|  |
| --- |
| ICS |

核 能 行 业 协 会 团 体 标 准

高温气冷堆建设阶段二回路清洁度保证导则

Cleanliness ensure guideline for secondary circuit in high temperature gas cooled reactor before operation

|  |
| --- |
| （征求意见稿） |
| (2020.03) |

2019- **x** **x** - **x x**发布 2019- **x** **x** - **x x**实施

发 布

目    次

前言 II

[1 范围 1](#_Toc382840890)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc382840891)

[3 术语和定义 1](#_Toc382840892)

[4 高温气冷堆二回路清洁技术总则 2](#_Toc382840893)

[5 设备在制造、包装、运输、堆放、安装过程中清洁度保证措施要求 3](#_Toc382840894)

[6 二回路水系统化学清洗 6](#_Toc382840895)

6.1 化学清洗范围 .6

6.2 清洗介质 6

6.3 碱洗工艺 6

6.4 酸洗工艺 7

6.5 化学清洗注意事项 11

[7 蒸汽发生器的吹扫 12](#_Toc382840896)

[7.1 吹扫概述 12](#_Toc382840897)

[7.2 吹扫质量标准 12](#_Toc382840898)

[7.3 吹扫相关计算及吹管流程选择 12](#_Toc382840899)

[7.4 分部吹扫临时措施 13](#_Toc382840900)

[7.5 分部吹扫方法 14](#_Toc382840901)

[7.6 安全注意事项 14](#_Toc382840902)

[8 二回路系统的整体冲洗 15](#_Toc382840903)

[8.1冲洗具备的条件 15](#_Toc382840904)

[8.2 冷态冲洗 15](#_Toc382840905)

[8.3 热态冲洗 16](#_Toc382840906)

[8.4 汽轮机冲转及带负荷阶段整体冲洗 17](#_Toc382840907)

[附录A（规范性附录） 19](#_Toc382840908)

[附录B（资料性附录） 20](#_Toc382840910)

[附录C（规范性附录） 21](#_Toc382840912)

前    言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

高温气冷堆核电站二回路与火电厂、压水堆核电站的系统组成、设备结构、材质、运行参数等存在较大差别，该标准制定的二回路清洁技术方案是高温气冷堆二回路建设阶段保证清洁度的通用标准。

本标准的附录A、C是规范性附录。

本标准的附录B是资料性附录。

本标准主要起草单位：西安热工研究院有限公司、华能山东石岛湾核电有限公司。

本标准主要起草人：马晓珑、张瑞祥、刘俊峰、李康、刘乾、张延旭、常重喜、韩传高、孟颖琪、龙国军、董雷、叶林、赵峰、彭伟超、王理博、卫大为、贺锡鹏、余俨。

高温气冷堆二回路建设阶段清洁度保证导则

1 范围

本标准规定了高温气冷堆二回路在建设阶段保证清洁度所要做的工作。

本标准适用于高温气冷堆二回路清洁度的保证，其他类型机组的清洁度可参考执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的引用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括修改单）适用于本标准。

GB/T 26429-2010 设备工程监理规范

DL/T 5068-2006 火力发电厂化学设计技术规程

DL/T5190.2-2012 电力建设施工及验收技术规范(锅炉机组篇)

JB/T 4058-1999 汽轮机清洁度

JB/T 4711-2003 压力容器涂敷与运输包装

JB/T 6913-2008 泵产品清洁度

HAF103 核动力厂运行安全规定

HAD103/02 核电厂调试程序

HAD003/09 核电厂调试和运行期间的质量保证

DL5295-2013 火力发电建设工程机组调试质量验收及评价规程

RCC-M第V卷 制造F6000清洁（2000版）

DLT 794-2012 火力发电厂锅炉化学清洗导则

S-HTR-3-I-19-012 高温气冷堆核电站示范工程常规岛启动停堆系统设备采购合同

GB/T 12145-2016 火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高温气冷堆 high temperature gas cooled reactor

采用涂敷颗粒燃料，以石墨作慢化剂，用氦气作冷却剂，堆芯出口温度为850~1000℃，的核反应堆。

3.2

二回路系统 secondary circuit system

带出一回路冷却剂热量的二次冷却剂循环系统。

3.3

清洁技术 Clean technology

使热力系统清洁所采用的方法、标准及实施过程。

3.4

化学清洗 chemical cleaning

利用化学方法及化学药剂达到清洗设备目的的方法。

3.5

吹管 blowing pipe

利用蒸汽或压缩空气清除掉系统内杂质的方法。其标准的检验是吹管系数大于1的条件下，在排放口设置靶板，通过气流冲击靶板后留在靶板上的斑痕粒径和斑痕数量来检验。

3.6

吹管系数 blowpipe coefficient

采用蒸汽或压缩空气吹管时，在被吹扫管道内任意位置，该处吹扫介质的动量同额定工况下蒸汽动量的比值。

3.7

冲洗 rinse

利用水或者蒸汽流过系统，溶解、带走系统中的杂质。其标准的检验是目测或化验水质来判断冲洗的质量。

3.8

清洁度 cleanliness

零件、设备或系统特定部位被杂质污染的程度。用规定的方法从规定的特征部位采集到杂质微粒的质量、大小和数量来表示。

3.9

专业监理工程师 consulting engineer

按GB/T 26429-2010中的定义，负责某一专业或某一方面的设备监理工作，具有相应监理文件签证权的设备监理工程师。

3.10

现场见证点 witness point

按GB/T 26429-2010中的定义，由设备监理工程师对设备工程的过程、工序、节点或结果进行现场见证而预先设定的监理控制点。

4 高温气冷堆二回路清洁技术总则

4.1 二回路的清洁技术覆盖了二回路设备制造、包装、运输、堆放、安装、试运等各个环节，在不同环节有不同的保证清洁度的方法和评判标准。

4.2 制造阶段主要通过设备制造厂房的环境要求、设备制造的合理化工艺、人员的规范化操作、成品包装的特殊要求、运输和堆放过程中的定期维护等要求，通过过程控制的方法，尽可能减少杂质，对于产生的杂质，控制其发展，并能有效去除。

4.3 安装阶段，主要通过安装过程中周围的环境要求、合理的安装工艺、人员的规范化操作等要求，通过过程控制的方法，来保证二回路系统内不产生、不带入杂质。

4.4 在设备安装就位后，凝汽器、除氧器、低压加热器、高压加热器等及其相连的泵、管道通过化学清洗来保证其清洁度。蒸汽发生器二次侧通过压缩空气吹扫保证其清洁度。蒸汽发生器后的系统管道通过冷态冲洗、热态冲洗及带负荷运行阶段蒸汽运行冲洗来保证其清洁度。

