

第1章

制造企业面临的新挑战

全球化竞争使得制造企业的处境变得越来越艰难。为了在未来国际化的市场中占有一席之地，迫使企业不得不去迎合越来越复杂的市场需求。巨大的成本压力驱使企业持续地推进合理化进程。通常情况下，想要进一步提高制造部门本来已经比较高的工作效率，只能采取投入巨额资金的方法。但在制造过程的上游部门却明显存在着改进的可能性。近年来，在制造过程的上游部门，使用了各种各样现代化 IT 应用系统以进行产品的开发、计算和仿真等，明显提高了产品开发的效率。但是，这样做并没有使企业的生产效率发生质的飞跃。在很多企业里，还缺少通贯全局的系统集成，以对整个企业中跨任务的数据流进行不间断的控制。同时，费用较高的应用软件大多被用作孤立的解决方案，在产品的开发、设计和工艺过程规划中还没有采用正确的应用理念。

1.1 全球化竞争

最近几年，世界政治形势的变化导致了国际市场的进一

步开放。一些国家迅速发展的经济，尤其是东欧、亚洲和拉丁美洲国家，已经成为未来世界经济发展的主要动力。有效地利用这些地区的资源，对于确保企业的全球竞争力具有特别重要的意义。这不仅对于国际化的大型企业如此，对于大体上仍局限于国内的中小企业也是如此。进入不断增长的国际市场，可以直接面对最终顾客并充分利用有利的生产要素以减轻成本方面的压力。

国际化进程要求企业的组织结构发生一系列的变化。这不仅意味着必须为此投入企业重组所需要的费用，同时，这还是一次难得的优化企业业务流程的机会。全球化协作，不论是与子公司、合资公司或是与外部合作伙伴的协作，都需要对与产品形成过程有关的所有部门进行明确的分工。跨国界的紧密合作是取得共同成功的重要前提条件。在这种情况下，现代信息和通信技术具有特别重要的意义。一个地点的工作结果可能是另一个地点活动的基础，此时，快速的数据通信起着决定性的作用。同时，不断增大的竞争压力要求尽可能缩短产品开发周期，产品上市时间的延迟意味着市场份额的明显损失以及投资回报率的大幅度降低。此外，供货能力、按期交货能力、质量、价格和快速的售后服务等亦逐渐成为了企业面向全球竞争的重要成功要素。

1.2 战略目标

快速发展的经济全球化以及由此而改变的竞争形势迫使很多制造企业重新调整了其战略方向。人们越来越深刻地认识到，那种小规模局部合理化已经不再能确保企业在国际

市场上的竞争优势。为了保持企业的长期盈利能力和竞争地位，惟有对企业的战略目标进行重新定义、重新规划并加以实施。

如今，企业的传统成功要素，如较高的技术优势和产品质量，与国内和国际竞争对手相比较已无明显特色可言，产品制造商的核心能力越来越集中在个别的领域。为此，企业必须开发新的能力，以确保其已占据的市场地位或者进一步开拓新的市场。开发创新的产品，通过改善企业内部的灵活性而充分满足顾客的各种需求，通过协同工作开拓新的市场等是企业取得未来成功的几种最重要的措施。

1.2.1 内部过程

制造企业对其运作过程的组织能力和管理能力，是衡量企业对频繁变化的外部需求做出迅速响应的重要标准。当前，许多制造企业由于内部过程不合理和过分僵化，以至经常会失去顾客的订单：对顾客特殊需求的响应速度太慢，实施成本过高。企业应该清醒地认识到，在激烈的竞争环境中只有适者才能生存，才能发展。

业务流程的优化或重组，产品品种的调整和标准化等，是当前制造企业迫切需要采取的重要措施。但是尽管如此，很多企业对这些显而易见的问题的处理往往是犹豫不决的。通常情况下，畏惧变化、小团体主义和管理层的集权思想会阻碍对长期以来形成的僵硬的组织结构所进行的变革，部门的优化被看得比企业整体的优化更加重要。此时，如果企业负责人没有高度的责任感，是很难发现真正的问题的。

