

HZ BOOKS
华章经管



精益思想丛书

中国机械工业联合会执行副会长张小虞作序推荐
荣获2008年新乡奖之研究著作类奖

精益产品 和流程开发

(美) 艾伦 C. 沃德 (Allen C. Ward) 著
周 健 赵克强 译

LEAN PROJECT AND
PROCESS DEVELOPMENT



机械工业出版社
China Machine Press

精益思想丛书

精益产品 和流程开发

(美) 艾伦 C. 沃德 (Allen C. Ward) 著
周 健 赵克强 译

PPPPPPPPPP
OOOOOOOOOO
PRODUCT AND
PROCESS DEVELOPMENT



机械工业出版社
China Machine Press

本书的作者是美国密歇根大学教授艾伦·沃德博士，他是精益产品开发研究的先驱者之一。他之所以能够在产品开发的领域里做出有开创性的贡献，除了因为他是一位学者，抱着对未知领域的探索热情和严谨态度外，还与他一生经历过做军人、学生、设计师和创业者等的丰富人生阅历有很大关系。作者基于自己独立的研究，提出了一套宽泛高效率的产品开发体系。他很高兴在探讨过程中，发现丰田的产品开发系统竟与他发展的理论有许多相同之处，从而找到了一个实际的、可验证的案例。

遗憾的是，沃德博士因为驾飞机失事，英年早逝。但幸运的是他的好朋友约翰·舒克(John Shook)以及他的学生德沃德·索贝克(Durward Sobek)在整理他遗作的过程中，发现了尚未出版的文稿。他们为了实现沃德博士的遗愿，合力将文稿整理出版，为今天学习精益产品开发贡献了一部重要著作。

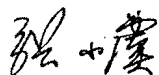
书中提出了精益产品与流程开发体系的两大目的：一是为企业创造可持续盈利的价值流，二是创造可用的知识。他提出三种在开发流程中最常见的

浪费：散乱失序、交接脱节以及主观臆测。针对这些问题，他给出了四个对策：

- 聘请一位企业家型的系统设计师，对产品系列包括的开发及持续盈利负责；
- 组织一个负责任的专家团队；
- 实施基于多套方案的并行开发；
- 运用节拍、流动和拉动的方法来消除开发过程中的种种浪费。

两位编者为了保持原作者的品位，没有再添加额外的内容，因此结尾的第4章“开始变革”显得有些短促。但作者在前三章中，详尽地论述了精益产品和流程开发的体系。一方面从思维的高度讲道理，另一方面又用丰田等实践精益开发的实例加以佐证。作者行文有理有据，字里行间给人一种可信赖的感觉，这与书中具创新性的真知灼见相得益彰。

我的老朋友、精益企业中国的总裁赵克强博士，出于对美国汽车工业、中国汽车工业，乃至世界汽车工业的深刻了解，致力于在中国建立一个精益知识平台。他领导的精益团队在过去五年中相继翻译出版了13本精益图书，本书是第14本。这是一桌难得的盛宴，席上满是精益思想应用于产品开发的大餐，希望大家能好好地品尝并吸取精华，这不仅能提升个人的知识水平，同时可以带动企业的竞争力。我期望中国制造业的朋友好好学习并行动起来试试看，共同为加快我国从“中国制造”向“中国创造”的转变进程努力！



中国机械工业联合会执行副会长

中国汽车工程学会理事长

近几年来，国内机械工业和其他制造业掀起了一股学习精益生产的热潮，透过培训、现场实施、考察先进企业、比较交流等形式，欣见精益生产在我国已经生根发芽。但是企业在生产现场推行精益的过程中，常常会发现很多问题的根源并不一定在现场，而在“现场之上”，诸如产品设计不合理，或者是生产流程不合用。“精益生产”改善团队遇到这样的问题往往一筹莫展，而技术开发部门的专家们又很少到现场参与精益改善活动。

