



# 第六章 常用的辐射量和单位

## 学习目标

- ◆掌握描述辐射场强度的常用辐射量，正确理解照射量、吸收剂量、当量剂量及有效剂量的关系
- ◆了解辐射测量的意义





# 第一节 描述电离辐射的常用辐射量和单位

电离辐射的**计量**也称**辐射剂量**

**辐射场** 电离辐射存在的空间 由辐射源产生

射线在辐射场中的分布

{ 粒子注量、能量注量 直接表示  
照射量 间接表示



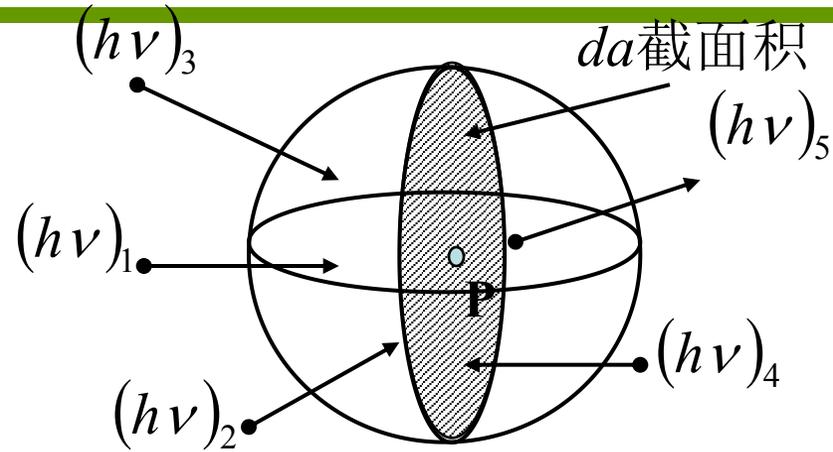


# 一、描述辐射场性质的量

## (一) 粒子注量

### 1. 非平行辐射场

辐射场P点处的粒子注量



$$\Phi = \frac{dN}{da} \quad (6-1)$$

$dN$ 从各个方向进入小球体的粒子的总数

$da$ 通过球心P的球体截面积

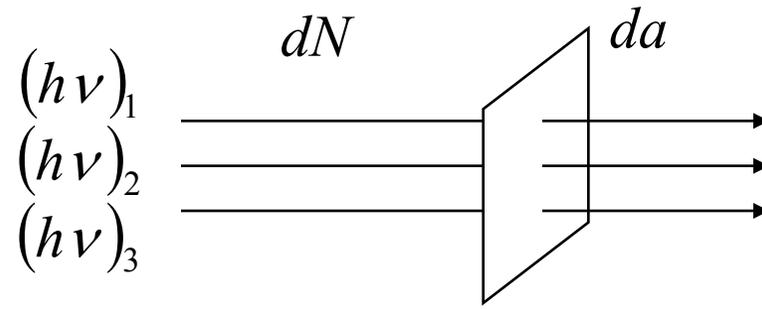
**粒子注量**就是进入具有单位截面积的小球的粒子数

单位：米<sup>-2</sup> (m<sup>-2</sup>)





## 2.单向平行辐射场



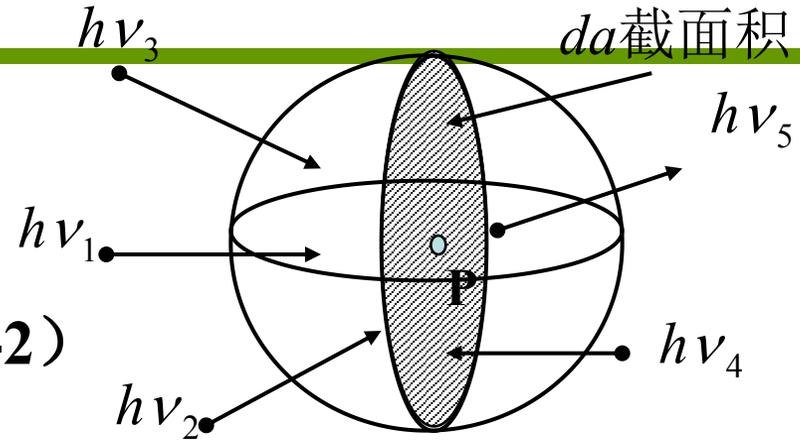
$$\Phi = \frac{dN}{da}$$





### 3.实际的辐射场

$$\Phi = \int_0^{E_{\max}} \Phi_E dE \quad (6-2)$$



$\Phi_E$ 表示单位能量间隔内的粒子注量

等于进入小球的能量介于E和E+dE之间的粒子数  
除以该球的截面积所得的商

每个粒子不可能都具有相同的能量

即使从辐射场出发时其初始能量相同（单能）

进入物质后，由于相互作用，其能量逐渐减小为零





## 4. 辐射防护

粒子注量率表示单位时间内进入单位截面积的球体内的粒子数

$$\phi = \frac{d\Phi}{dt} \quad (6-3)$$





## (二) 能量注量

用通过辐射场中某点的粒子的能量来表征辐射场的性质

**能量注量** 计算间接致电离辐射在物质中发生的能量传递以及物质对辐射的吸收

进入单位截面小球的所有粒子能量（不包括静止能量）的总和

1.非平行辐射场 
$$\Psi = \frac{dE_{fL}}{da} \quad (6-4)$$

单位：焦耳·米<sup>-2</sup> (J.m<sup>-2</sup>)

