



## 第五节. X线的量与质（强度和硬度）

### 一、概念及其表示方法

描述电离辐射的量与质：（国家单位标准）

采用了**辐射能、粒子注量、能量注量、粒子流密度**等概念

X线的量的描述

理论上 粒子注量、能量注量

实际应用中 利用x线在空气中产生电离电荷的多少，定义为**照射量**，来测定x线的量



## 第五节. X线的量与质（强度和硬度）

### X线的强度（ $I$ ）：

定义：在垂直于x线传播方向单位面积上，在单位时间内通过的**光子数量**（ $N$ ）与**能量**（ $h\nu$ ）乘积的**总和**（辐射能量）。  
（单位：焦耳/秒·米<sup>2</sup>）

$$I = \sum_{i=1}^n N_i h\nu_i = N_1 h\nu_1 + N_2 h\nu_2 + \dots + N_n h\nu_n$$

$\left\{ \begin{array}{l} N_i \text{---单位时间通过垂直于射线方向单位面积光子数;} \\ h\nu_i \text{---光子能量} \end{array} \right.$

两个因素决定增加X线强度：

- (1) 光子**数目**  $N \longrightarrow$  X线强度  $\longrightarrow$  X线的**量**
- (2) 光子**能量**  $h\nu \longrightarrow$  X线硬度  $\longrightarrow$  X线的**质**



## (一) X线的量 就是x光子的数目

### 1. 单色X线的强度:

定义: 单位时间内通过单位横截面积上的x光子数目为 $N$ , 若每个光子的能量为 $h\nu$ , 则单色x线强度

$$I = Nh \nu \quad (3-13)$$

### 2. 复色X线的强度:

对于波长不同的, 但能量 ( $N_1h \nu_1, N_2h \nu_2, \dots$ ) 完全确定的有限种x光子组成的复色x线强度为

$$I = \sum_{i=1}^n N_i h \nu_i = N_1 h \nu_1 + N_2 h \nu_2 + \dots + N_n h \nu_n \quad (3-14)$$

式中:  $h \nu_i$  为每秒通过单位横截面积上的光子的能量

$N_i$  为各单色x线光子的数目



## (一) X线的量 就是x光子的数目

### 3. 连续X线的强度:

对于波长由  $\lambda_{\min}$  到  $\lambda_{\infty}$  的连续x射线谱，对应的x线光子的能量由  $h\nu_{\max}$  到零，其强度

$$I = \int_0^{E_{\max}} E \cdot N(E) \cdot dE = \int_{\lambda_{\min}}^{\infty} N(E) \frac{h^2 c^2}{\lambda^3} \cdot d\lambda \quad (3-15)$$

其中每秒通过单位垂直面积的能量为E的X线光子数  $N(E)$  是X线光子能量E的函数



## 4. 在实际放射工作中

\* 医学上常将一定的管电压下管电流毫安数 ( $mA$ ) 表示为X线强度

X线的量的定义：一定时间内通过与射线方向垂直的单位面积的总能量

用管电流 ( $mA$ ) 和照射时间 ( $s$ ) 的乘积来反映X线的量

X线的量= 管电流  $\times$  照射时间 =  $I \cdot t$  (单位:  $mA \cdot S$ )

