

螺栓屈服点控制技术应用探讨

王海渊, 牛其绪, 韩方翠, 邵立新, 庄九传, 林凯歌, 张 营, 韩常勇

(中国石油集团济柴动力有限公司, 山东 济南 250306)

摘 要: 为了提高屈服点控制螺栓在零件加工过程中的使用次数, 对螺栓屈服点控制技术进行研究, 制订了合理优化部分工序螺栓合装参数, 将螺栓控制在弹性区使用的改进工艺。试验验证表明: 该工艺合理可行, 采用该工艺, 生产一台发动机螺栓的需求量由原先的两套减为一套, 极大地降低了生产成本。

关键词: 螺栓; 屈服点; 控制; 合装; 参数

中图分类号: TK423.3⁺2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2019)06-0031-03

Discussion on Application of Bolt Yield Point Control Technology

Wang Haiyuan, Niu Qixu, Han Fangcui, Shao Lixin, Zhuang Jiuchuan, Lin Kaige,
Zhang Ying, Han Changyong

(CNPC Jichai Power Co., Ltd., Shandong Jinan 250306)

Abstract: To increase the service times of bolts for yield point control during parts processing, research was carried out on the bolt yield point control technology. The improvement was carried out to optimize the bolt installation parameters in several procedures, and the bolt had to be controlled within the elastic range. The experiment verifies that this technique is feasible and with this technique, only one set of bolts are needed for the manufacturing of one engine instead of two sets before, thus largely reduces the cost of production.

Key words: bolt; yield point; control; installation; parameter

0 引言

螺栓连接是一种常用的可拆卸连接, 它具有结构简单、连接可靠、装拆方便等优点, 在发动机装配中应用广泛。随着科学技术的发展, 螺栓材料的稳定性和可靠性得到很大提高, 一些新的设计理念已应用到很多领域。其中, 屈服点控制技术因其可实现高精度的夹紧力, 充分发挥螺栓材料的承载潜力, 降低生产成本, 在发动机制造领域得到了广泛应用。有资料显示, 螺栓产生相同的夹紧力, 在屈服点使用较在弹性变形区使用, 螺栓材料可减少28%~55%, 节约成本55%左右^[1]。但由于在材料屈服点使用, 螺栓一般只能使用2~3次。本文

以某发动机连杆加工过程为例, 通过优化连杆螺栓合装工艺参数, 将部分工序连杆螺栓合装参数由塑性区调整到弹性区, 分析验证螺栓弹性区使用可行性。

1 螺栓变形分析

螺栓在紧固过程中的受力-变形关系实际为一条曲线, 即被连接件的刚度是随着受力变形的增大而增大。受力过程中变形可分为两个明显不同的阶段: 弹性阶段和塑性阶段。当外力小于某一限值(通常称之为弹性极限荷载)时, 在引起变形的的外力卸除后, 能完全恢复原来的形状, 这种能恢复的变形称为弹性变形, 只产生弹性变形的阶段称为弹

收稿日期: 2018-11-15; 修回日期: 2019-02-26

作者简介: 王海渊(1977-), 男, 高级工程师, 主要研究方向为内燃机制造工艺, why7523@cnpc.com.cn。

性阶段；当外力一旦超过弹性极限荷载时，卸除荷载，将不能恢复原状，其中有一部分不能消失的变形被保留下来，这种保留下来的永久变形就称塑性变形，这一阶段称为塑性阶段。螺栓拉伸过程中，变形曲线如图1所示。在弹性阶段，应力和应变之间存在一一对应的单值函数关系，而且通常还假设是线性关系；在塑性阶段，应力和应变之间通常不存在一一对应的关系，而且是非线性关系。弹性变形是可以完全恢复的，即弹性变形过程是一个可逆的过程，塑性变形则是不可恢复的，是一个不可逆的过程。

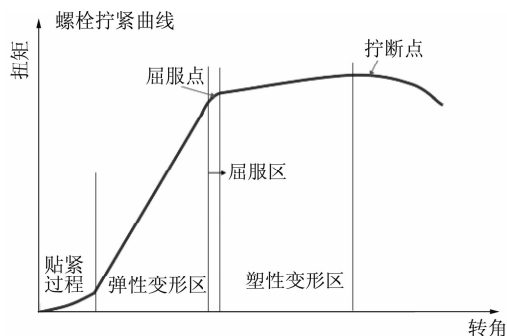


图1 扭矩-转角关系图

2 连杆螺栓合装工艺参数研究与验证

2.1 连杆结构特点

图2所示为某发动机连杆总成。该连杆通过4根M15连杆螺栓将连杆体与连杆大头盖可靠地联接在一起，构成连杆大头轴承。连杆螺栓是连杆主要受力件之一，当使用不当或安装不正确时，往往会引起裂纹、螺纹连接松动、连杆螺栓断裂现象，造成严重质量事故。

