

互配零件机器人装配作业的几个关键问题

刘桂雄 李绣峰 谢存禧 李玩雪
(华南理工大学机电工程系 广州 510641)

摘要 以互配零件的机器人装配作业为例,重点从装配误差与互配零件间隙的分析、互配零件相对位置的检测与控制及柔顺装置的设计与应用等三方面装配关键技术问题的国内外研究现状进行介绍和论述,并预测其技术发展和应用的新趋势。

关键词 互配零件 装配机器人 装配关键技术

1 引言

零件装配可由抓取指定零件、将零件放到装配支架或工作台上、与所需零件互配和回复到抓取零件的位置等几个主要过程组成。这些装配过程复杂,从事装配作业的劳动力占据了整个制造过程中劳动力相当大比例,实现零件的自动装配具有重大的实际意义。基于上述对装配过程的划分,自动装配的实现就需要在零件获取、零件处理、零件定位和零件互配等方面实现自动化,然而每一个自动化过程又都将在特定的条件下进行。例如零件的获取和处理在很大程度上受处理装置的定位精度和零件初始位置的一致性等问题的约束;零件在所需装配位置上的放置和零件互配过程一方面受到定位装置的影响,另一方面还与零件的性能(如间隙和几何形状等)有关。这些约束条件对精密零件的互配和需经常更换模型的装配系统来说是非常苛刻的,这类装配系统必须具有适应环境变化的能力,即需要具有柔性自动装配的特点和功能。

近年来,虽然工业机器人在许多制造过程(如喷漆、焊接等)中得到了广泛应用,但由于它们定位精度低,从而限制了它们在某些精度要求高的自动装配作业(很大一部分装配过程需要较高的定位精度和位姿精度)中的应用。当今的工业机器人虽然在动态特性和控制策略上有所改进,但若以开环方式进行控制,则还不能胜任许多装配任务的需要;对于互配零件(mating parts)装配若存在着很小的位置或角度偏差就会产生巨大的装配阻力,使装配难于进行,甚至会损坏机器人或零件。为了解决该问题,就必须对装配任务、装配特性、装配误差的来源以及位置误差的补偿等问题作深入的分析和研究,设法在互配零件装配前消除或减小误差。本文将以十二种最常见装配任务^[1]之一的螺钉等互配零件装配为例,对装配误差与互配零件间隙的分析、互配零件相对位置的检测与控制及柔顺装置的设计与应用等三方面装配关键技术问题进

行介绍,解决这些关键技术问题将保证机器人的互配零件装配的顺利实现。

2 装配误差与互配零件间隙的分析^[1~7]

2.1 互配零件装配系统的误差来源

互配零件装配系统主要由负责零件的传送、装配机械部分和负责协调系统的动作及处理信息的控制部分组成,并且系统中的定位误差主要来源于机械部分。它包括了机器人与输送线安装的相对位置误差,机器人的位姿准确度和重复性,机器人末端法兰、可变柔性手腕(VCW)、外部传感器测头及夹持器各接口间的安装误差,夹持器手爪的安装中心位置误差及手爪自身对中重复度误差,互配零件的制造误差,工作台及夹具的定位误差等等。除了由于机械系统造成的定位误差外,实际环境中还有许多随机的不确定因素和噪声从本质上降低传统控制方法的性能,影响控制系统的操作。这些不确定性和噪声的主要来源包括:传感器系统的误差和噪声,运动命令的执行误差,机械手抓取零件运动的不确定性和由于机械柔性装置(如RCC)增加了位置控制的不确定性等等。

考虑到上述的存在误差和不确定性,在设计互配零件时需考虑零件的公差及配合面的几何因素,使互配零件间有一定间隙,以满足互配零件的功能性、互换性及装配过程的快速性等要求。对于如何确定互配零件配合面间的间隙及方法,在下面的内容内容将做进一步介绍。

2.2 确定互配零件配合面间间隙的常用方法^[1~7]

本文所指的间隙是指两互配件间可自由移动的空间,它用以补偿误差直接影响到互配件的可装配性。目前常见的几种确定互配零件间间隙的方法如下:

2.2.1 基于尺寸公差和形位公差的计算方法^[2~4]

