

X线诊断防护 问答

马延洪 张丹枫 编

0112094

青 岛 出 版 社

X线诊断防护问答

马延洪 张丹枫 编

青 岛 出 版 社

1987年·青岛

内 容 提 要

本书以考试试题与解答的方式，系统地介绍了X线的基本知识、X线防护中常用的辐射量和单位、X线对人体的危害、X线诊断检查中的防护原则、原理与方法等X线诊断防护知识。书末附有本书所涉及的专业术语、表格数据以及防护标准等。

本书适用于放射诊断人员、放射技术人员以及放射卫生防护人员防护知识与技能的培训及考试、考核，亦可供各科临床医生合理应用X线的参考。

责任编辑 张舒普

X 线 诊 断 防 护 问 答

马延洪 张丹枫 编

※

青岛出版社出版发行

(青岛市中山路157号)

济南三中印刷厂印刷

※

787×1092毫米 32开本 3.25印张 64千字

1987年6月第1版 1987年6月第一次印刷

印数:1-10120

统一书号:14512·1

ISBN 7-5436-0035-8

R·1

定价0.75元

前 言

国务院通知，要求加强放射性同位素和射线装置的放射防护管理工作。为了作好医用诊断X线的防护，保护X线工作者、广大被检者及其后代的健康与安全，除加强管理外，很重要的一面是放射诊断人员掌握防护知识，加强防护措施。当前各地正在组织培训X线诊断人员，进行考核发证工作。为配合这项工作的开展，提高放射诊断人员的放射防护知识水平，我司委托山东省医学科学院放射医学研究所所长、副研究员张丹枫及山东省济南卫生学校物理教研室主任、讲师马延洪同志共同编写了这本《X线诊断防护问答》，并请放射防护专家魏履新、史元明研究员和放射学专家刘玉清教授指导和审校。希望这本小册子，能对放射诊断和技术人员放射防护知识的培训及医用诊断X线的防护工作，起到应有的推动作用。

卫生部卫生防疫司

1987年6月

编写说明

为了进一步作好X线的防护工作,保护X线工作者、广大被检者及其后代的健康与安全,放射诊断与技术人员必须掌握放射卫生防护知识,这已引起国内外的关注。如国际放射防护委员会(ICRP)1983年发表的第33号出版物《医用外照射源的辐射防护》中指出:“没有足够技术能力的人,不得操作放射学设备;没有足够的有关电离辐射物理特性和有害效应知识的人不得执行放射学检查”。我国1984年颁布的《放射卫生防护基本标准》中亦明确规定:“必须对有关医务人员进行放射防护知识方面的宣传教育,从事放射诊断、放射治疗及核医学的医务人员,必须掌握放射防护基本知识,经过放射卫生防护主管部门的考核发给合格证者,才可以从事上述工作”。

为配合放射诊断人员与放射技术人员卫生防护知识的培训及考核发证工作,总结我们在历次培训班中的教学经验,编写了这本《X线诊断防护问答》。试题共分12个部分,154个题目。包括:X线的基本知识;X线防护中常用的辐射量和单位;X线对人体的危害;X线诊断中的防护原则、原理与方法(含九个部分)等。试题与答案、注释顺序编排,便于学习查找。对每一部分内容的掌握,提出了明确的目的与要求。

书中所选的问题分是非题、填充题、选择题、计算题和

问答题等五种形式。力求内容新颖，深入浅出，具有启发性、趣味性和系统性，答案明确具体，注释简明扼要，有助于对所学的知识融会贯通，并可帮助读者熟悉现代考试方式。

本书第一、二、五、六部分，由山东省济南卫生学校马延洪编写；第三、四、七、八、九、十、十一、十二部分，由山东省医学科学院放射医学研究所张丹枫编写。

本书承蒙卫生部工业卫生实验所魏履新研究员、军事医学科学院放射医学研究所史元明研究员和中国医学科学院阜外医院放射科刘玉清教授，热情指导和精心审校，谨此表示诚挚地谢意。在审定稿过程中，山东省卫生防疫站孙积涛、颜世兰主任，对书稿提出了宝贵意见，给予大力支持，在此一并表示衷心感谢！

