

轧制

- 组员：吴明龙、赵宏学、范彧林、徐诗杰、汪浩、许冬

轧制

- 定义：

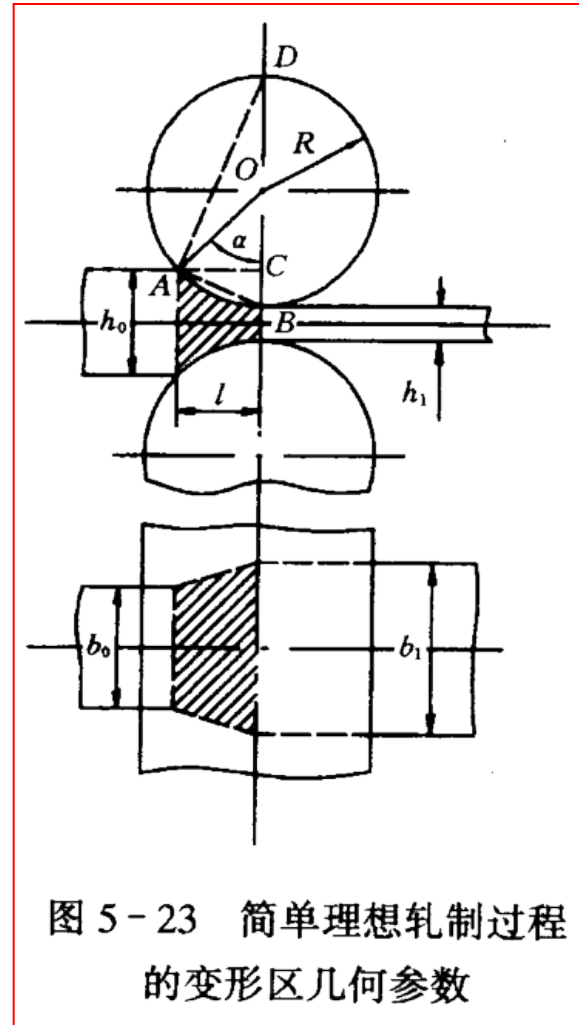
- 金属(或非金属)材料在旋转轧辊的压力作用下，产生连续塑性变形，获得要求的截面形状并改变其性能的方法。

-

- 轧制：将金属坯料通过一对旋转轧辊的间隙（各种形状），因受轧辊的压缩使材料截面减小，长度增加的压力加工方法，这是生产钢材最常用的生产方式，主要用来生产型材、板材、管材。

以简单理想轧制过程为例，阐述轧制过程的基本概念。

- **简单理想轧制过程**：两轧辊均被驱动，直径相等，转速相同，轧件的机械性质及运动均匀，无外加推力或拉力作用，靠轧辊力实现轧制的过程。
- 轧制过程如图5-23示意图所示。
- ❖ **变形区** — 轧件在轧辊作用下产生变形的区域。
- ❖ **外区或刚端** — 变形区以外两端不产生变形区域。



1. 变形区主要参数

- R —轧辊半径
- α —咬入角
- L —变形区长度，是接触弧（ α 对应的弧度）的水平投影
- h_0, h_1 —轧件入口厚度和轧后厚度
- L_0, L_1 —轧件轧制前后的长度
- b_0, b_1 —轧件轧制前后的宽度

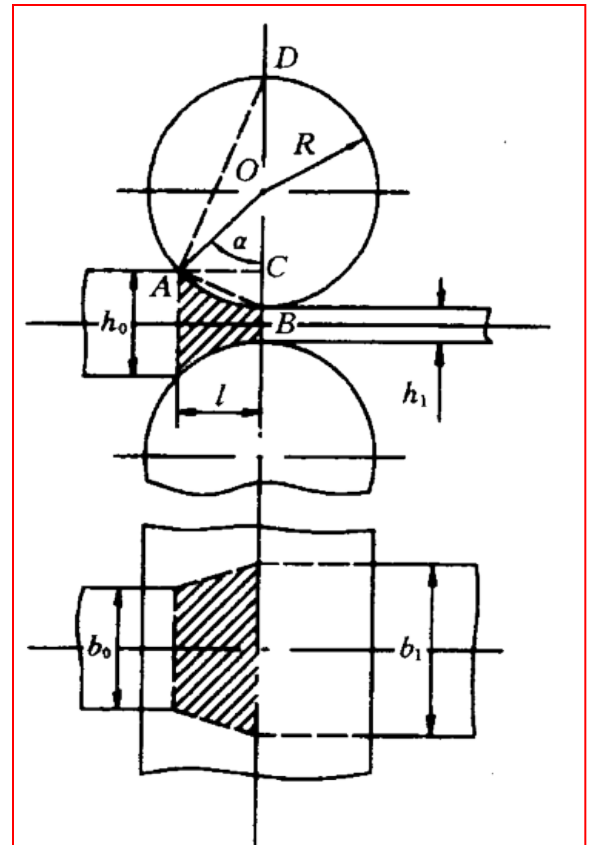


图 5-23 简单理想轧制过程的变形区几何参数

工艺参数的定义

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta h = h_0 - h_1 = 2R(1 - \cos\alpha) \quad \text{LL 压下量} \\ l = \sqrt{R^2 - \left(R - \frac{\Delta h}{2}\right)^2} = \sqrt{R\Delta h - \left(\frac{\Delta h}{4}\right)^2} \approx \sqrt{R\Delta h} \quad \text{LL 变形区长} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{压下系数} \quad \eta = \frac{h_0}{h_1} \\ \text{压下率} \quad \varepsilon = \frac{\Delta h}{h_0} \times 100 \% \\ \text{延伸系数} \quad \lambda = \frac{l_1}{l_0} \\ \text{宽展} \quad \Delta b = b_1 - b_0 \end{array} \right.$$

