



硕士学位论文
MASTER'S THESIS



Experimental Data Framework Of Pulsed Neutron Spectrometer

A Thesis

Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement
For the M.E.Degree in Circuit & System

By

Zhang Shengkai

Postgraduate Program

College of Physical Science & Technology

Central China Normal University

Supervisor: Huang Guangming&&Tao Juzhou

Academic Title: Professor&&Professor

Signature _____

Approved

May, 2011



华中师范大学学位论文原创性声明和使用授权说明

原创性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师指导下，独立进行研究工作所取得的研究成果。除文中已经标明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的研究成果。对本文的研究做出贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本声明的法律结果由本人承担。

作者签名：张晟恺

日期：2011年6月1日

学位论文授权使用授权书

学位论文作者完全了解华中师范大学有关保留、使用学位论文的规定，即：研究生在校攻读学位期间论文工作的知识产权单位属华中师范大学。学校有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许学位论文被查阅和借阅；学校可以公布学位论文的全部或部分内容，可以允许采用影印、缩印或其它复制手段保存、汇编学位论文。（保密的学位论文在解密后遵守此规定）

保密论文注释：本学位论文属于保密，在 ____ 年解密后适用本授权书。

非保密论文注释：本学位论文不属于保密范围，适用本授权书。

作者签名：张晟恺

导师签名：张 小川

日期：2011年6月1日

日期：2011年6月1日

本人已经认真阅读“CALIS 高校学位论文全文数据库发布章程”，同意将本人的学位论文提交“CALIS 高校学位论文全文数据库”中全文发布，并可按“章程”中的规定享受相关权益。同意论文提交后滞后：半年；一年；二年发布。

作者签名：张晟恺

导师签名：张 小川

日期：2011年6月1日

日期：2011年6月1日



摘 要

自中国散裂中子源 (China Spallation Neutron Source, CSNS) 项目正式立项以来, 加速器、靶站和谱仪都处于预制研究阶段。CSNS 第一期工程建造的谱仪有三台, 分别是高通粉末衍射仪、小角散射谱仪和多功能反射仪。要使谱仪能够正常运行取得实验数据, 谱仪实验数据框架的设计就显得非常重要。

论文研究的是脉冲中子谱仪的实验数据框架, 主要内容包括脉冲中子谱仪的实验数据系统和脉冲中子谱仪的实验数据结构。论文首先介绍了脉冲中子谱仪的实验数据系统构成, 并对实验数据系统中各个系统的原理和作用进行了详细的介绍, 然后分析了脉冲中子谱仪的实验数据结构, 根据 IPNS 运行文件读出程序和 DAQ 数据文件读出程序, 设计了 CSNS 运行文件。论文最后还讲述了 CSNS 文档服务器的建立方法。

本研究的主要工作是设计了 IPNS 运行文件读出程序和 DAQ 数据文件读出程序。IPNS 运行文件读出程序是在 IPNS 运行文件的基础上, 根据 ISAW 数据分析软件, 分别读出运行文件的文件头和文件体, 其中文件头包含了实验的状态信息和初始化设置; 文件体则包含了对应探测器上每一个时间窗口的中子计数。DAQ 数据文件读出程序是根据 DAQ 生成数据文件的格式来进行读出的, 目的是将探测器系统输出的电荷信号和时间信号转换成中子的位置和飞行时间, 从而得到实验样品的空间结构。

目前, 基本完成了 CSNS 小角散射谱仪实验数据框架的设计。DAQ 正常取数送到数据服务器后, 运行服务器将读出后的数据文件和设定好的运行文件头打包, 生成了小角散射谱仪的运行文件, 数据结果证实了脉冲中子谱仪的实验数据框架的可行性。

关键词: 中国散裂中子源; 谱仪实验数据; IPNS; 运行文件; 文档服务器



Abstract

Accelerator, target system and spectrometers are in the pre-study since China Spallation Neutron Source (CSNS) project was approved. There are three spectrometers in the first phase of the CSNS project: High Intensity Powder Diffractometer (HIPD), Small-Angle Neutron Scattering (SANS), Multi-purpose Reflectometer. For normal run of the spectrometer to obtain the final experimental data, then design a good framework for the experimental data the spectrometer is very important.

This thesis is the study of neutron spectrometer experiment framework that includes a pulsed neutron spectrometer system and experimental data experimental pulsed neutron spectrometer data structure. This thesis introduces the experimental data of pulse neutron spectrometer system structure, the system of the experimental data principle and function of each system performed a detailed introduction, then introduced the experimental pulsed neutron spectrometer data structure, designed to IPNS runfile read out program and DAQ read out program, the final get the CSNS runfile. Finally, the paper describes the set up of CSNS document server.

This paper introduces the design of the IPNS runfile read out program and DAQ read out program. IPNS runfile read out program is in the IPNS runfile based on the ISAW data analysis software, were read out the runfile header and runfile body. The runfile header is contains the state information and initialize settings of experiment. The runfile body is contain the corresponding time window of each detector neutron count. DAQ read out program is based on the format of the DAQ data file to read out, get the detector system output charge and time signal charge into the the location and the flight time, the resulting spatial structure of experimental samples.

The framework of CSNS spectrometer experimental data in SANS has been on the basic design completed. DAQ get the data file, the run server will read out the DAQ data file and set a runfile header data file, finally packup generating a SANS runfile, confirmed that the experimental data of pulse neutron spectrometer framework Feasibility.

Keywords: CSNS; Spectrometer Experimental Data; IPNS; Runfile; Document Server



目 录

摘 要	I
Abstract	II
第一章 绪 论	1
1.1 中子物理简介	1
1.2 散裂中子源	2
1.3 国际中子源现状	2
1.4 中国散裂中子源	3
1.5 中子谱仪	5
第二章 脉冲中子谱仪的实验数据系统	6
2.1 探测器系统	7
2.2 电子学系统	8
2.3 数据获取系统	11
2.4 运行服务器	12
2.5 数据服务器	14
2.6 实验数据分析平台	14
2.7 实验数据流程	15
第三章 脉冲中子谱仪的实验数据结构	16
3.1 IPNS 运行文件数据结构	16
3.2 IPNS 运行文件读出程序	19
3.2.1 运行文件读出程序设计	19
3.2.2 运行文件读出程序测试	26
3.3 脉冲中子实验数据的基本参数	27
3.4 CSNS 的 DAQ 数据文件读出	32
3.4.1 DAQ 读出程序设计	33
3.4.2 DAQ 读出程序测试	37
3.5 CSNS 运行文件数据结构	38
3.5.1 CSNS 运行文件的文件头	38
3.5.2 CSNS 运行文件的文件体	43



第四章 CSNS 文档服务器.....	44
4.1 CSNS 文档服务器架构	44
4.2 CSNS 文档服务器安装	45
4.3 CSNS 文档服务器使用	51
4.4 CSNS 文档服务器维护	53
第五章 工作总结与展望.....	54
5.1 工作总结	54
5.2 工作展望	54
参考文献.....	55
攻读学位期间发表的学术论文.....	58
致 谢.....	59



第一章 绪论

中子和 X 射线都是人类探索物质微观结构的有效探针。自 1895 年 X 射线被伦琴发现以来,因 X 射线及其应用领域中的研究而获得的诺贝尔物理学奖就有 7 项,化学奖有 5 项,医学奖有 2 项,X 射线的应用覆盖了与人类生活息息相关的各个领域。英国物理学家查德威克(J.Chadwick)在 1932 年发现中子后,中子及中子散射的应用使人们对物质微观结构的认识日新月异。中子的发现和应用^[1]是二十世纪最重要的科技成就之一。与 X 射线不同,中子不带电、具有磁矩、穿透性强,能分辨轻元素、同位素和近邻元素,且有对样品的非破坏性的特点,不仅可探索物质静态微观结构,还能研究其动力学机制。

1.1 中子物理简介

中子是原子核的基本组成成分之一。中子呈电中性,其质量为 $1.675 \times 10^{-27} \text{ kg}$ (939.6 MeV),比质子的质量稍大,自旋为 $\frac{1}{2}$,磁矩以核磁子作衡量单位为 $-1.91 \mu_N$ 。自由中子是不稳定的粒子,可通过弱作用衰变成质子,放出一个电子和一个反电子中微子,平均寿命为 925 秒。中子是费米子,遵从费米-狄拉克分布和泡利不相容原理。^[2]根据德布罗意公式,任意粒子的动量和波长满足公式:

$$\lambda = \frac{2\pi\hbar}{P} \quad (1.1)$$

在非相对论情形下,中子波长与能量满足下述关系式:

$$\lambda_n = \frac{2\pi\hbar}{\sqrt{2mE_n}} = \frac{0.286}{\sqrt{E_n}} \quad (1.2)$$

由上面公式可以看出,在非相对论情形下,中子波长与能量的开方成反比关系。对于相同波长的光子和中子,其对应能量如表 1.1.1 所示。

表 1.1.1 相同波长光子与中子对应能量

波长(Å)	光子能量(KeV)	中子能量(meV)
1	12.4	81.81
10	1.24	0.8181
100	0.124	0.008181

从表 1.1 可以看出,用相同波长的中子和光子探测物质时,中子的能量要比光子的能



量低很多个数量级，且波长越长，能量相差的程度就越大。能量越低，对物质的破坏性也就越小，所以相对于光子来说，对样品的非破坏性是中子探测物质的优势之一。又由于中子具有磁矩、不带电、穿透性强，能分辨轻元素、同位素、近邻元素等，不仅可探索物质的静态微观结构，还能研究其动力学机制。

1.2 散裂中子源

自然界中一般都没有自由中子，因为自由中子的平均寿命很短，我们所用的中子都是通过中子源产生的。目前常用的中子源主要有三种：放射性中子源、反应堆中子源和散裂中子源。表 1.2.1 是三种中子源的特点比较。

表1.2.1 三种中子源的特点比较

中子源类型	放射性中子源	反应堆中子源	散裂中子源
中子产生方式	(g,n)反应自发裂变	核裂变链式反应	高能质子轰击重核
反应方式	连续	连续	脉冲
时间结构	无	无	有
中子能谱	窄	较宽	宽
中子通量	$\sim 10^7 \text{n/cm}^2 \cdot \text{s}$	$\sim 10^{15} \text{n/cm}^2 \cdot \text{s}$	$\sim 10^{17} \text{n/cm}^2 \cdot \text{s}$
每产生中子靶内能量沉积	0.1~6MeV	180MeV	20~45MeV
本底	高	高	低

散裂中子源是利用加速器加速的带电粒子去轰击靶核，通过核反应产生中子，这种反应产生的中子通量比其余两种中子源要大，并且可以在很宽的能区上获得单能中子。一般的散裂中子源的加速器都会采用脉冲调制来加速粒子，那么得到中子的时间也是脉冲的形式，这种散裂中子源也可叫做脉冲中子源。

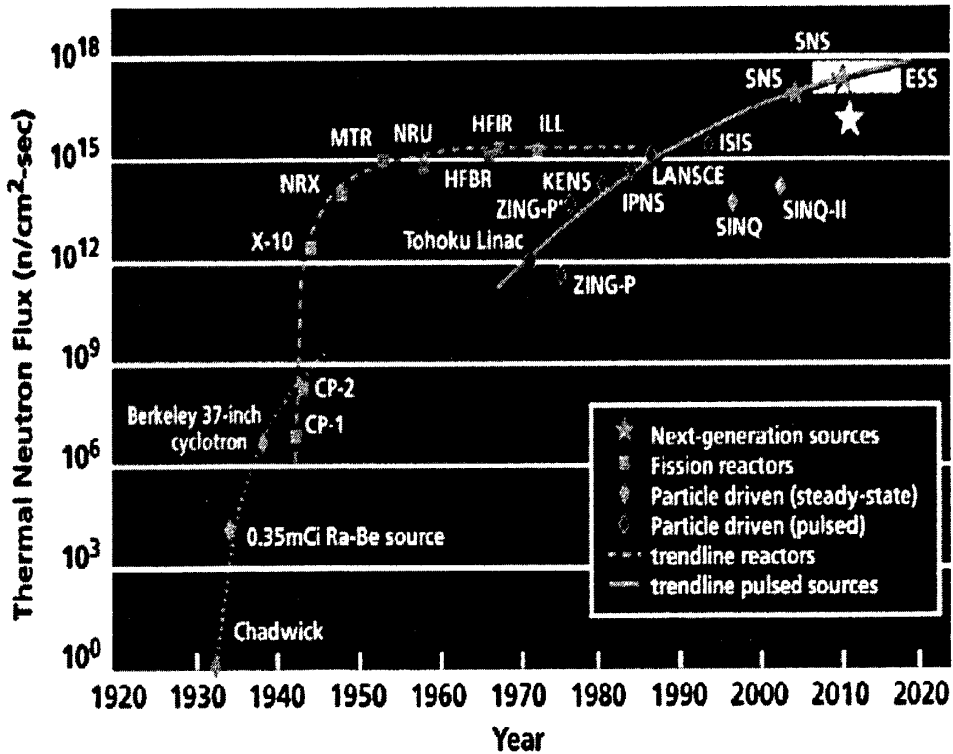
用于中子散射技术的中子源有基于反应堆的中子源和基于质子加速器的散裂中子源。这两种中子源各有优点，在应用上具有互补性。相比较而言，散裂中子源具有一些独特而优异的性能，主要包括以下几个方面：散裂中子源可提供丰富的高能短波长中子，以保证高Q值、高能量转移的中子散射需求；可实现低本底中子散射数据的获取，信噪比大为提高；无需使用核原料，同时不产生强放射性核废料。^[3]

1.3 国际中子源现状

近年来，随着强流加速器技术的发展，百千瓦到兆瓦级束流功率的散裂中子源成为国际公认的、新一代高通量、宽波段、高效安全的中子源。进入 21 世纪，美、



日、欧等发达国家认识到散裂中子源在现代科学技术中的重要地位，把建设高性能散裂中子源作为提高科技创新能力的重要举措，相继斥巨资建设新一代的散裂中子源。在美国，总投资 14 亿美元、设计束流功率为 1.4MW 的散裂中子源 (SNS) 已经开始调束，2006 年 4 月 28 日，SNS 产生出第一束中子。其升级工程也同时启动。在日本，总投资约 18 亿美元的强流质子加速器研究联合装置 (J-PARC) 也已开始加速器调束，其中一台 3GeV 的快循环同步加速器将提供 1MW 质子束流用于驱动散裂中子源。在英国，已成功运行 3 余年的散裂中子源 (ISIS) 投资约 3 亿美元升级改造其质子加速器，同时正在积极建设第二靶站。图 1.3.1 所示的是国际中子源的发展状况。^[4-9]



(Updated from *Neutron Scattering*, K. Skold and D. L. Price: eds., Academic Press, 1986)

图1.3.1 国际中子源的发展状况

1.4 中国散裂中子源

2008 年，中国散裂中子源（以下称为 CSNS）^[6]已经在广东东莞动工修建。CSNS 的束流功率为 100kW，建成后将成为发展中国家拥有的第一台散裂中子源，并进入世界四大散裂中子源行列。在正常运行状况下，CSNS 的科学寿命将超过 30 年。它



与我国即将建成的具有国际先进水平的中国先进研究堆（CARR）将形成互补的局面。

CSNS装置建设包括强流质子直线加速器、快循环同步加速器、靶站、中子谱仪等设施 and 科学实验测试系统，以及相应的辅助设施和土建工程等。图1.4.1是CSNS装置构成示意图。

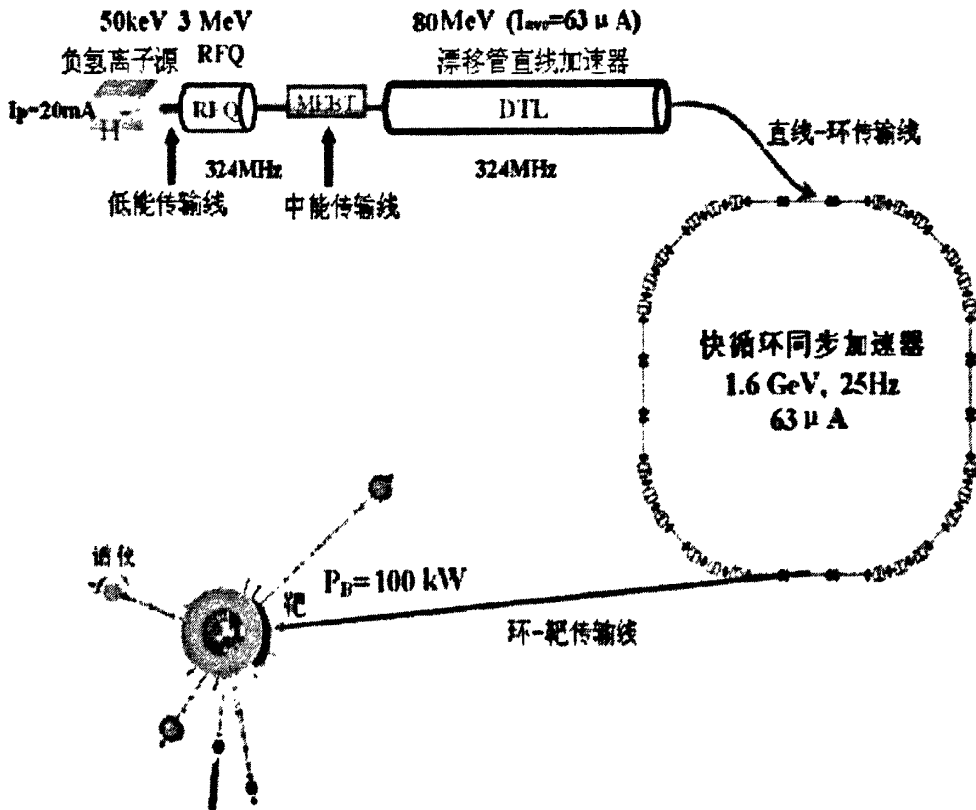


图1.4.1 CSNS装置构成示意图

根据国际同类装置的建造及运行经验，预计自工程建造竣工后三年内达到总体设计指标。CSNS的总体设计指标如表1.4.1所示。初期的三台谱仪分别为高通量粉末衍射仪、小角散射仪和多功能反射仪。CSNS在未来升级计划中，将把中子谱仪的数量从3台逐步增加到18台。中子通量的增长和中子散射谱仪群的扩大及综合性能的提高，将会大幅度提高中子散射用户群体的课题研究的水平，进一步促进CSNS潜在用户数量的增加。CSNS必将成为名符其实的、开放的、以用户为核心的多学科研究平台。[10-15]



