



核数据具有极其广泛而重要的应用价值。各种类型的核反应堆，特别是各种类型的核动力堆的物理设计，核安全防护，核废物处理等核能应用领域都需要大量的、系统的、精度较高的核数据。例如根据国外计算，在裂变堆设计中，关键性核数据百分之一的误差相对应的是一、二百万美元的年费用。在工业、农业、医学(包括核诊断、核治疗)以及核化学、生物学、地质学、考古学、水文学、法学、大气物理、宇宙飞行等；凡是应用到核反应、核辐射和同位素的一切领域，都需要有相应的核数据及其有关的知识。当然，核数据在核物理学自身的发展中也起着重要的作用。至于核数据在军事上的重要用途更是众所周知的公开秘密。

### 数、数据和数据库

世界上任何事物的精确描述都离不开数和数据。大至宇宙、天体、地球，小至原子、原子核、基本粒子，它们的大小、质量、密度、能量及其运动变化的方式、速度等等，都需要有精确的数据来描述，离开了数和数据就说不清楚。

我们不妨设想和描述这样一幅景象，如果至今仍没有“数”，世界会是什么样子？如果至今仍没有数据，现代科学技术会是什么样子？这并不是什么奇谈，而是一个十分有趣和值得深思的思考题。我们不难得出这样的结论，数和数据对人类社会与科学技术进步是何等重要啊！

数据，可说是五光十色，名类繁多。自古以来，在人类知识宝库中已积累了大量数据，犹如浩瀚的汪洋大海。

就自然科学而言，数据是科学技术成果以精确的数字形式表示的结晶。按学科分类，有物理数据、化学数据、天文数据、生物数据、地理数据等。按数据产生的过程和方式分类，有测量数据、观察数据、实验数据、理论数据、统计数据、导出数据、评价数据等。同时又有数值数据和非数值数据，例如符号数据和图像数据等。

好的数据要求准确、充分、先进。随着科学技术的飞速发展，数据更新的速度愈来愈快。过去，数据分散在各种文献资料中，后来有人专门收集、编纂和出版。据统计，全世界大约有十万种杂志，每年约发表 400 万篇文章，每年的专利 35 万件，情报信息量每年以 7—

8% 的速度在增长，10—15 年翻一番。而数据也以惊人的速度在增长。有人预测当今世界正孕育着“信息爆炸”危机。为存贮这些信息，人们曾向缩微技术找出路，但不理想。随着计算机工业的飞速发展和广泛应用，计算机从纯科学计算进入了数据处理和事务管理领域，从而使人类跨进了信息化时代。六十年代先进国家开始研制计算机化的数据库获得成功。大量数据可以存贮在占空间很小的磁带或磁盘上，而且存贮、检索、更新、发行都十分方便。目前国外有各式各样的数据库，例如化学数据库、化学文献数据库、天体数据库、建筑数据库、人口数据库、资源数据库，等等。还有人体数据库，收集了几十万人的有关数据。据说使用他们的数据制做服装容易畅销。截止七十年代末，仅美国就有各式各样的数据库五万多个。数据库作为一种崭新的技术正在蓬勃发展，不断完善。

### 核数据及其分类

什么是核数据？打开一张元素周期表，它会告诉我们，到目前为止，人类已经发现了一百多种元素。打开一张核素图，可以看到目前已知的核素共有 2000 多种，其中 276 种是稳定性同位素，其余是放射性同位素。我们以铀 (U) 元素为例，目前已有 16 个同位素，其中  ${}_{92}\text{U}^{235}$  是大家十分熟悉的燃料核。 ${}_{Z}^{\text{A}}\text{X}^{\text{A}}$  是核素记号， ${}_{Z}\text{U}^{235}$  表示该原子核含有  $Z = 92$  个质子 (P) 和  $A - Z = 143$  个中子 (n)，质量数  $A = N_p + N_n$ 。 $\text{U}^{235}$  的半衰期为  $7.1 \times 10^8$  年，丰度为 0.724%。上述打横线的数字就是一些最简单、最常见的核数据。

