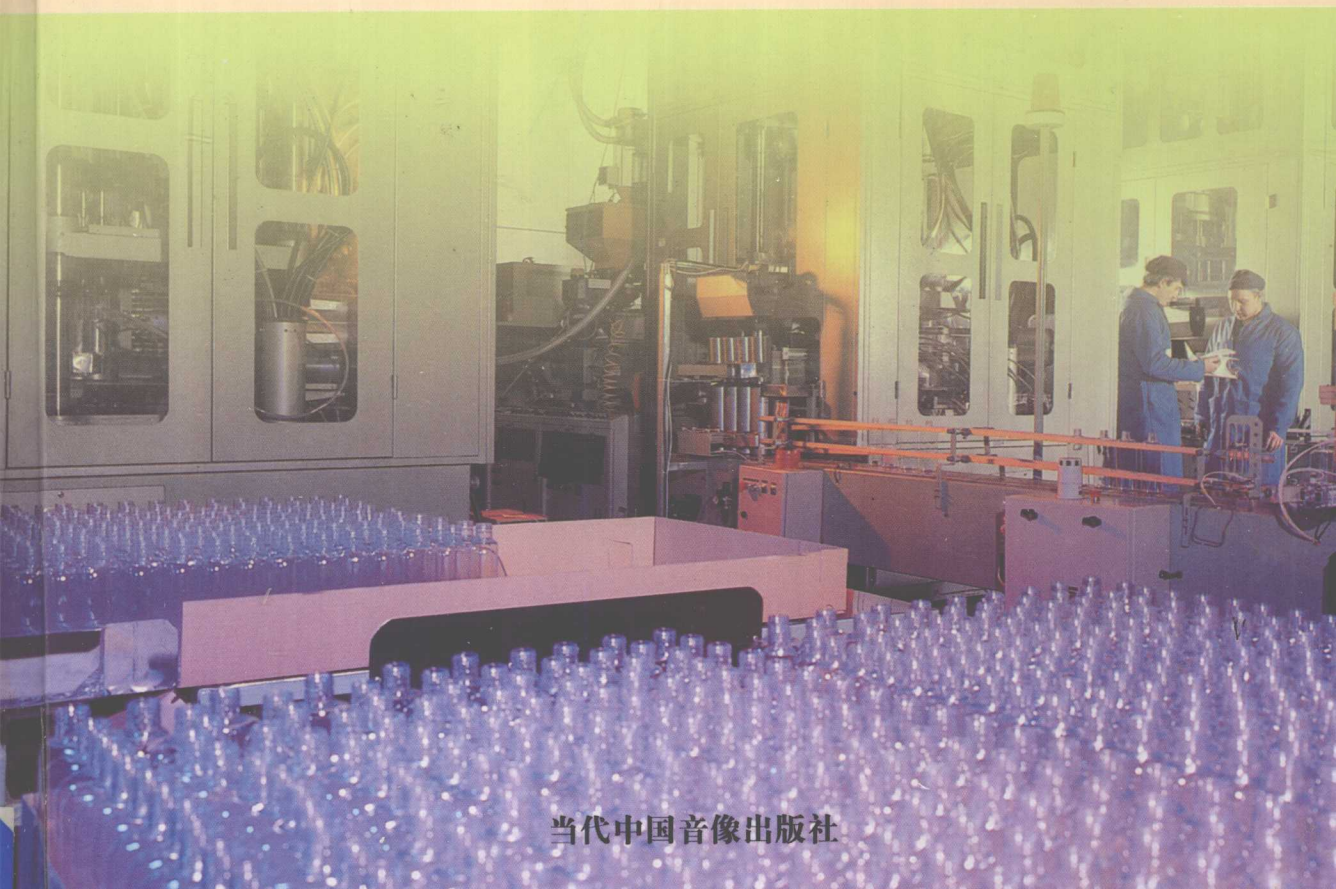


塑料机械设备

创新设计与自动化生产制造使用维护及质量检验技术标准

SU LIAO JI XIE SHE BEI 实用手册



第四章 其他新技术新工艺

随着生产的发展，人们日益认识到零件制造过程中的切削加工在使毛坯转化为零件的同时，也使大量宝贵的原材料变成了屑末，实在太可惜！通过一代又一代人的奋斗与探索，终于研究出滚压、滚轧和粉末冶金等少无切削的崭新加工方法，以及诸如爆炸成形、液压成形、旋压成形和喷丸成形等多种新型的成形方法。

刀具和磨具切削加工，人们早已司空见惯。但借助高压水射流竟可以切割厚达数十毫米的钢板，真不能不令人惊叹！而快速激光原型和零件制造技术则将人们对零件的加工带入了一个全新的境界。它使常规加工中对材料逐步切除式的做“减法”演变为对材料渐增式的做“加法”，向人们展示出一种崭新的思维方式。超精密加工使零件的加工精度进入毫微米，甚至纳米级，而微细加工则使我们有可能得到尺寸为几十微米的轴、齿轮甚至机构，从而有可能使微型机构成为 21 世纪的重要新产品。

第一节 直接成形技术

一、爆炸成形

爆炸成形分半封闭式和封闭式两种。图 4-1 (a) 是半封闭式爆炸成形示意图。坯料钢板用压边圈压在模具上，并用黄油密封。将模具的型腔抽成真空，炸药放入介质中，介质多用普通的水。炸药爆炸，时间极短，功率极大，1kg 炸药的爆炸功率可达 450 万千瓦，坯料塑性变形移动的瞬时速度可达 300m/s，工件贴模压力可达 2 万个大气压。炸药爆炸后，可以获得与模具型腔轮廓形状相符的板壳零件。

