

压水堆核电站闭路电视系统 改进优化

张慧琳

深圳市水务科技有限公司, 广东 深圳

收稿日期: 2022年11月25日; 录用日期: 2022年12月21日; 发布日期: 2022年12月29日

摘要

介绍了国内某核电站闭路电视系统出现的设备老化, 故障率上升等典型问题。通过对闭路电视系统(DTL)系统架构以及原解码器设备选型的分析与研究, 提出了闭路电视解码器替代改进方案, 此设计改进方案已实验验证被成功应用于国内某核电机组, 设备运行可靠稳定, 对国内其它核电站闭路电视系统的改进具有借鉴意义。

关键词

闭路电视系统(DTL), 解码器, 火情监视

Improvement and Optimization of PWR Nuclear Power Plant Closed Circuit Television

Huilin Zhang

Shenzhen Water Technology Co., Ltd., Shenzhen Guangdong

Received: Nov. 25th, 2022; accepted: Dec. 21st, 2022; published: Dec. 29th, 2022

Abstract

This paper introduces some typical problems in the Closed Circuit Television of a nuclear power plant in China, such as equipment aging and rising failure rate. Through the analysis and research of Closed Circuit Television (DTL) system architecture and the selection of original decoder

equipment, this paper puts forward a closed-circuit television decoder replacement improvement scheme. This design improvement scheme has been successfully applied to a domestic nuclear power unit in Validation, Closed Circuit Television, and the equipment runs reliably and stably, which has reference significance for the improvement of Closed Circuit Television Closed Circuit Television in other domestic nuclear power plants.

Keywords

Closed Circuit Television System (DTL), Decoder, Fire Monitoring

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

DTL 系统本身由前端摄像机、摄像机支架、接线箱、电缆和后端主控室控制、显示设备组成。接线箱内部设置全功能解码器,解码器为带有云台、镜头等可控设备提供驱动电源并与控制设备通讯的前端设备[1]。DTL 系统中解码器用于后端设备与前端摄像头的通讯,用于对前端摄像头云台、镜头、辅助灯光开关等功能控制。

由宏迪公司生产的 HRD-1000 型解码器用于国内某核电厂的 DTL 系统中,该款解码器现场使用数量较多,随着设备老化,故障率有上升趋势,已无库存备件,目前 HRD-1000 型解码器已经停产,无替代产品,届时一旦此型号解码器故障将面临无备件可用的情况,将影响工作人员对主泵、上充泵等重要设备及部分重要区域的监视,需对此型号解码器进行换型改造。

2. 闭路电视系统介绍

DTL 闭路电视系统,用于监视重要厂房如反应堆厂房、常规岛厂房的关键设备,作为火灾事故后的辅助分析手段,同时也需要监视放射性固体废物暂存库、重要辐射防护边界区域的人员进出情况,防止人员违规操作及减少放射性物品扩散风险[2]。

闭路电视系统为非安全级系统,不执行安全功能;抗震类别为 NO,但地震影响下可保持设备不掉落,不会影响其他设备和物项的功能,但不能保证系统可用性。

机组正常运行时,DTL 系统是处于备用状态,出现下列情况时会启用 DTL:

◆ 机组正常运行期间,当冷却剂主泵房或者反应堆厂房 20 米平台有火警发生,需要启用主控室 DTL001/002HV,调取相关区域的摄像机,对火情进行确认[3];

◆ 消防演习时,需要启动主泵房间和反应堆厂房 20 米平台的火警监视摄像机,并能保证成功调取主泵房间的监视画面,以便确认泵房内火情;

◆ 当机组在发生一个或多个主泵房区域或者反应堆厂房 20 米平台区域内一个或多个火灾探测环路部分或全部不可用时,机组记第二组 IO,此时需保证能够在主控室成功启用 DTL,作为附加的火警监视手段;

◆ 根据需要监视放射性区域的某一系统或某一工作区;

