

血管造影用X射线装置辐射环境分析

周海强¹, 彭海波²

¹新疆辐射环境监督站, 新疆 乌鲁木齐

²兰州大学核科学与技术学院, 甘肃 兰州

收稿日期: 2023年5月7日; 录用日期: 2023年6月8日; 发布日期: 2023年6月16日

摘要

为了将血管造影用X射线装置对周围环境可能产生的辐射影响减少到“可合理达到的尽可能低的水平”, 本文采用屏蔽估算的方法进行辐射环境影响预测分析并提出辐射防护措施, 结果表明在透视模式下, 血管造影用X射线装置机房四周环境各关注点处的辐射剂量率能够满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中“具有透视功能的X射线设备在透视条件下检测时, 周围剂量当量率应不大于2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ”的限值要求。通过本文屏蔽计算, 为此类项目的环境影响评价提供了借鉴, 为医院的辐射防护设计提供了科学依据。

关键词

血管造影, DSA, 摄影, X射线透视, 辐射, 剂量率

Analysis of Radiation Environment of X-Ray Equipment for Angiography

Haiqiang Zhou¹, Haibo Peng²

¹Xinjiang Radiation Environment Supervision Station, Urumqi Xinjiang

²School of Nuclear Science and Technology, Lanzhou University, Lanzhou Gansu

Received: May 7th, 2023; accepted: Jun. 8th, 2023; published: Jun. 16th, 2023

Abstract

In order to reduce the possible radiation impact of the X-ray device used for angiography on the surrounding environment to "the lowest possible level that can be reasonably achieved", this paper adopts the shielding estimation method to predict the radiation environmental impact and propose radiation protection measures. The results show that under the fluoroscopic mode, The

radiation dose rate at each point of concern in the surrounding environment of the X-ray device for angiography can meet the limit requirement of "When X-ray equipment with fluoroscopy function is tested under fluoroscopic conditions, the surrounding dose equivalent rate should not exceed $2.5 \mu\text{Sv/h}$ " in the requirements for Radiological Protection in Radiological diagnosis (GBZ130-2020). This paper provides a reference for the environmental impact assessment of such projects and a scientific basis for the radiation protection design of hospitals.

Keywords

Angiography, DSA, Photography, Fluorescopy, Radiation, Dose Rate

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

血管造影用 X 射线装置(DSA)为很成熟的医用 X 射线设备[1], 是心血管疾病检查治疗的必需设备, 被广泛地应用在冠心病及其他外周血管介入治疗中, 对心血管疾病的检查治疗具有高度特异性。尽管 X 射线对人体有少许危害, 但是借助上述设备可以进行医学诊断治疗, 所获利益远大于其危害。DSA 装置工作过程中将产生 X 射线, X 射线是一种波长极短、能量很大的电磁波, 因此社会各界和公众对 DSA 应用过程产生的辐射环境影响给予了高度关注[2]。

目前介入治疗已经成为各大医院广泛应用的治疗手段, 随着 DSA 设备的增加, DSA 机房的建设以及辐射防护设备安装已经成为医院行政部门关注的重点。以往只有少数医院引进了 DSA 设备, 但是资源有限大部分医院将 DSA 装置安装在放射科, 但随着介入治疗最近几年的大力普及, 越来越多的医院开始设置介入科, 购入 3 台以上 DSA 设备, 因此需要建立大量专门的 DSA 机房, 这对屏蔽防护提出了更高要求。近几年, 关于 DSA 机房屏蔽计算的国内外文献多为泄露辐射, 涉及散射辐射计算的比较少, 本文通过 DSA 两种操作模式不同, 综合考虑泄露辐射与散射辐射来分析辐射环境影响。

血管造影用 X 射线装置在手术中分透视和摄影两种模式[3]。血管造影用 X 射线装置摄影(减影)模式是指血管造影用 X 射线装置的 X 射线系统曝光时, 工作人员位于控制室, 即为隔室操作方式。血管造影用 X 射线装置透视模式是指在透视条件下, 医护人员近台同室进行介入操作。本文以新疆某医院拟建数字减影血管造影装置为例, 综合考虑摄影、透视两种工作模式的运行差异, 预测、分析其辐射环境影响, 为此类核技术应用项目的环境影响评价提供借鉴, 为医院的辐射防护设计提供科学依据[4]。

