



# 精益研发2.0

面向中国制造2025的工业研发

田锋 编著

改逆向工程现状，走正向设计道路  
借力系统工程，打造中国创新体系  
促进工业强基，迈向智能制造时代



机械工业出版社  
China Machine Press

工业控制与智能制造丛书

# 精益研发2.0

面向中国制造2025的工业研发

田锋 编著



机械工业出版社  
China Machine Press

## 图书在版编目 (CIP) 数据

精益研发 2.0：面向中国制造 2025 的工业研发 / 田锋编著. —北京：机械工业出版社，2016.4

(工业控制与智能制造丛书)

ISBN 978-7-111-53575-1

I. 精… II. 田… III. 制造业—研究—中国 IV. F426.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 076085 号

## 精益研发 2.0：面向中国制造 2025 的工业研发

出版发行：机械工业出版社（北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码：100037）

责任编辑：张梦玲 王颖

责任校对：殷虹

印刷：北京市荣盛彩色印刷有限公司

版次：2016 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

开本：170mm×242mm 1/16

印张：20.75（含 0.25 印张彩插）

书号：ISBN 978-7-111-53575-1

定价：69.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

客服热线：(010) 88379426 88361066

投稿热线：(010) 88379604

购书热线：(010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱：hzit@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问：北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东



