

结构与可靠性

螺塞密封垫错漏装的自动识别

刘 超, 肖加永, 王铁军, 王申明

(道依茨一汽(大连)柴油机有限公司, 辽宁 大连 116600)

摘 要: 针对由于发动机螺塞安装不到位产生扭矩虚假或密封垫错漏装等问题, 提出通过监控螺塞拧紧过程中的旋转角度, 间接控制拧紧过程的方法; 并通过数据统计方法制定出合理的角度监控区间。实际应用表明: 该方法可自动识别密封垫的错漏装, 并可判断过程一致性; 有效降低了管理成本和质量风险。

关键词: 螺塞; 密封垫; 安装; 旋转角度; 监控

中图分类号: TK426 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2017)03-0031-04

Automatic Identification of Plug Screw Gasket Wrong or Miss Assembled

Liu Chao, Xiao Jiayong, Wang Tiejun, Wang Shenming

(DEUTZ (Dalian) Engine Co., Ltd., Liaoning DaLian 116600)

Abstract: Aiming at the false torque of engine's plug screw because of not-in-place installation, and wrong or missing assembly of plug screw gasket, the solutions were given by controlling the rotation angle of the plug screw during tightening, thus the process of tightening was controlled indirectly. And the effective angle monitoring interval was setting based on data statistics. Application results show that this method could identify wrong or missing assembly of gasket automatically, and could judge the process consistency, and ultimately reduce management cost and quality risks.

Key words: plug screw; gasket; assembly; rotation angle; monitoring

0 引 言

发动机机体油道、水道等隐密位置往往采用涂胶螺塞或螺塞配合金属密封垫的结构进行密封。由于发动机布置紧凑, 螺塞的位置隐秘, 一旦拧紧过程存在问题, 其故障排查和事后维修都很困难。其中密封垫的错装漏装质量问题靠人为细心操作是很难彻底杜绝的, 由此增加了大量的管理成本和质量风险。

如图 1 所示, 燃油道螺塞 DIN 908-M14 × 1, 5-ST-ZNPHRF 配合铜垫安装完成后, 缸体后端面涂胶并安装齿轮室罩盖, 螺塞不可见。其维修和故障排查极为困难。

螺纹紧固连接结构中含有弹性密封垫, 其材质

带有弹性或具有一定的塑性变形。由于拧紧过程中弹性密封垫被压缩, 拧紧结束后不可避免地存在扭矩衰减。通过检查装配后的残余扭矩来判断拧紧结果往往达不到预期效果, 缺乏评价手段, 存在较大的安全隐患, 螺塞加金属密封垫的结构就属于此类。因此有必要在拧紧过程中进行监控, 以保证此类连接装配可靠受控。

1 过程监控技术思路

扭矩法装配含有弹性密封垫的螺纹结构时, 由于弹性密封垫的特殊性, 其最终的拧紧角度要比没有安装弹性密封垫时的角度大很多。因此可以监控螺塞拧紧过程中的旋转角度, 间接控制拧紧过程, 识别密封垫的错漏装。通过理论计算螺塞拧紧扭

收稿日期: 2016-07-28; 修回日期: 2016-08-24

作者简介: 刘超(1985-), 男, 工程师, 主要研究方向为发动机螺栓拧紧技术, E-mail: lc_hit@qq.com。

矩, 利用数据统计方法制定合理的角度监控区间, 并通过数据分布特征判断过程一致性, 调整优化控制参数。该方法可自动识别密封垫的错漏装, 排除螺纹副质量不佳的零件, 判断虚假扭矩, 确保连接