表1.4.1 CSNS总体设计指标

束流功率	100(kW)
束流重复频率(Hz)	25(Hz)
平均流强	63(μ A)
束流能量	1.6(GeV)
最高中子通量	5×10^{-3} (n/proton/sr)
谱仪数目	3

1.5 中子谱仪

中子谱仪一般是指中子散射谱仪，是用于进行中散射实验的装置，也是散裂中子源最主要的应用部分。散裂中子源的中子谱仪的功能和名称很多，但大体上都可以分为弹性散射谱仪和非弹性散射谱仪。表1.5.1是中子谱仪的分类。

表1.5.1 中子谱仪的分类

类 型		主要特征与用途
弹 性 散 射 谱 仪	粉末衍射仪	多晶样品。研究晶格常数变化、晶体结构、磁结构等相变。
	单晶衍射仪	单晶样品。研究复杂晶体结构与磁结构以及一些与之相关的各向异性与细微相变等问题。
	小角衍射仪	纳米复合样品。研究纳米颗粒的形状、大小和成分以及不同纳米团之间的相互作用与演化等。
	反射仪	薄膜样品。研究物质表面和界面的结构特征。
非 弹 性 散 射 谱 仪	直接几何非弹性散射仪	多晶、单晶样品均可。选择特定的中子入射能量，测量散射中子能量变化来测定物质中的微观运动所引起中子的能量和动量变化。
	逆几何非弹性散射仪	多晶、单晶样品均可。尽管入射中子的能量不同，但只测量某一特定能量的散射中子，从而测定物质中的微观运动所中子的能量和动量变化。
	其 他	如背散射谱仪、自旋回波谱仪、中子康普顿散射谱仪等。谱仪技术相对复杂，主要研究体系中极低或极高能量转移。



第二章 脉冲中子谱仪的实验数据系统

CSNS 是脉冲中子源，在 CSNS 谱仪上做的中子实验都属于脉冲中子实验，因为 CSNS 还在预制研究阶段，CSNS 的谱仪数据框架还未最后确定下来，所以本论文对 CSNS 的谱仪数据框架只是一个初步的研究，论文设计的脉冲中子实验数据框架是根据 CSNS 项目的进展来设计的，也同样用于其它脉冲中子实验的谱仪。CSNS 第一期工程会建设三台中子谱仪，分别是高通粉末衍射仪、小角散射谱仪和多功能反射仪。^[16-17]

本章首先介绍脉冲中子谱仪实验数据系统的构成，然后分别介绍谱仪实验数据框架中的各个子系统，较为详细的介绍探测器系统、电子学系统、数据获取系统、运行服务器、数据服务器和实验数据分析平台，最后介绍脉冲中子谱仪的实验数据流程以及各个系统之间的数据传输和读出。脉冲中子谱仪的实验数据系统结构如图 2.1 所示。

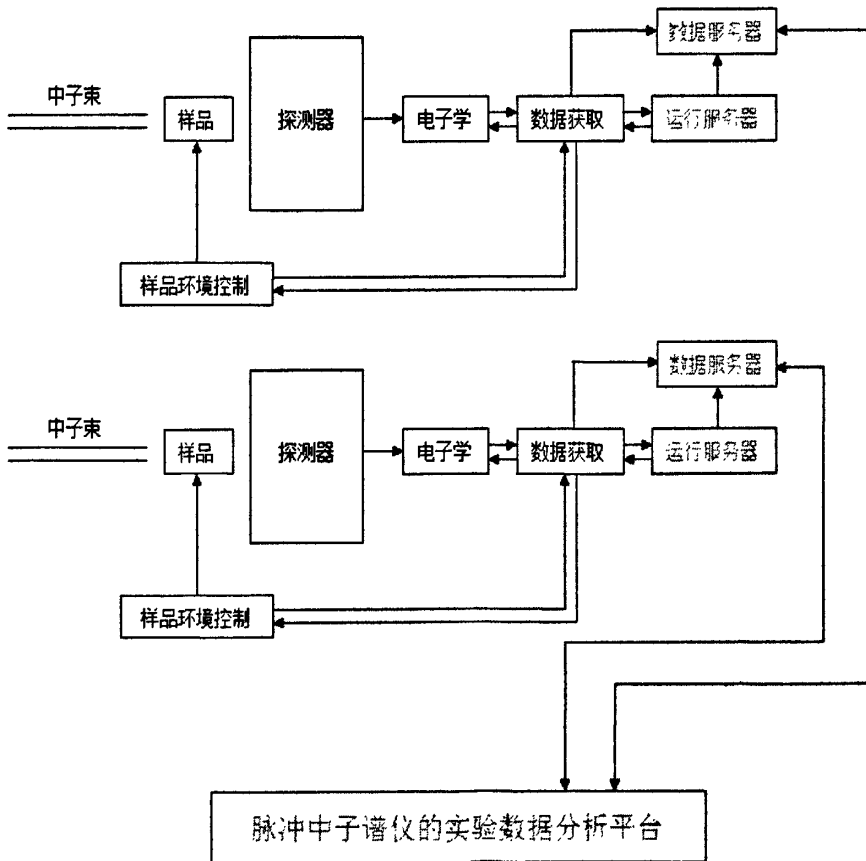


图 2.1 脉冲中子谱仪的实验数据系统结构图



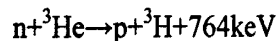
2.1 探测器系统

脉冲中子谱仪的实验数据系统中的探测器系统是整个实验数据系统的核心部分，也是整条谱仪的核心部分，其作用是探测通过样品的中子并记录中子的位置和飞行时间。^[18]

探测器系统的基本原理是中子与其他原子发生核反应产生其它粒子，通过探测其它粒子来确定中子的位置和发生反应的时间。探测器根据反应方式不同，可分为气体探测器、液体探测器以及固体探测器等等。虽然每种探测器的工作方式不同，但是其原理都是相同。由于中子是电中性，它不能使介质的原子或分子发生电离或激发，所以一般都不能直接探测，而是通过核反应的方式来探测。中子探测器对中子的探测都是通过核反应方法将中子转化成带电粒子来实现的。其详细物理过程就不在这里叙述了。

以 CSNS 谱仪的探测器系统设计为例，介绍脉冲中子谱仪实验数据系统中的探测器系统。CSNS 首先会建造的三台谱仪中可能会用到 ^3He 多丝正比室探测器、 ^3He 正比管探测、GEM 探测器等等，具体参数和选择现在正在预制研究中。

下面简单地介绍一下以 ^3He 作为工作气体的中子探测器系统原理。高压 ^3He 多丝正比室探测器就是一种 ^3He 作为工作气体的中子探测器，它是通过中子与 ^3He 反应来探测中子的，其反应过程为



^3He 多丝正比室探测器属于气体中子探测器，通过采用对中子吸收截面高的气体作为工作气体。一般可供选择的气体主要有 BF_3 和 ^3He ，之所以选择 ^3He 作为中子探测器的工作气体是因为 ^3He 对中子的吸收截面高、探测效率好，而高压 ^3He 多丝正比室又是目前使用得最为成熟的二维位置灵敏中子探测器之一，所以选择了 ^3He 气体作为多丝正比室的工作气体。^[19]

多丝正比室 (MWPC) 的原理是在多丝结构中如果有一根丝“着火”产生雪崩放电，在正离子鞘移动时，与这根丝相邻的其他丝上将感应产生出正信号，这些正信号将补偿丝间电容耦合传递的负信号，因此这些平行丝的工作可以看作是独立的，所以每次探测到中子击中的位置都可以互相不发生影响。所以中子与 ^3He 反应生成质子和氦核。质子和氦核在运动过程中将使工作气体发生电离产生大量初始电子—离子对，电离电子在电场作用下漂向阳极产生雪崩信号。雪崩产生的正离子向阴极运动过程中会在读出丝上感应出正电荷，通过测量读出丝上感应电荷分布的重心就可以确定入射中子的位置。



重心法：丝室的信号由阳极丝附近的拾取电极上的感应信号读出。如图 2.1.1 所示，平面 MWPC 的阴极由条状电极或金属网组成。当带电粒子进入 MWPC 产生雪崩放电时，在阴极上将产生正脉冲且在靠近雪崩放电处的阴极条上的信号幅度最大，随着与雪崩放电距离的增大按比例递减。设在 x_i 测得的电荷量为 Q_i ，则由重心法可求出雪崩放电的坐标为：

$$x = \frac{\sum(Q_i - b_i)x_i}{\sum(Q_i - b_i)} \quad (b_i \text{ 为噪声修正项}) \quad (2.1.1)$$

同理可以求出 y 坐标，用这种办法位置分辨率可达 $35\text{-}100\mu\text{m}$ 。这种方法即可以测定入射粒子垂直于丝方向的坐标也可测定沿丝方向的坐标。

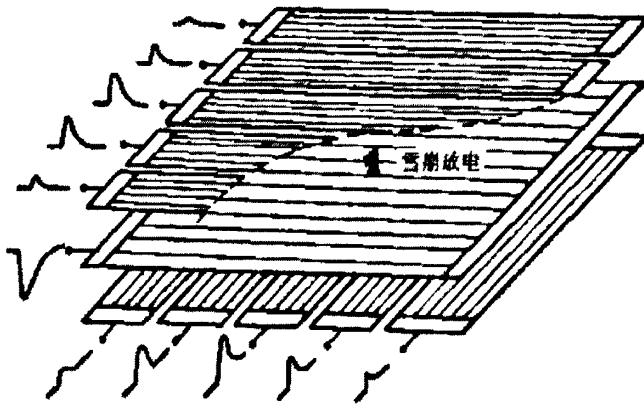


图 2.1.1 重心法定位原理图

综上所述，脉冲中子实验数据系统中中子探测器的作用就是将中子的信号（包括中子入射的位置和时间）转换为可测量的电荷量，然后根据公式来计算中子的位置和时间。当探测器系统接收到中子信号并将中子信号转化为电信号以后，探测器系统输出的电信号必须由电子学系统进行收集和处理，并把这个电信号转化成为数字信号。

探测器系统负责脉冲中子谱仪实验数据系统中的第一步，将中子信号转换为电荷信号。下面介绍脉冲中子谱仪实验数据系统的第二步，将电荷信号转换为数字信号，也就是电子学系统。

2.2 电子学系统

脉冲中子谱仪实验数据系统中的电子学系统主要功能上是将中子探测器送出的电荷信号转换成为数字信号。对于不同的中子探测器其相应的电子学系统是不一



样的。因为不同中子探测器输出的电荷信号会不相同，需要处理电荷信号的数据量、电荷处理速度等等都不相同，所以不同的探测器系统都有其相配套的电子学系统。电子学系统会根据探测器系统的需求来进行设计，一是满足目前探测器性能的要求，二是要保留以后探测器升级的空间。

虽然每个电子学系统的功能还有性能指标都不一样，但是电子学系统的原理是基本相同的，因为电子学系统的本质都是将电信号转化成为数字信号，其数字信号经过数据系统获取以后是可以交给实验申请者进行数据分析的，所以不同电子学系统的构成是基本相同的。

以 CSNS 目前的电子学系统为例，CSNS 预研探测器的电子学系统主要包括了五个部分：前置放大器、QTC (Charge/Timing Card, 电荷与时间获取板)、DPC (Data Processing Card, 数据处理板) 及 T0 信号扇出电路，下面逐一进行介绍。^[20-21]

一、前置放大器。前置放大器的作用是将探测器送出的电信号进行放大，因为探测器送出的电信号实在是微弱，需要放大以后才被 QTC 获取，所以一般在探测器的端点位置放置一个前置放大器。前置放大器的电路一般是采用电荷灵敏型前放，这种电路的特点是电荷分辨好、噪声低和响应速度快，响应速度快的好处是避免信号的堆积。

以 ^3He 正比管探测器的前置放大器为例。 ^3He 正比管探测器前置放大器的设计是采用了 8ch/board 结构，将前置放大器放置在靠近 ^3He 正比管两端的位置，直接与 ^3He 正比管相连，如下图所示。采用这种结构的前放电路，在要求测量时间精度是 1us 的要求下，前置放大器满足 QTC 的要求。

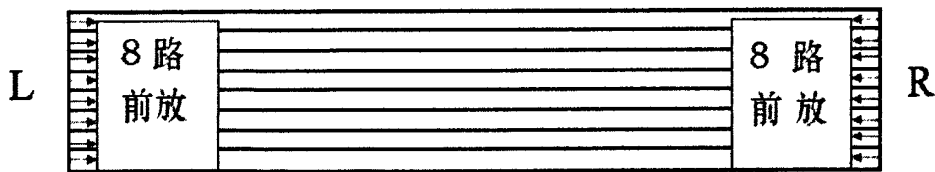


图 2.2.1 前放安置位置示意图

二、QTC (Charge/Timing Card, 电荷与时间获取板)。QTC 的作用是进一步处理前置放大器送来的电信号，然后将处理好的电信号送入数据处理板，同时记录中子击中探测器的时间。因为经过前置放大器放大后的电信号还是无法通过 DPC 直接转换为数字信号，必须经过 QTC 进行进一步放大到满足 DPC 处理的要求后，才能送到 DPC 将电信号转换成数字信号。记录中子击中探测器的时间是因为在后期实验数据处理中需要中子的飞行时间，这也是谱仪科学家所需要的。

同样以 ^3He 正比管探测器的 QTC 为例，电信号经过前方处理以后，送入后续的



QTC 电路进一步处理，每个 QTC 板处理隶属于同一组 ^3He 管首尾两端的两块前放板（一个 Bank）。主要实现的功能包括：

1、进一步放大、成形前方送来的信号。对于前方送来的信号，采用经典的 (CR) - (RC)² 或 (CR) - (RC)³ 成形法。成形后底宽控制在~500ns。按泊松概率分布公式：

$$P(N, \Delta t) = \frac{(n\Delta t)^N}{N!} e^{-n\Delta t} \quad (2.2.1)$$

在 1.5 μs 内信号堆积几率 0.1%；

2、获取 ^3He 管两端电荷量 (QL 和 QR)，QCT 板接收来自前置放大器的差动信号，放大并 (CR) - (RC)³ 成形。成形宽度（底部 1% 处）400~500ns；采用 40MHz 10bit FADC 进行数字化部件采，FADC 输出接 Pipeline，长度~2 μs （应略小于 Trigger latency）。实时扣台基（排除基线涨落影响）；采用数值积分法给出电荷量。

所谓数值积分法，如图 2.2.2 所示，以时钟为步长对一波形逐点采样、将数字化后的数值按下面公式求得面积所代表的电荷值：

$$Q = k \sum_{i=1}^N \frac{D_i + D_{i-1}}{2} \times T \quad (2.2.2)$$

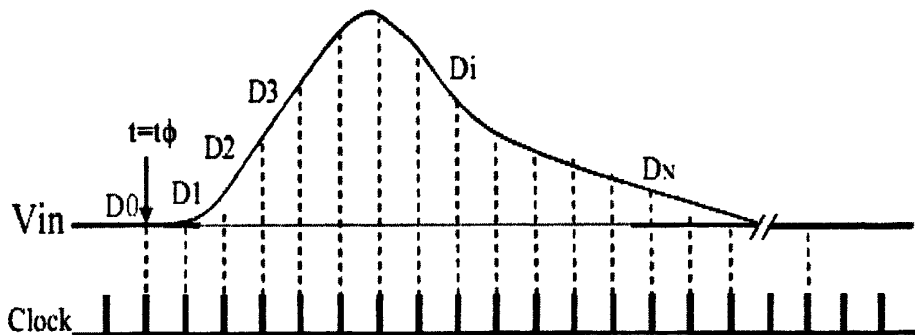


图 2.2.2 数据积分法

3、测量中子飞行时间 T_f ——中子达到 ^3He 管的时间和 T_0 之间的时间间隔（时间测量精度仅要求 1 μs ，可以使用 FPGA 在 40MHz 的工作时钟下使用计数器轻松实现）。不提供测量时间功能的数据获取板是 QC (Charge Card)，这种数据板在 QTC 的基础上只减少一个测量 T 的电路，QC 电路结构如图 2.2.3 所示。

