

软件工程丛书

软件工程经济学

〔美〕巴里·W·贝姆 著

中国铁道出版社

软件工程丛书

软件工程经济学

〔美〕巴里·W·贝姆 著

赵 越 袁冬林 马雨生

吴 熙 薛 飏 皮保安

王理平 译

周锡龄 审校

中国铁道出版社

1990年·北京

内 容 简 介

本书是软件工程经济学方面的一部经典巨著。全书共分四个部分：第一部分介绍软件工程诸目标的内容、形成原因以及关系结构；第二和第三部分探讨相辅相成的两个论题：软件生存周期的定量模型和将工程经济学的原则应用于软件项目的基础知识；第四部分则介绍软件生存周期成本估算的详细技术。

本书可供研究、应用计算机的科研、教学及工程技术人员阅读参考，也可作为高等院校计算机软件专业高年级本科生和研究生的教材。

SOFTWARE ENGINEERING ECONOMICS

Barry W. Boehm

Prentice-Hall, Inc.

1981

软 件 工 程 经 济 学

〔美〕巴里·W·贝姆 著

赵越 袁冬林 马雨生等译

周锡龄 审校

*

中国铁道出版社出版、发行

(北京市东单三条14号)

责任编辑 殷小燕 封面设计 翟达

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092毫米 $\frac{1}{16}$ 印张：31 字数 771千

1990年9月 第1版 第1次印刷

印数：0001—2000 册

ISBN7-113-00712-0/TP·75 定价：19.50元

前 言

SEP(软件工程技术、工具和环境的研究与开发)是七五攻关项目中有关软件工程的一项较大的课题。为了推进这一项目工作的开展,成立了由高校、研究所、软件公司与软件中心的共九个单位组成的总体组。实际参与本项目工作的单位达二十余个,分别负责有关软件工程工具、环境、新技术的开发,国外技术引进与消化,开发成果的宣传、推广普及工作等。

为了进一步普及软件工程的技术与概念,推广软件工具与开发环境的使用,SEP 总体组打算结合本项目工作,陆续编写、翻译、出版一套丛书。

* * *

一切工程问题都不能离开经济方面的考虑,软件工程也不能例外。软件工程经济学是软件工程与经济学之间的交叉学科。由于国内在这一领域内的工作尚处于初始发轫阶段,我们向广大读者推荐 Boehm 著述的《Software Engineering Economics》一书的中译本,并将它列为 SEP 丛书中的一本,贡献给从事软件开发、维护的技术与管理人员。

本书以世界上用得比较普遍的软件成本估算模型 COCOMO(结构化的成本模型)为中心,讨论了软件工程中成本估算及与经济有关的许多问题,清晰地叙述了许多观念,这对于原来主要从事技术工作,但对经济问题不熟悉的同志,以及原来从事经济工作,现在对软件产业有兴趣的同志,均有相当的参考价值。

使用 COCOMO 模型时,需要对尚待开发的软件的大小(源程序行数)事先有一个估计。这一问题的解决需要其他方面的知识,因而是 COCOMO 模型本身无法解决的,要依赖专家,或拥有这类知识的专家系统。这一问题的讨论将不在本书的范围之内。

SEP 总体组

周锡龄

译者序

软件开发过程工程化是软件开发的方同,而背离经济学原理的软件工程是不可能收到良好的经济效益的。由此诞生了一门新的学科——软件工程经济学。

目前,国内大部分软件开发尚处于手工开发阶段。其必然结果是:不仅软件开发的生率很低和存在大量的重复劳动,而且在整个开发过程中很难进行有效的管理。为了改变这种落后状况,亟需采用科学的软件工程方法。

同时,已经采用了软件工程方法的为数不多的项目所得到的结果却并不能令人满意。据调查,其中有些项目的生产率甚至比采用手工方式的同类项目的生产率更低,经济效益更差。其主要原因在于这些项目的开发过程中管理工作与决策工作违背了经济学的基本原则或超越了客观经济的现实条件,即项目管理者在分析、解决问题时没有把软件工程方法和经济学基本原理结合起来考虑。

