

卡内基·梅隆大学软件工程丛书



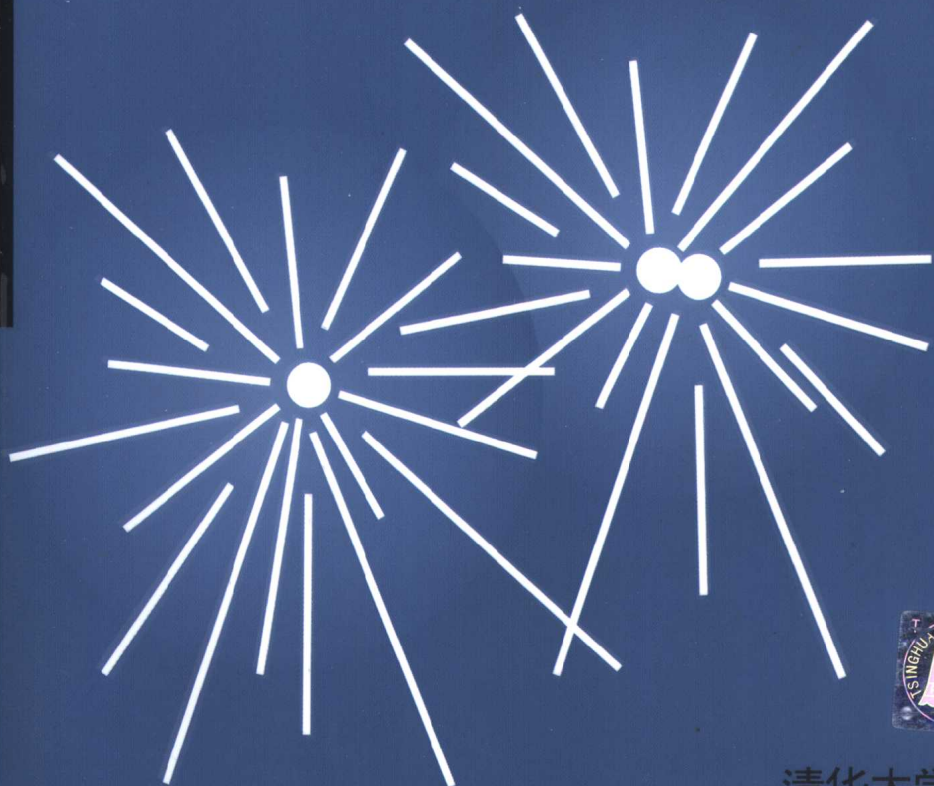
软件产品线

(影印版)

——实践与模式

Software Product Lines :
Practices and Patterns

[美] 保罗·克莱门茨 (Paul Clements) 著
琳达·诺斯罗普 (Linda Northrop)



清华大学出版社



卡内基·梅隆大学软件工程丛书

软件产品线

(影印版)

——实践与模式

Software Product Lines :

Practices and Patterns

[美] 保罗·克莱门茨 (Paul Clements) 著
琳达·诺斯罗普 (Linda Northrop)

清华大学出版社
北京

Software Product Lines

Practices and Patterns

Paul Clements

Linda Northrop



Addison-Wesley

Boston • San Francisco • New York • Toronto

Montreal • London • Munich • Paris

Madrid • Capetown • Sydney • Tokyo

Singapore • Mexico City

English reprint edition copyright © 2003 by PEARSON EDUCATION ASIA LIMITED and TSINGHUA UNIVERSITY PRESS.

Original English language title from Proprietor's edition of the Work.

Original English language title: Software Product Lines: Practices and Patterns, 1st Edition, by Paul Clements, Linda Northrop, Copyright © 2002

All Rights Reserved.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc., publishing as Addison-Wesley.

This edition is authorized for sale and distribution only in the People's Republic of China (excluding the Special Administrative Region of Hong Kong, Macao SAR and Taiwan).