我们的目的是，实施一条贯通全局的过程链，从而可以对产品的整个形成过程进行灵活的控制。所需要的各种信息应该跨部门或跨地域地在正确的时间，以正确的形式，传送到正确的地点，供正确的人员使用。例如，关于文档更改方面的过程知识，应该可以由有关人员利用 IT 手段，随时、随意地进行调用。不论是静态的过程（如检验和发放），还是动态的过程（如包括制定设计规范和技术方案、计算和仿真等步骤的交互设计过程）都需要进行项目控制，这样可以大幅度缩短产品的开发周期和订单的通过时间（Durchlaufzeit）。企业级的信息系统可以为上述业务流程提供一系列完整的产品文档和工作文档。完整的工作流程在任何时候都是可追溯的，其产生的各种信息可以被有关的员工随意使用。信息已经成为企业越来越重要的生产要素。

1.2.2 接近顾客和面向市场

传统市场中的竞争愈演愈烈，而在很多行业的新兴市场中却存在着不少新的市场机遇，而且这些机遇并不是为大型企业所独享的。企业在全球化的市场中需要有自己独特的竞争优势，一方面应该继续吸引住已有的顾客群，另一方面必须争取新的顾客。为此应该采取的战略是：不断地提供创新的产品和良好的售后服务，与实力雄厚的合作伙伴协作以及在新兴市场就地进行产品的增值。

新产品，尤其是在生产资料制造行业，仅当其能够为顾客带来实实在在的效益时，才会有良好的市场机遇。在通常情况下，真正的创新只能依靠不同专业领域的 Know-how 和来自基础研究（如物理学、化学或生物学等）的最新知识。

科学和技术的飞速发展迫使企业越来越走向专业化生产，企业只有将自己的注意力集中在独占技术上，并且与高度专业化的合作伙伴协同工作，才能把握住产品或系统的复杂性。当前的竞争已不再是一个个孤立的企业围绕着顾客展开的竞争，而是不同增值链之间的竞争。单独的企业越来越多地成为高度专业化的供应商，它们的主要任务仅仅是提供整个系统的一部分元器件。

借助于现代化的信息和通信技术，可以构建新的、全球化的设计和制造组织结构，该组织结构能够最优地利用分布在不同地域、为完成不同任务所需要的各种生产要素。跨地域的、结构化的企业或与项目相关的动态企业联盟（虚拟企业）组成了跨国界的过程链。动态企业联盟的战略目标是：形成灵活的生产系统，以便能够迅速地对顾客和市场的动态需求做出响应并获得明显优于传统组织形式的成本优势。

1.3 计算机在企业中的应用

当前，制造企业为了不断提高生产率和增强竞争能力，在企业内广泛应用了计算机技术。个人计算机技术的发展，使得计算机在企业中的应用更加广泛、更加深入。随着计算机硬件性能的不断提高，几乎所有行业和应用软件的性能也越来越强。与其他类型的计算机不同，个人计算机的硬件和操作系统软件都采用了统一的标准。由于这种原因，用户在采购硬件和/或软件时，通常不再依赖于单一的制造商，这就是为什么个人计算机得到如此广泛应用的重要原因之一。

工作站（Workstation）是另外一种类型的工位计算机（Arbeitsplatzrechner）。由于个人计算机技术的迅猛发展，目

前，人们正在考虑工作站存在的必要性。复杂的绘图工作，迄今为止一直是工作站的用武之地，而如今，利用个人计算机也能很好地完成这种任务，因为个人计算机的运算能力和存储容量几乎可以根据需要而不断地提高。一些企业已经开始采用非集中式的数据处理方式。如今，逐渐替代了原先基于大型计算机的集中式数据处理方式，越来越多的企业采用了与UNIX或Windows系统平台无关的客户/服务器环境。图1-1指出了制造企业中各重要职能部门所使用的主要IT工具或方法。图中所示的计算机应用系统覆盖了企业的组织、管理、工程和生产等部门。

