# 锻压机械在汽车工业中的应用

中国机床工具工业协会 锻压机械分会 （济南 250022） 王春生

进入21世纪以来，我国汽车工业始终保持着持续发展的势头。20世纪90年代以前，我国汽车工业的主导产品是货车。经过近10年的发展，出现了以轿车为领头羊的可喜格局。汽车工业重点发展轿车的战略转移，给装备制造业带来了前所未有的发展机遇。各行各业中，与装备制造业关联度最大的就是汽车工业。有关资料表明，美国机床的50%以上、工业机器人的60%以上用于汽车工业，因此美国在成为汽车王国的同时，也成为了机床生产大国。汽车工业的发展提升了装备制造业特别是机床制造业，而机床制造业的提升在技术与工艺上支撑和保证了汽车工业的繁荣，发达国家的汽车工业发展史均证明了这一点。

锻压机械作为机床制造业的重要部分与汽车工业的发展更是相关有加，本文仅以轿车典型金属板材冲压件和典型锻件为例，浅谈锻压机械在汽车工业中的应用。

## 一、典型金属板材冲压件的工艺装备

在轿车的整车生产中，冲压、焊装、涂装和总装统称为轿车生产的四大工艺。据统计，在轿车的2000余个零件中，按件数计算金属板材冲压件占40%以上，冲压工艺装备在汽车工业中的地位可见一斑。当今轿车生产凸显车型个性化特点，致使换型周期越来越短。轿车换型主要表现在车身形状和结构的变化上，而与之相适应的是金属板材冲压件的千变万化。

金属板材冲压件大致可以分为三类，即车身覆盖件、车身结构件和中小型冲压件。车身覆盖件和车身结构件是保持车身形状功能的零件，如车门、顶盖、侧围及行李箱盖等，是金属板材冲压件的主体。中小型冲压件在轿车中的分布较为分散，如车轮、离合器、车用空调和微特电机等部件中都有大量的冲压件。研究轿车典型金属板材冲压件的工艺装备，毫无疑问地要将车身覆盖件的工艺装备作为重点对待。

### 1.金属覆盖工艺装备

自车身覆盖件工业化生产以来，机械压力机始终是其装备主体。典型的组合是一台双动机械压力机与数台单动机械压力机组成的冲压生产线，冲压生产线的形式虽然一直被普遍采用，但其内涵却不断在变化。首先是随着单机自动化水平的提高，自动快速调整技术和自动快速换模技术的应用，增强了冲压生产线的柔性化程度；其次是冲压生产线的结构形式不断改进，由人工上下料的流水生产线发展为半自动冲压线和自动冲压线；其三，也是更具技术

进步意义的，即多工位压力机进入冲压生产线，以及激光加工与冲压加工相集成组成广义的冲压自动线。

我国锻压机械行业在车身覆盖件工艺装备方面的进步是有目共睹的。通过“八五”以来的科技攻关，锻压机械行业自主开发能力有了明显提高。在此基础上，有关企业通过引进德国舒勒、美国维尔森和日本小松等著名公司的设计制造技术，或采取与国外厂商合作生产的方式，为我国轿车生产企业提供了几十条冲压生产线，并在国际市场中有了一席之地。而车身覆盖件冲压技术的快速发展亦令人瞩目，主要表现在液压机的加盟、多工位压力机的使用和柔性化技术的趋于成熟三方面。

(1)机械压力机作为冲压生产线的主体，在很长时间里没有其他装备能动摇其主导地位。然而，随着液压机某些关键技术的突破，液压机在冲压方面的优势和潜能得到充分发挥，生产率明显提高，加之行程同步、与传送装置连锁等问题的圆满解决，已出现液压机作为冲压生产线主机的趋势。但这并不意味着液压机将取代机械压力机，因为冲压生产线可以全部采用液压机，也可以采用液压机与机械压力机混排使用，但以机械压力机作为主机组成的冲压生产线毕竟仍是主流。

早期较广泛使用的冲压生产线一般由一台双动机械压力机与数台单动机械压力机组成，二者之间设置一个工件翻转装置。多工位板料自动压力机的出现，以其结构紧凑、生产效率高和一次行程可实现多工序加工等特点，倍受汽车工业的青睐。多工位压力机作为主机用于冲压生产线，比单机使用的难度大得多，必须解决驱动系统、传送系统以及检测系统等一系列的技术问题。近年来，随着上述技术难题的逐一解决，多工位压力机作为主机进入冲压生产线才成为了可能。

