

CNIC-00455

XNIF-0002

CN9200581

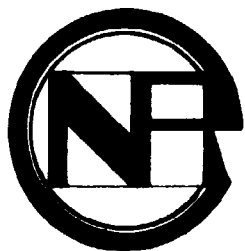
中国核科技报告

CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT

核电厂辐射监测仪表系统

RADIATION MONITOR SYSTEM FOR
NUCLEAR POWER PLANTS

(In Chinese)



原子能出版社

中国核情报中心

China Nuclear Information Centre

CNIC-00455

XNIF-0002

核电厂辐射监测仪表系统

武秉哲 郭树生

(西安核仪器厂)

摘 要

该系统有 8 种监测仪和 2 种微计算机。系统的信息由两级微计算机进行数据处理,存储、打印制表、CRT 彩色屏幕显示。此系统具有放射性超限警告报警、超限事故报警及低值失效报警,即三级报警功能。微机具有判别功能,可以抗误操作,故此系统属于智能化系统。系统特点是运行稳定、可靠,量程范围极宽(多探头自动切换),抗地震,抗干扰,阻燃能达到 IEC-761-1 的标准。系统中大部分仪表(按技术要求)和一级微计算机是属于核安全三级仪表。此外还重点研制了氙-133 监测仪,碘-131 监测仪,低放水监测仪,强辐射电离室监测仪。本系统可以满足核电厂运行要求。

RADIATION MONITOR SYSTEM FOR NUCLEAR POWER PLANTS

(In Chinese)

**Wu Bingzhe Guo Shusheng
(XIAN NUCLEAR INSTRUMENT FACTORY)**

ABSTRACT

The system has 8 kinds of radiation monitors and 2 stage microcomputers designed for processing the data from each monitor, storing the information, printout and display on the colour CRT. The function of the system includes high-value alarm, warn alarm and failure alarm, it is called "three-level alarms". Two functions of alarms are the threshold alarm and the tendency alarm, so that this system is a intelligency system. This system has high reliability and very wide range when LOCA accident takes place. It is aseismic, and immune to industrial interference. The system can meet IEC-761-1 standard and is of nuclear safety 3th class. Also the following monitors were designed: ^{133}Xe monitor, ^{131}I monitor, low-level liquid monitor and high radiation γ area monitor. The system can meet the requirements of nuclear power plants.

引 言

核电厂辐射监测仪表系统的任务是监测核电厂各道放射性屏障运行是否正常,一旦出現核泄漏,要能及时报警、及时处理,防止放射性物质扩散。为了保证核电厂的安全运行,对其辐射监测仪表的要求很严格,如要有极宽的量程,要监测氙-133放射性惰性气体,具有多级报警功能,对数据进行存储,系统具有智能化功能等。西安核仪器厂研制了核电厂用的辐射监测仪表系统。它包括8种监测仪,两级微计算机和软件系统。

1 系统中使用的几种监测仪和两种微计算机

为了组成监测仪表系统共计研制了下列8种监测仪:

- (1)低放惰性气体 β 监测仪,代号GB;
- (2)低放惰性气体 γ 监测仪,代号GL;
- (3)中放惰性气体 γ 监测仪,代号GM;
- (4)区域 γ 电离室监测仪,代号Ar(电);
- (5)低放水连续监测仪,代号W;
- (6)碘-131监测仪,代号I;
- (7)核燃料元件包壳总破损监测仪,代号F;
- (8)区域 γ 计数管监测仪,代号Ar(计)。

研制了下列两种微计算机,以便将以上仪表组成计算机系统。

- (1)728一级微计算机,包括接口、成套软件如通讯接口、通讯软件,简称一级机;
- (2)728二级管理机,包括接口、专用通讯软件和系统软件,简称二级机。

系统的硬件和软件都考虑了标准化,模块化,可以根据需要任意组成新的系统。

1.1 核燃料元件包壳总破损监测仪

核燃料元件包壳一旦破损,将有大量放射性物质进入一回路水中,使一回路水中的 γ 放射性活度升高。图1为我们研制的燃料元件包壳总破损监测仪框图。

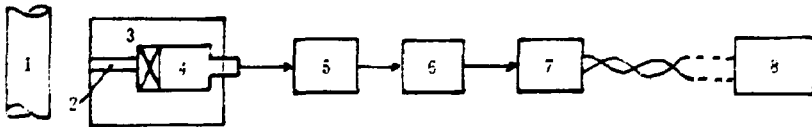


图1 核燃料元件包壳总破损监测仪框图

1—水管;2—准直器;3—铅屏蔽;4—探头;5—放大器;6—稳峰器;7—单道分析器;8—微机。

此监测仪由NaI晶体和光电倍增管组成的探头,将一回路水中的高能 γ 射线转换成电脉冲信号,经放大电路,稳峰器电路,单道分析器电路处理后送到一级机。这种监测仪环境条件恶劣,环境温度高,温度变化大,周围放射性本底高,为此要采用如下技术措施克服上述困

