



内蒙古科技大学

Inner Mongolia University of Science & Technology

混凝土与砌体结构

第2章 混凝土梁板结构

主要内容：

- 受弯构件塑性铰和结构内力重分布
- 单向板肋梁楼盖设计
- 双向板肋梁楼盖设计

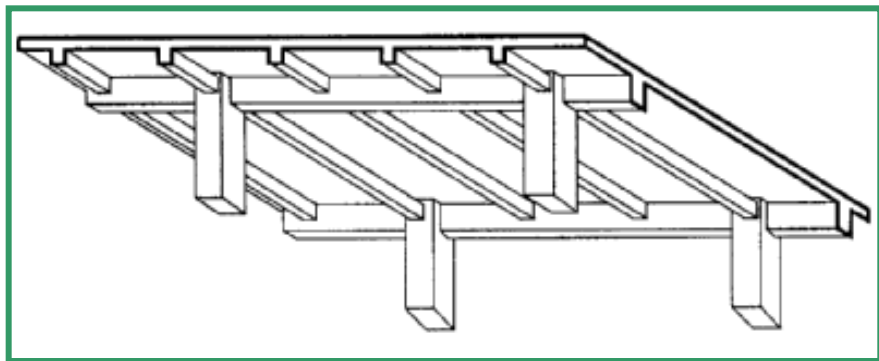
重点：

- ✦ 单向板与双向板
- ✦ 受弯构件的塑性铰和超静定结构内力重分布
- ✦ 单向板肋梁楼盖设计

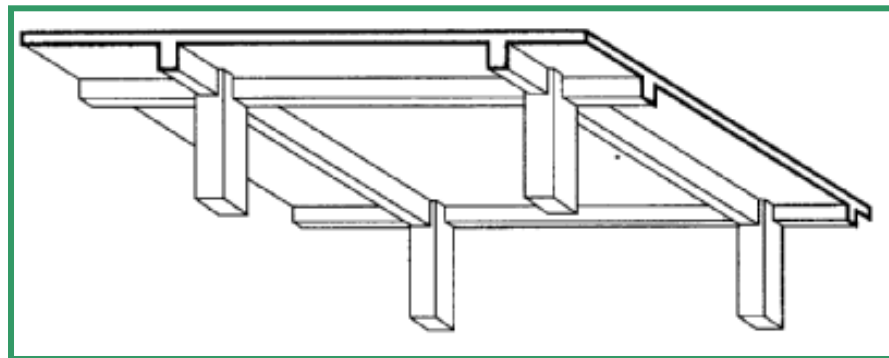
1 楼盖结构选型

- ✦ 按**施工方法**，混凝土楼盖可分为：
 - 现浇混凝土楼盖
 - 装配式混凝土楼盖
 - 装配整体式混凝土楼盖

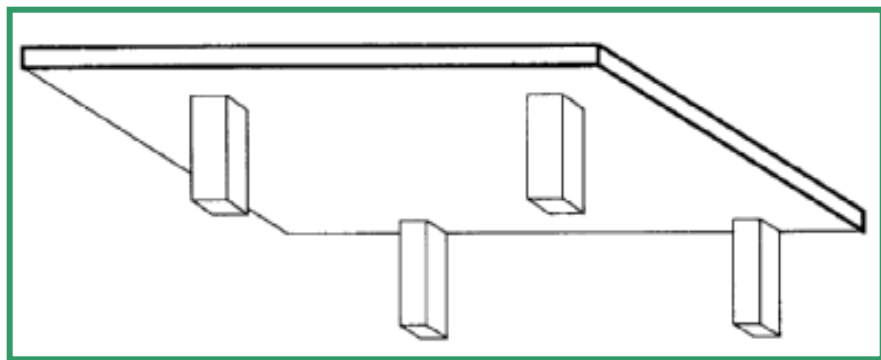
- ✦ 按**结构形式**，现浇混凝土楼盖可分为：
 - 单向板肋梁楼盖
 - 双向板肋梁楼盖
 - 无梁楼盖
 - 密肋楼盖
 - 井式楼盖
 - 扁梁楼盖



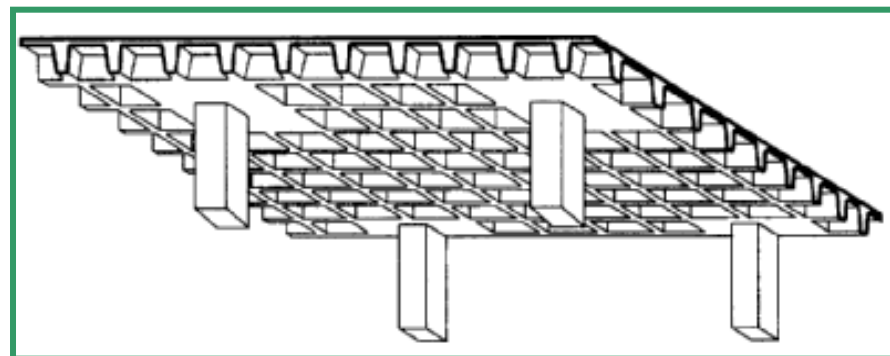
(a) 单向板肋梁楼盖



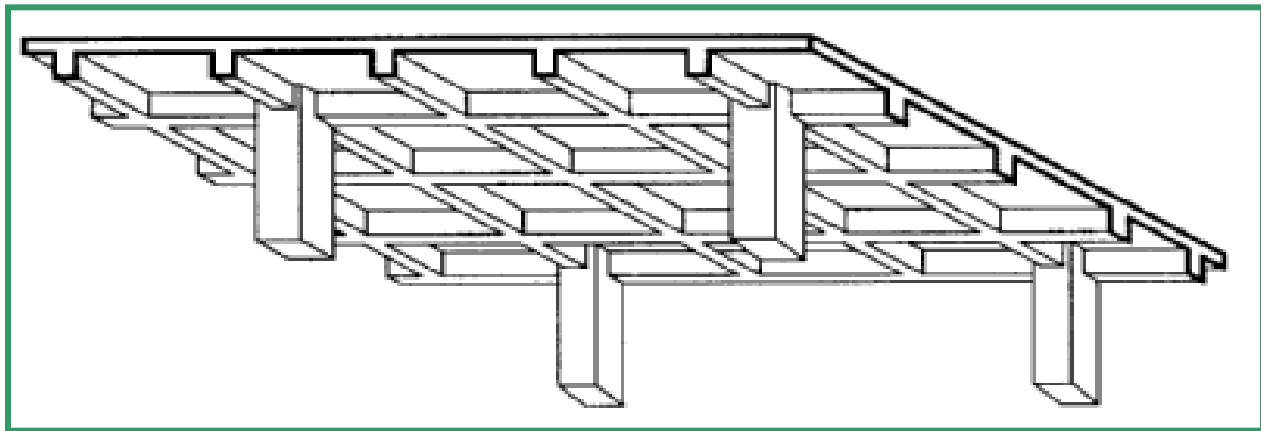
(b) 双向板肋梁楼盖



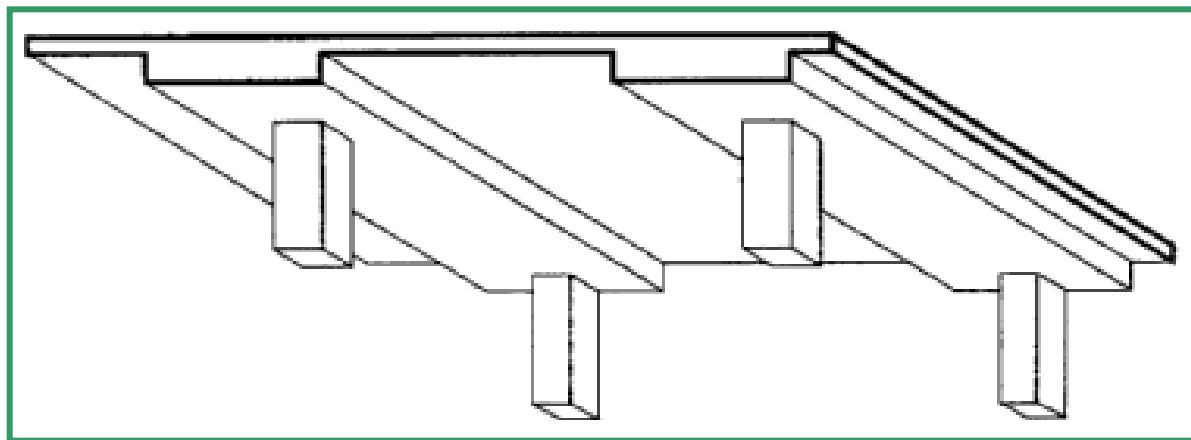
(c) 无梁楼盖



(d) 密肋楼盖



(e) 井式楼盖



(f) 扁梁楼盖

楼盖结构类型 (types of floor systems)

2 梁、板截面尺寸 (承载力和刚度)

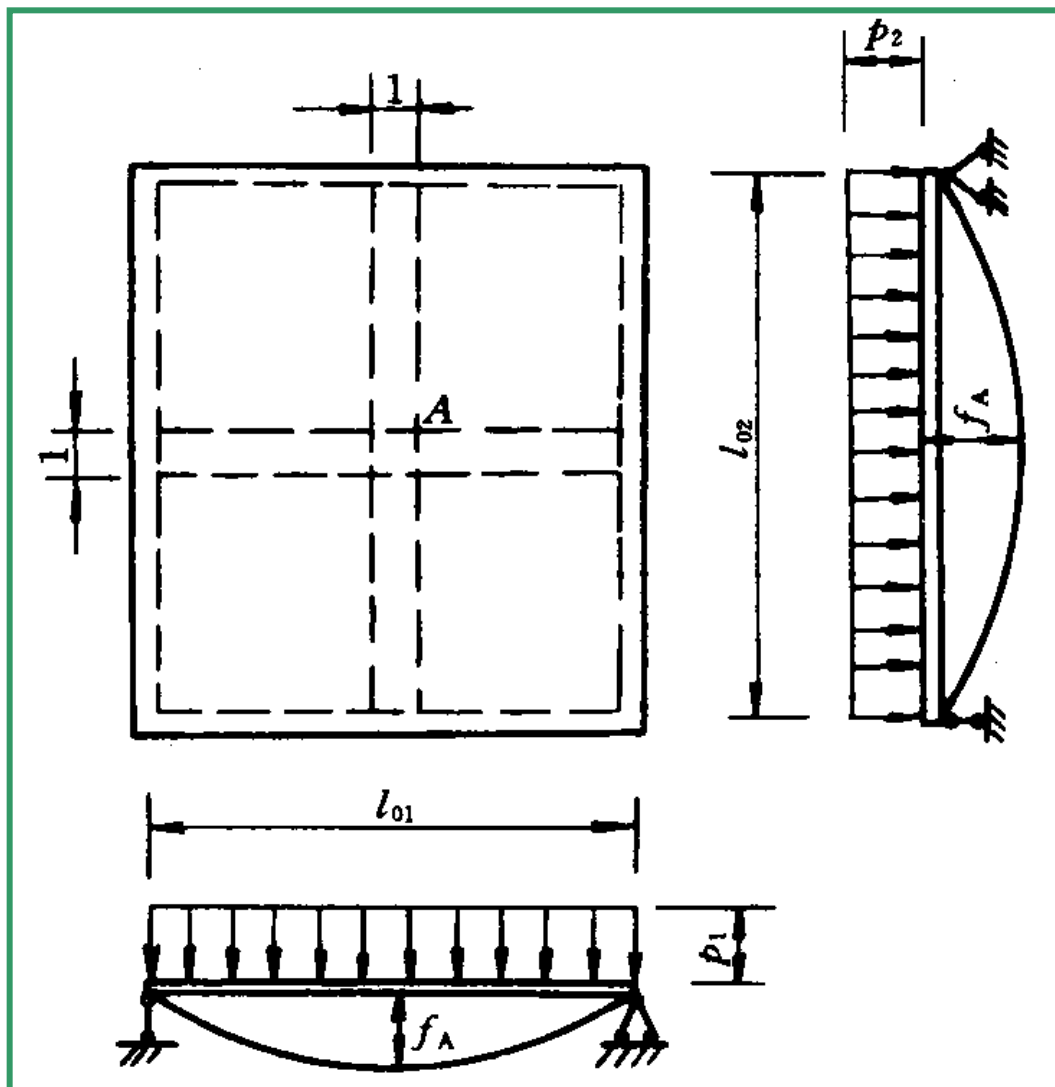
梁、板截面的常用尺寸

构件种类		高跨比 (h/l)	备注
多跨连续次梁 多跨连续主梁 单跨简支梁		1/18~1/12 1/14~1/8 1/14~1/8	梁的宽高比 (b/h) 一般为1/3~1/2, b 以50mm为模数
单向板	简支 连续	$\geq 1/35$ $\geq 1/40$	最小板厚: 屋面板 $h \geq 60\text{mm}$ 民用建筑楼板 $h \geq 70\text{mm}$ 工业建筑楼板 $h \geq 80\text{mm}$
双向板	四边简支 四边连续	$\geq 1/45$ $\geq 1/50$	高跨比 h/l 中的 l 取短向跨度 板厚一般宜为 $80\text{mm} \leq h \leq 160\text{mm}$
密肋板	单跨简支 多跨连续	$\geq 1/20$ $\geq 1/25$	高跨比 h/l 中的 h 为肋高 板厚: 当肋间距 $\leq 700\text{mm}$, $h \geq 40\text{mm}$ 当肋间距 $> 700\text{mm}$, $h \geq 50\text{mm}$
悬臂板		$\geq 1/12$	板的悬臂长度 $\leq 500\text{mm}$, $h \geq 60\text{mm}$ 板的悬臂长度 $> 500\text{mm}$, $h \geq 80\text{mm}$
无梁楼板	无柱帽 有柱帽	$\geq 1/30$ $\geq 1/35$	$h \geq 150\text{mm}$

3 单向板与双向板

单向板: 在荷载作用下, 主要在一个方向弯曲的板; 荷载主要沿**短向**传递。

双向板: 在荷载作用下, 在两个方向弯曲, 且不能忽略任一方向弯曲的板; 荷载沿**短向及长向**都传递。



3 单向板与双向板

▶ 《混凝土结构设计规范》(GB 50010-2002)规定:

(1) 对两边支承的板, **应**按单向板计算。

(2) 对于四边支承的板

$l/b \leq 2$ 时, **应**按双向板计算;

$2 < l/b < 3$ 时, **宜**按双向板计算; 按沿短边方向受力的单向板计算时, 应沿长边方向布置足够数量的构造钢筋;

