

## 第 2 章 健康与安全

辐射是一个敏感的话题 – 而且经常被人误解。人们提防辐射是正确的, 但这并不表示那些拥有保养得当且管理良好的 X 射线设备的工厂就一定比其他工作场所危险。本章讨论健康与安全问题, 并且制定日常接触的允许辐射限值。

### 2.1 辐射基础知识

辐射通常是指物质源发出的能量。人们利用不同形式的辐射, 开发出了如今我们在日常生活中认为是理所当然的设备。辐射源主要有两种: 自然和人工辐射源。辐射的例子有太阳发出的光或热、炉子产生的微波、X 射线管发出的 X 射线, 以及放射性元素释放的伽玛射线。

电磁波频谱 (图 2.1) 是按照频率和波长排列的电磁辐射连续光谱, 包括无线电波 (属于长波)、可见光谱以及伽玛射线 (属于短波)。

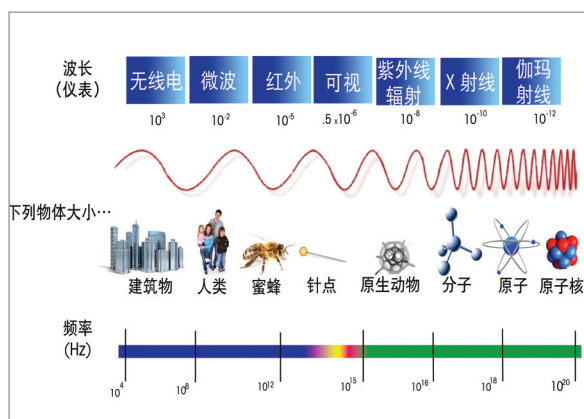


图 2.1

#### 2.1.1 电离辐射

离子是电子过少或过多的原子。电离辐射是能量足以使原子发生电离形成离子的辐射。电磁波频谱中的 X 射线就是电离辐射的一种。它们可以穿透合成和生物物质。

其他形式的电离辐射包括阿尔法粒子、贝塔粒子和伽玛射线, 这些都是由放射性物质或放射源发出的。由于 X 射线检测系统没有采用放射性物质, 因此本指南没有阐述其影响和应用。

#### 2.1.2 背景辐射

背景辐射包含自然和人工辐射源。人类在生活中始终会受到辐射。自然辐射源约占我们所受辐射的 84% (图 2.2)。

#### 氡气

氡气是镭-226 衰变产生, 它会在有铀的地方出现。它会从含铀的土壤、岩石, 尤其是花岗岩中渗出。氡往往是个体所受背景辐射剂量最大的来源。它通常约占 50%, 不过地区之间的差异很大。

## 宇宙辐射

地球和地球上的所有生物都受到来自太阳系以外的辐射。地球的大气层已经将其中的部分辐射滤除。

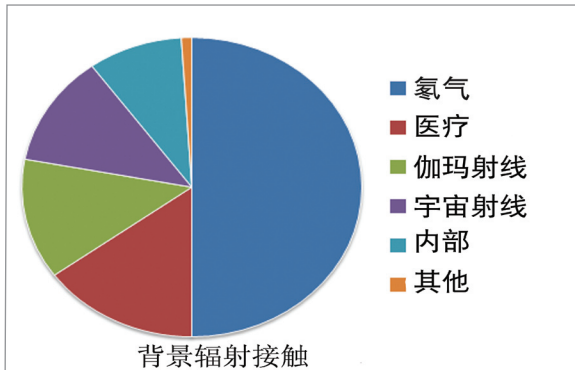


图 2.2

## 内辐射

此类辐射在人体吸入或摄取放射性物质时发生，通常以微尘的形式存在。随后，人体的各个器官会受到放射性物质的辐射。

## 医用辐射

医用 X 射线（胸部 X 光透视和牙科 X 射线）是主要的人工辐射源，占全部背景辐射的 15%。

### 2.1.3 辐射剂量、数量及单位

从职业性照射的角度来说，辐射剂量是最重要的衡量标准。职业性照射限值用允许的最大剂量来表示。

辐射剂量的单位是西弗特 (Sv)。由于职业性照射的量往往很低，通常用更小的单位 - 毫西弗特 (mSv: 一西弗特的千分之一) 或微西弗特 ( $\mu\text{Sv}$ : 一西弗特的百万分之一) 表示。