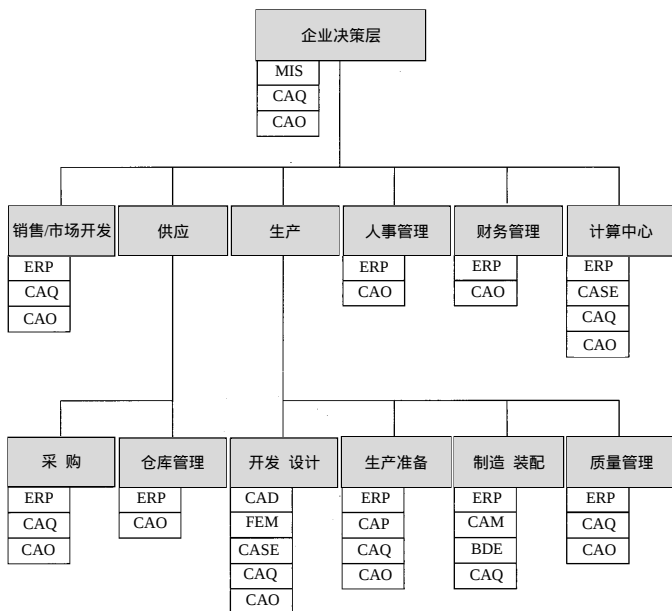


图1-1 制造企业的各职能部门及其计算机应用

1.3.1 企业资源计划

英文“企业资源计划”(ERP, Enterprise Resource Planning)的涵义相当于德文的“生产计划与控制”(PPS, Produktionsplanung und -steuerung)。其他同生产计划与控制有关的概念有物料需求计划(MRP, Material Requirements Planning)以及制造资源计划或管理资源计划(MRP II, Manufacturing Resource Planning 或 Management Resource Planning)等。

ERP系统除了对制造企业的后勤链进行面向过程的管理以外,还被用于财务管理、控制或人力资源管理等。这里所谓的后勤链包括了产品的整个增值链,如采购、生产和销售等。无论在单件生产企业,还是在大量生产、按类生产或批量生产企业中,生产计划与控制系统在订单处理过程中都起着核心的作用。

图1-2指出了在进行订单处理过程中,生产计划与控制系统的各个重要活动之间的联系。针对某个确定的时间段,根据产品品种计划(例如对于按类生产企业)或根据由顾客订单管理系统制定的主需求计划(例如对于批量生产企业)可以确定企业的产品需求。然后,根据由设计部门提供的物料清单和上述的产品需求可以推算出所有的物料需求。此时必须考虑,各个零部件是自制还是应该外购。数量计划向采购部门提供了所有外购件的有关信息,对于自制件,则制定企业内部的制造任务单。进度计划确定了制造任务单、工艺过程规划以及工序的执行进度。制定工艺过程规划的任务是,根据制造任务单以及由设计部门提供的工程图和物料清单编

