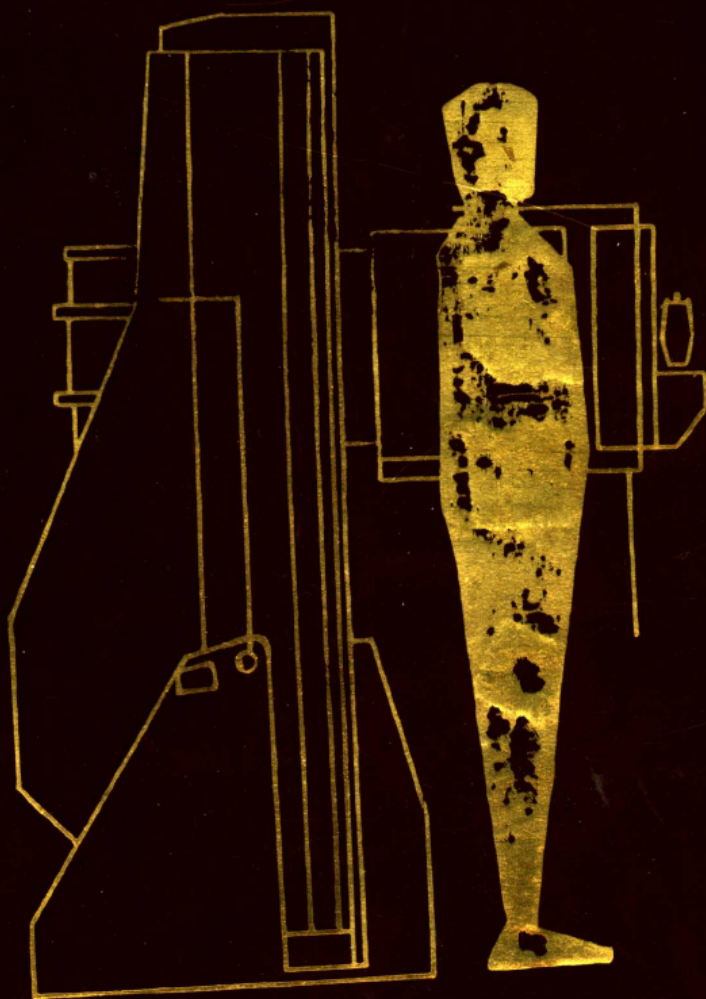


诊断用 X线机结构、安装与维修

——内部业务学习资料——



山西省医药公司编印

一九七二年十二月

内 容 提 要

随着我国医疗卫生事业突飞猛进的发展，诊断用X线机，已成为医疗卫生单位为广大工农兵服务的主要工具和技术设施之一。过去，这种结构复杂的，精密的医疗器械主要依靠进口；现在，则由于我国医疗器械工业的发展，已能制造各种型式，各种规格的X线机了。我们器械维修人员能否保证这些X线机经常处于良好的工作状态，不仅影响到医疗单位为广大工农兵服务的数量和质量，而且是直接关系到贯彻执行伟大领袖毛主席“增产节约”“勤俭办一切事业”的大问题。

为了更好地开展医疗器械“修旧利废”的维修工作，本公司于1972年末举办全省范围内的器械维修培训班。本讲义是作为这个培训班的教材用的。在内容上，以较简单易懂的理论，述及了在维修工作中范围较广的几个方面：

一、X线的物理概念——简单地谈到了一些X线发生，X线的性质等物理概念知识。

二、X线机的结构——介绍了诊断用X线机常用的各种机件的构造原理及其应用。

三、X线机的电路结构——以国产X线机的电路为实例，介绍了国内各厂十七种不同规格，不同容量的X线机的电路全图，电路分图的结构分析，并根据维修实践，列出了部分电路及机件的有关数据。

四、X线机的按装——介绍了诊断用X线机的按装，调整的方法及应注意的事项。

五、X线机的维护——介绍了诊断用X线机在操作使用中的维护，保养及应注意的事项。

六、X线机的修理——介绍了各种机件常见的故障现象，故障原因及其检修方法，并以某些机件的损坏实例，分析了它们损坏的原因。最后列出了数种常见故障检查的程序。

为了帮助理解，讲义中共插有223个零件图或电路图。

本讲义虽然涉及范围较广，内容较多，但由于我们水平有限，缺乏经验，在一些理论的解释上，书中所列数据的测量或记载上，附图的绘制都会存在很多的缺点错误。同时，由于整理工作仓促、粗糙，编印时未有认真缮校，谬误之处，可能不少，诚恳希望同志们批评指正。

编 者

一九七二年十二月

目 录

第一篇 X 线的物理概念	(1)
第一章 X 线的物理基础.....	(1)
第一节 X 线的发现.....	(1)
第二节 X 线的发生.....	(1)
第三节 X 线在物质中的作用.....	(6)
第四节 X 线的性质.....	(8)
第五节 X 线的量与质.....	(8)
第二章 X 线在医学上的应用.....	(10)
第一节 X 线在诊断方面的应用.....	(10)
第二节 X 线在治疗方面的应用.....	(11)
第三节 医用X 线机分类.....	(12)
第二篇 X 线机的结构	(14)
第一章 高压电路机件.....	(14)
第一节 X 线管.....	(14)
第二节 高压变压器.....	(26)
第三节 高压电缆.....	(31)
第四节 高压整流管.....	(32)
第五节 灯丝加热变压器.....	(35)
第六节 高压金属整流器.....	(36)
第七节 高压插头, 插座.....	(38)
第八节 高压交换闸.....	(39)
第九节 绝缘油.....	(41)
第二章 低压电路机件.....	(42)
第一节 自耦变压器.....	(42)
第二节 稳压器.....	(44)
第三节 电阻器.....	(46)
第四节 电容器.....	(48)
第五节 继电器.....	(49)
第六节 保护机件.....	(53)
第七节 低压整流器.....	(56)
第八节 指示仪表.....	(59)
第九节 脚 闸.....	(60)