基于尺寸公差和形位公差的计算方法^[2]是通过认为在多环节的装配系统中,各个环节都有相应的位置误差和尺寸误差,它们可用体积来表示;各环节的误差体积通过坐标变换可传递到某具体装配作业的坐标系中,产生该装配作业的总体累积误差;通过总体累积误差与间隙的比较,即可判定该装配环节的装配作业是否可行。该基于误差传递的可装配性评价方法,在计算累积误差时,用到了椭圆评价方法,使评价过程简单易行。

尽管公差传递在装配规划中起着重要作用,实际中的公差传递和误差积累可以导致装配无法进行,但可能是由于人们对该问题的认识不够,目前对基于公差传递的装配性评价的研究还不多^[2~4]。

2.2.2 基于互配零件配合面几何形状特征抽取的碰撞试探法^[1]

基于互配零件配合面几何形状特征抽取的碰撞试探法是通过确定两物体是否碰撞或分离来决定机器人装配作业的可行性的。互配零件配合面几何形状可近似为多棱体的模型,而对于多棱体的模型而言,常用方法是借助于计算两棱体棱与棱之间的距离来判断两棱体是否发生碰撞。M. C. Lin, D. Manocha, M. Ponangi等学者^[1]中提出了一种用于确定动态环境中的多棱体间的穿透和接触情况的运算方法,它应用了扫描和剪裁的动态技巧,在检验多棱体凸棱间的接触时,在保证检验结果正确性的前题下,使试探性检验次数大大减少。

文献^[1]报道了将该方法成功地应用到旋螺钉入螺纹孔装配过程的模拟中,首先根据螺纹副的允许误差对螺钉和螺母的牙进行等多边形近似,利用螺钉及螺母的多边形牙的碰撞接触试探性检验,最终就可获得旋螺钉入螺纹孔装配的最大允许偏角误差和位置偏离误差。

2.2.3 基于动力学平衡方程计算最大允许偏差范围的方法^[5-7]

该方法应用动力学平衡方程以求得零件在相互接触时接触力大小, 在给定装配力的条件下, 通过研究机器人与其环境间的相互关系, 进一步规划出具有最大装配能力的机器人运动轨迹, 最终计算并确定机器人与其环境间所允许的最大位置误差和角度偏差的方法。

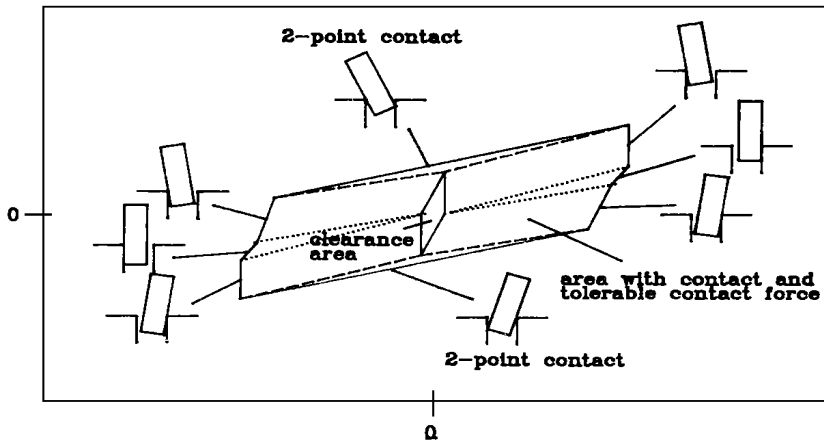


Fig 1 Tolerance area for peg-in-hole task

M. Shahinpoor, H. Zohoor 等学者^[5]对插轴入孔的装配问题所存在的六种典型工况进行动力学分析, 给出了动力学平衡方程, 根据该平衡方程对动态移动轨迹进行优化, 可使计算机辅助的动态插轴入孔装配过程顺利完成。文献[6]把该方法应用于插轴入孔问题, 列举了轴与孔不同位置接触时的动力学方程, 给出了在给定最大装配力下的允许误差区域(见图1), 图中点划线表示当力增加时允的最大装配许误差区域的变化情况, 横坐标为允许位置偏差, 纵坐标为允许角度偏差, 位于区域内的点表示这时装配力小于最大装配力。

