练习·轴的设计计算·题目卷

> **范围**：机械设计 第20章 轴的设计计算（考纲 ⑤ 轴的设计）
> **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-轴的设计计算
> **使用**：先独立作答，再对 练习-轴的设计计算-答案卷。
> 计算统一取 $T = 9.55 \times 10^6 P/n$ （T 单位 $\mathrm{N \cdot mm}$）。

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. 轴按受载情况可分为传动轴、心轴和转轴三类。（　　）

2. 只受弯矩而不受转矩的轴称为传动轴。（　　）

3. 转动心轴的弯曲应力属于对称循环应力。（　　）

4. 转动心轴应按许用弯曲应力 $[\sigma_{+1b}]$ 进行计算。（　　）

5. 轴最常用的材料是 40Cr 合金钢。（　　）

6. 合金钢的弹性模量远高于碳素钢，因此采用合金钢能显著提高轴的刚度。（　　）

7. 合金钢对应力集中的敏感性比碳素钢低，所以合金钢轴的疲劳强度总高于碳素钢轴。（　　）

8. 轴的刚度不足会导致齿轮偏载、轴承发热和机床加工精度下降。（　　）

9. 用转矩法估算轴径时，弯矩较大的轴，系数 C 应取较大值。（　　）

10. 用转矩法估算出轴径后，不必考虑键槽对截面的削弱。（　　）

11. 当轴径 $d \le 100\ \mathrm{mm}$ 且有一个键槽时，轴径应增大 5%~7%。（　　）

12. 心轴的抗弯强度条件为 $\sigma_w = M/W \le [\sigma]_W$，其中抗弯截面系数 $W = 0.2d^3$。（　　）

13. 转轴的当量弯矩为 $M_e = \sqrt{M^2 + (\alpha T)^2}$。（　　）

14. 应力校正系数 α 对不变转矩取 1。（　　）

15. 工程上为安全起见，常把转矩按脉动循环处理，取 $\alpha \approx 0.6$。（　　）

16. 转轴的当量弯矩法是基于第四强度理论建立的。（　　）

17. 按当量弯矩法算出的轴径，还要考虑键槽的削弱而适当加大。（　　）

18. 安全因数法的综合安全因数为 $S = \sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}/(S_\sigma S_\tau)$。（　　）

