

纳米实验室的安全文化现状及对策

王国豫, 张 灿, 李晓曦

(大连理工大学人文学院, 辽宁省大连市, 116024)

摘 要: 纳米毒理学的研究证明, 部分人造纳米材料有一定的毒性, 对人的健康与环境有一定的风险。对于长期暴露在纳米环境中的实验室工作人员来讲, 纳米材料构成了一定的威胁。鉴于目前对纳米安全的材料毒性检测手段的欠缺和不完备, 加强纳米实验室的安全文化建设, 提高实验室工作人员的安全意识就显得非常重要。文章结合实证研究的结果, 从安全意识文化、安全制度文化和安全物质文化三个方面分析了当前中国纳米实验室的安全现状以及存在的问题, 并在此基础上提出了一些应对措施和建议。文章认为, 纳米实验室的安全文化建设, 不仅关系到纳米实验室工作人员的健康与环境, 而且也关系到纳米技术的可持续发展。

关键词: 纳米实验室; 安全文化; 安全意识文化

中图分类号: X32

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2015)04-0375-07

进入 21 世纪以来, 纳米技术的研究与开发, 已经成为世界各国抢占未来科技发展制高点的重要举措。从美国的“国家纳米计划”到欧盟的“地平线 2020”, 都把纳米技术作为优先发展领域予以资助。然而已有的纳米毒理学研究表明, 纳米材料的小尺寸效应和大比表面积效应, 使得纳米粒子有可能通过呼吸道和皮肤直接进入人体, 并引起潜在的肺损伤。^[1]有些纳米材料包括碳纳米管有一定的毒性, 进入环境中对土壤、水和空气都构成一定的污染, 最终对人和生态环境带来负面效应。^[2]鉴于目前纳米技术的研究开发还主要集中在实验室阶段, 因此, 如何在纳米实验室里加强规范管理, 营造安全文化, 构筑安全的“防火墙”, 就成为纳米实验室一项亟待解决的任务。

1 什么是安全文化?

安全文化的概念起源于学者对于核事故的反

思。在 20 世纪 80 年代, 国际核安全咨询组首次提出了预防和管理核电站事故的安全文化概念。当时的研究者逐渐认识到, 在复杂技术系统中, 技术因素只是核电站发生事故的众多因素之一, 而安全文化对于技术安全和个体安全实践是至关重要的。在 1991 年出版的《安全文化》一书对安全文化进行了宽泛的界定: “安全文化是指组织和个体所建立的特性和态度的集合, 应当把安全作为组织的首要的优先目标得到重视和保证。”^[3]风险管理专家考克斯(S. J. Cox)提出安全文化是指雇员对待安全所共享的态度、信念、感知和价值。^[4]在技术系统中, “安全文化是一个复杂的混合结构, 包括个体和群体的感知能力、态度倾向、价值观以及行为方式等诸多因素, 而这些因素相互作用从而影响人们对于技术系统中安全管理的认知、方式和后果。”^[5]进一步而言, 一个组织对安全的态度和价值, 可以通过其对安全的基础设施

收稿日期: 2015-10-12; 修回日期: 2015-11-12

基金项目: 国家社科基金重大项目(12&ZD117); 国家重点基础研究发展计划 973 项目(2011CB933401)

作者简介: 王国豫(1962-), 性别, 女, 大连理工大学人文学院教授, 博士生导师, 研究方向为技术伦理学。E-mail: w_guoyu@hotmail.com

张灿(1986-), 性别, 男, 大连理工大学人文学院博士研究生, 研究方向为技术伦理学。E-mail: zhangcanheda@163.com

的投入、资源分配,安全标准和规范的制定、检查、执行、评价,以及安全教育、培训等多方面来体现。比较而言,传统模式乃仅仅依靠技术可靠性来进行安全控制的管理模式,安全文化不仅重视基础设施和安全工具的技术因素,而且强调安全制度和意识的作用。安全制度是保障安全实践活动的规范,而安全意识则决定了人们参与安全实践活动的自律的程度,即是否会执行安全规范和制度,是否会主动地避免危险行为,是否会纠正别人的不安全行为。

