

国内大直径无缝钢管生产发展的装备选择

李晓红

(冶金工业规划研究院, 北京 100711)

摘要: 简述了大直径无缝钢管的用途以及目前的供需现状, 分析了我国大直径无缝钢管生产发展中存在的问题, 对 2010 年无缝钢管的消费和生产情况进行了预测。介绍了各种大直径无缝钢管生产机组的生产工艺、装备特点, 对它们的产品规格覆盖率、成材率、可生产的钢种、生产规模进行了对比, 并对我国大直径无缝钢管生产装备选择提出了建议。

关键词: 大直径无缝钢管; 市场预测; 装备; 对比; 发展

中图分类号: T-1; TF335.71 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-2311(2006)06-0004-08

Selection of Equipment for Development of Domestic Production of Large-sized Seamless Steel Tubes

Li Xiaohong

(Planning & Research Institute of Metallurgical Industry, Beijing 100711, China)

Abstract: Briefed are the application scope and current supply-demand situation of large-sized seamless steel tubes. Analyzed are the problems concerning development of production of large-sized seamless steel tubes in the country. Forecast are the consumption and production trend of seamless steel tubular products in the coming years up to 2010. Also described in the paper are some issues related to the development of production of large-sized seamless steel tubes, including the manufacturing processes and equipment characteristics of different large-sized pipe mills, and comparisons of the processes and mills with respect to their product size ranges, yields, steel grades, and production capacities, etc. Moreover suggestions for selection of manufacturing equipment for domestic production of large-sized seamless steel tubes are put forward.

Key words: Large-sized seamless steel tube; Market forecast; Equipment; Comparison; Development

0 前言

大直径无缝钢管一般是指规格 $\geq \Phi 406 \sim 1\,500$ mm $\times 6.4 \sim 270.0$ mm 的无缝钢管, 主要用于一般流体输送管、石油天然气管线管、结构管(含海洋石油平台用管)、压力容器管、高压锅炉管及军工用管等, 钢种主要为优质碳素结构钢、合金结构钢、不锈钢及特种合金等。大直径无缝钢管的主要品种、具体规格和钢种见表 1。

李晓红(1968-), 女, 高级工程师, 负责编制钢铁企业的规划和市场调研以及管材生产和市场调研工作, 参与钢铁行业“八五”至“十一五”发展规划中管材编制工作及主要无缝钢管生产企业规划的编制。

国内大直径无缝钢管与中小直径无缝钢管相比生产能力相对不足, 总体装备水平也较为落后, 尚有发展空间, 但其发展必须适度。本文主要针对国内大直径无缝钢管产品的供需现状、生产情况, 对适度发展大直径无缝钢管的装备选择作相应介绍。

1 我国无缝钢管生产发展简况

1.1 我国无缝钢管供需现状

随着钢铁工业的高速发展, 我国无缝钢管生产得到同步发展, 产量已经连续十几年世界第一, 成为世界无缝钢管生产大国, 2005 年突破 1 000 万 t, 达到 1 171 万 t, 其中重点大中型企业的油井管约 245 万 t、高压锅炉管约 48 万 t(主要为 $< \Phi 406$ mm

表 1 大直径无缝钢管主要品种、规格和钢种

品 种	规 格/mm	钢 种
一般流体输送管	Φ406~720×6.4~25.0	优质碳素结构钢、低合金钢
石油天然气管线管	Φ457~711×6.0~101.6	优质碳素结构钢、低合金钢、合金结构钢
结构管(含海洋石油平台用管)	Φ457~1 500×6.0~40.0	优质碳素结构钢、低合金钢、合金结构钢
压力容器管	Φ406~650×6.4~26.4	优质碳素结构钢、合金结构钢
高压锅炉管	Φ406~1 066×12.7~270.0	优质碳素结构钢、合金结构钢、不锈钢
其中：锅炉制造	Φ406~711×12.7~270.0	优质碳素结构钢、合金结构钢、不锈钢
电站建设用管	Φ406~1 066×12.7~100.0	优质碳素结构钢、合金结构钢
军工用管	Φ406~1 066×12.7~250.0	优质碳素结构钢、合金结构钢、不锈钢及特种合金钢

的中小直径管)。

在规格方面，我国无缝钢管生产以小直径管为主，其中≤Φ140 mm 约占 65%，为 750 万t；>Φ140~273 mm 约占 25%，为 285 万t；>Φ273~406 mm 约占 9%，为 105 万t；≥Φ406 mm 约占 1%，为 10 万t。

由于我国无缝钢管生产还存在各种问题，每年还需进口部分无缝钢管，2005 年进口 68 万t，其中油井管 29 万t，高压锅炉管 30 万t。进口的高压锅炉管大部分为大直径管(最大直径为 1 066 mm，最大壁厚为 270 mm)，另外还进口部分大直径压力容器管。