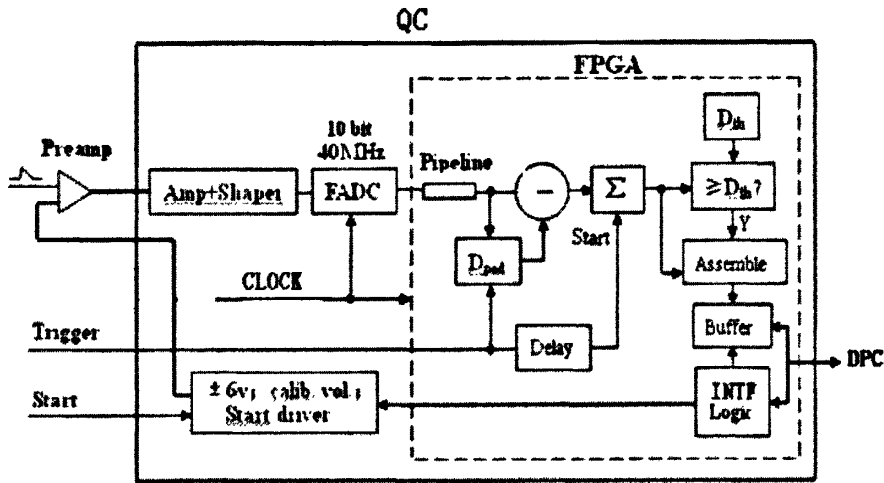


图 2.2.3 QC 电路结构图

三、DPC (Data Processing Card, 数据处理板)。DPC 的作用是将 QTC 处理后的电信号转换成为数字信号, 这也是电子学系统的核心部分, 探测器送出的电信号也是在这里最终被转换成为数字信号。DPC 一般是紧靠 QTC 放置, 用点到点的数据传输方式接收 QTC 的数据, 然后按照要求的格式对数据进行处理和包装, 并将处理后的数据送到上位机。

四、 T_0 信号扇出电路。 T_0 信号扇出电路的主要功能是接收外面送来的 T_0 信号, 然后扇出至 DPC 板。上所述的电子学系统设计, 前放、QTC、DPC 都放置在探测器所在的屏蔽装置中, 则进出的电缆线仅 4 种: 光纤网络线; T_0 信号线; 低压电源线; 高压电源线, 结构非常的简洁。

五、Trigger 信号产生电路。Trigger 信号产生电路主要功能是接收阳极丝前置放大器的输出信号, 进行甄别, 送到电路中的 FPGA 中产生指定宽度的 Trigger 信号, 并送至 DPC 板。

2.3 数据获取系统

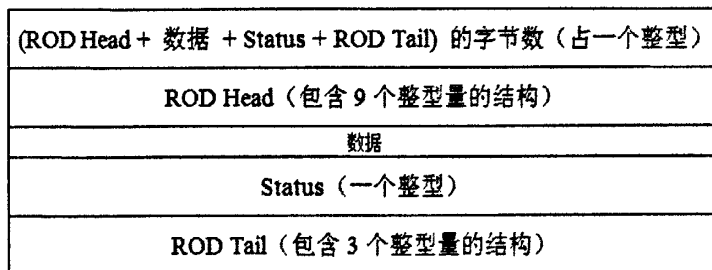
脉冲中子谱仪实验数据系统中的数据获取系统是 Data Acquisition System, 简称 DAQ 系统。其作用就是将电子学系统处理后的数字信号转换成数据文件。数据文件由 DAQ 系统获取以后, 通过网络传输到数据服务器上, 然后通过运行服务器读出 DAQ 系统获取的数据文件, 和实验开始时设置的初始化信息一起, 最后打包生成脉冲中子谱仪实验数据的运行文件。

DAQ 系统是利用数据获取板, 编写数据获取软件来实现对电子学输出的数字信号进行数据获取的。实现数据获取系统主要的任务是数据获取板在 Linux 系统下驱



动的移植和数据获取程序的编程。^[10]脉冲中子谱仪实验数据系统的 DAQ 系统的主要难点在于数据获取程序的设计和编写。对于运行服务器的读出程序来说, DAQ 系统如何获取数据不是运行服务器所关心的问题, 运行服务器所关心的是 DAQ 获取数据后, 存入数据服务器的数据包的格式。那么 DAQ 数据获取程序在这里就不进行详细的介绍了。

CSNS 的数据获取系统基本上是用 BSEIII 的数据获取系统来实现的。CSNS 的 DAQ 系统需要根据不同的数据获取板, 要做一些驱动的移植和修改, 然后编写相应的 DAQ 程序从电子学系统中读出数据, 然后将数据存入数据服务器。图 2.3.1 是 CSNS 的 DAQ 系统数据获取的数据文件结构。^[22-23]



数据部分:

	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15-0
Q 数据	层						丝						1	溢	电荷数据		
子板出错	1	1	1	1	1	0	1	机箱号			地理地址			子板出错信息			
主板出错	1	1	1		1	0	0	机箱号			地理地址			主板 FPGA 出错信息			

	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15-0
Q 数据	地理地址						0	0	0	通道号			0	1	溢	电荷数据	
子板出错	1	1	1	1	1	0	1	机箱号			地理地址			子板出错信息			
主板出错	1	1	1		1	0	0	机箱号			地理地址			主板 FPGA 出错信息			

图 2.3.1 DAQ 系统数据获取的数据文件结构

对于运行服务器上的在线数据获取和分析系统, 需要 DAQ 系统实时给出一维及二维“时间—强度”图, 在线能分析给出“波长或 Q—强度”。在线数据获取和分析系统的时间精度根据谱仪的特点不同, 时间精度也不尽相同, 通常情况下时间精度是 1ms, 在线数据获取系统大概隔一段时间就要像运行服务器传输一次数据以便离线分析。在线数据获取和分析系统将会在下一节介绍。

2.4 运行服务器

脉冲中子谱仪的实验数据系统中的运行服务器是负责谱仪的实验数据系统正常



运行的服务器，在谱仪实验运行结束以后，生成谱仪的运行文件。运行服务器主要有以下三个作用：

一、实验的初始化设置。在脉冲中子谱仪上进行实验时，需要对实验进行各种设置，主要包括有样品环境的设置、向 DAQ 系统发送开始取数指令和在实验进行中对样品环境控制等等。

二、在线实验数据显示。在线实验数据是在实验进行的工程中，DAQ 系统实时地将取来的数据发送给运行服务器，运行服务器将送来的数据进行一个简单的处理以后，在实时的显示出来，以方便实验者对实验有一个大概的分析，对进一步调整实验样品参数有很大的帮助。

运行服务器上的在线实验数据显示如图 2.4.1 所示。

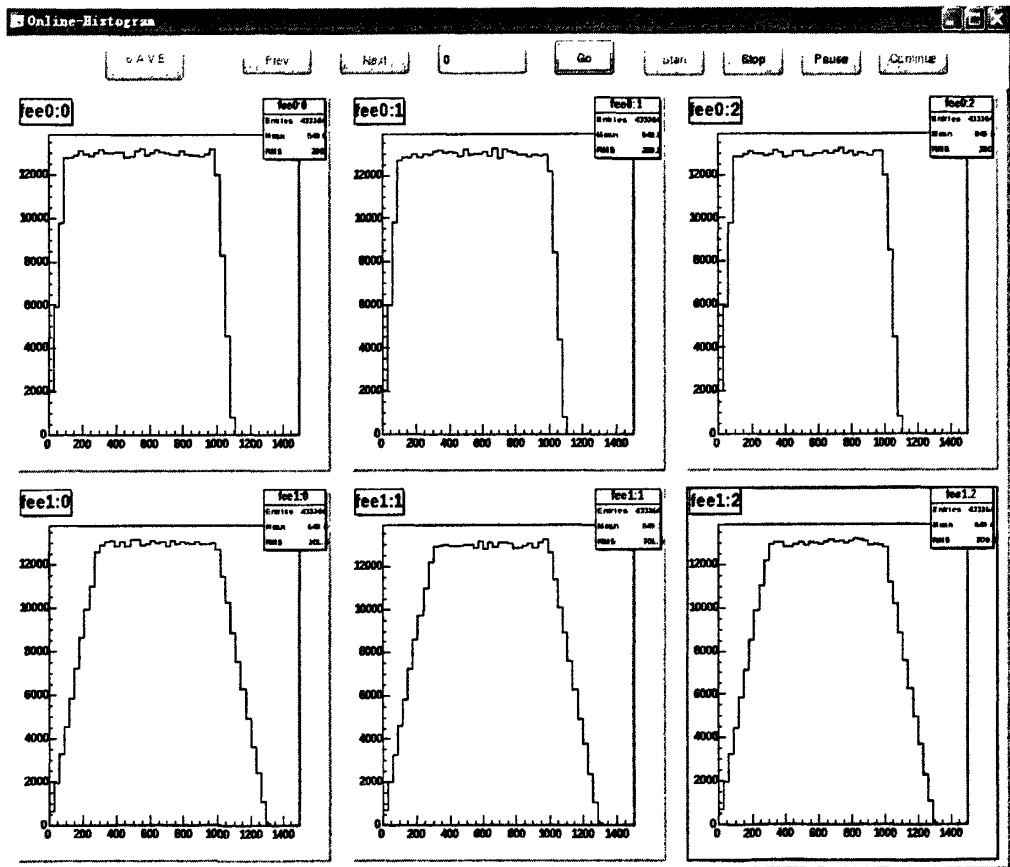


图 2.4.1 运行服务器的在线实验数据显示

三、谱仪运行文件的组装。在运行服务器上的运行文件分为两个部分：一、运行文件的文件头。谱仪运行文件的文件头包含了实验的状态和设置信息，这一部分将会在第三章的第三节进行一个详细的介绍。二、运行文件的文件体。谱仪运行文



件的文件头主要包含实验的数据信息，这一部分将会在第三章的第四节进行一个详细的介绍。谱仪运行文件的组装是将运行文件的文件头和文件体合并成为一个文件，也就是谱仪的运行文件，然后存入数据服务器中。^[24]

2.5 数据服务器

脉冲中子谱仪实验数据系统中的数据服务器是负责存储脉冲中子实验数据的服务，数据服务器需要存储以下三种数据：

一、数据获取系统生成的脉冲中子实验的原始数据，这里的原始数据是指未经过运行服务器处理过的 DAQ 获取到的数据文件，也就是从电子学系统直接送出来的数据文件，这样做的好处是无论运行服务器是否正常工作，只要探测器、电子学和 DAQ 正常工作，DAQ 取出来的原始数据文件，也就是运行文件的文件体不会受到运行服务的影响。当运行服务器出现问题了，整个实验数据并没有受到任何影响，并且实验的数据仍然有效，就不会浪费中子束流的时间了，因为脉冲中子实验的中子束流时间是非常宝贵的。

二、运行服务器生成的脉冲中子实验运行文件的文件头数据，运行文件文件头数据文件包含了脉冲中子实验的实验设置和状态信息，一般的脉冲中子实验在实验开始时就已经设置好实验的各种信息了，像实验的温度、气压和湿度等等，在设置好以后，运行服务器就将实验信息生成运行文件的文件头存储到数据服务器上，等待实验完成以后取出和运行文件的文件体打包生成脉冲中子实验的运行文件。这样做也是防止运行服务器出现故障而丢了实验的状态信息。

三、运行服务器生成的运行文件数据，因为每条谱仪要做很多脉冲中子实验，有时候同一样品甚至要测好几次，所以数据服务器要存储很多的运行文件数据。当实验做完以后，脉冲中子实验数据分析平台将会从数据服务器中取出数据进行详细的样品数据分析。

数据服务器要对以上的三种数据文件进行分类管理，并保证数据服务器的稳定，并且要按时做好备份，以防止数据文件的丢失。

2.6 实验数据分析平台

脉冲中子谱仪实验数据分析平台的作用是将脉冲中子实验最后生成的运行文件发送到该平台上进行一个详细的数据分析，因为在运行服务器端只能做一个简单的在线分析，实时的观察脉冲中子实验的结果是不是满足实验样品一个大概的预期，并由此来判断脉冲中子实验是否需要继续进行。



脉冲中子实验数据分析平台是以运行文件为基础，运行文件中包含完整的谱仪、实验和数据信息，由 Java 语言实现的集成化计算环境和平台。在 CSNS 建设的中后期，将利用 ISAW 和 SNS 数据系统的软件相结合，做出 CSNS 的实验数据分析软件。ISAW 是 IPNS 的实验数据分析软件，在第三章的第一节将会进行一个详细的介绍。

2.7 实验数据流程

脉冲中子谱仪的实验数据流程是指从实验开始到实验结束的数据的产生、处理、获取和打包，最后生成脉冲中子谱仪的运行文件。在脉冲中子谱仪的实验数据系统中用箭头表示实验的数据流程，脉冲中子谱仪的实验数据流程如图 2.7.1 所示。

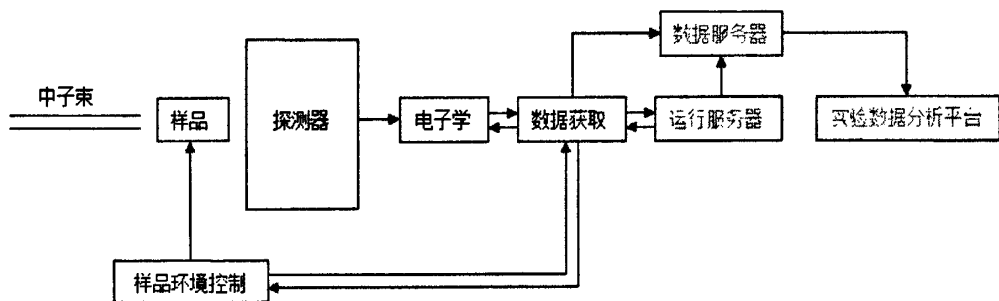


图 2.7.1 脉冲中子谱仪的实验数据流程

脉冲中子谱仪的实验数据流程图中从探测器系统开始到实验数据分析平台的单向箭头都表示数据的传输，双向箭头表示既有数据的传输也有控制信号的传输，样品环境控制系统到样品的箭头表示样品环境控制系统对样品环境的控制。下面详细介绍脉冲中子谱仪的实验数据流程。

脉冲中子谱仪上进行的实验数据流程是由运行服务器发送出开始实验的指令给数据获取系统，数据获取系统发送指令给电子学系统和样品环境控制系统，电子学系统和样品环境控制系统接收到指令开始工作，样品环境控制系统将样品调整到实验人员在运行服务器上设置的样品状态，这时谱仪将打开中子束开关阀门，加速器的质子束打靶产生的脉冲中子束通过样品，在样品中产生中子散射或者反射，经过一段时间的飞行以后被探测器系统探测到，探测器将探测到的中子信号转换成电信号，电信号将传送给电子学系统并由电子学系统将电信号处理成数字信号，最后由数据获取系统将数字信号转换成数据文件，DAQ 系统获取到的数据文件是脉冲中子实验运行文件的文件体，运行服务器将带有脉冲中子实验状态和样品环境等实验信息数据文件，这是脉冲中子实验运行文件的文件头，最后和运行文件的文件体打包生成脉冲中子实验的运行文件，在运行服务器上会对实验有一个在线的数据显示，以确保脉冲中子实验的正常进行，当实验结束以后，数据服务器将运行文件发送给脉冲中子实验数据分析平台进行详细的数据分析。



第三章 脉冲中子谱仪的实验数据结构

3.1 IPNS运行文件数据结构

IPNS 运行文件数据结构是基于美国阿岗国家实验室强脉冲中子源(IPNS, Argonne National Laboratory)的运行文件架构最高版本第六版(IPNS runfile structure, version 6), 由格式固定的文件头和动态组装的文件本体组成。IPNS 运行文件结构如图 3.1.1 所示。

运行文件的文件头一部分为特定谱仪和实验的静态基本参数; 另一部分则以指针的形式指明特定谱仪的动态设置信息和实验数据, 如探测器列表, 实验控制参数组, 中子计数直方图等。在文件本体中的字节位置和大小。在中子散射实验设置阶段, 实验控制系统根据用户输入对谱仪进行自动配置, 生成相应的运行文件文件头并对文件头所指明的文件本体进行初始化; 当实验开始后, 数据采集系统自动以填充和更新的形式, 将实验数据记录在文件本体中; 实验结束时, 数据采集系统完成对运行文件的读写, 保存结果后将操作权限交返实验控制系统。[25]

