

# 硕 士 学 位 论 文

## 基于 DSM&COCOMO II 模型的中小 IT 企业需求变更管理实践研究

The Practice Study of Middle and Small- sized IT Enterprises  
Requirement Change Management Based on DSM and COCOMO  
II Model

作 者 姓 名: 史珊珊

工 程 领 域: 项目管理

学 号: 41406016

指 导 教 师: 袁永博、邹明哲

完 成 日 期: 2018 年 4 月 8 日

大连理工大学

Dalian University of Technology

---

## 大连理工大学学位论文独创性声明

作者郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下进行研究工作所取得的成果。尽我所知，除文中已经注明引用内容和致谢的地方外，本论文不包含其他个人或集体已经发表的研究成果，也不包含其他已申请学位或其他用途使用过的成果。与我一同工作的同志对本研究所做的贡献均已在论文中做了明确的说明并表示了谢意。

若有不实之处，本人愿意承担相关法律责任。

学位论文题目：基于 DSM&COCOMO II 模型的中小 IT 企业需求变更管理实践研究

作者签名：\_\_\_\_\_ 日期：\_\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

## 摘 要

随着中国经济的高速发展,作为经济发展动力源泉的中小企业在中国经济中起着越来越重要的作用。伴随着网络信息时代的来临,知识密集型的中小 IT 企业更是如雨后春笋般的快速发展和壮大。承载着中小 IT 企业发展基础,就是其所运行的项目,因此项目的成败将直接决定着中小 IT 企业是否能够在经济快速发展和优胜劣汰的丛林法则中生存并发展壮大。而在项目运行过程中一定会发生项目变更,并且变更将存在于整个研发过程中,特别是中小 IT 企业的项目,由于中小 IT 企业不具备很好的项目管理能力,且客户、技术和资源等多方面的原因,会频繁发生多种多样的项目变更,变更的发生往往就意味着项目资源的重新调整,费用的增加和项目周期的延长,由于中小 IT 企业本身规模较小,人员储备极少,任意一个项目的变更同时会导致其他进行中的项目受到人力资源不足的影响,而在有限的项目周期内这种影响极有可能造成对项目质量和项目产品质量的冲击,从而导致项目的失败,客户满意度下降以及客户的流失,甚至妨碍企业自身的发展和影响企业的生存。频繁的变更会给企业项目管理带来很多问题和风险,据有关统计数据显示,中小 IT 企业项目按期达成率很低,分析其原因多为企业项目管理流程不完善,相关工作的质量很难保证,其中需求变更带来的不确定因素更是导致项目按期达成率低甚至项目失败的首要原因。如何有效的做好对项目变更的管理和控制是当前中小 IT 企业提升项目成功率的首要问题,也是提升企业生存能力的重中之重。

论文就中小 IT 企业的特点和企业运行项目的工作实践,对中小 IT 企业的项目管理现状和需求变更管理的特点进行了归纳总结。通过对项目变更管理所涉及的部分概念和内容的汇总分析,包括项目变更和项目变更管理的概念,变更管理的目的和意义以及研究的内容,识别出中小 IT 企业项目变更管理的特点。重点提出了需求变更管理的相关概念,对需求变更产生的原因及其影响进行分析,给出了处理原则和应对变更的方法。通过调研分析总结出中小 IT 企业需求变更管理中普遍存在的问题,针对中小 IT 企业需求变更所面对的共性问题提出适合中小 IT 企业需求变更控制方法,基于 DSM 模型和 COCOMO II 模型建立变更对项目工期,成本和质量三个维度影响评估的模型和对项目风险评估的方法。形成适用于本公司及同类型中小 IT 企业的变更管理模式,建立需求

变更控制基本流程。通过 M 公司 U 盾项目的工作实践，来验证本研究成果的有效性和实用性。总结出中小 IT 企业软件开发项目中需求变更管理与控制的一般经验及方法，为今后同类型中小 IT 企业中的项目变更管理提供借鉴。

**关键词：**中小 IT 企业；需求变更控制；DSM 模型；COCOMO II 模型

## Abstract

With the rapid development of China's economy, middle and small-sized enterprises are playing a more and more important role as the source of economic development in China's economy. With the advent of the Internet information age, knowledge-intensive middle and small-sized IT enterprises are developing rapidly. The foundation of the development of small and medium IT enterprises is project. So the project run successfully will directly determine whether the small and medium-sized IT enterprises can survive and grow in fast economic development environment. There always have change in the project, and the change will exist in the whole research and development process, especially in the small and medium-sized IT enterprises. Because the small and medium IT enterprises do not have good project management ability, and the customers, technology and resources and many other reasons, there will be a variety of changes in the project. The change mostly means the readjustment of the whole project resources, the increase of the cost and the extension of the project cycle. Because of the small size of the small and medium-sized IT enterprises and the few personnel reserves, the change on any item will result in other ongoing projects be affected by the shortage of human resource. Given limited period of the project, the lack of engineer resource will impact project and product quality that may result in project fail, decrease the customer satisfaction and loose the customers, even block the development of the enterprise itself and affects the survival of the enterprise. Frequently changes will bring a lot of problems and risks to enterprise project management. According to the statistical data, the successful on time delivery rate of small and medium-sized IT enterprises is very low. The analysis of the reasons is that the enterprise project management process is not perfect and the quality of the related work is difficult to guarantee, in which the change of demand is brought. Uncertainty is the leading cause of project failure. How to effectively manage and control the change of the project is the first problem to improve the success rate of the small and medium-sized IT enterprises, and it is also the most important thing to improve the viability of the enterprise.

This paper summarizes the characteristics of small and medium-size IT enterprises and the work practice of enterprise operation projects. Summarizes the status of project management and the characteristics of requirement change management in small and medium-sized IT enterprises. Through the summary and analysis of concepts and contents of project management theory, including the concept of project management, the concept of project change and project change management, the purpose of change management and its research content, identify the characteristics of project change management of small and medium-sized IT enterprises. This paper puts forward the concepts of change management, analyzes the reason and effects of requirements change management, and figure out the

principles and methods to handle the changes. Through the investigation and analysis, this paper summarizes the common problems in the requirements change management of small and medium-sized IT enterprises, propose a requirement change control method. Based on DSM model and COCOMO II model establishes the model of the impact assessment on project time, cost and quality, and the method of the project risk assessment aim to handle to common issue of requirements change management in small and medium-sized IT enterprises. Set up a change management mode that suitable for small and medium-sized enterprises IT and establish the basic process of requirement change control. Basis on U Key project in M company, propose suitable requirement change management model, setup requirement change control procedure and define the way how to implement requirements change management to verify its effectiveness and practicability. Summarize the experience and method of requirements change management in software development project, expected to provide example for similar projects in the future.

**Key Words:** Medium-sized And Small IT Enterprises; Requirement Change Control; DSM Model; COCOMO II Model

## 目 录

摘 要 .....	I
Abstract .....	III
1 绪论 .....	1
1.1 研究背景 .....	1
1.2 研究意义 .....	2
1.3 研究方法和内容 .....	2
1.4 论文结构 .....	3
2 理论概述 .....	5
2.1 项目变更管理理论概述 .....	5
2.1.1 项目变更和项目变更管理的概念 .....	5
2.1.2 项目变更管理的目的和意义 .....	6
2.1.3 项目变更管理的研究内容 .....	6
2.2 软件需求变更理论概述 .....	7
2.2.1 需求的定义和组成 .....	7
2.2.2 需求工程的定义和组成 .....	8
2.2.3 需求变更相关理论 .....	9
2.3 应用模型介绍 .....	9
2.3.1 DSM 模型 .....	9
2.3.2 COCOMO II 模型 .....	11
3 中小 IT 企业需求变更管理方法研究 .....	13
3.1 中小 IT 企业项目需求变更管理现状分析 .....	13
3.1.1 中小 IT 企业项目变更特点 .....	13
3.1.2 中小 IT 企业需求变更管理现状分析 .....	14
3.1.3 中小 IT 企业需求变更的影响分析 .....	16
3.2 影响中小 IT 企业项目需求变更的因素调查 .....	17
3.2.1 调查问卷设计 .....	17
3.2.2 调查问卷结果 .....	19
3.2.3 调查结果分析 .....	19
3.3 需求变更控制改进方案 .....	28
3.3.1 创建项目变更控制委员会 .....	28
3.3.2 创建项目需求专家小组 .....	29

3.3.3	建立需求变更控制流程 .....	29
3.3.4	项目需求版本管理方案 .....	38
4	需求变更管理在中小 IT 企业的项目实践 .....	39
4.1	M 公司介绍及其项目现状 .....	39
4.2	U 盾项目背景和项目基本需求 .....	41
4.2.1	项目背景 .....	41
4.2.2	项目需求 .....	41
4.3	U 盾项目需求变更管理案例实践 .....	44
4.3.1	成立 U 盾项目变更控制委员会 .....	44
4.3.2	成立 U 盾项目需求专家小组 .....	44
4.3.3	U 盾项目需求变更控制流程实践 .....	44
4.3.4	U 盾项目需求版本管理实践 .....	60
4.3.5	U 盾项目需求变更管理流程应用成果 .....	60
5	结论与展望 .....	62
5.1	结论 .....	62
5.2	展望 .....	63
参 考 文 献	.....	64
致    谢	.....	65
大连理工大学学位论文版权使用授权书	.....	67



# 1 绪论

## 1.1 研究背景

有资料说明,我国中小企业已达 4200 万户,占总数的 99% 以上,成为我国经济、社会发展中的重要力量<sup>[1]</sup>,其解决了很多就业问题、创建了很大的商业价值、生产改革创新和经济持续增长也令其在国民经济中的地位愈加重要。

近来国家陆续出台了政策鼓励和扶植具有创新性中小企业发展,由此可见中小企业对于建设创新型国家、推进国民经济的和谐发展有相当重要的作用。企业的发展离不开项目,大到跨国集团,小到私有企业多数以项目为主导,其中大型企业运用项目的思想及方法来管理项目已经非常普遍,各企业对其十分看重,建立正式的项目管理部门,安排相关人员参加各种项目管理方面的培训,引入项目管理专业工具,明显提升了项目管理水平。但是中小企业特别是中小 IT 企业因为自身条件和外在环境等各方面因素的制约,企业的生存以及发展要面对许多压力,故中小 IT 企业的项目管理能力普遍较低。由于企业规模不大、资金缺乏、竞争激烈等诸多方面影响,中小 IT 企业项目管理方面存在很多的问题和缺陷,这些都关系着项目的成败。中小企业一般存在着五大困难:市场准入、资金融通、人才引进、信息共享以及科技应用<sup>[2]</sup>。而中小 IT 企业相对于传统的中小企业除在市场准入一项相对难度较小外,仍然面临着其余的四大困难。如今中小 IT 企业项目管理的最重要目标就是在当前客观存在困难下,克服企业资金、人才、技术、管理经验的缺乏,获取最多的资源且进行合理分配。

资料显示,中小 IT 企业有八成的项目失败,主要原因都是企业的项目管理没有做好,而最主要原因就是项目变更。中小 IT 企业大多承接中小型项目,此规模项目往往都是资金投入少、开发周期短、需求变化多、以客户意见为主。频繁的项目变更是项目研发过程存在的最大问题,更带来非常高的风险。如何处理好项目过程中的各种变更,是中小 IT 企业目前最大的课题。大多数中小 IT 企业的项目管理能力都很差,针对项目变更不能有效的管理,更没有建立相关的规范。变更管理只是根据项目经理的个人能力和以往经验,而且也没有使用专业工具和方法,更没有自身去研究变更处理方法、制定变更制度和管理变更工具的能力。上述内容是中小 IT 企业项目管理目前存在的最大问题,这不仅仅是项目成败的关键,更影响着中小 IT 企业的自身发展。

对于变更管理,国内外已有众多研究。当前使用较多的是 Rational 公司的统一变更管理(UCM),以及其他收费性的变更管理工具和方法,如瑞典奥吉通公司的 Telelogic change Management 和美国汉星天公司的 Butterfly 变更管理系统等。这里面属 UCM 的

使用覆盖面更广，其根据第三代配置管理解决方案而生，有较方便的技术支持，但其应用工具繁杂，不易熟练操控，且价格昂贵，中小 IT 企业通常无力支付，后两个是根据第二代配置管理，作用更小，技术支持更差。最重要的是上面三个变更管理理论和工具均侧重配置管理，对变更评估和管理流程支持不够。

## 1.2 研究意义

项目变更带来的风险往往是项目团队难以预料的，即使是微小的变更也可能会造成严重的后果或事故<sup>[4]</sup>。中小 IT 企业强化项目需求变更管理不仅有利于控制变更引起的风险，而且能够提升企业的管理能力。因其地位不高，普遍是客户主导，项目最大的风险是变化太多，另外复杂的项目环境、项目管理能力低和管理经验欠缺、企业本身的战略目标和项目目标混乱等问题的存在，都令项目负责人焦头烂额。如何处理好项目的范围变更、进度变更、人员变更、资源变更、合同变更等问题是项目管理的首要问题<sup>[5]</sup>，是项目成败和企业发展的关键。针对当今中小 IT 企业所处的背景及发展状态和项目需求变更管理在项目管理工作中重要性、还有对企业未来成长的作用，提出本论文的研究方向。

论文结合中小 IT 企业的工作实践，通过对项目管理理论所涉及的部分概念和内容的汇总分析，识别项目变更管理的特点。剖析需求变更管理现状及其影响，给出了需求变更控制改进方案。结合 M 公司的 U 盾项目进行实践，建立需求变更控制的基本流程以及如何实行对需求变更管理来检验本研究成果的功效。总结出实行需求变更管控的经验及措施，可为此后中小型企业同类项目所借鉴。

## 1.3 研究方法和内容

论文的写作采用了如下的研究方法：

### （1）文献研究法

在论文编写早期阅读大量项目管理理论和实践实例的相关文献，为后期论文编写起到了很重要的作用。文献研究法普遍运用在各学科研究课题上，它能令人了解课题的历史和当前状况；能构成对于课题目标的框架概念的形成，帮助观察和访问；能获得和实际资料比较的相关资料；对认识事物的全貌有帮助作用。

### （2）调查问卷

也称作调查表、询问表，是以问题的形式系统地记载调查内容。本文中针对中小 IT 企业需求变更存在的问题，采用了调查问卷的形式来更全面深入地了解问题所在，以得出更符合实际情况的需求变更管理优化方案。

### （3）案例分析法

依据 M 公司的 U 盾项目实行研究，通过分析项目背景和现状找到需求变更管理包含的问题，通过建立需求变更管理流程、细化变更评审、加强跟踪管理，以提升 M 公司管理水平和 U 盾项目研发效率。

### （4）层次分析法

联合定性和定量分析的评价决策法，把复杂题目解析成多个层系和要素，同一层次各要素比对、判定考量和估算，以取得评估结果。

项目变更管理的技术路线主要涉及甘特图、WBS 工作结构分解、关键线路法和计划评审技术、线性规划最优解等<sup>[6]</sup>，常应用在处理某一个项目需求变更；也用于探讨变更风险或投资评价模型。

本论文研究内容主要有：项目变更管理和需求变更管理的概念和联系；分析中小 IT 企业项目变更管理的境况和特点；剖析出需求变更的现状和影响；提出中小 IT 企业项目变更管理研究思路，确立项目需求变更影响的评估方法，建立中小 IT 企业的项目需求变更控制流程，提出相应的决策评估方法。以 M 公司的 U 盾项目作为实践案例，建立了需求变更管理流程，并设立了需求变更管理影响的评估方法，然后针对实施结果以及影响进行分析。对研究成果进行总结，并对后续要进行的工作进行展望。

## 1.4 论文结构

第一章：绪论。阐述研究背景、意义、方法、内容和论文结构。

第二章：理论概述。列出项目变更、变更管理相关概念，需求和需求工程的定义和组成，需求变更相关理论，以及介绍了本文应用的 DSM 模型和 COCOMO II 模型。

第三章：中小 IT 企业项目变更管理方法研究。剖析中小 IT 企业研发项目变更的特点，根据分析结果得出需求变更管理在中小 IT 企业项目变更管理中产生影响最大。剖析需求变更管理现状及引发的影响，通过实施问卷调查和分析，得出影响中小 IT 企业项目需求变更的因素，提出需求变更控制改进方案包括建立项目变更控制委员会和需求专家小组，建立需求变更控制流程，实施需求版本管理。

第四章：需求变更管理在中小 IT 企业的项目实践。本章是以 M 公司软件项目为例，进行需求变更管理案例实践，建立优化流程并对需求变更影响从时间，质量和成本三个维度的评估方法进行阐述。将项目需求变更基本流程改进为以下步骤：提出、分析、评审、执行、关闭和记录变更。最后为了确保改变的需求被正确的加入文档而引入了需求版本管理方案。

第五章：结论和展望。归纳全文，解释本课题研讨所具有的实践意义，展望未来研究工作。

本论文技术路线图如图 1.1：

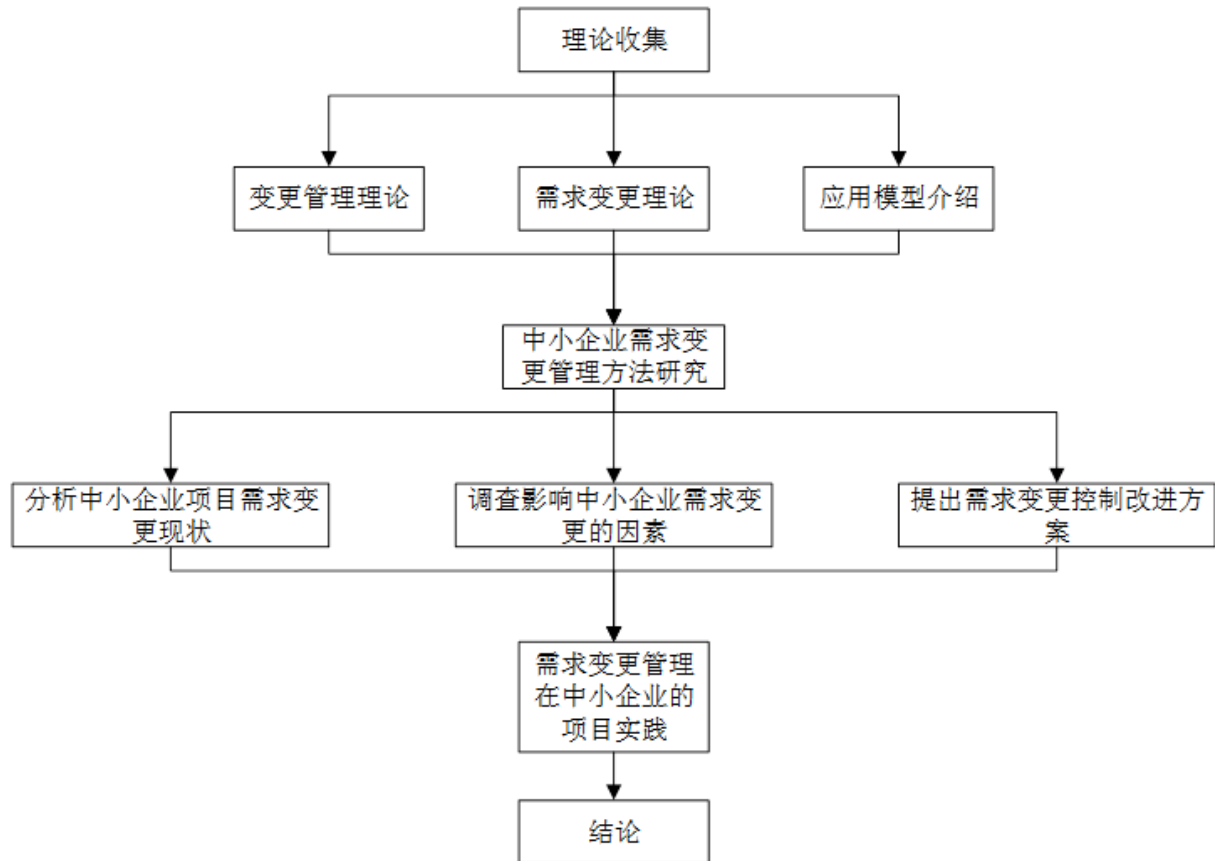


图 1.1 技术路线图

Fig. 1.1 Technology Roadmap

## 2 理论概述

### 2.1 项目变更管理理论概述

#### 2.1.1 项目变更和项目变更管理的概念

项目变更是项目团队为符合项目实施进程中项目有关因素的改变,确保项目目标能够达成进行的项目计划的部分或全部更改。若部分标准变更,品质、资源和规划都会产生改变,如果想达成预期指标,那么就务必采用合适的应对手段,此活动即为项目变更。项目团队看作主体时,则分成主动和被动两种。主动变更指项目团队根据项目进行情况进行项目调节,如项目提出者或者客户发起的新需求。被动变更通常受境况因素或其他因素的改变而变化。

