

浅析四种高效冲模与合理应用

北京京东方科技集团公司 (100102) 陈炎嗣



冲压模具简称冲模，作为特殊的冲压工艺装备，它借助于压力机将被冲的材料，主要是金属或非金属板料，放入模具的凸、凹模之间，在压力机的作用下使板料产生分离或成形加工。这种模具按不同特征来区别，种类很多，如按工序组合分有：单工序模和多工序模，多工序模又可分为复合模和级进模；按冲模的功效分有：普通冲模和高效冲模，高效冲模又可分为复合模、多工位级进模、多工位传递模、自动弯曲机模具。这四种高效冲模，一般都比较精密，所完成的工序功能多、生产效率高且能实现自动化生产等突出功效，所以在现代化大生产中起着重要作用，受到人们高度重视。本文分别对这四种模具进行一些解读，与读者共同切磋。

复合模

1. 动作原理

冲压过程中，为了提高生产效率，保证冲件精度，常常将几个单工序冲压过程集中在一副模具的一个工位来完成，这种在一副模具上，只有一个工位，并在压力机的一次行程中，几乎同时完成两道以上冲压工序的冲模称为复合模。

根据复合模的复合工序性质不同，复合模的种类有：冲裁类复合模、冲裁弯曲复合模和冲裁成形复合模等。如冲孔落料复合模、落料冲孔弯曲复合模、落料拉深冲孔复合模等。在这些复合模中，不管复合的工序有多少，冲压过程中每冲下一个制件，只需一次送料，即可完成一个制件的全部复合

工序的冲压工作，它不像单工序模完成一个冲压工序前需要送一次料或将坯料进行定位。

2. 功能特点

(1) 生产效率成倍提高 和单工序冲模相比，复合模可在一副模具的同一工位完成两道或两道以上冲压工序，因而生产效率成倍提高。例如，原来由4副单工序模完成的落料、拉深、冲孔、切边冲压工序，采用四合一复合模后，生产效率可提高4倍。而且节省了人力、设备、电力等能源消耗和运输周转时间等。

(2) 冲压件精度高 在复合模中，几道冲压工序是在同一工位完成的，无需重新定位。因此，在完成几道冲压工序过程中，冲压件的定位基准不动，这就消除了定位误差对制件精度的影响，使冲压件的位置精度得到提高，尺寸的一致性非常好。例如冲压件的外形和内孔的同轴度要求较高时，采用复合模就比较容易满足要求。冲压件的同轴度精度主要取决于复合模凸凹模制造精度，与冲压过程坯件的定位无关，凸凹模的制造要保证高的同轴度，在技术上做到不成问题。高一些的同轴度误差在0.02~0.04mm以内，有的要求更小，也能做到。这就保证了冲压件同轴度的高精度。

由于不受送料误差的影响，冲压件的精度高，最高可达IT6级，且制件平直。

(3) 冲裁类复合模运用范围广 因为冲裁类复合模对材料的要求没有多工位级进模严格，冲压用料的长、短、宽、窄，甚至边角料原则上均可以用。复合模适宜冲制脆性（如云母片）、软质材

料（如塑料、纸、毛毡等）及薄料（料厚可小至0.02mm）。

（4）模具结构紧凑 体积较小，保管运输方便。

（5）对模具制造精度要求较高 由于复合模要在一副模具中完成几道冲压工序，因此，模具结构一般要比单工序模复杂，而且要求各零部件的动作准确可靠、互不干涉，这就要求模具制造应有较高的精度。相应地模具制造成本也提高了，制造周期长，维修比单工序模复杂。

3. 合理应用

确定是否采用复合模要考虑以下几个方面。

（1）生产批量 复合模可以成倍提高生产效率，生产批量越大，提高生产效率就越显得重要。因此，在大批量生产冲压件时更适合使用复合模。尤其适合冲孔、落料平板形件采用复合模。

