

ICS 13. 280

CCS Z 51

# 团 体 标 准

T/ZJARP001. 1-2023

## 电离辐射防护工程施工质量控制指南

### 第 1 部分：医用诊断辐射防护材料的选择

Guidance for construction quality control of ionizing radiation protection engineering

Part 1: Selection of radiation protective materials in medical diagnosis

2023 - 04 - 11 发布

2023 - 04 - 15 实施

浙江省辐射防护协会 发 布

目 录

前 言 ..... II

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 基本原则 ..... 3

5 电离辐射防护材料的基本性能要求 ..... 3

6 电离辐射防护材料的选择 ..... 4

附录 A（资料性附录）医用诊断 X 射线防护中不同屏蔽物质的铅当量测试方法 ..... 6

附录 B（资料性附录）医用诊断 X 射线防护玻璃板要求 ..... 10

参考文献..... 13

浙江省辐射防护协会

## 前 言

本标准按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规则起草。本标准规定了电离辐射防护工程材料选择的基本技术要求，当本标准与国家法律、行政法规的规定相抵触时，应按国家法律、行政法规的规定执行。

T/ZJARP001《电离辐射防护工程施工质量控制指南》系列标准按部分发布，分为以下三个部分：

——第1部分：医用诊断辐射防护材料的选择；

——第2部分：施工工艺；

——第3部分：质量检测。

本部分是T/ZJARP001系列标准的第1部分。

请注意本部分的某些内容可能涉及专利。本部分的发布机构不承担识别专利的责任。

本部分由浙江省辐射防护协会提出并归口。

本部分主编单位：天一瑞邦环境工程有限公司、瑞邦（杭州）工程设计有限公司

本部分参编单位：浙江省产品质量安全科学研究院、浙江省建筑设计研究院、中国医学科学院放射医学研究所、杭州市职业病防治院、五洲工程顾问集团有限公司、浙江杭康检测技术有限公司、温州设计集团有限公司、杭州市建筑设计研究院有限公司、汉嘉设计集团股份有限公司、浙江卫康辐射防护工程股份有限公司、科安环境工程技术有限公司、保定美伦有色金属有限公司、上海神网辐射防护器材有限公司、中诺备尔环境工程（山东）有限公司、浙江环安检测有限公司、浙江亿达检测技术有限公司。

本部分主要起草人：邹鹏才、徐霞泽、厉小燕、骆高俊、赵长青、陈珏、曾国良、蒋德利、许达、魏超、阮书州、纪涛、柴恩海、朱猷、江东明、张靖琪、王众磊、李承、潘骏、王强、周云丹、杨波、许屹中、吴红波、陆礼龙、余妙玲、符永贤、陆浩楠、韩志坚、郭利、陈超军、黄春年、牟沁、王路杰。

# 电离辐射防护工程施工质量控制指南

## 第1部分：医用诊断辐射防护材料的选择

### 1 范围

本标准规定了在电离辐射防护工程施工中应遵循的基本原则和施工材料的选择。  
本标准主要适用于医用诊断方面的电离辐射防护工程中的防辐射材料的选择，工业、科研等领域可参考。

### 2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

|             |                                                |
|-------------|------------------------------------------------|
| GB 175      | 通用硅酸盐水泥                                        |
| GB 6566     | 建筑材料放射性核素限量                                    |
| GB 8076     | 混凝土外加剂                                         |
| GB 8624     | 建筑材料及制品燃烧性能分级                                  |
| GB 18871    | 电离辐射防护与辐射源安全基本标准                               |
| GB 50119    | 混凝土外加剂应用技术规范                                   |
| GB/T2680    | 建筑玻璃 可见光透射比、太阳光直接透射比、太阳能总透射比、紫外线透射比及有关窗玻璃参数的测定 |
| GB/T 14684  | 建筑用砂                                           |
| GB/T 14685  | 建筑用卵石、碎石                                       |
| GB/T 18883  | 室内空气质量标准                                       |
| HJ 1188     | 核医学辐射防护与安全要求                                   |
| GBZ 120     | 核医学放射防护要求                                      |
| GBZ 130     | 放射诊断放射防护要求                                     |
| GBZ/T 146   | 医疗照射放射防护名词术语                                   |
| JC 476      | 混凝土膨胀剂                                         |
| JGJ 52      | 普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准                             |
| JGJ 63      | 混凝土用水标准                                        |
| JGJ 113     | 建筑玻璃应用技术规程                                     |
| JC/T 1021.7 | 非金属矿物和岩石化学分析方法                                 |
| JC/T 2675   | 硫酸钡防辐射板                                        |
| JC/T 2676   | 硫酸钡防辐射砂浆                                       |

