

东京国际设计与综合学术讨论会

干 东 英

国际设计与综合学术讨论会1984年7月11—13日在东京召开。会议邀集了企业中的设计工程师、大学和研究所中的设计研究人员、设计方法学的研究人员和有关的对人类智能过程感兴趣的信息处理研究科学家。

设计是工程的中心工作。它再也不是个别领域中的孤立课题，而是所有工程领域无例外的学科。优秀的设计能使企业产品多样化，设计者的努力使能操作运动几何图形，评价所设计产品的性能并产生制造指令。在设计学研究中趋于愈来愈强调集成设计的重要性。设计工程师和信息处理工程师的合作是未来CAD开发的命脉。

这次会议主要议题是设计工程师和信息处理工程师使用知识工程对于未来的计算机辅助设计(CAD)系统进行合作。其目的是将人类智能过程应用于CAD，使其智能化。论文分类及有代表性的论文题目如下：

(一) 知识工程及CAD (9篇) —代表作有知识工程及CAD, CAD的主操作系统, 性能和初步设计阶段的技术、操作和模型, 自动机理论在概念设计中的应用, ATHENA—基于知识化的CAD系统, 人类智能与人工智能在机械设计中的应用, 图论方法在保证结构完善中的应用。

(二) 集成CAD及其应用 (8篇) —如设计工作中的几何模型方法, CAD在机械设计中的冲击, 一个几何产品模型及其数据结构。

(三) 空间连杆综合 (7篇) —如球面六连杆机构综合, 4旋转球面机构的ISA综合, 具有优化传动有特性的球面双齿轮驱动器设计, 用曲线匹配进行RSSR功能发生器的设计, 4杆空间操作器。

(四) 机器人控制系统 (5篇) —如应用复查追踪语言进行机器人操作器的轨迹控制, 机械手的工作座标控制, 一个一般性目标的机器人控制器, 64个微处理器的机械手控制, 一个一般目的机器人控制器。

(五) 设计方法 (12篇) —如系统设计的实际应用, 信息集成方法, 组装展卡的设计, 参数识别理论和现代设计方法学, 带有拓扑学特性的壳体几何模拟, 雕塑物体表面表示设计方案, 机械领域中的方法设计建议, 在产品设计中静一动概念假说的进一步开发, 形态学方法在液力系统结构中的应用探索。

(六) 计算机辅助设计方法学 (3篇) —如用EDP集成设计任务, 系统产品开发, 应用技术新发展水平进行中、轻型机械的有效设计和开发。

(七) 齿轮和齿轮机构设计 (11篇) —如基于统计计算方法的传动误差和齿隙公差表示法及其实验验证, 在伺服齿轮系中传动误差统计计算与频谱计算, 谐波齿轮的啮合分析方法, 小齿差的接触齿数和负载分配分析, 螺旋斜齿轮的综合和分析。

(八) 齿轮和连杆的CAD (5篇) 一如外摆线齿轮系的运动综合方法, 行星齿轮系统分析和设计中CAD的应用, 齿轮—连杆机构的CAD, 正齿轮和螺旋齿轮的计算机优化设计。

(九) 平面连杆综合 (12篇) 一如个人计算机在凸轮和杆体系统分析和综合中的作用, 长柄大镰刀优化综合, 用非线性编程进行7杆平面连杆的综合, 带间隙的滑块——曲柄机构中连杆形状的确定, 平面机构三维几何的自动模拟和激励。

(十) 机器人的设计和开发 (14篇) 一如机器人的信息处理, 特定工业应用机器人的习惯设计, MIT直接驱动机械手的设计和控制, 直接驱动操作器的设计与控制, 航天飞机遥控机械手控制系统和飞行中的检验, 高速运动机器人设计, 由于弹性变形引起端部作动器位置误差纠正和机器人弹性动力学分析, 设计机器人中应用的机构, 类拓朴学操作系统的结构和运动学, 关节手的设计和控制, 用平衡重相助的机器人系统的重部件组装, 机器人技术中结构和设计综合的形态学, 机器人腕关节的新设计。

