

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2018.06.010

基于装配可供性模型的多阶段装配资源匹配研究*

刘 波,姜少飞*,彭 翔,李吉泉

(浙江工业大学 特种装备制造与先进加工技术教育部重点实验室,浙江 杭州 310014)

摘要:针对零部件不同装配阶段对装配资源需求不同的问题,在分析零部件与装配资源的相互关系的基础上,提出了基于装配可供性模型的多阶段装配资源匹配设计方法。首先对零部件进行了装配需求分析,然后建立装配可供性模型和面向装配设计准则约束等分析工具进行了装配前、装配中、装配后3个阶段的装配资源自适应匹配,最后以齿轮和轴的装配为例验证了该方法选择最优装配资源的合理性与有效性。研究表明:运用装配可供性模型可以剔除对装配有消极交互作用的装配资源,选择对装配有促进交互作用的装配资源,从而验证了选择最优装配资源的有效性。

关键词:装配需求;装配可供性;装配资源

中图分类号:TH164

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2018)06-0598-05

Multi-stage assembly resource matching based on assembly affordance model

LIU Bo, JIANG Shao-fei, PENG Xiang, LI Ji-quan

(Key Laboratory of Special Purpose Equipment and Advanced Manufacturing Technology,
Ministry of Education, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)

Abstract: Aiming at the problems that assembly parts had different requirements on assembly resources in different assembly stages, the relationship between parts and assembly resources was analyzed by affordance theory, a matching design method of assembly resources based on assembly affordance model was proposed. Firstly, parts were analyzed by the assembly requirements. Then the assembly resources was matched by the assembly affordance model and design for assembly constraints analysis tools at the before assembly, assembly, after assembly of three stages. Finally, the rationality and effectiveness of selecting assembly resources was proved by the example of the assembly of gear and shaft. The results indicate that the assembly resources of satisfied assembly requirements were analysed by the use of assembly affordance model, which eliminates the assembly resources with negative interaction and choose the assembly resources to promote interaction, thus validating an effective method of select optimal assemblyresources.

Key words: assembly requirements; assembly affordance; assembly resource

0 引 言

零件装配是按照规定的技术要求,将若干个零件接成部件或将若干个零件和部件接成产品的过程。在产品装配过程中,零部件通常需要工装、夹具等装配资源的配合^[1],如果装配资源不到位或者装配资源使用不对,将会直接影响产品装配质量,甚至会增加装配成本和装配周期。因此,装配资源是装配的重要

影响因素之一。

目前,装配资源影响装配的研究主要有:CHEN R S等^[2]以装配周期最小化、装配工作量平均化、装配资源更替次数最小化、机床使用数量最小化等为优化目标,建立了基于装配资源的分层遗传算法,实现装配顺序的智能规划;孙元亮等^[3]提出装配资源影响因子的概念,分析了装配资源对装配序列动态规划的影响;程晖等^[4-5]提出考虑装配资源约束的复杂产品装配顺序规划方法;余剑峰等^[6]提出了一种复杂产品装配顺序

收稿日期:2017-10-08

基金项目:国家自然科学基金资助项目((U1610112);国家重点研发计划项目(2017YFB0603704)

作者简介:刘 波(1992-),男,安徽安庆人,主要从事设计方法学、设计自动化方面的研究。E-mail:1304458281@qq.com

通信联系人:姜少飞,男,博士生导师。E-mail:jsf75@zjut.edu.cn

评价的路径反馈方法,基于集成装配资源的装配顺序建立了面向路径规划的装配过程链模型。以上方法都只是将装配资源作为一种约束进行装配序列规划,而没有具体分析装配资源与装配零部件之间的相互关系,使得装配资源选择具有不确定性,从而影响选择合理的装配资源。

针对上述问题,基于可供性理论,本研究提出借助装配可供性模型的装配资源多阶段匹配设计方法^[7-11]。

1 装配可供性模型

可供性是实体交互作用的产物,在装配系统中实体包括零部件和装配资源,所以装配可供性指某产品在装配工艺操作中,通过零部件与装配资源交互作用产生可供性。

装配可供性分为装配需求可供性和装配附加可供性。装配需求可供性是指零部件实体与装配资源交互作用产生的满足装配需求的可供性;装配附加可供性是指零部件实体与装配资源交互作用产生的除了装配需求可供性外的其他可供性。