之所以会这样，是因为许多人认为“精益生产”只是生产部门、生产现场的责任，其实这是个误解。总经理认为是下属部门的工作，技术部门、财务部门等则认为是生产部门的事。实际上，詹姆斯·沃麦克博士在《改变世界的机器》(*The Machine that Changed the World*)一书中，就全面描述了精益生产的全貌：工厂管理、产品开发、供应商关系、客户关系。换句话说，“精益生产”指的是制造业的一整套生产系统，而产品开发过程就是其中不可或缺的一个重要组成部分。

我非常赞同作者对精益产品和流程开发系统设

定的目标：创造能持续盈利的营运价值流以及创造可用的知识。好一个简单明确的目标！许多企业的开发人员或整个开发部门都不一定了解每天努力的目标，只是一贯地忙于日常的琐事。能在低头拉车的同时做到抬头看路的人本来就少，会想到把开发工作与企业营运工作的竞争力联系起来的人更少，能想着为更有效创新而创建“可用的知识”的人更是凤毛麟角！

本书的作者意外去世后，其好友约翰·舒克和德沃德·索贝克自告奋勇担起了整理遗稿的重任。为了帮助读者系统地理解全书的思想，他们写了一篇“前言”，介绍了作者的个性、学术思想和治学风格。作为译者，我认为这篇前言也为本书增色不少，成为本书不可缺少的一部分。

感谢黄小平和李克斌，他们两位与我一起忍受了翻译和校订工作的寂寞与枯燥，但基于对精益思想的热情，我们也一起享受了翻译过程的快乐，力争为读者奉献一份好的译作。同时，要感谢同济大学中国制造发展研究中心的王立勇、杨文慧、刘健、张晓宇以及安徽阜阳师范学院的王月丽，他们在初稿的翻译和审校中承担了重要的工作。

这本书里充满了关于开发工作的真知灼见，对于正在从事开发工作的人来说，是一泓廓清观念、启发方法的甘泉；对从事营运或其他工作的人来说，是一瓶理解开发工作和营运等职能融合之道的可乐；对于精益思想的爱好者来说，则是一杯了解精益思想新应用的美酒。无论你从事什么职业，都希望你好好地品尝作者带来的礼物。

周健 博士

于同济大学中国制造发展研究中心

2011年1月

对于我们来说，将本书的一系列重要思想和它的作者介绍给大家，是一种极大的快乐。但是，它同样也意味着极大的痛苦，因为作者不幸于本书出版之前去世了。

艾伦·沃德于 2001 年 8 月完成了本书的草稿。直到 2004 年 5 月在一次飞机失事中去之前，他还在不断地对书中的思想进行完善，尝试对它们进行验证、辩论和修订。可以说，艾伦·沃德的理论在每一次新经验之后便会发生演变和成长，一直保持着极大的活力，但是我们仍然认为，这本书能很好地代表他的思想。

我们俩，约翰·舒克和德沃德·索贝克，作为艾伦的朋友和熟人，最初和他相识是在 20 世纪 90 年代早期。当时，艾伦是密歇根大学机械工程系的助理教授，约翰则是美国丰田技术中心负责计划和行政管理的总经理。美国丰田技术中心是丰田汽车公司在北美进行工程和产品开发的主力阵地，当时正有一队密歇根大学的研究者聚集在那里，着手开展一系列重要的项目研究。与约翰联系的人是约翰·坎贝尔(John Campbell)教授。坎贝尔教授当时

得到美国空军科学研究办公室(AFOSR)的资助,建立了密歇根大学日本技术管理项目。这个研究项目的参加者包括工业和运营工程系的杰弗瑞·莱克(Jeffrey Liker)教授(他深入研究并出版了标志性的著作——《丰田模式》^①(*The Toyota Way*))和年轻的研究生德沃德。

密歇根大学研究团队的成员们似乎分为两个阵营。大部分人在研究丰田,期望从这家公司发掘出新的概念或新的实践模式,他们希望通过分析建立模型,来客观地展示丰田是什么以及在做什么。另一个阵营则对丰田本身并不那么感兴趣,但也将丰田视做一个很好的可获得研究帮助的资源,并且认为或许能据此发表一两篇论文。