例如：照射的x曝光量: 15毫安0.02秒, 就是0.3毫安秒

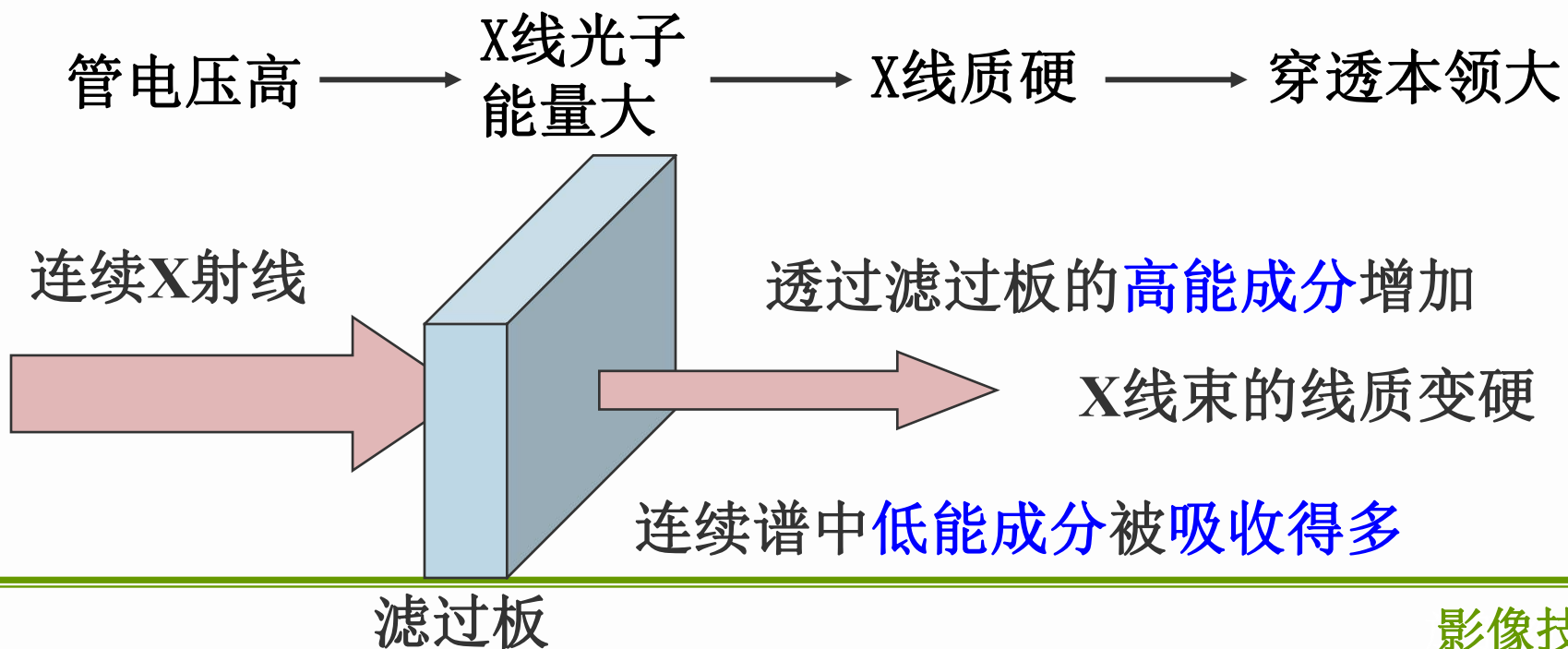
一次拍片的量:  $I = 20mAs = 200 \times 0.1mAs = 50 \times 0.4mAs$



