

柴油机机体关键孔系返修工艺研究

包文韬

上海铁路局集团有限公司常州机车车辆监造项目部 江苏 常州 210000

摘要：机体作为柴油机的大型关键零部件，具有多孔系结构，是各机构和部件的安装基础。在制造和检修过程中，由于铸造缺陷、加工误差、超限及表面拉伤等问题，机体关键孔系常需修复以恢复原有尺寸和精度。本文主要研究了焊修、镶套等返修工艺在柴油机机体关键孔系修复中的应用，通过典型案例的方案设计和实施，阐述了这些工艺的具体步骤和技术要求，旨在提高机体修复质量和成功率，满足返厂修机车用机体的需求。

关键词：柴油机机体；关键孔系；返修工艺；焊修；镶套

引言

机体是柴油机的核心部件之一，具有高精度和高价值。然而，在长期使用和检修过程中，机体常因碾瓦、划伤等原因导致变形和尺寸超差，给修复工作带来困难。传统的修复方法往往难以达到质量要求，因此需要在常规修复的基础上，开展机体再制造深度修的攻关研究。本文主要结合几起典型案例的分析、方案设计和实施，对焊修和镶套等主要的检修工艺进行研究。

1 焊修方案的设计及实施

针对机体状态较差，轴承盖咬口面严重拉伤、变形，以及机体上轴承座多处打磨、涂镀且变形严重的情况，制定了以下详尽的焊修方案，以确保修复工作的顺利进行和修复质量的高标准。

1.1 修理方案设计

首先确立了机体清洗、修复前的测量、表面状态检查、修复方案制定、探伤评估、加工修复、修复后精度测量、压瓦检查等一套完整的修理流程。在流程制定过程中，充分考虑了每个环节的可能性和风险，并制定了相应的应对措施。同时，结合《DF11型内燃机车大修规程》及相关技术协议和合同规定，对技术条件进行了逐一分析汇总。详列了项点清单，并编制成检记录，以确保在修复过程中能够严格按照技术要求进行操作。此外，还做好了修前、过程、成品检验等环节的规划，严格落实过程质量控制和三检制，确保修理质量达到标准。

1.2 技术要求

明确要求机体材料为QT500，焊修部位的硬度需与母材相当，焊层表面硬度不得大于250HBW。这是为了保证焊修部位与母材的强度和耐磨性相匹配，避免因硬度差异导致的应力集中和裂纹产生。同时，要求焊修区域应组织致密，不得存在未熔合、咬边、气孔、疏松、裂纹等缺陷^[1]。此外，还要求焊修区域与母材颜色基本一致，

以保证机体的外观美观和整体协调性。在性能方面，要求机体焊修部位原有的物理、机械性能应保持不变，满足甲方装车使用要求。最后，要求焊修的机体应按照机车大修规程要求，保证其使用一个中修期（机车运行45万公里）。

1.3 焊修前检测

首先测量机体各档主轴孔孔径及圆柱度，测量点选择相对数量较多，且平均分布孔内圆弧面，以确保检测的准确性。同时，对检测尺寸超差，尤其是局部区域超差无修复余量的部位进行了标记，以便后续处理。此外，还对各档未拉伤的主轴孔进行了压瓦检查圆弧面。这一步骤不仅能够复检尺寸测量点有无凹点遗漏，还能够判断主轴孔瓦背接触面情况，为后续检修方案提供判断依据。通过压瓦检查，能够更准确地了解主轴孔的状态，为后续的焊修和加工提供有力的支持。

1.4 焊修及加工修复

对于尺寸超差严重无修复余量，以及主轴孔内存在拉伤、破损的部位，先上机床进行光刀加工，修平整主轴孔，再实施焊修。这一步骤能够消除主轴孔的缺陷和不平整，为后续的焊修提供良好的基础。同时，对于机体需焊修过轴承座和咬口面的部位，其对应的轴承盖一般存在变形严重的情况。因此，进行换盖处理，以确保轴承盖与机体的配合精度和稳定性。



