

天然 Cl 中子全截面、(n, α)和(n, p)截面的评价

赵经武 苏为宁

(南京大学物理系, 210032)

在收集实验数据的基础上, 结合理论计算对天然 Cl 的中子全截面、(n, α)和(n, p)反应截面进行了评价, 与 EMDF/B-6 库推荐结果进行了比较, 分析了与 B-6 库评价分歧的原因。

关键词 天然 Cl 全截面 (n, α)截面 (n, p)截面

天然 Cl 是原子能和平利用和核工程经常涉及到的重要核素。天然 Cl 有两个稳定同位素: ^{35}Cl 和 ^{37}Cl , 其丰度分别为 75.77% 和 24.23%。ENDF/B-6 库曾在 60 年代初对天然 Cl 评价过, 选用的实验数据现已陈旧, 如中子全截面, 选用的是一家 1954 年的测量数据^[1], 评价结果明显偏低, 而(n, p)和(n, α)等反应道评价, 与系统学和新的实验结果也有差别。随着科学技术的发展, 对天然 Cl 评价数据提出了更高的要求, 且自 60 年代中后期增加了许多新的实验数据, 补充了部分重要能点, 需要对天然 Cl 进行重新评价, 以满足各方面需要。

1 中子全截面评价

图 1 给出了中子全截面的实验数据和评价结果。从图 1 可见, ENDF/B-6 库选择的一家测量数据^[2]明显偏低, 另两家的测量结果^[3,4]彼此符合较好, 且白光中子源测量值能区扩充, 使 1 MeV 以上能区中子全截面的走向更明显, 从 3—4 MeV 能区实验数据可看出, B-6 库评价结果明显左移, 使得 1—3 MeV 能区推荐值偏大, 为了与 14 MeV 单能点实验数据符合, B-6 库的数据自 10 MeV 处(实验数据在此有一拐点)几乎线性外推到 20 MeV, 使其高能端评价价值偏高。本评价未选用 1954 年这家实验结果, 采用另两家实验数据作为评价基础, 在 15—20 MeV 能区则采用 UNF 程序的计算结果, 经综合、分析和处理, 给出本评价结果。由图 1 看出, 本评价结果与实验数据符合较好, 因而更为合理。

2 (n, α)截面评价

图 2 给出了(n, α)反应截面的实验数据和评价结果。图中 a 和 b 分别是同位素 ^{35}Cl 和 ^{37}Cl , c 是天然 Cl。B-6 库只给出天然 Cl 的(n, α)截面, 与本评价结果有明显差异, 在 $E < 4$ MeV 能区, ENDF/B-6 库截面下降速度比本评价缓慢。 ^{35}Cl 和 ^{37}Cl 的(n, α)反应均是吸能反应, ^{37}Cl 的

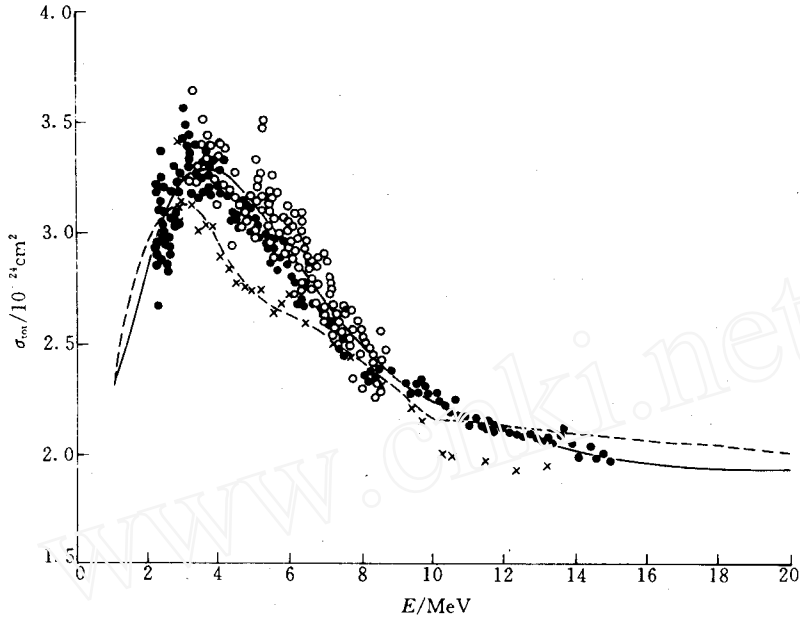


图1 中子全截面评价数据与实验数据比较

Fig. 1 Comparison among evaluation data with experimental data for total cross section

