



中华人民共和国国家标准

GB/T 33715—2017

纳米技术 纳米技术 职业场所健康和安全管理指南

**Nanotechnologies—Health and safety practices in occupational
settings relevant to nanotechnologies**

(ISO/TR 12885: 2008, MOD)

2017-05-12 发布

2017-12-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 纳米材料:概述与制备	1
2.1 工程化的纳米材料	1
2.1.1 含碳纳米材料	1
2.1.2 氧化物纳米材料	2
2.1.3 金属纳米材料	2
2.1.4 量子点	3
2.1.5 有机聚合物纳米材料	3
2.1.6 仿生纳米材料	3
2.2 制备方法	4
2.2.1 典型制备方法	4
2.2.2 气溶胶法	4
2.2.3 气相沉积法	4
2.2.4 胶体/自组装方法	4
2.2.5 电镀	4
2.2.6 静电纺丝	4
2.2.7 研磨法	5
3 危害表征	5
3.1 对健康的影响	5
3.1.1 基本原理和不确定性	5
3.1.2 伴生或天然纳米颗粒及纳米纤维的健康效应信息	5
3.1.3 颗粒表面积、表面化学特性和数目与其毒性的关系	6
3.1.4 纳米颗粒引起的炎症反应	6
3.1.5 动物和细胞水平的研究	6
3.1.6 细颗粒和纳米颗粒的流行病学研究	9
3.2 物理危害	9
3.2.1 放热事件	9
3.2.2 纳米材料生产风险	9
4 纳米材料暴露评估	9
4.1 概述	9
4.2 纳米材料暴露评估的科学框架	10
4.2.1 暴露途径	10
4.2.2 空气中纳米材料暴露评估的度量标准	10
4.3 颗粒物暴露表征方法综述	12
4.3.1 概述	12

4.3.2	质量浓度	13
4.3.3	数量浓度	14
4.3.4	表面积浓度	14
4.3.5	纳米颗粒尺寸分布检测	15
4.3.6	样品收集表征	17
4.3.7	高长径比纳米颗粒的检测	17
4.3.8	采样方法	18
4.4	皮肤暴露评估	18
4.4.1	采样	18
4.4.2	样品表征	19
4.5	体内暴露剂量评估	19
4.6	讨论	20
5	工作场所风险评估	20
5.1	引言和适用范围	20
5.2	纳米材料风险评估	20
5.2.1	定量和定性风险评估	21
5.2.2	危险源辨识	21
5.2.3	暴露效应剂量反应评估	21
5.2.4	暴露评估	23
5.2.5	风险表征	23
5.3	结论	23
6	控制方法学	23
6.1	介绍	23
6.2	关于控制方法学中风险评估的含义	24
6.2.1	控制策略	24
6.3	控制方法学考查	25
6.3.1	预防	25
6.3.2	控制策略学	26
6.3.3	危害消除——通过有效设计	26
6.3.4	原料、产品、过程和设备的替换	27
6.3.5	工程技术	27
6.3.6	工作场所暴露控制的管理方法	33
6.3.7	工作环境评估	37
6.3.8	人体防护设备(PPE)	37
6.4	健康监视	41
6.5	产品监管	42
附录 A (资料性附录)	符号和缩略语	45
参考文献		48

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准使用重新起草法修改采用 ISO/TR 12885: 2008《纳米技术 纳米技术职业场所健康和安全管理指南》。

本标准与 ISO/TR 12885: 2008 相比在结构上进行了调整,调整内容如下:

- 将 ISO/TR 12885: 2008 第 1 章作为本标准的引言,ISO/TR 12885: 2008 第 2 章作为本标准的第 1 章,后面所有章节编号类推;
- 将 ISO/TR 12885: 2008 每章后面的参考文献移至本标准的最后面,并进行重新编号;
- 将索引 6.1 和索引 6.2,分别改为表 4 和表 5。

由于纳米技术飞速发展,ISO/TR 12885: 2008 中部分技术内容已过时,本标准对此进行了修改:

- 本标准第 1 章中,除保留 ISO/TR 12885: 2008 第 2 章第 3 段第 1 句外,删除第 3 段关于本标准同步和更新的相关内容;
- 本标准 2.1 中,除保留 ISO/TR 12885: 2008 中 3.1 第 2 段第 1 句外,删除第 2 段和第 3 段关于纳米材料分类和纳米物体的介绍性内容;
- 本标准 2.1.1.1 中,删除 ISO/TR 12885: 2008 的 3.1.1.1 中“富勒烯在锂离子电池、太阳能电池、燃料电池、氧和甲烷存储材料、塑料、油和橡胶添加剂、癌症和艾滋病(AIDS)治疗等领域的潜在应用研究相当活跃”;
- 本标准 2.2.7 中,删除 ISO/TR 12885: 2008 的 3.2.7 中“此类方法可达到每小时几吨的产量”;
- 本标准 3.1.5.1 中,删除 ISO/TR 12885: 2008 的 4.1.5.1 中“但单壁 CNTs 含量很高的富勒烯烟尘的饱和溶液经过滤处理后,在皮肤过敏实验中不引起志愿者产生烧灼和过敏症状。在经过修饰的德莱赛测试实验中,纳米管悬浮液滴入野兔眼睛中也不引起烧灼症状”;
- 本标准 3.1.5.4 中,删除 ISO/TR 12885: 2008 的 4.1.5.4 第 2 段中“体外研究表明”;
- 本标准 3.1.6 中,删除 ISO/TR 12885: 2008 中 4.1.6 第 3 段关于颗粒物对人体影响的不确定性等内容;
- 本标准 4.3.7 中,删除 ISO/TR 12885: 2008 的 5.3.7 第 4 段中“目前仅发表了一篇关于碳纳米纤维处理设备暴露评估的文章”。

