



CN9800599

CNIC-01225

RINPO-0020

中国核科技报告

CHINA NUCLEAR SCIENCE AND TECHNOLOGY REPORT

核电厂堆内构件水下电视检查系统研制

THE SYSTEM OF UNDERWATER CCTV INSPECTION
FOR REACTOR INTERNAL COMPONENTS

(In Chinese)



中国核情报中心
原子能出版社

China Nuclear Information Centre
Atomic Energy Press

2



朱融:核动力运行研究所副总工程师,核电在役检查中心主任。1970年毕业于复旦大学物理系半导体专业。

ZHU Rong;Deputy chief engineer of Research Institute of Nuclear Power Operation, director of Nuclear ISI Center. Graduated from Physics Department of Fudan University in 1970, majoring in semi-conductor.

CNIC-01225
RINPO-0020

核电厂堆内构件水下电视检查系统研制

朱 融

(核动力运行研究所, 武汉)

摘 要

在核电厂运行过程中, 反应堆堆内构件一直受到比较严重的水力冲刷和振动, 因此要求在反应堆换料时对其进行结构完整性和表面沉积物等检查。为此研制了通过机械升降装置把电视摄像头送入水下进行不同方向和深度的检查装置, 通过水下电视图像和数字坐标的合成便于复查时位置更精确, 这是我国第一套用于核电站堆内构件检查的装置, 曾成功地广东大亚湾核电厂进行了四次检查。

The System of Underwater CCTV Inspection for Reactor Internal Components

(In Chinese)

Zhu Rong

(Research Institute of Nuclear Power Operation, Wuhan)

ABSTRACT

During the operation of nuclear power plant, the reactor internal components are greatly scoured and vibrated by flowing water. So the structural integrity and surface sludge for reactor internal components are needed to be inspected during re-fuelling. Thus an inspection system is developed, in which the camera inspects underwater at different high and different direction by mechanical elevator and the image of closed-circuit television (CCTV) is mixed with digital coordinate of the camera position for re-inspection. It is the first system for inspection of reactor internal components in China. This system has been used 4 times in the inspection of Daya Bay Nuclear Power Plant successfully.

前 言

在核电厂运行过程中,反应堆堆内构件一直受到比较严重的水力冲刷和振动,因此,要求在反应堆换料时进行检查,检查的重点是结构是否正常,有无变形,配合面有无碰撞、擦伤、磨损,表面有无沉积物和异物,焊缝,防松焊点,锁合点有否裂纹等现象。

反应堆换料时,由于具有较强的放射性,再加上结构比较复杂,因此必须用远距离的水下电视对那些部件进行检查。由于在堆水池上操作,所以要求结构必须紧凑,不能碰撞任何东西,更不允许失控坠落。

根据广东大亚湾核电厂的技术要求,我们研制了这一套检查专用工具,通过了法国 FAMEX 和大亚湾核电厂专家的验收,并用它先后完成了大亚湾核电厂 1 号机组和 2 号机组的三次堆内构件检查,目前正准备用于 1996 年 3 月份大亚湾核电厂 1 号机组第二次小修期间的堆内构件检查。这是我国第一套用于核电站反应堆堆内构件检测的专用工具。

1 检查设备的主要功能

满足法国“压水堆核岛机械设备设计建造规则”RCC-M MC 7100 目视检验的规定中要求

(1) 当采用间接目视检验时,水下电视等检验工具必须具有与直接目视检验相当的分析能力,即:在 2100×10^{-6} 硼酸浓度下,必须能在灰色参考背景上分辨出一条 0.8 mm 宽的黑线,灰色参考背景的反射率约 13%。在有必要时,可以在放大 6 倍以下的条件下观察。