——本评价; ······ENDF/B-6 库评价; ×、●、○为文献[2-4]实验数据

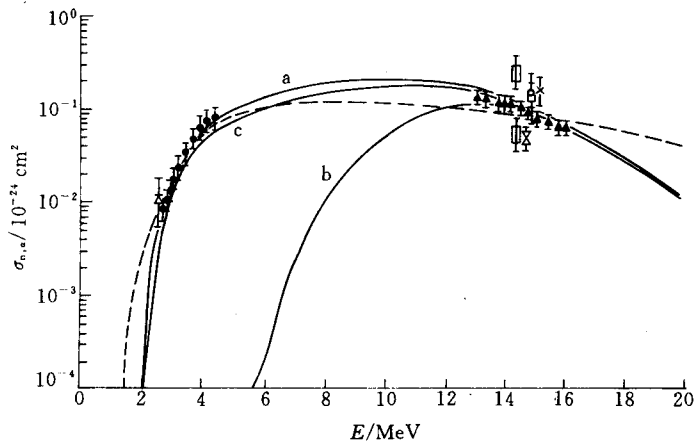


图2 (n, alpha)截面评价数据与实验数据比较

Fig. 2 Comparison among evaluation data with experimental data for Cl(n, alpha) reaction cross section

——本评价; ······ENDF/B-6 库评价; a、b、c 分别为 $^{35}_{17}\text{Cl}$ 、 $^{37}_{17}\text{Cl}$ 和 $^{m}_{17}\text{Cl}(n, \alpha)$ 截面

●、△、○、□、□、×、△、× 为文献[6-13]实验数据

(n, α)反应阈能区 6 MeV 处,所以 4 MeV 以下是³⁵Cl 的贡献,而³⁵Cl 的(n, α)截面在该能区有一家白光中子源测量数据^[5]较好。另几家实验数据在阈能处误差较大,由于本评价结果与实验结果符合较好,表明在该能区本评价更合理些。在高于 4 MeV 能区,³⁷Cl 的(n, α)反应在 12—16 MeV 能区有一白光中子源测量数据^[6],且在 14 MeV 能点上。两种同位素均有实验结果^[9-13],这些实验数据显示在 12 MeV 至高能端,(n, α)有明显的下降趋势,本评价结果与实验数据符合较好。而 B-6 库的数据在该能区下降缓慢,在 8—15 MeV 推荐值小于本评价结果,在 >15 MeV 能区,则偏大于本评价结果,表明 B-6 库的数据与同位素³⁷Cl 的实验数据的走向有差异,与系统学的结果也有明显的偏离,本文推荐的评价结果应更合理。

3 (n, p)截面评价

图 3 给出了(n, p)反应截面的实验数据和评价结果,图中 a、b 和 c 分别是³⁵Cl 和³⁷Cl 同位素和天然 Cl。热能点评价价值根据实验数据加权平均得 $0.36946 \times 10^{-24} \text{ cm}^2$, B-6 库评价值为 $0.355 \times 10^{-24} \text{ cm}^2$ 。图 3 主要反映 1 keV 以上能区评价结果。同位素³⁵Cl 在 14 MeV 只有 1 个实验数据^[1,11,12],同位素³⁷Cl 从 13—22 MeV 有实验数据^[14-16],但实验数据分歧较大,从图 3 看出,本评价在有实验数据能点处符合较好,与系统学结果较接近,与 B-6 库比较,他们的结果从 3 MeV 至高能端几乎是水平线,而本评价先缓慢上升后又下降。根据上述分析,本评价结果是合理的。

本评价是在充分参考和分析 ENDF/B-6 库数据的基础上,收集了尽可能多的实验数据,在无实验数据能区,采用 UNF 程序计算,经过综合、分析、评价和处理,给出了评价结果。本推荐值在与实验数据符合及系统学趋势均好于 B-6 库推荐值。

在本评价中得到中国核数据中心刘廷进、张竞上及其有关人员的帮助,特致谢忱。

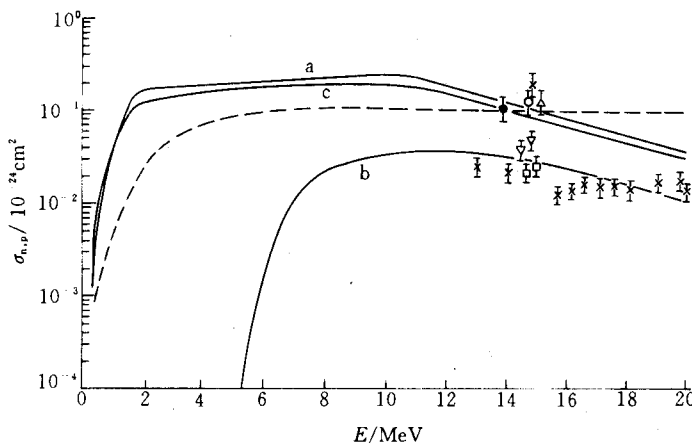


图 3 (n, p)截面评价数据与实验数据比较

Fig. 3 Comparison among evaluation data with experimental data for Cl(n, p) reaction cross section

