大直径高强度螺栓螺纹滚压方案

高博[1]，盖文[2]，王青川[2]，康二磊[2]
1.海军装备部　陕西兴平　713105
2.陕西柴油机重工有限公司　陕西兴平　713105

摘要：针对大直径高强度螺栓螺纹滚压过程中易出现的滚丝轮碎裂崩齿、螺纹乱扣和工件上跳等现象，提出了大直径高强度螺栓螺纹滚压加工的工艺方法、滚压过程中随动夹具的设计方案等，解决了大直径高强度螺栓螺纹滚压的加工难题，保证了加工要求。

关键词：高强度；螺纹；滚压

1　序言

随着柴油机设计强化要求不断提高，柴油机连杆螺栓、主轴承紧固螺栓等关重螺栓的设计也在向着高强度、大直径和大螺距的方向发展，而滚压加工的螺纹由于其表面存在冷作压应力，零件纤维组织较切削的螺纹更加致密，其承载能力较切削加工的螺纹更高，因此关重螺栓螺纹一般都要求滚压加工。而螺纹滚压过程中零件强度越高、伸长率越小，螺纹滚压难度就越大，容易出现滚丝轮碎裂的现象，螺纹加工精度不易控制。同时由于高强度螺栓滚压力较大，利用中心孔定位加工容易造成中心孔的损坏和顶尖的破损，因此通常采用支撑板定位的方法进行加工。而滚压过程中随着螺纹逐渐成形，滚压部分外圆直径逐渐加大，大直径关重螺栓由于其自重较大，所以在滚压力不足以带动零件中心整体自动定心的情况下，就会出现零件中心与机床主轴不平行的情况，导致零件滚压过程出现上跳或螺纹乱扣、零件中径锥度较大的情况。因此，需要对大直径高强度螺纹滚压工艺技术进行研究，解决此类零件的加工问题。

2　大直径高强度螺栓技术要求及滚压难点分析

（1）大直径高强度螺栓技术要求　柴油机关重螺栓主要指柴油机一些关键部位的联接螺栓，主要包括柴油机连杆螺栓、平衡重螺栓和活塞头螺栓等。为满足不断发展的设计要求，此类零件的设计强度要求不断提高，强度等级普遍达到甚至超过12.9级，硬度达到42HRC。螺纹要求热处理后滚压加工，同时螺纹规格、螺距不断增加，达到M78及以上，螺距也相应增加到4mm，导致螺纹滚压力增加，加工难度加大。

以某型柴油机主轴承紧固螺栓（见图1）为例，其技术要求如下：该零件材料为34CrNiMo6，热处理后抗拉强度R_m≥1100MPa，屈服强度$R_{p0.2}$≥940MPa，硬度在35～40HRC，力学性能要求很高，螺纹规格为M78×4-6g，螺纹牙底圆角半径要求在0.5～0.576mm，滚压力计算下来数值较大，加工难度较高，对滚丝轮、滚压设备和定位夹具要求很高。

（2）滚压难点分析　滚丝轮是螺纹滚压工具，最适宜加工的硬度为28～32HRC，如果零件硬度超过35HRC，则滚丝轮磨损速度会大大增加，当强度过高时会出现滚丝轮崩刃或碎裂的现象。滚丝轮磨损后也会造成螺纹精度和螺纹牙底半径超差，滚丝轮无法正常使用。而目前关重螺栓的设计强度普遍达到1300MPa，硬度一般为39HRC，最高可达到42HRC，远超螺纹滚压的适宜强度，极易造成滚丝轮破损。

