

# 连续轧管工艺连续不断的发展<sup>(A1)</sup>

——《无缝钢管百年史话》(续释 3-1)

**摘要:** 连轧管工艺经过半个多世纪的发展,其在产品质量、产量、规格等方面占有优势。介绍了全浮动芯棒连轧工艺、限动芯棒连轧工艺、半浮动芯棒连轧工艺、工艺设备特征及建设的相关生产车间的工艺设备特点。

**关键词:** 连轧管工艺; 发展; 工艺设备特征

中图分类号: TG333.8 文献标识码: E 文章编号: 1001-2311(2002)01-0051-06

## 1 钢管连轧工艺的发展

从 Fassel 轧机算起,长芯棒连轧管机已有 70 余年的发展历史。但由于受当时电气传动及张力减径技术水平的限制,导致长芯棒连轧管机在 20 世纪初叶并没有多大的发展。直到 1950 年,分别安装在美国的 Lorain 厂和 Gary 厂,设有张力减径机和单独传动的两套连轧管机组,在其投产后才得到进一步的发展。在此后的 30 年里,约有 17 套连轧管机组投入运行,另有 3 套尚处在设计制造阶段。特别是在 1977 年以后,投入运行和正在设计制造的连轧管机组就达 8 套之多。德国的曼内斯曼-德马克公司在总结牟尔海姆 1 号、2 号连轧管机组

(RK1, RK2) 设计、生产经验的基础上,向波兰 Jednosc 厂<sup>(1)</sup>及我国宝山钢铁股份有限公司<sup>(2)</sup>提供了成套的属于全浮动芯棒连轧管工艺的连轧管机组。意大利茵西公司设计制造的限动芯棒连轧管机组已于 1978 年投产。曼内斯曼-德马克公司向日本新日铁公司八幡厂提供的按半浮动芯棒连轧工艺设计制造的连轧管机组于 1983 年投产<sup>(3)</sup>,至此,连轧管机组经历了第一代(Fassel 轧机)、第二代(Foran 轧机)、第三代(以 RK2 为代表的连轧管机)以及三种连轧管工艺并存的第四代。连轧管机组发展的四个阶段特征及 1949 年以来投产的连轧管机组概况列于表 1。

表 1 连轧管技术发展的四个阶段

发展阶段	年份	主要特征	代表轧机
第一代连轧管机组 (Fassel)	1904—1934	① 交流电机组传动 ② 全浮动长芯棒轧制 ③ 热轧管仅用作冷拔坯料 ④ 品种规格少、质量差、生产率低	① 1911 年俄国 Шолдляр 工厂的 $\Phi 46 \sim 108\text{mm}$ 连轧管机 ② 1913 年美国 Pittsburgh Steel Products Co. Monessen 厂的两套 $\Phi 40 \sim 65\text{mm}$ 的连轧管机
第二代连轧管机组 (Foran)	1934—1948 1949—1950	① 采用直流电机单独传动 ② ~④ 同上 ① 全浮动长芯棒连轧 ② 直流电机单独传动 ③ 配有张力减径机,扩大了品种规格的范围 ④ 设计月产量达 $0.8 \sim 2$ 万 t	美国 Globe Steel Tube Co. 的 26 架单独传动的连轧管机 ① Lorain 厂的连轧管机组 ② Gary 厂的连轧管机组 ③ ELL wood 厂的连轧管机组
第三代连轧管机组 (RK2)	1961—1970 1970—1978	① 全浮动长芯棒连轧 ② 直流电机单独传动 ③ 配有多机架、单独传动的张力减径机,品种规格增至 $400 \sim 500$ 种 ④ 月产量达到 $4 \sim 5$ 万 t ① ~④ 项同上 ⑤ 连轧工艺理论及张减理论的研究卓有成效 ⑥ 采用“竹节”控制和 CEC 控制 ⑦ 采用电子计算机	
第四代连轧管机组 (MPM, MRK-S 工艺)	1978—	① 从工艺上看,限动芯棒连轧工艺及半浮动芯棒工艺趋于成熟 ② 在 MPM 机组中采用了 PPM 工艺 ③ 在 MRK 机组中以 Diescher 斜轧机为延伸机或穿孔机 ④ 毛管长度增加,外径范围扩大 ⑤ 年产量可达 $60 \sim 100$ 万 t	

