌入式可信计算双体系架构

K系列控制器采用主流广泛使用的高性能主处理器及基于国密算法的协处理器，产品遵循《IEC 62443-3 工业过程测量、控制和自动化网络与系统信息安全》标准，构建了三项信息安全防御策略如图5所示。

4 Onet冗余工业光总线

Onet冗余工业光总线用于实现控制站与iDTU之间

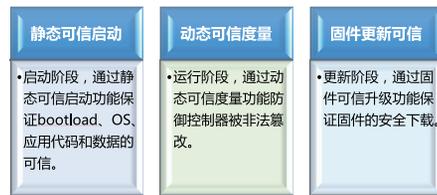


图5 三项防护策略

的通讯，符合IEC 61158国际标准、JB/T 10308.3-2001国标和EN50170欧标的要求。Onet支持星形网络拓扑结构，支持128个节点设备，通讯速率24Mbps，传输介质为单模光纤，传输距离20km（无中继）。Onet冗余工业光总线符合ISO 7层协议中的物理层和数据链路层的规范。如图6所示。

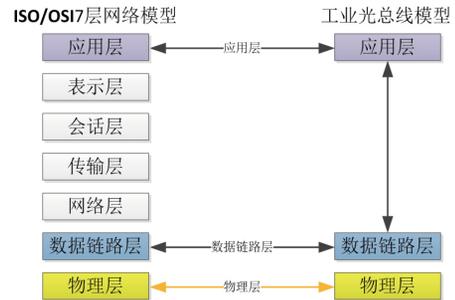


图6 Onet工业光总线网络模型与标准ISO网络模型对应关系

控制站与iDTU通过工业光总线连接模块（JCN）进行连接，每个JCN提供1个上行端口（用于连接控制器）和16/32个下行端口（用于连接iDTU），每个光纤端口采用ST卡接式圆形接口，以保证牢固稳定的连接。JCN可以安装在0区爆炸环境。

Onet采用分时复用技术完成控制站与iDTU之间的通讯。在通信时，T1时间内控制器与1号iDTU进行通讯，T2时间内控制器与2号iDTU进行通讯，依此顺序完成全部通讯，通讯示意图如图7所示。

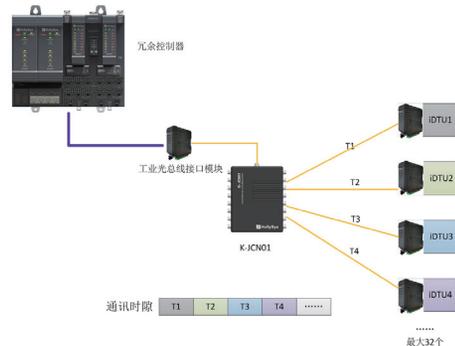


图7 Onet通讯示意图

ATEX/GB无火花增安防爆、IP66防护等级，气密性NR设计、G3防腐等级、CCC、CE等国际国内体系认证。

6 最佳项目实践

在实际现场应用的工程设计中，iDTU支持1类2区的防爆要求，可以安装在生产现场尽量靠近现场设备（仪表、控制阀）的位置，就近实现现场信号的输入/输出，iDTU同时也支持基于PROFIBUS和Modbus通讯的现场设备的连接。iDTU通过冗余光纤将现场信号传输到冗余光总线连接单元（RJU），一台RJU支持以星型网络结构的方式连接16/32台iDTU，RJU支持0区的防爆要求，也可以安装在生产现场尽量靠近iDTU的位置，RJU通过冗余光纤（可以根据现场要求，采用“一天一地”的敷设方式）将来自iDTU的现场信号传输到中央控制室的机柜间，通过冗余光总线接口模块与冗余控制站连接，如图10所示。



图10 OCS的现场应用

OCS可以极大简化自动化系统中现场信号在输入/输出和传输环节的工程设计。传统控制系统的工程设计中，在现场设备至控制器之间需要考虑多个环节，而采用OCS工业光总线控制系统，可以直接用iDTU取代传统控制系统的工程设计中的现场接线箱，其工程设计会简化很多，如图11所示。

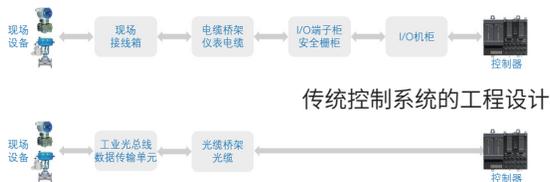


图11 OCS工业光总线系统的工程设计

由此可见，OCS彻底消除了传统自动化系统工程设计中的“信号编排（Marshalling）”环节，所以机柜间机柜的数量可以大幅减少。现场信号从现场到中控室机柜间通过光缆传输，由于光缆的传输效率更高（一根