项目变更最多的是需求变更,特别是客户需求变更,通常是为了达到客户需求而进行的工作,包含项目的目标产品或服务,加上达成此两项必须进行的全部任务。项目变更发生时通常都是一连串的,任何一个项目要素改变均会导致项目变更,包括时间、成败、质量以及管理等。需求变更作为项目变更的一个重要的部分,同样也会带来一连串的变化,主要有范畴、速度、预算、合同以及人事变化等。

IT 项目中产生变更的两个主要因素:

- (1) 外来变更请求,如用户提出的需求更改;
- (2) 公司内部变更请求,如为修改测试提出的缺陷而修改源代码或者架构设计。

这两者中外部的需求变更处理起来更加有难度,也通常会带来更多工作量。建立一个正规且有效的需求变更控制流程以更好的实现已定的项目目标是非常必要的。

项目变更管理是指项目组织为适应项目运行过程中与项目相关的各个因素的变化,保证项目目标的实现而对项目计划进行相应部分变更或全部变更,并按变更后的要求组织项目实施的过程<sup>[7]</sup>。

变更管理是对项目范围、人员、进度、技术、设施等永久性或暂时性的变化进行有计划的控制<sup>[8]</sup>。变更控制不是阻止改变,而是执行管控,保证按计划流程执行。

出现变更时,要评估变更带来的风险,如可能产生潜在问题、产生的问题严重程度高,则按照既定的应对方法以降低变更产生。

项目变更管理要从项目建设全过程管理的角度出发,对实际工作中影响变更的因素进行分析总结,并根据其特点提出相应的策略和解决办法<sup>[9]</sup>。需要在项目开始时对项目的变更进行预测、评估、计划,确定变更管理的机构与流程,在项目进行中严格变更控制,在项目完成后加以总结提高<sup>[10]</sup>。

### 2.1.2 项目变更管理的目的和意义

项目变更管理是为了减小变更对项目目标产生的不良影响或者增加变更对项目目标产生积极的影响，使项目目标能够实现的过程和活动，包括：

#### (1) 了解变化

在执行时，有关的主客观要素应该时刻留意，对变更尽早察觉和控制，了解变化实质和产生的主要原因，分析变化影响的范围，并记录和描绘出变化。

#### (2) 应对变化

当受变化内容影响，项目目标不能达成时，为了确保能够达成项目目标，项目组织务必尽早的分析变化的影响，完成项目计划里相应的变更。项目计划的变更一定要通过项目研发和管理团队的允许，并按时上报变更和变更的实施状况。

#### (3) 监控影响

出现变更，项目团队一定实时注意其对项目目标达成造成的影响，当出现不利影响时，需找出更合适的处理手段来减少或消除该影响。当出现好的影响时，就争取放大该影响，争取尽快成功达成项目目标。

对项目目标达成来说，无论项目变更带来有利或不利影响，变更一定会带来新的风险，且通常是没办法鉴别完全的。每个不受控制的变化都可能给项目目标的达成造成严重的影响。因此，开展变更管理不仅有助于控制变更带来的风险，而且能够给企业的管理思维带来新变化<sup>[11]</sup>。

### 2.1.3 项目变更管理的研究内容

项目变更管理研究内容包括：需求、进度、人力资源、成本、合同变更等。其中讨论最多的是需求变更。

项目执行过程繁琐且动态，变更经常影响目标的达成。故了解项目变更的概念和特性，判别变更管理找出的缺陷，得出的变更控制方案，对项目目标的达成有推动作用。项目在实施过程中一定都会有不可预料的问题出现，而这些问题都需通过变更处理来确保项目的顺利完成。项目变更的范围很广，但由于各种原因的变更最终往往表现为设计变更，且考虑到设计变更在整个项目建设过程中的重要影响，将项目变更分为设计变更和其他变更两大类<sup>[12]</sup>。

设计变更在 IT 项目里普遍存在的，需求变更是最直接的影响因素。很多公司项目研发和维护时，对需求变更没有执行合适的管控，造成了一再出现设计改变，延误了工期，增加了工作量和成本，客户满意度低，项目盈利少等问题。因此，应该分析需求变

更的原因，得出处理需求变更的基本原则，结合软件项目管理经验提出应对需求变更的解决方案<sup>[13]</sup>。

## 2.2 软件需求变更理论概述

### 2.2.1 需求的定义和组成

Rational<sup>[14]</sup>的需求定义和 IEEE 差不多，都是“正在构建的系统必须符合的条件或具备的功能”。知名需求工程师 Merlin Dorfman 和 Richard H.Thayer 有更简明描述：用户解决某一问题或达到某一目标所需的软件功能；系统或系统构件为了满足合同、规约、标准或其他正式施行的文档而必须满足或具备的软件功能<sup>[14]</sup>。软件需求的三个层次是：业务需求、用户需求和功能需求（也包括非功能性需求）<sup>[15]</sup>，软件需求各组成部分如图 2.1：

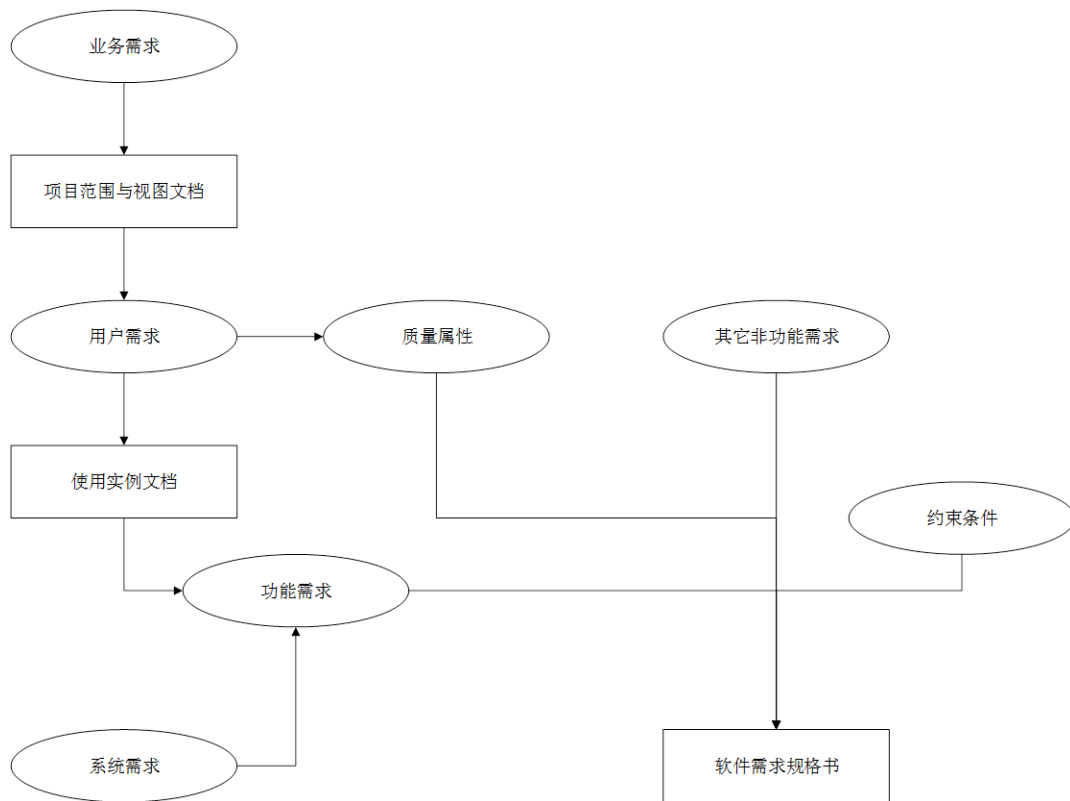


图 2.1 软件需求构成

Fig. 2.1 Structure of software requirements

业务需求（Business requirement）描述组织执行系统的原因。其大多是甲方或客户的管理者们、市场或产品规划部门给出。

用户需求（User Requirement）说明客户应用系统想达成的功能和功能性要求。用例和事件响应表都是用户需求的表示方式。

功能需求阐述研发需完成的产品功能，产品要完成的输入、施行过程、和使用者或其他软硬件之间的互动和输出的动作，使用者通过软件可以实现自己的职责，进而达成业务要求。它包含于用户、业务需求里。

非功能性需求是系统须满足的与功能不相关的另外方面，涵盖安全性、性能、易用性、可移植性等要求。

## 2.2.2 需求工程的定义和组成

需求工程（Requirement Engineering）是所有需求处理活动的总和，它采集信息、剖析问题、汇总观点、记录需求并验证其准确性，最后体现软件被使用后与其环境互动达成的期望效应，需求工程是软件工程关于现实世界的目标、功能和软件系统约束的一个分支，它也关注着上述因素之间的关系来精确软件行为的规格说明和它们随时间随产品族的演化，需求工程分为需求开发和需求管理两部分<sup>[16,17]</sup>。

根据图 2.2 需求工程的组成图可见，需求变更只是其组成之一，然而需求变更在软件开发过程中所产生的影响却远远超过了它所处的位置，而国内外对需求开发相关问题有较多的研究<sup>[18]</sup>，对占关键地位的需求变更的探讨相对较少，其对整体进程以及投入成本等方面作用颇多。

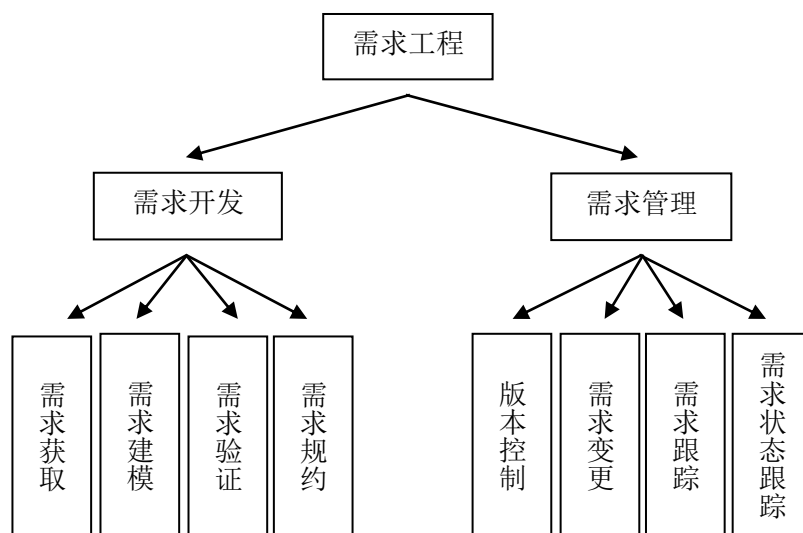


图 2.2 需求工程组成

Fig. 2.2 Structure of requirements engineering



### 2.2.3 需求变更相关理论

所有企业具有共同的软件开发目标：在预算内按时开发出符合客户真正需要的高质量软件<sup>[19]</sup>。软件是可视性很差的复杂的逻辑实体，不同于任何其他制造业的产品<sup>[20]</sup>。在大多数软件项目中，最不稳定的部分就是需求，它在整个软件生命周期中不断变更和发挥作用<sup>[21]</sup>。尽管需求分析阶段已经尽量全面且细致地进行了需求探讨，那也不可能提前推定好全部需求；而且由于政府对特定软件的相关要求、用户部门市场战略的调整、工业界的发展等因素都可能带来需求的变更，这些因素往往都是不可避免的<sup>[22]</sup>。

综上所述项目实施时，用户需求一定会不断改变。需求变更如果没有合适的管控，将会给项目带来不良的影响成本费用增加、开发周期延长、产品质量下降、风险增大、影响文档和代码的一致性、影响开发者与用户的合作关系或者使开发方陷入“需求陷阱”——用户试图不断增加新的功能，使得项目组永远处于开发的状态<sup>[23]</sup>。开发者想通过场景、原型等手段在早期就能够收集到全部清楚准确的需求。但是实践证明软件需求不可能在项目早期就获取完全，明确且绝不改变。随着软件项目进展，因用户对需求更加清晰、业务的变化、功能修正等原因，在软件生命周期中发生需求变更是无法回避的<sup>[24]</sup>。作为需求工程中一部分的需求管理中有相应的需求变更控制，需求变更影响评估作为需求变更控制的一个重要组成部分，对软件项目进度控制、成本核算，开发周期等方面有着直接的影响，有助于降低项目的风险<sup>[25]</sup>。

## 2.3 应用模型介绍

### 2.3.1 DSM 模型

DSM (Design Structure Matrix) 设计结构矩阵是通过数学矩阵的形式描述某一类型设计因素（如设计参数、设计活动等）相互间依赖、制约等复杂关系。通过设计结构矩阵能较为完整地反映与预见产品设计及其过程中的潜在问题，为产品设计中的工程更改、产品结构优化（如产品设计分解与模块化）及过程重组等提供规划、分析和实施的基础。自 Steward 博士提出设计结构矩阵的概念以来，在国内外的学术界和工业领域，DSM 已得到了较为广泛的研究和应用。

本文借助 DSM 模型描述了软件各个组成元素之间相互的影响。DSM 中，第  $i$  行第  $j$  列 ( $i \neq j$ ) 的元素， $j$  代表的组成元素，对  $i$  代表的组成元素产生影响。该模型在表现形式上分为二元模型和数值模型。二元模型仅仅描述了软件组成元素之间的依赖关系，数值模型则进一步描述了软件组成元素之间的影响程度。如图 2.3 所示：

	A	B	C
--	---	---	---

A			X
B	X		
C			

	A	B	C
A			6
B	3		
C			

图 2.3 DSM 模型图

Fig. 2.3 DSM model

利用 DSM 模型评估更改影响程度包括下述三个步骤，第一建立软件基于组件级别的 DSM 模型，识别组件之间的相互影响和依赖关系；第二根据组件之间的影响关系，得到影响传播的模型。第三以影响传播为基础评估，评估软件组件受变更的影响程度。

#### ① 变更传播影响定义

定义 1：变更传播概率  $cpp$  即某组件产生变更时，和其有关的其他组件随之更改的可能性。

定义 2：变更影响概率  $im$  即某组件变更会直接影响其他组件时，其他受影响的组件必须更改设计的可能性。

定义 3：直接变更传播影响  $t$  是变更传播概率和变更影响概率的乘积。即：

$$t = cpp \times im \quad (2.1)$$

#### ② 变更传播影响模型

完整的需求变更传播影响应包含直接影响和间接影响两者。变更传播影响  $t_{ij}$  定义了一阶变更传播影响（直接影响）。两个非直接可达组件  $U_i$  和  $U_j$ ， $U_j$  对  $U_i$  的  $m$  阶变更传播影响（间接影响）， $t_{ij}^{(m)}$  则表明  $U_j$  的变更影响通过其他  $m-1$  个组件的  $m$  次传播后抵达  $U_i$ ：

$$t_{ij}^{(m)} = t(U_j, U_1) \times t(U_1, U_2) \times \dots \times t(U_{m-2}, U_{m-1}) \times t(U_{m-1}, U_i) \quad (2.2)$$

定义 4：累积变更传播影响  $ct$  是全部直接和间接变更传播影响的总和：

$$ct_{ij} = \begin{cases} \sum_{m=1}^{\infty} t_{ij}^{(m)}, & (i = 1, 2, 3, \dots, n; j = 1, 2, 3, \dots, n; i \neq j) \\ 0, & (i = 1, 2, 3, \dots, n; j = 1, 2, 3, \dots, n; i = j) \end{cases} \quad (2.3)$$

其中,  $ct_{ij}$  表示组件  $U_j$  对  $U_i$  的变更传播影响和所有间接变更传播影响。当  $i = j$  时, 组件内部影响情况同样被视为一个整体。

累积变更传播影响显示了目标软件体系结构大概受变更影响的程度和范围。

定义 5: 影响度  $y$  是某一特定组件  $U_j$  对别的组件产生的直接变更传播影响及间接变更传播影响总和:

$$y_i = \sum_{i=1}^n ct_{ij}, (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (2.4)$$

定义 6: 被影响度  $z$  是某一特定组件  $U_i$  受别的组件的直接变更传播影响及间接变更传播影响总和:

$$z_i = \sum_{j=1}^n ct_{ij}, (j = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (2.5)$$

定义 7: 总影响  $TT$  是该软件体系结构中全部组件可能受到的直接、间接变更传播影响的总和:

$$TT = \sum_i \sum_j ct_{ij}, i = 1, 2, 3, \dots, n; j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.6)$$

$y_i + z_i$  是组件  $U_i$  影响和被影响的可能性总和, 显示其变更影响的程度, 其值越大, 则其变更传播影响力越强。总影响  $TT$  显示整个软件结构将面对的变更传播影响。

### 2.3.2 COCOMO II 模型

1981 年, Barry Boehm 在其经典著作《软件工程经济学》中介绍了一种软件成本估算模型的层次体系, 称为 COCOMO (Constructive Cost Model, 构造型成本模型)<sup>[26]</sup>。该模型是软件成本估算综合经验模型, 为软件项目成本和进度估算提供依据。COCOMO 模型, 即 COCOMO81, 在实际应用中取得了较好的效果, 很好地匹配了采用瀑布模型的软件项目<sup>[27]</sup>。1994 年, 为了适应新方法和技术, 原作者优化改进了原 COCOMO 模型, 提出了 COCOMO II。它即能评估开发工作量, 也能对项目的进度详细估计, 具有规模计算, 工作量估算, 进度估算等主要性能, 对使用者进行软件维护和决策很有帮助。对项目的管理, 成本等管理是十分有利的条件, 使我们拥有更多时间去关心项目的质量和使得人力资源更有效分配和利用起到极其重要的作用。可以从产品大小估计的结果中计算出项目的总体人员工作量和时间表。除了大小输入, 另一项关键输入是对团队生产率评测。该输入值可确定项目的总工作量。总的项目时间表与总工作量之间存在非线性

的关系。此类模型异常复杂，但 COCOMO II 模型能简化其复杂过程，为使用者节约时间。

工作量评估基本模型：

$$PM_{\text{nominal}} = A \times (\text{SIZE})^B \quad (2.7)$$

(1) SIZE 是估算的软件功能单元的代码行数（千行）；通过模块功能结构分解和专家法估计，或者使用功能点转化为代码行数；

(2) 常数 A 通常取 2.94；

(3) B 代表项目的规模经济性： $B = 0.91 + \sum W_i$ ，大于 1 则所需工作量增加速度大于软件规模（SIZE）增加速度，表现出规模非经济性，相反小于 1 代表规模经济性。

(4)  $W_i$  为规模度因子，及其取值见表 2.1：

表 2.1 规模度因子表  
Tab. 2.1 Scale factor table

规模度因子 $W_i$	描述	等 级					
		非常低	低	正常	高	非常高	超高
PREC	有前例	6.20	4.96	3.72	2.48	1.24	0
FLEX	开发灵活性	5.07	4.05	3.04	2.03	1.01	0
RESL	体系结构和风险控制	7.07	5.65	4.24	2.83	1.41	0
TEAM	项目成员合作程度	5.48	4.38	3.29	2.19	1.10	0
PMAT	过程成熟度	7.80	6.24	4.68	3.12	1.56	0

### 3 中小 IT 企业需求变更管理方法研究

#### 3.1 中小 IT 企业项目需求变更管理现状分析

##### 3.1.1 中小 IT 企业项目变更特点

中小 IT 企业通常是接非大型项目，其普遍具有如下特质：

##### （1）项目变更频繁

项目运行时项目变更一定存在，一是中小 IT 企业处于弱势，通常是客户或者其他外部因素来主导，就造成大量的项目变更；二是企业自身不够重视项目管理，没有适合企业本身的项目管理方法，工具和技术，没有建立完备的项目管理系统，项目管理能力也十分匮乏。