由于本书取材较新，编者水平有限，书中难免会有缺点错误，请广大读者批评指正。

编 者

1987年4月

目 录

一、X线的基本知识 (1~26)	1
二、X线防护中常用的辐射量和单位 (27~50)	21
三、X线对人体的危害 (51~68)	33
四、X线诊断检查的防护原则与原理 (69~80)	42
五、诊断X线机卫生防护标准 (81~94)	47
六、X线机房的结构与防护设施 (95~102)	55
七、X线的防护管理 (103~117)	59
八、X线工作者的个人防护 (118~123)	64
九、被检者的防护 (124~137)	67
十、某些类型X线检查的合理应用与 防护 (138~143)	73
十一、放射学新技术的合理应用与 防护 (144~151)	77
十二、对职业性照射与医疗照射的安全性 评价 (152~154)	81
附录	
一、专业术语的定义和解释	83
二、放射工作人员的医学检查	84
三、数据表	86
1. X线防护中常用的辐射量	86
2. 国际制单位与现用辐射量单位换算表	87
3. 伦琴——戈瑞换算系数f值	88

4. 医用X线工作者所受职业性照射的年平均剂量	89
5. 不同产业危险度的比较	89
6. 几种材料防护性能测试数据	90
7. 适用于低能X线的几种屏蔽材料的铅当量	91
8. 50~70千伏X线 1 毫米防护材料的铅当量	91
9. 有用射线控制至50毫希·年 ⁻¹ 的屏蔽厚度	92
四、主要参考资料	94

一、X线的基本知识

目 的 与 要 求

了解X线的本质和产生原理,掌握X线的特性、X线的量与质、X线与物质相互作用的主要过程、X线的衰减规律及其在放射诊断和防护中的应用。

【试题1】X线是德国著名物理学家(1) 于(2) 年11月8日发现的。同年12月22日用他发现的X线拍摄了第一张人手骨的X线照片,从此开始了X线在医学上的应用。
我国于(3) 年在(4) 市安装了第一台诊断用X线机。

(5) 年在上海精密医疗器械厂研制成功了第一台国产X线机。

(6) 年我国开始独立生产医用X线感光胶片。

答: (1) 伦琴·威廉·康拉德

(2) 1895

(3) 1906

(4) 宁波

(5) 1953

(6) 1958

【试题2】X线是高速运动的电子撞击物质而突然受阻时产生的,请指出X线的产生应具备哪几个条件?

- (1) 电子源
- (2) 高电压
- (3) 高真空度
- (4) 有一个能经受高速电子撞击而产生X线的靶
- (5) 阳极旋转

答：(1)、(2)、(3)、(4)

注释：X线是在X线管中产生的，X线管可谓X线机的“心脏”，是产生X线的关键部件，它具备了X线产生的基本条件。

(1) X线管中被加热的灯丝(阴极)是电子发射源。如图1所示，灯丝电源(即灯丝变压器)为阴极灯丝提供可调的加热电压，灯丝温度不同，其每秒钟发射的电子数也不同。X线机控制台上调整管电流(mA)的旋钮就是调整灯丝每秒钟发射电子数的。

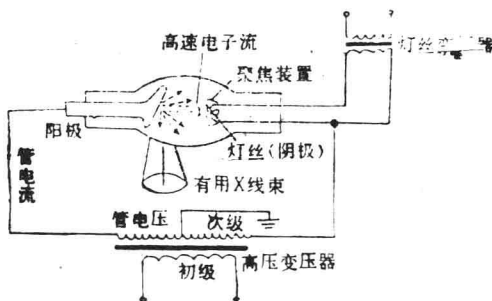


图1 X线管及X线的发生示意图

(2) 当高压发生器给X线管的阳极(接正)和阴极(接负)间加上高电压时，则两极间就形成强电场。在电场力作用下，从阴极发射的电子加速奔向阳极而形成管电流。当每秒钟奔向阳极的电子数为 6.25×10^{15} 个时，其管电流定为1毫安(mA)。两极间的管电压愈高，电子速度就愈大，产生的X线质也就愈硬。

