

锻 工 手 册

第七分册

辊 轧 与 旋 转 锻 造

锻 工 手 册 编 写 组 编

机 械 工 业 出 版 社

62

6

锻 工 手 册

第 七 分 册

辊 轧 与 旋 转 锻 造

锻 工 手 册 编 写 组 编

机 械 工 业 出 版 社

锻工手册共分十篇。第一篇，锻造用原材料及其准备；第二篇，金属加热及其设备；第三篇，锻压设备；第四篇，自由锻造；第五篇，胎模锻、锤上模锻和高速锤上模锻；第六篇，各种压力机上模锻；第七篇，辊轧与旋转锻造；第八篇，锻件精整和热处理；第九篇，锻模的使用与制造要求；第十篇，锻工车间机械化装置与锻工安全技术。前五篇为上册，后五篇为下册，同时按篇出分册。

本分册为第七篇，内容包括辊锻、斜轧与横轧、环形件辗压及旋转锻造等少无切削加工工艺。并简要地介绍有关设备的工作原理与结构、锻模及轧轮设计要点、常见缺陷及其防止方法。

本手册供从事锻压生产方面的工人及技术人员使用，也可供锻压专业教学及科研人员参考。

本分册是由吉林工业大学、沈阳第一锻造厂、哈尔滨轴承厂、哈尔滨工业大学、济南铸锻机械研究所及一机部机电研究所等单位共同编写的。

锻 工 手 册

第 七 分 册

辊 轧 与 旋 转 锻 造

锻工手册编写组编

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ · 印张 $4 \frac{14}{16}$ · 插页 1 · 字数 123 千字

1975 年 12 月北京第一版·1975 年 12 月北京第一次印刷

印数 00,001—20,000 · 定价 0.44 元

*

统一书号：15033·4314

前 言

在毛主席无产阶级革命路线指引下，我国锻造行业的广大工人、科技人员和干部，坚决贯彻执行党的“**鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义**”总路线，开展了轰轰烈烈的技术革新、技术革命的群众运动，促进了锻造生产技术的迅速发展。

为了总结交流经验，普及和提高锻造技术，我们根据锻造行业同志们的要求，组织编写了这本手册。

在手册中着重反映了我国锻造生产方面的经验，同时根据“**洋为中用**”的精神，也参考和吸收了部分国外资料。

本手册的读者对象，主要是锻造行业的生产工人和技术人员，也可供教学及科研人员参考。为了方便读者，既出分册又出合订本。

本手册由哈尔滨市科技局领导下的锻压技术交流三结合小组和哈尔滨工业大学锻压教研室主编。参加编写工作的单位主要有：洛阳东方红拖拉机制造厂、第一汽车制造厂、哈尔滨第一机器制造厂、哈尔滨林业机械厂、第一重型机器制造厂、齐齐哈尔钢厂、哈尔滨船舶修造厂、松江拖拉机厂、第二汽车制造厂、东安机械厂、伟建机器制造厂、哈尔滨铝加工厂、哈尔滨量具刃具厂、哈尔滨第一工具厂、上海工具厂、哈尔滨电表仪器厂、北京锅炉厂、哈尔滨汽轮机厂、哈尔滨锅炉厂、哈尔滨机车车辆厂、北京第一机床厂、一机部洛阳设计院、一机部天津设计院、济南铸锻机械研究所、东北重型机械学院、山东工学院、广东工学院、西北工业大学、上海交通大学、西安交通大学、北京工业大学、北京工业学院、天津大学、吉林工业大学和重庆大学等。

参加手册审查的单位，除上述编写单位外，还有一机部机械研究院、一机部第一设计院、一机部机电研究所、上海市机电设

计院、上海机械制造工艺研究所、常州锻造厂、北京锻件一厂、哈尔滨汽车齿轮厂、哈尔滨重型机器制造厂、哈尔滨第一电炉厂、松江电机厂、第二重型机器制造厂、太原重型机器制造厂、沈阳重型机器制造厂、呼和浩特汽车制造厂、哈尔滨拖拉机配件厂、冶金部钢铁研究院、冶金部情报研究所、清华大学和太原工学院等。

在编写过程中除上述参加编审的单位外，锻压机械编辑部、云南重型机器制造厂、太原矿山机械厂、洛阳轴承厂、哈尔滨轴承厂、营口锻压机床厂、辽阳锻压机床厂、兰州石油化工厂、北京内燃机总厂、上海彭浦机器厂、沪东造船厂、江南造船厂、南京汽车厂等全国各地一百多个单位积极热情地提供了技术资料。但限于编者的水平，难免有缺点和错误之处。恳切希望读者提出批评和修改意见，使它不断地得到充实和提高。

