

低、中放固体废物包装容器

罗上庚 张传智 邵辅义 王立安

(中国原子能科学研究院, 北京)

一、前言

核电站、核工业部门以及研究、应用放射性同位素、核技术的单位, 都可能产生低中放固体放射性废物。尤其在核电站和后处理厂, 这类废物的产生率相当高。据统计, 现在日本低中放废物产生量为5万桶/a(200 l/桶), 至1987年3月日本已积存低放废物67万桶, 堆放在现场的贮存库中, 预计到1990年将达到110万桶^[1]。我国广东大亚湾核电站(2×90万千瓦)设计低、中放固体废物量为: 200 l金属桶1000桶/a, 混凝土桶500桶/a^[2]。

除少数短寿命医用同位素沾污的固体废物外, 多数低中放固体废物中间贮存若干年后还要实行最终处置。对于核电站废物要求隔离生物圈300—600a, 才能达到安全水平; 对于后处理厂废物, 要求隔离时间更长。因此, 安全、可靠的废物包装, 对减少工作人员和公众的照射, 保护环境有着现实和历史意义。

二、低中放固体废物包装要求和检验

包装是放射性废物管理重要环节之一, 废物包装应该满足运输、贮存和处置的要求。早期, 美国曾采用木板箱、纤维板箱包装低放废物。实践证明, 这种包装是不安全的。因为各国贮存和处置方案很不一样, 至今, 低中放固体废物包装容器虽然尚没有统一的标准, 但大家认识到, 选择合适的包装容器, 不仅为了减少辐照, 方便操作和运输, 而且为了以后处置的需要, 作为多重屏障体系中的一道优良屏障, 起到良好的隔离作用。因此低中放固体废物包装容器要求满足:

- (1) 结实坚固, 机械强度好, 能承受堆贮重压和运输中跌落事故, 不泄漏放射性物质;
- (2) 耐腐蚀、耐辐照, 在设计贮存年限内可以回取;
- (3) 体积效率高, 本身体积和重量小, 而装载废物量大;
- (4) 搬运操作方便;
- (5) 外表容易去污;
- (6) 成本低, 容易加工制造;
- (7) 有较好的屏蔽作用。

废物包装的剂量水平国际上一般采用这样的限值:

表面剂量率 $\leq 2.0\text{mSv/h}$ (200mRem/h)

1m远处剂量率 $\leq 0.1\text{mSv/h}$ (10mRem/h) 超过上面限值, 外面要增加适当的屏蔽容器。

对于超铀 α 废物在低中放废物包装中的限值, 国际尚无统一标准。西德规定 $<370\text{Bq/g}$ (10nCi/g)^[3], 我国的标准正在审批中。

包装容器的加工制造, 要按标准、规范进行, 实行质量控制和质量保证。

IAEA制定的“放射性物质安全运输规程”A型包装要求, 一般要求作以下几项试验^[4]:

(1) 喷水试验；(2) 压缩试验；(3) 贯穿试验；(4) 1.2m 高度自由坠落试验。

对于比活度较高的 B 型包装，除了进行上述检验外，还要求：

(1) 高温燃烧试验；(2) 9m 高度坠落试验；(3) 水浸试验。

三、介绍几类低、中放固体废物包装容器

低、中放固体废物种类很多，有污染放射性物质的劳保用品、工具、仪表和设备部件，有蒸发浓缩物、沉淀过滤泥浆、废离子交换树脂和无机交换吸附剂、废过滤器芯等等。它们或者经过压缩、焚烧处理，或者经过固化，各国采取的处置方针也很不一样，因此现在各地采用的低中放固体废物包装容器形式多种多样。主要有以下几类：

1. 钢容器

(1) 一般钢桶

大多数为碳钢，少数用不锈钢，壁厚 0.5—2.0mm。常用的是 200 l, 400 l 标准桶(美国多用 55 加仑桶, 208 l)。一般是钢板焊接加工，桶底用焊接或压制。为了增加桶的强度，桶壁加工成纹状或在桶的周围加铁箍。封盖有用螺栓固定，有用带螺栓的环套，也有用捲边、压边的。为了保证密封性，常加用密封填圈。密封填圈的材料有天然橡胶、合成橡胶制的泡沫海绵体等。