本书影印版由 Pearson Education 授权给清华大学出版社出版发行。

For sale and distribution in the People's Republic of China exclusively (except Taiwan, Hong Kong SAR and Macao SAR).
仅限于中华人民共和国境内(不包括中国香港、澳门特别行政区和中国台湾地区)销售发行。

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01-2003-4343

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签, 无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

软件产品线——实践与模式=Software Product Lines: Practices and Patterns/(美)克莱门茨,(美)诺斯罗普著. —影印本. —北京:清华大学出版社, 2003.7
(卡内基·梅隆大学软件工程丛书)

ISBN 7-302-07004-0

I. 软… II. ①克… ②诺… III. 软件工程—英文 IV. TP311.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 064030 号

出 版 者: 清华大学出版社

地 址: 北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn>

邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175

客户服务: 010-62776969

文稿编辑: 文开棋

封面设计: 立日新设计公司

印 刷 者: 世界知识印刷厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 148×210 印张: 19.625 插页: 1

版 次: 2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-07004-0/TP·5155

印 数: 1~3000

定 价: 39.00 元



Carnegie Mellon Software Engineering Institute

The SEI Series in Software Engineering

Many of the designations used by manufacturers and sellers to distinguish their products are claimed as trademarks. Where those designations appear in this book, and Addison-Wesley, Inc. was aware of a trademark claim, the designations have been printed with initial capital letters or in all capitals.

CMM, Capability Maturity Model, Capability Maturity Modeling, Carnegie Mellon, CERT, and CERT Coordination Center are registered in the U.S. Patent and Trademark Office.

ATAM; Architecture Tradeoff Analysis Method; CMMI; CMM Integration; CURE; IDEAL; Interim Profile; OCTAVE; Operationally Critical Threat, Asset, and Vulnerability Evaluation; Personal Software Process; PSP; SCAMPI; SCAMPI Lead Assessor; SCE; Team Software Process; and TSP are service marks of Carnegie Mellon University.

ANY MATERIAL FURNISHED BY CARNEGIE MELLON UNIVERSITY AND THE SOFTWARE ENGINEERING INSTITUTE IS FURNISHED ON AN "AS IS" BASIS. CARNEGIE MELLON UNIVERSITY MAKES NO WARRANTIES OF ANY KIND, EITHER EXPRESSED OR IMPLIED AS TO ANY MATTER INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, WARRANTY OF FITNESS FOR PURPOSE OR MERCHANTABILITY, EXCLUSIVITY OR RESULTS OBTAINED FROM USE OF THE MATERIAL. CARNEGIE MELLON UNIVERSITY DOES NOT MAKE ANY WARRANTY OF ANY KIND WITH RESPECT TO FREEDOM FROM PATENT, TRADEMARK, OR COPYRIGHT INFRINGEMENT.

Special permission to reproduce portions from *The Framework for Product Line Practice* © 2000, *The CelsiusTech Technical Report* © 1986, and *The Product Line Technical Probe* © 2000, by Carnegie Mellon University, is granted by the Software Engineering Institute.

All rights, titles, and interests in and to the BigLever Software platform and software described in this publication, including all applicable copyrights, trademarks, patents, and other intellectual property rights contained therein, are and shall remain vested in BigLever Software, Inc. BigLever Software is a trademark of BigLever Software, Inc.

DMS and CloneDR are trademarks held by Semantic Designs, Inc. Semantic Designs is a registered service mark of Semantic Designs, Inc.

Lego is a trademark of The Lego Group. Mathematica is a registered trademark of Wolfram Research, Inc.

The authors and publisher have taken care in the preparation of this book, but make no expressed or implied warranty of any kind and assume no responsibility for errors or omissions. No liability is assumed for incidental or consequential damages in connection with or arising out of the use of the information or programs contained herein.

The publisher offers discounts on this book when ordered in quantity for special sales. For more information, please contact:

Pearson Education Corporate Sales Division
One Lake Street
Upper Saddle River, NJ 07458
(800) 382-3419
corpsales@pearsontechgroup.com

Visit AW on the Web: www.awl.com/cseng/

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data

Clements, Paul C.

Software product lines : practices and patterns / Paul Clements, Linda Northrop.

p. cm. — (The SEI series in software engineering)

Includes bibliographical references.

ISBN 0-201-70332-7

1. Computer software—Development. I. Northrop, Linda. II. Title. III. Series.

QA76 76.D47 C58 2001

005.1—dc21

2001035285

Copyright © 2002 by Addison-Wesley

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form, or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior consent of the publisher. Printed in the United States of America. Published simultaneously in Canada.

