

机 械 设 计

参 考 答 案



机 械 工 业 出 版 社

目 录

习题 1 参考答案	1
习题 2 参考答案	1
习题 3 参考答案	1
习题 4 参考答案	2
习题 5 参考答案	4
习题 6 参考答案	4
习题 7 参考答案	7
习题 8 参考答案	11
习题 9 参考答案	11
习题 10 参考答案	13
习题 11 参考答案	13
习题 12 参考答案	17
习题 13 参考答案	17
全真模拟试卷 1 参考答案	19
全真模拟试卷 2 参考答案	22
全真模拟试卷 3 参考答案	25
全真模拟试卷 4 参考答案	27
全真模拟试卷 5 参考答案	29
全真模拟试卷 6 参考答案	30
全真模拟试卷 7 参考答案	33
全真模拟试卷 8 参考答案	35
全真模拟试卷 9 参考答案	37
全真模拟试卷 10 参考答案	41

习题 1 参考答案

(一) 填空题

1. 额定, 载荷系数 2. 名义, 计算 3. 循环特性 (应力比), 两个 4. $-1, 0$
 5. 断裂或塑性变形 6. 疲劳 7. 疲劳极限 8. 屈服点 9. 强度限 10. 接触表面的硬度, 接触表面的综合曲率半径

(二) 选择题

1. D 2. D 3. C 4. B 5. B 6. C

习题 2 参考答案

(一) 填空题

1. 10^3 (或 10^4) 2. 有限寿命, 无限寿命 3. 应力集中、零件尺寸和表面状态
 4. 应力幅, 平均应力 5. 平均应力, 应力幅 6. 斜率 7. σ_a/σ_m (或 $\sigma_{\min}/\sigma_{\max}$), σ_m , σ_{\min}
 8. $\sigma_a/\sigma_m = \text{常数}$ (或 $\sigma_{\min}/\sigma_{\max} = \text{常数}$), σ_m 或 $\sigma_{\min} = \text{常数}$ 9. 循环特性 (应力比) r , 疲劳寿命 N 。

(二) 选择题

1. D 2. B 3. B 4. D 5. C

习题 3 参考答案

(一) 判断题

1. \checkmark 2. \times 3. \checkmark 4. \checkmark 5. \times 6. \checkmark 7. \checkmark 8. \times 9. \times 10. \times

(二) 填空题

1. 粘着磨损, 接触疲劳磨损, 磨料磨损, 腐蚀磨损 2. 跑合磨损阶段, 稳定磨损阶段, 剧烈磨损阶段 3. 干摩擦, 边界摩擦, 液体摩擦, 混合摩擦 4. 压力, 温度 5. 改善润滑剂的润滑性能, 提高油的品质

(三) 选择题

1. B 2. D 3. C 4. A 5. B 6. A 7. A 8. A

(四) 问答题

1. 答 根据机理的不同, 磨损主要有粘着磨损、接触疲劳磨损、磨料磨损和腐蚀磨损等四种基本类型。

2. 答 零件的正常磨损过程大致可分为三个阶段, 即磨合磨损阶段、稳定磨损阶段和剧烈磨损阶段。各阶段特点以及磨损量 q 与时间 t 的关系曲线, 详见第 3 章“学习要点”有关内容。

3. 答 由于边界膜极薄, 通常只有几个分子层厚, 一般膜厚远远小于两表面的加工粗糙度, 故磨损不可避免。

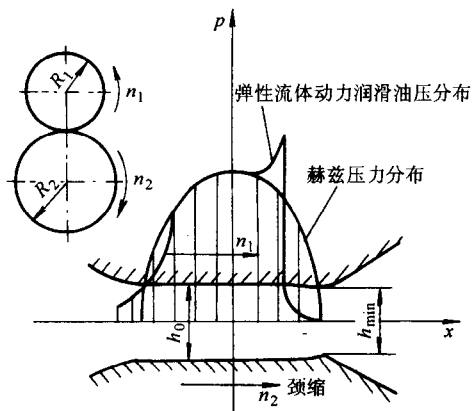
4. 答 1) λ 为膜厚比, h_m 为最小膜厚, R_a 为两表面轮廓算术平均偏差。

2) 当 $\lambda < 1$ 时为边界润滑状态; 当 $1 \leq \lambda \leq 3$ 时为混合润滑状态; 当 $\lambda > 3$ 时则为液体润滑状态。

5. 答 1) 如图习题解 3-1 所示为两圆柱体在弹性流体动力润滑下的油膜形状和压力分布曲线。

2) 由油压分布曲线可以看出, 弹性流体动力润滑的油压分布和刚体静接触时的赫兹压力分布相近, 只是在润滑油入口处, 弹性流体动力润滑的压强稍低, 而在出口附近则存在一压力峰值, 随后压力降低为零。与油压分布规律相对应, 弹性圆柱体接触表面形状近乎平直, 而在出口处由于油压急剧下降到零, 出现一个颈缩区。

6. 答 流体动压润滑是利用摩擦副表面的相对运动, 将流体带入摩擦面间, 自行建立压力油膜把摩擦面分开并平衡外载荷的流体润滑; 而流体静压润滑则是利用外部供油(气)装置, 将一定压力流体强制送入摩擦副之间, 以建立压力油膜的润滑



