



设计计算

文章编号: 1003-8728(2000)02-0007-05

机械产品方案的现代设计方法及发展趋势

唐 林, 邹慧君

(上海交通大学, 上海 200030)

唐 林

摘 要: 根据目前国内外设计学者进行机械产品设计时的主要思维特点, 将产品方案的设计方法概括为系统化、结构模块化、基于产品特征知识和智能四种类型。指出四种方法的特点及其相互间的有机联系, 提出产品方案设计计算机实现的努力方向。

关 键 词: 机械产品; 方案设计方法; 发展趋势

中图分类号: TH 122

文献标识码: A

引 言

科学技术的飞速发展, 产品功能要求的日益增多, 复杂性增加, 寿命期缩短, 更新换代速度加快。然而, 产品的设计, 尤其是机械产品方案的设计手段, 则显得力不从心, 跟不上时代发展的需要。目前, 计算机辅助产品的设计绘图、设计计算、加工制造、生产规划已得到了比较广泛和深入的研究, 并初见成效, 而产品开发初期方案的计算机辅助设计却远远不能满足设计的

需要。为此, 作者在阅读了大量文献的基础上, 概括总结了国内外设计学者进行方案设计时采用的方法, 并讨论了各种方法之间的有机联系和机械产品方案设计计算机实现的发展趋势。

根据目前国内外设计学者进行机械产品方案设计所用方法的主要特征, 可以将方案的现代设计方法概括为下述四大类型。

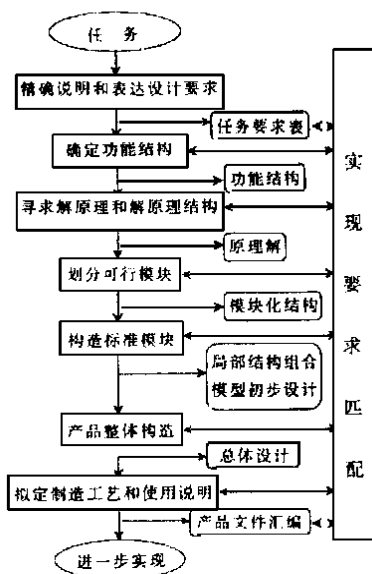


图1 技术系统和产品的开发设计方法
(德国工程师协会标准VD I2221)

1 系统化设计方法

系统化设计方法的主要特点是: 将设计看成由若干个设计要素组成的一个系统, 每个设计要素具有独立性, 各个要素间存在着有机的联系, 并具有层次性, 所有的设计要素结合后, 即可实现设计系统所需完成的任务。

系统化设计思想于70年代由德国学者Pahl和Beitz教授提出, 他们以系统理论为基础, 制订了设计的一般模式, 倡导设计工作应具备条理性。德国工程师协会在这一设计思想的基础上, 制订出标准VD I2221“技术系统和产品的开发设计方法”, 其设计流程见图1¹。

文献2 制定的机械产品方案设计进程模式, 基本上沿用了德国标准VD I2221的设计方式。除此之外, 我国许多设计学者在进行产品方案设计时还借鉴和引用了其他

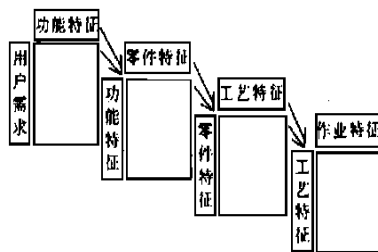


图2 质量功能布置方法概貌
发达国家的系统化设计思想, 其中具有代表性的是:

(1) 将用户需求作为产品功能特征构思、结构设计和零件设计、工艺规划、作业控制等的基础, 从产品开发的宏观过程出发, 利用质量功能布置方法, 系统地将用户需求信息合理而有效地转换为产品开发各阶段的技术目标和作业控制规程的方法, 其质量功能布置方法概貌见图2²。