2005 年我国消费无缝钢管 1 050 万t，以中小规格为主，各种规格的消费情况如下。

(1) ≤Φ140 mm 的无缝钢管占 60%~63%，消费量为 630~660 万t；

(2) Φ140~273 mm 的无缝钢管占 24%~27%，消费量为 250~280 万t；

(3) Φ273~406 mm 的无缝钢管占 8%~10%，消费量为 80~100 万t；

(4) ≥Φ406 mm 的无缝钢管占 3%~4%，消费量为 30~40 万t。

在品种方面，高压锅炉管消费量 80 万t，其中大直径管约 12 万t。

1.2 2010 年无缝钢管消费量及生产预测

2010 年全国无缝钢管消费量预计约为 1 300 万t，约占钢材消费总量的 3.9%。

预测 2010 年无缝钢管分规格消费情况如下。

(1) ≤Φ140 mm 约占总消费量的 60%~62%，为 780~800 万t；

(2) Φ140~273 mm 约占总消费量的 25%~27%，为 320~350 万t；

(3) Φ273~406 mm 约占总消费量的 8.5%~10.5%，为 110~130 万t；

(4) ≥Φ406 mm 约占总消费量的 2.5%~4.0%，为 30~50 万t。

到 2010 年，无缝钢管生产能力将继续增加，达到 1 150~1 200 万t，其中因天津钢管集团有限公司(以下简称天津钢管公司)新建了大直径机组以及攀钢集团成都钢铁有限责任公司(以下简称攀成钢)周期轧管机的改造，使大直径管产能有所增加。但是因消费同步增加，能力不足和总体装备水平不高的问题不会得到根本解决。2010 年无缝钢管产能及消费量分规格平衡预测见表 2。

表 2 2010 年无缝钢管产能及消费量分规格平衡预测

直径范围/mm	产能/万t	消费量/万t	缺口/万t
≤140	700	780~800	80~100
>140~273	300~350	320~350	
>273~406	130	110~130	
≥406	20	30~50	10~30

注：小直径管能力中扣除部分落后应淘汰的能力。

1.3 大直径无缝钢管生产存在问题

从我国钢管供需现状可以看出，与中小直径无缝钢管生产装备发展较快的局面相比，我国大直径无缝钢管生产发展较慢，到目前为止，除了攀成钢在“十五”期间新建了 1 套 Φ340(426)mm 连轧机组外，国内能够生产大直径无缝钢管的主要装备仍为原有的 4 套机组，即包钢 Φ400 mm 自动轧管机组、攀成钢 Φ318 mm 周期式轧管机组和 Φ650 mm 热扩机组、武汉 471 厂 Φ1 066 mm 大顶管机组，这些机组还兼顾生产 Φ406 mm 以下规格的产品，影响大直径管的产量。由于生产能力不足，一些企业建设了简易的推式扩管机组，把中直径管加

工成大直径管,以弥补市场上大直径管的不足。但是这种方法为钢管的二次加工,产能很低,产品规格和品种有很大的局限性,无法从根本上解决我国大直径无缝钢管产能不足的问题。因此,我国大直径无缝钢管生产总能力仅有十几万t,总体装备水平也较落后;与消费相比,约有20~30万t的缺口,特别是各种壁厚的大直径高压锅炉管生产能力严重不足,基本依赖进口。

1.4 需适度发展大直径无缝钢管

为了使我国从无缝钢管生产大国转变为无缝钢管生产强国,有必要适度发展大直径无缝钢管,增加产能、提高装备水平,改变高压锅炉管等高附加值大直径管依靠进口的局面。

大直径无缝钢管钢种复杂(包括优质碳素结构钢、合金结构钢、不锈钢、耐热钢、低温钢、特种合金等)、规格组距范围宽(薄壁、中厚壁及厚壁管),用一种机型无法全部生产。因此为了避免企业在市场和投资风险不明确的情况下,盲目投资生产大直径无缝钢管,有必要对我国大直径无缝钢管发展的装备选择,进行充分的探讨和研究。

2 大直径无缝钢管机型、工艺及装备特点

目前,我国大直径无缝钢管生产主要采用自动轧管机组、连轧管机组、周期轧管机组、大顶管机组、挤压管机组和扩管机组,另外还有二次穿孔方式和锻坯机加工钻孔方式。大直径无缝钢管生产装备按原料分为一次材轧机和二次材轧机。一次材轧机的类型有自动轧管机组、限动芯棒连轧管机组(以下二辊机型简称MPM,三辊机型简称PQF)、周期轧管机组、大顶管机组和挤压管机组等5种,二次材轧机的类型为热扩机组。下面对各种大直径无缝钢管机型的生产工艺、装备特点进行介绍。