2 我国纳米实验室安全文化现状

随着我国纳米技术的迅速发展,纳米技术的安全性也引起了广泛的重视。纳米技术是一个尺度概念,是指在 0.1 纳米至 100 纳米之间进行研究和建构的技术。^[6]由于纳米材料尺寸极小,人们可通过吸入、食入、皮肤吸收等途径暴露于纳米颗粒之中,“且尺寸较小的 NSPs 易于被细胞摄入,并穿透上皮和内皮细胞转运至血液和淋巴循环,到达潜在的敏感靶部位,例如骨髓、淋巴结、脾脏和心脏,部分 NSPs 甚至能通过轴突和神经元的树突迁移进入中枢神经系统和神经中枢。穿透皮肤的 NSPs 也能通过摄入作用分布到淋巴管系统。”^[1]这对于人体的正常身体机能和防御系统都会产生健康风险。纳米实验室是纳米技术研发的前沿。由于纳米粒子看不见摸不着,几乎防不胜防,因此,对纳米实验室的安全的要求显然应该区别于普通的物理或化学实验室。然而,迄今为止,“还没有一套专门针对纳米材料的职业安全规范,也没有公认的标准方法可衡量员工在工作场所暴露于纳米材料的情况。”^[7]这给纳米实验室的工作人员的安全带来了一定的挑战。

为了了解我国纳米实验室的安全状况现状,我们对纳米实验室的安全状况从纳米实验室的安全设备状况、纳米实验室安全制度状况和纳米实验室工作人员对安全的意识三个方面进行了调查,分析了纳米实验室安全的物质文化、制度文

化和意识文化的状况。

2.1 调查方法

本问卷的制定经过三个阶段。第一个阶段是在参阅国外已有的调查问卷基础上制定出符合中国实际情况的调查问卷,且邀请具有社会调查专业知识的社会学研究专家对问题的设置进行指导。第二阶段是邀请纳米科学研究者对调查问卷进行专业指导,且进行小范围的问卷调查试验,以检验问卷的有效性。第三阶段是在问卷调查反馈的基础上进一步修改,制定出正式的调查问卷。

本调查的问题包括:样本特征,纳米材料种类,常规安全管理规范和纳米安全管理规范,常规的安全措施和纳米安全措施,工程控制手段,安全装备和个人防护用具。本调查问卷的调查对象主要针对的是纳米研究所和高校纳米实验室的工人、工程师、技术专家、科学研究者和管理者。在正式调查之前,我们首先在大连举行的纳米毒理学会议上进行了一次预先测试,求证学术界、产业界和政府人员对于问卷的意见;同时根据一位社会学博士的建议对问卷进行了修改和完善。

本调查主要采用现场调查方式,且在问卷发放的过程中,进行实证访谈。本次调查从 2011 年 9 月开始,至 2012 年 7 月结束。利用 SPSS16.0 for windows 统计软件包对数据进行整理、合并、分析。

2.2 调查结论

2.2.1 纳米实验室的安全物质文化现状

当前我国纳米实验室所使用的安全防护设备以常规设备为主,主要包括通风设备、防护服、防护眼镜、防毒面具、防尘口罩和防护手套;而针对纳米颗粒的检测仪器和处理相应垃圾的专有设备比较少。另外,对于加工纳米材料所采用的防护措施的问题,许多工作人员表示没有采取任何措施,且在众多措施中,采用最多的为防尘措施。我们的调查表明:关于纳米实验室常规的工程控制手段和纳米工程控制手段的调查显示(296

个被调查者对此问题做出回答)，85.1%的工作人员指出所在工作场所使用通风柜；41.2%的工作人员指出所在工作场所使用手套箱；12.5%的工作人员表示所在工作场所使用密封管道设备；关于常规安全装备和纳米安全装备调查显示，87.8%的工

作人员（295 个工作人员）对通风设备问题做出回答）表示所在工作场所具有通风设备，其次为防尘设备（16.0%）。13.0%的工作人员表示所在工作场所具有检测纳米粒子的设备；11.0%的工作人员表示具有处理纳米粒子的安全装备。

表 1 纳米实验室的控制手段的现状

	常规工程控制手段				纳米工程控制手段	
	通风柜	手套箱	密封管道系统	层流洁净平台	高效空气净化器	隔离纳米工作区域
N	252	122	37	33	19	31
Percentage	85.1%	41.2%	12.5%	11.1%	6.4%	10.5%