第十节	限时器	(61)
第十一节	延时器	(75)
第十二节	旋转阳极启动器	(78)
第十三节	滤线器	(84)
第十四节	断层摄影装置	(86)
第十五节	点片摄影装置	(88)
第三篇	X线机的电路结构 (以F10型KF-200型线路为例)	(90)
第一章	低压电路结构	(91)
第一节	电源电路	(91)
第二节	高压初级电路	(93)
第三节	X线管灯丝初级电路	(99)
第四节	高压整流管灯丝初级电路	(102)
第五节	控制电路	(104)
第二章	高压电路结构	(108)
第一节	高压整流电路	(108)
第二节	高压电流测量电路	(110)
第三章	国产X线机电路图之实例及有关数据	(114)
	F10型X线机电路全图	(115)
	6515型X线机电路全图	(116)
	71—15型X线机电路全图	(118)
	65—25型X线机电路全图	(119)
	SJ型X线机电路全图	(120)
	30—58型X线机电路全图	(121)
	64—01型X线机电路全图	(123)
	30—60型X线机电路全图	(122)
	05—30型X线机电路全图	(125)
	58—30—2型X线机电路全图	(126)
	ZD-50—80型X线机电路全图	(127)
	F44—I型X线机电路全图	(129)
	ZD-100—200型X线机电路分图	(130)
	F30—II型X线机电路分图	(138)
	KE-200型X线机电路分图	(148)
	KB-400型电路分图	(156)
第四篇	X线机的按装	(179)
第一章	按装之前的准备	(179)
第一节	电源设计	(179)
第二节	地线的设计	(183)
第三节	房屋与防护设计	(184)

第四节 物品的准备·····	(184)
第二章 机械按装·····	(185)
第一节 表面检查·····	(185)
第二节 位置的固定·····	(185)
第三节 机件组合·····	(187)
第四节 性能检查·····	(187)
第三章 低压电路的测验·····	(189)
第一节 电源电路的测试·····	(190)
第二节 控制电路的测试·····	(192)
第三节 高压初级电路的测试·····	(193)
第四节 X 线管灯丝初级电路的测试·····	(193)
第四章 高压试验及整机性能的校准·····	(196)
第一节 X 线管的训练·····	(196)
第二节 整机性能的校准·····	(198)
第三节 整机性能的试验·····	(202)
第五章 X 线机按装报告·····	(204)
第五篇 X 线机维护常规 ·····	(205)
第一节 机械部件的维护·····	(205)
第二节 控制台的维护·····	(205)
第三节 高压发生器及组合机头的维护·····	(206)
第四节 高压电缆的维护·····	(207)
第五节 X 线管的维护·····	(207)
第六篇 X 线机常见的故障及检修方法 ·····	(209)
第一章 X 线机检修中应注意的事项·····	(209)
第二章 X 线机故障检查的方法·····	(211)
第三章 X 线机高压机件常见的故障及其检修·····	(211)
第一节 X 线管的故障·····	(211)
第二节 X 线管早期损坏实例分析·····	(214)
第三节 X 线管管套的故障·····	(217)
第四节 高压电缆的故障·····	(219)
第五节 高压整流管的故障·····	(221)
第六节 灯丝加热变压器的故障·····	(223)
第七节 高压变压器的故障·····	(225)
第八节 高压交换闸的故障·····	(227)
第九节 高压发生器与机头的静电放电的故障·····	(228)
第十节 高压漏电, 击穿故障的鉴别·····	(228)
第四章 X 线机低压机件常见的故障及其检修·····	(230)
第一节 自耦变压器的故障·····	(230)

第二节	稳压器的故障.....	(231)
第三节	继电器的故障.....	(232)
第四节	延时器的故障.....	(235)
第五节	限时器的故障.....	(237)
第六节	脚闸的故障.....	(241)
第七节	滤线器的故障.....	(242)
第八节	指示仪表的故障.....	(244)
第九节	X 线机故障检修程序表.....	(248)
附录一	国产X 线管型号命名方法.....	(254)
附录二	各国X 线机使用X 线管型号明细表.....	(255)
附录三	常用X 线管主要参数表.....	(259)

第一篇：X线的物理概念

第一章：X线的物理基础

第一节：X线的发现

X线在医学上的应用已有70多年的历史了。据说在1895年10月德国物理学家伦琴(W.G.Rontgen)是在研究阴极射线时发现的。在当时，由于科学上的电磁学与静电学的研究与发展，闭管水银气压计的发现，以及真空抽气机，静电发生器等各种仪器的发明创造，都给伦琴的物理研究工作创造了条件。

