

ICS 13.280

C 57

团 体 标 准

T/ZJARP XXX-XXXX

电离辐射防护工程施工质量控制规范 (第 1 部分：材料的选择)

Specification for construction quality control of ionizing radiation
protection engineering

Part 1: Selection of materials

(征求意见稿)

2023 - XX - XX 发布

2023 - XX - XX 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	2
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	7
附录 B（资料性附录）医用诊断 X 射线防护玻璃板要求	11
参考文献	15

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

——第1部分：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/ZJARPXXX系列标准的第1部分。

本部分的附录A、附录B为资料性附录。

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团体标准委员会提出并归口。

本部分主编单位、参编单位和主要起草人：

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、常州长瑞科技有限公司、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、中诺备尔环境工程（山东）有限公司、杭州卫康环保科技有限公司、浙江环安检测有限公司、浙江君安检测技术有限公司。

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、魏超、阮书州、纪涛、曾国良、蒋德利、柴恩海、朱献、江东明、许慧宏、吴旭平、项瞻远、王众磊、李承、严静、潘骏、王强、朱波、周云丹、杨波、沈鵬、许屹中、吴红波、许达、莫诺兰、热萨来提古丽·喀斯木、任俊杰、许方、陆礼龙、余妙玲、符永贤、谢利民、牟沁、陆浩楠、郎军楠、季君兰、韩志坚、张龙、王雪静、郭利、黄春年、李亚飞、陈超军、董萍、潘立成、高洁、桂红午、王路杰。

电离辐射防护工程施工质量控制规范

（第1部分：材料的选择）

1 范围

本标准规定了在电离辐射防护施工中应遵循的基本原则、电离辐射防护施工材料的选择。
本标准主要适用于医疗和科研试验等方面的电离辐射防护工程中的防辐射材料的选择，其他应用领域可参考。

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 18871	电离辐射防护与辐射源安全基本标准
GB 6566	建筑材料放射性核素限量
GB 8624	建筑材料及制品燃烧性能分级
GB 8076	混凝土外加剂
GB 50119	混凝土外加剂应用技术规范
GB 175	通用硅酸盐水泥
GBZ 130	放射诊断放射防护要求
GBZ 120	核医学放射防护要求
WS 519	X射线计算机体层摄影装置质量控制检测规范
GB/T 14684	建筑用砂
GB/T 14685	建筑用卵石、碎石
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 18883	室内空气质量标准
JGJ 113	建筑玻璃应用技术规程
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
JC 476	混凝土膨胀剂
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
04J610-1	特种门窗

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

电离辐射防护 ionizing radiation protection

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。

3.2

硫酸钡涂料 Barium sulfate paint

以硫酸钡 (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、 γ 射线和 β 射线的特殊材料。

3.3

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板材。

3.4

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。

3.5

铅玻璃 lead glass

以多量氧化铅 (PbO) 为特征物, 内含二氧化硅、三氧化二硼等物质形成的一种无机非金属材料, 一般使用于屏蔽X射线、 γ 射线和 β 射线的防护观察窗。

3.6

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。

[来源: GBZ130-2020, 4.2]

3.7

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

确定防护与安全水平的过程, 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后, 保持在可合理达到尽可能低的水平。

[来源: GBZ130-2020, 4.3]

3.8

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。

[来源: GB18871-2020, 附录J, J5.19]

4 基本原则

- 4.1 为确保电离辐射防护工程施工的质量, 做到安全使用、经济合理、质量可靠、技术先进, 制定本标准。
- 4.2 电离辐射防护工程中所选用的硫酸钡涂料、铅板、钡板、铅玻璃均为有效屏蔽X射线和 γ 射线和 β 射线的防辐射材料。
- 4.3 电离辐射防护工程中所选用的防辐射材料最低要求宜满足检测时放射区域外的周围剂量当量率应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 及个人所受到的剂量限值。
- 4.4 电离辐射防护的材料选择时应符合GBZ130中规定的正当性要求且对人体、生物及环境无害。
- 4.5 电离辐射防护的材料选择时应符合GBZ130中规定的防护与安全最优化要求。
- 4.6 电离辐射防护材料的选择在保证放射区域外的周围剂量当量率达标和质量标准的前提下, 结合可行的施工工艺宜使各类人员接受的辐射剂量和周围环境辐射水平合理的达到尽可能接近本底的水平。
- 4.7 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。
- 4.8 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。
- 4.9 电离辐射防护的材料的防护等级是基于材料放射性核素量合格的条件下进行分级。

