



混凝土结构设计

成都理工大学环境与土木工程学院

建筑工程教研室范涛



第1章

梁板结构设计





本章重点

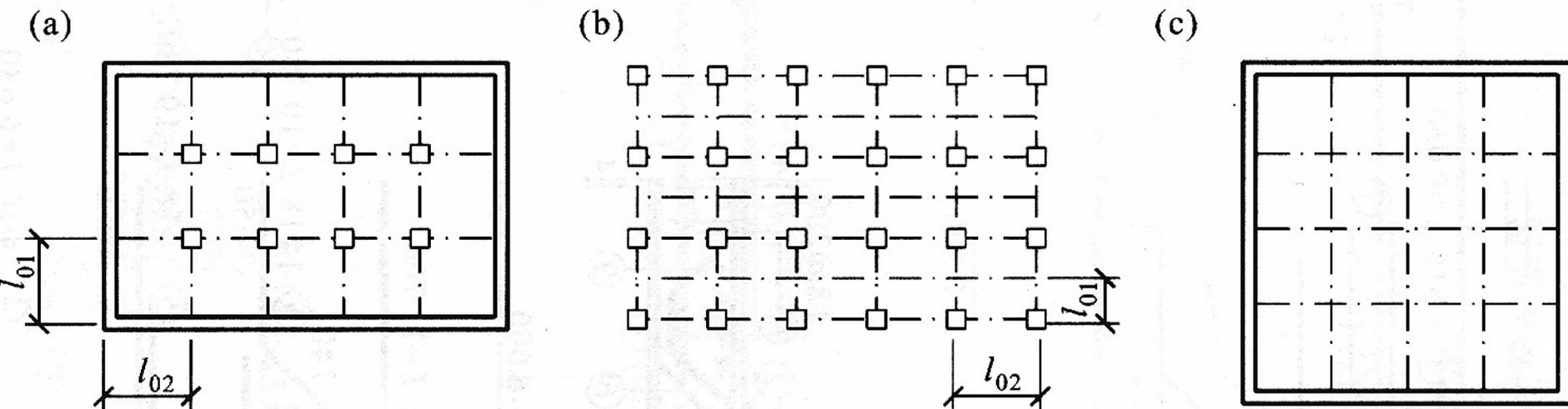
1. 掌握整体式单向梁板结构的内力按弹性及考虑塑性内力重分布的计算方法；建立折算荷载、塑性铰、内力重分布、弯矩调幅等概念；掌握连续梁板截面设计特点及配筋构造要求。
2. 掌握整体式双向梁板结构的内力按弹性及按极限平衡法的设计方法；掌握其配筋构造要求。
3. 熟悉梁式楼梯和板式楼梯的受力特点、内力计算和配筋构造要求。
4. 了解雨篷梁的设计计算方法，特别是对其整体倾覆验算的要求。





§ 1.3 双向板肋梁楼盖

- 整体式双向板梁板结构中，双向板支承梁可分为主梁和次梁，也可为双向梁系。
- 如果两个方向梁为双向梁系，并且通常情况下梁截面尺寸相同，该结构称为**双重井式楼盖**。
- 整体式双向板肋梁楼盖通常用于民用和工业建筑中柱网间距较大的大厅、商场和车间的楼、屋盖等。





§ 1.3 双向板肋梁楼盖

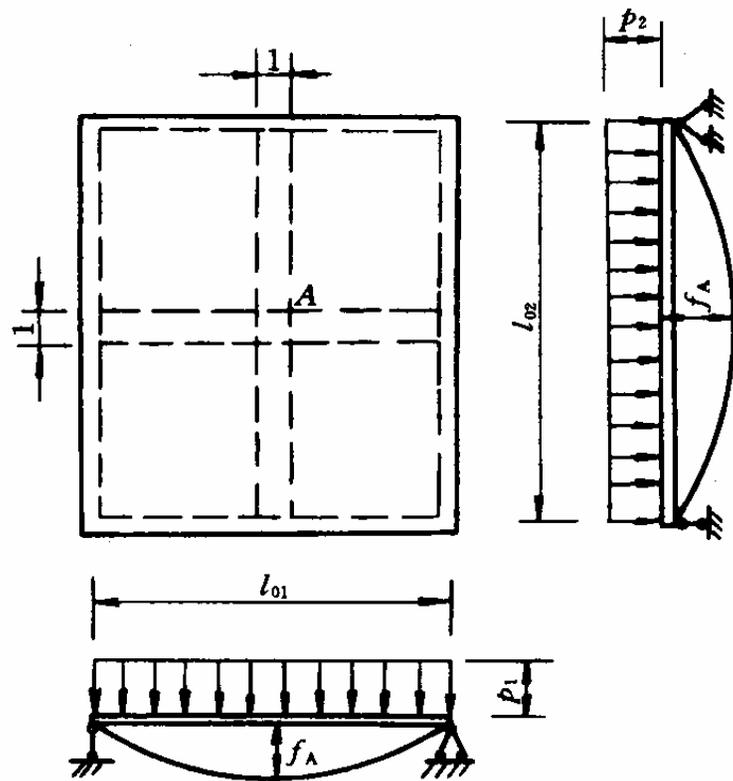
◆ 1.3.1 双向板的受力特点

➤ 在荷载的作用下,在两个方向上弯曲,且不能忽略任一方向弯曲的板称为**双向板**。

$$p = p_1 + p_2$$

$$f_A = \frac{5 p_1 l_{01}^4}{384 E_c I_1} = \frac{5 p_2 l_{02}^4}{384 E_c I_2}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{l_{02}}{l_{01}} \right)^4$$





$$\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{l_{02}}{l_{01}}\right)^4$$

①当 $\frac{l_{02}}{l_{01}} = 1$ 时, 得: $p_1 = p_2 = \frac{p}{2}$

②当 $\frac{l_{02}}{l_{01}} = 2$ 时, 得: $p_2 = \frac{p}{17}, p_1 = \frac{16p}{17}$

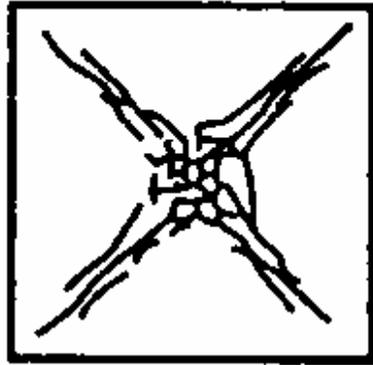
③当 $\frac{l_{02}}{l_{01}} = 3$ 时, 得: $p_2 = \frac{p}{81}, p_1 = \frac{80p}{81}$

当 $\frac{l_{02}}{l_{01}} \geq 3$,按单向板计算; 而当 $\frac{l_{02}}{l_{01}} \leq 2$ 按双向板计算

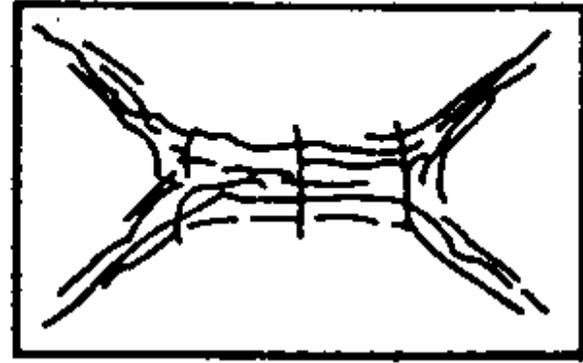




◆2. 双向板的试验研究



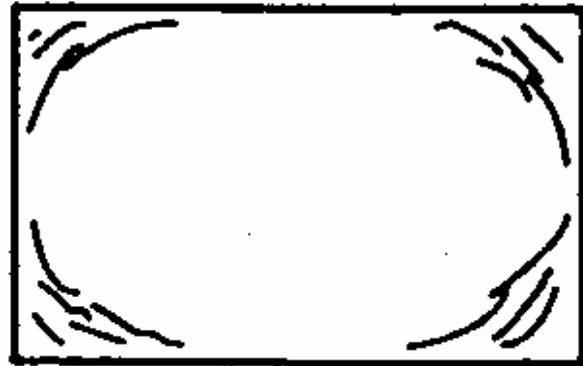
底面



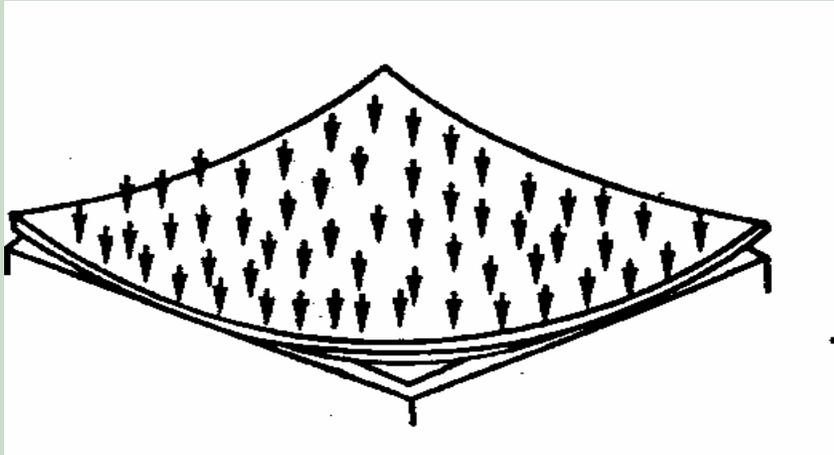
底面



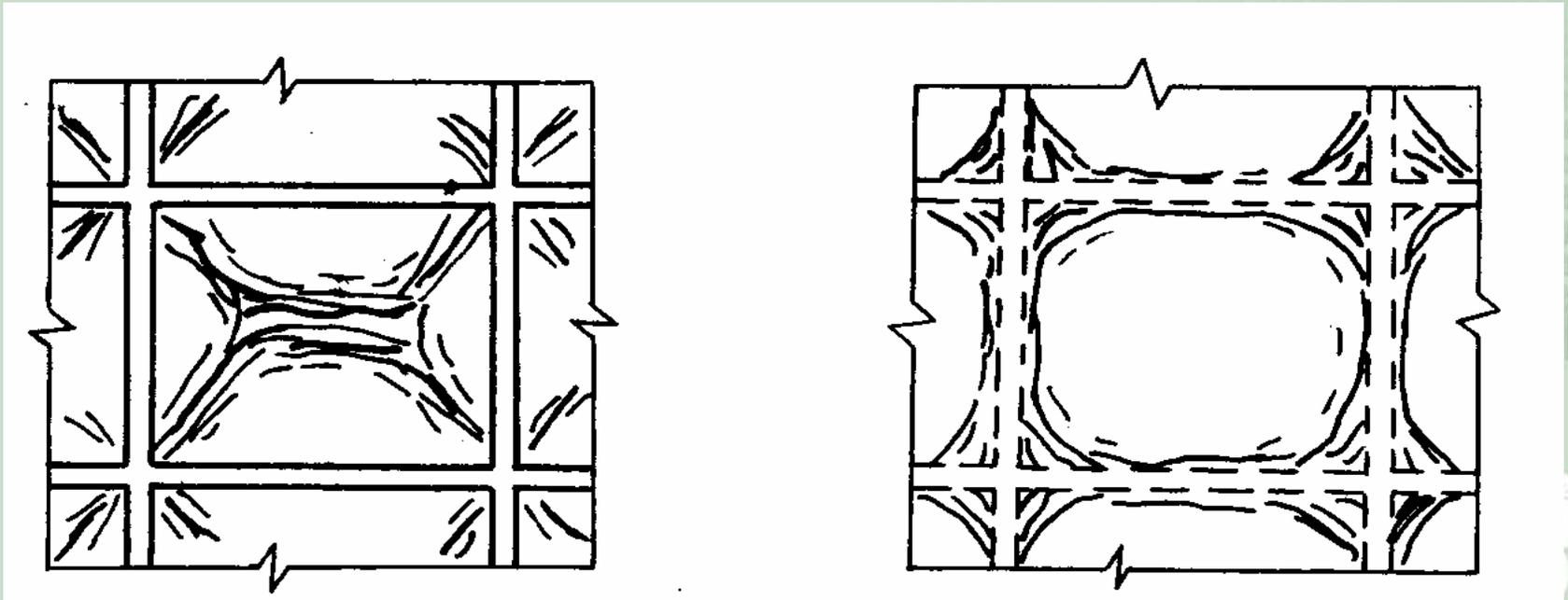
顶面



顶面



四边搁置无约束

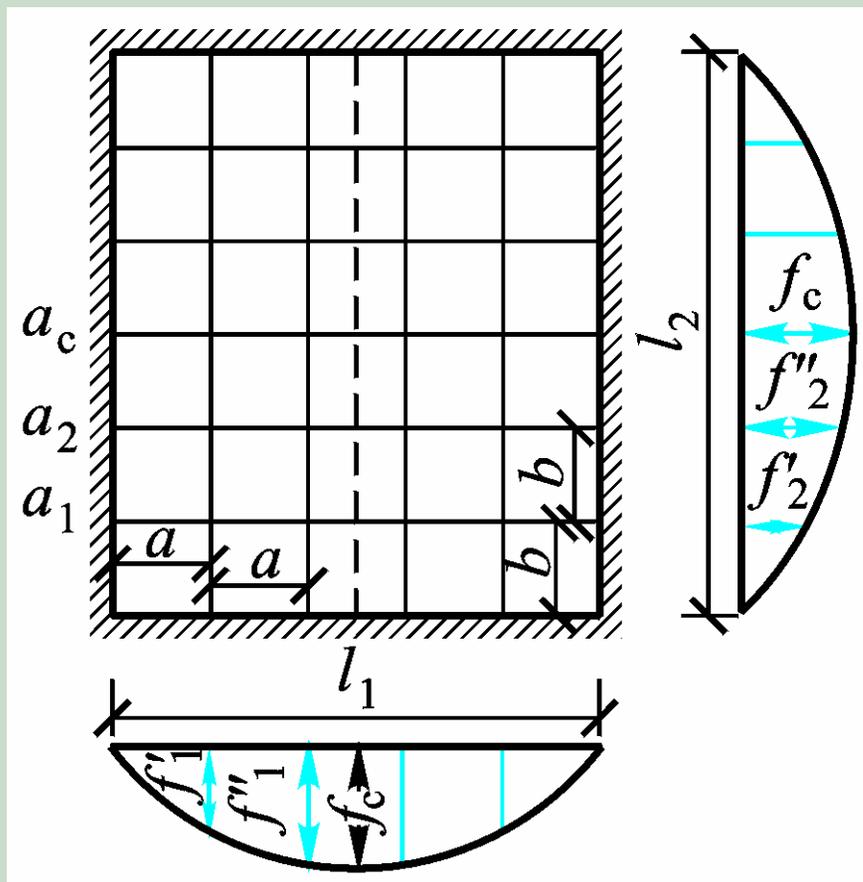


肋形楼盖



➤ 1.3.2 双向板按弹性理论的内力计算

■ 1. 单区格双向板的内力及变形计算



- 按弹性理论取微元体，建立微分方程式并求解，根据边界条件可以求出板的内力与变形。或纵横各取一单元宽板带，按交点处挠度相等进行荷载分配。





- 采用弹性薄板理论编制的表格计算内力和变形

单位板宽内弯矩和挠度计算方法：

$$\text{弯矩 } M = \text{弯矩系数} \times (g + q) l^2 \quad \dots 1.3.1$$

$$\text{挠度 } f_c = \text{挠度系数} \times (g + q) l^4 / B_c \quad \dots 1.3.2$$

式中，弯矩系数和挠度系数的取值对常见的六种情况可查教材附录8，对其他支承情况可查设计手册。

四边支承的板,有六种边界条件:

- (1) 四边简支;
- (2) 一边固定，三边简支;
- (3) 两对边固定，两对边简支;
- (4) 四边固定;
- (5) 两邻边固定，两邻边简支;
- (6) 三边固定，一边简支。





$$\text{弯矩 } M = \text{弯矩系数} \times (g + q) l^2$$

...1.3.1

$$\text{挠度 } f_c = \text{挠度系数} \times (g + q) l^4 / B_c$$

...1.3.2

$$p = g + q$$

l 取用 l_x 和 l_y 中较小者。

$$B_c = \frac{Eh^3}{12(1 - \mu^2)}$$

μ 为泊桑比，混凝土的 $\mu = 0.2$ ，表中系数是按 $\mu = 0$ 算得的。

➤ 当 μ 不等于 0 时，支座弯矩仍查表计算，跨中弯矩要按下列公式计算：

$$m_x^{(v)} = m_x + \nu m_y$$

$$m_y^{(v)} = m_y + \nu m_x$$

式中， m_x 和 m_y 仍按表计算。





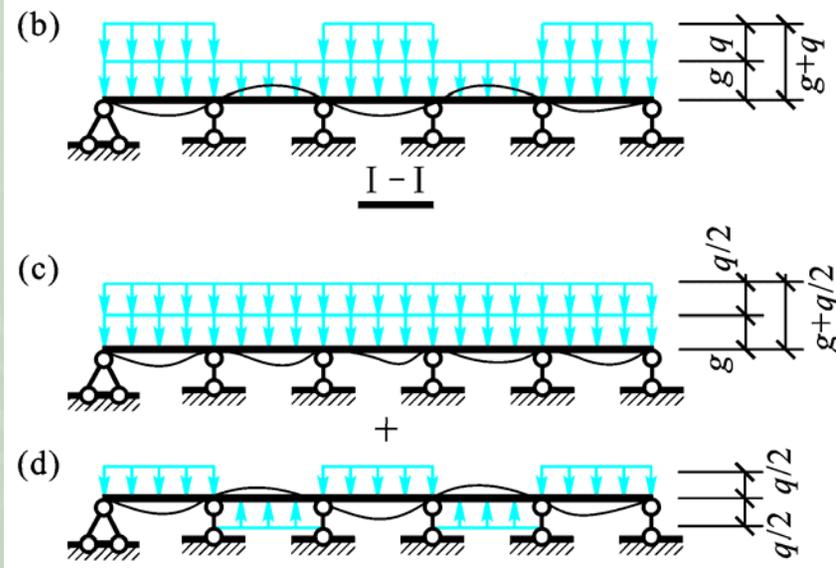
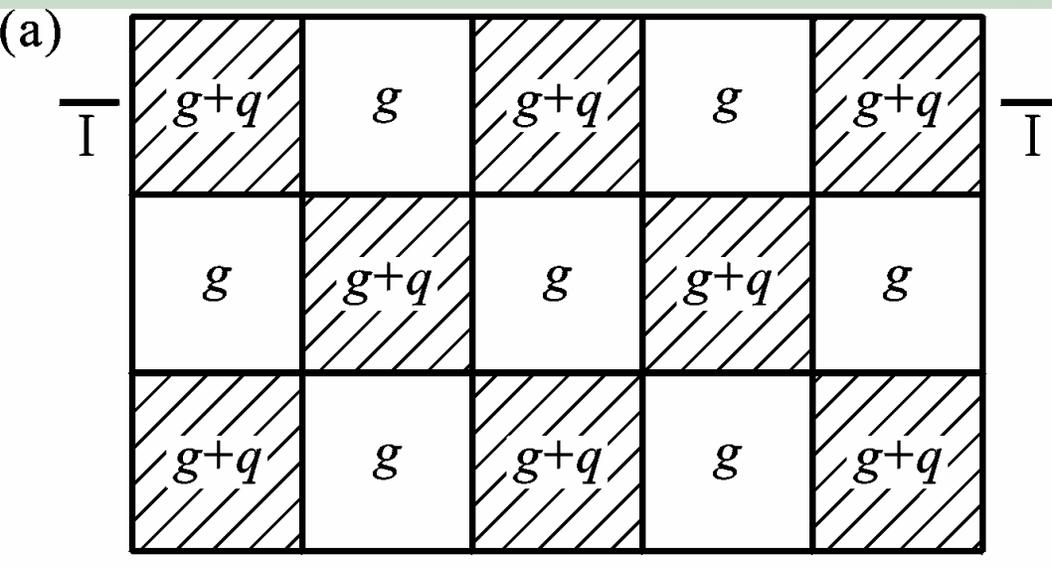
2. 多区格双向板的内力及变形计算

➤ 计算假定:

- ① 支承梁的抗弯刚度很大，其竖向位移忽略不计；
- ② 支承梁的抗扭刚度很小，可以自由转动。

(1) 计算跨中最大弯矩

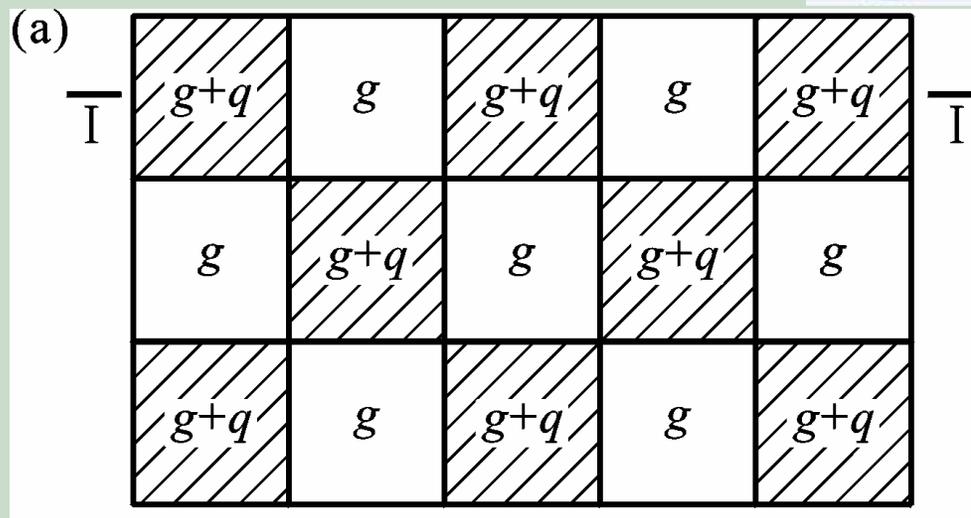
求区格A时：A区格活载满布，然后跨区格布置活载。





❖ 活载最不利布置方法

当求某一区格跨中最大弯矩时，在该区格及其前后左右每隔一区格应布置活荷载，即呈**棋盘式布置**。



❖ 支承条件

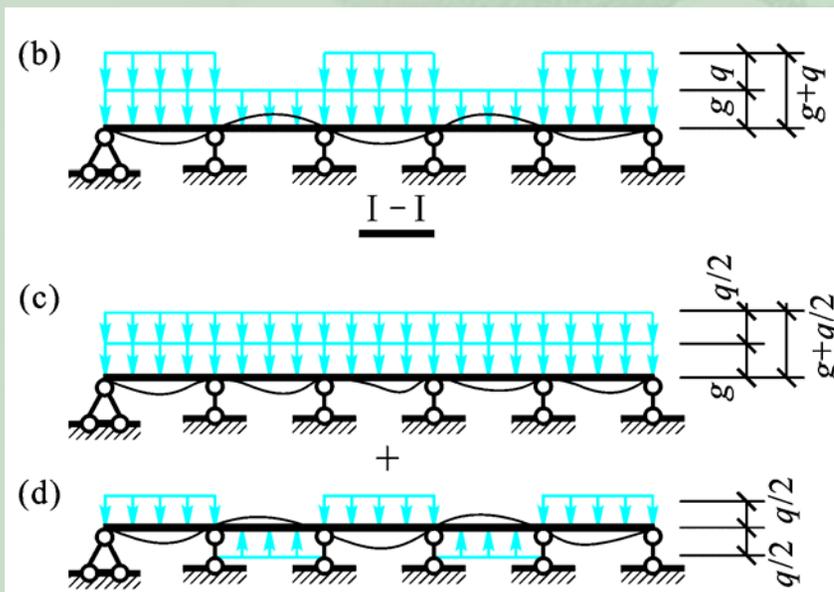
- $g+q/2$ 荷载作用下，各中间支座可视为固支。
 - 若A区格为边区格，则边支座有边梁时为固支，无边梁时为简支。
- 在 $q/2$ 荷载作用下，中间各支座可视为简支。
 - 若A区格为边区格，则边支座有边梁时为固支，无边梁时为简支。





❖ 内力计算

- 先求A区格在 $g+q/2$ 荷载作用下的跨中弯矩，按四边固支条件查单区格板的表。
- 在求A区格在 $q/2$ 荷载作用下的跨中弯矩，按四边铰支条件查单区格板的表。
- 将a、b计算结果叠加得最后结构。
跨中最大挠度也按上述方法计算。





(2) 计算支座最大弯矩

❖ 活载最不利布置方法

为简化计算，假定各区格均布满活载。

❖ 支承条件

中间支座均为固支，边支座按实际支座情况而定。

❖ 内力计算

a. 根据支承情况和 $g+q$ 的荷载查单区格板的表格

计算相应的支座弯矩。

b. 由以上讨论可见，虽然多区格双向板，计算时仍是一个区格、一个区格地单独计算。

c. 计算可从较大的区格开始，当相邻两跨所求得的同一支座的弯矩不等时，选较大者配筋。

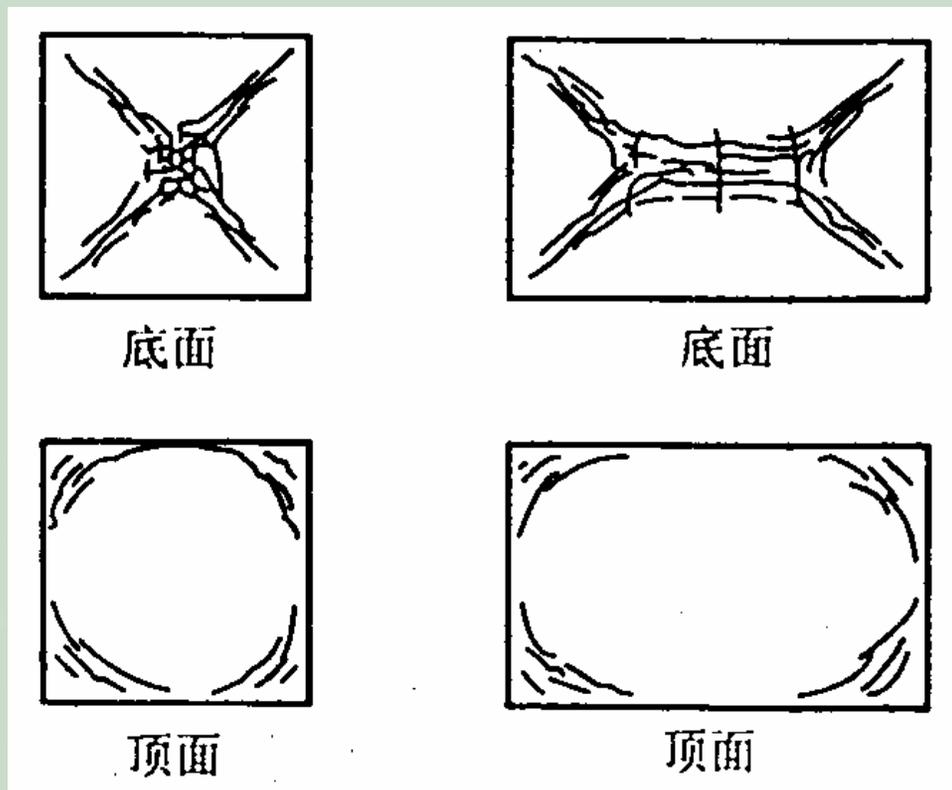




➤ 1.3.3 双向板按塑性理论的分析方法

试验研究：钢筋混凝土的双向板的破坏裂缝见下图。

- 双向板在达到极限状态时，在混凝土板面的上部或下部形成许多条裂缝线，将双向板分割成许多板块，裂缝处的受拉钢筋达到屈服强度，在荷载基本不变的情况下，截面能够承受弯矩并发生转动，此混凝土裂缝线即为**塑性铰线**。





