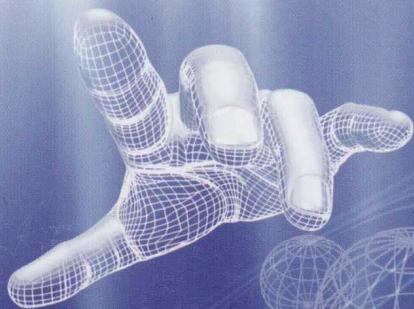


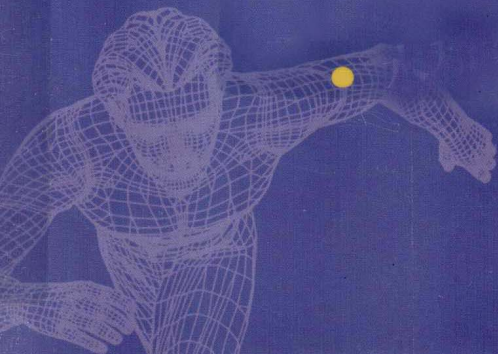
主 编 陆继根  
副主编 王凤英 张起虹



# 辐射防护手册

江苏省辐射环境监测管理站 编写

- 什么是核辐射
- 放射性污染会不会传染
- 核辐射对人体有哪些危害



凤凰出版传媒集团  
江苏人民出版社

主 编 陆继根  
副主编 王凤英 张起虹



# 辐射防护手册

江苏省辐射环境监测管理站 编写

## 图书在版编目 ( CIP ) 数据

核辐射防护手册 / 陆继根主编. — 南京: 江苏人民出版社, 2011.3

ISBN 978-7-214-05734-1

I. ①核… II. ①陆… III. ①辐射防护—手册 IV. ①TL7-62

中国版本图书馆CIP数据核字 ( 2011 ) 第037428号

- 书 名 核辐射防护手册  
主 编 陆继根  
责任编辑 唐爱萍  
出版发行 江苏人民出版社 ( 南京市湖南路1号A楼 邮编: 210009 )  
网 址 <http://www.book-wind.com>  
集团地址 凤凰出版传媒集团 ( 南京市湖南路1号A楼 邮编: 210009 )  
集团网址 凤凰出版传媒网<http://www.ppm.com>  
经 销 江苏省新华发行集团有限公司  
制 版 江苏凤凰制版有限公司  
印 刷 者 江苏凤凰通达印刷有限公司  
开 本 890 × 1240毫米 1/32  
印 张 3.375  
字 数 80千字  
版 次 2011年3月第1版 2011年3月第1次印刷  
标准书号 ISBN 978-7-214-05734-1  
定 价 16.00元

( 江苏人民出版社图书凡印装错误可向本社调换 )

## 编委会名单

主 编 陆继根

副主编 王凤英 张起虹

编 写 (按姓氏笔画为序)