伦琴作阴极射线试验时，是用一个嵌有两个板形金属电极的玻璃管(如图1—1)。

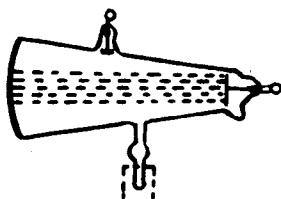


图 1—1

这两个电极其一叫阴极，另一个叫阳极。(或称对阴极)当在这两极板上加于几万伏的高电压并对玻璃管开始抽气至某种稀薄程度时，从阴极发射出来的电子，受阳极高电压的吸引，电子沿着直线向前进行，而撞至玻璃壁上产生阴极射线。后来在偶然的一次试验中，为了防止可见光线的外泄，用一层厚黑纸遮住玻璃管，当加上高压后发现在距2米处的涂有铂氰化钡的纸屏上有一莹光。这是他第一次发现这种能穿黑纸而不可见的光线。再进一步试验，他又发现这种光线可穿过纸板、衣服，厚约两千页的书籍；更为惊奇的是当他用手掌置于玻璃管附近时，他手的骨骼影象便映在莹光屏上。这种现象引起了许多科学家的注意。纷纷发表评论，继续研究探讨。但当时因没有弄清这种射线的性质，无法解释它的发生原理，故以数学中的未知数“X”来命名。后来还有的人为纪念发现者，又称这种射线为伦琴射线。

第二节：X线的发生

自1985年11月8日伦琴正式发现X线以后，许多科学家经过数十年继续研究探讨的

结果，对X线有了一定的认识，证明它是一种放射线，是物质在某一定条件下的放射作用，同时也是属于电磁波那样一种物质形态。对X线发生的机理也有了较为明确的认识。

根据分子原子论：一切物质都是分子所组成。分子是物质中保持原有的一切化学性质的最小的粒子，如将分子再行剖开则是由更小的粒子——原子所组成，原子和分子都是处于不断运动之中的。一定种类的原子，具有相同的化学性质的，称为元素。一个分子可能由一种元素或几种原素组成。但原子是组成物质中的最小单位，是不能再分的最小粒子，很长时间科学家这样认为。但是后来科学家发现在物质中原子也和分子一样是由某些粒子所组成，原子并不是物质的最小单位，并非不可再分。在1913年泊耳假设了一个原子模型说明了原子的构造，后来被世界物理学家所公认。

根据泊耳的原子模型说明的理论是：在原子中还有三种微小的粒子存在：

(1)电子，带有负电荷。并彼此相斥，其相斥力与距离平方成反比，这些电子如同太阳系中的行星一样，在一定的轨道上围绕着原子核进行旋转。并有其质量占有空间。

(2)质子，带有正电荷，并彼此相斥，但与电子则相吸引。质子的质量与电子的质量约大1835倍，它也占有空间并集中于原子核内，如同太阳系的太阳一样。

(3)中子，不带电性或者说它的负电量与正电量完全相等，是一种中性粒子，也占有空间与质子的质量相等，也集中于原子核内。

根据这一理论，各个元素的性质，完全由于电子、质子、中子的数目与安排的不同而异。一个原子的核（氢除外）是由一个或更多的质子和中子所组成，而外围轨道的电子则由于受原子的核的吸引，只能在圆形轨道上旋转。只有外力才可能破坏原子的稳定的运动状态而使电子脱离轨道。或从一层轨道移向另一层轨道，但这是暂时的，这些原子很快又会恢复原状，这些在核周围沿轨道不断运行的电子，在放射线中是很重要的。在物理学中原子核外围的电子数目称该物质原子的原子序数。而原子核中的质子、中子之总数称该物质原子的原子质量。（简称原子量）。

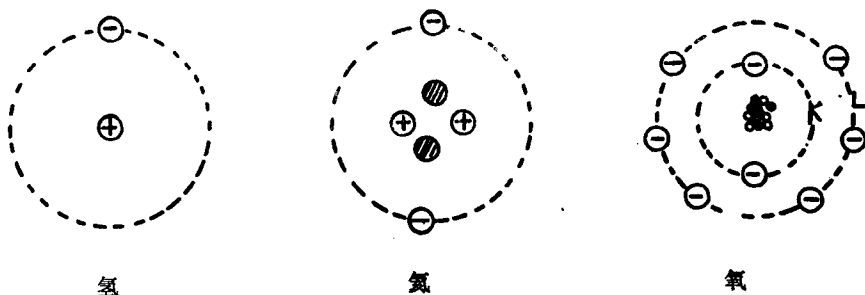


图 1—2

根据泊耳的原子模型如图 1—2，氢原子，其核内有两个质子，两个中子，外围有一层电子轨道有两个电子在轨道上旋转。氢原子核内只有一个质子，核外有一个电子。而在氧原子内，则核内有 8 个质子，8 个中子，在核外有 8 个轨道电子，分两次轨道旋转。由此原子序数高的物质，其原子结构越复杂。如重要的元素铀在原子核外有 7 层轨道。（如图 1—3）这七层轨道从里往外数称 K 层、L 层、M 层、N 层、O 层、P 层、Q 层。在原子序数为 83 以上的元素，其核内的作用力很不稳定，这种不稳定的元素叫做放

射性元素。而在每一种元素中都有几种仅是原子量不同而化学性质则相同的原子，在元素周期表中占同一位置的叫作同位素。

在原子中最外层轨道上的电子称为价电子，不同原子的不同化学特性，就是指外层轨道上的电子的数目。在轨道电子中距离原子核近的那层轨道上的电子，因受核的吸力很大，与核联系很紧，只有丙射线和X射线或其他高能量的粒子，才能打到内层轨道，使电子外逸。而外层电子距原子核较远。因而与原子核吸力很小，很易受低能的外界影响而脱离轨道，打破原子的中性状态。

