



团 体 标 准

T/CNIDA 013—2023

重水堆压力管先漏后破分析方法

Leak-before-break assessment of pressure tube for heavy water reactor

2023-06-16 发布

2023-07-16 实施

中国核工业勘察设计协会 发布
中国标准出版社 出版

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	3
5 总论	3
6 分析流程和基本步骤	4
附录 A (资料性) 重水堆压力管力学性能数据的测定和选取方法	12
参考文献	20

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国核工业勘察设计协会提出并归口。

本文件起草单位：上海核工程研究设计院股份有限公司、华东理工大学、西南交通大学、中核核电运行管理有限公司。

本文件主要起草人：曹昱澎、谈建平、包陈、王国珍、艾卫江、贺寅彪、赵传礼、冯少东、郁光廷、徐习凯。

引 言

坎度(CANDU)重水堆机组压力边界中最核心的部件是 Zr-2.5Nb 合金制成的压力管。氢致延迟开裂(delayed hydride cracking,DHC)是压力管结构完整性的最主要威胁。在足够恶劣的条件下,在缺陷处可能发生氢致延迟裂纹起裂和扩展,甚至贯穿压力管。贯穿的 DHC 裂纹进一步扩展,在高载荷和较低温度的作用下一旦扩展达到某个临界长度,DHC 裂纹可能导致压力管发生失稳断裂。压力管的先漏后破分析是为了保证在检测到重水堆压力管由于贯穿缺陷引起冷却剂泄漏后能够以规定程序安全停堆,是确保含贯穿裂纹的压力管结构完整性的最主要分析手段。

本文件规定了重水堆压力管先漏后破的分析方法,适用于计算重水堆锆合金压力管在停堆过程中贯穿裂纹的扩展量、介质的泄漏量、临界裂纹的长度等,进而分析含贯穿裂纹的压力管在停堆过程中能否确保发生先漏后破,实现安全停堆。

重水堆压力管先漏后破分析方法

1 范围

本文件规定了重水堆用冷加工 Zr-2.5Nb 合金压力管先漏后破的确定性分析方法,以分析含贯穿裂纹压力管在停堆时是否会发生先漏后破的情况,即当监测到压力管由于裂纹轴向贯穿管壁而发生冷却剂泄漏,在从反应堆机组停堆到进入冷态降压状态的过程中,分析裂纹尺寸是否不超过临界裂纹长度。

本文件适用于有关氢致延迟裂纹的老化机制而导致的重水堆锆合金压力管先漏后破分析。本文件不适用于压力管与排管接触导致的劣化机制。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

T/CNIDA 012—2023 重水堆压力管用锆合金无缝管

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

重水堆压力管 **pressure tube for heavy water reactor**

一种直管,属于重水堆燃料通道组件的一部分,位于排管内,起到包容核燃料和冷却剂的作用。

3.2

先漏后破 **leak-before-break; LBB**

当在反应堆正常运行中检测到压力管缺陷造成的泄漏,在裂纹扩展到破断临界尺寸之前反应堆机组停堆。

3.3

等效氢浓度 **hydrogen equivalent concentration**

假如氧原子被氢原子替代,压力管中的氢质量浓度。

注:等效氢浓度 H_{eq} = 氢浓度 + 氧浓度 / 2,其中 H_{eq} 的单位是质量百万分率(ppm),即质量百分数 $\times 10^{-2}$ 。

3.4

主体等效氢浓度 **bulk hydrogen equivalent concentration**

最靠近压力管中缺陷位置处且不受到缺陷影响的等效氢浓度。

3.5

持续热态 **sustained hot condition**

冷却剂温度维持在或接近反应堆升、降温循环的最高温度的一种运行工况。

注:这种运行工况至少要维持几个小时。例如,持续数月的 100% 满功率正常运行工况。