安全PLC在三峡升船机中的应用

文/长江三峡通航管理局　冯盼盼

安全PLC的发展

1969年，美国数字设备公司研制出世界上第一台PLC，用以取代继电器控制电路。随后PLC在工业生产及自动化控制中普及开来，其强大的逻辑处理能力、快速的响应速度、良好的实时性、方便容易的逻辑编程组态以及紧凑、可靠的模块化硬件结构使得PLC的发展极为迅速，相比继电器控制电路，PLC具有功能强大，实用性强，编程简便，使用简单，产品具有标准化、系列化，适应性强，可靠性高，抗干扰能力强，维修方便等诸多优点，常规PLC原理简图如图1所示。

随着工业技术的发展以及PLC技术的大规模使用，在一些特殊产业，对生产过程的安全性要求更高，常规PLC已经不能满足特殊工业过程对过程控制的要求，由此安全型可编程逻辑控制器也应运而生，即安全PLC。

安全PLC与常规PLC相比，安全性有了很大提升，一旦安全PLC

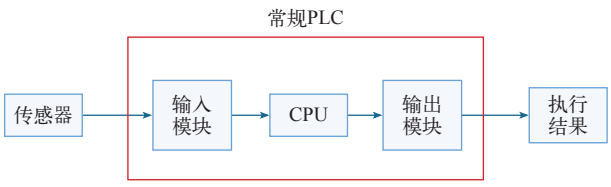

图1　常规PLC原理简图

▲ 联通云数据有限公司

发现系统处于不安全状态，就会立即将系统恢复到安全模式。安全PLC的安全性主要表现在如下方面。

1）安全PLC系统采用冗余设计，保证系统不会失效。

2）一旦安全PLC系统发现当前状态不安全，立刻会将系统切换到安全模式。

要实现如此高要求的控制性能，安全PLC靠的是内部独特的硬件结构及安全处理协议。常规PLC内部只有1个CPU，而安全PLC的具有2个甚至多个CPU，它们分别对同一个程序进行扫描执行，然后将执行结果相互比较，如果结果一致，输出此结果；如果结果不一致，则切换系统致安全模式。由此可见，安全PLC保证其安全性的关键在于“冗余＋比较”的安全机制，安全PLC原理简图如图2所示。

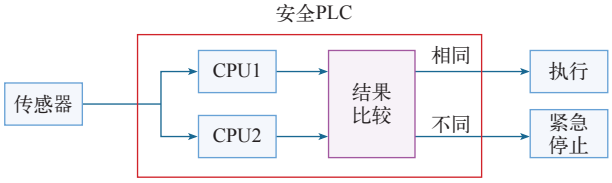

图2　安全PLC 原理简图

三峡升船机安全控制系统

三峡升船机是三峡水利枢纽永久通航设施，原设计通过3 000 t（排水量）客货轮和1 500 t一顶一驳船队，是客货轮和特种船舶快速过坝通道，为提高三峡升船机监控系统安全性和稳定性，三峡升船机设计了两套控制系统，即一套集中控制系统，一套安全控制系统，安全控制系统由更高安全等级PLC组成，以对联锁系统进行控制。

安全PLC布置在集中控制室内，其远程I/O布置在各现地控制站机柜内。设备分别布置于集控电气室安全PLC控制柜、上闸首控制柜、下闸首控制柜、船厢上厢头控制柜、船厢下厢头控制柜、1#驱动装置控制柜、2#驱动装置控制柜、3#驱动装置控制柜、4#驱动装置控制柜。“安全控制站”PLC的本地机架和远程I/O之间采用光纤环网络连接，通信速率满足系统安全运行的实时性要求。

安全控制系统功能包括：根据上下闸首、船厢各控制系统之间的设备状态，做出运行安全与否判断；对上下闸首、船厢各机构动作步序的闭锁条件和升船机运行的动作顺序流程进行多重判断；对三峡升船机运行过程中的数据进行采集分析，做出安全逻辑运算与判断；对三峡升船机运行状态进行检测和对运行过程中设备故障进行诊断；与集控站和各现地控制级控制站设备进行通信，交换运行数据；对三峡升船机运行过程中的不安全状态进行立即制止，紧急停机。安全PLC布置如图3所示。

