



BEAUTIFUL WETLANDS IN CHINA
TRAVELING AND LEARNING

美丽湿地中国行

笃行博学篇

主 编 刘晓俏
副主编 刘存福 蔺 伟



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



中国汽车工程学会

汽车工程图书出版专家委员会 推荐出版



Springer



管理科学与工程前沿译丛

Design of Sustainable
Product Life Cycles

可持续产品 生命周期设计管理

[德]耶格·尼曼 (Jörg Niemann)

[德]泽格·迪茨科维奇 (Serge Tichkiewitch) 著

[德]恩格尔贝特·韦斯特坎博尔 (Engelbert Westkämper)

中国第一汽车股份有限公司技术中心开发策划与科技信息部 组译



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

可持续产品生命周期设计管理 / (德) 尼曼, (德) 迪茨科维奇, (德) 韦斯特坎博尔著; 中国第一汽车股份有限公司技术中心开发策划与科技信息部组译. —北京: 北京理工大学出版社, 2015. 6

书名原文: Design of sustainable product life cycles

ISBN 978 - 7 - 5640 - 9955 - 8

I. ①可… II. ①尼…②迪…③韦…④中… III. ①产品生命周期 - 产品设计 IV. ①F273. 2②TB472

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 273641 号

北京市版权局著作权合同登记号图字: 01 - 2014 - 6263

Translation from English language edition:

Design of Sustainable Product Life Cycles

by Jörg Niemann, Serge Tichkiewitch and Engelbert Westkämper

Copyright © 2009 Springer Berlin Heidelberg

Springer Berlin Heidelberg is a part of Springer Science + Business Media

All Rights Reserved

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 保定市中华美凯印刷有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 12.25

字 数 / 210 千字

版 次 / 2015 年 6 月第 1 版 2015 年 6 月第 1 次印刷

定 价 / 65.00 元

责任编辑 / 封 雪

文案编辑 / 封 雪

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 王美丽

前言

如今，定位于长期业务方向的企业不能只局限于追求经济效益，企业必须考虑自己的经营活动带来的生态影响和社会影响。

与产品的开发、制造、使用和回收处置相关的过程即使不是最佳的增值过程，其目标也应当是追求最优。

生命周期管理理念正是为了解决这个问题，用全面的视角去考虑产品生命周期。这一理念的核心是在考虑产品生命周期时实施一种整体规划，形成着眼于长期的视角，从而在整个产品生命周期中最大限度地利用产品。为了在这个长期过程中运行、管理好技术产品和设备，所有参与产品开发、制造、使用和回收处置的人员（在产品“从生到死”过程中的所有生命周期的合作伙伴）都必须携起手来。

这些方面含有与附加值有关的新潜力，对于优质的制造商和运营商来说尤其重要。产品的最大利用率代表着产品利润，因此是一种新型模式转移，因为它打破了与成长和资源优化有关的传统模式。由于这种创新方法将给客户或双方长期业务关系带来产品效益，因此整个产品生命周期及各阶段的优化过程逐渐退到幕后。

如果人们持续广泛地采用这种跨越产品生命周期的全面管理思路，那么在不久的将来，生产设备制造商卖出的可能只是他们所产产品的用途而已，但在其他合作伙伴和专家等支持网络的帮助下，厂家将“管理”着由客户使用的系统，并担负起对所供系统的管理责任。如今，这种方法已经在汽车行业内的涂装厂或印刷厂成功地应用。因此，未来的设备制造商将同时扮演供应商和生产商这两个角色。

本书准确地讲述了这种模式的转变。描述了由“产品生命周期思路”起主要作用的相关子要素，在这个过程中，建立了生命周期模型及优化生命周期的通用工具和创新方法；论述了着眼于产品生命周期的产品设计方法和可提供生命周期信息支持以持续优化生命周期的方法，以及产品支持服务的途径和效果与生命周期成本概念和分析工

