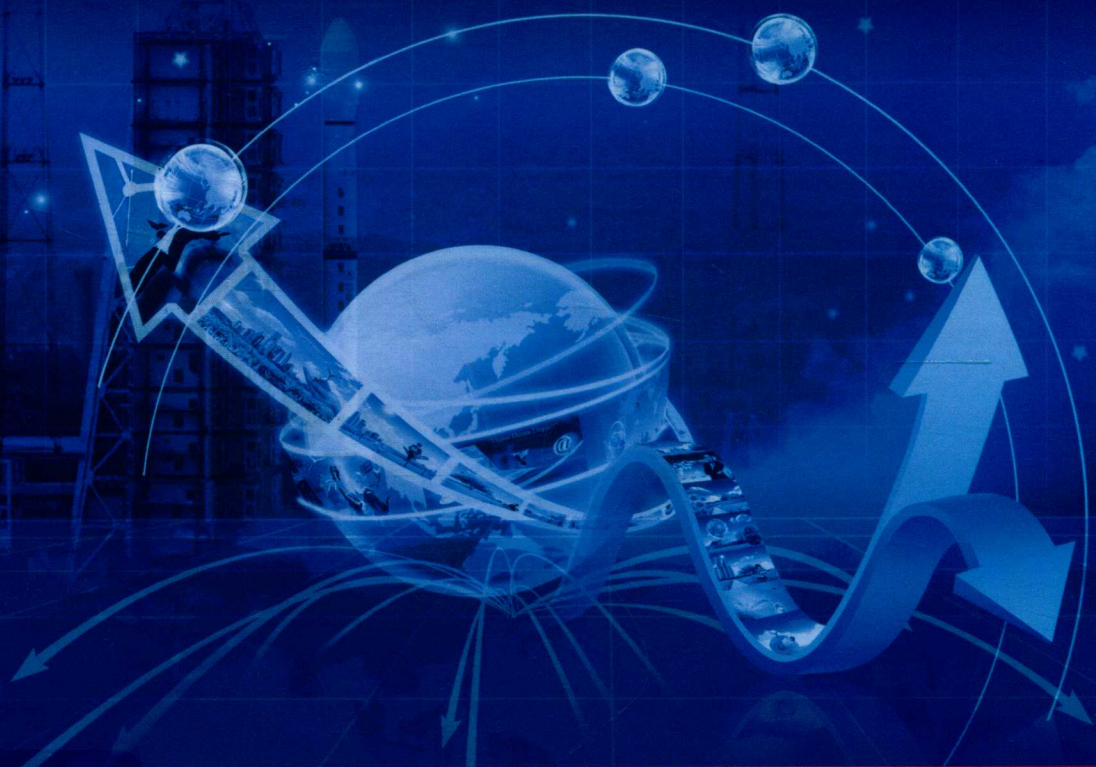




航天科技图书出版基金资助出版

中国航天迈向工业4.0的桥梁 ——标准化

王燕林 主编



中国宇航出版社

航天科技图书出版基金资助出版

中国航天迈向工业 4.0 的桥梁

——标准化

王燕林 主编



中国宇航出版社

·北京·

版权所有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

中国航天迈向工业 4.0 的桥梁：标准化 / 王燕林主编. -- 北京：中国宇航出版社，2019.4

ISBN 978-7-5159-1616-3

I. ①中… II. ①王 III. ①航天工业—工业化—研究—中国 IV. ①F426.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 070540 号

责任编辑 赵宏颖 封面设计 宇星文化

出版
发行

中国宇航出版社

社址 北京市阜成路 8 号 邮编 100830
(010)60286808 (010)68768548

网址 www.caphbook.com

经销 新华书店

发行部 (010)60286888 (010)68371900
(010)60286887 (010)60286804(传真)

零售店 读者服务部 (010)68371105

承印 河北画中国画印刷科技有限公司

版次 2019 年 4 月第 1 版
2019 年 4 月第 1 次印刷

规格 787×1092

开本 1/16

印张 13.5

字数 329 千字

书号 ISBN 978-7-5159-1616-3

定价 98.00 元

本书如有印装质量问题，可与发行部联系调换

航天科技图书出版基金简介

航天科技图书出版基金是由中国航天科技集团公司于2007年设立的，旨在鼓励航天科技人员著书立说，不断积累和传承航天科技知识，为航天事业提供知识储备和技术支持，繁荣航天科技图书出版工作，促进航天事业又好又快地发展。基金资助项目由航天科技图书出版基金评审委员会审定，由中国宇航出版社出版。

申请出版基金资助的项目包括航天基础理论著作，航天工程技术著作，航天科技工具书，航天型号管理经验与管理思想集萃，世界航天各学科前沿技术发展译著以及有代表性的科研生产、经营管理译著，向社会公众普及航天知识、宣传航天文化的优秀读物等。出版基金每年评审1~2次，资助20~30项。