2.平行辐射场 通过与粒子运动方向垂直的单位面积的粒子能量的总和

3.能量注量率 
$$\psi = \frac{d\Psi}{dt} \quad (6-5)$$





### (三) 能量注量和粒子注量的关系

#### 1. 单能辐射场

$$\psi = \Phi \cdot E \quad (6-5)$$

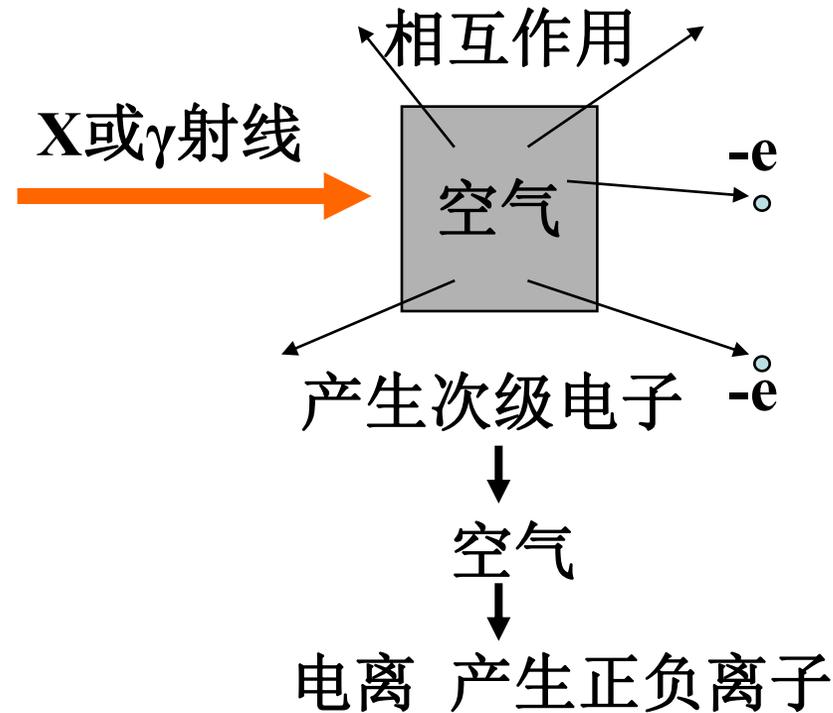
#### 2. 实际辐射场 辐射场不是单能 粒子能量具有谱分布

$$\psi = \int_0^{E_{\max}} \Phi_E E dE \quad (6-6)$$





## 二、照射量



用次级电子在空气中产生的任何一种符号的离子（电子或正离子）的总电荷量，来反映X或 $\gamma$ 射线对空气的电离本领，表征X或 $\gamma$ 射线特性





## (一) 照射量X及其单位

### 1. 照射量的定义

X或 $\gamma$ 射线的光子在单位质量空气中产生出来的次级电子，当它们完全被空气所阻止时，在空气中所形成的任何一种符号离子的总电荷量的绝对值

$$X = \frac{dQ}{dm} \quad (6-8)$$

式中：  $dm$ 为空气质量

$dQ$ 为X或 $\gamma$ 光子在质量为 $dm$ 的空气中，产生的全部次级电子均被阻止于空气中时，在空气中所形成的任一种符号的离子总电荷量的绝对值



**照射量** 只适用于射线能量在10keV到3MeV射线  
不能用于其他类型的辐射和不能用于其他物质



## 2. 照射量的单位

库仑·千克<sup>-1</sup> (C·kg<sup>-1</sup>)

仍在沿用的单位为伦琴，用符号R表示

$$1R = 2.58 \times 10^{-4} C \cdot kg^{-1}$$

$$1C \cdot kg^{-1} = 3.877 \times 10^3 R$$





## (二) 照射量率 $\dot{X}$ 及其单位

照射量率 $\dot{X}$  单位时间内照射量的增量

$$\dot{X} = \frac{dX}{dt} \quad (6-9)$$

式中： $dX$ 为时间间隔 $dt$ 内照射量的增量

单位：库仑·千克<sup>-1</sup>·秒<sup>-1</sup> (C.kg<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>)

伦·秒<sup>-1</sup> (R·s<sup>-1</sup>)、伦·分<sup>-1</sup> (R·min<sup>-1</sup>)

毫伦·时<sup>-1</sup> (mR·h<sup>-1</sup>)

例题1





例题1 若空气体积为 $0.3\text{cm}^3$ ，标准状态下其中包含的空气质量是 $0.388\text{mg}$ ，若被X线照射 $5\text{min}$ ，在其中产生的次级电子在空气中形成的正离子（或负离子）的总电荷量为 $10 \times 10^{-9}\text{C}$ 。此时，被照空气处的X线照射量和照射量率各是多少？

已知： $dm=0.388\text{mg}=3.88 \times 10^{-7}\text{kg}$     $dQ=10 \times 10^{-9}\text{C}$     $dt=5\text{min}$

求：照射量 $X=?$  照射量率 $\dot{X}=?$

解：
$$X = \frac{dQ}{dm} = \frac{10 \times 10^{-9}}{3.88 \times 10^{-7}} \text{C} \cdot \text{kg}^{-1} = 2.58 \times 10^{-2} \text{C} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$dX = X - X_0 = X - 0 = X$$

$$\dot{X} = \frac{dX}{dt} = \frac{2.58 \times 10^{-2}}{5} \text{C} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} = 5.16 \times 10^{-3} \text{C} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$





### 三、比释动能

X或 $\gamma$ 射线光子、中子，不带电粒子

辐射计量学 以比释动能描述间接致电离粒子与物质相互作用时，传递给了直接致电离粒子的能量

#### (一) 比释动能 $K$ 及其单位

质子、电子、 $\alpha$ 、 $\beta$ 等带电粒子

##### 1. 比释动能 $K$

$$K = \frac{dE_{tr}}{dm} \quad (6-10)$$

式中： $dE_{tr}$ 为间接致电离辐射在指定物质的体积元 $dm$ 内，释放出来的全部带电粒子的初始动能的总和，单位为焦耳（ $J$ ）

$dm$ 为所考虑的体积元内物质的质量，单位为千克（ $kg$ ）





## 2. 比释动能的单位

焦耳·千克<sup>-1</sup> ( $J \cdot kg^{-1}$ ) 给以专名“戈瑞”，简称“戈”以“Gy”记之

$$1Gy = 1J \cdot kg^{-1}$$

毫戈瑞(mGy)、微戈瑞( $\mu Gy$ )

$$1Gy = 10^3 mGy = 10^6 \mu Gy$$

例：物质中某点的比释动能为1戈瑞时，表示由间接致辐射在这一点处单位质量的物质（如处在空气中的小块组织）中，传递给直接致电离粒子（如电子）的初始动能的总和为1焦耳·千克<sup>-1</sup>