准。

(1)采用铅屏蔽,准直孔来降低本底。

(2)采用钷-239源作为稳峰源,提高仪表的稳定性,减少温漂和电子电路漂移引起的误差。

监测仪主要技术指标:

(1)测量范围为 $2.7 \times 10^{-3} \sim 2.7 \times 10^{-2} \text{cpm}/(\text{Bq} \cdot \text{L}^{-1})$ 。由于测量上限比较高,所以在计数率高的情况下,仪器仍能正常工作。

(2) γ 射线能量为 1.5~2.5MeV。

(3)500 小时长稳试验,指示值最大偏差 0.34%。

(4)高温试验:探头温度 45℃,测量装置温度 40℃,指示值最大偏差 0.5%。

(5)低温试验:仪器在 0℃条件下,指示值最大偏差为 0.4%。

(6)抗地震要求:在 7 级地震时,仪器仍能正常工作。

1.2 低放水连续监测仪

当蒸汽发生器管道破裂时,一回路水将泄漏到二回路水中,使蒸汽含有放射性,这样就污染了汽轮机和发电机。本监测仪用以监测是否发生泄漏。其框图如图 2 所示。

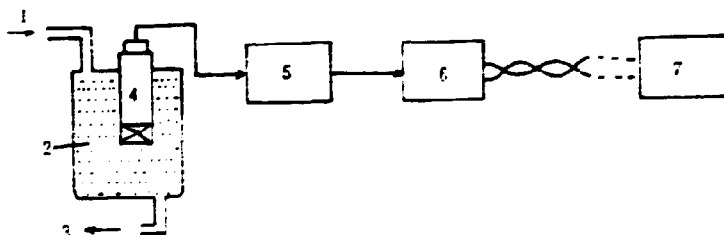


图 2 低放水连续监测仪框图

1——进水管,2——水罐,3——出水口,4——探头,5——放大器,6——单道分析器,7——微机。

由蒸发器来的二回路水引进测量水罐,探头由 NaI 晶体和光电倍增管组成。它将水中的 γ 射线性转换成电脉冲信号,经过放大电路和单道电路,然后送到微机进行处理。本监测仪的特点是灵敏度高,一旦发生泄漏应能准确地报警。因此探头采用了大面积($\phi 75$)NaI 晶体和大面积($\phi 75$)光电倍增管,以提高探测灵敏度。

主要技术指标:

(1)测量范围为 $1.85 \sim 7.4 \times 10^4 \text{Bq}/\text{L}$ 。

(2)500 小时长稳试验,指示值最大偏差为 1.46%。

(3)高温试验,指示值最大偏差小于 0.99%。

(4)低温试验,指示值最大偏差小于 6.40%。

(5) γ 射线能量大于 0.1MeV。

现在已有同类型仪表在其它反应堆运行多年的经验,当出现泄漏事故时,仪器能准确、及时地报警,由此可以推断,这种仪器可以满足核电厂运行监测的要求。

1.3 区域 γ 电离室监测仪

当反应堆出现失水事故和管道破裂时,有大量蒸汽外漏,使安全壳内的放射性和空气压力都急剧地上升。这时区域 γ 电离室监测仪和温度、压力监测仪都应给出报警信号,指示运行人员进行喷淋,降低安全壳内的压力,保护安全壳,防止泄漏事故。区域 γ 电离室监测仪框图如图3所示。

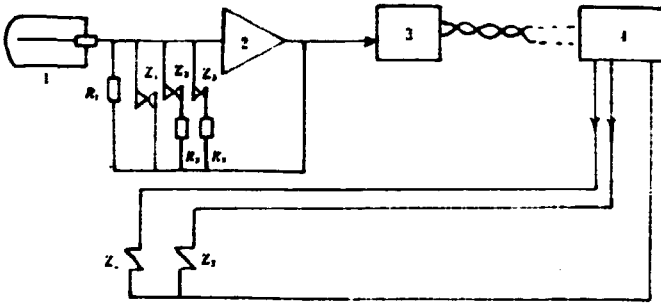


图3 区域 γ 电离室监测仪框图

1——电离室,2——运放,3——V/f变换,4——微机。

当 γ 射线射到电离室内时将引起电离,电离电荷被收集到电极上,形成 $10^{-14}\sim 10^{-7}$ A弱电流,弱电流在高阻 R_1 处形成信号电压。此信号电压经过运放,V/f变换后,将脉冲信号透到微机处理,同时微机通过继电器 Z_1, Z_2 切换高阻 R_2, R_3 来改变量程。这种改变量程方法的优点是:(1)量程宽,本监测仪可以跨6个数量级;(2)每段量程都是线性测量,所以精度高,比对数放大器误差小。

