

关系型 ENSDF 数据库及其在线共享系统的研究

樊铁栓¹ 宋翔翔¹ 叶卫国¹ 刘文龙¹ 黄小龙² 刘廷进^{1,2} 冯玉清¹

陈金象¹ 唐国有¹ 施兆民¹ 郭之虞¹

1 (北京大学重离子物理研究所, 重离子物理教育部重点实验室 北京 100871)

2 (中国核数据中心, 中国原子能科学研究院 北京 102413)

摘要 运用关系型数据库理论和面向对象编程技术, 设计实现了关系型的 ENSDF 核数据库及其管理系统软件, 与在线计算和数据可视化技术相结合, 提供了全部评价核结构和衰变数据的在线共享服务。数据库管理和数据共享的软件系统具有操作系统平台无关的性质。

关键词 ENSDF 文件, 关系型模型, 数据可视化, 在线数据服务

中图分类号 TL99

国际 ENSDF (Evaluated Nuclear Structure Data File) 数据文件是一个计算机化的核结构和核衰变数据库, 包括了放射性核素的半衰期、衰变方式、分支比、射线能量和强度、内转换系数、跃迁几率、能级及其自旋宇称等大量数据, 反映了通过实验数据评价、理论评价和系统学方法获得的重要核结构和核衰变性质, 在核科学基础研究和核技术应用领域中得到广泛的应用, 是参加国际核结构和核衰变数据合作网 (the International Nuclear Structure and Decay Data Network) 的核科学家们长期合作的研究成果^[1-3]。作为 10 余年来国际核科学界开展的核数据资源的计算机网络化管理与共享研究工作的重要成果之一, 美国国家核数据中心率先实现了基于文本型数据文件的 ENSDF 库核数据的在线下载和其它服务。

为使核科学工作者和普通用户方便快捷地共享核数据资源, 建设一个大型的核数据智能化管理和共享信息系统^[4-6], 本工作利用关系型数据库理论、面向对象编程和计算机网络技术, 设计实现了关系型的 ENSDF 数据库智能管理系统, 通过因特网提供了全部 ENSDF 数据的模糊查询、智能检索和图表绘制等在线共享服务。系统软件具有跨操作系统平台性能和远程管理功能。

1 关系型 ENSDF 数据库的设计

1.1 ENSDF 文件结构分析

国际 ENSDF 数据库是采用标准 ENSDF 格式存储数据的文本型文件系统, 包含了可以分为核反应

数据和核衰变数据的两类数据集(data set)。核反应数据集依据核反应的子核质量数从小到大排列。衰变数据集按照子核质量数排序, 对同一子核质量数, 首先则按子核的核电荷数排列, 最后按母核的激发能大小顺次排列。文本型 ENSDF 文件的数据集结构如图 1 所示。每一个数据集至少包含识别记录 (Identification Record) 和结束记录 (End Record), 其间有选择地插入 History (H), General Comment (C), Normalization (N), Q-value (Q), Parent (P), 和 Cross-Reference (X) 等关于整个数据集信息的记录,

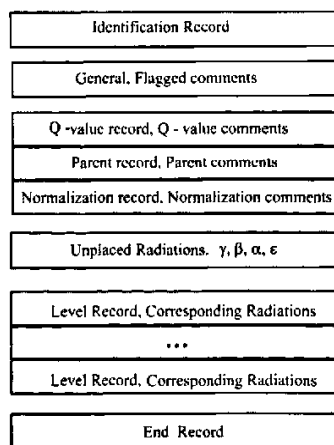


图 1 ENSDF 文本文件的数据集结构图

Fig.1 Data set structure

第一作者: 樊铁栓, 男, 1956 年生, 1994 年于北京大学获理学博士学位, 现从事核物理研究, 教授, 博士生导师

收稿日期: 2006-06-20

用于描述各种实验信息和数据评价信息。数据集的主体部分由 Level, Gamma, Alpha, Beta, EC($EC+\beta^+$), Particle, Reference 等数值数据记录组成, 它们分别给出了能级、 γ 射线和 α 射线等有关性质的测量值或导出值。每一个 Level 记录都跟随着一组描述到该能级的 β 衰变、 ϵ 衰变或发射缓发粒子记录, 以及由该能级跃迁时发射的 γ 辐射记录, 这些记录按照能量量值从小到大排列。

