

锻造理论与工艺

傅沛福 编著

吉林人民出版社

辊 锻 理 论 与 工 艺

傅沛福 编著

吉 林 人 民 出 版 社

辊 锻 理 论 与 工 艺

傅沛福 编著

*

吉林人民出版社出版

吉林省新华书店发行

通辽教育印刷厂印刷

*

850×1168毫米32开本 12 1/4印张 280,000字

1982年3月第1版 1982年3月第1次印刷

印数：1—2,320册

书号：15091·183 定价：1.35元

内 容 提 要

本书共分四章。在扼要介绍金属塑性变形和力学原理的基础上，系统地阐述了辊锻变形的基本理论、制坯辊锻型槽设计的计算方法和图解方法，并列举应用实例；概括总结了成形辊锻在我国的发展和应用，并对连杆和叶片两种典型件成形辊锻工艺及其模具设计方法作了较为详尽的介绍。

本书主要是供从事锻压工艺的技术人员和科研人员使用，并可作为有关专业的大专院校师生的教学参考读物。

前 言

辊锻是近几十年发展起来的一种新的锻造工艺方法，它既可用于为模锻制坯，也可直接辊制锻件。根据其用途特点，它们分别被称为制坯辊锻与成形辊锻。

近十几年来，我国在成形辊锻工艺的研究和应用方面获得较大进展。目前已有柴油机连杆、拖拉机履带节、汽轮机、燃气轮机与涡轮增压器叶片、柴油机附件调节臂、犁刀、锄头、扳手、镊子等多种锻件应用成形辊锻工艺进行生产。其中，辊锻连杆锻件产量已占全国农用内燃机连杆总产量的三分之一以上，用辊锻工艺生产的活扳手锻件年产量已达数百万件。

采用辊锻工艺为模锻制坯，具有高效、优质和省料等优点，并易于实现机械化、自动化操作。制坯辊锻工艺在国外已被普遍采用。随着四个现代化建设的发展，制坯辊锻工艺在我国正处于积极推广应用之中。

辊锻工艺在现代汽车、拖拉机、飞机、动力机械、农业机械、工具及日用品制造工业部门，都有着广泛的应用和发展前途。

为了总结我国发展辊锻技术的科技成果和生产经验，不断提高辊锻工艺水平，进一步发展和推广辊锻技术，以适应实现四个现代化的需要，编写了本书。

在本书编写过程中，得到一机部机械院机电研究所、无锡叶片厂、武汉柴油机厂、博山锻压厂、天津辊锻件厂、第一汽

车厂、第二汽车厂、洛阳拖拉机厂、新余辊锻厂、武汉拖拉机配件二厂、天津第二扳钳工具厂、上海柴油机厂、上海工具厂、北京重型电机厂、北京玉渊潭五金厂、泰安生建电火花机床厂、张店新华医疗器械厂、黎明机器厂、湘江机器厂等单位提供的技术资料；并承蒙吉林工业大学辊锻工艺研究所张承鉴副教授及其他同志对本书进行审阅，在此一并表示感谢。

作 者

目 录

绪 论	1
第一章 金属塑性变形的一般原理	25
第一节 体积不变定律	25
第二节 最小阻力定律	29
第三节 附加应力与残余应力	31
第四节 金属在变形区内的不均匀流动	33
第五节 应力理论	36
第六节 应力与应变之间的关系	58
第七节 塑性条件	62
第八节 滑移线理论	70
第九节 用有限单元体法计算塑性变形时的应力和变形	79
第二章 辊锻变形的基本原理	91
第一节 辊锻变形区及其参数	91
第二节 锻件的咬入	94
第三节 辊锻时金属的延伸及其影响因素	107
第四节 辊锻变形时金属的纵向流动	112
第五节 金属的宽展及其影响因素	128
第六节 宽展的计算	136
第七节 楔形毛坯辊锻及其辊形曲线	144
第八节 辊锻件的前后壁轮廓及其形成过程	149
第九节 辊锻型槽的作用半径	156

