|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | |
|  | |  |
|  | |  |
|  | |  |
|  | | | | | | |
|  | | | | | | |
|  | | | | | | |
| 团体标准 | | | | | | |
|  | | | | | | |
|  | | | |  |  |  |
|  | | | |  |  |  |
|  | | | |  |  |  |
|  | | | | | | |
|  | | | | | | |
| VVER型核电机组大修放射性源项控制指南 | | | | | | |
| Guidance on the control of radioactive sources for overhaul of VVER-type nuclear power plant  （文件类型：征求意见稿） | | | | | | |
|  | | | | | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | |
|  | | |
| 20\*\*-\*\*-\*\*发布 |  | 20\*\*-\*\*-\*\*实施 |
|  | | |
|  | | |

目 次

[前言 III](#_Toc103503473)

[引言 IV](#_Toc103503474)

[1 范围 5](#_Toc103503475)

[2 规范性引用文件 5](#_Toc103503476)

[3 术语和定义 5](#_Toc103503477)

[4 基本要求 5](#_Toc103503478)

[5 一般控制措施 6](#_Toc103503479)

[6 特殊控制措施 7](#_Toc103503480)

[7 净化效果评价 7](#_Toc103503481)

[附录A VVER型机组大修放射性源项控制框图 9](#_Toc103503482)

[附录B 特殊控制措施净化流程示意图 10](#_Toc103503484)

[参 考 文 献 11](#_Toc103503486)

1. 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。

本文件由中国核学会提出。

本文件由核工业标准化研究所归口。

本文件起草单位：江苏核电有限公司、核电运行研究（上海）有限公司、辽宁核电有限公司。

本文件主要起草人：。

1. 引 言
2. 集体剂量是中国核电安全状态指标之一，同时也是WANO性能指标之一。它体现了核电机组的运行、维修和安全的综合管理水平。随着机组运行年限的增加，一回路活化腐蚀产物不断增加，机组辐射源项随之上升，给核电厂集体剂量控制带来持续增加的挑战。
3. 核电厂源项控制效果的好坏，直接关系到电厂集体剂量的控制效果。目前国内外没有VVER机组的源项控制标准文件或者指导文件，尤其对于新建核电厂，需要重新摸索建立源项控制体系，不利于集体剂量的控制体系建设。因此，有必要编制VVER型核电机组大修放射性源项控制指南，以指导相关电厂开展源项控制工作。

|  |
| --- |
| VVER型核电机组大修放射性源项控制指南 |
|  |

1. 范围

本文件规定了VVER型核电机组大修阶段放射性源项控制的要求，包括总体原则、控制措施、控制效果评价。

本文件适用于VVER型核电机组大修阶段放射性源项控制管理，不包括机组设计阶段开展的放射性源项控制措施，如表面钝化、减少易活化材料使用等。其它类型的核电站机组可参考执行。

1. 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包含勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

1. GB 18871-2002 电离辐射与辐射源安全基本标准
2. GB/T 13976-2008 压水堆核电厂运行状态下的放射性源项
3. HAD103/04 核电厂运行期间的辐射防护
4. 术语和定义

GB 18871-2002定义的术语和定义及下列术语和定义适用于本标准。

* + 1. 气态流出物gaseous effluent

已处理过含有放射性物质的废气，这些放射性物质是由于核电厂运行而产生的。

* + 1. 放射性卤素 radiation halogens

氟、氯、溴、碘的放射性同位素（其中碘的放射性同位素是剂量计算中的关键性同位素）。

* + 1. 卸料 discharge

将乏燃料组件从反应堆内取出的操作过程。

* + 1. 停堆 shutdown

使反应堆达到规定次临界深度的过程，也指反应堆处于规定次临界深度的状态。

1. 基本要求
   * 1. 大修放射性源项控制的效果，直接影响大修工作现场的辐射水平、人员受照剂量，进而影响电厂辐射防护绩效。
     2. 大修放射性源项控制包括机组停堆前控制、机组停堆期间控制、机组启动控制。
     3. 放射性源项控制优先利用机组已有的放射性净化系统，重点通过机组一回路水化学控制、系统净化、系统冲洗、设备去污等方式实现对放射性源项的去除。
     4. 放射性源项的去除方法应与机组大修系统设备停运、放射性活化产物释放规律、放射性活化产物所在的系统设备、机组运行状态进行匹配，最大限度的去除放射性源项。
     5. 制定的放射性源项去除方法，应考虑放射性废物产生量、去除设备转运、放射性废物转运等问题。
     6. 电厂应结合实际情况，建立机组大修放射性源项控制指南文件，新的控制方法需要与运行部门、化学部门、设备管理部门经过充分论证后才能正式实施。
2. 一般控制措施
   1. 水化学控制

