

## 摘 要

本论文对目前的多种图档管理技术进行了具体深入的研究,结合工程图样数据的特点,借鉴 PDM 系统管理图档的思想,设计开发了一套基于 AutoCAD 2000 平台的工程图档管理系统。

论文所作的工作包括以下几个方面:

第一,在对各种图档管理技术进行研究的基础上,提出了采用元数据对象管理技术管理工程图样的总体思想,并对以面向对象、面向设计过程、动态管理为核心的基于 AutoCAD 2000 平台的工程图档管理系统的总体结构方案进行了设计。

第二,对工程图样数据的特点进行了深入研究,分析了图档管理过程中的数据流向,并在对 PDM 系统图档管理思想进行探讨的基础上,采用关系型数据模型,建立了动态图档信息库。

第三,深入研究了相关的工程图样技术,通过对工程图档间的联系及图档内容间的关联的分析,确定了关联对象的模型,并实现了图档文件内、图档文件间对象的相关定义及修改自动提示。

第四,通过对图样共性的研究,开发了一组 AutoCAD 内嵌模块,实现了标题栏、明细表等图纸公共对象的自动绘制与插入。

第五,在上述研究的基础上,编制了相应的软件系统,建立了系统的体系结构、运行机制与接口,确定了系统的主要功能,完成了系统功能的分解及各功能模块的设计。

通过对系统集成和调试,最终形成了一套基于 AutoCAD 的工程图档管理软件系统,基本解决了 AutoCAD 生成的工程图档及其属性信息的管理问题,减少了信息的重复录入,提高了工程图档的重用性,实现了安全、动态的图档管理。

**关键词:** 工程图样, 数据库, 元数据, CAD, PDM

## ABSTRACT

In the dissertation, the application of drawing files management technique and characteristics of the engineering drawings are analyzed. The general structure, integrated frame and information model about the integrated software system——“Engineering drawing files management system based on AutoCAD 2000” are researched.

The main contributions are included as follows:

The first, Meta\_data technique is introduced into the field of drawing files management, and the overall structure scheme of “Engineering drawing files management system based on AutoCAD 2000” is proposed.

The second, the idea of PDM is discussed. Through analyzing the data of engineering drawings and the data flowing in drawing files management process, the dynamic drawings information database is built after setting up the information model.

The third, the simple relation model of drawing objects is developed. After studying the relations in drawing files and between files, the objects’ relation definition and modification in files and between files are brought out.

The fourth, some programme modules of AutoCAD 2000 are designed to draw the forms in the engineering drawings automatically.

The fifth, the function of every module is defined after the integrated system is detached based on the characteristic of files management. All the modules are integrated by means of closed integration, and an integrated software system is formed which has friendly interfaces and simple operation.

By debugging system, the integrated software system ——“Engineering drawing files management system based on AutoCAD 2000” is built. The main problem of files and files’ information management is solved by using the software system, and a valid means is provided for managing drawing files securely, improving the quality of products design and decreasing time of modifying design

**Keyword:** engineering drawings, database, meta\_data, CAD, PDM

## 1. 概述

### 1.1 现代工程设计图学与计算机绘图

#### 1.1.1 现代工程设计图学

在工程设计领域中，工程图样是表达设计思想、指导生产建设、进行技术交流的一种共同的“工程语言”，是工程技术界使用最广泛的术语。工程图学就是专门研究图的理论和技术的科学，它包括理论图学、应用图学、计算机图学和制图技术，它广泛的应用与生产建设和科学研究的各个领域<sup>[1]</sup>。

理论图学以画法几何为核心，是工程图学的主干。理论图学随着生产实践的发展而发展，计算机绘图的出现给理论图学带来了许多新的问题，现代理论图学不仅要研究图解法，同时还要研究解析法，研究与画法几何、计算机图学等有关学科的内容。

应用图学是应用工程图学的理论与数学结合的方法，来解决工程技术上或其它学科中所遇到的各种空间关系问题随着我国经济建设的发展，应用图学已伸向各学科领域，逐步走向现代化发展的提高阶段。

计算机图学是伴随着电子计算机及其外围设备的产生而发展起来的，主要研究如何运用电子计算机的先进技术对图形进行数学处理，进而研究工程图学领域中的各种理论和实践问题。

制图技术是向人们提供图形图象的形象信息技术，它一方面改进设计制图的装备和用品，以提高制图水平和图样质量；另一方面向人们提供传递直观信息的先进手段。计算机绘图就是一种高级制图技术。

现代工程设计图学是以计算机几何造型为核心，将画法几何、机械制图、计算机绘图融合为一体的学科。现代工程设计图学的研究对象有两方面内容：其一，运用投影理论研究空间几何元素和形体的空间关系与表达问题；其二，运用构形理论研究空间物体的构形规律和表达方法。现代工程设计图学的任务是研究五个问题，即研究现代工程图学理论基础；研究形与数的结合；研究三维到二维的思维方法；研究形体分析，构形分析和造型设计规律；研究建立以计算机几何造型为核心的工程图学体系<sup>[1]</sup>。

### 1. 1. 2 计算机绘图

计算机绘图是现代工程设计图学发展的标志，它使现代工程制图进入了一个崭新的阶段，无论从工程图学理论、工程制图标准化及制图技术与方法上都产生了巨大的变化，做到了工程制图理论到绘图实践的完美统一。

计算机绘图是利用计算机辅助生成加工图和其它工程文件。设计人员应用绘图软件绘制出零件或产品图样，并以图形文件的方式存储。图形既可显示在计算机屏幕上，也可以用绘图仪或打印机输出。与手工绘制的工程图样相比，计算机生产的图形文件具有更丰富的内容和更广泛的用途。图形文字是贯穿工程设计全过程的重要信息载体，它除了表达设计构思外，还被用于各种设计信息的存储、传递和转换；不同设计者、不同设计部门的人员共同使用图形文件，可以做到信息共享，并使设计过程与生产过程连成一个整体。

用计算机生成工程图样有两种实现方法：其一，在系统所采用的主要高级语言中增加绘图基本语句或子程序库（例如，点、直线和圆的生成子程序），通过调用这些子程序可以生成图形；其二，采用通用绘图软件生成图形，根据使用绘图软件的不同又可分为二维绘图法和三维绘图法两种。二维绘图法利用二维绘图软件绘制图形，所绘制的都是平面图形；三维绘图法使用的是三维绘图软件，绘制实物的立体图和三视图。现有的 CAD 系统几乎都是采用专门的绘图软件系统作为支撑以生成图形。目前已有许多成熟的绘图软件系统，这些软件具有比较齐全是做图功能，以这些软件系统为支撑生成图形，可以大大提高效率，并使 CAD 工作能在较高水平的起点上进行。

计算机绘图系统除了具有一般数值计算能力外，还有接受图形信息的手段和生成、输出图形的能力，它由硬件和软件两大部分构成，硬件部分包括：计算机、终端设备、输入设备、输出设备；软件部分包括：系统软件、绘图软件、应用软件。

计算机绘图具有以下特点：

1) 便于绘制和修改工程图 由于绘图软件的功能日益完善，设计人员可以用功能键和数字化方法绘制图形；利用软件的编辑和修改功能，可以方便的进行复制、修改和更新等操作。

2) 图形文件可以存储修改和引用 因完成的每一步设计图都以图形文件方式存储，设计人员只需在图形文件中对所需修改的部分进行更新，从而形成新的图形文件，而不必对不需改动的部分重复绘制。

3) 具有高精度的特点 计算机的高精度,可以保证使设计人员绘制出极其精确的图形。

## 1.2 CAD 技术的发展与应用

计算机辅助设计 CAD(computer aided design)是一种用计算机系统辅助人们对产品或工程进行设计的方法和技术,包括设计、绘图、工程分析与文档制作等设计活动<sup>[4]</sup>。其特点是将人的创造能力和计算机的高速运算能力、巨大存储能力和逻辑判断能力很好地结合起来,从而提高设计质量,减轻设计人员的劳动,缩短设计周期,降低产品成本,为开发新产品和新工艺创造有利条件。目前,CAD 技术在我国正受到企业的欢迎和重视,逐步获得推广应用。

采用 CAD 技术有以下三大显著特点:

1) 使传统的设计计算程序化,减轻工程设计人员的计算强度和重复性工作,提高设计的正确率,提高设计工作的效率,缩短设计周期,加速产品的更新换代。

2) 用计算机来表示产品的模型,使物理模型可视化、数字化、参数化和变量化,设计人员可以在设计过程中观察到设计的对象,并作必要的修改;特别是对系列化的产品设计,只需在原有的设计基础上做少量的修改,就可成为新的产品设计方案。

3) 有利于产品的标准化、通用化、系列化,且有利于与计算机辅助制造、计算机辅助管理技术相结合。

CAD 系统由硬件系统和软件系统构成。

CAD 软件系统有以下四大类型:

1) 检索型系统——只能从计算机内已存储的图形信息中检索出符合订货要求的最佳图样;

2) 试行型系统——针对具体设计对象编制并调试、修改程序,直到输出满意设计图样为止;

3) 自动设计型系统——按照产品设计要求,抽象出设计对象的目标函数、约束条件及设计变量,通过优化程序计算出最优设计结果;

4) 交互式系统——设计人员直接与计算机对话,调用计算机内已有的产品信息、各种设计资料以及各种软件功能进行设计,对于以图形显示的设计结果可以反复地进行修改,直到取得满意结果为止。

交互式系统由于能实时、灵活地将人与计算机结合起来，易于为人们所接受和掌握，近年来发展比较迅速。

CAD 硬件系统在 60 年代以大型机系统为主，是以大型机为主机，配之以图形终端、字符终端、绘图机等构成的主从式系统。70 年代发展为以小型机为主机，配以机械、电子或建筑业通用软件的小型成套系统。80 年代以来，则以工程工作站加网络构成的分布式系统为主流。目前，随着中央处理器性能的飞速提高，个人计算机有逐渐挤占工作站市场份额的趋势。

传统 CAD 涉及以下一些基础技术：

- 1) 图形处理技术 如自动绘图、几何建模、图形仿真及其它图形输入、输出技术。
- 2) 工程分析技术 如有限元分析、优化设计及面向各种专业的工程分析等。
- 3) 数据管理与数据交换技术 如数据库管理、产品数据管理、产品数据交换规范及接口技术等。
- 4) 文档处理技术 如文档制作、编辑及文字处理等。
- 5) 软件设计技术 如窗口界面设计、软件工具、软件工程规范等。

近年来，由于先进制造技术的快速发展，带动了先进设计技术的同步发展，使传统的 CAD 技术有了很大的扩展，人们称之为现代 CAD 技术。现代 CAD 技术是指在复杂的大系统环境下，支持产品自动化设计的设计理论和方法、设计环境、设计工具各相关技术的总称，它们能使设计工作实现集成化、网络化和智能化，达到提高产品设计质量、降低产品成本和缩短设计周期的目的。目前的 CAD 技术正在经历由传统技术向现代技术的转变。

当前的 CAD 系统一般以工程数据库、图形库为支持，包括交互式图形设计、几何造型、工程分析与优化设计、人工智能与专家系统等功能。现在工程界习惯上把 CAD/CAM 或 CAD/CAM/CAE 系统称为 CAD 系统，这样就扩大了 CAD 系统的内涵。随着 CAD/CAM/CAPP/ERP/PDM 的集成，CAD 系统正日益成为内涵相当丰富的 CIMS 工程的核心内容。

CAD 技术是 20 世纪全球最杰出的工程技术成果之一，目前 CAD 技术的发展与应用水平已成为衡量一个国家工业现代化的重要标志，在一定程度上反映了一个国家的综合实力。图 1.1 表明了目前 CAD 市场在全球的分布<sup>[2]</sup>。

随着计算机技术、现代制造技术、现代设计技术的飞速发展，CAD 技术正快速的向着参数化、智能化、三维化、集成化、网络化和标准化方向发展，CAD

技术在各行业的应用也越来越广泛。

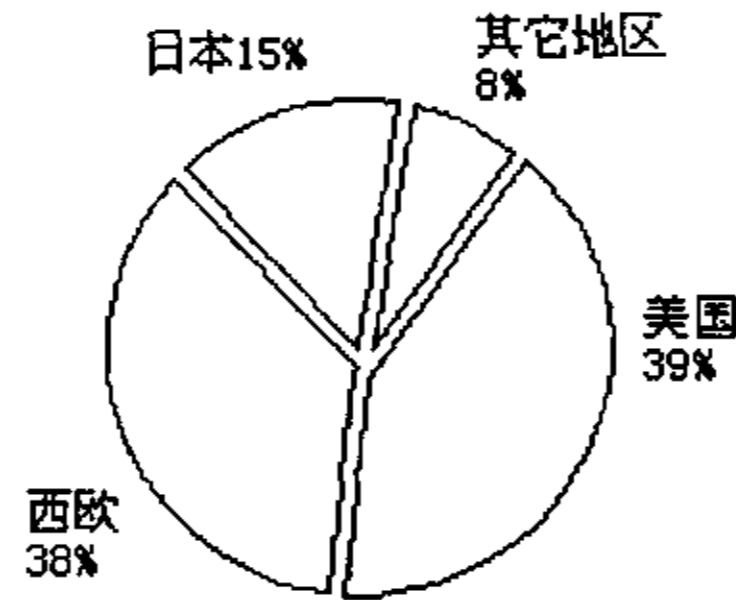


图 1.1 CAD 市场在全球的分布

### 1.3 课题背景

随着 CAD 技术的发展、应用范围的扩展以及国家的大力推广，越来越多的企事业单位运用 CAD 来进行绘图的工作，广大工程技术人员终于可以摆脱绘图板和绘图笔的束缚，在 CAD 的天空里任意驰骋，发挥他们横溢的才华。

然而，随着 CAD 绘图的不断深入，工程设计单位或企业的设计部门逐渐积累起了数量庞大的以电子形式存在的工程图样——电子图档，新的问题又浮出水面，亟待解决。

首先，这些图档是广大设计人员劳动的结晶，是一笔巨大的技术和知识财富。由于图档积累越来越多，造成检索十分困难，降低了图档再利用价值。大量纸质图纸的存放、保管、维护以及需长期保存的重要图纸的定期更新等工作也给图档管理工作带来繁重的负担。因此，如何采用计算机技术有效的组织、管理这些图档，构造一个企业信息共享的环境受到当前企事业单位的高度重视与关注。这里的图档管理不仅指静态的、档案意义上的对纸质图档扫描处理、归档、借阅等，更重要的是指面向设计过程的、动态的图档管理，主要有共享环境下的图档组织结构定义和管理、图档的安全性、一致性和版本管理、图档内容的快速浏览、快速索引和查询等方面的问题。

其次，企业的 CAD 软件的应用绝大部分还停留在计算机辅助绘图水平上，

计算机和 CAD 软件只是替代了图板成为设计部门或企业的主要绘图工具, 当设计人员基本都熟练掌握 CAD 软件的使用后, CAD 软件对设计工作效率提高会逐渐趋于一个极限, 如何进一步提高企业 CAD 软件的使用效率就成了企事业单位重视的又一问题。提高电子图档的重用性是提高 CAD 软件使用效率的一个重要途径, 但由于企业缺乏对电子图档管理的有效手段, 导致这些宝贵的资源不断地流失, 企业内部的通用图库、通用件库难以建立, 电子数据和图档无法重用, CAD 软件的效率得不到充分的发挥。

国外有报道说通过对大量的工程设计人员的调查统计发现, 设计人员每天约有 30%左右的工作时间花费在对所需图档、相关资料的查阅上<sup>[7]</sup>。由于国内企业对电子图档管理的认识不足, 尤其对面向生产设计的、动态的图档管理的重要性认识不足, 电子图档无法有效的组织和管理这一问题日益成制约为工程设计行业和制造业设计部门工作的一个重大的瓶颈。因此, 如何建立合理有效的电子图档管理系统就成为 了关系 CAD 技术继续发展和应用推广的关键问题。本文就是在这样的背景下提出的。

#### 1.4 国内外研究概况

对于电子图档的管理, 目前大多数小型 CAD 用户采用的方法是基于文件系统的, 通常的做法是: 运行 AutoCAD, 逐个文件打开, 判断该文件是否还有用, 手工记录没用文件的文件名, 将硬盘中的图形文件都浏览过一遍后, 退出 AutoCAD, 打开文件管理器, 寻找刚才手工记录的图形文件, 逐个删除。这种管理方法, 既繁琐又容易出错且效率低下, 对于现今动辄就是上百兆的图形文件而言不啻于杯水车薪, 使许多人无可奈何之下只能听之任之。

对于大型的已拥有 PDM 系统的 CAD 用户, 他们的电子图档的管理主要通过 PDM 系统来实现, 管理效果也比较理想。

PDM——产品数据管理 是以软件为基础, 管理与产品相关的信息(包括电子文档、数字化文件、数据库记录等)和所有与产品相关的过程(包括审批/发放过程、工程更改过程、一般工作流程等)的技术。它提供产品全生命周期(包括市场需求调研、产品开发、产品设计、销售、售后服务)的信息管理, 并可在企业范围内为产品设计和制造建立一个并行化的协作环境。

PDM 技术最早出现于八十年代初期, 目的是为了了解决大量工程图纸、技术文档以及 CAD 文件的计算机化的管理问题, 后来逐渐扩展到产品开发中的三个



主要领域：设计图纸和电子文档的管理、材料报表（BOM）的管理以及与工程文档的集成、工程变更请求 / 指令的跟踪与管理。现在所指的 PDM 技术源于美国的叫法，是对工程数据管理（EDM）、文档管理（DM）、产品信息管理（PIM）、技术数据管理（TDM）、技术信息管理（TIM）、图像管理（IM）及其它产品信息管理技术的一种概括与总称。

PDM 技术在全球的应用领域十分广泛，包括机械、电子、汽车、航空、航天以及非制造业等。目前，汽车工业已经在全球范围内开始实施 PDM 技术（如福特、通用等），航空 / 航天工业用 PDM 技术对企业进行重组（如波音、麦道等），非制造业（如交通、商业、电子出版等）应用 PDM 技术的增长速度也十分迅速。PDM 系统在文档管理、变更控制、配置管理与信息跟踪等方面也得到广泛的应用，并把它作为支持企业重组（如技术重组、产品重组、信息重组等）、并行工程、虚拟制造等的使能技术。

