

## ● 综合述评

## 我国无缝钢管轧制设备技术发展概述

黄庆学

(100823 机械工业部)

主要介绍了我国无缝钢管轧制设备的技术现状以及近期研制的各种轧管机的主要技术参数。提出了改进无缝钢管生产设备的主要措施。

**关键词** 无缝钢管 轧制设备 现状 发展

BRIEFING ON DOMESTIC DEVELOPMENT OF ROLLING EQUIPMENT  
TECHNOLOGY FOR SEAMLESS STEEL TUBES

Huang Qingxue

(Ministry of Machine Building Industry)

The briefing covers such aspects as the current situation of domestic rolling equipment technology for seamless steel tubes, major technical data of recently developed various pipe mill in China as well as important approaches to improving the production facilities for seamless steel tubes and pipes.

**Key words** Seamless steel tube Rolling equipment Current situation Technical development

长期以来,我国无缝钢管生产一直滞后于国民经济的发展,主要原因是生产工艺落后及装备技术水平低,产品结构不合理且质量差。为了扭转这种局面,必须积极探讨发展我国无缝钢管轧制设备技术的有效途径。

目前,世界上轧钢趋于集约化生产,除特殊情况外,兴建投资大、产量高,以多机架轧机为主的轧管机组势头在减弱,而建具有中小生产能力的无缝钢管轧机日益成为热点。

## 1 热轧管机

热轧管机是无缝钢管生产最关键的设备。世界各国都非常重视发展热轧管机技术,其中包括阿塞尔轧管机、狄塞尔轧管机、连轧管机、顶管机及张力减径机等多项新技术。我

国从60年代初就已开始对这些技术进行了全面的研究,所取得的成果已用于生产中,这对改进我国长期落后的无缝钢管生产技术起到了积极的推动作用。

## 1.1 三辊轧管机

三辊轧管机也称为阿塞尔轧管机,所轧荒管壁厚均匀,表面质量好,但由于受“尾三角”的限制,该轧机初期只适用于生产  $D/S < 12$  的厚壁钢管。1967年法国 Vallourec 公司研究了采用快速旋转机架改变送进角来克服“尾三角”的方法(也称为 Transval 方法)。后来德国 Demag 公司研制出液压快开型三辊轧管机,该轧机能在瞬时快速打开轧辊的喉径尺寸来消除“尾三角”。英国 Davy 公司在上述技术的基础上成功地开发了三转角快

开法,即前端转角轧制避免前端扩口或撕裂,尾端转角轧制避免产生“尾三角”。还装有快开油缸,用来快速打开轧辊,避免产生“尾三角”。改进后的阿塞尔轧管机可生产  $D/S > 20$  的薄壁钢管。最近德国 Demag 公司又推出一项“管尾无增厚消除尾三角”的新技术。这样,阿塞尔轧管机经过多次改进和完善,已能稳定地生产规格多、尺寸精度高的普碳钢、高碳钢及合金钢等钢管。

我国从70年代设计制造的  $\Phi 108\text{mm}$  Transval 轧管机在衡阳钢管厂投产开始,不断推动三辊轧管机技术的发展。

太原重型机械学院经过近20年的研制,制造出一种新型轧管机,即三辊联合穿轧机。该轧机于1987年在山西襄汾无缝钢管厂投产。这种轧管机的出现改变了传统的无缝钢管生产工艺,即在1台设备上能将实心管坯轧成成品管。该轧机采用了全开式机架、液压锁紧机构、中间压进式径向调整机构、中心转鼓式送进角调整机构、轧辊快速回退机构和轴向出管等新技术,能轧出  $D/S > 20$  的钢管,最小壁厚为2.5mm,壁厚公差  $\pm 4\%$ ,外径偏

差  $\pm 0.4\%$ 。此外,轧机调整灵活,更换生产规格方便,工作稳定可靠。该轧机对国内  $\Phi 76 \sim 100\text{mm}$  轧管机组的改造有重要意义。

东北重型机械学院与衡阳钢管厂在联合研制三辊轧管机技术方面有突破性的进展,所发明的三辊轧管机新辊型技术已于1989年成功地用在衡阳钢管厂和沈阳钢管厂的三辊轧管机上。经几年的实际生产使用证明,这种新辊型具有许多优点:轧辊寿命提高2~3倍;轧制速度提高20%~30%;钢管外径和壁厚精度提高50%~70%;内螺纹深度浅1倍以上;在不提升轧辊的条件下可生产出  $D/S \leq 18$  的薄壁钢管,并不产生“尾三角”。该技术使我国在开发三辊轧管机技术方面又向前跨进了一步。

