



标准化工程实践 创新与应用

BIAOZHUNHUA GONGCHENG SHIJIAN CHUANGXIN YU YINGYONG

茅海军 编著



标准化工程实践 创新与应用

BIAOZHUNHUA GONGCHENG SHIJIAN CHUANGXIN YU YINGYONG

茅海军 编著

中国标准出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

标准化工程实践创新与应用 / 茅海军编著. —北京:
中国标准出版社, 2022. 12

ISBN 978 - 7 - 5066 - 9964 - 8

I. ①标… II. ①茅… III. ①技术标准—研究 IV.
①G307

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2022) 第 173182 号

中国标准出版社 出版发行

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号 (100029)

北京市西城区三里河北街 16 号 (100045)

网址: www.spc.net.cn

总编室: (010) 68533533 发行中心: (010) 51780238

读者服务部: (010) 68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 18 字数 372 千字

2022 年 12 月第一版 2022 年 12 月第一次印刷

*

定价 50.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话: (010) 68510107

编著委员会

主 编 茅海军

副主编 刘 欣 李巍霞

编 委 王 迁 颜 鹰 胡玉华

程 越 张 岗 张朋越

编著单位

中国计量大学

中国标准化研究院

西安市质量与标准化研究院

广东博智林机器人有限公司

前言

标准是人类文明进步的成果，是经济活动和社会发展的技术支撑，也是世界的通用语言。“标准助推创新发展，标准引领时代进步”指明了标准的重要性。规则、标准和话语权是全球竞争的焦点，而标准的竞争最终体现在人才的竞争，如何培养同时具备技术背景和标准化技能的复合型人才已成为近年来我国教育界、产业界和标准化界共同关注的热点问题。

2008年由教育部批准，中国计量学院（2016年更名为中国计量大学）正式设立了全国首个标准化工程本科专业（四年制），开启了我国标准化本科人才培养的先河。截至2022年7月，中国计量大学已培养标准化工程专业本科毕业生近千人，并于2022年入选国家级一流本科专业建设点。经过十多年的艰辛探索，中国计量大学在标准化学科建设、课程设置、专业实习等方面积累了大量素材、丰富案例和教学经验。为了总结办学经验，同时与教育界、产业界和标准化界的同仁、专家们共同探讨我国标准化人才的培养之路，编著此书，以抛砖引玉。

《标准化工程实践创新与应用》是一本理论和实践相结合的教材，详细介绍了国内外标准化领域人才培养的创新实践模式和经验。全书共分为5章，包括绪论、标准化原理、国内外的实践教学、实验教学平台和实践创新活动。其中，第一章介绍了标准化基本知识；第二章介绍了标准化主要的理论基础；第三章介绍了国内外标准化教学实践的情况和经验；第四章介绍了虚拟仿真实验教学平台；第五章列举了创新实践的优秀案例。

本书是浙江省普通高校“十三五”新形态教材，适合高等院校工业工程、标准化工程、质量管理等相关专业的师生使用。由于编著者水平有限，书中错漏在所难免，敬请广大读者指正和谅解。最后由衷感谢参与此书编著人员的辛勤付出。

编著者

2022年10月

目录

第一章 绪论	
第一节 标准的概念和特征	2
第二节 标准化的概念和特征	5
第三节 标准和标准化的关系	8
第四节 标准化的地位和作用	9
第二章 标准化原理	
第一节 基本概述	14
第二节 统一原理	15
第三节 简化原理	17
第四节 协调原理	20
第五节 最优化原理	22
第六节 原理之间的相互关系	24
第三章 国内外的实践教学	
第一节 虚实结合的实践教学理念	26
第二节 国内外标准化实践	27
第四章 实验教学平台	
第一节 实验教学概述	38
第二节 虚拟仿真平台	38
第三节 系统建模平台	185
第五章 实践创新活动	
第一节 开放性实验	198
第二节 创新创业项目	211
第三节 学科竞赛	237
参考文献	277

