

ICS 27.120.10

F 72

备案号: 59640—2017

NB

中 华 人 民 共 和 国 能 源 行 业 标 准

NB/T 20143.3—2017

核空气和气体处理规范 工艺气体处理
第3部分: 放射性废气滞留设备

Code on nuclear air and gas treatment—Process gas treatment—Part 3: Delay
equipment of radioactivity waste gas

2107 - 04 - 01 发布

2017 - 10 - 01 实施

国家能源局

发 布

目 次

前言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 材料..... 2

5 设计..... 3

6 制造..... 4

7 检查和试验..... 6

8 包装、贮存和运输..... 6

9 安装..... 7

10 在役检查和定期检验..... 7

11 质量保证..... 7

12 铭牌..... 8

附录 A（规范性附录） 动态吸附系数计算方法..... 9

前 言

《核空气和气体处理规范》由下述四项标准组成：

NB/T 20038 《核空气和气体处理规范 设计和制造通用要求》；

NB/T 20039 《核空气和气体处理规范 通风、空调与空气净化》；

NB/T 20143 《核空气和气体处理规范 工艺气体处理》；

NB/T 20196 《核空气和气体处理规范 试验规程》。

NB/T 20143《核空气和气体处理规范 工艺气体处理》分为以下6个部分：

——第1部分：氢气复合装置；

——第2部分：压力容器、管道、热交换器和阀门；

——第3部分：惰性气体滞留设备；

——第4部分：压缩机；

——第5部分：其他放射性核素设备；

——第6部分：气体采样设备。

本部分是NB/T 20143的第3部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分由能源行业核电标准化技术委员会提出。