制工艺过程规划和 NC 程序。为了制定能力需求进度计划，应该将各个工序与有关的设备和人员在时间上加以联系。至此，制定生产计划的所有重要工作步骤均已完成。

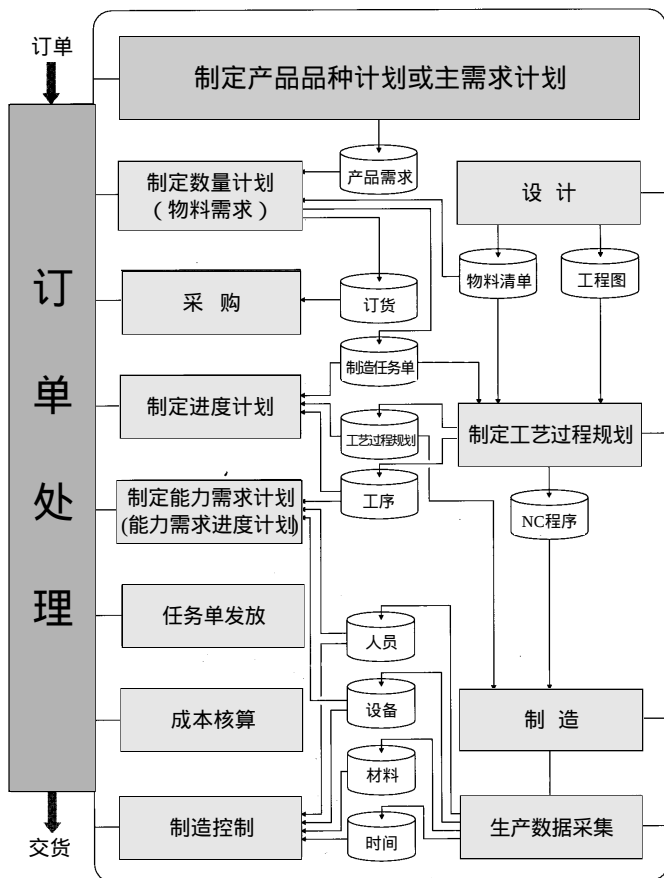


图1-2 利用生产计划与控制系统进行订单处理

下一个步骤是根据已发放的制造任务单进行制造控制。按照正确的顺序，将零件的制造工序分配给相应的设备；对于部件，则是将有关的零件发送到相应的装配点。利用与制造过程相联系的生产数据采集系统，可以在制造任务的执行过程中，不断地将实际数据与计划数据进行比较，并利用制造控制系统对所出现的偏差进行矫正。从这个控制回路中获得的信息是进一步规划新的制造任务及优化成本核算的基础。

1.3.2 管理信息系统

早在70年代，制造企业中不同管理层次的一些重要的决策和规划信息就已经可以通过敲击键盘获得。实现这种想法的系统被称为管理信息系统（MIS，Management Information System）。目前，这种系统不断地被冠以新的名称，如业务信息系统（BIS，Business Information System）、执行信息系统（EIS，Executive Information System）、辅助决策系统（Entscheidungshilfesystem）或者决策支持系统（DSS，Decision Support System）等。

长期以来占据主导地位的、以昂贵的大型主机为核心的集中式数据处理方式已经不能满足上述系统的开发和应用要求。面对企业越来越激烈的竞争形势以及越来越迫切的降低成本、提高质量的要求，近几年来，基于网络的客户/服务器体系结构被广泛应用于MIS的开发。企业的决策者们已经更加深刻地认识到，企业的竞争能力是与有效、透明的业务流程紧密相关的。

管理信息系统应该能够帮助专业人员和企业领导迅速做出正确的决策，并找出业务流程中存在的薄弱环节。企业的各个部门将关于员工活动和知识的大量数据按照不同的功能保存在相互隔离的系统中。MIS的目标是，将数据库中的各种详细数据和来自外部信息源（顾客、供应商和市场研究部门等）的信息，分门别类地加以存放，以便使用者能够方便快捷地使用这些信息。为此，需要从实际系统的大量数据中提炼信息、压缩信息和均化信息的粒度，并将这些内容存入所谓的战略服务器系统中。上述工作通常是在OLAP数据库，即联机分析处理数据库（Online Analytical Processing Database）的支持下进行的。联机分析处理数据库是一种关系数据库，利用OLAP数据库，可以比传统的、用结构化查询语言SQL进行查询的关系数据库管理系统（RDBMS）进行更加复杂的查询。此外，OLAP数据库具有很强的计算功能、特殊的检索技术和多维数据存取能力，不仅可以用来进行十分复杂的查询，而且能够从各种错综复杂的关系中挖掘出所需要的数据。

