

• 高等学校教学用书 •

新型轧机

GAODENG XUEXIAO JIAOXUE YONGSHU



冶金工业出版社

TG333-43
9500269

高等学校教学用书

新型轧机

北京科技大学 王邦文 主编

冶金工业出版社

(京)新登字 036 号

高等学校教学用书

新 型 轧 机

北京科技大学 王邦文 主编

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街高碑店区30号)

新华书店总店科技发行所发行

河北省阜城县印刷厂印刷

787×1092 1/16 印张15 字数350千字

1994年5月第一版 1994年5月第一次印刷

印数1~2100册

ISBN 7-5024-1493-7

TF·323 (课) 定价7.10元

前 言

近年来, 轧钢生产技术已由过去单纯追求大型化转向注重节约能源和提高产品精度及表面质量方面, 并且以提高经济效益为主要目标。因此, 随着轧钢技术的进步, 以及轧钢工艺的装备水平和自动控制水平的不断提高, 老式轧机不断被各种新型轧机所取代。为了适应技术发展和技术进步及培养新型科技人才的要求, 应不断地更新教材内容, 为此, 我们编写了《新型轧机》这本教材。

全书共分七章, 包括了目前国内外各种主要的新型轧机, 并对其发展、原理、特点、结构和应用进行了较为详细地阐述。其中第一章主要介绍摩根和布兹波罗等四种类型的紧凑轧机。第二章主要介绍SC型、UD型和CU型三种万能型钢轧机。第三章主要介绍HC、UC、CVC、VC、HVC、FFC、PC、UPC、PV 和森吉米尔轧机等十种类型的新型板带轧机。第四章主要介绍摩根型、克虏伯型、德马克型、阿希洛型、摩根哈玛型和Y型等六种类型的高速无扭线材轧机, 并对其主要零部件结构进行评述, 分析其存在的问题和解决的办法。第五章主要介绍瑞典的无牌坊轧机、意大利的红环轧机、我国的GY型短应力线轧机、SY型高刚度轧机、CW型无牌坊高刚度轧机和预应力轧机等各种高刚度轧机。第六章主要介绍楔横轧机和三辊行星轧机等特殊轧机。第七章主要介绍新型无缝钢管轧机。为了便于教学, 本书各章后面分别附有复习思考题和参考文献。

本书可作为冶金机械专业、金属压力加工专业和机械工程专业选修课教材或教学参考书, 并可供从事轧钢生产、设计、研究和设备制造等部门的工程技术人员参考。

参加本书编写工作的有王邦文(第一章、第三章、第四章、第五章和第六章)、林乐朋(第一章的第二节)、戚勇(第二章)、段柏平(第三章的第五节和第八节)、林颖(第四章的第一节)和杨海波(第七章)。全书由王邦文任主编。

本书承蒙北京科技大学施东诚教授和北京冶金设备设计研究院陈仲明高级工程师审阅, 他们对初稿提出了许多宝贵意见, 在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限, 书中存在的不足之处, 恳请广大读者批评指正。

编 者 1993.9.

目 录

前言

第一章 紧凑轧机	1
第一节 紧凑轧机的发展	1
一、紧凑轧机的发展	1
二、紧凑轧机的特点	2
第二节 布兹波罗公司的紧凑轧机	5
一、布兹波罗紧凑轧机的技术性能	5
二、机组组成及工作原理	5
三、轧机的应用	11
第三节 摩根紧凑轧机	12
一、轧制工艺	12
二、设计特点	12
三、摩根紧凑轧机的结构设计	13
四、轧机的应用	21
第四节 我国研制的紧凑轧机	22
参考文献	23
第二章 新型万能轧机	24
第一节 万能轧机及H型钢介绍	24
一、万能轧机的产生及发展	24
二、H型钢简介	26
第二节 万能轧机的种类及结构	27
一、普通型式的万能轧机	27
二、SC型万能轧机	28
三、UD型万能轧机	32
四、CU型万能轧机	34
第三节 万能轧机应用实例	37
一、串列式布置实例	37
二、半连续式布置实例	39
三、全连续式布置实例	40
第四节 万能轧机的轧制力计算	40
一、假设条件	41
二、腰部平均单位压力 $\bar{p}_a$	41
三、腿部平均单位压力 $\bar{p}_l$	42
四、立辊-水平辊轧制压力的确定	44
参考文献	45
第三章 新型板带轧机	46

