

CRM 软件测试质量控制过程的效率分析

窦文章¹, 胡丹²

(北京大学 软件与微电子学院 管理技术系, 北京 102600)

摘要: 统计过程控制 ((statistical process control, SPC)模型是一种质量控制方法。本文以某 CRM 跨国企业案例为例, 将 SPC 技术应用于 CRM 软件测试过程, 通过使用 SPC 技术来监控测试过程的稳定性, 分析此过程的技术满足度, 以及可能造成过程失控的归属原因。将统计过程控制技术和 CRM 软件的测试质量管理进行了的有机结合, 目的在于实现对测试过程的有效质量控制, 并提高企业的质量管理水平。

关键词: CRM; 测试过程; 统计过程控制; 质量控制

Survey on quality control for CRM software testing

Dou Wen-zhang, Hu Dan

(Dept. of Management Of Technology, School of Software and Microelectronics, Peking University, Beijing 102600, China)

Abstract: Base on previous researches, create a SPC model, and then discuss the application of the model in CRM software testing. According to control charts, verify whether the testing process is stable or not. According to Indicators of capacity processes, verify whether testing performance meets specifications or not. And analyze possible cause of instability. In the end take it as a means of measuring the effectiveness of the quality control process.

Key Words: CRM; testing process; statistical process control; quality control

统计过程控制(statistical process control, SPC)^[1]是通过使用控制图来制定过程决策和预测过程行为的一种质量控制方法。SPC 的方法最初用于生产过程, 主要监控制造业流水线的质量^[2]。随着SPC 在制造业的不断推广和切实的成效, 众多领域也相继开始使用SPC来控制产品质量, 如医药^[3]、保健^[4]、机械设备^[5]、包装^[6]、制造^[7]、航空^[8]、电子^[9]、软件开发^[10]、以及软件测试^[11]。近年来, SPC的概念逐渐被应用于软件过程中, 人们开始使用控制图来度量 and 监控软件过程的性能和能力。由于软件测试过程是软件开发过程中质量控制的关键, SPC方法也开始被应用在软件的检查 and 评审过程中^[12], 为了判定过程性能是否稳定, 如果稳定, 则在此基础上衡量过程的能力, 以达到不断地改进。

