

作业场所职业危害 检测检验技术

ZUOYE CHANGSUO ZHIYE WEIHAI
JIANCE JIANYAN JISHU

中国安全生产科学研究院 编

作业场所职业危害 检测检验技术

国家安全生产监督管理总局 编

中国劳动社会保障出版社

作业场所职业危害 检测检验技术

中国安全生产科学研究院 编

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

作业场所职业危害检测检验技术/中国安全生产科学研究院编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2012

ISBN 978 - 7 - 5045 - 9620 - 8

I. ①作… II. ①中… III. ①职业危害-检测 IV. ①R134

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 070591 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

北京金明盛印刷有限公司印刷装订 新华书店经销
787 毫米×1092 毫米 16 开本 17.5 印张 371 千字

2012 年 4 月第 1 版 2012 年 4 月第 1 次印刷

定价: 48.00 元

读者服务部电话: 010 - 64929211/64921644/84643933

发行部电话: 010 - 64961894

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010 - 64954652

如有印装差错, 请与本社联系调换: 010 - 80497374

内容提要

根据作业场所职业危害的特点，从职业危害检测检验基础着手，着重介绍作业场所空气中有害物质现场采样、粉尘检测、金属及类金属化学因素分析检测、非金属类化学因素分析检测、有机类化学物质分析检测；工作场所电磁辐射、噪声、高温、手传振动、体力劳动强度等物理危害因素检测等实用技术方法。

本书的重点在作业场所职业危害检测检验实用基础技术，适用于作为从事职业健康管理、劳动卫生管理、相关检测检验人员的技术参考书，也可作为高等院校安全工程、职业危害控制等相关专业的教学参考资料。

前言

随着我国经济的高速发展，新技术、新设备、新工艺、新材料的不断引进与使用，作业场所职业危害情况日趋严重与复杂，对职业危害防治工作专业性、技术性水平要求越来越高。甄别用人单位工作场所是否存在职业危害因素、职业危害因素的浓度或强度是多少、职业危害因素的浓度或强度是否超标、职业危害防护设施是否有效等都需要职业危害检测检验作为技术支撑。此外职业健康监管部门日常监督管理、工作场所检查执法、职业病危害事故调查处理等工作，都需要检测检验提供数据与证据，作为监督执法的依据；建设项目职业危害预评价、职业危害防护设施效果评价、用人单位职业危害现状评价也必须建立在职业危害检测检验提供的数据与证据的基础之上。掌握职业危害检测检验技术，公平、公正、准确、可靠地进行职业危害检测检验，出具检测检验数据，是做好职业危害监管防治工作的技术基础与工作依据。

本书共分职业卫生接触限值及应用、作业场所空气中有害物质的采样、作业场所空气中粉尘的检测、作业场所空气中金属及其化合物的检测、作业场所空气中非金属及其化合物的检测、作业场所空气中有机化合物的检测、作业场所物理有害因素的检测等七章，从职业危害检测检验基础着手，着重介绍作业场所空气中有害物质现场采样、粉尘检测、金属及类金属化学因素分析检测、无机类化学因素分析检测、有机类化学物质分析检测；工作场所电磁辐射、噪声、高温、手传振动、体力劳动强度等物理有害因素检测等实用技术方法。

本书是作者根据作业场所职业危害检测检验的实际工作经验，汇集个人编著的相关教材、专著、论文编写，具有较强的实用性、可操作性。本书的第一章化学有害因素部分及第四章由张明明执笔；第一章物理因素部分及第七章由李晓平执笔；第二章、第三章由赵阳执笔；第五章由张惠军执笔；第六章由刘帆执笔；附录4由郑卉、赵阳、刘帆共同执笔。在本书的编写、出版过程中许多专家、学者予以帮助、支持，在此表示衷心的感谢。

