

[船舶系统]

国外一种先进液压拉伸螺栓的设计*

关清玉 (渤海造船厂)

[关键词] 液压拉伸螺栓; 设计; 安装工艺

[摘 要] 本文对 29 000 t 多用途船轴系液压拉伸螺栓的设计及安装工艺进行了全面详实的论证。

[中图分类号] JU 664 21 [文献标识码] A [文章编号] 1001-9855(2000)04-0040-003

The design of hydraulic tensile bolt

Guan Qingyu

Keywords: hydraulic tensile bolt; design; installation technology

Abstract: The paper gives a comprehensive and detail demonstration of the design and installation technology of hydraulic tensile bolt used on the shaft system of the 29 000 ton multi-purpose cargo ship.

1 概 述

渤海造船厂建造的 29 000 吨多用途船, 轴系联轴节的联接螺栓采用液压拉伸螺栓。目前, 这种形式的轴系联接螺栓在国外造船业发达的国家已被广泛采用。而在国内尚未进行相关开发。液压拉伸螺栓与轴系法兰的配合面为圆锥面, 圆锥面上开有螺旋油槽, 螺栓的一端设有注入的油孔与螺旋槽相通。安装时采用液压拉伸器, 直接将螺栓拉入到满足规定的径向过盈量的位置并预紧螺母, 拆卸时先用液压拉伸器将螺栓两端的螺母松开, 然后用高压油泵通过螺栓的一端面的油孔向螺栓的螺旋油槽内注油, 当油压达到一定值时, 螺栓锥面在外力和液压油的轴向分力的共同作用下会很容易地与轴系法兰脱离。

轴系液压螺栓与普通紧配螺栓相比其优点如下:

(1) 液压拉伸螺栓安装简单方便、可靠, 尤其是对过盈量较大的螺栓, 若采用普通的紧配螺栓则需配一套冷冻设备。

(2) 液压拉伸螺栓的拆卸也非常简单、安全、可靠, 拆下后可连续使用且螺栓可进行互换。而普通

的紧配螺栓拆卸非常困难, 对于过盈量大的螺栓, 要备有加热措施, 且取出的螺栓表面和螺栓孔上常被拉毛。

2 螺栓直径的确定

螺栓材料: 35CrMo

机械性能: R_b (抗拉强度) 850 N/mm^2

屈服强度: R_s 640 N/mm^2

延伸率: $\delta=13\%$

冲击功: A KV 20 J

硬度: HB 245~290

(1) 中间轴与主机输出端之间法兰的联接螺栓直径选择根据 BV (96 年) 规范有关章节, 得:

$$d = 11 \sqrt{\frac{a^3 \cdot F}{n \cdot r \cdot R_b \cdot N}} \quad (1)$$

式中: d —螺栓直径;

F —主机制动功率 7150 kW ;

N —轴的每分钟转速 121 r/min ;

a —按 BV 规范 7-064-11, 选取 $a=100 \text{ mm}$;

n —螺栓数为 12;

r —螺栓节圆半径为 400 mm ;

* [收稿日期] 2000-05-15

[作者简介] 关清玉 (1964-9-), 男, 汉族, 山东聊城人, 高级工程师, 从事船舶动力装置设计工作。

R_b —螺栓抗拉强度, 这里 $R_b = 850 \text{ N/mm}^2$;

经计算:

$$d = 41.69 \text{ mm}$$

考虑拉伸螺栓的圆锥面的锥度, 螺栓直径取平均值 76 mm。

(2) 螺旋桨轴与中间轴法兰的联接螺栓根据 BV (1996 年) 规范有关章节, 公式同式 (1)。其中 $r = 300 \text{ mm}$ 。则 d 为 48.14 mm, 考虑拉伸螺栓的锥面的锥度, 螺栓直径取平均值 76 mm。

3 螺栓装配图及零件图

3.1 液压拉伸螺栓装配图

液压拉伸螺栓安装拉伸前, 应保证中间套与法兰孔之间有 0.02~0.04 mm 间隙, 中间套要与螺栓的配合面进行研配, 着色面积不小于 80%。液压拉伸螺栓内锥孔安装后最终应能保证中间套与法兰之间的过盈量为 0.02~0.03 mm (该值为船东建议值), 中间轴与主机输出端之间的液压拉伸螺栓装配图见图 1。