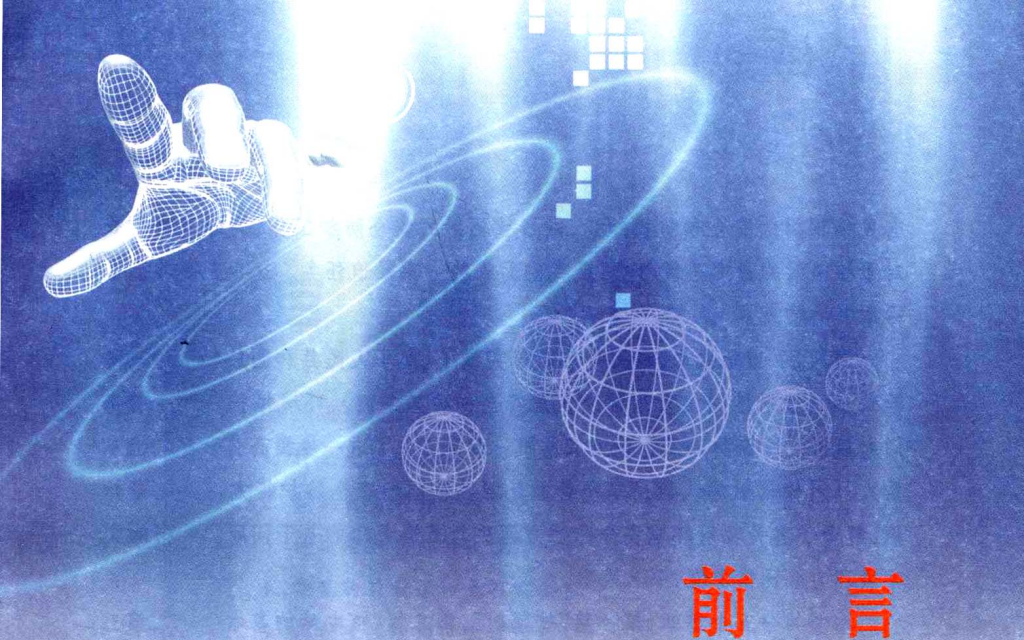
王凤英 王利华 朱晓翔 孙恋君 张 平

张伯明 张 斌 张蕊雪 沈乐园 周 程

侯璧君 赵福祥 蒋云平 戴耀东

审 校 陆继根 涂 彧 侯璧君 戴耀东





# 前言

2011年3月11日,日本近海发生9.0级强烈地震,地震引发的巨大海啸不仅吞噬了日本沿海的多个城镇,也对日本福岛第一核电站造成重创。随着核泄漏危机加剧,放射性物质不断向外界扩散,核辐射的危害及防护问题引起了公众的高度关注。核辐射到底有多可怕?核辐射对人体有哪些危害?怎样预防核辐射?人类为什么要发展核能发电?一时间,这些都成了人们茶余饭后热议的话题。

日本的核泄漏事故的发生,促使人们重新审视核技术应用中的诸多问题。不可否认,核技术的广泛应用,给人类带来了巨大的经济效益,但也给环境安全和社会生活带来了潜在的危险,如果处置不当,甚至会成为危及人们身体健康和生命安全的“隐形杀手”。事实上,随着我国科学技术和社会经济的高速发展,核技术在工业、农业、医疗、科研等各领域得到了越来越广泛的应用,使用放射源的单位和数量与日俱增,已涉及到国民经济的许多部门和人民的日常生活。日本的核泄漏危机给了我们一个重要的警示,促使政府和公众更加关注核技术应用的安全问题。近年来,我国虽然没有发生重大的核辐射事故,但是放射源丢失、失控以及辐照事故也时有发生。因此,加强核辐射安全知识的教育和普及,提高辐射专业人员的业务水平,及时向公众普及

有关核辐射的安全和防护知识,做好核辐射的安全防护工作,同时消除公众对于核辐射的过度恐慌心理,是我们面临的一项紧迫任务。这也正是我们编写本书的初衷。

进入 21 世纪以来,我国先后颁布实施了《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》,环境保护行政主管部门对放射性污染防治工作依法实施统一管理。为了进一步提高公众和广大从业人员对核辐射的认识,本书着重介绍了核辐射安全防护等方面的基础知识,解释了有关辐射环境安全防护方面公众普遍关心的若干问题。本书的文字表述力求通俗易懂,深入浅出。

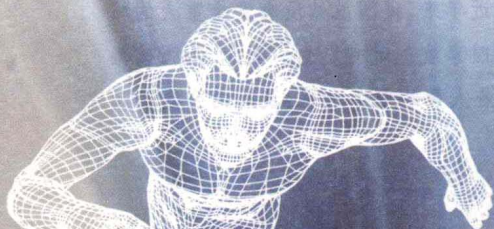
本书共分五个篇章,第一篇“核辐射”,第二篇“核电站的基本知识”,第三篇“核辐射的影响和防护”,第四篇“核辐射的监测与预警”,第五篇“我国相关法律法规”。

在编写本书的过程中,我们查阅了大量的参考资料,也得到了许多同仁的热诚帮助和支持。苏州大学涂彧教授、南京航空航天大学戴耀东教授、江苏省疾病预防控制中心侯壁君教授参与了本书的编写和审校工作。参与本书撰写、统稿、审稿、校对以及资料收集整理的专家、学者、工作人员共有 17 人。在此谨向他们表示诚挚的谢意。由于时间仓促,水平有限,本书定有不少不足之处,尚乞读者不吝赐教,以便日后修正。

读者看了本书后,如果还想了解更多有关核辐射方面的问题,可致函电子信箱 [fsz@jsre.cn](mailto:fsz@jsre.cn),我们将在本书修订时一并予以回答。