图习题解 3-1 弹性流体动力润滑
压力分布与油膜形状

习题 4 参考答案

(一) 填空题

1. 大径 2. 内径 3. 紧, 松, 松 4. 受拉, 受剪 5. 600, 480 6. 螺栓, 螺柱, 螺钉, 紧定螺钉 7. 螺旋副的螺纹阻, 螺母-支撑面间的摩擦阻 8. 被联接件厚度不大, 装、拆时可从被联接件两侧进行操作; 被联接件之一较厚, 需经常拆卸; 被联接件之一较厚, 不经常拆卸 9. 螺柱与螺母或螺孔的变形性质不同, 螺母的变形性质、螺纹牙的柔

度、螺纹的旋合圈数 10. 传力, 传导, 调整; 滑动, 滚动, 静压 11. 设置加工平面 (如加工沉头座或凸台), 斜, 球面 12. 确定其中受力最大的螺栓及其所受载荷 13. 挤压, 剪切, 键或键槽被压溃 14. 轴头的直径 15. 零件轴向移动量不很大的, 零件轴向移动量很大的 16. 内径, 外径, 侧面 17. 30°压力角, 45°压力角, 45°压力角 18. 传力, 定位, 安全 19. 压入, 温差, 温差 20. 联接在传递载荷时不发生松动, 保证联接零件在装配应力下不致损坏

(二) 选择题

1. B, A 2. A 3. B, C 4. B 5. A 6. A 7. D 8. A 9. C, D, B 10. B

(三) 受力分析题

解 分别对零件 1、2 及轴头 3 作受力分析如图习题解 4-1。图中 F' 为预紧力, F_N 为反力, F_μ 为摩擦力。

由力的平衡条件

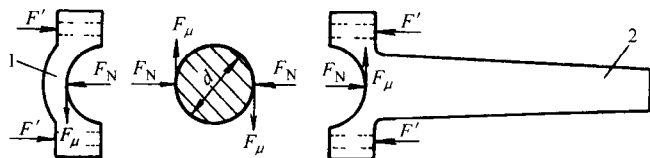
$$F_N = 2F'$$

$$F_\mu = \mu_s F_N = 2\mu_s F'$$

摩擦力矩不小于由作用力 F 所产生的力矩

$$F_\mu d = 2\mu_s F' d \geq Fb$$

于是, 预紧力



图习题解 4-1 由螺栓组合而成的夹紧联接

$$F' \geq \frac{Fb}{2\mu_s d}$$

(四) 计算题

解 1) 求公称总切向力 F_Σ

为获得转矩 T_n , 在螺栓中心所在圆上应具有总切向力

$$F_\Sigma = \frac{T_n}{D_0/2} = \frac{1.60 \times 10^6}{170/2} \text{ N} = 1.88 \times 10^4 \text{ N}$$

2) 求普通螺栓联接中每个螺栓所需预紧力 F'

每个螺栓所需预紧力

$$F' \geq \frac{KF_\Sigma}{z\mu_s m} = \frac{1.2 \times 1.88 \times 10^4}{12 \times 0.15 \times 1} \text{ N} = 1.25 \times 10^4 \text{ N}$$

3) 求铰制孔螺栓联接中每个螺栓的工作剪力 F_s

每个螺栓的工作剪力

$$F_s = \frac{F_\Sigma}{z} = \frac{1.88 \times 10^4}{12} \text{ N} = 1.57 \times 10^3 \text{ N}$$

习题 5 参考答案

(一) 填空题

1. 拉, 弯曲, 离心 2. 打滑, 带的疲劳断裂 3. $2F_0 = (F_1 + F_2)$

(二) 问答题

1. 答 速度不高时, 取决于带和带轮间的摩擦系数 μ 和小轮包角 α 。他们之间的关系是: $\frac{F_1}{F_2} = e^{\mu\alpha}$

2. 答 弹性滑动是由于材料的 (这里主要是带的) 弹性变形引起的。由于带位于松边和紧边时拉力不同, 其单位带长上的伸长量也就不同。这种拉力和伸长量的变化是在带与带轮接触过程中完成过渡的, 这就使得, 在一段接触弧上带与带轮之间具有相对滑动。

在摩擦带传动中, 这种弹性滑动现象是不可避免的。

习题 6 参考答案

(一) 判断题

1. \times 2. \checkmark 3. \checkmark 4. \times 5. \times 6. \times 7. \times 8. \times 9. \checkmark 10. \checkmark 11. \times

(二) 填空题

1. 不 2. 相同 3. 相反, 相同 4. 轮齿疲劳折断、磨损, 齿面点蚀、齿根弯曲疲劳折断 5. 按齿根弯曲疲劳强度计算, 且考虑磨损影响一般将模数加大 10%~20% 6. 下降 7. 相等, 不等 8. 脉动循环, 对称循环 9. 工况, 原动机及工作机性质; 动载荷, 齿轮线速度及精度等级; 载荷分布, 齿轮相对于轴承的位置及轴的刚度; 载荷分配, 齿轮精度及载荷大小与性质 10. 平均直径, 当量齿数

