

某医院赛博刀建设项目职业病危害放射防护控制效果评价

陈掌凡, 谢 萍, 黄玉龙

中图分类号: R147 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2010)02-0217-02

【摘要】目的 评价某医院赛博刀(Cyber knife)建设项目的放射防护控制效果。方法 依据国家相关标准和规范,对项目机房周围辐射水平进行检测评价和辐射危害进行综合评估。结果 该医院赛博刀机房的放射防护屏蔽效果和安全措施符合国家相关标准的要求。结论 该赛博刀在正常运行时,对放射工作人员和周围公众的辐射影响是可以忽略的。

【关键词】赛博刀;建设项目;放射防护;评价

赛博刀是采用实时影像引导技术和机器臂操纵直线加速器自动化、智能化治疗的放射外科治疗系统。它是由成像和计算机系统、治疗计划和操作员控制系统、直线加速器与控制系统、机械臂等组成。赛博刀在放射治疗中能连续实时影像追踪验证及修正照射靶区体位和肿瘤的移动,且利用具有 6 个自由度的机械臂操纵直线加速器(产生 6MV 的 X 射线),可产生不同方向的射束线 1200 条,通过智能化的运算,自动选择最佳路径和最佳方向射束照射肿瘤。一次剂量最高可达 30~80Gy(大剂量),具有足够的能量和穿透力。由于采用了非共面照射原理,因此具有较好的剂量适形与均匀效果,使肿瘤周围的正常组织和重要器官接受的辐射剂量相对较少,并且伤害不大,组织可以从此快速恢复。

1 项目概况

某医院引进了美国 ACCURAY 公司出厂的赛博刀(Cyber knife)用于肿瘤病人的治疗。该赛博刀治疗中心为一单层建筑,建筑面积为 94.3 m²,由治疗室、迷路、控制室和辅助用

作者单位:广西壮族自治区疾病预防控制中心 广西 南宁 530028
作者简介:陈掌凡(1982~),男,广西上思人,壮族,助理工程师,从事放射卫生检测与评价工作。

2.1 变频调速技术 系统上电后,在无故障反馈的情况下,操作员给出操纵指令。PLC 程序根据操纵指令首先发定向指令给变频器,并监视变频器输出力矩达到启动开刹车力矩值时打开刹车,然后按操作指令以各档速度运行。电机运行速度由 PG 光电编码器反馈给变频器,构成速度反馈闭环电流矢量控制,从而达到高精度速度控制和力矩控制;通过速度反馈控制卡监视输出频率到 PLC 高频脉冲输入端子,用于程序中的速度控制与监视。在大小车速度为 0.8m/min 时,操作人员完全有把握控制运行精度小于 6mm。

2.2 远程控制设备 视频遥控操作系统设置在库房操作室内的操作台上,用于在操作室内对行车的吊装过程进行远程遥控操作,配置监视器及遥控设备。通过与行车配套安装的带照明的摄像头,以便在操作时能即时观察库房内情况。

3 自动吊装关键组成部件

3.1 纯机械自动吊具 动作方式为纯机械无动力,抓取和释放动作由钢性伸缩套筒对吊具的作用力来实现。抓取及释放动作安全可靠,并在适当作用机构处加装开闭安全保护装置。

3.2 钢性伸缩机构 为保证抓取物件时升降平稳无倾斜,吊具上方配有钢性自动伸缩导向机构,本机构应具有足够的刚度、强度及耐腐蚀要求,伸缩机构的导轨应具有足够的耐磨度要求,机构伸缩平稳自如无噪声;同时也可补偿因大小车运行时产生的偏斜对吊装作业产生的不利影响。

房组成。东面为城市道路;西面相邻医院放射科;北面 8m 处为医院门诊办公楼;南面 10m 处为居民楼。

2 放射防护控制效果验证与评价

2.1 检测仪器 451P 型电离室巡测仪,不确定度 10%,检测下限 0.01μSv/h 量程 0~50mSv/h 仪器经中国计量科学研究院检定合格。

2.2 赛博刀机房防护屏蔽厚度 机房墙体和天棚均采用密度为 3.85g/cm³ 的 BaSO₄ 混凝土整体一次性浇注而成。治疗室使用面积为 38.3m²,高 4.7m 迷路长 6.7m 宽 1.96m 机房各防护屏蔽厚度值核实详见表 1。

