

[电气控制]

西门子故障安全系统在连铸机上应用

文/铜陵有色股份铜冠铜材有限公司 阮 亚

对西门子故障安全系统在连铸机上的应用进行分析和研究，阐述了连铸机安全模式，西门子故障安全系统，连铸机故障安全系统设计与实现，连铸机西门子故障安全PLC系统软硬件设计与实现几个方面内容。运行实践证明西门子故障安全系统性能稳定，运行良好，达到了对人员及设备本身安全防护功能，符合生产工艺要求。

低氧铜杆是现代化工业的重要基础材料之一，是电线电缆、漆包线和电磁线等导体的理想原材料，广泛应用于机电、制造、通信、电子、能源和交通等行业。我国是世界最大的低氧铜杆生产和消费国。低氧铜杆连铸连轧生产具有集约化、大规模化和设备高度集成自动化的特点，而连铸机是整个连铸连轧生产工艺流程中的关键设备。它的控制系统水平高低直接影响到资金与能源消耗、设备安全、人身安全以及最终低氧铜杆产品的质量和产量。

由于连铸机生产工艺过程中存在高温熔融铜液、高温蒸汽和天然气等危险源，对电气控制系统的安全要求很高，生产过程中必须确保人身及设备安全。但国内对铜杆连铸机的故障安全控制系统研究不多，国外也只有少数几家制造商可以提供，而本文阐述的连铸机采用从国外引进的西门子故障安全电气控制系统，对其进行针对性研究，可有效促进国内低氧铜杆加工装备水平的提高。

工艺控制要求

根据连铸机工艺过程工况，对其安全急停系统分为生产过程中急停、维修时安全模式控制、现场急停控制和急停电气连锁控制等。具体要求

如下。

(1) 生产过程中急停操作模式

生产过程中触发急停模式后，按照如下操作顺序执行：首先保温炉快速复位，防止保温炉铜液继续流到计量箱中造成生产资源的浪费以及设备安全事故；其次中间包向后倾倒，防止中间包铜液继续流到连铸机中，造成设备及人身安全事故。连铸机上下钢带张紧，其他所有液压功能关闭，连铸机所有驱动停止运行；另外急停后连铸机冷却水持续流入，冷却上下钢带、铸坯和内外侧挡块链，防止造成设备及人身安全事故。驱动点动功能仍然有效，便于操作人员处理紧急事故。如连铸机冷却水因紧急事故不再供水，将触发事故应急水阀打开，事故应急水流出冷却上下钢带、铸坯。

(2) 停机维护模式

首先，触发停机维护模式时，所有PLC输出关闭，所有液压及驱动功能停止，浇包不再倾倒，也不再做任何动作，便于维护人员处理设备故障。

如果没有上述安全模式，发生事故时，很有可能发生高温熔融铜液溢出，引发操作人员伤亡、重大生产和设备事故。根据上述要求还必须

设计声光报警,确定现场急停传感器安装地点,急停互锁电路和机械安全系统。

西门子故障安全系统设计

根据上述生产工艺设计要求,选用西门子S7故障安全系统。因为西门子分布式故障安全系统可实现对机器、人员安全保护以及过程工业方面的安全防护概念。能够满足IEC 61508规定的安全等级SIL1~SIL3和EN954-1规定的类别2(Cat.2)至类别4(Cat.4)要求。

1. 西门子故障安全型自动化系统概述

西门子分布式故障安全系统,它主要控制的是当设备关闭后,立即达到安全状态,从而对操作员工和周围的生产环境起到保护作用,不会对设备造成危害。相比较传统的安全工程来说,它具有远程智能系统,这一系统基于电子驱动和测量技术的应用,具有更高安全级别的要求。当生产过程中出现安全问题而发生中断,该系统能够立即启动故障检测装置,并且允许操作人员手动操作,尽可能地找到问题所在,从而更快地恢复生产。