通过控制一回路溶氢、PH值等水化学参数，改变一回路放射性活化产物的溶解度、迁移，实现对放射性活化产物的去除。

* + - 1. 一回路溶氢控制

1. 溶氢控制值的制定需要结合水化学控制规程和运行规程。
2. 在开展溶氢控制工作前，需要编制工作方案，重点包括溶氢控制目标值、异常情况响应等内容。
3. 溶氢控制一般在大修停机前3个月开始进行控制。
4. 溶氢控制期间，应及时跟踪一回路总γ放射性水平变化，并评估控制效果。
   * + 1. 一回路PH调节和控制
5. 一回路运行的最佳PH值应结合机组硼钾协调曲线制定。
6. 在机组运行期间PH值偏离最佳值时，应通过加入化学试剂、运行控制操作等进行调节。
7. 机组在制定最佳运行PH值时，需要考虑运行规程、对燃料的影响、放射性活化产物沉积的影响。
   1. 大修前系统净化
      1. 对低浓度含硼水箱净化
8. 机组大修前，对低浓度含硼水箱贮存的介质放射性进行水化学分析，制定净化目标。
9. 对燃料水池和含硼水贮罐水净化系统的净化容量进行评估。
10. 净化期间，应及时跟踪一回路总γ放射性水平变化，并评估净化效果。
11. 净化期间对除放射性外的其他水化学参数进行监测，出现偏差时及时停止净化或者调整净化策略。
    * 1. 对乏燃料水池净化
12. 机组大修前，对乏燃料水池贮存的介质放射性进行水化学分析，制定净化目标；
13. 对燃料水池和含硼水贮罐水净化系统的净化容量进行评估。
14. 净化期间，应及时跟踪一回路总γ放射性水平变化，并评估净化效果。
15. 净化期间对除放射性外的其他水化学参数进行监测，出现偏差时及时停止净化或者调整净化策略。
    1. 大修期间一回路介质净化
       1. 一回路冷却剂净化系统净化
16. 在大修开始前，根据最终安全分析报告放射性源项计算结果，结合机组燃料状态，制定机组下行期间一回路放射性净化目标值。
17. 在大修开始前一周，对一回路冷却剂净化系统进行冲洗，并检查系统状态。
18. 在机组达到最小可监测功率时，投运一回路冷却剂净化系统的一个阴树脂床、一个阳树脂床联合对一回路介质进行净化，并保持最大净化流量。
19. 净化期间，应及时跟踪一回路总γ放射性水平变化，评估净化效果以及达到净化目标值的时间。
20. 净化期间，应及关注过滤器净化效率，并根据效率及时进行树脂床切换。
    * 1. 一回路冷却剂暂存系统净化
21. 一回路氮气吹扫后，一回路水位到达主泵解密封水位范围内，一回路水化学环境由酸性还原工况逐渐转变为酸性氧化环境，在主要活化腐蚀产物快速上涨期间，投运一回路冷却剂暂存系统的阳树脂床进行净化，直至一回路升水位前停止净化，期间保持最大净化流量。
22. 一回路升水位至蒸汽发生器传热管吹扫水位期间，投运一回路冷却剂暂存系统的阳树脂床进行净化，直至蒸汽发生器传热管吹扫工作结束，期间保持最大净化流量。
23. 净化期间，应及时跟踪一回路总γ放射性水平变化，并评估净化效果。
24. 净化期间，应及时关注树脂床净化效率，并根据效率及时进行树脂床切换。
    * 1. 机组大修换料期间净化
25. 在一回路与乏燃料水池连通后，使用燃料水池和含硼水贮罐水净化系统对乏燃料水池进行净化，净化至换料工作结束。
26. 净化期间对除放射性外的其他水化学参数进行监测，出现偏差时及时停止净化或者调整净化策略。
    1. 启堆期间一回路介质净化
       1. 大修启机前，提前建立一回路上充下泄，并最大流量投运一回路冷却剂净化系统，净化至主回路开始添加联氨为止。
       2. 一回路冷却剂净化系统氨钾饱和并冲洗合格，投运净化系统至功率运行。
       3. 净化期间，应及时跟踪一回路总γ放射性水平变化，评估后续变化趋势及影响。
       4. 净化期间，对除放射性外的其他水化学参数进行监测，出现偏差时及时停止净化或者调整净化策略。
    2. 其他源项控制措施
       1. 根据辐射水平普查结果，建立机组大修期间高剂量率系统及设备辐射数据库；
       2. 根据高剂量率系统、设备数据库，建立系统在线和离线冲洗控制措施，如；