欢迎广大作者积极申请航天科技图书出版基金。可以登录中国宇航出版社网站，点击“出版基金”专栏查询详情并下载基金申请表；也可以通过电话、信函索取申报指南和基金申请表。

网址：<http://www.caphbook.com>

电话：(010) 68767205, 68768904

《中国航天迈向工业 4.0 的桥梁——标准化》 编委会

主 编 王燕林

副主编 侯建国 周德祥

成 员 (按姓氏笔画排列)

王 懿	刘智峰	许成进	孙 璐	李 璞
林 任	林建京	单联洁	屈孝池	高 颀

序

在人类历史发展的漫漫长河中，工业文明可谓是最富活力和创造性的文明。迄今为止，只有200多年的工业文明创造了超越农业文明上万年所创造的物质财富。工业文明历经三次革命，生产方式不断适应社会发展的要求、不断满足人们日益增长的物质与精神需求，使人类社会从生活方式到文化表达、从生产力的解放到社会财富的积累、从科技进步到工业制造都发生了翻天覆地的变化。然而，历史走到今天，这个世界在繁盛强大的背后也隐藏着深深的脆弱和迷茫。21世纪初，以能源危机、生态危机、金融危机、经济危机为代表的各类危机此起彼伏，不断地提醒和告诫人们：这个世界需要一场新的变革，历经三次革命的工业体系需要一场新的改革和发展。

于是，面对即将到来的变革，美国人在思考“如何在金融危机之后建立新的工业帝国”，德国人在思考“如何在新的环境下保持制造业引领全球的先发优势”。以2011年德国汉诺威工业博览会德国首次提出工业4.0的概念为标志，新一轮工业革命正式开启。随后在2012年2月，美国正式发布了《先进制造业国家战略计划》；2013年4月，德国政府正式推出了《德国工业4.0战略》，成为德国的一张新名片，迅速在全球掀起了工业4.0概念的热潮。近年来，我国也顺应工业发展趋势提出了“两化、融合”“互联网+”等战略方案，计划在新一轮的工业革命中占据有利地位，实现制造业转型升级，促进我国迈向工业强国。

其实，无论我们为新一轮的工业革命起名为工业4.0或“先进制造”或其他，从本质上而言，它并非是一个新生的产物，而是技术（特别是计算机技术和网络技术）、社会和经济发展的结果，是信息技术、互联网技术、物联网技术发展一定阶段的必然，是大势所趋，其实质是实体物理世界与虚拟网络世界的融合。互联网、物联网等先进技术的使用，不仅是对生产工具的进一步提升、优化，更是对生产流程的精简和优化，因此工业4.0不仅是先进制造的延续、拓展和升级，也是以提升生产力和生产效率为目标的新生产模式、组织模式的应用。本书中的工业4.0除特别说明德国工业4.0外均泛指新一轮工业革命。其核心是“互联网+工业”，通过互联网和其他服务联网系统与实体工业的深度融合，建立人、产品与服务、设备设施、资源互联互通网络，实现数据信息的实时互联、准确交换、识别、处理、维护以及产品的研发、生产、管理、服务全生命周期高度集成和协同，实现各行业的全面互联和智能化，推动数字化的智能制造、大规模的个性化定制、网络化的协同制造、社会化的服务性制造等，实现价值链更有效和高效互联、数据信息共享和资源优化配置，提升工业企业及整体的效率和价值创造能力，提升企业的核心竞争力和

国家的综合竞争力。

那么，国家、行业、企业和各类组织应该如何调整战略方向、整合现有资源，来面对、迎接、投身这场变革，确保在新的工业革命浪潮中保持自身的竞争力和持续发展能力，成为各国、各界、各行业、各企业不得不思考的问题。自本世纪初以来，世界各国就开始酝酿应对这一变革的策略，即使有不同的国家体制、不同的产业优势、不同的目标设定，却在同一个时代思考着同一个问题——面对新的变革，工业何去何从？迎接新时代的到来，我们是否做好了准备？

我们知道，数字化、智能化、网络化、定制化是新的工业革命最鲜明的标志，互联互通是新工业革命的核心要义，然而，走向一个互联互通的时代，势必需要各类接口的统一、协议的统一、通用的监管保障措施和通用的信息共享平台，而标准正是实现这一目标的关键抓手，它在一定范围内统一了产品和技术的接口、协议等要求。在工业 4.0 的系统框架下，各种终端设计、应用软件之间的信息交换、识别、处理、维护都必须基于一整套标准化的体系。可见，工业 4.0 的实现过程应首先从标准化方面进行顶层策划，形成工业 4.0 稳步推进的重要基础保障。因此，在各国应对工业 4.0 浪潮的战略中，共同点除了对技术发展趋势的预测外，还都提到了标准化战略。德国作为工业 4.0 的倡导者和先行者，将“建设一个网络、研究两大主题、实现三项集成、实施八项计划”作为工业 4.0 战略的要点，在其八项计划中将标准化列为首位，标准化作为一项基础工程，能被列为首项战略要点必然有其不可小觑的重要作用。

