

石油危机与自动轧管工艺的中兴^(A1)

—— 《无缝钢管百年史话》(续释 2-1)

摘要：以日本新日铁公司八幡厂的 $\Phi 406\text{mm}$ 大型自动轧管机组为例，介绍了为满足 20 世纪 70 年代石油危机对石油管需求的增加，导致了对自动轧管机组(特别是大型机组)投资的热潮。详细介绍了 $\Phi 406\text{mm}$ 自动轧管机组可生产的品种、采用方坯(包括连铸坯)的规格、热轧生产工艺流程、一般管的精整工艺、石油套管与石油油管的加工工艺以及热轧工艺设备的特点等。

关键词： $\Phi 406\text{mm}$ 自动轧管机；连铸方管坯；轧管工艺；设备特点

中图分类号：TC333.8 **文献标识码：**E **文章编号：**1001-2311(2001)05-0055-04

1 新日铁公司八幡厂的大型自动轧管机组⁽¹⁾

八幡厂在 1977 年 10 月投产了 1 套大型自动轧管机组(最大管径可达 406.4mm)，这套机组采用压力穿孔，直接用连铸方坯作原料。为配合压力穿孔机获得高质量的产品，该机组在生产工艺和设备上作了较大的改进，如：为减小钢管壁厚不均和提高钢管内外径尺寸精度，设置了 2 台延伸机；首次采用分组传动的 12 架三辊定径机；在原料和成品管精整工段配有多种形式的无损探伤设备，对原料和管坯逐根检查以确保钢管质量。这条大型自动轧管生产线具有较高的机械化自动化水平。

1.1 产品及生产工艺流程

1.1.1 产品规格及产量⁽²⁾

钢管外径 $165.2 \sim 406.4\text{mm}$ (将来下限可达 139.8mm)

钢管壁厚 $5.5 \sim 40.5\text{mm}$

钢管产量 2.5 万 t/月，二期工程后可达 4 万 t/月。其中石油钻采用管的设备加工能力为 1.7 万 t/月，生产规格为 $\Phi 42 \sim 406.4\text{mm}$ (小规格管料由该公司在东京的 $\Phi 140\text{mm}$ 自动轧管机组提供)。

1.1.2 品种

大型自动轧管机组的产品品种列于表 1。

1.1.3 生产工艺流程

热轧管生产工艺为：

方坯→探伤→修磨→切断→加热→整形→热锯→加热保温→高压水除鳞→压力穿孔→一次延伸→二次延伸→吹入润滑剂→轧管→吹灰→均整→再加热→定径→冷却。

一般管精整工艺为：

矫直→水压试验→无损探伤→切断→倒棱→检查→打印→涂油→干燥→打捆。

石油套管加工工艺为：

调质处理→定径→矫直→水压试验→无损探伤

表 1 大型自动轧管机组可生产的品种

用途	品种	标准
配管用	压力配管	JIS G3454 压力配管用碳素钢管
		JIS G3458 配管用合金钢管
	高压配管	JIS G3455 高压配管用碳素钢管
	高温配管	JIS G3456 高温配管用碳素钢管
机构结构用	机械零件用管	JIS G3460 低温配管用钢管
		JIS G3441 结构用合金钢管
一般结构用	结构件管	JIS G3444 结构用碳素钢管
		JIS G3441 结构用合金钢管
容器用	高压瓦斯容器管	JIS G3429 高压容器用无缝管
热交换器用	热交换器管	JIS G3461 锅炉用热交换器碳素钢管
		JIS G3462 锅炉用热交换器合金钢管
一般管料用	接头用料管 冷拔料管	新日铁公司标准
油井用管	石油套管 石油油管	API 5A, H40, J55, N80
		API 5AX, P105, P110
		API 5AC, C75, L80, C95
管线用管	管道管	JIS G3439 油井用无缝钢管
		JIS G3465 试用无缝钢管
		新日铁公司标准 NS95, 150, 180 NS80S, 90S, 95S, NS80I, 95L, 105L, 110L
		API 5L, AB API 5LX, X42, X46, X52, X56, X60, X65, X70

→切断→倒棱→车丝→拧接手→塞棒试验→水压试验→检查→打印→涂油→干燥→打捆。

石油油管加工工艺为：

东京厂来料→调质处理→矫直→无损探伤→
 ↑
 加厚

车丝→拧接手→塞棒检查→水压试验→检查→打印→涂油→打捆。

1.2 原料

该厂采用 6 种断面的方坯作原料，其中绝大部分为连铸坯，少量轧制方坯是为满足特殊品种的需要。

方坯的规格及对应生产的钢管尺寸如下⁽³⁾：

方坯断面边长/mm	钢管外径/mm
180 × 180	152.4
215 × 215	203.2
250 × 250	254.0
290 × 290	304.8
315 × 315	355.6
340 × 340	406.4