桶防腐涂料有：三聚氰(酰)胺树脂，密胺醇酸树脂，环氧树脂，硅树脂，磷酸锌，铬酸锌，搪瓷等。

有的只需涂外壁，如包装沥青固化体、塑料固化体的桶，有的内外壁都加涂层。日本核电站和大型核研究设施低中放废物主要采用 200 l 碳钢桶(JISZ1600, H 级 1.6mm 厚, M 级 1.2mm 厚)，有外层涂一次密胺醇酸树脂漆，内层涂二次环氧树脂；也有里外均涂密胺醇酸树脂漆的^[5]。

一般涂层厚度 30—100 μm ，在碳钢桶外壁涂一层 80—110 μm 的 20% 铬铁素体不锈钢，其抗蚀性相当于不锈钢，但价格只是普通碳钢桶的 2 倍(不锈钢桶的价格约为碳钢桶

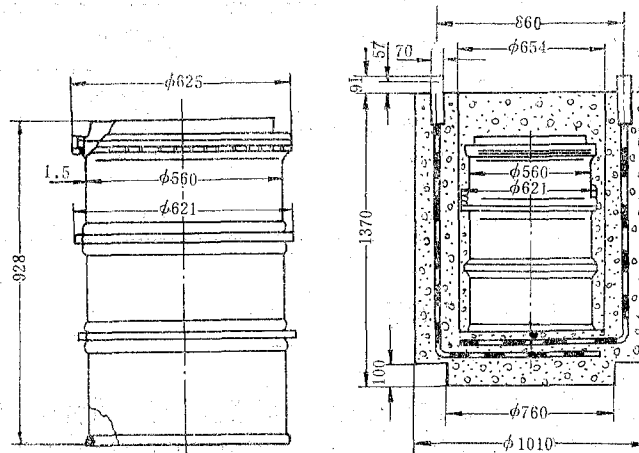


图 1 200 l 桶(左), 200 l 桶外加混凝土屏蔽容器(右)

Fig.1 200 l drum(left), 200 l drum with concrete shielding container (right)

的10倍)^[6]。简单结构的200 l钢桶的价格为10—22美元/个。带增强箍、用螺栓封盖的200 l钢桶价格为80—120美元/个。200 l钢桶及混凝土屏蔽容器尺寸示于图1。

(2) 混凝土衬壁钢桶

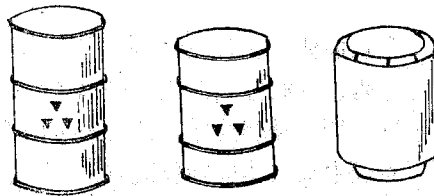
为了防腐蚀，延长桶寿命，有的钢桶内衬聚乙烯内衬。有的情况钢桶内加混凝土衬壁，这主要为了增加辐射屏蔽作用，增加机械强度和包装的长期稳定性。这种桶主要用来装放射性比较强的废过滤器芯或固化的废树脂。对于大型过滤器，一个桶只能装一个过滤器芯，空隙灌注混凝土浆。

海洋投弃处置(过去有些国家实行)用的废物包装要求比重 ≥ 1.2 ，轴向抗压强度 $> 150 \text{ kg/cm}^2$ ，有良好的气密性和水密性^[7]。有的国家采用内衬混凝土壁的钢桶，防止在水压作用下桶损坏，保证桶沉到海底并且不逸出放射性物质。英国采用的这种型式桶，混凝土壁厚130mm，桶外积 0.4 m^3 ，内积只有 0.08 m^3 ，每个价格500美元^[6]。

