

国内外软件工程发展

查 良 钊

(软件研究所)

一、软件工程的目标

自 1968 年北约组织的技术委员会正式提出“软件工程”以来,经过 20 年,软件工程已成为一门迅速发展、内容极其广泛的综合性学科。

软件工程是一门研究软件开发和维护过程中所使用的原则、技术和方法的学科。从学术观点看,软件工程要以软件开发和维护为出发点,总结规律,建立科学概念,制定软件生产的规范,逐步形成理论体系;从实践观点看,软件工程要以理论为指导,按照一定的原则和方法进行工业化的软件生产。软件工程的学术观点和实践观点,形成了软件工程研究的两个不同的侧面。

软件工程的主要目标是:

1. 把“类工程”概念引入软件开发过程。
2. 改进软件产品的开发过程。
3. 改进软件产品的质量。
4. 提供解决复杂问题的一种手段。
5. 减少软件评价的费用。

总之,软件工程的最终目标是提高软件的生产率,降低软件的生产成本,改进软件的质量,增加软件的可靠性。为了达到此目标,必须使软件方法论、软件工具和软件管理三方面有机地结合起来。

二、软件工程的发展历史

(一) 软件工程形成的初始阶段 (1968—1975.8)

此阶段主要提出和探讨软件工程及当时软件开发中存在的问题并通过使用单个方法和工具以及改善组织管理手段加以解决。该阶段的主要工作如下:

1. 调查、分析软件开发中存在的问题。
2. 统计、分析程序设计及程序出错的类型。
3. 研制软件测试方法与工具。
4. 提出改进软件质量的方法。
5. 提出软件生产化的必要性与设想。

6. 数据的抽象化和方式。
7. 研究程序实现的技巧与措施。
8. 提出图形表示法程序设计概念与方法。
9. 提出容错设计的概念。
10. 建立了一些著名的编程方法, 自顶向下设计、结构化设计、可靠性软件设计等。

(二) 软件工程学形成阶段 (1975.9—1980)

此阶段确定了软件工程学的涵义, 形成了软件工程学的体系, 建立了软件工程化实用技术, 出现了以方法论、工具系统和自动化管理手段相结合的现代化的软件开发环境, 使软件工程进入了一个新的发展阶段。该阶段的主要工作如下:

1. 提出了软件工程学的整体概念。
2. 提出了“软件生存周期”的概念。
3. 提出了软件工程的阶段分配及成本估算的概念与方法。
4. 确立了软件要求和定义工程学。
5. 提出了软件维护的重要性及其在软件生存期中的地位。
6. 研究软件设计的支撑工具。
7. 研究软件的性能评价方法。
8. 开发数据库和网络程序。
9. 提出程序设计方法论。
10. 提出软件设计工程学。
11. 研究程序综合与转换技术。
12. 强调软件工程化教育。
13. 研究以微处理器为基础的软件工程学。
14. 提出软件开发的工程化标准。

(三) 软件工程化技术运用与研究阶段 (1981 年至今)

此阶段注意软件开发的工程化技术实施, 研究了各种工具与环境的利用, 实行了作业开发的规范化并使软件产品商业化。重点研究软件开发的 CAD 智能技术、正确性分析与推理方法、软件生产自动化技术以及软件工程的自动化、智能化方法与技术。该阶段的主要工作如下:

1. 确立并实行软件开发工程化标准。
2. 研究开发分布式处理与并行处理软件。
3. 研究软件设计方法论的评价方法。
4. 研究程序自动生成技术和软件可重用技术。
5. 软件 CAD 技术研究与实施。
6. 软件设计智能化系统的开发。
7. 软件自动设计和验证。
8. 研究软件设计支撑环境和工具。

9. 软件正确性验证的研究。

10. 程序优化、交叉、自动转换技术研究。

今后几年, 软件工年的发展仍主要以研究与开发覆盖整个生存期的方法论和软件开发环境为主。但因为目前国外的软件生产普遍存在着质量低劣、不灵活、严重超时和超成本现象(一般认为国外软件工程实践比软件工学研究大约落后 10 年)。所以, 为了实现远景目标, 还必须要要在技术方面多下些功夫。