缺乏这方面的经验固然是造成这一现象的一个重要因素,但缺乏软件工程经济学方面的基本知识和理论则是更重要的原因。由于国内学者对软件工程经济学的研究起步较晚,以致迄今为止国内还没有一部比较系统地阐述本课题的著作。为了提高我国的软件开发生率,加强开发过程中的科学管理,以便更好地将先进的计算机技术应用到国民经济的各行各业中去,我们特意将这部堪称软件工程经济学方面最经典的著作翻译出版,以满足国内有关读者的需要。

本书的前言、第4、5章、第21~27章、第33章的33.7~33.9节及附录A由浙江省计算技术研究所赵越译,第2、3、6、7章、第13~20章由北京信息管理研究所袁冬林译,第8~12章及附录B、C由江苏省计算技术研究所马雨生译,第28~30章由北京市软件所吴熙译,第32章和第33章的33.1~33.6节由北京信息工程学院的薛飏译,第31章由上海第二工业大学皮保安译,第1章由上海第二工业大学王理平译。马雨生负责收集、整理全部译稿,北京信息工程学院周锡龄教授对全书作了最后的审校。

译者

1987年4月

目 录

绪 论	1
第一部分 引论:动机和处境	7
第 1 章 实例研究 1:《科学美国人》杂志预订处理系统	7
1.1 旧系统	7
1.2 程序设计的解决方案:自顶向下逐步求精	8
1.3 程序设计的解决方案:结果	9
1.4 “经济学+程序设计”的解决办法	9
1.5 软件经济学-程序设计方法的结论	10
1.6 讨 论	11
1.7 问 题	11
第 2 章 实例研究 2:一个市区入学管理系统	12
2.1 程序设计方面	12
2.2 经济方面	12
2.3 人际关系方面	12
2.4 获得的教训	12
2.5 一般性讨论	13
2.6 问 题	13
第 3 章 软件工程的目标	14
3.1 引 言	14
3.2 软件工程:定义	15
3.3 软件趋势:成本	16
3.4 软件趋势:社会影响	16
3.5 多重目标	17
3.6 实例:温伯格(Weinberg)实验	17
3.7 软件工程方法的多样性	18
3.8 软件工程目标结构	19
3.9 软件工程的 GOALS 方法	20
3.10 问 题	21
第二部分 软件生存周期:定量模型	23
第 4 章 软件生存周期:阶段和活动	26
4.1 引 言	26
4.2 瀑布模型	26

4.3	瀑布模型的经济理由	28
4.4	瀑布模型的改进	29
4.5	生存周期阶段的详细定义	32
4.6	阶段/活动的详细定义	33
4.7	软件工作分解结构(WBS)	35
4.8	软件维护	37
4.9	问 题	38
第5章	基本 COCOMO 模型	39
5.1	引 言	39
5.2	定义和假设	40
5.3	开发的工作量和进度	42
5.4	阶段分布	44
5.5	一般的项目轮廓	45
5.6	Rayleigh 分布	46
5.7	插值法	47
5.8	软件维护工作量的基本估算	48
5.9	问 题	49
第6章	基本 COCOMO 模型:开发方式	50
6.1	引 言	50
6.2	基本工作量和进度公式	51
6.3	软件开发的三种 COCOMO 方式	52
6.4	基本 COCOMO 工作量和进度公式的讨论	56
6.5	工作量与进度的阶段分配	61
6.6	问 题	65
第7章	基本 COCOMO 模型:项目活动分布	66
7.1	引 言	66
7.2	各阶段的项目活动分布	68
7.3	基本 COCOMO 实例研究:亨特国家银行的 EFT 系统	69
7.4	推导基本项目组织图	71
7.5	基本 COCOMO 阶段与活动分布的讨论	74
7.6	基本 COCOMO 的限制	75
7.7	问 题	75
第8章	中级 COCOMO 模型:产品级估算	76
8.1	引 言	76
8.2	中级 COCOMO:软件开发工作量估算	78
8.3	一个定价例子:微处理机通信软件	83
8.4	一个管理例子:降低有待完成的阶段的成本问题	85
8.5	调整后的每年维护工作量的估算	86
8.6	例子:微处理机通信软件的维护	87
8.7	内部插值和外部插值	88

