

基于 MSG 指令的核电站 PLC 数据采集系统的故障处理

李广锋, 李 实, 张明亮

大亚湾核电运营管理有限责任公司, 广东深圳, 518124

摘要: 岭澳核电站的数据采集系统从投运以来一直存在采集板件偶发脱机的故障, 且故障情况下可编程逻辑控制器 (PLC) 采集无法自动复位。本系统的 PLC 程序与上位机采用了一体化设计, 无法单独修改 PLC 程序, 通过外接 PLC 装置利用 MSG 指令, 通过一种远程使用 MSG 指令复位的方式实现了 PLC 脱机故障的处理, 成功地解决了原系统 LEVEL1 层 PLC 程序无法修改的难题。

关键词: 核电站; 数据采集; MSG 指令; 自动复位

中图分类号: TP277 **文献标志码:** A

Fault Handling of Nuclear Power Plant PLC Data Acquisition System Based on MSG Instruction

Li Guangfeng, Li Shi, Zhang Mingliang

Daya Bay Nuclear Power Operation Management Co. Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518124, China

Abstract : Ling'ao Nuclear Power Station data acquisition system is responsible for the analog and digital data acquisition for the whole plant equipment. There has been sporadic offline fault of data acquisition board and a fault condition PLC acquisition can not be automatically reset. Because the system's PLC program and PC with an integrated design, modifying PLC program alone is impossible. Through the use of an external PLC device MSG instruction and the MSG instruction reset remotely by means of a process to achieve the offline PLC Fault , solved the problem that original system LEVEL1 layer PLC program can not be modified.

Key words: Nuclear power plant, Data acquisition, MSG instruction, Automatic reset

0 前 言

岭澳核电站集中数据处理系统使用了 AB 公司的 PLC-5 系列可编程逻辑控制器 (PLC)^[1]; 数据采集部分采用远程输入输出 (Remote I/O) 通讯方式。Remote I/O 网络负荷较大, 且部分采集机架大量使用模拟量采集板件, 就地控制器连接的机架数目接近系统规定限值, 并且模拟量采集需配合块读写指令使用, 当网络上偶尔发生噪点时, 块读写数据更新容易发生超时 (大于 4 s), 引起板件通讯故障。

现场跟踪 PLC 脱机的故障板件均为模拟量采

集板, 板件型号为 1771-IL (8 通道模拟量输入模块) 和 1771-IXE (6 通道热电偶输入模块), PLC-5 控制器对这 2 种模块进行数据读取都需要数据块读指令 BTR 和数据块写指令 BTW 操作。由于模拟量模块数量较多, 设计者考虑到编写的程序非常庞大, 有可能超出 PLC-5 系列可编程控制器 CPU 模块 1785-L80E 的内存大小, 便采用间接寻址的方式对模拟量模块执行循环性的块操作, 而且在执行块读写操作的指令前添加了条件, 在块操作读写错误的情况下把该块执行条件置 0, 使该块读写不能正常运行, 导致该位置模块数据不

再更新，同时上位机显示模块故障信息。

1 集中数据采集系统 PLC 模拟量采集板脱机原因分析

1.1 硬件分析

1.1.1 模拟量采集板工作不稳定 岭澳核电站集中数据采集系统采用的模拟量板件为 1771-IL 模块。在现场实际脱机状态下检查该板件状态指示灯，故障灯无异常。2008 年 8 月 9 日出现脱机的 L2KIT446CT2 板件在 2008 年 1 月的岭澳电站 2 号机组第 5 次大修 (L205) 中曾更换过，当时因为该板件在 2007 年 2 月、5 月、6 月多次出现脱机现象被更换。被更换的板件于 2008 年 7 月份送至罗克韦尔公司厦门总部进行硬件故障的检测，未发现脱机板件异常，因此模拟量采集板硬件出现问题的可能被排除。

1.1.2 冗余系统数据传输异常 因为 PLC-5 冗余系统需要完成主从机架的数据交换，该数据交换可能影响主控制器的数据传输，从而导致主控制器传输异常。

模拟量采集子系统由岭澳核电站集中数据系统下的一个冗余控制机架和采集板件构成。该子系统主要完成模拟量数据的采集，也是近几年来集中数据系统中脱机最多的子系统。分析发现 PLC 采集板件脱机故障发生时，系统模拟量采集部分的主从热备机架并没有发生切换，主 PLC 处理器指示灯没有故障显示，主从机架处理器和热备模块都能正常运行，并且在岭澳核电站大修中还更换过处理器和冗余板，都未能排除故障，说明 PLC 采集板件脱机故障与主从机架无关。