图 4-1 (b) 是封闭式爆炸成形示意图。坯料管料放入上、下模的型腔中，炸药放入管内。炸药爆炸后即可获得与模具型腔轮廓形状相符的异形管状零件。

爆炸成形多用于单件小批生产中尺寸较大的厚板料的成形（图 4-2 (a)），或形状复杂的异形管子成形（图 4-2 (b)）。爆炸成形多在室外进行。

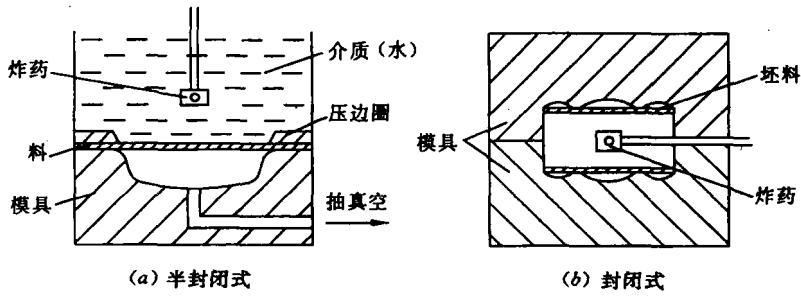


图 4-1 爆炸成形示意图

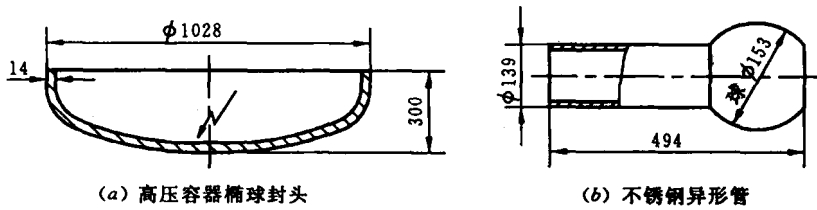


图 4-2 爆炸成形应用实例

二、液压成形

图 4-3 是液压成形示意图。坯料是一根通直光滑管子，油液注入管内。当上、下活塞同时推压油液时，高压油液迫使原来的直管壁向模具的空腔处塑性变形，从而获得所需要的形状。零件液压成形适用于大批大量生产中薄壁回转零件。图 4-4 (a) 为自行车中接头零件，原来采用 5mm 厚的低碳钢板冲压、焊接而成，需要经过落料、冲 4 个孔、4 个孔口翻边、卷管、焊缝等 15 道工序。后改为直径 41mm、厚 2.2mm 的焊缝管液压成形，压出 4 个凸头，切去 4 个凸头端面的封闭部分，即成为图示的中接头零件，使生产率大为提高。

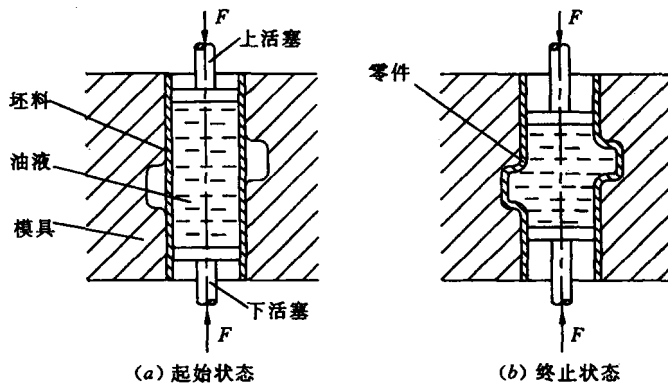


图 4-3 液压成形示意图

图 4-4 (b) 为汽车发动机风扇三角带带轮。液压成形前的坯料是由钢板拉伸出来的。使用时，将三角带嵌入轮槽即可。这种带轮与切削加工的带轮相比，重量轻，体积小，节省金属材料。

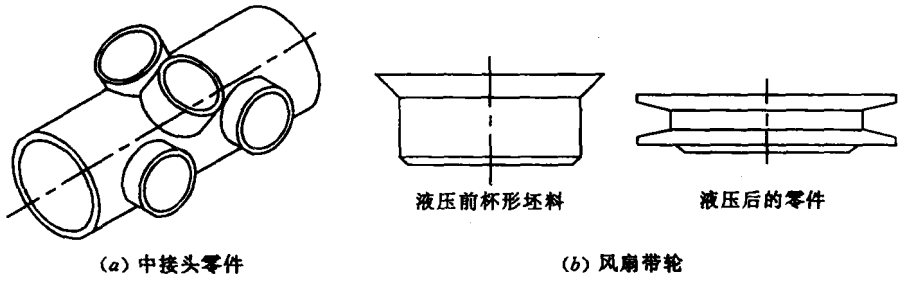


图 4-4 液压成形应用实例

三、旋压成形

图 4-5 (a) 是在卧式车床上旋压成形示意图。旋压模型安装在三爪卡盘上，板料坯料顶压在模型端部，旋压工具形似圆头车刀，安装在方刀架上。模型和工具的材料均要比工件材料软，多用木料或软金属制成。坯料旋转，工具从右端开始，沿模型母线方向缓慢向左移动，即可旋压出与模型外轮廓相符的壳状零件。

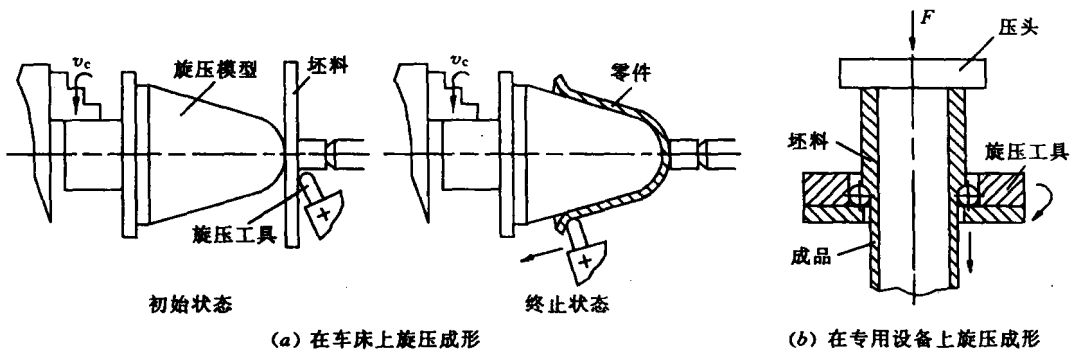


图 4-5 旋压成形示意图

图 4-5 (b) 是在一种专用设备上旋压成形示意图。坯料为管壁较厚的管子，旋压工具旋转，压头向下推压使坯料向下移动，从而获得薄壁管成品。此处的旋压工具材料应比工件硬，以提高旋压工具的使用寿命。旋压成形要求工件材料具有很好的塑性，否则成形困难。

旋压成形适用于壳状回转零件或管状零件，如日常生活中的铝锅、铝盆、金属头盔以及各种弹头、航空薄管等 (图 4-6)。

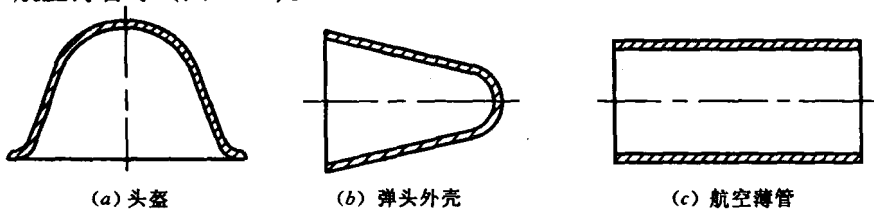


图 4-6 旋压成形应用实例

四、喷丸成形

喷丸本来是一种表面强化的工艺方法。这里的喷丸成形是指利用高速金属弹丸流撞击金属板料的表面，使受喷表面的表层材料产生塑性变形，逐步使零件的外形曲率达到要求的一种成形方法，如图4-7所示。工件上某一处喷丸强度越大，此处塑性变形就越大，就越向上凸起。为什么向上凸起而不是向下凹陷呢？这是因为铁丸很小，只使工件表面塑性变形，使表层表面积增大，而四周未变形，所以铁丸撞击之处，只能向上凸起，而不会像一个大铁球砸在薄板上向下凹陷。通过计算机控制喷丸流的方向、速度和时间，即可得到工件上各处曲率不同的表面。与此同时，工件表面也得到强化。