1 SPC 模型及本研究假设

国内外学者在不同领域里用控制图来判断过程的稳定性, 利用工序能力指数来分析工序对于技术要求的满足度, 利用柏拉图分析过程中的异常产生的主要原因。本文在前人的研究

¹ 窦文章 (1966 年-), 男, 山西应县, 教授, 博士, 专业方向, 企业管理, 项目管理, 应用经济学。论文通讯作者。

² 胡丹 (1980 年-), 女, 辽宁沈阳, 硕士研究生, 专业方向: IT项目管理

基础上，构建 SPC 模型，它是对统计过程控制理论的一般方法描述，其理论模型如下：

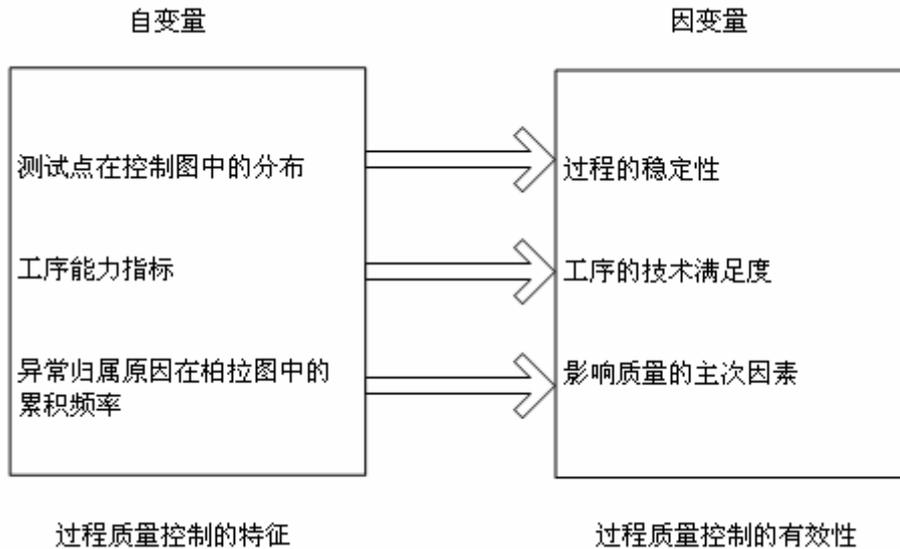


图 1 统计过程控制（SPC）模型特征及其效度

SPC模型的自变量为过程质量控制的特征，包括测试点在控制图中的分布，工序能力指标^[13]和异常归属原因在柏拉图中的累积频率^[14]。该模型的因变量为过程质量控制的有效性，包括过程的稳定性，工序的技术满足度和影响质量的主次因素。

SPC模型的基本原理是：首先，在控制图中绘制测试点的分布，利用其判异指标来判断生产过程中是否存在不稳定的因素，如果控制图中存在超出上下控制线的点或者有较大的波动的点，则说明系统处于不稳定状态或不受控制的，反之系统稳定。其次，计算工序能力指标，计算结果越大表明工序能力越满足技术要求，甚至有一定的能力储备，反之，要采取相应的改善措施^[14]。最后，当系统出现异常时，在柏拉图得到各类异常归属原因的累积频率，依据 80/20 原则确定影响质量的主要因素与次要因素。

本文尝试将 SPC 模型应用到某 CRM 软件测试质量控制中，研究命题如下：

命题 1：基于SPC模型，是否可以判定CRM软件的测试过程是稳定的。

其判定指标为：通过对控制图的分析来获得过程目前的稳定性。依据国标GB/T4091—2001《常规控制图》中的判定准则，我们可以选用以下几种测试规则判断过程中是否存在异常模式和非随机行为^[15]：

- (1) 一个点落在 A 区控制限制外；（测试点出上或下控制界限就判异）
- (2) 连续 9 个点落在中心线同一侧；
- (3) 连续 6 点递增或递减；
- (4) 连续 14 点相邻点上下交替。

命题 2：基于SPC模型，是否可以判定经过系统测试的CRM软件的工序能力满足技术要求。

其判定指标为：国标GB/T4091-2001 工序能力指数值 C_{PK} 评价标准的一般原则^[15]。

- (1) 当 $C_{PK}>1.67$ 时，表明过程能力过高，可以放宽对质量特性值波动的上、下界限

制；也可以改用精度稍差的设备，以降低成本。

- (2) 当 $1.33 < C_{PK} \leq 1.67$ 时，表明过程能力充足，是一种理想状态。
- (3) 当 $1.00 < C_{PK} \leq 1.33$ 时，表明过程能力尚可，应该注意控制，防止发生大的波动；
- (4) 在 C_{PK} 值接近 1.00 时，出不合格产品的可能性增大，此时应加强对生产线检查和产出品进行抽样检验。
- (5) 当 $C_{PK} \leq 1.00$ 时，过程能力不足，应分析原因并采取必要的措施。

命题 3：基于SPC模型，是否可以判定CRM软件缺陷的主要和次要归属原因。

其判定指标为：柏拉图遵循经济学上的 80/20 原则，即 20%来源导致 80%问题。根据累积频率在 0~80%之间的因素为主要因素的原则，可在频率为 80%处画一条水平线，在该水平线以下的折线部分对应的原因项便是主要因素^[16]。

2 数据来源及数据分析

2.1 CRM 软件测试的数据收集

我们以某跨国公司 A 收购 B 公司的 CBMB2B 产品为研究对象，CBMB2B 是企业级客户帐单管理的 CRM 软件。

待系统测试结束后，在 A 公司的 Siebel CRM 质量管理信息系统 ebiz 中收集测试结束时 CBMB2B 软件 QF2 和 QF3 版本上的缺陷数量和 CBMB2B 软件 QF3 版本上各个模块的设计测试案例的数量(如表 1 所示)。