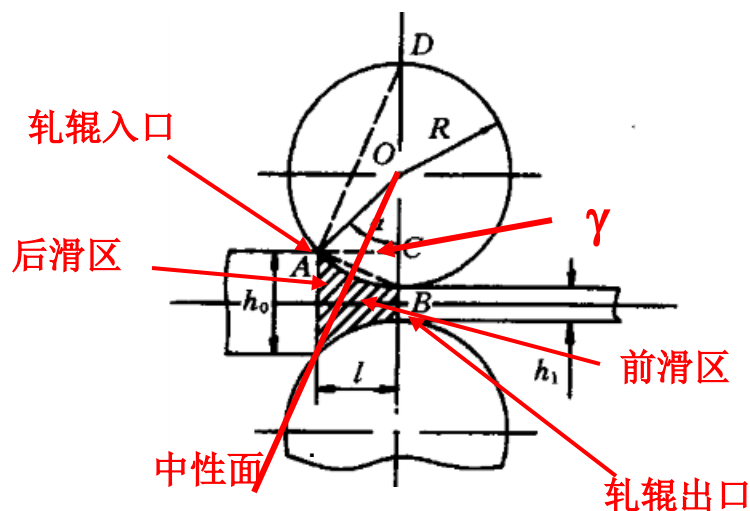
2. 轧制过程的金属流动

设：轧件无宽展，垂直截面水平流动速度相同，则按体积不变条件可知，变形区流动速度变化：

- 在轧辊入口：金属的流动速率 $<$ 轧辊表面圆周速度
- 在轧辊出口：金属的流动速率 $>$ 轧辊表面圆周速度
- 则在变形区存在一个金属流速 = 轧辊表面圆周速度的地方 \rightarrow **中性面**

轧辊入口-中性面之间的区间—**后滑区**

中性面-轧辊出口之间的区间—**前滑区**，对应的轧辊圆心角称为**中性角 γ**



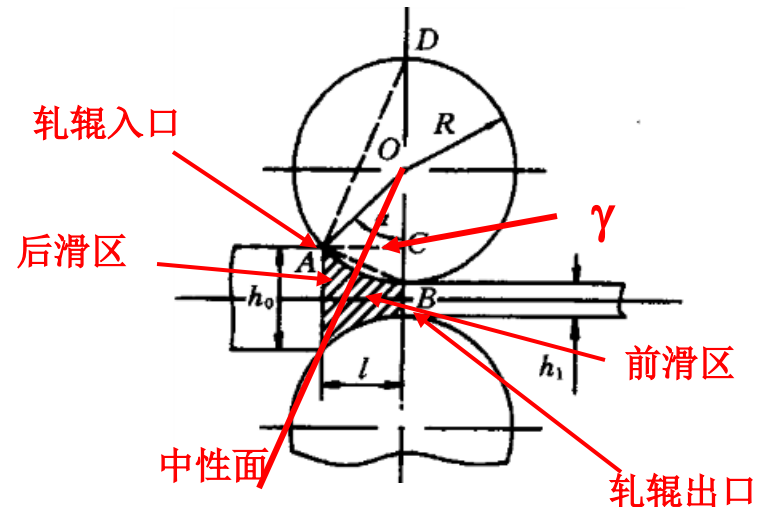
由变形区力平衡和几何条件分析，可导出轧制过程变形与几何条件的内在联系，计算得中性角 γ

$$\gamma = \frac{\alpha}{2} \left(1 - \frac{\alpha}{2\beta} \right)$$

γ - 中性角

α - 咬入角

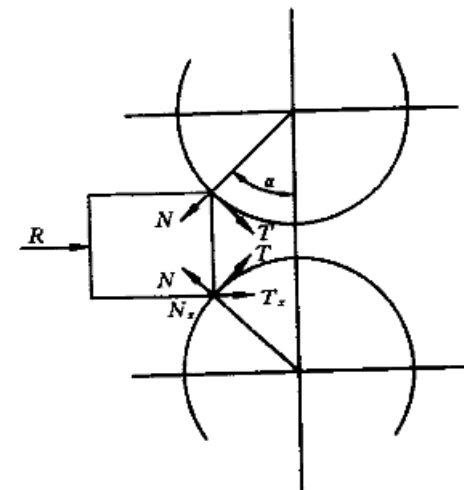
β - 摩擦角，据库仑定律确定



$$\frac{T}{N} = f = \tan \beta \quad \begin{cases} f -- \text{摩擦系数} \\ \beta -- \text{摩擦角} \end{cases}$$