(十一) 控制阀的设计 (4篇) 一如比例压力控制阀动态响应的优化, 液压伺服的动态刚度——一个参量的分析。

(十二) 控制系统设计 (6篇) 一如实用系统的数字控制系统设计, RC直升飞机训练模拟器, 完全主动磁浮轴承控制系统设计——优化调节器的结构。

(十三) 转动系统设计 (6篇) 一带有减径向拉应力的复合飞轮, 基于离心力反弹性性质的高强度疲劳试验机, 机械震荡系统的振动诊断。

(十四) 机械组装中使形成所需尺寸方法 (8篇) 一设计系统中人工智能技术的应用, 空间关系、运动学和组装, SPARC/PI——带性能指示的空间关系计算系统, 描述被组合机器的语言, 计算机辅助工程中的概念物体的模型器, 产品模型概念尺寸处理, 机械设计软件工具及其应用。

(十五) CAD中的模型和计算方法 (4篇) 一如使用约束图和边界脉冲负载多体系统的动态模型, TUTSIM——在个人计算机上约束图的模拟, 机械设计中的数字优化技术, 在不完全自由的机构综合中的不平衡操作的应用。

(十六) 机器人传感器的设计与开发 (5篇) 一如三维物体上的触觉敏感及触觉传感器设计, 机器人触觉敏感指的开发, 使用超声波的机器人视觉系统开发, 超声波机器人传感器的开发, 带有彩色传感器的个人计算机控制的去毛刺机器人的研究。

(十七) 机器人运动学 (7篇) 一如以图形模拟为工具的去毛刺机器人控制程序, 关节式机器人带有规定速度分布的自由曲线轨迹的形成, 机器人机械手运动学——基本概念及其在7自由度机械手上的应用, 冗余操作器系统的运动策略, 六足步行机构的运动学和动力学。

(十八) 机器元件设计 (8篇) 一如结构部件的疲劳寿命计算, 二维弹性静力学问题自动计算机模拟, 万向传动轴的精度分析方法, 蜗杆的自动磨削, 不用预置操作的螺旋压缩弹簧设计的几个方面, 考虑磨损的滑动轴承优化设计。

(十九) 凸轮机构设计 (5篇) 一如凸轮机构动力学; 凸轮及连杆机构数据处理系统的开发, 设计较好的五杆凸轮机构的成就。

(二十) 精密机械的设计和开发 (6篇) 一线性直流电机在激光束盘上的应用, 磁盘驱动的伺服导向打印机, 磁盘储存高性能转子作动器的设计和动态分析, 高速输纸器的设计, 在陀螺罗盘中旋转轴点在计算机上的模拟轨迹。

(二十一) 振动控制 (9篇) 一如自动振动控制, 压电驱动作动器动态性能研究, 二自

由度主系统动态减振器，高速缩放仪GK模型的设计和研究，改进的机器和工具设计中的颤震模拟。

(二十二) 医疗装备设计 (6篇) 一如马达驱动人工心脏设计，有气压驱动单元的全人工心脏系统自动控制算法的设计，基于人机信息的系统检验和诊断——生物医学用的人工控制系统。

(二十三) 系统设计与分析 (5篇) 一自动防护机的控制系统设计，机电 (Mechatronics) 设计中的自动识别系统，步进机驱动数字式绘迹器计算机模拟，使用逻辑控制器的动力网络开关控制。

东京大学精密机械工程系的 Tomiyama 和 Yoshikawa 提出：知识工程能改变 CAD 目前不能真正支持设计者的状态。未来的 CAD 工程能真正有效智能地帮助设计者，他们称作“设计者工作台” (Designer's Workbench)，这种未来的 CAD (1) 在所有的设计阶段都支持设计者。所有设计工作都在一个系统中完成，如画图、计算、写文件、专用信息的数据改正、模拟、产品计划等；所有设计需要的信息都由此系统中获得，如专用信息、关于过去完成的设计信息、诀窍等等。(2) 系统必须是智能的，它智能地支持设计者，人机接口是智能的。它能对设计者的疑难问题提出适当的建议，以增加设计者的创造力。它使用了世界上第五代计算机上具有推理能力的特点，能使一个“无能”的设计者可以设计得相当好。此系统能理解设计者的意图，找到错误之处，提出可供选择的建议，并回答疑难问题。自然，这种系统能减少设计的时间和费用。