(2) 将产品看作有机体层次上的生命系统, 并借助于生命系统理论, 把产品的设计过程划分成功能需求层次、实现功能要求的概念层次和产品的具体设计层次。同时采用了生命系统图符抽象地表达产品的功能要求, 形成产品功

* 收稿日期: 1999-02-05

作者简介: 唐 林(1957-), 女(汉族), 福建福州市人, 上海交通大学博士研究生

能系统结构⁴。

(3) 将机械设计中系统科学的应用归纳为两个基本问题:一是把要设计的产品作为一个系统处理,最佳地确定其组成部分(单元)及其相互关系;二是将产品设计过程看成一个系统,根据设计目标,正确、合理地确定设计中各个方面的工作和各个不同的设计阶段⁵。

由于每个设计者研究问题的角度以及考虑问题的侧重点不同,进行方案设计时采用的具体研究方法亦存在差异。下面介绍一些具有代表性的系统化设计方法。

1.1 设计元素法

文献6、7用五个设计元素(功能、效应、效应载体、形状元素和表面参数)描述“产品解”,认为一个产品的五个设计元素值确定之后,产品的所有特征和特征值即已确定。我国亦有设计学者采用了类似方法描述产品的原理解⁸。

1.2 图形建模法

文献9研制的“设计分析和引导系统”KALE IT,用层次清楚的图形描述出产品的功能结构及其相关的抽象信息,实现了系统结构、功能关系的图形化建模,以及功能层之间的联接。

文献10将设计划分成辅助方法和信息交换两个方面,利用Nijssen信息分析方法可以采用图形符号,具有内容丰富的语义模型结构,可以描述集成条件、可以划分约束类型,可以实现关系间的任意结合等特点,将设计方法解与信息技术进行集成,实现了设计过程中不同抽象层间信息关系的图形化建模。

文献11将语义设计网作为设计工具,在其开发的活性语义设计网ASK中,采用结点和线条组成的网络描述设计,结点表示元件化的单元(如设计任务、功能、构件或加工设备等),线条用以调整和定义结点间不同的语义关系,由此为设计过程中的所有活动和结果预先建立模型,使早期设计要求的定义到每一个结构的具体描述均可由关系间的定义表达,实现了计算机辅助设计过程由抽象到具体的飞跃。

1.3 “构思”—“设计”法

将产品的方案设计分成“构思”和“设计”两个阶段。“构思”阶段的任务是寻求、选择和组合满足设计任务要求的原理解。“设计”阶段的工作则是具体实现构思阶段的原理解¹²。

文献13将方案的“构思”具体描述为:根据合适的功能结构,寻求满足设计任务要求的原理解,即功能结构中的分功能由“结构元素”实现,并将“结构元素”间的物理联接定义为“功能载体”,“功能载体”和“结构元素”间的相互作用又形成了功能示意图(机械运动简图)。方案的“设计”是根据功能示意图,先定性地描述所有的“功能载体”和“结构元素”,再定量地描述所有“结构元素”和联接件(“功能载体”)的形状及位置,得到结构示意图。Roper, H. 利用图论理论,借助于由他定义的“总设计单元(GE)”、“结构元素(KE)”、“功能结构元素(FKE)”、“联接结构元素(VKE)”、“结构零件(KT)”、“结构元素零件(KET)”等概念,以及描

述结构元素尺寸、位置和传动参数间相互关系的若干种简图,把设计专家凭直觉设计的方法做了形式化的描述,形成了有效地应用现有知识的方法,并将其应用于“构思”和“设计”阶段。