第一节 HC轧机	46
一、HC轧机发展简介	46
二、HC轧机的原理	46
三、HC轧机的结构及特点	48
四、HC轧机的辊系稳定性	49
五、HC轧机的应用	53
第二节 UC轧机	55
一、UC轧机的基本概念	55
二、UC轧机的类型及结构特点	56
三、UC轧机的板形控制原理	56
四、UC轧机的应用	57
第三节 VC辊轧机	57
一、VC辊系统	57
二、VC辊的控制原理	58
三、VC辊的特点	58
四、VC辊应用情况	59
第四节 CVC轧机	59
一、CVC轧机的基本原理	59
二、CVC轧机的类型	60
三、CVC轧机的结构	61
四、CVC轧机的一些技术问题	69
五、CVC轧机的应用	70
第五节 HVC轧机	71
一、HVC轧机的原理	71
二、HVC轧机的特点	72
三、HVC轧机的应用	72
第六节 FFC轧机	72
一、FFC轧机的原理	72
二、FFC轧机的结构	73
三、FFC轧机的类型及轧制特点	74
四、FFC轧机的优缺点	75
第七节 PC轧机	76
一、PC轧机的工作原理	76
二、PC轧机的特性	77
三、PC轧机的结构	77
第八节 UPC轧机	78
一、UPC轧机的工作原理	78
二、UPC轧机的特点	79
三、UPC轧机的应用	80
第九节 PV轧机	80
一、PV轧机的工作原理	80
二、异步轧制的条件	80

三、中性角的计算	82
四、PV轧机的结构型式	83
第十节 森吉米尔轧机	87
一、森吉米尔轧机的发展概况	87
二、森吉米尔轧机的基本类型	87
三、森吉米尔轧机的调整装置	89
四、森吉米尔轧机的平衡装置	93
五、森吉米尔轧机的辊系设计	95
参考文献	100
第四章 无扭高速线材轧机	101
第一节 无扭高速线材轧机的结构型式	101
一、摩根无扭高速悬臂式45°轧机	101
二、克虏伯(KRUPP)无扭高速悬臂式45°轧机	102
三、德马克(DEMAG)无扭高速线材轧机	102
四、阿希洛(ASHLOW)型无扭高速线材轧机	105
五、摩根哈玛(Morgardshammar)型无扭高速线材轧机	109
六、Y型轧机	111
第二节 无扭高速线材轧机主要部件结构评述	131
一、轧辊辊环的紧固	131
二、轧辊轴的密封	136
三、辊缝调整机构	137
四、导卫装置	137
五、轧机的主传动	138
参考文献	139
第五章 高刚度轧机	140
第一节 短应力线轧机	140
一、短应力线轧机的发展概况	140
二、短应力线轧机的基本原理及主要特点	141
三、瑞典研制的无牌坊轧机	144
四、“红环”轧机	147
五、“GY”型短应力线轧机	155
六、“SY”型高刚度轧机	160
七、“CW”型无牌坊高刚度轧机	161
第二节 短应力线轧机机座的刚度计算	162
第三节 预应力轧机	170
一、预应力轧机的结构和分类	170
二、预应力轧机的工作原理	175
三、预应力机架的强度和刚度计算	180
四、预应力轧机的刚性分析	183
参考文献	184
第六章 特殊轧机	185
第一节 楔横轧机	185

一、楔横轧的工艺特点及参数	185
二、楔横轧的运动原理分析	186
三、楔横轧机的类型	191
第二节 三辊行星轧机	195
一、三辊行星轧机发展概况及主要特点	195
二、三辊行星轧机的基本结构及工作原理	196
三、三辊行星轧机的运动分析与功率分配	196
四、三辊行星轧机的结构参数	201
参考文献	204
第七章 新型无缝钢管轧机	205
第一节 无缝钢管生产的发展	205
一、1885年~1955年期间	205
二、1955年至今	205
第二节 连轧管机	206
一、连轧管机的工作原理、分类及工艺特点	207
二、连轧管机组生产工艺及车间布置	209
三、连轧管机设备结构	212
四、宝钢 $\phi 140\text{mm}$ 连轧管机组介绍	216
五、天津钢管公司 $\phi 250\text{mm}$ 连轧管机组介绍	218
第三节 三辊斜轧管机	220
一、轧机工作原理	220
二、三辊轧管生产工艺及车间平面布置	222
三、三辊轧管机的结构	225
参考文献	229