##### （2）项目变更多元化

中小 IT 企业项目变更的因素很多，有项目组自己的原因，如项目组人员经常变动，这就使得组员对客户理解存在差异；客户变更，如客户不停想出新的需求；外部原因，如国家有关政策、法规改变。

##### （3）项目变更后果严重

中小 IT 企业项目变更不仅干扰项目实行，更会阻碍到企业发展。项目后期发生的变更对项目影响非常巨大，它造成项目成本提高、进度延长和质量降低，更严重时可能致项目失败。那么定会妨碍进步，甚至破产。

项目变更根据其内容分为以下四种，见图 3.1：

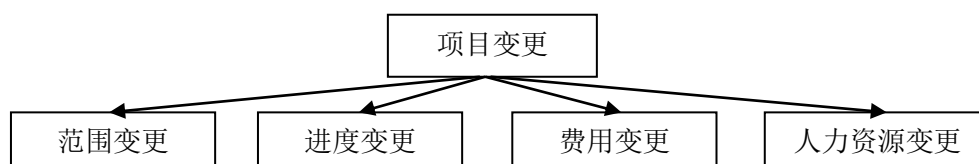


图 3.1 项目变更类型

Fig. 3.1 Project modification types

以上四种类型变更影响最大的就是范围变更，特别是范围变更中的需求变更。中小 IT 企业项目启动初期，甲方会提出明确的项目需求，这为项目执行提供了基本的架构和基线，同样也明确的给项目管理界定了范围，全部任务的执行均按此定义内进行。但是，实际执行过程中该范围的界限往往比较模糊、常会产生扩大或改变，表现在实际项目工作中就是所谓的需求不明确，而这些不明确的部分就带来了许多项目风险。

项目进度变更在所有企业项目管理实际工作中都通常会发生，差不多所有项目都会由于企业内外部的原因导致项目进度的变更。内部原因中常常是项目人员对需求理解不充分或理解需求过度。对需求理解不够一般是在阶段性评审项目时才意识到没有满足和达到客户本身的实际需求，这就会增加新的工作量。而理解过度就等于多做了项目成果无意义的工作包，这就浪费了项目时间，拖后了整个项目进度。外部因素中，由于项目甲方自身原因比如项目整体策略的变化、领导更换、人员更换等导致的项目进度的变化，可能需要整体加速进度，提早完成，也可能是要延后项目进度。最直接影响项目进度的因素就是需求，甲方根据自身的变动，提出新的需求以达到新的项目进度需求。

费用变更往往是由需求，进度，人员等发生变动后发起的。中小 IT 企业首先以赚钱为目的，投资回报周期对其来说尤为重要，所以在通常情况下项目成本的变更会作为最重要的因素在所有变更评估中。

人员变更包括企业内部特别是项目组织的成员，也包括企业外部的。就像前文中小 IT 企业的特点里所说的企业内部人员流动性非常强，人员频繁的改变对于项目工作的前后连续有着极强的破坏度。所以项目成员必须具备的能力就是能够意识到那些将会作用于项目实施的人事要素，且能尽力降低这些因素的影响，降低人力变化的概率以及其所产生的影响。企业外部人员，就是指那些和该项目有着直接利害关系的人员，比如甲方企业代表。正因为中小 IT 企业在根本上处于弱势地位，甲方的人员改变经常会给项目团队造成极大的不顺和困难。尤其表现在甲方决策人的变动，其对项目产生的重大影响，乃至关系到项目能够继续存活。再一点就是甲方项目执行人员的变动，不同的执行人员对已定义的需求和已达成的共识会产生变化，就会导致已经建立项目的沟通管道和使用的方法需要重新建立，也需要重新定义明确的项目范围和对项目需求的解释。不然就算是在已定好的项目框架不发生改变的情况下，也会产生很多对于项目需求理解的意见分歧，进而对项目的进行造成不利的影响。

据上所述，项目变更管理是中小 IT 企业项目管理中最为首要的要素，而不管是需求变化，还是对因进度变化而实行的更改，或者是对需求的重新理解和分析，当通过对需求的优化和取舍来控制项目成本以及人力资源变更，都凸显了需求变更管理的紧要地位。

### 3.1.2 中小 IT 企业需求变更管理现状分析

中小 IT 企业在需求变更管理方面普遍存在以下几个问题：

#### ① 项目合同界定模糊

在签订项目合同或技术协议时，没有把实施范围或项目内容描述清楚，为了通过竞标拿到合同，对于用户的要求不加考虑都进行承诺。导致实施过程中用户任意提出各种需求。由于甲方描述需求时经常是使用非专业术语表述，这样就导致乙方需求分析人员没能全部且恰当的理解甲方要求。当项目在开发过程中，系统原型慢慢形成，甲方对项目需求认识更加深刻，产生许多新的构思。项目需求都是由粗到细的过程，新构思尽管也是前期需求中引申来的，但它也同样会给设计和开发带来新的技术问题和风险，需求理解分歧也将产生。由于开发人员对用户实际工作环境和流程不能很全面且深入的理解，仅凭借自己经验就进行了系统分析和设计，导致需求文字在转化为开发语言时产生错误。上面描述的需求理解的各种分歧终将导致最后开发出来的功能不符合用户真正需要的，与用户的想法存在差异性，导致项目中后期需求变更。

## ② 需求调研不充分

在项目初期进行需求调研时，所派人员不专业或者对甲方业务了解不足，调研不够全面、准确和深入，导致提供的需求调研结果就会不完整或存在偏差的信息，后续需求分析人员根据该结果进行需求细化工作时，当进行细化到某种程度以后，就会因为对功能的理解错误，或软件运行逻辑的问题、技术的限制而不得不做出改变，最后导致需要更改很多已经完成的详细设计内容，最终提交的设计和开发结果不能够达到用户需求。另外，有时因为赶进度，需求调研非常粗略，不进行需求详细分析，同样会影响后面的设计和开发的质量。

## ③ 需求评审形式化

需求定义最后必须要经过需求评审，这样是质量保证的一个关键步骤，目前大多数企业都意识到此重要性，但工作中的需求评审通常都是形式主义，并不能够起到最初想要的效果。一份软件需求规格书一般可能会有上百页，要求全体参与评审的人员全身心投入到评审会议全程参与完成评审非常困难。而且在需求评审过程中也通常存在下列一些问题：需求说明文档专业性过高，甲方不能直观的了解也不能完全懂得；组织评审人员不是自己编写完成的软件需求规格，他对需求描述的解释就会存在差异；参加评审会的人员其能力有限不够评审的要求；在进行评审时可能对某个问题存在分歧不断讨论，使得评审进度停滞；需求评审会议总结的问题没有做好跟踪管理使得评审工作没有取得有效的结果等等。以上问题结果就是会让评审工作成为形式主义，成了为达到符合流程要求而进行评审，不再是真正意义上的对需求评审，这样的形式主义既造成了资源浪费也让参加评审的人员养成了形式主义的评审方式。

## ④ 缺少需求变更的管理流程

项目进行过程中，公司没有使用合适的需求变更管理流程，甲方用户一有想法就对实施人员提出变更，甚至有的需求进行反复变更，大大降低了实施效率和影响工作进度。缺少需求变更的管理流程造成需求过多，不仅影响了已经定义好的需求也影响了需求实现的优先级。建立增加需求的固定流程，以此来决定哪些需求必须实现，何时实现，对已定义好的现有需求和已完成的开发设计是否产生影响。定义出需求的优先级，以便跟甲方提需求人员更好的进行沟通，考虑需求是否必要实现，这样以减少在小问题上和需求评审上浪费人力物力，以此令开发进度和项目成本可以更好的控制。

#### ⑤ 缺少变更的影响的评估

变更要付出代价的，必须充分评估变更的代价和对项目产生的影响，要让甲方深度认识到进行变更会产生的后果，甲乙双方共同进行判断。因为如果甲方不清楚了解进行需求变更所需付出的代价，就会一有新想法就要求需求变更，不考虑乙方的人力成本，时间成本，结果就是乙方开发人员因为频繁的变更不断加班但是甲方却仍然抱怨项目成本上升，抱怨项目没能按时交付。

#### ⑥ 缺乏整体规划

因为开发人员所擅长的专业领域不同，所以通常状况是对自己所擅长和熟悉的那部分需求有更深刻的了解并对这部分需求给出意见和建议，这些意见和建议使得相关需求的描述更为准确和详细，于此同时也产生出隐藏的新需求。这些需求特别容易造成重复性工作或者缺少需求的实现，由此导致项目开发后期只能删减已定义的需求或者让项目交付时间延期。

### 3.1.3 中小 IT 企业需求变更的影响分析

B.Curtis 的研究也表明需求变更是软件开发中的三个重要问题之一<sup>[28]</sup>，其对已有的基线，业务，用户和功能需求均有非常大的影响。由于需求是产品设计的源头也是项目的源头，因此需求的变更在影响需求基线的同时对系统的设计，编码，集成，测试等后续开发和测试活动产生影响。需求变更影响分析见图 3.2:



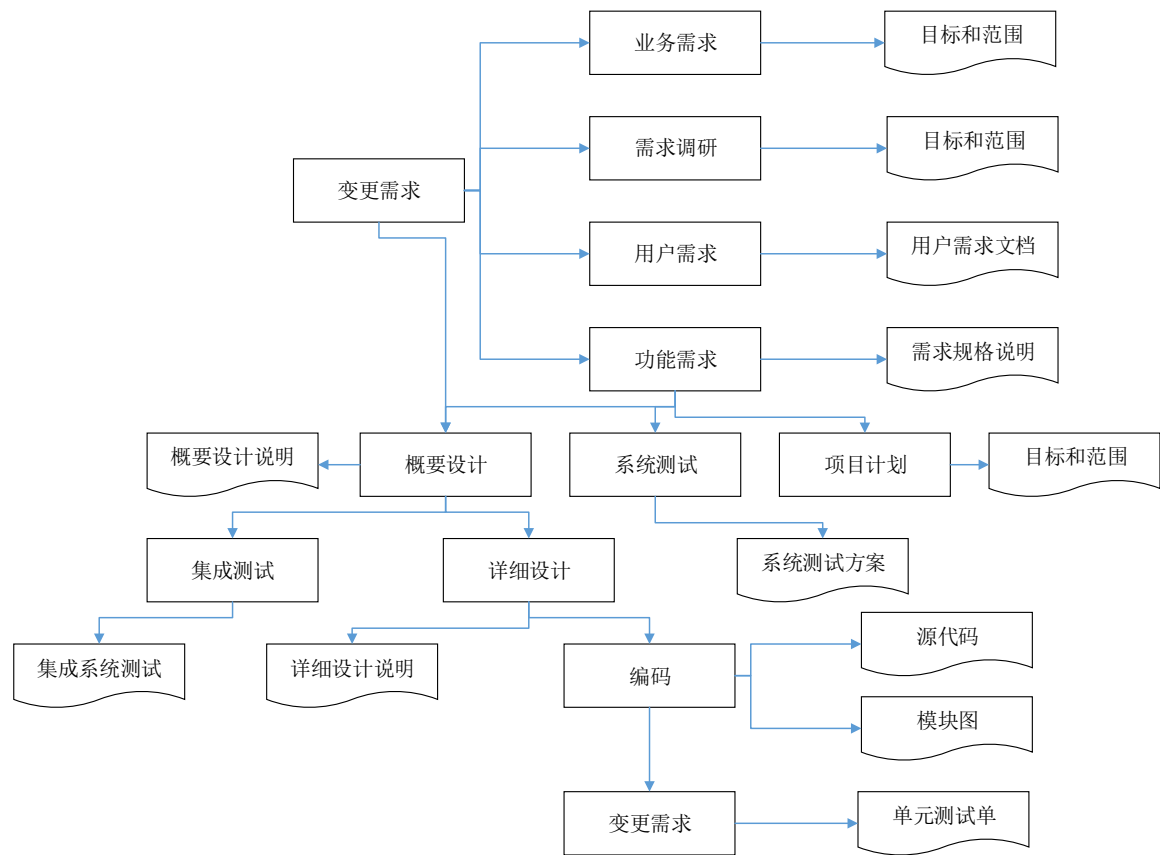


图 3.2 需求变更影响分析

Fig. 3.2 Impact analysis of requirements change

综上所述，需求变更处理的好坏，能主宰项目结果。因此在应对需求变更应具备科学完善的应对和处理流程。

3.2 影响中小 IT 企业项目需求变更的因素调查

为更透彻的分析出影响中小 IT 企业项目需求变更管理的主要因素，笔者组织 M 公司业务部、研发部开发测试、质量部、项目部领导和骨干员工参加讨论会议，应用头脑风暴形式征集影响需求变更管理的因素，整理成问题并制成调查问卷，并实施问卷调查，通过分析调查结果，总结出影响中小 IT 企业项目需求变更管理的主要因素。

3.2.1 调查问卷设计

(1) 调查问卷设计的目的：针对影响中小 IT 企业需求变更管理的因素，通过调查问卷的形式更全面深入地了解哪些因素更主要，以得出更符合实际情况的需求变更管理优化方案。

(2) 调查问卷对象: M 公司所在园区的 10 家中小 IT 企业需求变更所涉及的相关部门: 包括业务部、软件开发测试部、质量部、项目部。

(3) 问卷问题设计

第一部分内容是调查目的及答题说明; 第二部分是调查问卷对象基本信息(部门、职位)。第三部分是调查问卷主要内容, 包含 18 个问题。

问题答案运用量化手段分为 5 个等级供选择:

☐ 很次要(很少见) ☐ 较次要(较少见) ☐ 一般 ☐ 较主要(较常见) ☐ 很主要(很常见)

问题总结成四大类, 包括: 用户沟通、需求文档、软件开发方面、流程审核及控制相关的问题。

具体问题涉及如下几个方面:

(1) 用户沟通方面

Q1: 签署的合同缺少清晰的项目范围和内容, 承诺甲方全部需求。

Q2: 项目开发过程中, 随着系统原型慢慢形成, 客户对项目需求认识更加深刻, 产生许多新的构思。

Q3: 沟通少, 没有辨别出客户潜在需求。

Q4: 需求调研人员不专业或者对甲方业务了解不足, 调研不够全面、准确和深入。

(2) 需求文档方面

Q5: 需求文档中对需求描述不明确, 使得开发与用户理解产生歧义。

Q6: 需求文档撰写不规范或过分简单, 版本控制不规范。

Q7: 未能建立一个严肃、完整的需求基准, 并严格执行。

(3) 软件开发方面

Q8: 设计或开发过程当中出现疏忽或错误。

Q9: 项目核心团队成员因故离开或变动。

Q10: 项目组成员经验不足。

Q11: 软件架构不稳定, 不能良好的适应需求变更。

(4) 变更流程及控制方面

Q12: 对项目干系人分类及其需求的优先级划分不合理。

Q13: 需求分析人员由于经验不足, 对需求变更分析评估的不够全面准确和深入。

Q14: 缺少有效的需求变更评估方法以及评估结果, 公司自身以及客户都没能深度认识变更对项目成本、质量和进度产生的具体影响。

Q15: 对自身研发水平评估不准确, 执行变更致使项目进度延后、产品质量下降。

Q16: 风险管理意识差, 缺少风险预估及其应对计划, 风险发生时严重影响项目进度、质量及成本。

Q17: 没有变更控制委员会(CCB)对变更进行评审。

Q18: 缺少规范的需求变更评审流程, 没有评审就任意接受需求变更, 造成工作量、成本增加。

### 3.2.2 调查问卷结果

调查问卷以纸质形式发放了 100 份, 五个工作日后收回填写完整答案的问卷 98 份, 有效率 98%, 各公司相关员工对该调查问题十分重视, 均积极参与, 此次调查基本能代表大多数中小 IT 企业员工的意见。

### 3.2.3 调查结果分析

从调查结果来看, 分为 4 大类进行分析, 包括: 用户沟通、需求文档、软件开发和需求变更流程及控制。

(1) 用户沟通方面:

① 签署的合同缺少清晰的项目范围和内容, 承诺甲方全部需求。调查结果统计如图 3.3 所示:

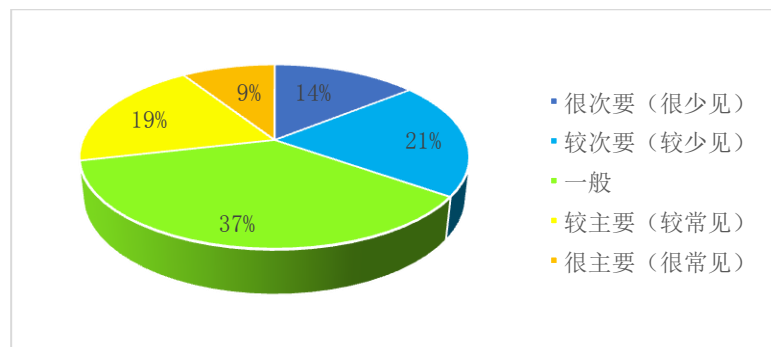


图 3.3 项目范围内容不清导致需求变更调查结果

Fig. 3.3 Investigation result of unclear project scope result in requirements change

调查结果表明, 约 28% 的被调查者认为该问题是影响需求变更的主要因素, 37% 认为一般, 35% 认为该问题次要。

② 项目开发过程中, 随着系统原型慢慢形成, 客户对项目需求认识更加深刻, 产生许多新的构思。调查结果统计如图 3.4 所示:

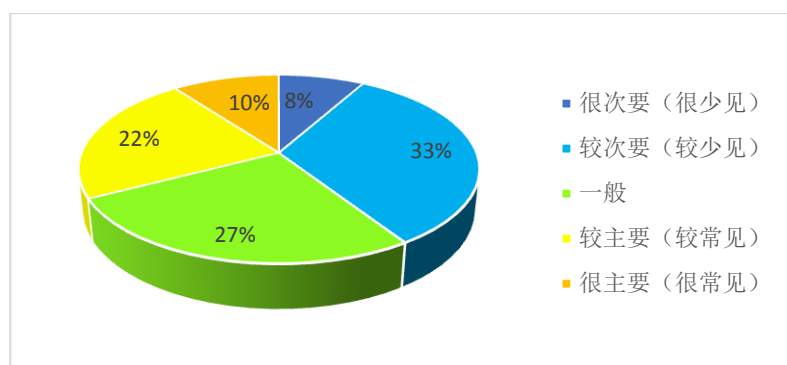


图 3.4 客户新增需求调查结果

Fig. 3.4 Investigation result of new customer requiriement

调查结果表明，约 32%的被调查者认为该问题是影响需求变更的主要因素，27%认为一般，41%认为该问题次要。

③ 沟通不够，没有辨别出客户潜在需求。调查结果统计如图 3.5 所示：

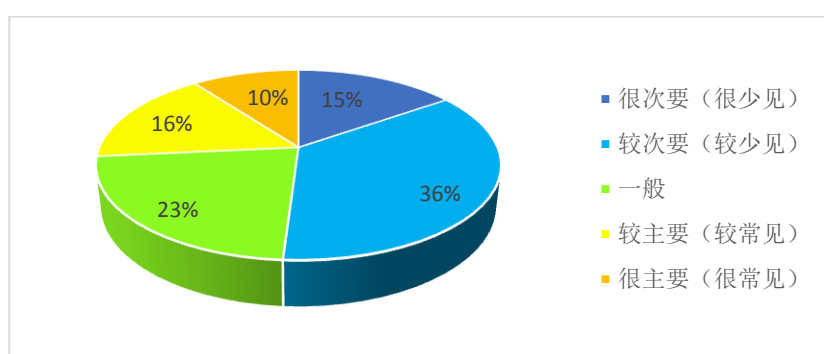


图 3.5 对客户潜在需求辨认不足调查结果

Fig. 3.5 Investigation result of un-identified potential customer requirement

调查结果表明，约 26%的被调查者认为该问题是影响需求变更的主要因素，23%认为一般，51%认为该问题次要。

④ 需求调研人员不专业或者对甲方业务了解不足，调研不够全面、准确和深入。调查结果如图 3.6 所示：

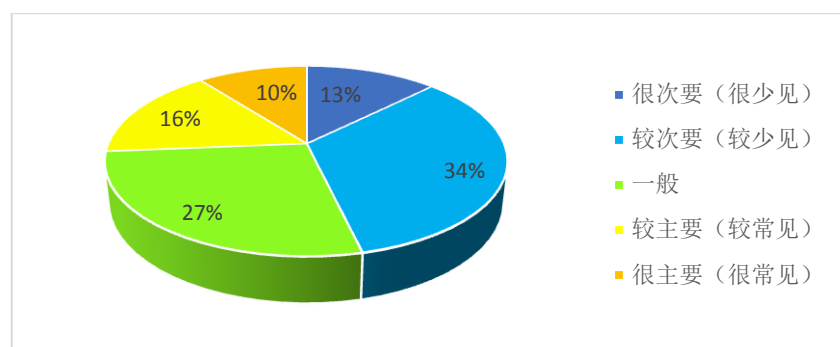


图 3.6 对客户潜在需求辨认不足调查结果

Fig. 3.6 Investigation result of not fully understand potential customer requirement

