柔性制造与组合夹具

烟台市华北模具有限公司 （山东 264000） 刘 伟

夹具随着机床诞生的那一天起，作为机床的附件便紧密地在机械加工中，随着其他工艺装备在应用中不断的演变和发展。时至今日的组合夹具业已成为不仅单指只具“积木原理”概念的夹具，而是在现代化机械制造理念的指导下，赋予了更深刻的内涵。“结构多变的积木式夹具”的传统优势，正在被业内人们追求为“具有其柔性化的、更快捷、更简练的一种工艺装备”。

“积木式的原理”未变，夹具的结构发生变化。多种元件叠加组合，使其结构达到多变的积木式组合夹具发展到更强调功能结构“部件化”、“柔性化”的组合夹具，这就是组合夹具的发展过程的取向。

而这一发展过程亦为机械制造业从传统的机械制造理念发展到如今的现代化制造理念的一个跨越式的过程。

1. 从传统的机械加工到现代机械加工，夹具总体概念发生了巨大的变化

在昔日的机械产品生产中，传统生产组建形式为“分离体制”，如今的现代机械加工的主要设备是数控机床（NC）和数控加工中心机床（FMC）以及柔性制造系统（FMS）。其生产的组建形式是“集成体制”，这就决定了组合夹具的发展亦要遵循机床发展的方向并必须从原来的比较独立的“夹具角色”回归到与之相适应的“机床附件角色”。

在现代化的机械制造中其采用的数控加工中心（FMC）、柔性制造系统（FMS），使被加工零件的各结构要素的尺寸由机床来获取和保证。而在传统机械制造中，采用的是普通机床即单工序生产单元，被加工零件的各结构要素的位置尺寸则几乎全由夹具来获取和保证。换句话说，在现代加工中，刀具与工件的位置关系是由机床自动确定和保证的，只要夹具能把工件精确地载入机床坐标系中，保证工件在机床坐标系中位置的已知性，夹具只完成定位与夹紧任务；然而，在传统加工中，除了工件与机床坐标轴的相对位置由夹具保证外，工件与刀具相对位置亦须由夹具保证。因此，从传统制造到现代制造，夹具亦“由繁化简”，这不单是指在夹具结构上如此，在夹具的功能上亦为所然。

但是，现代机床同普通机床在效能乃至停机费用上的巨大差异，这就使得夹具在扩展“装夹容量”不同于普通机床夹具。

普通机床的传统加工中，往往是一台机床干一道工序；一道工序用一套夹具，一套夹具若采用组合夹具，则在组合夹具上用一块或多块基础板组成的一个“基础板”；一道工序零件加工完成后，停机装卸工件，待一批工件加工完之后再更换夹具，不存在着夹具同机床的反复快速对位，只存在着工件与夹具的反复快速定位。人们追求的亦只是这一环节上的效率。

柔性制造技术的先进性在于追求整个产品制造过程中的生产效率的提高。柔性制造技术的理念促使与之相匹配的夹具从概念上已发生变化，故在现代柔性制造技术中，往往是一次装夹完成多个工序的加工，而且是多个夹具“共用一块基础板”。当一些夹具处在加工位置的同时，另一些夹具在装卸工件或机外装卸工件，甚至还有些夹具在传输系统中周转，一旦处在加工位置的工件全部加工完毕，就把装好工件的夹具整体地交换进加工位置，有时需要夹具与机床或托板反复快速的定位。因此，从传统加工到现代加工，夹具由只与工件的单一一道加工工序相对发展到夹具必须和工件的整个加工过程相对接；夹具结构形式亦从单一夹具基础板发展到“公共夹具基础板”。夹具要实现最大化的装夹容量并最大限度地实现加工过程的工序步骤的组合，并能快速地形成与产品生产相匹配的夹具系统，在此基础上实现对中小批量乃至大批量生产上的夹具柔性化。

我们知道传统的组合夹具以其积木式的原理，通过各类元件间的叠加组合形成各类夹具的基本结构，并且通过对各类导向元件的精心调整，以达到符合加工零件的图样要求。各种复杂的组合镗夹具、钻夹具、车夹具等，组合夹具均能组合出巧妙的夹具结构，可以说组合夹具在普通机加设备中，它以结构万变适应于产品试制和单件小批量生产，而在传统的机械制造中发挥了重要的作用。

但是现代的柔性制造技术所带来的对相应传统

工艺装备的冲击，使得传统组合夹具已不能适应其要求，过去的上百个品种成千个规格，形成一个繁杂的元件系统，致使其组装技术复杂化；组装刚度的薄弱，使其难以承受现代化机床的重切削力，一些元件的结构特点已不适应现代化机床上的使用，它到了必须"改头换面"甚至是必须彻底地革新，才能适应当今柔性数控加工机床的需要。于是，新一代柔性组合夹具在传统组合夹具的基础上产生。

