

- ther Onkol, 2002, 178(2): 105-108.
- 7 Kalns JE, Piepmeier EH. Exposure to hyperbaric oxygen induces cell cycle perturbation in prostate cancer cells[J]. In Vitro Cell Dev Biol Anim, 1999, 35(2): 98-101.
 - 8 Kohshi K, Kinoshita Y, Imada H, et al. Effects of radiotherapy after hyperbaric oxygenation on malignant gliomas[J]. Br J Cancer, 1999, 80(1-2): 236-241.
 - 9 Beppu T, Kamada K, Nakamura R, et al. A phase II study of radiotherapy after hyperbaric oxygenation combined with interferon-beta and nimustine hydrochloride to treat supratentorial malignant gliomas[J]. J Neurooncol, 2003, 61(2): 161-170.
 - 10 Haffty BC, Hurley R, Peters LJ. Radiation therapy with hyperbaric oxygen at 4 atmospheres pressure in the management of squamous cell carcinoma of the head and neck: results of a randomized clinical trial[J]. Cancer J Sci Am, 1999, 5(6): 341-347.
 - 11 Haffty BC, Hurley RA, Peters LG. Carcinoma of the larynx treated with hypofractionated radiation and hyperbaric oxygen: long-term tumor control and complications[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 1999, 45(1): 13-20.
 - 12 Dische S, Saunders MI, Sealy R, et al. Carcinoma of the cervix and the use of hyperbaric oxygen with radiotherapy: a report of a randomised controlled trial[J]. Radiother Oncol, 1999, 53(2): 93-98.
 - 13 Bui QC, Lieber M, Withers HR, et al. The efficacy of hyperbaric oxygen therapy in the treatment of radiation-induced late side effects [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2004, 60(3): 871-878.
 - 14 Gothard L, Stanton A, MacLaren J, et al. Non-randomised phase II trial of hyperbaric oxygen therapy in patients with chronic arm lymphoedema and tissue fibrosis after radiotherapy for early breast cancer[J]. Radiother Oncol, 2004, 70(3): 217-224.
 - 15 Feldmeier JJ, Heimbach RD, Davolt DA, et al. Hyperbaric oxygen in the treatment of delayed radiation injuries of the extremities[J]. Undersea Hyperb Med, 2000, 27(1): 15-19.
 - 16 Vudiniabola S, Pirone C, Williamson J, et al. Hyperbaric oxygen in the prevention of osteoradionecrosis of the jaws[J]. Aust Dent J, 1999, 44(4): 243-247.
 - 17 Granstrom C, Tjellstrom A, Branemark PI. Osseointegrated implants in irradiated bone: a case-controlled study using adjunctive hyperbaric oxygen therapy[J]. J Oral Maxillofac Surg, 1999, 57(5): 493-499.

(收稿日期: 2005-01-11)

文章编号: 1001-098X(2005)06-0292-06

俄罗斯海军放射卫生工作简介

李雨 闵锐 潘真

摘要 在长期大量的实践活动中, 俄罗斯海军已经形成一整套全面系统的辐射卫生学方法和规章制度, 根据作者在俄罗斯所闻, 简述俄罗斯海军放射卫生学的一些工作情况, 供领导和同志们研究和工作参考。

关键词 俄罗斯; 海军; 辐射防护

中图分类号 R141, R821.8 **文献标识码** R

Brief introduction about radiation hygiene in Russian navy

LI Yu, MIN Rui, PAN Zhen

(Department of Radiation Medicine in Navy Medicine Faculty, The Second Military Medical University, Shanghai 200433, China)

Abstract During long-time radiation working practice, there have been established comprehensive radiation hygiene system of technique and regulation in Russian navy. Brief introduction about radiation hygiene in Russian navy are as follows.

Key Words Russia; navy; radiation protection

当今世界上有 5 个国家能够独立制造并拥有核动力舰船(核潜艇, 核动力巡洋舰和航空母舰), 分别是美国、英国、法国、俄罗斯和中国。到 1990 年为止, 全世界共有 579 个运输核动力装置, 其中

511 个用于核潜艇, 68 个用于水面舰艇和非军用船只。1995 年资料显示全世界有 513 个船用堆, 407 个属于俄罗斯所有, 更新的统计显示俄罗斯海军仍然拥有 200 多艘核潜艇(近 400 个反应堆)。在长期大量的实践活动中, 俄罗斯海军已经形成一整套全面系统的辐射卫生学方法和规章制度, 并与海军核