三、主要发达国家发展软件工的计划

鉴于软件工在计算机方面, 以至在整个现代科技领域中的重要地位日益明显, 近年来, 世界上一些主要发达国家纷纷制定计划, 建立专门机构, 并拨出巨款, 竞相开展软件工研究。这些计划的核心是首先发展软件工支撑环境, 并以此为基础, 向高度集成化、智能化的软件工支撑环境发展。下面重点介绍这些计划:

1. 美国国防部的 STARS 工计划(可适应各种环境的可靠系统的软件技术计划): 由美国国防部组织制订, 又称嵌入式软件开创计划。研究时间为 1982—1990 年。总投资 2.5 亿美元。研究重点是加强示范性软件工具; 技术的开发和教育计划; 进行人工智能、知识系统和高级系统结构研究; 开发软件自动生成、软件可重用性和软件可移性等技术。

该计划的主要措施之一, 是建立软件工研究所, 主要负责对新技术的试用、评价和推广。

2. 美国国防部的战略计算计划: 研究时间为 1984—1994 年。总投资 7.5 亿美元(含硬软件)。研究重点是多并行处理软件、人工智能和专家系统。

3. 美国 NASA (国家航空和航天局)的空间站计划: 研究时间为 1984—1994 年。总投资 80 亿美元(含硬软件)。研究重点是网络操作系统、软件工具和开发环境。

4. 美国 SDI 计划(战略防御倡议, 或称星球大战计划): 研究时间为 1984—1989 年(第一阶段)。总投资为 250 亿美元。重点有五个研究计划(其中软件含在系统结构/作战管理计划中)。

5. 日本 Sigma 计划(软件生产工业化系统计划): 研究时间为 1985—1989 年。总投资 250 亿日元。该计划以提供软件开发工具为主要目的, 建立以电子信息处理、电子邮件、电子电文、电子会议和办公室自动化等最新信息技术为支撑的程序开发环境。

6. 英国的 Alvey 计划(英国的高级信息技术计划): 研究时间为 1982—1990 年。总投资 1.14 亿美元。研究重点: 集成化项目支撑环境、智能知识库系统、人机接口和超大规模集成电路。

7. 欧洲共同体的 ESPRIT 计划(欧洲信息技术研究与发展战略计划): 研究时间为 1984—1994 年。研究重点是软件工技术、集成化软件环境和人工智能。

8. 欧洲尤里卡计划: 研究时间为 1985—1990 年。研究重点是人工智能、专家系统和计算机信息网络。建立欧洲软件工中心是该计划的重要措施之一。

四、发达国家软件发展现状和趋势

80 年代软件工程的兴起与软件工具和软件开发环境的研究,提高了软件开发的效率,支持软件生存期模型的软件开发环境也进入了实用化阶段。

软件开发环境,软件工具是软件工程发展的重要基础,也是关键性、综合性研究课题。软件工程建立在方法论和工具两根台柱上,二者关系非常密切。

下面分别叙述一下发达国家软件发展现状及趋势:

(一) 软件开发模式与方法论的现状和趋势

当前,各发达国家软件开发模式与方法论的发展现状是:

1. 目前所使用的开发模式仍以瀑布 (Waterfall) 模型为主,只是开发阶段的划分不同。一些大公司都有严格的规范和标准。

2. 通过引进新型语言进行开发,如用函数式程序设计或逻辑式程序语言,它们是陈述性语言,其特点是:数学可追踪、可用数学的严密性、精确性改善程序设计精确性和生产率;指明应计算哪个值,而不是组织计算过程;不要求精确的求值顺序,可进行并行求值。

3. 使用面向对象的程序设计方法,该方法适用于大程序的设计,具有外封闭、数据隐藏、过程在对象内部等特点,可提高程序的安全性。

4. 快速原型技术开始盛行,主要应用在事务数据处理和数据库中。

目前存在的主要问题是:

1. 缺乏严格的理论基础。

2. 对软件结构研究停留在功能模块这一概念上。

3. 缺乏简明有力的软件工具或语言的支持。

今后的发展趋势是:

1. 注重对软件开发基础科学的理论研究。

2. 逐步将行之有效的办法进一步推广使用,形成覆盖生存期全过程的方法论。

3. 方法论与工具系统紧密结合,逐步形成现代化的软件开发环境。

4. 进一步重视和发展作为软件工程“第三代技术”的需求说明技术。

5. 进一步深入了解和研究软件研制过程的本质,以探索和创造研制软件的新方法。

(二) 软件工具的现状和发展趋势

1. 近几年软件工具发展日趋成熟,涉及到需求分析、设计、管理快速原型等方法和对成熟的软件开发方法如 Yourdow、Jackson 方法等的支持工具。这些工具的特点是:具有良好的用户界面;采用了 bit-map 图形终端加鼠标器以及多窗口菜单等技术;一系列人机交互设施,大大提高软件可视性,方便用户使用,如 IBM/PC 上的 MS-Windows、Codeview Xerox 公司的 Smaltalk-80、Sun 公司的 Sunview 等。设计工具采用了语法制导的输入技术并支持多种语言。

2. 从单个工具出发,向多个工具集成化方向发展,即开发能支持软件生存期各阶段开发系

统进而发展成为整体化软件开发环境。如把编辑、翻译、运行结合为一体,例如: Interlisp 系统; Turbo Prolog 系统; Lotus-1-2-3 将电子表格软件的表格处理、统计图形和数据库管理合为一体,成为统一工具。

3. 商业数据处理用的一类工具,如数据库设计工具,快速成形工具等日趋成熟。

4. 软件工具正向商品化发展。软件工具的开发,已由一些大公司的专用系统发展为在小型机、高档微机以及个人计算机上建立个人工作站开发系统,并作为商品推向市场,如文字处理、电子表格软件、图形支撑软件等。

5. 新技术不断用于软件工具,如 AI (人工智能)技术、交互图形技术、网络技术、形式化描述技术等。

6. 大部分工具和环境建立在微机上,也有一部分建立在 VAX 和 PDP 小型机上,各类工具和系统售价在 1 万—4 万美元之间。

(三) 软件开发环境的现状和发展趋势

软件工程环境发展可分为三代: 第一代以工具集合为特征,工具间的联系直接通过操作系统支持;第二代以基于数据库的集成为特征,具有较强的集成性和较好的用户界面;第三代则以知识库为特征,各工具大多使用人工智能技术。估计本世纪 90 年代中期用于支持中小规模软件开发的基于人工智能技术的软件工程环境将会达到实用阶段。到 21 世纪初,用于支持各种规模软件开发的基于人工智能技术的软件工程环境将被广泛应用。

现在,软件开发环境日趋成熟,下面介绍国际上几个发展的典型:

1. 美国的 Gandalf (甘道夫)系统。

Carnegie-Mellon (卡内基·梅隆)大学在 Nico Habermann 教授领导下于 1987 年开始进行此项工作,目标是建立“甘道夫软件开发环境”。主要有四个研究领域: 项目管理、版本控制、增量式程序设计、环境的自动生成。1984 年已完成初始阶段任务,下一阶段任务是: 用高质量图形终端显示和图形定位装置改善人机接口; 扩大所支持项目的规模并从分时系统向分布式系统发展。

2. 英国的 GENOS 环境

英国 GEC 公司开发的软件产品,目标是为宿主机软件系统和宿主/目标软件系统提供支持整个生存期的工具,并提供三种把工具集成到环境中去的方法,即: 直接调用加入、目标码加入、源码级加入。工具包括: 项目管理、配置管理、系统设计、程序开发与测试、质量保证和文档支持。这些工具未全部完成,但环境管理工具包以及工具集成工具包已在市场上出售。

