

基于智能制造的机械零部件自动设计系统研究

伍仕林

广汉市金工机械有限公司，四川省德阳市，618300；

摘要：随着新一代信息技术与制造业的深度融合，制造模式正在由传统的“产品驱动”向“数据驱动”转变，数字化、网络化、智能化的制造将成为未来制造业发展的必然趋势。为了加快制造业数字化转型，推动智能制造发展，需要对传统的机械设计流程进行改造，实现从“经验设计”到“智能设计”的转变。基于以上背景，本文提出了一种基于人工智能的机械零部件自动设计系统，将人工智能与机械设计相结合，利用知识工程、机器学习和智能优化算法实现机械零部件设计过程的自动化，实现从“经验设计”到“智能设计”的转变，进而提升机械零部件的性能。

关键词：智能制造；机械零部件；自动设计系统

DOI：10.69979/3060-8767.25.09.065

引言

近年来，随着国家对智能制造的大力支持和政策扶持，智能制造相关技术得到了快速发展，并取得了积极成效，为我国制造业高质量发展提供了有力支撑。作为智能制造的基础和核心，机械零部件设计是产品整个生命周期的起点，因此需要对机械零部件设计流程进行改造。传统机械零部件设计过程主要包括方案设计、结构分析、工艺分析三个阶段，其中方案设计是整个流程的关键环节，其涉及到大量的参数数据，而工艺分析又是方案设计的重要支撑，因此需要借助人工智能技术实现机械零部件的智能化设计。本文主要研究了基于人工智能的机械零部件自动设计系统。

1 机械零部件设计流程及要求

机械零部件设计主要包括方案设计、结构分析和工艺分析三个阶段，其中方案设计是整个流程的关键环节，需要对机械零部件进行详细的功能分析和结构分析，并结合用户需求确定机械零部件的具体功能和性能指标。结构分析是对机械零部件的结构进行分析，并进行强度校核和刚度校核，同时还需要考虑其稳定性、可靠性等因素。工艺分析是对机械零部件加工工艺进行分析，并确定加工方案。为了提高机械零部件设计的效率和质量，需要根据实际情况确定设计方案，并对其中涉及到的参数进行深入分析，结合用户需求确定机械零部件的具体尺寸和材料等^[1]。

2 自动设计系统的构成与分类

根据系统功能要求，该系统由机械零部件设计知识获取模块、机械零部件设计方案生成模块、机械零部件

设计结果输出模块等三部分构成。其中，机械零部件设计知识获取模块主要实现对机械零部件相关知识的存储、管理和查询；机械零部件设计方案生成模块主要通过提取机械零部件相关参数，结合机器学习算法对其进行优化，进而实现机械零部件的智能设计；机械零部件设计结果输出模块主要实现将优化后的方案输出到数据库中，通过调用 CAD 软件实现自动绘制，从而实现方案设计的自动化^[2]。

3 系统整体架构与功能分析

3.1 自动设计系统的总体架构

本系统采用面向对象的软件架构，其由用户交互模块、模型处理模块、数据管理模块、智能算法模块、结果输出模块等五个部分构成，主要实现数据管理和智能算法的功能。其中，模型处理模块主要负责将用户输入的参数化数据转换为代码文件，并通过对代码文件进行解析实现数据的可视化展示；数据管理模块主要实现对代码文件的保存和访问，同时对后续的智能算法进行管理；智能算法模块主要负责将处理后的数据转换为可执行程序，并通过调用机器学习算法实现机械零部件设计的智能化；结果输出模块主要负责将优化后的设计方案输出到数据库中，并通过 CAD 软件进行自动绘制。

3.2 关键技术模块

3.2.1 需求分析与参数采集模块

需求分析是将需求转化为零部件模型的关键步骤，通过对系统各功能模块的分析，系统根据用户的使用场景和使用目的，将系统中的各项功能划分为不同的模块，并对每个模块进行需求分析。在这个过程中，需要通过

软件工程、数据采集、数据分析、可视化等相关技术实现对零部件的参数采集，并将其转化为系统中各个模块需要的零部件模型。通过该模块实现对零部件模型参数的控制，从而保证系统能够高效、稳定地运行。系统需要对客户需求进行分析、处理和管理，同时将客户需求转化为设计参数和设计模型。因此，该模块是实现零件模型自动生成的前提条件^[3]。