柔性数控机床用基础板的出现，就是基于"公共夹具基础板"的概念而发展起来的，并且很容易地得以实现。在新型基础板上，不论槽系组合夹具还是孔系组合夹具，以其网状分布的槽或孔均可实现对多个加工零件的定位。柔性组合夹具实现了最大的装夹容量，夹具能够快速地与机床进行整体交换，拥有足够的精度与刚性。基础板上的中心定位孔保证了与机床工作台上中心孔的定位连接，从而使得基础板能够精确地载入机床的坐标系中。新一代的柔性组合夹具基础板其外形尺寸的设计则按ISO—/TC39/SC进行设计，以求与FMC、FMS工作台的外形尺寸相适应，为满足机床主轴的不同加工方向和夹具最大装夹容量，各种方箱、角铁、T形基础等基础板元件相继出现，使柔性组合夹具日臻成熟，完全适应了与FMC、FMS的匹配。

一些新型多功能的定位组合件、夹紧组合件以及定位夹紧组合件相继出现，取代了以往多件叠加的繁琐而又多处螺纹紧固的传统组装结构。一些带有"坐标原点"类的定位元件，使得多个加工零件能够精确地载入机床的加工坐标系统中。

2.数控加工中心（FMC）及柔性制造系统（FMS）的发展促进了各类新型夹具的出现与发展，对组合夹具亦产生积极的影响

柔性制造技术的发展及柔性制造的生产理念对刀、夹、量具的影响亦为深远，也促使了组合夹具的向前发展。同时也使业内人士看到了各类传统夹具已不能与柔性制造技术相适应。可以说在柔性制造技术中，作为与FMC机床相对接的夹具是影响实现真正柔性化的最关键的薄弱环节之一。

如何找一个更好的办法来解决夹具柔性化的问题，许多制造商和科研机构都在做探索与追寻。

国外制造技术先进国家已在20世纪80年代末对"智能夹具"开始进行研制。并认为："夹具的柔性取决于清除固定的机械定位器"，并提出了一些新的概念。

智能夹具的研制与应用已经开始，且发展的目标十分明确。而这一新颖的具有全新概念的夹具系统的出现，完全是基于柔性化的FMC、FMS机床影响的产物。

可以看到这种柔性化的智能夹具在某一机械制造行业中是能够得以实现，但若要在各种行业中的机械制造中广泛得以实现，还需一个漫长的过程，甚至难以实现。除非夹具结构的制造形式发生革命性的变化，或则有更为先进的"全新定位理念"来取代现今的以刚性定位为本质的"六点定则"，以及夹具制造材料的非金属化、夹具的制作非机械化，甚至会有更为先进的夹具制造理念和更为先进的制造手段，才能够实现真正意义上的夹具智能化和柔性化。

但是亦有相当的业内人士认为，在柔性制造技术中，夹具是影响其柔性得以发挥的关键因素之一，工件在夹具上的安装仍然需要靠人工才能实现。这是一种很现实的观点，而且也抓住了柔性制造中的一个关键环节，即工件如何与机床的对接，这一环节的中心问题就是夹具的柔性化。

从狭义上讲，组合夹具的万能性具体地体现在夹具结构的变化上，即形成夹具结构的各类元件可重复使用，并在重复使用的过程中，根据不同形状的加工零件、不同的加工形式，组成结构形式迥然不同的各类夹具。从理论上说，夹具的根本任务就是要确定工件的六个空间自由度。若要用组合夹具来担当确定一切工件的六个自由度的任务，则组合夹具的定位联接要素必须能够沿其笛卡尔坐标轴任意平移和旋转，以产生各种结构安装定位元件和夹紧元件。能够解决这一问题，组合夹具系统就具备了全柔性。传统的组合夹具就是基于这种平移和旋转的可调原理，实现了夹具结构的万能性。

但是传统的组合夹具由于在其自身的发展历史中，早期所面对的是各种普通机床。要想具有其柔性化，就不得不设计各种具有各种功能的单个元件和针对性极强的单个合件，以至发展到今天形成一个较为庞大的组合夹具元件系统。组合夹具的原理较为先进，庞大的元件系统及复杂的组装技术却与现代化的机床难以匹配。故在传统的组合夹具的基础上发展起来了一种更为简练、更适于现代机床的新型组合夹具系统——柔性组合夹具系统。