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

#### 3.1

**电离辐射** ionizing radiation

简称“辐射”。能使物质的原子或分子电离而形成离子对(离子和电子)的辐射。在放射医学与防护领域，指能在生物物质中产生离子对的辐射。可分为低传能线密度辐射和高传能线密度辐射，以表示其相对生物效能；或者分为强贯穿辐射和弱贯穿辐射，以表示其贯穿屏蔽体或人体的能力。

## 3.2

**辐射防护 radiation protection**

又称“放射防护”。保护人员免受或少受电离辐射照射的影响和达到这一目标的方法。其主要内容包括放射防护体系、放射防护标准、辐射监测、防护评价及实施管理等。作为应用性学科，涉及的基本学科包括辐射剂量学、放射生物学、放射流行病学、放射毒理学和辐射探测及屏蔽等。

## 3.3

**硫酸钡 Barium sulfate**

一种性质稳定，难溶于水、酸、碱或有机溶剂的白色无定型粉末。

## 3.4

**硫酸钡涂料 Barium sulfate paint**

以硫酸钡( $\text{BaSO}_4$ )为主要矿物成分，并掺以相应比例拌合物，从而形成一种粘附牢固、具有一定强度、呈乳液流动状态的防辐射涂膜，用于屏蔽X射线、 $\gamma$ 射线和 $\beta$ 射线的特殊材料。

## 3.5

**铅板 Lead Plate**

用金属铅轧制而成的一种具有很强的防腐蚀、耐酸碱的防辐射柔性灰白色板材。

## 3.6

**钡板 Barium plate**

用天然硫酸钡矿粉、水泥、水、原木纤维和其他辅助的粉状材料，经工业模压、养护而成的一种具有防辐射功能的增强型复合板材。

## 3.7

**铅玻璃 lead glass**

生产过程中特意添加氧化铅制成的玻璃。以二氧化硅、三氧化二硼等无机物为基材制成的铅玻璃称为无机铅玻璃，以甲基丙烯酸甲酯与苯乙烯等有机物为基材制成的铅玻璃称为有机铅玻璃。在放射防护领域常用于制作既能屏蔽辐射又便于观察的防护器具。

## 3.8

**均匀性 homogeneity**

物质的一种或几种物理性质不随空间坐标变化的特性。

## 3.9

**放射性核素限量 Limited radionuclide**

具有放射性的核素的限制剂量。放射性核素按其来源，可分为天然放射性核素和人工放射性核素两大类。常见的放射性核素的衰变形式是 $\alpha$ 衰变、 $\beta$ 衰变和 $\gamma$ 衰变等。

## 3.10

**正当性 justification**

在计划照射情况下，确定某一实践在总体上是否有益的过程。即引入或继续这一实践对个人和社会带来的预期利益是否超过该实践产生的损害(包括辐射危害)。在应急照射情况或现存照射情况下，确定一个建议的防护行动或补救行动在总体上是否有益的过程。即引入或继续这个防护行动或补救行动对个人和社会带来的预期利益(包括减轻的放射危害)是否超过该行动的代价及该行动引起的任何损害或损伤。

3.11

防护与安全最优化 optimization of protection and safety

确定防护与安全的水平的过程，使得受照工作人员和公众的个人剂量的大小、受照的人数及潜在照射的概率，在考虑了经济和社会因素之后，保持在可合理达到的尽量低水平(as low as reasonably achievable, ALARA)。

3.12

剂量限值 dose limit

在计划照射情况下，个人所受到的有效剂量或当量剂量不得超过的数值。

4 基本原则

- 4.1 电离辐射防护工程中所选用的硫酸钡涂料、铅板、钡板、铅玻璃应作为辅助材料使用。
- 4.2 电离辐射防护工程中施工的基础屏蔽材料应为实心砖或混凝土。
- 4.3 电离辐射防护的材料选择时应符合GBZ18871中规定的正当性要求、防护与安全最优化要求、剂量约束限值且对人体、生物及环境无害。
- 4.4 电离辐射防护工程材料的选择，应基于环境影响评价、职业病危害放射防护评价等相关评估报告的理论依据，结合设计要求、工程实践、辐射设备参数、建设单位的经济及技术控制目标、适用的环境、从业人员技能水平、当地监管政策要求等多方关联因素，进行正当性、合理性、经济性的选择。
- 4.5 电离辐射防护的材料根据其防护等级分为 I 级、II 级、III级且均应满足放射性防辐射要求。

