

## 参考答案

### 1. 模板必须符合哪些基本要求？

①形状尺寸准确：模板及支架应保证工程结构和构件各部分形状、尺寸和位置准确，且便于钢筋安装和混凝土浇筑、养护。

②足够的承载能力与刚度：应根据施工工况设计，具有足够的承载能力、刚度和整体稳固性。

③构造简单、装拆方便：构造应受力明确，优选轻质、高强、耐用材料，便于周转使用。

④表面平整、接缝严密：接触混凝土的模板表面应平整，接缝严密不漏浆。

### 2. 模板工程由哪些部分组成？各部分的作用是什么？木模板和组合钢模板各有何特点？

#### (1) 模板工程的组成及作用

模板：使新浇筑混凝土成型并养护，达到强度后可拆除的临时结构。

支撑系统(支架)：支撑模板，承受混凝土压力 and 施工荷载，保证模板稳定性。

连接件：连接模板和支撑系统，使模板工程形成整体。

#### (2) 木模板的特点

优点：制作加工方便，适应性强(尤其适合外形复杂的构件)，冬期施工保温性好。

缺点：木材消耗大，需控制使用以保护资源。

#### (3) 组合钢模板的特点

优点：组装灵活，通用性强，周转次数可达 100 次以上，安装工效高。

缺点：拆模时易变形，混凝土表面光滑导致附着性差，板块小、拼缝多。

### 3. 简述竖向构件(如柱和墙)、水平构件(如梁和板)的模板构造特点。

#### (1) 竖向构件(柱、墙)模板构造特点

柱模板：由侧模、柱箍、底部固定框、清理孔组成，需抵抗新浇筑混凝土侧压力，柱箍间距需合理，底部固定牢靠，拼缝严密。

墙模板：由侧模、内楞、外楞、斜撑、对拉螺栓及撑块组成，对拉螺栓承受侧压力并保持墙厚，斜撑保证垂直度。

#### (2) 水平构件(梁、板)模板构造特点

梁模板：由底模和侧模组成，底模承受竖向荷载，下设支撑；侧模承受侧压力，底部由夹条固定，顶部由小楞顶住。

板模板：水平支撑包括小楞、大楞或桁架，支撑系统需承受混凝土自重和施工荷载，立杆需稳定，跨度 $\geq 4\text{ m}$ 时需起拱(起拱高度为跨度的  $1/1000 \sim 3/1000$ )。

### 4. 模板设计应考虑哪些荷载？

模板设计荷载分为永久荷载和可变荷载：

①永久荷载( $G$ )。模板及支架自重( $G_1$ )、新浇筑混凝土自重( $G_2$ )、钢筋自重( $G_3$ )、新浇筑混凝土对模板的侧压力( $G_4$ )。

②可变荷载( $Q$ )。施工人员及设备荷载( $Q_1$ )、混凝土下料产生的水平荷载( $Q_2$ )、泵送混

凝土附加水平荷载( $Q_3$ )、风荷载( $Q_4$ )。

5. 模板工程设计时, 水平模板应考虑哪些永久荷载和可变荷载? 垂直模板应考虑哪些永久荷载和可变荷载?

(1) 水平模板(如梁、板)

永久荷载: 模板及支架自重( $G_1$ )、新浇筑混凝土自重( $G_2$ )、钢筋自重( $G_3$ )。

可变荷载: 施工人员及设备荷载( $Q_1$ )。

(2) 垂直模板(如柱、墙)

永久荷载: 模板及支架自重( $G_1$ )、新浇筑混凝土对模板的侧压力( $G_4$ )。

可变荷载: 混凝土下料产生的水平荷载( $Q_2$ )。

6. 某剪力墙长、高分别为 5700 mm 和 2900 mm, 施工气温 20 °C, 混凝土坍落度 80 mm, 混凝土浇筑速度为 1.5 m/h, 采用泵管下料方法, 采用组合式钢模板, 试问如何选用内、外钢楞?