## (二) X线的质

**X射线的质**的又称线质，表示X线的**硬度**，即穿透物质本领的大小。由光子的能量决定。

实际应用中，用**管电压(kV)**和**滤过情况**来反映X线的质

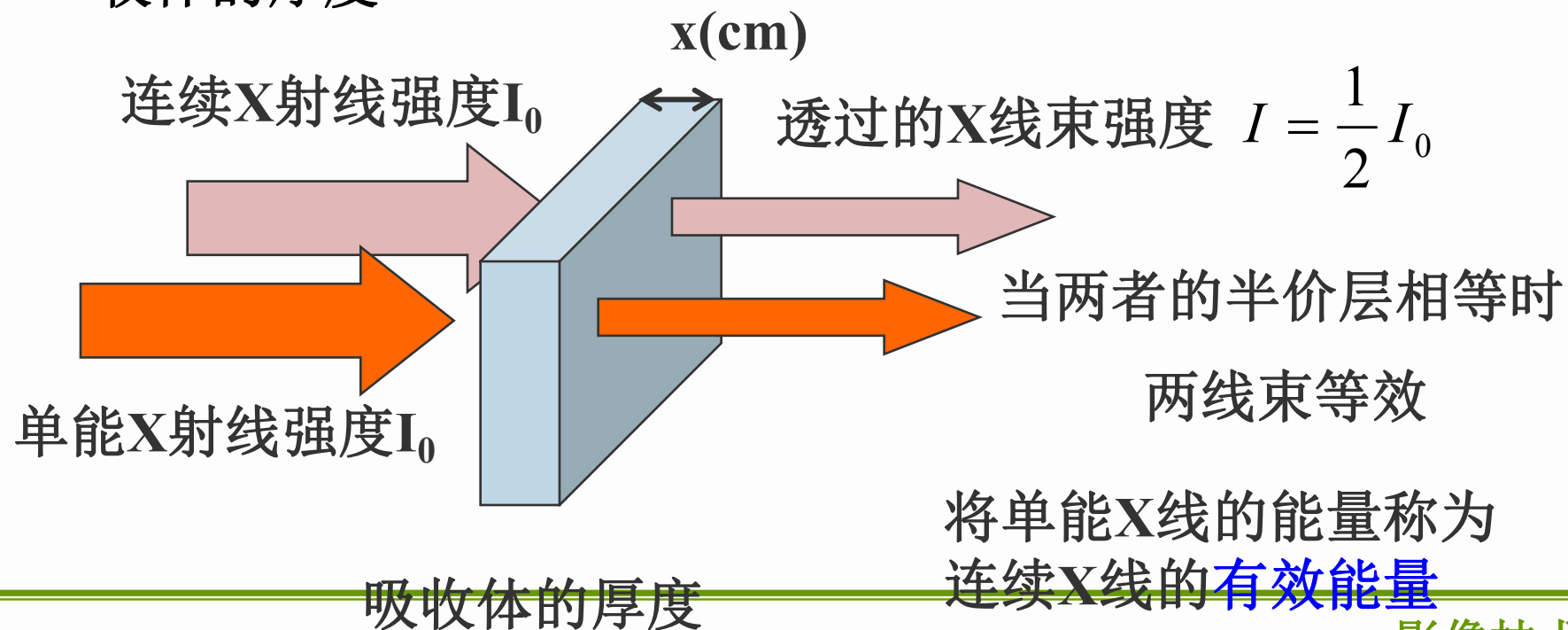




## (二) X线的质

X射线的质：工作中有时用半价层、有效能量和等值电压等物理量来描述

**半价层**：是指射线数减弱到初始强度的一半时，所需吸收体的厚度





## 二 影响X线量与质的因素

### (一) 影响X射线量的因素

1. 在管电压、管电流、照射时间相同的情况下

阳极靶的原子序数 $Z$ 愈高，X线的量 $I$ 愈大