第十节 辊锻变形力的确定	160
第三章 制坯辊锻工艺与型槽设计	192
第一节 辊锻模槽设计中的一些基本概念	192
第二节 辊锻型槽系选择	196
第三节 辊锻毛坯的设计	204
第四节 制坯辊锻型槽设计的计算方法	207
第五节 型槽设计的图解方法	239
第六节 型槽的纵向尺寸设计	256
第七节 应用举例	260
第四章 成形辊锻	275
第一节 连杆辊锻工艺	277
第二节 叶片辊锻	314
第三节 履带节辊锻	357
第四节 麻花钻辊锻	360
第五节 扳手辊锻	365
第六节 医用镊冷辊锻	367
第七节 锄头辊锻	371
第八节 柴油机附件调节臂的成形辊锻	373
第九节 汽车锻件小叉子的成形辊锻	374
附录: 国外辊锻机系列参数标准	376
表1 国外部分悬臂式辊锻机系列参数	376
表2 国外部分双支承辊锻机系列参数	379
表3 国外部分复合式辊锻机系列参数	381
参考文献	383

绪 论

一、辊锻变形的实质与分类

辊锻是锻造工艺的方法之一。所谓辊锻是使坯料在一对旋转的辊锻模中通过，借助模槽对金属的压力，使其产生塑性变形，从而获得所需要的锻件或锻坯（图0-1）。

辊锻变形的实质是坯料的延伸变形过程。坯料在高度方向经辊锻模压缩后，除一小部分金属横向流动而使坯料宽度略有增加外，大部分被压缩的金属沿着坯料的长度方向流动（图0-2）。被辊锻的毛坯，横截面积减小，长度增加。即坯料凡是经过辊锻的部位其横截面积就减小。由辊锻变形的实质可见，它适用于减小坯料截面的锻造过程，如杆件的拔长，板坯的辗片以及沿杆件轴向分配金属体积等变形过程。

采用辊锻工艺进行坯料的拔长，较之锤上锻造既可提高生产率，又可改善劳动条件。在锤上拔长

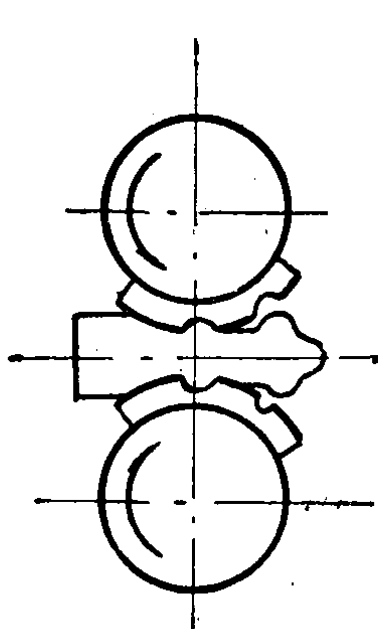


图0-1 辊锻

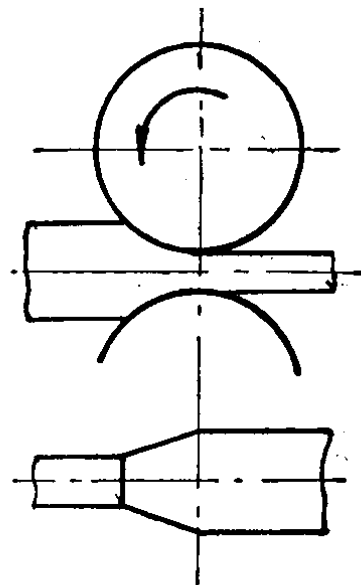


图0-2 辊锻变形过程

时，往往需要打击十几次甚至几十次的变形量，而在辊锻机上只需辊压几次就可完成。采用辊锻工艺进行板坯的辗片，既省力效率又高。如锄头、犁刀、铁锹等类锻件采用辊锻工艺辗压薄板形部分时，具有良好的技术经济效果。

辊锻工艺按其用途可分为两类（见表0-1）。

表0-1 辊锻工艺的分类和应用

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。例如梅花搬手的杆部延伸（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。	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	完全成形辊锻	适于小型锻件及叶片类锻件的直接辊锻成形。例如医用镊冷辊锻，以及各类叶片的冷热精辊工艺。	在辊锻机上完成锻件的成形过程。可采用开式、闭式或开式与闭式的组合型槽中辊锻。
	初成形辊锻	适于辊制截面差较大，形状较为复杂的锻件，如柴油机汽油机连杆、拖拉机履带节的辊锻。	锻件在辊锻机上基本成形，即完成相当于模锻工艺预锻或超过预锻的成形程度。在辊锻后需用较小吨位压床整形。进行单道次或多道次辊锻。
	部分成形辊锻	适于辊制具有长杆形或板片形状的锻件。如锄头、犁刀、汽车变速操纵杆、剪刀股等锻件。	锻件的一部分形状在辊锻机上成形，而另外部分采用模锻或其他工艺成形。