$l/b \geq 3$ 时, **可**按沿短边方向受力的单向板计算。

注: l —长边长度; b —短边长度

4 现浇整体式楼盖结构内力分析方法

✦ 弹性理论 有较大的安全储备。

✦ 塑性理论 内力分析与截面计算相协调，结果比较经济，但一般情况下结构的裂缝较宽，变形较大。

➤ 现浇钢筋混凝土肋梁楼盖

板和次梁：按塑性理论分析内力

主 梁：按弹性理论分析内力

主梁为楼盖中的主要构件，要保证使用中有较好的性能。

1 单向板肋梁楼盖结构布置

✦ 结构布置包括柱网、承重墙、梁和板的布置

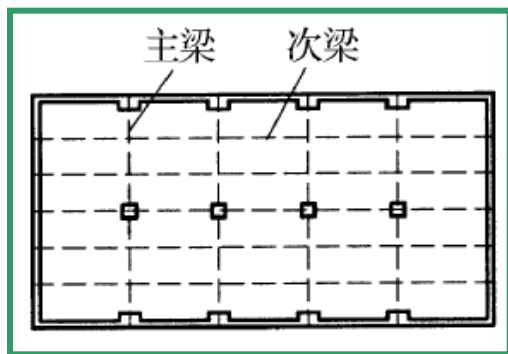
应综合考虑建筑功能、造价及施工条件等，合理确定结构的平面布置。

根据工程实践，常用跨度为： 单向板：（1.7~2.7）m

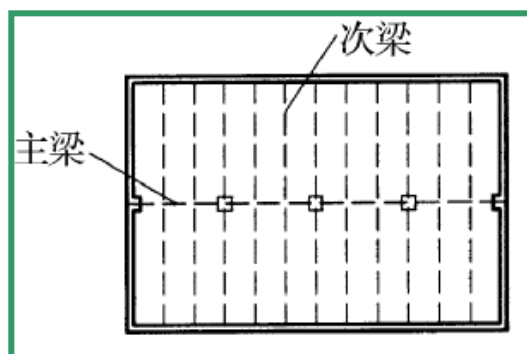
次梁：（4~6）m

主梁：（5~8）m

✦ 结构平面布置方案



(a) 主梁横向布置



(b) 主梁纵向布置

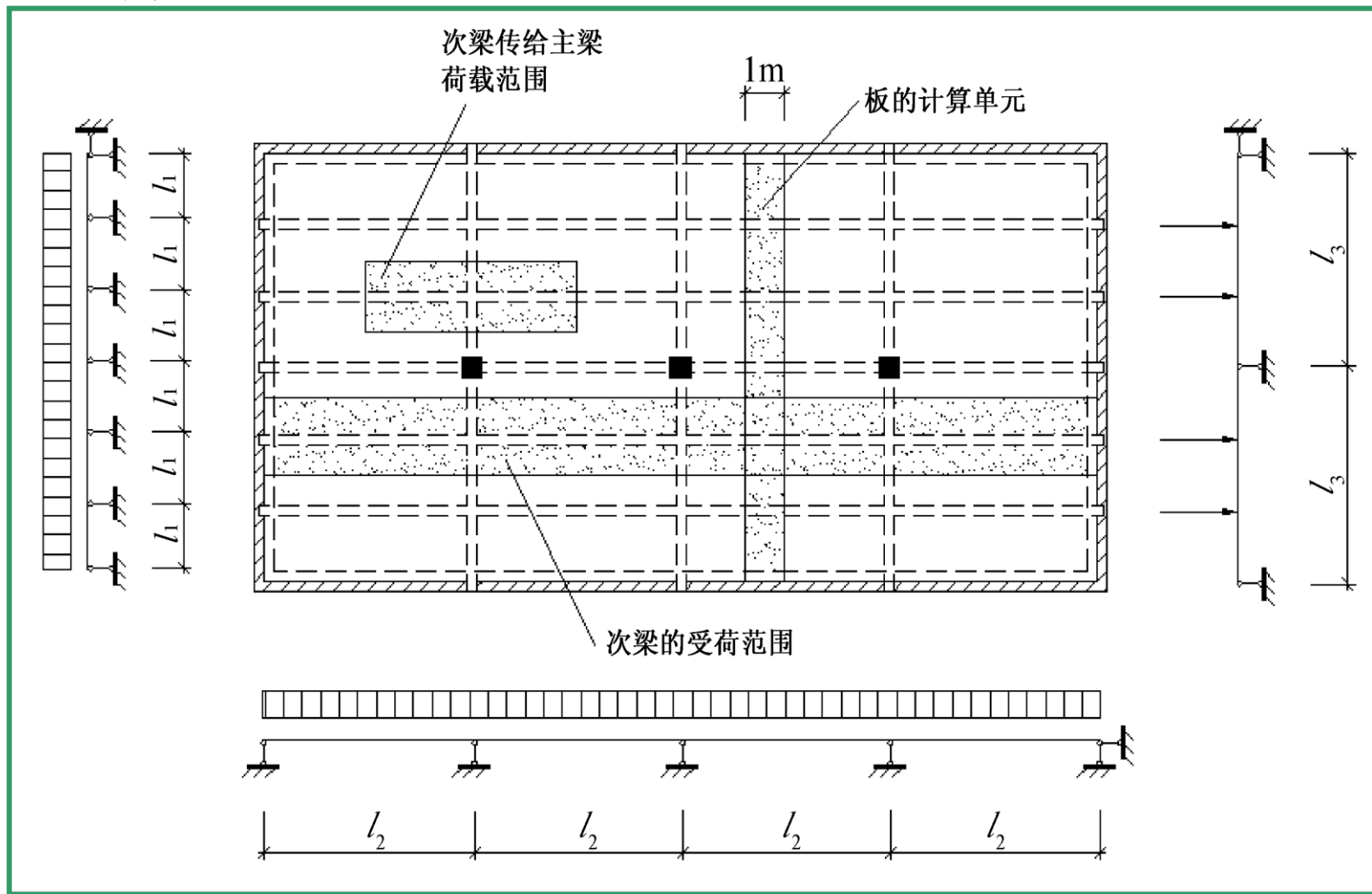


(c) 只布置次梁

单向板肋梁楼盖布置方案

2 单向板肋梁楼盖按弹性理论方法计算结构内力

✦ 计算简图



2 单向板肋梁楼盖按弹性理论方法计算结构内力

(1) 板

- 1) 计算单元：1m宽板带
- 2) 荷 载：均布荷载
- 3) 连续梁：次梁、墙作为板的不动铰支座
- 4) 计算跨度：中间跨：

$$l_0 = l_c$$

边跨（边支座为砌体墙）：

通常a为120mm

$$l_0 = l_n + \frac{h}{2} + \frac{b}{2} \leq l_n + \frac{a}{2} + \frac{b}{2}$$

(2) 次梁

- 1) 荷载范围：次梁左右各半跨板
- 2) 荷 载：均布荷载 恒载：次梁左右各半跨板自重、次梁自重
活载：次梁左右各半跨板上活载

2 单向板肋梁楼盖按弹性理论方法计算结构内力

3) 连续梁： $i_{\text{主}}/i_{\text{次}} \geq 8$ 时，认为主梁是次梁的不动铰支座，否则应取**交叉梁系**进行分析

4) 计算跨度：中间跨：

$$l_0 = l_c$$

边跨（边支座为砌体墙）：

$$l_0 = 1.025l_n + \frac{b}{2} \leq l_n + \frac{a}{2} + \frac{b}{2}$$

通常a为240mm

(3) 主梁

1) 荷载范围：主梁左右各半个主梁间距，次梁左右各半个次梁间距

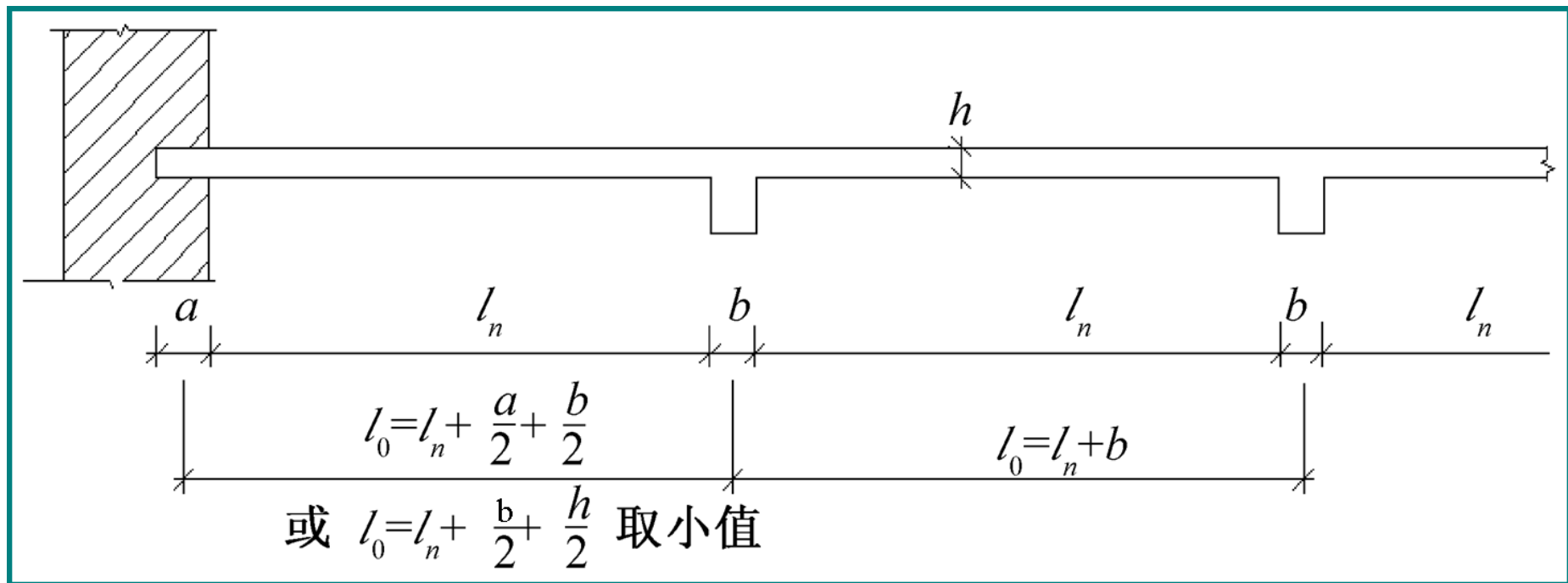
2) 荷载：集中荷载

3) 连续梁：当 $i_{\text{柱}}$ 较小，可将柱作为主梁的不动铰支座

框架： $\frac{(i_{\text{左梁}} + i_{\text{右梁}})}{(i_{\text{上柱}} + i_{\text{下柱}})} < 3$ 时，应考虑**柱对主梁的转动约束**作用

4) 计算跨度：与次梁相同，通常a为370mm

2 单向板肋梁楼盖按弹性理论方法计算结构内力

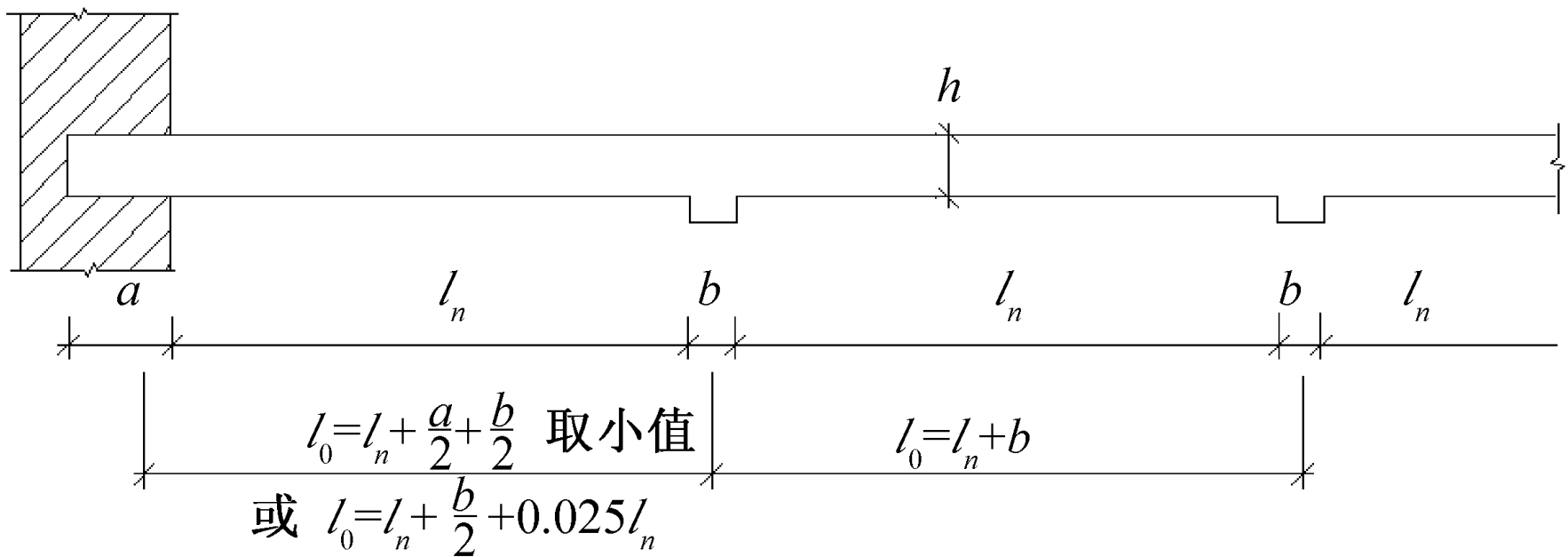


(a) 边跨

(a) 中间跨

连续板的计算跨度

2 单向板肋梁楼盖按弹性理论方法计算结构内力



(a) 边跨

(a) 中间跨

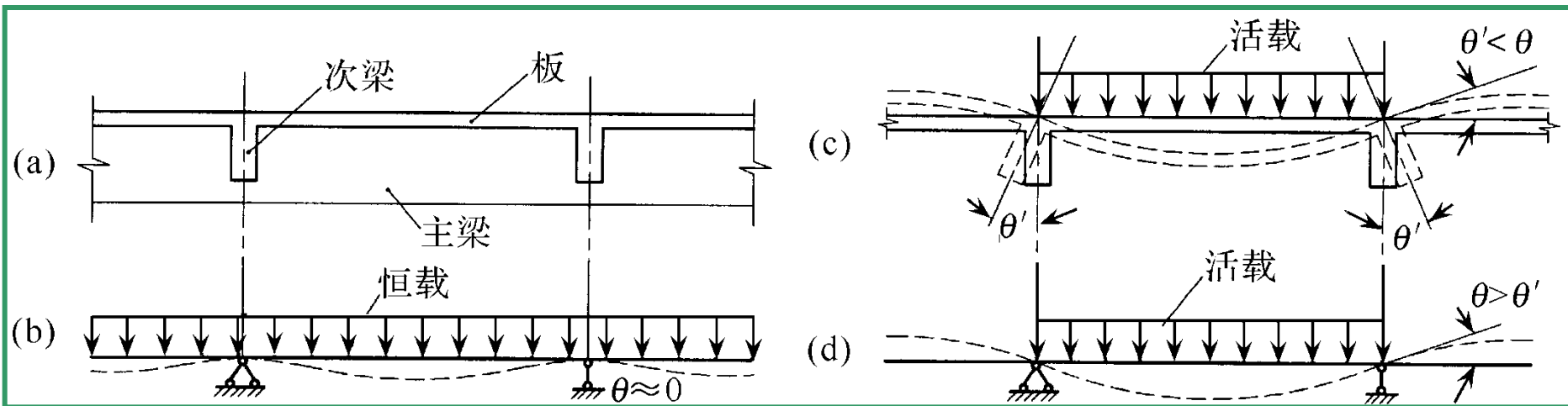
连续梁的计算跨度

2 单向板肋梁楼盖按弹性理论方法计算结构内力

✦ 板和次梁的折算荷载

为了考虑次梁或主梁的**抗扭刚度**对板和次梁内力的影响，采用**增大恒载，减小活载**的办法，即：

板	$g' = g + \frac{1}{2}q$	$q' = \frac{1}{2}q$
次梁	$g' = g + \frac{1}{4}q$	$q' = \frac{3}{4}q$



次梁抗扭刚度对板的影响

2 单向板肋梁楼盖按弹性理论方法计算结构内力

✦ 活荷载不利布置（等跨或跨度差 $\leq 10\%$ 且各跨受荷相同的连续梁）

➤ 连续梁的实际跨数 ≥ 5 跨时：按**5跨**计算

实际跨数 < 5 跨时：按实际跨数考虑

活荷载不利布置规律：

- (1) 求某跨跨中 $+M_{\max}$ ，该跨布置活荷载，然后隔跨布置
- (2) 求某跨跨中 $+M_{\min}$ 或 $-M_{\max}$ ，左、右跨布置活荷载，然后隔跨布置
- (3) 求某支座 $-M_{\max}$ ，该支座左、右跨布置活荷载，然后隔跨布置
- (4) 求某支座 V_{\max} ，与 (3) 相同

