

中文摘要

制造执行系统是位于上层的计划管理系统与底层的工业控制系统之间的管理信息系统，它帮助跟踪所有资源(人、设备、物料)的当前状态，为管理人员提供支持计划执行的功能。制造执行系统进入我国的时间并不长，国内研究深度和广度远远落后于欧美西方国家。

随着企业计算机应用的不断推广，企业信息化应用水平的不断提高，企业越来越需要车间层的管理信息系统。而传统的制造执行系统在通用性、可集成性、互操作性、敏捷性方面表现出了许多不足，难以满足企业对信息化和敏捷化的要求。面对这种情况，结合因特网以及底层控制系统的发展，本文提出了基于 .NET 的制造执行系统的体系结构，并初步实现了其中的设备维护管理模块。

本文介绍了车间级设备维护管理系统的需求分析、功能模块分析、UML 建模以及数据库建模，给出了 .NET 平台下的设备维护的原型系统，实现了部分功能。本文最后介绍了该原形系统继续发展的方向。

关键词：制造执行系统 .NET 设备维护

Abstract

A manufacturing execution system (MES) is a middle layer management system between the upper level management information system and the lower level industrial control system. It helps the managers by tracking all enterprise resources (human resource, equipment and material) and providing functions to control and monitor the progress of the plans. The MES system has come to China only in recently years, our research work is far behind the western countries.

With the promotion of enterprise computer applications and the advance of enterprise informationization, enterprises require more and more MES functions. However traditional MES is lacking in respects of versatility, integratability, inter-operability and agility, it couldn't meet the needs of the enterprises. Therefore, the author proposes a system architecture of MES based on Microsoft .NET and realized some of the functions.

This paper described the whole process of developing the MES prototype. It presented requirement analysis, model analysis, UML modeling and database modeling of equipment maintenance management system at the workshop level. It concludes by describing further development possibilities of the prototype system.

Key Word: MES .NET Equipment maintenance

此页若属实，请申请人及导师签名。

独创性声明

本人声明，所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得武汉理工大学或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

研究生签名：张根苗 日期 2006.11.27

关于论文使用授权的说明

本人完全了解武汉理工大学有关保留、使用学位论文的规定，即：学校有权保留送交论文的复印件，允许论文被查阅和借阅；学校可以公布论文的全部内容，可以采用影印、缩印或其他复制手段保存论文。

(保密的论文在解密后应遵守此规定)

研究生签名：张根苗 导师签名：张根苗 日期 2006.11.27

注：请将此声明装订在学位论文的目录前。

第一章 绪论

1.1 制造执行系统的发展历史

制造执行系统(Manufacturing Execution System, MES)是位于企业上层生产计划(MRP/ERP)(Manufacturing Resource Planning/Enterprise Resource Planning)和底层工业控制之间,面向车间层的生产管理技术与实时信息系统^[1]。MES强调制造计划的执行,它在计划管理层和底层控制之间架起了一座桥梁,填补了两者之间的鸿沟。美国先进制造研究机构AMR(Advance Manufacturing Research)将MES定义为“位于上层的计划管理系统与底层的工业控制之间的面向车间层的管理信息系统”^[2],它为操作者、管理者提供计划的执行、跟踪以及所有资源(人、设备、物料、客户需求等)的当前状态。MES能通过信息的传递对从生产命令下发到产品完成的整个生产过程进行优化管理,当工厂中有实时事件发生时,MES能及时对这些事件做出反应、报告,并用当前的准确数据对它们进行约束和处理。这种对状态变化的迅速响应使MES能够减少企业内部那些没有附加值的活动,有效地指导工厂的生产运作过程,同时提高了工厂及时交货的能力,改善了物料的流通性能,提高了生产回报率。MES还能通过双向直接通讯在企业内部和整个产品供应链中提供有关生产行为的关键信息。在MES的定义中强调了三点:

- (1) MES的优化目标是整个生产过程;
- (2) MES需要收集生产过程中大量的实时数据,并且对实时事件能及时进行处理;
- (3) MES需要同时与计划层和控制层保持双向通信能力,从上、下两层接收相应数据并反馈处理结果和生产指令。

制造执行系统(MES)是一个实时信息系统,通过把商业计划(订单入口、材料管理、采购与记帐)连接到工厂设备的控制,来改进工厂车间运转的表现。制造执行系统从计划系统接收一个计划,分配工厂各种资源(人力、设备与控制)建立生产流程与协作,并且提供反馈给系统进行生产计划调整。MES着重强调控制和协调,可使现代制造业的信息系统不仅具有很好的计划系统,而且具有能使计划落实到实处的执行系统,将数据信息从产品级(基础自动化级)取出,穿过操作控制级,送达管理级,通过连续信息流来实现企业信息的全集成。

随着企业生产模式逐渐向敏捷制造发展,企业业务流程重组(Business Process

Reengineering , BPR) 的实施、企业环境的异构性以及企业间动态联盟的组建等等又对 MES 提出了更高的要求, MES 要具有良好的适应性, 可重构性, 可集成性。随着企业计算机应用的不断推广, 企业信息化应用水平逐渐提高, 企业越来越需要车间执行层的管理信息系统。因此企业中开发和应用 MES, 是提高企业信息化水平, 提高企业竞争力的需要^[9]。

MES 软件经过十几年的发展已经取得一定的成果。传统的 MES (Traditional MES, T—MES) 是从零星车间级应用发展起来, 并逐渐向具有一定集成能力的复杂大系统方向发展。T—MES 可以分为专用的 MES 系统 (Point MES) 和集成的 MES 系统 (Integrated MES) 两大类^{[4][6]}, 专用的 MES 是指为解决某个特定领域问题如车间维护、生产调度或 SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition: 数据采集与监视控制系统) 等开发的自成一体的应用系统; 集成的 MES 则是针对特定行业如航空、装配、半导体、食品等行业而设计, 在功能上已经实现了与上层事务处理和底层实时控制系统的集成。此类系统针对特定的行业, 缺少通用性和广泛的集成能力, 例如美国 Consilium 公司的 WorkStream (MES I) 和 FAB300 (MES II) 就是面向半导体和电子行业的 MES 软件, 美国 HoneyWell 公司的 POMS MES 是面向制药行业的 MES 软件。

由于企业可从不同的软件供应商购买适合自己的 MES 模块, 或将现有的系统 (Legacy System) 集成为具有 MES 功能的一部分, 其结果必然导致许多 MES 系统实际上是一个大杂烩, 每个系统都有各自独立的处理逻辑、数据库、数据模型和通信机制。又因为 MES 系统的应用常常要满足关键任务的要求, 系统就很难随技术的更新而进行升级。目前, 为了实现与外部系统的集成, 往往采用 API (Application Programming Interface: 应用程序编程接口) 技术、OLAP (On—Line Analytical Processing: 联机分析处理) 技术和相应的通信机制, 这些技术在某种意义上说, 也是 MES 功能的核心部分。其中, 外部应用系统的调用和插入使用 API 的方式; 应用电子数据交换 (Electronic Data Interchange , EDI) 技术实现 MES 和外部环境进行数据交换。

由于 T—MES 的特点决定了 T—MES 具有如下一些不足^[6]:

(1) 通用性差。目前市场上的 T—MES 系统, 无论其功能多么复杂, 均是针对特定行业、特定领域的问题开发的。由于没有一定的技术规范来指导, 针对不同行业的 MES 在功能上基本无法借鉴和使用, 因而使得系统的开发周期长、投资大, 限制了 MES 市场的快速发展。

(2) 可集成性弱。从技术发展角度和用户需求来看, 软件结构本身应能与其它应用系统集成, 做到相辅相成, 相得益彰。这样不仅提高企业的遗产系统的生命周期, 降低对信息系统的投入, 同时, 也为用户选择较为合适的各种软件提供了更大的空间。目前, 某些具有集成功能的 MES 虽能实现与上层事务处理和下层控制系统的集成, 但也仅仅局限于某个特定的系统或功能范围内, 使得用户在选择 MES 产品时受到很大的制约, 限制了 MES 软件产品的推广。

(3) 缺乏互操作性。互操作性是衡量系统敏捷性的一个重要标志。企业采用的数据库、操作系统是异构的, 在分布式生产环境下, 需要从不同的 MES 系统中裁剪不同的功能, 以满足某个特定任务的需要, 实现互操作。目前 T-MES 基本上没有此类功能。

(4) 重构能力差。重构能力是指系统具有随业务过程的变化进行功能配置和动态改变的能力。不同的行业、不同的企业其生产组织模式不尽相同, 信息系统必须具有可重构能力, 即根据不同的需求搭建相应的系统。

(5) 敏捷性差。敏捷性是所有先进制造模式的核心。在生产中表现为对市场的快速响应和对实际生产环境的应变能力, 在信息系统中表现为系统的可重构(Reconfiguration)、可重用(Reuse)和可扩展(Reextensibility)(3R 特性)。对于 T-MES, 由于系统结构本身特点和采用的开发技术, 一个微小的过程改变, 系统就会无所适从, 甚至不能正常运转。

1.2 制造执行系统的研究现状

制造执行系统在国外尤其是美国和日本得到了广泛而深入的研究和应用。MES 国际联合会分别于 2003 年和 2006 年对实施 MES 系统的企业进行了两次问卷调查, 主要调查实施 MES 给企业带来的好处。调查结果表明, MES 缩短制造周期 45%左右, 降低在制品数量 25%或更多, 缩短生产提前期 35%左右, 等等。正是由于 MES 在车间生产管理中的特殊作用, MES 软件产品得到了长足的发展, 2005 年 AMR 的统计调查报告显示, MES 软件在 2003 年的市场份额达到 1.5 亿美元, 在 2004-2005 年 MES 软件的市场份额以每年 30%的速度增长, 并预计在随后的十年里 MES 软件的市场份额将会以每年 30%或更高的速度增长^[7]。正是由于 MES 在车间生产管理中的特殊作用, 国际上著名的软件厂商和企业界纷纷响应并加入 MES 国际联合会, 并推出自己的 MES 产品, 例如, 国际上著名的 ERP 软件供应商 SAP 公司在其产品 SAP-R/3 系统

中整合了 MES 的功能^[9]。

国内对制造执行系统理论方面的研究只是在最近几年才开始的，其研究深度和广度落后于欧美西方国家，制造执行系统在企业中的应用也就更晚了。在全球百强企业管理应用软件厂商中，从事于制造执行系统软件开发的厂商占了 23 席，接近 1/4 的比例，由此可见，制造执行系统在车间生产管理中的重要性以及 MES 软件产品所蕴含的巨大商业价值。而在这 23 个席位中并无一家国内企业，国内不多的制造执行系统软件多数仅处于刚刚起步阶段，一般也仅仅是科研院校或者研究机构并不完善的实验性产品。

1.3 研究背景与意义

针对 T-MES 的缺点，AMRC 研究小组在分析信息技术的发展和 MES 应用前景的基础上提出了面向敏捷制造的可集成的 MES (Integratable MES , I-MES)，它将构件技术应用到 MES 的系统开发中，是两类 T-MES 系统的结合。从表现形式上看，它具有专用的 MES 系统的特点，即 I-MES 中的部分功能可作为可重用组件单独销售，同时，它又具有集成的 MES 的特点，即能实现上下两层之间的集成。此外，I-MES 还能实现客户化、可重构、可扩展和互操作等特性，能方便地实现不同厂商之间的集成，以及即插即用等功能^{[9][10][11]}。

建立制造业信息系统的体系结构是问题的关键，也是最基础的事情。体系结构的好坏直接关系到整个系统的敏捷性能。目前影响较大的有基于 CORBA (Common Object Request Broker Architecture, 公共对象请求代理体系结构) 的 NIIP-SMART (National Industrial Information Infrastructure Protocols—Solution for MES Adaptable Replicable Technology) 体系结构和基于 COM/DCOM 的 Windows DNA (Windows Distributed interNet Application Architecture , Windows 分布式应用结构) 体系结构。两者各有优势，前者在跨平台及实时任务处理上具有优势，后者则有着广泛的应用基础。无论采用哪种体系结构，MES 都需要解决以下几个问题^[9]：

- (1) 设计面向对象的 MES 模型以支持应用集成。
- (2) 设计分布式 MES 对象以支持实时活动。
- (3) 设计 MES workflow 管理模型以支持各种控制策略，加强过程管理。
- (4) 设计基于知识的规则以支持和管理 MES 系统。
- (5) 集成 CORBA (或 COM/DCOM, Java Bean)/STEP 以实现与 PDM 的无缝集成。

(6) 设计 MES 智能代理以支持虚拟企业中 MES 应用。

虽然 I-MES 将构件技术应用到 MES 中, 但业界应用较为广泛的 MES 软件产品, 特别是国内 MES 的产品, 从应用情况看, 在软件体系结构上大多采用 T-MES 技术模型, 没有体现动态 Web 化 MES 软件的体系结构, 因此也难以实现网络化的制造执行系统。

本文针对这种情况提出了基于 B/S 结构的制造执行系统。B/S 结构的 MES 系统是结合因特网以及底层控制系统的发展提出的, 为满足将来企业内部, 企业之间, 以及企业与其产品用户之间更广泛信息交流的需求。

制造执行系统位于企业的中间层, 是联系底层制造系统与上层管理系统的桥梁。基于客户端/服务器模式下的制造执行系统应用范围一般局限在企业内部, 系统与企业外部环境之间相对封闭, 面对制造的网络化和敏捷化迫切需要突破局限性。B/S 结构的制造执行系统由于其系统结构的特点, 可以很好的满足这些需求。在实现制造执行系统的功能的基础上使系统实现 Web 模式下的分布式应用, 这种基于 WEB 的分布式信息系统体系结构可以实现对制造过程进行远程监控和管理, 满足制造业未来发展如多企业同时协作, 客户快速响应等的需求。

1.4 论文的主要工作内容

车间级设备维护管理系统是制造执行系统的重要组成部分。本文的研究目标和主要研究内容是以车间级设备为原型对象, 分析讨论 B/S 模式下制造执行系统的实现技术, 研究 B/S 结构下车间级设备维护管理系统的实现结构。采用 Microsoft.Net 开发平台, 以 C# 作为开发语言, 以 Microsoft SQLServer2000 为数据库支持, 设计开发基于 B/S 结构的车间级设备维护管理原型系统。原型系统预计应达到具有基于 Web 的车间级设备管理动态管理和网络管理的功能, 系统能及时响应企业内部和外部的变化和事件的发生, 实现敏捷化的生产与制造。主要工作归纳如下:

(1) 在 .NET 平台下, 对基于 B/S 结构的制造执行系统进行架构, 设计制造执行系统的网络拓扑结构和软件体系结构。

(2) 对车间级设备维护管理系统进行需求分析、功能模块设计以及 UML 建模。对基于用例驱动的设备检修进行分析, 从面向对象的角度, 设计设备检修的用例图、时序图以及类图。

(3) 设计车间级设备维护管理的原型系统。

第二章 车间级设备维护管理系统的总体分析

2.1 车间级设备维护管理系统的定位分析

MES 是各种生产管理的功能软件集合，MESA 通过其各成员的实践归纳了十一个主要的 MES 功能模块，如工序详细调度、资源分配和状态管理、生产单元分配、过程管理、人力资源管理、维护管理、质量管理、文档控制、产品跟踪和产品清单管理、性能分析和数据采集。图 2-1 所示为 MES 的功能模型^[12]，实际的 MES 软件产品可能包含了其中的一个或几个功能模块。