第一章 紧凑轧机

第一节 紧凑轧机的发展

一、紧凑轧机的发展

在钢材生产中提高成材率和节省能源是技术发展的重要方向, 连铸工艺的发展不仅节省能源, 使成材率大幅度提高, 而且减少了开坯次数。为了解决连铸坯直接成材或小型、线材轧机坯料的衔接问题, 近几年发展了一种紧凑式高效率轧机 (Compact Mill)。它克服了三辊行星轧机、摆锻轧机等高效轧机存在的结构复杂或不适于连续大量生产工艺的缺点。新发展的紧凑轧机是由美国摩根公司首先提出的。它是建立在1978年日本钢铁公司进行的关于强迫咬入和强迫轧制的基础上。强迫咬入是指当咬入角 $\alpha > \rho$ 时 (ρ 为摩擦角) 沿轧制方向在轧件上作用一水平推力, 将轧件推入辊缝建立轧制过程。日本钢铁公司在研究中施于轧件上的水平推力是采用电磁力或液压缸推力等外力, 美国摩根公司把施加外力的方法发展到用前机架轧制对后一机架产生推力咬入。由于轧机机架间距很短, 且轧件断面较大、刚性较强, 因此能实现这一推力。随后美国的布兹波罗公司、瑞典的摩根哈玛公司和意大利的波米尼法雅尔公司等都研制了各种类型的紧凑轧机, 并在美国、韩国、法国等地建厂投产。我国的北京冶金设备研究院为天津轧钢二厂设计制造的“SY”型紧凑轧机也于1988年12月正式投入生产, 用120方的连铸坯轧制出55方的坯料。

图1-1为美国的四机架摩根紧凑轧机⁽¹⁾。为了解决上传动立式轧机换辊时出现的不便, 将轧机设计成用一个可移动的前桥联结的C形机架, 而前桥与C形机架刚性连接, 形成一个整体机架, 为轧制时所产生的各种载荷提供了一条连续的应力通道, 并承受水平辊和立辊轧制力的联合作用。

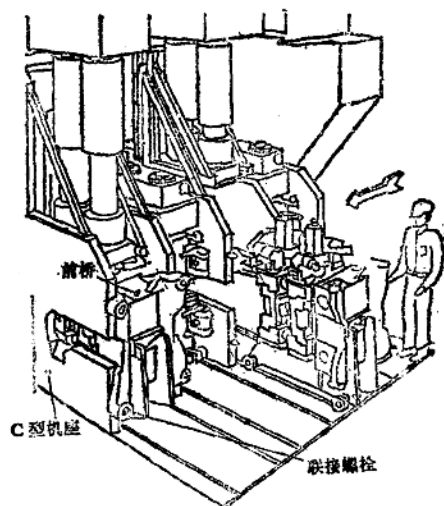


图 1-1 摩根紧凑轧机

图1-2为瑞典摩根哈玛无牌坊紧凑轧机。平-立机架的辊组分别支承于三角支架上, 其轧制力分别由各个机架的四根立柱所承受, 形成一个封闭的应力环, 而不传递到三角支架上。轧辊辊组采用如图5-9所示的P600型轧机, 能对称地调整轧辊辊缝。

图1-3为意大利波米尼法雅尔公司的四机架“红环”紧凑轧机⁽¹⁾。同瑞典的无牌坊紧凑轧机一样, 能对称地调整辊缝, 轧制力是通过连接上、下轴承座的四根立柱来承担的, 并形成一封闭的应力环, 所不同的只是其辊组是支承于一个U型半机架上而已。