1.2 关系型数据库结构

由于固定格式的 ENSDF 文本文件结构复杂, 数据相对于应用程序独立性差, 增加了专业核数据工作者进行数据更新、数据集维护修改和二次应用开发等工作时的困难, 普通用户在理解和使用这种数据格式时有更大的难度。在对 ENSDF 格式的数据文件进行格式解读和需求分析的基础之上, 将数据内容与 ENSDF 格式剥离, 通过提取和保留全部物理数据的原子值组成无格式的数据项集合, 将具有相同结构的数据存放于同一个二维的关系库表内, 继而由 6 张关系库表构成关系型 ENSDF 库(其基本结构如图 2 所示)。全部数据查询从主表 dataset 开始, 该表的记录通过 did 字段与 parent 表、normalization 表和 Qvalue 表相联系。Level 表与 dataset 表中的记录通过 did 字段实现关联, 同时又通过字段 lid 与记录辐射信息的 radiation 表相关联。

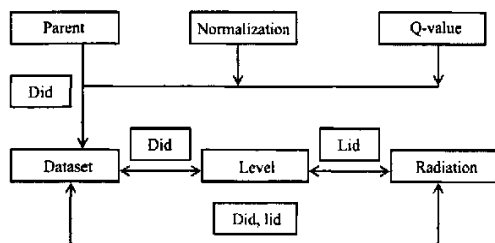


图 2 数据库表关系示意图

Fig.2 Organization of the relational ENSDF tables

Dataset 表用来记录全部 Dataset 数据集, 以 9 个字段表示母核质量数和电荷数、子核质量数和电荷数、衰变类型、历史纪录和注释记录等信息。Level 表主要存放 Level 记录数据, 共包含了能级能量及其标准方差、自旋和宇称、能级半衰期及其标准方差、反应中角动量转移、能级的谱强度及其标准方差、同质异能态等物理量。核衰变母核的数据如衰变能级、母核自旋和宇称、母核半衰期及其标准方

差等数据存放在 Parent 表中, 核反应的 Q-value 及其标准方差、中子分离能及其标准方差等数据存放在 Qvalue 表中。Normalization 表包含了 14 个字段, 主要给出原 ENSDF 库中的 Normalization 记录数据。

2 数据库实现和系统功能简介

2.1 数据库实现

数据库表应用 SQL 语言实现, 用 PHP 网络编程语言进行查询设计、流程优化和用户查询实现。数据入库程序从原文本文件中读出数据, 根据其物理意义和格式规则插入关系型数据库中。原 ENSDF 数据文件的各个数据集被分开处理, 每次将一个数据集中的数据写入 MySQL 数据库中, 直到全部数据入库。图 3 为入库程序流程图。数据还原程序可根据用户给出的条件提出 MySQL 数据库中的相应数据, 还原为对应的 ENSDF 格式的数据文件, 并输出到 web 页面上。

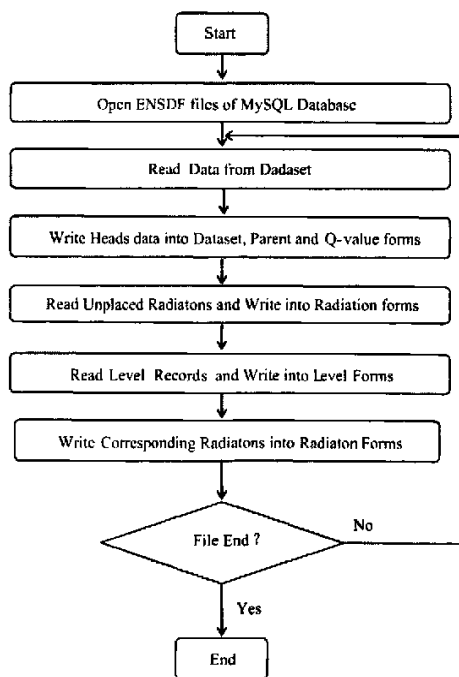


图 3 入库程序流程图

Fig.3 Data installing diagram

2.2 数据库管理与共享系统

数据库管理与共享系统的逻辑结构如图 4, 可分为 ENSDF 文件模块、关系型数据库、数据库管理系统、智能化在线检索和用户查询引擎等模块。其中数据库管理系统模块承担关系型数据库系统管