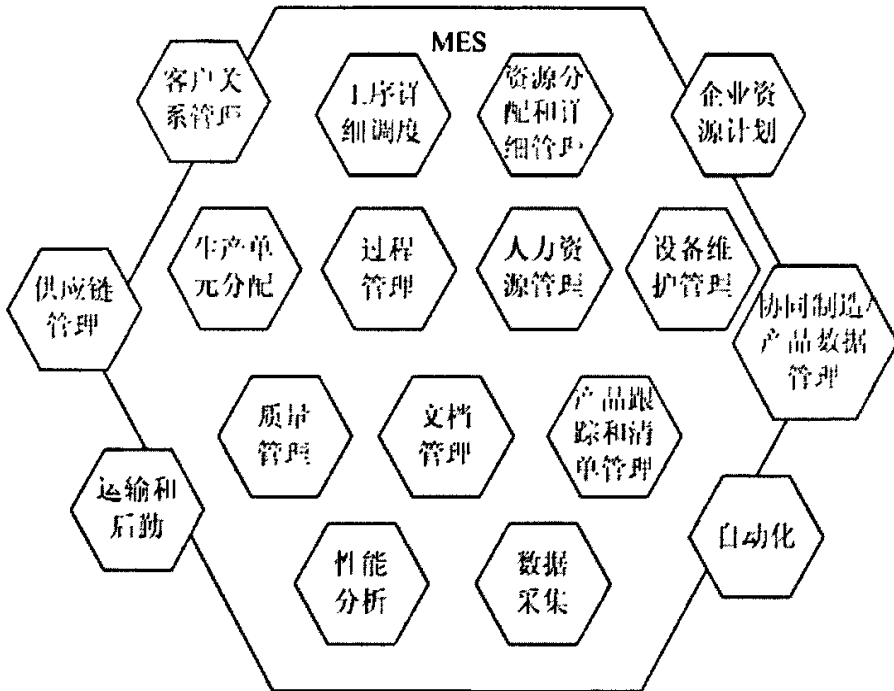


图 2-1 MES 功能模块

(1) 工序详细调度。该模块通过基于有限资源能力的作业排序和调度来优化车间性能。在编制生产作业计划中，该模块提供与指定生产单元相关的优先级、属性、特征以及处方的作业排序功能。其目标是通过良好的作业顺序最大限度地减少生产过程中的准备时间。工序详细调度是基于有限能力的调度并通过考虑生产中的

交错、重叠和并行操作来准确计算出设备上下料和调整时间。

(2) 资源分配和状态管理。该模块指导生产人员、机器、工具和物料如何协调的进行生产，并跟踪其现在的工作状态和刚刚完工的情况。该模块管理机床、工具、人员、物料、其它设备以及其它生产实体（例如进行加工必须准备的工艺文件、数控加工程序等文档资料），用以保证生产的正常进行。它还可提供资源使用情况的历史记录，确保设备能够正确安装和运转，同时提供资源的实时状态信息。

(3) 生产单元分配。该模块通过生产指令将物料或加工命令送到加工单元进行工序的操作。该模块以作业、订单、批量和工作单等形式管理生产单元间的工作流，当车间有事件发生时，要提供一定顺序的调度信息并按此进行相关的实时操作。生产单元分配模块能够调整车间已制订的生产进度，对返修品和废品进行处理，用缓冲管理的方法控制任意位置的在制品数量。

(4) 文档控制。该模块管理和分发与产品、工艺规程、设计或工作指令有关的信息，同时也收集与工作和环境有关的标准信息。该模块控制、管理并传递与生产单元有关的包括工作指令、配方、工程图纸、标准工艺规程、零件的数控加工程序、批量加工记录、工程更改通知以及各种转换操作间的通讯记录等信息文档，并提供信息编辑功能。

文档控制模块将各种指令下达给操作层，包括向操作者提供操作数据或向设备控制层提供生产配方。此外，它还可对其它重要数据（例如与环境、健康和安全生产制度有关的数据以及 ISO 信息）进行控制与完整性维护，同时还具有存储历史数据的功能。

(5) 产品跟踪和产品清单管理。该模块通过监视工件在任意时刻的位置和状态来获取每一个产品的历史纪录，该记录向用户提供产品组及每个最终产品的使用情况的可追溯性。

(6) 性能分析。该模块将实际制造过程测定的结果与过去的历史记录和企业制定的目标以及客户的要求进行比较，输出的报告或在线显示的结果可以用来改进和提高制造过程的性能。

(7) 人力资源管理。该模块提供按分钟的等级来更新员工状态信息数据（包括工时，出勤等）。管理人员可根据企业员工的资历、车间工作模式、业务需求的变化来协调各方面的工作。通过企业员工最优化的工作任务配置来使各个生产进度能顺利进行。

(8) 维护管理。维护管理即是设备维护管理。该模块通过活动来监控和指导

设备的维护保养工作，保证机器和其它资产设备的正常运转以实现工厂的执行目标。维护管理实现对企业的设备的全生命周期的管理，主要有设备的前期管理、台帐管理、维修管理、备品备件管理和润滑管理。

(9) 过程管理。该模块基于计划和实际产品制造活动来指导工厂的工作流程。这一模块的功能实际上也可由生产单元分配和质量管理来实现。该模块监控生产过程、自动纠正生产中的错误并向用户提供决策支持以提高生产效率。这些活动是针对一些比较底层的操作，它们主要集中在被监视和被控制的机器上，需要连续跟踪生产操作流程。过程管理模块还应具有报警功能，使车间人员能够及时察觉到出现了超出允许误差的加工过程。通过数据采集接口，过程管理可以实现智能设备与制造执行系统之间的数据交换。

(10) 质量管理。该模块根据工程目标来实时记录、跟踪和分析产品和加工过程的质量，以保证产品的质量控制和确定生产中需要注意的问题。

(11) 数据采集。该模块监视、收集和组织的来自人员、机器和底层控制操作数据以及工序和物料信息。这些数据可由车间手工录入或由各种自动方式获取。该功能通过数据采集接口来获取并更新与生产管理功能相关的各种数据和参数，包括产品跟踪、维护产品历史记录以及其它参数。数据采集的时间间隔差别很大，有时可达到分钟一级的精度。

2.2 车间级设备维护管理系统的需求分析

需求分析就是调查清楚用户的实际要求，和用户达成共识，并且分析和表达这些需求。主要流程如下：

(1) 了解需要调查的组织机构的总体情况，了解各部门的组成和职责等，为业务流程分析做准备；

(2) 调查各部门的业务活动情况，包括了解各个部门输入和使用什么数据、，如何加工处理这些数据、输出什么信息、输出到什么部门、输出结果的格式是什么，这是调查的重点；

(3) 在熟悉业务活动的基础上，协助用户明确对新系统的各种要求，包括信息要求、处理要求、完整性要求，这是调查的又一个重点；

(4) 对前面的调查结果进行初步分析，确定新系统的边界，也就是确定新系统应该实现的功能。

图 3-2 所示为需求关系的联系图。从图中可以看出这些过程的每一步都不是一次就能完成的，为了更彻底的了解需求，需求分析的各个步骤都可能出现反复。

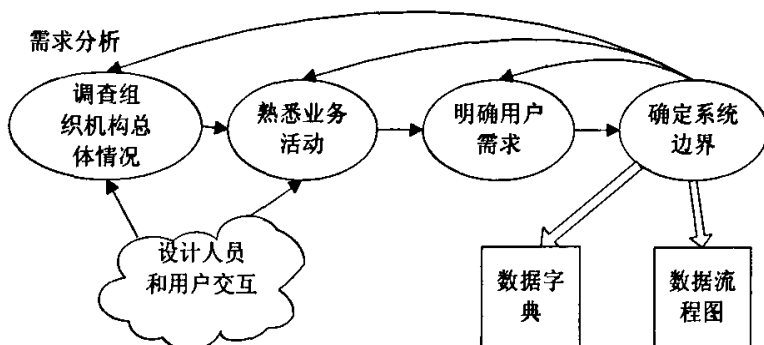


图 2-2 需求分析联系图

设备管理本质上是对设备运动全过程的管理。在设备运动的过程中，存在两种形态，一是设备的物质形态，包括从设备选购、进厂验收、安装、调试、使用、维护、维修、改造、保管、封存、报废和设备的事后处理等；二是设备的价值运动形态，包括设备的研制费用、购置费、维修费、折旧、更新和改造资金的筹措、积累和支出等。设备管理信息系统就是综合利用计算机技术和网络技术，实现设备管理的信息化和规范化，它所管理的业务内容主要有如下几个方面：

(1) 设备的日常管理^{[13][14]}。

设备的日常管理就是要做好设备从购置进厂(或自制)、验收、安装调试、投产使用，直至设备转移、拆迁、报废等一系列过程中的全部管理工作，全面掌握设备的使用、检修和增减变化情况。因此，设备的日常管理是一项兼有技术、经济、业务三者的技术管理工作，是设备管理工作的基础。

1) 设备的选择。设备选型是工业企业设备管理工作的重要环节。新建企业的建设、老企业的更新、改造都要进行设备选型；自行设计和制造的专用设备，要作方案审定；从国外引进的设备，选型就更为重要。

选择设备应遵循的总原则是“技术上先进，经济上合理，能源消耗少，满足生产需要”。选择设备时，必须全面考虑技术、经济、能耗和生产需要。具体地说，需要综合考虑生产性、可靠性、安全性、节能性、维修性、环保性、耐用性和经济性等因素。

2) 设备的分类、编码和登记。工业企业的设备种类繁多，为了便于统一管理企业拥有的设备，设备管理部门首先要对进厂验收后的设备按统一规定，进行分类、

编号和登记，并定期检查，保持帐、卡、物相符。表 2-1 和表 2-2 分别列出了主要生产设备的分类方法和金属切削机床的分类方法。

表 2-1 主要生产设备分类表

重要生产设备	机械设备	0类	金属切削设备
		1类	锻压设备
		2类	起重运输设备
		3类	木工锻造设备
	动力设备	4类	专业机械设备
		5类	其他机械设备
		6类	动能发生设备
		7类	电器设备
		8类	工业炉窑
9类	其它动力设备		

表 2-2 金属切削机床分类表

金属切削机床	0类	
	1类	车床
	2类	钻床、镗床
	3类	研磨机床
	4类	联合及组合机床
	5类	齿轮加工及螺纹加工机床
	6类	铣床
	7类	刨、插、拉床
	8类	切断机床
9类	其他金属切削机床	

按设备在生产中的用途，可分为生产设备和非生产设备，前者直接用于生产产品，后者不直接生产产品。生产设备可以分为主要生产设备和非主要生产设备，主要生产设备又可以分为机械设备和动力设备。根据国家原机械工业部颁发的《设备统一分类及编号目录》，主要生产设备分为 10 大类，每个大类又分为 10 小类，每个小类又分为 10 组。

设备编码的方法应力求科学、直观、简便，为了便于统一管理，应尽量减少文字说明。具体方法不同的行业、不同的企业都有各自的规定。

设备进行分类和编号后，将逐台录入设备台帐并建立设备卡片。设备卡片的内容一般包含设备名称、设备编号、型号、规格、制造厂商、出厂时间、出厂编号、设备原值、折旧年限、启用时间、设备状态(在用、封存、移装、报废等)等信息。

3) 设备的封存、调拨和报废。

对长期不使用的设备要进行设备的封存管理。设备的调拨是指根据设备的使用情况，设备调出企业或在企业内部转移。设备的报废是指设备由于正常使用而磨损，丧失使用价值。由于技术进步，采用经济效果更好的新设备，原有设备提前更新，由于自然侵蚀、自然灾害和意外事故，设备无修复价值或不能修复等等，可予以报废。

(2) 设备的维护和保养^[16]。

设备维护和保养的主要内容，可以归纳为保持整洁、及时察看、做好润滑、防腐防漏等工作。

设备的维护和保养分为日常维护保养、一级保养和二级保养。日常维护保养(日保)指操作工人的定机保养、专业维修人员的巡回检查等；一级保养(一保)以操作工人为主，维修工人为辅，对设备进行局部解体检查；二级保养(二保)以维修工人为主，操作工人为辅，对设备进行局部解体检查和维修。

设备正常使用过程中还可对设备进行点检。点检是指按照标准要求对设备的某些指定部位，通过人的感觉器官和检测仪器，进行有无异状的检查，使各部分的不正常现象能够及早发现。点检一般有日常点检和定期点检，日常点检原则上是在不停止生产的情况下，由操作工利用自己的感觉器官，按制定的日常点检卡中记载的项目逐项进行检查，做好记录，供日后之用；定期点检由维修工人将设备作部分解体，用感觉器官及测试仪器对一些关键部位进行检查，将检查结果记入定期点检卡内，作为安排计划检修和统计分析的依据。

(3) 设备的检修^{[16][17]}。

设备的检修，是通过定期或不定期的检查，修复由于正常或不正常的原因而引起的设备故障，通过修理和更换已经磨损、腐蚀的零件、部件，使设备的效能得到恢复。设备检修的类别，一般分为检查、小修、中修、大修。检查指计划修理之间的检查。小修指工作量最小的一种修理，对设备进行局部修理，通常只更换和修复少量磨损零件，调整设备机构等；中修指更换和修复较多的零件，校正设备基准，主要精度达到工艺要求；大修指工作量最大的一种修理，它要求把设备全部拆卸分解，更换或修复主要大型零件及所有不符合要求的零件和部件，重新喷漆，恢复原有精度，达到出厂标准。

设备检修的方法，按工作的计划性、设备恢复性可分为事后修理、计划预修和机会修理三种。事后修理指设备发生故障后再进行的修理。这种修理方式可以避免过分修理，节省费用，但往往会因设备突然发生故障而影响正常生产，停产损失增加，维修费用增多；计划预修是指在设备发生故障前，有计划、有准备地进行设备预防性修理。按实施方式，其可以分为定期修理、标准修理、检查后修理和状态监测修理四种类型。

设备的修理计划建立在设备运行理论和工作实践的基础之上，计划编制要准确，要真实反映生产与设备的关联运动规律。设备修理计划一般可分为年度修理计

划、季度修理计划和月度修理计划。年度修理计划是设备维修工作的大纲，是企业贯彻执行计划预修和检查修理计划执行情况的基础。季度修理计划是年度计划的具体化，在季度开始前一个月编制。根据设备在运转中暴露出来的问题和生产任务的变化，对年度计划作适当的调整和补充，编制季度的月进度计划。月度维修计划是具体执行计划维修的作业计划，直接关系到修理任务能否保质保量按时完成。根据季度计划，结合设备状况的实际，落实设备修理停歇时间。

(4) 设备的润滑管理^[18]。

设备润滑工作中的“五定”。设备润滑工作中的“五定”，即定点、定质、定量、定期、定人。

1) 定点指确定每台设备的润滑部位和润滑点。

2) 定质指按照润滑图表规定的润滑油或润滑脂的油品号用油，润滑材料必须经过检验合格，润滑装置加油器具保持清洁。

3) 定量指在保证设备的良好润滑的基础上，实行定量消耗和废油回收，搞好设备润滑部位密封，杜绝润滑油和非全损润滑时润滑脂的泄露；

4) 定期指按照润滑卡片或图表规定的时间加油、添油和清洗、换油，保证及时润滑。

5) 定人指规定每台设备操作工人、润滑工、电钳工等各自负责的加油、换油点。

(5) 设备备件管理^[19]。

设备维修工作中，为了缩短维修停歇时间，使故障减少到最低限度，事先准备的各种替换零部件，通称为设备备件。设备备件管理，就是为了提高修理质量，按期完成检修计划，在保证品种、质量、数量供应及时、经济合理的原则指导下，对备件制造(采购)、储备、供应而进行的管理工作。

1) 备件的分类。根据用途特性，设备备件可划分为易损件、关键件和一般件三类。易损件是指容易磨损、经常损耗的备件；关键件是指设备关键部位、一旦损坏发生故障造成停产的备件；一般件是指中小修时需要定期或不定期更换或一般部位的备件。

