

# 软件开发活动的基本控制结构的研究

何克清

(武汉大学软件工程国家重点实验室, 武汉 430072)

## RESEARCH ON CONTROL STRUCTURE OF SOFTWARE PROCESS

He Keqing

(National Software Engineering Laboratory, Wuhan University, 430072)

**Abstract** In this paper, with the view that software process (SP) is a software too, we first discuss notations of its control and data structures. Through analysing the process model and its macrostructure, we present the construction principles of process model and three kinds of elementary control structures, i. e., regular structure, backtrack structure and parallel structure; On the basis of the above, we analyse the complexity of SP and discuss the completeness of expression. Finally we show some instances of control structures and control flows through describing activities during SP and activities in JSD methodology.

**摘要** 本文依据软件开发过程是软件的观点,首先讨论了它的控制结构与数据结构的含义;通过对其宏观结构的分析,给出了软件开发活动的三种基本控制结构,即正则结构、回溯结构、并行结构;在此基础上,讨论了它的控制的复杂度和描述的完备性问题;最后,给出了实例。

### § 1. 引言

软件工程研究的目的是提高软件生产力,保证软件质量. 为了在根本上解决这一问题,我们应该深入地分析软件开发过程 SP (Software Process) 本身. SP 是指软件开发人员的一组活动、方法、中间产物和产物、实践的集合. SP 研究包括 SPM (Software Process Model) 研究, 形式化描述方法及语言研究, SP 评价与控制的研究等. 通过对 SP 的评价与控制, 有效地支持软件开发, 大幅度地提高软件生产力和质量.

本文根据 SP 是软件<sup>[1]</sup>这一观点,探讨了软件开发活动的控制结构. 首先分析了 SP 的特点和宏观活动的结构;然后给出了活动的构造原理及其三种控制结构(正则结构、回溯结构、并行结构);还讨论了它的完备性与复杂度问题,最后给出了实例.

本文 1990 年 9 月 10 日收到, 1991 年 1 月 9 日定稿. 本研究得到国家八六三高技术计划资助. 作者何克清, 教授, 软件工程国家重点实验室主任, 主要研究领域为软件工程学(方法论、工具、环境).

### § 2. SP 的特点

SP 是软件<sup>[1]</sup>，和一般软件一样，具有自己的控制结构与数据结构。

#### (1) SP 的控制结构

SP 的控制结构是软件开发活动的结构，它包括：软件开发方法、步骤、规程的活动，程序构造活动(版本控制、配置、长事务处理(Long trans.)、程序综合与变换等)，程序估测、评价活动，设计审查与规则、经验性活动等的结构。显然，SP 的控制结构不同于传统程序设计意义下的控制结构，它往往具有交互式的、间断的，借助审查、规则与经验来连续的特点，还具有进化性、变更性特点，而且形式化描述以及评价与计测困难。

宏观上看，软件开发过程可以划分为如图 1 所示三种结构，即概念结构，规格结构，程序结构。所谓概念结构是用户自身或设计者定义用户需求及其背景的现实世界的结构，即定义“**What**”的结构；“规格结构”(Specification framework)是用户世界的概念结构向计算机世界规格化转换所得到的结构，也是“**What**”变为“**how**”的结构；程序结构与传统的程序结构相同。图 1 中步骤①完成用户需求定义，即 **What** 的定义，形成相应的概念结构。在标准概念结构的支撑下完成系统概念的定义；步骤②完成系统概念结构到规格结构的转变，在标准规格结构的支撑下完成系统规格的定义，即 **how** 定义；步骤③完成系统规格结构到程序结构的转变，在标准程序部件库的支撑下，实现程序系统；步骤④为传统的程序测试、评价作业活动。宏观上，SP 是步骤①→②→③→④不断循环的过程。

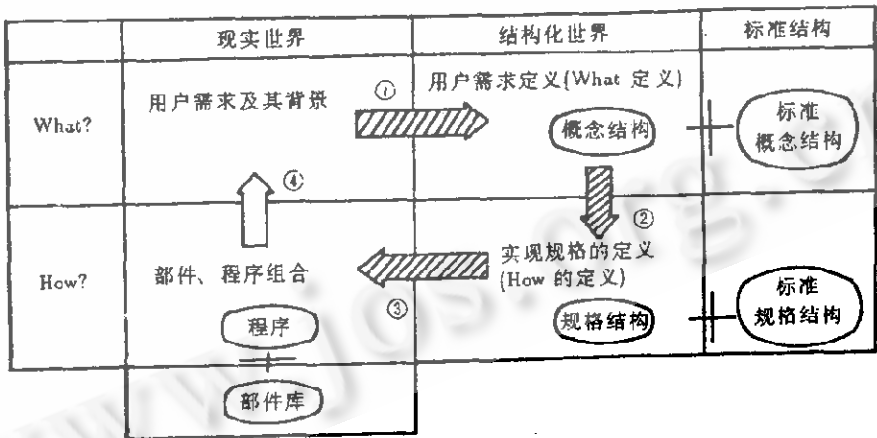


图 1

SP 活动的控制结构研究应注重概念结构、规格结构、程序结构的构造活动及其之间的转换作业活动的研究。

#### (2) SP 活动的构造

SP 活动的构造原则具有如下特点：

①抽象与细化 这是 SP 构造的基本原则。从整体上看，SP 是一个连续的抽象化与细化的过程以及“**What**”与“**how**”之间的转变过程。不同层次的作业有着不同的抽象与细化的对象