喷丸成形适用于大型的曲率变化不大的板状零件。例如，飞机机翼外板及壁板零件，材料为铝合金，就可以采用直径为0.6~0.9mm的铸钢丸喷丸成形。图4-8为飞机机翼外板。

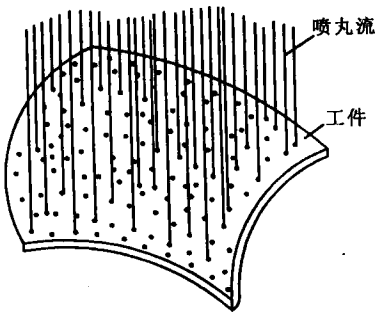


图4-7 喷丸成形示意图

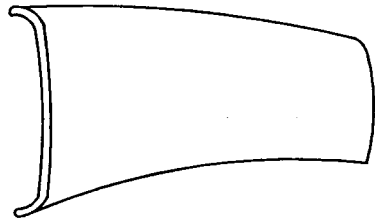


图4-8 喷丸成形的机翼外板

第二节 少无切削加工

一、滚挤压加工

滚挤压加工作为零件表面强化的一种工艺方法，在第四章中已做了详尽的介绍。在本节中，滚挤压加工作为一种无切削的加工方法，主要用来对工件进行表面光整加工，以获得较低的表面粗糙度， R_a 值可达1.6~0.05 μm 。这里所采用的工艺方法与表面强化工艺方法完全相同，故不再赘述。

二、滚轧成形加工

零件滚轧成形加工是一种无切削加工的新工艺。它是利用金属产生塑性变形而轧制出各

种零件的方法。冷轧的方法很多，在第四章第一节中介绍螺纹的加工方法时，介绍了螺纹的滚压加工，其实质就是滚轧成形加工。除此之外，滚轧加工还可以滚轧花键等零件。

图 4-9 是用多轧轮同时冷轧汽车刹车凸轮轴花键示意图。工件在油压机锤头的驱动下通过装有一组轧轮的专用模具，使工件发生塑性变形而轧制出花键。

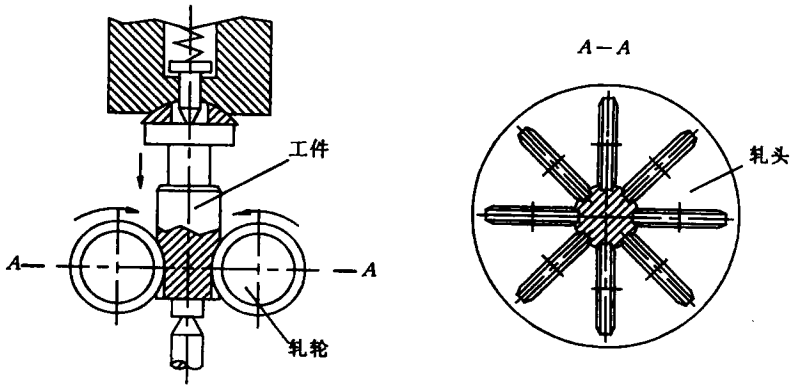


图 4-9 冷轧花键轴示意图

图 4-10 是冷打花键示意图。工件的一端装夹在机床卡盘内，另一端支承在顶尖上。在工件两侧对称位置上各有一个轧头，每个轧头上各装有两个轧轮。轧制时，两轧头高速同步旋转，轧轮依靠轧制时与工件之间产生的摩擦力使其绕自身的轴线旋转。轧头旋转时，轧轮在极短的瞬间以高速、高能量打击工件表面，使其产生塑性变形，形成与轧轮截面形状相同的齿槽，故该冷轧方法得名为冷打花键，亦称为滚轧花键。

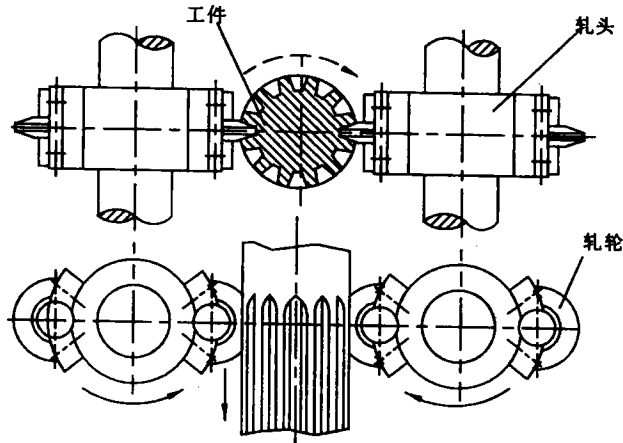


图 4-10 冷打花键轴示意图

在轧制过程中，除上述轧头高速旋转运动外，还有轧头每转一周，工件要转过两个齿槽，此运动为分齿运动，分齿运动可以是间歇的，也可以是连续的。为了沿工件轴线方向加工出全部花键齿槽，轧轮在不断打击工件表面的同时，工件还需沿轴线方向作进给运动。

滚轧加工要求工件坯料力学性能均匀稳定，并具有一定的延伸率。由于轧制不改变工件体积，故坯料外径尺寸应严格控制，太大会造成轧轮崩齿，太小不能使工件形状完整饱满。精确的坯料外径尺寸应通过试验确定。

滚轧加工具有如下特点：

(1) 滚轧加工属成形法冷轧，其工件齿形精度取决于轧轮及其安装精度。表面粗糙度 R_a 值可达 $1.6\sim 0.8\mu\text{m}$ 。

(2) 提高工件的强度及耐磨性。因为金属材料的纤维未被切断，并使表面层产生变形硬化，其抗拉强度提高 30% 左右，抗剪强度提高 5%，表面硬度提高 20%，硬化层深度可达 $0.5\sim 0.6\text{mm}$ ，从而提高工件的使用寿命。

(3) 生产率高。如冷轧丝杠比切削加工生产率提高 5 倍左右；冷轧汽车传动轴花键，生产率达 $0.67\sim 6.7\text{mm/s}$ ；节约金属材料 20% 左右。