艾伦则完全而且显然地不属于上述任何一个阵营。早在麻省理工学院(MIT)做博士生研究人工智能时,他就已经认定,传统的产品开发方式从根本上是有缺陷的。不仅如此,他还知道传统开发方式为什么会有缺陷以及如何去修正它。然而,他也一直为一件事情所困扰:他还没有找到一个能持续地按照他的想法运作的案例。艾伦一直在寻找一家以正确方式做事的公司。一踏进丰田,艾伦立即意识到,自己已经发现了一直在寻求的目标,甚至发现了更多。

后来,在艾伦和杰弗瑞·莱克两位导师的指导下,德沃德完成了一篇博士学位论文。在该论文中,德沃德将丰田公司与(当时的)克莱斯勒公司进行了比较研究,全面描绘了丰田产品开发的组织和实践模式。尽管这个比较研究涵盖的范围很广,包括了对开发的组织、领导方法、沟通风格、流程和哲学的详细描述,艾伦却从未对它表示完全满意。实际上,在对德沃德的博士论文进行答辩前审查时,艾伦给出的评语是:“这篇博士论文不合格。”你可以想象德沃德当时有多失望,甚至还不只是失望,简直是不敢相信!

德沃德在那个星期晚些时候还是通过了正式的答辩,从密歇根大学顺利毕业,并成为蒙大拿州立大学的工程学教授。但回过头来看,艾伦

① 本书已由机械工业出版社出版。

是对的，德沃德的博士论文确实缺少了某些东西。

从某种意义上说，你手里拿着的这本书，正是艾伦想要看到的论文。它从德沃德在丰田的研究工作中汲取了许多数据，但是更重要的是，它拥有德沃德的论文中缺失的东西——对问题本质的深刻洞察。

本书就大多数公司中工程部门的领导现状做了大胆的陈述：如何看待研发部门的工作和产品/流程开发；关于学习、知识和尊重；关于人性、创新和个人成长。这些都是产品开发这项运动中作为参与者所最看重的内容。

接下来，我们将使你相信，当然你自己在阅读过程中也会发现，本书与产品开发方面的其他文献都不同。本书的独特之处是艾伦·沃德对高效的产品开发系统基石的深邃洞察力，这正是本书的最大价值所在。

关于作者

艾伦·沃德在俄勒冈大学获得历史学学士学位，这是他学术经历的开始。他一直保持着对历史的兴趣，而且经常在他研究的论证和解释过程中引用历史证据。大学毕业后，他投身美国陆军，并且服役 10 年。让他自豪的是，他完成了美国陆军突击队员学院(US Army Ranger School)的战斗领导课程学习，后来被派到韩国，并在那里获得了上尉军衔。在部队驻军夏威夷期间，他完成了机械工程学士学位的学习。之后他离开了军队，进入麻省理工学院成为了一名博士研究生。他参加了 MIT 人工智能实验室里的一个研究小组，该小组致力于开发一些机械设计自动化的工具。他开发出一套原型软件，并在此过程中发现了一个新的设计理论，他称之为“以多套方案为基础的设计”。

在密歇根大学担任教授期间，艾伦非常积极地从事研究工作。他指导的一部分学生从事设计自动化软件开发的工作，将他的理论变成计算机代码，这使得艾伦发现：标准的“成套繁殖理论”对于解决多维设计问题是不够的。于是，有一部分学生就研究新的数学表述和逻辑算法，尝

试解决这些问题。还有一部分学生用他的新理论去改进已有的设计方法学。而最终，最令艾伦感兴趣的是，在今天的社会里是否有工程师真的实践过“以多套方案为基础的设计”理论，正是这一兴趣，把他引向了丰田公司及其附属公司。

