练习·蜗杆传动·题目卷

> **范围**：机械设计 第19章 蜗杆传动（考纲 ④ 机械传动 · 蜗杆）
> **题量**：判断题 28、填空题 13、简答题 3、计算题 10
> **对应知识点**：知识点-蜗杆传动
> **使用**：先独立作答，再对 练习-蜗杆传动-答案卷。
> 计算统一取 $\sin 20^\circ = 0.3420$、$\cos 20^\circ = 0.9397$、$\tan 20^\circ = 0.3640$；$\tan 11.31^\circ = 0.2000$、$\cos 11.31^\circ = 0.9806$；$\tan 5.71^\circ = 0.1000$。

姓名：_____　　日期：_____　　用时：_____ 分钟

一、判断题

> 判断下列说法是否正确，正确的打"√"，错误的打"×"，填在题后括号内。

1. 蜗杆传动能传递空间交错轴之间的运动和动力，且结构紧凑、传动比大。（　　）

2. 蜗杆的分度圆直径等于模数与蜗杆头数的乘积。（　　）

3. 渐开线蜗杆在轴向剖面内的齿廓为直线，因此可以用单刀在车床上加工。（　　）

4. 蜗杆传动的传动比等于蜗轮分度圆直径与蜗杆分度圆直径之比。（　　）

5. 同一模数只需配备一种蜗轮滚刀，就能加工出该模数下的所有蜗轮。（　　）

6. 规定蜗杆分度圆直径为标准值，是为了减少加工蜗轮用的滚刀数量。（　　）

7. 蜗杆头数越少，传动比越大，传动效率也越高。（　　）

8. 蜗杆导程角越小，越容易实现反行程自锁，但同时效率也越低。（　　）

9. 蜗轮齿数一般取 20~40，以避免蜗轮直径过大。（　　）

10. 蜗杆传动的主要失效形式发生在蜗杆的螺旋齿面上。（　　）

11. 闭式蜗杆传动先按齿面接触疲劳强度设计，再校核齿根弯曲疲劳强度，最后做热平衡计算。（　　）

12. 开式蜗杆传动只进行齿根弯曲疲劳强度计算。（　　）

13. 蜗杆传动只进行条件性计算，胶合和磨损的影响在确定许用应力时予以考虑。（　　）

14. 蜗杆常用 45 钢渗碳淬火，齿面硬度达 58~63 HRC。（　　）

15. 为减轻磨损，蜗轮材料的硬度应高于蜗杆材料的硬度。（　　）

16. 蜗杆传动中，蜗轮的圆周力与蜗杆的圆周力大小相等、方向相反。（　　）

17. 铝铁青铜蜗轮的许用接触应力也需按应力循环次数乘以寿命系数。（　　）

18. 蜗杆的圆周力与蜗轮的轴向力大小相等，两者互为作用力与反作用力。（　　）

19. 已知蜗杆的转向与旋向时，可用左、右手定则判定蜗轮的转向。（　　）

20. 蜗杆传动接触强度的设计式中，中心距与蜗轮转矩的立方根成正比。（　　）

21. 蜗杆传动弯曲强度的设计式用于反求模数 m。（　　）

22. 蜗杆传动的啮合效率可用 $\tan\gamma / \tan(\gamma + \rho_v)$ 计算，其中 ρ_v 为当量摩擦角。（　　）

23. 蜗杆传动的滑动速度 $v_s = v_1 / \cos\gamma = v_2 / \sin\gamma$。（　　）

24. 蜗杆传动热平衡计算中，乘 0.5 的是箱体外表面能散热的面积。 （　　）

25. 温升超过许用值时，可采取加散热片、加风扇、加冷却水管或压力喷油循环等措施。 （　　）

26. 蜗杆传动变位时，蜗杆的分度圆直径也随之改变。 （　　）

27. 蜗杆与蜗轮啮合时，两者的螺旋线旋向必须相同。 （　　）

28. 蜗杆传动的总效率等于啮合效率、轴承效率与搅油损耗效率三者之积。 （　　）

二、填空题

> 在括号内填出关键术语、数字或式子，不必抄题。

1. 蜗杆传动的配对条件是：在主平面内 _____ 和 _____ 分别相等；标准压力角取 _____

2. 蜗杆分度圆直径 $d_1 =$ _____，其中 q 称为 _____；规定 d_1 为标准值的目的是 _____。

3. 蜗杆分度圆柱导程角 $\tan\gamma =$ _____ $=$ _____。

4. 蜗杆头数 z_1 只能取 _____ 四个值；蜗轮齿数 z_2 一般取 _____。

5. 传动比 $i =$ _____，它与 d_2/d_1 _____（填"相等"或"不相等"）。

6. 变位后蜗杆传动的中心距 $a' =$ _____，变位系数 x 的一般范围是 _____。