太原重型机械学院、太原重型机器厂等单位经多年来的研制,先后为国内提供了  $\Phi 50\text{mm}$ 、 $\Phi 108\text{mm}$  两种新型的三辊轧管机共8台,为今后继续研制打下较好的基础。近期国内制造的三辊轧管机的主要参数见表1。

### 1.2 狄塞尔轧管机

狄塞尔轧管机是带有1对导盘、芯棒全

表1 国内近期制造的三辊轧管机主要参数

参数名称	衡阳钢管厂 $\Phi 108\text{mm}$ TR 轧管机	襄汾无缝钢管厂 $\Phi 50\text{mm}$ 三辊联合穿轧机
生产能力/ $\text{万 t} \cdot \text{a}^{-1}$	5~10	1.5
生产规格/mm	$\Phi 76 \sim 127 \times 5 \sim 25 \times 10000$	$\Phi 40 \sim 65 \times 2 \sim 10 \times 6000$
管坯规格/mm	$\Phi 100 \sim 140 \times 1000 \sim 3000$	$\Phi 40 \sim 65 \times 600 \sim 1000$
小时生产根数	120~150	120~150
轧辊尺寸/mm	$\Phi 480 / \Phi 360 \times 360$	$\Phi 230 \sim 350 \times 270$
轧辊喂入角/ $^\circ$	0~10	0~20
钢管出口线速度/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	0.5~0.6	0.26~1.21
芯棒长度/m	13.0	—
主电机功率/kW	1250(DC)	320(DC)
钢管壁厚精度%	$\pm 5 \sim 7.5$	$\pm 3 \sim 5$
外径/壁厚( $D/S$ 值)	4.5~15	$\leq 20$
延伸系数	$\leq 3.14$	$\leq 6$

浮动的二辊斜轧管机,其特点为设备紧凑,投

资少,所轧管壁厚均匀,内外表面质量好。但

初期的狄塞尔轧管机产量低、管短及轧制范围窄。后来世界上许多公司对该轧管机进行了改造。如德国 Demag 公司改造后的轧机称为 CPD 轧管机,美国 A/S 公司改造后的轧机称为 Accu Roll 轧管机,德国 Kocks 公司改造后的轧机称为 RMD 轧管机。这些改造主要是采用了限动芯棒或增加了辗轧角。改进后的狄塞尔轧管机具有产品尺寸精度高、设备制造费用低和占地面积少的优点,最适用于中等规模的生产厂。

我国从60年代鞍钢自行设计制造的 $\Phi 100\text{mm}$ 狄塞尔轧管机投产开始,便一直在

探讨改进和提高这种轧管机的技术。

太原重型机器厂于1988年研制出1台 $\Phi 50\text{mm}$ 改进型狄塞尔轧管机,安装在衡阳钢管厂。西安重型机械研究所于1989年研制出1台 $\Phi 50\text{mm}$ 改进型狄塞尔轧管机,安装在河南省新乡线材厂。该轧机一次可完成穿孔和轧管两道工序。这两台改进型狄塞尔轧管机均属试验性轧机,其运行情况将为设计制造 $\Phi 100\text{mm}$ 以上改进型狄塞尔轧管机创造条件。其主要参数见表2。

此外,成都无缝钢管厂等单位与美国 A/S 公司合作成立了华美钢管工程公司,该公

表2 国内近期制造的改进型狄塞尔轧管机主要参数

参数名称	衡阳钢管厂 $\Phi 50\text{mm}$ 狄塞尔轧管机	河南新乡线材厂 $\Phi 50\text{mm}$ 狄塞尔轧管机
轧制规格/mm	$\Phi 35 \sim 50 \times 2 \sim 4$	$\Phi 45 \sim 65 \times 2.5 \sim 3$
缩径率%	10~13	15
绝对减量/mm	0.8~1.0	2~2.5
D/S 值	$\leq 25$	$\leq 20$
毛管长度/mm	$\leq 6000$	$\leq 5000$
出口速度/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	0.1~0.4	0.1~0.3
壁厚偏差%	$\pm 4 \sim 7$	$\pm 4 \sim 7$