2. DSA 机房情况简介

本项目拟建数字血管造影用机房东侧为设备间, 南侧为患者通道, 西侧为电梯, 北侧为通道, 机房上方为医生办公室, 机房下方为眼科中心二病区通道, 拟建机房区域平面布局见图 2。

在介入手术过程中, 机头有用线束直接照向患者, 根据 NCRP147 号出版物《Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities》[5]第 4.1.6 节指出, 在血管造影术中将使用图像增强器, 可阻挡主射线, 初级辐射的强度会大幅度地被病人、影像接收器和支撑影像接收器的结构减弱, 因此血管造影用

X 射线装置屏蔽估算时可不考虑主束照射。因此, 本次屏蔽计算重点考虑泄漏辐射和散射辐射对周围环境的辐射影响。

根据血管造影用 X 射线装置的工作原理, 设备在正常工况时, 本项目血管造影用 X 射线装置参数是无法达到最大管电压 125 kV, 最大管电流 1000 mA 的, 正常工况时, 不同手术类型和不同患者身体状况都会影响管电压和管电流的参数, 实际使用时管电压通常在 90 kV 以下, 透视管电流通常为十几毫安, 摄影功率较大, 管电流通常为几百毫安。

根据目前一些医院的实际值统计, 摄影模式下, 普遍情况下血管造影用 X 射线装置的管电压和管电流为 60~100 kV/300~500 mA; 透视模式下管电压和管电流为 60~90 kV/5~15 mA, 本次计算拟进行保守估算, 采用摄影工况下的设备参数: 管电压 100 kV, 管电流 500 mA; 透视工况下的设备参数: 管电压 90 kV, 管电流 15 mA。

3. 屏蔽计算

根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) [6], 介入设备等效总滤过不小于 2.5 mmAl, 本项目拟购置正规生产厂家生产的设备, 滤过参数满足标准要求, 本次计算 44 总滤过取 2.5 mmAl 保守读数, 根据设备最大管电压参数, 根据《辐射防护手册》(第三分册) [7] P58 图 3.1 (见图 11.2-1), 可以查得运行管电压 100 kV 下离靶 1 m 处空气中的空气比释动能为 0.09 mGy/mAs, 运行管电压 90 kV 下离靶 1 m 处空气中的空气比释动能为 0.075 mGy/mAs。

本次屏蔽计算拟按最大工况保守进行估算。根据《辐射防护导论》[8] P69, X 射线机产生的 X 射线造成的空气比释动能率, 按公式 11-1 计算:

$$\dot{K} = I\delta_x \times \left(\frac{r_0^2}{r^2} \right) \quad (1)$$

式中:

\dot{K} ——离靶 r (m) 处由 X 射线机产生的初级 X 射线束造成的空气比释动能率 mGy/min;

I ——管电流(mA);

δ_x ——管电流为 1 mA, 距靶 1 m 处的发射率常数, mGy/(mA·min)。

查《辐射防护手册》(第三分册) P58 图 3.1 (见图 1), 得 100 kV 下, $\delta_x = 5.4$ mGy/(mA·min); 90 kV 下, $\delta_x = 4.5$ mGy/(mA·min); $r_0 = 1$ m;

r ——源至关注点的距离, m, 计算 1 米处剂量率时, 取 1 m。

根据设备最大管电压参数, 参考《辐射防护手册》(第三分册) P58 图 3.1 (见图 1), 则两种不同管电压下距靶 1 m 处的最大剂量率见表 1。

Table 1. Operating conditions of X-ray device for angiography

表 1. 血管造影用 X 射线装置运行工况表

设备	运行模式	运行管电压 (kV)	运行管电流(mA)	离靶 1 m 处的空气比释动能 (mGy/mAs)	距靶 1 m 处的发射率常数 (mGy/mA·min)	距靶 1 m 处的空气比释动能率 (μ Gy/h)
血管造影用 X 射线装置摄影	摄影	100	500	0.090	5.4	1.62E+08
	透视	90	15	0.075	4.5	4.05E+06