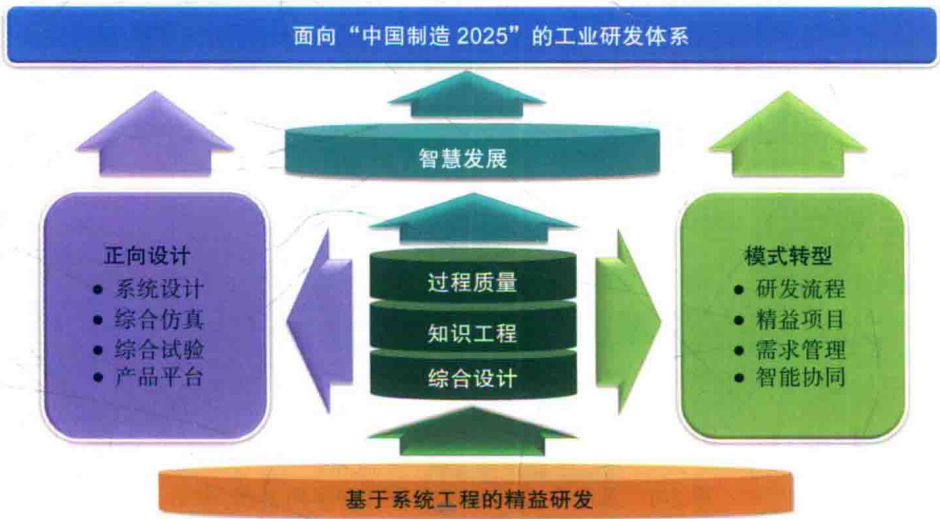


图 2-1 精益研发体系概览

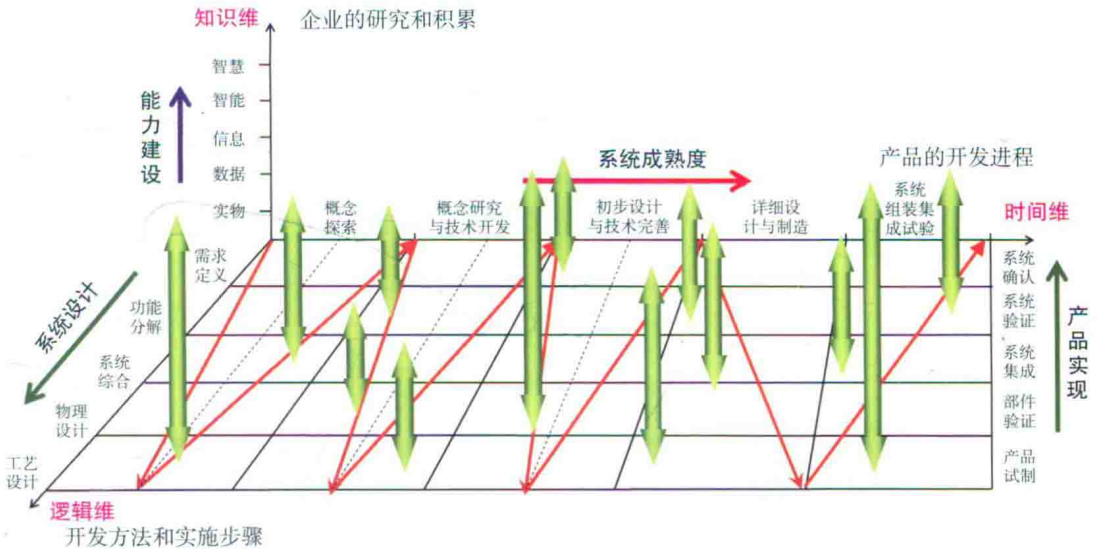


图 2-2 精益研发三维架构

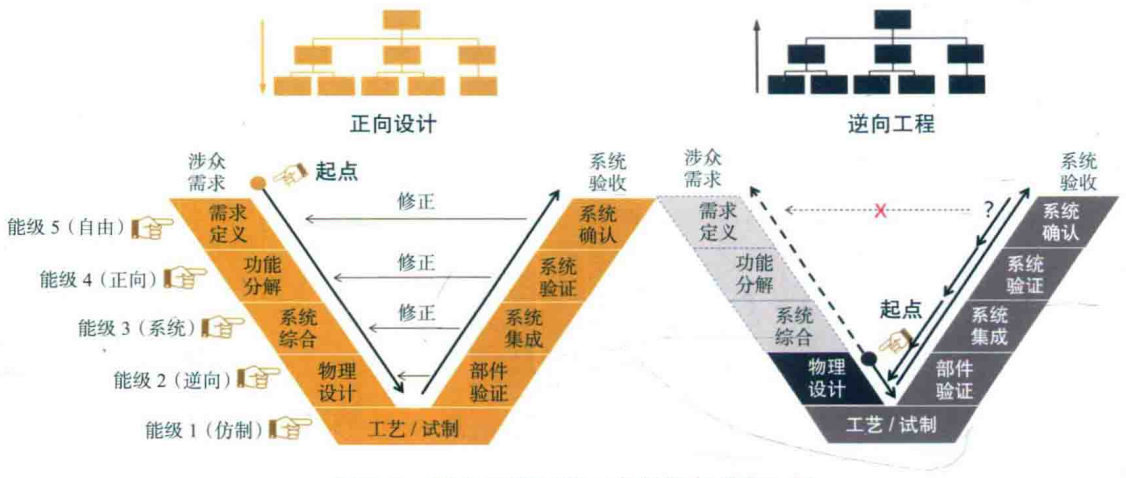


图 2-9 基于 V 模型的正向设计和逆向工程

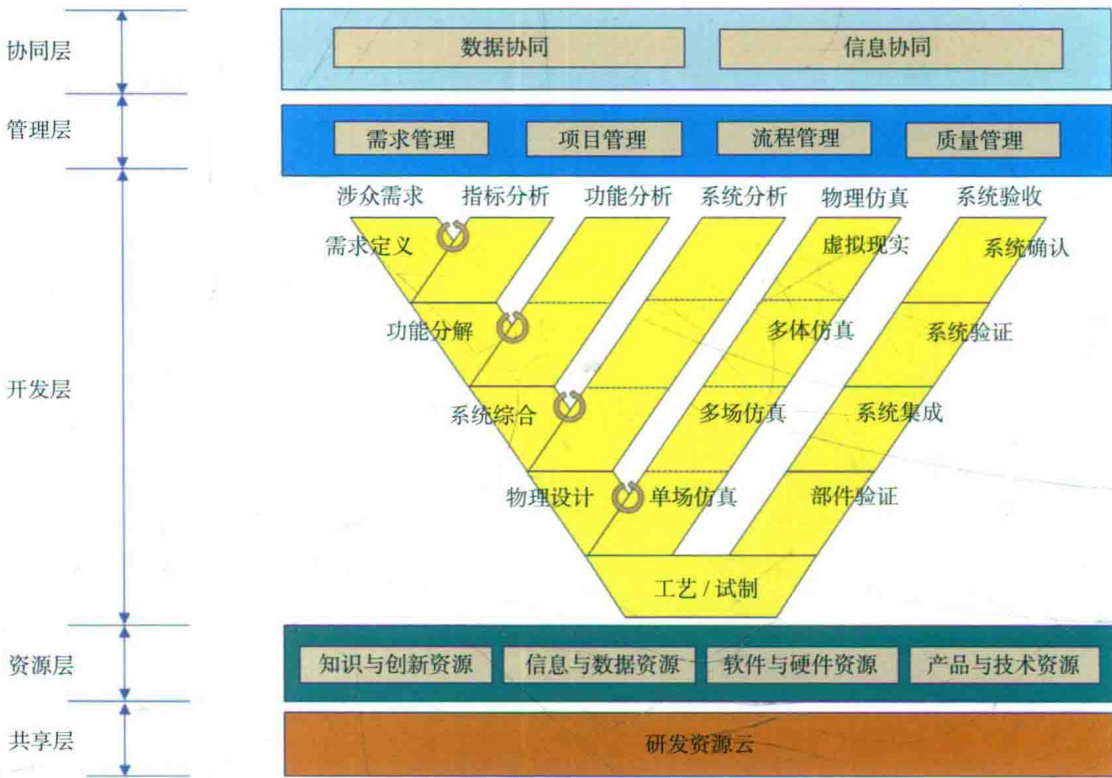