以及不同的“*What*”与“*how*”的内容,如设计作业中的分析(抽象化)与综合(细化);测试作业中分析程序与规格说明的一致性(抽象)与设置测试 CASE(细化)等等。

②约束(Constraint) SP 活动之间存在着宏观及微观的约束,如层次间约束及语义一致性约束、属性约束、继承约束等。

③反馈(feedback) SP 活动是不断重复循环的,如开发活动中的制作、复核、试行等。

SP 中的每一个活动 A 都由如下三部分组成:即 precondition, A(action), postcondition. 所谓启动活动是满足其前置条件;所谓活动的成功与失败是对其终置条件的评价与判断;条件可以由 message 表示,也可以由子活动表示。

### § 3. SP 活动的基本控制结构

本节提出 SP 活动的三种基本控制结构:正则(regular)结构,回溯结构,并行结构。

1) 正则结构<sup>[1]</sup>:正则结构是表示层次构造的结构,它包括 3 个子结构:集合 $\otimes$ 、直积 $\otimes$ 、直和 $\oplus$ 。

• 集合结构:表示具有相同性质的多个元素的集合所构成的结构。如:

程序测试 = ((模块测试(标准,代码,CASE)) $\otimes$ )

系统分割 = ((子系统分割) $\otimes$ ) = (((模块分割) $\otimes$ ) $\otimes$ )

• 直积(direct product)结构:表示同类中具有不相同性质的元素所组成的结构。如:

质量功能展开 = 要求质量展开 $\otimes$ 质量特性展开 $\otimes$ 设计质量的设计 $\otimes$ 工程设计的实施 $\otimes$ 决定工程管理方法。

• 直和(discriminative union)结构:表示具有互斥性质的元素所组成的结构。如:

数据类型 = 一般数据类型 $\oplus$ 抽象数据类型

2) 回溯结构(backtrack framework)<sup>[3]</sup>:回溯结构是 SP 区别于程序设计过程的一种特殊控制结构,它包括:范围回溯结构;并行回溯结构;选择回溯结构。

• 范围回溯结构:在开发活动中,我们需要指定某个活动序列在某个活动失败时重复执行。为此,我们引进范围回溯(循环回溯)的控制结构。如图 2(a)所示,在范围“[ ]”内, $R_i(i: 2 \sim n)$ 活动失败时回溯到  $R_1$  重复执行。回溯 a 称为范围循环回溯。回溯 b 指范围后的 S 或 S 以后的活动失败后回溯到 Q 前的分歧点,  $R_1$  失败后也回溯到 Q 前的分歧点。

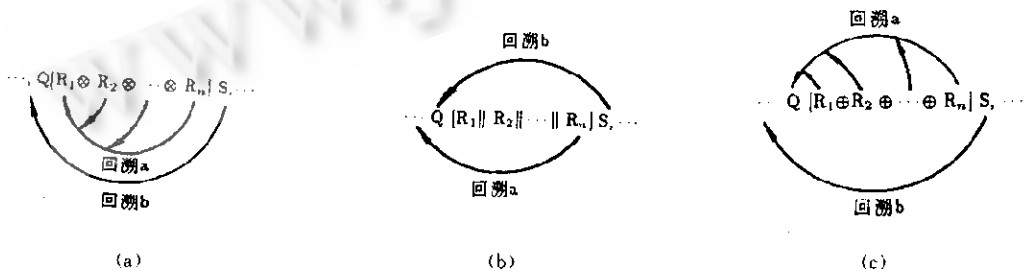


图 2

• 并行回溯结构:在一个软件开发组织中,很多活动或子活动是可以并行执行的。我们用

“[ ]”指示并行活动的范围,用“||”表示并行,如图 2(b)所示. 回溯 a 表示  $R_i(i: 1 \sim n)$  并行执行时,当  $R_i$  中有一个失败时,则停止所有  $R_i$  并回溯到 Q 前的分歧点;只有当所有  $R_i$  成功,则不回溯,控制转向“]”之后的 S. 回溯 b 与范围回溯中的相同.

· 选择回溯结构,SP 中,一些活动是由一定条件选择执行的,我们以“[ ]”指示这些活动的范围,用“ $\oplus$ ”表示选择关联,如图 2(C)所示. 在[ ]范围内,活动  $R_i(i: 1 \sim n)$  全部失败时回溯控制转到 Q 以前的分歧点,反之,只要有一个  $R_i$  成功,则转向 S. 回溯 b 与并行回溯中的相同.

多视点回溯是选择回溯的一种.

