

ICS 27.120.20;91.140.30

P 48

备案号: 41483-2013

NB

中 华 人 民 共 和 国 能 源 行 业 标 准

NB/T 20252—2013

代替 EJ/T 415—1989

压水堆核电厂专设安全设施空气净化装置 设计准则

**Design criteria for engineered-safety-feature air cleaning units in PWR nuclear
power plants**

2013-06-08 发布

2013-10-01 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 一般要求	1
5 环境设计要求	2
6 装置设计	2
7 设备设计	4
8 维护	7
参考文献	8

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准代替EJ/T 415—1989 《三十万千瓦专设安全设施空气净化装置设计规定》。与EJ/T 415—1989相比，主要技术变化如下：

- a) 更新了引用标准；
- b) 修改了 6.12 专设安全设施空气净化装置允许泄漏率控制值；
- c) 增加了 6.14 系统处于停运或备用期间，防止专设安全设施空气净化装置内部凝结水产生的措施；
- d) 修改了 7.1 除雾器气流中含水量的描述；
- e) 增加了 7.3 预过滤器和后置过滤器设置场合和过滤效率的描述；
- f) 增加了 7.5 对 I 型、II 型、III 型碘吸附器的描述；
- g) 修改了 7.5.5 试验罐的描述；
- h) 取消了专设安全设施空气净化装置现场试验的内容。

本标准在修订过程中参考了美国标准ASME N509-2002、ASME AG-1-2009和美国核管会管理导则RG 1.52-2001，并在总结多年核空气净化系统设计经验的基础上进行修订。

本标准由能源行业核电标准化技术委员会提出。

本标准由核工业标准化研究所归口。

本标准起草单位：上海核工程研究设计院。

本标准主要起草人：叶剑云、罗伟涛、王建民。

EJ/T 415于1989年首次发布。

压水堆核电厂专设安全设施空气净化装置设计准则

1 范围

本标准规定了压水堆核电厂专设安全设施空气净化装置与部件的设计准则，包括维护有关的设计。

本标准适用于在设计基准事故情况下为控制、限制或预防可能影响核安全功能的气载放射性污染物的释放和转移而运行的专设安全设施通风系统空气净化装置的设计。

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 6249 核动力厂环境辐射防护规定

GB/T 17939 核级高效空气过滤器

GB 18871 电离辐射防护与辐射源安全基本标准

EJ/T 1182 核级空气净化部件安装用排架

NB/T 20039.1 核空气和气体处理规范 通风、空调与空气净化 第1部分：通风机

NB/T 20039.3 核空气和气体处理规范 通风、空调与空气净化 第3部分：风道

NB/T 20039.4 核空气和气体处理规范 通风、空调与空气净化 第4部分：箱体

NB/T 20039.6 核空气和气体处理规范 通风、空调与空气净化 第6部分：除雾器

NB/T 20039.8 核空气和气体处理规范 通风、空调与空气净化 第8部分：中效空气过滤器

NB/T 20039.11 核空气和气体处理规范 通风、空调与空气净化 第11部分：碘吸附器（I型）

NB/T 20039.12 核空气和气体处理规范 通风、空调与空气净化 第12部分：碘吸附器（II型）

NB/T 20039.13 核空气和气体处理规范 通风、空调与空气净化 第13部分：碘吸附器（III型）

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

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

空气净化装置 air cleaning unit

空气净化系统中用来捕集和清除空气或通风气体中灰尘、气溶胶或挥发性成分的装置。

3.2

专设安全设施 engineered safety feature

核电厂在事故工况下投入使用并执行安全功能，以控制事故后果，使反应堆在事故后达到稳定的、可接受状态而专门设置的各种安全系统的总称。

4 一般要求

4.1 安全壳内与安全壳外专设安全设施空气净化装置在设计基准事故时所处的环境存在较大差异，应分别确定各自在设计基准事故时所处的环境条件。专设安全设施空气净化装置应能在设计基准事故时所处的环境条件下运行。

4.2 专设安全设施空气净化装置在设计基准事故时所处的环境条件，应按核电厂具体情况来确定。此外，设在安全壳内在设计基准事故下运行的专设安全设施空气净化装置还应能经受安全壳内水和放射性源项的辐照以及化学喷淋的腐蚀作用。

