

## 加速器电磁元件设计微机软件库的初步研制

张天爵, 樊明武, 张满怀, 黄继杰, 戴晓明, 储诚节

(中国原子能科学研究院 核技术与计算机应用研究所, 北京 102413)

**摘要:**描述了加速器电磁元件设计的微机软件库初步研制工作,包括 POISSON/SUPERFISH、RELAX 3D、TRANSPORT、RAYTRACE、MAD、PARMELA 系统软件和软件包的移植、开发,以及自行开发的软件 DE2D、DE3D、CYCCA、CYCCEN 的整理工作。介绍了这些软件在一些实际工程中的应用情况。

**关键词:**加速器;电磁元件;软件库

**中图分类号:** TL503.8      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-6931(2000)03-0266-04

自 70 年代以来,国际上业已形成了加速器及其有关器件设计的若干成熟的计算机软件<sup>[1~3]</sup>。这些软件的开发基于各种特定要求和各自的开发环境独立进行,使用中要求特定的软件环境,计算对象有局限性,用户界面不宜掌握。需要根据设计方法要求,将这些软件包进行改写,降低其对运行环境的要求,方能为国内大多数需要进行电物理设备设计的单位使用。二维、三维电磁场数值计算软件包 DE2D、DE3D<sup>[4,5]</sup>和智能化回旋加速器主磁铁 CAE 系统 CYCCA<sup>[6]</sup>、回旋加速器轴向注入偏转板与中心区设计和仿真软件 CYCCEN 等已自行开发成功,在微机上开发大型软件的技术也基本掌握。因此,本工作将目前国际上通用的加速器及其有关器件的设计软件包移植到微机上,与自行开发的先进软件包结合,初步形成加速器及其有关器件设计软件库,这将间接地解决我国计算机资源缺乏的问题,使加速器及其有关器件的设计工作立足于国内。

### 1 软件开发工作

#### 1.1 软件移植与计算数据可视化图形处理

将目前国际上用于加速器及有关器件设计的通用软件包移植到微机上,在微机上实现这些软件的全部计算设计功能,并初步开展计算数据可视化工作,改善有关软件的图形处理功能。移植的程序包括以下几个方面。

1) POISSON/SUPERFISH 系列软件 该软件用于电磁、永磁、高频、微波的设计计算,一

收稿日期:1998-06-12;修回日期:1998-06-19

基金项目:核工业基金资助项目(J95D01045)

作者简介:张天爵(1964—),男,广东汕头人,研究员,博士,加速器物理专业

一般在 VAX、CRAY 等机型上运行。该系列软件由 AUTOMESH、LATTICE、TEK PLOT、POISSON、PANDIRA、MIRT、FORCE、SUPERFISH、SFO1、SHY、PANT 程序组成。

2) 三维静电场计算软件包 RELAX3D 该软件采用有限差分法求解三维泊松方程,运行于 VMS、UNIX 操作系统。

3) 束流输运线设计计算软件包 TRANSPORT 该软件基于传输矩阵方法,用以设计束流输运线。

4) 离子光学计算软件 RAYTRACE 该软件基于轨迹跟踪方法,直接对运动方程进行积分,可计算束流的高级象差。本工作除了将软件移植到微机外,还将给此软件加上图形处理程序。

5) 交变梯度加速器与束流传输线设计软件包 MAD MAD 是用于交变梯度加速器和束流传输线的带电粒子光学计算工具,它能处理从很大到很小的各种类型的加速器以及这些加速器中的各类问题。MAD 由 CERN 开发,运行于 IBM VM/CMS 系统、UNIX 和 UNICOS 系统、VAX VMS 系统。

6) 电子直线加速器计算程序 PARMELA

## 2 软件的整理与规范化

将移植的软件包与自行开发的软件结合起来,初步形成功能比较全面的加速器及有关器件设计软件库。自行开发的软件包括:

- 1) 二维静电场、静磁场、涡流场数值计算软件包 DE2D;
- 2) 三维电磁场数值计算软件包 DE3D;
- 3) 智能化回旋加速器主磁铁 CAE 系统 CYCAE;
- 4) 回旋加速器轴向注入偏转板与中心区设计和仿真软件 CYCCEN。

整理、编译了上述软件的使用手册,包括 POISSON/PANDIRA 软件组的理论基础、MAD V8.1 软件包用户参考手册、RAYTRACE 用户手册、RELAX 3D 三维电场计算软件包使用手册等,共约 40 万汉字。

## 3 应用

### 3.1 束流输运线设计计算

应用 MAD、RAYTRACE、TRANSPORT 等对多条束流输运线进行设计计算。计算工作包括:

- 1) 生产放射性同位素的 CYCIAE 30 回旋加速器束流输运线设计;
- 2) 70 MeV 回旋加速器轴向注入的束流线设计;
- 3) HF13 串列加速器上的次级束流线的一些相关计算。

### 3.2 电磁元件设计

应用 POISSON/PANDIR、DE2D、DE3D、RELAX 3D 等完成多种电磁元件的设计。已完成的工作有:

- 1) 70 MeV 回旋加速器轴向注入系统的有关元件,包括整体型  $x-y$  导向磁铁(场计算结果示于图 1)、静电单透镜、法拉第筒的电子过滤磁铁、螺旋管透镜,螺旋形静电偏转板等;
- 2) 极尖断面为折线型的四极透镜磁性能研究;

- 3) 永磁 MRI 计算;
- 4) 600 kV ns 脉冲中子发生器头部电场分布计算。

### 3.3 一些装置的初步计算

应用 POISSON/ SUPERFISH、RELAX 3D、DE3D 等对提议中的一些装置进行初步计算。内容包括:

- 1) 北京大学重离子物理研究所应用 RELAX 3D 计算 RFQ 加速器端部电场分布(图 2), 在此基础上分析其对束流的影响, 认为对于加速轻离子, 如  $H^+$  (与重离子相比)“离子的半张角在  $x$  方向上将会有更大的增长, 达到几十 mrad, 在  $y$  方向上也将会有更大的增长”, 这一计算结果对洁净能源的低能加速器设计有参考价值;
- 2) 应用 SUPERFISH 计算 DTL 加速腔体的结构;
- 3) 应用 DE3D 计算放射性核束装置的 70 MeV 回旋加速器主磁铁。

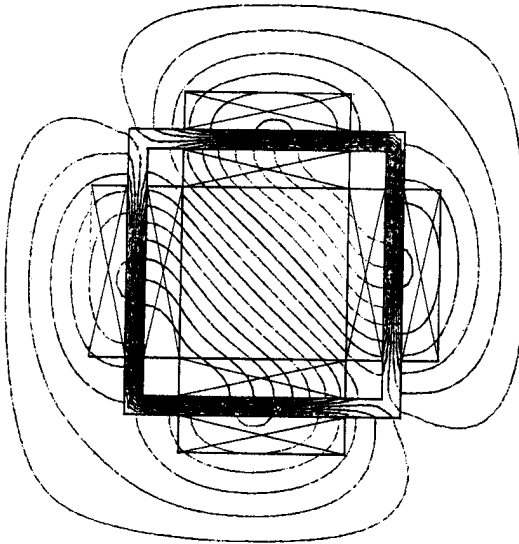


图 1 整体型  $x$ - $y$  导向磁铁磁场分布

Fig. 1 Field distribution of  $x$ - $y$  steering magnet

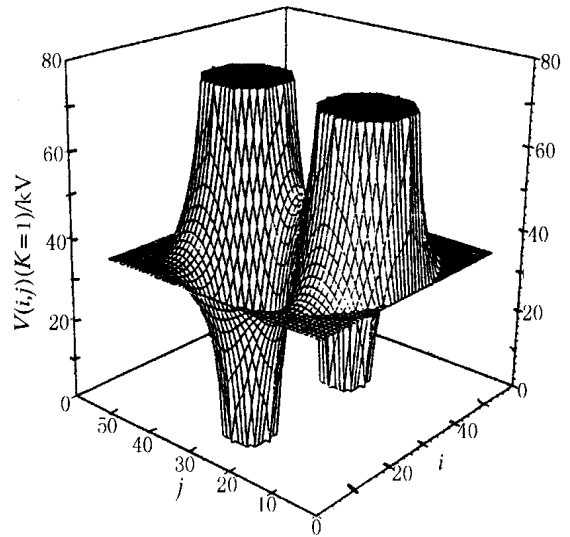


图 2 RFQ 加速器电极末端电位分布

Fig. 2 The electric potential on the end of RFQ pole

## 4 结论

关于加速器及其有关器件的设计, 西欧的 CERN、美国的 LANL、加拿大的 TRIUMF 等实验室已经做了大量工作。本工作继承了这些成果, 为避免在国内进行重复研究, 并基于国内的计算环境, 将有关软件包移植到微机上, 实现其全部的数值计算功能; 对计算数据开展可视化的图形处理初步工作, 并与自行开发的先进软件包结合起来, 充分发挥自身优势, 形成加速器电磁元件设计软件库。这些工作, 对于工程设计具有实用价值。

### 参考文献:

- [1] Los Alamos Accelerator Code Group. POISSON/ SUPERFISH Reference Manual: LA-UR-87-126[R]. Los

Alamos:LANL,1987.

- [2] Houtman H, Jones FW, Kost CJ. Laplace and Poisson Equation Solution by RELAX3D[J]. Computers in Physics, 1994, 8(4):469.
- [3] Kowalski S, Enge HA. RAYTRACE—Laboratory for Nuclear Science and Department of Physics [R]. Massachusetts:MIT,1987.
- [4] Fan Mingwu, Miao Yixin. DE2D Interactive Software Package for 2D Magnetostatic Electrostatic and Eddy Current Field Computations [J]. IEEE Trans, 1985, Mag-21(6):2539.
- [5] Fan Mingwu, Zhang Tianjue, Yan Weili. Three Dimensional Field Computation Software Package DE3D and Its Application:CNIC-00647 [R]. Beijing:CNIC,1992.
- [6] Zhang Tianjue, Cheng Yong, Fan Mingwu. Intelligent CAE System of Cyclone Type Cyclotron Main Magnet and Its Application. Chin J Nucl Physics, 1993, 15(1):82.

## Initial Development of PC Software Base for the Design of Electromagnetic Component in Accelerator

ZHANG Tian-jue, FAN Ming-wu, ZHANG Man-huai,  
HUANG Ji-jie, DAI Xiao-ming, CHU Cheng-jie

(China Institute of Atomic Energy, P. O. Box 275-3, Beijing 102413, China)

**Abstract :**The initial development of PC software base for the design of electromagnetic component in accelerator is described in the paper. The developing studies include the transplantation and development of POISSON/SUPERFISH, RELAX 3D, TRANSPORT, RAYTRACE, MAD and PARMELA, and the modification of softwares DE2D, DE3D, CYCCAE and CYCCEN, which are developed in China Institute of Atomic Energy. Some application in the actual engineerings is also introduced.

**Key words :**accelerator; electromagnetic component; software base