此法与法国梅兰日兰公司M-4分公司的中子监测仪方案相同,所以本监测仪技术,可为我国自己研制新型电子计算机的中子监测仪提供技术储备。

监测仪的技术特点:

- (1)电离室是属于弱电流测量,要求极高的绝缘电阻,高达 $10^{16}\Omega$ 。
- (2)继电器闭合时,触点的压电效应对信号产生干扰,需恰当处理才能使系统稳定运行。

监测仪的主要技术指标:

- (1)监测范围: $10^{-3}\sim 10^2\text{Gy/h}$,
 $3\times 10^{-4}\sim 1.0\text{Gy/h}$ 。
- (2)能量响应:80keV \sim 3MeV,内指示值变化小于25%。
- (3)耐辐照试验:对高量程监测仪经 10^5Gy 辐照后,仪器能正常工作。
- (4)量程自动切换正常。

1.4 氙-133 监测仪

反应堆在正常运行时,会产生氙-133 放射性惰性气体,需要对其浓度进行监测。当发生压力容器泄漏事故时,将大量排出氙-133 放射性气体,而且放射性浓度很高,所以要求监测仪有较高的灵敏度和较宽的量程。氙-133 监测仪包括三种仪器:低放惰性气体 β 监测仪,低放惰性气体 γ 监测仪和中放惰性气体 γ 监测仪。低放惰性气体 β 监测仪框图如图 4 所示。

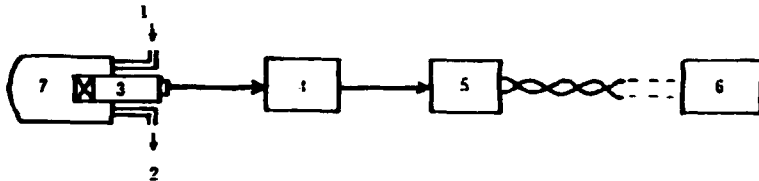


图 4 氙-133 低放惰性气体 β 监测仪

1——进气口;2——出气口;3——探头;4——放大器;5——单道分析器;6——微机;7——气罐。

当惰性气体氙-133 由进气口进入气罐之后,由塑料闪烁体与光电倍增管组成的探头测量 β 放射性,其脉冲信号经放大器和单道分析器送到微机进行处理。由于采用新型先进的塑料闪烁体,所以监测仪的灵敏度已达到国际同类仪器的指标。由于氙-133 气体还有 γ 放射性,所以也研制了氙-133 低放惰性气体 γ 监测仪和中放惰性气体 γ 监测仪。

氙-133 低放惰性气体 β 监测仪的主要技术指标:

- (1)最低可探测浓度为 10.1Bq/L。
- (2)指示值准确度为 2.9%。
- (3)取样气体容器,正压 $3\text{kg}/\text{cm}^2$ 和 -700mmHg 试验时不漏气。

1.5 碘-131 监测仪

核电站运行时会产生碘-131 放射性气体,在正常情况下,排放到大气中是很少的。当发生泄漏事故时,会有大量碘-131 气体排放到周围环境中。碘-131 监测仪框图如图 5 所示。

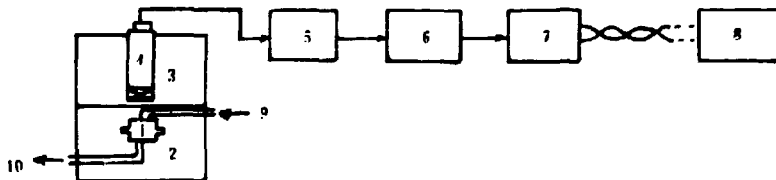


图 5 碘-131 监测仪框图

1——活性炭过滤盒;2——下箱屏蔽室;3——上箱屏蔽室;4——探头;5——放大器;6——总释器;7——单道分析器;8——微机;9——进气口;10——出气口。

碘-131 气体经过活性炭过滤盒时被活性炭吸附,由 NaI 晶体和光电倍增管组成的探头

对活性炭上的碘-131的 γ 放射性进行测量,产生的脉冲信号经过放大电路和单道分析器电路送到微型计算机进行处理,稳峰器是用来调整放大器的放大倍数和高压的漂移,使碘-131的光电峰稳定地落在待测的道宽内,这样可以准确地测量碘-131的浓度值。

