

纳米科学与技术



纳米技术标准

〔美〕 V. 穆拉绍夫 〔美〕 J. 霍华德 主编
葛广路 等 译



科学出版社



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

纳米科学与技术

纳米技术标准

〔美〕V. 穆拉绍夫 〔美〕J. 霍华德 主编

葛广路 等 译



科学出版社

北 京

图字:01-2011-6658 号

内 容 简 介

本书详细介绍纳米技术的名词术语、测量表征、性能评价、健康安全等领域的标准制定最新动态、纳米标准物质与标准样品研制,以及纳米计量的研究现状等,并展望纳米标准的发展趋势。全书共分 10 章:第 1 章,导论;第 2 章,纳米技术术语与命名的现有观点;第 3 章,纳米尺度标准物质;第 4 章,纳米尺度计量学及对新技术的需求;第 5 章,性能标准;第 6 章,工业应用领域纳米技术表征与测量的标准化动态;第 7 章,表征与降低纳米材料风险的测量标准制定含义;第 8 章,纳米材料毒性:新出的标准与支持标准制定的工作;第 9 章,健康与安全标准;第 10 章,纳米技术标准与国际法律方面的思考。

本书可供从事纳米技术应用研究与市场开发的科研人员、纳米技术企业管理人员及相关监管人员阅读参考。

Translation from the English language edition:

Nanotechnology Standards edited by Vladimir Murashov and John Howard

Copyright © Springer Science+Business Media, LLC 2011

All rights reserved.

图书在版编目(CIP)数据

纳米技术标准/(美)穆拉绍夫(Murashov, V.), (美)霍华德(Howard, J.)主编;葛广路等译. —北京:科学出版社,2013. 10

(纳米科学与技术/白春礼主编)

书名原文:Nanotechnology standards

ISBN 978-7-03-038776-9

I. ①纳… II. ①穆… ②霍… ③葛… III. ①纳米技术-技术标准

IV. ①TB303-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 235357 号

丛书策划:杨 震 / 责任编辑:顾英利 刘志巧 / 责任校对:李 影

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:陈 敬

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 10 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2013 年 10 月第一次印刷 印张:15 3/4 插页:1

字数:292 000

定价:80.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《纳米科学与技术》丛书编委会

顾 问 韩启德 师昌绪 严东生 张存浩

主 编 白春礼

常务副主编 侯建国

副主编 朱道本 解思深 范守善 林 鹏

编 委 (按姓氏汉语拼音排序)

陈小明 封松林 傅小锋 顾 宁 汲培文 李述汤

李亚栋 梁 伟 梁文平 刘 明 卢秉恒 强伯勤

任咏华 万立骏 王 琛 王中林 薛其坤 薛增泉

姚建年 张先恩 张幼怡 赵宇亮 郑厚植 郑兰荪

周兆英 朱 星

《纳米科学与技术》丛书序

在新兴前沿领域的快速发展过程中,及时整理、归纳、出版前沿科学的系统性专著,一直是发达国家在国家层面上推动科学与技术发展的重要手段,是一个国家保持科学技术的领先权和引领作用的重要策略之一。

科学技术的发展和应用,离不开知识的传播:我们从事科学研究,得到了“数据”(论文),这只是“信息”。将相关的大量信息进行整理、分析,使之形成体系并付诸实践,才变成“知识”。信息和知识如果不能交流,就没有用处,所以需要“传播”(出版),这样才能被更多的人“应用”,被更有效地应用,被更准确地应用,知识才能产生更大的社会效益,国家才能在越来越高的水平上发展。所以,数据→信息→知识→传播→应用→效益→发展,这是科学技术推动社会发展的基本流程。其中,知识的传播,无疑具有桥梁的作用。