N—施加轧件上的力

T—摩擦力



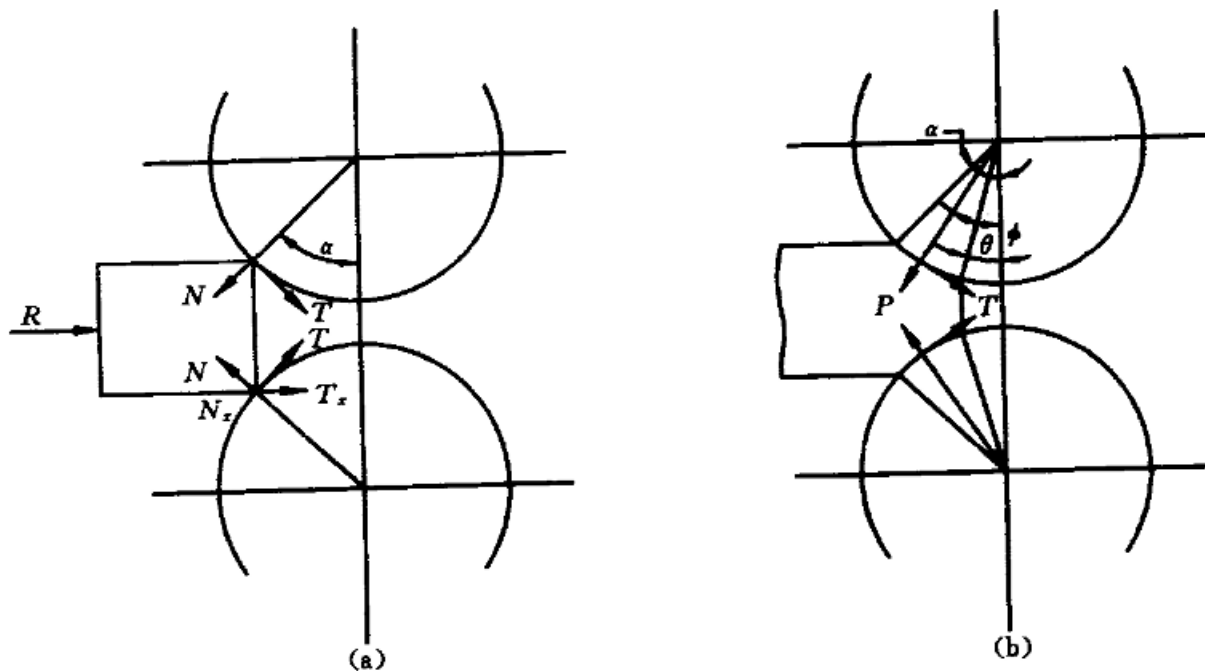
3. 咬入条件 $\alpha \leq \beta$

咬入条件—轧件与轧辊接触后，轧辊能把轧件拉入辊缝进行轧制的必要条件。

1. 开始咬入的情况

轧辊与轧件的**受力关系**如图所示

N —施加轧件上的力
 T —摩擦力
 N_x, T_x 分别为其水平分量



Φ - 轧件作用力方向与出口区间的夹角
 θ - 轧件端部与出口的夹角

图 5-24 开始咬入时 (a) 及咬入后 (b) 作用于轧件上的力

N —施加轧件上的力

T —摩擦力

N_x, T_x 分别为其水平分量

由力平衡关系，有

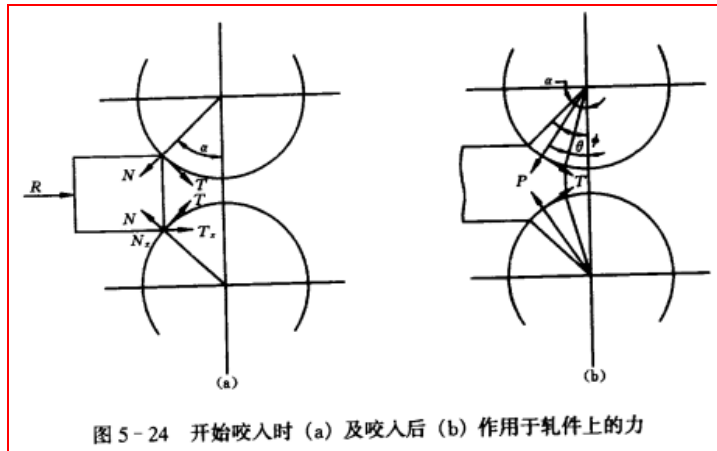
$N_x \leq T_x$ 时，轧件咬入辊缝，则咬入的条件为：

$$\begin{cases} N_x \leq T_x \\ N \sin \alpha \leq T \cos \alpha \\ T/N \geq \tan \alpha \end{cases}$$

据库仑定律：

$$T/N = f = \tan \beta \quad \begin{cases} f -- \text{摩擦系数} \\ \beta -- \text{摩擦角} \end{cases}$$

则咬入条件为： $\alpha \leq \beta$.



