

柴油机机体主油道孔的加工

万传广，沙明学

中车大连机车车辆有限公司 辽宁大连 116022

摘要：研究并优化了柴油机机体主油道孔的加工，满足了企业的生产需求，而且加工质量及刀具耐用度都有显著提高，减少了不合格品率，提高了工作效率，降低企业生产成本。

关键词：6265柴油机；主油道孔；刀具耐用度

1 序言

6265柴油机是我公司新开发研制的中速柴油机，气缸直径265mm，活塞行程300mm，气缸为6缸，标定功率为1700kW。该柴油机为燃油电子控制直接喷射、开式燃烧室、废气涡轮增压、活塞振荡冷却、增压空气中间冷却的四冲程柴油机，具备良好的燃油经济性和排放性，综合技术性能达到国际先进水平，可用于内燃机车和调车机车，装备265L6型机体如图1所示。机体的主油道孔主要用于柴油机的润滑，该主油道孔的设计是加工好底孔后，镶套不锈钢油管，若是底孔加工质量不好，则会影响油管的装配精度，造成安装不牢或润滑油的渗漏，属于精密难加工的深孔。在现代深孔加工技术的发展中，面临着多品种、小批量、新型工程材

料及越来越高的精度要求的挑战，如何进一步提高劳动生产率、降低生产成本成为深孔加工技术的中心课题之一。柴油机机体主油道孔对深孔加工技术的挑战，在于要求提高传统深孔加工的水平，开发新的制造技术与工艺方法。

2 加工方案分析

265L6型机体毛坯为整体铸造，其材质为QT550-6，在进行加工前的工艺分析时，发现主油道孔的加工是该机型的加工难点，主油道孔如图2所示。其他机型的主油道孔轴线都是和主轴承盖结合面垂直，而该机型的主油道孔轴线与主轴承盖结合面垂直线夹角为 22.5° 。柴油机机体主油道孔安排在型号为ATLAS2PML的龙门加工中心进行加工，该机床产自意大利英赛（INNSE）公司，操作系统为SINUMERIK 840D sl。



图1 265L6型机体

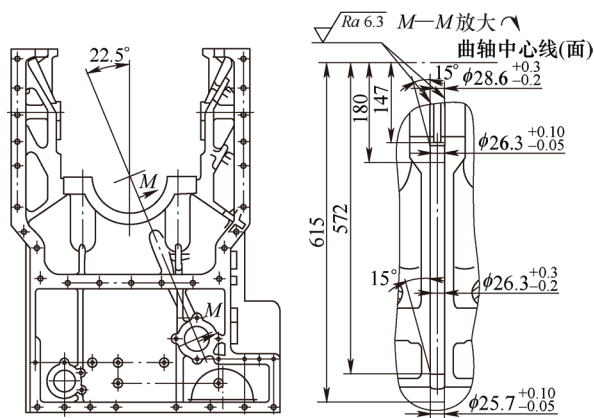


图2 主油道孔

在机械加工中，通常会遇到长径比 >9 的深孔加工，深孔加工主要有如下几个特点。

1) 由于孔的深度与孔径比例较大，刀杆细长、刚性差，故在钻孔时容易偏斜，产生振动，导致孔的表面粗糙度和尺寸精度不易保证。

2) 钻头的工作环境差，热量不易排出，排屑困难，使刀具磨损加剧。

主油道孔的长径比达到19，加工难度更大。针对其特点，分析当前机体主油道孔的加工方案，有两种方法可以选择。

第一种方案，使用 22.5° 角度附件头加工，如图3所示。角度附件头只能进给至起刀点，否则会发生干涉，造成角度附件头碰撞，在此情况下需要使用加长刀具。经过计算，制作完成后的刀具长1248mm，刀杆切削部分尽量缩短，这就需要加长刀柄，刀柄长达690mm，属于非标刀柄，因刀柄太长还需做动平衡试验，费用非常高。钻削时会产生振动，排屑不畅，造成刀体与工件孔壁的粘连，使刀具报废，机体无法修复，效率也会非常低。

第二种方案，使用 22.5° 胎具、延伸附件头加工。将机体装夹在 22.5° 胎具上，主油道孔轴线与工作台垂直，如图4所示。延伸附件头可以伸到机体瓦口内部，附件头有效长度为390mm，刀柄长度缩短了390mm，可以大大提高刀具的刚性，消除