（2）冲压件的精度 当冲压件的尺寸精度或同轴度、对称度等位置精度要求较高时，应优先考虑采用复合模。对于形状较复杂，若采用单工序冲压加工，需多次重新定位可能产生较大误差的制件，也可以考虑采用复合模。

采用复合模正常情况下制件精度可达IT9级以下。

（3）复合工序的数量 一般复合模的复合冲压工序数量应在4个以下为宜。更多的工序将导致模具结构过于复杂，同时模具的强度、刚度、可靠性也随之下降，制造与维修更困难。

（4）复合工序的性质 对冲裁类复合模，要考虑凸凹模的最小壁厚问题，即凸凹模内外形间，内形孔间不可太小，以免影响强度和模具使用寿命；对冲裁成形复合模，由于工序的复合内容既有冲裁，又有成形，会对刃磨带来不便，冲裁刃口需常刃磨，刃磨冲裁刃口时，会影响到成形部分结构，如何选择要综合考虑。此外，冲下的制件或废料能否从工作台孔中漏出也是要考虑的。

多工位级进模

1. 动作原理

多工位级进模又称跳步模、连续模，简称级进模。它是在单工序冲模的基础上发展起来的一种集多种冲压工序于一副模具而著称的多工序高效先进

模具。

其动作原理是：在一副模具内，沿被冲原材料的直线送进方向，按所加工的冲压件进行工序分解，按一定顺序、规律划分若干个等距离工位，在每一个工位上设置一个或几个基本冲压工序，在压力机的一次行程中，级进模在依次分布于条料（带料）送进方向的几个工位上分别完成一系列冲压工作，条料从第一工位到最后工位相继冲压成形，因此，压力机每动作一次即可获得一个完整的制件。

冲压用材料，为事先加工成一定宽度的成卷长带料，一般由设备或附设的送料机构自动送入模具，经连续、等距离地送进冲压，自动完成制件所需的全部冲压工序后得到成品零件。

在一副多工位级进模中，可以连续完成冲裁、弯曲、拉深、成形、翻孔、攻螺纹及叠铆等工序。由于冲压件各不相同，所要完成的冲压工序和工位数因件而异，也各不相同。一般说来，对于小型件，无论冲压件形状怎样复杂，冲压工序怎样得多，均可以用一副多工位级进模冲制完成。

2. 功能特点

（1）冲模中生产率最高 级进模是连续冲压的多工序冲模，在一副模具内可以完成冲裁、弯曲、成形、拉深等多道工序。仅用一台压力机可完成从板料到成品的各种冲压过程，免去了用单工序模的周转和每次冲压的定位环节，显著提高了生产率和设备利用率等。

由于排样采用多排，一次冲压可以出多件。采用高速冲压（目前已有2 500次/min，常用700~800次/min，纯冲裁1 200~1 500次/min，带弯曲冲压400~800次/min，连续拉深100次/min左右），每分钟冲次比普通冲压高出十多倍，生产率大大提高。

（2）可实现自动化冲压 级进模利用卷料或带料经开卷机→矫平机→弛张或控制器→送料器→压力机和模具→制件收集器→废料或载体切断、收卷等，在调整好的情况下可无人自动生产，一旦冲压过程异常，由于模具上设有安全监测保护装置，设备会自动停机，故能实现自动化冲压生产。

（3）模具寿命长 采用级进模冲压时，可以将制件复杂的外形或内形加以分解，不必集中在一个工位，因此可以解决复合模冲压中的“最小壁

产品篇

◎模具工业转型升级◎

厚”问题，若强度不足可设空位，从而简化凸模和凹模的刃口形状，且提高其强度和刚度，寿命也大大提高。

(4) 操作安全 多工位级进模有使用条料的，一般是手工送料；有使用卷料的，一般是自动送料。不论是手工送料，还是自动送料，操作者的手都不需进入冲压危险区，因此操作安全。