2 单向板肋梁楼盖按弹性理论方法计算结构内力

✦ 内力计算

连续梁在各种荷载作用下，可按一般**结构力学方法**计算内力。

对于**等跨连续梁**（或连续梁各跨跨度相差不超过10%），可由附表1查出相应的内力系数，利用下列公式计算跨内或支座截面的最大内力。

在均布及三角形荷载作用下：

$$M = k_1 gl^2 + k_2 ql^2$$

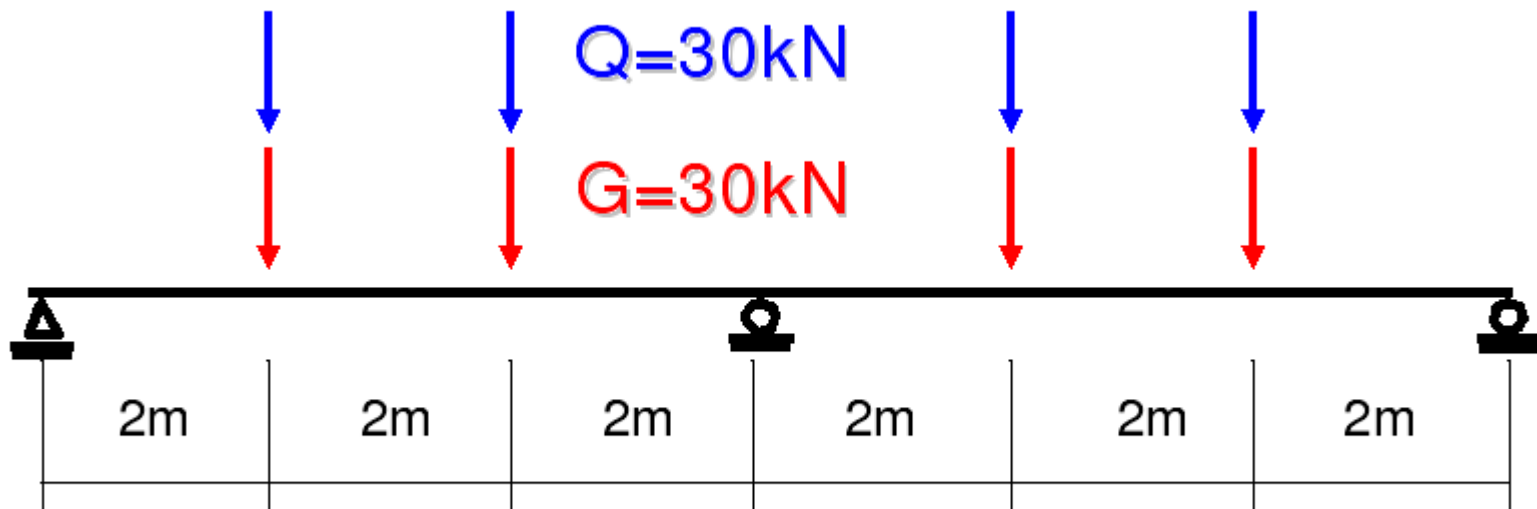
$$V = k_3 gl + k_4 ql$$

在集中荷载作用下：

$$M = k_5 Gl + k_6 Ql$$

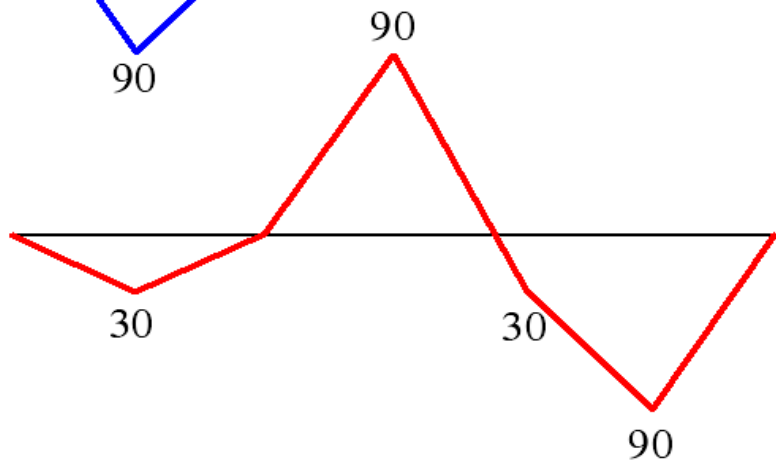
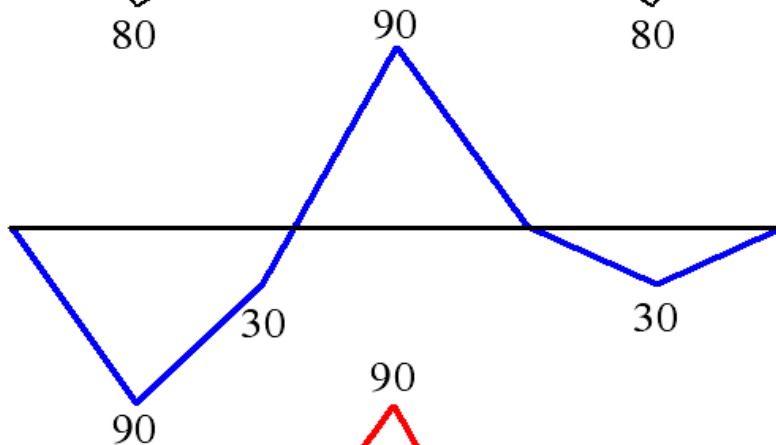
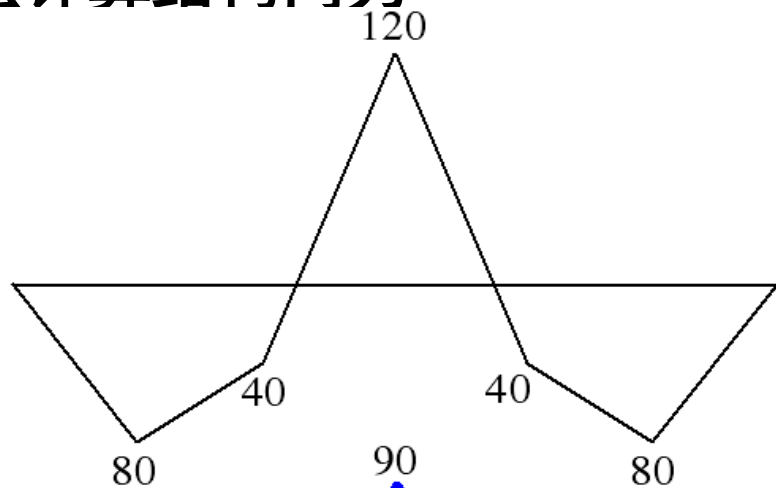
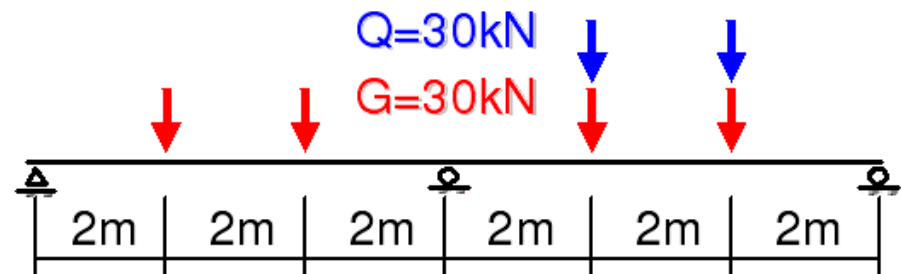
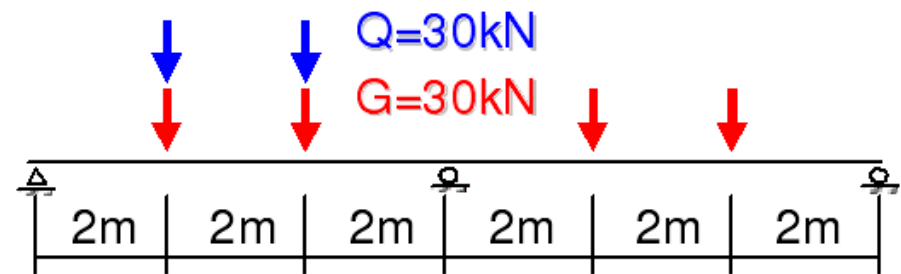
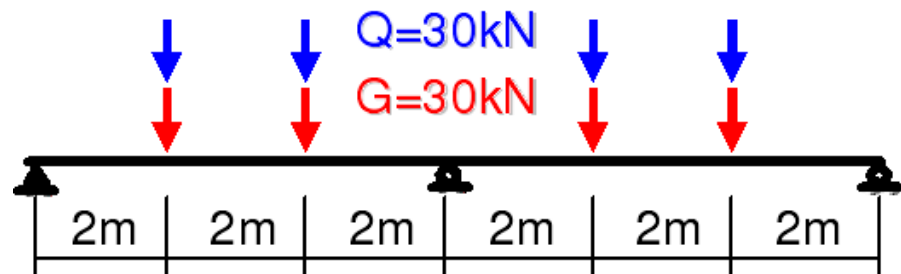
$$V = k_7 G + k_8 Q$$

2 单向板肋梁楼盖按弹性理论方法计算结构内力



为确定各跨各个截面可能产生的最大内力，需要首先确定针对某一指定截面的活荷载最不利布置，并与恒荷载作用下产生的内力组合，得到该截面的内力设计值。

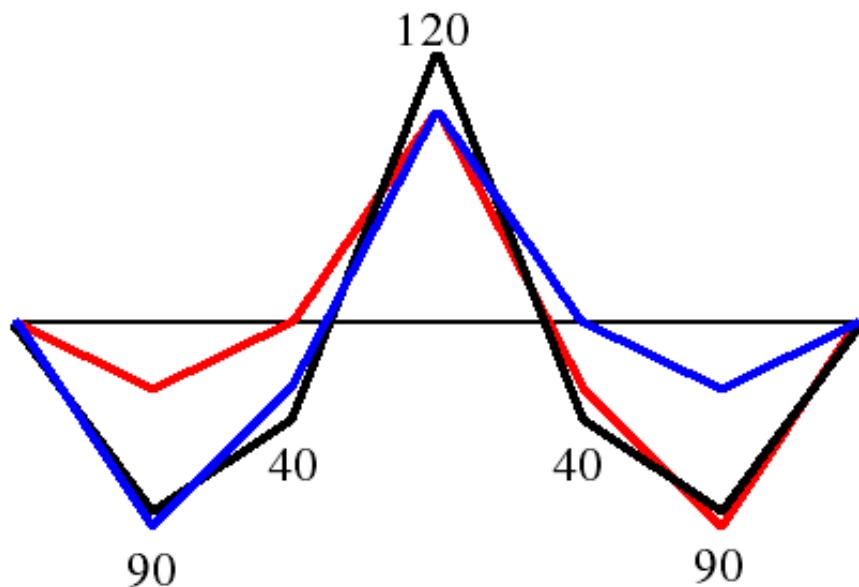
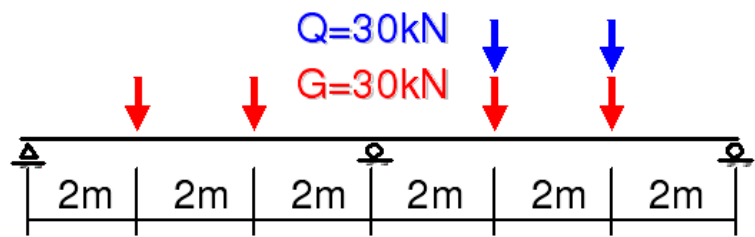
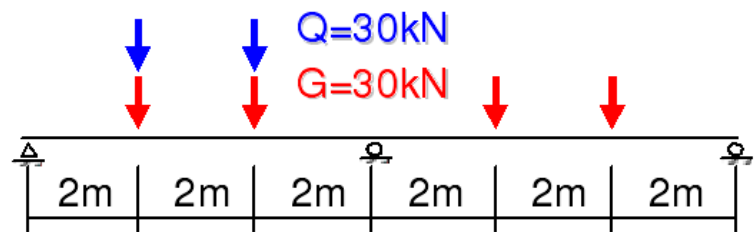
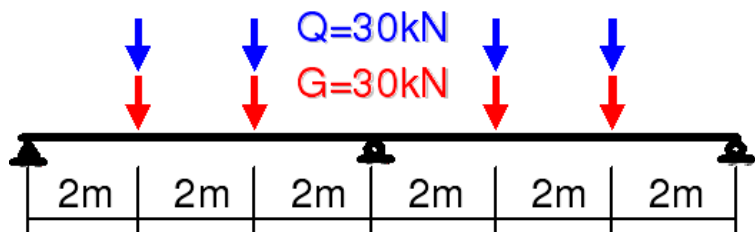
2 单向板肋梁楼盖按弹性理论方法计算结构内力



