

保健物理学简介^{*}

郭秋菊[†]

(北京大学物理学院技术物理系 北京 100871)

摘要 核科学和核技术的应用与当今社会生存和可持续发展密切相关,保健物理学是保障核科学技术在社会各领域得以安全应用的综合性学科.文章对保健物理学这一涉及多领域的交叉学科进行了概括性的介绍,对其涉及到的领域,学科主要内容及学科特点等作了简单描述.希冀文章有助于大家对这一学科的认识和了解.

关键词 保健物理,放射防护,核科学,综述

Introduction to health physics

GUO Qiu-Ju[†]

(Department of Technical Physics, School of Physics, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract Nuclear science and technology have an important bearing on the future and sustainable development of our society. The study of health physics is a comprehensive subject that deals with the safe application of nuclear radiation in all areas. An overview is presented of its history and development, and the special role it plays in many interdisciplinary fields. It is to be hoped that the subject of health physics will be better known in the future.

Keywords health physics, radiological protection, nuclear science, review

什么是保健物理学 (Health Physics)? 保健物理学是研究什么的? 尽管今天我国核电集团公司内有颇具规模的保健物理处, 尽管在美国、日本等国家有庞大规模的保健物理学会或协会, 美国还有注册保健物理师这一资质, 但是在国内, “保健物理” 可能对相当一部分人来说还是一个陌生的词汇. 然而, 保健物理学绝不是一个新兴的学科, 相反, 这个学科从诞生至今有悠久的历史, 只是由于学科内容涉及核与放射性这一较为敏感的领域, 学科名称在我国也经历了数次演变, 导致了今天人们听到保健物理却不知所云的局面. 其实, 像 2007 年前苏联间谍在英国伦敦由于体内摄入过量²¹⁰Po 而致死的事件, 在科学依据上正是保健物理应该解决和回答的典型问题.

本文将就保健物理这一学科的历史、现状、内容及学科特点等进行简要介绍, 希望有助于大家对这一学科的了解和认识, 从而关心该学科的发展.

1 保健物理学产生、发展历史和现状

1895 年, 德国科学家伦琴发现了 X 射线. X 射线可以穿透物质以及可以使胶片感光成像的特性令当时的世界大为兴奋, 人们意识到的首选是其医学诊断价值. 随之而来的是研制和研究阴极射线管的高潮和其医学诊断应用的探索和尝试. 有意思的是用来表征照射量大小的物理量也沿用药剂学的规定使用“剂量”(dose)来表示. 在 X 射线研究和应用早期, 人们认为这种看不见、摸不着又感觉不到的射线不会对人体产生危害, 但好景不长, 很快在科学工作者中, 皮肤受照部位开始出现红肿热痛等皮肤炎症症状, 严重者伴有皮肤永久性溃疡或坏死. 至此人们开始意识到在应用 X 射线的同时, 还应该限制 X 射线对人体的照射, 以确保安全. 同样, 放射性物质从

* 国家自然科学基金 (批准号: 10775007) 资助项目

† Email: qjguo@pku.edu.cn

被发现、应用到辐射损伤显现也经历了类似的过程。

在这种背景下,在上世纪初,诞生了这样一门交叉应用学科——保健物理学,它是保障人类在最大限度利用核能和电离辐射的同时,尽量避免和减少辐射照射可能带来的健康危害的综合性边缘学科,是随着原子核技术发展而发展起来的一门重要的应用性学科,是核科学领域中的一个重要分支。可以看出,放射性物质和电离辐射在各领域,早期特别是在军事和医学领域应用的历史,也是人类受到辐射照射导致机体损伤和健康危害的历史,同时也是保健物理学得到不断发展和完善的历史。

保健物理学作为一个学科名称源自1942年的美国芝加哥大学的冶金实验室,当时保健物理组做的第一件工作是为费米(Enrico Fermi, 1901—1954)所建造的芝加哥一号反应堆设计屏蔽。在美国,保健物理作为学科名称一直沿用至今,美国密西根大学的保健物理学部(<http://www.umich.edu/radinfo/>)在这个领域内享有盛名。在美国,除了庞大的保健物理学会之外,还有注册保健物理师(health physicist)这一资质,所有涉及到放射源和电离辐射应用单位的工作人员均要求持有此资质。日本和我国台湾受美国文化影响,均有颇具规模的保健物理学会或协会,相关研究所内设有保健物理部,在教学机构设有保健物理学课程。