2.2.2 纳米实验室的安全制度文化

与大多数的实验室相同的是，纳米实验室也有着一系列的安全防护制度，诸如安全守则、安全教育要求、安全管理机制等。

安全守则包括自查制度、安全制度和事故处理制度等。自查主要是各种设施和配置、标志的检查、实验室消毒和废物处理、技术规范和操作规范的落实情况、设备和仪器运行情况、个人防护、菌毒种及样本管理等方面。而安全教育，可包括发放学习资料、举办讲座、观看录像、课堂教学、板报宣传等。我们的调查显示，在 290 个被调查者中，94.1%的人认为所在纳米工作场所具有常规的安全规范。而针对纳米安全的规范只在少部分工作场所被执行。30.7%的工作人员指出所在工作场所提供了纳米安全培训；29.0%的工作人员指出所在工作场所执行了纳米生产或研究的安全规范；28.3%的工作人员指出所在工作场所具有纳米安全预警措施；而 8.3%的工作人员表示所在工作场所具有纳米材料暴露的控制手册。

2.2.3 纳米实验室的安全意识文化

（1）安全培训。安全培训是增强员工安全意识的最基本的途径。调查显示，对于纳米工作场所的新上岗的从业人员，大约 50.7%的工作人员会参加相应的安全培训，28.7%的工作人员不会参加纳米技术知识培训。而只有 20.6%的工作人员会定期参加纳米技术知识培训，而大约 79.4%的

工作人员没有定期参加纳米技术知识培训。

（2）遵守安全手册。我们的调查发现，在日常工作中，55.7%的工作人员会偶尔提醒工作伙伴要遵守安全手册，而 31.8%的工作人员会经常提醒工作伙伴要遵守安全手册，12.5%的工作人员从来不提醒工作伙伴。而对于纳米工作场所他人的违规行为，75.2%的工作人员会制止并且说明其行为可能的危害，而 16.1%的工作人员仅仅会制止其行为，另外有 2.3%的工作人员会向管理部门反映。

（3）安全问责。对于纳米实验室安全责任的承担，大部分人认为纳米实验室的风险防范责任应当由政府部门和科学家负责，而忽视了一线的实验人员和管理者的责任。

（4）风险信息通报。我们的调查发现，44.1%的工作人员认为所在纳米工作场所有关危害与风险的信息告知既不及时，也不准确，24.6%的工作人员表示信息告知不及时，但是信息准确，26.3%的工作人员认为信息通告十分及时且准确，4.7%的工作人员认为信息通告不及时，但是信息准确。

2.3 调查情况分析与结论

首先，我们的调查表明，当前我国纳米实验室所涉及的纳米颗粒主要为纳米金、二氧化硅、多壁碳纳米管、单壁碳纳米管和二氧化钛。而已有的科学研究表明，与普通的二氧化硅相比，纳米二氧化硅能引发更严重的肺部急性损伤，而当

前的职业卫生标准是根据二氧化硅而制定,但是纳米二氧化硅具有不同的理化性质和生物学性质,现有的标准可能并不适用纳米二氧化硅。^[8]同样的问题也存在于碳纳米管和纳米二氧化钛的实验室中。目前,“还没有可普遍接受的纳米材料操作的制度和纳米工作场所安全管理的管理规范,缺乏一套可量化、规范化的评价标准。”^[9]纳米实验室的科研工作者因为工作性质经常接触各种纳米材料和纳米颗粒,如何在缺乏保障制度和标准的情况保护他们的安全成为一个重要的问题。

另外,当前我国纳米实验室所使用的安全防护设备以常规设备为主,主要包括通风设备、防护服、防护眼镜、防毒面具、防尘口罩和防护手套;而针对纳米颗粒的检测仪器和处理相应垃圾的专用设备比较少。另外,对于加工纳米材料所采用的防护措施,许多工作人员表示没有采取任何措施,且在众多措施中,采用最多的为防尘措施。但是一个至关重要的问题是,这种建立在传统物质的防尘措施能否有效防止纳米尺度的物质进入人体?在工程控制手段中,通风柜和层流洁净平台固然重要,但是隔离纳米工作区域与其它区域,设置除污区可以更加有效地防止纳米物质进入更大范围的工作环境,但是这种措施的采用情况并不理想。

