

DCS硬件成套设计的要点分析

邵 侃

林德亚太工程有限公司 浙江 杭州 310023

摘 要: 过程工业的控制系统, 有很多类别, 包括DCS (集散控制系统), CCS (压缩机控制系统), SIS (安全仪表系统), GDS(气体检测系统)等。本文将常规的集散控制系统 (以下简称DCS) 为例, 从DCS买方的视角, 分析编制DCS硬件设计规格书的要点, 以及对一些常见的问题的处理。

关键词: DCS, 硬件成套设计

Analysis on key points for DCS hardware integration design

Shao kan

Linde Asia Pacific Engineering Co., Ltd. Hangzhou, Zhejiang 310023

Abstract: Process industry control system can be divided into many types, which includes DCS (Distribute Control System), CCS (Compressor Control System), SIS (Safety Instrument System), GDS (Gas Detection System) etc. This article will analysis the key points on effectively preparing the hardware specification and handling with some frequently happening problems, by using the common control system DCS as an instance, from the point of view of a DCS buyer.

Key words: DCS, Hardware integration design

近数十年来, 随着国内的化工, 冶金, 石油炼化等行业的发展, 对于集散控制系统(DCS)的要求越来越高, 行业竞争越来越激烈, 使得DCS这一基本工艺控制系统 (BPCS) 发展越发成熟, 各品牌之间的综合差距也日趋缩小。如今年代, 如何成功地执行一个DCS项目地关键, 不再是产品 (DCS) 本身的先进性, 而更大程度地取决于工程技术人员的技术能力和综合素养。DCS的成套设计文件主要由硬件成套规格书和软件成套规格书两部份组成, 本文重点讨论硬成套规格书的编制过程中一些重要原则。

1 硬件成套设计流程及重要原则

在接到一个DCS项目设计任务时, 首要任务时按照P&ID文件 (工艺和仪表图) 的定义来统计项目的总I/O点数, 即所需的总的信号数量, 然后根据项目要求 (如供货范围, 使用环境, 备用率, CPU/网络负荷, 是否带HART协议, 冗余程度等) 和DCS系统厂家开展技术澄清, 来确定控制器、24VDC电源、卡件、网络设备、机柜、操作站、工程师站这些主要设备的数量和型号, 及继电器、空开、端子等辅助设备和材料的数量和型号。进而确定具体每一个信号通道所属的控制器/机柜/卡件及回路属性 (如AI的通道的有源/无源, DO通道的干接点输出/有源输出等)^[1]。到此为止, 硬件设计的规格书大部分工作已经完成, 但这些都是常规的工作流程。为了使得后续项目执行更加高效和规范, 对项目的特殊要求加以明确, 在开展设计之前首先需要对其具体的要求进行掌握, 之后对其展开全方面地分析以及计算, 从而确定设计过程中

各个部分内容的要点, 以此来切实提高整体系统的质量以及实用性^[2]。这里重点强调以下几条原则:

- 1)互为备用的两组工艺设备的所属信号分配在不同卡件;
- 2)不同电压等级的信号回路避免在一个机柜内出现;
- 3)结合过去参考项目审查DCS供应商报价方案的合理性;
- 4)充分阅读各工艺子单元设备的输入资料, 提前考虑P&ID图可能不体现 (和工艺流程无直接关联) 的但又十分必要的“中间处理信号”。

2 具体案例分析

针对第一条原则举例。工艺上为了提高装置的持续运行可靠性, 配置了两台相同参数的设备, 如两组水泵A/B。如果把A泵入口压力, A泵出口压力, B泵入口压力, B泵出口压力依次分配到同一块AI卡件上, 那么如果该AI卡件发生故障将造成两组互为备用的工艺设备均无法正常使用 (通常按照故障安全设计原则, 无法监控关键参数就选择安全停车模式), 从而降低了装置整体的可用性, 工艺上配置功能互备的两组设备的初衷无法得到体现。所以, 这条原则体现的是分散故障发生的可能位置, 从而降低整体功能失效的可能性^[3]。

第二条原则的应用, 主要的目的是规避不同电压等级 (国内项目典型的控制回路电压为24VDC, 供电回路的电压为220VAC) 的电缆在同一个机柜内产生电磁干扰, 同时避免由于非安全电压 (63V以上的电压) 带来的接线施工和检修过程中的安全隐患。这里特别说明: 机柜供电的220VAC原

则上和24VDC回路保持适当距离或从特殊路径规避两者的平行接近（如供电电缆从机柜顶部进线，信号电缆从机柜底部进线），如果实在无法规避距离问题则采用交叉降低影响的可能性。简单来说，就是任何一个线槽内不允许出现两种电压的回路（电缆布置在一个线槽中，必然是平行排布的）。这里有一个典型的错误设计的案例，即小型电加热的控制回路。液相低温介质通过气化（加热）器转变成温气相介质，以气化后的气相介质的温度为目标，温度低于5度时启动气化加热器，温度高于30度时停止气化加热器，现场只有加热单元，不配置控制单元。由于器功率较小(~200W)，所以该气化加热器由DCS的配电柜直接提供220VAC电源，