2) 备件储备定额的制订。所谓备件储备定额，是指为确保设备的正常运转而必须储备的备件储备量。

2.3 车间级设备维护管理系统的功能模块分析

图 2-3 所示为车间级设备维护管理系统的功能结构。车间级设备维护管理系统一般由系统管理子系统、基本管理子系统、前期管理子系统、台帐管理子系统、维修管理子系统、备品备件管理子系统和润滑管理子系统等六个子系统组成。

2.3.1 系统管理模块

系统管理模块主要协调整个系统的工作。图 2-4 所示为系统管理子系统的结构图，主要有用户注册、用户密码修改、用户注销、在线用户信息等功能。

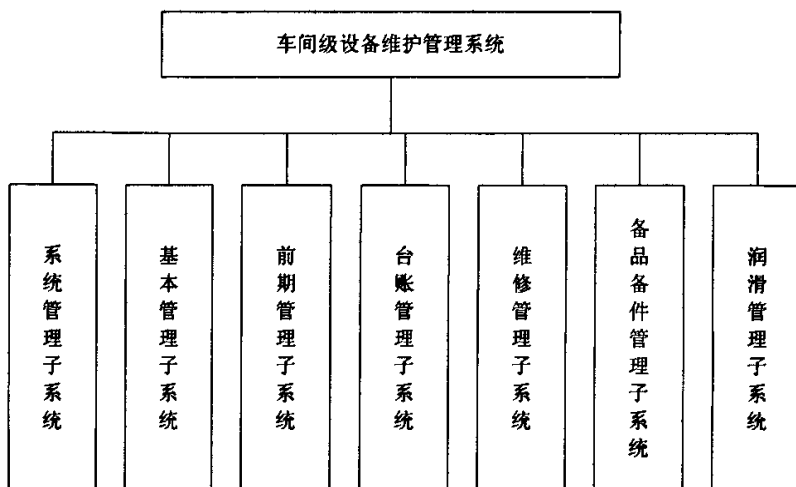


图 2-3 功能结构图

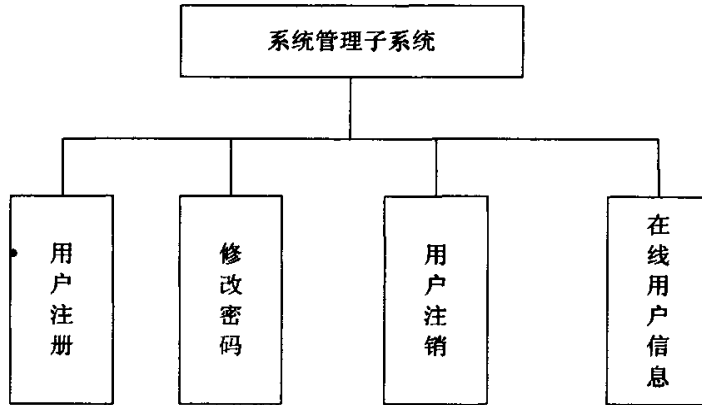


图 2-4 系统管理子系统结构图

2.3.2 基本管理模块

图 2-5 所示为基本管理子系统的结构简图。该模块主要有部门目录信息管理、设备类别信息管理、设备类型信息管理、ABC 分类信息管理、财务分类信息管理、

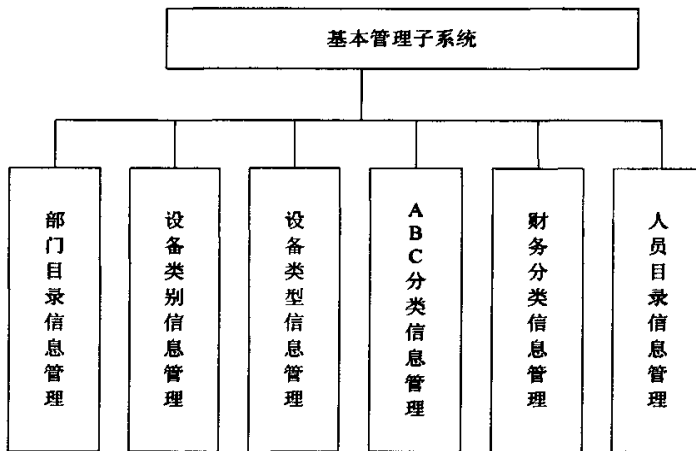


图 2-5 基本管理子系统结构简图

人员名录标准名称的定义和注册等功能。

已进行定义的这些管理要素，将作为标准字段为其他功能子系统所引用。系统规定在运行其他功能之前，必须对这些管理要素进行定义。这些定义一旦被引用，一般操作者（无授权者）便不能对这些管理要素进行修改。如果需要修改已经被引用的定义，操作员应请求系统管理员进行变更操作，系统仅为系统管理员和少数有

相应权限的操作员提供了定义这些管理要素的功能。当系统管理员对基本管理的功能模块内容改变后，其它相应的模块也同时变更，及时更新各标准名称的定义，实现信息资源共享。

为满足企业内对设备的多方面的管理，该模块将设备按如下四种方式分别进行分类：

(1) 按设备类别进行分类，对设备类别进行三级管理，即大类、中类、小类。设备类别实行编码管理，一级分类（大类）的编码为 2 位，二级分类（中类）的编码为 4 位，三级分类（小类）的编码为 6 位，其中二级分类的前两位编码取该二级分类的上一级分类的编码，三级分类的前 4 位编码取该三级分类的上一级分类（二级分类）的编码。编码长度必须是 2 位或 4 位或 6 位；下一级分类不能单独定义，必须有一个上一级分类作为其上级分类。但一级分类可以没有下级分类，二级分类可以没有它的三级分类；类别编码是唯一的，不能存在重码。当重码时，系统会提示用户编码重复，需要重新编码。

(2) 按设备类型进行分类^[20]，将设备分为大型、重型、稀有、普通、高精、进口、精密、数控、中心（加工中心）、关键等。

(3) 按 ABC 进行分类^[21]，设备 ABC 分类是将设备分为 A、B、C 三种标识字，A 是重点设备，B 指主要设备，C 指一般设备。

(4) 按财务进行分类，财务分类标准名称的定义，主要考虑设备作为资产，在财务固定资产管理中需要对其进行财务分类，它与设备资产的最初投资、运行费用、维修费用支出、折旧、更新改造资金的筹措、支出等有着一定的管理关系。系统财务分类是：通用设备、化工设备、运输设备、起重机械、维修设备、电气设备、计控仪器、建构筑物、非生产设备、和其他设备。人员目录是将设备动力管理及维修人员的信息登录，实行专人专职管理。

2.3.3 前期管理模块

图 2-6 所示为前期管理子系统的结构图。设备前期管理主要有设备市场信息管理、设备选型信息管理、设备采购计划信息管理、设备采购合同信息管理、设备开箱验收信息管理以及设备安装验收信息管理等功能模块。

(1) 设备市场信息管理。车间级设备管理系统对设备市场信息进行动态管理，

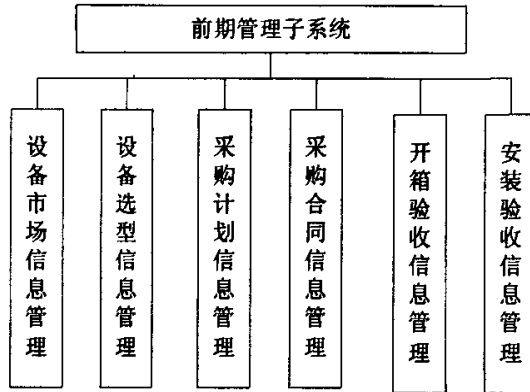


图 2-6 前期管理子系统结构图

根据设备的最新市场信息随时录入。设备的市场信息主要包括日期、设备名称、设备型号规格、主要性能指标、技术参数、生产厂家及联系方式、设备单价等详细信息。并能按照设备名称、日期随时查询设备市场信息，为设备的规划、选型、购置和正确合理的应用作好充分的准备。

(2) 设备选型信息管理。该模块主要有设备对比、部门意见和选型结果三部分。设备对比指由设备名称关键字段从最新市场信息库中检索到相应的设备备选信息，根据生产需要和设备性能价格比，进行对比分析，合理地选择设备。部门意见指将所选的设备信息供各部门(生产部门、技术部门以及环保部门)检验审核、审批后确定设备选型。选型结果显示在设备选型信息系统中，为设备的采购工作做好准备。

(3) 设备采购计划信息管理。该模块根据设备选型的结果拟订设备采购的计划单，此计划单可从设备选型结果中选择设备名称读取设备的基本信息，也可由用户直接登录添加设备的信息。采购计划单的主要内容有采购计划日期、设备名称、型号规格、采购数量、采购单价、部门类属、联系人和设备生产厂家等。

(4) 设备采购合同信息管理。该模块管理采购合同，记录设备采购合同的详细信息。合同信息主要有采购合同甲方的详细资料、采购合同号、签订日期、设备名称、设备型号规格、设备数量、单价、总额、付款方式等，其中甲方的详细资料应包括甲方名称、法人代表、营业执照号码、银行帐号、联系方式、税务登记号以及合同签字人信息。该模块同时还可对合同的执行情况进行追踪。

(5) 设备开箱验收信息管理。开箱验收单是购置设备开箱验收的主要数据资料，有：

1) 验收单。验收单反映设备开箱验收的基本技术信息以及设备开箱验收的外观检查与记录；

2) 附表信息资料。主要应包含主要备件表、配套设备表、易耗件表、备件目录表、随机工具表和随机资料清单等技术资料。

该模块应以表格的形式将设备开箱验收单记录到数据库中，同时应对检验合格且不需要安装的设备直接通过“设台帐”链接功能设置设备的台帐。

(6) 设备安装验收信息管理。安装验收单主要用来记录待安装设备的安装信息，如设备名称、设备安装时间、安装费用、安装人员、设备安装验收日期、验收部门、验收人员和验收记录等，全面反映设备安装验收的基本信息。设备安装完毕后，可直接进行通过“设台帐”链接设置设备的台帐。

2.3.4 台帐管理模块

图 2-7 所示为设备台帐管理子系统的结构图。设备台帐管理主要有设备台帐管理、设备统计管理、设备资料管理、设备变动管理、设备评估管理、设备状态管理等 6 个功能子模块，主要实现基本数据维护、设备资产管理、设备变动管理、设备综合查询统计等^[22]。

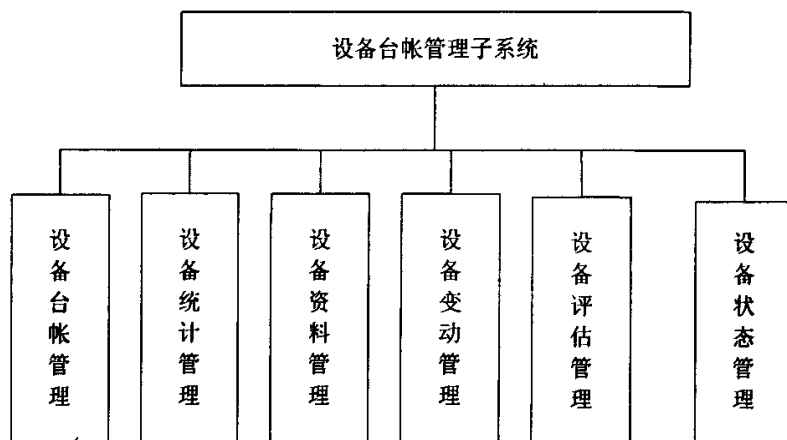


图 2-7 台帐管理子系统结构图

设备台帐管理子系统的建立，可以对在用的设备进行一次清理，使管理者对企

业设备资产信息做到心中有数，妥善保管。使维护者掌握设备的使用和保养情况，便于定期维护。设备台帐管理按照统一的设备代码来建立设备的台帐，使基层生产单位能更方便地录入设备使用情况，使上级管理部门能更快速地查询、显示有关设备的运行状况、检修状况和变动状况等与设备有关的信息，能够及时采取有效的措施，保障安全正常地生产，从而使设备管理达到自动化、信息化。

(1) 设备台帐管理。该模块主要收集和管理设备的基础资料和动态资料。设备验收合格或安装合格后，就应该为该设备建立设备台帐，对设备的基本信息进行综合管理。

设备台帐的内容主要有设备编号、性质、设备类别、型号规格、财务分类、设备用途、ABC分类、制造厂商、出厂编号日期、设备购置单、安装费用、使用年限、年折旧率、立卡时间、启用部门、启用时间、安装地点、标称能力、工作环境、主体材质、工作介质、外形尺寸和设备重量及配备人员等信息。按设备名称、设备编号、立卡日期等字段进行检索，可以方便快速地得到所需要设备的基本信息。

(2) 设备统计管理。该模块提供设备统计功能，可以按照月份、设备类别和设备使用部门进行统计。

(3) 设备资料管理。该模块主要管理所有设备的资料信息，包括设备主要部件的资料信息、配套设备资料、备件资料、易耗品资料、随机资料、随机工具以及设备变动状况（移装否、调拨否、租借否、停用否、封存否、闲置否、报废否），全面反映设备的资料信息。

(4) 设备变动管理。该模块主要管理设备的各种变动状态，包括设备移装、设备调拨、设备租借、设备停用、设备封存、设备闲置、设备报废等变动管理。

设备移装主要是企业内部各部门之间（同一独立核算法人单位）设备的调动和安装位置的移动，管理的内容主要有设备名称、设备编号、移装日期、移装费用、转出部门、转入部门、转入地点、移动前的设备状况、转移原因、审批意见以及移装时设备净值等信息。

设备调拨是指不同企业之间或总公司和子公司之间（不同核算法人单位）设备的调出与调入，管理的内容主要有设备编号、设备名称、调拨日期、调拨部门、调拨价格、买方、调拨原因、调拨设备技术鉴定、调拨审批意见等。

设备租借是指将企业内的设备租借给外单位，管理的内容主要有设备编号、设备名称、租借起始日期、租借结束日期、租借单位、租借协议。

设备停用是指对已安装验收、投产使用而目前因故不用的设备，作停用处理。

管理的内容主要有设备名称、设备编号、启用日期、设备停用日期、停用部门、停用原因、停用设备鉴定以及领导部门审批意见。

设备封存是指停用三个月以上的设备，由使用部门原地封存。管理的内容主要有设备编号、设备名称、封存日期、封存原因、封存部门、封存地点、封存前的设备状况、审批意见、启封日期、启封原因。

设备闲置是指封存一年以上的设备及已确定不需要的设备，作闲置处理。管理的内容主要有设备编号、设备名称、闲置日期、闲置部门、闲置地点、闲置原因、闲置时设备使用状况、审批意见。

设备报废管理的主要内容有设备编号、设备名称、报废日期、报废部门、报废原因、清理费用、报废审批意见、净残值、报废技术鉴定以及报废后仍可利用的配件。

(5) 设备评估管理。由于技术的更新和市场的变化，导致设备价值的变更，对设备价值需要进行重新评估。设备评估管理的主要内容有设备名称、设备编号、使用部门、立卡时间、评估时间、设备原值、设备评估值。

