

泄漏辐射计算，管电压按照 90kV 和 100kV（散射）计算，相应工况下铅的拟合值分别为 3.067、18.83、0.7726 和 2.507、15.33、0.9124；

S: X 射线机有用束在患者身体上的散射面积，根据设备参数，本项目保守取 400cm<sup>2</sup>；

$\alpha$ : 散射因子，定义为入射辐射被面积为 400cm<sup>2</sup> 水模体散射至 1m 处的相对份额；根据《辐射防护手册（第一分册）》P437 表 10.1，100kV 下的  $\alpha$  值 0.0013（90° 散射）；

R<sub>s</sub>: 患者（散射体）至参考点的距离，m；

R<sub>0</sub>: 源与受检者的距离，本项目保守取 0.45m（符合 GBZ130-2020 中 5.2.1 小节关于最小焦皮距的要求）。

表 11.2-5 1 号 DSA 手术室外关注点处散射辐射剂量率计算结果

工作模式	关注点	$\dot{H}_0$ μSv/h	X /mmPb	d <sub>s</sub> m	B	$\dot{H}_s/\mu\text{Sv/h}$
摄影 100kV 散射	东墙外 30cm, 设备间 (1A 点)	1.6× 10 <sup>8</sup>	4.0	5.7	5.14E-06	0.16
	北墙外 30cm, 过道 (1B 点)		4.0	3.9	5.14E-06	0.35
	北防护门外 30cm, 过道 (1C 点)		4.0	4.5	5.14E-06	0.26
	西防护门外 30cm, 控制室 (1D 点)		4.0	4.8	5.14E-06	0.23
	西观察窗外 30cm, 控制室 (1E 点)		4.0	4.4	5.14E-06	0.28
	南防护门外 30cm, 过道 (1F 点)		4.0	5.1	5.14E-06	0.21
	南墙外 30cm, 过道 (1G 点)		4.0	3.7	5.14E-06	0.39
	上方一层留观室距地面 100cm 处 (1H 点)		3.7	4.2	1.09E-05	0.64
透视 90kV	东墙外 30cm, 设备间 (1A 点)	2.5× 10 <sup>7</sup>	4.0	5.7	3.69E-07	2.12E-03
	北墙外 30cm, 过道 (1B 点)		4.0	3.9	3.69E-07	4.53E-03
	北防护门外 30cm, 过道 (1C 点)		4.0	4.5	3.69E-07	3.40E-03
	西防护门外 30cm, 控制室 (1D 点)		4.0	4.8	3.69E-07	2.99E-03
	西观察窗外 30cm, 控制室 (1E 点)		4.0	4.4	3.69E-07	3.56E-03
	南防护门外 30cm, 过道 (1F 点)		4.0	5.1	3.69E-07	2.65E-03
	南墙外 30cm, 过道 (1G 点)		4.0	3.7	3.69E-07	5.03E-03
	上方一层留观室距地面 100cm 处 (1H 点)		3.7	4.2	9.26E-07	9.80E-03

表 11.2-6 3 号 DSA 手术室外关注点处散射辐射剂量率计算结果

工作模式	关注点	$\dot{H}_0$ μSv/h	X /mmPb	d <sub>s</sub> m	B	$\dot{H}_s/\mu\text{Sv/h}$
摄影 100kV 散射	西墙外 30cm, 设备间 (3A 点)	1.6× 10 <sup>8</sup>	4.0	6.1	5.14E-06	0.14
	北防护门外 30cm, 过道 (3B 点)		4.0	4.8	5.14E-06	0.23
	北墙外 30cm, 过道 (3C 点)		4.0	3.7	5.14E-06	0.39
	北防护门外 30cm, 过道 (3D 点)		4.0	4.2	5.14E-06	0.30
	东墙外 30cm, 库房 (3E 点)		4.0	3.5	5.14E-06	0.44
	南墙外 30cm, 控制室 (3F 点)		4.0	3.3	5.14E-06	0.49
	南观察窗外 30cm, 控制室 (3G 点)		4.0	3.9	5.14E-06	0.35
	南防护门外 30cm, 控制室 (3H 点)		4.0	5.9	5.14E-06	0.15

	上方一层抢救室距地面 100cm 处 (3I 点)		3.7	4.2	1.09E-05	0.64
透视 90kV	西墙外 30cm, 设备间 (3A 点)	2.5× 10 <sup>7</sup>	4.0	6.1	3.69E-07	1.85E-03
	北防护门外 30cm, 过道 (3B 点)		4.0	4.8	3.69E-07	2.99E-03
	北墙外 30cm, 过道 (3C 点)		4.0	3.7	3.69E-07	5.03E-03
	北防护门外 30cm, 过道 (3D 点)		4.0	4.2	3.69E-07	3.91E-03
	东墙外 30cm, 库房 (3E 点)		4.0	3.5	3.69E-07	5.62E-03
	南墙外 30cm, 控制室 (3F 点)		4.0	3.3	3.69E-07	6.33E-03
	南观察窗外 30cm, 控制室 (3G 点)		4.0	3.9	3.69E-07	4.53E-03
	南防护门外 30cm, 控制室 (3H 点)		4.0	5.9	3.69E-07	1.98E-03
	上方一层抢救室距地面 100cm 处 (3I 点)		3.7	4.2	9.26E-07	9.80E-03

#### (4) 手术室外周围剂量当量率 $\dot{H}$ 估算结果

手术室周围各关注点位图见前文图 11.2-1 及图 11.2-2。本项目 1 号 DSA 手术室和 3 号 DSA 手术室内射线装置在手术室内设备出束期间手术室周围关注点处的辐射剂量当量率见表 11.2-7 和表 11.2-8。

表 11.2-7 1 号 DSA 手术室外周围关注点处的辐射剂量当量率

关注点	工作模式	$\dot{H}_L/\mu\text{Sv/h}$	$\dot{H}_S/\mu\text{Sv/h}$	$\dot{H}/\mu\text{Sv/h}$
东墙外 30cm, 设备间 (1A 点)	摄影	1.04E-04	0.16	0.16
	透视	1.14E-05	2.12E-03	2.13E-03
北墙外 30cm, 过道 (1B 点)	摄影	2.23E-04	0.35	0.35
	透视	2.43E-05	4.53E-03	4.55E-03
北防护门外 30cm, 过道 (1C 点)	摄影	1.67E-04	0.26	0.26
	透视	1.82E-05	3.40E-03	3.42E-03
西防护门外 30cm, 控制室 (1D 点)	摄影	1.47E-04	0.23	0.23
	透视	1.60E-05	2.99E-03	3.01E-03
西观察窗外 30cm, 控制室 (1E 点)	摄影	1.75E-04	0.28	0.28
	透视	1.91E-05	3.56E-03	3.58E-03
南防护门外 30cm, 过道 (1F 点)	摄影	1.30E-04	0.21	0.21
	透视	1.42E-05	2.65E-03	2.66E-03
南墙外 30cm, 过道 (1G 点)	摄影	2.47E-04	0.39	0.39
	透视	2.70E-05	5.03E-03	5.06E-03
上方一层留观室距地面 100cm 处 (1H 点)	摄影	3.32E-04	0.64	0.64
	透视	4.28E-05	9.80E-03	9.85E-03

表 11.2-8 3 号 DSA 手术室外周围关注点处的辐射剂量当量率

关注点	工作模式	$\dot{H}_L/\mu\text{Sv/h}$	$\dot{H}_S/\mu\text{Sv/h}$	$\dot{H}/\mu\text{Sv/h}$
西墙外 30cm, 设备间 (3A 点)	摄影	9.10E-05	0.14	0.14
	透视	9.92E-06	1.85E-03	1.86E-03
北防护门外 30cm, 过道 (3B 点)	摄影	1.47E-04	0.23	0.23
	透视	1.60E-05	2.99E-03	3.01E-03
北墙外 30cm, 过道 (3C 点)	摄影	2.47E-04	0.39	0.39
	透视	2.70E-05	5.03E-03	5.06E-03
北防护门外 30cm, 过道 (3D 点)	摄影	1.92E-04	0.30	0.30
	透视	2.09E-05	3.91E-03	3.93E-03
东墙外 30cm, 库房 (3E 点)	摄影	2.77E-04	0.44	0.44
	透视	3.01E-05	5.62E-03	5.65E-03