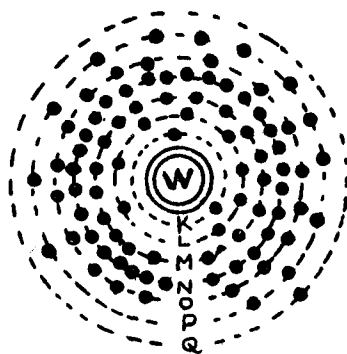


图 1—8

在物质中的放射性能可分为两大类：

一、微粒性放射：如某一物质之原子受到内在或外部的激动而分裂射出其电子，中子和质子。这些射出的粒子就成为不同的放射线。例如，放射性元素铀的原子向外放射甲射线粒子及电子，以高速度向空间进行，这就成为铀的甲，乙射线。铍原子核被高速进行的甲射线而击的中子成为中子射线。电子管的阴极电子的放射，当阳极端加一高压后，电子以高速度奔向阳极的阴极射线。再如高速度行进电子碰到物质后，撞击物质的原子轨道电子而脱离轨道。这些被击脱的电子又以不同的速度和方向进行的次级（二次）电子的辐射等都属于微粒性放射。

二、电磁辐射：这种辐射即为电磁波，在电磁场中进行传播。如电波，无线电波，红，紫外线，可见光线，X射线，镭射线等都属于电磁辐射。它们有很广泛的波长或频率，在真空中其速度与光速相同，在X线与丙射线的波段内，波长越短，其穿透物质的力量越强。

1901年德国物理家卜朗克认为电磁波中有一种类似弹形的能量包，从放射源放射出来，称为量子。按这种量子学说，一个有一定能量的量子，可能从被吸收的物质的原子中击脱电子。在外层轨道上的电子，更可能被击落而离去。这种脱离原子的电子被称为光电子。从X线的放射性质来说，认为微粒放射与电磁辐射的意义都存在。这样可能解释X线发生的某些物理现象。

根据以上所述：认为X线的发生其物理机理有两种情况：

一、连续辐射：当X线管中的阴极电子，由于阳极加一高电压而以高速度撞击阳极面后，约有99.8%的能量转为热能，而使被击面产生高温。只有0.2%的能量变为X线。这种阴极电子的能量转变可为一次或分数次。普通情况下，因为高压的峰值只是瞬时值，只有少数电子在峰值时得到的能量很大，并且也只有少数电子可能与阳极面原子核撞击，而将能量转变为X线。大多数情况是高速电子经过第一次撞击，消耗掉一部分能量，其速度降低并继续进行，直到能量完全消失。故X线是一束波长不一混合线。有的波长最长的X线则被管壁吸收。

连续辐射之总量与下列数项有关：

①辐射量与管电流成正比；

②辐射量与管电压之平方成正比；

③辐射量与阳极面金属的原子序数有关原子序数越高，辐射量越大。

X线连续辐射的情况如图 1—4 那样。

三、标志辐射：在X线管产生的X线中，除了上述包含有自阴极产生的电子以高速度撞击阳极而产生的X线以外，还包含一种与阴极电子速度无关，而决定于阳极材料的单一射线——标志射线。当阴极电子冲击于阳极面时，与构成阳极面的物质中的原子的轨道电子相撞击后，使其轨道电子脱离轨道而逸出，而使原子呈不稳定状态。但受击原子的能级较高的轨道电子就要转移到有空位的轨道上来，此时就要释放出多余的能量，此能量的辐射即为标志X线。