核数据是关于原子核的性质、结构、运动变化以及核子相互作用等特征的定量描述，凡是表征原子核特性的物理量都可称为核数据。

核数据按其产生过程分类，如表 1 所示。

表 1 按产生过程分类的核数据

{	实验测量核数据	{	微观核数据
			宏观核数据
{	理论计算核数据	{	
	评价核数据		
	导出核数据		

核数据按核物理分类，如表 2 所示。

表 2 所列核数据不包括宏观核数据，微观核数据种类的层次还可以继续细分，有几百种之多，这里只述梗概。

由实验测量或理论计算获得的微观核数据，一般尚不能应用于核工程设计，还必须经过物理评价和数学处理，然后才能提供核工程设计使用。

产生一套完备适用的评价核数据，一般要经过三

表 2 按核物理分类的核数据

核数据	核结构数据	包括核能级能量、寿命、自旋、角动量、宇称等	
	核衰变数据	包括 $\alpha$ 、 $\beta^\pm$ 、 $\gamma$ 等衰变的能量、强度、半衰期、分支比等	
	核反应数据	全截面	
		散射	弹性散射截面及角分布
			非弹性散射截面、角分布及次级中子能谱
		$\gamma$ 产生截面及 $\gamma$ 能谱	
裂变		裂变截面	
	裂变产物产额		
	裂变产生中子数及中子能谱		
(n,p)、(n, $\alpha$ ) 等反应截面及出射带电粒子能谱			
(n,2n)、(n,3n) 等反应截面、角分布及能谱			
带电粒子核反应数据	与中子核反应数据类似，似分为许多反应道		
光核反应数据	大致同上，主要是 ( $\gamma$ , n)、( $\gamma$ , f) 等数据		

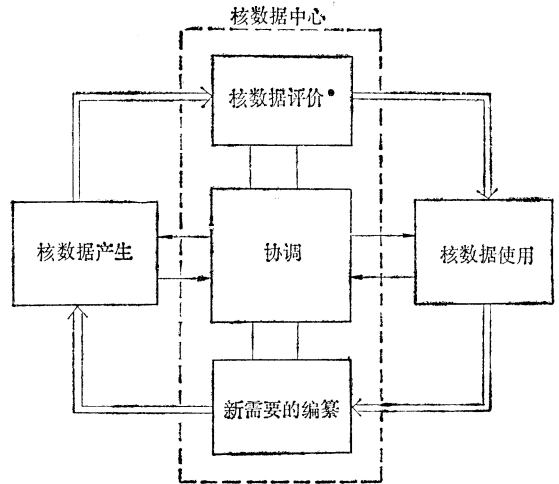


图 1 核数据系统示意图， $\Rightarrow$ 核数据流动方向， $\rightarrow$ 协调关系，\*核数据的评价由核数据中心组织协作网共同完成

十几万有效数据点的速度在增长。据国际原子能机构 (IAEA) 的核数据部 (NDS) 1980 年公布,截至 1979 年末,全世界共收集积累了实验数据 4 万组,260 万个实验数据点。据美国人估算,平均每生产一个实验数据点要花费 1500 美元。可见 260 万个数据点是人类知识库中相当可观的一笔巨大财富。

不过,核实验测量技术发展到目前阶段,能够测量的核数据还是有限的。例如短寿命核素存在时间只有几秒甚至在毫微秒量级以下,还有一些天然丰度极小的核素,人工生产又相当困难,现阶段还无法进行实验测量。就是能够测量的核素,在能区上也往往是残缺不全的。这就需要求助于核理论和系统学。

核理论发展到目前阶段,仍然没有一个能够从微观理论出发,直接通过核力相互作用来准确计算核数据的完整理论,而只能依靠模型理论进行计算,也就是利用一定的理论模型,先对有实验数据的核素或能区进行理论计算,通过与实验数据比较,调节参数,再去计算那些实验数据空缺的能区。对于完全没有实验数据的空白,只有用核理论计算。当然,理论方法正确与否,最终要由实验数据来验证。