(三) 选择题

1. B 2. B 3. A 4. D 5. A 6. C 7. C 8. B 9. C 10. A 11. A 12. D
13. C

(四) 问答题

1. 答 外啮合的大、小齿轮的螺旋角方向不同 (方向相反)。

受力方向与齿轮的转动方向、螺旋角方向、是主动齿轮还是从动齿轮等有关。

2. 答 由于开式齿轮传动的主要失效形式为齿面磨损及轮齿弯曲疲劳折断, 故应按弯曲疲劳强度条件进行计算。对于磨损失效, 在弯曲强度计算时可适当予以考虑, 通常将

轮齿模数降低 10%~20% 进行弯曲强度计算, 即按磨损变薄的齿厚计算, 以保证一定的使用寿命。

3. 答 闭式齿轮传动应分别按齿面接触疲劳及齿根弯曲疲劳强度条件进行计算。

4. 答 轮齿似悬臂梁, 受载后齿根处弯曲应力最大。根部过渡部分尺寸发生急剧变化, 以及沿齿宽方向留下加工刀痕等引起应力集中。轮齿受重载荷, 齿根处发生疲劳裂纹后, 受拉伸侧疲劳裂纹容易扩展。

5. 答 轮 1 同侧齿面每转一圈受力两次, 疲劳次数多一倍, 故接触疲劳强度最差。轮 2 与轮 2' 每转一圈轮齿两侧各受力一次, 属双向受载的齿轮, 其弯曲疲劳强度的极限应力值仅为脉动循环时的 70%, 故弯曲疲劳强度最差。

6. 答 齿轮的齿面硬度大于 350HBS 时称为硬齿面齿轮; 齿面硬度小于等于 350HBS 时称为软齿面齿轮。硬齿面齿轮适用于高速、重载及精密机器; 软齿面齿轮适用于没有结构限制, 承载能力要求不高的一般场合。

7. 答 螺旋角的取值范围 $\beta=8^\circ\sim 20^\circ$, 常用 $8^\circ\sim 15^\circ$ 。人字齿轮和双斜齿轮, 由于轴向力可相互抵消, 所以可取较大的数值。

8. 答 应考虑以下因素: ① $z > z_{\min} = 17$ 以避免产生根切。②在模数 m 不变的情况下, 齿数 z 太多, 结构太大。③ d_1 相同时, z 多些, m 小, 金属切削量少, 省工时, 经济。④为考虑提高接触疲劳强度, 增加传动平稳性, z 可取多些。⑤当中心距 a 不变时, z 增加, 可以减小 m , 降低齿高, 还能减小滑动速度, 减少磨损和胶合的可能性。⑥对开式齿轮, 选用较小 z_1 , 较大 m , 轮齿较厚, 齿轮较耐磨。

9. 答 在锥-柱齿轮传动中, 应将锥齿轮放在高速级。锥齿轮加工难于圆柱齿轮, 尤其尺寸较大的齿轮精度不易保证, 放在高速级有利于减小尺寸, 提高精度。

10. 答 ①增大模数, 同时减少齿数。②改善材料、热处理, 提高心部的强度 σ_b 、屈服点 σ_s 、疲劳极限 σ_{-1} 。③正角变位, 增大齿根厚度。④增大齿根圆角半径、降低齿根表面粗糙度值, 以减小应力集中。⑤提高加工精度, 以减小动载系数 K_v , 齿向载荷系数 K_β , 齿间载荷分布系数 K_α 。⑥增大尺寸 (m, b)。

11. 答 ①接触应力不变。②接触疲劳强度提高。③弯曲应力增大。

12. 答 ①两种方案的接触强度相同, 弯曲强度不同, a 方案弯曲强度较高。②b 方案较好。在满足弯曲疲劳强度的基础上, 模数取小, 齿数增多, 可使重合度增加, 有利于改善传动的平稳性和载荷分配。模数小, 滑动速度小, 可降低磨损和胶合的可能性, 同时也节省材料。

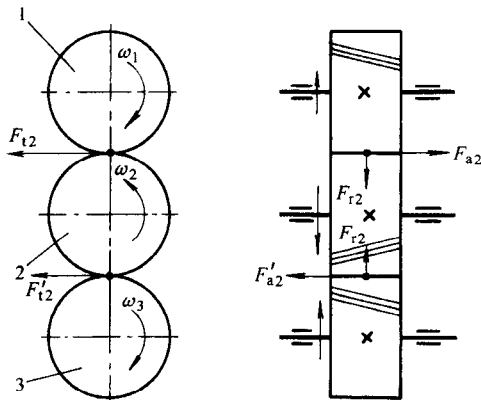
13. 答 齿面接触疲劳强度计算的计算点在节点, 这主要是基于一个基本事实, 即: “点蚀多发生于轮齿节线附近靠齿根一侧”。其计算的力学模型是一对圆柱体相接触。它针对的失效形式是齿面接触疲劳失效, 也称为点蚀。