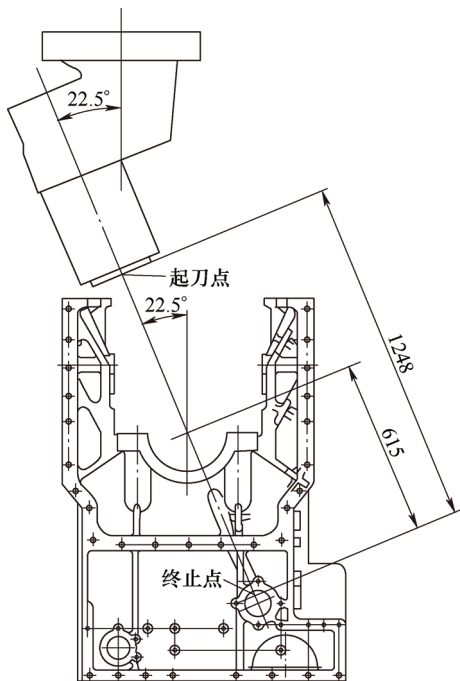


图3 22.5° 角度附件头加工

刀杆在钻削时的振动，保证孔的表面质量和尺寸精度。综合各方面因素，经过分析研究决定采用第二种方案加工主油道孔。

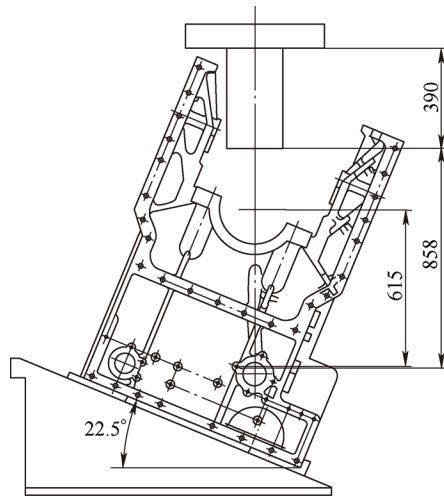


图4 22.5° 胎具、延伸附件头加工

3 加工工艺方案

3.1 胎具的制作

利用废弃的 25° 斜胎（见图5）改制 22.5° 胎具。卸下原 25° 斜胎定位垫块，按照柴油机机体缸台面的宽度尺寸重新加工定位面， 25° 和 22.5° 角度不同，相同的定位面长度，高度差也不同。由于原胎具内部是空心，没有太大的加工余量，因此加工安装面时，只需加工出垫块所需的平面即可，记录好两个安装面的高度差值，钻削出相应的M12螺纹孔。按照设计好的图样加工出平垫（见图6）和L形定位垫块（见图7），将垫块安装在胎面上，改制完成后的胎具如图8所示。