职业危害检测检验领域所涉及的知识面广，技术领域复杂，加之作者水平有限，书中有不妥或不当之处，恳请各位同仁不吝指正。

编者

2012年4月

目 录

第一章 职业卫生接触限值标准及应用	(1)
第一节 化学有害因素职业接触限值及应用	(1)
第二节 物理有害因素职业接触限值及应用	(6)
第二章 作业场所空气中有害物质的采样	(22)
第一节 作业场所空气中有害物质存在状态及特征	(22)
第二节 作业场所空气中有害物质样品采集方法	(25)
第三节 作业场所空气中有害物质监测的采样	(38)
第四节 作业场所空气中有害物质采样的质量保证	(49)
第五节 作业场所空气中有害物质采样的应用实例	(54)
第三章 作业场所空气中粉尘的检测	(60)
第一节 总粉尘与呼吸性粉尘的检测	(60)
第二节 粉尘中游离二氧化硅含量的检测	(72)
第三节 石棉纤维浓度的检测	(83)
第四章 作业场所空气中金属及其化合物的检测	(90)
第一节 适用范围	(90)
第二节 检测方法及原理	(92)
第三节 样品采集	(93)
第四节 样品分析	(97)
第五节 检测实例	(102)
第五章 作业场所空气中非金属及其化合物的检测	(112)
第一节 适用范围	(112)
第二节 样品采集	(112)
第三节 样品分析	(118)
第四节 紫外—可见分光光度法	(119)

第五节 离子色谱法	(124)
第六章 作业场所空气中有机化合物的检测	(137)
第一节 适用范围	(137)
第二节 样品采集	(138)
第三节 样品分析	(140)
第四节 结果计算与实例	(150)
第五节 注意事项	(158)
第七章 作业场所物理有害因素的检测	(159)
第一节 电磁辐射检测	(159)
第三节 高温检测	(173)
第三节 噪声检测	(178)
第四节 体力劳动强度	(198)
第五节 工作场所手传振动测量	(210)
附录1 工作场所空气中化学物质容许浓度	(217)
附录2 工作场所空气中粉尘容许浓度	(231)
附录3 工作场所空气中生物因素容许浓度	(234)
附录4 作业场所职业危害检测检验能力表	(235)
参考文献	(271)

第一章 职业卫生接触限值标准及应用

我国的职业卫生接触限值标准始于苏联的工作企业设计卫生标准，在 50 年的时间内，以安全保护性和技术可行性相结合为原则，依据有害物质理化特性、动物实验室和人体毒理学资料，现场劳动卫生学和流行病学调查资料，参考国外职业卫生接触限值的制定依据，结合我国劳动卫生现场的实际状况及作业人员在相应状况下长期从事生产所受的健康危害，即接触—反应关系，从 2002 年起，工业企业设计卫生标准分化为工业企业设计卫生标准和工作场所有害因素职业接触限值标准，标准的历史演化过程见表 1—1。

表 1—1 职业卫生接触限值标准的演变

实施时间	标准编号及名称	给出限值的有害物质类别
1956 年 7 月 1 日	标准—101—56《工业企业设计暂行卫生标准》	车间空气中有害物质 53 项
1963 年 4 月 1 日	GBJ 1—62《工业企业设计卫生标准》	气体和蒸气 60 项， 矿物粉尘和有机粉尘 11 项， 金属非金属及其他化合物的气溶胶 21 项
1979 年 11 月 1 日	TJ 36—79《工业企业设计卫生标准》	有毒物质 111 项， 生产性粉尘 9 项
2002 年 6 月 1 日	GBZ 1—2002《工业企业设计卫生标准》	
	GBZ 2—2002《工作场所有害因素职业接触限值》	有毒物质 330 项， 粉尘 47 项， 生物因素 1 项， 物理因素 9 项
2007 年 6 月 1 日	GBZ 1—2007《工业企业设计卫生标准》	
	GBZ 2.1—2007《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》	有毒物质 339 项， 粉尘 47 项， 生物因素 2 项
	GBZ 2.2—2007《工作场所有害因素职业接触限值 第 2 部分：物理有害因素》	物理因素 11 项

第一节 化学有害因素职业接触限值及应用

一、术语和定义

涉及的主要术语和定义如下：

1. 化学有害因素 (chemical hazards)

本标准所指化学有害因素除包括化学物质、粉尘外,还包括生物因素。

2. 职业接触限值 (occupational exposure limits, OELs)