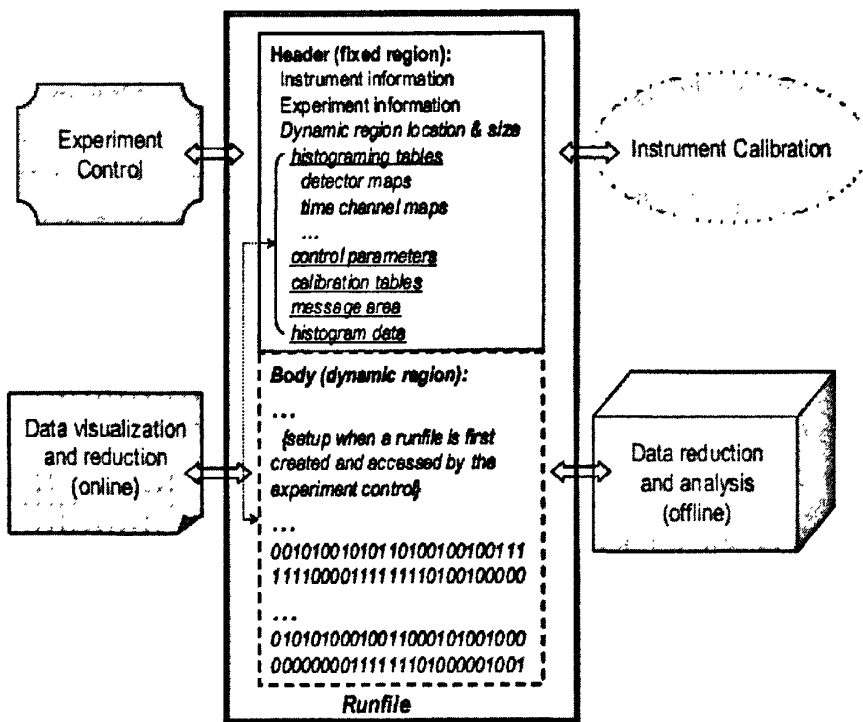


图 3.1.1 IPNS 运行文件结构



IPNS 运行文件的分析和处理软件是 ISAW (Integrated Spectral Analysis Workbench), ISAW 示意如图 3.1.2 所示, ISAW 代表了兆瓦级散裂源上有关研发工作成功完成前, 脉冲中子数据处理和分析的世界水平。ISAW 是由 Java 语言实现的 IPNS 运行文件分析和处理平台, 对计算环境的要求不高, 兼容性强, 易移植。

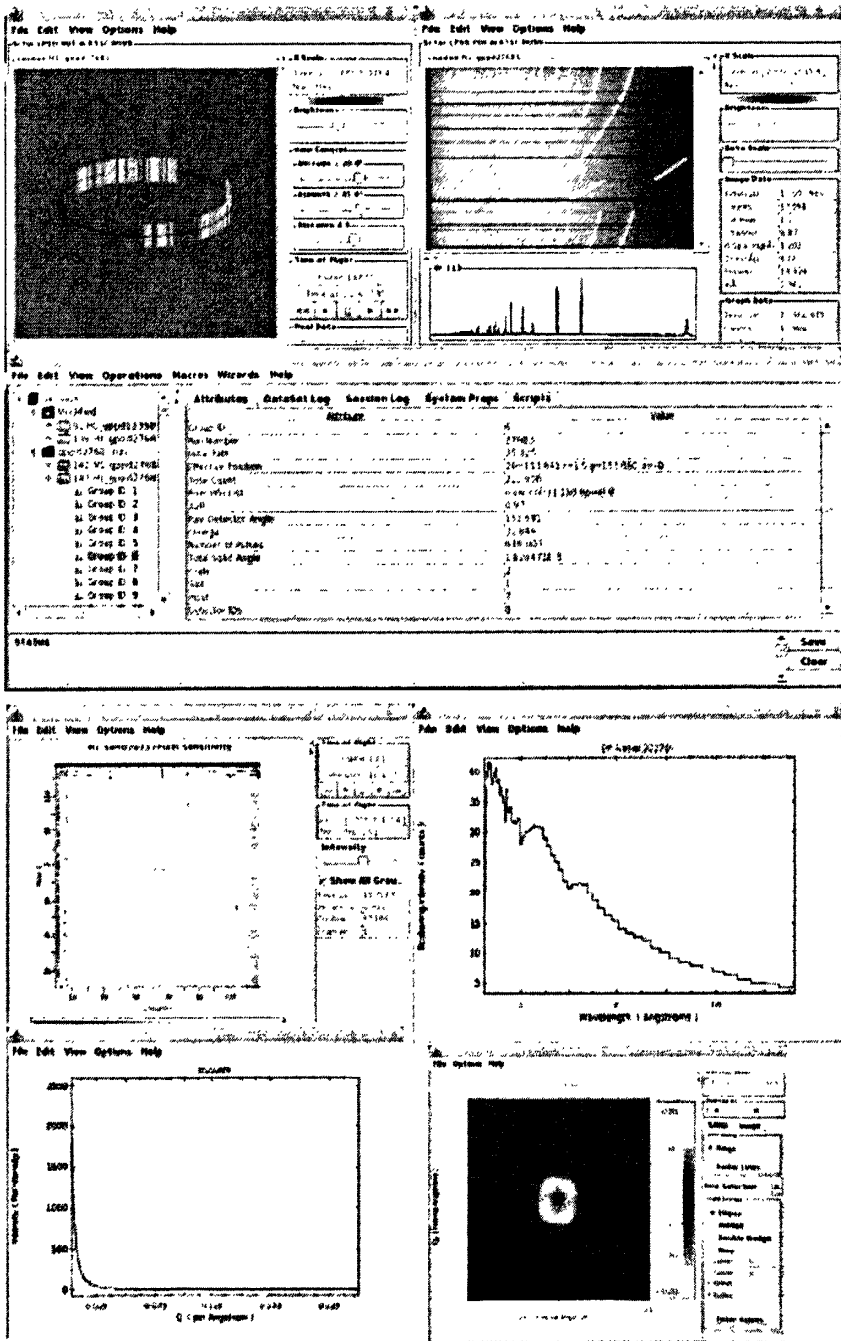


图 3.1.2 ISAW 软件包示意图



IPNS 运行文件是由 Header 和 Body 构成。Runfile Header 也就是运行文件的文件头，IPNS 运行文件的文件头是由 ISAW 来设置的，在中子散射实验开始的时候对实验的条件进行配置，同时谱仪的控制系统通过网络将数据发给 ISAW。本节主要是介绍将 ISAW 源码导入 Eclipse 中进行进一步的开发，这样可以对 IPNS 的运行文件处理方式有进一步的了解。

下面将简单的介绍一下 IPNS 运行文件文件头的设置。图 3.1.3 是 IPNS 运行文件文件头部分参数的设置程序。

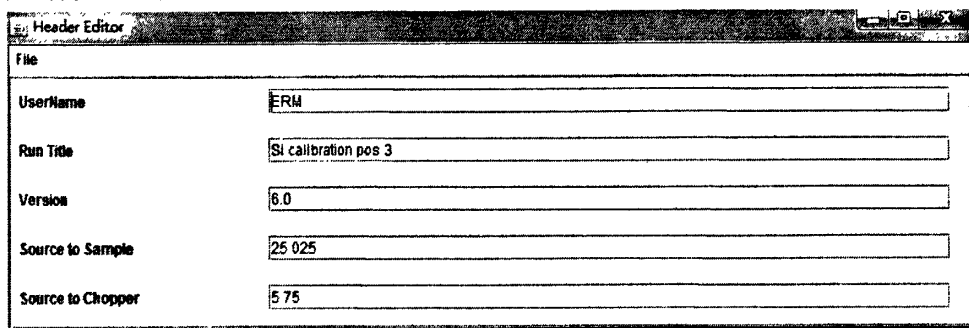


图 3.1.3 IPNS 运行文件文件头部分参数的设置程序

在 Header Editor 这个程序中可以对 IPNS 运行文件文件头进行简单的设置，在相应的参数后面填写好正确的信息，然后点击 File 选择 Save 就将修好的参数保存进 IPNS 运行文件的文件头了。Header Editor 分别调用了 IPNS.Runfile 包里面的 UserName()、Run Title()、Version()、Source to Sample()和 Source to Chopper()的函数，UserName()、Run Title()分别是运行文件的文件名和谱仪类型，然后通过 Java 程序的调用，修改需要修改的文件头，修改完保存就生成了新的 IPNS 运行文件。

这些函数在 IPNS 运行文件的文件头里面都有对应的数据结构，在对 IPNS 运行文件文件头进行分析以后，给出了这些函数对应物理地址，也就是运行文件文件头的数据结构，如表 3.1.1 所示。IPNS 运行文件的组装是指将包含有实验条件信息的文件头和实验进行后生成的文件体进行打包，打包生成最终的运行文件。

表 3.1.1 运行文件文件头的数据结构

Offset	Size	Variable	Type
122	20	userName	A*20
142	80	runTitle	A*80
68	4	versionNumber	I*4
292	4	sourceToSample	R*4
296	4	sourceToChopper	R*4



3.2 IPNS运行文件读出程序

IPNS 运行文件读出程序是根据 IPNS 谱仪上生成的运行文件，来读出运行文件的结构和内容。IPNS 运行文件经过打包生成的数据文件是一个 32 位 16 进制的 run 文件，IPNS 运行文件的后缀是.run，这个后缀是根据其文件名——Runfile 命名的。以 32 位 16 进制打开 IPNS 运行文件，其数据格式如图 3.2.1 所示。

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	b	c	d	e	f
00000000h:	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	2A	C4	00	00	12	48
00000010h:	00	00	3D	0C	00	00	00	50	00	00	00	00	00	00	00	00
00000020h:	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
00000030h:	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	95	3D	00	00	3A	87
00000040h:	00	75	0E	B5	00	00	00	06	00	00	06	00	00	00	05	A8
00000050h:	00	00	0B	A8	00	00	05	A8	00	00	11	50	00	00	05	A8
00000060h:	00	00	16	F8	00	00	02	D4	00	00	93	CC	00	00	01	71
00000070h:	00	00	00	00	00	00	00	00	01	6A	45	52	4D	00	00	00
00000080h:	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	53	69
00000090h:	20	63	61	6C	69	62	72	61	74	69	6F	6E	20	70	6F	73
000000a0h:	20	33	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
000000b0h:	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
000000c0h:	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
000000d0h:	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
000000e0h:	6A	8E	00	00	6A	8F	30	37	2D	4A	55	4E	2D	30	35	31
000000f0h:	35	3A	35	35	3A	32	33	30	38	2D	4A	55	4E	2D	30	35
00000100h:	30	36	3A	31	37	3A	31	39	05	70	00	01	A5	E0	00	00
00000110h:	00	00	00	04	00	04	00	00	00	00	00	06	97	87	00	00
00000120h:	00	32	00	00	41	C8	33	33	40	B8	00	00	00	00	00	02
00000130h:	00	00	00	00	00	01	00	05	00	01	00	00	00	00	00	1D
00000140h:	1E	5E	00	06	97	87	00	1D	1E	5E	00	00	00	00	00	00
00000150h:	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
00000160h:	00	00	00	00	42	40	00	00	40	40	00	00	42	3C	00	00

图 3.2.1 IPNS 运行文件 16 进制显示图

IPNS 运行文件读出程序是根据 IPNS 运行文件的结构——文件头+文件体，分析每一个字节在运行文件中所代表的含义，然后将对应的数据转换成对应中子实验各项参数的数据。

3.2.1 运行文件读出程序设计

运行文件读出程序和 ISAW 一样用 Java 语言实现，运行文件读出程序用的开发工具是 Eclipse。Eclipse 是一个开放源代码的、基于 Java 的可扩展开发平台，Eclipse 主要由 Eclipse 项目、Eclipse 工具项目和 Eclipse 技术项目三个项目组成，具体包括四个部分组成——Eclipse Platform、JDT、CDT 和 PDE。JDT 支持 Java 开发、CDT 支持 C 开发、PDE 用来支持插件开发，Eclipse Platform 则是一个开放的可扩展 IDE，



提供了一个通用的开发平台。运行文件读出程序用 Eclipse 版本是 3.2。Eclipse 3.2 的主界面如图 3.2.1.1 所示。[26-31]

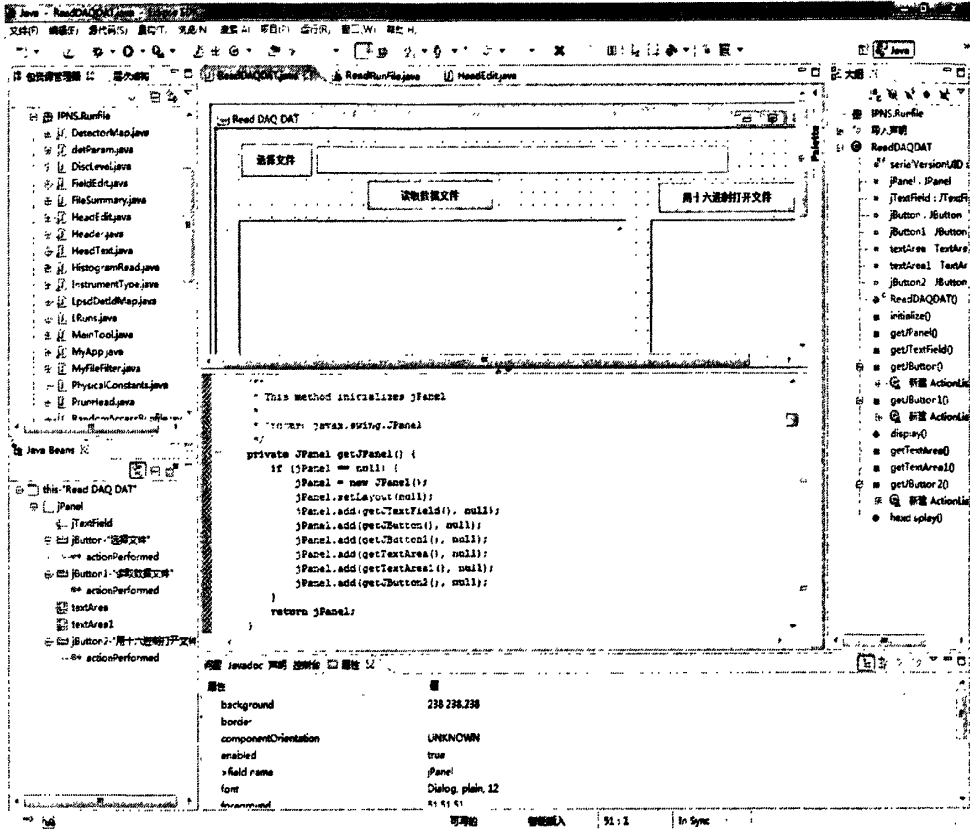


图 3.2.1.1 Eclipse 3.2 主界面

打开 Eclipse，导入 ISAW 的源程序，在 ISAW 的 Runfile 里建立一个工程 Read Runfile。Read Runfile 程序的目的是读出 IPNS 的 Runfile 格式和数据包中的中子计数。和设计运行服务器读出程序一样。首先新建一个工程，然后设计程序的布局——按键和显示的位置，最后通过 ISAW 源码中 Runfile 文件的格式，对 Runfile 进行读出和显示。

IPNS 运行文件读出程序由三个部分构成：第一部分是程序的控制部分，也就是对运行文件进行打开、显示和清除的操作；第二部分是程序的文件体读出部分，读出每一个时间窗的中子计数；第三部分是程序的头文件读出部分，这一部分读出并且显示出运行文件的控制信息和运行参数。下面分别进行介绍。

一、程序的控制部分。首先设计两个参数，一个参数是 IPNS 运行文件的文件名，另一个参数是运行文件对应的探测器 ID。这两个参数在读出 IPNS 运行文件的时候进行选择和填写，在选择完运行文件后，可以任意填写需要读出的探测器 ID。



程序控制部分的四个按钮 HeadEdit、Read、Clear 和 Header 分别是对文件头的编辑、对相应编号探测器的中子计数的读出、清除显示内容和显示对应运行文件的头文件。程序的示意图如图 3.2.1.2 所示：

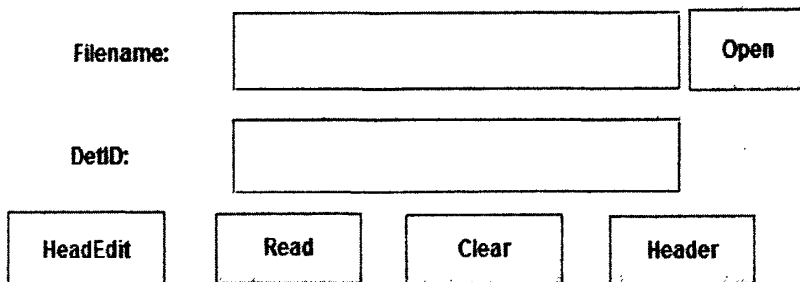


图 3.2.1.2 程序控制部分示意图

运行程序以后，点击 Open 按钮，会弹出一个选择文件的对话框，如图 3.2.1.3 所示，可以选择相应类型的文件。IPNS 运行文件的后缀是 .run，所以在程序里设置的 Open 按钮打开对应的文件类型也是以 .run 为后缀的运行文件，除此之外的文件将不能显示在对话框中。如下图所示，对话框中显示的是 IPNS 的运行文件，点击 Open 按钮后弹出的对话框。

