

科学技术成果 汇编

中国科学院高能物理研究所

1984年

目 录

1. 10兆电子伏北京质子直线加速器.....	1
2. γ 天文观测结果的分析方法.....	5
3. PDP计算机实时控制软件系统.....	7
4. 小型平面漂移室的结构和主要性能研究.....	8
5. 微型计算机CAMAC支持系统及其推广应用.....	10
6. M-160H计算机上程序库的移植和建立.....	11
7. 大型平面 μ 探测器研制.....	13
8. 10兆电子伏质子直线加速器主体理论设计.....	14
9. 强流离子光学原理.....	15
10. 毫微秒脉冲电子枪.....	15
11. 低能强束流输运系统和能谱测量线的理论研究与设计.....	17
12. 月球岩石样品中的微量元素的仪器中子活化分析.....	19
13. ①火力发电厂燃煤过程中在各产物中的分布.....	20
②京津地区大气气溶胶的物理化学特征及其变化规律 的研究.....	21
14. 仪器中子活化法开展吐鲁番盆地、天池自然保护区土 壤背景值的研究.....	22
15. CR-39塑料固体径迹探测器.....	23
16. 我国首批环境标准参考物质——桃树叶、煤飞灰、河 流底的中子活化鉴定.....	24
17. 聚碳酸酯固体径迹探测的研究和应用.....	25
18. 用国产醋酸纤维素径迹探测工作 α 能谱.....	26

19. 深海钻孔样品中微量元素地球化学行为的中子活化研究.....	27
20. 高能铁核 ($E \geq 4 \text{ GeV}/n$) 与铝的核作用截面的测量.....	28
21. 用锗——锂探测器测量正电子 β^+ 湮没.....	29
22. BEPC 注入器——直线加速器加速结构理论计算.....	30
23. π ——介子与原子核相互作用的研究.....	31
24. 汉字系统及其应用软件.....	32
25. 初能大于 10^4 eV 的空气簇射的时间相关性.....	33
26. 气冷电流引线的电子计算机模拟.....	34
27. 环境中宇宙辐射中子和电离成分的测量.....	35
28. 加速器脉冲混合辐射场监测方法的研究.....	36
29. 高能加速器上离能强子与 μ 子的屏蔽计算方法.....	37
30. 用流光室测量北京地磁纬度海平面上宇宙线 μ 子及重粒子 (p 、 d 、 t) 的垂直强度.....	38
31. 硝酸纤维膜的制备.....	40
(一) 一个改进的硝酸纤维膜流程	
(二) $10 \sim 25 \mu\text{m}$ 硝酸纤维膜的制备	
32. $\text{Cu}-\text{Al}-\text{Zn}-\text{Mn}-\text{Ni}$ 形状记忆合金的正电子湮没 研究.....	41
33. 2π 入射的裂片径迹火花计数技术.....	42
34. 煤中微量元素分布及特征研究.....	43
35. 用正电子湮没技术研究形变铁的恢复.....	44
36. 天津市土壤中 27 种元素的背景值研究.....	45
37. 用正电子素做探针研究双层膜体系.....	46

10兆电子伏北京质子直线加速器

周清一 潘惠宝 王书鸿

周金华 冯传锦等

主要协作：一机部 四机部 冶金部

单 位：二机部 七机部

中国科学院有关厂、所

质子直线加速器是一种应用多种高级、复杂的现代工业技术、设计制造精度高、难度大的大型科研设备。它涉及到超高频大功率无线电技术、超高电压技术、高真空技术、精密机械加工、光测及电磁测量、计算机自动控制等科学技术。直至目前，只有少数科学技术发达的国家才建有这类加速器。10兆电子伏北京质子直线加速器周国内首次自行设计制造的第一台这类加速器。

这台加速器是在国家科委直接领导下，于1977年开始设计建造，1982年末安装完毕并联调一次出束成功，1983年12月正式通过国家验收，1984年4月通过有关专家的技术鉴定专家们一致认为这台加速器设计合理，制造质量良好，主要指标达到设计要求，具有七十年代末的国际先进水平，属国内首创。

