

文章编号:1000-582x(2001)01-0008-04

# 建筑金属结构企业工程设计及报价系统

阎春平, 宋豫川, 刘飞, 曾晓松

(重庆大学 制造工程研究所, 重庆 400044)

**摘要:** 针对我国建筑金属结构企业工程设计和投标报价中存在的问题, 设计和开发了建筑金属结构企业工程设计及报价系统, 提出了基于该系统的现有工程设计的组织模型, 研究了软件实现中的关键技术。该系统已在企业中得到成功应用, 缩短了产品开发周期、降低了物料损耗、提高了报价准确性和科学性。

**关键词:** 建筑金属结构; 板材优化; 条材优化; 工程设计

**中图分类号:** TP 391.73; TU 395

**文献标识码:** A

建筑金属结构企业是设计和生产制造建筑门窗、幕墙、采光顶等各种金属结构(也包括部分非金属结构)系统的企业。在当前的建筑金属结构企业特别是门窗、幕墙、采光顶的设计、生产和竞标过程中, 较普遍地存在产品品种规格繁多, 设计工作量大、下料方法浪费严重、工程投标时定报价或估价等一系列问题<sup>[1]</sup>。国内外针对以上问题进行了大量的研究, 但还存在一些不足, 如开发的产品品种较少、功能和信息集成不够、优化下料问题需要进一步的研究和解决。

为解决我国建筑金属结构企业存在的种种问题和弥补现有研究不足, 本文作者及课题组研制了一套适合我国建筑金属结构企业现状, 能够满足生产厂家需要的工程设计及报价系统, 在实际应用中取得了较好得效果。

## 1 总体结构及功能

### 1.1 传统工程设计流程及存在的问题

传统的工程设计的工作流程是: 市场部根据外部市场信息提供设计基本要求和土建情况, 工程部产品设计人员进行草图设计、立面分格处理和材料的初步选用, 结构分析人员进行强度校核, 如不能通过, 重新进行分格和草图设计, 直到强度校核通过, 再进行初步用料的统计和汇总, 最后进行材料的优化下料处理并做出工程预算书和产品效果图, 参与工程竞标。

传统的工程设计流程对工程设计效率的提高和工程成本的降低有很大的制约作用。建筑金属结构企业争取工程大多数是通过工程竞标的方式, 市场部得到一个工程竞标信息, 往往要求设计部门在很短的时间内拿出设计方案和作出预算, 设计效率的提高对企业参与市场竞争起到至关重要的作用。另外, 工程原材料成本在工程总成本中占非常大的比重, 尤其是型材和板材等主料, 往往占工程总成本的 60%~70%, 节约这一部分成本, 具有非常大的现实意义。

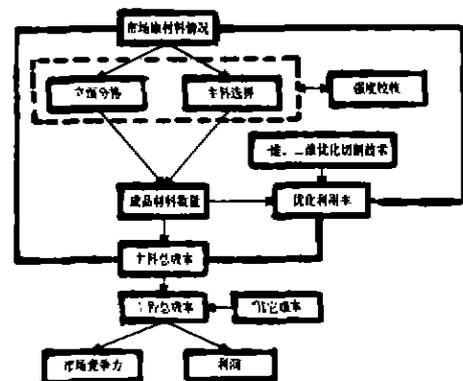


图1 工程成本影响关系

收稿日期: 2000-10-20

基金项目: 国家 863/CIMS 主题资助(863-511-820-014)

作者简介: 阎春平(1973-), 男, 江西南昌人, 重庆大学博士生。主要从事计算机集成制造(CIM)、CAD/CAE 领域研究。

从图 1 中可看到,当前市场原材料供应和设计产品强度情况影响立面分格和主料选用,成品材料数量由立面分格和主料决定,成品材料数量、一维及二维优化下料技术、市场原材料尺寸及价格影响优化利用率,同时也决定了主料总成本。可见,设计的每一步都对工程总成本有很大的影响。因此,有必要研究一套基于网络和数据库的软件系统,实现各独立部分的数据共享和交换,在设计的一大部分都充分考虑对其它部分的影响,以提高设计效率,降低设计成本。