(2)柔性化技术趋于成熟是轿车车身覆盖件生产最重要的技术进步。首先，组成冲压生产线设备的数控化，奠定了冲压生产线自动化的基础。而柔性传送技术、机外仿真技术和脱机编程技术的日臻完善，特别是包括模具自动仓库、模具自动识别与提取、模具工作参数自动调整等功能的模具系统实用化，标志着车身覆盖件柔性化技术已趋于成熟，使大型覆盖件的“个性化”生产、按定单生产和“准时生产”成为可能。

柔性冲压自动线的问世是柔性化技术趋于成熟的体现。柔性冲压自动线的基本结构，仍是一台双动压力机与数台单动压力机串联布置。在双动压力机之前有拆垛装置，由上料车、液压顶升器、磁力分层器、真空吸盘提升器、双料检测器、磁力辊道、双料排除器、清洗涂油装置和送料装置组成；双动压力机与单动压力机之间有上下料装置，包括下料器、翻转装置、传送装置和上料器；单动压力机之间的上下料装置，由下料器、传送装置和上料器组成；最后一台单动压力机之后是码垛装置，由下料器、传送装置和码垛车组成。此外，自动快速换模系统、自动快速调整系统、故障检测系统以及废料排除与运输系统是必不可少的。由于对机器人技术、微电子技术和液压技术的充分应用，不仅实现了冲压过程的自动化，而且实现了生产组织的柔性化。

(3)大型多工位压力机自动冲压生产线代表了先进的组合方式，应当特别予以关注。大型多工位压力机的不断完善和轿车大型覆盖件生产的需求，促进了大型多工位压力机自动冲压生产线的发展。较原始的组合是，由一台双动拉深压力机与一台单动大型多工位压力机组成，二者之间配备一套翻转装置和同步装置，在一定程度上加快了生产节拍，减少了占地面积。第二代生产线的配置大为简化，一台带双动拉深工位的多工位压力机和其前后分别配备的拆垛装置和码垛装置便组成了一条自动冲压生产线。此类多工位压力机多为四柱三滑块结构，第一滑块下的第一工位是双动拉深工位，其余工位为单动冲压工位。由于拉深工位采取了反向拉深的方式，从而避免了工件的翻转，因此不需要翻转装置，使生产率进一步提高，占地面积进一步减小。

带数控液压气垫的大型多工位压力机的出现，抛弃了传统的双动拉深工艺理念，真正将拉深与其他冲压工艺组合到一台压力机上完成。自动冲压生产线的硬件组成仍是一台主机配备拆垛装置和码垛装置，主机是带数控液压气垫的多工位压力机，而数控液压气垫是其技术核心。数控液压气垫通过四角控制，可调节拉深工件的压边力，从而实现单动深拉深。由于采用数控液压气垫使单动压力机代替了传统的双动压力机，不仅简化了压力机的结构，取消了翻转装置，而且实现了压边力的优化控制，提高了拉深件的质量，降低了工件的废品率。

我国汽车工业对装备需求呈现多样性的局面是长期

的，因此大型覆盖件的生产工艺也是多种多样的。随着技术发展的进程，众多企业已经或将要对人工上下料的流水线改造为半自动冲压线和自动冲压线，但使用柔性冲压自动线的企业还为数不多。大型多工位压力机自动冲压生产线由于造价昂贵以及技术方面的问题，在国内推广使用尚待时日。目前，我国锻压机械行业不仅能够自主提供传统配置的冲压生产线、半自动冲压线和自动冲压线，而且具有提供柔性冲压自动线和大型多工位压力机自动冲压线的能力。

### 2.钢板成形车轮的工艺装备

轿车车轮从结构上分主要有组合式车轮和整体式车轮，从材质上分主要有钢板成形车轮和铝合金车轮。当前，组合式钢板成形车轮占有相当重要的位置，短期内不会出现整体式铝合金车轮一统天下的局面。组合式钢板成形车轮主要由轮辋和轮辐组成，轮辋与轮辐的生产工艺一直倍受关注。当前生产轮辋的工艺方法主要有两种，一是滚压生产工艺；二是旋压生产工艺。