冷轧花键适宜大批量生产中加工相当于模数 4mm 以下的渐开线花键和矩形花键，特别适宜加工长花键。

第三节 胶接技术

一、胶接的基本原理

蜘蛛吐的丝能网住昆虫，糨糊能粘住纸，糯米浆砌起的城墙能永固千年，502 胶水能修复断裂的赛璐珞眼镜框，这些都是生活中胶接或粘接的事实。在机械制造中，胶接技术也应用甚广。它是在一定条件下，用胶粘剂将两个零件连接在一起，并使其接合处具有足够强度的一种连接工艺。

胶粘剂为什么能将两个零件牢固地连接在一起？通过长期实践，人们发现其根本原因在于胶粘剂和被粘物表面间发生了机械、物理或化学作用。

1. 机械作用

任何零件表面，都难以做到绝对平滑和无缺陷。利用胶粘剂在固化前的流动性和毛细作用，能够渗入被粘物表面的微小凹穴和孔隙中。当胶粘剂固化后，就像有无数微小的“销钉”，镶嵌在被粘物的微小缝隙中，从而把接头牢固地连接在一起。

2. 扩散作用

当采用高分子胶粘剂粘接塑料、橡胶等高分子材料时，由于在一定温度下分子的热运动，引起分子间的扩散作用，从而在两种材料间形成“交织”结合。

3. 吸附作用

任何物质的分子彼此靠近时 (< 5 埃)，分子间的相互作用力便能将接触的物体相互吸附在一起。校准用的平整的量块表面能够紧贴在一起就是这个道理。当胶粘剂与被粘物的分子紧密接触时，不可避免地发生吸附作用，使之彼此胶接在一起。

4. 化学作用

在某些胶接过程中，胶粘剂分子能与被粘物表面形成牢固的化学键，从而使它们有力地

结合在一起。例如在环氧树脂等胶粘剂中加入少量的偶联剂，就可以明显地提高胶接强度，尤其是潮湿环境下的强度。其原因就在于胶粘剂通过偶联剂在一定程度上与被粘材料表面形成了化学结合。

二、胶粘剂的组成与分类

1. 合成胶粘剂的组成

在采用合成高分子化合物作为胶粘剂之前，人们多用水溶剂的天然胶粘剂，如动物性鱼胶和骨胶，植物性的糊精和淀粉等，其组分较简单。而人工合成的胶粘剂则由下列组分按一定的比例配制而成。

(1) 粘料 是胶粘剂的基本组分，它对胶粘剂的性能如胶接强度、耐热性等起着决定性的作用。常用的粘料有环氧树脂、酚醛树脂等合成树脂，也有丁腈橡胶和氯丁橡胶等合成橡胶。

(2) 增韧剂 用于增加胶粘剂的韧性和提高胶接接头的抗剥离和抗冲击能力。常用的增韧剂有聚酰胺树脂等热塑性树脂和合成橡胶等。

(3) 稀释剂 用于降低胶粘剂的粘度，增加对被粘物表面的浸润能力并便于施工。常用的稀释剂有丙酮、烯料等多种与粘料相溶的溶剂。有机溶剂多为易燃性物质，在使用中应特别注意安全。

(4) 填料 用于提高胶粘剂的强度、硬度和耐热性，降低热膨胀系数和收缩率以及降低成本等。常用的填料有金属粉末和玻璃、石棉等非金属纤维以及其他织物等。

(5) 固化剂 又称硬化剂，对普通环氧树脂胶粘剂，是一种不可缺少的成分。固化剂的性能和用量会直接影响胶接的工艺性能和使用性能。

有时根据胶粘剂的特殊要求，还可适当加入其他添加剂。

2. 胶粘剂的分类

对胶粘剂的分类方法很多，本节仅从实用角度按其主要用途进行分类。

(1) 结构胶 能承受较大载荷，常用于受力零部件的胶接。常用的结构胶有环氧-丁腈胶和酚醛-丁腈胶等。

(2) 修补胶 主要用于汽车、拖拉机零部件以及其他机电设备的维修。这类胶的使用工艺简单，但工作温度一般不高于100℃。常用的修补胶有环氧树脂胶等。

(3) 密封胶 主要用于密封机械连接接头，以代替橡胶、石棉等固体垫片。常用的密封胶有尼龙密封胶和厌氧密封胶等。

(4) 软质材料用胶 主要用于橡胶、塑料和纤维织物等软质材料的胶接。常用的有有机玻璃胶、氯丁橡胶和聚氨酯胶等。

(5) 特种胶 主要用于导电、导磁、耐高温和耐超低温等特殊场合。常用的特种胶有酚醛树脂导电胶、聚酰亚胺高温胶和聚氨酯超低温胶等。

三、胶接工艺

在根据零部件胶接的要求选择好胶粘剂后，必须严格遵守胶接工艺规范，才能获得良好

的胶接接头。它主要包括表面清理、涂胶、合拢和固化4个工艺过程。

1. 表面清理

为了保证胶接强度，胶接件的待胶接表面必须去除油污和锈蚀等并保持清洁。常用的表面清理方法有下面几种：

(1) 表面清洗 对于大批量的小型胶接件，可在三氯乙烯蒸气槽内放置半分钟左右，就能有效地去除油污。对于胶接面积较小的小批量零件，可用乙酸或乙醚进行擦洗。对于油污严重的表面应先用汽油浸泡或刷洗作为预清洗。对于较大部件的大批量生产，则常用碱液进行处理，再用热水、冷水冲洗，最后用热风干燥。

(2) 机械处理 采用机械处理，一方面为了去除锈蚀与油污，另一方面为了使待胶接表面具有合适的表面粗糙度以利胶接。对于有机胶，表面粗糙度 R_a 值为 $6.3\sim 3.2\mu\text{m}$ ；对于无机胶，表面粗糙度 R_a 值为 $25\sim 6.3\mu\text{m}$ 。常用的机械处理方法有车削、刨削或用砂布、砂轮打磨以及喷砂等。对于光滑的非金属材料表面，也必须用机械方法打毛后清洁才有利于胶接。

(3) 化学及电化学处理 金属材料的待胶接表面采用化学及电化学处理后，可形成一层均匀、坚实和有适当表面粗糙度的活性表面层，能大大提高胶接强度。尤其像聚乙烯和聚四氟乙烯等材料，如果不进行表面化学处理，几乎不可能进行胶接。

2. 涂胶

待胶接表面经处理后最好立即涂胶，以免表面再次污染。涂胶的原则是在保证两贴合面不缺胶的情况下越薄越好。因为胶层愈薄，产生缺陷的可能性愈小，固化时产生内应力的可能性也愈小，因而胶接强度高。对于有机胶，一般胶层厚度约为 $0.08\sim 0.1\text{mm}$ ，对于无机胶则约为 $0.1\sim 0.2\text{mm}$ 。