(3) 方型钢箱

美国、加拿大还采用方型容器，材料碳钢(AISI1020, ASTM-A-36)，焊接加工，采用各种措施增加容器强度。容器壁厚3.2—7.9mm(美国)、9—10mm(加拿大)。体积大小不一，有比较小的 $0.07—0.5 \text{ m}^3$ ，也有很大的 $1.1—9.4 \text{ m}^3$ 。价格差别也很大，350—2060美元/个。

美国、西德推荐的标准包装列于表1和表2。



400 l钢桶 400 l钢桶 装中放废物
装可压缩低 装低中放固 的铸铁容器
放废物 化体 (约10 t)
(约0.5 t) (约1 t)

图2 西德后处理厂使用的几种低中放固体废物包装容器

Fig.2 several packages of LSW and ISW used in reprocessing plant, FRG

表1 美国推荐的标准包装^[8]

Table 1 Standard packages proposed by USA

型 式	尺 寸/cm	体 积/ m^3	内 积/ m^3
金 属 桶	$\phi 62.2 \times 90.8$	0.276	0.21
金 属 箱	$189.2(L) \times 128.0(W) \times 97.8(H)$	2.4	2.3
	$172.7 \times 137.2 \times 97.8$	2.3	2.2
	$223.5 \times 137.2 \times 137.2$	4.2	4.1
	$284.5 \times 172.7 \times 193.6$	9.2	9.0

2. 混凝土容器

(1) 一般混凝土桶

在法国用得较多。混凝土容器价格比较便宜，屏蔽作用好，耐腐蚀，但体积利用系数低。混凝土容器一般在固化体养护期用临时盖，养护期后用预制混凝土盖封闭，螺栓固定，为了改善密封性，加用密封填圈。

法国在核电站采用的混凝土桶分四类(列于表3)。这种混凝土桶制造的技术要求列于

表 2 西德推荐的标准低中放固体废物包装容器^[8]

Table 2 Standard packages for low-and intermediate-level solid wastes in FRG

编号	类 型	尺 寸			总(毛)体积/m ³
		长或直径/m	宽/m	高/m	
1	I型-混凝土容器 ⁽⁴⁾	φ 1.060	—	1.370 ⁽¹⁾	1.2
2	II型-混凝土容器 ⁽⁴⁾	φ 1.060	—	1.520 ⁽²⁾	1.4
3	III型-混凝土容器 ⁽⁴⁾	φ 1.400	—	2.000	3.1
4	I型-铸铁容器 ⁽⁴⁾	φ 0.900	—	1.150	1.3(1.2)
5	II型-铸铁容器 ⁽⁴⁾	φ 1.060	—	1.500 ⁽³⁾	
6	III型-铸铁容器 ⁽⁴⁾	φ 1.000	—	1.240	
7	I型-大长方形容器 ⁽⁵⁾	1.600	1.700	1.450 ⁽³⁾	3.8
8	II型-大长方形容器 ⁽⁵⁾	1.600	1.700	1.720	4.6
9	III型-大长方形容器 ⁽⁵⁾	3.000	1.700	1.700	8.7
10	IV型-大长方形容器 ⁽⁵⁾	3.000	1.700	1.450 ⁽³⁾	7.4
11	V型-大长方形容器 ⁽⁵⁾	3.200	2.000	1.700	10.9
12	VI型-大长方形容器 ⁽⁵⁾	1.600	2.000	1.700	5.4

1—桶高 1.370m, 盖高 0.090m, 总高 1.460m; 2—桶高 1.510m, 盖高 0.090m, 总高 1.600m; 3—高度 1.370m 桶总体积 1.2m³; 4—用槽集装箱运送; 5—容器材料: 钢、铸铁、钢筋混凝土; 6—堆垛高度 1.400m。

表 3 法国在核电站采用的混凝土桶^[9]

Table 3 Concrete container used in nuclear power plants, France

型 号	用 途	外 径/m	外 高/m	厚 度/mm	空桶重/t
C ₁	浓缩物、中放废树脂	1.4	1.3	150	2.5
C ₂	浓缩物、中放废树脂	1.4	1.3	300	4
C ₃	高放废树脂	1.4	1.3	400	4.5
C ₄	废过滤器芯	1.1	1.3	150	1.8

