

粒子加速器 辐射探测方法与应用

李建平 刘曙东 汤月里 等著

原子能出版社

图书在版编目(CIP)数据

粒子加速器辐射探测方法与应用/李建平等著. —北京:
原子能出版社, 2007. 1
ISBN 978-7-5022-3745-5

I. 粒… II. 李… III. 加速器—辐射探测 IV. TL506

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 003837 号

内 容 简 介

《粒子加速器辐射探测方法与应用》一书实质上是一本论文集。它是作者自 1980 年以来,利用国内外辐射装置,对粒子加速器辐射场的特点和探测方法开展的大量科研工作发表的论文组成。主要的辐射探测方法可分为三类:

- (1) 环境低水平中子、 γ 辐射探测方法;
- (2) 脉冲中子、 γ 辐射探测方法;
- (3) 宽能区中子辐射探测方法。

同时,介绍了上述探测方法在国内外大型粒子加速器上的应用和取得有价值环境和工作场所监测数据。

本书可供从事辐射防护、辐射监测和环境保护领域的专业人员以及大专院校有关专业师生参考。

粒子加速器辐射探测方法与应用

出版发行 原子能出版社(北京市海淀区阜成路 43 号 100037)
责任编辑 张 梅
责任校对 李建慧
责任印制 丁怀兰
印 刷 保定市中华美凯印刷有限公司
经 销 全国新华书店
开 本 782mm×1092mm 1/16
印 张 18.75
字 数 468 千字
版 次 2007 年 3 月第 1 版 2007 年 3 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5022-3745-5
印 数 1—1000 定 价 88.00 元

前 言

随着核工业技术的发展,新型的辐射发生器和核设施如高能粒子加速器、散裂中子源、核洁净能源、热核反应装置等不断建造起来。在这些核装置周围环境中产生瞬时中子和 γ 辐射,它们有一系列特点,因此,对辐射剂量测量提出了新要求。

1. 环境低水平中子剂量测量:现有的辐射发生器和核设施在环境中产生的辐射可分为两类:一类在环境中产生的辐射主要是 γ 辐射,如反应堆核电站等;另一类是在环境中产生的辐射主要是中子,如高能粒子加速器等。为测定高能加速器在运行期间对环境的影响,首先应测定来自宇宙辐射的天然中子本底水平,才能评价高能加速器产生的中子辐射对环境的影响。宇宙辐射的中子本底水平很低(在北京地区约为3 nSv/h)。天然 γ 本底水平约为100 nSv/h,中子本底仅占其3%,需要制造高灵敏度环境中子监测器。从宇宙辐射在海平面的中子能谱测量中得知,天然中子本底能谱在100 MeV左右处有峰值。高能粒子加速器在环境中产生的中子能谱与宇宙辐射在海平面中子能谱相类似。只是大气层的密度与混凝土屏蔽密度有所不同,都属宽能区中子谱。所以高能粒子加速器的环境中子监测器要具有高灵敏度与宽能区响应的特点。同时它的注量率灵敏度($\text{cps} \cdot \text{n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)应与中子能量响应平坦。

宇宙辐射的剂量水平与海拔高度和地磁纬度有密切关系,采用高空气球完成了宇宙辐射中子辐射和电离成分随海拔高度变化的测量。

2. 脉冲辐射场:瞬发的中子、 γ 辐射的时间结构与加速器的束流时间结构密切相关,为窄脉冲辐射场,占空比低,要求中子、 γ 监测器在类型选择和结构上能适用于脉冲辐射场。对于脉冲中子辐射,通常采用包有慢化体的热中子探测器,入射中子经多次散射慢化,在中子迁移过程中使中子达到热中子探测器的时间展宽,可达百余微秒。在一定程度上使得窄脉冲辐射测量问题得以缓解。对窄脉冲强辐射,采用“主动型”和“被动型”探测器相结合的办法,获得了有效结果。对于窄脉冲 γ 辐射,采用电流电离室,在电离室的结构和工作电压上采取措施,克服窄脉冲辐射在电离室内形成的离子对“复合效应”,达到适用于测量窄脉冲 γ 辐射场的目的。对于窄脉冲强 γ 辐射,采用“被动型” γ 探测器。