荷载设计值

1) 新浇筑混凝土侧压力标准值

混凝土重力密度  $\gamma_c = 24 \text{ kN/m}^3$ , 混凝土坍落度 80 mm 时  $\beta$  取 0.85, 初凝时间  $t_0 = 200 / (20 + 15) = 5.71 \text{ h}$ , 浇筑速度  $V = 8 \text{ m/h}$ 。

混凝土侧压力标准值:

$$F_1 = 0.28 \gamma_c t_0 \beta \sqrt{V} = 0.28 \times 24 \times 5.71 \times 0.85 \times \sqrt{1.5} = 39.95 \text{ kN/m}^2$$

$$F_1 = \gamma_c \times H = 24 \times 2.9 = 69.6 \text{ kN/m}^2$$

取两者中小值, 即  $F = 39.95 \text{ kN/m}^2$ 。

混凝土侧压力的有效压头高度:  $h = F_1 / \gamma_c = 39.95 / 24 = 1.66 \text{ m}$ 。

2) 混凝土下料时产生的水平荷载标准值(泵管下料取  $2 \text{ kN/m}^2$ ):  $F_2 = 2.0 \text{ kN/m}^2$ 。

3) 模板侧压力设计值

按荷载基本组合计算承载能力(强度计算)效应设计值:

$$F = 1.35 \times 0.9 \times 39.95 + 1.4 \times 0.9 \times 2 = 51.1 \text{ kN/m}^2$$

按永久荷载标准值组合计算正常使用(变形计算)效应设计值:

$$F' = 39.95 \text{ kN/m}^2$$

(2) 内外楞布置

根据剪力墙长 5700 mm, 高 2900 mm, 选择宽度为 300 mm 的平面钢模板, 竖向布置, 沿剪力墙长度方向为 19 块。内楞横向布置, 沿高度方向间距  $4 \times 750 \text{ mm}$ 。外楞竖向布置, 沿长度方向间距  $5 \times 900 \text{ mm} + 600 \text{ mm}$ 。

(3) 内楞计算

① 内楞均布线荷载设计值:

$$q = F \times 0.75 = 51.1 \times 0.75 = 38.33 \text{ kN/m (用于强度计算)};$$

$$q' = F' \times 0.75 = 39.95 \times 0.75 = 29.97 \text{ kN/m (用于挠度计算)}。$$

② 按抗弯强度设计内楞

内楞初步拟定采用 2 根  $60 \times 40 \times 2.5$  矩形钢管, 截面特性值为:  $I = 2 \times 21.88 \times 10^4 \text{ mm}^4$ ,  $W = 2 \times 7.29 \times 10^3 \text{ mm}^3$ 。

由于内楞两端悬臂长度(300 mm)与基本跨度(900 mm)之比为  $300/900=0.33<0.4$ , 则悬臂端头挠度比基本跨度内挠度小, 可按跨度 900 mm 的三跨连续梁计算。

内楞弯矩:  $M=0.1ql^2=0.1\times38.33\times0.9^2=3.1\text{ kN}\cdot\text{m}$ 。

抗弯强度验算:  $\sigma=\frac{M}{W}=\frac{3.1\times10^6}{2\times7.29\times10^3}=212.6\text{ N/mm}^2<f_m=215\text{ N/mm}^2$  (可)。

③按挠度验算内楞(按结构表面隐蔽的模板确定变形限制)

$w=\frac{0.677\times q'l^4}{100EI}=\frac{0.677\times29.97\times900^4}{100\times2.06\times10^5\times2\times21.88\times10^4}=1.48\text{ mm}<900/250=3.6\text{ mm}$  (可)。

(4)外楞及对拉螺栓设计

外楞采用与内楞同规格钢材, 即 2 根  $60\times40\times2.5$  矩形钢管, 对拉螺栓采用 M20 螺栓, 不至于内外楞交点。M20 螺栓净截面面积  $A=245\text{ mm}^2$ , 抗拉强度设计值为  $170\text{ N/mm}^2$ 。

①对拉螺栓的拉力:

$N=F'\times\text{内楞间距}\times\text{外楞间距}=51.1\times0.75\times0.9=34.5\text{ kN}$ 。

②对拉螺栓的应力:

$\sigma=\frac{N}{A}=\frac{34.5\times10^3}{245}=140.8\text{ N/mm}^2<170\text{ N/mm}^2$  (可)。

对拉螺栓布置符合要求。

7. 某主梁纵向受力钢筋设计为 5 根 HRB400 级(直径 25 mm)的钢筋, 现在因无此钢筋, 仅有 HRB400 级(直径 28 mm、20 mm)两种钢筋, 已知梁宽为 350 mm, 请问应如何代换?

