

高等学校教材·计算机科学与技术

# 软件工程

叶俊民 编著

清华大学出版社  
北京

## 编审委员会成员

(按地区排序)

清华大学	周立柱	教授
	覃 征	教授
	王建民	教授
	刘 强	副教授
北京大学	冯建华	副教授
	杨冬青	教授
	陈 钟	教授
北京航空航天大学	陈立军	副教授
	马殿富	教授
	吴超英	副教授
中国人民大学	姚淑珍	教授
	王 珊	教授
	孟小峰	教授
北京师范大学	陈 红	教授
	周明全	教授
北京交通大学	阮秋琦	教授
北京信息工程学院	孟庆昌	教授
北京科技大学	杨炳儒	教授
石油大学	陈 明	教授
天津大学	艾德才	教授
复旦大学	吴立德	教授
	吴百锋	教授
	杨卫东	副教授
	邵志清	教授
华东理工大学	杨宗源	教授
华东师范大学	应吉康	教授
东华大学	乐嘉锦	教授
上海第二工业大学	蒋川群	教授
浙江大学	吴朝晖	教授
	李善平	教授
南京大学	骆 斌	教授
南京航空航天大学	秦小麟	教授
南京理工大学	张功萱	教授

南京邮电学院	朱秀昌	教授
苏州大学	龚声蓉	教授
江苏大学	宋余庆	教授
武汉大学	何炎祥	教授
华中科技大学	刘乐善	教授
中南财经政法大学	刘腾红	教授
华中师范大学	王林平	副教授
	魏开平	副教授
	叶俊民	副教授
武汉理工大学	李中年	教授
国防科技大学	赵克佳	教授
	肖 侏	副教授
中南大学	陈松乔	教授
湖南大学	林亚平	教授
	邹北骥	教授
西安交通大学	沈钧毅	教授
	齐 勇	教授
长安大学	巨永峰	教授
西安石油学院	方 明	教授
西安邮电学院	陈莉君	副教授
哈尔滨工业大学	郭茂祖	教授
吉林大学	徐一平	教授
	毕 强	教授
长春工程学院	沙胜贤	教授
山东大学	孟祥旭	教授
	郝兴伟	教授
山东科技大学	郑永果	教授
中山大学	潘小轰	教授
厦门大学	冯少荣	教授
福州大学	林世平	副教授
云南大学	刘惟一	教授
重庆邮电学院	王国胤	教授
西南交通大学	杨 燕	副教授

改革开放以来,特别是党的十五大以来,我国教育事业取得了举世瞩目的辉煌成就,高等教育实现了历史性的跨越,已由精英教育阶段进入国际公认的大众化教育阶段。在质量不断提高的基础上,高等教育规模取得如此快速的发展,创造了世界教育发展史上的奇迹。当前,教育工作既面临着千载难逢的良好机遇,同时也面临着前所未有的严峻挑战。社会不断增长的高等教育需求同教育供给特别是优质教育供给不足的矛盾,是现阶段教育发展面临的基本矛盾。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2001年8月,教育部下发了《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》,提出了十二条加强本科教学工作提高教学质量的措施和意见。2003年6月和2004年2月,教育部分别下发了《关于启动高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作的通知》和《教育部实施精品课程建设提高高校教学质量和人才培养质量》文件,指出“高等学校教学质量和教学改革工程”是教育部正在制定的《2003—2007年教育振兴行动计划》的重要组成部分,精品课程建设是“质量工程”的重要内容之一。教育部计划用五年时间(2003—2007年)建设1500门国家级精品课程,利用现代化的教育信息技术手段将精品课程的相关内容上网并免费开放,以实现优质教学资源共享,提高高等学校教学质量和人才培养质量。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上;精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合新世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻

性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。首批推出的特色精品教材包括:

- (1) 高等学校教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。
- (2) 高等学校教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。
- (3) 高等学校教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。
- (4) 高等学校教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。
- (5) 高等学校教材·信息管理与信息系统。

清华大学出版社经过近 20 年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材经过 20 多年的精雕细刻,形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会  
E-mail: dingl@tup.tsinghua.edu.cn