曲线面积= $I_{\text{总}}$

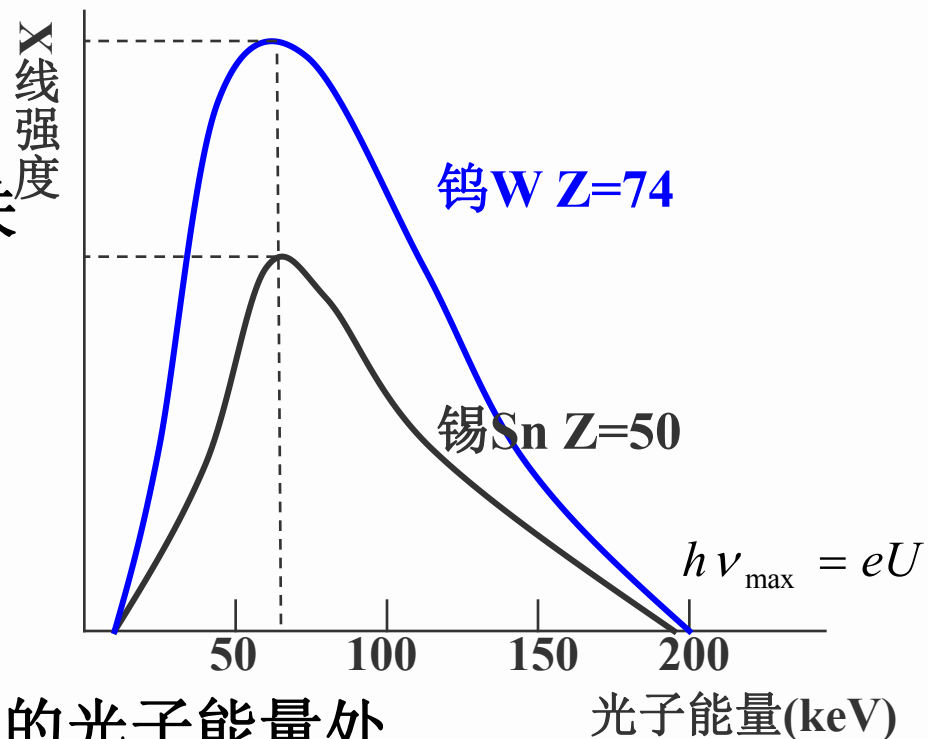
高能端重合

最大光子能量与管电压有关

与靶物质 $Z$ 无关

低能端重合

因为X线管的固有滤过，  
低能成分被管壁吸收



射线的最大强度都呈现在相同的光子能量处





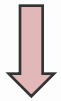
## 二 影响X线量与质的因素

特征x线的量完全由靶物质的原子结构特性所确定

靶物质的原子  
序数 $Z$ 愈高



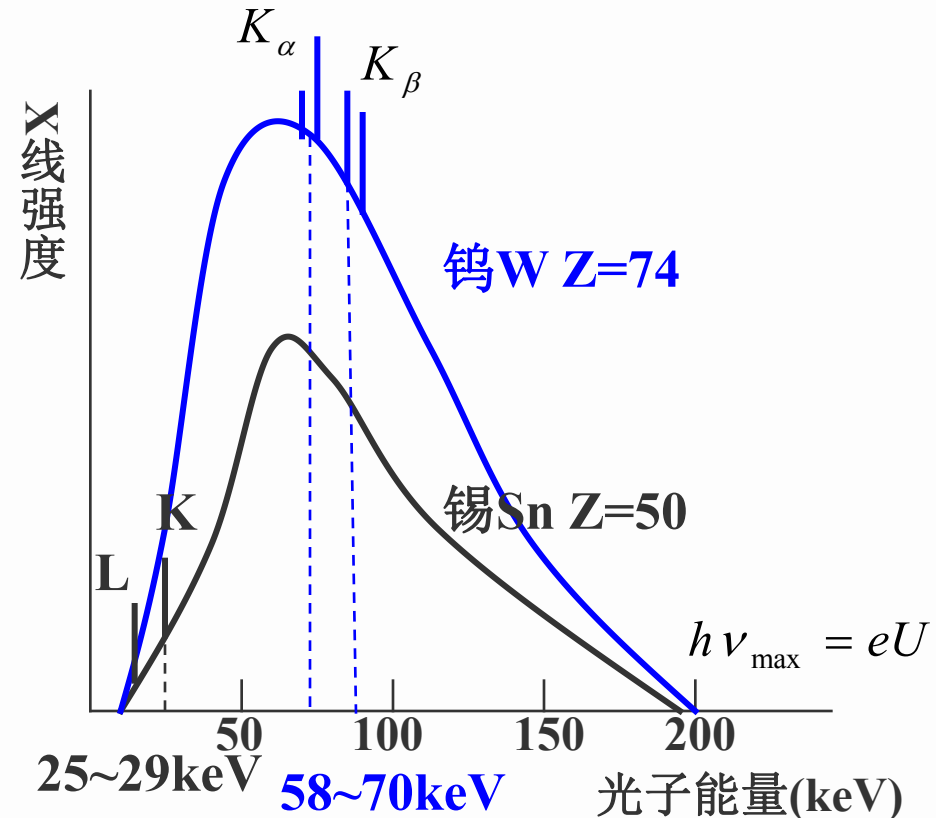
轨道电子的结  