5 电离辐射防护材料的基本性能要求

5.1 硫酸钡涂料

- 5.1.1 硫酸钡涂料外观质量应均匀、干燥、无杂物、无结块。
- 5.1.2 硫酸钡涂料拌合物中的水泥应选用通用的325标号以上的中、低热硅酸盐水泥，并应符合GB 175的规定。
- 5.1.3 硫酸钡涂料拌合物中的水应符合JGJ 63的规定。
- 5.1.4 硫酸钡涂料中所用的外加剂应符合GB 8076、GB 50119和JC 476的有关规定。
- 5.1.5 硫酸钡粗骨料的质量与技术性能指标和硫酸钡细骨料的质量与技术性能指标应符合GB/T 50557的规定。
- 5.1.6 硫酸钡粗骨料的使用比例应符合JGJ 52-2006中连续级配的规定。硫酸钡细骨料宜为中砂，且颗粒级配应符合JGJ 52-2006中级配II区的规定。
- 5.1.7 硫酸钡含量的试验方法应按照JC/T 1021.7的规定进行检测, 硫酸钡涂料的其他性能指标检测应按照JGJ 52、GB/T 14684和GB/T 14685中的相关规定执行。
- 5.1.8 硫酸钡涂料的试验方法、检验规则应符合JC/T 2676的规定。
- 5.1.9 不同等级的硫酸钡涂料的放射性核素限量应符合GB 6566-2010中3.1的规定。
- 5.1.10 硫酸钡涂料的技术质量与技术性能等级指标见表1。

表1 硫酸钡涂料的质量与技术性能等级指标

| 项目                                                                                                                                                  | 等级指标   |               |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------|---------|
|                                                                                                                                                     | I 级    | II 级          | III级    |
| 硫酸钡原料含量(按质量计,%)                                                                                                                                     | ≥85.00 | ≥80.00        | ≥70.00  |
| 表观密度 δ (kg/m³)                                                                                                                                      | ≥3800  | 3800> δ ≥2800 | 2800> δ |
| 比铅当量 (mmPb/10mm)                                                                                                                                    | ≥1.20  | ≥1.00         | ≥0.80   |
| 泥块含量 (按质量计, %)                                                                                                                                      | ≤0.20  | ≤0.50         | ≤0.80   |
| 硫酸钡粉末 (按质量计, %)                                                                                                                                     | ≤8.00  | ≤6.00         | ≤4.00   |
| 放射性核素限量                                                                                                                                             | 合格     | 合格            | 合格      |
| 说明：<br>1、硫酸钡粗骨料经破碎、筛分，粒径应不小于4.75mm。<br>2、硫酸钡细骨料经破碎、筛分，粒径应小于4.75mm且不小于75 μ m。<br>3、硫酸钡粉末粒径应小于75 μ m。<br>4、比铅当量的试验方法应按照GBZ/T147-2002中4.2规定的方法测定（下表同）。 |        |               |         |

5.2 铅板

- 5.2.1 电离辐射防护工程施工中采用的铅板应有较好的均匀性、致密性，氧化杂质少。
- 5.2.2 铅板的制作应采用 GB/T 469-2013 中的 1#电解铅轧制，不得采用回收铅轧制。
- 5.2.3 铅板的试验方法、检验规则应符 YY/T 0292.1 的规定。
- 5.2.4 铅板的质量与技术性能等级指标见表2。

表2 铅板的质量与技术性能等级指标

| 项目                                            | 等级指标    |         |         |
|-----------------------------------------------|---------|---------|---------|
|                                               | I 级     | II 级    | III级    |
| 铅含量（按质量计，%）                                   | ≥99.994 | ≥99.992 | ≥99.990 |
| 比铅当量（mmPb/mm）                                 | ≥1.00   | ≥0.90   | ≥0.80   |
| 均匀性（mm/5mm）                                   | ≤±0.01  | ≤±0.05  | ≤±0.10  |
| 氧化杂质（按质量计，%）                                  | ≤0.006  | ≤0.008  | ≤0.010  |
| 说明：<br>1、铅板密度应≥11340kg/m³，熔点为327.5℃，沸点为1525℃。 |         |         |         |

5.3 钡板

- 5.3.1 电离辐射防护工程施工中采用的钡板表面应平整、无变形裂缝、无蜂窝状缝隙。
- 5.3.2 钡板的表观密度的试验方法、检验规则应符合 JC 688 的规定，均匀性的试验方法、检验规则应符 YY/T 0292.1 的规定，硫酸钡含量的试验方法、检验规则应符 GB/T 2899 的规定。
- 5.3.3 钡板的燃烧性能等级应符合 GB 8624 的规定。
- 5.3.4 不同等级的钡板放射性核素量应符合 GB 6566-2010 中 3.1 的规定。
- 5.3.5 钡板的质量与技术性能等级指标见表3。