涂胶的方法有刷胶、刮胶、喷胶、浸胶和用注胶器注胶等多种方法。

3. 合拢

合拢工序取决于胶粘剂的类型。对于无溶剂胶，涂胶均匀后即可合拢；对于有溶剂胶，涂胶后一般在室温条件下，保持环境清洁，待溶剂全部挥发后再进行合拢。

4. 固化

固化指的是胶接界面间胶粘剂的硬化并达到所期望的连接强度。固化工序对胶接质量有重要影响。其影响因素为压力、温度和时间。

(1) 压力 胶粘剂固化时，应依据其种类的不同施加一定的压力。施加压力有如下作用：

- ①有利于排除胶液中残留的溶剂并限制低分子挥发物及溶剂逸出时由于鼓泡而形成气孔；
- ②可使涂胶表面紧密接触，特别对流动性较差的胶粘剂有利；
- ③有利于控制胶层厚度，形成均匀胶层。

加压的方式取决于胶接件尺寸、形状和设备情况。图4-11所示为常用的几种加压方法。胶接件固化完成后，一般冷却到室温再卸压。

(2) 温度和时间 每种胶接剂都有一定的固化温度与固化时间。在一定范围内固化温度与时间是两个相互制约的工艺参数。温度高时，固化时间就短；温度低时，固化时间就长。例如，用6%~8%的乙二胺作为环氧树脂的固化剂时，若固化温度为 $18\text{C}\sim 20\text{C}$ ，固化时间为48小时；若固化温度为 150C ，则固化时间仅需2小时。因此，在选定胶接剂后，必须按照该胶粘剂所规定的固化条件进行固化，才能获得良好的接头性能。

