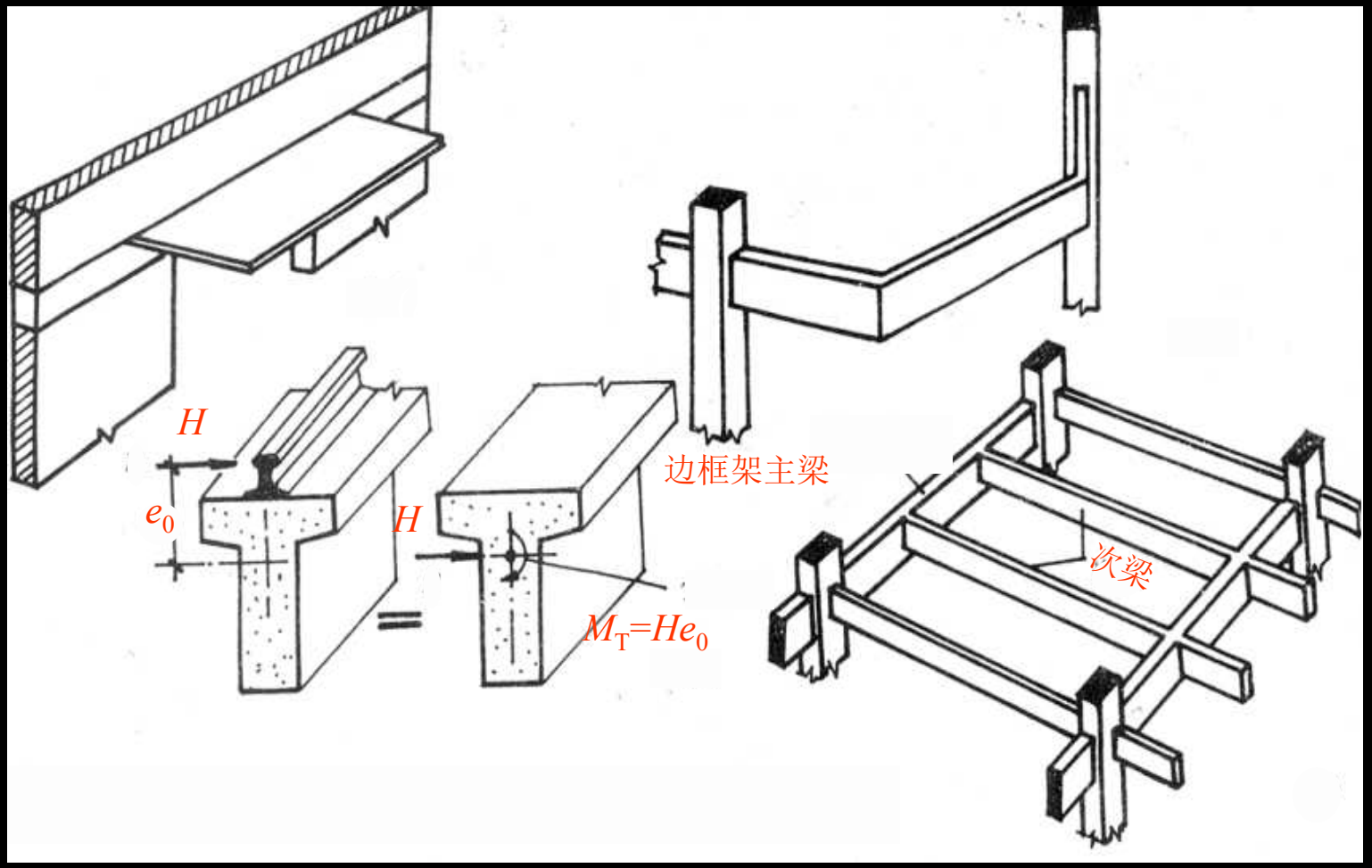
第6章 受扭构件

在扭矩作用下，混凝土受扭构件的破坏面是一个空间扭曲面。扭曲截面的承载力问题，是考虑在扭矩作用下(纯扭)或在扭矩和剪力作用下(剪扭)或在弯矩、扭矩和剪力共同作用下(弯剪扭) 、或在弯矩、扭矩、剪力和轴力共同作用下(弯剪扭压或弯剪扭拉)的构件承载力问题。