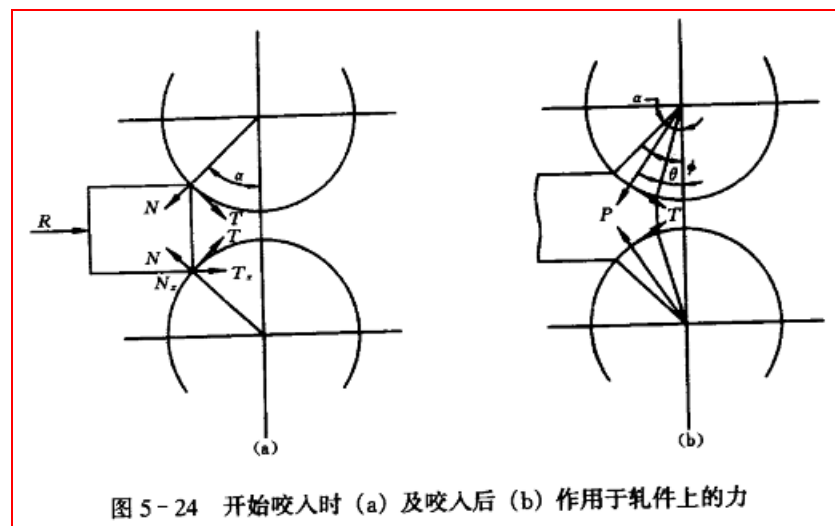
2. 咬入以后的情况

咬入后，在建立稳定的轧制过程中，轧辊对轧件的作用力方向改变。

设：作用力方向与出口区间的夹角为 Φ ，轧件端部与出口的夹角为 θ

此时的咬入条件为：

$$\beta \geq \phi = \alpha + \frac{\theta}{2}$$



① 当 $\theta = \alpha$ （轧制开始时），咬入条件

$$\beta \geq \phi = \alpha + \frac{\alpha}{2} = \alpha$$

② 当 $\theta = 0$ 时（轧件充满变形区），则

$$\beta \geq \phi = \frac{\alpha}{2}$$

4. 轧制压力

(1) 轧制压力的概念

轧制压力是轧制时轧辊施加于轧件的变形力，但通常，轧件施加于轧辊总压力的垂直分量称为轧制压力，见图5-25

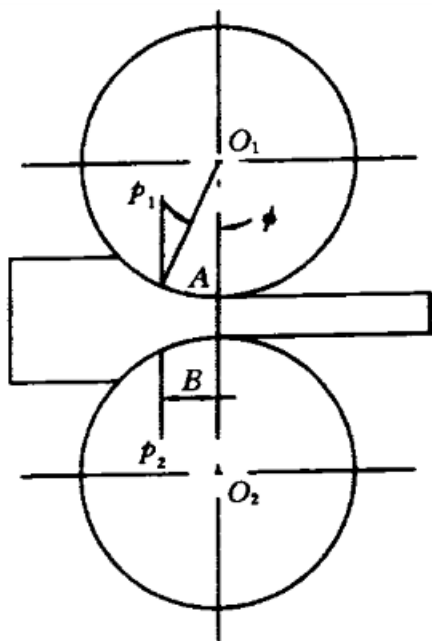


图 5-25 简单理想轧制条件下的合力方向

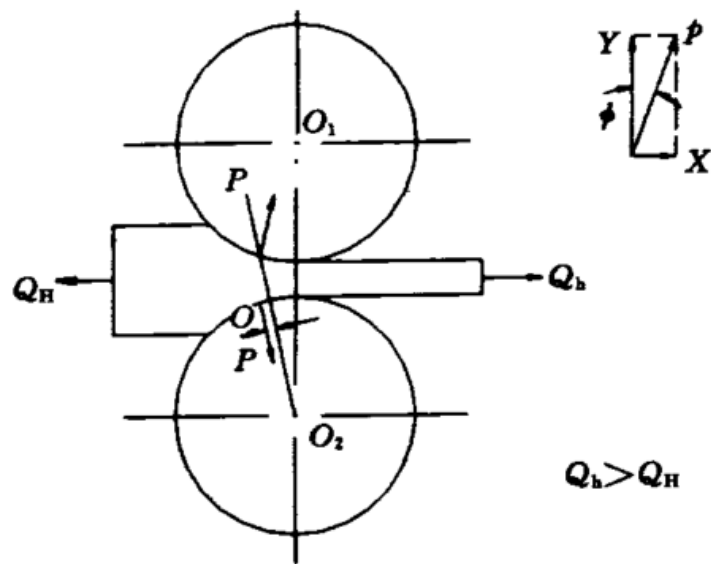


图 5-26 具有外力时的合力方向

第一项单位压力 p 的垂直分量

第二、三项分别为前、后滑区单位摩擦力 t 的垂直分量，方向不同。

通常这两项比较小，工程上可以忽略，则有：

$$P \approx \bar{B} \int_0^\alpha p \frac{dx}{\cos \theta} \cos \theta = \bar{B} \int_0^\alpha p dx$$

取平均值形式，有：

$$P = \bar{p}F$$

P - 轧制压力

p - 平均单位压力

F - 接触面积（水平投影面积）

5. 轧制力矩

1) 定义：轧制压力 P 与其作用点到轧制中心线距离（力臂） a 的乘积，是确定轧制的主电机和轧辊传动机构负荷的重要参数。

2) 计算：

$$\begin{cases} M = Pa \\ P = \bar{p}F = \bar{p} \frac{(b_0 + b_1)}{2} \sqrt{R\Delta h} \\ a = \Psi \sqrt{R\Delta h} \end{cases}$$

