练习 · 齿轮传动 · 题目卷

> **范围**：机械设计 第18章 齿轮传动（考纲 ④ 机械传动 · 齿轮）
> **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-齿轮传动
> **使用**：先独立作答，再对 练习-齿轮传动-答案卷。
> 计算统一取 $\sin 20^\circ = 0.3420$ 、$\cos 20^\circ = 0.9397$ 、$\tan 20^\circ = 0.3640$ 、$\tan 14^\circ = 0.2493$ 、$\cos 14^\circ = 0.9703$ 、$\cos 26.565^\circ = 0.8944$ 、$\sin 26.565^\circ = 0.4472$ 。

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. 齿轮传动能保证瞬时传动比恒定，这是它相对带传动、链传动最主要的长处之一。（　　）

2. 齿轮传动适用于两轴间距离较大的场合。（　　）

3. 齿轮精度等级共 13 级，其中 12 级为最高精度。（　　）

4. 闭式软齿面齿轮传动的主要失效形式是齿面疲劳点蚀。（　　）

5. 开式齿轮传动最常见的失效形式同样是齿面疲劳点蚀。（　　）

6. 齿面胶合主要出现在高速重载的齿轮传动中。（　　）

7. 闭式硬齿面齿轮传动通常按齿面接触疲劳强度设计，再校核齿根弯曲疲劳强度。（　　）

8. 开式齿轮传动只需按弯曲疲劳强度设计，不必校核接触疲劳强度。（　　）

9. 渗碳淬火后的齿轮硬度高、变形小，因此不需要磨齿。（　　）

10. 一对软齿面齿轮配对时，小齿轮的齿面硬度应比大齿轮高 30~50 HBS。（　　）

11. 直齿圆柱齿轮的径向力方向：外齿轮指向其轮心，内齿轮背离其轮心。（　　）

12. 主动轮上切向力的方向与该轮受力点处的运动方向相同。（　　）

13. 斜齿轮的轴向力随螺旋角的增大而减小。（　　）

14. 斜齿轮的径向力比同尺寸直齿轮小，因为计算式分母中多了一个 $\cos\beta$ 。（　　）

15. 使用系数 K_A 反映的是齿轮制造误差引起的内部附加动载荷。（　　）

16. 动载系数 K_V 随齿轮精度等级的提高而减小。（　　）

17. 齿向载荷分布系数 K_β 与齿轮在轴上的布置方式（对称、不对称、悬臂）有关。（　　）

18. 一对齿轮啮合时，两轮齿面接触应力的大小相等。（　　）

19. 一对齿轮啮合时，两轮齿根弯曲应力的大小相等。（　　）

20. 按接触强度设计时，应把两轮许用接触应力中较小的一个代入设计式。（　　）

21. 齿形系数 Y_{Fa} 不仅与齿数有关，还与模数有关。（　　）

22. 许用弯曲应力公式的分子中有系数 2，而许用接触应力公式的分子中没有这个 2。（　　）

23. 短期过载时，接触应力按尖峰转矩比的平方根增长，弯曲应力按尖峰转矩比的一次方增长。（　　）

24. 斜齿轮的螺旋角系数 $Z_\beta = \sqrt{\cos\beta}$，其值大于 1 。 ☐

25. 锥齿轮强度计算以齿宽中点处的当量齿轮为依据，并取有效齿宽为 $0.85b$ 。 ☐

26. 锥齿轮的强度计算式中保留了齿间载荷分配系数 K_α 。 ☐

27. 齿轮圆周速度 $v \le 15\ \mathrm{m/s}$ 时宜采用喷油润滑。 ☐

28. 锥齿轮传动中，主动轮的径向力与从动轮的轴向力互为作用力与反作用力。 ☐

二、填空题

> 在括号内填出关键术语、数字或式子，不必抄题。

1. 齿轮精度等级共 _____ 级，其中 _____ 级最高；一般通用减速器常用 _____ 级。

2. 按齿面硬度区分，HBS 不超过 _____ 的称为软齿面；一对软齿面齿轮配对时，小齿轮硬度应比大齿轮高 _____ 。

3. 闭式软齿面传动按 _____ 强度设计、校核 _____ 强度；闭式硬齿面传动恰好相反。

4. 开式齿轮传动最常见的失效形式是 _____ ，因此只按 _____ 强度设计，不校核接触强度。

5. 直齿圆柱齿轮切向力的计算式为 _____ ，径向力的计算式为 _____ 。

6. 斜齿轮轴向力的计算式为 _____ ，其方向对主动轮用 _____ 判定。