PDM 系统为企业提供了一种宏观管理和控制所有与产品相关的信息的机制和构架，其主要功能包括<sup>[38]</sup>：

#### 1) 电子仓库

它是 PDM 中最基本、最核心的功能，它保存了管理数据的数据（元数据）以及指向描述产品的相关信息的物理数据和文件的指针，它为用户存取数据提供一种安全的控制机制，并允许用户透明地访问全企业的产品信息，而不用考虑用户或数据的物理位置。

#### 2) workflow 或过程管理

用来定义和控制数据操作的基本过程，它主要管理当用户对数据进行操作时会发生什么，人与人之间的数据流向以及在一个项目的生命周期内跟踪所有事务和数据的活动。它是支持工程更改必不可少的工具。

#### 3) 产品结构与管理

以电子仓库为底层支持，以材料报表为其组织核心，把定义最终产品的所有工程数据和文档联系起来，实现产品数据的组织、控制和管理，并在一定目标或规则约束下向用户或应用系统提供产品结构的不同视图和描述。

#### 4) 查看和圈阅

为计算机化审批过程提供支持，用户利用该功能可以察看电子仓库中存储的数据内容（特别是图象或图形数据），如果需要，用户还可以利用图形覆盖技术对文件进行圈点和注释。

#### 5) 扫描与成像

把图纸或缩微胶片扫描转换成数字化图像，并把它置于 PDM 系统控制管理之下，为企业原有非数字化图纸与文档的计算机管理提供支持。

#### 6) 设计检索和零件库

对已有设计信息进行分类管理，以便最大程度地重新利用现有设计成果，为开发新产品服务。

#### 7) 项目管理

项目管理在 PDM 系统中考虑的较少，许多 PDM 系统只能提供 workflow 活动的信息。一个功能很强的项目管理器能够为管理者提供每分钟项目和活动的状态信息。

#### 8) 电子协作

主要实现人与 PDM 系统中数据之间高速、实时地交互功能，包括设计审查时的在线操作、电子会议等。

#### 9) 工具与“集成件”

为了使不同应用系统之间能够共享信息以及对应用系统所产生的数据进行统一管理，要求把外部应用系统“封装”和集成到 PDM 系统中，并提供应用系统与数据库以及应用系统与应用系统之间的信息集成。

用户使用 PDM 系统根据图号、项目、设计人、工作阶段、审批情况、日期、类型以及预先定义的各种参数(如材料、重量等)作为条件可以对电子图档进行查询、浏览等操作。但是这些条件通常都是图纸标题栏和明细表中的信息，用户在能够进行正常操作之前，需要逐个将图纸标题栏内容等相关信息输入 PDM 数据库中，这是一个工作量很大的任务。

还有一些 CAD 用户采用专用的图档管理软件来进行电子图档的管理。

目前在市场上可以见到一些图档管理软件，这些软件大体可分为两类：

一类是基于 AutoCAD 平台的增值软件，这类软件的图档管理功能基本上都是“事后”管理，在绘图存盘后，再将其入库，输入该图档信息，分层次管理，具备简单查找及预览功能，初步解决了应用 CAD 技术后的图档管理，但该功能与绘图、设计过程基本无关，且需要重复录入信息，所以设计人员较少使用或从未使用过，实际上效率不高，并不实用。

另一类软件以档案管理为目标市场，以纸质图档的扫描、影象处理、存储为解决手段，为大量的以纸为存储介质的图档的电子化、一定程度的再利用和存储提供了有效的解决方法。但这些软件对图档的管理是静态的，无法解决面向设计过程的、动态的图档管理范畴内的问题。

国内市场上也出现过一些软件,但用户反映较差,基本没有实用价值。那么原因何在呢?一方面是开发手段的限制,如一些图档管理软件采用 FoxPro、Dbase 等一些简单的数据库,有的甚至不采用数据库;另一方面,也是主要原因,在面向设计的动态图档管理在理论和技术上没有突破,图纸和文档是非结构化数据,对非结构化数据的管理传统上是采用文件系统,但文件系统在图档的动态管理,如结构管理、数据一致性、版本管理、安全性等方面缺乏有效的支持;而关系型数据库可以很好解决以二维表形式表达的结构化数据,而对以文件形式存在的非结构化数据的管理就不甚理想。面向对象的数据库系统被认为是解决非结构化数据管理的理想手段,但面向对象的数据库系统一直没有脱离实验室阶段。所以,我们的软件开发商一直没有推出可靠、实用的动态图档管理系统也不足为奇了。要彻底、全面地解决动态过程中的图档管理面临的以系列问题,必须要从理论上有所突破,从新的角度对问题作全新的考虑。

### 1.5 研究目的及所做的工作

本论文结合电子图档软件的现状,主要针对没有采用 PDM 系统的 CAD 用户,旨在进一步研究基于 AutoCAD 平台的图档管理,并在现有图档管理技术的基础上进行探索。采用关系型数据库与文件系统相结合的方法,对图纸、文档等非结构化数据进行有效的管理,力求做到图档管理简便、安全、快捷、一致。

本文借鉴了目前流行的 PDM 系统管理图档的思想,采用目前最先进、最流行的图档管理技术——元数据 (Meta\_data) 对象管理技术<sup>[37]</sup>,分析工程图样的信息结构,开发了一套基于 AutoCAD 平台的图档管理系统软件,该系统不直接参与绘图工作,但对绘图过程进行控制和管理。

本文所做的工作可概括为以下几个方面:

#### 1) 系统主要功能及支撑环境的确定

按照图档管理的要求及图样数据的特点,确定系统的主要功能,分解各功能模块,定义各模块的功能。建立系统的软硬件体系结构、支撑环境、运行机制和接口。

#### 2) 图档数据管理模型的建立

根据产品数据的结构特点,系统采用广义树状数据结构、关系数据模型,以产品的名称和代号为基础,以明细表为依据,按照产品的分类和装配关系进行数据管理。所管理的产品按其分类和装配关系可构成树状结构,一个具体的

产品是整个树状结构中的一棵子树。系统采用记录作为图档数据的基本单位，每条记录代表一张图纸，记录信息包括名称、代号、材料、设计等标题栏的内容。按照系统的结构将产品的信息记录组织起来，就形成了系统记录树。

### 3) 图档数据的安全性、一致性及版本管理

通过对产品设计过程的研究，确定采取用户权限管理的方法来实现图档数据的安全性，采用锁定机制确保图档数据的一致性，根据创建修改时间进行版本管理。

### 4) 图纸文件内对象及图纸文件间对象的关联性研究

根据零部件不同投影间的关系，不同零部件间的装配关系，确定对象间的关联方法，实现图纸文件内及图纸文件间对象的相关修改。

### 5) AutoCAD 内相关内容的二次开发

对图纸的共性进行研究，通过对 AutoCAD 的二次开发，实现图框、标题栏、明细表、零件序号等图纸公共内容的自动绘制。

### 6) 系统软件的集成

进行系统软件的集成，最后调试，最终形成一套完整的软件系统。

## 2. 系统开发的相关技术

### 2.1 引言

基于 AutoCAD 2000 的工程图档管理系统是基于 AutoCAD 2000 对工程图档及图档属性信息进行管理的系统，系统不仅对 AutoCAD 进行二次开发，而且还要开发管理图档的数据库，其中涉及到的相关技术有多种。本章对系统的主要使能技术及该技术在本系统中的使用进行了介绍。

### 2.2 AutoCAD 的二次开发技术

AutoAD 软件包是美国 Auto desk 公司开发的用于计算机辅助设计与绘图系统，AutoAD 为当今世界上应用最为广泛的 CAD 系统。AutoAD 是一种具有高度开放结构的 CAD 平台软件，它良好的开放式体系和二次开发环境是其取得成功的重要因素。

所谓二次开发是指由熟悉产品设计同时又掌握计算机应用技术的人员开发出针对某一产品的 CAD 应用软件。AutoAD 提供给用户的开发手段有：

1) 通过标准库文件，改造或建立自己的开发环境或库支持。如定制修改屏幕、对话框及下拉菜单；定制修改形或绘图符号、线型和影线图案；建立命令组文件等。

2) 与其它软件间的数据交换。如使用图形交换文件进行交换；利用剪贴板进行静态数据传递及存储等。

3) 使用 AutoLISP、ADS、ARX、VBA 等进行编程。

4) 采用完全面向对象的 ActiveX Automation Interface (ActiveX 自动化界面技术) 技术，用 VB、VC++ 等面向对象化的编程语言进行编程<sup>[27]</sup>。

在 AutoCAD 提供的多种开发工具中，AutoLISP 曾经是使用最多的一种，但 AutoLISP 不如编程语言方便，在开发教大项目时力不从心，而 ADS、ARX 是基于 C 或 C++ 的开发工具，对开发人员的要求较高，也比较复杂。基于上述原因，本论文在系统开发中采用了 ActiveX 技术，用 VB 作为编程语言，而在 AutoCAD 内部采用了 VBA 组件进行开发。下面对 ActiveX 技术进行简要介绍。

AutoCAD ActiveX 提供了一种机制，该机制可使编程者在 AutoCAD 内或在 AutoCAD 外控制编程。ActiveX 是由一系列的对象，按一定的层次组成的一种

对象结构，每一个对象代表了 AutoCAD 中一个明确的功能，比如画圆、画线等。ActiveX 所具备的绝大多数 AutoCAD 功能，均以方法和属性的方式被封装在 AutoCAD 对象中，只要使用某种方式，使 ActiveX 对象得以“暴露”，就可以使用各种面向对象编程的语言对其中的方法、属性进行引用，从而达到对 AutoCAD 实现编程的目的<sup>[16]</sup>。

对任何 ActiveX 应用程序来说，它的主体都是一个对象。每一个公开的对象都代表 AutoCAD 很具体的一部分。AutoCAD ActiveX 接口中就有很多不同类型的对象。例如：

- ◆ 图元类对象，比如直线、圆弧、文本和尺寸；
- ◆ 样式设置类对象，比如线型和尺寸样式等；
- ◆ 组织结构类对象，比如图层、组、图块等；
- ◆ 图形显示类对象，比如视图和视窗等
- ◆ 文档与应用程序类对象，比如一个 dwg 文件或 AutoCAD 应用程序本身等。

实现 AutoCAD 的 ActiveX 界面有两个好处：

1) 对 AutoCAD 绘图的编程对更多的编程环境开放，而在 ActiveX 以前，这一类的开发一直都局限在 Auto Lisp 和 C++的接口上。

2) ActiveX 界面和其它的 Windows 应用程序（比如：Microsoft Excel 和 Word）共享数据变得意想不到的方便。

VBA 的全称是 Visual Basic for Application，最早是建立在 Office 97 中的标准宏语言，它与 VB 有着几乎相同的开发环境和语法，具备功能强大和易于掌握的特点。另外，它的针对性非常强。从 AutoCAD R14 版开始，VBA 作为 AutoCAD 的一个内嵌组件出现，其强大的开发能力已引起了人们的普遍关注。

### 2.3 产品工作图样与元数据对象管理技术

产品是生产企业向用户或市场以商品形式提供的制成品或制成品的组合，一个产品通常由若干个零件和部件组成。零件是不采用装配工序制成的单一产品。部件是由若干个零件，以可执或不可执的形式组成的，或由零件和分部件装配在一起的部分。分部件按其从属关系划分为 1 级部件、2 级部件，……

通常，一个产品的组成部分中还会有专用件、借用件、标准件、通用件或外购件出现，专用件是指产品专用的零、部件；借用件指的是在隶属编号的产

品中采用的已有产品的组成部分；标准件是经过优选、简化、统一，并给予标准代号的通用零、部件；具有一定的先进性和继承性，可在不同类型或同类不同规格的产品中互换的零、部件是通用件；企业产品的组成部分中采购的其他企业的产品为外购件<sup>[1]</sup>。产品中不同类型的组成零部件在统计汇总模块中进行汇总管理。

一套产品图纸通常由总装图、装配图、部件图和零件图组成。每张图纸均包括图形、标题栏（和明细栏）等部分，其中图形部分表示了产品零、部件的形状、尺寸、精度、装配关系等几何结构信息；标题栏内容主要描述了产品零、部件的名称、代号、材料等基本信息和附属信息（本课题采用的标题栏为 JB/Z157-81 推荐的两种格式，见图 2.1），不同图纸的标题栏内容不可能完全相同，因此图纸的标题栏信息具有唯一性；明细栏内容主要描述了产品零、部件的装配关系以及零、部件、标准件的一些简要信息。装配图中所有的零、部件都必须编写序号，一个部件可只编写一个序号，同一装配图中的相同零、部件应编写同样的序号，而且零、部件的序号应与明细栏中的序号一致。明细栏中的零、部件与相应的序号对应的零、部件是互动的，其中任何一个的改变都会引起另一个的改变。在本课题的程序设计中实现了明细栏与零、部件序号的

						(材料标记)			(企业名称)		
标记处数	分区	图样比例	签字	日期		图样标记	重量	比例	(图样代号)		
设计	(日期)	审核									
校对									(图样代号)		
审核											
工艺		批准				共	张	第	张		

a)

						(图样名称)			(图样代号)		
标记处数	分区	图样比例	签字	日期		图样标记	重量	比例	(图样代号)		
设计	(日期)	审核									
校对									(图样代号)		
审核											
工艺		批准				共	张	第	张		

b)

图 2.1 推荐标题栏格式

联动。（本课题采用的明细栏为 JB/Z157-81 推荐格式，见图 2.2）

由上述分析可知，每张工程图纸所包含的内容可分为图形信息和属性信息两部分，因标题栏信息的唯一性，将其作为图纸属性信息的主要内容。当工程

图纸以文件形式存储在电脑中时，图纸的管理就变为图档文件及其属性信息的管理。元数据对象管理技术是一种面向设计过程管理动态图档的先进技术。元数据对象管理技术以成熟的文件管理系统和关系型数据管理系统为基础，以面向对象的思想为指导，根据产品工程图样数据的特点，将其以标题栏内容为主的属性信息作为文件的属性信息，连同文件本身构成元数据对象，以元数据对象为框架进行管理。在管理过程中，图纸文件存储在文件系统中，而其属性信息则存在数据库中，并以其属性信息作为图纸文件的唯一标志进行管理。

序号	代	号	名	称	数	量	材
							料
							单
							件
							总
							计
							重
							量

图 2.2 推荐明细栏格式

## 2.4 图形处理技术

本工程图档管理系统管理的对象主要是产品图档，在进行属性信息数据管理的同时，应能进行图形的快速浏览。因此选择一种脱离 AutoCAD 编辑环境的显示速度快、图形缩放处理容易的图形浏览技术，就成为直接影响软件质量的一个关键因素。目前有三种方法可实现在管理大量数据的同时查看图形：1) 利用批处理文件。首先在数据库系统状态下查询有关数据，然后再进入 AutoCAD 系统查看图形。这种方法实现容易，但费时又不方便，特别是不能将图形与有关数据联系起来；2) 在 Windows 系统下，同时运行数据库系统和 AutoCAD，实现数据库与图形库的切换，但这种方法仍不能将图形与数据关联；3) 开发数据库与 AutoCAD 间的接口软件实现查阅数据库数据的同时，又可查看图形库中的图形。其中的关键技术是如何将图形库中的大量 DWG 文件转换为能脱离 AutoCAD 环境进行操作的图形文件。本系统采用第三种方法实现图形快速浏览功能。

计算机图形可分为矢量图形和光栅图形。矢量图形是指用标准的几何要素表示的图形，如 DWG, DXF, IGES 等文件均为矢量图形。矢量图形可以任意的放大和缩小而不会失真。光栅图形又称为位图，是用点阵表示的复杂图形，常见的文件格式有：JPG、BMP 等。光栅图象在放大和缩小时一般会引起图形失真。



鉴于矢量图形和光栅图形的区别，本系统采用某种矢量图形文件格式来进行图形的浏览。

WMF 文件——Windows 图元文件格式，是一种矢量图形格式，包括屏幕向量几何图形和光栅几何图形格式。图元文件含有矢量信息，当它被输入到基于 Windows 的应用程序之中时，可以在没有任何精度损失的情况下进行比例缩放。

基于 WMF 文件在 Windows 应用程序中的通用性，本系统采用该格式作为浏览图形的文件格式，在向数据库输入图档时，将 DWG 文件和由 DWG 文件转换的 WMF 文件一并输入。在浏览图形时直接显示相关的 WMF 文件而不必打开 DWG 文件，从而提高了浏览速度。

## 2.5 数据库技术

### 2.5.1 数据库模型

不管使用怎样的数据存储和检索机制，数据库是指一个或多个表对象的集合，表是一个数据库对象，由共享属性集的行集合组成。数据库的数据组织是通过数据模型来实现的。数据模型是创建数据库，维护数据库并将数据库解释为外部活动模型的方式，是数据库系统定义数据内容和数据间联系的方法。她包括反映数值间联系的数据结构以及操作符集合和完整性规则集合等方面。从数据库概念的提出到现在，数据库模型主要分为三种形式：层次模型、网状模型和关系模型。它们分别采用树、网络、关系表结构对外部对象建模<sup>[9]</sup>。

层次模型是数据库系统中最早出现的数据模型，它采用树结构来表示实体和实体间的联系。其特点是：

- ◆ 有且仅有一个节点无双亲，该节点为树的根；
- ◆ 其它节点有且仅有一个双亲。

层次模型具有结构简单、清晰的优点。

它的缺点是：1) 只能表示单对单和单对多的关系，不能直接表示多对多的关系；2) 查询操作复杂；3) 一次只允许存取一个记录；4) 数据独立性差。

网状模型的数据结构是有向图，其定义为满足下列两个基本条件的集合：

- ◆ 至少有一个节点有多于一个的双亲；
- ◆ 可以有一个以上的节点无双亲。

它与层次模型的主要区别是：层次模型中从子女到双亲的联系是唯一的，而网状模型中，一个节点可以有多个双亲；在查询时，层次模型必须从根节点

开始，而网状模型允许从任意节点开始。

网状模型的优点是能够表示多对多的关系。

其缺点是：1) 一次只允许存取一个记录；2) 数据结构复杂，使用不便；3) 数据独立性较小，只适合于结构相对稳定，变化不大的大型数据库。

在关系模型中，把数据组织成一个个二维表，表也称为关系。它建立在数学集合论等概念的基础上，由关系集合、定义在关系上的操作以及关系的完整性规则组成。特点是：

◆ 必须使用规范的关系，规范化的最基本要求是：每个分量必须是不可再分的数据项，不允许表中有表；

◆ 不仅实体用关系表示，实体间的联系也用关系表示。

关系模型的优点是：1) 结果简单、直观、清晰；2) 可以表示单对单、单对多和多对多的关系；3) 允许一次存取多个记录；4) 查询操作视图具有对称性；5) 可使用高级语言，便于操作；6) 数据独立性好、灵活，适用于大、中型数据库。

