

工程机械双螺母锁紧机构研究

张云 毕斌 张杰

(徐工集团工程机械股份有限公司 江苏 徐州 221004)

摘要: 工程机械中常用双螺母机构保证联接可靠性, 通过对薄、厚双螺母防松机构中螺距变形机制与螺纹联接机理进行研究, 进一步分析薄、厚双螺母防松机构的受力变形与失效形式, 从而得出螺纹联接机构的抗疲劳强度与旋合长度之间存在显著的相关性。

关键词: 双螺母; 防松; 受力变形

0 引言

在工程机械和其它机械零部件装配件中, 螺纹联接是最常用的一种紧固结构, 双螺母防松结构也是一种保证联接可靠性的有效方法。但是双螺母防松结构却有螺母薄、厚之分, 通常采用厚螺母在下, 薄螺母在上的安装顺序。图 1 为挖掘机回转平台的双螺母防松结构。但这样的装配顺序通常会造成预紧力过大, 使厚螺母的弹性变形增加, 反而使之防松性能不稳定。

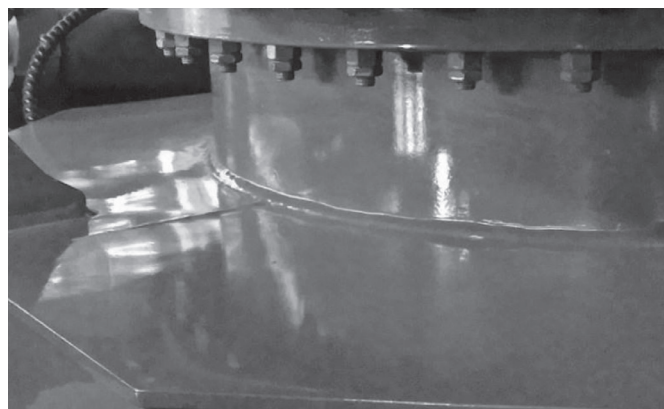


图 1 挖掘机回转平台的双螺母防松结构

螺纹联接机构在静载荷下, 因连接用的螺纹都符合自锁条件 $\lambda < \lambda'$ (λ : 螺纹升角, ρ : 螺纹副的当量摩擦角), 一般情况下是不会松动的。但是在实际工况下, 会因温度、冲击、振动等因素使螺纹连接产生松动, 往复多次后会导致螺纹预紧力逐渐减小, 直致螺纹连接失效。

因此, 薄厚螺母装配顺序的正确与否直接影响到螺母的防松性能。本文依据于螺纹联接机构的受力状态和力的平衡理论, 系统地研究了薄厚螺母在安装过程中的正确排列位置。

1 螺纹联接机理与变形机制

通常情况下, 尽管螺纹联接机构的具体结构可能会有不同, 但是螺纹联接的原理都是一致的。依靠螺母间的螺纹牙与螺栓面接触产生拉力实现两个部件的联接。

因螺母和螺栓结构存在明显差异, 施加外部载荷后, 螺母受到压缩应力, 内螺纹的螺距会相应减少; 螺栓受到拉伸应力, 其外螺纹螺距会相应增加; 因此虽然螺母与螺栓的联接位置一致, 但是其螺距的变化是不同的, 在长度方向