(6) 设备状态管理。图 2-8 所示是状态管理的结构图。该模块主要由设备保养、设备检查、事故管理和设备故障等功能子模块组成。

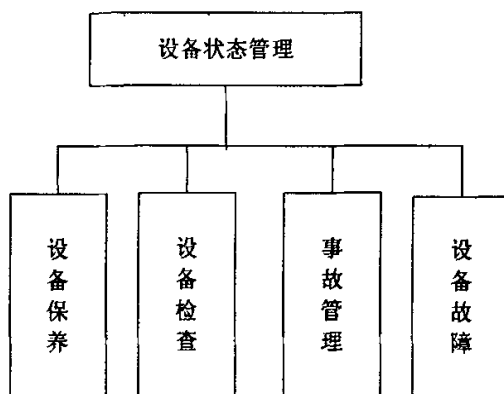


图 2-8 设备状态结构图

1) 设备保养。设备保养实行三级管理，即设备一级保养、二级保养、三级保养(日常保养)管理。设备保养的内容主要有设备保养定标、设备保养月度计划、设备保养到期显示、设备保养实施情况和设备保养施工单位等。

2) 设备检查。该模块主要对设备检查的具体内容、检查的周期和检查的结果进行等管理。内容主要有设备检查定标、设备检查实施显示和设备检查结果记录等。

设备检查定标规定单台设备的点检周期时间和检查内容，内容主要有设备编号、设备名称、检查编号、检查定标日期、检查周期、检查内容、录入人和录入时间。

设备检查实施显示是指按设备检查周期（每日、每周、每月）显示设备检查内容，主要的检查内容有设备编号、设备名称、检查编号、检查定标日期和检查周期。

设备检查结果记录是由设备检查实施后自动生成的设备检查结果记录，内容主要有设备名称、设备编号、检查定标编号、检查编号、检查日期、检查定标日期、检查定标内容、检查周期、实际检查内容和检查结果。

3) 事故管理。该模块记录设备每次发生的事故及处理情况，记录的主要内容有设备事故的登记、事故的原因和处理过程。

4) 设备故障。该模块记录设备每次发生的故障及处理情况。记录的主要内容有故障代码、设备基本信息、出故障设备部位、故障发生现象、故障发生原因和故障解决处理措施等。

2.3.5 维修管理模块

图 2-9 所示是维修管理子系统的结构图，该模块主要有设备维修预报、设备维修计划、设备维修实施和设备维修台帐等功能子模块。

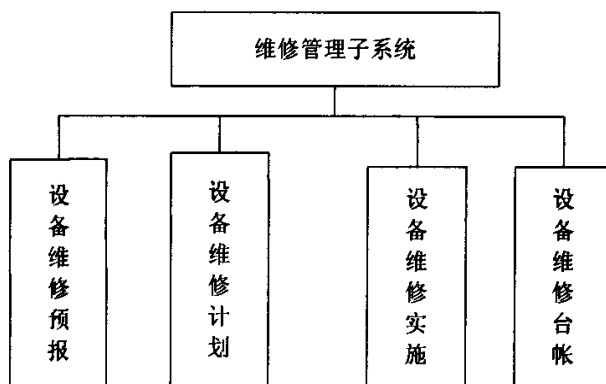


图 2-9 维修管理子系统结构图

(1) 设备维修预报。该模块根据设备台帐中的设备维修周期、设备启用日期、提前预报时间（设定提前 30 日）自动预报设备维修情况等。该模块管理的主要内容有设备基本资料、维修周期、维修到期日和距离维修到期日等。

(2) 设备维修计划。该模块根据设备维修预报拟订设备的维修计划，制定大修

年度计划和维修月度计划。该模块管理的主要内容有预报维修设备的基本资料、维修项目编号、计划维修起始时间、结束时间、维修单位、停机台时、维修工时、计划维修费用和备注说明等。

(3) 设备维修实施。该模块记录设备每次维修的情况及维修的鉴定结果，主要内容有设备基本资料、维修编号、维修实施起始时间、结束时间、维修实施单位、维修前设备状况、维修记录、维修性质类别、维修要求、维修结果、结果技术鉴定、验收记录、维修费用、维修工时和备注说明。

(4) 设备维修台帐。该模块可将设备维修的实施和设备的维修计划进行对比比较，为决策提供辅助功能。主要内容有维修设备的基本资料、项目编号、维修编号、维修开工日期、实际和计划工时费用、实际和计划材料费用、实际和计划管理费用、实际和计划其它费用和合计总费用对比等。

2.3.6 备品备件管理模块

图 2-10 所示为备品备件管理子系统的结构图，该模块主要有备品备件计划、备品备件采购、备品备件台帐和备品备件消耗等功能子模块。

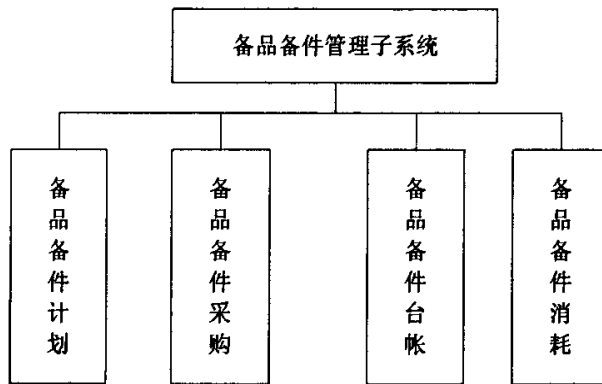


图 2-10 备品备件管理子系统结构图

(1) 备品备件计划。该模块根据维修计划拟订设备的备品备件计划。主要内容有备品备件编号、备件名称、型号、规格尺寸、单价、备件数量、总金额和备注说明。

(2) 备品备件采购。该模块根据备品备件计划来进行备件材料的采购管理。主要内容有备件编号、采购时间、备件名称、型号、规格尺寸、采购单价、采购数量、采购总金额以及备注说明。

(3) 备品备件台帐。显示、统计备品备件库存、消耗情况。主要内容备件编

号、备件名称、型号、规格尺寸、采购、消耗、库存数量以及金额费用。

(4) 备品备件消耗。该模块主要记录设备维修时备品备件的消耗情况。主要内容有维修编号、备件编号、备件名称、型号、规格尺寸、备件消耗数量、备件单价和消耗金额等。

2.3.7 润滑管理模块

图 2-11 所示是设备润滑管理子系统的结构图，该模块主要有润滑五定、润滑计划、润滑实施、消耗统计以及润滑材料目录等功能子模块。

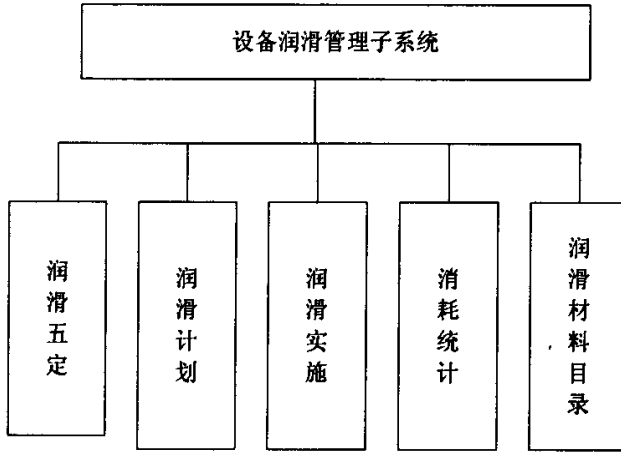


图 2-11 润滑结构图

(1) 润滑五定^[23]。该模块主要规定设备的润滑部位、润滑材料、润滑定额、换油加油周期和润滑人等。主要内容有设备基本资料、润滑定标日期、润滑部位、润滑材料、润滑材料编号、换油周期、加油周期、定额量、换油人和加油人。

(2) 润滑计划。该模块可根据润滑五定自动生成润滑计划明细，主要内容有润滑计划生成和润滑计划浏览。润滑计划生成是根据润滑五定规定设备润滑定标日期、加油周期和换油周期，自动生成设备润滑加油计划和换油计划。润滑计划浏览主要有润滑换油计划和润滑加油计划。可以浏览的内容有设备编号、设备名称、使用部门、定标日期、润滑部位、润滑材料及编号、换油周期、换油人、换油日期、加油周期、加油人和加油日期等。

(3) 润滑实施。该模块主要记录设备润滑的实施情况。内容主要有加油计划实施以及换油计划实施。记录的内容有设备基本资料、润滑部位、所用润滑材料、润滑实施日期、实际换油量、换油操作工。加油计划实施同换油计划实施等。

(4) 消耗统计。该模块主要统计设备的润滑次数及润滑的材料用量，统计内容主要有设备编号、润滑材料编号、加油次数、换油次数、加油量和换油量。

(5) 润滑材料目录。该模块主要记录润滑材料编号、润滑材料的名称和材料的类别。

2.4 本章小结

本章给出了设备维护管理系统在制造执行系统中的定位，分析了制造执行系统的主要功能。对车间级设备维护管理系统进行了需求分析和功能模块的设计。重点分析了系统管理、基本管理、前期管理、台帐管理、维修管理、备品备件管理以及润滑管理等模块。

第三章 基于 B/S 结构的制造执行系统的体系结构

3.1 基于 WEB 的 B/S 体系结构

随着信息技术的不断发展,基于浏览器/服务器(Browser /Server)结构的应用软件得到了不断的发展,其主要优势是:

(1) 具有良好的可操作性,使用者可以使用任意一台装有浏览器的主机都可以登陆系统并使用其功能,更适合未来分布式管理环境,克服了传统客户端/服务器(Client/Server)结构模式对空间上的限制;

(2) 客户端的平台无关性,可以解决多平台结构所产生的互操作问题^[24]。基于 B/S 结构的软件解决方案,可以把传统 C/S 结构模式软件的功能汇集到系统中去,还能实现更广泛的功能,比如远程管理,分布式协作等等,既继承了 C/S 结构模式软件的功能和优点,又能较好地突破 C/S 结构模式软件的一些局限性。

在 B/S 模式下,用户在浏览器的支持下,应用程序界面呈现的是 Web 页面,用户根据界面的信息,从浏览器端向服务器端通过 HTTP 协议提交服务请求,包括对数据库的数据请求,对系统其他部分的应用请求等。服务器端负责对请求进行处理,并将处理结果通过网络返回浏览器。使用浏览器与某一台主机或系统进行连接,并不需要更换软件。所以用户的界面具有一致性,易于操作。另外,由于开发环境独立于用户的前台应用环境,提高了系统应用的跨平台性,也便于系统的扩展、管理和升级等。与 C/S 结构软件相比,其数据传输采用 HTTP 协议,数据处理的大部分放在服务器上,传输给客户的数据是处理后的结果,虽然服务器的处理任务加重,对服务器的处理能力和安全性的要求更高,但硬件技术和数据加密技术的快速发展可以给予弥补^{[23][26]}。而且客户端与数据库不再直接相连,通过服务器间接实现对数据库中数据存取操作,也加强了数据库的安全性。

研究和开发 B/S 结构软件就是为了把企业的管理和控制系统与 Internet 相连,利用企业内部网和 Internet 网,实现企业内信息系统与 Internet 网络的信息和资源共享,通过网络快速传递信息,增加企业发展的机遇。

图 3-1 所示为 B/S 结构软件的体系结构。B/S 结构系统的基础模式是三层体系结构的软件模式,第一层是用浏览器完成用户的接口功能,第二层由各种服务器系统完成用户所需的服务功能,第三层由数据服务器和文件系统完成数据存储和管理的功能。基于 web 访问数据库的应用软件通常包含 web 服务器、web 浏览器、数据

库服务器、中间件共四部分内容，可以通过中间件实现对其他异地系统和服务器的访问和信息交换，实现信息共享。

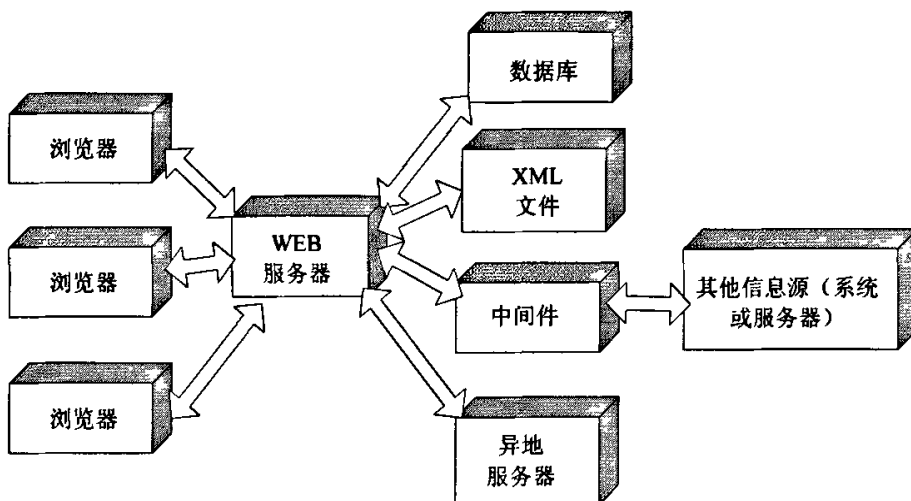


图 3-1 B/S 结构软件的体系结构

3.2 基于 B/S 结构的制造执行系统的架构

图 3-2 所示为 MES 的网络划分。构建网络模块需要将传统的 MES 系统划分为 FMS—MES (Flexible Manufacture System: 柔性制造系统) 和 Main—MES^[27]。

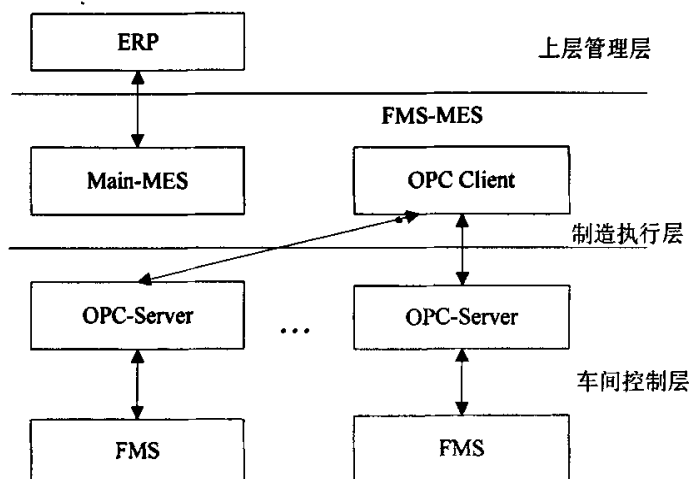


图 3-2 MES 网络划分

FMS—MES 向下通过 OPC Client(OLE for Process Control Client: OPC 客户端)与 OPC Server 交互,通过 OPC Server 采集底层设备数据以及发送控制命令和 NC(Numerical control)程序。FMS—MES 功能包括产生详细的任务加工工艺计划、FMS 的加工调度、下载 NC 文件和发送设备准备指令、刀具预调整和安装、执行加工操作。FMS—MES 为 C/S(客户/服务器)结构,只能在企业内联网使用,实现生产现场的自动化控制,保证数据的准确性和实时性。

而 Main—MES 功能包括工序详细调度、资源分配和状态管理、生产单元分配、文档控制、产品跟踪和产品清单管理、性能分析、人力资源管理、维护管理、过程管理、质量管理、数据采集。Main—MES 为 B/S(浏览器/服务器)结构,可以在企业内联网和因特网上使用,系统升级和维护工作相比较于 C/S 结构复杂度大大降低。这样将传统的 MES 系统划分后,使基于 Web 的制造执行系统的研究更有针对性。

