

附件

NAC - STC 乏燃料运输容器使用限值和条件

一、运输方式：陆路、水路运输，独家使用

二、容器编码：

CN/005/B(U)F-96(NNSA-I)100NO.01

CN/005/B(U)F-96(NNSA-I)100NO.02

三、运输容器结构、材料和尺寸：

(一)重量：120222 kg (含乏燃料，减震器，运输托架，人员屏障)

119397kg (含乏燃料，减震器，运输托架)

111415kg (含乏燃料，减震器)

103665kg (含乏燃料)

86427kg (空容器)

17238kg (乏燃料)

(二)外形尺寸：

总长 (mm)：6527.8 (含减震器)

4902.2 (无减震器)

内腔长度 (mm)：4191.0

内壳直径 (mm)：1803.4

外壳直径 (mm)：2209.8

中子屏蔽外径 (mm) : 2514.6

减震器外径 (mm) : 3149.6

铅屏蔽厚度 (mm) : 93.98

中子屏蔽厚度 (mm) : 139.7

(三) 结构特征及材料:

该型运输容器由双层不锈钢圆筒和下部封头构成, 上部为双层顶盖, 双层圆筒之间灌铅作为 γ 屏蔽, 在外壳外用树脂 (NS4FR) 作中子屏蔽。乏燃料组件被安置于容器内的隔架和支撑筒内, 支撑筒外包有含硼的中子吸收材料。运输时在容器的上下两端安装减震器, 安装有减震器的容器水平放置在运输托架上, 在托架外安装人员屏障。

容器的主体由两个双层不锈钢同心壳构成, 内壳厚 38.1mm, 内径 1803.4mm, 外壳厚 67.3mm, 外径 2209.8mm。铅 γ 屏蔽厚 93.98mm。双层壳与上下端部的锻件焊接连接。容器的下端由内板(厚 157.5mm) 和外板(厚 140.7mm) 与底部锻件焊接构成容器的下部端头, 在底部锻件内外板之间灌 NS4FR 中子屏蔽树脂(厚 50.8mm)。

容器的上端双层不锈钢盖板, 通过螺栓与上部锻件连接, 容器的压力边界为内盖板(厚 228.6mm), 材料为 304 型不锈钢锻件。外盖板(厚 133.4mm), 材料为 SA-705630 型不锈钢锻件。内盖板通过 42 个直径 38mm 的螺栓、外盖板通过 36 个 25.4mm 的螺栓与上部锻件连接。内盖用双道 O 型环密封, 外盖用单道 O 型环密封。在内盖上开有通气和排水孔, 这些孔用平盖和 O 型环密封。O 型环为氟橡胶。

容器的外部由一个内径 2514.6mm, 厚度 6mm 的不锈钢壳包围, 该包壳通过 24 个不锈钢鳍片与外壳焊接连接, 鳍片上附着铜板用于传递容器内的热量, 在外壳与 6mm 不锈钢围壳和鳍片之间填充 NS4FR 中子屏蔽树脂。

在容器的顶部焊有相隔 90 度的 4 个吊耳, 下部焊有两个转向吊耳。货包在运输过程中, 容器两端装有减震器, 减震器由红木和软木为主要材料, 外包有 304 不锈钢板。

容器内设置乏燃料组件的吊篮(隔架), 吊篮由燃料组件套筒、支撑板和传热板等构成, 最多可以装载 26 组 17x17 型燃料组件。燃料组件置于方形的套筒内, 套筒由两层不锈钢和中间一层中子吸收材料 Ta1bor 构成的复合结构。燃料组件套筒在横向由 31 组直径 1803.4mm, 厚 12.7mm 的支撑盘与容器内表面相接, 另有 20 个同样尺寸的 6061-T651 型铝合金传热板, 支撑板和传热板用长 4089.4mm, 直径 41mm 的 17-4 型不锈钢止推棒连接。根据燃料元件的长度, 可以在元件套筒的底部增添垫块。

为了实现容器在运输车辆上的装载, 设计有专门的运输装载托架。运输中在容器外有一个人员屏障, 保证屏障可接近表面温度低于 85℃。

(四) 运输容器设计和安全分析主要依据的结构图纸编号为:

1. 容器的结构和装配图:

423-800, sheets 1-3, Rev12 423-811, sheets 1-2, Rev10

423-802, sheets 1-7, Rev19 423-812, sheets 1-2, Rev5

423-803, sheets 1-2, Rev8 423-900, Rev5

423-804, sheets 1-3, Rev7 423-209, Rev0
423-805, sheets 1-2, Rev6 423-901, Rev2
423-806, Rev6 423-807, sheets1-3, Rev3
14641-802, sheets 1-8 14641-804, sheets 1-4
14641-805, sheets 1-2

2. 吊篮的结构和装配图:

423-870, Rev4 423-873, Rev2
423-871, Rev5 423-874, Rev2
423-872, Rev6 423-875 , sheets 1-2, Rev5

3. 减震器的结构和装配图:

423-209, Rev0
423-210, Rev0

四、内容物:

运输容器允许装载乏燃料参数:

燃料组件排列: 17×17

燃料包壳: 锆 (Zirconium) 合金

初始最大铀含量: 464 kg/组件

最大初始铀富集度 (wt% ^{235}U): 4.5

最小初始铀富集度 (wt% ^{235}U): 1.7

组件截面 (mm): 213.995-216.375

每个组件燃料棒数: 264

燃料棒外径 (mm): 9.434-9.5

最小包壳厚度 (mm) : 0.518

芯块直径 (mm) : 8.189-8.204

最大活性区长度 (mm) : 3663.95

乏燃料组件最大燃耗 (MWD/MTU) : 45000

五、最大乏燃料装载量:

单个运输容器最多可以装载 26 组 17×17 型乏燃料组件, 每个容器装载乏燃料组件的总衰变热不超过 22.1 Kw。

允许装载的乏燃料最大燃耗、铀初始富集度和装载乏燃料的冷却时间按表 1 控制。

表 1 最小燃料冷却时间表 (17×17 型燃料组件) 单位: 年

初始铀富集度 (E) wt% ²³⁵ U	组件燃耗 (BU) GWD/MTU			
	BU≤30	30<BU≤35	35<BU≤40	40<BU≤45
1.7≤E<1.9	7	9	--	--
1.9≤E<2.1	7	8	11	--
2.1≤E<2.3	6	8	10	--
2.3≤E<2.5	6	7	9	14
2.5≤E<2.7	6	7	9	12
2.7≤E<2.9	5	6	8	11
2.9≤E<3.1	5	6	8	10
3.1≤E<3.3	5	6	7	9
3.3≤E<3.5	5	6	7	9
3.5≤E<3.7	5	6	7	9
3.7≤E<3.9	5	6	7	9
3.9≤E<4.1	5	6	7	9
4.1≤E<4.2	5	6	7	9

初始铀富集度 (E) wt% ²³⁵ U	组件燃耗 (BU) GWD/MTU			
	BU≤30	30<BU≤35	35<BU≤40	40<BU≤45
4.2≤E<4.3	5	6	7	9
4.3≤E<4.5	5	6	7	8

六、货包的类别

B(U)F 型: III 级 (黄)

七、运输指数: >10

八、乏燃料状况限制

不得装运已经破损的燃料组件或怀疑破损的燃料组件或燃料棒 (包括燃料组件上有明显的针孔或细微裂纹)。

九、运输容器的操作与维护

容器必须按照安全分析报告第七章规定的和经运输经验修订的操作程序进行装载准备、装载和卸载。

每个容器必须按照安全分析报告第八章规定的程序接受检验和维修, 并对容器每 2 年进行一次安全性能评价, 评价结果报我局备案。

十、临界安全

(一) 临界计算中, 考虑了容器外部的全水反射和容器内部水密度由 $0.0\text{g}/\text{cm}^3$ 到 $1.0\text{g}/\text{cm}^3$ 的最佳慢化;

(二) 燃料中 U-235 的最大富集度按 4.45% (wt) 计算;

(三) 在以上条件下可以保证 k_{eff} 小于 0.95。

十一、使用环境温度: $-29^\circ\text{C} \sim +38^\circ\text{C}$

十二、两台容器于 2003 年 4 月制造完成, 设计寿命 20 年。