基金项目: 国家自然科学基金资助(30270421)

作者单位: 200433 上海, 第二军医大学海医系放射医学教研室

动力舰船部队工作息息相关,研究电离辐射对舰艇人员的伤害,完善相应的卫生学预防措施是海军卫生学的重要组成部分,无论是平时战时或者事故情况下,对于保护海军相关人员的身体健康,保障部队战斗力都具有重要意义。

1 俄罗斯海军放射工作场所的辐射安全要素

辐射安全直接影响舰艇上作战人员的健康,俄罗斯海军通过2个途径来实现这一目的:第一个方面与动力舱的结构以及与核动力舰船驻泊地的用于其服务修理的特殊工程技术设备有关。保障放射性物质传输的工艺措施在设计建造舰船时期业已完成,其中包括生物防护设备、气密真空系统、通风和空气滤过系统、除沾染系统和辐射检测系统等。

按规定在核动力舰船驻泊地有一些专用设施:防疫站,辐射监控站,码头上专用除沾染汽车和其他设备,辐射安全勤务人员实验室,临时储藏固体放射性废物的仓库或场地,存放污染工作服和个人防护装备的特殊地点,临时储藏液体放射性废物的地下储罐或其他用具。

实现辐射安全的第2个方面是在核动力舰船工作中建立并遵守特殊的制度规范—辐射安全制度。在核舰艇停泊基地,为组织和监督辐射安全性的保障情况,俄罗斯海军建立了独立的部门—辐射安全勤务部门。该部门归属于舰队或独立舰群的指挥员领导,遇到特殊问题由防化部门首长和旗帜的防化专家下达指令执行。辐射安全勤务部门包括一些医学勤务分队,如放射生物学实验室。在舰队的技术保障船只上,辐射安全勤务即建立和维持辐射安全性制度的一些措施均应在有医学勤务部门人员参加的情况下实施。主要包括以下几个要素:①在舰艇上、岸基设施和基地区域建立责任制度区;②组织人员进入责任制度区;③组织对辐射源的防护,防止放射性污染扩散;④在责任制度区内工作时使用专用防护服;⑤进行辐射监测;⑥人员的卫生处理;⑦消除放射性污染的措施;⑧集中收集和掩埋放射性废料;⑨对辐射安全性的状况进行检查;⑩医疗措施。

2 俄罗斯海军放射工作场所辐射安全卫生学监督

核舰艇、核舰艇停泊地、核舰艇重新装填核燃

料工作区域和修理工厂的辐射安全卫生监督由海军舰队、海军基地、联合舰队编队和部队的各级医学勤务部门实施,依据俄罗斯联邦和联邦军队的一系列法规具体实施。俄罗斯海军依据的相关文件有:俄罗斯联邦国防部1996年“俄罗斯联邦武装力量卫生防疫监督工作命令”、“辐射安全性标准 HP-761K7”、“辐射安全性标准 1-1PE-96”、“从事接触放射性物质和其他辐射源工作的基本卫生规则(JPS3)”、“海军核舰艇使用时保证辐射安全性条令 HOPE-BMφ-3”、“对核舰艇工作人员的外部环境放射性污染和人体内部放射性污染的辐射检查指南(PKBC-90)”以及其他的指导性文件。核舰艇上的辐射安全性保障与相应的岸上设施的辐射安全性保障一样,其辐射安全性的基本原则仍然是:①不超过极限剂量规定标准;②尽可能减低受照辐射水平;③避免任何不必要的辐射。

在负责辐射安全性、实施卫生防疫监督方面起重要作用的是放射生物学实验室,它是辐射安全勤务部门的医学勤务分队。放射生物学实验室的主要任务是按照相关卫生规则,检查相关人员在接触辐射源工作时状况,测定生物介质和军人机体内的放射性核素水平,综合分析处理放射生态学监控获得的人员的外部照射和内部照射的数据。

放射生物学实验室的专业人员研究送到舰上的食品的放射性,当航行返回后,在将食品送回仓库之前要评估这些食品是否遭受放射性污染。

放射生物学实验室的主要工作内容之一就是核舰艇停泊地、核燃料更换和修理厂的外部环境等研究对象的放射性进行检查,评估核舰艇使用及核舰艇技术保障设施使用对外部环境的影响,参与研究防止污染的措施。除此以外,放射生物学实验室的专业人员也像整个辐射安全勤务部门一样,参与对发生事故的研究对象(例如核潜艇)进行调查,研究制定出具体措施限制人员受照射剂量,将放射性污染限定在一定范围。通常,从放射生物学实验室派出放射学医生加入辐射安全性小组,对发生海上事故的核潜艇给予帮助。