图 2-13 复杂产品研发体系的理想业务模型



图 2-18 精益研发集成平台

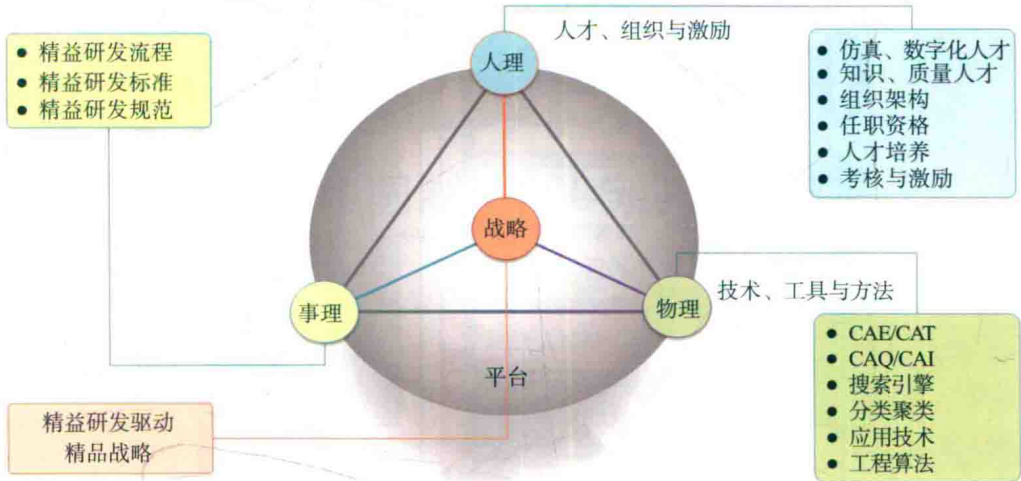


图 2-20 精益研发体系的构成

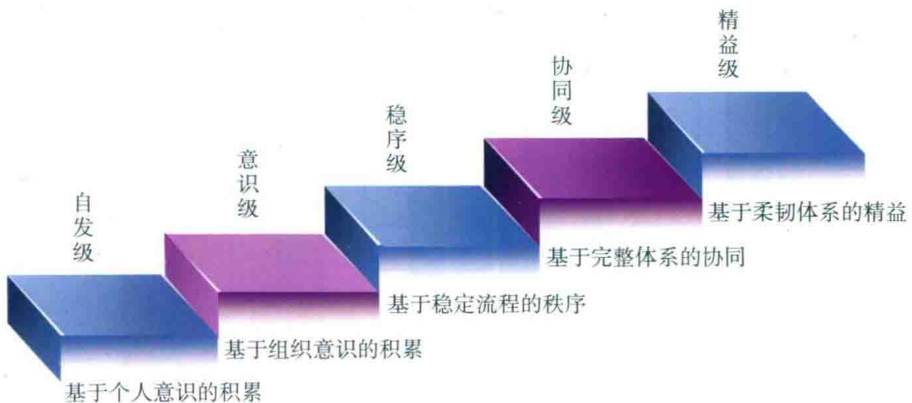


图 3-2 精益研发成熟度模型

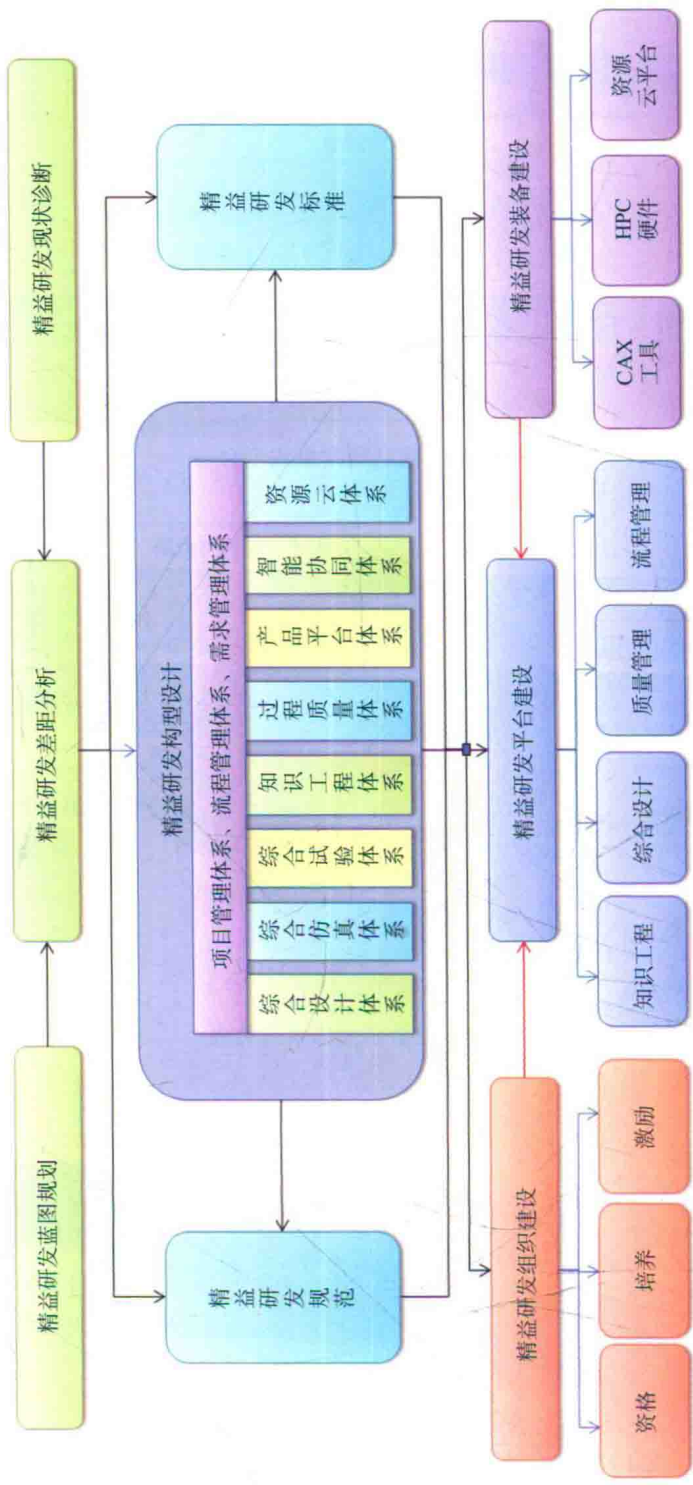


图 4-1 精益研发体系的建设路线



## Preface | 序 言

在当前我国制造业主要领域全面深入落实和努力探索实践《中国制造 2025》行动纲领的关键时期，本书的出版对广大读者来说，可谓如遇甘霖，恰逢其时。作为本书作者的同行与好友，我很早就了解精益研发概念与体系的形成，并参与了相关内容的讨论与凝炼，也知道作者所在公司的同仁们一直在深入中国工业企业进行实践和验证。今天，他们能把这份丰硕成果系统化地整理并发表出来，以飨读者，实在可喜可贺！