安全PLC在三峡升船机中应用的思考

即使安全PLC安全等级更高，

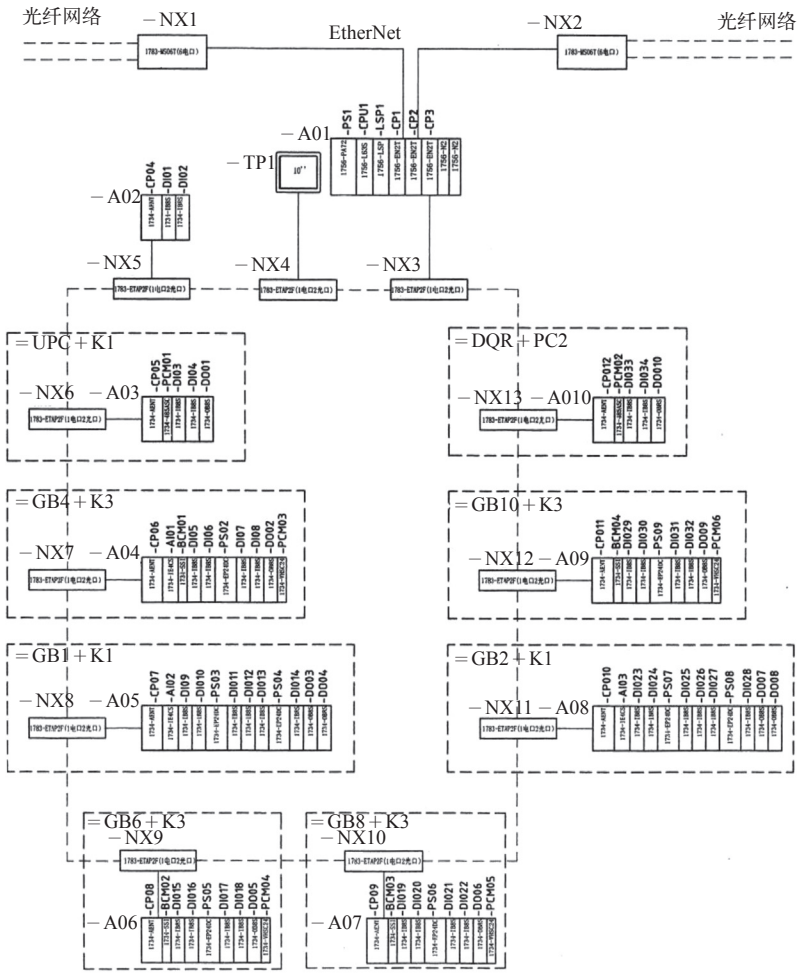

图3　三峡升船机安全控制系统简图

但也存在出现故障的现象，而且安全PLC作为三峡升船机安全运行的“安全监管员”，一旦出现故障，将会导致设备无法运行，通航效率无法保证的后果。例如，三峡升船机运行过程中，上厢头控制站有时会报“CP07 AI02模块通讯故障（Ⅱ）”故障（如图4所示），导致开门动作闭锁不满足，无法继续流程，故障原因在于安全PLC模块AI02出现故障，导致输入到模块中的模拟量信息出错，安全控制系统不允许继续动作，在对安全PLC模块AI02进行更换后，故障不再发生。

针对安全PLC故障进行分析、研究，提出有效应对措施，是运行维护人员必须要做的工作内容。根据安全PLC原理及现场布置情况，可将安全PLC可能出现的主要故障分为硬件故障、通讯故障以及闭锁关系故障。

1. 安全PLC CPU故障

安全站CPU故障时，安全PLC系统失效，上位机会出现众多与安全PLC相关的报警信息，主传动紧急停机。当发生硬件故障时首先判断是CPU模块松动等外部原因引起的故障，还是CPU模块损坏引起的故障。

重新上电、紧固等措施查看CPU故障有没有消除，如故障消除，则继续运行；如果故障没有消除，则通过将该现地站控制柜柜面旋钮开关SA1切换至“检修”，运用检修模式进行设备操作。

2. 安全PLC I/O模块故障

安全PLC I/O模块发生故障时，会在上位机与安全站触摸屏报警界面显示相应模块故障，会造成机构动作闭锁条件判断不满足或允许动作命令无法发出，致使机构无法动作或紧急停机。