本部分由核工业标准化所归口。

本部分起草单位：中广核工程有限公司、上海核工程研究设计院、中国核电工程有限公司、中国辐射防护研究院。

本部分主要起草人：伍家彬、罗利华、范力行、陆科峰、张剑、钟香斌、倪依雨、伊成龙、曹耶南、王鑫、钱磊、王梅、王鹏、李永国、史英霞、张计荣、乔太飞、俞杰。

核空气和气体处理规范 工艺气体处理

第3部分：放射性废气滞留设备

1 范围

本部分规定了用于压水堆核电站放射性废气滞留设备的材料、设计、制造、检查和试验、包装、贮存和运输、安装、质量保证等方面的要求。

本部分适用于压水堆核电站中活性炭滞留衰变处理工艺及加压贮存衰变处理工艺中的放射性废气滞留设备。

其他堆型可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 150 压力容器

GB 9136 轻水堆核电站放射性废气处理系统技术规定

GB/T 12496.2 木质活性炭试验方法 粒度的测定

GB/T 12496.3 木质活性炭试验方法 灰分含量的测定

GB/T 12496.4 木质活性炭试验方法 水分含量的测定

GB/T 12496.6 木质活性炭试验方法 强度的测定

GB/T 16702—1996 压水堆核电站核岛机械设备设计规范

GB/T 17569 压水堆核电站物项分级

GB/T 25198 压力容器用封头

NB/T 20001 压水堆核电站核岛机械设备制造规范

NB/T 20002.1 压水堆核电站核岛机械设备焊接规范 第1部分：通用要求

NB/T 20002.3 压水堆核电站核岛机械设备焊接规范 第3部分：焊接工艺评定

NB/T 20002.6 压水堆核电站核岛机械设备焊接规范 第6部分：产品焊接

NB/T 20003 核电厂核岛机械设备无损检测

NB/T 20039.15 核空气和气体处理规范 通风、空调与空气净化 第15部分：吸附介质

NB/T 20110 压水堆核电站核辅助系统设备安装技术规范

NB/T 20133.6 压水堆核电站设施设备防护涂层规范 第6部分：涂装作业

NB/T 47013 承压设备无损检测

NB/T 47014 承压设备焊接工艺评定

HAF 602 民用核安全设备无损检验人员资格管理规定

HAF 603 民用核安全设备焊工焊接操作工资格管理规定

TSG R0004 固定式压力容器安全技术监察规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

滞留设备 delay equipment

活性炭滞留衰变处理工艺的滞留床或加压贮存衰变处理工艺中的衰变箱。这两种设备或通过滞留或贮存放射性气体，降低放射性活度水平，达到废气处理的效果。

3.2

活性炭滞留床 activated carbon delay bed（简称滞留床）

采用活性炭滞留放射性核素，以使放射性水平通过衰变而降低的装置。

3.3

衰变箱 decay tank

加压下收集或贮存放射性气体的容器，其目的是滞留放射性气体，使其中短半衰期核素衰变到较低水平。

3.4

动态吸附系数 dynamic adsorption coefficient

一定条件下，单位质量活性炭吸附滞留特定组分气体过程中，被滞留的该组分气体体积。

4 材料

4.1 壳体

滞留设备的壳体材料应满足设备设计的相关要求，可选用碳钢或不锈钢，应与该系统在核电厂内所处的环境条件相适应，且应与其内装载的介质特性相适应。

4.2 垫圈和密封垫

垫圈和密封垫应与设备在压水堆核电厂内所处的环境条件相适应。

4.3 紧固件

紧固件应与设备在压水堆核电厂内所处的环境条件相适应。

4.4 附件

直接焊接到容器壁上的附件，如管嘴、吊耳等，宜使用与壳体相同的材料。

4.5 活性炭

活性炭对放射性废气动态吸附系数应满足核电厂设计要求，推荐的活性炭主要性能指标见表1。

表 1 活性炭主要性能指标

指标类型	单位	推荐值	测量标准
强度	%	≥ 97	GB 12496.6
粒径分布（6 目~16 目）	%	≥ 90	GB 12496.2
灰分	%	≤ 4	GB 12496.3
含水量	%	≤ 2	GB 12496.4
动态吸附系数	ml/g	温度 25℃、露点温度 7.22℃时，对 氫的动态吸附系数大于 330ml./g，对氮 的动态吸附系数大于 18ml./g。	—
注：对于粒径分布，可根据各电厂设计情况在推荐范围内选择合适的粒径分布。			

5 设计

5.1 总体设计

- 5.1.1 滞留设备应满足设备的安全分级、质保分级、抗震要求、设计温度、设计压力、抗辐照和耐化学腐蚀条件的要求、工作介质的特性，以及相应的设计规范的要求。
- 5.1.2 滞留设备或部件可按 GB/T 17569 进行分级。
- 5.1.3 滞留设备和部件应按照适用的标准和规范进行设计：对核安全 3 级设备，可按 GB/T 16702 等进行设计。对非核安全级设备，可按 GB 150 等进行设计。
- 5.1.4 滞留设备的设计应满足系统设计要求。
- 5.1.5 滞留设备和部件应安全、可靠，减少维护和维修的频率。
- 5.1.6 凡要求进入内部进行维修或检查的设备应设置人孔或检查孔。
- 5.1.7 滞留设备的设计应考虑气体进出口、超压保护、防静电、仪表、疏水和排气等接口的要求。
- 5.1.8 滞留设备的力学要求和抗震要求计算应满足国家标准或其他相关标准的要求。
- 5.1.9 滞留床的设计还应考虑以下因素：
 - a) 滞留床的设计应确定所选用的活性炭的关键性能参数和活性炭装填量，并与系统的相关运行参数相匹配，以保证气态放射性核素滞留达到衰变所要求的时间；
 - b) 滞留床的设计应保证在气流垂直于设备截面向上或向下通过，并在达到最大流量时，滞留床内活性炭不会流态化。废气通过活性炭床的速度不应低于 1 mm/s，不应因轴向扩散造成滞留效率降低；
 - c) 滞留床的设计应能安全、方便地装卸活性炭。