(a)雨篷梁;　(b)平面折梁:
(c)吊车梁;　(d)边框架主梁

6.1　矩形截面纯扭构件承载力

纯扭构件——构件只承受扭矩

包括:　素混凝土纯扭构件

钢筋混凝土纯扭构件

6.1.1 纯扭构件的受力性能

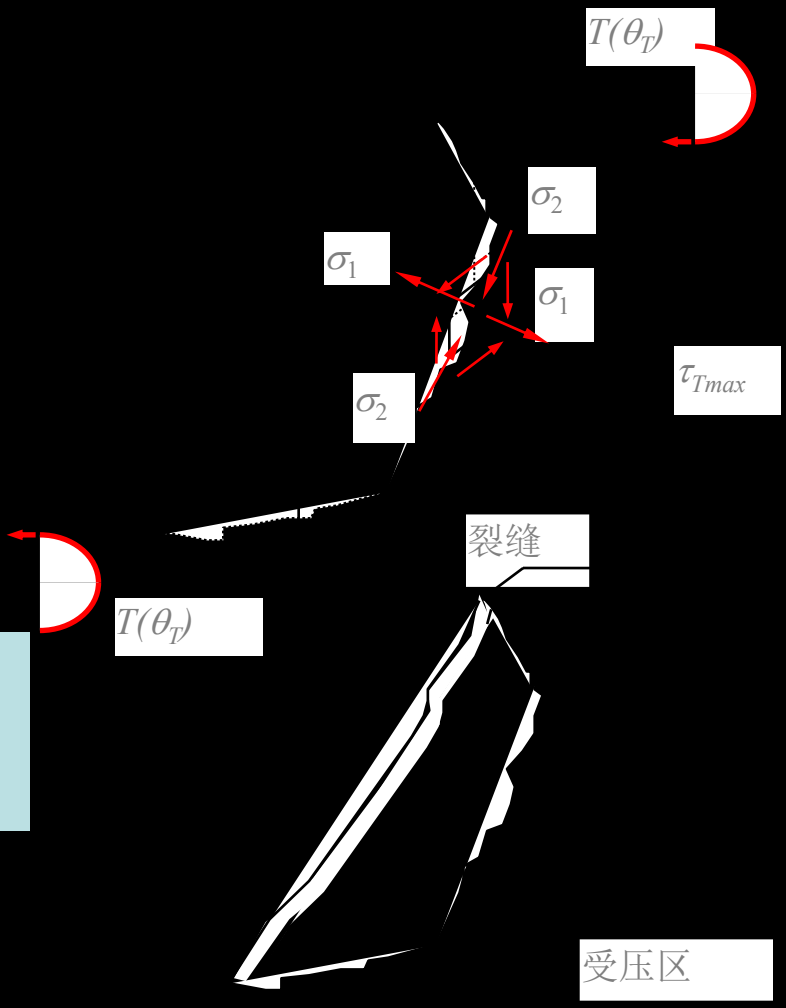
素混凝土纯扭构件

T τ σ_{tp}

先在某长边中点开裂，

形成一螺旋形裂缝，一裂即坏
是典型的脆性破坏

三边受拉，一边受压



弹性分析

按材力导出外边缘τ_{max}时的扭矩比实测扭矩低很多。