表 1 CBMB2B 缺陷数量

CBMB2BQF2				CBMB2BQF3					
模块	缺陷	模块	缺陷	模块	缺陷	案例	模块	缺陷	案例
编号	数量	编号	数量	编号	数量	数量	编号	数量	数量
1	5	10	1	1	5	185	10	1	51
2	3	11	3	2	3	2	11	5	113
3	2	12	2	3	2	65	12	3	66
4	2	13	1	4	2	75	13	2	2
5	1	14	1	5	1	48	14	1	45
6	1	15	1	6	1	38	15	1	45
7	1	16	1	7	1	3	16	1	40
8	1	17	4	8	1	87	17	5	98
9	1			9	1	2			

(数据来源：A 公司的 ebiz 管理信息系统)

2.2 CRM 软件测试的数据分析

以 CBMB2B 软件功能模块的缺陷数目和不同版本的缺陷数目这两类数据为例，利用 SPC 模型的控制图和工序能力指数观察各自的分布形式。

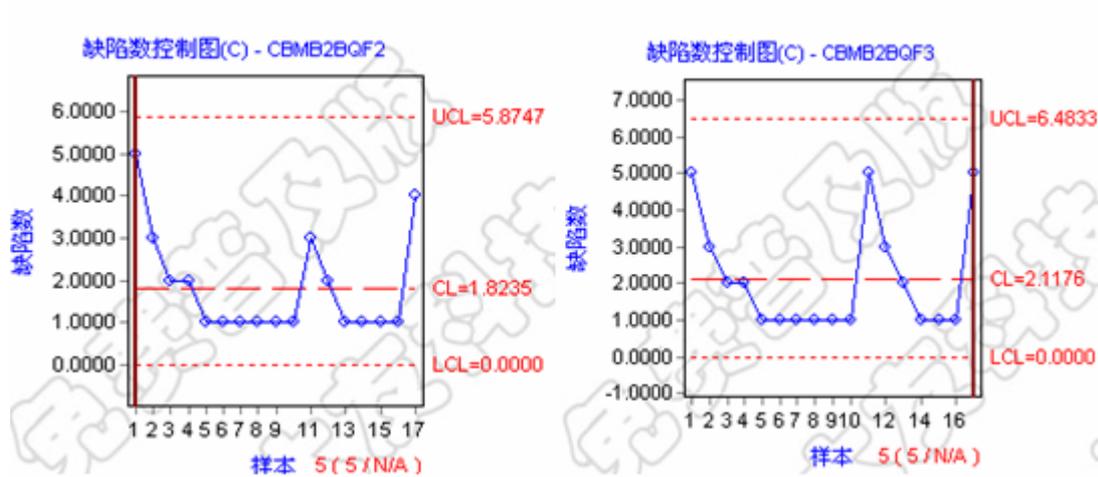


图 2 CBMB2BQF2 和 QF3 缺陷数控制图

图 2 表示我们所度量的 CBMB2BQF2 和 CBMB2BQF3 两个版本的 17 个功能模块分别对应的缺陷数目。依图并没有符合判异规则，仅发现对于新版本而言缺陷总数目在若干点上有增长趋势。

尽管缺陷数控制图没有符合判异规则，但是我们依然不能完全判定测试过程是否稳定，因此需要继续观察这两个不同版本的 17 个模块所绘制的单点值图和移动值域图。其判异规则同缺陷数控制图的判异规则。