上的压力也并不是一致的, 而是渐变的, 这种变化会造成螺纹联接长度方向上变化, 造成螺距的变化时间与变化量也发生变化。如图 2 所示。

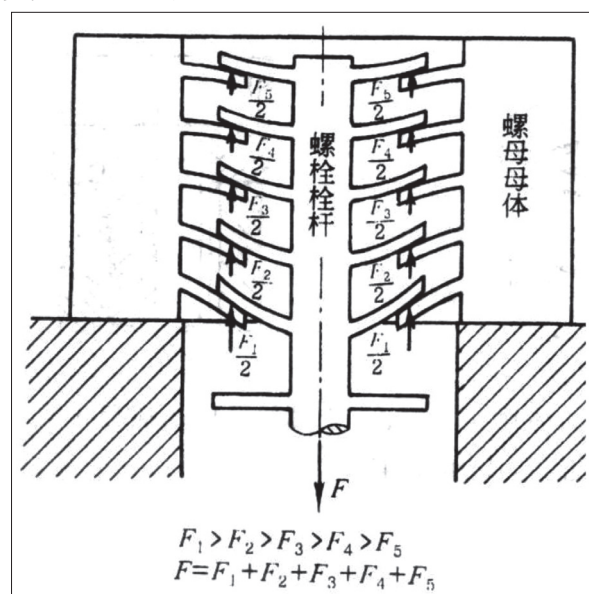


图 2 螺纹联接受力分析

由图 2 可知, 紧密旋合的各圈螺纹牙的变形补偿了螺纹螺距的变化差。不同部位受到的应力越大, 其变形也越大。故位于螺母接触面的第一圈螺纹产生最大的变形变形量, 其他圈的螺纹将依次减小。螺纹联接的受力不均匀程度会随着旋合圈数的增多而增高。研究表明, 第一圈螺纹上集中了整个联接部件 1/3 的负载, 而到了第八圈之后, 螺纹牙上承受载荷会变得很小。

2 双螺母工作过程受力分析

薄、厚双螺母工作过程的受力分析如图 3 所示。联接时, 薄螺母为主螺母, 厚螺母为副螺母, 当主螺母被旋紧后, 被联接件表面与螺母的下端平面紧密结合在一起, 距离接触面较近的螺栓, 其外螺纹将被拉伸; 距离接触面较近的主螺母, 其内螺纹被压缩; 螺母和螺栓的联

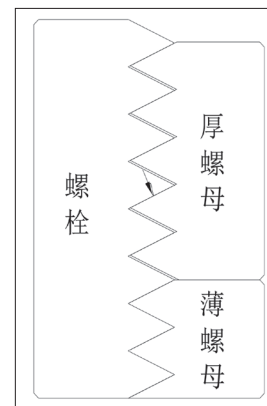


图 3 双螺母厚上薄下方式联接图

接位置相同,由此产生作用力。当主螺母旋紧到规定的预紧力时,主螺母与螺栓啮合螺纹牙间产生弹性变形,从而带来压紧力,如图4所示。

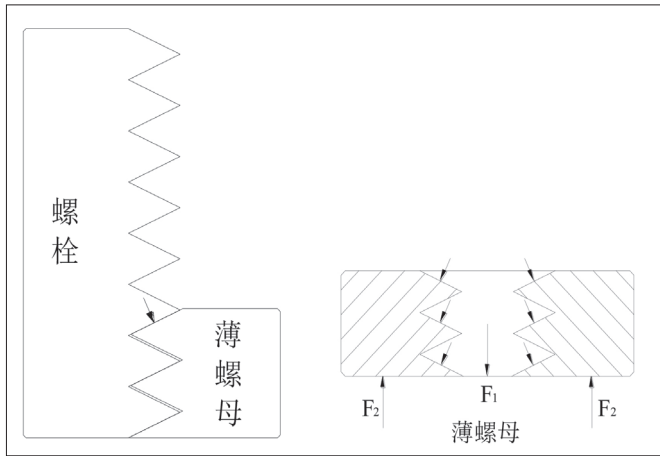


图4 主螺母受力分析

调节好主螺母后,按预紧力要求紧固副螺母。主螺母的上表面与螺栓的下表面产生压紧力 F_3 ,压紧力 F_3 的产生会造成压紧力 F_1 减弱。当压紧力增大到相应程度时,螺栓螺纹牙间与主螺母脱离,导致主螺母联接失去作用。

此时,薄螺母受到厚螺母的压紧力 F_5 和被联接件的压紧力 F_4 ;而厚螺母除了受到压紧力 F_3 和反作用力 F'_3 ,如图5所示。此时螺栓将会在厚螺母下端面以下发生失效断裂。