司为鲁宝钢管厂和成都无缝钢管厂各提供了1台 Accu Roll 轧管机。

### 1.3 连轧管机

连轧管机产量高,产品内在质量好,但投资大,适合于建设大中型钢管厂选用。现代连轧管机是在直流单独传动连轧管机的基础上发展起来的。意大利 Innes 公司于1978年将浮动芯棒改为限动芯棒,创造了 MPM 连轧管机,最近又推出第四代连轧管机,其特点是全部单机座合成一个整体框架,取消了传统的机座,故称“无机架轧机”。该轧机非常紧凑,重量轻,占地面积小,投资少。

我国研制连轧管机已有20多年的历史,太原重型机器厂、东北重型机械学院等单位合作,于1978年研制出国内第一台 $\Phi 76\text{mm}$ 连轧管机,于1989年安装在衡阳钢管厂,进

一步完善后,该轧机已用于生产中。

### 1.4 张力减径机

为了适应快速轧制,采用直流电机单独传动和集中差速传动的张力减径机在较长的时间内仍具有现实意义。国外新开发的分组差速传动张力减径机性能优良,发展潜力很大,其中三电机或电机差动的张力减径机可以使收得率再提高15%。为了进一步提高收得率和尺寸精度,在张力减径机上安装了自动壁厚控制系统(WTC),以测量轧制过程中的来料尺寸参数和张力减径的延伸系数。张力减径机上还配置了管端增厚控制系统(CEC),以减少切头损失。德国 MDS 公司和 Kocks 公司基本垄断了张力减径机的最新技术。

我国是从60年代开始研制张力减径机

的。太原重型机器厂在1972年为成都无缝钢管厂制造出第一台 $\Phi 108\text{mm}$ 和 $\Phi 177\text{mm}$ 液压差动张力减径机,但因国内当时生产的钢管短和液压件质量不过关,而使这两套轧机没有充分发挥作用。80年代初,太原重型机器厂与德国 Demag 公司合作,为宝钢 $\Phi 140\text{mm}$ 轧管机组制造了28架张力减径机。太原重型机器厂与鞍钢合作开发1台机械差动式TZ-355型12架微张力减径机,并一次试车成功。最近,太原重型机器厂与德国 Demag 公司合作制造的12架二辊单独传动微张力减径机已在大冶钢厂顺利投产。

综上所述表明,我国研制的几种热轧无缝钢管轧机取得了满意的使用效果。这充分说明,依靠国力,利用已成熟的技术,设计制造出具有当代水平的中小型热轧无缝钢管轧机是有把握的。

## 2 冷轧管机

冷轧管机是生产精密无缝钢管的必要设备。德国 Demag 公司在发展二辊式冷轧管机技术方面居世界主导地位。该公司继 KPW-VMR 型冷轧管机之后,又于80年代研制出 SPW-VMR 型超长行程、高速环形孔型冷轧管机,它代表了世界冷轧管机发展的一个重要方向。

我国从60年代初开始研制冷轧管机。西安重型机械研究所与其他单位联合研制的 LGS 型双线环形孔型冷轧管机于1978年投产。因该轧机采用环形孔型,增加了变形区长度,使金属变形更为平稳;在增加变形、强化轧制过程中实现双线轧制,使轧机生产率大大提高;采用光电—机械式回转送进机构,结构简单、便于维修。

西安重型机械研究所开发的 LD-120 型五辊式冷轧管机是目前国内最大规格的多辊冷轧管机,用于生产 $\Phi 60\sim 120\text{mm}\times 0.25\sim 2.5\text{mm}$ 精密管材。该轧机采用液压回转送

进系统,主传动采用气动离合装置和重锤垂直平衡机构,具有运行平稳、噪音小、轧速高、产品质量好等优点。西安重型机械研究所还成功研制了 LDD-12 型四线高速辊冷轧管机。该轧机应用2组机头相互平衡原理,一次可轧制4根相同规格或不同规格的钢管。

此外,西安重型机械研究所研制成的多排辊冷轧管机是采用质点运动轨迹曲线来实现多排辊轧制的,其工作原理:利用安装在上下对称布置的连杆上的4对轧辊运动轨迹所形成封闭曲线的包络线,选择其中一段呈“喇叭”状的运动轨迹,作为冷轧时的金属变形区。该轧机是周期式工作,当4对轧辊均张开时,借助回转送进机构完成管坯的间歇送进与回转。该轧机具有易平衡、回转送进时间长、结构简单以及维修方便等优点。