在本手册的编写过程中，哈尔滨市科技交流馆作了很多组织工作，上海市机电一局锻造行业组及上海市科技交流站协助组织了第六至第十篇的审查。哈尔滨重型机器制造厂、哈尔滨第二工具厂、哈尔滨汽轮机厂、哈尔滨锅炉厂和哈尔滨第一机器制造厂的同志为手册描图付出了辛勤劳动，在此一并表示衷心地感谢！

锻工手册编写组

目 次

第七篇 辊轧与旋转锻造

第一章 辊锻	7-1
1 辊锻的特点和应用	7-1
一、辊锻的特点	7-1
二、辊锻的分类和应用	7-2
三、辊锻常用的名词和术语	7-2
四、辊锻力和辊锻力矩	7-4
2 辊锻机	7-6
一、辊锻机的类型、用途及结构特点	7-6
二、辊锻机的技术规格	7-15
三、辊锻机的选用	7-18
3 辊锻送料装置	7-18
4 制坯辊锻	7-21
一、根据锻件图设计辊锻毛坯图	7-21
二、型槽系选择	7-23
三、辊锻道次的确定	7-23
四、型槽尺寸的确定	7-23
5 成形辊锻	7-41
一、一般使用的技术参数	7-41
二、制订锻件图	7-41
三、终成形辊锻模设计	7-42
四、预成形辊锻模设计	7-44
五、模块尺寸的确定	7-46
6 辊锻应用示例	7-46
7 冷辊锻	7-52
第二章 斜轧与横轧	7-53
1 斜轧与横轧的特点和分类	7-53
2 孔型斜轧	7-54
一、孔型斜轧设备	7-54
二、轧辊的孔型设计	7-63
三、孔型斜轧时产品缺陷分析	7-84
3 仿形斜轧	7-87

一、三辊仿形斜轧设备	7-89
二、三辊仿形斜轧的轧辊及仿形板设计要点	7-94
三、工艺参数对仿形斜轧的影响	7-98
四、仿形斜轧时产品缺陷分析	7-99
4 齿轮轧制	7-99
一、齿轮热轧的原理及特点	7-99
二、齿轮轧机	7-101
三、工件的装卡	7-103
四、轧轮设计要点	7-105
五、轧制工艺参数	7-106
六、热轧齿轮时产品缺陷分析	7-108
第三章 环形件辗压	7-110
1 辗环机	7-110
2 毛坯尺寸计算	7-115
一、径向辗环机上毛坯图的制订	7-116
二、径向一轴向辗环机上毛坯图的制订	7-116
3 辗压力计算	7-118
一、径向辗压力计算	7-118
二、轴向辗压力计算	7-119
4 辗压模具及其设计	7-119
一、辗压轮	7-119
二、芯辊	7-120
三、导向辊和信号辊	7-121
四、辗压模工作部分的设计	7-122
5 辗环时常见的缺陷及排除措施	7-131
第四章 旋转锻造	7-132
1 旋转锻造的原理和特点	7-132
2 精锻用工夹具设计要点	7-137
一、锤头的设计	7-137
二、夹钳钳口形式的选用	7-140
三、芯棒设计要点	7-142
3 精锻工艺	7-143
一、精锻工艺的编制	7-143
二、工艺参数的选定	7-147
三、典型工艺举例	7-148
4 精锻件的工艺缺陷和防止方法	7-150

第七篇 辊轧与旋转锻造

第一章 辊 锻

辊锻是近几十年发展起来的一种锻造新工艺。它既可作为模锻前的制坯工序，亦可直接辊制锻件。

辊锻是使毛坯（冷态的或热态的金属）在装有圆弧形模块的一对旋转的锻辊中通过（图 7-1）时，借助模槽使其产生塑性变形，从而获得所需要的锻件或锻坯。目前，已有许多种锻件或锻坯采用辊锻工艺来生产，如各类扳手、剪刀、锄头、麻花钻、柴油机连杆、履带拖拉机链轨节、涡轮机叶片等。

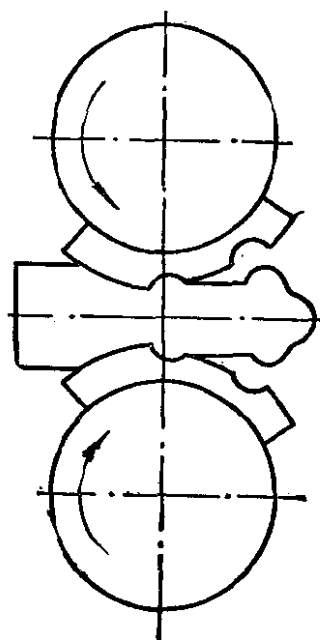


图7-1 辊 锻

1 辊锻的特点和应用

一、辊锻的特点

辊锻变形过程是一个连续的静压过程，没有冲击和震动，它与一般锻造和模锻相比有以下特点：

1. 要求设备吨位小。因为辊锻过程是逐步的、连续的变形过程，变形的每一瞬间，模具只与毛坯一部分接触，所以只需要吨位小的设备。
2. 劳动条件好，易于实现机械化和自动化。
3. 设备结构简单，对厂房和地基要求低。
4. 生产率较高。
5. 辊锻模具可用球墨铸铁或冷硬铸铁制造，以节省昂贵的