1. 制坯辊锻。对于长轴类锻件来说，模锻前的制坯工序

主要为拔长和滚挤，即沿坯料长度上进行金属分配(图0-3)。采用辊锻工艺为模锻制坯，效率高，质量好，材料省。在生产中辊锻机常与热模锻压力机或其他模锻设备组成模锻机组，进行模锻生产。

2. 成形辊锻。对于长轴类、板片类中某些锻件可以在辊锻机上实现锻件的终成形、部分成形或初成形(相当于模锻工艺中预锻或高于预锻的成形程度)的锻造过程称为成形辊锻。目前我国已有一部分锻件采用成形辊锻工艺生产，如各类叶片(叶型部分)、医用镊子、柴油机附件调节臂等件，是在辊锻机上完

成终成形锻造；柴油机连杆、拖拉机履带节、活扳手等件，是在辊锻机上进行制坯和预锻(或高于预锻的成形程度)，然后用较小吨位的压床整形完成锻造过程；锄头、犁刀的板片形部分、十字镐的镐尖部分、剪片的剪子股部分等就是在辊锻机上进行成形锻造的，而锻件的其他部分则采用模锻的方法进行锻造。

成形辊锻工艺和其他锻造方法相比具有如下特点：

(1) 生产率较高。多型槽成形辊锻的生产率与锤上模锻大体相当，而单型槽一次成形辊锻的生产率则有显著提高，如冷辊医用镊子，其生产率比锤上模锻提高 2.3 倍。

(2) 所需设备吨位小。因为辊锻是逐渐连续的变形过程，变形时模具只与毛坯的一部分接触，所需变形力较小。以生产 195 W 型柴油机连杆锻件为例，如采用模锻需 2000~2500 吨锻压机，而采用辊锻只需 250 吨的辊锻机，再配以较小吨位的整形设备即可。