3. 法国的 PCTE 与 EMERAVDE

PCTE 是由法国的 BULL 公司领导的欧洲联合开发项目,用于构造现代化软件工程环境的基础。该环境从 1983 年底开始,计划 4 年完成,1986 年已提前完成并公布了 PCTE 标准文本,定义了工具内部标准和用户与系统接口的标准。参加者有英国的 GEC、ICL 公司,西德 NIXDORF、SIEMENS 公司,意大利的 OLIVETTI 公司。

EMERAVDE 是由法国的 BULL 等三家公司联合开发的一个基本软件开发环境。本质上,EMERAVDE 是 PCTE 的实现和增强,其目标是为集成工具提供基础。EMERAVDE 已于 1987 年 7 月宣布商业化版本。

以上这些开发环境的共同特点是:建立在 VNIIX 系统上;基本上是开放式的、分布式的;由几家公司联合攻关完成。

在软件开发环境方面,水平最高的是美国,虽然日本、法国和德国相继研制了一些有实用价值的软件开发环境,但技术水平上与美国有差距。

美国除了通过改进软件环境来改善软件开发技术的现状外,还对美国的软件开发项目进行了有效组织管理及合法保护,并通过制订输出控制和鼓励与限制等项政策来保护本国软件工业发展的根本利益。

日本强调集成工具集和工业使用的人工智能技术,强调从整个公司而不是在单个项目上最合理地利用资源。工具的开发与使用在日本更为普遍,但通常使用的是美国和欧洲开发的一些技术,并强调实用工具。

(四) 软件工程发展总趋势及需要重视的技术

1. 要想将软件方法学、开发技术以及各种开发工具和管理工具有机地结合为集成化软件开发环境,就必须集成为一致的用户接口。应提供丰富的工具群,并以综合、一致、整体的方式支持软件的开发,从而支持软件整个生存期全部活动。要努力实现环境的综合性(即:环境的每一部分都了解其余部分,允许各部分互相影响和合作)、一致性(即:环境遵循一致的方法,对外具有形式一致的界面)、整体性(即:环境连贯地支持整个开发过程,对系统的任何部分都可操作并保持信息的和谐完整)。

2. 使用软件可重用性和软件自动生成技术是增加软件产量和提高质量的最有效方法。

软件可重用性包括在源程序级和目标程序级上重用。要达到可重用性,必须处理好四个基本问题:寻找所期望的重用成分、理解所找到的成分、根据需要修改成分、把有关成分恰当地合成为一个适用的软件系统。

可重用程序库将会与可执行的规范语言和快速模型化工具融为一体,合成为一种自动化的软件开发环境,使各个阶段的文档之间能自动或半自动地变换和跟踪。

软件自动生成技术是研究能否将规范定义自动转换成程序的工具。

3. 软件工程需要人工智能技术,二者必须紧密结合,促进软件产品的智能化。将人工智能用于软件工程,逐步实现软件的智能化、自动化、集成化。在软件工程环境中将包含专家系统和支持开发专家系统的环境。90 年代以知识工程为支撑技术的软件开发知识处理系统的研究将成为软件工程学的主要研究课题之一。该研究的主要方向是软件工程的知识表示、利用和获取,具体包括:规格说明语言研究、程序设计知识的整理、控制搜索技术的研究、系统部件间的接口与交互模型。

4. 严格的逻辑的数学规范说明与形式方法相结合,已成为软件工程的主流。根本解决软件生产率问题的途径在于工程化与形式化的有机结合,在软件生产过程中尽量摆脱人工干预,实现软件生产的自动化。

5. 软件工程要与计算机体系结构和超大规模集成电路设计相结合,并发展辅助硬件设计的“硬件描述语言”和供可视程序设计和模拟使用的绘图工具,广泛应用交互式图形技术,以促进计算机体系结构变革。