装配可供性模型由发生交互作用的零部件、装配资源、交互作用生成的可供性3部分组成。

4种类型的装配可供性模型如图1所示。

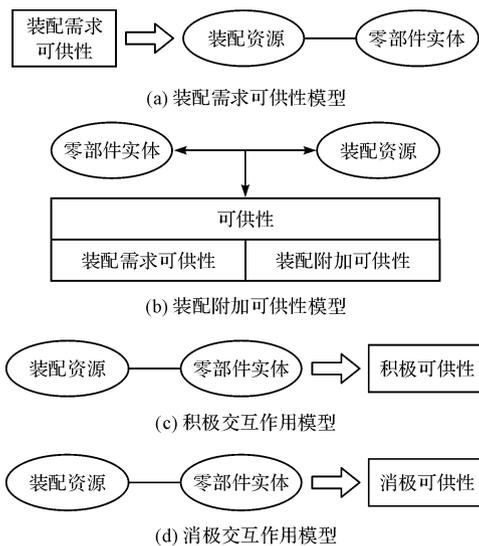


图1 装配可供性模型

(1) 装配需求可供性模型。在确定的装配需求的指导下,零部件实例与装配资源交互作用产生的满足装配需求的交互作用。例如齿轮对外界提出需要移动的需求,而机械手与齿轮交互作用可以满足移动的需求;

(2) 装配附加可供性模型。零部件实体与装配资源交互作用产生多种类型的装配可供性,除了满足装

配需求的可供性交互作用外,还会产生噪声、环保等其他装配附加可供性交互作用;

(3) 积极交互作用模型。零部件实体与装配资源交互作用对装配操作有促进作用,例如装配资源(夹具)对轴的固定交互作用对装配的稳定性有促进作用;

(4) 消极交互作用模型。零部件实体与装配资源交互作用对装配操作有不利的影响,例如装配资源(操作人员)对齿轮移动的交互作用因为使用操作人员可能会产生额外的费用增加了装配成本,所以对装配有不利的影响。

2 多阶段装配资源自适应匹配

2.1 确定装配需求

先确定需要分析的产品对象,再对原产品进行分析,获取组成产品零部件之间的位置关系,确定装配零件信息,包括零件的特征属性及零件之间的配合关系。

一个典型的产品装配工序包括以下关键操作:识别零件、抓起零件、把零件移动到工作台,调整零件并把零件放置到正确的装配位置、零件固定、检测等。不同零部件为了完成上述工序需要对外界提出装配需求。根据装配系统中零部件所处状态将装配需求分为提供零部件移动的装配需求和提供零部件静止的装配需求。

装配需求包含两个方面的信息,分别是装配工序操作和目标零部件的特征(重量、形状、尺寸和厚度等信息)。将上述工序操作分为装配前、装配中和装配后3个阶段,并与上述工序相对应。

装配需求多阶段特点如图2所示。

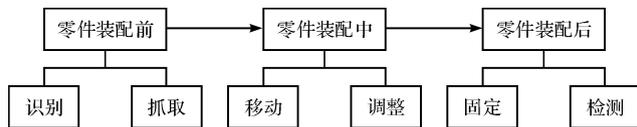


图2 装配需求多阶段特点

2.2 确定满足装配需求的装配资源

在装配过程中,零件为了完成装配目的而对外界提出一种需求,借助装配需求可供性模型分析零部件与装配资源之间的交互作用,进一步得到满足装配需求的装配资源。

满足装配需求的装配资源分析流程如图3所示。

(1) 通过零部件特征和状态改变得到装配需求,然后对装配资源库在装配需求约束条件下选择与装配需求相匹配的装配资源;

