

932292

高等学校教材

过程控制计算机软件基础



东南大学 林中达 主编

73
3



前 言

随着计算机应用在工业生产过程领域内的日益深入,对软件产品品种和复杂性的需求,远远超过了人们的设想,目前应用软件的开发大大落后于应用需求的矛盾正日益尖锐。解决这一矛盾的根本出路就在于扩大应用软件的开发队伍和提高应用软件人员的素质。编写本书的主要目的在于帮助从事过程控制计算机应用的专业人员掌握一定的软件技术知识,以提高应用软件的水平和维护软件的能力。

本书是根据1989年9月能源部专业教材会议审定的《过程控制计算机软件基础》教材编写大纲编写的,作为生产过程自动化专业的“过程控制计算机软件基础”课程的教学用书。本书内容主要包括:过程控制计算机基本概念及研制过程,软件开发基本方法和技术,数据结构原理和基本算法,操作系统等有关知识。由于数据结构的基本算法运用了PASCAL语言编写,这对初学者有一定的难度,因此先应掌握PASCAL语言的基本知识。

本书第一章、第二章和第四章由东南大学林中达编写,第三章由东南大学王同庆编写。全书由林中达主编、哈尔滨船舶工程学院刘大昕教授主审。审稿意见和建议对书稿的修改和提高有很大帮助,谨表感谢。

计算机软件涉及的内容很多,由于篇幅的限制,我们仅从应用的角度出发编写,但注重基础、强调实用。编写这样的综合性教材对我们来说是一次尝试,加之我们水平有限,时间仓促,书中错误与疏漏之处难免,敬希广大读者批评指教。

编者

1991年1月

EA028/03

目 录

前 言

第一章 过程控制计算机概述	1
第一节 过程控制计算机系统	1
第二节 过程控制计算机系统的性能指标	6
第三节 过程控制计算机系统的开发	8
第二章 软件开发技术	11
第一节 软件与软件工程化	11
第二节 软件分析	15
第三节 软件设计	20
第四节 软件编码	26
第五节 软件测试	27
第三章 数据结构技术	33
第一节 线性表和数组	33
第二节 栈和队列	36
第三节 链接表	40
第四节 字符串	45
第五节 树	50
第六节 图	60
第七节 查找与排序	72
第四章 操作系统	86
第一节 操作系统概述	86
第二节 处理机管理	91
第三节 存储管理	109
第四节 设备管理	118
第五节 文件系统	127

第一章 过程控制计算机概述

随着国民经济的发展, 工业生产的规模越来越大, 过程越来越复杂, 为了确保高产、优质及低消耗, 要求生产过程自动化的程度越来越高。常规仪表或逻辑装置无论在处理能力还是在工作范围方面都有一定的局限性, 逐渐不能满足生产过程自动化水平日益增长的要求。近年来随着计算机特别是微型计算机的迅速发展, 过程控制机的价格大幅度下降, 可靠性不断提高, 它们在工业生产的领域内得到了愈来愈广泛的应用。人们把直接参与生产过程检测 (monitor)、监督 (supervise) 和控制 (control) 的计算机称为过程控制计算机, 以它们为主体组成的计算机系统称为过程控制计算机系统。利用计算机高速、容量大及智能化的特点, 可以把一个复杂的生产过程组织管理成为一个综合、完整的自动化整体, 形成一个集成化的生产控制系统, 该系统有利于生产过程的安全经济运行。

第一节 过程控制计算机系统

过程控制计算机系统是一个在线的实时系统。在线 (on-line) 就是指系统直接与生产过程相关联。直接接收生产过程的输入信号, 同时显示打印输出信号或者直接输出信号作用于生产过程。相反, 离线 (off-line) 就是不直接参与生产过程。

实时 (real-time) 指的是对外界的激励及时地作出响应, 常用对激励的响应时间来描述系统的实时性。对不同系统的响应时间有不同的要求。对于燃煤锅炉, 由于参数变化的时间常数相对较大, 其响应时间一般要求以秒级来计算。对于航天工业中的随动控制系统 (如火箭发射), 其响应时间必须控制在毫秒甚至更短的时间内。如果响应时间过长, 系统的实时性就较差, 会引起“失时”, 从而带来失控的危险。

一、过程控制计算机系统的分类

过程控制计算机系统的分类方式很多, 常以参与控制形式、完成功能、系统结构及调节规律来进行分类。

1. 以参与控制形式分类

过程控制计算机系统参与控制的形式可以分为开环和闭环两大类。

(1) 开环系统 (open-loop) 开环系统接收生产过程的输入信号, 其输出向操作人员提供生产过程的状态及其它信息, 或者同时通过执行机构作用于生产过程, 但其作用效果并不作为输入信号反馈给计算机, 所以计算机并不能根据上一时刻的控制效果来修正或补偿系统的下一步输出。由于计算机的输入信号和反馈信号不形成闭合回路, 所以这类系统常称为开环系统, 如图1-1所示。