19. 疲劳强度校核中，尺寸因子 ε_σ 越大，对轴的疲劳强度越有利。（　　）

20. 静强度校核用材料的屈服点，且不乘缺口、尺寸、表面三类因子。（　　）

21. 增大轴的表面粗糙度值可以提高轴的疲劳强度。（　　）

22. 表面淬火、表面渗碳、碾压和喷丸都能提高轴的疲劳强度。（　　）

23. 轴的弯曲刚度只需校核挠度，不必校核转角。（　　）

24. 挠性轴的工作转速应低于其一阶临界转速。（　　）

25. 刚性轴应使工作转速不超过一阶临界转速的 0.75 倍。（　　）

26. 轴的临界转速与回转质量的偏心距大小无关。 ☐

27. 挠性轴在启动和停车时应快速越过一阶临界转速。 ☐

28. 轴的临界转速只取决于轴系回转件的质量和轴的刚度。 ☐

二、填空题

> 在括号内填出关键术语、数字或式子，不必抄题。

1. 轴按受载情况分为 _____、_____和 _____；其中第二种又分为 _____ 和 _____。

2. 轴最常用的材料是 _____；合金钢的优点是 _____，缺点是 _____。

3. 转矩法估算最小轴径的公式为 $d \geq$ _____，其中系数 C 与 _____ 和 _____ 有关。

4. 当 $d \leq 100\ \text{mm}$ 时，有一个键槽轴径增大 _____，有两个键槽增大 _____。

5. 心轴的抗弯强度条件为 $\sigma_w =$ _____ $\approx$ _____ $\leq [\sigma]_W$。

6. 转动心轴取 _____ 为许用应力，启动停车较频繁的固定心轴取 _____，载荷平稳的固定心轴取 _____。

7. 当量弯矩 $M_e =$ _____，其中 α 称为 _____。

8. 应力校正系数 α 对不变转矩取 _____，对脉动循环转矩取 _____，对对称循环转矩取 _____。

9. 按当量弯矩法，实心圆截面轴的最小直径为 $d_{\min} =$ _____。

10. 水平面与垂直面弯矩的合成弯矩 $M =$ _____。

11. 疲劳强度的综合安全因数 $S =$ _____，其许用值为 _____。

12. 疲劳强度校核中的三个修正因子是 _____、_____ 和 _____，它们都出现在公式的 _____ 中。

13. 单圆盘轴的一阶临界转速 $n_{c1} =$ _____；刚性轴要求工作转速 _____。

三、简答题

> 只留 3 道，都要写清来源与机理。

1. 转矩法估算轴径的公式 $d \geq C\sqrt[3]{P/n}$ 是怎么来的？为什么系数 C 只给一个区间而不给唯一值？为什么算出直径后还要按键槽加大？

2. 转轴的当量弯矩为什么写成 $\sqrt{M^2+(\alpha T)^2}$ 而不是 $\sqrt{M^2+T^2}$？α 的物理意义是什么？为什么工程上常取 $\alpha \approx 0.6$？

3. 提高轴疲劳强度的措施有哪些？为什么"改用合金钢"不一定是好办法？

四、计算题

> 写出主要计算步骤，注明公式与单位。直径算出后按键槽要求修正，并说明是否圆整。

1. 一传动轴传递功率 $P = 7.5\ \mathrm{kW}$，转速 $n = 970\ \mathrm{r/min}$，材料 45 钢，取 $C = 110$。轴上有一个键槽，轴径 $d \le 100\ \mathrm{mm}$。求最小轴径并修正。

解：

2. 一传动轴 $P = 15\ \mathrm{kW}$，$n = 1450\ \mathrm{r/min}$，材料 45 钢，因弯矩较大取 $C = 118$。轴上开有两个键槽。求最小轴径并修正。

解：

3. 一转动心轴，危险截面弯矩 $M = 1.2 \times 10^{6}\ \mathrm{N \cdot mm}$，材料许用弯曲应力 $[\sigma_{-1b}] = 60\ \mathrm{MPa}$。求所需轴径。

解：

4. 一固定心轴（载荷平稳），危险截面弯矩 $M = 8 \times 10^{5}\ \mathrm{N \cdot mm}$，许用弯曲应力 $[\sigma_{+1b}] = 130\ \mathrm{MPa}$。求所需轴径，并与第 3 题比较说明为什么同一个 M 量级下两者差别这么大。

解：

5. 某转轴危险截面的合成弯矩 $M = 1.5 \times 10^{6}\ \mathrm{N\cdot mm}$，转矩 $T = 1.0 \times 10^{6}\ \mathrm{N\cdot mm}$，转矩按脉动循环考虑取 $\alpha = 0.6$。求当量弯矩 M_e。

解：

6. 承第 5 题，材料为 45 钢调质，$[\sigma_{-1b}] = 60\ \mathrm{MPa}$，该截面有一个键槽且 $d \le 100\ \mathrm{mm}$。求最小轴径并修正。

解：

7. 某轴危险截面上水平面弯矩 $M_H = 1.2 \times 10^{6}\ \mathrm{N\cdot mm}$，垂直面弯矩 $M_V = 9 \times 10^{5}\ \mathrm{N\cdot mm}$。求合成弯矩 M，并说明合成弯矩图与两分弯矩图的关系。

解：

8. 一单圆盘轴的静挠度 $y_0 = 0.05\ \mathrm{mm}$，工作转速 $n = 2900\ \mathrm{r/min}$。求一阶临界转速 n_{c1}，判断该轴属于刚性轴还是挠性轴，并说明是否满足设计原则。