考虑到接触面的几何形状有所改变时, 装配作业的可装配性会发生很大变化, 相应这时计算互配件间的间隙也不同。在文献[7]中M. E. Caine 对于插轴入孔问题指出, 轴端和孔顶部的倒角及其形状对装配的阻塞和卡死起着至关重要的作用, 一般来说, 轴端的倒角对装配作业的影响比孔顶部的倒角要大而且通过合理的设计轴孔的倒角角度和轴孔的端部过渡曲面都可有效地改善插轴入孔装配作业的可装配性。

3 位置检测及控制技术^[8-29]

目前装配机器人还未能满足装配作业(如插轴入孔、旋螺钉入螺纹孔等)需要的主要原因是缺乏对装配对象的位置进行有效地检测或检测的精度不够, 从而无法消除实际操作中装配件间的相对位置误差。因此, 装配机器人利用外部传感器对操作对象进行位置检测进而控制和调整互配零件的相对位置是扩大其适用范围的有效途径。同时, 在装配机器人中提高传感器性能和应用多传感器信息集成与融合技术将是装配机器人控制及应用的一个主要努力方向。

3.1 基于力反馈的位置控制^[8-13]

基于力反馈的位置控制方法应用于互配零件装配过程(如插轴入孔)的操作中, 接触力不是被控对象而被认为是机械手末端执行器相对于环境的实际位置的信息源, 通过力反馈来调整其相对位置以提高互配零件在约束环境中的定位精度。国内外学者对该技术研究作了大量

工作, J. K. Salisbury^[8]提出了基于笛卡尔空间中的主动刚度控制方案; 我国黄心汉教授等学者^[9]在插轴入孔的寻孔问题上采用检测轴向力信息对机器人进行直接坐标的位置控制, 从而调整互配零件的位置以达到减小装配力的目的; J. M. Tao, J. Y. S. Luh 等^[10]在将运动中的螺母装到运动中的螺栓的应用中通过检测力/力矩来改变机器人的轨迹, 以实现位置控制; S. Lakmal^[11]用基于电容测量的力矩传感器控制和调整电动螺丝刀装置的螺钉装配过程。

基于力传感器的位置调整在插轴入孔的问题上中具有良好的效果, 但由于这种调整往往需要经过多次力传感反馈和位置调整过程, 从而大大影响了装配速度, 而且由于它不可避免的具有接触或发生碰撞, 文献[12][13]中介绍了通过解决好装配件在接触前后之间的过渡问题, 减少或以至避免严重碰撞, 进而降低对装配速度的影响, 对于在装配过程中不允许有调整阶段的装配作业(如旋螺钉入螺纹孔), 必须在装配前借助外部传感器调整好互配零件间的相对位置, 因此需寻求其他途径来解决互配零件间位置偏差的调整问题。

3.2 基于非接触式外部传感器的位置控制^[14~26]

3.2.1 基于视觉传感器的位置控制^[14~22]

基于视觉传感器的位置控制是借助于视觉传感器可以提供了认识位置和方位的能力, 以指导最后的插入过程。基于视觉机器人装配系统的控制策略可划分为: 看—移动策略^[14~15], 即看—移动策略(采用开环控制策略), 根据视觉信息来获取所需装配零件的参考位置数据, 该策略的可靠性取决于视觉传感的精度和机器人的机械定位精度; 看—移动—触动策略^[16~17], 该种策略与前一种策略很相似, 只是使用了附加的触觉传感器或特殊的末端执行器用于最后的插入过程, 这些附加装置用于补偿视觉系统的误差和机器人的定位误差; 视觉伺服(亦称为适应视觉伺服控制)^[18~19], 在系统中零件的位置和中心事先存贮起来, 当接近插入位置时, 视觉系统开始检测装配的位置并指导机械手手腕或工作台作相应的调整和控制直到对心为止。

目前国内外有很多该技术的完善发展和应用的报道, 例如文献[20]提出基于视觉传感器的位置调整方法, 通过建立以注视点为中心的相对坐标系, 对装配件之间的相对位置关系进行测量, 测量结果具有相对的稳定性, 其精度不与摄象机的位置相关; J. Ishikawa, K. Kosuge^[21]等建立了一个虚拟的内部模型, 该模型能根据环境的变化对规划的机器人运动轨迹作修正, 该虚拟内部模型中用到了力和视觉传感器对装配错误进行调整, 成功地实现了规定范围内不确定位置螺纹孔的旋螺钉入螺纹孔的装配; 文献[22]利用主动视觉的方法, 完全依靠视觉测量, 以力觉作为阻塞报警, 经过 2-4 次调整可完成空间任意斜面具有一定间隙的插轴入孔的装配操作。K. Masayuki, O. Koji, T. Nuiro, I. Koji 等^[13]在插轴入孔的问题上, 用二维 PSD 传感器来实时检测孔的中心位置及其所在平面的倾斜角度, PSD 上成象中心即为检测孔的中心, 当孔倾斜时, PSD 上所成的象为椭圆, 通过与正常没有倾斜的孔所成图象的比较就可获得所检测孔所在平面的倾斜度。由于视觉传感器需要对数据进行复杂的处理, 耗费时间较长, 所以很难适应典型的工业装配生产节拍的需要。