### 1.2 系统总体结构及功能

建筑金属结构企业工程设计及报价系统是基于网络和数据库的软件系统,在研究中既强调在单项技术上有很大提高,更注重产品设计、工程优化、结构分析、工程报价于一体,进行信息的共享和集成,以提高整个软件的整体集成效果。实现中采用了客户机/服务器(Client/Server)计算模式,便于设计的分散化和网络化。数据库管理系统利用 Microsoft 公司的 SQL - Server7.0,针对各模块的具体要求不同,采用了多种开发工具开发并通过中央数据库实现数据的交换。辅助设计部分构建在 Autodesk 公司的计算机绘图软件 AutoCAD R14 及其以上版本上。

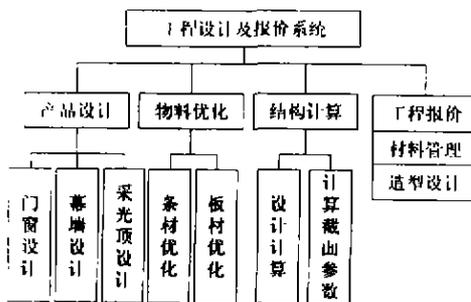


图 2 工程设计及报价系统总体结构

针对建筑金属结构企业存在的问题,把系统研究的重点放在产品设计技术、物料优化技术、工程报价方法和各部分之间的集成上,构建了图 2 所示软件系统,各部分的主要功能如下:

- 产品设计:进行门窗、幕墙、采光顶等产品的辅助设计,能快速准确地生成产品设计图纸和材料清单,对新产品和系列用户可方便地添加到系统中。

- 物料优化:对建筑金属结构企业常用物料进行优化下料,提供多种优化方案供选择,尽可能提高原材料的利用率,生成下料图纸。

- 结构计算:对常见建筑金属结构产品按照国家

标准和行业规范进行结构分析计算,以保证产品质量,提高产品可靠度。对常用型材,可以计算出它的相关参数,用于结构计算和型材研究。

- 工程报价:在工程产品设计和优化设计的基础上,快速、科学合理地做出工程报价单,生成投标书文件。

- 材料管理:用于管理当前各种材料生产厂家提供的材料基本信息,便于设计和下料选材。

- 造型设计:根据产品设计结果,进行造型设计,用于工程竞标。

### 2 现有系统的工作流程

在该软件系统的实施过程中,构建了图 3 所示的建筑金属结构企业工程设计及报价系统基本组织模型<sup>[2,3]</sup>。总设计师负责整个工程的设计,控制整个项目的设计进展和工程预算成本。产品 CAD 设计组负责门窗、幕墙、采光顶等产品的设计,包括材料的统计和相关工程图形的制作。优化下料组分析成品材料尺寸和数量分布情况,利用一维、二维优化下料技术,生成切割方案,得到原材料的合理使用情况。结构分析专家组根据材料选用情况和工程设计要求,对材料的强度、挠度进行校核,对有关结构设计的合理性进行分析研究。供应商原材料信息组负责收集当前市场上各单位的原材料品种、价格等信息,以提供给 CAD 和下料组。造型设计组负责工程产品的效果设计,以提供给市场部门参与竞标。工程预算组,对整个工程的成本进行预算分析,为整个工程的最终报价作出参考。