南墙外 30cm, 控制室 (3F 点)	摄影	3.11E-04	0.49	0.49
	透视	3.39E-05	6.33E-03	6.36E-03
南观察窗外 30cm, 控制室 (3G 点)	摄影	2.23E-04	0.35	0.35
	透视	2.43E-05	4.53E-03	4.55E-03
南防护门外 30cm, 控制室 (3H 点)	摄影	9.73E-05	0.15	0.15
	透视	1.06E-05	1.98E-03	1.99E-03
上方一层抢救室距地面 100cm 处 (3I 点)	摄影	3.32E-04	0.64	0.64
	透视	4.28E-05	9.80E-03	9.85E-03

由表 11.2-7 和表 11.2-8 可知, 本项目 1 号 DSA 手术室内 DSA 设备在最大工况运行情况下, DSA 手术室周边各关注点剂量率在  $(2.13 \times 10^{-3} \sim 0.64) \mu\text{Sv/h}$  之间; 3 号 DSA 手术室内 DSA 设备在最大工况运行情况下, DSA 手术室周边各关注点剂量率在  $(1.86 \times 10^{-3} \sim 0.64) \mu\text{Sv/h}$  之间, 满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)、《医用 X 射线诊断机房卫生防护与检测评价规范》(DB31/T462-2020) 和《手术室 X 射线影像诊断放射防护及检测要求》(DB31/T1154-2019) 中机房周围剂量当量率应不大于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$  的要求。

### 11.2.3 DSA 手术室周边公众附加年有效剂量 $E$

本项目 DSA 手术室周边年有效剂量  $E$  计算公式如下:

$$E = \dot{H} \times t \times T \times 10^{-3} \quad \text{式 (11.2-4)}$$

式中:

$E$ : 年有效剂量, mSv;

$\dot{H}$ : 关注点处的辐射剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

$t$ : 年受照射时间, h;

$T$ : 居留因子, 参考原子能出版社《辐射防护手册 (第三分册) 辐射安全》3.4.1.1 (p80) “ $T$  为居留因子, 即人员在辐射是周围停留的几率, 可按下列三种情况取值: (1) 全居留 ( $T=1$ ), 包括控制室、实验室、诊室、办公室、候诊室、车间等经常有人的地方。(2) 部分居留 ( $T=1/4$ ), 包括公共走廊、休息室、电梯等有时有人的地方。(3) 偶然居留 ( $T=1/16$ ), 包括厕所、浴室、行人车辆通过的外部区域”。

表 11.2-9 本项目 DSA 手术室射线装置工作负荷情况

射线装置名称	单次手术平均出束时间	年手术台数/台	年最大出束时间	位置
数字减影血管造影 (DSA) X 射线机	透视 20min+ 摄影 30s×2	2000	透视 666.7h+ 摄影 33.33h	1 号 DSA 手术室
数字减影血管造影 (DSA) X 射线机	透视 20min+ 摄影 30s×2	2000	透视 666.7h+ 摄影 33.33h	3 号 DSA 手术室

本项目 2 间 DSA 手术室周边公众的年有效剂量预测结果见表 11.2-10 和

表 11.2-11。

**表 11.2-10 1 号 DSA 手术室周边公众的年有效剂量**

位置	居留因子	剂量当量率 $\mu\text{Sv/h}$		年出束时间 h/a		年有效剂量 mSv/a
		摄影	透视	摄影	透视	
东墙外 30cm, 设备间 (1A 点)	1/16	0.16	2.13E-03	33.33	666.7	4.32E-04
北墙外 30cm, 过道 (1B 点)	1/16	0.35	4.55E-03	33.33	666.7	9.22E-04
北防护门外 30cm, 过道 (1C 点)	1/16	0.26	3.42E-03	33.33	666.7	6.93E-04
南防护门外 30cm, 过道 (1F 点)	1/16	0.21	2.66E-03	33.33	666.7	5.39E-04
南墙外 30cm, 过道 (1G 点)	1/16	0.39	5.06E-03	33.33	666.7	1.02E-03
上方一层留观室距地面 100cm 处 (1H 点)	1	0.64	9.85E-03	33.33	666.7	2.80E-02

**表 11.2-11 3 号 DSA 手术室周边公众的年有效剂量**

位置	居留因子	剂量当量率 $\mu\text{Sv/h}$		年出束时间 h/a		年有效剂量 mSv/a
		摄影	透视	摄影	透视	
西墙外 30cm, 设备间 (3A 点)	1/16	0.14	1.86E-03	33.33	666.7	3.77E-04
北防护门外 30cm, 过道 (3B 点)	1/16	0.23	3.01E-03	33.33	666.7	6.09E-04
北墙外 30cm, 过道 (3C 点)	1/16	0.39	5.06E-03	33.33	666.7	1.02E-03
北防护门外 30cm, 过道 (3D 点)	1/16	0.30	3.93E-03	33.33	666.7	7.95E-04
东墙外 30cm, 库房 (3E 点)	1/4	0.44	5.65E-03	33.33	666.7	4.58E-03
上方一层抢救室距地面 100cm 处 (3I 点)	1	0.64	9.85E-03	33.33	666.7	2.80E-02

根据上表各关注点公众年附加有效剂量计算结果,本项目运行后,1号 DSA 手术室周边公众年有效剂量最大为 2.80E-02mSv/a; 3 号 DSA 手术室周边公众年有效剂量最大为 2.80E-02mSv/a, 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于“剂量限值”的要求,也低于本报告提出的剂量约束值(公众人员 0.1mSv/a)。评价范围内的其他保护目标(门诊综合楼、放疗中心、临街商铺、上海远洋船舶供应公司内公众)距离源项更远,根据辐射衰减的规律,该位置的公众人员的受照剂量更小,由此评价范围内保护目标均可满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)对公众人员的年有效剂量不超过 1mSv 的剂量限值要求,也满足本项目设定的公众人员年有效剂量不超过 0.1mSv 的剂量约束值要求。

评价范围内的其他保护目标（门诊综合楼、放疗中心、临街商铺、上海远洋船舶供应公司内公众）距离源项更远，根据辐射衰减的规律，该位置的公众人员的受照剂量更小，由此评价范围内保护目标均可满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对公众人员的年有效剂量不超过 1mSv 的剂量限值要求，也满足本项目设定的公众人员年有效剂量不超过 0.1mSv 的剂量约束值要求。

#### 11.2.4 DSA 手术室放射工作人员年有效剂量

##### (1) 放射工作人员年有效剂量

本项目 DSA 装置属于 X 射线透视设备，参照《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020），本项目 DSA 装置透视工况下透视防护区检测平面上的剂量率水平 $\leq 400\mu\text{Sv/h}$ ，设定透视防护区检测平面处的辐射剂量率为手术医生位置处的受照剂量率，手术医生及手术护士采用 0.5mm 铅当量铅围裙作屏蔽措施，在 90kV 透视工况下屏蔽因子 B 为 2.52E-02，即 DSA 手术室内放射工作人员在透视工况下躯干部位受到最大剂量率水平为 10.1 $\mu\text{Sv/h}$ 。

本项目 2 间 DSA 手术室每间由 6 名放射工作人员负责（3 名医生、2 名护士及 1 名技师），正常单次手术工况下，共需要医生 2 名，护士 1 名，技师 1 名。

表 11.2-13 本项目 1 号 DSA 手术室放射工作人员年有效剂量情况

放射工作人员	受照类型	年有效剂量 mSv/a	备注
手术医生	透视 (手术室内) 摄影 (控制室内)	4.49	1、共 3 名手术医生，单台手术安排 2 名手术医生； 2.透视过程中医生躯干部位剂量率为 10.1 $\mu\text{Sv/h}$ ，透视过程累积持续时间 666.7h/年； 3.摄影过程剂量率为 0.28 $\mu\text{Sv/h}$ ，摄影过程累积持续时间 33.33h/年； 4.汇总计算： $(10.1\mu\text{Sv/h}\times 666.7\text{h/a}+0.28\mu\text{Sv/h}\times 33.33\text{h/a})\times 1\text{mSv}/1000\mu\text{Sv}\div 3\times 2=4.49\text{mSv/a}$ 。
手术护士	透视 (手术室内) 摄影 (控制室内)	3.36	1.共 2 名手术护士，单台手术安排 1 名手术护士； 2.透视过程中护士躯干部位剂量率为 10.1 $\mu\text{Sv/h}$ ，透视过程累积持续时间 666.7h/年； 3.摄影过程剂量率为 0.28 $\mu\text{Sv/h}$ ，摄影过程累积持续时间 33.33h/年； 4.汇总计算： $(10.1\mu\text{Sv/h}\times 666.7\text{h/a}+0.28\mu\text{Sv/h}\times 33.33\text{h/a})\times 1\text{mSv}/1000\mu\text{Sv}\div 2=3.36\text{mSv/a}$ 。
手术技师	透视 (控制室内) 摄影 (控制室内)	1.17E-02	1.共 1 名手术技师，单台手术安排 1 名手术技师； 2.透视过程剂量率为 3.58E-03 $\mu\text{Sv/h}$ ，透视过程累积持续时间 666.7h/年； 3.摄影过程剂量率为 0.28 $\mu\text{Sv/h}$ ，摄影过程累积持续时间