4.3 应依据专设安全设施空气净化装置在设计基准事故时所处的环境条件、净化设备特性、空气净化系统功能等因素确定装置组成。

4.4 为保证专设安全设施空气净化装置运行的可靠性，设计应为装置的验收试验、定期试验和现场维护提供方便条件。

4.5 专设安全设施空气净化装置的设计，应该在经济上合理、技术上可行的前提下，尽可能降低核电厂运行和维护人员遭受的职业照射剂量水平，满足 GB 18871 的职业照射剂量限值的要求。

4.6 专设安全设施空气净化装置的设计，应该在经济上合理、技术上可行的前提下，尽可能减少气载放射性物质向外界环境的排放，满足 GB 6249 对核电厂环境辐射防护规定的要求。

5 环境设计要求

5.1 专设安全设施空气净化装置的设计基准应包括假设的设计基准事故发生之后系统所经受的最大压力、辐射剂量率、相对湿度、最高和最低温度等各种环境条件及其持续时间。

5.2 专设安全设施空气净化装置的设计基准辐射剂量，应取设计基准事故后 30 天内碘吸附器检修时必须进入区域的累积辐射剂量。其他辅助设施，包括为其服务的供电、压缩空气和控制电缆等重要部件，应设置适当的屏蔽，与专设安全设施空气净化装置隔开。

5.3 任何一个专设安全设施空气净化装置的设计应估计到各种环境污染物质，例如灰尘、化学气体以及雾滴等对净化设备产生的不良影响。

6 装置设计

6.1 专设安全设施空气净化装置的设计宜考虑多重性。多重净化装置中的每一列装置通常由以下列次序排列的设备组成：

- a) 除雾器；
- b) 加热器；
- c) 预过滤器；
- d) 高效空气过滤器（HEPA 过滤器）；
- e) 碘吸附器；
- f) 后置过滤器；
- g) 风机。

以上 a)、b)、c)、f) 四项，可根据具体情况，由工程设计决定是否设置。此外，净化装置还包括风管、管道、阀门以及有关的控制、仪表及其接口。

6.2 按多重性要求设计的专设安全设施空气净化装置，应在其各列装置之间设实体隔离，使得一列装置的失效不会导致第二列装置的失效。

6.3 专设安全设施空气净化装置中可能会导致裂变产物向工作场所或室外环境大量释放的设备或部件应按抗震Ⅰ类的要求设计。

6.4 如果在发生设计基准事故时，专设安全设施空气净化装置的设备和部件可能受到假设事故所引起的压力冲击，则应采取措施使其免受压力冲击的损害，保护整个系统的功能在发生压力冲击事件期间和之后不受影响，如可以采用压力释放阀等措施。

6.5 专设安全设施空气净化装置的设备和部件在设计过程中应特别注意因净化设备中放射性物质的积累而产生的高辐照水平。所有采用的材料应能在设计基准辐照水平下有效地完成其预期功能。不仅除雾器、加热器、高效空气过滤器（HEPA 过滤器）、碘吸附器和风机要考虑辐射效应，而且诸如电气绝缘、控制开关、粘合剂、阀门、垫圈等所有在设计基准事故下必须发挥功能的其他含有机材料的设备和部件都应考虑辐射效应。

6.6 为便于试验和维护，单个净化装置的风量应不超过 $51000\text{m}^3/\text{h}$ ，即相当于 30 台标准高效空气过滤器（HEPA 过滤器）的额定风量。风量大的系统，可以并联设置几个净化装置。单个装置内布置净化设备高度不宜超过 3 个标准高效空气过滤器（HEPA 过滤器）的总高度，否则要设置永久性的检修平台。装置内布置净化设备宽度应不超过 10 个标准高效空气过滤器（HEPA 过滤器）的总宽度。

