高效加工大直径孔刀具的应用与发展

■ 哈尔滨汽轮机厂有限责任公司 （黑龙江 150046）顾祖慰　赵洪信

摘要：缸体上一般有成百个用于前后、上下的紧固螺孔，其加工工作量占整个零件加工的较大比重。本文介绍了几种适用于重型机械设备制造中加工大直径孔的高效刀具。

在发电设备（汽轮机、发电机）和重型机械设备制造中，其重要部件——缸体，常出现用于紧固和联接的大直径螺孔需要加工的情况。螺孔加工的质量将直接影响缸体接触平面蒸汽的泄露和安全。因此，研究采用高效工艺和刀具，对大直径螺孔加工具有重要的现实意义。

高效加工的含义是相对原有工艺和刀具而言，在单位时间内能获得最大的金属切除量，且加工质量能达到图样的各项技术要求（形位公差、表面粗糙度和尺寸精度等）。

在我国重型设备制造厂，原有的大直径孔（螺孔）加工刀具中，高速钢刀具占有较大的比重，且有些厂家大型摇臂钻床还占有一定的比例。

1. 钻孔刀具

（1）高速钢钻（扩）孔刀具。原常规大直径钻孔工艺和刀具，一般采用大直径高速钢麻花钻钻出ϕ60mm左右的底孔，然后用高速钢套式扩孔钻将孔逐级扩大（扩大量为10～25mm），经多次扩大至所需要的孔径，但目前已被几种新的钻孔工具所代替。

扁钻是钻孔中最原始的切削刀具，由于其结构简单、制造方便、成本低廉，因此在小批、单件生产中常被一些厂采用，但其缺点是切削效率低（只能采用低速、小走刀量）、刀具寿命短，且钻削加工中，常因热处理不当或切削力过大而导致刀片碎裂。经过改进的扁钻是其刀片采用了高性能高速钢或粉末冶金高速钢和物理涂层技术，刀具结构采用内冷却装置，且切削刃两侧开有交叉分屑槽，这样就减小了轴向切削力，使排屑顺畅。改进后的扁钻由于采取了上述措施，从而使切削效率和寿命有了较大的提高。因此，目前在国内外该工艺和刀具在对ϕ80～ϕ150mm的大孔加工中都有推广应用的先例，其刀具结构简图如图1所示。

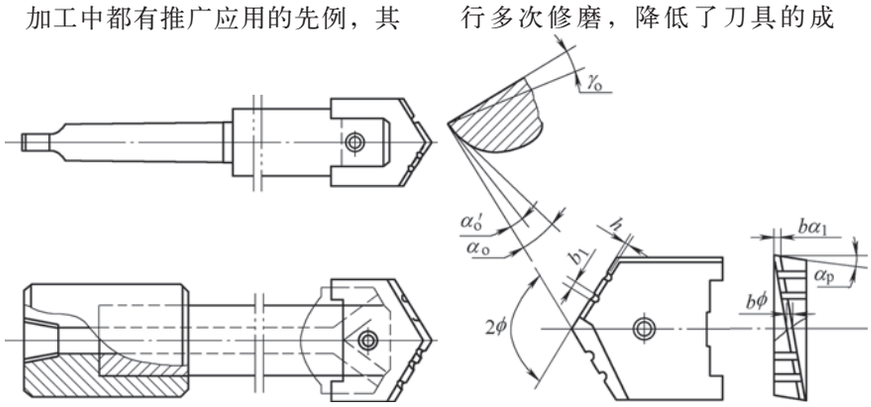


图1　扁钻

高速钢双刃抛物线扩孔钻，原应用的大直径高速钢扩孔钻，一般为3刃、4刃套式结构，刀具材料为普通高速钢，硬度为62～64HRC，由于材料和结构的限制，仅适用于较低的切削用量。