光缆可以传输512路现场信号），信号传输环节的成本也会大幅减少，而且OCS还能提供高可用性的冗余传输方式。

在项目的工程实施阶段，OCS工业光总线控制系统由于能够实现标准化生产，工程项目的实施周期可以大大缩短，传统项目需要硬件设计、机柜设计、机柜成套、FAT等几个步骤，一般需要1~6个月的周期，采用OCS后所有数据传输单元都是标准化产品且通道可以任意组态，因此只要有测点数量就可直接到现场安装，项目建设周期节约1~6个月。如图12所示。

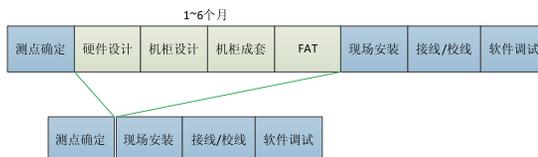


图12 OCS系统缩短项目周期

对于项目建设过程中的设计变更或者后续的改造扩容，OCS也显示出了良好的适应性，新增的现场设备只需要在就近的iDTU中寻找空余的I/O通道即可，或者安装一台新的iDTU来接入新增的现场信号。即便是原有测点的信号类型发生了改变，也只需要在工程师站通过软件更改即可，相比传统控制系统的扩容改造，OCS显然可以大幅减少工作量。

7 现场应用

山东某精细化工企业2021年根据安监要求安全换证进行装置改造，6月20日签订控制系统合同并要求于8月底完成投产，面对如此紧张的施工周期，用户选择了OCS工业光总线控制系统进行自动化系统的改造。得益于OCS系统独特的技术优势，缩减了硬件设计、机柜设计、机柜成套、FAT环节，实际工程进度远远快于用户的期望，7月初项目所需的iDTU交付到了现场，8月16日提前完成了改造，并且顺利投产运行。

8 结语

OCS工业光总线控制系统可以广泛地应用于流程工业中的各个行业，包括炼油、化工、长输油气管道、LNG供应链等。特别是对于超大型炼化项目（千万吨级炼油以及百万吨级乙烯）的现场应用，OCS独特的技

术优势可以大幅减少自动化系统的投资以及工程实施时间，同时降低系统的维护成本。另外，对于一些有特殊需求的应用场合，如海上油气平台、罐区以及自动化系统的改造和扩容等，OCS也可以很好地满足这些用户的要求并带来额外的价值。海上油气平台空间非常有限，因此要求自动化系统尽可能少地占用平台空间，OCS可以很好地满足用户对于空间的苛刻要求。对于一个大型炼化工厂而言，其罐区通常远离中央控制室，采用OCS可以更加显著地减少电缆桥架和仪表电缆的成本、电缆敷设的工作量和人工成本。另外，对于自动化系统的改造和扩容，用户通常希望项目的实施时间能够尽可能

短，OCS可以减少改造扩容的工作量并实现项目的快速交付。

OCS工业光总线控制系统实现了工业控制系统在现场信号输入/输出和传输环节的技术创新，已经取得了6项发明专利，并且在数十个工业现场得到了成功应用。**AP**

作者简介：

方 垒（1976-），男，江西赣州人，高级工程师，硕士，现任和利时集团联席总裁，研究方向为计算机应用技术。

参考文献：

- [1] T/HGJ 12401—2021, 控制系统电子布线设计标准[S].
- [2] T/HGJ 12403—2021, 钢制现场仪表机柜集成箱设计标准[S].
- [3] JB/T 10308.3-2005, 测量和控制数字数据通信工业控制系统用现场总线 类型3: PROFIBUS规范[S].
- [4] SH/T 3081-2003, 石油化工仪表接地设计规范[S].
- [5] SH/T 3164-2012, 石油化工仪表系统防雷设计规范[S].
- [6] GB 3836.3-2010, 爆炸性环境 第3部分: 由增安型 "e" 保护的设备[S].
- [7] GB 3836.14-2014, 爆炸性环境 第14部分 场所分类 爆炸性气体环境[S].
- [8] GB/T 5170.2-2008, 电工电子产业环境试验设备检验方法 温度试验设备[S].
- [9] GB/T 2423.1-2008, 电工电子产品环境试验 第2部分试验方法 试验A 低温[S].
- [10] GB/T 2423.2-2008, 电工电子产品环境试验 第2部分试验方法 试验B 高温[S].
- [11] GB/T 2423.3-2006, 电工电子产品环境试验 第2部分试验方法 试验Cab: 恒定湿热试验[S].
- [12] GB/T 2423.4-2008, 电工电子产品环境试验 第2部分试验方法 试验Db: 交变湿热 (12h+12h循环) [S].
- [13] GB/T 17626.1-2006, 电磁兼容 试验和测量技术 抗扰度试验总论[S].
- [14] GB/T 17626.2-2018, 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验[S].
- [15] GB/T 17626.3-2016, 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验[S].
- [16] GB/T 17626.4-2018, 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验[S].
- [17] GB/T 17626.5-2019, 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌 (冲击) 抗扰度试验[S].
- [18] GB/T 17626.6-2008, 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验[S].
- [19] GB/T 17626.8-2006, 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验[S].
- [20] GB/T 4208-2017, 外壳防护等级(IP标志)[S].