Ψ -力臂系数，一般取0.3-0.6

$$M = \bar{p} \frac{(b_0 + b_1)}{2} R\Delta h \Psi$$

在简单轧制情况下，驱动两辊的轧制力矩

$$M = M_1 + M_2$$

$$M = \bar{p}R\Delta h\Psi(b_0 + b_1)$$

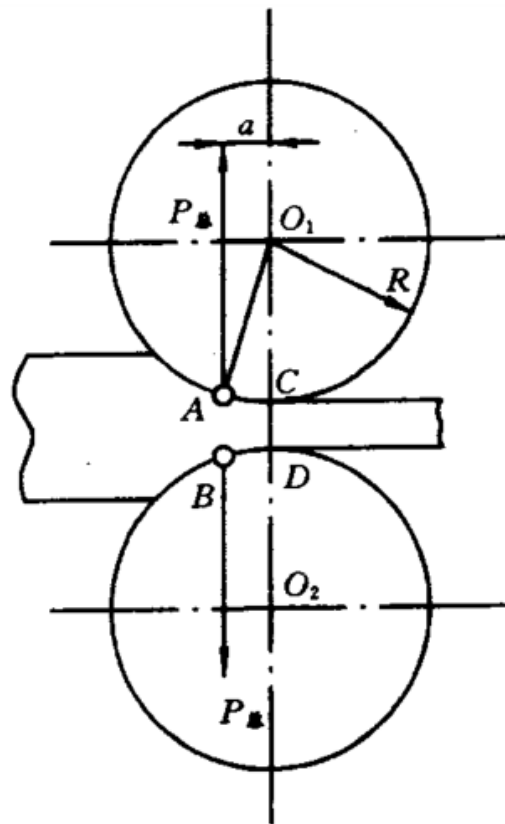


图 5-29 确定轧制力矩示意图

3. 2. 2 轧制方法

1. 按轧制温度分类

{ 热轧 -- 变形容易、易产生氧化皮、表面粗糙、尺寸波动大
{ 冷轧 -- 力性好、尺寸精确高

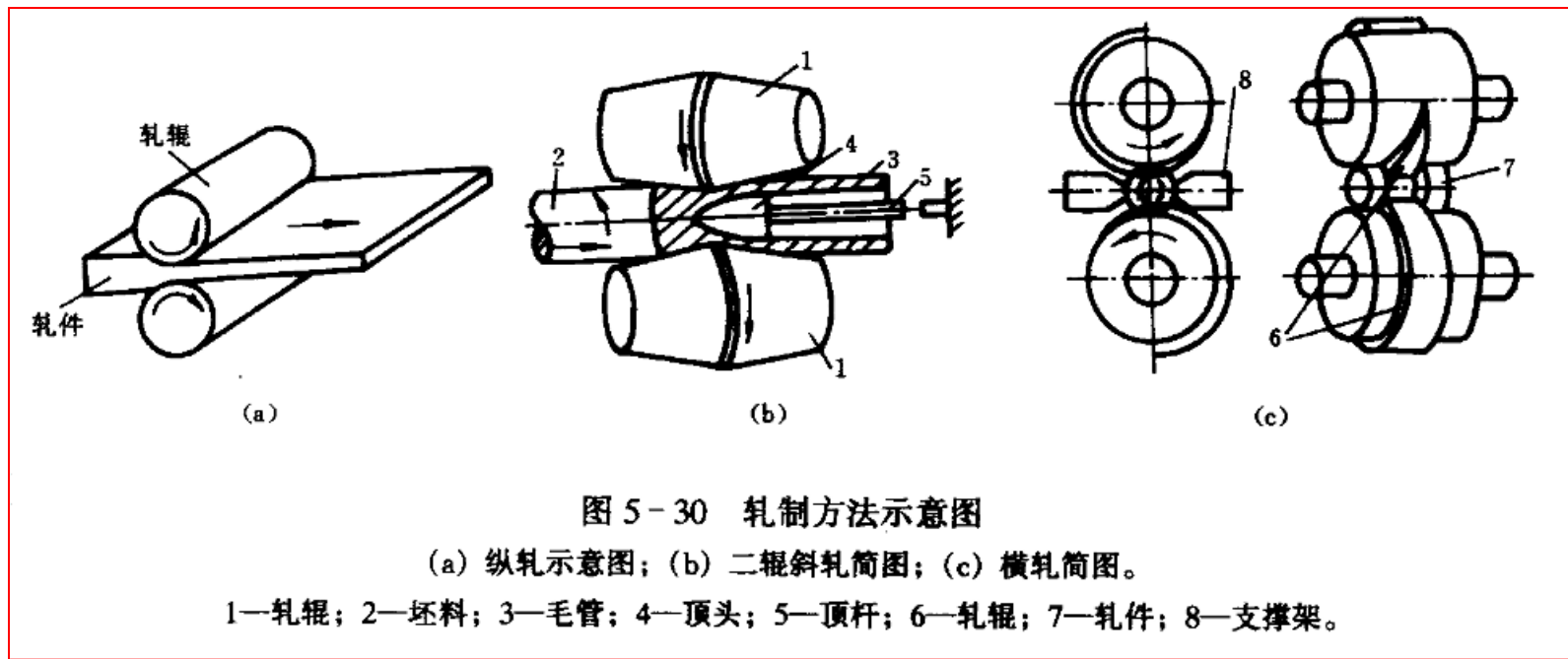
2. 按轧制产品分类

{ 半成品轧制 -- 即轧成各种尺寸的坯料 -- 开坯
{ 成品轧制 { 粗轧 -- 高温、大压下量
{ 精轧 -- 小变形

3. 按轧件、轧辊的位置和相对运动关系分类

纵轧—初、板带材、型、线轧制
横轧—齿轮、车轮、车轴等回转体
斜轧—管材、钢球等变截面件

图5-30



4. 按轧制产品成形特点分类

一般轧制
特殊轧制
周期轧制
施压轧制
弯曲成形

5. 按轧制产品形状分类

- 板带材轧制
- 管材轧制
- 型材轧制
- 线材轧制

一、板带材轧制

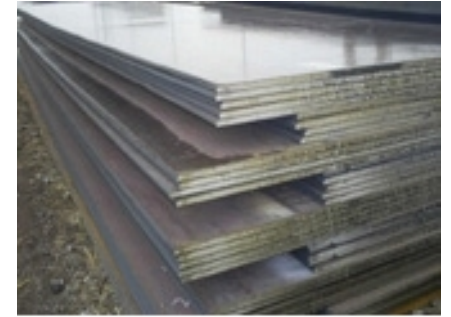
(1) 板带材

板带材是板材和带材的总称。

{ 板材——指裁剪成定尺长度的产品
带材·板卷——成卷生产供应

板带材的几何外形特征用**宽厚比 B/H** 表征。

B/H 的大小代表了生产技术的难度。



(2) 分类

① 板带材按厚度分为三大类:

中厚板	中	4 ~ 20 mm
	厚	20 ~ 60 mm
	特厚	> 60 mm
薄板和带材		0.2 ~ 4 mm
极薄带材和薄材		0.001 ~ 0.2 mm

② 按用途可分为:

造船板、锅炉、桥梁、压力容器、汽车、镀层（镀锡、锌）、电工、屋面、深冲等。

③ 按材料类别

板带钢、有色金属板带。

(3) 板带材的技术要求:

尺寸精度
板形
表面粗糙度
性能

(4) 板带材的生产方式

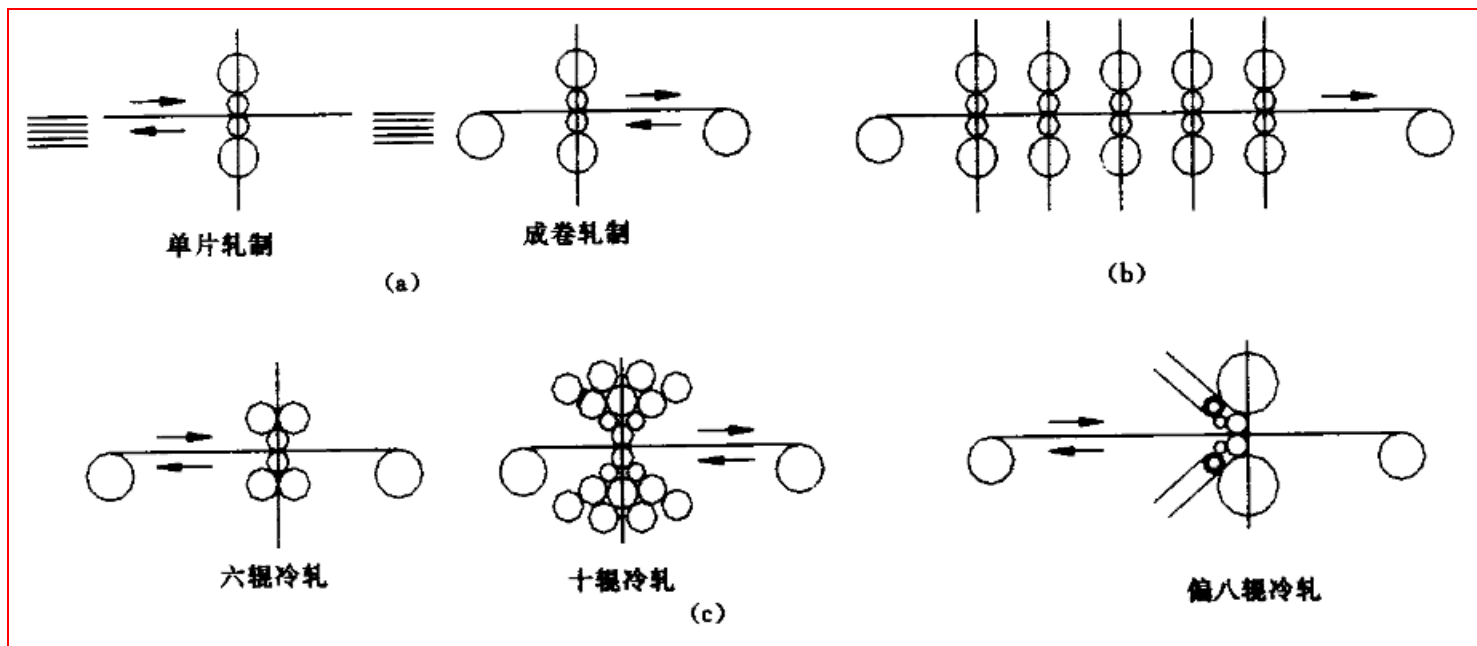
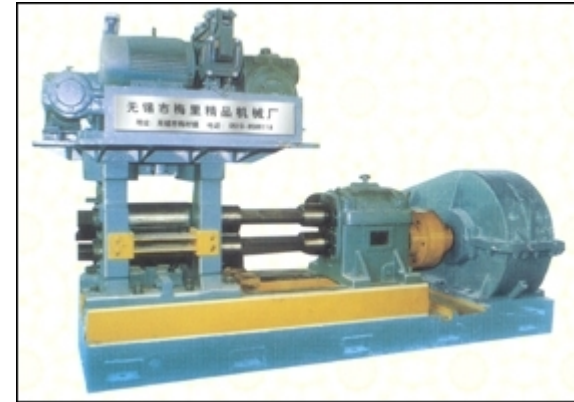


图 5-31 板带材的生产方式

(a) 单机架四辊可逆式冷轧; (b) 连续式五机架四辊冷轧; (c) 单机架多辊可逆式冷轧

1. 中厚板轧制

- 原始材料：扁锭、初轧板坯、连铸板坯、压铸板坯。
- 轧制生产工艺流程图
- 轧制工艺
 - 轧制工艺分三个阶段：**
 - 成形轧制 —— 展宽轧制
 - 精轧
- 钢板生产：