模具钢和减少模具机械加工量。

辊锻除有上述特点外，也有其工艺局限性，主要适用于长轴类锻件。对于截面变化复杂的锻件，成形辊锻后还需要在压力机上进行整形。

二、辊锻的分类和应用

辊锻的分类和应用 见表 7-1。

表7-1 辊锻的分类和应用

分 类		应 用	变 形 过 程 特 点
制 坯 辊 锻	单型槽辊锻	用于拔细毛坯端部或作为模锻前的制坯工序。例如，剪子股的锥形端的拔细及梅花扳手的杆部延伸（模锻前制坯）	采用开式型槽一次或多次辊锻，或采用闭式型槽一次辊锻
	多型槽辊锻	主要用于模锻前的制坯工序（代替锤上模锻的拔长、滚挤工序），亦可用于拔细毛坯端部。例如，汽车连杆的制坯辊锻、汽车变速操纵杆的锥形端部的延伸	在开式型槽中辊锻或在闭式与开式的组合型槽中辊锻
成 形 辊 锻	单型槽辊锻	适于小型锻件的直接辊锻成形，如医用镊子的成形辊锻	一般采用开式型槽一次成形。锻辊回转一次，可辊锻一件或多件
	多型槽辊锻	适于截面差较大的锻件，如柴油机连杆、涡轮机叶片的成形辊锻	采用开式型槽、闭式型槽、开式与闭式组合型槽，每个型槽辊锻一次。终成形辊锻后一般要有整形工序
冷 辊 锻		用于终成形辊锻或作为辊锻最后的精整工序。它可以使锻件得到较高的表面光洁度（▽7）及提高锻件机械性能，如叶片的冷辊锻	在开式型槽中一次或多次辊锻

三、辊锻常用的名词和术语

1. 压下量 Δh

压下量是指辊锻前后毛坯高度之差（图 7-2），即

$$\Delta h = h_0 - h_1 \text{ (毫米)}$$

式中 h_0 ——毛坯原始高度 (毫米);

h_1 ——辗锻后毛坯高度 (毫米)。

2. 相对压下量 ε

相对压下量是指压下量对原始毛坯高度之比, 以百分数表示:

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_0} \times 100\%$$

3. 展宽量 Δb

展宽量是指辗锻前后毛坯宽度之差 (图 7-2), 即

$$\Delta b = b_1 - b_0 \text{ (毫米)}$$

式中 b_0 ——毛坯原始宽度 (毫米);

b_1 ——辗锻后毛坯宽度 (毫米)。

4. 展宽系数 q

展宽系数是指毛坯的展宽量与压下量之比, 即

$$q = \frac{\Delta b}{\Delta h}$$

5. 延伸系数 μ

延伸系数是指辗锻前后毛坯截面积之比, 即

$$\mu = \frac{F_0}{F_1}$$

式中 F_0 ——辗锻前毛坯截面积 (毫米²);

F_1 ——辗锻后毛坯截面积 (毫米²)。

延伸系数也可用辗锻后毛坯长度与辗锻前毛坯长度之比表示:

$$\mu = \frac{l_1}{l_0}$$

式中 l_0 ——辗锻前毛坯长度 (毫米);