(2) 在不同的装配阶段,借助装配需求可供性模型分析零部件与(1)中选出的装配资源之间的可供性

交互作用；

(3)分析(2)中产生的可供性交互作用是否满足装配需求,如果装配资源能够满足零部件装配状态改变的装配需求则进入下一步,如果不满足则进入(2)；

(4)输出多个满足装配需求的装配资源。

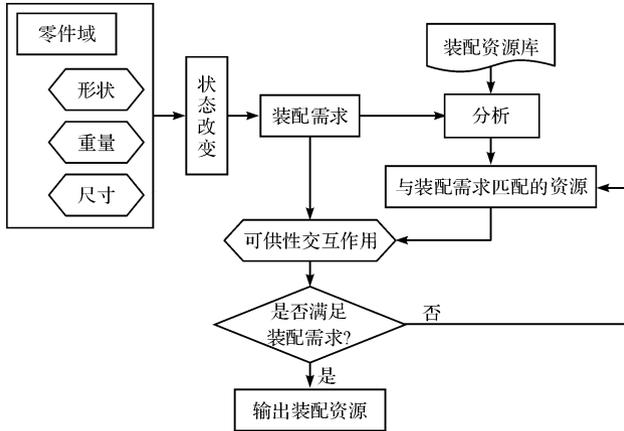


图 3 满足装配需求的装配资源分析流程图

2.3 确定最优装配资源

本研究对满足装配需求的装配资源进一步分析得到装配附加可供性,在面向装配设计准则约束条件下选择最优的装配资源。

面向装配设计准则如图 4 所示。

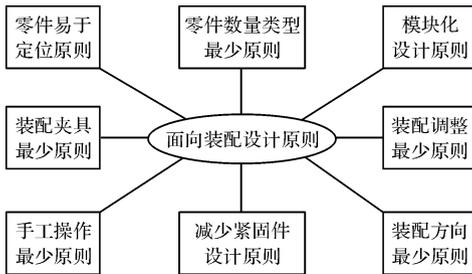


图 4 面向装配设计准则

最优装配资源分析流程图如图 5 所示。

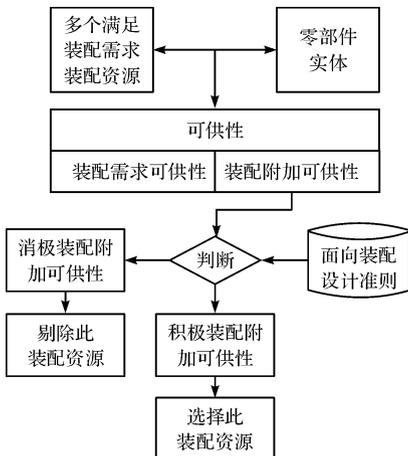


图 5 最优装配资源确定流程

具体为：

(1)对多个满足装配需求的装配资源进行可供性交互作用分析；

(2)将可供性交互作用进行分类,一类是装配需求可供性,另一类是装配附加可供性；

(3)在面向装配设计准则约束下对装配附加可供性进行分析并判断其类别；

(4)如果装配附加可供性交互作用满足面向装配设计准则约束则装配附加可供性是积极可供性,否则产生消极可供性。剔除产生消极装配附加可供性的装配资源,选择产生积极装配附加可供性的装配资源。

3 工程实例

本文以齿轮和轴为例进行基于装配可供性的装配资源自适应匹配设计的验证。

其零件相互关系如图 6 所示。

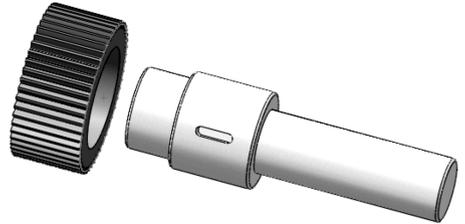


图 6 轴和齿轮装配爆炸图

步骤一:获取齿轮和轴的装配需求,装配需求包含两个方面的信息:零部件特征和装配工艺操作。

齿轮和轴的特征信息如表 1 所示。

表 1 轴和齿轮的特征信息

零件特征	最大尺寸/	重量范围/	形状	最小厚度/
	mm	kg		mm
轴	210	0.5	空心圆柱	40
齿轮	45	0.2	阶梯圆柱	60

齿轮和轴装配中通常是将轴预先固定在装配位置,而齿轮向轴移动而相互配合。

本文具体分析齿轮向轴移动的装配过程,所以轴对外界的装配需求是:固定;齿轮对外界的装配需求是:抓取、移动和固定。

装配具体信息如表 2 所示。

表 2 轴和齿轮的装配需求

零件	装配前	装配中	装配后
轴	固定	固定	固定
齿轮	抓取	移动	固定

步骤二:装配资源需要提供轴固定的可供性交互作用,同时装配资源需要提供齿轮抓取、移动和固定的可供性交互作用。

通过对不同阶段的装配需求,进行图3所示的分析流程可知,满足轴的固定和齿轮的抓取、移动和固定可供性交互作用的装配资源如表3所示。

表3 满足装配需求可供性的装配资源

零件	装配前	装配中	装配后
轴	固定	固定	固定
装配资源	操作人员、夹具、机械手、支撑架		
齿轮	抓取	移动	固定
装配资源	操作人员、机械手、钳子	操作人员、导轨、传送带、机械手	机械手、操作人员、扳手、钳子