6.7 专设安全设施空气净化装置的运行控制应能在控制室进行，重要的运行参数和信号也应在控制室显示。专设安全设施空气净化装置设置的仪表不得低于表 1 的要求。

表1 专设安全设施空气净化装置仪表设置最低要求

传感器位置	就地 ^a	主控制室													
进风管	$F(I)$ 也可放在出风管 $T(I)$ 加热器之前任何位置	$F(AH、AL)$ 也可放在出风管													
除雾器	$\Delta P(I、AH^b)$		从除雾器到后置过滤器的总压差 $\Sigma \Delta P(AH)^c$												
电加热器	SD														
连接空间	$T(I、AL、AH)$	$T(I、AL、AH、AT)$													
预过滤器	$\Delta P(I、AH)$														
高效空气过滤器 (HEPA 过滤器)	$\Delta P(I、AH)$	$\Delta P(AH)$													
碘吸附器															
连接空间	$T(I、AH-2级^d)$	$T(I、AH-2级^d)$													
后置过滤器	$\Delta P(I、AH)$														
风机	MC ^e 、SD ^e	MC、SD													
出风管	见进风管	见进风管													
阀门操纵机构	SD ^e	SD													
灭火系统	I ^f 、AT ^f	AT ^f													
<p>注：表中采用的符号，括号前为需测的参数，括号中为仪表的功能，符号说明如下：</p> <table><tr><td>F：流量 (Flow)</td><td>AH：高位报警 (High Alarm)</td></tr><tr><td>T：温度 (Temperature)</td><td>AL：低位报警 (Low Alarm)</td></tr><tr><td>ΔP：压差 (Differential Pressure)</td><td>AT：故障报警 (Trip Alarm)</td></tr><tr><td>$\Sigma \Delta P$：总压差 (Total Differential Pressure)</td><td>SD：状态显示 (State Display)</td></tr><tr><td></td><td>MC：手动控制 (Manual Control)</td></tr><tr><td></td><td>I：指示 (Indication)</td></tr></table>				F ：流量 (Flow)	AH：高位报警 (High Alarm)	T ：温度 (Temperature)	AL：低位报警 (Low Alarm)	ΔP ：压差 (Differential Pressure)	AT：故障报警 (Trip Alarm)	$\Sigma \Delta P$ ：总压差 (Total Differential Pressure)	SD：状态显示 (State Display)		MC：手动控制 (Manual Control)		I：指示 (Indication)
F ：流量 (Flow)	AH：高位报警 (High Alarm)														
T ：温度 (Temperature)	AL：低位报警 (Low Alarm)														
ΔP ：压差 (Differential Pressure)	AT：故障报警 (Trip Alarm)														
$\Sigma \Delta P$ ：总压差 (Total Differential Pressure)	SD：状态显示 (State Display)														
	MC：手动控制 (Manual Control)														
	I：指示 (Indication)														
<p>^a 当核电厂采用基于计算机的仪表和控制系统时，按本表要求设置在就地的仪表与控制装置宜进入主控室。</p> <p>^b 这些仪表为建议采用，其余仪表为要求采用。</p> <p>^c 用于预报警的温度仪表设置位置也可在吸附器上游。</p> <p>^d 第1级仅为预报警，第2级是报警、并允许在就地手动启动灭火系统。</p> <p>^e 如果所有阻力随时间变化的部件在主控制室都有报警或指示，则可允许不设总报警。</p> <p>^f 此外，I为手动阀的SD功能和电动阀的MC、SD功能。AT为电动阀门故障报警和灭火剂流出的报警。</p>															

6.8 专设安全设施空气净化装置的电源应由核电厂应急电源供电。多重设置中的每列装置应由完全独立、互不干扰的电源分别供电。但是，同一列装置，包括其控制仪表及辅助设施，应是同一路电源供电。

6.9 专设安全设施空气净化装置在设计基准事故后应自动启动，启动的信号可以是多重设置的专设安全设施驱动信号（如温度、压力），或是多重设置的满足抗震 I 类要求的放射性监测仪表发出的信号。在所有设计基准事故期间总是在连续运行的专设安全设施空气净化装置，可以没有自动启动的功能。

6.10 专设安全设施空气净化装置应密闭和便于检修。净化装置（或小室）应尽可能做成整体的，必要时可以整体更换或分段（尽可能少分）更换，避免现场更换部件可能带来的污染扩散，也可采用事故后暂时封闭，待放射性水平降低后再作处理的设计方案。

6.11 当进入专设安全设施净化装置的周围大气如可能含有粉尘、烟气、化学有害气体等污染物时，应有措施防止这些污染物危害专设安全设施空气净化装置的安全运行。

6.12 专设安全设施空气净化装置允许泄漏率应取以下三种方法计算结果的最小值：

- a) 按辐射防护要求，正压运行的风管，根据风管内压力、风管内流动空气中放射性物质含量和系统所在场所空气中的放射性物质限制浓度，计算确定所允许的泄漏率；
- b) 为确保装置的空气净化效率，风管和箱体在工作压力下的泄漏率均宜小于系统风量的 0.1%。在系统的泄漏对净化效率的影响较小的场合，如污染空间中排风系统的负压管或干净空间中净化装置后的压出管，可以取风管泄漏率为系统风量的 1%和箱体泄漏率为系统风量的 0.2%，以上数值是按箱体表面积为风管表面积的 20%分配的，当实际面积比有出入时，可作调整，但风管和箱体的总泄漏率不应超过系统风量的 1.2%。
- c) 依据 NB/T 20039.3～NB/T 20039.4 和本标准所确定的风管、箱体及风阀的允许泄漏率。