10兆电子伏北京质子直线加速器的建成，填补了国内质子直线加速器的空白，并有力地证明我国有能力独立自主地设计和制造这类大型的高精尖设备，反映了我国加速器制造技术水平达到新高度。通过这台加速器研制，促进和带动了国内一些工业和科学技术的发展，为国内今后创造大型现代加速器奠定了基础。

这台加速器主要由750keV预注入器、低能束流输运段、加

速腔、高频机、磁铁电源、真空、水冷、束流测量、计算机控制、剂量监测、辅助装置等系统组成。

为提高该加速器运行可靠性，这台加速器的理论设计采用变同步相位设计，根据理论设计编写的四个基本程序，均由国内编写，整个设计计算均在国产DJ S-8机上进行。在该加速器的调试中已证实，这台加速器设计正确可靠。

在这台加速器的研制过程中，采用了许多新工艺、新技术，攻克了许多技术难关，达到了较高的技术水平。例如：

1. 大面积高导无氧铜层复合钢板材的制造。
2. 大直径腔体的卷焊技术与精密加工。
3. 5兆瓦大功率发射机制造及大功率馈送技术。
4. 高精度的高频自动控制技术。
5. 750keV予注入器，是国内流程最大，能量最高，稳定性最好（ $<0.1\%$ ）及发射度最小的一台高压倍加器。
6. 高精度的漂移管制造及安装准直。
7. 加速腔高频电场分布的快速测量技术。
8. 先进的计算机监控技术，实现了对整台加速器的控制。
9. 束流性能测量装置制造与束测技术。
10. 高精度水冷系统的制造。
11. 超高真空设备的制造。
12. 各种四极透镜的制造及测试技术；X、 γ 射线巡测仪的制造等都有相应的难度。

据不完全统计，为了建造这台加速器，在国内首次研制的项目共五十六项。其中许多项目正在发挥经济效益。

例如：

1. 高频机有关技术

201. 25MHz 的 5 兆瓦及 50 千瓦机。402. 5MHz 的 20 千瓦机均是国内首次研制的，它们为国内生产这样大功率高频机提供了宝贵经验。例如：5 兆瓦机和 50 kW 机上用的超蒸冷 820 管，目前已直接用于电子对撞机的发射机上，它还可直接用于国内电视发射机上；北京广播器材厂研制的 402. 5MHz 高频机，为该厂提供了生产发射机的新领域。

2. 高频控制技术

10MeV 加速器的高频率、相位、幅度控制是很成功的。其主要技术已直接应用于低能医用电子直线加速器上。

3. 加速腔体研制技术

为 10MeV 加速器研制的铜钢复合铜极材、腔体的卷制与焊接、腔体内表面加工及漂移管加工、特殊焊接工艺等技术已直接用于目前正在加工的电子对撞机的高频腔体，节省了大量研制费用。

4. 计算机控制技术

10MeV 加速器计算机控制技术已向军事单位移植。

5. 予注入器有关技术

750keV 予注入器的 5KHz、30Kw 音频电源，慢稳系统，80Kv 音频高压变压器以及 750Kv 高梯度加速管强流离子光学和加速管内部电场的计算技术已推广到其它建造中的离子注入机上。

6. 真空技术

为 10MeV 加速器研制的大抽速的 1500 升/秒分子泵和 1000 升/秒的离子泵及各种真空阀门、快卸法兰已作为研制广所的正式

定型产品投入生产。

10 Mev 加速器的束测技术是目前国内束测技术中最先进的。它为国内束测技术的提高提供了经验。

8. 同位素试生产

1984年4月利用10 Mev 质子直线加速器试生产43 毫居里¹¹C放射性同位素。由七二一医院进行动物试验，获得狗的脑、心、肺的动态图象，证明该试剂是一种非常有用的医用显象剂，得到了医学界的好评与重视。

目前，这台加速器正在扩建成35 Mev，它将提供多种短寿命同位素及标记化合物和快中子治癌研究的核医学方面应用。

(工作起止时间：1977.8—1984.4)