辐射安全勤务部门的职能与放射生物学实验室的职能相似,在国家卫生防疫监督计划中通过海军舰队卫生防疫队行使职责,由舰队主管放射毒理专家主持放射毒理实验室;在整个海军范围则由主管

放射学专家负责工作。一般来说,几个核大国都设有海军医学研究中心(海军医学研究所),会同其他军事医学研究机构和军医大学等共同进行理论和实践方法学研究,行使复杂检查和分析的职能。

目前卫生防疫监督计划中规定,核舰艇上的医学勤务首长主要负责:①对全体人员的身体和工作能力进行医学检查;②研究和分析放射卫生状况,研究和分析维护核动力装置的专业人员的劳动性质;③检查全体人员执行辐射安全性规则的情况;④检查和分析全体人员受照射的剂量;⑤对执行卫生处理任务人员的医学培训;⑥对航行中的食品和水进行辐射测量分析,并且对结果进行评估(检定);⑦针对接触放射性物质和其他放射源工作的劳动卫生问题进行卫生教育工作。

按规定,每个船用反应堆都应有卫生证书一式两份,其中标明核动力舰船上辐射状况的基本参数,和其他相关数据等。证书的批准权归舰队(联合编队)的医学勤务首长,并负责保存另一份证书。卫生证书的有效期为3年。

医学勤务部门的职能在辐射安全预防性卫生防疫监督计划中就已经开始行使了,这主要表现在造船的最后试验阶段,包括系泊试验,航行试验,国家验收试验。在这个阶段,医学勤务部门首长有权力向舰艇验收的负责人(同时也是国家舰艇验收委员会的成员)提出卫生建议方案,以达到弥补和排除一些缺陷的效果。在工厂制造舰船之前,医学勤务部门参与编制舰艇建造管理明细表,这也是预防性卫生防疫监督的组成部分之一。这样可以反映出所有导致(或可能引起)辐射状况变差或降低辐射检查效果的缺点和技术损伤。

3 俄罗斯海军核动力装置事故情况下监控要点

3.1 辐射水平监控要点

核动力装置出现故障情况下的辐射检查任务总体上与平时相类似,但出现故障时各种放射性因素复杂,辐射水平可能升高,许多表现依具体事故情况特点而不同。

出现故障情况下,辐射检查的主要任务是测量 γ 射线和中子射线的剂量,空气中放射性气体和气溶胶的总放射性剂量,工作表面和设备、人员的皮肤和衣服、以及食品和饮用水的放射性物质的污染

水平。最重要的任务是测定外部照射和内部照射的个人剂量和群体剂量。

根据专业人员所处位置和事故性质,各种辐射因素的影响是不同的。

对于隔舱(通常是反应堆舱之相邻的隔舱)的工作人员来说,热载体和第一回路的设备、放射性气体和气溶胶等都有 γ 射线辐射源。在后一种情况下产生所谓的“体积照射”,其受照效率实质上高于通常辐射源关闭情况下的照射。在相邻隔舱执行战斗值班的人员也遭受不均匀照射,受照情况取决于核动力装置的布局、生物防护材料的情况和射线相对于人员身体不规则部位的有效半径的数值。

对于位于与事故隔舱相邻舱室的人员来说,还会受到 γ 射线辐射的散射影响,由于可以通过种种不同设备系统造成舰上舱室的射线负荷程度加大,这种散射剂量甚至可以达到事故隔舱辐射水平的25%以上,形成与均匀照射相接近的环境。

事故舱室空气中所含的放射性物质,尤其是放射性碘,是强 β 射线辐射源。这时皮肤作为“危险器官”的受照射剂量几乎全由 β 射线辐射所致,能导致真皮层受到强烈的放射性损伤。

在动力装置故障时若及时使用了防毒装具,人员的内照射问题应该可以消除。当“辐射危险”信号启动,人员进入“有准备”状态,迅速穿戴好防护用具。如果这个过程没有及时使用好防护用具,放射性物质可通过呼吸道进入人体。