6.13 装置设计时还应考虑在系统停运期间或处于备用期间，防止专设安全设施空气净化装置内部凝结水产生的可能性的措施，如采用空间加热器。

7 设备设计

7.1 除雾器

当进入专设安全设施空气净化装置的每1700 m³/h气流中携带的水滴含量大于0.45 kg时，应设置除雾器。

除雾器应满足NB/T 20039.6的要求。

7.2 空气加热器

加热器宜为电热式的。加热器不应与碘吸附器直接贴紧安装，也不应将加热器通过碘吸附器接地。加热器应有能力将到达碘吸附器前气流的相对湿度降低到碘吸附器有效运行所需的相对湿度（例如，对于椰壳炭吸附介质，相对湿度小于或等于70%时才能有效运行），但空气温度不得超过107℃。电加热器应与相应的风机连锁，并由温度控制器和空气流量控制器对电加热器提供保护。加热器应设计成便于检修，在更换时不允许切割或焊接。

安全壳内空气净化装置不应设电加热器，避免产生电火花和事故时导致氢气爆炸。

空气加热器应满足相关国家标准和行业标准的要求。

7.3 预过滤器和后置过滤器

一般情况下，当进入专设安全设施空气净化装置的空气含尘量超过20mg/m³时，必须设置预过滤器；当进入专设安全设施空气净化装置的空气含尘量超过2mg/m³时，应考虑设置预过滤器；对于设置在安全壳外的专设安全设施空气净化装置，推荐采用预过滤器，以延长高效空气过滤器（HEPA过滤器）的寿命。预过滤器的效率宜不小于45%（比色法）。

后置过滤器设置于碘吸附器之后，用来阻留活性炭碘吸附器中由空气携带出来的活性炭粒子。专设安全设施空气净化装置应设置后置过滤器。后置过滤器的效率宜不小于95%（比色法）。

预过滤器和后置过滤器的端面尺寸和额定风量应与高效空气过滤器（HEPA过滤器）一致。

预过滤器和后置过滤器应满足NB/T 20039.8的要求。

7.4 高效空气过滤器（HEPA 过滤器）

专设安全设施空气净化装置的过滤器边框应是金属的。安全壳内不应采用铝、锌材料。

高效空气过滤器（HEPA过滤器）应满足GB/T 17939以及其他相关国家标准和行业标准的要求。

7.5 碘吸附器

7.5.1 I型碘吸附器

I型碘吸附器应满足NB/T 20039.11的要求。

7.5.2 II型碘吸附器

II型碘吸附器应满足NB/T 20039.12的要求。

7.5.3 III型碘吸附器

III型碘吸附器应满足NB/T 20039.13的要求。

7.5.4 吸附剂

应考虑吸附剂上累积的放射性物质诱发热量，使吸附剂温度升高，造成碘解吸。还应考虑活性炭着火的可能。可以采用的设计措施有：小流量通风冷却、水喷淋灭火、密闭隔断碘吸附器排并注入灭火气体等。所有这些冷却或灭火措施都应符合单一故障准则。

吸附剂应满足NB/T 20039.15的要求。

7.5.5 试验罐（可选）

专设安全设施空气净化装置中碘吸附器应设置足够的试验罐，以便在碘吸附器的整个预期寿命内对在役环境中的吸附剂进行有代表性的测定。试验罐应安装在和系统中流经吸附剂空气流速条件相同的地方，应和系统中的吸附剂层有相同的厚度，并应充填有代表性的和系统中吸附剂同一批量的吸附剂。要按所能预见的运行频率来设置试验罐数量。对连续运行的系统，要求每720 h进行一次活性炭实验室试验的地方，推荐至少设18个试验罐。而对要求18个月进行一次活性炭实验室试验的地方，推荐至少设6个试验罐。

7.6 净化设备安装排架

在混凝土小室中固定安装排架时，应将安装排架整个周边与整圈闭合的预埋件满焊，或采用其它防止泄漏的方式固定安装排架，确保避免安装排架周边与预埋件以及预埋件与混凝土之间因不良结合形成泄漏。