艾伦第一次到丰田公司日本总部访问是在1993年。Yasuko[⊖] Ward，他的妻子，一名在福特汽车公司担任工程师的美籍日本人，担任他的翻译。在那里，他快速而激情地去验证一些想法和假设。这些假设对于约翰·舒克很有帮助，当时他正致力于把丰田的产品开发系统概念化，并清楚地表达出来。那时，丰田的制造流程已经非常有名，被称做“丰田生产系统”(Toyota Production System, TPS)，但它的产品开发系统还从来没有被完整地描述过。虽然在丰田内部，工程师和经理们能很好地理解该系统是如何运转的，也理解如何有效地管理，但要将这一系统全面而简洁地描述出来，还是相当具有挑战性。

这一话题后来成了德沃德的博士学位研究课题。德沃德为此花了一年半时间认真学习日语，然后在日本待了6个月，就丰田产品开发系统各方面的问题对丰田的工程师和经理们进行访谈。在德沃德在日本进行调研的最后一段时间里，艾伦再一次到日本进行研究。为了省钱，他睡在德沃德租住的公寓的榻榻米上。这个为了节省成本的做法带来了一个意外的好处——晚上就当天访谈的内容进行仔细讨论，有时甚至延续到深夜。日本之旅结束后，课题研究仍继续进行，他们在密歇根州的安阿伯市(Ann Arbor, Mich.)和肯塔基州的厄兰格(Erlanger, Ky.)两个地方访谈了在美国的丰田工程师，对象包括美国人和日本人。为准备关于丰田研究的演讲和研讨会，他们俩进行了无数个小时的争论、归纳和建立理论。这本书的思想，可以说从那时就开始了。

德沃德博士毕业前不久，艾伦离开了学术界，开设了一个从事咨询和非标准工程设备设计的公司。在这段时间里，他利用这个独特的位置

⊖ 日本人名，对应汉字为靖子。——译者注

做了四件事：

- 观察很多公司里传统的产品开发系统；
- 反复思考和发展从丰田研究中发现的想法；
- 在设计工作中验证那些思想；
- 通过帮助不同的公司尝试应用那些创新思想，并奇迹般地改进系统的绩效。

在之后的几年里，约翰有机会经常与艾伦一道工作，为努力转型为精益企业的公司提供帮助。多数情况下，约翰是艾伦理论的宣传者，每当他对丰田的产品开发领域有新的发现时，艾伦都会提供自己的分析或评价意见。然而，在假设之前，艾伦通常都是先提出问题，例如：

- “精益思想经常谈到消除浪费，那么对于产品开发过程来说，其中的‘浪费’是什么？为什么工程师们从来不谈及它？”
- “精益概念中的‘节拍时间’是否适用于产品开发领域？”
- “工程师的时间中有多少真正花在实际的工程工作中？他（或她）的时间中有多少应该花在工程工作中？”

通过对这些问题的讨论甚至是争论，关于“精益产品开发”的全面理解逐步地呈现出来。

艾伦的工作不断地延续，步调也越来越快，越来越多的公司被他的思想所吸引，并寻求他的咨询帮助。他的思想也在不断地演变，并体现在他给客户和研讨会所做的演讲资料中。公司的业务也获得了持续的发展，他雇用了一群年轻的毕业生组成团队支持自己的研究工作，这个团队满怀热情地进行一项工作——以互动视频的方式展现艾伦的知识。为了让工作变得更加有效率，更好地服务客户，同时由于对飞行的毕生热爱，艾伦买了一架轻型飞机。有了它，他可以在客户所在的不同城市之间飞行，而不用受商业航班的时刻表和路线限制。但不幸的是，在他飞往西海岸为一个客户提供培训的途中，发生了坠机事故，艾伦和两位乘客在事故中罹难。那一天是2004年5月31日。

我们为什么此时出版这本书

艾伦 2001 年撰写了这部手稿。我们在整理他遗留下来的论文和文档时认为，这部手稿是对他的思想最完整和最简洁的记录。现在重读它，我们也仍为这些文字中所蕴涵的思想的深刻性和实用性而震惊，例如：