图1-4为我国北京冶金设备研究院根据意大利“红环”紧凑轧机的原理和结构特点而研

制出来的“SY”型紧凑轧机，已正式投入生产，并申请了专利。

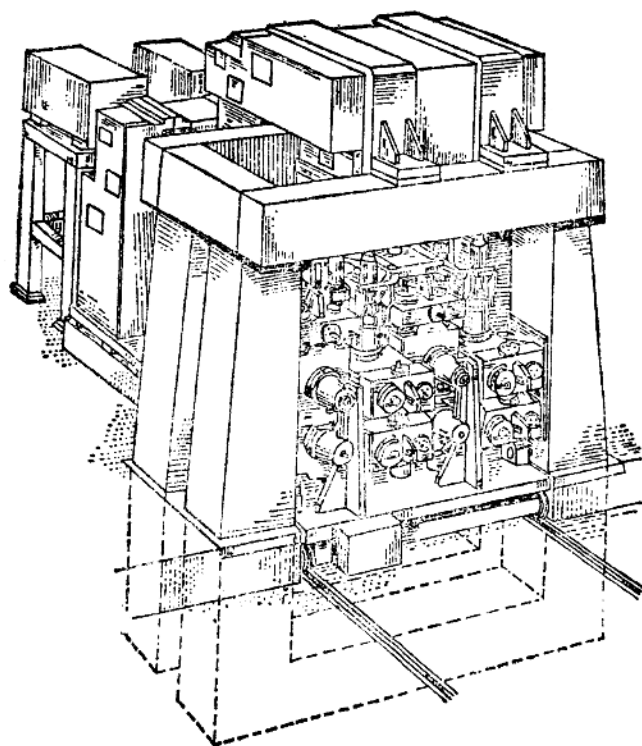


图 1-2 无牌坊紧凑轧机

图 1-5 为美国宾夕法尼亚州布兹波罗公司 (Birdsboro) 研制的紧凑轧机，简称 C.C. C. Mill (Close Center Compact Mill)。它的特点是结构紧凑，占地面积小，机架为平-立交替布置，各机架单独传动的新型粗轧机组。第一台机组于 1985 年 5 月在美国北卡罗来纳州伏罗里达钢厂投产。

二、紧凑轧机的特点⁽¹⁾

1) 由于机架中心的紧凑设计，缩短了机组的总长度，减少了基建投资。紧凑式轧机一般是将 4~6 个短应力线轧机按平-立交替装置在一列刚性结构的框架中，组成无扭连轧。这样即可用平辊轧制进行开坯，又可利用平-立孔型进行成品轧制。在组合机座中，每个机架中心间距仅 1m 左右，例如 $\phi 520 \times 4$ 紧凑式轧机中心距总长才 3m，可代替普通布置的六架轧机（轧制线长度达 18m）。

2) 采用高压下率轧制。如四机架总压下率可达 80~85%，其总延伸率可达 5~5.5。最大咬入角达 $40^\circ \sim 50^\circ$ ，使电气和机械设备投资降低。