重新上电、紧固等措施查看模

块故障有没有消除，如故障消除，则继续运行；如果故障没有消除，则通过将该现地站控制柜柜面旋钮开关SA1切换至“检修”，运用检修模式进行设备操作。

3. 安全PLC主站与现地I/O站通讯故障

安全PLC主站与现地I/O站通讯故障时，上位机与安全站触摸屏会显示为此机架上所有模块连接故障

报警日期	报警时间	报警含义	报警级别	报警状态	报警变量
2018/2/9	8:07:38	CP07 DO03模块通讯故障[II]		OutAlm	FS\Alm\F2_Comm_MDL_DO03
2018/2/9	8:07:38	CP07 DO04模块通讯故障[II]		OutAlm	FS\Alm\F2_Comm_MDL_DO04
2018/2/9	8:07:38	上厢头钢丝绳断裂报警[上厢头急停][II]		OutAlm	FS\Alm\F2_TC_ACR_Break
2018/2/9	8:07:38	传动站紧急停机[来自安全站][I]		OutAlm	TS\ALM\F1_FS_EmgStop
2018/2/9	8:07:32	CP07 DI09模块通讯故障[II]	2	InAlm	FS\Alm\F2_Comm_MDL_DI09
2018/2/9	8:07:32	CP07 DI10模块通讯故障[II]	2	InAlm	FS\Alm\F2_Comm_MDL_DI10
2018/2/9	8:07:32	CP07 DI11模块通讯故障[II]	2	InAlm	FS\Alm\F2_Comm_MDL_DI11
2018/2/9	8:07:32	CP07 DI12模块通讯故障[II]	2	InAlm	FS\Alm\F2_Comm_MDL_DI12
2018/2/9	8:07:32	CP07 DI13模块通讯故障[II]	2	InAlm	FS\Alm\F2_Comm_MDL_DI13
2018/2/9	8:07:32	CP07 DI14模块通讯故障[II]	2	InAlm	FS\Alm\F2_Comm_MDL_DI14
2018/2/9	8:07:32	CP07 DO03模块通讯故障[II]	2	InAlm	FS\Alm\F2_Comm_MDL_DO03
2018/2/9	8:07:32	CP07 DO04模块通讯故障[II]	2	InAlm	FS\Alm\F2_Comm_MDL_DO04
2018/2/9	8:07:31	上厢头钢丝绳断裂报警[上厢头急停][II]	2	InAlm	FS\Alm\F2_TC_ACR_Break
2018/2/9	8:07:29	驱动装置紧急停机（安全站）[I]	1	InAlm	FS\DO\TS_EmStop
2018/2/9	8:07:29	传动站紧急停机[来自安全站][I]	1	InAlm	TS\ALM\F1_FS_EmgStop
2018/2/9	8:07:29	下厢头紧急停机[II]	2	InAlm	BC\Alm\F2_Sys_EmgStop
2018/2/9	8:07:29	下厢头紧急停机[安全站][II]	2	InAlm	FS\DO\BC_EmStop
2018/2/9	8:07:29	下闸首紧急停机[安全站][II]	2	InAlm	FS\DO\LB_EmStop
2018/2/9	8:07:29	上厢头紧急停机（安全站）[II]	2	InAlm	FS\DO\TC_EmStop
2018/2/9	8:07:29	上闸首紧急停机[安全站][II]	2	InAlm	FS\DO\UB_EmStop
2018/2/9	8:07:29	下闸首紧急停机[II]	2	InAlm	LB\Alm\F2_EmgStop
2018/2/9	8:07:29	下闸首安全站紧急停机[II]	2	InAlm	LB\Alm\F2_FS_EmgStop
2018/2/9	8:07:29	上厢头紧急停机[II]	2	InAlm	TC\Alm\F2_Sys_EmgStop