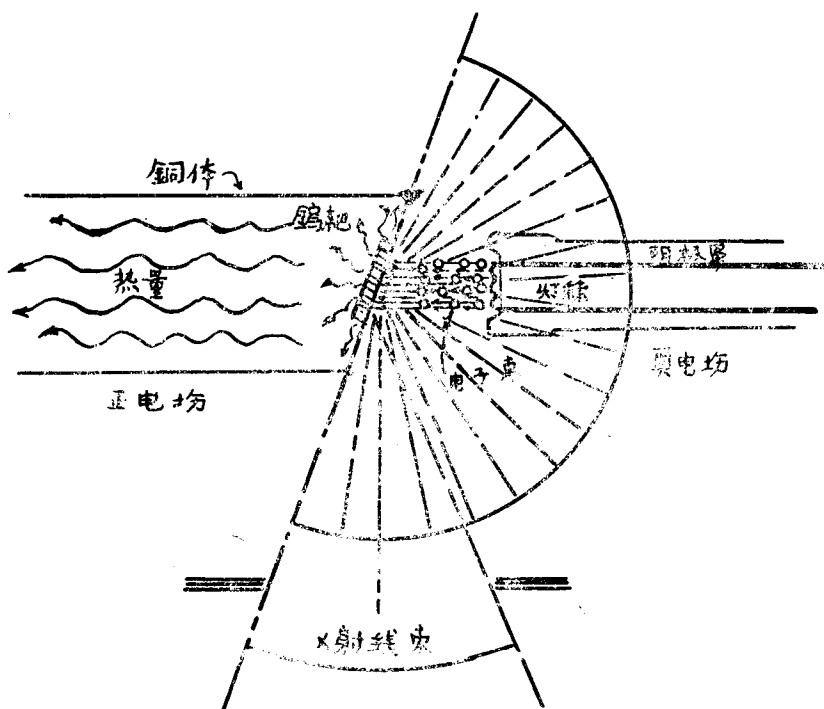


图 1—4

不同结构的元素，其轨道电子的排列也不同，每一层轨道都有它一定波长的标志射线。故每一种元素都有它自己的标志射线谱。原子的最内层轨道为K层，在K层发生的X线波长最短，K层电子的能量也最大。当K层电子补充L层，M层电子空位时，就将其多余的能量辐射出来，而L层，M层的电子能量小，其标志射线波长很长，则易被管壁吸收不能利用。在任何原子中，击脱K层轨道电子比击脱L层轨道电子所需的能量多。当阴极电子冲击轨道电子时，要消耗一部分能量，同时给予被击脱电子一部分能量而使其有一定的速度，当其他电子来补充空位时，所释放出来的多余能量均为标志射线的波长。

标志射线须在一定的高压下才能发生。所需之高压几乎与原子序数的平方成正比。原子序数越大，波长越短，下表是不同金属所产生的K系标志射线的波长与原子序数的

关系:

	铜	银	钨	铀
波 长	1.54	0.56	0.21	0.15
原 子 序 数	29	47	74	92

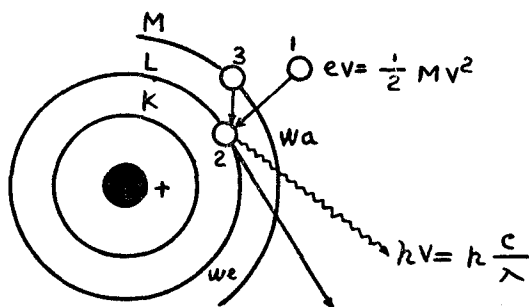


图 1—5

如图 1—5 阴极电子 1 由于高速度，撞击在阳极面钨原子的 L 层轨道的电子 2 上，使 L 层轨道电子飞出。L 层轨道因缺少一个电子而显空位。于是由 M 层轨道电子来补充。如 L 层轨道电子的能量为 W_L ，M 层轨道电子的能量为 W_M ，于是： $W_M - W_L = h\nu$ 以电磁波形态放射出来。如 K 层轨道中被击脱一电子而显一空位，此时可能由 L 层或 M 层或其他原子的电子来补充，由于补充电子的轨道不同，所产生的标志射线的波长也不同。如 K 系标志线是由 L 层轨道电子补充而产生的则称 $K\alpha$ 射线。如由 M 层轨道电子补充的称为 $K\beta$ 射线。内层轨道电子与核的结合力大于外层轨道电子与核之结合力。如欲 K 层轨道电子脱位所需之能量比使 L 层轨道电子脱位所需之能量为大。故 K 系标志射线比 L 系标志射线的波长短。

即:

$$(K)\eta_{v_K} > (L)\eta_{v_L}$$

或:
$$\eta_{\frac{c}{\lambda_K}} > \eta_{\frac{c}{\lambda_L}}$$

或
$$\lambda_K < \lambda_L$$

根据上述则:

$$\eta_{\frac{c}{K\alpha}} > \eta_{\frac{c}{K\beta}} > \eta_{\frac{c}{K\gamma}}$$

或

$$\eta_{v_K} > \eta_{v_L} > \eta_{v_M} > \eta_{v_N} > \eta_{v_O} \dots$$

如 W_a, W_b, W_c, W_d 为 N、M、L、K 轨道电子之能量

则:

$$W_a > W_b > W_c > W_d$$

$$W_a - W_d > W_b - W_d > W_c - W_d$$

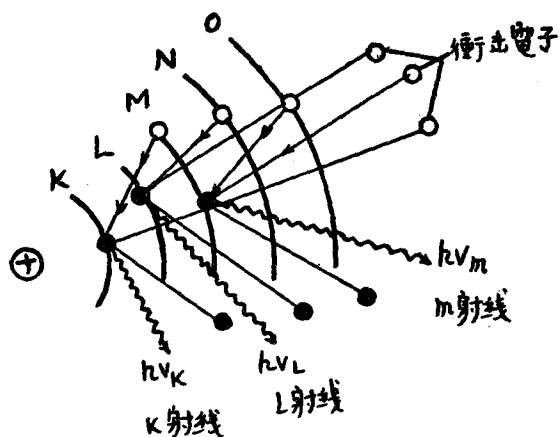


图 1—6

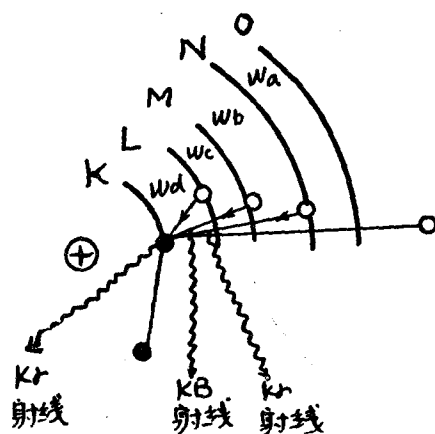


图 1—7

所以一个原子所生之K系标志射线是 $K\alpha$ 、 $K\beta$ 、 $K\gamma$ ，之混合线。由图 1—6，1—7 可见标志射线与阴极电子之能量无关，而与构成阳极的物质的原子序数有关。