本书编写组

2011 年 3 月 20 日





# 目 录

## 第一篇 核辐射

- 1 1. 什么是核辐射?
- 2 2. 核辐射有哪些种类?
- 3 3. 什么是放射性同位素?
- 4 4. 常见的放射性核素有哪些?
- 4 5. 放射性强度用什么表示?
- 5 6. 什么是放射性半衰期?
- 6 7. 辐射防护常用的量和单位是什么?
- 8 8. 什么是放射源?
- 10 9. 什么是射线装置?
- 11 10. 什么是核技术利用?
- 12 11. 核技术在工业上有哪些应用?
- 13 12. 核技术在农业上有哪些应用?
- 14 13. 核技术在医学上有哪些应用?
- 15 14. 核辐射的来源有哪些?
- 17 15. 我们日常生活中会受到哪些辐射?
- 19 16. 房屋中有哪些放射性?
- 20 17. 吸烟会受到辐射吗?
- 20 18. 水和食物中有放射性物质吗?
- 21 19. 我国的天然辐射本底水平是多少?
- 23 20. 我国对各类人员的剂量限值是多少?

## 第二篇 核电站的基本知识

- 25 1. 什么是原子核?

- 25 2. 什么是核反应？
- 26 3. 什么是核能？
- 27 4. 什么是核反应堆？
- 28 5. 什么是核电站？
- 29 6. 核电站为什么多建在海边或江边？
- 30 7. 为什么要发展核电？
- 31 8. 核电站有哪些类型？
- 33 9. 核电站的技术发展经历了哪些过程？
- 35 10. 全世界有多少座核电站？
- 36 11. 我国有多少座核电站？
- 36 12. 核安全领域有哪些国际组织？
- 38 13. 核反应堆有几道安全屏障？
- 39 14. 如何保障核电站的安全运行？
- 40 15. 什么是核安全文化？
- 41 16. 核电站的选址有什么要求？
- 43 17. 什么是核燃料？
- 44 18. 核燃料是如何循环的？
- 44 19. 核电站通常需要多少核燃料？
- 45 20. 什么是乏燃料？
- 45 21. 乏燃料是如何处理的？
- 46 22. 核事故是如何分级的？
- 47 23. 核电站曾经发生哪些重大核事故？
- 49 24. 为什么反应堆停堆后还有发生核事故的风险？
- 50 25. 福岛核事故中为什么会发生氢气爆炸？
- 51 26. 福岛核事故中为什么要向反应堆注水？
- 51 27. 福岛核事故中为什么要向乏燃料池注水？
- 52 28. 核电站会不会发生像原子弹一样的核爆炸？
- 53 29. 核电站什么情况下需要进行封堆处理？



### 第三篇 核辐射的影响与防护

- 54 1. 核电站运行会影响环境吗?
- 55 2. 放射性污染物是如何在环境中扩散的?
- 56 3. 核电站发生核泄漏时会排放哪些放射性核素?
- 57 4. 放射性污染物扩散受哪些因素的影响?
- 58 5. 核辐射对人体影响的途径有哪些?
- 58 6. 核辐射对人体有哪些危害?
- 59 7. 人体遭遇核辐射可能会有哪些症状?
- 60 8. 辐射防护的原则是什么?
- 60 9. 核事故的干预措施有哪些?
- 61 10. 人体外照射如何防护?
- 62 11. 人体内照射如何防护?
- 63 12. 体表受到放射性污染怎么办?
- 63 13. 受到放射性污染的物品如何处置?
- 64 14. 放射性污染会不会传染?
- 65 15. 为什么福岛核事故时要求周边居民关闭门窗?
- 65 16. 发生核电站辐射污染时为什么要服碘?
- 66 17. 含碘食盐能替代碘片吗?
- 67 18. 如何控制被污染的食物和饮水?

### 第四篇 核辐射的监测与预警

- 69 1. 为什么要对核辐射进行监测?
- 69 2. 核电站应急监测和常规监测有什么不同?
- 71 3. 我国是如何对核辐射环境进行监测和预警的?
- 72 4. 核辐射的监测方法有哪些?
- 73 5. 常用的核辐射监测仪器有哪些?
- 74 6. 核辐射监测种类有哪些?
- 74 7. 如何确保核辐射监测结果准确可靠?

- 75 8. 核辐射的监测结果是如何表述的?
- 75 9. 什么是  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率?
- 76 10. 微希弗是什么意思?
- 76 11. 贝可勒尔是什么意思?
- 76 12. 饮用水中的放射性是如何监测和评价的?
- 77 13. 食品是如何监测和评价的?
- 78 14. 海水和海产品中的放射性能监测吗?
- 78 15. 碘—131 是如何监测和评价的?
- 79 16. 为什么雨雪天环境地表  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率会略有升高?
- 79 17. 公众接受辐射剂量限值是多少?
- 81 18. 如何快速评估人体受到的照射是否安全?
- 82 19. 如何快速判断体表是否受到核辐射污染?