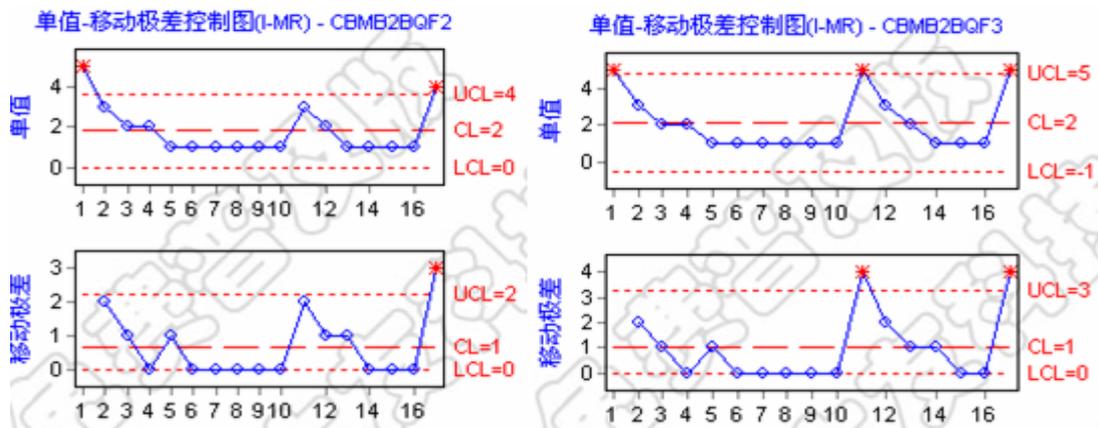


图 3 CBMB2BQF2 单值-移动级差控制图

可以看出，对于不同版本的 CBMB2B 测试过程中已经存在表现异常的点。如图 3 所示，CBMB2BQF2 产品第 1 点和第 17 点在单点值图中已经超出了控制限，这些已经显示出稳定性的信号。分析这两个点所对应的模块，其中，这 2 个点对应的模块功能不够完善，需要优化代码，因此缺陷数目明显增多；CBMB2BQF3 产品第 1 点，第 11 点和第 17 点在单点值图中已经超出了控制限，第 11 点在移动极差图中显示出了异常。分析这三个点对应的模块，其中，第 1 点和第 17 点对应模块上的缺陷并没有在新版本中被解决，导致缺陷数据未

减少；第 11 点对应的模块是 CBMB2B 产品中最主要的功能，处理逻辑相对复杂，可能会存在漏洞，随着测试人员对业务的不断理解，发现了更多潜在缺陷。

表 2 CBMB2B 模块不合格率表

模块编号	功能点	缺陷数	不合格率 (100%)
1	185	5	2.70
3	65	2	3.08
4	75	2	2.67
5	48	1	2.08
6	38	1	2.63
8	87	1	1.15
10	51	1	1.96
11	113	5	4.42
12	66	3	4.55
14	45	1	2.22
15	45	1	2.22
16	40	1	2.50
17	98	5	5.10

(数据来源：A 公司的 ebiz 管理信息系统)

将不合格率作为质量指标，利用表 2 CBMB2B 各个模块不合格率，进行工序能力分析如图 5 所示。可知，进行测试实施后的 CBMB2B 的工序能力指数为 $C_{PK}=1.08$ 。