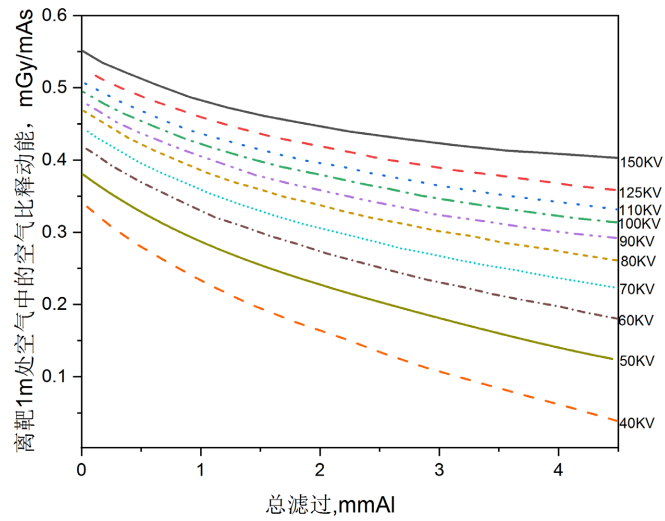


Figure 1. Variation of exposure rate at a distance of 1 m from the X-ray source with tube voltage and total filtering thickness
图 1. 距 X 射线源 1 m 处的照射量率随管电压及总滤过厚度变化的情况

本次估算血管造影用 X 射线装置拟设置于机房中心位置, X 射线球管距地 0.3 m 处。机房外关注点分布见图 2, 机房外各关注点的泄漏辐射剂量率计算参数及结果见表 2~4 所示。

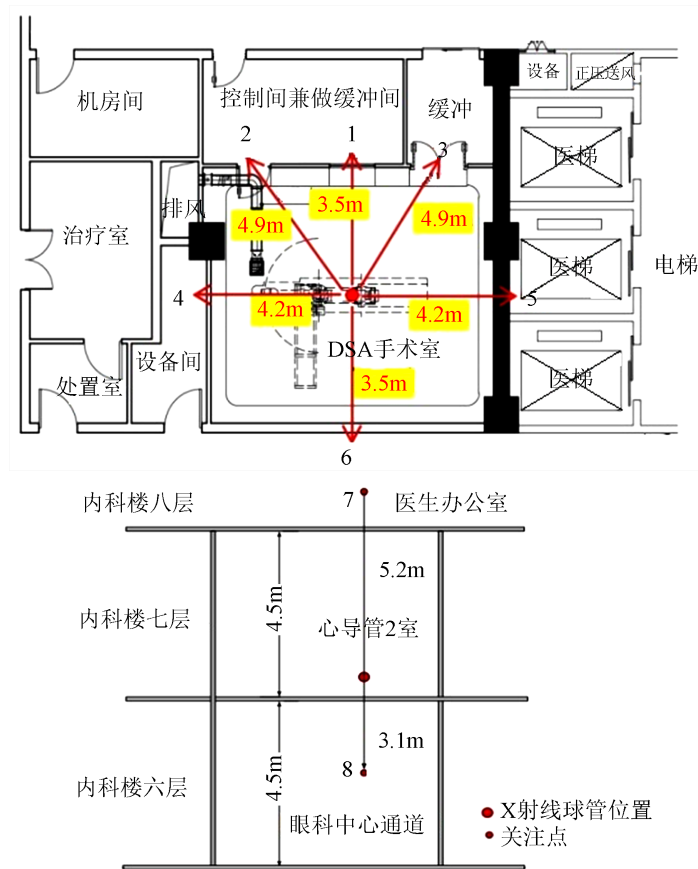


Figure 2. Schematic diagram of points of concern and distance outside the machine room
图 2. 机房外关注点及距离示意图

1) 泄漏辐射环境影响分析

泄漏辐射剂量率按初级辐射束的 0.1% 计算, 根据《辐射防护手册 第一分册》《辐射源与屏蔽》[9], 计算公式如公式 2 所示:

$$H = \frac{f \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad (2)$$

式中:

H ——关注点处的泄漏辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

f ——泄漏射线比率, 取 0.1%;

H_0 ——距靶点 1 m 处的空气比释动能率, $\mu\text{Sv/h}$;

R ——靶点至关注点的距离, m;

B ——屏蔽透射因子。

根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)计算屏蔽透射因子, 公式如下:

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma x} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \quad (3)$$

式中:

B ——屏蔽透射因子;

x ——屏蔽材料铅当量厚度, mm

α 、 β 、 γ ——不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数, 见表 2。

Table 2. Fitting parameters related to X-ray radiation attenuation by different shielding materials at different tube voltages
表 2. 不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压(kV)	材料	α	β	γ
90	铅	3.067	18.83	0.7726
	混凝土	0.04228	0.1137	0.4690
100 (主束)	铅	2.500	15.28	0.7557
	混凝土	0.03925	0.08567	0.4273
100 (散射)	铅	2.507	15.33	0.9124
	混凝土	0.03950	0.08440	0.5191

注: 拟合参数均取自于《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)。

Table 3. Calculation parameters and results of leakage radiation dose rate at each prediction point
表 3. 各预测点泄漏辐射剂量率计算参数及结果

工作模式	关注点位	屏蔽材料及铅当量厚度	靶点距关注点距离(m)	B	泄漏辐射剂量率($\mu\text{Sv/h}$)
摄影 (100 kV)	1#机房南侧观察窗 30 cm (控制室)	3 mm Pb 当量铅玻璃	3.5	4.1E-05	0.55
	2#机房南侧控制室防护门外 30 cm	4 mm Pb 当量铅防护平开门	4.9	3.4E-06	0.02
	3#机房南侧病人通道防护门外 30 cm	4 mm Pb 当量铅防护平开门	4.9	3.4E-06	0.02

Continued

	4# 机房东侧墙体外 30 cm (设备间)	镀锌方管龙骨加挂 3 mm Pb 当量铅板	4.2	4.1E-05	0.38
	5# 机房西侧墙体外 30 cm (电梯间)	镀锌方管龙骨加挂 3 mm Pb 当量铅板	4.2	4.1E-05	0.38
	6# 机房北侧墙体外 30 cm (通道)	镀锌方管龙骨加挂 3 mm Pb 当量铅板	3.5	4.1E-05	0.55
	7# 机房上方地面距顶棚 100cm(医生办公室) 150 mm 混凝土	镀锌方管龙骨加挂 2 mm Pb 当量铅板	5.2	1.25E-06	7.46E-03
	8# 机房下方地面距顶棚 170 cm (眼科中心通道) 150 mm 混凝土	镀锌方管龙骨加挂 2 mm Pb 当量铅板	3.1	1.25E-06	2.10E-02
	1#机房南侧观察窗外 30 cm (控制室)	3 mm Pb 当量铅板	3.5	7.9E-06	2.62E-03
	2# 机房南侧控制室防护门外 30 cm	4 mm Pb 当量铅防护平开门	4.9	3.7E-07	6.2E-05
	3# 机房南侧控制室防护门外 30 cm	4 mm Pb 当量铅防护平开门	4.9	3.7E-07	6.2E-05
	4# 机房东侧墙体外 30 cm (设备间)	镀锌方管龙骨加挂 3 mm Pb 当量铅板	4.2	7.9E-06	1.82E-03
	5# 机房西侧墙体外 30 cm (电梯间)	镀锌方管龙骨加挂 3 mm Pb 当量铅板	4.2	7.9E-06	1.82E-03
透视 (90 kV)	6# 机房北侧墙体外 30 cm (通道)	镀锌方管龙骨加挂 3 mm Pb 当量铅板	3.5	7.9E-06	2.62E-03
	7# 机房上方地面距顶棚 100 cm (医生办公室)	150 mm 混凝土 + 镀锌方管龙骨加挂 2 mm Pb 当量铅板	5.2	1.11E-07	1.62E-05
	8# 机房下方地面距顶棚 170 cm (眼科中心通道)	150 mm 混凝土 + 镀锌方管龙骨加挂 2 mm Pb 当量铅板	3.1	1.11E-07	4.56E-05
	9# 术者位(铅衣内)	0.5 mm Pb 当量铅 + 0.5 mm Pb 当量铅悬挂防护帘	1	4.08E-03	16.5
	10# 术者位(铅衣外)	0.5 mm Pb 当量铅悬挂防护帘	1	2.52E-02	101.9
	11# 护士协助位(铅衣内)	0.5 mm Pb 当量铅衣 + 2 mm Pb 当量移动铅屏风	1.5	3.68E-05	6.63E-02
	12# 护士协助位(铅衣外)	2 mm Pb 当量移动铅屏风	1.5	5.16E-04	0.31

