

第三讲 螺纹连接

例题

【例题】设计图 1 所示的轴承座螺栓组连接，轴承座及底板材料皆为铸铁。载荷 $F_p = 4000\text{N}$ ，作用在通过接合面纵向对称轴线并垂直于接合面的平面内。

【解】采用普通螺栓连接，螺栓数目 $z = 4$ ，对称布置，各部分尺寸如图 1 所示。

(1) 分析螺栓组连接的载荷。外力 F_p 是倾斜的，可分解为互相垂直的二分力，并移到接合面上螺栓组的形心处，得

$$\text{横向载荷 } F_R / \text{N} = F_p \cos \alpha = 4000 \times \cos 30^\circ = 3464$$

$$\text{轴向载荷 } F_Q / \text{N} = F_p \sin \alpha = 4000 \times \sin 30^\circ = 2000$$

倾覆力矩

$$M / (\text{N} \cdot \text{mm}) = F_R l_2 - F_Q l_1 = 3464 \times 300 - 2000 \times 120 = 799200$$

(2) 计算受力最大的螺栓承受的工作载荷 F 。 Q 使每个螺栓所受的工作载荷均等，其值为

$$F_1 / \text{N} = \frac{Q}{z} = \frac{2000}{4} = 500$$

由于 M 的作用使对称轴线左边二螺栓处的工作拉力增大，右边二螺栓处工作拉力减小，其值为

$$F_2 / \text{N} = \frac{Ml}{4l^2} = \frac{799200 \times 140}{4 \times 140^2} = 1427$$

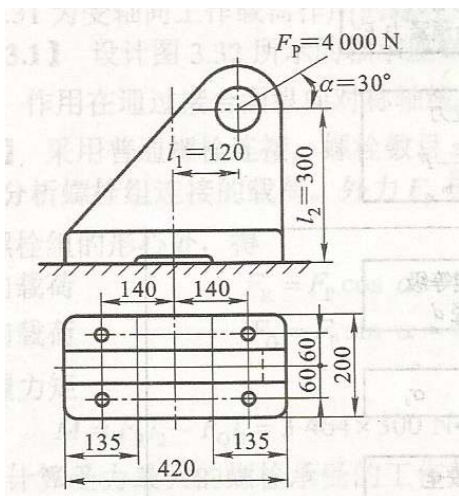
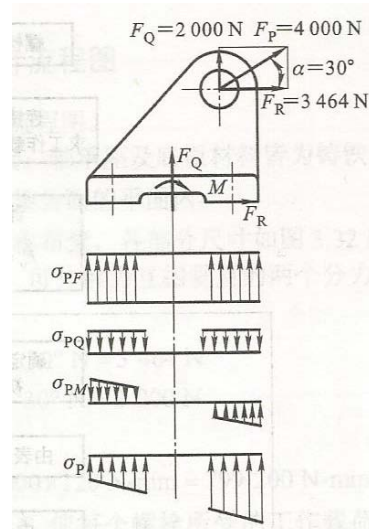


图 1 轴承座螺栓组图



2 螺栓组载荷及接合面上挤压应力

横向力 F_R 不直接引起轴向工作载荷。

显然，轴线左边二螺栓所受轴向工作拉力最大，均为

$$F / \text{N} = F_1 + F_2 = 500 + 1427 = 1927$$

(3) 确定每个螺栓所需的预紧力 F' 。预紧力 F' 的大小应能保证接合面在横向载荷 F_R 的作用下不产生相对滑动。

预紧力 F' 使接合面间产生正压力； F_Q 使压力减小；可以认为 M 对接合面上总的压力无影响，因为 M 使左边的压力减小，右边的压力以同样大小增大。因此，可得保证接合面不滑动的条件为

$$f \left(zF' - \frac{C_m}{C_B + C_m} F_Q \right) \geq K_f F_R$$

接合面上的摩擦因数 $f = 0.13$ ；考虑到铸铁的弹性模量略小于钢，故取螺栓相对刚度

$\frac{C_B}{C_B + C_m} = 0.3$ ；取可靠性系数 $K_f = 1.2$ ，则每个螺栓所需的预紧力

$$F' / \text{N} = \frac{1}{z} \left(\frac{K_f R}{f} + \frac{C_m}{C_B + C_m} Q \right) = \frac{1}{4} \left[\frac{1.2 \times 3464}{0.13} + (1 - 0.3) \times 2000 \right] = 8344$$