2 单向板肋梁楼盖按弹性理论方法计算结构内力

✦ 内力包络图

将上页内力图全部叠画在一起，其外包线就是内力包络图，它反映出各截面可能产生的最大内力值，是设计时**选择截面**和**布置钢筋**的依据。



2 单向板肋梁楼盖按弹性理论方法计算结构内力

✦ 控制截面及其内力

控制截面：对受力钢筋计算起控制作用的截面

➤ 梁跨以内：包络图中正弯矩最大值（配正钢筋）

负弯矩绝对值最大值（配负钢筋）

➤ 支 座：支座**边缘处**负弯矩最大值

支座边缘处弯矩值：

$$M = M_c - V_c \frac{b}{2}$$

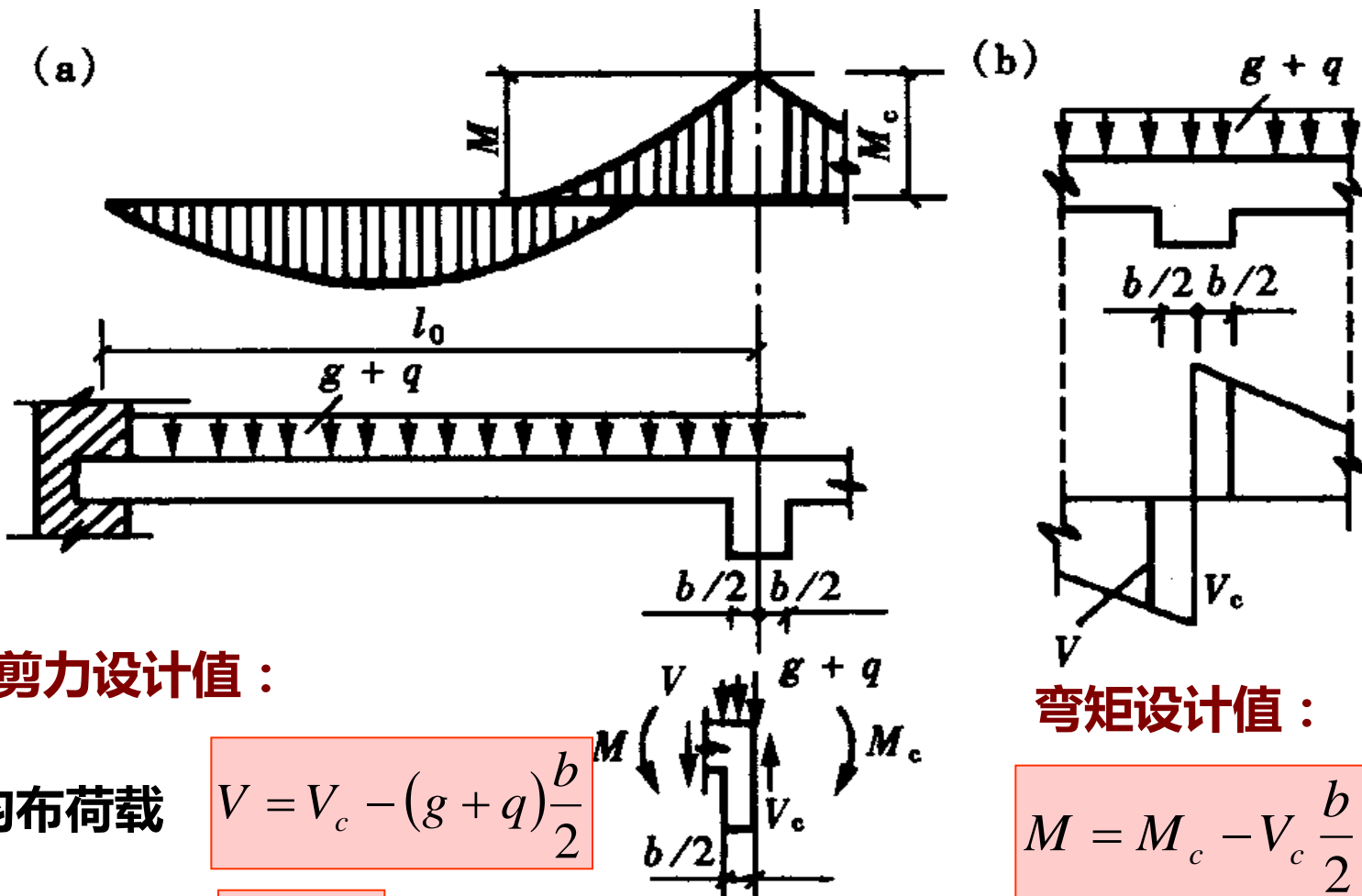
支座边缘处剪力值：

$$V = V_c - (g + q) \frac{b}{2} \quad (\text{均布荷载})$$

$$V = V_c \quad (\text{集中荷载})$$

2 单向板肋梁楼盖按弹性理论方法计算结构内力

✦ 控制截面及其内力



剪力设计值：

均布荷载

$$V = V_c - (g + q) \frac{b}{2}$$

集中荷载

$$V = V_c$$

弯矩设计值：

$$M = M_c - V_c \frac{b}{2} \approx M_c - V_0 \frac{b}{2}$$

2 单向板肋梁楼盖按弹性理论方法计算结构内力

✦ 单向板肋梁楼盖按弹性理论设计步骤

- (1) 平面布置
- (2) 计算简图
- (3) 内力计算，内力组合（内力包络图）
- (4) 截面设计
- (5) 施工图

➤ 按弹性理论计算内力存在的问题

(1) 内力计算和截面设计不协调

内力分析采用弹性理论，而截面设计考虑了材料的塑性性能。

(2) 浪费材料

按内力包络图配筋，没有考虑各种最不利荷载组合并不是同时出现的特点，使部分截面纵筋配筋量过大，钢筋不能充分发挥作用。

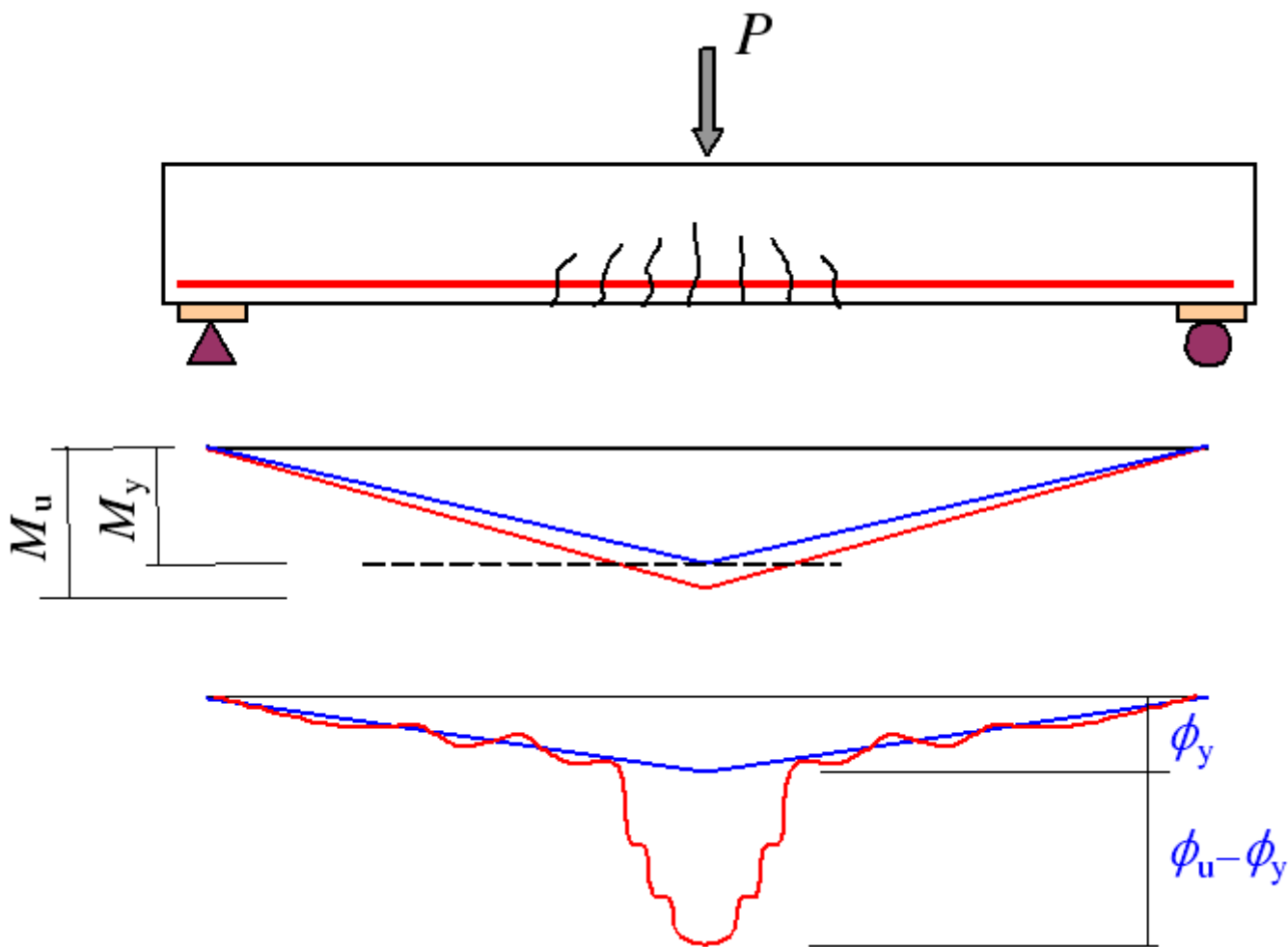
(3) 支座处钢筋过密，不便于施工

按弹性理论方法计算的支座弯矩大于跨中弯矩，致使支座处钢筋过密。

1 受弯构件的塑性铰 (plastic hinge)

✦ 塑性铰的形成

在钢筋屈服截面，从**钢筋屈服**到达到**极限承载力**，截面在外弯矩增加很小的情况下产生很大转动，表现得犹如一个能够转动的铰，称为“塑性铰”。

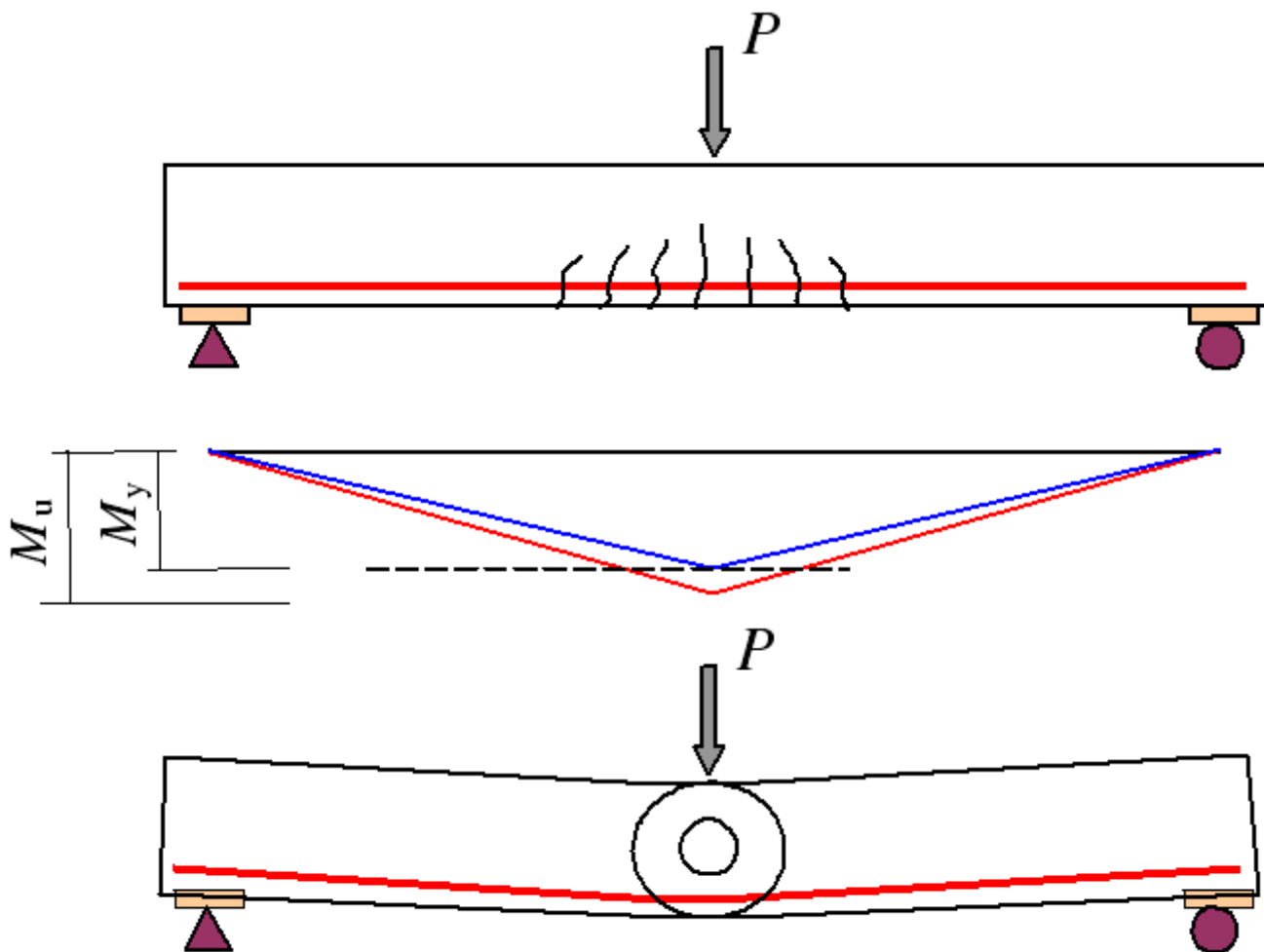


钢筋混凝土受弯构件的塑性铰

1 受弯构件的塑性铰 (plastic hinge)

✦ 塑性铰的形成

在钢筋屈服截面，从**钢筋屈服**到达到**极限承载力**，截面在外弯矩增加很小的情况下产生很大转动，表现得犹如一个能够转动的铰，称为“塑性铰”。



钢筋混凝土受弯构件的塑性铰

1 受弯构件的塑性铰 (plastic hinge)

✦ 塑性转角及塑性铰的转动能力 (plastic rotation capacity)

➤ 塑性铰转角:

$$\theta_p = (\phi_p - \phi_y) \bar{l}'_p$$

➤ 塑性铰的转动能力:

$$\theta_{p \max} = (\phi_u - \phi_y) \bar{l}_p$$

✦ 影响塑性铰转动能力的因素:

- (1) **钢筋种类**。受拉纵筋采用软钢 (HPB235, HRB335, HRB400, RRB400级钢筋) 时, $\theta_{p \max}$ 较大。
- (2) **受拉纵筋配筋率**。 ρ 较低时, $\theta_{p \max}$ 较大。 ξ 值直接与塑性铰转动能力有关。
- (3) **混凝土的极限压缩变形**。极限压缩变形大, $\theta_{p \max}$ 较大。混凝土的强度等级低, 箍筋用量多或受压区纵筋较多时, 都能增加混凝土的极限压缩变形。

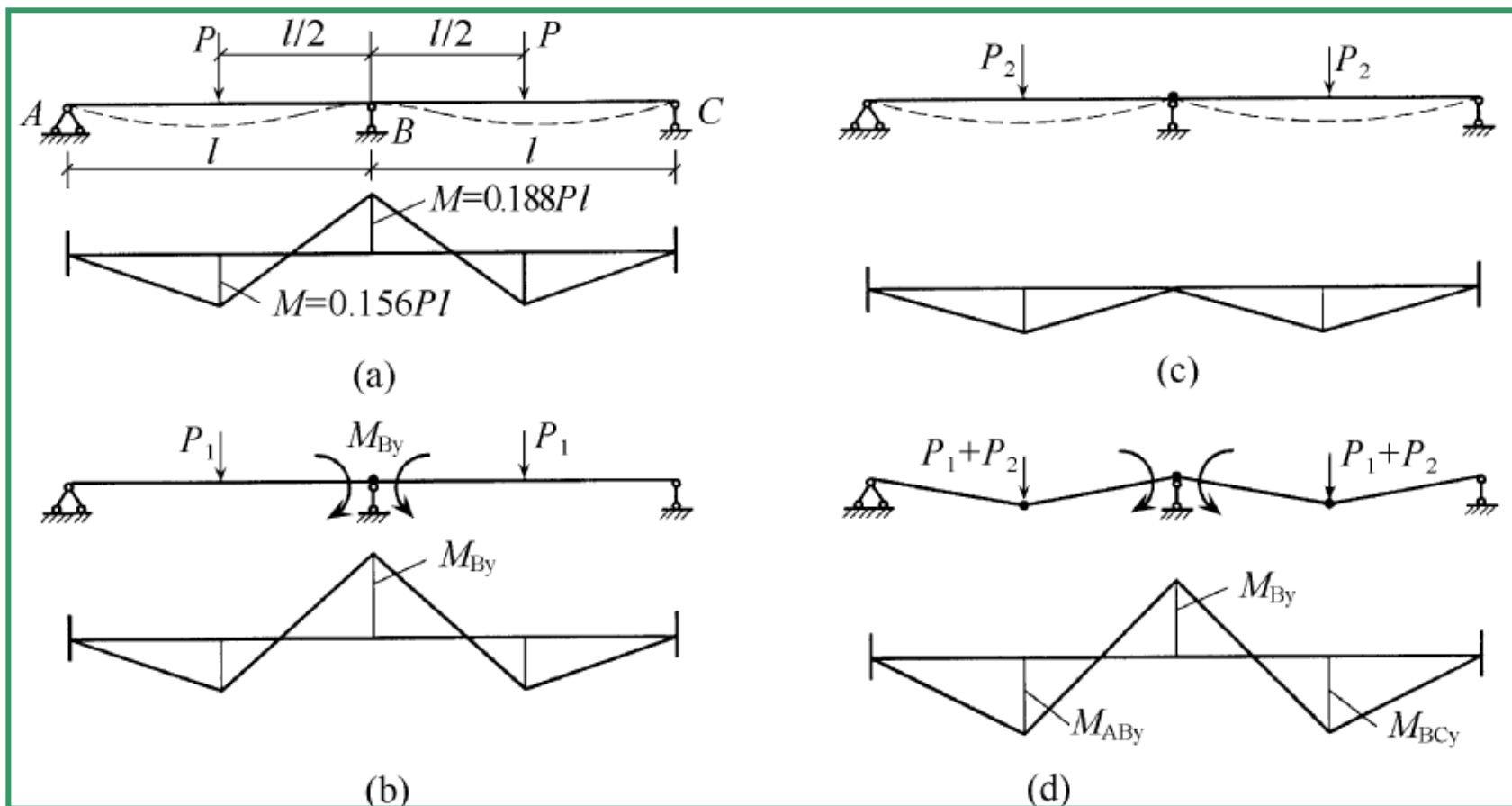
1 受弯构件的塑性铰 (plastic hinge)

✦ 塑性铰与理想铰的区别

- (1) 塑性铰实际上具有一定长度，分析时可认为是一个截面；
- (2) 塑性铰能承受定值弯矩，即截面的屈服弯矩；
- (3) 理想铰在两个方向都可无限转动，而塑性铰则是有限转动的单向铰，只能沿弯矩作用方向有限转动。

2 超静定结构的塑性内力重分布

✦ 塑性内力重分布的过程（以矩形等截面两跨连续梁为例）



两跨连续梁内力变化过程

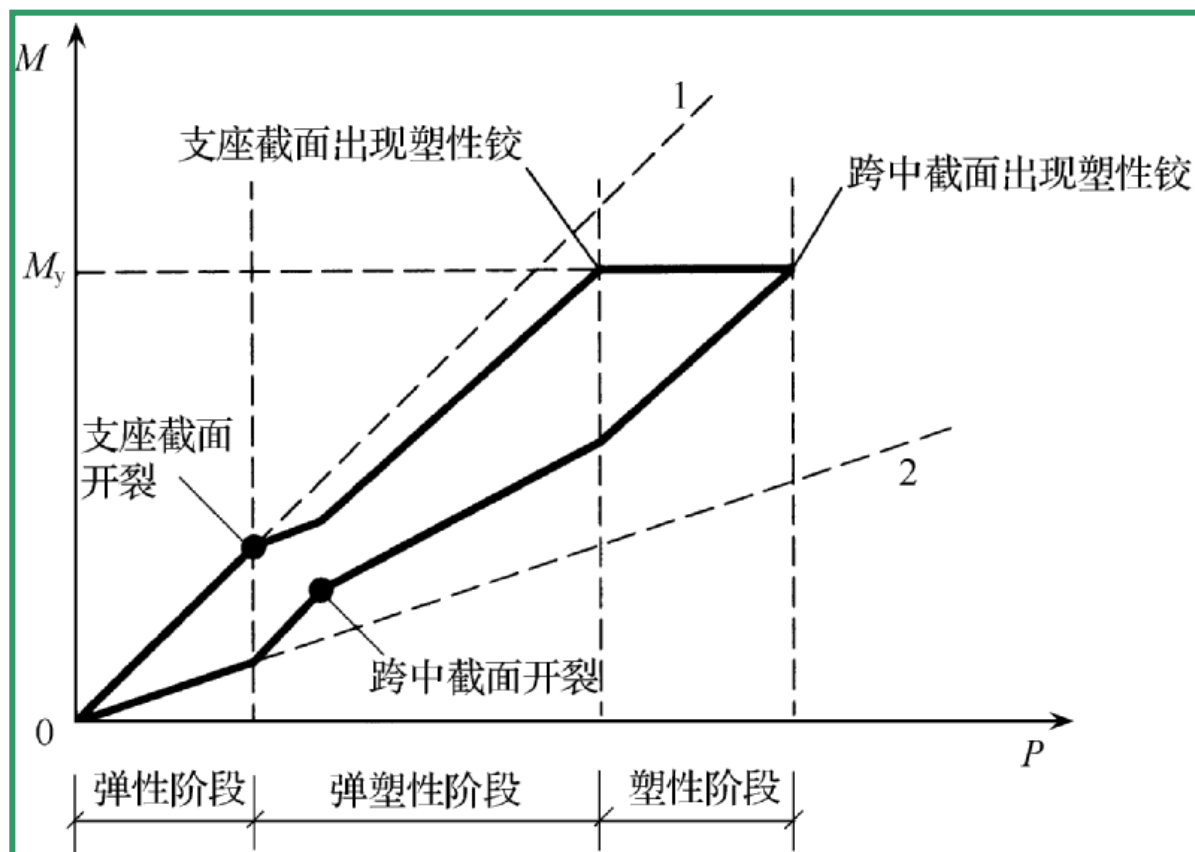
2 超静定结构的塑性内力重分布

▶ 条件:

(1) $M_{ABy} = M_{BCy} = M_{By}$

(2) 适筋梁

(3) 达 M_u 之前不
发生剪切破坏



两跨连续梁内力变化图

第一过程：裂缝出现~塑性铰形成以前，原因为**裂缝**的形成和开展。

第二过程：塑性铰形成以后，原因为**塑性铰**的转动。

2 超静定结构的塑性内力重分布

✦ 塑性内力重分布的幅度

指截面弹性弯矩与该截面塑性铰所能负担弯矩的差值，通常以相对值表达：

$$\frac{\Delta M_y}{M_e} = \frac{M_e - M_y}{M_e} = 1 - \frac{M_y}{M_e}$$

✦ 塑性内力重分布的设计考虑

- (1) “充分的内力重分布”
- (2) “不充分的内力重分布”
- (3) 一个截面的屈服并不意味着结构破坏
- (4) 塑性铰截面不必考虑满足变形连续条件，必须满足平衡条件
- (5) 一般调整幅度不应超过25%