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 硫酸钡涂料由含硫酸钡的粗骨料和细骨料、硫酸钡粉末、水泥、外加剂和化合水按比例拌合而成，硫酸钡粗骨料：硫酸钡细骨料：硫酸钡粉末：水泥：外加剂：化合水=2.5:2:0.5:1:0.05:4.5。

5.1.3 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宜符合GB/T 50557的规定。

5.1.4 硫酸钡粗骨料的使用比例应符合JGJ 52中连续级配的规定。硫酸钡细骨料宜为中砂，且颗粒级配宜符合JGJ 52中级配II区的规定。

5.1.5 硫酸钡含量的试验方法宜按照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。

5.1.6 硫酸钡涂料拌合物中的水泥宜选用通用的325标号以上的中、低热硅酸盐水泥，并宜符合GB 175的规定。

5.1.7 硫酸钡涂料拌合物中的水宜符合JGJ 63的规定。

5.1.8 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。

5.1.9 硫酸钡涂料的试验方法、检验规则宜符合JC/T 2676的规定。

5.1.10 硫酸钡涂料的保质期在正常运输及贮存条件下宜自生产日期起为12个月。

5.1.11 硫酸钡涂料于墙面粉刷施工时，宜采用分层粉刷、每粉刷10mm厚铺设抗裂纤维网的施工工艺，每面墙体粉刷厚度宜不大于30mm。

5.1.12 硫酸钡涂料于地面敷设施工时，涂料与地坪之间宜安装钢丝网片。

5.1.13 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
硫酸钡含量（按质量计，%）	85	80	70
表观密度 δ (kg/m^3)	≥ 3800	$3800 > \delta \geq 2800$	$2800 > \delta$
比铅当量 ($\text{mmPb}/10\text{mm}$)	≥ 1.2	≥ 1.0	≥ 0.8
泥块含量（按质量计，%）	≤ 0.2	≤ 0.5	≤ 0.8
硫酸钡粉末（按质量计，%）	≤ 8.0	≤ 6.0	≤ 4.0
放射性核素量	合格	合格	合格
说明： 1、硫酸钡粗骨料经破碎、筛分，粒径应不小于4.75mm。 2、硫酸钡细骨料经破碎、筛分，粒径应小于4.75mm且不小于75 μm 。 3、硫酸钡粉末粒径应小于75 μm 。 4、比铅当量的试验方法应按照GBZ/T147中4.2规定的方法测定（下表同）。 5、不同等级的硫酸钡涂料的放射性核素量应符合GB 6566中3.1的规定。			

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，内部无气泡、氧化杂质少。

5.2.2 铅板施工时，两张铅板之间搭接宽度宜 $\geq 20\text{mm}$ 。

5.2.3 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，%）	≥ 99.8	≥ 99.0	≥ 95
比铅当量 (mmPb/mm)	≥ 1.0	≥ 0.9	≥ 0.8
均匀性 ($\text{mm}/5\text{mm}$)	$\leq \pm 0.01$	$\leq \pm 0.05$	$\leq \pm 0.1$
氧化杂质（按质量计，%）	≤ 0.005	≤ 0.01	≤ 0.015
说明： 1、铅板密度应 $\geq 11340\text{kg}/\text{m}^3$ ，熔点为327.5 $^{\circ}\text{C}$ 。 2、铅板的制作宜采用1#电解铅轧制。			

5.3 钡板

5.3.1 钡板的试验方法、检验规则应符合JC/T 2676的规定。

5.3.2 电离辐射防护工程施工中采用的钡板应具有较好的稳定性、环保经济，安装便捷等特点。

5.3.3 钡板施工时，两张钡板之间宜底衬铅板，铅板的铅当量宜与钡板的铅当量一致。

5.3.4 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
硫酸钡含量（按质量计，%）	≥85	≥80	≥75
表观密度 δ (kg/m ³)	>3800	3800 ≥ δ >2800	≥2800
比铅当量 (mmPb/10mm)	≥1.2	≥1.0	≥0.8
均匀性 (mm/5mm)	≤±0.01	≤±0.05	≤±0.1
燃烧性能等级	A1	A2	B1
放射性核素量	合格	合格	合格
说明： 1、钡板的燃烧性能等级应符合 GB 8624 的规定。 2、不同等级的钡板放射性核素量应符合 GB 6566 中 3.1 的规定。			