文献14从设计方法学的观点出发,将明确了设计任务后的设计工作分为三步:1) 获取功能和功能结构(简称为“功能”);2) 寻找效应(简称为“效应”);3) 寻找结构(简称为“构形规则”)。并用下述四种策略描述机械产品构思阶段的工作流程:策略1:分别考虑“功能”、“效应”和“构形规则”。因此,可以在各个工作步骤中分别创建变型方案,由此产生广泛的原理解谱。策略2:“效应”与“构形规则”(包括设计者创建的规则)关联,单独考虑功能(通常与设计任务相关)。此时,辨别典型的构形规则及其所属效应需要有丰富的经验,产生的方案谱远远少于策略1的方案谱。策略3:“功能”、“效应”、“构形规则”三者密切相关。适用于功能、效应和构形规则间没有选择余地、具有特殊要求的领域,如超小型机械、特大型机械、价值高的功能零件,以及有特殊功能要求的零部件等等。策略4:针对设计要求进行结构化求解。该策略从已有的零件出发,通过零件间不同的排序和连接,获得预期功能。

1.4 矩阵设计法

文献15在方案设计过程中采用“要求—功能”逻辑树(“与或”树)描述要求、功能之间的相互关系,得到满足要求的功能设计解集,形成不同的设计方案。再根据“要求—功能”逻辑树建立“要求—功能”关联矩阵,以描述满足要求所需功能之间的复杂关系,表示出要求与功能间一一对应的关系。

Kotaetal将矩阵作为机械系统方案设计的基础,把机械系统的设计空间分解为功能子空间,每个子空间只表示方案设计的一个模块,在抽象阶段的高层,每个设计模块用运动转换矩阵和一个可进行操作的约束矢量表示;在抽象阶段的低层,每个设计模块被表示为参数矩阵和一个运动方程¹⁶。

1.5 键合图法

文献17将组成系统元件的功能分成产生能量、消耗能量、转变能量形式、传递能量等各种类型,并借用键合图表达元件的功能解,希望将基于功能的模型与键合图结合,实现功能结构的自动生成和功能结构与键合图之间的自动转换,寻求由键合图产生多个设计方案的方法。

2 结构模块化设计方法

文献18从规划产品的角度提出:定义设计任务时以功能化的产品结构为基础,引用已有的产品解(如通用零部件等)描述设计任务,即分解任务时就考虑每个分任务是否存在对应的产品解,这样,能够在产品规划阶段就消除设计任务中可能存在的矛盾,早期预测生产能力、费用,以及开发设计过程中计划的可调整性,由此提高设计效率和设计的可靠性,同时也降低新产品的成本。Feldmann将描述设计任务的功能化产品结构分为四层,(1)产品→(2)功能

组成→(3)主要功能组件→(4)功能元件。并采用面向应用的结构化特征目录,对功能元件进行更为具体的定性和定量描述。同时研制出适合于产品开发早期和设计初期使用的工具软件 STRAT。

文献19认为专用机械中多数功能可以采用已有的产品解,而具有新型解的专用功能只是少数,因此,在专用机械设计中采用功能化的产品结构,对于评价专用机械的设计、制造风险十分有利。

文献20~22提倡在产品功能分析的基础上,将产品分解成具有某种功能的一个或几个模块化的基本结构,通过选择和组合这些模块化基本结构组建成不同的产品。这些基本结构可以是零件、部件,甚至是一个系统。理想的模块化基本结构应该具有标准化的接口(联接和配合部),并且是系列化、通用化、集成化、层次化、灵便化、经济化,具有互换性、相容性和相关性。我国结合软件构件技术和CAD技术,将变形设计与组合设计相结合,根据分级模块化原理,将加工中心机床由大到小分为产品级、部件级、组件级和元件级,并利用专家知识和CAD技术将它们组合成不同品种、不同规格的功能模块,再由这些功能模块组合成不同的加工中心总体方案²³。

文献24以设计为目录作为选择变异机械结构的工具,提出将设计的解元素进行完整的、结构化的编排,形成解集设计目录。并在解集设计目录中列出评论每一个解的附加信息,非常有利于设计工程师选择解元素。

文献25根据机械零部件的联接特征,将其归纳成四种类型:1)元件间直接定位,并具有自调整性的部件;2)结构上具有共性的组合件;3)具有嵌套式结构及嵌套式元件的联接;4)具有模块化结构和模块化元件的联接。并采用准符号表示典型元件和元件间的连接规则,由此实现元件间联接的算法化和概念的可视化。