1972 年以后投产的 9 套连轧管机组(包括 20 世纪 80 年代投产的 3 套连轧管机组)分别采用了

三种不同的连轧管工艺,即全浮动芯棒连轧工艺、浮动芯棒连轧工艺及半浮动芯棒连轧工艺(见表 2)。

表 2 三种连轧工艺的比较\*

连轧工艺	芯棒运动	芯棒速度	脱管机	脱棒机	再加热炉	预装芯棒	最大管径/mm	最大管长/m	芯棒全长/m	芯棒工作长度/m	芯棒与毛管的长度比	节奏时间/s	轧制速度/ $m \cdot min^{-1}$
A	浮动	高		✓	✓		177.8	35	30	29	0.86	15	240
B	半浮动	中等		✓	✓	✓	193.7	48	27	26	0.56	17	170
C	限动	中等	✓			✓	339.7	48	29	23	0.60	24	120

\* “✓”为设有该设备。

### 1.1 全浮动芯棒连轧管机组的发展

全浮动芯棒连轧管工艺经过近 20 年的发展,轧管设备及轧管质量不断提高,可以说到 RK2, Ambridge<sup>(4)</sup>, Jednosc 及宝山钢铁股份有限公司连轧管机组的设计、制造为止,全浮动芯棒连轧工艺日趋完善,工艺技术发展基本告一段落。该工艺的发展可概括为以下五个方面。

(1) 大功率可控硅装置及满足调速和控制要求的  $GD^2/T$  值小的直流电机的应用为现代连轧管技术的发展提供了前提。

连轧管机以及作为其成品轧机的张力减径机的轧制速度分别达到  $7.8m/s$  和  $16m/s$ , 因其轧制速度快,所以对传动技术要求严格。在系统方面,对突加负荷产生的速降( $\Delta n/n$ )及通过反馈的恢复时间  $\Delta t$  应很小,即  $(\Delta n/n) \cdot \Delta t \leq 0.25s\%$ ; 为适应快速调速和“竹节”控制、CEC 控制的要求,部分机架采用单独供电和反并联可控硅装置。

(2) 对连轧管理论的深入研究是工艺成熟的保证,特别是 Pfeiffer 对于“竹节”形成理论的研究为“竹节”控制奠定了基础<sup>(5)</sup>。

Pfeiffer 从研究芯棒速度及其变化规律着手,在 RK1, RK2 上进行了试验,提出了如图 1 所示的所谓“前竹节”、“后竹节”现象,并指出“后竹节”段是由于芯棒速度变化而形成的,即芯棒由于加速现象从前部机架曳入更多的变形金属,而这些被曳入的附加金属的体积只能在后部机架中转化为轧件的截面积,并在张力和金属堆挤的综合影响下,在连轧管后部以“竹节”出现。“前竹节”现象不是芯棒速度变化造成的,而是由于轧件在芯棒上收缩,使金属向前流动受到阻碍形成的。Pfeiffer 提出的“竹节”控制的基本方法是:当毛管端部进入轧机时,先进行动态调速,以便在芯棒速度增加的情况下降低轧辊速度,从而尽可能地保持接近恒定的轧件速度。

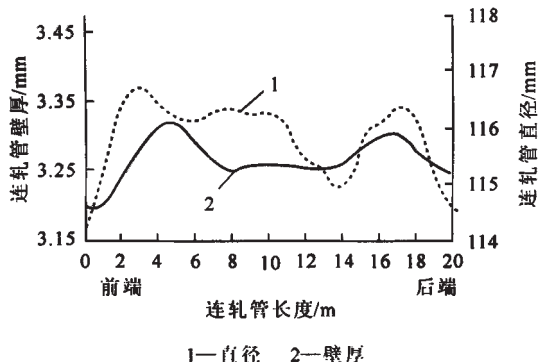


图 1 连轧管沿纵向的直径、壁厚变化曲线

冈本在 1971 年发表的“连轧管的塑性理论”一文<sup>(6)</sup>中,从研究孔型顶部和孔型侧壁金属变形的关系着手,确定了判断孔型过充满或欠充满现象、合理进行孔型设计及科学验证孔型设计的方法,将孔型设计和工艺参数的给定联系起来,既可以验证一定的孔型设计对给定的压下规程是否合适,也可以就给定的孔型系列设计确定出最合适的压下规程,从而为连轧管孔型设计的实验找到科学的理论依据。

(3) 深入地研究了张力减径机工艺和传动、CEC 控制等问题,使张减能和连轧很好地匹配。

连轧管技术和张减技术的发展是相互影响、相互促进的。与新型连轧管机联用的张力减径机基本上代表了 20 世纪 70 年代的张减技术,其主要表现如下:

a 生产工艺方面 采用特殊的孔型设计以解决内六角问题,采用两种减径系列,每一系列有两种孔型(两种不同的  $\alpha$  值,轧厚壁管时采用  $\alpha$  值小的孔型即圆孔型,轧薄壁管时采用  $\alpha$  值稍大一些的孔型即椭圆孔型)。

b 机械结构方面 确立三辊式结构,机架多达 24~28 个,并采用外传动,但单独传动方式是主要的传动方式。

c 减少切头损失方面 采用 CEC 控制的实效良好,如德国牟尔海姆连轧管厂的 Kegel 和 Hüls 通过对各种传动方式比较所提出的数据表明,具有 CEC 控制的单独传动方式的切头损失和设有机械成组传动的张减机基本相当;采用连轧管作管坯,对参与 CEC 控制的机架数为 10、机架总数为 28 的 RK1 机组的张减机而言,切头长度为 0.3~3m;曼内斯曼—德马克公司声称,采用 CEC 控制后,管端增厚段减少 1/3。

(4)采用计算机技术,使自动化程度大大提高,钢管质量进一步改善。

现代化连轧管机组离开计算机是不堪设想的,由于现代化连轧管机组品种规格较多,料流极为复杂,所以要求管理机具有以下功能:

- a 有助于操作者预选轧制表、转速系列。
- b 极其精确地确认所有调节装置的位置。
- c 全部料流的跟踪。
- d 能很好地解决逻辑程序问题,并简化维修。
- e 可进行自动操作,并可选择操作方式。

为了提高钢管质量和收得率,对现代化连轧管机组的“竹节”控制装置和 CEC 控制装置均采用过程计算机控制。

(5)广泛采用各种新技术以充分发挥轧管机组的优越性。即:

- a 采用连铸坯降低成本以提高竞争力。
- b 采用多种无损探伤技术以保证钢管质量。
- c 采用多条流水精整线以提高精整能力。
- d 采用新型管加工工艺以增加石油管产量。

以上各点使连轧管机组的工艺技术更加理想,并具有良好的综合经济指标。但从工艺角度来看,以下两点限制了全浮动芯棒连轧工艺的进一步发展:①芯棒最大长度为 30m,这将限制轧管的最大长度(不能超过 35m),否则轧薄壁管时脱棒困难的问题无法解决。②成品管的最大外径只能达到 178mm(7in),超过这一极限时芯棒重量及金属流动不均匀性等问题就成了工艺上难以解决的问题。要克服以上两个问题就促使连轧管工艺向限动芯棒及半浮动芯棒连轧工艺方面发展。

## 1.2 限动芯棒连轧工艺及其发展

限动芯棒连轧工艺从 1964 年意大利 Dalmine 公司的轧制试验起,到 1978 年 Bergamo 厂 MPM 轧机的投产止,已有 15 年的发展历史,意大利茵西公司称其为 MPM 工艺<sup>(7)</sup>。1976 年曼内斯曼—德

马克公司在 Lintort 的研究所分析了意大利茵西公司的试轧结果,在此基础上又进行了试验,并将它的限动芯棒连轧工艺称之为 MRK-AR 工艺。其中“AR”中的“A”表示采用脱管机;“R”表示芯棒抽回。采用这种工艺轧管,连轧管外径最大可达 406mm(16in),最佳尺寸为 339.7mm(13 3/8in)。该工艺的实质是:在整个轧制过程中,控制芯棒运动速度,使其保持恒定,借助于脱管机,在轧制过程结束时,将芯棒从荒管中抽出,使其与芯棒装置一起返回。

为尽量减少辅助时间,MPM 工艺和 MRK-AR 工艺均采用芯棒预装方式,所轧荒管的最大长度为 48m,芯棒长度小于 30m。

### 1.2.1 MPM 工艺设备特征

(1)MPM 轧机的特征。和普通连轧管机相似,MPM 轧机采用机械限动式芯棒速度控制装置。芯棒的快速动作(穿芯棒、抽芯棒)及限动动作(轧制时控制芯棒速度)靠 36m 长的大齿条来实现。快速动作由两台 500kW 直流电机分别驱动两个齿轮,从齿条的上下侧带动齿条运动。作限动动作时,由 8 个齿轮(上下各 4 个)从齿条的上下侧带动齿条运动,每个齿轮均由 1 台 110kW 直流电机单独传动。芯棒运动方式的改变依靠气动离合器分别接通或脱开相应的齿轮来实现。芯棒的快速行程速度为 6m/s,限动速度为 0.2~0.5m/s,限动工作行程为 5.0~5.2m。

在 Dalmine 公司进行试验时,芯棒的运动速度采用液压控制。但因液压系统控制芯棒速度不够稳定,有芯棒断续运动的情况,随后改为齿轮齿条传动的机械系统。

MPM 的轧辊孔型采用比普通连轧管机开口角稍小的封闭式圆孔型(带弧形开口),可以采用较大的延伸率。

(2)脱管机的特征。MPM 的脱管机与二辊式定径机相同。由于 MPM 主轧机的第七八机架的压下量很小,仅靠第七八机架轧辊的作用无法推送管子前进和使管子从芯棒前端脱出,故在 MPM 工艺中设置 3 架脱管机,起脱管和定径的作用。脱管机的轧辊直径为 720~850mm,辊身长 420mm,第一、三架由 1 台 450kW 的直流电机驱动,而第二架则单独由 1 台同型号电机驱动。脱管速度必须按连轧原则确定,并与 MPM 轧机的第八机架保持电气连锁。脱管机的减径率为 3.5%~4.6%,孔型与一般二辊式定径机相同。

(3)MPM 工艺的芯棒特征。轧制过程中,要控制芯棒的速度,使其处于恒定状态。虽然芯棒也随管子前进,但其前进速度应远小于管子的速度,轧制结束后被抽出返回。缩短芯棒的长度,如轧制 28m 长的管子,芯棒长度仅 12m。芯棒为中空水冷芯棒,轧制结束后,芯棒温度约 400℃,需要采用内外喷水均匀冷却。

### 1.2.2 MRK-AR 工艺特征

曼内斯曼-德马克公司在意大利限动芯棒连轧工艺试验结果的基础上作了如下改进:

(1)降低延伸系数。意大利 MPM 轧机的延伸系数为 7.0~7.5,而曼内斯曼-德马克公司仅采用 4.0~4.5 的延伸系数。

(2)提高芯棒限动速度,改善工具的受热状况。

(3)增大芯棒行程。意大利 MPM 轧机开始轧管时,芯棒前端处于第六机架,而 MRK-AR 工艺芯棒处于第三四机架。这样,芯棒行程增大,有利于负荷的降低。

在成品管单位重量相同的情况下,MRK-AR 工艺的产量比 MPM 工艺高。这种工艺虽有技术性报道,但未见工艺性装置投产的报道<sup>(8)</sup>。

### 1.2.3 Bergamo 厂的限动芯棒连轧管车间

Bergamo 厂的限动芯棒连轧管车间于 1978 年建成投产,采用连铸方坯或圆坯轧管,生产外径为 177~355mm,年生产能力为 35~40 万 t。表 3 列出了该车间主要设备的性能。

表 3 Bergamo 厂的限动芯棒连轧管机组

序号	机组设备	主要技术性能
1	环形炉	中径为 46m,产量为 160t/h
2	除鳞机	高压水压力为 18MPa
3	辊式定型机	二辊式,辊径 600mm,电机 150kW(AC)
4	压力穿孔机(PPM)	二辊式,辊径 1 280mm,电机 500kW(DC),推料机最大推力 2 300kN
5	延伸机	二辊斜轧式,辊径 1 100~950mm,辊身 800mm,轧辊转速 30~120r/min,电机 2×3MW
6	限动芯棒连轧机	八机架“×”形布置,辊径 750~870mm,轧制速度 2.5~4.5m/s,电机总容量 20MW
7	脱管机	三机架,二辊式,辊径 720mm,电机 2×450kW(DC)
8	步进式加热炉	加热温度 900℃左右
9	定径机	七机架,二辊式,辊径 720mm,电机 850kW(DC)
10	冷床	1号冷床为步进式和链式的混合,2号冷床为链式

### 1.3 半浮动芯棒连轧工艺及其发展

曼内斯曼-德马克公司称半浮动芯棒连轧工艺为 MRK-S 工艺,其中“MRK”为新连轧工艺即芯棒速度受控的连轧工艺,“S”表示此工艺仍需脱棒机。采用这种工艺时,连轧管外径最大可达 177.8~194mm。该工艺的实质是:在轧制过程中,控制芯棒的运动速度,而当轧制过程临近结束时,芯棒移动装置中的芯棒卡头将芯棒释放,使芯棒和荒管一起向轧机的轧制方向运动,直至脱棒机将芯棒抽出为止。

日本新日铁公司对全浮动和半浮动芯棒连轧工艺的对比研究指出,半浮动连轧工艺具有一系列优点:如不需要“竹节”控制装置;可以采用圆孔型;可采用较大的延伸系数;所轧管子的外径、壁厚纵向偏差小;每个机架轧制时的负荷变化不

大;芯棒长度短等。半浮动连轧工艺存在的问题是:成品管外径不可能达到 406.4mm。因此,在筹建八幡厂中径管厂时,采用新的自动轧管机组,同时准备采用半浮动芯棒连轧工艺,以生产较小直径(177.8mm)的管子。另一方面,曼内斯曼-德马克公司在对 MPM 轧管工艺进行分析研究的基础上,着手研究芯棒速度受控的半浮动芯棒连轧工艺,并获得成功。这就导致 1981 年 3 月新日铁和曼内斯曼-德马克公司签订合同,由后者提供半浮动芯棒连轧管机组的设计、制造技术,由三菱重工进行设备制造。由此可见,半浮动芯棒连轧工艺在工业应用方面已趋成熟<sup>(9)</sup>。

#### 1.3.1 半浮动芯棒连轧工艺及设备特征

(1)基本工艺。空心坯经预装芯棒后进入轧制中心线,然后芯棒被固定在大齿条传动的芯棒移动

装置的卡头中,在轧制过程中芯棒移动装置给芯棒以恒定的速度。当空心坯端部离开第四机架时,芯棒移动装置将芯棒从卡头中松开,芯棒的速度增大,最后与空心坯一起离开轧管机。

(2)半浮动芯棒连轧工艺的特征。①采用芯棒移动装置控制芯棒速度,并在一定时刻释放芯棒。②由于芯棒释放后的流程和全浮动芯棒连轧工艺相同,故仍采用脱棒机。③半浮动芯棒连轧管机为七机架式,与全浮动芯棒的连轧工艺相比,其成品管外径增大,而装机容量反而降低约 20%。

### 1.3.2 质量及产量指标

(1)壁厚偏差。当管坯加热时的温度偏差为 15K 时,采用 MRK-S 工艺轧管,其连轧管的壁厚偏差为  $\pm 6.7\%$ ;当温度偏差为 30K 时,壁厚偏差为  $\pm 10.0\%$ 。各变形阶段壁厚偏差的变化状况见表 4。

表 4 MRK-S 工艺轧管时壁厚偏差

规格/mm	15K 时的壁厚偏差		30K 时的壁厚偏差	
	壁厚差/mm	偏差%	壁厚差/mm	偏差%
空心坯 $\Phi 280 \times 18.5$	0.6	3.25	0.9	4.9
空减后空心坯 $\Phi 224 \times 19.5$	0.6	3.1	0.9	4.6
连轧管 $\Phi 190 \times 6$	0.4	6.7	0.6	10.0
成品管 $\Phi 73 \times 5.5$	0.3	5.45	0.5	9.1

(2)产量指标。MRK-S 连轧机组的产量水平约为经典式轧管机组的 3 倍。表 5 为几种工艺的产量水平比较。

表 5 几种工艺的产量水平比较

轧管工艺	毛管最大长度	节奏时间	轧制速度
	/m	/s	/m·min <sup>-1</sup>
周期轧管工艺	30	45	40
顶管工艺	14~16	15	60
自动轧管工艺	10~15	30	30
挤压工艺	~25	20	75
全浮动芯棒连轧工艺	20~30	10~15	120
MRK-AR	48	24	120
MRK-S	48	17	170

### 1.3.3 八幡厂的连轧管车间

该车间采用 MRK-S 工艺,即半浮动芯棒连轧工艺,1983 年投产,主要生产套管、油管、输送管。可生产外径规格为 33.4~193.7mm,壁厚为 3~30mm 的无缝钢管,年产量为 96 万 t。

限动芯棒连轧工艺和半浮动芯棒连轧工艺的共同特点是对芯棒运动速度加以控制。控制芯棒运动速度的主要优点是:①芯棒的相对长度(对连轧管长度而言)约减少 35%;②提高芯棒在第一机架中的速度,避免了氧化铁皮在第一机架中的集聚;③在一定程度上改善了第一机架的咬入条件;④限动芯棒连轧管机和半浮动芯棒连轧管机的生产能力远远超过其他机组,当所轧管子的单重(kg/m)较大时,年产量可达 100 万 t<sup>(10)</sup>。

综上所述,连轧管工艺的发展使其在成品质量、产量、规格等方面占有优势,特别是半浮动、限动芯棒连轧工艺的发展,使其比其他工艺更具优势。

## 2 注 释

(A1)在《无缝钢管百年史话》(1~12)中,有三个章节讲述了从 Kellogg 轧机到美国 Lorain 厂和 Gary 厂连轧管机组投产为止连轧管工艺近 60 年的发展史。“续释”部分则在此基础上在三个章节中讲述了本世纪下半叶连轧管工艺的发展。这半个世纪的发展可概括为:全浮动芯棒连轧管工艺的完善,半浮动芯棒连轧管工艺和限动芯棒连轧管工艺的出现。本章内容主要涉及前两种工艺,限动芯棒连轧管工艺则在“续释”部分的第一章(《钢管》2001 年第 4 期)和第十章内较详细地介绍。

(1)波兰 Jednosc 厂位于 Katowics 市。该厂有 3 套皮尔格轧机:①曼氏 2 套,即  $\Phi 165.1\text{mm}$  1 套, $\Phi 114.3\text{mm}$  1 套;②卡尔梅斯式 1 套,即 Innocenti 产的四机架快速皮尔格轧机,所产钢管设计年产量为 3.6 万 t。还从 MDM 进口 1 套全浮动芯棒连轧管机组。该机组的轧管外径为 21.3~139.7mm,壁厚为 2.3~25.0mm,月产量 3.45 万 t。MDM 供货的设备已运抵现场,但迄今未安装投产。

(2)有关宝钢连轧管机的时间座标是:1979 年签订合同,1985 年投产,1993 年达产。

(3)新日铁公司的半浮动芯棒连轧管机组的详细情况将在“新日铁公司现代化的连轧管机”章节中介绍。

(4)美国 Ambridge 连轧管厂于 1977 年投产,“Iron & Steel Engineer”于 1980 年 1 月以“Ambridge—a fully computerized seamless tube mill”为题介绍了该厂。该厂所生产的钢管外径为 48.0~120.6mm,壁厚为 3.2~20.3mm,月产量为 1.5 万 t。声称该