表3 钡板的质量与技术性能等级指标

| 项目              | 等级指标     |                   |          |
|-----------------|----------|-------------------|----------|
|                 | I 级      | II 级              | III级     |
| 硫酸钡原料含量（按质量计，%） | ≥65.00   | ≥62.50            | ≥60.00   |
| 表观密度 δ（kg/m³）   | >2300.00 | 2300.00≥δ>2000.00 | ≤2000.00 |
| 比铅当量（mmPb/10mm） | ≥0.80    | ≥0.75             | ≥0.70    |
| 均匀性（mm/5mm）     | ≤±0.01   | ≤±0.05            | ≤±0.10   |
| 燃烧性能等级          | A        | A                 | A        |
| 放射性核素限量         | 合格       | 合格                | 合格       |

5.4 铅玻璃

- 5.4.1 电离辐射防护工程施工中采用的铅玻璃宜为高铅玻璃，材质清洁、无杂质、无霉点、透明度好、透光率高，铅当量宜≥0.22mmPb/mm。常用厚度为10mm、12mm、15mm、18mm、20mm。
- 5.4.2 医用诊断 X 射线防护玻璃板的技术参数应符合附录 B 的规定。
- 5.4.3 铅玻璃涉及的技术参数及测定要求应符合 GB/T 2680 的规定。
- 5.4.4 铅玻璃的选择应符合 JGJ 113 的规定。
- 5.4.5 铅玻璃窗的选择应符合国家建筑标准设计图集 04J610-1 中防射线窗的规定。
- 5.4.6 不同等级的铅玻璃放射性核素量应符合 GB 6566-2010 中 3.1 的规定。
- 5.4.7 铅玻璃的质量与技术性能等级指标见表4，铅玻璃的尺寸、几何精度、光学质量、衰减性能参见附录B。

表4 铅玻璃的质量与技术性能等级指标

| 项目                                               | 等级指标     |          |          |
|--------------------------------------------------|----------|----------|----------|
|                                                  | I 级      | II 级     | III级     |
| 氧化铅含量（按质量计，%）                                    | ≥71.00   | ≥65.00   | ≥56.00   |
| 表观密度 δ（kg/m³）                                    | ≥5200.00 | ≥4770.00 | ≥4120.00 |
| 透光率（%）                                           | ≥80.00   | ≥80.00   | ≥85.00   |
| 放射性核素限量                                          | 合格       | 合格       | 合格       |
| 说明：<br>铅玻璃的安装位置宜避开X射线的主射线方向且应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。 |          |          |          |

6 电离辐射防护材料的选择

6.1 按临床核医学工作场所分类，材料选择的等级见表5。

表5 按临床核医学工作场所分类选用材料的等级

| 分类                                                      | 日操作最大量放射性核素的加权活度<br>MBq | 选用材料等级               |
|---------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------|
| I                                                       | >50000                  | 宜选用 I 级，可选用 I～II 级   |
| II                                                      | 50～50000                | 宜选用 II 级，可选用 I～III 级 |
| III                                                     | <50                     | 可选用 I～III 级          |
| 说明：<br>1、日操作最大量放射性核素的加权活度的计算应参考GBZ 120-2020中的附录G中的计算方法。 |                         |                      |

6.2 无基础屏蔽材料的情况下，按不同类型X射线设备机房的分类，材料选择的等级见表6。

表6 按不同类型X射线设备机房选用材料的等级

| 机房类型             | 选用材料等级                |
|------------------|-----------------------|
| 标称125 kV以上的摄影机房  | 优先选用 I 级，可选用 II～III 级 |
| 标称125 kV及以下的摄影机房 | 优先选用 II～III 级         |

6.3 按常见不同基层材料的分类，材料选择的类型见表7， X射线防护中不同铅当量屏蔽物质厚度的典型值参见附录A。

表7 按常见不同基层材料的分类选用材料的类型

| 基层材料类型      | 选用材料类型            |
|-------------|-------------------|
| 空心砖、微孔砖、多孔砖 | 宜选用铅板，可选用钡板       |
| 实心砖         | 宜选用硫酸钡涂料，可选用铅板及钡板 |
| 混凝土预制板      | 宜选用铅板，可选用钡板       |
| 实心混凝土板      | 宜选用硫酸钡涂料，可选用铅板    |
| 钢结构         | 宜选用铅板及钡板，可选用硫酸钡涂料 |