◆ 监视画面可为人员培训提供素材。

DTL 系统架构如图 1。

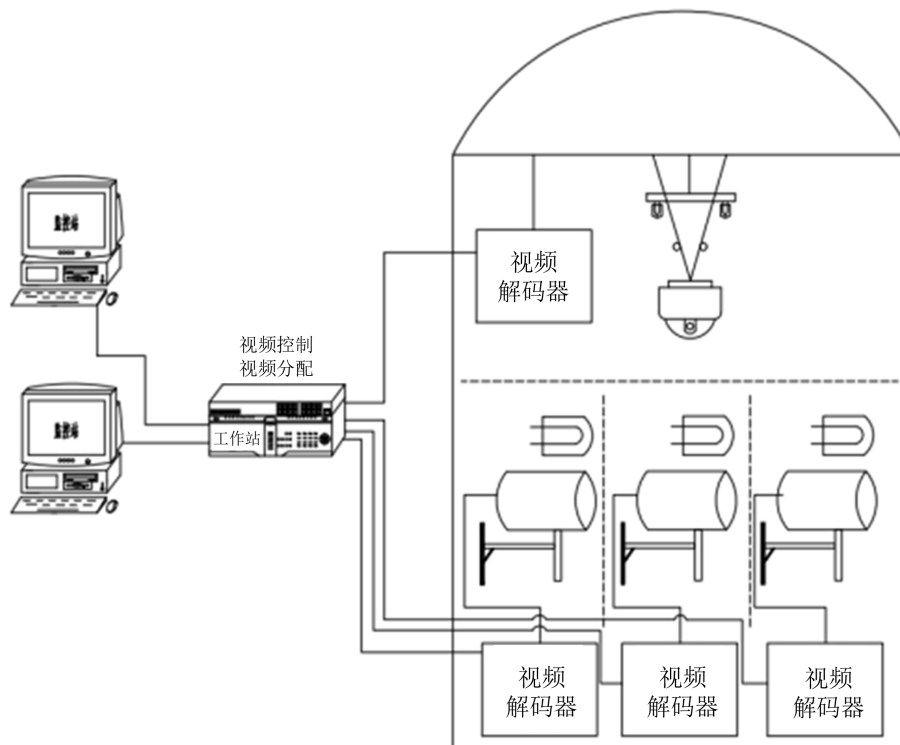


Figure 1. DTL system architecture diagram
图 1. DTL 系统架构简图

3. 根本原因分析及改进优化方案

3.1. 根本原因分析

DTL 系统整体设备老化严重，反应堆厂房耐辐照摄像机(监视反应堆厂房 20 米平台区域)解码器备件已停产且仓库无备件，其他设备故障率较高，经常发生主控室无法通过工作站平台 DTL001CR 调取相关区域画面的情况，严重影响对反应堆冷却剂泵房区域和 20 米平台区域的火警判断和消防干预，需要改造换型。

◆ 目前该解码器原厂家已停产，原厂家无升级产品可供替代，并且目前仓库已经没有备件。RX20m 火灾载荷较大，如果该设备故障，则主控人员无法立即核实 RX20m 平台是否有火灾，严重影响关键区域的火灾响应；

◆ 整个视频处理系统基于模拟板件实现，技术较为落后，设备老化严重，图像模糊，当发生火灾时，可能无法看清火灾产生的烟雾，影响火灾的及时响应。参考其他基地已经实现彩色高清画面显示，保证发生火灾的情况下能够及时响应；

◆ 解码器设备故障率高，经常发生主控操作员超过 30 s 还无法调取摄像画面的情况(系统手册规定启动时间不超过 30 s)，偶尔会发生死机和黑屏的问题；

◆ 原核岛摄像头解码器无耐辐照设计，电子元件受辐照影响大，使用寿命短。

3.2. 改造优化方案

改造后新型解码器型号需在安装方式、安装尺寸、功能需求等方面与原解码器高度契合。选取市面多种云台控制器方案进对比，具体参数见表 1。

根据现场摄像机设备功能需求情况梳理，需对摄像机进行云台上下左右四个方向控制，满足不同角

度的监控需求。特殊环境需对镜头进行变焦、变倍、光圈控制，使现场能够清晰、细致地观察设备状态。另外在光线较弱的环境下，设置补光灯，需新型解码器带远程辅助开关控制功能。针对 DTL 系统接线箱中 HRD-1000 型解码器换型改造，经各项型号设备参数对比选择上海霄岳通信工程有限公司的新型解码器，型号为 SHXYDCD-V12。