及继电器（24VDC驱动线圈，输出触点可承受220VAC）直接控制启停。如图1、图2所示，在DCS控制柜内，都出现了220VAC的回路，因为此处的继电器不仅仅是常规DO回路中用来隔离控制系统和现场的作用，而且还有隔离24VDC和220VAC的作用，所以只要该继电器在控制柜内始终无法有效隔离24VDC和220VAC回路。即使通过特殊设计的电缆路径或继电器的位置来避免24VDC/220VAC回路电缆的接近也是很难实现的，反而会影响硬件设计的整体布置原则。通过将继电器转移到配电柜的优化方案，如图3所示，使得控制柜内的回路非常清晰，不存在和220VAC回路共存或接近的可能。

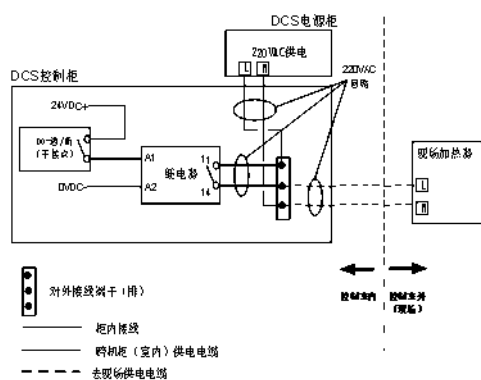


图1 分析气化加热器回路—错误设计案例1

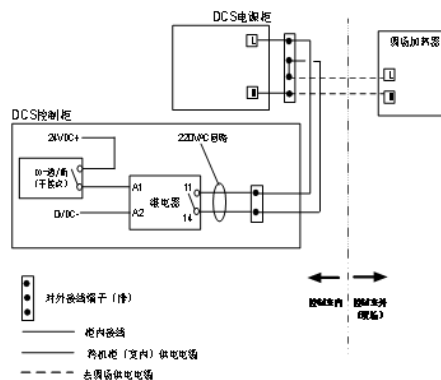


图2 分析气化加热器回路—错误设计案例2

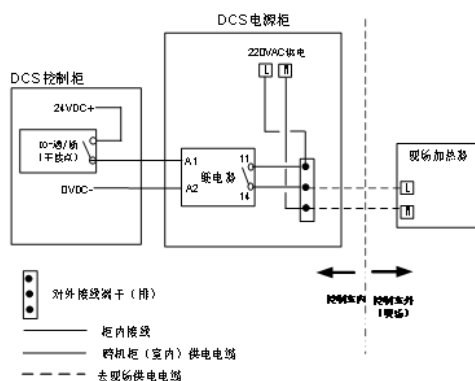


图3 分析气化加热器回路—正确的设计案例

针对第三条原则举例。某供应商报价方案种的AI卡件为16点，整体AI卡件数量和所需机柜空间少于8点AI卡供应商，使其占据成本优势，但是在以往项目中发现16点AI通道在全部为2线制配置时最多只能用到13点，该型号AI卡件的总供电功率只能支持13点的4-20mA通道正常工作。剩余的3点只能作为无须通道供电的4线制通道使用，如果也作为2线制AI通道使用则会拉低其他通道的供电电压导致多点的测量故障。所以该16点AI卡件的整体性能上是无法达到真正的项目要求的，如果在审查方案时没有发现此问题的话必然在实施阶段带来很多问题，也给用户将来的维护改造过程中带来很大隐患。这就需要工程师要充分做调研，并有意识地逐步建立各DCS品牌的案例库，以便在实践工作中做到“去伪存真”。

第四条原则具体实施时可以归纳为几点细则：(1) 遵循

操作集中原则 (2) 跨系统的勿扰动切换原则 (3) 各控制系统的功能独立原则 (4) 故障安全原则 (fail safe philosophy)。举例，某项目按照招标资料的要求配备DCS、CCS两个独立的控制系统，其中DCS负责常规的工艺操作和设备安全联锁保护，CCS负责汽轮机和压缩机组的控制和保护。对于压缩机的出口压力PI-123要用作IGV（入口导叶）的控制，从回路设计须简单出发，那么该压力信号直接进入CCS系统是最好的选择，从而使得IGV控制都在CCS系统内部实现，有利于调试期间CCS的独立性，便于合理安排现场安装和调试的计划，如下图4所示。IGV作为调节机器和装置负荷的重要手段，当有操作需求时，操作员须到CCS的HMI(人机界面)上实施操作（手动加减IGV开度或改变PIC的设定值SV受PID自动调节IGV开度，这时就人为地增加操作员的负担。所以决定

