



CN9701120

CNIC-01120

SINRE-0072

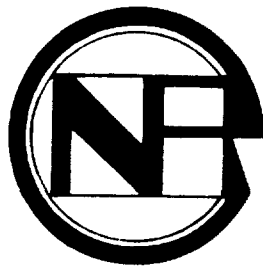
中国核科技报告

CHINA NUCLEAR SCIENCE AND TECHNOLOGY REPORT

临界装置仪控系统的更新设计与调试

A MODIFICATION DESIGN AND ADJUSTING
TEST FOR INSTRUMENTS AND CONTROL
SYSTEM OF CRITICAL ASSEMBLY

(In Chinese)



中国核情报中心
原子能出版社

China Nuclear Information Centre
Atomic Energy Press

VOL. 14 No. 14



吴满容：中国核动力研究设计院工程师，1976年毕业于中南矿冶学院。

WU Manrong: Engineer of Nuclear Power Institute of China. Graduated from the Central-South Institute of mining and Metallurgy in 1976.

CNIC-01120

SINRE-0072

临界装置仪控系统的更新设计与调试

吴满容 李光建

(中国核动力研究设计院, 成都)

摘 要

由于采用了集成度高,抗干扰能力强,触发动作阈值高的CMOS组件,使高通量工程试验堆临界装置仪表与控制保护系统有更高的安全性和可靠性。在控制棒驱动线路的设计中,应用了速度负反馈原理,使传动机构电动机转速更加平稳,棒速调整更加灵活。为了进一步保证堆的安全,增设了新的控制线路使在事故情况下,不但带电磁铁的控制棒会快速落棒,其它的控制棒也会以比正常下降快2~6倍的棒速向下插棒。介绍了调试的关键技术和新的抗干扰措施。经过为(4×4-4)核电站燃料元件物理实验而进行的40多次运行,证明该系统的设计、调试是成功和可以借鉴的。

A Modification Design and Adjusting Test for Instruments and Control System of Critical Assembly *(In Chinese)*

WU Manrong LI Guangjian
(Nuclear Power Institute of China, Chengdu)

ABSTRACT

A more reliable and safer control system and its instruments for HFETRC (high flux engineering test reactor) have been built. In the system high performance CMOS unit was used, which has high integration, strong anti-interference and high trigger threshold. In the design of control rod driving circuit, the speed negative feedback principle was applied that results in more stable rotating rate of motors of transmission mechanism and more flexibility of adjusting rod speed. In order to improve reactor safety in accident, additional control circuit is equipped, by which not only control rods with electromagnet will rapidly drop but also other control rods will insert at the speed of 2~6 times faster than the normal inserting speed. The key technique in the adjustment and new method of anti-interference are also introduced. After more than 40 times physical experiments with (4×4—4) fuel element in HFETRC, it is proved that the design and adjustment of the system is success and they can be used as a reference to others.

前 言

高通量工程试验堆临界装置 (HFETRC) 仪控与安全驱动系统主要用于高通量工程试验堆堆芯 1:1 物理模拟实验、校核大堆理论计算和提供有关安全运行辐照试验需要的参数。

HFETRC 还可用于燃料元件储存架及乏燃料元件辐照装置的物理模拟实验。提供核探测器, 控制保护仪器的试验及样品辐照。

HFETRC 仪控与安全驱动系统原设计于 70 年代。自 1982 年 10 月 6 日完成了首次临界启动试验以来, 至 1985 年 10 月 6 日在完成了第一阶段运行实验后, 因为相应的岷江堆需要改建, 暂行终止运行。

几年来, 该堆在运行中, 虽然没有发生任何事故, 但由于系统设计采用了以 70 年代 TTL 系列为主的触发电平较低的国产固体组件, 所以控制棒常有误动作的现象发生, 给运行安全带来了一定威胁。同时该系统存在着提棒和插棒速度难以调整到规定指标, 以及事故情况下插棒速度不足等缺陷。为了 HFETRC 的安全运行, 首先完成了 HFETRC 控制保护系统改进设计及安装调试, 并为了适应岷江堆的改建要求, 使 HFETRC 与相应的岷江堆相互独立和隔离、互不干扰, 将主控室由 208 房间搬到隔壁的 210 房间。搬迁以后, 又重新进行了安装调试。