(3) X线管内必须保持高度真空，以免高速电子被离子

复合或气体分子阻挡而降低能量，同时也保护灯丝不致因氧化而烧毁。

(4) 阳极面上被电子撞击的面积叫实际焦点，它是产生X线的地方。实际焦点在与窗口平行面垂直方向上的投影称为X线管的有效焦点。有效焦点愈小，X线影像就愈清晰。

高速电子流在焦点处突然受阻，仅有0.1~0.3%的电子运动能变为X线能，其余则全部变为有害无益的热能，使阳极升温。工作时焦点温度可达2 500°C以上。所以阳极通常用高熔点高原子序数的钨材料制成，称为钨靶。

(5) 阳极旋转可增大实际焦点的面积，使X线管的容量增大，有效焦点变小，成像质量提高，但它不是产生X线的必备条件。

【试题3】X线管中，电子从阴极射向阳极所获得的高速运动能，取决于以下哪个因素？

- (1) 靶物质的原子序数
- (2) 焦点的大小
- (3) 管电压的千伏值 (kV)
- (4) 管电流的毫安值 (mA)
- (5) 灯丝加热电压

答：(3)

注释：电子的高速运动能，只取决于管电压的千伏值，而与其它因素无关。

从加热灯丝发射的电子，受到阳极的吸引和阴极的排斥而获得动能。每个电子从电场中获得的能量，等于电子电量与两极间电压的乘积，即：

$$E = eV$$

式中 E 是高速电子的动能, e 是电子电量,其值为 1.602×10^{-19} 库仑, V 是管电压的“伏特”值,其能量单位是电子伏特(eV)。能量的国际制单位(SI)与电子伏的关系:

$$1 \text{ 电子伏(eV)} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ 焦耳(J)}$$

另外常用的单位还有千电子伏(keV)和兆电子伏(MeV),它们之间的换算关系是:

$$1 \text{ MeV} = 10^3 \text{ keV} = 10^6 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-13} \text{ J}$$

显然电子从100kV管电压的电场中,可获得100keV的动能。

【试题4】影响X线产生的因素有哪些?

答: X线的强度与管电流(mA)成正比;与阳极靶物质的原子序数(Z)成正比;与管电压的平方成正比;另外还与高压波形有关。在相同条件下,恒压发生器比全波或半波整流产生的X线强度大、线质硬。

【试题5】简述诊断X线机的结构及各主要部件的作用。

答: 诊断X线机的结构形式,随着应用范围和要求的不同,在其电路设计和机械装置上有繁有简,但其产生X线的原理都一样。图2是诊断X线机的结构方框图。

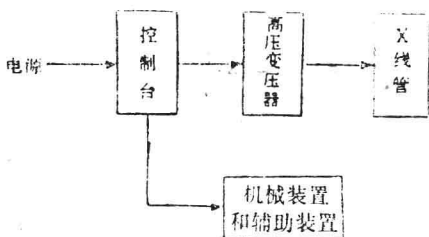


图2 诊断X线机结构方框图

(1) X线管——产生量与质符合诊断要求的X线束。

(2) 高压发生器——包括灯丝变压器和高压变压器两部分。灯丝变压器为X线管灯丝加热提供电源;高压变压器为X线管提供加速电子需要的高压电源。

(3) 控制台——为X线机提供总电源，调节X线的量与质，控制X线的发生时间，决定机械装置的动作和切换各辅助装置。

(4) 机械装置与辅助装置——为满足诊断需要而设置的各种机械装置，如诊断床、吊架、天地轨，冷却系统等，以及为特殊检查而设置的各种辅助装置，如体层摄影、记波摄影、荧光缩影、影像增强系统等。