3) 因机座紧凑，压下率大，使轧件的温降很小，可达到恒温轧制，有利于金属的塑性变形和产品精度的要求。

4) 采用了无活套无张力控制系统，操作简单，轧废率低，提高了轧机的作业率。

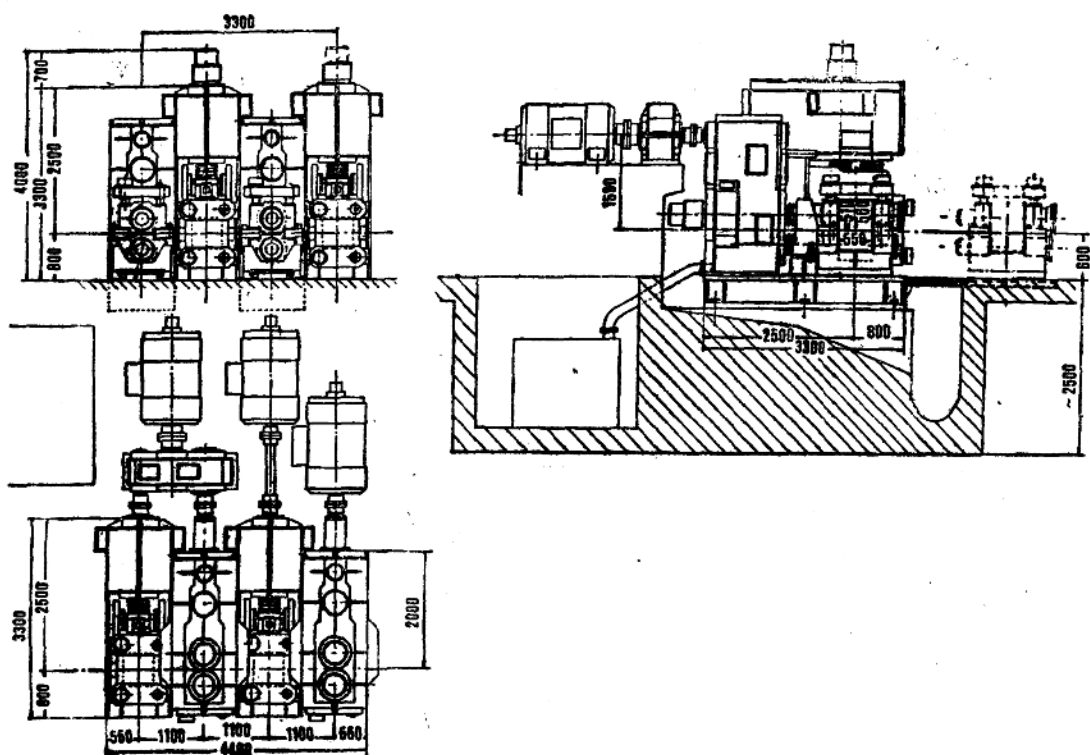


图 1-3 意大利的“红环”紧凑轧机

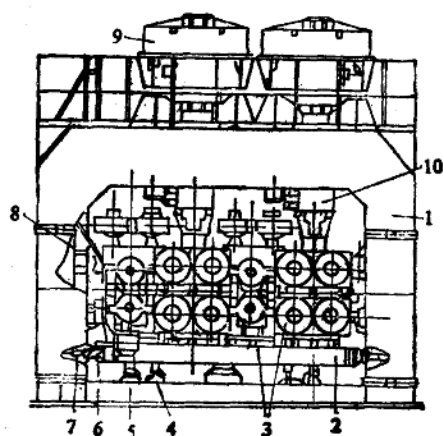


图 1-4 “SY”型紧凑轧机

- 1—框架；2—台车；3—轧机；4—台车轨道；5—千斤顶；6—台车锁紧球型锁座；
7—锁紧液压缸；8—轴承座支承器；9—立辊减速器；10—立辊万向接轴

图 1-6 五机架C.C.C.Mill

5) 采用了无槽轧制新技术, 避免了有槽轧制中发生的孔型过分充满和轧件折叠现象, 提高了轧机产量, 且使无槽轧辊重磨容易, 对磨辊设备要求不高。无槽轧辊缩短了辊身长度, 提高了轧机的刚性, 有利于提高产品精度。

6) 可分组或成组快速驱动。各机架单独传动时, 调速范围广, 调速精度高。使用交流直叠加调速可使调速幅度增加到 5 倍以上。

7) 换辊简单。所有框架内的轧辊可以同时, 也可以单个从操作侧拉出。换辊时间短, 有利于轧机作业率的提高。

第二节 布兹波罗公司的紧凑轧机

一、布兹波罗紧凑轧机的技术性能

安装于美国伏罗里达钢厂的第一台紧凑轧机是由平-立-平三机架无牌坊轧机组成, 轧辊公称直径 $\phi 500\text{mm}$, 坯料为 130 方, 出口尺寸为 65 方, 机架中心距为 1200mm, 用于小型轧机的开坯。

1986 年我国唐山钢铁公司新建高速线材厂, 引进了布兹波罗公司的四机架紧凑轧机作为粗轧机组。轧辊直径 $\phi 500\text{mm}$, 机架中心距 1220mm, 坯料 135 方, 出口尺寸 60 方, 总延伸率 5.05, 入口轧制速度 0.166m/s, 出口轧制速度 0.667~0.7m/s。

1986 年山东省冶金工业公司与北京钢铁设计总院共同引进布兹波罗公司五机架紧凑轧机的设计与制造技术, 如图 1-5 所示。其总布置图见图 1-6 和图 1-7 所示, 其技术性能如表 1-1 所示。