2. 西门子分布式故障安全中安全功能原理

如果发生危险事故,S7分布式故障安全系统将执行安全功能以使系统处于或保持安全状态。安全功能主要包含在F-CPU中与安全相关的用户程序和故障安全输入和输出组件中。故障安全输入和输出组件能够安全处理现场信息,如液压控制、电动机驱动控制和急停按钮等。它们具有符合国际标准安全等级要求的硬件组件和软件组件,能够处理所有安全问题。出现事故时,如果分布式故障安全系统不能执行其所需的用户安全功能,那么将执行故障响应功能。例如如果连铸机主水管进水压力过小,分布式故障安全系统将执行用户安全功能,打开事故水阀门。如果F-CPU中触发危险故障,那么执行故障响应功能,将取消激活所有输出,并打开有关阀门,从而使其他执行器保持在安全状态。如果分布式故障安全系统未触发危险事件,则仅打开有关阀门。

3. 连铸机故障安全系统设计与实现

根据上述安全控制工艺设计要求,连铸机分布式故障安全型电气硬件系统通过报警灯、报警铃、现场急停传感器安全互锁电路、机械安全系统、控制柜内西门子故障安全处理器、控制柜内故障安全模组、现场操作柜内故障安全模组、现

场控制箱内故障安全模组、二冷操作台故障安全模组及相应的安全执行器与传感器来控制实现。安全执行器与传感器都选用符合安全系统要求并具有较高安全等级的产品。

3.1 连铸机分布式故障安全电气控制系统硬件设计

硬件组态图如图1所示。

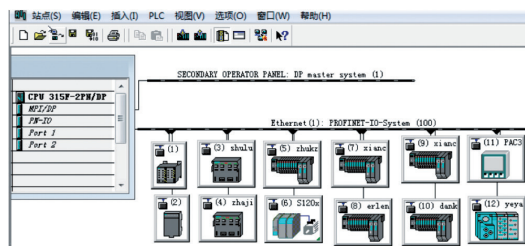


图1 硬件组态图

(1) CPU选型

连铸机分布式故障安全系统配置的中央处理器选用西门故障安全型CPU,型号为315F-2PN/DP,该处理器采用背板总线通信模式,带512KBYTE工作存储器。CPU的存储器和数量架构带有中等大小的程序,通常用在具有较高安全要求的工厂中,设置的故障安全自动化系统,符合安全要求,可达SIL 3 (IEC 61508标准)、PLc (ISO 13849 标准) 以及Cat.4类标准 (EN 954-1 标准) 等。很好地满足连铸机分布式故障安全控制系统要求。

(2) 接口模块选型

选用IM151-3PN接口模块将控制柜主PLC柜与ET 200S通过PROFINET IO互连。IM151-3 PN HIGH FEATURE接口模块具有下列功能:可以将ET 200S与PROFINET IO互连、能够为电动机起动器和配备的电子模块准备数据等。

(3) 故障安全模块设计选型

本系统使用的安全输入输出模块主要有4/8 F-DI DC 24 V安全输入模块和4 F-DO DC 24 V/2 A安全输出模块。分别叙述如下:

1) 4/8 F-DI DC24V选型。因为EM 4/8 F-DI DC24V PROFIsafe数字电子模块具有下列特性:有8个输入 (SIL2/Cat.3/PLd) 或4个输入 (SIL3/Cat.3 或Cat.4/PLc)、额定输入电压为24 VDC、可带开关和三/四线制接近开关,红色LED表示组故障、绿色LED表示输出的状态正常等等,符合连铸机电气系统设计要求,故选择该型号。

2) EM 4 F-DO DC 24 V/2 A安全输出模块选型。因为EM 4 F-DO DC24V/2A PROFIsafe数

字电子模块具有下列特性：有四个输出、带P/M开关、输出电流为2 A、DC 24 V额定供电电压、可带电磁阀与DC接触器以及信号指示灯、红色LED表示组故障、绿色LED表示输出的状态正常、能够达到安全级别SIL3和适用于SIL2或SIL3的电源模块，符合连铸机电气系统设计要求，故选择其型号。