(2) 闭环系统 (close-loop) 闭环系统接收生产过程的输入信号, 其输出一方面向操作人员提供设备的运行状况, 另一方面通过执行机构作用于生产过程, 其作用效果又

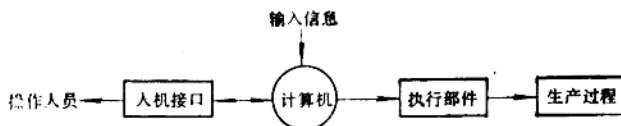


图 1-1 开环系统

作为输入信号反馈给计算机，计算机根据反馈信号来进一步修正或补偿下一步输出作用。由于输入信号和反馈信号组成了闭合回路，因此这类系统常称为闭环系统，如图1-2所示。

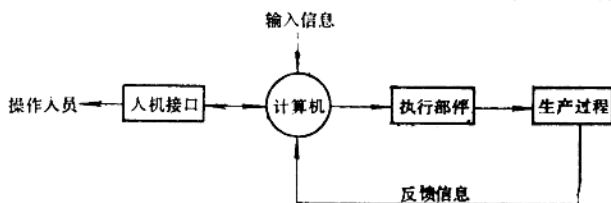


图 1-2 闭环系统

在闭环系统中，计算机可以根据反馈信号不断地改善对生产过程的控制效果，因此有较好的控制作用。

2. 以完成功能分类

过程控制计算机系统参与生产过程自动化的功能可以分为三个方面：巡回检测、分析决策及调节控制。每个计算机系统根据完成功能的侧重面不同，可以划分为检测系统、监督系统、控制系统和监控系统。

(1) 检测系统 检测系统主要对生产过程的参数进行采样和必要的预处理，同时以一定的形式输出报导（打印机制表或CRT屏幕显示）。

(2) 监督系统 监督系统在检测系统的基础上，发挥计算机智能化的特点，对信息进行二次加工（如计算、归纳、分析等），然后根据生产过程实际工况的需要进行智能化的报导，如追忆、预测、事故分析、操作指导等，其输出报导往往不直接作用于生产过程。

(3) 控制系统 控制系统在检测系统的基础上，根据事先决定的决策，输出信息，作用于执行部件，进行参数控制。

(4) 监控系统 监控系统集上述系统之功能，进行输入处理、信息加工、分析决策并输出控制。

过程控制机各系统的功能示于表1-1。

显然，检测系统和监督系统是开环系统，而控制系统和监控系统是闭环系统。

实际系统所能完成的功能往往有一定程度的交叉，例如检测系统有一定的监督功能（参数记忆），控制系统有一定的分析决策能力，但任何系统都有一个主要完成目标，可根据这一主要目标来确定系统的类别。对于某一具体的系统，其完成功能的广度也有区别，有局部回路的控制系统，也有全工况的监督系统，必须根据具体情况具体分析。

表 1-1

过程控制机各系统的功能

功 能 名 称	巡回检测	分析决策	调节控制
检测系统	✓	×	×
监督系统	✓	✓	×
控制系统	✓	×	✓
监控系统	✓	✓	✓

注 ✓——系统完成的功能；×——系统不完成的功能。

3. 以系统结构分类

从过程控制计算机系统结构的角度出发可以分为单机系统和多机系统，而多机系统中又可以分为双机系统、分级系统和分布式系统。

(1) 单机系统 单机系统是最初的计算机系统，它由一台计算机和必要的外围设备及辅助设备组成。系统由单台计算机完成全部功能，因此当计算机发生故障时，系统就面临着崩溃的困境，通常称之为“危险集中”。由于开发一个过程控制系统需要考虑到投资、功能、规模、实际收效、计算机应用技术等方面因素，而随着计算机硬件技术的发展，计算机本身的可靠性大大提高了，因而目前国内的过程控制计算机系统还是以单机系统为主体的。

(2) 双机系统 双机系统是针对单机系统可靠性差而提出的。在系统中一般配置两台相同的计算机。根据它们的工作状态，有两种不同的使用原则：

1) 双工系统。在双工系统中，正常情况下，双机同时工作，接收相同的输入信号，进行分析处理，而后比较它们的结果。若相同，则认为系统正常；若不同，则认为至少有一台计算机故障，此时对两台计算机同时进行诊断，发现故障加以排除。

2) 备用系统。在备用系统中，正常时一台工作，另一台作为备用，也可以承担一些次要的工作。当主机出现故障之后，由备用机来接替主机的工作，系统仍然可以继续运行下去。

在双机系统中虽然增加了一台计算机，但是没有增加新的功能，整个系统的投资增加了，仅以此来换取系统可靠性的提高。

(3) 分级系统 在现代生产企业中，不仅需要解决生产过程的在线监控问题，而且还要解决生产管理问题，制定长远规划，预报销售前景等，于是出现了分级控制系统，如图1-3所示。