3.2.2 智能建模与设计模块

智能建模与设计模块包含：（1）根据产品模型的结构特点，利用神经网络技术构建产品的智能模型，从而实现对产品结构的智能识别，从而提高设计效率；（2）通过对产品结构与材料性能参数的分析，建立起产品模型与材料数据库之间的关系，使用户在产品设计初期就能够了解其材料性能和制造工艺等相关信息，从而缩短产品开发周期；（3）基于人工智能技术对机械零部件的智能设计系统进行分析与优化，建立起基于知识库的智能推理机制，通过对知识模型进行推理、推理结果与知识库中知识的比对等环节来实现对产品设计方案的自动优化。

3.2.3 工艺分析与优化模块

工艺分析与优化模块通过分析设计人员提供的零件数据，识别出零件的加工工序，并给出具体的加工步骤；将加工步骤与刀具路径结合起来，对已有的工艺方案进行优化，选择最优的加工工艺；同时，该模块还支持基于规则的工艺方案自动生成，并能对未生成工艺方案进行评审和优化。此外，在该模块中还可以根据零件数据设置加工参数，对已有工艺方案进行仿真模拟，对新工艺进行评估、验证和优化。最后，该模块在系统运行后会自动生成一份详细的加工方案列表和零件图纸。所有加工工序均在此列表中，通过选择对应的零件进行加工即可得到相应的工艺文件。

3.2.4 数据管理与交互模块

（1）设计过程中的数据管理：CAD数据管理是CAD软件的核心功能之一，是保证CAD设计规范的重要手段。本系统通过建立三维模型文件（SolidWorks等）、工程图和工艺文件的数据库，实现对CAD数据的集中管理。（2）设计人员之间的数据交互：在本系统中，用户与设计师通过网络进行交互。设计师在设计过程中可以随时查询、修改、添加和删除相关零件的信息，并将修改后的设计结果传递给其他设计师，可以利用该数据进行进一步分析和优化，这样有利于保证设计的质量和效率。本系统将用户与设计师之间的交互流程划分为：创建、编辑、保存和发布四个步骤^[4]。

3.3 系统功能与工作流程

（1）用户通过客户端向服务器端发送信息，由服务器端进行数据处理和图形绘制，并将结果返回给用户。（2）服务器端对数据进行处理，通过网络通信发送给客户端。在用户点击“确认”按钮后，系统开始运行并绘制图形，同时向客户端发出更新信息，完成图形的更新。在图3中，绿色方框内是当前设计的图形。（3）客户端接收到更新信息后，对新的图形进行相应的操作和编辑，并将结果发送给服务器端。服务器端收到客户端的操作信息后，根据客户端的需求修改图形并发送给客户。（4）客户根据自己的需求对图形进行相应操作，完成后点击“确认”按钮返回设计结果。

3.4 与智能制造平台的集成方式

智能制造平台可以为机械零部件自动设计系统提供数据和模型，将两者之间的数据交换通过网络进行传输，系统的设计过程将通过网络进行。同时，智能制造平台可以为机械零部件自动设计系统提供接口，实现信息的共享和交换。例如，通过Web服务技术建立一个含有企业资源计划系统、产品数据管理系统等相关信息的数据库，使得用户能够利用智能制造平台提供的接口对这些数据进行查询和修改。同时，通过API技术实现系统与智能制造平台之间的数据交换与共享。通过这些技术，将机械零部件自动设计系统与智能制造平台进行集成，实现二者的无缝连接。

4 核心技术研究与实现方法

4.1 基于人工智能的设计自动化方法

4.1.1 机器学习与知识工程在设计中的应用

机器学习与知识工程的理论基础是人工智能，应用的领域包括计算机视觉、图像处理、语音识别、自然语言处理等，目前研究的热点问题是智能优化问题。将机器学习的方法与知识工程相结合，在机械零部件设计中能大大提高设计效率，缩短设计周期。知识工程是一种使信息技术与人类知识有机结合，充分利用人类在长期的实践中所积累的知识和经验来解决实际问题的一种工程技术。其目标是从大量分散和无序的信息资源中，自动、快速地抽取出隐含于其中的知识和规律，并以一定的方式加以表达。它是以人类知识为基础，以现代信息技术为手段，以计算机科学为支撑。

4.1.2 专家系统与规则推理

专家系统是利用专家的知识和经验，由计算机模拟人类专家的思维过程，进行知识和信息的处理，并对问

题给出综合性解决方案。其工作方式是根据具体的任务和环境，利用知识库中有关知识和经验来推理、判断及决策。专家系统与人工智能其他分支有许多共同之处，如都是以数据库为基础；都需要解决不确定性问题；都是具有模拟人类专家解决复杂问题能力的系统。但专家系统比人工智能其他分支更适合于复杂系统的设计与控制，如基于知识推理的专家系统，它能够更好地适应非线性、不确定、模糊、不精确性等复杂问题。专家系统和规则推理是基于人工智能的设计自动化的关键技术之一^[5]。