3.2 连铸机分布式故障安全电气系统安全输入输出点设计

为了确保连铸机设备及人身安全，根据连铸机分布式故障安全系统工艺设计要求设计的安全输入点有共11个，安全输出点有共9个。

1) 控制柜内ET 200S分布式I/O系统安全模块组成。控制柜有两块安全模块：一块为数字输入，一块为数字输出。列表见表1。

表1 控制柜主plc柜内ET 200S分布式I/O系统安全I/O模块

I/O安全模块	I地址	O地址
4/8 F-DI DC 24 V	48~53	48~51
4 F-DO DC 24 V/2 A	68~72	68~72

其中i48.0用于在主操作椅上控制整个连铸机急停的，q68.0用于控制S120变频器控制单元使能功能。q68.1用于控制S120变频器电动机模块使能功能，即设计4/8 F-DI DC 24 V输入模块用于输入信号到PLC控制整个连铸机急停；4 F-DO DC 24 V/2 A模块输出信号用于控制主电动机和塞棒伺服电动机在牵涉到设备及人身安全事故时起停。

2) 现场操作柜内ET 200S分布式I/O系统安全模块组成。现场操作柜内有一块数字输入安全模块，列表见表2。

表2 现场操作柜内ET 200S分布式I/O系统安全I/O模块

I/O安全模块	I地址	O地址
4/8 F-DI DC24 V	12~17	12~15

其中i12.0用于现场操作台上控制急停按钮，i12.1用于控制旁通急停开关，i12.2用于连铸机主电动机使能控制，i12.2连铸机夹送辊使能控制。4/8 F-DI DC 24 V用于输入连铸机或连铸机主电动机使能信号到PLC中控制连铸机急停或连铸机主电动机起停功能。

3) 现场控制箱内ET 200S分布式I/O系统安全模块组成。现场控制箱内有三块安全模块：一块为数字输入，另两块为数字输出，列表见表3。

表3 现场控制箱内ET 200S分布式I/O系统安全I/O模块

I/O安全模块	I地址	O地址
4/8 F-DI DC 24 V	39~44	39~42
4 F-DO DC 24 V/2 A	58~62	58~62
4 F-DO DC 24 V/2 A	63~67	63~67

其中i39.0用于连铸机入口安全栅上急停，I39.1用于连铸机水压开关急停，i39.2用于连铸机出口安全栅急停，q63.0用于浇包浇铸液压阀急停，q63.1用于浇包控制倾斜阀急停，q63.2用于浇包储能器，阀急停q63.3用于液压储能器阀急停。

4) 二冷操作台内ET 200S分布式I/O系统安全模块组成。二冷操作台内有一块数字输入安全模块，列表见表4。

表4 二冷操作台内ET 200S分布式I/O系统安全I/O模块

I/O安全模块	I地址	O地址
4/8 F-DI DC 24 V	33~38	33~38

其中，I33.0用于二冷急停按钮，控制整个连铸机急停。

4. 连铸机西门子故障安全PLC系统软件设计与实现

4.1 软件组件概述

软件组件包括两个组态的软件包：一个是STEP 7软件包，另一个是S7 Distributed Safety软件包。

STEP7软件用于对西门子标准PLC进行组态和编程。而S7 Distributed Safety软件用于F系统的组态和编程软件。使用S7 Distributed Safety，能够实现以下功能：在STEP 7中使用硬件配置组态F-I/O，创建安全程序并在其中集成错误检测功能，在安全程序中使用的系统自带的F库。此外，S7 Distributed Safety 能够对安全程序进行比较以及对安全系统进行验收测试。

4.2 安全程序概述

(1) 编程语言概述

西门子分布式故障安全系统使用F-FBD、F-LAD 编程语言编写故障安全功能块(FB)和功能(FC)程序，使用F-DB 编程语言创建故障安全数据块(DB)。系统自带的F库(V1)中提供了可在安全程序中使用的故障安全系统程序块。

编译安全程序时，S7 Distributed Safety将自动执行安全检查，并自动插入相关故障安全块。其目的为一旦检测到故障和错误，立即触发对应的装置，使F系统进入或保持安全状态。