分级系统是一个综合的多机系统。从计算机完成的功能出发，可以分为过程级、监督级及管理级三个层次。

管理级主要为各级决策者提供有用的信息，作出关于生产计划、调度和管理的方案，使计划协调和经营管理处于最优状态。这一级也可以根据企业的规模和管理范围的大小分成若干个不同级别。

监督级主要根据上级决定的生产计划、调度和管理方案，将生产过程现场输入的状态

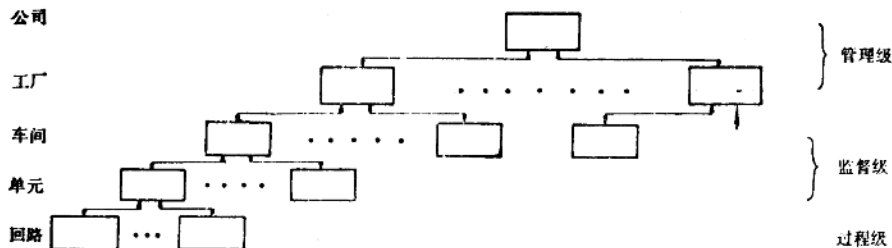


图 1-3 分级计算机系统

和信息进行分析归纳，制定最佳的生产工况，随时进行合理调度。

过程级是直接面向生产过程的，它根据监督级作出的生产方案，进行工况调度或参数控制。

(4) 分布式系统 分布式系统又称分散式系统或集散系统，它也是一个多机系统。分布式系统将监控功能划分为若干个相对独立的部分，分别由各自的计算机完成，而各个计算机之间又通过通信相互协调，组成一个统一的综合自动化系统。在异常情况下，系统在一定程度上能进行功能收缩，切除故障部分，以保证系统主要功能的正常运行。

分布式系统的出现是计算机系统发展的重要趋势，是提高过程控制计算机可靠性的有力措施。

4. 以调节规律分类

按过程控制计算机对工业生产过程进行控制所采用的调节规律分类，可以分为：程序控制、顺序控制、PID控制、前馈控制、最优控制、自适应控制和自学习控制等。以上各种控制规律将在其它有关的课程中作介绍，这里就不再赘述。

二、过程控制计算机系统的组成

过程控制计算机系统可以分为硬件系统和软件系统两大部分。

1. 硬件部分

根据上述过程控制机的分类可以看出，一个完整的过程控制计算机系统的硬件应由计算机、外围设备和辅助设备三大部分组成。

(1) 计算机 计算机是过程控制机系统的核心，它可以是单台计算机（单机系统），也可以是由多台计算机组成的（多机系统）。计算机包括了中央处理机（CPU）、存储部件（内存）以及各种类型的功能扩充板（如通信扩充板、输入/输出接口扩充板等）。

(2) 外围设备 主要指计算机之外的信息输入/输出设备（常称I/O设备）。常见的I/O设备如下：

1) 外部磁存储设备。外部磁存储设备是计算机内存的扩充，它容量较大，但存取速度较慢，常用的外存有磁盘、磁鼓和磁带。磁盘又可以分为硬盘与软盘。

2) 过程输入/输出通道（I/O通道）。输入通道主要接收生产过程现场的参数，并将其转换为计算机能接收的数字信号。根据输入信号的不同，输入通道又可以分为模拟量

输入通道、开关量输入通道和脉冲量输入通道三种。模拟量输入通道接收现场连续的参数信息（如电流、电压、电阻等）。开关量输入通道接受生产过程现场有限的离散状态信息（如表示阀门开关、设备启停、刀闸分合等状态的继电器触点开关）。脉冲量输入通道可以接收连续的脉冲输入信号，这种信号往往被转换为对某些物理量（如电量）的累计计算值。

3) 工作站（又称输入/输出工作站——I/O工作站）。工作站是操作人员（至少包括运行人员及程序员两个层次）与过程控制计算机系统在线联系的人机接口。它由功能键盘和CRT显示器组成。键盘实现在线人机对话，显示器显示必要的信息及状态。工作站是过程控制计算机系统和各级操作人员的主要工作界面，其好坏程度直接关系到系统功能的有效性。

4) 打印机。目前国内常见的是点阵式打印机，它是一种备忘输出设备，通过输出各种表格、图形及曲线，记录了生产过程各类备忘信息。

(3) 辅助设备 辅助设备指为了组成一个完整的计算机系统所必须增加的附加装置。如保证计算机使用环境所必须的采暖通风设备，保证供电的电源装置（稳压电源或不间断电源等），以及保证安全的接地系统等。