(2) 观察方向应该与受检表面成大于 30° 的夹角。

该装置能使检查用的电视摄像机(包括水下电视装置和 CCD 工业电视摄像机)根据不同的检查部位在水池内作上、下运动,其最大行程约 13 m;能使水下电视摄像机在 0° 至 135° 范围内作仰、俯运动;能使电视摄像机在原地作 360° 水平方面旋转。该装置浸在水池内的部件拟采用不锈钢或外表面氧化处理的铝合金制造。在使用时拟将整个装置临时固定在换料机小车上,以便能达到水池平面内的任意位置进行检查。如果不能将该装置固定在换料机小车上,则必须在该换料机的一个侧面增敷一组轨道。如果换料机不能提供使用,则该厂方应能在堆水池顶部提供一个临时放置的、可回转的工作平台。

(3) 摄像机系统的密封将能承受 0.15 MPa 的水压。

2 检查设备

2.1 机械设备(见图 1)

2.1.1 功能要求

能把水下电视摄像机从换料小车平台上送入水下 18~20 m 深的反应堆容器内作各种不同方向的观察,随着小车的移动,可达到不同的部位(平面)和不同的高度(工具本身的升降机构),所有画面通过监视器一目了然,同时还通过录像系统记录到磁带上供事后分析。

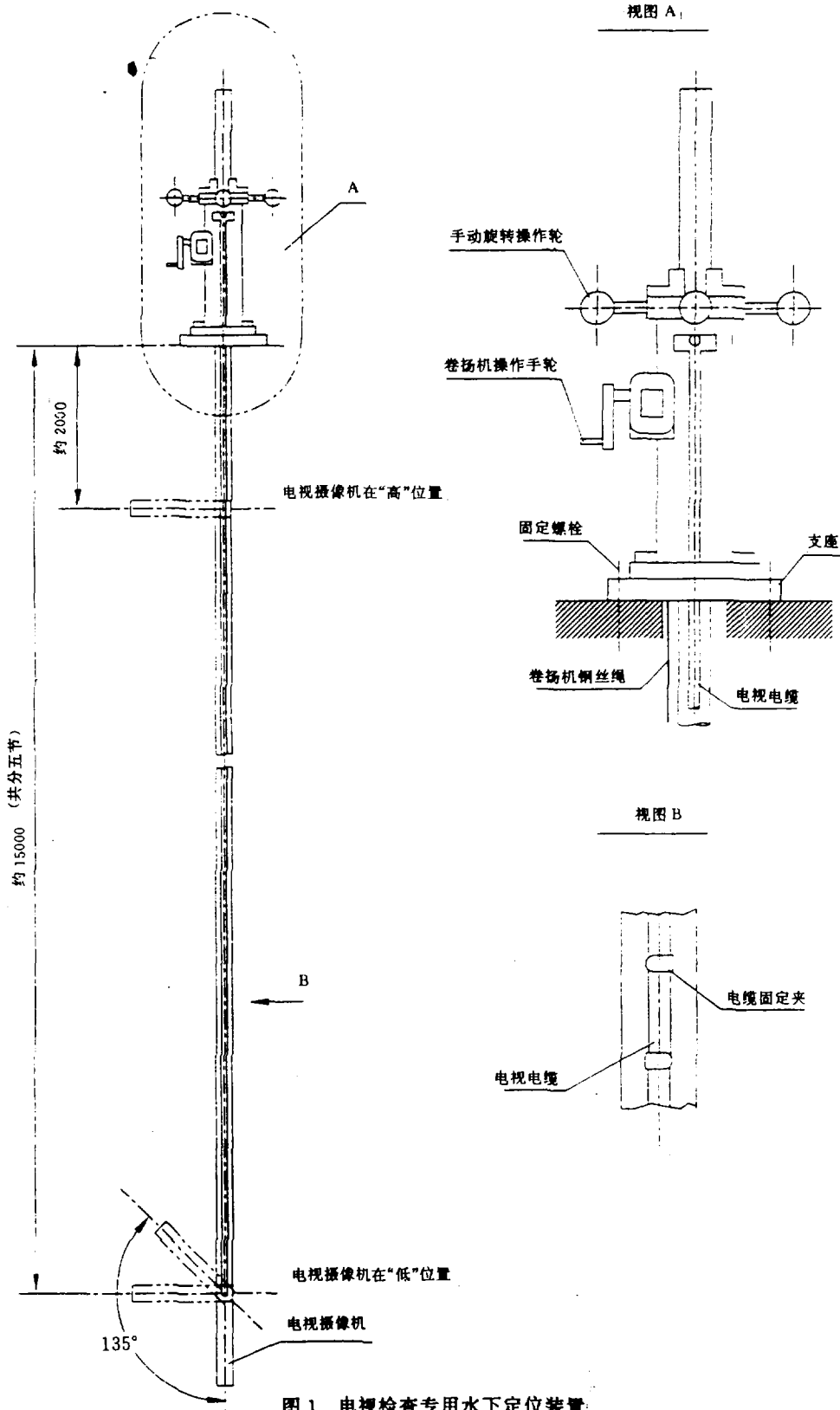


图 1 电视检查专用水下定位装置

2.1.2 主要结构

(1) 长杆由 16 节组成, 每节长 1.5 m, 总长可达 24 m, 节与节之间采用快速连接接头联结。

(2) 卷扬系统

卷扬机固定在支撑筒筒体上, 带动长杆作升降运动。具有手动和电动两种功能。电动采用涡轮蜗杆传动。

当需要手动提升长杆时, 为了提高时速, 不直接转动蜗杆, 而利用弹簧螺母机构可将涡轮与卷筒脱开, 借动手柄直接转动卷筒。当卷扬结束时, 应将弹簧螺母立即回复原位, 利用涡轮蜗杆的自锁功能防止卷筒逆向转动。

(3) 支撑部件

支撑部件由吊架和导向筒两部分组成, 整个支撑部件通过吊架悬吊在换料小车吊钩上, 利用大车、小车的行走可实现长杆工具在水池内的平面运动。