(3) 辊锻过程冲击、振动、噪音公害小，劳动条件好。

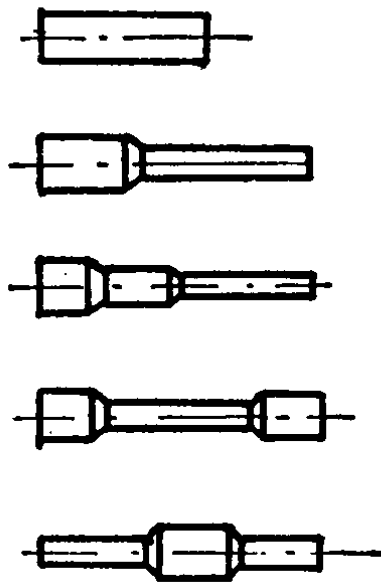


图0-3 沿坯料长度方向分配金属

(4) 辊锻是连续的变形过程，便于实现机械化与自动化。

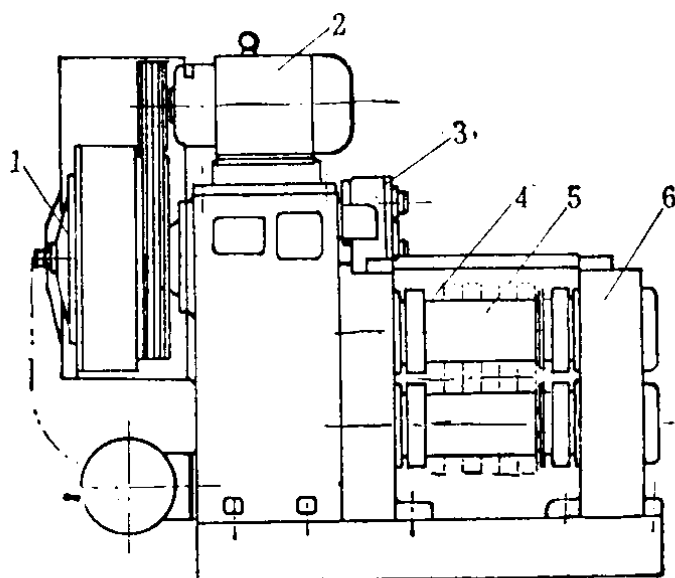
但成形辊锻也有其工艺局限性，它只适用于长轴类和板片类中的部分锻件。

二、辊锻机的结构、类型及其在我国的使用情况

双支承辊锻机的典型结构见图0-4。

图0-4 双支承辊锻机的结构简图

- 1-离合器；
- 2-电动机；
- 3-制动器；
- 4-辊锻模；
- 5-锻辊；
- 6-机架。



双支承辊锻机的传动系统见图0-5。

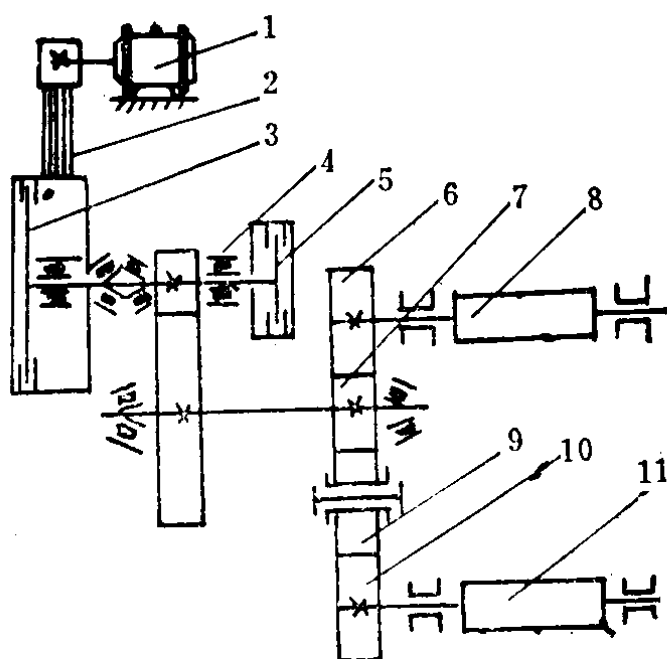


图0-5 双支承辊锻机的传动系统示意图

- 1-电动机；
- 2-三角皮带；
- 3-离合器；
- 4-齿轮；
- 5-制动器；
- 6, 10-上、下锻辊齿轮；
- 7-传动齿轮；
- 8, 11-上下锻辊；
- 9-齿轮。

辊锻机按其锻辊部分的结构形式可分为三类：

1. 悬臂式辊锻机（图0-6）

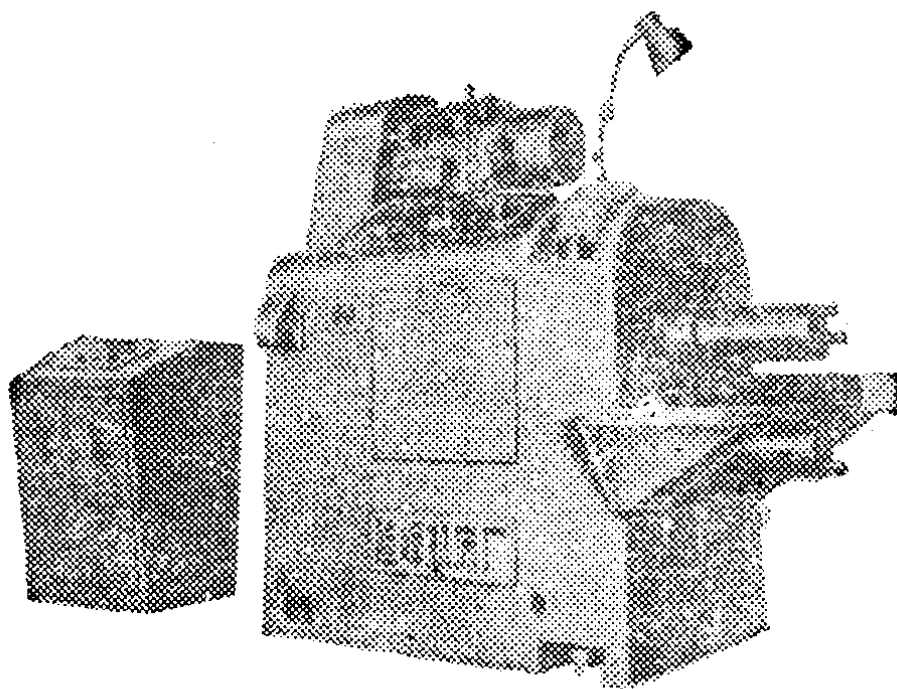


图0-6 悬臂式辊锻机

这种辊锻机锻辊的工作部分悬伸在机架外部，在其上面安装模具。结构简单，操作方便，易于更换模具。当要求锻件在横向有较大展宽时，只需改变操作者位置，就可实现横向辊锻（图0-7）。