洛阳矿山机器厂开发出 LG-90-GH 型高速冷轧管机。该轧机与德国 Demag 公司 SPW-VMR 型轧机性能相近,属于最新一代产品,其主要参数见表3。

我国经30余年的不断探索,已经具备设计制造二辊周期式(LG型)、多辊式(LD型)及多排辊型(DPG型)等冷轧管机的能力,可满足生产外径 $3\sim 200\text{mm}$ 、壁厚 $0.08\sim 20\text{mm}$ 的各种材质的冷轧管材的需要。目前,我国冷轧管机技术水平与德国等先进水平相比,仍略有差距。

## 3 钢管矫直机

矫直机是精整工序的重要设备。德国 Kocks 公司、意大利 Danieli 公司等生产的二辊(凸凹辊型)、五辊、六辊(2-2-2型、2-1-2-1型)、七辊(2-2-2-1型、3-1-3型)及九辊等矫直机,技术水平较高,产品精度一般保证在0.1%以内。

我国从70年代开始研制新型矫直机。太原重型机器厂于1978年利用陈惠波矫直机新型辊型曲线所开发的3-1-3型七辊矫直机,

表3 国内近期开发的新型冷轧管机的主要参数

参数名称	DPG80S型	DPG-30型	DPG-25型	LG-90-GH型
管坯外径/mm	50~100	22~46	22~36	57~108
管坯壁厚/mm	2.5~15	2~6	2~4	3~28
管坯长度/m	2~5	2.5~5	6~9	5~8
成品管外径/mm	30~80	15~30	15~25	40~90
成品管壁厚/mm	0.5~10	0.4~5	0.4~2	1.4~14
截面变形量%	60~80	60~980	60~80	60~80
工作机架行程/mm	—	—	—	1183.6
轧机机架摆动速度/次·min <sup>-1</sup>	50~120	60~120	60~120	50~120
送进量/mm·次 <sup>-1</sup>	2~15	2~12	0~15	4~24
轧辊数量/个	8	8	8	2
主电机功率/kW	160	75	40	510
轧机小时产量/m·h <sup>-1</sup>	80~120	80~135	80~160	—
轧机总重/t	80	33.4	19	—

机,具有夹持稳定、冲击小、结构简单、调整方便及可矫直管端等特点。

西安重型机械研究所于1989年研制出的 $\Phi 55\sim 130\text{mm}$ 合金棒矫直机,采用准双曲线与深浅凹型复合辊系,矫直精度达 $0.1\%\sim 0.2\%$ 。该矫直机主要用于矫直棒材和厚壁钢管。该研究所于1991年底研制出的GGJ60-ZY型精密管材矫直机,采用不同辊形曲线的组合式辊列,综合二辊的凸凹辊形和多辊交错式布置辊系的优点,矫正精度达到 $0.008\%\sim 0.025\%$ ,居世界先进水平。该矫直机适合矫正外径 $40\sim 75\text{mm}$ 、壁厚为 $0.7\sim 10\text{mm}$ 的无缝钢管及焊接钢管。

我国的钢管矫直机技术进步较快,基本上达到世界先进水平,可满足无缝钢管生产的需要。

#### 4 今后的主要任务

我国冶金工业在轧钢生产中仍是以扩大品种、提高质量及降低消耗为重点,这就需要采用先进的工艺和装备。目前,我国无缝钢管生产工艺装备落后,尤其是在热轧无缝钢管方面。为了尽快改变我国无缝钢管生产落后

的局面,应在总结过去研制成果的基础上继续开发轧管设备新技术,为进一步提高轧管成套设备供应能力创造条件。

##### 4.1 积极开发带导盘锥形辊二辊穿孔机

目前,空心管坯连铸技术还未达到工业生产阶段,仍是利用实心管坯穿孔成毛管。斜轧穿孔作为毛管生产的主要手段,近几年来主要向带导盘锥形辊二辊穿孔机方向发展。这种穿孔机采用了大导盘和锥形辊,管坯在变形过程中可抑制旋转横锻效应(曼式效应),从而保证毛管质量,且具有延伸系数大(可达6),穿孔效率高及调整灵活等特点,适合于穿制连铸管坯及合金钢管坯等。我国有60余台二辊曼式穿孔机,因其变形条件不够理想,无法保证毛管质量,故已不能适应后续工序高水平轧管机的需要,必须尽快用新型工艺装备取代,即应积极开发带有导盘锥形辊的二辊穿孔机。