缺点是：系统较复杂时，查询速度比较慢。

与层次模型和网状模型相比，关系模型结构简单，采用了人们习惯的表格形式，易于掌握。它以关系理论作为指导，可以通过集合运算、谓词演算来表示查询。因此，关系数据模型发展很快，应用很广。

图档管理系统中的数据满足关系模型的基本条件，所以采用了关系模型数据库系统。

## 2.5.2 数据库接口

Windows 平台上常见的数据库接口包括：

- 1) ODBC (开放数据库连接)
- 2) MFC (Microsoft 基础类库) ODBC 类
- 3) DAO (Date Access Object 数据访问对象)
- 4) ADO (ActiveX Data Object -ActiveX 数据对象)

本课题采用的开发工具是 Visual Basic 6.0 以及 VBA for AutoCAD 2000, Visual Basic 6.0 具有丰富的数据库功能，可对多种数据库进行读写操作。Visual Basic 6.0 提供的数据库访问技术及各自的特点如下<sup>[18]</sup>：

- 1) Microsoft Jet 引擎 Microsoft Jet 是 Microsoft Access 和 Visual

Basic 使用的一种数据库引擎，它不能被直接引用，只有通过 DAO 或 Access 才能直接使用 Jet。

2) 数据访问对象 (Date Access Object, DAO) DAO 把后台数据源的具体技术细节隐藏起来，开发人员不用考虑不同数据库系统的差异。DAO 可以访问本地的和远程的数据源，用户可以在以下几种情况下使用 DAO：应用系统使用的是本地数据库，如 Microsoft Foxpro、Microsoft Access 等；应用系统规模较小，数据处理量不大；用户对 DAO 非常精通。

3) 远程数据对象 (Remote Data Object, RDO) RDO 很好地包装了 ODBC API 的大部分功能，几乎能完成所有能用 ODBC API 完成的功能。RDO 专门访问 ODBC 数据源，能很好地支持大型关系型数据库系统，还可以处理复杂的存储过程和结果集。

4) 开放数据库互连 (Open Database Connectivity, ODBC) ODBC 是一种通用地数据库接口，使用 ODBC API 可以对任何类型地数据库进行任何操作，而且可以完成非常复杂的功能。ODBC 访问数据库的速度非常快，但 ODBC API 函数众多，使用复杂，需要大量的编码，因此在实际中直接使用 ODBC 的并不多。

5) ActiveX 数据对象 (ActiveX Data Object, ADO) ADO 是 Visual Basic 中功能非常强大的一种新型数据接口技术，是 DAO 和 RDO 的替代品，可以访问任何类型的数据库。与 DAO 和 RDO 相比，ADO 具有更少的对象和更多的属性、方法和事件。ADO 在以后的应用中，将成为 Visual Basic 开发数据库的一种标准。

利用这些数据访问技术，可以在 Visual Basic 6.0 中访问如下几类数据库：

- 1) 本地的 Access 数据库
- 2) 外部数据库，包括 Xbase(.dbf) 和 Paradox 文件等
- 3) 通过 ODBC 接口的 SQL Server 和 Oracle
- 4) 任何类型的 OLEDB 供应者，包括关系型和非关系型数据库

在本系统中，使用的数据库为本地数据库 Microsoft Access，系统规模小，主要处理工程图档的属性信息，数据处理量小，因此选用 DAO 数据接口，通过数据库 Jet 引擎来实现数据库访问与管理。

DAO 方式主要用于本地数据库的创建与管理，可以直接与 Access 数据库对话，也可通过 Jet 引擎与其它数据库通信。VB 和 VBA 通过一系列的数据访问对

象 (Date Access Object) 访问 Jet 引擎提供的各种对数据库的操作功能。DAO 可使用户通过设置对象的属性以及执行附加到对象上的方法来操作数据库中的数据。图 2.3 表示了通过 Jet 引擎来访问数据的 DAO 对象模型的层次结构, 表 1 列出了这些对象及简单的功能描述。

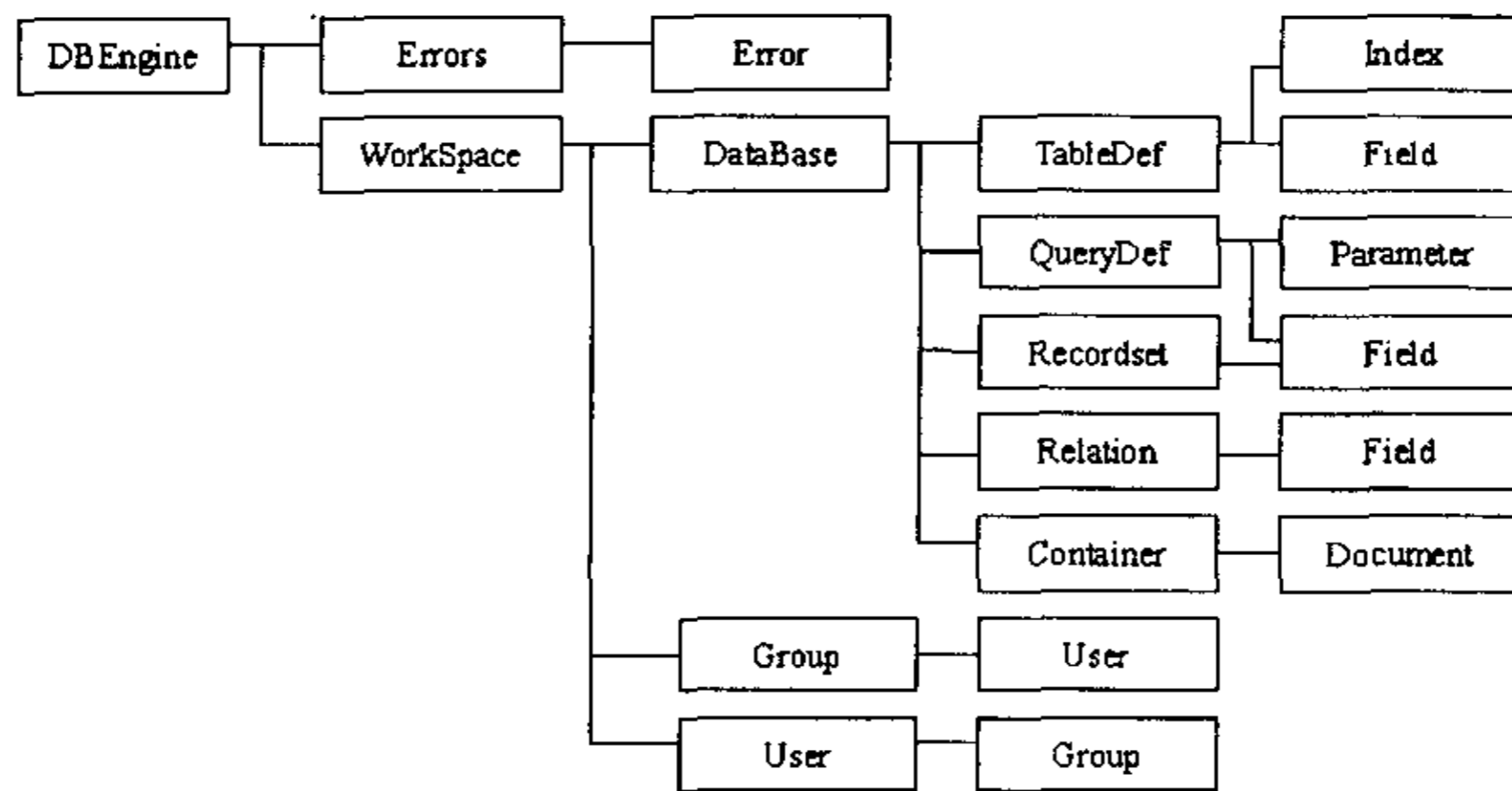


图 2.3 使用 Jet 的 DAO 对象模型层次

表 1 VB 和 VBA 的数据访问对象

对象	功能介绍
DBEngine	即 Jet 引擎, 数据库与外部程序的接口
WorkSpace	数据库的工作空间, 数据库的建立、打开以及事务处理等均是建立在工作空间上的
DataBase	数据库对象, 包含了创立、修改和删除表, 索引及关系等数据库元素的方法, 必须在该对象的基础上建立表、索引和关系
TableDef	数据表对象, 也是表的物理结构的定义。该对象包含了创立域和索引的方法
QueryDef	存储在数据库中的、用 SQL 对表进行查询获得的数据信息
Recordset	从数据库中抽取的记录集合, 简称记录集。包含对记录操作的各种方法与属性
Field	域对象, 即数据表中的一列。在非 Access 数据库中称为字段
Index	索引对象, 针对已定义的键标域对表的记录进行排序的有序表
Reltion	表之间的关系。存储关于数据表之间关系的数据对象

## 2.6 小结

AutoCAD 的二次开发、产品工程图样、元数据对象管理技术、图形处理、数据库开发等技术是系统开发过程中涉及到的关键使能技术，是系统的技术支撑。本章对这些技术的进行了阐述，并详细介绍了这些技术在本系统中的使用情况。

### 3. 系统总体设计

#### 3.1 引言

目前, 广大 CAD 用户一方面从 CAD 等技术的推广应用中明显地提高了设计能力和图纸质量, 减少了差错, 降低了返工率; 另一方面, 由于 CAD 技术的全面推广, 一系列新问题又摆在了企业的面前。问题主要反映在四个方面: 资料管理、计划管理、产品配置管理、更改管理。

从资料管理角度考虑: 一个产品会产生大量的文件和图档, 这些资料之间存在着一定的关联; 而且一系列的新产品必须承袭老产品中约 80% 的成果, 所以经常需查阅老产品的设计图档。国内外许多企业都使用 AutoCAD 作为 CAD 平台, 大量的设计信息以 DWG 或 DXF 文件的形式存在, 这些图档和文本文件可能存放在某些设计部门计算机的某些目录下, 用户如果在文件系统下用手工方式查询有关资料, 往往要花费大量的时间和精力。如果采用 PDM 系统解决这个问题, 用户在能够正常操作之前, 则需要逐个将旧图纸标题栏信息输入 PDM 数据库中, 这也是一个工作量很大的任务。基于 AutoCAD 平台的简单实用的图档管理系统就成为使用 AutoCAD 的用户的需要

本课题开发的图档管理系统采用元数据对象管理技术为基础, 并对 AutoCAD 进行了二次开发, 减少了图档信息的重复录入, 实现了安全一致的图档管理, 简化了绘图过程。

本章主要研究基于 AutoCAD 的图档管理系统的总体框架, 介绍系统的主要功能及各功能模块。

#### 3.2 系统总体设计

##### 3.2.1 总体描述

本系统是为有效的管理产品图档而设计的, 管理的对象不仅包括设计图档, 还包括设计完成后生成的各种汇总表。系统由“数据维护”、“汇总表生成”、“对象关联”三个部分及相关功能模块组成, 各部分通过数据库集成为一个整体。

系统结构如图 3.1 所示。界面、系统处理模块、DAO 接口、ActiveX 接口和数据库均集成在系统中, 其中系统处理模块是核心, 分别通过界面、DAO 接

口、ActiveX 接口与用户、数据库、AutoCAD 通讯，数据库用于存储图档信息，系统处理模块对用户、AutoCAD 和数据库发送的数据进行处理后，再根据需要发送到用户、AutoCAD 或数据库。

### 3. 2. 2 系统主要功能

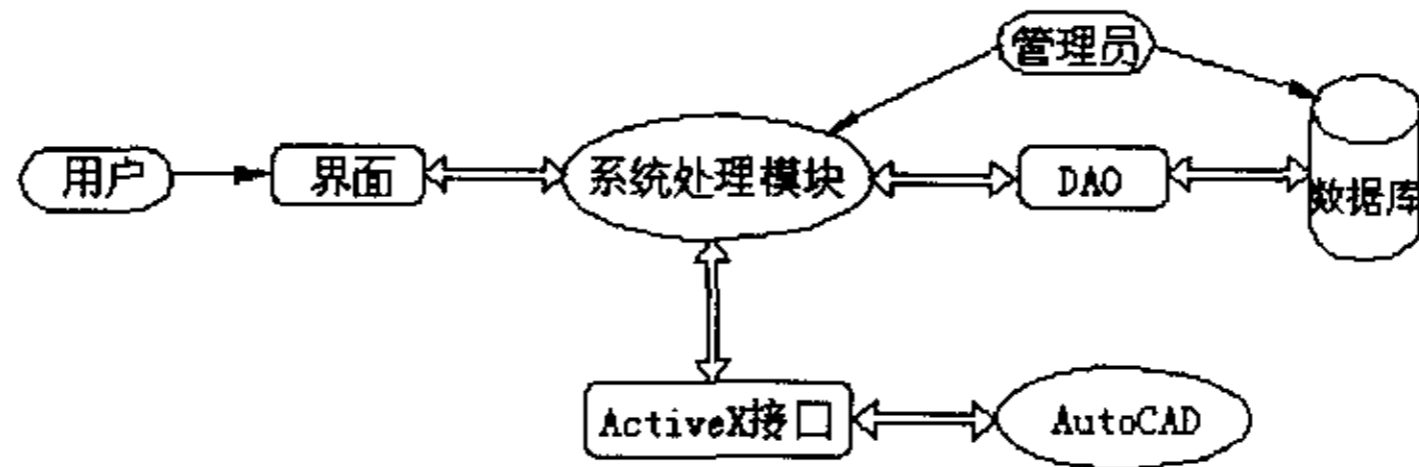


图 3.1 系统组成结构

系统具有如下的主要功能：

- 1) 综合运用文件系统和数据库技术，协助用户完成图档入库操作，实现图库的安全性、一致性管理及版本管理；
- 2) 设计了数据维护模块，通过操作数据库实现图档的添加、打开、修改、删除、打印及快速浏览、快速查询等功能；
- 3) 利用 AutoCAD 的内嵌组件 VBA 开发了对象关联模块，实现了图纸文件内、图纸文件间对象的关联互动；
- 4) 具有自动生成零部件、标准件、自制件、外购件等产品汇总表的功能；
- 5) 在 AutoCAD 内部开发了图纸公共部分（如图框、标题栏、明细表、零件序号等）的自动绘制、插入模块和关联修改模块；
- 6) 实现了 AutoCAD 与系统间的实时快捷的通信，可以方便及时的更新相关数据；
- 7) 软件系统具有良好的人机界面，便于用户学习、使用。

### 3. 2. 3 系统逻辑流程

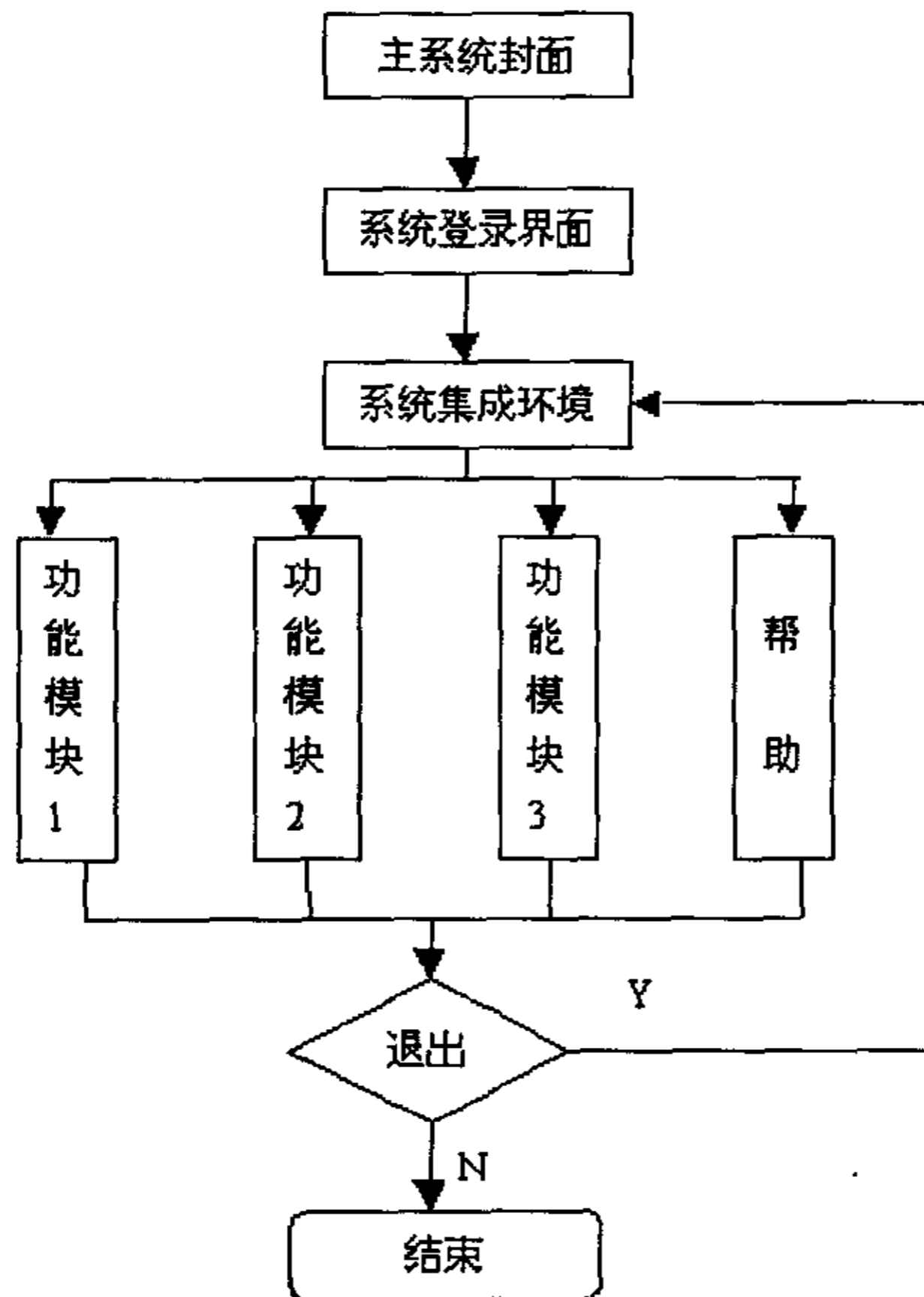


图 3.2 系统逻辑流程图

### 3. 2. 4 开发环境的选择

硬件支持环境: Pentium II 以上处理器, 主频 166MHz 以上, 内存 64M 以上。

软件支持环境: 支持软件——AutoCAD 2000

编程语言——Visual Basic 6.0 以上版本

操作系统——Windows 98 或 Windows NT 4.0 以上版本

数据库管理系统——Microsoft Access 97 以上版本



### 3. 2. 5 系统与 AutoCAD 间的通信

系统所管理的数据是动态的, 无论是通过系统打开 AutoCAD 编辑图形信息, 还是直接在系统中处理。对这些动态变化的数据必须予以迅速更新, 才能保证相关数据的一致性和完整性, 这就要求系统与 AutoCAD 间能实时快捷的进行通信。