## (二)比释动能率 $\dot{K}$ 及其单位

比释动能率 间接致电离辐射单位时间在介质中产生的比释动能

$$\dot{K} = \frac{dK}{dt} \quad (6-11)$$

式中： $dK$ 为比释动能在时间间隔 $dt$ 内的增量

单位：戈·秒<sup>-1</sup>（Gy·s<sup>-1</sup>）、毫戈·时<sup>-1</sup>（mGy·h<sup>-1</sup>）





## 四、吸收剂量

辐射计量学 以“吸收剂量”来衡量物质吸收辐射能量的多少，并以此研究能量吸收与辐射效应的关系

### (一) 吸收剂量D及其单位

#### 1. 吸收剂量D

$$D = \frac{dE_{en}}{dm} \quad (6-11)$$

式中： $dE_{en}$ 为平均授予能 表示进入介质 $dm$ 的全部带电粒子和不带电粒子能量的总和，与离开该体积的全部带电粒子和不带电粒子能量总和之差，再减去在该体积内发生任何核反应所增加的静止质量的等效能量





## 2. 吸收剂量的单位

焦耳·千克<sup>-1</sup> ( $J \cdot kg^{-1}$ ) 其专名与比释动能的单位相同, 同为“戈瑞”, 简称“戈”以“Gy”记之

$$1Gy = 1J \cdot kg^{-1}$$

计算病人剂量和处方剂量时, 常用厘戈瑞(cGy)

$$1Gy = 100cGy$$

沿用的专用单位是拉德, 其符号为“rad”

$$1rad = 10^{-2} Gy$$





## (二)吸收剂量率 $\dot{D}$ 及其单位

吸收剂量率 表示单位时间内吸收剂量的增量

$$\dot{D} = \frac{dD}{dt} \quad (6-13)$$

式中： $dD$ 为吸收剂量在时间间隔 $dt$ 内的增量

单位：焦耳·千克<sup>-1</sup>·秒<sup>-1</sup>（J.kg<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>）、

戈·秒<sup>-1</sup>（Gy·s<sup>-1</sup>）





$$1\text{Gy}=1\text{J/kg}=10^2\text{rad}=10^4\text{erg/g}$$

$$1\text{J}=10^7\text{erg} \quad 1\text{erg}=10^{-7}\text{J}$$

例题2 质量为0.2g的物质，10s内吸收电离辐射的平均能量为100erg(尔格)，求该物质的吸收剂量和吸收剂量率。

已知： $dm=0.2\text{g}=2\times 10^{-4}\text{kg}$     $dE_{en}=100\text{erg}=10^{-5}\text{J}$     $dt=10\text{s}$

求：吸收剂量 $D=?$  吸收剂量率 $\dot{D}=?$

解：

$$D = \frac{dE_{en}}{dm} = \frac{10^{-5}}{2\times 10^{-4}} \text{Gy} = 0.05\text{Gy} = 50\text{mGy}$$

$$dD = D - D_0 = D - 0 = D$$

$$\dot{D} = \frac{dD}{dt} = \frac{50}{10} \text{mGy} \cdot \text{s}^{-1} = 5\text{mGy} \cdot \text{s}^{-1}$$