仪器完成的主要技术指标:

- (1)仪器灵敏度好于 1.3cpm/Bq 。
- (2)仪器本底小于 65cpm 。
- (3)监测能量: 365keV 。
- (4)500小时长稳:指示值变化小于 1.94% 。
- (5)仪器在高温、低温、潮湿试验中,指示值变化小于 2.3% 。
- (6)抗地震:7级地震条件下指示值变化小于 6.1% 。

1.6 多探头自动切换的成组仪表(测量量程宽)

在核电厂正常运行时,气态排出流的放射性活度较低,核电厂发生事故,则气态排出流中的放射性活度急剧上升。美国三里岛事故之后,要求监测仪能跨 $10\sim 12$ 个数量级。在核电厂的烟囱排出口、汽轮机冷凝器排气口两处均应设置变量程仪表(可以跨 10 个数量级)。这就是多探头自动切换的成组仪表,它可以监测烟囱的放射性物质总排放量 and 主蒸汽发生器的运行情况。监测仪框图如图6所示。

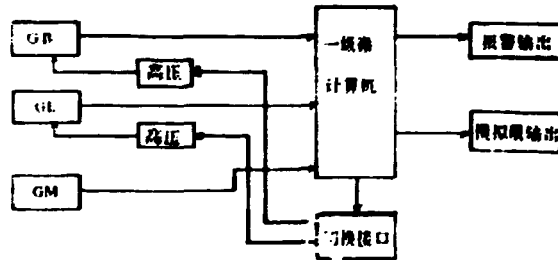


图6 监测仪自动切换示意图

- GB——低放射性气体 β 监测仪;
 GL——低放射性气体 γ 监测仪;
 GM——中放射性气体 γ 监测仪。

对成组仪表的功能要求。

- (1)正常情况,以GB为主进行监测。
- (2)事故情况,GB达到最高限值左右时,计算机自动记录GL值,此值为CL,同时转向GL进行监测。
- (3)放射性浓度若继续上升,此时GB已经过载,当放射性浓度值大于5倍CL值时,应自动切断GB高压,停止GB工作,防止损坏仪器。
- (4)当放射性浓度上升到GL的最高限值左右时,计算机自动记录GM值,此值即为CM

值,而后转向 GM 进行监测。

(5)放射性浓度继续上升, GL 已经过载,故当放射性浓度值大于 5 倍 CM 值时,自动切断 GL 高压,停止 GL 工作。

(6)当放射性浓度值下降时,下降到 3 倍 CM 值,应能自动恢复 GL 高压,使 GL 工作。若放射性浓度值继续下降到 3 倍 CL 值时,应能自动恢复 GB 高压,GB 工作,系统恢复到正常工作状态。

1.7 一级微计算机

本系统采用 Z-80 组件作为 CPU,内存容量 EPROM 16K, RAM 4K, 共计 20K, 并设有多种功能接口。考虑到标准化的要求,一级机采用 NIM 插件。

所有监测仪的信号,送入微机中进行计算和处理后,可得到相应的放射性活度值,而后进行比较报警和智能判断等工作。

1.8 二级机

第二级微计算机(简称二级机)是由 IBM-XT 微计算机和专用接口组成,负责数据存贮、打印制表、CRT 彩色屏幕显示。

二级机完成的功能:

- 打印或显示历史值

M——打印(或显示)1 分钟值

N——打印(或显示)10 分钟值

H——打印(或显示)1 小时值

D——打印(或显示)1 天值

- 报警记录的显示或打印

主系统中把一级机分成 4 个组,分组显示或打印。

(1)显示(或打印)分,报警记录情况;

(2)显示(或打印)小时,报警记录情况;

(3)显示(或打印)日,报警记录情况。

• 各一级机工作参数,分为区域 γ 监测仪各台一级机工作参数和非区域 γ 监测仪工作参数两种。

- 多点监测的打印

- 总排出量的显示和打印

- 源检状态的显示或打印

2 系统组成和功能

2.1 系统组成说明

系统共有 8 种监测仪,小计 91 台支,一级微型计算机 18 台,二级微型计算机 2 台, 2.2m 机柜 9 个,就地机柜 12 个,由以上设备组成全部系统。各种监测仪的分类见以前的说明,其 1A~2I 为一级机编号。