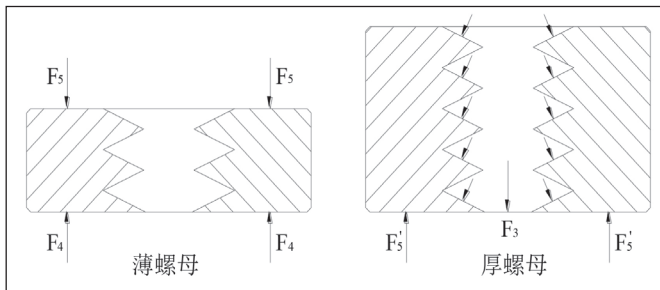


图5 主螺母失效变形

若继续拧紧螺纹,压紧力 F_3 进一步增大,主螺母下表面与螺栓上表面压紧力进一步增大,则薄厚螺母与螺栓产生轴向拉力 F_s ,并通过相互啮合的螺纹牙传递到接触面上,即防松顶紧力。在这种工况下,主螺母除了受到螺母压紧力 F_8 ,联接件的作用力 F_7 ,轴向拉力 F_s 和压紧力 F_6 的共同作用。厚螺母受到轴向拉力 F_s 和螺栓压紧力 F_9 (螺纹牙所受力的合力),还受薄螺母给它的作用力 F'_8 外,如图6所示。此时在主副螺母接触面上,螺栓的应力最大。

3 螺纹联接疲劳强度计算

一般物体的刚度为:

$$C = AE/L \quad (1)$$

式中:

A—横截面积;

E—弹性模量;

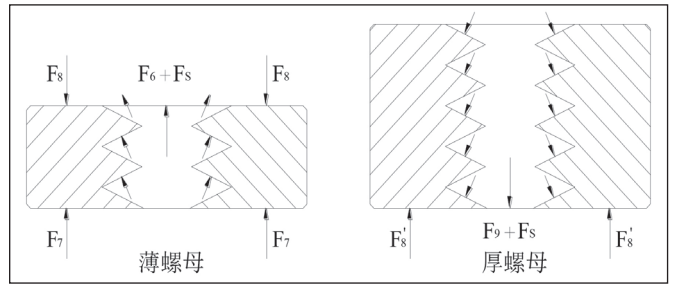


图6 主螺母失效后受力分析

L—物体长度;

由公式1可知,减小物体长度可以增大其刚度。故主螺母采用薄螺母即可增大螺母体的刚度,使螺纹副中的载荷趋向于分布均匀,可以改善和提高螺纹的联接强度。

由图6可知,螺栓应力的最大截面处于厚薄两个螺母的中间截面上。若薄螺母在上,当薄螺母强度不足时,很容易发生失效现象。有资料表明,旋合长度越长,螺纹结合的抗疲劳极限越高,见图7。

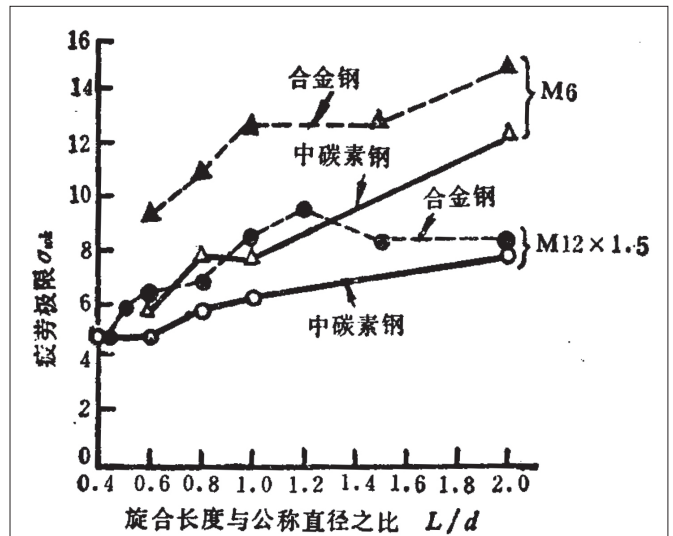


图7 旋合长度与公称直径之比与疲劳极限的关系

如果外部载荷是变化的,则应力幅是影响螺纹连接疲劳强度主要因素。应力幅越大,则产生疲劳破坏的风险就越高。

由螺栓总拉力

$$F_0 = F' + \frac{C_b}{C_b + C_m} F \quad (2)$$

式中:

F_0 —螺栓总拉力;

F' —预紧力;

F —工作拉力;

C_b —螺栓刚度;

C_m —被联接件刚度;