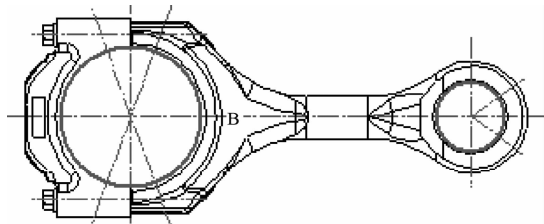


图2 某发动机连杆总成

为防止连杆体和连杆大头盖结合面在工作载荷拉伸下脱开，连杆螺栓在装配时须加足够的预紧力。此预紧力一部分用来保证连杆轴瓦与大头孔贴合良好；另一部分用来保证连杆大头和连杆大头盖之间具有足够的夹紧力，以防止在往复惯性力的作用下，连杆大头盖剖分面产生缝隙。受连杆设计空间限制，同时也为了充分发挥螺栓材料承载潜力，本文研究的连杆螺栓采用了屈服点控制方式，螺栓

紧固扭矩： $80(\text{N} \cdot \text{m}) + 225^\circ$ ；为了保证使用安全，螺栓使用次数不得超过3次。

2.2 连杆加工工艺

该连杆从毛坯加工到最终装机使用须要经过粗加工-半精加工-精加工-发动机装配4道工序。从连杆毛坯到精加工完成，连杆大头盖和杆身要重复合装3次，连杆螺栓也要反复拆装3次。通常，连杆所有加工工序完成后，该批连杆螺栓已达到最大使用次数，在发动机装配工序必须重新更换新螺栓。也就是说，生产一台发动机，通常需要配备两套连杆螺栓。为了降低生产成本，提高螺栓利用率，必须减少加工工序螺栓塑性区使用次数。

2.3 连杆螺栓拉伸试验

将连杆螺栓六角头车加工成圆柱形状，另一端通过带内丝的工装，按照连杆螺栓实际的装配尺寸夹紧到拉伸机上（图3）。用规格为50mm的应变计测量应变及螺栓的拉伸变形量。



图3 螺栓夹紧在拉伸机上

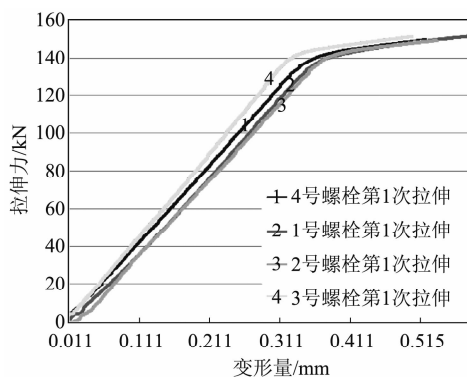


图4 拉伸力与变形量关系

拉伸试验数据（图4）显示：当拉伸力达到140kN时，螺栓变形已达到材料屈服点 σ_s 。经计算，该拉伸力对应螺栓旋紧扭矩 $80(\text{N} \cdot \text{m}) + 160^\circ$ 。

2.4 连杆螺栓合装工艺参数选择

选取 $80(\text{N} \cdot \text{m}) + 30^\circ$ 、 $80(\text{N} \cdot \text{m}) + 90^\circ$ 两个连杆螺栓紧固参数，进行连杆大头轴承合装对比试验。试验过程中，螺栓残余变形量如图5所示。

由图5可以看出：采用 $80(\text{N} \cdot \text{m}) + 30^\circ$ 紧固

扭矩时，螺栓残余变形量比较稳定（基本无变化），平均变形量约为 0.01~0.03 mm；而采用 80（N·m）+90°紧固扭矩时，残余变形量约为 0.14 mm，且变形量较大。因此，初步选定 80（N·m）+30°为本次试验合装参数。