4.5 二回路清洗、吹扫或冲洗过程中如果边界有变动，最终恢复完成后，对可能产生遗留物的部位进行内窥镜检查，确保系统内没有异物。

5 设备在制造、包装、运输、堆放、安装过程中清洁度保证措施要求

设备有专项要求的须严格遵照执行，未明确的参照相关国家和行业标准执行，如JB/T 4058-1999（汽轮机清洁度）、JB/T 4711-2003（压力容器涂敷与运输包装）、JB/T 6913-2008（泵产品清洁度）等。

5.1 设备在制造过程中清洁度保证措施要求

设备制造过程中一般通过机械清理和化学清洗的方法获得所要求的清洁度。

5.1.1 清洁度检查和合格标准

在二回路设备清洁工作完成后，应立即检查以确认是否达到所要求的清洁度。应根据设备的结构特点、材质、检验的可达性等选用清洁度检查方法。参照RCC-M（2000版）第V卷 制造F6000清洁章节，常用的清洁度检查方法有目视检查、白布检查、通塞检查、洗涤水检查等。

5.1.1.1 目视检查

在不引起操作者目眩的前提下，用大于等于500lux的光照度，对被检表面做目视检测。根据目视检测的杂物数量和斑点的累计面积来评判清洁度。

5.1.1.2 白布检查

用非合成织物制成的白色、干净且不起毛的拭布擦拭被检表面；若设备规格书中有要求，则可用蘸丙酮的拭布进行该项检查。根据白布擦拭后的外观来评判清洁度。

5.1.1.3 通塞检查

用纯净、干燥且无油的空气推动棉花团塞子替代白拭布擦拭管子内壁。根据棉花团塞子擦拭后的外观来评判清洁度。

5.1.1.4 洗涤水检查

以等于或大于正常工况下工作流体的速度进行水循环。最后冲洗水中提取的水样（至少取40L）经过清洁白色棉布过滤，根据清洁白色棉布过滤后的外观和过滤出的杂质数量和大小来评判清洁度。棉布要求为：面积为10dm2，网眼密度约为90gr/m2，经纬方向网眼为3孔/mm～4孔/mm。

各种检查方法和合格标准见附录A的表A.1。

5.1.2 装配检验工作区要求

二回路设备中的蒸汽发生器同时也是一回路中的核心设备，是一回路和二回路交界面，其清洁度整体标准要高于二回路的其他设备。

5.1.2.1 蒸汽发生器装配检验工作区要求

1） 特制工作服

工作人员应穿着洁净的衣服和鞋（或套鞋）。

2） 防污染

应采取一切措施防止人员受到（食物、饮料、香烟等）污染。

3） 地面、墙壁和天花板

地面应铺设光滑覆层（固定的或可拆卸的），如为永久性隔离室，墙壁和天花板材料本身不得产生灰尘。

4） 防尘

在工作区内，应采取预防措施防止尘土进入清洗后的或正在清洗的设备。

5） 地面清扫

每日应进行地面清扫，清扫应注意避免扬尘。应根据所进行的工作类型适当缩短或延长清扫时间间隔。

6） 工作区的标志

应采取实体标识工作区的边界。

5.1.2.2 二回路的其他设备装配检验工作区要求

1） 防污染

应采取一切措施防止人员受到（食物、饮料、香烟等）污染。

2） 防尘

在制造、安装和土建同时进行时，应加强对这些工作的管理。

3） 地面清扫

每周应进行地面清扫，可根据所进行的工作类型适当缩短或延长清扫时间间隔。

4） 工作区的标志

在建造现场，应采用实体标识工作区的边界（此要求在制造车间为非强制性的）。

5.1.3 清洁度的监督检查

5.1.3.1在二回路各设备的制造质量计划中，应对装配后的清洁度检查设置现场见证点。

5.1.3.2专业监理工程师应出席清洁度检查工序见证，与制造厂的质保和质检人员一起严格按照技术要求进行检查。

5.1.3.3 每个设备在清洁度检查后都应编制清洁度检查报告，详细记录所进行的检查项目及其结果。

5.2 设备在包装过程中清洁度保证措施要求

5.2.1 制造商应根据设备特点和材料类型，规定相应的包装形式和专项要求。

5.2.2 设备包装应在装配检验工作区内进行，防止包装过程使已达到合格的清洁度遭到破坏。

5.2.3 设备可应用防水、防尘罩包装好，并置于集装箱或货箱内。如果罩内可能存在危害设备的凝结水时，应在罩中放置干燥剂和湿度指示卡。

5.2.4 对于压力容器类设备应放入干燥剂，充入干燥、纯净、不含卤素的氮气进行干保养。氮气露点< -40℃，压力不小于1.2Bar（绝对压力），该干保养一直持续到现场安装阶段。

5.2.5 对于管件类设备应放入干燥剂，并将开口封住后，采用整体包装。

5.2.6 设备的开孔应使用盖子或塞子等密封，对不锈钢制品，盖子和塞子的卤素含量应该符合设备要求。

5.2.7 有关物项的包装应考虑水运、陆运和安装、贮存的要求。包装应具有一定的屏障以防止水汽、带盐分的空气、尘土、污物和其他形式的污染物透入。

5.2.8 在二回路各设备的制造质量计划中，对设备运输前的包装检查应设置现场见证点，专业监理工程师应出席，与制造厂的质保和质检人员一起严格按照技术要求进行检查。

5.3 设备在运输过程中清洁度保证措施要求

5.3.1 设计方或制造商应根据材料类型和设备特点，规定相应的运输形式和专项要求。

5.3.2 在运输过程中应避免包装和防护遭到破坏，如已发生，应进行紧急补救处理。设备运抵现场，立即对清洁度进行全面检查和评估。

5.4 设备在堆放过程中清洁度保证措施要求

5.4.1 设备在堆放前应对清洁度进行全面检查和评估，如原包装和防护遭到破坏、清洁度已不能满足要求，应进行吹扫和清洗，恢复其在制造车间所达到的清洁度，再次做好包装和防护。

5.4.2 在存放不锈钢设备时应采取措施以确保其不与碳钢或污染物接触。

5.4.3 除非进行检查，处在保护或保养状态的设备应保持此状态至存贮期结束（尤其是所有盖子和塞子都应保持就位）。如果需要检查，检查完成后，应更换设备的包装或防护系统。

5.4.4 存放区的要求：由能防护外部环境的封闭间组成，其地面铺敷地板或采用不产生尘土的致密材料。封闭间设置除湿机，以限制其内部的湿气凝结。设备应置于支撑（货架或垫板）上。封闭间应定期清扫垃圾和除尘。