3. 宽能区:中子、 γ 辐射的能量范围宽,如中子能量可从热中子(0.025 eV)变化到几个GeV,跨越10个量级以上,要求中子监测器能量响应范围宽。并且其注量率灵敏度($\text{cps} \cdot \text{n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)随着能量的变化符合注量率—剂量当量率转换系数,也就是要符合ICRP(国际放射防护委员会)推荐曲线,这时其剂量率灵敏度($\text{cps} \cdot \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$)与中子能量无关。这就是通常被称为“雷姆”的结构监测器,它不需要测量现场中子能谱,就能获取剂量当量率。

本书有四篇论文研究宽能区中子“雷姆”计数器问题。与日本高能所(KEK)同行合作完成了五个能量点的标定,最高能量达到 64.7 MeV。

4. 强电磁场干扰,要求监测系统电磁兼容,稳定工作。

5. 辐射监测数据采集与处理

监测器本身具有剂量率显示,报警功能,同时能通过网口与局域网相联,或者通过 485 口到达中心计算机转换成 232 口进入中心机。

本书记录和展示了几位作者自 1980 年以来,针对上述问题开展的实验研究工作,充分利用国内外辐射装置,如国内中科院高能所的 30 MeV,90 MeV 电子直线加速器,10 MeV,35 MeV 质子直线加速器,日本高能所(KEK)的 500 MeV 质子增强器等,进行了脉冲中子、 γ 辐射探测方法的研究。

对普通中子“雷姆”计数器能量响应的检验,是利用复旦大学和北京大学重离子所的静电加速器和国防科工委放射性计量一级站的标准仪,对中子能量和注量率进行标定的。

改进型中子“雷姆”计数器(宽能区中子监测器)的结构研究是与日本 KEK 同行合作,利用日本东北大学和日本原子能研究的东海实验室的质子迴旋加速器完成对 20 MeV 以上中子能量响应实验的。同时在 KEK 的 14 MeV 中子发生器,250 MeV 质子治疗装置,500 MeV 质子增强,12 GeV 质子束流处,以及 KEKB 正负电子对撞点处检验宽能区中子探测器物理性能。

利用低水平中子监测器在高能所香河高空气球发放基地,研究宇宙辐射中子随海拔高度变化。同时利用球形环境 γ 电离室研究了宇宙辐射电离成分随海拔高度变化。并研究宇宙辐射中子的注量率转换剂量当量率的问题。

在上述大量实验研究基础上,建立了北京正负电子对撞机环境和场所中子、 γ 辐射监测系统。同时也被兰州重离子加速器和合肥同步辐射装置,以及秦山核电站等单位采用。

于 1996 年为韩国浦项理工学院的同步辐射装置及巴基斯坦恰什玛核电站提供了辐射监测系统。在这些大型核设施上都取得了有价值数据,评价了对环境的辐射影响。

通过科研成果在国内外核设施上的应用,实现了科研成果转化成生产力的重大进步。北京高能辐射防护技术有限责任公司 13 年的运营实践表明,科研、工程、研发三者相结合的做法是形成高新技术企业的重要途径。