ISBN 0-201-70332-7

Text printed on recycled paper

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10—CRW—0504030201

First printing, August 2001

读者对本书的赞誉

◆◆◆◆ 软件工程师不容错过的好书！

它结构清晰，内容丰富，是每个软件工程师必读的参考书。

——Martin 于美国波士顿

◆◆◆◆ 不愧为精品书！

感谢《软件产品线——实践与模式》，在它的指导下，我们公司成功地采用了产品线方法。本书是这类主题中最好的参考书。

——Monetaire 公司首席技术师 Damon Carr

◆◆◆◆ 充分体现了过程模式的重要价值！

情节：

1. 您是一名基本功扎实的软件工程师，打算在公司内采用产品线方法；
2. 经理要求您证明产品线方法的确能带来理想的投资回报；
3. 于是，您打开 YYY 书，翻到 XXX 页，开始阅读 ZZZ 节；
4. 两小时后，您便为一个商业案例开发了一个概念。令人惊叹的是，您在此之前，根本没有参加过任何商业培训课程。

以上情节并非虚构，其中的“您”就是我，“YYY 书”就是《软件产品线——实践与模式》，“XXX 页”就是原书 365 页，“ZZZ 节”就是“**What to build Pattern**”。

在 SEI 软件产品线框架中，软件产品线模式是最核心、最精华的部分。尽管许多人都没有意识到模式能平衡过程描述的精细或粗略程度。本书提纲挈领地介绍了软件产品线方法所涉及的 3 大活动（核心资产开发、产品开发和框架管理），因此非常适合管理层人员阅读。从另一方面看，书中所涉及的 29 个实践领域提供的大量活动和方法非常适合软件工程师即学即用。

虽然有的实践领域具有太强的针对性，但这些模式对读者而言，仍然大有帮助。模式设置了过程和工作流程，它们因问题和环境的不同而不同。要找到一种“放之四海皆准”的过程描述不太可能。因此，推荐一种产品线过程便意味着要么过于泛化，要么仅适合于特定的组织、市场、目的、产品和人。模式是具体的过程，有助于在预先定义好的环境中获得特定的目标。但我觉得框架模式还可以进一步改进和延伸，对于产品线社群而言，它们的意义远远超过了其他任何产品线过程说明。

——德国 Kronberg 读者 Stefar Ferber

出版说明

1984年,美国国防部出资在卡内基·梅隆大学设立软件工程研究所(Software Engineering Institute, 简称SEI)。SEI于1986年开始研究软件过程能力成熟度模型(Capability Maturity Model, CMM),1991年正式推出了CMM 1.0版,1993年推出CMM 1.1版。此后,SEI还完成了能力成熟度模型集成(Capability Maturity Model Integration, 简称CMMI)。目前,CMM 2.0版已经推出。

CMM自问世以来备受关注,在一些发达国家和地区得到了广泛应用,成为衡量软件公司软件开发管理水平的重要参考因素,并成为软件过程改进的事实标准。CMM目前代表着软件发展的一种思路,一种提高软件过程能力的途径。它为软件行业的发展提供了一个良好的框架,是软件过程能力提高的有用工具。

SEI十几年的研究过程和成果,都浓缩在由SEI参与研究工作的资深专家亲自撰写的卡内基·梅隆大学软件工程丛书(SEI Series In Software Engineering)中。

为增强我国软件企业的竞争力,提高国产软件的水平,清华大学出版社全面引进了这套丛书,分批影印和翻译出版,这套丛书采取开放式出版。不断改进,不断出版,旨在满足国内软件界人士学习原版软件工程高级教程的愿望。

清华大学出版社

卡内基·梅隆大学软件工程丛书

编 委 会 名 单

主 任 周伯生

副 主 任 郑人杰

委 员 (按姓名拼音顺序排列)

董士海 顾毓清 王 纬

吴超英 尤晓东

执行委员 尤晓东

秘 书 廖彬山

总 序

周伯生

美国卡内基·梅隆大学软件工程研究所（CMU/SEI）是美国联邦政府资助构建的研究单位，由美国国防部主管。他们确认，为了保证软件开发工作的成功，由软件开发人员、软件采办人员和软件用户组成的集成化团队必须具有必要的软件工程知识和技能，以保证能按时向用户交付正确的软件。所谓“正确的”就是指在功能、性能和成本几个方面都能满足用户要求且无缺陷；所谓“无缺陷”就是指在编码后对软件系统进行了彻底的穷举测试修复了所有的缺陷，或保证所编写的代码本身不存在缺陷。