2.2 系统要求的主要功能

(1) 对各个监测点进行放射性活度值监测,由监测仪将放射性强度转换成电信号,以脉冲的方式送入一级机,每台一级机带1个(或8个)监测仪(或计数管)。

在计算机中按计算公式计算出活度值,并进行显示。

(2) 三级报警:按计算出的实测活度值进行高值报警,警告报警,低值失效报警。

(3) 电检:每台监测仪都有电检脉冲输入端,可用电检仪(脉冲发生器)送入脉冲输入端,而后调整脉冲数,一级机应能发出各种报警信号,从而可以随时检验系统报警功能是否正常。

(4) 源检:除计数管,高量程电离室以外的其它监测仪都有源检装置,由计算机控制将源检装置内的源送入监测仪,为此可以检查监测仪运行是否正常。

(5) 标定:监测仪均设计有固定的几何位置,可以送入标定源,定期地标定监测仪。

(6) 多探头自动切换:见前面的介绍。

(7) 失效报警分类:在以下情况出现时,都要有失效报警输出。

- a) 监测仪断电
- b) 监测仪计数小于本底值
- c) 碘-131 换样不到位
- d) 一级机掉电
- e) 一级机自检不能正常通过

(8) 多点功能:惰性气体B监测仪可以用一台监测仪从不同的采样点取样,这样就可以进行多点监测,多点可监测10~12点,但在多点监测中分主点和非主点两类,主点号可以人为设定,也可以随意修改,当测主点时,其功能和常规通道相同,非主点时仅记录点号,所测数据不参加存储与平均值计算,只保存所测点号,并显示和打印。

当采样为0个或2个及多于2个点时,则出现失效标志。

(9) 模出:系统用科学表达式表示数据,表达式如下:

$$A \times 10^B$$

其中 A——系数,范围由1.00至9.99;

B——指数,范围由-5至+1.1。

若数据大于 $10^{+1.1}$ 时,恒定输出值为 $9.99 \times 10^{+1.1}$;若数据小于 10^{-5} 时,则按 10^{-5} 恒定值输出。

输出时采用两个D/A转换器A和B,其中A输出系数,B输出指数,A,B两个D/A转换器输出的电压值按下式计算:

$$V_A = \frac{A}{2} \text{ V}$$

$$V_B = \frac{B+b}{3.4} \text{ V}$$

(10) 贮存功能:各监测仪(计数管另有规定)贮存1分钟活度值30个,10分钟平均值24个,1小时平均值24个,一天平均值31个。

2.3 系统功能分布要求

- a) 具有多点测量功能的仪表见表 1。
- b) 具有排放总量测量的仪表,见表 2。
- c) 具有成组仪表特性的仪表,见表 3。

以上各项数据处理和计算功能均已经由软件功能去实现。

2.4 核安全三级要求

系统中的以下仪表和计算机为核安全三级要求:

- a) 惰性气体 B 监测仪
- b) 低放惰性气体 γ 监测仪
- c) 中放惰性气体 γ 监测仪
- d) 碘-131 监测仪
- e) 核燃料元件包壳总破损监测仪
- f) 区域 γ (电离室)监测仪
- g) 一级微型计算机

核安全三级仪器必须符合以下要求:

- a) 元件需按规定条件进行老化、筛选,或是选用有质量保证的军二级,或者 I 等产品
- b) 仪器应使用阻燃导线
- c) 抗地震要求:仪器在防震台上,在相当于烈性地震的条件下,仪器不发生误报警,地震后仪器能立即自动恢复正常工作。

2.1~2.4 各项工作均已全部完成。

3 关键技术

关键技术包括:弱电流测量和量程切换,抗干扰,系统软件,多机系统和监测仪稳定性,现分别说明如下:

3.1 弱电流测量和量程切换

技术的关键点:因为区域 γ 电离室监测是属于弱电流信号监测,信号电流仅为 $10^{-11} \sim 10^{-7} \text{A}$,所以当量程切换时,继电器触点闭合的压电电荷就可以干扰电离室的正常监测信号,导致监测系统不能稳定工作。解决办法是采用计算机软件处理措施。