3 纳米实验室安全文化建设

快速发展的新兴技术带来了巨大的潜在社会福利,但是也导致了巨大的健康和环境损害的不确定性。面对这种挑战,以安全文化为代表的管理方式开始出现。特别是在纳米技术领域内,安全文化策略不断被采纳,且展现出自身独有的优势。

杜邦纳米技术风险管理项目作为安全管理的典范具有重要的影响。其形成了一个全面的、实践性的和灵活性的策略,从而来评估纳米材料对环境、健康的潜在安全风险。^[10]进一步而言,这个框架的设计是为了作为一种记录和交流纳米材

料的风险,从而使企业和使用者在此基础上进行安全管理的文化实践。其目的是为了促进纳米技术产品负责任的发展,促使公众更好地接受纳米技术产品,成为在不同利益相关者之间进行组织和分享信息的工具,促进合理的政府管理措施的形成。此框架的形成得益于美国环境保护协会和杜邦公司的多位专业人员,他们在参考有关纳米材料的企业、大学和公共利益全体、政府机构的意见基础上共同制定。在创立完成后,杜邦在纳米技术应用中进行了此项目的先导性实践活动。

这个框架的主要内容和程序主要包括以下几个方面:首先,是描述纳米材料及其应用;其次,是在此基础上形成三个文件——关于纳米材料性质、本质危险和相关的暴露。具体而言,就是确认纳米材料的物理化学特征,然后确认纳米材料潜在的安全、健康和环境危险,最为重要的是企业和使用者要把纳米材料的整个生命周期的安全评估融入在实践中,包括从纳米材料的来源、生产、使用和处理或者再循环的整个过程,从而更好地应对纳米材料随着过程的变化导致的安全危险的变化。第三方面就是评估风险。在此步骤中,所有记录在案的文件用来确认和特征化纳米材料风险的性质、数量和概率。第四方面是评估风险管理。具体措施包括工程控制手段、保护装备、风险沟通和产品或过程的改变。第五方面是决定、记录和行动。在此步骤中,使用者可以咨询适当的审核团队然后决定是否继续以及是否有能力继续纳米产品的发展和生产。在这个透明的决策过程中,使用者记录他们的决策以及与外在的和内在的利益相关者进行恰当的信息分享。第六步是检查和调整。通过定期检查,使用者可以不断地更新和重新检查安全评估的框架,从而确保安全管理系统是符合预期的,且可以面对新情况进行适当的调整。总而言之,杜邦的纳米安全评估系统作为一个实践指南,并不是一种法规,而是一种自愿采纳的指导性文件。这个指导性文件既可

以单独使用,也可以作为对纳米材料现有开发管理过程中的一个附录,从而为开发者发现、识别安全问题提供参考。该评估系统得到了来自企业、产业协会、政府机构和非政府组织代表的赞扬。更为重要的是该评估系统已经切实地改变了纳米工作场所的安全实践。

目前,杜邦有关纳米实践的安全文化建设上已经有了一定的经验,这些对于我们加强实验室的安全文化建设具有重要的参考价值。参照国外现有的经验,结合我们国家纳米实验室的现状,我们从物质文化、制度文化、意识文化三个方面针对纳米实验室目前存在的种种安全问题提出一些建议。

3.1 加强纳米实验室安全意识文化的建设

首先,应该从观念和思想的层面,加大宣传和教育力度,提高实验室工作人员的安全意识。大致可以为两个层面。第一,通过各种小型的展板、宣传栏、网站和开设讲座、论坛等形式,营造实验室上下重视安全的氛围。从实验室领导到每一个工作人员,都要将实验室安全放在第一位。定期通过多种媒介手段对实验人员加强安全文化教育,加强纳米安全知识的培训;第二,对于实验人员,定期举行纳米安全知识竞赛和培训,从而拓展安全知识和技能的深度。将安全考核纳入实验室绩效考核的范畴,促进实验室工作人员主动学习纳米安全和风险知识,定期参加安全培训。

实验室的安全涉及方方面面。其中包括实验材料的处理。如果处理不当,让纳米废料流入下水道或者生活垃圾,对空气、地下水和土壤造成污染,其后果不堪设想。这不仅关系到个人的健康和安全,而且也将波及社会甚至生态圈,因此,要让每一位纳米实验室工作人员加强安全责任意识,严格遵守流程、操作、结果,都应遵守纳米技术活动伦理规范和原则。另外,从纳米伦理责任原则出发,科研人员一旦发现纳米材料的毒性,