调查结果表明，约 22% 的被调查者认为该问题是影响需求变更的主要因素，27% 认为一般，51% 认为该问题次要。

综上所述，沟通问题虽然影响项目需求，造成变更，但其并不是主要因素。

#### （2）需求文档方面：

① 需求文档中对需求描述不明确，使得开发与用户理解产生歧义。调查结果如图 3.7 所示：

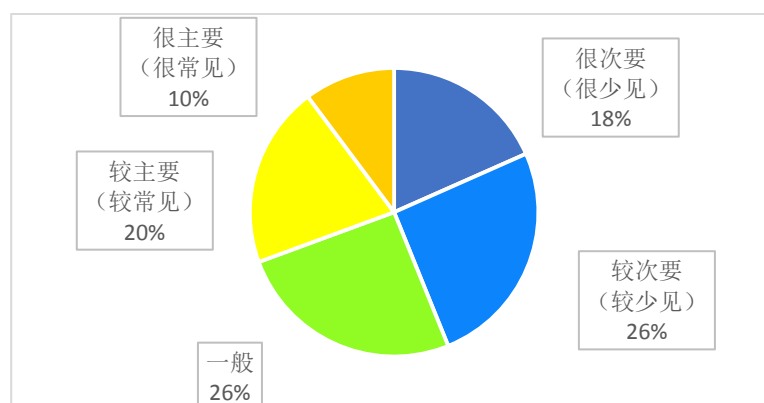


图 3.7 需求文档描述不清引起需求变更调查结果

Fig. 3.7 Investigation result of fuzzy requirement result in requirement change

调查结果表明，约 30% 的被调查者认为该问题是影响需求变更的主要因素，26% 认为一般，44% 认为该问题次要。

② 需求文档撰写不规范或过分简单，版本控制不规范。调查结果如图 3.8 所示：

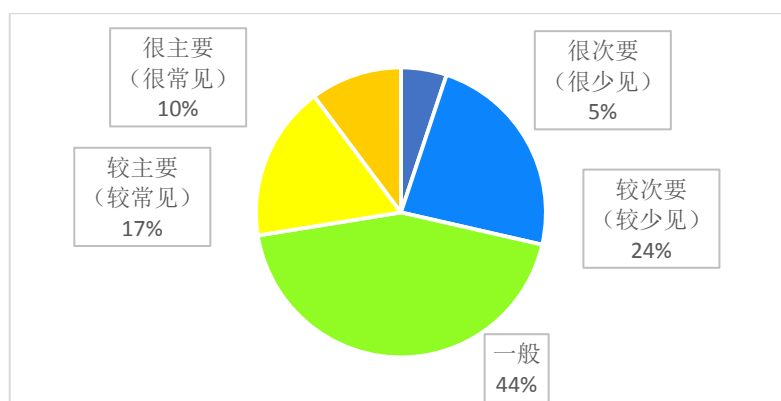


图 3.8 需求文档简单且缺少版本控制引起需求变更调查结果

Fig. 3.8 Investigation result of uncontrolled requirement document result in requirement change

调查结果表明，约 27% 的被调查者认为该问题是影响需求变更的主要因素，44% 认为一般，29% 认为该问题次要。

③ 没有建立需求基线，在需求变更时及时修改并重新建立基线。调查结果如图 3.9 所示：

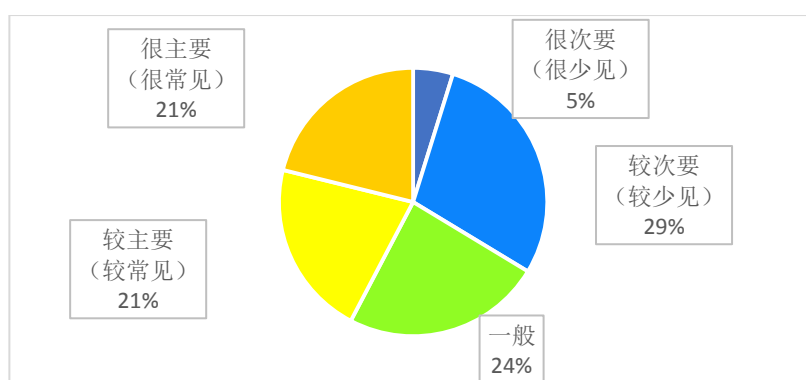


图 3.9 没建立需求基线引起需求变更调查结果

Fig. 3.9 Investigation result of no requirement baseline result in requirement change

调查结果表明，约 42% 的被调查者认为该问题是影响需求变更的主要因素，24% 认为一般，34% 认为该问题次要。

综上所述，需求文档问题虽然对需求变更产生不小的影响，但其并不是主要因素。

### （3）软件开发方面

① 设计或开发过程中出现疏忽或错误。调查结果如图 3.10 所示：

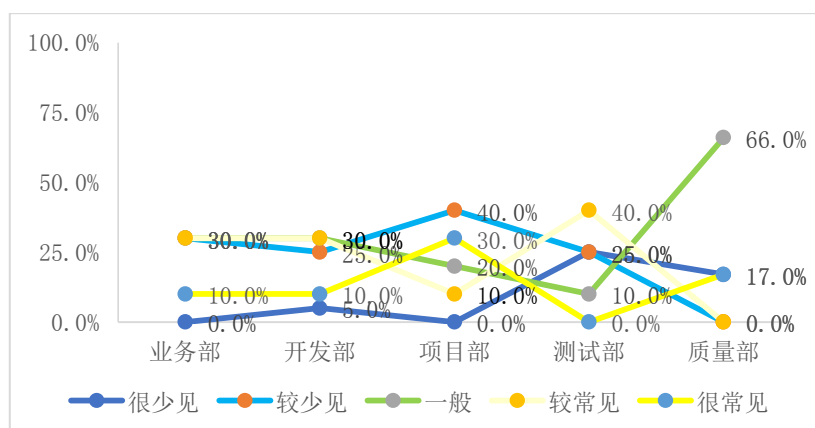


图 3.10 设计或开发过程出现疏忽错误引起需求变更调查结果

Fig. 3.10 Investigation result of development mistake result in requirement change

调查结果表明，各部门均不超 50% 被调查者认为该问题是影响需求变更的主要因素，超过一半人认为该问题一般或次要。

② 项目核心团队成员因故离开或变动。调查结果如图 3.11 所示：

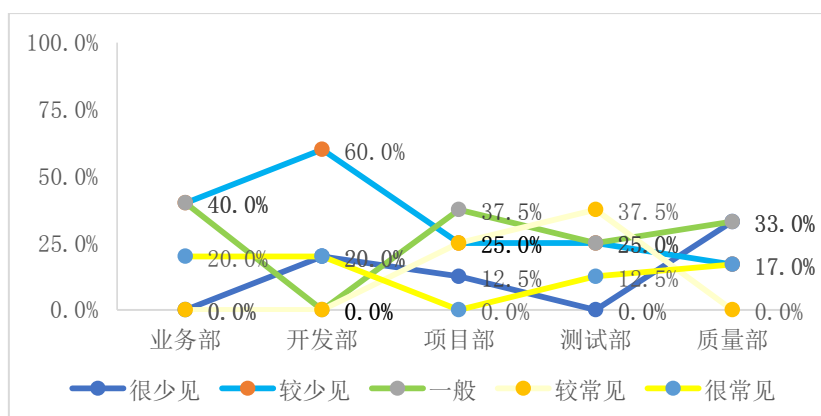


图 3.11 项目核心成员变动引起需求变更调查结果

Fig. 3.11 Investigation result of core team member change result in requirement change

调查结果表明，各部门均不足 50% 被调查者认为该问题是影响需求变更的主要因素，超过一半人认为该问题一般或次要。

③ 没能选择有效、合理的开发工具、方法或模型。调查结果如图 3.12 所示：

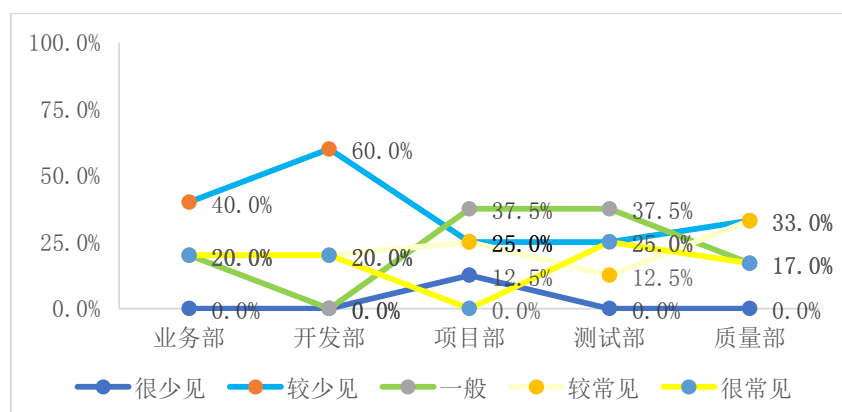


图 3.12 开发工具方法模型不合适引起需求变更调查结果

Fig. 3.12 Investigation result of use improper tool result in requirement change

调查结果表明，各部门均不超 50% 被调查者认为该问题是影响需求变更的主要因素，超过一半人认为该问题一般或次要。

④ 软件架构不稳定，不能良好的适应需求变更。调查结果如图 3.13 所示：

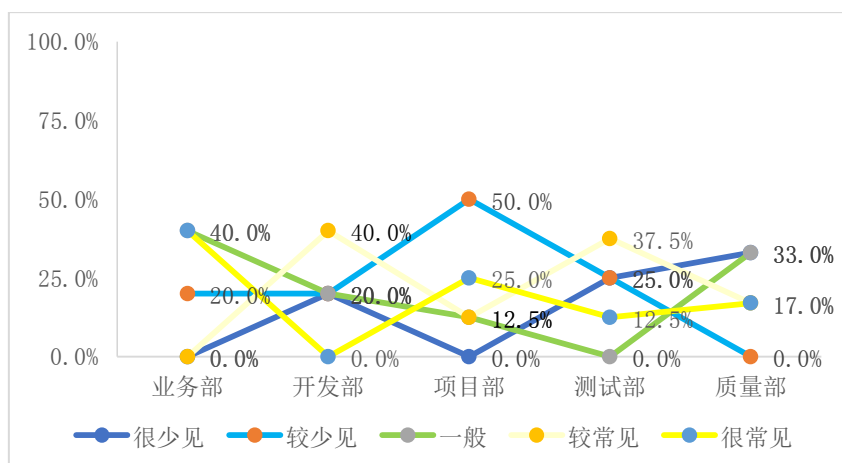


图 3.13 软件架构不稳定引起需求变更调查分析

Fig. 3.13 Investigation result of unstable software architecture result in requirement change

调查结果表明，各部门均不超 50% 被调查者认为该问题是影响需求变更的主要因素，超过一半人认为该问题一般或次要。

综上所述，设计开发问题虽然对需求变更产生影响，但其并不是主要因素。

#### （4）变更流程及控制方面

① 对项目干系人分类及其需求的优先级划分不合理。调查结果如图 3.14 所示：



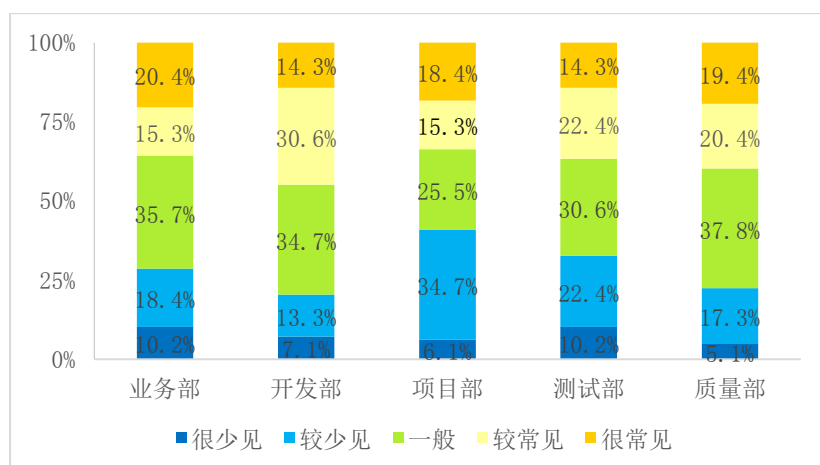


图 3.14 项目干系人分类和需求分级不合理引起需求变更调查结果

Fig. 3.14 Investigation result of improper project stakeholder and requirements scale result in requirement change

调查结果表明,各部门均不超 50%被调查者认为该问题是影响需求变更的主要因素。

② 需求分析人员由于经验不足,对需求变更分析评估的不够全面准确和深入。调查结果如图 3.15 所示:

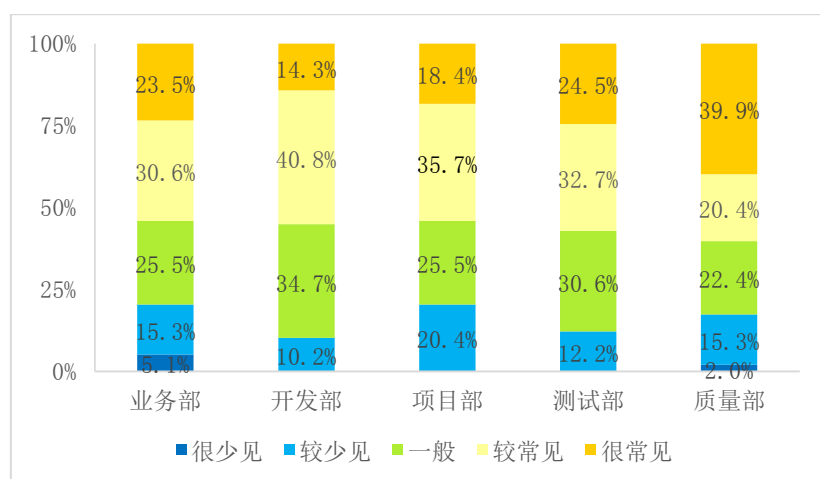


图 3.15 变更分析不全引起需求变更调查分析

Fig. 3.15 Investigation result of incomplete analysis of change result in requirement change

调查结果表明,各部门均超 50%被调查者认为该问题是影响需求变更的主要因素。

③ 缺少有效的需求变更评估方法以及评估结果,公司自身以及客户都没能深度认识变更对项目成本、质量和进度产生的具体影响。调查结果如图 3.16 所示:

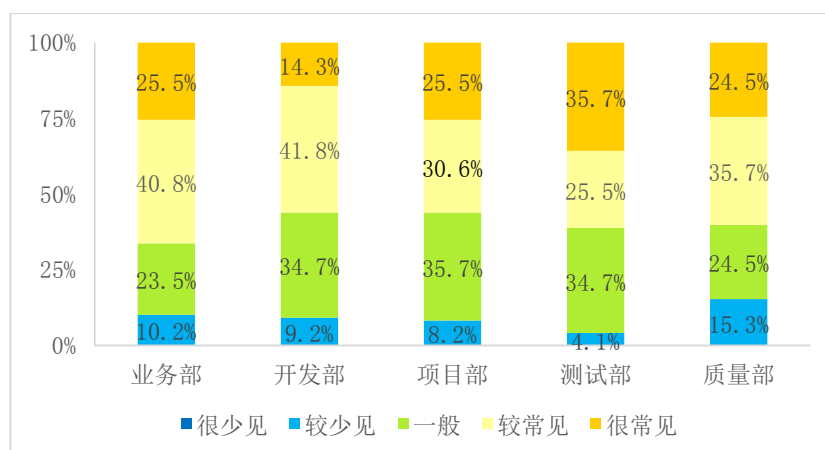


图 3.16 缺少变更评估引起需求变更调查分析

Fig. 3.16 Investigation result of leak of change assessment result in requirement change

调查结果表明，各部门均超 50% 被调查者认为该问题是影响需求变更的主要因素。

④ 对自身研发水平评估不准确，执行变更致使项目进度延后、产品质量下降。调查结果如图 3.17 所示：

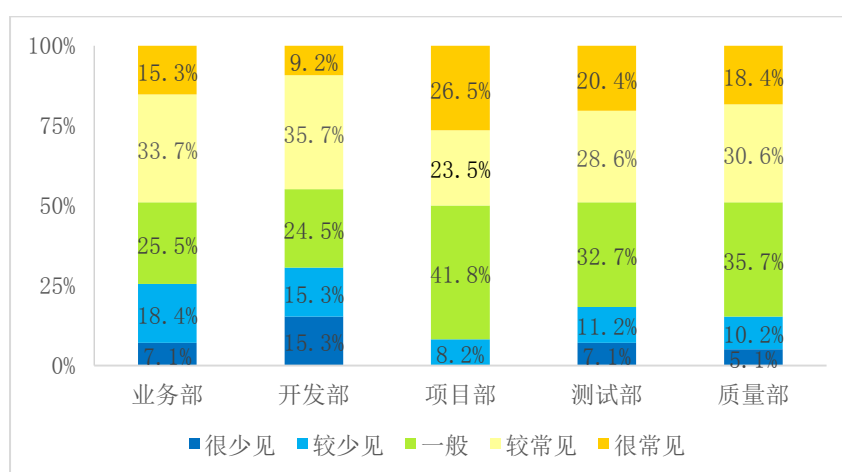


图 3.17 研发能力评估不正确引起需求变更调查结果

Fig. 3.17 Investigation result of incorrect R&D capability evaluation result in requirement change

调查结果表明，各部门均没有超过 50% 被调查者认为该问题是影响需求变更的主要因素。

⑤ 风险管理意识差，缺少风险预估及其应对计划，风险发生时严重影响项目进度、质量及成本。调查结果如图 3.18 所示：

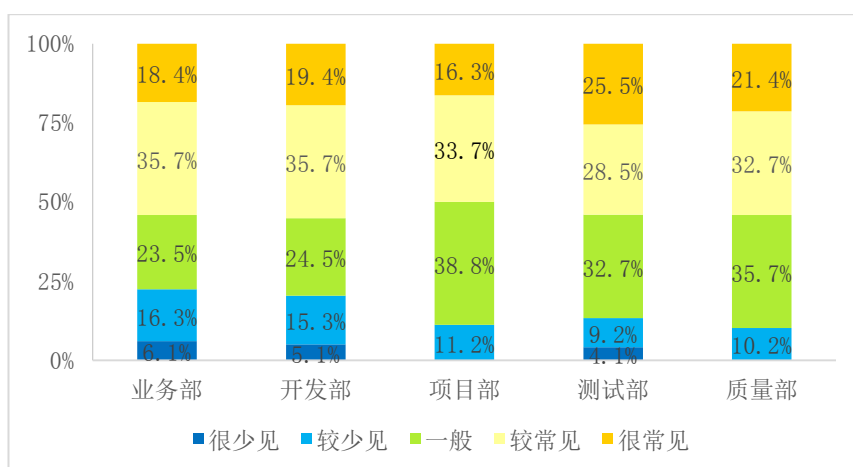


图 3.18 缺少风险评估引起需求变更调查分析

Fig. 3.18 Investigation result of lack of risk analysis result in requirement change