整个 20 世纪,我国在及时地编辑、归纳、出版各个领域的科学技术前沿的系列专著方面,已经大大地落后于科技发达国家,其中的原因有许多,我认为更主要的是缘于科学文化的习惯不同:中国科学家不习惯去花时间整理和梳理自己所从事的研究领域的知识,将其变成具有系统性的知识结构。所以,很多学科领域的第一本原创性“教科书”,大都来自欧美国家。当然,真正优秀的著作不仅需要花费时间和精力,更重要的是要有自己的学术思想以及对这个学科领域充分把握和高度概括的学术能力。

纳米科技已经成为 21 世纪前沿科学技术的代表领域之一,其对经济和社会发展所产生的潜在影响,已经成为全球关注的焦点。国际纯粹与应用化学联合会(IUPAC)会刊在 2006 年 12 月评论:“现在的发达国家如果不发展纳米科技,今后必将沦为第三世界发展中国家。”因此,世界各国,尤其是科技强国,都将发展纳米科技作为国家战略。

兴起于 20 世纪后期的纳米科技,给我国提供了与科技发达国家同步发展的良好机遇。目前,各国政府都在加大力度出版纳米科技领域的教材、专著以及科普读物。在我国,纳米科技领域尚没有一套能够系统、科学地展现纳米科学技术各个方面前沿进展的系统性专著。因此,国家纳米科学中心与科学出版社共同发起并组织出版《纳米科学与技术》,力求体现本领域出版读物的科学性、准确性和系统性,全面科学地阐述纳米科学技术前沿、基础和应用。本套丛书的出版以高质量、科学性、准确性、系统性、实用性为目标,将涵盖纳米科学技术的所有领域,全面介绍国内外纳米科学技术发展的前沿知识;并长期组织专家撰写、编辑出版下去,为我国

纳米科技各个相关基础学科和技术领域的科技工作者和研究生、本科生等,提供一套重要的参考资料。

这是我们努力实践“科学发展观”思想的一次创新,也是一件利国利民、对国家科学技术发展具有重要意义的大事。感谢科学出版社给我们提供的这个平台,这不仅有助于我国在科研一线工作的高水平科学家逐渐增强归纳、整理和传播知识的主动性(这也是科学研究回馈和服务社会的重要内涵之一),而且有助于培养我国各个领域的人士对前沿科学技术发展的敏感性和兴趣爱好,从而为提高全民科学素养作出贡献。

我谨代表《纳米科学与技术》编委会,感谢为此付出辛勤劳动的作者、编委会委员和出版社的同仁们。

同时希望您,尊贵的读者,如获此书,开卷有益!



中国科学院院长

国家纳米科技指导协调委员会首席科学家

2011年3月于北京

译者序

随着经济全球化的加快发展,国际竞争态势正发生重大而深刻的变化,知识产权和技术标准日益成为国际竞争的主要工具。目前纳米技术和产业正在飞速发展和不断壮大,越来越多的纳米产品走向市场,这就对检测、计量、认证和标准提出了越来越迫切的需求。由于标准和市场准入对现代高技术产业发展具有重要作用,纳米技术标准制定引起了各国政府和国际标准组织的高度重视,也引发了各发达国家计量和研究机构的激烈竞争。

从对纳米科技基础研究的促进作用来说,纳米标准贯穿于纳米技术的各个领域和环节,作为测量的最佳规程,其制定会显著提高纳米测量的准确性和可靠性,也是研究复杂环境下纳米结构中的物理、化学和生物效应的重要保障。

从产业发展的角度来看,作为一种新兴技术,纳米技术要得到传统产业认可并真正发挥预期作用,必须实现从材料生产、检测到应用各个环节的标准化。纳米标准是促进我国参与制定纳米产业贸易准则、实现测量数据的国际互认、保障我国纳米产业国际竞争力的必要条件,也是各国争相布局的战略制高点。

从标准化管理和研究来看,纳米标准领域自2005年国际标准化组织成立专门的技术委员会(ISO/TC 229)及国际电工委员会成立技术委员会(IEC/TC 113)以来,在短短的几年时间里取得了飞速的发展,其制定的一系列标准和围绕这些标准开展的研究工作必将对未来的纳米产业产生巨大影响。同时,对于正在飞速发展的高新技术领域制定标准,本身也在标准制定模式、组织协调等方面有所创新。