板坯可达 80 - 110 t
轧速 7.5 m / s
钢板最大长度 65 m
最大宽度 5.3 m

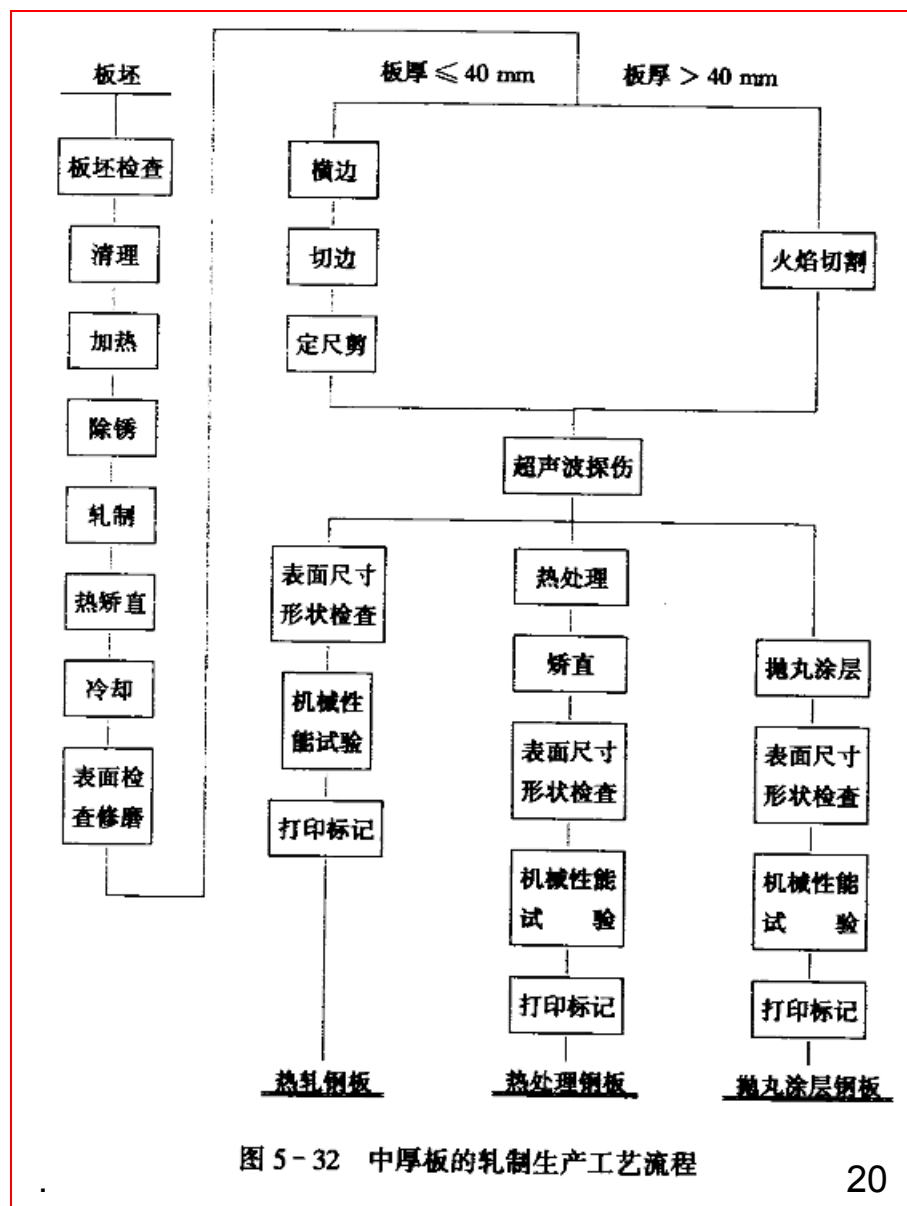


图 5-32 中厚板的轧制生产工艺流程

2. 热带钢轧制

热轧带钢 1.28—8mm

$\left\{ \begin{array}{l} < 600 \text{ mm} \text{ 窄带钢} \\ > 600 \text{ mm} \text{ 宽带钢} \end{array} \right.$

- ❑ 原料：连铸板坯、初轧板坯。
- ❑ 轧制工艺：工艺基本与中厚板相同，但要限制展宽。

$\left\{ \begin{array}{l} \text{粗轧} \cdot \cdot \text{四辊大能力轧机} \\ \text{精轧} \cdot \cdot \text{6 - 8架四辊轧机} \end{array} \right.$

- ❑ 轧制钢种

$\left\{ \begin{array}{l} \text{普碳钢} \\ \text{低合金钢} \\ \text{不锈钢} \\ \text{硅钢} \end{array} \right.$



3. 冷带钢轧制

(1) 概要

❖ 冷轧带钢和薄板

$\left\{ \begin{array}{l} 0.1 \sim 3 \text{ mm 厚} \\ 100 \sim 2000 \text{ mm 宽} \end{array} \right.$

❖ 轧制原料：以热轧带钢或钢板为原料，常温轧制

❖ 轧制优点：

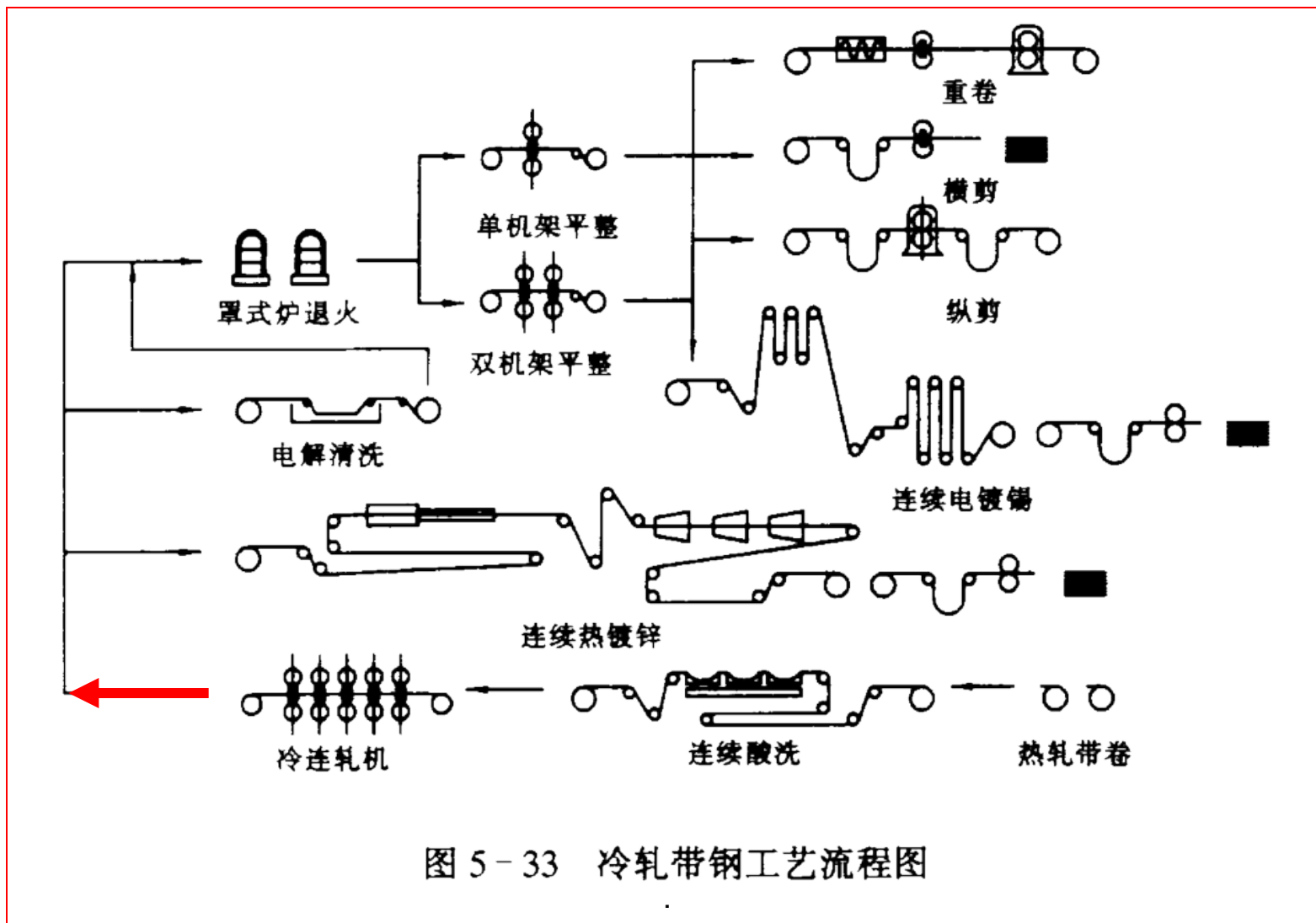
- ① 轧速高（40m/s）
- ② 道次压下率大
- ③ 表面光洁，板形平直、尺寸精度高
- ④ 机械性能好