表 1 赛博刀机房防护屏蔽厚度值核实结果(单位:cm)

屏蔽体	东墙	西墙	南墙	顶层	迷路			防护门
					内墙	外墙	内入口处	
理论计算值	134	134	132	123	85	41	126	5mmPb
实际设计值	140	150	150	130	85	140	140	12mmPb
实际施工值	140	150	150	130	85	140	140	12mmPb

2.3 监测结果 对赛博刀机房周围环境的辐射水平监测采用巡测方法,检测仪器距各防护屏蔽体外表面 30cm 检测点距

3.3 吊具的快速更换 考虑到今后吊装的物件会发生变更,需要实现快速更换其它规格的吊具。在自动伸缩机构上加装满足荷载的电磁吸盘装置,在自动吊具上适当位置安装受磁部件。这样既增加了兼容性,又便于平时的维护与保养。

4 保障措施

由于本行车用吊装带有放射性的废物桶,改造后要求定位准确、可靠性高、重复性好,所以采取了如下保障措施:

(1)主要动力部件和控制部件均选用响应速度比较高的优质产品。

(2)视频监视系统信号线采用屏蔽电缆,保证信号线的传输可靠。

通过对江苏省城市放射性废物库的吊装自动化改造,提高了定位精度,其运行精度小于 6mm;操作远程化,通过视频监视系统即可完成吊装过程,减轻了工作人员的工作量,避免了不必要的辐射照射。本技术投入少,作用大,充分满足“辐射防护三原则”的要求。

参考文献:

[1] 杨志达,刘少有,齐雪峰,等.核废物库吊车自动控制精确定位技术[J].核动力工程,2006(12):94-97.
(收稿日期:2010-02-22)

地面高度为 0.8~1.5 m(除顶层、防护门外)。检测条件采用最大准直孔径(60 mm)、等中心最大输出剂量率为 400 cGy/m²的 6 MV X射线,且有用线束朝向被检屏蔽体,检测结果见表 2。

表 2 赛博刀正常运行时机房周围环境辐射水平

检测点	范围值(μSv/h)	检测点	范围值(μSv/h)
东墙	0.03~0.09	顶层	0.05~0.12
西墙(操作室)	0.04~0.06	候诊区	0.02~0.07
操作位	0.04~0.06	上	0.11~0.23
南墙	0.03~0.10	防护门中	0.15~0.22
迷路外墙	0.02~0.07	下	0.15~0.20

注:表中数据均未扣除本底,本底为 0.02~0.08 μSv/h。

3 辐射防护措施评价

3.1 安全联锁装置 设计安全联锁装置是为了防止职业人员和公众误入治疗室可能造成超剂量照射。通过现场核查,赛博刀系统安全联锁装置如下:①紧急停止(E-stop)系统,可以停止设备运动和辐射,但设备保持通电状态,系统开始备份治疗方案;②紧急断电(EFO)系统,可切断整个系统所有的电源;③门机联锁开关,防护门开启时系统不能出束;④钥匙开关,钥匙开关开启系统的高能射线(6MV X射线);⑤治疗参数设置与辐射启动联锁。

3.2 安全设施 为了提高放射治疗质量和治疗安全而设计的系统安全设施有:①机房门上贴有醒目的电离辐射警示标志;②机房门口上方设有工作状态指示灯;③实时监视装置可以使操作室的工作人员清楚地观察到机房内工作情况,发现异常可及时处理;④对讲系统方便操作室的工作人员与治疗室内人员进行沟通。

3.3 通风系统 机房内的进出风口以空间对角设计,管道在墙体走向均采用“S”型,进风口设在北面迷路入口上方,出风口设治疗室南面墙上并通过管道引至离地面高 20 cm处;此外另设有空调排风,空调管道采用 45°角斜穿过南面墙体。经现场测量并计算,治疗室内的通风换气量达到 4.2次/h,符合相关标准要求,可有效地将赛博刀运行时产生的臭氧等有害气体及时排出,降低治疗室内有害气体的浓度。