在螺纹滚压过程中，滚压力大小与被滚压螺纹的直径、强度有很大关系，被滚压螺纹直径越大、

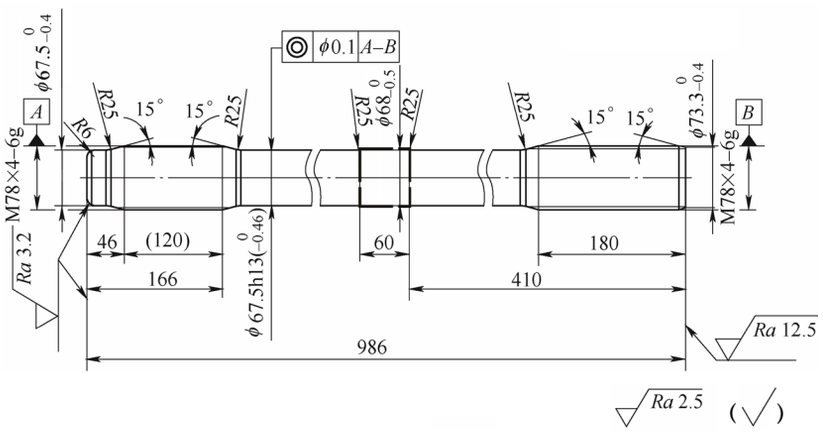

图1　某型柴油机主轴承紧固螺栓结构

强度越高，相应的滚压力就越大，在大滚压力作用下如果零件中心偏斜或加工参数选取不当，则很容易发生滚丝轮崩齿、零件上跳及螺纹中径锥度过大的情况。在大直径高强度螺栓螺纹滚压过程中，由于滚压力过大易掰断顶尖，因此一般用支片定位。由于滚压过程中零件外径加大，导致零件中心不易保持水平，所以易造成零件上抬及螺纹中径锥度较大的问题，导致零件尺寸不合格或零件加工无法正常进行。

3　工艺措施

通过对大直径高强度螺栓螺纹滚压加工难点的分析，采取以下工艺措施来保证大直径高强度螺栓螺纹的滚压加工要求。

根据大直径高强度螺栓螺纹滚压过程中滚压力较大的情况，在螺栓毛坯制作过程中以零件两端中心孔为基准，车零件两端的倒角，磨滚压螺纹部分外圆，保证15°倒角和滚压螺纹部分外圆同轴。从而使滚丝轮在切入工件时，受力均匀且侧向力较小，避免其崩裂或过快磨损。

零件定位方式采用支片支撑，保证定位系统能够承受较大的滚压力。为了防止滚压过程中零件上抬跳出的现象，在试加工阶段根据经验和相关资料，通过调整支片高度使零件中心在螺纹滚压成形后比滚丝轮中心低0～0.3mm，但实践证明，随着零件热处理后抗拉强度的不断提高，要求零件中心在螺纹滚压成形后比滚丝轮中心低的越多。在滚压图1所示的主轴承紧固螺栓时，我们通过计算使零件在螺纹滚压成形后的中心比滚丝轮中心低0.5mm，有效防止了零件在加工过程中出现的上跳问题，保证了零件加工过程平稳、正常。

在滚压某型主轴承紧固螺栓螺纹的调试过程中，将滚丝轮转速由正常的25r/min降至10r/min后，螺纹滚压过程更加稳定。因此，在大直径高强度螺栓螺纹滚压时适当降低滚轮转速，更加有利于螺纹滚压。

4　滚压夹具

为了保证螺纹滚压时零件中心与滚丝轮中心平行，在滚压零件时，设计了可调整高度的滚压夹具，在滚压过程中对大规格且较长的零件进行支撑，并在零件滚压过程中对支架进行调整，使零件中心与滚丝轮中心平行，并保证零件滚压部分与支片接触良好，防止出现零件上抬跳出和螺纹中径锥度过大的现象，该夹具工作状态如图2所示。该夹具