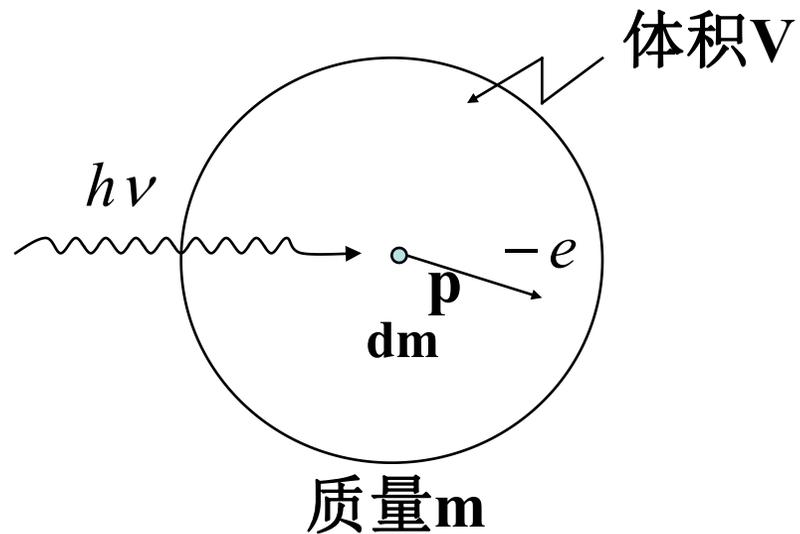




## 五、吸收剂量、比释动能及照射量之间的关系和区别

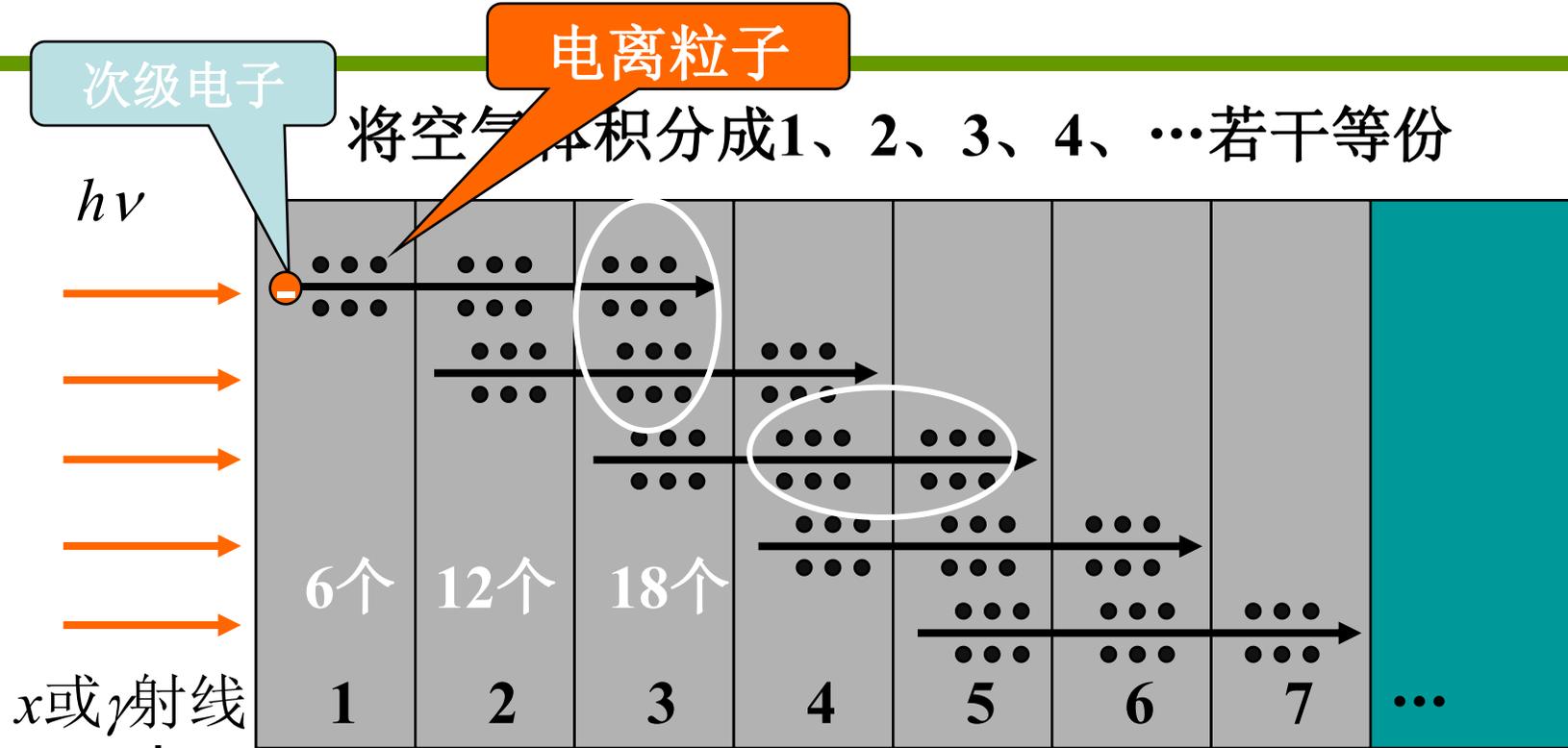
**照射量X**是以X或 $\gamma$ 射线光子电离空气的间接的方式反映辐射场强度

**吸收剂量D**和**比释动能K**则是从射线能量转移的角度反映物质在与射线相互作用时，物质所吸收的射线能量





# (一) 带电粒子平衡 以“电子平衡”为例进行讨论



空气  $\xrightarrow{\text{产生}}$  能量相同次级电子  $\xrightarrow{\text{射程}}$  3层空气  $\xrightarrow{\text{每一层}}$  能量相同产生6个电离粒子