			33.33h/年; 3.汇总计算: $(3.58E-03\mu\text{Sv/h}\times 666.7\text{h/a}+0.28\mu\text{Sv/h}\times 33.33\text{h/a})\times 1\text{mSv}/1000\mu\text{Sv}=1.17E-02\text{mSv/a}$ 。
--	--	--	--

**表 11.2-14 本项目 3 号 DSA 手术室放射工作人员年有效剂量情况**

放射工作人员	受照类型	年有效剂量 mSv/a	备注
手术医生	透视 (手术室内) 摄影 (控制室内)	4.50	1、共 3 名手术医生, 单台手术安排 2 名手术医生; 2.透视过程中医生躯干部位剂量率为 10.1 $\mu\text{Sv/h}$ , 透视过程累积持续时间 666.7h/年; 3.摄影过程剂量率为 0.49 $\mu\text{Sv/h}$ , 摄影过程累积持续时间 33.33h/年; 4.汇总计算: $(10.1\mu\text{Sv/h}\times 666.7\text{h/a}+0.49\mu\text{Sv/h}\times 33.33\text{h/a})\times 1\text{mSv}/1000\mu\text{Sv}\div 3\times 2=4.50\text{mSv/a}$ 。
手术护士	透视 (手术室内) 摄影 (控制室内)	3.37	1.共 2 名手术护士, 单台手术安排 1 名手术护士; 2.透视过程中护士躯干部位剂量率为 10.1 $\mu\text{Sv/h}$ , 透视过程累积持续时间 666.7h/年; 3.摄影过程剂量率为 0.49 $\mu\text{Sv/h}$ , 摄影过程累积持续时间 33.33h/年; 4.汇总计算: $(10.1\mu\text{Sv/h}\times 666.7\text{h/a}+0.49\mu\text{Sv/h}\times 33.33\text{h/a})\times 1\text{mSv}/1000\mu\text{Sv}\div 2=3.37\text{mSv/a}$ 。
手术技师	透视 (控制室内) 摄影 (控制室内)	2.06E-02	1.共 1 名手术技师, 单台手术安排 1 名手术技师; 2.透视过程剂量率为 6.36E-03 $\mu\text{Sv/h}$ , 透视过程累积持续时间 666.7h/年; 3.摄影过程剂量率为 0.49 $\mu\text{Sv/h}$ , 摄影过程累积持续时间 33.33h/年; 3.汇总计算: $(6.36E-03\mu\text{Sv/h}\times 666.7\text{h/a}+0.49\mu\text{Sv/h}\times 33.33\text{h/a})\times 1\text{mSv}/1000\mu\text{Sv}=2.06E-02\text{mSv/a}$ 。

根据表 11.2-13 和表 11.2-14 计算结果, 本项目 1 号 DSA 手术室内 DSA 装置运行所致辐射对手术医生年有效剂量为 4.49mSv/a, 手术护士年有效剂量为 3.36mSv/a, 手术技师年有效剂量为 1.17E-02mSv/a; 3 号 DSA 手术室内 DSA 装置运行所致辐射对手术医生年有效剂量为 4.50mSv/a, 手术护士年有效剂量为 3.37mSv/a, 手术技师年有效剂量为 2.06E-02mSv/a。本项目 DSA 手术室放射工作人员不再从事肺科医院其他放射工作, 故人员最大个人剂量为 4.50mSv/a, 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于“剂量限值”的要求, 也低于本报告和 DB31/T1154-2019 中提出的剂量约束值(职业人员 5mSv/a)。

从事本项目作业的放射工作人员在开展作业时必须按照《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)表 4 个人防护用品和辅助防护设施配置, 穿戴铅防护服等辐射防护用品, 佩戴个人剂量计, 合理安排操作时间, 所致其年剂量值不得超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的职

业照射剂量限值（20mSv/年）及本项目放射工作人员剂量约束值（5mSv/年）。

### （2）介入手术医生和护士眼晶体吸收剂量估算

根据《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》（GBZ/T 301-2017），当有 X、 $\gamma$  个人剂量当量  $H_p(d)$  监测或估算结果、并有射线能量和入射角等信息时，应用式（11.2-6）估算眼晶状体吸收剂量：

$$D_L = f_{py} H_p(d) \quad \text{式（11.2-6）}$$

其中： $D_L$ ：眼晶状体吸收剂量，单位为毫戈瑞（mGy）；

$f_{py}$ ：个人剂量当量到眼晶状体吸收剂量的转换系数（其值参见 GBZ/T 301-2017 附录 A 中 A.2），单位为毫戈瑞每毫希沃特（mGy/mSv）；

参照《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》（GBZ/T 301-2017）附录 D 中 D2.1，因本项目透视工况下 X 射线的平均能量约为 60keV，而且可近似地视为 AP 入射方式的垂直入射，从 GBZ/T301-2017 表 A.2 可查得空气比释动能到  $H_p(10,0^\circ)$  的转换系数  $C_{kp}=1.892\text{mSv/mGy}$ ，从表 A.4 可查得空气比释动能到眼晶状体吸收剂量的转换系数  $C_{ke}=1.53\text{mGy/mGy}$ ，故  $f_{py}=C_{ke}/C_{kp}=1.53/1.892 \approx 0.81\text{mGy/mSv}$ 。

$H_p(d)$ ：个人剂量当量（对 X、 $\gamma$  射线，其能量 >40 keV，或前向入射时，或各向同性入射时，一般采用  $H_p(10)$  进行眼晶状体吸收剂量估算，在其他情况下，宜用  $H_p(0.07)$  进行眼晶状体吸收剂量估算），单位为毫希沃特（mSv）；

项目尚无个人剂量监测结果，因介入手术医生和护士采取铅当量为 0.5mmPb 的铅眼镜作为屏蔽措施，铅当量与铅围裙一致，故将放射工作人员在透视工况下躯干部位受到最大剂量率水平  $10.1\mu\text{Sv/h}$  作为介入手术医生和护士眼晶体部位的剂量率，则当量剂量为  $10.1\mu\text{Sv/h} \times 666.7\text{h/a} = 6.73\text{mSv/a}$ ；

根据上式（11.2-6）计算，眼晶状体吸收剂量  $D_L = 6.73\text{mSv/a} \times 0.81\text{mGy/mSv} = 5.45\text{mGy/a}$ ；根据 GBZ/T301-2017 内容：“眼晶状体当量剂量为特定电离辐射在眼晶状体中产生的平均吸收剂量与该种辐射的辐射权重因子的乘积”，对于 X 射线，辐射权重因子为 1，则项目介入手术医生和护士眼晶状体年当量剂量为  $5.45\text{mSv/a}$ ，满足眼晶状体年当量剂量约束值  $20\text{mSv/a}$  的要求。

### （3）介入手术医生和护士四肢（皮肤）吸收剂量估算

根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017），当有 X、 $\gamma$  个人剂量当量  $H_p(d)$  监测或估算结果、并有射线能量和入射角等信息时，应用式（11.2-7）估算皮肤吸收剂量：

$$D_S = f_{py} H_p(d) \quad (11.2-7)$$

式中：

$D_S$ ：皮肤吸收剂量，单位为毫戈瑞（mGy）；

$f_{py}$ ：个人剂量当量到皮肤吸收剂量的转换系数（其值参见 GBZ/T244-2017 附录 A 中 A.2 的方法计算），单位为毫戈瑞每毫希沃特（mGy/mSv）；