职业性有害因素的接触限制量值。指劳动者在职业活动过程中长期反复接触,对绝大多数接触者的健康不引起有害作用的容许接触水平。化学有害因素的职业接触限值包括时间加权平均容许浓度、短时间接触容许浓度和最高容许浓度三类。

3. 时间加权平均容许浓度 (permissible concentration – time weighted average, PC – TWA)

以时间为权数规定的 8 h 工作日、40 h 工作周的平均容许接触浓度。

4. 短时间接触容许浓度 (permissible concentration – short term exposure limit, PC – STEL)

在遵守 PC – TWA 前提下容许短时间 (15 min) 接触的浓度。

5. 最高容许浓度 (maximum allowable concentration, MAC)

工作地点、在一个工作日内、任何时间有毒化学物质均不应超过的浓度。

6. 超限倍数 (excursion limits)

对未制定 PC – STEL 的化学有害因素,在符合 8 h 时间加权平均容许浓度的情况下,任何一次短时间 (15 min) 接触的浓度均不应超过的 PC – TWA 的倍数。

7. 总粉尘 (total dust)

可进入整个呼吸道 (鼻、咽和喉、胸腔支气管、细支气管和肺泡) 的粉尘,简称总尘。技术上系用总粉尘采样器按标准方法在呼吸带测得的所有粉尘。

8. 呼吸性粉尘 (respirable dust)

按呼吸性粉尘标准测定方法所采集的可进入肺泡的粉尘粒子,其空气动力学直径均在 $7.07\ \mu\text{m}$ 以下,空气动力学直径 $5\ \mu\text{m}$ 粉尘粒子的采样效率为 50%,简称呼尘。

9. 空气动力学直径 (aerodynamic diameter, d_{ae})

某颗粒物 (任何形状和密度) 与相对密度为 1 的球体在静止或层流空气中若沉降速率相等,则球体的直径视为该颗粒物的空气动力学直径。

10. 工作场所 (workplace)

劳动者进行职业活动的所有地点。

11. 工作地点 (work site)

劳动者从事职业活动或进行生产管理而经常或定时停留的岗位作业地点。

二、工作场所空气中化学有害物质的职业接触限值

1. 化学有害因素的容许浓度

在《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》(GBZ 2.1—2007)中，给出了本书附件2所列339项有毒物质、47项粉尘、2项生物因素，在工作场所空气中容许的浓度，并在备注栏里对化学有害物质侵入人体的途径、致敏性、致癌性予以标志说明。

(1) 可经皮肤、黏膜吸收的物质

在该物质的备注栏内标示“皮”。

如有机磷酸酯类化合物，芳香胺，苯的硝基、氨基化合物等，表示可因皮肤、黏膜和眼睛直接接触蒸气、液体和固体，通过完整的皮肤吸收引起全身效应。使用“皮”的标志旨在提示即使空气中化学物质浓度等于或低于PC-TWA时，通过皮肤接触也可引起过量接触。对于那些标有“皮”的标志且OELs低的物质，在接触高浓度，特别是在皮肤大面积、长间接接触的情况下，需采取特殊预防措施以减少或避免皮肤的直接接触。当难以准确定量其接触程度时，也必须采取措施预防皮肤的大量吸收。对化学物质标志“皮”并未考虑该化学物质引起刺激、皮炎和致敏作用的特性，对那些可引起刺激或腐蚀效应但没有全身毒性的化学物质也未标以“皮”。患有皮肤病时可明显影响皮肤吸收。

(2) 致敏物质

在该物质的备注栏内标示“敏”。

是指已被人或动物资料证实该物质可能有致敏作用，但并不表示致敏作用是制定PC-TWA所依据的关键效应，也不表示致敏效应是制定PC-TWA的唯一依据。使用“敏”的标志不能明显区分所致敏的器官系统，未标注“敏”的物质并不表示该物质没有致敏能力，只反映目前尚缺乏科学证据或尚未定论。使用“敏”的标志旨在保护劳动者避免诱发致敏效应，但不保护那些已经致敏的劳动者。减少对致敏物及其结构类似物的接触，可减少个体过敏反应的发生率。对某些敏感的个体，防止其特异性免疫反应的唯一方法是完全避免接触致敏物及其结构类似物。应通过工程控制措施和个人防护用品以有效地减少或消除接触。对工作中接触已知致敏物的劳动者，必须进行教育和培训（如检查潜在的健康效应、安全操作规程及应急知识）。应通过上岗前体检和定期健康监护，尽早发现特异易感