8.8	利用现存软件进行修改之影响的估算	89
8.9	对中级 COCOMO 工作量方程的讨论	92
8.10	问 题	94
第9章	中级 COCOMO 模型:部件级估算	96
9.1	引 言	96
9.2	部件级估算表格(CLEF)	96
9.3	对修订的软件使用 CLEF	100
9.4	事务处理系统(TPS)例子:基本开发估算	100
9.5	TPS 部件级维护成本的估算和阶段分布	105
9.6	问 题	107
第三部分	软件工程经济学基础	111
第三部分 A	成本-效益分析	113
第10章	性能模型和成本-效益模型	113
10.1	性能模型	113
10.2	最佳性能	115
10.3	敏感性分析	117
10.4	成本-效益模型	118
10.5	问 题	120
第11章	生产函数:规模的经济性	123
11.1	例 子	123
11.2	一般性讨论:定义	124
11.3	离散的生产函数	124
11.4	软件开发的基本生产函数	124
11.5	规模的经济性和非经济性	124
11.6	大型软件项目中出现的规模非经济性	125
11.7	消除规模非经济性的最佳方法	125
11.8	问 题	127
第12章	在多个方案中选择:决策判据	129
12.1	例子:最大可用预算	129
12.2	最小性能要求	130
12.3	最大性能/成本比	130
12.4	最大性能-成本差	130
12.5	组合方法	131
12.6	一般性讨论	132
12.7	问 题	132
第三部分 B	多目标决策分析	134
第13章	净值与边缘值分析	134
13.1	例 子	134

13.2	一般性讨论:边缘值分析	135
13.3	说 明	136
13.4	关于净值和利润的说明	137
13.5	信息处理产品的价值	138
13.6	问 题	138
第 14 章	当前与将来的支出和收入	139
14.1	实例:过于简化的成本分析	139
14.2	利息计算	140
14.3	当前值计算	140
14.4	一系列现金流的当前值	140
14.5	租赁与购买分析小结	141
14.6	一般性讨论:当前值概念和公式小结	142
14.7	当前值特性	142
14.8	对利率或贴现率的敏感性	143
14.9	软件工程中的应用	143
14.10	问 题	143
第 15 章	优质指数法	144
15.1	实例:软件包选择	144
15.2	净值分析	145
15.3	优质指数分析	146
15.4	一般性讨论:硬件与软件选择的加权和分析——实例分析	146
15.5	实例分析:活动的描述	147
15.6	实例分析:评估函数中的问题	151
15.7	实例分析:加权和与等级划分方面的问题	151
15.8	实例分析:总结	152
15.9	交付的系统能力(DSC)优质指数	152
15.10	DSC 优质指数法的性质	153
15.11	TPS 实例的再讨论	153
15.12	加权和方法与 DSC 优质指数法的比较	154
15.13	问 题	155
第 16 章	将目标看成制约条件	157
16.1	实例:TPS 方案 A 的故障模式	157
16.2	系统可靠性和可用性	157
16.3	优质指数法评价	157
16.4	将目标表示为约束	158
16.5	目标作为约束:可行集合与成本-价值等值线	159
16.6	一般性讨论:带约束的决策问题	160
16.7	软件工程的应用	161
16.8	数学优化技术	161
16.9	数学优化技术的作用和限制	164