- 他问到驱动产品开发的基本问题；
- 他观察到许多开发部门各种通病的来源（精益的术语叫做“浪费”）；
- 他从精益开发者（丰田和它的供应商）的实践中，提炼出堪称“基石”的精华，这些与传统的开发模式有着显著的不同；
- 他独特地整合了对许多事物的观察：他在军队中的有效团队协作、他的教育经历及个人工作经验中的工程基础、他研究经历中的设计方法学、他关于管理和认知的理论、他对历史的理解以及与客户互动中的收获；
- 他将自己的理论付诸应用，并转变成独特的和可操作的建议；
- 他在所有思考和调查研究中应用了系统思考的方法。

在过去 15 ~ 20 年间，许多人对产品开发问题进行了研究，发表了大量的文献。这些研究涉及产品开发中几乎所有的方面：从开发活动的某些细微工作的分析模型；到对开发系统的完整描述；从设计帮助完成特定开发任务（如开发客户需求或者制订项目计划）的工具到与实践或特点相关的衡量绩效（如专利申请数量、市场份额或者销售增长）的统计分析等。但是，几乎所有这些工作都是在同一套基本假设^①下进行的。这些基本假设根深蒂固，以至于被当做理所当然，或者在某些情况下，大家甚至没有认识到这些基本假设的存在。艾伦则相信，这些假设在概念上或在实际运用中是有瑕疵的。如果真是这样的话，那么一套新的理念就可

① 英文原词是“paradigm”，也译为“范式”。——译者注

能从根本上替代产品开发的传统观点。而您手中的这本书，正代表着艾伦·沃德一套新的产品开发的基本论点。

当然，这些思想仍有很多可供争论和进一步调研的空间。但是，如果它们没有被公之于众，我们也许会永远失去讨论的机会，也就无从认识一个天才学者和工程师一生工作的成果，那将非常可悲，甚至超过艾伦飞机失事悲剧的事件本身。

但是要公开这些思想，还存在另一个问题，那就是艾伦并没有完成他的手稿。我们也知道，艾伦的思想在写这个手稿之际仍然在演变，书中所用的一些例子已经有好几年了，显得不够新。然而，这些思想是令人震撼的，他的洞察力是极其宝贵的，这些建议是革命性的！我们该如何将它公布出来，让人们可以阅读它、争论它，并将它投入到可以帮助企业盈利的应用中？

为保留作者的原始意图，并尽可能地呈现他的个性，我们决定最大限度地保持手稿的原貌。我们仅做了极少的编辑工作，以改进书的可读性和流畅性。有些情况下，我们认为额外的澄清可能对读者有用，因此也增加了少量的编者注。最后，我们写了这篇前言，对作者的成果的背景做适当的介绍，以帮助读者欣赏这本书和它的展示方式。这篇前言还有一个特别的目的，即弥补本书的一些缺陷。我们相信，如果不是艾伦不幸丧生，作者本人可能会在随后的版本中修补这些缺陷。

阅读本书，你会发现它像一篇散文，字里行间透着艾伦的个性和风格。当他要告诉你他个人相信的事情时，不仅不会用那些模棱两可的词语，他还会直接建议一些你应该做的事。他会正视你的眼睛，以观察你是否在怀疑他。有些时候，他也有些学究气，那可能会冒犯一些读者（我们希望不会，尽管艾伦可能不会介意——他喜欢发起挑战，那可能是一种比较刺激人的方式）。他就像一位严厉的教授，在书中布置了一些非常难的作业。以纯学术的眼光看，这本书可能还不够严谨，但是，象牙塔式的“严谨”并不是艾伦真正想要的。他要的是正确的理解和洞察力以及像现实世界中的工程那样的严谨。

以下是艾伦要与大家分享的一些思想的概览。

精益产品和流程开发的基础

如果我们准备设计一个高效的产品与流程开发系统，我们需要在以下几个基本问题上有很清楚的认识：

- 产品开发的目的是什么？
- 它应“生产”出什么？
- 一个好的开发系统是什么样的？
- 在产品开发中，什么是“价值”（或者说“增加价值”和“创造价值”）？

艾伦的第一个发现（我们也同意）是，大多数公司并不能回答这些问题！如果我们对这些问题没有认识清楚的话，如产品开发流程到底应产出什么，那么我们怎么可能将它做好呢？于是，作者首先要对这些基本问题做出回答。