充分的塑性内力重分布

- ◆若超静定结构中各塑性铰都具有足够的转动能力，保证结构加载后能按照预期的顺序，先后形成足够数目的塑性铰，以致最后形成机动体系而破坏，这种情况称为充分的塑性内力重分布。

正常使用条件

- ◆如果最初出现的塑性铰转动幅度过大，塑性铰附近截面的裂缝就可能开展过宽，结构的挠度过大，不能满足正常使用的要求。因此，在考虑内力重分布时，应对塑性铰的允许转动量予以控制，因此内力重分布的幅度应有所限制。

- ◆按**弹性理论**设计认为当结构任一截面屈服，整个结构即达到承载能力极限状态，这对于**静定结构**基本符合。
- ◆对于**超静定结构**而言，当考虑塑性内力重分布时，达到承载能力极限状态的标志并不是一个截面达到屈服，而是出现足够多的塑性铰，直到结构形成破坏机构。
- ◆由实例可知，*超静定结构从出现塑性铰至形成破坏机构之间，其承载力还有相当的储备，考虑塑性内力重分布的计算方法，可以充分利用结构的强度储备，提高极限荷载，取得经济效果。*

3 单向板肋梁楼盖按塑性理论方法计算结构内力

✦ 弯矩调幅法

对结构的弹性弯矩值和剪力值进行适当的调整，用以考虑结构因非弹性变形所引起的**内力重分布**。

截面弯矩调整的幅度：

$$\beta = 1 - \frac{M_a}{M_e}$$

➤ 应用弯矩调幅法应遵循以下规定：

(1) 纵筋：HPB235、HRB335、HRB400、RRB400；混凝土：C20~C45

(2) β 一般**不宜**超过0.25

(3) ξ **不应**超过 0.35，**不宜**小于0.10

(4) 调整后的结构内力**必须**满足静力平衡条件：

$$\frac{(M_A + M_B)}{2} + M_l \geq 1.02M_0$$

连续梁、板各控制截面的弯矩值**不宜**小于简支梁弯矩值的1/3

3 单向板肋梁楼盖按塑性理论方法计算结构内力

(5) 应在可能产生塑性铰的区段适当增加箍筋数量

受剪配箍率：（防斜拉）

$$\rho_{sv} = \frac{A_{sv}}{bs} \geq 0.36 \frac{f_t}{f_{yv}}$$

(6) 必须满足正常使用阶段变形及裂缝宽度的要求，在使用阶段不应出现塑性铰

✦ 用弯矩调幅法计算等跨连续梁、板内力

(1) 等跨连续梁各跨跨中及支座截面的弯矩设计值

均布荷载：

$$M = \alpha_{mb} (g + q) l_0^2$$

间距相同、大小相等的集中荷载：

$$M = \eta \alpha_{mb} (G + Q) l_0$$

3 单向板肋梁楼盖按塑性理论方法计算结构内力

(2) 等跨连续梁的剪力设计值

均布荷载:

$$V = \alpha_{vb}(g + q)l_n$$

间距相同、大小相等的集中荷载:

$$V = \alpha_{vb}n(G + Q)$$

(3) 等跨连续单向板，各跨跨中及支座截面的弯矩设计值

均布荷载:

$$M = \alpha_{mp}(g + q)l_0^2$$

3 单向板肋梁楼盖按塑性理论方法计算结构内力

表 1-2 连续梁和连续单向板考虑塑性内力重分布的弯矩计算系数 α_M

支承情况		截面位置					
		端支座	边跨跨中	离端第二支座	离端第二跨跨中	中间支座	中间跨跨中
		A	I	B	II	C	III
梁、板搁支在墙上		0	1/11	二跨连续： 1/10 三跨以上连续： 1/11	1/16	1/14	1/16
板	与梁整浇	1/16	1/14				
梁	连接	1/24					
梁与柱整浇连接		1/16	1/14				

公式适用于： $q/g > 0.3$ 的等跨连续梁、板和相邻两跨跨度相差小于 10% 的不等跨连续梁、板。

计算跨中弯矩和支座剪力时取本跨跨度；计算支座弯矩时取相邻两跨较大跨度。

3 单向板肋梁楼盖按塑性理论方法计算结构内力

✦ 按塑性理论计算内力中几个问题的说明

(1) 计算跨度（两支座塑性铰之间的距离）

梁、板计算跨度 l_0

支承情况	计算跨度	
	梁	板
两端与梁（柱）整体连接	净跨长 l_n	净跨长 l_n
两端支承在砌体墙上	$1.05l_n \leq l_n + a$	$l_n + h \leq l_n + a$
一端与梁（柱）整体连接， 另一端支承在砌体墙上	$1.025l_n \leq l_n + a/2$	$l_n + h/2 \leq l_n + a/2$

注：表中 h 为板的厚度； a 为梁或板在砌体墙上的支承长度。

3 单向板肋梁楼盖按塑性理论方法计算结构内力

(2) 荷载及内力

次梁对板、主梁对次梁的转动约束作用，以及活荷载的不利布置等因素，在按弯矩调幅法分析结构时均已考虑。

(3) 适用范围

塑性理论方法不适用于下列情况：

- 1) 直接承受动力荷载作用的结构
- 2) 轻质混凝土结构及其他特种混凝土结构
- 3) 受侵蚀性气体或液体严重作用的结构
- 4) 预应力混凝土结构和二次受力的叠合结构

4 单向板肋梁楼盖配筋计算及构造要求

✦ 板

(1) 配筋计算

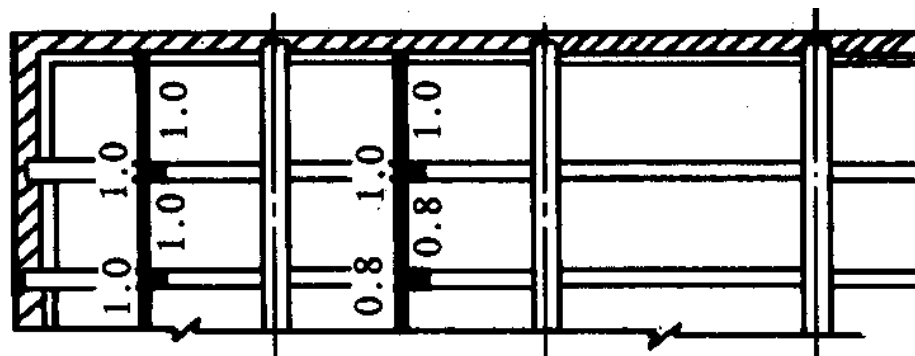
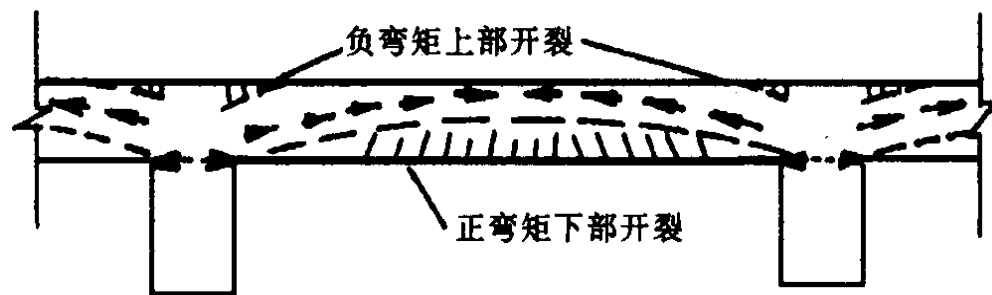
考虑板的拱作用效应，四周与梁**整体连接**的板区格，计算所得的弯矩值，可根据下列情况予以减少：

1) 中间跨的跨中及中间支座截面： **20%**

2) 边跨的跨中及从楼板边缘算起的第二支座截面：

$$l_b / l < 1.5 \quad 20\%$$

$$1.5 < l_b / l < 2 \quad 10\%$$



折减系数

3) 角区格不应减少

板可以按不配置箍筋的一般板类受弯构件进行斜截面受剪承载力验算。

4 单向板肋梁楼盖配筋计算及构造要求

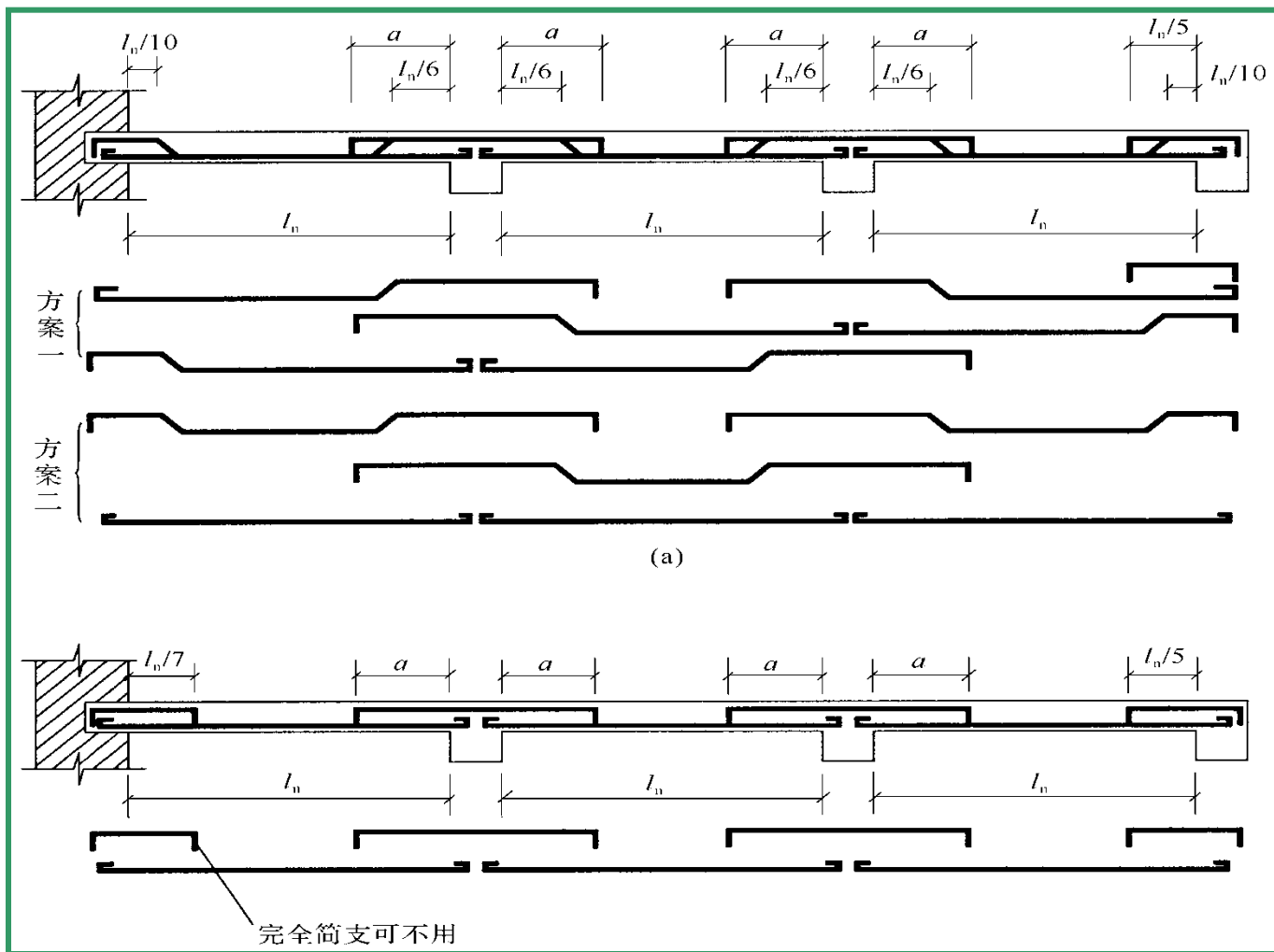
(2) 配筋构造

1) 受力钢筋

板中受力钢筋配筋构造

钢筋种类	一般采用HPB235、HRB335
常用直径	6mm、8mm、10mm、12mm，负钢筋宜采用较大直径
间距	一般不小于70mm 板厚 $h \leq 150\text{mm}$ 时，不宜大于200mm 板厚 $h > 150\text{mm}$ 时，不宜大于 $1.5h$ ，且不宜大于250mm
弯起式	锚固好，整体性好，节约钢筋，施工复杂
分离式	锚固较差，用钢量稍高，但施工方便
钢筋弯钩	板底钢筋：半圆弯钩，上部负弯矩钢筋：直钩
弯起、截断	一般按构造处理 板相邻跨度相差超过20%或各跨荷载相差较大时，应按弯矩包络图确定

4 单向板肋梁楼盖配筋计算及构造要求



连续板受力钢筋两种配置方式

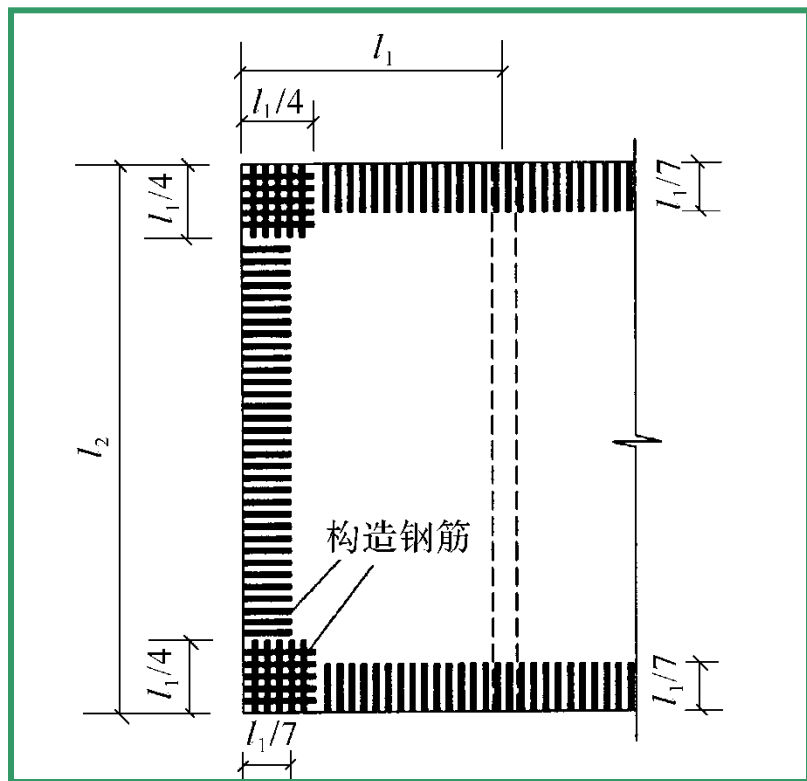
4 单向板肋梁楼盖配筋计算及构造要求

- 2) 构造钢筋：包括分布钢筋、嵌入承重墙内的板面构造钢筋、垂直于梁肋的板面构造钢筋、板的温度收缩钢筋

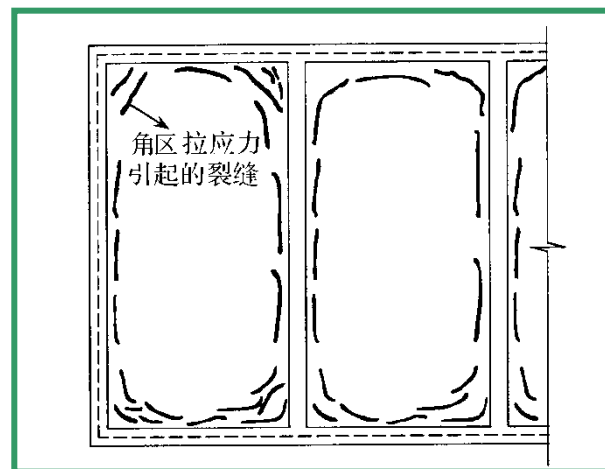
板中分布钢筋构造要求

位置	与受力钢筋垂直，均匀布置于受力钢筋的内侧
作用	浇筑混凝土时固定受力钢筋的位置 抵抗收缩和温度变化产生的内力 承担并分布板上局部荷载产生的内力
直径	不宜小于 6mm
间距	不宜大于 250mm
数量	单向板中单位长度上的分布钢筋，截面面积不宜小于单位宽度上受力钢筋截面面积的 15% ，且不宜小于该方向板截面面积的 0.15%