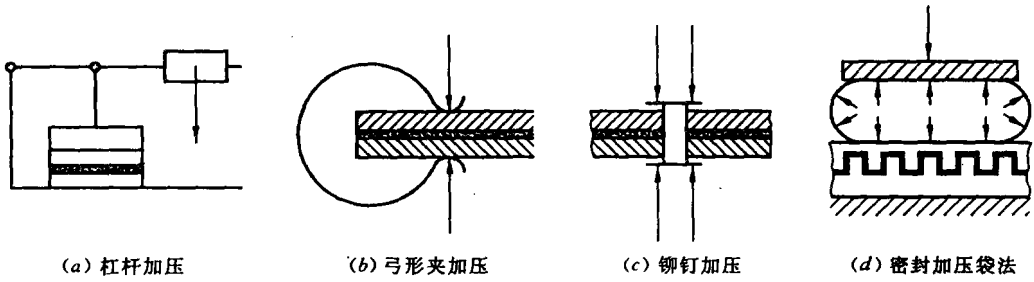


图 4-11 常用加压方法

四、胶接接头设计

胶接接头性能的优劣，不仅取决于胶粘剂的性质和胶接工艺，而且与接头设计的结构形式有密切关系。

1. 接头受力形式

在实际工作中，胶接接头的受力情况相当复杂。但归纳起来，大体有以下四种基本形式（图 4-12）。

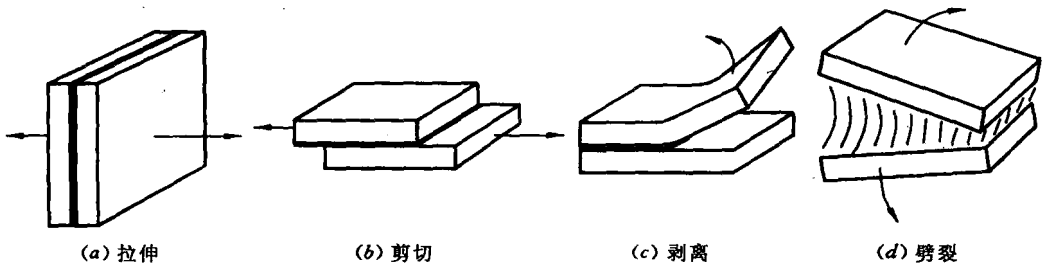


图 4-12 接头受力的基本形式

2. 接头设计原则

在一般情况下，胶粘剂承受拉伸和剪切作用的能力要比承受剥离和劈裂作用的能力大得多，因此在设计接头时，应遵循下列基本原则：

(1) 尽可能使接头承受拉伸和剪切作用力 图 4-13 中的 (a)，(b) 二图胶接件的形体虽然相同，但 (b) 图的受力形式却得到明显改善。

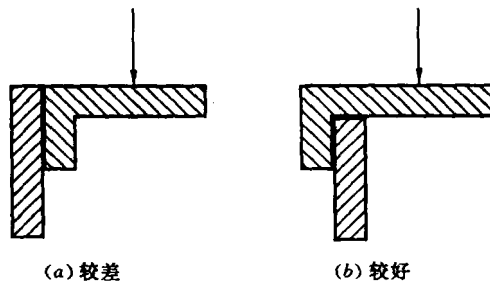


图 4-13 改善接头受力形式

(2) 增加接头胶接面积 为了提高接头的承载能力, 应尽量增大胶接面积 (图 4-14)。

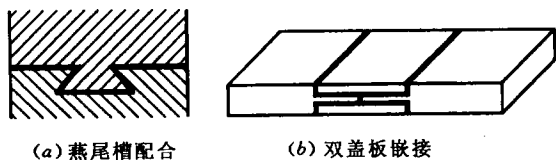


图 4-14 增加胶接面积

(3) 采用复合连接形式 为了使胶接接头能承受较大的作用力, 常采用胶-焊、胶-铆、胶-螺等多种复合连接方式 (图 4-15)。

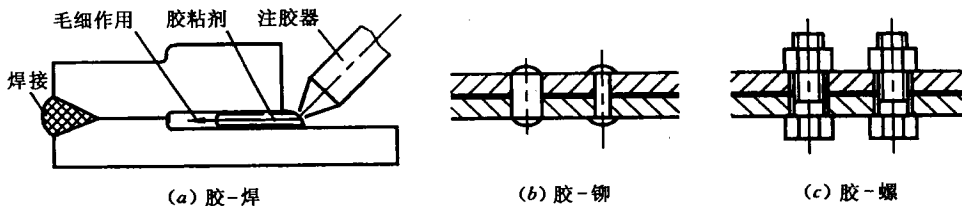


图 4-15 复合连接形式

3. 常见接头形式

常见的胶接接头形式有三种, 即平板接头、平板与型材接头以及管材、棒材接头三种形式。

(1) 平板接头形式 平板的接头形式很多, 常用的有单面搭接、斜面搭接、V形嵌接和盖板对接等 (图 4-16)。

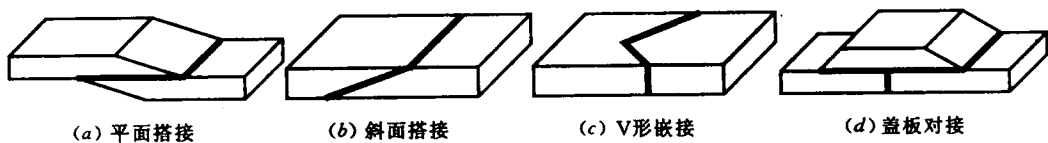


图 4-16 平板接头形式

(2) 平板与型材接头形式 平板与型材接头有 T 型、L 型和 \square 型三种形式 (图 4-17)。

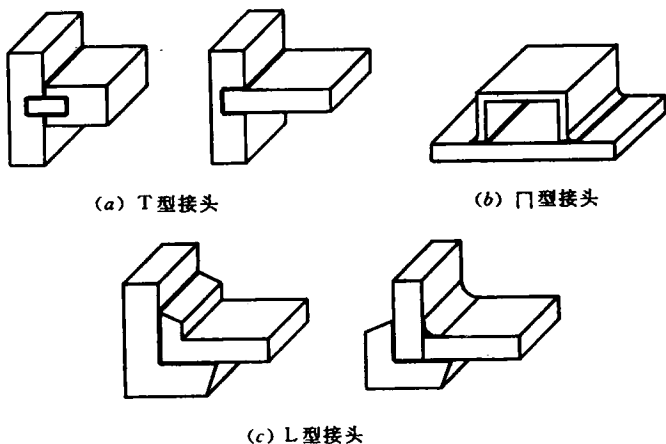


图 4-17 平板与型材接头形式

(3) 管材、棒材接头形式 常见的管材、棒材接头形式如图 4-18 所示。

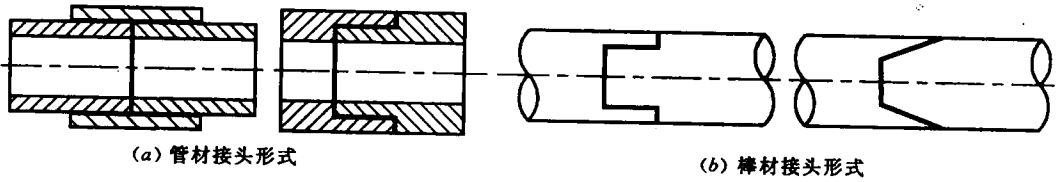


图 4-18 管材与棒材接头形式

五、胶接技术应用举例

作为一种新型的连接方法，胶接技术已经成为机械制造业、飞机制造业、造船工业、建筑业、电子工业等不可缺少的连接手段。它不但广泛应用于密封和修补领域，而且应用于各种金属与非金属制品的胶接结构设计领域。下面仅介绍机械制造业中应用的一些实例。

1. 机械连接密封

机械连接的密封属重要的工程技术问题。常采用的密封方法是在零件连接处嵌入预制的橡胶、纸板或铜片等垫料，密封效果有时不够理想。近年来，许多工业部门逐步采用密封胶来解决密封问题，取得了良好的效果（图 4-19）。

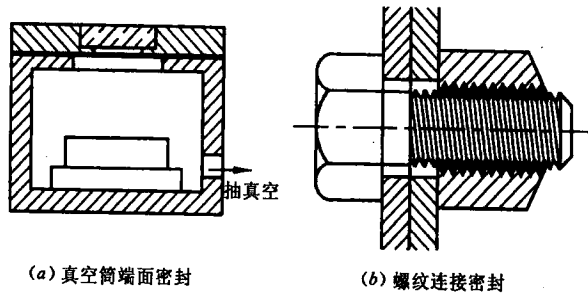


图 4-19 机械连接密封

2. 机械零件的修复

胶接技术在机械零件毛坯、在制件以及使用件的修复中应用已很普遍。图 4-20 所示铸件毛坯出现局部缩松，在缩松处钻一直径大于缩孔所处空间的孔，清洗干净后，涂好胶粘剂，再配入同样材料的销堵，固化后即可正常使用。

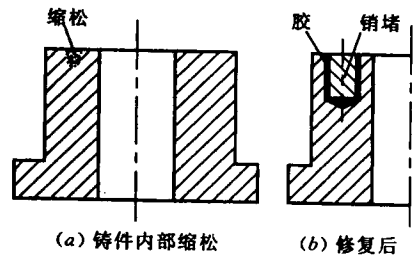


图 4-20 机械零件修复

3. 胶接在设计中的应用

近年来胶接技术也应用于某些技术方案的设计中。图 4-21 (a) 所示的冲模采用 A, B, C, D 组成的镶块结构。镶块拼装后需用螺钉固定，不易保证整体精度，采用顺丁烯二酸酐固化的环氧树脂胶接，在 30 吨冲床上使用效果良好。图 4-21 (b) 所示为采用耐高温的磷酸氧化铜胶胶接的切断刀，比铜焊工艺简单得多。图 4-21 (c) 所示为在原有机架上增加一受力较大的机件，采用了胶接和螺钉压紧的复合连接方式。

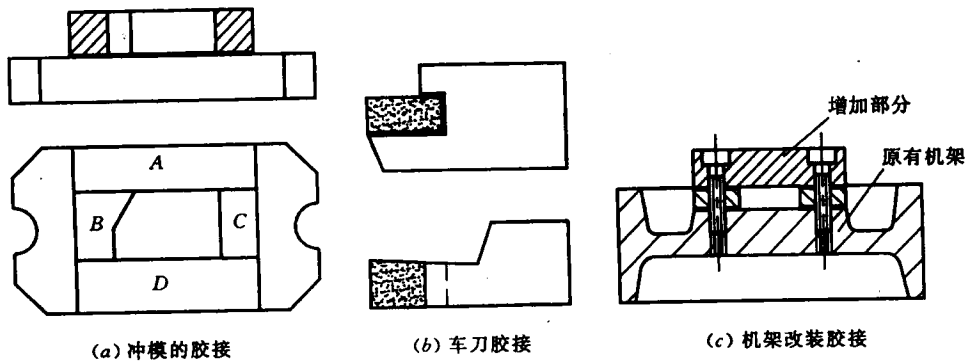


图 4-21 胶接在设计中的应用

第四节 水射流切割技术

早在古代，人们就懂得“滴水穿石”的道理，但直到 20 世纪 60 年代，经过研究人员的不懈探索，才真正把这一简单原理变成水射流切割技术。利用在高压下由喷嘴喷射出的高速水射流对材料进行切割的技术，称为水射流切割（water jet cutting——WJC）；利用带有磨料的水射流对材料进行切割的技术，称为磨料水射流切割（abrasive water jet cutting——AWJC）。前者由于单纯利用水射流切割，切割力较小，适宜切割软材料，喷嘴寿命长；后者由于混有磨料，切割力大，适宜切割硬材料，喷嘴磨损快，寿命短。