系统与 AutoCAD 间的通信是通过 AutoCAD 本身的 ActiveX 自动化服务功能及为实现两者间的通信而开发的嵌与 AutoCAD 内部的 VBA 模块实现的。

ActiveX Automation 是微软公司的一个技术标准, 其宗旨是在 Windows 系统的统一管理下协调不同的应用程序, 准许这些应用程序之间相互沟通、相互控制。ActiveX Automation 通过在两个程序间安排对话, 达到一个程序控制另一个程序的目的, 其过程是: 首先, 一个应用程序决定发动 ActiveX Automation 操作, 这个应用程序自动成为 Client, 被它调用的应用程序成为 Server。Server 收到对话请求后, 决定暴露那些对象给 Client。在给定时刻, 由 Client 决定实际使用哪些对象。然后 ActiveX Automation 命令被传给 Server, 由 Server 对这些命令作出反应。Client 可持续地发出命令, Server 则忠实地执行每一条命令。最后由 Server 明确提出终止对话。

系统利用 ActiveX 技术, 通过引用对象类型库、声明对象变量、将对象引用赋予变量来创建完整的对 AutoCAD 部件对象的引用, 从而将数据信息传入 AutoCAD<sup>[9]</sup>。引用语句如下:

```
Dim AcadApp As Object
```

```
Set AcadApp=CreateObject ("AutoCAD.Application")
```

或

```
Set AcadApp=GetObject (, "AutoCAD.Application")
```

AutoCAD 编辑数据结束后, 就可以通过运行相关的 VBA 模块退出 AutoCAD 回到系统, 同时将更新的数据送回系统。

### 3. 2. 6 系统保密与安全

基于保密与安全性考虑, 集成软件系统设有登录密码, 要求用户必须正确输入密码才能进入运行环境, 连续三次输入非法密码, 系统自动退出。只有系统管理员可以更改系统登录密码, 系统管理员还可以修改其它用户的密码和权限。普通用户只能以给定密码登录, 执行有限权限。

对于图形属性信息库，只有系统管理员具有管理所有产品信息数据的特殊权限。其余用户只能使用规定权限管理本组图形，而对其它数据库信息只有浏览权。

### 3.3 系统功能模块组成

系统各功能模块分解及主要功能如下：

名称：图档入库模块

编号：1.1

功能：采用两种方法将 DWG 文件及相应的 WMF 文件入库保存，并将图档的属性数据信息，包括图样名称、代号、材料等作为记录存入数据库。

名称：图档打印模块

编号：1.2

功能：通过引用 AutoCAD ActiveX 的出图对象 (Plot) 来完成出图配置、预览、绘图输出的全部操作。

名称：图档删除模块

编号：1.3

功能：将指定的 DWG 文件及相应的 WMF、bak 文件从文件系统中删除，并删除数据库中的相关记录。

名称：图档修改模块

编号：1.4

功能：打开 DWG 文件进行修改，由用户确定是否保存原图，进行版本管理；修改后更新图档及相关记录，确保再次打开时使用最新版本。

名称：图档查询模块

编号：1.5

功能：由用户指定名称或代号等查询索引及查询条件，系统根据该条件进行联合检索，最后将符合条件的检索结果显示于用户界面。

名称：版本管理模块

编号：1.6

功能：采用线性管理模型，按版本产生的先后顺序，完成对设计图档不同版本的简单管理。

名称：用户权限管理模块

编号: 2.1

功能: 通过设定图档的用户及用户权限, 来限定登陆用户打开系统进行操作时的文件属性, 从而实现图库的安全管理。

名称: 汇总表统计生成模块

编号: 3.1

功能: 根据已知条件和索引, 检索数据库中指定范围的所有记录, 生成用户所需的汇总表, 并驱动 AutoCAD 绘出相应的图纸表格。

名称: 图内对象关联定义模块

编号: 4.1.1

功能: 定义同一图纸文件内不同对象间的相关性。

名称: 同级对象关联定义模块

编号: 4.1.2

功能: 定义同级零部件图纸文件间对象的相关性。

名称: 级间对象关联定义模块

编号: 4.1.3

功能: 定义上下级零部件图纸文件间对象的相关性。

名称: 关联修改模块

编号: 4.2

功能: 根据各种关联定义, 对图纸文件内、图纸文件间的相关对象进行修改, 实现对象的互动。

名称: 图框插入模块

编号: 5.1.1

功能: 由用户指定图框大小、绘图比例后, 自动插入图框到图形中。

名称: 标题栏插入模块

编号: 5.1.2

功能: 根据数据库中的相关记录信息, 自动填写标题栏信息并插入到图框中。

名称: 零部件序号插入模块

编号: 5.1.3

功能: 根据用户输入信息确定零部件属性信息, 自动插入序号, 并将对应的属性信息存入数据库。若在插入序号之前已插入了明细栏, 则零部件的属性信息直接由数据库中读取。

名称：明细栏插入模块

编号：5.1.4

功能：根据用户输入信息确定零部件属性信息，自动插入明细栏，并将对应的属性信息存入数据库。若在插入明细栏之前已插入了序号，则零部件的属性信息直接由数据库中读取。

名称：标题栏编辑模块

编号：5.2.1

功能：对标题栏信息进行编辑，并更新数据库中的相关内容。

名称：明细栏编辑模块

编号：5.2.2

功能：对明细栏进行修改、删除等操作，并根据修改结果更新相应序号，更新数据库。

名称：零部件序号编辑模块

编号：5.2.3

功能：实现单个或多个序号的编辑修改，根据修改结果更新相应序号，更新数据库。

### 3.4 小结

本章基于集成化的思想，完成了“基于 AutoAD 2000 的工程图档管理系统”的总体设计；介绍了该软件系统的主要功能，并给出了系统总体结构和各模块间的关系；介绍了系统的支撑环境、安全机制，并对系统各模块的主要功能进行了阐述。

## 4. 系统各模块的设计与实现

### 4.1 数据库的建立

为能够管理计算机中已有的大量各种形式的产品图档和新建的产品图档，系统采用目前最先进、最有效的技术——元数据对象管理技术。

因零部件的代号具有唯一性，在文件系统中，图形文件以代号为图样名称保存在以产品名命名的文件夹中。图纸的标题栏信息、明细栏信息等属性信息则以记录的形式保存在数据库的相应表格中。系统以有图档文件和图档属性信息构成的元数据对象为管理对象，两者同步响应系统的各种操作。

#### 4.1.1 数据模型的选择

一套产品实质上是由其各级分部件和零件从底向上依次装配成的组合体。装配体和它的组成零部件之间存在着一对多的关系，产品零部件间的装配关系形成了产品的结构树，如图 4.1 所示。

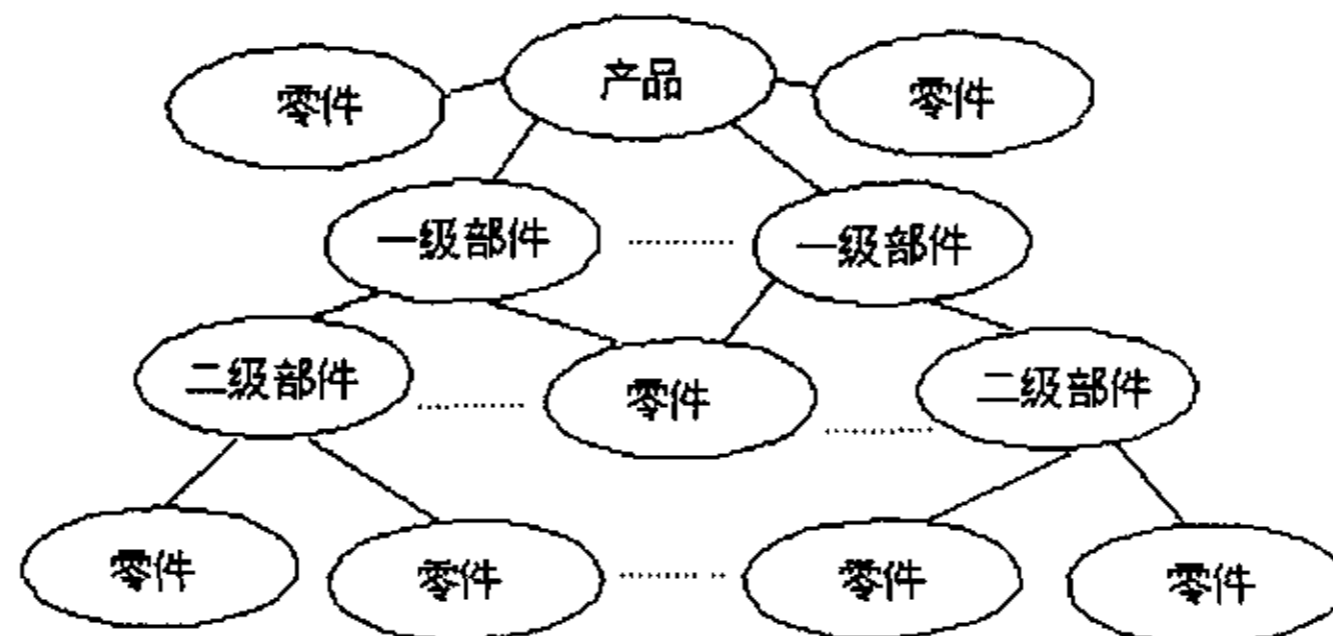


图 4.1 产品结构树

系统采用广义树状结构作为数据库结构，按照产品的分类和装配关系而构成的树状结构，从上至下依次细分为产品类别、产品型号、总装图、部件图和零件图。一个具体的产品是整个树状结构中的一棵子树，它以总装图为根节点，以部件图为支节点，以零件图为叶节点。系统的数据结构如图 4.2 所示。为简化系统数据结构，将结构子树中的多对一关系简化为一对一关系，即将被多个部件引用的零部件予以复制唯一化。系统的数据结构就由图 4.2 变为图 4.3 所

示。根据系统结构树中各节点之间的关系，本系统选用关系数据模型建立各相关表。

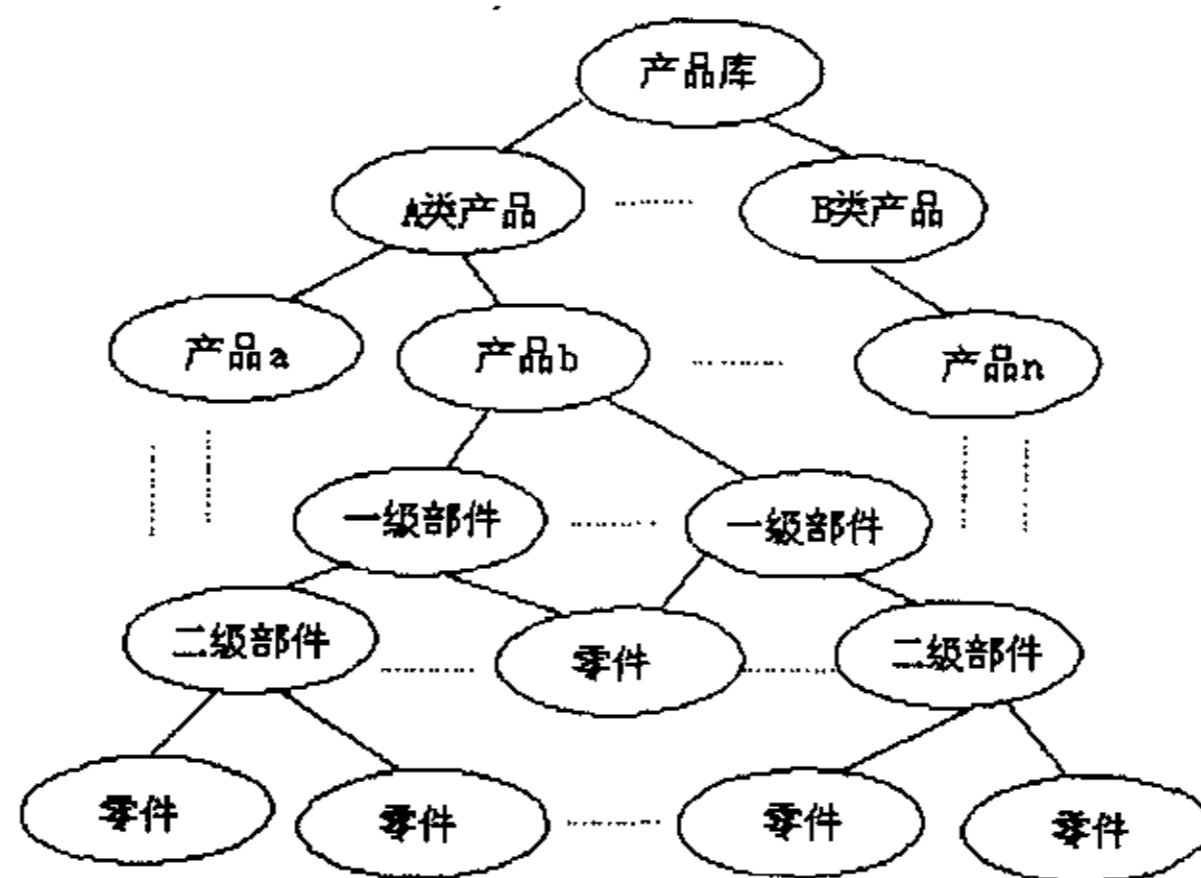


图 4.2 系统结构树

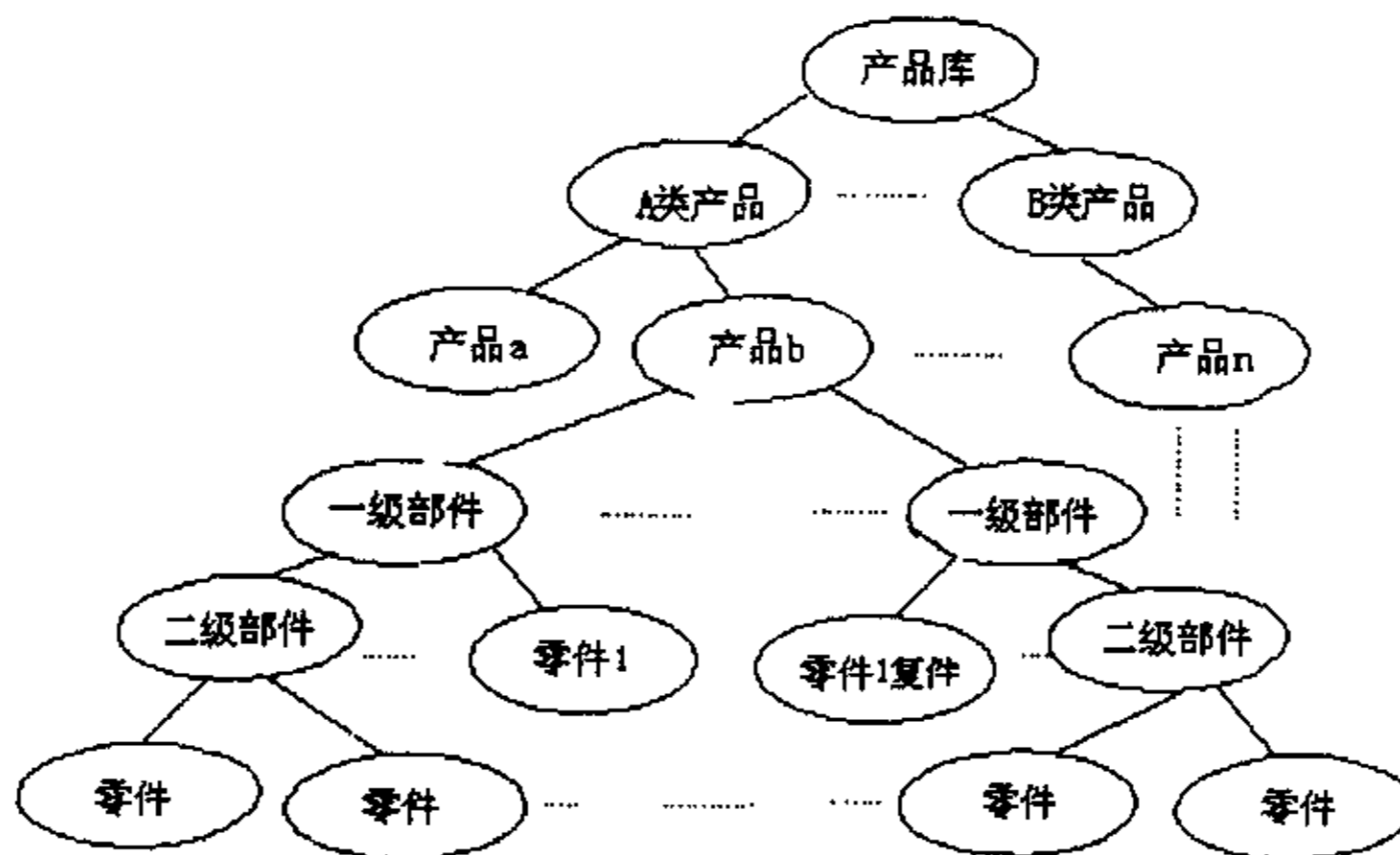


图 4.3 简化系统结构图

#### 4. 1. 2 数据库 E—R 图

实体—联系方法 (Entity—Relationship Approach) 是用 E—R 图来描述现实世界的概念模型的方法。E—R 图提供了表示实体型、属性和联系的方法，其中：实体型用矩形表示，矩形框内写明实体名；属性用椭圆形表示，并用无