必须说明的是,同样是这样一个有关核辐射安全的学科,在前苏联从早期创建时起,其名称被称为放射卫生学。在我国,早期也和一些东欧国家一样将这门学科称为放射卫生学,伴随着改革开放与国际交流的增加,从上世纪末期开始在我国“放射卫生学”一词逐渐被“放射防护”所取代,在我国一些大学的相关学科内开设了放射防护课程。目前,在我国不同版本的学科分类中,放射卫生学与放射防护学并存,但尚无保健物理这样一个学科。其实,关于学科名称,早期在美国也发生过争执,一般认为放射防护容易使人产生不必要的联想,保健物理这个名称却不会传递其他任何信息,所以保健物理作为学科名称使用至今。

可以认为放射卫生、放射防护与保健物理互为同义词,只是在不同的国家或地区名称不同而已。一个有意思的现象是,在我国核电事业近年来有了突飞猛进发展的今天,在核电公司内部负责电离辐射安全的部门均称为保健物理处,这也许是出于对外交流的便利。

2 研究保健物理学的目的、意义和作用

如上所述,保健物理学起源于X射线和放射性物质的发现和应用,是随着原子核技术发展而发展起来的一门重要的实用性学科。人类在从事任何活动中,均会遇到一定风险。研究保健物理学的目的可以概括为:保障人类在最大限度地利用核科学技术造福人类社会的同时,尽量避免和减少电离辐射可能带来的健康危害。

20世纪下半叶起,核能技术、放射性同位素以及电离辐射得到广泛应用和发展,无疑给人类社会带来了巨大的利益,并展现出广泛的前景。今天人类接触各种射线的机会明显增加,辐射照射的危害已经引起社会的普遍关注。在具体实践中,我们需要知道多大剂量的照射会产生多大程度的健康危害,以便考虑在不得不利用和接触放射源的情况下需要在防护上付出多大代价,才能使得健康危害效应降低到可以接受的水平。换言之,保健物理学的任务是提供保护人类健康的适当的标准,与此同时又不过分限制对社会或个人有益的可能导致辐射照射的实践。

当今社会,核能与核技术高速发展,并日益广泛地应用于社会各个角落、各个领域,在社会生存与可持续发展过程中发挥着不可取代的重大作用。另一方面,随着社会的发展,一般公众接触射线、受到辐射照射的机会也与日俱增,因此,保障公众健康不受到辐射照射危害,保障环境的放射安全是保健物理学工作者所面临的艰巨挑战。

3 保健物理学的内容和研究方法

保健物理学是核科学领域中的一个重要分支,是建立在多学科基础之上的综合性交叉学科,其涉及到的学科有:原子核物理学、辐射剂量学、核辐射探测技术、放射生物学、放射化学、放射毒理学、放射损伤学和放射流行病学等学科。

保健物理学的研究内容伴随着核能及核技术在社会上的广泛应用而涉及诸多领域,其主要内容从以下几个方面,现简单介绍如下:

3.1 环境中放射性物质的动态行为及安全评价研究

环境从介质类型上可以分为空气、水和土壤,放射性核素从起源上可以分为天然放射性核素和人类实践活动,例如核爆和反应堆中产生的人工放射性

核素. 主要研究内容有放射性物质在大气中的动态, 包括放射性气溶胶在大气中的扩散、沉降和转移等的动态学研究; 放射性物质在水体中的动态, 包括放射性核素在地下水、江河、海洋和湖泊等的混合、扩散、蓄积、转移等动态学研究; 放射性物质在土壤中的动态及其通过食物链向人体的转移也是其主要组成部分. 可以说, 环境中放射性物质的研究是环境科学中的一个分支.