假设光束在介质中没有衰减，从第三层开始

前层进入该层的次级电子数=该层出射的次级电子数





## 带电粒子平衡

进入该层的  
电离粒子（电离电量）

=

产生于该层的次级电子  
在本层以外产生的  
电离粒子（电离电量）

进行照射测量

选择第一层、第二层作为测量体积

在该体积层收集的**电离电量**不能反映该层的**照射量**

选择第三层或以后各层作为测量体积

在该体积层收集的**电离电量**则可反映该层的**照射量**





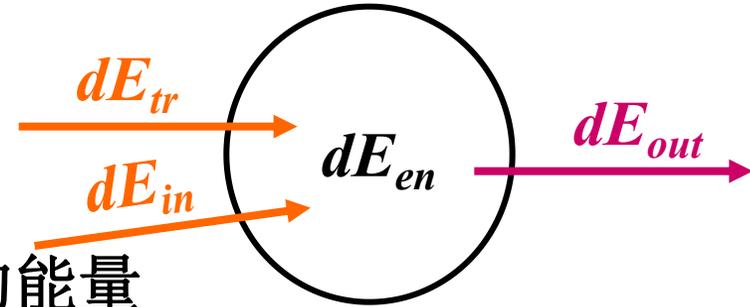
## 体元V

设  $dE_{en}$  为介质中某体元吸收的能量

$dE_{tr}$  为射线转移给该体元的能量

$dE_{out}$  为次级电子从体元中带出的能量

$dE_{in}$  为体元外产生的次级电子带入体元中的能量



则 
$$dE_{en} = dE_{tr} + dE_{in} - dE_{out}$$

当达到“电子平衡”时 
$$dE_{out} = dE_{in}$$

则有 
$$dE_{en} = dE_{tr}$$

达到带电粒子平衡的条件：

在介质中体元周围的辐射场是均匀的

体元周围的介质的厚度等于或大于次级带电粒子在该介质中的最大射程





## (二) 比释动能和吸收剂量随物质深度的变化

根据带电粒子平衡条件

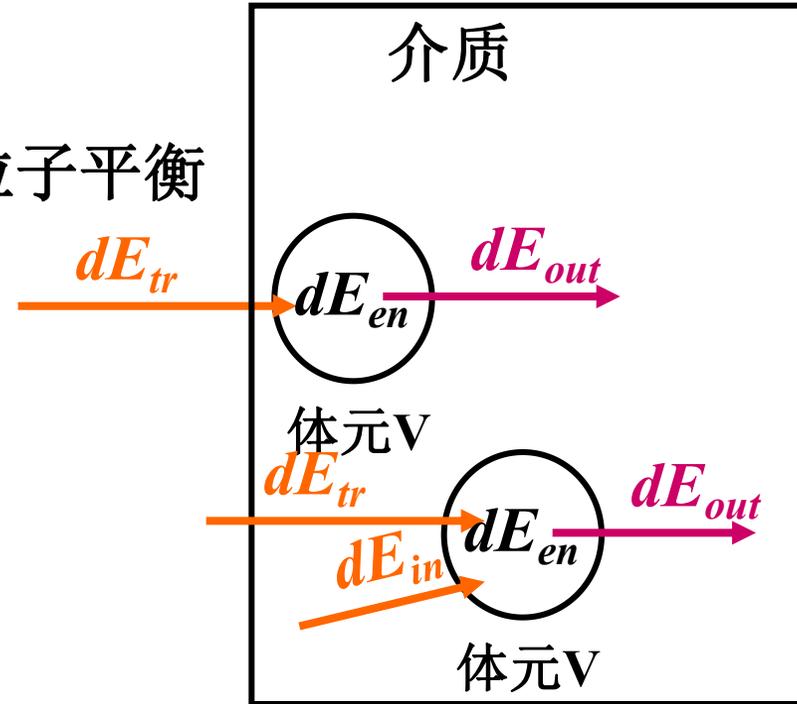
物质表面的任意点不存在带电粒子平衡

介质表面（或表层）一点

$$\therefore dE_{en} = dE_{tr} - dE_{out}$$

$$\therefore dE_{tr} > dE_{en}$$

吸收剂量  $D <$  比释动能  $K$



随介质深度增加  $\xrightarrow{\text{起源于浅层的次级电子进入}}$  考察点体元V  $\rightarrow$  吸收剂量D急剧增加

吸收剂量D = 比释动能K  $\leftarrow$  当深度=带电粒子的最大射程时

最大



电子平衡

影像技术专业

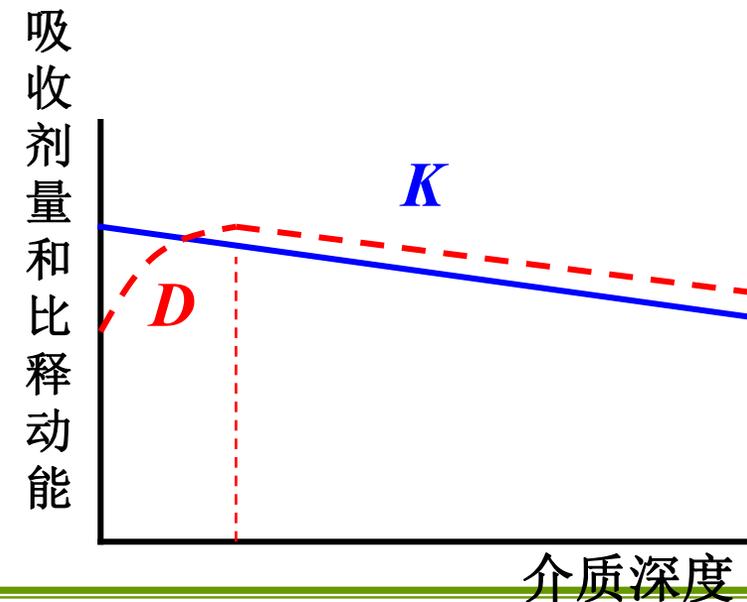
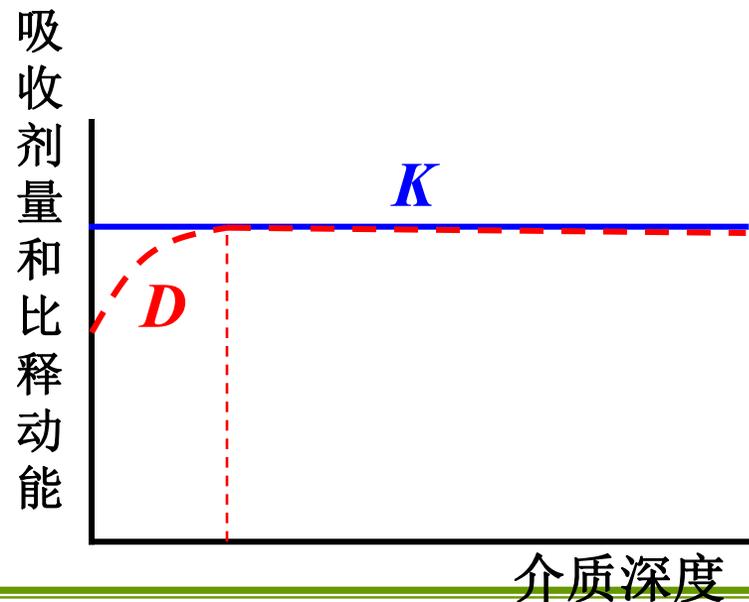


如果入射辐射在物质中的衰减可以忽略

比释动能为恒值 平衡将在更深的深度上保持下去

如果入射辐射在物质中有衰减

在平衡厚度以后，将出现吸收剂量 $D >$ 比释动能 $K$   
且均按指数规律成一定比例减少

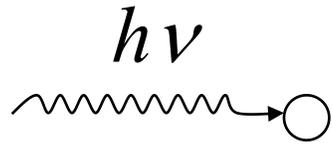




### (三) 照射量、吸收剂量与比释动能的相互关系

#### 1. 照射量与比释动能的关系 (X—K关系)

单能X或 $\gamma$ 射线 (1)照射量X与同一点上的能量注量 $\Psi$ 的关系



空气中的某点p

$$X = \Psi \cdot \frac{\mu_{en}}{\rho} \cdot \frac{e}{\omega} \quad (6-14)$$

式中： $\mu_{en}/\rho$ 表示对于给定的单能X或 $\gamma$ 射线，空气的质能吸收系数

$e$ 为离子的电荷， $e=1.6021 \times 10^{-19}C$

$\omega$ 为带电粒子在空气中每形成一个离子对消耗的平均能量， $\omega=33.85eV$





### (三) 照射量、吸收剂量与比释动能的相互关系

#### (2). 比释动能与能量注量的关系 ( $K-\Psi$ 关系)

单能间接致电离辐射

X或 $\gamma$ 射线

$h\nu$



辐射场中的某点p

$$K = \Psi \cdot \frac{\mu_{tr}}{\rho} \quad (6-15)$$

式中： $\mu_{tr}/\rho$ 是物质对指定能量的**间接致电离粒子的质能转移系数**，它表示间接致电离粒子在物质穿行单位长度路程时，其**能量转变为次级电子的初始动能的份额**