图1-4给出了过程控制计算机系统的主要组成部分。

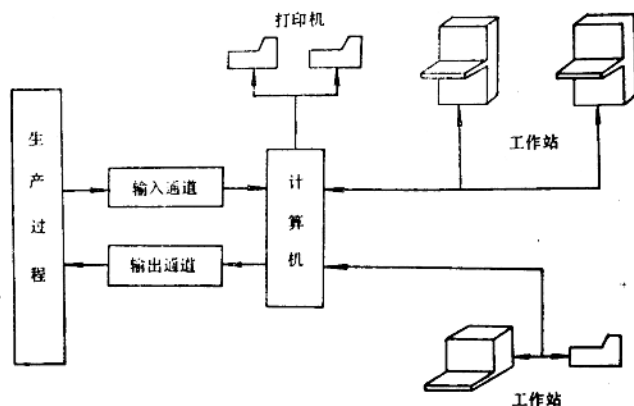


图 1-4 过程控制计算机系统

2. 软件部分

过程控制计算机系统的软件可以包括由图1-5所示的几个组成部分。

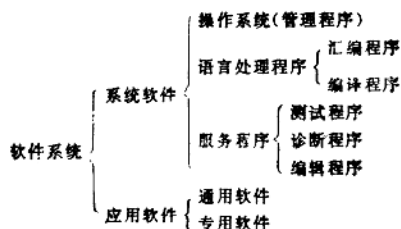


图 1-5 过程控制计算机系统软件分类

(1) 系统软件 系统软件是面向计算机本身的, 它的主要任务是使硬件系统所提供的能力得到充分的利用和发挥, 支持应用程序的运行并提供必要的服务。

操作系统是对系统资源的管理程序, 它为应用程序提供了透明地使用系统资源的手段。

语言处理程序是把用户编写的“源程序”转化为计算机可以识别和执行的“目标程序”。

服务程序又称为工具程序, 为用户提供软件开发的方便手段及硬件诊断和查错等方面的功能。

(2) 应用软件 应用软件随着被控对象(生产过程)的实际要求不同而各有差异。一般从其完成功能的角度可以划分为通用部分和专用部分两个方面。通用部分完成的功能是大部分应用系统所必备的。它们具有共同的特点, 如信号的输入及预处理部分, 打印输出与显示部分等, 这部分程序往往是可以相互借鉴的。专用部分是指为完成某一应用系统所特有功能而研制的软件, 是随着不同系统而变化的, 如性能指标计算、事故分析等。

为了提高应用软件的质量、加快软件开发周期, 应用软件正向着通用化、标准化、规范化的方向发展。

第二节 过程控制计算机系统的性能指标

过程控制计算机系统是一个实时、在线、连续运行的系统。它通常要求每天24h昼夜不停地运行, 因此它除了必须具有所有指定的功能之外, 还应该有较高的系统性能。其性能常用可靠性(Reliability)、可利用率(Availability)及可维护性(Maintainability)来进行描述。

一、可靠性

可靠性是衡量过程控制计算机系统的重要指标。Kopetz·H认为, 可靠性应定义为“在给定的时间内和给定的环境条件下, 系统成功地执行所指派功能的概率”。用通俗的话说就是系统平均无故障运行的时间(h)。系统的可靠性是由多方面的因素决定的, 主要取决于组成系统的硬件和软件的可靠性。硬件是可靠性的基础, 软件是可靠性的必要保证。

过程控制计算机系统的可靠性常用“平均故障间隔时间”MTBF(Mean time between failures)来定量表示。而MTBF是通过多次抽样检测、长期统计后计算出的系统在相邻两次故障的间隔内正常工作的平均时间(h)。

一个被测系统在某个确定的测试时期内, 可能处于“正常”的工作状态, 也可能处于“故障”状态。当系统处于故障状态时, 人们必须设法通过修理使系统重新正常运行。通常把故障的检测及修复都计算在故障时间内。图1-6所示为过程控制计算机系统状态的时间过程范例。图中, $T_1, T_2, \dots$ 表示正常运行时间, $t_1, t_2, \dots$ 表示故障时间。如果一个系统处于正常和故障状态的概率与时间无关, 则该系统是稳定的, 而稳定系统的MTBF可以表示为