l_1 ——辗锻后毛坯长度 (毫米)。

6. 前滑 $S_{前}$

前滑是指毛坯出模速度与辗锻模圆周速度之差除以辗锻模圆

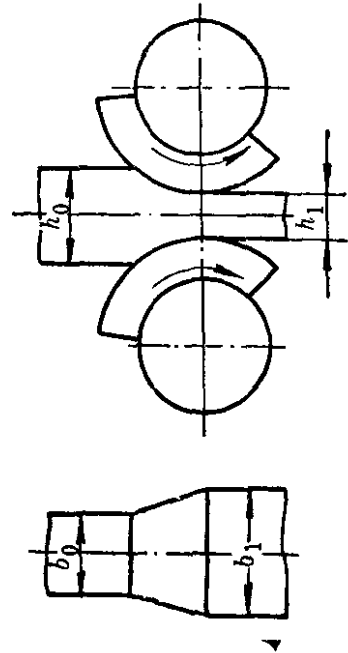


图7-2 辗锻前后毛坯尺寸的变化

周速度，通常以百分数表示：

$$S_{\text{前}} = \frac{V_{\text{坯}} - V_{\text{模}}}{V_{\text{模}}} \times 100\%$$

式中 $V_{\text{坯}}$ ——毛坯出模速度 (米/秒)；

$V_{\text{模}}$ ——辊锻模圆周速度 (米/秒)。

四、辊锻力和辊锻力矩

1. 辊锻力

辊锻时，金属作用于模具上的力称为辊锻力，以 P 表示 (图7-3)。

辊锻力按下式计算：

$$P = p_{\text{平}} F \text{ (公斤)}$$

图7-3 辊锻力和辊锻力矩

式中 $p_{\text{平}}$ ——辊锻变形区平均单位压力 (公斤/毫米²)；

F ——辊锻变形区水平投影面积 (毫米²)。

(1) 辊锻变形区的水平投影面积 F (毫米) 按下式计算：

$$F = b_{\text{平}} l \text{ (毫米}^2\text{)}$$

式中 l ——变形区长度 (毫米)。 $l = \sqrt{R \Delta h}$ 。其中， R 为辊锻模具半径 (毫米)； Δh 为压下量；

$b_{\text{平}}$ ——变形区平均宽度 (毫米)。 $b_{\text{平}} = \frac{b_0 + b_1}{2}$ 。其中， b_0 为辊锻前毛坯的宽度 (毫米)； b_1 为辊锻后毛坯的宽度 (毫米)。

(2) 平均单位压力的实验数值

1) 成形辊锻碳钢锻件 (其成分为：C < 0.35%，Si < 0.3%，Mn < 0.7%) 的平均单位压力列于表 7-2 中。

当锻件材料为合金钢时，平均单位压力也可以参考表 7-2 选取，但需进行修正。例如，对 2Cr 13 在 900℃ 时辊锻，辊锻力为按表 7-2 所得值的 1.5 倍。

2) 制坯辊锻的平均单位压力见表 7-3。

2. 辊锻力矩

根据辊锻变形区中辊锻力 P 的作用点与上下锻辊中心连线之

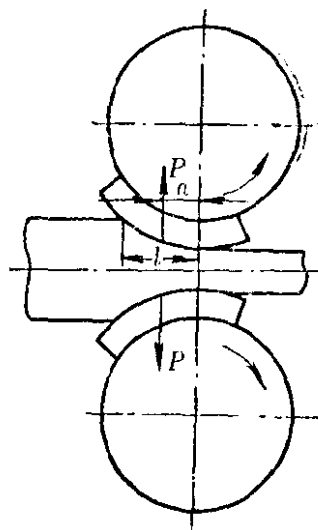
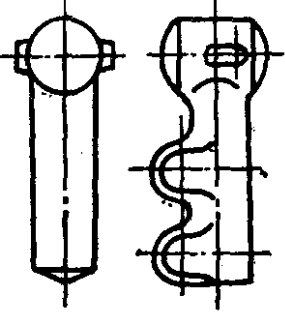
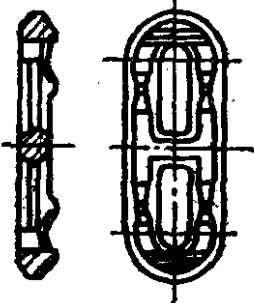
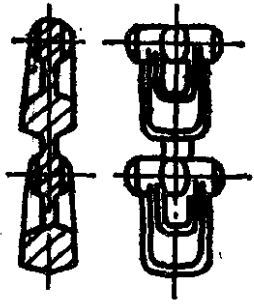


表7-2 成形辊锻 30 号钢的平均单位压力 $P_{\text{平}}$

锻件复杂程度	锻 件 简 图	辊 锻 温 度 (°C)	平均单位压力 (公斤/毫米 ²)
简单形状		900~1000	25~20
复杂形状		900~1000	30~25
更复杂形状		900~1000	35~30

注：辊锻条件：无润滑剂，辊锻模直径为 $\phi 550$ 毫米。

表7-3 制坯辊锻的平均单位压力 $P_{\text{平}}$

相 对 压 下 量 $\varepsilon = \frac{h_0 - h_1}{h_0} \times 100\%$	辊 锻 温 度 (°C)	平均单位压力 (公斤/毫米 ²)	
		无 润 滑 剂	石 墨 润 滑 剂
30	1150	8	6
40	1150	10	8
50	1150	12	10
60	1150	17	13

注：材料：50号钢，辊锻模直径为 $\phi 500$ 毫米， h_0 、 h_1 为辊锻前后的毛坯高度 (毫米)。

间有一距离 a (见图 7-3)，便可确定锻件作用在上、下两个锻辊上的辊锻力矩 M ，即

$$M = 2Pa \text{ (公斤·米或吨·米)}$$

式中 P —— 辊锻力 (公斤)；

a —— 力臂 (毫米)。力臂 a 可用一系数表示： $a = \psi l$ 。

其中， l 为辊锻变形区长度 (毫米)； ψ 为力臂系数。当辊锻件带有飞边时， $\psi = 0.25 \sim 0.30$ ；当辊锻件不带飞边时， $\psi = 0.4 \sim 0.45$ 。