5.5 设备在安装过程中清洁度保证措施要求

5.5.1 安装操作环境必须满足相应的工作区要求（同装配检验工作区要求）。

5.5.2 安装操作人员必须是经过培训考核的合格人员。

5.5.3 安装操作人员的着装、使用工具必须符合要求。

5.5.4 除因操作需要，通常情况下，开口都应堵住。

5.5.5管道、容器在连接、焊接前需经过吹扫、通球、人工清理、内窥镜检查等措施，确保内部无异物。

5.5.6未安装完的设备、部件敞口部分必须进行必要的遮护。

5.5.7不立即对零件进行焊接时，焊接坡口在焊接前应用不含卤素的塑料薄膜封口进行保护，以防止设备内部积累灰尘。

5.5.8当操作可能导致设备受固体颗粒和尘埃的污染时，应采取措施（如加塞子、用真空装备等）限制污染，在焊接完工后应清除在设备内进行焊接所产生的固体颗粒。

5.5.9在操作前后，应分别核对带进设备或系统的各项工具的清单（在目视检测不足以确保有无工具遗留时），严禁安装后有小零部件、工具和其他杂物进入二回路内，如有发现，必须设法取出。

5.5.10 二回路设备安装完成、回路形成后，可进行整体吹扫和清洗，最后对回路冲洗流出的水质进行检验，直至满足相关清洁度要求为止。吹扫或清洗过程中如果二回路边界有变动，最终恢复完成后，对可能产生遗留物的部位进行内窥镜检查，确保系统内没有异物。

6 二回路水系统化学清洗

6.1 化学清洗范围

清洗的主要范围主要包括凝结水和给水系统系统，主要设备包括：凝汽器、凝结水管道、给水管道、轴加、低加（水侧、汽侧）、除氧器、高加（水侧、汽侧）、启停堆系统、蒸汽管道。

6.2 清洗介质

二回路化学清洗应包括碱洗和酸洗两个过程。碱洗的目的是除油，可采用具有除油效果的清洗剂。酸洗的目的是除锈除垢，根据DLT 794-2012中的要求，宜采用有机酸作为清洗介质，常见的两种有机酸清洗方式特点见表1。

表1 两种常用有机酸清洗方式

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 工艺名称 | 药品浓度（%） | 控制温度 | 优缺点 |
| 1 | 柠檬酸酸洗 | 2～8 | 缓蚀剂0.3%～0.4%，在柠檬酸中添加氨水调节pH值至3.5～4.0，温度85℃～95℃，流速大于0.3m/s，时间小于24小时。 | 优点：清洗系统简单，不需对阀门采用保护措施，危险性小。缺点：酸洗液中铁含量过高和溶液pH值小于3.5，易产生柠檬酸铁沉淀，影响清洗效果。 |
| 2 | 低温EDTA清洗 | 3～8 | 缓蚀剂0.3%～0.5%，EDTA铵盐浓度3%～8%，调节pH值至4.5～5.5，温度85℃～95℃。 | 优点：清洗系统简单，时间短，清洗水量少，清洗、钝化一步完成。缺点：辅助系统复杂，配药、回收工作量大。低温法一般适用于基建炉。 |

6.3 碱洗工艺

6.3.1 碱洗范围：凝汽器、凝结水管道、轴封加热器、低加（汽侧）、低加（水侧）、除氧器。

6.3.2 碱洗回路：对低加水侧、低加汽侧和高加汽侧宜分三个回路分别碱洗。

6.3.2.1 低压水侧管路碱洗回路：除氧器→除氧器溢流管→凝汽器→凝泵→轴封及旁路→低加水侧→除氧器，流程示意图见图1。

6.3.2.2低加汽侧管路碱洗回路：凝汽器→凝泵进口母管→凝泵→轴封加热器及旁路→低加水侧→除氧器→除氧器溢放管→临时管→三段抽汽管路→3号低加汽侧→3号至4号低加正常疏水管路→4号低加汽侧→4号至5号低加正常疏水管路→5号低加汽侧→5号低加正常疏水管路/危急疏水管路→凝汽器，流程示意图见图2。

6.3.2.3 高加汽侧管路碱洗回路：除氧器→前置泵→临时管→高加抽汽母管→高加汽侧→疏水管道→除氧器，流程示意图见图3。



图1 低加水侧碱洗回路流程图



图2 低加汽侧碱洗回路流程图



图3 高加汽侧碱洗回路流程图

6.3.3 估算系统的水容积，并计算各回路的加药量。

6.3.4 采用除氧器或清洗箱内的混合蒸汽加热器作为碱洗热源。

6.3.5 碱洗过程

6.3.5.1碱洗前水冲洗：按系统碱洗回路流程进行水冲洗，启动凝泵进行冲洗，先冲洗旁路，然后冲洗主路。冲洗终点：出水澄清，无杂物。

6.3.5.2碱洗

碱洗时药液的温度、时间等控制点见表2。碱洗时循环与加热同时进行，升温到碱洗温度，循环达到碱洗时间后碱洗结束。

表2 碱洗药液工艺控制条件

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 药品浓度（%） | 控制温度（℃） | 碱洗时间（min） |
| 1 | NaOH 0.5～0.8  Na2HPO4 0.2～0.5 | 90～95 | 8～24 |
| 2 | Na3PO4 0.2～0.5  Na2HPO4 0.1～0.2  湿润剂 0.05 | 90～95 | 8～24 |
| 3 | 常温微碱性高效除油剂0.5～1% | 55±5 | 6 |

6.3.5.3 碱洗后水冲洗：碱洗结束排放清洗液后，进行大流量水冲洗。冲洗终点：冲洗至出水pH值≤9.0，基本澄清，无杂物。

6.3.5.4 碱洗结束后，打开凝汽器人孔和除氧器人孔进入内部，进行检查并进行人工清理。

6.4 酸洗工艺

6.4.1 酸洗范围：除氧器、前置泵、高加水侧、汽水分离器、主蒸汽管道、高旁管道。

6.4.2 酸洗回路：酸洗回路见图4。

6.4.2.1 柠檬酸及低温EDTA法酸洗回路：除氧器→前置泵→临时管→给水泵出口母管→高加水侧及旁路→蒸发器入口→临时管→蒸发器出口→主蒸汽管道/启停堆系统/高旁→临时管→除氧器。



图4 酸洗回路流程图

6.4.3 估算系统的水容积，并计算各药品用量。

6.4.4 控制清洗流速在0.2-0.5m/s，最大不超过1m/s。

6.4.5 投运除氧器作为清洗加热热源。

6.4.6 监视管安装位置：在临时管上，在监视管前安装一个流量计和一次阀，控制其流速与系统流速一致。

6.4.7 腐蚀速度及腐蚀总量的测定：监视管内悬挂1-2个腐蚀指示片，测量其腐蚀速度及腐蚀总量。腐蚀指示片的制作要求：用20号钢材质加工，加工过程中，试样不能浇水、浇油，温度不能超过150℃。指示片为带挂片小孔的长方体，规格为35mm×15mm×2mm，孔径4mm，表面粗糙度Ra不大于 0.4µm。