16.10 问 题	165
第 17 章 系统分析与约束下的优化	166
17.1 例 子	166
17.2 一般性讨论	168
17.3 问 题	169
第 18 章 对付不可协调与不可量化目标的办法	170
18.1 例子:TPS 方案 B; 专用操作系统的开发	170
18.2 内部开发与委托厂商开发的比较	170
18.3 表述方法	171
18.4 一般性讨论:不可量化的判据	173
18.5 不可量化判据的表述技术	173
18.6 可量化和不可量化判据的混合表述技术	175
18.7 在表述及解释多变量数据时的一些注意事项	177
18.8 问 题	178
第三部分 C 关于不确定性, 风险与信息的地值的讨论	179
第 19 章 处理不确定性: 风险分析	179
19.1 例子: 操作系统开发方案	179
19.2 完全不确定性的决策法则	180
19.3 主观概率	181
19.4 一般性讨论: 在完全不确定情况下的决策法则	181
19.5 信息的价值	182
19.6 主观概率的用途	182
19.7 效用函数 Utility Functions	182
19.8 软件工程方面的意义	183
19.9 问 题	183
第 20 章 统计决策技术: 信息的价值	185
20.1 例子: 原型方法	185
20.2 完备信息的期望值	185
20.3 处理不完备信息	186
20.4 例子	186
20.5 贝叶斯(Bayes)公式	186
20.6 使原型的净期望值极大化	187
20.7 一般性讨论: 完备信息的期望值	188
20.8 不完备信息的期望值	189
20.9 信息价值的计算过程	190
20.10 信息价值计算过程在软件工程中的用途	190
20.11 信息价值决策指南	191
20.12 由于使用信息价值方法而可避免的错误	191
20.13 信息价值: 总结	192

20.14 问 题	192
第四部分 软件成本估算的技巧	195
第四部分 A 软件成本估算的方法和过程	197
第 21 章 软件成本估算的七个基本步骤	197
21.1 步骤 1:建立目标	197
21.2 步骤 2:对所需的数据和资源进行规划	200
21.3 步骤 3:确定软件需求	201
21.4 步骤 4:尽可能行地拟定所有的细节	202
21.5 步骤 5:使用多种独立的技术和原始资料	206
21.6 步骤 6:比较并迭代各估算值	207
21.7 步骤 7:随访跟踪	208
21.8 问 题	210
第 22 章 软件成本估算的各种方法	210
22.1 算法模型	211
22.2 专家判定	213
22.3 类比估算法	215
22.4 Parkinson 估算法	215
22.5 为获胜而制定价格的估算法	216
22.6 自顶向下估算法	216
22.7 自底向上估算法	216
22.8 各种方法的扼要比较	218
22.9 问 题	220
第四部分 B 详细 COCOMO 模型	221
第 23 章 详细 COCOMO:概述与操作性描述	222
23.1 引 言	222
23.2 软件层次结构估算表(SHEF)	223
23.3 软件层次结构估算表(SHEF)的使用过程	223
23.4 详细 COCOMO 的例子:学生任务信息系统	229
23.5 关于进度调整的计算	231
23.6 讨 论	233
23.7 问 题	237
第 24 章 详细 COCOMO 成本驱动因素:产品属性	240
24.1 RELY:所需的软件可靠性	241
24.2 DATA:数据基的规模	250
24.3 CPLX:软件产品的复杂性	252
24.4 问 题	256
24.5 进一步研究的课题	257
第 25 章 详细 COCOMO 成本驱动因素:计算机属性	259

