

核能研究应用与核数据库

国际核数据库的发展和利用

刘廷进

(中国原子能科学研究院 中国核数据中心 北京 102413)

摘要 本文介绍了国内国际核数据库,特别是实验中子数据库和通用评价中子数据库的发展和现状,介绍了国际通用的有关数据格式和国内用户如何使用这些数据库.

关键词 核数据, 实验中子数据库, 评价中子数据库.

核工程的需要是核数据库发展的动力,早在 40 年代,美国为了制造原子弹就组织人力收集、编纂中子数据. 50 年代至今,先是热堆、快堆,后是聚变堆,核技术应用对核数据的需要都促使了实验中子数据库和评价数据库的建立和发展. 核数据是长期核物理(实验、理论)研究的定量结果,现在已成为全世界的共同财富,应该很好地利用它. 本文的目的在于使大家了解核数据库发展的现状,以便更好地使用它.

1 核数据库和核数据库的种类

1)按其来源的性质,核数据可以分为实验测量、理论计算和评价数据. 评价数据是根据已经有的实验数据并(必要时)辅以理论计算数据给出整个能区的、包括各种反应和各种数据类型的、成套的物理上自洽的、唯一的数据.

2)按照物理性质核数据可以分为下面几种类型:(1)中子数据有通用中子数据(10^{-5} eV~20MeV)和专用的中子数据(铀系核数据,裂变产物核数据,裂变产额,活化剂量等);(2)聚变堆所用数据;(3)核结构和衰变数据;(4)光核反应数据;(5)带电粒子反应数据;(6)中高能数据(20MeV~100MeV~1GeV)等.

2 核数据库的国际合作和发展

2.1 实验中子数据库 EXFOR

早在 70 年代初,就已确立了国际上四大中子数据中心分地区收集,编纂和提供服务

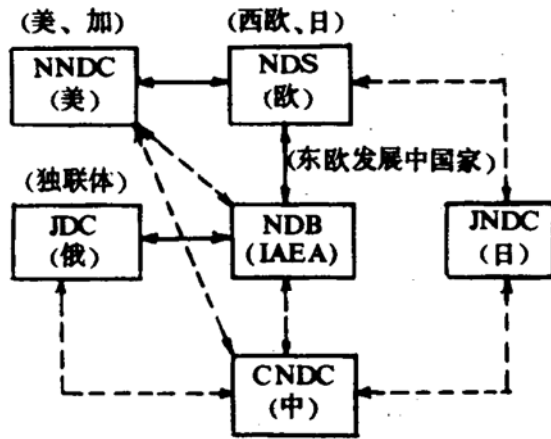


图 1 四大中子数据中心国际合作体制和中国核数据中心的国际联系

的国际合作体制,建立了国际合作的实验中子数据库(EXFOR 格式)(图 1),至今已经发展得相当完善,积累了全世界累积测量的全部实验中子数据(300 多万记录). 按照分工,美国核数据中心 NNDC 负责美国和加拿大,欧洲核能局(NEA)的核数据库 NDB 负责西欧和日本,原苏联的核数据中心 JDC(Obninsk)负责独联体地区,国际原子能机构的核数据库 NDS/IAEA 负责东欧和其他发展中国

家. 四中心均按统一的交换存贮格式 EXFOR^[1] 编纂数据, 并定期(按月)交换新增数据. 因此, 任何国家都可从其相应的核数据中心(我国从属 NDS/IAEA)取得世界上任何国家地区测量的数据, 包括最新数据. 该库已经发展了配套的程序软件系统, 包括编纂、更新、检索、画图等, 使用户非常方便. 该库至91年以前都定期出其目录索引 CINDA, 可供用户查阅(1992年以后由于技术上和财政上的原因而停出).

2.2 通用评价中子数据库

与实验中子数据库的国际合作不同, 评价中子数据因与其实际应用目的直接相联系, 各主要核国家都花很大力量发展各自的评价核数据库, 且互相保密, 互相抗争. 在这种背景下, 自60年代以来, 世界上发展了以下几个主要的评价中子数据库: (1) 美国

ENDF/B-(1-6); (2) 欧洲 JEF-(1-2); (3) 日本 JENDL-(1-2); (4) 前苏联 BROND-(1-2); (5) 中国 CENDL-(1-2).

1990年前后, 情况发生了变化. 随着 ENDF/B-6 的公开, 各个评价核数据库的最新版相继公开, 由相互保密抗争转向国际合作. 在这种背景下, 欧洲核数据委员会组织了十几个 Subworking group, 对各库共同存在和关心的问题进行了研究改进, 在 IAEA 组织下, 为满足聚变堆的需要正在建立国际的 FENDL 库, 最近正在酝酿组织各主要评价核数据库的比对和建立标准的国际评价核数据库.

至今, 各库最新版情况如表1, 更多的信息可参看文献[2~6]. 现在上述各库(JEF-2 除外)均已公开发售, 我们可以得到上述任何一个库的数据.