腐蚀速度按式（1）计算

V=( m1- m2)/(S·t) （1）

式中： V—腐蚀速度，g/(m2·h)

m1—指示片清洗前的质量，g

m2—指示片清洗后的质量，g

S—指示片的表面积，m2

t—反应时间，h

腐蚀总量按式（2）计算

W= (m1-m2)/S （2）

式中： W—腐蚀速度，g/m2

m1—指示片清洗前的质量，g

m2—指示片清洗后的质量，g

S—指示片的表面积，m2

6.4.8 酸洗过程

酸洗的主要步骤：水冲洗→碱洗→碱洗后水冲洗→酸洗→酸洗后水冲洗→漂洗→钝化

6.4.8.1 系统水冲洗：按清洗回路流程进行水冲洗，启动前置泵。冲洗终点：出水基本澄清，无杂物。

6.4.8.2碱洗：碱洗药品及工艺条件见表2，采用边循环边加热，升温到碱洗温度，循环达到碱洗时间后碱洗结束。

6.4.8.3碱洗后水冲洗：碱洗结束排放清洗液后，进行大流量水冲洗，冲洗终点：冲洗至出水pH值≤9.0，基本澄清，无杂物。

6.4.8.4 酸洗

加药前，应循环加热至酸洗要求温度的下限。缓蚀剂应在酸液注入前加入清洗系统，缓蚀剂加入速度应根据泵流量在一个循环周期内（一个循环周期指系统总水容积与前置泵的实际流量的比值）均匀加入。酸洗工艺条件见表3。

表3 酸洗工艺控制条件

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 工艺  名称 | 介质浓度（%） | 缓蚀剂  浓度（%） | 控制条件 | | | |
| 流速(m/s) | 时间(h) | 温度(℃) | pH |
| 1 | 柠檬酸酸洗 | 2%～8%，用氨水调节pH值为3.5～4.0 | 0.3～0.4 | 0.3～1 | ≤24 | 85～95 | 3.5～4.0 |
| 2 | 低温EDTA清洗 | EDTA铵盐浓度3%～8%，剩余EDTA浓度0.5%～1% | 0.3～0.5 | ≥0.3 | ≤24 | 85～95 | 4.5～5.5 |
| 3 | 高温EDTA清洗 | EDTA铵盐浓度4%～10%，剩余EDTA浓度0.5%～1% | 0.3～0.5 | ≥0.3 | ≤24 | 120～140 | 8.5～9.5 |

若注酸后2h内EDTA或柠檬酸液浓度小于1.5%，应补加酸并使其达到预定浓度。有机酸与设备的接触总时间不宜超过24h。

监视管段应在清洗系统进酸30min后投入，并控制监视管内流速与被清洗高压加热器流速相近。

当每一回路循环清洗到预定时间时，应加强进出口的酸洗液浓度和铁离子浓度的分析，检查其是否达到平衡，并取下监视管检查清洗效果。当酸洗液中铁离子浓度趋于稳定时，监视管段内基本清洁，再循环1h左右，即可停止酸洗。

循环配酸过程中应定时测定清洗回路出入口酸浓度，不应瞬间浓度过高。

6.4.8.5 酸洗后水冲洗

1)为防止酸洗后活泼的金属表面产生二次锈蚀，酸洗结束时，不宜采用将酸直接排空上水的方法进行冲洗，可用纯度大于97%的氮气连续顶出废酸液，也可用除盐水顶出废酸液。EDTA清洗则直接调节pH进入钝化阶段，不需要水冲洗和漂洗。

2)缩短冲洗时间以不影响最终的清洗效果、不会产生二次锈蚀为宜。

3)酸液排出后采用交变流量连续冲洗，直至冲洗合格。

4)冲洗终点，冲洗水电导率小于50μS/cm，含铁量小于50mg/L，pH值为4.0～4.5。在冲洗的后期还可加入少量柠檬酸，能防止二次锈蚀的生成。冲洗合格后立即建立整体大循环，并用氨水将pH值迅速调整至9以上。

6.4.8.6 漂洗

宜采用浓度为0.1%～0.3%的柠檬酸溶液，并加0.1%缓蚀剂，加氨水调整pH值至3.5～4.0后进行漂洗。溶液温度维持在75℃～90℃，循环2h左右。漂洗液中总铁量应小于300mg/L，若超过该值，应用热的除盐水更换部分漂洗液至铁离子含量小于该值后，方可进行钝化。

6.4.8.7 钝化

钝化工艺的控制条件见表4 。

表4 钝化工艺控制条件

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 钝化工艺 | 钝化液浓度 | pH | 钝化温度（℃） | 钝化时间（h） |
| 1 | 过氧化氢 | 0.3%～0.5% | 9.5～10.0 | 45～55 | 4～6 |
| 2 | EDTA  充氧钝化 | 游离EDTA 0.5%～1.0% | 8.5～9.5 | 60～70 | 氧化还原电位升至-200mV～-100mV终止 |
| 3 | 丙酮肟 | 500～800mg/L | ≥10.5 | 90～95 | ≥12 |
| 4 | 乙醛肟 | 500～800mg/L | ≥10.5 | 90～95 | 12～24 |
| 5 | 磷酸三钠 | 1%～2% |  | 80～90 | 8～24 |
| 6 | 联氨 | 300～500mg/L | 9.5～10.0 | 90～95 | ≥24 |
| 7 | 亚硝酸钠 | 1%～2% | 9.5～10.0 | 50～60 | 4～6 |

采用氮气或水顶酸，当金属在未接触空气的情况下，冲洗至出水pH值为4.0～4.5、含铁量小于50mg/L。冲洗结束后立即建立水循环，在30min内将pH值由4.5提高至9.0。观察监视管内金属腐蚀指示片，应为银灰色，按表4控制条件进行钝化后，应立即排空系统中的钝化液。

6.4.9 清洗监督

清洗主要监督项目见表5

表5 清洗主要监督项目

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 工艺过程 | 取样点 | 项目 | 监督时间 | 终点 |
| 碱洗 | 出、入口 | 碱度、温度 | 2h | 含油量、酚酞碱度基本稳定 |
| 碱洗后水冲洗 | 出口 | pH | 15min | pH≤9，冲洗至出水澄清、透明。 |
| 酸洗 | 出、入口 | 温度、酸度、含铁量 | 30min | 酸度平衡，Fe3+出现峰值后，Fe2+趋于平稳 |
| 酸洗后水冲洗 | 出口 | pH、电导率、含铁量 | 15min | pH=4.0～4.5；电导率≤50μS/cm；Fe<50mg/L |
| 稀柠檬酸漂洗 | 出口 | 柠檬酸浓度、pH、含铁量、温度 | 30min | 柠檬酸浓度≤0.2%；pH=3.5～4.0；全铁<300mg/L |
| 钝化 | 出口 | 浓度、pH；温度 | 1h | 按钝化工艺要求进行测试 |