随着应用领域对软件需求量的不断增加,人们认识到软件开发需要有专门理论的指导,因此软件工程学作为一门研究软件开发与维护的普遍原理和技术的工程学科,从 20 世纪 60 年代末起迅速发展起来,现在已成为计算机科学中的一个重要分支,并且一直是一个非常活跃的研究领域。严格遵循软件工程的方法,可以大大提高软件的开发效率和成功率,减少软件开发和维护中的问题。

软件工程学是计算机专业的一门非常重要的学科,它的研究范围非常广泛,包括技术、方法、工具和管理等许多方面。它又是一门迅速发展新兴学科,有很多新的技术和方法。因此本书不可能包括软件工程的全部研究内容。本书着重从实用角度讲述软件工程学的基本原理、概念、技术和方法。希望对软件工程学的初学者和相关的从业人员有所帮助。

本书注重基础知识的介绍,为读者打好基础。例如第 1 章较全面地介绍了软件工程的基本概念和过程线索。第 3 章、第 4 章详细讨论了结构化分析、设计方法,用了丰富的实例说明,通俗易懂。第 5 章讨论了软件体系结构的设计,第 7 章介绍了软件构件的设计。在介绍面向对象的开发方法时,着重介绍了用现在流行的统一建模语言(UML)来描述系统的方法。

全书的总体设计和统稿工作由叶俊民负责,第 1 章由周伟、李敏、叶俊民编写,第 2 章由李蓉、叶俊民编写,第 3 章由李蓉编写,第 4 章由李敏编写,第 5 章由叶俊民、李蓉编写,第 6 章由周伟编写,第 7 章由赵良、李敏编写,第 8 章、第 9 章、第 10 章由叶俊民编写,第 11 章由叶俊民、朱凯编写,第 12 章由赵良编写,附录 A 和附录 B 由李蓉编写。

本书在编写过程中参考了大量国内外有价值的资料,这些资料在参考文献中已经列出,在这些参考书籍中,特别应该提到的是:《实用软件工程》(郑人杰,殷人昆,陶永雷)、《软件工程导论》(张海藩)、《软件工程——方法·工具和实践》(冯玉琳,赵保华)、《软件工程》(齐治昌,谭庆平,宁洪)和 *Object-Oriented Software Engineering: Using UML, Patterns, and Java™* (Second Edition, B. Bruegge, A. H. Douitoit)。这些书籍对本书的组织和编写影响较大,其中的大部分曾作为我们为本专科学生授课所选用的教材。通过研读这些教材,我们学到了很多知识,开阔了眼界。在此特别向这些书的编者致以崇高的敬意。

与本教材配套的电子教案将于本书正式出版后,向使用本教材的单位与个人提供,

如有需要可与清华大学出版社或编者联系。

本书的编者都是长期在高校从事软件教学的教师,有丰富的教学经验和科研开发能力。本书的资料是根据教师们多次讲授“软件工程导论”课程的讲义改编的,并增加了大量的新资料。书中文字通俗易懂、概念清晰、深入浅出、实例丰富、实用性强。

本书适用于计算机专业的本科生、研究生、专科生和专升本学生使用,也适合从事研发工作的软件工作者和广大计算机用户参考或自学使用。

由于编者水平有限,书中难免有错误,恳请读者批评指正。编者的联系方式是 [jmye@mail.ccnu.edu.cn](mailto:jmye@mail.ccnu.edu.cn)。

编 者

2006年4月于桂子山

第 1 章	软件工程基础	1
1.1	计算机系统工程	1
1.1.1	硬件与硬件工程	2
1.1.2	软件与软件工程	2
1.1.3	人机工程	7
1.1.4	数据库工程	8
1.1.5	网络工程	8
1.2	软件工程	9
1.2.1	软件	9
1.2.2	软件工程的定义	12
1.2.3	软件生命周期	17
1.2.4	软件开发模型	17
1.3	软件生存期模型	18
1.3.1	软件生存期模型基础	18
1.3.2	瀑布模型	18
1.3.3	原型模型	19
1.3.4	螺旋模型	20
1.3.5	基于四代技术模型	21
1.3.6	喷泉模型	22
1.3.7	增量模型	23
1.4	软件开发方法	24
1.4.1	结构化方法	24
1.4.2	面向数据结构方法	25
1.4.3	面向对象方法	26
1.4.4	原型法	26
1.5	软件工程环境	27
1.5.1	软件工程环境的定义	27
1.5.2	软件开发环境的特点	28