图5 25° 斜胎

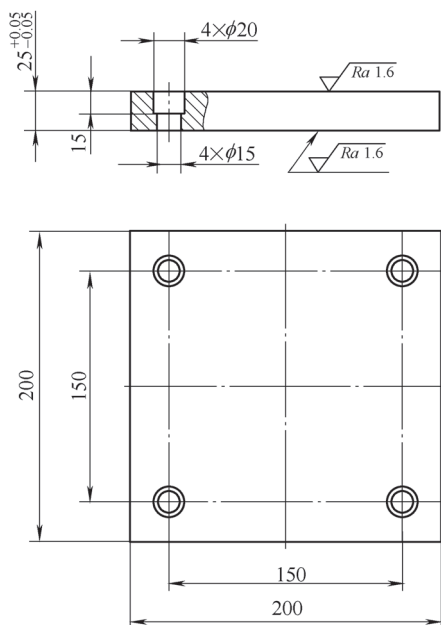


图6 平垫

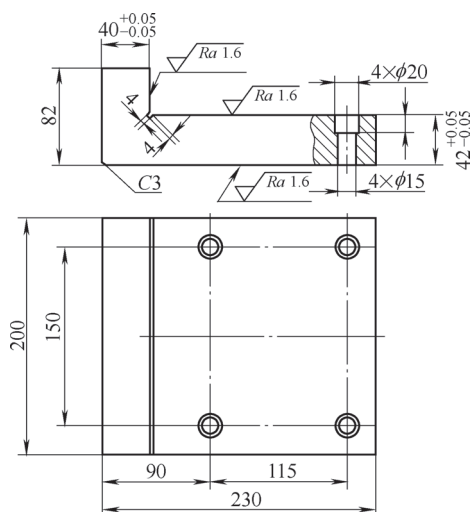


图7 L形定位垫



图8 改制后胎具

3.2 工件的装夹

将斜面胎具安装在工作台，并靠在侧面顶子上，用压板、螺栓预紧胎具。将机体调整好角度吊至胎具上方，轻轻下落，将其左侧工艺基准面紧靠在L形挡块上，以实现机体的粗定位（见图9）。调整胎具两侧的顶子打表找正机体侧面的基准，用螺栓、压板压紧，此夹具定位准确，可实现机体的快速装夹（见图10）。



图9 机体粗定位



图10 机体快速装夹

3.3 基准点的设定

使用3D寻边器设定Y、Z轴基准点。将3D寻边器安装在机床主轴上（见图11），主轴中心可以精确地定位在工件孔内，只需确定工艺孔φ80mm的3个点，就可以快速设定基准点。

当指针指示为零时，表示机床主轴轴线与工件边重合。然后调用编制的自动传输数据程序L6265，该程序利用数控系统程序进行内部参数传递的方法，可快速、准确地实现测量数据自动传送给可设置的零点偏置数据区域，避免了因操作不当、误操作或抄数错误等人为因素影响计算精度，导致工件零点设定不准确，造成不必要的损失。这

种方法比打表找正的方法快，准确率高。

自动传输数据的程序如下。

```
PROC L6265 SAVE DISPOF
STOPRE
R[116]=$P_UIFRNUM ; CALL THE ACTUEL FRAME
(G54 - G57)
STOPRE
R[108]=513.172 ; Y轴坐标值
R[109]=598.691 ; Z轴坐标值
STOPRE
R[111]=$P_UIFR[R[116],Y,TR] ; 将G54 Y基准值读入
R111
R[112]=$P_UIFR[R[116],Z,TR] ; 将G54 Z基准值读入
R112
IF R[110]==1 GOTOF AA
R[113]=$AA_IW[Y] ; 将第一点Y坐标值读入R113
R[114]=$AA_IW[Z] ; 将第一点Z坐标值读入R114
ENDIF
R[110]=...
STOPRE
GOTOF ENDE
AA:
R[117]=$AA_IW[Y] ; 将第三点Y坐标值读入R117
R[118]=$AA_IW[Z] ; 将第三点Z坐标值读入R118
STOPRE
R[119]=(R[113]+R[117])/2 ; 计算工艺孔Y中心坐标
R[120]=(R[114]+R[118])/2 ; 计算工艺孔Z中心坐标
$P_UIFR[R[116],Y,TR]=R[111]+R[119]+R[108]
; 将Y基准数值自动计算设定在G54中
$P_UIFR[R[116],Z,TR]=R[112]+R[120]+R[109]
; 将Z基准数值自动计算设定在G54中
R[110]=0
STOPRE
ENDE:
M17
```

此程序存放在机床程序管理目录下，运行此程序，机体确定原点坐标工作的完成将十分方便。程序中R[108]和R[109]赋的参数值是机体倾斜22.5°后， $\phi 80\text{mm}$ 孔至曲轴孔心相对应的Y、Z坐标值（见图12），该孔作为工艺孔在前一道工序已经精加工出来。