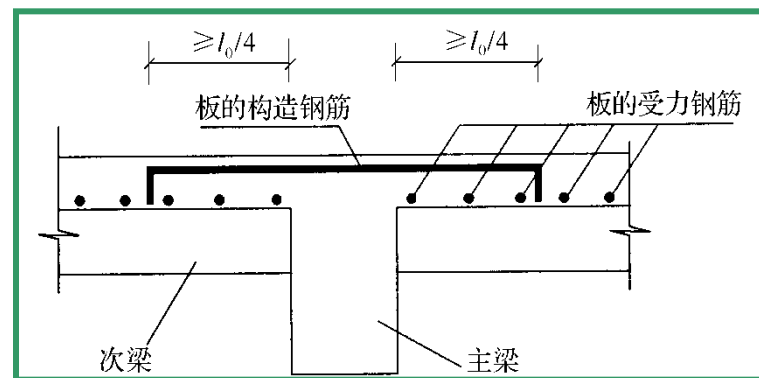
4 单向板肋梁楼盖配筋计算及构造要求



嵌入承重墙内的板面构造钢筋

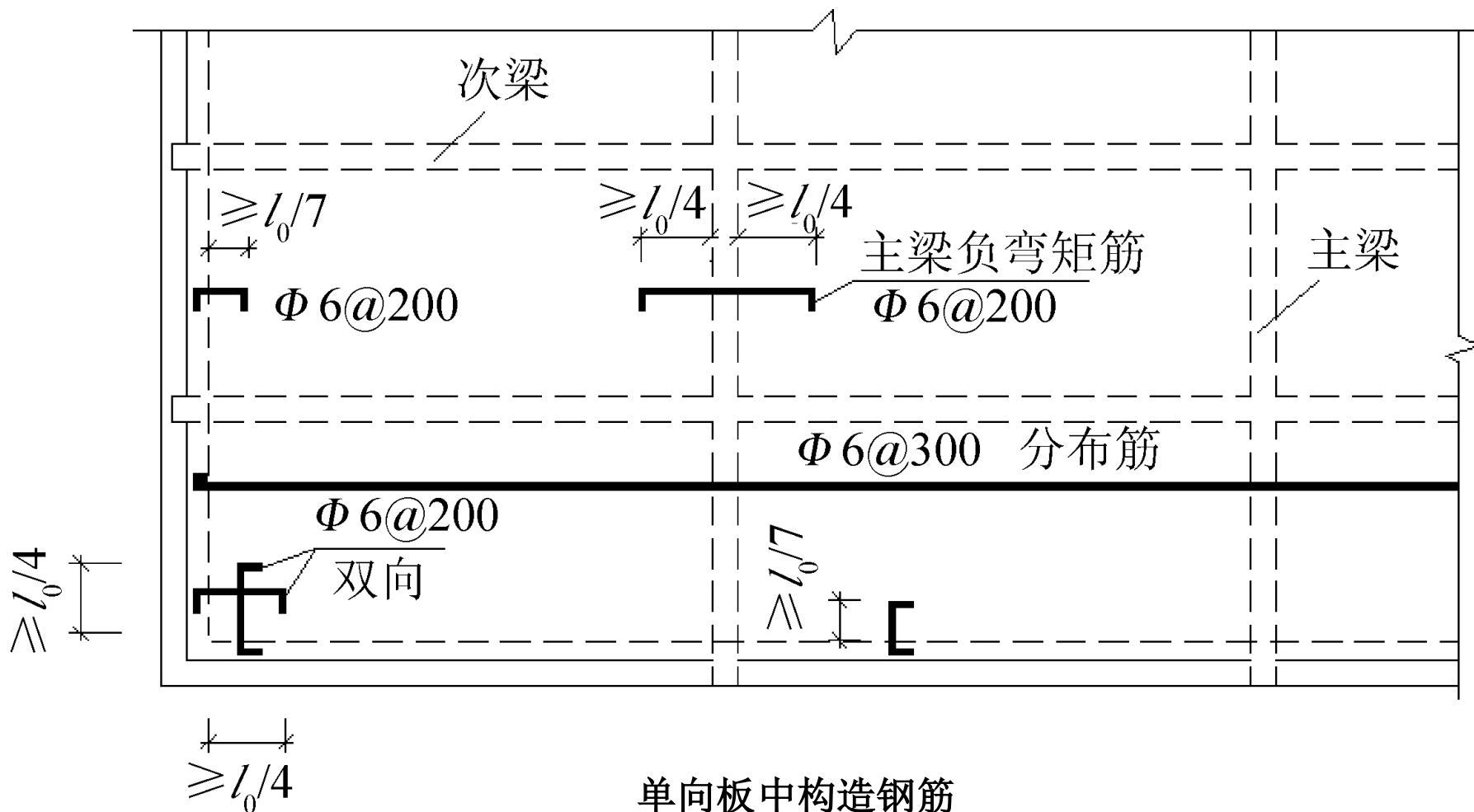


板嵌入承重墙时的板面裂缝分布



垂直于梁肋的板面构造钢筋

4 单向板肋梁楼盖配筋计算及构造要求

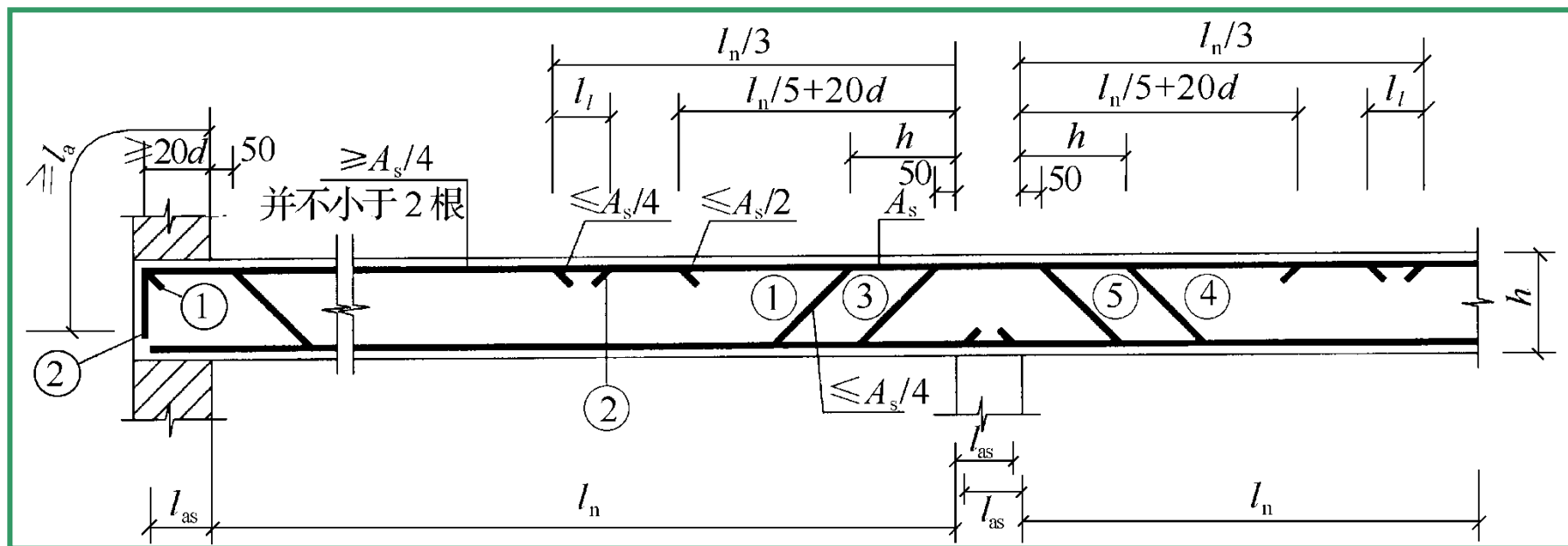


单向板中构造钢筋
注: l_0 为板短向计算跨度

4 单向板肋梁楼盖配筋计算及构造要求

✦ 次梁

- (1) 正截面受弯承载力计算
- (2) 斜截面受剪承载力计算
- (3) 受力钢筋的弯起和截断



次梁的配筋构造

4 单向板肋梁楼盖配筋计算及构造要求

✦ 主梁

(1) 正截面受弯承载力计算

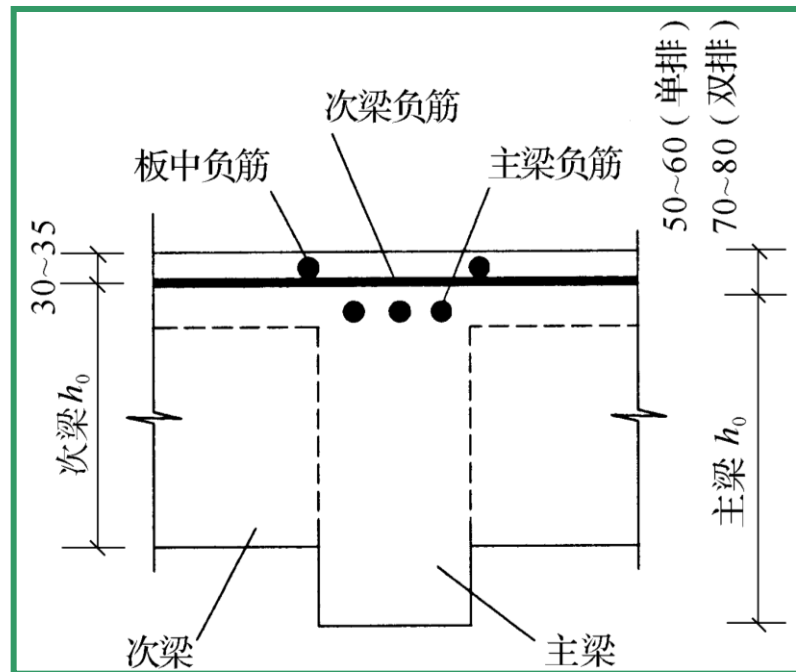
(2) 斜截面受剪承载力计算

(3) 受力钢筋的弯起和截断
(按**弯矩包络图**确定)

(4) 附加横向钢筋

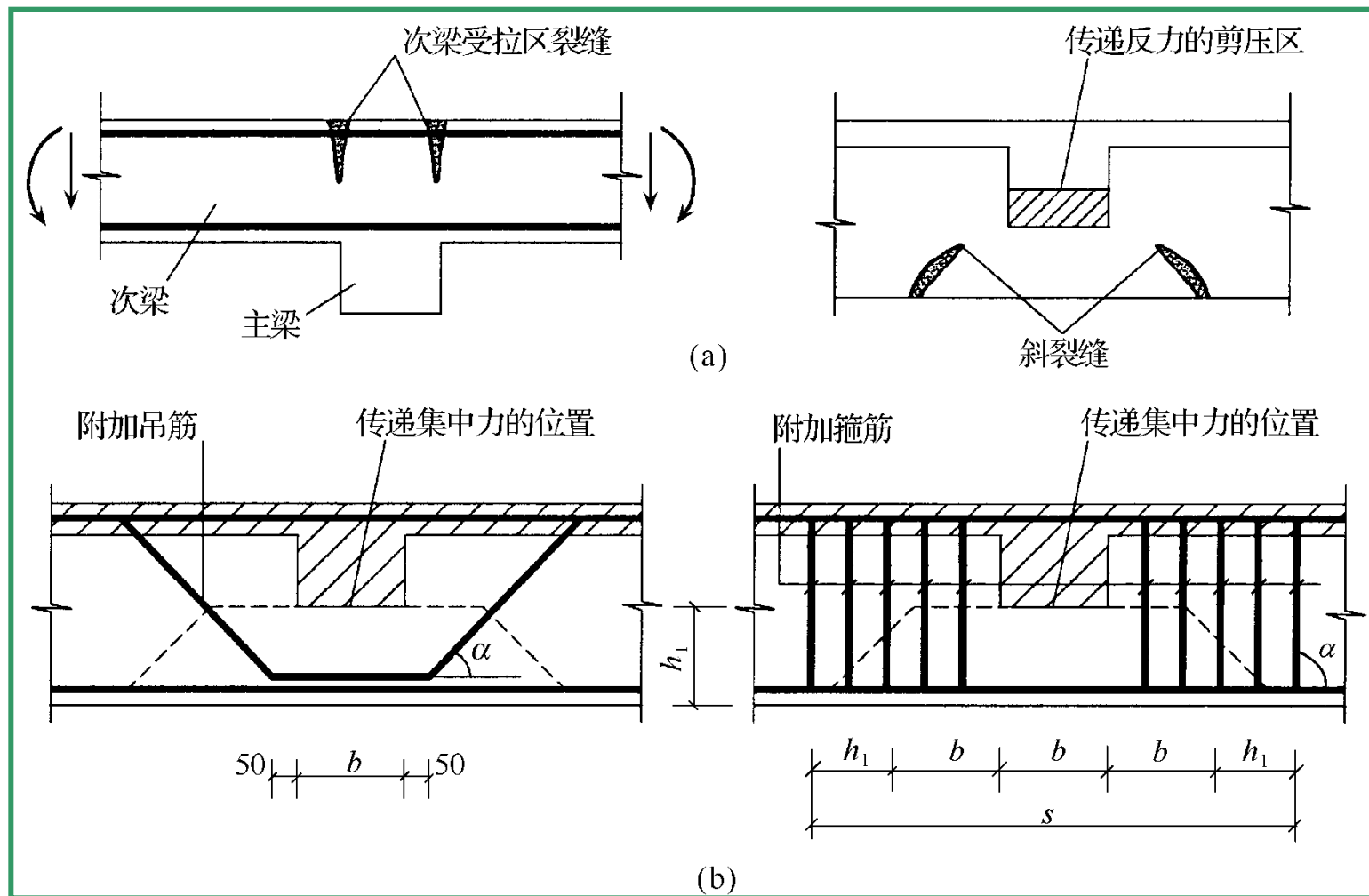
附加箍筋（优先采用）或附加吊筋

$$A_{sv} \geq \frac{F}{f_{yv} \sin \alpha}$$



主梁支座处的截面有效高度

4 单向板肋梁楼盖配筋计算及构造要求



附加横向钢筋布置

1 双向板肋梁楼盖按弹性理论计算结构内力

✦ 单块矩形双向板（单区格双向板）

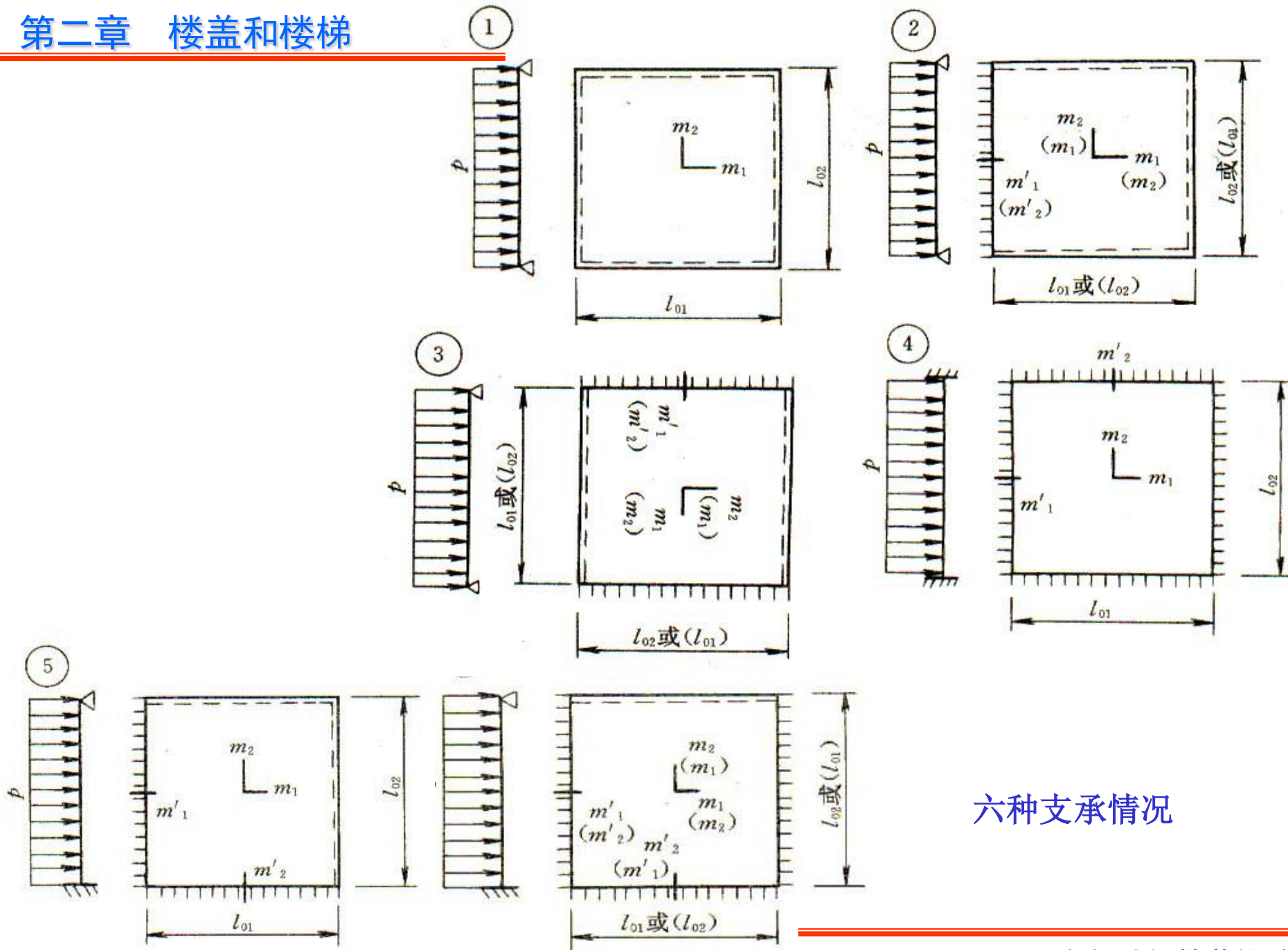
- 对于规则的双向板，根据板四周的支承情况和两个方向跨度的比值，按弹性薄板小挠度理论的计算结果已制成表格后，直接查表计算(四边支承的板,有六种边界条件见下页):

$$m = \text{表中弯矩系数} \times pl^2$$

附表是根据材料的泊松比 $\nu = 0$ 制定的。当 $\nu \neq 0$ 时，支座处负弯矩仍按上式计算，跨内正弯矩按下式计算。

$$\begin{cases} m_x^{(\nu)} = m_x + \nu m_y \\ m_y^{(\nu)} = m_y + \nu m_x \end{cases}$$