5.2 技术要求

- 5.2.1 滞留设备设计应考虑如下参数：
 - a) 处理气体的组成；
 - b) 设备容积；
 - c) 气体体积流量；
 - d) 设计温度；
 - e) 设计压力；
 - f) 工作温度；
 - g) 工作压力；
 - h) 载气湿度；

- i) 外形尺寸;
- j) 力学要求;
- k) 累计辐照剂量;
- l) 安全等级, 质保等级;
- m) 抗震要求;
- n) 防爆要求。

5.2.2 针对滞留床的设计, 还应考虑如下要求:

- a) 活性炭动态吸附系数;
- b) 滞留床截面流速;
- c) 滞留床最大允许压降;
- d) 活性炭取样要求;
- e) 失效活性炭更换要求。

5.3 结构要求

5.3.1 滞留床可采用柱体、U型或W型筒体结构, 端部使用封头设计。

5.3.2 衰变箱由封头、筒体、裙座、人孔、吊耳等零部件组成。

6 制造

6.1 材料

6.1.1 滞留设备制造应满足技术文件所提出的要求, 并有材料质量证明书。

6.1.2 根据滞留设备的分级要求确定设备材料和焊材的验收要求。如果另有规定, 应对相应材料按要求进行复验。

6.2 成形和组装

6.2.1 根据滞留设备的分级要求, 按照相应的规范、标准及其他技术文件进行设备的冷热成形加工。核级滞留设备的成形工艺评定、成形操作、成形产品检验应符合 NB/T 20001 的规定; 非核级滞留设备的成形工艺评定、成形操作、成形产品检验应符合 TSG R0004、GB 150 或其他相关标准规定。

6.2.2 核级滞留设备支承件的制造和检验应符合 GB/T 16702—1996 中 H4000 的规定, 非核级滞留设备支承件的制造和检验应符合 GB 150 或其他相应标准规定。

6.2.3 核级滞留设备成形的允许偏差应符合 NB/T 20001 的规定; 非核级滞留设备成形的允许偏差应符合 GB 150 或其他相应标准规定。

6.2.4 封头的制造、检验、验收及允许偏差应符合 GB/T 25198 或其他相应标准的规定。

6.2.5 滞留设备组装完成后, 壳体部分应满足容器的公差要求, 核级滞留设备应符合 NB/T 20001 的规定; 非核级滞留设备应符合 GB 150 或其他相应标准的规定。

6.2.6 滞留设备法兰应符合图样或技术文件的规定。

6.2.7 螺栓紧固件的制造、安装应符合 NB/T 20001 或其他相应标准规定。

6.2.8 螺栓紧固前应确定螺栓紧固顺序及螺栓拧紧力矩。

6.3 焊接

6.3.1 从事核级产品焊接的焊工和焊接操作工应按照 HAF 603 的规定取得相应资格; 非核级滞留设备的焊工和焊接操作工应符合 TSG R0004 和相关规范及标准中规定的资格要求。

6.3.2 核级滞留设备焊接工艺评定要求应符合 NB/T 20002.3 的规定；非核级滞留设备焊接工艺评定要求应符合 NB/T 47014 或其他相应标准的相关规定。

6.3.3 核级滞留设备的焊接应符合 NB/T 20002.6 的相关规定；非核级滞留设备的焊接应符合 TSG R0004、GB 150 或其他相关标准的相关规定。

6.3.4 在壳体上焊接支座、接管、吊耳、附件等部件时，应防止壳体变形，采取防变形措施。

6.3.5 核级滞留设备焊接接头的补焊和返修应符合 NB/T 20002.6 的规定，有抗晶间腐蚀要求的奥氏体不锈钢容器，返修部位仍应保证原有的抗晶间腐蚀性能；非核级滞留设备焊接接头的补焊和返修应符合 TSG R0004、GB 150 或其他相应标准规定。