当今，世界制造业呈现出全球化、精益化、协同化、服务化、绿色化、智能化的发展态势。发达国家经济体纷纷建立面向全球的资源配置、产品销售网络，构建集团管控模式，优化资源配置，实现精益运作。从生产型制造向服务型制造转变，占据价值链高端；从高能耗向低能高效转变，实现绿色设计与绿色制造；充分利用新一代信息技术，推动两化融合，实现产品和制造过程的数字化、网络化和智能化。而我国制造业仍然面临产业结构不合理、资源环境压力大、自主创新能力弱、制造业物流成本高、中小企业发展形势严峻等诸多挑战，总体上仍处于世界产业价值链的中低端。

《中国制造 2025》瞄准世界制造业发展，把智能制造作为主攻方向和落脚点。同时，也明确指出，我国现阶段的发展重点还是加强工业基础，促进创新、质量和绿色等协调发展，并在航空航天等制造业的重点领域夯实基础，突破发展，占据制高点。未来 10 年，我国制造业将全面推进由低技术制造向高技术制造、传统生产型制造向服务型制造、粗放式制造向绿色制造、价值链低端向价值链高端全面转型升级和跨越式发展。

切实提升研发创新能力是我国制造业企业转型升级的重点和突破点，也是实现《中国制造 2025》战略目标的重要抓手。本书作者抓住了中国企业产品研发和研发能力建设所面临的挑战与遭遇的核心问题，从全面而系统化的角度看待这些问题的复杂性，力求找到解决问题的关键点。中国工业企业面临的问题的确不是

单点的问题，也不仅仅是技术问题，需要用系统思维来思考，用体系方法来解决。精益研发体系基于系统工程的成熟理论和方法来应对这些复杂问题是非常正确有效的探索与选择。本人对作者提出的精益研发目标模型印象深刻，它将我们面对的诸多问题用系统工程的方法放到统一模型中来审视，并提出统一规划、各个击破的策略和方法，这无疑为解决这一复杂问题的正确思路、合理逻辑和有效方法。

精益研发体系的发展很好地补充和发展了精益企业体系。“精益”已经在世界范围内形成了一门独立的学科和理论体系。进入 21 世纪，实现“精益”的方法、经验日益丰富和成熟。在这期间数字化制造为“精益”的实现又提供了更强大的工具，扩展了“精益”在制造企业中的应用范围。过去，我们在生产制造环节讲求质量效能、成本控制，实际上设计过程也需要追求高质量、高效能、低成本，也就是将“精益”的思想从制造向研发环节延伸，在研发的每一个环节、步骤、流程中都尽量使用最优的方案，同时又能在设计活动中对产品设计的流程和状态进行精确控制与优化，实现设计产品价值最高、成本最低。与传统的研发过程相比，精益研发不是从局部去考虑、去配置，而是从整体上、系统上，从精益求精的优化上，来考虑整个设计系统、设计进程，从而达到更加高素质、高水平的一种设计状态。值得欣喜的是，本书并未盲从由生产制造过程发展起来的传统“精益”思想，而是通过对研发与生产之间的差异进行分析，提出“精益”针对研发过程的独特观点，对经典的“精益”思想做了丰富和发展，并形成了完备的实践方案。