### 第五篇 我国相关法律法规

- 83 1. 我国放射性法律体系如何构成?
- 84 2. 我国放射性污染防治的方针是什么?
- 85 3. 我国放射性污染防治是由哪个部门负责的?
- 86 4. 《中华人民共和国放射性污染防治法》规定了哪些重要制度?
- 87 5. 我国对民用核设施安全监督管理有何要求?
- 88 6. 《放射性物品运输条例》规定了哪些内容?
- 89 7. 我国对核电厂核事故应急有什么具体规定?
- 90 8. 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》有哪些主要规定?
- 92 9. 《江苏省辐射污染防治条例》对核设施有什么相关规定?
- 92 10. 核电厂建设运行需要履行哪些主要手续?
- 94 11. 我国加入了哪些核污染防治国际公约?
- 95 12. 因放射性污染造成他人损害的,应当依法承担怎样的民事责任?
- 97 13. 辐射环境侵权受害者民事救济的途径有几种?

## 第一篇 核辐射

### 1. 什么是核辐射？

辐射是指以波或粒子的形式向周围空间或物质发射并在其中传播的能量（如声辐射、热辐射、电磁辐射、粒子辐射等）的统称。例如物体受热向周围发射热量叫做热辐射；受激原子退激时发射的紫外线或X射线叫做原子辐射；不稳定的原子核衰变时发射出的粒子或 $\gamma$ 射线，叫做原子核辐射，简称核辐射。核辐射可以使物质引起电离或激发，故称为电离辐射。

核辐射的来源是一些不稳定的原子，这些放射性的原子（指的是放射性核素或放射性同位素）为了变得更稳定，原子核释放出次级和高能光子，上述过程称为放射性衰变。例如，自然界中存在的天然核素镭、氡、铀、钍等。此外，核反应和核裂变等过程同样也释放出核辐射。核辐射具有双重属性：如果受照射量过大，会对生物体构成损伤，或者造成环境污染；如果是有控制的辐照，可在核能发电、蔬菜保鲜、疾病治疗、工业探伤和环境保护等很多领域得到运用。



电离辐射警告标志

## 2. 核辐射有哪些种类?

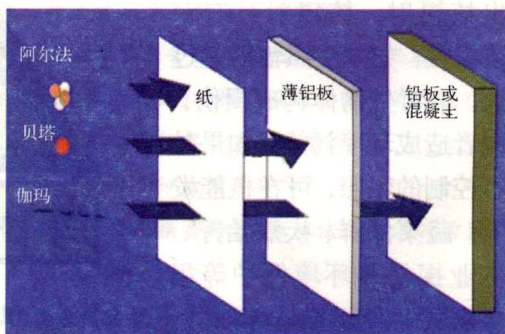
核辐射通常为电离辐射，可以使物质引起电离或激发。核辐射包括 $\alpha$ （阿尔法）、 $\beta$ （贝塔）、质子等带电粒子及间接致电离辐射包括 $\gamma$ （伽玛）光子、中子等不带电粒子。这些粒子在放射性核素发生变化时以射线的形式发射出来，就是我们通常所说的 $\alpha$ 射线、 $\beta$ 射线、 $\gamma$ 射线及中子。

$\alpha$ 射线是由高速运动的氦原子核（2个质子和2个中子）组成的，通常也称 $\alpha$ 粒子。放射性核素 $\alpha$ 衰变时，大多数 $\alpha$ 粒子具有4~9 MeV的能量。因 $\alpha$ 粒子质量重，电离本领大，射程短，一般在外界用普通纸张即可屏蔽住。

$\beta$ 射线是高速运动的电子流，有正负电子之分。负电子是稳定的，带有一个单位的负电荷，正电子带有一个单位的正电荷。两种电子的静止质量相同，其质量约为质子质量的1/1846。 $\beta$ 衰变时， $\beta$ 粒子的能量一般在几十keV~几MeV间，在物质中的射程相对较弱，用有机玻璃或金属铝屏蔽即可起到防护的作用。

$\gamma$ 射线和X射线一样，都是电磁波，统称光子，不带任何电荷，静止质量为0。 $\gamma$ 光子能量一般在几keV~十几MeV，穿透能力较强，需要较厚的物质才能屏蔽，多采用厚混凝土墙或铅等物质防护。