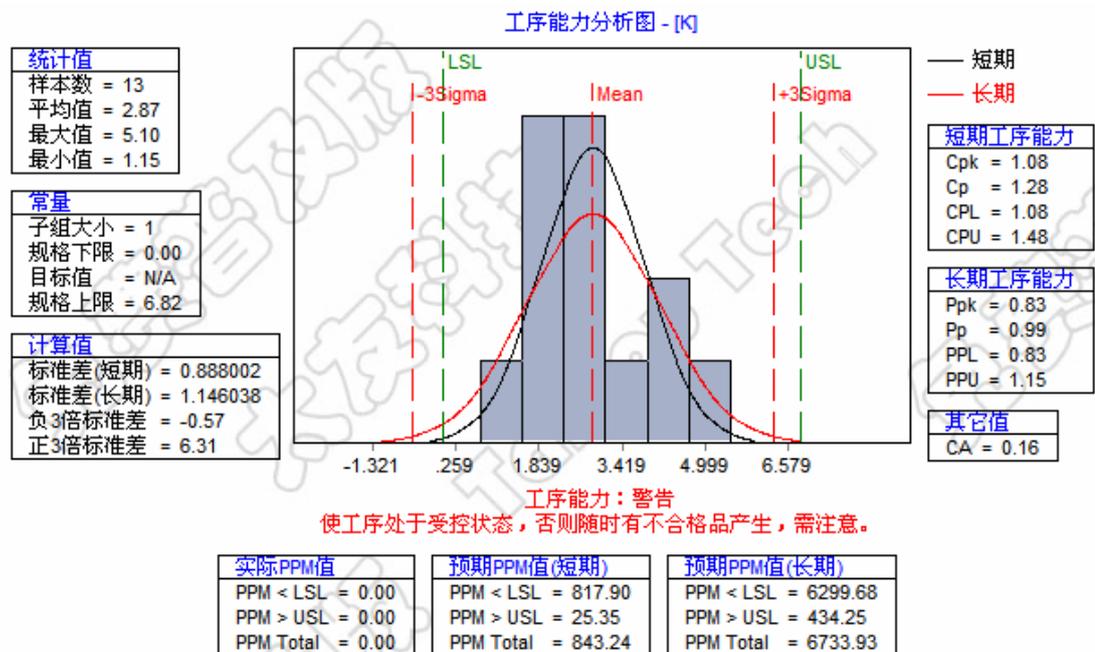


图 4 CBMB2B 产品测试实施的工序能力分析图

2.3 CRM 软件缺陷产生的原因分析

在软件测试过程中，影响测试过程不稳定的因素有多种。如带有新需求的功能模块、功能比较复杂、原有流程的修改以及测试人员的经验等。在分析影响测试过程稳定性的各种因素之前，我们先来对测试过程中发现的所有缺陷按照其不同类型进行分类，即观察每种缺陷类型的分布情况，以帮助我们更有效地识别出可归属的原因，并加以利用或排除。这里我们将缺陷的类型分为 3 种 Product Defect, Enhancement 和 Documentation Defect。

表 3 CBMB2B 缺陷分类及频率分布

CBMB2BQF2			CBMB2BQF3		
缺陷类型	数量	频率	缺陷类型	数量	频率
Product Defect	29	0.935	Product Defect	33	0.917
Enhancement	2	0.065	Enhancement	3	0.083
Documentation Defect	0	0	Documentation Defect	0	0

从表 3 中可以清楚地观察到 Product Defect 类型缺陷占有绝大多数，为了进一步了解 Product Defect 类型的缺陷产生原因，我们需要应用统计技术中的柏拉图对此主要部分缺陷的不同归属原因按级别进行排列，这样可以帮助我们判断缺陷处理的优先级，即把精力集中在哪类缺陷上。如图 5 所示。