原钢筋面积: 5 根  $\phi25$  的面积  $A_{s1}=5\times(\pi\times25^2/4)=2454.4\text{ mm}^2$ 。

等强度代换: HRB400 级钢筋  $f_{y1}=f_{y2}=400\text{ MPa}$ , 需  $A_{s2}\geq A_{s1}$ 。

方案选择:

用直径 28 mm 钢筋: 单根面积  $593\text{ mm}^2$ , 需  $2454.4/593\approx4.14$  根, 取 5 根  $\phi28$ , 总面积  $2965\text{ mm}^2>2454.4\text{ mm}^2$ 。

验算间距: 梁宽 350 mm, 保护层厚度 25 mm, 5 根  $\phi28$  的净间距  $=(350-2\times25-5\times28)/4=40\text{ mm}\geq25\text{ mm}$ (满足要求)。

或用直径 20 mm 钢筋: 单根面积  $314\text{ mm}^2$ , 需  $2454.4/314\approx7.82$  根, 取 8 根  $\phi20$ , 总面积  $2512\text{ mm}^2>2454.4\text{ mm}^2$ , 但根数过多可能影响施工, 故优先选用  $\phi28$ 。

8. 设混凝土水灰比为 0.6, 已知设计配合比为水泥: 砂: 石子 = 260 kg : 650 kg : 1380 kg, 现测得工地砂含水率为 2.5%, 石子含水率为 1.5%, 试计算施工配合比。若搅拌机的装料容积为 400 L, 每次搅拌所需材料又是多少?

施工配合比计算:

水灰比 0.6, 设计用水量 =  $260\times0.6=156\text{ kg}$ 。

砂实际用量 =  $650\times(1+2.5\%)=666.25\text{ kg}$ 。

石子实际用量 =  $1380\times(1+1.5\%)=1400.7\text{ kg}$ 。

实际用水量 =  $156-650\times2.5\%-1380\times1.5\%=156-16.25-20.7=119.05\text{ kg}$ 。

施工配合比: 水泥: 砂: 石子: 水 = 260 : 666.25 : 1400.7 : 119.05  $\approx 1 : 2.56 : 5.39 : 0.46$ 。

搅拌机装料计算(400 L = 0.4 m<sup>3</sup>):

每立方米材料用量：水泥 260 kg，砂 666.25 kg，石子 1400.7 kg，水 119.05 kg。

0.4 m<sup>3</sup>用量：

水泥：260×0.4=104 kg(取 100 kg，2 袋)。

砂：666.25×0.4=266.5 kg。

石子：1400.7×0.4≈560.3 kg。

水：119.05×0.4≈47.6 kg。

9. 混凝土在运输和浇筑中如何避免产生分层离析？

运输措施：

运输道路平坦，选用搅拌运输车等工具，防止颠簸导致离析；若已离析，浇筑前需二次搅拌。

浇筑措施：

自由倾落高度≤2 m，柱墙结构中自由倾落高度≤3 m，超过时用串筒、溜槽等辅助下料。

分层浇筑，每层厚度根据振捣方式确定(如插入式振动器为作用长度的 1.25 倍)，间隙时间不超过初凝时间。

10. 试述施工缝留设的原则和处理方法。

留设原则：

留在结构剪力较小、施工方便的部位，如：

柱：基础顶面、梁下口、无梁楼盖柱帽下。

梁：次梁跨中 1/3 跨度处。

墙：门洞口过梁跨中 1/3 或纵横墙交接处。

处理方法：

凿除已凝固混凝土表面的松弱层并凿毛，用水冲洗湿润(≥24 h)。清除钢筋表面油污、浮锈等杂质。浇筑前铺 10~15 mm 厚水泥浆或同配比砂浆。

11. 大体积混凝土浇筑容易产生温度裂缝的机理是什么？

大体积混凝土水泥水化热集中，内部温度升高快，而表面散热快，形成内外温差(≥25℃)，导致内部受压、表面受拉。当拉应力超过混凝土抗拉强度时，表面产生裂缝；后期内部降温收缩，若受基底或已浇筑混凝土约束，可能产生贯穿裂缝。

12. 大体积混凝土浇筑防止出现温度裂缝的核心思想是什么？有哪些措施？

核心思想：

控制混凝土内外温差≤25℃，减小温度应力。

措施：

材料选择：选用水化热低的水泥(如矿渣水泥)，掺入粉煤灰等掺合料，减少水泥用量。

施工工艺：降低入模温度(如冰水冷却骨料)，分层浇筑(厚度≤400 mm)，延缓浇筑速度。结构内部埋设冷却水管，循环水降温；表面覆盖保温材料(草包、塑料薄膜)，减缓散热。

温控监测：布设温度传感器，实时监测内外温差，超限时及时调整保温或降温措施。

13. 为什么要规定冬期施工的“临界强度”？冬期施工应采取哪些措施？

原因：

混凝土受冻时，若强度未达临界强度，内部游离水结冰膨胀(体积增大 8%~9%)，产生冰胀应力，导致微裂缝，后期强度无法恢复。临界强度是混凝土受冻后仍能恢复强度的最低