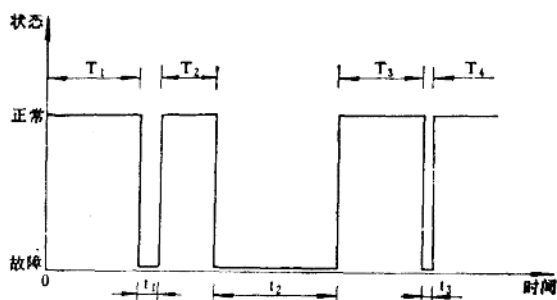


图 1-6 系统状态的时间过程范例

$$MTBF = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i$$

式中的 n 可以理解为在给定时间内和给定条件下, 系统正常运行的次数。

目前对监控系统的MTBF要求, 一般不小于2160h。

二、可利用率

从计算机系统的使用角度出发, 仅仅要求可靠性高是不够的, 因为即使系统平均故障间隔时间很长, 但是一旦发生故障, 就需要很长的时间才能修复, 那么同样对生产过程有极严重的影响。因此必须用系统的可利用率来作为性能的另一指标。可利用率是指系统在给定的时间内成功运行的概率。它和可靠性的重要差别是: 可靠性是指在某一时期内系统没有故障的运行时间, 而可利用性是指在这段时间内有效使用的概率。如果用平均修复时间MTTR (Mean time to repair) 来表示测试阶段的平均修复时间, 则可利用率 A 可表示如下 (参见图1-6):

$$MTTR = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$$

$$A = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{\sum_{i=1}^n T_i + \sum_{i=1}^n t_i} = \frac{n \cdot MTBF}{n \cdot MTBF + n \cdot MTTR}$$

$$= \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

系统的可利用率最高为100%, 一般要求达到99.5%以上。

三、可维护性

从上面的分析可以看出, 缩短系统的平均修复时间是提高可利用率的一个重要手段。所谓系统修复时间, 包括故障诊断和进行修理的时间。十分明显, 要想缩短平均修复时间, 关键在于有效的维护工作。所谓可维护性, 就是指进行维护工作时的方便程度。对系统的可维护性目前尚无精确的定量描述 (有时也用平均修复时间MTTR作为衡量系统可维护性的指标), 人们往往热衷于讨论提高可维护性的一些措施。

提高硬件的可维护性主要从提高其检错能力入手。例如提供比较完善的诊断程序, 以便有效地发现故障并判断故障部位; 进一步提供在线诊断程序, 可以在不影响系统运行情

况下及时地发现故障；在硬件结构上应使用插件式结构，发现哪块插件故障之后可以立即更换。对软件来说，随着软件系统的日益复杂和日趋庞大，可维护性的问题更为突出。软件的可维护性，包括易阅读、易理解、易修改扩充等含义。为了使软件容易维护，在开发早期必须采用一定的技术仔细分析，精心设计，并建立完整的资料文档。

第三节 过程控制计算机系统的开发

计算机系统的开发，一般是从系统项目提出的目标出发，考虑社会、政治、经济和技术等方面的因素，以及资源和时间上的限制，通过优化手段和方法，以求得一个技术上先进、经济上合理、时间上节省、运行上可靠的计算机系统。系统开发的任务是：制定系统目标→确定系统的功能和性能→确定系统运行环境并将功能分配给系统中的元素（包括硬件和软件）→进行设计研制→组织实施并投入运行。