理的全部功能, 系统可远程完成 ENSDF 数据库的维护、恢复、版本管理、性能监视和分析等工作, 通过版本管理系统实现源数据的输入、修改和更新。系统还提供包括日志文件管理、查询帮助、核数据文献资料和重要核数据程序下载等诸多服务。

2.3 用户查询简介

用户输入核反应的子核质量数和电荷数、母核质量数和电荷数(可全部输入, 也可仅输入其中的某几个), 再由 3 个复选框从关系数据库中提取数据, 输出形式分为 ENSDF 格式数据文件、核衰变辐射数据表和评价核结构纲图(Evaluated Nuclear Structure Drawings And Tables^[8])等 3 种, 后者以 PS

和 PDF 两种文档在线输出。

在线输出的核衰变辐射数据表^[7]主要信息包括: 第一列为被查询的衰变中产生的辐射及其数量的列表, 根据库中现有的数据, 在该列可能有 β^- 射线, β^+ 射线, α 射线和 EC 等类型, 如查询出的反应中包含该类辐射则列出, 否则将不出现在表中; 第二列为对应辐射的能量, 单位为 keV, 若同时给出能量的标准差, 则空一个空格列在能量值的后面; 第三列是对应辐射的绝对强度, 如给出强度的标准差, 则空一格列在强度值后。例如, 在线检索母核为 92 号元素, 在客户端实时输出的核衰变辐射数据表的部分内容如图 5 所示。

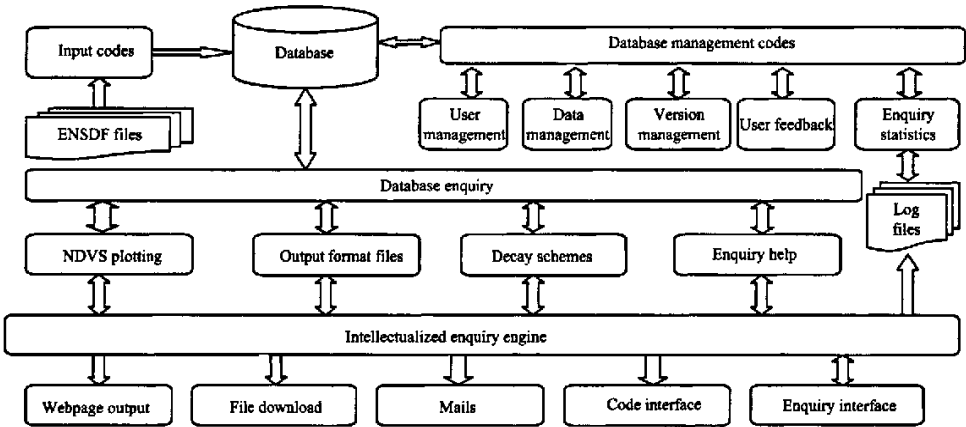


图 4 ENSDF 数据库在线共享系统的逻辑结构框图

Fig.4 Logical relational diagram of the ENSDF database online services software

222Th 226U A DECAY

* For beta radiation, Energy means the average of the beta spectrum. For gamma radiation, Energy means the Energy of the gamma-ray.

Decay Types And Radiations	Energy ^a (keV)	Absolute Intensity (%)
β_1	7420 28	15 5
β_2	7570 28	85 5

223Th 227U A DECAY

* For beta radiation, Energy means the average of the beta spectrum. For gamma radiation, Energy means the Energy of the gamma-ray.