经国家核安全局评审, 于 1992 年 5 月 10 日给 HFETRC 发放了运行许可证。为了完成 (4×4-4) 大型核电站燃料元件的考验任务, HFETRC 于 1992 年 11 月 20 日完成了首次恢复临界的实验。经 40 多次开堆运行, 仪表、控制系统性能良好, 顺利地完成了燃料元件考验的前期工作——临界模拟实验任务。

1 系统概述

临界装置的仪表和控制及安全驱动系统是由多个系统组成的。在新的控制室里, 集中了这些系统的主要设备及其操作, 完成实现了临界装置运行重要参数的测量、控制和保护。

系统主要包括: 核测量系统、保护系统、棒控和安全驱动系统、报警系统、剂量监测系统、通讯系统等。

其中核测量系统由两套以补偿电离室为敏感元件的直流功率测量装置和两套以 BF₃ 计数管为敏感元件的计数装置组成。

保护系统由三部分组成。

(1) 以硼沉积计数管 (必要时可换成裂变室) 为敏感元件的相互独立的周期监测装置 2 套;

(2) 以电离室作为敏感元件的相互独立的功率保护装置 2 套;

(3) 安全逻辑装置与安全报警装置及 2 根安全棒电气驱动系统。

棒控系统是由 10 套手动棒电气驱动线路和 10 套控制棒位置指示装置及 12 套控制传动机构组成。安全驱动系统由紧急排水电磁阀及其控制系统, 2 根安全棒和 4 根安全手动棒组成。即在 10 根控制棒和棒位指示系统中, 除安全棒外, 还有 4 根手动棒也带有电磁铁控制机构。

报警系统由 9 路警告和 6 路事故报警组成。

剂量监测系统由放于堆围筒外两侧的两个 γ 空气电离室和相应的2台 γ 微伦计组成。通讯系统则由控制台上的一台星火收音机和堆厅水桶旁紧急事故操纵台上的一台三洋收音机、5 W 广播系统一套和对讲系统以及对外行政电话一个所组成。其整个系统组成框图如图1所示。

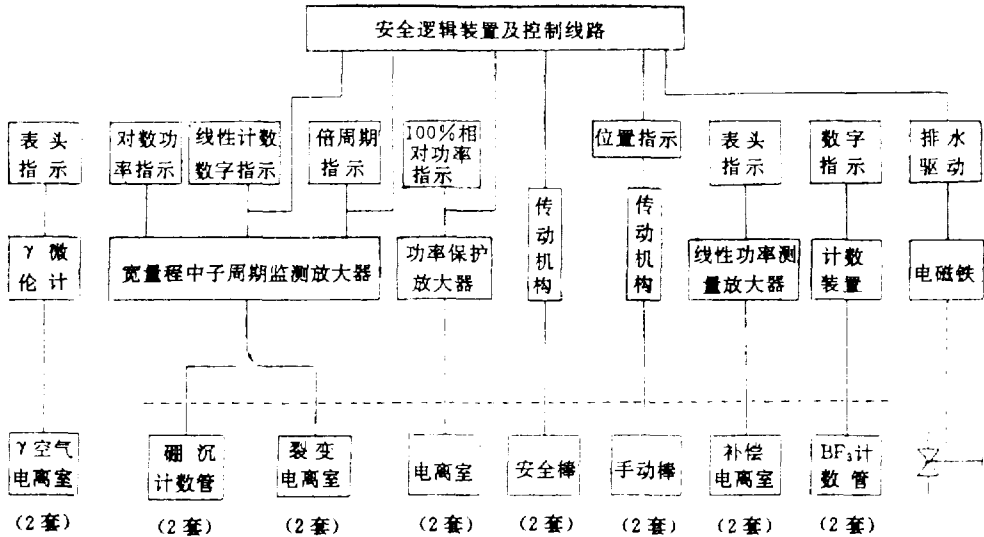


图1 临界装置仪控与安全驱动系统配置结构示意图

2 主要设计工作与调试项目

在临界装置控制保护系统的改进设计原则中重视了下述问题：

- (1) 以 GB 4083-83 为基本依据；
- (2) 对安全逻辑装置进行可靠性分析；
- (3) 保证足够快的落棒时间；
- (4) 保证棒速控制的可靠性；
- (5) 确保安全保护动作的准确性。