纳米标准制定面临许多挑战,一方面,纳米尺度上各种性质涨落幅度较大,易于受外界扰动影响,制定检测标准和研制标准样品难度很大;另一方面,建立纳米标准体系既需要借鉴传统领域标准制定的思路和规范,又需要针对纳米技术本身特点采用创新的手段和方法,同时与其他领域的标准制定互相促进。

纳米测量技术标准涉及研究人员、政府组织、消费者等各个群体的利益,受到各国和各个国际标准组织的高度关注。本书希望通过介绍纳米材料和纳米技术领域正在开展的标准工作,能够为相关研发人员、管理人员提供详细信息,并为其高新技术领域的标准化工作提供参考。

本书详细介绍纳米技术的名词术语、测量表征、性能评价、健康安全等领域的标准制定最新动态,纳米标准物质与标准样品研制,以及纳米计量的研究现状;分析纳米标准和计量研究的挑战和机遇,阐述其对纳米科学与技术的促进,以及对纳米产业健康发展的保障作用,并展望纳米标准的发展趋势。本书由来自美国国立

职业安全与健康研究所、日本产业技术综合研究所、欧盟联合研究中心等学术机构,且目前在纳米技术标准领域最为活跃的专家学者编写而成,采用最新国际发展趋势和出版文件,是国际上首部也是迄今唯一一部系统介绍纳米标准领域的书籍,具有较高的水平和参考价值。

本书翻译工作得到了国家出版基金的资助,在此致以诚挚的谢意。中译本是集体的成果,其中序言部分由陈宽翻译,葛广路修改;第1章由葛广路、陈宽翻译,葛广路修改;第2章由葛广路翻译并修改;第3章由刘忍肖翻译,葛广路修改;第4章由郭玉婷翻译,陈宽修改;第5章由陈宽翻译,葛广路修改;第6章由王春梅翻译,沈电洪修改;第7章由郭玉婷翻译,葛广路、沈电洪修改;第8章由纪英露、陈宽翻译,葛广路修改;第9章由纪英露、陈宽翻译,葛广路修改;第10章由郭玉婷翻译,葛广路、沈电洪修改。全书由葛广路和陈宽统稿并修订。

译者对原书中的一些错误进行了核实和修订,对原书中一些模糊之处进行了考证并加入了译者注。对于原书中一些成书时正在起草的标准的现状进行了跟踪,并以译者注的形式给出了更新。

纳米科技是一个飞速发展的多学科交叉领域,由于译者专业背景和水平所限,译文难免有不当之处,敬请读者批评指正。

译者

2013年8月于北京

序 言

全球化所释放出的经济力量正影响着知识的产生,货物和服务的商业贸易,以及产品的制造。全球经济力量也使得国际标准在商业和科学中扮演着更加重要的角色。标准正在日益担当起促进新兴技术国际开发和商业化的重要作用。标准通过为专业名词术语下定义、对分析方法进行标准化、判别有害暴露是否存在以及提供控制诸多与国际技术商业化相关的风险的方法等措施来帮助经济全球化。同时,在 21 世纪,制造业工人、消费者和环境所面临的风险的标准制定就像 20 世纪的自由贸易协定一样正在成为全球化成功的关键。并且,风险管理标准的使用是自纳米技术作为一种有望改变我们生活和工作方式的全球技术而出现后才开始的。

纳米技术是一种快速发展并具有潜在变革性的技术,它有极大改善人类生活诸多领域的潜力。纳米技术为制备更坚固和更轻的材料、更有效的药物、新型能源、更有营养和能长期保存的食品、更完善的国家安全装备及革命性的癌症治疗手段带来了希望。任何新技术被顺利接受及得到广泛的商业传播,都需要严格注意控制潜在风险,尤其是在拥有稳固的产品责任和人身伤害体系的国家中。国际标准可用于保护产品使用者和产品制造者。