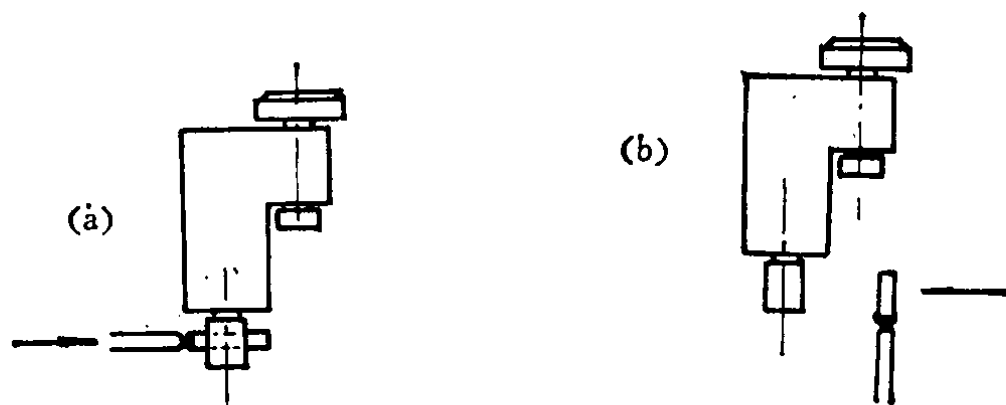


图0-7 悬臂式辊锻机的两种送料方式

(a)纵向送料； (b)横向送料。

悬臂式辊锻机所辊制的毛坯长度，一般不大于圆周长的 $3/4$ 。此种辊锻机的刚性较差，多用于制坯辊锻。

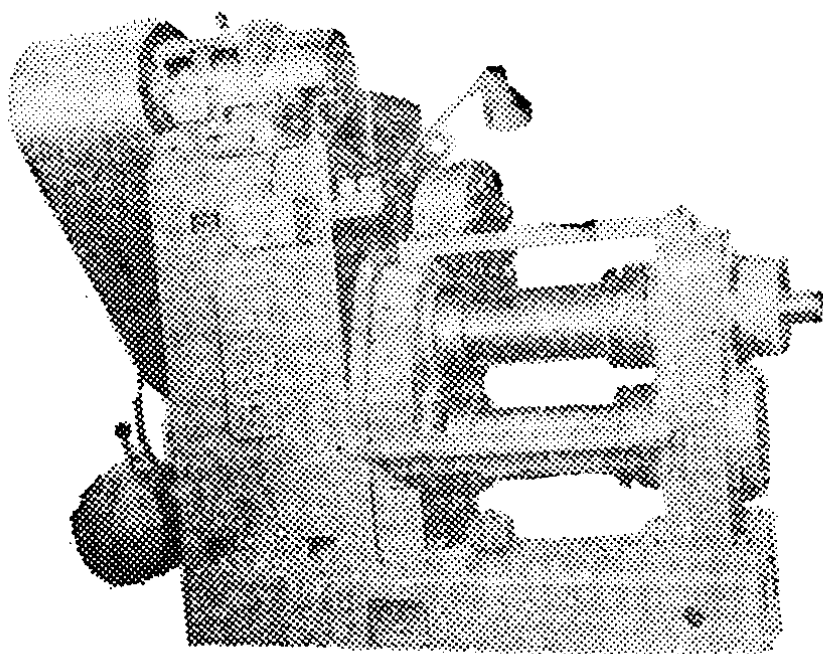


图0-8 双支承辊锻机

2. 双支承辊锻机（图0-8）

双支承辊锻机的锻辊两端是支承在两个直立的机架中，因此锻辊的刚性较好。用于成形辊锻或制坯辊锻，既可用于热辊锻，也可用于冷辊锻。此种辊锻机用途广泛，我国现有辊锻机中这种类型最多。在锻辊上通常可安装2~6副模具，其所辊锻的锻件长度一般不大于模具圆周长的 $1/2$ 。