受控可靠, 提高装配质量, 从而节省管理和人员成本, 降低质量风险, 并且可以有效地推广应用到同类密封结构的安装中。

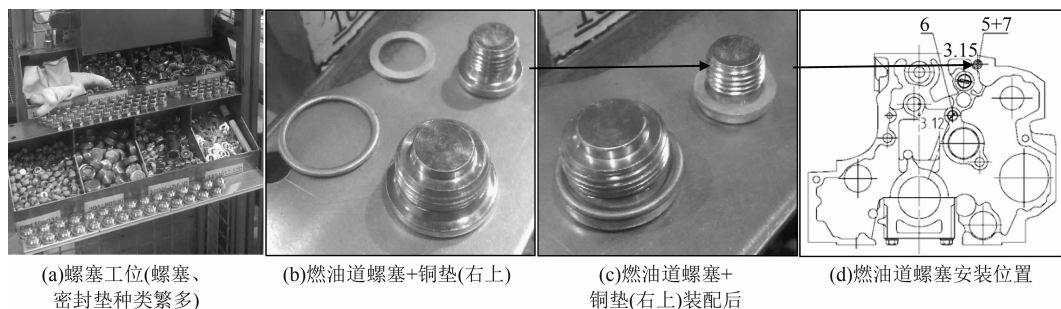


图 1 螺塞与安装位置

2 设计计算

2.1 螺塞安装扭矩

根据设计已经选定的螺塞和密封垫材质, 计算适合的拧紧扭矩。图 2 为带凸肩圆柱螺纹的螺塞 (例如, DIN 908) 配合密封垫的结构示意图。

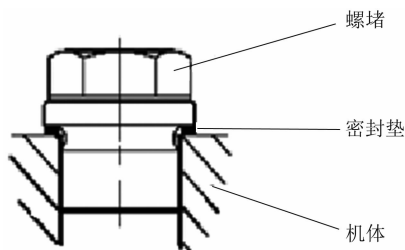


图 2 螺塞安装结构示意图

拧紧力矩值按公式 (1) 计算:

$$M_A = f_w d_1 [(d_2 - 0.5)^2 - (d_1 + 0.5)^2] \times \frac{\pi}{4} \quad (1)$$

式中: d_1 为螺纹公称直径, mm; d_2 为螺塞台肩直径, mm; f_w 为密封材料系数, 铝密封垫: $f_w = 0.016$; 铜密封垫: $f_w = 0.023$; 钢密封垫: $f_w = 0.041$ 。

扭矩公差不得大于 10%。

根据以上公式计算燃油道-螺塞 DIN 908-M14X1, 5-ST-ZNPHRF + 铜垫的拧紧扭矩。由标准 DIN 908 规格参数查得螺塞台肩直径 d_2 为 19, f_w 为 0.023, 则:

$$M_A = 0.023 \times 14 \times [(19 - 0.5)^2 - (14 + 0.5)^2] \times \frac{\pi}{4} \\ = 33.365 \text{ (N} \cdot \text{m)}$$

经圆整后确定此螺塞的拧紧扭矩 $M_A = 35 \pm 3.5$ (N · m)。

2.2 监控窗口

制定初步的监控窗口, 如图 3 所示。阴影区域为监控窗口, 纵坐标为扭矩, 从 0 点起依次为: 起始扭矩、门槛扭矩、最小扭矩、目标扭矩、最大扭矩和中止扭矩; 横坐标为角度, 从 0 点起依次为: 最小角度、目标角度、最大角度和中止角度。

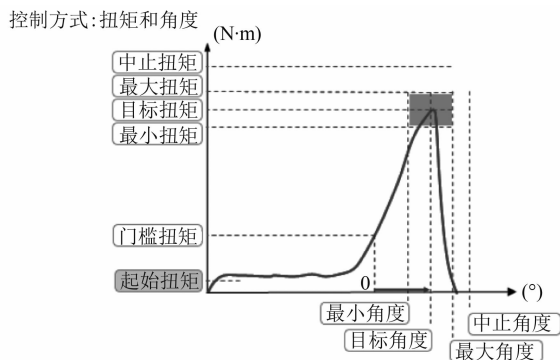


图 3 螺塞扭矩曲线示意图

起始扭矩: 通常也称之为贴合扭矩, 理论上是工件之间的间隙完全消除时的扭矩起始点。实际只应用在高精度的零件装配。

门槛扭矩: 进入到门槛扭矩时, 螺纹间及工件间的间隙已经完全消除, 并且螺塞进入线性区, 螺塞的伸长量与扭矩成等比例变化。此点作为角度监控的起始点, 其扭矩值一般为目标扭矩的 30%。

最小扭矩: 报警扭矩的下限。

目标扭矩: 扭矩控制法拧紧时要达到的扭矩值。

最大扭矩: 报警扭矩的上限。

中止扭矩: 安全扭矩值, 防止螺纹件及配合工件损坏。

最小角度: 报警角度的下限。

目标角度: 转角控制法拧紧时要达到的转角值。

最大角度: 报警角度的上限。

中止角度: 安全角度值, 防止螺纹件及配合工件损坏。

2.3 确定监控参数限值

当初次确定参数或者调整已确定的控制参数的监控范围时, 在各个零部件质量稳定的前提下, 通过正常生产的班制和稳定的生产过程分别检测至少 100 个测量值, 记录扭矩和角度值; 然后通过 QC 七工具里的直方图来观察数据的分布情况。

例如: 防水螺塞 DIN 908-M14X1, 5-ST-ZN-PHRF, 经质保部门确认相关零件均合格且状态稳定。首先设定门槛扭矩为 10 (N·m), 小批量生产试装, 借助现场设备的自动存储功能, 记录燃油道螺塞安装后的转角样本数量为 488。