向边将其与相应实体联系起来；联系用菱形表示，菱形内写明联系名，并用无向边分别与有关实体连接起来，同时无向边旁边标明联系类型<sup>[5]</sup>。

本系统数据库以工程图档的属性信息为管理对象，数据库的管理实体有：产品类、具体产品、产品组成零部件、系统用户。各实体的属性：产品类—产品类号、产品类名；产品—产品号、产品名、所属类号；有图零部件—名称、代号、产品号、材料、单位、设计、校对、审核、工艺、标准、审定、批准、共张、第张、数量、重量、比例、日期、备注、所属装配号、图幅（明细栏零部件—代号、名称、数量、单件重、材料、所属装配号、备注、零部件类型）；用户—组号、用户名、权限、密码。

系统数据库 E—R 图如图 4.4 所示：

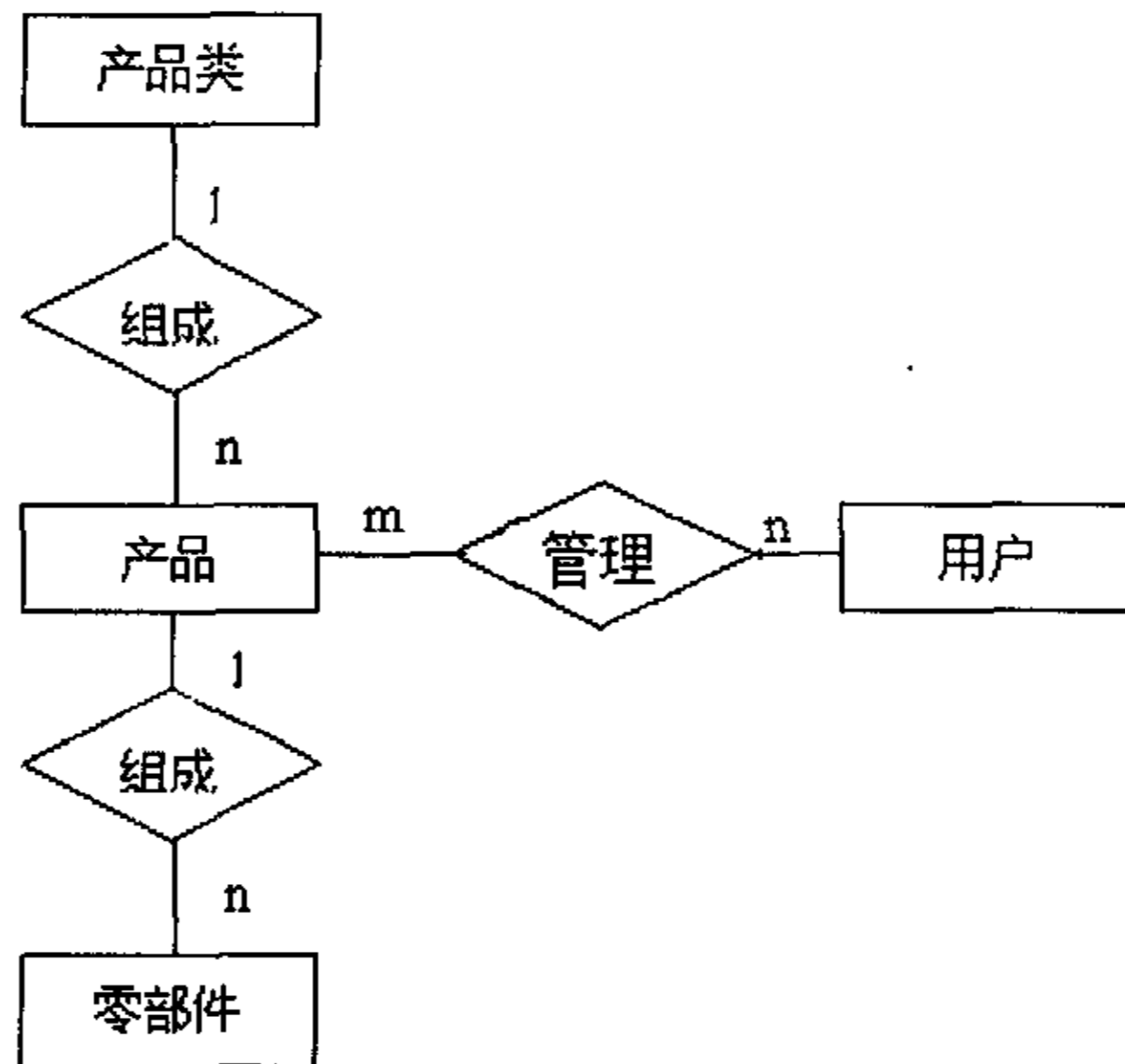


图 4.4 数据库 E—R 图

#### 4. 1. 3 数据库的建立

根据系统的数据模型和数据结构，建立数据库各表：“产品类别表”——记录数据库中的产品类型；“产品名称表”——记录数据库中的各具体产品信息；“产品零部件表”——记录具体产品的各零部件的图档信息；“用户权限表”——为实现系统的安全管理而建，记录用户的用户名、组名、权限、密码等信息；“(产品类别)：(产品名称) 明细表”——在产品图绘制过程中第一次

插入明细栏时创建，一个明细表对应一套具体产品，记录整套产品所有明细栏内容，包括零部件代号、名称、数量、材料等信息。对于某些模块所需的中间数据，采用查询的形式存放，使用完毕进行删除。

系统数据库各表结构如下：

表 1 产品类别表

列名	数据类型	可为空值	说明
产品类别号	整型	否	当添加新记录时自动加 1，主关键字
产品类别名	文本	否	不允许重复

表 2 产品名称表

列名	数据类型	可为空值	说明
产品号	整型	否	当添加新记录时自动加 1，主关键字
产品名	文本	否	允许重复
产品类别号	整型	否	外部主关键字，来自“产品类别表”

表 3 版本管理表

列名	数据类型	可为空值	说明
序号	整型	否	当添加新记录时自动加 1
零部件号	文本	否	零部件号
版本代号	文本	否	零部件号加版本号构成
日期	文本	否	该版入库时间



表 4 产品零部件表

列名	数据类型	可为空值	说明
零部件名	文本	否	零部件名称
代号	文本	否	不允许重复, 主关键字
产品号	整型	否	外部主关键字, 来自“产品名称表”
材料	文本	是	
单位	文本	是	产品所属单位
设计	文本	否	设计者名称
校对	文本	是	校对者姓名
审核	文本	是	审核者姓名
工艺	文本	是	工艺检查者姓名
标准	文本	是	标准检查者姓名
审定	文本	是	审定者姓名
批准	文本	是	批准者姓名
共张	整型	否	图纸的总张数, 缺省为 1
第张	整型	否	图纸中的第几张, 缺省为 1
数量	整型	是	该零部件的数量, 缺省为 1
重量	文本	是	
比例	文本	否	绘图采用的比例
日期	文本	是	绘图日期
备注	文本	是	关于图纸的说明
所属装配	文本	否	所属上级装配体的代号
图幅	文本	否	图纸幅面, 缺省为 A4

表 5 用户权限表

列名	数据类型	可为空值	说明
所属组号	整型	否	用户所属的组号
用户名	文本	否	用户名
登录密码	文本	否	用户的登录密码
权限	文本	否	用户对图档的使用权限

表 6 (产品类别):(产品名称) 明细表

列 名	数据类型	可为空值	说 明
代号	文本	否	零部件代号, 主关键字
名称	文本	否	零部件名称
数量	文本	否	零部件的总数, 缺省为“1”
单件重	文本	是	零部件的重量
材料	文本	是	零部件的材料
所属装配号	文本	否	零部件所属装配件的代号
备注	文本	是	关于零部件的一些说明
零部件类型	整型	否	1-零部件 2-标准件 3-自制件 4-外购件

## 4. 2 数据维护

数据维护主要包括添加、打开、删除、修改及浏览等操作, 主要是添加图档、图档属性信息记录; 删除图档及图档属性记录; 修改图档、图档记录信息, 并更新修改结果; 打开图档, 浏览图形。

### 4. 2. 1 数据添加

数据添加是指向数据库中添加图档文件的标题栏内容等属性信息, 将相应的图档文件存入文件系统, 并根据 DWG 文件转换生成相应的 WMF 文件, 一并输入。数据添加根据添加时图档文件实际存在与否, 可分为两种方法: 先绘图后入库和先入库后绘图。

使用“先绘图后入库”方法时, 用户在启动系统之前已完成了图档文件, 此时系统在提示用户输入图档属性信息及图档存储位置后, 系统对输入信息进行完整性和唯一性检查, 检查输入是否缺少关键字段, 检索数据库中是否已有与其相同的记录等, 以保证输入的信息有意义和不重复。然后根据存储位置自动查找图档并将图档文件及由图档生成 WMF 文件一起转存入相应的产品文件夹, 将图档的属性信息存入相应的数据库表中。

在“先入库后绘图”中, 系统启动之前图档并不存在。系统在用户输入图档属性信息后, 进行完整性和唯一性检查。通过唯一性和完整性检查后, 系统

先将图档信息存入数据库，然后驱动 AutoCAD 进行绘图，绘图结束系统将刚生成的 DWG 文件及由 DWG 文件转换的 WMF 文件一起存入相应的产品文件夹。

图档入库的两点规定：1) 图档记录以图样代号为主关键字，所以任意产品的零部件代号都必须唯一；2) 产品零部件图以零部件代号为图样名称进行保存，同一产品的所有图档都保存在以产品名称命名的文件夹中。

添加数据的流程如图 4.5 所示。

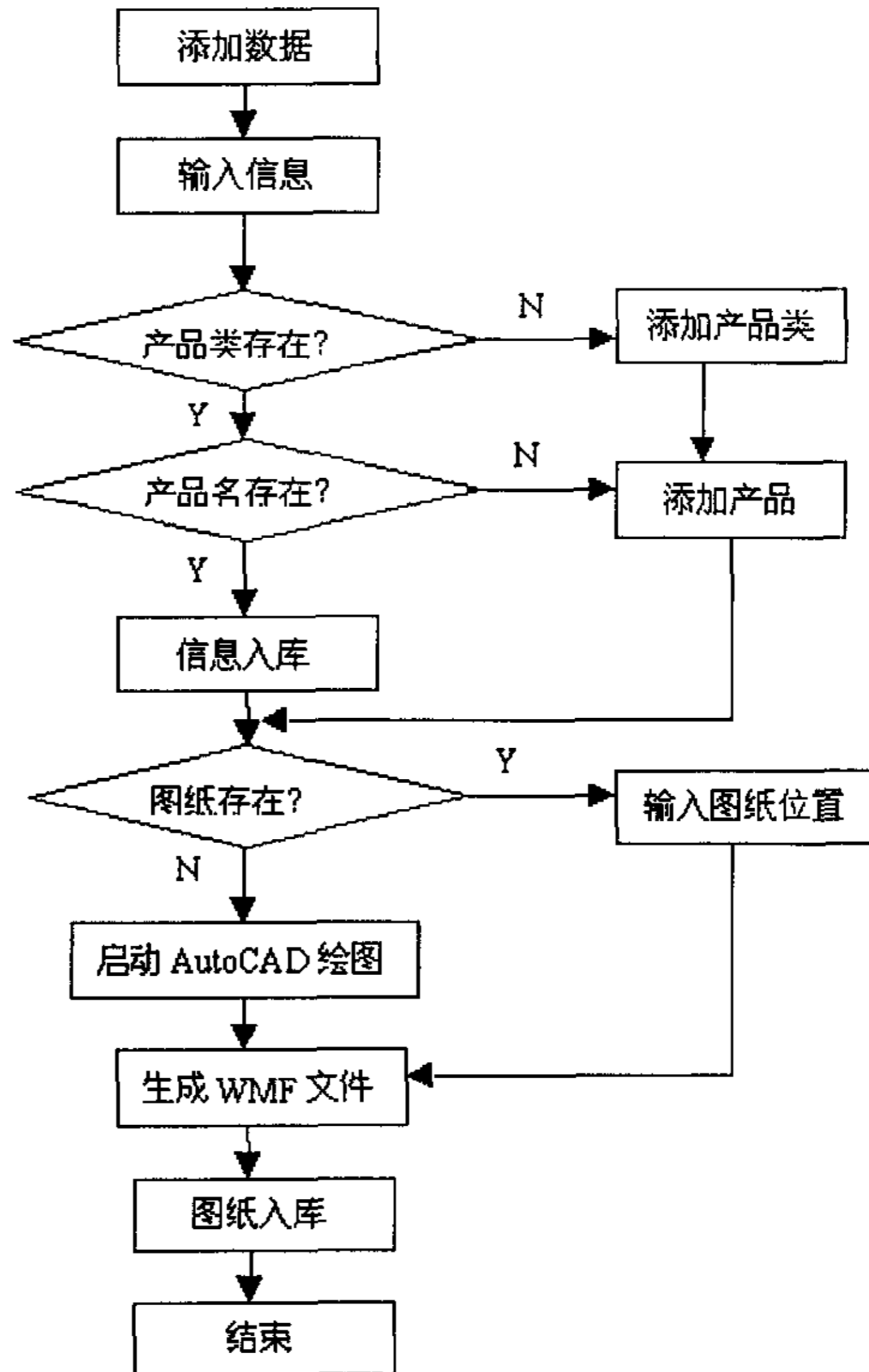


图 4.5 添加数据流程图

#### 4. 2. 2 数据删除

从数据库中删除记录，是要将要删除的图档文件及图档文件属性信息一并删除。在删除数据时，首先通过操作界面选定欲删除的图档，系统根据用户选择检查数据库中相应记录的独立性：先检查是否有下级记录指向该记录，若有则该记录是部件记录，此时如果删除该记录，则必然会影响其下级记录，故应先确定删除其所有的下级记录后再删除该记录；若没有下级记录与其相关，则根据产品结构树中的关系可知，最多只能有一个上级记录与该记录相关，该记录及其图档文件可以删除，系统将该记录删除，并将相应的图档文件送入回收站。

删除数据的程序流程如下：

Begin:

Select the record to be deleted

If the record is related with other junior records

Rollback (cancel the operation above)

Else

Commit (deleted both the record and the drawing )

End if

End

#### 4. 2. 3 数据修改

因系统的管理对象为元数据对象，其中既包括图档文件，也包括其属性信息，所以数据修改既包括图档文件的修改，也包括图档属性信息的修改。图档属性信息的修改主要是指图纸标题栏内容的修改，系统根据用户的输入更新图档信息记录，其中因图样代号是图档的唯一性标志，故在修改图样代号时，系统要进行唯一性检查。图档文件的修改指的是实际图形的修改，这其中就涉及到是否保存修改前的图档，即图档的版本管理问题，系统采用根据版本生成先后进行编号的方法来实现简单的版本管理。系统在用户选定图档记录后启动 AutoCAD，由用户完成修改，保存并退出 AutoCAD 即完成修改。在具体的修改过程中，将用到图档的关联修改，这方面的内容将在“图档相关”中介绍。

数据修改的具体流程图见图 4.6:

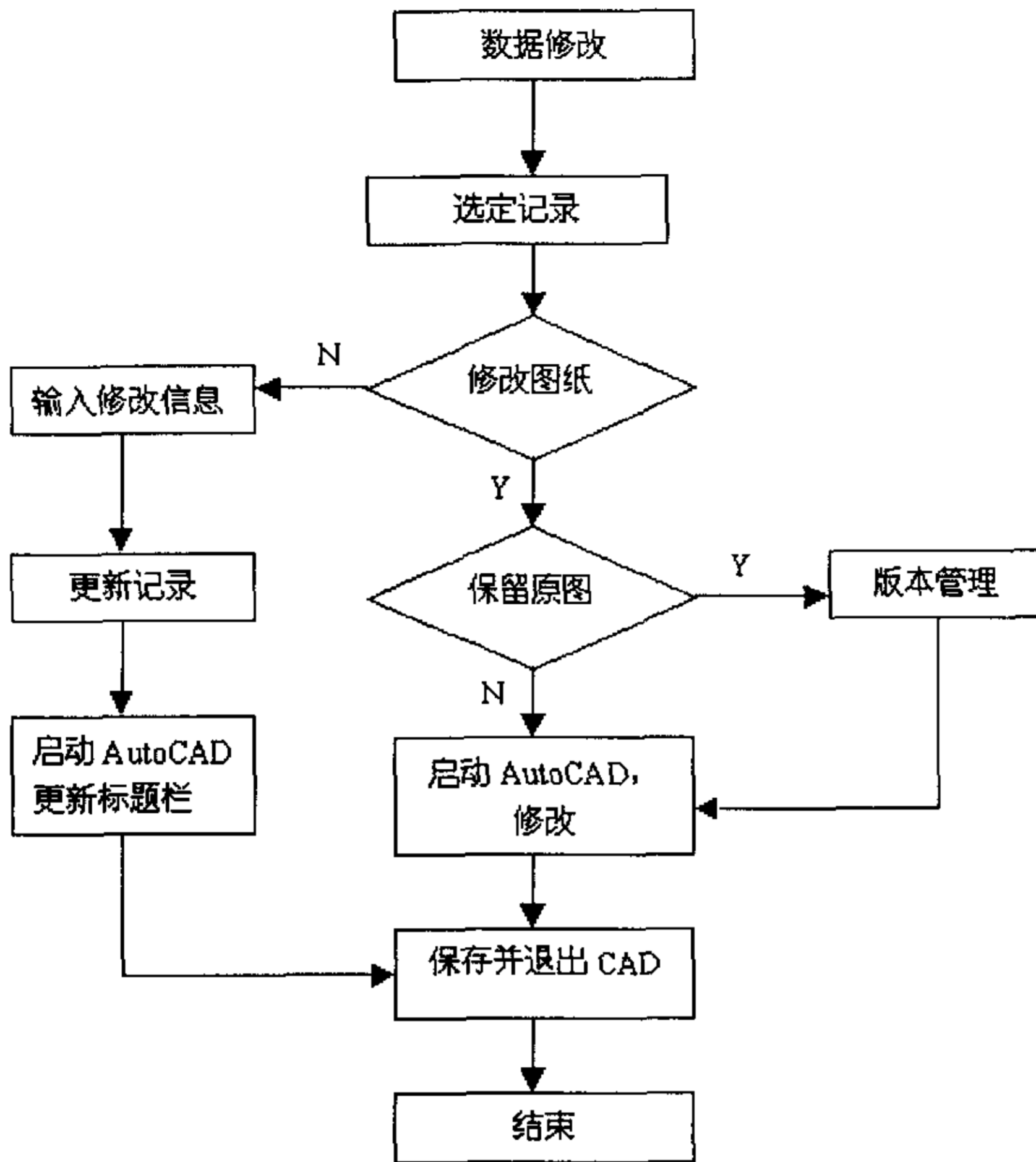


图 4.6 修改数据流程图

#### 4.2.4 图档浏览

图档浏览功能主要通过操作界面上的图片框来实现，浏览的是 DWG 图档文件对应的 WMF 文件。具体过程是：用户在操作界面上选定要浏览的产品名称，系统根据产品类别、产品名称查“产品零部件表”，检索产品的所有零部件并显示在操作界面的列表框中；用户选定要查阅的图档，系统根据用户选择检索相应的记录和图档，检索完毕将图档的属性信息显示在操作界面的文本窗