对钢筋混凝土， $\nu = 0.2$



六种支承情况

1 双向板肋梁楼盖按弹性理论计算结构内力

✦ 多跨连续双向板
(多区格双向板)

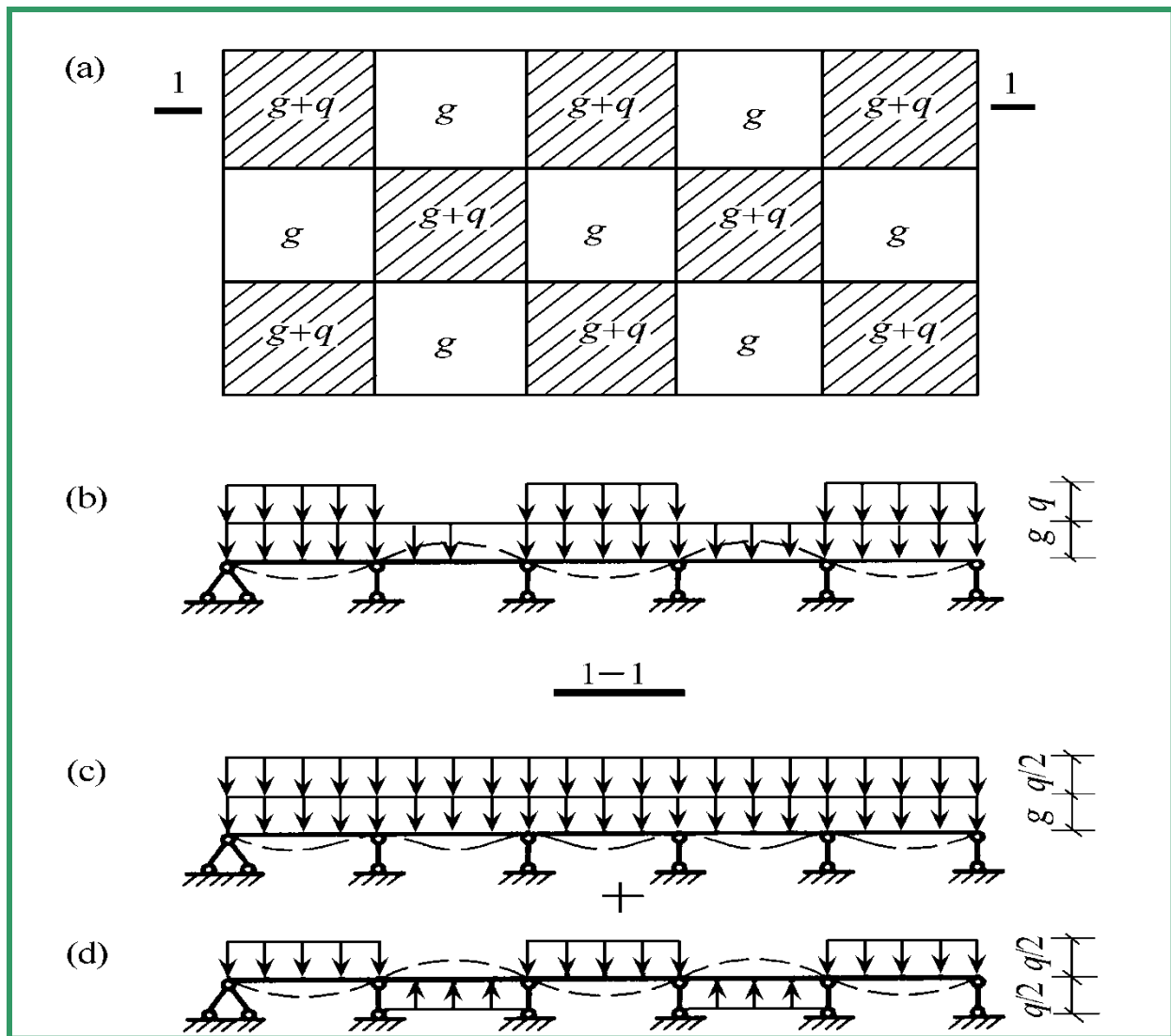
(1) 板跨中最大
正弯矩计算 (活荷
载棋盘式布置)

分为两种荷载情况:

正对称荷载 ($g+q/2$)

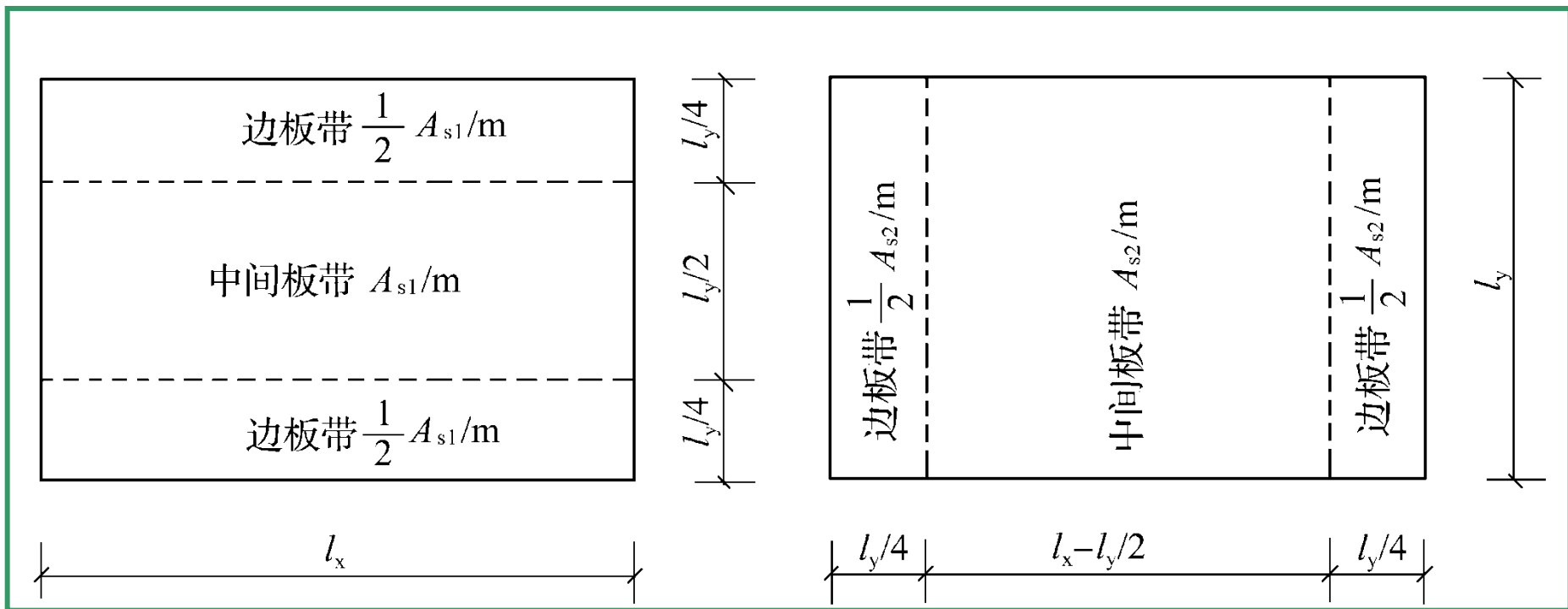
反对称荷载 $\pm (q/2)$

(2) 支座处板最
大负弯矩计算 (活
荷载近似按满布)



棋盘式荷载布置

1 双向板肋梁楼盖按弹性理论计算结构内力



中间板带与边板带的正弯矩钢筋配置

按弹性理论计算时：正弯矩钢筋（中间板带，边板带）

负弯矩钢筋（沿支座均匀配置）

1 双向板肋梁楼盖按弹性理论计算结构内力

双向板楼盖支承梁内力计算

三角形荷载： $p_e = \frac{5}{8} p'$

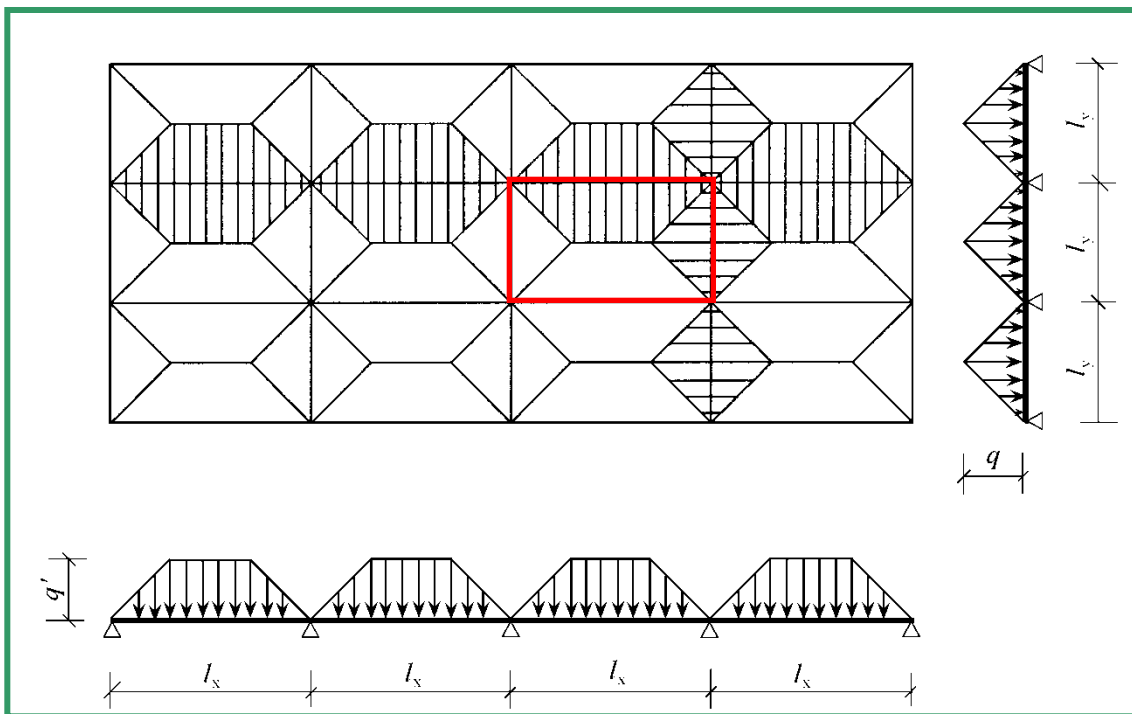
梯形荷载：

$$p_e = (1 - 2\alpha_1^2 + \alpha_1^3) p'$$

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

$$\alpha_1 = \frac{l_{01}}{2l_{02}}$$

l_y 为板的短边



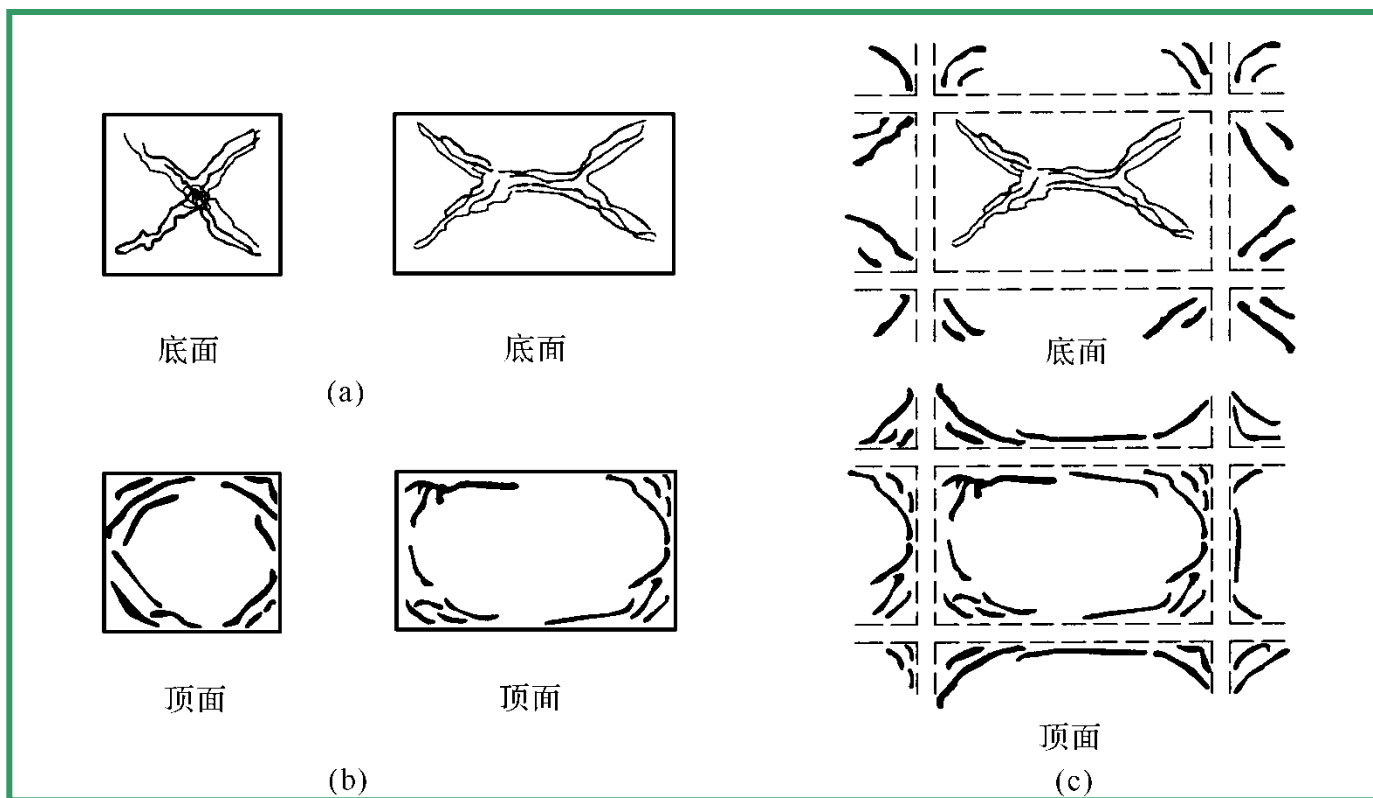
连续双向板支承梁计算简图

次梁和主梁的设计方法和构造要求同单向板肋梁楼盖

2 钢筋混凝土双向板极限承载力分析

✦ 试验研究

弹性 → 开裂 → 与裂缝相交的钢筋屈服 → 形成机构



双向板破坏时的裂缝分布

2 钢筋混凝土双向板极限承载力分析

✦ 塑性铰线及其确定

- 板中连续的一些截面均出现塑性铰，连在一起称为塑性铰线
- 板的极限荷载：当板中出现足够数量的塑性铰线后，板成为**机动体系**，达到其承载能力极限状态而破坏，这时板所承受的荷载为板的极限荷载
- 板中塑性铰线的分布形式与以下因素有关：