(5) 结构复杂、模具设计制造周期长、成本高 多工位级进模的结构随冲件的复杂程度而定，设计模具结构时要考虑的内容比任何模具都多，模具的制造随着工位数的增加，相应要加工的模具零件也多了，其中工作零件的精加工都要采用高精度设备（例如数控坐标磨、光学曲线磨、慢走丝线切割机床等），不仅加工周期长，而且工时费比普通加工高许多；所以模具成本较高。装配、调试、维修技术要求也高。

3. 合理应用

尽管多工位级进模有许多特点，被誉为当代先进模具的典型代表，但由于制造周期相对长些，成本相对高的原因，应用时必须慎重考虑，合理采用多工位级进模，应符合如下情况：

(1) 大批量生产 制件应该是定型产品，而且需要量确实比较大。一般不少于5万件。

(2) 不适合采用单工序模冲制 如某些形状异常复杂的制作，如空调翅片、接线端子等。需要多次冲压才能完成制件的形状和尺寸要求，若采用单工序冲压是无法定位和冲压的，而只能采用多工位级进模在一副模具内完成连续多个工序的冲压，才能获得所需制件。

(3) 不适合采用复合模冲制 如某些形状特殊的制件，例如集成电路引线框、电表铁芯、微型电动机定、转子片等，使用复合模是无法设计与制造模具的，而应用多工位级进模能圆满解决问题。

(4) 制件的精度要求适中 用多工位级进模加工的制件精度，一般为IT10级以下，比用复合模加工低些。

(5) 冲压用的材料长短、厚薄比较适宜 多工位级进模用的冲件材料，一般都是条料，料不能太短，以致冲压过程中换料次数太多，生产效率上不去。料太薄，送料导向定位困难；料太厚，无法

矫直，且太厚的料长度一般较短，不适合用于级进模，自动送料也困难。

(6) 制件的形状与尺寸大小适当 当制件的料厚大于5mm，外形尺寸大于250mm时，不仅冲压力大，而且模具的结构尺寸大，故不适宜采用级进模。

(7) 模具大小与压力机的合理匹配 多工位级进模的外形尺寸一般较大，模具的总尺寸和冲压力适用于生产车间现有的压力机大小，必须和压力机的相关参数匹配。

多工位传递模具

1. 动作原理

多工位传递模具简称传递模具。它是在一台有多个（如7~14个）工位的压力机上，装有相应数量（根据工序的安排工位数可以不用满）的近似单工序模，可连续自动地进行落料、拉深、冲孔（包括侧冲孔）、翻边、切边、弯曲、整修、攻螺纹等工件。冲压过程中，落料工序，由卷料通过纵向自动送料装置，靠材料的载体运行完成落料外，其他工序，冲件为单个半成品工序件的送进，靠多工位压力机台面上的机械手夹持装置，自动等距离传递。模具在压力机上部滑块上下往复运动下，实现连续自动冲压工作。

2. 功能特点

该模具具有常规多工位级进模的功能，但又与多工位级进模不同地方：多工位传递模具的每一个工位，独立地装有上下模，并且能各自调整闭合高度，而多工位级进模具则将各个工位常常分布在一块模板上，上下模基本上都装在同一个模架上；多工位级进模具比较完整，而多工位传递模具不用时比较分散。此外，冲压过程中半成品的传送方式也不同，多工位传递模具半成品分离于条料载体，半成品的传递靠机械手；而多工位级进模具的半成品与条料载体连在一起，半成品的传递跟着条料送进。一般情况下，制件在最后工位才从条料载体上被分离出来。

3. 合理应用

多工位传递模具适用于电子、仪表行业中小

型、精密、复杂、大批量生产的拉深类壳体件，如电视机显像管电子枪零件、收录机磁头屏蔽罩、变压器、电表、微电机和电池外壳等，也适用于汽车行业的中小冲压成形件，如汽车油箱、轮胎毂等。此外应有相应的设备。