2.4 数据统计分析

利用 SAS 公司的 JMP 软件进行分析。将数据导入软件后, 得出如下分析结果 (图 4): 最大值为 18.3°, 最小为 10.9°, 80% 集中在 12.8° ~ 16.4°; 且数据图形近似服从正态分布。可初步判断生产过程稳定, 数据有效。进行进一步数据分析, 预计样本数量在 10 万时, 95% 置信区间下, 预测区间下限为 7.43°, 上限为 21.59°。

也可以借助其他的统计方法, 如在检查正常分布、偶然性和异常测值后, 从实际值中测出 2S 散限值和 3S 散限值之间的干扰限值, 这样所有许可的实际值就应该处于限值范围内 (图 5)。在这种情况下只能选择完整的刻度值, 作为低于或高于具有分布直线的切点的上、下限值, 前提是: 摩擦、强度和拧紧设备的散差必须在许可的公差范围内。

2.5 设备设置

利用电动拧紧设备的自动控制功能, 通过程序设定在拧紧过程中控制扭矩的同时监控角度。当监控角度超出设定的角度上、下限时, 设备自动报警并停止, 以实现自动识别密封铜垫错、漏装的功能。

如图 6 所示, 控制方式选择: 扭矩和角度 (扭矩和角度均满足要求, 才合格)。扭矩参数: 门槛扭矩设置为 10 (N·m)、目标扭矩为 35 (N·m), 扭矩上、下限分别为 31.5 (N·m) 和 38.5 (N·m), 终止扭矩为 50 (N·m)。角度参数: 目标角度为 12°, 角度上、下限分别为 7.4° 和 21.6°, 终止角度为 35°。

3 生产验证

3.1 装配试验

(1) 验证是否能自动识别密封垫的漏装。以上面的燃油道螺塞为例, 经生产线验证, 不安装铜垫时螺塞转角均小于 7.5°, 超出监控角度下限。结论: 设备可以实现自动判断漏装功能。

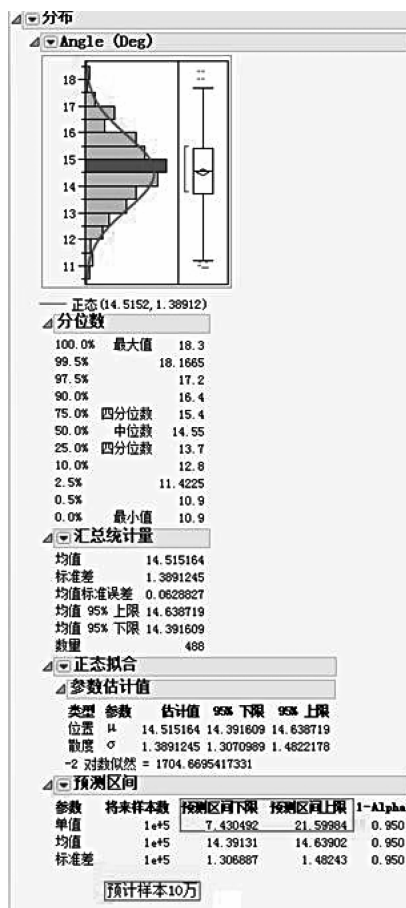


图 4 JMP 数据统计结果

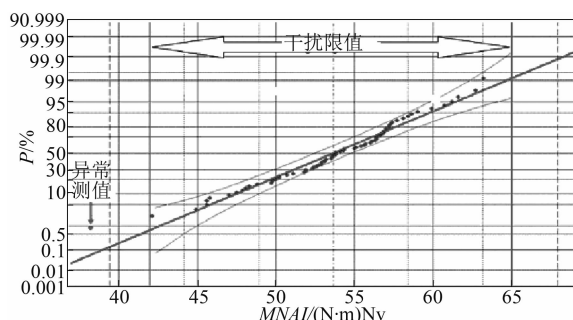


图 5 数据统计散差图

(2) 验证是否能自动识别密封垫的错装。当安装铝垫时, 螺塞转角均大于 22°; 安装钢垫时, 均小于 9°, 超出监控角度的上、下限。结论: 设备可以实现自动判断错装功能。

(3) 通过监控窗口设定的上限值还可以排除不良螺纹副的质量及虚假扭矩问题。例如螺纹孔清洗不净, 有铁屑, 导致拧紧结束后扭矩虽满足要求但角度都不达下限, 设备报警。

3.2 调整监控窗口

通过一段时间的试生产,优化拧紧参数等,改进工艺方案。燃油道螺塞的拧紧角度监控范围最终调整为 $9^{\circ} \sim 22^{\circ}$ 。满足功能要求。