北京高能辐射防护技术有限责任公司

李建平 刘曙东 汤月里

2006 年 8 月 15 日

目 录

第一篇 低水平中子、 γ 剂量的测量及其监测系统

天然中子本底剂量水平的测定	(3)
李建平 常崴克 解延风 唐锦华 唐鄂生	
智能化环境中子、 γ 监测系统	(9)
李建平 汤月里 邵贝贝 刘曙东 张振刚 屈国英	
Intelligent Environmental Neutron and γ Monitoring System	(16)
LI Jian-ping TANG Yue-li SHAO Bei-bei LIU Shu-dong ZHANG Zhen-gang QU Guo-ying	
An Intelligent Environmental Neutron and γ Monitoring System	(23)
LI Jian-ping TANG Yue-li SHAO Bei-bei LIU Shu-dong ZHANG Zhen-gang QU Guo-ying	
北京正负电子对撞机调束运行期间的环境辐射	(26)
李建平 汤月里 邵贝贝 刘曙东 张振刚 屈国英 刘树德	
测定宇宙辐射的中子剂量当量率	(35)
刘桂林 李建平 解延风 唐鄂生 刘曙东	
宇宙辐射中子本底的测量	(39)
李建平 张保襄 刘曙东 唐鄂生 刘桂林 陈之布 解延风 蔡小平	
低空宇宙辐射剂量的测量及其随海拔高度变化的经验规律	(45)
技安室环境辐射组	
K-600 中子发生器的中子天空反射测量	(56)
郑华智 李桂生 吴靖民 李建平	
北京正负电子对撞机本底辐射及高 Z 闪烁体辐照损伤研究	(60)
陈 宇 戴长江 顾以藩 雷传蘅 李建平 刘曙东 邵贝贝 汤月里	
北京谱仪 BES 辐射本底水平的测定	(67)
李 金 李建平 汤月里 刘曙东 安力生 李铁辉 邵贝贝	

第二篇 脉冲中子、 γ 剂量测量及自猝灭流光(SQS)探测器的应用

银探测器在窄中子脉冲场中的剂量响应	(77)
李建平 唐鄂生	
Ag-SQS 脉冲中子探测器	(85)
李建平 杜远才 刘曙东 唐鄂生 张宝襄 蔡小平 王耀兰 解延风	
脉冲中子希沃特计数器的研究	(89)
李建平 刘曙东 汤月里 张振刚 梁小霞 屈国英	
30 MeV 电子直线加速器脉冲中子注量率及剂量当量率的测定	(94)
李建平 吴靖民 刘曙东 唐鄂生	
Measurement of Pulsed Neutron Flux and Dose Equivalent Rate for a 30 MeV Electron Linac	(100)
LI Jian-ping WU Jing-min LIU Shu-dong TANG E-sheng	
BEPC 工作场所辐射监测系统	(108)
汤月里 李建平 邵贝贝 刘曙东 张振刚 屈国英	
自猝灭流光(SQS)探测器的研究结果	(111)
杜远才 李建平 王先佩 刘曙东 唐鄂生	
液化石油气粒子探测器	(119)
杜远才 李建平 刘曙东 唐鄂生 李向程	
SQS 放射性测量仪的研究	(122)
杜远才 李建平 刘曙东 唐鄂生	
80 MeV 电子打靶次级中子产额和角分布的测量	(125)
吴靖民 李建平 雷传衡 刘列夫	
Yield and Angular Distribution Measurement of Neutrons Released by 80 MeV Electrons Incident on a Target	(129)
WU Jing-min LI Jian-ping LEI Chuan-heng LIU Lie-fu	
强脉冲混合场中测量中子和 γ 剂量的电离室方法	(134)
唐鄂生 李建平 刘曙东 蔡小平 陈之布 解延风	
电离室在强脉冲 X 辐射剂量场中的收集效率	(142)
唐鄂生 张宝襄 解延风 蔡小平 陈之布 李建平 刘曙东 王跃兰 杜远才	
加速器混合辐射剂量场的测量	(147)
唐鄂生 陈之布 李建平 刘曙东	

北京正负电子对撞机(BEPC)同步辐射实验厅辐射剂量水平的测定 (155)

李建平 汤月里 刘曙东 姜文贵 雷传衡 邵贝贝 李铁辉 蔡小平 张清江

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ СЛОИСТЫХ ДЕТЕКТОРОВ НЕЙТРОНОВ К
 γ -ЛУЧАМ (1594) (162)

Ли Цзянь-пин Попов Ю. П.