者，及时调整工作岗位。

(3) 致癌性物质

引用国际癌症研究中心（IARC）分级标志，在备注栏内用“G1”“G2A”“G2B”标出，作为有害物质致癌性预防控制的参考性资料。对于标有致癌性标志的化学物质，应采取技术措施与个人防护，减少接触机会，尽可能地保持最低接触水平。

国际癌症研究中心（IARC）将潜在化学致癌性物质分类为：

G1：确认人类致癌物（carcinogenic to humans）；

G2A：可能人类致癌物（probably carcinogenic to humans）；

G2B：可疑人类致癌物（possibly carcinogenic to humans）；

G3：对人及动物致癌性证据不足（not classifiable as to carcinogenic to humans）；

G4：未列为人类致癌物（probably not carcinogenic to humans）。

2. 超限倍数

对粉尘和未制定 PC - STEL 的化学物质，采用超限倍数控制其短时间接触水平的过高波动。在符合 PC - TWA 的前提下，粉尘的超限倍数是 PC - TWA 的 2 倍。化学物质超限倍数与 PC - TWA 的关系见表 1—2。

表 1—2 化学物质超限倍数与 PC - TWA 的关系

PC - TWA (mg/m^3)	最大超限倍数
PC - TWA < 1	3
$1 \leq \text{PC} - \text{TWA} < 10$	2.5
$10 \leq \text{PC} - \text{TWA} < 100$	2.0
PC - TWA ≥ 100	1.5

三、职业接触限值的应用

工作场所化学有害物质职业接触限值应按要求正确使用。

1. 职业接触限值的使用

工作场所化学有害因素职业接触限值是用人单位监测工作场所环境污染情况，评价工作场所卫生状况和劳动条件以及劳动者接触化学有害因素的程度的重要技术依据，也可用于评估生产装置泄漏情况，评价防护措施效果等。工作场所化学有害因素职业接触限值也是职业卫生监督管理部门实施职业卫生监督检查、职业卫生技术服务机构开展职业病危害评价的重要技术法规依据。

有害因素职业接触限值是基于科学性和可行性制定的，所规定的限值不能理解为安全与危险程度的精确界限，也不能简单地用以判断化学物质毒性等级。

工作场所化学有害因素职业接触限值不适用于非职业性接触。

2. 监测检验方法

与《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》（GBZ 2.1—2007）相配套的工作场所有害物质的测定方法是《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》（GBZ 159—2004）和《工作场所空气有毒物质测定》（GBZ/T 160—2004）。对某些给出限值，但无标准的检测方法的有害物质，也可按国内外公认的测定方法执行。

3. 容许浓度的使用

在实施职业卫生监督检查，评价工作场所职业卫生状况或个人接触状况时，应正确运用时间加权平均容许浓度、短时间接触容许浓度或最高容许浓度的职业接触限值，并按照有关标准的规定，进行空气采样、监测，以期正确地评价工作场所化学有害因素的污染状况和劳动者接触水平。

（1）PC-TWA 的应用

8 h 时间加权平均容许浓度（PC-TWA）是评价工作场所环境卫生状况和劳动者接触水平的主要指标。职业病危害控制效果评价，如建设项目竣工验收，定期危害评价，系统接触评估，因生产工艺、原材料、设备等发生改变需要对工作环境影响重新进行评价时，应着重进行 TWA 的检测、评价。

个体检测是测定 TWA 比较理想的方法，尤其适用于评价劳动者实际接触状况，是工作场所有害因素职业接触限值的主体性限值。

定点检测也是测定 TWA 的一种方法，要求采集一个工作日内某一工作地点，各时段的样品，按各时段的持续接触时间与其相应浓度乘积之和除以 8，得出 8 h 工作日的时间加权平均浓度（TWA）。定点检测除了反映个体接触水平，也适用于评价工作场所环境的卫生状况。

