

# 监测报告

(本报告共 12 页)

(京辐监)环监字 R 第 20160003 号

项目名称: 放射性同位素和射线装置应用项目

委托单位: 北京肿瘤医院

监测性质: 验收监测

监测单位 (签章): 北京市辐射安全技术中心

报告发出日期: 2016年01月14日



监测地点	北京市海淀区阜成路 52 号		
监测内容	x-γ 辐射剂量率; α、β 表面污染; 中子剂量率		
现场监测日期	2015-12-16		
样品名称	无		
样品描述	无		
样品编号	无		
采样日期	无		
样品分析日期	无		
监测仪器	仪器名称	仪器编号	性能指标
	环境 X-γ 辐射剂量率仪 主机(6150 AD 5/H)+探 头(6150 AD-b/H)	BJFS-L119	工作温度: -30 ~ +50℃ 能响范围: 20keV ~ 7MeV 量程: 1nGy/h ~ 99.99μGy/h
	α、β 表面污染仪	BJFS-L087	工作温度: -10℃ ~ 40℃; 测量效率: <sup>241</sup> Am 为 22%, <sup>137</sup> Cs 为 35%, <sup>14</sup> C 为 14%
	中子剂量当量率仪	BJFS-L019	工作温度: -10℃ ~ 50℃; 能响范围 50 keV ~ 10 MeV; 量程: 30 nSv/h ~ 100 mSv/h;
监测项目	监测方法标准		
x-γ 辐射剂量率	《环境地表 γ 剂量率测定规范》(GB/T14583-1993)		
α、β 表面污染	表面污染测定第 1 部分: β 发射体 (E <sub>βmax</sub> >0.15MeV) 和 α 发射体 (GB/T14056.1-2008)		
中子剂量当量率	《辐射防护仪器中子周围剂量当量(率)仪》(GB/T 14318—2008)		
评价依据	《北京市环境保护局关于放射性同位素和射线装置应用项目环境 影响报告表的批复》(京环审[2010]450 号)		

**监测基本情况:**

北京肿瘤医院放射性同位素和射线装置应用项目位于北京市海淀区阜成路 52 号, 内容为 (1) 新建放射诊疗场所、动物 PET/CT 实验室 (含 1 枚 V 类放射源)、放化实验室各一处, 新建回旋加速器工作场所并使用一台 20MeV 的回旋加速器; (2) 新增 4 台直线加速器并新建场所 (实际新增 2 台), 搬迁 4 台、新增 8 台 III 类射线装置; (3) 现有核医学科增加核素的使用种类及数量。由于 III 类射线装置对环境影响较小, 此次验收监测仅针对 II 类射线装置。目前该项目已竣工, 申请环保验收监测。

根据《北京市环境保护局关于放射性同位素和射线装置应用项目环境影响报告表的批复》(京环审[2010]450 号), 该项目公众和职业人员的剂量约束值分别执行: 0.1 mSv/a 和 2.0 mSv/a。

北京市辐射安全技术中心于 2015 年 12 月 16 日对该项目进行环境保护验收监测, 现场监测具体情况如下:

(1) 在 HM-20S 型回旋加速器正常工作状态下 (出束、关机), 分别测量场所四周和工作人员操作位的 X- $\gamma$  辐射剂量率及中子剂量率;

选择典型核素 F-18, 模拟其在单次最大使用量的状态下, 测量动物 PET/CT 室和放化实验室周围的 X- $\gamma$  辐射剂量率水平, 并选取一对照点作为本底测量 X- $\gamma$  辐射剂量率; 操作完成, 放射性核素存放至源库后, 测量通风橱、水池、工作台、地面、墙面等位置的  $\alpha$ 、 $\beta$  表面污染水平, 并选取一对照点作为本底测量  $\alpha$ 、 $\beta$  表面污染水平。