从历史上看,归入国际贸易协定或被国家法律所采用的国际标准仅是由少数公共和民间组织制定的。例如,经济合作与发展组织(OECD)、联合国的多个组织,以及国际标准化组织(ISO)和国际电工委员会等一些民间组织,通过正式的国家会员资格规定,在 20 世纪始终作为国际标准制定的主要路径。此外,也存在大量通常由没有国家组织会员参与的民间组织(如 ASTM 国际以及电气和电子工程师协会)制定的自发国际标准。

现有的标准制定组织(SDO),无论公共组织还是民间组织,都在特定应用领域组成专家组开展工作。然而对于纳米技术,已经成立的技术组跨越整个技术,或者对该技术来说范围很广的方面,例如环境安全和健康议题,从而协调标准制定活动,并保留足够的灵活性以便吸纳快速发展的关于纳米技术及其潜在风险和益处

的知识。

在过去的 5 年中,几乎所有主要的 SDO 都建立了这样的技术组。例如,2005 年 ISO 建立了一个纳米技术委员会——TC 229,OECD 也在 2006 年建立了人工纳米材料工作组。许多工作在纳米标准制定领域的现存的技术组拥有许多并行的项目,一些是针对纳米技术和纳米材料的基础术语的制定,一些为开发纳米材料特

定测量技术而工作,而其他的正在制定职业和环境健康和安全指导原则。

《纳米技术标准》一书反映了这一纳米技术国际标准制定的新途径,并围绕与各类 SDO 中现存的技术组相类似的广泛的应用领域。第 1 章导论描述了标准制定过程的历史,讨论了活跃在纳米技术领域的不同标准制定组织的角色,概述了纳米技术的国家和国际标准制定背景,突出了 21 世纪标准制定中知识管理体系的运用,并且讨论了“前瞻型”标准制定的独特挑战,如怎样在有限知识的条件下达成共识。第 2~9 章提供了对于命名和术语,标准物质*,计量学,性能标准,应用测量,含义测量,生物活性测试,以及健康和领域课题的发展的最新状况的综述。每一章都总结了国家和国际标准制定的活跃领域,并且描述了支持目前纳米技术标准的知识基础和纳米技术标准制定的未来方向。最后,第 10 章将讨论如何根据国际法律要求和在国家管理结构中的国际标准应用的背景中制定标准。

《纳米技术标准》一书是由一个代表着国际 SDO 群体和纳米科学群体的国际专家团队所撰写的、第一部综合收集 21 世纪纳米技术标准制定的最新现状水平的综述,呈现了各个方面和全球各地的知识观点。本书把握住了国际和国家的纳米技术标准制定的动态领域中的最新发展并且概述了未来方向。本书对于学术界、工业界和政府中管理纳米技术产品开发或者纳米技术风险的人,抑或仅仅想要了解更多关于如何利用纳米技术标准管理此类风险的广大纳米技术和材料科学家、工程师、律师、监管者及学生,是一本必备参考书。

弗拉基米尔·穆拉绍夫

约翰·霍华德

于华盛顿哥伦比亚特区

* 关于 reference material,有多种不同的中文译法,如:标准物质、参考物质、参照样品、标准样品等,本书采用“标准物质”。——译者

目 录

《纳米科学与技术》丛书序

译者序

序言

第 1 章 导论	1
1.1 引言	1
1.2 标准的历史	1
1.2.1 社团标准制定	2
1.2.2 国家标准制定	3
1.2.3 国际标准制定	5
1.2.4 全球性标准制定	8
1.2.5 纳米技术标准显现的发展	11
1.3 结论	13
参考文献	14
第 2 章 纳米技术术语与命名的现有观点	18
2.1 引言	18
2.2 术语	20
2.2.1 来自非标准制定组织的说法	21
2.2.2 ASTM 国际	26
2.2.3 ISO/TC 229	28
2.2.4 术语的结论性评述	32
2.3 命名法与纳米技术	33
2.3.1 命名法为什么对标准有用?	33
2.3.2 命名的挑战	35
2.3.3 标准制定组织和纳米技术命名法	36
2.3.4 得到认可的化学命名团体总览	37
2.3.5 其他概念	39
2.3.6 纳米技术命名系统的可能参数	39
2.3.7 表征与名称的区别	40
2.3.8 命名法的未来方向	41
2.4 结束语	42