作为中国先进工业代表的中国航天工业有着卓越而扎实的工业和信息技术基础，面对新工业革命的到来，如何在工业 4.0 的大潮中优化现有生产方式，建立信息网络化、需求精准化、效益最大化的生产组织和产业模式，充分利用信息化、互联网技术的成果提升中国航天装备的水平和实力是需要重点考虑的问题，也将是一场系统而曲折的变革。近年来，中国航天制定了航天科技工业转型升级规划，发布了航天制造 2025 行动纲要等一系列举措，力图在新的工业浪潮中抢占先机。实现工业 4.0 不仅是在硬件设施上的升级，还需要在思想、认识、观念上进行变革。标准化作为促进技术进步、提升生产效率、提高产品质量的有效工具，在工业变革中发挥着举足轻重的作用，面对新的变革，中国航天标准化工作将面临怎样的挑战和机遇，标准化在工业 4.0 进程中可提供哪些解决方案，是需要深入思考的问题。

本书是一本关于工业 4.0 的标准化专著，全书共分为 4 章，从工业革命发展入手，以如何利用标准化手段促进工业水平提升，实现工业 4.0 为核心，提出以工业 4.0 为服务对象的标准化策略。通过对国内外工业 4.0 及先进制造的概念、内涵、战略措施，中国先进制造，特别是对航天先进制造的现状与发展需要等内容的分析，从标准化角度，提出工业 4.0 发展过程中标准化的作用和解决方案，为企业在工业 4.0 大趋势下制定有竞争力的发展战略提供思路。

编写组

2019 年 1 月

前 言

当前，新一轮科技革命和产业变革正在深刻影响着世界格局的变化，继机械化、电气化、自动化等产业技术革命之后，以网络化、智能化为特征的新一轮工业革命正在全球范围内兴起。党的十九大报告提出要“加快建设制造强国，加快发展先进制造业”，可以说在新时代中国特色社会主义建设的伟大征程中，实现工业领域质量效益提高、产业结构优化、发展方式转变，是实现“两个一百年”奋斗目标和中华民族伟大复兴的核心驱动力。

2012年以来，以德国工业4.0、美国工业互联网为代表的新一轮工业革命正在加速推进，经济和市场环境发生深刻变化，数字经济、共享经济、产业协作正在重塑传统实体经济，各国都将“智能制造”列入工业发展的核心。中国也正在大力实施中国的工业4.0战略、军民融合战略、战略新兴产业等国家行动。中国航天作为其中的核心竞争力和骨干力量，既面临重大的发展机遇，也面临自身升级和外部竞争的严峻挑战。如何在新一轮工业革命中迈好每一步，有赖于对新时代背景下战略方向的把握，有赖于对模式创新和机制创新的认识，有赖于对有效工具和手段的应用。

标准化作为历次工业革命进程中的重要推动引擎，是实现技术创新、产业升级和效益提升的有力工具。在以工业4.0为代表的新一轮产业升级战略中，德国、美国等发达国家都将标准化放在了突出的地位，甚至是优先的地位。可以看出，标准化对于新的创新和发展已经越来越重要。

基于上述判断，本书将标准化作为切入点，将中国航天迈向新一轮工业革命进程中对标准化的需求作为研究目标，研究分析在工业革命中标准化的作用，并以此为基础探寻中国航天在向工业4.0迈进中如何通过有效利用和实施标准化，来加快转型升级的步伐。全书共分为五个主要部分，第1章是回顾工业革命的主要历程，介绍新一轮工业革命中各国的战略；第2章重点介绍了标准化在历次工业革命中的作用以及新一轮工业革命中的标准化；第3章介绍了标准化在中国航天企业迈向工业4.0过程中的桥梁作用，以及应采取的举措；第4章主要介绍了国内外企业在创新升级过程中已有的经验和做法；结束语部分则展望未来，中国航天在工业4.0新时代的美好愿景并规划实现这一愿景的标准化路线图。

