

# 中国计算机化的核数据库建成

梁祺昌 蔡敦九

(中国原子能科学研究院 中国核数据中心 北京 102413)

**摘要** 中国评价核数据库第二版(CENDL-2)包含54个用于核工程的重要核的全套中子核数据,入射中子能量为 $10^{-5}\text{eV}\sim 20\text{MeV}$ ,采用国际通用 ENDF/B6格式.现在,中国计算机化核数据库已建成并投入使用.即用户在计算机终端上可通过完善的计算机软件系统在线使用国际上几个先进的(包括中国)评价核数据库或 EXFOR 实验核数据库,直接进行核工程计算或数据评价,享用核数据库资源,为发展其核能和核技术应用服务.

**关键词** 全套中子核数据评价 计算机化核数据库 核工程应用

## 1 CENDL-2<sup>[1~3]</sup>

我们评价了从 $^1\text{H}$ 到 $^{249}\text{Cf}$ 中的54个重要核的中子反就截面、角分布、能谱等全套核数据.入射中子能量为 $10^{-5}\text{eV}\sim 20\text{MeV}$ .按国际通用 ENDF/B6格式记入磁带并存入计算机硬盘,共约31万个记录.

CENDL-2的主要特点是:在CENDL-1的基础上,结合国际最新实验测量数据和评价数据及国内使用要求,针对性地进行更新评价,扩展能区,扩充核素和数据种类(除完善文档1~5的共振参数、反应截面、角分布和能谱数据外,对部分重要核素增加了双微截面、 $\gamma$ 产生数据、协方差文档等);按国际标准格式建立了计算机化的核数据库(完备其软件系统,便于在线处理和使用数据、充分发挥数据库资源的效用);改进发展了核数据计算、评价处理的有关理论方法和技术,研制配套了相应的计算程序;研制结合开发,配套了核数据加工处理和基准检验程序系统,满足核数据检验和核工程发展之需.相对于“第一版”的这些重大改进,使“第二版”上了一个新台阶.

CENDL-2与国际上最先进(美、日、欧、苏)的几个评价核数据库相比,我们起步晚,只能从我国核事业发展最急需的重要核素和能区做起,逐步扩展,因此,评价的核素种类

较少,但我们采用了最新的实验数据,评价分析和理论计算都较细致,部分核的评价有自己特色,较这些先进库有所改进.例如,D、T、O、F等文档最全; $\text{D}$ 、 $^3\text{He}$ 、 $^7\text{Li}$ 、 $\text{Fe}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Nb}$ 、 $\text{Ta}$ 、 $^{235,238}\text{U}$ 、 $^{239,240}\text{Pu}$ 等的一些反应截面符合实验更好;有十几个核的评价数据被 ENDF/B6、JENDL-3、FENDL-2、EFF2所选用.就近几年才发展起来的难度大的双微分截面和协方差文档所给出的核素而言,在国际先进评价库中,除 ENDF/B6外,CENDL-2是最多的.国际原子能机构(IAEA)已把CENDL-2作为国际五大评价核数据库之一向世界各国发行<sup>[1,2]</sup>,提供使用.这是中国评价核数据库进入国际先进行列的重要标志之一,表明CENDL-2质量与水平的先进性和可利用价值已得到国际承认.

为了对CENDL-2有所了解,本文将其基本作法和关键环节概述如下<sup>[3~5]</sup>.

### 1)核数据评价和评价系统

在尽可能齐全地收集实验数据(尤其新测量数据的基础上,进行细致的物理分析、鉴别、校正和数学处理,获得评价数据.再结合理论或系统学计算数据进行联合评价,给出成套、自治的推荐数据.

为了进行实验数据的评价建立了评价系统.该系统采用人机对话方式,由40多个程序组成.其主要功能包括存贮、检索、画图、显

示、挑选、合并、增删改、拟合及统调等。评价者使用该系统,从 EXFOR 实验数据库中检索出所需的数据,进行物理评价(如分析、比较、筛选、校正等)和数学处理(如单反应道多家数据拟合、多反应道多条曲线统调拟合和复合截面计算等)。其主要特点是数学处理方法较齐全,依据最小二乘法原理,采用正交、勒让德和一般多项式及样条函数作曲线拟合、相关数据的组合和协方差计算等。

### 2)核数据的理论计算和计算程序

研究发展了核反应理论(包括光学模型、带宽度涨落修正的 H-F 统计理论、含予平衡发射的蒸发模型、直接反应及核反应多步过程理论等),研制了中子和带电粒子核反应计算程序,与实验评价结合,进行成套核数据计算。主要有中重核数据计算程序(如 MUP-2, CMUP-2),裂变核数据计算程序(如 FUP1, CFUP, CCOM 等)。在此基础上,考虑角动量和宇称守恒的予平衡和平衡发射的统一理论、计及复杂粒子发射的拾取机制和分立能级效应,建立 UNF 和 FMT 程序,进一步改进中重核和裂变核数据计算,并给出双微分截面(包括发射粒子、反冲核及  $\gamma$  射线)和  $\gamma$  产生数据等。正开展核数据库扩充和数据评价改进工作。

关于轻核( $H-^{16}O$ )数据计算,研究了相移分析、少体理论、R 矩阵理论等,建立了法捷耶夫方程计算程序(TSD)、直接非弹计算程序(DRM)、R 矩阵与光学模型组合计算程序(CROP)、多道多能级 R 矩阵分析程序(RAC)等。