综合上述，X线之发生包括两种不同性质的射线，一个是阴极电子由于高压而得之高速因而飞向阳极后所产生之连续辐射线；另一个是由于阴极电子撞击阳极之原子，使其轨道电子飞出，其剩余能量以电磁波形态向外辐射为标志辐射线。

第三节 X线在物质中的作用

X线通过物质时产生了各种效应，这是X线通过物质后所起的作用。这些作用被认为是物质对X线吸收其辐射能的结果。如果X线照射在某一物体上，而没有把其能量给予此物体，或者说此物体没有对X线产生吸收，那末物体就不会产生任何效应和作用。所以物体对X线之吸收是物质发生X线效应的根本原因。

如把X线视为是具有能量的粒子，称为光子。一个光子在运动中具有一定之能量，而无静止质量，不呈电性。如光子在进行中与气体原子撞击，它的能量给予了气体原子，一部分能量消耗在击脱一个电子上，其余能量给予被击脱的电子，而使其高速进行，此种冲击称为光电冲击，或称实际吸收。被击脱的电子被称为光电子，具有一定的质量，并带有负电性。如光子之能为 $\eta\nu$ ，结合力为 A ，光子运动能为 $\frac{1}{2}mv^2$ 则：

$$\eta\nu = A + \frac{1}{2}mv^2$$

被击脱的光电子继续在电场中行进，则还会与其他原子相冲击，产生了一系列的电离作用。其光电子的原始能量愈大，产生的电离作用也愈强。再如当一个光子冲击到一个原子的电子上，则此电子吸收了光子的部份能量而脱位，并向一定之方向运动。但如此光子能量很大，除了被冲击电子时被吸收的以外，仍剩余一部分能量。此时，光子就改变了方向，且以剩余能量继续向前行进。能量既然减少，波长自然变长，此种冲击称为散射冲击，或称考姆吞氏冲击，被击脱之电子名为散射电子，或反冲电子。这种情况也叫散射吸收。

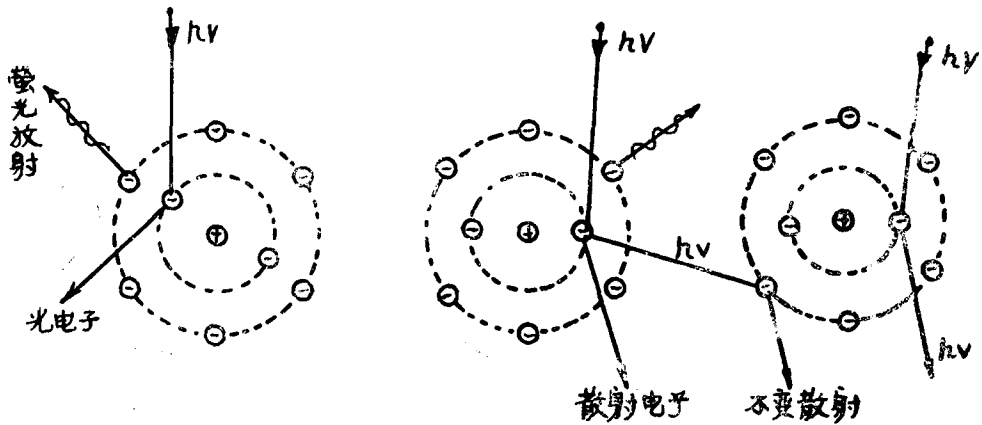


图 1—8

散射后的光子，可以再二次，三次的散射冲击，同时击脱更多的散射电子，一直到能量完全消耗为止。所有这些被击脱的电子，在路途中均连续产生电离作用。光子经冲击后，即向不同方向散射，如光子在散射中，只改变方向而能量之损耗，波长也未改变，称为不变散射。如图 1—9 那样。

根据上述：当 X 线束通过一物体时，其中包括如下几种性质的放射线：

(1) 原发 X 线——

从 X 线管发出之光量子

(2) 散射 X 线——

被光子冲击后的光电子。

(3) 标志 X 线——

阳极物质之原子轨道电子补充空位时之多余能量而产生之光量子。

(4) 次级电子线：

① 光电子：原发 X 线的光量子之全部能量皆被此电子吸收。

② 散射电子：原发 X 线的光量子的能量部分被吸收。

当管电压加大时，原发 X 线的光量子能量加大，波长变短，穿透力增强，并与某物质相撞击的机会增多，因而散射线也增多，这对 X 线摄影有不良之影响。

X 线通过物体时，由于物体对 X 线的吸收作用，使原发 X 线之能量减弱，称为吸收减弱。原发 X 线在物质中产生的散射现象而使能量减弱称为散射减弱。物质对 X 线之吸收是受原发 X 线的波长和物质的构造所影响：