表1 当今世界评价中子数据库概况

项 目 库 版	完成时间 (发行时间)	核素 (裂变产物) [修订更新]	文档 1~5	文档 6	文档 12~15	文档 31~33
ENDF/B-6 (美国)	1990 (1990 1991)	320 (140) [59]	200	18	70	34
JENDL-3 (日本)	1989 (1989)	324 (172) [136]	171	0	59	0
JEF-1 (JEF-2) (欧洲)	1987 (1990)	303 (192) [27]	280	0	48	6
CENDL-2 (中国)	1992 (1991)	54 (0) [45]	54	5	9	7
BROND-2 (原苏联)	1990 (1992)	121 (24) [83]	97	0	21	0

注: 文档1~5, 中子反应数据; 文档12~15, γ 产生数据;
文档6, 双微分截面; 文档31~33, 协方差数据.

3 核数据的 EXFOR 和 ENDF/B 格式

核数据库的计算机化和国际合作要求全世界统一的、标准化的数据库格式, 这就是实验数据(中子、带电粒子、中高能数据)库的 EXFOR 格式和评价数据(通用中子数据和一

些专用数据)库的 ENDF/B 格式. 同时还发展了配套的处理、使用程序系统:

EXFOR CSISRS (编辑、检查、处理、
图画等);
CSISONL, RETREV, COF-

FEE(检索);
 ENDF/B ENDF Pre-processing codes
 (15个,线性化,由共振参数
 计算点截面,计算多群截面
 等等);

ENDF Utility codes (格式、
 物理检查);PLOT4 画图.
 与此相应,国际上一些群常数制作和堆
 工计算程序(如 NJOY 等),均已与评价数据
 库的 ENDF/B 格式配套接口.

表2 一些重要的 MF、MT 的定义

MF	数据类型	MT	反应类型
1	综合信息	1	全截面
2	共振参数	2	弹性散射
3	中子截面	3	去弹散射
4	次级中子角分布	4	非弹散射
5	次级中子能谱	16	(n,2n)反应
6	次级粒子双微分截面	17	(n,3n)反应
12	γ 产生多重性	22	(n,n' α)反应
13	γ 产生截面	28	(n,n'P)反应
14	γ 产生角分布	51-90	(n,n')分立能级
15	γ 产生谱	91	(n,n')连续
32	共振参数协方差	102	(n, γ)反应
33	中子截面协方差	103	(n,P)反应
		104	(n,d)反应
		105	(n,t)反应
		106	(n, ³ He)反应
		107	(n, α)反应

3.1 EXFOR 格式^[8,9]

EXFOR 是实验中子数据国际交换格式,不仅提供数据且提供有关测量信息.

EXFOR 格式的结构如图 2. 每个 ENTRY 描述一个“工作”、一个“测量”,一个 ENTRY 至少包含 2 个 Subentry: 第一个是对以下所有 Subentry 都适用的共同信息,其他每个 Subentry 给出一种反应的一种类型数据.

SUBENT001 提供有关测量的共同信息,由若干个关键词给出,包括 AUTHOR、INSTITUTE、TITLE、REFERENCE、METHOD、N-SOURCE、FACILITY、ERRANALYS、CORRECTION、STATUS 和

HISTORY 等(关键词只有一部分是必需的,其它可据实际情况选取). SUBENT001 必要时还包含 COMMON 部分,给出所共用的数据,如测量角度、能量,所用标准及半衰期等.

以下每个 SUBENT 描述一种测量量,由关键词 REACTION 定义,同时也给出与此量有关的一些测量信息和有关数据. 所测量结果及其误差在 DATA 关键词下给出.

每个 ENTRY 都在国际上按一定规则统一编号(我国的编号由 NDS/IAEA 给),有 5 位数,其中第一位是地区代码:1(美国,加拿大),2(西欧,日本),3(NDS 所属地区),4(独联体).

EXFOR 格式非常灵活方便(因而也就相

当复杂),可用于描述各种实验测量情况. 现在已不仅用于实验中子数据,已推广应用于带电粒子及中高能数据.

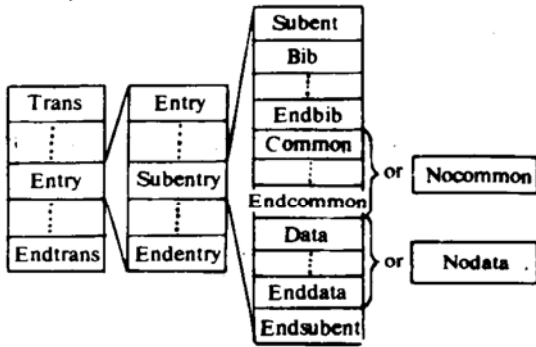


图2 EXFOR 格式结构

3.2 ENDF/B 格式^[8,9]

ENDF/B 是国际上公认的统一的评价数据格式,其结构如图3所示.

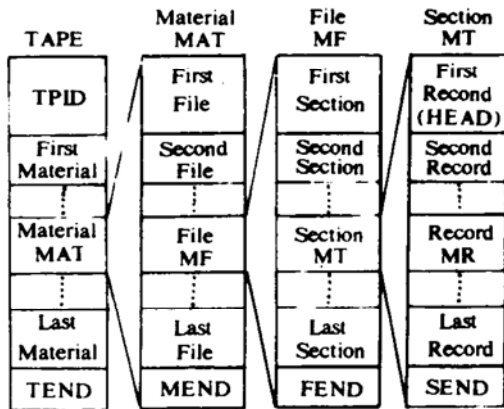


图3 ENDF/B 格式结构

“Material”定义为一种元素、核素或一种化合物,每一“Material”给定一个 MAT 号.