日本 NEC 公司 Kawagoe 和 Managaki 提出一个知识基的 CAD 系统，用此模型易于将设计知识和设计者窍门引入 CAD。ATHENA CAD 系统用以下性质模型描述：它可以用推理律知识实现更多的抽象技术要求，用启发律使有更多的自动操作，基于 GRAPH 和 COMP 有更广泛的用途。拥有 ATHENA 的设计者可以离开日常设计工作转向 CAD，用更多的时间于创造性工作。(目前 CAD 系统的缺点在于不包括知识的数据库和不包括设计窍门的推理能力，主要设计过程主要依靠设计者的技巧。)在初始设计阶段，设计者重要的是选择适当的目标以满足用户需要，建议用三组图支持初始设计的活动。上述模型帮助安排用户的观念，校验设计目标，但初始设计的知识不能作为设计模型。启发律知识有机构调出程序语言和目标形状，由 COMP 解数学方程。用 EDP 调出目标形状并由 GRAPH 显示。几何操作器是操作目标形状的，是知识和 EDP 的中间语言的机构。

西德设计技术与生产工艺研究所 (IPK) 的 Spur 和 Krause “在设计工作中使用几何模拟的能力”一文中提出产生三维模型图形的一种混杂模型，使具有进行新设计的可能。带有模型化系统的图使设计者从反复的工作中解放了出来，其软件包括能去掉物体内部隐藏线的能力，易于处理和换掉物体内部结构表示。这种模型能计算体积、惯量、重量中心，在几何数据中直接表示运动模拟，自动产生三维线骨架图。

东京大学机械工程系的 Yoshimoto 宣读一篇“应用复查跟踪控制语言进行机器人操作器的轨迹控制”论文中提出，在瞬间轨迹控制系统中进行预见轨迹控制时，其集成控制的作用关系到预见前面下一步的变化，以改进瞬间和稳态响应。他们称此控制语言为“预见轨迹控制语言”或简称 PTCA。未知干扰可由此集成控制作用移走，愈是精密的推断愈会带来更佳的控制性能。用在机器人操作器中的伺服系统，根据由伺服信息处理机到伺服放大器的信号分为三类——力矩伺服、速度伺服和位置伺服系统。他们应用此控制方法到每一伺服系统中并建成控制系统。PTCA 应用在低刚度位置控制系统、在装配工作中的柔性端部作动器，用

在刚性操作器上以减小系统刚度实现力控制。他们在研究低刚度和轻重量的操作器时，使其有好的动态性能和节能特点，能补偿动态特性和外界干扰。

美国俄亥俄州标准石油公司Leininger博士研究出一种操作器的工作座标控制方法。工作座标结构是一种自适应反馈控制系统，他是用一个直角座标工作非独立混杂参数束以获得在独立位置方位、力和力矩束的控制。一个人工操作器的自由度一般由操作器被独立控制的铰链数所确定。为得到工具座标系统中的所需运动，就要协调独立的铰链控制器。工具座标系统的轨迹必须传到铰链座标系统以建立铰链参考电平以控制系统动作。作者选择在工作座标系统中混合控制的反馈控制时，为把一个力矢量由工作座标系统反转换到铰链座标系统需要，第一步是建立由工作滑架到操作器端部杆件转换矩阵，第二步是确定由操作器端部杆件到铰链座标系统的转换矩阵。

澳大利亚沃洛贡大学Cook研究出一般使用目的的机器人控制器。一般来说，机器人操作器运动学是机器人操作器关于参考座标系运动的几何学。其直接运动学为已知操作器每一杆件的位置量（如关节转角）后求端部作动器的位置和方向。其反运动学问题为已知端部作动器的所需方位和位置计算所求每一杆件的位置。目前大多数可用的机器人控制器是解一特定操作器几何运动学问题。因之，对于正反运动学问题没有一般解的方法。此文介绍一个新的计算语言，提供一个一般性方法描述大多数形式操作器的关节和杆件。其理论基础为建立解操作器的运动学问题非直观方法。作出了用此语言的一个模拟方法以求一个单个操作器的运动学解的例题。