3.2.2 基于接近觉的位置控制^[23~26]

国内外对接近觉传感器的研究, 根据其传感测试的目标, 主要在三个方向展开: 单纯为距离传感型、单纯为方位传感型和距离方位复合型(位姿形), 其中对距离的接近觉传感器研究较多。装配作业需要检测机械手末端执行器与环境的位姿, 因此, 应用较多的是位姿型接近觉传

感器。位姿型接近觉传感器主要有超声波式和光电式两种, 由于超声波式传感器体积大、近距离测量精度低, 主要用于远距离测量, 所以不太适合于机器人的装配作业中应用。

光电式接近觉传感器具有测量速度快、抗干扰能力强、测量点小、使用范围广等优点, 在各种类型的接近觉传感器中占有重要地位。文献[23]分析由视觉引起的装配过程中的零件抓取点的位姿误差的基础上, 构造了一个运用光电开关检测零件位姿的检测装置, 通过软硬件相结合的方法实现了零件位姿误差的实时校正与补偿。文献[24]利用光电开关, 配合机器人的高精度, 采用中断技术, 对零件位姿误差动态在线检测与补偿, 从而实现了 3TB 44 型继电器触片的快速装配。E. Paulos, J. Canny^[25]用几个非常简单、价格便宜、精度高的光学传感器, 实现插轴入孔的自校准策略, 该策略的核心是用移动传感器来检测孔的位置, 而用固定的传感器检测移动传感器的位置, 其插轴入孔的装配过程非常快, 装配时间主要花费在抓和放操作间的运动上。光电开关不需对信号进行复杂处理, 从而具有快速性的优点, 只能适用于结构化的场合, 并且往往需要用二个以上的传感器来完成机器人装配作业的位姿(距离和方位的信息)检测^[25]。文献[26]设计的一种独特结构的光纤接近觉传感器集四个光纤检测头为一体能较好地同时实现距离和方位的测量。

3.3 基于模式识别的位置控制^[27]

基于模式识别的位置控制方法是将装配过程的各种可能出现的工况划分为若干离散的事件, 每一离散事件反映相应的几何约束和接触状况, 通过传感器对离散事件进行模式识别和反馈, 确定相应的控制模式, 然后在模式内实现该模式的位置控制, 图 2 给出了离散时间控制的一般结构。

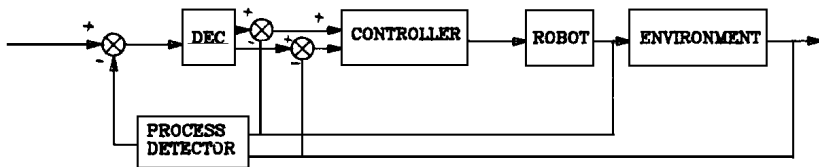


Fig. 2 The general structure of discrete event control

文献[27]应用模式识别原理对六维力传感器在插轴入孔装配过程中获得的力信息进行学习和识别, 在建立轴位置与力信息的映象关系后, 采用力-位置混合控制方法, 实现了可编程的机器人装配作业。

3.4 随机搜索位置调整^[28, 29]

对于精密装配, 若要实现机器人对互配零件间进行精确定位, 则对整个机器人装配系统的要求太高。为此, F. Badano, M. Betemps 等^[28]提出模拟人手的试探装配过程, 利用虚随机二元信