改进后的扩孔钻特点是：材料为高性能高速钢（粉末冶金高速钢），热处理后的硬度为66～68HRC，刀具经涂层后，其耐磨性大为改善。刀具结构为双刃，且刀刃呈抛物线形，刀具前后刀面均经铲磨而成，刀具强度高、排屑流畅，而且由于抛物线形刀刃，在切削时切削刃逐点切入工件，使切削力减小且切削平稳，前后刀面开出的分屑槽又能强化断屑效果。刀具的整体型式可进行多次修磨，降低了刀具的成

本。

典型的高速钢双刃抛物线套式扩孔钻简图如图2所示。

（2）大直径硬质合金（高速钢）复合钻。大直径硬质合金（高速钢）复合钻是近年来国内外最常采用的高效切削孔加工刀具，由于大直径复合钻不需要逐级扩孔，一次钻削可以达到所需加工尺寸，因此它既是孔加工上的工艺革命，同时钻头采用高速钢定心钻和硬质合金可转位刀片，这就各自发挥了其材料和结构的优势，满足了刀具由于直径不同，切削速度、强度和硬度的矛盾要求，从而获得了高效切削的效果。

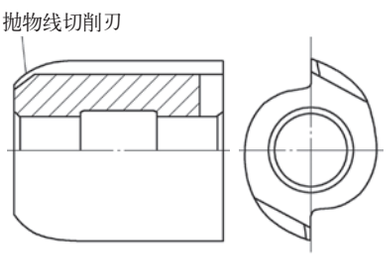
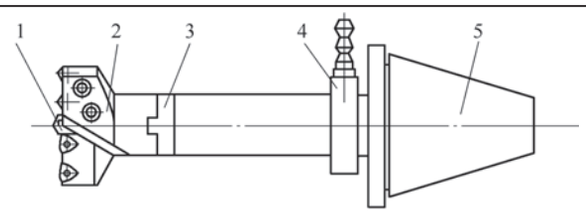


图2 高速钢双刃抛物线套式扩孔钻

复合钻结构组成及特点（见表1）。

表1 复合钻结构组成及特点

作用特点 / 结构组成	
	
1.中心钻	高速钢制造，起定心作用。用轴向螺钉调整钻头伸出长度补偿磨损值
2.切削刀头	用涂层硬质合金可转位刀片，错齿非对称安装，刀片材料可按被加工材料、钻削条件等确定
3.连接环	传递转矩，起保险作用，它由双凸十字键分别与钻杆切削刀头联接
4.冷却环	切削液冷却装置，起冷却、促进排屑作用，可以延长中心钻及可转位刀片的使用寿命
5.钻杆	起承上启下作用，一端连主轴，另一端与刀头联接，内部有冷却孔。一个钻杆可更换10～15个不同规格尺寸的切削刀头，以满足不同直径的要求。钻杆也可以加长，满足不同深度的要求

适用范围及合理选用：复合钻头一般适用于大型数控镗铣床、镗床和摇臂钻床对碳钢、合金钢、有色金属及铸铁进行大孔径加工，要求机床功率充足，有较高的刚性和精度。一般钻孔直径范围为ϕ80～ϕ170mm，在机床功率允许的情况下，可加工至ϕ300mm以上的孔。一般钻孔深度与钻孔直径之比小于5，个别情况下可以达到8，最适宜钻孔深度与直径的比值如图3所示。加工时对工件表面形状的要求如图4所示。

应用复合钻头时，必须注意只能在平面上钻孔，不允许在圆弧面、曲面及其他不规则形状表面上钻孔。如平面上有中心孔时，其直径应小于复合钻头上中心钻直径。复合钻不能进行扩孔。复合钻头在使用前必须合理调整中心钻顶尖和切削头各刃尖的距离，否则中心钻起不到定心和导向的作用。