表 4 法国混凝土桶制造技术要求^[9]

Table 4 Specification of France concrete container

项 目	技 术 要 求
混凝土成分	水泥 Cp55, 骨料, 水, 添加剂
金属件	吊运带钢筋
搅拌要求	每 m ³ 混凝土中水泥最小重量 370kg
密 度	2.3 kg/cm ³
额定抗压强度(28 d)	50 MPa(500bar)
额定抗拉强度(28 d)	4.5 MPa(45bar)
塌落试验	>40mm
收 缩 率	<600μ/m
氮密封性	5 × 10 ⁻¹⁸ m ³

表 4。为了保证质量要进行检验(检验项目列于表 5)。所用水池最长贮存期 3 个月, 要注意防潮。骨料是砂和砾石, 要求有一定的粒度和纯度, 搅拌混凝土用水, 要求纯水。悬浮物含量 < 2g/l, 溶解盐含量 2g/l^[9]。

表 5 检 验 项 目^[6]

Table 5 Inspection content

塌 落	(NF P 18-451) > 4 cm
质量损失	(NF P 15-433) < 30kg/m ³
收 缩 率	(NF P 15-433) < 600μ/m
抗压强度	(NF P 18-406)(28d) 500bar
抗拉强度	(NF P 18-408)(28d) 45bar
氮密封性	< 5 × 10 ⁻¹⁸ m ²
冻融周期试验	28d后(20°C~-15°C) 25个周期, 抗压、抗拉强度 80% 符合要求
焊接合格程度	
尺 寸	(外部尺寸允许偏差 ± 2 mm, 内部尺寸允许偏差 ± 5 mm)
检验是否存在渗漏	

我国广东核电站采用低中放固体废物包装容器基本上类同上面叙述。南斯拉夫核电站也引进法国混凝土包装容器, 后来他们应用本国原材料, 研究出下面配方制造的混凝土容器, 适合贮存和处置核电站的需要^[10,11]。

水泥	CPA-55 MPa	400 kg
砂	“Meravac”0-2 mm	625 kg
砾石	2-4 mm	69 kg
砾石	4-8 mm	437 kg
砾石	8-15mm	853 kg
水		140 kg
添加剂	(Super Fluidal)	8 kg

(2) 衬钢混凝土桶

为了防止废物膨胀和热冲击作用, 破坏混凝土容器, 法国的 C₁, C₂, C₃ 型桶都有金属内衬(表 6)。

表 6 法国混凝土容器金属内衬^[9]

Table 6 Metal lining of France concrete container

型 号	直 径/m	高 度/m	厚 度/mm	
			周 壁	底 层
C ₁	1.062	1.000	3	6
C ₂	0.760	0.820	3	6
C ₃	0.572	0.650	3	6

(3) 方型混凝土箱

瑞典核电站水泥固化体用的包装容器为方型混凝土箱, 外部尺寸为 1.2 × 1.2 × 1.2m³, 壁厚 10—35 cm(根据放射性水平而定^[12])。

3. 铸 铁 容 器

联邦德国制造的球墨铸铁容器(带或不带铅内衬)已在核电站广泛应用, 适用于贮存中放废物。干树脂装在 160 mm 厚球墨铸铁容器(内衬 30 mm 厚铅层), 整个体积要比混