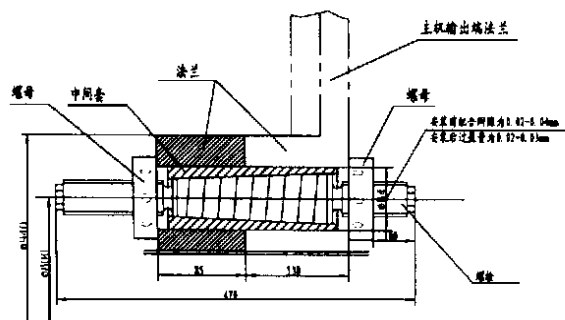


图 1 中间轴与主机输出端之间的螺栓

3.2 液压拉伸螺栓零件图的绘制

根据机械设计手册有关过盈联接部来确定该螺栓和中间套的有关尺寸。

3.2.1 液压拉伸螺栓上螺旋油槽尺寸及其它尺寸的确定

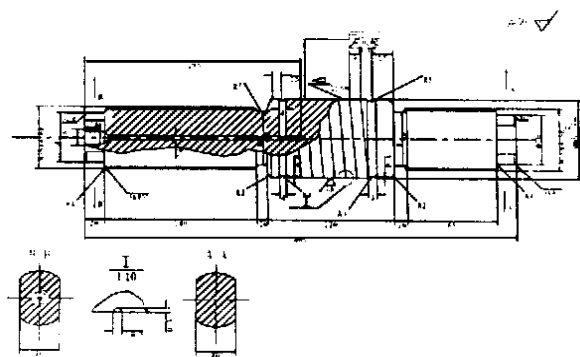
油槽宽度约为 0.005d, 这里取 0.5 mm;

油槽深度为 0.002d, 这里取 0.3 mm;

螺旋油槽的螺距一般为 0.1d, 这里取 9 mm;

螺栓配合面锥度推荐 1:80~1:30, 这里取 1:50;

螺栓配合面的粗糙度一般不高于 $\sqrt{1.6}$, 这里取 $\sqrt{1.6}$, 详见图 2。



技术要求:

1. 进行调质处理, 调质后其机械性能为:
 $\delta \ 850 \text{ N/mm}^2$, $\delta_s \ 13\% \text{ AKv}$ 20j HB 245-290.
2. 未注公差公差等级按 GB/1804-m.
3. 材料: 35CrMoA.

图 2 液压拉伸螺栓零件图

3.2.2 中间套尺寸的确定

螺栓配合面直径为 50~100 mm 时, 中间套壁厚 2~3 mm, 这里中间轴与螺旋桨轴之间中间套壁厚取 2.5 mm, 中间轴与主机输出端之间取 3 mm, 详见图 3。

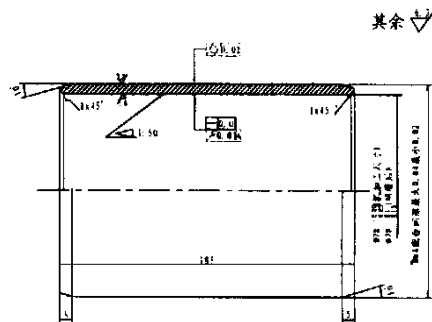


图 3 中间套零件图

4 安装时压入力的计算

根据材料力学中关于厚壁圆内外套筒的计算公式, 可得过盈量与配合面处压强之间的关系式为:

$$p = \frac{\mu}{d \left(\frac{c_1}{E_1} + \frac{c_2}{E_2} \right)} \quad (2)$$

式中: p —配合面处压强值;

μ —过盈量;

d —螺栓配合直径;

c_1, c_2 —系数其公式分别为:

$$C_1 = \frac{1 + \left(\frac{d_1}{d}\right)^2}{1 - \left(\frac{d_1}{d}\right)^2} - \nu_1 \quad (3)$$

$$C_2 = \frac{1 + \left(\frac{d}{d_2}\right)^2}{1 - \left(\frac{d}{d_2}\right)^2} + \nu_2 \quad (4)$$

式中: ν_1 、 ν_2 —被包容件和包容件材料的泊松比;

