

CN9001003

CNIC-00272

NERDI-0009

中国核科技报告

CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT

核级高效碘吸附器

A NUCLEAR STANDARD HIGH-EFFICIENCY
ADSORBER FOR IODINE

(In Chinese)



原子能出版社

中国核情报中心

China Nuclear Information Centre

CNIC-00272
NERDI-0009

核级高效碘吸附器

A NUCLEAR STANDARD HIGH-EFFICIENCY ADSORBER FOR IODINE

(In Chinese)

王建民 钱英译

(上海核工程研究设计院)

中国核情报中心

原子能出版社

北京·1988.8

摘 要

本文叙述了核级高效碘吸附器、吸附剂、结构形式以及基本吸附特性。并将研制的核级高效碘吸附器的性能与国外的同类产品作了比较。比较结果表明此吸附器已达到了国际同类产品水平。测试结果其泄漏率小于0.005%。

关键词 吸附器 吸附剂 滞留时间 穿透率

**A NUCLEAR STANDARD
HIGH-EFFICIENCY ADSORBER
FOR IODINE**

Wang Jianmin Qian Ying

(Shanghai Nuclear Engineering Research and Design Institute)

ABSTRACT

The structure of a nuclear standard high-efficiency adsorber, adsorbent and its performance are introduced. The performance and structure were compared with the same kind product of other firms. The results show that the leakage rate is less than 0.005%, which is as good as other product.

一、前 言

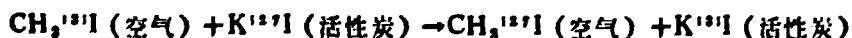
我院承担我国第一座核电站是压水堆型核电站。核电站在各种正常运行工况和事故运行工况下，由于燃料元件包壳的缺陷或破损，各设备、管道的泄漏，导致放射性裂变产物逸入厂房内大气中，这些放射性裂变产物在空气中以放射性气溶胶和放射性气体存在，为保证核电站运行的安全性和可靠性，严格控制大气排放标准，对核电站各厂房的排风系统应设置一系列的净化装置。当前世界上各国核电站通常用高效粒子空气过滤器来过滤放射性气溶胶，用高效碘吸附器来捕集放射性气体中的放射性碘，再根据不同的使用条件配备预过滤器、除雾器等净化部件，构成完整的核空气净化系统。由核反应堆系统逸入大气中的气态放射性碘的同位素，按其化学形态可分为无机碘和有机碘二类，以分子碘和甲基碘为代表，放射性碘由于它在裂变过程中产额高，半衰期相对稍长，又属于亲甲状腺的高毒物质，愈来愈引起人们关注和重视，为此高效碘吸附器是核空气净化系统中一个重要的关键净化单元。

国内对有关高效粒子空气过滤器的研制和检验方面，许多单位做了大量工作，取得了可喜成绩，但对于高效碘吸附器，由于过去工程应用较少且没有符合国际上先进标准的专用碘吸附器，这方面工作近几年来刚刚起步，随着核电事业的发展，尤其是世界上对核电站安全问题的普遍关注，对高效碘吸附器的研究将会得到更快地发展和应用。

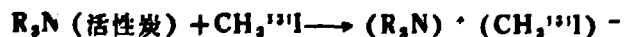
二、吸 附 剂

高效碘吸附器的核心是吸附剂，吸附效率取决于吸附剂的特性。吸附剂分有机吸附剂（活性炭）和无机吸附剂（如氧化铝、银沸石等）二类，吸附剂应用愈来愈广泛，除用于气体净化、环境保护外还广泛用于化工、石油、纺织等工业领域里。在核空气净化系统中，最常用的吸附剂是活性炭。银沸石一类的无机吸附剂由于价格昂贵，只在高温或夹杂有二氧化氯这类污染物的小系统中使用。

用在核空气净化系统中的活性炭吸附剂，主要用来捕集以元素碘、甲基碘为主的气态碘化合物，尤其在核电站事故运行工况下，高温、高湿的恶劣吸附条件，对活性炭的物理特性和吸附特性提出更严格的要求，吸附剂首先要满足对放射性甲基碘的吸附要求，一般若对甲基碘的吸附性能达到要求，则对分子碘的吸附性能也能满足。实验证明，吸附剂吸附分子碘时具有较高的效率且受各种吸附条件影响较小，而吸附甲基碘时吸附效率较低，且受各种吸附条件影响较大。浸渍活性炭对分子碘的吸附，学者们都一致认为是属于物理吸附，浸渍活性炭对甲基碘的吸附至今仍有争论，但普遍认为这种吸附机理属于化学吸附机理，其中包括同位素交换反应、催化反应等。当活性炭采用碘化物进行浸渍时，如 $K^{127}I$ ，则吸附过程属于同位素交换反应：