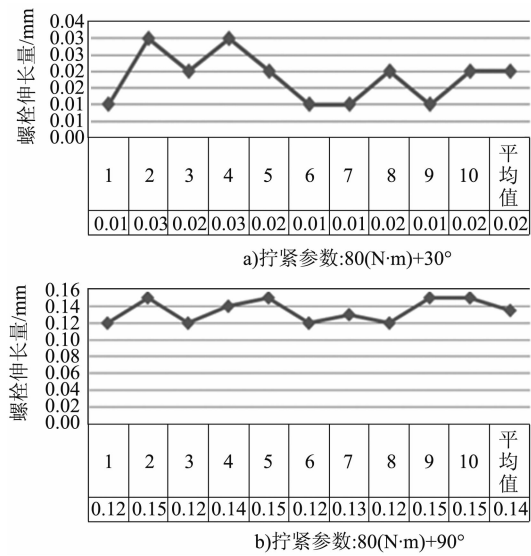


图5 螺栓残余变形量

2.5 连杆加工验证及分析

将连杆粗加工工序中螺栓合装参数 80（N·m）+225°调整为 80（N·m）+30°，其他工序合装参数不变。对 4 件精镗完工后的连杆大头轴承进行测量；松开连杆螺栓，再次重复合装连杆大头轴承，进行测量。连杆轴承孔两次测量（测量位置见图 6）数据如表 1 所示。

以上数据表明：将连杆粗加工工序螺栓合装参数调整为弹性区使用，半精加工、精加工合装参数不变，连杆大头轴承二次合装与精镗完工测量数据基本一致，满足图纸设计要求（Φ160^{+0.25}）。

表 1 连杆轴承孔两次测量数据

序列	精镗后测量			二次合装复测		
	A-A	B-B	C-C	A-A	B-B	C-C
1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
2	0.01	0.005	0.01	0.02	0.005	0
	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
3	0	0	0	0.01	0	0
	0	0	0	0	0	0
4	0.01	0	0.05	0	0	0.01
	0.01	0	0.005	0	0	0.01

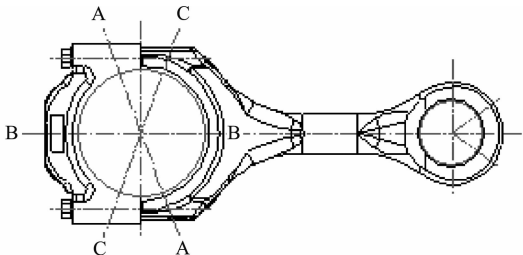


图 6 连杆轴承孔测量位置

3 结论

为了提高屈服点控制螺栓在零件加工过程中的使用次数，通过合理优化部分工序螺栓合装参数，将螺栓控制在弹性区使用，不仅能够保证零件加工精度，同时也提高了螺栓使用次数。采用该工艺生产一台发动机，螺栓由原先两套减少为一套，大大提高了螺栓利用率，降低了生产成本。

参考文献

[1] 国家标准紧固件机械性能宣贯工作组. 国家标准紧固件机械性能宣贯资料（三）[R].1983.

[9] 吴高杨, 郑刚, 聂万胜, 等. 螺旋离心式喷嘴内部流动过程数值仿真研究 [J]. 火箭推进, 2015（4）: 13-18.

[10] 范华, 杨刚, 李冰. 压力旋流喷嘴内流场特性模拟研究 [J]. 机电工程, 2018, 35（8）: 838-842.

[11] 周晴晴, 薛新宇, 杨风波, 等. 离心喷嘴雾滴运动轨迹与沉积分布特性 [J]. 江苏大学学报（自然科学版）, 2017, 38（1）: 18-23.

[12] 邱庆刚, 贾丹丹, 朱晓静, 等. 结构参数对离心喷嘴出口液膜厚度的影响 [J]. 江苏大学学报: 自然科学版, 2015, 36（3）: 271-275.

[13] 王瑾, 郝惠娣, 曹乔乔. 基于 CFD 的旋流喷嘴内部流场模拟研究 [J]. 现代化工, 2015（3）: 159-161.

[14] 陈晨, 杨样, 高宏力, 等. 敞口式离心喷嘴液膜动态填充及打开过程研究 [J]. 推进技术, 2017, 38（6）: 1352-1358.

[15] 张雨树, 薛雷平. 液滴二次雾化破碎模式数值模拟 [J]. 力学季刊, 2015, 36（4）: 574-585.

[16] 李承凯, 张德远. 离心旋流式喷嘴雾化特性实验研究 [J]. 装备环境工程, 2016, 13（6）: 47-51.

[17] 张亮. 背压环境下压力旋流喷嘴雾化特性实验研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2016.

[18] 聂涛, 高贵军. 压力旋流喷嘴雾化特性的实验研究 [J]. 科学技术与工程, 2016, 16（7）: 162-164.

（上接第 27 页）