解：

9. 某轴危险截面的应力：$\sigma_a = 40\ \text{MPa}$、$\sigma_m = 10\ \text{MPa}$、$\tau_a = 20\ \text{MPa}$、$\tau_m = 5\ \text{MPa}$；材料 $\sigma_{-1} = 270\ \text{MPa}$、$\tau_{-1} = 155\ \text{MPa}$；$k_\sigma/(\beta\varepsilon_\sigma) = 2.0$、$k_\tau/(\beta\varepsilon_\tau) = 1.6$、$\psi_\sigma = 0.1$、$\psi_\tau = 0.05$、$K_N = 1$。按安全因数法校核疲劳强度（$[S] = 1.5$）。

解：

10. 某轴危险截面在峰值载荷下的最大应力 $\sigma_{\max} = 280\ \text{MPa}$、$\tau_{\max} = 120\ \text{MPa}$；材料屈服点 $\sigma_s = 355\ \text{MPa}$、$\tau_s = 205\ \text{MPa}$。按安全因数法校核静强度（$[S_s] = 1.2$），若不满足应如何改进？

解：

五、公式速查

项目	公式
扭转强度	$\tau_T = \dfrac{T}{W_T} \approx \dfrac{9.55\times10^6 P}{0.2d^3 n} \le [\tau_T]$
估算轴径	$d \ge C\sqrt[3]{\dfrac{P}{n}}$
心轴强度	$\sigma_w = \dfrac{M}{W} \approx \dfrac{M}{0.1d^3} \le [\sigma]_W$ ，$d \ge \sqrt[3]{\dfrac{M}{0.1[\sigma]_W}}$
合成弯矩	$M = \sqrt{M_H^2 + M_V^2}$
当量弯矩	$M_e = \sqrt{M^2 + (\alpha T)^2}$
当量应力	$\sigma_e = \dfrac{M_e}{W} \le [\sigma_{-1b}]$
最小轴径	$d_{\min} = \sqrt[3]{\dfrac{M_e}{0.1[\sigma_{-1b}]}}$
键槽修正	$d \le 100$：单键 +5%~7%，双键 +10%~15% $d > 100$：单键 +3%，双键 +7%
疲劳安全因数	$S_\sigma = \dfrac{K_N\sigma_{-1}}{\dfrac{k_\sigma}{\beta\varepsilon_\sigma}\sigma_a + \psi_\sigma\sigma_m}$ ，$S = \dfrac{S_\sigma S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}} \ge 1.3\sim2.5$
静强度安全因数	$S_{s\sigma} = \dfrac{\sigma_s}{\sigma_{\max}}$ ，$S_s = \dfrac{S_{s\sigma}S_{s\tau}}{\sqrt{S_{s\sigma}^2 + S_{s\tau}^2}} \ge 1.2\sim3$
扭转刚度	$\varphi \le [\varphi]$
弯曲刚度	$y \le [y]$ ，$\theta \le [\theta]$
临界转速	$n_{c1} = \dfrac{30}{\pi}\sqrt{\dfrac{g}{y_0}} \approx 946\sqrt{\dfrac{1}{y_0}}$
刚性轴	$n \le 0.75 n_{c1}$
挠性轴	$1.4 n_{c1} \le n \le 0.7 n_{c2}$

六、小结

- 轴的尺寸**不是强度算出来的**，是**结构定出来的**；强度只负责校核"够不够"。
- 判断用哪条公式的唯一依据是**受载类型**：只扭→传动轴、只弯→心轴（再看转不转）、弯扭→转轴。
- 当量弯矩式里的 α 是**把转矩折算到对称循环基准**的系数，不是安全系数，也不是载荷系数。
- 疲劳校核与静强度校核的**输入完全不同**：前者用 σ_{-1} + 三因子，后者用 σ_s + 峰值载荷。
- 临界转速**与偏心距无关**——这条结论每年都有人答错。