■ 1. 塑性铰线法（极限平衡法）

(1) 基本假定

- ❖ 塑性铰发生在弯矩最大的截面上；
- ❖ 塑性铰线是直线；
 - ❖ 通常负的塑性铰线发生在固定边界处，正的塑性铰线则通过相邻板块转动轴的交点。
- ❖ 板块为刚性体，板的变形集中在塑性铰线上；
- ❖ 在所有可能的破坏图式中，必有一个是最危险的，其极限荷载为最小；
- ❖ 塑性铰线上只有弯矩，没有其他内力（扭矩、剪力忽略不计）。

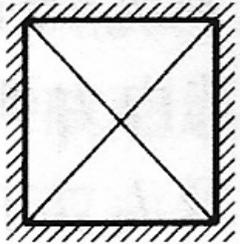




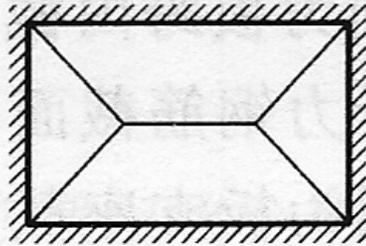
■ 塑性铰线法

板块的塑性铰线

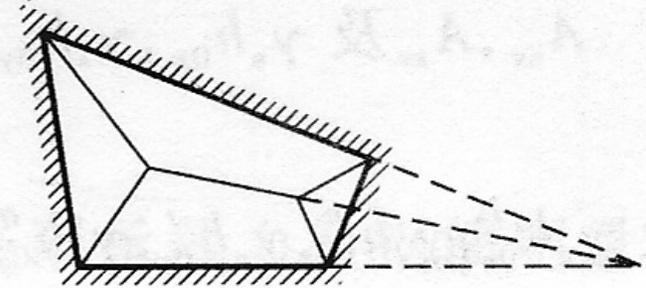
(a)



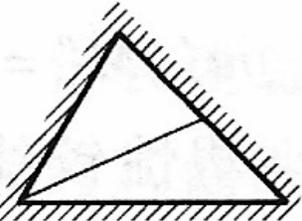
(b)



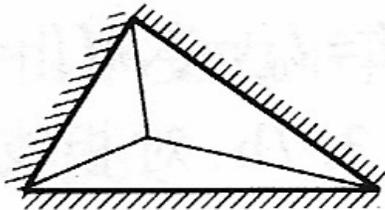
(c)



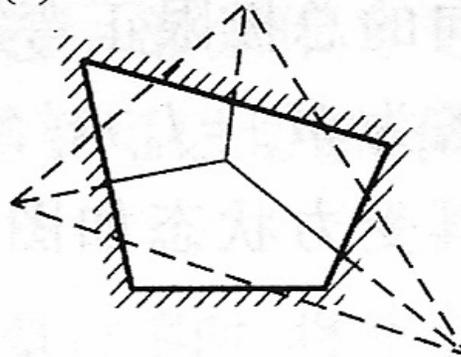
(d)



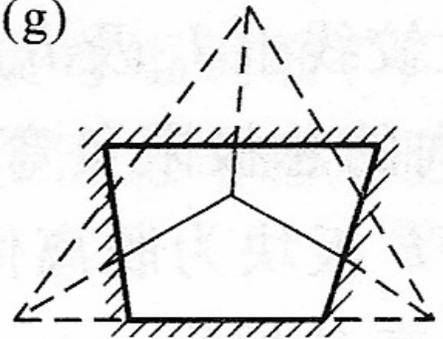
(e)



(f)



(g)



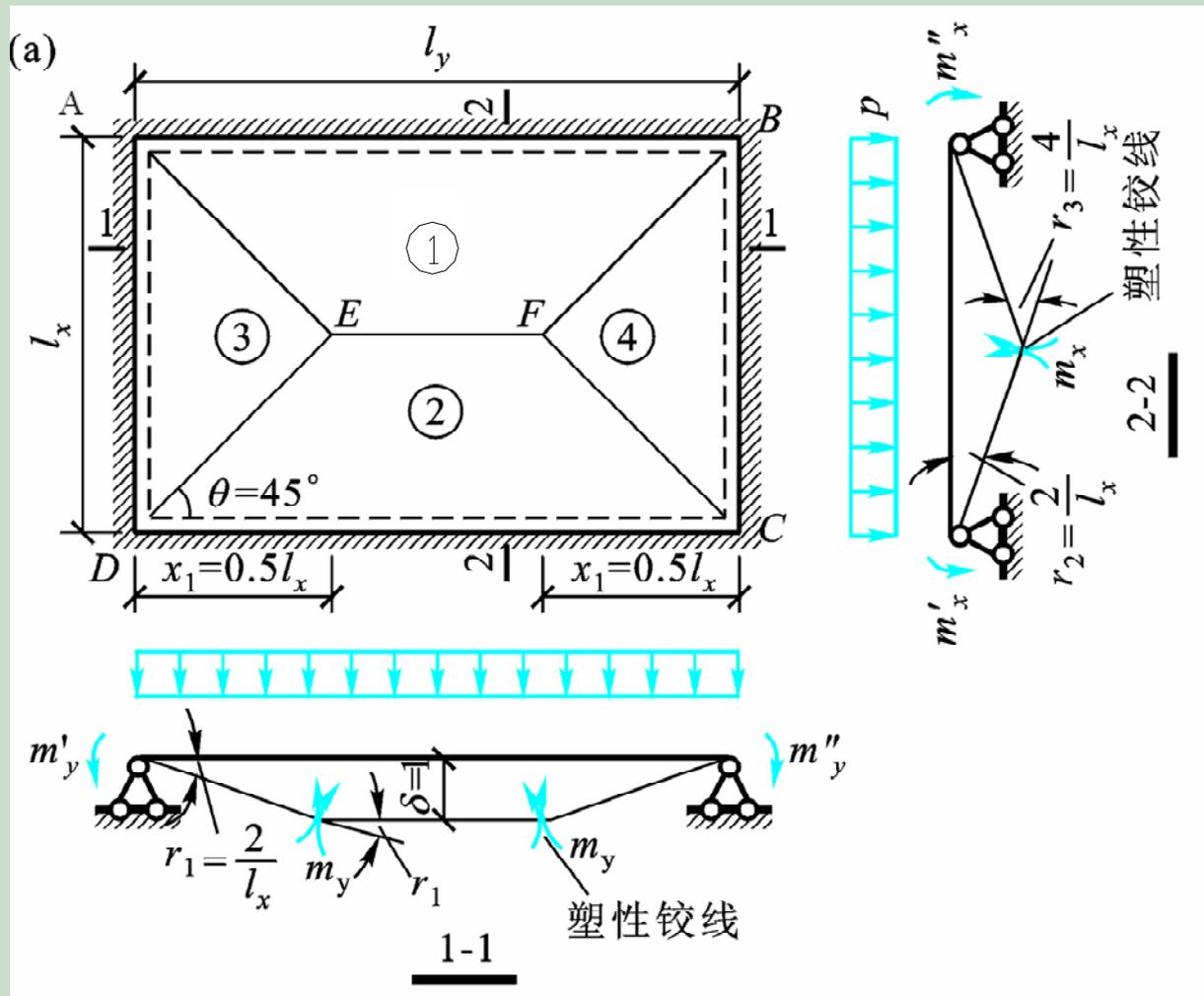


(2) 极限平衡法的基本方程

➤ 均布荷载作用下的四边为固定支座（或连续）的双向板

● 在极限荷载 P 作用下，板在通常配筋情况下，塑性铰线首先在四边支承板支座处出现负塑性铰线，随荷载增加在板下部也出现正塑性铰线。

● 塑性铰线与边线的夹角随荷载及边长比而改变，为简化起见，取 $\alpha = 45^\circ$ 。





(2) 极限平衡法的基本方程

- 设板内配筋沿两个方向均为等间距布置，则**板跨内承受正弯矩的钢筋**沿 l_{0x} , l_{0y} 方向塑性铰上单位板宽内的极限弯矩分别为：

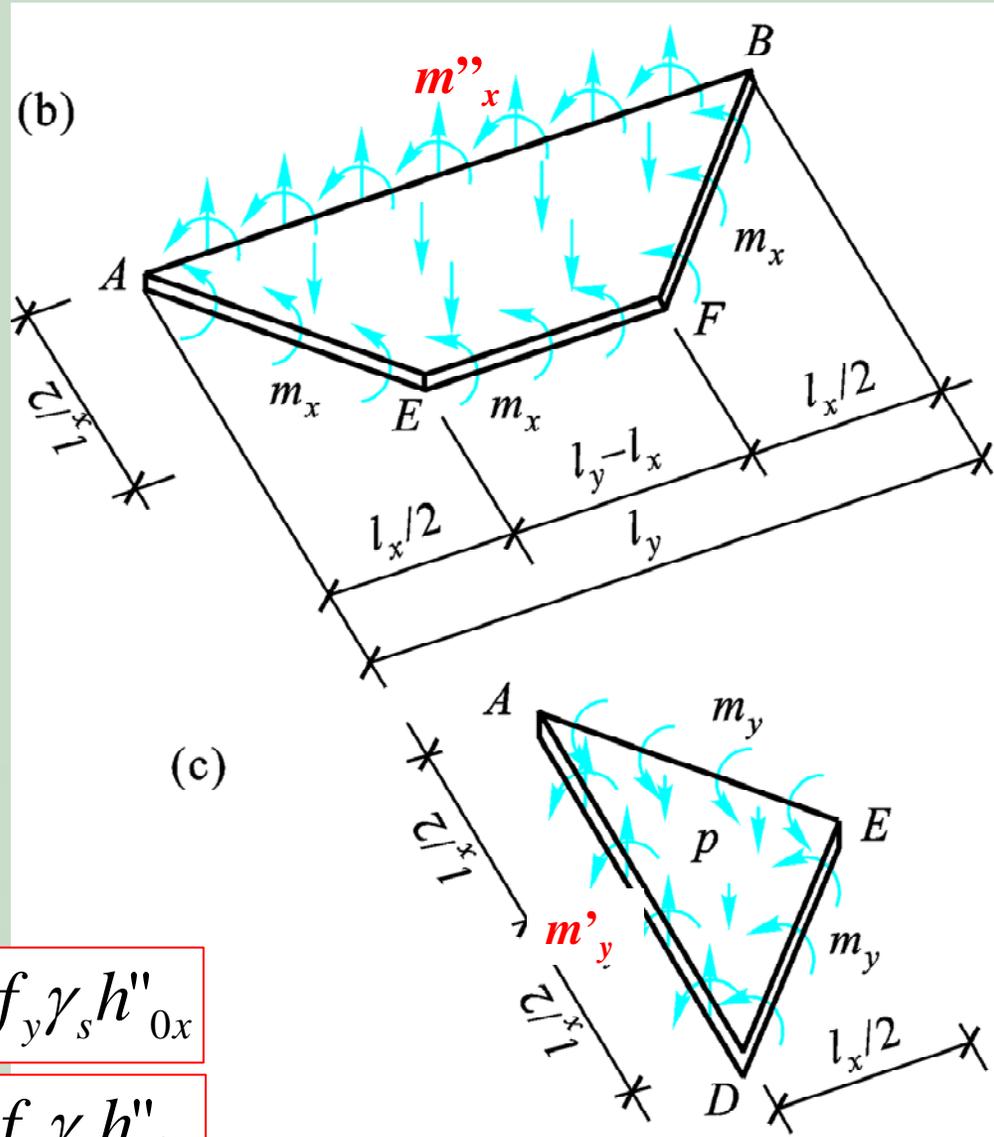
$$m_x = A_{sx} f_y \gamma_s h_{0x}$$

$$m_y = A_{sy} f_y \gamma_s h_{0y}$$

- **板支座上承受负弯矩的钢筋**沿 l_{0x} , l_{0y} 方向塑性铰上单位板宽内的极限弯矩为：

$$m'_x = m''_x = A'_{sx} f_y \gamma_s h'_{0x} = A''_{sx} f_y \gamma_s h''_{0x}$$

$$m'_y = m''_y = A'_{sy} f_y \gamma_s h'_{0y} = A''_{sy} f_y \gamma_s h''_{0y}$$





(2) 极限平衡法的基本方程

$$m_x = A_{sx} f_y \gamma_s h_{0x}$$

$$m_y = A_{sy} f_y \gamma_s h_{0y}$$

$$m'_x = m''_x = A'_{sx} f_y \gamma_s h'_{0x} = A''_{sx} f_y \gamma_s h''_{0x}$$

$$m'_y = m''_y = A'_{sy} f_y \gamma_s h'_{0y} = A''_{sy} f_y \gamma_s h''_{0y}$$

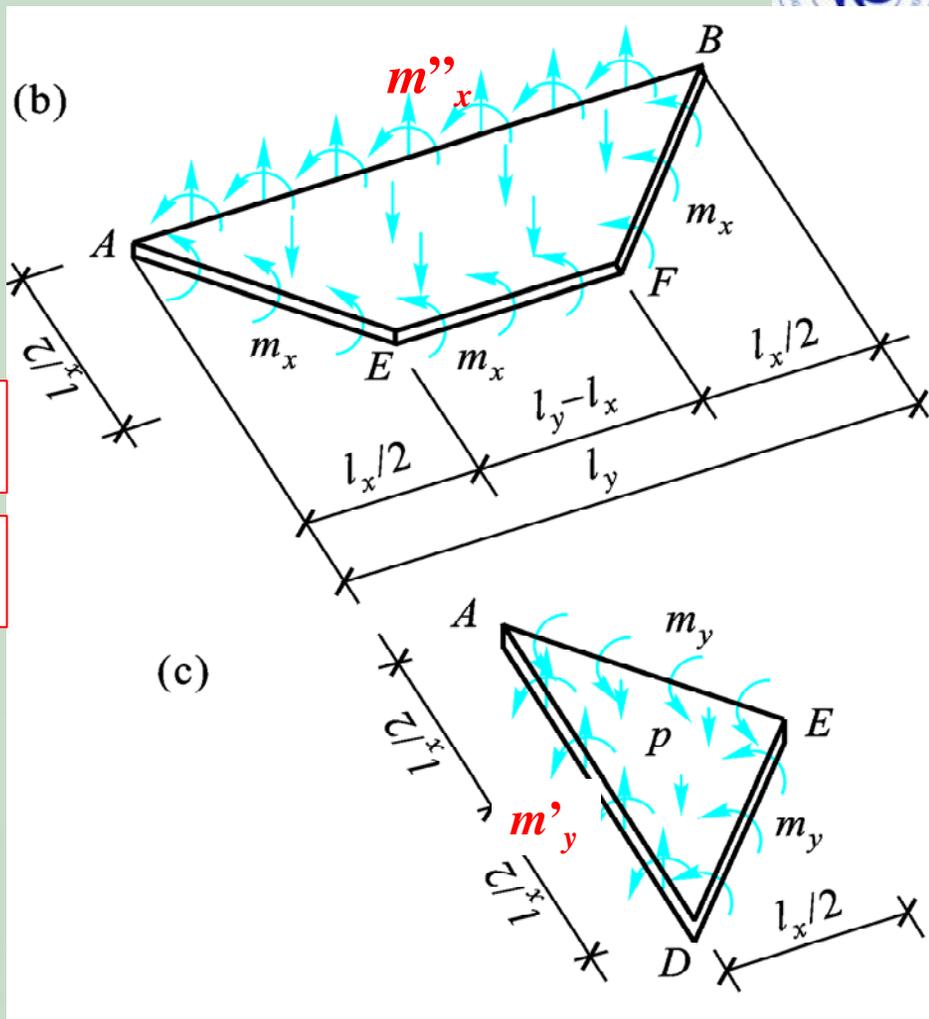
- 沿板跨内塑性铰线上 l_{0x} 、 l_{0y} 方向的总极限正弯矩各为：

$$M_x = l_{0y} m_x, M_y = l_{0x} m_y$$

- 沿板支座塑性铰线上 l_{0x} 、 l_{0y} 方向的总极限负弯矩各为：

$$M'_x = l_{0y} m'_x, M''_x = l_{0y} m''_x$$

$$M'_y = l_{0x} m'_y, M''_y = l_{0x} m''_y$$





(2) 极限平衡法的基本方程

- 取梯形 $ABEF$ 板块为脱离体，对板支座塑性铰线 AB 取矩，根据脱离体力矩极限平衡条件得：

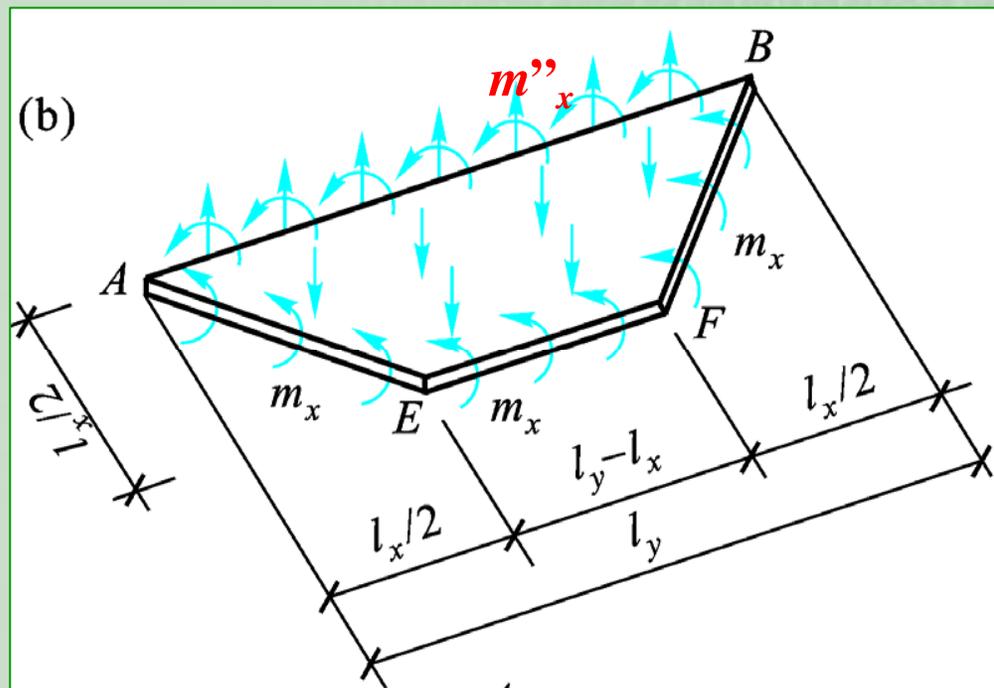
$$l_{0y}m_x + l_{0y}m''_x = p(l_{0y} - l_{0x})\frac{l_{0x}}{2} \times \frac{l_{0x}}{4} + p \times 2 \times \frac{1}{2} \left(\frac{l_{0x}}{2}\right)^2 \times \frac{1}{3} \times \frac{l_{0x}}{2} = pl_{0x}^2 \left(\frac{l_{0y}}{8} - \frac{l_{0x}}{12}\right)$$



$$M_x + M''_x = pl_{0x}^2 \left(\frac{l_{0y}}{8} - \frac{l_{0x}}{12}\right)$$

- 同理，对于 $CDEF$ 板块：

$$M_x + M'_x = pl_{0x}^2 \left(\frac{l_{0y}}{8} - \frac{l_{0x}}{12}\right)$$





(2) 极限平衡法的基本方程

- 取三角形ADE板块为脱离体，对板支座塑性铰线AD取矩，根据脱离体力矩极限平衡条件得：

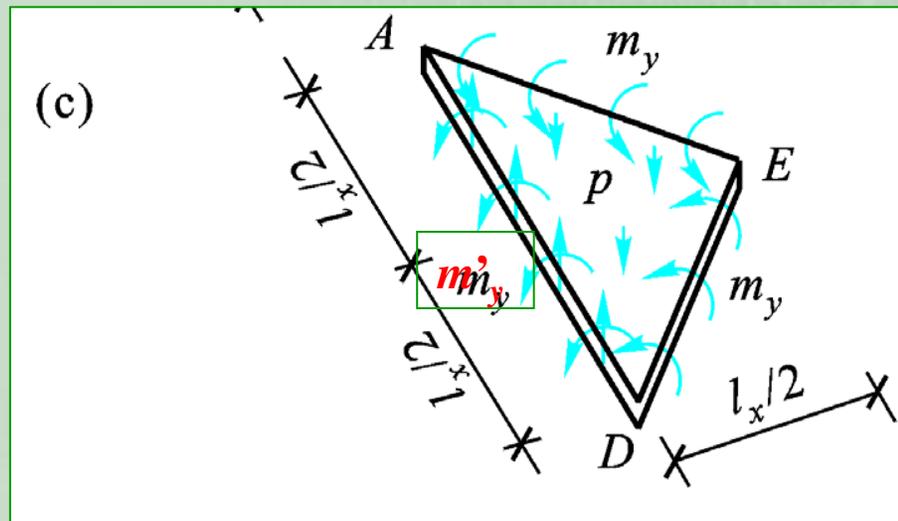
$$l_{0x} m_y + l_{0x} m'_y = p \times \frac{1}{2} \times \frac{l_{0x}}{2} l_{0x} \times \frac{1}{3} \times \frac{l_{0x}}{2} = p \frac{l_{0x}^2}{24}$$



$$M_y + M'_y = p \frac{l_{0x}^2}{24}$$

- 同理，对于BCF板块：

$$M_y + M''_y = p \frac{l_{0x}^2}{24}$$





$$M_x + M''_x = pl_{0x}^2 \left(\frac{l_{0y}}{8} - \frac{l_{0x}}{12} \right)$$

$$M_y + M'_y = p \frac{l_{0x}^2}{24}$$

$$M_x + M'_x = pl_{0x}^2 \left(\frac{l_{0y}}{8} - \frac{l_{0x}}{12} \right)$$

$$M_y + M''_y = p \frac{l_{0x}^2}{24}$$

- 将以上四式相加即得**四边固定支承**时均布荷载作用下双向板总弯矩极限平衡方程为：

$$2M_x + 2M_y + M'_x + M''_x + M'_y + M''_y = \frac{pl_{0x}^2}{12} (3l_{0y} - l_{0x})$$

- 若四边支承板为**四边简支双向板**时，由于支座处塑性铰线弯矩值等于零，可得**四边简支双向板**总弯矩极限平衡方程为：

$$M_x + M_y = \frac{pl_{0x}^2}{24} (3l_{0y} - l_{0x})$$

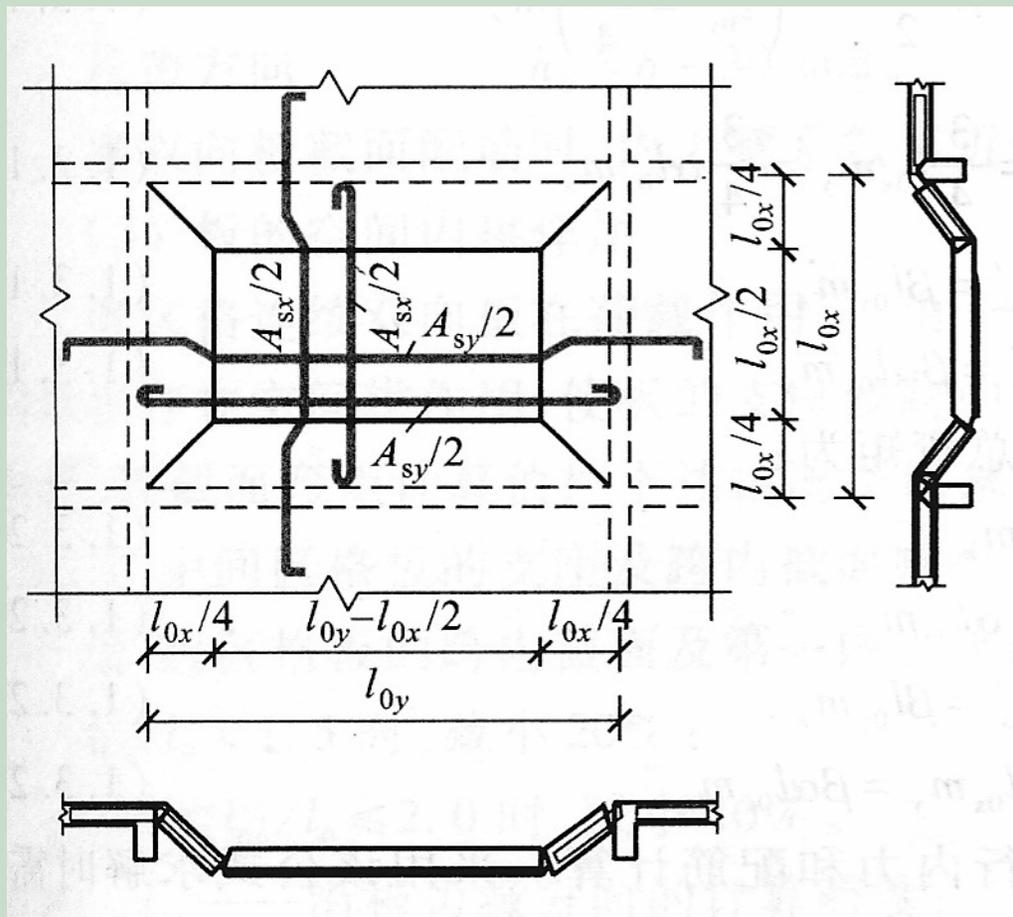




■ 2. 双向板的塑性设计

● (1) 双向板的一般配筋形式

● 板的跨内钢筋通常沿板宽方向均匀布置，同时可将板的跨内正弯矩钢筋在距支座一定距离处弯起一部分作为支座负弯矩钢筋（不足部分可另设直钢筋），伸过支座一定长度后，由于受切断，但必须注意弯起及切断的位置。