2 辊 锻 机

一、辊锻机的类型、用途及结构特点

辊锻机分为悬臂式辊锻机、双支承辊锻机和复合式辊锻机三种。各类型辊锻机的用途及结构特点见表 7-4。

表7-4 辊锻机的类型、用途及结构特点

类型	用 途	结 构 特 点
悬臂式辊锻机	适于大批生产，多用于辊制供模锻用的毛坯，可安装2~3付模具，在侧面操作时，可使毛坯得到较大的横向展宽，出料方向一般对着操作者。多台悬臂式辊锻机顺序排列，并使其锻辊轴线互相错开60°或90°，从而组成辊锻生产线，适于大批大量生产	锻辊工作部分悬伸在床身外部，模具装在锻辊上，传动部分一般装在封闭的床身中。一般设有锻辊中心距调整、模具角度调整及轴向调整机构。当带有摩擦离合器和制动器时，辊锻机具有单次、连续、点动调整等多种操作规范。这类辊锻机结构紧凑、操作方便、更换模具容易、不需要特殊地基、可在车间内任意移动，但这种辊锻机的刚性较差
双支承辊锻机	适用于大批生产，可用于制坯辊锻或成形辊锻、热辊锻或冷辊锻，能安装多付模具 (可达4~6付)，出料方向一般对着操作者，也可以使毛坯或锻件顺向通过辊锻机	锻辊工作部分在两机架之间，其传动部分可以装在封闭的床身中，也可以单独布置，用联轴节与锻辊相联。一般设有锻辊中心距调整、模具角度及轴向调整机构。当带有离合器及制动器时，辊锻具有多种操作规范 双支承辊锻机的刚性好，使用较为广泛

(续)

类型	用 途	结 构 特 点
复合式辗锻机	适用于中小批量生产，在一台辗锻机上可同时进行制坯辗锻及成形辗锻。在内锻辊上可安装2~4付模具，外锻辊可安装1~3付模具。当外锻辊装上曲柄后，还可以进行校直、压弯、切断等辅助工序。外锻辊装上摇杆机构后，还可作为自动送料装置的驱动用	锻辊可分为在两机架间的内辊及悬伸在机架外部的辊，传动部分可装于封闭的床身中或单独布置。一般设有锻辊中心距调整、模具角度调整及轴向调整机构，当带有离合器及制动器时，辗锻机有多种操作规范
专辗锻用机	用于辗制某些特定的毛坯或锻件	根据所辗制锻件的工艺要求，设计专门结构的辗锻机