25.1	TIME:执行时间的限制	259
25.2	STOR:主存限制	266
25.3	VIRT:虚拟机的易变性	268
25.4	TURN:计算机的周转时间	270
25.5	问 题	272
25.6	进一步研究的课题	275
第 26 章	详细 COCOMO 成本驱动因素:人员属性	276
26.1	ACAP:分析员能力	276
26.2	AEXP:应用经验	279
26.3	PCAP:程序员能力	282
26.4	VEXP:虚拟机经验	284
26.5	LEXP:程序设计语言经验	286
26.6	人员属性的一般性讨论	288
26.7	问 题	290
26.8	进一步研究的课题	291
第 27 章	详细 COCOMO 成本驱动因素:项目属性	292
27.1	MODP:现代程序设计惯例的运用	292
27.2	TOOL:软件工具的使用	297
27.3	SCED:进度限制	303
27.4	问 题	307
27.5	进一步研究的课题	308
第 28 章	未包括在 COCOMO 中的因素	309
28.1	应用类型	310
28.2	语言水平	310
28.3	其它有关软件规模的度量:复杂性、实体和规格说明	313
28.4	需求的易变性	315
28.5	人员连续性	316
28.6	管理质量	317
28.7	用户接口质量	318
28.8	文档的数量	318
28.9	硬件配置	318
28.10	安全/保密性限制	319
28.11	进一步研究的课题	319
第 29 章	对 COCOMO 的评价	320
29.1	引 言	320
29.2	COCOMO 项目数据基	323
29.3	COCOMO 估算与实际的比较:开发工作量	324
29.4	COCOMO 估算与实际的比较:开发进度	329
29.5	COCOMO 估算与实际的比较:阶段分布	329
29.6	COCOMO 估算与实际的比较:活动分布	331

29.7	其它软件成本估算模型	332
29.8	根据模型判据对 COCOMO 进行评价	339
29.9	通过剪裁使 COCOMO 适用于某个特定部门	342
29.10	进一步研究的课题	346
第四部分 C 软件成本估算和生存周期的管理		348
第 30 章	软件维护成本的估算	348
30.1	引言	348
30.2	COCOMO 软件维护模型	348
30.3	与项目结果的比较	351
30.4	其它软件维护成本估算模型	352
30.5	软件维护现象学	355
30.6	软件维护项目数据	360
30.7	问题	361
30.8	进一步研究的课题	362
第 31 章	软件生存周期成本估算	363
31.1	引言	363
31.2	软件转换的成本估算关系	363
31.3	软件转换的估算值与实际情况的比较	365
31.4	软件安装及培训的成本估算	369
31.5	软件开发的计算机成本估算	370
31.6	软件文档数量	373
31.7	其它与软件生存期有关的成本	376
31.8	软件生存期成本-收益分析的一个实例	377
31.9	进一步研究的课题	386
第 32 章	软件项目的规划和控制	386
32.1	引言	386
32.2	软件项目的规划及控制框架	388
32.3	项目进度管理技术	390
32.4	详细的软件计划及控制:单元开发文件夹(Unit Development Folder)	397
32.5	项目开支与进展情况的监管:得值系统	400
32.6	软件项目计划与控制的例子	405
32.7	建立软件成本数据基	416
32.8	软件计划与控制:总结性讨论	417
32.9	问题	417
第 33 章	软件生产率的提高	419
33.1	引言	419
33.2	非编程性方法:软件包	423
33.3	非编程性方法:程序生成器	428
33.4	软件生产率的可控因素:产品属性	431

33.5	软件生产率的可控因素:计算机属性	433
33.6	软件生产率的可控因素:人员属性	436
33.7	软件生产率的可控因素:项目属性	443
33.8	建立软件生产率的改善程序.....	447
33.9	结 论.....	451
附 录	453
附录 A	软件成本数据收集表格及其使用方法	453
附录 B	软件工程的目标结构	471
附录 C	缩写词表	480

绪 论

工程经济学课程已成为培训硬件工程人员的一个非常标准的组成部分。但迄今为止,软件工程人员能够参加类似的适应软件工程经济学课程的机会却少得可怜。其结果,我认为绝大多数软件工程人员错过了获取并运用经济学中大量很重要的概念、技术和事实的机会,而这些概念、技术和事实对他们以后的经历是极为重要的——对于使我们的软件更易于生存和更具有价值也是极为重要的。

因此,很自然地,本书的主要目的是为在大学高年级/研究生一年级开设的软件工程经济学课程提供一个基础。此目的又引出了两个子目的:

1. 本书应易于学生学习。
2. 本书应便于教授用来教学。

我还试图使本书为第三个目的服务:

3. 为本领域的专业人员提供帮助。

由于这些目标有时是相互抵触的,故我特意对学生、教授和实际软件工程人员加写了阅读说明,作为阅读本书内容的着手点。

全书基本结构如图 A 所示。第一部分是介绍性材料,为后面的内容提供了来龙去脉、动机以及软件工程目标的框架。第二、三部分涉及两个互为补充的论题:第二部分的软件生存周期定量模型和第三部分的适用于软件项目的工程经济学基础。第四部分则对软件生存周期成本的估计提供详细技术,这些技术以第二部分中较简单的成本模型为基础,进而支持第三部分中软件工程经济学的分析技术。

图 A 还列举了全书各部分所涉及的主要问题。例如第四部分不仅涉及估计软件成本和理解影响软件成本诸因素的问题,还涉及诸如“如何通过这些理解来改善我们对软件项目的可见性和控制,并改进软件生产率?”之类的问题。

图 B 显示了本书的每一部分又是如何由各组成部分和各单独章节构成的。该图将在全书每一主要部分开始之处加以复制。^①例如,图 B 指出了称作 COCOMO——“结构成本模型”——的层次式软件成本估算体系模型所提供的逐级增加的细节。该层次体系中的最上一级为基本 COCOMO,这是一个将软件项目成本仅作为所交付软件源程序条数的函数进行估算的简单公式,在第 5、6 和 7 章中叙述。体系中的其次一级是中级 COCOMO,在第 8 和 9 章里叙述。它把软件项目成本作为指令条数和其它多种影响软件成本因素——例如人员的经验和能力、计算机硬件的限制以及现代程序设计风格的运用程度——的函数来估算。体系中最为精确和详细的一级是详细 COCOMO,在第 23 章中介绍,并在第 24 至 27 章中加以详述。它使用各种影响成本的因素并通过逐个阶段、子系统和模块来估算软件产品的成本。

用于描述 COCOMO 的术语“结构的”一词是从第 24~27 章关于影响软件成本诸因素如何

^① 本书中译本未加以复制。——译者注

影响完成软件生存周期每一阶段所需工作量的详细解释中引出来的。COCOMO 模型不仅提供了估算公式,而且还提供了尽可能好的解释,说明该模型为什么会给出那样的结果。第 24~31 章还详细讨论了软件生存周期成本估算的前沿知识,这就为扩大对软件生存周期和其经济特性的认识而作的进一步研究,提供了广泛的议题。