这样，就可以在执行层建立一个战略信息库和知识库，从各种不同的角度了解企业过程的运作情况和可能产生的结果。从不同部门采集到的表面上毫无关系的数据，经过处理后可以转变成在某个时间段中有很高参考价值的信息。采用了这一技术以后，企业变得更加透明，可以在任何时候了解其想知道的任何信息。企业负责人可以根据实际情况进行重要的决策和制定重要的规划，而不必依靠拍脑袋估计和推测行事。例如，采用了这种方法以后，就能够尽早地发现并排除制造过程中存在的隐患，或者了解当采取某个市场行动以

后，在某个确定的时间段中产品销售量的可能变化趋势等。

目前，数据仓库技术对信息系统的原理和发展战略产生了很大的影响，越来越多的供应商和服务商将其注意力集中在IT领域。很多专家认为，在若干年以后只可能存在两种类型的企业：一种是采用数据仓库的企业，另一种就是破产的企业！我们暂且不去讨论这种武断的说法是对还是错，但是工业界确实对数据仓库产生了浓厚的兴趣。实践经验表明：第一，不存在拿来就可以使用的数据仓库系统；第二，没有企业内部各有关部门的通力合作，想要成功引进数据仓库是不可能的。很明显，为了有效地利用这种战略系统，企业还有很多工作要做。

1.3.3 计算机辅助办公自动化

计算机辅助办公自动化（CAO，Computer-Aided Office）表示计算机在企业商务领域中的应用。CAO的目标是在现代化的办公环境中，向员工提供具有高度自动化和通信水平的系统平台。将工位计算机与本地的局域网连接，然后通过公共网络与其他任何一个局域网相连，这样就可以跨地域地与顾客、供应商和公司的其他部门进行通信。在这种情况下，对办公室的通信系统，如电话、传真和个人计算机的集成应用变得越来越重要。利用万维网（WWW，World Wide Web）和电子邮件等Internet提供的服务，可以采用各种各样的方式实现多媒体对象（如语言、文本、图像）和一般数据的通信。从而建立起一个灵活的、非集中式的事务处理平台，以大幅度提高员工的工作效率并形成新的工作方式（如远程协同工

作)或有效地利用企业的外部资源。

如今,办公自动化的首要任务已经不是前几年大力提倡的无纸办公,而是在各个不同的职能部门之间进行快捷、有效的通信。这样,不但可以明显地加快各种单据和报表的周转速度并大大缩短文档的处理时间和存放时间,还可以自动地将不同类型的信息在正确的时间分发到正确的地点。

CAO的应用范围差不多覆盖了制造企业的所有部门。通常情况下,销售管理是CAO的一个重点应用领域。此外,在企业管理部门和技术部门中也已经使用了各种各样的办公自动化工具,尤其是一些标准的应用软件,如字处理、绘图和表处理软件等。目前,这些标准的应用软件在进行几乎所有种类的事务处理时,已经成为一种不可缺少的辅助手段。

1.3.4 计算机辅助设计

计算机辅助设计(CAD, Computer-Aided Design)表示由计算机支持的技术和科学领域的设计工作。在制造企业的产品开发设计部门, CAD系统被用来进行机械、电气和电子系统等的开发 and 设计。2D 绘图和3D建模是机械设计领域的核心功能。对于电气系统, CAD主要被用来进行电气装置的系统设计,如电气控制柜的布局设计、电气布线图的绘制以及电路元器件清单的编制等。为了开发印刷电路板,需要采用专用的电子CAD系统,其主要的功能是设计和优化印刷电路板线路并进行仿真,必要时还可以调用存储在3D元器件库中的元器件模型进行预装配。

尽管越来越多的机械制造企业正在引入或计划引入3D-

CAD系统，但是，汽车制造、航空和航天技术领域或装置制造行业的机械设计目前主要还是使用 2D-CAD系统。引起人们对3D-CAD系统感兴趣主要有以下两方面原因。

一方面，近几年来，很多 2D-CAD系统已经在市场上消失，不少开发商宣布不再准备进一步开发和维护这些系统。目前的CAD系统市场大部分已经被美国公司所占领，其提供的几乎清一色是 3D-CAD系统。对于很多 2D-CAD系统的用户来说，以后在更新其CAD系统时，自然而然地会考虑引进某一种3D-CAD系统。不过，经过一段时间以后，这种热情就会冷静下来，因为使用 3D-CAD系统通常会对技术和管理方面提出一系列新的要求，而这些问题在一开始时往往容易被人们所忽略。

