

# 基于分解-协调方法的协同设计(DCCD)研究<sup>\*</sup>

The Research of Cooperative Design based on the Technology of Decomposition and Coordination

曹斌 涂序彦

赵解杨 刘劲波

(北京科技大学信息工程学院 北京100083) (洛阳有色金属加工设计研究院 洛阳471039)

**Abstract** The paper presents the cooperative design based on the technology of decomposition and coordination. The concurrent design of multi-party and coordination between parties are discussed. The corresponding model is given. The purpose is that the design is completed timely, effectively, efficiently by discovering and analyzing problems immediately, modifying errors in real time.

**Keywords** Large-scale system cybernetics, Computer support cooperative work, Concurrent design, Decomposition, Coordination

在传统的工程勘察设计工作中,通常是以一种串行的方式进行作业,经历需求调查、方案设计、预算、详细设计,然后根据用户需求、资金情况、市场情况等进行修改和调整等过程,最终把设计人员的设计思想或概念转化成图纸,提交用户组织施工。这样的过程,具有作业顺序性,任务只有在某一环节被处理完后,才被送往下一个环节,因此当某一环节的结果不符合要求时,往往不能及时发现,甚至有可能导致后续环节出现设计错误,而且方案设计与预算、详细设计等过程之间相互脱节,不能在设计的过程中,利用群体智慧很好地考虑项目生命周期中的各种要素,进行优化设计,及时地解决冲突问题和反馈设计中所遇到的问题,从而导致设计效率低下,更改频繁,设计成本增加,不能很好地满足用户需求;另一方面,由于整个流程的串行作业方式,常常会因为某一环节的工作中断,致使下一级处在待工状态,从而使得整个设计周期延长。

近几年以来,全球经济一体化进程不断加快,自动化技术、信息技术、计算机技术和制造技术发展迅速,互相渗透,人类社会已从工业经济时代跨入了知识经济时代,顾客需求瞬息万变,技术创新不断加速,产品的生命周期不断缩短,市场竞争日益激烈,对设计工作提出了新的挑战,要求随着项目复杂性的提高,设计工作能够借助现代科学技术的最新成果,不断寻求新的途径,缩短设计周期,提高设计质量,降低设计成本,乃至对传统的设计管理进行改进,提高企业的整体素质,增强企业的竞争能力。

以工程勘察为背景,本文在大系统控制论分解-协调方法<sup>[1,2]</sup>的基础上,结合并行设计技术<sup>[3,4]</sup>和计算机支持协同工作技术<sup>[5]</sup>,提出了基于分解-协调方法的协同设计模型,一方面,以人、硬件、软件构成具有不同职能的群体,并行地进行工作;另一方面,各群体之间通过网络和多媒体环境,进行协同设计,实时地进行交流和讨论,及时发现问题,及时分析、研究和修改,并进行设计和成本优化,从而显著缩短设计周期,提高设计质量,满足用户的各种需求,快速、高效、优质地完成设计任务。

## 1. 大系统控制论

大系统控制论是计算机科学和系统科学相结合的产物,

它是研究各种不同领域的大系统控制过程的共同规律和方法。大系统控制论应用于计算机系统的设计和建设,使计算机应用走出了一条从相互没有联系或联系困难的独立计算机到互连、互操作、甚至协同工作的计算机群体的道路,提高了工作质量和效率。大系统控制论包括如下内容:

### 1.1 广义模型

由于大系统具有主动性、不确定性、不确知性、维数多等特点,因此很难用传统的数学模型来描述,为此大系统控制论将人工智能和系统工程相结合,提出了“广义模型化”的方法,包括:

(1)数学模型、知识模型、结构模型灵活运用,相互结合,构成集成模型。

(2)引入人工智能专家系统技术和模糊数学方法,建立控制者模型、主动系统模型、不确知系统模型,将控制者模型、被控制对象模型相结合,组成控制论模型。

(3)根据大系统的特点,采用“变粒度”方法,发展“多层状态空间”,“多重广义算子”等变粒度模型。

(4)将人工智能方法引入系统辨识技术,发展智能辨识技术,建立不确定系统、发展中系统的自适应、自学习等智能模型。

### 1.2 大系统分析

对大系统进行定性与定量、静态与动态、结构与功能的系统分析,实现对系统的技术性能、经济指标、社会效益、生态影响的评价,从而对系统的现有运行状态进行估计,对系统的未来发展进行预测。包括:(1)大系统分解,控制结构分析;(2)可协调性分析;(3)稳定性分析;(4)对系统的可控性、可观性、可协调性进行分析。