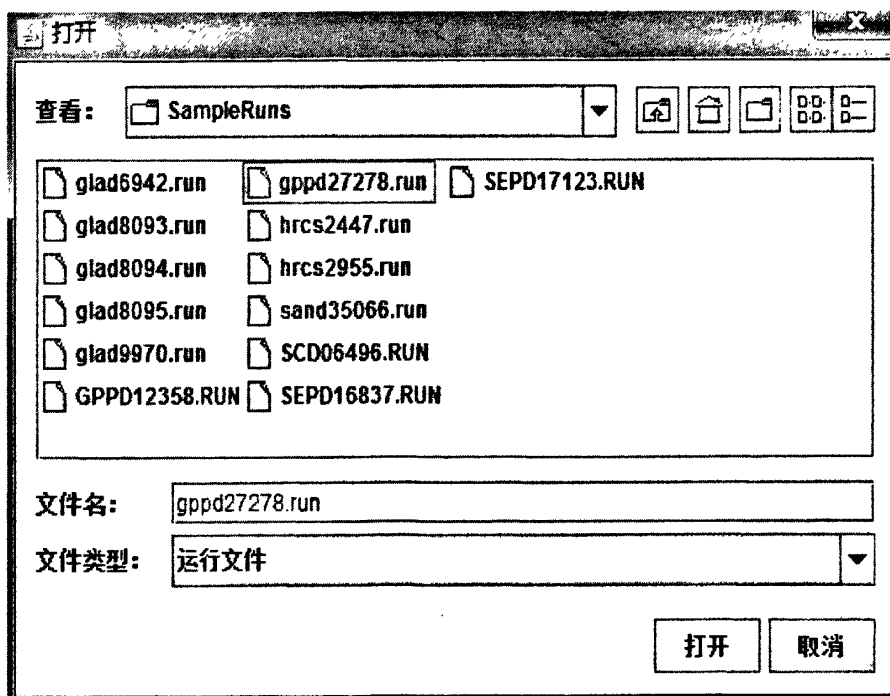


图 3.2.1.3 选择文件对话框

选择好相应的运行文件，点击打开，相应的文件路径就会显示在程序 Filename:



文本框后面, 选好对应的 IPNS 运行文件以后就可以该 IPNS 运行文件对应的探测器 ID, 在 DetID: 文本框处填入探测器编号。如图 3.2.1.4 所示:

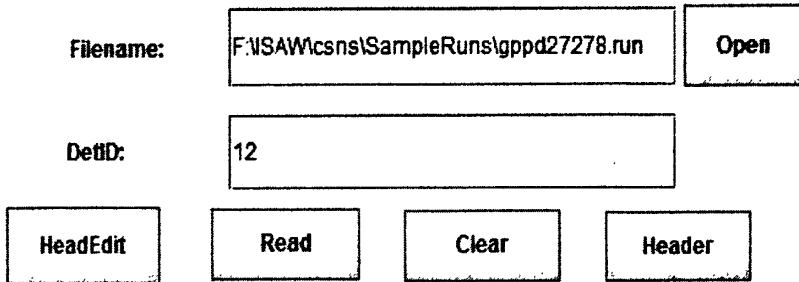


图 3.2.1.4 程序控制部分实例

程序控制部分的主要源代码如下:

```
private JButton getJButton() {
    if (jButton == null) {
        jButton = new JButton();
        jButton.setBounds(new Rectangle(133, 149, 84, 37));
        jButton.setText("Read");
        jButton.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
            public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent e) {
                try {
                    Done();
                } catch (IOException e1) {
                    e1.printStackTrace();
                }
            }
        });
    }
    return jButton;
}

private JButton getJButton1() {
    if (jButton1 == null) {
        jButton1 = new JButton();
        jButton1.setBounds(new Rectangle(15, 148, 89, 40));
        jButton1.setText("HeadEdit");
        jButton1.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
```



```
        public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent e) {
            headedit();
        }
    });
}
return jButton1;
}

private JButton getJButton2() {
    if (jButton2 == null) {
        jButton2 = new JButton();
        jButton2.setBounds(new Rectangle(242, 150, 90, 37));
        jButton2.setText("Clear");
        jButton2.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
            public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent e) {
                textArea.setText("");
                textArea1.setText("");
            }
        });
    }
    return jButton2;
}
```

二、程序的文件体读出部分。IPNS 运行文件读出程序的文件体读出部分是读出显示 IPNS 运行文件的文件体中对应每个探测器时间窗中的中子计数。IPNS 运行文件读出部分是根据 IPNS 运行文件结构中文件体定义的探测器时间窗，来读取每一个时间窗的中子计数。

程序的主要源代码如下：

```
public void Done() throws IOException
{
    textArea.setText("");
    String name = jTextField.getText();
    String ID = jTextField1.getText();
```



```
String[] args = new String[] {name};
int detID = Integer.parseInt(ID);
RandomAccessRunfile runfile = new RandomAccessRunfile(args[0], "r");
Header head = new Header(runfile);
Runfile.main(args);
headText.setRunfile(runFile);
detectorMap.main(args, detID)
int Address[] = detectorMap.gettimefile(args, detID);
int address = Address[0];
int addressstep = Address[1];
int tfType = Address[2];
double tmin=TimeField.gettimemin(args, tfType);
double tstep=TimeField.gettimestep(args, tfType);
double tmax=TimeField.gettimemax(args, tfType);
double timefield[] = TimeField.gettimeFile(args, tfType);
double tmin=timefield[0];
double tstep=timefield[1];
double tmax=timefield[2];
textArea.append("The Version of RunFile is:"+ " "
                +Integer.toString(head.versionNumber)+"\n");
textArea.append("The detector ID is:"+ " "+ID+"\n");
for(int i=0;i<addressstep;i++)
{
    if(head.versionNumber<6){
        if(i%2==0)
        {
            runfile.seek(address+i);
            int j = runfile.read();
            runfile.seek(address+1+i);
            int k = runfile.read();
            double step =(double)(i/2);
            if((tmin+step*tstep)<tmax){
```



```
        textArea.append(Double.toString(tmin+step*tstep)+"
                        +Integer.toString(j+k*256)+"\n");
    }
}
else
{
    if(i%4==0)
    {
        runfile.seek(address+i);
        int g = runfile.readInt();
        double step =(double)(i/4);
        textArea.append(Double.toString(tmin+step*tstep)+"
                        +Integer.toString(g)+"\n");
    }
}
}
}
```

三、程序的文件头读出部分。IPNS 运行文件读出程序的文件头读出部分是读出显示出运行文件的控制信息和运行参数。

程序的主要代码如下：

```
private JButton getJButton3() {
    if (jButton3 == null) {
        jButton3 = new JButton();
        jButton3.setBounds(new Rectangle(358, 151, 83, 36));
        jButton3.setText("Header");
        jButton3.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
            public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent e) {
                try {
                    headertext();
                } catch (IOException e1) {
```



```
        e1.printStackTrace();
    }
}
});
}
return jButton3;
}

public void headertext()throws IOException
{
    textArea1.setText("");
    String name = jTextField.getText();
    String[] args = new String[] {name};
    RandomAccessRunfile runfile = new RandomAccessRunfile(args[0], "r");
    Header head = new Header(runfile);
    Font font;
    textArea1.setFont( font = new Font("Courier", Font.PLAIN, 12));
    textArea1.setText( "" );
    textArea1.append( "Version Number:          "
        + head.versionNumber + "\n" );
    textArea1.append( "Number Of Detectors:          "
        + head.nDet + "\n" );
    textArea1.append( "User Name:                      "
        + head.userName + "\n");
}
}
```

3.2.2 运行文件读出程序测试

IPNS 运行文件读出程序在读取运行文件的时候会按照运行文件的文件头和文件体分别给读取结果。在程序的左边会显示出对应的探测器上的每一个时间窗的中子计数，在程序的右边会显示出运行文件文件头的信息，不同谱仪生成的运行文件的文件头内容和参数也会不一样。

IPNS 运行文件读出程序在读出运行文件头的时候可以快速将运行文件的文件



头读出, 对所有的 IPNS 运行文件测试后统计, 在读出运行文件的文件头的时间在 100ms 左右。在读运行文件文件体的时候, 根据谱仪和脉冲中子实验时间的不同, 会产生不同的数据量, 在现有的 IPNS 运行文件中读取运行文件的文件体的时间都不等, 平均时间大概是 100s 的量级。IPNS 运行文件读出程序对 IPNS 的运行文件可以进行快速而准确的读出。IPNS 运行文件读出测试结果如图 3.2.2.1 所示。

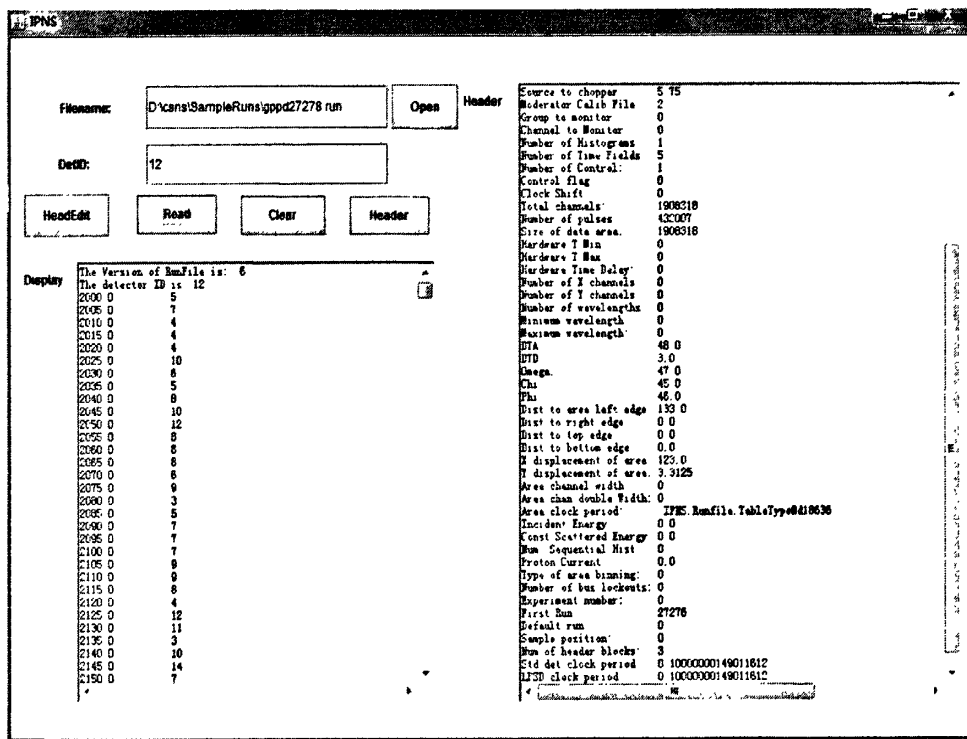


图 3.2.2.1 IPNS 运行文件读出测试图

3.3 脉冲中子实验数据的基本参数

脉冲中子实验数据的基本参数包括实验的状态信息和初始化设置。

脉冲中子实验的状态信息是指脉冲中子实验进行中单位时间内所有与实验有关的状态信息。具体包括脉冲中子实验样品的三维位置、温度、湿度、压强、磁场、电场等等, 以及探测器的三维位置、探测器系统的数据获取模式(包括正常取数模式、校准刻度模式、波形重建模式)。

脉冲中子实验的初始设置是在脉冲中子实验开始时对实验参数进行的设置, 初始化的设置参数将由运行服务器通过控制总线传输到 DAQ 系统, 然后由 DAQ 系统将设置好的实验参数传输给电子学系统和样品环境控制, 当样品环境满足设定好的参数以后, 脉冲中子实验就开始进行, 各个系统也开始工作。脉冲中子实验数据也



会不断的生成。

根据 IPNS 运行文件读出程序读出的运行文件可以得到脉冲中子实验的状态信息和初始化设置。以 GPPD 谱仪的运行文件为例，用 IPNS 运行文件读出程序读出头文件的信息，从中可以得到在 GPPD 谱仪进行实验的状态信息和初始化设置。GPPD 谱仪的状态信息和初始化设置如表 3.3.1 所示。其相应的物理含义如表 3.3.2 所示。

表 3.3.1 GPPD 谱仪的状态信息和初始化设置

Version Number	6
Number Of Detectors	362
User Name	P. Dollar
Si calibration pos 3Run Number	27278
Next Run	27279
Start Date	07-JUN-05
Start Time	15.55.23
End Date	08-JUN-05
End Time	06.17.19
Protection Status	0
Variable To Monitor	p
Preset Monitor Counts	108000
Elapsed Monitor Counts	0
Run After Finished	0
Total Monitor Counts	432007
Detector Calib File	0
DetLocUnit	0
Pseudo Time Unit	D
Source to sample	25.025
Source to chopper	5.75
Moderator Calib File	2
Number of Histograms	1
Number of Time Fields	5
Number of Control	1



Control flag	0
Clock Shift	0
Total channels	1908318
Number of pulses	432007
Size of data area	1908318
Hardware T Min	0
Hardware T Max	0
Hardware Time Delay	0
Number of X channels	0
Number of Y channels	0
Number of wavelengths	0
Minimum wavelength	0
Maximum wavelength	0
DTA	48
DTD	3
Omega	47
Chi	45
Phi	46
Dist to area left edge	133
Dist to right edge	0
Dist to top edge	0
Dist to bottom edge	0
X displacement of area	123
Y displacement of area	3.3125
Area channel width	0
Area chan double Width	0
Area clock period	TableType@171194d
Incident Energy	0
Const Scattered Energy	0
Num. Sequential Hist	0



Proton Current	0
Type of area binning	0
Number of bus lockouts	0
Experiment number	0
First Run	27276
Default run	0
Sample position	0
Num of header blocks	3
Std det clock period	0.100000001490116
LPSD clock period	0.100000001490116

表 3.2.2 介绍的是状态信息和初始化设置的物理含义，这个物理含义是根据脉冲中子谱仪的需要来设计的，定义的都是脉冲中子谱仪的状态信息和初始化设置。

表 3.3.2 状态信息和初始化设置的物理含义

Version Number	版本编号
Number Of Detectors	探测器个数
User Name	用户名称
Si calibration pos 3Run Number	硅校正实验编号
Next Run	后一实验编号
Start Date	起始日期
Start Time	起始时间
End Date	终止日期
End Time	终止时间
Protection Status	保护状态
Variable To Monitor	监测器变量
Preset Monitor Counts	预设监测器计数
Elapsed Monitor Counts	完成监测器计数
Run After Finished	完成后继续下一实验
Total Monitor Counts	总监测器计数
Detector Calib File	探测器校正文件
DetLocUnit	探测器位置指标



Pseudo Time Unit	伪时间单位
Source to sample	源至样品距离
Source to chopper	源至斩波器距离
Moderator Calib File	慢化器校正文件
Number of Histograms	直方图个数
Number of Time Fields	时间域个数
Number of Control	控制个数
Control flag	控制标记
Clock Shift	始终偏移
Total channels	通道个数
Number of pulses	脉冲个数
Size of data area	数据区大小
Hardware T Min	硬件最小时间
Hardware T Max	硬件最大时间
Hardware Time Delay	硬件时间延迟
Number of X channels	X 通道数
Number of Y channels	Y 通道数
Number of wavelengths	波长个数
Minimum wavelength	最小波长
Maximum wavelength	最大波长
Incident Energy	入射中子能量
Const Scattered Energy	散射中子能量
Num. Sequential Hist	排序直方图指标
Proton Current	质子束流
Type of area binning	面箱操作类型
Number of bus lockouts	总线锁定次数
Experiment number	实验序号
First Run	首次取数
Default run	缺省取数
Sample position	样品位置



Num of header blocks	文件头数据块数
Std det clock period	标准探测器时钟周期
LPSD clock period	线性位敏探测器时钟周期

3.4 CSNS的DAQ数据文件读出

CSNS 的 DAQ 系统获取到的数据文件记录的是电荷信息和时间信息，而 CSNS 运行文件的文件体需要的是中子的位置信息和飞行时间，那么运行服务器上需要一个 DAQ 的读出程序将 DAQ 正常取数后的数据文件转换成包含中子位置信息和飞行时间的运行文件体。DAQ 正常取数组装后的数据格式如表 3.4.1 所示。

表 3.4.1 DAQ 正常取数组装后的数据格式

(ROD Head + 数据 + Status + ROD Tail) 的字节数 (占一个整型)
ROD Head (包含 9 个整型量的结构)
数据
Status (一个整型)
ROD Tail (包含 3 个整型量的结构)

对于不同的探测器系统，DAQ 取数组装后的数据格式也不一样。目前 CSNS 预研的探测器系统有两套，分别是多丝正比室中子探测器系统和 ^3He 正比管中子探测器系统。两套探测器系统的 DAQ 正常取数组装后的数据格式是一样的，数据文件的头和尾是一样的，但是数据是不一样的。

多丝正比室中子探测器系统给出的电荷信号所对应的是层数和丝数上的电荷信号，DAQ 系统获取的数据包记录的是层和丝上的电荷数据，然后通过层和丝上的电荷数据来计算出中子击中探测器的位置。如表 3.4.2 所示。

表 3.4.2 多丝正比室探测器系统的数据部分

	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15-0
Q 数据	层						丝						1	溢	电荷数据		
子板出错	1	1	1	1	1	0	1	机箱号			地理地址			子板出错信息			
主板出错	1	1	1		1	0	0	机箱号			地理地址			主板 FPGA 出错信息			