7. 蜗杆轴向齿距 $p_x =$ _____，导程 $p_z =$ _____，齿根高 $h_f =$ _____。

8. 蜗杆传动的主要失效形式是 _____、磨损、点蚀和轮齿折断；失效主要发生在 _____ 上。

9. 闭式蜗杆传动的计算顺序是：按 _____ 强度设计 → 按 _____ 强度校核 → 做 _____ 计算。

10. 三对互等分力：$F_{t1} =$ _____，$F_{x1} =$ _____，$F_{r1} =$ _____。

11. 蜗轮齿面接触疲劳强度：验算式 $\sigma_H =$ _____ $\le [\sigma_H]$；设计式 $a \ge$ _____

12. 蜗杆传动的啮合效率 $\eta_1 =$ _____，反行程自锁的条件是 _____。

13. 热平衡计算中温升 $\Delta t =$ _____，许用温差为 _____ ℃。

三、简答题

> 只留 3 道，都是要写清机理的。每题 6~8 分，答出要点即给分。

1. 蜗杆传动的效率为什么低？总效率由哪几部分组成？提高啮合效率的途径是什么，受什么限制？

2. 为什么闭式蜗杆传动除强度计算外还必须做热平衡计算？温升过高会导致什么后果？若温升超限，可采取哪些措施（按性价比排序说明）？

3. 蜗轮齿数 z_2 为什么限制在 32~80 之间？蜗杆头数 z_1 应如何选取（按传动比、效率、自锁三方面说明）？

四、计算题

> 写出主要计算步骤，注明所用公式与单位。$T = 9.55 \times 10^6 P/n$（T 单位 $\mathrm{N \cdot mm}$，P 单位 kW，n 单位 r/min）。

1. 一阿基米德蜗杆传动，$m = 8\ \mathrm{mm}$，$q = 10$，$z_1 = 2$，$z_2 = 41$。求：分度圆直径 d_1、d_2，中心距 a，传动比 i，导程角 γ，轴向齿距 p_x、导程 p_z，以及蜗杆齿顶圆 d_{a1} 与齿根圆 d_{f1}。

解：

2. 一蜗杆传动要求 $z_1 = 1$、$z_2 = 40$、$m = 8\ \mathrm{mm}$，中心距取标准值 $a = 200\ \mathrm{mm}$。求蜗杆的直径系数 q、分度圆直径 d_1 与导程角 γ。

解：

3. 承上题，因结构限制需把中心距改为 $a' = 205\ \mathrm{mm}$。求所需的变位系数 x，并判断是否在允许范围内。

解：

4. 一蜗杆减速器，蜗杆输入功率 $P_1 = 4\ \mathrm{kW}$，转速 $n_1 = 1440\ \mathrm{r/min}$，$z_1 = 2$、$z_2 = 40$，总效率 $\eta = 0.82$。求：蜗杆转矩 T_1、蜗轮转速 n_2、蜗轮功率 P_2、蜗轮转矩 T_2。

解：

5. 承上题（$d_1 = 80\ \text{mm}$、$d_2 = 320\ \text{mm}$、$\alpha = 20^\circ$、$\gamma = 11.31^\circ$）。求蜗杆与蜗轮的各分力 F_{t1}、F_{t2}、F_r 及法向力 F_n，并指出哪两个力大小相等。

解：

6. 承上题，取载荷系数 $K = 1.2$、弹性系数 $z_E = 160\ \sqrt{\text{MPa}}$、接触系数 $z_\rho = 3.0$、许用接触应力 $[\sigma_H] = 160\ \text{MPa}$。按接触疲劳强度验算式校核该传动是否合格。

解：

7. 一蜗杆传动，蜗轮转矩 $T_2 = 8 \times 10^5\ \mathrm{N\cdot mm}$，$K = 1.2$，$z_E = 160\ \sqrt{\mathrm{MPa}}$，$z_\rho = 3.0$，$[\sigma_H] = 150\ \mathrm{MPa}$。按接触强度设计式求所需中心距 a（计算到 mm，并说明如何取标准值）。

解：

8. 承第 5 题（$d_1 = 80$、$d_2 = 320$、$m = 8$、$T_2 = 4.35 \times 10^5\ \mathrm{N\cdot mm}$），取 $Y_F = 1.5$、$Y_\gamma = 0.7$、$K = 1.2$、$[\sigma_F] = 40\ \mathrm{MPa}$，校核蜗轮轮齿的弯曲疲劳强度，并说明弯曲强度是否为该传动的控制因素。