### 1.3 大系统综合

按照系统的目标和任务要求,根据资源环境条件制订适用的控制策略、管理体制和决策方案,实现大系统的最优化、协调化、智能化。包括:(1)最经济结构综合;(2)启发式优化技术;(3)多级协调控制;(4)智能控制与智能管理。

大系统控制论的分解-协调方法是实现计算机协同设计的基础,强调设计的并行性,以及在这种并行下的协调,从而高质、高效地完成设计任务。

<sup>\*</sup>该论文研究得到国家863高科技重点项目资金支持,项目编号:863-511-944-019。曹斌 高级工程师,博士研究生,研究方向为大系统控制和网络安全。涂序彦 教授,博士生导师,研究方向为人工智能及其应用。赵解杨 高级工程师,研究方向为工程勘察流程管理和控制。刘劲波 高级工程师,研究方向为工程勘察流程管理和控制。

## 2. 基于分解-协调方法的协同设计

一个工程项目的的设计,是一个大的系统工程,往往牵涉的因素众多、规模庞大,结构复杂,涉及多种技术和较多的内容,因此需要多个部门和不同专业的设计人员参加,这就要求进行任务分解,并通过并行规划,使参加设计的部门和人员在设计工作中将设计工作最大程度地集中起来做并行处理,将后续环节的要求作为设计环节的约束条件来并行处理,以避免或减少那些需要到后续阶段才能发现的设计错误,将问题暴露、解决在设计阶段,从而避免或减少返工,造成时间、资源等的浪费<sup>[3-5]</sup>。

设计是由人参与的智能活动,人与计算机及相关的的应用系统和应用软件一起构成了一个个具有特殊功能的群体,这些群体具有自主性、社会性、自我保护性(即安全性)等,它们既相互独立工作,又彼此相互协作、制约,协同地完成特定的工作任务。在基于分解-协调方法的协同设计过程中,要求从方案设计开始各群体就要协同地考虑整个工程项目可能存在的所有因素,包括方案设计、顾客需求、投资分析、详细设计、市场预测等等,协同地进行设计和设计优化工作,并进行冲突解决、设计历史记录。其模型如图1所示。

(1)根据用户需求、市场信息和各种约束(包括资金、人力资源、地理条件、原材料限制等),表述设计问题,确定设计目标、约束条件等等。

(2)对过去的设计进行搜索,寻找与设计问题相关的设计案例,进行总结和评价,研究和分析可能的设计趋势和竞争对手的类似设计案例,建立广义模型。

(3)将任务分解成若干个子任务,进行一致性定义和表述,确定子目标、子约束等等,交给不同的群体。

(4)各群体通过网络环境和多媒体技术集成地、协调地、并行地进行设计。

(5)对各群体的工作结果进行综合、修改和决策,并进行优化,得到用户满意、符合要求的结果。

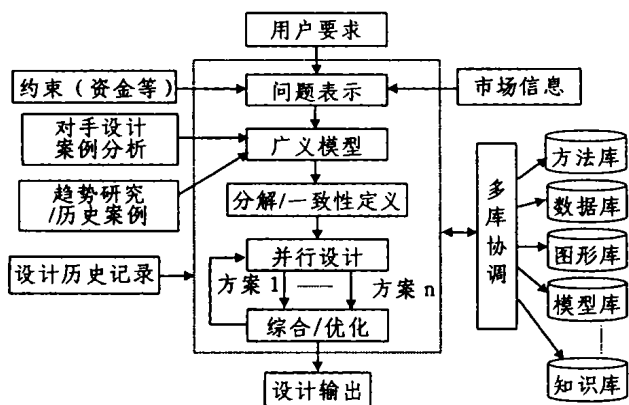


图1 基于分解-协调方法的协同设计

### 2.1 并行设计

并行设计要求在各阶段的设计(包括概念设计、方案设计、初步设计、详细设计、竣工图设计等)中,各群体遵循一定的规则和基于知识,在网络和多媒体环境下,根据用户需求协同地开展合作,包括查阅资料和信息共享,分析投入和产出,进行方案比较、设计和优化等等。由于各群体的知识背景、专业领域不同,因此这一过程要求向各群体提供一致的工作环境,使各群体之间能通过网络进行讨论、信息交换和知识共享等。另外,并行设计要求通过同步机制,使各类协作事件的产