定点检测可按式（1—1）计算出时间加权平均浓度：

$$C_{TWA} = (C_1 T_1 + C_2 T_2 + \cdots + C_n T_n) / 8 \quad (1-1)$$

式中 C_{TWA} ——8 h 工作日接触化学有害因素的时间加权平均浓度， mg/m^3 ；

8——每个工作日的工作时间，h；工作时间不足 8 h 者，仍以 8 h 计；

$C_1, C_2, \cdots, C_n$ —— $T_1, T_2, \cdots, T_n$ 时间段接触的相应浓度；

$T_1, T_2, \cdots, T_n$ —— $C_1, C_2, \cdots, C_n$ 浓度下相应的持续接触时间。

（2）PC-STEL 的应用

PC-STEL 是与 PC-TWA 相配套的短時間接触限值，可视为对 PC-TWA 的补充。只用于短時間接触较高浓度可导致刺激、窒息、中枢神经抑制等急性作用，及其慢性不可逆性组织损伤的化学物质。

在遵守 PC-TWA 的前提下，PC-STEL 水平的短時間接触不引起：①刺激作用；②慢性或不可逆性损伤；③存在剂量—接触次数依赖关系的毒性效应；④麻醉程度足以导致事

故率升高、影响逃生和降低工作效率。即使当日的 TWA 符合要求时,短时间接触浓度也不应超过 PC-STEL,当接触浓度超过 PC-TWA,达到 PC-STEL 水平时,一次持续接触时间不应超过 15 min,每个工作日接触次数不应超过 4 次,相继接触的间隔时间不应短于 60 min。

对制定有 PC-STEL 的化学物质进行监测和评价时,应了解现场浓度波动情况,在浓度最高的时段按采样规范和标准检测方法进行采样和检测。

(3) MAC 的应用

MAC 主要是针对具有明显刺激、窒息或中枢神经系统抑制作用,可导致严重急性损害的化学物质而制定的不应超过的最高容许接触限值,即任何情况都不容许超过的限值。最高浓度的检测应在了解生产工艺过程的基础上,根据不同工种和操作地点采集能够代表最高瞬间浓度的空气样品再进行检测。

(4) 超限倍数的应用

对于尚未制定 PC-STEL 的化学物质和粉尘,即使其 8 h TWA 没有超过 PC-TWA,也应控制其漂移上限。因此,可采用超限倍数控制其短时间接触水平的过高波动。超限倍数所对应的浓度是短时间接触浓度,采样和检测方法同 PC-STEL。

(5) 对分别制定了总粉尘和呼吸性粉尘 PC-TWA 的粉尘

应同时测定总粉尘和呼吸性粉尘的时间加权平均浓度。按照 BMRC (British Medical Research Council, BMRC) 分离曲线要求,呼尘的 d_{ae} 应在 $7.07 \mu\text{m}$ 以下,其中 $d_{ae} 5 \mu\text{m}$ 粉尘颗粒的采集率为 50%。

4. 两种或两种以上化学物质联合作用

(1) 当工作场所中存在两种或两种以上化学物质时,若缺乏联合作用的毒理学资料,应分别测定各化学物质的浓度,并按各个物质的职业接触限值进行评价。

(2) 当两种或两种以上有毒物质共同作用于同一器官、系统或具有相似的毒性作用(如刺激作用等),或已知这些物质可产生相加作用时,则应按式(1—2)计算结果,进行评价:

$$C_1/L_1 + C_2/L_2 + \cdots + C_n/L_n = 1 \quad (1-2)$$

式中 $C_1, C_2, \cdots, C_n$ ——各化学物质所测得的浓度;