柔性组合夹具虽然仍然带有明显的传统组合夹具的色彩，其元件的结构要素亦与组合夹具的结构要素相同，但简单的元件系统和强调功能部件为夹具主要结构形式，已不同于传统的组合夹具。

由此来看，组合夹具、柔性夹具、智能夹具，这是目前夹具发展的方向，三者当中，后者更为高级并是现阶段与现代化机床相匹配的最佳追求。但从综合机加行业总体因素来看，组合夹具仍然可在FMC、FMS机床中发挥一定的作用，柔性组合夹具却不失为最为理想的工艺装备。

综合上述观点，可以看出机械制造业中机床制造技术的发展必然促使作为相关行业工艺装备技术的发展。而无论从何种角度来看，新一代的柔性组合夹具都将在夹具发展史上承担着承上启下的作用，这种基于“组合”的原理仍将要走一段漫长的路。除非机床夹具的概念发生全新的具有“革命”性的变化，否则，必当如此。

3. 柔性数控组合夹具的发展趋势

组合夹具的发展方向朝着更加适应现代机械加工的要求，柔性数控组合夹具将逐步取代传统的组合夹具，这已经是既成事实的趋势。

柔性数控组合夹具将发展为：①基础板元件于FMC、FMS工作台结合得更紧密，甚至可直接成为“托板化”的基础件，实现与其快速、精确的定位对接，其他组件直接在托板上组成夹具结构，减少基础板与机床连接的环节，使夹具更直接成为机床上的一个附件。②在形成夹具支承、定位、夹紧等基本结构中的基本元件则朝着对工件实现“定位夹紧一体化”的方向发展，支承件将融化在定位件的“基体”之中，多功能的组合件将以“虎钳原理”来实现夹具结构整体的组合，夹具的结构更为简单，形成系列的组合件。在一个系统的元件中，系列元件要减缩到最合理的程度，定位部分的元件可灵活更换，其余元件则向通用件的方向发展。③从形成的夹具结构上来看，要走出传统组合夹具“封闭式”的组合，而走向博采众家机床附件，形成“大组合”。④各部元件之间的定位连接实现快速、精确的“定位自锁”连接方式，改变传统的螺纹紧固的方式。⑤实现简单的“三步组装”程序：定位夹紧组合件对工件定位部分与其定位夹紧组合件基体部分的调整并对接；定位夹紧组合件与基础件的定位连接；基础件与机床的定位连接。⑥进而向“智能夹具”这一更具柔性化和智能化方向发展。

柔性数控组合夹具在其结构形式上将会以下述三种形式为主要的结构方式。

（1）以定位夹紧一体化的系列组合件形成夹具的基本结构，即定位夹紧一体化结构。这种结构通常在工件的定位面为已加工面时采用。这一种结构是目前柔性数控组合夹具发展的一个主要方向。定位件通常为基体，夹紧件分布其上形成一个合件。有的还在其“基体”上附有可安装液压元件的位置和结构要素。几组合件就可形成一套夹具结构。

（2）采用各种“定位点组合件”辅以夹紧合件形成夹具的基本结构（各种定位点采用各种可更换的支承钉、自适应支承钉、螺母等组成，定位点组合件的基体部分中的支承杆可根据定位高度的需要进行更换）。这种结构通常在工件为锻铸件时采用。对锻铸件由于其外形的结构特点，采用分布定位点的方法比其他方法更具柔性，也更为灵活。

（3）简化的“传统式”结构，采用少量的组合夹具支承件、带有孔类的定位件等元件组合而成。这一种形式虽然“古老”，但由于结构变化丰富，更易于解决一些工件外形复杂的定位结构。在前两种结构形式不能适用的情况下，采用这种结构仍不失为一种较好的办法。但是这种结构在组装的结构比较高的时候，仍有时显露出结构上刚性不足的弱点，这是组装时需要注意的。

前两种夹具结构形式，是目前组成柔性组合夹具的主要结构形式，在传统的组合夹具向柔性数控组合夹具的发展中，其开始“柔性”的概念只是指“夹具结构的适用性”，概念是比较模糊的，现在可以说发展的目标是清晰明了的，这就是定位、夹紧系统柔性化、高效率、高精度，夹具实现快速形成匹配生产的能力。虽然定位与夹紧的柔性化目前仍然是靠人为调整来实现或只是具备局部柔性，可以相信在不远的将来更完备的柔性数控组合夹具必将在现代机械制造中发挥出应有的作用，并在向“智能夹具”的发展中，起到过渡与借鉴的作用。

（收稿日期：20030415）

更正：

由于工作疏忽，将第3期第38页《高效率数控铣床专用夹具》的作者陈华明写成陈明华，特此更正，并诚挚地向陈华明同志表示歉意。