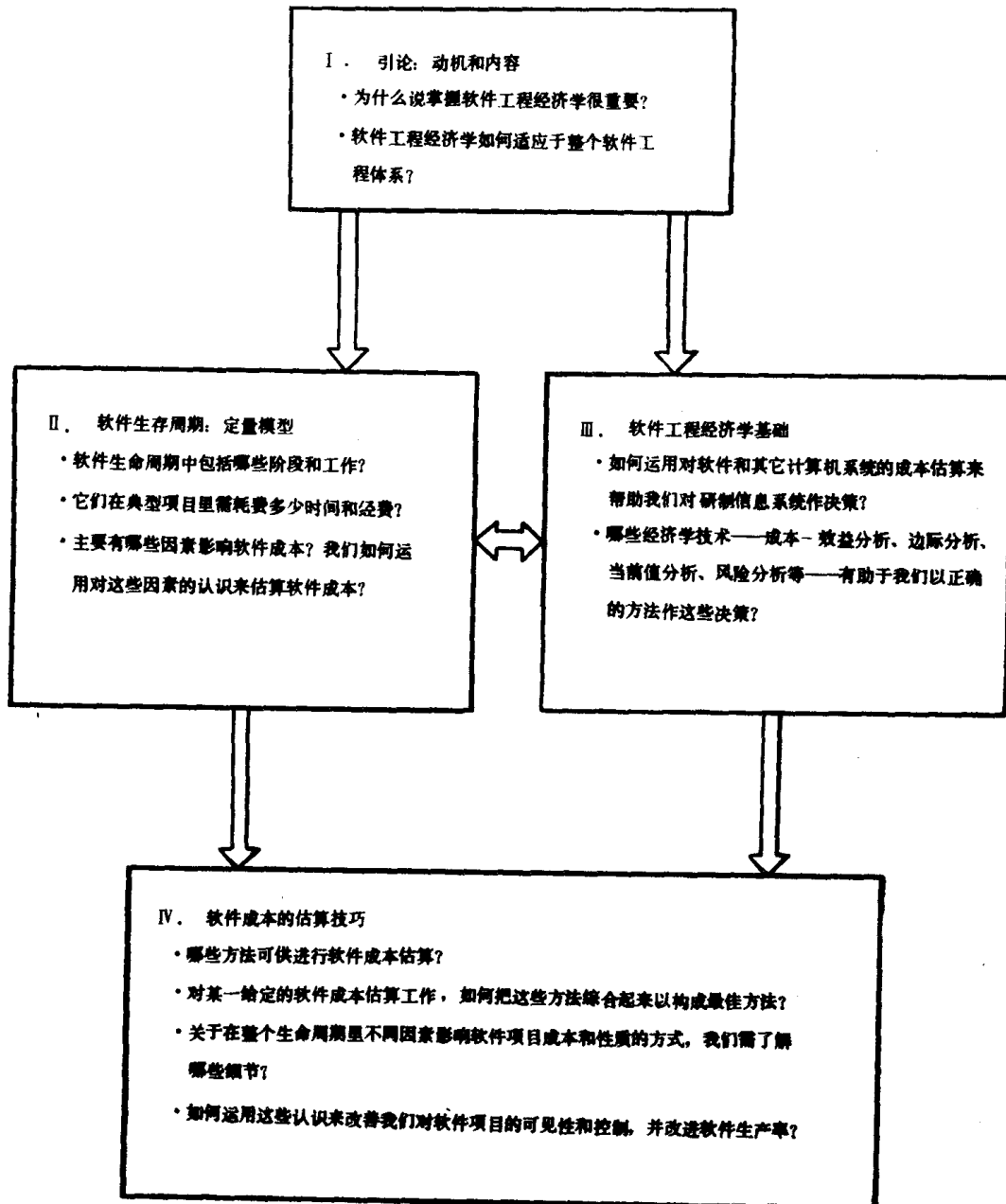


图 A 全书结构——所涉及的主要问题

许多人给了我鼓励、见解和数据,对此我非常感激。我希望能在此一一向他们致谢。

在 TRW,我从 Simon Ramo、C. W. (Bill) Besserer、Bob Williams 和 Ed Goldberg 关于管理的见解,从 Tom Bauer、Mike Cozzens、Myron Lipow、Fred Manthey、Nancy Mikula、Eldred Nelson、Ron Osborne 和 Tom Thayer 关于技术的见解和信息中得益非浅;并得到了前 TRW 职员 Bert Abramson、Tom Bell、John Brown、Kurt Fischer、Bob Page 和 Win Royce,尤其是 Ray Wolverton 的许多帮

助。

在软件定量分析领域,我跟马里兰大学的 Vic Basili 教授、IBM 的 Les Belady 博士、普度大学的 Tom DeMarco、Tom Gilb、后来还有 Maurice Halstead 教授、ITT 的 Capers Jones、伦敦帝国学院的 Manny Lehman 教授、RADC 的 Dick Nelson、RCA 的 Bob Park、软件定量管理公司的 Montgomery Phister, Jr. 博士、Larry Putnam 以及 IBM 的 Claude Walston 进行了愉快的、令人兴奋和有价值的交流。