在本书编写过程中，王燕林、侯建国、屈孝池、高颀、李居平、严忠清、薛敦伟、周德祥等参加了全书策划，王燕林、王愨等参加了第1章撰写，周德祥、孙璐、李璞参加了

第 2 章撰写，侯建国、王慜、刘智峰等参加了第 3 章撰写，许成进、单联洁、林任、林建京参加了第 4 章撰写，王燕林参加了结束语撰写，侯建国负责全书的统稿。

由于受编写时间和作者水平所限，书中难免有疏漏和不妥之处，敬请读者批评指正。

编写组

2019 年 1 月

目 录

第 1 章 群雄并起，迎接工业 4.0 新时代	1
1.1 工业发展历程	1
1.1.1 三次工业革命	1
1.1.2 新一轮工业革命——工业 4.0	10
1.2 国外工业 4.0 战略	17
1.2.1 德国工业 4.0 战略	18
1.2.2 美国先进制造国家战略	26
1.2.3 其他国家工业 4.0 战略	30
1.3 中国的工业 4.0	33
1.3.1 背景	33
1.3.2 中国的工业 4.0 战略的内容	37
1.3.3 中国的工业 4.0 战略的措施	47
第 2 章 标准引领，推进工业 4.0 新跨越	50
2.1 标准化与工业革命	50
2.1.1 工业变革中的标准化行为	50
2.1.2 工业 4.0 时代的标准化新特征	54
2.2 标准化概念的不变与变	56
2.2.1 标准化概念的不变	56
2.2.2 标准化概念的变	58
2.3 标准化助推工业 4.0 实施	60
2.3.1 工业 4.0 中的标准化举措	60
2.3.2 国家、行业、企业推进工业 4.0 标准化战略的举措	68
2.3.3 推进工业 4.0 战略的标准化方法	73
第 3 章 标准化支撑，助推中国航天企业实现工业 4.0	76
3.1 中国航天企业迈向工业 4.0 的背景和基础	76
3.1.1 中国航天企业发展历程及现状	76

3.1.2	中国航天企业面临的国内外形势	81
3.1.3	中国航天企业面临的新常态	83
3.2	中国航天迈向工业 4.0 的必然趋势	87
3.2.1	中国航天工业存在的问题和差距	87
3.2.2	中国航天企业迈向工业 4.0 的优劣势	89
3.2.3	中国航天升级到工业 4.0 的机遇与挑战	92
3.3	中国航天实施工业 4.0 的路线和举措	96
3.3.1	中国航天实施工业 4.0 路线	96
3.3.2	中国航天企业迈向工业 4.0 需具备的条件	101
3.3.3	工业 4.0 时代制造业企业全流程分析	108
3.3.4	迈向工业 4.0 时代制造业企业应采取的措施	115
3.4	标准化助推中国航天企业实现工业 4.0	122
3.4.1	中国航天企业标准化现状	122
3.4.2	中国航天企业面向工业 4.0 标准化的改革创新	124
3.4.3	中国航天企业面向工业 4.0 的标准化解决方案	126
3.4.4	标准化助推工业 4.0 的应用模型	156
第 4 章	典型案例分析	165
4.1	国外案例	165
4.1.1	德国西门子智能工厂的应用	165
4.1.2	法国萨基姆公司案例	172
4.1.3	德国哈默 (HERMLE) 机床公司	174
4.2	中国案例	175
4.2.1	新一代运载火箭模块化案例	175
4.2.2	华中数控智能化生产线的案例	180
4.2.3	三一重工工业 4.0 案例	184
4.2.4	箭载计算机型谱案例	186
4.2.5	光纤陀螺数字化生产线案例	189
结束语	193
参考文献	200

第 1 章 群雄并起，迎接工业 4.0 新时代

自 18 世纪中期，人类开启工业文明以来，世界强国的兴衰史和中华民族的奋斗史一再证明，没有强大的工业作为物质支柱，就没有国家和民族的持久强盛。工业是指采集原料，并将其加工成产品的工作和过程，是社会分工发展的产物，是价值创造的过程，是国民经济的主体，是立国之本、兴国之器、强国之基。同时，工业也是国家财政收入的主要源泉，是国家经济自主、政治独立、社会发展的根本保证，在国民经济中起着非常重要的作用，它为国民经济的其他部分提供原材料和发展动力，为人民物质文化生活提供工业消费品。一方面，工业化是经济发展的必然结果，另一方面，工业化又将大力促进经济发展。工业化水平决定着国民经济现代化的速度、规模和水平，在工业化过程中，国家借助物质资本和人力资源，逐步提高利用原料制成消费品以及提供劳务的能力，生产力逐步提升，经济结构也发生重大变化，制造业和服务业在国民收入和就业人口中的比重逐渐上升，农业在国民收入和就业人口中的比重逐渐下降。生产方式也随之发生了巨大的改变，从以手工业为主的生产方式转变为自动化、信息化、全球大协作的生产方式，技术进步与工业生产方式的有效结合，产品种类、性能、质量、生产效率和自动化程度等方面的发展提升，无一不证明工业发展带来的巨大进步。因此，近几个世纪以来，人们也越来越多地将关注点集中到工业的提升和改进上，即利用工业创造更多价值、满足人民日益增长的向往美好生活的需求。