文献26在进行机械系统的方案设计中,用“功能建立”模块对功能进行分解,并规定功能分解的最佳“粒化”程度是功能与机构型式的一一对应。“结构建立”模块则作为功能解的选择对象以便于实现映射算法。

3 基于产品特征知识的设计方法

基于产品特征知识设计方法的主要特点是:用计算机能够识别的语言描述产品的特征及其设计领域专家的知识 and 经验,建立相应的知识库及推理机,再利用已存储的领域知识和建立的推理机制实现计算机辅助产品的方案设计。

机械系统的方案设计主要是依据产品所具有的特征,以及设计领域专家的知识 and 经验进行推量和决策,完成机构的型、数综合。欲实现这一阶段的计算机辅助设计,必须研究知识的自动获取、表达、集成、协调、管理和使用²⁷。为此,国内外设计学者针对机械系统方案设计知识的自动化处理做了大量的研究工作,采用的方法可归纳为下述几种。

3.1 编码法

文献28,29根据“运动转换”功能(简称功能元)将机构进行分类,并利用代码描述功能元和机构类别,由此建立《CIMS论文的天地》

起“机构系统方案设计专家系统”知识库。在此基础上,将二元逻辑推理与模糊综合评判原理相结合,建立了该“专家系统”的推理机制,并用于四工位专用机床的方案设计中。

文献30利用生物进化理论,通过自然选择和有性繁殖使生物体得以演化的原理,在机构方案设计中,运用网络图论方法将机构的结构表达为拓扑图,再通过编码技术,把机构的结构和性能转化为个体染色体的二进制数串,并根据设计要求编制适应值,运用生物进化理论控制繁殖机制,通过选择、交叉、突然变异等手段,淘汰适应值低的不适应个体,以极快的进化过程得到适应性最优的个体,即最符合设计要求的机构方案。

3.2 知识的混合型表达法

针对复杂机械系统的方案设计,采用混合型的知识表达方式描述设计中的各类知识尤为适合,这一点已得到我国许多设计学者的共识^{31~34,22}。

文献32在研制复杂产品方案设计智能决策支持系统DMDSS中,将规则、框架、过程和神经网络等知识表示方法有机地结合在一起,以适应设计中不同类型知识的描述。文献33,34将多种单一的知识表达方法(规则、框架和过程),按面向对象的编程原则,用框架的槽表示对象的属性,用规则表示对象的动态特征,用过程表示知识的处理,组成一种混合型的知识表达型式,并成功地研制出“面向对象的数控龙门铣床变速箱方案设计智能系统GBCDIS”和“变速箱结构设计专家系统GBSDS”。

3.3 利用基于知识的开发工具

文献35在联轴器的CAD系统中,利用基于知识的开发工具NEXPERT-OBJECT,借助于面向对象的方法,创建了面向对象的设计方法数据库,为设计者进行联轴器的方案设计和结构设计提供了广泛且可靠的设计方法谱。文献36则利用NEXPERT描述直线导轨设计中需要基于知识进行设计的内容,由此寻出基于知识的解,并开发出直线导轨设计专家系统。

3.4 设计目录法

文献37构造了“功能模块”、“功能元解”和“机构组”三级递进式设计目录,并将这三级递进式设计目录作为机械传动原理方案智能设计系统的知识库和开发设计的辅助工具。

3.5 基于实例的方法

文献38在研制设计型专家系统的知识库中,采用基本谓词描述设计要求、设计条件和选取的方案,用框架结构描述“工程实例”和各种“概念实体”,通过基于实例的推理技术产生候选解来匹配产品的设计要求。

4 智能化设计方法

智能化设计方法的主要特点是:根据设计方法学理论,借助于三维图形软件、智能化设计软件和虚拟现实技术,以及多媒体、超媒体工具进行产品的开发设计、表达产品的构思、描述产品的结构。