第三篇 高能中子剂量的测量

碳铟比法测定中子($E_n > 20$ MeV)剂量当量贡献 (169)

姜文贵 李建平 张清江

Neutron Energy Response of a Modified Andersson-Braun Rem Counter (179)

LI Jan-ping TANG Yue-Li LIU Shu-dong S. Ban T. Suzuki K. Tijima and H. Nakamura

Neutron Energy Response of a Modified Andersson-Braun Rem Counter (201)

LI Jian-ping TANG Yue-li LIU Shu-dong S. Ban T. Suzuki K. Iijima and H. Nakamura

改进型 Andersson-Braun 中子雷姆仪对 0.025 eV—45.4 MeV 中子的能量响应 (212)

汤月里 李建平 刘曙东 张清江 蔡小平

Neutron Energy Response of a Modified Andersson-Braun Rem-counter and
Measurements in High-energy Stray Neutron Radiation Fields (221)

LI Jian-ping TANG Yue-li S. Ban M. Numajiri H. Tawara T. Suzuki H. Nakamura

K. Takahashi K. Hozumi and Y. Sakamoto

Letters to the Editor (244)

第四篇 辐射屏蔽与环境安全

混凝土屏蔽体中子衰减长度 λ 的测定 (251)

唐鄂生 李建平

中日友好医院质子楼工程辐射屏蔽与监测 (258)

唐鄂生 李建平

高能质子加速器治疗系统应用中的环境安全问题 (266)

刘原中 唐鄂生 李建平 顾洪坤

核动力反应堆舱室中子、 γ 辐射监测方法 (272)

李建平 汤月里 刘曙东

辐射剂量测量仪器的制作工艺考虑.....	(278)
	刘曙东
谱仪大厅屏蔽条件改变后的环境辐射水平变化.....	(281)
	刘曙东 李楠 李铁辉 张清江
加速器辐射场剂量测量方法.....	(286)
	李建平

第一篇 低水平中子、 γ 剂量的测量及其监测系统

天然中子本底剂量水平的测定*

李建平 常崑克 解延风 唐锦华 唐鄂生

(中国科学院高能物理研究所)

摘要: 本文介绍了一种高灵敏度中子监测器,它对天然中子本底的计数率约每分钟 20 次计数。实验测定了几个基本特性:脉冲幅度分辨率、灵敏度和方向性。用该监测器在一年的时间内连续测量了北京玉泉路地区的天然中子本底的剂量水平,并给出了年平均剂量当量值。与日本 KEK 和 CERN 测得的数据进行了比较。

一、引言

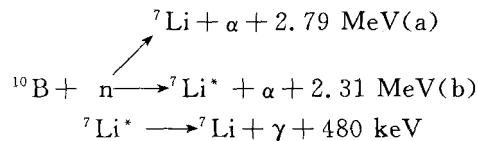
在 高能质子或电子加速器周围环境的杂散辐射剂量中,主要贡献来自中子^[1]。这是由于天空反照效应把加速器产生的中子散射到远离加速器的地方。为了确定杂散中子的辐射剂量水平,评价它对环境的影响,在加速器投入运行前,必须获得足够的天然中子本底剂量水平的数据,并了解它的变化规律。

本工作采用了与 KEK^[2]同类型的高灵敏度中子监测器,对玉泉路地区的天然中子本底的注量率及剂量水平,进行了一年的连续监测,测得的年平均剂量当量值,1980 年为 (2.2 ± 0.4) mrem**, 1981 年为 2.0 ± 0.4 mrem。并与日本 KEK 和 CERN 测得的天然中子本底数据进行了比较,按地磁纬度变化规律给出了合理结果。

二、测量仪器及性能

1. 监测器

是由三支空间物理实验用的大 BF_3 正比计数管并联后,置于 6.5 cm 厚的圆柱形石蜡慢化体中组成,其结构示于图 1。入射中子经过石蜡慢化,与 BF_3 管中的 B^{10} 发生如下反应:



反应(a)占 6%,反应(b)占 94%。反应生成的带电粒子 α 和 ${}^7\text{Li}$ 使 BF_3 气体电离产生脉冲输出。

* 本文 1982 年 11 月在《高能物理与核物理》第 6 卷第 6 期上发表。

** 1 rem = 10^{-2} Sv。

表 1 监测器的技术性能

计数管	总长	直径	有效长	^{10}B 浓缩度	充气压	分辨率	慢化体厚
BF_3	1100 mm	35.2 mm	941 ± 1 mm	95%	400 mm Hg	6%	6.5 cm