注同图 2; ●、△、○、×、▽、□为文献[1, 11, 12, 14-16]实验数据

参 考 文 献

- 1 Schantl W. An Abstract Communicated by Nuclear Data Section. IAEA VIENNA, 1970.
- 2 Nereson N, Darden S. Average Neutron Total Cross Section in the 3 - 12 MeV Region. Phys Rev, 1954, 94: 1678.
- 3 Tsukada K, Tanaka O. Statistical Analysis of Fast Neutron Total Cross Section of Silicon, Phosphor, Sulfur, and Chlorine. J Phys Soc Japan, 1963, 18:610.
- 4 Foster DG Jr, Glasgow DW. Neutron Total Cross Section 2.5 - 15 MeV I Experimental. Nucl Phys, 1971, 3: 576.
- 5 Newson HW, Gibbons JH, Marshak H, et al. Neutron Resonance in the keV Region—Heavier Odd Elements. Phys Rev, 1957, 105:198.
- 6 Bormann M, Abels C, Carstens W, et al. Excitation Function of Some Fast Neutron Reaction. P Eandc(E) - 76, 51. 1976.
- 7 Alder H, Huber F, Haefliger W. Cross Section and Q-Value of the $^{35}\text{Cl}(n, \alpha)$ Reaction. Helvetica Physica Acta [German], 1953, 26:383.
- 8 Metzger F, Huber P, Alder F. Investigation of the (n, α) Reaction on Chlorine by Means of Ionization Chamber With Heating Facilities. Helvetica Physica Acta [German], 1947, 20:236.
- 9 Paul EB, Clarke RL. Cross Section Measurements of Reaction Induced by Neutron of the 14.5 MeV Energy. Can J Phys, 1953, 31:267.
- 10 Scalani RS, Fink RW. Activation Cross Section for Reactions of Chlorine and Copper With 14.8 MeV Neutrons. Nucl Phys, 1958, 9:334.
- 11 Nagel W. Some Nuclear Reaction Induced by D + T Neutron. J Phy, 1964, 30:775.
- 12 Levkovskij VN. Empirical Regularities in the (n, p) Reaction Cross Section at the Neutron Energy 14 - 15 MeV. Zh Eksperim i Teor Fiziki, 1963, 45(2):305.
- 13 Durham RW, Girardi F. Effective Neutron Activation Cross Sections of Some Chlorine and Sulphur Reaction in Nrx. Reports to the Aec Nucl Cross Section, 1961, 19:4.
- 14 Mathur SC, Morgan IL. The Disintegration of Ar by 1.30 - 20.2 MeV Neutron. Nucl Phys, 1966, 75:561.
- 15 Mitra B. A Survey of Results of (n, p) Cross Section of 14 MeV Neutron in Low-z Nuclei. Sympos Nucl Phys Solid Phys. Kanpur. 1967.
- 16 Pasquarelli A. Measurement of Cross Section for $(n, 2n)$, (n, p) and (n, α) Reaction at 14.7 MeV. Nucl Phys A, 1967, 93:218.

EVALUATION OF NEUTRON TOTAL CROSS SECTION, (n, α) AND (n, p) CROSS SECTION FOR NATURAL Cl

Zhao Jingwu Su Weining

(Department of Physics, Nanjing University, 210093)

ABSTRACT

Based on the recent experiment data and theoretical calculation, the neutron total cross section, (n, α) and (n, p) cross section of natural Cl was evaluated. The recommended result was compared with those of ENDF/B-6, the discrepancy between both results was analyzed.

Key words Natural Cl Total cross section (n, α) cross section (n, p) cross section

核电站事故的预防

Preparing for Nuclear Power Plant Accidents

编者:Golding D, Kasperson JX, Kasperson RE. 1995年 Westiew 公司出版。

三里岛事故已经过去15年,所引起的反响是很大的,人们需从中吸取许多经验与教训,本书汇集了该领域著名学者的论文共17篇,主要论题如下:

1. 核电站严重的反应堆事故的潜在特征:三里岛-I堆芯破损频率的预示和概率风险分析结果、关于堆芯破损事故的某些结论。
2. 反应堆事故后放射性的大气释放与监测。
3. 应急水平分类与核反应堆安全状态。
4. 概率风险分析用于核事故应急响应。
5. 三里岛核电应急响应水平设计:早期医疗响应程度的关键问题。
6. 用于核电站应急响应的设计效应判定系统。
7. 核电站事故预应急信息编程。
8. 应急响应水平与管理所涉及的公众与团体。
9. 核应急的风险概念理解与公众响应。
10. 应急水平的公众干预。

摘自中国原子能科学研究院《图书馆报导》