### (三) 照射量、吸收剂量与比释动能的相互关系

在带电粒子平衡及射线在介质中由次级带电粒子产生的韧致辐射损失的能量忽略不计的前提下

$$\frac{\mu_{tr}}{\rho} = \frac{\mu_{en}}{\rho}$$

由式(6-14)和(6-15)求得在空气中

$$K = X \cdot \frac{\omega}{e} \quad (6-16)$$

吸收物质原子序数和辐射光子的能量较低时  
射线在空气中的比释动能及照射量可用上式表达



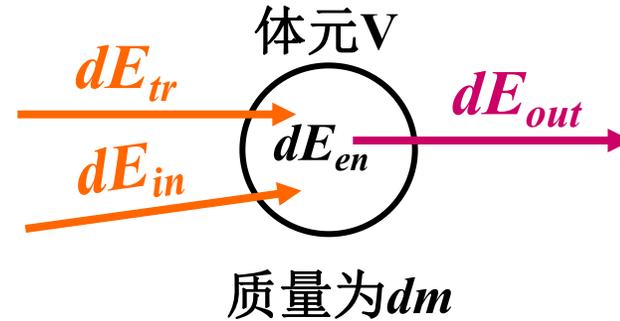


## 2. 吸收剂量与比释动能的关系

在带电粒子平衡情况下，不考虑带电粒子因韧致辐射的产生而损耗的能量

$$D = \frac{\mu_{en}}{\rho} = \frac{\mu_{tr}}{\rho} = K$$

吸收剂量=比释动能



带电粒子的一部分能量转为韧致辐射而离开质量元dm  
此时虽存在带电粒子平衡，但吸收剂量并不等于比释动能

$$D = K(1 - g)$$

式中：g是带电粒子能量转化为韧致辐射的份额

除高能电子外，一般韧致辐射所占的份额g都很小，  
可忽略不计





表6-1 照射量、比释动能和吸收剂量间区别对照表

辐射量	照射量X	比释动能K	吸收剂量D
剂量学含义	表征X、 $\gamma$ 射线在关心的体积内用于电离空气的能量	表征非带电粒子在所关心的体积内交给带电粒子的能量	表征任何辐射在所关心的体积内被物质吸收的能量
适用介质	空气	任何介质	任何介质
适用辐射类型	X、 $\gamma$ 射线	非带电粒子辐射	任何辐射





## 第二节 辐射防护中使用的辐射量和单位





影像技术专业



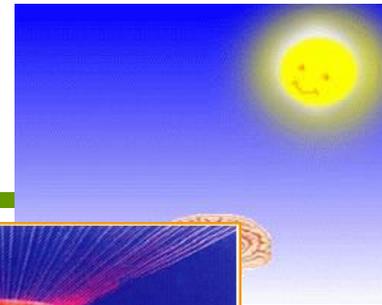
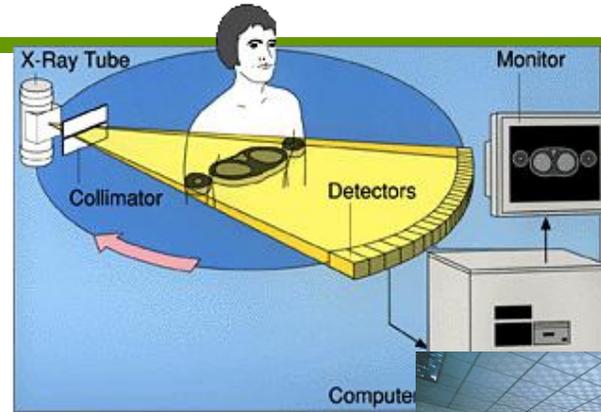
X射线进行医学检查

高能X、 $\gamma$ 射线及电子线进行肿瘤放射治疗

放射线的广泛使用，带来了被检者和工作人员的防护问题

定量测量、表述被照个人及受检群体**实际受到的或可能受到的**辐射照射——成为辐射防护中的重要问题





射线 → 不同生物组织  
不同种群  
不同器官 → 对射线的  
反应灵敏度不同

描述辐射的量不足以表达射线对生物组织的损伤

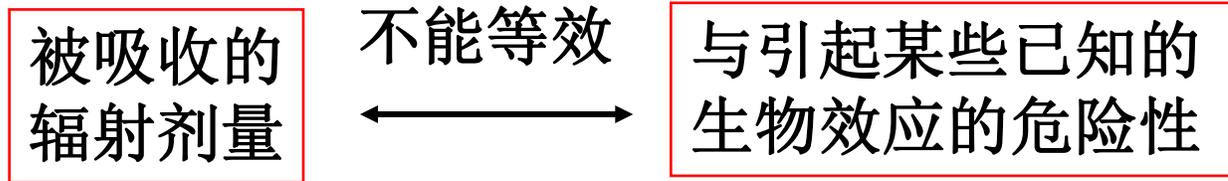
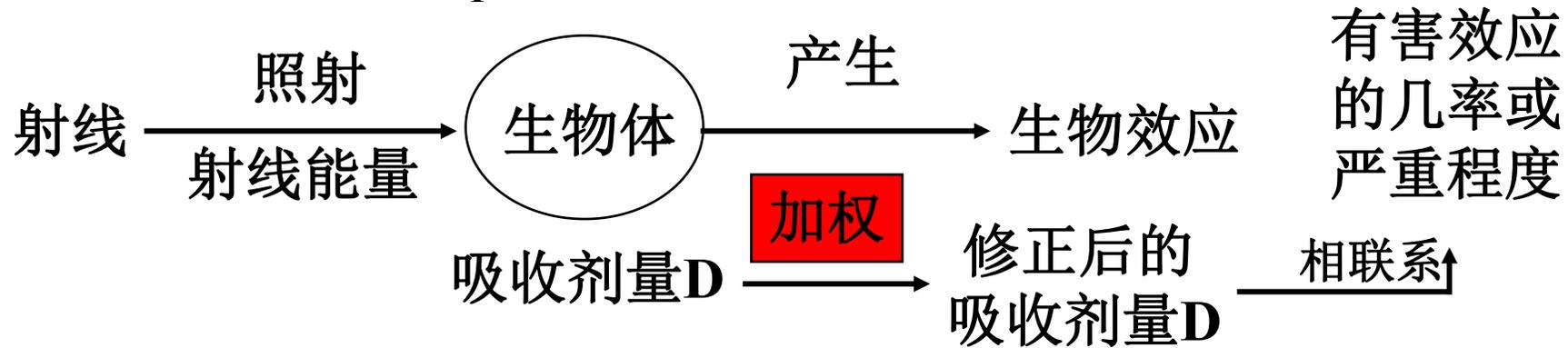
在辐射防护中使用的照射量必须考虑不同种类的射线在不同组织中产生的生物效应的影响