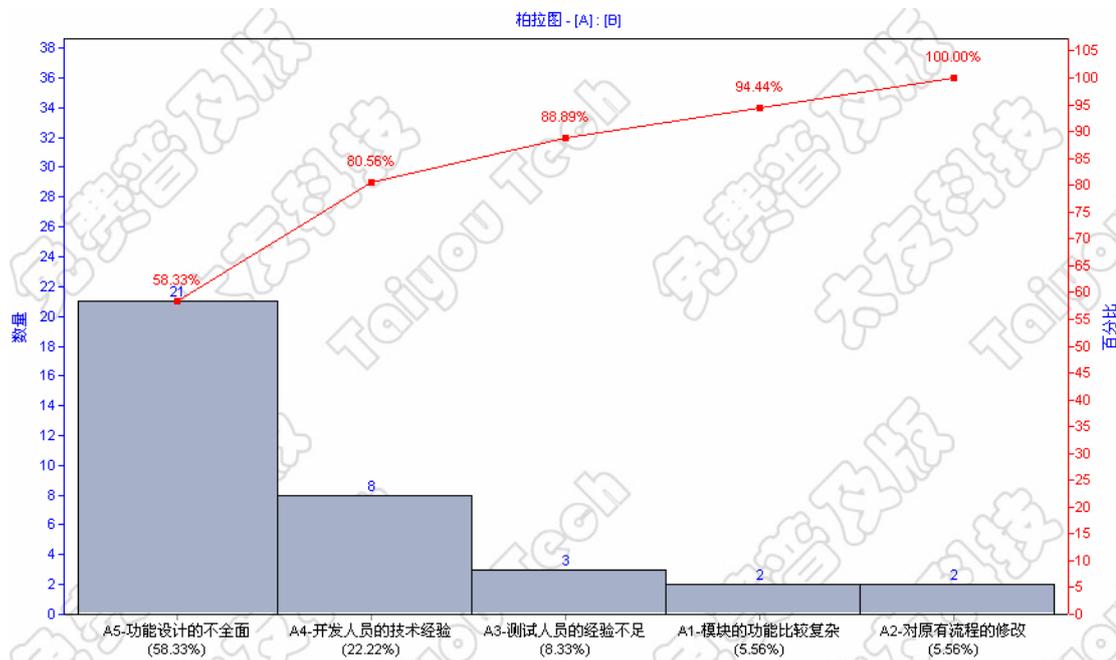


图 5 CBMB2B 柏拉图

从上面的分析我们可以看出，影响测试过程不稳定的主要原因在于一些功能设计考虑不周到而引起的缺陷，系统忽略了很多细节上的处理逻辑。具体的分析如表 4 所示。分析表明，需要我们结合缺陷的主要类型，采取有效的措施防止相应的可归属原因的出现。

表 4 影响 CBMB2B 测试不稳定的可能原因及频率分布

可归属的原因	数量	频率
A1-模块的功能比较复杂	2	0.056
A2-对原有流程的修改	2	0.056
A3-测试人员的经验不足	3	0.083
A3-开发人员的技术经验	8	0.222
A5-功能设计的不全面	21	0.583

3 结果说明

由于 CBMB2B 软件处于维护阶段，模块数固定，因此样本大小为 1，对过程标准差 σ 的估计不能仅通过缺陷控制图来描述，因此需要通过相邻两个样本间的移动极差 R_s 来进行。

表 5 CBMB2B 产品单值-极差统计表

CBMB2BQF2			CBMB2BQF3		
模块编号	单值 X	移动极差 R_s	模块编号	单值 X	移动极差 R_s
1	5	-	1	5	-
2	3	2	2	3	2
3	2	1	3	2	1
4	2	0	4	2	0
5	1	1	5	1	1
6	1	0	6	1	0
7	1	0	7	1	0
8	1	0	8	1	0
9	1	0	9	1	0
10	1	0	10	1	0
11	3	2	11	5	4
12	2	1	12	3	2
13	1	1	13	2	1
14	1	0	14	1	1
15	1	0	15	1	0
16	1	0	16	1	0
17	4	3	17	5	4

这里的单值是指 CBMB2B 产品各个模块不同版本上的缺陷数目，移动级差是指相邻模块缺陷数的差的绝对值，也即两个数据的级差。按照如下公式利用表 6 的数据计算平均值、移动极差平均值、X 图和 R_s 图的中心控制值、上控制限值和下控制限值。

移动极差 $R_{si}=|X_i-X_{i+1}|, i=1,2,\dots,n-1$

$$\text{平均移动级差 } \bar{R}_s = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} R_{si}$$

$$\bar{X} \text{ 图的控制限: } \begin{cases} CL = \bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_k}{k} \\ UCL = \bar{x} + 3 \frac{\bar{R}_s}{d_2} = \bar{x} + \frac{3}{1.128} \bar{R}_s = \bar{x} + 2.660 \bar{R}_s \\ LCL = \bar{x} - 3 \frac{\bar{R}_s}{d_2} = \bar{x} - \frac{3}{1.128} \bar{R}_s = \bar{x} - 2.660 \bar{R}_s \end{cases}$$

$$R_s \text{ 图的控制限: } \begin{cases} CL = \bar{R}_s = 1.128\sigma \\ UCL = D_4 \cdot \bar{R}_s = 3.267 \bar{R}_s \\ LCL = D_3 \cdot \bar{R}_s < 0 \quad \text{不考虑} \end{cases}$$