具。在产品生命周期中，将用户和供应商联系起来的那些网络受到了特别关注。

这些网络不仅代表着商业成功的基础，而且还是附加服务的“开门人”。通过这种方式，产品突变成了能开发附加营业额潜力的工具。

将所述方法结合起来，形成一种以长期为导向的新型综合方法。这种新方法将帮助管理者在新模式的基础上开发并成功地管理可持续的产品生命周期。

生命周期设计被理解为整个产品生命周期的整体性概念“开发”（规划、计算、定义、制图）。生命周期设计是指在产品概念阶段中的一次性规划，这个阶段的产品开发路径是由整个生命周期确定的。例如，生命周期设计包括规划产品在使用阶段的可能性服务、材料回收的方式、某些零件的可能再利用方式、如何组织回收的物流，以及后期如何使用产品。因此，生命周期设计是整个产品生命周期中所有后期活动的概念预设计。

本书面向产品生命周期管理领域的专业人士及研究人员和学生。追求生命周期卓越表现的从业人员和研究人员亦将受益于本书所介绍的全面的方法和来自于本行业的各种实例。

这部专题著作是欧洲整体性生产知识社区“VRL - KCiP”4年辛苦工作的结晶。VRL - KCiP是由来自15个不同国家的24个国际知名研究机构建立的合资企业，是在欧洲委员会第六框架计划内的“卓越网络”基础上发展起来的。所有特约合作伙伴均按照KCiP宪章的规定并从更强的网络获得利益，同时以并行方式参与本书的编写。与由单名作者逐章编写的大多数编书的做法相反的是，本书全部内容是所有作者共同编制的劳动成果和共识。因此，随着长期的探讨和对编制稿的不断改进，这个编制过程变得具有高度动态性。

2008年欧洲委员会的这项计划结束后，VRL - KCiP以“EMIRAcle”的名义继续运营。为促进整体性生产研究，EMIRAcle从精通各生产方面的合作伙伴那里获得了相

关的专业技术，从而完全有可能将各方能力结合起来，然后把生成的知识体系转移给行业。研究机构和行业之间的这种合作能加深研究人员对行业遇到的“现实”问题和任务的认识，并为行业提供最新的联合研究结果。

编纂此专著所收获的经验为研究网络集体思路和协作伙伴关系铺平了一条全新的道路。

目 录

1	引言 / 1
1.1	新模式 / 1
1.1.1	制造商视角 / 6
1.1.2	客户视角 / 7
1.2	可持续产品生命周期管理目标 / 7
1.3	本书的结构 / 8
	参考文献 / 9
2	生命周期建模 / 12
2.1	过程网络 / 16
2.1.1	PSL / 18
2.1.2	XPDL / 19
2.1.3	BPML / 19
2.1.4	UML / 19
2.1.5	EPC / 20
2.1.6	OPM / 20
2.2	网络化生命周期管理的框架 / 20
2.2.1	定义产品生命周期建模框架 / 21
2.2.2	产品生命周期数据建模 / 22
2.3	产品模型 / 24
2.3.1	产品建模定义 / 25
2.3.2	信息表示类型 / 25
2.3.3	现有标准 / 29
2.4	产品状态数据的应用 / 31
2.4.1	产品状态模型概念 / 31
2.4.2	状态模型的类结构 / 33
2.4.3	变化视角等级 / 35
2.4.4	产品状态模型的实施 / 35
2.4.5	用于制造的产品模型 / 36
2.4.6	从市场生命周期视角出发的产品模型 / 42
2.4.7	生命周期产品模型案例研究 / 42
2.5	生命周期建模小结 / 46
	参考文献 / 46
3	生命周期评估 / 52