6.4 热处理

6.4.1 核级滞留设备的成形热处理应符合 NB/T 20001 的有关规定及下述要求：

- a) 当材料供货与使用的热处理状态一致时，则在整个制造过程中不得破坏供货时的热处理状态，否则应重新进行热处理；
- b) 容器法兰密封面的精加工应在热处理后进行，密封面应予以保护，不得因磕碰、划伤、电弧损伤、焊瘤、飞溅而损坏密封面。

6.4.2 非核级滞留设备的成形热处理应符合 GB 150 或其他相关标准规定。

6.4.3 核级滞留设备的焊接热处理应符合 NB/T 20002.1 和 NB/T 20002.6 的规定；非核级滞留设备的焊接热处理应符合 TSG R0004、GB 150 或其他相关标准规定。

6.5 无损检测

6.5.1 核级滞留设备的无损检测人员应按照 HAF 602 的规定取得相应资格证书；非核级滞留设备的无损检测人员应符合 TSG R0004 或其他相关规范、标准中规定的资格要求。

6.5.2 滞留设备的焊接接头经形状尺寸及外观检查合格后再进行无损检测。

6.5.3 核级滞留设备焊接接头的检验应符合 NB/T 20002.6 和 NB/T 20003 的要求；非核级滞留设备焊接接头的检验应符合 TSG R0004、GB 150、NB/T 47013 及其他相关标准规定。

6.5.4 焊接后其焊接接头应按相关标准和技术文件的要求进行相应的外观、尺寸检验、表面检验、体积检验等无损检测，制造单位应有相应的无损检测实施的记录，根据滞留设备的分级按相关的标准和技术文件进行验收。

6.6 表面处理

6.6.1 碳钢滞留设备表面涂装保护可根据 NB/T 20133.6 或其他相应标准规定执行。

6.6.2 奥氏体不锈钢滞留设备表面应按 NB/T 20001 或其他相应标准进行酸洗、钝化、清洗和干燥处理。

7 检查和试验

7.1 外观和尺寸检查

7.1.1 对滞留设备外观按 TSG R0004 或其他相应标准进行检查，设备及其附件不应有划痕、烧伤、变形等损伤。

7.1.2 滞留设备的尺寸偏差应符合图样规定，其他未注公差的线性尺寸的极限偏差应满足设备对应制造和验收标准中的要求。

7.2 清洁

7.2.1 滞留设备完工后的清洁要求应符合 NB/T 20001 或其他相应标准中的相关规定。

7.2.2 滞留设备所有表面应在验收前按清洁要求进行清理。

7.3 耐压试验

7.3.1 滞留设备制造完工后应按施工图样或技术文件的规定进行耐压试验。

7.3.2 耐压试验一般采用液压试验，介质一般采用水。核级滞留设备试验的水质应符合 NB/T 20001 的规定；非核级滞留设备试验的水质应符合 GB 150 或其他相应标准的规定。

7.3.3 耐压试验的压力、温度应符合相关标准和图样的规定。

7.3.4 核级滞留设备耐压试验的试验准备、试验实施和验收应符合 GB/T 16702—1996 中 D5000 中的规定；非核级滞留设备耐压试验的试验准备、试验实施和验收应符合 TSG R0004、GB 150 或其他相应标准的有关规定。

7.3.5 耐压试验后滞留设备应进行清洁，设备的清洁度应符合图样或技术文件的规定，清洁方法、清洁度的检查和防污染措施应符合 NB/T 20001 或其他相应标准要求。

7.3.6 耐压试验合格后，制造单位应提交试验报告，试验报告应包括以下内容：

- a) 试验温度；
- b) 试验压力和试验时间的记录；
- c) 试验结果；
- d) 试验条件下螺栓拧紧力矩；
- e) 试验介质。

7.4 气密性试验

滞留设备应在耐压试验合格后进行气密性试验，允许泄漏量至少应满足 GB 9136 的要求。

8 包装、贮存和运输

8.1 包装

8.1.1 滞留设备的包装应满足相关标准和技术文件的要求。

8.1.2 滞留设备或部件在清洁后立即进行包装，避免受到污染。

8.1.3 活性炭的包装应满足 NB/T 20039.15 的要求。保持常规包装容器及特殊防潮容器的完整性，保证活性炭在使用前不因任何情况（受潮、磨损）而性能降低。