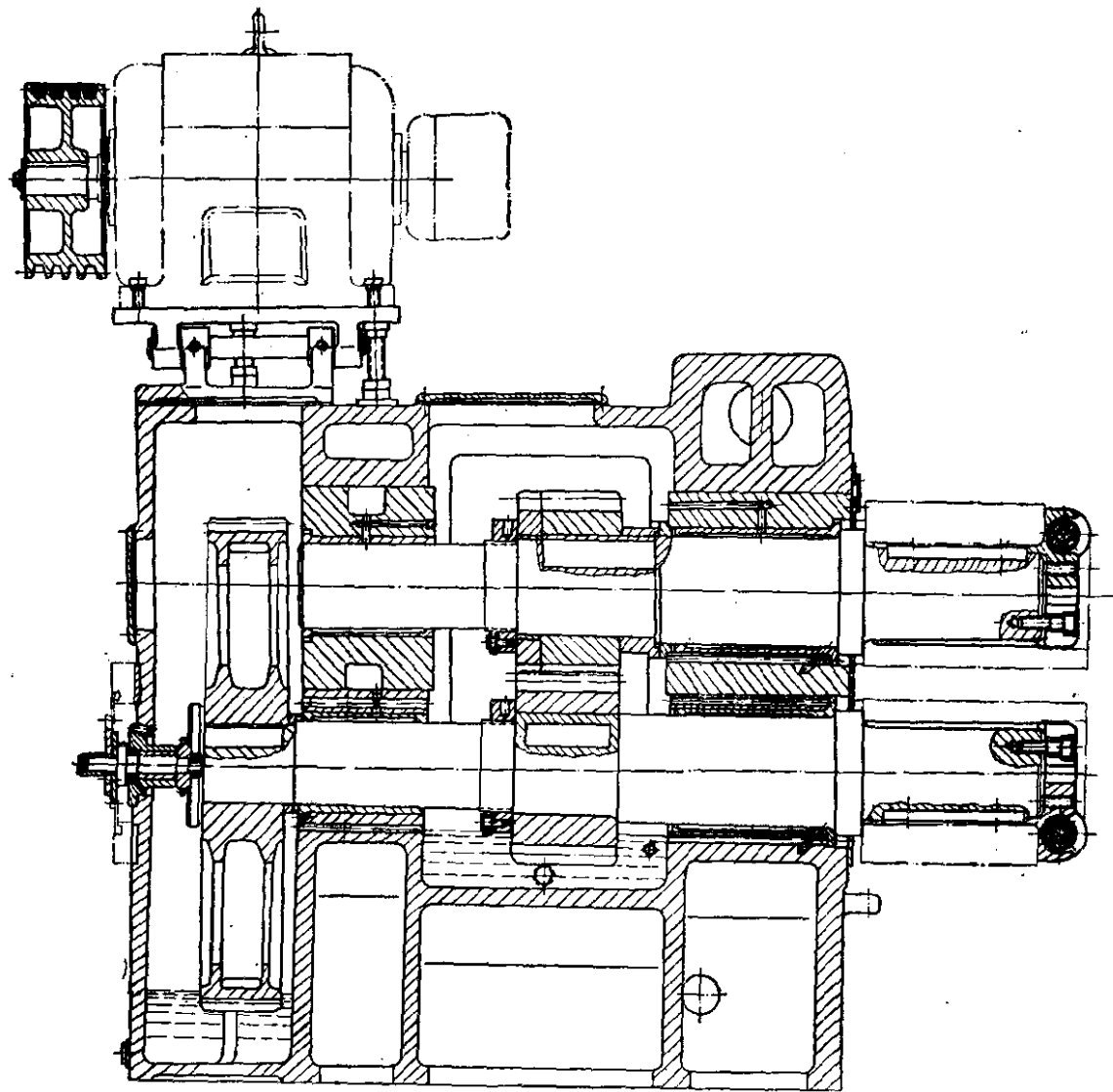


图7-4 D 41-400 型悬臂式辗锻机结构简图

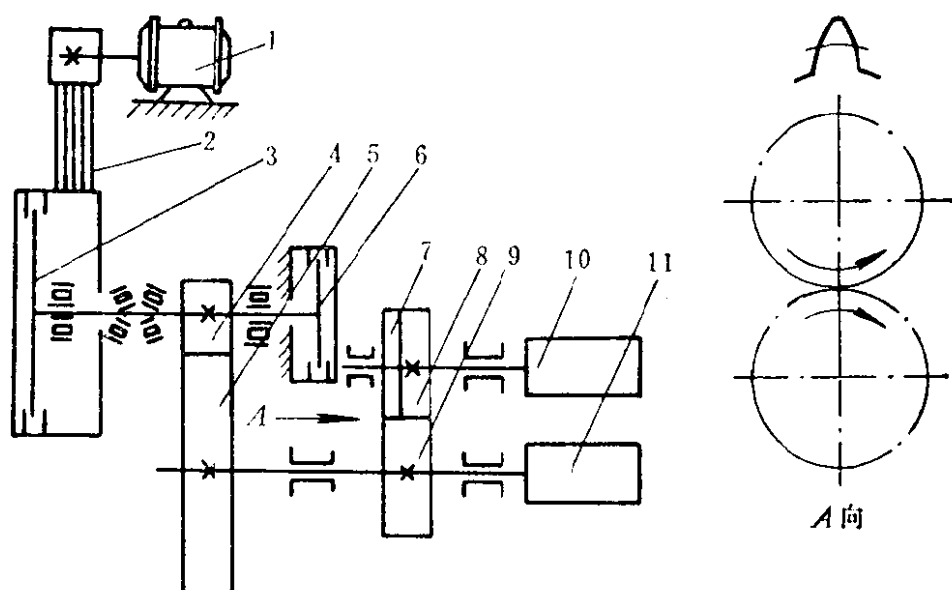


图7-5 D 41-400 型悬臂式辊锻机传动系统示意图

1—电动机；2—三角皮带；3—离合器；4、5—传动齿轮；6—制动器；
7—浮动长齿轮；8、9—长齿齿轮；10—上锻辊；11—下锻辊

1. 悬臂式辊锻机

图 7-4 为 D 41-400 型悬臂式辊锻机的结构简图。

图 7-5 是该辊锻机传动系统的示意图。电动机 1 启动，通过三角皮带 2，经传动齿轮 4 和 5，再带动一对长齿齿轮 8、9 转动，长齿齿轮直接带动上、下锻辊 10、11 转动。采用长齿齿轮后，可允许中心距调整量有所增加。