6. 软件工程与管理工程、心理学、社会学、经济学等相结合,促进软件产业发展。

总的来讲,软件工程支撑环境,将从目前的支持单一语言、面向特定的研制方法或单纯的软件工具组合向着更加综合、更为全面的方向发展;图形将作为进行需求分析、设计、测试和管理的重要工具;可重用程序库将与可执行的规范语言和快速模型化工具融合为一种自动化、智能化、集成化软件开发环境。

90 年代的软件工程, 将会在开发实用的软件产品、开发大型的复杂软件以及建造集成化的软件系统三方面取得有意义的突破。实用化、大型化与集成化是要达到的主要目标。

五、我国软件工程发展水平和差距

我国软件技术与国外先进水平差距约 20 年左右, 目前水平大体上相当于美国 70 年代初期水平。从软件工程总体角度看, 我国目前处于萌芽或初期阶段。软件工程的研究严重脱离软件开发的实际。

但近年来,我国在软件工程环境的研究与开发的某些方面还是取得了一些进展,达到了一定水平,其中有些研究工作甚至达到了国外 80 年代水平,并且有些工作成果已接近于软件产品。现例举如下:

1. 中国科学院软件所唐稚松教授领导研制的 XYZ 系统是一种适应多种程序设计方式的统一化软件开发环境。一期工程已于 1986 年 5 月通过了院级技术鉴定。

2. 北京大学计算机科学系杨芙清教授领导研制的 B-85 系统是具有综合特征的软件工程核心支撑环境。1985 年 11 月通过电子工业部技术鉴定。

3. 在国家科委及中软技术开发中心领导下,由高校、科学院等 9 个单位协作研制的 C 软件工程环境,立足于 UNIX 操作系统,以 C 语言为工作语言构成微机软件工程环境,其中一批软件已于 1987 年鉴定。

4. 西北大学郝克刚教授研制的“一个实用的软件分析与设计支持环境”,称为“设计结构编辑系统”,包括 7 个不同的软件工具,用以支持软件开发中需求分析、概要设计和详细设计活动。

5. 在增量式程序设计环境方面也做了不少工作: 如船舶工业总公司的武汉数字工程研究所在 Intel-310 机上实现的增量式程序设计环境 IP/PL/M 系统; 同济大学叶大兴副教授提出的增量式自动语法分析算法; 上海交通大学建造的面向 C 语言的程序设计支持环境 CPSE 等。

因硬件机种不同难于移植,再加上工具开发成本高,故我国自行开发的软件工具不多,许多工具仍停留在实验阶段,未形成产品。尽管如此,经过近年来的不断努力还是取得了一些成绩,开发了部分有成效的工具,如:

1. 北京理工大学和中国科学院软件所研制的“Micro PSL/PSA”系统在 IBM PC/XT 上已实现。将 PSL/PSA 需求分析系统裁剪在 PC 上也已实现。

2. 北京大学研制的“数据流图工具”已与“软件信息库”集成在一起。

六、几点建议

鉴于我国软件功能不强,质量欠佳,生产率低的现状,建议做好以下工作:

1. 提高主管部门和有关人员对于软件、软件工程重要性的认识,制定计划和决策时对软件应给予必要的投资和支持。

2. 我国软件队伍,人员老化,青黄不接,为此必须重视与抓紧软件人才的培养。

3. 加强软件工程研究和重视探索软件新兴技术,包括集成化技术、智能化技术、自动化技术。

4. 筹建软件工厂,发展软件产业。除开发软件外,还需进行试用、改进、定型产品等工作,这样才能生产出定型的、规格稳定的产品,才能形成真正的软件生产。

5. 加强各软件开发单位的协调;健全和发展我国软件行业的学术团体;建立国家级的软件基础技术研究中心。

6. 大力推广计算机应用。

今后,在各级领导的支持和关怀下,加强主管部门对软件工程研究与开发的领导,制定切实可行的规划;保证足够的科研经费,国家拨发的经费统一掌管,合理使用;重视对从事软件工程的人才培养、人才交流、人才保护,相信我国会逐步赶上世界发达国家软件发展水平。