

核数据评价的现状与发展趋势

赵志祥 庄友祥

(中国原子能科学研究院 北京 102413)

摘要 本文介绍了 1992 年 10 月在美国布鲁克海文国家实验室召开的核数据评价方法国际会议的情况。

关键词 核数据, 评价方法.

1992 年 10 月 12~16 日,在美国布鲁克海文实验室召开了核数据评价方法国际会议. 23 个国家和地区的 98 名代表参加了会议.

在开幕式上,原 IAEA 核数据科科长 J. J. Schmidt 做了题为核数据评价的过去、现在和未来的综合报告.

1 会议报告概述

会议报告侧重于经验的总结,没有专门讨论一些全局性和方向性的问题.

1.1 宏观检验

对于热系统,现有的评价数据预言 K_{eff} 比较满意, ρ_{28} 计算值偏高 4.6%, δ_{26} 偏低 3.3%.

对于快系统, K_{eff} 的计算值与实验值之比 C/E , 与预期的值 1 相比在 $\pm 1\%$ 范围以内符合. 重要的铜系核的能谱指标 C/E : $\pm(5\sim 10)\%$, 燃料循环核的能谱指标 C/E : $\pm(10\sim 30)\%$.

对于聚变系统,活化率 C/E : 严重分歧, 氦增殖率 C/E : $(-5\sim 20)\%$.

1.2 评价数据的比对

对于通用库结构材料核 Cr、Fe 和 Ni, 各评价数据库的数据分歧在 20% 左右, $^{58}\text{Ni}(n, \alpha)$ 反应截面的分歧最为严重.

对于通用库铜系核, ^{238}U 和 ^{239}Pu 的非弹截面: 分歧大至 $(30\sim 40)\%$; ^{241}Pu 的俘获截面: BROND-2 与 JEF-2 相差 80%; ^{240}Pu 的裂变截面: JEF-2 比 ENDF/B-6 大 80%; ^{242}Cm 的俘获截面和裂变截面: 各评价数据库之间的

分歧更为严重.

对于专用库评价数据,重要裂变产物核 ^{90}Sr 、 ^{133}Cs 、 ^{99}Mo 和 ^{103}Ru 等的俘获截面: 分歧大于 30%; 无实验数据的 317 个裂变产物核分歧更大; 活化库实验数据严重缺乏, 一般用粗糙的核模型计算, 普遍存在分歧; 剂量库 Li(d, n) 厚靶中子场检验结果: $^{54}\text{Fe}(n, p)$ 截面分歧为 $(16\sim 18)\%$, $^{56}\text{Mn}(n, 2n)$ 截面分歧为 17%.

1.3 模型理论计算和输入参数

现有的核模型通过调整参数可以很好地再现已有的实验数据, 但预言无实验数据的核时, 存在较大的分歧, 因子是 2. 今后要增加模型的预言本领. 可能的改进是: 从色散关系得到光学势 (Hodgson); 采用 Uhl-Kopecky 建议并推广的 γ 强度函数; 采用能量相关的能级密度参数 (Konshin); 考虑单粒子能级密度的集体增强 (Ignatynk); 引入角动量和宇称守恒; 采用量子机制的统计多步理论 (如 Kalka).

另外, 适应核数据的需要, 核模型计算要推广到中高能区. 这次会议上介绍的几个大型计算程序 (GNASH, KAPSIES, EXIFON) 都可以用以几百 MeV 以下 n, p, d 入射的数据计算.

1.4 共振区数据

主要报告了下述内容: 不可分辨共振的表示 (Janeva); 共振分析程序 SAMMY (Larson); 用贝叶斯方法估计平均能级间距 (赵志祥).

1.5 数据拟合及协方差产生

这部分的报告比较多,主要有以下方面:协方差数据对核工程的重要性(Maerker);协方差数据的产生和评价,如在线产生测量数据的协方差矩阵(Bastian)、理论计算值的不确定性(Kanda)、协方差评价方法(Vonach);协方差文档的格式(Muir/Vonach);协方差数据的检验(Tagesen/Satori);有分歧的数据如何处理(Peelle/Smith);数据拟合方法,如贝叶斯方法(Larson/Mannhart)和数据拟合中的 PPP 现象及其解(赵志祥/Chiba)。

1.6 带电粒子、光核反应及衰变数据

带电粒子数据评价:热核聚变核数据评价方法(Zvenigorodskij); R 矩阵方法(Resler);理论计算和实验评价相结合(庄友祥)。

光核反应数据评价:约化方法(Efimkin);日本核数据中心采用的光核数据评价方法。

衰变数据评价:ENDF/B-6 的衰变数据评价(England);JEF-2 的衰变数据评价(Nordborg)。

1.7 评价和评价数据库的状况(Schmidt)

通用库已经取得了很大的成绩:同位素和反应道大大增加,其中、日本 JENDL-3 含 324 个核;美国 ENDF/B-6 含 320 个核;欧州 JEF-2 含 303 个核;前苏联 BROND-2 含 121 个核;中国 CENDL-2 含 54 个核;总计复盖 411 个核。