中子是原子核组成成分之一，它不带电荷，质量数为1，比质子略重。自由中子是不稳定的，它可以自发地发生变化，生成质子、电子和反中微子，其半衰期为10.6分钟。因中子质量轻又不带电，只能靠碰撞消耗能量，故多采用含氢





类的物质屏蔽。

### 3. 什么是放射性同位素？

在由中子和质子组成的原子核内，质子数相同，中子数不同的一类原子称为同位素。其核内具有一定数目的中子和质子以及特定能态的原子称为核素。不稳定原子核在发生变化的同时会发射特有的射线，这种特性就是人们常说的“放射性”。



氢同位素

放射性同位素就是指能够发生放射性衰变的同位素。例如，氢同位素有三种核素： $^1\text{H}$ 、 $^2\text{H}$ 、 $^3\text{H}$ ，元素符号的左上角标出原子质量数，它们分别被取名为氢、氘（音刀）、氚（音川），其中， $^3\text{H}$ 具有放射性，称为放射性同位素。在自然界里， $^1\text{H}$ 、 $^2\text{H}$ 同位素天然含量的原子数百分比分别为99.9852%、0.0148%， $^3\text{H}$ 几乎为零。

具有放射性的核素称为放射性核素。

实验发现，用加压、加热、加电磁场、机械运动等物理或化学手段都不能人为地改变放射性核素的衰变规律。这是因为放射性核素变化是由原子核内部的运动规律所决定的，它不以人们的意志为转移。因此，我们在处理放射性物质时，只能通过合理地使用、保管、贮存等方法来达到安全使用放射线和保护环境的目的。

#### 4. 常见的放射性核素有哪些？

放射性核素通常分为两类。根据它们来源的不同，一类为天然放射性核素，即地球诞生时就存在的放射性核素，如铀—238、钍—232、镭—226等。另一方面，人类出于不同的目的制造了一些具有放射性的核素，这种核素叫做人工放射性核素，碘—131、铯—137、钴—60等都是人工放射性核素。

日常生活中常见的放射性核素见下表：

天然放射性核素	人工放射性核素
原生的放射性核素钾—40、铀—235、铀—238 和钍—232（原生的铀—236的衰变产物），以及它们的放射性衰变产物，但也可以包括氢—3和碳—14（它们是由天然活化过程产生的低浓度放射性核素）	通过反应堆和加速器等人工手段生产出来的一类放射性核素。常见的有： 镭—241、镭—241/Be、钋—133、碳—14、镭—109、钋—252、钴—57、钴—60、铯—134、铯—137、钋—152、钋—154、铁—55、氢—3、碘—125、碘—131、铯—192、氙—85、钼—99、镎—237、磷—32、钷—147、钷—210、钷—238、钷—239/Be、钷—239、硒—75、铯—89、铯—90（钷—90）、钷—99m等

#### 5. 放射性强度用什么表示？

一个物质的放射性强度的大小通常不用体积或质量的大小来衡量，而是用放射性活度来表示。放射性物质在单位时间内发生衰变的原子核数称为它的放射性活度。在1975年国际计量大会上，规定了放射性活度的国际单位是秒的倒数（ $s^{-1}$ ），叫贝可勒尔（Becquerel），简称贝可，符号Bq，1 Bq就是放射性物质在1秒钟内有1个原子核发生衰变。历史上曾用居里（Ci）表示放射性活度的大小，它与贝可的关系为1 Ci（居里）=  $3.7 \times 10^{10}$  Bq（贝可）。有时我们也常用毫居里或微居里来表示。

一般放射源质量或体积都不大，但所含有的放射性活度却可

以很大。

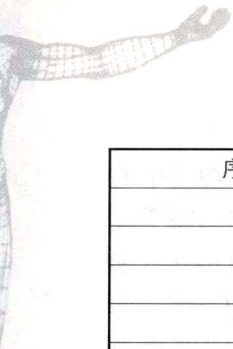
为了衡量物质中放射性的多少，我们用单位质量物质中的放射性活度来衡量，称为活度浓度。对于固体，其单位为每千克贝可（Bq/kg）；对于液体或气体，其单位为每升贝可或每立方米贝可（Bq/L或Bq/m<sup>3</sup>）。人们生活的周围环境，包括水、空气、房屋、土壤与岩石等物质，在其中存在的天然放射性物质比活度浓度都很小。为了控制人为活动（如核设施、核技术利用、伴生放射性矿开发利用等）对环境造成放射性的污染，国家对排入环境的放射性物质的比活度浓度及总的放射性都有明确而严格的限制。