2) 散射辐射环境影响分析

对于病人体表的散射的 X 射线可以采用反照射率法估算, 引用李德平、潘自强主编的《辐射防护手册 第一分册》《辐射源与屏蔽》。可按以下公式进行估算。

$$H_s = \frac{H_0 \cdot \alpha \cdot B \cdot S}{(d_0 \cdot d_s)^2} \quad (\text{公式 4})$$

式中:

H_s ——关注点处的患者散射辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

H_0 ——距靶点 1m 处的最大剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

α ——患者对 X 射线的散射比, $\alpha = a/400$ 查《辐射防护手册 第一分册》P437 表 10.1, 摄影和透视均取 100 kV 下的值: $a = 0.0013$ (90° 散射);

S ——散射面积, 取 100 cm^2 ;

d_0 ——源与患者的距离, m;

d_s ——患者与关注点的距离, m;

B ——屏蔽透射因子。

Table 4. Calculation parameters and results of scattered radiation dose rate at each prediction point
表 4. 各预测点散射辐射剂量率计算参数及结果

工作模式	关注点位	屏蔽材料及厚度	源点距散射点距离 d_0 (m)	散射点距关注点距离 d_s (m)	散射面积 S (cm^2)	B	散射辐射剂量 ($\mu\text{Sv/h}$)
摄影 (100 kV)	1#机房南侧观察窗 30 cm (控制室)	3 mm Pb 当量铅玻璃	0.8	3.5	100	4.1E-05	0.28
	2# 机房南侧控制室防护门外 30 cm	4 mm Pb 当量铅防护平开门	0.8	4.9	100	3.4E-06	1.16E-02
	3# 机房南侧病人通道防护门外 30 cm	4 mm Pb 当量铅防护平开门	0.8	4.9	100	3.4E-06	1.16E-02
	4# 机房东侧墙体外 30 cm (设备间)	镀锌方管龙骨加挂 3 mm Pb 当量铅板	0.8	4.2	100	4.1E-05	0.19
	5# 机房西侧墙体外 30 cm (电梯间)	镀锌方管龙骨加挂 3 mm Pb 当量铅板	0.8	4.2	100	4.1E-05	0.19
	6# 机房北侧墙体外 30 cm (通道)	镀锌方管龙骨加挂 3 mm Pb 当量铅板	0.8	3.5	100	4.1E-05	0.28
	7# 机房上方地面距顶棚 100 cm (医生办公室)	150mm 混凝土+镀锌方管龙骨加挂 2mmPb 当量铅板	0.8	5.2	100	1.25E-06	3.79E-03
	8# 机房下方地面距顶棚 170 cm (眼科中心通道)	150 mm 混凝土 + 镀锌方管龙骨加挂 2 mm Pb 当量铅板	0.8	3.1	100	1.25E-06	1.07E-02
透视 (90 kV)	1#机房南侧观察窗外 30 cm (控制室)	3 mm Pb 当量铅玻璃	0.8	3.5	100	7.9E-06	1.33E-0
	2# 机房南侧控制室防护门外 30 cm	4 mm Pb 当量铅防护平开门	0.8	4.9	100	3.7E-07	3.2E-0
	3# 机房南侧控制室防护门外 30 cm	4 mm Pb 当量铅防护平开门	0.8	4.9	100	3.7E-07	3.2E-0
	4# 机房东侧墙体外 30 cm (设备间)	镀锌方管龙骨加挂 3 mm Pb 当量铅板	0.8	4.2	100	7.9E-06	9.3E-04
	5# 机房西侧墙体外 30 cm (电梯间)	镀锌方管龙骨加挂 3 mm Pb 当量铅板	0.8	4.2	100	7.9E-06	9.3E-04
	6# 机房北侧墙体外 30 cm (通道)	镀锌方管龙骨加挂 3 mm Pb 当量铅板	0.8	3.5	100	7.9E-06	1.33E-03