Decay Types And Radiations	Energy ^a (keV)	Absolute Intensity (%)
γ_1	51.3 5	
γ_2	158	2.8 5
γ_3	209	2.8 5
γ_4	247	20 13
γ_5	259	3 5
γ_6	310	3.6 6
α_1	8740 50	16 4
α_2	8850 30	50 6
α_3	8905 60	14 3
α_4	7080 60	20 4F

图 5 核衰变辐射数据表示例

Fig.5 Example of nuclear decay data tables retrieved from the Relational ENSDF Library

3 结论

本工作利用关系型数据库理论和面向对象程序设计技术,设计和实现了关系型的 ENSDF 数据库及其在线共享系统。数据库包括了 2366 个放射性核素的半衰期、衰变方式、分支比、射线能量和强度、内转换系数、跃迁几率、能级及其自旋宇称等大量数据,通过网上在线查询可以按照 ENSDF 格式、核衰变辐射数据表和评价核结构纲图(Evaluated Nuclear Structure Drawings And Tables)等不同形式在 Web 页面上输出。该系统依托 Linux + Apache + SSL + PHP + MySQL 的软件配置,通过核科学数据服务网站(<http://ndos.nst.pku.edu.cn/>)提供免费网上共享服务^[6]。

本工作得到教育部高校网上合作研究中心平台建设项目[教技司(2001)215 号]的资助,并得到教育部网上合作研究中心建设项目[教技司(2000)149 号]的部分资助。作者对中国核数据中心在本论文工作中给予的支持表示感谢。原子能科学研究院物理所夏海鸿教授、葛志刚教授、金永利博士、周春梅教授和西北核技术研究所常永福教授曾给予有益的建议和讨论,作者在此表示感谢。

参考文献

- 1 Tuli J K. Nucl Inst and Meth in Phys Res A, 1996, 369:506-510
- 2 Pronyaev V G. Nuclear Structure and Decay Data (NSDD) Network, Report INDC(NDS)-421, Feb. 2001
- 3 Dunford C L, Burrows T W. Online Nuclear Data Service, Report IAEA (NDS)-150 Rev. 99/3.
- 4 FAN Tieshuan, GUO Zhiyu, LIU Wenlong, *et al.* Annals of Nuclear Energy, 2004, 31(11):1275-1284
- 5 樊铁栓, 郭之虞, 刘文龙, 等. 物理学报, 2004, 53(9): 2919-2924
FAN Tieshuan, GUO Zhiyu, LIU Wenlong, *et al.* Acta Phys Sin, 2004, 53(9): 2919-2924
- 6 樊铁栓, 黄钢, 冯玉清, 等. 原子能科学技术, 2005, 39(1):28-32
FAN Tieshuan, HUANG Gang, FENG Yuqing *et al.* Atom Sci Tech, 2005, 39(1):28-32
- 7 刘运祚. 常用放射性核素衰变纲图. 原子能出版社. 1982. 4-22
LIU Yunzuo. Radioactive Nuclide Decay Tables. Beijing: Atomic Energy Press. 1982. 4-22
- 8 Dunford C L, Kinsey R R. ENSDAT (Evaluated Nuclear Structure Drawings and Tables) Version 12.0 (Aug, 2003), http://www.nndc.bnl.gov/nndcscr/ensdf_pgm/ensdat/

A study on relational ENSDF databases and online services

FAN Tieshuan¹ SONG Xiangxiang¹ YE Weiguo¹ LIU Wenlong¹ HUANG Xiaolong² LIU Tinjin^{1,2}
FENG Yuqing¹ CHEN Jinxiang¹ TANG Guoyou¹ SHI Zhaoming¹ GUO Zhiyu¹

1(Key Lab of Heavy Ion Physics of Ministry of Education, Institute of Heavy Ion Physics, School of Physics, Peking University, Beijing 100871, China)

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

Abstract A relational ENSDF library software is designed and released. Using relational databases, object-oriented programming and web-based technology, this software offers online data services of a centralized repository of data, including international ENSDF files for nuclear structure and decay data. The software can easily reconstruct nuclear data in original ENSDF format from the relational database. The computer programs providing support for database management and online data services via the Internet are based on the Linux implementation of PHP and the MySQL software, and platform independent in a wider sense.

Key words ENSDF files, relational data model, visualization of data, Online data services

CLC TL99