方坯料长为 4 ~ 12m。

钢的冶炼在新日铁公司烟厂的第一炼钢车间进行。该车间设有 1 座 150t 更换炉底式的氧气顶吹转炉，公称冶炼能力为 13.5 万 t/月。

该厂在 1976 年 6 月设置了 3 座 RH 真空脱气设备，处理钢水能力为 4.72 万 t/月，每次处理钢水量为 100 ~ 150t，处理时间为 25 ~ 40min，管坯用钢均经过真空脱气处理，以去除气体，并通过添加合金调整钢液成分。

该厂第一炼钢车间还设有 1 台四流弧形连铸机，弧形半径为 14m，注速为 500 ~ 600mm/min，6 种规格的方坯均由该连铸机生产。此外，还可浇铸 170mm × 295mm，215mm × 225mm，170mm × 345mm，215mm × 350mm 等规格的矩形坯，供型钢轧机用。连铸坯采用自动气体切割机切成 4 ~ 12m 的定尺坯，切割面较光滑，且端面不垂直度不超过 ±2°，能满足压力穿孔要求。为提高生产效率，更换结晶器采用了一种新的机构，仅 40min 就可完成更换。冷却后的方管坯表面不经检查清理直接运往八幡厂钢管车间。

1.3 热轧生产工艺及设备特点

1.3.1 管坯精整

在钢管车间，对方管坯进行逐根无损探伤。

表面缺陷采用 2 台磁粉探伤机检查，1 台固定，1 台移动。表面打有缺陷标记的方管坯在 3 台修磨机床上作局部修磨。最后将经检查修磨的长 4 ~ 12m 方管坯锯成 2.5 ~ 5.2m 的定尺，切断机为冷锯机，共 3 台，如锯切 315mm × 315mm 方管坯的时间为 2 ~ 3min/根。

1.3.2 热轧

方管坯在步进式炉中加热，炉子的有效长度为 35m，宽度为 11.5m，端进端出，长 5.2m 的方管坯可双排加热。

方管坯出炉后在二辊式单孔型横轧机上作整形，整形时有 1% ~ 2% 的变形量。定形机起倒棱调整尺寸的作用，同时可去除氧化铁皮。该机的主传电动机功率为 250kW，交流。

定形机后设置有 1 台热锯机，按轧制表要求对方管坯进行分切。锯切后的方管坯因不能同时穿孔，为防止温降，设置了 1 座步进式保温炉，对管坯进行保温。该步进式保温炉可放置 14 根 250mm × 250mm 的方管坯。

穿孔前方管坯用高压水除氧化铁皮。压力穿孔机采用意大利技术⁽⁴⁾，完全按卡尔梅斯法设计。轧辊直径为 1 350mm，轧制速度为 0.3 ~ 0.5m/s。主传动采用 1 台 950kW 的直流电机。前台推杆为齿条式传动，电机功率为 550kW（意大利达尔明厂已改为液压传动），设计最大推力为 3MN。在穿 Φ250mm 的空心坯时，实际推力为 0.6MN，最大到 0.8 ~ 0.9MN。空心坯并不穿透，杯底厚 30 ~ 50mm，最后在延伸机上穿通。

设置有 2 台二辊式斜轧延伸机，用于将厚壁空心坯轧制延伸和消除壁厚不均⁽⁵⁾。每台延伸机由 2 台 4 000kW 交流电机传动。第一台延伸机主要起消除壁厚不均的作用；第二台延伸机侧重于延伸。

压力穿孔机目前存在的最大问题是穿孔后毛管的壁厚不均较大，最大达到 25% ~ 30%。经第一台延伸机轧制后，壁厚不均均可降至 10% 以下，与二辊斜轧穿孔相当。为提高钢管质量，减少工具消耗，方便操作，日本三菱制作所在原有二辊斜轧延伸机上作了如下改进：①由单电机传动改为双电机分别传动 2 个轧辊；② 2 个鼓形辊由左右水平布置改为上下立式布置；③导板为左右侧向布置，采用液压装置移送更换导板。过去更换下导板需几十分钟，由于磨损厉害，每个班次都

要更换下导板 1~2 次, 改为侧向导板后, 每次更换仅 5~10min, 设计者认为, 如将侧向导板改为带传动的滚动导盘, 虽有冷却效果好、使用寿命长的优点(据原联邦德国德马克公司的经验, 导盘每次更换后可使用 7~10 天), 但由于在自动轧管机上原料规格多, 品种的频繁更换带来经常更换导盘, 因此, 只有在 1~2 种原料规格的情况下, 连轧管机组的穿孔机采用滚动导盘才是适宜的; ④机架上盖改由液压缸向一侧打开, 减少换辊时间; ⑤顶头更换实现了机械化。