(1)滚压工艺轿车轮辋自动生产线的典型配置，按工艺性质可以分为三部分：第一部分包括自动开卷机组和校平剪切机组，将卷料制备成加工轮辋的定长板料；第二部分包括卷圆机组、焊接及焊缝清理机组、倒角及扩口机组，将前一工序的板料卷成轮辋所需的环形毛坯；第三部分包括滚压成形机组（通常由三台滚压成形机组成）和精整扩径机组，将环形坯料滚压成轮辋。滚压工艺的优点是生产率高，国外此类自动生产线的生产率一般为800～1200件/h。

(2)旋压工艺生产轿车轮辋的优点是，通过有效地控制金属的塑性流动，可加工出变截面等强度轮辋，以提高轮辋质量。但是，旋压工艺存在生产率低的缺点，国外典型生产线的生产率通常为200～250件/h，因此不适于大批量生产轮辋的企业。比较常见的做法是，利用旋压工艺的柔性化特点，开发新产品和小批量生产。旋压工艺轿车轮辋自动生产线的配置，第一、第二两部分与滚压工艺相类似，第三部则用旋压成形机代替滚压成形机。

生产轮辐的工艺方法也主要有两种，即冲压成形工艺和旋压成形工艺。

采用冲压工艺生产轮辐比较简单，早期采用多台单工位压力机分序成形的方法，后来采用多工位压力机在一台设备上连续完成。冲压成形的轮辐等厚壁、重量大，不能满足轿车高速行使的需要，而且材料利用率和车轮寿命都比较低。旋压工艺则可获得变厚壁、等强度结构轮辐，不仅提高了材料利用率和车轮寿命，而且提高了轿车高速行使的安全性和可靠性。旋压成形生产线的典型工艺包括落料、强力旋压、修边和冲孔等工序。旋压成形生产线的主机是数控旋压成形机，第一滚轮对坯料预旋压完成布料，第二滚轮将壁厚旋压至预定值。

我国轿车车轮的生产工艺装备比较落后，滚压工艺与旋压工艺都有极大的发展空间。从国外的发展趋势看，旋压工艺虽然存在生产效率低的缺点，但难以遮掩其加工精度高，可生产变截面等强度轮辋和轮辐，制件刚度大，回弹小等优点，特别适合新产品开发和中小批量生产。随着旋压工艺生产率的不断提高和控制技术的日臻完善，在车型变化周期越来越短的今天，人们可能将重新审视对旋压成形工艺所作出的评价。

## 二、典型锻件的工艺装备

汽车工业是锻件生产企业最重要的用户，60%以上的锻件被汽车工业所使用。与机械工业相比，汽车工业更注重锻件的精度、锻件细微结构和中空部位的成形以及最大程度的减轻重量。由于锻件具有高强度和高可靠性，轿车的重要零件一直采用锻件作毛坯，典型锻件有发动机的曲轴、连杆，变速箱的齿轮、轴类零件，操纵系统中的轮架、拉杆、转向节零件等。轿车典型锻件的生产可分两大类，即普通模锻和特种模锻。普通模锻采用小飞边、无飞边工艺在锻锤和热模锻压力机上进行；特种模锻采用楔横轧工艺、摆动辗压工艺和径向锻造工艺。

### 1.发动机连杆锻造工艺装备

轿车发动机连杆锻造工艺主要有两种，一是采用热模锻压力机生产线，二是采用电液模锻锤生产线。前者适用于大批量生产，后者适于中小批量、多品种的生产方式。

热模锻压力机生产线的基本组成包括棒料库、棒料自动排列和送进装置、感应加热炉、出料装置、棒料剪切机构和热模锻压力机等。热模锻压力机生产线采用一模两件的锻造工艺，生产率可高达800～1200件/h，材料利用率在95%以上。热模锻压力机生产线虽然具有经济技术方面的优势，但受投资大、专业化程度高、模具制造和维修费用高以及需有70%以上的开动率等因素的制约，使许多生产厂家望而生畏。

如果采用电液模锻锤生产线生产轿车发动机连杆锻件，采用一模一件的锻造工艺，需将棒料剪切成坯料后加热再行锻造。电液模锻锤生产线的基本组成包括棒料剪切机、感应加热炉、送料装置、楔横轧机或辊锻机、电液模锻锤、切边校正机等。随着控制技术的发展，电液模锻锤可对打击能量、打击次数和打击间隔时间等工艺参数进行控制和调整，以最佳打击力满足锻件成形的能量要求，不仅提高了锻件的质量，而且提高了模具的寿命。虽然电液模锻锤生产线的生产率通常只有热模锻压力机生产线的1/2左右，但其投资仅相当于后者的1/3，组织生产十分灵活，故深受中小批量生产规模厂家的青睐。