(五) 受力分析题

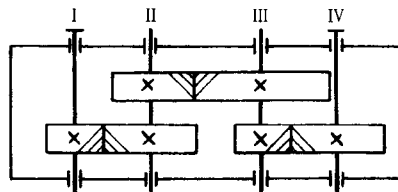
1. 解 受力方向如图习题解 6-1 所示。

2. 解 传动的布置方案变动如图习题解 6-2 所示。

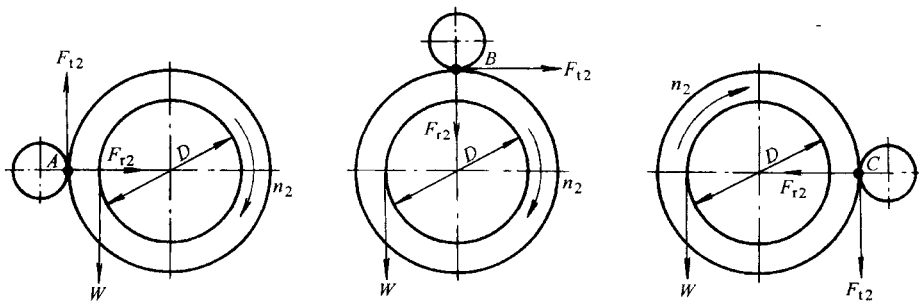
3. 解 受力方向如图习题解 6-3 所示。小齿轮在位置 A 时卷筒轴承受力最小, 因为在此位置时 F_{t2} 与 W 指向相反, 可抵消一部分力。



图习题解 6-1



图习题解 6-2



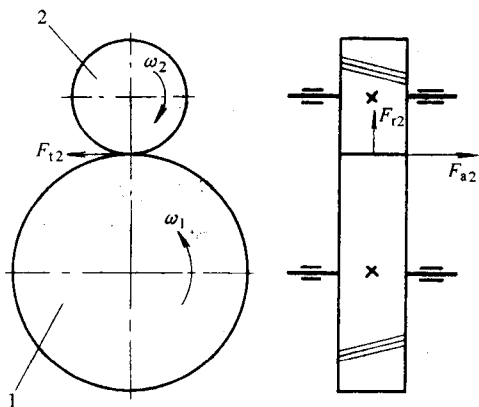
图习题解 6-3

4. 解 转向、旋向及分力方向如图习题解 6-4 所示。转向改变时, 切向力 F_{t2} 、轴向力 F_{a2} 方向相反, 径向力 F_{r2} 方向不变。旋向改变时, F_{a2} 方向改变, F_{t2} 、 F_{r2} 方向不变。

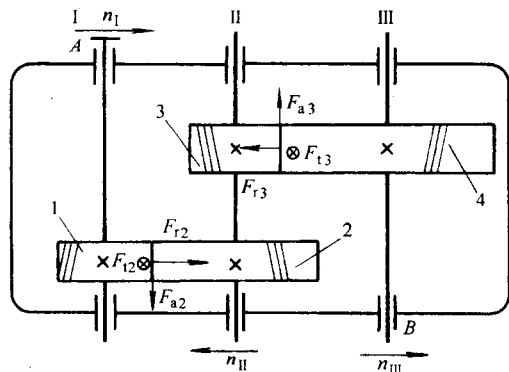
5. 解 如图习题解 6-5 所示, 1) 为使载荷沿齿向分布均匀, 应以 A 端输入, B 端输出。

2) 各齿轮的螺旋线方向及齿轮 2、3 所受各分力方向见图。

6. 解 图 6-15b 所示方案较为合理。因为此方案的齿轮布置形式使轴在转矩作用下产生的扭转变形能减弱轴在弯矩作用下产生的弯曲变形所引起的载荷沿齿宽分布不均匀的现象。



图习题解 6-4



图习题解 6-5

习题 7 参考答案

(一) 填空题

1. 胶合、磨损和点蚀，蜗轮，选用减摩性、耐磨性好的材料，改善润滑条件等
 2. 标准值，整数，精确计算值 3. 钢，铜合金，一定的强度，较好的抗胶合、抗磨损能力 4. 结构紧凑，容易实现反行程自锁，加工方便，效率低 5. 组合式，选择锡青铜或铝青铜，铸铁 6. 蜗轮；蜗轮材料弱于蜗杆且蜗杆齿为连续螺旋形状，传动失效通常是先出现在蜗轮上

(二) 选择题

1. C 2. D 3. B 4. C 5. B

(三) 问答题

1. 答 蜗杆传动用于传递空间交错轴间的运动和动力。蜗杆传动的主要特点为：传动平稳、传动比大、结构紧凑、噪声小；通过控制某些设计参数可以使蜗杆传动反行程自锁；缺点是传动效率较低，易磨损、胶合；结构较复杂且蜗轮常采用较贵重金属。

蜗杆传动适用于尺寸小、传动比大，传动功率不大以及要求反行程自锁的场合。

2. 答 根据蜗杆形状的不同，蜗杆传动通常可以分为三类：圆柱蜗杆传动、环面蜗杆传动和锥蜗杆传动。圆柱蜗杆传动加工难度小，应用最为广泛；环面蜗杆传动具有较好的油膜形成条件，承载能力均高于圆柱蜗杆，但安装和加工都较复杂；锥蜗杆传动的特点是啮合齿数多，重合度大，传动平稳，承载能力高，蜗轮可用淬火钢制造。