在吸入较大放射性微粒情况下,受照射影响最严重的器官是鼻咽部,而吸入较小放射性微粒情况下,受照射影响大的器官是肺部。分散的悬浮微尘(直径为2~10 μm ,平均值约为5 μm)在核泄漏情况下在空气中形成气溶胶。

现代化核舰艇上都配有固定式和便携式辐射检查仪,在出现反应堆故障情况下,这些仪器既可以测量所有辐射因素的参数,还可以测量人员受照射的剂量。除了表面剂量,还测量 γ 射线辐射、中子流的密度、放射性碘和气溶胶的容积放射性。例如俄罗斯海军 KMK-1 型固定式辐射测量装置可测定中子辐射剂量、皮肤表层受 γ 射线照射、 β 射线照射的吸收剂量,金属表面上的放射性碘悬浮微尘水平等指标。

3.2 放射医学监护要点

在发生辐射事故情况下, 医学勤务部门的具体任务归结起来主要有以下几个方面: (1) 参与对辐射情况的评估, 提出使用防护装具的建议; (2) 规定事故舱室工作人员和应急救助组的容许受照射剂量, 计算在事故舱室的允许逗留时间和应急救助组的允许工作时间, 向指挥员提出建议; (3) 制定在核动力装置故障条件下人员使用的方案, 其中包括根据受照射剂量限值使用应急救助组的建议; (4) 指导并检查应急救助组成员使用防护装具 (自我感觉检查, 过热现象的预防等); (5) 抗放射性损伤药物的预防使用; (6) 对受伤人员提供医疗救助, 必要时将受伤人员撤离事故现场; (7) 对各种伤员进行医疗处理, 对各类战勤人员进行预防性方法的帮助和指导; (8) 参与对受污染舱室的通风顺序方案的制定; (9) 评估个人辐射剂量测定的结果, 计算内照射剂量; (10) 估计人员受超标照射后的近期结果;

(11) 确定受伤人员的安置位置; (12) 根据当时辐射状况检查个人卫生规则的执行情况和人员食品的组织情况 (为了避免可能发生的放射性物质污染, 应准备接收另外食品); (13) 对食品和饮用水进行检验, 检查是否有放射性物质的污染。

对辐射状况做出卫生评估必须具备以下数据: γ 射线的辐射剂量, 中子流的水平, 气体、气溶胶浓度和同位素组成, 设备、服装和鞋子的表面污染程度, 食品和水的放射性, 皮肤受污染程度和因此受照射的剂量。医学勤务部门可以从舰上防化部门获得这些信息, 必要时也可直接使用辐射检测仪进行相应的剂量检测。

4 俄罗斯海军核动力舰船进行放射性危险作业时放射卫生学要点

在对核舰艇进行技术维护时要完成一系列的操作, 这些操作具有潜在辐射危险性, 因此要求采取一套庞大的专业技术组织和卫生保健措施, 保障工作人员的辐射安全, 防止工作区域外部环境的放射性污染。这些具有潜在危险的工作包括: 反应堆活性区的核燃料更换, 修理核动力装置, 放射性废料的处理工作等。

4.1 舰上反应堆活性区核燃料更换工作时卫生学监督

反应堆工作中会产生多种核素的衰变子体, 甚至停堆几个月后, 活性区中的裂变产物的放射性仍然强烈, 并且可以持续多年。因此, 更换核燃料应在反应堆停止工作之后的不同时间 (从数星期到数年) 进行, 个别情况可在停堆 2 个月之内进行。核动力装置持续工作的时间越久, 其乏燃料更换时安全性越高 (发生核裂变链式反应的概率就越低)。

俄罗斯海军核反应堆活性区的核燃料更换通常在漂浮式技术基地的船舷边进行, 在岸基技术基地上实施这种情况较少。更换核燃料工作经历了解卸反应堆顶盖, 取出使用过的释热组件, 重新装入新的释热组件, 开始进行新的运行等包括 50 多道工艺技术操作的主要步骤。

在进行反应堆核燃料更换时, 由于 γ 射线作用, 空气和设备的放射性污染影响, 包括人员服装和手上的放射性污染的影响, 工作人员实际上面临着外部照射和内部照射的危险。

舰上设备舱室里 γ 射线辐射剂量强度极限为 $0.1 \sim 20.0 \text{ mR/h} [(0.0258 \sim 5.16) \times 10^{-3} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}]$, 当去除防护控制杆和旧释热组件时, γ 射线辐射剂量强度会短时间增加, 个别情况下会有“缝隙”式的辐射现象。