主要改进设计项目：

- (1) 安全逻辑装置设计；
- (2) 安全棒电磁铁驱动线路设计；
- (3) 棒控线路设计；
- (4) 报警系统设计；
- (5) 周期保护系统设计。

在安装调试中，除整个电气系统安装外，技术性较强的调试工作有以下几项：

- (1) 棒位指示系统调试；
- (2) 控制棒电磁铁及控制机构调试；

- (3) 周期保护系统调试;
- (4) 系统接地与抗干扰实验;
- (5) 控制棒速度调试;
- (6) 落棒时间调试。

3 新的控制保护系统特点

(1) 新的安全逻辑装置中采用了集成度高、抗干扰能力强、输入阻抗高、噪声低, 动态范围大以及抗辐射能力强, 触发动作阈值高的 CMOS 组件。提高了系统的安全性和可靠性。

(2) 在控制棒驱动线路的设计中, 应用了速度负反馈原理, 使传动机构电机转速更加平稳, 棒速调整更加灵活, 且简单易行, 满足了临界装置运行的需要。

(3) 有效的失电安全控制, 使在保护系统中不管哪一种低压电源失电都会导致安全停堆。

(4) 在事故情况下, 不但带电磁铁的控制棒会快速落棒, 而且其它的控制棒也会以比正常下降快 2~6 倍的棒速向下插棒, 保证临界装置安全停闭。

(5) 事故工况下足够短的落棒时间, 其安全棒落棒时间均小于 0.8 s。

(6) 在抗干扰技术中采用了悬浮技术和 UPS 装置。

4 调试难点的解决

4.1 棒位调试

临界装置棒位指示的准确性因涉及临界安全, 所以显得异常重要。棒位调试包括: 堆内控制棒的零点调试, 上下极限位置及指示; 位置指示器的发送机及接收机的零点调试, 堆内实际棒位提升高度与位置指示器指示的行程对应调试等。其主要调试步骤如下:

(1) 堆内控制棒的零点调试

把控制棒黑体上平面与燃料元件的活性段上平面对齐, 定义为控制棒零点。其机械结构相对位置示意图如图 2 所示。在控制棒处于零位时, 控制棒端肩部台阶至控制棒导管上管口距离为 226.5 mm, 按此调好使位置指示器为零指示, 并使棒位下限指示灯恰好点亮。

(2) 控制棒全行程调试

提升控制棒, 从控制棒导管上管口到控制棒端肩部台阶距离为 773.5 mm 时即为控制棒全行程 1000 mm。此时, 恰好使棒位上限指示灯点亮。行程开关的上下限限位指示需反复调整, 并使控制棒电机有恰到好处的制动功能, 才能在零棒位和 1000 mm 高度下恰好点亮相应的指示灯。而棒位指示与实测高度是否一致 (含重复性) 则主要决定于:

- a. 位置指示器的跟随精度 (与指示器齿轮配合松紧程度有关);
- b. 提升控制棒钢丝绳在卷绕中是否重叠 (容易忽略)。

调试结果示于表 1。

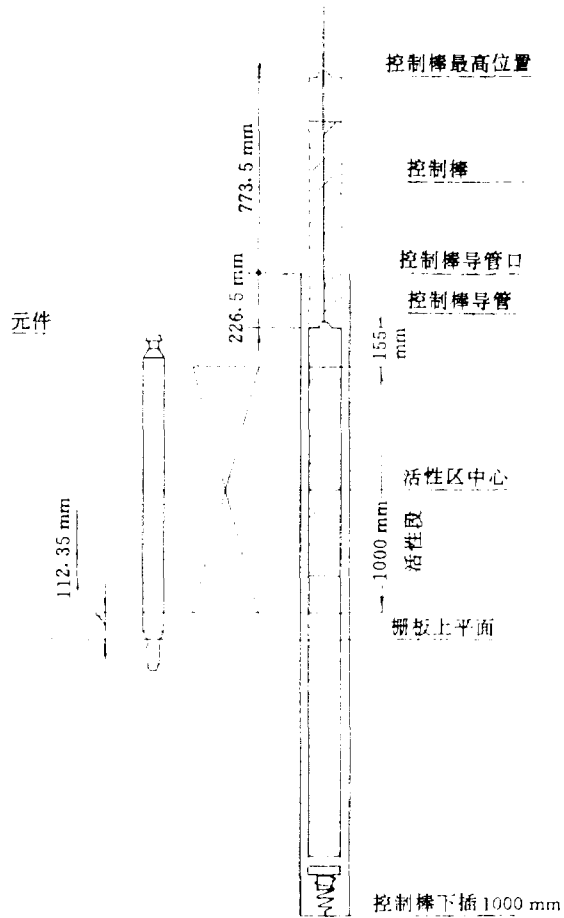


图 2 控制棒机械结构相对位置示意图

表 1 棒位调试结果

控制棒 编 号	零棒位时的棒位指示		上部极限位置时的棒位指示		误差/mm
	实测棒台阶到上 管口距离/mm	位置指示器 读数/mm	实测上管口到棒 台阶距离/mm	位置指示器 读数/mm	
1AB	226		773		
2AB	226		775		
1SB	226	0	773	997.5	-1.5
2SB	226	0	772	996.5	-1.5
3SB	226	0	772	998	0
4SB	227	0	773	998.5	-1.5
6SB	226	0	772	1000	+2
7SB	227	0	774	998	+3
1ZB	227	0	773.5	999	-1.5
2ZB	227	0	774	999.5	-1.5

从表中可以看出，实测控制棒高度与位置指示器读数之间有一定的误差，造成这种误差的原因主要是由测量人员的视差造成的。其结果除 7SB 外，所有误差都在 $\pm 2\text{ mm}$ 以内，是满足运行要求的。

4.2 落棒时间调试

在事故情况下安全棒落棒时间小于 1 s 是保证反应堆安全的重要设计要求。设计中主要技术措施是用控制低储能的继电器来切断高储能的电磁铁线包的供电，从而使电磁铁储能快速释放，进而使电磁铁的衔铁得以快速释放，这样就能大大地缩短落棒的滞后时间。电磁铁线路图示于图 3。

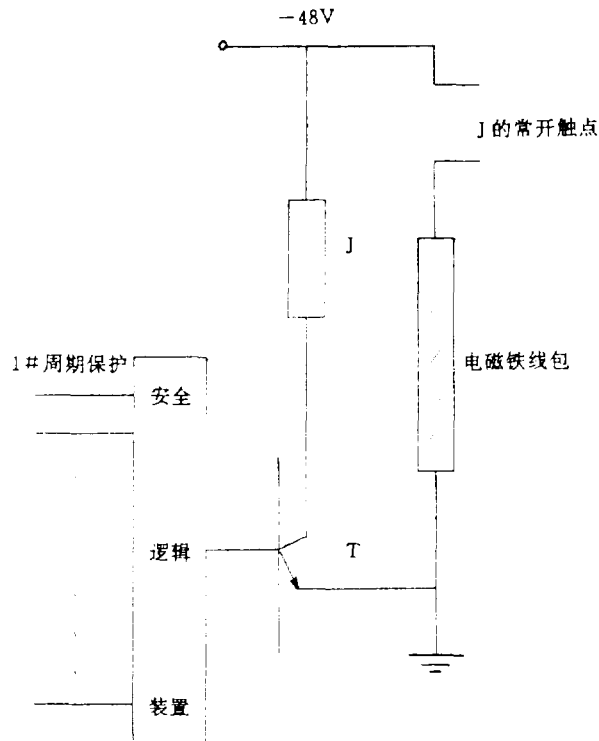


图 3 电磁铁电路示意图

落棒时间是指从事故信号发出（实测中以 1 号周期保护为事故信号）到安全棒从 1000 mm 高度落到 +100 mm 高度这段距离所需的时间。用紫外线记录仪测得 1AB 的落棒时间为 0.67~0.8 s，2AB 为 0.64~0.8 s，外推到落到零位时的时间均小于 1 s，满足系统的要求，并通过了核安全局的现场调试验证。参阅 [1]。