1. 物质对 X 线的吸收 (A) 与物质之原子序数 (Z) 之三次方成正比。

2. 物质对 X 线的吸收 (A) 与物质之密度 (D) 成正比。

3. 物质对 X 线的吸收 (A) 与物质之厚度 (d) 成正比。

4. 物质对 X 线的吸收 (A) 与原发 X 线之波长 (λ) 的三次方成正比。

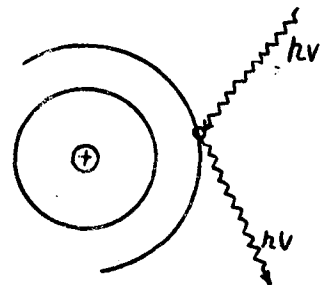


图 1—9

这样则：

$A \sim Z^3$ 、 d 、 D 、 λ^3 。

第四节 X线的性质

X线是电磁波的一种，所以它有电磁波的一般性质，与可见光线有相同或相似的性质。但其波长甚短，光子能量甚大，有穿过物质原子间隙的能力。而一般可见光线波长很长，光子能量甚小，而不能穿透物质原子间隙。X线穿过物质后由于物质对X线的吸收作用，使物质产生一系列的效应。

X线对物质的作用简单的可分为三种：

一、物理作用：

1. 穿透作用：因X线波长甚短，光子能量甚大，穿透力甚强，故能穿透物质的原子间隙。

2. 荧光作用：X线照射到荧光物质上，可发生荧光现象。荧光物质如铂铈化钡，硫化锌、钨酸钙等，经X线照射后，荧光物质产生电离与激动状态，当恢复原状时，原子即放射可见光或紫外线。如铂铈化钡为黄绿色，钨酸钙为白色。透视用的荧光纸及摄影用暗盒中的增感纸即利用此作用而制成。

3. 电离作用：物质受到X线照射时，其构成物质之原受X线光子之冲击，则外围轨道上的电子被打掉脱位，于是这个原子少了一个电子而使其显正电成为阳离子。但在固体中此种离子很快又结合起来。在气体中则固有正、负电位吸取此离子，而形成电离电流。在X线量的测量和X线的放射治疗中均利用此电离作用。

二、化学作用：

1. 感光作用，X线照射到涂有溴化银的脱片时，使药膜感光成为感光的溴化银，经化学显影后，产生一定的黑度。X线摄影就是利用这种作用，使X线由于透过人体组织的密度不同，而显出阴暗不等的X线影象。

2. 脱水作用：如透视用之荧光纸，经X线长时间照射后因结晶水脱掉而变色。碘仿经X线照射后能将碘析出而沉淀。

三、生物作用：

生物细胞经一定量的X线照射后，则发生透明变以至坏死，在放射治疗中则利用此作用来治疗癌瘤，以使其坏死。

第五节 X线的量与质

如前所述：由于不同性质的不同密度，厚度对X线有不同的吸收，因而形成不同程度的X线衰减，所谓X线的“量”，就是X线照射到物质中其能量消耗的数值。但是由于在复杂的生物机体中含有大量电解质的离子，因而不能直接测量各种物质中的电离。目前最精确和应用最广泛的方法，就是测量X线在空气中产生的电离作用，因空气与生物机体组织的有效原子序数相近似，所以根据X线透过空气时的电离即可测出组织中所吸

收的X线能量。

在X线治疗学中常用的剂量的测量：

剂量：即单位质量的气体吸收X线的能量的数值。

剂量率：即在单位时间内单位质量的被照射物质所吸收的能量。

按国际放射学规定，辐射剂量的测单位为伦琴（ γ ），即在1立方厘米的空气中，产生电荷各为1静电单位的正负离子的X线的剂量。而剂量率的单位为每秒伦琴。

X线的辐射强度与下列因素有关：

1.X线的辐射强度与管电压的关系：

管电压系指在X线发生时X线管两极间所加的高压。在管电流不变的情况下，而增高管电压时，每一个单独电子的功能将增加，X线波长变短，质硬而穿透力强。同样在一束X线中波长短的X线其能量必然大，所以增加管电压提高了X线的硬度，同时必然提高X线的辐射强度，其关系是以二次方的关系正比的增加。

管电压的单位在实用以上仟伏巅（kvp）来代表。

2.X线的辐射强度与管电流的关系：

管电流系指当高压加于X线管两极时，通过X线管的电流。当X线管的阴极产生电子后，由于阳极高压的吸引，电子飞向阳极，产生X线。电子的数量决定X线的辐射总量，故X线强度与管电流成正比关系。

管电流在实用上以毫安（mA）来代表。

3.X线的辐射强度与阳极原子序数的关系：

构成阳极物质的原子序数愈高，则电子撞击阳极原子后产生的标志射线愈多。反之以原子序数极低之金属作阳极面时，X线总能量将大大减弱。从实验得知：X线辐射强度与阳极焦点之原子序数成近似正比的关系。如钨原子（W）序数为74，钼（mo）为42，铬（ γ ）为24，以此之种金属作阳极时，其管电压均给以35kvp时，所产生X线强度之比近似于74:42:24

4.X线的辐射强度与照射时间的关系：

当X线管产生X线的时间愈长则总辐射强度愈大，成正比关系。

照射时间在实用上以秒（S）为单位。

5.X线辐射强度与被照射物的距离的关系：

X线在照射时与被照物的距离（D）依反平方定律而减弱。当距离增加一倍时，其照射强度减为原来强度的四分之一。

在X线诊断上，X线射于胶片上所起的作用叫感光作用，如以PE表示，则：

$PE \sim mA$ ：感光作用与mA成正比。

$PE \sim KV^2$ ：感光作用与 KV^2 成正比。（近似值）

$PE \sim S$ ：感光作用与照射时间成正比。

$PE \sim \frac{1}{D^2}$ 感光作用与距离（D）的平方成反比。

故：

$$PE \sim \frac{mA \times KV^2 \times S}{D^2}$$

在X线摄影时，要根据机器的性能和电源条件，适当的选择 mA、KV、S、D。才能得到满意的照片。如根据下列条件：

管电流 = 40毫安 (mA)