6.4.10清洗后工作

6.4.10.1清洗后系统恢复，清理除氧器和凝汽器。

6.4.10.2清洗废液处理。

6.4.11 清洗质量指标按照（参照DLT 794-2012的要求）。

6.4.11.1清洗后的金属表面清洁，基本上无残留物和焊渣，无明显粗晶析出的过洗现象。

6.4.11.2腐蚀指示片测量的金属平均腐蚀速度＜8g/（m2·h），腐蚀总量＜80g/m2。

6.4.11.3清洗后的表面应形成良好的钝化保护膜，保护膜完整，无点蚀及二次生锈。

6.4.11.4固定设备、系统上的阀门、仪表等不应受到损伤。

6.5化学清洗注意事项

6.5.1 不参加化学清洗的设备和系统应与清洗系统完全隔离，特别是清洗范围内的热工测点、加药、取样等一次门必须隔离。

6.5.2三台前置泵具备使用条件。

6.5.3清洗前所用的化学药品已备齐，药品必须有合格证明。

6.5.4系统安装完毕，水压试验合格。

6.5.5能确保化学清洗过程中所需的连续、稳定的蒸汽。

6.5.6系统及管道保温完成，系统升温速度试验符合要求即升温速度大于15℃/h。

6.5.7能确保化学清洗过程用电可靠供给，有一路备用电源供电。

6.5.8能确保化学清洗过程所需的除盐水。

6.5.9酸洗前确保完成小型模拟试验，提供小型试验报告。

6.5.10 具备处理清洗废液的条件。

6.5.11 安装临时系统时，应确认管道内没有砂石和其他杂物。水平敷设的临时管道，朝排水方向的倾斜度不得小于3/1000。按相应压力正式管道的质量要求，检查临时管道的焊接质量。焊接部位应易于观察，焊口不宜靠近重要设备。焊接操作人员应持有压力容器焊工岗位合格证。

6.5.12阀门在安装前必须研磨，更换法兰填料，并进行水压试验。所有阀门压力等级必须高于前置泵相应的压力。

6.5.13清洗箱顶部，应设有排氢管，并应有足够的通流截面(一般在DN80～DN150的范围内)。

6.5.14临时系统中安装的温度、压力、流量表计及分析仪表，应经校验合格后方能使用。不耐腐蚀的表计，应采取隔绝清洗液的措施。

6.5.15清洗系统中应设监视管，监视管段应选用长度为350mm～400mm，两端焊有法兰盘。

6.5.16 临时系统安装完毕后，水压试验合格。前置泵，各种计量泵及其他转动机械应试运转无异常。

7 蒸汽发生器的吹扫

7.1 吹扫概述

蒸发器二次侧传热管吹扫是在蒸汽发生器安装之前的一道工序，其目的是清除在制造、运输及保管过程中留在蒸汽发生器二次侧传热管中的各种杂物（如灰尘、焊渣、锈垢等），为后期二回路系统整体冲洗减轻压力，防止机组运行中蒸汽发生器二次侧传热管爆管和汽机通流部分损伤，提高机组的安全性和经济性，并改善运行期间的汽水品质。

吹扫可采用蒸汽或压缩空气作为介质，考虑实施过程的难易程度、经济性和安全性，推荐使用压缩空气吹扫。

7.2 吹扫质量标准

7.2.1 蒸汽发生器所有二次侧螺旋传热管各处吹管系数应大于1；

7.2.2 检验方法（参照DL/T5190.2-2012电力建设施工及验收技术规范）：空气吹扫过程中当目测排气无烟尘时，在被吹洗管末端的临时排气管内(或排气口处)装设靶板，靶板可用铝板制成，其面积不小于压缩空气通流面积的8%；在保证吹管系数的前提下，连续两次更换靶板检查，靶板上冲击斑痕粒度不大于0.8mm，且粒度在0.2~0.8mm范围内斑痕不多于8点即认为吹洗合格。

7.3 吹扫相关计算

7.3.1 吹管系数基本计算公式（参照DL/T5190.2-2012电力建设施工及验收技术规范）：

吹管系数=【（额吹管时空气流量)2×（吹管时空气比容)】/【（额定负荷蒸汽流量)2×（额定负荷时蒸汽比容）】。

7.3.2 吹管计算基准点的选择

水在螺旋管中流动，通过一回路加热，温度逐渐升高，压力几乎不变，经预热段、蒸发段、过热段变成过热蒸汽。在预热段，水加热逐渐变为饱和水，比容增加十分缓慢；在蒸发段，饱和水蒸发为饱和蒸汽，比容迅速增大；在过热段，饱和蒸汽被继续加热为过热蒸汽，比容增长渐趋缓慢。压缩空气在螺旋管中流动可看作恒温过程，压力均匀降低，比容近乎均匀增长。结合吹管系数计算公式分析，在对螺旋管用压缩空气吹扫时，吹管系数最小值会出现在相变点处（饱和水完全变为饱和蒸汽处位置）。

需要指出的是，蒸汽发生器每个换热元件的螺旋管由内向外分为数层，计算时应分别计算，选取最小吹管系数点处作为吹管计算的基准点。

7.3.3 吹扫空气量计算

基准点处压缩空气压力根据供气压力、排气压力（令其为大气压）及相变点相对位置，按压力均匀下降求取，比容可计算得到（温度取气源温度）；【（额定负荷蒸汽流量)2×（额定负荷时蒸汽比容）】可根据额定运行时的参数计算求得；吹管系数取为1；根据吹管系数计算公式即可求得单管最小空气量。根据螺旋管的数目，即可求得所需压缩空气总需求量。

若压缩空气总需求量小于压缩空气系统供气量，则执行一次吹扫方案；否则，将压缩空气总需求量取20%以上裕量除以压缩空气系统供气量，得到吹扫流程数，执行分部吹扫方案。

实际吹管系数计算可通过测定蒸发器出入口压力并利用上述方法计算，如果吹管系数偏低，可以适当提高吹扫压缩空气压力或增加吹扫流程数。

一般情况下，电站压缩空气系统供气量较小，需分部吹扫，因此以下仅提供分部吹扫方案的方法。一次吹扫方案可参照执行。

7.4 分部吹扫方案

7.4.1. 蒸汽发生器入口和压缩空气系统之间采用临时管联接，临时管上靠近蒸发器处侧面开一人孔，人孔应能严密封闭；

7.4.2. 蒸汽发生器螺旋管口在出入口联箱圆形管板平面上呈均匀分布，采用扇形板（膨胀石墨内夹不锈钢板）封闭每次不吹扫的螺旋管口，根据吹扫流程数确定扇形板缺口角度，扇形板固定及旋转可采用连杆装置实现。连杆穿过焊接在临时管内中心线上的套筒，可在套筒内前后滑动及旋转，套筒上设置螺栓对连杆进行固定。套筒上固定量角器，用于调整出入口扇形板缺口角度；

7.4.3. 蒸发器入口临时管上装设临时电动闸阀，用于系统隔离，阀前装就地压力表；

7.4.4. 在蒸发器出口，采用临时管同主蒸汽联箱筒体联接，临时管末端装设开关迅速的气动闸阀，作为吹扫控制阀；

7.4.5. 为满足分部吹扫的打靶要求：靶板架可焊接在蒸发器出口扇形板连杆上合适位置，靶板架中心线对准扇形板缺口中心线。靶板架随扇形板转动，架上可安装并固定扇形靶板，所用靶板面积应大于气流流通面积的10％。蒸发器出口扇形靶板旋转及靶板拆装工作均通过临时管出口（打开气动闸阀）操作；