1.6 小结 .....	29
习题 1 .....	29
<b>第 2 章 软件项目管理基础 .....</b>	<b>30</b>
2.1 软件项目管理概述 .....	30
2.2 软件项目管理基本概念 .....	33
2.2.1 任务和活动 .....	33
2.2.2 工作产品、工作包和角色 .....	34
2.2.3 工作分解结构 .....	34
2.2.4 任务模型 .....	35
2.2.5 技能矩阵 .....	37
2.2.6 组织 .....	37
2.2.7 呈现组织结构 .....	38
2.2.8 软件项目管理计划 .....	39
2.3 软件项目管理活动 .....	40
2.3.1 计划项目 .....	41
2.3.2 组织项目 .....	42
2.3.3 控制项目 .....	46
2.3.4 终结项目 .....	49
2.4 小结 .....	50
习题 2 .....	50
<b>第 3 章 软件需求分析基础 .....</b>	<b>51</b>
3.1 需求分析的概念和原则 .....	51
3.1.1 需求分析 .....	52
3.1.2 需求分析中的沟通方法 .....	55
3.1.3 分析原则 .....	55
3.1.4 需求规格说明 .....	57
3.1.5 评审 .....	60
3.2 传统的软件需求分析基础 .....	61
3.2.1 数据流图 .....	61
3.2.2 数据字典 .....	66
3.2.3 实体-关系图(E-R 图) .....	69
3.2.4 状态转换图 .....	70
3.3 小结 .....	73
习题 3 .....	73
<b>第 4 章 软件设计基础 .....</b>	<b>74</b>
4.1 软件设计的目标和任务 .....	74

4.2	软件设计基本概念 .....	75
4.2.1	模块与模块化 .....	76
4.2.2	抽象与逐步求精 .....	77
4.2.3	信息隐藏 .....	78
4.2.4	模块独立性 .....	79
4.2.5	软件体系结构 .....	84
4.2.6	程序结构 .....	84
4.2.7	数据结构 .....	85
4.3	软件设计原则 .....	86
4.4	软件设计的启发式准则与优化要求 .....	87
4.5	设计规格说明书与设计复审 .....	90
4.5.1	设计规格说明书 .....	90
4.5.2	设计复审 .....	91
4.6	小结 .....	92
	习题 4 .....	92
<b>第 5 章</b>	<b>软件体系结构设计 .....</b>	<b>94</b>
5.1	软件体系结构 .....	94
5.1.1	软件体系结构的概念 .....	95
5.1.2	为什么软件体系结构重要 .....	95
5.2	数据体系结构设计 .....	96
5.3	软件体系结构风格 .....	96
5.4	软件体系结构中的技术 .....	109
5.4.1	软件体系结构的开发技术 .....	109
5.4.2	软件分治策略 .....	112
5.4.3	软件可变性和依赖性管理 .....	114
5.4.4	集成策略 .....	114
5.5	将需求映射到软件体系结构 .....	114
5.5.1	变换流 .....	115
5.5.2	事务流 .....	116
5.6	面向数据流方法设计过程 .....	116
5.6.1	变换映射 .....	117
5.6.2	事务映射 .....	122
5.6.3	体系结构设计求精 .....	125
5.7	小结 .....	126
	习题 5 .....	126
<b>第 6 章</b>	<b>人机交互界面设计 .....</b>	<b>128</b>
6.1	人机界面设计的历史、现状和未来 .....	128