CMU/SEI 为了达到这个目的，提出了创造、应用和推广的战略。这里的“创造”是指与软件工程研究社团一起，共同创造新的实践或改进原有的实践，而不墨守成规。这里的“应用”是指与一线开发人员共同工作，以应用、改进和确认这些新的或改进的实践，强调理论联系实际。这里的“推广”是指与整个社团一起，共同鼓励和支持这些经过验证和确认的、新的或改进的实践在世界范围内的应用，通过实践进行进一步的检验和提高。如此循环，往复无穷。

他们把所获得的成就归纳为两个主要领域。一个是倡导软件工程管理的实践，使软件组织在采办、构建和改进软件系统时，具有预测的能力与控制质量、进度、成本、开发周期和生产效率的能力。另一个是改进软件工程技术的实践，使软件工程师具有分析、预测和控制软件系统属性的能力，其中包括在采办、构建和改进软件系统时，能进行恰当的权衡，作出正确的判断和决策。CMU/SEI 通过出版软件工程丛书，总结他们的研究成果和实践经

验，是推广这两个领域经验的重大举措。

卡内基·梅隆大学软件工程丛书由 CMU/SEI 和 Addison-Wesley 公司共同组织出版，共分 4 个部分：计算机和网络安全（已出版了 2 本著作），工程实践（已出版了 8 本著作），过程改进和过程管理（已出版了 11 本著作），团队软件过程和个体软件过程（已出版了 3 本著作）。前两者属于软件工程技术实践，后两者属于软件工程管理实践。目前这 4 个部分共出版了 24 本著作，以向软件工程实践人员和学生方便地提供最新的软件工程信息。这些著作凝聚了全世界软件工程界上百位开拓者和成千上万实践者的创造性劳动，蕴含了大量的宝贵经验和沉痛教训，很值得我们学习。

清华大学出版社邀请我和郑人杰教授共同组织卡内基·梅隆大学软件工程丛书编委会。清华社计划首先影印 6 本著作，翻译出版 15 本著作。据我所知，在 Addison-Wesley 公司出版的 SEI 软件工程丛书中，人民邮电出版社已经翻译出版了《个体软件过程》和《团队软件过程》，还拟影印出版《个体软件过程》和《软件工程规范》；电子工业出版社已经翻译出版了《净室软件工程的技术与过程》、《能力成熟度模型 CMM 1.1 指南》、《能力成熟度模型集成 CMMI》和《软件项目管理》；北京航空航天大学出版社已经翻译出版了《统计过程控制》。这些出版社共计影印 2 本著作，翻译出版 7 本著作。这样，可以预期我国在今年年底共可影印 8 本著作，翻译出版 22 本著作。各个出版社的有远见的辛勤劳动，为我们创造了“引进、消化、吸收、创新”的机遇。我们应该结合各自的实践，认真学习国外的先进经验，以大大提高我国软件工程的理论和实践水平。

在这套丛书中，特别值得一提的是，在过程工程领域被誉为软件过程之父的 Humphrey 先生所撰写的《软件过程管理》、《技术人员管理》、《软件工程规范》、《个体软件过程》、《团队软件过程》和《软件制胜之道》等 6 本著作，将于今年年内全部翻译出

版, 其中《软件过程管理》、《技术人员管理》、《软件工程规范》、《个体软件过程》和《软件制胜之道》等 5 本著作亦已经或将于今年年内影印出版。

《软件过程管理》是软件过程领域的开创性著作, 是为软件公司经理和软件项目经理撰写的。用这本书提出的原理来指导软件开发, 可以有效地按照预定进度得到高质量的软件, 同时还可了解如何持续进行过程改进。美国 CMU/SEI 按照这本书提出的原理开发了能力成熟度模型, 在国际上得到绝大多数国家的认可和广泛采用, 是改进软件过程能力的有力武器。在信息技术迅速发展和企业激烈竞争的今天, 能否持续改进过程往往决定企业的命运。