参照《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）附录 B 中 B.2.1，因本项目 X 射线的平均能量为 60keV，而且可近似地视为 AP 入射方式的垂直入射，从 GBZ/T244-2017 表 A.2 可查得空气比释动能到  $H_p(10,0^\circ)$  的转换系数  $C_{kp}=1.892\text{mSv/mGy}$ ，从表 A.4 可查得空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数  $C_{ks}=1.091\text{mGy/mGy}$ ，故  $f_{py}=C_{ks}/C_{kp}=1.091/1.892\approx 0.58\text{mGy/mSv}$ ；

$H_p(d)$ ：个人剂量当量（对 X、 $\gamma$  射线，一般应采用皮肤估算位置的  $HP(0.07)$  进行皮肤吸收剂量估算；无  $H_p(0.07)$  资料，且为强贯穿辐射所致均匀照射时，也可用  $H_p(10)$  进行皮肤吸收剂量估算），单位为毫希沃特（mSv）。

项目尚无个人剂量监测结果，因介入手术医生和护士采取铅当量为 0.025mmPb 的介入防护手套作为四肢屏蔽措施，在 90kV 透视工况下屏蔽因子 B 为 6.26E-01，即 DSA 手术室内放射工作人员在透视工况下四肢部位受到最大剂量率水平为 250.4 $\mu$ Sv/h，则当量剂量为 250.4 $\mu$ Sv/h $\times$ 666.7h/a=166.9mSv/a；

根据上式（11.2-7）计算，四肢吸收剂量  $D_L=166.9\text{mSv/a} \times 0.58\text{mGy/mSv}=96.8\text{mGy/a}$ ；根据 GBZ/T244-2017 内容：“皮肤当量剂量为特定电离辐射在皮肤中产生的平均吸收剂量与该种辐射的辐射权重因子的乘积”，对于 X 射线，辐射权重因子为 1，则项目介入手术医生和护士四肢年当量剂量为 96.8mSv/a，满足四肢年当量剂量约束值 125mSv/a 的要求。

### 11.2.5 门诊综合楼地下 1 层 3 间 DSA 手术室相互影响分析

本项目建成后，医院门诊综合楼地下 1 层共设 3 间 DSA 手术室，从西至东布局分别为 2 号 DSA 手术室、1 号和 2 号 DSA 共用控制室、1 号 DSA 手术室、1 号和 3 号 DSA 共用设备间、3 号 DSA 手术室。

本项目 1 号 DSA 手术室和 3 号 DSA 手术室之间的设备间内公众可能同时受到 2 间 DSA 手术室的辐射影响，其中公众年有效剂量最大为 8.09E-04mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求，也低于本报告提出的剂量约束值（公众人员 0.1mSv/a）。

本项目 1 号 DSA 手术室和现有 2 号 DSA 手术室之间的共用控制室内放射工作人员可能同时受到 2 间 DSA 手术室的辐射影响。根据医院 2024 年例行监测结果，2 号 DSA 手术室运行期间周边环境最大剂量当量率为 0.594 $\mu$ Sv/h；根据本项目预测结果，1 号 DSA 手术室西侧控制室内最大剂量当量率为 0.28 $\mu$ Sv/h，放射工作时间均按照本项目摄影过程累计出束时间 33.33h 计算（透视过程中 DSA 设备对控制室内放射工作人员的剂量当量率较小，可忽略）。则共用控制室内放射工作人员年有效剂量最大为 0.029mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求，也低于本报告和 DB31/T1154-2019 中提出的剂量约束值（职业人员 5mSv/a）。

因本项目建成后各手术室之间设有控制室和设备间，无相邻手术室，手术室内放射工作人员受附近手术室内 DSA 设备的辐射影响经 2 层屏蔽墙（均为 4mm 铅板）削减后，可忽略不计。

### 11.3 “三废”产生情况

本项目 DSA 手术室不产生放射性三废。

#### （1）废气

DSA 装置产生的 X 射线与空气作用会产生微量的臭氧（O<sub>3</sub>）和氮氧化物（NO<sub>x</sub>），由于本项目射线装置工作时的管电压、管电流较小，因此产生的臭氧及氮氧化物也较少，且本项目 2 间 DSA 手术室内设有通风系统将废气引至门诊综合楼排风系统，因而废气污染物对环境影响很小，能满足手术室的通风换气要求。

#### （2）废水

本项目 DSA 手术室开展介入手术无废水产生；项目放射工作人员生活污水依托大楼管网送至肺科医院现有污水处理站，经污水处理站处理、消毒达标后，排入市政污水管网统一收集处理。

项目依托的现有污水处理站处理工艺为 A/O+消毒工艺，属于《排污许可证申请与核发技术规范 医疗机构》（HJ1105-2020）“附录 A 表 A.2 医疗机构排污单位污水治理可行技术参照表”中医疗污水的可行技术；现有污水处理站设计处理能力为 1150m<sup>3</sup>/d，目前处理量约为 1000m<sup>3</sup>/d，故项目废水依托现有污水处理站处理可行。

### （3）固体废物

项目放射工作人员产生的生活垃圾，委托市容环卫部门清运；介入放射学手术装置运行过程中不涉及显影液、定影液的使用，不产生废显影液、定影液，产生的医疗废物主要为手术纱布、棉球、介入导管、导丝、介入针头及废造影剂瓶等，属危险废物，平均每次手术固废产生量为 1kg，则项目医疗废物产生量约 4000kg/a（1 号和 3 号 DSA 手术室年预计总手术量为 4000 台/年），经收集后放置于肺科医院西部医废暂存间，委托有资质单位处置。

## 11.4 事故影响分析

本项目数字减影血管造影（DSA）X 射线机开展介入放射学手术或诊断作业时，可能发生的辐射事故包括：

（1）射线装置的安全联锁系统失效，装置在手术室内有除负责介入放射学手术作业的放射工作人员以外的其他放射工作人员停留或者手术室防护门未关闭的情况下启动出束。

（2）放射工作人员对数字减影血管造影（DSA）X 射线机进行误操作或装置出现故障，导致出束剂量超过放射诊断要求。

（3）所在手术室的局部屏蔽防护遭受损坏，导致射线泄漏，手术室外部辐射剂量率超标。

（4）介入放射学手术为近台同室操作，介入放射学手术人员工作时若不重视个人防护，即可能受到超剂量照射。

为防止上述事故发生，建设单位采用以下预防措施：

（1）手术室外设置电离辐射警示标志和中文警示说明，提醒无关人员远离。

（2）对全体人员开展辐射安全教育，使全体员工了解 DSA 机用途、警示标志的含义以及电离辐射危害，自觉远离手术室区域。

(3) 放射工作人员做好定期辐射巡测工作

(4) 放射工作人员严格遵守装置使用的规章制度

(5) 设备定期进行维护，避免联锁系统失效及其他机器故障发生。

(6) 加强介入放射学手术工作人员个人防护，进入手术室内，必须穿戴防护服，并佩戴个人剂量计，严格执行手术操作规程，防止个人超剂量照射。

通过采取以上措施，基本可以有效防止误照射事故的发生。

一旦发生放射事故，必须尽快停止出束并完成手术，手术完成后马上关机，切断总电源开关，对相关被照射人员进行身体检查，确定对人身是否有损害，以便采取相应的救护措施，其次对仪器设备、设施进行检测，确定其影响状态。事故发生后，立即启动肺科医院的辐射事故应急方案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射时，还应同时向当地卫生行政主管部门报告。事故处理完成后，应查找事故原因，分清事故责任，避免该类事故的再次发生。

此外，若放射工作人员由于不重视个人防护或个人剂量计佩戴不合规等，可能导致个人受照剂量超出剂限值要求等事故发生，针对此类事故，肺科医院应加强放射工作人员日常培训，严格进行个人剂量管理、个人健康管理，防止事故发生。

综上，在严格落实以上日常防范措施和应急处置措施后，项目的环境风险水平是可控的。

表 12 辐射安全管理

### 12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，“使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作”，“从事辐射工作的人员必须通过辐射安全与防护专业知识及相关法律法规的培训和考核”等辐射管理要求。

本项目射线装置使用将纳入肺科医院现有的放射防护管理体系。肺科医院已成立放射防护管理工作小组，领导本院的放射诊疗安全防护和质量保证工作。人员有明确的职责分工，负责肺科医院各放射工作场所的安全防护工作与日常监测等管理工作，小组成员如下：