利用软件智能判断,绕过切换时压电电荷的干扰,实际检验效果良好,这部分软件所需常数见表 1。

表 1 区域 γ 电离室软件常数表

	Δ	高 量 程	低 量 程
低档上限	0A	$5.90 \times 10^5 \text{cpm}(9833\text{cps})$ 14.4B.05.6E(计算机码)	5.88×10^5 14.47.C6.E8
高 报	0E	$6.96 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ 0A.56.FF.EC	$6.96 \times 10^2 \mu\text{Gy/h}$ 0A.56.FF.EC
警 告	12	$5.22 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ 0A.41.3F.F8	$5.22 \times 10^2 \mu\text{Gy/h}$ 0A.41.3F.F8
失 效	16	$2.9 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ 09.48.7F.F6	1.63×10^1 05.41.33.2E
高档系数	22	$4.83 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ 09.78.BF.E0	0 00.00.00.00
高档下限	26	$4.5 \times 10^7 \text{cpm}(75\text{cps})$ 1A.55.d4.94	$4.81 \times 10^7 \text{cpm}$ 1A.5B.BE.3C
中档系数	31	4.83×10^0 03.4d.49.9C	1.63×10^{-1} FE.53.74.B8
中档下限	35	$4.5 \times 10^5 \text{cpm}(75\text{cps})$ 13.5d.de.FC	$4.81 \times 10^5 \text{cpm}$ 13.75.6E.64
中档上限	39	$5.9 \times 10^7 \text{cpm}(9833\text{cps})$ 1A.70.88.78	$5.88 \times 10^7 \text{cpm}$ 1A.70.26.C8
低档系数	3d	4.83×10^{-2} FC.62.EB.04	1.63×10^{-3} F7.6A.d2.d8

倍乘系数 SQ04 0E.4E.20.00, 10^4 高档

倍乘系数 SQ02 07.64.10.00 10^2 中档

3.2 抗干扰

对工业应用现场主要干扰有电网电源侵入的干扰和地电流的共模干扰,其中抗共模干扰时,系统采用的措施如下:

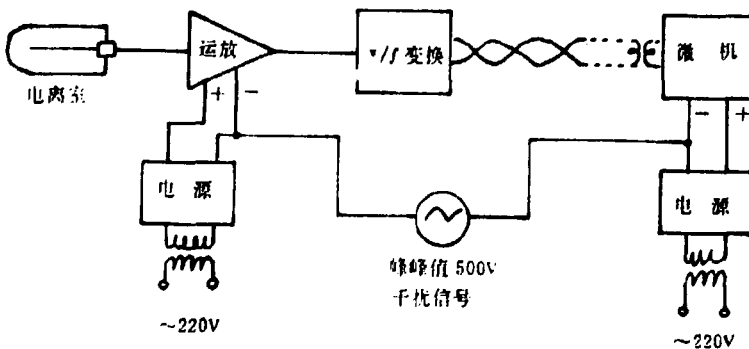


图 7 电离室抗干扰连接框图

3.2.1 浮空

即信号零线对机壳进行绝缘处理,与法国 MGP 公司对比如下:

法国 MGP

西安核仪器厂

浮空绝缘电阻

$10^8 \Omega$

$2 \times 10^8 \sim 7 \times 10^8 \Omega$

此浮空指标略优于法国的。

3.2.2 脉冲隔离变压器

采取此项技术之后,从理论上推算,当峰峰值 500V 干扰的情况下,在电离室探头中产生的干扰值可以控制在 μV 级的水平,因此不会再干扰电离室的正常工作。

实际测试,在强干扰的情况下对电离室的干扰贡献,折合在 V/f 变换器的输入端远小于 1mV ,已达到 μV 级,丝毫不干扰电离室的正常测试值,效果良好。

因为电离室是最弱的系统,一旦电离室具有抗干扰能力,采用此抗干扰技术后,其它 6 种监测仪将不会再出现问题,实际在鉴定会的测试中证明,监测仪和计算机系统抗干扰试验都全部合格。

以上抗干扰设计符合美国 RDTCl-IT 标准。

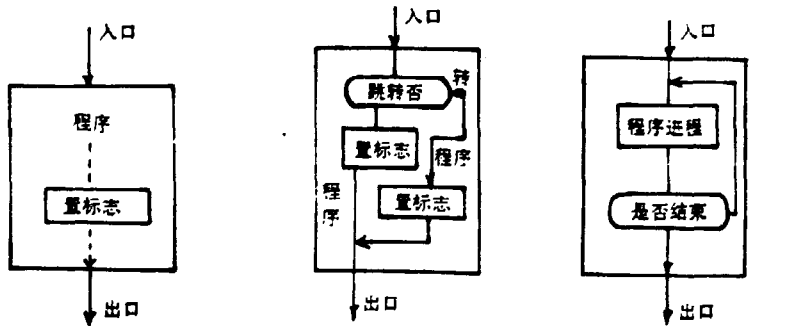
3.3 系统软件

由于采用微机系统之后,监测仪电子电路大为简化,省去故障比较多的定标器电路和率表电路、报警比较电路,为此提高了监测仪和系统的可靠性,但整个系统是否可靠的另一个关键问题是要求软件系统运行可靠。