图1 主轴孔焊修

1.5 精密校调及加工

按照一档换盖与多档换盖分类,以第一档和止推档主轴孔校直线为基础进行校调工作。对于一档换盖的情况,将换盖档所在的相邻一档作为基准装精镗刀校中心,保证在0.02mm以内。这一步骤能够确保换盖后的主轴孔与相邻主轴孔的同轴度和平行度,提高机体的整体精度。对于多档换盖的情况,校调了首末两档,以确保整个机体的同轴度和平行度。同时,还判断了轴承座的变形情况,通过各档统一粗镗一刀后测量孔径的方法,标注了变形区域方向及孔径值。这一步骤能够为后续的精镗加工提供准确的依据。在精镗加工过程中,根据各型机体不同的测量准则及具体变形数据评估了最佳精镗坐标,并开始了精镗工作^[2]。使用了高精度的镗床和刀具,对机体的主轴孔进行了精确的加工和修整。通过精镗加工,消除了机体的变形和偏差,提高了其精度和稳定性。

1.6 加工后的精度检测

对机体进行了桥距测量,数据良好,说明的加工工作达到了预期的效果。同时,还根据轴承盖的基准,在轴承座上修复了孔径及接触面压瓦。这一步骤能够消除轴承座与轴承盖之间的间隙和偏差,提高它们的配合精度和稳定性。在修复过程中,发现部分轴承座的哈夫面存在剥落严重的情况。因此,将剥落严重的3档进行了换盖处理(除第1、第9基准档外),并对其余4档哈夫面进行了磨削处理。这一步骤能够消除哈夫面的缺陷和不平整,提高机体的整体美观性和协调性。同时,机床基准的统一也便于后续的校调和加工工作,降低了修复难度并缩短了修复周期。

1.7 涂镀修复与机加工修相结合

针对轴承座上面局部划痕的情况,采用了孔镗大0.1mm消除划痕后,整孔圆弧面涂镀的办法。这一步骤能够消除划痕对机体性能的影响,并提高轴承座的耐磨性和抗腐蚀性。通过涂镀修复与机加工修相结合的方法,仅用了1周时间就成功修复了机体,大大减少了焊修近2个月的修复时间^[3]。同时,这种方法还解决了直接涂镀线状凹痕无法修复的难题,提高了修复效率和质量。涂镀修复后的机体表面光滑、平整,与母材的颜色基本一致,达到了预期的修复效果。

2 镶套方案的设计和实施

在柴油机机体的维修过程中,进、排气推杆孔的修复是一个关键环节。由于这些孔对同轴度要求较高,且在加工中可能发现缺陷,因此采用了扩孔镶套的修复方法。以下是镶套方案的具体设计和实施过程:

对需扩孔镶套的推杆孔部位进行精确的打表检测。通过这一步骤,可以准确地校调该孔的中心位置,确保后续加工的精度。同时,根据检测结果,编制了详细的加工程序,为后续的扩孔和镶套工作提供了准确的指导。

在加工程序编制完成后,开始了具体的加工操作。校调后,铣头只在孔轴线方向进行移动,以确保扩孔的准确性和同轴度。例如,对于 $\phi 80$ 的进、排气推杆孔,铣头只在Z方向移动进行装刀和加工,X、Y方向不再移动,这样可以有效避免加工过程中的偏差。

接下来,装上了半精镗刀,对进、排气推杆孔进行了半精镗加工。在加工过程中,密切关注孔径的尺寸变化,确保半精镗后的尺寸 $\phi 89.5\text{mm}$ 符合要求。如果发现刀片磨损或孔径偏小,会及时更换刀片并对刀试切,以确保加工质量。

半精镗加工完成后,仔细清理了铁屑,并将孔口的翻边打磨掉,以消除加工痕迹和毛刺。然后,根据设计图纸车制了推杆孔扩孔镶的套,并测量了进、排气推杆孔所镶套的外圆尺寸,做好了详细的记录。

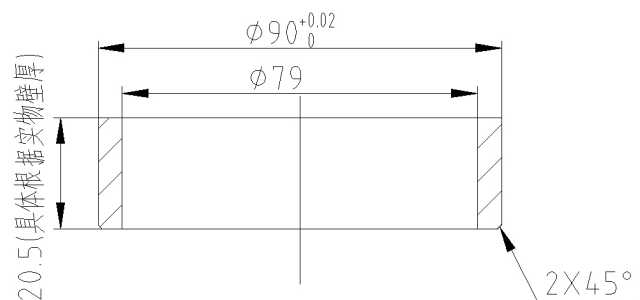


图2 排气推杆孔所镶套尺寸

根据套的外圆尺寸,对机体推杆孔进行了扩孔加工,确保孔径达到 $\phi 90$ (-0.09~-0.08)mm,并且过盈量满足0.08-0.11mm的要求,深度控制在20mm左右。扩孔加工完成后,再次对孔内孔及孔口进行了去毛刺和翻边的处理,确保孔口的棱边光滑无瑕疵。