口中，图档对应的 WMF 图形显示在图片框中。

#### 4.2.5 图档查询

随着产品设计的不断深入以及设计时间的延续，产品库中的产品越来越多，用户要查找某个具体零部件就会非常费力，因此系统设计了图档查询模块，帮助用户进行图档查找。

具体的图档查询是指面向正在设计的项目或已入库的图档进行查询和检索，这种查询和检索是基于图档的属性描述信息的。用户可将已知的查询对象的描述信息作为查询条件输入系统，由系统完成查询过程并将查询结果显示于用户界面，用户可根据查询结果获得所需信息以及图形。

在本系统的查询中，查询条件包括查找对象所属的产品类别、产品名称、图样名称、图样代号、入库时间。具体查询时，条件可为上述五者之一，也可以这五者中的几个作为联合检索条件进行查询。查询对象可以是某一具体产品，也可是某一产品的某一零部件。

其中要说明的有以下几点：

1) 若已知要查找的对象所属的产品类别，查找时不需采用该模块，用户只要在系统主界面的“产品类别”框内输入类别名，系统就会将数据库中属于该类别的所有产品的名称列在“产品名称”框中。若查询对象是某一产品，则用户可直接在产品名称框中找到该对象；若查询对象为该类产品中某一具体产品的零部件，则用户可选择具体的产品名称再进行查询。

2) 若已知要查找的对象所属的产品类别和产品名称，则查询时也不需使用查询模块，用户可直接将产品类别、产品名称输入系统主界面的对应输入框内，则系统会将该产品的所有组件列在主界面的列表框中，用户选择具体的组件就可得到该组件的全部属性信息及简图。

3) 若查询条件中有要找对象的图样代号，且其入库时间未知，则系统进行的是该对象的版本查询，系统会将该对象的所有版本显示在用户界面上。用户可借助该种查询实现从某一历史版本上对该对象进行修改设计。

4) 若已知查询对象的图样代号和入库时间，则查询结果唯一，为该对象的某一具体版本。

#### 4.2.6 版本管理

由于产品设计过程是一个不断试验、反复修改、迂回发展的动态过程，因此，产品设计过程中同一设计对象会存在多个不同的设计版本。随着设计过程的进行，产生大量的版本信息，为有效的管理和利用这些信息，必须建立版本管理。合理有效的版本管理可以保证设计数据的一致性和可重用性，从而缩短设计周期、降低设计费用、提高效率。

对于每个设计版本，必须包括设计信息、版本标识、与其它版本的关联等信息。在产品设计过程中，每个设计对象都是先产生原始版本，而后的修改在原始版本上进行，产生新的修改版，因此原始版与修改版之间存在一定的导入和导出关系。设计人员可以通过版本管理对设计对象的版本进行跟踪查询，从而了解其版本演变过程。

常用的版本管理模型有四种<sup>[36]</sup>：

1) 线性描述模型 它以版本产生的先后顺序产生，在该种模型中除原始模型外，其它版本都是在前一版本基础上产生的修改版。该模型能反映版本的历史信息，但不能处理复杂的版本管理。

2) 树形结构模型 由于设计方案的不同而形成的不同替换版本，其中每个子节点版本有且仅有一个父版本，而一个父版本可产生多个子版本。这种模型可以根据选择不同的路径得到各版本的历史信息，能全面的反映版本之间的父子关系、兄弟关系等发展信息。

3) 有向无循环图模型 这种模型的主要特点是一个新版本可由多个父版本修改生成，且其父版本可处于不同的层次上。该模型不仅可以描述线性模型和树形模型，而且可以反映版本之间的关系，同时还可支持版本合并，能满足一般较复杂的版本管理要求。

4) 两级结构模型 这种版本模型分成两层：上层采用有向无循环图结构，反映一个设计对象的版本演变过程；下层是树形结构，反映特定产品的版本配置结构信息，通过产品树可以容易地实现版本配置信息查询的可视化和结构化。这种管理模型结合了有向无循环图模型和树形结构模型的优点，能进行复杂的版本管理。

鉴于本论文中所设计的系统对设计对象未设计提交、审批、发行等环节，对版本管理要求不高，因此采用树形结构模型，实现简单的版本管理。

系统数据库“零部件表”中保存的都是设计对象的最新版本，设计对象的

缺省版本也为最新版本。当采用系统“修改”功能时，系统默认在最新版本基础上进行修改，并提示用户是否直接在原图上修改。若用户确认在原图上修改，则系统不启用版本管理；反之，系统对原图复制以供用户修改，修改后存为设计对象的最新版本，而对原图系统采用版本管理，将其进行编号存入“版本管理表”。

若用户不想在缺省版本上对设计对象进行修改，而是要以先前产生的某一版本为修改基础，则用户必须采用“查询”功能，以设计对象的代号和入库时间为查询条件进行检索，查到所需版本后再用系统“修改”功能进行修改。

### 4.3 系统安全管理

#### 4.3.1 基本思想

本系统设计时面向的主要用户不是使用 Internet 的大型用户，系统安全性要求没有基于网络共享信息的系统高。系统的安全性管理主要通过两种措施予以控制：

其一，用户设置主机启动密码进行安全管理。非法用户不能进入操作系统，也就不能进入本系统获取任何有关工程图档的数据信息。

其二，系统设置了用户管理控制，用户只能通过用户登录校验后才能进入本系统。非法用户不能通过登录校验，也就不能进入系统获取信息。

系统将用户分为两类：超级用户（系统管理员）、具体产品组用户。系统管理员属 0 组用户，仅有一名，具有最高权限，能够对数据库进行最高级的管理，包括具体产品组用户管理、数据库管理等功能。例如，增加、删除产品组用户，设定产品组用户权限，访问、查看、增加、删除或修改数据库中任何记录信息。

具体产品组用户根据产品号分组，他们只对本组产品拥有规定的权限，对其它组产品只有浏览权。

#### 4.3.2 用户身份及口令权限管理

为实现用户管理，需要建立用户权限表，如表 5 所示。表 5 中的“所属组号”字段的值根据用户分类而定，如果是超级用户，则该字段的值为 0；如果用户为具体产品组用户，则该字段的值就是用户所属产品组的产品号。

表中的“权限”字段是控制安全操作的重要字段，设定为字符型，长度为



5. 该字符串中每个字符的位置及内容有效的控制了用户的权限，字符串的第一个字符控制用户的浏览权；第二个字符控制用户的添加权；第三个字符对应用户的修改权；第四个字符对应用户的删除权限；第五个对应用户的管理权（统计汇总权）。每个字符的值为“0”或“1”，其中“0”——表示用户不具有该种权限；“1”——表示用户具有该项权限。例如，3号产品组中一个用户的权限字段值为“11110”，就表明该用户对3号产品纸具有浏览、添加、修改和删除的权利，但该用户不能对3号产品进行各种汇总。

在用户权限表建好后，即可按规定对用户操作进行控制，具体技术过程如下：

1) 用户身份检验。要求用户输入口令及姓名、组号（也可只输入口令）。如果能从表5中检索到具有相同口令的记录，表明该用户为合法用户，用户进入系统转入下一步操作；否则，表明用户为非法用户，给出错误提示信息并返回。

2) 从表5对应的记录中提取用户权限信息及用户所属组号，由此来确定用户的操作权限，赋予其不同的操作选项。

登录密码是操作安全与否的关键所在，从安全性考虑，口令应复杂、难记、位数多，但还应考虑用户自身的接受程度。所以，“登录密码”字段设计为字符型，字段长度由用户确定，但最长不能超过50。

#### 4.4 汇总表统计生成

汇总表统计生成模块以产品明细表为依据，主要对产品零部件、标准件、自制件和外购件等信息进行汇总，自动生成各种统计表。

用户在绘图过程中须采用系统开发的明细栏插入模块绘制装配图明细栏（该模块将在“辅助绘图模块”一节中介绍）。用户在根据系统提示输入明细栏信息时，系统将要求用户对零部件按零部件、标准件、自制件、外购件等类型分类。系统将整套产品的明细栏信息存入产品对应的明细表中。

要生成汇总表时，用户只需在操作界面上选定要汇总的产品，然后指定产品汇总表类型，系统就会根据用户要求自动生成检索条件，并检索数据库中相应产品的明细表，查出所有符合条件的记录后，自动生成满足要求的表格，并驱动 AutoCAD 绘出相应的表格图。

汇总表统计生成的程序流程如图 4.7 所示：

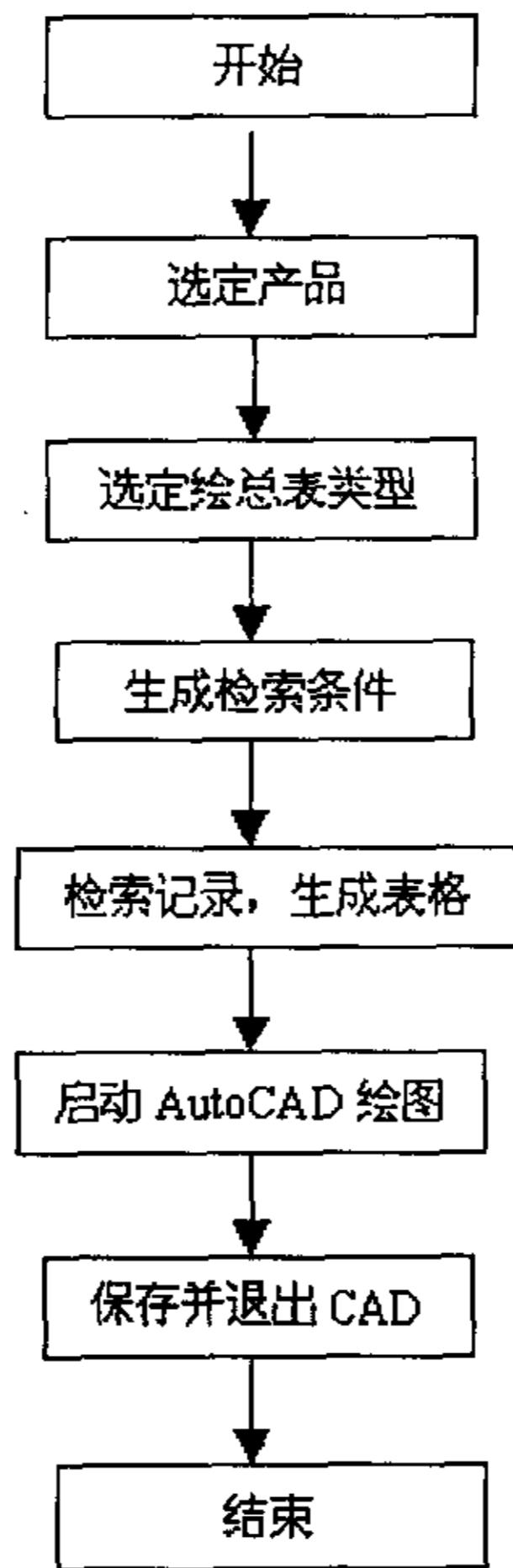


图 4.7 汇总表统计生成流程图

生成的汇总表图例见图 4.8

序号	幅面	代号	张数	所装属配	备注	序号	幅面	代号	张数	所装属配	备注
1	A4	01	1	00		2	A4	02	1	00	
3	A4	03	1	00		4	A4	00-1	1	00	
5	A4	00-2	1	00		6	A4	00-3	1	00	
7	A4	00-4	1	00		8	A4	00-5	1	00	
9	A4	00-6	1	00		10	A4	00-7	1	00	
11	A4	01-1	1	01		12	A4	01-2	1	01	
13	A4	01-3	1	01		14	A4	01-4	1	01	
15	A4	01-5	1	01		16	A4	01-6	1	01	
17	A4	02-1	1	02		18	A4	02-2	1	02	
19	A4	02-3	1	02		20	A4	02-4	1	02	
21	A4	02-5	1	02		22	A4	02-6	1	02	
23	A4	03-1	1	03		24	A4	03-2	1	03	
25	A4	03-3	1	03		26	A4	03-3	1	03	
						击针式9mm手枪					
						图样标记 共 1 张					
						第 1 张					
图样目录											
编制											
校对											
日期											

图 4.8 汇总表图例

## 4.5 图档关联

### 4.5.1 图档关联的内涵

因为产品是由其组成零部件按一定顺序装配而成的组合体，装配体与其组成零部件之间的上下级关系，决定了装配图与其组成零部件图档间的上下级关系。产品的组成零部件之间存在着多种装配关系，这些装配关系表示在图档上，就是图档间的关联。一般来讲，一个零件（部件）是不可能只用一个视图就可以将其结构表达清楚的（除非是它的结构非常简单），因此在绘制零部件的平面图时，就需要将零件在不同方向投影，用几个视图来表达它的结构，这样同一张图纸内不同视图间就存在着多种投影关系——即图档内对象关联。

由以上分析可知，图档关联有三重含义：

- 1) 图档级关联——一般是指上下级零部件图间的关联、要进行装配的同级零部件图的关联，关联的对象是图档。
- 2) 图档间对象的关联——一般指同一零部件在不同图档上的表达间的关联、同级零部件图内装配结构部分的关联，关联的对象是多个图档的内容。
- 3) 图档内对象的关联——指同一张图纸内同一实体不同视图间的关联、

相邻实体间的位置关联，关联对象是同一图档的内容。

因为图档间对象关联实际上就包括了图档级关联，因此本系统中的图档关联主要是后两种含义。

一套产品图内存在着多种复杂的关系，在一产品的整套图纸绘制完成后，修改其中哪怕是非常小的一部分，也极有可能引起整套图纸的变动，因此确定图档的关联是图档修改过程中非常重要的一环。但是如果每次修改都要人工的查找与修改部分相关的内容，不仅费时费力，而且还很有可能造成修改的不彻底，使整套图纸报废。针对上述情况，本课题采用一种简单的图档关联方法，开发了图档关联定义、关联修改模块。用户使用该模块时，只需在整套图纸绘制完成后，一次性将图档关联定义完全。在以后的修改过程中，系统会根据用户的修改自动提示与修改部分相关联的内容，用户根据系统提示就可完成整套图纸的修改。因为图档关联是与图档紧密相关的，所以本系统采用 AutoCAD 内嵌的 VBA 组件进行了相关模块的开发。

#### 4.5.2 定义图档关联

同一张图档内对象的关联可能是多种多样的，为简化关联定义的过程，本系统采用按关联主体分组的方法进行关联定义。在进行关联定义时，用户首先选择一个关联主体，然后系统提示用户选择与其相关的对象，用户按鼠标右键或键盘回车键结束选择，系统就会将用户选择的对象作为一个关联组保存在 AutoCAD 的图形数据库中。如此循环，用户就可以将整张图纸进行关联定义。

不同图档的关联有上下级的关联、同级的关联，对一张图纸来讲，它的相关图纸一般会有与其相关的上级图纸、与其相关的下级图纸、与其相关的同级图纸之分。为区分这些相关，本系统同样采用主体图档的方法定义不同图档的关联。根据系统数据结构可知，一张图纸最多只有一张上级相关图纸，但其下级相关图纸、同级相关图纸可以有多张；同样，一张图纸内的一个对象最多只有一张上级相关图纸，但其下级相关图纸、同级相关图纸可以有多张。为简化图档关联定义叙述，系统规定一张主体图纸内的一个对象只能有一张相关同级图纸、一张相关下级图纸。

图档间的关联定义从下向上进行，用户只能定义图档的上级相关图档和同级相关图档。在定义上级相关图档时，1) 用户选择主体图档内要关联的对象，2) 输入上级相关图档名称，3) 系统根据输入打开上级图档 4) 用户选择相关

的对象，5) 选择完毕后，系统将主体图档信息写入上级图档相关对象的图形数据库并关闭上级图档，6) 系统将上级相关图档信息写入主体图档关联对象的图形数据库。同级相关图档的定义过程同上。

在完成不同图档关联定义后，一张主体图档内的一个对象最多有四张相关图档：上级相关图档、下级相关图档、同级相关图档、与其同级相关的另一张主体图档。一个产品的整套图纸就成了一个相互关联的整体，在以后的修改过程中，如果修改的对象已经进行了关联定义，系统就会根据定义提示用户修改相关的部分和相关的图档。

系统进行图档关联定义的程序流程如下：

Begin:

Select the record to be defined

Open the draft in AutoCAD

Select the type of the relation definition

If the type is the relation definition in a draft

Select the objects related with each other

Make the related group

ElseIf the type is the relation definition between drafts

Select the objects related with another draft

Input the name of another draft

Select the objects in another draft related with the draft

Write the draft's information in another draft's database

Close another draft

Write another draft's information in the draft's database

End if

End

#### 4. 5. 3 关联修改

关联修改主要是指在关联定义的基础上对图档中的对象及其相关对象进行修改的过程。在修改时，系统先引导用户完成图档内的关联修改，然后再读取图档间的关联定义，依次打开相关图档，提示用户完成修改的全过程。也就是说，系统可以引导用户一次完成所定义的包括图内关联和图间关联在内的全部

