团体标准

T/CNS XX—XXXX

|  |
| --- |
|  |

核燃料后处理设施先贴法混凝土屏蔽热室施工过程壳体变形监测技术要求

Technical requirements for shell deformation monitoring during the construction process of concrete shielded hot cell by priority assembly method in nuclear fuel reprocessing facilities

|  |
| --- |
| （征求意见稿） |
|  |

**××××-××-××发布 ××××-××-××实施**

中 国 核 学 会 发 布

**ICS点击此处添加ICS号**

**CCS点击此处添加CCS号**

**目 次**

[前言 II](#_Toc171368344)

[1 范围 1](#_Toc171368345)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc171368346)

[3 术语和定义 1](#_Toc171368347)

[4 一般要求 2](#_Toc171368348)

[4.1 监测项目 2](#_Toc171368349)

[4.2 监测技术方案 2](#_Toc171368350)

[4.3 监测设备 2](#_Toc171368351)

[5 监测方法 2](#_Toc171368352)

[5.1 应变监测 2](#_Toc171368353)

[5.2 位移监测 3](#_Toc171368354)

[5.3 传感器调试 3](#_Toc171368355)

[5.4 数据采集 4](#_Toc171368356)

[5.5 数据处理 4](#_Toc171368357)

[6 监测报告 4](#_Toc171368358)

# 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。

本文件由中核四0四有限公司提出。

本文件由核工业标准化研究所归口。本文件起草单位：中核四0四有限公司、中国核电工程有限公司郑州分公司、湖南大学、航天晨光股份有限公司。

本文件主要起草人：孙志刚、蒋涛、姜潮、丁辉、冯灿彪、刘大伟、刘军、张哲、胡有坤、丁勇、陈涛、倪超、苏捷、于俊涛、吴高强、靳刚、敬加君、胡德安、毛新征、聂兰强。

核燃料后处理设施先贴法混凝土屏蔽热室

施工过程壳体变形监测技术要求

1. 范围

本文件规定了核燃料后处理设施先贴法混凝土屏蔽热室混凝土浇筑过程中壳体变形监测的一般要求、监测方法以及监测报告内容。

本文件适用于核燃料后处理设施先贴法混凝土屏蔽热室。

1. 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。

GB/T 31054 机械产品计算机辅助工程 有限元数值计算 术语

GB 50755 钢结构工程施工规范

EJ/T 1108 密封箱室设计原则

1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

**3.1**

**热室 hot cell**

外层设有重生物屏蔽的密封箱室称为热室，其内部处理或储存的产品或物料具有强γ放射性活度或中子辐射。屏蔽材料常用混凝土、铸铁或铅砖。常用主从机械手进行操作。

[来源：EJ/T 1108，3.6]

**3.2**

**壳体 shell**

采用不锈钢拼焊组装或整体预制拼装制成的钢制箱体或壳体。

**3.3**

**先贴法 priority assembly method**

将热室壳体进行模块化，分层分段将背肋、覆面、埋件预制成模块，安装时按分块模块进行组对安装，壳体整体安装完成后再进行混凝土浇筑的施工方法。

**3.4**

**应变 strain**

由外力引起的热室壳体结构尺寸和形状的单位变化量，表示壳体结构的变形程度。

[来源：GB/T 31054，2.4.9]

**3.5**

**位移 displacement**

表征热室壳体上一点相对于某参考系的位置变化的时间变量。

[来源：GB/T 31054，2.2.12]

1. 一般要求
   1. 监测项目

结合先贴法混凝土屏蔽热室的特点，热室壳体在混凝土浇筑过程中变形监测项目包括以下内容：

1. 应变监测：监测热室壳体内表面的应变状态，以明确壳体的受力情况；
2. 位移监测：监测热室壳体内表面的位移，以明确壳体的变形状态。
   1. 监测技术方案

4.2.1 变形监测应能反映核燃料后处理设施先贴法混凝土屏蔽热室施工过程中壳体在外力影响下的变形程度或变形趋势，并应满足热室设计时对壳体变形情况的相关要求。

4.2.2 热室变形监测项目实施前，应根据热室设计要求、施工技术规范、施工方案等编写监测技术方案。监测技术方案主要内容应包含：任务要求、待测热室概况、依据的标准规范、变形测量的类型和精度等级、采用的平面坐标系统、基准点和监测点布设方案、监测频率及周期、仪器设备及其检校要求、监测人员和监测作业及数据处理方法要求等。

* 1. 监测设备

用于热室变形监测的仪器设备应符合下列要求:

a）仪器设备应在其说明书给出的作业条件下使用，有关安装、操作及设备维护等应符合其说明书的规定；

b）根据监测技术方案，对传感器的类型、量程、精度进行挑选，以满足变形监测要求,并做好编号和防护工作；

c）仪器设备应经法定计量检定机构检定合格，并应在检定有效期内；

d）作业前和作业过程中，应根据现场作业条件的变化情况，对所用仪器设备进行检查校正；

e）作业时，仪器设备应避免安置在有空压机、搅拌机、起重设备、振捣器等振动影响的范围内；

f）数据采集系统由数据采集前端、主计算机及其外围设备和相应软件组成，实现数据采集与处理。数据采集系统具有良好的测量精度、足够的采样频率、部分测量点实时监控的功能，并满足监测技术方案的要求。数据采集系统具备多通道及时、准确、同步和连续地采集的能力，保证大规模数据采集的连续性和一致性。