日本早稻田大学Nakazawa研究出一种信息集成方法。他说，当设计一个系统时需要考虑性能、费用和交货时间，但至今没有合理方法使三者同时满足。此文中有个称作“信息集成方法”的新方法（IIM）。它作为设计的优化方法，在IIM的CAD概念中，不但性能而且加工也计划在内。目前许多机械设计是从机械性能的需要而产生的。但设计的部件是否与公司的生产系统相合，生产费用是否在合理范围之内，生产时间是否能按期交货，这都很少事先考虑。在制造设计的部件时有些麻烦产生，若在生产部门将缺点反映去改善设计就嫌太晚了。这种现象就造成成本增加、生产效率降低和延迟产品分配。若有些准则和衡量标准来评价整个设计，这种设计在其流程中到下一阶段就会带来一些益处。信息集成方法即是上述的一种衡量标准。在将材料加工到最后形状的过程中将出现很多加工表面，在机器上加工的表面称作表面组。计算出每一个表面组的信息如：表面粗糙度、尺寸精度和费用。当用IIM评价合格后就可不需画图直接将材料送往车间加工。若不合格，再重新设计，再重作评价。假若因某些原因先用这个机床不行就选用另一个机床。

美国莱特州立大学Wells研究参量识别理论和现代设计方法学的关系。文中简要说明在现代设计方法学中使用参数识别的理论。描述了频率域和时间域的算法。他说：在最近二十余年来，系统识别和参数计算方法是从测量其输入和输出时间历程入手的，使用现代控制理论、随机影响理论和新的数字技术进行机械系统识别能形成大量新的试验和数据分析途径。识别方法提供了设计一个优化试验方法以获得精确结果、验证描述系统动力学的数学模型。成功地使用此种典型技术的系统有飞机、振动结构和人类操作者。所举例题是用于飞行控制系统和卷曲弯板中。

西德阿亨大学Eversheim描述了用EDP的设计工作集成系统。在近几年，CAD/CAM系统设备大大增加了，大多数这种系统是倾向于画草图和模拟工作，它仅完成整个完善设计的一部份。其理由可以从设计过程本身来看。首先是画初草图，然后计算，以审查设计概念是

否合理和可能实现。再逐步用重复画图、计算等信息重新获得过程，最后实现所需设计。许多这类工作需要设计者的创造力和他的长期经验，这种过程要在算法语言中完整地得到。作者指出，未来知识基 CAD 开发系统将是用设计者的经验以满足设计工作的需要，此系统“学者”设计者怎样思考、描画他们的工作，并且把它们分成几类功能和解决问题的规律，然后由设计者通过这个系统使用其本身知识来左右这些工作。另外，设计者要评价设计的结果，如有何优点，有何不可容忍的缺点。这种系统由设计人长期工作中“获得”愈来愈多的知识。这种由设计者来的思考规律和工作经验均用适当的、准确的、用公式表示的阐述。这种系统能定设计对象的性能，按照解题规律进行设计得出优化结果，再将此结果与预定性能进行评价。这样，就存在一个新的成果，此成果就流入系统本身以增加系统的“窍门”。

法国LIFIA研究室 Latombe 报导了机器人的信息处理的研究。由于机器人编程的费用愈来愈成为生产费用重要成份。近十年来由于机器人的研制愈加承受着明显的社会经济压力，其基本技术发展很快，怎样组成编程系统是其中一项重要课题。对一个机器人编程需要确定机器人要实现哪些动作，怎样使动作和敏感都并入在整体计算语言中，其中包括条件，回路状态和可能的平行操作。自动机器人编程是先由 CAD 产生制造工作的描述，使其自动转换为机器人程序，使机器人完成工作任务。CAD 描述一个机械装配工作中包括二个部件的模型并且描述在其中的装配关系，计算可达位置的基本问题是寻路问题，可陈述如下：已知有一部件初始位置，有一目标位置和一组在空间的障碍物。寻找此部件在满足某些碰撞和接触条件下由原始位置到目标位置的连续途径。