Table 1. Parameter table of new decoder

表 1. 新型解码器参数表

	原设备(HRD-1000)	麦德(TAC20P)	威克(MCC-D80)	上海霄岳(SHXYDCD-V12)
通讯方式	RS232 RS485	RS232	RS232 RS485	RS-485
通讯协议	PELCO-P PELCO-D VP	TAC20P SONED70/D100	PELCO-R PELCO-D	PELCO-P PELCO-D
波特率	2400, 4800, 9600	2400, 4800, 9600	2400, 4800, 9600	2400, 4800, 9600
云台控制	上下左右	上下左右	上下左右	上下左右
镜头控制	变焦、变倍、光圈控制	无	无	变焦、变倍、光圈控制
辅助开关功能	2 组	无	无	2 组
电源	24VAC	DC12V	DC12V	DC12V
地址码	0-63	0-63	0-63	0-63
安装方式	控制柜内	集成于摄像机底座	集成于摄像机底座	控制柜内
尺寸	180 × 133 × 40 mm	/	/	180 × 110 × 60 mm

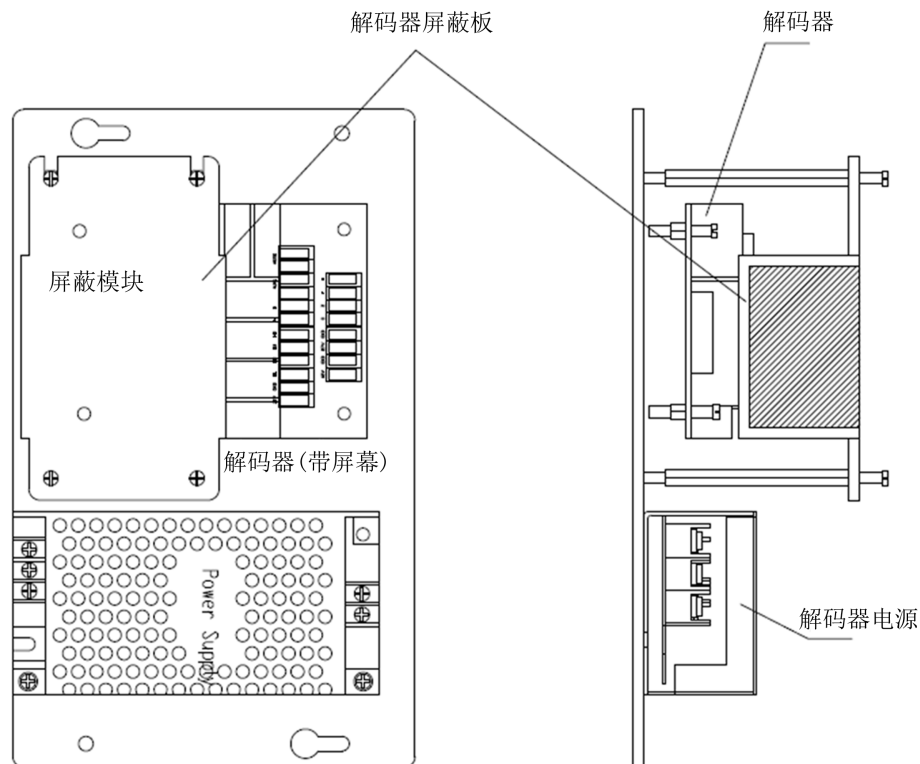


Figure 2. Layout of DTL new decoder equipment

图 2. DTL 新型解码器设备布置图

新型集成解码器 SHXYDCD-V12 兼容性强, 通讯方式沿用原 RS485 通讯, 新解码器波特率及地址开关设置与原解码器一致, 波特率采用 4800 bps, 可以实现直流云台上、下、左、右四个方向控制以及摄像头聚焦、变倍、光圈控制, 并且具备两组辅助开关接口可实现其他功能扩展, 可根据需求加装辐射屏蔽模块, 保护内部电路板, 延长使用寿命[4]。新型解码器设置布置图如图 2 所示。

