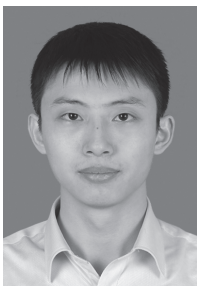


# CPR1000 安全级DCS模拟量卡件超量程设置方案分析 Safety DCS Analog Input Module Over-Range Setting Analysis in CPR1000 Nuclear Power Station

中广核工程有限公司 董伟鹤, 钟立平, 熊科, 陈良, 王刚, 肖双, 王强



## 作者简介:

董伟鹤(1984—), 男, 黑龙江鹤岗人, 工学硕士, 助理工程师, 现就职于中广核工程有限公司, 担任DCS系统工程师。

**摘要:** 根据就地仪表特性和CPR1000安全级DCS平台软硬件特性, 给出了CPR1000安全级DCS对模拟量采集信号超量程设定的基本原则, 分析了超量程故障不信赖的判定原理, 对用于

P12降级逻辑的热电阻信号进行了超量程设定功能分析, 采用实验的方法给出CPR1000安全级DCS平台内对这种热电阻信号采集卡件进行超量程设定的原则。

**关键词:** CPR1000; 安全级DCS; 热电阻; 超量程

**Abstract:** In this paper, we introduce over-range setting common principles of the CPR1000 safety DCS for AI signal, according to two main factors in over-range setting: local instrument characteristics and DCS side platform software and hardware characteristics. We analyze the CPR1000 safety DCS “unreliable” identification mechanism for failure of over range. For the RTD signal used for P12 logic, we analyze the functional requirement of RTD over-range setting. We adopt the method of experiment and deliver the RTD analog signal over-range setting in CPR1000 safety DCS platform.

**Key words:** CPR1000; safety DCS; RTD; Over-range

在安全级DCS中, 反应堆保护逻辑、专设安全逻辑的实现形式有四种: 四取二、三取二、二取一和其它个别特殊逻辑。这些逻辑通过RPC机柜采集电厂现场传感器信号, RPC I/II/III/IV四个组机柜, 即RPC四个通道, 四个通道从整体功能上是独立的、平行的、冗余的。这些逻辑的实现需要有相应RPC通道故障信息和与相应RPC通道对应的传感器通道故障信息、传感器测试信息参与降级功能的实现。因此, 安全级DCS需要对模拟量信号进行超量程设置, 特别地, 对于那些参与到保护逻辑、专设逻辑的各个通道的仪表通道而言, 由于降级逻辑的需要, DCS需要通过超量程设定判定仪表通道中出现频率较高的断线故障。

AI卡件采集信号超量程的设定, 是DCS判断了解这些传感器通道故障信息最直接、最有效的必要手段。在降级逻辑中, 这

些传感器通道故障(主要指断线故障)信息等同于该通道模拟量信号达成触发保护动作条件。所以, DCS侧对AI信号超量程的设定要充分考虑到就地传感器的特性, 若二者不匹配, 容易造成保护动作误触发的现象, 影响电厂调试工期和运行成本。对于某些特殊的热电阻卡件超量程的设定, 更需要在三菱MELTAC平台实现的CPR1000安全级DCS的超量程故障判定的设置基本原则下, 通过实验方法分析和确定。

## 1 CPR1000 安全级DCS对模拟量采集信号超量程设定的一般原则

超量程的设置主要考虑两方面的因素: 就地仪表特性, DCS侧平台软硬件特性。

目前, CPR1000项目安全级DCS针对4~20mA 规格模拟量输入AI卡件设置超量程的基本原则是: (1) 为避免机组调试或启停期间, 由于被测介质参数严重超量程而引起的保护信号误触发, 信号高限不做超量程判定; (2) 对于4~20mA 规格的AI信号, 由于断线故障发生后, AI接收的4~20mA信号会降低为0mA, 所以, 真实信号的低限低于其物理量程范围-10%(2.4mA)就判定此物理量出现超量程故障, 对于调试期间出现的低限与就地仪表不匹配问题, 可作临时调整; 由于三菱MELTAC平台的隔离卡硬件特性, 断线后, 隔离卡本身会保留输出给相应AI卡3.2mA左右电流, 因此信号传输过程中经隔离分配过程的物理量AI卡件低限超量程范围设置为-4.5%(-3.28mA); 但对于某些特殊AI卡件, 例如用于测量热电阻<sup>[1]</sup>(RTD)的四线制MRTJ-71型卡件, 需通过实验的方法分析其超量程设定方法。

## 2 超量程故障不信赖的判定原理与前提

### 2.1 超量程故障的判定

DCS I/O卡件作为处理器与外部信息的沟通桥梁, 通过底层软件可以定义AI卡件的超量程范围, 若采集的信号超出这个定义范围, 那么CPU就能将不信赖的坏质量位体现。