调查结果表明，各部门超 50% 被调查者认为该问题是影响需求变更的主要因素。

⑥ 没有变更控制委员会(CCB)对变更进行评审。调查结果如图 3.19 所示：

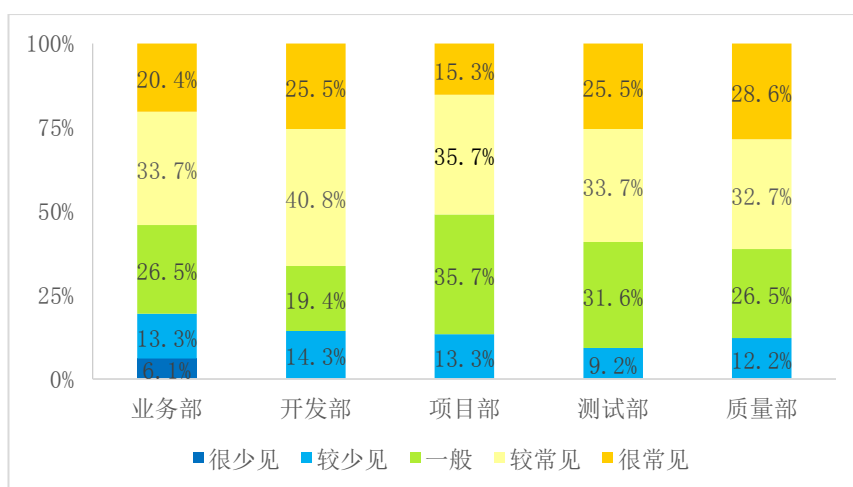


图 3.19 缺少 CCB 引起需求变更调查结果

Fig. 3.19 Investigation result of lack of CCB result in requirement change

调查结果表明，各部门超 50% 被调查者认为该问题是影响需求变更的主要因素。

⑦ 缺少规范的需求变更评审流程，没有评审就任意接受需求变更，造成工作量、成本增加。调查结果如图 3.20 所示：

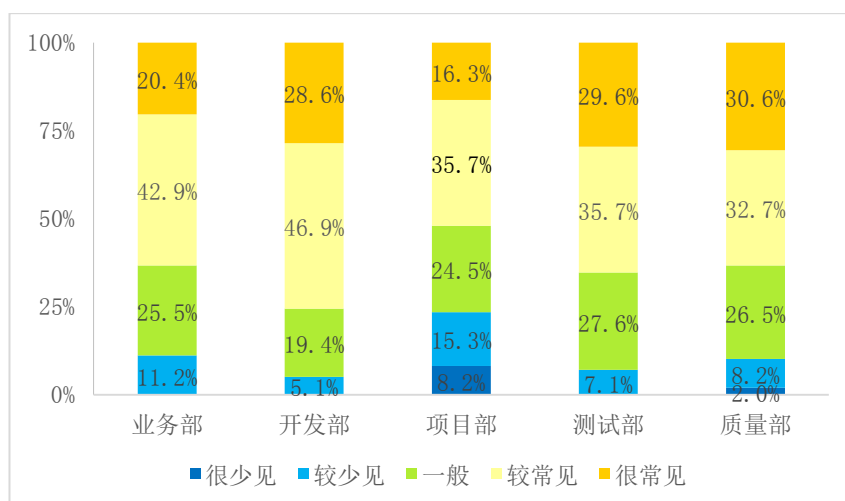


图 3.20 缺少规范变更控制流程引起需求变更调查结果

Fig. 3.20 Investigation result of lack of change control procedure result in requirement change

调查结果表明，各部门超 50%被调查者认为该问题是影响需求变更的主要因素。

综上所述，被调查者普遍认为影响需求变更管理最主要的因素存在于变更流程及控制方面，具体如下：

- (1) 需求变更分析评估的不够全面准确和深入；
- (2) 缺少有效的需求变更评估方法以及评估结果；
- (3) 缺少风险预估及其应对计划；
- (4) 没有变更控制委员会(CCB)对变更进行评审；
- (5) 缺少规范的需求变更评审流程，没有评审就任意接受需求变更。

### 3.3 需求变更控制改进方案

#### 3.3.1 创建项目变更控制委员会

在项目计划阶段创建项目变更控制委员会（Change Control Board 简称 CCB），对提出的变更申请进行审核。CCB 是跨部门虚拟组织，成员应包含甲乙双方管理层人员，包括市场部，研发部，财务部，质量部人员，采购部人员以及项目经理等。

CCB 职责包括：

- (1) 对项目相关需求、设计、计划等文档进行评审，并出据评审报告；
- (2) 批准变更申请；
- (3) 拒绝变更申请；

### 3.3.2 创建项目需求专家小组

CCB 负责需求变更评审并给出最终决议。但由于 CCB 成员由甲乙双方代表组成，难以取得共识，也缺少经验，就导致需求变更评审形式化，只关注表面，而忽略了需求变更最核心的部分即变更风险和影响的评估。依据根据中小 IT 企业软件项目特质，笔者提出在项目组成立的同时建立该项目的需求专家小组(Requirement Experts Team 以下简称 RET)，组员由乙方项目经理、研发部负责该项目开发架构的工程师，开发负责人和测试负责人组成，RET 负责分析项目需求，对建立需求基线后的项目需求变更进行风险和影响评估，并给出专业的分析结果，CCB 根据此结果进行最后的决策。

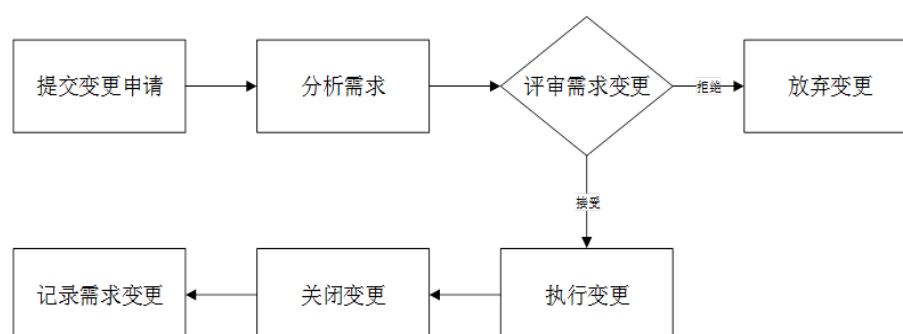
工作内容包括：

- (1) 通过沟通，取得深入全面的需求变更描述；
- (2) 对变更进行分析，建立更新系统框图；
- (3) 利用逻辑图说明的方法剖析新需求；
- (4) 对需求执行可行性分析和评估，包括工期、质量、成本和风险；
- (5) 提交评估结果给 CCB。

### 3.3.3 建立需求变更控制流程

管理变更并非是做好计划后就不能同意任何改变，而是对将要发生或正在发生的变化进行管理。避免一些不必要变更的发生，同时也要积极推动对项目有利的变更通过、批准和执行。许多大公司项目管理做的比较规范的项目，有着正规的项目需求变更管理流程，确保需求变更根据公司流程规定来进行申请、评定、审批。当需求变更经过 CCB 评审批准以后，按照此流程进行项目计划更改、项目文档修订等，确保变更后的每项工作和变更之前一致。公司内部员工要积极严肃的应对需求变更，多协作，多沟通。对需求变更产生的影响和风险进行评估，并及时告知，让客户和申请人了解变更会带来的风险，减少随意提出的变更。

中小 IT 企业多数都缺少规范的需求变更管理流程，由于相关人员以前没有经验，也不习惯被束缚，所以需建立比较精炼的流程。一种适用于中小 IT 企业软件需求变更控制管理流程如图 3.21：



3.21 需求变更控制过程图

Fig. 3.21 Process of requirements change control

流程说明如下：

### (1) 提出变更请求

需求分析阶段结束以后，若有新需求或原需求更改，就必须执行变更控制流程。所有变更的开始都是需要提出变更申请的，尤其需求变更申请就更重要，这是需求变更的必要步骤，是需求变更管理的输入，也是输出。只有进行了需求变更申请，才能继续进行分析评估。

申请需求变更即是要对已定义的需求基线进行修改，申请人需完整填写“项目需求变更申请/确认表”以下部分，见表 3.1：

表 3.1 项目需求变更申请/确认表

Tab. 3.1 Project requirements change application/confirmation form

项目名称：		变更申请编号：	
模块名称：		要求完成日期：	
阶段：	<input type="checkbox"/> 需求	<input type="checkbox"/> 设计	<input type="checkbox"/> 编码
变更类型：	<input type="checkbox"/> 需求	<input type="checkbox"/> 设计	<input type="checkbox"/> 测试
变更申请人：		变更申请日期：	
		所属部门及职位：	

1、变更内容

1.1 变更内容描述：

1.2 变更类型选择

☐新增功能

☐修改原有功能

☐删除现有功能

1.3 变更原因

1.4 不实施变更的影响

需求变更申请表作为承载变更请求的正式输入交由 CCB 进行评审，避免了中小 IT 企业普遍面临的需求变更随意性和自由度比较大的问题，也避免了甲方直接联系到开发人员要求其对需求进行更改，从而导致项目多个信息出口，且信息不一致，带来的项目失败的风险，也为变更的提出建立了一条正式通道，确保了需求变更的严肃性。CCB 所收到的需求变更请求无论最终是否被接受都将完整的记录其申请，评审和决议过程，避免同样的需求被多次提出，产生资源和人力的浪费。

## (2) 分析变更需求

需求变更申请提出后，CCB 进行初审，判断是否需要执行变更可行性分析和影响评估。在对变更的需求进行剖析时，先鉴定其是不是在目前项目范畴中，然后再剖析其功能性。在完成对需求的收集和整理后，RET 就客户需求进行需求分析，引入 DSM 模型，根据变更的需求来更新系统框图。根据系统功能框图，对软件的主要功能模块之间的依赖关系进行分析，得到组件间依赖关系图。根据依赖关系图生成组件的 DSM 模型，根据公司软件开发的经验和更改请求分析，经开发团队开会讨论和头脑风暴得到变更传播的概率和变更影响概率的 DSM 模型，根据公式(2.1) 计算得出变更影响传播参数 $t_{ij}$ ，根据公式(2.2) 计算组件变更的直接影响传播和间接影响传播参数 $t_{ij}^{(m)}$ ，根据公式(2.3)计算累计的变更影响  $ct$ ，根据公式(2.4)、公式(2.5)和公式(2.6) 计算各个组件在软件系统中总的影响度  $y$  和被影响度  $z$ ，以及组件在软件系统中对于变更产生影响的传播程度  $TT$ 。

$$t_{ij} = cpp_{ij} \times im_{ij} \quad (2.1)$$

$$t_{ij}^{(m)} = t(U_j, U_1) \times t(U_1, U_2) \times \dots \times t(U_{m-2}, U_{m-1}) \times t(U_{m-1}, U_i) \quad (2.2)$$

$$ct_{ij} = \begin{cases} \sum_{m=1}^{\infty} t_{ij}^{(m)}, & (i = 1, 2, 3, \dots, n; j = 1, 2, 3, \dots, n; i \neq j) \\ 0, & (i = 1, 2, 3, \dots, n; j = 1, 2, 3, \dots, n; i = j) \end{cases} \quad (2.3)$$

$$y_i = \sum_{j=1}^n ct_{ij}, \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (2.4)$$

$$z_i = \sum_{j=1}^n ct_{ij}, \quad (j = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (2.5)$$

$$TT = \sum_i \sum_j ct_{ij}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n; j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.6)$$

通过对 $y_i$ 、 $z_i$ 和 $TT$ 进行分析，得出更改代价较小的方案。在需求的可行性分析完成并确认可行后，RET 在需求评审的技术可行性评审意见和技术解决方案部分给出技术可行的结论以及初步的技术解决方案。需求可行性评审意见见表 3.2:

表 3.2 项目需求变更申请/确认表——需求分析

Tab. 3.2 Project requirements change application/confirmation form – requirement review

2、需求分析

2.1 技术可行性分析意见

☐ 可行      ☐ 不可行

2.2 技术解决方案:

RET 针对此需求变更识别出其引起的后续工作量和其它影响。做设计和开发的评估，评估对已有的设计和已完成的工作带来影响；风险的评估，评估增加或修改需求会否对产品的质量和稳定性带来影响，评估对项目工期和成本的影响。

① 工期影响评估

工期是项目管理一个绝对重要的元素，必须从头到尾都加强注意。当针对变更申请完成了上述分析后，就应当估算变更对时间的作用，给出全面评估结果。在评价需求变更对于工期可能的影响时，对各个功能点的工期利用三点估算法进行预估，应用公式如下：

期望工期：

$$t_e = (t_p + 4t_m + t_o)/6 \quad (3.1)$$

标准差：

$$\delta = (t_p + t_o)/6 \quad (3.2)$$

根据图 3.22 的正态分布图，取置信度 95% 的保守工期作为制定项目计划时各个功能点的工期。

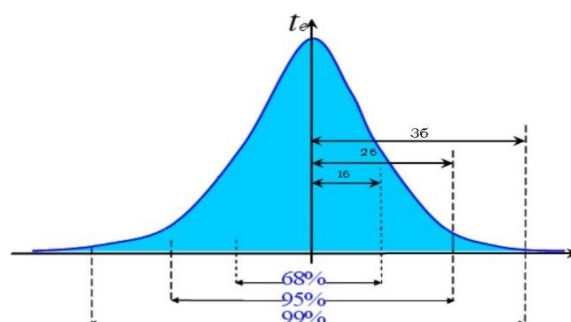


图 3.22 正态分布图

Fig. 3.22 Normal distribution graph



根据以往的开发经验对各个功能点的代码行数进行估计得出下表 3.3 中所列项的结果。

表 3.3 工期和代码行估算

Tab. 3.3 Work lead time and code quantity estimation

序号	功能点	最短工期 (A)	最可能工期 (T)	最长工期 (B)	期望工期	标准差	置信度 95%工期	代码行预计 (千行)
1								
2								
3								

根据组件之间的前后置关系，利用 MS Project 软件生成新的项目甘特图并识别关键路径，将其与更新前的项目甘特图进行对比，可得出变更将为项目带来的工期影响。

#### ② 项目成本影响评估

变更会影响项目成本，主要是人力投入。因此在变更评估阶段选用了应用度较高的 COCOMO II 的工作量评估基本模型，根据公式 (2.7) 对新增需求的工作量进行评估得出结果，再根据人时成本以及费用分摊系数获取研发的分摊人时成本，将此人时成本与计算出得工作量（人月）相乘取得落实该变更所需的开发成本。

$$PM_{\text{nominal}} = A \times (\text{SIZE})^B \quad (2.7)$$

多数中小型软件企业现实中极少实施此量化的成本评估，特别是未将其结果彻底换算成钱数。许多甲方客户没有意识到需求变更需投入外加成本，认为仅仅是修改源码，不会增加工时，这也是后期超预算，成功率不高的主要原因之一。

#### ③ 质量影响评估

变更对质量影响最持久。要审慎评价其可能引发的质量问题，防止对于产品不断修正。对于必须完成的修改，那么也需在改前实施质量影响的全方位评价。可运用定性定量的方法，首先根据自身经历预估该变更影响的范围和深度；然后基于公司过往项目经验，得出变更对每个质量活动的影响以及 bug 生成状况。

#### ④ 引入风险评估

需求变更通常都会增加工作量、延长工期、增加成本甚至要增加人力投入，即加大风险。所以要提前辨认，才能早做防备和找到应付手段，以解除风险。对风险的评价更多地基于项目经验，定义风险的级别，说明具体危害是什么，如何化解，如果不能化解，那么又应该如何去应对等。对变更进行风险评估，完成“项目风险等级表”，见表 3.4：

表 3.4 项目风险等级表

Tab. 3.4 Project risk category table

风险 ID	风险描述	影响	发生	风险	风险负责	风险应对措施	风险状态
-------	------	----	----	----	------	--------	------

程度 概率 等级 人

表格项说明：影响程度评分 1-5；发生概率评分 1-5；风险等级=影响程度\*发生概率（1-10 为低 11-20 为中，21-25 为高）；风险状态：可接受，不可接受。

经过上述对项目工期，成本，质量以及引入风险的评估，RET 完成“变更申请/确认表”第 3、4、5、6 部分内容，如表 3.5：

表 3.5 需求变更申请/确认表——变更影响

Tab. 3.5 Requirement change application and confirmation – change impact

### 3、变更对进度的影响（天）

#### 3.1 列出变更的工作内容和预估工时长（天）

#### 3.2 变更增加的总工作量（人月）

### 4. 变更对成本的影响（元）

#### 4.1 项目组需要额外的人员数目：

#### 4.2 直接人力成本（人月）：

#### 4.3 成本影响（元）：

### 5. 变更对质量的影响

#### 5.1 变更对质量的影响级别

- ☐ 质量严重降低，系统不稳等，出现毁灭性缺陷
- ☐ 质量显著降低，功能被影响或者性能严重减退，产生严重缺陷
- ☐ 质量部分降低，功能和性能稍有影响，有产生缺陷的可能

#### 5.2 变更产生的缺陷说明

### 6、变更引起的风险

续表 3.5 需求变更申请/确认表——变更影响

Continued tab. 3.5 Requirement change application and confirmation – change impact

---

6.1 变更引起的风险级别

- ☐ 高级别风险  
☐ 中等级别风险  
☐ 低级别风险
- 

## 6.2 风险的详细说明

---

(3) 评审需求变更

CCB 举行变更评审会议,会议需 CCB 全员参加,根据“项目需求变更申请/确认表”对变更需求的分析结果作为主要参考,并考虑全部数据及项目实际状况实施综合评审。给出评审结果并签字,见表 3.6,若需求变更所需代价太大,且产生重大影响,而无法通过评审,则将变更分析结果向甲方说明,以获取其谅解及支持。若影响和代价在项目风险接受范围里,则通过该需求变更。

表 3.6 需求变更申请/确认单——CCB 评审结果

Tab. 3.6 Project requirements change application/confirmation form – CCB review result

---

7、CCB 评审结果

## 7.1 CCB 对变更的意见

- ☐ 接受  
☐ 不同意  
☐ 搁置

## 7.2 意见补充:

## 7.3 签字

CCB 组长签字:

CCB 成员签字:

日期: \_\_\_\_\_

---

(4) 执行需求变更

通过 CCB 批准的变更请求,将其添加到需求规格说明书中,以确保该文档一直记录着甲乙双方对软件需求达成的一致认知。引入“需求跟踪矩阵”(简称 RTM),用其来管理需求变更和验证需求执行结果。需求变更责任人遵照配置管理的要求和需求更

改措施对需要变更的配置项实施变更，所有被需求变更影响的文档和代码都需要更改，项目经理组织相关人员进行确认，项目组与受影响的利益相关方一起对更改后的项目计划、任务、产品与需求的相符性执行评定，同步 RTM 实现跟踪，RTM 见表 3.7:

表 3.7 需求跟踪矩阵

Tab. 3.7 Requirement tracking matrix

需求编号	需求变更标识	软件需求功能编号	设计模块	优先级	测试用例编号
------	--------	----------	------	-----	--------

#### (5) 关闭需求变更

需求变更执行完成以后，依据变更过程产生的输出物，发布需求更改指令包含文件更改指令和工程更改指令，并给出变更活动关闭的证据。CCB 审核提交的完成证据，如变更申请表和更新完且经过评审的设计文档，测试报告等，经 CCB 组员的一致同意关闭变更。

#### (6) 记录需求变更

设计使用“需求变更记录表”记录变更的需求内容和状态等信息，见表 3.8。

表 3.8 项目需求变更状态记录表

Tab. 3.8 Project requirements change state record

变更编号	描述	当前状态	截止时间	负责人	存在问题	应对措施
------	----	------	------	-----	------	------

变更一个需求都是要先进行申请，直至变更完成或者被拒绝作为终结，这一过程是各种状态的改变。从变更开始走变更控制流程，此变更需求的状态就是一直改变的，在需求变更记录表中根据其变化及时的记录该变更需求的状态，保证其状态始终显示的是最新状态。申请提出后，正式进入变更控制流程时，该表的维护工作由需求管理员进行。“需求变更记录表”中的需求变更状态改变历程见图 3.23:

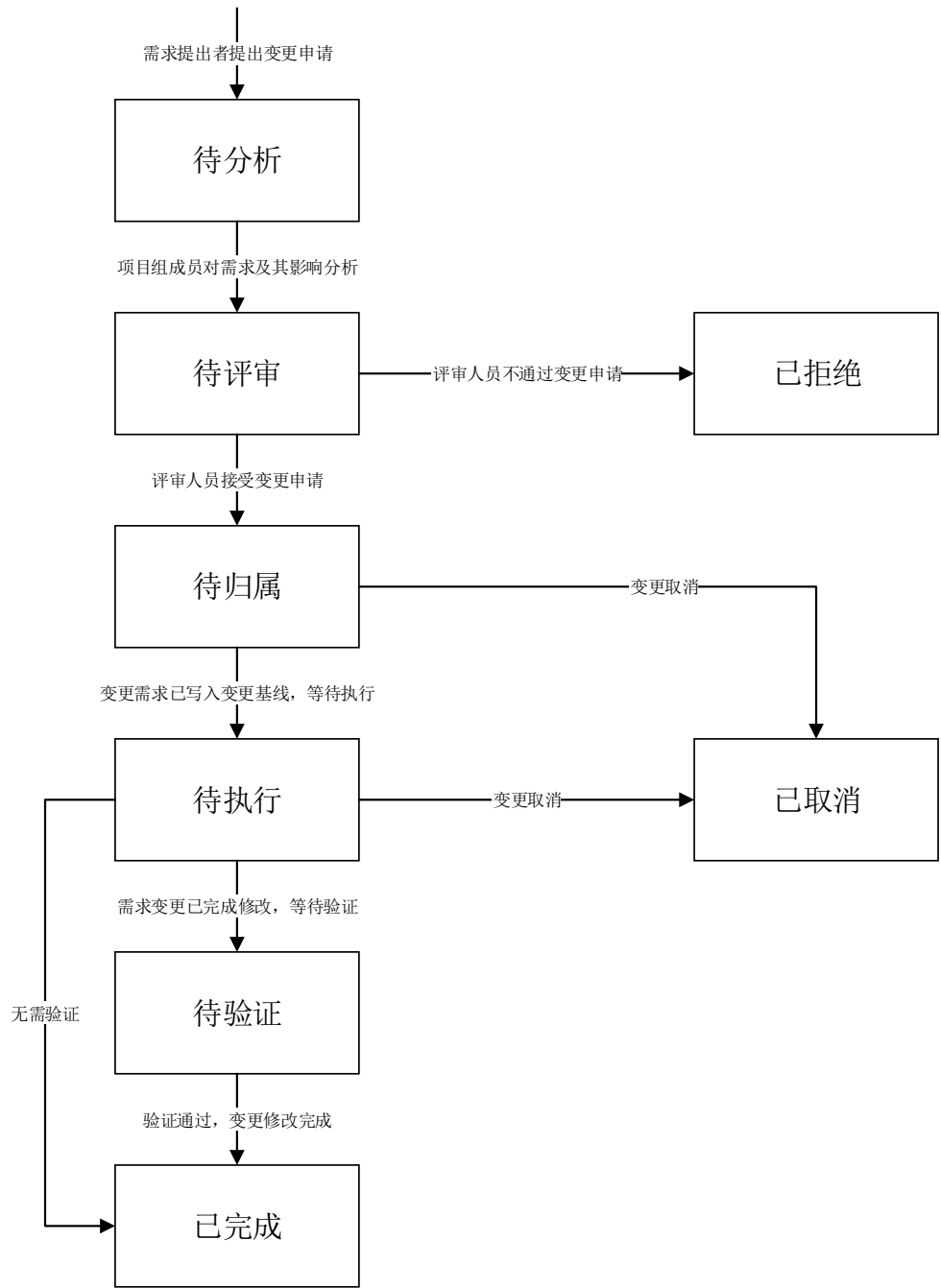


图 3.23 需求变更状态转换图

Fig. 3.23 State transition diagram of requirement change

### 3.3.4 项目需求版本管理方案

对于“软件需求规格说明”的文档管理，借鉴开发源码的版本管理流程，制定如下规则：

- （1）需求文档将分配唯一的版本编号，格式为两位阿拉伯数字，第一版本为“00”；
- （2）在需求文档中加入记录需求变更情况的表格，该表格内容包括变更标识，受影响的需求号，变更的内容，变更完成日期，变更人和变更原因，见表 3.9：

表 3.9 需求跟踪情况表

Tab. 3.9 Project requirements tracking state record

需求变更标识	需求编号.	变更内容	变更完成日期	变更发起人	变更原因

- （3）需求文档变更以文件更改指令的形式告知项目成员。

记录的所有过程都是企业知识财富的积累，使软件项目不会因为开发人员的变更而受到影响<sup>[29]</sup>。为减少文档人力投入，利用 SVN 版本控制管理工具来进行管理。

## 4 需求变更管理在中小 IT 企业的项目实践

### 4.1 M 公司介绍及其项目现状

M 公司于 1997 年创立，致力于电子交易安全领域产品的研究，并取得业内很高评价，担当国内安全认证产品供应商，同时也能够提供身份认证安全方面的解决方案。M 公司创立二十多年来，积极创新，研发了动态令牌和二代 USB Key 等产品，客户包含银行、证券、保险等多个行业，约有超过两亿的用户使用 M 公司产品。M 公司有业内独一无二的种子密钥更新技术，确保用户的动态令牌唯一性。

数据来源：M 公司项目测试报告，根据项目缺陷统计表对缺陷进行统计分析结果见表 4.1：

表 4.1 M 公司软件项目缺陷分布比率

Tab. 4.1 Software project defect distribution rate of M company

问题分类	类型	描述	问题数量	所占比率
功能问题	与用户需求不一致	功能和用户需求不一致	10	0.17
功能问题	功能运行错误	功能运行异常退出、停止等	2	0.03
功能问题	容错问题	对异常操作处理不当	3	0.05
功能问题	操作问题	操作流程不友好	2	0.03
文档问题	需求文档问题	需求文档描述缺失或错误	20	0.33
文档问题	设计文档问题	实现和设计文档不一致	11	0.18
文档问题	操作文档问题	操作文档描述和实际操作不一致	7	0.12
界面问题	设计问题	界面设计和需求文档不一致	4	0.07
界面问题	显示问题	显示不全或者错误	1	0.02

据表 4.1 建立帕累托（Paleto）图，如图 4.1 所示：

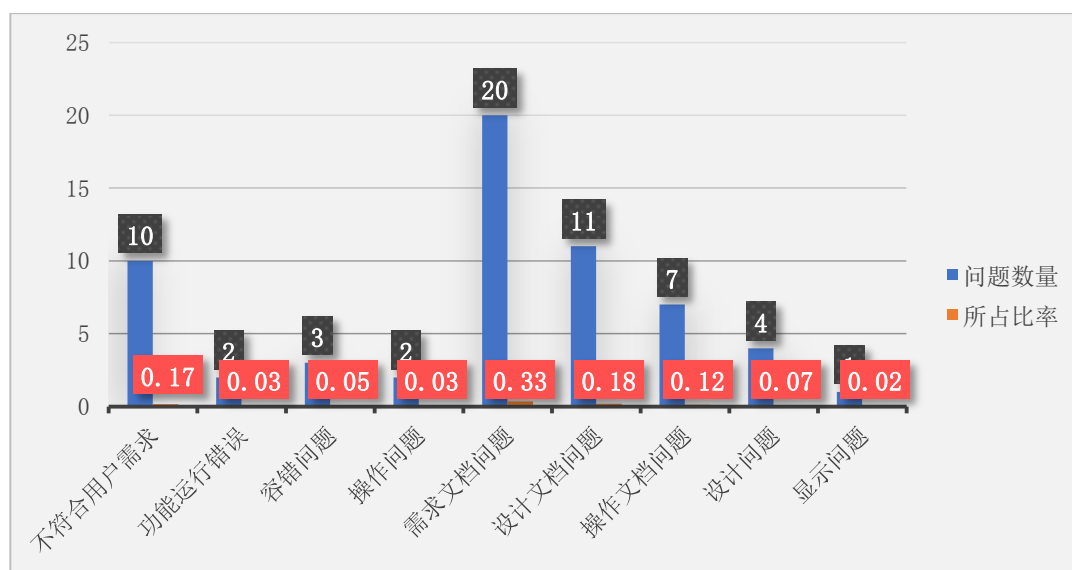


图 4.1 软件项目缺陷分布

Fig. 4.1 Software project defects distribution

M 公司中国银行新加坡分行挑战应答令牌项目测试报告中的质量问题分布进行分析发现，引起项目产生缺陷最主要的原因是“需求文档问题”，“与用户需求不一致”，“设计文档问题”等问题。这些问题多数是在用户界定需求范围，需求实现和变更管理阶段。由于公司业务扩展增加大量新客户，业务量的快速上升和并行项目的增多，导致市场和研发团队没有充足的时间和人力资源与甲方客户在签订项目合同或技术协议前对项目的可交付产品进行充分的沟通和理解。M 公司作为中小 IT 型企业，在双方对于需求的理解存在差异时处于弱势的一方，项目进行过程中客户会任意提出各种新增需求和需求变更要求。由于公司内部一直没有规范的需求变更管理流程，需求变更分析评估的不够全面准确和深入，缺少有效的需求变更评估方法以及评估结果，缺少风险预估及其应对计划，没有变更控制委员会(CCB)对变更进行评审，缺少规范的需求变更评审流程，业务部门对开发过程中客户提出的需求变更随意应允，完全不考虑成本和风险的增加，最终导致项目周期延长，研发员工工作量不断增加，产品设计被改的面目全非而使得质量下降，因对甲方客户的功能性能要求没有达到，客户满意度严重降低。



## 4.2 U 盾项目背景和项目基本需求

### 4.2.1 项目背景

U 盾也叫做移动数字证书，它存储个人证书，不能随便访问。目前电商迅速成长，信息安全问题越来越被重视，特别是网交以及网络银行。根据已公示的调查报告可知：处理网银安全问题方式有更改密码、手机动态密码、利用 USB Key 或 OTP 等等，其中使用 USB Key 或 OTP 被认为是安全性最高的手段。

USB key 特点：

#### (1) 更安全可靠

支持 SSF33、ECC、RSA 算法，被国密办承认且通过技术鉴定。运用 RSA 算法其安全性高。存储得敏感数据未经授权不能取得。应用得加密算法是通过多年实践验证，非常可靠。

#### (2) 使用便捷

如普通 U 盘，支持热插拔。

#### (3) 成本不高

成本不高，而且实际应用时不用再增加其他辅助设备，所以可大批量发行。它无需应用读卡器就能替代智能卡的所有功能。

#### (4) 携带方便

造型小巧轻便，用户能够随身带着。

#### (5) 无缝集成

标准接口 PKCS#11 和 Microsoft CryptoAPI。可用于全部支持此二种类型接口的应用。内置大容量安全芯片，能储存多个 PKI。

#### (6) 可靠性高

USB Key 制造工艺严谨，能够长久安全的储存用户数据。

USB key 最核心功能是身份验证。存储型 USB key 等于 USB key 加 U 盘；通过指纹检验，更安全；可复核交易型为网银专用，转账要确认对方账号、金额，有屏显和按键，即使用户计算机受到木马或者病毒控制，它也可以确保安全交易，此种产品已经成功被工商银行、农业银行等进行应用。

### 4.2.2 项目需求

#### (1) 名词和缩略语

表 4.2 M 公司 U 盾项目名词和缩略语

Tab. 4.2 USB Key project terms and abbreviations of M company

名词	描述	说明
序列号	唯一标识 USB KEY 令的编号	12 位 0-9 数字
激活码	USB KEY 令激活时, 将激活二维码扫描到 USB KEY 令内校验	12 位 0-9 数字
动态口令	根据当前时刻生成	6 位数字
交易口令	根据输入的交易值和当前时间生成的口令	基于用户输入的交易值和当前时间产生的确认码
种子密钥	关联应用下载的	关联应用二维码下载。
开机密码	USB KEY 令开机时用户需要输入的密码	6~12 位, 由数字组成, 长度范围在出厂前设置。
保护密码	更高一级的保护, 每个口令项均可设置是否要求保护密码, 包括 USB KEY	6~12 位, 由数字组成, 长度范围在出厂前设置。
应用 PIN 码	安全级别高于保护密码, 每个关联应用的口令项均可设置是否要求应用 PIN 码, 包括 USB KEY	6~12 位, 由数字组成, 长度范围在出厂前设置。
解锁密码	当 USB KEY 令的开机密码、保护密码、应用 PIN 码被锁定后, 用于解锁而输入的解锁密码;	每个设备有个初始的解锁密码, 以后用户可以自己修改。解锁密码验证成功后, 将强制要求用户设置。解锁密码长度可设置为 8~12 位, 该值在出厂前设置。
时间步长	以秒为单位, 用于计算不同动态口令、不同交易口令的时间间隔	60 秒在应用创建时设置
最大错误次数	连续输入密码最大错误次数, 适用于开机密码、保护密码、应用 PIN 码、解锁密码; 当达到这个最大次数时, 对应的口令被锁定。	6 次
解锁时长	以分钟为单位, 适用解锁密码。	1440 分钟 (24 小时)
最大交易长度	用户可在 USB KEY 令上输入的最大交易长度 (仅适用于设备上输入)	48
动态口令长度	输出的动态口令和挑战口令的长度	缺省值 6, 可设置为 6 或 8, 在应用创建时设置

续表 4.2 M 公司 U 盾项目名词和缩略语

Continued tab. 4.2 USB Key project terms and abbreviations of M company

名词	描述	说明
自动熄屏时间	用户未有动作, 自动熄屏的时间, 以秒为单位。	用户设置 30、60、90
自动关机时长	以秒为单位的用户未有动作的时间长度。达到该时间后, <b>USB KEY</b> 令自动关闭	缺省值 180 秒, 出厂前设置
熄屏	关闭 <b>LCD</b> , 保留内存数据, 保留原始工作状态。短按【开关】键可以唤醒。	
关机	只有 <b>RTC</b> 工作, 长按【开关】键响应。	
扫描预览超时	在扫描二维码预览时, 未有任何操作时自动退出的时间。	30s, 出厂前设置

### (1) 基本功能

#### ① 激活

**USB KEY** 令初次使用需激活。激活码正确, 显示“激活成功! 请登录 **eCloud**, 完成绑定。(动态口令)”。激活码错误, 显示“激活失败! 按确认键重新激活”。

#### ② 初始化密码

初始化开机密码: 首次使用 **U 盾**, 要设置开机密码, 两次输入相同密码, 则设置成功, 显示“开机密码设置成功!”。如果两次不同, 那么设置失败。

#### ③ **USB KEY** 令开机

长按【开机】, 起动设备, 显示开机密码输入页面。开机密码的输入有两种方式: 按键输入和拍摄二维码输入。如果密码正确, 显示主菜单页面。如果不正确, 显示错误页面。

#### ④ **USB KEY** 令主界面

包含五项: 分类口令、快捷口令、密条、扩展卡和设置。当低电时, 屏幕提示。

#### ⑤ 分类口令

分类列表显示所有口令分类, 进入分类后显示该分类下所有口令信息。设置置顶后, 口令在快捷口令中出现。修改保护级别, 可以设置口令项的保护级别。

#### ⑥ 快捷口令

在快捷口令中, 第一个存放本 **USB KEY** 令动态口令“**eCloud**”(用于绑定设备、登录官网), 最多存放 5 条用户置顶的口令和 5 条最近使用的口令。

#### ⑦ 密条

当密条记录超过最大数时, 显示“超过最大容量!”。密条记录列表显示最前面的 5 笔密条为最常用的 5 笔。

#### ⑧ 设置

可设置项包括：修改开机密码、修改保护密码、修改解锁密码、密码保护强度、自动熄屏时间、设备信息查询和重置备份密钥。密码保护强度可以选择保护密码、应用 PIN 码是否缓存。自动熄屏时间，设置用户无操作情况下自动熄屏的时间“30 秒”、“60 秒”和“90 秒”。设备信息查询可以查询：分类数量（已有数量/最大数量），口令数量（已用数量/最大许可数量），密条数量（已用数量/最大许可数量）、电量、序列号、版本号、出厂日期。

#### ⑨ 扩展卡

USB KEY 令识别插入的卡片，可进行余额查询、圈存、以及查看卡片信息。余额查询，显示卡片的余额数。圈存，可利用 PC 端工具实现圈存。可查看卡号等内容。

### 4.3 U 盾项目需求变更管理案例实践

U 盾项目在项目开始初期，开发人员就召开评审会议建立了该项目的需求基线并且制定了项目需求变更控制流程。公司曾经做过的项目没有进行过需求的后续管控。为了对比引入变更控制过程和无变更控制过程的差异，本文将在变更管理流程的实践过程中模拟未进行变更管理的情形，从而可以更清楚的了解变更管理流程的有效性和必要性。

#### 4.3.1 成立 U 盾项目变更控制委员会

在项目计划阶段创建 CCB，成员由甲乙双方管理层人员组成，包括市场部产品总监，研发总监，财务总监，质量总监，采购总监以及项目经理等。

#### 4.3.2 成立 U 盾项目需求专家小组

在项目计划阶段，创建 RET，组员由该项目的项目经理、研发部负责该项目开发的架构师，开发经理和测试经理组成。

#### 4.3.3 U 盾项目需求变更控制流程实践

##### （1）提出变更请求

本案例中客户要求对现有产品功能进行更改，提出对开机密码保护加密强度进行设计更改增加安全性，该变更需求的提出是对已经由我司与客户方共同定义并确认生效的产品需求基线进行修改，由客户方以正式的邮件方式，将变更的要求提交给我司与之对接的市场部门，市场部的产品经理对客户要求进行归纳整理，并填写“需求变更申请/确认表”见表 4.3，之后正式向项目 CCB 提出变更申请。

表 4.3 U 盾项目需求变更申请/确认表

Tab. 4.3 Project requirements change application/confirmation form of USB Key

项目名称:	U 盾	变更申请编号:	U001
模块名称:	开机密码保护强度	要求完成日期:	2013. 7. 30
阶段:	<input type="checkbox"/> 需求 <input checked="" type="checkbox"/> 设计 <input type="checkbox"/> 编码 <input type="checkbox"/> 测试		
变更类型:	<input checked="" type="checkbox"/> 需求 <input type="checkbox"/> 设计	变更申请日期:	2013. 02. 26
变更申请人:	方国平	所属部门及职位:	M 公司市场部产品经理

## 1、变更内容

## 1.1 变更内容描述:

对开机密码保护强度进行设计更改增加安全性。

## 1.2 变更类型选择

☐新增功能

☒修改原有功能

☐删除现有功能

## 1.3 变更原因:

客户对需求重新定义。

1.4 不实施变更的影响: 不能完整实现甲方需求, 降低客户满意度。

## (2) 评估变更对设计的影响

对于上述变更申请, CCB 初审通过。RET 对变更进行技术可行性分析得出结果。

见表 4.4:

表 4.4 U 盾项目需求变更申请/确认表——需求评审

Tab. 4.4 Project requirements change application/confirmation form – requirement review of USB Key

2、需求评审
2.1 技术可行性评审意见
<input checked="" type="checkbox"/> 可行      开机密码保护强度
<input type="checkbox"/> 不可行
2.2 技术解决方案:
在初始化开机密码组件中调整开机密码保护强度规则。

RET 进行进一步得变更影响评估, 因该变更申请是对现有需求进行更新, 因此对现有功能框图无影响, M 公司 U 盾产品的系统功能框图见图 4.2:

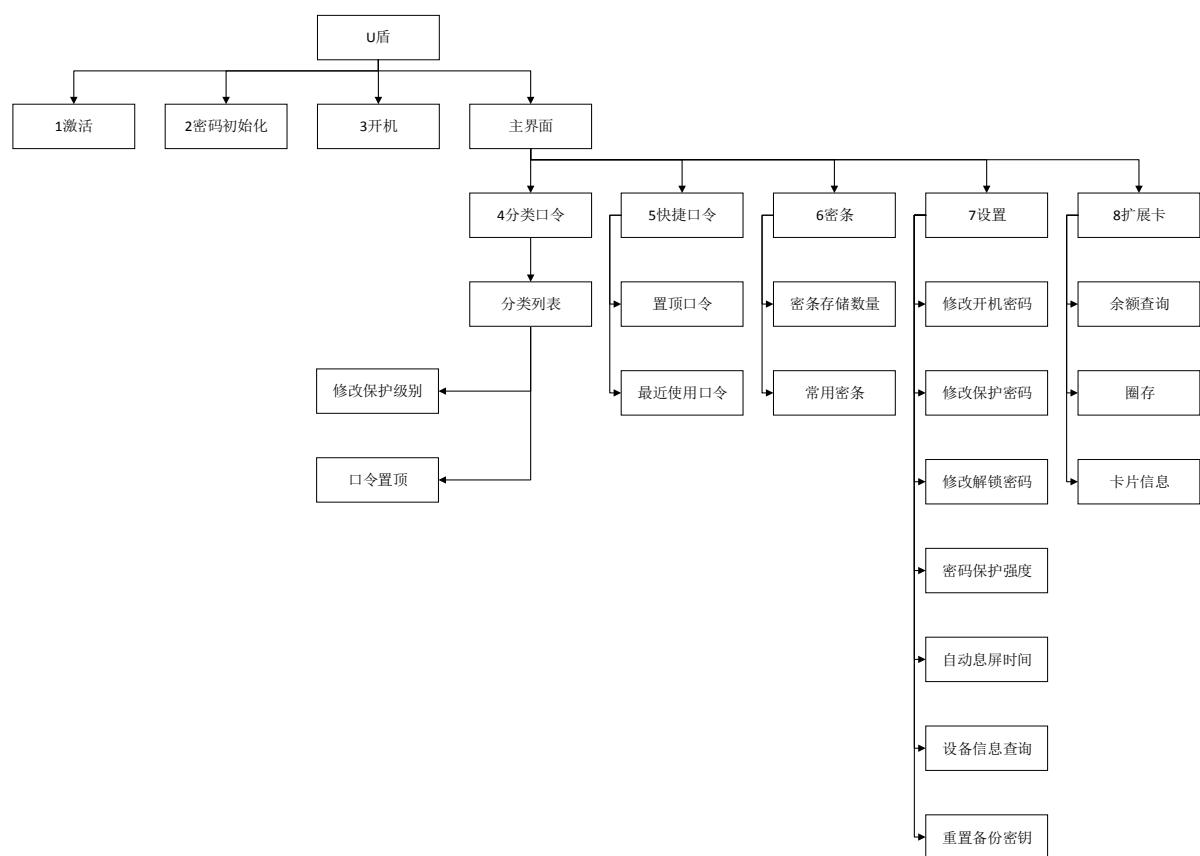


图 4.2 U盾系统功能框图

Fig. 4.2 System function diagram of USB Key

### ① 变更影响评估

根据系统功能框图，对软件的主要功能模块之间的依赖关系进行分析，得到组件间依赖关系图，图 4.3。其中箭头所指组件表示其受箭头尾端组件影响，即对箭头尾端组件存在依赖关系。

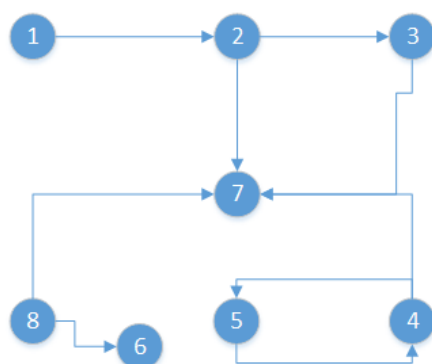


图 4.3 组件依赖关系图

Fig. 4.3 Dependency relationship chart

根据依赖关系图生成组件 1 到组件 8 的 DSM 模型，如图 4.4:

	1	2	3	4	5	6	7	8
1								
2	X							
3		X						
4					X			
5				X				X
6								X
7	X	X	X	X				X
8								

图 4.4 DSM 模型

Fig. 4.4 DSM model

公司的 U 盾产品由 8 个组件构成，组件间的依赖关系如图 4.3，DSM 模型如图 4.4 所示，根据公司软件开发的经验和对本次更改请求分析，经开发团队开会讨论和头脑风暴得到变更传播的概率和变更影响概率的 DSM 模型如图 4.5 和图 4.6:

	1	2	3	4	5	6	7	8
1								
2	0.2							
3		0.2						
4					0.6		0.8	
5				0.6				0.4
6								0.8
7	0.6	0.6	0.4	0.4				0.6
8								

图 4.5 变更传播概率

Fig. 4.5 Change transition probability

	1	2	3	4	5	6	7	8
1								
2	0.7							
3		0.3						
4					0.8		0.8	
5				0.8				0.3
6								0.3
7	0.4	0.5	0.5	0.5				0.9
8								

图 4.6 变更导致组件重新设计的概率

Fig. 4.6 Redesign probability due to change impact

根据公式(2.1)

$$t_{ij} = cpp_{ij} \times im_{ij} \quad (2.1)$$

计算得出变更影响传播参数，如图 4.7:

	1	2	3	4	5	6	7	8
1								
2	0.14							
3		0.06						
4					0.48		0.64	
5				0.48				0.12
6								0.24
7	0.24	0.30	0.20	0.20				0.54
8								

图 4.7 变更影响传播参数

Fig. 4.7 Transition parameter of change impact

根据公式(2.2)

$$t_{ij}^{(m)} = t(U_j, U_1) \times t(U_1, U_2) \times \dots \times t(U_{m-2}, U_{m-1}) \times t(U_{m-1}, U_i) \quad (2.2)$$

计算组件变更的直接影响传播和间接影响传播参数如图 4.8:

	1	2	3	4	5	6	7	8
1								
2	一阶0.14							
3	二阶0.0084 三阶0.1536	一阶0.06						
4	四阶0.0010752 三阶0.004032	二阶0.192 三阶0.00768	二阶0.0128					
5	五阶0.000516 四阶0.0129	三阶0.0576 四阶0.0036864	三阶0.06144	一阶0.48				
6	一阶0.24 二阶0.042	一阶0.3 二阶0.012	一阶0.2	二阶0.096				
7	三阶0.00168	二阶0.012	一阶0.2	二阶0.096				
8								

图 4.8 多阶影响参数

Fig. 4.8 Multi-impact parameter

根据公式(2.3)

$$ct_{ij} = \begin{cases} \sum_{m=1}^{\infty} t_{ij}^{(m)}, (i = 1, 2, 3, \dots, n; j = 1, 2, 3, \dots, n; i \neq j) \\ 0, (i = 1, 2, 3, \dots, n; j = 1, 2, 3, \dots, n; i = j) \end{cases} \quad (2.3)$$

累计的变更影响  $ct$  根据公式(2.3)得出的结果如图 4.9:



	1	2	3	4	5	6	7	8
1								
2	0.14							
3	0.008	0.06						
4	0.182	0.020	0.013		0.48		0.64	0.403
5	0.017	0.061	0.061	0.48			0.307	0.286
6								0.24
7	0.284	0.312	0.2	0.2	0.096			0.552
8								

图 4.9 累计变更影响参数

Fig. 4.9 Accumulated change impact parameter

根据公式(2.4)、公式(2.5)和公式(2.6)

$$y_i = \sum_{j=1}^n ct_{ij}, \quad (j = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (2.4)$$

$$z_i = \sum_{j=1}^n ct_{ij}, \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (2.5)$$

$$TT = \sum_i \sum_j ct_{ij}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n; j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.6)$$

计算各个组件在软件系统中总的影响度  $y$  和被影响度  $z$ ，以及组件在软件系统中对于变更产生影响的传播程度，见表 4.5：

表 4.5 各组件的  $y$ ,  $z$  和  $TT$  值Tab. 4.5  $y$ ,  $z$  and  $TT$  value of each unit

	1	2	3	4	5	6	7	8
$y$	0.631	0.453	0.274	0.680	0.576	0.000	0.947	1.481
$z$	0.000	0.140	0.068	1.738	1.213	0.240	1.643	0.000
$TT$	0.631	0.593	0.343	2.418	1.789	0.240	2.590	1.481

分别根据  $y$ ,  $z$  和  $TT$  进行升序排列见图 4.10、4.11、4.12：

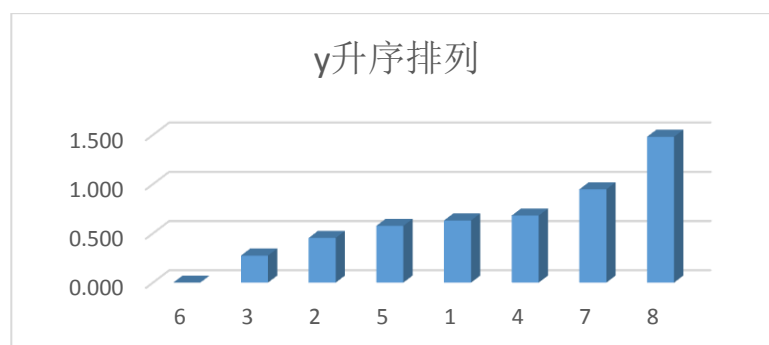


图 4.10 y 升序排列

Fig. 4.10 y ascending order

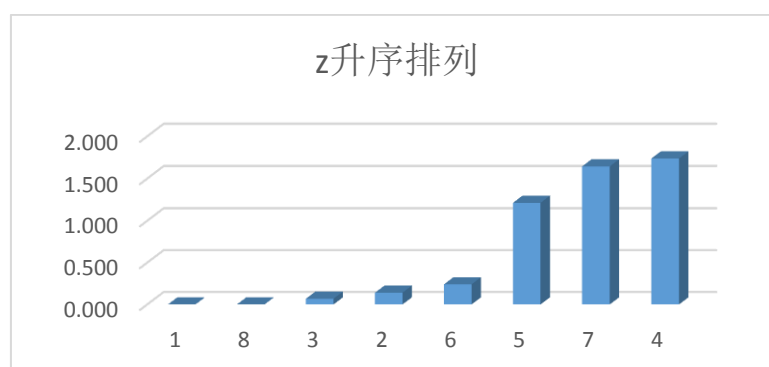


图 4.11 z 升序排列

Fig. 4.11 z ascending order

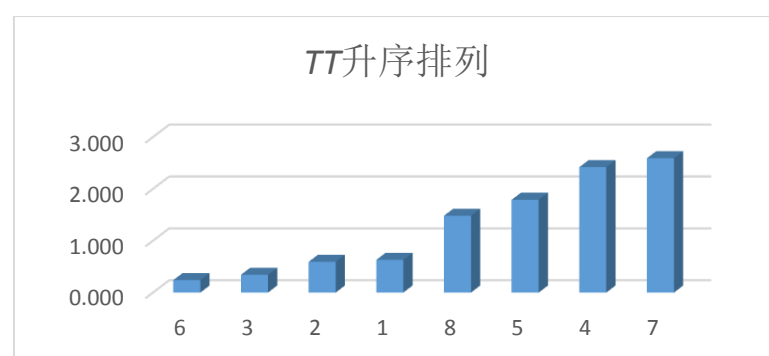


图 4.12 TT 升序排列

Fig. 4.12 TT ascending order

在本案例的用户变更请求中要求对开机密码保护强度进行更改，由系统框图 4.2 可知该需求可以通过对组件 2 或组件 7 进行设计更改实现，如图 4.10 所示，组件 2 在软件中的影响度较低，其受影响度中等，而组件 7 变更的影响度和被影响度均非常高，即其

在变更中的影响力很高。通过基于 DSM 模型对更改影响的分析来看，对组件 2 进行更改的代价相对较小。完成上述影响评估后，RET 成员继续进一步进行工期、成本、质量和风险的评估。

## ② 工期影响评估

对各功能点的工期利用三点估算法，公式（3.1）、（3.2）进行预估，同时取置信度 95% 的保守工期，估算结果见表 4.6：

期望工期

$$t_e = (t_p + 4t_m + t_o)/6 \quad (3.1)$$

标准差

$$\delta = (t_p + t_o)/6 \quad (3.2)$$

表 4.6 工期和代码行估算

Tab. 4.6 Work lead time and code quantity estimation

序号	功能点	最短工期 (A)	最可能工期 (T)	最长工期 (B)	期望工期	标准差	置信度 95%工期	代码行预计(千行)
1	激活设计	6	7	14	8	1.3	11	0.25
2	密码初始化设计	5	6	13	7	1.3	10	0.25
3	开机设计	3	4	11	5	1.3	8	0.25
4	修改保护级别	6	13	14	12	1.3	15	0.375
5	口令置顶	5	6	13	7	1.3	10	0.25
6	置顶口令	4	7	16	8	2.0	12	0.25
7	最近使用口令	3	4	11	5	1.3	8	0.25
8	密条存储数量	2	2	2	2	0.0	2	0.125
9	常用密条	3	5	7	5	0.7	6	0.125
10	修改开机密码	3	3	9	4	1.0	6	0.125
11	修改保护密码	3	3	9	4	1.0	6	0.125
12	修改解锁密码	3	4	11	5	1.3	8	0.25
13	密码保护强度	3	4	11	5	1.3	8	0.25
14	自动息屏时间	3	3	3	3	0.0	3	0.125
15	设备信息查询	2	2	2	2	0.0	2	0.125
16	重置备份密钥	5	8	11	8	1.0	10	0.25
17	余额查询	3	5	7	5	0.7	6	0.125
18	圈存	10	18	20	17	1.7	20	0.5
19	卡片信息	2	2	2	2	0	2	0.125

根据表 4.6 中置信度 95% 的工期预计定义项目各项活动持续时间，任务的前后置关系以及完成功能任务所需的资源，利用 MS Project 软件完成对项目关键路径的识别。在需求变更发生前项目的甘特图和关键路径如图 4.13 所示：

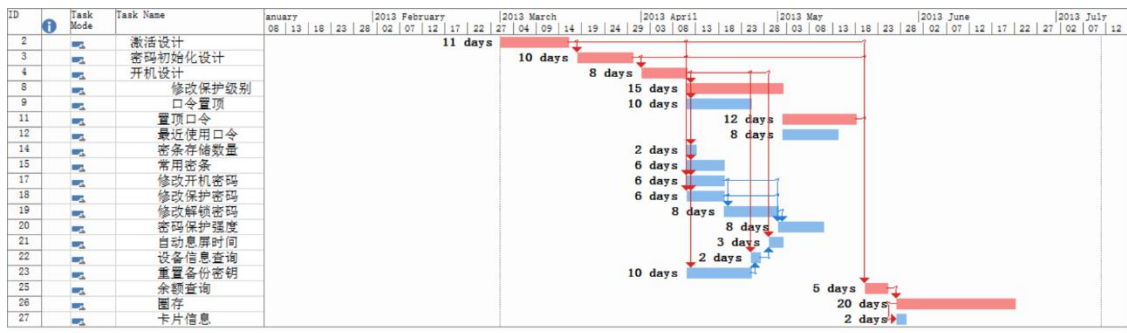


图 4.13 U 盾项目计划甘特图  
Fig. 4.13 Project plan gantt chart of USB Key

若对组件 2 实施变更，则需对现有设计进行一次迭代开发将更新的需求实施在产品中，由图 4.9 可知对组件 2 进行修改时，组件 3，4，5 和 7 均受到直接或间接影响。根据变更影响参数和组件工期可得一次迭代时产生额外的工期如表 4.7：

表 4.7 组件 2 迭代产生的工期  
Tab. 4.7 Unit 2 iteration impact on schedule

组件	95%置信度工期	累计影响参数 一次迭代	工期影响
1	11	0	0.0
2	10	0.5	5.0
3	8	0.06	0.5
4	15	0.02	0.3
5	12	0.06	0.7
6	6	0	0.0
7	22	0.31	6.8
8	25	0	0.0

根据组件之间的前后置关系，利用 MS Project 软件生成新的项目甘特图并识别关键路径。如图 4.14 所示：



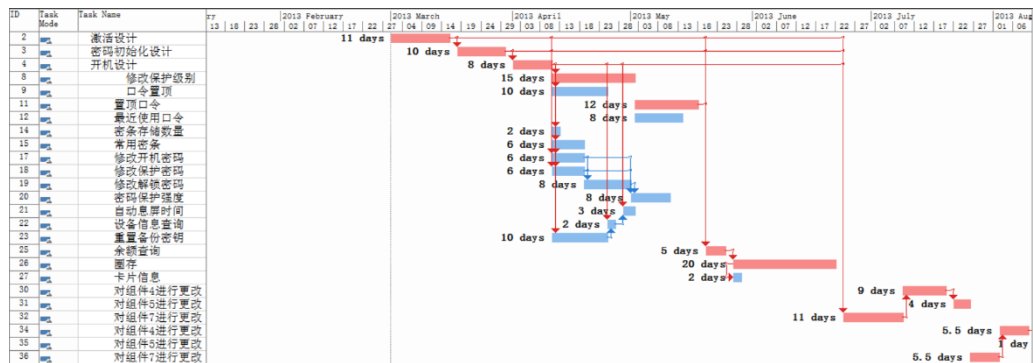


图 4.15 更新的 U 盾项目计划甘特图

Fig. 4.15 Updated project plan gantt chart of USB Key

对比更改前和进行一次迭代的计划可知更改将带来 36 天的延期。

综上应选择对组件 2 实施更改，对工期影响较小。

② 成本影响评估

依据 COCOMO II 的工作量评估基本模型公式（2.7）对需求变更的工作量进行评估。规模度因子取值见表 4.9：

$$PM_{\text{nominal}} = A \times (\text{SIZE})^B \quad (2.7)$$

表 4.9 规模度因子表

Tab. 4.9 Scale factor table

规模度因子 $W_i$	描述	等级					
		非常低	低	正常	高	非常高	超高
PREC	有前例	6.20	4.96	3.72	2.48	1.24	0
FLEX	开发灵活性	5.07	4.05	3.04	2.03	1.01	0
RESL	体系结构和风险控制	7.07	5.65	4.24	2.83	1.41	0
TEAM	项目成员合作程度	5.48	4.38	3.29	2.19	1.10	0
PMAT	过程成熟度	7.80	6.24	4.68	3.12	1.56	0

因为 M 公司作为中小型企业其主要产品为 USB Key，并且开发产品具有延续性和继承性因此在 PREC 因子中等级非常高，取值 1.24；由于该项需求为更改需求，且开发过程要考虑对既有设计的影响，因此 FLEX 等级为正常，取值 3.04；企业所选的 U 盾项目属于中小型项目符合公司的体系结构，因此 REST 项因子等级较高，取值 2.83；由于

M 公司属于中小型企业,企业规模较小,人员均在同一办公地点办公,彼此熟悉,且具有多个项目的共同开发经验很容易沟通协调,因此 TEAM 项因子等级非常高,取值 1.10;由于 M 公司作为中小型企业其具备中小型企业的一般特点,企业项目管理成熟度和工作流程成熟度方面非常薄弱因此 PMAT 项因子等级非常低,取值 7.80;

根据  $B=0.91+0.01\sum W_i$ , 综上可得规模度因子取值为:

$$B=0.91+0.01*(1.24+3.04+2.83+1.10+7.80)=1.07;$$

对应的代码行变更常数 A 通常取 2.94。

若对组件 7 进行设计变更,根据表 4.6 所示代码行评估和图 4.9 DSM 模型中组件 7 的影响传播范围可知对组件 7 的变更将会对组件 4 和组件 5 产生直接和间接影响,且存变更向前序组件传播的概率,因此认为对于组件 7 变更完成后至少要产生新一轮迭代,因此完成对组件 7 的修改共产生两次迭代。其受影响代码行的评估见表 4.10:

表 4.10 更改组件 7 受影响代码行的评估表

Tab. 4.10 Coding impact table for design change on unit 7

组件	代码行预计 (千行)	累计影响参数 一次迭代	代码影响 一次迭代	累计影响参数 二次迭代	代码影响 二次迭代
1	0.25	0	0	0	0
2	0.25	0	0	0	0
3	0.25	0	0	0	0
4	0.625	0.6	0.375	0.36	0.225
5	0.5	0.3	0.15	0.09	0.045
6	0.25	0	0	0	0
7	1.25	0.5	0.625	0.25	0.3125
8	0.75	0	0	0	0

根据公式 (2.7) 对组件 7 修改产生的工作量进行评估可得:

$$PM_{nominal}=2.94(1.15)^{1.07}+2.94(0.58)^{1.07}=5 \text{ 人月}$$

若对组件 2 进行设计变更,根据其影响传播范围可知对组件 2 的变更将会对组件 3、4、5 和 7 产生直接和间接的影响,由于变更无向前序组件传播的概率,因此认为对于组件 2 修改完成不会产生二次迭代,因此完成对组件 2 的修改一次迭代即可。其受影响代码行的评估见表 4.11:

表 4.11 更改组件 2 受影响代码行的评估表

Tab. 4.11 Coding impact table for design change on unit 2

组件	代码行评估	累计影响参数	修改代码行数
1	0.25	0	0
2	0.25	0.5	0.125
3	0.25	0.06	0.015
4	0.625	0.02	0.0125
5	0.5	0.06	0.03
6	0.25	0	0
7	1.25	0.31	0.3875
8	0.75	0	0