在作平面运动过程中, 为了提高摄像头的稳定性 (摄像头紧固在最下一节长杆上), 使用设置在导向筒顶部的夹紧块夹紧长杆, 使其与支撑部件成为一体, 一旦需要作升降运动时, 须先将夹紧块松开, 否则难以实现。

(4) 摄像镜头夹持器

夹持器有三种, 它们分别用于竖直向下观察、水平观察、可调节俯仰角度的观察。三种夹持器均可通过联接尺寸相同的快速接头和长杆联接。

(5) 灯夹持器

该夹持器分别固定于镜头夹持器的两侧, 并使灯光轴线与镜头轴线保持一定角度, 以提高照明度。

2.2 电气设备

2.2.1 Rees 93 型水下电视装置

这是我所于 1991 年从英国引进的成套水下电视装置。它主要包括: R93 MK3 型黑白摄像机 (最大外径 $\phi 40.5$ mm) 多芯电缆及水下密封电缆接头, R93MK3 型摄像机控制和监视单元, VHS 制式大 1/2 磁带录像机。其中, 摄像机配备有 R93/01 直视镜头, 自带 20 W 照明光源; R93/02 直视镜头, 自带 150 W 照明光源; R93/03 镜头是能旋转 360° 的 90° 侧视镜头, 自带 150 W 照明光源; R93/04 变焦 (12~72 mm, 6 \times) 直视镜头, 无自带光源。

按技术说明书介绍, 150 W 照明光源在水中的最佳摄像距离为 0.38 m, 因此摄像机在检查过程中离受检表面的距离应该是 350~400 mm 的范围内。

2.2.2 工业 CCD 黑白电视系统

该系统主要包括: 密封的 CCD 工业电视摄像机, 多芯屏蔽电缆 VHS 制式大 1/2 磁带录像机、监视器, 以及能随摄像机运动的两个 150 W 水下照明灯。

摄像机带有遥控操纵的仰俯角机构, 可以在 0° 至 135° 的范围内调整。并配备有放大 6 倍的远控变焦镜头。

2.2.3 检查装置的图像处理系统 (见图 2)