精益研发体系不仅是针对研发业务模式和技术方法进行再设计，而且提出了利用集成、协同的信息化平台技术对这套研发体系给予有力支撑，在两化深度融合和迈上智能制造的征途中，这无疑是符合时代潮流和发展要求的。在新型工业化发展的过程中，我们正在通过两化深度融合、技术改造与能力建设，构建新型工业装备体系，它既包括“看得见摸得着”的工业硬装备，如机床、大型工业流程化/自动化装备，也包括由软件系统集成的软装备。我们把现代 IT 系统和企业信息标准融合在一起，形成与硬装备同样重要的软装备，如新的研发系统、新的供应链电子商务系统，这实际上也创新性地构成了现代工业的软装备体系。如果说硬装备为新型工业提供硬能力的躯体，那么由数字、网络 and 智能构成的软装备则为现代工业提供灵魂和大脑。软装备不仅仅是软件，还包括工具、知识、标准规范、业务流程，这些软装备恰恰是我国工业转型升级和跨越式发展的重要支撑。精益研发体系很好地体现了这一理念和要求，通过提出基于 SOA 的柔性架构，将企业现有的和未来将要发展的信息化系统集成整合，形成支撑全企业研发体系的核心工业软装备与统一的信息化体系，这是一条值得发展的技术途径和能力建设

的重要保证。

大力发展智能制造，着力构建智慧企业将作为推进两化深度融合和落实《中国制造 2025》发展的主攻方向。当前，我国正在创新发展以新一代信息技术和“互联网+”为代表的数字空间、网络空间和智慧空间，并大力推动它们与以制造企业为主的物理空间的高度融合，从而形成以信息物理融合系统为主导的制造业创新发展环境，实现我国工业的跨越式发展和转型升级。当前不论是“互联网+制造”，还是“制造+互联网”，其共同的目标就是促进以新一代信息技术与制造业深度融合的智慧革命。当今的装备制造业处在一个要用智慧技术和智慧机器进行改造的新时代，智能制造和智能装备无一不是依据互联网+数字空间/智慧空间/网络空间来改造、渗透和融入整个工业体系中，从而形成当今制造业开始从数字化、网络化迈向智能化的新时代。

因此，不论当前中国工业的现状如何，发展重点是什么，智能制造的步伐只会越来越快，工业智慧化的氛围将越来越好，对企业关于智能科技的采用和研发体系的智慧化发展要求将有增无减。我们也欣喜地看到，本书在最后一章对精益求精研发的下一步发展方向——智慧研发也进行了初步探讨，提出利用现代智能科技对企业的研发体系进行改造，形成基于工业云的、开放式的、支撑智能产品的研发、支撑全生命周期和全产业链的智慧研发体系，这也比较符合当今中国智能制造、德国工业 4.0、美国工业互联网所提出的智能化和智慧化发展思路，是非常有价值的思考与相当有益的探讨，值得深入进行下去。同时希望在不远的将来，智慧研发体系变得更加完整，切实落地，并加入这一场工业智慧化大转型的浪潮中，为中国工业的发展做出新的贡献。

中国航天科技集团公司总工程师

国家制造强国战略咨询委员会委员，服务型制造专业组组长

杨海成

2016 年 4 月

## 前 言 | Preface

竞争的加剧、需求的升级和技术的进步，让工业产品越来越大型化和复杂化。为了驾驭大型复杂产品的研发全程，企业想尽了招数：引入与培养有经验的人才，采纳优秀设计方法学，细分和优化研发流程，使用各种先进研发工具，精细管理研发数据，积累和重用研发知识等。手段多固然是好事，但缺乏系统化和盲人摸象式的建设，只会让研发体系变得更加错综复杂。企业看到的现象是：建设一次推倒一次，每次建设都回到原点。企业越来越需要一个高度整合的研发体系，把研发中的各种手段与要素管理和驱动起来，持续保证研发的高附加值。精益研发的提出，正是为了满足企业的这种需求。

精益研发也是中国制造业转型升级的需要。中国制造业具备“劳动密集型”“资源耗费型”“低技术附加值”的特点。低端制造业虽然表面上带动了经济发展和 GDP 提升，但抗冲击能力严重不足，同时也带来了巨大的环保问题和能源危机。历次横扫全球的经济危机让很多缺乏自主研发和创新能力的中国制造企业遭遇“突然死亡”。如何从劳动密集转向知识密集，如何从耗能污染转向节能环保，如何从低附加值转向高附加值，是中国制造业迫切需要解决的问题。提升研发能力是解决这些问题的切入点之一。“精益研发”倡导正向设计理念与方法，采用先进研发技术和设计方法学，优化、创新和规范企业研发流程，借助知识工程提高产品质量，创造更多附加值。