取 $F' = 8500 \text{N}$ 。

(4) 检查接合面上的挤压应力。左端边缘是否会出现间隙、右端是否会被压坏。

接合面上由 F' 、 F_Q 、 M 形成的挤压应力分布如图 2，其中

$$\sigma_{pF'} / \text{MPa} = \frac{4F'}{A} = \frac{4 \times 8500}{2 \times 135 \times 200} = 0.630$$

$$\sigma_{pQ} / \text{MPa} = \frac{\frac{C_m}{C_B + C_m} F_Q}{A} = \frac{(1 - 0.3) \times 2000}{2 \times 135 \times 200} = 0.026$$

$$\sigma_{pM} / \text{MPa} = \frac{M}{W} = \frac{799200}{\frac{200(420^3 - 150^3)}{12} \times \frac{2}{420}} = 0.142$$

接合面左端的挤压应力最小，为

$$\sigma_{p\min} / \text{MPa} = \sigma_{pF'} - \sigma_{pQ} - \sigma_{pM} = 0.630 - 0.026 - 0.142 = 0.462 > 0$$

故接合面左端边缘不会出现间隙。

若不满足 $\sigma_{p\min} > 0$ （或规定数值），则应加大预紧力 F' 。

接合面右端的挤压应力最大，为

$$\sigma_{p\max} / \text{MPa} = \sigma_{pF'} - \sigma_{pQ} + \sigma_{pM} = 0.630 - 0.026 + 0.142 = 0.746$$

由手册查得铸铁受压时的 $\sigma_B = 100\text{MPa}$, $[\sigma]_p / \text{MPa} = 0.5\sigma_B = 0.5\sigma_B$,
 $= 0.5 \times 100 = 50$, 故有

$$\sigma_{p\max} \ll [\sigma]_p$$

接合面不会被压坏。

如果出现 $\sigma_{p\max} > [\sigma]_p$ 的情况, 则应改变螺栓组布置、或者改变被连接件材料、或者加大底板尺寸。

(5) 求螺栓直径 d_0 螺栓的总拉力为

$$F_0 / \text{N} = F' + \frac{C_B}{C_B + C_m} F = 8500 + 0.3 \times 1927 = 9078$$

选用 4.8 级螺栓, 其 $\sigma_s = 320\text{MPa}$

考虑到螺栓的预紧力不经严格控制, 故其安全系数与螺栓直径有关, 初估直径为

(6~16)mm, 取 $s = 3.5$, 得螺栓的许用应力为

$$[\sigma] / \text{MPa} = \frac{\sigma_s}{s} = \frac{320}{3.5} = 91$$

$$d_1 / \text{mm} = \sqrt{\frac{4 \times 1.3 F_0}{\pi [\sigma]}} = \sqrt{\frac{4 \times 1.3 \times 9078}{\pi \times 91}} = 12.850$$