同时,对套料也进行了仔细的处理。去除了翻边和毛刺,并对倒角处进行了打磨,使其表面光滑。然后,用酒精对套料内外孔、凸轮孔内孔表面以及平面处进行了彻底的擦洗,确保清洁度达到要求。

在推杆孔内孔表面,均匀涂抹了厌氧密封胶,以增强套与孔之间的密封性。接下来,将套料放入液氮中进行冷却处理,时间控制在20min-30min之间。冷却完成后,钳工戴好防护手套,用钳子夹出套料,倒角处朝下迅速放入孔内,并用铜棒敲击直至落入推杆孔内。

套料安装完成后,清理了场地,并等待30min-60min,让套的温度恢复至室温。然后,换上了 $\phi 200$ 面铣

刀,对突出平面的套进行了精铣处理,使其与推杆孔平面齐平。

最后,换上 $\phi 80$ 精镗刀,对进、排气推杆孔进行了精镗加工。在加工过程中,先试镗了进刀5mm后的孔径尺寸,确保尺寸合格后继续加工。调整精镗刀至80mm后,再次对进、排气推杆孔进行了精镗加工,并测量了试镗处的孔径尺寸,将合格尺寸记录在自检记录本内。

3 螺孔修复方案设计

针对机体上M10、M12、M14等各规格螺孔破损的情况,采用螺孔镶套的方式来恢复原螺孔尺寸。以M24螺孔为例,根据M24螺孔的中心位置,进行了精确的扩孔和攻丝操作。首先,根据M24螺孔的尺寸和位置,确定了扩孔的范围和攻丝的规格。一般来说,会选择将M24螺孔扩孔至M33*2的规格,并采用细牙、钢料为主的螺纹套进行镶入^[4]。然后,车制了M33*2的螺纹套,确保其尺寸和精度符合要求。在镶入螺纹套之前,对原螺孔进行了彻底的清理和检查,确保孔内无杂质和损伤。接下来,将M33*2的螺纹套镶入原螺孔中,并进行了牢固的固定。镶入过程中,注意保持了螺纹套的同轴度和垂直度,以确保其与原螺孔的配合精度。最后,对镶入后的螺孔进行了重新加工和处理。通过精确的加工操作,恢复了原螺孔的尺寸和精度,确保了其正常的使用功能。

4 推广和应用

上述焊修、镶光孔套、镶螺纹套等工艺方案设计结合了孔系本身的结构和使用工况。如推杆孔采用光孔套

液氮冷冻修复,螺孔采用螺纹套修复。在过盈量设计、壁厚设计、螺孔扭矩值设计以及镶套用材质选择等方面均具有参考和推广价值。这些工艺的应用不仅能提高机体修复质量和成功率,还能缩短修复周期,降低修复成本,具有重要的实际意义和经济价值。

结语

本文通过典型案例的方案设计和实施,详细阐述了焊修和镶套等返修工艺在柴油机机体关键孔系修复中的应用。这些工艺具有操作简便、修复效果好、成本低廉等优点,对提高机体修复质量和成功率具有重要意义。未来,随着技术的不断进步和创新,这些工艺将得到进一步的优化和完善,为柴油机机体的再制造和深度修提供更加可靠的技术支持。

参考文献

- [1]周康.柴油机机体水气腔隔板裂纹焊修[J].内燃机与配件,2021,(23):128-129.
- [2]蒋涛,景旭文,黛米格.基于有限元的柴油机机体孔系镗削工艺参数优化[J].江苏科技大学学报(自然科学版),2018,32(04):509-513.
- [3]曹宇峰,肖光胜,王娜娜,等.一种柴油机气缸盖导阀座返修工艺优化[C]//中国汽车工程学会(China Society of Automotive Engineers).2018中国汽车工程学会年会论文集.东风商用车技术中心,2018:5.
- [4]田建忠.DF4型内燃机车柴油机气缸盖焊修工艺[J].机车车辆工艺,2017,(02):16-17+20.