7.4.6. 蒸发器出入口位置临时管上均装设压力测点，用于测定蒸发器吹扫时出入口压力；

7.4.7. 空气吹扫管线布设应尽量平直简捷，越短越好。吹扫中使用的所有临时管道、靶板架、连杆、套筒等材料均采用不锈钢材质，焊接采用氩弧焊打底施焊；

7.4.8. 吹扫气源由压缩空气系统储气罐出口接出，蒸发器主给水联箱之前系统在联接蒸汽发生器主给水联箱之前应吹扫干净；

7.4.9. 吹扫的临时管道安装牢固可靠的支吊架；

7.4.10. 空压机出口至吹扫控制阀处做气密性试验。

7.5 分部吹扫实施过程

7.5.1. 将蒸发器出入口扇形板缺口调至相同角度，然后分别压紧在蒸发器出入口管板平面上并固定；

7.5.2. 关闭临时管侧面的人孔；

7.5.3. 关闭出口临时气动阀，打开入口临时电动阀；

7.5.4. 待蒸发器出入口压力稳定后记录入口压力数值，开启临时气动控制阀，开始吹扫。吹扫过程中监视蒸汽发生器出入口压力，吹扫30分钟左右停止吹扫，等待5分钟后再次吹扫，循环这一操作；

7.5.5. 当目视排气清净和无杂色杂物时，停止吹扫并关闭临时电动阀，打开气动阀，在靶板架上加装靶板；

7.5.6. 再次吹扫，在保证吹管系数大于1的前提下，连续两次更换靶板检查，靶板上冲击斑痕粒度不大于0.8mm，且粒度在0.2~0.8mm范围内斑痕不多于8点即认为吹洗合格；

7.5.7. 检验合格后，关闭临时电动阀，打开蒸发器入口临时管道上的人孔放气，出口处打开气动闸阀。将出入口扇形板均旋转一定角度（为保证扇形板缺口边缘处的螺旋管吹扫，旋转角度应小于扇形板缺口角度）并压紧固定，封闭临时管上人孔，关闭吹扫控制阀；

7.5.8. 重复以上工作，直到吹扫完所有蒸汽发生器二次侧传热管；

7.5.9. 恢复系统；

7.5.10. 吹扫完成后对蒸发器螺旋管进行充氮保养。

7.6 安全注意事项

7.6.1. 参加吹扫的所有工作人员应严格执行《电力建设安全工作规程》及现场有关安全规定，确保吹扫工作安全可靠进行；

7.6.2. 如在蒸汽发生器吹管过程中危机人身及设备安全时，应立即停止吹管工作，分析原因，提出解决措施；

7.6.3. 吹扫全过程均应有各专业人员在岗，以确保设备运行的安全；

7.6.4. 吹洗管线周围不应有易燃易爆物。吹管时现场应有专人检查，排汽口周围50米区域不应有人，排汽口和所有临时管应设警戒线，并悬挂“严禁入内”、“禁止通行”、“小心高速气流伤人”等警告牌，并设专人巡护。

8. 二回路系统的整体冲洗

8.1冲洗具备的条件

8.1.1二回路给水系统（包括凝结水系统及其管道、轴封加热器、低压加热器及其管道、除氧器、高压加热器系统）的化学清洗已完成，除氧器汽源管蒸汽吹扫合格，临时管道已拆除，正式管道已安装完毕。蒸汽发生器吹扫已经完成，系统恢复正常。

8.1.2冲洗值班室和化验间的通讯与照明已装配好，化验台、仪器、仪表、药品及记录报表齐全，有关电源座已安装好。

8.1.3 除盐水箱已储满除盐水。

8.1.4设备的保温已全部竣工，所有压力、温度测点装好，表计已校验准确无误。

8.1.5 有关冲洗的设备阀门能灵活操作，并可以严密关闭。

8.1.6 凝汽器内部杂物已进行初步清理，人孔门已关闭。

8.1.7 符合HAD00309 《核电厂调试和运行期间的质量保证》中关于调试期间的质量保证大纲规定。

高温气冷堆二回路冲洗包括冷态冲洗、热态冲洗、汽轮机冲转及带负荷阶段整体冲洗，冲洗过程符合HAD103/02 核安全导则《核电厂调试程序》规定。其中水质控制标准参考GB/T 12145-2016《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量》相关规定，结合高温气冷堆的技术特点，得出了符合高温气冷堆二回路各冲洗阶段的水质控制标准，如附录C所示。

8.2 冷态冲洗

8.2.1 对凝汽器补水管道和凝汽器汽侧（包括凝结水再循环管路）的冲洗（通过化学除盐水箱补水至凝结水补水箱，水质取样监测点为凝结水泵出口，合格标准见附录C的表C.1所示）

流程1：凝汽器汽侧→凝结水泵→凝结水精处理旁路→轴封冷却器旁路→凝结水补水箱→凝结水输送泵→凝汽器(高温气冷堆二回路典型流程图见附录B的图B.1所示,以下流程均可参阅此图)；

8.2.2 对低压给水管道、低压加热器、轴封冷却器及其旁路系统的冲洗（水质取样监测点为低压加热器有压放水母管出口，合格标准见附录C的表C.2所示）

流程2：凝汽器汽侧→凝结水泵→凝结水精处理旁路→轴封冷却器→低压加热器旁路和主路→有压放水母管；

8.2.3 对除氧器及其上水管道的冲洗（水质取样监测点为凝结水泵出口，合格标准见附录C的表C.2所示）

流程3：凝汽器汽侧→凝结水泵→凝结水精处理系统→轴封冷却器→低压加热器（凝结水侧）→除氧器→除氧器溢放水管路→凝汽器；

当凝结水泵出口水质Fe<1000μg/L，投入凝结水精处理系统进行冲洗，最终控制凝结水精处理出口水质Fe<10μg/L；

8.2.4 对给水泵入口给水管道和高压加热器的冲洗（水质取样监测点为高压加热器有压放水母管出口，合格标准见附录C的表C.2所示）

流程4：除氧器→给水前置泵→给水泵→高压加热器→有压放水母管；

8.2.5 对二回路主给水系统及其管道的联合大循环动力冲洗（水质取样监测点为凝结水泵出口，合格标准见附录C的表C.2所示）

流程5：凝汽器汽侧→凝结水泵→凝结水精处理系统→轴封冷却器→低压加热器（凝结水侧）→除氧器→给水前置泵→给水泵→高压加热器→主给水流量调节阀→凝汽器疏水扩容器→凝汽器；

8.2.6 对蒸汽发生器二次侧及其给水管道、启动停堆回路的冲洗（水质取样监测点为凝结水泵出口，合格标准见附录C的表C.2所示）

流程6：凝汽器汽侧→凝结水泵→凝结水精处理系统→轴封冷却器→低压加热器（凝结水侧）→除氧器→给水前置泵→给水泵→高压加热器→主给水流量调节阀→蒸汽发生器二次侧→汽水分离器→凝汽器；