3.1 产品生命周期经济性评价 / 53

3.1.1 生命周期成本核算 / 54

3.1.2 优化生命周期成本的战略组合 / 56

3.1.3 用于评估生命周期成本的标准化 工作表 / 58

3.1.4 生命周期成本核算的案例研究 / 60

3.1.5 生命周期成本持续控制 / 62

3.1.6 生命周期成本合同 / 70

3.2 环境评价 / 71

3.2.1 生命周期评估方法的应用 / 72

3.2.2 环境评估的进一步研究 / 72

3.3 生命周期评估小结 / 73

参考文献 / 73

4 生命周期信息支持 / 76

4.1 用于产品生命周期透明化的可靠数据 / 77

4.2 数字化产品跟踪 / 78

4.3 提高使用性能 / 82

4.3.1 产品设计阶段 / 82

4.3.2 产品使用阶段 / 83

4.3.3 升级和回收阶段 / 91

4.4 为了实现较高数据连续性的产品数据管理 / 91

4.4.1 现场数据闭环信息回路的使用 / 93

4.4.2 持久性设计记录 / 95

4.4.3 生命周期控制采用数字化企业技术 / 98

4.4.4 生命周期控制功能实例 / 99

4.5 生命周期信息支持小结 / 100

参考文献 / 100

5 客户供应网络 / 106

5.1 客户终生价值 / 107

5.2 生命周期效益协作 / 108

5.3 集成化产品服务系统 / 111

5.3.1 开发产品服务系统 / 112

5.3.2 支持活动和模块 / 114

- 5.4 提供销售效益而非设备 / 115
- 5.5 行业原型和实例 / 116
 - 5.5.1 实施 LCC 方法的示例 / 116
 - 5.5.2 在线过程控制的示例 / 118
 - 5.5.3 智能服务过程监控示例 / 120
- 5.6 生命周期客户供应小结 / 121
- 参考文献 / 121
- 6 用于生命周期概念设计的方法 / 123
 - 6.1 从可回顾角度出发的方法 / 124
 - 6.2 从新的需求角度出发采用的新方法 / 126
 - 6.3 方法途径 / 128
 - 6.3.1 生命周期设计的目标 / 128
 - 6.3.2 生命周期设计的要求 / 131
 - 6.3.3 生命周期概念的定义 / 132
 - 6.4 生命周期设计的行动领域 / 133
 - 6.4.1 材料回收 / 133
 - 6.4.2 再制造 / 133
 - 6.4.3 服务 / 134
 - 6.5 预测 / 136
 - 6.5.1 生命周期情境的创建 / 138
 - 6.5.2 生命周期情境的使用 / 140
 - 6.6 生命周期概念的开发 / 142
 - 6.6.1 创意的产生 / 142
 - 6.6.2 创意评估 / 146
 - 6.6.3 创建生命周期概念 / 149
 - 6.7 生命周期概念评估和选择 / 151
 - 6.7.1 生命周期内的成本和收益 / 152
 - 6.7.2 成本和收益分析 / 162
 - 6.7.3 客户 / 164
 - 6.7.4 通过 LCA 进行生态评价 / 166
 - 6.7.5 生命周期概念的优化 / 167
 - 6.7.6 生命周期设计的选择 / 168
 - 6.8 合成和范例 / 169

6.8.1 生命周期概念设计方法的合成 / 169

6.8.2 方法范例 / 172

6.9 方法途径的总结和展望 / 174

参考文献 / 176

7 总结 / 182

缩略语 / 184

1.1 新 模 式

技术产品的制造和消耗导致了自然资源大量损耗，同时由于废弃物的排放而使环境承受越来越大的压力。社会不断增强的环保意识使越来越多的企业公开承诺要致力于环境保护。在这个过程中，法律法规的出台正在引发资源管理的变革。许多企业已经意识到通过改进关键生产工艺和使用可回收材料可降低成本。这种发展态势引导企业对产品生命周期的重新认识，也提高了政治和社会各界人士所追求的与负责任的商业贸易有关的可持续性。商业可持续性要求所有的贸易都应当以维护所有资源为导向。制造过程的一个核心问题是如何通过考虑生命周期管理来实现产品在其整个生命周期中的整体价值创造。因此，便催生了战略变革，其要求在设计、使用技术产品时，既要考虑经济目标，又要衡量环境和社会层面（见图 1-1）。