2.1 $\geq \Phi 400$ mm 自动轧管机组

$\Phi 400$ mm 自动轧管机是20世纪60年代以前的大中直径无缝钢管生产的主力机型,国外主要的无缝钢管生产国家共有十几套这类轧机。我国包钢有1套机组,其产品规格为 $\Phi 180 \sim 426$ mm $\times 6 \sim 40$ mm,生产能力为40万t。

$\geq \Phi 400$ mm 自动轧管机组的生产工艺、装备特点如下。

(1) 原料:轧坯或连铸坯。

(2) 产品规格范围:大中直径管,直径(max.)为500 mm,壁厚(max.)为65 mm。

(3) 主要工艺流程:坯料 $\rightarrow$ 加热 $\rightarrow$ 穿孔(一次穿孔或二次穿孔) $\rightarrow$ 轧管(2道次) $\rightarrow$ 均整 $\rightarrow$ 再加热 $\rightarrow$ 定(减)径 $\rightarrow$ 冷却 $\rightarrow$ 精整 $\rightarrow$ 成品。

(4) 主要配备的设备:穿孔机、自动轧管机、均整机、7机架定径机、再加热炉、12机架微张力定(减)径机。

(5) 工艺特点:纵轧工艺,轧管机最大延伸系数为2。

(6) 年生产能力:35~50万t。

(7) 适合品种:适合大批量生产流经管、管线管、结构管、油井管等,液压管、机械结构管等批量中等的中厚壁管品种以及一些合金钢管的生产。

不足:产品精度不高,延伸率低,只能生产单倍尺管,最大产品外径仅为大直径管的下限。

由于自动轧管机存在精度不高和单倍尺生产等不足,所以随着连轧管机的兴起, $\Phi 400$ mm 自动轧管机大部分产品被连轧管机替代,20世纪80年代以后,国际上没有新建的自动轧管机组。但是作为生产大中直径无缝钢管的重要机型,其具有的生产工艺特点使其产品还有一定的竞争力,德国、法国、意大利、俄罗斯等国家现有的自动轧管机组基本上都在正常生产,因此 $\Phi 400$ mm 自动轧管机仍有一定的生存空间,但是受到规格限制,不能成为生产大直径无缝钢管的主力机型。

2.2 $\geq \Phi 426$ mm 限动芯棒连轧管机组

$\geq \Phi 426$ mm 限动芯棒二辊式连轧管机(MPM)是20世纪90年代出现的现代化大中直径无缝钢管的主力机型,生产效率高,目前日本和我国各有1套这样的机组。另外,天津钢管公司正在建设世界上第1套 $\Phi 460$ mm 限动芯棒三辊式连轧管机组(PQF)。

$\geq \Phi 426$ mm 限动芯棒连轧管机组的生产工艺、装备特点如下。

(1) 原料:连铸坯。

(2) 产品规格范围:大中直径管, $\Phi 426$ mm (MPM)、 $\Phi 460$ mm (PQF),壁厚40 mm(MPM)、50 mm(PQF)。

(3) 主要工艺流程:坯料 $\rightarrow$ 加热 $\rightarrow$ 菌式穿孔 $\rightarrow$ 轧管(5道次) $\rightarrow$ 脱管 $\rightarrow$ 再加热 $\rightarrow$ 定(减)径 $\rightarrow$ 冷却 $\rightarrow$ 切定尺 $\rightarrow$ 精整 $\rightarrow$ 成品。

(4) 主要配备的设备:菌式穿孔机、5机架连轧管机、3机架脱管机、再加热炉、12机架定(减)径机。

(5) 工艺特点: 连续纵轧工艺, 产品质量好, 轧管机最大延伸系数为 5, D/S 为 40(MPM)、56(PQF), 倍尺率高, 成材率高(可达 91%), 尺寸精度高, 自动化程度高, 生产效率高。

(6) 年生产能力: ≥ 50 万 t。

(7) 适合品种: 流体管、管线管、结构管、油井管、液压管、高压锅炉管、机械结构管等中薄壁管, 适合大批量生产; PQF 还可以生产含 Cr 较高的油井管。

不足: 最大产品外径仅为大直径管的下限。

限动芯棒连轧管机组是现代化水平最高的机型, 但是因其生产规模大、投资较高, 主要适合品种相对单一、大批量的产品(如油井管、管线管等), 规格也仅到大直径管的下限, 因此也不能成为生产大直径无缝钢管的主力机型。

2.3 大直径周期轧管机组

周期轧管机已经有 100 年左右的历史, 在连轧管机组大量使用以前, 它同自动轧管机一样一直作为生产大直径无缝钢管的主力机型, 初步统计国外共有 17 套大直径周期轧管机。我国攀成钢有 1 套机组, 产品规格为 $\Phi 426$ mm(max.), 壁厚 60 mm(max.), 生产能力 17 万 t。