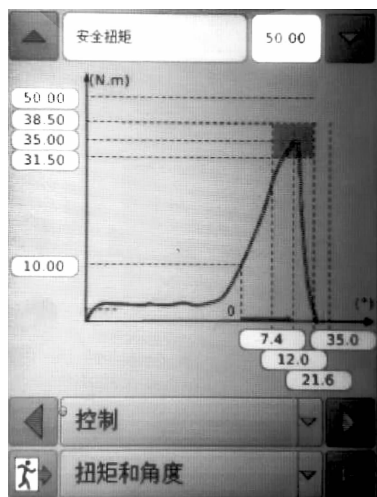


图 6 设备参数控制界面

(上接第 27 页)

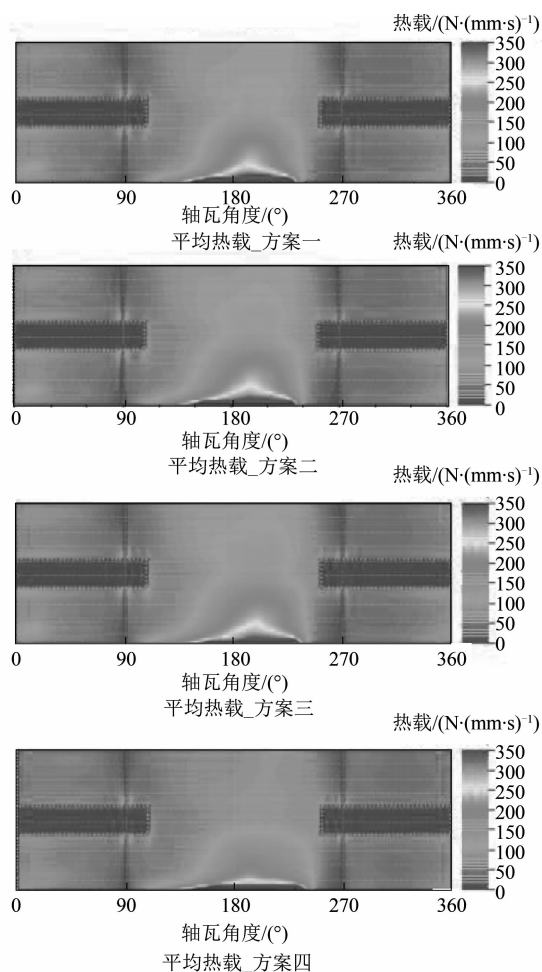


图 6 第 11 档主轴承平均热载 (不同轴承盖结构)

4 结 论

未来的装配行业发展趋势是精细化、数字化和自动化。目前很多企业都已购置了带有角度监控的拧紧设备,硬件上具备能力。本文介绍的方法有效易行,其他类似密封连接结构的安装也可借助此方法进行过程控制,进一步提高软连接或中性连接的装配水平,提高装配过程质量控制能力,达到节省生产过程中的管理和人员成本,降低质量风险的目的。

参考文献

- [1] 杨重法. JMP 统计分析教程 [M]. 海口: 海南出版社, 2011.
- [2] DEUTZ 公司. H 0385-6 丝堵的拧紧力矩和图纸标注 [S]. 2007.
- [3] 国家技术监督局. 螺纹紧固件紧固通则: GB/T 16823. 2 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1997.

(1) 轴承盖的径向支撑刚度对两端的主轴承边缘热载和峰值压力影响较大,但对分布影响不明显。本文所计算的 20 V 曲轴较长,柔度较大,两端的主轴承边缘载荷相对较高,轴承盖径向支撑刚度越大,轴承边缘的粗糙接触越多,摩擦引起的热载会导致主轴承温度升高,对可靠性带来隐患。

(2) 该 20V 柴油机主轴承盖选用铁材料比钢材料更合适。选用钢材料时,柴油机自由端和飞轮端的主轴承平均热载较高;而选用铁材料后,总压峰值降低了 11.3%,平均热载下降了 41.8%。

(3) 主轴承盖边缘处挖槽,使轴承边缘的刚度降低,弹性变形增大,可以有效降低轴承的边缘压力峰值和轴承平均热载峰值。对比不同主轴承盖的结构设计方案,该设计使主轴承总压峰值最大降低了 13%,热载峰值最大降低 53%。

参考文献

- [1] 刘利平. 不同工况下内燃机曲轴轴承润滑性能的研究 [D]. 合肥: 合肥工业大学, 2010.
- [2] 童宝宏, 桂长林, 孙军, 等. 计入热变形影响的内燃机主轴承热流体动力润滑分析 [J]. 机械工程学报, 2007, 43 (6): 180-185.
- [3] CHAMMAS R E, CLODIC D. Combined cycle for hybrid vehicles [C]. SAE 2005-01-1171, 2005.