基于 Web 的制造执行系统即是指基于 B/S 结构的 Main—MES 系统。基于 Web 的制造执行系统的网络拓扑图如图 3-3 所示

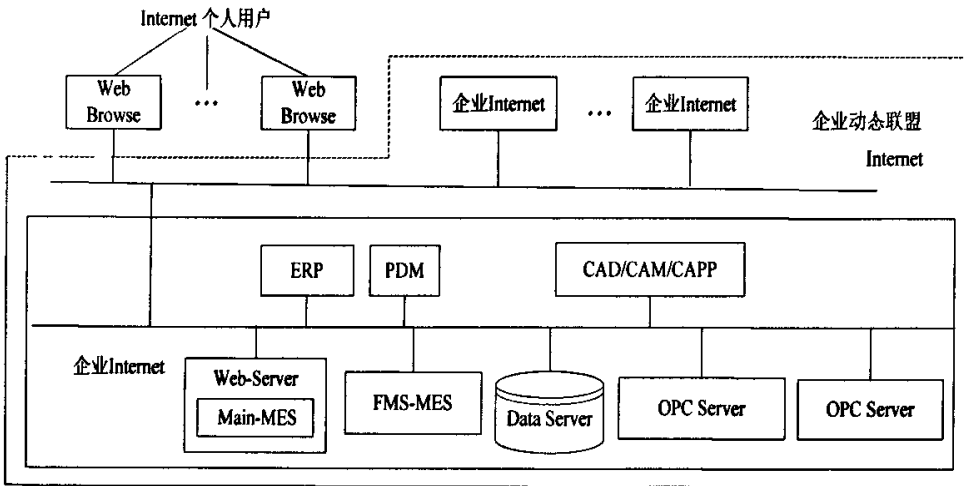


图 3-3 MES 的网络拓扑图

企业 Intranet 由 ERP、PDM、CAD/CAPP/CAM(Computer Aided Design/ Computer Aided Engineering/ Computer Aided Process Planning)等高层管理计划系统,底层 OPC 服务器,以及连接这两层的 MES(FMS—MES 和 Main—MES)组成。企业 Intranet 和企业 Intranet 之间通过 Internet 交互信息,组成动态企业联盟联合进行产品的开发、设计与制造,实现异地人力资源与设备资源的共享,降低成本,提高企业的快速响应和市场竞争能力。而个人产品用户可以在 Internet 上浏览企业开放给顾客的信息,包括产品定制系统、产品加工过程追踪系统等,增加企业产品生产过程的透

明度。

图 3-4 所示为 B/S 模式制造执行系统的体系结构^[36]，系统分为表示层、业务逻辑层和数据服务层三层结构。

(1) 表示层。位于客户端，与传统的 C/S 结构相比较，B/S 结构的客户端将事务处理模块从客户机中分离了出来，由服务器来负担，用户只要通过浏览器就可以使用 Main-MES 系统的各项功能，而无需安装客户端程序。

(2) 业务逻辑层。由 Web 服务器实现，这里采用 ASP.NET 技术搭建 Web 服务。基于浏览器的客户端调用 ASP.NET 的 Web 页面，Web 服务器(采用微软的 IIS 服务器)接受远程用户的请求，根据用户请求运行 ASP.NET 的 Web 应用程序，如客户要求监控底层数据，则 Web 应用程序与 FMS-MES 系统交互，如客户要求操作数据库，则 Web 应用程序与数据库服务器交互，最终生成 HTML 流返回到 IIS，再从 IIS 返回给用户。

(3) 数据服务层。由数据库服务器来实现，它包括用户权限管理、车间动态数据库、设备数据库、切削数据库、工时定额数据库、刀具数据库等^[28]

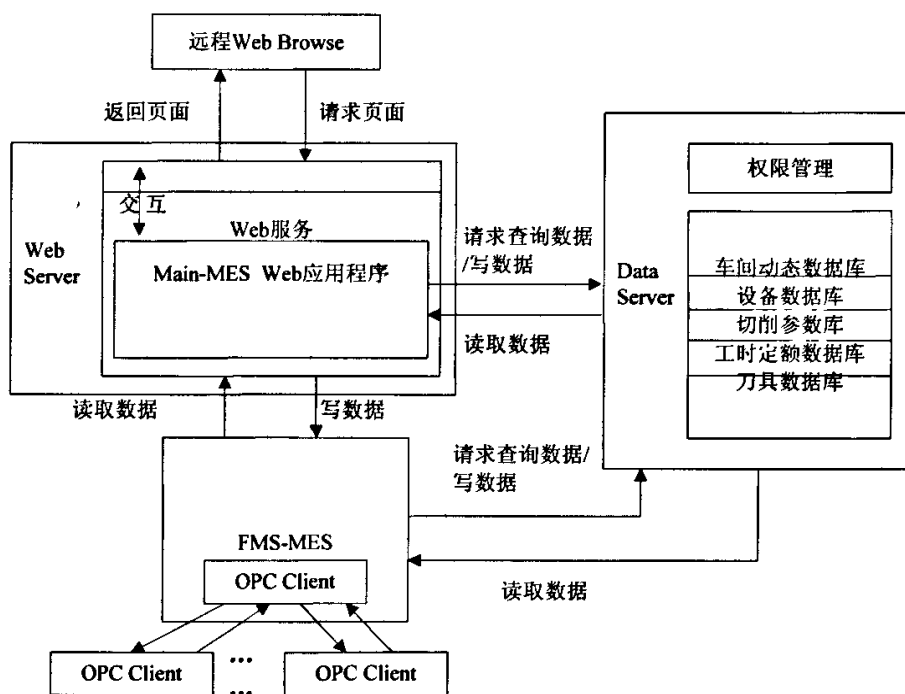


图 3-4 B/S 模式制造执行系统体系结构

3.3 基于.NET 的制造执行系统实现技术

以 .NET 平台作为制造执行系统基于 WEB 的软件实现手段, 其中的实现技术尤为重要。下边给出实现该平台的几个重要的技术。

3.3.1 Web 服务器开发技术

XML Web Services (The Extensible Markup Language(可扩展标识语言), XML) 属于 .NET 平台下 Web 服务器开发技术, 是自包含的、模块化的应用程序, 可以在网络(通常为 Web)中被描述、发布、查找以及调用^[29]。XML Web Services 是基于网络的、分布式的模块化组件, 定义了执行特定的任务, 遵守具体的技术规范, 这些规范使得 XML Web Services 能与其他兼容的组件进行互操作, 生成 Web 服务。所谓 Web 服务, 它是指由企业发布的完成其特别商务需求的在线应用服务, 其他公司或应用软件能够通过 Internet 来访问并使用这项应用服务。

使用 ASP.NET 创建的 XML Web Services 的真正的强大功能在于其基础结构。使用 ASP.NET 创建的 XML Web Services 是建立在 .NET 框架和公共语言运行库(.NET FRAMEWORK)之上的。使用 ASP.NET 创建的 XML Web Services 的基础结构符合 SOAP(Simple Object Access Protocol: 简单对象访问协议), XML 和 WSDL(Web Services Description Language)等行业标准, 这允许跨平台上的客户端可以与使用 ASP.NET 创建的 XML Web Services 交互操作。只要客户端可以发送符合标准的 SOAP 消息, 就可以调用使用 ASP.NET 创建的 XML Web Services, 其与客户端所驻留的平台无关, 可以使用其基于属性的修改机制时使所需 SOAP 格式消息携带更多信息。

当使用 ASP.NET 生成 XML Web Services 时, 自动支持使用 SOAP, HTTP-GET 和 HTTP-POST 协议的客户端通讯。SOAP 使用 XML 传递出入 XML Web Services 的数据, 在 SOAP 中, 可以使用 XSD (XML Schema) 架构, 它支持更丰富的数据类型集, 可定义复杂数据类型。使用 ASP.NET 生成 XML Web Services 使用 XSD 架构显式定义所需的复杂数据类型不是必须的, 只要生成一个托管类就可以使用。ASP.NET 将类定义映射到 XSD 架构并将对象实例映射到 XML 数据, 目的是将其通过网络来回传递。

3.3.2 监控与通讯技术

生产信息要通过底层采集设备传送到 Web 服务器, 以 XML Web Services 的形

式提供给用户，图 3-5 所示为 B/S 车间监控的系统结构^[30]。车间监控上位机实现车间内的设备监控，不同的车间通讯网或数据采集方式有不同的实现方式。车间内实现现场总线网络，上位机按现场总线协议与智能仪器通讯，智能仪器中预先实现了封装了现场总线协议的通讯接口。可以通过 PCI 采集卡(Peripheral Component Interconnect: 外设部件互连)连接设备，在监控上位机中安装 PCI 驱动，使用驱动中的接口来与 PCI 采集卡通讯；使用 DCS(分散控制系统)网络的，用串口通讯方式与 PLC(可编程序逻辑控制器)设备通讯；采用无线方式通讯的需要无线猫和短信发送模块。

Web 服务器与监控上位机的通讯采用基于 TCP/IP 协议的 Winsock 客户端与服务器之间的通讯来实现。Winsock 是定义在 WINDOWS 操作系统之中的一组 API 网络通讯库。为实现 Internet 上两个远程计算机之间的数据传送，Winsock 编程是一个十分便捷、快速的选择。Winsock 通信是基于 Client/Server 模式的，即服务器的 Winsock 在某端口进行“侦听”服务，等待客户机的申请。可以生成两个 Winsock 对象，其中一个作为服务器对象在端口 1“侦听”，另外一个作为客户机对象在端口 2 连接另一台计算机。每台计算机可以作为服务器，也可以是客户端。Winsock 有：字符串型和字节流型两种数据传送格式。一般的信息交互可以使用字符串型，但由于文件的传送要顾及各种格式的文件，不能以字符串进行传送，以字节流型数据传送可以保证文件的数据完整性。在 TCP/IP 网络中两个进程间的相互作用的主机模式是客户机/服务器模式(Client/Server model)。

Winsock 客户端用 XML Web Services 技术实现成 Web 服务，Web 信息服务器中的页面与 Web 服务之间通过符合 SOAP 协议的消息实现调用。监控上位机与采集设备及通讯网络形成车间监控网，Web 信息服务器与数据库服务器形成企业网内的信息管理的基本支撑。

Web 服务器根据客户需求和命令，调用 XML Web Services，Web 服务向监控上位机发出采集指令和控制指令，监控上位机执行后将结果发送还 Web 服务，完成一次 XML Web Services 调用。

ASP.NET 是统一的 Web 开发平台，用来提供生成企业级 Web 应用程序所必需的服务。ASP.NET 的语法在很大程度上与 Active Server Page(ASP)兼容，同时它还提供一种新的编程模型和结构，用于生成功能强大的新型应用程序。数据库访问采用 ADO.NET。ADO.NET 具有断开式数据结构，能够与 XML 紧密集成，具有能够组合来自多个、不同数据源的数据的通用数据表示形式，以及具有为与数据库交互而优化的

功能。Main—MES 的 Web 应用程序与 FMS—MES 的数据交互是用 Socket 实现的。Socket 实现于网络应用层，它是 HTTP 协议传输层所提供的网络编程接口。系统中 FMS—MES 为服务器端，Main—MES Web 应用程序为客户端。

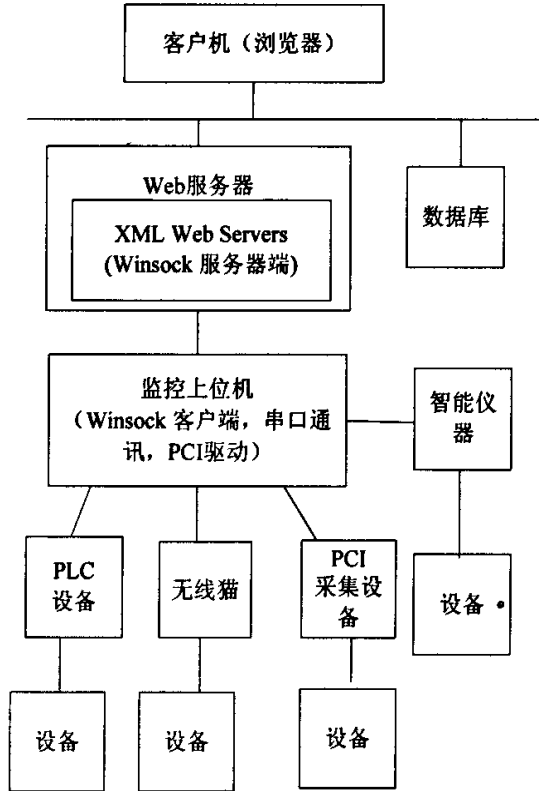


图 3-5 B/S 车间监控系统结构

3.4 本章小结

本章主要介绍了基于B/S结构的制造执行系统的体系结构和基于.NET的实现技术。B/S结构克服了传统客户端/服务器结构模式对空间的限制，具有良好的可操作性。采用.NET作为制造执行系统的开发平台，设备动态信息通过底层信号采集和Winsock通讯技术，为基于B/S结构的制造执行系统从结构到实现技术做好了准备。

第四章 UML 建模和数据库设计

4.1 车间级设备维护管理系统的 UML 建模分析

UML(Unified Modeling Language, 统一建模语言)是面向对象技术领域内的标准建模语言。易于表达、功能强大,用于可视化描述和构造软件系统,以及商业建模。用例驱动的方法基于面向对象技术,首先将用户需求转换为系统需求(即用例),并根据对用例的描述和分析,得出系统的核心类,然后进一步描绘出系统的静态结构和动态行为,以及系统的代码结构和物理配置。

用例将驱动需求分析之后完成设计、实现、测试、配置等阶段的开发,将用例驱动的思想与 UML 这种面向对象分析设计语言相结合,可使构建出来的系统模型的易复用性和易扩展性得到显著提高。下面以检修为例,介绍基于用例驱动的 UML 设备管理系统的检修过程设计。如图 4-1 是设备检修用例图。检修过程,设备管理员主要完成建立设备台帐,查询设备检修信息,生成检修报表。

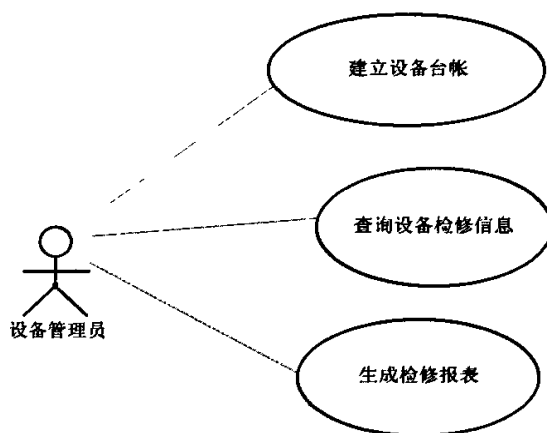


图 4-1 检修用例图

图 4-2 是查询设备检修信息时序图。设备管理员(EquipmentMaintanece)打开设备管理系统的界面,使用 GetEquipment()调用 Equipment 类,Equipment(设备)类利用 GetMainRecordContainer()来调用 MaintenanceRecordContainer(检修记录容器),这个链表类再通过 GetChildren()来调用 MainRecord(记录对象)类。然后通过一系列的 Return 函数返回需要的数据,最后显示在系统的界面上。