大直径周期轧管机组的生产工艺、装备特点如下。

(1) 原料: 多边形钢锭、离心浇铸空心坯(主要为不锈钢)、锻坯或连铸坯。

(2) 产品规格范围: 大直径管, 直径 750 mm(max.), 壁厚 120 mm(max.)。

(3) 传统工艺流程: 坯料→加热→水压卧式穿孔→盘式炉再加热→二次延伸→再加热→轧管→定径→冷却→精整→成品。

(4) 新工艺流程: 坯料→加热→斜轧穿孔→轧管→均整→再加热→定径→冷却→精整→成品。因为新工艺用斜轧穿孔替代了水压机穿孔和二次延伸, 用一次加热替代了二次加热, 所以减少了钢管的壁厚偏差, 降低了能耗, 从而降低了生产成本。

(5) 主要配备的设备: 穿孔机、周期轧管机、均整机、再加热炉、3 机架三辊式定径机。

(6) 工艺特点: 锻轧工艺, 这种变形工艺方式可以确保钢管内在质量, 壁厚范围大, 原料种类多, 轧管机最大延伸系数为 8。

(7) 年生产能力: 15 万 t。

(8) 适合品种: 高压锅炉管、液压管、机械结

构管、合金及高合金管等厚壁管、难变形品种及管件, 适合小批量、多品种管材生产。

不足: 因变形为间断式, 钢管表面质量和尺寸精度不高, 成材率较低, 用钢锭为原料时仅为 80% 左右。

虽然这种机型较老, 但是大直径周期轧管机的产品规格($\Phi 406 \sim 750$ mm)为市场需求量较大的部分, 特别是锅炉制造主要使用的 $\leq \Phi 711$ mm 的厚壁管, 因此各钢管主要生产国家的周期轧管机组现在的生产任务都较饱满, 主要产品为高压锅炉管、压力容器管等, 这说明周期轧管机在 $\leq \Phi 750$ mm 的大直径厚壁管的市场上, 仍占有较大份额, 是大直径管生产值得重点考虑的机型。

目前我国攀成钢的大直径周期轧管机组正在搬迁改造, 改造后的 $\Phi 508$ mm 机组的产品规格为 $\Phi 219 \sim 560$ mm $\times 8 \sim 80$ mm, 用穿孔坯经二次斜轧延伸, 管径可达 720 mm, 生产能力为 15 万 t, 扣除部分 $\leq \Phi 406$ mm 以下的中直径管的产量, 其大直径管的生产能力尚不足 10 万 t, 直径规格也偏小。

2.4 大顶管机组

大顶管轧管机的生产历史已有 100 多年, 国外共有 7 套大顶管机组, 分别在日本、美国、德国和英国。

大顶管机组的生产工艺、装备特点如下。

(1) 原料: 圆钢锭。

(2) 产品规格范围: $\Phi 250 \sim 1\,500$ mm $\times 17 \sim 270$ mm。

(3) 工艺流程: 钢锭→加热→立式压力穿孔→再加热→卧式压力顶管(多道次)→切杯底→热处理→精整→成品。

(4) 主要配备的设备: 均热炉、立式压力穿孔机(最大吨位 45 MN)、再加热炉(步进式或车底式)、卧式压力顶管机(最大吨位 20 MN)、热处理炉、车床、磨床、镗床等。

(5) 工艺特点: 类似挤压成型, 变形应力状态较好, 内部组织密实性好, 质量类似锻造; 产品规格范围宽, 基本可以覆盖全部大直径管的规格, 特别是壁厚 > 80 mm 的厚壁管, 主要依靠大顶管机组; 生产工序少, 比其他机型生产技术简单, 生产组织灵活; 与其他机型相比, 投资较低。

(6) 年生产能力: 2~4 万 t。

(7) 适合品种: 高压锅炉管(包括耐热不锈钢)、液压管、机械结构管、合金管等各种直径和壁厚的

大直径管品种及管件, 适合小批量、多品种生产。

不足: 生产效率不高, 最高年产量仅为 4 万 t; 成材率低, 只有 65% (二次材机组仅作为参考); 需多火加热, 能耗高。

大顶管轧管机产品规格范围宽, 基本可以覆盖全部大直径管的规格, 这个优势其他机型无法替代, 但是因存在产量低、金属消耗和能耗高的不足, 国外已经不再建设新机组, 但在生产 $>\Phi 750$ mm 的大直径厚壁无缝钢管上仍是最主要的机型, 适合组织小批量、多品种的生产, 以高压锅炉管、压力容器管、机械管及军工产品等附加值较高的产品为主。目前美国、日本和德国的部分机组生产任务都较饱满, 其中德国曼内斯曼的大顶管机组的产品规格最宽, 最大直径为 1 500 mm, 最大壁厚为 270 mm, 其产品全球销售, 是国际上最主要的大直径无缝钢管生产商, 我国进口的大直径高压锅炉管基本上由该厂生产。