凝土容器小5—10倍^[13]，对减少贮存和处置用地有重要意义。这种球墨铸铁容器的形状示于图3。

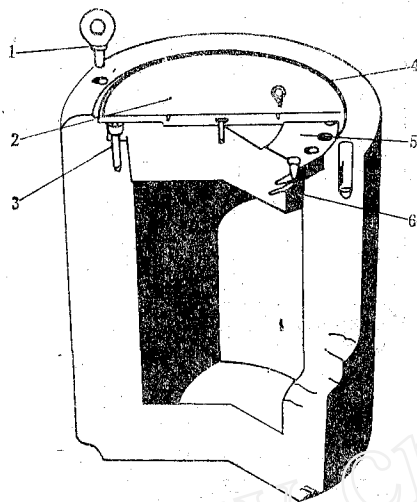


图3 球墨铸铁容器

Fig.3 modular graphite cast iron container

1—提升螺钉；2—防护盖；3—封盖螺钉；
4—焊接头；5—内盖；6—填圈。

西德制造的球墨铸铁容器有三种尺寸：体积0.05—0.52 m³；重量2.9—7.9 t。

西德核服务公司（GNS）开发了一套MOSAIK^[14]废物容器，主要材料铸铁。根据内装物的比活度有适当厚度的铅内衬。这种容器的优点是：

- (1) 同混凝土容器相比，允许更高比活度废物，但总体积减少；
- (2) 屏蔽好，可以自动灌装或水下装废物，操作人员受照剂量低；
- (3) 废物可以不固化直接装进容器，保证长久安全；
- (4) 体积小，成本低。

GNS开发的高整体性容器一些指标列于表7和图4，5。

表7 MOSAIK 高整体性容器

Table 7 High integrity container of MOSAIK system

型 号	用 途	尺 寸		内 积/m ³	重 量/kg
		高/m	直径/m		
MOSAIK I	堆芯部件	1.15	0.90	0.05~0.2	3400~5090
MOSAIK II	废树脂，干蒸浓物和泥浆	1.50	1.06	0.13~0.51	5800~7900
MOSAIK III	粉末树脂，干蒸发浓缩物	1.24	1.00	0.25~0.52	2900~4900
MOSAIK CLAB	废过滤器	1.44	1.10	0.30	7000

表8 日本高整体容器

Table 8 High integrity container made in Japan

HIC	容 器			盖 子		内积/m ³	重量/kg
	高/mm	直径/mm	厚度/mm	直径/mm	厚度/mm		
200 I	880	567	27	557	38	0.143	172
400 I	1100	70	27	700	45	0.285	344

4. 高整体性容器

高整体性容器(High Integrity Container, HIC)特点是强度高，密封性好，化学稳定性和热稳定性高，可以用来贮存未经固化的废物(如废树脂)，设计寿命>300年。美国处理三岛岛事件，去污产生的废树脂就采用高整体性容器来包装^[15](ϕ 1.56 m × 2.01 m)。