冲洗期间调整蒸汽发生器出口压力为机组额定运行压力，启动给水流量为额定运行流量的30%左右，由疏水调节阀控制汽水分离器的液位为正常液位。汽水分离器疏水排入机组排水槽，对疏水取样合格后（水质取样监测点为汽水分离器疏水母管出口，合格标准见附录C的表C.2所示），疏水开始回收到凝汽器，继续冲洗，直至水质合格。

冷态冲洗需在反应堆单堆启动前完成，冲洗完成后蒸汽发生器二次侧充氮气进行干保养，以保护蒸汽发生器管内侧不受腐蚀。

8.3 热态冲洗

8.3.1按照流程3对除氧器及其上水管道进行冲洗（水质取样监测点为凝结水泵出口，合格标准见附录C的表C.2），控制除氧器出口水质Fe<10μg/L；

8.3.2 除氧器投加热，给水温度维持在60-70℃；开启汽水分离器出口隔离阀和启停堆系统至主蒸汽旁路隔离阀，打开启停堆系统和主蒸汽系统管道各级疏水阀。

8.3.3 建立大循环动力冲洗回路(见流程5)，二回路主给水温度维持在60-70℃左右，通过在线取样系统监测给水水质，直至给水水质合格（水质取样监测点为凝结水泵出口，合格标准见附录C的表C.2）；通过调整给水泵和主给水流量调节阀，对蒸汽发生器二次侧进行充水排气后，对蒸汽发生器二次侧及其给水管道、启动停堆回路的冲洗（见流程6）；

8.3.4 提升除氧器压力至0.121MPa，维持定压运行，控制除氧器给水温度上升速率在2℃/min以内，缓慢提升给水温度至110℃后，在线监测除氧器的氧含量合格（≯5μg/L）；

8.3.5 反应堆冷态启动，单堆核功率达到5%RFP时（主蒸汽参数由机组启动曲线给定），维持蒸汽发生器二次侧入口给水温度在105℃左右，主给水压力为额定运行压力，给水流量为额定运行流量的30%左右，由汽水分离器入口调节阀控制蒸汽发生器出口压力为额定运行压力，对蒸汽发生器和启动停堆回路进行热态冲洗(见流程6)。热态冲洗期间通过调整汽水分离器疏水调节阀，维持汽水分离器正常液位，通过主蒸汽旁路阀维持汽水分离器压力1.5MPa左右（对应的温度为最佳热态冲洗温度），启停堆系统和主蒸汽管道进行暖管，同时对主蒸汽管道及其各级疏水管路进行热态冲洗。冲洗期间主蒸汽通过旁路系统减温减压后排至凝汽器冷凝回收，由疏水调节阀控制汽水分离器中的液位为正常液位。汽水分离器疏水排

入机组排水槽，疏水水质合格后（水质取样监测点为汽水分离器疏水母管出口，合格标准见附录C的表C.3），回收至凝汽器。

8.4 汽轮机冲转及带负荷阶段整体冲洗

8.4.1 汽轮机冲转前的整体冲洗

8.4.1.1当单堆功率达到8.04%RFP时（主蒸汽参数由机组启动曲线给定），在主蒸汽旁路运行的情况下，按照流程7对二回路主给水和主蒸汽旁路管道、启停堆系统进行整体冲洗，冲洗期间维持主给水压力为额定运行压力，给水流量为额定运行流量的30%左右，由主蒸汽旁路阀维持汽水分离器内压力为主蒸汽额定压力的35%（压力整定值由汽水分离器设计参数给定），维持汽水分离器的正常运行水位，并实时监测凝结水水质、蒸汽发生器给水水质和除氧器氧含量，直至蒸汽发生器给水水质（水质取样监测点为蒸汽发生器入口前有压放水母管，见附录C的表C.3）和主蒸汽质量（见附录C的表C.3）合格。

流程7：蒸汽发生器→汽水分离器→主蒸汽旁路管道→主蒸汽旁路阀→减温减压后到凝汽器；

8.4.1.2 随着反应堆功率继续提升，当蒸汽发生器出口全部为干饱和蒸汽，汽水分离器内的液位处于低低液位且不再上升，关闭汽水分离器疏水调节阀和隔离阀；

8.4.1.3反应堆单堆功率达到18.4% RFP后（主蒸汽参数由机组启动曲线给定），开启汽水分离器旁路隔离阀，由主蒸汽旁路阀维持汽水分离器入口调节阀后压力为主蒸汽额定压力的35%。同时汽水分离器入口和出口隔离阀关闭，汽水分离器被隔离。当主蒸汽管道充分暖管后，相应压力下的主蒸汽温度应有50℃以上的过热度，打开汽轮机主汽阀，汽轮机开始暖机和准备冲转；

8.4.2 冲转及其带负荷阶段的整体冲洗

8.4.2.1 汽轮机冲转并定速至3000rpm，机组并网带负荷后，除氧器汽源切换，高、低压加热器汽侧冲洗，冲洗各段抽汽管道；

8.4.2.2 继续提升反应堆功率，逐渐关闭主蒸汽旁路阀，通过进汽调节阀控制汽轮机进汽量达到额定进汽量的30%后，由汽轮机进汽调节阀控制汽水分离器入口调节阀后压力按照启动曲线由主蒸汽额定压力的35%升至额定压力。当主汽管道上关断阀前后压差不大于0.2MPa，温差不大于5℃时，开启蒸汽发生器至主蒸汽管道关断阀，关闭汽水分离器入口隔离阀和调节阀、出口旁路阀、主蒸汽至旁路管道隔离阀。继续升功率直至反应堆功率达满功率（100% RFP），在此过程中，在30% RFP、60% RFP、100% RFP功率平台，分别进行带负荷冲洗，通过凝结水精处理系统除去二回路系统中的杂质，当凝结水精处理入口处水质达到附录C的表C.4标准时，进入下一个功率平台，同时蒸汽发生器给水质量(见附录C的表C.3)和主蒸汽质量(见附录C的表C.5)满足要求；

8.4.2.3 对于“双堆带一机”的高温气冷堆机组，另一台反应堆按照相同的冷态启动方式，各功率平台下分别进行热态和二回路整体冲洗，当另一台反应堆出口蒸汽参数达到与前一台反应堆相近，压差不大于0.03MPa，温差不大于5度时，缓慢开启另一台蒸汽发生器至主蒸

汽管道的关断阀，汽轮机进汽调节阀控制进汽量逐渐增大，逐渐关闭主蒸汽旁路阀，关闭汽水分离器入口隔离阀和调节阀、出口旁路阀、主蒸汽至旁路管道隔离阀。另一台反应堆缓慢升功率，两台反应堆同时运行，汽轮机组带65%、75%、100%PFP（电厂功率）稳定运行时，监测蒸汽发生器给水质量（见附录C的表C.3）和主蒸汽质量（见附录C的表C.5）满足要求。当凝结水给水、蒸汽发生器给水、主蒸汽汽水质量均合格，二回路整体冲洗完成。