组长：陈善豪；

组员：唐杰、陈瓚、刘潇潇、杨星、赵龙、柴一萍、叶影、陈晓文、孙志琴、王海 宫素岗、唐峰；

放射防护管理工作小组具体职责如下：

- 制修订本院放射防护管理制度；制修订大型医用设备（含放射设备）管理制度；
- 办理《辐射安全许可证》及变更、校验和注销；撰写《年度辐射安全工作报告》并上报环境保护部门；
- 委托相关机构进行环境辐射影响评价和竣工验收；
- 组织放射工作人员职业健康检查和个人剂量监测；
- 组织放射工作人员参加卫生、环保部门组织的培训；
- 建立放射工作人员职业健康监护档案；
- 督查放射诊疗设备的日常使用管理和维护维修管理；
- 联系检测机构对放射诊疗设备进行性能检测，对放射诊疗机房进行防护检测；
- 定期进行放射诊疗工作场所和设备、放射源安全管理情况的安全检查，发现隐患，及时消除，并完成检查和整改记录；

- 制定突发放射事件（含辐射事故）应急预案；

- 定期（每年一次）组织应急演练；

肺科医院现有 139 名放射工作人员，其中 107 人通过了生态环境部门组织的辐射安全与防护考核，并取得合格证书，且均在有效期范围内；剩余人员均从事 III 类射线装置相关工作，并已通过医院自主辐射安全与防护知识培训与考核。

## 12.2 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第 449 号令，2019 年 3 月 2 日修订）和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护总局令第 31 号，2006 年 3 月 1 日起实施，2021 年 1 月 4 日第 4 次修正）的有关要求，使用射线装置的单位要“建立健全的操作规程、岗位职责、辐射防护制度、安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训制度、台帐管理制度和监测方案”，并“有完善的辐射事故应急措施”。

### （1）辐射安全管理规章制度制定情况

肺科医院已制定一套相对完善的辐射安全管理制度和操作规程，包括：

- 岗位职责：《上海市肺科医院放射防护管理组织机构及工作职责》；
- 管理制度：《放射工作人员管理制度》《放射源防护与安全保护制度》《放射诊疗工作场所防护管理制度》《医疗照射防护制度》；
- 操作规程：《放射性同位素安全管理及领用登记制度》《放射诊疗工作安全操作制度》《放射诊疗工作安全防护制度》《移动 X 射线影像诊断设备使用管理制度》；
- 个人管理制度：《放射工作人员健康管理制度》《放射工作人员培训制度》；
- 放射性废物处理方案：《放射性废物管理制度》《医用放射性废物管理制度》；
- 监测计划：《上海市肺科医院辐射监测计划》；
- 设备维护检修制度：《放射诊疗设备管理及维护维修制度》；
- 应急响应预案：《放射事件应急预案》；

肺科医院目前辐射安全管理严格按照已制定的规章制度执行，尚未发生辐

射事故，故医院暂行的辐射安全管理规章制度可行。本项目使用II类射线装置 DSA 设备，均为现有设备，故本项目建成后可参照肺科医院现有的应急预案和规章制度进行管理。

## (2) 辐射安全管理要求

①现有的辐射安全管理制度较为健全，但应做到根据最新的相关法律法规、条例办法及现行标准的要求，定期更新和完善已有的规章制度。

②根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部第 18 号令）的要求，若需新增操作人员以及辐射安全负责人，应当按照生态环境部审定的辐射安全考试大纲，通过相应的核技术利用辐射安全与防护培训与考核；考核不合格的，不得上岗。

③需针对肺科医院全院放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

安全和防护状况年度评估报告应当包括：

①辐射安全和防护设施的运行与维护情况；

②辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；

③辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；

④放射性同位素进出口、转让或者送贮情况以及放射性同位素、射线装置台账；

⑤场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；

⑥辐射事故及应急响应情况；

⑦核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；

⑧存在的安全隐患及其整改情况；

⑨其他有关法律、法规规定的落实情况。

## 12.3 辐射监测

### 12.3.1 辐射监测方案

#### 1、环境及工作场所监测

肺科医院现有辐射监测仪器配备情况见前文表 1.8-5，现有辐射监测仪器配备充足，项目投入运行后可对 DSA 手术室周围的辐射水平进行定期监测，并做好记录。同时，肺科医院每年应委托有资质的辐射监测机构对本项目 DSA

手术室周围环境进行监测，频率不低于 1 次/年，监测结果纳入肺科医院的辐射安全防护年度评估报告。

开展手术室防护检测时，应在巡测的基础上，对关注点的局部屏蔽和缝隙进行重点监测。重点关注点包括手术室的四侧墙体外 0.3m 处；手术室上方距地面 0.3m 处；控制室操作位处；手术室防护门外 0.3m 处；并对监测项目、监测点位、监测结果等进行记录存档。

肺科医院 2024 年委托复旦大学放射医学研究所对院内现有的射线装置机房周边的辐射剂量率、非密封放射物质工作场所内部表面污染水平进行了检测，检测结果均满足相应标准要求。

## 2、个人剂量监测

肺科医院委托复旦大学放射医学研究所定期对医院所有的放射工作人员的个人受照剂量进行检测，并出具相关检测报告，个人剂量监测遵照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）等相关规定执行，个人剂量监测的监测周期不得超过 3 个月；建立个人剂量档案和健康监护档案，做好工作人员的剂量数据登记和汇总工作。当发现职业操作人员年累积剂量接近或超过剂量约束值时，应立即停止该人员的放射工作，分析和查找剂量接近剂量约束值的原因，并采取相应的整改措施，使实际的屏蔽防护操作规范程度达到要求水平。

根据 2024 年委托复旦大学放射医学研究所对个人剂量进行的监测，肺科医院现有放射工作人员的个人受照剂量未超过 5mSv 的年度个人剂量约束值；医院门诊综合楼地下 1 层 2 间 DSA 手术室现有 10 名放射工作人员中个人受照剂量最大值为 0.602mSv/a。

## 3、监测仪器配备

肺科医院现有辐射监测仪器配备情况见前文表 1.8-5，能满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中“配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器”要求的监测仪器。

## 4、其他要求

肺科医院应对定期开展的辐射监测结果做好记录进行妥善保存，监测结果应纳入肺科医院的放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告。肺

科医院应定期和不定期的对辐射工作场所进行监测。在开展辐射监测期间,若发现监测数据异常或超过国家标准规定的限值,应立即查找监测数据异常原因(如手术室的屏蔽防护、装置屏蔽防护是否受到损坏等)并进行相应整改,整改后应再次开展辐射监测进行确认。整改记录应在肺科医院的安全防护年度评估报告有所反映。

**表 12.3-1 本项目日常监测计划一览表**

监测工作场所	监测类别	监测频次	监测因子	监测设备	监测点位
1号 DSA 手术室	验收监测	/	X、 $\gamma$ 剂量率	便携式 X、 $\gamma$ 辐射监测仪	1号 DSA 手术室东、南、西、北侧墙体; 手术室顶部、控制室操作位、穿墙管线、防护门
	年度监测	1次/年			
	自主监测	1次/季度			
3号 DSA 手术室	验收监测	/	X、 $\gamma$ 剂量率	便携式 X、 $\gamma$ 辐射监测仪	3号 DSA 手术室东、南、西、北侧墙体; 手术室顶部、控制室操作位、穿墙管线、防护门
	年度监测	1次/年			
	自主监测	1次/季度			
本项目射线装置工作场所	个人剂量检测	定期(不超过三个月)	外照射个人剂量	TLD 个人剂量计	所有放射工作人员(同室操作人员建议采用双剂量计监测方法(在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计),且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计)

## 12.4 辐射事故应急

### 12.4.1 辐射事故应急要求

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第 449 号)第四十条、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环保部令第 18 号)及《突发环境事件信息报告办法》(环保部令第 17 号)有关规定,医院应制定辐射事故应急预案,辐射事故应急预案应包括下列内容:

- 1) 应急机构和职责分工;
- 2) 应急人员的组织、培训以及应急;
- 3) 可能发生辐射事故类别与应急响应措施;
- 4) 应急方案已明确应急的具体人员和联系电话;

发生辐射事故时,事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急预案,采取必要防范措施,并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》,向当地生态环境主管部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的,还应同时向当地卫生行政部门报告。