6.4 按施工环境干湿度的分类，材料选择的类型见表8。

表8 按施工环境干湿度的分类选用材料的类型

| 施工环境干湿度（%） | 选用材料类型             |
|------------|--------------------|
| 高湿潮湿       | 宜选用硫酸钡涂料，不宜选用铅板及钡板 |
| 低湿干燥       | 宜选用硫酸钡涂料，可选用钡板     |

6.5 具有防辐射与净化要求的手术室墙面宜采用铅板进行屏蔽防护，地面、顶棚宜采用硫酸钡涂料进行屏蔽防护。

6.6 防辐射设备机房顶棚的防护宜在设备机房对应的上层地面采用硫酸钡涂料进行屏蔽防护。

6.7 穿墙管道与防辐射墙体之间的缝隙宜采用铅板进行屏蔽防护；防辐射墙体内暗嵌的底盒、配电箱、消防箱等背面宜采用铅板进行屏蔽防护。



附录 A  
(资料性附录)  
医用诊断 X 射线防护中不同屏蔽物质的铅当量测试方法

A.1 医用诊断 X 射线防护中不同屏蔽物质的铅当量

A.1.1 医用诊断 X 射线屏蔽防护中常用屏蔽物质的密度见表 A.1。

表 A.1 不同屏蔽物质的密度

| 屏蔽物质 | 密度<br>g/cm <sup>3</sup> |
|------|-------------------------|
| 铅    | 11.3                    |
| 混凝土  | 2.35                    |
| 铁    | 7.4                     |
| 石膏板  | 0.705                   |
| 砖    | 1.65                    |

A.1.2 不同屏蔽物质的铅当量按以下方法给出：

- a) 对给定的铅厚度, 依据 NCRP 147 号报告中给出的不同管电压 X 射线辐射在铅中衰减的  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  拟合值（见表 A.2～表 A.3）按式（A.1）计算屏蔽透射因子  $B$ ：

$$B = \left[ \left( 1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{\frac{1}{\gamma}} \dots\dots\dots (A.1)$$

- 式中：
- $B$ ——给定铅厚度的屏蔽透射因子；
- $\beta$ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；
- $\alpha$ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；
- $\gamma$ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；
- $X$ ——铅厚度。
- b) 依据 NCRP 147 号报告中给出的不同管电压 X 射线辐射在其他屏蔽物质中衰减的  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  拟合值和 A.1.2 a) 中的  $B$  值，使用式（A.2）计算出各屏蔽物质的铅当量厚度  $X$ ，结果列于表 A.4～表 A.7。

$$X = \frac{1}{\alpha \gamma} \ln \left( \frac{B^{-\gamma} + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right) \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

$X$ ——不同屏蔽物质的铅当量厚度；  
 $\alpha$ ——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；  
 $\gamma$ ——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；  
 $B$ ——给定铅厚度的屏蔽透射因子；  
 $\beta$ ——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。

表 A.2 常用核素屏蔽材料十分之一值层厚度（TVL）

单位为毫米

| 核素                            | 铅 (11.3g/cm <sup>3</sup> ) | 砖 (1.65g/cm <sup>3</sup> ) | 混凝土 (2.35g/cm <sup>3</sup> ) |
|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|
| <sup>18</sup> F               | 16.6                       | 263                        | 176                          |
| <sup>99</sup> Tc <sup>m</sup> | 1                          | 160                        | 110                          |
| <sup>131</sup> I              | 11                         | 240                        | 170                          |