换装核燃料时 β 粒子表面污染水平一般为 $50 \sim 200$ 衰变/ cm^2 , 在反应堆敞开情况下, 个别地方可以达到数千衰变/ cm^2 以上。在反应堆顶盖爆裂和冲洗时, 空气中的 β 气体和悬浮微尘的放射性则会超过容许剂量的 2~3 倍。

在液体金属载热体的反应堆更换核燃料时, 最大的卫生保健问题是高中毒性的放射性钚对空气和设备及人员的表面污染。

拆卸 (爆裂) 反应堆顶盖是高风险的技术工艺操作之一, 因为这时不可避免地要排放气体和悬浮微尘, 这些物质在很短的时间里就会污染工作区。此外, 还有发生辐射 (甚至是链式反应) 的危险, 大量的放射性物质进入外部环境, 引起大面积的放射性污染, 不仅使工作人员的受照射增加, 附近居民的受照射也会增加。

俄罗斯海军报告称, 在更换核燃料平均持续工作时间 20~30 昼夜情况下, 军人的外部受照射平均剂量一般在 $0.1 \sim 0.3 \text{ Sv}$ 。

热释放元件外壳材料状况对辐射水平, 继而

人员的辐射剂量都有很大影响：在热释放元件的外壳有损坏时，放射性核素进入外部环境的概率增大，而且还有放射性核素扩散的可能。

换装核燃料技术工艺操作均应在辐射安全勤务部门的检查监督之下实施，其中各种安全区域划分、防止周围环境放射性污染和阻止放射性物质扩散是工作的关键。应特别注意舰上的防化部门应用不同仪器进行联合辐射检查。使用便携式仪器和固定式仪器检测辐射情况，包括测量和评估 γ 辐射的辐射剂量，空气污染程度，工作面、设备、特种防护服、防毒面具和人员皮肤表面的污染程度，外部环境研究对象的污染程度。要经常性地对工作人员的外部照射剂量进行检测。定期测定专业人员机体的放射性核素水平。工作结束(每个班次)后要对工作人员进行检查处理，必要时可进行经常性检查处理。

在进行核潜艇反应堆核燃料更换工作时，辐射安全性防疫监督由舰队的总放射毒理学专家、舰队防疫队放射学和毒理学处的专业人员实施。辐射安全勤务部门编制内医生和浮船坞修理基地的医学部门放射医学医生对舰上防疫监督人员和对象(设施)直接进行值班观察。为保证医学保障工作和质量，医生应进行相应的专业职业培训。

实际开展工作之前对医学勤务制定出单独的计划，计划中详细规定在准备阶段、技术工艺操作实施过程中和工作结束之后，值班医生应实施的办法一览表。在开始阶段，要熟悉将要进行工作的组织、顺序和工艺特点，熟悉具体的工艺操作的辐射安全性保障和排除可能出现的故障的工作规程，熟悉值班放射学治疗医生的工作规程，然后对这些问题进行测验。

在对反应堆活性区换装核燃料时，值班放射学治疗医生的主要任务是：对从事与放射性物质和辐射源有关的工作人员遵守规则的情况进行经常性检查；在出现意外事故和外伤情况下及时给予医疗救护，必要时实施疏散治疗措施。值班医生在每个工作日开始之前，对即将进入辐射安全控制区的专业人员进行医学检查，发现有医学症状应立即就医，取消进入辐射安全责任区的资格；参与对开始换班人员的指导培训，检查个人辐射剂量仪、特种防护服和防毒面具的状况。在操作实施过程中，依照工作的难度和特点密切观察专业人员个体辐射剂量的

动态变化，以便合理地采取防护措施；对执行防护措施、防止周围环境放射性污染的情况进行检查，检查卫生处理的全面性和工作质量，特别是在某专业人员的受照射剂量接近容许极限剂量时，或者接近预先规定的检测剂量限值时，必须及时向现场工作的指挥员报告，根据个人辐射剂量的剩余备份情况，及时限制该专业人员继续参加工作；当某个专业人员的受照射剂量达到容许极限剂量或规定的受照射检测剂量时，立刻报告现场工作指挥员，及时终止该专业人员的操作。

4.2 在进行核动力装置修理工作时的卫生监督

除了对活性区进行再装填，在核舰艇上还要完成一些其他放射性危险的工作，特别是核动力装置的修理工作(修理蒸汽发生器、循环泵、体积膨胀接头等)。

有两种类型修理工作：航行期间修理和工厂修理。航行期间的修理在军港或者民用港口进行，它主要限于更换故障部件设备。工厂修理的规模较大，一般包括很大的工作程序过程，需要打开核动力装置的技术工艺回路。