3. 答 蜗杆的直径系数是蜗杆的分度圆直径与模数的比值。不采用标准刀具加工，

蜗杆的分度圆直径和直径系数的取值可以不受限制。

4. 答 蜗杆头数 z_1 即蜗杆螺旋线的线数。常用值为 1, 2, 4, 6。 z_1 过多, 加工制造的难度增加, 精度不易保证; z_1 减小, 传动效率降低。在大传动比或要求自锁时, 一般取 $z_1=1$ 。

蜗轮齿数 z_2 根据传动比 i 和 z_1 确定。 $z_2=iz_1$ 。为避免蜗轮轮齿发生根切和保证传动的平稳性, 一般取蜗轮齿数 $z_2 \geq 28$; 相反蜗轮齿数多、直径大, 导致蜗杆轴支承跨距大, 蜗杆刚度下降, 故蜗轮齿数也不宜过多。一般取 $z_2 < 80$ 。

5. 答 蜗轮。

6. 答 蜗杆传动效率较低, 摩擦损耗大, 相应的发热量大。若产生的热量不能及时得到散发, 则就会因温升过高而导致润滑失效, 出现齿面胶合。闭式蜗杆传动, 散热比较困难。尤其对于连续工作的蜗杆传动, 必须进行热平衡计算, 以控制工作温度。

7. 答 蜗杆传动的效率主要取决于啮合效率 η_1 。对于减速蜗杆传动 (蜗杆主动), 啮合效率为

$$\eta_1 = \frac{\tan \gamma}{\tan(\gamma + \rho_v)}$$

式中, ρ_v 是当量摩擦角, 其值与蜗杆蜗轮的材料组合、齿面精度和相对滑动速度等有关。

当蜗杆分度圆直径一定时, 导程角 γ 又与蜗杆头数有直接关系: $\tan \gamma = z_1 m / d_1 = z_1 / q$, 故要提高传动效率, 应选用多头数和分度圆直径较小的蜗杆。

8. 证明 对于减速蜗杆传动, 啮合效率为

$$\eta_1 = \frac{\tan \gamma}{\tan(\gamma + \rho_v)}$$

根据蜗杆传动自锁的条件 $\gamma < \rho_v$, 现以 $\gamma = \rho_v$ 代入, 则有

$$\eta_1 = \frac{\tan \gamma}{\tan(\gamma + \rho_v)} = \frac{\tan \gamma}{\tan 2\gamma} = \frac{1 - \tan^2 \gamma}{2} = 0.5 - \frac{\tan^2 \gamma}{2} < 0.5$$

即 $\eta_1 < 0.5$, 也就证明了自锁蜗杆的效率小于 0.5。

(四) 受力分析题

1. 解 蜗杆 3、5 和蜗轮 4、6 轮齿均为左旋, 各轮的回转方向及其轴向分力的方向、蜗杆 3 在啮合点处的三个分力的方向如图习题解 7-1 所示。

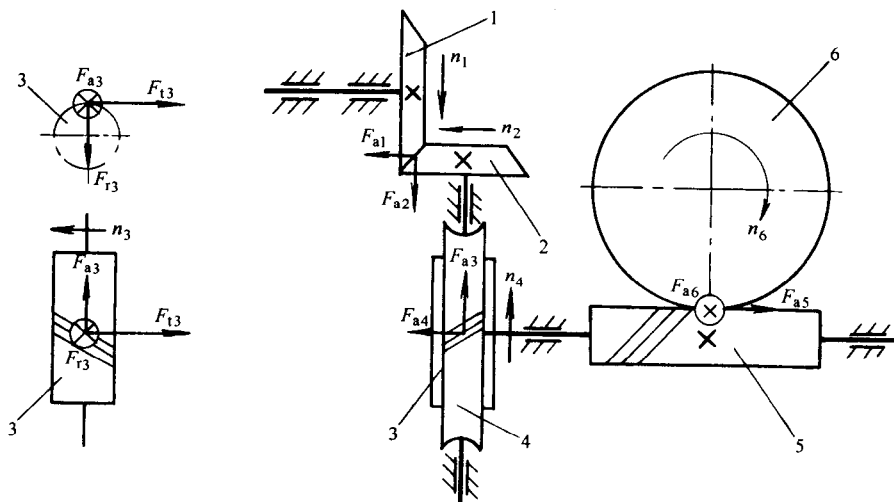
2. 解 斜齿轮 3 右旋, 斜齿轮 4 左旋, 蜗杆 5、蜗轮 6 为左旋, 蜗杆和蜗轮转向及蜗杆 5 在啮合点分力方向如图习题解 7-2 所示。