6.1.1	人机界面设计的历史 .....	128
6.1.2	人机界面的现状 .....	129
6.1.3	人机界面的未来 .....	130
6.2	人的因素 .....	131
6.2.1	人类感知基础 .....	131
6.2.2	用户技巧 .....	132
6.2.3	任务与用户的特殊要求 .....	133
6.3	人机界面风格 .....	134
6.4	人机界面设计过程 .....	134
6.4.1	界面设计的模型 .....	134
6.4.2	任务分析与建模 .....	135
6.4.3	界面设计的一般问题 .....	136
6.4.4	构造界面原型 .....	139
6.4.5	界面设计的评估 .....	139
6.5	人机界面设计的原则与标准 .....	140
6.5.1	界面设计原则 .....	140
6.5.2	界面设计标准 .....	141
6.6	小结 .....	142
习题 6	.....	142
<b>第 7 章</b>	<b>构件级设计与实现 .....</b>	<b>143</b>
7.1	程序设计语言的特性 .....	143
7.1.1	心理特性 .....	143
7.1.2	工程特性 .....	144
7.2	程序设计语言的基本机制 .....	144
7.3	程序设计风格 .....	145
7.3.1	命名 .....	145
7.3.2	表达式和语句 .....	146
7.3.3	程序注释 .....	147
7.3.4	输入与输出 .....	147
7.4	程序设计语言的选择 .....	148
7.4.1	程序设计语言的分类 .....	148
7.4.2	程序设计语言的选择 .....	150
7.4.3	程序设计支持环境 .....	151
7.5	小结 .....	152
习题 7	.....	152
<b>第 8 章</b>	<b>面向对象的概念和记号 .....</b>	<b>154</b>
8.1	面向对象的概念 .....	155

8.1.1	对象概念 .....	155
8.1.2	类及其他关系概念 .....	155
8.2	面向对象建模中的记号 .....	161
8.2.1	用例图 .....	163
8.2.2	类图 .....	166
8.2.3	交互图 .....	167
8.2.4	状态图 .....	167
8.2.5	活动图 .....	170
8.3	小结 .....	170
习题 8	.....	171
<b>第 9 章</b>	<b>面向对象的需求获取与需求分析 .....</b>	<b>172</b>
9.1	面向对象的需求获取概述 .....	173
9.1.1	对需求获取的总的看法 .....	173
9.1.2	需求获取概念 .....	174
9.2	需求获取活动 .....	177
9.2.1	标识参与者 .....	178
9.2.2	标识场景 .....	179
9.2.3	标识用例 .....	180
9.2.4	求精用例 .....	182
9.2.5	标识参与者和用例之间的关系 .....	183
9.2.6	标识初始的分析对象 .....	186
9.2.7	标识非功能需求 .....	187
9.3	需求获取管理 .....	188
9.3.1	客户谈判规格说明：联合应用设计 .....	188
9.3.2	追踪性维护 .....	190
9.3.3	需求获取的书面说明 .....	190
9.4	面向对象分析 .....	192
9.4.1	分析的概述 .....	192
9.4.2	分析的概念 .....	193
9.4.3	分析活动：从用例导出对象 .....	195
9.5	小结 .....	205
习题 9	.....	206
<b>第 10 章</b>	<b>面向对象设计 .....</b>	<b>207</b>
10.1	面向对象的系统设计 .....	207
10.1.1	系统设计概述 .....	207
10.1.2	系统设计概念 .....	208
10.1.3	系统设计活动：从对象到子系统 .....	212