其计算结果与利用 Minidata 软件计算得到的值相一致，如表 6 所示，说明利用该软件来绘制单值-极差控制图是准确的。

表 6 CBMB2B 产品单值-极差图的统计值

产品版本	X 均值	Rs 均值	X 图 CL	X 图 UCL	X 图 LCL	Rs 图 CL	Rs 图 UCL	Rs 图 LCL
CBMB2BQF2	1.823529412	0.6875	2	4	0	1	2	0
CBMB2BQF3	2.117647059	1	2	5	-	1	3	0

数据分析部分的图 3 CBMB2BQF2 的单值-移动级差控制图中有两个点符合第一个判异规则，即 1 个点落在 A 区域外，而 CBMB2BQF3 的单值-移动级差控制图中有三个点符合第一个判异规则，即 1 个点落在 A 区域外，因此 CBMB2B 软件在不同版本测试阶段均存在不稳定因素。此外由图 4 可知，CBMB2B 软件的测试工序能力指数为 $C_{PK}=1.08$ ，根据国标 GB/T4091-2001 工序能力指数值评价标准的一般原则可知：当 $1.00 < C_{PK} \leq 1.33$ 时，表明过程能力尚可，技术管理能力较勉强，应该设法提高管理水平，并注意控制，防止发生大的波动，由于该工序能力指数比较接近 1，因此出现不合格产品的可能性会较大，为了实现质量的持续改进，需要加强对问题集中的模块进行质量控制抽检。观察图 5，其横坐标表示缺陷产生的可能原因，左侧纵轴表示各类可能原因导致的缺陷数，右侧纵轴表示各类可能原因的累积频率。根据累积频率在 0~80% 之间的因素为主要因素的原则，可在频率为 80% 处画一条水平线，在该水平线以下的折线部分对应的原因项便是主要因素。由此可知，CBMB2B 产品缺陷产生的主要原因是功能设计的不全面。

综上所述，设计人员应该完善产品设计，比如考虑语言转换或浏览器转换时的系统处理正确性。而开发人员应该注意代码的优化处理，增加冗余处理和非法校验，以便减低或规避产品缺陷。

4 结论和展望

本文研究结果:

1. 基于 SPC 模型,可以通过控制图来发现 CRM 软件测试过程中的不稳定因素,因此命题 1 成立。
2. 基于 SPC 模型,可以通过工序能力指标得到 CBM 产品工序能力指数 >1 并且 <1.33 ,说明其技术满足度一般,因此命题 2 成立。
3. 基于 SPC 模型,可以通过柏拉图找到 CRM 软件缺陷产生的主要归属原因,因此命题 3 成立。

根据本文的研究结论,质量保证人员可以有效地利用 SPC 模型对测试过程进行监控,并随时发现问题,提出问题,记录问题,并解决问题。他们考虑的不应该仅仅是测试产品这一环节,而应该着眼于测试的整个流程,测试计划,测试实施,测试总结等流程都可以利用 SPC 模型进行质量控制,以便监控整个流程中各个子过程的稳定性。这对于所有软件产品的测试过程的质量控制都有指导性意义。

众所周知过程统计理论已被工业、制造业广泛应用,现在它已逐渐受到被软件行业的青睐,并开始有选择地运用其技术进行质量度量。因此,越来越多的人应用此技术来研究软件测试及开发过程,本文正是在前人的研究基础上逐渐丰富起来的,此研究结果为这一领域在某种程度上提供了推动力和背景条件。尽管本文围绕过程统计理论应用于 CRM 软件产品测试过程的质量评估中进行一定范围及一定程度上的应用研究,并取得了一点小成果,但是由于时间、能力以及研究内容所限,尚有很多问题论文没有涉及,或者虽然有所涉及但尚未深入探讨,而这些问题都有待我们在未来作更进一步的研究。主要存在以下四个方面需要继续探讨。

(1) 基于 SPC 模型进行 CRM 软件更多度量元的质量控制应用研究:

本文仅以 CRM 软件的缺陷数目、缺陷类型及频率、模块的不合格率为度量元进行测试过程质量控制的探讨,利用控制图进行数据分析的方式对研究对象进行了初步验证,并对 ebiz 管理信息系统提出了一些参考建议,但是考虑到目前处于软件维护期,未对 CRM 软件产品所有度量元进行研究,比如缺陷变化率和测试代码的变化率,因此在后续研究中,将进一步关注这些度量元的变化。

(2) 基于 SPC 模型进行 CRM 软件测试中各个工序的应用研究:

质量测试管理流程中包括需求分析,测试计划,测试设计,测试实施及测试总结等

多个流程,由于目前的主要工作注重于系统测试实施阶段,所以对其他阶段研究还不足,在后续研究中,进一步关注各个阶段前后关联性。

(3) 基于 SPC 模型进行不同 CRM 软件测试质量控制的应用研究:

本文仅选择笔者所接触的 CRM 软件进行研究,并没有机会对所有 CRM 软件进行研究,以此来判断是否所有 CRM 软件都符合研究成果。笔者假想对于成熟的 CRM 软件而言,前面的研究成果应该具有共性,但是对于新研发的 CRM 软件而言,需要不断完善该模型。

(4) 基于 SPC 模型进行 CRM 软件测试过程改造的应用研究:

本文仅对 CRM 软件测试过程的质量评估进行应用研究,并没有在研究成果基础上对原有流程进行改造,因为流程改造也是一个大课题,需要花费大量的时间与精力进行研究。因此在后续的研究中,将开始思考如何对 CRM 软件测试流程进行改造。

参考文献

- [1] D Bayart, Walter Andrew Shewhart, in C C Heyde and E Seneta (eds.), *Statisticians of the Centuries* (Springer Verlag, New York, 2001), 398-401.
- [2] Wheeler D J, Chambers D S. *Understanding statistical process control* [M]. Tennessee, USA: SPC Press, 1998.
- [3] Michael J. Cleary, Ph.D., Case Study: Using np Charts To Address On-Time Medication Delivery, *iSixSigma Magazine*.
- [4] Raymond G. Carey, Lee V Roberson, Larry V. Stake, *Improving Healthcare with Control Charts*, 2003.
- [5] NIST/SEMATECH, SPC Case Study - Analyzing Different Machines, *e-Handbook of Statistical Methods*, <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>.
- [6] 刘艳秋, 时君丽, 陶学恒, 统计过程控制 (SPC) 在质量管理中的应用研究, *机电产品开发与创新*, 2008 年 01 月, 第 21 卷, 第 1 期.
- [7] 钱夕元, 荆建芬, 侯旭暹, 统计过程控制 (SPC) 及其应用研究, *计算机工程*, 2004 年 10 月, 第 30 卷, 第 19 期.
- [8] 李海宁, 统计过程控制 (SPC) 的实践, *航空标准化与质量*, 1994.02.
- [9] 李益兵, 郭顺生, 赵春阳, 统计过程控制 (SPC) 在 ERP 质量管理中的应用研究, *机电产品开发与创新*, 2007 年 12 月, 第 31 卷, 第 6 期.
- [10] Manji J F. SPC inspires global quality culture for multinational giant [M]. *Managing Automation*, 1999.
- [11] 车美儒, 杨国伟, 勾朗, 姜楠, 应用统计过程控制监控软件测试过程, *计算机工程与设计*, 2008 年 2 月, 第 29 卷, 第 3 期.
- [12] Ebenau R G. Predictive quality control with software inspections [M]. *Crosstalk*, 2004.
- [13] 张公绪, 孙静, *质量工程师手册*, 企业管理出版社, 2005

- [14] 张公绪, 两种质量诊断理论及其应用, 北京: 科学出版社, 2001
- [15] 孙静, 最新国家标准 GB/T4091-2001 《常规控制图》理解与实施, 中国标准出版社, 2002
- [16] Goble, Joann (1987). "A Systematic Approach to Implementing SPC," 1987 ASQC Quality Congress Transactions, pp.154-164.