塑性分析

认为材料塑性充分发展，全截面从表面至中心达到τ_{max}所计算的扭矩抗力。

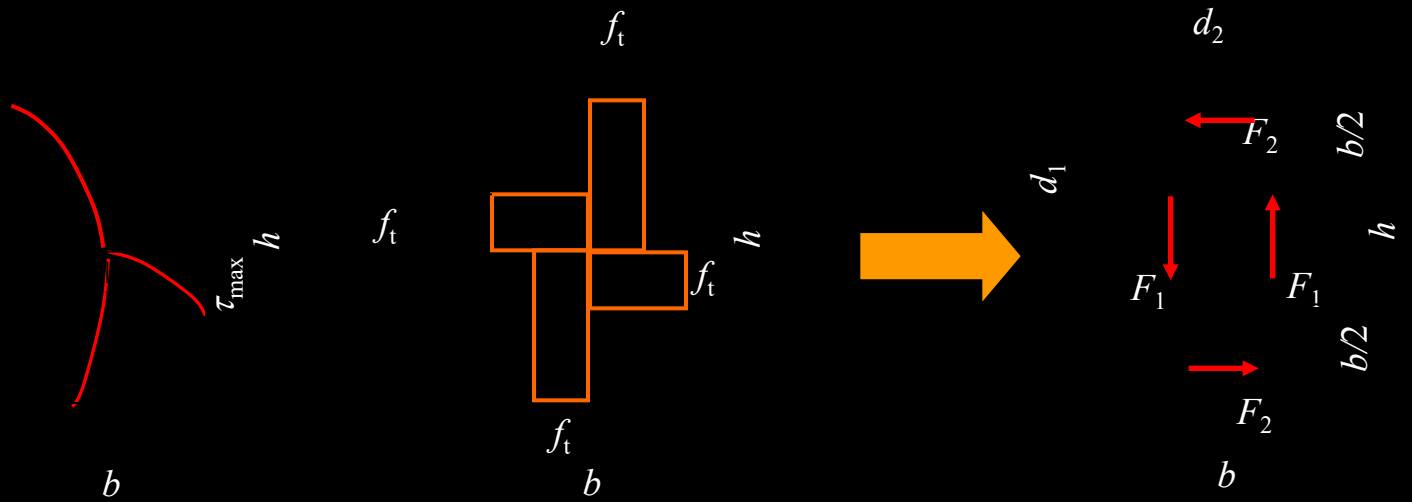
$$T_p = f_t w_t$$

w_t—— 抗扭塑性抵抗矩

对于矩形截面：

$$W_t = \frac{b^2}{6}(3h - b)$$

开裂扭矩的计算



弹性材料

理想弹塑性材料

$$T_{cr} = 2(F_1 d_1 + F_2 d_2) = \frac{b^2}{6}(3h - b) f_t = W_t f_t$$