厂瞄准了经常变化的钢管市场，采用了创新工艺使其在无缝钢管市场中的地位得以维持或改进，实际上投产运行不足 10 年就停产了。

(5) Dr. Pfeiffer 1962 年毕业于 Aachen 大学，学位论文题目是：“关于顶管机的研究”。毕业后在 Phoenix - Rheinrohr 公司任顶管车间工程师，1964 年参加 RK1 连轧管机组的设计工作，1967 年任 Mulheim 连轧管车间 (RK1) 高级工程师，车间主任。1969 - 1972 年担任 RK2 连轧管项目负责人，随后任连轧管车间 (RK1, RK2) 主任，1974 年以“连轧管轧制工艺中金属流动的不均匀性的原因以及为改善轧制条件而采取的措施”的论文题目获博士学位，写本文时任 MDM 公司的经理。

(6) 冈本丰彦，工学博士，系日本住友金属公司中央技术研究所副所长。

(7) 这种连轧管工艺被称作“Retained mandrel mill”或“Multi - stand pipe mill”(简称 MPM)，前者是从芯棒运动受控这一特点出发的，故称为“限动芯棒连轧管工艺”，后者是从 Calmes 取名的“Multi - stand pilger mill”中“pilger”变为“pipe”演变而来的。由于这一历史原因，这种轧机简称为 MPM 轧机，而不是 RMM。

(8) 在限动芯棒连轧管工艺这一领域内，MRK - AR 轧管工艺与 MPM 工艺经过近 20 年的较量已败下阵来，前者除了文献资料或报价资料以外，没有一个应用实例。

(9) Semi - floating system 即通称的半浮动芯棒连轧管工艺，MDM 公司把它称为 MRK - S 工艺，其中 MRK 系 Mannesmann Rohr Kontistrasse 的缩写，“S”代表 stripper(脱棒机)，因为这种工艺还是要采用脱棒机的。“新日铁公司现代化的连轧管机”一节对此将有详细介绍。MDM 公司的 Kulesa 先生于 1995 年 3 月在费城钢管会议上宣读了“The new compact high duty mandrel mill for Hengyang in China”一文，时隔 14 年(从 1981 年算)，这种工艺也仅两个应用实例。从工艺技术讲其虽已成熟，但又遇到 MINI - MPM 工艺的挑战。

(10) 这里所讲的年生产能力 100 万 t 的指标显然偏大一些，通常 MPM 机组的年生产能力为 50 万 t，而半浮动芯棒连轧管机组的年设计产量为 96 万 t，但实际并未达到，更不要说 100 万 t 了。

(待 续)

金如崧译注

## ● 新产品推介

### 为您提供 **胀管器及胀管机**

种类繁多 规格齐全 保证质量 信守合同 代办邮运 欢迎选购

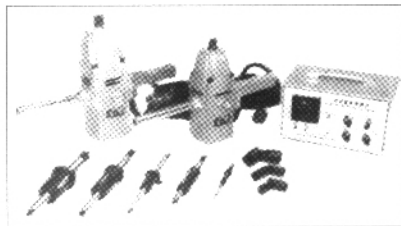
公司专业制造各种胀管器和胀管机，该产品广泛用于锅炉、化机、电站、炼油、油脂等行业的制造、检修及安装，换热器、冷凝器、冷却器等压力容器的胀管，是上佳的胀接工具。

胀管器：直筒式、翻边式、轴承式、深孔式、深孔调节式等 12 种系列，2 000 多种规格。

胀管机：P3Z1 - 13, 19, 25, 38, 51, 76, 102 等 7 种规格。

可胀接管径范围 6 ~ 102mm，管板厚度范围 10 ~ 400mm。

用万向节头联接胀管与胀管机，即可开始胀管工作，且胀管速度快，效率高。同时，可提供各种特大型扳手，用于紧固螺母。



**江苏省吴江市环宇胀管器有限公司**

地址：江苏省吴江市屯村镇三友开发区 邮编：215216

销售部电话(传真)：0512 - 3374198

经理：俞建新 手机：013801550860