过程控制计算机系统的开发工作流程如图1-7所示。

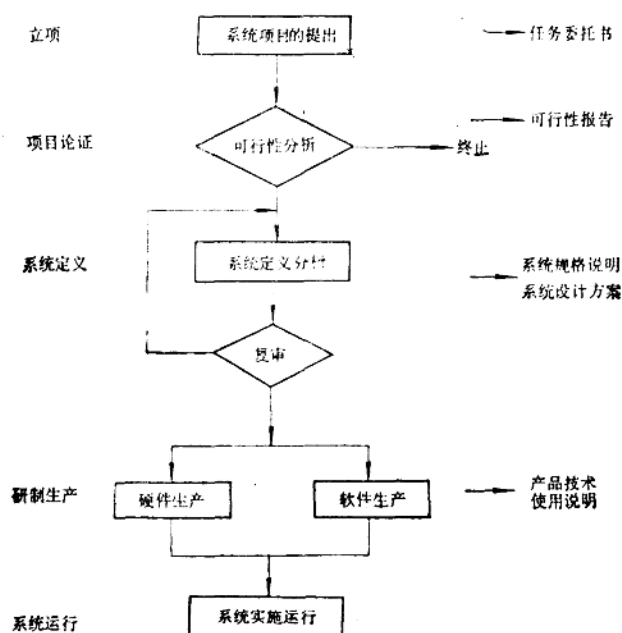


图 1-7 计算机系统开发工作流程图

整个过程可以划分为立项、项目论证、系统定义、研制生产和系统运行几个阶段。下面就上述几个阶段的工作内容分别简单作一介绍。

一、立项——制定系统目标

开发一个过程控制计算机系统往往是由领导部门或用户提出来的，项目确定一般基于以下原因：

- ①生产和市场的需要；

②提高生产自动化水平、提高经济效益及产品质量等方面的需要；

③适应技术进步、提高社会效益的需要。

确定项目是原则性的，往往要进一步研究，明确制定系统目标。

①建立计算机系统的目的是什么？

②该系统适应于哪一类用户对象？

③开发周期大约要多长？

④总的预算及投资为多少？

以上问题尽量要做到定量的描述。即使暂时无法定量说明，也需要用严格的概念、术语精确地描述，使开发者和需求者对最终的系统总目标有一个共同的理解。

二、项目论证——可行性分析

对目标系统的可行性论证主要从以下几个方面入手：

①开发该系统的先决条件是否具备；

②从技术进步、社会效果、经济效益来分析开发设计计算机系统的意义；

③成功的可能性大小。

可行性报告为项目论证阶段的工作总结，它必须给出肯定或否定的结论，它是项目是否延续下去的决策性依据。如果否定，项目就终止。

三、系统分析——定义目标系统

进行系统分析即定义目标系统，它是计算机系统开发过程中关键的一步，是关系到开发成功与否的主要步骤。在这个阶段，必须从系统的观点出发寻找最优的结果。这一阶段的主要任务为：

1. 系统规格说明

系统规格说明主要是确定目标系统的具体功能和性能，内容包括以下几个方面：

①描述目标系统及其运行环境，描述开发要点；

②准确地描述系统每一项功能，提出确切的目标和模型，硬件元素和软件元素应具备的特性、信息特征，输入和输出的要求和附加的接口数据等；

③提出系统性能的要求，诸如可靠性、可利用率、可维护性、兼容性等指标；

④叙述技术、经济和管理方面的约束，诸如外部环境、政府政策和法令的约束及资源投资、进度等方面的限制；

⑤进行成本预算，包括人力和物力资源的消耗，提出一张粗略的计划进度表。

规格说明是一个重要的阶段性文档资料，也是下一步开发工作的依据。

2. 系统方案设计

系统方案是根据规格说明中的功能要求、性能要求以及其它约束合理地选择系统模式，确定硬件和软件功能的合理分担，并提供多种可替换方案进行选择。

系统的模式一般可归纳为两大类：单机集中系统和多机系统。不管采用哪一种模式，问题的焦点都在于模块化、层次化、总线结构和通信接口等几个方面。

3. 系统复审

系统复审的目的是对上述文档中的每一个项目作正确性检查，以保证今后工作能正确

无误地进行。复审由开发者与需求者共同进行，以取得双方一致的理解。

四、研制生产

系统定义之后，根据系统规格说明及系统方案设计等阶段文档，由软件工作组和硬件工作组分头工作，分别进行生产和研制。对实际过程中出现的新问题，要进一步综合权衡、协商解决。对生产出的产品要进行组织实施、系统调试，并归纳出产品技术、使用说明。

五、系统运行

研制出的系统投入运行，在监控过程中发挥作用。随着生产过程要求的进一步深化，对已投入的系统可能要有进一步的修改提高，这方面的工作主要由应用单位来完成。

第二章 软件开发技术

在计算机系统开发过程中,系统定义之后就分别进行硬件生产与软件研制工作。软件是计算机功能与性能的主要体现,是计算机应用的灵魂。计算机应用水平很大程度上取决于软件人员对软件的认识及对软件开发技术的掌握。本章概要地介绍软件及软件开发技术。

第一节 软件与软件工程化

一、“软件危机”

1945年世界上第一台存储式电子数字计算机诞生,这标志着计算机时代的开始。40年来计算机硬件以迅猛的速度更新换代,其性能价格比每十年大约就有一个数量级的改进。特别是微型计算机问世以来,开拓了计算机应用的新天地。然而作为计算机系统组成部分之一的软件,却前景不佳。自60年代以来,软件和硬件发展的差距日益增大。软件生产的投资高昂、生产率低下,进度难以预测、质量得不到保证等严重问题,这一方面成为计算机系统应用与发展的主要障碍,另一方面迫使软件生产自身陷入了难以自拔的危险境地,甚至使有些软件项目在开发过程中不得不中途夭折。这种局面的出现,人们称之为“软件危机”。

“软件危机”具体表现在:

1) 软件生产率过低,不能满足用户日益增长的需要。根据美国有关方面对软件供需量的预测,认为软件的需求量每年的上升率约为12%,而软件生产人员及生产率每年的上升率约为4%,到1990年以后这种差距将更加增大。

2) 软件成本日益增大。图2-1是U.S. Air Force发布的美国空军在计算机方面投资中软件和硬件所占总投资的比例关系。

从图可见,1955年软件投资低于总投资的20%,1970年上升到60%左右,到了1985年,软件投资已高达80%。这种统计虽不精确,但足以说明软件费用的增加速度。这种状况主要是由于硬件价格下降,而软件复杂性增加所引起的。