由于刀具能选用很高的切削用量，因此刀具切削效率较原用钻、扩（成组）刀具提高10倍以上，且更换不同的刀头就能用于多种大直径孔的加工，刀具成本的降低也特别明显。

2. 大直径螺纹孔加工用刀具

大直径螺纹孔加工，一般采

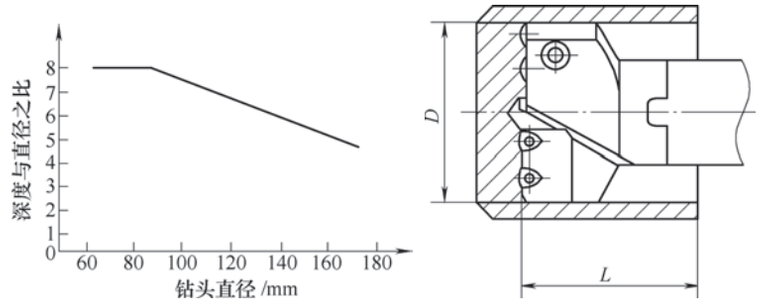


图3 最佳钻孔深度与直径的比值

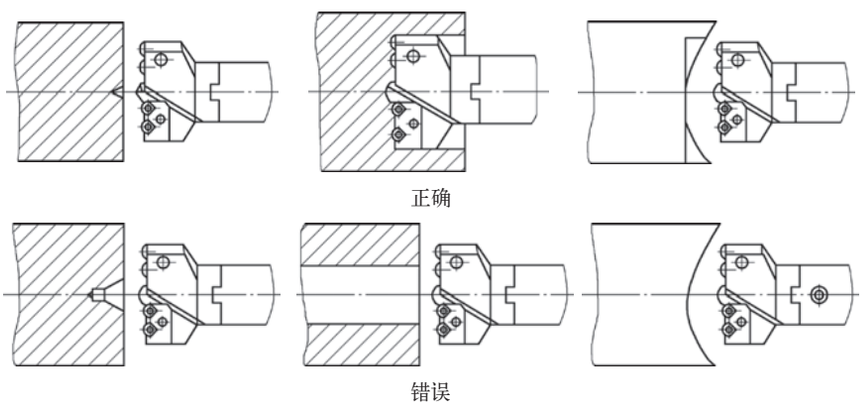


图4 复合钻头对工件表面形状的要求

用成组高速钢套装丝锥，该种工艺和刀具突出的弊病是螺纹孔加工质量不稳定（精度、表面粗糙度差）、双眼皮现象时有发生、切削效率低、刀具寿命短，因此大螺纹孔加工常成为机械加工的一个加工难题。近年来，国内外开发和创新的高效螺纹加工工艺和刀具主要有以下几种。

（1）内容屑丝锥。内容屑丝锥的结构特点是，在螺纹加工过程中切屑暂存在丝锥前端容屑的空间里，因此不会因为排屑而刮伤螺纹表面。内容屑丝锥的前角和刃倾角可根据需要选择，在切削刃强度允许的情况下可多次修磨，而不会影响加工质量。该类丝锥还具有导向性好、切削平稳、切削效率高、加工质量好、刀具寿命长及能一锥成形等特点，在国内外机械加工行业已得到广泛的认可和推广应用，其螺孔加工范围为M56～M150。为提高切削效率和刀具寿命，刀具材料常选用高强度和高耐磨性的高性能高速钢。套装内容屑丝锥结构简图如图5所示。

（2）螺旋槽丝锥。螺旋槽丝锥常用于韧性金属的盲孔或断续表面孔的加工，切屑易于排出，切削平稳，得到国内外广泛应用。

螺旋槽丝锥的结构特点是将排屑槽设计制造成螺旋形式，切削刃即为螺旋刃。该结构丝锥具有切削轻快平稳、排屑顺畅、切削效率高及加工质量好等特点，对中、小直径螺孔加工较为适用，更适用于韧性较强金属上的盲孔加工。螺旋槽丝锥现一般可加工M120以下的螺孔，大直径螺旋槽丝锥的结构如图6所示。