轿车发动机连杆锻造的技术发展趋势是提高锻造生产线的机械化、自动化水平和采用新的锻造工艺方法。显而易见，提高锻造生产线的机械化和自动化水平是业内人士的共识。采用机械化上下料装置、机械化传送装置、机械手和自动控制技术对流水生产线进行技术改造，减少人工操作环节，实现自动化或半自动化生产，是目前发达国家的普遍做法。新锻造工艺方法的尝试有两种：一是粉末锻造工艺，即将金属粉末烧结的坯料加热后进行模锻成形；二是在多工位自动热镦机上高速锻造成形。前者有锻件重量偏差小和能生产形状复杂锻件等优点，特别适合于动平衡要求高的高级发动机，正在被诸多生产厂家所采用；后者因经济批量的门槛过高和设备过于昂贵而难以被接受。

**2．圆盘齿坯锻造工艺装备**

圆盘齿坯是轿车盘类锻件的典型代表。由于数量大，要求采用高精度、高效率和低成本的工艺方法生产。早期的生产工艺以锻锤、机械压力机、螺旋压力机或热模锻压力机为主机，将棒料剪切成坯料后加热，分序完成，但生产效率低，锻件精度低，加工余量大，材料利用率低。自从出现毛坯精化的理念后，高速热镦机自动生产线成为生产圆盘齿坯最理想的选择。高速热镦机自动生产线的典型配置是料架、自动上料装置、感应加热炉、滚轮式送料机构和多工位高速热镦机。加热的棒料进入高速热镦机后，依次完成毛坯切断、整形、预锻、终锻和冲孔等工序，锻件在各工位之间的转送由机械手自动完成。高速热镦机自动生产线可实现真正意义上的毛坯精化，锻件的尺寸精度和形状接近机加工零件，提高了材料利用率，节省了机加工工时，而且锻件具有更理想的金相组织和力学性能，生产率是普通锻造方法的数倍甚至十倍，其综合经济效益十分显著。

**3．齿轮轴锻造工艺装备**

轿车齿轮轴是变速箱的重要零件，是典型的轿车轴类件，具有细长和多台阶的特点。生产轴类件的传统工艺是在模锻锤或热模锻压力机上模锻，但锻件精度低，材料利用率低，加工余量大，楔横轧工艺的出现很好地解决了这一难题。

楔横轧工艺是高效、节能、节材的新技术，加热的棒料进入楔横轧机，在一个工作循环中楔横轧模对金属连续挤压形成满足形状和尺寸要求的阶梯轴锻件，而且可以用管材作坯料生产空心轴锻件。由于楔横轧工艺适于加工对称零件，所以往往将一对零件对称布置设计模具，可使工艺性和生产率双受益。楔横轧工艺的特点是，一次行程可获得一个或一对零件，生产效率高；金属连续变形，变形力小，模具寿命高；锻件尺寸精度高，加工余量小，材料利用率高。

楔横轧自动生产线的构成比较简单，通常由自动上料装置、感应加热炉和楔横轧机组成。楔横轧机有两辊式和平板式两种结构形式：平板式楔横轧机利用机械或液压驱动，两块平板式模板作直线往复运动搓轧坯料；两辊式楔横轧机的模具是一对轧制辊轮，毛坯在旋转的轧辊中成形。前者的优点是结构简单，调整方便，模具造价低廉，锻件精度高；缺点是行程受限，变形程度小，有空程，生产效率低。后者结构紧凑，可实现连续生产，生产效率高；缺点是模具制造困难，锻件精度较低。

## 三、结语

综观锻压机械在我国汽车工业中的应用情况可知，冲压工艺装备的水平高于锻造，表现在工艺及装备的先进性、生产线的自动化及柔性化程度、集约化生产水平等诸多方面。虽然国内锻压机械行业可以为汽车工业提供几乎所有的冲压与锻造装备，但毋庸讳言，我国锻压机械行业的水平和实力在国际市场上还不是强者。我国锻压机械行业在汽车工业中的地位，既取决于锻压机械行业的技术进步和结构调整，也取决于汽车工业的发展战略与市场前景。

（20040918）