7. 计算载荷中，接触应力计算取 $K_H =$ _____ ，弯曲应力计算取 $K_F =$ _____ 。

8. 一对齿轮的接触应力 _____ ，而两轮的齿根弯曲应力 _____ 。

9. 齿形系数 Y_{Fa} 只与 _____ 有关，与 _____ 无关。

10. 直齿圆柱齿轮接触强度的设计式为 $d_1 \ge$ _____ 。

11. 锥齿轮齿宽系数定义为 _____ ，一般取 _____ ；其强度计算的有效齿宽取 _____ 。

12. 锥齿轮四个强度计算式中的标志性常数是 _____ ，且载荷系数中不含 _____ 。

13. 齿轮传动中 $v \le 15\ \mathrm{m/s}$ 时采用 _____ 润滑，$v > 15\ \mathrm{m/s}$ 时采用 _____ 润滑。

三、简答题

> 只保留三道最能拉开差距的题，要求写出机理而不是堆砌条文。

1. 为什么闭式软齿面按接触强度设计、闭式硬齿面按弯曲强度设计？开式传动为什么干脆不校核接触强度？

2. 一对齿轮为什么 $\sigma_{H1} = \sigma_{H2}$ 而 $\sigma_{F1} \neq \sigma_{F2}$？由此，设计时 $[\sigma_H]$ 为什么取两者中的较小值，而弯曲计算中 $\dfrac{Y_{Fa}Y_{Sa}}{[\sigma_F]}$ 却要取较大值？

3. 斜齿轮的强度为什么比同尺寸直齿轮高？请从公式中的系数说明，并指出为此付出的代价以及工程上如何减轻这一代价。

四、计算题

> 写出计算过程，注明所用公式。

1. 某闭式直齿圆柱齿轮传动，传递功率 $P = 7.5\ \mathrm{kW}$，小齿轮转速 $n_1 = 1450\ \mathrm{r/min}$，$z_1 = 20$、$m = 3\ \mathrm{mm}$、$\alpha = 20^\circ$。① 求小齿轮转矩 T_1；② 求分度圆直径 d_1；③ 求 F_t、F_r、F_n。

解：

2. 某闭式斜齿圆柱齿轮传动，$P = 11\ \mathrm{kW}$，$n_1 = 970\ \mathrm{r/min}$，$z_1 = 23$，法向模数 $m_n = 3\ \mathrm{mm}$，$\beta = 14^\circ$，$\alpha_n = 20^\circ$。① 求 d_1 与 T_1；② 求 F_t、F_r、F_x；③ 求 F_n 并用三个分量的平方和校验。

解：

3. 承第 1 题，该齿轮副 $z_2 = 80$、齿宽 $b = 60\ \mathrm{mm}$、载荷系数 $K_H = 1.5$。取 $Z_E = 189.8$、$Z_H = 2.5$、$Z_\varepsilon = 0.88$，大、小齿轮许用接触应力均为 $[\sigma_H] = 560\ \mathrm{MPa}$。① 求齿数比 u；② 校核齿面接触疲劳强度；③ 说明这一对的接触应力与许用值是否与齿轮材料配对有关。

解：

4. 承第 3 题，若齿宽系数取 $\psi_d = 1.0$，其余数据不变。① 按接触强度求所需的最小分度圆直径；② 与题中原有 $d_1 = 60\ \mathrm{mm}$ 比较并说明；③ 若把 $[\sigma_H]$ 提高到 $700\ \mathrm{MPa}$，最小直径变为多少。

解：

5. 承第 1、3 题，载荷系数 $K_F = 1.5$，小齿轮 $Y_{Fa1} = 2.72$、$Y_{Sa1} = 1.57$，重合度系数 $Y_\varepsilon = 0.70$，$[\sigma_F]_1 = 300\ \mathrm{MPa}$。① 求小齿轮齿根弯曲应力；② 判断是否合格；③ 若把齿宽由 60 mm 减到 45 mm，弯曲应力变为多少。

解：

6. 承上题，$z_2 = 80$ 的大齿轮 $Y_{Fa2} = 2.22$、$Y_{Sa2} = 1.77$、$[\sigma_F]_2 = 240\ \mathrm{MPa}$，齿宽系数取 $\psi_d = 1.0$。① 分别求两轮的 $Y_{Fa}Y_{Sa}/[\sigma_F]$；② 判断哪一轮更危险；③ 按弯曲强度求所需最小模数并取标准值。

