

液压闸门控制系统冗余优化方案的研究

徐小龙 宋强 梁哲

南水北调东线山东干线有限责任公司 山东 济南 250100

摘要: 本文以大I型调水泵站工程液压闸门的控制系统作为案例, 分析了当前工程项目中液压闸门控制系统的架构及存在的风险, 研究并提出优化解决方案。

关键词: PLC; 环网冗余; 自动化; 模块;

引言

大I型调水泵站工程中液压闸门控制系统普遍采用GE的(美国通用电气自动化与控制公司)90-30系列产品或稍微高点版本GE PAC 3i系列产品进行来作为主控制中心控制。目前在用的控制设备运行状态正常, 但此控制系统均为单主CPU控制来控制, 并未实现主控冗余, 因此可能会造成非正常停车, 进而引起安全事故及财产损失、整体调度负面的影响。

因此, 本文在原有的设备实施方案基础上提出一种优化方案。通过增加一条通讯链路方式, 以此来保证数据传输达到更加安全并稳定。

1 现有系统架构说明及分析

目前GE两套系统(事故、工作液压启闭机)均为单CPU控制, 且只通过一台网络交换机交换数据进行控制。当前, 液压系统的控制方式为一台主CPU控制5套液压闸门控制系统。在维修或者更换配件时需要立即停止主CPU的控制系统, 若1套闸门出现故障, 其他4套闸门的控制也将受到同样影响, 并停止主CPU来进行检修, 这对于闸门系统的运行(中或计划)和检修是极为不利的。另目前的系统架构也可能导致运行过程中的非计划停车, 存在潜在的非正常停车风险, 这将会对对机组造成一定的损伤, 存在运行安全事故隐患。

GE90-30系列最早发布于80年代, 该系列产品可以全面支持从低端到中端的控制, 该系列产品在25年前是一款非常先进并且经济实用的PLC选择产品。但该产品在当

前工程及环境实际应用中存在以下的问题:

第一, 随着产品投入市场的年限增长, 产品模块指标因现在使用标准的升级而越来越无法适应新的运算速度及网络带宽要求。

第二, 备件采购及程序备份。若运行过程中出现故障, 必须由专业人士安装专业版软件及时下载程序。因为液压闸门系统参与泵站的自动化控制调度流程, 且起到极为重要的作用, 所以一旦发生故障, 就必须立即停机抢险维修。但故障抢险需要一定的时间, 若故障无法得到及时消除, 将会对该泵站的调水工程整体调度造成严重负面影响。若增加冗余备份链路, 可以达到无延时切换, 即不影响正常泵站工程运行, 且可以进行事后维护, 此为及时方案。

第三, 目前GE9030系列产品已经在2017年12月31日全线停产(GE公司已发布官方), 可以预料停产后备品备件将全部为存货, 不利于下步升级, 因此需要尽早进行设备的更新换代。

因此, 本文建议对目前的两套GE9030产品进行更新换代, 使其全部升级为PAC3i的控制系统, 并通过实现双CPU热备冗余来增强控制系统的稳定性。而PAC3i(CPU315)产品的前主CPU已经基本停产, 目前产品需要提高整体兼容性, 信息化。

1.1 目前系统架构

当前液压闸门控制系统的整体架构如下:

GE9030系列机架及各类模块:



图1 GE9030系列机架及各类模块现场框架图

通讯作者: 徐小龙(1981-), 男, 工程师, 主要从事大型泵站的日常管理和技术改造等工作.E-mail: 34402110@qq.com。

宋强(1986-), 男, 工程师, 主要从事水利工程管理。E-mail:617767585@qq.com。

梁哲(1992-), 男, 主要从事水利工程管理, 工程安全监测。E-mail: 594507633@qq.com。



图2 PAC3i (CPU310) 机架及各类模块现场框架图

1.2 配置模块及功能

电源模块 (IC693WR331)：为主板模块及输入输出模块提供电源模块；

主CPU控制模块 (CPU310或者CPU374)：与其它设备进行数据交换，并进行逻辑控制的模块；

输入输出模块 (DI 32点、DO 16点)：闸门的输出启、停、关信号、开关动作、上下限位位置信号采集模块；

模拟量模块 (IC693 ALG221)：油压压力或者开度采集模块；

高数计数器模块 (IC693APU300)：主要为闸门开度；

2 优化方案

优化思路：尽量保持原主控制系统逻辑程序不变化，即转换模块后程序逻辑与输出控制不发生变化。即使在优化的过程中需要更改程序，也尽量少步骤调整，保持兼容性。另外，硬件模块更换保持模块类型与通道数与升级前一致，以尽可能减少系统接线施工量。优化后理论上作为主控制系统核心的CPU性能将有更大程度提高，控制系统将实现真正的快速冗余，彻底兼容。

优化过程措施：GE9030的液压闸门控制系统程序中，扩展机架上的高速计数模块 (IC693 APU300) 设计到PROFINET网络模块后更改为IC695HSC304模块，会导致相关的编码器段程序需要修改。若不想改动程序，也可将液压闸门控制系统优化为以太网双网冗余的方案 (此方案为网路架构冗余)，这样PAC3i闸门系统的原逻辑程序就不需要更改。

优化后网络架构图：将两套系统全部优化为PAC3i系统的PROFINET环网网络架构，如下图所示：

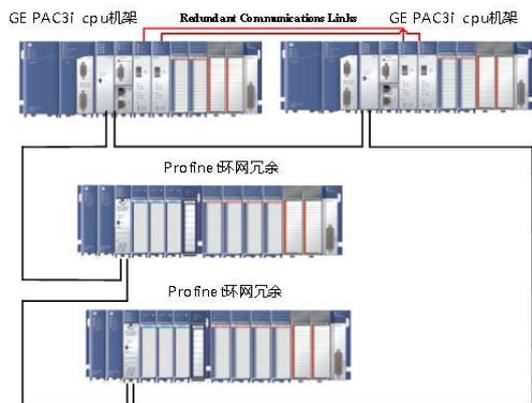


图3 PAC3i (CPU310) 闸门网络架构

3 硬件配置清单

GE9030快速门系统及PAC 3i液压闸门系统的硬件配置如下表1和下表2所示。

表1 GE 9030快速门系统

序号	9030快速门系统	规格型号	数量
1	机架7槽	IC695CHS007	2
2	电源模块220V	IC695PSD140	4
3	CPU模块(带3个千兆网口)，附带充电电池	IC695CPK330	2
4	PROFINET模块	IC695PNC001	2
5	冗余切换模块	IC695RMX128	4
6	冗余光纤	LC-LC	2
7	24VDC电源	IC690PRM010	2

从站1

1	机架12槽	IC695CHS012	1
2	PROFINET接口模块	IC695PNS001	1
3	电源模块	IC695PSD140	2
4	DI32点	IC694MDL655	1
5	DI16点	IC694MDL645	1
6	DO16点	IC694MDL940	4
7	AI4通道	IC694ALG221	2
8	空槽盖板	IC694ACC310	1

从站2

1	机架12槽	IC695CHS012	1
2	PROFINET接口模块	IC695PNS001	1
3	电源模块	IC695PSD140	2
4	高速计数模块8通道	IC695HSC308	5
5	空槽盖板	IC694ACC310	4
6	接线端子	IC694TBB032	5
7	24VDC电源	IC690PRM010	1

表2 PAC 3i液压闸门

序号	PAC 3i液压闸门	规格型号	数量
1	机架7槽	IC695CHS007	2
2	电源模块220V	IC695PSD140	4
3	CPU模块(带3个千兆网口)，附带充电电池	IC695CPK330	2
4	PROFINET模块	IC695PNC001	2
5	冗余切换模块	IC695RMX128	4
6	冗余光纤	LC-LC	2
7	24VDC电源	IC690PRM010	2