双向板配筋及“倒锥台形”破坏形式

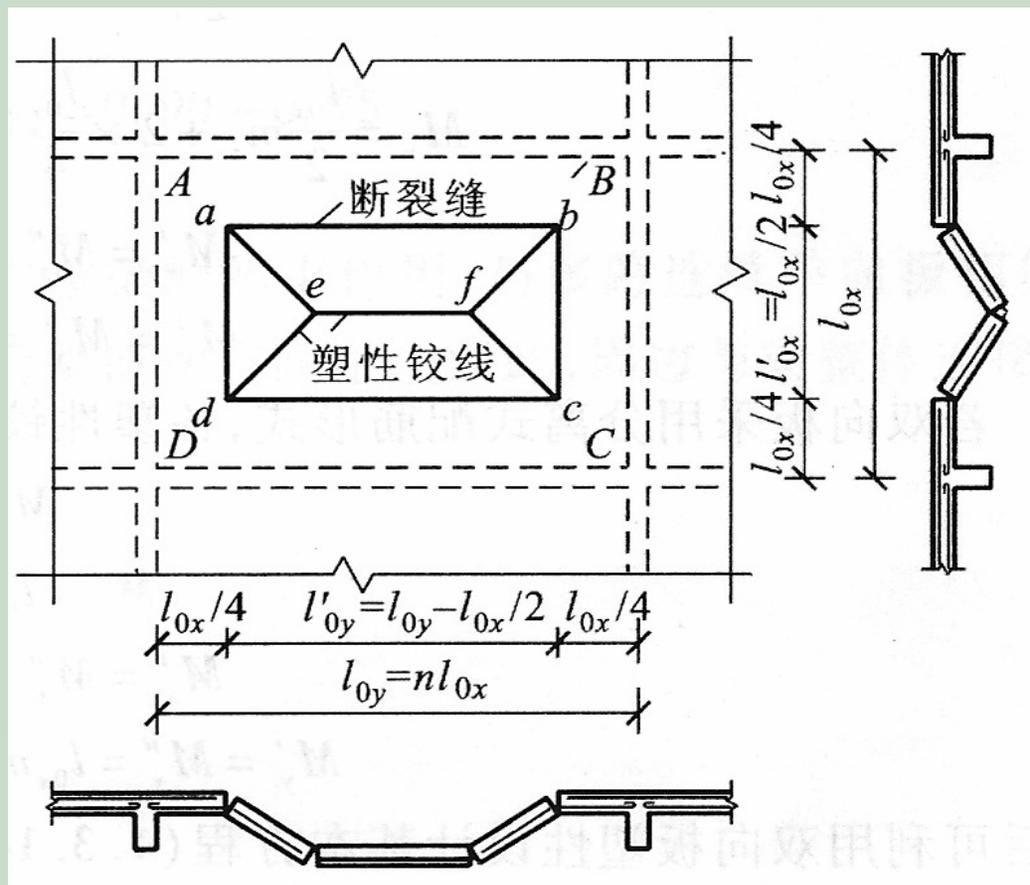




2. 双向板的塑性设计

(2) 双向板的其他破坏形式

若双向板的跨内钢筋弯起过早或弯起数量过多时，将使余下的钢筋可能不能承受该处的正弯矩，以致使该处的钢筋比跨内钢筋先达到屈服而出现塑性铰线，形成如图所示“倒锥台形”的破坏机构，将导致双向板极限荷载的降低。

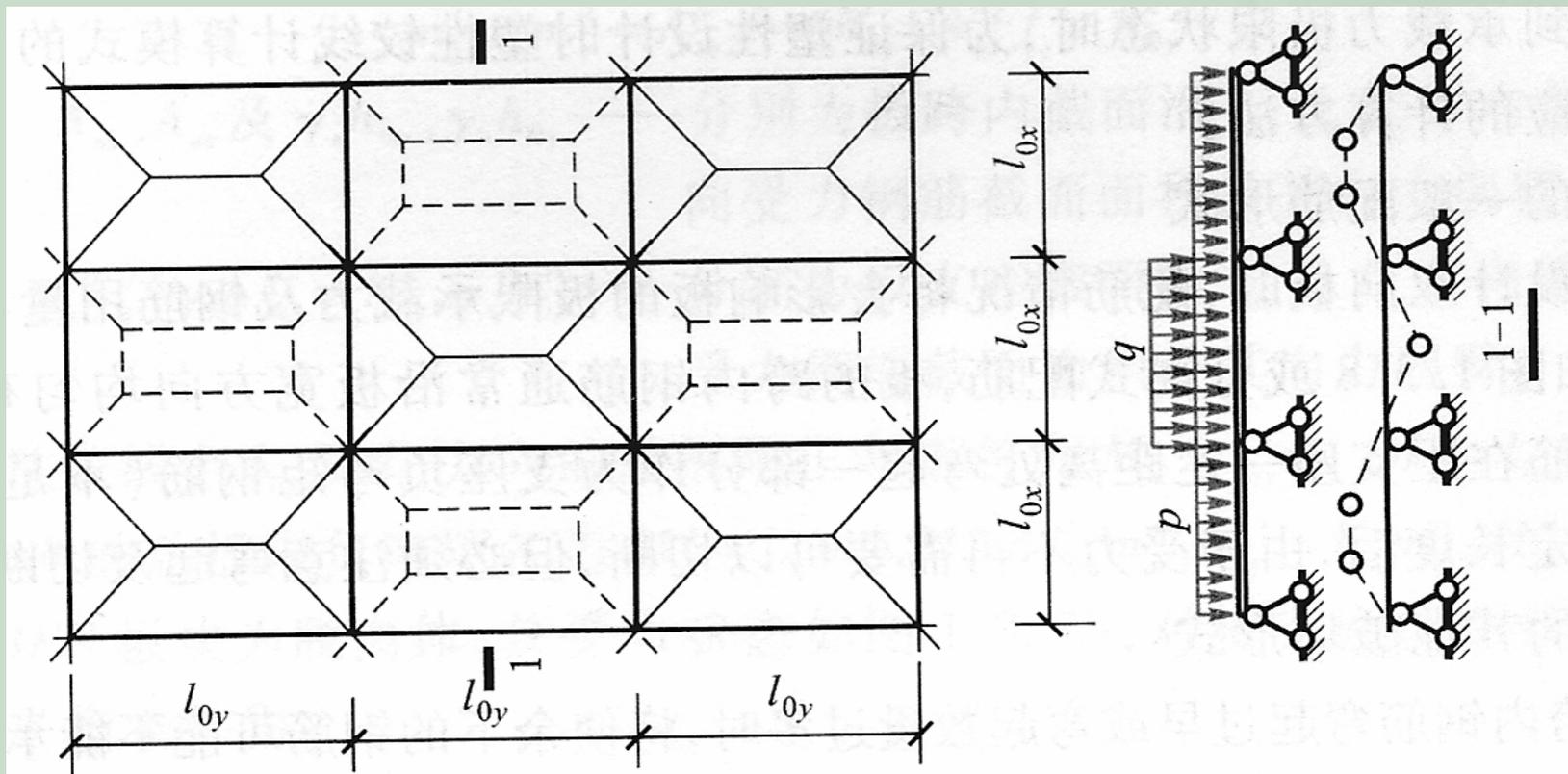


双向板“局部倒锥形”破坏形式





- (2) 双向板的其他破坏形式
- 对于多区格连续双向板，当永久荷载为满布而活荷载较大且按棋盘式间隔布置时，也可能产生如图所示的破坏机构：
 - 有活荷载的区格板：出现正弯矩塑性铰线而发生“倒锥形”破坏
 - 没有活荷载的区格板：出现负弯矩塑性铰线，发生“正锥台形”破坏；





- 2. 双向板的塑性设计
- (3) 单区格双向板计算

❖ 四边固支双向板

➤ 根据前述，板采用弯起式配筋形式，跨内正弯矩钢筋在跨支座 $l_{0x}/4$ 处弯起一半作为支座负弯矩钢筋，在板的 $l_{0x}/4 \times l_{0x}/4$ 角隅区将有一半钢筋弯至板顶部，而不再承受正弯矩，则双向板塑性铰线上的总弯矩为：

$$M_x = \left(l_{0y} - \frac{l_{0x}}{2} \right) m_x + 2 \times \frac{l_{0x}}{2} \times \frac{m_x}{2} = \left(l_{0y} - \frac{l_{0x}}{4} \right) m_x$$

$$M_y = \frac{l_{0x}}{2} m_y + 2 \times \frac{l_{0x}}{2} \times \frac{m_y}{2} = \frac{3}{4} l_{0x} m_y = \frac{3}{4} \alpha l_{0x} m_x$$

$$M'_x = M''_x = l_{0y} m'_x = \beta l_{0y} m_x$$

$$M'_y = M''_y = l_{0x} m'_y = \beta \alpha l_{0x} m_x$$

$$\alpha = \frac{m_y}{m_x}, \beta = \frac{m'_x}{m_x} = \frac{m'_y}{m_y}$$





● (3) 单区格双向板计算

❖ 四边固支双向板

➤ 若双向板采用分离式配筋形式，各塑性铰线上总弯矩为：

$$M_x = l_{0y} m_x$$

$$M_y = l_{0x} m_y = \alpha l_{0x} m_x$$

$$M'_x = M''_x = l_{0y} m'_x = \beta l_{0y} m_x$$

$$M'_y = M''_y = l_{0x} m'_y = \beta \alpha l_{0x} m_x$$

$$\alpha = \frac{m_y}{m_x}, \beta = \frac{m'_x}{m_x} = \frac{m'_y}{m_y}$$



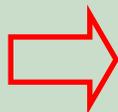


❖ 单区格双向板设计方法及步骤

分离式配筋

$$n = \frac{l_{0y}}{l_{0x}} \quad \alpha = \frac{m_y}{m_x}$$

$$\beta = \frac{m'_x}{m_x} = \frac{m''_x}{m_x} = \frac{m'_y}{m_y} = \frac{m''_y}{m_y}$$



则有

$$M_x = m_x l_{0y} = n \cdot m_x l_{0x}$$

$$M_y = m_y l_{0x} = \alpha \cdot m_x l_{0x}$$

$$M'_x = M''_x = m'_x l_{0y} = n \cdot \beta \cdot m_x l_{0x}$$

$$M'_y = M''_y = m'_y l_{0x} = \alpha \cdot \beta \cdot m_x l_{0x}$$

将上列四式代入式 (1.3.14)，得

$$m_x = \frac{pl_{0x}^2}{8} \cdot \frac{n - 1/3}{n\beta + \alpha\beta + n + \alpha}$$

通常取 $\alpha = 1/n^2$ ， $\beta = 2$ ，则

$$m_x = \frac{3n - 1}{72(n + \frac{1}{n^2})} pl_{0x}^2$$





- ❖ 单区格双向板设计方法及步骤
- ❖ 四边固支双向板
- ❖ **弯起式配筋**：为了合理利用钢筋，参考按弹性理论分析的结构，将两个方向的跨中弯矩均在距支座 $l_{01}/4$ 处弯起50%。

$$m_x = \frac{pl_{0x}^2}{8} \cdot \frac{n - 1/3}{n\beta + \alpha\beta + (n - 1/4) + 3\alpha/4}$$

- ❖ 若四边简支（ $\beta=0$ ）

$$m_x = \frac{3n - 1}{24(n + \frac{1}{n^2})} pl_{0x}^2$$





❖ (3) 多区格双向板计算

- 连续双向板：
 - 内区格板可按四边固定的单区格板进行计算；
 - 边区格或角区格板可按外边界的实际支承情况的单区格板进行计算。
- 计算时，首先从中间区格板开始，将中间区格板计算得出的各支座弯矩值，作为计算相邻区格板支座的已知弯矩值。这样，依次由内向外直至外区格板可一一求解。



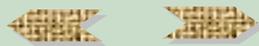


➤ 1.3.4 双向板的截面设计与构造要求

■ 截面设计

(1) 对四边都与梁整体浇接的板，考虑拱效应，其弯矩设计值可按下列情况予以减少：

- ❖ 中间区格板的支座及跨内截面减少20%。
- ❖ 边区格板的跨内截面及第一内支座处截面：当 $l_b/l < 1.5$ 时，减少20%；当 $1.5 \leq l_b/l \leq 2.0$ 时，减少10%。式中 l 为垂直于楼板边缘方向板的计算跨度； l_b 为沿楼板边缘方向板的计算跨度。
- ❖ 角区格板截面弯矩值不予折减。





(2) 截面有效高度

短跨方向: $h_{01} = h - 20 \text{ mm}$

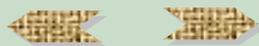
长跨方向: $h_{02} = h - 30 \text{ mm}$

式中, h 为板厚。

(3) 配筋计算: 单位宽度内所需钢筋, (单位为 mm^2/m)

$$A_s = \frac{M}{\gamma_s h_0 f_y}$$

式中, $\gamma_s \approx 0.9 \sim 0.95$





■ 构造要求

(1) 板厚

80~160 mm, 简支板 $h/l_{01} \geq 1/45$; 连续梁 $h/l_{01} \geq 1/50$ (l_{01} 为短跨跨长) 。

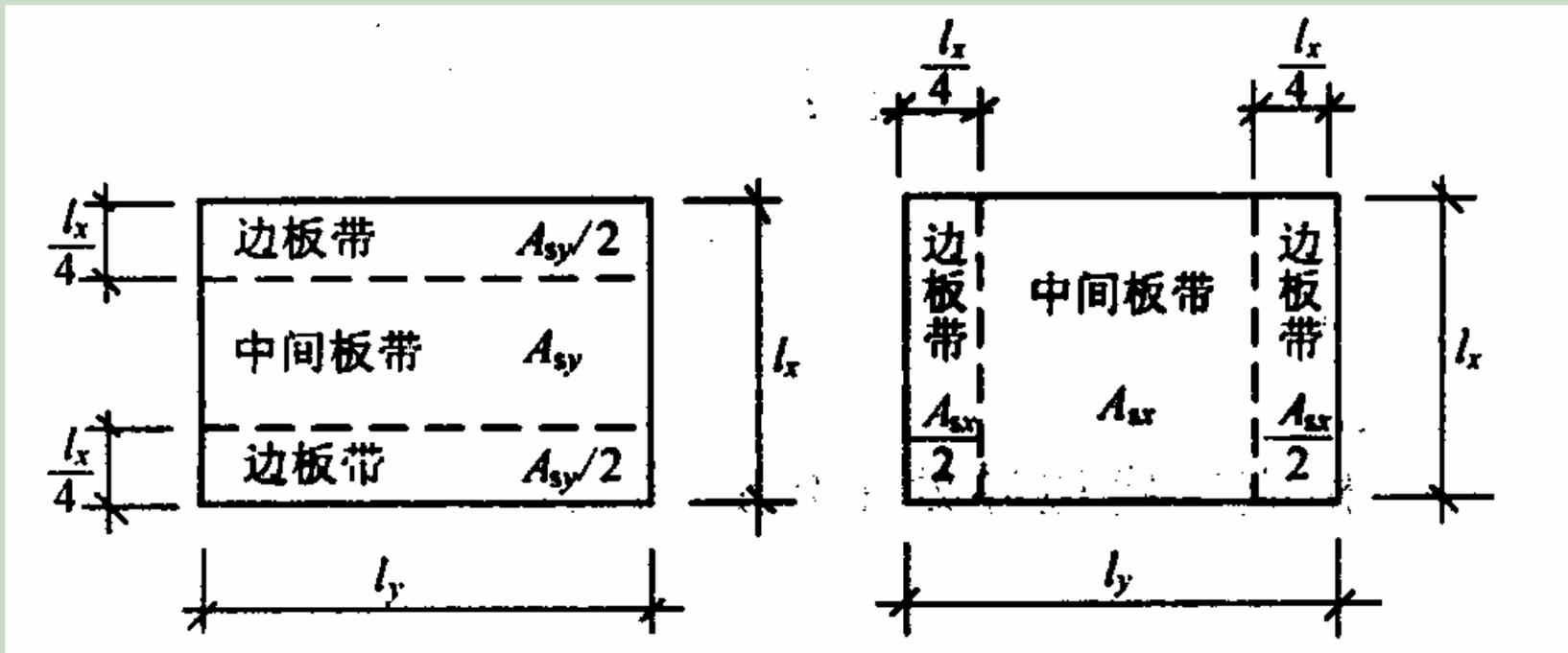
(2) 钢筋的配置

- ❖ 短跨方向钢筋放在外边, 长跨方向放在里面。
- ❖ 可将每一方向分成板带, 两个方向的边缘板带宽度均为 $l_{01}/4$ 。边缘板带单位宽度范围内的配筋等于中间板带单位宽度范围的一半。
- ❖ 支座上承受负弯矩的钢筋按计算确定, 沿支座均匀配置, 伸入支座长不小于 $l_{01}/4$ 。





(2) 钢筋的配置

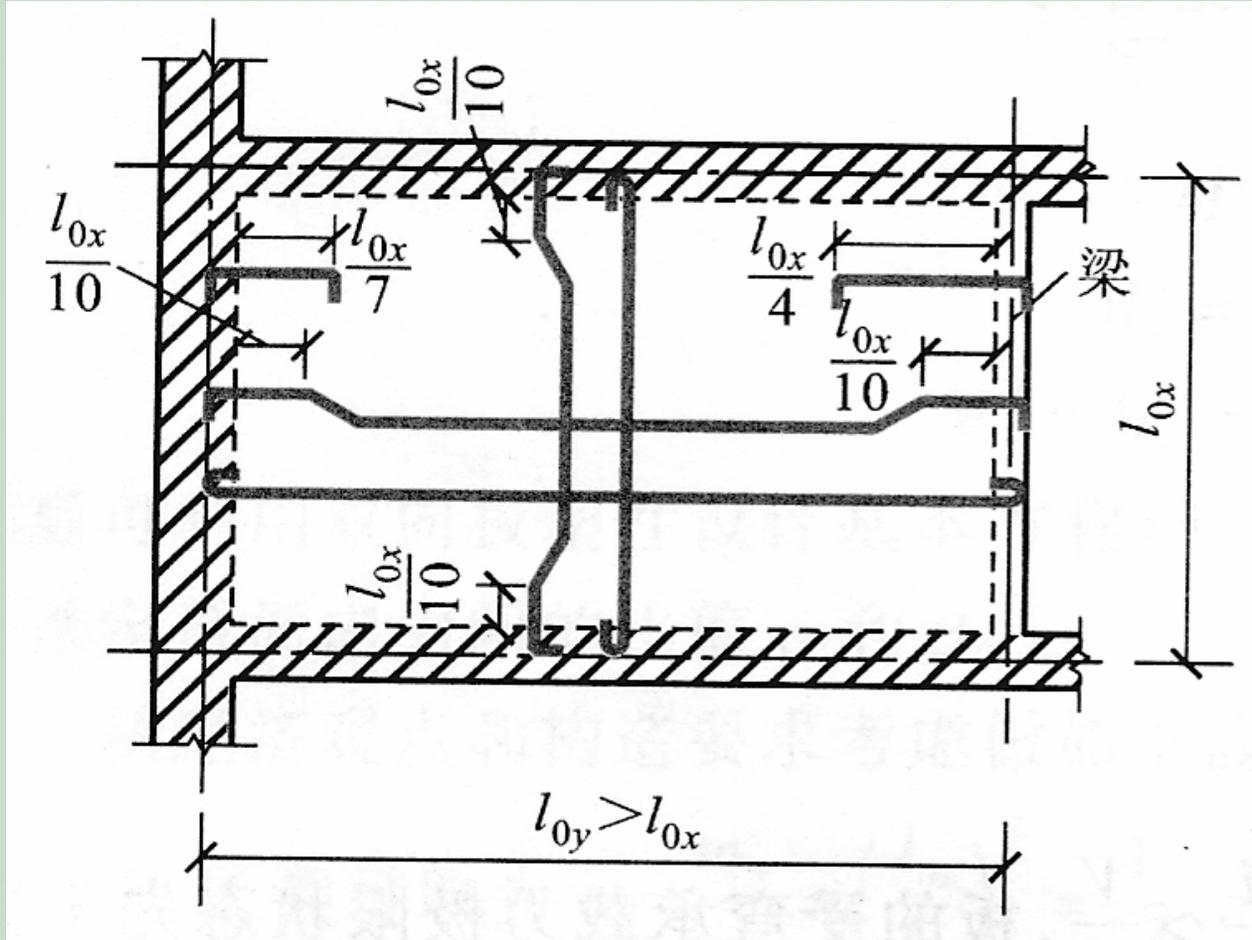


配筋方案：弯起式和分离式





(2) 钢筋的配置

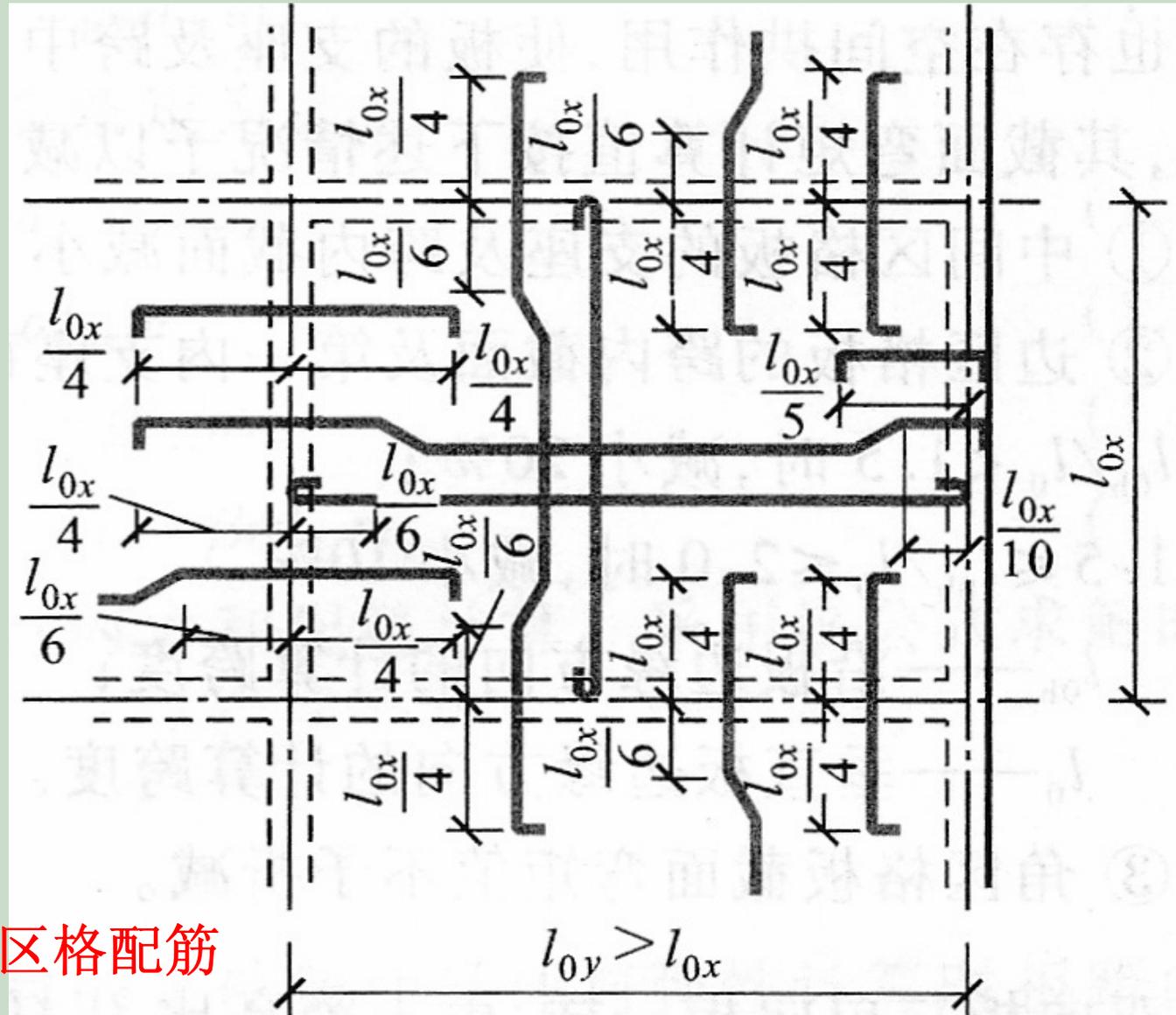


简支双向板配筋





(2) 钢筋的配置



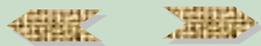
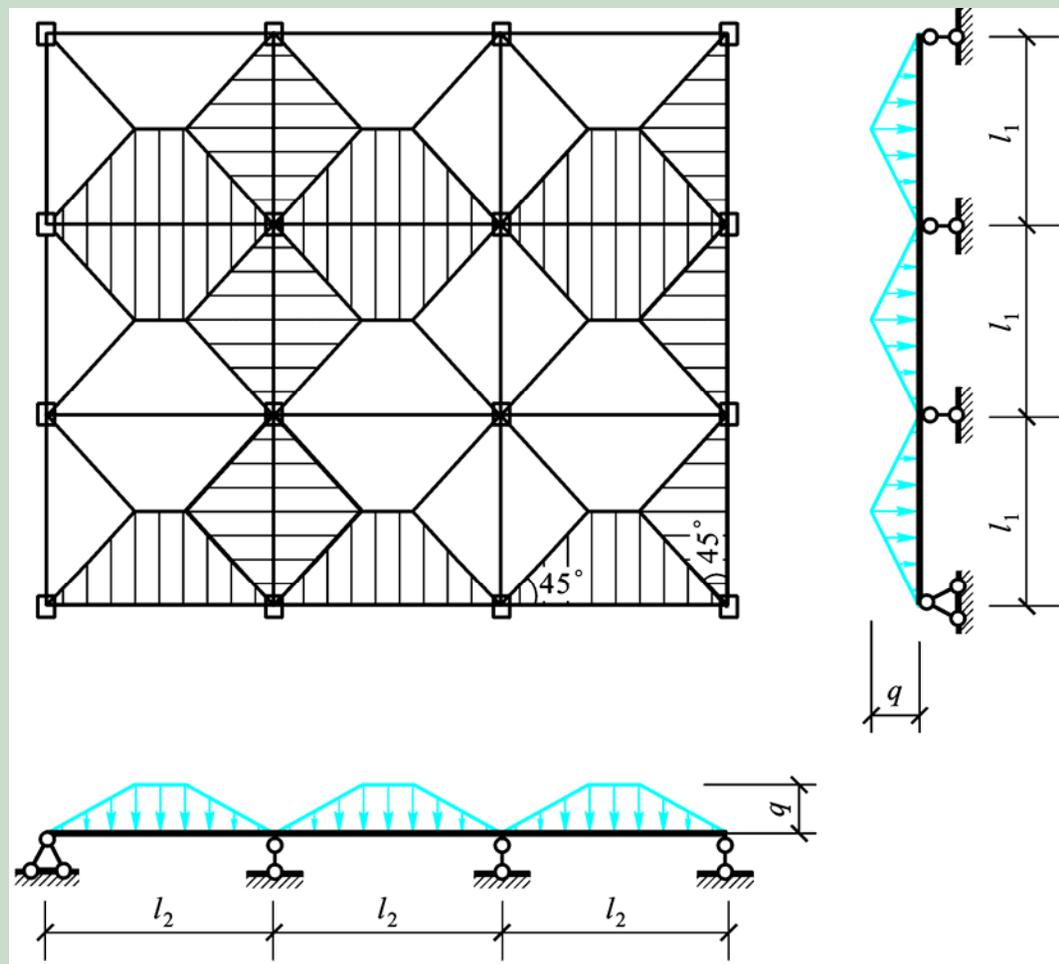
连续双向板中间区格配筋



➤ 1.3.5 双向板支承梁的计算要点

● 荷载分配:

由每区格四角按 45° 对角线将区格划分为四块，每块上的恒载和活载传递给相邻的支承梁。**不考虑板的连续性。**



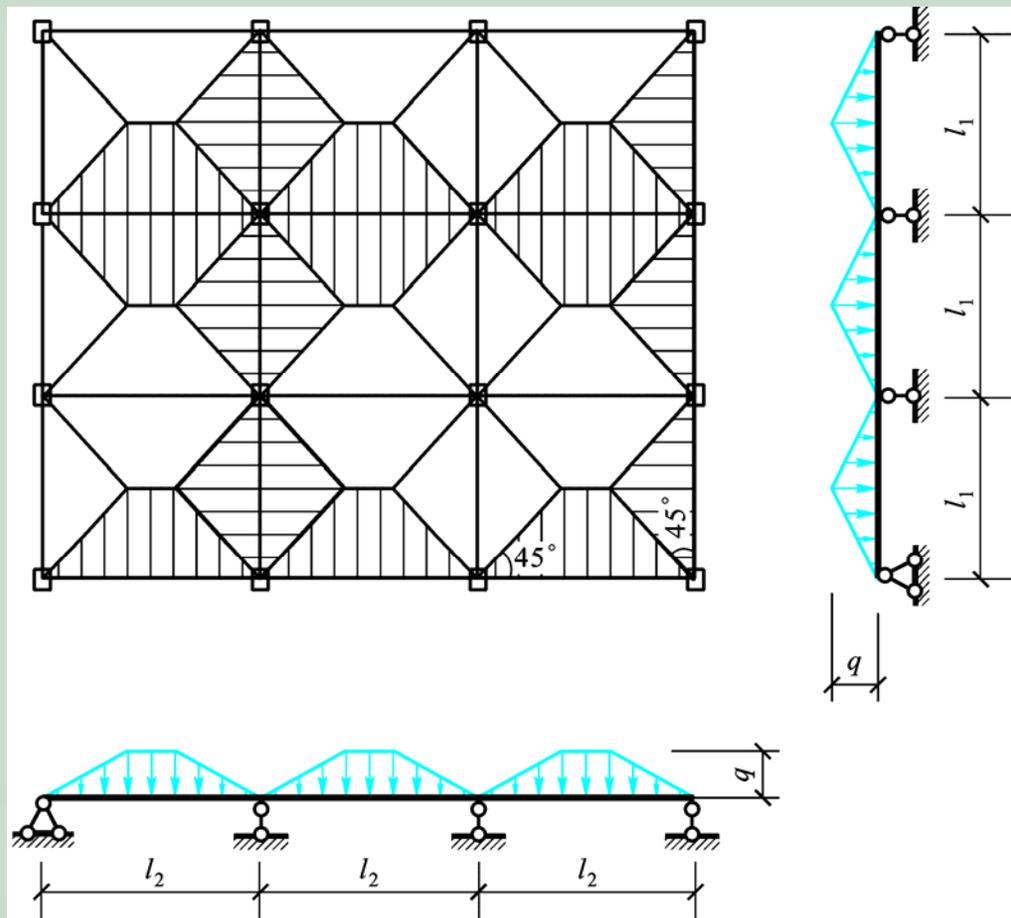


➤板传给梁的荷载:

$$p' = p \cdot \frac{l_{01}}{2} = (g + q) \cdot \frac{l_{01}}{2}$$

➤ g 、 q 为板上的均布恒载、活载。

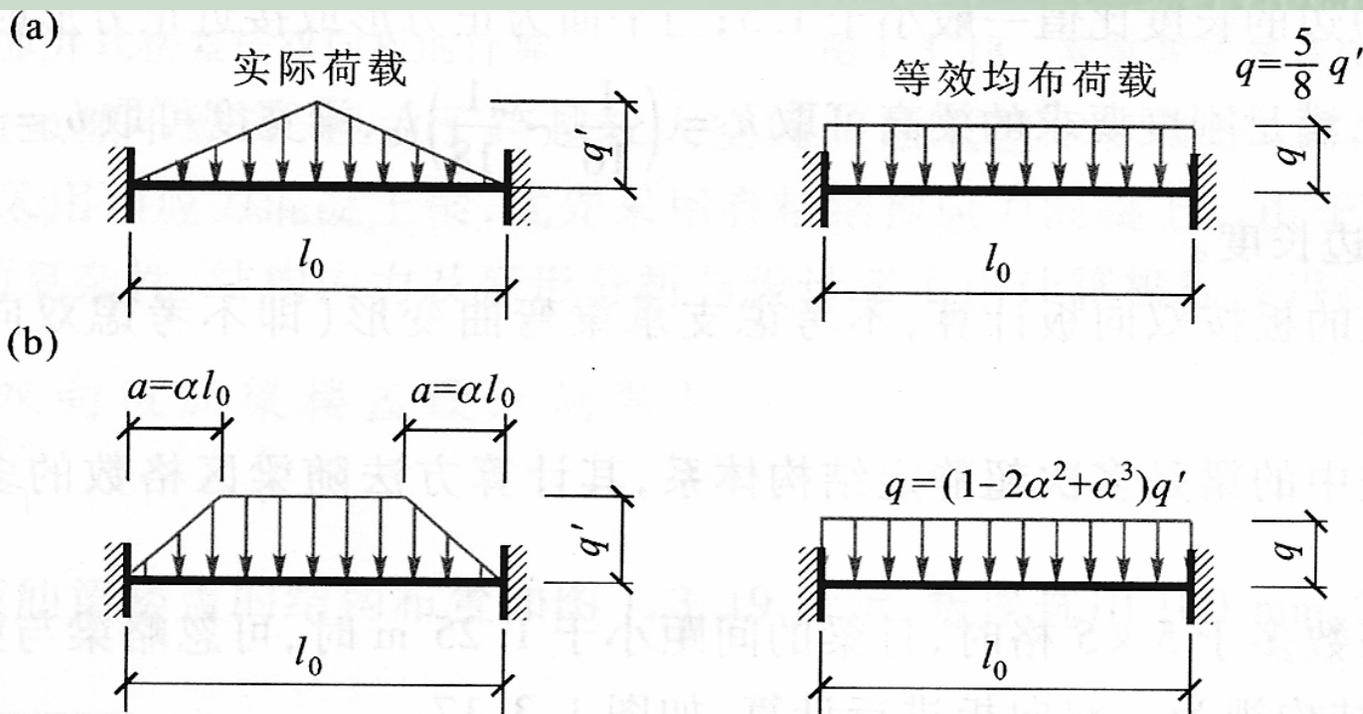
➤ l_{01} 为板的短边。





❖ 内力计算

- a. 三角形荷载、梯形荷载按固端弯矩相等的条件换算成**等效均布荷载**；
- b. 等跨、等截面连续梁在**等效均布荷载**作用下按计算表格求**支座弯矩**；
- c. 各跨的跨内弯矩和支座处剪力值应按**梁上原有荷载形式**进行计算。（应考虑活荷载的最不利布置）



$$\alpha = \frac{1}{2} \cdot \frac{l_{01}}{l_{02}}$$



➤ 1.3.6 双重井式楼盖

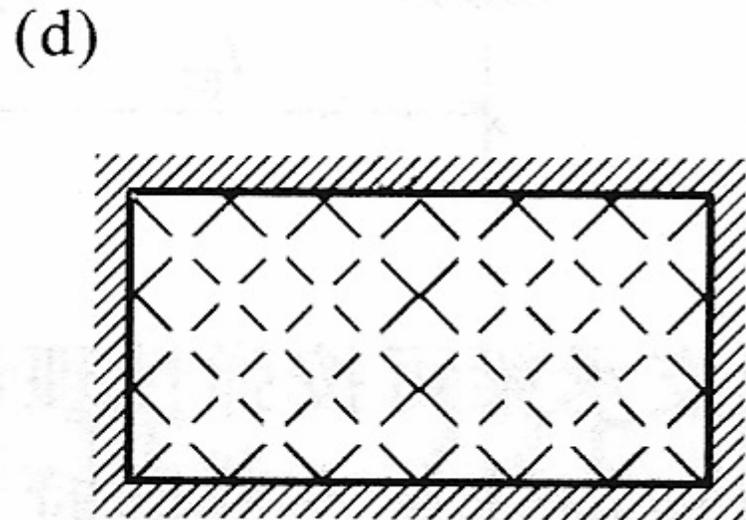
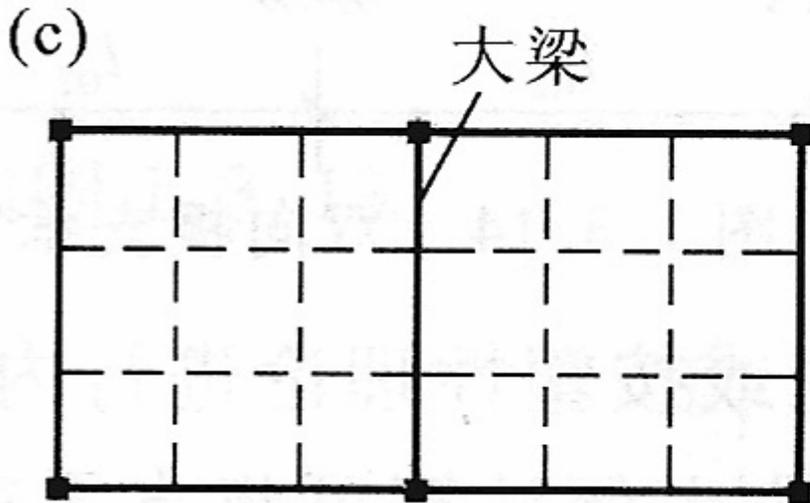
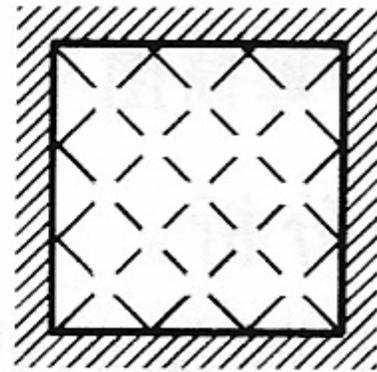
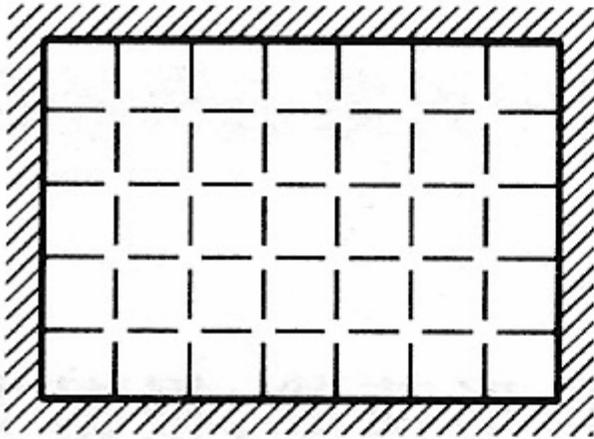
- 在双向板梁板结构中，若梁为双向梁系，此种结构称为双重井式梁板结构或双重井式楼盖。
- **双向梁系的梁不分主、次梁**，而是共同承受由双向板传来的荷载，整个梁格形成四边支承的双向受力体系，因此双重井式楼盖可以跨越较大的空间，并具有良好的建筑艺术效果，多用于民用建筑的大厅中。
- 双重井式楼盖宜应用于**正方形平面**，若应用于矩形平面，其平面长边与短边长度比值应小于 **1.5**，双向梁系一般为正交正放或沿 **45°** 角线的正交斜放，结构支承于墙体、柱或具有足够刚度的大梁上。





➤ 1.3.6 双重井式楼盖

(a) (b) 双重井式楼盖的结构布置





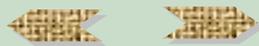
➤ 1.3.6 双重井式楼盖

- 在一般荷载作用下，双向板的板厚度大于 **80 mm**，双重井式楼盖梁格的短边长度可在 **3.0m** 左右，梁格的长边与短边的长度比值一般小于 **1.5**；
- 当平面为正方形或接近正方形时，双重井式楼盖的梁：

$$h = \left(\frac{1}{16} \sim \frac{1}{18} \right) l_0$$

$$b = \left(\frac{1}{3} \sim \frac{1}{4} \right) h$$

l_0 ——建筑平面的短边尺寸。





➤ 1.4 整体式无梁楼盖

- 无梁楼盖——由板和柱组成的板柱框架结构体系。
- 无梁楼盖结构有以下四种类型：
 - ① 有柱帽无梁楼盖：为提高柱顶板的受冲切承载力及减小板中的弯矩值，往往在柱顶处设置柱帽；
 - ② 无柱帽无梁楼盖：无梁楼盖中若柱网及荷载较小时，也可采用无柱帽板柱结构；
 - ③ 板梁式无梁楼盖：无梁楼盖中也可以在柱顶处设置正交梁系，梁截面及刚度均较小，它不是无梁楼盖板的支座，只对板起加强作用，此种梁仍属于板系统；
 - ④ 密肋式无梁楼盖：无梁楼盖中可采用正交密肋式楼盖，肋梁间距为 $0.90 \sim 1.20\text{m}$ ，在柱顶部位为保证板的抗冲切承载力仍保留为实心板。



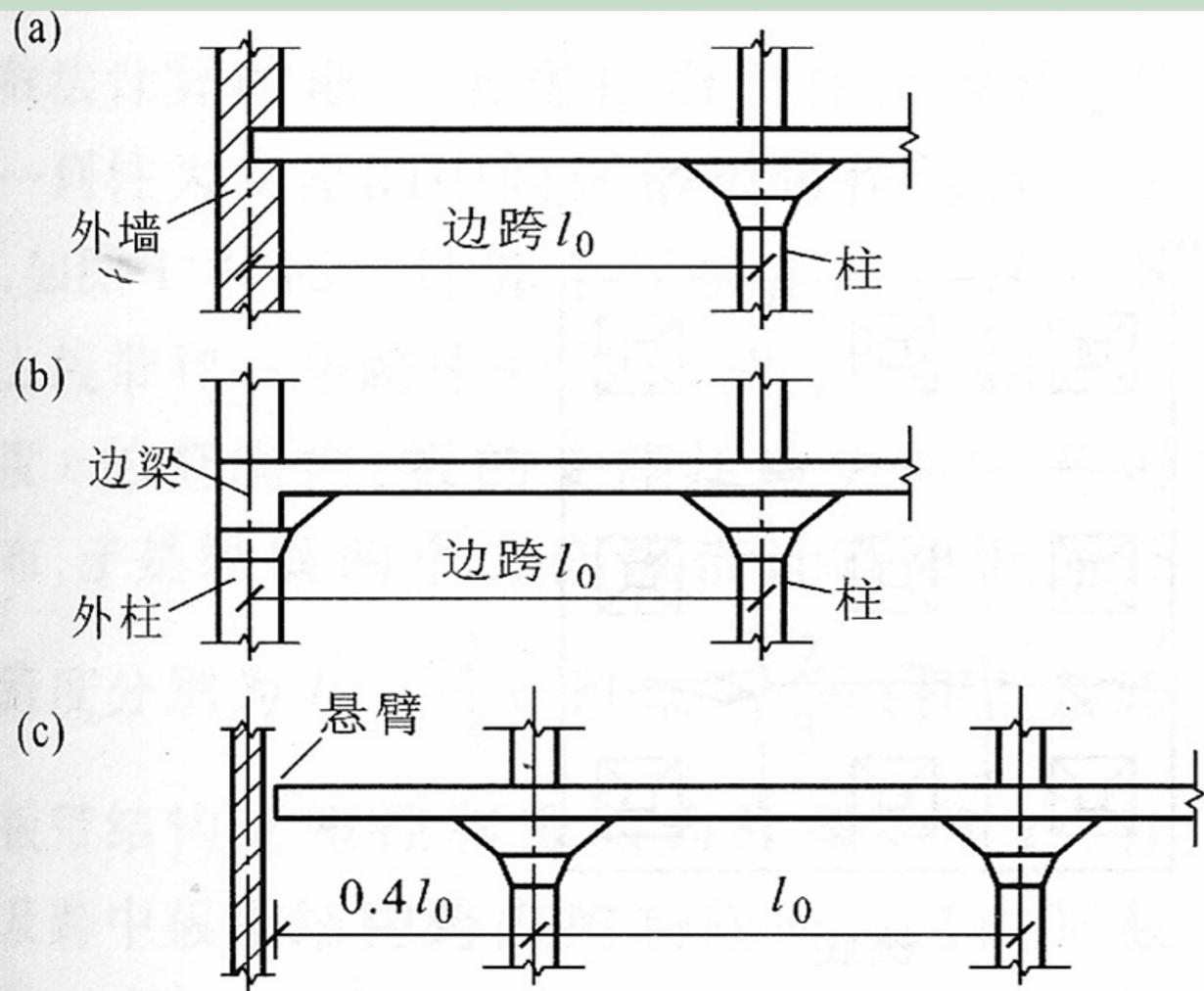
➤ 1.4 整体式无梁楼盖

- 无梁楼盖的优点是结构体系简单，传力途径短捷，建筑层间高度较肋梁楼盖为小，因此可以减小房屋的体积和墙体结构；天棚平整，可以大大改善采光、通风和卫生条件，并可节省模板，简化施工。
- 一般当楼面荷载在 5 kN/m^2 以上，跨度在 6m 以内时，无梁楼盖较肋梁楼盖经济。因此，无梁楼盖常用于多层厂房、仓库、商场、冷藏库等建筑。





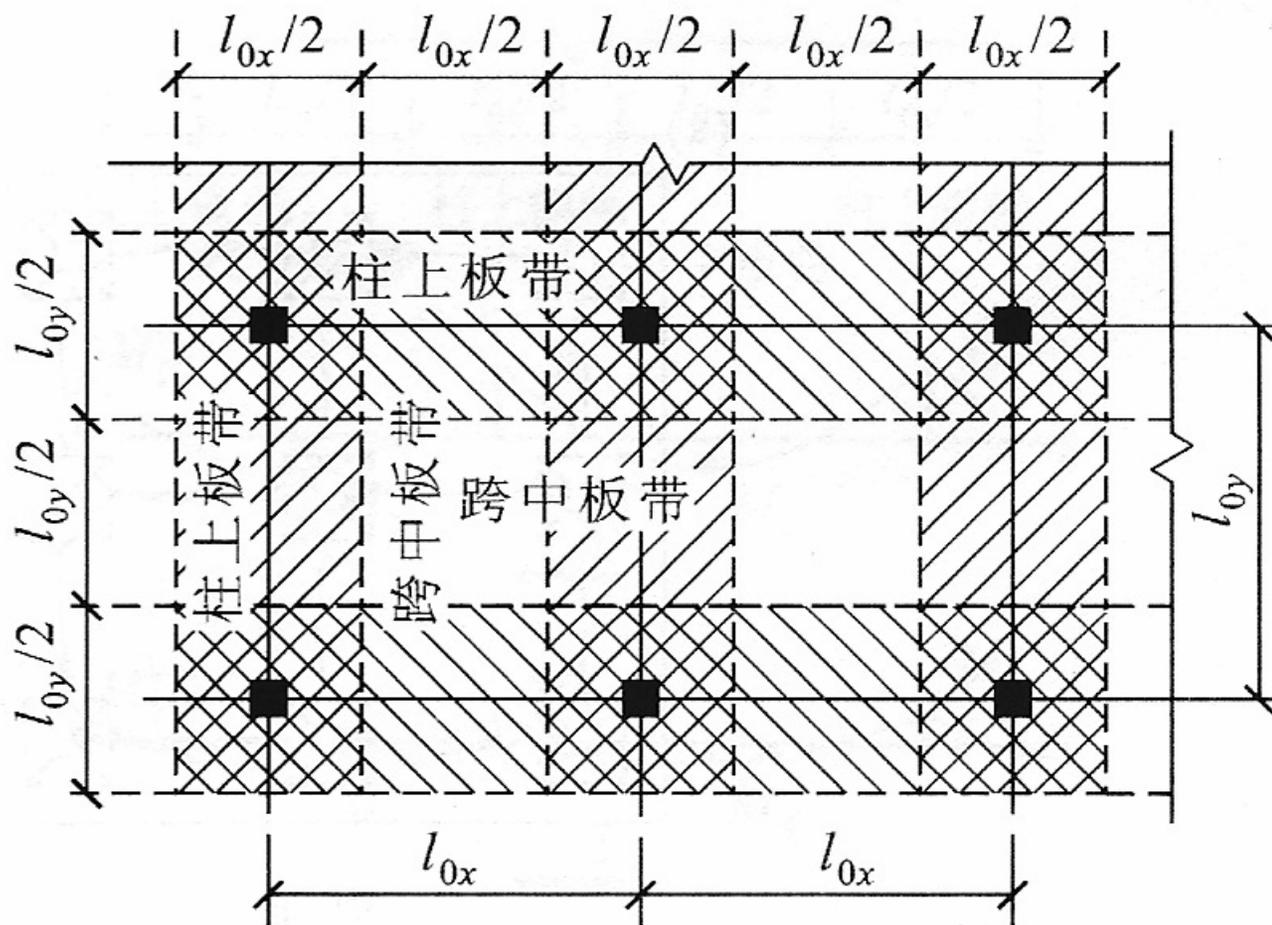
- 无梁楼盖的柱网通常布置成正方形或矩形，以正方形最为经济。楼盖的四周可支承在墙上或边梁上，或悬臂伸出边柱以外。





● 无梁楼盖在竖向荷载作用下，相当于受点支承的平板，根据其静力工作特点，可将楼板在纵横两个方向假想划分为两种板带：

- 柱上板带
- 跨中板带

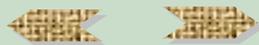
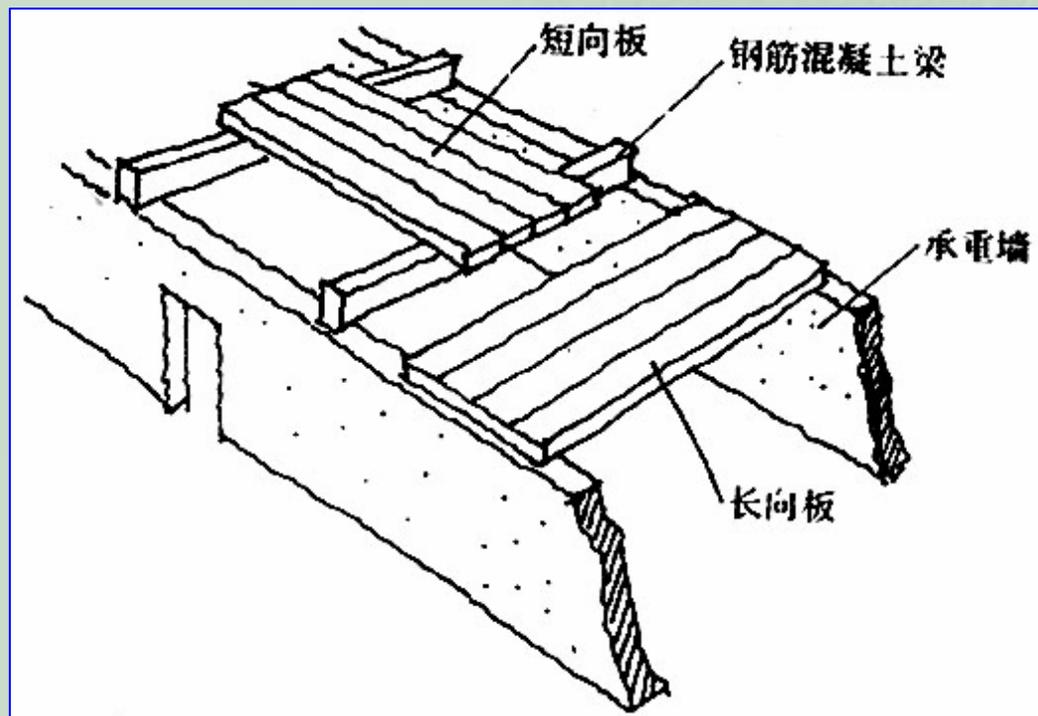




➤ 1.5 装配式梁板结构

■ 装配式楼盖由预制构件装配而成，便于机械化生产和施工，可以缩短工期。但装配式楼盖结构的**整体性较差，防水性较差，不便于板上开洞**。多用于结构简单、规则的工业建筑。

■ 装配式梁板结构主要是**铺板楼盖**，它是由预制板铺设在预制梁或承重墙体上而组成。





➤ 5.1 预制板、梁形式及特点

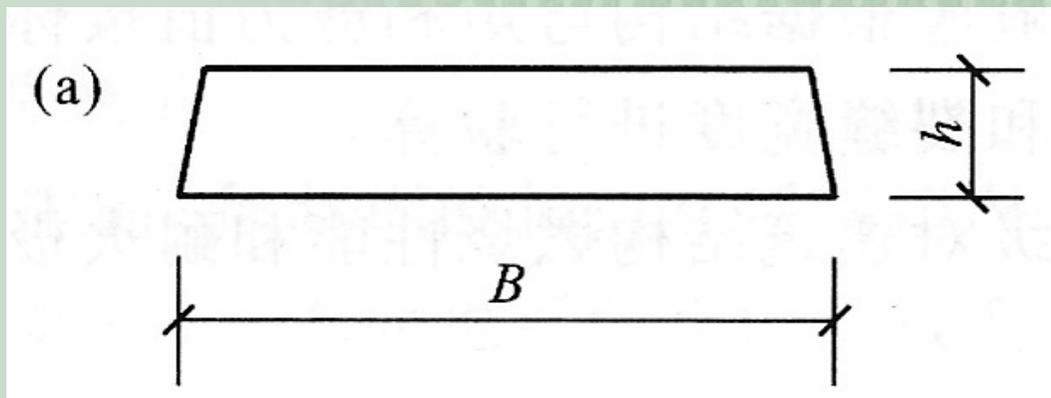
■ 1. 预制板

(1) 实心板

- 制作简单，自重较大且材料耗量较多，仅适用于小跨度板，如地沟盖板和阳台板等。

- 实心板长通常为 $l = 1.2 \sim 2.4\text{m}$ ；

- 板厚度一般 $h = (1/20 \sim 1/30)l$ ，常用板厚度 $h = 60 \sim 120\text{mm}$ 。

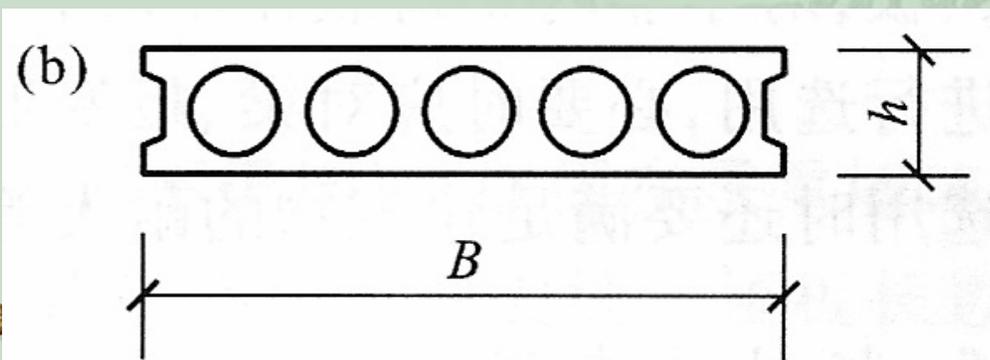




➤ 5.1 预制板、梁形式及特点

(2) 空心板

- 空心板自重较轻，受力性能、隔音和隔热性能较好，并能提供平整的天棚面，因此在民用建筑中得到广泛应用。但它制作稍复杂，板面也不能任意开通洞口。
- 常用截面高度有 $h = 120 \text{ mm}$ 、 180 mm 、 240 mm ；
- 普通钢筋混凝土空心板长度通常为 $l = 2.4 \sim 4.8 \text{ m}$ ；
- 预应力混凝土空心板长度通常为 $l = 2.4 \sim 6.0 \text{ m}$ ；
- 常用板宽度 $B = 600 \text{ mm}$ ， 900 mm 和 1200 mm 。