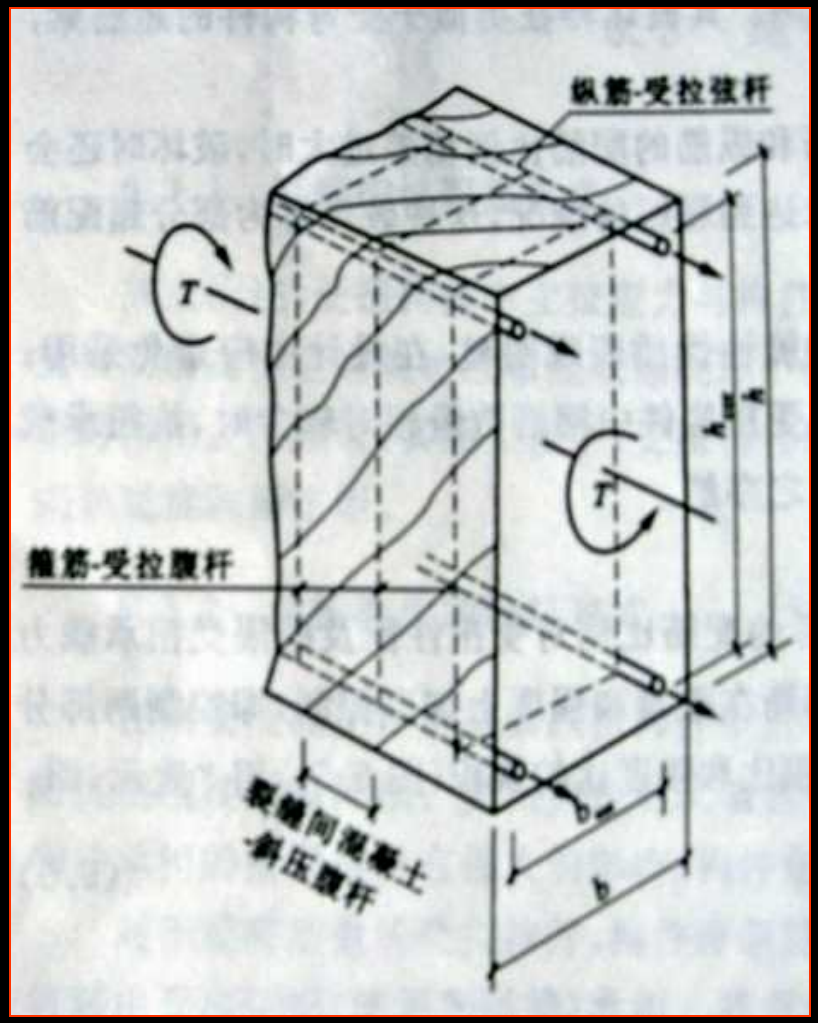
矩形截面的抗扭塑性抵抗矩*亦可用砂堆比拟导出*

混凝土既非理想的弹性材料,也非理想的塑性材料,故实际的素混凝土受扭承载力将介于弹性材料破坏扭矩和式(6.1)所表示的理想塑性材料破坏扭矩之间，经试验分析，有

$$T_u = 0.7 f_t W_t$$

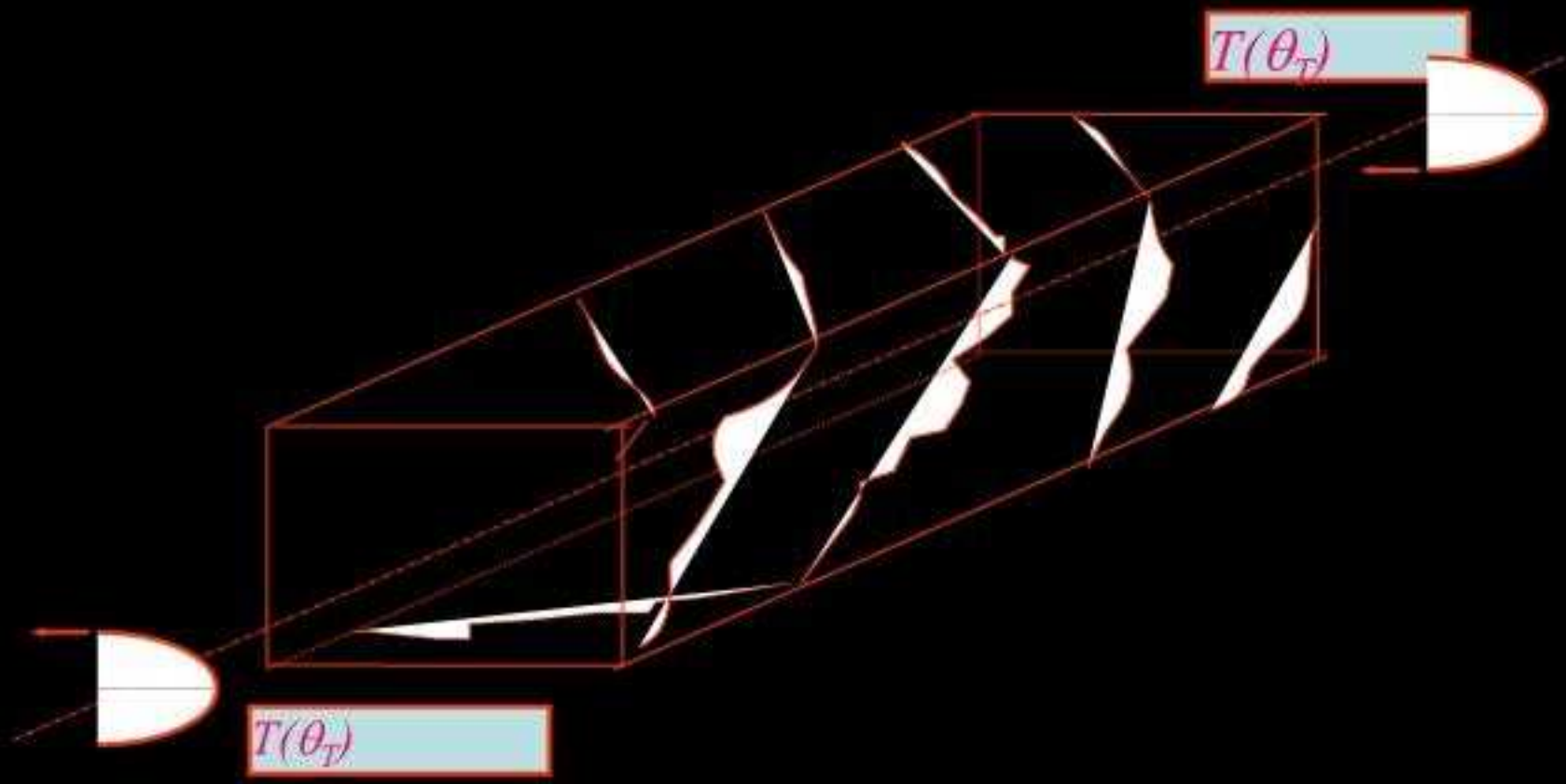
由于钢筋对混凝土的开裂影响不大，故上述素混凝土受扭的破坏扭矩也可视为钢筋混凝土受扭构件的开裂扭矩。