1.1.3 Remote I/O 传输数据传输异常 Remote I/O 链路的终端电阻出现老化会造成信号失真和变形，从而可能产生通讯错误。岭澳电站 2 号机组第 6 次大修 (L206) 对系统的 Remote I/O 总线的终端电阻进行检查，系统模拟量采集子系统机架 2 个 PLC 采集链路的端接电阻分别为 84.21、79.54 Ω ，未发现明显异常 (当链路上可扫描最大机架数为 16 个时，使用的终端电阻为 82 Ω ，岭澳核电站的集中数据采集系统的采集机架最多连接机架数为 14 个)。

针对上游可能造成脱机故障发生的模拟量输入信号都进行了检查，未发现异常；故障状态时

Remote I/O 适配器都运行正常，对脱机板件所在机架的 Remote I/O 适配器进行了调换，故障仍旧发生。以上说明 PLC 采集板件脱机故障与 Remote I/O 框架内硬件和外部输入信号都无关。

1.1.4 外围环境分析 外围环境影响 PLC 的主要因素有：PLC 机架的供电电源，但核电维护人员进行测量，测量值都在正常范围；PLC 工作环境温度湿度，测量系统所在房间的最高温度 22，房间通风设施良好；对 PLC 周围磁场进行测量未发现异常，可见岭澳核电站集中数据采集系统外围环境良好，外因引起脱机的故障可能性较小。

1.2 软件分析

岭澳核电站集中数据采集系统模拟量数据块传送指令包括 BTR、BTW^[2-4]；这 2 种指令是用于读取数据块传送模块的输入或向数据块传送模块输出。每当梯级由假变真时，BTW 就会要求处理器把数据文件内里数据写入特定的框架、I/O 组、模块地址，BTR 就会要求处理器从指定的框架、I/O 组、模块内读取数据并存入数据文件中；如果在一个程序中有多个块传送指令，而这些块传送指令执行的时间又是不确定的，所以在有块传送指令组成的梯级由假变真时，由其变真时的先后顺序而形成一个队列，处理器按照这个队列的顺序依次执行。

1771-IL 板与具有块传送能力的可编程控制器接口 Allen-Bradley；块传送编程在一次扫描中将输入数据字从 1771-IL 的存储器送到 PLC 处理器数据表中的一个指定区域中，也可以将配置字从处理器数据表送到 1771-IL 的存储器。

将 PLC 配套的调试软件 Rslogix5 连接控制器^[1-4]，发现故障状态下块读写指令出现故障信息提醒，块读写对应的块读写指令的故障状态位为“-7”、“-9”。代码“-7”定义为：块传输数据丢失是由于不良的通讯通道，可能的原因是噪音、坏的连接、电缆松动。代码“-9”定义为：块传输超时，设定在指令中，完成前超时。

岭澳核电站集中数据采集系统模拟量采集部分数据采集大量的使用了模拟量采集模块。系统设计时为了保持程序的简洁或其他原因，采用了间接寻址的办法，用一对 BTW、BTR 轮流完成 100 多个模拟量模块的访问。

分析岭澳核电站集中数据采集系统的程序,发现整个程序只有 3 对块读写指令。

块读写变址寻址编程时需兼顾每个机架缓冲区的运用;由于块读写指令的大量使用容易出现队列满问题,同时由于模拟量通过块读写大量采集会存在通讯阻塞问题,模拟量读取也会大量占用缓冲区;有限的缓冲区也会引起块传送的丢失,继而导致数据采集中断。

1.3 脱机故障总结

根据以上对硬件和软件的分析推测,系统模拟量采集部分所带的运程 I/O 逻辑机架几乎达到 1785-L80E 处理器的极限,所以脱机故障发生较多;且软件系统设计时为了保持程序的简洁或其他原因,采用了间接寻址的办法,这种程序设计方式也容易引起块读写错误。

岭澳核电站集中数据采集系统程序设计初就所有的模拟量模块进行了读写,包括未禁止的逻辑机架和未连接的物理机架及模块。因此,当块读写发生错误时,就不再执行该模块的块操作,避免无效块读写占用队列,减少程序处理时间,减轻处理器负荷。通过分析看出,只要块读写错误就复位允许运行条件,导致 BTR、BTW 无法自动复位,所以每次发生故障,数据就不再更新,需要手动复位。

2 故障处理方法

以上分析可知岭澳核电站集中数据采集系统 PLC 采集板件脱机不可以自动恢复的原因:由于原系统特殊设计,在 PLC-5 编程软件中无法实现岭澳核电站集中数据采集系统下位机程序的修改。