### 3)计算机化核数据库的软件系统

库软件系统由实用程序系统和存贮、检索程序系统组成,使用 FORTRAN 语言。存贮、检索程序系统还需要 VAX DBMS 和 LIBRAIAN 两个实用软件支持,数据库索引文件是由 VAX DBMS 软件产生和管理的。该系统具有空间压缩能力,使数据库在磁盘中占用空间节省 2/3,致使小型计算机也能管理和维护较大的数据库。

实用程序系统的主要功能有:从 ENDF 格式数据文件中按核素检索数据,编目和记录行顺序,格式检查,物理检查,计算截面积分值,产生注释性数据表,画图,处理截面能点一致性、自治性,角分布、能谱归一等;存贮、检索程序系统的功能有:存入、取代和删去库中数据,从通用库中产生专用数据库;在线检索,输出 ENDF 标准格式数据、数据表或曲线图;通用检索,可检索世界上几个重要核数据库中任一个库的数据。

我们建立该计算机化核数据库的软件系统,经过了研制、开发、配套、完善的艰辛历程:即 1981 年开始在北京市内计算机上进行予研,几经变换机型。1987 年以来,与 IAEA 开展国际合作研究,获得 MICRO-VAX-I 计算机及人员培训和专家服务,吸取国际先进经验和先进技术,研制结合开发;逐步完善配套,建成先进的库软件系统。这就大大提高了评价工作的速度和质量以及核数据的使用效率和可靠性,更好地满足核事业发展对核数据的要求及开展国际交流合作的需要。

## 2 国内外交流和使用情况

(1)该研究成果连同其它一些成果已提供国内核科学和工程使用。例如,核工程研制、核电建设、核安全、863 高科技核能开发以及地质勘察、资源开发、生物医学应用等,对核装置的经济性和安全性起重要作用,在核工程设计和核装置测试分析等方面已获明显效益,得到使用单位好评。

(2)该成果已送 IAEA,并作为国际五大先进评价核数据库之一参与国际交流与合作(为国际热核聚变实验堆发展提供服务),部分成果被国际先进评价库所选用。扩展了我国成果的使用价值和国际影响,作出了我国对世界应用的贡献。通过国际交往,还拓宽了我们获取所需信息资料的来源。例如,及时获得了国际上 EXFOR 总库的全部实验数据、先进的评价核数据库数据、160 多个核工程使

用的重要程序等等, 及时满足我国核工程发展更广泛的急需。

(3) 这些成果已报给国际科技数据委员会中国全国委员会, 争取与其组建的中国科学技术信息网络(CSTIN)实现联网, 以更广泛地向用户提供服务, 发挥更大的效能和效益。这类科学数据库及其软件系统是一种人工智能的专家系统, 具重大应用价值和科学意义。这种新型产业, 即信息产业是社会发展的主要支柱之一, 将会产生巨大的社会效益和经济效益。

(4) 本工作所研究发展起来的有关理论、方法、技术、程序及计算机软件系统等对核科学技术及其它相关学科领域的发展亦有重要应用价值和科学意义。

本成果是由中国核数据中心和全国核数据协作网的有关大学和科研院所的核数据工作者大力协同, 十年坚持不懈, 共同为国家完成的重大科研成果, 是国内首创并达到世界先进水平的大型计算机化的评价核数据库, 对国防建设和国民经济发展具有重大应

用价值和科学意义。

## 参 考 文 献

- 1 CNDC. The Compilation of Evaluation Reports for CENDL-2, INDC(CPR)-025, 1991; INDC(CPR)-028, 1992.
- 2 Liang Qichang, Zhou Delin, Liu Tingjin, et al. The Chinese Evaluated Nuclear Data Library for Neutron Reaction Data, Version 2-CENDL-2. IAEA-NDS-61, Rev. 1, May 1992; IAEA-NDS-61, Rev. 2, Nov. 1993.
- 3 Liu Tingjin, Liang Qichang, et al. CENDL-2, Chinese Evaluated Nuclear Data Library, Version-2. Proc. Inter. Conf. on Nucl. Data for Science and Technology, Juelich, Germany, 13~17 May, 1991, 804
- 4 Cai Dunjiu, Zhou Delin, Sun Zuxun. Prog. of Nucl. Data Work of CNDC. Beijing International Symposium on Fast Neutron Phys. Beijing, China, 9~13 Sep., 1991, 324
- 5 Cai Dunjiu, Yan Hanrong. Nuclear Data Evaluation and Nuclear Database Development in China. The 13th International CODATA Conference, Beijing, China, Oct. 19~22, 1992.

# Chinese Computerized Nuclear Data Library

Liang Qichang Cai Dunjiu

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

**Abstract** The Second Version of Chinese Evaluated Nuclear Data Library (CENDL-2) includes the complete neutron nuclear data sets of 54 important elements and isotopes used for nuclear science and engineering with the incident neutron energy from  $10^{-5}$  eV to 20 MeV, the international universal format ENDF/B-6 was adopted. Now, the Chinese Computerized nuclear data library has been developed and put into operation. That is, the users can make on-line use of the main data libraries for evaluated neutron reaction data in the world of EXFOR experimental nuclear data library on the terminal of computer via the perfect computer software system, carry out directly the nuclear engineering calculation or nuclear data evaluation, enjoy the use of the resource of our nuclear data libraries for their development of nuclear energy and nuclear technology applications.

**Key Words** complete neutron data evaluation computerized nuclear data library nuclear engineering application