

2009中華民國核能學會年會 用過核燃料管理策略研討會

用過核燃料深層地質處置包封容器壽命 對核種外釋率之影響

朱信忠

核能研究所 中華民國 98 年 12 月 16 日





一、前言

- 二、核種外釋率及人體劑量率評估方法
- 三、Kolmogorov-Smirnov 統計測試法
- 四、結果與討論
- 五、結 論



一、前言



多重障壁概念 1.天然障壁(母岩) a. 穩定、質佳 b. 地下300~1,000公尺 2. 工程障壁 a. 廢棄物體 b. 廢棄物包封容器 C. 緩衝材層 d. 回填材層



一、前言

- Kolmogorov-Smirnov Test 簡稱 KS-test;
- •判斷分佈型數據是否出自某一參考分佈函數;
- •判斷兩組分佈型數據是否出自同一來源;
- 優點-1:KS-test 不須對數據組之分佈做任何 假設(Non-parametric and distribution free);
- 優點-2: KS-test 將數據組以圖形方式顯示, 分析人員可以偵測數據組是否呈常態 分佈。



一、前言

- KS-test 使用數據組之機率分佈曲線來進行測 試; 分為 One-sample KS-test 及 Twosample KS-test;
- One-sample KS-test 是將數據組與某一參考 分佈函數進行比較;
- Two-sample KS-test 是對兩組數據組進行比較;
- KS-test 對於機率分佈曲線之形狀及位置敏感;
- KS-test 只在乎數據組的相對分佈,與 scale 無關
- KS-test is robust •



二、核種外釋率及人體劑量率評估方法

地下水可能流徑









二、核種外釋率及人體劑量率評估方法







二、核種外釋率及人體劑量率評估方法

單一活化/分裂核種

C-14 Cl-36 Ni-59 Ni-63 Se-79 Sr-90 Zr-93 Nb-94 Tc-99 Pd-107 Sn-126 I-129 Cs-135 Cs-137 Sm-147

超鈾系衰變鏈核種

- $4N : Pu-240 \rightarrow U-236 \rightarrow Th-232$
- 4N+1 : Cm-245→Pu-241→Am-241→Np237 →U-233→Th-229
- 4N+2 : Cm-246→Pu-242→Pu-238→U-238 →U-234→Th-230→Ra-226
- $4N+3 : Am-243 \rightarrow Pu-239 \rightarrow U-235 \rightarrow Pa-231$



二、核種外釋率及人體劑量率評估方法

- 核種存量: 瞬釋型+固定溶解率型
- 分佈型參數:密度、孔隙率、裂隙開口度、 裂隙間距、地下水流速、延散度、 擴散係數、吸附係數、溶解度等共 67個
- 取樣方法:Latin Hypercube Sampling 數據排列方式:無相關排列 運跑回合:100

三, Kolmogoroy-Smirnoy 統計測試法

KS-Test Comparison Cumulative Fraction Plot



Institute of Nuclear Energy Research

i 法研 INER



Kolmogorov distribution

$$P_r(K \le x) = 1 - 2\sum_{i=1}^{\infty} (-1)^i e^{-2i^2 x^2}$$

$$=\frac{\sqrt{2\pi}}{x}\sum_{i=1}^{\infty}e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{(2i-1)\pi}{2x}\right)^{2}}$$
(1)

$$P_r(K \le K_\alpha) = 1 - \alpha$$

(2)

三、Kolmogoroy-Smirnoy 統計測試法

Kolmogorov theorem
$$:\sqrt{n}D = K_{\alpha}$$

- D:兩機率分佈曲線間之最大垂直差値 *K*_α:利用 Eqs.(1) 及 (2) 求取
- The null hypothesis is rejected at level α if For one-sample KS-test : $\sqrt{nD} > K_{\alpha}$

For two-sample KS-test :

$$\sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}} D > K_{\alpha}$$

NFR

(3)

(4)

(5)



三、Kolmogoroy-Smirnoy 統計測試法





四、結果與討論



CCDF : complementary cumulative distribution function



Institute of Nuclear Energy Research



Institute of Nuclear Energy Research





10

11

12

13

14

15

16

開始

۲

D

🕼 收件匣 - Ou...



🔻 🙆 簡報資料

🕒 Microsoft Po...

4.6103E-08 3.6853E-08 0.7 0.1376 3.8020E-08 4.9382E-08 0.8 0.1517 8 4.942E-08 4.371E-08 0.9 0.1730 9 5.2652E-08 4.8359E-08 0.95 0.1920 10 0,99 5.309E-08 4.9126E-08 0.2301 5.3682E-08 11 4.9831E-08 0.995 0.2447 5.291E-08 5.5294E-08 12 0,999 0.2756 13 5.3182E-08 0,9995 0,2880 5.6241E-08 5.6278E-08 5.5127E-08 0.9999 0.3147 14 6.0052E-08 5.6059E-08 15 用過核子燃料深層地質處置 6.656E-08 16 5.608E-08 Dmax=0.11

📩 2 Visual B...

有40%信心說: PDR100.cdf 與 PDR10000.cdf

此兩組數據不是同一分佈!

確定

🖮 😰 🖞 🔍 🙅 🛸 上午 10:54

開始

۲

D

🕼 收件匣 - Ou...



📩 2 Visual B...

🔻 🙆 簡報資料

🕒 Microsoft Po...

🖮 🛿 🖞 🔍 💁 🧎 上午 10:57





🕼 收件匣 - Out...

🖪 Microsoft Po... 🔄 Kolmogorov-... 👹 1000vs10000....







🔇 💟 👊 上午 09:22

i 🔁 🕐



74 開始

۲

0

🔄 收件匣 - Outloo...



🕒 Microsoft Power...

🔄 Kolmogorov-Smi...



五、結論

- 從劑量率峰值 CCDF 分佈曲線之上、下限値 來看,包封容器壽命分別為 100 年、1,000 年、10,000 年、100,000 年等四種情況的結 果並無太大差異。
- · 劑量率峰值 CCDF 分佈之 KS-Test 結果顯示
 1.100 年與 1,000 之結果並無差別
 2.100 年與 10,000 之差異並不顯著的
 3.1,000 年與 10,000 之差異未達 95% 信心
 4.10,000 年與 100,000 之差異已達 95% 信心





五、結論

 包封容器壽命在用過核子燃料深層地質處置中的角色主要是延緩核種的外釋時刻,而非降低 核種外釋率及人體劑量率。