## 6. 什么是放射性半衰期？

我们通常用半衰期来表示放射性变化的快慢。所谓半衰期，就是放射性核素衰变掉一半所需要的时间。每经过一个半衰期，放射源的活度也就只剩原来活度的一半了。半衰期越长，表明这个放射源活度变化得越慢，如土壤、石材中通常含有的天然放射性核素铀—238、钍—232等，半衰期都非常长，可达几十亿年，即几十亿年后放射性强度才减为原有的一半；半衰期越短，表明这个放射源的活度变化得越快，如大多人工放射性核素，相对而言半衰期较短。每种放射性核素都有一个特有的半衰期，其范围从几百万分之一秒到几十亿年。

一些常见放射性核素半衰期见下表：

序号	放射性核素	半衰期
1	铀—235	7.04亿年
2	铀—238	44.7亿年
3	钍—232	140亿年
4	镭—226	1620年
5	钷—239	2.41万年
6	钴—60	5.7年



(续表)

序号	放射性核素	半衰期
7	铯—137	30年
8	碘—131	8.04天
9	碘—125	60.1天
10	氫—3	12.3年
11	铯—192	74天
12	碳—14	5730年

## 6

## 7. 辐射防护常用的量和单位是什么?

在我们的日常生活中,针对核辐射污染及防护问题,人们常常会遇到一些较为陌生的名词和单位,它们到底表示什么意思呢?以下是我们在日常生活和工作中常遇到的几个量和单位,主要有放射性活度、剂量当量(人们常说辐射剂量)和有效剂量。

### (1) 放射性活度

放射性活度是指放射性物质在单位时间内原子核发生核衰变的数目。在单位时间内原子核发生核衰变的数目越多,这种放射性物质的放射性就越强。

放射性活度的单位是秒的倒数( $s^{-1}$ ),叫贝可勒尔(Becquerel),简称贝可,符号Bq。

比如放射性活度100贝可,即表示1秒钟的时间有100个原子核发生核衰变。

有时放射性活度也用居里(Ci)表示。

1居里= $3.7 \times 10^{10}$ 贝可

1毫居里= $3.7 \times 10^7$ 贝可

1微居里= $3.7 \times 10^4$ 贝可

### (2) 吸收剂量

电离辐射作用于机体而引发的生物效应,主要取决于机体吸收辐射能量的多少。



吸收剂量是用来衡量物质吸收辐射能量的多少，适用于任何类型和任何能量的电离辐射，也适用于受照射的任何物质。

吸收剂量的单位为焦耳每千克，其专用名字为戈瑞（Gy）。

在空气中，1Gy的空气吸收剂量表示X、 $\gamma$ 射线在每千克空气中所吸收的能量为1焦耳。

在单位时间内的吸收剂量称为吸收剂量率。单位：戈瑞/小时（ $\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ ）

在环境监测中，空气中X、 $\gamma$ 辐射剂量率常用毫戈瑞/小时（ $\text{mGy} \cdot \text{h}^{-1}$ ）、微戈瑞/小时（ $\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ ）及纳戈瑞/小时（ $\text{nGy} \cdot \text{h}^{-1}$ ）来表示。

1戈瑞/小时=1000毫戈瑞/小时

1毫戈瑞/小时=1000微戈瑞/小时

1微戈瑞/小时=1000纳戈瑞/小时

### （3）剂量当量

一定的吸收剂量的生物效应取决于辐射的品质和照射条件，故不同类型辐射所致吸收剂量相同，而所产生的生物效应的严重程度或发生几率可能不同。对吸收剂量进行修正，使得修正后的吸收剂量能够较好地表达发生生物效应的几率和生物效应的严重程度，这种修正后的吸收剂量就称为剂量当量。

剂量当量的单位有一个专有名称希沃特，简称希（Sv）。人们也常常称它为“希弗”，有时也称“西弗”。

单位时间内的剂量当量即为剂量当量率。单位：希/小时（ $\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ）

在日常生活中，常用的单位为毫希/小时（ $\text{mSv} \cdot \text{h}^{-1}$ ）、微希/小时（ $\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ）和纳希/小时（ $\text{nSv} \cdot \text{h}^{-1}$ ）。

1希/小时=1000毫希/小时

1毫希/小时=1000微希/小时

1微希/小时=1000纳希/小时