该系统包括:

(1) 一台 36 cm 黑白监视器, 和水下电视控制系统并联, 供长杆工具的操作人员监视摄像头和受检部件的相对位置。

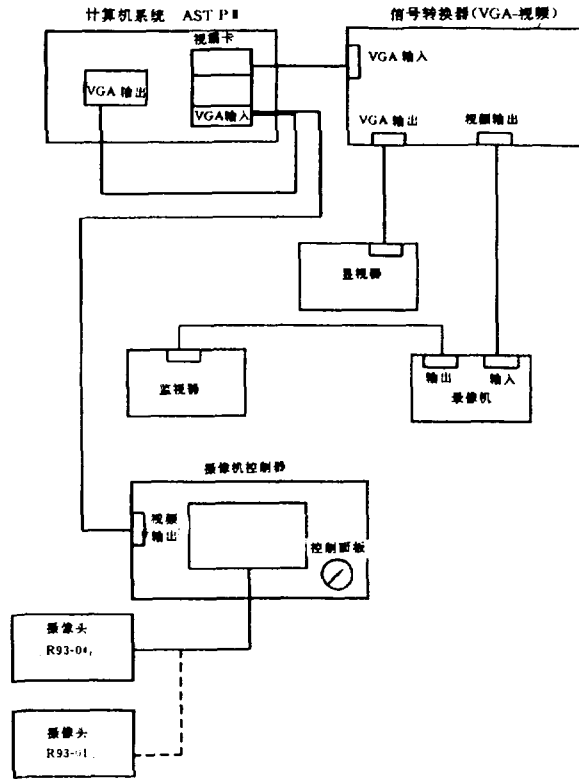


图 2 微处理机系统配置图

月份第一次成功地用于大亚湾核电站 1 号机组第一次在役检查的堆内构件检查以来，又分别成功地完成了 1 号机组小修和 2 号机组第一次在役检查的堆内构件检查，并且每一次都根据现场使用的情况作部分的更新改造，以使工具功能日益完善，可靠性、稳定性不断得到提高。最近，操作功能又改为手动和自动两种，轴承上又加有盖板，性能已达到法国同类工具的水平。

此套工具的研制成功，也为我所完成秦山核电站和恰希玛核电站的堆内构件检查提供了手段。

参 考 文 献

- 1 RSEM 压水堆核电站核岛机械设备在役检查规则
(In-Service Inspection Rules for Mechanical Components of PWR Nuclear Islands, 1990. Edition)
- 2 RCC-M, MC 篇 检验方法 1988. 6

(2) 一套 AST486/33 计算机系统，内装视频处理卡，将视频信号转换成 VGA 图像信号显示在 CRT 上。通过键盘输入必需的受检部位位置、编号、角度以及其它的附加信息。

(3) 一个 TV-encoder (编码器) 将检验图像和输入信息作为一个整体画面转换成视频信号，传输给录像机和监视器。

(4) 一台录像机和一台 51 cm 黑白监视器，其作用是重放录制的图像，以确信图像记录的正确和记录说明的完整。

2.2.4 照明系统

水下照明灯可固定在长杆摄像机夹持器上，并可调整照明角度，水下照明灯是采用水密封装置，可在水下长期连续工作。

3 结束语

这套检查工具自从 1994 年 11

图书在版编目 (CIP) 数据

中国核科技报告 CNIC-01225 RINPO-0020: 核电厂堆内构件水下电视检查系统研制/朱 融著. —北京: 原子能出版社, 1997. 12

ISBN 7-5022-1781-9

I. 中… II. 朱… III. 核技术-研究报告-中国 IV. TL-

2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 25253 号

核电厂堆内构件水下电视检查系统研制

朱 融著

©原子能出版社, 1997

原子能出版社出版发行

责任编辑: 武 洁

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 11 千字

1997 年 12 月北京第一版·1997 年 12 月北京第一次印刷

定价: 5.00 元

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 7-5022-1781-9



9 787502 217815 >