3. 复合式辊锻机（图0-9）

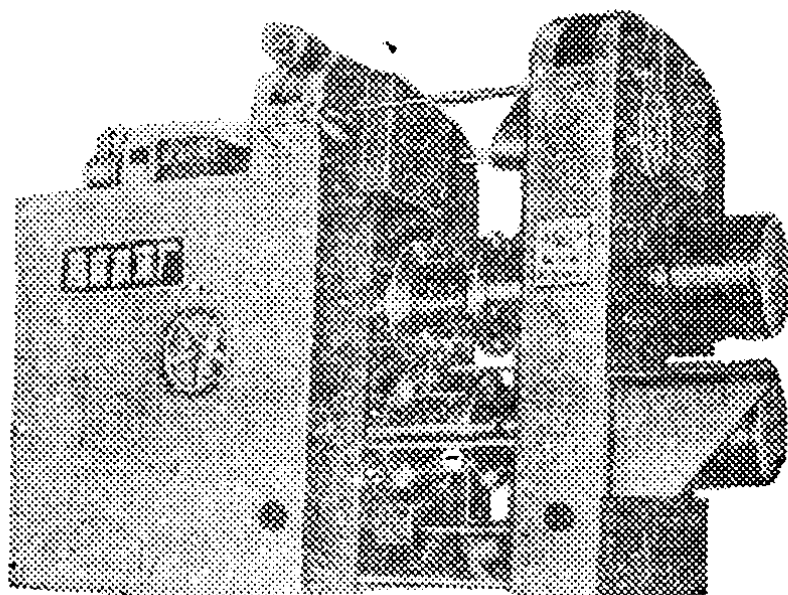


图0-9 复合式辊锻机

表0-2 险峰机床厂所生产的悬臂式辊锻机的技术规格

技术规格名称		* D 41-250	D 41-315	D 41-400	D 41-500
锻模公称直径 (毫米)		250	315	400	500
公 称 压 力 (吨)		25	40	63	100
锻辊辊身直径 (毫米)		140	180	220	280
锻辊可用长度 (毫米)		250	315	400	500
锻 辊 转 数 (转/分)		100	80	63	50
锻辊中心距调整量 (毫米)		- 12	- 14	- 16	- 16
锻辊轴向调整量 (毫米)		± 3	± 3	± 3	± 3
锻模角度调整量 (度)		± 3	± 6	± 5	± 5
可锻毛坯最大断面 尺寸(毫米)		45 × 45	75 × 75	90 × 90	125 × 125
主 电 动 机	型 号	JHO ₂ 62-4	JRO ₂ 71-4	JR81-6	JR82-4
	功 率 (千瓦)	17	22	28	55
	转 速 (转/分)	1330	1460	965	1440
	电 源 电 压 (伏)	380	380	380	380
机器外形尺寸 (长×宽×高)(毫米)		1870 × 1315 × 1380	2310 × 1450 × × 1960	2840 × 2100 × × 2300	3610 × 2759 × × 2682
机 器 净 重 (公斤)		3500	6500	12800	21000

*注：“锻”字第一个字母

辊锻机

锻辊放置方式

- 1 悬臂式
2 双支承
3 复合式

D

4

1

250

锻模公称直径(毫米)

这种辊锻机的锻辊由两部分组成：支承在两机架之间的部分称为内锻辊；悬伸在机器外的称为外锻辊。因此它同时具有悬臂式和双支称的特点。内外锻辊都可安装多副模具，可以在一台辊锻机上同时完成锻件的制坯和成形工序。复合式辊锻机的通用性较大，但结构复杂。

辊锻机按其结构还可分为卧式辊锻机和立式辊锻机两种类型，前述三种均属卧式辊锻机。立式辊锻机的两个锻辊轴线在同一水平面上，毛坯垂直方向送进。因此，对较重较长坯料辊锻时，采用立式辊锻可避免坯料由自重产生的弯曲。

我国贵州险峰机床厂从1968年开始生产辊锻机，目前已能够系列化生产。该厂生产辊锻机的规格型号有：悬臂式辊锻机系列（见表0-2），D42-400型、D42-1000型双支承辊锻机和D43-630型复合式辊锻机。

表0-3 双支承辊锻机系列参数表

参数名称		单位	符号	量						值		
锻模公称直径		毫米	D	160	250	400	500	630	800	1000		
公称压力		吨	P	12.5	32	80	125	200	320	400		
锻辊直径		毫米	d	105	170	260	330	430	540	680		
锻辊可用长度		毫米	B	160	250	400	500	630	800	1000		
锻 辊 转 数	I	转/分	n	100	80	60	50	40	30	20		
	II					40	32	25	20			
锻辊中心距调整量		毫米	ΔA	8	10	14	14	16	18	20		
可锻毛坯尺寸		毫米	H	20×20	35×35	60×60	80×80	100×100	125×125	150×150		