10.2	面向对象目标贯彻 .....	217
10.2.1	面向对象设计的目标贯彻 .....	217
10.2.2	系统设计活动概述 .....	218
10.2.3	UML 部署图 .....	219
10.2.4	系统设计活动中的设计目标贯彻 .....	220
10.2.5	管理系统设计 .....	229
10.3	面向对象的对象设计 .....	233
10.3.1	使用模式设计对象 .....	233
10.3.2	对象设计总论 .....	234
10.3.3	重用中的概念：解对象、继承和设计模式 .....	236
10.4	接口设计 .....	238
10.4.1	接口规格说明综述 .....	239
10.4.2	接口规格说明概念 .....	240
10.4.3	接口规格说明活动 .....	243
10.4.4	管理对象设计 .....	245
10.5	小结 .....	248
	习题 10 .....	248
	<b>第 11 章 软件测试</b> .....	<b>252</b>
11.1	导言 .....	252
11.1.1	软件测试的意义 .....	252
11.1.2	基本概念 .....	253
11.1.3	软件测试的定义、目的、原则和研究对象 .....	253
11.1.4	软件测试的发展历史及趋势 .....	256
11.2	软件审查活动概述 .....	257
11.2.1	审查过程 .....	257
11.2.2	审查过程实施 .....	258
11.3	软件质量度量 .....	259
11.3.1	实施软件度量程序的策略 .....	259
11.3.2	软件质量度量框架 .....	259
11.3.3	有助于软件确认活动的度量 .....	260
11.4	基本测试方法 .....	263
11.4.1	静态测试 .....	263
11.4.2	动态测试 .....	271
11.4.3	测试用例设计实例 .....	285
11.5	软件测试策略 .....	290
11.5.1	单元测试 .....	290
11.5.2	集成测试 .....	293
11.5.3	确认测试 .....	296

11.5.4	系统测试 .....	297
11.5.5	验收测试 .....	298
11.5.6	其他测试种类 .....	299
11.5.7	排错 .....	302
11.6	面向对象软件测试的基本思想 .....	305
11.6.1	测试面向对象软件的特殊性 .....	305
11.6.2	面向对象软件的测试 .....	309
11.7	小结 .....	310
习题 11	.....	310
<b>第 12 章</b>	<b>软件维护 .....</b>	<b>315</b>
12.1	软件维护概述 .....	315
12.1.1	软件维护及其分类 .....	315
12.1.2	软件维护成本 .....	316
12.1.3	软件维护策略 .....	317
12.2	软件维护过程及其模型 .....	318
12.2.1	软件维护活动 .....	318
12.2.2	软件维护过程模型 .....	321
12.3	软件的可维护性及其度量 .....	324
12.3.1	软件的可维护性 .....	324
12.3.2	软件可维护性度量 .....	325
12.3.3	提高可维护性的方法 .....	326
12.4	软件维护的副作用 .....	329
12.5	软件再工程 .....	332
12.5.1	什么是软件再工程 .....	332
12.5.2	软件再工程过程 .....	333
12.5.3	软件再工程的方法 .....	335
12.6	小结 .....	336
习题 12	.....	336
附录 A	UML 常用符号 .....	337
附录 B	计算机软件开发文档指南 .....	341
参考文献	.....	362

# 软件工程基础

在软件进入工程化开发之前,有必要对软件赖以存在的系统进行了解。为此,必须确定系统的整体目标,并标识出系统中的硬件、软件、人员、数据库、网络、规程和其他系统元素。软件工程的目的是研究按怎样的次序开发软件并实施相应管理。计算机软件是软件工程师设计和建造的产品,包括一个能够在计算机中执行的程序,以及软件开发过程中涉及的各种文档和以各种形式存在的数据。在进入软件工程研究内容之前,有必要将软件放在计算机系统这一背景下加以说明。

大多数软件系统都是人们为了开发满足某种需求而建立的。如图 1.1 所示,这些应用系统软件必须在计算机系统的支持下才能工作。不论应用系统的自动化程度有多高,都需要人的参与,需要人启动、操作和终止应用系统。任何应用系统都必须配备使用手册及必要的表格和其他文档。在网络时代的应用系统中,绝大多数应用系统都离不开数据库和网络这样的基础设施。