1.1 工业发展历程

1.1.1 三次工业革命

工业革命是人类发展史上最伟大的篇章之一，创造了宝贵的财富，为人类进步作出了巨大的贡献。在三次工业革命中，第一次工业革命，蒸汽机的发明促进了资本主义工业的发展，从根本上提高了效率，推动了生产力大发展，极大地提升了人们出行和商品运输的效率，加快了工业升级，推动了城市化进程；第二次工业革命，电力代替了蒸汽得以广泛应用，更加提高了工业效率，极大地提高了人们的生活水平和质量；第三次工业革命，电子计算机和核能的利用进一步提升效率、便利联系，互联网将世界变成地球村，极大改变了人们的生活方式。三次工业革命的历史是人类文明的进化史，也是科技与创新的发展史，不仅彻底改变了人类的认知，也促进了包括标准化在内的一系列基础科学的应用与发展。

1.1.1.1 三次工业革命简介

(1) 第一次工业革命

第一次工业革命（工业 1.0）于 18 世纪 60 年代发生在英国，资产阶级统治在英国确

立，为英国资本主义的迅速发展奠定了基础。英国资产阶级统治一方面积极发展对外海洋贸易，进行殖民统治，积累丰富的资本，扩展广阔的海外市场和最廉价的原料产地；另一方面，进一步推行“圈地运动”，获得了大量的廉价劳动力，推动了工厂手工业的蓬勃发展，积累了丰富的生产技术知识，虽然增加了工业产量，但还是无法满足不断扩大的市场需要，于是，一场生产手段的革命呼之欲出。

18 世纪 60 年代，在英国资本主义生产中，大机器生产开始取代工厂手工业，生产力得到突飞猛进的发展。工业革命首先出现于工厂手工业最为发达的棉纺织业。工业革命初期的棉纺织业主要以个体劳作为主，人们按照各自的方法和经验开展工作，久而久之，一些效率更高、产能更优、质量更好的方法被效仿，逐渐形成了几套程序佳、效率高的劳作流程。1733 年，机械师凯伊发明了“飞梭”，将不同工人的技巧进行总结、提炼、升华，形成普遍统一的做法，并由机械实现，大大提高了织布的速度。飞梭是对纺织工人工作流程一般化总结的产物，而随后出现的“珍妮纺织机”又是飞梭组合化的产物。机器的产生是对单一个体在劳作中经验的积累、传承、凝练和固化，并将这些流程、方法以机械化的手段实现。机器是对个性化手工方法的共性化实现，是由个性到一般的演变，是标准化的产物。纺织机的出现揭开了工业革命的序幕，此后，骡机、水力织布机等先进机器不断涌现，机器生产越来越多，并向更多的工业领域扩展。原有的动力，如畜力、水力和风力等已经无法满足工业发展的需要。1785 年，瓦特的改良型蒸汽机投入使用，为工业生产提供了更加强大的动力，大大推动了机器的普及和发展。人类社会由此进入了“蒸汽时代”。

机器生产的发展，促进了交通运输业的革新。为了快捷便利地运送货物和原料，人们想方设法地改造交通工具。1807 年，美国人富尔顿制成的以蒸汽为动力的汽船试航成功。1814 年，英国人史蒂芬森发明了“蒸汽机车”。从此，人类的交通运输进入了蒸汽动力时代。

1840 年前后，英国的大机器生产基本上取代了传统的工厂手工业，工业革命基本完成。英国成为世界上第一个工业国家。18 世纪末，工业革命逐渐从英国向西欧大陆和北美传播。后来又扩展到世界其他地区。这次工业革命的标志是以蒸汽机作为动力机被广泛使用，通过蒸汽机实现的工厂机械化，彻底改变了产品的生产方式，开创了以机器代替手工劳动的时代。到了 19 世纪上半叶，机器本身也使用机器来生产，标志着工业革命的完成。这次工业革命的结果是机械生产代替了手工劳动，经济社会从以农业、手工业为基础转型到了以工业和机械制造为主的经济发展新模式。

图 1-1 为第一次工业革命中技术、产业的发展状况。图 1-2 所示为第一次工业革命的景象。

(2) 第二次工业革命

第二次工业革命（工业 2.0）始于 19 世纪 70 年代，主要标志是电力的广泛使用。1870 年以后，科学技术的发展突飞猛进，各种新技术、新发明层出不穷，当时，科学技术的突出发展主要表现在四个方面：电力的广泛使用、新通信手段的发明、内燃机和新交