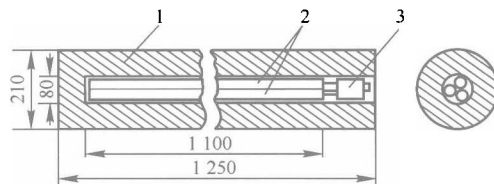


图 1 高灵敏度中子监测器结构(图中以毫米为单位)
1——石蜡柱体;2——三支并联的 BF_3 计数管;3——前级放大器

BF_3 计数管是上海电子管厂为空间物理测量宇宙射线中子而生产的,其技术性能见表 1。计数管输出的脉冲幅度峰值约 5 mV,经过 1 000 倍放大后送入甄别器和定标器,同时也送入多道脉冲幅度分析器。主放大器采用了 FH1002A,有可调的 RC 成形时间常数。

2. BF_3 计数管的脉冲幅度分辨率及 γ 本底的甄别

用 512 道脉冲幅度分析器测量了监测器在 Am-Be 中子源照射下,由中子产生的脉冲幅度分布,见图 2 及图 3。

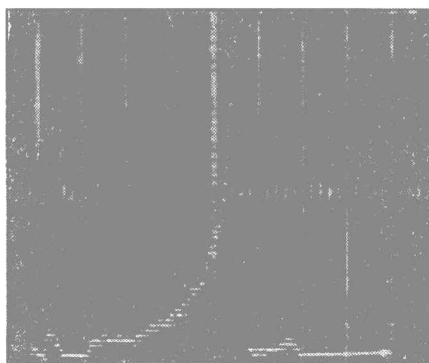


图 2 单支 BF_3 计数管的脉冲幅度分辨率

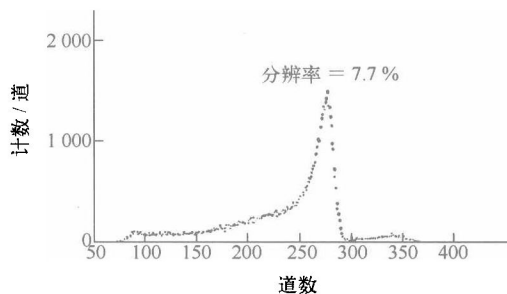


图 3 三支 BF_3 计数管并联的脉冲幅度分布
(甄别阈选择为 50 道,道宽 20 mV)

图中主峰是反应(b)产生的,比主峰能量更高的峰是由反应(a)产生的。单管的最佳分辨率为 5.9%。三支并联时的脉冲幅度分辨率为 7.7%。

显然, γ 射线在计数管中所形成的脉冲幅度很小,它与中子脉冲幅度分布之间有明显界限。因此选择适当的甄别阈很容易将 γ 本底甄别掉,本工作中甄别阈为 420 keV。当监测器在 $100 \text{ mR}^*/\text{h}$ 的 γ 剂量率照射下,甄别阈以上的积分计数并无增加。

* $1\text{R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$ 。

3. 灵敏度及其能量响应

对监测器的刻度是在四楼顶平台上露天空旷的条件下进行的。监测器和源离开平台地面 1.5 m, 刻度用的 Am-Be 中子源的强度为 5.59×10^5 n/s, 结果见图 4。监测器的计数率与中子注量率的关系为一直线, 在测量范围内, 计数率与源距间遵守 R 反平方律关系 (R 为源距), 最大偏离不超过 5%, 重复性较好。由刻度曲线可定出监测器的灵敏度是 $101 \text{ cps/n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。它与同类型的中子监测器的比较见表 2。

这种以 BF_3 正比计数管为中心, 外面包有约 6.5 cm 厚的慢化体的中子监测器, 广泛用于中子本底的注量率的测量。中子能量在 0.2 eV 到 5 MeV 之间, 监测器灵敏度在 $\pm 18\%$ 以内与中子能量无关^[1,2,5]。