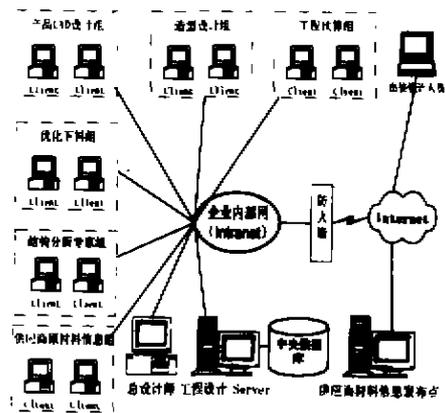


图 3 工程产品设计系统组织模型

总设计师处于工程产品设计的最高层,统管着工程的总成本和产品设计进度。通过企业内部网或国际

互联网,总设计师获得工程设计要求,为工程设计系统各组人员分配工程设计任务,同时存入中央数据库。产品CAD设计组通过交互式设计模块进行工程中各产品的设计,同时在设计时要通过企业内部网或国际互联网获取当前市场上的各种原材料信息,以选用适当的原材料,设计信息存入设计数据库。结构分析组通过中央数据库对产品CAD设计组的设计进行动态分析,并将达不到强度、刚度等要求的部分交由产品CAD组重新设计。优化下料组将经过CAD组和结构分析组确认的工程设计的阶段数据取出,并结合通过网络获取的原材料尺寸、价格等数据,利用优化下料模块进行下料方案设计,对利用率不高,原材料耗费大的下料方案,可与CAD组进行协调,考虑重新进行立面分格和设计。造型设计组从中央数据库中提取工程中经过设计确认的产品数据,进行造型设计,作出产品的真实三维图。预算组在产品完成后,作出产品的成本预算,最后作出整个工程的预算。总设计师通过系统的查询模块可随时查阅各组的工作结果,对各部分的工作进行协调。

在工程产品设计系统的各部门之间,由于建立了中央数据库作为信息交换的平台,各组的处理结果可在其它相关部门快速反映出来,各组中发现和出现的问题将会得到及时的解决,产品设计速度和设计效率得到极大的提高。通过各组的有效协调,工程的材料成本也会有效降低。

### 3 系统中的关键技术

计算机网络和数据库是建筑金属结构企业工程设计及报价系统的底层环境,而系统的真正实现还必须依赖于优化、CAD等单项技术问题的解决,在构建该系统中解决了以下几个主要关键技术<sup>[4,5]</sup>:

#### 1) 信息的组织与集成

建筑金属结构企业工程设计及报价系统要求实时将各种信息数字化,以提供给其他部门使用,设计过程信息有效集中管理对设计的成功有着重要的影响。在建筑金属结构产品设计中存在着大量的非结构化数据,在处理中采用了基于版本控制的文件处理系统和数据库处理系统相结合的方法对大量的结构化数据进行管理,并在处理中与操作系统的安全机制有效集成,解决了非结构化数据的一致性、完整性和安全性。图4为非结构化数据三级认证处理过程<sup>[6]</sup>。

同时在系统设计中,通过对用户的充分了解,将数据划分为局部数据和全局数据,对它们分别进行组织和管理,既减少中央数据库的负担,又达到了数据共享

和实时处理的要求。

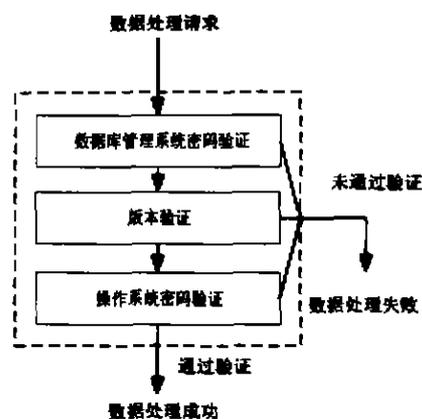


图4 数据处理请求验证

#### 2) 基于二维优化下料技术的板材下料技术

板材下料系统是建筑金属结构企业工程设计系统中的一个重要组成部分,该系统研究的程度和水平是整个系统能否达到节约原材料、减少物料损耗的一个关键。通过对二维下料问题的建模技术及算法的深入研究和探讨,取得了一些理论成果并获得了一些工程实用算法。主要创造性地解决了以下问题:

① 对当前某些优化下料软件以单张板材余料最少为目标函数的数学模型提出了修正方法,构造了以总的板材张数最少为目标函数的数学模型;