1. 监测方法
   1. 应变监测

应变监测应能获取核燃料后处理设施先贴法混凝土屏蔽热室混凝土浇筑过程中壳体在外力影响下的应变值，并反映应变随混凝土浇筑过程的发展趋势。

* + 1. **仿真分析**

结合先贴法混凝土屏蔽热室混凝土浇筑过程壳体应变的特点，混凝土浇筑过程应变仿真分析过程应包括以下内容：

a）根据实际的热室结构、混凝土模板体系和浇筑工艺建立应变仿真模型，并完成材料属性定义、网格划分与边界条件设置；

b）分析初凝前、初凝至终凝阶段混凝土对热室壳体的应变值。初凝前阶段采用层级梯度的压强载荷，初凝至终凝阶段采用均布压强载荷；

c）应变仿真分析结果输出混凝土浇筑过程中的应力与应变分布与变化情况，用于指导应变监测点布置。

* + 1. **监测设备**

应变监测可采用振弦式传感器、光纤式传感器、电阻应变式传感器等，其分辨率应不低于1με。应变监测设备可参考GB 50755。

* + 1. **监测点布置**

5.1.3.1 应变监测点应布置在热室壳体侧面内壁，分别沿长度及高度方向布置，以掌握内壁变形情况。应变监测点布置可参考GB 50755。

5.1.3.2 针对热室附件连接处，如接管、贯穿件、窥视窗、通道等，宜单独布置应变监测点。每热室壳体应变测点不宜少于20个。

5.1.3.3 应结合混凝土应力应变仿真分析结果对监测点布置进行优化。

* + 1. **监测时间及频率**

5.1.4.1 应变监测应自混凝土浇筑开始，混凝土终凝完成后4h终止。

5.1.4.2 应变监测宜连续采集，采样间隔时间不宜高于30min。

* 1. 位移监测

位移监测应能获取核燃料后处理设施先贴法混凝土屏蔽热室混凝土浇筑过程中壳体在外力影响下的位移值，并反映壳体位移随浇筑过程的发展趋势。

* + 1. **仿真分析**

结合先贴法混凝土屏蔽热室混凝土浇筑过程壳体位移的特点，混凝土浇筑过程位移仿真分析过程应包括以下内容：

a）根据实际的热室结构、混凝土模板体系和浇筑工艺建立位移仿真模型，并完成材料属性定义、网格划分与边界条件设置；

b）分析初凝前、初凝至终凝阶段热室壳体产生的位移。初凝前阶段采用层级梯度的压强载荷，初凝至终凝阶段采用均布压强载荷；

c）位移仿真分析结果输出混凝土浇筑过程中的位移变化情况，用于指导位移监测点布置。

* + 1. **监测设备**

位移监测可采用位移测量方一般用拉线/拉杆式传感器、弦式位移计，其分辨率应能满足位移监测需要。

* + 1. **监测点布置**

5.2.3.1 位移监测点应布置在热室壳体侧面内壁，分别沿长度及高度方向布置，以掌握内壁变形情况。针对热室刚度较小处等，宜单独布置位移监测点。长度方向和高度方向位移测点均不宜少于5个。

5.2.3.2 应结合混凝土位移仿真分析结果对监测点布置进行优化。

* + 1. **监测时间及频率**

5.2.4.1 位移监测应自混凝土浇筑开始，混凝土终凝完成后4h终止。

5.2.4.2 位移监测宜连续采集，采样间隔时间不宜高于2h。

* 1. 传感器调试

5.3.1 监测传感器安装连接完成后，应建立数据采集系统参数配置表。参数配置表一般包括：测量点编号、传感器型号、传感器参数、传感器阻值类型、传感器灵敏度系数和对应通道编号等。

5.3.2 参数配置表建立后，由测量人员操作采集设备进行校准检查，检查内容包括：测量配置文件正确、测量通道连通、采集设备运转正常、联机通讯及触发信号正常等。

* 1. 数据采集

5.4.1 施工前数据采集系统调零，并读取初读数，进入测量正常程序，按照测量程序进行数据采集。数据采集系统应采用统一的外部信号触发方式进行数据采集，保证测量数据的同步性。

5.4.2 对于精度要求较高的热室，应固定监测人员、选择最佳监测时段并在相近的环境条件下监测。

5.4.3 变形监测作业过程中，应进行监测数据的记录存储，同时应进行现场巡视，并应记录热室状态、施工进度、气象条件和周边环境状况以及作业中出现的有关情况。

5.4.4 当变形监测作业中出现监测点被破坏或不能被观测时，应及时通报项目委托方并在记录中说明。

* 1. 数据处理

5.5.1 对于应变监测，应记录各应变测点在混凝土浇筑起至混凝土终凝后4h的全过程中的应变时程，并提取最大应变值和最终应变值，以校验施工全过程中热室壳体的应力水平是否满足设计要求。

5.5.2 对于位移监测，应记录各位移测点在混凝土终凝后4h的最终位移值，以校验热室壳体的变形状态是否满足设计要求。

1. 监测报告

监测报告宜包括工程概况、监测依据、监测内容、有限元仿真分析、测点布置、监测设备、应变监测数据、位移监测数据、结论与建议等内容。