监测布点图见图 1。

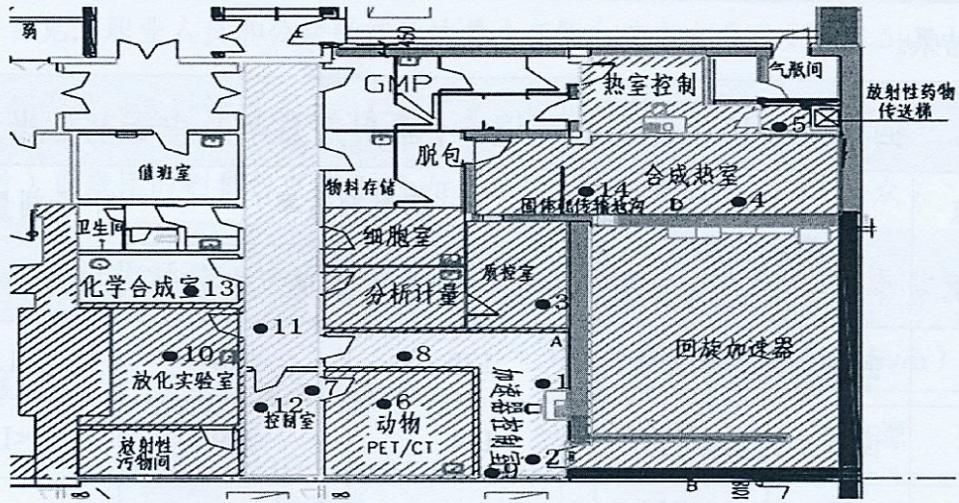
(2) 在 10MeV 医用电子直线加速器正常工作状态下 (出束、关机), 分别测量场所四周和工作人员操作位的 X- $\gamma$  辐射剂量率及中子剂量率;

在 6MeV 医用电子直线加速器正常工作状态下 (出束、关机), 分别测量场所四周和工作人员操作位的 X- $\gamma$  辐射剂量率;

监测布点图见图 2。

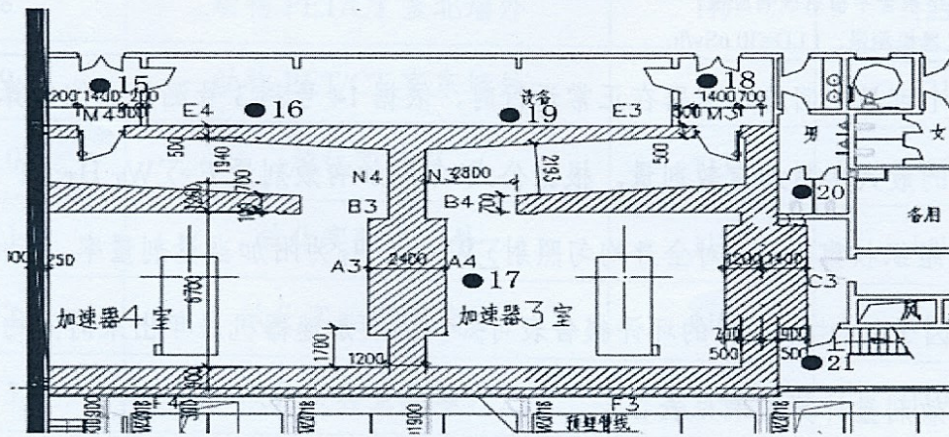
(3) 选择典型核素 F-18, 模拟其在单次最大使用量的状态下, 在药物交接、分装、注射、摆位、诊断等环节操作药物时测量工作人员周围的 X- $\gamma$  辐射剂量率水平, 并选取一对照点作为本底测量 X- $\gamma$  辐射剂量率; 操作完成、放射性核素存放至源库后, 测量通风橱、水池、注射台、工作台、地面、墙面、PET/CT 床等位置的  $\alpha$ 、 $\beta$  表面污染水平, 并选取一对照点作为本底测量  $\alpha$ 、 $\beta$  表面污染水平。

监测布点图见图 3。



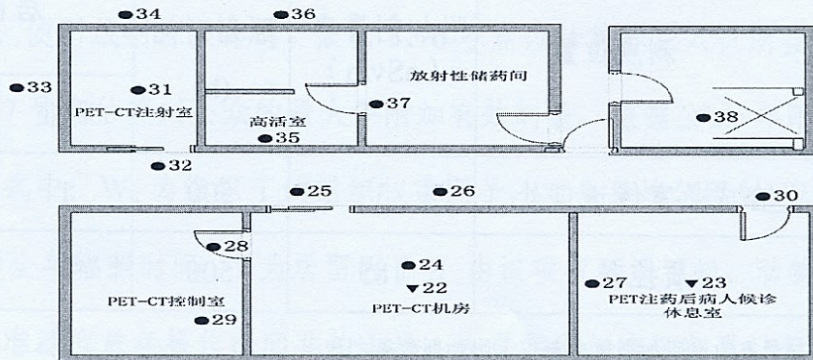
图例：●为 X-γ 辐射剂量率测量点位置

图 1 回旋加速器、放化实验室及动物 PET/CT 场所布点示意图



图例：●为 X-γ 辐射剂量率测量点位置

图 2 直线加速器室周围监测布点示意图



图例：●为 X-γ 辐射剂量率测量点位置 ▼为下一层监测点位置

图 3 PET-CT 场所监测布点示意图

监测结果:

表 1 回旋加速器机房周围环境 x-γ 辐射剂量率及中子剂量当量率监测结果

测点序号	测点位置	x-γ 辐射剂量率 <sup>1</sup>		中子剂量当量率 (μSv/h)	备注
		关机 (nSv/h)	出束 (nSv/h)		
1	回旋加速器操作位	129	130	<LLD <sup>2</sup>	
2	回旋加速器室门外	124	209	<LLD	
3	质控室	122	307	<LLD	
4	合成热室	114	115	<LLD	
14	合成热室传送口处	112	115	<LLD	

注: 1—检测结果含宇宙射线响应值;

2—LLD 为仪器探测限, LLD=30 nSv/h。

由表 1 可见: 回旋加速器在正常运行时, 依据 14 号和 3 号测量点位估算职业人员和公众所接受的最大年附加有效剂量。根据公式“年附加有效剂量  $E = \sum W_T \cdot H_T \cdot t \cdot T$  (式中:  $W_T$  为组织 T 的组织权重因子, 对全身均匀照射  $\sum W_T = 1$ ;  $H_T$  为附加当量剂量率,  $t$  为全年辐照时间;  $T$  为居留因子)。由该项目的环评报告表可知, 回旋加速器机房年出束时间约为 500h, 人员年附加有效剂量计算结果见表 2。

表 2 回旋加速器机房职业人员和公众所接受的最大年附加有效剂量

测点序号	测点位置	附加剂量率* (nSv/h)	照射时间 (h)	居留因子		年附加有效剂量 (μSv)	
				职业	公众	职业	公众
14	合成热室传送口处	3	500	1	-	1.50	-
3	质控室	185	500	-	1/16	-	5.78

注: \*—附加剂量率为 γ 附加剂量率与中子附加剂量率之和。

由表 2 可见：职业人员和公众所接受的最大年附加有效剂量分别为  $1.5\mu\text{Sv}$  和  $5.78\mu\text{Sv}$ ，低于北京市环保局《放射性同位素和射线装置应用项目环境影响报告表的批复》（京环审[2010]450 号）中规定的剂量约束值  $2\text{mSv/a}$ （职业人员）和  $0.1\text{mSv/a}$ （公众）。

表 3 放化实验室及动物 PET/CT 场所环境 x- $\gamma$  辐射剂量率监测结果

测点序号	测点位置	x- $\gamma$ 辐射剂量率 <sup>1</sup> (nSv/h)		备注
		无源	有源	
5	传送梯	118	1.47 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	约 5mCi
6	动物 PET/CT 室	120	365	约 1mCi
7	动物 PET/CT 室门外	120	176	
8	动物 PET/CT 室北墙外	117	123	
9	动物 PET/CT 室东墙外	114	121	
10	放化实验室	113	355	约 1mCi
11	放化实验室门外	114	141	
12	放化实验室东墙外	118	119	
13	放化实验室北墙外	114	119	

注：1—检测结果含宇宙射线响应值；

由表 3 可见：使用放射源操作时，依据 5、6 号点位估算职业人员所接受的最大年附加有效剂量，依据 7 号点估算对公众的最大年附加有效剂量。根据公式“年附加有效剂量  $E = \sum W_T \cdot H_T \cdot t \cdot T$ （式中： $W_T$  为组织 T 的组织权重因子，对全身均匀照射  $\sum W_T = 1$ ； $H_T$  为附加当量剂量率， $t$  为全年辐照时间； $T$  为居留因子）。由该项目环评可知，动物 PET-CT 年操作时间为 5.0 h，校准源取放年操作时间共约 1.4h，人员年附加有效剂量计算结果见表 4。

表 4 放化实验室及动物 PET/CT 场所职业人员和公众所接受的最大年附加有效剂量

测点序号	测点位置	附加剂量率 (nSv/h)	照射时间 (h)	居留因子		年附加有效剂量 ( $\mu\text{Sv}$ )	
				职业	公众	职业	公众
5	传送梯	1352	1.4	1	-	1.89	-
6	动物 PET/CT 室	245	5.0	1	-	1.22	-
7	动物 PET/CT 室门外	56	5.0	-	1/16	-	0.017