3.4 配备的相关用品 该医院依照卫生部令第 46号《放射诊疗管理规定》的要求,配备了德国 PTW 公司生产的 UNIDOS型剂量仪、MP3 三维水箱和个人剂量报警仪,为自检工作配备了必需的仪器设备。

4 辐射危害综合评价

4.1 正常运行条件下的辐射危害 赛博刀放射工作人员和公众人员所受的职业照射主要来源于透过机房墙体的泄漏辐射。表 2 中检测结果表明:赛博刀系统在正常运行条件下,工作场所和周围区域最大散漏射线为 0.23 μSv/h(略高于本底),机房的屏蔽效果良好。假设每天治疗 10 个患者,每个患者治疗时间为 20 min,年工作 250 d,则赛博刀放射工作人员和公众人员受到的最大年剂量当量为 mSv,小于国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的限值,不造成对职业工作人员和公众健康的影响。

4.2 异常和事故情况下的辐射危害 估计潜在照射发生的可

能性很小,但必须考虑人员误留在机房或病人在治疗过程中系统不能自动停(出)束时等的意外事故。①如果发生人员误留在机房内受到一次意外照射,拟定误留人员距该赛博刀系统直线加速器机头为 1 m,照射时间以 1.0 min 计算,焦点处中心剂量率为 400 cGy/m²,泄漏射线按 0.5% 计算,则 1 m 处的泄漏剂量约为 20 mGy,入射人体后的散射线散系数按 0.5% 计算,则 1 m 处的泄漏剂量约为 20 mGy,合计 40 mGy,属于事故照射。②如果病人在治疗过程中系统不能自动停(出)束,那么病人可能会受到高于或低于处方剂量的照射。假如病人的处方剂量为 600 cGy,焦点处常规剂量率按 400 cGy/m²,若照射时间为 1.5 min,病人每次多(少)照射 6 s,那么导致病人实际受照剂量与处方剂量偏差为 6.7%,高于国际上 5% 的剂量偏差允许值,属于异常照射。

因此,要求工作中应严格执行操作规程和有关规章制度,对设备的安全防护性能必须经常检查和维护,确保治疗设备的正常、安全运行,才能有效地预防辐射事件或事故的发生。

5 放射防护管理评价

5.1 管理组织 该院按照相关法规规定,成立了放射防护安全管理领导小组,由院领导、相关科室负责人和工作人员组成,全面负责医院放射卫生防护管理工作。

5.2 管理制度 该院为了加强放射防护自主管理,保证放射治疗设备工作的正常进行,制定较为全面的辐射安全管理制度,有:①赛博刀系统放射安全操作规程;②赛博刀系统质量控制方案;③赛博刀系统放射安全联锁检查规定;④赛博刀辐射工作场所监测制度;⑤赛博刀异常事件事故管理与应急措施;⑥放射工作人员健康管理方法等。制度的内容可行,涵盖了赛博刀系统安全运行、放射工作人员接受放射防护法规和专业技术知识培训、个人剂量监测、职业健康检查、工作场所及其周围的定期防护监测、事故预防和应急处理等方面内容。

5.3 放射工作人员健康管理 该院已组织赛博刀放射工作人员参加了放射防护知识及相关法律法规的培训,并建立了个人剂量监测档案和职业健康监护档案,这些档案的管理均符合卫生部令第 55号《放射工作人员职业健康管理方法》的要求。

6 结论

(1)该项目放射防护屏蔽设施可行,满足放射卫生学的要求,在正常运行时可有效地控制放射性的危害,保障放射工作人员和公众的健康。

(2)该项目具有较完善的安全联锁、运行安全保障系统,防护措施和监测设施,符合多重性和纵深防御原则,能有效预防和控制潜在照射。

(3)该项目成立了放射防护安全管理领导小组,制定了较完善的放射防护管理制度,对可能发生的放射事故能做到应急处理有计划、有措施,符合国家相关法律法规的要求。

(4)该项目放射工作人员按照法律法规的规定进行了放射防护知识培训、职业健康检查和个人剂量监测。

综上所述,该赛博刀建设项目布局合理,放射防护屏蔽设计可行,放射防护措施有效,放射性危害的防护设施建设达到竣工验收的要求。

(收稿日期:2009-06-11)