美国北卡罗里纳大学 Dwivedi 系统地阐述了当今专用工业机器人设计中的主要工作。机器人能自动操作，有可编程序性质。机器人与计算机控制在企业中工作，能实际工作、实现产品低成本、获得大的收益。工业机器人有三个组成部份：机械单元、功率控制、使用有关的软件。机器人机械元件设计时要进行动力学分析、应力分析和运动学设计，有用关节连接在较大工作空间中活动的抓捕器。设计参量有重量、动作重复性、驱动链大小、驱动马达大小、电气控制器和有关软件。新型的一种电气控制器和软件可以用在不同机器人（不管其外观如何），只要稍加改进就行了。这样，机器人柔性就伸展了。人类在控制器和软件方面的困难远大于从传感器方面带来的好处。机器人工作空间是机器人手臂腕部中心可以达到的地方，可用来评价机器人的性能，工作空间一般与机器人大小成正比。一般机器人（如用于点焊、喷涂和锻造等）有三个转动、三个移动运动共 6 个自由度。有两个运动学计算——直接和反运动学。直接运动学是当给出关节变化以后，确定最终位置和方向。反运动学是给出最终的位置和方向后计算出关节的变化。因为臂长直接影响机器人的动态性能，因之必需优化运动链，一般用计算机作三维图模拟，设计时先根据设计者的经验，然后按空间限制进行设计安排，再建立程序卡以检验其运动。最后，用计算机图象模拟来获得机器人运动学结构，必需将这过程重复多次才能保证适当的设计。大多数工业机器人（如压力机送料机器人的基本构造为 6 个转动关节型，一般第 7 个轴供机器人线性运动。动力源形式（液压、电动、气动或真空）、传感器、运动性质都影响端部作动器设计。一个好的端部作动器要便宜、轻、有握工具的感觉控制和有广泛的应用范围。机器人的动态性能与开动和停止机器人的速度、加速度有关，驱动马达限制了机器人关节的加速度。加速度能反映机器人组合的惯量和刚度。在确定机器人的速度和加速度时要考虑结构设计、元件设计、驱动链设计、控制、精度、重要性和安全装置设计。驱动伺服马达（可以是液压、电动或气动的）直接影响系统动力学和控制。如影响机器人的可靠性和工作性能，好的液压马达使设计者可以获得安全和高的速度和加速度。交流

伺服马达使设计者可获得可靠性和高的加速度/减加速度力矩。马达和伺服阀大小由速度、力矩和流量要求来确定。在驱动链设计中要考虑回隙、刚度、润滑、强度、机械保险、相互补偿、返回驱动能力和轻的重量。高负载的摩擦件如齿轮、谐波传动和滑动轴承特别需要润滑。手臂需用轻元件制造。喷涂机器人所有管、线都必需仔细设计通过手臂的中部以防止喷涂时滴漆和喷漆时管道摆动。

美国麻省理工学院ASADA设计一种直接驱动的机械手。这个创造性设计的机械操作器具有大的驱动力矩，低速马达直接与负载相连。因没有齿轮，每一驱动关节有低摩擦、高机械刚度、无回隙、高速和精确定位、精密力矩控制。所制两个模型一个具有双马达平行驱动、5连杆机构、特殊设计的大力矩无刷电机。其最高速度和最大加速度分别达到10m/s和5g，一个为6杆机构，也是平行驱动。手臂均为碳石墨复合材料制成，其最低手臂自然频率为68Hz。

意大利米兰工学院 Fiorini 研究出一种机电设计 (Mechatronics design) 中的自动识别系统。为设计一个动态系统的控制系统，必须有一个适当描画系统运动的模型。但一般情况是由于物理现象过份复杂，科学规律不适于满足动态系统的描画。在这种情况下就用由经验得来的数据去激励系统并测量其响应。为得到在机电设计中高的生产率，自动识别系统是一个有力的工具，使机电系统在制造过程中有较好的质量和重复性控制。

综上所述，由于第五代计算机的开发和应用，智能 CAD 作为一种国际上崭新的学科出现于科学之林。机械设计学作为举世瞩目机械学的主体带动着各个其他分枝学科迅速前进。