3) 软件产品质量低劣。软件的质量低劣表现在软件可靠性不高,可维护性和可移植性较差等。对于大型复杂的软件,几乎没有不出现故障的。例如IBM公司

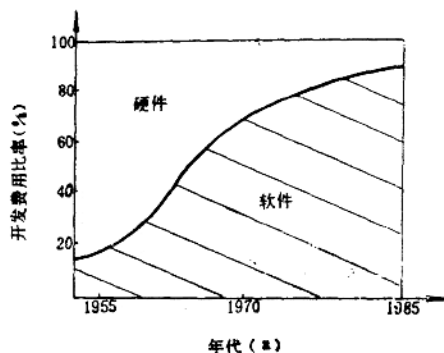


图 2-1 U.S.A.F.的硬件、软件开发费用比率

的OS/360系统, 每一个版本中约有1000个大大小小的错误, 而某一军事软件系统在运行初期, 平均每月发现900个错误。由于软件故障而导致重大损失的例子屡见不鲜。

“软件危机”表明, 旧的软件开发方式已经不再适应形势的发展, 必须寻找一种新的生产方式来替代。软件既然是一种产品, 软件生产就应该是一种产业。那么能不能像处理工程问题那样来处理软件生产的全过程呢? 1968年北大西洋公约组织成员国的软件工作者召开了软件研究会(NATO会议), 集中研究如何摆脱“软件危机”。会议第一次创造了“软件工程”这一术语, 并讨论了软件工程有关的技术问题。

软件工程学就是研究如何应用科学理论和工程技术方法来指导软件生产, 从而达到以较少的投资获得高质量的软件产品的一门学科。软件工程化的思想为软件开发指出了一条新的道路。十几年来软件工程化得到了较大的发展, 并对软件生产实践产生了巨大的影响。

二、软件生命期

软件是一种抽象的、逻辑性的信息产品。它的定义为: 程序及其在开发、使用和维护过程中所需要的全部文档。它与硬件一样, 是计算机系统中必不可少的独立成分。用软件工程化的观点来认识软件, 它应和其它任何事物一样, 有它的发生、发展和消亡的过程, 即有它自己的生命期。软件生命期就是指: 软件从任务项目形成起, 直到所开发的软件在充分使用以后完全失去价值为止的整个过程。研究软件生命期的目的是为了更有效、更科学地组织开发和管理软件生产, 以便最终能获得最经济、最可靠的软件产品。

用工程化的方法来管理研制软件的全过程时, 把软件生命期划为六个阶段:

(1) 软件计划 在设计任务确立前, 首先要进行调研和可行性分析, 理解工作范围和所花代价, 作出相应的软件计划。

(2) 软件分析 对用户要求进行具体分析, 并用软件需求说明书表达, 建立用户和软件人员之间共同的约定。

(3) 软件设计 设计阶段包括概要设计和详细设计。概要设计决定系统的软件结构, 并给出软件元素的相互调用关系, 以及它们之间传送的数据和有关的功能说明。详细设计时考虑每一个软件元素的内部描述。

(4) 软件编码(程序设计) 软件编码的任务是, 按软件设计说明书的要求对每一软件元素进行程序设计。

(5) 软件测试 测试是发现及排除软件中留存的错误, 经过测试排错, 得到可运行的软件。

(6) 软件维护 经过测试的软件仍然可能有错, 而且用户需求和系统的操作环境也可能发生变化, 因此交付运行的软件仍然需要继续扩充、修改和排错, 这就是软件维护。

表2-1列出了上述每个阶段的基本任务, 每一阶段完成确定任务后, 都要产生一定格式的文档交下一阶段使用。

软件生命期的前两个阶段(计划和分析)常称为软件定义期, 设计、编码和测试阶段常称为开发期, 最后一个阶段称为维护期。因此软件生命期又可以说分为三个时期、六个阶段。在整个软件生命期中, 软件维护的周期最长, 工作量最大。对于软件开发单位, 其

表 2-1

软件生命期的阶段

阶 段	基 本 任 务	工 作 结 果	时 期
软件计划	理解工作范围	计划任务书	定义期
软件分析	定义软件需求	需求说明书	
软件设计	建立软件结构	设计说明书	开发期
软件编码	进行程序设计	程序文本	
软件测试	排除软件错误	可运行系统	维护期
软件维护	运行、维护系统	改进的系统	

工作主要在软件分析、设计、编码和测试阶段。通常所称的软件开发技术主要指这四个阶段中所采用的有关技术与实施方法。通过对典型软件项目的统计可知,软件分析、设计、编码和测试阶段中工作量的比例关系大约为2:2:2:4。

软件生命期的划分为软件工程化的研制提供了一个框架。但必须指出,实际的研制工作并不是直线进行的,常常存在着反复。研制人员往往需要从后面的阶段回复到前面。例如,在设计阶段发现需求说明书有不完整或不精确之处,就需要回到分析阶段进行“再分析”。测试阶段发现了模块内部或者接口中的错误,就要回到设计阶段对原来的设计进行修正。软件开发流程如图2-2所示。