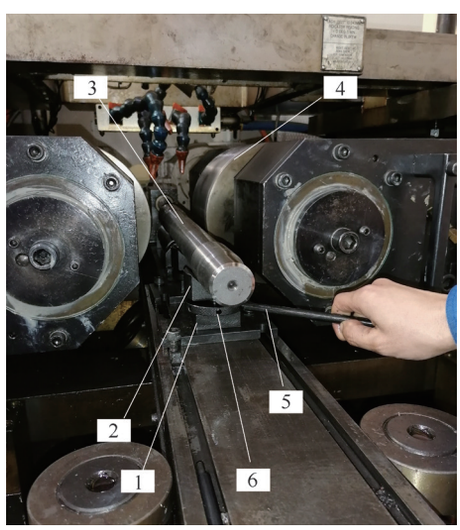

图2　螺纹滚压夹具工作状态

1—液压夹具底座　2—液压夹具V形块　3—被滚压零件
4—滚丝轮　5—液压夹具调节杆　6—液压夹具调节螺母

（下转第44页）

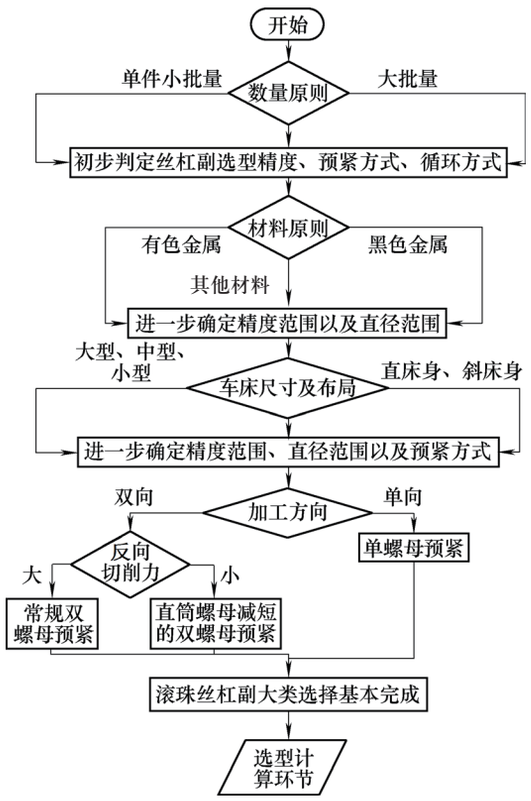

图12　初步选型流程

进行精确选型，完成后续的校核计算。具体计算过程此处不再赘述。

6　结束语

本文从滚珠丝杠副的安装角度，为车床丝杠副的选型思路提供了新的方向。从滚珠螺母的选择、滚珠螺母的安装形式和丝杠在车床上的安装形式等方面分析了常见选择的使用场景。提出了从车床使用场景出发，如加工零部件数量规模、被加工件的材质等角度的车床用丝杠选型思路，这属于丝杠副选型计算的前处理过程，为车床从业者的滚珠丝杠副选型提供了参考。

参考文献：

[1] 黄育全．滚珠丝杠副的选型计算与应用[J]．金属加工（冷加工），2011（19）：46-48.

[2] 周志红，文怀兴，杨东生．滚珠丝杠安装方式的研究[J]．制造技术与机床，2007（8）：140-141.

[3] 尹汉桥，尹明，张高平．不同支撑方式丝杠刚度的变化规律研究[J]．机床与液压，2010（24）：23-24.

[4] 张俊杰，王永泉，陈花玲，等．螺母安装方式对滚珠丝杠载荷特性的影响规律研究[J]．振动与冲击，2014（8）：156-160.

[5] 冯虎田，等．滚珠丝杠副动力学与设计基础[M]．北京：机械工业出版社，2015.

MW 20210506

（上接第39页）

工作原理：夹具底座设计有高精度孔，与V形块上所带螺纹大径选用小间隙配合，既起到V形块的定位作用，同时还可保证V形块沿孔中心线做上下滑动。夹具上的调节螺母如中心为普通螺纹，螺母外圆均匀钻孔，在螺纹滚压过程中，随着螺纹大径增大，零件中心上抬，这时操作人员可用调节杆转动调节螺母，带动滚压支架的V形块按照零件中心升高的高度慢慢调整，保证零件中心与支撑板支撑面平行且接触良好。

可调整高度的螺纹滚压支架如图3所示。

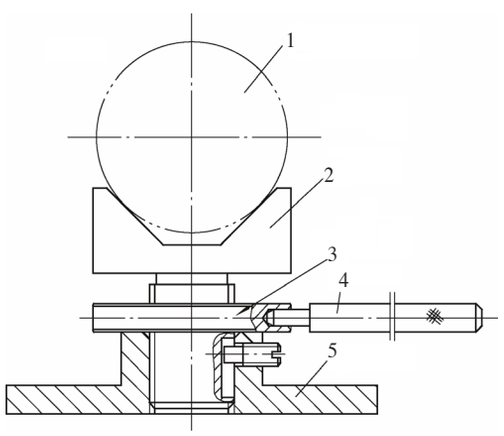

图 3　可调整高度的螺纹滚压支架

1—液压零件　2—V形块　3—调节螺母
4—调节杆　5—夹具底座

5　结束语

经过某型柴油机主轴承紧固螺栓的滚压加工及试验验证，以上工艺方法有效解决了螺纹滚压过程中滚丝轮易破碎和零件滚压过程上抬的技术难题，提高了大直径高强度螺栓螺纹滚压的加工质量，实现了柴油机关重螺栓的国产化生产，对柴油机关重螺栓螺纹滚压加工工艺技术改进具有较大的参考和指导价值。

参考文献：

[1] 孟少农．机械加工工艺手册：3卷[M]．北京：机械工业出版社，1992.

MW 20210508