表 A.3 铅、混凝土、铁对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的三个拟合参数

| 管电压<br>kV                                                          | 铅        |         |          | 混凝土      |         |          | 铁        |         |          |
|--------------------------------------------------------------------|----------|---------|----------|----------|---------|----------|----------|---------|----------|
|                                                                    | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ |
| 30                                                                 | 38.80    | 178.0   | 0.3473   | 0.3173   | 1.698   | 0.3593   | 7.406    | 41.93   | 0.3959   |
| 70                                                                 | 5.369    | 23.49   | 0.5881   | 0.05087  | 0.1696  | 0.3847   | 0.7149   | 3.798   | 0.5378   |
| 90                                                                 | 3.067    | 18.83   | 0.7726   | 0.04228  | 0.1137  | 0.4690   | 0.3971   | 2.913   | 0.7204   |
| 100（主束）                                                            | 2.500    | 15.28   | 0.7557   | 0.03925  | 0.08567 | 0.4273   | 0.3415   | 2.420   | 0.7645   |
| 100（散射）                                                            | 2.507    | 15.33   | 0.9124   | 0.03950  | 0.08440 | 0.5191   | 0.3424   | 2.456   | 0.9388   |
| 125（主束）                                                            | 2.219    | 7.923   | 0.5386   | 0.03502  | 0.07113 | 0.6974   | 0.2130   | 1.677   | 0.8217   |
| 125（散射）                                                            | 2.233    | 7.888   | 0.7295   | 0.03510  | 0.06600 | 0.7832   | 0.2138   | 1.690   | 1.086    |
| 120（CT）                                                            | 2.246    | 5.730   | 0.5470   | 0.03830  | 0.01420 | 0.6580   | 0.2796   | 1.519   | 1.236    |
| 140（CT）                                                            | 2.009    | 3.990   | 0.3420   | 0.03360  | 0.01220 | 0.5190   | 0.1922   | 0.9519  | 0.9649   |
| 150（主束）                                                            | 1.757    | 5.177   | 0.3156   | 0.03243  | 0.08599 | 1.467    | 0.1501   | 1.132   | 0.8566   |
| 150（散射）                                                            | 1.791    | 5.478   | 0.5678   | 0.03240  | 0.07750 | 1.566    | 0.1511   | 1.124   | 1.151    |
| 注：引自 NCRP147 和 BIR/IPEM Radiation Shielding for Diagnostic X-rays。 |          |         |          |          |         |          |          |         |          |

表 A.4 石膏板、砖对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的三个拟合参数

| 管电压<br>kV     | 石膏板      |         |          | 砖        |         |          |
|---------------|----------|---------|----------|----------|---------|----------|
|               | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ |
| 30            | 0.1208   | 0.7043  | 0.3613   | —        | —       | —        |
| 70            | 0.02302  | 0.07163 | 0.7299   | 0.05060  | 0.1370  | 0.7150   |
| 90            | 0.01633  | 0.05039 | 0.8585   | 0.03750  | 0.08200 | 0.8920   |
| 100（有用线束）     | 0.01466  | 0.04171 | 0.8939   | 0.03520  | 0.0880  | 1.149    |
| 100（90°非有用线束） | 0.01470  | 0.04000 | 0.9752   | —        | —       | —        |
| 125（有用线束）     | 0.01192  | 0.02863 | 0.9684   | 0.02870  | 0.06700 | 1.346    |

|                                                                       |         |         |       |   |   |   |
|-----------------------------------------------------------------------|---------|---------|-------|---|---|---|
| 125 (90°非有用线束)                                                        | 0.01200 | 0.02670 | 1.079 | — | — | — |
| 120 (CT)                                                              | —       | —       | —     | — | — | — |
| 140 (CT)                                                              | —       | —       | —     | — | — | — |
| 150 (有用线束)                                                            | 0.01030 | 0.02198 | 1.013 | — | — | — |
| 150 (90°非有用线束)                                                        | 0.01040 | 0.02020 | 1.135 | — | — | — |
| 注 1: 引自 NCRP147 和 BIR/IPEM Radiation Shielding for Diagnostic X-rays。 |         |         |       |   |   |   |
| 注 2: “—”文献中未给出值。                                                      |         |         |       |   |   |   |

表A 5 不同屏蔽物质等效铅当量厚度 (1mmPb)

| 管电压<br>kV      | X<br>mm |      |     |     |
|----------------|---------|------|-----|-----|
|                | 混凝土     | 铁    | 石膏板 | 砖   |
| 30             | 122     | 5.3  | 318 | —   |
| 70             | 93      | 6.8  | 271 | 125 |
| 90             | 74      | 6.9  | 239 | 113 |
| 100 (有用线束)     | 70      | 7.0  | 234 | 109 |
| 100 (90°非有用线束) | 69      | 7.1  | 221 | —   |
| 125 (有用线束)     | 87      | 9.8  | 278 | 127 |
| 125 (90°非有用线束) | 80      | 10.0 | 251 | —   |
| 120 (CT)       | 96      | 9.5  | —   | —   |
| 140 (CT)       | 104     | 11.8 | —   | —   |
| 150 (有用线束)     | 106     | 13.5 | 314 | —   |
| 150 (90°非有用线束) | 90      | 12.8 | 267 | —   |