查普通螺纹标准 GB/T196-2003, M14 螺栓的 $d_1 = 11.835\text{mm}$, M16 螺栓的

$d_1 = 13.853\text{mm}$; 故选 M16。与原估算直径相符, 故不必修改 $[\sigma]$ 。

习题

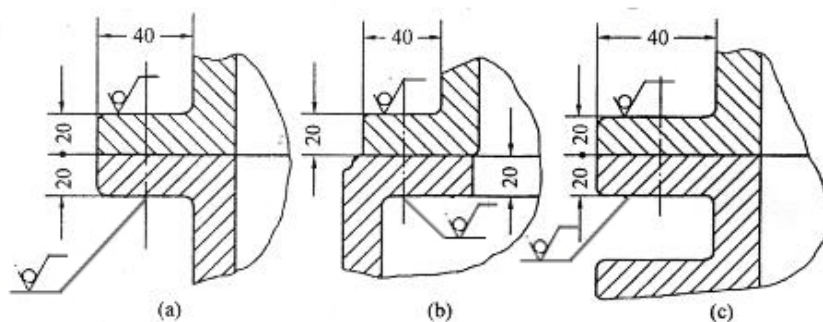
1. 螺纹连接的效率与哪些因素有关? 在设计普通螺纹连接时, 什么时候用粗牙螺纹连接? 什么时候用细牙螺纹连接?
2. 螺栓、螺钉和双头螺柱分别用于什么场所?
3. 如何在螺纹连接的结构设计中防止螺栓受偏心载荷?
4. 在普通螺栓组的结构设计中, 如何尽可能保证组内各螺栓受力均匀?
5. 螺纹连接拧紧后有可能在工作中发生松退, 为什么? 有哪些常用防松方法?
6. 题 6 图 (a)、(b)和(c)表示三种被连接件结构, 材料均为铸铁, 其形状和相关尺寸如图所示, c 图用于经常拆卸的场合, 欲用 M12 的螺纹连接件连接, 采用弹簧垫圈防松。请确定连接

类型，从标准中查出所用螺纹连接件（包括弹簧垫圈）的尺寸，画出正确的连接结构。

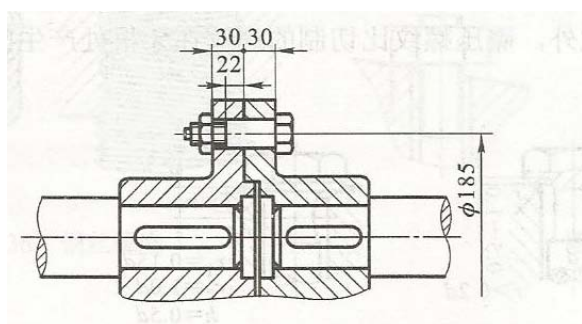
7.题 7 图 为一刚性凸缘联轴器，材料为 HT100。凸缘之间用铰制孔用螺栓连接，螺栓数目 $z=8$ ，螺杆无螺纹部分直径 $d_0 = 17 \text{ mm}$ ，材料强度等级为 8.8。试计算联轴器能传递的转矩。

若欲采用普通螺栓连接且传递同样的转矩，请确定螺栓直径。

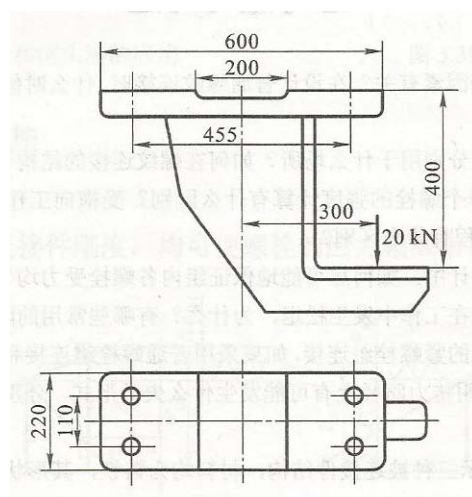
8.题 8 图所示为一托架， 20kN 的载荷作用在托架宽度方向的对称线上，用四个螺栓将托架连接在一钢制梁上，试确定应采用哪种连接类型？并计算出螺栓直径。



题 6 图 被连接件结构



题 7 图 联轴器



题 8 图 托架的连接

本章参考文献

宋宝玉，王黎钦主编，《机械设计》，高等教育出版社，2010.5

王黎钦，陈铁鸣主编，《机械设计》（第五版），哈工大出版社 2014.1

宋宝玉主编，《机械设计课程设计指导书》，高等教育出版社，2010.5

张锋、古乐主编，《机械设计课程设计》（第五版），哈工大出版社 2012.12

张锋，宋宝玉主编，《机械设计大作业指导书》，高等教育出版社，2009.10

百度网-图片-视频

优酷土豆网-图片-视频

搜狗网-图片-视频