另一方面，激烈的竞争迫使企业提高其产品开发和设计的效率。人们如今已经清醒地认识到，仅仅用 CAD系统来替代绘图板并不能取得所期望的效果。用传统的非关系型 2D-CAD系统绘制工程图，相当于用绘图板完成同样的工作。在这种情况下，用简单的基本几何元素组成零部件的轮廓图，不同的视图、剖面图和局部图等都被作为计算机内部的模型而没有任何联系。当需要进行工程图的更改时，必须花费大量的时间对与该工程图有关的所有细节一一进行修改。这样做不仅花费了大量的时间和成本，而且还容易产生错误。使用3D-CAD系统以后，很多公司承诺将明显地改善这种情况。

3D-CAD系统将其注意力集中于对零部件的 3D模型进行完整的几何描述。按照这种建模方式，可以借助一些参数来描述零部件外形和尺寸之间的联系。这样，就可以建立所谓的原始模型（或称主模型，Generische Modelle），只需要在

主模型中输入一组数值，就可以自动地派生出零部件的一个变型。此时，绘制工程图的工作也变得相当简单，只需要调用相应的标准视图、剖面图和局部图，进行一些必要的修改后就能够重新组合成一张新的工程图。在这种情况下，对零部件进行的必要更改，不必在工程图上进行，而可以直接修改存放在信息载体中的模型。

实践证明，3D-CAD系统是一种有效的设计工具。但是，大部分企业在引入这种系统时常常会遇到巨大的困难。从2D绘图系统提升到3D建模系统，对用户提出了很高的要求。专业的3D-CAD应用软件不仅要求用户熟练地掌握使用方法和用户界面，还要求用户深刻地了解其工作原理和内部数据结构。只有真正了解了其中的联系以后，才能够用正确的几何图形和简洁明了的数据结构建立起产品模型，该模型可以在任何时候由其他用户方便地调用和更改。长期的实践经验表明，想仅仅靠几天的应用培训就达到上述水平几乎是不可能的。通常情况下，与购买3D-CAD系统所投入的巨额资金相比较，用于用户培训和制定统一的应用规划方面的投入相对较低，而后者恰恰是有效应用3D-CAD系统和显著提高开发设计效率的关键。

1.3.5 有限元方法

开发和设计作为产品形成过程链的重要组成部分，不仅要求具有较短的周期，还要求能够提出功能最优和成本最低的技术方案。工程设计决定了产品制造成本中的很大一部分。零部件造型以及对零部件功能安全性和经济性方面的计算校

核也是产品开发过程中的重要工作之一。按照问题的特点，人们将其分成验证计算、方案计算和优化计算等不同的种类，对于不同类型的问题可以采用不同的方法。例如，为了解决企业的特殊问题，可以使用 BASIC，FORTRAN，PASCAL 或 C 等编写的程序；而对于机械零件的计算，目前已有很多标准程序可供使用，如用于螺钉计算、轴承计算或齿轮计算等的标准程序。另外，还有一些通用的强度计算、流体计算和热传导计算程序。在计算机支持的产品开发过程中，有限元方法（FEM，Finite Element Methode）是工程技术人员使用得最多的技术之一。

FEM 是一种通用的、用来对数学上可描述的物理问题进行数值计算的方法。利用这种方法，可以在十分接近真实情况的静态和动态运行条件下研究零部件的特性，而无须投入大量的实际试验费用。FEM 的应用重点是对零部件和整个系统的物理特性进行研究，尤其适用于强度校核、应力分析、变形计算、温度场计算、对安全性有重要影响的构件的材料疲劳计算以及零部件结构的优化等，以节约材料和减轻构件重量，并尽可能节约甚至不需要制作高成本样品和原型的费用。