精益研发将知识、工具和质量方法与研发流程深度融合，达到提升研发价值和产品品质的目的。通过精益研发体系建设，企业逐步建立基于系统工程的正向设计体系，实现真正的研发创新。精益研发平台作为精益研发体系的信息载体，保证精益研发体系的良好运行，同时保证过程数据的完备、协同、共享和可追溯。通过建设高标准的研究体系，实现创新性、高效率、高质量和高附加值的目標。

从提出精益研发到现在大约有 10 年的时间，期间，经历了两个阶段。

第一个阶段称为精益研发 1.0。这个阶段的目标是“模式转型”。针对企业多年形成的研发积累，将研发流程显性化和数字化，将流程中蓄含的隐性能量释放出来，反哺研发体系，以达到夯实能力、提高效率、加强协同及持续提升的目的。这里所说的隐性能量指的是研发过程中形成的知识经验、研发工具、质量要求和过程数据等。

第二个阶段称为精益研发 2.0。如果说 1.0 是提升效率的体系，那么 2.0 则是促进创新的体系。这个阶段的目标是“正向设计”，这是企业技术发展和产品创新必备的能力。通过引入系统工程 V 模型，注重从需求入手的系统设计，并采纳 MBSE 方法作为系统设计的支撑，强化了综合仿真和综合试验，充实了综合设计体系。2.0 致力于厘清研发体系的所有要素，提出完备的企业研发体系理想模型。基于理想模型，我们可以紧贴业务进行模式规划、能力规划、资源规划及信息化规划。通过与理想模型对标，实现对研发体系的差距分析并实施变革，挖掘人员与组织的创造潜力。

精益研发是体系、框架和蓝图的总称。除了总体系框架，还包括 11 个子体系。本书除了对总体系予以说明外，还对这些子体系也单独展开讨论。

无论是 1.0，还是 2.0，系统工程方法始终是精益研发的基石。我们采用了系统工程发展历史中先后出现的三个重要模型，支撑和指导精益研发的技术、方法和实践。系统工程作为国际成熟的方法论体系，在国外先进企业中得到成功应用，但在中国企业的实践中没有获得预期效益，这就需要将先进理论与中国工业实际更紧密地结合，而精益研发则是将世界先进理论体系与中国工业实际相结合的产物，是系统工程在中国企业落地实践的成果。因此，对于精益研发的建设，需要补系统工程的课。因此本书用一定篇幅简单介绍了系统工程，包括 INCOSE（国际系统工程学会）和 NASA（美国航空航天局）的系统工程体系。

2015 年 5 月，国务院印发了《中国制造 2025》（国发〔2015〕28 号），它很快成为引导中国制造业未来发展的纲领性文件，为中国工业和信息化的发展指明了方向，其中提出一系列原则性方针、重大工程、重点领域、战略任务以及支撑保障措施。精益研发 2.0 在研发创新管理、正向设计、工业强基、强化质量、人才培养、智能发展等诸多方面将对《中国制造 2025》提供较强的支撑作用，非常符合国家工业的发展趋势。

《中国制造 2025》发布前后至今，德国工业 4.0 和美国工业互联网理念几乎在中国沸腾。如果说精益研发 2.0 是中国制造 2025 时代的研发体系，那智慧研发就是工业 4.0 时代的研发体系，是精益研发的智慧化发展。因此精益研发 3.0 的目标将是“智慧发展”，本书对此也将做一定展望。

## 致 谢 Acknowledgements

本书是安世亚太公司的咨询师们在为中国工业企业提供精益研发体系规划咨询、建设实施和工业软件开发的大量实践中形成的。精益研发总体系和各子体系的材料来源于这些实践的方案和成果。