### 3) 并行结构<sup>[3]</sup>

并行活动是 SP 中常见的行为,如程序 A 和程序 B 之间的并行编码活动;模块 1 和模块 2 的同时审查等.SP 活动间的并行用符号“||”表示. 利用并行控制结构构成控制流时关键在于活动间的通讯. 根据通讯控制方式的不同,还可以进一步细分为同步并行结构和异步并行结构. 由于篇幅所限,这里不详细讨论.

## § 4. SP 的构造复杂度和完备性

本节利用 McCabe 指标<sup>[4]</sup>来评价 SP 构造的复杂度. 该指标以程序的基本路径数  $V(G)$  来衡量程序的构造复杂度. 这里,我们视 SP 为有向图,结点表示活动,箭头表示活动间的关联,  $V(G)$  表示其基本路径数,即构造复杂度. SP 的有向图的 Cyclomatic number  $V(G)$  为:  $V(G) = e - n + 2P$ , 其中  $e$  表示控制流边数,  $n$  表示结点数,  $P$  表示可分离的独立子图数. 如图 3 所示 sp 的构造复杂度为  $2n$ .

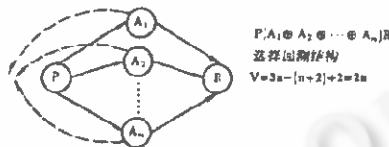


图 3 SP 的  $V(G)$  计算例子

利用 SP 活动的三种基本控制结构是否可以构造任何一种 SP? 作者认为对于任何一种正常的(非 SP 本身的人为原因而废弃、停止的)SP, 都可以用本文提出的三种基本控制结构组合地构造, 因而是完备的. 当然还必须给出严密地证明.

### 例 1: JSD 方法高层活动的描述<sup>[3]</sup>

设: ent  $\otimes$  act; entity  $\otimes$  action step

Struct : entity structure step

model : initial model step

inder : interactive function step

info : information function step

time : system timing step

impl : implementation step

则:JSD=[[ent ⊗ act] ⊗ struct] ⊗ model] ⊗ [inter || info] ⊗ time ⊗ impl

例 2:程序员活动<sup>[3]</sup>

[[[模块功能细化(结构规格,I/O) ⊗ [[模块过程描述(模块宗卷,I/O) ⊗ 模块接口描述(I/O,规格)] ⊗ 写模块宗卷(规格,I/O) ⊗ 评审(文档,卷宗)]] ⊗ [编码(模块宗卷,I/O) ⊗ 编辑(规格,代码) ⊗ 编译(代码,目标程序) ⊗ 排错(代码,错误表) ⊗ 运行(目标程序,I/O)]]] ⊗ (测试(标准,代码,CASE)⊗).

## § 5. 结束语

本文给出了 SP 活动的三种基本控制结构,讨论了 SP 活动构造的复杂度和完备性问题。目前,已利用该控制结构描述了大量 SP 活动实例,证明了其正确性、有效性,当然,还必须给出形式化描述和证明,并研究其形式化描述语言和 SP 活动的评价与控制等。这将是今后研究的课题。本研究是在武汉大学软件工程国家重点实验室进行的。

## 参考文献

- [1]L. Osterweil 87) Software Process are Software too. Proc. of the 9th-ICSE, USA, 1987.
- [2]片岡雅亮“ソフトウェア・モデリング”,日本科技连,1988.
- [3]何克清,金明源,“软件开发知识的表示与利用语言 SOKM/L 的研究”,计算机科学, No. 6, 1989.
- [4]McCabe, T. J, A Complexity Measure IEEE Trans. Software Engineering SE-2, 308-320, 1976.

## 第五届全国 CAD/CAM 学术会议 (CAD/CAM'93)征文通知

由中国电子学会计算机工程及应用学会 CAD/CAM 学组主办的第五届全国 CAD/CAM 学术会议(CAD/CAM'93),将于 1993 年 10 月中旬在重庆·岳阳召开。同时举办计算机图形工作站和 CAD 系统等小型展示会。现将会议事项通知如下:

### 一、会议征文

**征文范围:**计算机图形学、计算机辅助几何设计、计算几何,电子 CAD、机械 CAD、交通 CAD、轻工 CAD 等,工程数据库、知识库,智能 CAD,人机交互技术、图视化技术、多媒体技术,CAD/CAM/CAE 技术和应用。

**征文截止日期:**1993 年 3 月 31 日,论文录用通知日期:1993 年 4 月 30 日,符合印刷要求的论文交稿日期:1993 年 6 月 15 日。

论文请寄:200135 上海海运学院计算机系 包金凤 女士 收

注,提交会议的论文应是在全国性专业期刊和学术会议上发表过的。凡是录取的论文将收入出版社发行的“第五届全国 CAD/CAM 学术会议论文集”,优秀论文将同时在“计算机辅助工程”上发表。

### 二、展示会

本届会议将同时举办计算机图形工作站、CAD/CAM 与图形软、硬件环境等最新产品展示会。有意报名参展的公司、厂商和研究单位尽早与上海海运学院计算机系联系。

第五届全国 CAD/CAM 学术会议联系地址:200135 上海海运学院计算机系 吴伟英、郑国平,电话:8855200 转 2800