E_1 、 E_2 —被包容件和包容件材料的弹性模量;

d_1 —被包容件螺栓的内孔直径;

d_2 —包容件法兰的当量外径(取轴系法兰外径与螺栓节圆直径的差)。

由于中间套的壁厚很小,属于薄壁套筒。在进行螺栓配合面处压强值计算时,对其影响不予考虑。

(1) 中间轴与螺旋桨轴之间的螺栓配合面处的压强计算

有关参数如下:

$$d = 63 \text{ mm};$$

$$d_1 = 0;$$

$$d_2 = 150 \text{ mm};$$

$$\nu_1 = 0.27;$$

$$\nu_2 = 0.25;$$

$$E_1 = 2.1 \times 10^5;$$

$$E_2 = 2.0 \times 10^5$$

将上述参数代入公式(2)和(3)进行计算。经计算 p 约为 40 MPa 。

(2) 用同样的方法计算出中间轴与主输出端之间的螺栓配合面处的压强值 p 约为 28 MPa 。

(3) 液压拉伸螺栓安装时所需安装力的计算

$$F = \pi d p (f + K/2) \quad (5)$$

式中: F —安装力(N);

d —螺栓配合面的平均直径(mm);

p —螺栓安装后配合面处的压强值(Pa);

f —摩擦系数,这里 $f = 0.13$;

K —螺栓配合面的锥度,这里 $K = 1/50$ 。

根据公式(5)计算出液压拉伸螺栓安装力,结果为 $1.688 \times 10^5 \text{ N}$ (中间轴与螺旋桨之间的螺栓)和 $2.01 \times 10^5 \text{ N}$ (中间轴与主机输出端之间的螺栓)。

5 轴系液压拉伸螺栓安装工艺

轴系液压拉伸螺栓采用液压拉伸形式安装,其

拉伸器采用主机底脚螺栓拉伸器(该拉伸器的螺纹为 $M56 \times 4$),并配备 100 MPa 液压泵一套。安装步骤如下:

(1) 安装前,将螺栓、中间套及法兰孔清洗干净,并测出每个法兰孔与其相对应的中间套之间的间隙值,然后将止动环、液压拉伸器按图 4(a)装妥。止动环的轴向尺寸应保证中间套处于法兰中间位置,并使装妥后的螺栓螺旋油槽不至于露在中间套外面。

(2) 用拉伸器将螺栓拉入中间套,用液压安装系统的压力表进行监测。当螺栓被拉入到位时,压力表显示值分别为 $\sim 28 \text{ MPa}$ (中间轴与螺旋桨轴之间的螺栓)、 $\sim 34 \text{ MPa}$ (中间轴与主机输出端之间的螺栓)。

(3) 将止动环及拉伸器拆下,按图 4(b)将两端螺母上紧,并再装上拉伸器,用拉伸器对螺栓进行拉伸并预紧螺母。最后液压安装系统的压力应控制在 $\sim 33 \text{ MPa}$ (中间轴和螺旋桨轴之间的螺栓)、 $\sim 39 \text{ MPa}$ (中间轴和主机输出端之间的螺栓)。

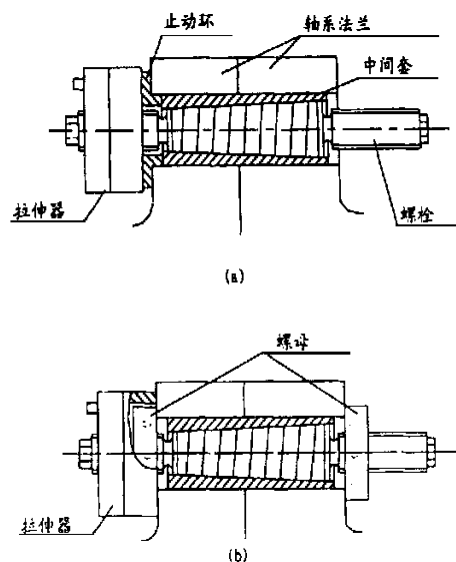


图 4 轴系联结螺栓安装示意图

6 结束语

该船的轴系液压拉伸螺栓在实船的安装及使用结果证明比传统联接螺栓的确有很多优点,并为工厂节省了不菲的资金。