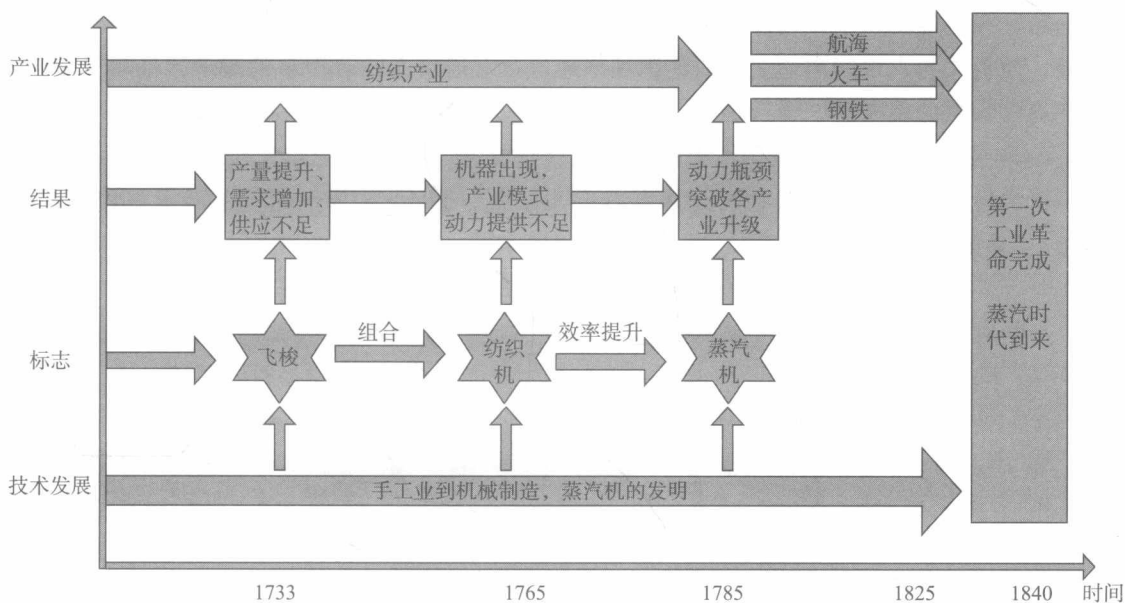


图 1-1 第一次工业革命中技术、产业的发展状况

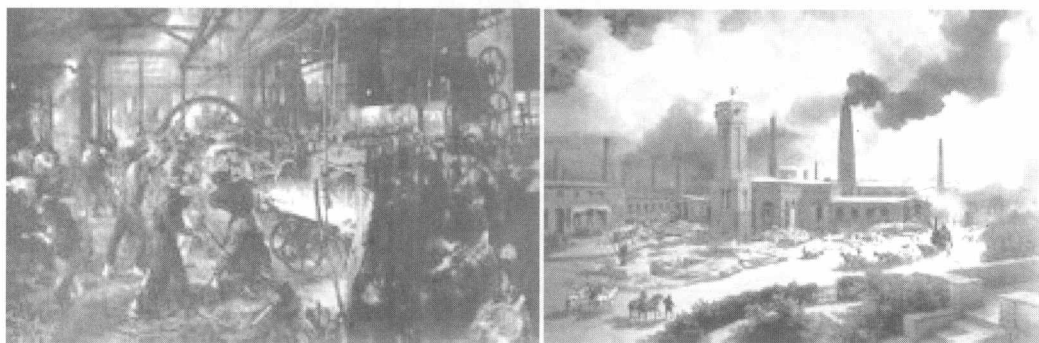


图 1-2 第一次工业革命的景象

通工具的创新、化学工业的建立。科学技术成果迅速应用于工业生产，大大促进了经济发展。同时，随着资本主义经济的发展，全球贸易的发展对远距离运输、远距离贸易交往与信息交流、更高的生产力提升都产生了新的需求，贸易的激增引发了对大规模生产线的需求，电力的普遍应用又为以生产线为主的产业模式提供了发展前提。第二次工业革命以电气及内燃机的广泛应用为最显著的特征。

1866年，德国人西门子制造了发电机，电力成为补充和取代蒸汽机动力的新能源，电器开始用于代替机器。电器的相对自动化运作为建立流水线奠定了基础，在劳动分工的基础上，采用电力驱动产品、通过零部件生产与产品装配成功分离的大规模生产，开创了产品批量生产的新模式，人类进入了“电气时代”。19世纪七八十年代，以煤气和汽油为燃料的内燃机相继诞生，内燃机的发明解决了交通工具的动力问题。19世纪80年代，德国人卡尔·弗里特立奇·本茨等人成功地制造出由内燃机驱动的汽车之后，内燃汽车、远

洋轮船、飞机等也得了迅速发展，满足了远距离贸易和运输的需求。同时，贸易全球化的开展，使得人与人之间沟通交流的范围越来越广，对通信方式有了新的需求，推动了新技术在通信领域的新探索，带动了电信事业的发展。19 世纪 70 年代，美国人贝尔发明了电话，90 年代意大利人可尼取得了无线电报试验的成功，这些都为迅速传递信息提供了方便。世界各国的经济、政治和文化联系进一步加强。图 1-3 为利用莫尔斯电报机发报。图 1-4 是第二次工业革命技术、产业发展状况。