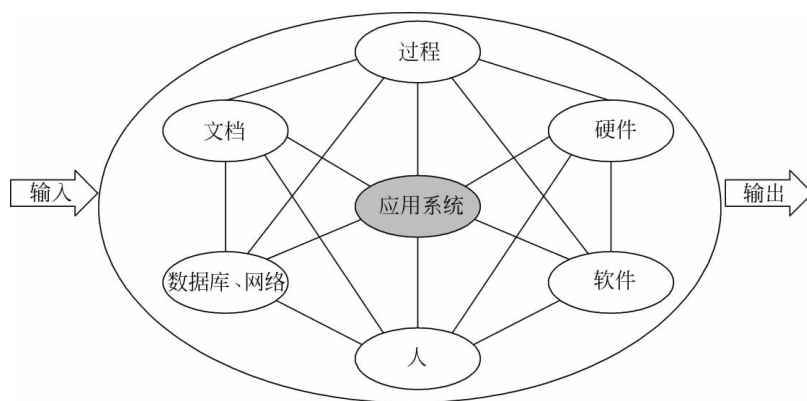


图 1.1 基于计算机的系统要素

## 1.1 计算机系统工程

计算机工程是指与构造基于计算机系统有关的过程、方法和技术,它是一种问题求解活

动,目的是揭示与分析所期望的功能,并把这些功能分配到系统的各个独立系统元素中去。计算机工程师与用户充分合作,以确认用户的目标与约束,从这些定义的目标和约束条件出发,导出系统功能、性能、接口、设计约束条件和信息结构的描述,并将这些描述的内容分配到各个系统要素中予以实现。

在开始构造一个基于计算机的新系统时,用户、系统分析员和系统开发人员对系统需求很难说清楚,或自认为清楚但实际上含糊或不确定。因此,系统分析员必须作大量的调查、研究和论证工作,甚至建造系统原型或系统某一部分的原型,以便尽早确定系统的功能和性能。系统分析员必须善于根据系统设计目标和约束条件,设计并选择最佳方案,为系统各要素指派功能和性能,方案的选择和指派必须按照一定的原则进行。例如,在成本、时间、软硬件支撑环境、人员的技术水平和经验、方案的复杂性、系统的安全性和可靠性、系统的可重用性、使用的方便性和人员培训的难易程度等方面进行取舍和折中。在此基础上,对系统需求进行分解,并将分解的各个部分指派给硬件或软件实现,生成硬件或软件等系统要素需求,再分别通过硬件工程、软件工程、人机工程、数据库工程和网络工程等子项目予以实现。

### 1.1.1 硬件与硬件工程

基于计算机的系统离不开计算机硬件的支撑。计算机工程师根据系统需求为硬件系统指派任务。硬件工程师根据硬件需求设计、制造或选择硬件或设备,如主机、通用或专用外部设备、网络通信设备等。硬件工程师在考虑硬件系统功能和性能的同时,还必须认真考虑硬件之间的接口、硬件的标准化、硬件成本和维修服务等因素。硬件工程师通过硬件工程实现硬件系统。硬件工程过程分为三个阶段,即计划和定义阶段,设计和样机实现阶段,生产、销售和售后服务阶段,具体如图 1.2(a)、(b)和(c)所示。

在图 1.2(a)中,计划和定义阶段的任务是制订开发计划,确定项目成本预算和工程进度,并进行详细需求分析,确定硬件规格说明。在图 1.2(b)中,设计和样机实现阶段的任务是分析和设计,画出设计图,必要时建造样机原型并对该样机进行测试,最后进行制造分析,画出生产工艺图。在图 1.2(c)中,生产、销售和售后服务阶段的任务是按照质量保证计划和要求生产硬件产品。

### 1.1.2 软件与软件工程

软件工程是研究软件生产和软件管理的工程科学,其内容包括市场调研、正式立项、需求分析、项目策划、概要设计、详细设计、编程、测试、试运行、产品发布、用户培训、产品复制、销售、实施、系统维护和版本升级等活动。