可以看出,当工作拉力在 $0 \sim F$ 之间变化时, F_0 中只有 $F \cdot C_b / (C_b + C_m)$ 发生变化。即 F_0 是在 $F' + F \cdot C_b / (C_b + C_m)$ 之间变化。则 F_0 的变化幅为 $F \cdot C_b / 2 (C_b + C_m)$,此时引起的应力幅为

$$\sigma_a = 2F \cdot C_b / [(C_b + C_m) \cdot \pi d^2] \quad (3)$$

式中: d_1 —螺栓杆光杆直径

相对刚度 $c_1/(c_1+c_2)$ 越小, 则抗疲劳强度越高。由此可见, 减小应力幅可以通过减小螺栓的刚度或增大被联接件的刚度来实现。而采用厚螺母作为副螺母可减小螺栓杆刚度和应力变化幅度, 相应提高螺栓联接强度。

4 结语

(1) 若的螺母与螺栓在螺纹联接机构中的联接位置相同, 螺距的变化差亦相同;

(2) 在螺纹联接过程中, 长度方向受到的压力的是逐渐变化的, 导致螺距的变化时间与变化量存在差异;

(3) 增加螺母有效厚度可提高其强度。但过度的厚螺母,

并不能起到持续增强的作用;

(4) 薄螺母在下, 厚螺母在上的联接方式对提高螺纹联接可靠性起到重要作用。

参考文献:

- [1] 吴广益. 双螺母防松问题的探讨 [J]. 硅谷, 2010 (14) .
- [2] 吴宗泽. 高等机械设计 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1991.
- [3] 山本晃著, 郭可谦等译. 螺纹联接的理论与计算 [M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1894.

作者简介: 张云 (1976-), 男, 汉族, 江苏徐州人, 高级工程师, 工学硕士, 研究方向: 工程机械研发。

(上接第 34 页)

一般来讲控制在 $1.5 \sim 1.7L/1000$ 之间。

4.3 大梁成型

大梁成型工作需要注意如下事项。首先, 要注意焊接工作的达标性, 在执行焊接工作时, 必须遵照国标 11345 相关标准, 对焊接后的成件进行探伤检查。注意焊接后分析 T 形钢平面度。其次, 要注意做好胎架的准备工作。胎架准备工作, 要在详细了解拱度值的基础之上进行, 要保障隔板位置能够符合设计拱度值的需求。保障胎架的隔板与大梁设计拱度值相契合。而在底板安装过程中, 则需要注意底板与胎架的配合, 在装配底板的过程中注意做好划线准备, 保障底板安装的准确性。而腹板、上盖板和隔板进行组对的过程中要注意其中的间隔和误差。以上盖板为例, 上盖板要与腹板保持一致, 同时要确保上盖板平直度, 避免使用过度的外部应力来压迫上盖板, 要使其保留一定的设计间隙。最后, 在焊接工作完毕后, 应针对焊接组件进行探伤检查, 当确保所有焊接工作完毕且探伤等级达到一级要求后, 方可完成大梁制造。

5 结语

本文针对卸船机大梁拱度放样和相应的制造工作进行了详细分析, 对设备进行了简要介绍, 同时对拱度设计及相

应的成拱方式进行了研究。根据本文所示的工作放样和制造方案所得出的卸船机大梁拱度值符合图纸设计要求, 因而可以说明本文所采用的拱度放样符合设计生产要求, 而上述内容则为卸船机大梁拱度放样和制造工作提供了思路。

参考文献:

- [1] 戚建伟, 崔丹丹. 卸船机大梁拱度放样及制造 [J]. 起重运输机械, 2019,000(001):164-166.
- [2] 刘龙, 刘永生. 基于 EDEM 对连续卸船机盘式给料装置的料流分析 [J]. 起重运输机械, 2020,552(04):82-84.
- [3] 林继钦, 张晴雯. 桥式抓斗卸船机联系横梁开裂的原因分析 [J]. 起重运输机械, 2019,000(010):105-108.
- [4] 林星铭, 秦飞, 张超, 等. 一种适应码头两侧卸船作业的桥式抓斗卸船机, CN111573519A[P]. 2020.
- [5] 程毅飞. 桥式抓斗卸船机状态监测及故障预警研究 [D]. 浙江工业大学, 2020.
- [6] 杨超. 桥式抓斗卸船机风振响应分析及控制研究 [D]. 浙江工业大学, 2019.

作者简介: 陈小平 (1973.12-), 男, 汉族, 本科, 工程师, 研究方向: 工程技术(机械制造)、港口机械数控放样与切割。