## 2.2 超量程故障状态——不信赖的获得与传输

安全级DCS MELTAC平台通过软件AUE/DUE模块获取不信赖状态参与逻辑运算，通过1E-NC传输网关传输至非安全级DCS。

安全级DCS如果出现不信赖，这种状态将会沿着信号流和逻辑走向向下游遗传，直到通过网关机柜送出安全级DCS传输给非安全级DCS，非安全级DCS将会得到一个比特位的坏质量位数据，如果用于显示，那么这种不可靠的信息将提供给操作员。

## 2.3 前提——CPU对采集数据的识别

(1) CPU监视值，即通过安全级DCS的MELENS维护工具看到结果，通过实验验证的结果如表1所示。AI采集的工程值范围为 $[-25\%, 102.333\%] \times \text{AI Engineered Range}$ 。理论值的计算公式为： $([\text{理论值}] - [\text{Engineered Range 下限}]) / [\text{Engineered Range}] = ([\text{实验输入}] - 4\text{mA}) / (20\text{mA} - 4\text{mA})$

表1 实验数据

Sensor	Code	Engineered Range	Type	实验输入	CPU监视结果	理论值
RIS015MD	RIS015CE	[0, 1]	4~20mA	0 mA	-0.25	-0.25
				2 mA	-0.125	-0.125
				4 mA	0	0
				12 mA	0.5	0.5
				20 mA	1	1
				20.37 mA	1.02312	1.023125
				20.38 mA	1.02333	1.02333
RCP057MT	RCP057CE2	[260 C, 350 C]	PT100	0 Ω	237.5 Ω	237.5 Ω
				21 mA	1.02333	1.02333
				500 Ω	352.1 Ω	352.1 Ω

(2) 引起超量程故障的AI采集的工程值范围

在维护工具MELENS接入CPU的情况下，维护工具电脑可以高亮显示那些AI采集信号过程中不信赖的情况。采用同样的方法，可以监视的不信赖产生原因仅为超量程（over-range）的情况，当三菱MELTAC的超量程范围设定在 $[-10\% \sim 102\%]$ ，试验结果符合理论推算值。

# 3 热电阻信号用于P12降级逻辑功能需求分析

## 3.1 P12逻辑

P12降级逻辑实现如图1所示，P12逻辑功能作用见表2。

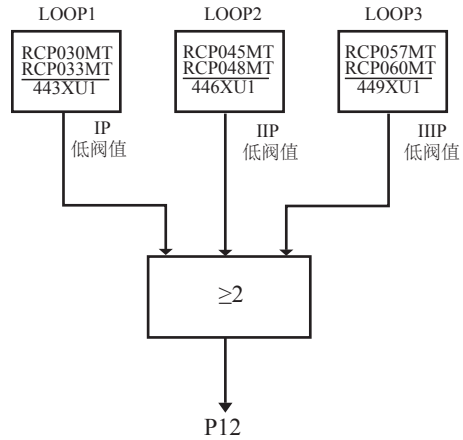


图1 P12逻辑实现

表2 P12逻辑功能作用

P12 <sup>(2)</sup> (出现)	2/3温度通道 (2/3 环路) 平均温度测量值低于定值	<ul style="list-style-type: none"> <li>与蒸汽管道流量符合则驱动安注和蒸汽管道隔离;</li> <li>允许手动闭锁根据蒸汽管道流量高与平均温度低或蒸汽压力低符合而驱动的安注;</li> <li>允许手动闭锁根据蒸汽管道压力低低的蒸汽管道隔离;</li> <li>将所有到冷凝器的蒸汽排放阀闭锁在关闭位置;</li> <li>仅对冷却剂, 允许手动旁通到冷凝器的蒸汽排放的闭锁。</li> </ul>
P12 (失去)	2/3温度通道 (2/3 环路) 平均温度测量值高于定值	<ul style="list-style-type: none"> <li>使手动闭锁失效并自动恢复根据蒸汽流量高与平均温度低或蒸汽管道压力低符合的安注信号; 恢复蒸汽管道压力低低的蒸汽管道隔离信号;</li> <li>允许打开到冷凝器的蒸汽排放阀;</li> <li>仅对冷却剂, 使冷凝器的蒸汽排放的手动旁通闭锁失效。</li> </ul>

## 3.2 P12逻辑降级要求及MELTAC平台软件实现

P12逻辑降级要求见表3。

表3 P12降级逻辑要求

	Voting logic (to generate the active output signal)
Normal Case(3 valid inputs)	2/3
In case of 1 invalid input	1/2
In case of 2 invalid inputs	Direct generation of active output
In case of 3 invalid inputs	Direct generation of active output