我国武汉 471 厂有 1 套大顶管机组, 生产规格 $\Phi 406 \sim 1\,016$ mm $\times 25 \sim 120$ mm, 生产能力 2 万 t, 与国外大顶管机组生产的产品规格、品种和质量相比, 还有较大差距。

2.5 大直径钢管挤压机组

钢管挤压机组的生产历史已经有 50 多年, 在 20 世纪 50 年代以后, 德、法、英、美、日等国及东欧地区的部分国家陆续建设了几十套钢管挤压机组, 其中美国和苏格兰共建设了 4 套可以生产大直径钢管的挤压机 (还可以生产型材及特种合金棒材等), 最大吨位为 300 MN。我国目前有两套中小直径钢管挤压机组。

钢管挤压机组的生产工艺、装备特点如下。

(1) 原料: 锻坯或钢锭。

(2) 产品规格范围: 大直径管, 直径为 1 200 mm (max.)。

(3) 工艺流程: 坯料准备 $\rightarrow$ 加热 $\rightarrow$ 立式压力穿孔或定心 $\rightarrow$ 再加热 $\rightarrow$ 立式或卧式挤压 (1 道次) $\rightarrow$ 冷却 $\rightarrow$ 冷加工 (冷拔或冷轧) $\rightarrow$ 热处理 $\rightarrow$ 精整 $\rightarrow$ 成品。

(4) 主要配备的设备: 坯料准备设备、加热炉、立式压力穿孔机或穿孔装置 (反挤压)、再加热炉、卧式挤压机或立式挤压机、冷轧机或冷拔机、热处理炉等。

(5) 工艺特点: 挤压成型, 三向压应力, 变形应力状态好, 钢管内部组织密实性好, 可以生产各种难变形金属; 产品精度较高, 内在质量好。

(6) 年生产能力: 5 万 t。

(7) 适合品种: 不锈钢耐热高压锅炉管、核电厂管、军用管、石化用不锈钢管、高强度管、合金管、特种合金及钛管等难变形材料, 适合小批量、多品种生产。

不足: 生产装备复杂、厂房较高 (立式挤压机)、投资大; 成材率不高, 约 70% 左右 (略高于大顶管)。

综合分析: 挤压机的特点及不足决定其仅适合生产不锈钢、特种合金和军用材料等附加值很高的品种, 并且为了提高机组的使用效率, 国外的大吨位挤压机还生产各种难变形材料的型材和棒材。我国太原钢铁公司目前正在建设 60 MN 大直径钢管挤压机, 冷加工成品管最大规格为 $\Phi 500$ mm, 品种主要为不锈钢耐热高压锅炉管以及各种石化用不锈钢管, 年产量为 5 万 t。

2.6 扩管机组

作为生产大直径无缝钢管二次材的设备, 扩管机组的生产历史已有几十年, 已经形成了拉拔式、推式和辊式等 3 种扩管机型, 这些机型的生产工艺、装备特点如下。

2.6.1 拉拔式扩管机组

拉拔式扩管机组属于传统热扩管机型, 已经有几十年的历史, 我国攀成钢有 1 套机组, 产品规格为 $\Phi 650$ mm $\times 20$ mm, 年生产能力为 6 万 t。

拉拔式扩管机组的生产工艺、装备特点如下。

(1) 原料: 轧管机生产的荒管。

(2) 产品规格范围: 大直径管, 直径为 720 mm (max.), 壁厚 20 mm (max.)。

(3) 工艺流程: 荒管 $\rightarrow$ 加热管端 $\rightarrow$ 扩口 $\rightarrow$ 管体加热 $\rightarrow$ 拉拔热扩 (1 道或多道次) $\rightarrow$ 切头 $\rightarrow$ 冷却 $\rightarrow$ 矫直 $\rightarrow$ 成品。