应该及时诚实地向消费者和广大公众公布实验结果,尊重人们对纳米产品风险的知情权和选择权。

3.2 纳米实验室安全制度文化建设

制度文化建设应该从两个层次来入手,一是国家,二是实验室。只有二者均兼顾到位,相互呼应才能做到制度上的全面、完备,也更利于实验室安全建设的推行和实施。

政府需发挥“集中力量办大事”的优势,推动纳米实验室安全法规的建立。当前法律对纳米材料的监管力度并不足够,特别是纳米材料的潜在职业风险对当前的职业和环境法规提出了挑战。因为大多数安全法规是建立在传统有害材料基础之上,而这并不适用纳米材料。由于纳米材料知识的贫乏无法合理地使用外推法推测其毒性,^[11]因此要充分、有效地应对纳米材料的全新特性和带来的挑战,必须加强纳米技术相关法律法规的建设和补充。当前国外已经开始为纳米技术安全法规的建立做了大量先导性的工作。加拿大环境部按照《新物质申报条例》对纳米材料发布了参考指南。^[12]另外成立于2005年的国际纳米技术标准化委员会(ISO/TC229)成立了“健康、安全与环境工作组(ISO/TC 229/WG3),其颁布了一个有关《纳米技术——纳米技术在职业场所的健康与安全措施》的国际标准。^[13]中国的政府部门、应当与工业界、学术界和非政府组织一起致力于纳米技术安全法规的建立,加强与国外相关部门的合作,积极地吸收国外已有的经验和取得的成果,逐步建立适合中国纳米实验室的安全法规。

而对于纳米实验室而言,建立相关的纳米材料,包括使用过的纳米材料的管理措施,对有效防范纳米技术的风险,保障工作场所纳米从业人员和环境的安全和健康十分重要。一个完整的安全管理办法应该包括操作规范、劳动保护措施、安全责任体制和应急措施四个部分。^[14]首先,在操作规范方面,如果无法确定所处理的纳米材料的毒性,应当按照有毒材料的规范进行。其次,

优化流程, 保持使用最少数量的纳米颗粒等管理手段。再次, 建立完善的工作人员安全培训和职业健康管理体制, 以及应对纳米物质意外释放的应急性管理措施, 将安全管理常态化。

3.3 纳米实验室安全物质文化建设

关于纳米技术风险防范的技术手段, 目前还有待于发展。因此, 国外一般是参照有毒化学品的要求来做的。例如, 美国环保局认为: “尽管纳米粒子风险存在科学的不确定性, 但是从保护人类健康和环境生态安全的目的出发, 应当把纳米材料和含有纳米材料的产品按照有毒化学品进行管理, 其在 2008 年发布了用于确定纳米材料在有毒物质管理法 (Toxic Substances Control Act, TSCA) 下按照新型物质或已有物质来对待的清单。”^[15]

纳米实验室的物质文化建设要针对纳米技术和材料的特性, 从整体物质技术手段建设上入手。首先, 采用完善的封闭系统 (closed system), 以尽量限制工作人员接触和暴露于纳米材料。“封闭系统是指在所有的操作进程中, 产品分析、回收、清洗、存储等都是在一个完全封闭的房间内进行。这些系统一般包括机械化进程, 甚至某些特定的自动化任务: 例如传送带运输产品, 机械采样, 保持封闭反应堆的清洁等。机械化提供了一种消除在不同进程阶段之间的处理和维持限制, 自动化则避免操作者暴露在可能产生悬浮微粒或液滴的关键性任务。”^[16]其次, 使用手套箱或通风橱净化工作场所环境。当前层流通风系统较好, 层流通风系统一般是橱柜形式, 有时可以减少压力, 这种设备有时是专门为纳米粒子所设计, 提供四层保护: 保护操作者、工作空间、环境和产品本身。再次, 选择适当的个人防护用具。个人防护用具目的在于防止工程控制失效时避免人员受到纳米物质的严重暴露。“PPE, 如防护口罩、手套和防护衣等, 是保护工人接触有害物质的最后一项措施。由于纳米颗粒健康危害的不确定性及工