由于原型号解码器与新型解码器电源供电方式和部分功能接口不同, 需将原 24VAC 供电方式取消, 调整为 DC12V 供电, 为新型解码器配备电源转换模块等辅助设备, 将相关设备集成在一块解码板上, 如图 3 所示, 电源参数见表 2。



Figure 3. Physical drawing of power module

图 3. 电源模块实物图

Table 2. Performance parameters of power module

表 2. 电源模块性能参数

设备性能参数	
型号	XYC20-DC12
输入电压范围	85~264 VAC
输出电压	12 V/1.6 A
电压可调范围	输出电压 $\pm 10\%$
外形尺寸	100*48*30 mm
工作温度	-10°C~60°C
产品特点	国际通用全范围交流输入; 具有过压, 过流及短路保护; 自然风冷设计

新解码器功能与原解码器相一致, 仅供电方式及功能接口有差别, 原解码器为 24 VAC 供电, 新解码器为 220 VAC 供电。新解码器最大功耗为 12 W, 对上游供电无影响。

3.2.1. 常规岛改造方案

常规岛为常规接线箱, 常规摄像机接线箱主要用到解码器的 AC24V 输出、RS485 通讯、辅助照明开关控制等功能。根据不同摄像头应用配置不同的解码器功能。解码器修改方案前后示意图如图 4。

◆ 新型解码器 SHXYDCD-V12 供电方式与原解码器不同, 新型解码器电源由外部 220 V 电源直接供电。新解码器无 24 VAC 输出口, 因此由原解码器变压器提供 24 VAC 至摄像机。