“空间桁架”受力体系(图)



抗扭纵向钢筋成为桁架的弦杆，箍筋组成桁架的受拉腹杆，斜裂缝之间的混凝土成为受压的斜腹杆

◎钢筋对开裂影响不大；
开裂前钢筋中的应力很小



构件的破坏特征

◎**少筋破坏**：

开裂后钢筋应力激增，构件破坏突然，与素混凝土构件的破坏无大差别,典型的脆性破坏

◎**适筋破坏**：

开裂后钢筋应力增加，裂缝陆续开展，钢筋屈服，混凝土压碎，构件破坏;破有预兆，是延性破坏

◎超筋破坏：

裂后钢筋应力增加，继续开裂，混凝土压碎，构件破坏，纵向钢筋和箍筋均未屈服,是脆性破坏,设计时应避免。

◎部分超筋破坏：

裂后钢筋应力增加，继续开裂，混凝土压碎，构件破坏，纵筋或箍筋未屈服,有一定延性。

6.1.2 纯扭构件受扭承载力计算

1. 配筋强度比值
2. 抗扭纵向钢筋与抗扭箍筋的强度比值ζ表示单位核心长度的纵向钢筋拉力与构件单位长度的单肢抗扭箍筋拉力之比，即：

式中 A_{stl}—截面中全部纵向抗扭钢筋截面面积；

A_{st1}—抗扭箍筋的单肢截面面积；

f_{yv}—箍筋的抗拉强度设计值；

f_y—纵向抗扭钢筋的抗拉强度设计值；

s—箍筋间距

u_{cor}—截面核心部分的周长，对矩形截面有$u_{cor}=2[(b-2c)+(h-2c)]$,c为纵向钢筋的混凝土保护层厚度($c\geq25mm$)。

$0.6\leq\zeta\leq1.7$ 常用值的区间为1.0~1.3

2.纯扭构件承载力计算公式

$$T_u = 0.35 W_t f_t + 1.2\sqrt{\zeta}\,\frac{A_{st1} f_{yv}}{s} A_{cor}$$

公式第1项可以理解为混凝土提供的抗扭承载力，第2项可以理解为抗扭钢筋提供的抗扭承载力。

式中 T— 扭矩设计值；

f_t — 混凝土抗拉强度设计值

A_{cor}—截面核心部分面积，

ζ—抗扭纵筋与抗扭箍筋的配筋强度比值

3. 公式适用范围

1）截面尺寸要求

为保证不发生完全超配筋的脆性破坏(即破坏时保证混凝土不首先被压碎)，受扭截面尺寸应满足如下要求：

当$h_w/b \leq 4$时

$$T \leq 0.25\beta_c f_c W_t$$

当$h_w/b = 6$时

$$T \leq 0.2\beta_c f_c W_t$$

当$4 < h_w/b < 6$时,按线性内插法确定。

h_w—截面的腹板高度,同受弯构件;