解：

7. 承第 3、5 题，已知起动转矩为正常转矩的 2 倍，许用尖峰应力 $[\sigma_{H\max}] = 1540\ \mathrm{MPa}$ 、$[\sigma_{F\max}] = 600\ \mathrm{MPa}$ 。① 求 $\sigma_{H\max}$ ； ② 求 $\sigma_{F\max}$ ； ③ 说明两者增长规律为何不同。

解:

8. 某两级斜齿圆柱齿轮减速器，I 轴上小齿轮 1 为主动轮，螺旋线为右旋，从电机端看顺时针转动。II 轴上有齿轮 2 与 3 ，III 轴上有齿轮 4 。① 判断齿轮 1 的轴向力方向，并由此定出齿轮 2 的轴向力方向；② 若要求 II 轴上 2、3 两轮的轴向力互相抵消一部分，齿轮 3 应取何种旋向；③ 齿轮 4 的旋向又如何。

解:

9. 某直齿锥齿轮传动，$z_1=20$、$z_2=40$、大端模数 $m=4\ \mathrm{mm}$、齿宽 $b=30\ \mathrm{mm}$、$\alpha=20^\circ$，小齿轮转矩 $T_1=80\ \mathrm{N\cdot m}$。① 求 δ_1、δ_2；② 求锥距 R 与齿宽系数 ψ_R；③ 求 d_{m1} 与 m_m；④ 求 F_t、F_{r1}、F_{x1}。

解：

10. 承第 9 题，取 $K=1.4$、$Z_E Z_H=474.5$、许用接触应力 $[\sigma_H]=580\ \mathrm{MPa}$。① 按锥齿轮接触强度校核式计算 σ_H；② 判断是否合格；③ 若不满足，从公式出发提出两条具体改进措施并说明各自的作用。

解：

五、公式速查

项	公式
直齿受力	$F_t=\dfrac{2T_1}{d_1}$ 、$F_r=F_t\tan\alpha$ 、$F_n=\dfrac{F_t}{\cos\alpha}$
斜齿受力	$F_r=\dfrac{F_t}{\cos\beta}\tan\alpha_n$ 、$F_x=F_t\tan\beta$ 、$F_n=\dfrac{F_t}{\cos\beta\cos\alpha_n}$
锥齿受力	$F_t=\dfrac{2T_1}{d_{m1}}$ 、$F_{r1}=F_t\tan\alpha\cos\delta_1$ 、$F_{x1}=F_t\tan\alpha\sin\delta_1$
计算载荷	$K_H=K_AK_VK_\beta K_{H\alpha}$ 、$K_F=K_AK_VK_\beta K_{F\alpha}$
接触校核	$\sigma_H=Z_EZ_HZ_\varepsilon\sqrt{\dfrac{2K_HT_1}{bd_1^2}\cdot\dfrac{u\pm1}{u}}$
接触设计	$d_1\geq\sqrt[3]{\dfrac{2K_HT_1}{\psi_d}\cdot\dfrac{u\pm1}{u}\left(\dfrac{Z_EZ_HZ_\varepsilon}{[\sigma_H]}\right)^2}$
弯曲校核	$\sigma_F=\dfrac{2K_FT_1}{bd_1m}Y_{Fa}Y_{Sa}Y_\varepsilon$
弯曲设计	$m\geq\sqrt[3]{\dfrac{2K_FT_1}{\psi_dz_1^2[\sigma_F]}Y_{Fa}Y_{Sa}Y_\varepsilon}$
许用应力	$[\sigma_H]=\dfrac{\sigma_{H\lim}Z_N}{S_H}$ 、$[\sigma_F]=\dfrac{2\sigma_{F\lim}Y_NY_X}{S_F}$
锥齿接触	$\sigma_H=Z_EZ_H\sqrt{\dfrac{4.71KT_1}{\psi_R(1-0.5\psi_R)^2d_1^3u}}$
锥齿几何	$R=\dfrac{d_1}{2}\sqrt{1+u^2}$ 、$d_{m1}=d_1(1-0.5\psi_R)$ 、$m_m=m(1-0.5\psi_R)$

六、小结

- 本章所有计算都建立在两个式子上：**接触**（含 $\sqrt{}$ 、与 d_1^2 成反比）与**弯曲**（无根号、与 md_1 成反比）。
- 判断"该算哪一项"的唯一依据是**传动类型**：闭式软齿面算接触、闭式硬齿面与开式算弯曲。
- 三个必错的取值：$[\sigma_H]$ 取**小**、$\frac{Y_{Fa}Y_{Sa}}{[\sigma_F]}$ 取**大**、静强度接触**开根号**。
- 锥齿轮四式一律带 **4.71**、无 K_α 、无重合度系数、有效齿宽 **0.85b**。