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 ≥0.2mmPb/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 GBZ130 中附录 G 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 中防辐射门窗的规定。铅玻璃的尺寸、几何精度、光学质量、衰减性能参见附录 B。

5.4.6 铅玻璃的质量与技术性能等级指标见表4。

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，%）	≥85	≥80	≥75
表观密度 δ (kg/m ³)	>4200	4200 ≥ δ >3800	≥3800
比铅当量 (mmPb/mm)	≥0.2	≥0.15	≥0.10
透光率 (%)	≥95	≥90	≥80
放射性核素量	合格	合格	合格
说明： 1、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。 2、不同等级的铅玻璃放射性核素量应符合 GB 6566 中 3.1 的规定。			

6 电离辐射防护材料的选择

6.1 按非密封源工作场所的分级，材料选择的等级见表5。

表5 按非密封源工作场所选用材料的等级

非密封源工作场所级别*	日等效最大操作量 (Bq) *	选用材料等级
甲	>4×10 ⁹	宜选用 I 级，可选用 I~II 级
乙	2×10 ⁷ ~4×10 ⁹	宜选用 II 级及以上，可选用 I~III 级

丙	豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$	可选用 I~III 级
说明：*引自 GB18871 中的附录 C。		

6.2 按临床核医学工作场所分类，材料选择的等级见表6。

表6 按临床核医学工作场所选用材料的等级

分类*	日操作最大量放射性核素的加权活度* MBq	选用材料等级
I	>50000	宜选用 I 级，可选用 II 级
II	50~50000	宜选用 II 级，可选用 III 级
III	<50	宜选用 III 级

说明：

1、*引自 GBZ 120 中的附录 G。

2、日操作最大量放射性核素的加权活度的计算应参考 GBZ 120 中的附录 G 中的计算方法。

6.3 按不同类型 X 射线设备机房的分类，材料选择的等级见表7。

表7 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	宜选用 I 级，可选用 I~II 级
标称 125 kV 及以下的摄影机房	宜选用 II 级，可选用 I~III 级
C 型臂 X 射线设备机房	可选用 I~III 级
口腔 CBCT、牙科全景机房（有头颅摄影）	宜选用 II 级，可选用 I~III 级
透视机房、骨密度仪机房、口内牙片机房、 牙科全景机房（无头颅摄影）、碎石机房、模拟定位机房、乳腺 摄影机房、乳腺 CBCT 机房	宜选用 III 级
CT 机房（含 CT 模拟定位机房）	宜选用 I 级，可选用 II 级

说明：*引自 GBZ 130 中的表 3。

6.4 按常见不同基层材料的分类，材料选择的类型见表8。

表8 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	宜选用铅板，可选用钡板
微孔砖	宜选用铅板，可选用硫酸钡涂料
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	宜选用硫酸钡涂料，可选用铅板及钡板

说明：*引自分级标准引自 GB/T 5101 及免烧砖各类砖型参照标准。

6.5 按施工环境干湿度的分类，材料选择的类型见表9。

表9 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
说明：*引自根据 GB/T 18883,室内空气中湿度 $\geq 80\%$ 为高湿潮湿，室内空气中湿度 $\leq 40\%$ 为低湿干燥。	

6.6 当防辐射区域上层地面无硫酸钡涂料敷设的施工面时，宜在防辐射区域室内采用铅板或钡板设置假顶的方式进行防护且应满足施工现场设备机电安装条件及装饰要求。

6.7 电离辐射防护工程施工现场宜根据不同的施工工艺选择适用的防辐射材料。如管道与防辐射墙体之间的缝隙宜采用柔性的铅板进行屏蔽；防辐射墙体内暗嵌的底盒、配电箱、消防箱等背面宜采用柔性的铅板进行屏蔽回铅补偿；直接裸露空气环境下，可选用硫酸钡涂料、钡板等材料，不宜选用铅板作为防辐射材料。

6.8 电离辐射防护工程材料的选择，应基于辐射环评、职业卫生放射预控评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。