步骤三:对上述多个满足装配需求的装配资源做进一步分析,从而确定最合适的装配资源。

在齿轮和轴装配过程中的装配资源(操作人员),虽然能够满足装配需求,但是不满足手工操作最少原则,所以不考虑。

其他装配资源产生的装配附加可供性、是否满足约束以及装配需求最优装配资源的信息如表4所示。

表4 基于装配附加可供性选择最优装配资源

零件	装配阶段	装配资源	装配附加可供性	是否满足约束	最优装配资源
轴	装配前	操作人员	提供人的作用	否	夹具
	装配中	夹具	稳定	是	
	装配后	机械手	可调整	否	
齿轮	装配前	支撑架	占用空间大	否	机械手
	装配前	操作人员	提供人的作用	否	
	装配前	机械手	最少装配资源	是	
	装配中	钳子	不稳定性	否	机械手
		操作人员	提供人的作用	否	
		导轨	需要调整	否	
	装配后	传送带	需要调整	否	机械手
		机械手	最少装配资源	是	
		操作人员	提供人的作用	否	
装配后	机械手	最少装配资源	是	机械手	
	扳手	需要操作人员	否		
	钳子	需要操作人员	否		

笔者以表4中满足齿轮移动需求的装配资源机械手和传送带为例进行详细分析:

传送带。齿轮放置在传送带上,并与传送带进行交互作用产生满足提供移动的装配需求可供性。但是传送带将齿轮移动到指定位置时,还需要另一种装配资源将齿轮抓起并与轴配合装配。这个违反了面向装配设计中装配资源使用最少原则,同时也给装配带来了不必要的麻烦增加了装配时间和成本。所以它们之间产生的装配附加可供性是消极的,故不考虑传送带。

机械手。机械手抓起齿轮,并将齿轮移动到指定的装配位置满足提供移动的装配需求。齿轮与机械手交互作用产生装配附加可供性调整零件的方向,所以

机械手同时可用于装配操作有抓取、移动和固定动作,减少了不同装配工艺更换装配资源的时间,也提高了装配资源的利用率。所以它们之间产生的装配附加可供性是积极的,故选择机械手。

步骤四:通过对最优装配资源分析和评价,可以看出最优装配资源的特点。

具体信息如表5所示。

表5 最优装配资源分析和评价

零件	装配阶段	交互作用	最优装配资源	分析和评价
轴	装配前	固定	夹具	给轴提供固定的同时且保持稳定,而且占用空间小。
	装配中			
	装配后			
齿轮	装配前	抓起	机械手	不同工艺操作都用机械手,减少了更换装配资源的时间,同时也符合装配资源最少原则。
	装配中			
	装配后			

4 结束语

基于装配可供性模型,为了给装配零部件在不同装配阶段选择不同的装配资源,本研究首先分析了零部件的特征属性,然后从装配需求出发,借助装配需求可供性模型,初步选择满足装配需求的装配资源,最后分析满足装配需求的装配资源与零部件的交互作用,并借助装配附加可供性模型在面向装配设计准则约束条件下从满足装配需求的装配资源中选择最合适的装配资源。

本文通过工程实例齿轮与轴的装配过程,验证了基于装配可供性模型为零部件在不同阶段选择装配资源的合理性和有效性。

参考文献(References):

- [1] FAN Yu-qing. Modern aircraft manufacturing technolog[M]. Beijing:Beijing University of Aeronautics & Astronautics Press, 2001.
- [2] CHEN R S, LU K Y, YU S C. A hybrid genetic algorithm approach on multi-objective of assembly planning problem [J]. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, 2002, 15(5):447-457.
- [3] 孙元亮,李原,张杰,等.考虑资源约束的装配序列动态规划方法研究[J].航空制造技术,2014(8):36-41.
- [4] 程晖,李原,余剑峰,等.基于遗传蚁群算法的复杂产品装配顺序规划方法[J].西北工业大学学报,2009,27(1):30-38.
- [5] CHENG H, LI Y, ZHANG K F. Efficient method of assembly sequence planning based on GAAA and optimizing by

assembly path feedback for complex product[J]. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, 2009, 42(11-12):1187-1204.