参考文献	42
第 3 章 纳米尺度标准物质	46
3.1 引言	46
3.1.1 标准物质的应用日益增加	46
3.1.2 术语“纳米尺度”	46
3.1.3 纳米技术需要标准物质	47
3.1.4 本章的结构	48
3.2 标准物质生产和应用的一般性问题	48
3.2.1 ISO/REMCO 的角色	48
3.2.2 标准物质	48
3.2.3 有证标准物质	50
3.2.4 有证和无证标准物质的不同应用	51
3.3 与纳米尺度标准物质相关的关键问题	52
3.3.1 “被测量”定义	53
3.3.2 溯源性声明	53
3.3.3 实验室资质	54
3.3.4 均匀性和稳定性	54
3.4 纳米技术 RM 范例	55
3.4.1 纳米尺度标准物质的应用领域	55
3.4.2 现有的纳米尺度 RM 数据库	55
3.4.3 纳米颗粒尺寸分析 RM	56
3.4.4 薄膜厚度测量 RM	57
3.4.5 化学对比成像 RM	58
3.4.6 表面形貌测量 RM	58
3.4.7 表面积测量 RM	59
3.4.8 粉体多孔性测量 RM	60
3.4.9 碳纳米管表征 RM	60
3.5 当前发展和未来趋势	60
3.5.1 纳米 RM 所面临的科学挑战	60
3.5.2 实验室认可和监管	61
3.5.3 合作	61
参考文献	61
第 4 章 纳米尺度计量学及对新技术的需求	64
4.1 引言	64
4.2 国际合作	65

4.3 测量不确定度评估	66
4.4 计量和工业:以长度校准为例	67
4.5 当前使用计量的关键要素	68
4.6 冗余及重复	69
4.7 当前进展和趋势	70
参考文献	71
第5章 性能标准	73
5.1 性能测试的预期标准化对纳米技术成功工业化的支持:总体框架	73
5.1.1 为何需要性能标准?	73
5.1.2 先期标准化	77
5.1.3 纳米技术标准和现行标准	79
5.2 如何建立完整的增值链/供应链的标准	80
5.2.1 质量和过程管理	80
5.2.2 作为直接和间接性能参数的关键控制特性,及其在质量管理体系中的角色	81
5.2.3 确定 KCC 的质量功能展开方法	82
5.3 纳米电子学标准化:最初的步骤与实践经验	85
5.3.1 微电子工业:高质量标准和高创新率	86
5.3.2 安全性方面:洁净间技术、少量纳米材料、纳米组件封装	86
5.3.3 迄今为止的经验:IEC/TC 113 中的现有项目	87
5.4 未来发展	94
5.5 结论	95
参考文献	96
第6章 工业应用领域纳米技术表征与测量的标准化动态	98
6.1 引言	98
6.2 包括纳米管在内的工程纳米材料的测量/表征标准化(ISO/TC 229/WG 2 在纳米技术领域的活动)	102
6.2.1 代表性的工程纳米材料	102
6.2.2 MWCNT 表征的标准化	104
6.2.3 SWCNT 的表征的标准化	106
6.2.4 其他工程纳米材料的表征标准化的必要性	109
6.3 用于纳米涂层/结构测量的分析技术的标准化(ISO/TC 201 关于表面化学分析的活动)	111
6.3.1 为将表面化学分析用做表征纳米涂层/结构的表面和界面性质的工具	