对这些基本问题的讨论，直接引出了一套建议性的产品开发绩效评测指标。作者的第二个发现是，许多产品开发组织在评估和奖励方面犯了错误。于是，本书第1章的内容描述了产品开发有效性的六个评估指标。

在本书第2章里，作者与读者分享了他的观察结果——许多产品开发部门处于失控状态，面临着一轮又一轮的“恶性循环”。某个公司的工程师们由于工作负荷过重，拼命赶工以满足工期的要求，过程中他们过于乐观地估计了时间，并擅自削减一些非核心的要求，于是错误频频发生。因此，管理层新增了许多检查环节，希望减少错误，这些检查环节要求更多的评估和报告，为工程师们带来了更多的工作，进一步加重了他们的负担，导致了更多的错误（或者工期的延误）。于是，管理层又会要求更多的检查。这个循环一直继续，直到有一天，这个开发组织瘫痪了，于是管理层决定，产品开发不再是公司的“核心竞争力”。

诚如前面的例子，传统管理方式对问题的自然反应加剧了循环的恶化。艾伦观察到，大多数产品开发事故的罪魁祸首可以归结为几点——散乱失序(scatter)、交接脱节(hand-off)和主观臆测(wishful-thinking)^①。想要从恶性循环中解脱出来，唯有主动消除造成这种现象的浪费。作者在本书第2章向我们展示了传统思想的不足之处，并为建立一个全新的产品开发模式建议了基础。

在本书第3章，艾伦阐述了一个全新产品开发模式的愿景。其起点是关注价值，包括：“可用的知识”和“可盈利的营运价值流”。他的核心观点是，产品开发的目的是创建可盈利的营运价值流，要达到此目的，创造可用的知识是成功的关键，因此就需要学习。于是，作者提出了一个基本的学习模型，作为产品开发以及支持结构的基础。

本书中，艾伦为产品开发者描述了一个由三个部分构成的学习循环：现场观察(go see)——问为什么(ask why)——(告知、分享)形成认识(in (form))。更多的研究使他深刻认识到这一基本学习循环的重要性，并将它提升为精益开发的五个基本原理之一。他综合了其他几个对精益开发者来说非常重要的步骤，将之命名为“LAMDA原理”。

LAMDA 分别代表：

- look, 观察——亲自去现场观察；
- ask, 问——寻找现象背后的根本原因；
- model, 模型化——运用工程方法，分析、仿真或建立模型；
- discuss, 讨论——和同行、顾问以及关联界面子系统的开发人员讨论；
- act, 行动——用试验的方法检验结果。

一旦你完成了这个循环，就开始新一轮新循环的观察。艾伦在丰田

① 关于 scatter、hand-off、wishful-thinking 这三个词，在中文中很难找到简明的对应译法，因此在反复斟酌后，我们选择了“散乱失序”、“交接脱节”和“主观臆测”。除此之外，还考虑过“散乱”（“没有重点”）、“脱节”、“一相情愿”（过于乐观的估计）等，但均不完美，所以姑且使用这些译法。——译者注

公司和其他的精益产品开发者那里看到的是一种完全不同于传统实践模式的学习和创造知识的观点。这种观点鼓励**到实地去观察**，因为问题“应该发生的情况”和“实际发生的情况”之间往往存在差距。这种观点崇尚运用适当的工具和原理，进行深度的调查研究。他认识到知识的创造和理解经常是在社会性的交流中完成的，人们必须彼此学习。他还强调，知识必须不断地加以验证，永无止境。我们鼓励读者思考艾伦提出的这一“根本性的价值创造循环”。如果艾伦今天还活着继续写这本书的话，他一定会在这个题目上做更多的讨论。