❖ 使用轧机：单机架可逆式、连续式。

❖ 产品一般以卷供应。

(2) 工艺流程:

一般工艺流程为：热轧卷料→酸洗→冷轧→退火→平整



二、管材轧制

管材是金属中使用最广的产品，尤其是钢材，就钢管而言，一般尺度范围为： $\phi 0.1\text{--}4000\text{mm}$ X $0.01\text{--}100\text{mm}$ 。

生产方法：

- 无缝管

{ 热轧无缝钢管
{ 冷轧无缝钢管

- 焊接管

{ 炉焊管 { 对接炉焊管
{ 搭接炉焊管
{ 电焊管 { 直缝焊管
{ 螺旋焊管

1. 无缝管

(1) 热轧无缝钢管

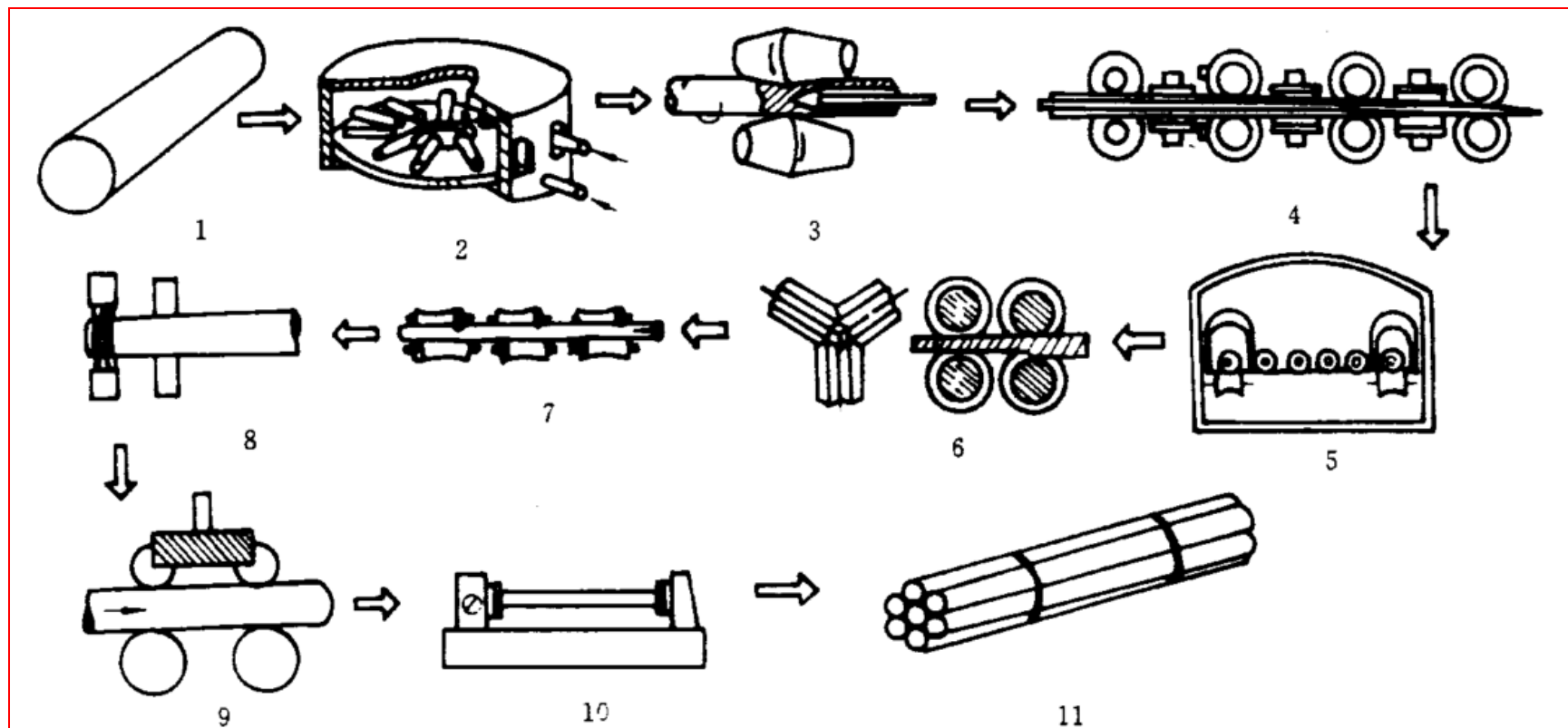


图 5-34 无缝钢管生产流程示意图

1—管坯；2—加热；3—穿孔；4—轧管；5—再加热；6—张力减径；7—矫直
8—切管；9—无损探伤；10—水压试验；11—成品包装

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/666152050115010133>