➤ 5.1 预制板、梁形式及特点

(2) 空心板

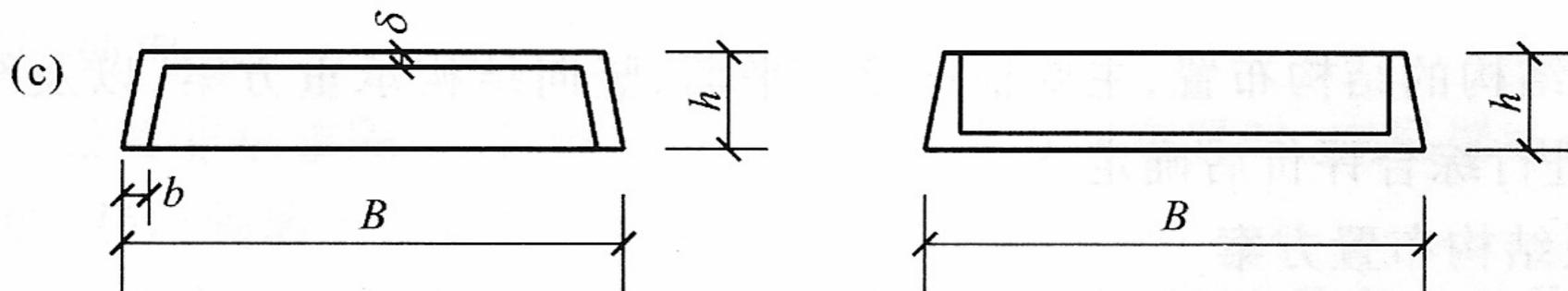




➤ 5.1 预制板、梁形式及特点

(3) 槽形板

- 有正槽形板和倒槽型板，其中包括大型屋面板。
- 正槽形板受力合理，与空心板相比具有自重较轻，结构材料耗量较少，便于开洞和设置与支承结构相连接的预埋件等优点，但它不能提供平整的天棚面，隔音和隔热效果较差，因此在工业建筑结构中得到广泛的应用。
- 槽形板纵肋高度一般为 $h = 120 \text{ mm}$, 180 mm 和 240 mm ; 槽形板长度通常为 $l = 3.0 \sim 6.0 \text{ m}$; 常用宽度 $B = 600 \text{ mm}$, 900 mm 和 1500 mm 。

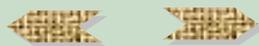
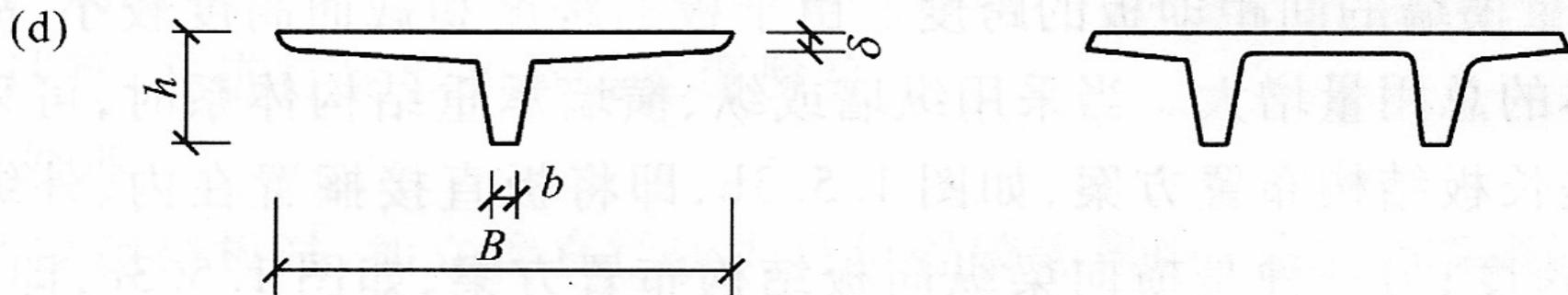




➤ 5.1 预制板、梁形式及特点

(3) T形板

- 有单 T 形板和双 T 形板。
- T 形板是板梁合一的构件，它形式简单，便于施工，具有良好的受力性能，能跨越较大的空间。可用于工业及民用建筑结构作为屋面板，又可以作为墙板。其缺点是板之间连接比较薄弱。





➤ 5.1 预制板、梁形式及特点

■ 2. 预制梁

- 预制梁有普通钢筋混凝土和预应力混凝土梁。

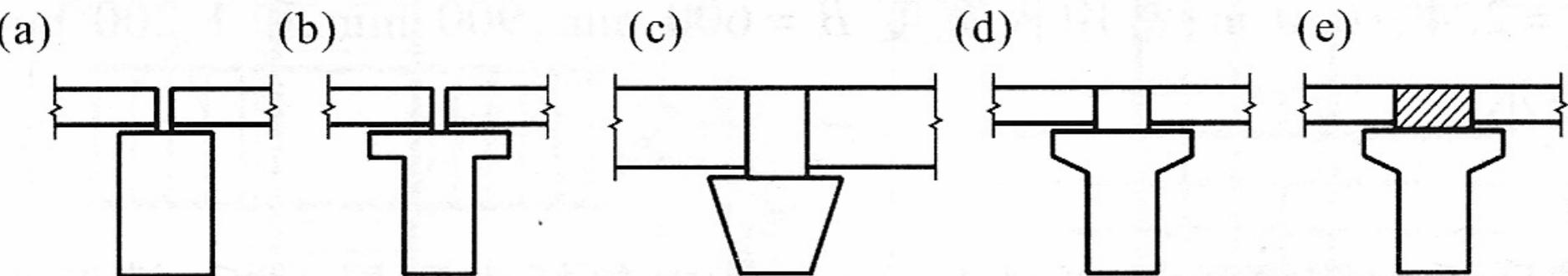


图 1.5.2 预制梁截面形式

(a) 矩形；(b) T形；(c) 花篮形；(d) 十字形；(e) 十字形叠合梁





➤ 5.1 预制板、梁形式及特点

■ 3. 预制梁、板的选用

- 预制梁、板一般均为简支受弯构件，应按承载力、刚度及裂缝控制确定结构**截面高度、配筋形式和数量**。
- 预制梁、板应根据标准图说明进行**选用**，只要计算出作用于梁、板上的**均布荷载值**，即可选用标准图集中的梁、板；对于非均布荷载作用时，一般应根据结构弯矩和剪力值按标准图集中梁、板受弯、剪承载力进行选用，必要时应对梁、板变形和裂缝宽度进行验算。

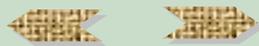
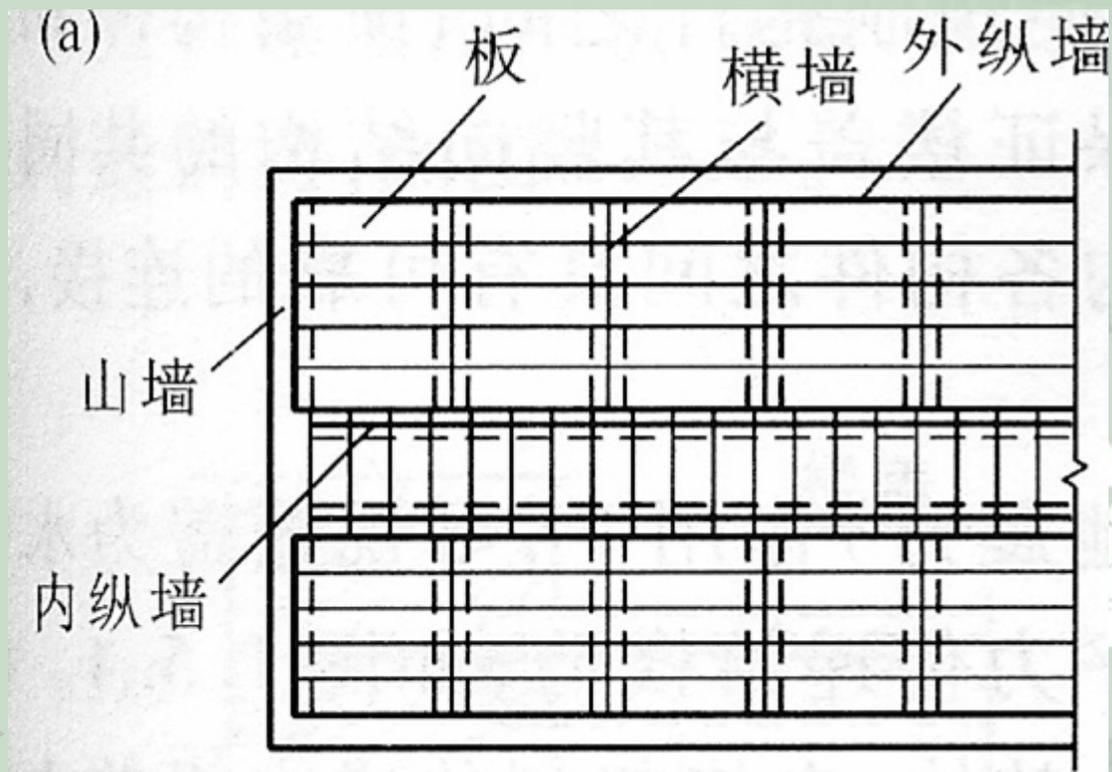




➤ 5.2 预制梁、板结构布置

■ 1. 预制梁板结构布置方案

- **横墙承重结构体系**：预制板沿纵向直接搁置在横向墙体上
 - 由于板的跨度和截面高度较小，故可减小混凝土和钢筋用量，但墙体的总用量增大。



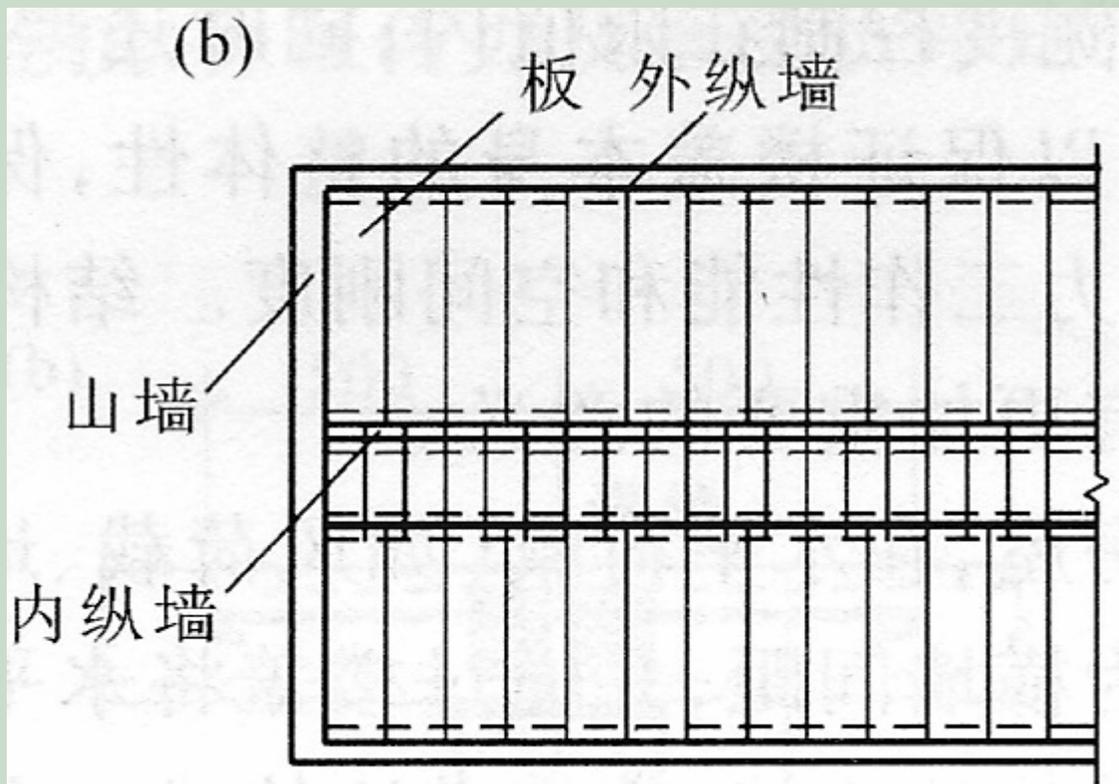


■ 1. 预制梁板结构布置方案

● 纵墙或纵、横墙承重结构体系：

● **长板结构布置方案**：将板直接搁置在内、外纵墙墙体上

● **特点**：可获得较大的房屋净空高度和平整的天棚面，板的数量和型号较少，便于施工。



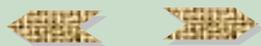
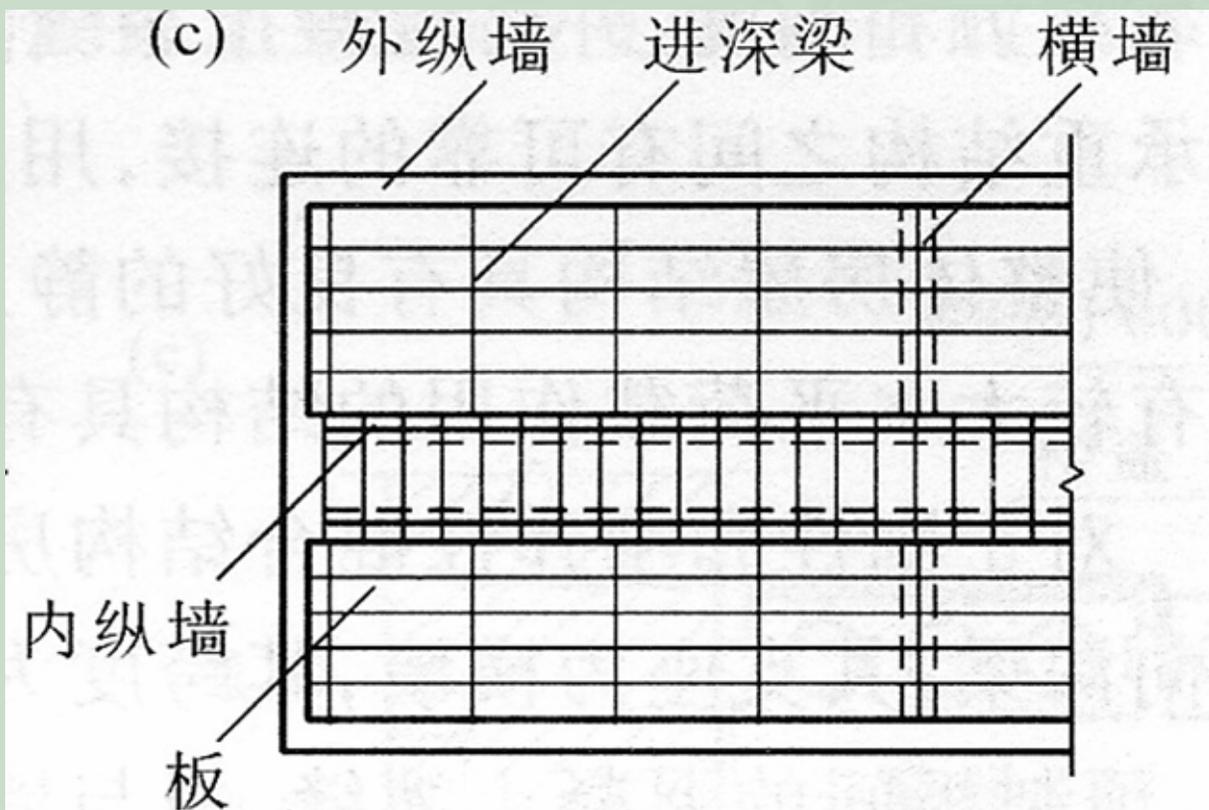


■ 1. 预制梁板结构布置方案

● 纵墙或纵、横墙承重结构体系：

● **横向梁纵向板结构布置方案：** 将梁沿横向（房间的进深方向）布置，梁直接搁置于内、外纵墙上，而板沿纵向（房屋的开间方向）布置，直接搁置于进深梁或承重横墙上。

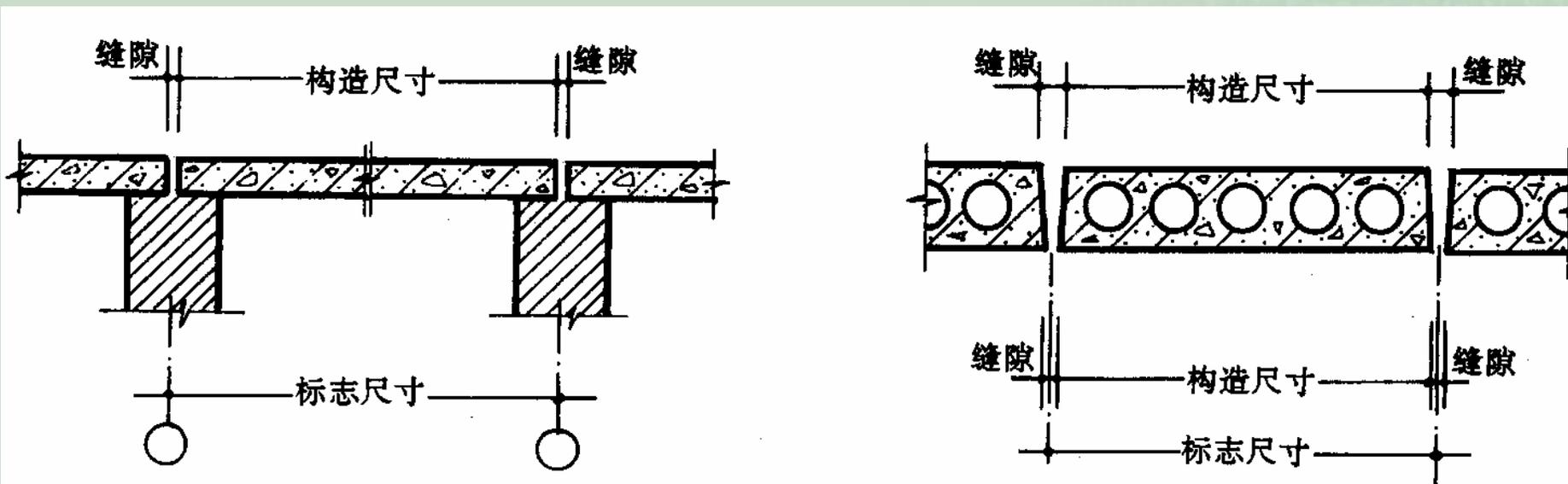
● **特点：** 可减小板的跨度，减少结构材料用量。





■ 2. 预制梁、板的标志尺寸和构造尺寸

- 预制梁、板的**标志尺寸**是根据建筑平面尺寸而确定的构件名义尺寸，它应符合建筑模数的要求。
- 考虑到预制梁、板的实际制作和安装的误差，因此梁板的**构造尺寸**要比标志尺寸小，一般小**10mm~20mm**。



标志尺寸与构造尺寸的关系



■ 3 . 预制铺板的布板方法

● 预制铺板的块数是根据房间的平面净尺寸确定的，排板有剩余孔隙时可采用下列方法进行：

(1) 采用不同板宽

(2) 采用调缝板：板宽度标志尺寸为 **400 mm** 。

(3) 调整楼板空隙：一般板缝的正常宽度为 **5~10mm** ，即楼板宽度的标志与构造尺寸的差值。必要时板缝可扩大至 **20~30mm** 或更大一些，板缝过宽时应进行配筋处理。

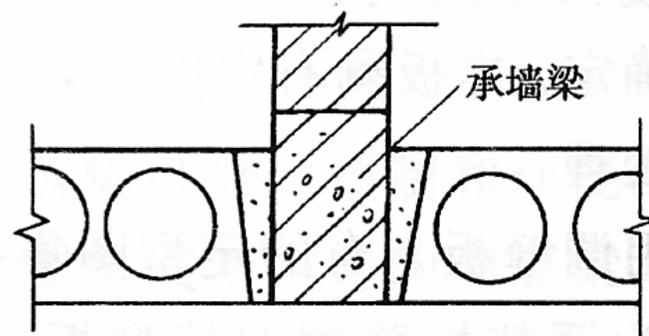
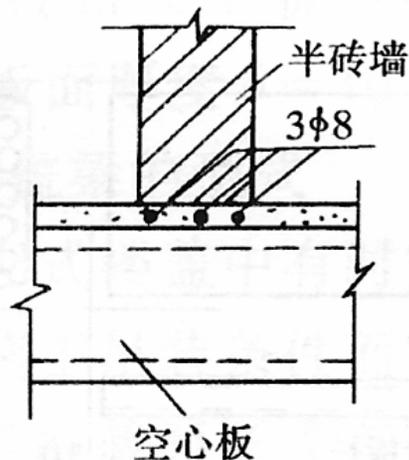
(4) 局部现浇板带：板缝宽度大于或等于 **50 mm** 时可采用配筋现浇板带。

● 处理铺板空隙时，预制板的长边在任何情况下，都不得搁置、嵌固在承重墙体內。



■4. 楼板上隔墙处理

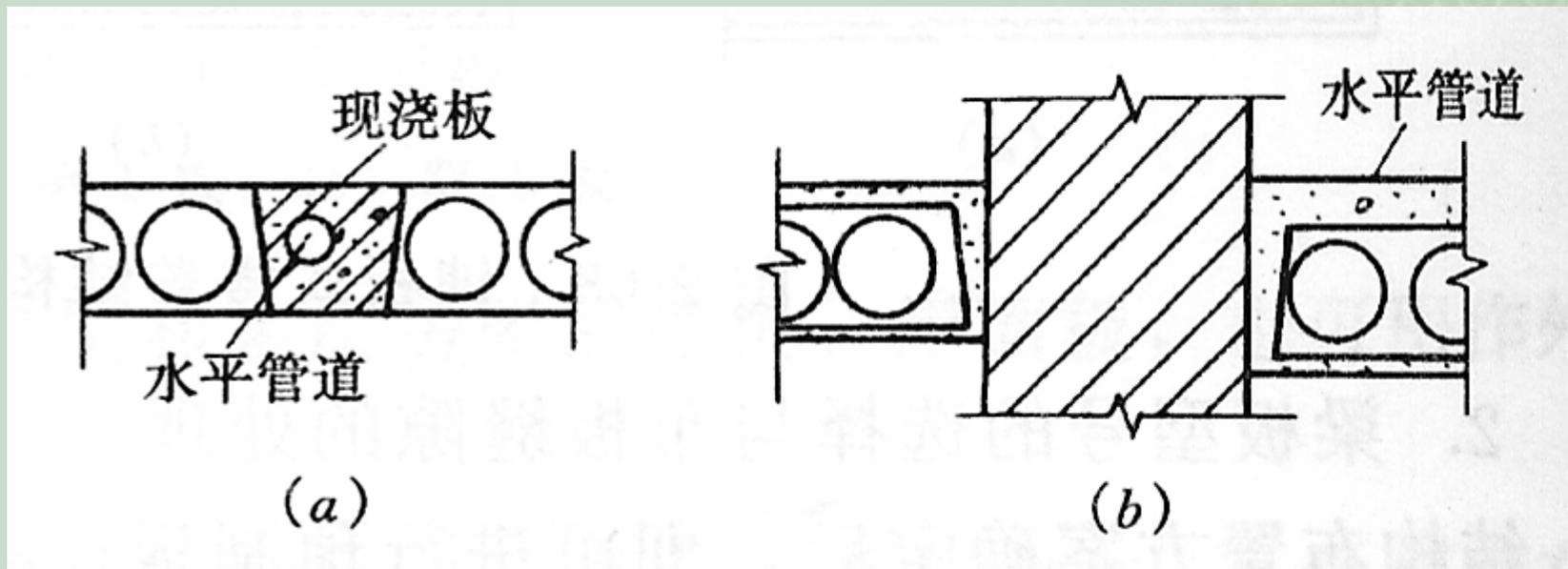
- 隔墙垂直于板跨度方向布置时：应根据结构内力按板的承载力选用预制板的型号，**隔墙下设置构造钢筋**。
- 隔墙平行于板跨度方向布置时：当荷载或板的跨度较大，板的受弯或受剪承载力不足时，可在隔墙下设置预制或现浇梁。
- 当采用轻质隔墙时，也可于隔墙下设置现浇板带，采用现浇板带时应进行承载力计算，并进行变形和裂缝宽度验算。





■ 5. 楼板穿管处理

- 上、下水管道穿越楼板时，如立管直径较大且位置较为集中，可在沿墙侧设置现浇板带。
- 当有照明、动力电管道在楼板平面内铺设时，可在预制板间预留出较宽的板缝，将水平管道铺设在配筋现浇板带中。

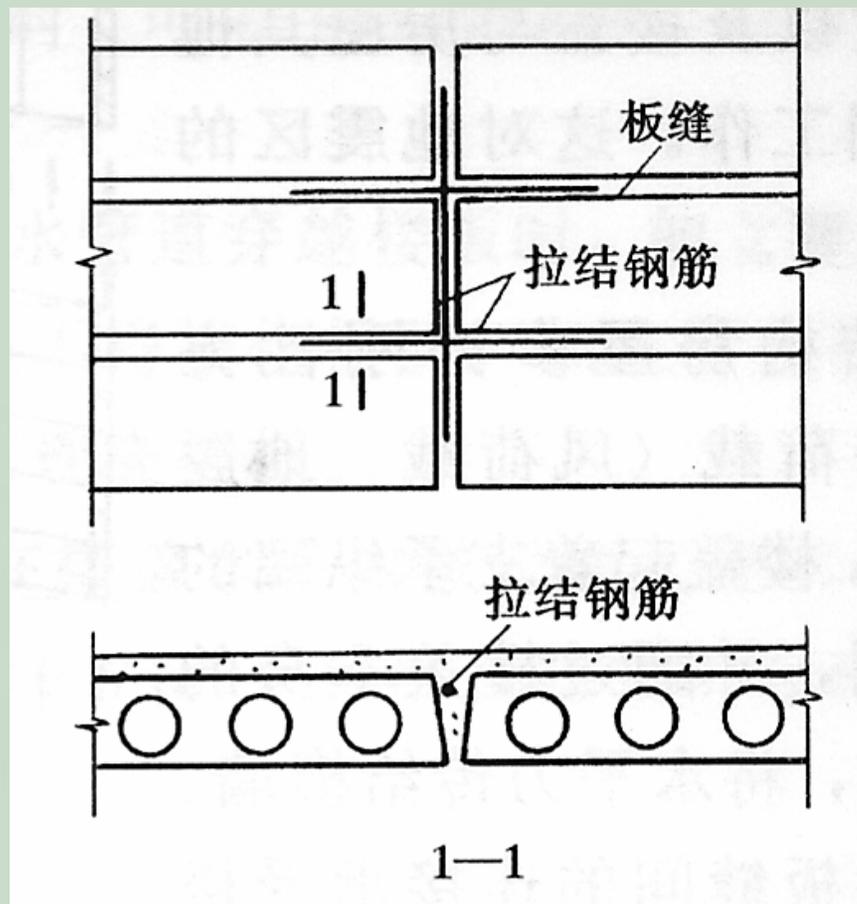
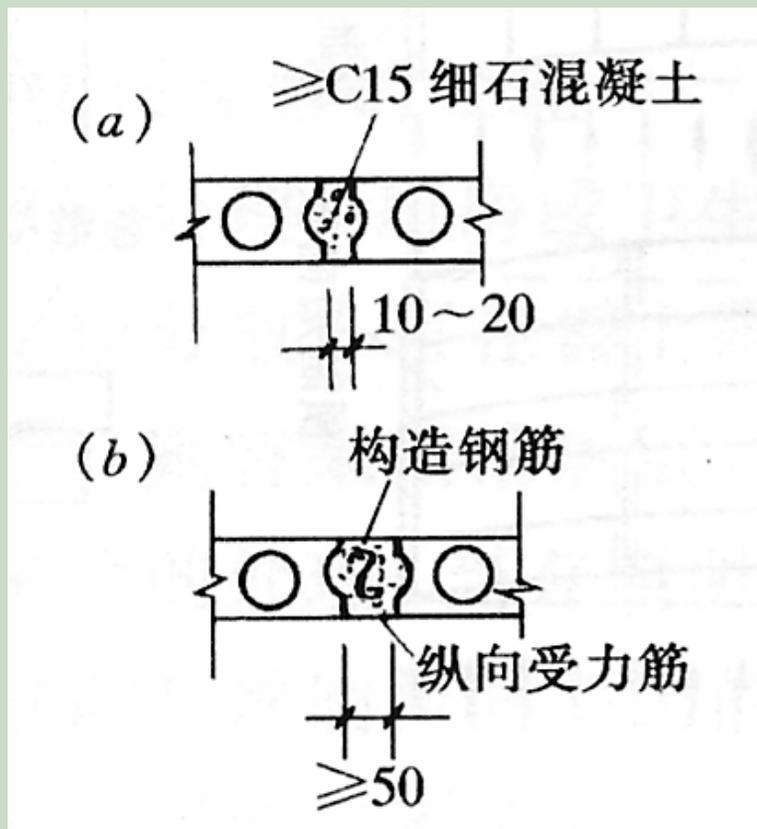