日本秩ヶ水泥公司和小沢混凝土工业公司联合开发的多层结构高整体性容器可以贮

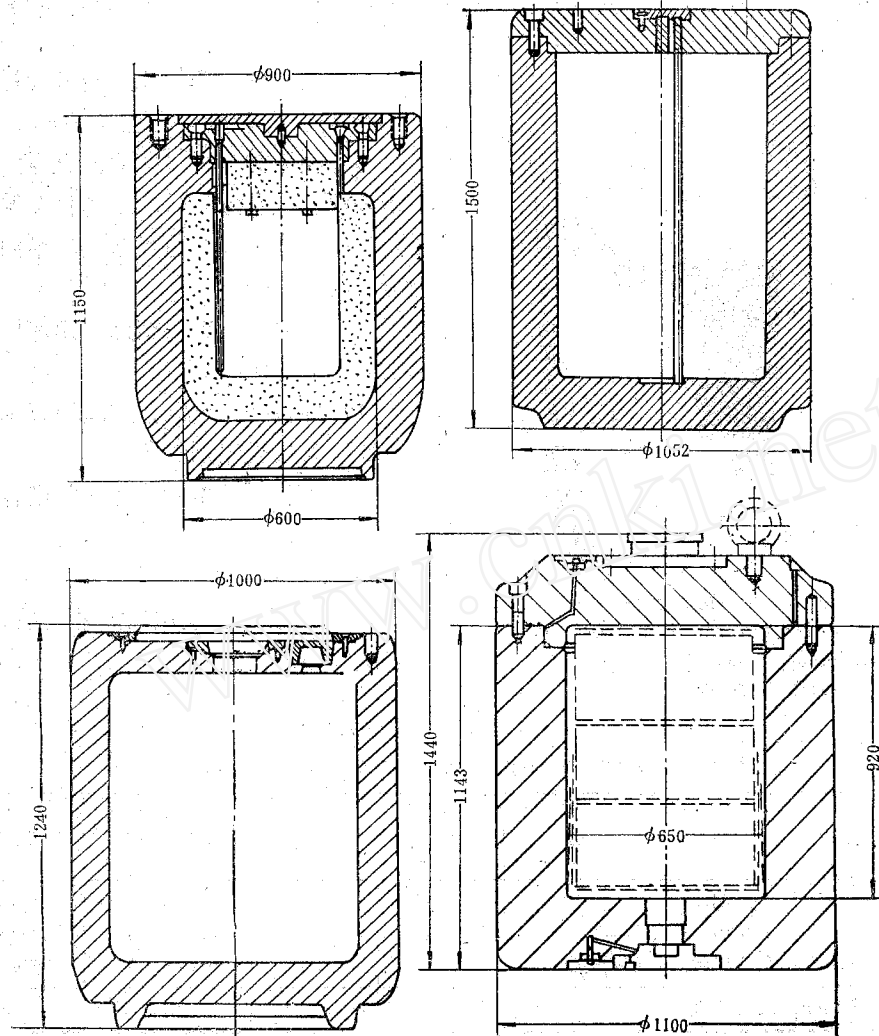


图 4 MOSAIK 铸铁容器

Fig. 4 MOSAIK cast iron container

左上—MOSAIK—I；左下—MOSAIK—III；
右上—MOSAIK—II；右下—MOSAIK CLAB。

存、处置未经固化低中放废物。这种容器外层是钢，内层是钢筋增强聚合物浸渍混凝土，中层是浸渍聚合物(图 6)。这种结构满足美国核管会发布 10 CFR 61 规定的要求。1986 年 6 月美国核管会批准 200 l、400 l 两种 HIC 容器，其尺寸列于表 8。性能检验项目和标准列于表 9^[16]。

大型高整体容器正在开发研究。

5. 聚合物浸渍混凝土容器

聚合物浸渍混凝土容器(Polymer Impregnated Concrete Container, PIC 容器)由日本秩々水泥公司和日本原子力研究所共同开发研制^[17]。这种容器的优点是强度高，耐久性

表 9 高整体容器评价试验

Table 9 Evaluation tests of high integrity container

项	目	方	法
材料 考 验	耐 腐 蚀 性 热 稳 定 性 耐 辐 照 性 抗 紫 外 线 照 射 抗 生 物 破 坏 作 用	在酸碱和有机溶剂中浸泡 1000 h, 抗压强度、弯曲强度不减弱, 重量无大变化 -40°C~60°C, 30周期, 性能不下降 受 10 ⁶ Gy γ 辐照抗压强度、弯曲强度不改变 1000h 循环照射, 性能不变坏 按 ASTM G21 和 G22 试验不产生细菌和霉菌, 机械强度不变	
	机 械 强 度 穿 透 性 自 由 落 体 火 烧 水 喷 淋 漏 气 耐 压 提 升 试 验	在土中埋藏时能承受水平和垂直各向压力 从 1 m 高度垂直落到桶上一根直径 32mm 重量 6 kg 钢棒, 桶不破损 桶从 1.2m 高度落到混凝土地面, 或从 7.5m 高度落到砂床上面, 桶内物无逸出 在 800°C 火中烧 30min, 容器保持原形, 桶内物不逸出。 模拟人工雨(500mm/h) 1 h 无可觉察影响 空气压力达到 0.2 kg/cm ² 不漏气 可承受 5 倍重压 24h 以 3 g 加速度提升无损坏现象	

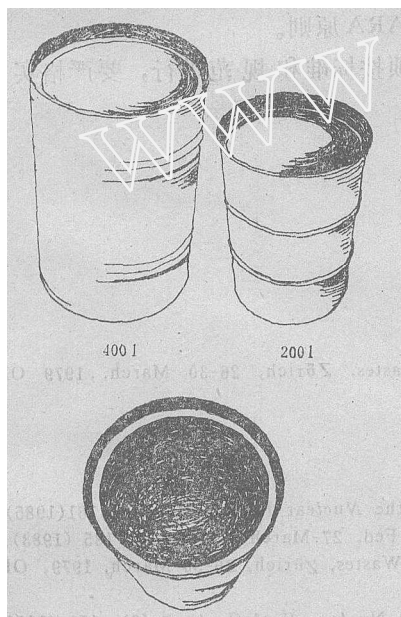
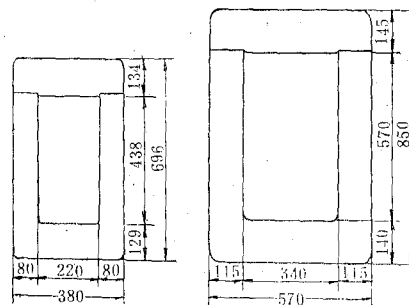


图 5 高整体性容器

Fig. 5 High integrity container



图左——60 l 容器; 耐压强度 500 kg/cm²; 内容积 16 l; 重量 150 kg。
图右——200 l 容器; 耐压强度 500—700 kg/cm²; 内容积 51 l; 重量 410 kg。

图 6 聚合物浸渍混凝土容器

Fig. 6 Polymer impregnated concrete container

好, 抗浸蚀和冻融影响。

6. 玻璃钢容器

我国上海医科大学放射医学研究所研制聚酯玻璃钢容器^[13]。有 601, 2001 玻璃钢桶和衬铅(1.2 mm 厚)的玻璃钢箱(1.300×0.900×1.000 m)。试验表明, 玻璃钢容器包装低放固体废物具有重量轻、强度大、表面光滑、容易去污等优点, 价格约是碳钢桶的二倍, 比不锈钢桶便宜得多。

四、几点意见和建议

1. 目前我国多数单位低放废物尚未实行分类收集、定型包装,有的单位和部门还采用塑料袋、牛皮纸袋、纸箱和木箱等包装方式,这种情况必须尽快改变。

2. 低中放废物包装要以处置方针为依据,从处置着眼。日本过去低中放废物着眼海洋投弃处置,长期以来,他们研究如何保证包装安全沉到海底。现在海洋处置受到国际反对,处置方针被迫转向浅层埋藏。但日本国土内短期难以找到合适场址,现用包装多数为200 l钢桶,贮存库进风采用除湿、除氯措施,以降低钢桶的腐蚀速率。法国情况不同,芒什处置场容量可用到1990年,现在又开始筹建第二个处置场,核电站废物短期存放之后就可运到处置场去。

我国采取什么处置方案,什么时候能够建成处置场尚无定论。秦山电站、广东电站处于温热、多雨、潮湿地区,碳钢腐蚀速率有多大,多少年内可回取钢桶,废物库应采取什么措施,必须认真研究解决。

3. 低中放固体废物品种很多,产生单位和部门也多种多样,需要推荐一套标准包装容器,满足不同需要。这种容器应该耐久性好,运输操作方便,工作人员受照剂量低,包容废物效率高,经济价廉等等,符合最优化原则和ALARA原则。