在图4的基础上,改进此控制回路设计,如图5所示。当项目调试初期或机组启动阶段,CCS可以独立完成所有压缩机的调试任务及监控机组启动过程中的性能,CCS的手操器HIC为内部控制,手动调节IGV开度,此时HS (CCS HMI上的软开关)置为0,表示当前IGV的控制权在CCS,DCS中的压力控制器PIC为“外部跟踪模式”实时跟踪CCS的最终输出开度命令,启动完毕后操作员将软开关HS置为1,表示将IGV的控制权由CCS移交给DCS,使得DCS中的压力控制器PIC由外部跟踪模式切换为内部模式,之后操作员则可以在DCS完成对IGV的调节来匹配装置整体负荷的调节。从这个案例看出,遵守上述提到的前3点细则,优化了装置系统的操作模式,也不存在系统切换时发生扰动或输出信号的跳变,各系统的功能也保持独立。这类DCS-CCS的接口信号一般是不会在P&ID图上体现的,需要从设计初期就加以考虑。

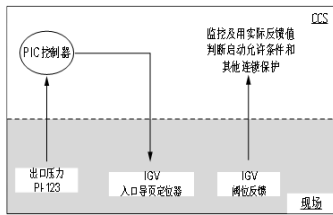


图4 最初的压缩机IGV部分(入口导页)控制回路设计

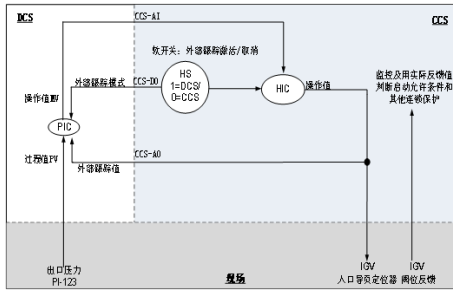


图5 优化后的压缩机IGV部分(入口导页)控制回路设计

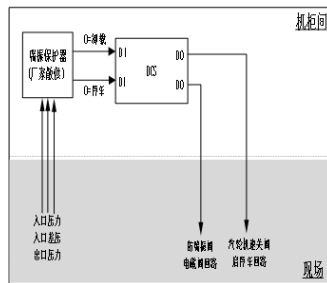


图6 压缩机防喘振保护器回路

针对第五条原则还有一个案例。比如说机组厂家随压缩机提供一个面板安装形式的喘振保护器(Surge Protector),即独立的一组用于喘振保护的信号(通常是入口差压/压力,出口压力),进入该喘振保护器,经过喘振保护器判断后,输出相关的加载/卸载,停车命令。将该安装面板成套在DCS机柜后,比较常见的错误设计硬件回路设计如图6.结果就是DCS的控制优先级大于喘振保护器,如果DCS一旦失效(组态错误或输出点锁死在ON的状态),喘振保护器应有的机组保护功能无法独立实现。改进后的硬件回路设计,如图7所示.每组喘振保护器产生的命令经过安全继电器扩展出两组触点,其中一组用于硬接线跳车的触点必须的NO(即失电状态时断开),和DCS软开关输出的DO点做串联后输出到现场的加载/卸载,或停车回路中;另一组触点用于DCS画面上启停的软开关做启动允许使能和关闭状态同步(这也是开关量无扰动切换的形式),对触点类型NO/NC(即失电状态时闭合)。这里有一个很重要的前提条件,即流程工艺设计,回路节点和整体回路设计必须统一遵守“故障安全原则”,只有这样优化后的设计才能适用:公用24VDC电源;触点命令串联。改进后,防喘振控制器做到完全的独立性,其功能的实现不会受到外在条件的限制和影响,也不干扰到外部(DCS)的常规操作和联锁保护,从而发挥了这个设备的最大价值。此类回路的设计模式还可以用在两个独立功能的控制系统(如DCS和SIS)的组合衔接。

结束语:总之,如何使得DCS成套硬件设计规格书更加高效、准确、完整地表达项目要求,使卖方更清晰地理解买方需求,最终用户可以据此更好地开展维护和技改工作,是一个需要长期思考和不断优化改进的课题。对于DCS买方的主管工程师而言,除了要有全面的控制系统知识外,还须不断丰富自

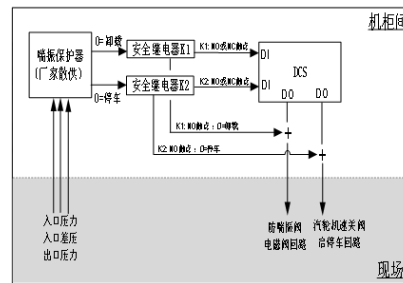


图7 优化后的压缩机防喘振保护器回路

身的工艺知识(包括各类动设备和静设备的设计原理和操作特点),因为所有自动化设备和功能的最终价值体现在能否使得工艺更安全,操作更有效,工况更稳定,生产更高效。

参考文献

- [1] 王涣 DCS系统过程控制功能的设计与实现[J] 科技资讯,2015 06: 19
- [2] 任玉超 基于DCS的石油化工业仪表控制系统设计[J] 石油工程 2022 48(01): 33-36

[3] 何衍庆,马欣,俞金寿. 分散控制系统中控制组态的设计[J] 炼油化工自动化 1997 01: 15-18

通讯作者:邵侃(1982年10月),男,浙江省杭州市西湖区天目山路398号天目清水商业中心14号楼5层,汉族,林德亚太工程有限公司,本科,主要从事:自动化控制系统设计和调试,邮箱pikeshao@163.com