(4) 主要配备的设备: 缝式加热炉、扩口机、步进式加热炉、拉拔式热扩机、矫直机等。

(5) 工艺特点: 热扩工艺, 扩管速度较高, 可以将中直径管扩大规格, 基本没有延伸。

(6) 年生产能力: 6 万 t。

(7) 适合品种: 各种薄壁流体管、管线管和结构管等。

不足: 原料受到限制, 道次扩径率低, 需多道次扩管, 能耗高; 成材率低, 约 86%; 将原有管体缺陷扩大; 部分产品可用焊管代替。

2.6.2 推式扩管机组

推式扩管机组属于简易扩管机组, 目前我国该

机组数量较多。其生产工艺、装备特点如下。

(1) 原料：轧管机生产的荒管。

(2) 产品规格范围：大直径管，直径为 650 mm(max.)，壁厚为 20 mm(max.)。

(3) 工艺流程：荒管→管端加热→管体逐步感应加热→推杆逐步推进热扩(多根管连续进行)→冷却→矫直→成品。

(4) 主要配备的设备：管端加热炉、扩口装置、感应加热装置、推扩机、矫直机等。

(5) 工艺特点：热扩工艺，装备简单，投资很低，成材率比拉拔式高。

(6) 年生产能力：0.5 万 t。

(7) 适合品种：各种薄壁流体管和结构管等。

不足：原料受到限制，生产效率低、道次扩径率低、产品档次低、成材率低，会将原有管体缺陷扩大；大部分产品可用焊管代替。

2.6.3 辊式扩管机组

辊式扩管机组最早在 20 世纪 20 年代就已出现，用于生产大直径石油天然气管线管，目前仍有几套老机组在生产运行。1993 年意大利达尔明厂安装投产了 1 套 $\Phi 711.2$ mm 新型辊式扩管机，改进了工艺，提高了装备水平。新型辊式扩管机组的生产工艺、装备特点如下。

(1) 原料：毛管或荒管。

(2) 产品规格范围：大直径管，直径为 711 mm(max.)，壁厚为 50 mm(max.)。

(3) 工艺流程：毛管或荒管加热→高压水除鳞→辊式扩管→均整→再加热→定径→冷却→精整→成品。

(4) 主要配备的设备：加热炉、高压水除鳞装置、辊式热扩机组、均整机、再加热炉、定径机和精整设备等。

(5) 工艺特点：二辊辗轧工艺，可以 1 道次完成扩径，道次扩径率高(最高达 75%)；成材率较高，约 90%；增加高压水除鳞装置，实现轧制参数的最佳化，提高了产品精度，产品质量好，生产效率高。

(6) 年生产能力：10~15 万 t。

(7) 适合品种：各种大直径油井管、流体管、管线管、压力容器管和结构管等。

不足：原料受到限制，投资大，生产规模大，部分产品与大直径焊管竞争市场。

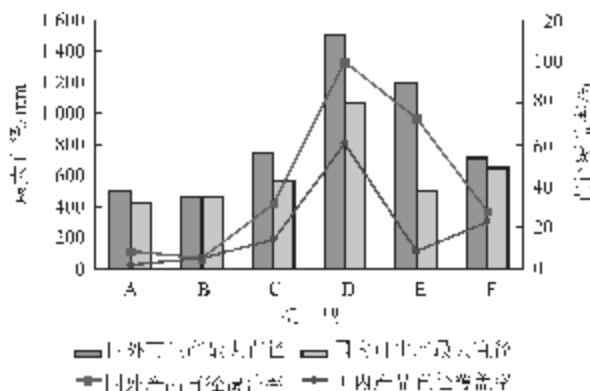
以上 3 种扩管机型中，推式扩管机产品单一、设备简陋、生产规模小，不值得推广；拉拔式扩管

机组虽然有一定生产规模，在产品质量和可生产品种方面强于推式机组，但是能耗和金属消耗高，国外已经不再建设；辊式机组产品品种多、质量好、生产规模大，但是投资较高，产品受到焊管的竞争。

3 大直径无缝钢管机型对比分析

3.1 产品规格覆盖率对比

根据国内外各机型产品规格参数的对比，国外机组直径规格覆盖率 $[(\text{各机型可生产的最大直径}-406)/(1500-406)\times 100\%]$ 最高为大顶管机组(100%)，然后依次为挤压管机组(72.58%)、周期轧管机组(31.44%)、扩管机组(27.88%)、自动轧管机组(8.59%)和连轧管机组(4.94%)，国内各机组的直径覆盖率大部分低于国外机组，见图 1。



A—自动轧管机组 B—限动芯棒连轧管机组 C—周期轧管机组
D—大顶管机组 E—挤压管机组 F—扩管机组

图1 国内外各机型产品最大直径及直径覆盖率对比

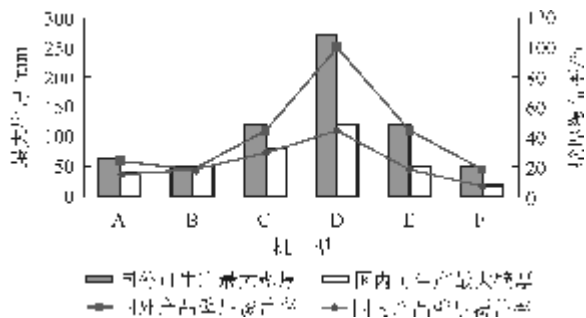
国外机组壁厚规格覆盖率(各机型可生产最大壁厚/270 $\times$ 100%)最高为大顶管机组(100%)，然后依次为挤压管机组(44.4%)、周期轧管机组(29.6%)、自动轧管机组(24.1%)，扩管机组(18.5%)和连轧管机组(18.5%)，国内各机组的壁厚覆盖率也大部分低于国外机组，见图2。国内外各机型产品的直径和壁厚覆盖率对比见表3。