(五) 计算题

1. 解 根据传动比要求, 取蜗杆头数为 $z_1=1$ (若蜗杆头数大于 1, 则蜗轮齿数超出常用范围)。

蜗轮齿数

$$z_2 = iz_1 = 45 \times 1 = 45$$



图习题解 7-1

由蜗轮分度圆直径 $d_2 = mz_2$, 则

$$m = \frac{d_2}{z_2} = \frac{110}{45} \text{ mm} = 2.44 \text{ mm}$$

取 $m = 2.5 \text{ mm}$, 则

$$d_2 = mz_2 = 2.5 \times 45 \text{ mm} = 112.5 \text{ mm}$$

由 $m = 2.5 \text{ mm}$, 查关于蜗杆参数标准, 可取

$$d_1 = 28 \text{ mm}, q = 11.2$$

蜗杆的导程角

$$\tan \gamma = \frac{z_1}{q} = \frac{1}{11.2} = 0.089286$$

$$\gamma = 5^\circ 06' 08''$$

2. 解 取 $z_1 = 1$, 则

$$z_2 = iz_1 = 30 \times 1 = 30$$

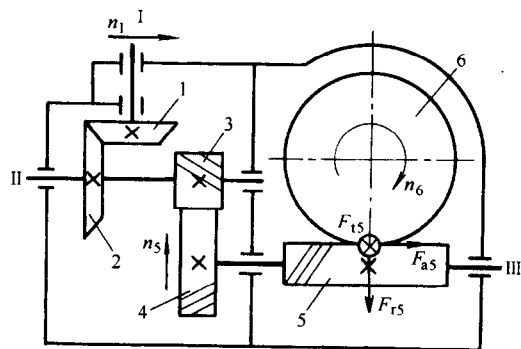
根据

$$a = \frac{1}{2}(d_1 + d_2) = \frac{1}{2}m(q + z_2) = \frac{1}{2}m(q + 30) = 160 \text{ mm}$$

查关于蜗杆参数标准, 可确定满足上式的参数为

$$d_1 = 80 \text{ mm}, m = 8 \text{ mm}, q = 10 \text{ mm}$$

于是, 蜗杆导程角



图习题解 7-2

$$\gamma = \arctan \frac{z_1}{q} = \arctan \frac{1}{10} = 5^\circ 42' 38''$$

3. 解 1) 计算蜗杆传动的啮合效率

蜗杆的导程角

$$\gamma = \arctan \frac{z_1}{q} = \arctan \frac{2}{10} = 11^\circ 18' 36''$$

蜗杆副的当量摩擦角

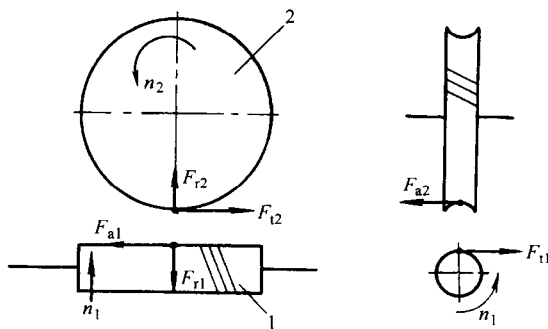
$$\rho_v = \arctan f_v = \arctan 0.04 = 2^\circ 17' 26''$$

蜗杆传动的啮合效率

$$\eta_1 = \frac{\tan \gamma}{\tan(\gamma + \rho_v)} = \frac{\tan 11^\circ 18' 36''}{\tan(11^\circ 18' 36'' + 2^\circ 17' 26'')} = 0.82$$

2) 确定各分力方向

各分力方向如图习题解 7-3 所示。



图习题解 7-3

(3) 求各分力大小

蜗杆轴上的转矩

$$T_1 = \frac{9.55 \times 10^6 P}{n} = \frac{9.55 \times 10^6 \times 2}{955} \text{ N} \cdot \text{mm} = 2 \times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

蜗轮转矩

$$T_2 = T_1 i \eta_1 = 2 \times 10^4 \times 24 \times 0.82 \text{ N} \cdot \text{mm} = 3.94 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

蜗轮齿数

$$z_2 = iz_1 = 24 \times 2 = 48$$

蜗轮分度圆直径

$$d_2 = mz_2 = 4 \times 48 \text{ mm} = 192 \text{ mm}$$

蜗杆分度圆直径

$$d_1 = mq = 4 \times 10 \text{ mm} = 40 \text{ mm}$$

蜗轮轴向力 F_{a2} 、蜗杆圆周力 F_{t1}

$$F_{a2} = F_{t1} = \frac{2T_1}{d_1} = \frac{2 \times 2 \times 10^4}{40} \text{N} = 10^3 \text{N}$$

F_{a2} 与 F_{t1} 方向相反。

蜗杆轴向力 F_{a1} 、蜗轮切向力 F_{t2}

$$F_{a1} = F_{t2} = \frac{2T_2}{d_2} = \frac{2 \times 3.94 \times 10^5}{192} \text{N} = 4.10 \times 10^3 \text{N}$$

F_{a1} 与 F_{t2} 方向相反。

蜗杆径向力 F_{r1} 、蜗轮径向力 F_{r2}

$$F_{r1} = F_{r2} \approx F_{t2} \tan \alpha_x = 4.10 \times 10^3 \times \tan 20^\circ \text{N} = 1.49 \times 10^3 \text{N}$$