螺旋槽丝锥的切削速度较直槽略高，其数值如表2所示。

（3）螺纹铣刀（梳刀）。螺纹铣刀（梳刀）是近年来发展应用的一种高效率、高精度和高质量的螺纹加工刀具，受到机械加工行业的广泛青睐，结构简图如图7所示。

螺纹铣刀的结构特点：机夹式结构操作方便，刀片本身和重复定位精度高；可根据不同的被加工材料，选择具有针对性的硬质合金刀片；切削效率高，零件的表面加工质量好；通用性好，同一把铣刀既可加工右旋螺纹，也可加工左旋螺纹；可进行内、外螺纹的加工；可加工相同螺距而不同孔径的螺纹。

螺纹铣刀切削参数的选择，需根据被加工零件材料的不同而定。通常不同材质零件的切削参数可按表3进行选择。

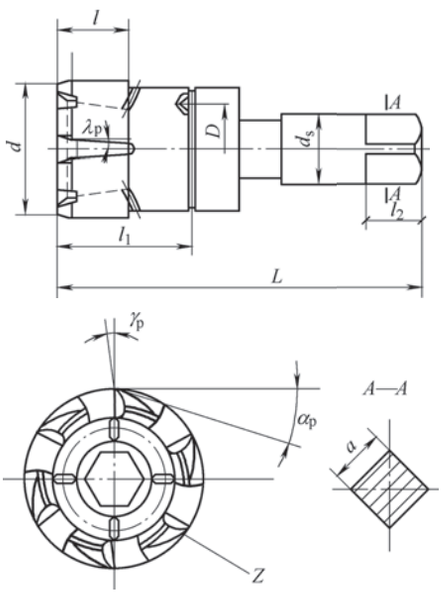


图5　套装结构的内容屑丝锥

表2　大直径螺旋槽丝锥的切削速度

丝锥直径/mm	M52～M80	M80～M120
切削速度/（m·min^{-1}）	9～11	12～13

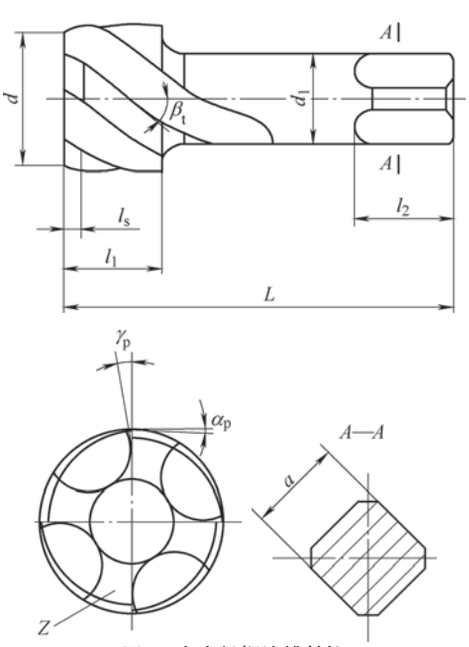


图6　大直径螺旋槽丝锥

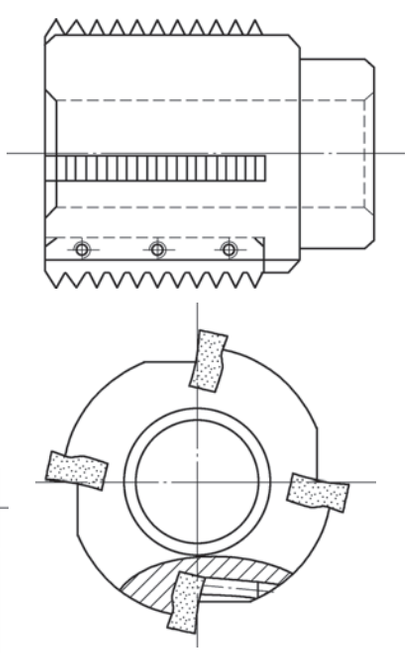


图7　螺纹铣刀结构简图

表3　不同材质零件的切削参数选择

被加工零件材质	每齿进给量/（mm·z^{-1}）	切削速度v_c/（m·min^{-1}）
碳钢	0.05～0.23	150～330
不锈钢	0.05～0.16	135～260
铸铁	0.05～0.23	130～220
高温合金	0.05～0.10	25～60

MW（收稿日期：20141020）