管电压 = 80仟伏 (KV)

时间 = 2秒 (S)

距离 = 100厘米 (D)

$$\text{则感光作用 } PE = \frac{40 \times 2 \times 80^2}{100^2} = 51.2$$

如X线机与电源条件受到限制改为

管电流 = 10毫安 (mA)

管电压 = 60仟伏 (KV)

距离 = 50厘米 (D)

求曝光时间 (S) 为多少时，得到与上述同样的感光作用？

已知PE为51.2

$$\text{则：} \quad 51.2 = \frac{10 \times S \times 60^2}{50^2} = 14.4$$

故： S = 3.6秒

第二章：X线在医学上的应用

自1895年11月伦琴氏在作阴极射线时发现X线后，很快就有许多人发表了X线的发生，应用及利用胶片来进行诊断等报告文章，并在医学实践中已利用X线作诊断工作。在1896年有人提出了利用X线治疗某些疾病的可能性。通过近几十年的研究，试验，改进，X线在医学上的应用范围大大提高，促进了许多医学分科的发展，X线诊断学与X线治疗学已成为医学上的专门科系。

第一节 X线在诊断方面的应用

由于X线对物质有穿透及物质对X线有吸收之特性，能穿透可见光线所不透过物质，故可以利用它来观察人体内部器官的各种正常结构与异常的变化，而这些结构与变化的情况在没有发现X线以前，则必须在解剖情况下才能呈现。因此X线便被作为研究，诊断人体内部器官的重要工具。

一、X线透视：

在放射诊断上主要利用不同密度和不同原子序数的物质，对X线管之前置一在铂氰化钡，硫化锌，或硫化镉制成的萤光屏，当X线照射在此萤光屏时，使其产生一种可见光谱内对人眼最敏感的黄绿色萤光。如将人体骨骼部放于X线管与萤光屏之间，由于骨骼

部份对X线的吸收作用较之肌内部分为强,也就是说X线对肌肉的透过较骨骼为多,于是在萤屏上出现以较明亮的肌肉影象为背景的骨骼影象,这就是X线诊断学中的透视基础。

在透视时要求萤光屏上有足够的光亮度,敏锐的分辨力及残光现象很少等。为了提高萤光屏上的亮度,就必须使投照在萤光屏上的X线有足够的强度,因此透过后的辐射强度与X线管电压,管电流有很大的关系。通常讲提高管电流可提高透视萤光屏上的X线总强度,但是在管电流不变的情况下,提高管电压则提高X线的穿透力,清晰度和分辨力。目前在透视时所用的管电压约在50—80千伏之间,管电流2—5毫安之间,如X线强度太大时则对放射科医生的身体是有害的。

二、X线摄影:

X线摄影就是用感光胶片代替萤光屏以永久记录下来被检查部位的影象的方法。其所用胶片的感光度很高,但是为了提高摄影效果,通常将胶片置于增感夹内,利用夹内的增感纸在X线的照射下所产生的兰、紫色萤光及紫外线与X线一起同时对胶片产生感光作用。由于增感纸的光线在胶片最敏感的线谱范围内,故胶片感光效应的90—95%是由增感纸起作用的。而只有5%的X线对胶片产生感光作用,增感纸的制作目前普遍采用钨酸钙、钨酸锶等物质,在X线照射时,产生兰紫色可见萤光。

在摄影时,照射到X线胶片与增感纸上的,除有X线的直射以外,还因被照射物质,与周围金属物质所产生的,降低胶片清晰度的散乱线。为了提高影象质量,提高X线影象清晰度,采用了滤线器设备减少了散乱线。

在摄影时,由于被照射的物体是具有生命的活动的肌体,故摄影时曝光时间的长短与影象的清晰度有很大关系。即使整个肌体不动,但某些器官仍在运动。如胸腔摄影时,考虑到心脏的悸动,必须使曝光时间缩短到1秒以下。而有的部位的摄影需要作高速连续拍片,则须将曝光时间缩短到百分之几至千分之几秒。在X线摄影时,X线管阳极的功率如下式:

$$P_{\alpha'} = K_1 u \alpha \quad (\text{最大}) \quad I \alpha \quad (\text{平均})^t$$

式中: P_{α} 为在曝光时间 t 时的X线管输出功率。如在透视时,此功率并不算大,但在摄影时,由于毫安值增加很多,则此功率可达很大数值。

因此,在X线摄影时,X线机运用时其电源功率需要X线管与机器能够满足运用上这种数值很大而时间很短的特点。这样则要求电源有足够的容量。否则将会产生巨大的电压降,以致使X线管两端的实际电压降低,而使X线摄影效果不佳。

在X线诊断方面,为了满足某些医学上的要求,而运用一系列特殊的摄影方法,如适时摄影,间接摄影,断层摄影,立体摄影,记波摄影,萤光摄影,快速摄影等等。

第二节: X线在治疗方面的应用

利用X线来治疗某些疾病是利用它的生物效应,使人体病变部分的细胞组织直接或间接的受到破坏或抑制。但是在治疗时照射局限于病灶部分,而健康部分则需要加以保护。为此目的,在应用上,大都以遮线筒限制线束的照射,用滤过板来吸收软线以降低表皮剂量。