$L_1, L_2, \cdots, L_n$ ——各化学物质相应的容许浓度限值。

据此算出的比值小于等于 1 时,表示未超过接触限值,符合卫生要求;反之,当比值大于 1 时,表示超过接触限值,不符合卫生要求。

第二节 物理有害因素职业接触限值及应用

在不同的行业,影响作业人员健康的物理因素各有不同,但概括起来主要包含气象条

件、噪声、振动、电磁辐射（电离辐射和非电离辐射）、体力劳动强度、采光、照明、新风量等。这些物理因素中，气象条件包括气温、湿度、风速、气压、热辐射强度和湿球黑球温度等，振动包括局部振动和全身振动，非电离辐射包括通常所说的工频超高压电场、高频、超高频、微波、一般的光辐射、紫外辐射和激光辐射，紫外辐射包含了短波紫外线和常见的电焊弧光，电离辐射包括放射性物质和材料能量，体力劳动强度则涉及肺通气量、心率、能量代谢率。

工作场所物理因素的职业接触限值是指为满足中华人民共和国国家职业卫生标准体系中的《工业企业设计卫生标准》（GBZ 1—2010）和《工作场所有害因素职业接触限值 第2部分：物理因素》（GBZ 2.2—2007）为主要依据的量值。工作场所物理因素职业接触限值，是用于监督、监测工作场所及工作人员物理因素职业危害状况、生产装置泄漏情况，评价工作场所卫生状况的重要依据。目的在于保护劳动者免受物理性职业性有害因素危害，预防职业病。在实施职业卫生监督管理、评价工作场所物理因素职业危害或个人接触状况时，应正确运用接触限值，并按照国家颁布的相关测量方法进行测量和分析。特别需要指出的是标准规定的接触限值均为上限值，与此概念相应的还有行动值。在实际应用中要正确理解和使用。

一、电磁辐射

电磁辐射涉及作业场所、生活环境和设备干扰三个领域。由此形成各自的特点与相互独立的标准和评价依据，同时也产生了不同的测量方法。其主要区别在于关注点不同。作业场所是作业人员可能受到职业危害的地方，特点是接触时间比较固定，辐射源明确，现场可以具备一定的防护措施。生活环境的特点是人员接触时间长，可能达到全天，接触人群会涉及婴幼儿老等各类人群，并且处于无防范意识和设施的状态。辐射干扰主要针对仪器设备，泛指辐射源对电网或无线电波等的干扰或在仪器设备之间可能的干扰与破坏。本节仅限于作业场所中对作业人员职业危害的电磁辐射的测量和评价。

1. 电磁辐射分类

电磁辐射指以电场和磁场转换的形式进行能量传递、传播及吸收的辐射，光波亦属于电磁辐射范畴。非电离辐射指无足够的能量使物质的原子或分子电离的电磁辐射，包括通常所说的工频超高压电场、微波、高频、超高频，还包括一般的光辐射、紫外辐射和激光辐射。各种研究认定了对人体产生效应的电磁辐射物理量取决于场的类型（电场或磁场）、场的强度、频率、人体暴露时间、暴露物理长度、暴露部位（局部或整体）以及波的形式（连续或脉冲）。同时还由于研究目的的不同也会各有侧重，作为电磁辐射的测量和评价有必要从发射源与频域两方面给出分类。

（1）按用途分类

电磁辐射与人的日常生活、工作密不可分，但究其用途可以从表1—3给出分类。

表 1—3

电磁辐射的类别及用途

类 别	用 途
广播电视电磁设备类	中波发射（天线）台
	短波发射（天线）台
	电视调频发射塔
	长波通信台
	微波传输站
	卫星地球站
通信、雷达及导航发射设备类	通信类
	基站设备类
	超短波雷达
	微波雷达
	毫米波雷达
	导航发射设备类
	其他
工、科、医电磁设备类	工业用电磁设备类
	科学研究用电磁设备类
	医疗用电磁设备类
	其他
交通系统设备类	磁悬浮列车、地铁等
	有轨、无轨电车类
	其他
输电线路系统设备类	高压交流输电线类
	高压直流输电线类
	变电站类
	换流站类
	其他

（2）按频谱分类

职业卫生对电磁频率划分与环保、无线电管理等有区别,《工业企业设计卫生标准》(GBZ 1—2010)仍沿用微波、高频、超高频这些名称。而现实生活中人们更多接触的是广播电视等无线电领域,在实际测量中各类人群也需要相互交流。为此,绘制电磁频谱(见表 1—4)并冠以详细的波段名称以期有整体概念。