[6] 余剑峰,程 晖,姚 定,等.复杂产品装配顺序评价的路径反馈方法[J].西北工业大学学报,2009,27(1):24-29.

[7] GIBSON J J. The theory of affordances[C]. The ecological approach to visual perception, Boston: Houghton Mifflin, 1979.

[8] NORMAN D A. The Design of Everyday Things[M]. New York: Basic Books, 2002.

[9] MAIER J R A, FADEL G M. Affordance based design: a

relational theory for design[J]. **Research In Engineering Design**, 2009, 20(1):13-27.

[10] MAIER J R A, FADEL G M. Affordance-based design methods for innovative design, redesign and reverse engineering[J]. **Research in Engineering Design**, 2009, 20(4):225-239.

[11] MAIER J R A. On the computability of affordances as relations[J]. **Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing**, 2015, 29(3):249-256.

[编辑:周昱晨]

本文引用格式:

刘 波,姜少飞,彭 翔,等.基于装配可供性模型的多阶段装配资源匹配研究[J].机电工程,2018,35(6):598-602.

LIU Bo, JIANG Shao-fei, PENG Xiang, et al. Multi-stage assembly resource matching based on assembly affordance model[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2018, 35(6):598-602. 《机电工程》杂志;http://www.meem.com.cn

(上接第 559 页)

从表 3 中可以看出:由于该方案能够对气泡偏斜角度进行计算,跳过了逐步调整繁杂的过程,提高了矫正效率,尤其在大偏斜的情况下速度提升明显。

5 结束语

本文设计的基于深度学习的气泡水平尺工件自动矫正方案,能够检测任意倾斜角度工件图像中的参考线,对光照有良好的鲁棒性,同时提高了工件矫正效率。

本文的工作尚有一些方面需要改进:

(1)本方案中采用了 C/S 网络结构,实现了对单一客户端的实时检测与矫正,未来在实际生产环节中还需对服务端进行改进,使其能对多条流水线采集到的工件图像并行处理,节约硬件成本,提高整体效率;

(2)本文的研究场景中目标只有光照与倾斜角度的变化,虽然在训练样本集总体规模偏小的情况下已取得了不错的检测精度,但是为了更大程度地发挥模型的性能,未来可以考虑扩大训练样本集,或者在保持模型网络特性的前提下精简网络结构,以提升训练效果与计算速度。

参考文献 (References):

[1] 魏 煜,朱善安.最优阈值变换和轮廓跟踪在轮廓检测中的应用[J].计算机工程与应用,2004,40(24):88-90.

[2] 魏 煜,朱善安.图像处理在水平尺标定系统中的应用[J].计算机应用研究,2004,21(12):168-169.

[3] 盛 伟, WANG Qing-guo,朱善安.基于 Canny 边缘检测和加权最小二乘法的气泡水平仪实时检测方法[J].机电工程,2016,33(10):1182-1187.

[4] 喻 婷,朱善安.基于数学形态学的气泡水平尺自动检测系统研究[J].机电工程,2017,34(3):213-218.

[5] REDMON J, DIVVALA S, GIRSHICK R, et al. You only look once: unified, real-time object detection[C]. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Las Vegas: IEEE Computer Society, 2016.

[6] LIU W, ANGUELOV D, ERHAN D, et al. SSD: single shot MultiBoxDetector[J]. Lecture Notes in Computer Science, 2016(9905):21-37.

[7] REN S, HE K, GIRSHICK R, et al. Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region proposal networks[J]. **IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence**, 2015, 39(6):1137.

[8] REDMON J, FARHADI A. Yolo9000: Better, faster, stronger[C]. IEEE Conference On Computer Vision and Pattern Recognition, Honolulu: IEEE, 2017.

[9] 郭斯羽,翟文娟,唐 求,等.结合 Hough 变换与改进最小二乘法的直线检测[J].计算机学报,2012,39(4):196-200.

[10] MATAS J, GALAMBOS C, KITTLER J. Progressive Probabilistic Hough Transform[C]. British Machine Vision Conference 1998, Southampton: DBLP, 1998.

[编辑:张 豪]