软件工程师借助于软件工程的过程、方法和工具开发基于计算机的系统。软件工程模型虽然种类很多,但它们都有一个共同的特点,即都包括软件定义阶段、软件开发阶段、软件

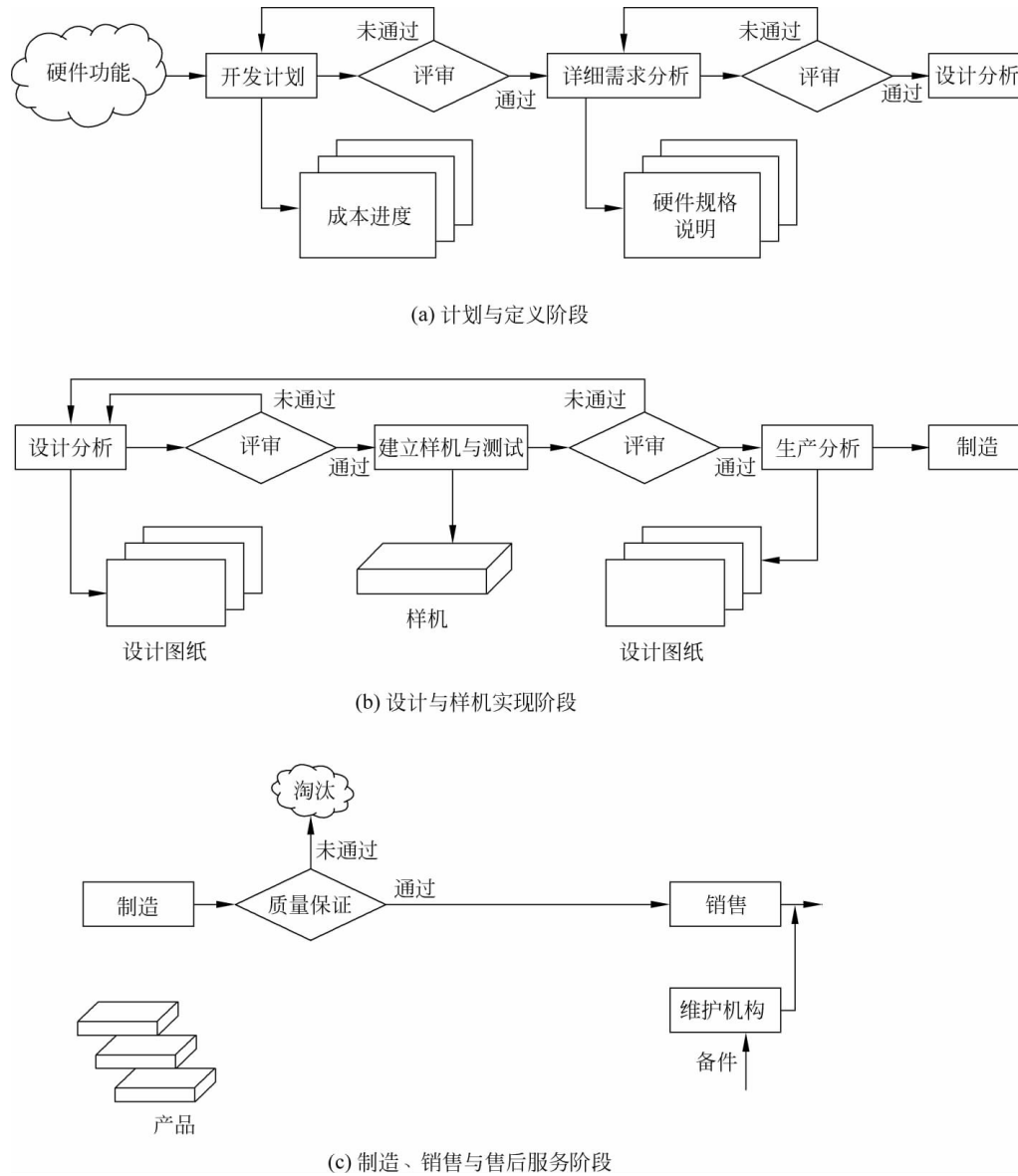


图 1.2 硬件工程

检验、交付与维护阶段,如图 1.3(a)、(b)、(c)所示。

### 1. 软件定义阶段

软件定义阶段的任务如下：

- 确定软件开发必须完成的总目标；
- 确定工程的可行性；
- 导出实现工程目标应该采用的策略及系统必须完成的功能；
- 估计完成该项工程需要的资源和成本,并且制定工程进度表。