表A 6 不同屏蔽物质等效铅当量厚度 (2mmPb)

| 管电压<br>kV      | X<br>mm |      |     |     |
|----------------|---------|------|-----|-----|
|                | 混凝土     | 铁    | 石膏板 | 砖   |
| 100 (有用线束)     | 129     | 14.2 | 413 | 184 |
| 100 (90°非有用线束) | 128     | 14.4 | 395 | —   |
| 125 (有用线束)     | 158     | 21.1 | 492 | 217 |
| 125 (90°非有用线束) | 147     | 21.0 | 451 | —   |
| 120 (CT)       | 162     | 18.7 | —   | —   |
| 140 (CT)       | 182     | 25.0 | —   | —   |
| 150 (有用线束)     | 188     | 29.9 | 567 | —   |
| 150 (90°非有用线束) | 157     | 26.6 | 473 | —   |

表 A.7 不同屏蔽物质等效铅当量厚度 (2.5mmPb)

| 管电压<br>kV      | X<br>mm |      |     |     |
|----------------|---------|------|-----|-----|
|                | 混凝土     | 铁    | 石膏板 | 砖   |
| 100 (有用线束)     | 159     | 17.9 | 499 | 220 |
| 100 (90°非有用线束) | 159     | 18.0 | 481 | —   |
| 125 (有用线束)     | 191     | 26.5 | 591 | 258 |
| 125 (90°非有用线束) | 179     | 26.3 | 546 | —   |
| 120 (CT)       | 193     | 22.8 | —   | —   |
| 140 (CT)       | 216     | 31.2 | —   | —   |
| 150 (有用线束)     | 222     | 37.3 | 676 | —   |
| 150 (90°非有用线束) | 187     | 33.0 | 566 | —   |

表 A.8 不同屏蔽物质等效铅当量厚度 (3mmPb)

| 管电压<br>kV      | X<br>mm |      |     |     |
|----------------|---------|------|-----|-----|
|                | 混凝土     | 铁    | 石膏板 | 砖   |
| 100 (有用线束)     | 190     | 21.5 | 584 | 256 |
| 100 (90°非有用线束) | 190     | 21.7 | 566 | —   |
| 125 (有用线束)     | 223     | 31.9 | 687 | 298 |
| 125 (90°非有用线束) | 221     | 31.6 | 640 | —   |
| 120 (CT)       | 223     | 26.9 | —   | —   |
| 140 (CT)       | 249     | 37.0 | —   | —   |
| 150 (有用线束)     | 255     | 44.2 | 778 | —   |
| 150 (90°非有用线束) | 216     | 39.2 | 656 | —   |

## A.2 两种屏蔽物质组合的屏蔽

A.2.1 对于给定两种屏蔽物质的厚度，计算铅当量：查表得到内层屏蔽物质的相当于外部屏蔽物质的当量厚度，加上外部屏蔽物质厚度，得到总的外部屏蔽物质的总当量厚度，查表得到铅当量。

A.2.1 计算在已有外层屏蔽下所需的附加内层屏蔽的铅当量：计算所需外层屏蔽物质的总厚度，扣除已有外层屏蔽，获得所需的附加内层的外层物质的当量厚度，查表得到所需附加内层屏蔽的铅当量或内层屏蔽物质的厚度。

附录 B  
(资料性附录)  
医用诊断 X 射线防护玻璃板要求

B.1 尺寸

B.1.1 防护玻璃板的厚度

防护玻璃板的标称厚度值和允许偏差在表 B.1 中给出。

表 B.1 防护玻璃板的厚度

| 标称厚度<br>cm | 最大厚度<br>mm | 最小厚度<br>mm |
|------------|------------|------------|
| 0.5        | 5.0        | 3.5        |
| 0.65       | 6.5        | 5.0        |
| 0.75       | 7.5        | 6.0        |
| 0.85       | 8.5        | 7.0        |
| 1.0        | 10         | 8.5        |
| 1.2        | 12         | 10         |
| 1.45       | 14.5       | 12.5       |
| 1.8        | 18         | 16         |
| 2.5        | 25         | 23         |

B.1.2 防护玻璃板的平面尺寸

B.1.2.1 防护玻璃板的标称平面尺寸应采用法定计量单位，取厘米（cm）的整数值，需要时可用英制单位表示影像接收面积的标称平面尺寸。

B.1.2.2 对于 SC 型防护玻璃板，其标称平面尺寸应符合表 B.2 中给定的值。

B.1.3 标称尺寸的表示方法

应用标称厚度（cm）宽度（cm）和长度（cm）表示标称尺寸，例如：0.85cm×30cm×40cm。

表 B.2 SC 型防护玻璃板标称尺寸和允许偏差

| 标称面积<br>cm×cm | 宽度<br>mm | 允许偏差<br>mm | 长度<br>mm | 允许偏差<br>mm |
|---------------|----------|------------|----------|------------|
| 24×24         | 235      | 0~2        | 235      | 0~2        |
| 24×30         | 235      |            | 295      |            |
| 30×30         | 295      |            | 295      |            |
| 30×40         | 295      |            | 395      |            |
| 35×35         | 345      |            | 345      |            |
| 40×40         | 395      |            | 395      |            |