3.2 电离辐射生物效应研究

研究不同剂量和类型的辐射照射对机体的DNA、细胞、个体及群体在不同水平上的生物效应和健康危害评价. 这部分研究的基础学科包括放射生物学、放射毒理学和放射流行病学等, 研究重点关注的是辐射剂量与所致生物效应的关系, 这部分研究的根本目的是为制定和确立放射防护标准, 如剂量限值等提供生物学根据. 近年来低剂量下的长期辐射照射导致的生物效应是此领域研究的热点.

3.3 放射防护体系及放射防护标准及法规的研究

保健物理学是一门综合的实用性学科, 其中放射防护法规和标准的研究除了建立在自然科学的基础之上, 还要涉及到社会学、管理学和经济学等学科范畴. 如何在使人类社会在核科学应用中获得巨大利益的同时, 又能合理地减少辐射照射导致的健康危害是此学科的主要任务. 这部分内容涉及放射防护的基本原则, 放射防护的审管范围, 国家的法规体系和审管机构等内容.

3.4 辐射照射监测评价与防护研究

辐射照射包括外照射和内照射两大类. 所谓外照射是放射源在体外对人体导致的照射. 内容包括密封源和辐射场的特性、测量, 剂量计算与屏蔽厚度的确定方法研究等. 所谓内照射是放射性核素通过某种途径摄入体内后对人体导致的辐射照射. 内容包括放射性核素的摄入及在体内代谢模式的研究, 通过生物排泄物对内照射剂量进行监测与剂量估算方法学研究, 放射性污染的去污和排污机理类似放射化学的研究等内容.

另外, 职业照射防护研究、医疗照射防护研究和公众照射防护研究也是非常重要的组成部分.

3.5 核工业放射防护和放射性废物的治理研究

包括核燃料循环过程中的放射防护、核设施包

括反应堆的放射防护以及其他与核工业应用有关的放射防护研究, 内容涵盖利益 - 代价分析和最优化等社会经济学范畴.

放射性废物的处理处置原则和方法涉及放射化学领域的内容较多, 另外核设施退役的策略和计划等研究还涉及到社会多领域的协调与配合.

最后, 核事故与核应急也属于保健物理学的研究范畴.

4 保健物理学的最新进展和动向

随着社会的发展, 保健物理学的研究领域也在不断扩大. 从上世纪末开始, 在人类开展对外层空间探索的背景下, 外层空间的放射防护研究, 即宇航员放射防护的物理学描述成为此领域研究的新热点. 另外, 在国际放射防护委员会的倡导下, 各国正在将航空飞行机组人员纳入放射工作人员范畴内进行健康管理, 对机组人员在高空飞行中的辐射剂量进行计算与测量, 相关计算模式、计算机软件研究应运而生.

近年来保健物理学最引人注目的进展是提出了对环境及生物的放射防护. 此学科从诞生发展至今一直是以对人的防护为学科研究的目标和目的. 随着社会的发展, 我们意识到仅对人类进行保护是不够的, 还要对环境中与人类共存的动植物进行保护. 目前, 对生物种群, 包括植物和动物的放射生物效应研究, 剂量计算模型等生物学、物理学研究日益增多, 值得关注. 与此同时, 电磁辐射, 即非电离辐射的安全防护问题也正在被纳入保健物理学的研究范畴.

5 保健物理学发展前景展望

保健物理学是多学科交叉的实用性学科, 物理学是其中的基础学科之一, 保健物理学的发展与物理学密不可分. 可以断言, 人类生存发展会越来越依赖核科学技术的发展, 与之伴随的放射安全与健康危害问题也会越来越受到公众的关注, 科学地回答这些问题, 解决这些问题的保健物理学会起到越来越重要的作用.

参考文献

- [1] Cember H. Introduction to Health Physics USA: McGraw - Hill, Inc. 1996
- [2] 潘自强, 程建平. 电离辐射防护和辐射源安全. 北京: 原子能出版社, 2007 [Pan ZQ, Chang J P et al. Ionizing Radiological Protection and Safety of Radiation Sources. Beijing: Atomic Energy Press, 2007 (in Chinese)]