3.2 成材率对比

各机型成材率对比，最高为推式扩管机组，然后依次为连轧管机组、辊式扩管机组、自动轧管机组、拉拔扩管机组、周期轧管机组、挤压管机组和大顶管机组。各机型成材率对比见图3。

3.3 产品种类对比

对各机型适合生产的产品品种进行对比，可生



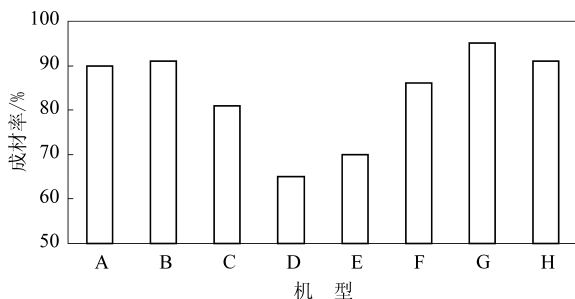
A—自动轧管机组 B—限动芯棒连轧管机组 C—周期轧管机组
D—大顶管机组 E—挤压管机组 F—扩管机组

图2 国内外各机型产品最大壁厚及壁厚覆盖率对比

表3 国内外各种类型大直径无缝钢管机组

生产产品的直径和壁厚覆盖率对比 %

机型	直径覆盖率		壁厚覆盖率	
	国外	国内	国外	国内
A	8.59	1.83	24.1	14.8
B	4.94	4.94	18.5	18.5
C	31.44	14.08	44.4	29.6
D	100.00	60.33	100.0	44.4
E	72.58	8.59	44.4	18.5
F	27.88	22.30	18.5	7.4



A—自动轧管机组 B—限动芯棒连轧管机组 C—周期轧管机组
D—大顶管机组 E—挤压管机组 F—拉拔式扩管机组
G—推式扩管机组 H—辊式扩管机组

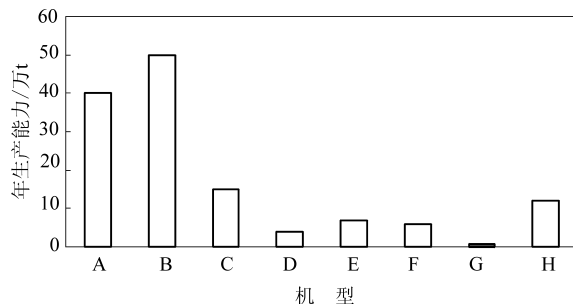
图3 各机型成材率对比

产产品种类最多的机型为周期轧管机组和大顶管机组，除了特种合金管外，这两种机型基本可以生产各种钢种(包括合金钢和部分不锈钢)和各个品种的大直径无缝钢管；自动轧管机、连轧管机和辊式扩管机可以生产优质碳素结构钢及合金钢等钢种及相应的品种；挤压管机组适合生产不锈钢、特种合金钢及相应品种，专业性较强、范围较窄；拉拔式扩管机组仅适合生产流体管和结构管等；推式扩管机

组可生产产品品种最单一，仅适合生产流体管。

3.4 生产规模对比

各机型的生产能力对比，最高为连轧管机组，然后依次为自动轧管机组、周期式轧管机组、辊式扩管机组、挤压管机组、拉拔式扩管机组、大顶管机组和推式扩管机组，见图4。



A—自动轧管机组 B—限动芯棒连轧管机组 C—周期轧管机组
D—大顶管机组 E—挤压管机组 F—拉拔式扩管机组
G—推式扩管机组 H—辊式扩管机组

图4 各机型最大生产规模对比

综合分析以上因素后，得出以下结论：

(1) 周期式轧管机组产品规格覆盖率排在第3，虽然不是最高，但是其所生产的产品规格属于市场容量较大的范围，另外机组产品种类较全，成材率较高，产品生产规模较大，是 $\leq \Phi 750 \text{ mm} \times 120 \text{ mm}$ 大直径无缝钢管生产的主力机型。

(2) 大顶管机组虽然成材率最低、生产规模较小，但是其产品规格覆盖面最宽，可生产的产品钢种和品种齐全，生产相对简单、投资不高，应为 $> \Phi 720 \text{ mm}$ 大直径无缝钢管及厚壁管(80~270 mm)生产的主力机型之一。

(3) 挤压管机组虽然产品规格范围较宽，仅次于大顶管机组，生产的产品质量好，但是装备投资较大，产品适应面较窄，市场容量不大；投资有一定风险，仅适合作为大直径无缝钢管生产重要的机型之一。