自动弯曲机模具

自动弯曲机模具又称万能弯曲机模具、多滑块弯曲机模具等，简称弯曲机模具。它是在一台卧式或立式的有多个滑块的弯曲机（简称弯曲机）上配上相应的简单模具，利用冷压原理、采用类似级进模的方法，可以制造以弯曲为主的各种小型件，如电真空、半导体及家电行业中小五金件，各种簧片、搭扣、接插件等。所使用的材料为成卷丝粒或薄带料。整个生产过程，除了上料和装模、调整需人工进行外，其余均由机床进行连续自动化生产，因而生产效率很高最高350次/min。此外，由于弯曲机有较高的送料精度，可达0.05mm，所以加工的制件一致性好，在弯曲机上工作时，料宽常常等于制件展开宽度，送料进距常常等于制件的展开长

度。排样一般不留搭边，无废料，材料的利用率是很高的，所以这是大批量生产时优先考虑的一种先进的加工方法。

利用弯曲机切割部分，还可以单独用来切割一定长度的薄带料和丝料件。

弯曲机一般由凸轮驱动来控制装在滑块上的模具，进行多个方向的弯曲成形，其模具的主要部分由冲裁和弯曲成形模组成。模具的各部分均为各自独立部分，从而使结构大为简化。同样的制件，若用多工位级进模加工，不仅模具结构十分复杂，而且模具制造难度和模具费用比弯曲机模具高许多。

利用弯曲机模具，可以对卷料（长度要求超过10m）进行冲裁、冲切边缘废料、压肋、压包、弯曲成形工作，尤其适合薄带料的多工位弯曲，如卷圆、搭接等。

四种高效模具的特征比较

多工位级进模具、多工位传递模具、自动弯曲机模具和复合模具被称为高效模具，四种模具使用特点比较见附表。

产品篇

四种高效模具的使用特点比较表

序号	项目	复合模	多工位级进模	多工位传递模	自动弯曲机模具
1	对冲压材料外形的总体要求	不太严，除条料外，小件也可以用边角料，但对生产率会降低	要求严格，应采用较长的条料、卷料或带料，料宽一致性要很好	不太严，但仍需用长的条料、卷料、保持自动送料	要求严，采用较长的卷料、带料
	①材料性质	金属或非金属材料	金属材料	金属材料	金属材料
	②料宽	不严	较严（不能有镰刀弯）或严格控制	不严	严
	③料厚/mm	0.04~4	0.1~6	0.2~3	0.04~2.5
	④料长	不严格（自动送料时应越长越好）	越长越好（料与料之间不应有接头）	长一点比较好	丝径0.8~6mm，丝料、带料越长越好
2	材料利用率	较高	不高	一般较高	高
3	制件形状尺寸	外形尺寸一般<300mm，若有大型压力机，制件外形尺寸可以放宽	<250mm	受机床工位中心距限制，落料直径（或长度）一般为1/2机床工位中心距尺寸	受机床型号规格不同而异。常用料宽5~60mm，送料长度<240mm，弯成环形件直径<32mm
4	制件尺寸精度	高（最高可达IT6~IT9级，一般为IT10~IT12级），形位公差可以达到很高要求	中高（一般为IT10~IT13级）	中（一般为IT10~IT14级）	中（一般为IT10~IT14级）
5	制件平整度	因压料较好，制件平整，且有较好的剪切断面	不平整，高质量要求需校平	冲裁件不平整，有弯曲现象	丝料或带料经弯曲机矫正机构矫正后切断比较平直
6	高速化的可能性与对冲压设备的要求	困难 可采用普通压力机	可能 可采用高速压力机，冲速高达400次/min以上，冲速高，行程小，冲速与行程成反比例。配有自动送料装置实现高速自动化	难 采用多工位压力机或普通压力机经改装成多工位压力机。有机械手送料机构	尚可 采用立式或卧式万能弯曲自动机，带有丝料、带料矫正器