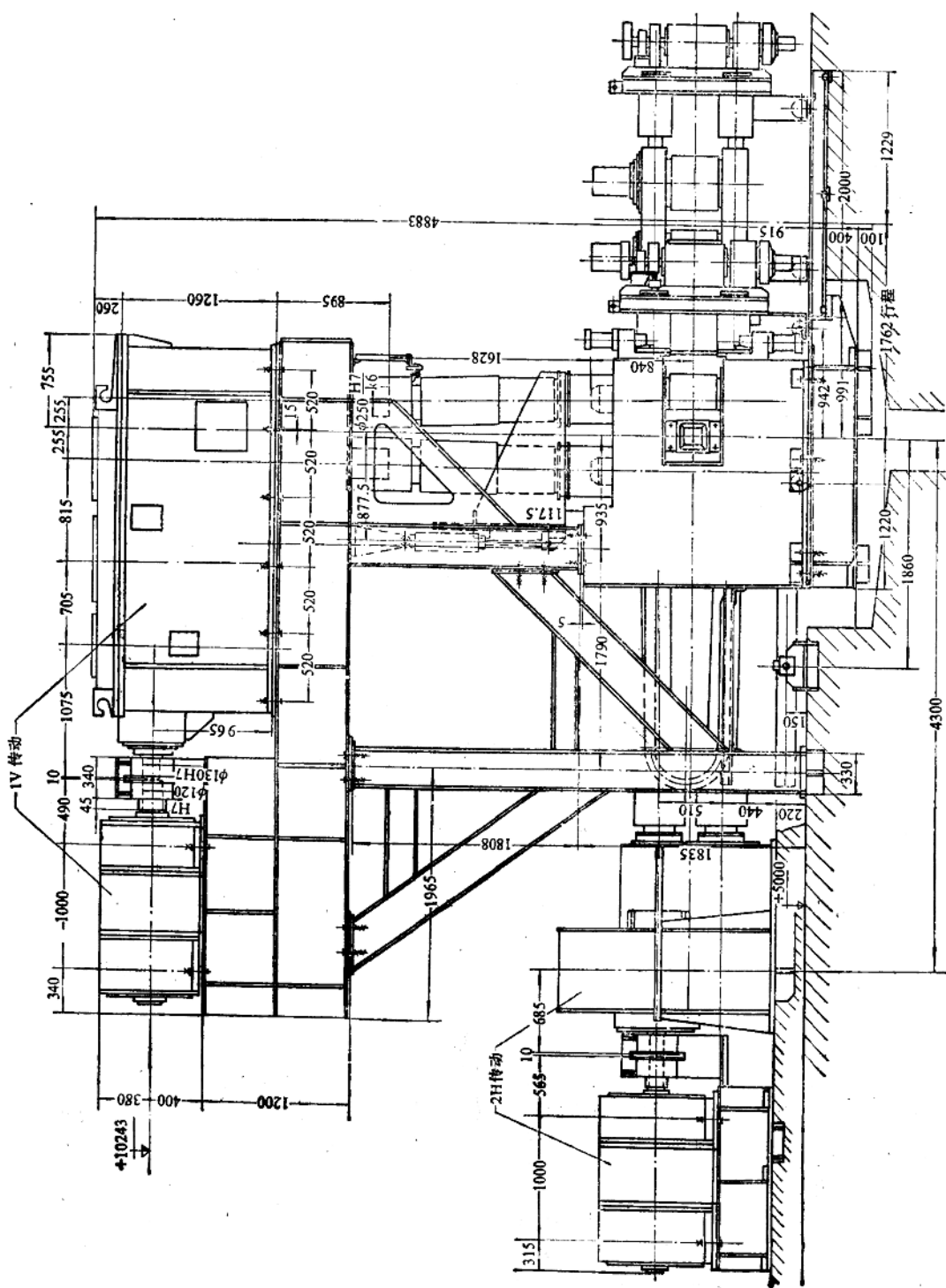
表 1-1 五机架布兹波罗紧凑轧机的技术参数

设备名称	机 架 号				
	1V	2H	3V	4H	5V
	技 术 参 数				
轧辊直径(mm)	$\phi 475 \sim \phi 555$	$\phi 432 \sim \phi 515$	$\phi 435 \sim \phi 515$	$\phi 381 \sim \phi 450$	$\phi 381 \sim \phi 450$
轧辊长度(mm)	380	380	380	300	300
减速机速比	45.99	60.429	41.39	20.197	12.21
电机型号	Z400-3A	Z450-2A	Z450-3A	Z450-3A	Z450-3A
电机功率(kW)	160	320	400	400	320
电机转数(r/min)	320/600	500/1000	600/800	600/800	400/800
压下速度(mm/s)	0.6	0.6	0.6	0.8	0.8
轨轧压力(kN)	1763.3	1710.8	1265.1	909.8	805.5
轨制力矩(kN·m)	144.34	201.84	139.64	115.24	79.34