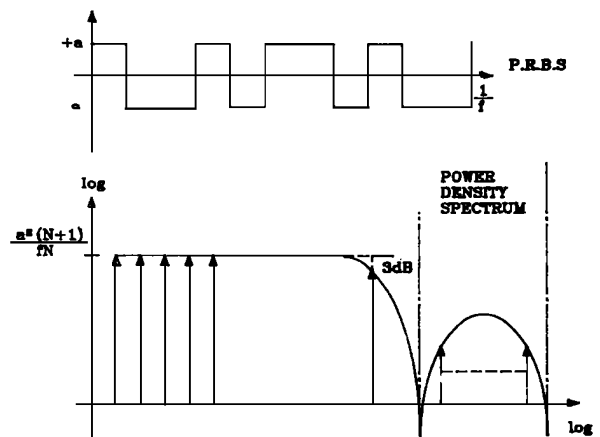


Fig. 3 Pseudorandom binary sequence

号(PRBS)产生机械手的随机平面运动,边试探边调整,从而实现精密插轴入孔装配(直径为 $\varnothing 2\text{mm}$,间隙为 0.015mm 的插轴入孔装配)的最终精确位置的搜索和调整,图3是PRBS的生成简图。Hongler, F. Badano 等通过理论和实验论证了在规定区域内利用PRBS进行扫描,只要PRBS的参数选择适当,在规定搜索范围内具有密度相当高的扫描路径,从而保证精密插轴入孔的装配顺利完成^[29]。

4 装配过程的柔顺装置^[30~36]

良好的柔顺装置在一定的范围内能较好地补偿机器人末端执行器的位置误差,有利于装配作业的顺利进行,并减小甚至消除互配零件间的相互碰撞。常见的机器人柔顺装置有远顺应中心装置(RCC)和磁悬浮装置。

4.1 远顺应中心装置^[30~35]

RCC装置^[30~31]是专为具有倒角的插轴入孔的装配问题而设计的,已多次被许多学者所采纳并很好地解决了插轴入孔的问题^[32~35]。它能在系统要求不高的情况下实现小位置偏差的调整,轴孔间的角度及位置允许偏差的大小须视轴孔间的间隙而定,一般地,对于轴孔间间隙为 0.01mm 时,RCC允许轴孔间的确位置偏差为 1mm ,角度偏差为 2° 。它的主要优点是:调整时间短;由于没有使用任何传感器,不需要复杂的系统去进行计算和信息处理。主要缺点是:位置偏差的调整范围受轴、孔倒角的限制,只适合于高速、精密定位精度的插入过程;插入力与初始偏差及间隙/孔径比相关,从而不是一个恒定值;对变工作环境的适应性差,由于弹性装置在重力的作用下会变形,从而使除垂直向下以外方向的插入装配变得更加困难;在非约束运动的情况下,其柔性使机械手位置控制精度变差。

4.2 磁悬浮装置^[36]

M. Tsuda, T. Higuchi^[36]等介绍了一种用于柔性自动装配的磁力悬浮装置(MEISTER),与之配套的是一套磁力控制系统以实现MEISTER的5自由度的控制,图4是MEISTER的结构简图。MEISTER被安装在机器人手腕和末端执行器之间,用磁力而不需任何机械接触对末端执行器进行悬浮和控制。这种没有摩擦力和反向调整间隙的装置能进行多自由度的精密控制并使MEISTER具有以下三种特性:适从性由程序控制,即末端执行器的适从性和支撑粘度阻尼可由软件对磁力进行调节;能执行精确的多自由度运动,即末端执行器的位姿可通过改变磁力来实现无摩擦和无反向调整间隙的精密控制;进行多自由度的力传感,即不需外部传感器,从力平衡方程即能计算出施加在末端执行器上的力和力矩。

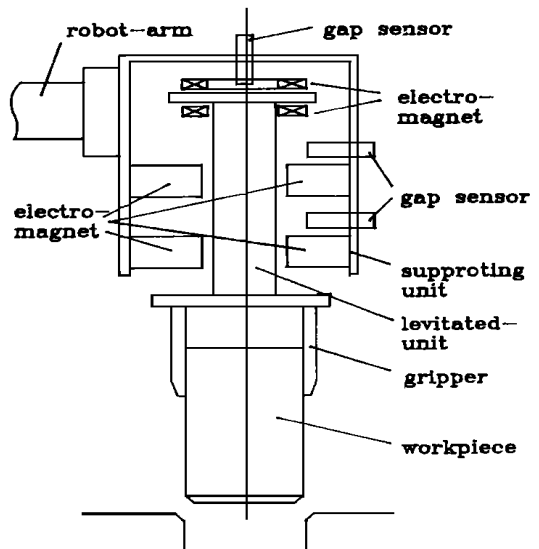


Fig 4 The structure of MEISTER

基于上述这三种独特的性能,MEISTER 能被用作先进的主动RCC 装置,对互配件间的微小位置偏差($1-10\mu\text{m}$)进行调整,能在5个自由度方向对零件施加0.04N和0.001NM的调整力和力矩,能按RCC装配方法、理想的RCC方法(顺应中心位于孔的入口处从而对力、力矩的适从性更强)和浮动方法实现间隙/孔径比为0.0004的自动高精度插入装配作业。