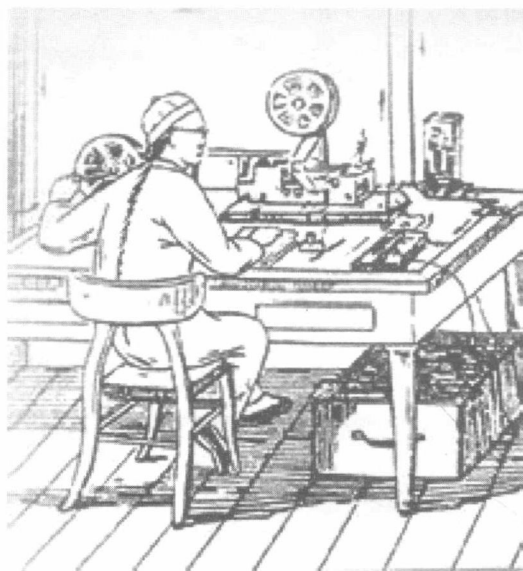


图 1-3 莫尔斯电报机发报

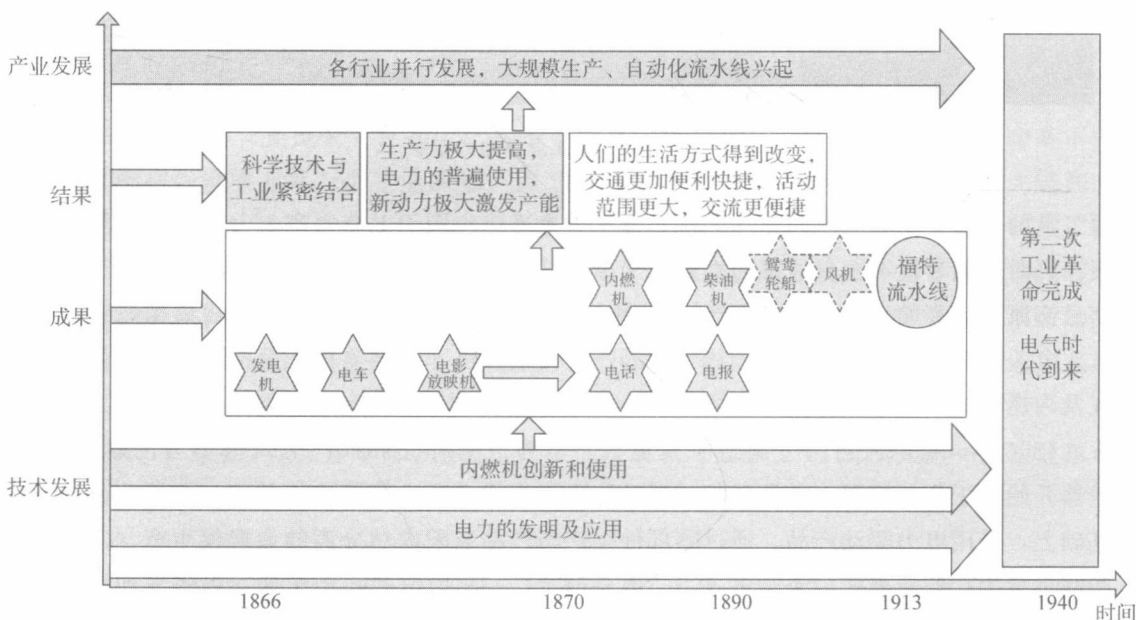


图 1-4 第二次工业革命技术、产业发展情况

大规模生产和自动化流水线是第二次工业革命最突出的表现形式和产业发展模式, 福特生产线是其中最典型的例子。

1913年, 福特汽车公司开发出了世界上第一条流水线, 这一创举使T型车生产达到1 500万辆, 缔造了一个至今仍未被打破的世界纪录。流水线生产使汽车成为一种大众产品, 它不但革新了工业生产方式, 而且对现代社会产生了巨大影响。其想法来自芝加哥食品包装厂用来加工牛排的空中滑轮。流水线的原则是: 按照操作程序安排工人和工具, 在整个走向成品的过程中, 每个部件都将经过尽可能短的距离。以流程为本、保证流程本身的顺畅和效率是流水线模式的精髓。运用这些原则, 工人减少了无谓的思考和停留, 把动作的复杂性降低到最低程度, 几乎只用一个动作就完成一件事情。工人装配一台飞轮磁石电机曾经需要20 min, 后来工作被分解成29道工序, 装配时间最终缩短到5 min, 效率提高了3倍; 装配一台发动机曾经需要10 h, 用传动装配线将装配时间缩短到6 h; 福特公司后来日产量达4 000辆, 工人还不到5万——如果没有流水线, 将不得不雇佣20多万人; 借助流水线, 亨利·福特“单一品种、超大规模”的战略得以实施, 汽车从五六千美元的“富人专利”变成了几百美元的大众消费品。

福特流水线以利用大量机器为基础, 首先要按照一定的规则将工作分解为工序, 分析每道工序的输入输出, 即要完成的工作内容, 并安排相关的人力、物力执行。每一道工序与相关工序的输入输出有序连接形成流水线。流水线实际上是各工序组合化的产物, 将机器有序组合形成最优生产路径和通用的解决方案, 可进一步改进形成系列化解决方案。流水线将共性的机器组合实现系列化方案, 成为标准化生产的萌芽阶段, 福特流水线也成为标准化作业的鼻祖。图1-5为第二次工业革命中工人在流水线组装汽车。