F_{r1} 与 F_{r2} 方向相反。

习题 8 参考答案

(一) 填空题

1. 套筒链, 滚子链, 齿形链 2. 忽上忽下, 忽快忽慢 3. 元件疲劳, 磨损后的脱链或跳齿, 胶合, 冲击破断, 静力拉断, 链轮轮齿磨损 4. 高, 少, 大, 大 5. 较小的, 较多的

(二) 选择题

1. A, B 2. A 3. A 4. B 5. A 6. A 7. B 8. B 9. B 10. B, E

习题 9 参考答案

(一) 判断题

1. × 2. × 3. √ 4. √ 5. √ 6. ×

(二) 填空题

1. 转轴, 心轴 2. 加大轴径, 选用弹性模量大的材料, 采用空心轴 3. 车削或磨削, 铣削 4. 当量弯矩, 转矩性质 5. 定位, 工艺 6. 圆钢或锻造, 铸造 7. 同一条母线上, 180°对称 8. 轴肩, 套筒, 键, 销 9. 降低表面粗糙度值, 采用表面强化

(三) 选择题

1. A, C 2. B, C 3. B

(四) 问答题

1. 答 轴按受载情况可以分为传动轴、心轴和转轴。只受转矩或主要受转矩而弯矩很小的轴为传动轴；只受弯矩不受转矩的轴为心轴；同时承受弯矩和转矩的轴为转轴。

自行车中轴属转轴，后轮轴属心轴。

2. 答 常用轴的结构形式多呈阶梯形，主要是为了便于轴上零件的装拆和固定。

3. 答 零件在轴上的轴向固定方法有：轴肩、轴环、套筒、锁紧挡圈、弹性挡圈、轴端挡圈、圆螺母和锥轴头等。

零件在轴上的周向固定方法有：键、花键、销和过盈联接等。

4. 答 轴的材料主要采用碳素钢和合金钢。碳素钢价廉，应力集中敏感性较小，应用广泛。合金钢具有较高的机械强度，适于载荷大、要求尺寸小及对轴颈耐磨性要求较高的使用场合。

轴的刚度，即轴受载后的弹性变形，与材料的弹性模量有关。在这方面，由于碳素钢与合金钢的材料特性基本相同，故用合金钢代替碳钢以提高轴刚度的想法是不正确的。

5. 答 滚动轴承和联轴器均为标准件，其孔径尺寸规定为标准值。所以，与其配合的轴径的尺寸，应根据标准件的尺寸系列来选取。

6. 答 当量弯矩计算公式中，系数 α 是根据转矩性质而定的应力校正系数。它反映由不同性质转矩产生的切应力在折合为弯曲应力时影响程度的差异。设计过程中，对于不变的转矩，取 $\alpha = \frac{[\sigma_{-1b}]}{[\sigma_{+1b}]}$ ；对于脉动的转矩，取 $\alpha = \frac{[\sigma_{-1b}]}{[\sigma_{0b}]}$ ；对于对称循环的转矩，取 $\alpha = 1$ 。其中， $[\sigma_{+1b}]$ 、 $[\sigma_{0b}]$ 、 $[\sigma_{-1b}]$ 分别为材料在静应力、脉动循环应力和对称循环应力状态下的许用弯曲应力。

7. 答 轴类零件设计中，需考虑的问题有：结构、强度、刚度以及振动稳定性等，但主要是结构和强度两方面的问题。一般设计步骤为：根据用途和工况，选择轴的材料；按许用切应力初估轴径，并确定最小轴径；根据轴上零件的尺寸大小和相互位置、结构形式、布置、固定和装拆工艺等，进行轴的结构设计，初步确定轴的结构形式和几何尺寸；对轴上零件进行受力分析，按弯扭合成强度条件校核轴的强度，并细化结构完成设计。若不满足强度要求，则须修改结构尺寸，重新进行设计。重要的轴还需进行安全系数校核。设计过程中，轴的结构设计与强度计算通常需交替进行，逐步完善。

8. 答 比较两种方案可以看出：除了带传动的布置不同外，其余完全相同。但由于带的张紧力对轴产生的径向压力方向不一样，所以两方案中轴的受力情况也就不同。因此，按强度计算求得两方案轴的直径大小一般也不相同。

9. 答 一般情况下，轴上安装单键，轴径需放大3%左右，而双键则放大7%左右。

10. 答 从方便键槽的加工考虑，同一轴上不同轴向位置的键槽应布置在一条母线上；并且，在轴径尺寸相差不大且满足强度要求时，同一轴上的键宽最好选用相同尺寸。前者是从避免工件（轴）两次装夹考虑的，而后者则是从避免更换刀具考虑的。

11. 答 从装配来考虑：为了装、拆方便，应合理的设计工艺轴肩，使轴上零件在

装、拆过程中尽量减少不必要的配合面长度；为了装配方便和操作人员安全，轴端应设计倒角；在装键的轴段，应使键槽靠近轴与轮毂先接触的直径变化处，便于安装时键与零件上的键槽对准；在采用过盈配合时，为了便于压入装配，可在轴头部位设计导锥（过度锥面）结构等。