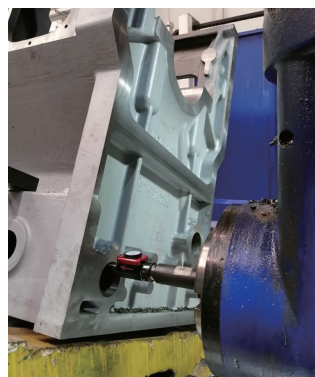


图11 安装3D寻边器

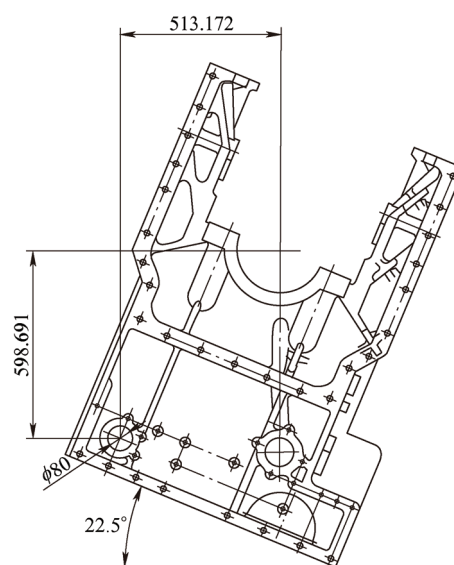


图12 $\phi 80\text{mm}$ 孔坐标值

3.4 钻削刀具的选择

(1) 导孔复合钻的选择 在高精度的数控深孔加工中，导孔的精度很重要。在使用深孔复合钻钻削主油道孔之前，必须先加工出引导孔，引导孔的孔径与深孔钻 $\phi 25.7\text{mm}$ 同径，孔深为2倍的孔径，第二台阶刀体为 $\phi 28.6\text{mm}$ ，钻引导孔 $\phi 25.7\text{mm}$ 的同时将主油道孔第三台阶的 $\phi 28.6\text{mm}$ 孔一起加工完成，如图13所示。



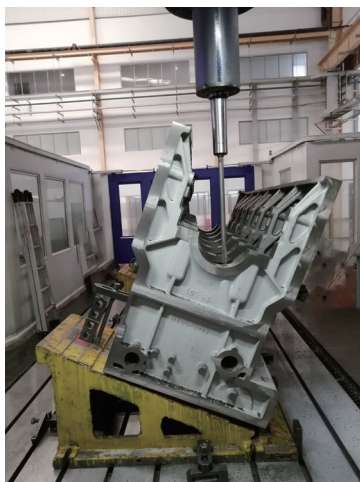
a) 钻引导孔



b) 导孔复合钻

图13 导孔复合钻钻孔

(2) 深孔复合钻的选择 在设计复合钻时，将阶梯刀体 $\phi 25.7\text{mm}$ 和 $\phi 26.3\text{mm}$ 的外圆铣削4条直槽，刀体直径比刀片直径小 $0.03\sim 0.04\text{mm}$ ，相当于镶了6条支撑导条（见图14），目的是为了刀具进入工件后，进行强制性导向，保证孔的直线度，并能校正钻孔时所造成的一些轴线偏差。支撑导条附着孔壁的支撑，吸收了切削阻力，减少了刀杆所承受的力矩和切削阻力，防止并消除了刀杆的挠曲和颤动。经过计算，刀柄长度为 300mm 就可以满足使用要求，此长度刀柄不需要做动平衡试验，可降低刀具的购置费用。



a) 深孔复合钻钻削



b) 深孔复合钻

图14 深孔复合钻加工

3.5 设定深孔复合钻的切削参数

在钻削深孔时，钻削速度对钻削温度的影响最大，切削速度增加1倍，温度增加29%；进给量影响稍小，进给量增加1倍，温度约增加15%；由于钻削速度增加，使切削热增多，进给量增加，使钻削变形产生的切削热较少，因此降低切削速度、提高进给量，就能有效降低深孔钻在钻削时的热量。在实际加工中，转速设定为 260r/min ，进给量设定为 70mm/min ，在进入引导孔、正式钻削深孔之前将主程序编制的转速降低58%，进给量由原来恒定的 70mm/min 提高为 140mm/min ，然后再降低进给量到 70mm/min ，以编程的转速进行钻孔。经过生产测试表明，刀片的耐用度能够满足生产加工的节拍。