# 一、当量剂量

## (一) 当量剂量 $H_T$ 及单位



当辐射类型与其他条件发生变化

某一生物辐射效应与吸收剂量之间的关系也将随之改变





**当量剂量：** 在辐射防护中，将个人或集体实际接受的或可能接受的吸收剂量根据组织生物效应加权修正，经修正后的吸收剂量在放射防护中称之为当量剂量



$$H_{T.R} = w_R \cdot D_{T.R} \quad (6-17)$$

式中： $w_R$ 为与辐射R能量相关的吸收剂量修正因子，也叫做辐射权重因子

$D_{T.R}$ 为辐射R在组织或器官T中产生的平均吸收剂量





表6-2 不同辐射类型的辐射权重因子 $w_R$

辐射类型	能量范围	辐射权重因子 $w_R$
光子	所有能量	1
电子和 $\mu$ 子	所有能量	1
中子	<10keV	5
	10~100keV	10
	100~2MeV	20
	2~20MeV	10
	>20MeV	5
质子	>2MeV	5

当量剂量的单位： 焦耳·千克<sup>-1</sup> (J.kg<sup>-1</sup>)

专名是希沃特 (Sv)      1Sv=1J.kg<sup>-1</sup>





当辐射场由具有不同 $w_R$ 值的不同类型和（或）不同能量的辐射构成时，组织或器官T总的当量剂量为各辐射在该组织或器官上形成的当量剂量的线性叠加，即

$$H = \sum_R w_R \cdot D_{T \cdot R} \quad (6-18)$$

## （二）当量剂量率及单位

当量剂量率（ $\dot{H}$ ）是指单位时间内组织或器官T所接受的当量剂量

若在 $dt$ 时间内，当量剂量的增量为 $dH_T$ ，则当剂量率

$$\dot{H}_T = \frac{dH_T}{dt} \quad (6-19)$$

单位：希沃特·秒<sup>-1</sup>（Sv·s<sup>-1</sup>）





**例题3** 某工作人员全身同时均匀受到X线和能量在10~100keV范围的中子照射，其中X线的吸收剂量为10mGy，中子的吸收剂量为3mGy。计算工作人员所吸收的当量剂量。

已知： $D_x=10\text{mGy}$ ， $w_x=1$ ， $D_n=3\text{mGy}$ ， $w_n=10$

求： $H=?$

解：

$$\begin{aligned} H &= \sum_R w_R \cdot D_{T.R} \\ &= w_x \cdot D_x + w_n \cdot D_n \\ &= (1 \times 10 + 10 \times 3) \text{mSv} = 40 \text{mSv} \end{aligned}$$

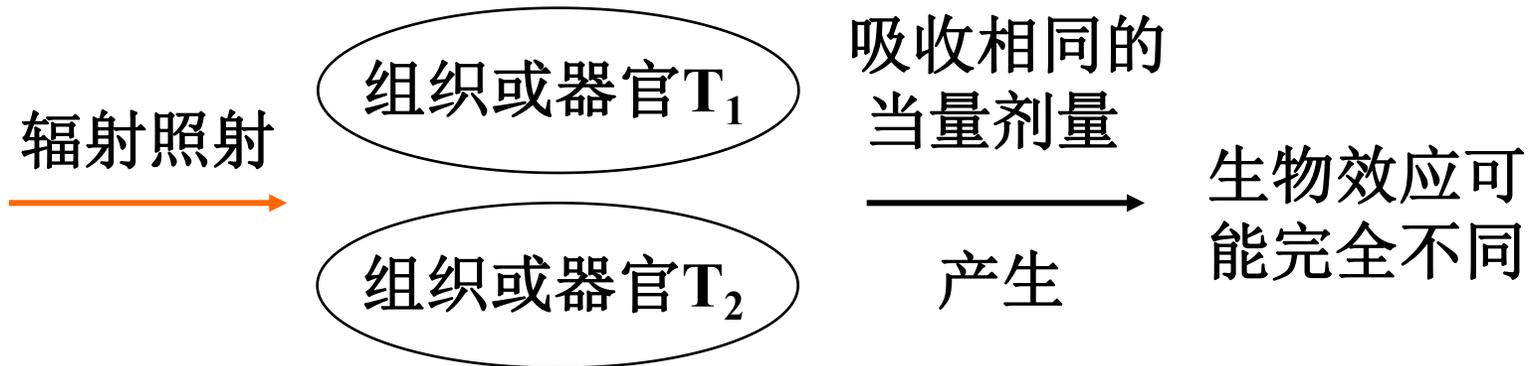




## 二、有效剂量

### (一) 辐射效应的危险度

当量剂量是不同射线类型对组织或器官形成辐射危害和度量



引入一个能够反映辐射对生物体损害的辐射量来描述辐射所产生的“损害效应”的大小





## 危险度（或称危险度系数）

器官或组织接受单位当量剂量（1Sv）照射引起随机性损害效应的几率

表6-3 人体器官或组织的危险度

组织	辐射效应	危险度 (Sv <sup>-1</sup> )
性腺	遗传效应	$4 \times 10^{-3}$
乳腺	乳腺癌	$2.5 \times 10^{-3}$
红骨髓	白血病	$2 \times 10^{-3}$
肺	肺癌	$2 \times 10^{-3}$
甲状腺	甲状腺癌	$5 \times 10^{-4}$
骨表面	骨癌	$5 \times 10^{-4}$
其余组织	癌	$5 \times 10^{-3}$
合计		$1.65 \times 10^{-2}$