在通用 PLC 程序修改的方案无法实施情况下,通过设置 PLC-5 系列 PLC 的 MSG 指令解决问题;该指令可以通过网络完成数据状态的传递。因此,利用原系统数据通讯端口完成相关状态位的修改成了本次故障处理的关键。

岭澳核电站集中数据采集系统的下层 PLC 与上位机通过 TCP/IP 的以太网完成数据交换,只要选择同系列具备网络功能的 PLC 接入系统网络即可完成 PLC 间的通讯;也就是可以利用 MSG 指令完成相关状态位的读写。在原数据系统采集网上添加了一套独立的 PLC 处理器;其目的是当系统发生板件脱机故障时通过增加的处理对原集

中数据采集系统各子系统的主处理器的控制位进行置位,从而使脱机板件继续正常工作。通过网络接入系统的 PLC 依托内置程序中的 MSG 指令完成了 PLC 脱机状态下的复位。

以系统模拟量采集部分子程序为例。该子程序完成了现场对应控制器相关状态位的采集。

程序的 0~2 行通过 MSG 指令读取系统模拟量采集部分主从状态位数据。程序的执行特点为:

该 PLC 处理器首次扫描程序时不执行;程序最快读取数据周期为 0.1 s;该 MSG 指令控制字 MG9:0 发生错误,清除掉该 PLC 数据存放地址数据;如果该 MSG 指令发生错误,每过 10 s 复位一次。

MG9:0 指令设置为: Communication Command (通讯命令)设置为 PLC-5 Typed Read (PLC-5 数据读取); Data Table Address (数据存放地址)设置为 N7:0 (该 PLC 地址); Size in Elements (数据包大小)设置为 1 (该种数据的个数); Port Number (数据传输通过该 PLC 的端口号)设置为 2 (以太网端口)。

Target Device (目标 PLC)设置为: Data Table Address 设置为 N7: 7; Multihop 默认; Ethernet (IP) Address (目标 PLC 以太网 IP 地址)设置为 200.1.3.127 (系统模拟量采集部分 1 系统的 IP 地址)。

6~9 行通过 MSG 指令读取系统模拟量采集部分 1 系统的模拟量模块使用与否的配置数据。程序的执行特点为:该 PLC 首次扫描 006 和 008 不执行;系统模拟量采集部分 1 为主处理器时 006 和 008 行不执行;最快的读取周期为 0.1 s;

如果该 MSG 指令控制字发生错误每过 10 s 复位一次。

MG9:4 指令设置为: Communication Command 设置为 PLC-5 Typed Read (PLC-5 数据读取); Data Table Address 设置为 B10:0; Size in Elements (数据包大小)设置为 7 (该种数据的个数); Port Number 设置为 2。

Target Device (目标 PLC)设置为: Data Table Address 设置为 N11:12; Multihop 默认; Ethernet (IP) Address 设置为 200.1.3.127。

自动复位 PLC 利用 PLC 程序内的 MSG 指令按照以上的配置方法,分别完成了系统模拟量采集部分 420HA、320HA 主从控制器的主从状态

位、模拟量数据使用与否配置字、模拟量数据读写允许位数据等现场采集 PLC 控制器相关状态位的状态采集。

3 结 论

岭澳核电站的数据采集系统自投产以来一直存在采集板件脱机情况，随着设备的老化，PLC 采集板脱机故障更加频繁，PLC 脱机已经严重影响了核电厂设备的监测。原系统设计中考虑了机架上禁止的逻辑机架和未连接的物理机架的存在；为了减少整个程序的处理时间，降低处理器的负荷，当块读写发生错误时，就不再执行该模块的块操作，因此系统无法自动复位；同时，为了实现数据采集层 PLC 和上位机软件的同步，限

制了 LEVEL1 层 PLC 程序的修改。因此，通过外接 PLC 利用 MSG 指令成功地解决了 LEVEL1 层 PLC 程序无法修改的困难，通过一种模拟上位机复位的方式实现了 PLC 脱机故障的处理。

参考文献：

- [1] 邓李. AB PLC ControlLogix 系统实用手册[M]. 北京：机械工业出版社，2008.
- [2] 佟为明. 电气控制与可编程控制器应用技术[M]. 北京：机械工业出版社，2007.
- [3] 邓则名，邝穗芳. 电器与可编程控制器应用技术[M]. 北京：机械工业出版社，2000.
- [4] 王卫兵，宋欣. 可编程序控制器原理及应用[M]. 北京：机械工业出版社，2009.

(责任编辑：王中强)