## B.2 防护玻璃板的几何精度

### B.2.1 方正度

SC 型防护玻璃板的周边应处于两个完全的矩形框之间,内矩形框取其可允许偏差的最小尺寸,外矩形框取其可允许偏差的最大尺寸。

### B.2.2 平面度

SC 型和VI型两种防护玻璃板的两表面上,沿任意一段 100 mm 长度上的所有点都应包含在两个相距 0.2 mm 的平行平面内。

### B.2.3 平行度

防护玻璃板的表面应相互平行,使垂直于表面的入射光的光偏离不大于:

- a) 0.003 rad (SC 型防护玻璃板);
- b) 0.006 rad (VI型防护玻璃板)。

### B.2.4 窄边

SC 型防护玻璃板四个窄边上的任一表面,都应在相应平面尺寸(见 B.2.2 和表 B.2)的二分之一允许偏差范围内,其平面在 5°范围内垂直于防护玻璃板的平面表面。

### B.2.5 棱边

SC 型防护玻璃板的棱边应有倒角,当棱边涉及二分之一最大允许平面尺寸时,倒角应不小于 1 mm×45°,当棱边涉及最大允许平面尺寸时,倒角应不大于 1mm×45°。

## B.3 防护玻璃板的光学质量

### B.3.1 测定均匀性的区域定义

B.3.1.1 A 区域:具有某一尺寸并位于防护玻璃板中心的矩形区域,其尺寸为:等于整块防护玻璃板宽度和长度的一半,或长和宽各为 150 mm。

B.3.1.2 C 区域:周边向里 15 mm 内的边缘区域。

B.3.1.3 B 区域:A 区域和 C 区域之间的剩余区域。

B.3.2 气泡

SC 型防护玻璃板的非均匀性应不超过下述限值：

- a) A 区域内：
  - 1) 不应有直径超过 0.5 mm 的气泡；
  - 2) 气泡数目与最大气泡直径的乘积不应超过 1.2 mm。
- b) B 区域内：
  - 1) 不应有直径超过 0.7 mm 的气泡；
  - 2) 气泡数目与最大气泡直径的乘积不应大于 B 区面积同 A 区面积比值的 2.4 倍。
- c) C 区域内：
  - 1) 不应有直径超过 1.0 mm 的气泡；
  - 2) 气泡数目与最大气泡直径的乘积不应超过 4 mm。

B.3.3 条纹和其他非均匀性

- B.3.3.1 透过放在观察者面前 250mm 处的防护玻璃板，观察相距约 3m 处由黑白相间条纹组成的检验屏时，在 SC 型防护玻璃板的 A 区和 B 区不应看到条纹存在。
- B.3.3.2 检验屏上每条黑白相间条纹的宽度应是 10 mm。用荧光灯照射图案，其光照度约为 1000 lx。

B.3.4 透光率

- B.3.4.1 对于波长为 550 nm 的光波，防护玻璃板的透光率应不小于 80%。
- B.3.4.2 对于从 550 nm 到 600 nm 范围的光波，透光率应基本一致。

B.4 衰减性能及测量方法

- B.4.1 最小衰减当量值（mmPb）应不小于表 B.3 中给出的数值。

表 B.3 最小衰减当量值

| 标称厚度                               | 最小衰减当量值 | 标称厚度 | 最小衰减当量值 |
|------------------------------------|---------|------|---------|
| cm                                 | mmPb    | cm   | mmPb    |
| 0.5                                | 0.77    | 1.2  | 2.2     |
| 0.65                               | 1.1     | 1.45 | 2.75    |
| 0.75                               | 1.32    | 1.8  | 3.52    |
| 0.85                               | 1.54    | 2.5  | 5.06    |
| 1.0                                | 1.87    | —    | —       |
| 注：最小衰减当量值根据表 B.1 中的最小厚度乘以 0.22 得到。 |         |      |         |

- B.4.2 衰减当量值的测定参见 GBZ/T 147。

参 考 文 献

- [1] GBZ/T 147 X 射线防护材料衰减性能的测定
  - [2] (2014 版) 放射医学与防护名词
  - [3] NCRP Report No. 147
  - [4] BIR/IPEM Radiation Shielding for Diagnostic X-rays
- 

浙江省辐射防护协会