第一章 绪论



本章要点

- 标准及标准化的概念
- 标准化的地位和作用

导语

标准化作为一门独立的学科，有它特有的概念体系。标准化的概念是人们对标准化有关范畴本质特征的概括。标准化概念体系中，最基本的概念是“标准”和“标准化”，本章将介绍这两个概念的定义以及它们的关系。

| 第一节 | 标准的概念和特征

标准作为标准化的核心，随着科学技术的进步，其定义和解释经历了多年的演变，其中最有影响的有4个：一是1934年美国学者约翰·盖拉德在其《工业标准化：原理与应用》一书中对标准作出的定义，这也是世界上最早关于标准的定义，即：“对计量单位或基准、物体、动作、过程、方式、常用方法、容量、功能、性能、办法、配置、状态、义务权限、责任、行为、态度、概念或想法的某些特征，给出定义、作出规定和详细说明。它以语言、文件、图样等方式或利用模型、样本及其他具体表现方法，并在一定时期内适用。”二是1983年国际标准化组织（ISO）将标准定义为：“适用于公众的，由有关各方合作起草并一致或基本上一致同意，以科学、技术和经验的综合成果为基础的技术规范或其他文件，其目的在于促进共同取得最佳效益，它由国家、区域或国际公认的机构批准通过。”三是1983年我国对标准的定义，即：“对重复性事物和概念所做的统一规定。它以科学、技术和实践经验的综合成果为基础，经有关方面协商一致，由主管机构批准，以特定形式发布，作为共同遵守的准则和依据。”四是1996年修订的GB/T 3935.1《标准化和有关领域的通用术语 第1部分：基本术语》等同采用1991年ISO/IEC Guide 2: 1991 *General terms and their definitions concerning standardization and related activities* 中对标准的定义，即：“为在一定的范围内获得最佳秩序，对活动或其结果规定共同的和重复使用的规则、导则或特性的文件。该文件经协商一致制定并经一个公认机构批准。注：标准应以科学、技术和经验的综合成果为基础，以促进最佳社会效益为目的。”

2002年，我国发布了GB/T 20000.1—2002《标准化工作指南 第1部分：标准化和相关活动的通用词汇》，代替了GB/T 3935.1—1996《标准化和有关领域的通用术语 第1部分：基本术语》。GB/T 20000.1—2002《标准化工作指南 第1部分：标准化和相关活动的通用词汇》修改采用ISO/IEC Guide 2: 1996对标准的定义，即：“为了在一定的范围内获得最佳秩序，经协商一致制定并由公认机构批准，共同使用的和重复使用的一种规范性文件。注：标准宜以科学、技术和经验的综合成果为基础，以促进最佳共同效益为目的。”世界贸易组织技术性贸易壁垒协议（WTO/TBT）对标准的定义为：“标准是被公认机构批准的，非强制性的，为了通用或反复使用的目的，为产品或其加工或生产方法提供规则、指南或特性的文件。”

目前，我国对标准最新的定义（见 GB/T 20000.1—2014《标准化工作指南 第1部分：标准化和相关活动的通用术语》）如下。

通过标准化活动，按照规定的程序经协商一致制定，为各种活动或其结果提供规则、指南或特性，供共同使用和重复使用的文件。

注1：标准宜以科学、技术和经验的综合成果为基础。

注2：规定的程序指制定标准的机构颁布的标准制定程序。

注3：诸如国际标准、区域标准、国家标准等，由于它们可以公开获得以及必要时通过修正或修订保持与最新技术水平同步，因此它们被视为构成了公认的技术规则。其他层次上通过的标准，诸如专业协（学）会标准、企业标准等，在地域上可影响几个国家。

该定义将标准的载体界定为一种文件，分别指出了标准的目的、形成程序、使用特点、特殊用途以及发布机构等内在特征。标准和标准化都是比较抽象的概念，其外延很广，因此要把握其内涵本质，具体可以从以下6个方面进行理解。

(1) 标准的载体是一种规范性文件。所谓“规范性文件”是指为各种活动或其结果提供规则、导则或规定特性的文件。这里所说的“规则、导则”是提供大家共同遵守的制度、程序、方法等，如技术工作程序、标准结构及编写规则等；“特性”是指产品、过程或服务的性质。规范性文件的表现形式可以有多种，诸如以方法、规范、规程、指南等形式展现。