在 2 号延伸机至轧管机的斜台架上, 由一端用压缩空气向管内吹入含盐的润滑剂。

自动轧管机为单孔型轧辊⁽⁶⁾, 每根管轧制 2 道次, 由 1 台 3 000kW 直流电机传动。这种单孔型轧机的优点是: 减少了设备重量, 保证了轧管精度, 设计孔型时可不考虑弹跳的影响。但单孔型轧辊磨损快, 换辊频率高, 为此设置了专用的换辊台车以提高换辊速度。此外, 顶头的更换采用机械化, 轧制第二道次时毛管的 90°翻转由机前的可升降盘式辊带动, 推料杆为气动。

均整机有 2 台, 每台均整机由 2 台 600kW 直流电机传动。为确保钢管的内表面质量, 均整前用压缩空气吹去内表面的氧化铁皮。均整机的机架结构强度较高, 有效地防止了轧制中的振动。顶头也实现了机械更换。

均整后的钢管进入步进式加热炉中加热, 采用端进侧出的方式。加热炉有效长度为 20m, 宽度为 15m。

定径机为三辊式, 12 个机架分组传动⁽⁷⁾。三辊式定径机单架孔型采用整体加工, 不需再用人工调整。机架数目由一般的 5~7 架增至 12 架, 这样可扩大定径钢管的规格范围, 同时, 对压力穿孔机采用规格数量较少的连铸方坯来说更具有意义。在轧制同样减径量的钢管时, 由于机架多, 每个机架的减径量相对较小, 从而减少了大减径量带来内壁增厚的缺陷。该定径机的另一特点是分 4 组传动, 每台电机带动 3 个机架, 每台电机的功率为 740kW, 直流。分组传动较集体传动的速度调整灵活、电机负荷小、更能保证钢管精度; 与单独电机传动相比, 具有设备少、调整维修方便的特点。定径机设有专用的换辊台车, 更换品种时, 仅 7min 就换完机架。这种新型定径机在大型无缝钢管机组上配置, 其优越性更明

显。

定径后的钢管在 3 组链式冷床上冷却。链式冷床每组长 20m, 冷床下设有 4 排风扇, 对厚壁管通过强迫通风冷却。

2 注 释

(A1)曼内斯曼钢管公司总经理 Dr. Klaus Welters 在写于 1995 年的一篇文章中称: 始自 70 年代的石油危机对于增加无缝钢管厂投资建设新的钢管厂发生了冲击波的效应, 但从今天的眼光来看, 这些装备已显得陈旧不堪了。Metcalf 先生写于 1987 年的一篇题为“Plant Selection”的文章进一步提供了如下历史资料: “发生于 70 年代末、80 年代初的钢管需要量的剧增是由于 OPEC 的举措, 它导致 1973~1981 年间发达国家的原油价格每年上涨 24%, 由此使非 OPEC 成员国急于寻找新的油源。在 1981~1982 年新油井的开钻台数达到峰值, 约有 4 000 台钻机在运转, 美国油井管每年的消耗量达到 500~700 万 t。直到 1982 年末, 原油价格开始回落, 由此导致一半的钻井停止钻探, 产生了 550 万 t 油井管压库的现象”。

假如把发生石油危机的这一段时间定为 1973~1982 年, 那么在这 10 年内对无缝钢管生产来说, 有两条平行线在构筑之中, 即: ①以日本四大钢铁公司几乎在同一时间内建设 4 套 $\Phi 406\text{mm}$ 自动轧管机组为代表的自动轧管机的发展; ②以 Dalmine 钢管公司 Bergamo 钢管厂 MPM 轧管机组投产为起点的在五年内建设 7 套 MPM 轧管机组的限动芯棒轧管机的发展。

原苏联乌拉尔材料研究所的苏比克先生在俄《钢》杂志上“关于 $\Phi 150\text{mm}$ 以上大直径无缝钢管生产发展方向的讨论”中对这两条线的发展作了如下概括: “日本在 1977~1979 年间建成 4 套自动轧管机组(2 套新建, 2 套改建), 这是因为在设计这些机组时限动芯棒连轧管机还没有取得成功的经验”。其实, 在 70 年代中后期, 原联邦德国无缝钢管设备制造厂商在大直径无缝钢管轧机的发展方向上, 同样也是处在“十字路口”, 这才导致原联邦德国 MDM 公司向日本既提供自动轧管工艺技术又提供连续轧管技术。从时间上看, 原联邦德国向日本提供自动轧管机组主要参数的时间是 1974 年底, 其后又在 1975 年作了一次修改, 设备制造时间是在 1975~1976 年(部分设备