由表 4 可见：职业人员和公众所接受的最大年附加有效剂量分别为  $1.89\mu\text{Sv}$  和  $0.017\mu\text{Sv}$ ，低于北京市环保局《放射性同位素和射线装置应用项目环境影响报告表的批复》（京环审[2010]450 号）中规定的剂量约束值  $2\text{mSv/a}$ （职业人员）和  $0.1\text{mSv/a}$ （公众）。

表 5 放化实验室及动物 PET/CT 场所表面污染水平监测结果

测点序号	测点位置	$\alpha$ 表面污染 ( $\text{Bq}/\text{cm}^2$ )	$\beta$ 表面污染 ( $\text{Bq}/\text{cm}^2$ )	备注
5	地下三层传送梯	$<\text{LLD}_\alpha^*$	$<\text{LLD}_\beta^*$	
6	动物 PET-CT 室操作位	$<\text{LLD}_\alpha$	$<\text{LLD}_\beta$	
10	放化实验室实验台	$<\text{LLD}_\alpha$	$<\text{LLD}_\beta$	
	办公室（参考点）	$<\text{LLD}_\alpha$	$<\text{LLD}_\beta$	

\*— $\text{LLD}_\alpha=0.01\text{Bq}/\text{cm}^2$ ,  $\text{LLD}_\beta=0.12\text{Bq}/\text{cm}^2$

由表 5 可见：进行放射性操作后，传送梯处、动物 PET-CT 室操作位、放化实验室实验台等的  $\alpha$ 、 $\beta$  表面污染水平均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的工作场所控制区放射性表面污染控制水平： $\alpha$ :  $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ； $\beta$ :  $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

表 6 直线加速器周围环境 x- $\gamma$  辐射剂量率及中子剂量当量率监测结果

测点序号	测点位置	x- $\gamma$ 辐射剂量率* (nSv/h)		中子剂量当量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	备注
		关机	出束		

15	加速器 4 室门口	94	418	<LLD <sup>2</sup>	
16	加速器 4 室北墙	111	135	<LLD	
17	加速器 4 室东墙	106	121	<LLD	
18	加速器 3 室门口	92	100	<LLD	
19	加速器 3 室北墙	108	113	-	
20	加速器 3 室东墙外	104	116	-	
21	楼梯处	101	135	-	

注: \*—检测结果含宇宙射线响应值

2—LLD 为仪器探测限, LLD=30 nSv/h.

由表 6 可见: 加速器在正常运行时, 依据 15 点位估算职业人员所接受的最大年附加有效剂量, 依据 21 号点估算对公众的最大年附加有效剂量。根据公式“年附加有效剂量  $E = \sum W_T \cdot H_T \cdot t \cdot T$  (式中:  $W_T$  为组织 T 的组织权重因子, 对全身均匀照射  $\sum W_T = 1$ ;  $H_T$  为附加当量剂量率,  $t$  为全年辐照时间;  $T$  为居留因子)。由该项目环评可知, 加速器的年工作时间为 415h, 人员年附加有效剂量计算结果见表 7。

表 7 直线加速器周围职业人员和公众所接受的最大年附加有效剂量

测点序号	测点位置	附加剂量率 *(nSv/h)	照射 时间 (h)	居留因子		年附加有效 剂量 ( $\mu\text{Sv}$ )	
				职业	公众	职业	公众
15	加速器 4 室门口	324	415	1	-	134.46	-
21	楼梯处	34	415	-	1/16	-	0.88

注: \*—附加剂量率为  $\gamma$  附加剂量率与中子附加剂量率之和。

由表 7 可见: 职业人员和公众所接受的最大年附加有效剂量分别为  $134.46\mu\text{Sv}$  和  $0.88\mu\text{Sv}$ , 低于北京市环保局《放射性同位素和射线装置应用项目环境影响报告表的批复》(京环审[2010]450号)中规定的剂量约束值  $2\text{mSv/a}$  (职业人员) 和  $0.1\text{mSv/a}$  (公众)。