(2) 制定标准的对象是“活动或其结果”。这里所说的“活动或其结果”是指产品。产品可以是材料、元件、设备、系统、接口，也可以是协议、程序、功能、方法或活动，通常把这些标准化的对象概括为“产品、过程或服务”。标准化的对象可以围绕对象的某一个特定方面进行，一组相关的标准化对象被称为“标准化领域”，比如工程、运输、农业等产品可包括服务、软件、硬件、流程性材料或它们的组合；产品可以有形的，也可以是无形的或是它们的组合；产品可以是预期的，也可以是非预期的。

(3) 标准有共同使用和重复使用的要求。这里需要明确并不是所有“活动或其结果”都适合制定标准，只有那些“共同使用的和重复使用的活动或其结果”才是制定标准的对象。也即是说，个性的和没有重复使用价值的都不需要制定标准文件，也就不宜作为标准化对象。在这里，“共同使用”的特征说明了标准的公共属性，既然是“共同使用”，那就不是某个人或者某个组织私有的物品，而是公共物品。当然，企业标准是比较特殊的一类，它是企业的私有资源，具有私有的属性。而“重复使用的”可能有两种情况：一种是对反复出现多次使用的事物，如产品在生产过程中重复投入、

重复加工、重复生产；同一类活动，如产品或工程设计在不同地点、不同对象上同时或相继发生；某一种概念、方法、符号被反复使用等。对这类重复事物制定标准的目的是总结以往经验，选择最佳方案，作为今后重复实践的目标和依据。这样做可以扩大最佳方案的使用，以谋求最大的效益。另一种是对某些科研新成果或技术新成果，虽然重复实践的次数不多，但为了引导其发展，保证各相关部分的互连（对电子元器件产品还要求统一制式，实现互通、互操作），主要零部件的互换，需要制定一些超前标准，供在今后重复实践中不断使用与完善。

（4）标准产生的基础是“科学、技术和经验的综合成果”。标准产生的基础是“科学、技术和经验的综合成果”，这就奠定了标准的科学性和先进性。为此，每制定一项标准必须切实考虑好两个方面的因素：一是将科研新成果、技术新成果同实践中积累的先进经验结合，通过综合分析、比较、优化后形成标准内容。制定标准的过程也是对科学、技术和经验加以消化、概括和凝练的过程。二是对标准中的各条款，要经过认真地研究，全面分析、充分协商，将其制定得更科学、更适用，避免将局部的和片面性的经验纳入标准。

（5）制定的标准需经利益相关方协商一致。协商一致（consensus）是指普遍同意，表征为对实质性问题或重要方面没有坚持反对意见，并且按程序对有关各利益相关方的观点进行了研究并对争议进行了协调。协商一致并不意味着没有异议。简而言之，协商一致是指各利益相关方对标准中的实质性问题普遍接受，没有坚持反对意见，而不是说所有各方全无异议。前面提到标准具有“公共属性”，是在一定范围内需要各方作为共同遵守的准则或技术依据，而只有当标准的内容被各利益相关方都认可的时候，才有可能在贯彻实施的时候各方能一致行动，最终取得“共同效益”。因此，制定标准过程中的协商一致是必要的。首先，考虑了各有关方面的利益和建议形成的标准，必然得到认可和欢迎；其次，经过集思广益，标准内容必然更加科学；最后，经过协商讨论，便于各有关方面对标准的理解，有利于标准的实施。也就是说，协商一致体现了标准的民主性和群众性。