◆ 新型解码器与原解码器均具备辅助开关控制功能, 照明接线箱辅助开关控制修改为由新解码器对应的照明辅助开关端口。

◆ RS485 接线修改为由新解码器对应控制端口控制。

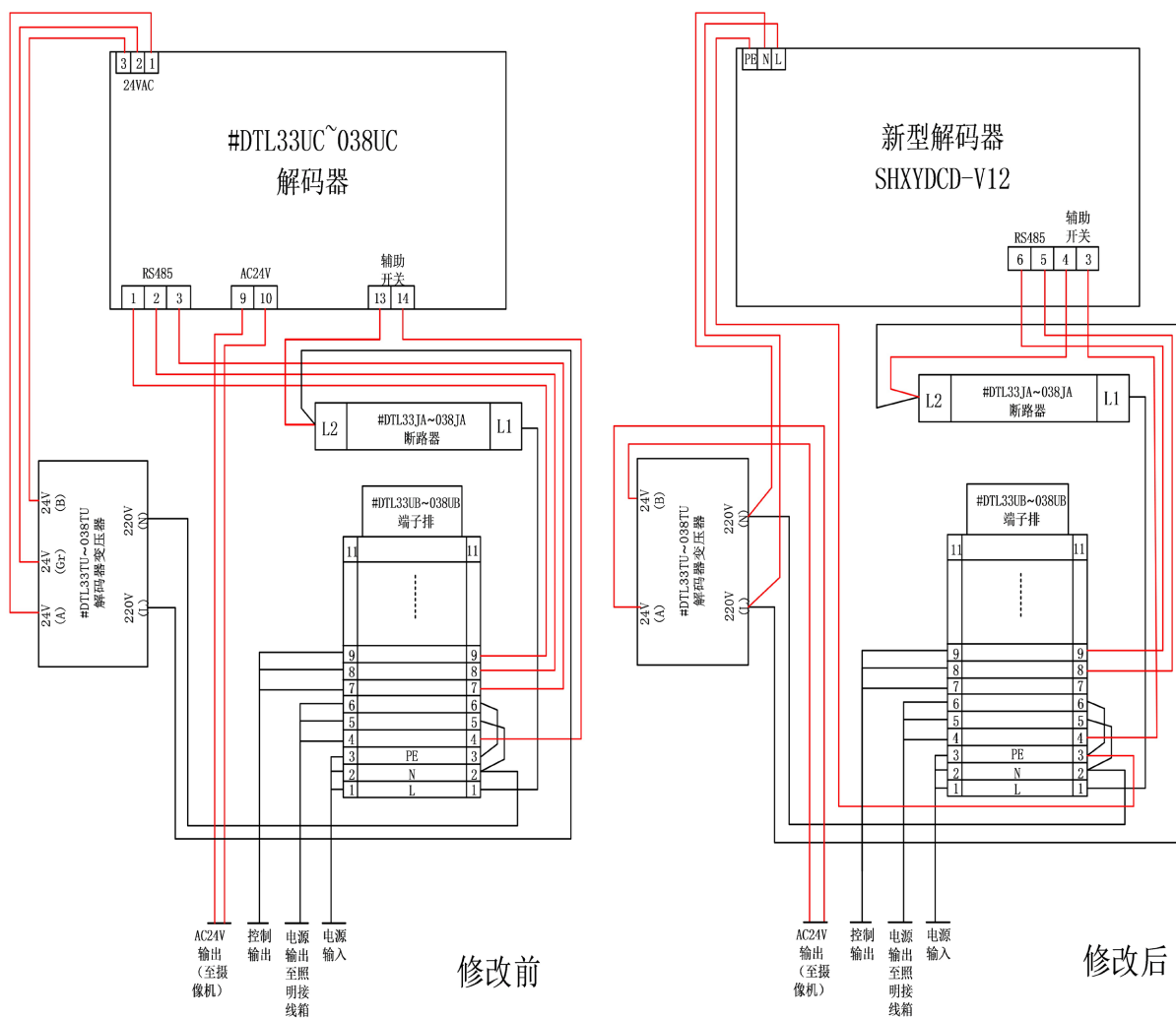


Figure 4. Flow diagram of test bench
图 4. 常规岛改造方案对比图

3.2.2. 核岛改造方案

安装在耐辐照接线箱内的原解码器未进行抗辐射处理，对安装在耐辐照接线箱的 SHXYDCD-V12 型解码器加装屏蔽模块，减少因辐射对设备的影响，对因辐射设备出现故障可用备件实施替换，不影响系统功能。修改方案前后示意图如图 5。

耐辐照接线箱，耐辐照摄像机接线箱主要用到解码器的 24VAC 输出、RS485 通讯、辅助照明开关控制、云台控制、镜头控制功能。

- ◆ 新型解码器 SHXYDCD-V12 供电方式不再由原解码器变压器供电，拆除原解码器变压器。
- ◆ 新型解码器辅助开关可实现原解码器对辅助照明开关的控制。RS485 接线修改为由新解码器对应控制端口控制。
- ◆ 原解码器为交流云台解码器，交流输出信号通过交流继电器控制直流电路的通断，用于控制前端摄像机直流云台，新解码器为直流云台解码器，可直接控制直流云台，拆除交流继电器和其对应接线。
- ◆ 镜头的变倍、聚焦、光圈控制修改为由新解码器对应的镜头控制端子进行控制。