(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 g/cm ³
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 α 、 β 、 γ 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； β ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数； α ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数； γ ——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 α 、 β 、 γ 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； α ——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； 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； B ——给定铅厚度的屏蔽透射因子； β ——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 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 kV	铅			混凝土			铁		
	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ
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.3 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 kV	石膏板			砖		
	α	β	γ	α	β	γ
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 4 不同屏蔽物质等效铅当量厚度 (1 mmPb)

管电压 kV	X m m			
	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 5 不同屏蔽物质等效铅当量厚度 (2 mmPb)

管电压 kV	X m m			
	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.6 不同屏蔽物质等效铅当量厚度 (2.5 mmPb)

管电压 kV	X m m			
	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.7 不同屏蔽物质等效铅当量厚度 (3 mmPb)

管电压 kV	X m m			
	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 范围

本附录适用于放射设备或放射器具中使用的屏蔽 X 射线的防护玻璃板，其中 SC 型防护玻璃板是用于光学目视影像的传输，VI 型防护玻璃板是用于观察目的。不适用于其他透明辐射防护材料，例如：透明塑料防护板（含铅 PMMA）含铅眼镜或眼睛防护屏和含铅防护面罩。

B.2 尺寸

B.2.1 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 cm	最大厚度 mm	最小厚度 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.2.2 防护玻璃板的平面尺寸

B.2.2.1 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.2.2.2 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.2.3 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 cm×cm	宽度 mm	允许偏差 mm	长度 mm	允许偏差 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.3 防护玻璃板的几何精度

B.3.1 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.3.2 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.3.3 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.3.4 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.3.5 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 1 mm×45°。

B.4 防护玻璃板的光学质量

B.4.1 测定均匀性的区域定义

B.4.1.1 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.4.1.2 C 区域：周边向里 15 mm 内的边缘区域。

B.4.1.3 B 区域：A 区域和 C 区域之间的剩余区域。

B.4.2 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.4.3 条纹和其他非均匀性

B.4.3.1 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.4.3.2 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.4.4 透光率

B.4.4.1 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.4.4.2 对于从 550 nm 到 600 nm 范围的光波，透光率应基本一致。

B.5 衰减性能及测量方法

B.5.1 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 cm	最小衰减当量值 mmPb	标称厚度 cm	最小衰减当量值 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.5.2 衰减当量值的测定参见 GBZ/T 147。

B.6 标志、包装、运输和贮存

B.6.1 防护玻璃板在左下角不少于 10 mm 距离的表面上，应永久性标明生产厂家或供应商的名称或商标、产品型号、产品规格和标称衰减当量 (mmPb)

B.6.2 防护玻璃板两表面应衬有光洁柔软的包装纸，外包软包装，然后装入紧密贴合的硬纸盒箱中，箱内上下应放置软垫防震，箱内应附有检验合格证和使用说明书各一份。如果必须用清洗剂维护防护玻璃板，说明书中应包括正确使用清洗剂的指导方法。

B.6.3 检验合格证上应有下列内容：

- a) 生产厂家或供应商的名称或商标；
- b) 产品名称、产品型号、产品规格；
- c) 符合本标准的说明。例如，说明产品型号、标称尺寸和衰减当量如下：SC 型防护玻璃板，85×30×40 2.5 mmPb/120 kV。

B.6.4 硬纸箱上应有下列内容：

- a) 生产厂家或供应商的名称或商标；
- b) 产品名称、产品型号、产品规格；
- c) 符合本标准的说明。

B.6.5 装盒的防护玻璃板应竖直放入木箱内，箱内应有防潮、防震措施。

B.6.6 木箱上应有下列标志：

- a) 生产厂家或供应商的名称或商标；
- b) 产品名称、产品型号、产品规格；
- c) 数量、净重、毛重；
- d) 体积（长×宽×高）；
- e) 出厂日期。

B.6.7 木箱外表面应有“小心轻放”、“防潮”、“易碎”等字样或标志。

B.6.8 运输中应防止剧烈震动，装卸时轻拿轻放。

B.6.9 防护玻璃板经包装后，应贮存在相对湿度不超过 80%、无腐蚀性气体和通风良好的室内。

参 考 文 献

- [1] GBZ/T 147 X 射线防护材料衰减性能的测定
 - [2] NCRP Report No. 147
 - [3] BIR/IPEM Radiation Shielding for Diagnostic X-rays
-