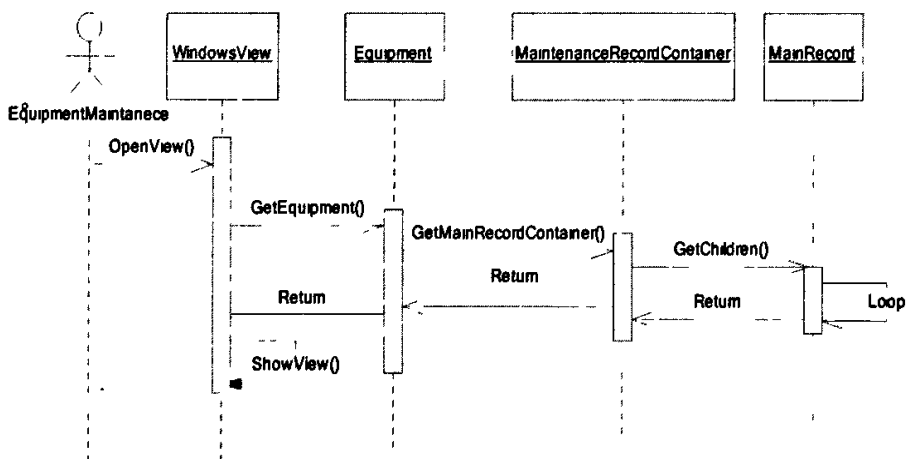


图 4-2 查询设备检修信息时序图

对应查询检修信息的时序图，如图 4-3 是设备检修信息的类结构图。

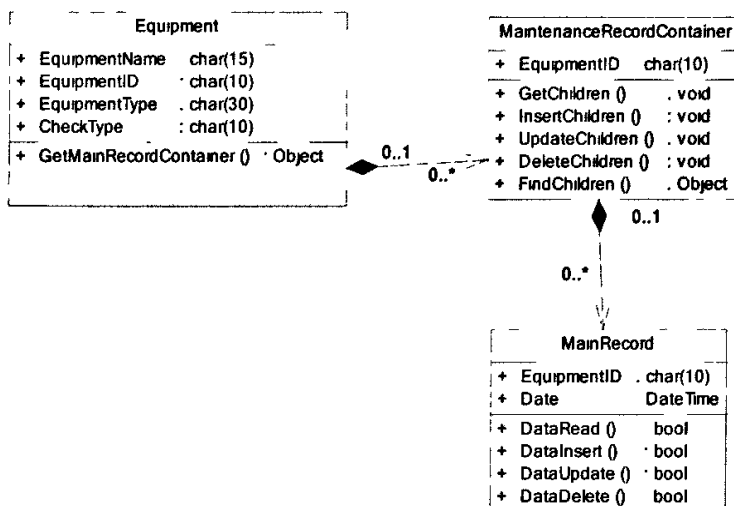


图 4-3 设备检修信息的类结构图

4.2 车间级设备维护管理系统的数据库设计

4.2.1 概念结构设计

车间级设备维护管理系统概念结构设计是不基于具体数据库平台的实体结构设计。我们使用 Power Designer 软件绘制 E-R 实体图, 在 Power Designer 中, 它也被称为 CDM (Conceptual Data Model) 图。这里, 以设备选型和设备采购的 E-R 实体图绘制为例介绍。

首先确定实体的名字并填写实体中各项属性的名称和数据类型。在这里, 需要创建“设备市场信息数据表”、“设备选型部门审批表”、“设备采购计划表”三个实体并填写其相应属性; 然后确定实体的主键以标识实体。例如设备市场信息数据表中, 设备名称是主键, 只需要在设计时对“设备名称”行的“P”列(代表 Primary)打勾即可, 如图 4-1 所示。

最后, 对创建好的实体添加关系。由于设备市场信息会对设备选型产生影响, 同时设备选型会对设备采购计划产生影响, 故“设备市场信息数据表”、“设备选型部门审批表”、“设备采购计划表”三个实体之间存在着联系, 并且设备市场信息对设备选型是一对多的关系, 同时设备选型对设备采购是一对一的关系, 即同种设备可以多次选型, 而一次设备采购计划必须唯一对应一个设备选型。三者之间是通过设备名称这一属性建立联系的。为此在三个实体之间添加连线表示相互间的关系, 如图 4-2 所示, 线的端点分叉表示实体间一对多或多对一的关系, 在这里, 第一根线与“设备市场信息数据表”实体和“设备选型部门审批表”实体之间相连部分有分叉。第二根线与“设备选型部门审批表”实体和“设备采购计划表”实体之间没有分叉, 表示一对一的关系。至此, 表示设备选型和设备采购过程的 E-R 实体图绘制完毕, 相应的概念模型也就建立起来了。



图 4-1 设备市场信息数据表实体的创建

4.2.2 逻辑结构设计

4.2.2.1 概念结构模型到逻辑结构模型的转化

逻辑结构设计的目的是把概念数据模型转换为数据库管理系统可以处理的逻辑模型，也即将由 E-R 图表示的概念模型转换为 DBMS 通用的逻辑模型，如关系模型，然后对其进行优化。以关系模型为目标的逻辑结构设计方法是将 E-R 实体图中的概念模型映射为关系模型，并且包括一组关系定义，每个关系有一个主键，映像的步骤如下：

(1) 把 E-R 实体图中每个实体变换为一个关系模型。

(2) 变换每个联系：多对多的联系需要加一个单独的关系模型；而一对一的或者一对多的联系可用在实体关系中增加属性（此处为外键）来模型化。

(3) E-R 图中的属性可转换为关系的属性。

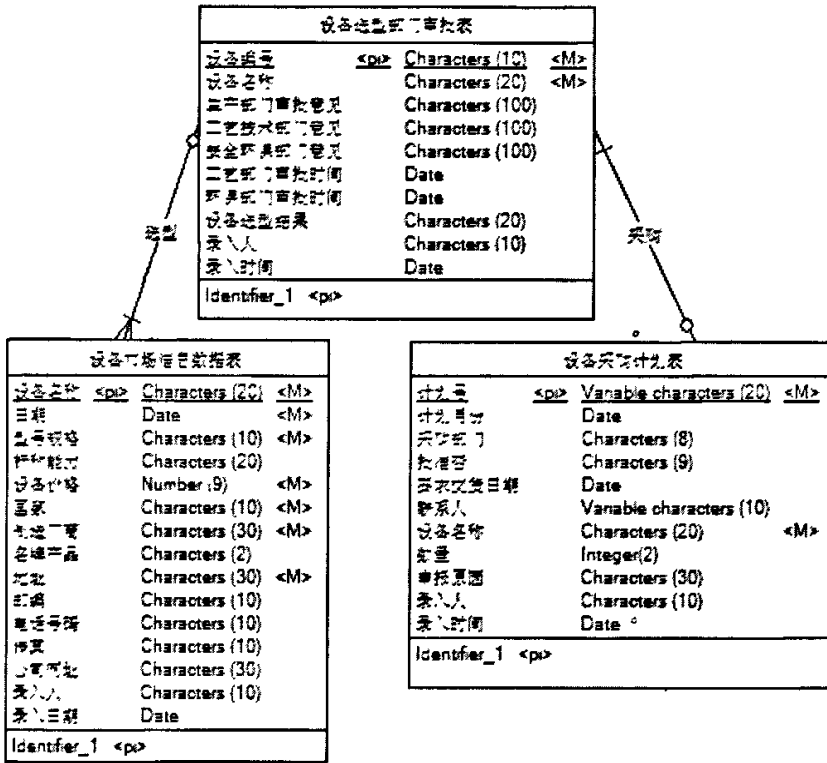


图 4-2 设备选型采购 E-R 实体图

4.2.2.2 逻辑结构设计中的规范化和反向规范化

逻辑结构设计部分一个重要的工作就是逻辑模型的规范化，从 E-R 图转换而来的关系模型只是逻辑模型的雏形，要成为逻辑模型还需要进行以下工作：

- (1) 规范化；
- (2) 必要的情况下采用反向规范化，满足性能、存储空间等要求；
- (3) 用 DBMS 所提供的 DDL (Data Description Language 即数据描述语言) 实现逻辑模型。

图 4-3 所示为三级规范化的设计图控制。规范化的目的是使关系结构至少满

足第三范式，这样对数据库操作可避免异常、减少冗余。把一个非规范的数据结构转换成第三范式的数据结构得经过如下过程：

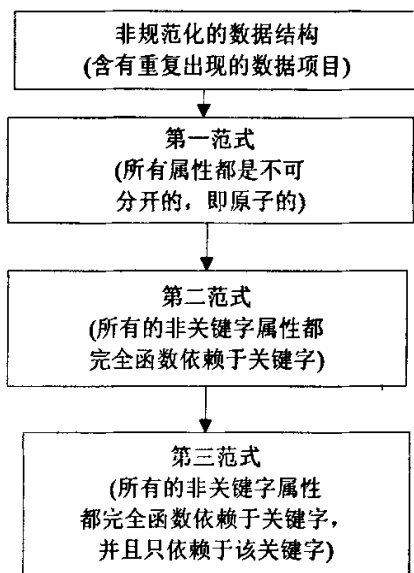


图 4-3 三级规范化设计图控制

(1) 把所有的非规范化的数据结构分解成若干个二维表形式的数据结构，指定一个或若干个数据元素作为关键字，唯一标识出每个属性，关键字应该有尽可能少的属性组成

(2) 如果关键字由不止一个属性组成，必须确保每一个非关键字属性完全依赖于关键字，否则，在必要的时候，通过分解的方法转化为若干个满足这种要求的数据结构

(3) 检查所有的非关键字是否彼此独立，如果不是，消除传递依赖关系，通过去掉冗余的数据元素，或分解的方法转化为若干个满足这种要求的数据结构

反向规范化（denormalization）是对规范化的表作出妥协的一个过程，即为了性能的原因，故意引入冗余。可以把反向规范化看成对规范化数据的一种扩展，通过反向规范化将改进查询性能。其实质就是在规范和性能之间实现平衡，使之对应用程序最有利。反向规范化主要包括向下反向规范化、向上反向规范化、表内反向规范化等。

向下反向规范化是指从一个父实体中获取某个属性，通常这样做的唯一好处是在需要查询子实体的时候避免一个连接操作。但通过这种反向规范化来消除连接往往会导致大量昂贵的层叠更新。

向上反向规范化是指在父实体中以汇总或聚和的形式保存来自子实体的信息。例如在采购订单中，订单主表和订单明细表通过订单号连接，如要得到订单总价，必须对其订单明细求和，但是往往连接后再求和的 SQL 语句效率很低，所以可以考虑在主表中加入订单总价属性，这就带来了冗余，但在查询时明显的提高了效率。

表内反向规范化是指在实体中保留一个可以从其他属性中派生出来的属性。通常使用表内反向规范化的唯一正确原因是有基于派生值查询的要求，并且对查询速度有较高的要求。例如在设备采购计划表中，有“设备价格”和“数量”两个属性，一般情况下，不需要再新建一个“设备总价”属性，但如用户经常需要查询设备总价，希望加快查询速度，则需要建立“设备总价”这一属性，其值即为“设备价格”和“数量”两个属性的乘积。反向规范化带来了表的冗余，也就不可避免的导致了别的开销。例如，在使用向上反向规范化时，子实体中的每条记录的增加、修改和删除都可能对父实体中某个属性带来影响，所以必须采用相应的办法消除反向规范化带来的影响。常用的实现反向规范化并能可靠的消除其影响维护数据完整性的方法是使用触发器。

4.2.2.3 设备管理系统逻辑结构设计

本系统中逻辑结构设计主要是在概念结构设计的基础上进行规范化和反向规范化的取舍和修改。以概念结构设计后的设备选型采购为例，由于在设计 E-R 实体图时分析合理，图中关系已经满足第三范式。但是该图没有考虑对查询的速度优化，因此，在实际使用中，还有不合理之处。例如在实际采购计划中，存在总价这一项，而根据图中所示，总价需要由设备市场信息表中设备价格乘以设备采购计划表中的数量，即为了得到总价信息需要连接前述两张表后再进行计算，因此，合理的方案应该是在设备采购计划表冗余设备价格字段。如图 4-4 设备选型采购逻辑结构设计就是经过图 4-2 图的概念结构设计转化而来。

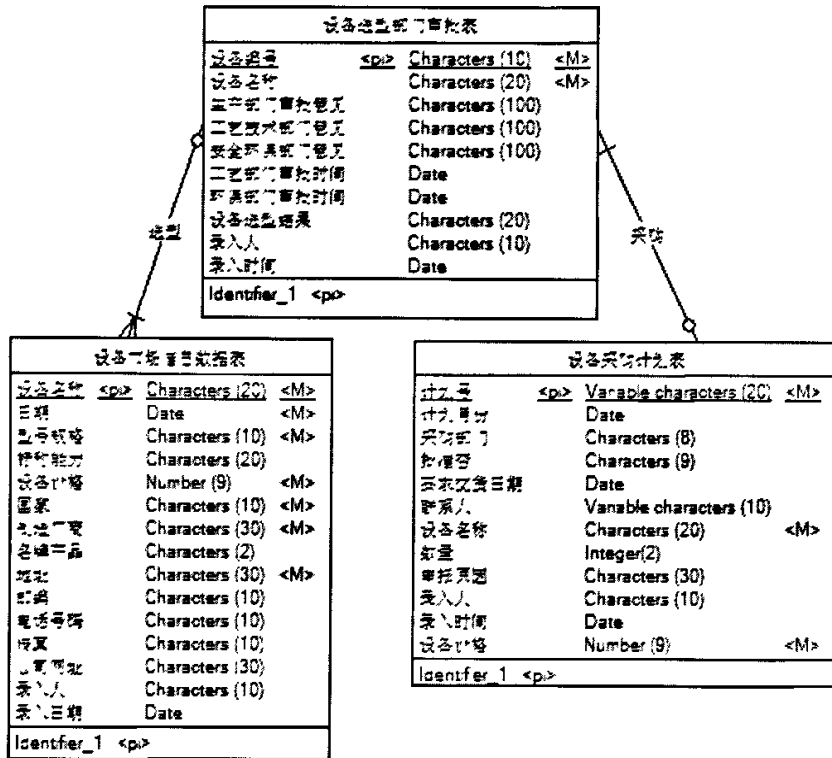


图 4-4 设备选型采购逻辑设计

4.2.3 数据表及其关系图

根据前面的数据模型，就可以很方便地在 Microsoft SQL Server 2000 建立相应的数据表和相应的关系图。本系统建立的数据表相互独立，但也不失彼此之间的联系。主要包括设备前期管理数据关系、设备资料信息数据关系、设备变动信息数据关系、设备状态信息数据关系、设备维修信息数据关系、设备润滑信息数据关系。

图 4-5 所示为设备前期管理数据关系图。在图中可根据设备名称、设备标称能力等要求，检索查询设备市场信息表，选出符合生产需要的设备，经部门审批后，进行设备采购计划的拟订，签订设备采购合同，然后进行设备开箱验收以及设备安

装验收，验收合格后，设立设备台帐，进入设备后期管理。设备前期管理数据关系如。其中 marketinfo, selecttype, stock, contract, check, buildcheck 分别表示设备市场信息数据表，设备选型数据表，设备采购计划数据表，设备合同数据表，设备开箱验收数据表。

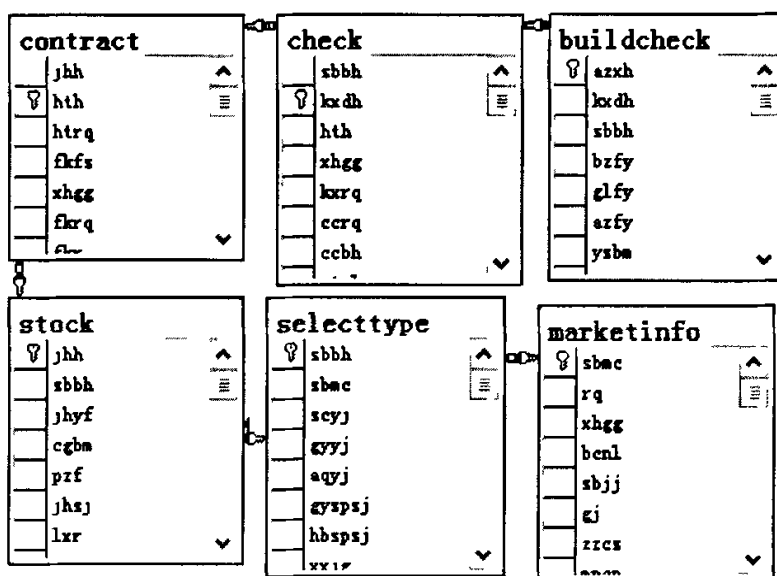


图 4-5 设备前期管理数据关系图

如图 4-6 所示为设备基本资料数据关系图。设备开箱验收后，进行相应的资料的登记。主要包括设备基本卡片资料数据表、设备主要部件资料数据表、配套设备资料数据表、备件目录资料数据表、易耗品资料数据表、随机工具数据数据表，各表间通过关键字设备编号（sbbh）联系起来。其中 check, equipment account, consumpt, spareequipment, spareaccount, mainequipment, tools 分别表示设备开箱验收数据表，设备台帐数据表，易耗品数据表，配套设备资料数据表，备件目录资料数据表，设备主要部件数据表。