γ 天文观测结果的分析方法

李惕培 马宇倩

“ γ 天文观测结果分析方法”的研究工作提出了准确计算关于对象—背景观测模式的实验结果统计可靠性的公式。对于这一类型实验数据的处理分析（统计显著性计算、强度估计、置信水平计算等）建立了一个新的方法。在空间实验和其它物理实验中，由于受到总观测时间等实验条件的限制，为了在实验背景的基础上寻找可能存在的新现象（新天体、能谱线等），经常采用对象—背景观测模式，即分别在一定的时间内对探索对象和不包含被探索对象的背景进行观测，然后比较两种观测的结果。如何判断这类实验的正结果——包含探测对象的计数（源计数）高于背景计数——是新现象客观存在的反映，抑或只是背景统计涨落造成的假像，即如何估计实验结果的统计可靠性，虽然是实验结果分析中的一个重要问题，却一直没有一个准确的方法。例如在广泛采用对象—背景模式的高能天文观测中，世界各国的各个高能天体物理实验组，对于他们通过卫星或气球观测所发现的 γ 射线源或 γ 能谱线，各自采用不同的方法分析，其可靠性彼此不能比较，并且几乎都显著地高估了结果的可靠性，从而导致一些不可靠的结果或假像被宣布为新发现，使理论工作建立在错误的基础上。1969—1980年，美国学者提出和发展了“相对似然法”，企图为解决上述问题建立一个统一的严格的方法。“相对似然法”被普遍地接受，成为分析高能天文观测结果的一个标准方法。高能所李惕培和马宇倩同志指出“相对似然法”也是错误的，对于大多数实际观测结果，它系统地低估了

结果的可靠性。他们批判地审查了现行的各种方法，指出了它们的错误存在，并导出了计算观测结果统计显著性的新的公式，提出了显著性计算、强度估计和置信水平计算的方法。只要源和背景计数不太少（分别多于约10个），这一方法的计算结果同蒙特卡罗模拟结果符合得相当好，而所有其它方法的结果都显著地偏离了模拟结果。他们的公式适用于对象和背景观测时间不同的一般情况，并且比“相对似然法”的公式更简便。这一方法在第13届国际宇宙线会议高能天体物理组总结中得到肯定推荐使用，世界各国不少空间观测和宇宙线物理工作者已采用这一方法分析他们的实验结果。

（工作起止时间：1962.4—1963.4）

10MeV 质子直线加速器控制系统具备比较完备的功能：

- (1)所有磁铁电源电流可以在控制台上利用触摸按钮加以控制。可以一次控制一块磁铁，也可以同时控制一组磁铁或全部磁铁。

软件中采用闭环控制技术，可消除磁铁电源非线性特性所引起的误差。这一点是国外加速器控制软件中所没有的。

- (2)每隔一定时间（例如半小时或十分钟，可由用户决定）把所有磁铁电流检查一遍，若发现电流值的变化，超过允许值，即加以控制，把它拉回到原来数值。
- (3)当增加设备时，只要它们所连接的 CAMAC 插件属于原有类型，就不必增写任何软件。只需增填一个数据表即可。
- (4)每一控制周期（半秒或一秒）对所有设备的工作状态进行检测，并可在控制台上显示，绿色表示正常，红色表示故障。当工作状态由好变坏时，控制台就显示警告，发出音响，唤起操作人员注意。
- (5)操作人员可调用不同应用程序，在彩色显示器上展现各设备的全部或部分参数值及其工作状态，当参数值越限时，将显示红色。
- (6)为保证控制系统正常工作，专设有数据库和数据库管理程序。数据库由全部设备参数的数据表组成，每个参数都有一个名称和相对应的数据表，包含这个参数的全部必要信息。数据库管理程序可以用来建立、修改和删除数据表，把它们在磁盘和磁心间调用。管理程序的核心功能是编辑功能，比较完备。与国外同类产品相同且更为方便，不受显示终端类型所限。此程序已向兵器工业部 203 所推广。