离合器 3 与制动器 6 之间有机械联锁，用压缩空气控制启合。

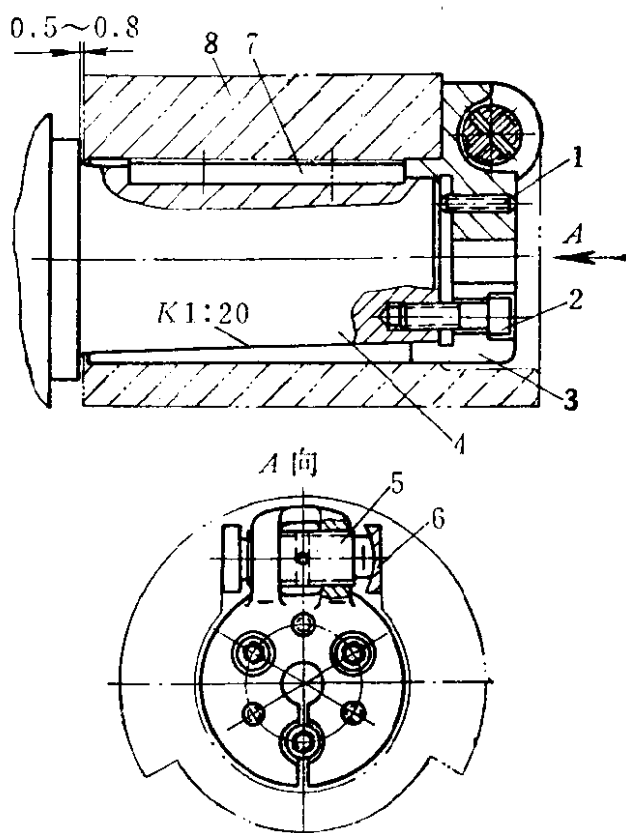


图7-6 D 41-400型悬臂式辊锻机角度调整机构

1—紧固螺钉；2—螺栓；3—锥套；4—锻辊；5—调整螺杆；6—球面垫块；7—平键；8—模具套

浮动长齿轮 7 是为消除由于调整锻辊中心距而引起的齿侧间隙而设置的。

D 41-400 型悬臂式辗锻机的中心距调整是利用转动装在上锻辊轴瓦上的两个偏心套实现的。这种调整机构较复杂，容易别住，现在一般都采用类似图 7-9 的结构。

为了消除上、下辗锻模沿锻辊圆周方向的错移，D 41-400 型悬臂式辗锻机上装置有模具角度调整机构（图 7-6）。模具套 8 借助于锥套 3 及平键 7 固定在锻辊 4 上，进行角度调整时，先松开螺栓 2，再拧动螺钉 1，稍退出锥套，使模具套松动，然后转动调整螺杆 5，通过球面垫块 6 顶着模具套相对于锻辊转动一个角度，亦即上下模具相对转动了一个角度。调整完毕后，松开螺钉