安全程序和标准用户程序都能够在F-CPU上运行。是因为安全程序的安全数据不受标准用户程序数据影响，因此标准程序可与安全程序可以共存于F-CPU中。

通过访问位存储器或访问输入和输出过程映像可完成F-CPU中的安全程序和标准用户程序之间的数据交换。

(2) 组态和编程

在本系统中必须组态的F组件为F-CPU和ET 200S故障安全模块中F-I/O。对于连铸机CPU来说,可以分五个步骤来编写新项目的安全系统。

通过从标准用户程序中调用F-CALL来编写安全程序的入口。本程序中使用OB35直接调用F-CALL。

OB35组织块能够以恒定的时间间隔中断OB1组织块中的循环程序的执行;在中断OB1组织块中以恒定时间间隔调用并执行安全程序,执行完安全程序后,OB1将恢复运行。

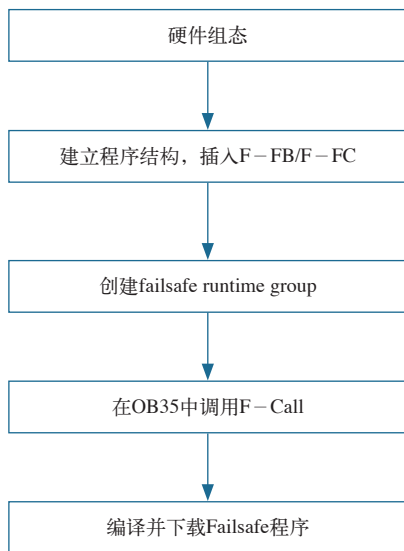


图2 故障安全系统的组态步骤

硬件组态就是利用特定软件的方法、工具和程序等来完成某一特定的任务,这一过程就叫做组态。硬件组态包括:组态硬件、组态F-CPU、F-CPU参数的配置、组态F-I/O和保存编译等几个步骤就是完整的硬件组态的过程与步骤。

(3) 连铸机分布式故障安全软件设计与实现

S7分布式故障安全程序为结构化编程,一个安全程序由一个到两个故障安全运行组组成。每个故障安全运行组包含:创建的故障安全块,或者从分布式故障安全F库(V1)或用户创建的F库中选择的故障安全块;自动添加的故障安全块(故障安全系统块、自动生成的故障安全块和故障安全共享DB)。

S7分布式故障安全的构成是要在组态进行完之后,编制安全程序之前进行的。程序包括:用户从库中调入已有的程序,或者添加新的程序块,或者用户自己创建。

4.3 连铸机故障安全系统通信

分布式故障安全系统互相之间可以通过以下几种方式进行通信:DP/DP coupler、DP/PROFIBUS DP、PN/PN coupler、S7 Ethernet Connection、S7 F Systems等。这些方式结合了IO控制和IO通信,只能从站通信等先进的通信技术,能够达到安全性。

本项目连铸机通信采用工业以太网通信中PROFINET方式,如图3所示。

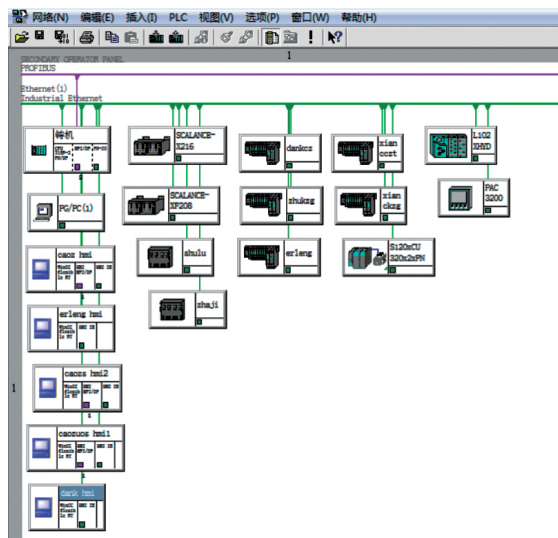


图3 通信组态图

连铸机通信采用PROFINET方式,设置连铸机地址段为:192.168.8.10~192.168.8.255。设置好CPU与各个分站IP地址与线相关参数即可通信。

结束语

西门子故障安全系统是西门子公司根据国际相关安全标准专门研制开发适用于人员及设备安全保障的分布式控制系统,取得了国际权威机构相应安全等级认证,具有完美的检查措施。当检查到系统故障特别是危险故障时,能使系统迅速回到安全状态,尽可能保证减少人员的伤亡及设备的损坏。

运行实践证明西门子故障安全系统功能强大,性能稳定,安全可靠,运行良好,极大地提高生产效率,有助于减小生产资料的浪费,减少了由于人员及设备引发的故障而造成的损失,提高操作人员及设备本身安全防护功能,符合生产工艺要求。EA

(收稿日期:2018.06.03)

(编辑:朱金凤)