（6）标准需经“公认机构”的批准。为了保证标准的严肃性和权威性，同时也是规范性的需要，标准在正式发布前需经公认机构批准是非常必要的。一般公认机构在批准标准前会对标准文本的格式和内容细节做最后的审查，通过后才能正式发布。这里所指公认机构一般包括政府主管部门，标准化组织或团体（包括国际组织或区域组织），从事标准化工作的协会、学会或者联合会等权威机构。

| 第二节 | 标准化的概念和特征

不同国家的标准机构、专家、协会都对标准化的定义进行过广泛而深入的探讨，这些概念有相近的地方，也存在差异，存在不同的版本。这说明标准化本身具有哲学性，越抽象的事物，其概念的发散性程度就越大越广泛，但抽象性事物的本质往往隐藏在大量的具体现象中，使得人们的认知出现了主观性，因此不同的主体给出的定义差异就越大。这里列出历史上对标准化的一些主流观点，旨在探索标准化的本质规律和影响因素。

日本工业标准 JIS Z 8101—1956《质量管理术语》对标准化的定义为：“制定并有效地运用标准的有组织行为。”德国标准化学会（DIN）对标准化的定义为：“为了公众的利益，由各有关方面共同进行的，有计划地使物质的和非物质的对象统一化。”美国材料与试验协会（ASTM）对标准化的定义为：“为各有关方面的共同利益和在其合作下，对某一专门活动的规律性方法制定和应用规章的过程。某一标准是某一方面标准化工作的成果，而且该成果只能由某一公认的标准团体所取得。换句话说，标准是促进买主和卖主之间的货物流通并保护公共利益的一种共同语言。”《技术百科全书》对标准化的定义为：“将已规定的规格列入各种形式、等级和组别，对成品、原料和每个生产过程规定统一概念、符号、标志和最精确的标样，并为此将已定的尺寸、重量与材料性能、制造和验收规程固定下来。”法国标准化协会（AFNOR）对标准化的定义为：“标准化的目的是为解决重复出现的问题提供谅解的基础。”澳大利亚标准协会（SAA）对标准化的定义为：“标准化规定的方面很广泛，它普遍地存在于人类生活之中。语言就是标准化的一种形式，道德准则和法律也属于标准化的范畴。”

2004年，ISO/IEC在ISO/IEC Guide 2: 2004 *Standardization and related activities—General vocabulary*中对标准化的定义如下。

Activity of establishing, with regard to actual or potential problems, provisions for common and repeated use, aimed at the achievement of the optimum degree of order in a given context.

NOTE 1 In particular, the activity consists of the processes of formulating, issuing and implementing standards.

NOTE 2 Important benefits of standardization are improvement of the suitability of products, processes and services for their intended purposes, prevention of barriers to trade and facilitation of technological cooperation.

我国对标准化的定义（见 GB/T 20000.1—2014《标准化工作指南 第1部分：标准化和相关活动的通用术语》）如下。

为了在既定范围内获得最佳秩序，促进共同效益，对现实问题或潜在问题确立共同使用和重复使用的条款以及编制、发布和应用文件的活动。

注1：标准化活动确立的条款，可形成标准化文件，包括标准和其他标准化文件。

注2：标准化的主要效益在于为了产品、过程或服务的预期目的改进它们的适用性，促进贸易、交流以及技术合作。

因此，如果说标准是一个文件，那么标准化就是一项活动。这个活动包括了编制标准、发布标准和应用实施标准的全过程。其活动的目的是获得最佳秩序和促进共同效益。人类从事着众多的活动，标准化是人类诸多活动中的一种，它有着区别于其他活动的独自的特征，具体可以从以下5个方面进行理解。

(1) 活动的目的。人类从事任何活动都不是盲目的，而是有意识、有目的的。从事标准化活动是“为了在既定范围内获得最佳秩序”和“促进共同效益”。一般所谓的秩序是指有规则、有条理、井然有序的状态。从工业系统来说，这里所指的秩序主要是指科研秩序、生产秩序、管理秩序和经济秩序等。从社会秩序来说，可以是公共秩序、工作秩序及交通秩序等。定义中的“最佳”是目的、是要求，也是标准化工作的一项指导原理（即最优化原理）。如何实现“最佳”，在本书第二章“标准化原理”中有较详细的叙述，此处从略。为了实现“最佳”，在开展标准化活动时，除遵循最优化原理之外，还要拥有系统和整体论的思想，树立全局观念和长远观念，即：在局部与全局发生矛盾时，必须服从全局；在当前利益和长远利益发生矛盾时，必须服从长远利益。这里的“共同效益”包括“社会效益”和“经济效益”，这是因为制定标准不只是为了经济效益，特别是制定基础标准（如通用技术标准、互通互联标准、社会公用产品的结构要素或基础系列标准、安全卫生和环境保护标准等），其社会效益显著。社会效益的含义广泛，除包含经济效益外，还包含维护国家和民族的利益，促进社会发展和科学技术进步，提高人民物质文化水平，保护环境，保障人民的健康和人身财产安全等。因此，标准化活动的总体目的是消除混乱，建立最佳秩序，并通过秩序获得促进人类的共同效益。