的 ISO/TC 201 标准化	111
6.3.2 ISO/TC 201/SC 9 中的 SPM 的标准化	114
6.3.3 ISO/TC 201 发布的纳米涂层/结构表征方面的国际标准的潜在用途 ..	118
6.3.4 ISO/TC 201 正在进行中的纳米结构材料的表征项目	121
6.4 其他标准组织的应用测量	127
6.4.1 关于测量和表征的文件标准的国际研讨会	127
6.4.2 ISO/TC 24/SC 4 的活动(颗粒表征标准化)	128
6.4.3 IEC/TC 113	131
6.4.4 CEN/TC 352	132
6.4.5 ASTM 国际的 E42 和 E56 委员会	132
6.4.6 IEEE 纳米技术标准工作组	134
6.5 结论	136
6.5.1 从纳米材料到纳米中间体表征的标准化	136
参考文献	137
第 7 章 表征与降低纳米材料风险的测量标准制定含义	141
7.1 引言	141
7.2 风险范式	142
7.3 纳米技术标准的发展	143
7.4 测试标准与风险范式的关联	144
7.4.1 粉体中纳米物体的含量	144
7.4.2 金属气溶胶吸入标准	146
7.4.3 纳米材料中内毒素的量化	147
7.5 总结	149
参考文献	150
第 8 章 纳米材料毒性: 新出的标准与支持标准制定的工作	153
8.1 引言	153
8.2 纳米毒理学的国际性工作	158
8.2.1 OECD	158
8.2.2 ISO 纳米技术委员会	161
8.2.3 ASTM 国际	164
8.3 毒性试验的验证需求和试验验证工作	165
8.3.1 毒性试验的验证需求	165
8.3.2 支持毒理学测试和标准制定的工作	166
8.4 未来	170
8.4.1 何处需要标准: 未来的机会	170
8.4.2 协调和标准的作用	173

8.4.3 纳米毒理学国际合作的未来	174
参考文献	174
第9章 健康与安全标准	178
9.1 引言	178
9.2 接触限值	179
9.3 危害告知	182
9.3.1 材料安全数据表	182
9.3.2 标签	183
9.3.3 全球协调体系	185
9.4 风险缓解	186
9.4.1 职业指南	186
9.4.2 环境和消费者指导	191
9.4.3 综合风险管理架构	192
9.5 行动守则	193
9.6 未来方向	194
9.6.1 趋势和展望	194
9.6.2 基于表现的纳米技术风险管理项目	195
9.6.3 全球健康和安全标准制定的协调	196
9.7 结论	196
参考文献	197
第10章 纳米技术标准与国际法律方面的思考	205
10.1 引言	205
10.2 标准不是法律	206
10.3 标准和政府决策	207
10.4 标准和知识产权	208
10.5 标准和公司交易	209
10.6 标准与环境健康和安全规章	209
10.7 标准和消费者	210
10.8 标准和国际贸易	211
10.9 标准和风险管理	214
10.10 当标准比法律更加严格时	215
10.11 将纳米技术标准纳入法律结构	215
10.12 结论	217
附录 术语和缩略词表	219
索引	227
彩图	

第 1 章 导 论^{*}

Vladimir Murashov, John Howard

1.1 引 言

标准可以被理解为规则、规定或要求,主要根据管理者、社会惯例或共识来制定。美国国家标准学会(ANSI)把标准按功能或来源分为八类:基础标准、产品标准、设计标准、过程标准、规范标准、编码标准、管理系统标准和个人认证标准^[1]。历史上,标准是在有限的地域,随人类的技术水平发展,按照共同的使用情况和早期的惯例来制定的。

现在,国际标准主要由来自世界各地的利益相关者所组成的团体来制定,着重在彼此方便沟通和交流、促进商业贸易和保障安全与健康。世界范围内,可能已有超过 1000 个标准制定团体制定了超过 500 000 份标准^[1]。标准的数量,以及它们使用的地区和技术范围,随着关于社会风险的知识以及那些知识的快速传播,而一直在扩展。为了反映世界贸易、交通、经济和政治的变化,标准制定以及其在监管中的应用一直在发展。本章将全面讨论标准制定的历史,并专门讨论崭露头角的纳米技术领域标准制定。