作为一个软件经理, 在改进组织的能力之前, 首先必须明确绝大多数软件问题是由管理不善所引起的。因此, 要改进组织的性能, 首先需要改进自己的管理模式。同时还要认识到软件开发是一项智力劳动, 需要拥有掌握高技能和忘我工作的技术人员。因此, 有效的软件管理需要充分注意技术人员的管理。

《技术人员管理》这本著作就是为达到这个目的而撰写的。高质量的技术工作要求没有差错, 这就要求人们高度专心和高度献身。因此要求人们对他所从事的工作不仅具有高度的责任感, 而且具有浓厚的兴趣和高度的热忱。在当前知识经济群龙相争的今天, 一个能激励人们进行创造性工作的领导群体, 是众多竞争因素中最重要的因素。本书提供了大量的实用指南, 可用来有效地改进工程人员、经理和组织的性能。

Humphrey 先生还认为这本书特别适合于在我国工作的软件经理。我国是一个人口大国, 拥有大量能干的知识分子, 而且信息领域的劳动力价格比国际市场的价格要低, 因此吸引了许多国家到我国来投资。但若不提高人员的素质, 不在产品质量和进度方面也狠下功夫, 就不能在这方面持续保持优势。

《软件工程规范》是为编程人员撰写的。它精辟地阐述了个体软件过程（PSP）的基本原理，详尽地描述了人们如何来控制自己的工作，如何与管理方协商各项安排。在软件工程界，这本著作被誉为是软件工程由定性进入定量的标志。目前在世界范围内，有成千上万的软件工程技术人员在接受有关 PSP 的培训，以便正确地遵循 PSP 的实践、开发和管理工作计划，在他们承诺的进度范围内，交付高质量的产品。

《软件制胜之道》这本著作描述了团队软件过程的基本原理，详尽地阐述了在软件组织中如何应用 PSP 和 TSP 的原理以及它所能带来的效益。此外，虽然 CMM 同样适用于小型组织，但在其他著作中都没有描述如何应用 CMM 于个体或小型团队，这本书填补了这个空白。应该指出，如果一个组织正在按照 CMM 改进过程，则 PSP 和 TSP 是和 CMM 完全相容的。如果一个组织还没有按照 CMM 改进过程，则有关 PSP 和 TSP 的训练，可以为未来的 CMM 实践奠定坚实的基础。

在软件工程技术实践方面目前共出版了 10 本著作，其中《用商业组件构建系统》、《软件构架实践》和《软件构架评估——方法和案例研究》等 3 本著作详尽地阐述了软件构架的构建、实践和评估。鉴于是否有一个稳定的软件构架，对软件的质量和成本影响很大，因此如何获得一个好的构架就成为当今软件界研究的重点。我相信这几本著作的出版，将对我国软件构架领域的研究与实践有重要的参考价值。此外，众所周知，计算机与网络的安全问题对信息系统的可靠使用关系极大，《CERT 安全指南》的出版将会对我国在这一领域的研究和实践起积极的促进作用。《风险管理——软件系统开发方法》、《软件采办管理——开放系统和 COTS 产品》、《项目管理原理》、《软件产品线——实践与模式》和《系统工程——基于信息的设计方法》等 5 本著作，分别从风险管理、软件采办、项目管理、软件产品线以及信息系统设计方法等几个方面阐述了大型、复杂软件系统的开发问题，是有关关

展软件产业的重要领域，很值得我国软件产业界借鉴。

目前我们所处的时代是信息化时代，是人类进入能够综合利用物质、能量和信息三种资源的时代。千百年来以传统的物质产品的生产、流通、消费为基本特征的物质型经济，将逐步进入以信息产品的生产、流通、利用和消费为基本特征的知识型经济。在这个历史任务中，建造和广泛应用各类计算机应用系统是其公共特征。计算机软件是计算机应用系统的灵魂，没有先进的软件产业，不可能有先进的信息产业，从而也不可能建成现代化的知识型经济。

我们应该看到，在软件领域中我国在总体上离世界先进水平还有相当大的差距。但是，我们不能跟随他国的脚印，走他人的老路。我们应该抓住机遇，直接针对未来的目标，在软件工程技术和软件工程管理两个方面，注意研究卡内基·梅隆大学软件工程丛中倡导的原理和方法，联系实际，认真实践，并充分利用我国丰富优秀的人力资源和尊重教育的优良传统，大力培养各个层次的高质量的软件工程人员，使其具有开发各类大型、复杂软件系统的能力。我衷心地预祝清华大学出版社影印和翻译出版这套丛书，在把我国建设成为一个真正现代化的软件产业大国的历史任务中起到推波助澜的作用，并请读者在阅读这些译著时，对这套丛书的选题、译文和编排等方面都提出批评和建议。