文献39在利用数学系统理论的同时,考虑了系统工

程理论、产品设计技术和系统开发方法学VD I2221,研制出适合于产品设计初期使用的多媒体开发系统软件MUSE。

文献40 在进行自动取款机设计时,把产品的整个开发过程概括为“产品规划”、“开发”和“生产规划”三个阶段,并且充分利用了现有的CAD尖端技术——虚拟现实技术。1)产品规划—构思产品。其任务是确定产品的外部特性,如色彩、形状、表面质量、人机工程等等,并将最初的设想用CAD立体模型表示出,建立能够体现整个产品外形的简单模型,该模型可以在虚拟环境中建立,借助于数据帽和三维鼠标,用户还可在一定程度上参与这一环境中,并且能够迅速地生成不同的造型和色彩。立体模型是检测外部形状效果的依据,也是几何图形显示设计变量的依据,同时还是开发过程中各类分析的基础。2)开发—设计产品。该阶段主要根据“系统合成”原理,在立体模型上配置和集成解元素,解元素根据设计目标的不同有不同的含义:可以是基本元素,如螺栓、轴或轮毂联接等;也可以是复合元素,如机、电、电子部件、控制技术或软件组成的传动系统;还可以是要求、特性、形状等等。将实现功能的关键性解元素配置到立体模型上之后,即可对产品的配置(设计模型中解元素间的关系)进行分析,产品配置分析是综合“产品规划”和“开发”结果的重要手段。3)生产规划—加工和装配产品。在这一阶段中,文献40主要论述了装配过程中CAD技术的应用,提出用计算机图像显示解元素在相应位置的装配过程,即通过虚拟装配模型揭示造形和装配间的关系,由此发现难点和问题,并找出解决问题的方法,并认为将CAD技术综合应用于产品开发的三个阶段,可以使设计过程的综合与分析在“产品规划”、“开发”和“生产规划”中连续地交替进行。因此,可以较早地发现各个阶段中存在的问题,使产品在开发进程中不断地细化和完善。

我国利用虚拟现实技术进行设计还处于刚刚起步阶段。文献41利用面向对象的技术,重点研究了按时序合成的机构组合方案设计专家系统,并借助于具有高性能图形和交换处理能力的OpenGL技术,在三维环境中从各个角度对专家系统设计出的方案进行观察,如运动中机构间的衔接状况是否产生冲突等等。

文献1将构造标准模块、产品整体构造及其制造工艺和使用说明的拟订(见图1)称之为快速成型技术。建议在产品开发过程中将快速成型技术、多媒体技术以及虚拟表达与神经网络(应用于各个阶段求解过程需要的场合)结合应用。指出随着计算机软硬件的不断完善,应尽可能地多将多媒体图形处理技术应用于产品开发中,例如三维图形(立体模型)代替装配、拆卸和设计联接件时所需的立体结构想象力等等。

文献42利用智能型CAD系统SIGRAPH-DESIGN作为开发平台,将产品的开发过程分为概念设计、装配设计和零件设计,并以变量设计技术为基础,建立了胶印机凸轮连杆机构的概念模型。从文献介绍的研究工作看,其概念模型是在确定了机构型、数综合的基础上,借助于软件SIGRAPH-DESIGN提供的变量设计功能,使原理图随着

机构的结构参数变化而变化,并将概念模型的参数传递给下一级的装配模型、零件设计。

5 各类设计方法评述及发展趋势

综上所述,系统化设计方法将设计任务由抽象到具体(由设计的任务要求到实现该任务的方案或结构)进行层次划分,拟定出每一层欲实现的目标和方法,由浅入深,由抽象至具体地将各层有机地联系在一起,使整个设计过程系统化,使设计有规律可循,有方法可依,易于设计过程的计算机辅助实现。