② 用列生成算法有效地避免了对巨大数量切割方式的枚举,把优化下料模型的求解过程转化为一系列通过求解辅助二维背包问题以生成新的切割方式,从而改进优化下料模型目标函数,解决了巨大数量初始切割方式的优选问题;

③ 提出板条启发式近似算法以及基于人工智能搜索的精确混合搜索算法,使计算速度快且能搜索到最优解。提出的整数规划实算中舍入误差的动态消除法以及首次提出降优序列启发式方法,从工程实践的角度较满意地解决了整数规划实算的收敛性问题。

#### 3) 基于几何约束幕墙分格大样图的参数化设计<sup>[7]</sup>

幕墙的设计是一个反复进行的过程,经常出现约束关系已定,而各部分尺寸又要反复修改的情形。系统中通过对幕墙结构特点的分析,建立了一套幕墙图形的基本几何约束集合。在设计中用户通过构建草图,系统中可建立该草图的约束库,经过用户适当调整后,录入相关数据,可生成幕墙精确图形。这样保证了

设计过程的高效,减少了重复工作,为设计系统的成功实施提供了保障。

#### 4 应用案例

目前该系统已在有关企业厂家得到应用,在软件实施中构建图3所示组织模型,大大提高了工程设计效率和材料利用率,为企业参与工程竞标提供了良好的保障,受到了使用单位得好评。该系统还在深圳方大CIMS应用工程中得到应用,是该CIMS应用工程的支撑应用软件之一,该系统通过网络和数据库等支撑平台,有效地与MIS、QAS等系统集成,不仅提高了企业的设计水平,同时也为MIS、QAS系统提供了大量的基础数据,保障了MIS、QAS等系统的有效实施。该应用工程已经通过国家863/CIMS专家组和深圳市科学技术局联合组织的鉴定,鉴定结果为同行业国内领先水平。

#### 5 结束语

建筑金属结构企业工程设计及报价系统将产品设计、物料优化、结构分析、造型设计和工程预算等系统

通过计算机网络和数据库有效集成,对缩短工程产品开发周期、降低物料损耗、提高工程投标报价的准确性和科学性均具有重要的意义。应用实践表明,该系统对解决建筑金属结构企业当前实际工程应用问题起到了重要作用,随着系统关键技术更深入的解决,该系统将发挥更大的作用。

#### 参考文献:

- [1] 刘英,刘飞. 金属门窗CAD方法及程序[M]. 重庆:重庆大学出版社,1992.
- [2] SOHLENIUS G. Concurrent Engineering[J]. Annals of CIRP. 1992,41(2):645-655.
- [3] 刘飞. 制造系统工程[M]. 北京:国防工业出版社,1995.
- [4] 刘飞. 制造自动化的广义内涵,研究现状和发展趋势[J]. 机械工程学报,1999,35(1):1-5.
- [5] 胡斌,林宗楷,郭玉钗等. 计算机支持的协同设计工作模式研究[J]. 计算机辅助设计与图形学学报,1998,10:349-354.
- [6] 胡道元. 计算机局域网[M]. 北京:清华大学出版社,1996.
- [7] 孙家广. 计算机图形学[M]. 北京:清华大学出版社,1995.

## An Engineering Design and Quoting Price System for Architecture Metal Structure Enterprises

YAN Chun - ping , SONG Yu - chuan , LIU Fei , ZENG Xiao - song

(Institute of Manufacturing Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

**Abstract:** Aiming at the engineering design and bid problems in the country's architecture metal structure enterprises, corresponding engineering design system and quoting system are developed. Based on this system, the infrastructure of the existing engineering design is presented, and some key techniques in the software implementation is analyzed. This system has get successful use in corresponding enterprises, which reduces the material consumption, enhance the accuracy and rationality of quoting.

**Key words:** architecture metal structure; two-dimensional optimum cutting; one-dimensional optimum cutting; engineering design

(责任编辑 成孝义)