根据公式(2.7) 对组件 2 修改产生的工作量进行评估可得：

$$PM_{\text{nominal}} = 2.94 (0.57)^{1.07} = 1.5 \text{ 人月}$$

据人时成本以及费用分摊系数获取研发的分摊人时成本，将此人时成本与计算出的工作量（人月）相乘得到落实该变更所需的开发成本。依据财务数据统计公司开发人员的标准人时成本为 11700 元/人月，所以通过修改组件 7 和组件 2 实现需求变更对应的费用为分别为 17550 元和 58500 元。在本案例中，通过对变更和变更影响的充分评估，选择更改代价更低的实现方案为公司节省了约 4 万元人民币的成本投入。

### ③ 质量影响评估

在 M 公司的 U 盾项目中针对变更需求通过修改组件 2 来实现。由图 4.2 和图 4.9 可知该变更的需求有一个功能点，但其修改的影响传播将会对 11 个功能点产生影响，因此需求更改影响的功能点总计为 1+11=12 功能点，根据工程师的技术成熟度和项目经验，需求评审的缺陷密度为 0.1 缺陷/FP，数目预计将再多 1 个 bug；在测试的缺陷密度为 0.4 缺陷/FP，需求变更预计再增加 5 个 bug；

若通过修改组件 7，由图 4.2 和图 4.9 可知变更的需求会有 7 个功能点，其修改的影响传播有 4 个功能点，因此需求更改影响的总的功能点应该是 7+4=11 个功能点，但由于图 4.9 可知通过组件 7 完成更改需要额外进行至少一次的迭代，因此需求更改影响的功能点也是 11\*2=22 个，根据工程师的技术成熟度和项目经验，需求评审的缺陷密度为 0.1 缺陷/FP，bug 数目预计将再多 2 个 bug；在测试的缺陷密度为 0.4 缺陷/FP，需求变更预计再增加 9 个 bug

综上所述，对组件 2 的设计修改产生得质量影响要小于对组件 7 进行修改。

### ④ 引入风险评估



U 盾项目由于客户要求对开机密码保护强度进行更改，将会造成项目工期的延期和工作量的增加以及引入新的设计缺陷。这将会带来项目间人力资源冲突和未知设计缺陷的风险，从项目管理角度对两个风险进行分析，更新项目风险等级表见表 4.12:

表 4.12 U 盾项目风险等级表

Tab. 4.12 Project risk category table of USB Key

风险 ID	风险描述	影响程度	发生概率	风险等级	风险负责人	风险应对措施	风险状态
U-008	由于更改开机密码保护强度需要延长项目周期导致项目资源与其他项目冲突，可能会造成项目延期。	3	4	中	研发负责人吴经理	1. 协调资源解决冲突。 2. 加班加快项目进度，减少资源冲突。	进行中
U-009	更改开机密码保护强度对现有软件设计产生影响，可能由于新设计缺陷的引入导致项目延期。	3	3	低	软件工程师王恒，李宁	1. 增加代码评审。 2. 增加白盒测试。 3. 增加设计评审。	进行中

经过上述对项目工期，成本，质量以及引入风险的评估，RET 完成“变更申请/确认表”第 3、4、5、6 部分内容，见表 4.13:

表 4.13 U 盾需求变更申请/确认单——变更影响

Tab. 4.13 Requirement change application and confirmation – change impact

3、变更对进度的影响（天）
3.1 列出变更的工作内容和预估工时长（天） 密码初始化 5 天，开机 0.5 天，分类口令 0.5 天，快捷口令 0.5 天，设置 7 天
3.2 变更增加的总工作量（人月） 1.5
4、变更对成本的影响（元）
4.1 直接人力成本（人月）： 1.5 人月
4.2 成本影响（元）： $11700 \times 1.5 = 17550$ 元
5、变更对质量的影响
5.1 变更对质量的影响级别 <input type="checkbox"/> 质量严重降低，系统不稳等，出现毁灭性缺陷 <input type="checkbox"/> 质量显著降低，功能被影响或者性能严重减退，产生严重缺陷 <input checked="" type="checkbox"/> 质量部分降低，功能和性能稍有影响，有产生缺陷的可能
5.2 变更产生的缺陷说明 修改开机密码保护强度规则对所有涉及密码及口令核对的功能点产生影响，且增加了逻辑判断的复杂度。
6、变更引起的风险
6.1 变更引起的风险级别 <input type="checkbox"/> 高级别风险 <input checked="" type="checkbox"/> 中等级别风险 <input type="checkbox"/> 低级别风险
6.2 风险的详细说明 新增需求引起的工期延长，可能导致工程师资源与其他任务产生冲突，导致进一步延期。 新增需求在测试时发现新的问题致使延期。

### （3）评审需求变更

变更控制委员会（CCB）依据 RET 完成“变更申请/确认表”第 3、4、5、6 部分内容给出评审结果，并签字，见表 4.14：

表 4.14 需求变更申请/确认单——CCB 评审结果

Tab. 4.14 Project requirements change application/confirmation form – CCB review result

## 7、CCB 评审结果

## 7.1 CCB 对变更的意见

☒ 接受☐ 不同意☐ 搁置

## 7.2 意见补充:

## 7.3 签字

CCB 组长签字:

CCB 成员签字:

日期: \_\_\_\_\_

## (4) 执行需求变更

该需求变更申请通过 CCB 批准，添加到需求规格说明书中，然后将最新版本需求规格说明书上传到 SVN 系统中，同时发送邮件通知项目开发测试等相关人员，开发经理安排开发工程师进行代码修改，测试经理布置测试任务。

在 U 盾项目中，研发收到最新需求文档，按照变更评审结果，更新 RTM，见表 4.15:

表 4.15 需求跟踪矩阵

Tab. 4.15 Requirement tracking matrix

需求编号.	需求变更标识	软件需求功能编号	设计模块	优先级	测试用例编号
Req-27	U001	Req-SW-105	开机密码保护 强度	高	Case-296

## (5) 关闭需求变更

在本案例中，研发团队完成对应的需求规格书更新和发布，同时检查完成客户所提更改密码保护强度的功能各个部门受影响的输出是否均已完成修改和发布。待确认受更改影响的各项工作均完成后，发布工程更改指令（ECO）所有相关的部门按照工程更改指令实施对应的变更。提交变更申请表和更新完且经过评审的设计文档，测试报告等证据给 CCB 审核，经 CCB 组员的一致同意关闭该变更。

#### （6）记录需求变更

记录本次变更的需求内容和状态等信息到“需求变更记录表”中，见表 4.16，申请提出后，正式进入变更控制流程时，该表的维护工作由需求管理员进行。

表 4.16 项目需求变更状态记录表

Tab. 4.16 Project requirements change state record

变更编号	描述	当前状态	截止时间	负责人	存在问题	应对措施
U001	增加密码保护强度	已完成	2013-7-20	王恒, 李宁	无	无

#### 4.3.4 U 盾项目需求版本管理实践

针对本案例中的需求变更，需求文档中需求变更情况的表格完成内容见表 4.17：

表 4.17 需求跟踪情况表

Tab. 4.17 Project requirements tracking state record

需求变更标识	需求编号	变更内容	变更完成日期	变更发起人	变更原因
U001	Req-27	增加密码保护强度	2014. 7. 20	方国平	客户更新需求

需求文档变更以文件更改指令的形式告知项目成员。U 盾项目利用专门的版本控制工具 SVN 实施需求文档管理，为文档自动生成版本编号，项目组成员能够检出最新版的需求文档，也能访问需求文档上传后的每一个变更版本，利用 SVN 权限控制功能，把需求文档的导入和检出分配给对应人员。

#### 4.3.5 U 盾项目需求变更管理流程应用成果

##### （1）具体化了需求变更的影响程度

本例中，开发人员进行需求变更影响分析时通过 DSM 模型的引入，对需求更改影响的组件进行变更影响分析，识别出了被直接影响和间接影响的组件，充分识别了变更影响传播的范围，确定了更为合理的更改实施方案。

##### （2）优化了变更成本

本案例中实现变更的需求，可以通过修改组件 7 和组件 2 实现，需求变更对应的费用为分别为 58500 元和 17550 元。在本案例中，通过对变更和变更影响的充分评估，选择更改代价更低的实现方案即修改组件 2，为公司节省了约 4 万元人民币的成本投入。

#### （3）优化了变更对质量的影响程度

本案例中通过对变更影响的分析，充分识别了在变更过程中受影响的组件，并根据公司既往的经验所得的缺陷密度，在变更评审过程中预估并量化了变更对质量的影响，从而给出正确的决策使产品质量受影响最小化。

#### （4）优化项目工期

本案例中通过对变更影响的分析，对更改组件 2 的方案和更改组件 7 的方案所带来的工期影响进行计算和比较，修改组件 2 将带来 14 天的延期，而修改组件 7 则会带来 36 天的延期，因此确定对组件 2 进行更改作为设计变更方案，减少了约一个月的开发工期。

#### （5）有效控制了变更风险

在对变更评审的过程中即引入风险管理和风险分析，充分理解变更对项目产生的影响，并在早期制定风险控制措施有效的对风险进行管理和控制，有效降低了项目由于变更造成项目失败的概率。

#### （6）树立规范管理的企业形象

变更的实施需经由变更申请，评审和批准方可实行，从变更提起至变更实施关闭，根据变更控制流程有序的实施变更并生成对应的评审和实施记录，可以向客户呈现一整套完整的变更管理控制过程，有利于树立管理规范的企业形象，对于企业自身发展有着重要的意义。

## 5 结论与展望

### 5.1 结论

需求分析和管理是开发流程中特别关键的地方，需求好不好关系着成败。如何正确的管控需求变更，是中小 IT 企业的重点课题。本文以 M 公司银行 U 盾项目为实践，把其需求变更情况分类统计归纳解析，归纳出中小 IT 企业项目里需求变更生成原由，深刻讨论及评价了其引发的各类影响。

综上所述，在本论文中主要完成的工作和所得结论有以下几项：

(1) 依据项目变更管理和需求变更管理的概念和联系，分析中小 IT 企业项目变更管理的境况和特点，剖析出中小 IT 企业需求变更管理的现状和影响；提出中小 IT 企业需求变更管理研究思路，确立项目需求变更影响的评估方法，建立中小 IT 企业的项目需求变更控制流程，提出相应的决策评估方法。

(2) 以 M 公司的 U 盾项目作为实践案例，分析了 M 公司 U 盾项目需求变更管理境况及问题，并描述了背景、业务流程以及具体需求内容。

(3) 建立需求专家小组，并使用 DSM 模型对需求变更影响进行更深入细致相对准确的评估，利用 COCOMO II 模型对变更带来的工作量进行评估。

(4) 在项目开发全过程中，注重需求变更、需求版本管理和需求跟踪的效用，建立了颇有成效的需求变更管理流程以及管控方法，设置了相关表格，这样在源头上管控住了致使项目不受控制的各项风险，为成功完成产品打好根基。

理论分析和项目实践证明，M 公司银行 U 盾项目在需求变更管理过程中曾经存在很多问题，但经过分析存在的问题并制定有效的变更管理流程、采取相应的改进办法，一定程度上驱动需求管理工作成功展开。和公司之前的其它类似项目对比，银行 U 盾项目的需求定义的更加详细正确精准，而需求变更的处理也更加迅速和有效，开发测试工作都更加有效顺利的开展，重复工作，返工等明显较少，U 盾项目开展的比较顺利，项目按期交付，产品满足了客户的需求，客户满意度大大提升，这表示需求变更的管理起到了比较好的效果，验证了本研究成果的有效性和实用性，并归纳了需求变更管控的经验及方法，为日后类似工作的展开给予有效的借鉴和支持。

本文所提出的软件需求变更控制基本流程是依据 10 家中小 IT 企业员工的问卷调查结果进行制定，具有一定的针对性，故本文所研究的内容对中小 IT 企业的需求变更控制有着实际的指导作用和较高的利用价值，对中小 IT 企业迅速处理客户的需求变更要求，在计划时间和预算内完成质量合格的产品都很有帮助。同时，本研究能推动其他企

业重视需求变更控制，以此提高业内整体需求变更控制水平和产品质量，增加项目成功率，促进中小 IT 企业健康发展的长效机制，促使社会效益和经济效益的双丰收。

## 5.2 展望

虽然本文对于中小 IT 企业需求变更管理研究有了一些成绩，但需求变更管理课题复杂，研究时间有限，本研究所做调研工作有限，虽然从基本面上是满足了论文研究需要，但是从企业多样化、项目多元化和复杂性等方面，仍缺乏更广泛的调研数据。另外 M 公司本身和 U 盾项目情况的限定，导致本论文所研究内容还很粗浅，需要在后续工作中继续开展更深刻、详尽的探究和改进。

本文是面向中小 IT 企业的项目需求变更管理研究，基于企业层面考虑，需要融合考虑企业管理理论、项目管理、变更管理、评估方法与具体操作为一体的综合性研究课题，既包括理论与方法层面的创新，又要解决实际操作中的许多技术难点。由于时间、调查资源和个人能力所限，得出的研究结论难免有所缺失，相关方法机制和模型不够全面和深入。

本论文是一个应用型的研究，结果可以直接应用到中小 IT 企业的具体项目工作中。目前，由于针对中小 IT 企业项目变更管理方面专门性的研究目前相对较少，缺乏一些的理论基础和实证资料，为了更进一步的完善相关的研究工作，提升研究理论对实践的引导意义，今后的研究工作可以从以下三点进行优化：

持续不断地企业调研和项目数据积累。在企业项目管理数据的积累方面，应该持续进行，不断获取来自不同企业、不同类型项目的调查数据，使得所研究的中小 IT 企业的项目需求变更管理更具普遍性，更全面，更接近于企业和项目实际情况。

深入的学习企业管理方面、项目管理方面、决策和评估理论等综合方面的知识，从而能够把项目管理中的变更问题进行更科学的分析建模，采用更合理的技术方法和理论工具，最终对中小 IT 企业的项目需求变更管理形成一个更为系统的理论指导体系。

基于构建中小 IT 企业的项目需求变更管理体系，将把研究的方法、机制和模型系统化、尝试把提出的需求变更管理思想工具化，研发成一套实用的系统工具和参考手册，以期对未来中小 IT 企业的项目管理有更为直接帮助。

## 参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国国家工商行政管理总局. 我国中小企业已达 4200 万户  
[EB/OL]. [2007, 06, 15].  
[http://www.saic.gov.cn/gts/gzdt/200706/t20070615\\_193509.html](http://www.saic.gov.cn/gts/gzdt/200706/t20070615_193509.html).
- [2] 林汉川, 魏中奇. 中小企业发展与创新[M]. 上海: 上海财经大学出版社, 2001.
- [3] 计世资讯. 2002 年中国 IT 用户满意度调查结果发布  
[R/OL]. [2002. 7]<http://tech.sina.com.cn/it2/2002-08-05/2308130331.shtml>
- [4] 沈建明. 项目风险管理 (第 2 版) [M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [5] 单志刚. 基于风险的变更管理探讨[N]. 北京石油管理干部学院学报. 2011, (5): 34-36.
- [6] Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) Sixth Edition PMBOK [M]. Pennsylvania: Project Management Institute, Inc., 2017.
- [7] 王廷春. 炼化化工行业的变更管理探讨[J]. 安全、健康和环境, 2008, (5): 18-19.
- [8] 彭智才, 王玉贵, 潘杰. 医院信息系统项目的变更管理[J]. 经济师, 2011, (9): 22-23.
- [9] 刘清华, 万立, 钟毅芳. 工程变更管理的分析与研究[J]. 计算机集成制造系统 -CIMS, 2000, (6): 35-37.
- [10] 李康, 徐晓兵. 浅谈信息化建设项目的变更管理控制方法[J]. 信息化建设, 2011, (6): 15-16.
- [11] Albert Lesterl, Project Planning and Control MJ[M]. Butterworth-Heinmam, 2002.
- [12] Engineering Change Management Adaptive to PLM[J]. Computer Aided Drafting, Design and Manufacturing, 2008, (2): 12-20.
- [13] 韩晓刚. 项目管理中的需求变更管理[J]. 甘肃科技 2009, (18): 10-11.
- [14] IBM China. 需求管理 IBM Rational 技术白皮书  
[P/OL]. [2004, 08, 01]. <https://www.ibm.com/developerworks/cn/rational/r-rm/index.html>.
- [15] 卢琳生. 管理信息系统需求调研分析指南. 软件工程专家网 <http://www.51cmm.com>.
- [16] Anthony Finkelstein. Requirements engineering[J], ACM SIGSOFT Software Engineering Notes, 1992, 17(1), 45-47.
- [17] Tom Docker. Successfule requirements management[J], Requirements Engineering, 1998, 3(1), 66-68.
- [18] Yonet A Eracer, Mieczyslaw. An architecture for software that adapts to changes in requirement[J]. The Journal of System and Software, 2000(50): 209-219.
- [19] 莱芬韦尔, 威德里格 (美) 著, 蒋慧, 林东等译. 软件需求管理: 统一方法[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002: 3-4, 285-289.



- [20] 郑人杰, 殷人昆, 陶永雷. 实用软件工程[M]. 北京:清华大学出版社, 1999:5-17.
- [21] Westfall, L. The what, shy, who, when and how of software requirements[A]. ASQ World Conference on Quality And Improvement Proceedings, 2005: 97-104.
- [22] Jones, C. Strategies for managing requirements creep[J]. Computer, 1996, 29(6):92-94.
- [23] 刘小波, 郭荷清. 软件系统需求变更影响分析及解决方案[N]. 华南理工大学学报:自然科学版 2002, 30(4):56-59.
- [24] Saffena Ramzan, Naveed Ikram. Making Decision in Requirement Change Management[C]//Proc of the 1<sup>st</sup> IEEE Int Conf on ICIT. Piscataway, NJ:IEEE, 2005:309-312.
- [25] Simon Lock, Dr. G. Kotongya. Requirement Level Change Management and Impact Analysis[R]. Cooperative Systems Engineering Group, Technical Report, 1998, 15(5):640-1.
- [26] Barry W Boehm. 李师贤, 等译. 软件工程经济学[M]. 北京:机械工业出版社, 2004.
- [27] Barry W Boehm. 李师贤, 等译. 软件成本估算 COCOMO II 模型方法. [M]. 北京:机械工业出版社, 2005.
- [28] Bill Curtis, Herb Krasner, Neil Iscoe. Afield Study of the Software Design Process for Large Systems[J], Communications of the ACM, 31(11), Nov, 1988:1268-1287.
- [29] Hansky China. Butterfly Change Request Management System[P/OL]. 2008.  
<http://www.hansky.com.cn/dokuwiki/doku.php?=:resource:whitepaper>

## 致 谢

能在大工攻读在职硕士学位, 是我多年的愿望。这两年多的学习中, 本人的项目管理专业知识和技能有了很大的提高。在完成论文这段时间里, 无论是我的校内外导师还

是公司领导和同僚，都给与了我很大的资助，我向所有帮助过我的人们致以最诚挚的谢意。

在论文达成的此刻，我要特别感谢我的导师——袁永博，本文能够圆满提交，都是受益于袁老师的悉心指导，他帮助我确定了研究方向，指导我论文编写的框架，多次对文章内容的修改提出宝贵的意见，同时也要多谢校外指导老师——邹明哲，若不是他的资助和支持，我不可能这么顺利的完成，在这里由衷的对老师们致以最深切的谢意以及敬意。

感谢 M 公司的吴总和李燕，是他们鼓励我要继续学习、增值自身、支持我论文课题在 U 盾项目中的实施实践。另外也要感谢研发中心同事和产品经理，是他们丰富的经验激发了我的灵感，感谢他们对我无私的帮助和指导。

最后感谢我的母亲和丈夫，母亲帮我照顾初生的孩子以及家庭，丈夫支持我的学习，并且在我编写论文期间给予我空间和时间，让我能够全情投入的进行，并且在我论文内容方面也给我很多建议。是家人们的背后的扶持，才让我可以有精力完成我的学业和我的论文。

## 大连理工大学学位论文版权使用授权书

本人完全了解学校有关学位论文知识产权的规定，在校攻读学位期间论文工作的知识产权属于大连理工大学，允许论文被查阅和借阅。学校有权保留论文并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印、或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

学位论文题目：基于 DSM&COCOMO II 模型的中小 IT 企业需求变更管理实践研究

作者签名：\_\_\_\_\_ 日期：\_\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

导师签名：\_\_\_\_\_ 日期：\_\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日