因此，从某种程度上说，以下人员也是本书的共同创作者，在这里一并表示感谢：黄毓瑜、邵万鹏、关文天、杨旭、王玉山、曹军民、曹明振、俞瑞霞、郝鑫、盖振华、孙万、邓福建、杨子政、詹红斌、谢登峰、汪洋、邢军、丁杰、段海波、党刚、解士昆、宫茂友、史晓凌、谭培波、杨以杰、黄焱等。

同时，感谢众多行业领导和专家所给予的指导，包括杨海成总工程师、张宏军院长、赵民所长、刘志敏所长、季晓光所长、崔东旭所长、施荣明副所长、陈骊醒副院长、周永总师、张兵总师、李少阳总师、宋铁牛总师、宁振波总师、宋利康总师、平丽浩总工程师、严峻总工程师、崔德刚教授、熊焕总师等。还有很多领导和专家，这里不一一列举，一并表示感谢。

业界的朋友也给予了建议和指导，包括刘功效副主任、赵敏教授、刘强教授、丁德宇总经理、李振海总经理、刘明雷总经理等。还有很多朋友，这里也不一一列举，一并表示感谢。与这些朋友们在各种场合的交流、讨论和学习，使作者受益匪浅，为本书增色不少。

总之，撰写本书也是一次再次学习和思考的机会，是一段美好的光阴。

作 者

2016年3月

序言  
前言  
致谢

## 第一篇 精益研发总体系

第一章 精益研发 2.0 时代背景	2
一、《中国制造 2025》战略指导	2
二、借鉴世界先进工业体系	4
三、中国工业“十三五”规划	5
四、中国呼唤自力更生的研发平台	5
第二章 精益研发体系框架	7
一、精益研发 2.0 的提出	7
二、精益研发三维架构	11
三、精益研发流程模型	13
四、精益工作包模型	15
五、精益研发工作模式	15
六、精益研发理想模型	19
七、研发信息化蓝图规划	22
八、精益研发集成平台	24
九、精益研发体系模型	27

<b>第三章 精益研发体系规划</b> .....	31
一、精益研发规划步骤.....	31
二、精益研发蓝图规划.....	32
三、精益研发中期规划.....	34
四、精益研发成熟度评估.....	37
<b>第四章 精益研发体系建设</b> .....	48
一、精益研发建设内容.....	48
二、精益研发建设路线.....	49
三、精益研发建设方法论.....	52
四、精益研发建设成果.....	53
五、精益研发路在脚下.....	54
<b>第五章 精益研发的特点与效益</b> .....	63
一、精益研发体系的特点.....	63
二、精益研发预期应用效果.....	64
三、精益研发体系的可行性.....	66

## 第二篇 精益研发子体系

<b>第六章 研发流程体系</b> .....	72
一、研发流程的重要性.....	72
二、精益研发流程简介.....	73
三、研发流程的形式.....	75
四、WBS 的基本概念.....	76
五、研发 WBS 构建方法.....	80
六、研发 WBS 梳理方法.....	86
<b>第七章 综合设计体系</b> .....	89
一、综合设计概述.....	89
二、综合设计体系模型.....	90



三、综合设计成熟度模型	90
四、系统设计与 MBSE	96
五、设备总体论证	112
六、精益 CMMI (GJB 5000A)	115
七、协同设计模式	118
八、过程数据管理	121
<b>第八章 综合仿真体系</b>	<b>126</b>
一、仿真方法概述	126
二、仿真应用领域	127
三、工业产品再设计	131
四、仿真集成与优化	134
五、仿真数据管理	137
六、仿真云计算平台	138
七、协同仿真平台	142
八、综合仿真体系建设	144
<b>第九章 综合试验体系</b>	<b>151</b>
一、试验管理体系	151
二、虚拟试验体系	157
<b>第十章 知识工程体系</b>	<b>162</b>
一、知识管理困局	162
二、知识工程建设	163
三、知识工程成熟度	170
四、知识工程系统	173
五、几个重要专题	176
<b>第十一章 过程质量体系</b>	<b>187</b>
一、过程质量管控原理	187
二、过程质量管控方法论	189
三、过程质量体系成熟度	191