辐射剂量率是单位时间内吸收的辐射量，表示为  $\mu\text{Sv}/\text{小时}$ 。

剂量率 = 剂量 ( $\mu\text{Sv}$ )  $\div$  时间 (小时)

## 2.2 参照辐射数量

为了解辐射，我们来看看日常生活中接触到的一些自然和人工辐射源，并比较它们的剂量率。（图 2.3 至 2.5）



图 2.3

一年当中每周吃一罐蚌肉 = 250  $\mu\text{Sv}/\text{年}$



图 2.4

频繁航班 = 200  $\mu\text{Sv}/\text{年}$ ; 飞行员和机组人员 = 2000  $\mu\text{Sv}/\text{年}$



图 2.5

X 射线系统允许的最大泄漏量 = 1  $\mu\text{Sv}/\text{小时}$  (世界其他地区的规定), 5  $\mu\text{Sv}/\text{小时}$  (美国规定)

全球每人接触到自然辐射源发出的电离辐射量平均为每年 2400  $\mu\text{Sv}$ 。这通常远远超过经过妥善安装和维护的 X 射线检测系统释放的辐射量。

## 2.3 食品辐射

辐射不会使食品具有放射性，就像做过胸部 X 光透视的人也不会具有放射性一样。

根据 FDA 和 WHO (世界卫生组织) 的规定，食品辐射是指让产品接触 X 射线等辐射源。食品辐射具有减少微生物的数量、改善产品质量、延长保质期的优点 (因为它推迟了成熟期)。WHO 在 1997 年进行的一项研究证实，如果食品辐射量不超过 10 kGy (10,000 GRAY - GRAY 是辐射吸收剂量的单位)，则不会影响食品的安全或营养价值。

FDA 不会将低于 1 kGy 的剂量视为辐射过程。例如，若要杀死新鲜鸡肉内的沙门氏菌需要 4.5 kGy 的辐射剂量，这大约比一次胸部 X 光透视所使用的剂量多 700 万倍。X 射线检测系统扫描的物体所接收的辐射剂量通常为 200  $\mu\text{GRAY}$  或更少 - 这个剂量很低，不会影响食品的安全或营养价值。有机食品生产商和那些担心受辐射影响的生产商如果知道这种低水平的辐射剂量比背景辐射还要低，那么他们将为此感到安心，绝对不会对食品产生任何影响。

英国食品标准局 (FSA) 最近发表了一份关于食品辐射的全国性独立报告。该调查测量食物链不同营养级的辐射, 包括适用于在核设施附近生活且吃当地食物的人的营养级。它将该数据与其他授权的放射性排放物的潜在辐射量结合在一起。调查报告显示, 英国总辐射剂量低于欧盟的年剂量限值 (即公共成员一年可接受的辐射量为 1 微西弗特)。

## 2.4 使用 X 射线检测系统

X 射线辐射在制药、科研和产品检测应用中非常实用。如果使用不正当也会危害人类的健康。

人们往往以为, 无论多么微小的辐射量都会威胁健康。然而, 没有科学证据表明一年接受的辐射量低于 20,000  $\mu\text{Sv}$  会有任何健康危害, 而这个值正是处理放射性物质的成人的职业性辐射接触限值。

用于食品和制药应用的现代 X 射线系统不含铀等活性辐射源, 因而为操作人员提供了一个安全的工作环境。只要遵守安全原则, 任何人都可以操作, 包括让孕妇和青少年操作这类设备。

X 射线检测系统中的 X 射线是用电产生的, 因而可以开关。这有别于铀之类的辐射源, 此类辐射源是以阿尔法、贝塔或伽玛射线形式自然发出辐射。只有将这些辐射源隔离起来才能确保安全。

### 2.4.1 保护原则

为了保护用户免受辐射影响, X 射线检测系统需要安全设计。通过以下的保护原则来控制接触辐射的风险: 时间、距离和屏蔽。食品和制药行业的 X 射线系统被归类为操作柜系统, 这就意味着 X 射线源必须始终安装在外壳内。