（工作起止时间：1980.4—1983.3）

小型平面漂移室的结构和主要性能研究

李如柏 谢佩佩 陈朝清 王运永

董雪生 侯宝尊 毛慧顺 叶铭汉

主要协作单位：本所工厂

漂移室是七十年代初在多丝正比室的基础上发展起来的一种新型探测器，它也是利用气体放电性质，工作在正比区，既可以测量荷电粒子的游离损失，又可以通过测定原初游离电子的漂移时间来测定粒子的位置。它具有定位精度高、时间分辨好、效率高、造价低廉、容易做成大面积和各种形状。在近年来的高能物理实验中，已逐步取代它的径迹室，成为一种强有力的探测工具。除高能实验物理外，它也广泛应用于中能原子核物理、宇宙线物理、生物学、医学和X—射线晶体学等很多领域。我们对两种型式的漂移室进行了测试。

(一) $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ 的多丝漂移室的主要性能如下：

1. 输出脉冲幅度：

输出脉冲幅度均匀性对 $90\% \text{ Ar} + 10\% \text{ CH}_4$ 好于 5%

对 $80\% \text{ Ar} + 20\% \text{ CO}_2$ 好于 10%

2. 效率：

对 $95\% \text{ Ar} + 5\% \text{ CH}_4$ 效率坪长为 250 V

对 $90\% \text{ Ar} + 10\% \text{ CO}_2$ 效率坪长为 300 V

3. 时间分辨：

$\text{FWHM} = 12.5\text{ ns}$

4. 空间分辨:

$$FWMH \leq 0.29 \text{ mm}$$

(二) $20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ 可调电场漂移室主要性能如下:

- | | |
|--------------------------------|-------------------|
| 1. 空间分辨率 | $120 \mu\text{m}$ |
| 2. 时间分辨率 | 5.3 ns |
| 3. 效率 | 99% |
| 4. 空间 时间线性关系好于 | 3% |
| 5. 对于 ^{55}Fe X 能量分辨率 | 22.5% |
| 6. 漂移单元内幅度均匀 | |

(工作起止时间: 1978.12—1980.12)

微型计算机 CAMAC 支持系统及其推广应用

戴贵亮 唐素秋 于连松 赵京伟

吕德智(研究生) 李建唐 谢亚宁

俞晨红

主要协作单位: 本所电子学室电子本间

CAMAC 是一种国际上通用的, 积木化的核电子仪器标准。使用者可以很方便地用市场上出售的标准模块和自己设计制造的非标准模块组合成各种适用的数据和获取和控制系统。

在微型计算机上建立 CAMAC 系统具有规模小、轻便、廉价和使用方便的特点, 适合我国国情, 易于推广应用。这个工作首先由我所开展起来。

CCU-Z-80 型 CAMAC 机箱控制器是 Z-80 微型机与 CAMAC 机箱之间的接口。它由机箱控制器、总线驱动器、CCU 总线电缆和电缆终端匹配器组成。采用总线驱动器匹配电缆挂接多机箱的办法。当换用不同的总线驱动器时, 可以适用于各种 Z-80 微型机。它可以执行 CAMAC 规范定义的全部功能和 24 位数据传输; 具有辅助控制器总线和数据通道仲裁逻辑; 具有保持功能; 中断逻辑包括中的矢量产生器、优先中断链和中断嵌套处理硬件, 便组成的系统具有较强的实时处理能力。

支持 CCU-Z-80 控制器的软件是按照 CAMAC 规范用 Z-80 宏汇编语言做 CAMAC 标准子程序包, 共有 32 个子程序。用户在编写 CAMAC 系统的实用程序时, 可用 FORTRAN 或汇编语言调用这些子程序, 而不必关心 CAMAC 模块的具体硬件结构。这

样就使具有差异的硬件环境从标准化语言的形式面向使用者。

作为检测手段，还提供了MTM-01型多功能检测插件和CAMAC检测程序。它们不但可用来检测CCU-Z-30控制器，还可以检测CAMAC数据通道和其它功能模块。这种硬、软件及检测手段同时提供的做法，给使用者带来很大方便。

这套产品从开始研制到现在，已小批量生产了约50台，供本所、航天部和解放军所属十多个单位使用，取得了很好的应用效果。CCU-Z-30型CAMAC机箱控制器及其支持软件已于1984年9月通过鉴定。实践证明，该套产品设计合理，性能良好，工作可靠，用户普遍反映满意。