修理过程中，主要的辐射源和放射性污染源是核动力装置的组成部件、修理时拆下的受污染的核动力装置的设备和工作过程中形成的放射性废料。拆卸下来设备的放射性主要由材料的感生放射性和它内表面的腐蚀活化产物来确定的，所以受污染严重、同时也是最危险的部分就是核动力装置第一回路载热体的结构部件。由于载热体剩余物质的泄漏，拆卸下来的设备还是大量表面放射性污染的原因。在切割管道、卸下蒸汽发生器等情况下，在焊接过程中，对零部件的机械处理不可避免地会产生空气放射性污染，使工作场地沾染放射性微尘。

在许多修理工作场合，专业人员必须在非常窄小的、难以够到的地方，甚至是有放射性危险的情况下完成任务。这些情况下全身和身体的局部可能受到照射，皮肤、特种防护服和防毒面具都可能受到多种放射性污染，不遵守辐射安全规章将导致放射性物质进入人体。

一切有受照射的可能和与放射性污染有关的工作均应在辐射安全勤务部门的监督之下进行，并且严格遵守辐射安全性责任制度的要求。无论是在对核动力装置修理工作进行卫生防疫监督时，还是在

活性区更换核燃料进行卫生防疫监督时,都要严格地无条件地执行辐射安全工作规则。全面的辐射检查(其中包括个人辐射剂量测定检查),允许参加工作的人员健康状况,对允许持续工作时间的监督,使用防护装具和保证这些装具的完好等都具有特殊意义。在进行修理操作过程中,必须注意及时采取各种措施,防止放射性污染扩散,消除放射性水的泄漏,遵守修理过程中产生的放射性废料的转送规则(使用专用容器和专用塑料袋)。

除了上述舰上核燃料更换和核动力装置维修两

种放射性危险工作,更换放射性过滤器、修理核动力舰船后废料的处理(收集、存放、运输、再处理、掩埋)也属于有放射性危险的工作。

综上所述,海军人员在相关设施上进行放射性危险工作时,严格执行辐射安全规章制度,落实辐射安全卫生监督的各项措施,可以防止人员的过量受照和放射性核素形成的环境污染。

(收稿日期:2005-05-27)

文章编号:1001-098X(2005)06-0297-04

加速器治疗室内感生放射性研究现状

卢峰¹ 刘翠杰² 邓大平¹

摘要 高能加速器缓发辐射危害不容忽视。本文对加速器治疗室内感生放射性产生的原理以及对患者、工作人员、公众等不同人群造成的危害作了综述性介绍;对加速器机头部结构材料处、治疗室空气中的感生放射性水平及有关影响因素的研究现状作了较详细的讨论;最后提出了目前研究中存在的问题及对今后研究的展望。

关键词 感生放射性;加速器

中图分类号 TL5, X591 文献标识码 A

The research status of induced radioactivity in accelerator facilities

LU Feng¹, LIU Cui-jie², DENG Da-ping¹

(1. Institute of Radiation Medicine, Shandong Academy of Medicine Sciences, Jinan 250062, China;

2. The general hospital of Jinan Command, Jinan 250031, China)

Abstract The hazards of subsequent-radiation produced by high-energy accelerator must be no ignore. The principle of induced radioactivity and the hazards to the people were introduced in this article. The radiation levels around the treatment head and in the air of the treatment room were discussed thoroughly. Some effects of the induced radioactivity were also mentioned. At last, the article talks about some problems in present researches and some directions for the following study.

Key Words induced radioactivity; accelerator

近年来,高能加速器被越来越广泛地应用于科研和医疗领域,在给人们带来巨大裨益的同时,也给人们的工作、生活带来了潜在的放射性危害与风险。高能加速器所造成的两种放射性危害是

人们必须要考虑的:一种是瞬发辐射危害;另一种是缓发辐射危害,即感生放射性危害。瞬发辐射仅仅存在于加速器运行时,易于被人们认识并加以屏蔽;而感生放射性在加速器运行或不运行时均存在,相对于瞬发辐射而言更具有隐蔽性,其危害也不容忽视。

作者单位:1. 250062 济南,山东省医学科学院放射医学研究所;2. 250031,济南军区总医院