制造商必须承担与产品技术可用性和使用有关的越来越多的责任，但许多企业只是在售前和售后过程中遵循法定的通用条件，以防止失去市场。人们的普遍印象是企业的成本收益率不足，尤其是在售后业务方面，而这一点也同样适用于工业回收过程。造成此现象的一个主要因素是产品实际信息不可获得以及总装和售后业务之间缺乏协同作用^[1-1,1-4,1-21]。

在现代产品的开发过程中，决定性的影响因素是那些增效技术的应用情

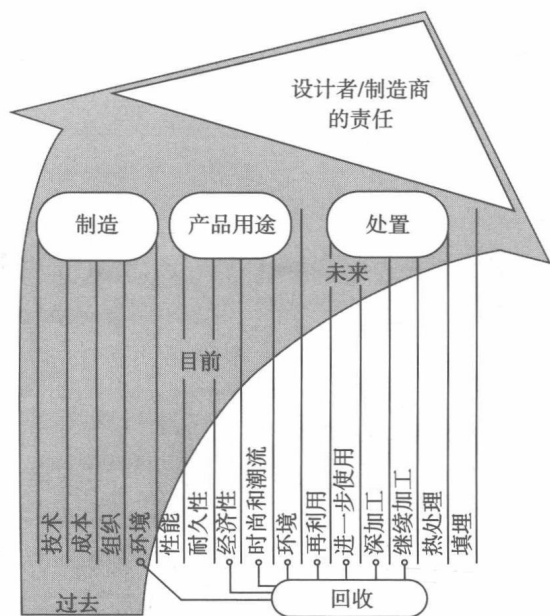


图 1-1 在整个产品生命周期中逐渐增加的责任

况。产品开发正在成为复杂的高集成度系统，其内部蕴含的技术信息让用户即使不懂也能可靠、经济而且成功地使用。因此，企业的业务战略正逐渐形成这样的目标：在产品的整个生命周期里完善技术系统、优化产品用途及使附加值最大化。在这个背景下，产品生命周期全面管理与信息交流系统集成化的结合体正在成为各企业成功的一个要素^[1-19,1-25]。

在制造技术产品时，企业通常都会把战略方向指向经济指标。其主要业务是为单个客户或整个市场开发、生产及经营产品。许多企业认为，保养和维修对获得与客户之间的持久业务关系是很必要的。

研究表明，这些服务扮演的角色将从产品附属服务变身为主要的收入来源。这意味着原来的产品本身将变成出售主营业务等服务的工具（平台）^[1-10,1-15]。

因此，工业制造型企业正日益把业务集中到工程、装配和服务上。他们正在采用新的模式，在产品的生命周期中通过客户导向、系统管理和服务使产品增值。机械制造业和其他行业领域（如汽车业）已经把自己的能力范围缩小到主要（或核心）技术及总装，而零部件则交由供应商或专业公司制造。他们的利润正越来越多地来自设计、工程、总装和服务中的业务活动。这些生产阶段是企业的核心竞争力，能使企业在产品生命周期中制造出以市场或客户为

导向的强有力产品，并使产品增值^[1-7,1-22]。

产品的功能性是在设计与工程化过程中定义的。产品的功能性及其具体使用特性将通过真实配置的组装、维护和拆卸来确定（按制造角度）或更改。在使用阶段，需要掌握与产品设计和特性有关的专业知识，如用于优化利用率和性能的具体过程知识。不断增加的技术复杂性正在推动产品近端服务和厂家支持的发展。在这种情况下，只销售资本密集型产品的功能而非出售产品本身的一系列新业务模式诞生了。

上述趋势背后还隐藏着一种新模式：为实现增值并使利用率最大化，产品从生命周期开始一直到结束均与制造商的支持网络保持联系（见图1-2）。为实现这种模式，制造商需要掌握生命周期管理（LCM）系统、工具和技术。这种新模式可表述为两种战略：一是将所有过程集成到产品生命周期中；二是优化各单个技术产品的使用性能。从整体观点或宏观经济角度来看，这些战略符合逻辑；但从经营或微观经济角度来看，要启动这些战略是很难的。这是因为要着手实施这些战略，就需要在产品、组织机构及生产技术方面进行根本性的结构改革，而且相关的经济利益尚不确定或存在风险^[1-1,1-23]。