2018/2/9	8:07:29	上闸首紧急停机故障[II]	2	InAlm	UB\ALM\F2_EmgStop
2018/2/9	8:07:29	上闸首安全站紧急停机故障[II]	2	InAlm	UB\ALM\F2_FS_EmgStop
2018/2/9	8:03:21	CP07 AI02模块通讯故障[II]	2	InAlm	FS\Alm\F2_Comm_MDL_AI02
2018/2/9	8:03:19	CP07 AI02模块通讯故障[II]		OutAlm	FS\Alm\F2_Comm_MDL_AI02
2018/2/9	8:01:40	CP07 AI02模块通讯故障[II]	2	InAlm	FS\Alm\F2_Comm_MDL_AI02
2018/2/9	8:01:38	CP07 AI02模块通讯故障[II]		OutAlm	FS\Alm\F2_Comm_MDL_AI02
2018/2/9	8:01:30	CP07 AI02模块通讯故障[II]	2	InAlm	FS\Alm\F2_Comm_MDL_AI02
2018/2/9	8:01:28	CP07 AI02模块通讯故障[II]		OutAlm	FS\Alm\F2_Comm_MDL_AI02
2018/2/9	8:00:09	CP07 AI02模块通讯故障[II]	2	InAlm	FS\Alm\F2_Comm_MDL_AI02
2018/2/9	8:00:07	CP07 AI02模块通讯故障[II]		OutAlm	FS\Alm\F2_Comm_MDL_AI02
2018/2/9	8:00:06	CP07 AI02模块通讯故障[II]	2	InAlm	FS\Alm\F2_Comm_MDL_AI02
2018/2/9	8:00:04	CP07 AI02模块通讯故障[II]		OutAlm	FS\Alm\F2_Comm_MDL_AI02
2018/2/9	7:59:58	CP07 AI02模块通讯故障[II]	2	InAlm	FS\Alm\F2_Comm_MDL_AI02
2018/2/9	7:59:56	CP07 AI02模块通讯故障[II]		OutAlm	FS\Alm\F2_Comm_MDL_AI02
2018/2/9	7:37:43	CP07 AI02模块通讯故障[II]	2	InAlm	FS\Alm\F2_Comm_MDL_AI02
2018/2/9	7:37:41	CP07 AI02模块通讯故障[II]		OutAlm	FS\Alm\F2_Comm_MDL_AI02
2018/2/9	7:35:30	CP07 AI02模块通讯故障[II]	2	InAlm	FS\Alm\F2_Comm_MDL_AI02
2018/2/9	7:32:06	CP07 AI02模块通讯故障[II]		OutAlm	FS\Alm\F2_Comm_MDL_AI02
2018/2/9	7:32:06	上厢头4#泵失压PJ8报警[III]		OutAlm	TC\Alm\F3_P4_SP_L
2018/2/9	7:32:00	上厢头4#泵失压PJ8报警[III]	3	InAlm	TC\Alm\F3_P4_SP_L
2018/2/9	7:31:14	上厢头密封舱补压运行		OutAlm	TC\SA\CSM_PS_Adding
2018/2/9	7:31:04	上厢头密封舱补压运行	4	InAlm	TC\SA\CSM_PS_Adding
2018/2/9	7:27:08	CP07 AI02模块通讯故障[II]	2	InAlm	FS\Alm\F2_Comm_MDL_AI02
2018/2/9	7:27:06	下游对接时航道水位变幅大（IV）		OutAlm	BC\Alm\F4_UB_Connect_Sill_Water
2018/2/9	7:27:06	CP07 AI02模块通讯故障[II]		OutAlm	FS\Alm\F2_Comm_MDL_AI02