合能 $W$ 愈大



特征x线的量  
 $Nh\nu$ 愈大



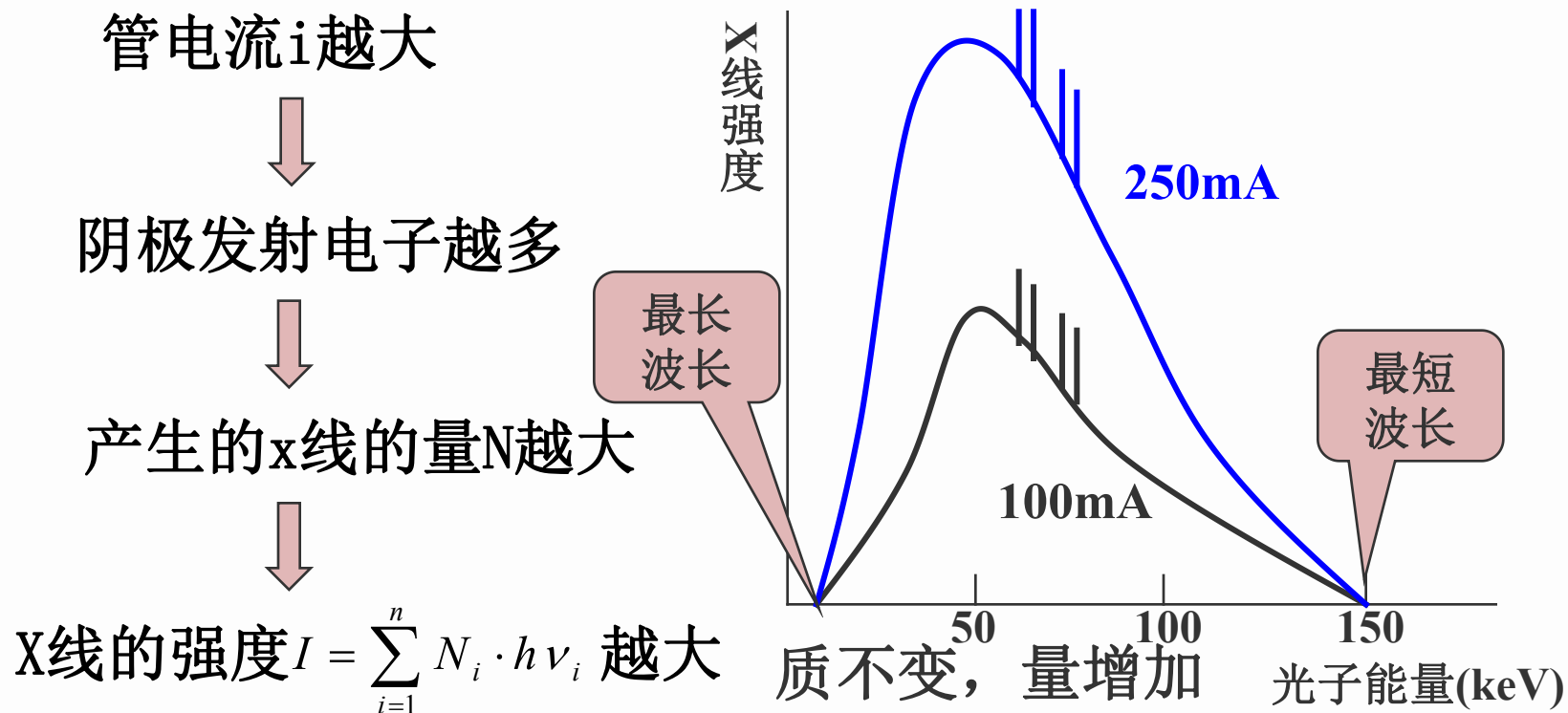
所需激发电  
压 $U$ 愈高





## 二 影响X线量与质的因素

2. 在一定管电压下同种靶物质的x线的量与管电流成正比



3. 在一定管电流下同种靶物质的x线的量与管电压的平方成正比

$$I \propto U^2 i Z t$$

(3-16)



## 二 影响X线量与质的因素

### (二) 影响X射线质的因素

X线的质仅取决于管电压的千伏值

连续X线的质随管电压升高而变硬

特征X线的质只与靶物质有关

滤过对X线的量与质及能谱构成均有很大影响