^3He 正比管中子探测器系统是由很多根 ^3He 正比管组成的探测器阵列，DAQ 系统获取的数据包记录的是每一根 ^3He 正比管左右两端的电荷数据，然后通过左右两端电荷数据计算出中子击中探测器的位置。如表 3.4.3 所示。



表 3.4.3 ^3He 正比管探测器系统的数据部分

	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15-0
Q 数据	地理地址					0	0	0	通道号				0	1	溢	电荷数据	
子板出错	1	1	1	1	1	0	1	机箱号			地理地址			子板出错信息			
主板出错	1	1	1		1	0	0	机箱号			地理地址			主板 FPGA 出错信息			

DAQ 正常取数后生成的数据文件为 NormalMode.dat 文件，根据正常取数的数据格式，运行服务器读出 Java 程序需要打开 NormalMode.dat 文件，并根据其格式将电荷 Q 数据读出，然后根据不同探测器的原理，根据电荷 Q 数据来计算出中子击中探测器的位置。下面将介绍 DAQ 读出程序的设计。

3.4.1 DAQ 读出程序设计

DAQ 读出程序设计用的开发工具是 Eclipse 3.2 和 JavaBean 开发包。JavaBean 是一种 Java 语言写成的可重用组件，写成的 JavaBean 必须是具体的和公共的，并且具有无参数的构造器。用户可以使用 JavaBean 将功能、处理、值、数据库访问和其他任何可以用 Java 代码创造的对象进行打包，并且其他的开发者可以通过内部的 JSP 页面、Servlet、其他 JavaBean、applet 程序或者应用来使用这些对象。

打开 Eclipse，创建好一个工作空间。首先新建一个 Visual Class，打开 Swing Contains，在 Visual 中添加一个 JPanel。将运行服务器读出 Java 程序命名为 ReadDAQDAT.java，在 Visual Class 中选择 JPanel，设置 Set layout = null，可以在 JPanel 中继续添加需要的 JavaBean。为了使用更多的 JavaBeans，在 ReadDAQDAT.java 中加入 import javax.swing.* 和 import javax.awt.event.*。程序所用到的 JavaBeans 如图 3.4.1.1 所示：

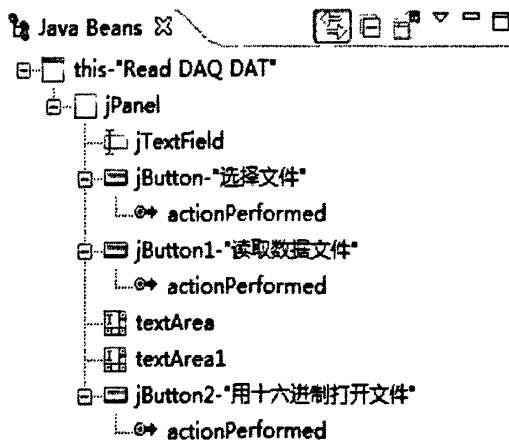


图 3.4.1.1 程序用到的 Java Beans



DAQ 读出程序是由三部分组成，第一部分是选择打开 DAQ 读出文件，第二部分是十六进制的方式显示数据，第三部分是显示计算得出的电荷量和位置信息。

一、打开 DAQ 读出文件的程序设计，主要源代码如下所示：

```
private JTextField getJTextField() {
    if (jTextField == null) {
        jTextField = new JTextField();
        jTextField.setBounds(new Rectangle(135, 21, 542, 33));
    }
    return jTextField;
}

private JButton getJButton() {
    if (jButton == null) {
        jButton = new JButton();
        jButton.setBounds(new Rectangle(34, 18, 94, 39));
        jButton.setText("选择文件");
        jButton.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
            public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent e) {
                JFileChooser chooser = new JFileChooser(" ");
                chooser.removeChoosableFileFilter(chooser.getAcceptAllFileFilter());
                chooser.setSelectionMode(chooser.DIRECTORIES_ONLY);
                chooser.addChoosableFileFilter(new MyFileFilter("dat", "数据文件"));
                state=chooser.showDialog(null, "打开");
                File file = chooser.getSelectedFile();
                if(file != null && state == JFileChooser.APPROVE_OPTION) {
                    JOptionPane.showMessageDialog(null, file.getPath());
                    jTextField.setText(file.getPath());}
                else if(state == JFileChooser.CANCEL_OPTION)
                    { JOptionPane.showMessageDialog(null, "退出!"); }
                else if(state == JFileChooser.ERROR_OPTION)
                    {JOptionPane.showMessageDialog(null, "错误!"); }
            }
        });
    }
}
```




```
    }  
    return jButton;  
}
```

二、以十六进制的方式显示数据。主要源代码如下所示：

```
public void hexdisplay() throws IOException  
{    textArea1.setText("");  
    int k=0;  
    FileInputStream fin = new FileInputStream(new File(jTextField.getText()));  
    BufferedReader br=new BufferedReader(new InputStreamReader(new  
FileInputStream(jTextField.getText())));  
    int len = 4;  
    byte[] temp = new byte[len];  
    for (; (fin.read(temp, 0, len)) != -1;)  
    { if (k<100){  
        if (k%30>9&& k%30<26){  
            for(int i=0;i<4;i++)  
            {  
                if (temp[i] > 0xf && temp[i] <= 0xff) {  
                    textArea1.append(Integer.toHexString(temp[i]));  
                } else if (temp[i] >= 0x0 && temp[i] <= 0xf) {  
                    textArea1.append("0" + Integer.toHexString(temp[i]));  
                } else {  
                    textArea1.append(Integer.toHexString(temp[i]).substring(6));  
                }  
            }  
        }  
        textArea1.append("\n");  
    }  
    k++;  
    }  
}
```



三、显示计算得出的电荷量和位置信息。数据获取系统最后生成的数据文件是包含很多信息的，大部分信息是相同的，主要的不同是电荷信息。目前数据获取系统所生成的数据文件分为两种：一种是地理地址和通道号上的电荷信息，像 ^3He 正比管探测器系统的数据获取生成的数据文件，运行服务器读出程序需要读出 ^3He 正比管探测器两端的电荷信息；另一种是层和丝上的电荷信息，像 $^3\text{He3}$ 多丝正比室探测器系统的数据获取生成的数据文件，DAQ 读出程序需要读出 ^3He 多丝正比室探测器层和丝上的电荷信息。主要源代码如下所示：

```
public void display()throws IOException
{   textArea.setText("");
    int i=0;
    FileInputStream fin = new FileInputStream(new File(jTextField.getText()));
    BufferedReader br=new BufferedReader(new InputStreamReader(new
FileInputStream(jTextField.getText())));
    int len = 4;
    int [] Qtemp = new int[8];
    byte[] temp = new byte[len];
    for (; (fin.read(temp, 0, len)) != -1;)
    {   if (i<300) {
        if (i%30>9&&i%30<26){
            textArea.append("地理地址:
"+Integer.valueOf(Integer.toBinaryString(temp[0]>>>3),2).toString());
            textArea.append(" 通道号:
"+Integer.valueOf(Integer.toBinaryString(temp[1]>>>3),2).toString());
            System.out.println(Integer.toBinaryString(temp[1]));
            String a = Integer.toBinaryString(temp[1]);
            int b = a.charAt(a.length()-1);
            System.out.println(b);
            if (b==1)
            {textArea.append(" 是否溢出: 是");}
            else{textArea.append(" 是否溢出: 否");}
            if ((temp[2]*256+temp[3])>0&&(temp[2]*256+temp[3])<1024)
            {textArea.append(" 是否溢出: 否");}
        }
    }
}
```



```
else
    {textArea.append(" 是否溢出: 是 丢弃数据");}
    if ((temp[2]*256+temp[3])>40&&(temp[2]*256+temp[3]<1024)
    { textArea.append(" 电荷数据: "+Integer.toString(temp[2]*256+temp[3]));
    }
    else
    {textArea.append(" 电荷数据: 0");
    for (int k=10;k<18;k++)
    {if(i%30==k)
    {Qtemp[k-10] = temp[2]*256+temp[3];}
    }
    if (i%30>17&&i%30<26)
    {
        if ((temp[2]*256+temp[3])>40&&(temp[2]*256+temp[3]<1024)
        {double Qleft =
(temp[2]*256+temp[3]+0.0)/(Qtemp[i%30-18]+temp[2]*256+temp[3]+0.0);
        textArea.append(" 左端位置:
"+Double.toString(Qleft*100.0)+"cm");
        }
        double Qleft =
(temp[2]*256+temp[3]+0.0)/(Qtemp[i%30-18]+temp[2]*256+temp[3]+0.0);
        textArea.append(" 左端位置:
"+Double.toString(Qleft*100.0)+"cm");*/
        }textArea.append("\n");}
    i++;
    }
}
}
```

3.4.2 DAQ读出程序测试

DAQ 读出程序在读取数据文件的过程中会给出 5 个数据量，分别是物理地址、通道号、是否溢出、电荷数据、位置信息。物理地址和通道是探测器的空间位置信



息，是否溢出是电子学处理后的数据是否超出存储，电荷数据是由探测器输出的电荷量，位置信息是由电荷数据通过探测器的电荷公式计算出来的。

以 ^3He 正比管探测器的数据获取文件为例，DAQ 读出程序会给出探测器的空间位置信息和中子的空间位置信息，通过脉冲中子实验数据分析软件分析，最后可以得到中子的散射图像。

DAQ 读出程序通过编译、运行，最后可以正确地读出 DAQ 的数据文件，并给出探测器输出的电荷 Q 和中子的位置信息。

DAQ 读出程序最终运行的结果如图 3.4.2.1 所示：

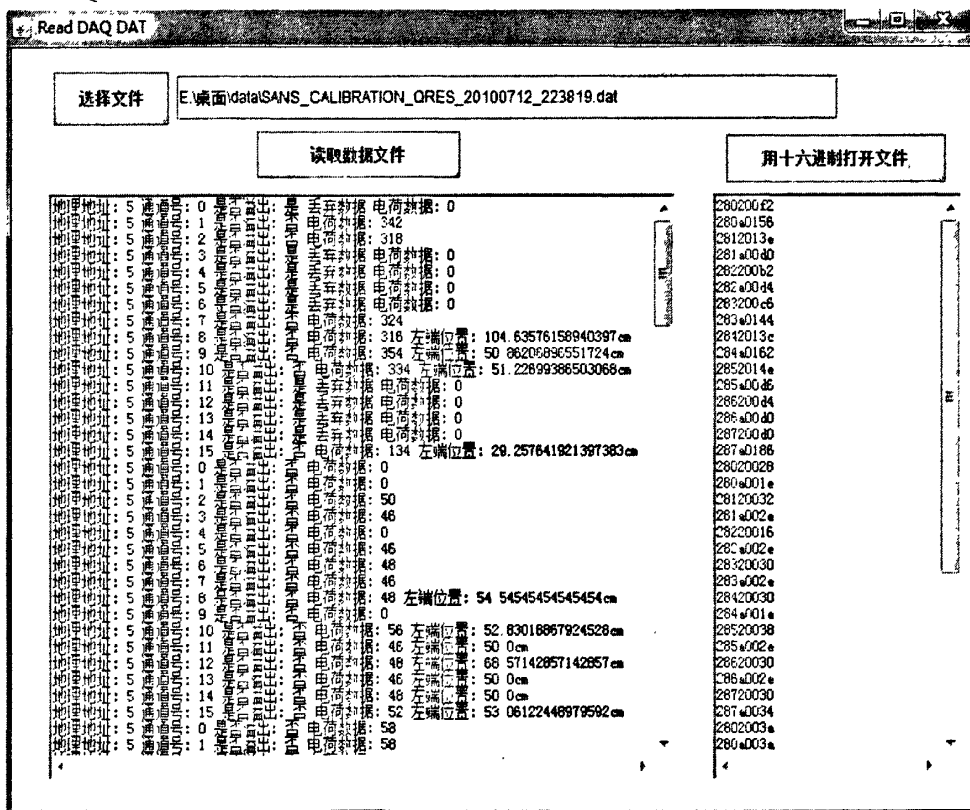


图 3.4.2.1 DAQ 读出程序的运行结果

3.5 CSNS运行文件数据结构

CSNS 运行文件是由文件头和文件体构成。下面分别介绍 CSNS 运行文件的文件头和文件体。

3.5.1 CSNS运行文件的文件头

CSNS 运行文件的文件头是根据初期建设的三台谱仪来设计的，这三台谱仪分



别是高通粉末衍射仪、小角散射谱仪和多功能反射仪。CSNS 运行文件文件头的数据结构格式是：Offset、Size、Variable 和 Type，分别表示是物理地址偏移量、数据大小、数据变量和数据类型。CSNS 运行文件文件头的数据结构格式如表 3.5.1.1 所示。

表 3.5.1.1 运行文件文件头的数据结构

Offset	Size	Variable	Type
0	8	controlParameter(location,size)	I*4
8	8	detectorMapTable(location,size)	I*4
16	8	timeFieldTable(location,size)	I*4
24	8	timeScaleTable(location,size)	I*4
32	8	timeShiftTable(location,size)	I*4
40	8	areaStartTable(location,size)	I*4
48	8	timeDelayTable(location,size)	I*4
56	4	histStartAddress	I*4
60	4	numOfBlocks	I*4
64	4	offsetToFree	I*4
68	4	versionNumber	I*4
72	8	detectorAngle(location,size)	I*4
80	8	flightPath(location,size)	I*4
88	8	detectorHeight(location,size)	I*4
96	8	detectorType(location,size)	I*4
104	8	controlTable(location,size)	I*4
112	8	seqHistWidth(location,size)	I*4
120	2	nDet	I*2
122	20	userName	A*20
142	80	runTitle	A*80
222	4	runNum	A*4
226	4	nextRun	A*4
230	9	startDate	A*9
239	8	startTime	A*8
247	9	endDate	A*9



256	8	endTime	A*8
264	1	protStatus	A*1
265	1	varToMonitor	A*1
266	4	presetMonitorCounts	I*4
270	4	elapsedMonitorCounts	I*4
274	2	numOfCyclesPreset	I*2
276	2	numOfCyclesCompleted	I*2
278	4	runAfterFinished	A*4
282	4	totalMonitorCounts	I*4
286	4	detCalibFile	A*4
290	1	detLocUnit	A*1
291	1	pseudoTimeUnit	A*1
292	4	sourceToSample	R*4
296	4	sourceToChopper	R*4
300	4	moderatorCalibFile	A*4
304	2	groupToMonitor	I*2
306	2	channelToMonitor	I*2
308	2	numOfHistograms	I*2
310	2	numOfTimeFields	I*2
312	2	numOfControl	I*2
314	2	controlFlag	I*2
316	2	clockShift	I*2
318	4	totalChannels	I*4
322	4	numOfPulses	I*4
326	4	sizeOfDataArea	I*4
330	4	hardwareTMin	I*4
334	4	hardwareTMax	I*4
338	4	hardTimeDelay	I*4
342	2	numOfX	I*2
344	2	numOfY	I*2



346	2	numOfWavelengths	I*2
348	4	maxWavelength	I*4
352	4	minWavelength	I*4
356	4	dta	R*4
360	4	dtd	R*4
364	4	omega	R*4
368	4	chi	R*4
372	4	phi	R*4
376	4	xLeft	R*4
380	4	xRight	R*4
384	4	yLower	R*4
388	4	yUpper	R*4
392	4	xDisplacement	R*4
396	4	yDisplacement	R*4
400	4	xLength	R*4
404	2	areaChannelWidth	I*2
406	2	areaDoubleInterval	I*2
408	4	addressOf1DData	I*4
412	4	addressOf2DData	I*4
416	4	endOfOverflow	I*4
420	4	channels1D	I*4
424	2	numOfOverflows	I*2
426	4	clockPeriod	R*4
462	4	energyIn	R*
466	4	energyOut	R*4
470	2	numOfSeqHist	I*2
472	4	protonCurrent	R*4
476	2	areaBinning	I*2
478	2	microprocessor	I*2
480	2	numOfLockouts	I*2



482	4	firstOverflow	I*4
486	4	expNum	A*4
490	4	firstRun	A*4
494	4	lastRun	A*4
498	2	samplePos	I*2
500	4	defaultRun	I*4
504	2	numOfHeadBlocks	I*2
506	2	overflowSort	I*2
512	8	messageRegion(location,size)	I*4
520	8	discSettings(location,size)	I*4
528	8	PSD_IDMap(location,size)	I*4
632	4	standardClock	R*4
636	4	lpsdClock	R*4
640	4	numOfElements	I*4
700	8	detectorLength(location,size)	I*4
708	8	detectorWidth(location,size)	I*4
716	8	detectorDepth(location,size)	I*4
724	4	iName	A*4
728	8	detectorSGMap(location,size)	I*4
736	8	detCoordSys(location,size)	I*4
744	8	detectorRot1(location,size)	I*4
752	8	detectorRot2(location,size)	I*4
760	8	detectorEfficiency(location,size)	I*4
768	8	psdOrder(location,size)	I*4
776	8	numSegs1(location,size)	I*4
784	8	numSegs2(location,size)	I*4
792	8	crateNum(location,size)	I*4
800	8	slotNum(location,size)	I*4
808	8	inputNum(location,size)	I*4
816	8	dataSource(location,size)	I*4



824	8	minID(location,size)	I*4
832	4	instrumentType	I*4
836	4	filterType	I*4
840	4	sampleEnv	I*4
844	4	detectorConfig	I*4
848	4	runType	I*4