——对于储罐类设备，通过外接设备进行内部冲洗或通过工艺系统充排水进行冲洗或反冲洗；

——对于可拆卸设备部件，通过超声波装置进行去污；

——对于高剂量率系统管线，可通过系统充排水进行在线冲洗。

1. 特殊控制措施
   1. 特殊控制措施主要针对机组燃料缺陷情况下所采取除“5一般控制措施”之外，需要采取的特殊源项控制措施。
   2. 一回路换水
      1. 在主泵停运到反应堆解密封期间，通过余热导出系统、燃料水池和含硼水贮罐水净化系统和硼水贮存系统进行一回路换水，净化流程图见附录B。
      2. 根据燃料缺陷评估结论，制定净化目标。
      3. 评估硼水贮存水箱放射性，并按照5.2.1方式进行净化。
      4. 及时跟踪一回路总碘放射性水平变化，评估净化趋势和净化时间。
   3. 一回路换水净化
      1. 在一回路氮气吹扫期间，通过余热导出系统、燃料水池和含硼水贮罐水净化系统和硼水贮存系统进行一回路换水净化，净化流程图见附录B。
      2. 根据燃料缺陷评估结论，制定净化目标。
      3. 及时跟踪一回路总碘放射性水平变化，评估净化趋势和净化时间。
   4. 放射性流出物排放控制
      1. 一回路氮气吹扫气体接入反应堆厂房净化通风系统。
      2. 一回路设备解密封前，反应堆厂房通风系统切换为净化排风工况。
      3. 一回路介质取样房间排风口加装过滤装置。
      4. 一回路排水系统地漏封堵，并定期进行补水。
      5. 评估、预测烟囱放射性气态流出物排放情况。
2. 净化效果评价
   1. 一回路放射性净化应建立效果评价机制。
   2. 一回路系统净化是净化、循环注入、再净化的混合过程，净化时间公式如下：



其中：

V0——一回路水装量；

L——树脂床总净化流量；

K——树脂床单次循环除碘的效率；

C0——原始一回路中总碘体积活度；

C(t)——净化后一回路中总碘体积活度。

附录A

（资料性附录）

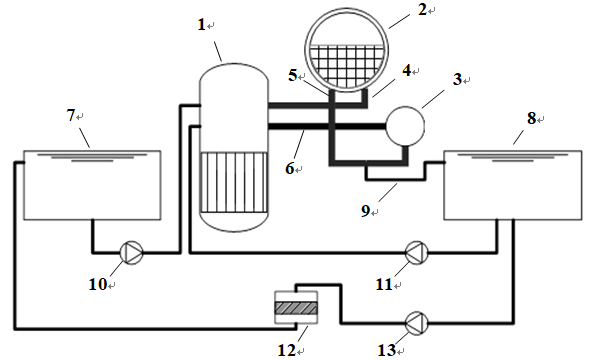
VVER型机组大修放射性源项控制框图

图A,1 VVER型机组大修放射性源项控制框图

附录B

（资料性附录）

特殊控制措施净化流程示意图



说明：1-反应堆；2-蒸汽发生器；3-主泵；4-主管道热段；5-主管道过渡段；6-主管道冷段；7-硼水贮存水箱40系列；8-硼水贮存水箱10系列；9-余热导出系统的管线；10-低压安注系统泵40系列；11-低压安注系统泵20系列；12-乏池净化系统树脂床；13-乏池净化系统泵。

图B.1 特殊控制措施净化流程示意图

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |