



中华人民共和国国家标准

GB 15146.5—94

反应堆外易裂变材料的核临界安全 钚-天然铀混合物的核临界控制准则 和次临界限值

**Nuclear criticality safety for fissile materials
outside reactors**

**—Nuclear criticality control criteria and subcritical
limits for plutonium-natural uranium mixtures**

1994-07-07 发布

1995-01-01 实施

国家技术监督局 发布

中华人民共和国国家标准

反应堆外易裂变材料的核临界安全 钚-天然铀混合物的核临界控制准则 和次临界限值

GB 15146.5—94

Nuclear criticality safety for fissile materials
outside reactors
—Nuclear criticality control criteria and subcritical
limits for plutonium-natural uranium mixtures

1 主题内容与适用范围

本标准规定了操作、加工、处理钚-天然铀混合物的核临界控制准则和几何形状简单的钚-天然铀混合物孤立单元的某些次临界限值。

本标准适用于反应堆外操作、加工和处理钚-天然铀混合物。

本标准不适用于在可控条件下组装这些材料(例如临界实验)。

2 引用标准

GB 15146.1 反应堆外易裂变材料的核临界安全 核临界安全行政管理规定

GB 15146.2 反应堆外易裂变材料的核临界安全 易裂变材料操作、加工、处理的基本技术准则与次临界限值

3 术语

3.1 受控参数

要求保持在规定的限值之内的某个参数。

3.2 次临界限值(限值)

给某个受控参数规定的能使某个系统在规定条件下肯定处于次临界状态的限制数值。此限值已导出该限值时所采用的计算和实验数据的不确定度留有裕量,但未给意外事件(如投双批料或分析结果的不准确等)留有裕量。

3.3 面密度

垂直投影在某个平面单位面积上的易裂变材料质量。对于无限宽均一平板,面密度是平板厚度与平板内易裂变材料浓度的乘积。

3.4 天然铀

本标准中所说的天然铀是指铀-235 同位素富集度等于或小于 0.71%(重量)的铀。

4 核临界控制准则

4.1 行政管理准则

国家技术监督局1994-07-07 批准

1995-01-01 实施

操作、加工、处理钚-天然铀混合物的核临界安全行政管理必须遵循 GB 15146.1 的规定。

4.2 基本技术准则

4.2.1 操作、加工、处理钚-天然铀混合物的核临界控制基本技术准则必须符合 GB 15146.2 的规定。

4.2.2 操作、加工、处理钚-天然铀混合物必须考虑钚-天然铀混合物自身的均匀性控制,即要求保持该混合物的完全均匀混合,考虑钚是否有从铀中分离出来的可能性。

4.2.3 制定工艺规范时,受控参数必须在次临界限值的基础上保留一定裕量,以应付工艺参数的不确定性和限值意外地被超过。

5 次临界限值(限值)

5.1 限值的基本适用条件

5.2~5.5 条给出了钚-天然铀混合物的某些次临界限值。这些限值必须在满足下列基本条件的前提下才能使用:

a. 钚-天然铀混合物单元的中子反射体和附近其他易裂变材料的反射作用,不大于紧贴包围着该单元的等效无限厚水反射层的反射作用;

b. 钚-天然铀混合物保持完全均匀混合,钚没有从铀中分离出来;

c. 混合物中的铀必须是天然铀。

5.2 水中钚-天然铀氧化物混合物均匀系统的限值

对 $(\text{PuO}_2 + \text{UO}_2)$ 中 PuO_2 重量百分含量为 3%、8%、15% 和 30% 的水中钚-天然铀氧化物混合物均匀系统,其质量、体积、圆柱直径、平板厚度、浓度及面密度限值如表 1 所列。表中对每一种 PuO_2 重量百分含量列出的限值均是分别对三种不同钚同位素组成给出的。在应用这些限值时,计算钚同位素组成必须将存在的任何 ^{238}Pu 和 ^{242}Pu 略去。

对 $(\text{PuO}_2 + \text{UO}_2)$ 中 PuO_2 重量百分含量在 3~30% 范围内变动的水中钚-天然铀氧化物混合物均匀系统,其质量、圆柱直径、平板厚度和面密度限值与 PuO_2 重量百分含量的关系如图 1~5 所示。每个图中示出的限值均是分别对三种不同钚同位素组成给出的。在应用这些限值时,计算钚同位素组成亦必须将存在的任何 ^{238}Pu 和 ^{242}Pu 略去。

要求均匀混合物(或浆液)中的钚-天然铀材料微粒是均匀分布的,而且微粒直径不大于 127 μm ,即能通过 120 目的网筛。

5.3 干燥的和潮湿的钚-天然铀氧化物混合物的质量限值

对于干燥的和潮湿的钚-天然铀氧化物均匀混合物,即轻度慢化的钚-天然铀氧化物均匀混合物,其 Pu 和 $(\text{PuO}_2 + \text{UO}_2)$ 的质量限值如表 2 所列。这些限值适用于 ^{240}Pu 同位素组分大于 ^{241}Pu 同位素组分的此类混合物。

5.4 数量不限的钚-天然铀氧化物混合物和硝酸盐混合物中钚的重量百分含量限值

数量不限的 $[\text{PuO}_2 + \text{UO}_2]$ 混合物和 $[\text{Pu}(\text{NO}_3)_4 + \text{UO}_2(\text{NO}_3)_2]$ 混合物中,钚的重量百分含量限值如表 3 所列。这些限值适用于 ^{240}Pu 同位素组分大于 ^{241}Pu 同位素组分的此类混合物。这些限值不适用于单质钚与单质铀的混合物。

5.5 水中钚-天然铀氧化物混合物非均匀系统的限值

水中钚-天然铀氧化物混合物非均匀系统的质量、体积、圆柱直径和平板厚度限值与氧化物混合物中 PuO_2 重量百分含量的关系如图 6~9 所示。每个图中示出的限值均是分别对三种不同钚同位素组成给出的。应用图中给出的限值时,不必考虑混合物物块的尺寸和形状,也不必考虑系统中水的慢化程度,但计算钚同位素组成时必须将存在的任何 ^{238}Pu 和 ^{242}Pu 略去。

注:图 7、8、9 中适用于 $^{240}\text{Pu} \geq 25\%$ (重量)及 $^{241}\text{Pu} \leq 15\%$ (重量)的钚同位素组成的曲线 II,不得外推到 PuO_2 百分含量超过 18%(重量)的限制界线使用。

表1 水中钚-天然铀氧化物混合物均匀系统的次临界限值
(除原子比是下限值外,其他数值均是上限值)

(PuO ₂ +UO ₂)中的 PuO ₂ , % (重量)	3			8			15			30 ²⁾		
钚同位素组成 ¹⁾	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
钚(Pu)质量,kg	0.73	1.35	2.00	0.61	1.06	1.53	0.54	0.94	1.28	0.50	0.87	1.16
氧化物(PuO ₂ +UO ₂)质量,kg	27.5	51.3	75.9	8.6	15.1	21.7	4.1	7.1	9.7	1.9	3.3	4.4
无限长圆柱直径,cm	24.3	30.8	34.8	19.8	24.9	27.5	17.8	22.5	24.8	16.2	21.0	23.4
无限宽平板厚度,cm	11.0	14.9	17.4	8.2	11.2	12.9	6.9	9.6	11.0	5.9	8.7	9.9
体积,L	23.5	44.8	63.4	14.0	25.9	34.4	11.0	20.4	26.6	8.5	16.8	21.6
钚(Pu)浓度,g/L	6.8 ³⁾	8.1	9.3	6.9	8.2	9.4	7.0	8.2	9.4	7.0	8.1	9.3
氧化物(PuO ₂ +UO ₂)浓度,g/L	257 ³⁾	305	351	97.3	116	134	52.9	61.7	71.0	26.5	30.7	35.2
H : Pu 原子比	3780	3203	2780	3780	3210	2790	3780	3237	2818	3780	3253	2848
钚(Pu)面密度,g/cm ²	0.27	0.38	0.47	0.25	0.34	0.42	0.25	0.33	0.41	0.24	0.32	0.37
氧化物(PuO ₂ +UO ₂)面密度 g/cm ²	10.2	14.4	17.7	3.5	4.8	5.9	1.9	2.5	3.1	0.9	1.2	1.4

注: 1) 钚同位素组成:

I —— ²⁴⁰Pu > ²⁴¹Pu;

II —— ²⁴⁰Pu ≥ 15% (重量) 和 ²⁴¹Pu ≤ 6% (重量);

III —— ²⁴⁰Pu ≥ 25% (重量) 和 ²⁴¹Pu ≤ 15% (重量)。

2) 当(PuO₂+UO₂)中 PuO₂ 重量百分含量为 30% 时,尺度和体积限值不能用于同位素组成 II 和 III,除非是氧化物浓度小于 5 700 g/L(对同位素组成 II),或氧化物浓度小于 4 500 g/L(对同位素组成 III)。

3) 此浓度限值不适于 PuO₂/(PuO₂+UO₂) 比值小于 3% (重量)的氧化物混合物,这是因为含大量铀的材料中 ²³⁵U 的相对重要性增加。对 PuO₂ 含量小于 3% (重量)的(PuO₂+UO₂)混合物材料,其混合物中钚的百分含量次临界限值可在表 3 中找到。

表2 轻度慢化的钚-天然铀氧化物混合物孤立单元的次临界限值
(适用于²⁴⁰Pu > ²⁴¹Pu 的钚同位素组成)

(PuO ₂ + UO ₂) 中的 PuO ₂ , % (重量)	3		8		15		30	
	Pu 质量 kg	(PuO ₂ +UO ₂) 质量,kg	Pu 质量 kg	(PuO ₂ +UO ₂) 质量,kg	Pu 质量 kg	(PuO ₂ +UO ₂) 质量,kg	Pu 质量 kg	(PuO ₂ +UO ₂) 质量,kg
密度为理论密度的干燥 混合氧化物 (PuO ₂ + UO ₂) 密度 ≤ 11 g/cm ³ H : (Pu+U) = 0	任意量均 为次临界	任意量均 为次临界	122	1729	47.0	355	26.1	98.6
密度为理论密度的潮湿 混合氧化物 (PuO ₂ + UO ₂) 密度 ≤ 9.4 g/cm ³ 0 < H : (Pu+U) ≤ 0.45	236	8919	49.4	700	32.9	249	23.3	88.1

续表 2

(PuO ₂ + UO ₂) 中的 PuO ₂ , %(重量)	3		8		15		30	
	Pu 质量 kg	(PuO ₂ +UO ₂) 质量,kg	Pu 质量 kg	(PuO ₂ +UO ₂) 质量,kg	Pu 质量 kg	(PuO ₂ +UO ₂) 质量,kg	Pu 质量 kg	(PuO ₂ +UO ₂) 质量,kg
具有 50% 空隙的潮湿混 合氧化物粉末 (PuO ₂ +UO ₂) 密度 ≤ 4.7 g/cm ³ 0 < H : (Pu+U) ≤ 0.45	885	33447	161	2282	102	771	67.9	256.6

表 3 数量不限的钚-天然铀混合物中钚的百分含量次临界限值¹⁾
(适用于 ²⁴⁰Pu > ²⁴¹Pu 的钚同位素组成)

混合物类型	钚的百分含量 Pu/(Pu+U), %(重量)
(PuO ₂ +UO ₂) 混合物	
干燥的氧化物混合物, H : (Pu+U) = 0	4.4
潮湿的氧化物混合物, 0 < H : (Pu+U) ≤ 0.45	1.8
水中氧化物混合物	0.13
[Pu(NO ₃) ₄ +UO ₂ (NO ₃) ₂] 混合物	0.65

注: 1) 这些限值不适用于单质钚和单质铀混合物。

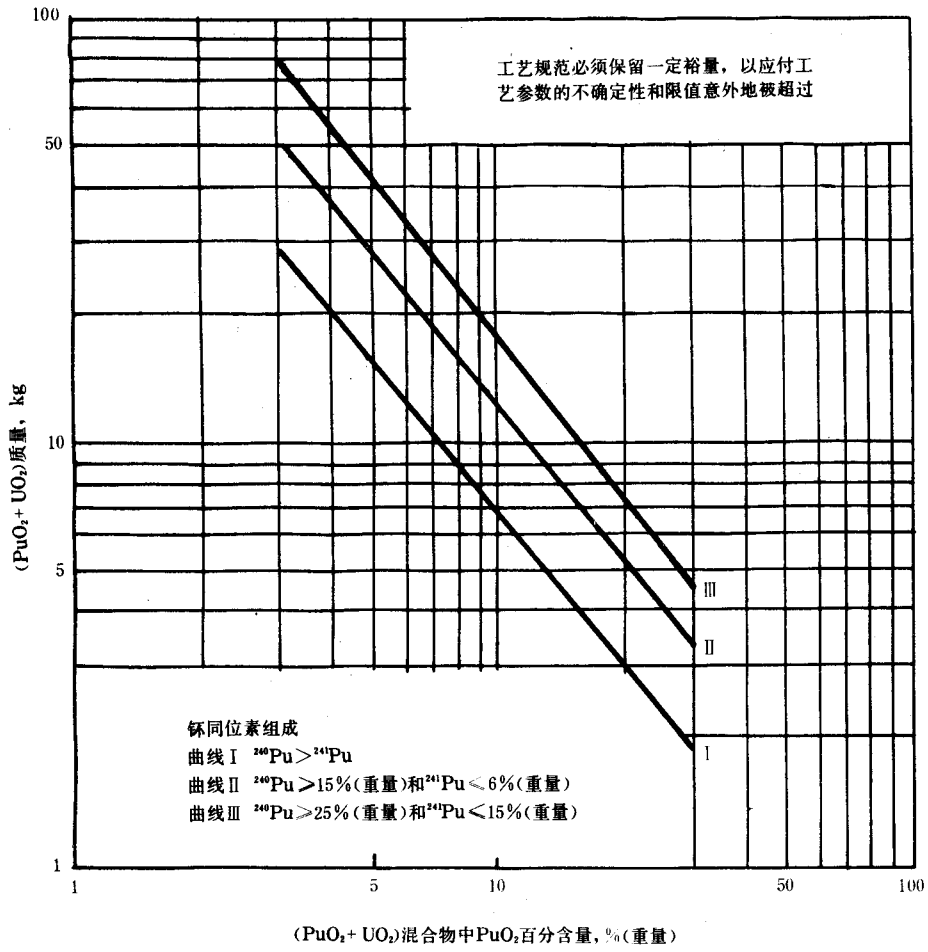


图 1 水中钚-天然铀氧化物混合物均匀系统的质量限值与二氧化钚百分含量的关系

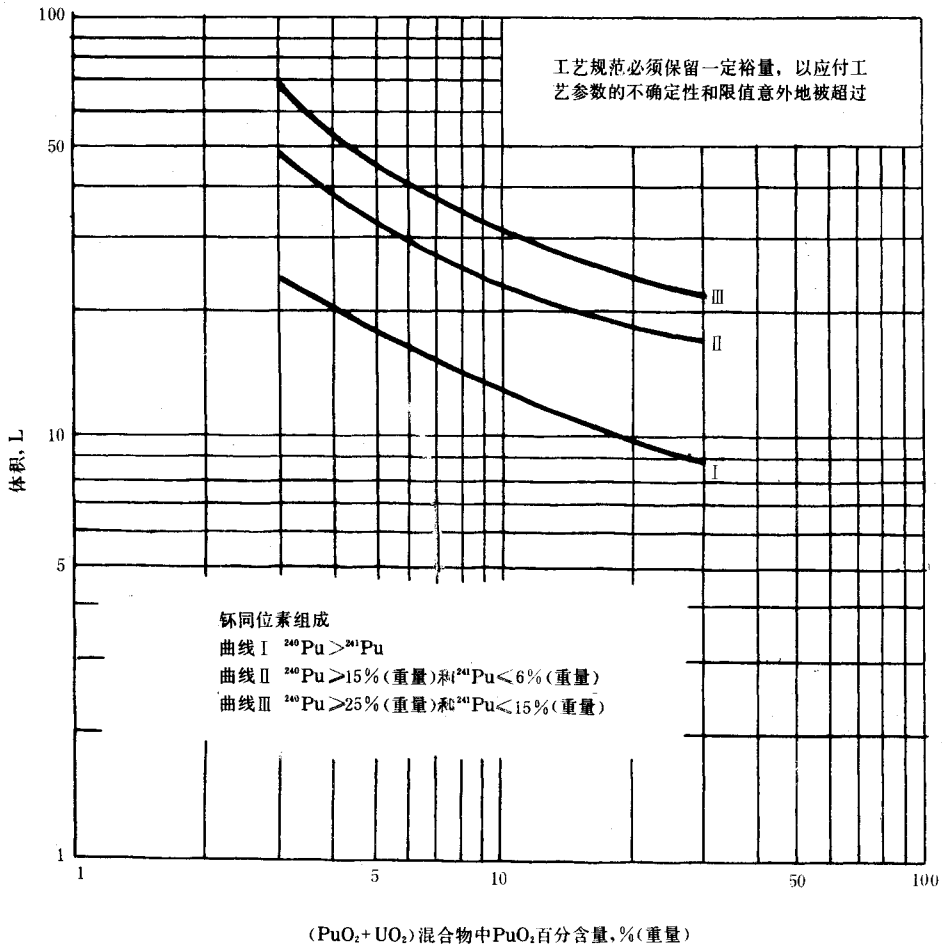


图 2 水中钚-天然铀氧化物混合物均匀系统的体积限值与二氧化钚百分含量的关系(见表 1 注 2)

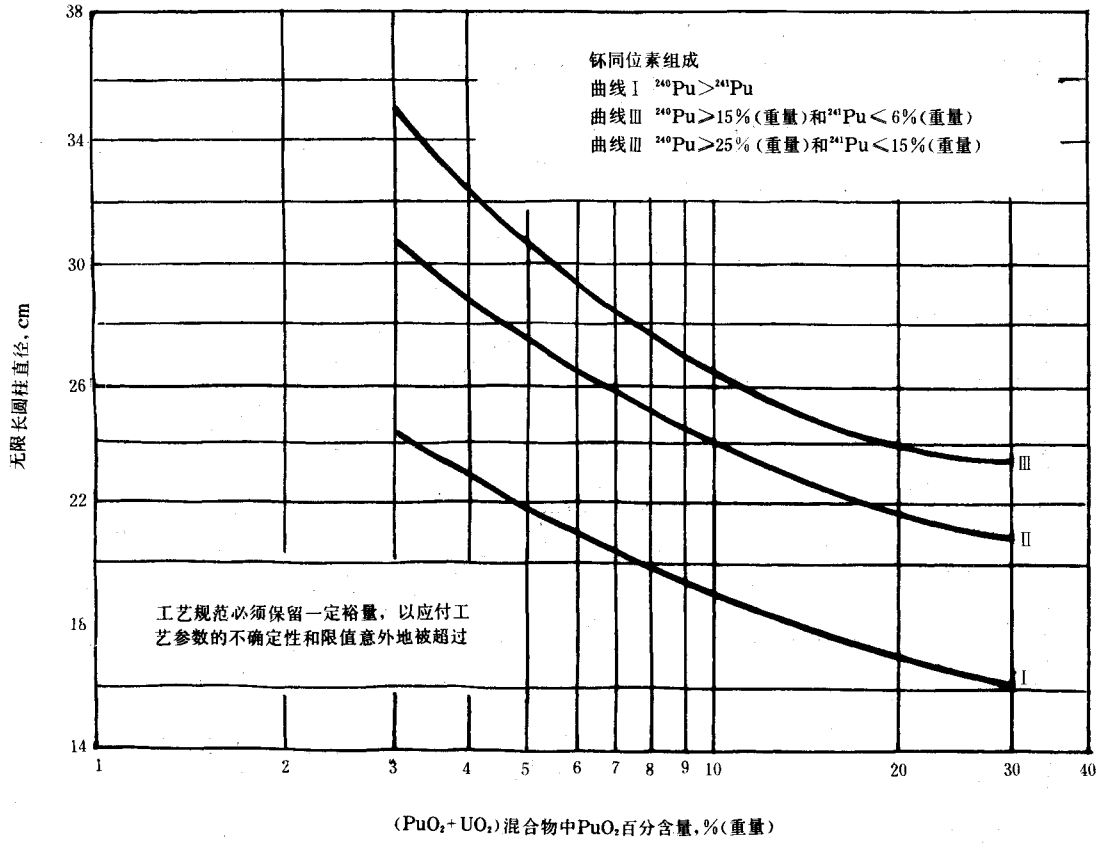


图 3 水中钚-天然铀氧化物混合物均匀系统的圆柱直径限值与二氧化钚百分含量的关系(见表 1 注 2)

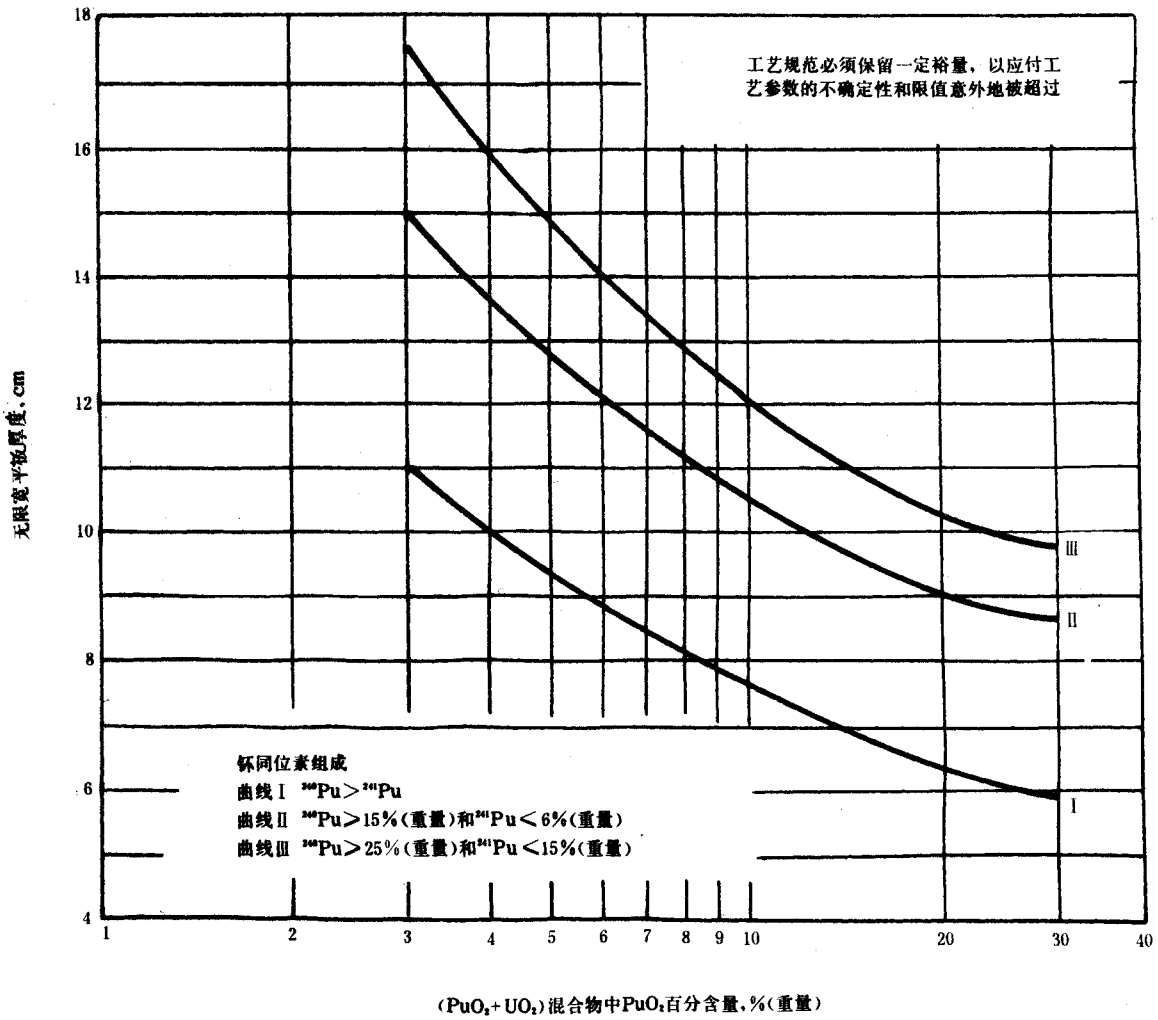


图 4 水中钚-天然铀氧化物混合物均匀系统的平板厚度限值与二氧化钚百分含量的关系(见表 1 注 2)

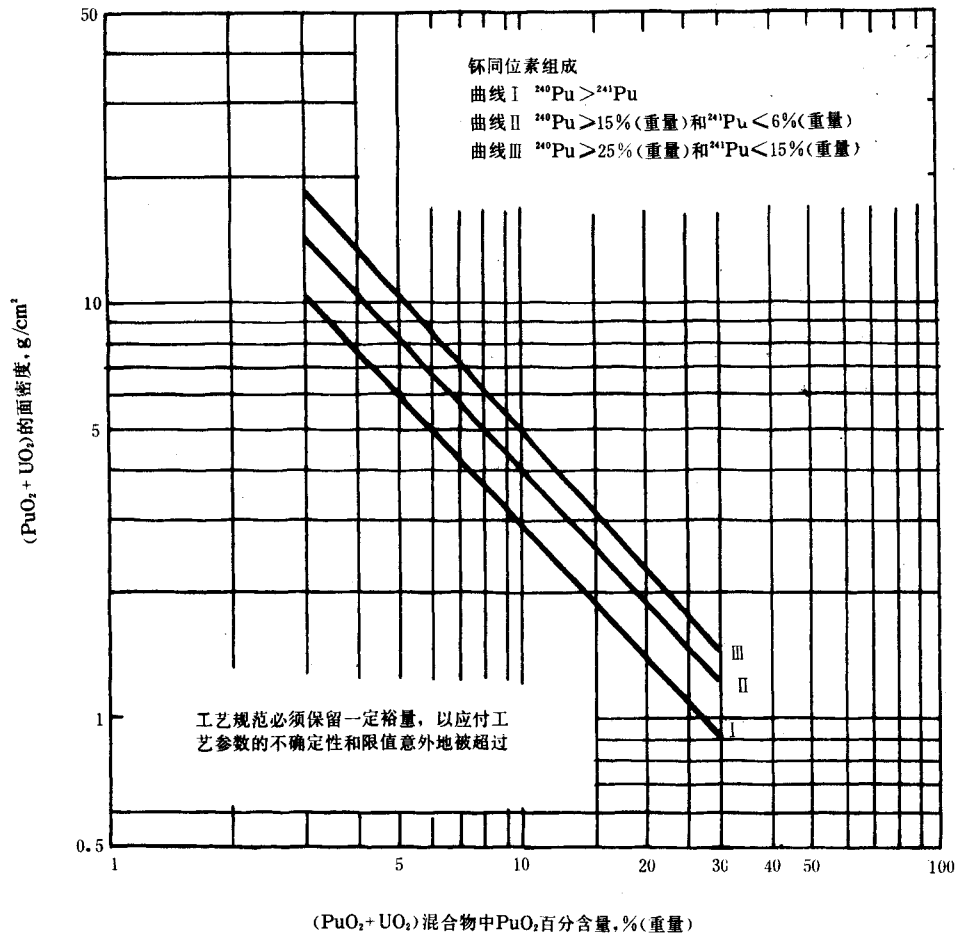


图 5 水中钚-天然铀氧化物混合物均匀系统的面密度限值与二氧化钚百分含量的关系

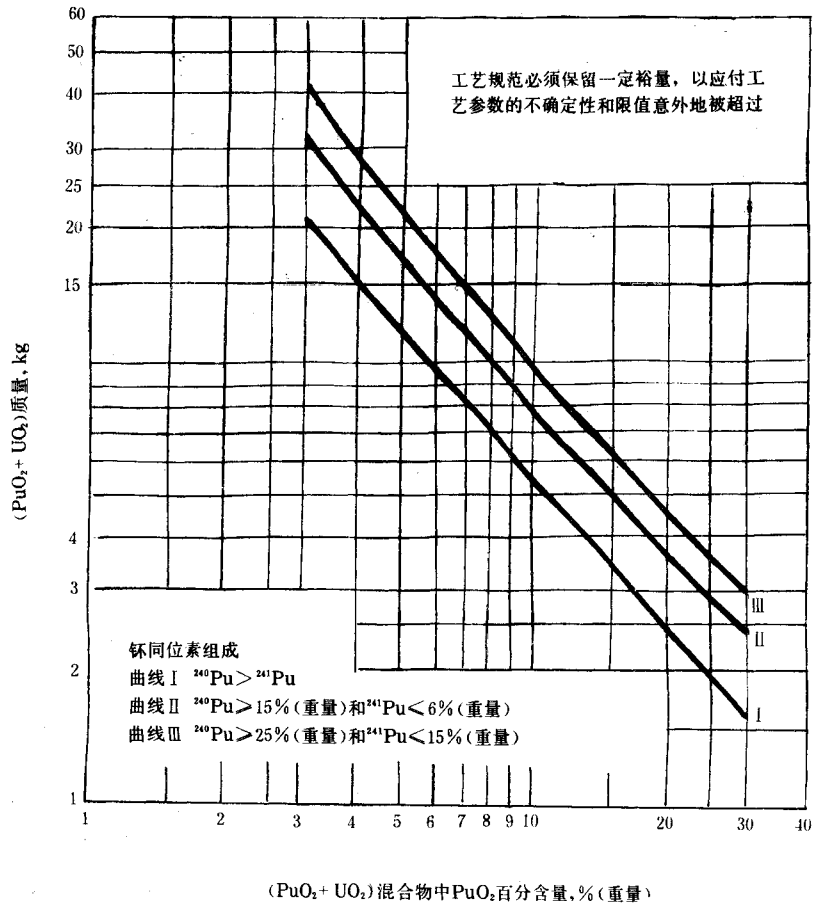


图 6 水中钚-天然铀氧化物混合物非均匀系统的质量限值与二氧化钚百分含量的关系

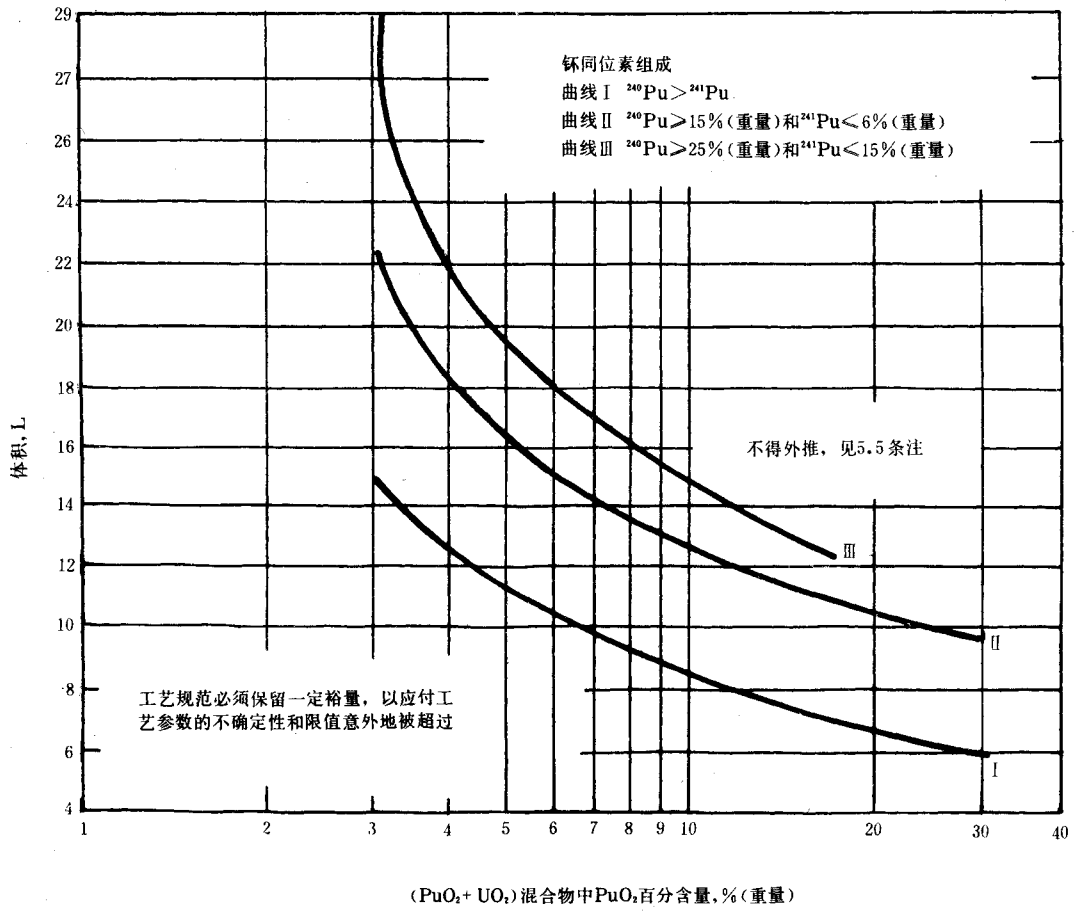


图 7 水中钚-天然铀氧化物混合物非均匀系统的体积限值与二氧化钚百分含量的关系

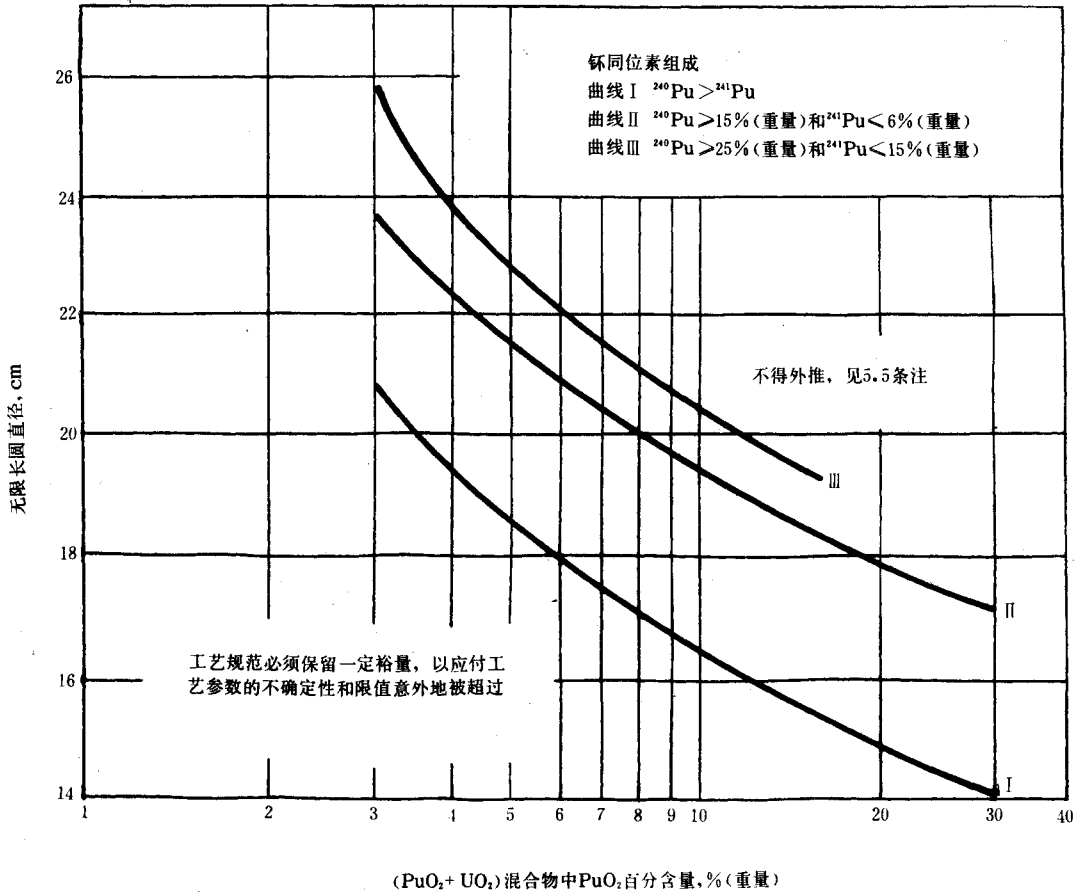


图 8 水中钚-天然铀氧化物混合物非均匀系统的圆柱直径限值与二氧化钚百分含量的关系