4. 包装容器的设计、加工制造和产品检验,必须按标准和规范进行,要严格实行质量控制和质量保证。

参 考 文 献

- [1] Mukaibo, T., RECOD 87, 1, 29 (1987).
- [2] 广东核电站环境影响报告(设计阶段),1987.
- [3] Merz, E. R., Lecture in IAE, China, Sept. 1987.
- [4] IAEA 放射性物质运输规定(1965).
- [5] 加藤清等,日本原子力学会志,23(5),338(1981).
- [6] Rämö, E. G., Proc. On-site Manag. of Power Reactor Wastes, Zürich, 26-30 March, 1979 OECD, Paris, 497(1979).
- [7] 加藤清,放射性廢棄物パッケージの基準に関連資料,(1987).
- [8] DOE/NE-0017/2, UC-70A, 71, 79 (1983).
- [9] Dubourg, M., DT/S 87.133/MDG/HBD.
- [10] Plečaš, I. B. et al., *Radioactive Waste Management and the Nuclear Fuel Cycle*, 6(2),161(1985).
- [11] Plečaš, I. B., Proc. Waste Management, Tucson, Arizona, Fed. 27-March 3, 1983, 2, 185 (1983).
- [12] Christensen, H., Proc. On-Site Manag. of Power Reactor Wastes, Zürich, 26-30 March, 1979, OECD, Paris, 333 (1979).
- [13] Köster, R. et al., *Radioactive Waste Management and the Nuclear Fuel Cycle*, 7 (2), 151 (1986).
- [14] Rittscher, D. et al., Low-Cost/High-Integrity Waste Casks.
- [15] Holzworth, R. E. et al., Seminar on the Management of Radioactive Waste From Nuclear Power Plants, Karlsruhe, Oct. 5-9, 1981.
- [16] 秩ヶセソント株式会社,小沢コンクリート工業株式会社,Manual of SFPIC Container.
- [17] 日本特許,第1072833号。
- [18] 刘伟琪等人,低水平放射性废物包装容器的研制,鉴定会材料,上海,1987年,11页。

(编辑部收到日期:1988年6月14日)

PACKAGING CONTAINER OF LOW AND INTERMEDIATE-LEVEL SOLID WASTES

LUO SHANGGENG ZHANG CHUANZHI SHAO FUYI
WANG LIAN

(Institute of Atomic Energy, P.O.Box 275, Beijing)

低中放废物现状与今后处置方案

包头核材料厂是核燃料元件的生产老厂，自1963年投产以来随着生产的发展，二十五年间产出大量被铀及其他化合物污染的中、低放废物。其中有废钢铁、废石墨、废渣及可燃性废物。现分别存放在 $200 \times 300\text{m}^2$ 的场地等待处理。现分别叙述如下：

1. 废钢铁有4500吨左右，其中铸铁占50%，多数是金属铀生产过程中使用的渣锅及铸模，以及其它一些铸铁管等。另外50%是钢材类，大部分是报废的铀污染的设备及其另部件、管道、阀门等。以上两类废钢铁，都不同程度的被金属铀及其氧化物、氟化物等污染。其中大部份是表面污染，但也有如铸铁模由于高温熔铸而造成部份渗透性污染。经测定废钢铁平均含铀量：铸模1600ppm，其他废钢铁350ppm。

2. 废石墨现有300吨(已处理700吨)都是铀冶金所使用的石墨，故含铀量较高，平均含铀为14.27%。

3. 废渣分为两种，一种是生产四氟化铀产出的废渣含铀量很低，平均0.04%以下，现暂存在防渗透的地下水泥渣坑中，估计5000吨以上。另外一种就是铀冶金过程中所产生的渣以及蒸发池的沉降泥，其含铀量平均值为0.46%，现有400吨(已处理1500多吨)。

4. 可燃性废物多数属劳保用品，也有些生产用滤布和可燃性有机物，其数量不大，随时就地进行焚烧处理。

我厂五车间为三废处理车间，有职工108人，厂房五座，总面积为 4204.29m^2 ，有设备193台，蒸发池五座，打砂场一座，两平方公里的工作场地。为防止环境污染充分利用废旧物资，为企业增收节支，我们从1981年开始进行铀污染的处理工作。今后的打算：金属经打砂、化工处理、机械加工、熔铸等手段，使其达到去污标准，变为可以利用的物资。石墨用然浸去污，浸出液由化工车间处理回收为四氟化铀(1988年下半年化工车间有任务)，渣泥也可以进行化工处理回收金属铀。

我厂三废处理厂房、设备、场地、运输工具及人员配备，力量较强，愿与部内兄弟单位合作，承担中、低放废物处理工作。

(国营包头核材料厂安技处，1988年6月1日)