Filter

图4　安全PLC模块故障

并报警，故障I/O站会对对应的现地站发紧急停机信号。

重新上电、紧固等措施查看模块故障有没有消除，如故障消除，则继续运行；如果故障没有消除，则通过将该现地站控制柜柜面旋钮开关SA1切换至“检修”，运用检修模式进行设备操作。

4. **安全站与上位机网络通讯故障**

安全站与上位机网络通讯故障时，上位机会出现通讯中断报警信息以及上位机无法查看安全PLC信息。

重新上电、紧固等措施查看模块故障有没有消除，如故障消除，则继续运行；如果故障没有消除，则通过将该现地站控制柜柜面旋钮开关SA1切换至“检修”，运用检修模式进行设备操作。

5. **安全站闭锁条件不满足应急处理**

安全PLC分别对上下闸首、上下厢头、传动站等升船机运行重要环节进行监控，当发现闭锁不满足时，不允许相应动作命令发出。当安全站闭锁条件不满足时，可采取应急处理措施，强制信号或切换至检修模式。

（1）切换至检修模式操作

可通过将与闭锁条件不满足相对应现地站控制柜柜面旋钮开关SA1切换至“检修”，运用检修模式进行设备操作。

（2）强制信号

安全PLC分别对上闸首控制站、下闸首控制站、上厢头控制站、下厢头控制站和传动控制站等运行重要环节进行监控，当发现闭锁不满足时，不允许相应动作命令发出。当安全站闭锁条件不满足时，可采取应急处理措施，保证流程继续，尽快将船舶引导出厢。

安全PLC故障快速处置流程如图5所示。

结束语

安全PLC系统被应用在三峡升船机，保障了三峡升船机运行的安全稳定性，对三峡升船机安全PLC系统可能出现的故障提前进行分析研究，确保了故障发生时能够得到快速高效的解决，保证了三峡升船机运行效率。**EA**

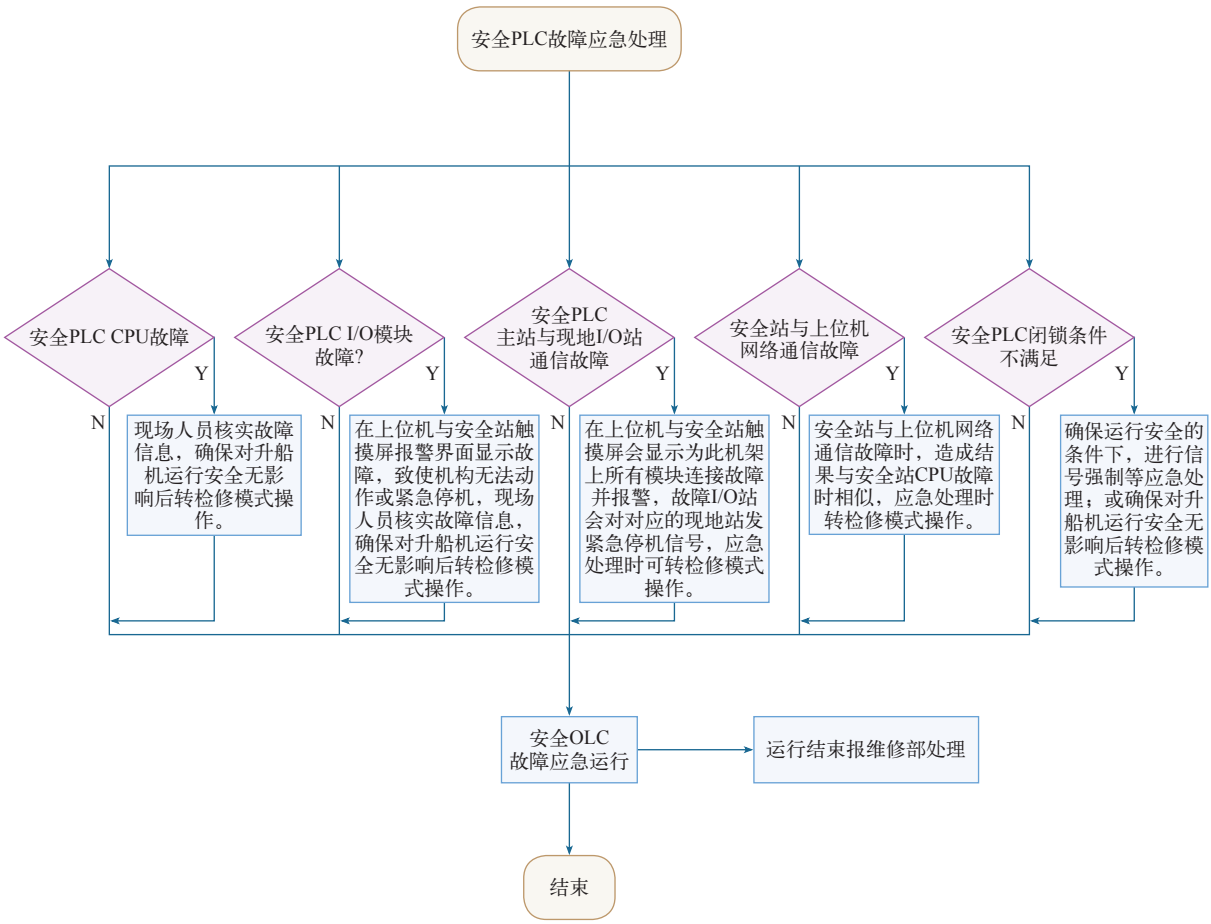

图5　安全PLC故障快速处置流程