模具工业转型升级

(续)

序号	项目	复合模	多工位级进模	多工位传递模	自动弯曲机模具
7	生产率	冲压后制件被顶到模具工作面上,必须用手工或机械排除,生产效率较低,若小件顶出后用压缩空气吹,生产率高一些	工位间为自动送料,可以自动排除冲件,生产效率较高。当采用高速冲时,每分钟的冲次比其他模具均高时,生产效率为最高	工位间具有自动送料、机械手传送坯件、自动排除制件、废料吸除等,并有模具自动润滑,生产效率较高。但生产率不如高速冲	冲裁、成形部分模具调整好后完全在自动控制下生产,生产效率高
8	冲压特征: ① 冲压工序的组合程度	低(压力机在一次行程内在模具的一个工位上可完成两道工序,多时四道工序,工序太多,模具强度和模具寿命都受影响)	高(压力机在一次行程内,在一副模具的多个工位上同时可以完成多道冲压工序,原则上工序多少不受限制)	较高(压力机在一次行程内,在固定的几个工位上模具完成相应的冲压工序,即工序数会受工位数的限制)	低
	② 适用生产批量与特点	中等批量以上适合薄料、贵重材料需提高材料利用率、产量比较大	适合中小件、大批量生产	适合壳类小型拉深件、大批量生产	适合小型簧片、弯曲件大批量生产
	③ 最佳工序种类	冲裁、落料、拉深	冲裁、弯曲、成形	拉深	弯曲成形
	④ 翻转和变更冲压方向	不能	翻转不能、变更冲压方向可能	可能	不能
	⑤ 增加工位数的可能性	有限度	可能	有空工位的情况下增加可能	不能
8	⑥ 复杂的弯曲加工	不能	原则上可以,但应有一定限度,否则模具十分复杂	应有一定限度	可能
9	送料与完成工序的方式	手送或采用自动送料,冲次不高。在压力机的一次行程内、在同一个工位同时完成两道以上的工序,制件一次分离	手送料或采用自动送料。工序件跟随条料、带料送进。在压力机的一次行程内,在一副模具的多个工位同时完成多道工序的加工	坯料切离后由机械手夹持自动送料。工序件(半成品)在多工位压力机各工位分别完成各工序	自动送料、制件经冲裁、切割、压弯成形工序后分离
10	模具制造成本(造价)	中等 结构复杂、制造难度大,价格高	高 结构复杂、制造和调试难度大,价格与工位数成正比例上升 冲裁简单形状零件比复合模低	较高	中高 由于制件复杂需要配置专用凸轮等特殊件时,模具价格上涨
11	模具制造难易程度	较难	困难	不难	不难
12	模具硬质合金料的应用	较难用	可以	可以	不多用 有的用钢结硬质合金
13	模具安装调试与操作	比级进模更容易,操作简单	安装、操作简单,调整难些	多工位分别安装,模具较简单,调整稍难	调整稍难,操作简单
14	模具修理、维护	难(一般都要将模具从压力机上卸下后拆开才可进行)	比较困难(个别小凸模的更换由于结构设计维修更换方便,使模具修理变得方便)	容易(多工位每副模具为独立结构,便于维修、保养)	容易
15	模具寿命	较低	高	最高	高
16	应用的广泛程度	多(对压力机无特别要求,工序的复合数不能太多,2个工序复合用得最多)	多(除高速冲压外,对压力机的要求不太严,但行程最好都是可调式)	少(受没有多工位压力机和适用性的限制)	少(受没有弯曲机和适用性的限制)

结语

四种高效模具各有不同特点与应用范围,在全面了解其功率的情况下,具体选用时,一定要从实

际出发,根据企业的现有条件,既不片面追求高效先进,也不保守落后,做到择优选用,经济技术双赢。**MW** (收稿日期:20120120)