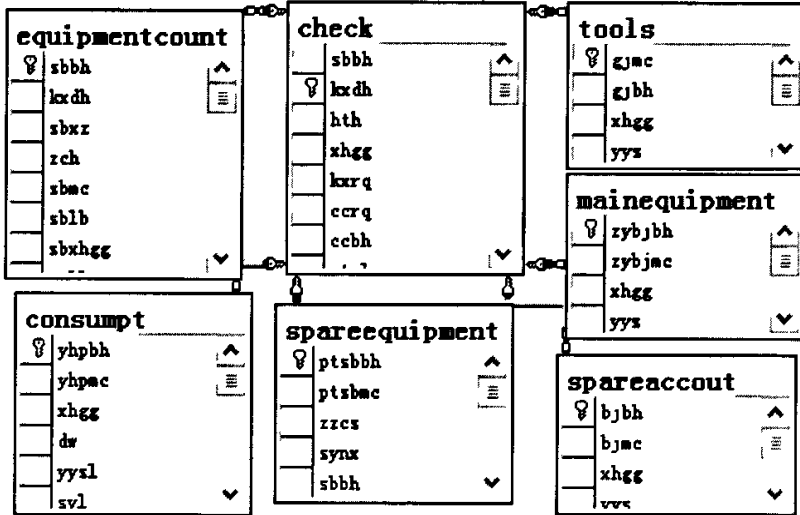


图 4-6 设备基本资料数据关系图

4.3 本章小结

本章主要对车间级设备维护管理系统进行 UML 建模和数据库设计。基于用例驱动的 UML 建模提高系统模型的易复用性和易扩展性，基于 Microsoft SQL Server 2000 的数据库建模为系统保有了后台数据支撑。

第五章 车间级设备维护管理系统原型

5.1 系统操作流程

本论文设计的设备维护管理系统主要实现设备管理、系统管理以及设备统计查询系统。图 5-1 所示为天工 MES 设备管理系统的登录流程图。其操作过程如下：

- (1) 打开 IE，输入服务器登陆界面 IP 地址。
- (2) 进入登录界面以后，输入该系统的用户名和密码。
- (3) 输入无误后，转入天工 MES 系统主界面
- (4) 选择设备维护管理，系统自动转入设备维护管理子系统界面

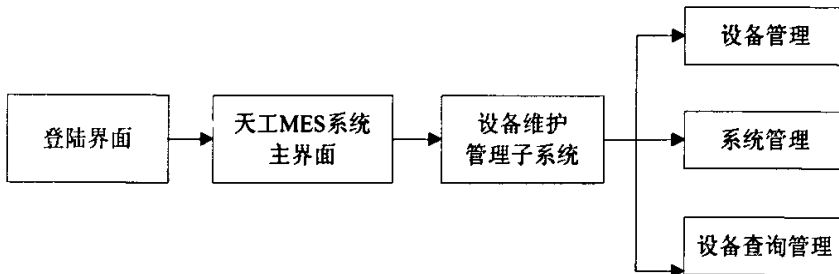


图 5-1 天工 MES 设备管理系统登录流程图

图 5-2、图 5-3、图 5-4 分别列出了天工 MES 系统的登录界面，主界面和设备管理子系统主界面。

5.2 系统的功能

设备管理子系统由设备管理、系统管理、设备查询管理三部分组成。其中，设备管理主要对设备进行录入、维护、维修、调拨和报废管理；系统管理主要对企业组织结构、设备类别、设备种类和人员进行管理；而设备查询管理则可查询设备的维修、调拨和报废等信息。

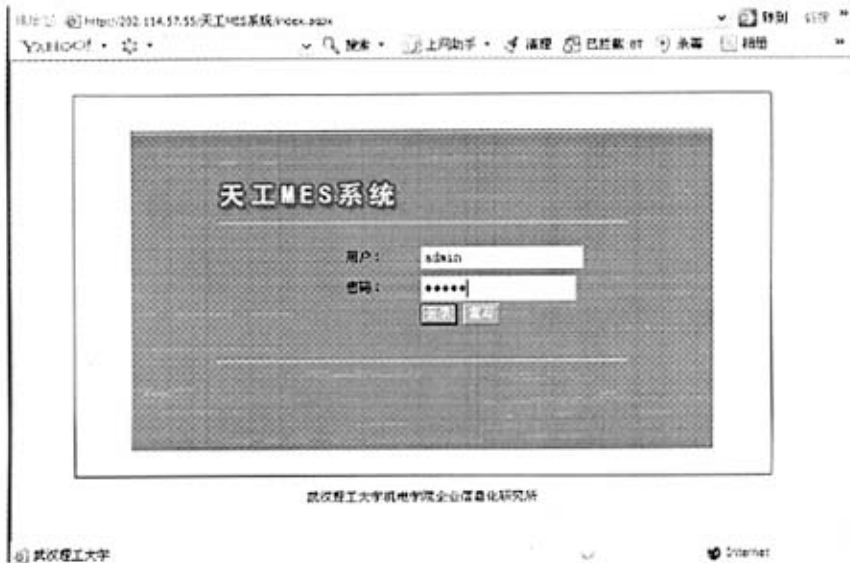


图 5-2 天工 MES 系统登录界面

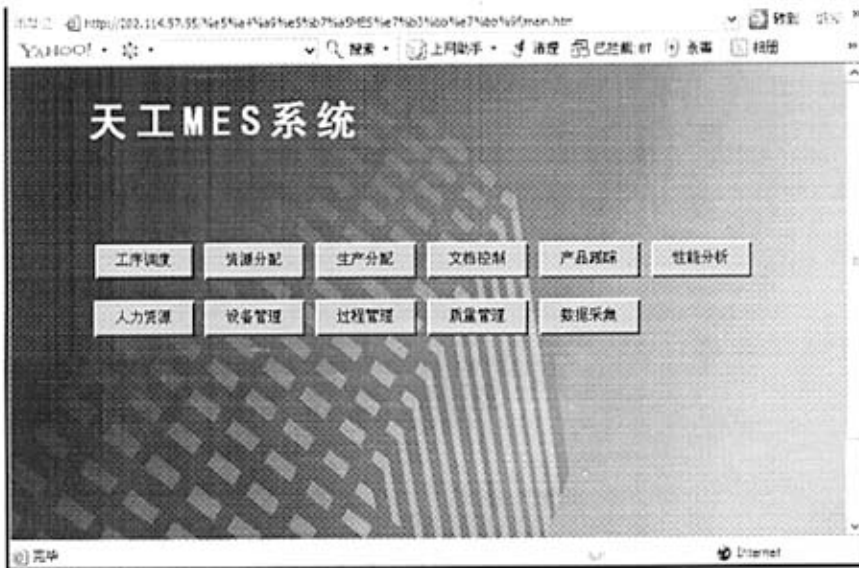


图 5-3 天工 MES 系统主界面



图 5-4 设备管理子系统主界面

5.2.1 设备管理

图 5-5 所示为设备管理的流程图。设备管理有设备录入管理、设备维护管理、设备维修管理、设备调拨管理、设备报废管理五个主要功能。

(1) 设备录入管理。图 5-6 所示为设备录入管理界面，通过设备录入，建立设备使用台帐，收集和管理有关设备的基本情况，为设备管理提供必要的资料。点击设备管理项目的子项目“录入设备记录”便进入录入设备记录主界面，可以在该界面进行设备的基本信息的输入操作，录入的信息主要有设备使用的部门、设备的类别名称、设备种类、设备型号、设备状态、使用人、生产厂家、出厂日期、起用时间、采购时间和备注。确认信息输入无误后，可点击提交。

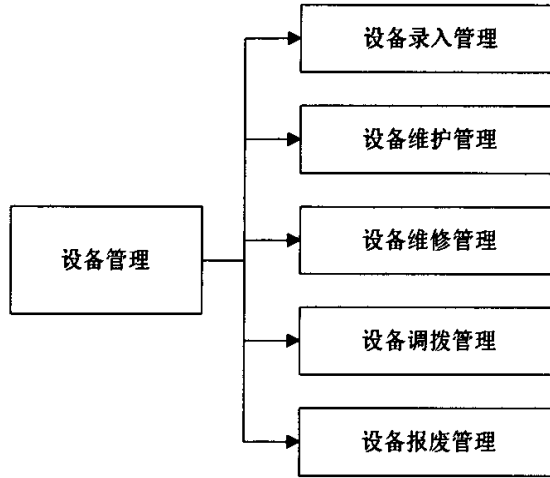


图 5-5 设备管理流程

你的位置：设备管理—>加入设备

使用部门：	一车间 <input type="button" value="选择"/>		
类别名称：	金属切削设备 ▼,*	设备种类：	车床 ▼,*
设备型号：	CW6140	设备状态：	正常 ▼
使用人：	吴其人		
生产厂家：	沈阳机床股份有限公司	出厂日期：	2006-04-10 <input type="button" value="选择"/>
起用时间：	2006-10-18 <input type="button" value="选择"/>	采购时间：	2006-09-20 <input type="button" value="选择"/>
备注：	CW6140卧式车床		

图 5-6 设备录入管理

(2) 设备维护管理。图 5-7 所示为设备维护管理界面，该模块主要对所有的设备进行维护计划管理，同时显示设备的运行状态等信息。设备维护的主要内容有设备型号、使用人、设备类别、设备种类、维护要求以及设备状态，用户可以通过

该功能查看设备目前的维护状态。图 5-8 是修改设备界面，能对设备执行加入维修、加入调拨、加入报废操作。

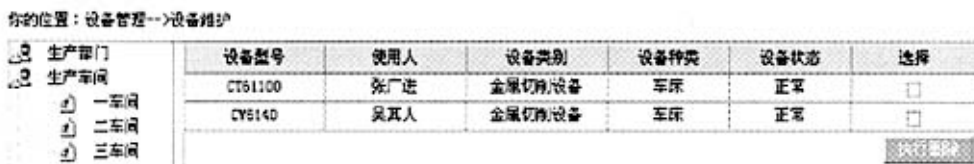


图 5-7 设备维护管理

你的位置：设备管理-->修改设备

使用部门：	一车间		
类别名称：	金属切削设备	设备种类：	车床
设备型号：	CW6140	设备状态：	正常 ▾
使用人：	吴其人		
生产厂家：	沈阳机床股份有限公司	出厂日期：	2006-04-10 <input type="button" value="选择"/>
起用时间：	2006-10-18 <input type="button" value="选择"/>	采购时间：	2006-09-20 <input type="button" value="选择"/>
备注：	CW6140卧式车床		

图 5-8 修改设备

(3) 设备维修管理。图 5-9 所示为设备维修管理界面，该模块主要对所有的设备进行维修计划管理。设备维修的主要内容有维修编号、设备型号、设备种类、维修人、维修修改信息、开始时间和结束时间。图 5-10 所示为修改维修信息界面。

你的位置：设备管理->维修列表

维修编号	设备型号	设备种类	维修人	开始时间	结束时间	选择
29	C5115A	车床	陆玲	2006-11-1 9:25:00	2006-11-1 10:25:00	<input type="checkbox"/>
4	C761100	车床	古天	2006-7-4 11:37:48	2006-7-4 11:57:48	<input type="checkbox"/>
2	C76140	车床	吴明	2006-6-17 16:20:00	2006-6-17 17:10:00	<input type="checkbox"/>

图 5-9 设备维修管理

你的位置：设备管理->修改维修信息

维修人：	陆玲		
维修工时：	1 (小时)	维修费用：	3000 (元)
故障原因：	变速箱齿轮折断		
开始时间：	2006-11-1 9:25:00	结束时间：	2006-11-1 10:25:00
备注：	一车间维修		
修改配置列表：	设备名称	旧设备	新设备 操作
配置修改：	<input type="checkbox"/> 是否修改设备配置		

图 5-10 修改维修信息

(4) 设备调拨管理。图 5-11 所示为设备调拨管理界面，该模块主要记录设备从一个部门调拨到其它部门的调拨情况。设备调拨内容有调拨编码、设备型号、设备种类、原部门、原使用人、新部门、新使用人和调拨时间。图 5-15 所示为修改调拨界面，有调拨时间、调拨原因等具体的信息。

你的位置：设备管理->调拨列表

调拨编码	设备型号	设备种类	原部门	原使用人	新部门	新使用人	选择
11	C761100	车床	三车间	刘芸	一车间	卢利	<input type="checkbox"/>
3	C76140	车床	一车间	李红	二车间	王力	<input type="checkbox"/>

图 5-11 设备调拨管理

你的位置：设备管理-->修改调拨

调拨时间：	2005-11-12 0:00:00	选择		
原部门：	三车间	新部门：	一车间	选择
原使用人：	刘云	使用人：	卢利	
备注：	设备调拨			

保存 取消

图 5-12 修改调拨

(5) 设备报废管理。图 5-13 为设备报废管理界面，该模块主要对所有的报废设备进行记录管理。该界面显示的内容有报废编号、设备型号、使用部门、设备种类、报废原因和报废时间。图 5-14 所示为修改报废界面，有报废原因，折旧等具体信息。

你的位置：设备管理-->报废列表

报废编号	设备型号	设备种类	报废时间	选择
4	CS116A	车床	2005-11-30 0:00:00	<input type="checkbox"/>

取消删除 执行删除

图 5-13 设备报废管理

你的位置：设备管理-->修改报废

报废时间：	2005-11-30 0:00:00	选择		
是否拆分配件：	<input checked="" type="checkbox"/> 是否拆分	累计折旧：	7000.00	(元)
备注：	严重损坏			

保存 重写

图 5-14 修改报废

5.2.2 系统管理

系统管理主要有组织结构管理、设备类别管理、设备种类管理以及人员管理。

(1) 组织结构管理。通常，企业按照组织结构划分的若干个部门，如技术部门、生产部门、质检部门、生产车间等等。图 5-15 所示为组织结构管理界面，管

理员可根据企业的组织状况，利用该功能建立组织结构树。组织机构以树的形式，有主机构和子机构之分，主机构是树枝，而对应的子机构是叶子。例如，生产车间是主结构，而一车间、二车间、三车间、四车间就是生产车间的子结构。该模块提供了主结构和子结构的修改、删除与建立等功能。

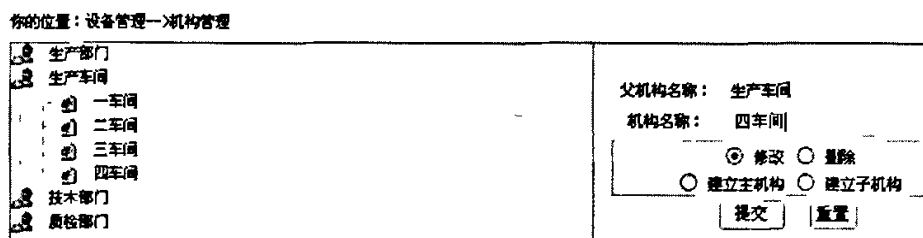


图 5-15 组织结构管理

(2) 设备类别管理。图 5-16 所示为设备类别管理界面。该模块有增加类别和执行删除功能，分别可以执行增加和删除类别的操作。



图 5-16 设备类别管理

点击“增加类别”，就会转入“增加设备类别”界面。图 5-17 所示为加入设备类别界面，在设备类别名称项填入需要加入的设备类别的名称，然后单击保存，就可以把新的设备类别提交到后台数据库。