➤ 1.5.3 装配式梁板结构连接构造

■ 1. 板与板的连接

- 板缝：采用**C20**细混凝土填实。





➤ 1.5.3 装配式梁板结构连接构造

■ 1. 板与板的连接

■ 2 . 板与墙、梁的连接构造

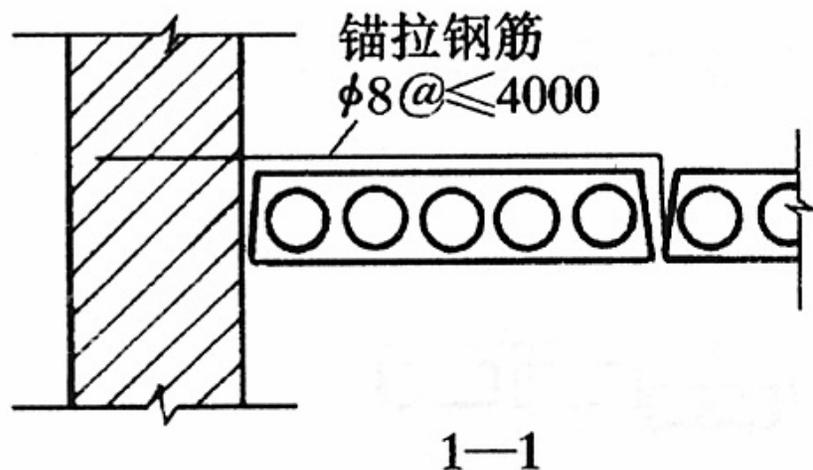
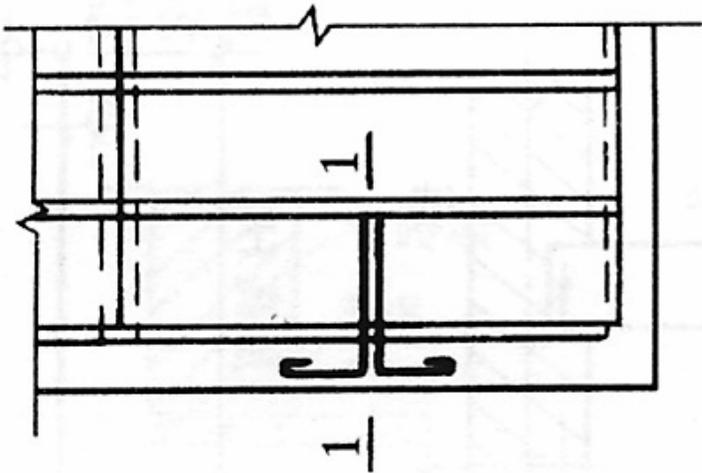
- 用 10 ~ 20mm 厚 M5.0 水泥砂浆坐浆铺放；
- 应保证足够的支承长度 a :
 - 当板支承在墙上时，则要求 $a \geq 100\text{mm}$ ；
 - 当板支承在梁上时，则要求 $a \geq 80\text{mm}$ 。
- 当空心板搁置在墙上时，为防止板嵌入墙内的端部被压坏，应将端部孔洞用混凝土或砖块堵砌密实。





➤ 1.5.3 装配式梁板结构连接构造

- 1. 板与板的连接
- 2. 板与墙、梁的连接构造
 - 为了加强板与墙、梁的连接以及传力作用，往往在预制板支座上部加设锚拉钢筋与墙、梁连接。





➤ 1.5.3 装配式梁板结构连接构造

- 1. 板与板的连接
 - 2. 板与墙、梁的连接构造
 - 3. 梁与墙的连接构造
 - 一般情况下，预制梁在墙上的支承长度应不小于 **180mm**，而且在支承处应坐浆 **10 ~ 20mm**，以承受因梁在墙上偏心作用而产生的水平拉力；在个别情况下（如抗地震时），在预制梁端应设置拉结钢筋。
- 1.5.4 装配式梁板计算特点（略）





➤ 1.6 整体式楼梯和雨篷设计要点

➤ 1.6.1 整体式楼梯

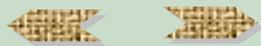
■ 1. 楼梯结构形式

板式楼梯

梁式楼梯

剪刀式楼梯

螺旋式楼梯





1. 楼梯结构形式

(1) 板式楼梯

◆结构组成：由梯段板、平台板和平台梁组成

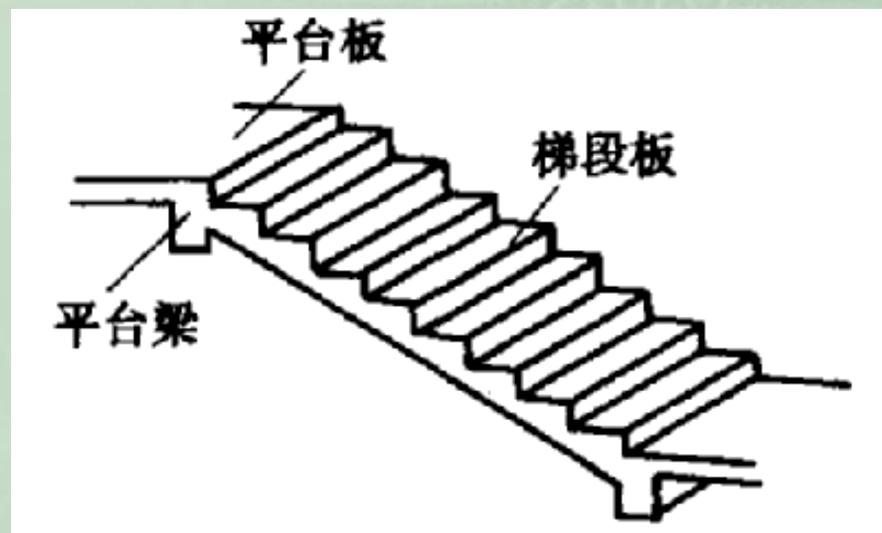
◆传力途经：

梯段板（均布荷载）→平台梁

平台板（均布荷载）→平台梁

◆特点及适用范围

其优点是下表面平整，支模施工方便，外观也较轻巧。其缺点是梯段跨度较大时，斜板较厚，材料用量较多。因此，当活荷载较小，梯段跨度不大于3~3.3m时，宜采用板式楼梯。





1. 楼梯结构形式

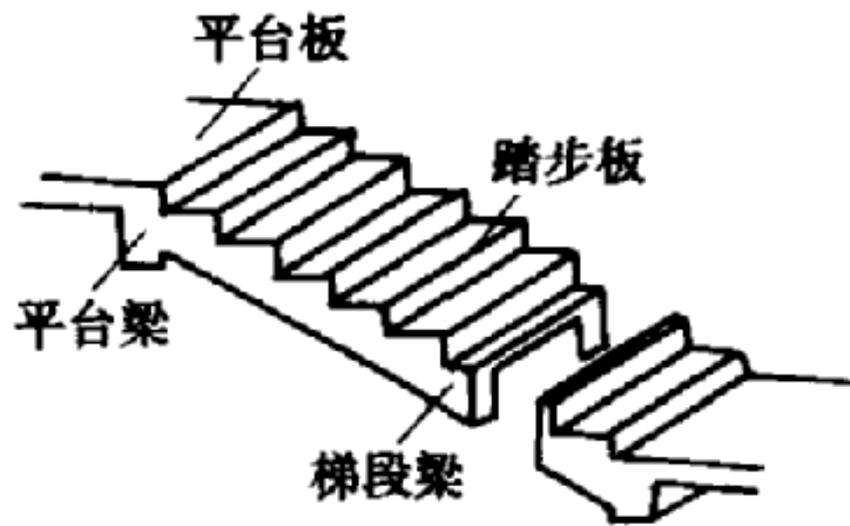
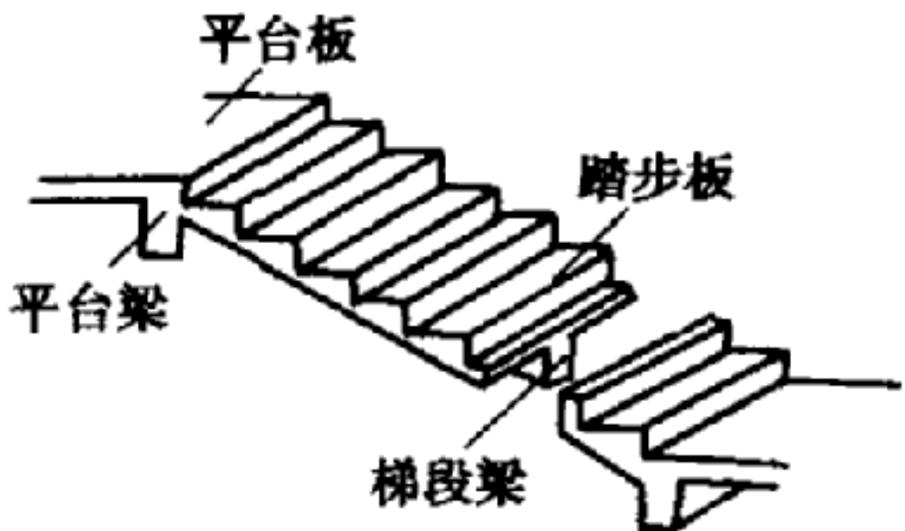
(2) 梁式楼梯

◆ 结构组成:

由踏步板、梯段梁（斜梁）、平台板和平台梁
分为单梁式楼梯和双梁式楼梯

◆ 2) 传力途经:

踏步板（均布荷载）→ 梯段梁（集中力）→ 平台梁
平台板（均布荷载）→ 平台梁





■ 1. 楼梯结构形式

(2) 梁式楼梯

◆特点及适用范围:

整体性好, 承载力大。

当梯段跨度大于3~

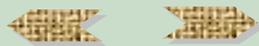
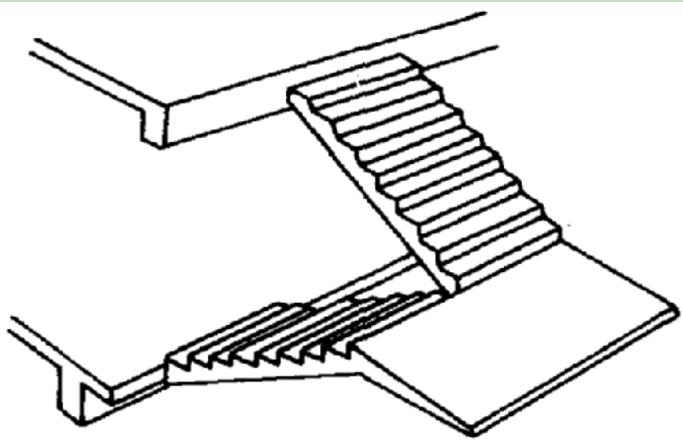
3.3m或活荷载较大时, 采用梁式楼梯较为经济, 但支模及施工比较复杂, 而且外观也显得比较笨重。





1. 楼梯结构形式

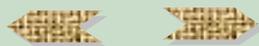
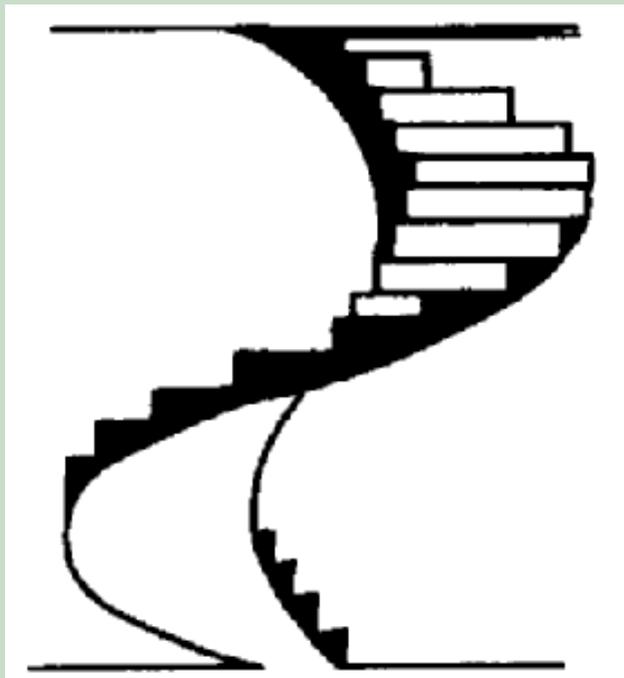
(3) 剪刀式楼梯



混凝土结构设计

■ 1. 楼梯结构形式

(4) 螺旋式楼梯

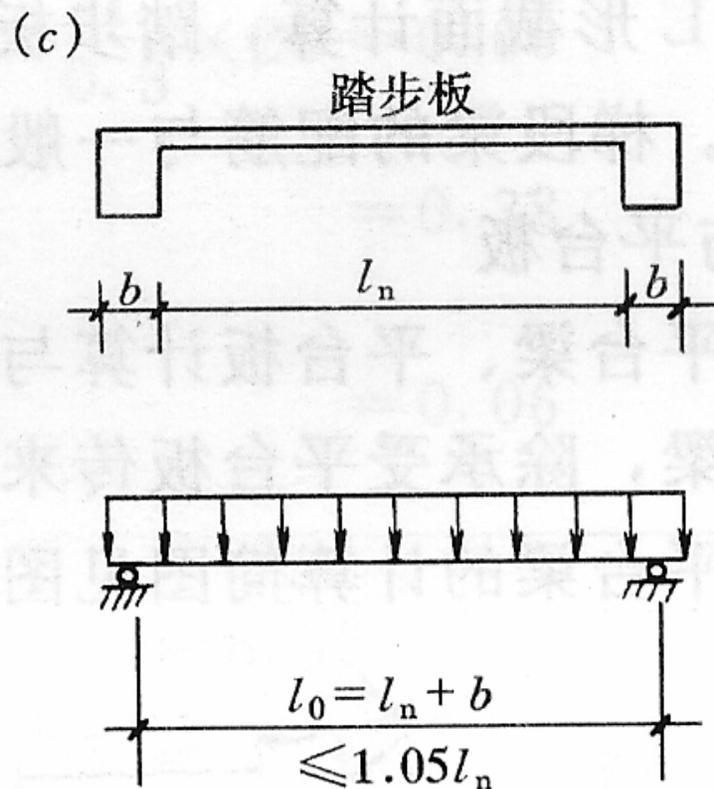
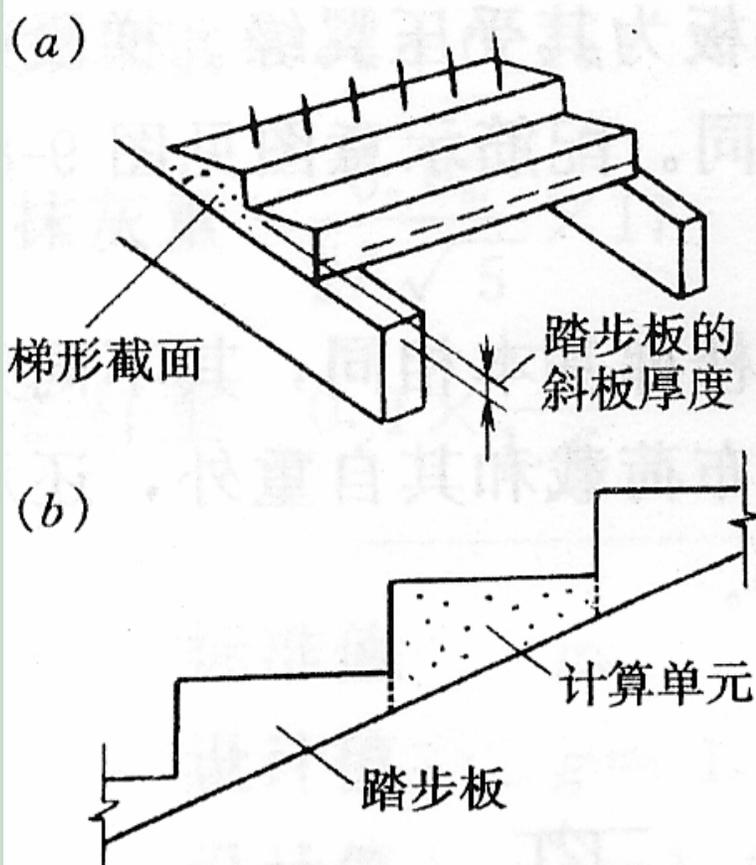




■ 2. 梁式楼梯计算与构造

(1) 踏步板：厚度一般为30~50 mm。

取一个踏步板按简支计算，支承在斜梁上。



每一踏步的配筋不小于 $2\phi 8$ 。

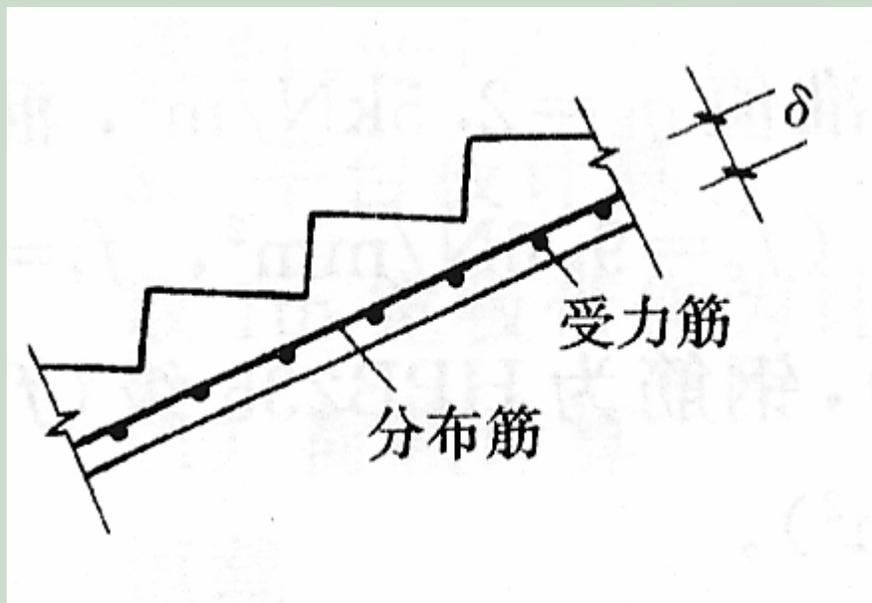


■ 2. 梁式楼梯计算与构造

(1) 踏步板

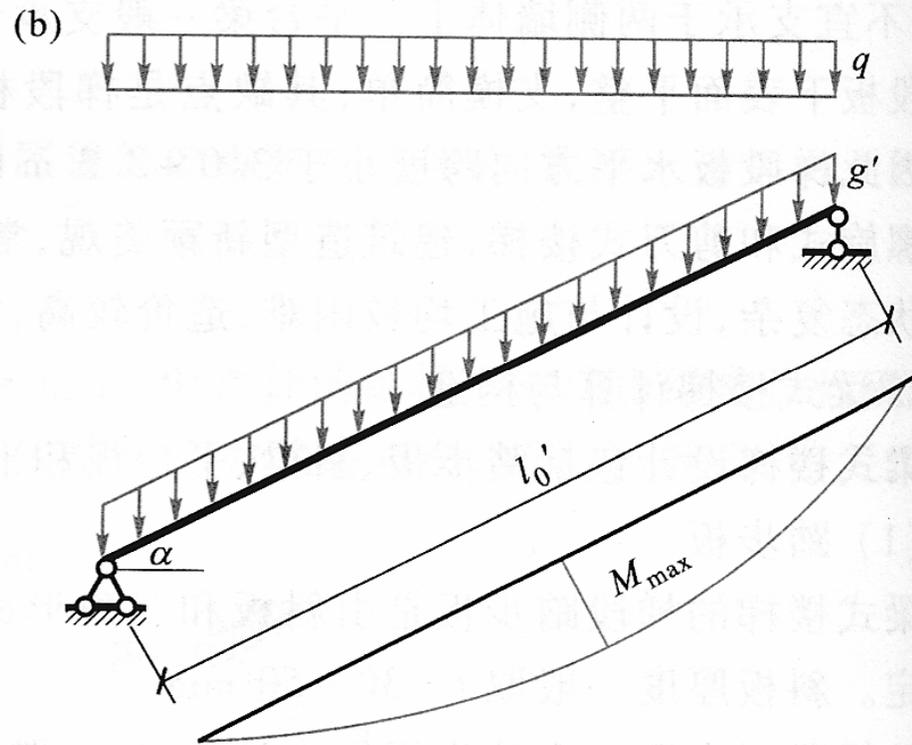
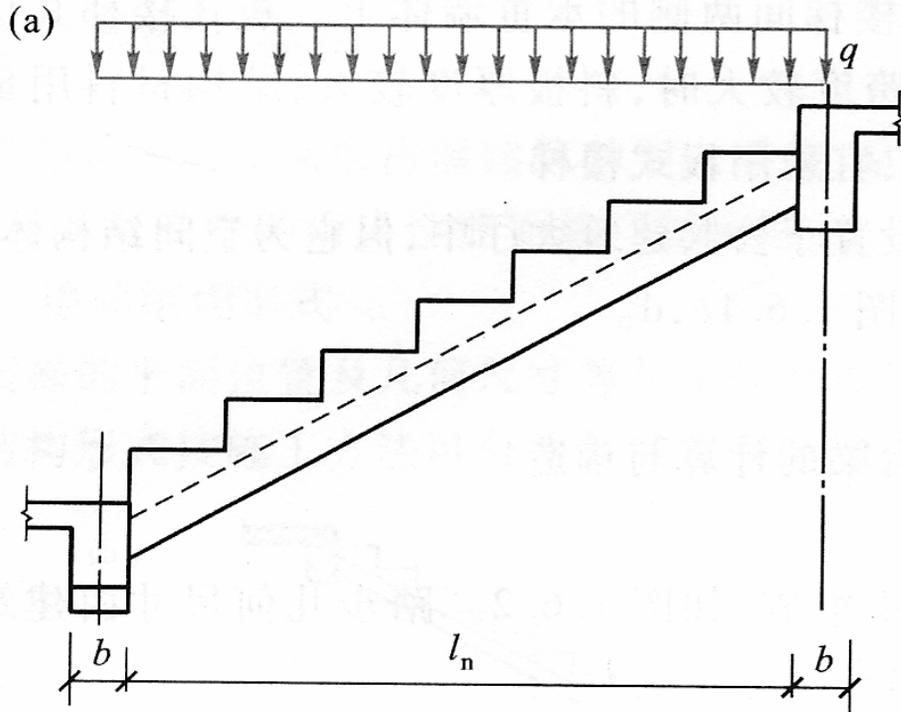
配筋构造:

受力筋每一踏步的配筋不小于 $2\phi 8$ 。

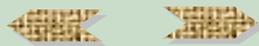




(2) 斜梁 (梯段梁)



$$M_{\max} = \frac{1}{8} (g' \cos \alpha + \frac{ql_0'}{l_0'} \cdot \cos \alpha) l_0'^2 = \frac{1}{8} (\frac{g'}{\cos \alpha} + q) l_0'^2 \cdot \cos^2 \alpha = \frac{1}{8} (g + q) l_0^2$$