1.2 标准的历史

标准制定的历史可以划分为四个阶段:①社团标准制定;②国家标准制定;③国际标准制定;④全球性标准制定。各阶段在标准制定的类型、推广程序和监管机制上都有自己的特点。

^{*} 本报告中的研究结果和结论为作者观点,并不必然代表美国国立职业安全与健康研究所的立场。

V. Murashov (✉)

National Institute for Occupational Safety and Health, Centers for Disease Control and Prevention, U. S.
Department of Health and Human Services,

Washington, DC, USA

e-mail: vmurashov@cdc.gov

1.2.1 社团标准制定

标准制定的历史或许可以回溯至 20 000 年以前,当时冰期的欧洲猎人率先使用了时间单位标准。这些早期的标准制定者在树枝和骨头上刻线挖洞,通过记录月相的每日变化来计时^[2]。起初,人们制定标准旨在协调人类行为与自然现象之间的关系。之后,标准的功能和应用一直在扩展,并且和人类自身技术和社会发展不断增加的复杂性保持同步。

早在 10 000 年前,农业的出现在人类文明的发展和标准的制定中迈出了关键的一步。得益于农业,人们生产的食品出现了过剩现象,从而奠定了贸易的基础。随后,贸易对引入单位标准提出了要求,以便确保贸易的公平,并对交易的货物征税。这些早期标准,如产品价值(或货币)^[3]、长度、重量^[4]的单位标准,通过地方政权(某些情况下,通过国家)的权威来强制施行。诸如货物的测量与交换的标准之类的商业贸易标准的例子,公元前 1790 年古巴比伦的《汉谟拉比法典》中已有载录。

农业还促进了技术知识与相关标准的发展和积累。用标准的形式将积累下来的知识有效地传给后人的需求导致了文字的发展。最早一批保存下来的文字作品是 5000 年前在埃及、美索不达米亚和中国创造的^[5]。文字被用来为每一种活动传递复杂的标准做法。例如,埃及埃德富的荷鲁斯神庙保存着公元前二世纪的操作标准雕刻,规定了为神像焚香和准备油膏的程式^[6]。

针对安全和健康的操作标准,如规定了建造物体和结构最低安全接受水平的建筑条例,最初是在农业社会中出现的。最早一批保存下来的建筑条例可以在《汉谟拉比法典》中找到。早期的食品安全标准——安全和健康的操作标准的又一实例——主要是为了防止商业欺诈和食品掺假而建立的^[7]。例如,罗马人订立了保护民众免受掺假食品危害的民法条款。公元前 200 年,罗马政治家加图(Cato)就描述了一种确定商人是否在酒里掺水的方法^[7]。英国在 1266 年通过了其首部食品法——《面包法令》,以防止在面包中掺入价廉质次的成分。直到 1987 年被欧洲法庭作为贸易壁垒取消之前,德国 1516 年的“啤酒纯度”法(“Reinheitsgebot”)一直是世界上最早的食品安全监管标准。“啤酒纯度”法为政府提供了工具以管控销售给大众的啤酒的成分(限定麦芽、啤酒花和水的含量)、过程和品质^[8]。在美国早期殖民地时期,食品法规是为了促进优质食品向欧洲的出口。举例来说,1641 年马萨诸塞湾区殖民地制定的肉类鱼类检查法案就是为了证明殖民地生产和出口到宗主国的食品的高品质,从而获得商业上的优势^[7]。

手工业在农业社会中得到了发展。“秘方”——一种具有知识产权的操作标准——被诸如石工、玻璃、地毯等众多行业的手工业者采用。这些标准随着特定手工业的复杂程度而变化,形成了中世纪同业公会的基础。这些操作标准,与职业行