4.3 周期保护系统的抗干扰技术

新设计的两套周期监测系统，在调试中发现下列现象会使周期保护误动作。

- (1) 照明灯的开启；
- (2) 对应控制室楼下台钻的运转；
- (3) 接地线接触不良；

(4) 电网电源波动等。

为了实现临界装置的稳定运行,克服这些因素对周期的抗干扰是非常必要的,主要采取的方法是:

- (1) 接好地线:清洗接头,拧紧螺丝,必要时焊接;
- (2) 采用 UPS 给周期仪器供电;参见 [2]。
- (3) 对所用探测器采用不接地的悬浮技术。

在(4×4-4)核电站燃料元件考验过程中运用了此系统,证明采取以上措施克服周期干扰是十分有效的,保证了临界装置的可靠运行。

表 2 为周期仪器抗干扰对照表。

表 2 周期仪器抗干扰对照表

序 号	操作项目	周期仪器现象	
		用 UPS 供电	外电直接供电
1	开控制室照明日光灯	工作正常	计数从几十上升到几千,发保护信号
	开控制室照明日光灯	工作正常	仪器不动作
2	电钻运转	工作正常	频繁发保护信号
	电钻停止运转	工作正常	仪器不动作
3	探测器接地	仪器发警告信号	频繁发保护信号
	探测器悬浮	工作正常	频繁发保护信号

5 结 论

临界装置的仪表控制及安全驱动系统经实际运行证明,系统的改进和调试是成功的。为(4×4-4)核电站燃料元件物理性能实验的圆满完成提供了必要的物质条件。对其它的临界装置仪控系统的设计与调试有一定的参考意义。

参 考 文 献

- 1 于维德. 高通量工程试验堆临界装置安全分析报告. 中国核动力研究设计院. 成都. 1990
- 2 Raleigh N C. Operators manual for power plus on-line uninterruptible power systems. Copyright 1990, 1991, Exide Electronics Corporation

(京) 新登字 077 号

图书在版编目 (CIP) 数据

中国核科技报告 CNIC-01120, SINRE-0072: 临界装置
仪控系统的更新设计与调试/吴满容等著. —北京: 原子能
出版社, 1996. 12

ISBN 7-5022-1599-9

I. 中… I. 吴… II. 核技术-研究报告-中国 IV. TL-
2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 19750 号

临界装置仪控系统的更新设计与调试

吴满容等著

©原子能出版社, 1996

原子能出版社出版发行

责任编辑: 孙凤春

社址: 北京市海淀区阜成路 43 号 邮政编码: 100037

中国核科技报告编辑部排版

核科学技术情报研究所印刷

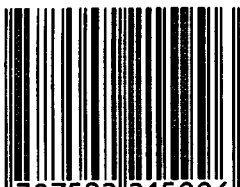
开本 787×1092 1/16 · 印张 1/2 · 字数 12 千字

1996 年 12 月北京第一版 · 1996 年 12 月北京第一次印刷

CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT

This report is subject to copyright. All rights are reserved. Submission of a report for publication implies the transfer of the exclusive publication right from the author(s) to the publisher. No part of this publication, except abstract, may be reproduced, stored in data banks or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of the publisher, China Nuclear Information Centre, and/or Atomic Energy Press. Violations fall under the prosecution act of the Copyright Law of China. The China Nuclear Information Centre and Atomic Energy Press do not accept any responsibility for loss or damage arising from the use of information contained in any of its reports or in any communication about its test or investigations.

ISBN 7-5022-1599-9



9 787502 215996 >