P12降级逻辑需要判定信号整个通道的故障情况，包括仪表通道故障（断线）、模拟量信号获取故障（AI卡件故障）、信号传输故障（RPC机柜其他通道通信故障）等信息。因此超量程的判定在这一过程中起到的重要作用，特别是对于最容易出现的故障类别，断线故障。P12 MELTAC平台软件实现如图2所示。

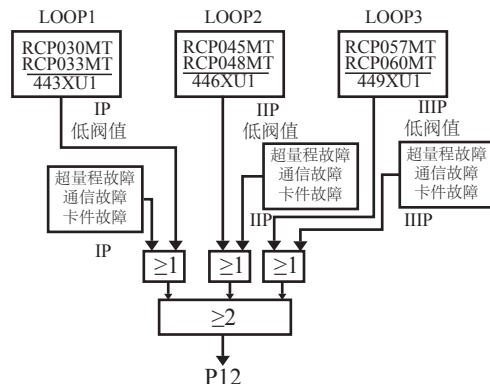


图2 P12 MELTAC平台软件实现

## 4 热电阻超量程设定实验

### 4.1 MRTJ-71卡件模块基本规格(见表4)

表4 MRTJ-71卡件模块基本规格

Item 条目	Specification 规格
Number of input points 处理信号数量	1
Input Range 输入量程范围	Pt100 type 260 C to 350 C
Self-diagnosis	-Over-range check -Input circuit diagnosis with on-line calibration
Input Signal	4-wire Pt100 type RTD

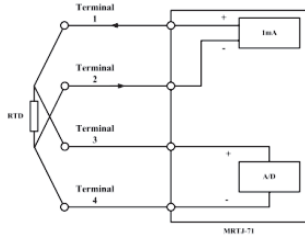


图3 热电阻卡件模块工作原理图

热电阻卡件模块工作原理如图3所示,从中可以看出,四线制热电阻卡件模块为就地传感器提供1mA恒流源,当热电阻阻值产生变化时,AI卡件模块采集到的电压随之变化。

### 4.2 实验过程说明

试验条件:四线制电阻(220欧姆)模拟实际传感器接在DCS机柜端子上。断线实验结果见表5。

表5 断线实验测试表格

步骤	操作	结果				
		端子 1/2电压 (电流源输出)	端子 3/4 (监测)	AI软件模块质量 状态判断	CPU显示AI模块工 程量(°C)	软件是 否信赖
1	初始正常	220mV	220mV	无	322	信赖
2	断端子1	22.68V	0V	模块故障	322	不信赖
3	恢复	220mV	220mV	无	322	信赖
4	断端子2	13.7V	0.1V	超量程故障	237(-25%)	不信赖
5	恢复	220mV	220mV	无	322	信赖
6	断端子3	220mV	不稳定, 2至3V	超量程故障	237(-25%)	不信赖
7	恢复	220mV	220mV	无	322	信赖
8	断端子4	220mV	不稳定, 3至2V	超量程故障	352.68(102.33%)	不信赖

## 5 结论

对于RT热电阻断线的4种情况,既有向高限跳变的情况,也有向低限跳变的情况。这不同于普通两线制4~20mA电流信号,任何一根线出现断线的情况,都向低限跳变。

在MELTAC平台中,参与P12降级逻辑运算的6个传感器RCP030MT、RCP033MT、RCP045MT、RCP048MT、RCP057MT、RCP060MT共计12个模拟量输入点都采用了MRTJ-71型AI卡件。因此,它们的超量程设置无法做到与一般原则的统一,需要对高限超量程范围进行设定;对于低限的超量程设定需考虑启停堆期间传感器向低限超出的可能,同时考虑途经隔离分配的模拟量信号需要区别于未经隔离分配的模拟量信号低限设置。

参考文献:

- [1] 陈黎敏.传感器技术及其应用[M].北京:机械工业出版社,2009.
- [2] 广东核电培训中心,900MW压水堆核电站系统及设备[M].广东:原子能出版社,2004.

(上接第62页)

另外,高压变频器在运行中将产生3%的效率损失,并以热量形式散失在环境中。需要配套高压变频空-水冷却系统解决变频器的环境散热问题。通过系统化集成解决方案的应用,实现压缩机电气驱动的工艺控制、变频驱动控制、环境控制等。

## 6 结束语

通过对40万吨合成氨装置压缩机驱动系统的分析和实践证明,以高压变频为核心的电气驱动系统完全能够满足化工生产中对压缩机转速、气量调节的需求,并且在项目投资运营方面获得可观的经济收益。该项目的实施,为化工行业超大功率压缩机组解决能源与经济、环保、高效生产等综合问题,提供了新思路、新方法,值得在化工生产领域的能源利用、节能降耗和环保生产建设和改造项目中积极推广。