解：

9. 某蜗杆传动 $\gamma = 11.31^\circ$，$d_1 = 80\ \mathrm{mm}$，$n_1 = 1440\ \mathrm{r/min}$，当量摩擦角 $\rho_v = 1.5^\circ$，轴承为滚动轴承，搅油效率取 0.97。求：蜗杆圆周速度 v_1、滑动速度 v_s、啮合效率 η_1 与总效率 η。

解：

10. 一闭式蜗杆减速器 $P_1 = 4\ \mathrm{kW}$，$\eta = 0.85$，中心距 $a = 200\ \mathrm{mm}$，散热系数 $h = 15\ \mathrm{W/(m^2 \cdot ^\circ C)}$，环境温度 $20\ ^\circ\mathrm{C}$。求散热面积 A 与温升 Δt，判断是否满足热平衡要求；若油温上限按 $70\ ^\circ\mathrm{C}$ 计，求允许的最高环境温度。

解：

五、公式速查

项目	公式
配对条件	$m_{a1}=m_{t2}=m$ 、$\alpha_{a1}=\alpha_{t2}=20^\circ$
直径系数	$q=d_1/m$ ，$d_1=mq$
导程角	$\tan\gamma=\dfrac{z_1 p_x}{\pi d_1}=\dfrac{z_1 m}{d_1}=\dfrac{z_1}{q}$
传动比	$i=\dfrac{z_2}{z_1}\neq\dfrac{d_2}{d_1}$
中心距	$a=\dfrac{m(q+z_2)}{2}$ ，$a'=\dfrac{m\left[(q+2x)+z_2\right]}{2}$
变位系数	$x=\dfrac{a'-a}{m}$
几何	$d_{a1}=m(q+2)$ 、$d_{f1}=m(q-2.4)$ 、$d_{a2}=m(z_2+2)$ 、$p_x=\pi m$ 、$p_z=z_1\pi m$
转矩	$T_2=T_1 i\eta=9.55\times10^6\dfrac{P_2}{n_2}$
分力	$F_{t1}=\dfrac{2T_1}{d_1}=F_{x2}$ 、$F_{t2}=\dfrac{2T_2}{d_2}=F_{x1}$ 、$F_r=F_{t2}\tan\alpha$
法向力	$F_n=\dfrac{F_{t2}}{\cos\alpha_n\cos\gamma}$
接触验算	$\sigma_H=z_E z_\rho\sqrt{\dfrac{KT_2}{a^3}}\le[\sigma_H]$
接触设计	$a\ge\sqrt[3]{KT_2\left[\dfrac{z_E z_\rho}{[\sigma_H]}\right]^2}$ ，$m=\dfrac{2a-d_1}{z_2}$
接触系数	$z_\rho=\sqrt{9.47\cos\gamma\cdot\dfrac{a}{d_1}\cdot\dfrac{1}{(2-d_1/a)^2}}$
弯曲验算	$\sigma_F=\dfrac{1.64KT_2}{d_1 d_2 m}Y_F Y_\gamma\le[\sigma_F]$
弯曲设计	$m^2 d_1\ge\dfrac{1.64KT_2}{z_2[\sigma_F]}Y_F Y_\gamma$
许用应力	$[\sigma_H]=Z_N[\sigma_H]'$ ，$Z_N=\sqrt[8]{\dfrac{10^7}{N}}$ ；$[\sigma_F]=\sqrt[9]{\dfrac{10^6}{N}}[\sigma_F]'$
效率	$\eta=\eta_1\eta_2\eta_3$ ，$\eta_1=\dfrac{\tan\gamma}{\tan(\gamma+\rho_v)}$
滑动速度	$v_s=\dfrac{v_1}{\cos\gamma}=\dfrac{v_2}{\sin\gamma}$
自锁	$\gamma\le\rho_v$
热平衡	$\Delta t=\dfrac{(1-\eta)P_1}{hA}\le55\sim70\ ^\circ\mathrm{C}$ ，$A=0.33\left(\dfrac{a}{100}\right)^{1.75}$

六、小结

- 蜗杆传动的全部公式都建立在**主平面内"齿条-齿轮"啮合**这个模型上，所以配对条件是 m 、α 在主平面内相等。
- 两个必须条件反射的"不是"：$d_1\neq mz_1$ （是 mq ）、$i\neq d_2/d_1$ （是 z_2/z_1 ）。
- 两条强度式的设计变量不同：接触式求 a ，弯曲式求 m^2d_1 （因为 m 与 d_1 被 q 绑死）。
- 许用应力的**两个方根别混**：接触是 **8 次**、弯曲是 **9 次**；且只有锡青铜乘寿命系数。
- 蜗杆传动比齿轮传动多一道必答题：**热平衡**。措施顺序是"片 → 扇 → 水 → 油"。