最常用的重要模型理论有:共振理论,光学模型理论,统计理论(包括预平衡衰变理论),裂变理论以及直接相互作用理论等。这些理论都在不断得到发展。形成计算核数据的微观统一理论的形成还有待于今后的艰苦探索。

### 核数据的评价

世界各实验室在核数据的实验测量中,对同一物理量的测量值往往是不一致的。随着时间的推移,测量值的误差有变小的倾向,但是测量值间的差异相反比以前更严重。有的数据存在系统误差,各家给的误

个主要步骤。第一,通过实验测量获得实验核数据或称初始核数据;第二,对实验核数据进行收集、编纂和评价,包括选用合适的理论模型进行计算,对实验数据作必要的补充;第三,对评价的微观核数据进行宏观检验。

核数据的产生、评价使用及其数据流构成核数据系统(图 1)。核数据中心是核数据的生产者和使用者的桥梁,同时也是各承担核数据评价工作的协作单位的组织者。核数据的产生,涉及到庞大的实验测量设施,例如各种类型的实验反应堆、粒子加速器、探测器及其相应的电子仪器等。核数据的评价,涉及到庞大的核数据库系统、核理论计算及有关出版物。每个国家都可以建立本国的核数据系统,但由于人力物力的限制,一般不可能每个国家都建立十分完备的系统,必然会以交流交换或参加有关合作组织的方式加入国际范围的核数据系统。

### 核数据的产生

实验核数据通过实验测量获得。如上所述,核实验测量涉及相当庞大的实验设施和相当精密复杂的仪器设备,例如各种类型的核反应堆、粒子加速器、探测器及其相应的电子仪器等,在技术上相当困难,在经济上相当昂贵。据统计,全世界约有五百家实验室在从事各种类型的核数据测量。近年来,实验核数据以每年

差虽然都很小,但彼此的差别却远超过所给误差。这些矛盾和分歧给核数据的使用者带来了很大的困难。这就导致在核数据的产生与使用之间出现了核数据评价这一环节。核数据评价者根据实验数据进行分析、筛选,做必要的物理分析、数学处理和理论计算,经联合统调后向核工程用户提供一套完整自洽的微观评价核数据。

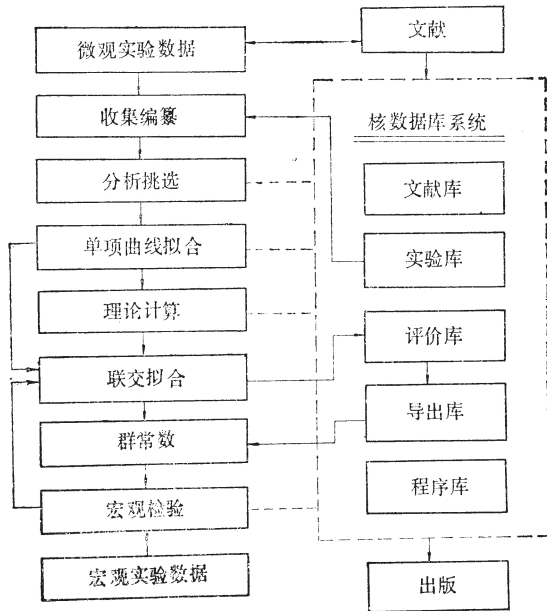


图2 核数据评价流程示意图  
 → 数据流动方向  
 .....核数据库程序系统联系

核数据评价大致经过以下几个步骤:

- ①广泛地收集实验核数据;
  - ②分析挑选,剔去不可靠的数据;
  - ③进行数学处理和推荐;
  - ④根据推荐的实验数据由核理论计算补充实验数据的空白;
  - ⑤进行联合统调拟合,推荐成套自洽的评价核数据;
  - ⑥按统一格式记带入库。
- 核数据的评价流程如图2所示。