为了加强辊锻机的系列化、标准化工作，一九七八年我国召开了辊锻机系列参数标准制订会议。在调查研究的基础上，

结合生产实际的需要，提出了我国在发展双支承辊锻机的系列参数标准（见表0-3）。标准的特点是既反映了制坯辊锻工艺要求高节拍的需要，又充分考虑了成形辊锻工艺要求速度较低的技术特点，将辊锻机的转速分为两挡。

我国在发展通用辊锻机的同时，开始注意了专用辊锻机的研制工作。XF-002型叶片冷辊锻机已用于生产。该辊锻机为液压摆动式，除具有旋转运动外，还能提升和压下。其传动系统见图0-10，其技术参数见表0-4。

据不完全统计，目前我国已有 300 余台辊锻机用于生产。最小辊径辊锻机为 $\phi 140$ 毫米，最大辊径辊锻机为 $\phi 900$ 毫米。各种型号辊锻机生产锻件的情况见表0-5。

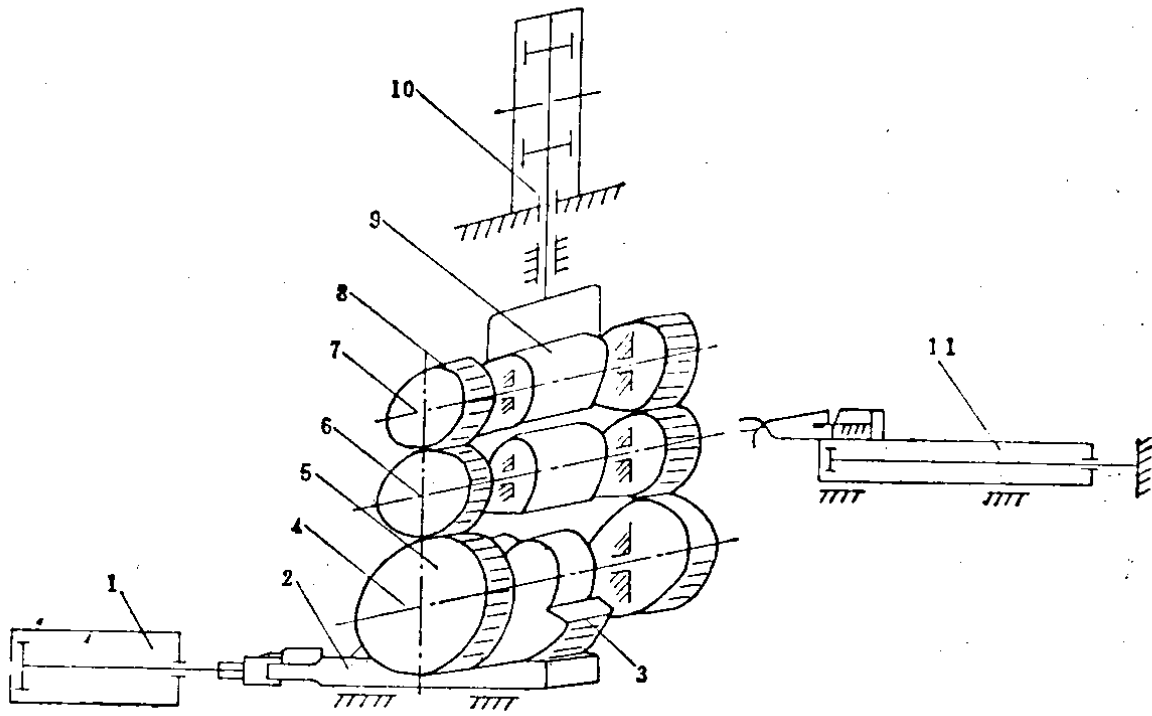


图0-10 叶片冷辊锻机液压传动示意图

- | | |
|---------------|-------------|
| 1-主动轴； | 2-齿条； |
| 3-扇形齿轮； | 4-传动轴； |
| 5, 6, 7-传动齿轮； | 8, 9-上、下锻辊； |
| 10-压下缸； | 11-送料缸。 |