制造商网络（互联网）里，技术产品链接到……



- 在全球工程及制造标准方面合作
- 为客户的所有需求提供支持
- 利用最佳实践法优化产品利用率（微调）
- 通过使用电信业务、远程操作、重新配置、再利用、再制造和再循环来实现价值
- 管理特定产品的整个生命周期

图1-2 生命周期管理的前景

另外，局部优化的产品生命周期（各个过程的优化）可能不会呈现出优越性。因此，需要从整体角度和多目标角度来评估产品生命周期的性能。

在优化各产品总体利用率及最大程度降低环境影响的生命周期管理过程中，存在着一种未来主义的设想成分。实际上，应当对不同类型的产品予以单独考虑。对于一些产品来说，将其与厂家的信息网络联系起来可以产生经济效益。如果遵循这种未来派设想模式，让所有的机床和高品质技术产品都处于厂家的信息网络中，那么互联网将在生命周期全面管理中占据核心重要地位^[1-12,1-13]。

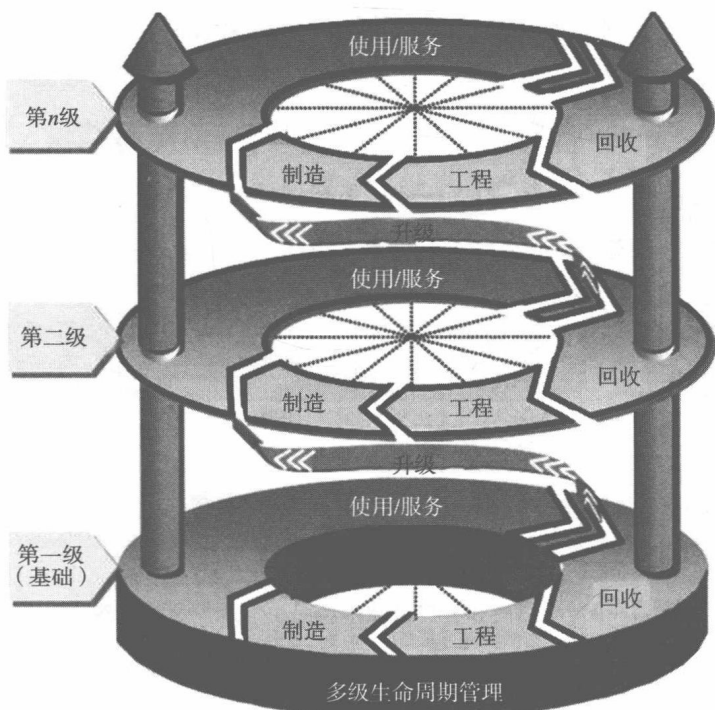
企业采纳的战略明显依赖于其产品类型,按时间和战略角度可将产品分为三大类。第一类是生命周期短、产品价值低或制造工艺简单的产品。这些非耐用型技术消费品通常被大批量地生产制造。对于这类产品,生命周期管理的重点在服务、营销和产品回收技术的合理组织上。由于附加值利润与产品价值相比相对较低,因此可以将稳健型技术用于回收过程。第二类是变型数量有限的系列化产品。这些产品的生命周期管理包括零部件的保养与维修、工业回收和部分再利用。第三类则是优质资本货物。这类产品的主要关注点是售后领域中的利用率最大化、性能维护和附加值增加,在这类产品中,工业回收只起着很小的经济作用^[2-6]。

前瞻性的产品生命周期计划是使利用率最大化的战略。在使用阶段结束后,产品拥有者将面临产品报废/回收或产品升级这两种选择。通过升级,产品转变为具有新的运行状态的新产品,这种运行状态反映在产品的新功能中。产品将实现具体的软硬件修改,并具有与原状态相比更先进、更多和更新的功能特性。因此,产品可以得到改进、拓展或再利用,以执行全新的任务。通过升级,产品几乎踏上了全新的生命历程(见图1-3)。