5) 辐射事故调查、报告和处理程序。

#### **12.4.2 辐射事故应急响应机构**

肺科医院已成立放射防护管理工作小组，负责辐射事故的应急处置，并制定了《辐射事故应急预案》，本项目新增II类射线装置，应结合本项目特点及II类射线装置的相关要求，更新和完善已有的规章制度，明确管理小组的成员及其职能，规定辐射事故的处理和辐射事故报告的制度。

#### **12.4.3 肺科医院现有辐射事故应急预案评价**

肺科医院制定有辐射事故应急预案，应急预案中设置了组织机构及相关职责、明确辐射事故分级和事故报告程序。

(1) 现场控制：切断射线装置的电源，除了工作人员外，禁止其他人员进入辐射污染区；对于同位素泄漏的立即疏散与事故处理无关的人员,保护现场避免扩散,对可能受放射性污染或者辐射损伤的工作人员，立即采取隔离和应急救援措施。污染工作服及时放入铅板下指定地点储放，自然衰变十个半衰期以上；工作人员身体受污染后立即用肥皂水冲淋去除污染，组织专业技术人员清除污染，整治环境，在污染现场达到安全水平前，不得解除封锁。

(2) 病人救治：对受到辐射伤害的人员进行现场急救，而后转到指定医疗机构治疗；

(3) 现场保护：配合卫生行政部门、公安部门、生态环境主管部门进行现场调查；

(4) 观察病人：对超剂量辐射照射的病人，应定期进行体检；

(5) 解除隔离：现场调查结束，查明原因，工作场所没有辐射污染，解除隔离。

(6) 如遇放射源丢失的，按照放射源管理制度应立即追查去向，并按规定报告上级部门。

#### **12.4.4 辐射事故应急执行情况**

截止目前，肺科医院未发生过辐射事故，未启动过辐射应急预案。

肺科医院每年度开展 1 次辐射事故应急演练工作，由涉及射线装置及放射性同位素放射诊疗应用的不同科室轮流进行。

### **12.5 竣工验收**

肺科医院应根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 682 号令）、《上海市环境保护局关于贯彻落实新修订的<建设项目环境保护管理条例>的通知》（沪环保评〔2017〕323 号）、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号）、《上海市环境保护局关于贯彻落实<建设项目竣工环境保护验收暂行办法>的通知》（沪环保评〔2017〕425 号）以及《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）的要求，在正式运行前对本项目开展竣工环保验收，竣工环境保护验收责任主体为上海市肺科医院。本项目环保竣工验收内容建议见下表。

**表 12.5-1 环保竣工验收内容建议一览表**

验收项目	验收标准	验收内容及要求
项目基本情况	《关于规范本市建设项目环境影响评价调整变更工作的通知》（沪环规〔2023〕1 号）附件 2-建设项目（核与辐射类）重大变动清单（2022 年版）	核实项目是否发生实际变化：环评对应申请《辐射安全许可证》的活动种类和范围发生变化（扩大或者升级）；射线装置参数发生变化后使环境影响因子发生变化导致不利影响增加的；使用场所位置变更（不含自屏蔽射线装置在原工作场所内位置变化）或新增使用场所；辐射安全防护设施变化或者工艺流程变化导致不利影响增加的。判断是否属于重大变动，属于重大变动的，应依法重新报批调整变更后的建设项目环境影响评价文件，不属于重大变动的，应按照规定编制建设项目非重大变动环境影响分析说明，并进行网上公示
工作场所周围环境剂量率控制水平	《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020） 《医用 X 射线诊断机房卫生防护与检测评价规范》（DB31/T462-2020） 《手术室 X 射线影像诊断放射防护及检测要求》（DB31/T1154-2019）	DSA 手术室四周、顶、观察窗、防护门辐射屏蔽措施；各射线装置在正常工作状态下，手术室外周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h。
个人受照剂量约束*	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002） 《手术室 X 射线影像诊断放射防护及检测要求》（DB31/T1154-2019）	职业工作人员年有效剂量约束值 5mSv/年； 晶体年当量剂量约束值 20mSv/a； 皮肤（四肢）年当量剂量约束值 150mSv/a。
	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）	公众年有效剂量约束值 0.1mSv/年。
工作场所分区	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）	DSA 手术室内部为控制区，DSA 手术室周围需要对职业照射条件进行监督和评价的区域划为监督区，具体控制区及监督区区域见图 10.1-1。
辐射安全设施	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护总局令第 18 号）	(1) DSA 手术室辐射屏蔽措施满足“表 10.1-2”的要求；

	31号, 2006年3月1日起实施, 2021年1月4日修正)、《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)	(2) DSA 手术室门外设置电离辐射警告标志、工作指示灯、防夹装置、门灯连锁系统等; (3) DSA 手术室内、控制室关键部位设置急停按钮。
辐射监测仪器及个人防护用品	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(国家环境保护总局令第31号, 2006年3月1日起实施, 2021年1月4日修正)	本项目配备放射工作人员的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套、铅防护帘、床侧防护帘, 及受检者的铅橡胶性腺防护围裙; 本项目辐射监测仪器依托肺科医院现有辐射监测仪器。
辐射环境监测	《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部第18号令)	建立辐射监测制度, 每季度对场所开展自行监测, 并做好记录; 外委有资质的机构对各机房四周、观察窗、防护门、操作位及各机房上方进行剂量率监测, 不低于1次/年。
规章制度	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(国家环境保护总局令第31号, 2006年3月1日起实施, 2021年1月4日修正)	制定完善操作规程、岗位职责、辐射防护与安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训制度、辐射监测制度、突发辐射事故应急处理预案等辐射安全管理制度, 并对上述制度进行宣贯落实。
辐射安全与环境保护管理机构	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(国家环境保护总局令第31号, 2006年3月1日起实施, 2021年1月4日修正)	设有专门的辐射安全与环境保护管理机构。
人员配置及培训	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(国家环境保护总局令第31号, 2006年3月1日起实施, 2021年1月4日修正)	①肺科医院现有放射工作人员均通过核技术利用辐射安全与防护培训; ②本项目拟新增的8名放射工作人员应参加生态环境部门组织的考核, 考核通过后持证上岗; 门诊地下1层放射科现有的10名工作人员均已通过生态环境部门组织的考核。
辐射事故应急预案	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(国家环境保护总局令第31号, 2006年3月1日起实施, 2021年1月4日修正)	更新《辐射事故应急预案》, 定期开展辐射事故(件)应急演练。
辐射安全许可许可证	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(国家环境保护总局令第31号, 2006年3月1日起实施, 2021年1月4日修正)	根据沪环保评[2017]425号文件规定, 在投入调试前重新申请辐射安全许可证
注: *与肺科医院已批准的的职业工作人员和公众剂量约束值保持一致		

表 13 结论与建议

### 13.1 项目概况

肺科医院为整合医疗资源，提高设备使用效率，拟缩小门诊综合楼地下 1 层现有 1 号 DSA 手术室面积，并将手术室东侧的女更衣室和实验室部分区域改建为 3 号 DSA 手术室及相应控制室。现有 1 号 DSA 手术室内使用 1 台型号为 Artis Q Ceiling 的 DSA 设备（最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，属 II 类射线装置）；同时将现有肺部疾病临床诊疗中心 4 层 DSA 手术室内的 1 台型号为 ARTIS pheno 的 DSA 设备（最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，属 II 类射线装置）搬迁至新建的 3 号 DSA 手术室。

### 13.2 辐射安全与防护分析

#### 13.2.1 选址布局基本合理

本项目 2 间 DSA 手术室位于门诊综合楼地下 1 层，评价范围（手术室边界 50m 范围）内保护目标为项目放射工作人员以及机房评价范围内门诊综合楼、放疗中心、临街商铺、上海远洋船舶供应公司内公众。项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的防护治理措施后满足国家相关防护标准，不会对周围环境与公众造成危害，故选址合理。

本项目 2 间 DSA 手术室控制室与手术室分开单独布置，辐射工作场所控制区和监督区划分明确，布局基本合理。

#### 13.2.2 手术室屏蔽措施

本项目 2 间 DSA 手术室四周墙、顶部、观察窗、防护门采取的屏蔽措施均大于 3.7mmPb，屏蔽措施厚度满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 3 要求（ $\geq 2\text{mmPb}$ ）。