(2) 斜梁

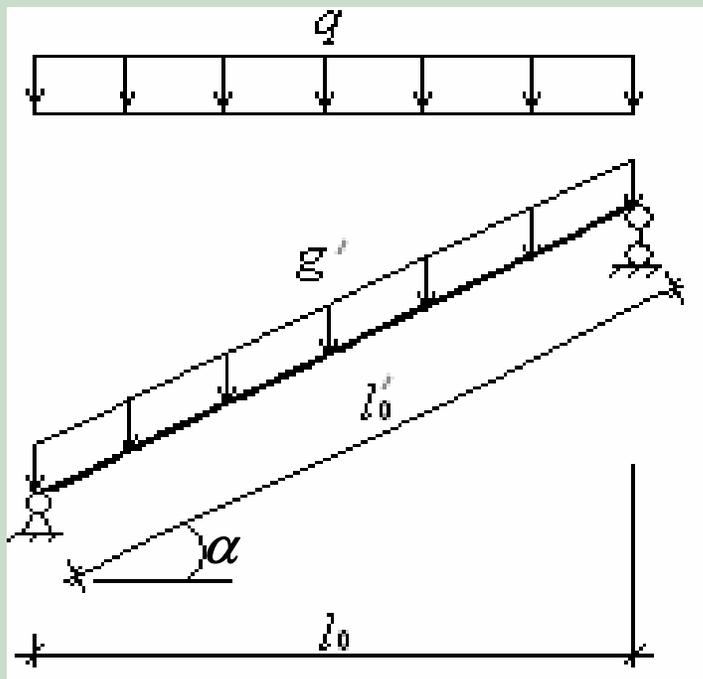
跨中截面最大正弯矩:

$$M_{\max} = \frac{1}{8}(g + q)l_0^2$$

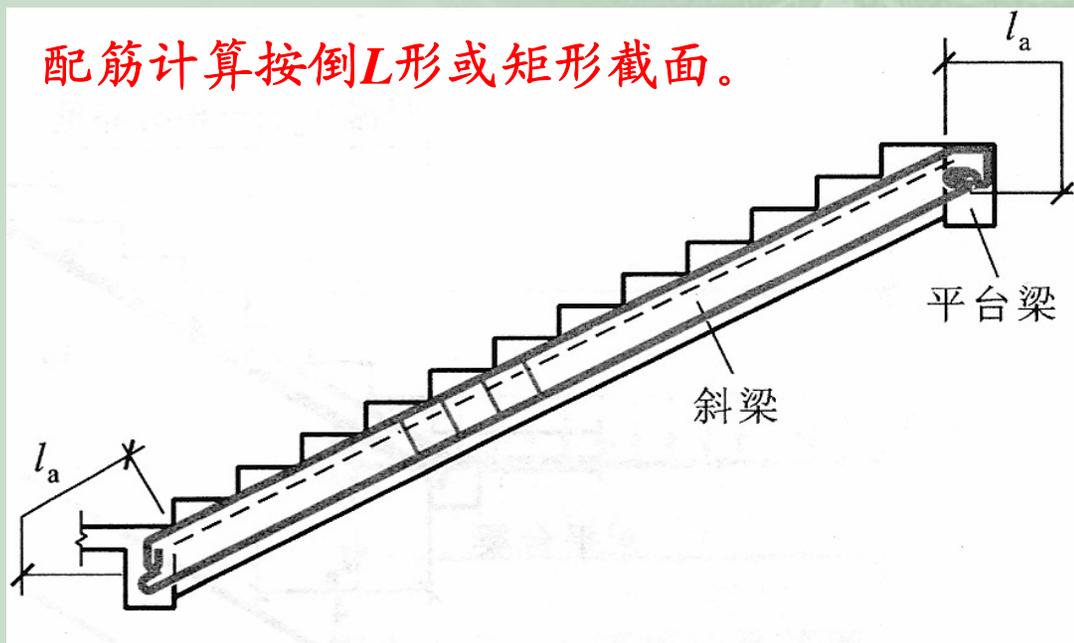
支座截面最大剪力:

$$V_{\max} = \frac{1}{2}(g + q)l_n \cos \alpha$$

式中: $g = \frac{g'}{\cos \alpha}$



配筋计算按倒L形或矩形截面。

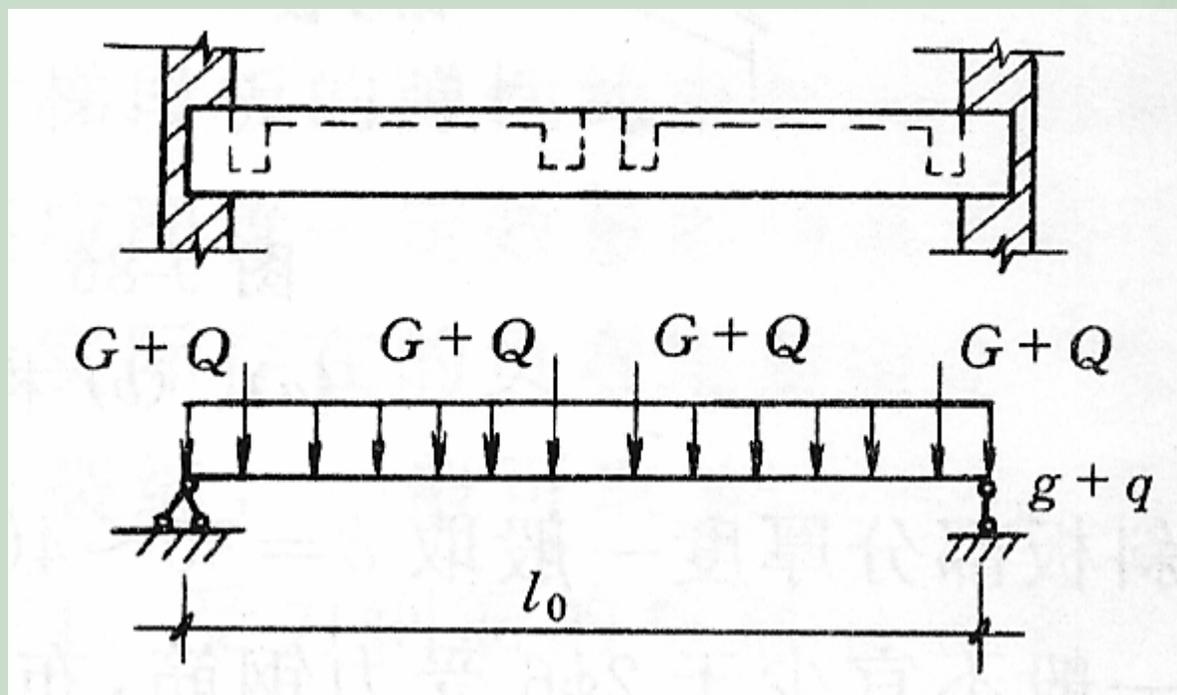




(3)平台梁：按简支梁（倒L形或矩形截面）计算。

平台板传来的荷载及平台梁自重为**均布荷载**。

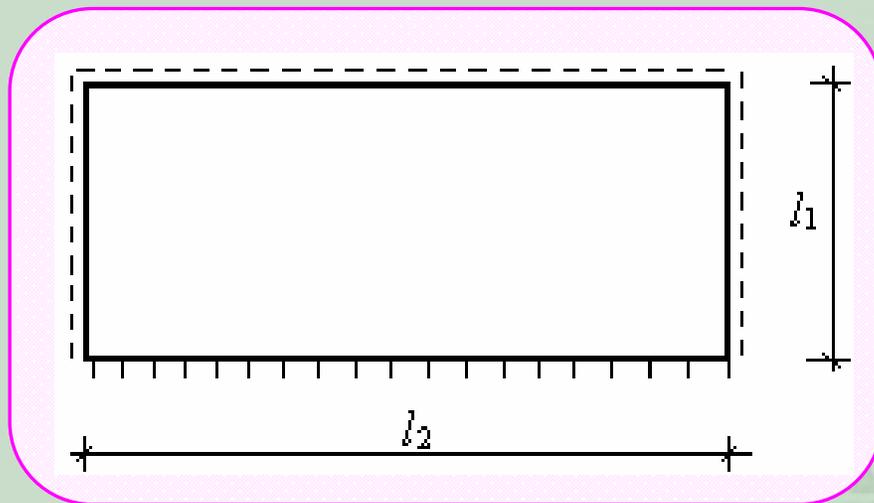
斜梁传来的荷载为**集中荷载**。此外，斜梁有沿梁轴方向作用的力，该力对平台梁产生水平推力或拉力。



平台梁的计算简图



(4)平台板：将平台板取出，与梁整浇时为固支，用墙支承时为简支，如下图为三边由墙支承，一边由平台梁支承。由 l_2/l_1 区分按单向板或双向板设计。

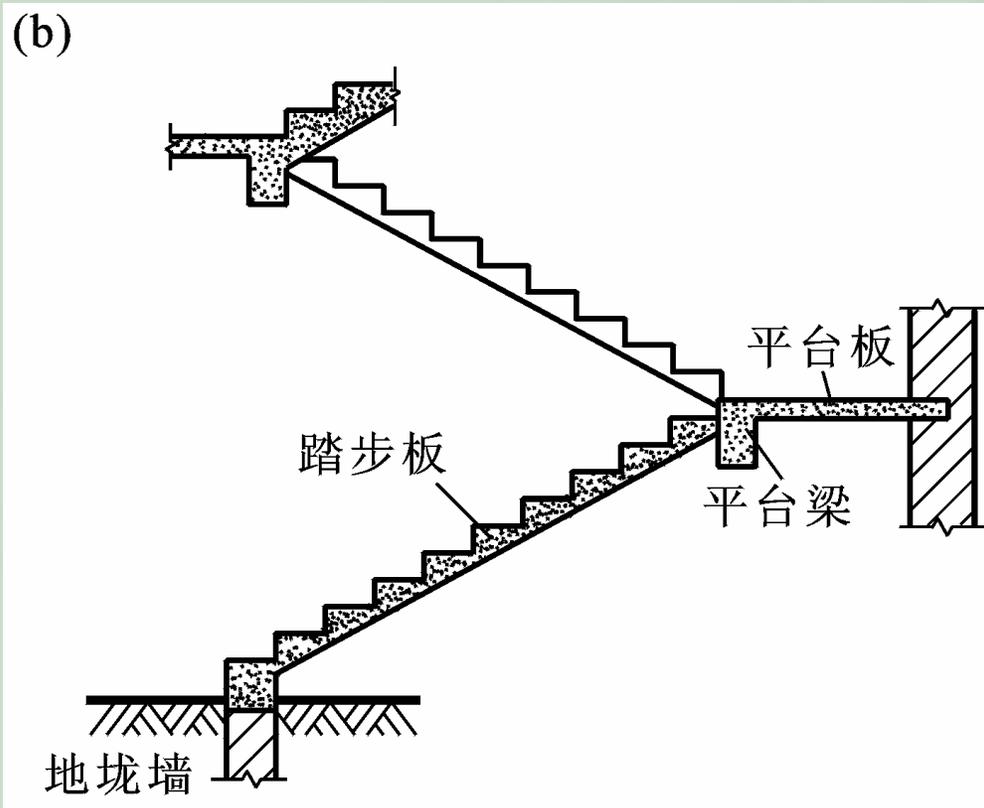
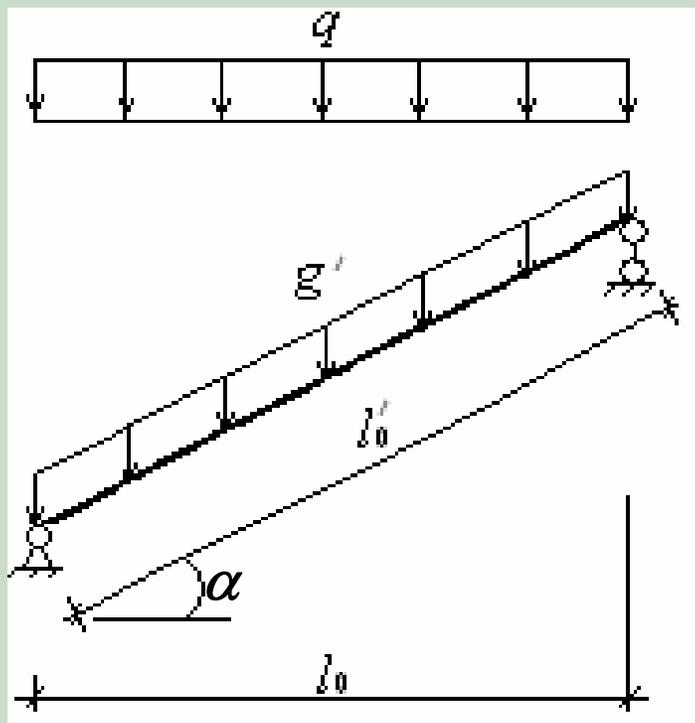




3. 板式楼梯计算与构造

(1) 梯段板（斜板）：

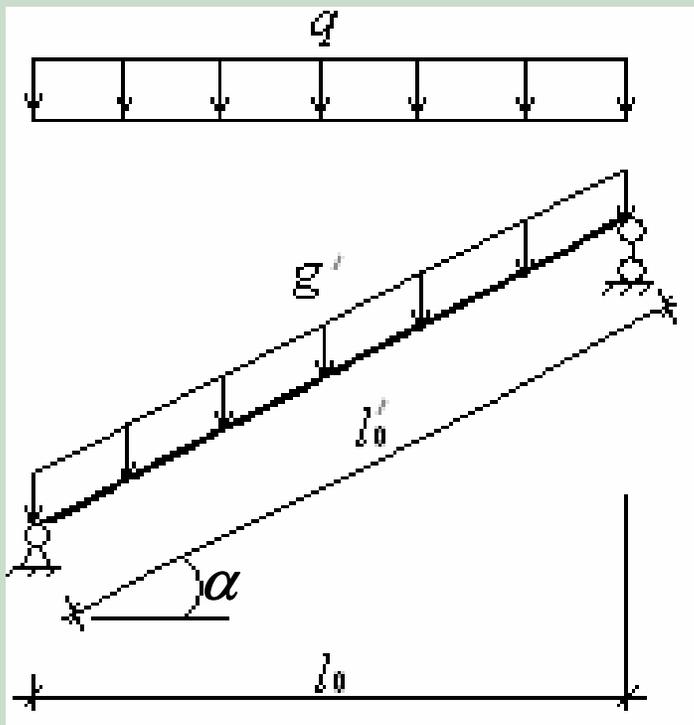
- 梯段板是由斜板和踏步组成。
- 斜板厚度通常取 $h = (1/25 \sim 1/30) l_0$ ， l_0 为斜板水平方向的跨度。





(1) 梯段板（斜板）：

- 取 **1m 宽斜向板** 带作为结构及荷载计算单元。
- 换算成与板面垂直的荷载后，按**简支板**求跨中弯矩，考虑到支座构造后，近似取：



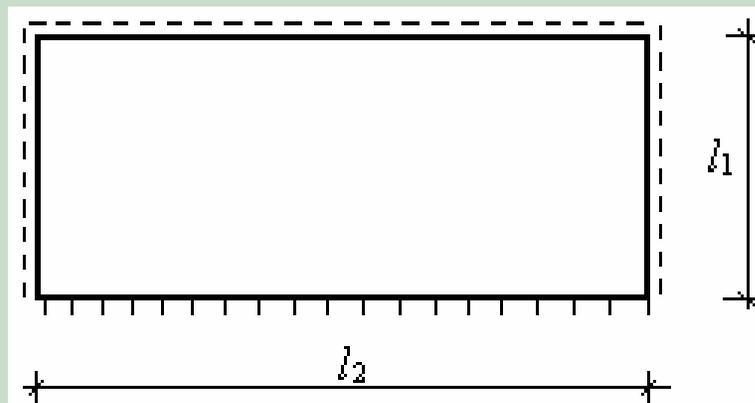
$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= \frac{1}{10} \left(g' \cos \alpha + \frac{q l_0}{l_0'} \cdot \cos \alpha \right) l_0'^2 \\
 &= \frac{1}{10} \left(\frac{g'}{\cos \alpha} + q \right) l_0'^2 \cdot \cos^2 \alpha \\
 &= \frac{1}{10} (g + q) l_0^2
 \end{aligned}$$

式中： $g = \frac{g'}{\cos \alpha}$



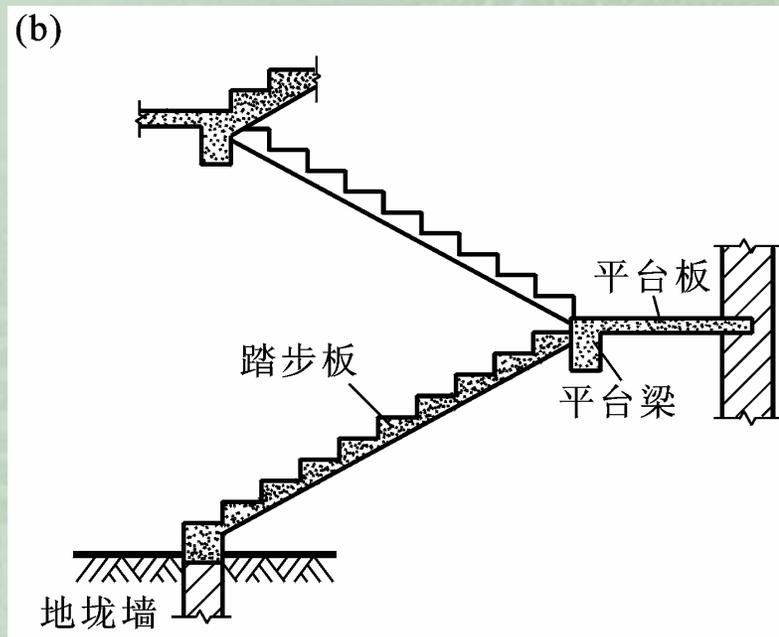
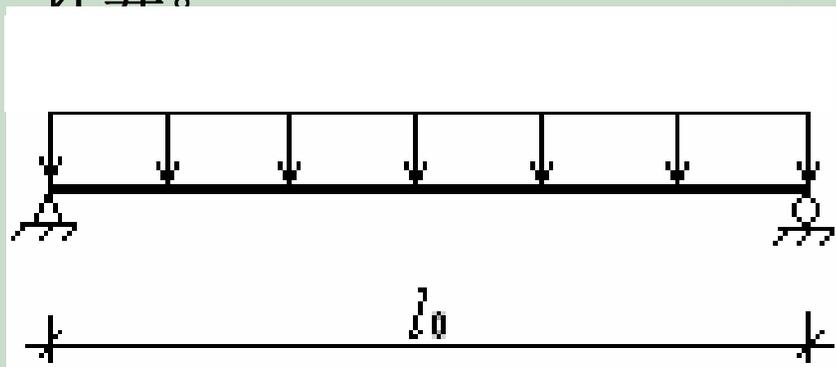
(2) 平台板

由 l_2/l_1 区分按单向板或双向板设计。



(3) 平台梁

承受梯段板传来的**均布荷载**，按简支梁（倒L形截面）计算。

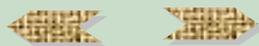
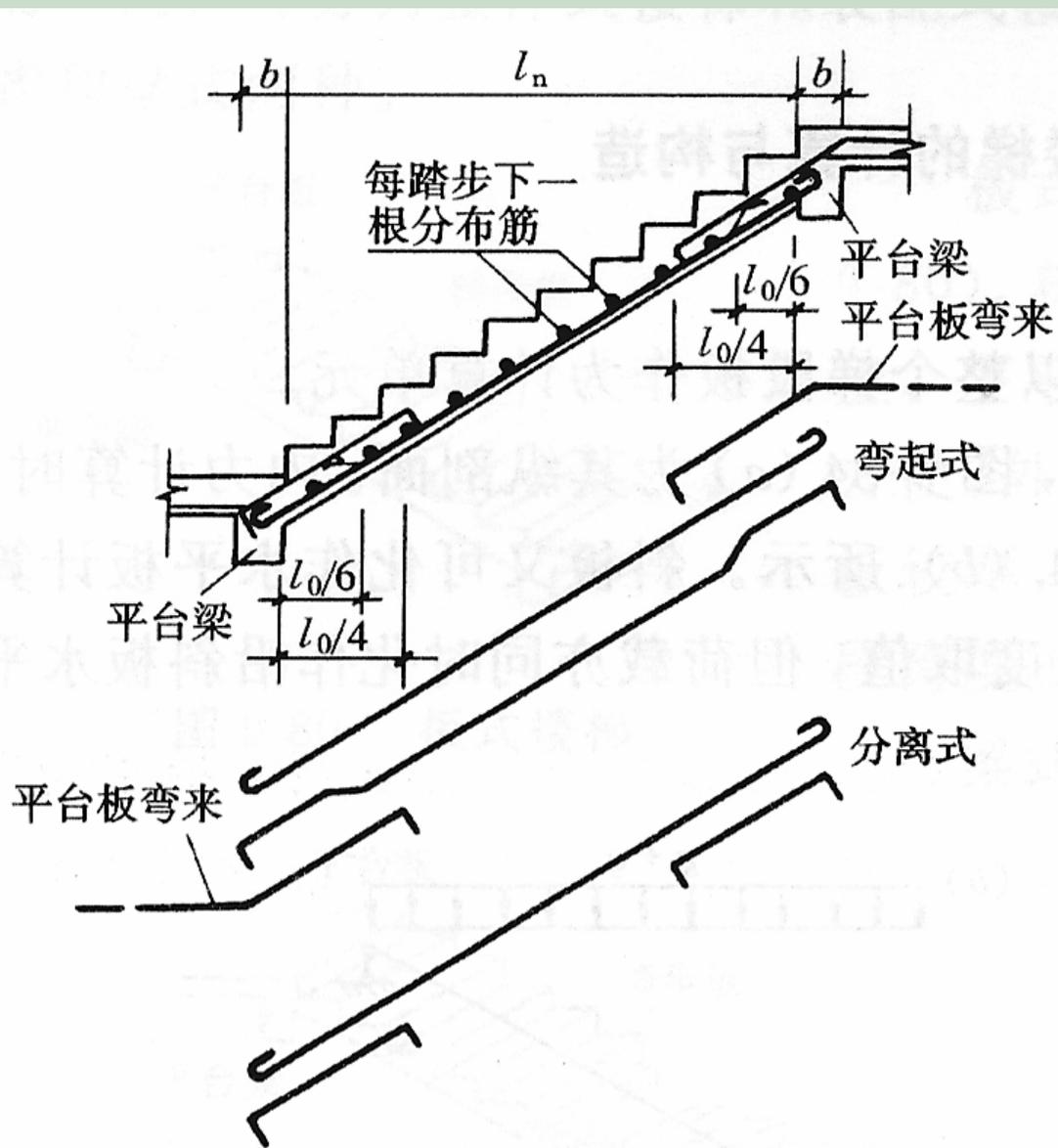




3. 板式楼梯计算与构造

(4) 配筋构造

板的支座应配置一定数量的**构造负筋**，以承受实际存在的负弯矩和防止产生过宽的裂缝，一般可取 $\phi 8@200$ ，长度为 $l_0/4$ 。

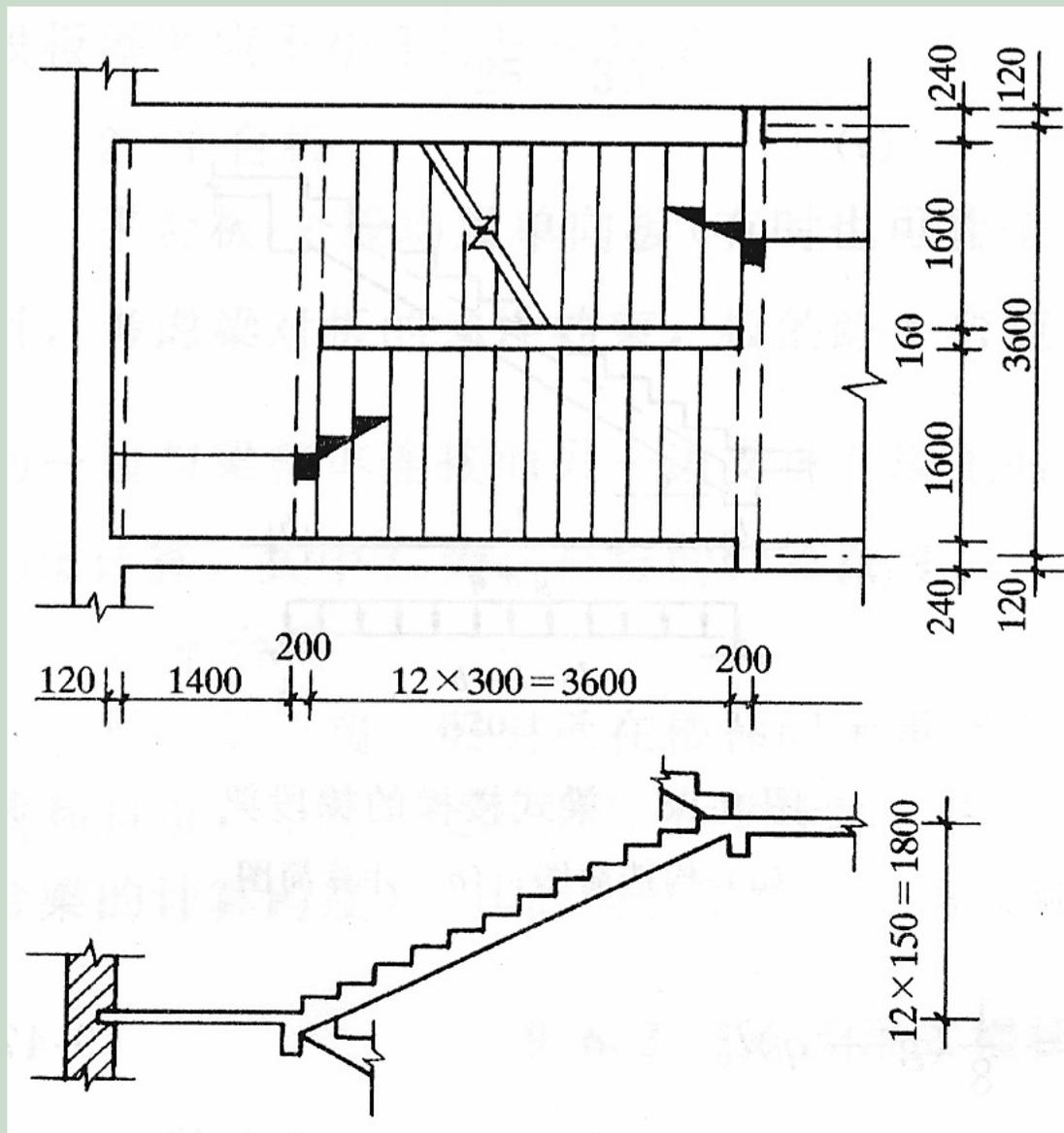




■ 板式楼梯设计例题

1. 设计资料

某板式楼梯结构布置如图所示。踏步面层为 **20mm** 厚水泥砂浆抹灰，底面为 **20mm** 厚混合砂浆抹灰，金属栏杆重 **0.1kN/m**，楼梯活荷载标准值 $q_k = 2.5 \text{ kN/m}^2$ ，混凝土为 C20 ($f_c = 9.6 \text{ N/mm}^2$ ， $f_t = 1.1 \text{ N/mm}^2$)，钢筋为 HPB235 级 ($f_y = 210 \text{ N/mm}^2$)。



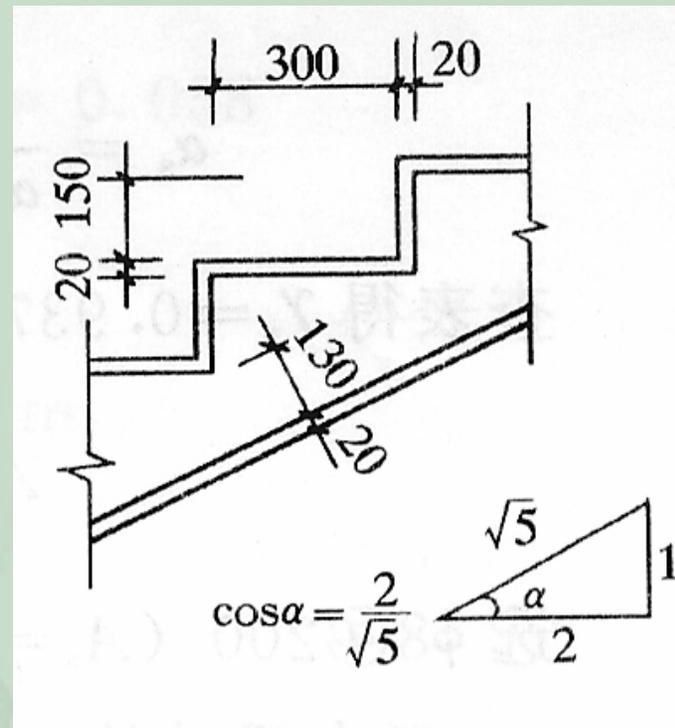


■ 板式楼梯设计例题

2. 梯段板计算

计算跨度: $l_0 = l_n + b$

估算板厚, $h = \frac{l_0}{30} = \frac{3800}{30} = 126.7\text{mm}$, 取 $h = 130\text{mm}$, 取 1m 宽作为计算单元。



梯段板构造

(1) 荷载计算

$$\text{梯段板自重} \left(\frac{1}{2} \times 0.15 + \frac{0.13}{2/\sqrt{5}} \right) \times 25 = 5.51\text{kN/m}$$