关联的修改。对未进行任何关联定义的对象，系统在引导用户完成修改后即退出。

因为在关联修改过程中，关联对象的变动会使原有的关联发生变化甚至丢失，因此在关联修改的同时，应进行关联的更新。为便于关联更新，系统在关联修改过程中不仅起到关联提示的作用，还直接参与具体修改过程，引导用户完成修改的同时，获得修改后的新对象，并用新对象更新原有关联。

系统进行关联修改的流程图见图 4.9

#### 4.6 辅助绘图模块

辅助绘图模块是指利用 AutoCAD 内嵌组件 VBA 开发的辅助绘图部分，其中包括图框的选择插入，标题栏的填写、插入及编辑，明细栏的填写、插入及编辑，零部件序号的插入及编辑，轴段的绘制等内容。主要目的是将图纸的公有部分进行二次开发，实现自动绘制、插入，简化用户的绘图过程。

图框插入模块主要针对常用的 A0、A1、A2、A3、A4 几种图纸进行设计，在用户选定图幅、绘图比例及图框插入点后，系统根据用户选择自动绘制图纸边框并插入在用户指定点处。

标题栏填写、插入模块采用的是目前常用的两种标题栏格式，标题栏内容由系统数据库中该图档属性信息记录的内容决定。用户在插入标题栏时，首先要选择标题栏格式，系统根据图档的图样名称检索数据库中的相关表，得图档属性信息，提交用户确认后填写标题栏，并将其插在用户指定点。如果属性信息在提交用户确认时，用户修改了相关内容，则系统会自动更新数据库中的相应记录。

标题栏编辑模块主要在用户插入标题栏后又要修改标题栏内容时使用，编辑过程是：系统将现有标题栏内容提交用户，用户根据需要修改信息，系统等用户确认修改后自动更新标题栏内容，并修改相应数据库记录。

因为明细栏的内容和零部件序号存在一一对应的关系，所以明细栏和零部件序号之间应存在互动性。为实现两者之间的互动，系统将明细栏对应的内容作为序号的属性，用户在插入序号时，必须同时填写对应的属性信息。

明细栏是装配图和部件图中必要的部分，明细栏的填写和插入与图档中是否存在零部件序号有关，如果图档中已插入了零部件序号，则明细栏应根据序号对应的零部件进行填写，明细栏的内容由相应序号的属性信息决定；如果图

档中没有序号，则用户可自行填写明细栏内容。明细栏的内容会由系统存入数据库中相应的明细表，如果该产品的明细表不存在，系统会先创建该表，然后将明细栏信息存入表中。

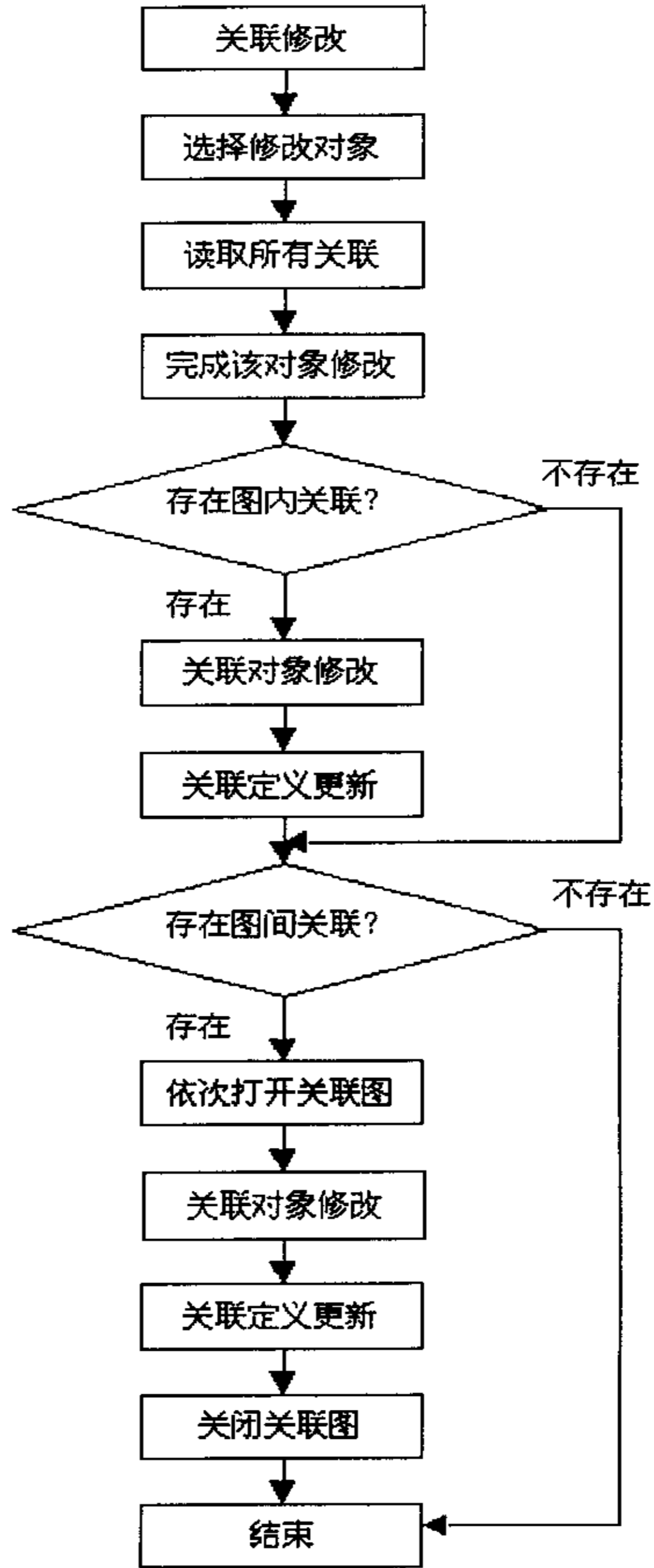


图 4.9 关联修改流程图

同样，零部件序号的填写和插入与图档中是否存在明细栏有关，如果图档中已插入了明细栏，则零部件序号的属性信息由相应序号对应的明细栏内容决定；如果图档中没有对应的明细栏，则用户须自行填写零部件序号属性信息。

明细栏的编辑主要指明细栏内容的修改，明细栏内容的修改又会涉及对应零部件序号的属性信息的更新和数据库明细表中相应记录的修改。具体编辑流程见图 4.10。

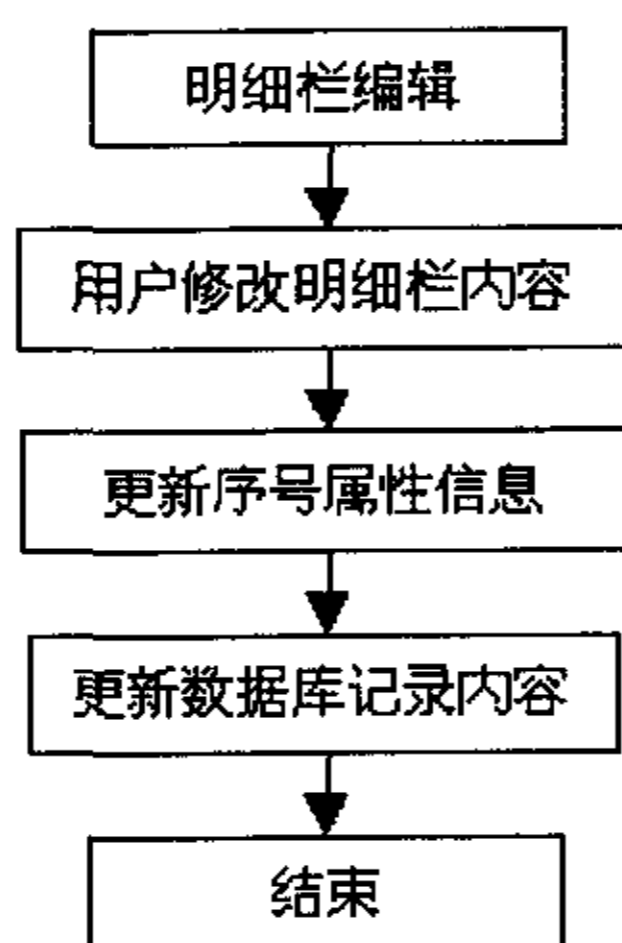


图 4.10 明细栏编辑流程图

注意：

1) 因图档是以图样代号命名的，所以在标题栏填写和编辑过程中，图样代号是不能修改的；

2) 采用辅助绘图模块绘制的图框、标题栏、明细表及零件序号是分别为一个整体，所以不能采用通常的命令进行编辑，也不能通过打散的方法进行编辑，因为如果一旦打散，就不能用编辑后的信息更新数据库中的相关信息。

#### 4.7 小结

本章在元数据对象管理技术的基础上，研究系统各组成部分的开发过程，详细介绍了系统的各组成部分——系统数据库的建立，数据维护，汇总表生成，图档关联以及辅助绘图各模块的设计思想和主要功能。



## 5. 系统集成

### 5.1 系统集成应遵循的原则和要求

基于平台的工程图档管理系统是面向工程设计部门的应用系统，为保证系统能为广大设计人员所接受，系统集成应遵循以下原则和要求：

1) 面向应用 —— 系统各模块既相互联系，又具有独立性。首先，保证系统是一个有机整体，协调解决图档管理问题；其次，各模块是独立的应用模块，可解决图档管理中的某一问题。

2) 面向用户 —— 系统界面必须符合工程设计人员的操作习惯和工程习惯，应做到界面友好，操作简单，易学易用。

3) 系统开发的完整性 —— 系统尽可能集成图档管理的相关方面，各模块间的交互以数据库为中心进行实施，保证工程图档数据的准确性、及时性和一致性。

4) 系统具有可扩展性、开放性和可维护性。

### 5.2 集成软件系统的系统流程

系统所有模块均以系统数据库为基础进行运行。用户启动系统，首先进入登录界面进行身份验证，通过验证的用户才能进入系统主界面，然后调用各模块完成各种操作。

集成软件系统的流程如图 5.1 所示。

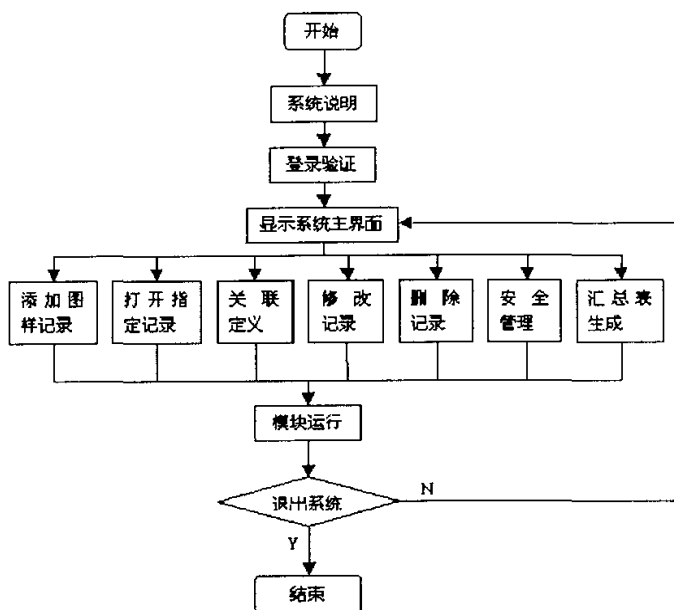


图 5.1 集成软件系统流程图

### 5.3 集成系统主界面

集成软件系统的主界面如图 5.2 所示：

- 1 —— 系统主菜单，包括系统提供的所有功能，用户通过主菜单选择操作，系统运行相应模块完成相应管理功能。
- 2 —— 系统主窗口，是程序界面的主体部分，用于显示产品记录的所有信息。
- 3 —— 记录列表框，用于显示具体产品的所有图档记录。
- 4 —— 图档浏览框，当选中列表框中的某一项时，显示该记录图形对应的 WMF 格式图形。
- 5 —— 图档信息框，显示列表框选中记录对应图形的属性信息。

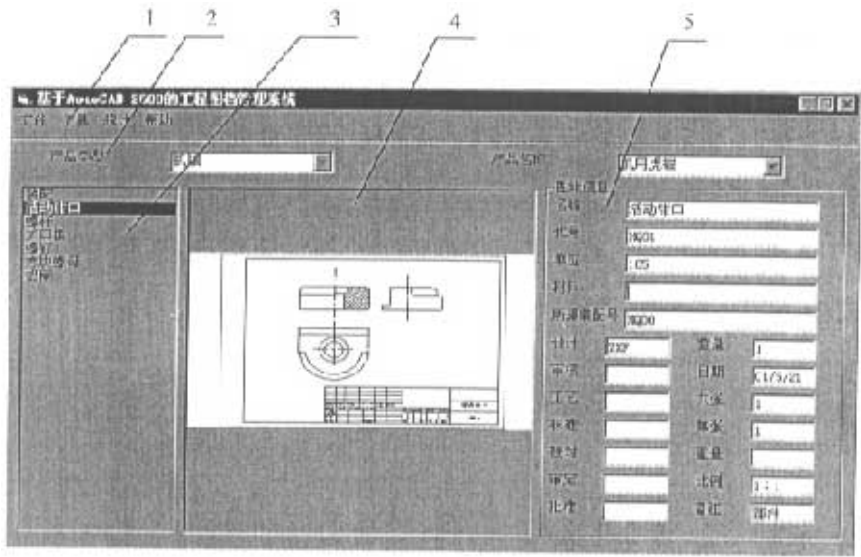


图 5.2 系统运行主界面

### 5.4 系统运行实例

下面以某产品的一个零件为例，介绍工程图档管理系统的运行过程。首先用户以指定密码登录系统，进入主界面后，在相应的输入框中添加该零件的信息，具体设置如图 5.3 所示，选取“文件”菜单中的“新建”，会出现设计类型选择窗口，界面如图 5.4。若是全新设计，系统直接启动 AutoCAD 进入绘图过程；若是在原有图档上修改生成，则需输入原图代号（如图 5.5），系统自动查找该图并在 AutoCAD 中打开，以供用户修改使用。

系统启动 AutoCAD 的同时，将相关的 VBA 模块加载到 AutoCAD 系统中，并以菜单项的形式出现。用户在 AutoCAD 中进行绘图时，就可以通过菜单使用这些模块辅助绘图，加载 VBA 模块后的 AutoCAD 菜单如图 5.6、图 5.7 所示（其中：1 — “DMS 菜单”、2 — “对象关联”为系统开发新加入的菜单项）。用户完成图档绘制后点取“入库”菜单，系统自动退出 AutoCAD，并将零件的属性信息及图形信息存入数据库，至此完成整个零件入库操作。

用户可使用“修改”菜单项，对零件图形及属性信息进行修改，也可用“查询”功能，根据多种查询条件查询零件，查询界面如图 5.8 所示。

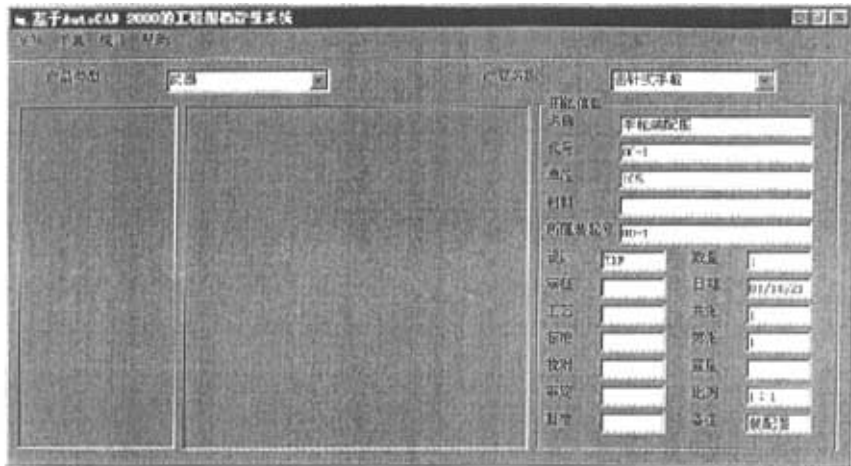


图 5.3 输入零件信息



图 5.4 设计类型选择界面(a)

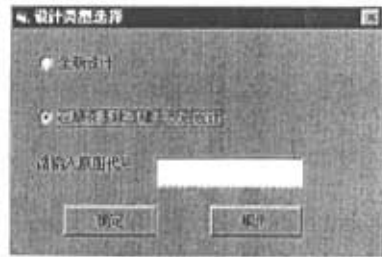


图 5.5 设计类型选择界面(b)

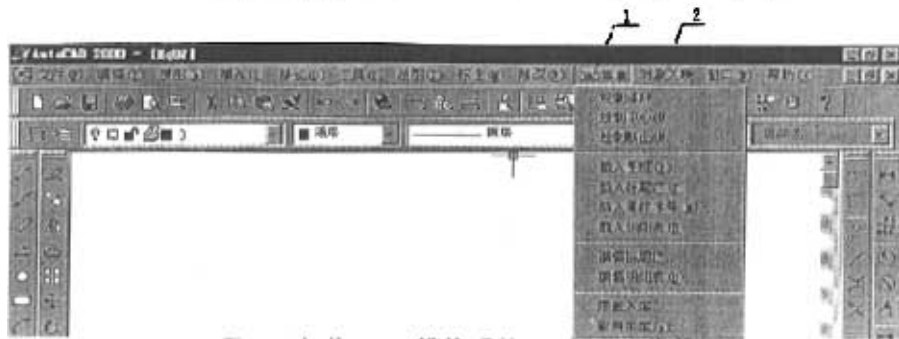


图 5.6 加载 VBA 模块后的 AutoCAD 菜单(a)



图 5.7 加载 VBA 模块后的 AutoCAD 菜单(b)