附录A

(规范性附录)

参照RCC-M（2000版）第V卷 制造F6000清洁章节，清洁度检查方法和合格标准(见表A.1)

表A.1 清洁度检查方法和合格标准

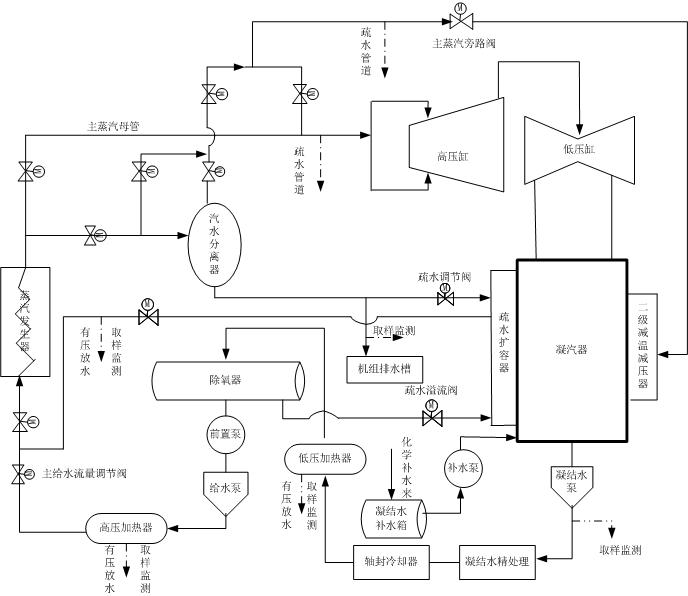
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 清洁度  检查方法 | 合格标准 | |
| 耐腐蚀表面 | 非耐腐蚀表面 |
| 目视检查 | 金属表面应是干净的。允许存在因焊接、热处理等工艺所产生的极薄氧化膜（用干涉色探测）。也允许存在包括因母材或污染物形成导致金属表面锈蚀在内的一些散布的氧化斑点，但斑点的累计面积不超过所考虑总面积的0.1%。 | 金属表面应无杂物。允许金属表面附着有因短时间暴露于大气中而形成的连续氧化薄膜。允许存在局部或整体的均匀薄膜锈蚀。 |
| 用白布检查 | 白拭布保持清洁，无锈斑。 | 白拭布允许存在金属表面锈蚀的色斑，但不允许存在因油和异物所造成的色斑。 |
| 通塞检查 | 白棉花团塞子保持清洁，无锈斑。 | 白棉花团塞子允许存在金属表面锈蚀的色斑，但不允许存在因油和异物所造成的色斑。 |
| 洗涤水的控制 | 棉布总的外观应为清洁、白色的湿布，只允许有轻度斑迹（锈迹和灰尘）。不得有尺寸大于1.0mm的微粒，但允许有极细或毛发状的纱条，其长度允许达到1.5mm。不得有明显的有机杂物或异物（油、砂等）。 | 棉布总的外观应为清洁、白色的湿布，允许有较多量的锈迹沉淀。不得有尺寸大于1.0mm的微粒，但允许有极细或毛发状的纱条，其长度允许达到1.5mm。不得有明显的有机杂物或异  物（油、砂等）。 |
| 注：耐腐蚀表面——不锈钢和镍基合金；非耐腐蚀表面——碳钢、低合金钢。 | | |

附录B

(资料性附录)

高温气冷堆二回路典型流程图(见图B.1)

图B.1 高温气冷堆二回路典型流程图



附录C

(规范性附录)

水质控制标准

凝结水补水质量标准见表C.1； 凝结水冲洗合格标准见表C.2；蒸汽发生器给水质量标准参数表见表C.3；凝结水给水质量标准参数表见表C.4； 蒸汽质量标准参数表见表C.5

表C.1 凝结水补水质量标准参数表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 参量 | 单 位 | 控制标准 | |
| 期望值 | 限值 |
| 钠 | μg/kg | <1 | <2 |
| 氯化物 | μg/kg | <2 |  |
| 硫酸盐 | μg/kg | <2 | <10 |
| 悬浮物 | μg/kg | <50 |  |
| 氨 | mg/kg | 0.3 | 0.2~0.5 |
| 阳离子电导率（25℃） | μs/cm | <1 |  |
| pH值（25℃） |  | 9.0~9.2 | 8.5~9.2 |
| 总电导率（25℃） | μs/cm | 2~4.5 |  |
| 溶硅（SiO2） | μg/kg |  | <20 |

注：表C.1标准参见《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量》。

表C.2 凝结水冲洗合格标准参数表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 参量 | 单 位 | 控制标准 |
| pH值（25℃） | μg/cm | 8.5~9.2 |
| 阳离子电导率（25℃） | μs/cm | <1 |
| 钠 | μg/kg | <10 |
| 二氧化硅 | μg/kg | <200 |
| 悬浮固体 | μg/kg | <100 |

注：表C.2标准参见《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量》。

表C.3蒸汽发生器给水质量标准参数表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 参量 | 单位 | 数据 |
| 阳离子电导率 | μs/cm | ≤0.2 |
| 溶解氧 | μg/L | ≤3 |
| 氯离子 | μg/L | ≤5 |
| 铁 | μg/L | ≤10 |
| 铜 | μg/L | ≤2 |
| 钠 | μg/L | ≤2 |
| 二氧化硅 | μg/L | ≤15 |
| 悬浮固体 | μg/L | ≤10 |
| 有机物 | μg/L | 0 |
| 硬度 | μmol/L | 0 |
| pH |  | 9.6-9.8 |

注：表C.3标准参见《高温气冷堆核电站示范工程常规岛启动停堆系统设备采购合同》。

表C.4凝结水给水质量标准参数表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 参量 | 单 位 | 控制标准 | |
| 期望值 | 限值 |
| 氧 | μg/L | <3 | <10 |
| 阳离子电导率（25℃） | μs/cm | <0.2（精处理未投运） | <0.5 |
| <0.08（精处理投运） |
| 钠 | μg/L | <1（精处理未投运） | <5 |
| μg/L | <0.1（精处理投运） |  |

注：表C.4标准参见《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量》。

表C.5 蒸汽质量标准参数表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 参量 | 单 位 | 控制标准 | |
| 期望值 | 限值 |
| 阳离子电导率（25℃） | μs/cm | <0.2 |  |
| 钠 | μg/kg | <0.2 | <10 |
| 氯化物 | μg/kg |  | <30 |
| 溶硅（SiO2） | μg/kg |  | <20 |
| 总铁 | μg/kg |  | <10 |
| 总铜（机组水汽回路含铜） | μg/kg |  | <3 |

注：表C.5标准参见《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量》。