3.5.2 CSNS运行文件的文件体

CSNS 运行文件的文件体是根据脉冲中子实验数据分析需要的物理量来设计的，脉冲中子实验数据分析一般需要的是中子的位置信息和飞行时间，从而可以反推出实验样品的空间结构。

CSNS 运行文件的文件体由运行服务器的 DAQ 读出程序将取数后的数据文件读出和计算生成。CSNS 运行文件的文件体的数据结构是按照每个中子的位置信息和飞行时间来设计。用 32 位 16 进制的数据文件来记录每个中子的位置信息和飞行时间。用 64 位来记录一个中子的信息，前 32 位是记录是中子的位置信息，后 32 位是记录的中子飞行时间。



第四章 CSNS 文档服务器

CSNS 是重大且长期的科学工程，从建造到使用会有一个很长的过程，所以在这期间会产生很多的技术文档和资料，这样就需要一个储存来保存这些文档和资料，同时也要方便大家的阅读和查找，文档服务器就可以很好的实现这些功能。文档服务器可以提供上传、下载和 web 网页的功能，能连通网络的地方就可以很方便的浏览、查找、上传和下载文档和资料，也能以网页的方式管理文档，并且提供电子邮件订阅的相关文档和资料的功能。同时文档服务器也将提供日志交流平台，上传、下载照片和视频，以及以 CSNS 的维基百科。

4.1 CSNS文档服务器架构

CSNS 文档服务器用的是 DELL PowerEdge R710，外观如图 4.1.1 所示，这是 DELL 双路 2U 机架式服务器。

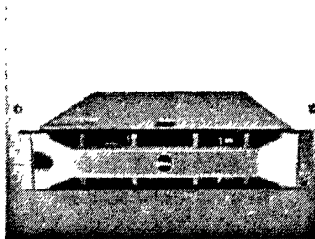


图 4.1.1 DELL PowerEdge R710 外观

支持最新的至强 5600 四核或六核处理器，最高支持 192GB 的 DDR3 内存，支持 6 个 3.5 或 8 个 2.5 寸热插拔硬盘，支持热插拔电源、冷却风扇，群集支持，自带 4 个双端口千兆网卡。DELL PowerEdge R710 详细的硬件配置如表 4.1.1 所示。DELL PowerEdge R710 广泛适用于虚拟化，数据库，高性能计算（HPC）等企业对各方面要求苛刻的环境。^[32]

表 4.1.1 DELL PowerEdge R710 的硬件配置

CPU	2 颗四核 Intel Xeon 5520 (2.26GHz)
内存	8G DDR3 代 RDIMM
硬盘	1TB (6 块) 7.2K RPM SATA II
RAID 卡	PERC6i RAID 控制卡
DVD	SATA DVD ROM 16X



CSNS 文档服务器的操作系统是用 CERN 的 Scientific Linux，因为服务器采用的整个架构是 LAMP，这是 Linux Apache Mysql PHP 的缩写，这是通常一起使用来运行服务器的自由软件。组成 LAMP 的各个组件，都是开源软件中最为出色的项目，这些组件完全是开源的，所以 LAMP 完全是开源的^[33-35]。

我们选择 DocDB 来管理文档，DocDB 最初是由 Fermilab 的 BTeV 合作组开发，现在已经应用于多个大的实验室。Elog 用来建立工作人员日志交流平台，Elog 是 weblogs 家族的一员，通过网页以只显示主题的简洁方式在线显示信息。Gallery 提供照片和视频的上传和下载，是一款免费的 PHP 图片库管理软件。Twiki 做为 CSNS 的维基百科，TWiki 是一个开源 (GPL) 的 wiki 程序，被很多大型商业公司和研究机构采用，例如 Yahoo、SAP、Motorola、Wind River 等。^[37-39]

文档服务器在国内外的实验室使用得普遍，并且应用得也很广泛，想目前正在使用的国外实验室有：BTeV、FOCUS、CMS Pixel、CMS Simulation、Demo ILC DocDB、EPP small experiment DocDB、LARP、Accelerator Division、Computing Division、LPC、USCMS Computing、Open Science Grid、Minos、MINERvA、NOVA。国内大的科学工程像 BESIII、DAYABAY 也都在使用这种文档服务器^[36]。

4.2 CSNS文档服务器安装

服务器系统用的是 Scientific Linux 5.4，该操作系统是由中科院高能物理研究所计算中心提供的。在系统安装的过程中碰到了 GPT 问题，原因是 Scientific Linux 不支持 GPT 格式的文件分区，解决方法如下：将 6 个 1TB 的硬盘做成两个 RAID，2*1TB 的做成 RAID1，RAID1 空间是 1TB，做成系统盘，4*1TB 做成 RAID6，RAID6 的空间是 2TB 做为 /data（数据盘），然后用 ubuntu on usb disk 启动，用终端窗口执行：`sudo fdisk -l`，可以看到两个硬盘，一个是 /dev/sda，另一个是 /dev/sdb，运行 `parted /dev/sda mklabel msdos parted /dev/sdb mklabel msdos`，然后就可以正常安装 Scientific Linux 5.4 了。安装过程中需要注意关闭防火墙。最后用 Scientific Linux 5.4 自带的 yum 包安装 apache+mysql+php。^[40-45]

下面简单的介绍一下 CSNS 文档服务器的各种应用程序的安装：

一、DocDB

DocDB 是一个功能强大、使用灵活，非常适合管理和共享文档的免费软件。最初是由 Fermilab 的 BTeV 合作组开发，现在已经应用于不少于二十多个大的工作组中。费米实验室部分使用 DocDB 的合作组：BTeV (the one that started it all)、FOCUS、CMS Pixel、CMS Simulation、Demo ILC DocDB、EPP small experiment



DocDB、LARP、Accelerator Division Computing Division、LPC (part of the CD DocDB)、USCMS Computing (part of the CD DocDB)、Open Science Grid、Minos、MINERvA、NOVA、BESIII、DAYABAY。

DocDB 的主页如图 4.2.1 所示。

Document Database

[[DocDB Home](#)] [[Administer](#)] [[New](#)] [[Search](#)] [[Last 20 Days](#)] [[Last Authors](#)] [[Last Topics](#)] [[Last Events](#)] [[Help](#)]

Instructions

[Your Account](#)

[Preferences](#)

[DocDB Statistics](#)

[About DocDB](#)

Administer DocDB

Create or change documents or other information

Search for: (Advanced)

Show MyProject-doc-# ->

Show documents modified in the last days

Calendar of events or today's events

List:

- [Authors](#) 0 All documents
- [Topics](#)
- [Groups](#)
- [Keywords](#)
- [Events](#)

Documents modified in the last 7 days

MyProject-doc-#	Title	Author(s)	Topic(s)	Last Updated
2-v1	meeting notes of cryogenic system in 2010	Yue Jun	Cryogenic System	11 Aug 2010
78-v1	Group meeting on July 19, 2010 of experimental control system	Daceng JIN	Experiment Control	09 Aug 2010
77-v1	屏蔽系统调试报告总册汇总	Wen Yin	Shielding	09 Aug 2010
76-v1	屏蔽系统调试报告	Wen Yin	Shielding	09 Aug 2010

图 4.2.1 DocDB 主页

DocDB 的主要安装步骤（部分源代码）如下：

1、dir 设置

```
mkdir /data/webroot/DocDB #存放解压缩文件 需要保存 Static 文件夹
```

```
mkdir /www/cgi-bin/DocDB #存放 DocDB pm 文件
```

```
tar -xzf DocDB-8.7.8.tar.gz
```

2、mysql 的安装

```
mysql> create database DocDB;
```

```
mysql> grant select on DocDB.* to docdbro@localhost identified by "ropass";
```

```
mysql> grant select,insert,update,delete on DocDB.* to docdbrw@localhost identified by "rwpass";
```

```
mysql> grant all on DocDB.* to docdbadm@localhost identified by "admpass";
```

```
mysql> exit;
```

3、cd /home/zhangsk/DocDB/sql



```
mysql -u docdbadm -p DocDB < CreateDatabase.SQL
insert into SecurityGroup set Name='docdbadm',Description='DocDB
Administrators',CanCreate=1,CanAdminister=1;
insert into Institution set ShortName='IHEP',LongName='Institute of High Energy
Physics';
```

4、install

```
cd to DocDB/cgi
cp DocGlobals.pm.template DocGlobals.pm
cp DocMessages.pm.template DocMessages.pm
cp DocRoutines.pm.template DocRoutines.pm
cp DocHelp.xml.template DocHelp.xml
```

5、vi /etc/httpd/conf/httpd.conf

6、fix docdb errors

```
vi /www/cgi-bin/DocDB/DocumentDatabase
#push @OtherColumns,"<a href=$web_root/Static/Lists/$remote_user/FullList.html">All documents</a>";
push @OtherColumns,"<a href=$ListBy?alldocs=1">All documents</a>";
```

二、Elog

Elog 是 weblogs 家族的一员。通过网页以只显示主题的简洁方式在线显示信息，用户可通过网页浏览、查询、下载、更新、或者删除已发布的信息，也可以对所发布的信息添加注释。支持电子邮件通知。

Elog 的主页如图 4.2.2 所示。

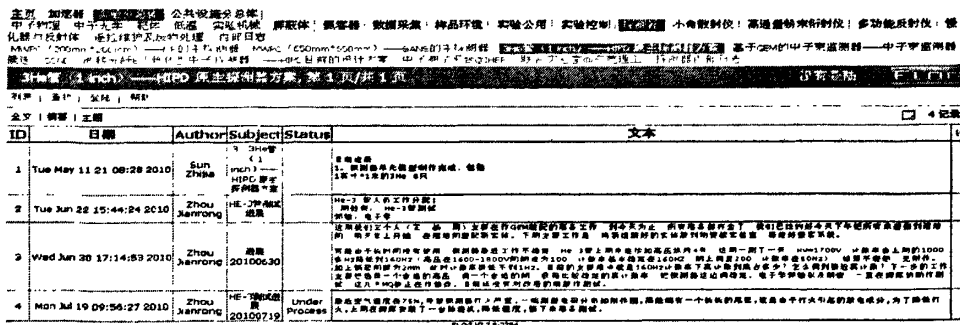


图 4.2.2 Elog 主页

Elog 的主要安装步骤（部分源代码）如下：



1、停止 elog 服务 /etc/rc.d/init.d/elogd stop

2、下载更新，并编译、安装

```
cd /home/maqm
```

```
svn checkout svn+ssh://svn@savannah.psi.ch/repos/meg/elog/trunk elog
```

```
svn@midas.psi.ch's password: svn (这里你可能需要几分钟的等待时间)
```

```
cd elog
```

```
mv mxml mxml.090423
```

```
svn checkout svn+ssh://svn@savannah.psi.ch/repos/meg/mxml/trunk mxml
```

```
svn@midas.psi.ch's password: svn (这里需要多试几次密码)
```

```
mxml (应与 elog 目录同级)
```

```
make
```

```
make install
```

3、启动 elog 服务 /etc/rc.d/init.d/elogd start

三、Twiki

Twiki 是一个开源 (GPL) 的 wiki 程序。Twiki 被很多大型商业公司和研究机构采用，例如 Yahoo、SAP、Motorola、Wind River 等；Atlas、BESIII、dayabay 等。Twiki 完全是一个不需要任何数据库，完全基于文件目录的格式化引擎。支持全文检索，并支持 with/without、正则表达式特性。支持电子邮件通知：设定之后，可自动获得 Twiki 内容改变得通知。

Twiki 的主要安装步骤（部分源代码）如下：

1、准备安装目录

```
mkdir -p /data/webroot/twiki
```

```
cd /data/webroot/twiki
```

2、获得 Twiki 源码并解压

```
wget http://twiki.org/pub/pub/Codev/Release/TWiki-4.3.2.tgz tar zxvf TWiki-4.3.2.tgz
```

3、重新部署.htaccess 文件

```
cp root-htaccess.txt .htaccess
```

```
cp pub-htaccess.txt pub/.htaccess
```

```
cp subdir-htaccess.txt lib/.htaccess
```

```
cp subdir-htaccess.txt data/.htaccess
```

```
cp subdir-htaccess.txt locale/.htaccess
```



```
cp subdir-htaccess.txt templates/.htaccess
```

```
cp bin/.htaccess.txt bin/.htaccess
```

4、编辑配置文件

```
cp bin/LocalLib.cfg.txt bin/LocalLib.cfg
```

```
$twikiLibPath = "/data/webroot/twiki/lib";
```

```
AuthUserFile /data/webroot/twiki/data/.htpasswd
```

```
AuthType Basic <FilesMatch "configure.*">
```

```
SetHandler cgi-script
```

```
Order Deny,Allow
```

```
Deny from all
```

```
Allow from 127.0.0.1, 192.168.2.57
```

```
Require user csns
```

```
Satisfy Any
```

```
</FilesMatch>
```

```
ErrorDocument 401 /data/webroot/twiki/bin/view/TWiki/TWikiRegistration
```

```
htpasswd -bc data/.htpasswd csns sanlie
```

5、配置 apache

```
cp twiki_httpd_conf.txt /etc/httpd/conf.d/twiki.conf
```

因为 apache 使用虚拟主机管理 apache, 需要稍微更改一下默认的 twiki_httpd_conf.txt 在文件最开头和结尾添加和标签, 根据需求写好要监听的端口, 或者根据 ServerName 访问, 添加 ServerAdmin, DocumentRoot, ErrorLog, CustomLog 等配置, 如果有 ServerName 也需要写, 这里需要一些 apache 配置知识将所有默认目录改为真实目录 注释掉 php_admin_flag engine off, 否则 apache 会报错其他配置根据需求设定

6、更改目录访问权限

```
chown -R apache: apache /data/webroot/twiki
```

```
find ./ -name ".htaccess" -exec chmod u+w {} \;
```

7、重启 Apache service httpd restart

四、Gallery

phpGraphy 是一款免费的 PHP 图片库管理软件。用户可以浏览、上传、下载图片/录像, 对图片/录像添加文字注释, 可以通过 Web/FTP 的方式远程批量上传图片/录像等文件。phpGraphy 支持录像、声音、文本文件格式, 非常容易修改布局或者



文字内容，可以以幻灯片的方式演示图片，自动生成缩略图，对目录和子目录的创建没有限制。

Gallery 的主页如图 4.2.3 所示：

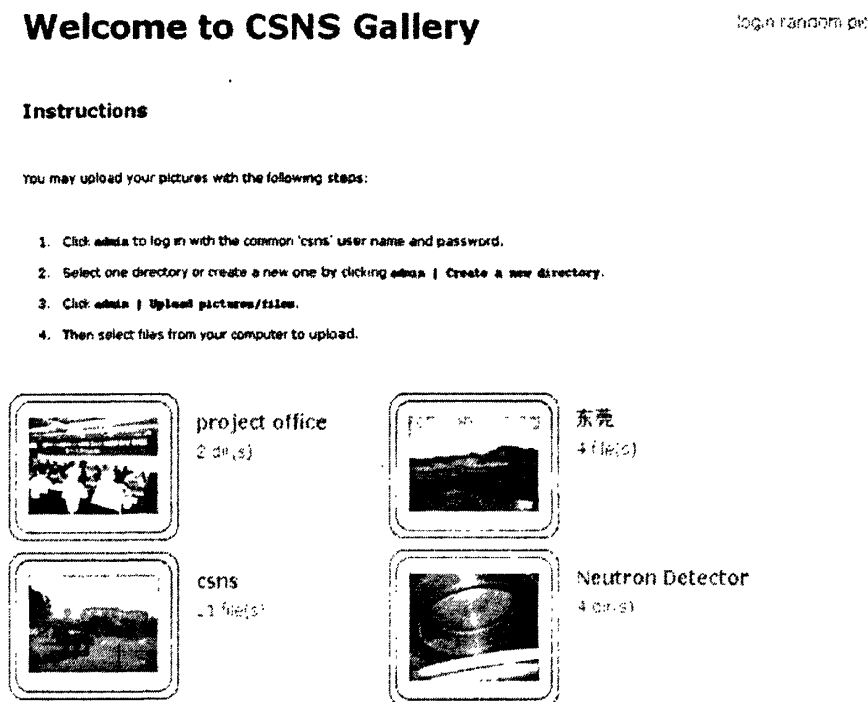


图 4.2.3 Gallery 主页

Gallery 的主要安装步骤（部分源代码）如下：

1、创建 Gallery 目录

```
mkdir /data/webroot/internal/gallery #创建 Gallery 主目录
```

2、获得 phpGrphy 源码并解压

```
wget http://prdownloads.sourceforge.net/phpgraphy/phpgraphy-0.9.13b.tar.gz?download  
tar zxvf phpgraphy-0.9.13b.tar.gz
```

3、配置 Gallery 配置文件

```
vi /data/webroot/internal/gallery/conf/config.ini.php  
admin_ip = "127.0.0.1"  
install_mode = 1  
debug_mode = 1  
language_file = "lang_en.inc.php"  
thumb_generator = "convert"
```




```
rotate_tool = "jpegtran"
```

```
use_exif = 0
```