5 结 束 语

上面笔者是按分解成的重点技术单元来介绍的,实际上在互配零件的装配作业中这些关键问题又是紧密联系的。从总的技术发展来看,由于有关的理论基础较成熟,基于公差传递的互配零件的可装配性评价的研究方法将会有快速的发展和运用,对于互配零件相对位置的检测的研究重点将应放在非接触式位姿传感器的研究和应用上,在设计和使用柔顺装置时将充分考虑柔顺装置的特性和控制的要求(如磁悬浮装置)。

参 考 文 献

- 1 Lin M C, Manocha D, Ponamgi M. Fast algorithms for penetration and contact determination between non-convex polyhedral models. IEEE International Conference on Robotics and Automation, 1995: 2707 ~ 2712
- 2 Lee S, Yi C. Assemblability evaluation based on tolerance propagation. IEEE International Conference on Robotics and Automation, 1995: 1593~ 1598
- 3 Shaon D, Gossard D, Ulrich K, Fitzpatrick D. Representing geometric variation in complex structure assemblies on CAD systems. Advanced in Design Automation, ASME 2, 1992, DE 44- 2: 121~ 132
- 4 Whitney D E, Gilbert O L. Representation of geometric variations using matrix transforms for statistical tolerance analysis in assemblies. 1993 IEEE International Conference on Robotics and Automation, 1993: 314~ 321
- 5 Shahinpoor M, Zohoor H. A analysis of dynamic insertion type assembly for manufacturing automation. Proc of the 1991 IEEE Int Conf On Robotics and Automation, Apr 1991: 2458~ 2464
- 6 Steinle J, Wapenhans H, Pfeiffer F. Planning and sensitivity analysis of automated assembly processes with robots. IEEE International Conference on Robotics and Automation, 1995: 2003~ 2008
- 7 Caine M E. The effect of part shape on planar insertion operations. The 1990 ASME Design Technical Conf - 2nd Conf In Flexible Assembly system, 1990: 133~ 138
- 8 Salisbury J K. Active stiffness control of a manipulator in cartesian coordinates. Proc 19th IEEE Conf Decision Control, Albuquerque, New Mexico, 1980: 769~ 781
- 9 王军,袁军,黄心汉.基于轴向力的寻孔策略研究.机器人,1996,18(1): 11~ 15
- 10 Tao J M, Luh J Y S. Compliant coordination control of two moving industrial robots. IEEE Transactions on Robotics and Automation, Jun 1990: 322~ 330
- 11 Lakmal S. On the use of mechatronics for intelligent screw insertions. Proc 1996 IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, Nov 1996: 193~ 198
- 12 Qiao H, Dalay B S, Knight J. Robotic assembly operation strategy investigation without force sensor through the research on contact point location and range of peg movement. Proc Inst Mech Eng, Part