4.2 CAD/CAE 自动化建模技术

CAD/CAE 自动化建模技术是指在完成零部件设计的基础上，将设计结果映射为 CAD 模型。设计人员通过人机交互，利用 CAD 系统对零部件进行参数化建模，在完成零部件的几何造型和三维模型之后，通过 CAD 系统提供的二次开发接口，将设计结果映射到计算机中。例如，利用 ANSYS 系统提供的 APDL 语言，将零件几何建模、网格划分等操作集成起来。再例如，利用 ANSYS 系统提供的 APDL 语言和数据库技术，可以实现零件信息的提取和存储、零件库管理、几何模型和有限元模型的建立、零部件的参数化建模、虚拟装配以及分析结果的显示等功能。

4.3 参数化设计与模块化设计策略

参数化设计是以产品结构为基础，利用参数化技术和计算机辅助设计手段，通过参数的改变，来驱动产品设计的一种方法。参数化设计与模块化设计策略是系统设计的关键技术，它是一种针对复杂产品或零部件的自动设计方法。基于功能分析和模块划分的模块化方法，可以减少系统开发的工作量，缩短开发周期，提高开发质量。模块化是一种工程实践中常用的设计方法，它将产品划分为基本单元模块，并根据功能要求和标准选择最佳的基本单元模块组合成一个完整产品。由于模块具有重用性，因此也可大大减少开发工作量、缩短开发周期、提高设计质量和产品的稳定性。

4.4 虚拟仿真与性能预测

该技术主要是通过对产品的参数化建模，并进行虚拟仿真与性能预测，从而完成产品的全生命周期管理，提升了产品设计的智能化程度。该技术主要包括两个方面：一是利用有限元分析软件对产品进行仿真分析，找出产品设计过程中可能出现的问题；二是对产品进行性

能预测，通过试验与仿真的数据对比分析，判断设计方案是否符合实际情况。在系统中，将上述两个方面有机地结合起来，在 CAD 平台上建立产品结构模型及材料库，通过数据库管理系统和数据管理系统的相互配合，实现了对零部件结构设计的参数化、智能化以及性能预测。

4.5 人工智能驱动的工艺优化方法

人工智能（AI）技术在机械设计制造中的应用，目前已取得了较大进展，如基于知识推理、模糊逻辑和专家系统等技术的智能设计方法。但这些方法的研究主要集中在专家系统和计算机仿真技术方面，对人工智能的研究还处于起步阶段。在智能设计过程中，我们以机械零部件自动设计为核心，建立了基于知识推理技术的智能化设计模型与方法，在机械零部件自动设计过程中融入了人工智能技术，利用推理算法和专家系统等对零部件自动设计进行智能决策与优化。在此基础上，通过构建基于知识推理的产品质量预测模型、产品性能预测模型以及优化模型，实现了对产品质量和性能的预测。

5 结语

该系统的核心是将 CAD 与 CAE 集成，它是通过 CAE 技术对零件模型进行仿真分析，辅助设计人员完成产品的设计。该系统能够快速生成产品的三维模型，并实现三维模型的可视化、参数化与自动装配。同时，该系统也能通过对产品进行有限元分析，辅助设计人员完成产品的性能分析与优化。该系统可以帮助机械设计人员更快速地完成产品的开发，提高设计效率，缩短产品开发周期。随着社会的发展与科技的进步，基于智能制造的机械零部件自动设计系统将会在机械零部件行业得到广泛应用，为机械行业智能制造提供了有力支撑。

参考文献

- [1] 金美花. 智能制造在汽车零部件机械加工技术中的应用 [J]. 汽车知识, 2025, 25(09) : 146-148.
- [2] 程文青. 基于深度学习的机械零件点云语义分割和形状拟合的研究 [D]. 电子科技大学, 2025.
- [3] 董军. 数控技术在农业机械自动化制造中的应用 [J]. 中国农机装备, 2025, (03) : 21-23.
- [4] 钟露雅. 青丰智谷：打造“都市型”产业园区 [N]. 台州日报, 2024-08-19(001).
- [5] 黄洪涛, 王伟. 工业重器的“智造”秘诀 [N]. 工人日报, 2022-12-13(006).