当活性炭使用有机胺做浸渍时，胺基可以使活性炭和有机碘牢固的连接在一起，反应通常表示为：



国内对核等级的吸附剂没有统一标准，美国核管理委员会管理导则NRC-RG1.52推荐使

用浸渍活性炭作为吸附剂，其浸渍剂量不应高于5%（即每g活性炭50mg浸渍剂）。规定每一批量的浸渍活性炭应符合美国国家标准ANSI N500表5.1的规定。我们高效碘吸附器填料的浸渍活性炭，是复旦大学、上海活性炭厂等单位和我院多年共同努力研制出来的产品，基炭为椰子壳，浸渍剂为2%TEDA+2%KI，其主要技术特性符合美国国家标准ANSI N500表5.1的规定。表1列出美国国家标准N500，美国NUCON公司的NUSORB®KITEG II类炭、日本无机纤维工业株式会社HC-A型炭和我们的椰壳浸渍炭之间各项性能参数比较。椰壳浸渍炭的吸附性能是按美国标准ASTM D3903试验方法测定的。

三、吸 附 器

我们研制的高效碘吸附器是抽屉式，与安装框架配合，可以单台或多台并联使用来满足各种规模的核空气净化系统的要求。

(1) 吸附器的构造

吸附器由框架、多孔板、面板、盖板、氯丁海绵橡胶密封垫等组成，外形尺寸为610×160×762mm（宽×高×长）。见图1。框架由薄不锈钢板冲压成型，3个框架重叠起来，每2

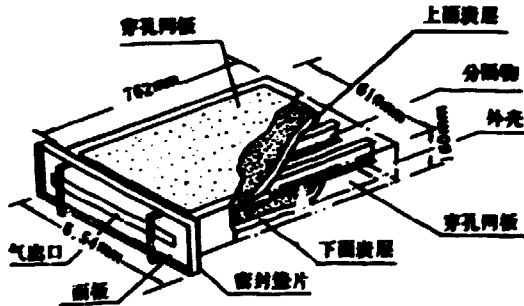


图1 吸附器构造图

个框架之间各放1块多孔板，上下各放1块多孔板，采用氩弧焊焊接，这样3个框架和4块多孔板组成了3个空腔，3个侧面是封闭的，正面装上面板，吸附器形成上、下2个单独的吸附床，2个吸附床之间为中间空气通道，每个吸附床的床厚为51mm，里面填充上节提到的符合标准的浸渍活性炭，空气从上下2个吸附床进入，从中间空气通道到面板开口处流出来，面板上有2个光滑把手供安装、更换吸附器用。每个吸附器有4块多孔板，多孔板是吸附器的关键部件，它既要容纳吸附剂，又要减少空气阻力使气流均匀分布，多孔板是用1mm的不锈钢板用电火花或冲床加工而成，孔径 $\phi 1.15\text{mm}$ ，开孔率30%，孔排列方式为正三角形，孔间距为2mm，见图2。

吸附器的壳体全部用1Cr18Ni9Ti不锈钢制作。因为污染空气中含有腐蚀性气体，在吸附碘的同时也吸附这些腐蚀性气体，即使很微量的 NO_2 或 SO_2 被吸附，遇到水汽后就会出现腐蚀。另外一些像次碘酸之类的气态碘化合物也会腐蚀壳体，所以如用碳钢材料制作吸附器，使用不久便被腐蚀坏了。吸附器与安装框架之间的密封垫用耐热、耐辐照的氯丁海绵橡胶，垫片厚度6mm，宽度为18mm，吸附器在使用后更换活性炭时，密封垫同时更换。

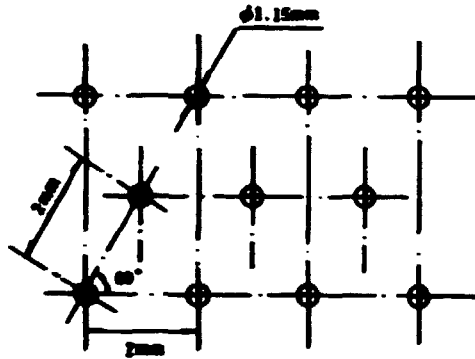


图2 多孔板孔排列方式

我们研制的高效碘吸附器有A、B2种型号，A型是在面板端装炭，B型是在后端装炭，B型吸附器外形见图3，A型吸附器外形见图4中左面的2台。



图3 B型吸附器外形图



图4 A型吸附器外形图

(2) 吸附器的性能指标

外形尺寸	宽	$610 \pm 1.6\text{mm}$
	高	$160 \pm 1\text{mm}$
	长	762mm
活性炭层厚度	51mm	
通过炭床面风速	0.2m/s	
滞留时间	0.25s	
额定工作风量	$567\text{m}^3/\text{h}$	
阻力损失	$18.5\text{mmH}_2\text{O}$ (181Pa)	
泄漏率	$<0.005\%$ (R-11)	

我们研制高效碘吸附器时，着重考虑下列几个问题，并参照美国AACC（现IES）CS-e

吸附器标准。

(i)和高效粒子空气过滤器相匹配。核电站各个排风净化系统根据不同的使用性质有不同的组合方式和工作风量，碘吸附器除了工作风量和高效粒子空气过滤器一致外，其净化室流通断面也要互相一致，高效空气过滤器的外形是 $610 \times 610 \text{ mm}$ ，碘吸附器外形是 $610 \times 160 \text{ mm}$ ，3台吸附器安装在净化排架上构成1个单元，正好和高效过滤器单元尺寸一致，3台碘吸附器的工作总风量是 $1700 \text{ m}^3/\text{h}$ ，正好和高效过滤器配套。安装单元示意图见图5。