(工作起止时间：1980.5—1984.6)

M-160H 计算机上程序库的移植和建立

王淑琴 王泰杰 严武光

肖 健 吴为民 赵维仁

本工作是为了建立 BES 离线分析程序系统而提出的一项任务。所移植的程序是高能物理上常用的先进程序，这些程序是我国发展高能物理研究所急需的，也是其他学科所需要的。

它包括：

(1) PATCHY：多用户共享多版本资源程序管理系统；

(2) 西欧核子研究中心程序库 CERNLIB，也包括 KELLIB、GEANLIB，它包括高能物理研究必须的基本程序，通用数字计算和数据处理程序，约 1500 个子程序。

(3) 完成直方图和各种显示的画图程序包 H BOOK HANDYPAK、GDS；

(4) 电磁簇射模拟程序包 EGS；

(5) 结构型高级语言 MORTAN 予处理器；

(6) 蒙特卡罗模拟程序库包 SAGE 及各种物理蒙特卡罗模型；

(7) 内存动态管理程序包 Z BOOK；

(8) 在工作中积累收集了典型的作业控制语言建起的 JCL 库。

此程序库正在本所用于北京正负对撞机及北京谱仪的设计及其它工作中，同时也为中国科技大学、水利科学院等单位所使用。

(工作起止时间：1982.4—1983.7)

大型平面 μ 探测器研制

徐绍旺 毛成生 王世伟

吴应荣 邵永生 赵平德

赵长占 常 珍 穆礼光

主要协作单位：美国麻省理工学院核科学

实验所 普莱斯教授、

华兹沃斯等

本项研究的探测器系用在寻找 π 中微子实验中末端的 μ 探测器，共四组，八个平面，每个平面分为垂直，水平各两层，有效面积为 2.5×2.5 米，用156个正比计数管单元，2340个正比计数管组成。加上备用共研制206个单元，为3050根正比计数管，总覆盖面积约为80平方米，是我国首次制成的大型平面探测器，并参加在国外的实验合作。

每个正比计数管单元包括15个正比计数管用特种铝型材制成。尽管美国很多实验室使用了这种型材，但结构都比较粗糙。该项工作在工艺上有一些改进，使前端电路放在型材凹陷空间内，加盖屏蔽，因此有较好的抗干扰性能和紧凑的结构，另外设计加工中已考虑到按漂移管模式工作，公差比较严格，经过美国费米实验所试验束上实测，实际位置分辨率可达到1 mm，84年8月全部运抵实验现场，经过再次测试合格已装到费米实验所的微子束上。在国外初步使用时得到外国同行的好评，其它实验组希望我们参加合作，提供类似的探测器。超过了预定作为正比计数管工作分辨率2—3 mm的技术指标，性能可靠。

(工作起止时间：1981.8—1984.3)

10兆电子伏质子直线加速器主体理论设计

王书鸿 罗紫华 罗应雄 张亦勤

主要协作单位：本所计算机室计算组

龙世达 陈伯飞 刘岚

此设计从设计物理思想、物理方法、计算程序编写及使用的计算机上，完全依靠国内力量完成的。

本设计用三个基本程序：加速腔场分布计算的LAC程序、漂移管长度及其安装位置、束流动力学参数计算的LAD程序，包括空间电荷效应及非同步粒子运动的束流横向运动匹配计算的LAM程序。全部计算都在国产DJS-320机上进行的。计算结果表明：LAC程序比国外的MESSYMESH程序精度高，与目前公认的最好的SUPERFISH程序精度相同；LAD程序比国外的GENLINE程序精度高一量级。LAM程序与CERN的ADAPT程序计算精度相同。

根据本设计来加工制造调试的10MeV质子直线加速器，于1982年底首次联调一次出束成功。

实践已证明：10MeV质子直线加速器的理论设计是完全正确的，具有同类设计的世界水平。

本设计在国内属首创，它为国内质子直线加速器理论设计打下基础。计算用到的三个程序可为今后国内同类加速器发展所采用。

(工作起止时间：1978.5—1984.4)