但由于技术或经济形势的原因,升级并非总是可行的。为了能够推迟产品的升级时间,还需要进行长远的产品规划,规划的起始点是产品工程阶段。在这个开发的早期阶段,可以确定产品的基本特征,包括后期修改的可能性。众多技术措施及组织措施决定着产品是否能成功地转化以达到一个新的级别。

从技术角度来看,产品结构的模块化设计尤其重要。符合系统设计的模块化产品使其在整个生命周期中能够实现功能更新、在经济上可行的再设计。如果在设计时考虑到“产品可能在其生命周期中经历多次修改或者甚至完全更改”这一事实,那么设计出的产品结构将不仅会具有产品维护上的优势,还会创造出巨大的潜能。机械部件设计正日益被软件更新所取代,这也有利于产品短期应用到多变的任务分派中。由于修改后的软件比硬件更好且安装要快得多,因此使用软件更新时间更短^[1-21]。

从技术角度来看,产品优化可以得到全面采集的数据的支持。数据记录和巡回检测使得产品性能得到统计分析,或使产品和开发过程能够实现在线监测。对获得的数据按具体标准进行评估,分析优化潜力。这就使得机床的利用效率可控,不仅有可能实现技术优化,还可能在考虑经济因素的基础上进行长远的规划,这些都要归功于所获得的“真实”的机床数据。生命周期模拟法能够帮助人们在设计阶段预测出产品的未来变化。这些数据大大改进了在生命周期模拟中使用的生命周期模型。到目前为止,传统的制造模式还一直处在与



技术推动:

- 模块化产品结构 (再配置性);
- 用软件代替机械部件;
- 合适的材料;
- 合适的制造技术;
- 合适的制造工艺。

组织推动:

- 带数据基础信息的生命周期;
- 用于分析产品当前状态和历史状态的在线信息系统;
- 以出售产品效益为重点的创新业务模式;
- 全面优化产品的各级经济利益、以生命周期成本为导向的模式。

© IFF, Westkämper, Niemann

图 1-3 拥有数次生命的产品^[1-12]

终端产品的制造和销售有关的利润层面。而新的模式则考虑了技术产品的生命周期及其在工程设计、装配、服务、维修和拆卸过程中的价值/效益优化，目的是在产品生命周期中减少环境污染和履行公共约束机制或政府监管政策时带来的损失^[1-2,1-8,1-11,1-17,1-25]。