结构模块化设计方法视具有某种功能的实现为一个结构模块,通过结构模块的组合,实现产品的方案设计。对于特定种类的机械产品,由于其组成部分的功能较为明确且相对稳定,结构模块的划分比较容易,因此,采用结构模块化方法进行方案设计较为合适。由于实体与功能之间并非是一一对应的关系,一个实体通常可以实现若干种功能,一个功能往往又可通过若干种实体予以实现。因此,若将结构模块化设计方法用于一般意义的产品方案设计,结构模块的划分和选用都比较困难,而且要求设计人员具有相当丰富的设计经验和广博的多学科领域知识。

机械产品的方案设计通常无法采用纯数学演算的方法进行,也难以用数学模型进行完整的描述,而需根据产品特征进行形式化的描述,借助于设计专家的知识 and 经验进行推理和决策。因此,欲实现计算机辅助产品的方案设计,必须解决计算机存储和运用产品设计知识和专家设计决策等有关方面的问题,由此形成基于产品特征知识的设计方法。

目前,智能化设计方法主要是利用三维图形软件和虚拟现实技术进行设计,直观性较好,开发初期用户可以在一定程度上直接参与到设计中,但系统性较差,且零部件的结构、形状、尺寸、位置的合理确定,要求软件具有较高的智能化程度,或者有丰富经验的设计者参与。

值得一提的是:上述各种方法并不是完全孤立的,各类方法之间都存在一定程度上的联系,如结构模块化设计方法中,划分结构模块时就蕴含有系统化思想,建立产品特征及设计方法知识库和推理机时,通常也需运用系统化和结构模块化方法,此外,基于产品特征知识的设计同时又是方案智能化设计的基础之一。在机械产品方案设计中,视能够实现特定功能的通用零件、部件或常用机构为结构模块,并将其应用到系统化设计有关层次的具体设计中,即将结构模块化方法融于系统化设计方法中,不仅可以保证设计的规范化,而且可以简化设计过程,提高设计效率和质量,降低设计成本。

网络技术的蓬勃发展,异地协同设计与制造,以及从用户对产品的功能需求→设计→加工→装配→成品这一并行工程的实现成为可能。但是,达到这些目标的重要前提条件之一,就是实现产品方案设计效果的三维可视化。为此,不仅三维图形软件、智能化设计软件愈来愈多地应用于产品的方案设计中,虚拟现实技术以及多媒体、超媒体工具也在产品的方案设计中初露锋芒。目前,德国等发达国家正着力

于研究超媒体技术、产品数据交换标准 STEP, 以及标准虚拟现实造型语言 VRML (Internet 上基于虚拟环境的标准交换格式) 在产品设计中的应用^{39, 40}。

机械产品的方案设计正朝着计算机辅助实现、智能化设计和满足异地协同设计制造需求的方向迈进, 由于产品方案设计的计算机实现方法的研究起步较晚, 目前还没有成熟的、能够达到上述目标的方案设计工具软件。作者认为, 综合运用文中四种类型设计方法是达到这一目标有效途径。虽然这些方法的综合运用涉及的领域较多, 不仅与机械设计的领域知识有关, 而且还涉及到系统工程理论、人工智能理论、计算机软硬件工程、网络技术等各方面的领域知识, 但仍然是产品方案设计必须努力的方向。国外在这方面的研究已初见成效, 我国设计学者也已意识到 CAD 技术与国际交流合作的重要性, 及其应当采取的措施⁴³。

[参考文献]