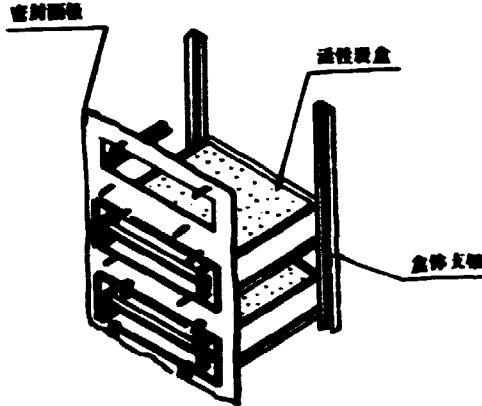


图5 安装单元示意图

(ii)炭床厚度采用 51 mm ，滞留时间 0.25 s ，这个数据是美国核管理委员会所推荐的。在核空气净化系统中，除了捕集放射性气体中的分子碘外，还要捕集放射性气体中的有机碘，如只要求捕集分子碘，则 25.4 mm 炭床， 0.125 s 滞留时间就够，要有效地捕集放射性有机碘，气体滞留时间最小为 0.20 s ，设计中最好用 0.25 s ，炭床厚度增加到 51 mm 。

表2列出美国、日本和我院研制的吸附器的性能对照表。

(3) 吸附器的清洗和装炭

无论采用那种优质吸附剂，不管吸附器盒子制造得怎样精巧，但如果在装填活性炭时不小心，造成活性炭层间的沟流或空隙，那末将会前功尽弃，会由于泄漏而使吸附效率大幅度下降。在盒子制造合格后，先用汽油或酒精、丙酮等进行预清洗，后用 $60 \sim 90 \text{ }^\circ\text{C}$ 自来水清洗，热风吹干，表面用脱脂无毛头白布擦拭干净。以上工作完成后，在无污染源房间里，将吸附盒竖放，装料口朝上，固定在震动台上，边震动、边装填，装填结束封盖后把吸附器内活性炭的细屑吹掉。

四、吸附器的性能试验

出厂前对每台产品均要做严格的泄漏试验和阻力试验，并在产品标牌上注明泄漏率和阻力值。目前国内无试验标准，我们参照美国标准，用无损伤泄漏试验方法进行试验，试验示踪气体用R-11，试验空气量为 $255 \text{ m}^3/\text{h}$ 。所谓无损伤是指R-11示踪气体吸附在炭床上容易解吸，且不影响实际使用时对放射性碘的吸附效率。这次我们对3台样机都做了泄漏试验，其泄漏率均小于 0.005% ，满足美国标准吸附器其泄漏率小于 0.01% 的指标。

五、总 结

我们研制的核级高效碘吸附器其规格、性能指标都达到国外同类吸附器的先进水平，且和美国的国家标准、法规、核管理委员会的管理导则相符合。它不仅满足压水堆型核电站排风净化系统的使用要求，也可用于核反应堆、核燃料制造或处理工厂及辐化实验室等核工程设施的排风净化要求。由于该吸附器炭床厚，单体重量较轻，安装更换方便，它可以根据净化系统的规模任意组合在净化排架上。该吸附器也可用于其它工业和有环境污染控制要求的净化系统中。

表2 膜附器性能对照表

型 号	美国AACC CS-8标准	美国Barabey -Cherney公司IPC管	英国NUCON 11-28管	日本东洋行精工 株式会社JIP管	我国设计标准材料	
					人型	B型
外 形 尺 寸	宽 (mm)	+0 610 -3.2	605	+0 610 -3	610±1.6	
	高 (mm)	+0 160 -3.2	156	+0 160 -3	+0 160 -2	
	长 (mm)	762	671	700±5	762	
膜壳厚度 (mm)	50.8	50.8	50.8	50	51.6	
通过壳内风速 (m/s)	0.2	0.2	-0.2	-0.2	0.2	
停留时间 (s)	0.25	0.25	-0.25	-0.25	0.25	
材 料	304型不锈钢	304型不锈钢	304型不锈钢	SUS-304	1Cr18Ni9Ti	
膜壳重量 (kg)		27	25.2	21	24.7	24.00
膜器总重量 (kg)		45.4	42.8	37	52.0	52.9
额定工作风量 (m ³ /h)	567	567	567	566	567	607
阻力损失 (Pa)	311.83	249	170	275	181	176
	31.73 (mm H ₂ O)	23.4	17.3	22	19.8	19
透 漏 率		<0.01%	<0.01% (R-11)	<1% (R-112)	<0.005% (R-11)	<0.005% (R-11)

CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT



P.O.Box 2103

书号, 15175-00272

Beijing, China

China Nuclear Information Centre