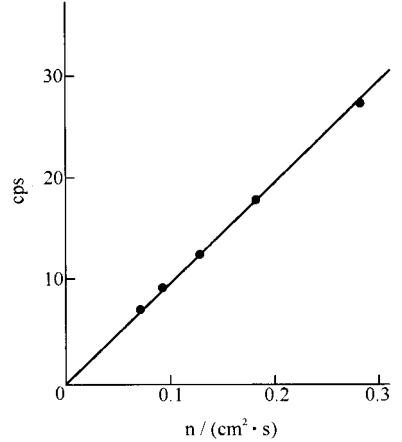


图 4 刻度曲线

4. 方向性

图 5 表示出, 在给定的距离上, Am-Be 中子源相对于监测器的轴线方向成不同角度入射时, 分别测量了监测器的灵敏度。实验表明, 它具有明显的方向性, $\theta = 90^\circ$ 时计数率最高, 角度 θ 接近 0° 时计数率下降至 $\theta = 90^\circ$ 时的 40%。

宇宙射线中子入射到地面的角分布, 可近似表示为 $\cos^n \psi$, ψ 是入射中子与地面垂直方向所成的角度, 对于中子 $n = 3-5$ ^[6]。即宇宙射线中子基本上是垂直入射到地面。因而, 对于水平放置的监测器, 其方向性所引起的灵敏度差别, 在测量中可以不予考虑。

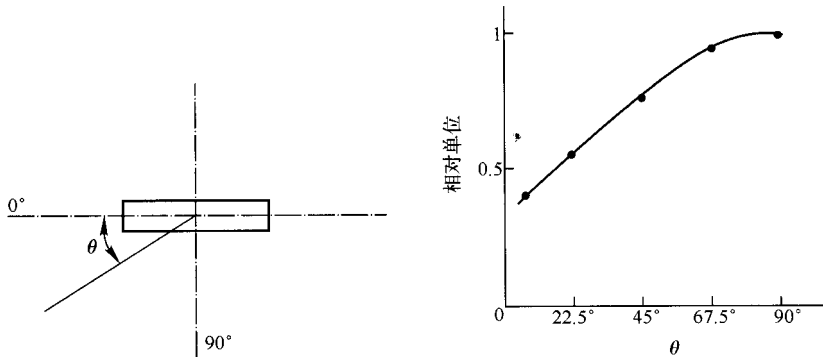


图 5 方向性曲线

表 2 中子监测器的灵敏度比较

监测器	BF ₃ 管	直径 35 mm 长 1100 mm(三支并联)	直径 50.8 mm 长 311 mm	直径 147.3 mm 长 1908 mm	直径 28 mm 长 140 mm
	慢化体厚	6.5 cm	6.5 cm	6.5 cm	6.5 cm
灵敏度/(cps/n·cm ⁻² ·s ⁻¹)		101	32.5	370	2.03
实验室		本工作	KEK ^[2]	KEK ^[2]	401 ^[4]

三、测量结果和讨论

自 1980 年 9 月开始,在我所主楼顶平台上的固定中子监测站,连续一年测量了天然中子本底水平。每 600 s 由定标器取一次数据或长时间累积计数,进行了大量重复性测量。图 6 为 1981 年 5 月份测得的平均计数率。测量中用多道脉冲幅度分析器监测中子脉冲幅度的分布,并记录主峰的位置,从而确认测得数据的可靠性。

天然中子本底是来自宇宙射线,其能谱为 Hess 谱所描述见图 7^[7]。为了估计天然中子本底对人体组织构成的剂量影响,需要将测得的中子注量率转换成相应的剂量当量率。根据 Hess 谱和单能中子注量率—剂量当量率换算系数(取自 ICRP 第 21 号出版物表 4)可计算出 Hess 谱中子的平均注量率—剂量当量率换算系数 \bar{f}_h :

$$\bar{f}_h = \frac{\int_{E_m}^{E_M} f_h(E) N(E) dE}{\int_{E_m}^{E_M} N(E) dE} \quad (1)$$