生、发展遵守一定的时间关系,如图2所示。

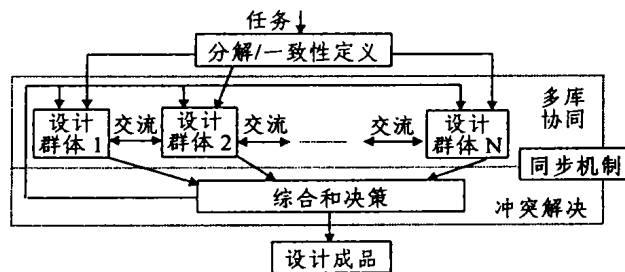


图2 并行设计

(1)并行设计的协调是在人-人协调、人-机协调、机-机协调基础上的协调,但由于设计过程是一个思维活动的过程,既具有个性化的特点,又需要以知识为背景进行分析和决策,因此并行设计强调的是人-人协调和基于知识的协调,强调设计人员在一致的工作环境下,彼此之间的信息交流。

(2)并行设计强调面向过程,要在设计阶段考虑市场需求、投资概预算、设计、生产及支持(包括质量、销售、采购、发送、服务)等工程项目全周期各个相关阶段的所有因素,包括时间、成本、质量和市场需求等。要求在设计过程的各个阶段(概念设计、方案设计、初步设计、详细设计、竣工设计等)能及时地进行交流、协调,消除约束,化解冲突,尽量避免大的失误和返工。

(3)并行设计要求各群体之间的工作基于某种同步机制,并行交叉地进行,强调不同专业设计人员之间的合作与信任,通过网络进行信息交换,通过多库协同,实现知识和数据的共享。

(4)并行设计虽然考虑整个项目全周期各个相关阶段的所有因素,但并不包括制造和生产过程,而是只对工程项目进行并行设计,强调信息的集成,追求全局的设计优化,目标是缩短设计周期,提高设计质量,满足用户的各种需求,实现设计成品的高质量、低成本。

(5)并行设计的基础是网络化环境和多媒体技术,它们为参与设计的群体创造了一个能够进行协同工作的环境。

### 2.2 设计协调

并行设计是多群体参与的协同设计,各群体之间相互依赖、相互制约、相互影响,因此为了并行地完成设计任务,必须处理好各群体之间的协调关系,否则就可能发生冲突,降低设计效率和设计质量<sup>[3-5]</sup>。

基于分解-协调方法的协同设计的显著特点就是智能化贯穿于整个系统中,要求在设计中不仅单个群体能对遇到的各种情况进行提问、分析、学习和推理,而且多个群体间还具有通讯和交流功能,以便并行设计、综合分析和讨论疑难问题,实现综合决策和优化设计。协调过程如图3所示。

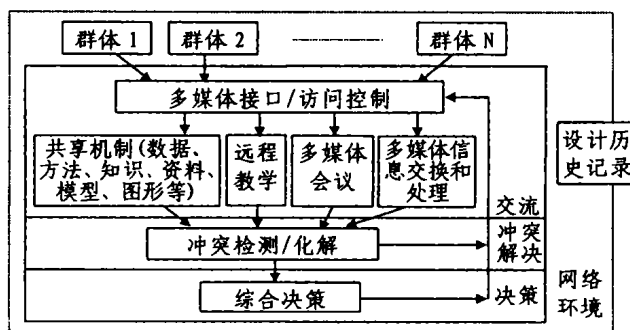


图3 协调过程

(1)交流 各群体可以共享编辑环境,进行远程教学、远程工作等等,并且各群体根据自己的工作性质,对相关的工作进行总结,建立规则集,在网络多媒体环境下,利用人工智能、神经网络、遗传算法等方法进行搜索和匹配,实现对数据库、知识库、模型库、方法库、图型库等的共享。同时各群体也通过网络环境,在不同的终端设备上,利用多媒体技术参与、监视和跟踪设计过程,一方面根据自己对任务的认知,对已有的类似设计进行总结和评价,研究和分析可能的设计趋势和其他组织类似的设计案例,提出自己的观念和想法;另一方面通过网上多媒体信息通讯和召开多媒体会议等,实时地进行信息交换,根据彼此提出的问题,进行综合研究、讨论和修改,统一思想。

(2)冲突解决 冲突是工程设计中的一个普遍而自然的现象,虽然不可避免地要发生,但可以通过一些技术来缓解冲突或消除冲突,冲突解决需要借鉴知识推理和案例推理的方法,首先基于知识进行冲突检测和冲突发现,然后利用知识推理和案例推理的技术,在案例库中寻找匹配的解决方法,或者基于知识进行推理得到解决方案,反馈给各群体重新进行决策,从而缓解冲突或消除冲突,整个过程要记录相关的冲突和解决方法,存入案例库中,对案例库进行扩充,同时采用数据挖掘技术,对案例库中获得的结果进行知识发现,扩充知识库,提高系统处理冲突的能力。其模型见图4。