为了提高软件的可靠性,防止死锁,采取技术措施如下。

3.3.1 采用结构化编程技术

这是最新的编程要求,共计有三种编程模式。



要求单一入口,单一出口;

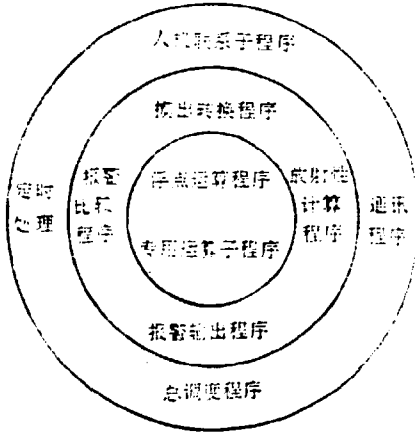
要求按跳转条件进行跳转,并置不同的工作标志;

按条件进入循环或退出循环。

图 8 编程模式

要求所有软件设计人员,按统一格式编程,而后进行程序之间的联调。

3.3.2 层次结构如下图



各层次之间,外层可调用内层的子程序,内层不可调用外层的子程序,同层之中一般不相互套用,调用子程序之后立即退出释放资源,不做进程重入处理,防止死锁。

图9 层次结构

3.3.3 效果

经过长期运行,未发生死锁故障,效果良好。

项 目	指 标
按技术协议书要求指标	系统运行 500 小时
参加运行程序量	336K
实际运行时间	570 小时后人工停机
英国 GEC 公司计算机系统运行考核	400 小时

西安核仪器厂系统考核指标高于英国 GEC 公司。

3.4 微机多机系统

辐射仪表监测系统一级机是使用抗地震的核安全三级专用计算机,而且又要组成专用的多机系统,所以采用的通讯系统就成了组成系统的技术基础。

3.4.1 通讯系统按以下系统组成

按以前的要求流程完成接口和软件系统设计,形成完整的通讯系统,以此为组成多机系统提供了技术基础。

由 18 台一级微型计算机和二级机组成多微机的计算机网络,完成了辐射监测,多级报警,数据存储、打印制表、图象显示等功能。

3.5 监测仪的稳定性

要使监测仪的稳定性良好,关键是提高高压电源的稳定性。这样可使光电倍增管的放大

倍数稳定,也就使仪表系统稳定,我们对高压电源进行了改进,使高压电源稳定性指标由万分之几提高到10万分之几,故500小时长期运行考核中,系统稳定性效果良好。

4 当前国内外同类技术比较

4.1 国内情况

国内以前仅使用一般的核监测仪器,仅能做事故报警一项功能。本系统是属于智能化监测仪表系统,不仅可以做事故报警,同时还可以智能判断事故,并预报警,判断趋势报警,判断仪器本身是否处于正常运行状态。由于以上功能,本系统属于国内首创的智能化仪器系统。

4.2 与国外同类技术比较

表2 监测仪部分

	法国普鲁旺斯公司主要技术指标	西安核仪器厂技术指标
区域 γ 电离室监测仪	高量程可探测范围 $10^{-3}\text{Gy/h}\sim 10^{-2}\text{Gy/h}$ 低量程可探测范围 $10^{-4}\text{Gy/h}\sim 10^0\text{Gy/h}$	$10^{-3}\text{Gy/h}\sim 10^{-2}\text{Gy/h}$ $3\times 10^{-4}\text{Gy/h}\sim 10^0\text{Gy/h}$
低放水监测仪	可探测范围 $3.7\times 10^4\text{Bq/m}^3\sim 3.7\times 10^8\text{Bq/m}^3$ 能量响应 $80\text{keV}\sim 3\text{MeV}$	$1.85\times 10^4\text{Bq/m}^3\sim 1.85\times 10^8\text{Bq/m}^3$ $>100\text{keV}$
放射性气体监测仪	可探测范围 $3.7\times 10^4\text{Bq/m}^3\sim 5.55\times 10^{10}\text{Bq/m}^3$ 能量响应 $5\text{keV}\sim 3\text{MeV}$	$1.11\times 10^4\text{Bq/m}^3\sim 1.85\times 10^8\text{Bq/m}^3$ $80\text{keV}\sim 3\text{MeV}$
核燃料元件包壳总破损监测仪	未收集到法国资料	灵敏度 $1\times 10^3\sim 1\times 10^8$ $\text{cpm}/(\text{Ci}\cdot \text{L}^{-1})$ 监测一回路水中 $1.5\sim 2.5\text{MeV}$
碘-131监测仪	监测碘能量 365keV 探测效率 $>2\%$ 本底 60cpm	监测碘能量为 365keV 探测效率 $>2\%$ 本底 65cpm
微计算机	CPU 6800 • 二级超限报警 • 失效报警 • 模出 • 带一个探头	CPU Z-80 • 二级超限报警 • 二级趋势报警 • 失效报警 • 模出 • 带4个探头