从加工考虑：当轴的某段需经磨削加工或切制螺纹时，应设计砂轮越程槽或螺纹退刀槽。

习题 10 参考答案

(一) 选择题

1. A 2. C 3. D 4. B 5. D

(二) 问答题

1. 答 混合摩擦状态滑动轴承的设计准则有：

轴承承载面平均压强的条件性计算准则 $p = \frac{F}{dB} \leq [p]$

与滑动轴承的摩擦热相关的 pv 值计算 $pv \leq [pv]$

最大滑动速度的条件性计算 $v \leq [v]$

2. 答 滑动轴承形成流体动力润滑的必要条件有三个，即：

1) 楔形间隙（也作“大、小口”理解）滑动轴承相对运动表面间在承载区可以构成楔形空间，或者具有“大、小口”的空间。

2) 相对速度。两相对运动表面间必须具有相对速度，且其运动要能使流体从宽阔处流向狭窄处，即从大口流向小口，使承载区油的体积有减小的趋势。

3) 供油充分。即要有充足的流体（润滑油）供给，且其具有一定的粘度。

3. 答 1) 为了防止润滑油从端部大量流失，轴向油槽不应开通，其长度一般可取轴瓦宽度的 80%。

2) 对于动压轴承，油孔、油槽的形状和位置，对其压力油膜形成及承载能力影响很大。为了不降低油膜承载能力，故油孔、油槽应开在非承载区，而不要开在承载区。

3) 对于混合摩擦轴承，为了能向承载区充分供油，则应使油槽尽可能延伸到其承载区附近。

习题 11 参考答案

(一) 选择题

1. C 2. C 3. D 4. B 5. A 6. B 7. B 8. B 9. A 10. B 11. D 12. D

13. B 14. D 15. C 16. C 17. C 18. D 19. A 20. C 21. D 22. A 23. A
24. D 25. B 26. A 27. D

(二) 问答题

1. 答 这是因为与滑动轴承相比,滚动轴承具有以下特点:①摩擦力矩小、效率高,启动灵活。②润滑简单,维护方便。③标准化、成批生产,成本低等特点。

2. 答 滚动轴承由内圈、外圈、滚动体和保持架组成。内圈装在轴颈上,外圈装在轴承座孔中,滚动体在内、外圈之间,当内、外圈相对运动时,滚动体在内、外圈的滚道间滚动,实现滚动摩擦,保持架用以隔开滚动体,使其保持排列整齐且可减小彼此间的摩擦。内、外圈和滚动体皆用铬合金钢制造,常用材料有 GCr15、GCr15SiMn、GCr6、GCr9 等;保持架多用低碳钢板冲压成形,也可用有色金属(如黄铜)、塑料等材料。

3. 答 滚动轴承类型选择应主要考虑的因素有:

(1) 轴承载荷大小 轻、中载荷选用球轴承,重载荷选用滚子轴承。

(2) 轴承载荷方式 纯径向载荷选用各类径向轴承都可以。纯轴向载荷选用推力球轴承、推力圆柱滚子轴承及推力滚针轴承;联合载荷(同时具有径向、轴向载荷时)一般选用角接触球轴承或圆锥滚子轴承。若径向载荷较大而轴向载荷较小,可选用深沟球轴承。若轴向载荷较大而径向载荷较小时,可选用推力角接触球轴承。

(3) 转速 转速较高仅受径向载荷时,选用深沟球轴承;承受联合载荷时,宜选用角接触球轴承;各种推力轴承的许用转速均低于径向轴承。

(4) 精度 大多数机械选用 0 级公差的轴承;对轴的旋转精度有严格要求时,选用较高公差等级的轴承;高速旋转的轴选用高公差等级的轴承。

(5) 对中性 有对中性误差,如轴或壳体变形较大,轴承座的加工或安装不良时,选用调心球轴承或调心滚子轴承。

(6) 刚性 对轴承刚度要求高时选用滚子轴承。各类轴承通过适当地“预紧”可不同程度地提高刚度。

(7) 安装与拆卸 安装拆卸较频繁时,选用分离型结构的轴承。如圆锥滚子轴承、圆柱滚子轴承、滚针轴承和推力轴承等。

具有圆锥形内孔的轴承可安装在锥形轴颈上,或借助紧定套、退卸套装在圆柱轴颈上,安装拆卸很方便。

(8) 经济性 在满足使用要求的情况下,应优先选用价格低的滚动轴承。一般说来,球轴承的价格低于滚子轴承;其次,精度愈高价格愈高。

4. 答 滚动轴承的主要失效形式有:疲劳点蚀、塑性变形和磨损。

对可能发生疲劳点蚀失效的轴承应进行寿命计算;对可能发生塑性变形失效的轴承应进行静强度计算;对高速轴承,除进行寿命计算外,还要校核其极限转速以防轴承过热发生胶合;对磨粒磨损失效目前尚无统一、有效的计算方法。

一般转速($n > 10r/min$)的轴承,疲劳点蚀是其主要失效形式,如减速器中的轴承;静止、摆动或缓慢旋转(转速 $n \leq 10r/min$)的轴承,塑性变形是其主要失效形式,如大