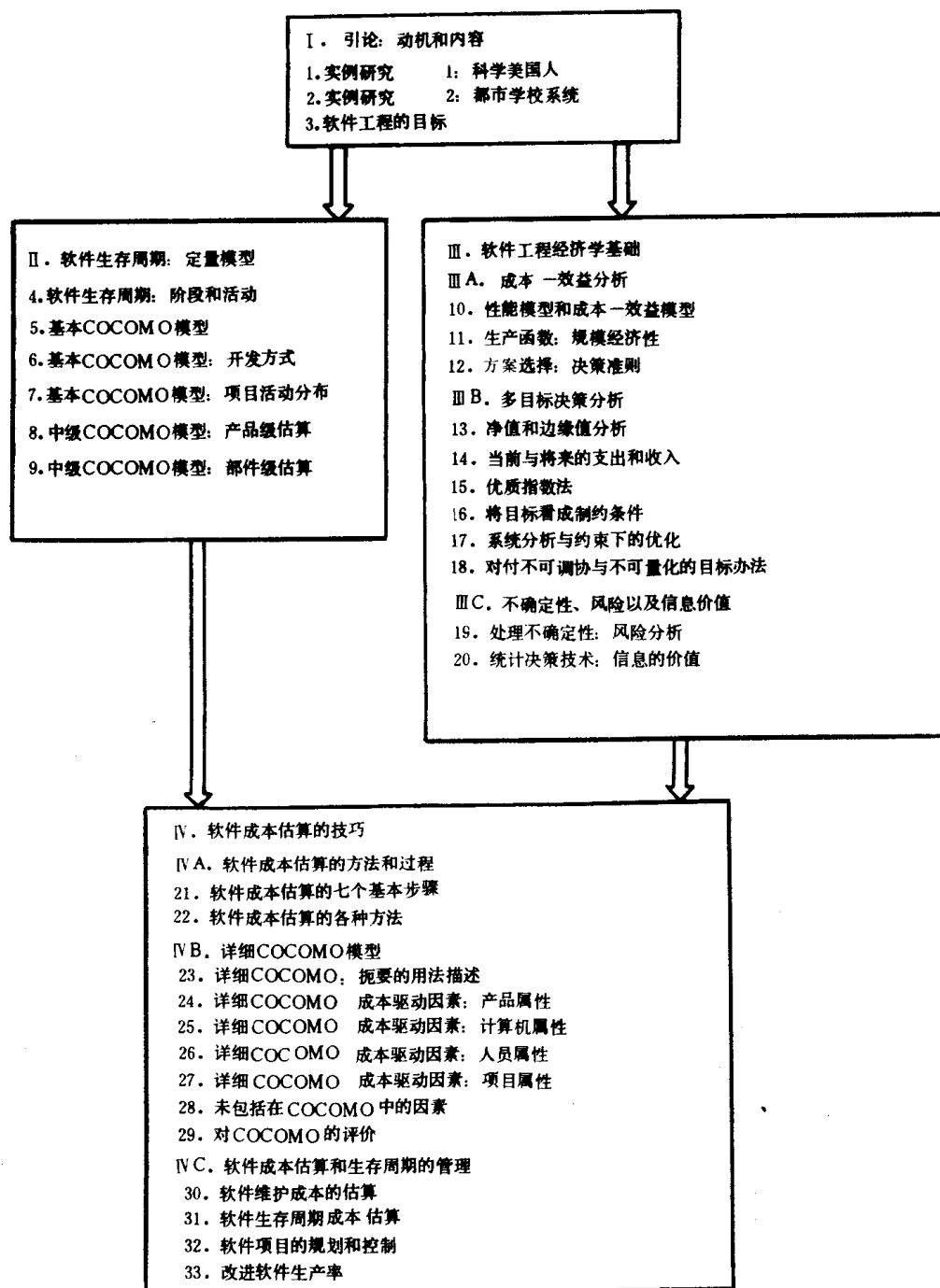


图 B 全书结构——部分与章节