是 1977 年), 这段时间正好与 INNSE 公司在 Dalmine 厂对 MPM 连轧机进行工业试验的时间相重合。其后, 在不到 10 年的时间之内自动轧管工艺抵挡不住 MPM 轧管工艺发展的潮流, 败下阵来, 从此一蹶不振。这 4 套“大自动”就成为自动轧管工艺中兴的标志。

在“自动轧管工艺中兴”这一概念中, 值得一提的还有几乎发生在同一时间区段(1974~1975 年)的原苏联 3 套串列式 $\Phi 140\text{mm}$ 自动轧管机组的投产, 多少起一点推波助澜的作用, 但从工艺技术的角度看, 同样抵挡不了长芯棒连轧工艺的发展大潮。在上面提到的那次讨论, 有的钢管权威提到了这种串列式自动轧管机组, 并称: “在短顶头上轧管, 钢管的内表面质量不佳”, 对自动轧管工艺不论串列与否一概否定。

美国 Aetna Standard 公司的 Rozmus 先生称自动轧管工艺是“Oldest and most acceptable method of producing seamless tubes”, “Oldest”是史实, 因为它的发明仅比周期轧管机晚 10 余年。但随着时间的推移, 在 20 世纪 80~90 年代就不一定是“most acceptable”的了。

(1) 本节摘自北京钢铁设计院轧钢科编的《轧钢通讯》第 43 期。

(2) 这里只提供了成品管的直径和壁厚, 但从有关资料查阅, 成品管长度为 5.5~18.3m。从 MDM 提供的轧制表中查到的自动轧管机的轧出长度为 10.38~16.54m, 而成品管长度不大于 16m。

(3) MDM 提出的轧制表建议用 $\Phi 180, 260, 300, 340\text{mm}$ 等 4 种圆坯轧管, 但八幡厂想采用 PPM 这一新技术, 故决定采用所提的 6 种方坯作管坯。采用连铸圆坯轧管这是原联邦德国各钢管公司的主张, 70 年代已开始应用 $\Phi 140\sim 350\text{mm}$ 连铸圆坯轧管, 多年的实践证明, 这种工艺是正确的。

(4) 1978 年意大利在 Bergamo 钢管厂有 1 套压力穿孔机投产, 接着日本的八幡厂也采用了这一工艺, 京浜及知多厂的 $\Phi 406\text{mm}$ 自动轧管机的平面图上也预留了压力穿孔机的位置。但 PPM 工艺的主要缺点是穿孔坯壁厚不均。从八幡厂的样本来看, 壁厚不均达 30%, 因此该厂在穿孔延伸工序上采用了这台设备, 若采用连铸圆坯则可减少 1~2 台设备。

(5) 穿孔延伸阶段(第一变形阶段)可供选择的方式有以下 4 种: ①从方坯开始采用 PPM 和 2 台延伸机; ②从方坯开始采用 PPM 和 1 台延伸机; ③从圆坯开始采用斜轧穿孔机和 1 台延伸机; ④从圆坯开始只采用斜轧穿孔机。

由上面可以看出, 第一种方式即是八幡厂工艺的败笔之处。

(6) 单槽式自动轧管机具有轧机刚性大、管子尺寸精确、产量较高等特点, 但它消除不了自动轧管工艺成品管短、内表面质量差等短顶头轧制工艺固有的缺点。当时日本各大钢管厂认为这种工艺具有产量高(40~60 万 t/a)、工艺先进(采用连铸坯、新型穿孔机、单槽自动轧管机和大减径率的减径机)等优点, 是发展石油管生产的方向, 但其后由于 MPM 轧管工艺的兴起, 这种工艺的优点就显得不突出, 相反, 固有的缺点更明显。

(7) 这种定径机属于无张力或微张力减径工艺。在减径过程中, 壁厚略减或略增, 虽其数量仅有 0.5mm 左右, 但可实现较大的减径率(可达 30%), 大轧机生产小管而不降低产量, 且没有像张减机那样大的切头损失。

(待 续)

金如崧译注

● 信 息

维克松钢厂 8 月份的钢管发运量创出 3 年来的新高

俄罗斯联合冶金股份公司维克松钢厂今年 8 月份向用户发运钢管 8.17 万 t, 比去年同期的钢管发运量 7.06 万 t 增长了 1.11 万 t, 创出了近 3 年来的钢管月发运量的新高。8 月份维克松钢厂生产大口径钢管 2.76 万 t, 比去年同期产量 1.88 万 t 有大幅度的增长。

今年前 8 个月维克松钢厂的钢管产量已达到 56.63 万 t, 比去年同期的 49.23 万 t 增长了 15%, 继续保持俄罗斯钢管生产第一大企业的地位。

(攀钢集团成都无缝钢管有限责任公司 杜厚益)