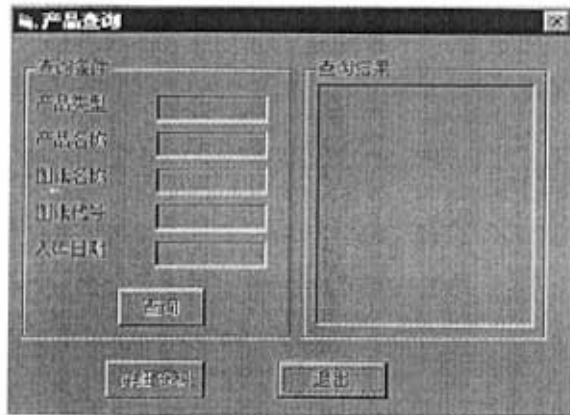


图 5.8 图档查询界面

### 5.5 系统使用说明

使用本系统初次登录必须以系统管理员身份，用系统提供密码进入，成功登录进入系统后才可以修改系统管理员密码。用户在进行操作之前，必须先输入产品零部件属性信息，然后才能选择相应操作。系统在用户选择操作时对用户输入信息进行校对，若发生系统能识别的输入错误，则返回发生错误的输入框并提示用户重新输入。在图档入库时，若采用第一种方法即先绘图再入库的方法，则用户需输入系统所需的图档属性信息，该信息在图档修改过程中不能重用；若采用第二种方法即通过系统启动 AutoCAD 绘图的方法，用户输入的图档属性信息，可以在插入标题栏时直接使用而不必重复输入，且可以与标题栏的编辑同步更新。因此推荐使用第二种方法进行图档入库。

标题栏、明细栏的内容是本系统进行管理的数据基础，零部件序号的属性

信息与相应明细栏内容一致，为方便的提取这些信息，系统开发了标题栏、明细栏、零部件序号的插入、编辑模块。通过这些模块，不仅实现了图档属性信息的自动提取和更新，而且也简化了用户的绘图过程。因此建议用户在绘制标题栏、明细栏、零部件序号时使用系统提供的这些功能。

另外用户在使用系统提供的模块插入产品明细栏、零部件序号时，必须指明零部件类型，以便统计生成汇总表时使用。另外，用户必须先对产品图档进行关联定义，才能进行关联修改。

## 5.6 集成系统综述

利用本文开发的“基于 AutoCAD 2000 的工程图档管理系统”，可以实现工程图档的动态管理。使用本系统，用户只需知道所要查找的图档所属的产品类别、产品名称，就可查到该图档的属性信息，并可以实现图档的快速浏览；用户若对其中的任何内容不满意，则可以利用本系统进行实时动态的修改。

通过本系统可以实现工程图档的重用。在设计过程中，如果用户想在已有的图档上进行改进设计，则只需输入原图的代号，系统就会根据该代号将原图调出，供用户修改设计，修改后的结果作为新的设计图存在，而不会影响原图。

另外，使用本系统提供的关联定义、关联修改功能，用户可以通过预定义将整套产品图档关联起来，从而可以实现动态管理过程中的关联修改。

本系统与目前市场上的基于 AutoCAD 平台的增值软件的区别是：本系统不仅能进行“事后”管理，而且还可以进行“事前”管理，即系统直接参与设计过程，引导用户输入图档属性信息，启动 AutoCAD 由用户绘图，绘图结束后，系统将图档存盘入库以备管理。

本系统与目前市场上的以档案管理为目标市场的管理软件也有本质区别。本系统提供的是面向设计过程的、动态的图档管理，用户不仅可以对图档进行浏览、查询等操作，而且还可以实现图档的实时修改。系统能根据用户修改的结果自动刷新库存图档，而不用重新扫描输入。

总之，本文开发的“基于 AutoCAD 2000 的工程图档管理系统”基本实现了动态、安全、快捷、一致的面向设计过程的图档管理。

## 6. 结论

### 6.1 全文总结

本文以工程图样库为对象,对工程图档管理过程、管理技术进行了研究,通过借鉴目前流行的 PDM 系统的管理思想,以及近几年市场上商品化的工程图档管理软件的管理方法,设计开发了一套基于 AutoCAD 平台的简易工程图档管理系统。

具体包括以下内容:

- 1) 对基于 AutoCAD 平台的工程图档管理系统的总体技术框架进行了研究,明确了本系统研究的目的、应具备的功能以及集成系统的支撑环境。
- 2) 对工程图样数据进行了研究分析,采用合理的数据模型,建立了系统数据库,为整个工程图档管理系统提供动态数据支持。
- 3) 采用模块化的设计方法,将系统功能细分为多个功能模块,并对各功能模块的设计实现进行了研究分析。
- 4) 通过对 AutoCAD2000 平台的深入研究,设计开发了一组图纸标题栏、明细表等自动绘制、插入的 AutoCAD 内嵌模块,简化了图档文件的输入。
- 5) 对各功能模块进行集成调试,开发了一套基于 AutoCAD2000 平台的通用的工程图档管理系统

本文所开发的工程图档管理系统适合中小型企业的工作组使用,能有效的帮助工程设计人员完成对工程图档的管理,减少了设计过程中的重复劳动和数据错误,保证了设计过程中设计数据的一致性和完整性。

### 6.2 进一步的研究

本文设计的工程图档管理系统基本能满足用户的要求,但仍有许多方面有待改进:

- 1) 进一步研究工程图样中的装配关系,力求达到关联的自动修改;
- 2) 采用合理的技术,完善版本管理;
- 3) 进一步研究文件安全,完善系统安全管理;
- 4) 将工程图档管理系统置于网络环境中,实现远程协同管理。

## 致 谢

在本文完成之际，向所有关心、帮助过我的老师、同学、朋友致以最真诚的感谢。

感谢导师张越副教授这几年来对我的关心和教导，张老师不仅在学习中对我悉心指导，在生活中也给了我很大的帮助。本文从选题到研究工作的完成自始至终都得到了张老师的指导。张老师严谨的治学态度、踏实的工作作风、渊博的知识和正直的人品，将使我终生受益。

感谢同窗王玉申、吴勇、王亚平、朱明霞、祖莉等同学对本文提出的许多宝贵意见和建议。

本文的研究工作得到了教研室老师和班上同学的大力支持和热情帮助，在此表示感谢。教研室浓厚的学术气氛，同学间坦诚交流、互相帮助、互相学习、友好合作的精神，使我受益非浅。

最后，向支持我完成学业的家人表示感谢，没有他们的理解和支持我不可能如此顺利地完成自己的学业，在此谨向他们表示我衷心的感谢。



## 参考文献

- 1 梁德本,叶玉驹 . 机械制图手册 . 第 1 版 . 北京: 机械工业出版社, 1990
- 2 文福安 . 最新计算机辅助设计 . 第 1 版 . 北京: 北京邮电大学出版社, 2000
- 3 周之英 . 现代软件工程 . 第 1 版 . 北京: 科学出版社, 2000
- 4 童柄枢 . 现代 CAD 技术 . 第 1 版 . 北京: 清华大学出版社, 2000
- 5 王能彬 . 数据库系统 . 第 1 版 . 北京: 电子工业出版社, 1995
- 6 张树兵,戴红,陈哲 . Visual Basic 6.0 入门与提高 . 第 1 版 . 北京: 清华大学出版社,1999
- 7 王钰 . 用 VBA 开发 AutoCAD2000 应用程序 . 第 1 版 . 北京: 人民邮电出版社,1999
- 8 李启炎 . 工程 CAD . 第 1 版 . 北京: 机械工业出版社, 1995
- 9 张国宝 . AutoCAD Visual Basic 开发技术 . 北京: 科学出版社, 2000
- 10 江雪松 . AutoCAD 2000 二次开发指南 . 第 1 版 . 北京: 国防工业出版社,2000
- 11 佟国治 . 现代工程设计图学 . 第 1 版 . 北京: 机械工业出版社 ,2000
- 12 曾伟民,邓勇刚 . Visual Basic 6.0 高级实用教程 . 第 1 版 . 北京: 电子工业出版社,1999
- 13 王贤坤,陈淑梅,陈亮 . 机械 CAD/CAM 技术、应用与开发 . 第 1 版 . 北京: 机械工业出版社, 2001
- 14 唐荣锡 . CAD/CAM 技术 . 第 1 版 . 北京: 北京航空航天大学出版社, 1994
- 15 童秉枢,李学志,吴志军 . 机械 CAD 技术基础 . 第 1 版 . 北京: 清华大学出版社,1996
- 16 康博创作室 . AutoCAD2000 实用教程 . 第 1 版 . 北京: 人民邮电出版社,1999
- 17 ANDREW T.F.HUTT(美). 对象分析与设计方法比较 . 第 1 版 . 北京: 电子工业出版社,1996
- 18 Roger Jennings (美). Visual Basic 6 数据库开发人员指南 . 第 1 版 . 北京: 机械工业出版社, 1999

- 19 George Omura (美). AutoCAD2000 从入门到精通 . 第 1 版 . 北京: 电子工业出版社,1999
- 20 Evangelos Petroustos (美). Visual Basic 6 从入门到精通 . 第 1 版 . 北京: 电子工业出版社, 1999
- 21 Alan Simpson, Celeste Robinson(美) . Access2000 从入门到精通 . 第 1 版 . 北京: 电子工业出版社,1999
- 22 John L.Viescas(美) . Microsoft Access 97 中文版使用大全 . 第 1 版 . 北京: 清华大学出版社,1999
- 23 John W.Fronckowiak , David J.Helda (美) . Visual Basic 6 数据库编程大全 . 第 1 版 . 北京: 电子工业出版社,1999
- 24 刘恩福,杨松林 . 工程 CAD 基础及应用 . 第 1 版 . 北京: 机械工业出版社,1998
- 25 张光斌 . 最佳 Visual LISP 及 VBA for AutoCAD 2000 程序 123 例 . 第 1 版 . 北京: 北京航空航天大学出版社,1999
- 26 江思敏,曹默,胡春红 . AutoCAD 2000 开发工具——Object ARX 开发工具与应用实例 . 第 1 版 . 北京: 人民邮电出版社,1999
- 27 清源计算机工作室 . AutoCAD 2000 开发工具应用详解 . 第 1 版 . 北京: 机械工业出版社,2000
- 28 清源计算机工作室 . AutoCADR14 设计与开发宝典 . 第 1 版 . 北京: 机械工业出版社,1999
- 29 肖刚,李学志 . 机械 CAD 原理与实践 . 第 1 版 . 北京: 清华大学出版社,1999
- 30 宁汝新,赵汝嘉 . CAD/CAM 技术 . 第 1 版 . 北京: 机械工业出版社,1999
- 31 倪明田,吴良芝 . 计算机图形学 . 第 1 版 . 北京: 北京大学出版社,1999
- 32 刘子建,黄红武,宗子安 . 计算机辅助设计(CAD)原理与应用技术 . 第 1 版 . 湖南: 湖南大学出版社,1997
- 33 冯志坚 . 支持枪械 CAD 的设计目录的研究与开发 . 硕士论文 . 南京: 南京理工大学,1999
- 34 万斌 . 气门弹簧 CAD/CAPP . 硕士论文 . 南京: 南京理工大学,2000
- 35 张莉芳 . 地面火炮结构总体方案参数设计专家系统研究 . 博士论文 . 南京: 南京理工大学, 1999

- 36 王永娟 . 枪械 CAD、分析、仿真与评价集成软件系统研究 . 博士论文 . 南京: 南京理工大学, 2000
- 37 何清刚, 欧宗瑛, 张习文, 高兆法 . 工程图样管理系统及其关键技术 . 机械科学与技术
- 38 王健, 张树生, 杨百龙, 范开桂 . PDM 系统中电子图纸自动入库技术研究 . 机械科学与技术
- 39 李学坤, 姚进 . AutoCAD 中非图形特征的存取方法及应用 . CAD/CAM 计算机辅助设计与制造 . 2001(11): 38-40
- 40 孙天涌, 王建民, 韩鑫, 耿坤瑛 . PDM 及其最新发展 . CAD/CAM 计算机辅助设计与制造 . 2000(2): 3-6
- 41 黄恺, 李雷 . AutoCAD 二次开发程序的自动安装 . CAD/CAM 计算机辅助设计与制造 . 2000(10): 20-21
- 42 何惠彬 . 利用 ActiveX 对象开发 AutoCAD 的研究 . CAD/CAM 计算机辅助设计与制造 . 2000(11): 52-54
- 43 王永富, 白质明 . 利用 ARX 编程从模型空间提取块属性 . CAD/CAM 计算机辅助设计与制造 . 2000(11): 55-56
- 44 尹建伟, 陈刚, 董金祥 . 一个通用 PDM 安全管理模型及实现 . 计算机辅助设计与图形学学报 . 2001(11): 971-976
- 45 谭同德, 童秉枢, 王涛 . 产品结构数据的数据模型 . 计算机辅助设计与图形学学报 . 2000(1): 11-16
- 46 卢正鼎, 汪涛, 曹化工, 杨曼红, 潘玲 . 面向并行工程的产品设计过程管理的抽象模型 . 计算机辅助设计与图形学学报 . 2000(2): 121-126
- 47 秦友淑, 曹化工 . 工程配置的版本分类及产品版本追逐模型 . 计算机辅助设计与图形学学报 . 2000(2): 127-131
- 48 刘乃若, 李善平, 董金祥 . 基于 STEP 的 CAD/CAM 集成工具研究 . 计算机辅助设计与图形学学报 . 2000(4): 286-290
- 49 袁波, 周昀, 胡事民, 孙家广 . 层次化单元装配模型 . 计算机辅助设计与图形学学报 . 2000(6): 450-454
- 50 金文华, 黄峥, 吕志宏, 饶上荣, 黄永红, 唐卫清, 刘慎权 . 工程材料统计表自动生成系统中的层次模板技术 . 计算机辅助设计与图形学学报 . 2001(2): 128-134
- 51 邸元, 袁明武 . 高层建筑结构 CAD 系统的数据模式 . 计算机辅助设计与图

- 形学学报 . 2001(2): 151-157
- 52 刘振宇,谭建荣,张树有 . 面向虚拟装配的产品层次信息表达研究 . 计算机辅助设计与图形学学报 . 2001(3): 223-228
- 53 储备,杨海波,武俊峰,蔡青 . 基于图元对象的工程产品 CAD 信息集成模型 . 计算机辅助设计与图形学学报 . 2001(4): 305-309
- 54 陆国栋,彭群生 . 基于工程图样语义的基元关系识别研究 . 计算机辅助设计与图形学学报 . 2001(9): 700-704
- 55 胡敏,姜晓红,石教英 . 一种有效的从 CAD 工程图样中自动提取零部件信息的方法及其实现 . 计算机辅助设计与图形学学报 . 2000(10): 777-781
- 56 李峰,郭玉钗,林宗楷 . workflow 管理系统中协同建模技术研究 . 计算机辅助设计与图形学学报 . 2000(11): 810-812
- 57 鲍捷,濮琳,高隼,洪国俊,黄曦 . 工程图纸存档与通信系统的研究 . 计算机辅助设计与图形学学报 . 2001(5): 413-417
- 58 顾景文,张桦,谢光辉 . 基于 AutoCAD 的开放式图形的 DBMS 开发 . 计算机辅助设计与图形学学报 . 2001(6): 552-555
- 59 杜淑幸,琚柏青,黄翟月,陈文燕 . 实现基于产品设计的图形库管理系统 . 机械设计 . 2000(9): 32-34
- 60 VB 6.0 二次开发 AutoCAD 2000 的研究 . 工程 CAD 设计与智能建筑 . 2000(8): 33-35
- 61 伊国栋,谭建荣 . 基于图形数据与文本数据一体化的产品图纸文档管理系统 . 工程图学学报 . 2000(1): 47-53
- 62 杨建华,武子舫 . 基于 AutoCAD 平台的明细表自动生成 . 机械设计与制造 . 2000(3): 8-9
- 63 汪利,王石刚,邹慧君,郭为忠 . 中小型企业 PDM 系统设计及实现 . 中国机械工程 . 1998(9): 69-71
- 64 蒋志强,冯锡兰,施进发,张文生,王栋民,江凤琴 . CAD 过程中“三表”汇总与自动生产系统的研究 . 中国机械工程 . 1998(10): 42-43
- 65 C.M.Hoffmann, K.-J.Kim . Towards valid parametric CAD models . Computer-Aided Design . 2001(1): 81-90
- 66 Chang-Xue(Jack) Feng, Pei-GenLi, Ming Liang . Fuzzy mapping of requirements onto functions in detail design . Computer-Aided Design . 2001(6): 425-437
- 67 Youchon Oh, Soon-hungHan, Hyowon Suh . Mapping product structures between CAD and PDM systems using UML . Computer- Aided Design . 2001(7): 521-529
- 68 Michael J.Pratt, Bill D.Anderson . A shape modelling applications programming interface for the STEP standard . Computer- Aided Design . 2001(7): 531-543

- 69 Simon Szykman, Steven J.Fenves, Walid Keironz, Steven B.Shooter . A foundation for interoperability in next-generation product development systems . *Computer-Aided Design* . 2001(7): 545-559
- 70 Alison Mckay, Alande Pennington, Jim Baxter . Requirements management: a representation scheme for product specifications . *Computer-Aided Design* . 2001(7): 511-520
- 71 T.Kandikjan, J.J.Shan, J.K.Davidson . A mechanism for validating dimensioning and tolerancing schemes in CAD systems . *Computer-Aided Design* . 2001(10): 721-737
- 72 Mengesh P.Bhandarkar, Blair Downie, Martin Hardwick, Rakesh Nagi . Migrating from IGES to STEP: one to one translation of IGES drawing to STEP drafting data . *Computer in Industry* . 2000(3): 261-277
- 73 Ping-Yi Chao, Yu-chon Wang . A data exchange framework for networked CAD/CAM . *Computer in Industry* . 2001(44-2): 131-140
- 74 D.Tong Liu, X.William Xu . A review of web-based product data management systems . *Computer in Industry* . 2001(44-3): 251-262
- 75 Nursel Ozturk, Ferruh Ozturk . Neural network based non-standard feature recognition to integrate CAD and CAM . *Computer in Industry* . 2001(45-2): 123-135
- 76 B.S.Prabhu, S.Biswas, S.S.Pande . Intelligent system for extraction of product data from CADD models . *Computer in Industry* . 2001(45-3): 230-234