8.2 贮存

8.2.1 已完成清洁、防护或包装的滞留设备的贮存应满足相关标准和技术文件的要求。

8.2.2 除非进行验收检查，包装或保养的滞留设备应保持原状态直到贮存期的结束。

8.2.3 活性炭的贮存应满足 NB/T 20039.15 的要求。

8.3 运输

8.3.1 滞留设备的运输应满足相关标准或技术文件的要求。

8.3.2 在运输和装卸过程中，包装层、防护物和塞盖等都应完好无损。

8.3.3 活性炭的运输过程应满足 NB/T 20039.15 的要求。

9 安装

- 9.1.1 滞留设备的安装应符合 NB/T 20110 和相关技术文件的要求。
- 9.1.2 滞留设备的人孔法兰螺栓装配应符合 NB/T 20001 和相关技术文件的要求。
- 9.1.3 活性炭的装填过程中应考虑防潮、防污染。

10 在役检查和定期检验

- 10.1.1 核级滞留设备运行期间应进行在役检查，在役检查项目、检查方法和检查时间间隔应符合核电厂在役检查大纲和相关规程的规定。
- 10.1.2 非核级滞留设备如符合 TSG R0004 的适用范围，应按规程进行定期检验。

11 质量保证

11.1 概述

- 11.1.1 承担放射性废气滞留设备或部件设计、制造和安装等活动的单位，应有相应的有效资质。
- 11.1.2 滞留设备制造商应制定并执行采购方认可的质保大纲和质量计划，并按要求提供所需的文件。

11.2 检查报告和文件

11.2.1 检查报告和文件应包括以下内容：

- a) 所有材料的合格证；
- b) 重要零部件加工过程中应有质量跟踪卡；
- c) 采购技术文件；
- d) 不符合项报告；
- e) 运行维护和维修手册；
- f) 足够支持现场试验、检查和维修的图纸文件；
- g) 焊工资质评定文件；
- h) 滞留设备的耐压试验与气密性试验报告。

- 11.2.2 对于活性炭滞留床，还应包括活性炭的性能指标（包括动态吸附系数）验证报告或相关证明材料。

12 铭牌

12.1 要求

12.1.1 铭牌应满足相关标准或规范的要求，且至少包括下列信息：

- a) 产品名称；
- b) 产品编号；
- c) 压力容器类别；
- d) 制造日期；
- e) 设计压力；
- f) 设计温度；
- g) 耐压试验压力；
- h) 容器净重；
- i) 主体材料；

- j) 容积;
- k) 设备代码;
- l) 制造单位。

附 录 A
(资料性附录)
动态吸附系数计算方法

动态吸附系数 K_d 按式 (A.1) 进行计算:

$$K_d = \frac{F \times t}{M} \dots\dots\dots (A. 1)$$

式中:

K_d ——动态吸附系数, 单位为毫升每克 (mL/g);

F ——气体流量, 单位为毫升每分钟 (mL/min);

M ——活性炭质量, 单位为克 (g);

t ——平均滞留时间, 单位为分钟 (min)。

中 华 人 民 共 和 国
能 源 行 业 标 准
核空气和气体处理规范 工艺气体处理
第 3 部分：放射性废气滞留设备

NB/T 20143.3—2017

*

核工业标准化研究所出版发行
北京海淀区骚子营 1 号院

邮政编码：100091

电 话：010-62863505

原子能出版社印刷

版权专有 不得翻印

*

2017 年 10 月第 1 版 2017 年 10 月第 1 次印刷

印数 1—50

定价 25.00 元