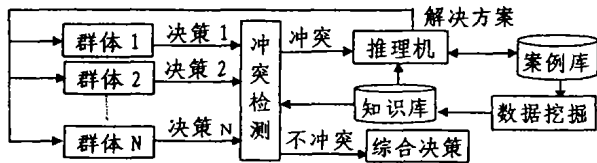


图4 冲突解决

(3)决策 经过多群体的并行设计后,可能会得到多个方案、多种结果,这时需要根据市场前景、生产时间、成本、性价比、用户期望、市场风险以及生产原料供应等进行分析决策,寻求最优的设计,提交给用户。由于许多因素的不确定性、不确知性,以及设计群体具有个性化的特点等,因此决策通常只能是次最优决策,整个决策过程是基于知识,并按照一定规则,进行推理的过程,其模型如图5所示。

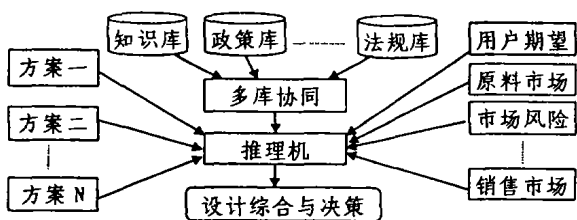


图5 设计综合决策模型

### 2.3 设计历史记录

在设计过程中,各群体的工作相互交叉和融合,如果不对它们的工作加以区分和记录,那么在整个设计过程中可能会出现混乱,哪一个群体从事了哪些工作或修改,时间一长,可能无法区分,最终会影响整个设计工作,导致思路混乱等

等。因此,必须严格地对整个设计过程进行记录,一方面,要根据设计的需要,对设计文档进行定期或不定期的记录或备份,减少系统灾难和恶意攻击带来的损失;另一方面,对各群体的设计过程分别进行记录,保留各自的工作痕迹,使整个设计工作具有可追溯性,可以对设计的各个阶段进行回顾和评价,发现有用的东西,能够在需要的时候查阅到原始的工作记录,便于分析和掌握导致设计不合理或者设计出错的原因,以及这些问题发生在什么环节,以利于设计修改和改进,从而实现优化设计;同时也能够方便地统计各群体的工作量,进行工作量考核等等。

### 2.4 安全性

不同于其他的产业,设计单位的产品是图纸和档案,它们是设计单位生成和发展的基础,一旦图纸和档案泄密或丢失,将直接影响设计单位参与市场竞争,甚至造成致命的打击,因此协同设计特别强调安全性问题,协同设计的安全性包括两个方面的内容:一是要建立备份机制和备份控制,使设计历史记录不致因灾难意外或恶意攻击,造成系统瘫痪,影响工作,具体措施包括多机热备份、图档实时下载、操作系统备份等等;二是要建立防泄密机制和防攻击措施,加强商业秘密的保护,一方面,在系统中加入成员身份验证、成员权限控制,建立访问控制机制,杜绝非法浏览、下载等;另一方面,对数据加密与解密,进行远程加密传输,安全控制重点是在群组通信环境中如何在保证数据安全的前提下提高传输效率,有效地进行密钥的传递和管理。

结束语 基于分解-协调方法的协同设计,是大系统控制论、并行设计技术和计算机支持协同工作技术结合的产物,本文讨论了基于分解-协调方法的协同设计,提出了相关的应用模型,目的是在分布式工作的基础上,进行并行设计,并通过各群体的协同,实现同步设计,优化设计,缩短设计周期,提高管理质量和工作效率。

设计流程管理是现在各工程勘察设计单位计算机应用的核心,包含了访问权限控制、计划管理、设计过程管理、图档管理等等。根据以上模型,按照 ISO2000 的程序要求,我们在某设计勘察单位进行了设计流程管理系统的研究和开发,系统具有如下功能:①多群体并行设计功能;②基于浏览器/服务器和客户/服务器混合计算模式;③基于知识的冲突解决;④设计历史记录;⑤多方案结果下的综合与决策;⑥协同设计环境下,基于混沌原理的数据加密和传输。从系统试用的情况来看,提高了设计效率和设计质量,缩短了设计周期,降低了设计成本。

### 参考文献

- 1 涂序彦. 大系统控制论. 国防工业出版社, 1994. 9
- 2 涂序彦, 李修山, 陈凯. 智能管理. 清华大学出版社, 1995. 5
- 3 Evbuomwan N F O, Sivaloganathan S, Jebb A. A state of the art report on concurrent engineering. In: proc. of concurrent engineering: Research and Applications 1994 conf. Pennsylvania, 1994. 35~44
- 4 熊光楞, 张玉云, 李伯虎. 并行工程总体技术及实施方法研究. 计算机集成制造系统, 1996, 2(3), 3~8
- 5 史美林, 杨光信. 计算机支持的协同工作: 过去、现在和未来. 见: 第一次全国 CSCW 学术会议论文集