### 核数据的宏观检验

经过评价成套自洽的微观核数据,一般要经过宏观检验之后才能用于核工程的设计。这首先要制作成群常数,例如4群、8群、26群、54群乃至几千群。然后代入有关的方程,计算出核工程设计所需要的宏观参数。这些宏观参数也就是所谓的积分量。常用的积分量有:临界质量,反应率,能谱,中心反应性价值等。这些积分量可由宏观实验测得,将理论计算值与宏观

实验值进行比对,若符合得好,证明微观核数据可用。若符合得不好,就得进行研究。或者调整群常数,或者改进评价的微观核数据。这就是核数据的宏观检验(见图2)。

没有经过宏观检验的核数据,使用起来没有把握,不放心,因此有人认为不具有交换价值和使用价值。然而,宏观实验本身也存在一定的误差,而且积分检验的结果并不唯一,这也是一个非常复杂的“逆”问题。所以,经过宏观检验过的核数据并不意味着对精度追求的结果。

### 计算机化的核数据库

五十年代核数据的收集、编纂、评价等工作是以手工方式进行的。随着核能应用的蓬勃发展,核数据产生的数量和种类日益增多,扩充更新日益频繁,评价计算日益费时,检索发行日益困难,这种手工式的编评远远不能满足日益增长的需要。计算机的飞速发展和广泛应用,为核数据评价和管理计算机化提供了可能。计算机用于核数据领域,使核数据工作面貌为之一新,出现了崭新的发展势头。六十年代一些核能应用发达的国家开始在计算机上建立核数据库,七十年代实现了核数据库的计算机化,大量数据贮存在占空间很少的磁盘或磁带上,核数据的存贮、检索、修改、显示、评价、计算、打印、发行均由计算机进行,这就大大提高了评价工作的效率和质量,并方便于使用。

核数据库与通用的商业数据库不同。由于它无需考虑多用户的共享,因而它基本上是一个利用文件系统的数据处理系统。但是,由于核数据种类繁多,格式结构灵活复杂,既有数值数据,又有非数值的说明信息,不仅要对库进行存贮检索等管理,而且要对其中的数据进行大量转换和计算。所以,核数据库不单是一个贮存核数据的库,而且具有评价、处理和提供服务等多种功能。核数据库实质上是核数据流的枢纽和心脏。

一般的核数据库(见图2)包括:

- ①实验核数据库
- ②评价核数据库
- ③导出核数据库
- ④文献库
- ⑤程序库

而程序库主要包括三大程序系统:

(1) 管理程序系统,其主要功能是对各种核数据库进行存贮、检索、分类、合并、显示、画图、打印、出版和制备索引等。

(2) 评价系统,主要功能是对实验数据和理论计算数据进行人机对话式的评价和处理,包括归一,加权,平均,复合量的计算,数据拟合,联合拟合以及各种理论模型的计算程序等,通过评价系统获得评价核数据。

表 3 国际核数据中心

名 称	缩 写	所在地	服 务 区
国际原子能机构核数据库	NDS	维也纳	第三世界、东欧及其它国家或地区
西欧经合组织核能机构中子数据编纂中心	CCDN	萨克莱	OECD 成员国及日本
美国国家核数据中心	NNDC	布鲁克海文	美国、加拿大
苏联核数据中心	CJD	奥布宁斯克	苏联

(3) 应用和处理程序,其主要功能是对评价核数据进行转换和处理,例如点截面与参数的相互转换,由点截面计算群常数,以及积分量的计算等,以便于用户的使用。

核数据库计算机化,已在许多国家实现。目前世界上已有十几个国家建成了核数据库,并在技术上日趋成熟。由于国际交流交换的发展,库格式也日趋国际规范化。国际四大核数据中心(如表 3 所示)分别向各自的服务区收集数据并提供核数据服务。

我国核数据库的研制工作已取得了可喜的进展,初步建立了评价核数据库的存贮检索系统、评价系统以及一些处理程序,并开始向用户提供核数据服务。用户可以根据自己的需要,提出核素名称、数据类型、能区范围,通过计算机终端任意显示、打印或进行必要的处理。但与先进国家相比,我们在技术上和规模上的差距还很大,还有大量的工作要做。(王甘棠)