#### 时间

对于那些接触天然背景辐射以外的辐射的人而言, 限制或最大限度减少暴露时间将有助于降低所接触的剂量。剂量率值与在特定场所停留的时间量成正比关系。

剂量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{小时}$ ) = 剂量  $\div$  时间

#### 间距

X 射线源的辐射强度与距离的平方成反比关系。这个原则通常称为平方反比定律。剂量率与  $1 \div (\text{距离})^2$  成正比。

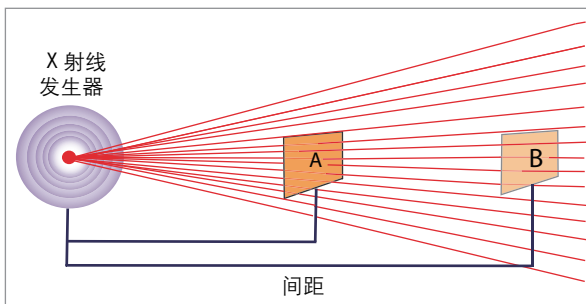


图 2.6

例如 (如图 2.6), 如果 A 点 (距离 X 射线源有 1 米) 所测得的辐射剂量率为  $1 (1 \div 1^2)$ ; 则 B 点 (距离 X 射线源有 2 米) 的剂量率将为  $0.25 (1 \div 2^2)$ , 也就相当于 A 点剂量率的四分之一。

#### 屏蔽

正如第 1 章所述, 当 X 射线穿过某种材料时就会被其吸收。X 射线最有效的吸收体是高密度材料 (图 2.7)。这就是为什么 X 射线机往往采用不锈钢制作而成的原因, 虽然在一些 X 射线源的设计中也会加入铅或铜, 以进一步隔离 X 射线。

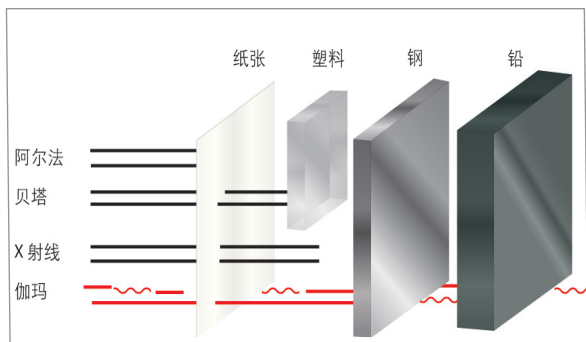


图 2.7

### 2.4.2 X 射线检测系统的安全性

使用 X 射线检测产品时, X 射线系统必须符合“1999 年电离辐射规定”以及美国标准 1020.40 CFR 等安全标准。满足安全标准可确保所有人员和生产工人安全地操作设备 – 前提是每个人都遵守安全规程。为此, X 射线检测系统的制造应符合下列安全要求:



- 所有系统均应全面获得 CE 认证
- 必须遵守当地的法律法规 – 例如在英国, 所有的系统均应符合“1999 年电离辐射规定”
- 可允许的最大辐射泄漏量不得超过 1  $\mu\text{Sv}/\text{小时}$  (世界其他地区的规定)、5  $\mu\text{Sv}/\text{小时}$  (美国的规定)
- 安装完毕后, 所有系统必须接受最终的辐射调查, 并获得认证
- X 射线主要射束所有可能的接入点至少采用 3 类 (或更高级别) 安全连锁装置, 以防意外接触

## 2.5 参考

下面提供各种来源与信息类型的链接以供参考:

### 英国健康保护署 – 辐射安全

<http://www.hpa.org.uk/radiation>

### 食品标准局报告

<http://www.food.gov.uk/news/newsarchive/dec/radio>

### FDA – 美国主要监管机构

<http://www.fda.gov/cdrh/radhealth/>

### 世界卫生组织 (WHO)

[http://www.who.int/foodsafety/publications/fs\\_management/irradiation/en/](http://www.who.int/foodsafety/publications/fs_management/irradiation/en/)

### FAO/WHO 食品标准

<http://www.codexalimentarius.net>

### 英国安全与健康执行局 – 关于操作电离辐射的安全忠告

<http://www.hse.gov.uk>

### 土壤协会

<http://www.soilassociation.org>

### 请联系您当地的梅特勒-托利多办事处, 了解您当地的辐射安全机构

<http://www.mt.com/pi>