最后公开前都做了检验和再评价。对重要的铀系核的 σ_t 和 σ_r 采用了同时评价。大量采用 Reich-Moore 共振参数,共振数目大大增加。用改进的核模型填补了尚未测量或无法测量的截面和双微分截面数据的空白。

重要的核增加了协方差文档。双边合作不断增强。

解决了几个长期存在的问题: ^{56}Fe , 1.15 keV 共振的 Γ_r , 用改进的权重函数分析数据解决了分歧; ^{238}U 不可分辨共振区俘获截面,多次散射修正后,分歧消除,较低的 σ_r 值与近来的积分实验一致; ^{238}U 热能区俘获截面,近

来 Geel 的测量确信 $1/V$ 形状是可靠的; ^{235}U 热能截面, $\bar{\nu}$, σ_f 和 σ_r 被再次准确地测量。

通用库存在的问题:有些评价数据库中,天然元素的评价不总是与各同位素评价一致;评价数据还不完整,缺少双微分截面、 γ 产生数据和协方差数据;错误的物理假定,如假定 γ 射线角分布各向同性和俘获 γ 谱在所有入射能量都假定等于热中子谱。各评价数据库之间普遍存在分歧。

1.8 核数据工作的一些短期课题(Schmidt)

统一 ENDF/B 的格式。解决 $^{10}\text{B}(n, \alpha)$ 截面的问题;ORELA 的新测量值比 ENDF/B-6 的评价值高 40%。解决 ^{235}U 低能 η 值问题;Geel 和 Harwell/ORNL 的测量在 50MeV 以下有矛盾。解决 ^{240}Pu 1.056eV 共振 Γ_r 值问题。改进活化截面的测量和评价。改进剂量截面的评价。引入能量相关的俘获 γ 谱。引入各向异性的 γ 角分布。解决 ^7Li 、 Pb 和 $\text{Be}(n, 2n)$ 问题。填补 7~14MeV 能区空白; $\text{H}(t, n)\alpha$ 中子源+核模型计算。增补双微分截面, γ 产生数据和协方差数据。消除一些评价库中天然元素和同位素评价的不一致。

1.9 核数据工作的长期活动(Schmidt)

将评价的能区由 20MeV 扩展到几个 GeV。

建中子和带电粒子活化截面 Universal 库,含~3000 个反应截面和衰变数据。

编纂带电粒子反应数据,建 ENDF/B 库。发展改进新的核模型程序,如核级联、蒙特卡罗模拟和量子分子动力学等。

检验、比对和改进现有的核模型程序。

改进铀系核和裂变产物核评价数据。

重新编辑 BNL-325:含热能截面、共振参数和 14MeV 截面等。建标准核参数输入库。

2 结束语

从前面介绍的情况来看,核数据工作的任务仍十分艰巨。目前,在大多数国家核数据工作经费、人员短缺的情况下,加强国际间双

(下转 73 页)

- | | |
|--|---|
| 3 Dilg W, et al. Nucl. Phys., 1972, A217: 229 | 8 Dietrich S S, et al. At. Nucl. Data Tables 1988, 38: 199 |
| 4 /Proceedings of the Conference on Nuclear Data for Science and Technology, Jaery, Mito 1988, 187 | 9 Perey C M, et al. At. Nucl. Data Tables, 1976, 17: 2 |
| 5 Cook J L, et al. Aust. J. Phys., 1967, 20: 427 | 10 Lynn J E. AERE-7468, 1974 |
| 6 Su Zongdi, et al. INDC(CPR)-2, 1985 | 11 Back B B, et al. Phys. Rev., 1974, 9: 1924, 1974, 10: 1948 |
| 7 Huang Zhongfu, et al. Chin. J. Nucl. Phys., 1991, 13: 147 | |

Library of Nuclear Characteristic Constants and Parameters for Nuclear Model

Su Zongdi Zhou Chunmei Ma Lizhen Ge Zhigang

(Institute of Atomic Energy of China, Chinese Nuclear Data Center, Beijing 102413)

Abstract The library collected and evaluated the characteristic nuclear constants and the parameters for nuclear model, which is very important for nuclear theoretical calculation. China evaluation nuclear parameter library (CENPL) consists of two parts, the data files and the library program system. The paper introduces the contents of the library and the process of its setting up.

Key Words parameter library, nuclear model parameter, library program system.

(上接 69 页)

边和多边合作与成果共享,是核数据评价的必然发展趋势.这也是提高、扩大中国核数据工作的国际地位和影响的良机.我们应该在建设为国内用户服务的各种评价数据库这一

明确的目标下,组织协调好中国核数据协作网的力量,精益求精地提高我国核数据工作的水平.另一方面,要注意扩大核数据的应用领域,加强与国外同行及 IAEA 核数据科的各种形式的合作.

Current Status and Trends of Nuclear Data Evaluation

Zhao Zhixiang Zhuang Youxiang

(Institute of Atomic Energy of China, Beijing, 102413)

Abstract The International Symposium on Nuclear Data Evaluation Methodology is introduced, which was held in Brookhaven laboratory, USA in October, 1992.

Key Words nuclear data, evaluation methodology.