艾伦同时研究的题目包括：开发的组织结构、制造系统以及供应商。

在第3章中，作者深入地研究了精益产品开发的四个“基石”，对于传统产品开发思想来说，其中的每一个基石都堪称具有颠覆性。

1. 企业家型的系统设计师(entrepreneurial system designer, ESD)[⊖]主导的开发组织。精益公司会任命一个人对产品的工程、美学设计、市场和业务负责。他会打破职能部门的限制，建立一个整合的知识，将注意力聚焦到整个价值流(从供应商到制造过程，到客户)。ESD几乎没有行政管理责任，他得到职能部门强大的支持，这些职能部门在专业领域里积累了庞大的知识库。ESD主导整个开发工作，努力集成所有知识，去开发出一个成功的产品。这种模式与传统的产品开发模式相抵触。在传统的模式里，产品开发项目应当由资源充足、来自多个领域的成员组成的团队来实施。这并不是说精益开发系统不喜欢团队工作，而是在如何将团队工作付诸实践这一点上与传统模式有很大的不同。

2. 负责任的专家团队(teams of responsible experts)。精益的产品开发

⊖ ESD是本书的一个核心概念，我们无法找到一个能与之对应的、简洁的中文表达方法。正如前言这一段所描述，ESD不是一般意义上的产品设计人员，他是负责重量级的创新产品的设计师，并且他们设计的不仅是复杂的产品系统，而且还有该产品的营运价值流(营运系统)。为了成功地开发重量级的创新产品，他们要说服、谈判、争取各种资源，完成开发任务，并且要对该产品最终在市场上的成功负责任，因此说个人必须具有创业精神(entrepreneurship)，或称之为企业家精神。我们暂且把它称为“企业家型的系统设计师”，本书后面很多地方我们会直接用ESD来称呼。——译者注

组织有一套与之相适应的人事管理制度，这个系统认可并奖励个人和团队为实现盈利并且为创造与传授知识而做出的贡献，各专业的职能部门领导创造知识的过程，保证知识的获取和散播系统能有效地运转。有趣的是，这些专业团队与 ESD 之间有一种天然的紧张关系，这似乎和许多产品开发文献中被奉为基石的看法不一致。例如，一般文献中，“合作”和“团队工作”被看做正面的，而“冲突”被看做“负面”的。而艾伦则认为，这种“创造性的紧张”正是协调不同思维和培养创新能力的关键动力。

3. 以多套方案为基础的并行工程 (set-based concurrent engineering, SBCE)。精益开发者认识到，每当系统里考虑到需要备选设计方案时，学习率会呈几何级数上升。如果适当地加以管理的话，可以提高创造的稳健性和可靠性以及产品开发循环的成功可能性。然而，为了避免消耗过多的资源，精益开发者设计出不同的方法，剔除一些相对较差的备选方案。他们系统性地将学习的成果归纳为权衡曲线 (trade-off curves)，这样，每次开发活动中学习到的知识可以应用在后续的项目中，进而提高设计的速度和质量。

艾伦提出的这个想法与传统的开发思想也是有冲突的。传统模式认为，设计本质上是通过反复迭代、不断改进而实现的。按照这种看法，产品开发团队对一个概念设计方案进行试验，分析并发现它的弱点，针对弱点进行改进，直到他们获得一个可接受的设计方案。艾伦曾在一篇关于“第二个丰田悖论”的论文中，第一次介绍了“以多套方案为基础”的思想^①。在文章中，他们提出，一个有效的产品开发范式应该是：工程师对多套方案进行推理和沟通，逐步地收窄那些方案，直到收敛到一套最终设计方案，能满足每一个相关方的需求。这正是我们在丰田观察到的模型。直到今天，在那篇论文发表了 10 年之后，德沃德仍会时不时地收到索要论文复印本的请求，许多大学和研究机构仍然将那篇论文指定为产品开发和工程设计课程的必读文献。

^① 艾伦·沃德，杰弗瑞 K. 莱克，约翰 J. 克里斯蒂亚诺和德沃德 K. 索贝克. 第二个丰田悖论：延期的决策如何能更快地制造出更好的汽车[J]. 斯隆管理评论，1995，36(3)：43-61.