2. 超高频辐射

（1）名词术语

1) 超高频(即超短波)辐射。超高频辐射是指频率为 30 ~ 300 MHz,相应波长为 10 ~ 1 m 的电磁辐射。

表 1—4

电磁频谱

类别	波段名称		频率	波长	
电离辐射	宇宙射线		$3.0 \times 10^{14} \sim 3.0 \times 10^{15}$ MHz	$1.0 \times 10^{-12} \sim 1.0 \times 10^{-13}$ m	
	γ 射线		$3.0 \times 10^{12} \sim 3.0 \times 10^{14}$ MHz	$1.0 \times 10^{-10} \sim 1.0 \times 10^{-12}$ m	
	X 射线		$4.0 \times 10^{10} \sim 3.0 \times 10^{12}$ MHz	$7.5 \times 10^{-9} \sim 1.0 \times 10^{-10}$ m	
	紫外线		$3.0 \times 10^9 \sim 4.0 \times 10^{10}$ MHz	$1.0 \times 10^{-7} \sim 7.5 \times 10^{-9}$ m	
非电离辐射	激光	短波紫外线（UVC）		280 ~ 100 nm	
		中波紫外线（UVB）		315 ~ 280 nm	
		长波紫外线（UVA）		400 ~ 315 nm	
		可见光	紫色	$4.0 \times 10^8 \sim 7.5 \times 10^8$ MHz	455 ~ 380 nm
			蓝色		492 ~ 455 nm
			绿色		577 ~ 492 nm
			黄色		597 ~ 577 nm
			橙色		622 ~ 597 nm
			红色		760 ~ 622 nm
		近红外线（NIR）		$3.0 \times 10^5 \sim 4.0 \times 10^8$ MHz	$2.5 \times 10^{-6} \sim 7.5 \times 10^{-7}$ m
		中红外线（MIR）			$3 \times 10^{-5} \sim 2.5 \times 10^{-6}$ m
		远红外线（FIR）			$1.0 \times 10^{-3} \sim 3 \times 10^{-5}$ m
	微波	极高频（EHF）		$3.0 \times 10^4 \sim 3.0 \times 10^5$ MHz	10 ~ 1mm
		特高频（SHF）		$3.0 \times 10^3 \sim 3.0 \times 10^4$ MHz	10 ~ 1 cm
		超高频（UHF）		$3.0 \times 10^2 \sim 3.0 \times 10^3$ MHz	1 ~ 0.1 m
	超高频电磁场（VHF）超短波		$3.0 \times 10^1 \sim 3.0 \times 10^2$ MHz	10 ~ 1 m	
	高频电磁场	短波（HF）		$3.0 \sim 3.0 \times 10$ MHz	100 ~ 10 m
		中波（MF）		0.3 ~ 3.0 MHz	1 km ~ 100 m
		长波（LF）		100 ~ 300 kHz	3 ~ 1 km
	长波（LF）		30 ~ 100 kHz	10 ~ 3 km	
	超长波（VLF）		3 ~ 30 kHz	100 ~ 10 km	
	工频电磁场		50 ~ 100 Hz	6.0×10^3 km	

2) 脉冲 (超短) 波。以脉冲调制所产生的超短波称为脉冲 (超短) 波。

3) 连续 (超短) 波。以连续振荡所产生的超短波称为连续 (超短) 波。

4) 电场与磁场。变化的电场会激起变化的磁场, 而变化的磁场又会产生变化的电场, 电现象与磁现象紧密地联系在一起。这种交替产生的具有电场与磁场的空间称为电磁场。这种相互垂直并与自己的运动方向垂直, 以一定速度在空间传播的现象称为电磁辐射或电磁波。无线电波和光波都是电磁波。它们在真空中的传播速度是 3×10^{10} cm/s, 在空气中稍慢一些。

5) 功率密度。在空间某点电磁波单位面积上的功率, 以 P 表示, 单位为 mW/cm^2 。