在采用产品生命周期优化并增值的新模式后，制造商和客户之间的关系会

发生结构性变化。制造商和客户对产品生命周期中的相同业务过程有着不同的看法，如图 1-4 所示。

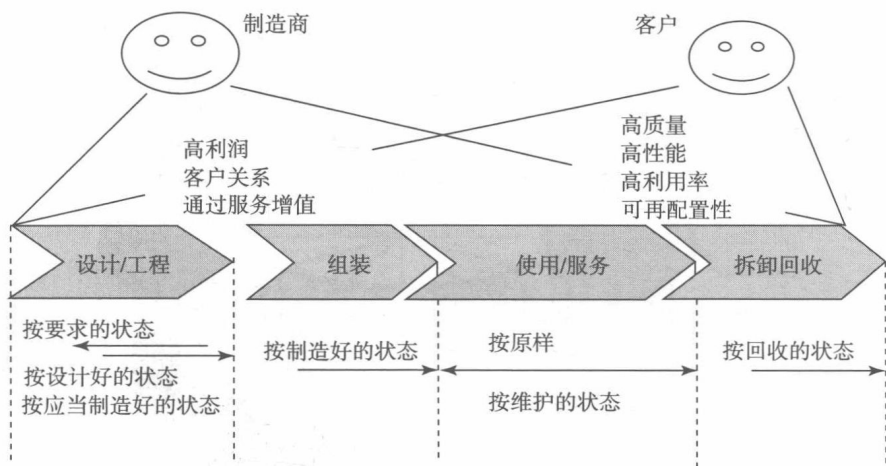


图 1-4 制造商和客户对技术产品生命周期所持的观点

双方对相同产品持有不同的观点是 21 世纪工业发展的结果。因此，产品生命周期的设计管理会带来新的制造时代。

1.1.1 制造商视角

产品生命周期可分为工程设计阶段、制造阶段、装配阶段、使用阶段、服务阶段、拆卸阶段和回收阶段。

各阶段的详细内容在参考文献 [1-2, 1-3, 1-5, 1-8, 1-9, 1-12, 1-19, 1-23] 中有定义，其内容取决于产品和生产的具体模式。这些内容主要是为了满足市场和客户的要求，以确保制造资源的高效利用。由于制造商的新视角增加了与客户相关的服务，包括为实现重新配置、再利用和回收而提供的维修和拆卸服务，因此使得产品在使用和回收阶段提升了价值。基于这种视角，人们对生命周期工程设计及对所有阶段（尤其是在使用阶段）中系统拆装及诊断能力的考虑比以往更加深入了。

描述产品架构（商品和服务的混合体）也是很有必要的。利用集成式架构模型，可以更轻松地管理商品与服务之间的相互依赖性，因为这种模型清晰地阐释了各种零部件是如何实现具体功能的^[1-18]。正如前面讲到的，制造过程的早期阶段大多都外包给了供应商。因此，有必要从经济和环境的角度来考虑制造商和供应商之间的关系。这样，就可以在所有运营活动中通过提供一系列支持性工作来创造出面向产品的赢利性服务。这些支持性工作涉及对产品实

际特性的诊断、为达到重新配置或升级目的而实施的局部拆装，以及为达到回收目的而实施的最终拆卸。

1.1.2 客户视角

客户通常感兴趣的是在使用阶段以较低的成本获得较高的产品利用率，而这通常需要对产品制造工艺进行更改。要实现这一点，就需要既能保证工艺性又能使安装时间和成本最小化的柔性制造系统。复杂技术产品的高效利用需要掌握与机床、机电部件、软件和过程优化等方面有关的专门技能和知识。通过使用由制造商提供的专门技能服务和援助，这些优化成本可以被抵消。因此，客户宁愿购买专业化的服务来减少固定成本投入及检验、维修、再配置或升级时所需的成本。

在工业制造中，资本密集型产品的经济效益取决于市场需求及产品外观、技术要求和产能。这些要求在不断地变化，因此制造系统需要不断调整以适应变化的要求^[1-16,1-24]。

1.2 可持续产品生命周期管理目标

能使技术产品的成本效益最佳化的新模式不仅以经济为导向，还根据环保标准对环境影响予以关注。该模式假设将精力集中于核心竞争力和专业化后，通过服务和拆解的工业化带来新的增值潜力或成本降低潜力。

制造商和客户之间达成共识是激发新潜力以便在产品生命周期里从各技术产品中获取最大效益并达到经济指标和环境目标的前提条件（见图1-5）。

新模式：技术产品在整个生命周期中一直处于制造商的网络中

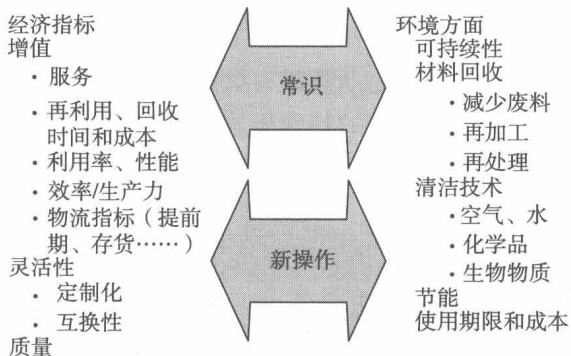


图 1-5 生命周期管理的目标