4、重启 apache service httpd restart

4.3 CSNS文档服务器使用

DocDB 是 CSNS 文档服务器管理文档的程序。安装分三部分：mysql 数据库存储文档信息；目录结构的文件系统存放真正的文档；一组 CGI 的 scripts 提供对上面两部分信息的统一访问管理。DocDB 使用的特点：

- 浏览，下载，上传，更新，删除文档
- 按主题、修改时间、上传时间、作者、事件、关键字等分类查询
- 支持电子邮件通知
- 权限管理：
 - 分组管理
 - 访问控制

对于用户来说，DocDB 很方便的功能是它可以记录你每一个版本的技术文档和资料，随着 CSNS 工程的进展，每次相同技术文档和资料有更新，用户不必创建一个新的记录，可以直接在以前记录的基础上更新文档和资料。这种存储文档和资料的方式不仅方便了作者，同样也方便了文档资料的阅读者，阅读者可以在阅读这些文档和资料的时候可以很方便的找到它们以前的版本，可以看出这些版本的变化，从而能更加详细地了解作者的工作进展。

Elog 是 CSNS 文档服务器的日志交流平台。通过 txt 文本的方式来管理日志，不需要通过 mysql 数据库，所有的日志文件都保存在 logbooks 里面，方便管理和维护。Elog 使用的特点：

- 用户可通过网页浏览、查询、下载、更新、或者删除已发布的信息，也可以对所发布的信息添加注释。
- 支持电子邮件通知
- 权限管理
 - 分组管理
 - 访问控制
- 安装简单，管理简单
- 多个服务器之间信息同步



对于用户来说, Elog 的信息交流方式非常适合 CSNS 工程中各分总体下面的子系统。CSNS 工程下面的每一个子系统每周都会选择一个固定的时间召开例会, 讨论上周本系统的工作进展情况和工作中遇到的问题, 说明还有哪些工作需要其他部门的合作, 以及下周的工作安排。如果工作在这一周的时间内需要进一步交流就只能依靠邮件了, 但这也是很麻烦的, Elog 就很好的解决这个问题, 管理员可以为每个子系统设置与工作相关的交流主题, 工作组的成员可以自由在上面讨论问题, 新的问题和回复会及时地通知订阅了这个主题的成员。

Grallery 为 CSNS 的工作人员提供上传、下载照片和视频 web 服务, 让大家可以见证 CSNS 工程的进展和自己工作的历程。Grallery 的使用特点:

- 浏览、上传、下载图片/录像, 对图片/录像添加文字注释
- 通过 Web/FTP 的方式远程批量上传图片/录像等文件
- 支持录像、声音、文本文件格式
- 非常容易修改布局或者文字内容
- 可以以幻灯片的方式演示图片
- 自动生成缩略图
- 对目录和子目录的创建没有限制
- 权限管理
 - 用户级别的权限来控制私有图片和目录的访问
 - 通过网页进行权限管理

对于用户而言, Grallery 是一个免费的 PHP 开源相册管理系统, 它的特点就是简单和高效。Grallery 支持实时生成缩略图/低分辨率的图片。提供用户评论/评价系统。显示最受欢迎/最近更新/修改的图片。支持幻灯片浏览方式。对图片和目录实行角色访问控制。支持操作 EXIF/IPTC 元数据。它还易于安装高度可配置(主题/模板)。CSNS 工程的用户只需要上传他的整个图片集, Grallery 即会为用户带来更优质的缩略图和较低分辨率的图片。

Twiki 是 CSNS 的维基百科全书, 随着工程的开展, 与 CSNS 有关的知识也会越来越多, 所有参与 CSNS 工程的建设人员都可以更新 Twiki。等到 Twiki 的内容逐渐完善以后, 相关的工程技术人员和 CSNS 的用户可以在 Twiki 的帮助下, 很方便快速地找到问题的答案。Twiki 使用的特点:

- 易于定制和扩展。



- 允许页面编辑：支持所见即所得编辑。
- 访问控制：细化的授权机制让管理员可以限制不同部门的读写访问权限。
- Twiki 完全是一个不需要任何数据库，完全基于文件目录的格式化引擎。
- 支持全文检索，并支持 with/without、正则表达式特性。
- 支持电子邮件通知：设定之后，可自动获得 TWiki 内容改变得通知。
- 文件附件/版本记录/变量/ 插件。

对于用户而言，Twiki 是 CSNS 的一个开放式的百科全书，所有参与 CSNS 工程建设的人员都可以来编辑 Twiki，随着工程的进展，CSNS 的 Twiki 内容也会越来越丰富，Twiki 以后将会成为 CSNS 工程建设的网络档案。

4.4 CSNS文档服务器维护

CSNS 文档服务担负着 CSNS 工程建设时期所有文档的保存和浏览服务，在很长一段时间内为参加 CSNS 工程建设的工作人员提供文档服务器的功能，所以稳定性和可靠性是要求最高的。首先是系统的稳定性和可靠性，关闭系统自动更新以保证所有以安装好组件的正常运行，并且要求管理员每周对系统进行一次维护。其次是数据的安全性，随着 CSNS 工程发展，服务器中的文档、日志、照片和视频也会越来越多，这时要保证所有数据的安全显得尤为重要，主要采用数据备份来保护数据的安全。

另外，为了避免由于硬盘的损坏对文档服务器造成的危险，在安装系统的时候把 6 块硬盘分为了两个盘，2*1TB 做成 RAID1 空间是 1TB 做为系统盘，4*1TB 做成 RAID6 空间是 2TB 做为数据盘，当两块系统盘中任何一块硬盘损坏了，系统都不会受任何影响，4 块数据，换一块新硬盘重建即可恢复。



第五章 工作总结与展望

5.1 工作总结

本文介绍了脉冲中子谱仪的实验数据系统和实验数据结构的设计，详细地分析了美国阿贡国家实验室的强脉冲中子源——IPNS 运行文件的数据结构，设计了 DAQ 的数据文件读出程序，最后给出了脉冲中子实验的数据结构，确定了 CSNS 预研阶段整个谱仪的实验数据系统和实验数据结构。另外，根据中国散裂中子源工程的需求，建立了 CSNS 文档服务器。本文的研究工作主要体现在以下几个方面：

一、完成脉冲中子谱仪实验数据框架的设计，介绍了谱仪实验数据系统上各个系统的作用和原理，给出脉冲中子谱仪的实验数据流程。

二、对 IPNS 上的运行文件进行分析，设计出 IPNS 运行文件的读出程序。该运行文件读出程序可以准确地读出 IPNS 运行文件的文件头和文件体。并且分析出 IPNS 运行文件的文件头数据结构。

三、将 DAQ 的数据文件和 IPNS 运行文件的文件头读出分析，最后得到脉冲中子谱的实验数据结构，并确定 CSNS 运行文件的数据结构。

四、建立 CSNS 文档服务器，从建立至今已经稳定运行了一年有余。CSNS 的工程科研人员已经在 CSNS 文档服务器中上传的技术文档资料一千多份，科研图片和视频资料有二百多个，科研日志有一百多篇。

5.2 工作展望

脉冲中子谱仪的数据结构还需进一步优化，以满足不同谱仪的需求。谱仪运行文件的文件体也需要进一步优化，确保对实验样品环境和谱仪进行精确的控制等等，运行文件的文件体也需要进一步优化，确定中子的数据是 event by event 还是用计数的结等等。

目前 CSNS 谱仪数据框架已经基本上确定下来，但是不同系统间的接口还在进行进一步的调整，但是基本的 CSNS 谱仪数据框架是不变的。下一步的工作是继续探索国外已经建成脉冲中子谱仪的实验数据框架和谱仪实验数据管理的设计，如目前 ISIS 和 SNS 用到的实验数据处理分析系统 Mantid 和谱仪实验数据管理 ICAT。



参考文献

- [1] 韦杰, 中国散裂中子源简介[J], 现代物理知识, 19 卷 6 期 22-29.
- [2] 丁大钊等, 中子物理学——原理、方法与应用[M], 原子能出版社, 北京, 2001.
- [3] 王芳卫, 严启伟, 梁天骄, 等. 第一讲 中子散射与散裂中子源[J]. 物理, 2005, 34 (10): 731-738
- [4] Brockhouse B N Phys Rev., 1955, 99:601.
- [5] Windsor C G. Pulsed Neutron Scattering London Taylor&Francis LTD, 1981.
- [6] NSNS Collaborations. NSNS Conceptual Design Report NSNS-CDR-2/V 1, Martin Marietta Energy Systems, Inc. Oak Ridge Natl lab, Oak Ridge, Tenn, 1997.
- [7] Rees G H, Status. Report on ISIS PAC 1997, Washington, D.C, 1987.
- [8] Holtkamp N. Status of the SNS Project PAC 2003 Portland Oregon USA, May 2003.
- [9] The Joint Project for High-Intensity Proton Accelerators KEK Report 99-4, JHF-99-3 and AERI-Tech 99-054, 1999.
- [10] 唐靖宇, 傅世年. 第二讲 散裂中子源和高功率质子加速器[J]. 物理, 2005, 34 (11): 834-839.
- [11] 张杰. 中国散裂中子源 (CSNS) ——多学科应用的大科学平台[J]. 中国科学院院刊, 2006 (5).
- [12] 王芳卫, 梁天骄, 殷文, 等. 散裂中子源靶站和中子散射谱仪的概念设计[J]. 核技术, 2005, 28 (8): 593-597.
- [13] 李寿木丹. 散裂中子源与先进核能系统[J]. 核科学与工程, 1998, 18 (1): 80-93.
- [14] 中国科学院. 关于我国发展散裂中子源的咨询意见[J]. 中国科学院院刊, 2002 (3): 80-93.
- [15] 中国科学院散裂中子源概念设计组. 多学科应用平台散裂中子源的关键技术创新研究报告[R]. 2004.
- [16] 胡西多, 陈少文, 曾志峰, 朱德海, 吴木营. 中子散射技术及中国散裂中子源概述 [J]. 东莞理工学院学报, 2007, (05): 35-40.
- [17] 张绍英, 王芳卫. 第二届散裂中子源多学科应用研讨会简讯[J]. 物理, 2005, (10): 87-97.
- [18] 中国科学院高能物理研究所, 中国科学院物理研究所. 散裂中子源可行性研究报告(第四版), 北京, 2009: 672-752.
- [19] 王小胡, 二维位置灵敏中子探测器的研制, 博士论文. 北京: 中国科学院高能



物理研究所, 实验物理中心, 2010.

[20] 赵豫斌, CSNS 可行性研究报告—— He^3 正比管探测器的电子学系统, 内部资料。中国科学院高能物理研究所, 2009.

[21] 安琪. 中国粒子物理实验电子学的进展[A]中国核科学技术进展报告——中国核学会 2009 年学术年会论文集(第一卷·第 7 册) [C], 2009.

[22] 吴焯, 高通粉末衍射仪的数据获取系统, 硕士论文. 武汉: 华中师范大学, 物理学院, 2010.

[23] 朱科军, BESIII 数据获取系统, 内部报告. 中国科学院高能物理研究所, 2007.

[24] 陶举洲, CSNS 可行性研究报告——小角散射谱仪数据分析软件, 内部资料。中国科学院高能物理研究所, 2009.

[25] R.K.Crawford et al, USER MANUAL for the IPNS Data Acquisition System.

[26] Jim D'Anjou et al, 束尧等, Eclipse 权威开发指南(第 2 版), 清华大学出版社, 北京, 2006.

[27] Eclipse 公司发布 EclipseSuite V2.0 软件[J]. 光盘技术, 2003, (04).

[28] 郭慎平. 基于 Eclipse 的嵌入式开发工具的研究与实现[D]. 武汉理工大学, 2009, (09).

[29] 李进. 基于 Eclipse 平台的实时软件研究与设计[D]. 武汉理工大学, 2010, (12).

[30] 黄品梅. 解决面向对象设计的关键问题——设置类及继承[J] 电脑开发与应用, 2008, (06).

[31] 还继民. 开发 Eclipse 插件[J] 电脑知识与技术, 2005, (08).

[32] 王达, 网管员必读--服务器与数据存储(第 2 版), 电子工业出版社, 2007.

[33] 丁承, 邵志清. 基于字表的中文搜索引擎分词系统的设计与实现[J] 计算机工程, 2001, (02).

[34] 印鉴, 陈忆群, 张钢. 搜索引擎技术研究与发展[J] 计算机工程, 2005, (14).

[35] 曹勇刚, 曹羽中, 金茂忠, 刘超. 面向信息检索的自适应中文分词系统[J] 软件学报, 2006, (03):

[36] 马秋梅, CSNS 文档服务器使用介绍, 内部报告。中国科学院高能物理研究所, 2010: 20-25.

[37] 刘宇栋, 杨帆. 基于 LAMP 架构的 WEB 服务安全优化方案[J]. 网络安全技术与应用, 2008, (04).

[38] 毛武. 基于反向代理的 Web 应用安全解决方案的设计与实现[D] 西南交通大学, 2010.



- [39] 李昌. Web 应用安全防护技术研究与应用[D]中南大学, 2010 .
- [40] 张神唐. RAID 技术在服务器中的应用[J]. 江汉石油科技, 2006, (02) .
- [41] 周剑. 基于 iSCSI 的磁盘阵列管理软件的研究[J]. 电脑知识与技术, 2008, (32) .
- [42] 罗家奇. 磁盘 RAID 技术初探[J]. 科技资讯, 2007, (31) .
- [43] 武学飞. 利用 RAID 卡实战硬盘 RAID 0 模式[J]. 中小学电教, 2008, (11) .
- [44] 王曙光,吕国人. 独立冗余磁盘阵列(RAID)技术及其应用[J]. 科技创新导报, 2009, (07) .
- [45] 薛启康. Linux 下采用软件实现 RAID[J]. 软件工程师, 2000, (06) .



攻读学位期间发表的学术论文

- [1]Zhang Sheng-kai, Zhang Bing-yun, Huang Guang-ming, Tao Ju-zhou, Ma Qiu-mei.
《China Spallation Neutron Source Document Server Set Up》, Nuclear Electronics &
Detection Technology'2010,2010, China, Guizhou, 13- 18 August, 2010.



致 谢

三年的硕士研究生生活是充实和美好的，自己在不断地成长、成熟，这些都离不开老师的关怀和指引，离不开同学的帮助，离不开亲人的支持。在这里，我向所有关心和帮助过我的人致以诚挚的谢意。

感谢我的导师华中师范大学黄光明教授给予了我很多学习和工作的机会。在研一的理论学习阶段，黄老师为我认真安排专业课程，制定培养计划，夯实我的专业基础，投入了大量的精力并进行了悉心的指导。在研一下学期，黄老师和粒子所的刘峰老师帮我联系陶举洲老师，参加在中科院高能物理研究所的课题组。我来到高能所学习期间，黄老师仍然常常关心我的学习工作和生活情况，并提出宝贵的意见和建议。

在高能所联合培养期间，感谢我的导师陶举洲研究员对我无微不至的关怀，对于我的培养倾注了大量的心血，给予了我莫大的帮助和鼓舞。陶老师一方面指导我循序渐进的学习，为我指点迷津，一方面给我提供一个宽松的学习生活环境，时常找我交流谈心，教育我为人处世，让我倍感温馨，受用终生。陶老师治学严谨，对待工作一丝不苟，对我也严格要求，对于我的工作也力求精益求精，这也使得我进步很快。他的谆谆教诲都还历历在目，对我的人生观、世界观、价值观都产生了极其重要的影响。在我硕士论文的各个阶段，陶老师也给予了我莫大的帮助。

在高能所学习期间，另外一位老师给了我很多的帮助和指导，他就是张炳云高级工程师。张老师学识渊博，一直参加 BES 工程的建设，对高能物理工程建设有着独到的见解，给我留下了深刻的印象。张老师在我建立散裂文档服务器遇到问题的时候，帮我联系软件组和计算中心的老师，同时感谢马秋梅老师、齐法制老师、王萌老师在建立文档服务器上给我的帮助。

感谢孙志嘉副研究员，在探测器组的时候孙老师教会了我很多专业的知识和做人的道理。孙老师经常和我们学生打成一片，他有着非常丰富的专业知识，当我遇到学习和工作上难题的时候，他经常给予我指导和帮助。

感谢散裂一组的衡月昆研究员、杨桂安老师和 DAQ 组的朱科军研究员、章红宇老师、李飞、陈玛丽给予我学习和生活上的帮助，他们及时地帮助我解决学习和生活上的各种困难。感谢散裂一组和 DAQ 组的同学和师兄师姐给我学习和生活上的关心和帮助，他们是：散裂一组的李小波，周建荣，曾志荣，付在伟，徐明，陈晓辉和 DAQ 组的季筱璐、赵东旭、魏丹丹、叶永顺、胡俊、顾旻皓、李现艳、王修库。在此对他们的帮助和关心表示我最诚挚的谢意。



感谢华中师范大学嵌入式系统实验室的每一位兄弟姐妹，大家曾一起学习、互相帮助。他们是：邓健、徐惠平、张凡、张思玉、李齐艳、马知远、刘豪、王波、章磊、吴煊、曾磊、黄卿清、张琴、谢婷、王艳凤、陈雯、唐亦非。

感谢我的父母和亲人长期以来为我的无私付出和奉献，父母的养育之恩和教导我将永远铭记于心。