值得指出的是,我们常常会碰到许多小项目的软件工程,这些项目的工作量不大,从计划到测试的全过程可能由一、两个人去完成。即使这样,也必须按照软件工程化的方法和步骤进行开发。只不过其中有些部分可以简略,有些文档可以缩短与合并,但总的来说,软件工程的原则是不变的。

三、软件工程学研究的内容

软件工程就是把工程化的方法运用于软件生产。它的主要研究内容为软件方法、软件工具及软件管理。

1. 软件方法

软件方法是研究软件生命期中,每一个阶段所采用的具体工作方法,使之有计划、有步骤、规范化地进行。一般来说,一种软件方法往往规定了明确的工作步骤、具体的文档格式及确定的评价标准。

(1) 明确的工作步骤 研制一个软件系统要考虑并解决许多问题。如果同时处理这些问题,将会使人们眼花缭乱、束手无策。用工程化的观点来指导软件开发,就如同加工机械产品一样,规定一道道明确的工序和操作步骤。因此软件方法首先应明确软件开发各阶

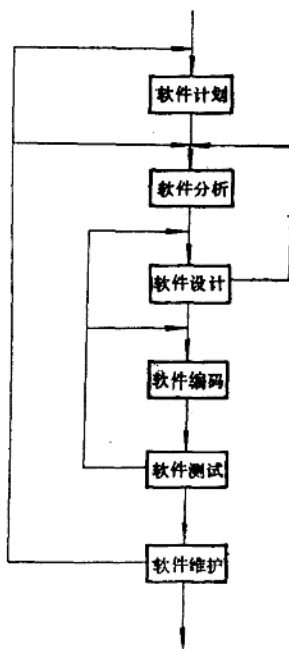


图 2-2 软件开发流程

段处理问题的基本步骤,包括每一步的目的,应产生什么样的工作结果,每一步需要具备的条件以及要注意的问题,等等。

(2) 具体的文档格式 工程化生产必须强调文档化。文档化就是将所进行的活动及其结果用文字、图表、数据结构等表达方式描述出来,以形成资料。文档是软件的主要组成部分,它如同机械产品的图纸和说明书。它的编制是软件工程中的一项重要任务。它将有助于开发人员之间有效地进行通讯,有利于维护工作的顺利进行。软件方法规定了描述软件产品的文档格式,包括每一步工作应产生什么样的文档,文档中记录哪些内容,采用哪些图形与符号,等等。

(3) 确定的评价标准 对于同一个问题,其解决方案往往不是唯一的,选取哪一个方案较好呢?软件方法提出了比较确定的评价标准,因而可以指导人们对各个具体方案进行评价,并从中选取一个较佳的方案。

2. 软件工具

软件工具是指可以用来帮助开发、维护和管理其它计算机软件,以实现软件生产过程自动化、提高软件生产率、降低生产成本的软件。软件工具的种类繁多,在软件生命期的每一个阶段都有相应的软件工具。目前有些比较成熟,有些尚待完善。使用较多的软件工具有:编码阶段使用的编辑程序、编译程序、连接程序;测试阶段使用的调试程序等。编辑程序使人们可以方便地输入和修改源程序,编译程序则免除了人们使用机器指令编写程序的麻烦。

为了能够对软件整个生命期提供支持,近年来提出了建立软件开发生态环境的课题。软件开发生态环境的概念是指在基本硬件和系统软件的基础上,提供一组能支持软件生命期的软件工具。它不仅能支持软件开发、维护、管理、质量控制等各个方面,而且能适应多种用户的要求,例如分析工具、设计工具、测试工具、维护工具和管理工具等。目前对软件生态环境的研究正在不断深入,预计不久的将来将会有较大的发展。

3. 软件管理

在软件工程中,管理技术是一个相当重要而又不被人们重视的部分。国外经验表明,许多软件项目的开发失败,管理不善是主要原因之一。目前软件工程中,维护问题大于开发问题,而管理问题又大于技术问题。从长远的观点看,软件开发技术与工具的研究是改善软件生产的根本途径,即使是软件生产完全自动化了,管理问题仍不容忽视。

软件管理主要有两个方面的内容:形成产品的开发过程管理及形成产品后的产品管理。

(1) 开发过程管理 开发过程管理直接影响到软件开发的有效性,它主要包括软件生命期中的计划管理、成本管理、质量管理和资源管理等。开发过程管理的目标是合理地使用人力、物力资源,以最少的消耗来开发软件、保证质量,最有效地组织力量、制订计划,保证各类资源与各种活动的协调同步。

软件开发在很大程度上取决于每个工作人员的能力,而各人的能力差异又很大。H. Sackman等人经调查后指出:“工作能力强的人与工作能力差的人就软件生产量来说,其比例约为10:1,在质量方面写出程序的时空效率约为5:1”。目前对软件的度量问题还没