表征不同器官和组织在受到相同当量剂量情况下，对人体导致有害效应的严重程度差异，引进一个表示相对危险的权重因子 $w_T$

$$w_T = \frac{\text{组织}T\text{接受}1\text{Sv}\text{时的危险度}}{\text{全身均匀受照}1\text{Sv}\text{时的危险度}}$$





## ICRP第60号出版物在1991年颁布

表6-4 不同组织或器官的辐射危险度权重因子 $w_T$

组织T	危险度权重因子 ( $w_T$ )
性腺	0.20
乳腺	0.05
红骨髓	0.12
肺	0.12
甲状腺	0.05
骨表面	0.01
其余组织	0.05
合计	1.00





ICRP第107号出版物在2007年颁布  
不同组织或器官的辐射危险度权重因子 $w_T$

组织或器官T	危险度权重因子 $w_T$	$\sum w_T$
红骨髓、结肠、肺、胃、乳腺、其余组织	0.12	0.72
性腺	0.08	0.08
膀胱、食管、肝、甲状腺	0.04	0.16
骨表面、脑、唾液腺、皮肤	0.01	0.04
合计		1.00





## (二) 有效剂量E

放射性工作中，身体所受的任何照射，总是不止涉及一个组织，为了计算所受到照射的组织带来的总危险，评价辐射对其所产生的危险，针对辐射产生的随机性效应引进**有效剂量**

$$E = \sum_T w_T \cdot H_T \quad (6-20)$$

式中： $H_T$ 为组织T受到的当量剂量  
 $w_T$ 为组织T的权重因子





例题4 某次胸部检查(胸片或胸透)病人各组织器官受到的当量剂量(mSy)见表6-5, 试比较病人接受的有效剂量。

表6-5器官剂量(mSv)

当量剂量及危险度权重因子	性腺	乳腺	红骨髓	肺	甲状腺	骨表面	其余组织
$H_{\text{胸片}}$	0.01	0.06	0.25	0.05	0.08	0.08	0.11
$H_{\text{胸透}}$	0.15	1.30	4.1	2.3	0.16	2.6	0.85
$w_T$	0.20	0.05	0.12	0.12	0.05	0.01	0.30

解: 利用公式(6-20)有

$$E = \sum_T w_T \cdot H_T \quad (6-20)$$





$$\begin{aligned} E_{\text{胸片}} &= (0.20 \times 0.01 + 0.05 \times 0.06 + 0.12 \times 0.25 + 0.12 \times 0.05 \\ &\quad + 0.05 \times 0.08 + 0.01 \times 0.08 + 0.30 \times 0.11) \text{mSv} \\ &= 0.0788 \text{mSv} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_{\text{胸透}} &= (0.20 \times 0.15 + 0.05 \times 1.30 + 0.12 \times 4.1 + 0.12 \times 2.3 \\ &\quad + 0.05 \times 0.16 + 0.01 \times 2.6 + 0.30 \times 0.85) \text{mSv} \\ &= 1.152 \text{mSv} \end{aligned}$$

此次胸透患者接受的有效剂量相当于16次胸片的有效剂量





### 三、集体当量剂量和集体有效剂量

随着人们物质生活水平的提高、医疗条件的改善，基于医疗检查目的的放射性检查频度越来越高，放射线从业人员亦越来越多，由于辐射的随机性效应，仅以一定的几率发生在某些个体身上，并非受到照射的每个人都会发生。

因而在评价某个群体所受的辐射危害时，将采用**集体当量剂量**或**集体有效剂量**





## (一) 集体当量剂量 $S_T$

某一群体的集体当量剂量 $S_T$ 为

$$S_T = \sum_i H_{Ti} \cdot N_i \quad (6-21)$$

式中： $S_T$ 为集体当量剂量，单位名称为人·希沃特  
 $H_{Ti}$ 为受照射群体中第*i*组内 $N_i$ 个成员平均每人在全身或任一特定器官或组织内的当量剂量

若群体中所有 $N$ 个个体受到同类辐射的照射，每个个体受到的平均当量剂量均为 $H$ 时，则群体的集体当量剂量 $S_T$ 为：

$$S_T = H \cdot N \quad (6-22)$$

其单位为人·希沃特(人·Sv)





## (二) 集体有效剂量 $S_E$

某一群体的集体有效剂量为受照群体中每一个成员的有效剂量之和，即

$$S_E = \sum_i E_i \cdot N_i \quad (6-23)$$

式中： $N_i$ 为该群体中全身或任一器官受到平均有效剂量为 $E_i$ 的那部分人员的人数

集体有效剂量的单位与集体当量剂量的单位相同





若群体中的所有 $N$ 个个体受到同类的辐射照射，每个个体所受的平均有效剂量均为 $E$ 时，则该群体集体有效剂量 $S_E$ 为

$$S_E = E \cdot N \quad (6-24)$$

集体当量剂量和集体有效剂量是一个广义量，可应用于全世界居民、一个国家居民、一个群体以至一个人





## 四、待积当量剂量和待积有效剂量

为定量计算放射性核素进入体内造成的内照射剂量，**辐射防护**中引入了**待积当量剂量**和**待积有效剂量**。

### (一) 待积当量剂量

人体摄入放射性物质后，某一特定器官或组织T中接受的当量剂量率在时间 $\tau$ 内的积分即为待积当量剂量，有

$$H_T(\tau) = \int_{t_0}^{t_0+\tau} \dot{H}_T(t) dt \quad (6-25)$$

式中， $t_0$ 表示摄入放射性核素的时刻； $\tau$ 表示放射性核素对器官或组织T照射的时间期限(以年为单位)； $\dot{H}_T(t)$ 是对应于器官或组织T在t时刻的当量剂量率。



待积当量剂量的SI单位是Sv



## (二) 待积有效剂量

如果将单次摄入放射性核素后各器官或组织的当量剂量乘以组织权重因子 $\omega_T$ ，然后求和，就得到待积有效剂量：

$$E(\tau) = \sum_T \omega_T \cdot H_T(\tau) \quad (6-26)$$

待积有效剂量单位同样为Sv