(2) 活动的范围。标准化活动是在“既定范围”内获得最佳秩序，也就是说最佳秩序的获得不是无限范围的，只能在“一定范围”或者“既定范围”的边界内获得最佳秩序，这说明标准化活动是在已经确定的范围内获得最佳秩序即达到了目的。这里的范围包括两层意思：其一，是指标准化活动所涉及的地域范围，如国际、区域、国家等；其二，是指标准化活动所涉及的标准化对象的范围，如农业、机械、电子信息等。标准化活动范围还表示了参与标准制定或标准应用涉及人员所代表的地域及专业的范围。

(3) 活动的对象。标准化活动的对象是为了解决“现实问题或潜在问题”。“现实问题”比较容易理解，如已经发现在某个范围、某个领域内出现了日趋明显的无序状况，那就需要解决这些已经出现的无序问题。这里要强调的是对“潜在问题”的理解，就是对未来可能会出现的问题进行预估。一方面，很多产品在后期会产生和外部环境或者第三方产品之间进行互通、互操作的需求，特别是在信息与通信技术（Information Communication Technology, ICT）领域；另一方面，随着技术的进步，产品研发和服务的生命周期也发生了巨大的变化，之前以年为单位计的生命周期变成了以月为单位计，甚至以周为单位计，有的产品几周可能就要发生变化和迭代，因此为了标准化更能适应变化，尽可能将未来可能要解决的问题提前考虑并纳入标准。这里将“现实问题或潜在问题”作为标准化对象是从宏观层面作出的总概括，当然具体的标准化活动都有其特定的具体对象。

(4) 活动的内容。标准化活动的内容包括4个方面：确立条款、编制文件、发布文件和应用文件。确立条款的主要活动是在众多的技术解决方案中择优选择一种或重组一种技术解决方案并形成条款；编制文件的主要活动是起草标准草案，同时履行相应的程序；发布文件的主要活动是审核并批准标准文件；应用文件是标准化活动的重要环节，只有标准文件得到应用，才能建立起最佳秩序并取得效益。在标准化活动中经常会涉及“制定”这一概念，它包含了确立条款、编制文件和发布文件这3个部分。制定标准的核心工作是确立条款，即确定核心内容和技术指标，发布和应用也是针对文件中核心内容的条款。

(5) 活动的结果和效益。活动最终产出的成果是一份“文件”，应用文件产生的成果就是在既定范围内获得了最佳秩序。随着管理和技术秩序的建立，会逐步产生共同效益，即改进产品、过程或服务预期目的的适用性，促进贸易、交流以及技术合作。

| 第三节 | 标准和标准化的关系

标准和标准化的关系密不可分。首先从形式上来讲，两者有本质的区别，标准是一份文件，标准化是一项活动。从活动的结果来看，标准是标准化活动的重要产物。标准的制定和发布是标准化活动的一项显著成果，标准化的产物除了标准，还包括其他的标准化文件。从目的性讲，两者是一致的，都是为了在既定范围内获得最佳秩序，促进利益相关方的共同效益。通过标准化活动，也就是制定标准和实施标准的整个过程可实现上述目的。而标准化活动不是一次性的，而是一个不断循环、螺旋式上升的运动过程，即 PDCA 循环——策划（Plan）、实施（Do）、检查（Check）、处置（Action），每完成一次循环，标准化的水平就提升一个台阶。标准的制定作为标准化活动的前序工作，在制定后还需要对标准进行实施和推广应用，真正把所制定标准的条款内容用起来，在实践中发挥作用。