从站1

1	机架12槽	IC695CHS012	1
2	PROFINET接口模块	IC695PNS001	1
3	电源模块	IC695PSD140	2
4	DI32点	IC694MDL660	2
5	DO16点	IC694MDL740	4
6	AI16通道	IC694ALG223	1
7	空槽盖板	IC694ACC310	2

4 优化后产品的技术特点

4.1 采用最新更高性能的CPU

PACSystems主控制器是GE目前推出的最高端控制器系统，采用了模块化结构。系统主要性能特点如下：

(1) 系统中的所有模块均支持带电热插接。

(2) Rx3i采用标准的、通用的Vxworks实时多任务操作系统。也克服了长期以来自动化系统无法使用PIII以上的高性能CPU和背板速率过低的难题。

(3) 支持Web-server功能、远程维护。

(4) I/O扩展方式灵活，能适应多个分站、远距离结构模式。

(5) 当通信网络发生故障后，在网络通信恢复前，PLC控制器能够及时自动连接上及时通信，同时程序和内存具有断电保持程序功能。

4.2 采用Profinet环网冗余技术

升级为PAC3i控制系统后，控制网络的实时性更强，吞吐量更大。其最高传输速率可达100M甚至1G。Profinet的环网冗余技术，可防止闭环冗余系统的单点失效，整个I/O通讯的抗干扰能力也将大大增强，其网络连接主要使用光纤或者屏蔽网线。

PACSystems RX3i采用最先进的技术，提供全功能的控制系统，并集成为一个更加紧凑的系统设计。不仅为PACSystems RX3i增加了开放式网络结构（例如Profinet，OPC-UA），而且强调和关注工业网络安全的问题。因此，全新的PACSystems RX3i已经通过Achilles Level 2网络安全认证。PACSystems RX3i系列产品性能优越，代表了当今以及未来GE控制器产品的最新发展方向。同时在未来20年之内无需担心备件停产的问题。

5 结语

本文对当前泵站闸门系统所存在的风险进行了分析

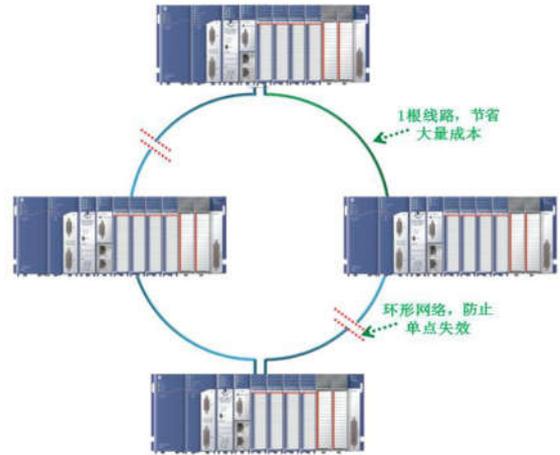


图4 Profinet的环网冗余技术示意图

与研究，并提出了相应的优化方案，该方案的优势如下：第一，可以完全不依赖单套主PLC控制，使得检修和运行可以同时进行，不影响运行；第二，将所有设备统一规划，便于下步管理；第三，可确保数据信息稳定可靠。通过对泵站工程闸门控制系统进行分析，确定当前存在的安全隐患。从现状来看，及时优化控制系统，能够确保机组在最不利的条件下实现正常开机，发挥泵站的工程最大效益。本文的优化研究在类似控制系统应用中具有重大的借鉴意义。

参考文献

- [1] SL140-2006中国水利水电出版社 2007
- [2] GFK-2314H《GE PAC PACSystems RX3i 系统手册》
- [3] GFK-2222AC《GE PACSystems CPU参考手册》
- [4] GFK-2572A《GE PROFINET 控制器手册》
- [5] GFK-0467M《GE 系列9030编程手册》
- [6] GFK-0356Q《GE 系列9030可编程控制器手册》