净化设备不应在同一排架的两面背靠背安装，以便分别进行检漏试验，并降低火灾风险。为便于安装和维护，排架端面与最近障碍物之间的距离应大于净化设备深度至少1 m。

净化设备安装排架应满足EJ/T 1182以及其他相关国家标准和行业标准的要求。

7.7 净化箱体

净化箱体的设计应使流经排架的气流均匀，最大风速不超过平均值的20%，高度超过2100 mm左右的安装排架，应设置固定梯子和平台，便于维护。箱体的进风口和出风口的布置均应考虑到气流分布的均匀性。箱体门的宽度不小于500 mm，净高不小于1270 mm。门上设观察窗，可以观察箱体内情况，减少人员进入次数。门可以上锁，并可从箱体内或箱体外任何一侧开关。箱体内应有固定的气密灯照明，气密灯的开关、电缆、灯具均应设在箱体外侧，气密灯安装结构应和箱体内部齐平并便于在箱体外侧检修。

不建议采用混凝土小室作为净化装置壳体，如采用混凝土小室宜在混凝土小室内壁增加钢衬，并满焊。

净化箱体应满足NB/T 20039.4的要求。

7.8 排水管

为排除净化装置可能有的凝结水、冲洗水和消防水，应设置排水管，宜使用管堵或阀门等手段，使排水管在平时处于可靠的气密状态。如除雾器等在运行状态下存在连续排水的设备还需增加水封。

装置的排水应接到放射性废液系统中去。

7.9 风机

风机在设计中应对在设计流量和在可变动的压力范围内能保持稳定的运行做出规定，风机入口导叶、出入口阀门调节、风机变速控制都是可以接受的。

安全壳内使用的风机必须是与电机直接连接的。

风机应满足NB/T 20039.1的要求。

7.10 风管

风管应满足NB/T 20039.3的要求。

7.11 风阀

用于隔断污染气流的阀门应是无泄漏的，即在试验压力下用肥皂溶液检验，不出现气泡。有些阀门，如止回阀和多叶阀，由于构造上的原因，很难做到安全无泄漏，用于隔断污染气流时，应尽量避免选用此类阀门。各类阀门所允许的泄漏量分别见表2。

风阀应满足相关国家标准和行业标准的要求。

表2 阀门最大允许泄漏率

阀门最大允许泄漏 ^a m ³ / (h · m ²)				
阀片长度或直径	污染气流隔断	非污染气流 ^b 隔断	控制阀	流量平衡阀
300 mm	0	275	1100	不限
600 mm	0	180	720	
900 mm	0	145	600	
1200 mm	0	145	600	
1500 mm	0	110	490	
1800 mm	0	90	450	
^a 均为试验压力为254 Pa时的泄漏率。当试验压力大于254 Pa时，按相关国家标准和行业标准给出的修正方法进行修正。				
^b 非污染气流是指风阀失效时，失控气流所产生的放射性剂量污染不会超过辐射防护所允许的限值。				

8 维护

8.1 设计应考虑为接近装置和装置内净化设备留有通道。III 型碘吸附器需考虑吸附剂装卸料机的运输和操作空间。大型的净化装置宜直接放于地面，便于人员的出入，小型的净化装置应放在一定高度，以利维护。

8.2 设计应在装置附近为方便维护留有水、电、压缩空气接头。

8.3 设计应考虑为净化系统中各项设备的测试提供方便，宜为现场试验提供固定的注入口和取样口。

参 考 文 献

- [1] ASME N509-2002 Nuclear Power Plant Air-Cleaning Units and Components
- [2] ASME AG-1-2009 Code on Nuclear Air and Gas Treatment
- [3] Regulatory Guide 1.52 Design, Inspection, and Testing Criteria for Air Filtration and Adsorption Units of Post-Accident Engineered-Safety-Feature Atmosphere Cleanup Systems in Light-Water-Cooled Nuclear Power Plants, Revision 3, June 2001

中 华 人 民 共 和 国
能 源 行 业 标 准
压水堆核电厂专设安全设施空气净化
装置设计准则

NB/T 20252—2013

*

核工业标准化研究所发行
北京海淀区骚子营1号院

邮政编码：100091

电话：010-62863505

机械工业信息研究院印制部印刷

版权专有 侵权必究

*

2013年10月第1版 2013年10月第1次印刷
印数 1—200