标准化作为一种普遍的客观规律，具有非常广泛的内涵，它既存在于自然界之中，也存在于人类思维、生产、生活的各个方面。从原始的自然开始，人类在与自然的生存搏斗中为了交流感情和传达信息的需要，逐步出现了原始的语言、符号、象形文字和数字，样式和形状从多样走向统一。人类社会物资公平交换的需要，助推了度量衡单位和器具标准的统一；又由于社会化大分工，为了提高生产率，对工具和技术的规范化有了迫切需求，如《考工记》《齐民要术》《营造法式》等一些古籍充分体现了这种思想。因此，在没有标准的情况下，人们在生产、生活中同样可以通过习惯、经验或管理等途径实现标准化。真正意义上的标准是人类有意识地开展标准化活动的时候产生的。人类有意识地开展的标准化活动必须具备 3 个要素：一是必须要有参照主体，二是必须要有唯一确定的参照对象，三是参照主体必须以参照对象为基准，向其不断逼近并且最终与参照对象达成统一。以上 3 个要素缺一不可。标准成为这种有意识的标准化活动中的主要形式。因此，人们认为标准化早于标准出现，标准构成标准化的充分条件，而非必要条件。制定标准和实施标准让标准化成为一种专业性活动，人们在这个过程中，采用了协商一致、公开透明、共同重复使用的原则，使得这种活动的目的最明确，与人类的其他生产实践活动相比其更具有独特性，因此使得标准化——这一普遍存在于自然界并自人类诞生以来便和人类生产、生活息息相关的活动——从人类的其他生产实践活动中分离出来，逐渐发展成为一项独立的专业活动。这也是为

什么人类开展标准化活动的历史可以追溯到人类起源，但专业的标准化活动直到近一二百年才形成。有学者提出，标准和标准化之间的关键区别在于标准化通常至少在一定程度上发生，并且有时是不可避免的，无论标准是否被承认或正式确立。

丨 第四节丨 标准化的地位和作用

有人把标准与人的关系比喻为空气与人的关系，如在人类社会发展过程中使用的原始语言、符号、记号、象形文字和数字等，今天用于沟通的文字和语言等，作为商品交换统一媒介的货币等，生活中的衣、食、住、行都与标准有着千丝万缕的联系。日常生活中也是如此，如穿符合尺码标准的衣服才合体；吃符合卫生安全标准的食品才健康；住符合建筑标准的房屋才踏实；乘坐符合标准的交通工具，安全才有保障；大家共同遵守交通规则，交通才会畅通安全。总之，标准化和每一个人息息相关。标准化的作用总结起来有以下3个方面。

一、标准化为企业持续赢得竞争，是企业赖以生存和发展的基础

首先，产品质量是企业的生命，是企业竞争力的体现。质量是对顾客要求的满足程度，企业想要实现可持续发展，长久地占领市场，就必须获得用户的认可。标准是衡量产品质量好坏的准绳。高标准才有高质量，企业想要从市场里的同类竞争产品中脱颖而出，就必须通过制定标准和实施标准的活动来提高其质量的水平。标准在增强企业产品竞争力的同时，也给企业产品带来高附加值和巨大利润。如市场上的大米，执行高标准的大米售价要比普通大米高5倍以上；瓶装饮用水因为执行标准的不同价格也差别巨大，换句话说，即优质优价。其次，科技的进步要求企业对市场变化有较强的应变能力，不断开发出应时的新产品。尤其在市场多元化、需求多样化、个性化趋势日渐增强的今天，这种应变能力对企业愈加重要。标准化通过简化、统一化、通用化、系列化、组合化、模块化等形式可以大大缩短新产品的设计、研制周期，大幅节约生产成本，确保低耗高效地研制出新产品。这些都与标准化密切相关。

二、标准化有利于企业扩大市场，有效参与国际贸易

标准作为世界“通用语言”，是国际贸易的通行证，是市场的准入门槛和交易准则。随着贸易自由化在全球的推进，标准所造成的技术壁垒已成为发达国家新贸易保