3.6 编写钻削加工程序

钻好引导孔后，为了提高效率、保护刀具，编写了带有报警保护功能的钻削循环程序CYCLE850，使用变量R给循环提供参数。程序如下。

```
PROC CYCLE850 SBLOF DISPLOF
DEF AXIS _Z; 定义进给轴
DEF AXIS SPINDLE; 定义主轴
_Z=$P_AXN3 SPINDLE=(S1) R11=ABS(R11); 设定进给轴为第三轴
IF(R9==R10)GOTOF FEHL1; 判断返回平面与参考平面的数值
IF(R14<=0) OR (R15<=0)GOTOF FEHL2; 判断进给率是否为零
IF(R10-R12) > (R10-R13)GOTOF FEHL3; 判断起始钻深和最终钻深的数值
IF NOT (R9==R10)
IF ((R9-R10)/ABS(R9-R10) <> (R10-R13)/ABS(R10-R13))
GOTOF FEHL1
ENDIF
SBLON
G0 G64 G90 AX[_Z]=...; 快速移动到起始位置
SBLOF
G1 G60 G90 F=R14 ...; 以起始钻孔进给率钻孔
G1 F=R15 ...; 以最终钻孔进给率钻孔
G4 S1.5; 孔底暂停1.5转
SBLON
G0 G64 G90 AX[_Z]=R9; 快速移动到返回平面
SBLOF
ENDIF
RET
FEHL1:STOPRE
SETAL(61101); 设定报警：“参考平面定义错误”
RET
FEHL2:STOPRE
SETAL(61003); 设定报警：“循环中未编写进给率”
RET
FEHL3:STOPRE
SETAL(61107); 设定报警：“不正确的第一钻深”
RET
```

该循环的功能是降低转速、提高进给量快速进入到引导孔内。该钻削循环可以在任意一个主程序中

调用和执行。如果参数R输入错误就会产生故障报警信息，钻削循环不执行。钻削循环中参数注释见表1。

表1 钻削循环中参数注释

参数	注释
R9	Retraction plane (absolute)
R10	Reference plane (absolute)
R11	Safety distance (enter without sign)
R12	First drilling depth (absolute)
R13	Final drilling depth (absolute)
R14	Feedrate for first drilling depth
R15	Feedrate for Final drilling depth

3.7 合理使用切削液

为了提高主油道孔的加工质量和刀具寿命，深孔加工必须使用内冷切削液。切削液及时渗透到切削刃上，可消除由变形及摩擦产生的热量，抑制积屑瘤的生成，减少切削刃及支撑的摩擦磨损，保证

刀具在钻削区的高温下保持良好的润滑状态，使切屑能顺利排出，进一步提高工件表面质量，保证尺寸公差。

4 结束语

通过对主油道孔加工工艺的研究，用报废的胎具设计并改制了斜面胎具，设计了非标准刀柄、复合刀具，对刀具钻切削参数进行了调整试验，编制带保护功能的循环程序，选用合适的切削液进行润滑，使主油道孔加工合格率达到100%，不仅能满足企业的生产需求，而且工件表面质量和刀具耐用度都有显著提高，综合各项指标可为企业节省费用50余万元。

参考文献：

- [1] 许伟达. 机加工生产线操作技法与实例[M]. 上海：上海科学技术出版社，2008.
- [2] 陈海舟. 数控铣削加工宏程序及应用实例[M]. 北京：机械工业出版社，2006.

MW 20210403

金属加工视频号开通了，欢迎关注！

金属加工视频号是装备制造业领域的专业视频号，由创刊于1950年的《金属加工》（包括冷加工和热加工两刊）和金属加工在线（mw1950.com）共同运营，开通以来陆续形成系列栏目，包括金属加工每周要闻、金属加工对话、金属加工快讯、金属加工在线论坛、加工真奇妙和金粉讲堂等。



扫描上方二维码，
关注金属加工视频号



#金属加工每周要闻 #金属加工 第44期
04:46
北京市
金属加工每周要闻 (2020.12.5-1...)



#金属加工《新闻速递》栏目 #金属加工 2020年12月17日，第二届金属加工刀具创新论坛的参会代表们来到了山南刀具（上海）有限公司，参...
北京市
今天，我们走进了山南刀具的工厂



#金属加工《对话》栏目 #金属加工 10:38
#OKE 欧科亿第二届数控刀具行业高峰论坛暨新品发布会于12月12日盛大举行，欧科亿总经理...展开
北京市



#金属加工 #欧科亿 #OKE 2020年12月12日，欧科亿第二届数控刀具行业高峰论坛暨新品发布会在三亚召开，金属加工将进行全程直播，敬请关注...
数百位刀具人士纷纷去到三亚，有什么大事...



#金属加工在线论坛 #机电产品系列用... 03:00
户调查 #滚动功能部件 第三届滚动功能部件用户调查：滚动功能部件国内外品牌应用比例分析...展开
北京市
滚动功能部件用户调查品牌花落...



#金属加工《加工真奇妙》第95期：大型龙门数控加工中心的作业过程，画面真精美！
北京市
大型龙门数控加工中心的作业过程...