Continued

7# 机房上方地面距顶棚 100 cm (医生办公室)	150 mm 混凝土 + 镀锌 方管龙骨加挂 2 mm Pb 当量铅板	0.8	5.2	100	1.11E-07	8.2E-06
8# 机房下方地面距顶棚 170 cm (眼科中心通道)	150 mm 混凝土 + 镀锌 方管龙骨加挂 2 mm Pb 当量铅板	0.8	3.1	100	1.11E-07	2.3E-05
9# 术者位(铅衣内)	0.5 mm Pb 当量铅 + 0.5 mm Pb 当量铅悬挂防护帘	0.8	1	100	4.08E-03	8.38
10# 术者位(铅衣外)	0.5 mm Pb 当量铅悬挂防 护帘	0.8	1	100	2.52E-02	51.73
11# 护士协助位(铅衣内)	0.5 mm Pb 当量铅衣 + 2 mm Pb 当量移动铅屏风	0.8	1.5	100	3.68E-05	0.03
12# 护士协助位(铅衣外)	2 mm Pb 当量移动铅屏 风	0.8	1.5	100	5.16E-04	0.16

根据表 3 和表 4 的计算结果, 将各个预测点的总的辐射剂量率统计于下表 5。

Table 5. Radiation dose rates at each predicted point

表 5. 各预测点辐射剂量率

工作 模式	关注点位置描述	泄露辐射剂量率 H ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射剂量 率 Hs ($\mu\text{Sv/h}$)	总辐射剂 量率 $\mu\text{Sv/h}$
摄影 (100 kV)	1# 机房南侧观察窗 30 cm (控制室)	0.55	0.28	0.83
	2# 机房南侧控制室防护门外 30 cm	0.02	1.16E-02	3.60E-02
	3# 机房南侧病人通道防护门外 30 cm	0.02	1.16E-02	3.60E-02
	4# 机房东侧墙体外 30 cm (设备间)	0.38	0.19	0.57
	5# 机房西侧墙体外 30 cm (电梯间)	0.38	0.19	0.57
	6# 机房北侧墙体外 30 cm (通道)	0.55	0.28	0.83
	7# 机房上方地面距顶棚 100 cm (医生办公室)	7.46E-03	3.79E-03	1.12E-02
	8# 机房下方地面距顶棚 170 cm (眼科中心通道)	2.10E-02	1.07E-02	3.17E-02
透视 (90 kV)	1# 机房南侧观察窗外 30 cm (控制室)	2.62E-03	1.33E-03	3.95E-03
	2# 机房南侧控制室防护门外 30 cm	6.2E-05	3.2E-05	9.40E-05
	3# 机房南侧控制室防护门外 30 cm	6.2E-05	3.2E-05	9.40E-05
	4# 机房东侧墙体外 30 cm (设备间)	1.82E-03	9.3E-04	2.75E-03
	5# 机房西侧墙体外 30 cm (电梯间)	1.82E-03	9.3E-04	2.75E-03
	6# 机房北侧墙体外 30 cm (通道)	2.62E-03	1.33E-03	3.95E-03
	7# 机房上方地面距顶棚 100 cm (医生办公室)	1.62E-05	8.2E-06	2.44E-05
	8# 机房下方地面距顶棚 170 cm (眼科中心通道)	4.56E-05	2.3E-05	6.86E-05
	9# 术者位(铅衣内)	16.5	8.38	24.9
	10# 术者位(铅衣外)	101.9	51.73	153.6
	11# 护士协助位(铅衣内)	6.63E-02	0.03	9.63E-02
	12# 护士协助位(铅衣外)	0.31	0.16	0.47

通过估算预测可知: 本项目血管造影用 X 射线装置在摄影模式下, 机房四周各关注点附加辐射剂量率最大值为 $0.83 \mu\text{Sv/h}$; 透视模式下, 血管造影用 X 射线装置机房四周各关注点附加辐射剂量率最大值为 $3.95\text{E}-03 \mu\text{Sv/h}$, 均不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$, 说明本项目机房外周围各关注点处的辐射剂量率能够满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中“具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时, 周围剂量当量率应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的限值要求。

4. 辐射安全与防护及环保措施

血管造影用 X 射线装置污染因子主要为 X 射线, 对 X 射线的基本防护原则是减少照射时间、远离射线源及加以必要的屏蔽。因此, 通过此次屏蔽计算分析, 可得出对数字减影血管造影 X 射线装置外照射的防护措施主要有以下几方面:

1) 距离防护

X 射线机房应该严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理, 且在机房人员防护门的醒目位置张贴固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯。限制无关人员进入, 以免受到不必要的照射。