本标准由中国科学院提出。

本标准由全国纳米技术标准化技术委员会(SAC/TC 279)归口。

本标准主要起草单位:国家纳米科学中心、中国医学科学院基础医学研究所。

本标准主要起草人:吴晓春、纪英露、陈春英、许海燕、白茹、郭玉婷。

引 言

纳米科技快速发展,对全球工业和社会生活的各个方面产生影响。通过发展经济、提高生活质量、改善和保护公众健康及环境,纳米科技的国际标准化应该为推动人类社会进步和可持续发展做出贡献。许多新的纳米材料将进入市场和工作场所。这些新材料会给相关从业人员带来潜在的职业安全和健康风险,应该借助国际标准加以适当的规范。本标准汇总纳米科技相关的职业安全和健康条例方面的实用信息。

纳米技术涉及的是纳米尺度的材料。根据定义,“纳米尺度”是指处于 1 nm~100 nm 之间的尺寸范围。1 nm 是 10^{-9} m 或一百万分之一毫米。例如,人头发的直径在 10 000 nm~100 000 nm,单个血红细胞直径大约 5 000 nm,病毒的尺寸通常在 10 nm~100 nm,单个 DNA 分子直径大约 2 nm。纳米技术是物理、化学、生物、工程、电子、材料、应用和概念的复杂组合,关键界定特征是尺寸。

纳米材料具有独特的物理化学性质,可望对计算机、生物医学和能源等诸多领域产生推动作用。但对新出现的纳米材料的职业健康和安全效应还知之甚少。这是因为纳米技术是一个相对较新的技术,因而缺乏人体暴露和工作条件影响等相关资料。因此,现阶段我们难以准确预测特定纳米材料暴露对从业人员健康的影响。特别是,我们对工作场所(或更大区域)纳米颗粒的测量能力受限于目前的技术水平。纳米技术对我们提出了新挑战。因为纳米材料的性质不仅依赖于传统的化学结构和组成,还依赖于其尺寸和形状。这些额外特性的测量是准确评估工作场所纳米材料必不可少的。此外,人体对大多数纳米材料的识别和适时响应的能力也几乎一无所知。另一方面,某些特定纳米结构材料(如炭黑和合成无定形二氧化硅)的毒性和流行病学数据则是已知的。

现有的科学知识在纳米材料的识别、表征和潜在的职业暴露评价等方面存在许多差距。这些知识差距可以通过多学科交叉得到完美解决。在这一发展迅速的领域中,职业健康的从业者、科学家以及毒理学从业者(包括医学科学家和环境科学家)对守护公众健康起着至关重要的作用。此外,合作研究(特别是国际间的合作)对在合理时间范围内提供关键信息也很重要。

纳米技术 纳米技术 职业场所健康和安全管理指南

1 范围

本标准给出了与纳米技术相关的职业场所的健康和安全指南。

本标准侧重于纳米材料职业制造和应用相关的健康和安全管理条例。本标准提供的信息可以帮助相关公司、研究人员、劳动者和其他人员在生产、操作、使用和处理纳米材料时防止产生对健康和安全管理不利的后果。这些建议广泛适用于一系列的纳米材料及应用。

本标准是基于目前能够得到的关于纳米技术的信息,包括表征、健康效应、暴露评估和控制条例。

2 纳米材料:概述与制备

2.1 工程化的纳米材料

工程化的纳米材料是为了特定目的或功能而设计制造的纳米材料,包括纳米物体和纳米结构材料。纳米物体定义为有一个(纳米片)、两个(纳米棒)或三个外部尺寸(纳米颗粒)在纳米尺度(约 1 nm~100 nm 之间)的材料。纳米结构材料则包括纳米物体包埋于固体基质的纳米复合物、纳米物体无规连接形成的聚集体和团聚体,或其有序组装体,如富勒烯或碳纳米管晶体^[1]。本标准将主要针对纳米物体及其简单组装体。

目前已使用的或积极研发中的相对简单的纳米材料可以按照尺寸和主要的化学组成来分类。

2.1.1 含碳纳米材料

2.1.1.1 富勒烯

富勒烯可以设想成碳原子与三个最近邻碳原子通过化学键构成的球状笼子的一个化学实体。其中众所周知的一个例子是足球状的 C₆₀富勒烯。富勒烯分子可以包含 28 至超过 100 个碳原子。有一些实验研究报道了含有 1 500 个原子,直径为 8.2 nm 的富勒烯分子^[2]。从理论计算来考虑,更大的富勒烯分子也可能存在^[3]。被称作碳纳米洋葱的多壳层类富勒烯纳米颗粒尺寸可以从 4 nm~36 nm^[4]。

2.1.1.2 炭黑

炭黑是由部分无定形碳以球形或近球形的颗粒融合聚集,并以强相互作用形成的团聚体,通常会进一步组装形成宏观的小球^[5]。炉黑在世界范围内占据 98% 的炭黑产量,平均聚集体直径在 80 nm~500 nm,其中一次颗粒的平均尺寸介于 11 nm~95 nm。炭黑的主要工业用途是涂料和橡胶制品的增强填料,特别是轮胎。

2.1.1.3 碳纳米纤维

碳纳米纤维呈圆柱状或锥状结构,其直径从几纳米到上百纳米,长度从亚微米到几毫米。内部结构是由弯曲的碳层堆积形成圆锥(人字形结构)或杯(竹节结构)状结构^[6]。纳米纤维不同于碳纳米管的最主要的特征是堆叠的碳层与纤维轴形成非零度角。当碳层平行于纤维轴,则形成碳纳米管(见下一部分)。由于碳纳米纤维存在着沿纤维轴“面内”和“面间”的输运和机械性质,及与石墨类似的未饱和键,