- Grote K-H. Konstruktion, 1995, 47(6): 178~180
- 机械工程手册、电机工程手册编委会. 机械工程手册(第四卷)[M]. 北京: 机械工业出版社, 1997
- 罗部武等[J]. 机械设计, 1997(5): 1~3, 22
- 彭雁虹等[J]. 机械设计, 1997(3): 1~3, 26
- 吴琦等[J]. 机械设计, 1993(3): 1~6
- Oelsner R F[J]. Konstruktion, 1992, 44(12): 387~390
- Koller R[J]. Konstruktion, 1996, 48(6): 189~194
- 冯培恩[J]. 机械工程学报, 1998(2): 79~85
- Kuttig D[J]. Konstruktion, 1992, 44(5): 183~192
- Montau R[J]. Konstruktion, 1997, 49(6): 36~42
- Marx P[J]. Konstruktion, 1998, 50(4): 37~40
- Sell I[J]. Konstruktion, 1998, 50(5): 36~40
- Roper H[J]. Konstruktion, 1998, 50(5): 29~35
- Roth K[J]. Konstruktion, 1995, 47(1/2): 10~14
- 叶军[J]. 机械设计, 1998(4): 41~42, 44
- 蔡逆水等[J]. 机械设计, 1997(6): 1~3
- 檀润华等[J]. 机械设计, 1998(1): 14~16
- Feldmann D G[J]. Konstruktion, 1996, 48(1/2): 23~30
- Birkhofer H[J]. Konstruktion, 1996, 48(5): 147~156
- 施进发[J]. 中国机械工程, 1997(6): 53~55
- Koller R (德) 著. 机械设计方法学[M]. 北京: 科学出版社, 1990
- 应保胜等[J]. 机械设计, 1990(4): 9~12, 8
- 陈胜勇等[J]. 机械科学与技术, 1998(3): 504~506
- Findeisen D[J]. Konstruktion, 1995, 47(3): 79~86
- Walczak A[J]. Konstruktion, 1998, 50(7/8): 19~25
- 谢进等[J]. 机械设计, 1998(3): 45~46
- 查建中[J]. 机械设计, 1991(6): 3~6, 11
- 邹慧君等[J]. 机械设计, 1996(5): 26~28
- 邹慧君等[J]. 机械设计, 1996(6): 12~14
- 翁海珊[J]. 机械设计, 1997(3): 38~40
- 应保胜等[J]. 机械设计, 1990(6): 4~7
- 钟佩思等[J]. 机械科学与技术, 1998(6): 901~902, 908
- 胡维刚等[J]. 机械设计与制造, 1994(5): 17~20
- 李海燕等[J]. 机械设计, 1996(2): 5~8
- Mertens H[J]. Konstruktion, 1992, 44(4): 139~144
- Tanner A[J]. Konstruktion, 1997, 49(3): 12~20
- 姚致扬等[J]. 中国机械工程, 1998(6): 53~55
- 孙造占等[J]. 计算机研究与发展, 1993, (10): 44~48
- Anderl R[J]. Konstruktion, 1997, 49(4): 19~26
- Gausemeier J[J]. Konstruktion, 1998, 50(5): 41~46
- 吴群波等[J]. 机械设计, 1998(11): 17~19
- 田凌等[J]. 机械科学与技术, 1998(3): 474~476
- 孙家圻[J]. 工程设计 CAD 及自动化, 1997(5): 12~13

An Overview of the existing Methods and Development Trend of Project Design for Mechanical Products

TANG Lin, ZHOU Huijun

(Shanghai Jiao tong University, Shanghai 200030)

Abstract According to the main characteristics of the cognitive process of scholars in the project design for mechanical products at present, we put the existing design methods into four classes namely, systematic design, structural design, knowledge-based design and intelligent design. We then analyzed the characteristics of each design method and the relationship among these four methods. Finally, we pointed out the development trend of computer-aided project design for mechanical products.

Key words Project design; Mechanical products; Design methods; Development trend

《CIMS 论文的天地》声明

本站免费向大家提供论文全文, 本站论文除了特别说明的以外都是从作者手中征集得到的。

欢迎您参加我站提供的邮件列表

希网提供的列表 分类首页/科学技术/另类科学

<http://www.cn99.com/cgi-bin/catalog?viewcat=58>

为您提供《CIMS 论文的天地》更新通知, 以及有关的论文和学术信息, 每月至少发送一次。