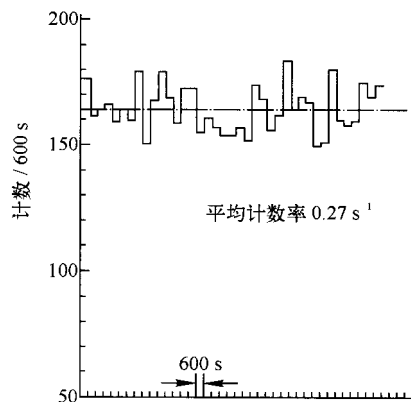


图 6 天然中子本底(1981 年 5 月)

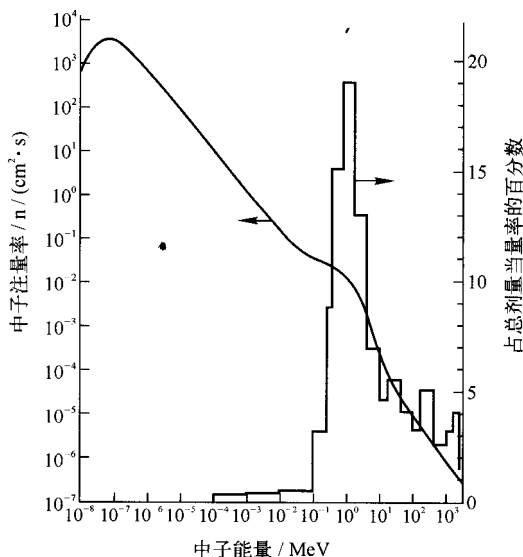


图 7 海平面宇宙射线中子能谱(Hess 谱)和不同中子能组在总的剂量当量率中贡献的百分数

式中 $N(E)$ ——宇宙射线中子注量率谱(Hess 谱), $f_h(E)$ ——单能中子的注量率—剂量当量率换算系数, E_m ——最小中子能量(0.025 eV), E_M ——最大中子能量,由此算得 \bar{f}_h 值为 0.072 mrem/(h·cm²·s)。该值是指单向宽束中子垂直入射到圆柱形体模内最大剂量当量

率。

同理,可算出不同中子能组对总剂量当量率贡献的百分数,示于图 7。计算表明:中子能量大于 5 MeV 以上的占总注量率的 16%,但在总剂量当量率中的贡献占 39%。

用监测器估计天然中子本底的剂量当量率时,由监测器的读数 C (计数/s)和灵敏度 $\epsilon=101 \text{ n/cm}^2$,并考虑到对中子能量大于 5 MeV 和小于 0.2 eV 的注量率的修正,即可给出总注量率。再利用平均注量率—剂量当量率换算系数 $\bar{f}_h=0.072 \text{ rem}/(\text{h}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{s})$,求出剂量当量率 \dot{H} :

$$\dot{H} = \frac{C}{\epsilon} \frac{1}{(1-K)} \bar{f}_h \quad (2)$$

式中 $K=0.16$ 表示能量大于 5 MeV 的中子占总注量率的百分数。能量小于 0.2 eV 的中子占总注量率的百分之一点四。

图 8 给出连续一年测得的月平均剂量当量率。并根据 1980 年后四个月的月平均值计算出年剂量当量值为 $(2.2 \pm 0.4) \text{ mrem}$ 。1981 年为 $(2.0 \pm 0.4) \text{ mrem}$ 。

与国外数据的比较。日本 KEK 1977 年 8 月在低温物理实验室附近测量了天然中子本底的剂量水平^[2]。CERN1974 年在高能加速器周围测量了天然中子本底^[8]。这些数据列入表 3 内。

从表可以看出北京地区的天然中子本底的剂量当量值与日本 KEK(地磁纬度相近)测得值一致。天然中子本底随地磁纬度的增加而增加。

在测量期间 1981 年 4 月和 5 月曾发生太阳跃斑,但在我们的测量中未曾发现天然中子本底有明显变化。

宇宙射线的高能初级带电粒子通过大气层与大气中的氧或氮的原子核发生作用产生中子,基本垂直入射到地面。它们在空气和地面的交界面处,由于地球对入射中子的反散射会使地面上的近热中子注量率增加^[6]。但是由于监测器对这部分中子的灵敏度低,对散射中子的修正可不予考虑。实验证明了这一点,在水平放置的监测器慢化体的底部和周围包有 0.8 毫米厚的镅片与不包镅片对天然中子本底测得的数据相同。