一、水射流切割原理

水射流切割是利用高速高压的液流对工件的冲击作用来去除材料的。使水获得压力能的方式有两种：一种是直接采用高压水泵供水，压力可达到 35~60MPa；另一种是采用水

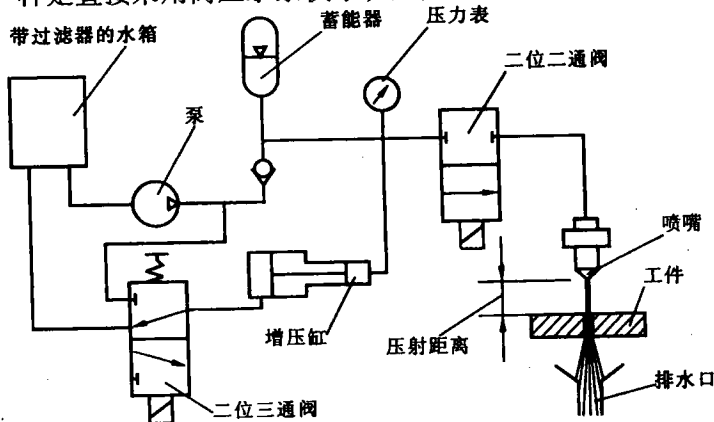


图 4-22 水射流系统液压原理图

泵和增压器，可获得 100~1000MPa 的超高压和 0.5~25L/min 的较小流量。用于切割的水射流速度可达 500~900m/s。图 4-22 所示为带有增压器的水射流切割系统原理图。经过滤的水经水泵后通过增压缸增压，蓄能器可使脉冲的液流平稳。水从 0.1~0.6mm 直径的人造宝石喷嘴喷出，以极高的压力和流速直接压射到工件的切割部位。当射流的压强超过材料的破坏强度时，便可切割材料。图 4-23 所示为带有数控系统的双喷嘴水射流切割设备。

在世界各国，各制造厂家已经安装的水射流切割装置已超过 2500 套，而且其年增长率可望达到 20%。因此，有一些工业评论家预言，将来的制造厂家会把重点放在高压水上，就像他们今天普遍采用空气和蒸汽一样。

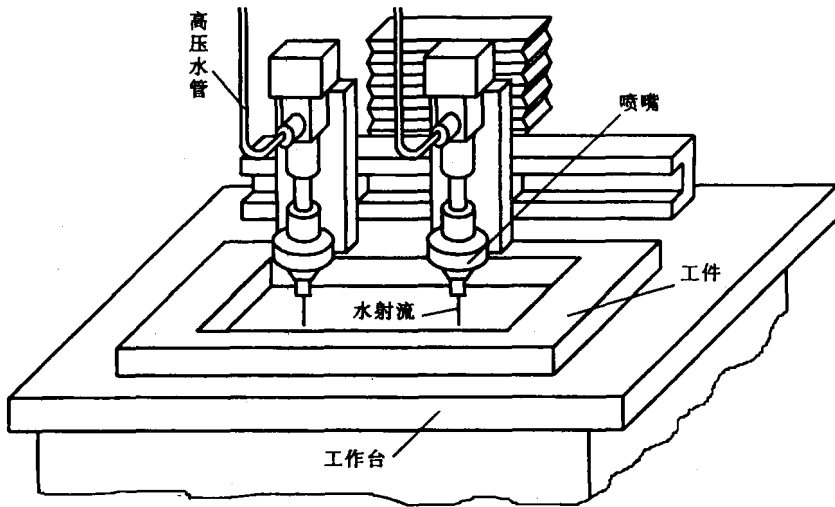


图 4-23 双喷嘴水射流切割设备

二、水射流切割特点

水射流切割与其他切割技术相比，具有一些独有的特点：

(1) 采用常温切割对材料不会造成结构变化或热变形，这对许多热敏感材料的切割十分有利。是锯切、火焰切割、激光切割和等离子体切割所不能比拟的。

(2) 切割力强，可切割 180mm 厚的钢板和 250mm 厚的钛板等。

(3) 切口质量较高，水射流切口的表面平整光滑、无毛刺，切口公差可达 $\pm 0.06 \sim \pm 0.25\text{mm}$ 。同时切口可窄至 0.015mm，可节省大量的材料消耗，尤其对贵重材料更为有利。

(4) 由于水射流切割的流体性质，因此可从材料的任一点开始进行全方位切割，特别适宜复杂工件的切割，也便于实现自动控制。

(5) 由于属湿性切割，切割中产生的“屑末”混入液体中，工作环境清洁卫生，也不存在火灾与爆炸危险。

水射流切割也有其局限性，整个系统比较复杂，初始投资大。如一台 5 自由度自动控制

式水射流设备，其价格可高达10~50万美元。此外，在使用磨料水射流切割时，喷嘴磨损严重，有时一只硬质合金喷嘴的使用寿命仅为2~4小时。尽管如此，水射流切割装置仍发展很快。

三、水射流切割的应用

由于水射流切割有上述特点，它在机械制造和其他许多领域获得日渐增多的应用。

(1) 汽车制造与维修业采用水射流切割技术加工各种非金属材料。如石棉刹车片、橡胶基地毯，车内装潢材料和保险杠等。

(2) 造船业用水射流切割各种合金钢板（厚度可达150mm），以及塑料、纸板等其他非金属材料。

(3) 航空航天工业用水射流切割高级复合结构材料、钛合金、镍钴高级合金和玻璃纤维增强塑料等。可节省25%的材料和40%的劳动力，并大大提高劳动生产率。

(4) 铸造厂或锻造厂可采用水射流高效地对毛坯表层的型砂或氧化皮进行清理。

(5) 水射流技术不但可用于切割，而且可对金属或陶瓷基复合材料、钛合金和陶瓷等高硬材料进行车削、铣削和钻削。图4-24是磨料水射流车削加工示意图。

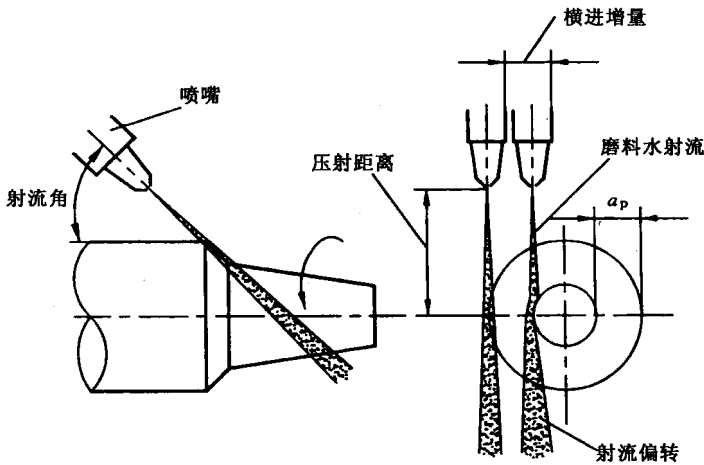


图4-24 磨料水射流车削

第五节 快速激光原型制造技术

无论常规的切削加工还是较现代的数控加工和特种加工技术，其基本思路都是去除原材料的多余部分最后得到符合图样要求的零件。80年代中期，美国的三维系统公司（3D-systems）推出了一种全新的零件制造装置——立体光刻装置（stereolithography apparatus，