b--截面的腹板宽度;

2) 防止少筋破坏

为防止少筋破坏的发生，受扭箍筋应满足最小配箍率的要求,即

$$\rho_{st}=\frac{2A_{st1}}{bs}\geq\rho_{st,\min}=0.28\frac{f_t}{f_{yv}}$$

受扭纵筋应满足最小配筋率的要求：

$$\rho_{tl}=\frac{A_{stl}}{bh}\geq\rho_{tl,\min}=0.6\sqrt{\frac{T}{Vb}}\frac{f_t}{f_y}$$

当T/(Vb) >2.0时，取T/(Vb)=2.0，此时

$$\rho_{tl,\min}=0.85\frac{f_t}{f_y}$$

6.2 矩形截面剪扭构件承载力

受扭构件同时存在剪力作用时，由于扭矩和剪力二者在截面的一个侧面上剪应力的叠加效应，剪力的存在会使构件的受扭承载力降低，而扭矩的存在也会使构件的受剪承载力降低，这就是剪扭的相关性。

6.2.1 受扭承载力降低系数 β_t

考虑剪扭的相关性，引入受扭承载力降低系数β_t来表达

对于一般剪扭构件的混凝土，受扭承载力降低系数βt按右式：

$$\beta_t = \frac{1.5}{1 + 0.5\dfrac{VW_t}{Tbh_0}}$$

当βt＜0.5时，取βt=O.5；当βt＞1时，取βt=1。

对集中荷载作用下的独立剪扭构件

式中 λ一计算截面的剪跨比,取λ=a/h₀,a为集中荷载至支座或节点边缘的距离，1.5≤λ≤3

$$\beta_t = \frac{1.5}{1 + 0.2(\lambda + 1)\dfrac{VW_t}{Tbh_0}}$$

6.2.2 剪扭构件的剪扭承载力

1.剪扭构件的受剪承载力

对于一般的剪扭构件，有

$$V \le 0.7(1.5-\beta_t) f_t b h_0 + f_{yv} h_0$$

对需考虑剪跨比的剪扭构件，有

$$V \le \frac{1.75}{\lambda+1.0}(1.5-\beta_t) f_t b h_0 + f_{yv} h_0$$

2.剪扭构件的受扭承载力

考虑混凝土受扭承载力降低系数β_t，可得

$$T \le 0.35\beta_t f_t W_t + 1.2A_{cor}$$

3.剪扭构件的箍筋用量

算出的箍筋用量进行叠加，即得出满足剪扭承载力所需箍筋总量，并统一进行配置。

箍筋的配筋率ρ_{sv}应满足

$$\rho_{sv} \ge \rho_{sv,min} = 0.28 \frac{f_t}{f_{yv}}$$

4. 不需考虑剪力或扭矩作用的情形

在下列情形，可不考虑剪力或扭矩的作用:①当$V \le 0.35 f_t bh_0$（或需考虑剪跨比时$V \le 0.875 f_t bh_0/(\lambda+1)$的情形），剪力对构件承载力的影响可不予考虑，构件的配筋由正截面受弯承载力和受扭承载力的计算确定；;②当$T \le 0.175 f_t W_t$时(箱形截面$T \le 0.175 \alpha_h f_t W_t$时)，扭矩对构件承载力的影响可不予考虑，此时，构件的配筋由正截面受弯承载力和斜截面受剪承载力的计算确定。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：https://d.book118.com/318024124074006047