(4) 扩管机组中推式扩管机组问题较多，不推荐使用；拉拔机组比推式机组在产品种类方面略强，但是因成材率及能耗等指标较落后，将逐步淘汰；辊式扩管机组的生产规模和成材率等指标较好，产品种类和规格覆盖率也有一定优势，是生产大直径管的重要机型之一，但是因其投资较高，部分产品与大口径直缝焊管(特别是UOE机组生产的产品)存在竞争，市场风险较大。

(5) 自动轧管机组和连轧管机组虽然产能和成材率高,但是规格覆盖率较低,产品种类也有一定不足(生产不锈钢较困难),因此不能作为大直径无缝钢管的主力机型。

4 大直径无缝钢管生产的装备选择

根据以上对各机型生产工艺和装备特点的介绍及各种影响因素的对比分析,现对我国大直径无缝钢管生产发展的装备选择提出以下意见供探讨。

(1) 产能不足,品种短缺,应扩大生产能力。根据大直径无缝钢管供需现状和 2010 年预测,我国大直径无缝钢管存在约 30 万 t 的产能不足以及产品规格偏小等问题,不能满足市场需求,应适当扩大产能。

(2) 现有装备总体水平不高,生产潜力有限,应通过新建机组解决产能不足的问题。尽管国内现有和在建的 2 套大直径连轧管机组和 1 套在建的大直径挤压管机组装备达到了国际先进水平,但是作为大直径管主力机型的周期轧管机组和大顶管机组,我国现有的装备水平不高,生产能力不足,生产潜力有限,因此应通过新建这类机组增加生产能力,提高装备水平。

(3) 新建机组宜优先选择周期轧管机组和大顶管机组。鉴于周期轧管机组的综合比较优势较大,是 $\leq \Phi 750$ mm 大直径无缝钢管的主力机型,我国目前仅有 1 套机组,生产能力不足;大顶管机组是生产 $> \Phi 750$ mm 大直径无缝钢管及厚壁管的主力机型之一,我国现有机组规格偏小、能力不足。为了最大限度地解决我国大直径无缝钢管能力不足和规格偏小的问题,新建机组应优先选择这两种产品覆盖面大、生产品种齐全的机型,两者产品规格形成互补,基本可以覆盖大部分品种。考虑到

生产规模 and 市场需求情况,周期轧管机组新建 1~2 套、大顶管机组新建 1 套较合适。

(4) 新建挤压管机组和辊式扩管机组应谨慎。挤压管机组和辊式扩管机组是生产大直径无缝钢管的重要机型,前者适合的钢种较少,市场容量小,目前已有在建高水平机组;后者生产能力大、投资高,部分产品要与直缝焊管竞争市场。另外,这两类机型对原料要求更高,前者需要具备不锈钢的炼钢条件,后者要有大中直径荒管的供应条件。因此,这两种机型都存在一定的投资风险,应根据市场情况、装备水平和生产成本等综合因素,谨慎考虑建设的可行性。

(5) 大直径连轧管机组产能已经较高,不宜再扩大产能。到 2007 年我国将有两套 $\Phi 406$ mm 以上连轧管机组。由于这类机组投资较高,虽然产品有一定的市场容量,但是现有产能已经较高,不宜再扩大产能。

(6) 应选择有条件的企业建设大直径无缝钢管机组。大直径无缝钢管产品大部分为要求很高的合金钢品种,要求生产企业不仅必须具备完整的炼钢、精炼、轧制、精整和热处理装备,还要有较高的产品开发能力和技术管理水平,才能满足电站建设、石油化工、机械制造及军工等行业对产品的高质量要求。因此新建大直径无缝钢管机组,应建在有较好冶炼和品种开发条件的钢铁企业,形成系统工程;不提倡建设没有稳定原料供应的大直径无缝钢管机组。

本文得到原北京钢铁设计研究总院郑治平教授和原包头钢铁设计研究院李元德教授的多方指导,在此表示感谢。

(收稿日期:2006-09-13)

● 信 息

天津钢管集团有限公司加大对特殊螺纹套管的研发力度

为了满足油田勘探开发的需要,近年来天津钢管集团有限公司加大了特殊螺纹套管开发和生产的力度,2006 年截至 10 月份特殊螺纹套管的产量达到 2.8 万 t,预计全年可生产特殊螺纹套管 4.0 万 t。

从战略发展的角度出发,天津钢管集团有限公司早在 20 世纪末就着手特殊螺纹套管的开发研究工作。为了做好该产品的开发,在公司技术中心组建了螺纹研究室,从生产一线抽调了一批技术骨干充实到该研究室,并从国外购买了专门用于螺纹开发和研究的车床及实验设备。目前公司已根据油田需求开发出 TP-CQ、TP-FJ、TP-NF、TP-G₂ 等多个扣型的特殊螺纹套管,这些品种的开发不仅满足了油田不同地质条件和井况的需要,而且也打破了国外企业在这产品上的技术垄断。

(天津钢管集团有限公司 庄 钢)