山东冶金机械厂为吉林通化钢铁公司加工制造的五机架布兹波罗紧凑轧机设备总重量为 200.455t (不包括电控系统), 轧机外形尺寸为 $6180 \times 8660 \times 6203\text{mm}^3$, 坯料尺寸为 $120 \times 120 \times 9500\text{mm}^3$, 出口断面为 $45 \times 45\text{mm}^2$, 年工作小时为 5800, 设计年产量为 350000t。

二、机组组成及工作原理

本机组由五个二辊式机架组成, 按立-平-立-平-立布置, 每个机架由一台直流电机经齿轮箱传到轧辊, 立辊为上传动, 水平辊为卧式传动, 其传动示意图如图 1-8 和图 1-9 所示。



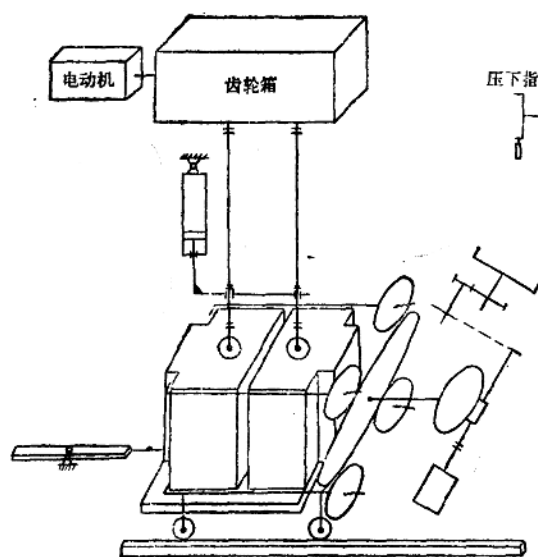


图 1-8 立辊传动示意图

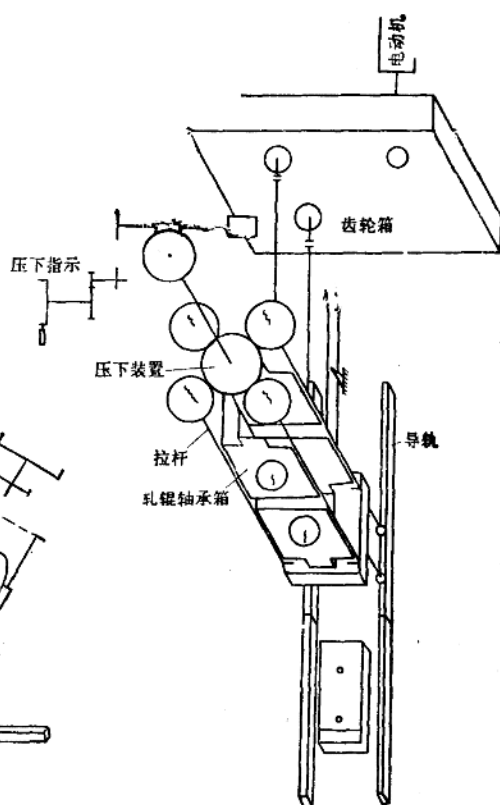


图 1-9 水平辊传动示意图

机架间由一个钢结构的C型框架隔开，所有的C型框架安装在一个钢结构的底座上，形成一个整体框架。机组前面装有一台夹辊，以实现强迫咬入。第二架的咬入借助于第一架轧出的轧件推力咬入，其余机架类推。轧件通过五个机架形成连轧方式工作，由电控系统严格控制进入稳态轧制并保持微拉状态。该机组换辊采用每个机架单独更换，换辊时将机架用液压缸推出轧制线。五个机架除轧辊平立布置和辊径有所区别外，传动原理完全相同。

每个机架由电机、传动齿轮箱、压下装置、轧辊轴承箱、拉杆移出装置和换辊装置等主要部件组成。

1. 主传动齿轮箱

每个机架安装有一台传动比互相不同的齿轮箱，齿轮均采用高精度硬面齿轮，承载能力大，使用寿命长。各传动轴采用滚动轴承，齿轮及轴承采用稀油集中循环润滑系统。图1-10为立式轧机齿轮箱装配图，图1-11为水平轧机齿轮箱装配图。