人接触限值资料的有限性, 当从事哪些没有工业防护工艺或防护设备不能完全防止从呼吸和皮肤途径接触的工作时, PPE 的使用对工作人员来讲是一种保障。”^[17]

4 结语

安全文化的本质是以安全为首要目标, 以人为本。加强纳米实验室的安全物质文化、安全制度文化、安全意识文化的建设, 特别是在纳米技术风险不确定的情况下, 规范管理, 提高所有工作人员的风险意识, 可以较好地防范纳米技术的可能的风险, 保障纳米技术实验室工作人员的健康与生命安全, 保护环境, 从而推动纳米技术的可持续发展。

参考文献

- [1] Oberdörster G., Oberdörster E., Oberdörster J. Nanotoxicology: an emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles[J]. Environmental health perspectives, 2005: 823-839.
- [2] Nel A., Xia T., Mädler L., et al. Toxic potential of materials at the nanolevel[J]. Science, 2006, 311 (5761): 622-627.
- [3] INSAG S. C. Safety Series No. 75-INSAG 4[R]. 1991.
- [4] Cox S., Cox T. The structure of employee attitudes to safety: A European example[J]. Work & stress, 1991, 5 (2): 93-106.
- [5] Cox S., Flin R. Safety culture: philosopher's stone or man of straw?[J]. Work & Stress, 1998, 12 (3): 189-201.
- [6] Morse J. Triennial Review of the National Nanotechnology Initiative Reiterates Need for Information Exchange, Effective Technology Transfer, and Commercialization[J]. NNN Newsletter, 2013, 6 (4): 1-2.
- [7] Ecológica A. Principles for the Oversight of Nanotechnologies and Nanomaterials[R]. 2007.
- [8] 应杲秋, 曾群力, 祝慧娟. 纳米 SiO₂ 与标准 SiO₂ 致大鼠急性肺损伤的作用[J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2006, 24 (2): 116-117.
- [9] Maynard A. D., Aitken R. J., Butz T., et al. Safe handling of nanotechnology[J]. Nature, 2006, 444 (7117): 267-269.
- [10] Medley T., Walsh S. Nano Risk Framework: Environmental Defense-DuPont Partnership[R]. 2007.
- [11] Balbus J., Florini K., Denison R., et al. Getting It Right

- the First Time: Developing Nanotechnology while Protecting Workers, Public Health, and the Environment[J]. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2006, 1076: 331-342.
- [12] 梁慧刚, 汪华方, 刘清. 美国和加拿大纳米生物安全领域近期进展[J]. *新材料产业*, 2009, (4): 42-45.
- [13] 沈电洪, 王孝平. 纳米技术的标准化进程和伦理问题[J]. *科学通报*, 2011, 56 (2): 131-134.
- [14] 周固, 李崧. 高校实验室中纳米颗粒材料的安全管理[J]. *实验室研究与探索*, 2009, (4): 160-162.
- [15] Schierow L.-J. The Toxic Substances Control Act (TSCA): Implementation and New Challenges[R]. Congressional Research Service, Library of Congress, 2008.
- [16] Houdy P., Lahmani M., Marano F. Nanoethics and nanotoxicology[M]. Springer Science & Business Media, 2011.
- [17] 陈田, 甄森, 贾光. 纳米颗粒的职业风险管理[J]. *中华预防医学杂志*, 2010, 44 (9): 828-830.

Current situation and measures of safety culture in nano-laboratories

Wang Guoyu, Zhang Can, Li Xiaoxi

(School of Humanities, Dalian University of Technology, Dalian, 116024, China)

Abstract: Nanotoxicology research demonstrated that some manufactured nanomaterials have toxic effects on human health and environment. For the worker exposed in nanolaboratories, nanomaterials present potential risks. Given the inadequate technologies for testing nanotoxicology, strengthening the safety culture and improving nanotechnology workers' safety awareness are very important. Based on the empirical investigation, this paper explores firstly the current safety status in the nano-research laboratory from three dimensions: material culture, institution culture and awareness culture. Secondly, the paper puts forward some corresponding measures and suggestions. Lastly, the paper concludes that the construction of safety culture is not only vital for the health of nanotechnology researchers and the environment, but also important for the sustainable development of nanotechnology.

Keywords: Nanolaboratories; Safety culture; Safety awareness culture