“File”. 每一“File”含有一种类型(截面、能谱、角分布等)的数据,由 MF 号标识.

“Section”. 每一“Section”含有一种反应(如全截面,弹性,(n, 2n)等)数据,由 MT 号标识,一个“Section”由若干个记录构成.

一些常用的 MF、MT 的定义如表2.

EXFOR 和 ENDF/B 格式或有非常详细严格的规定,这里只是给出一粗略的概念,用户使用时请查阅有关手册^[2,8,9].

4 核数据的获得和使用

4.1 中国核数据中心与国际合作

中国核数据中心成立于1975年,80年代初逐步参加了核数据的国际交换,特别是我国参加了国际原子能机构以后,开始了广泛的国际交流与合作,除与 NDS/IAEA 联系合作外,还与世界上的主要核数据中心建立了双边的交往和合作,中国核数据中心已参加了核数据的国际合作网(图1).

4.2 中国核数据中心的核数据库

中国核数据中心通过自己的工作和国际交换现已有(建立和移植)下列数据库:(1) EXFOR 实验中子数据库(国际网, Master 库). (2)评价中子数据库,包括: CENDL-2(国内); ENDF/B-6(美国); JENDL-3(日本); BROND-2(俄国). (3)核结构和衰变数据库 ENSDF(国际网). (4)带电粒子核数据库(实验, EXFOR 格式, 国际网, 评价, 国内). (5)裂变产额库(实验, EXFOR 格式, 国际网, 评价, 国内). (6)核模型参数库(国内, 正在建, 包括光学模型, 能级密度, 裂变位垒等).

4.3 核数据的获得和使用

中国核数据中心已有的数据,均可按要求免费(工本费除外)提供,可以打印,记磁带或软盘. 数据包括核素、能区、反应类型和种类.

如果所要求的数据 CNDC 没有,而 NDS/IAEA 有(详见 NDS 数据库索引^[10]),照样可以从 NDS 免费(Free of charge)获得,如果国际上其它中心有,可与其协商交流取得.

如果所要求的数据目前国内外都没有或已有的不满足要求而又很重要,则数据中心可以考虑在中心或国内核数据协作网内安排收集、编纂、评价和测量.

参 考 文 献

1 Lemmel H D. IAEA-NDS-3, Rev., 1985, 85:8

- | | |
|--|--|
| 2 Lemmel H D. IAEA-NDS-107, Rev. ,1990,4 | 7 Lemmel H D. IAEA-NDS-120, Rev. ,1990,0 |
| 3 Lemmel H D. IAEA-NDS-100, Rev. ,1990,3 | 8 刘廷进等. 核数据格式手册, 中国核数据中心(1986) |
| 4 Manokhin V N, et al. IAEA-NDS-90, Rev. ,1990,3 | 9 Rose P F, et al. ENDF-102(1988) |
| 5 Lemmel H D. IAEA-NDS-61, Rev. ,1992,1 | 10 Lemmel H D. IAEA-NDS-7, Rev. , 1992, 92:7 |
| 6 Lemmel H D. IAEA-NDS-110, Rev. ,1990,1 | |

Development and Use of International Nuclear Data Library

Liu Tingjin

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

Abstract The development and present situation of the domestic and international nuclear data libraries, especially experimental neutron library and evaluated neutron library for general purpose are introduced. The internationally used formats concerned and how to use them for home users are presented.

Key Words nuclear data, experimental neutron library, evaluated neutron library.

(上接49页)

参 考 文 献

- | | |
|--------------------------------------|--|
| 1 梅钰岳著. 原子核物理学, 北京, 1961, 科学出版社 | 4 William T Chu. LBL-22962 (1986) |
| 2 Sheryl Elam, LBL-5610 (1974~1977) | 5 Mandrillon P. Nucl. Phys. , 1993, A533:349c |
| 3 The ADRIA of INFN, LNL, March 1992 | 6 Kraft G, et al. GSI-Nachrichten 05~91 |
| | 7 The 2nd Intern. Conf. Partic. Radia. Therapy, 1977 |
| | 8 平尾泰男. 放射线, 1988, 15(1):15 |

Cancer Therapy with Heavy Ion Beams

Wei Zengquan

(Institute of Modern Physics, Academia Sinica, Lanzhou 730000)

Abstract Historical background and trends at home and abroad for radiation therapy are looked back in the paper. The advantages of heavy ion beam in comparison with conventional radiation in tumour treatment are discussed. The main parameters of heavy ion beams for therapy application and a tentative idea constructing treatment rooms at Cooling Storage Ring (CSR) of Heavy Ion Research Facility in Lanzhou (HIRFL) are proposed.

Key Words heavy ion beam, cancer therapy, Bragg peak, relative biological efficiency, Oxygen enhance ratio, cell cycle.