强度，避免冻害。

措施：

材料选择：选用硅酸盐水泥，骨料无冰雪冻块，配合比采用小水灰比、低坍落度。

加热保温：预热拌合水和骨料，混凝土出机温度 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，入模温度 $\geq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；浇筑后覆盖保温（如电热法、蒸汽养护）。

外加剂：掺入早强剂、防冻剂，提高早期强度，降低冰点。

14. 混凝土智能养护需要解决的核心问题是什么？

核心问题是实时监测温湿度并自动调控养护条件，包括：

通过传感器实时采集混凝土表面温湿度数据，结合水化热规律分析养护需求。

自动控制喷淋系统或保温设备，维持湿度 $\geq 90\%$ 、温度适宜，确保水泥水化充分，避免收缩裂缝。

15. 试比较先张法与后张法施工的不同特点及其适用范围。

先张法与后张法在施工工艺和应用场景上有明显区别：

张拉时间：先张法在浇筑混凝土前张拉预应力筋；后张法则在混凝土达到设计强度后进行张拉。

锚具使用：先张法采用临时夹具固定预应力筋，可重复使用；后张法使用永久锚具，锚具留在构件中。

预应力传递方式：先张法依靠混凝土与钢筋的黏结力传递预应力；后张法通过锚具直接传递预应力。

适用范围：先张法适用于中小型预制构件，如预制板、梁等；后张法适用于大型构件或现浇结构，如桥梁、大跨度梁等。

设备需求：先张法需要台座和张拉千斤顶；后张法需要千斤顶、锚具及孔道成型设备。

16. 先张法施工时，预应力筋什么时候才可放张？怎样放张？

放张条件：

混凝土强度达设计强度的 75% 以上（采用消除应力钢丝时 $\geq 30\text{ MPa}$ ）。

放张顺序：

轴心受压构件：所有预应力筋同时放张。

偏心受压构件：先放张预压力小的区域，再放张预压力大的区域，对称、分阶段放张。

千斤顶放松：缓慢卸荷，适用于单根或成组钢筋。

砂箱或楔块放张：通过砂箱泄砂或楔块松动，均匀放张。

切割法：用砂轮锯切断钢筋，从生产线中间开始，对称放张。

17. 预应力筋张拉常采用哪几种张拉程序?

程序一:  $0 \rightarrow 1.05\sigma_{\text{con}}$  (持荷 2 min)  $\rightarrow \sigma_{\text{con}}$

目的: 减少应力松弛损失, 适用于普通松弛预应力筋。

程序二:  $0 \rightarrow 1.03\sigma_{\text{con}}$

目的: 简化操作, 适用于低松弛预应力筋或设计允许时。

18. 某预制梁厂要开发智能化系统建设智慧梁厂, 内容涉及人员管理、原材料管理、钢筋智能加工、混凝土拌合站、混凝土智能养护、预应力智能张拉、预应力智能压浆, 请综合相关知识制定智慧梁厂智能化系统方案的设计提纲, 具体列出各项智能技术需要达到的功能要求。

智慧梁厂智能化系统方案提纲:

人员管理:

功能: RFID 考勤与定位, 实时记录人员、岗位、工时, 进行违规操作预警。

技术: 人脸识别、物联网定位, 对接 ERP 系统。

原材料管理:

功能: 智能库存监测(钢材、水泥、砂石料), 自动预警缺货, 扫码溯源。

技术: 称重传感器、二维码标签, 对接供应链管理系统。

钢筋智能加工:

功能: BIM 深化设计, 自动生成下料单, 数控设备(弯曲机、套丝机)自动加工, 质量追溯。

技术: BIM+CAM, 遗传算法优化套料, 视觉检测尺寸精度。

混凝土拌合站:

功能: 智能配料(精度  $\pm 1\%$ ), 实时监测坍落度、水胶比, 生产数据上传云端。

技术: PLC 控制系统, 物联网传感器, 大数据分析优化配合比。

混凝土智能养护:

功能: 温湿度传感器实时监测, 自动喷淋/保温, 养护周期智能控制。

技术: 无线传感器网络, AI 算法预测水化热, 循环水系统节能。

预应力智能张拉:

功能: 双控(张拉力+伸长量), 同步张拉控制(误差  $\leq 1\%$ ), 数据自动记录。

技术: 伺服液压系统, 物联网传输数据, 云端监控平台。

预应力智能压浆:

功能: 真空辅助压浆, 压力与流量自动控制, 饱满度检测, 压浆数据可追溯。

技术: 螺杆泵智能控制, 超声波检测孔道密实度, 区块链存证。