图 1-3 描述了经过简化的零部件优化过程，其中也表示了 CAD 系统与 FEM 系统之间的相互联系。通过接口或数据交换文件，CAD 模型的 2D 或 3D 几何图形被传送到 FEM 系统中。在用户选择有限元单元类型、材料特性值和一些外部条件的数值（如作用力或位移量等参数）以后，由 FEM 前置处理程序生成有限元网格。此时，按照所选择的有限元单元的类型，零部件的几何图形被分割成一个个单元。在已生成的有限元

网格的基础上，FEM计算程序求解有关的微分方程组，然后，由FEM后置处理程序以图形的方式对大量计算结果进行描述。目前，一些专业的 CAD系统不仅能够完成 FEM后置处理程序的任务，还具有前置处理程序的网格生成功能。在对计算结果进行检验以后就可以确定，目前的 CAD模型已经满足要求抑或需修正后重新进行计算。

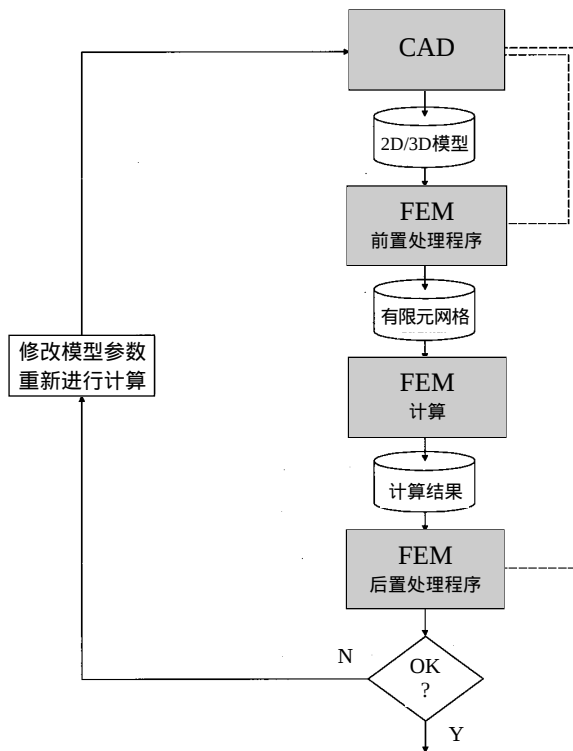


图1-3 CAD模型的FEM优化过程

1.3.6 计算机辅助软件工程

计算机辅助软件工程（CASE，Computer-Aided Software Engineering）表示了计算机支持的软件开发或系统开发过程。CASE 通常也被用作集成软件开发工具的同义词，其目的是为参与软件开发过程的所有人员提供一个工作环境。

如同开发其他产品一样，在软件开发过程中同样也必须考虑到时间、成本和质量等因素。随着对现代信息和通信技术需求的不断提高，对软件开发项目的要求也越来越高，那种闭门造车编制程序的方式已经过时。目前的软件开发项目一般是异地的、基于网络的，而且是以项目组的方式进行的。CASE工具主要用来编制和管理源程序和各种文档，此时数据管理功能具有十分重要的意义。目前，功能强大的集成软件开发工具包括了各种各样的构件，而不仅仅是编译器、编辑器和侦错程序。

在一般人看来，软件开发工作似乎还算不上是制造企业中最重要的任务之一。但是，如果仔细地想一想就很快会明白，在大多数企业中，这确实是一项重要的工作。例如，当前不论在技术部门还是在管理部门，都使用了大量外购或自行开发的应用软件。特别是在设计以及生产管理部门，常常需要在标准的CAD和ERP系统的基础上增加一些本企业需要的特殊功能。在通常情况下，这是企业计算中心软件开发人员的任务，而外部的服务商则提供一些必要的 Know-how或相应的资源。

制造企业中软件开发的另一个重要的用武之地是产品开