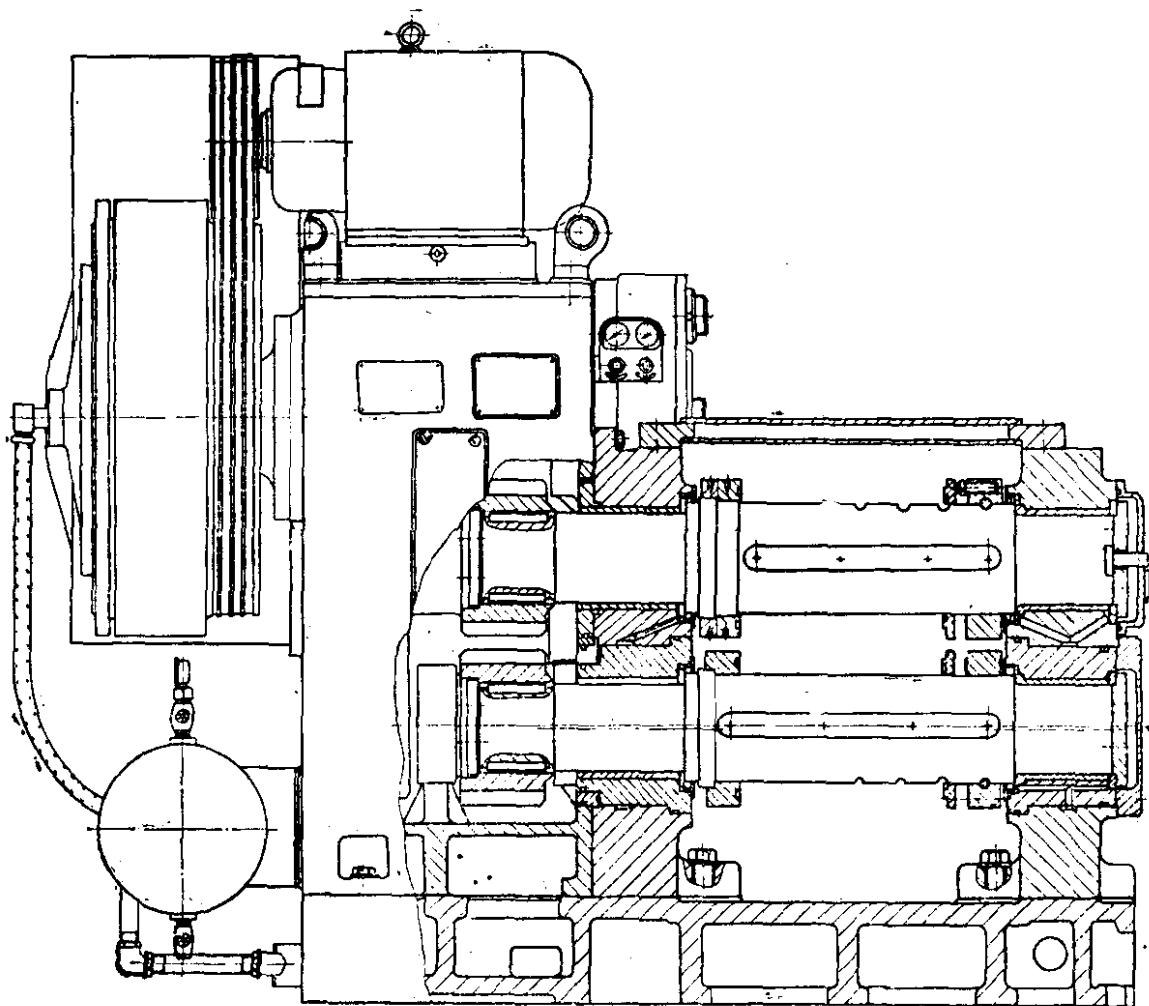


图7-7 D 42-400 型双支承辗锻机结构简图

1, 拧紧螺栓 2, 使模具固紧。

2. 双支承辊锻机

图 7-7 为 D 42-400 型双支承辊锻机的结构简图。

图 7-8 是该辊锻机的传动系统示意图。电动机 1 启动, 通过三角皮带, 经传动齿轮 4、5, 使齿轮 8 转动, 同时啮合上锻辊齿轮 7、齿轮 9 及下锻辊齿轮 10, 分别带动上、下锻辊 11、12 转动。这个传动系统中, 传动上、下锻辊的齿轮不直接啮合, 因此锻辊中心距调整量可以较大, 而产生的齿侧间隙也较小。

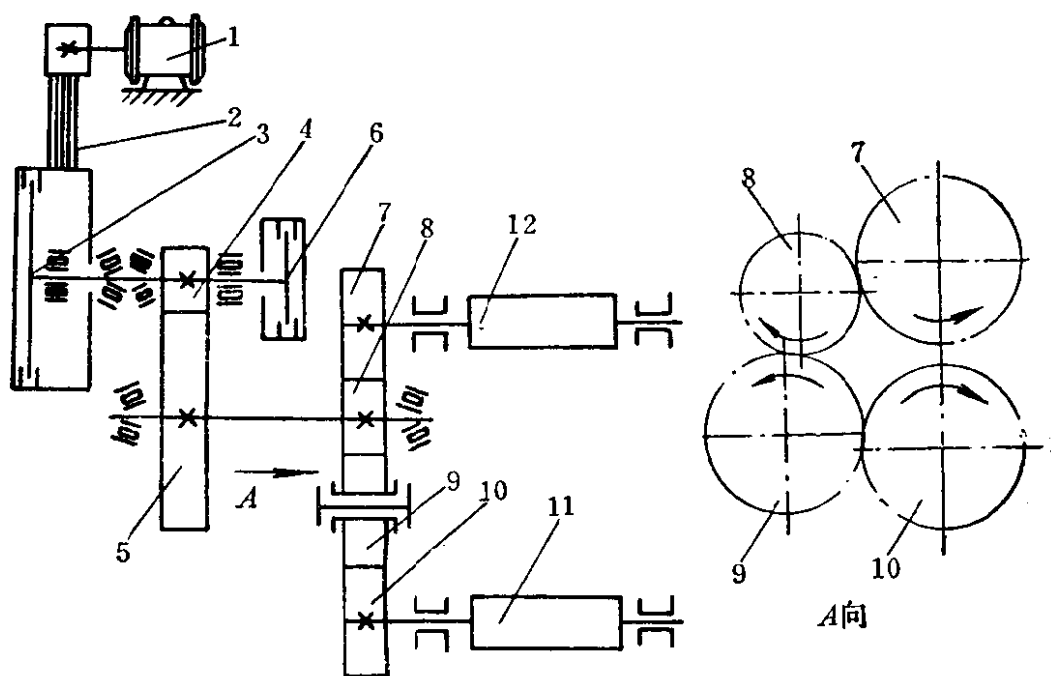


图 7-8 D 42-400 型双支承辊锻机传动系统示意图

1—电动机；2—三角皮带；3、6—离合器；4、5—传动齿轮；7、10—上、下锻辊齿轮；8—传动齿轮；9—齿轮；11—下锻辊；12—上锻辊

D 42-400 型双支承辊锻机采用的中心距调整机构, 如图 7-9 所示。下锻辊 6 的两轴颈分别装在左偏心套 1 和右偏心套 9 中, 左、右偏心套上分别装有扇形齿块 2 和 7。扇形齿块分别同轴 4 上的齿轮 3 和 8 相啮合。当用扳手扳动轴 4 外端方头时, 通过齿轮 3 和 8 带动左、右偏心套 1 和 9 同步转动, 便改变了锻辊的中心距。调整完毕后, 用止动块 10 锁紧, 防止偏心套自行转动。中