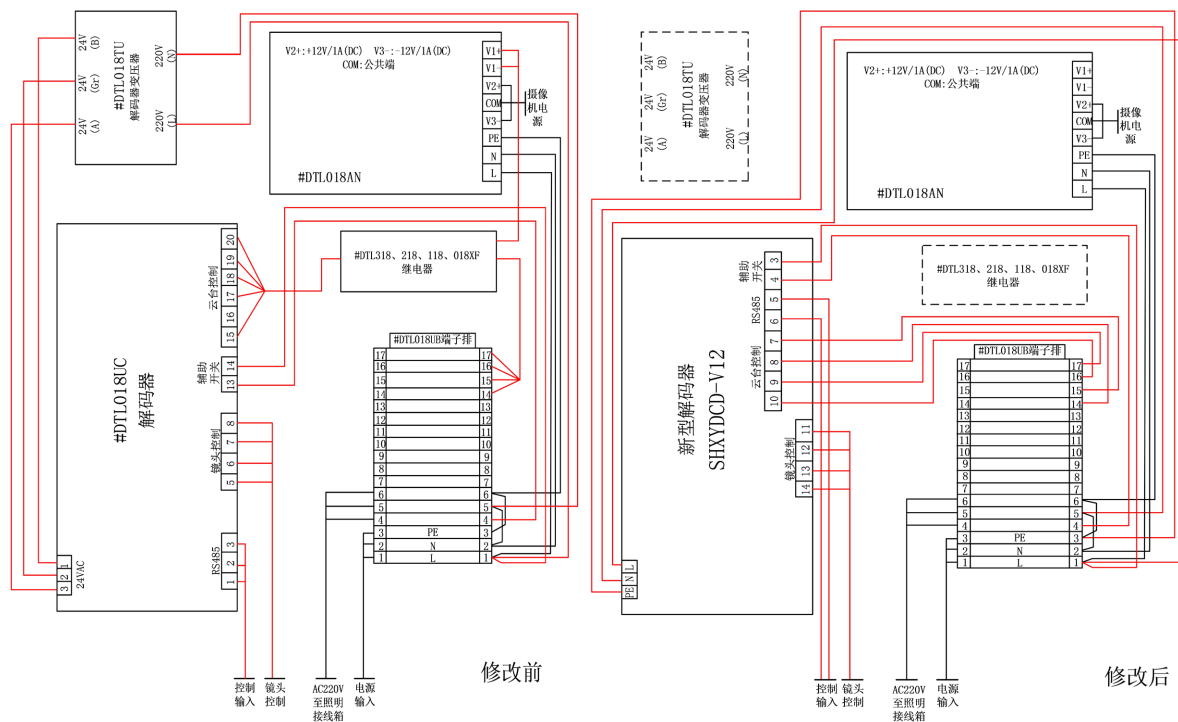


Figure 5. Flow diagram of test bench
图 5. 核岛改造方案对比图

4. 总结

本文讨论了在某核电站 DTL 系统硬件设备老化且市场上已无同款硬件更换时, 解码器重新选型及现场实践, 在不更换摄像头本身的前提下, 通过解码器的硬件优化, 解决了由监控图形模糊带来的对可能发生的火灾状况判断不准确的安全生产问题, 具备一定的经济效益及推广价值。改造优化方案根本原因清晰、解决方案明确, 对其他核电站同类型的设备改造具备一定的参考价值。实施本改进优化后, 可保障反应堆冷却剂泵房区域和 20 米平台区域的火警判断和消防干预, 监视放射性区域的系统工作, 极大方便了运行人员日常火警监控[5]。

参考文献

- [1] 朱冬冬, 戴琼海. H.264 解码器中 CAVLC 码表查找算法的改进[J]. 电视技术, 2004(1): 26-27.
- [2] 鲁磊, 狄振功. 核电厂火灾风险分析及事故应急救援对策[J]. 中国公共安全: 学术版, 2012(2): 49-52.
- [3] 顾文磊. 核电站火灾监测与消防调度系统研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉理工大学, 2016.
- [4] 吴懋绩. 一个调节系统中同时使用 DTL-121A 型调节器与 DFD-09 型电动操作器的配合[J]. 四川电力技术, 1993, 16(3): 47-47.
- [5] 广东核电培训中心. 900 MW 压水堆核电站系统与设备[M]. 北京: 中国原子能出版社, 2007.