图 5-18 所示为系统管理中删除设备类别界面。如要删除不需要的设备类别名，可以执行删除操作。在设备类别管理主界面中，在与需要删除的设备类别对应的“操



图 5-17 增加设备类别

作”一栏下点击，会出现对号，表明该项被选中，点击“执行删除”按钮，会出现一个“删除类别将删除属于此类别的所有种类和设备，确定删除吗？”的对话框，点击确定后就完成设备类别的删除操作。

(3) 设备种类管理。设备种类管理是设备类别管理的细化。例如“金属切削设备”类别分为车床、钻床、镗床、铣床、磨床、刨床、插床、切断机床、拉床、



图 5-18 删除设备类别

齿轮加工机床、螺纹加工机床、其他金属切削机床等种类。图 5-19 所示为加入设备种类的系统界面。在所属类别“金属切削设备”下加“车床”这个种类，提交后，该数据即存入数据库。

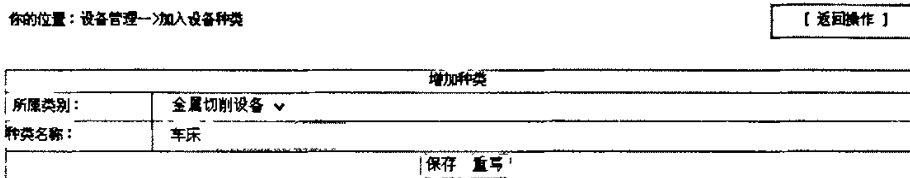


图 5-19 加入设备种类

(4) 人员管理。图 5-20 所示为人员管理界面，该模块主要进行设备管理人员的用户名、密码和权限的管理。用户在系统注册后就可以通过用户名、密码和相应的权限访问该系统。图 5-21 所示为修改用户界面。

【增加用户】 你的位置：设备管理->用户管理

编号	用户名	密码	选择
1	admin	admin	<input type="checkbox"/>
2	guest	guest	<input type="checkbox"/>

图 5-20 人员管理

你的位置：设备管理->修改用户

用户名：	admin
密码：	admin
权限控制：	<input checked="" type="checkbox"/> 管理 <input type="checkbox"/> 查询

图 5-21 修改用户

5.2.3 设备查询管理

设备查询功能主要有设备查询、设备维修查询、调拨设备查询和报废设备查询。

(1) 设备查询。图 5-22 所示为设备查询界面，可以根据使用部门、设备类别、设备种类、设备状态、起用时间起止来进行设备查询，并可查询结果导出到 EXCEL 中。如按使用部门为“一车间”，设备类别为“金属切削设备”，设备种类为“车床”的查询条件进行查询，满足以上条件的设备有两台，如图 5-22 所示。

你的位置：设备管理->设备查询

使用部门：	一车间 <input type="button" value="选择"/>	设备类别：	金属切削设备 ▾
设备种类：	车床 ▾	设备配置选择：	
设备状态：	正常 ▾		
起用时间起：	<input type="text"/>	起用时间止：	<input type="text"/>

共计:2条设备信息,共1页 1 | 翻页 |

设备型号	设备类别	设备种类	部门名称	使用人	设备状态
CT61100	金属切削设备	车床	一车间	张广进	正常
CT6140	金属切削设备	车床	一车间	吴其人	正常

图 5-25 设备查询

(2) 设备维修查询。图 5-23 所示为设备维修查询界面，在系统中可根据设备的种类、维修费用、维修起止时间来进行查询，并将查询结果导出到 EXCEL 中。图 5-23 中显示的内容为设备种类为“车床”，维修费用在 100 和 5000 之间的设备维修查询结果，共有三条记录分别显示 CW6140 的维修费用为“860 元”，维修人“吴明”；CT61100 的维修费用为“3250 元”，维修人“古天”；C5116A 的维修费用为“3000 元”，维修人“陆铃”。

(3) 设备调拨查询。图 5-24 所示为设备调拨查询界面，在系统中可根据调出部门、调入部门、调出调入时间来进行查询，并将查询结果导出到 EXCEL 中。图 5-24 中显示的内容为从“一车间”调拨到“二车间”的设备，有一条信息记录显示原来“一车间”由“李红”使用的“CW6140 车床”现调拨到“二车间”由“王为”使用。

你的位置：设备管理-->维修查询

设备种类：	车床		
维修费用 >=	100	维修费用 <=	5000
维修时间起：		维修时间止：	

共 3 条设备信息，共 1 页

维护编号	设备型号	设备种类	维修人	维修费用
2	CW6140	车床	吴明	¥ 860
4	CT61100	车床	古天	¥ 3,250
29	C5116A	车床	陆铃	¥ 3,000

图 5-23 设备维修查询

你的位置：设备管理-->调拨查询

调出部门	一车间	调入部门	二车间
调出时间起：		调出时间止：	

共 1 条设备信息，共 1 页

调拨编号	设备型号	设备种类	调出部门	原使用人	调入部门	新使用人
3	CW6140	车床	一车间	李红	二车间	王为

图 5-24 设备调拨查询

(4) 设备报废查询。图 5-25 所示为报废查询界面，在系统中可根据设备种类、是否拆分配件、折旧费用、报废时间来进行查询，并将查询结果导出到 EXCEL 中。图 5-25 中显示的内容为设备种类为“车床”、设备折旧费用在 1000 元和 10000 元之间的报废设备，有一条设备信息记录显示“C5116A”车床，报废时间为

“2005-11-30 0: 00: 00”，折旧费用为“7000 元”。

你的位置：设备管理-->报废查询

设备种类：	车床 v	是否拆分配件：	<input type="checkbox"/> 是否拆分
折旧费用 >=	1000	折旧费用 <=	10000
报废时间起：		报废时间止	

共计:1条设备信息,共1页 [翻页]

报废编号	设备型号	设备种类	报废时间	折旧费用
4	CS116A	车床	2005-11-30 0:00:00	¥7,000

图 5-25 设备报废查询

5.3 本章小结

本章设计开发了车间级设备维护管理系统的原型。主要实现了设备管理、系统管理以及设备查询管理的功能。

第六章 总结与展望

本论文对基于 Web 的制造执行系统中设备维护管理子系统进行了初步的研究，现归纳如下：

本论文首先回顾了制造执行系统的发展历史，介绍了它的当前技术，并针对制造执行系统的网络化和敏捷化的要求，提出了一种基于 .NET 的架构。

以车间级设备为研究对象，进行了设备维护的需求分析和功能设计。

对系统进行 UML 建模和数据库建模。

实现了车间级设备维护管理原型系统。该系统是用 C#编写的，利用了 SQL Server2000 作为数据库支持，界面简洁方便，易于操作。

本系统是对车间级设备维护管理系统的初步实施，功能有限，有待于进一步完善。本文虽然研究了设备监控系统和 MES 信息交互的机制和方式，但没有实际的实现，这些都是以后需要解决的问题。

由于 MES 在车间生产管理中的特殊作用，MES 软件产品必将得到了长足的发展，预计在随后的十年里 MES 软件的市场份额将以高的速度增长。制造执行系统在实现客户化、可重构、可扩展和互操作等特性方面也会不断得到加强，能方便地实现不同厂商之间的集成，以及即插即用等功能。制造执行系统前途广阔，必将成为未来制造行业选择的系统。

参考文献

- [1] 刘飞. 制造自动化的广义内涵、研究现状和发展趋势. 机械工程学报, 1999, 35: 7~11
- [2] 张志英, 唐承统, 张建民, 孙连胜. 基于多代理的制造执行系统的研究. 机床与自动化加工技术, 2002, 7
- [3] Jacek Szymanski, Thomas Bangemann, Mario Thron, Jean-pieffe Thomesse. Proteus-a European initiative for e-maintenance platform development. IEEE, 2003
- [4] Amber Computer System Inc. Integratable MES the challenge and the opportunity advanced manufacturing research consulting [EB/OL]. <http://www.amrc.com>, 1999
- [5] MESA International. <http://www.mesa.org>.
- [6] 余海斌, 朱云龙. 可集成的制造执行系统[J]. 计算机集成制造系统 CIMS, 20006(6): 1~6
- [7] 数字化制造执行系统(BR-MES). <http://www.beirui.com/main21.htm>.
- [8] Andress Schumann SAP-R/3 in process industry: expectation, experiences and Outlooks [J]. ISA Transactions, 2006, 36(3): 161~166
- [9] MESA International. MES Explained: A High Level Vision. MESA International, 1997
- [10] 张书亭, 杨建军, 邹学礼. 面向敏捷制造车间的制造执行系统[J]. 电子技术应用, 2000, 12: 2~4
- [11] 曹江辉, 王宁生. 制造执行系统现状与发展趋势,
http://www.e-works.net.cn/lewkArticles/Category82/article8873_1.htm
- [12] 罗国富, 施法中. 制造执行系统及其相关技术研究[J]. 机械制造, 2004. 42(476): 7~10.
- [13] 刘林祥, 戚盛达. 工业设备管理. 北京: 清华大学出版社, 1999. 2
- [14] 古可等. 现代设备管理(上册). 北京: 机械工业出版社, 1999, 11
- [15] 陈祖嘉, 吴渭林. 对设备检修维护工作的讨论. 电力安全技术, 2002 (3): 15~18
- [16] 朱伟浩. 备件代码与备件管理. 冶金设备管理与维修, 2003(4): 39
- [17] 李葆文. 备件管理新思维新模式[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003, 5.
- [18] 陈德元, 陈家锭等. 计算机辅助设备管理. 西北工业大学出版社, 2003. 6
- [19] 蒋亚南, 楼应侯. 中小型企业设备管理系统的编码设计与应用. 计算机工程与应用, 2003(10): 217~219.
- [20] 杨亦. 设备管理系统的研究与开发. 东南大学硕士学位论文, 2004
- [21] 刘德峰. 现代企业设备管理信息化的技术与方法. 中国设备工程, 2004 (2): 62~63
- [22] 花季伟, 孙鹤旭. 基于工业以太网的设备管理信息系统. 计算机应用与研究, 2003, 3

- [23] 刘松堂, 王太勇. 基于网络和状态监测的设备管理系统, 西南交通大学学报, 2003, 10
- [24] 柳树春, 廖孟杨等. Browser/Server 模式管理信息系统的设计与实现. 计算机工程与应用, 2000, 36(6): 55~59
- [25] S. Calderoni, J. C. Sooulie. A Web-Based Multi-Agent Toolkit for Collective, Research Annals of software Engineering, 2002, 12: 42~48
- [26] G.Q. Huang, Swale, K. L. Mak. Synchronised Web Applications for Product Development in the 21st Century. Advanced Manufacturing Technology Comparison of SGML and XML, <http://www.w3.org/TR/NOTE-sgml-xml-971215>
- [27] MES (manufacturing execution system) architecture for FMS compatible to ERP (enterprise planning system) BYOUNGK.CHOI and BYOUNG H.KIM, International Journal of Computer Integrated Manufacturing [J] 2002, (15)3: 274~284
- [28] 饶运清, 朱传军, 张超勇, 等. 支持网络化制造的车间资源集成与执行系统[J]. 计算机集成制造系统, 2003, (9)12, 1120~1125
- [29] 顾洪军等. 工业企业网与现场总线技术及应用. 人民邮电出版社, 2002, 4
- [30] Microsoft .NET XML Web Services Step by Step
<http://www.microsoft.com/mspress/china/books/book19706.htm>.
- [31] 柴晓路, 梁宇路. WEB SERVICE 技术、架构和应用. 电子工业出版社, 2003, 1
- [32] 张敬谊, 张申生等. 基于 C/S 结构的面向对象设备管理系统的研究[J]. 计算机工程, 2002
- [33] 蒋凌燕, 楼佩煌. 基于 WEB 的制造执行系统实现技术研究. 机械制造与自动化, 2004, 33(1)
- [34] 面向流程 CIMS 的设备集成维护与管理系统的研究. 湖南大学学报, 2004, 31(2): 52~55
- [35] 石建玲, 宋海生, 李金良. 基于 Web 制造执行系统的设备管理系统研究. 现代制造工程, 2003, (8)16~19.
- [36] 范世东, 骏杰, 陈俊. 基于 Web 的设备维修方式决策系统开发. 交通与计算, 2001. (5)
- [37] Wei Zhang, Wolfgang Halang, Christian Diedrich. An Agent-based Platform for Service Integration in E-Maintenance. IEEE, 2003
- [38] Ren Yu, Benoit lung, Herve Panetto, A Multi-agents Based E-maintenance System With Cased-based Reasoning Decision Support. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2003, 16: 321~333
- [39] Mesa International. MES functionalities & MRP to MES data flow possibilities[S], 2004
- [40] Mesa International. Controls definition & MES to controls data flow possibilities[S], 3, 2000
- [41] Yang Hao, Zhou Na, Zhu Jianying. Development of a distributed and integratable manufacturing execution system framework Journal of Southeast University. Vol(19), No1, 2003

- [42] seung C. Lee, Ashraf I. shirani. A Component Based Methodology for Web Application Development. *Journal of Systems and Software*, 2004, 71(1-2): 177~187
- [43] Vijayan, Jaikumar. Manufacturing execution systems [J]. *Computer World*, 2003, 34(31): 38~42
- [44] Chunn Shennlue, Jenn Muder. fabulous MES and C/ S[J]. *IEEE Robotics and Automation Magazine*, 2004, 3(4): 8~18

致 谢

本论文是在导师黄小文教授的悉心指导下完成的，是作者攻读硕士学位期间主要工作的总结。在此论文定稿之际，深深感谢导师黄小文教授二年多来在学习和生活中给予我的谆谆教诲和悉心关怀，以及在论文选题、课题研究和论文撰写的整个过程中所付出的精心指导和辛勤的汗水。论文的字句都倾注了导师的大量心血。回忆数年的求学生活，导师严谨求实的治学作风、扎实勤勉的工作态度、诲人不倦的高尚品德，都使我终身难忘。

由衷地感谢沈顺成、陈涛老师对于论文工作中遇到的问题给予了热心解答和无私指导。特别要感谢沈老师抽出许多宝贵的时间，指出了我许多需要修改和完善的地方并给予许多中肯的意见，促进了论文质量的提高。

特别感谢我的父母在我硕士期间无私的付出。他们的殷切期盼和大力支持是我精神上力量源泉。亲情的温暖激励我不断进取，坦然面对挫折和困难，以不变的热情对待生活。

感谢所有给予我真诚的关心和帮助的同学和朋友，特别要感谢 507 实验室曾经一起奋斗过、一起患难与共的兄弟姐妹们，他们是谈剑、黄祥国、廖智江、冯琳、赵亚利、万利平、郑曦、阮建峰、刘振声、王金鹏。正是你们的无私帮助和亲如一家的情分才促进了我的成长。

最后谨以此文悼念我在攻读硕士期间因癌症去世的大姨，她就像我的母亲一样一直爱护着我、支持着我的学习和成长，希望大姨泉下有知，了却姨侄子未能尽孝心的深深愧疚。

我将继续前行，谢谢大家。

攻读硕士期间发表的学术论文

张根苗. PDM 系统中从 CAD 明细表自动生成 BOM 表方法的研究. 中国水运, 2006, (8).