我们于 1981 年下半年开始采用了两套独立的监测系统,同时进行测量,比较测得的数据,以便确保测得数据的可靠性。监测器的参数及测量结果列入表 4。

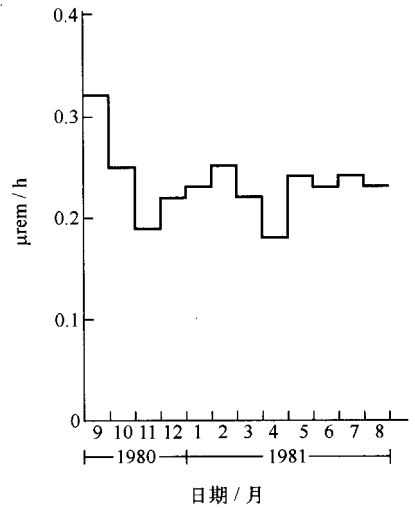


图 8 1980 年和 1981 年的天然中子本底

表 3 天然中子本底数据(圆柱体模内最大剂量当量)

测量时间地点	地理纬度(地磁纬度)	中子剂量(mrem/a)
KEK 1977 年	36°(26°)	1.9~2.8
北京 1980 年(本工作)	40.5°(28°)	2.2±0.4
CERN 1974 年	46°(47°)	8.8

表 4 几种监测器的参数及测量结果比较

监测器 (BF ₃)	长度/ mm	直径/ mm	¹⁰ B 浓缩度	充气压/ mm Hg	分辨率	计数管 支数	慢化体	灵敏度/cps/ n·cm ⁻² ·s ⁻¹	计数率/ cps	注量率/cps/ n·cm ⁻² ·s ⁻¹
φ50 mm	1 200	φ50	95%	900	28%	1 支	聚乙烯 (6.5 cm)	143	0.37	3.08×10 ⁻³
φ35 mm	1 100	φ35.2	95%	400	7.7%	2 支并联	石蜡 (6.5 cm)	62	0.17	3.26×10 ⁻³
φ35 mm	1 100	φ35.2	95%	400	7.7%	3 支并联	石蜡 (6.5 cm)	101	0.27	3.18×10 ⁻³

科学院空间物理所的李立民和张守贵同志参加 BF₃ 正比计数管的性能测定。本工作得到刘桂林、姜文贵和朱育诚同志的支持和帮助,在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- 1 Takashi Nakamura and Toshiso Kosako, Nuclear Science and Engineering 77(1981), 182—191; 中村尚司. 保健物理, 16(1981), 343—354
- 2 Mitsuhiro MIYALIMA et al., Measurement of Stray Neutron Doses Around KEK-PS-Facility (1) KEK-77-17(1977)
- 3 Ferenc Hajnal et al., 1970 Sea-Level Cosmic-ray Neutron Measurements HASL-241 Physics(TID-4500)
- 4 陈常茂等. 原子能科学技术, 5(1980), 606
- 5 NASA TMX-3329
- 6 NCRP Repert No. 45
- 7 R. H. Thomas et al., Neutron Monitoring for Radiation Protection Purposes, Vol. 1, IAEA346, 330 (1972)
- 8 G. Rau and D. Schwenke, Environmental Radiation Measurements Around the 300 GeV Accelerator Area, SPS/RA/Note/76-6. 15 March 1976

Measurement of Natural Background Neutron

LI Jian-ping CHANG Wei-ke XIE Yan-feng
TANG Jin-hua TANG E-sheng
(Institute of High Energy Physics, Academia Sinica)

Abstract: A high sensitive neutron monitor is described in this paper. It has an approximate counting rate of 20 cpm for natural background neutrons. The pulse amplitude resolution, sensitivity and directional dependence of the monitor were determined. This monitor has been used for natural background measurement in Beijing area during passed year. The yearly average dose is given and compared with the results of KEK and CERN.