表 8 PET-CT 场所 x-γ 辐射剂量率监测结果

测点 序号	测点位置	x-γ 辐射剂量率 <sup>1</sup> (nSv/h)		备注
		本底	出束	
22	PET-CT 室楼下	100	168	
23	注药后候诊室楼下	101	143	
24	PET-CT 摆位	99	9.5 (μSv/h)	注药量 8mCi
25	PET-CT 防护门外	99	168	
26	PET-CT 北墙外	113	217	
27	PET-CT 东墙外	107	143	
28	PET-CT 西门处	107	173	
29	PET-CT 控制室	95	114-	
30	PET-CT 休息室门外	112	4.04 (μSv/h)	
31	注射室	112	24.8 (μSv/h)	注药量 7mCi
32	注射室门外	97	5.01	
33	注射室西墙	94	1.72	
34	注射室北墙外	101	122	
35	高活室	93	452	
36	高活室北墙外	97	173	
37	高活室门外	101	293	
38	传送梯处	100	126	
39	分装	95	5.44 (μSv/h)	

注: 1—检测结果含宇宙射线响应值;

由表 8 可见: PET-CT 在正常运行时, 依据 24、31 号点位估算职业人员所接受的最大年附加有效剂量, 依据 33、36 号点估算对公众的最大年附加有效剂量。根据公式“年附

加有效剂量  $E = \sum W_T \cdot H_T \cdot t \cdot T$  (式中:  $W_T$  为组织 T 的组织权重因子, 对全身均匀照射  $\sum W_T = 1$ ;  $H_T$  为附加当量剂量率,  $t$  为全年辐照时间;  $T$  为居留因子)。由该项目环评可知, 年总摆位时间约 13.3h, 注射年总操作时间约 14.6h, PET-CT 全年扫描时间为 875h, 人员年附加有效剂量计算结果见表 9。

表 9 PET-CT 场所职业人员和公众所接受的最大年附加有效剂量

测点序号	测点位置	附加剂量率(nSv/h)	照射时间(h)	居留因子		年附加有效剂量 ( $\mu\text{Sv}$ )	
				职业	公众	职业	公众
24	PET-CT 摆位	9401	13.3	1	-	125.03	-
31	注射室	24688	14.6	1	-	360.44	-
33	注射室西墙	1626	875		1/16	-	88.92
36	高活室北墙外	76	875		1/16	-	4.16

由表 9 可见: 职业人员和公众所接受的最大年附加有效剂量分别为  $360.44\mu\text{Sv}$  和  $88.92\mu\text{Sv}$ , 低于北京市环保局《放射性同位素和射线装置应用项目环境影响报告表的批复》(京环审[2010]450号)中规定的剂量约束值  $2\text{mSv/a}$  (职业人员) 和  $0.1\text{mSv/a}$  (公众)。

表 10 PET-CT 场所表面污染水平监测结果

测点序号	测点位置	$\alpha$ 表面污染 ( $\text{Bq/cm}^2$ )	$\beta$ 表面污染 ( $\text{Bq/cm}^2$ )	备注
24	PET-CT 摆位	$<LLD_\alpha^*$	$<LLD_\beta^*$	
27	PET-CT 东墙外注药后病人候诊室	$<LLD_\alpha$	$<LLD_\beta \sim 0.18$	
29	PET-CT 控制室	$<LLD_\alpha$	$<LLD_\beta \sim 0.77$	
31	注射室地面	$<LLD_\alpha$	83.6 ~ 88.3	
35	高活室水池	$<LLD_\alpha$	0.19 ~ 0.35	
38	三层传送梯处	$<LLD_\alpha$	0.18 ~ 0.21	
36	高活室北墙外	$<LLD_\alpha$	0.18 ~ 0.20	
	办公室 (参考点)	$<LLD_\alpha$	$<LLD_\beta$	

\*— $LLD_\alpha=0.01\text{Bq/cm}^2$ ,  $LLD_\beta=0.12\text{Bq/cm}^2$

由表 10 可见：进行放射性操作后，PET-CT 注射室地面的  $\beta$  表面污染水平高于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 中规定的工作场所控制区放射性表面污染控制水平： $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。控制室、候诊室、高活室等的  $\alpha$ 、 $\beta$  表面污染水平均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 中规定的工作场所控制区放射性表面污染控制水平： $\alpha$ ： $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ， $\beta$ ： $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

结论：

北京肿瘤医院放射性同位素和射线装置应用项目验收监测结果表明：

进行放射性操作后，三层 PET-CT 注射室地面的  $\beta$  表面污染水平高于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 中规定的工作场所控制区放射性表面污染控制水平： $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

除此之外，该项目正常运行情况下，职业人员和公众所接受的最大年附加有效剂量均低于该项目环评批复中的剂量约束值。

(以下无正文)

编制人 宫增艳 复核人 李自 签发人及职务 孙金 副  
日期 2016-01-12 日期 2016-01-12 日期 2016-01-12