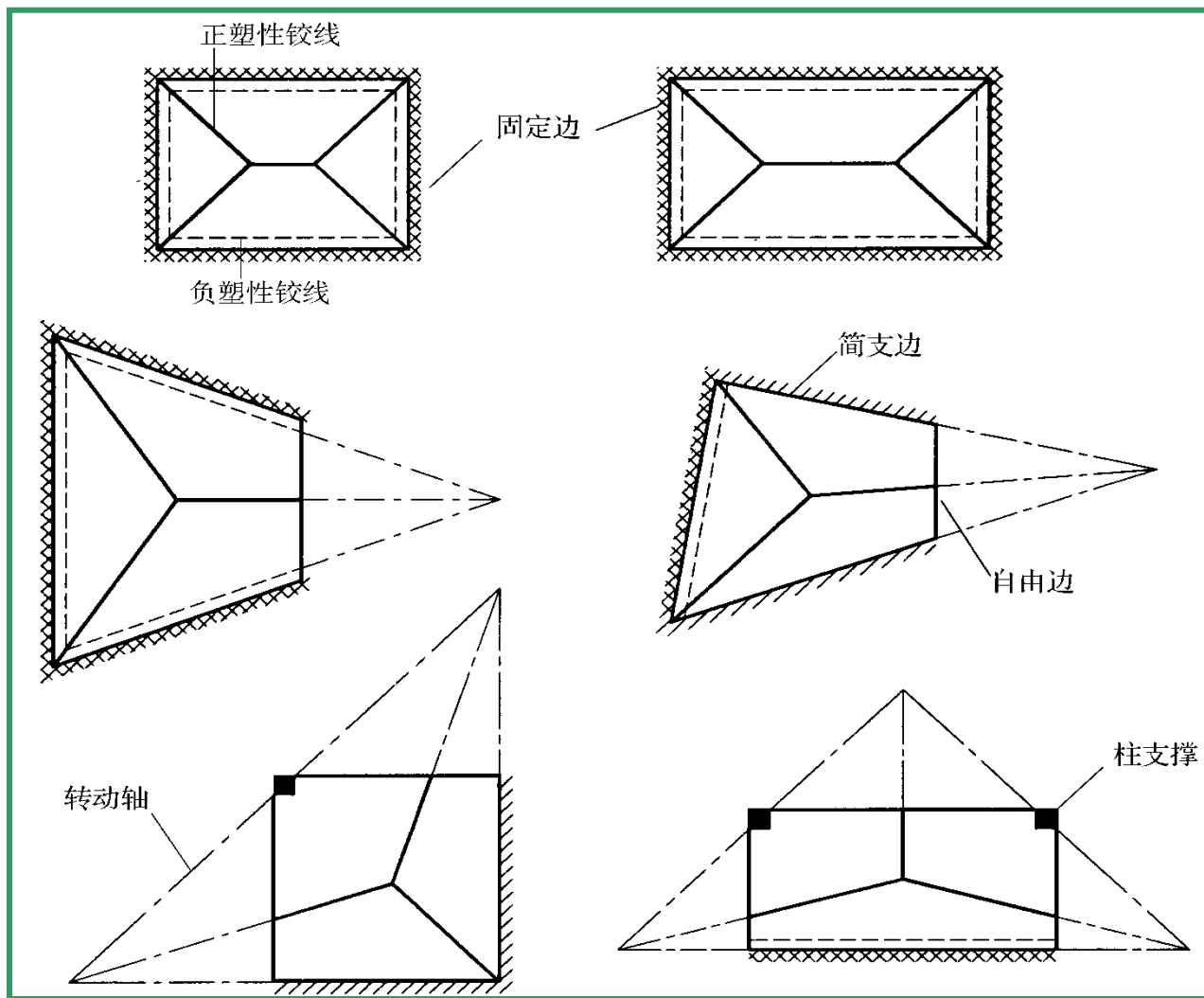
板的平面形状

周边支承条件

两方向跨中、支座的配筋量

荷载类型等

2 钢筋混凝土双向板极限承载力分析



均匀受荷双向板破坏机构示例

2 钢筋混凝土双向板极限承载力分析

✦ 结构极限承载力分析的基本原理

- (1) 极限分析须满足的**三个条件**：
- 极限条件
 - 机动条件
 - 平衡条件

(2) 极限分析的具体解法：

上限解法（满足机动条件及平衡条件）：

- 1) 机动法或功能法——利用功能方程求解
- 2) 极限平衡法——直接建立平衡方程求解

下限解法（满足极限条件及平衡条件）：

- 1) 直接选取弯矩分布方程
- 2) 板带法

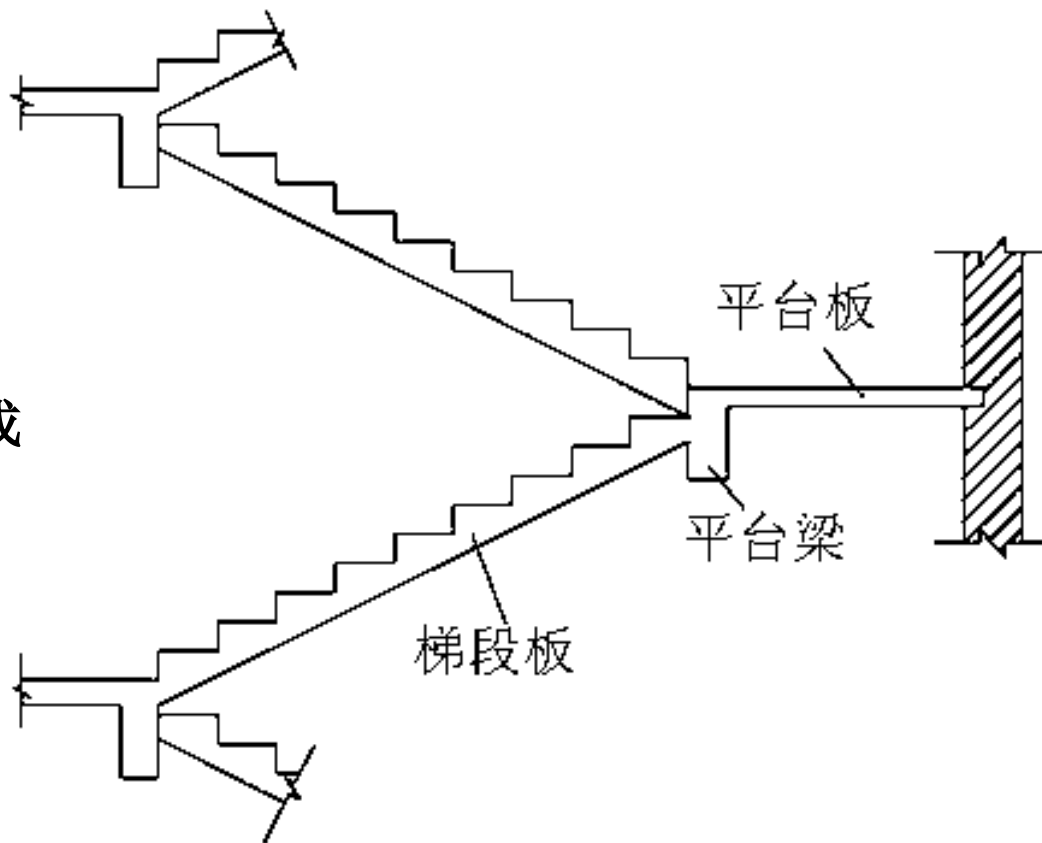
1 楼梯类型

楼梯是多层、高层建筑的重要组成部分，是房屋建筑的竖向通道。目前，绝大多数多层、高层建筑均采用钢筋混凝土楼梯，它是一种斜向搁置的钢筋混凝土梁板结构。

按结构形式和受力特点楼梯形式可分为板式、梁式、悬挑(剪刀)式和螺旋式，前两种属于平面受力体系，后两种则为空间受力体系。

a. 板式楼梯

由梯段板、平台板和平台梁组成

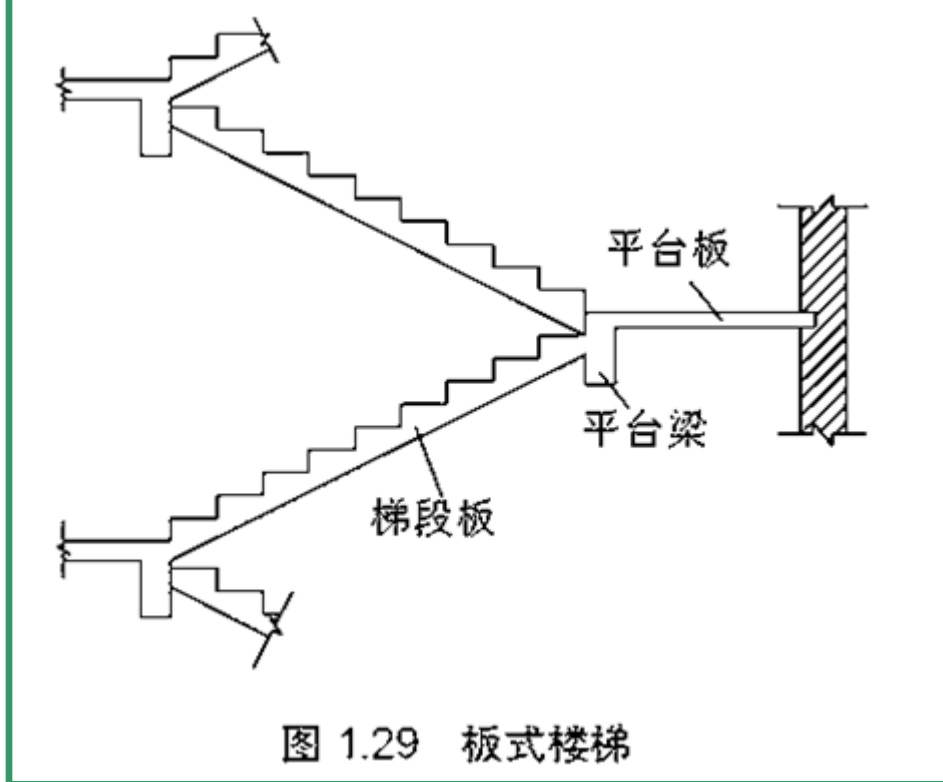


板式楼梯的**优点**是梯段板下表面平整，支模简单；

板式楼梯的**缺点**是梯段板跨度较大时，斜板厚度较大，结构材料用量较多。

板式楼梯**适用于**可变荷载较小、梯段板水平跨度一般不大于3 m的情况。

a. 板式楼梯



传力路径： 荷载 \longrightarrow 梯段板 \longrightarrow 平台梁

结构简化：

- 梯段板简支于平台梁，为简支斜板
- 平台梁简支于横墙或平台柱，为简支梁
- 平台板为四边支承的单区格板，按单向板或双向板计算

计算简图:

板式楼梯的内力计算包括梯段板、平台板和平台梁的计算。

1) 梯段板

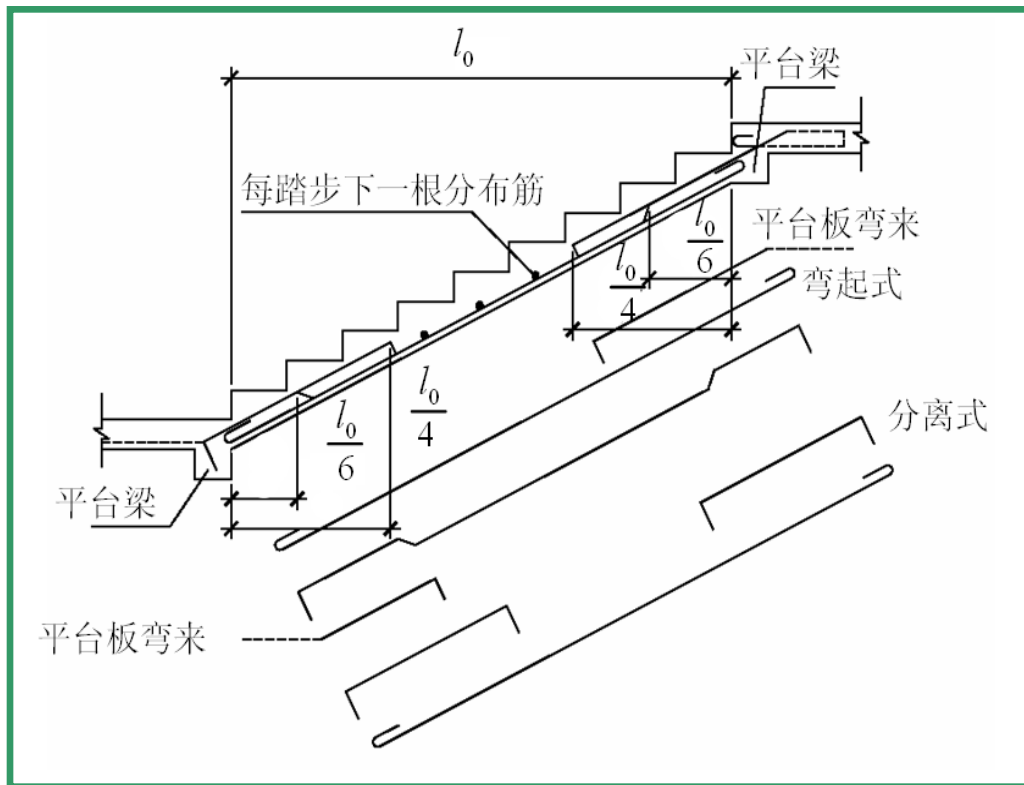
梯段板计算时，一般取1 m宽的板带作为计算单元，并将板带简化为斜向简支板。为计算梯段板的内力，将荷载分解为垂直于斜板和平行于斜板的两个分量，平行于斜板的均布荷载使其产生轴力，可以忽略。垂直于斜板的荷载分量使其产生弯矩和剪力。

2) 平台板

平台板一般为单向板，其一边与平台梁联结，另一边与梁联结或支承于墙上。

3) 平台梁

平台板和梯段板支承于平台梁上，因此平台梁承受由它们传来的均布荷载和自重，平台梁的两端一般支承于楼梯间承重墙上，可按简支梁进行计算。



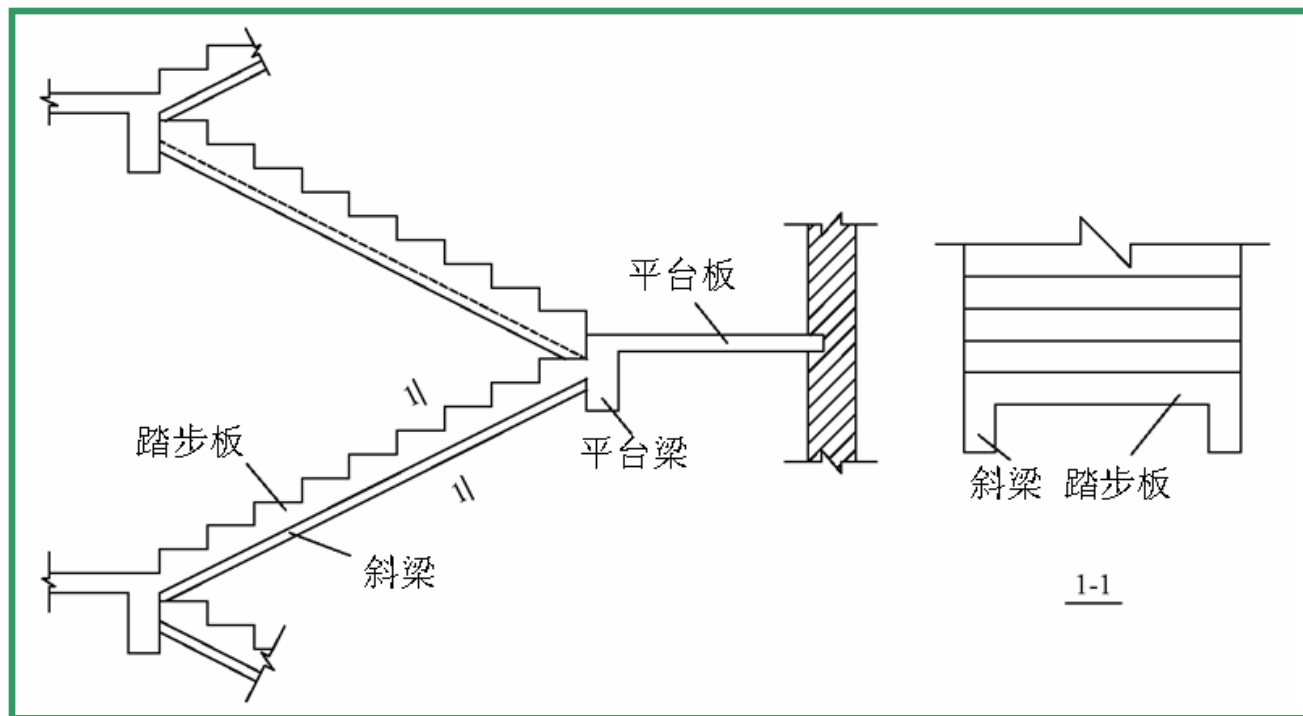
构造要求:

板式楼梯踏步高度和宽度由建筑设计确定，梯段斜板的厚度一般取 $h=(1/30\sim 1/25)$ 板跨。板的跨中配筋按计算确定。

斜板的两端应按构造设置承受负筋，设置负筋的范围不得小于 $1/4$ 的斜板水平投影长度，其数量一般取跨中截面配筋的 $1/2$ 或 $\phi 8@200$ ，在梁或板中的锚固长度不小于 $30d$ ，在垂直受力筋的方向设置分布筋，通常在每个踏步下放置 $1\phi 6$ 。

b. 梁式楼梯

- 梁式楼梯由踏步板、梯段斜梁、平台板和平台梁组成。
- 踏步板支承于梯段斜梁上，梯段斜梁支承于上、下平台梁上，斜梁可位于踏步板的下面或上面。当梯段板水平方向的跨度大于 $3.0\text{ m}\sim 3.3\text{ m}$ 时，采用梁式楼梯较为经济，其缺点是施工时支模比较复杂，外观也显得笨重。



b. 梁式楼梯

(1) 传力路径：荷载 $\xrightarrow{\text{均布荷载}}$ 踏步板 $\xrightarrow{\text{均布荷载}}$ 斜梁 $\xrightarrow{\text{集中力}}$ 平台梁

(2) 结构简化：

- 1) 踏步板简支于斜梁；
- 2) 斜梁简支于平台梁
- 3) 平台梁简支于横墙；
- 4) 平台板为四边支承的单区格板