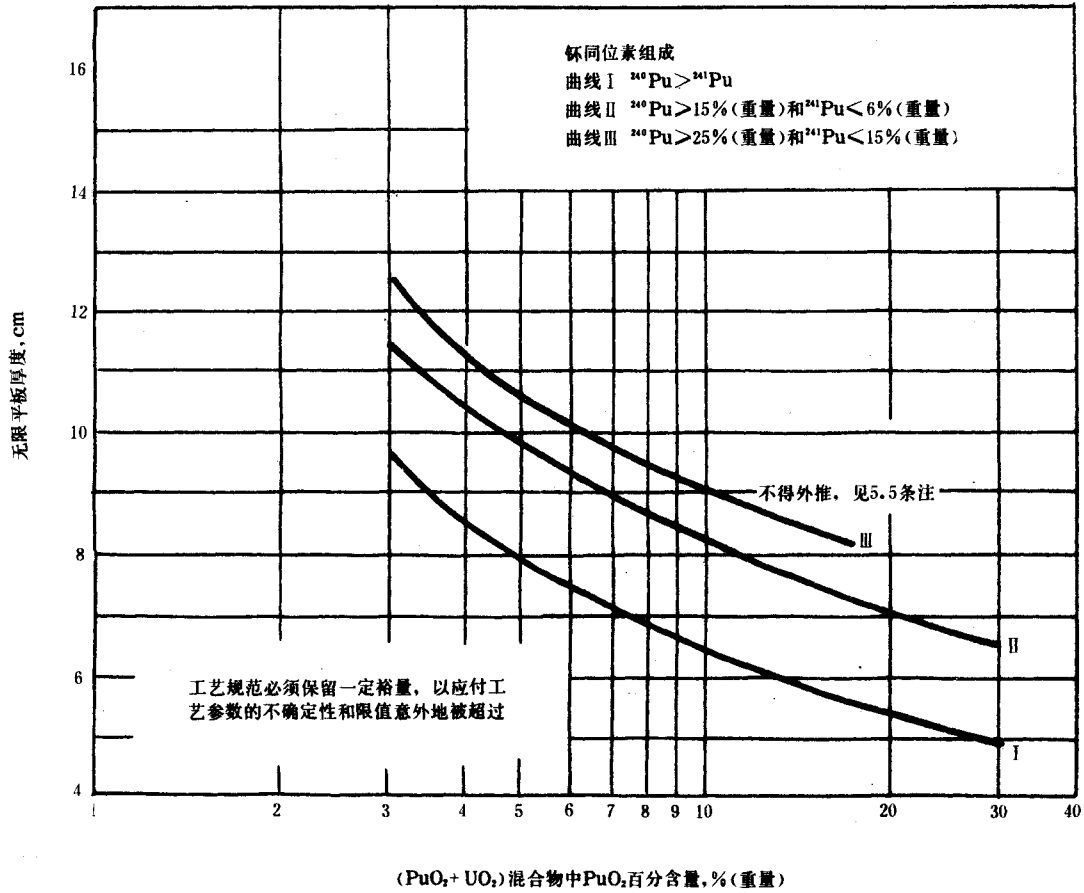


图 9 水中钚-天然铀氧化物混合物非均匀系统的平板厚度限值与二氧化钚百分含量的关系

附加说明:

本标准由中国核工业总公司提出。

本标准由中国辐射防护研究院负责编制。

本标准主要起草人吴德强。

本标准等效采用美国国家标准 ANSI/ANS8.12—1987。

(京)新登字 023 号

GB 15146.5—94

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
反应堆外易裂变材料的核临界安全
钚-天然铀混合物的核临界控制准则
和次临界限值

GB 15146.5—94

*

中国标准出版社出版
北京复兴门外三里河北街16号

邮政编码:100045

电 话:8522112

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
版权专有 不得翻印

*

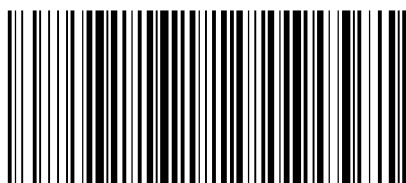
开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 26 千字
1995年4月第一版 1995年4月第一次印刷
印数 1—1 000

*

书号: 155066·1-11342 定价 12.00 元

*

标 目 260—18



GB 15146.5-1994