SLA)。它根本无需采用刀具或磨具，而是通过紫外线激光固化光敏性聚合材料、涂胶线或ABS塑料，从而得到原型、零件或模具。

一、快速激光原型制造技术的基本原理

快速激光原型制造技术也称为生长型制造技术，其基本思路起源于三维实体可以被切割成一系列连续薄切片的逆过程。也就是说，只要用二维的制造方法制成一系列的连续薄片，就可堆叠成任意形状的三维零件。其制造过程是将材料不断地按需要添加在未完成的在制品上，直到零件制造完毕。这个过程即所谓的“材料生长的制造过程”。本质上是一个由渐变、累积到质变的过程。这样就将传统的“去除”式加工模式转变为“渐增”式的生长模式，从而在根本上改变了关于零件制造的传统观念。图4-25可大体说明这种新型的制造系统和制造原理。

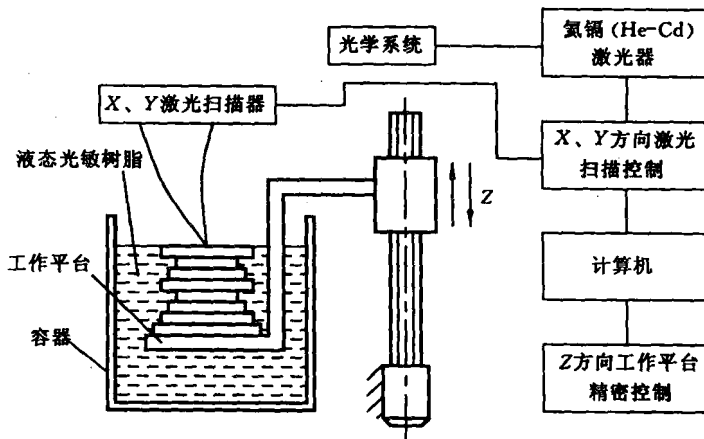


图4-25 快速激光原型制造原理

实际工作时，先根据零件的三维CAD模型，经过计算机处理变成面化的模型，然后经过计算机处理将面化模型“切片”形成一系列横截面，激光束则在数控装置的驱动下进行扫描，使工作平台上的液态光敏树脂逐层固化。固化过程从工作平台上的第一层液体开始，此层固化后，数控装置驱动工作平台沿Z方向下降一段距离，使新的一层液态树脂覆盖在已固化层上面。此时，数控装置再使工作平台精密上升到预定高度，激光束开始扫描固化第二层。该过程反复进行，直到最后一层液态光敏树脂固化完毕，便“生长”成为三维实体的塑胶零件。

图4-26所示为另一种类型的快速激光原型制造系统。它的工作循环如下：步进电机带动进给机构辊芯沿逆时针方向转动，原材料（卷纸）自右向左移动预定距离，工作台升高至上切割位置，热压辊自左向右滚动，将涂胶纸热粘在基底上，计算机根据样品模型的截面轮廓线信息驱动激光切割头，在材料上切出轮廓线并在中间余料上切出方形小网格，工作台连同被切出的轮廓层下降到预定高度，步进电机再次驱动主动芯辊沿逆时针方向转动，重复下一个工作循环，直至构成产品样品。

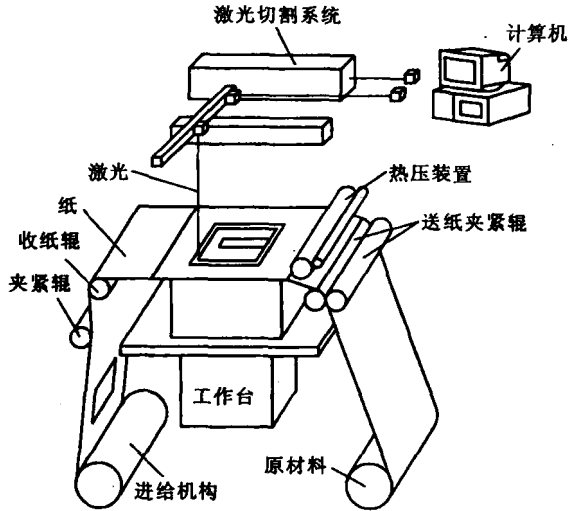


图 4-26 快速激光原型制造系统

二、快速激光原型制造的技术后盾

快速激光原型制造技术是一种涉及多门学科的新型综合制造技术。它综合运用了计算机数控技术、计算机辅助设计和辅助制造、激光技术和新型材料等领域的最新成果。

1. 计算机数控技术

快速激光原型制造技术所采用的系统类似于普通数控系统。对于大多数立体光刻系统和激光烧结系统，Z轴工作台只需要提供有固定规律的单向精密位移控制。对于激光扫描固化，则必须提供二维的两轴联动控制。但如果要制造出高质量的薄层，数控系统必须能够实现对光学参数和几何参数进行实时补偿。这是因为激光在偏转扫描过程中，液态树脂表面的光斑尺寸是随机变化的，这直接影响到薄层的固化。为补偿光斑尺寸的变化，激光束的扫描速度就必须实时变化。与此同时，随着所加工材料薄层厚度的不同，激光扫描的速度也有所不同。只有采用能够进行实时补偿的高速数控系统才能高效率高精度地“生长”零件。

2. 计算机辅助设计 (CAD) 和辅助制造 (CAM) 技术

几乎可以说，没有已趋成熟的 CAD/CAM 技术就没有快速激光原型制造技术。因为该技术的所有应用系统在制作零件的过程中都是从 CAD 入手。首先利用 CAD 系统设计出三维零件模型，再利用 CAD 软件对零件离散化，以形成长型制造系统的文件。继后用 CAM 软件对设计好的零件模型进行薄切片，每片厚度为 0.13~0.76mm。每一切片还必须确定其生成制作的佳扫描路径。然后将切片的几何信息和生成的佳路径信息存入直接控制数控系统的命令文件。图 4-27 所示显示了零件在 CAD/CAM 中的处理过程。

若已存在三维零件，则可利用工业扫描技术 (CT) 获得该零件的一系列连续的层面信息。快速激光造型制造技术的计算机集成制造过程如图 4-28 所示。

3. 激光技术

快速激光原型制造技术采用的能源一种是氦镉 (He-Cd) 激光器产生的紫外激光；另一