(5) 电源——有两种供电电源，一种是220伏或380伏的单相电源，另一种是380伏的三相电源。

【试题6】下面对原子结构的叙述，请你从中找出正确者。

(1) 原子是由带正电的原子核和核外若干绕行电子所组成。原子核又由带正电的质子和不带电的中子组成。当原子核所带正电荷数与核外电子数相等时称中性原子，对外不显电性。

(2) 原子的结构同太阳系相似，原子核如同太阳，核外运行的轨道电子如同绕太阳旋转的行星。原子的直径是核直径的1万~10万倍。可见原子核极小，整个原子是空空的，所以X线光子可以从原子内的空隙中透过。

(3) 原子的核外电子，是在离核远近不同的电子壳层上绕核旋转，离核最近的是K层，依次向外分别是L、M、N、O、P、Q等壳层。

(4) 原子核的质量，等于核外电子质量之和。

(5) 原子的性质，取决于原子序数和最外层电子数。

答：(1)、(2)、(3)、(5)

注释：自然界中一切实物物质都由分子组成，分子是保

持原物质一切化学性质的最小微粒。分子又由更微小的原子组成。中性原子的核外电子数,等于核内质子数,还等于原子序数。原子核外电子,是在离核远近不同的电子壳层上绕核旋转,离核最近的K层最多能容纳2个电子,依次向外L层最多容纳8个电子,M层最多容纳18个电子等。

电子质量是 $9.11 \times 10^{-31} \text{kg}$,中子与质子质量近似相等,1个质子质量是一个电子质量的1840倍,可见原子的质量,几乎全部集中于原子核内。任何原子的核质量都远远大于核外电子质量的和,故4是错误的。

【试题7】下列各项中,哪些是正确的?

(1) 原子中在各电子壳层上绕行的轨道电子,都有确定的能量,这些确定而不连续的能量数值叫原子的能级。离核最近的K能级最低,依次向外逐步升高。

(2) 处在低能级的电子吸收一定能量,升到外层较高能级上,此过程叫原子的激发。处于激发态的原子是不稳定的。

(3) 若轨道电子吸收足够的能量离开原子成为自由电子,失去电子的原子变为正离子,这个作用过程叫原子的电离。

(4) 原子的激发和电离都是产生生物效应的原因。

(5) 当原子的内层轨道出现电子空位时,外层电子跃入填充,同时放出能量等于两能级之差的特征光子,这就是原子的发光过程。

(6) 将轨道电子从原子中击脱所需最小能量,叫电子在原子中的结合能或称临界逸出功。

答: (1)、(2)、(3)、(4)、(5)、(6)

【试题8】下面对韧致辐射的叙述,哪项是错误的?

(1) 轫致辐射(又称连续辐射)是高速电子与靶原子核作用时产生的。

(2) 轫致辐射是由多种能量光子组成的, 具有连续能谱的混合射线。

(3) 轫致辐射的质, 取决于管电流。

(4) 管电压是决定轫致辐射最短波长(即最大能量光子)的唯一因素。

(5) 对X线诊断起主要作用的是最强波长附近的X线。

答: (3)

注释: X线是在能量转换中产生的。由于产生的微观机制不同, X线有两种成分组成: ①高速电子与靶原子核电场作用时产生轫致辐射; ②高速电子与靶原子的轨道电子作用时产生特征辐射。

图 3 是轫致辐射产生的示意图。能量为 E 的高速电子, 在靶原子核电场中突然受到阻滞或改变运动方向, 这时电子动能的一部分或全部变为X线光子放出。在加速撞击阳极靶的电子束中, 各电子获