- B, *J Eng Manuf*, V 210 n B 5, 1996: 471~ 465
- 13 Masayuki K, Koji O, Nubo T, Koji I. Hole position and inclination sensor with 2 dimensional PSD, and its application to automatic shaft inserting. *IEEE International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems*, 1996: 78~ 85
- 14 Murai T, A sano T, Kaw ana T. Automatic insertion of electronic components by optical detection of lead positions. *4th Int Conf On Assembly Automation*, 1983: 390~ 399
- 15 A sano T, Maeda S, Murai T. Vision system aligns lead for automatic component insertion. *Assembly Automation*, Feb 1983: 32~ 35
- 16 Baird H S, Lurie M. Precise robotic assembly using vision in the hand. *3rd Int Conf On Robot Vision # & Sensory Control*, Cambridge, U SA, 1983: 533~ 539
- 17 Shivarov N, Geortchev V, Zahatiev R, Tomov K, Belov K. Using coordinated visual and force feedback to control an assembly robot. *4th Int Conf On Assembly Automation*, 1983: 145~ 157
- 18 Sanderson A C, Perry G. Sensor-based robotic assembly system: research and applications in electronic manufacturing. *Proc IEEE* 71, No. 7, 1983: 856~ 871
- 19 Hill J J, Burgess D C, Pugh A. The vision-guided assembly of high-power semiconductor diodes. *Proc 14th Int Symp On Industrial Robots*, Gothenburg, Sweden, 1984: 119~ 460
- 20 Lee B R, Ro P I. Path finding and grasp planning for robotic assembly. *Robotica*, 1994, 12: : 353~ 360
- 21 Ishikawa J, Kosuge K. Intelligent control of assembling robot using vision sensor. *Proc 1990, IEEE international Conference on Robot and Automation*, 1990: 1904~ 1090
- 22 聂小春, 徐文立, 石宗英. 一种主动视觉插轴入孔方法. *机器人*, 1995(3): 72~ 77
- 23 汪晓钢, 钱文瀚. 机器人装配过程的在线位姿检测与校正. *机械设计与研究*, 1993, (4): 22~ 24
- 24 汪澄清, 赵锡芳等. 柔性装配单元的零件位姿误差补偿方法. *机械与电子*, 1996, 6: 3~ 4
- 25 Pauls E, Canny J. Accurate insertion strategies using simple optical sensors. *Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation pt2*, 1994: 1656~ 1662
- 26 刘桂雄, 郑时雄, 魏永纲. 一种新颖的光纤接近觉传感器的结构及数学模型. *控制理论与应用*, 1996, 13(1)
- 27 刘文瑛, 胡文锋. 应用模式识别进行轴孔的机器人装配. *上海交通大学学报* 1994, 28(5): 126~ 132
- 28 Badano F, Betemps M, Redarce T, Jutard A. Robotic assembly by slight random movements. *Robotica* 1991, 9: 23~ 29
- 29 Hongler M, Badano F, Betemps M, Jutard A. A random exploration approach for automatic chamferless insertion. *The International Journal of Robotics Research*, 1995, 14(2): 161- 173
- 30 Watson P. Remote center compliance. *US Patent 4098001*, Jul 4, 1978
- 31 Whitney D. *Handbook of industrial robotics*. New York, John Wiley & Sons, 1084~ 1116
- 32 DeFazio T L. Deformable remote center compliance unit. *US Patent 4276697*, Jul 6, 1982
- 33 Nevins J L. Folded remote center compliance device. *US Patent 4355469*, Oct 26, 1982
- 34 Whitley D E. Damped remote center compliance device. *US Patent 4379363*, Apr 12, 1983
- 35 Jutard A, Redarce T, Fakria A, Betemps M. Geometric model of the DCR-LA I compliant device. *Robotica*, 1989, 7: 151~ 157
- 36 Tsuda M, Higuchi T. Magnetic levitation servo for flexible assembly automation. *The International Journal of Robotics Research*, 1992, 11(4): 329~ 345

Several Key Problems on the Assembly of Mating Parts with Robots

LU I Gui-Xiong, L I Xiu-Feng, X IE Cun-Xi, L I Wan-Xue
(Dept. of Mechatronic Engineering,
South China University of Technology, Guangzhou 510641)

Abstract

This paper studies the assemblies of mating parts with robots as examples to introduce and discuss the current stage and development of the three aspects of the key technologies on robotic assembly. The three aspects are the analysis of assembly tolerance and the clearance of mating parts, the test and control of the relative position of the mating parts, and the design and application of flexible devices. In the end, the prediction of the new trends on the development and application of these technologies is presented.

Key words: Mating parts, Assembly robots, Key technologies on assembly

刘桂雄 男, 1968年10月生, 广东揭阳市人, 1990年毕业于重庆大学光电精密仪器专业(5年制), 1995年5月在重庆大学光机所获精密仪器及机械专业工学博士学位, 现为华南理工大学机电工程系副教授, 全国工业机器人标准化委员会委员。目前主持包括两项国家自然科学基金(5905022)(69785010)和多项省市重点攻关项目, 在国内外发表学术论文40余篇, 指导硕士生2名, 协助指导博士生3名。现在研究领域为机器人技术及制造自动化、光电检测技术。