2. 梯段板计算

(1) 荷载计算

$$\text{梯段板自重} \left(\frac{1}{2} \times 0.15 + \frac{0.13}{2/\sqrt{5}} \right) \times 25 = 5.51 \text{ kN/m}$$

$$\text{踏步抹灰重} (0.3 + 0.15) \times 0.02 \times \frac{1}{0.3} \times 20 = 0.60$$

$$\text{板底抹灰重} \frac{0.02}{2/\sqrt{5}} \times 17 = 0.38$$

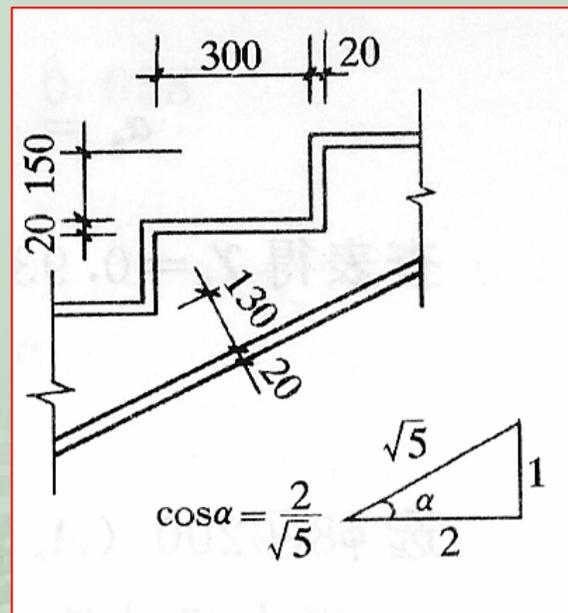
$$\text{金属栏杆重} 0.1 \times \frac{1}{1.6} = 0.06$$

$$\text{标准值 } g_k = 6.55$$

$$\text{设计值 } g = 1.2 \times 6.55 = 7.86$$

$$\text{活荷载: 设计值 } q = 1.4 \times 2.50 = 3.50$$

$$\text{合计 } g + q = 11.36 \text{ kN/m}$$



梯段板构造





2. 梯段板计算

(1) 荷载计算

(2) 内力计算

水平投影计算跨度为： $l_0 = l_n + b = 3.6 + 0.2 = 3.8\text{m}$

$$\begin{aligned} \text{跨中最大弯矩: } M &= \frac{1}{10}(g + q)l_0^2 = \frac{1}{10} \times 11.36 \times 3.8^2 \\ &= 16.4\text{kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

(3) 截面计算

$$h_0 = h - a_s = 130 - 20 = 110\text{m}$$

$$\alpha_s = \frac{M}{\alpha_1 f_c b h_0^2} = \frac{16.4 \times 10^6}{1.0 \times 9.6 \times 1000 \times 110^2} = 0.141$$

查表得 $\gamma_s = 0.924$

$$A_s = \frac{M}{f_y \gamma_s h_0} = \frac{16.4 \times 10^6}{210 \times 0.924 \times 110} = 768\text{mm}^2$$

选 $\phi 12 @ 140$ ($A_s = 808\text{mm}^2$)



3. 平台板计算

取1m宽板带作为计算单元。

(1) 荷载计算

恒载

平台板自重	$0.06 \times 25 = 1.50 \text{ kN/m}$
板面抹灰重	$0.02 \times 20 = 0.40$
板底抹灰重	$0.02 \times 17 = 0.34$

$$\text{标准值 } g_k = 2.24$$

$$\text{设计值 } g = 1.2 \times 2.24 = 2.69$$

$$\text{活荷载 设计值 } q = 1.4 \times 2.5 = 3.50$$

$$\text{合计: } g + q = 6.19 \text{ kN/m}$$

(2) 内力计算



3. 平台板计算

(1) 荷载计算

(2) 内力计算

$$\text{计算跨度为: } l_0 = l_n + \frac{h}{2} + \frac{b}{2} = 1.4 + \frac{0.06}{2} + \frac{0.2}{2} = 1.53\text{m}$$

$$\text{跨中最大弯矩: } M = \frac{1}{8}(g + q)l_0^2 = \frac{1}{8} \times 6.19 \times 1.53^2 = 1.81\text{kN} \cdot \text{m}$$

(3) 截面计算

$$h_0 = h - a_s = 60 - 20 = 40\text{mm}$$

$$\alpha_s = \frac{M}{\alpha_1 f_c b h_0^2} = \frac{1.81 \times 10^6}{1.0 \times 9.6 \times 1000 \times 40^2} = 0.118$$

$$\text{查表得 } \gamma_s = 0.937 \quad A_s = \frac{M}{f_y \gamma_s h_0} = \frac{1.81 \times 10^6}{210 \times 0.937 \times 40} = 230\text{mm}^2$$

选 $\phi 8 @ 200$ ($A_s = 251\text{mm}^2$)



4. 平台梁计算

$$\begin{aligned} \text{计算跨度为: } l_0 &= 1.05l_n = 1.05 \times 3.36 \\ &= 3.53\text{m} < l_n + a = 3.36 + 0.24 = 3.60\text{m} \end{aligned}$$

$$\text{估算截面尺寸: } h = \frac{l_0}{12} = \frac{3530}{12} = 294\text{mm}, \text{ 取 } b \times h = 200\text{mm} \times 400\text{mm}$$

(1) 荷载计算

$$\text{梯段板传来} \quad 11.36 \times \frac{3.6}{2} = 20.45\text{kN/m}$$

$$\text{平台板传来} \quad 6.19 \times \left(\frac{1.4}{2} + 0.2 \right) = 5.57$$

$$\text{平台梁自重} \quad 1.2 \times 0.2 \times (0.4 - 0.06) \times 25 = 2.04$$

$$\text{平台梁侧抹灰} \quad \underline{1.2 \times 2 \times (0.4 - 0.06) \times 0.02 \times 17 = 0.28}$$

$$\text{合计: } g + q = 28.34\text{kN/m}$$



4. 平台梁计算

(1) 荷载计算

(2) 内力计算

$$\text{跨中最大弯矩: } M = \frac{1}{8}(g + q)l_0^2 = \frac{1}{8} \times 28.34 \times 3.53^2 = 44.14 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{支座最大剪力: } V = \frac{1}{2}(g + q)l_n = \frac{1}{2} \times 28.34 \times 3.36 = 47.61 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

(3) 截面计算

(A) 受弯承载力计算

按倒 L 形截面计算，受压翼缘计算宽度取下列中较小值，

$$b'_f = \frac{1}{6}l_0 = \frac{1}{6} \times 3530 = 588 \text{ mm}$$

$$b'_f = b + \frac{s_0}{2} = 200 + \frac{1400}{2} = 900 \text{ mm}$$

$$\therefore \text{取 } b'_f = 588 \text{ mm}, h_0 = h - a_s = 400 - 35 = 365 \text{ mm}$$



4. 平台梁计算

(3) 截面计算

(A) 受弯承载力计算

$$\begin{aligned}\alpha_1 f_c b'_f h'_f \left(h_0 - \frac{h'_f}{2} \right) &= 1.0 \times 9.6 \times 588 \times 60 \times \left(365 - \frac{60}{2} \right) \\ &= 113.46 \times 10^6 \text{N} \cdot \text{mm} = 113.46 \text{kN} \cdot \text{m} > M \\ &= 44.14 \text{kN} \cdot \text{m}\end{aligned}$$

所以，属于第一类T形截面。

$$\alpha_s = \frac{M}{\alpha_1 f_c b'_f h_0^2} = \frac{44.14 \times 10^6}{1.0 \times 9.6 \times 588 \times 365^2} = 0.058$$

查表得 $\gamma_s = 0.970$

$$A_s = \frac{M}{f_y \gamma_s h_0} = \frac{44.14 \times 10^6}{210 \times 0.970 \times 365} = 594 \text{mm}^2$$

选 3 ϕ 16 ($A_s = 603 \text{mm}^2$)



4. 平台梁计算

(3) 截面计算

(A) 受弯承载力计算

选 $3\phi 16$ ($A_s = 603\text{mm}^2$)

(B) 受剪承载力计算

$$0.25\beta_c f_c b h_0 = 0.25 \times 1.0 \times 9.6 \times 200 \times 365 = 175.2 \times 10^3 = 175.2\text{kN} > V$$

截面尺寸满足要求，

$$0.7f_t b h_0 = 0.7 \times 1.1 \times 200 \times 365 = 56.2 \times 10^3\text{N} = 56.2\text{kN} > V$$

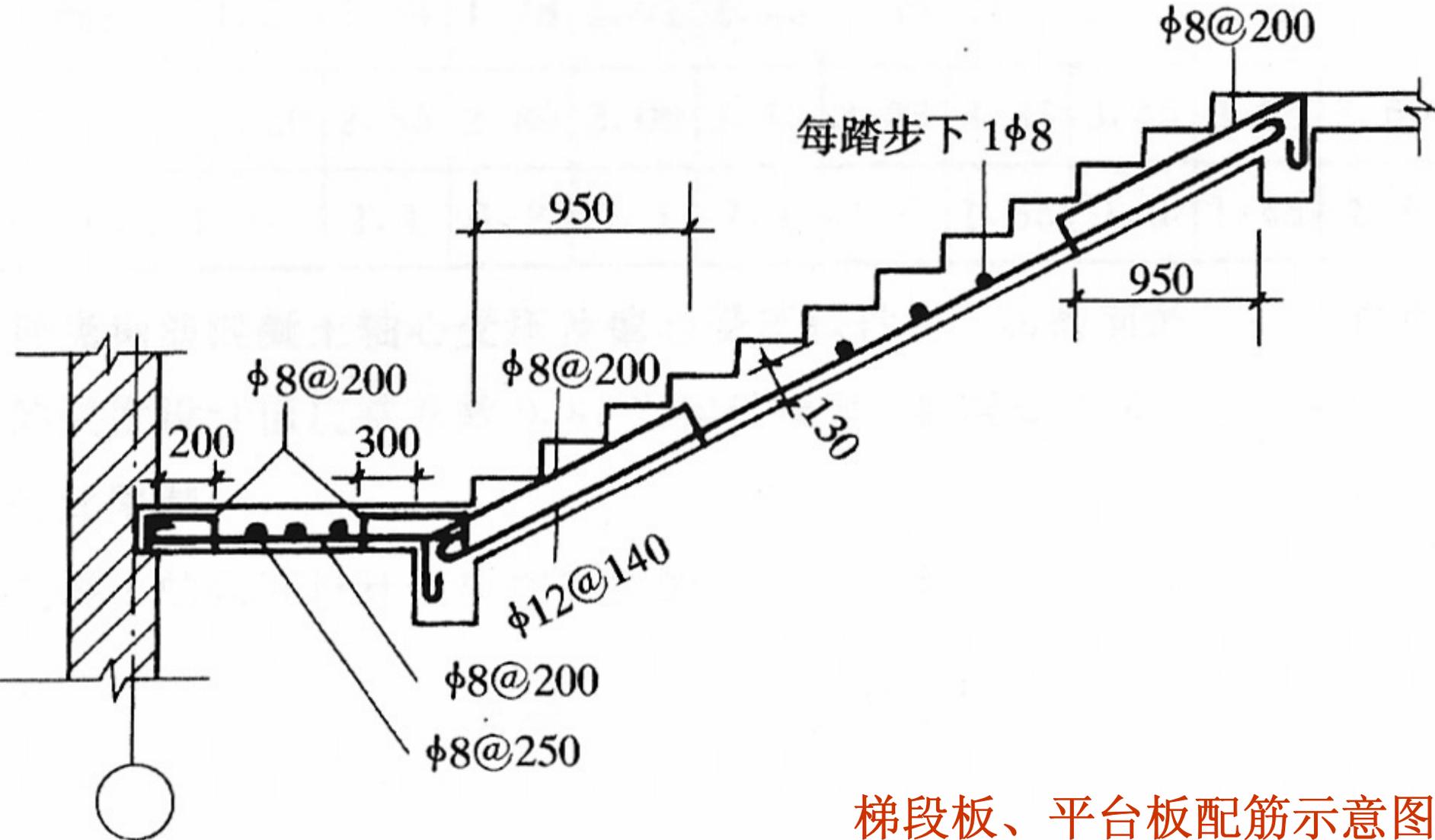
仅需按构造要求配置箍筋，选用**双肢 $\phi 8@ 300$** 。

5. 配筋示意图





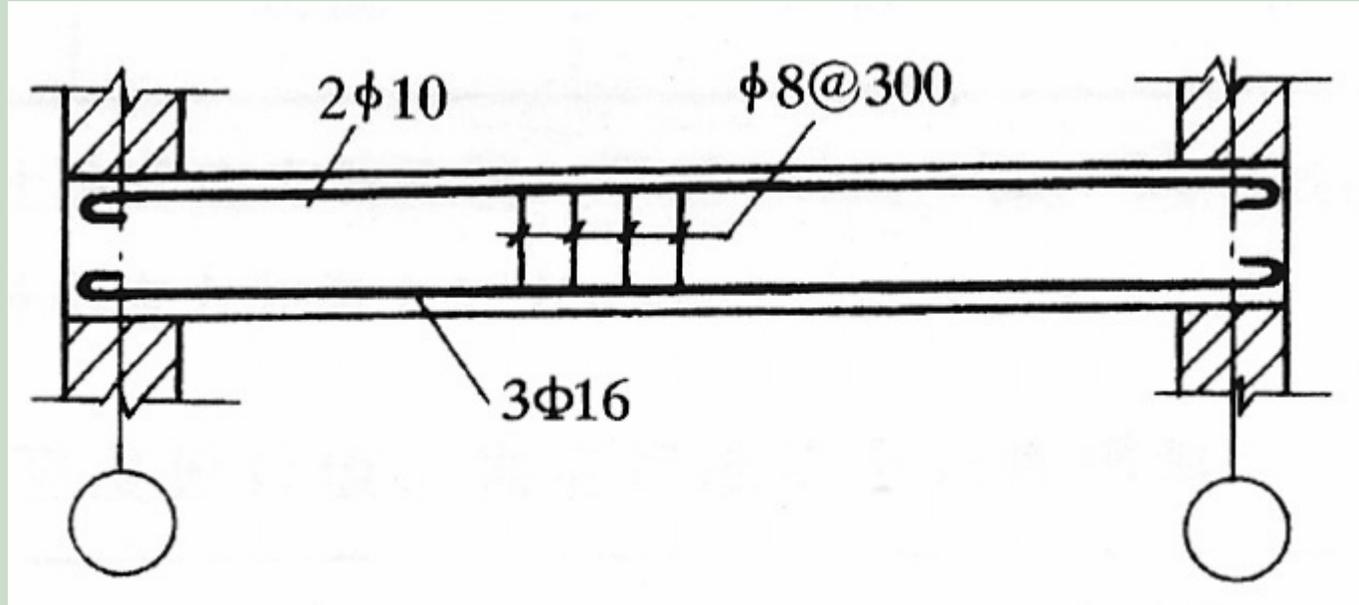
5. 配筋示意图



梯段板、平台板配筋示意图



5. 配筋示意图



平台梁配筋示意图





➤ 1.6.2 雨篷设计要点

■ 组成：雨篷板+雨篷梁

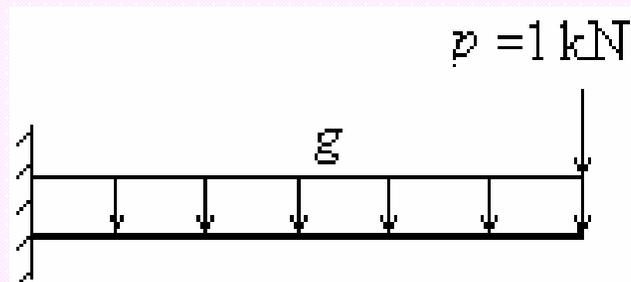
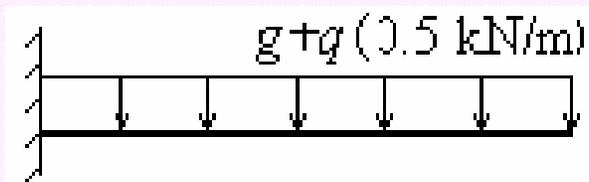
■ 设计内容

(1)雨篷板设计；(2)雨篷梁设计；(3)雨篷抗倾覆验算。

■ 雨篷板设计

取1m宽板带，按悬臂构件设计，注意事项为：

(1)活荷载要考虑分布与集中两种形式，选弯矩大者配筋。



(2)受力钢筋配在板的顶面



■ 雨篷梁设计

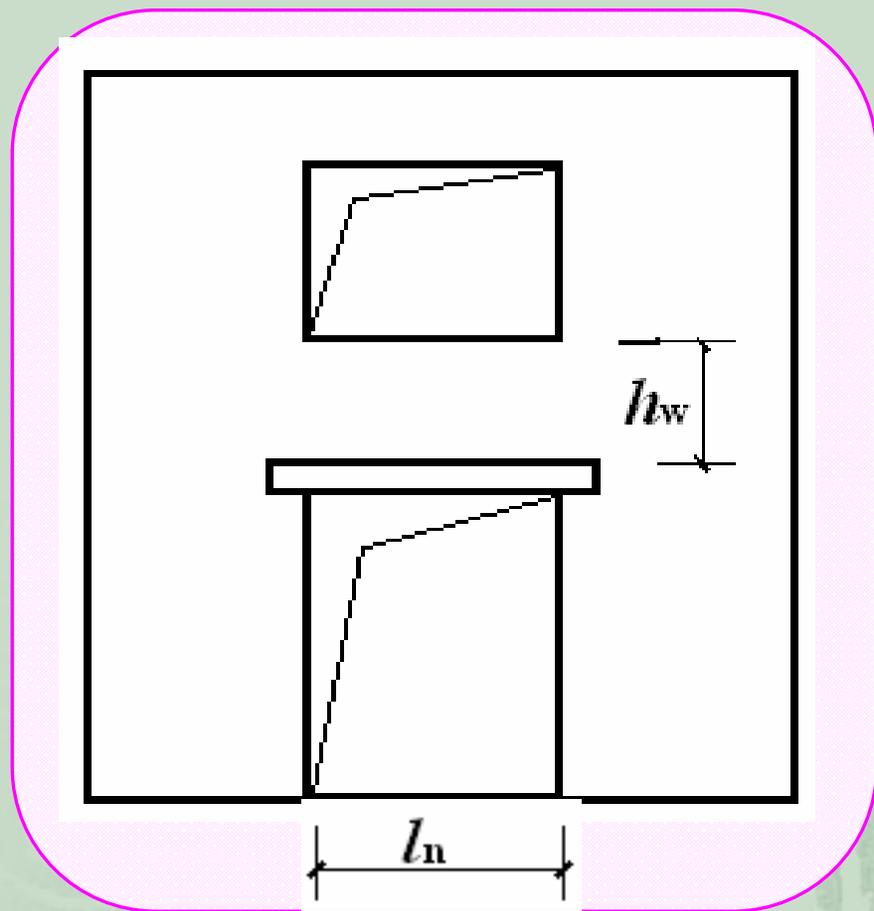
(1) 雨篷梁上的荷载:

- ❖ 雨篷梁自重;
- ❖ 雨篷板自重及其上的活荷载;
- ❖ 雨篷梁上墙体重。

注意:

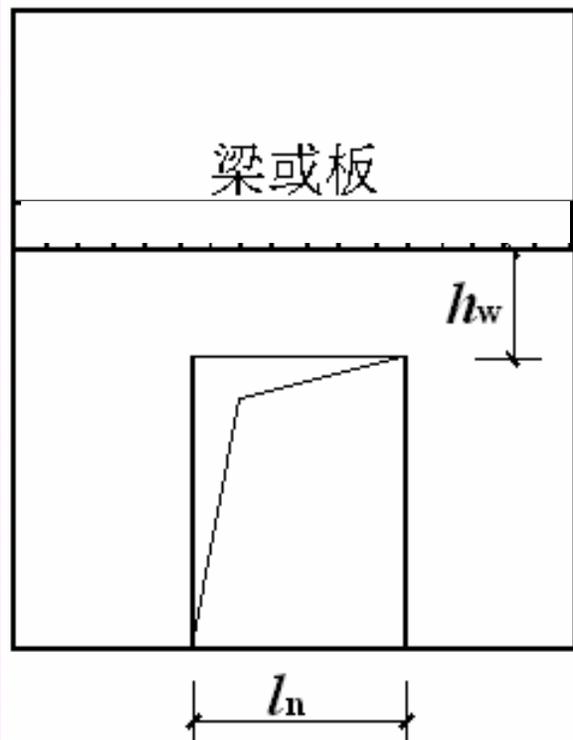
当 $h_w < l_n/3$ 时, 取全部墙重;

当 $h_w \geq l_n/3$ 时, 取 $l_n/3$ 墙重。





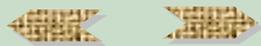
❖ 楼上梁板荷载



注意：

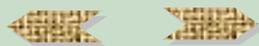
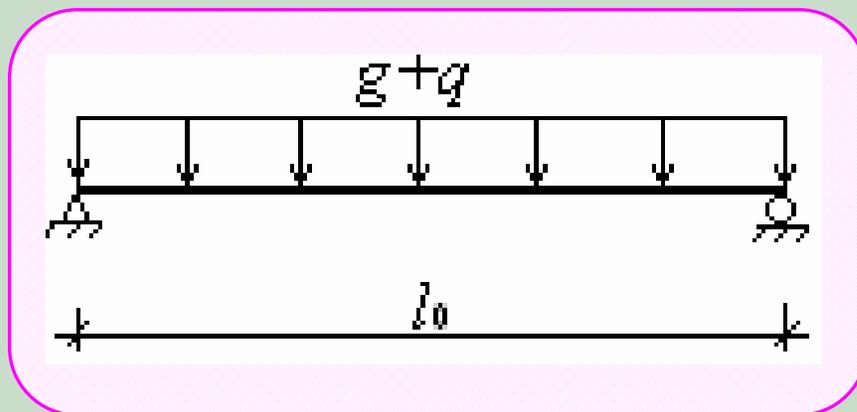
当 $h_w < l_n$ 时，计入梁板上荷载；

当 $h_w \geq l_n$ 时，不计梁板荷载。





(2) 雨篷梁的弯矩、剪力计算
按简支梁承受均布荷载计算





(3) 雨篷梁的**扭矩**计算

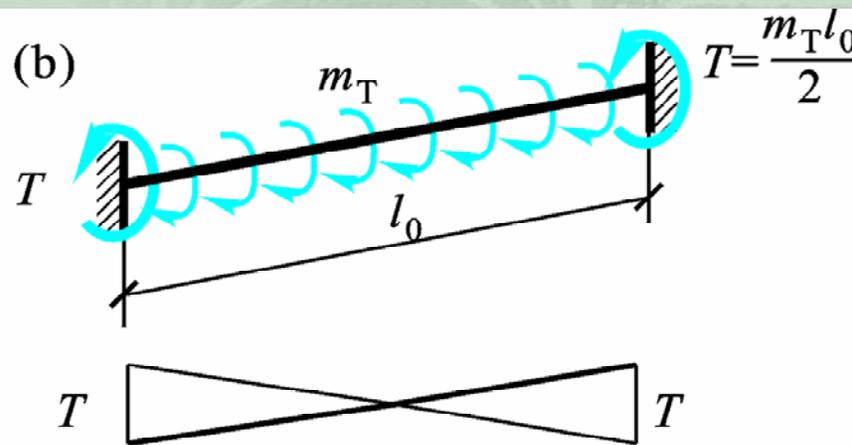
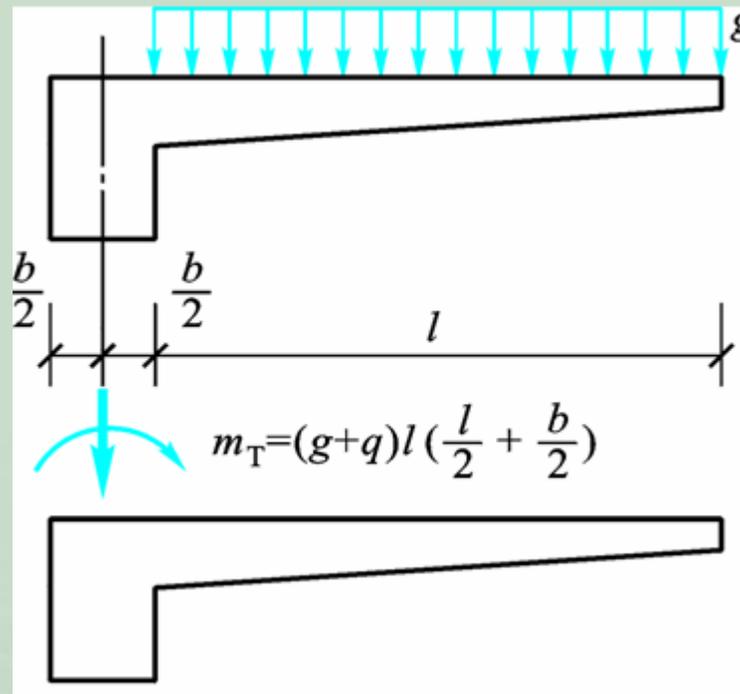
按平衡条件计算内扭矩。

$$m_T = (g + q)l \left(\frac{l+b}{2} \right)$$

$$\text{或 } m_T = gl \left(\frac{l+b}{2} \right) + P \left(\frac{b}{2} + l \right)$$

$$T = m_T \frac{l_0}{2}$$

$$l_0 = 1.05l_n$$



(3) 雨篷梁**配筋**计算

按**弯剪扭**构件计算。



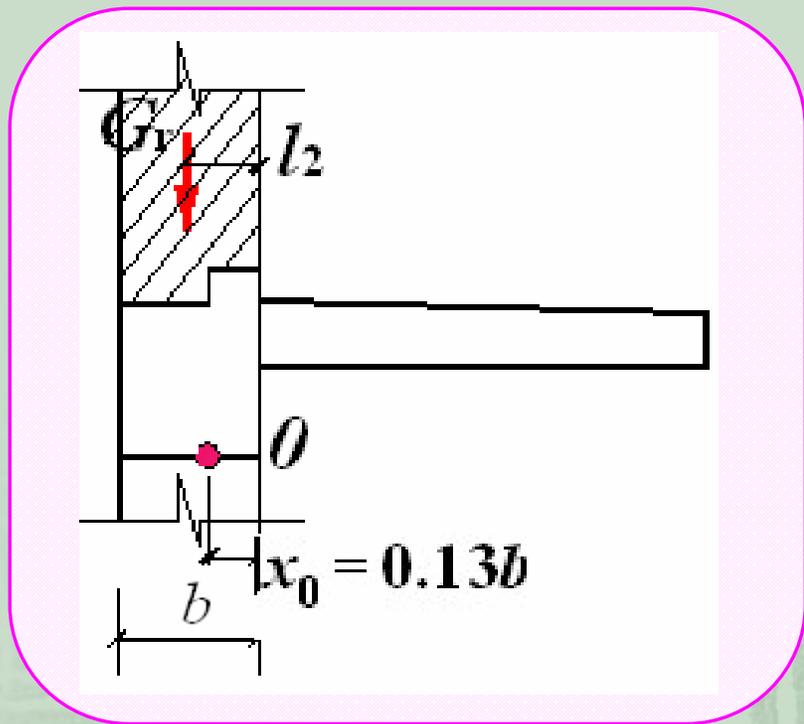
■ 雨篷抗倾覆验算

绕O点倾覆，倾覆点距墙内侧 $x_0 = 0.13b$ ，要满足：

$$M_r \geq M_{ov}$$

抗倾覆力矩

倾覆力矩



式中： M_{ov} ——倾覆力矩，由雨篷板上的恒载和活载设计值引起。施工集中荷载1.0 kN，可每隔2.5~3.0 m考虑一个。

M_r ——雨篷的抗倾覆力矩设计值，按下式计算： $M_r = 0.37 G_r$



式中：

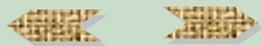
M_{0v} ——倾覆力矩，由雨篷板上的恒载和活载设计值引起。施工集中荷载1.0 kN，可每隔2.5~3.0 m考虑一个。

M_r ——雨篷的抗倾覆力矩设计值，按下式计算：

$$M_r = 0.37 G_r$$

G_r ——雨篷梁上墙体与楼面恒载标准值之和。

按下图阴影线范围计算。





$$M_r = 0.37 G_r$$

G_r ——雨篷梁上墙体与楼面恒载标准值之和。

按下图阴影线范围计算。