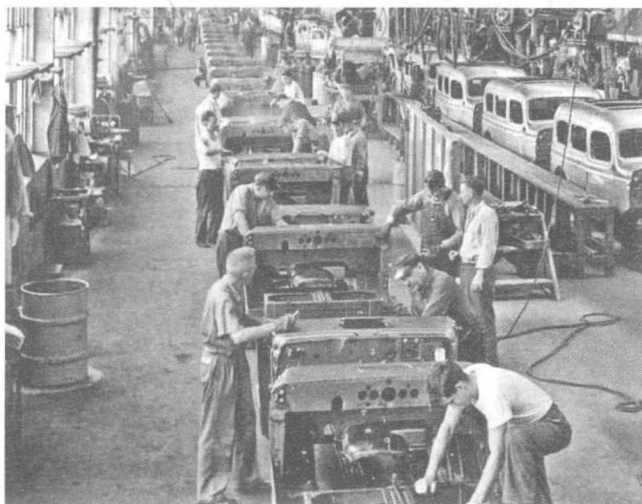


图1-5 第二次工业革命中工人在流水线组装汽车

(3) 第三次工业革命

第三次工业革命是人类文明史上科技领域的又一次重大飞跃。它的出现, 既是由于科学理论出现重大突破, 也是由于社会发展的需要。人类探索世界、引导产业发展的主动性

增强,此次工业革命以电子计算机和互联网技术、原子能技术、航天技术的应用为代表,涉及信息技术、新能源技术、新材料技术、生物技术、空间技术和海洋技术等诸多领域,不仅极大地推动了人类社会经济、政治、文化领域的变革,而且也影响了人类的生活方式和思维方式,随着科技的不断进步,人类的衣、食、住、行、用等日常生活的各个方面也在发生重大的变革。

①电子计算机技术的利用和发展是第三次工业革命的重大突破

电子计算机将实物世界用计算机语言模拟,由“0”和“1”这两个基本元素通过不定数量的排列组合,表达不同的含义,更精确、快速地响应输入。20世纪40年代后期的电子管计算机为第一代计算机。1959年出现的晶体管计算机,运算速度每秒在100万次以上。1964年达到300万次。60年代中期出现的集成电路,使计算机运算速度达每秒千万次,能适应一般数据处理和工业控制的需要。70年代发展为第四代大规模集成电路,计算机每秒可运算1.5亿次。80年代发展为智能计算机,90年代出现光子计算机、生物计算机等。

计算机通过软件与硬件结合的方式,软件以计算机语言组合化、模块化为表现形式,硬件则是类似于流水生产线的建设过程,将处理单元、存储单元、传输单元、接口单元等以一定规则组合。计算机的应用首先将物质分解为最基础的单元(标准化单元),再利用通用化的技术实现对标准化单元的处理,以达到预期的目的。

②空间技术的利用和发展是第三次工业革命的一大成果

1957年,苏联发射了世界上第一颗人造地球卫星,开创了空间技术发展的新纪元,也极大地刺激了美国。1958年,美国也发射了人造地球卫星。1959年苏联发射的月球二号卫星成为最先把物体送上月球的卫星。苏联航天员加加林又在1961年乘坐飞船率先进入太空。美国于60年代开始了规模庞大的登月计划,于1969年实现了人类登月的梦想。70年代以来,空间活动由近地空间为主转向飞出太阳系。此时,中国航天技术迅速发展,逐步跻身于世界航天大国之列。欧洲各国也积极开展空间领域的探索,并取得了非常好的成绩。1981年,美国第一艘可以连续使用的哥伦比亚号航天飞机试飞成功,并于试飞2天后安全降落。它身兼火箭、飞船、飞机3种特性,是人类航天事业的重大突破。

③原子能技术的利用和发展是第三次技术革命的另一重要成果

1945年,美国成功地试制原子弹开启了利用原子能的时代。随后苏联原子弹试爆成功,美国又试制氢弹成功。1953—1964年间,英国、法国和中国相继试制核武器成功。原子能技术首先被应用于军事领域,同时人们也开始积极探索和平利用原子能的方式,1954年6月,苏联建成第一个原子能电站。1957年,苏联第一艘核动力破冰船下水。1977年,世界上有22个国家和地区拥有核电站反应堆229座。图1-6是第三次工业革命技术发展、产业发展情况。

1.1.1.2 三次工业革命带来的生产模式的变革

除了一些边远的地区还保留着古代狩猎和畜牧社会的遗迹以外,到18世纪为止,世界文明以农业为基础已有一千年的历史。人类诞生后的大部分时间都是生活在农村,城市