##### 4.2 进一步提高改进型狄塞尔轧管机技术水平

国内自行设计制造的两台 $\Phi 50\text{mm}$ 改进型狄塞尔轧管机还存在许多不足,将在生产实践中不断发现问题,并不断完善和提高,使

之达到德国 Kocks 公司 RMD 轧管机的技术水平,为我国设计制造  $\Phi 76\sim 140\text{mm}$  改进型狄塞尔轧管机打下基础。在此基础上还要加速开发带有辗轧角的狄塞尔轧管机,吸收国内 Accu Roll 轧管机的成功经验,尽快制造出工艺水平达到或超过美国 A/S 公司 Accu Roll 轧管机的改进型狄塞尔轧管机。我国有许多钢厂和钢管厂(如上海钢管厂、齐齐哈尔钢厂等)将建改进型狄塞尔轧管机。这为我国提高狄塞尔轧管机技术水平提供了极好机会。我们将集中搞好1套  $\Phi 100\text{mm}$  以上无缝钢管机组的设计制造及安装调试工作,使之作为样板向全国推广。

#### 4.3 进一步完善和推广三辊联合穿轧机技术

三辊联合穿轧机具有很多优点,如节能、高效、产品质量好等,很适用于我国中小型企业  $\Phi 76\sim 100\text{mm}$  热轧无缝钢管机组的改造,应大力推广。已开发的  $\Phi 50\text{mm}$  三辊联合穿轧机应在生产中进一步总结经验,提高其整机技术水平,进一步改进和完善。兰州钢厂和吉林钢厂等单位计划建这种类型的轧机。

#### 4.4 大力完善和推广新型三辊轧管机技术

我国在三辊轧管机结构设计和辊型设计方面的技术水平已接近或达到世界先进水平,但在其自动化及控制技术方面还比较落后。今后工作的重点是继续完善高速三辊轧管机技术和开发  $D/S \geq 20$  新型三辊轧管机成套设备,提高三辊轧管机的控制水平。此外,应积极推广应用三辊轧管技术,满足国内市场,并以其结构新颖、控制简单、 $D/S$  值大、产品精度高等优点去开拓国际市场。

#### 4.5 积极开发分组差速传动张力减径机

在积极完善、改良单独传动和集体差速

传动张力减径机的基础上,研制分组差速传动张力减径机,以满足国内外市场的需求。

#### 4.6 完善高速大行程冷轧管机技术

高速大行程冷轧管机生产率高,但零部件磨损严重,需进一步优化轧机结构,提高零部件的寿命。在开发新型轧机的过程中,还要着重研究工艺技术,探讨增大送进量和延伸系数的途径,以充分发挥冷轧管机的功能。

#### 4.7 积极开展检测与控制技术的开发工作

检测与控制技术的研究工作是我国机械行业最薄弱的环节,极大地影响了我国整机水平的提高。近代石油、化工、原子能等工业的发展,对无缝钢管的耐高压、耐高温、耐腐蚀条件的要求日益苛刻,对产品尺寸精度的要求更加严格,对微小缺陷的检查愈益精确,这就要求生产线要有高质量的自动检测和控制手段。我们必须大力进行技术攻关,积极开发检测与控制技术,重点开发无损探伤技术、尺寸和位置检测技术及自动控制技术。

### 5 结论

对于热轧无缝钢管,不同的工艺,不同的产品将导致轧机结构型式、辊型曲线及调整参数等很大的差别,因而单纯地依靠引进设备和技术来提高我国热轧无缝钢管设备、工艺的水平是远远不够的,必须依靠自己的力量创造和开发。我国有良好的物质条件、雄厚的技术力量,在热轧、冷轧无缝钢管方面有良好的技术基础,故只要认准方向,认真组织机械、冶金等部门协同作战,就能使我国无缝钢管轧制设备技术不断向前发展,并能在更多方面接近或达到世界先进水平。

(收稿日期:1994-12-24)