周伯生

于北京

2002年8月18日

序：产品线的希望之乡

在人们（包括我们自己）对软件生产力的经济学分析中，大量事实表明：软件重用是提高软件生产力、软件质量和生命周期的最有潜力的领域。这个概念初听起来非常容易，而且很具吸引力：只要保存所有的构件，就可以重新组装获得新的应用程序。

但是如果您尝试去做，就会像我在 1996 年第一次在 Rand Computer Program Catalog 中尝试用这种方法一样，您很快就会发现一个软件构件会在很多方面与其他构件不兼容。它们有不同的调用约定、单位、尺寸、坐标系统、格式、控制假设、业务假设——还有其他很多方面。尽管如此，企业仍然继续对构件进行组装，徒劳地寄希望于它们之间能够碰巧地兼容。

显然，利用重用的下一步是定义和遵循组装构件的规则。然而，在通常情况下，仍然有很多不成功的尝试。最终，我们发现如果为每个领域定义不同的领域专用软件构架，然后开发构件在这些构架中实现互操作，重用将变得非常好用。

此时，很多组织已经开始攻克对域进行工程与构架设计这座高山，希望很容易地找到产品线重用的希望之乡，比如说是用编程来攻克。

然而，他们找到的却是另一座高山；这又是软件经济学的功劳。Jeff Poulin 在其具有里程碑意义的著作 *Measuring Software Reuse* (Addison-Wesley 于 1997 年出版) 中，通过大量研究结果来表明开发可重用构件的成本比开发一次性构件高出 50%。在很多组织中，软件项目的预算仅能够完成自己的工作，根本没有足够的资源来开发可重用构件。

当组织试图克服这个难题时，他们又发现了另一个难题——不止是文化的问题。这主要是由于以下两个因素：

- **非我不用** 很多软件开发人员固守这一观念，仍然喜欢自己构建产品。在 TRW，我们的第一次重用启动会议上，我们得到的经典回答是“产品不可重用。如果您真的需要可重用构件，让我为您重新构建。”
- **厌恶风险** 可能您自信能在六周内开发出一个构件。如果面对一个需要一些改动的可重用构件，您可能这样估计，改动可能需要两周（可能性为 80%），改动可能需要 10 周（可能性为 20%）。基于价值观，改动这个构件的期望时间是 $(.8)(2) + (.2)(10) = 3.6$ 周，跟花六周自己创建相比，显然是一个更好的选择。尽管如此，如果该构件在项目的关键路径上，即使只有 20% 的可能使项目推后 4 周也足以使您拒绝重用选择。

对于成功的产品线重用来说，通常有两个或多个关键的成功因素可以克服这些经济和文化的因素。一个是授权的产品线经理，他有权利和责任投资可重用构件的开发，然后鼓励开发人员和项目重用这些构件。另一个是开发得到很好资质的即插即用构件，降低要求大量修改带来的风险。

即使登上了山巅，您可能仍然看不到产品线重用的希望之乡。因为还有其他的山头挡住了您的去路，产品线选择和业务价值之间、成功操作具有良好查询能力的可重用资产库和配置管理之间，以及鼓励拷贝构架和构件陈旧之间还未能取得一致。

所有这些听起来可能非常让人泄气。您可能不希望在看到产品线的希望之乡之前在这片荒野中彷徨 40 年。这也是保罗·克莱门茨和琳达·诺斯罗普写这本书想要解决的问题。书中对大量组织实施产品线的成功之处和难点进行了提炼，将其总结为通向软件产品线实践之山的优秀导航图。它提供了集成化的产品线策略，

使您并行地而不是顺序地克服困难，告诉您如何避开陡峭的斜坡。而且，它还提供很好的产品线成功的案例作为您的行为榜样，同时也作为确凿的证据提交给管理者，这样一来，产品线成功的希望之乡就不只是一种希望了。

巴里·鲍伊姆，USC