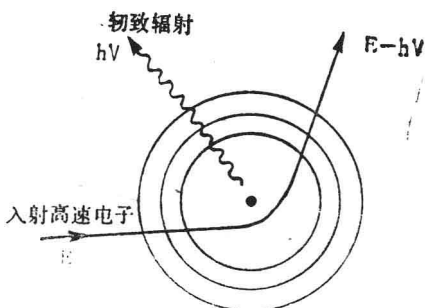


图 3 轫致辐射示意图

得的能量不一, 同时与靶原子相互作用损失的能量也各不相同, 因此轫致辐射具有连续的能量分布。轫致辐射如同可见光中的白光一样, 它是由多种能量光子组成的混合射线。

轫致辐射的质由管电压决定, 而与管电流无关, 故(3)是错误的。

轫致辐射中最短波长取决于管电压，计算式为

$$\lambda_{\text{最短}} = \frac{12.4}{kV} (\text{\AA})$$

可见管电压不同，产生X线的最短波长也不同。X线的波长单位通常用埃 ($\text{\AA}$) 表示， $1 \text{\AA} = 10^{-10} \text{m}$ 。例如管电压为100 kV时产生X线的最短波长为：

$$\lambda_{\text{最短}} = \frac{12.4}{100} = 0.124 \text{\AA}$$

X线连续谱中对应强度最大的波长，称为最强波长，它在最短波长的1.5倍处，即：

$$\lambda_{\text{最强}} = 1.5 \lambda_{\text{最短}}$$

对X线诊断起主要作用的是最强波长附近的X线。

在X线产生中轫致辐射是主要的，特征辐射仅占很少一部分。

【试题9】 X线诊断中所用管电压的范围多大？对应X线的最短波长和最强波长各是多少？

解：诊断X线所用管电压一般在30~150 kV之间。

30 kV产生的X线：

$$\lambda_{\text{最短}} = \frac{12.4}{30} = 0.41 \text{\AA}$$

$$\lambda_{\text{最强}} = 1.5 \lambda_{\text{最短}} = 0.62 \text{\AA}$$

150 kV产生的X线：

$$\lambda_{\text{最短}} = \frac{12.4}{150} = 0.08 \text{\AA}$$

$$\lambda_{\text{最强}} = 1.5 \lambda_{\text{最短}} = 0.12 \text{\AA}$$

【试题10】 请你从下面对特征辐射的叙述中，找出正确

者。

(1) 特征辐射是高速电子与靶原子的轨道电子作用时, 产生的那部分X线。

(2) 特征辐射的质由管电压决定, 而与靶物质的原子序数无关。

(3) 特征光子的能量, 等于靶原子中轨道电子跃迁前后所在两能级的能量之差。

(4) 靶材料不同, 其特征辐射也不同。可见, 特征辐射完全由靶材料的原子序数决定, 而与其他因素无关。

(5) 管电压低于69.5kV, 将不会产生钨的K系特征辐射。

答: (1)、(3)、(4)、(5)

注释: 图4是特征X线产生的示意图。当高速电子把原子的内壳层电子击脱, 外层电子跃入填充时, 便将多余能量以特征X线形式放出。

特征X线的质, 完全由靶原子的结构特性决定, 而与管电压无关, 故(2)是错误的。

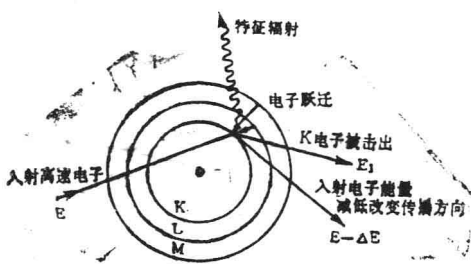


图4 特征辐射示意图

特征光子的能量, 等于跃迁前后电子所在能级的能量之差。例如, 钨的K、M能级的能量分别是-69.5keV和-2.5keV, 当由M电子跃入填充K空位时, 便放出能量为下列数值的光子。

$$E_M - E_K = (-2.5) - (-69.5) = 67\text{keV}$$