法国普鲁旺斯公司是法国核电厂辐射监测系统主要生产厂商,其产品已装备了法国20多个核电站。由上表可知,西安核仪器厂仪器技术指标与法国相当,其技术指标完全满足核电厂的监测需要,而且微计算机的功能略高于法国。

注:法国普鲁旺斯公司也称米兰日兰普鲁旺斯公司,简称MGP。

4.3 微机功能对比

表 3 微机功能对比

法 国	西安核仪器厂
(1)CPU 型号 6800	CPU 型号 Z-80
(2)盒式结构,并带有 12 个输入操作命令键盘	(2)盒式结构带有 20 个输入操作命令键盘
(3)事故超限预警,事故超限报警、失效报警	(3)事故超限预警,事故超限报警,事故趋势报警,事故趋势报警,失效报警
(4)在地震条件下,运行可能不正常,可能会发生误报警。地震后恢复正常	(4)在地震条件下,运行一定正常,不会发生误报警

由上表对比,可以看出西安核仪器厂的微机功能和性能高于法国。

大亚湾核电站采用的核辐射监测仪表系统是法国的系统,其功能低于我国指标。

5 尚需解决的问题

我国辐射监测仪表系统尚需开展以下几个方面的工作,现建议如下:

(1)事故后耐高温,耐辐射区域 γ 高量程电离室监测仪;

(2)事故后惰性气体监测仪(法国是采用耐高温、高压的高温量程的电离室方案,这种方案运行可靠);

(3)微尘监测仪;

(4)氮-16 监测仪,用于监测主蒸汽管道的蒸汽中氮-16 的活度值,可以判断主蒸汽发生器中一、二回路水之间是否出现泄漏事故,德国、法国均采用氮-16 监测方案。

6 结论

(1)本系统的组成共计 8 种监测仪共 94 台、支,两种微计算机 20 台。

(2)现完成研制的监测仪如核燃料元件包壳总破损监测仪,低放水监测仪,碘-131 监测仪,低放惰性气体 β 监测仪等,可以监测燃料元件破损,主蒸发器一、二回路水之间泄漏,压力容器泄漏等情况,以上仪表均为核安全三级,可以满足核电站运行的需要。

(3)系统由一级机,二级机两级管理,一级机负责放射性活度值计算,三级报警,执行电检、源检、标定、冲洗等功能,并向中央计算机传送参数。一级机运行稳定、可靠、速度快,进行实时处理。二级机负责数据存储、报警记录、各种状态的记录、打印制表,以及彩色 CRT 屏幕显示,微机具有判断功能,具有抗误操作能力,是属于智能系统。

(4)系统具有浮空、屏蔽、隔离、脉冲变压器隔离、抗地震、阻燃等特点,故系统具有良好的抗干扰能力。

(5)系统方案合理,系统设计主要立足于国内情况,大量采用国产电子元器件(仅个别几项大规模集成电路进口)。另外大力简化监测仪电路,采用微机软件和接口电路,代替故障比较多的监测仪电路,如定标器,率表电路和报警比较电路等,因而使得全系统运行稳定可靠,由全系统 168 小时长稳试验推算,各种监测仪和微计算机单台的无故障间隔时间可达到一万小时以上。

核电厂辐射监测仪表系统

原子能出版社出版

(北京 2108 信箱)

原子能出版社激光照排中心排版
北京市海淀区三环快速印刷厂印刷



开本 787×1092 1/16 ·印张 1·字数 15 千字
1990 年 12 月北京第一版·1990 年 12 月北京第一次印刷

ISBN 7-5022-0413-X
TL·201

CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT

ISBN 7-5022-0413-X
TL • 201

P.O.Box 2103
Beijing, China

China Nuclear Information Centre