#### 13.2.3 辐射分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），对本项目射线装置工作场所进行分区管理，具体如下：

①控制区：1 号 DSA 手术室和 3 号 DSA 手术室划为控制区，当 DSA 手术室开展介入放射学手术作业时，手术室内仅允许相关病人及开展手术操作的医护人员停留。

②监督区：1 号 DSA 控制室、3 号 DSA 控制室、设备间及 1 号 DSA 手术

室和 3 号 DSA 手术室出入口防护门外 1m 划分为监督区，开展诊疗作业期间，除相关病人外，仅允许放射工作人员进入。

#### **13.2.4 辐射安全管理**

肺科医院已成立放射防护管理工作小组，为放射工作人员建立个人剂量档案；定期进行职业健康体检，建立个人职业健康档案。肺科医院还需不断根据法律法规及实际情况对已制定的各项管理制度进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性，同时在工作中将其落到实处，确保辐射工作的安全。肺科医院在做好本报告提出应急预案相关内容后，本项目辐射事故应急是可行的。

#### **13.2.5 辐射防护监测仪器**

肺科医院所有放射工作人员均配备个人剂量计，工作时随身佩戴。辐射巡测仪器配备齐全，由专人定期开展巡测。

### **13.3 环境影响分析结论**

#### **13.3.1 建设阶段对环境的影响**

建设内容主要为墙体施工、屏蔽装修和设备安装调试。施工期以施工噪声影响为主，同时伴有粉尘、废水和固体废物产生。施工用时时长较短，施工涉及的区域面积较小，施工期对周围环境的影响较小。

#### **13.3.2 工作场所周围剂量率**

经计算，本项目 1 号 DSA 手术室和 3 号 DSA 手术室外的周围剂量当量率均满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)、《医用 X 射线诊断机房卫生防护与检测评价规范》(DB31/T462-2020)、《手术室 X 射线影像诊断放射防护及检测要求》(DB31/T 1154-2019)规定：“在距机房屏蔽墙外表面 0.3m 处周围剂量当量率不大于 2.5 $\mu$ Sv/h”标准要求。

#### **13.3.3 职业照射有效剂量**

经估算，本项目 1 号 DSA 手术室内 DSA 装置运行所致辐射对手术医生年有效剂量为 4.49mSv/a，手术护士年有效剂量为 3.36mSv/a，手术技师年有效剂量为 1.17E-02mSv/a；3 号 DSA 手术室内 DSA 装置运行所致辐射对手术医生年有效剂量为 4.50mSv/a，手术护士年有效剂量为 3.37mSv/a，手术技师年有效剂量为 2.06E-02mSv/a，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

(GB18871-2002)对职业人员的年有效剂量不超过 20mSv 的剂量限值要求,也满足本项目设定的职业人员年有效剂量不超过 5mSv 的剂量约束值要求。

本项目介入手术医生和护士眼晶状体年当量剂量为 5.45mSv/a, 满足眼晶状体年当量剂量约束值 20mSv/a 的要求;介入手术医生和护士四肢年当量剂量为 96.8mSv/a, 满足四肢年当量剂量约束值 125mSv/a 的要求。

本项目 1 号 DSA 手术室和现有 2 号 DSA 手术室之间的共用控制室内放射工作人员可能同时受到 2 间 DSA 手术室的辐射影响, 共用控制室内放射工作人员年有效剂量最大为 0.029mSv/a, 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于“剂量限值”的要求, 也低于本报告和 DB31/T1154-2019 中提出的剂量约束值(职业人员 5mSv/a)。

#### 13.3.4 公众照射有效剂量

本项目 1 号 DSA 手术室射线装置对公众可能产生的年有效剂量为 2.80E-02mSv/a; 3 号 DSA 手术室射线装置对公众可能产生的年有效剂量为 2.80E-02mSv/a, 低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的公众剂量限值(1mSv/年)和公众照射剂量约束值(0.1mSv/年)。评价范围内的其他保护目标(门诊综合楼、放疗中心、临街商铺、上海远洋船舶供应公司内公众)距离源项更远, 根据辐射衰减的规律, 该位置的公众人员的受照剂量更小, 由此评价范围内保护目标均可满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)对公众人员的年有效剂量不超过 1mSv 的剂量限值要求, 也满足本项目设定的公众人员年有效剂量不超过 0.1mSv 的剂量约束值要求。

本项目 1 号 DSA 手术室和 3 号 DSA 手术室之间的设备间内公众可能同时受到 2 间 DSA 手术室的辐射影响, 其中公众年有效剂量最大为 8.09E-04mSv/a, 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于“剂量限值”的要求, 也低于本报告提出的剂量约束值(公众人员 0.1mSv/a)。

#### 13.3.5 “三废”治理和控制

**废气:** DSA 装置产生的 X 射线与空气作用会产生微量的臭氧(O<sub>3</sub>)和氮氧化物(NO<sub>x</sub>), 由于本项目射线装置工作时的管电压、管电流较小, 因此产

生的臭氧及氮氧化物也较少，且本项目 2 间 DSA 手术室内设有动力通风系统将废气引至门诊综合楼排风系统，因而废气污染物对环境的影响很小，能满足手术室的通风换气要求。

**废水：**本项目 DSA 手术室开展介入手术无废水产生；项目放射工作人员生活污水依托大楼管网送至肺科医院现有污水处理站，经污水处理站处理、消毒达标后，排入市政污水管网统一收集处理。

项目依托的现有污水处理站处理工艺为 A/O+消毒工艺，属于《排污许可证申请与核发技术规范 医疗机构》（HJ1105-2020）“附录 A 表 A.2 医疗机构排污单位污水治理可行技术参照表”中医疗污水的可行技术；现有污水处理站设计处理能力为 1150m<sup>3</sup>/d，目前处理量约为 1000m<sup>3</sup>/d，故项目废水依托现有污水处理站处理可行。

**固废：**DSA 手术室内射线装置运行不产生放射性固废。

项目放射工作人员产生的生活垃圾，委托市容环卫部门清运；介入放射学手术装置运行过程中不涉及显影液、定影液的使用，不产生废显影液、定影液，产生的医疗废物主要为手术纱布、棉球、介入导管、导丝、介入针头及废造影剂瓶等，属危险废物，平均每次手术固废产生量为 1kg，则项目医疗废物产生量约 4000kg/a（1 号和 3 号 DSA 手术室年预计总手术量为 4000 台/年），经收集后放置于肺科医院西侧医废暂存间，委托有资质单位处置。

#### 13.4 可行性分析结论

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于鼓励类中“三十七、卫生健康 1、医疗卫生服务设施建设”，为鼓励类产业；未列入《上海工业及生产性服务业指导目录和布局指南（2014 年版）》中限制类、淘汰类目录；未列入《上海市产业结构调整指导目录 限制和淘汰类（2020 年版）》；未列入《市场准入负面清单（2025 年版）》。本项目的建设符合国家及地方产业政策。

本项目为使用 II 类射线装置 DSA 设备，用于开展介入放射学手术，有利于提高肺科医院急诊的医疗水平，保障广大患者的健康和疾病治疗，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”的原则。本项目在运行过程中可能对相关工作人员和公众产生一定的

电离辐射照射，在采取相关辐射安全与防护措施后，电离辐射照射可达到相关标准要求，实践过程中采取了可靠的辐射防护措施，对周围环境、公众的辐射影响满足国家辐射防护安全标准的要求，其所获利益远大于可能因辐射实践所造成的损害。

综上，在认真贯彻执行国家有关辐射环境管理的法规，严格实施本评价提出的环境保护措施，尤其是加强安全管理的前提下，本项目不会对周围环境产生不可接受的环境影响，因此，本项目从辐射安全和环境保护角度上是可行的。

### **13.5 建议和承诺**

为更好的做好本项目的环保工作，提出以下建议及要求：

- (1) 本项目环评获批后，肺科医院应及时重新申请辐射安全许可证。
- (2) 在设备安装的同时，应确保辐射防护措施和管理措施的建设，切实落实环境保护设施和主体工程“同时设计、同时施工、同时投产”。
- (3) 本项目运行中，放射工作人员应严格遵守操作规程；肺科医院需加强对操作人员的培训，避免因意外事故造成对职业人员和公众的附加剂量影响，确保项目对环境的辐射影响降到合理可达尽量低的水平。
- (4) 定期对辐射工作场所开展现场检查及监测，及时发现事故隐患并排除风险。
- (5) 根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》和《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）等文件的规定，项目建设并试运行后，按照规定程序开展竣工环境保护验收工作；通过验收后，本项目方可正式投入运行。
- (6) 本评价报告在建设单位所提资料的基础上编制而成，若建设单位在后期建设和运营活动中，建设项目发生重大变更，则必须向生态环境部门重新报批，并按要求做变更环评。