2. 万向接轴

轧机万向接轴采用弧形齿接轴，立式轧机接轴下部装有可升降的齿套筒，换辊时，在液压缸的作用下，利用滑叉支架将其升起，脱开轧辊扁头，换辊后再放下。水平轧机的接轴设有液压夹紧支承装置，换辊时，在锁紧板的作用下，将接轴夹持在一个固定的位置上。

3. 压下装置

压下装置由工作转速不大于 100r/min 的液压马达传动，经蜗轮减速机传给四个齿轮。齿轮心部装有螺母，带动四根拉杆升降，从而使上轧辊辊系上下移动。整个压下装置利用四个锁紧液压缸紧固在C型框架上，换辊时，首先要松开锁紧缸，才能进行换辊。该压下装置不能进行带钢压下。

4. 轧辊轴承箱

轧辊使用特殊合金钢制造，由滚动轴承支承，选用干油润滑及密封。两个轧辊中的一根可用人工进行轴向调整，上下轧辊轴承箱之间有液压平衡缸。轧辊开口度由压下装置升降下辊系来完成，上辊系位置由垫片进行固定。

5. 拉杆移出装置和换辊装置

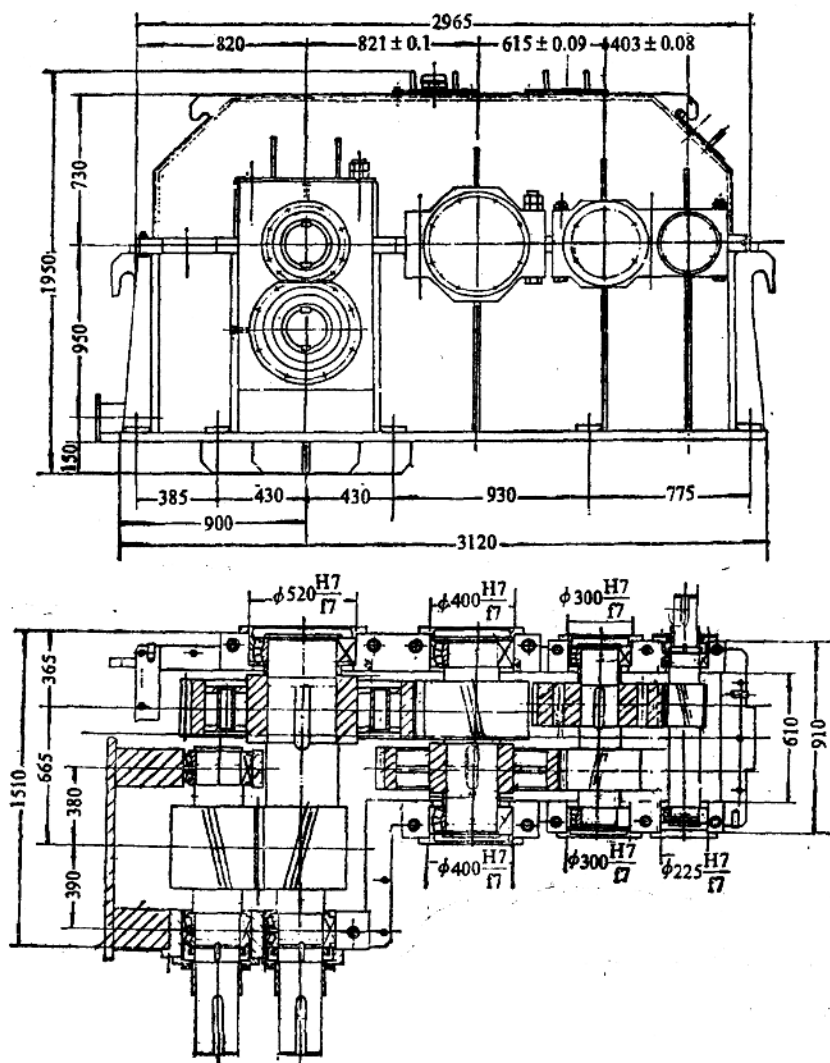


图 1-10 立辊轧机齿轮箱装配图