2) 时间防护

在满足诊断要求的前提下, 在每次使用射线装置进行诊断之前, 根据诊断要求和病人实际情况制定最优化的诊断方案, 选择合理可行尽量低的射线照射参数, 以及尽量短的曝光时间, 减少工作人员和相关公众的受照时间, 也避免病人受到额外剂量的照射。

3) 屏蔽防护

射线包括穿透物质时强度会减弱, 一定厚度的屏蔽物质能减弱射线的强度, 在辐射源与人体之间设置足够厚的屏蔽物(屏蔽材料), 便可降低辐射水平, 使人们在工作所受到的剂量降低最高允许剂量以下, 确保人身安全, 达到防护目的。屏蔽防护的要点是在射线源与人体之间放置一种能有效吸收射线的屏蔽材料。

4) 管线设计及穿墙位置屏蔽补偿

血管造影用 X 射线装置机房所有电缆应采用斜开式穿墙, 通过地面下沉电缆沟穿出机房, 电缆沟表面拟铺设 3 mm 不锈钢板, 墙孔拟使用硫酸钡封堵。血管造影用 X 射线装置机房应设置通风系统, 排风口位于机房吊顶处。风管穿墙处包裹 3 mm 铅皮, 作为风管穿墙的辐射屏蔽补偿。

5) 个人防护用品

根据 GBZ130-2020 标准要求, 血管造影用 X 射线装置机房应配备个人防护用品, 例如铅橡胶性腺防护围裙(方形)或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜、介入防护手套、铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘等。

5. 结论

从辐射防护与安全方面考虑, 该新疆医疗机构使用的 DSA 机房屏蔽设计可以保障从事放射性操作的医护人员和放射治疗患者及公众的健康与安全, 其屏蔽设计方案切实可行, 在实际应用中具有一定的现实指导意义[10]。从表 5 中可以看出剂量最大为医生手术位, 虽然穿戴铅衣, 但体内仍然达到 $24.9 \mu\text{Sv/h}$, 按照国家标准一年不超过 5 mSv 的管理限值要求, 可推导出医生一年在手术室中不能超过 200.8 个小时的 X 射线照射时间。本研究也表明, 曝光相同时间时, 摄影模式下相同位点处的辐射剂量远高于透视模式时的辐射剂量, 而且医护人员在实际手术中既要进行摄影曝光, 也要进行透视曝光, 因此介入放射工作人员在无屏蔽防护状况下所受辐射剂量则可能高于本文估算结果。因此, 医护人员必须在实际操作 DSA 装置过程中合理使用辐射防护用品可有效降低介入放射工作人员辐射剂量, 并且在手术前

提前做好预案, 增加对手术的熟练度, 有效地减少曝光次数, 进而降低整台手术的曝光时间, 以便达到减少 X 射线的辐射。本文屏蔽估算说明只要拟建机房采取了合适的防辐射的屏蔽措施, 并且充分考虑了相邻场所的防护安全, 是能够满足放射诊疗需求, 为群众提供优质、高效、便捷的医疗卫生服务。

参考文献

- [1] 成浩, 苏喆. 医院介入诊疗设备辐射状况评价[J]. 医疗卫生装备, 2017, 38(5): 99-102.
- [2] 强婧. 数字减影血管造影辐射环境影响分析[J]. 数字技术与应用, 2020, 38(9): 211-213.
- [3] 刘智慧, 胡翔, 李石银, 等. 血管造影机屏蔽的计算模型[J]. 医疗装备, 2018, 31(13): 40-41.
- [4] 李海新, 高文翰. 数字减影血管造影辐射环境影响预测与评价[J]. 资源节约与环保, 2019(3): 89-90, 93.
- [5] NCRP (2000) Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP Report No.147.
- [6] 中华人民共和国国家卫生委员会. GBZ130-2020 放射诊断放射防护要求[S]. 北京: 出版社, 2020.
- [7] 李德平, 潘自强, 主编. 辐射防护手册 第三分册——辐射安全 [M]. 北京: 原子能出版社, 1991.
- [8] 方杰. 辐射防护导论[M]. 北京: 原子能出版社出版, 1991.
- [9] 李德平, 潘自强, 主编. 辐射防护手册 第一分册——辐射源与屏蔽 [M]. 北京: 原子能出版社, 1987.
- [10] 祝继东, 周海强. 新疆某医疗机构直线加速器机房辐射屏蔽分析[J]. 环境保护前沿, 2022, 12(2): 259-265.