表 14 审批

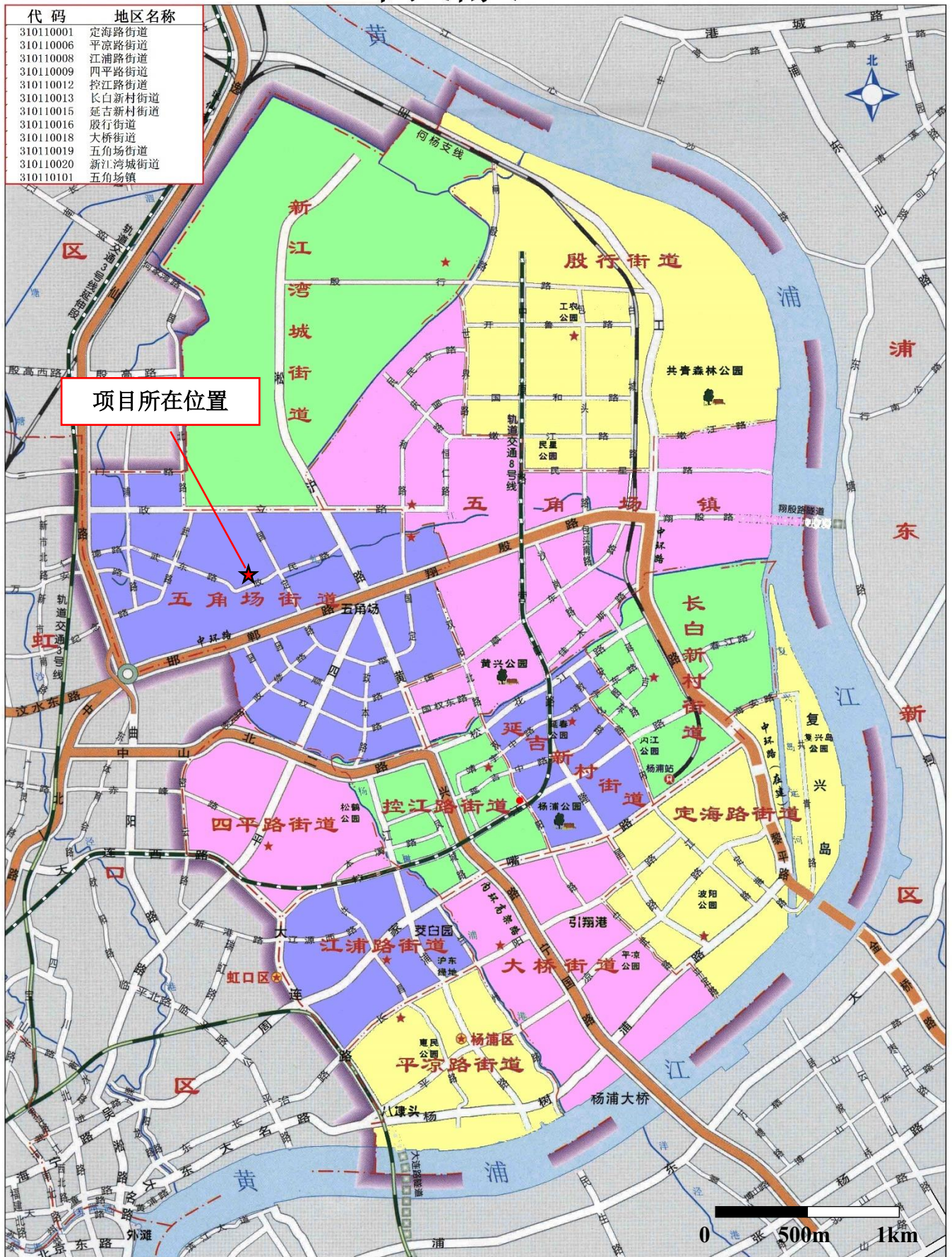
下一级环保部门预审意见		
经办人	公章	
	年	月 日
审批意见		
经办人	公章	
	年	月 日



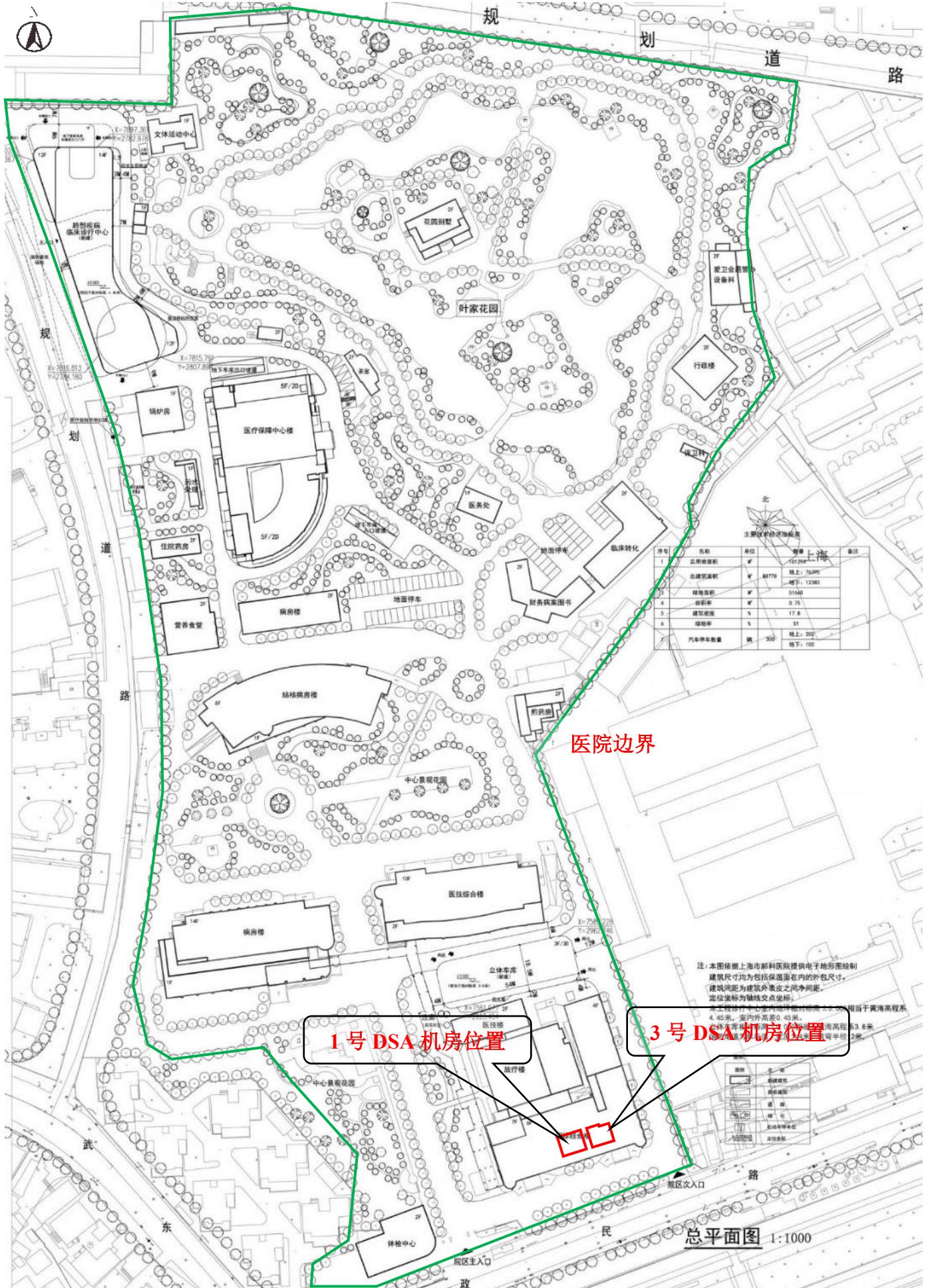
附图 1 项目地理位置图

# 杨浦区

2017年



附图 2 项目区域位置图



附图 3 肺科医院总平面布置图