限动芯棒连轧管技术的发展及大直径机组的建设(上)

杜厚益

(攀钢集团成都钢铁有限责任公司，四川 成都 610066)

摘 要：简述了限动芯棒连轧管机（MPM）的发明和发展，以及世界各国建设限动芯棒连轧管机组的概况。对目前世界上已建成投产的3套大直径连轧管机组，即意大利达尔明公司的Φ340mm（14in）连轧管机组、俄罗斯伏尔加钢管厂Φ426mm（16in）连轧管机组、日本住友金属工业公司和歌山厂Φ426mm（16in）连轧管机组的设备组成、生产工艺流程、生产工具、生产情况、产品品种以及存在的技术问题等分别进行了系统的介绍。

关键词：大直径限动芯棒连轧管机组；发展；建设

中图分类号：TG335.13；TG335.71 **文献标识码**：B **文章编号**：1001－2311(2003)02－0006－07

Development of MPM Technology and Construction of Large－sized MPMs (Part I)

Du Houyi

(Pangang Group Chengdu I & S Co., Ltd., Chengdu 610066, China)

Abstract: Briefed in the paper are the invention and development of the MPM as well as the situations concerning construction of such kind of pipe mill throughout the world. Also detailed here are the worldwide currently－operated three large－sized MPMs, i.e., the Φ340mm(14in) MPM of Dalmine, Italy, the Φ426mm(16in) MPM of Volzhsky Pipe Plant, Russia and the Φ426mm(16in) MPM of Sumitomo Metals' Wakayama Pipe Plant, Japan, covering such aspects as equipment configuration, manufacturing process flow, operational tooling, operation situation, product mix and existing technical problems.

Key words: Large－sized MPM; Development; Construction

1 限动芯棒连轧管工艺的兴起

限动芯棒连轧管生产工艺是在浮动芯棒连轧管生产工艺难于解决生产外径177.8mm以上钢管的情况下发展起来的。由于采用浮动芯棒轧制大直径钢管时，芯棒的重量过大，实际运行操作困难，因此，为了使连续轧管工艺能应用于较大直径无缝钢管的生产，A·H·Calmes等人经过长期的研究和实验，发明了MPM轧管工艺，即限动芯棒连轧管工艺，并在1968年取得发明专利。在采用限动芯棒连轧管工艺轧管时，当芯棒前端进入到钢管轧机某一位置时，毛管和芯棒一起被推向第一架轧管机架并开始轧制，此后芯棒在受控状态下以恒定速度向前移动。轧制完毕后，荒管前端被脱管机沿轧制方向拉出，芯棒则在限动装置的作用下快速返回原位，进行芯棒更换。这种连轧管工艺的基本特征是：芯棒速度受控，且可用较短的芯棒以较大的延伸系数轧制较长的钢管(30～40m)。毛管金属流动比较均匀，所轧制出的钢管壁厚偏差较小，内外表面质量良好。

2 限动芯棒连轧管技术成为当今热轧无缝钢管生产技术发展的主流

近几十年来，轧钢生产技术发展突飞猛进，尤

杜厚益(1952－)，男，四川乐山人，研究员，长期从事冶金科技情报和俄语口笔译工作，曾多次对俄罗斯、乌克兰等独联体国家的钢铁工业进行考察，2002年获国家留学基金委员会批准，享受中外政府互换奖学金，拟以访问学者身份赴俄罗斯做一年的冶金情报课题研究工作。

其是近年来，先进的冶金生产技术得到迅速发展，炉外精炼、真空脱气、连铸、连轧技术已成为生产优质钢产品的主要技术手段，计算机技术的应用和普及，更提高了轧钢技术现代化的水平。轧管技术最近 20 年来也得到迅速发展。限动芯棒连轧管机(MPM)、新型顶管机(CPE)、改进型三辊轧管机和新型二辊狄塞尔轧管机，都是在这一时期取得重大技术进步的，并在各自的应用领域内取得成效，以高质量、低成本的钢管产品赢得了市场，但就机组产量、钢管质量、综合效益和新建投产的机组数量而言，限动芯棒连轧管机组无疑占据了主导地位。

自 1978 年世界上第 1 套限动芯棒连轧管机组投入工业性生产以来，它的独特优点使其得到迅速的发展和推广。限动芯棒连轧管工艺克服了传统连轧方法给钢管带来的“竹节”状缺陷，改善了钢管质量，钢管的壁厚精度提高到 ±3.2% ~ ±6.5%，并扩大了钢管生产的规格范围，生产钢管的最大外径也由 168mm 扩大到 426mm。限动芯棒连轧管机组的生产能力一般为 30 万 ~72 万 t，是各类机组中产量最高的，连轧后的荒管最大长度可达 40m，金属收得率显著提高。由于连轧后荒管的温度较高且均匀，为采用在线热处理工艺和取消再加热工序、降低能耗创造了条件。

就轧管工艺的主要特征而言：连轧管工艺是一种长芯棒连续纵轧工艺，自动轧管工艺是短顶头轧制工艺，它自然不如连轧管工艺。周期轧管工艺是一种非连续式的分段纵轧工艺，也不如连续纵轧工艺先进。顶管工艺的别称是惰辊连轧，因带有杯底，增加了金属消耗，也不如采用大功率电机传动轧辊的连轧管工艺。至于两种斜轧工艺即新式的三辊轧管机和狄塞尔轧管机都属于中等产量水平的轧管机，其产品的质量和消耗也不能和优质高产的连轧管机相比[1]。

20 世纪 80 年代出现了 3 种连轧管工艺(全浮动芯棒、半限动芯棒和限动芯棒)相互竞争的局面，但进入 20 世纪 90 年代后，限动芯棒连轧管工艺(MPM)成为先进工艺代表的趋势日益明显。从所生产钢管直径的角度而言，MINI – MPM 覆盖了 MPK – S(一种半限动芯棒连轧管工艺)以及全浮动芯棒连轧管工艺，而且钢管的质量优良，因此 MPM 轧管工艺(包括 MINI – MPM)已成为当今热轧无缝钢管生产技术发展的主流。采用经炉外精炼、真空脱气等先进冶炼工艺生产出的无缺陷连铸圆坯，在新一代限动芯棒连轧管机组上生产优质无缝钢管已成为当代无缝钢管生产企业的最佳组合。这种组合在产品质量和经济效益上，近乎是完美的。因此有专家认为，如果钢管企业内有 2 套及以上的限动芯棒连轧管机组，钢管产量超过 100 万 t，那就初步达到了经济规模[2]，应能获得不错的经济效益。

限动芯棒连轧管生产技术的主要优点如下：

(1)产品质量好，尺寸精度高

由于芯棒速度受到控制，变形条件稳定，克服了浮动芯棒连轧管时出现的“竹节”状缺陷。闭口圆孔型的采用使金属横向流动减少，从而提高了产品的尺寸精度。加之机组生产线上配置新型穿孔机和三辊定减径机，使得当代限动芯棒连轧管机生产的钢管壁厚偏差达到 ±3.5% ~ ±6.5%、外径偏差达到 ±0.2% ~ ±0.4% 的高精度。

(2)扩大了产品的生产范围

浮动芯棒连轧管机受芯棒长度和重量的限制，所生产钢管的最大外径仅为 177.8mm，而限动芯棒连轧管机的芯棒长度缩短，因此芯棒的直径可以加大，从而所生产的钢管规格范围得以扩大。俄罗斯伏尔加钢管厂（简称伏尔加钢管厂）1990 年投产的 Φ426mm 限动芯棒连轧管机组所生产的最大成品钢管外径已达到 426mm。

(3)机组产量高、单位产量投资低

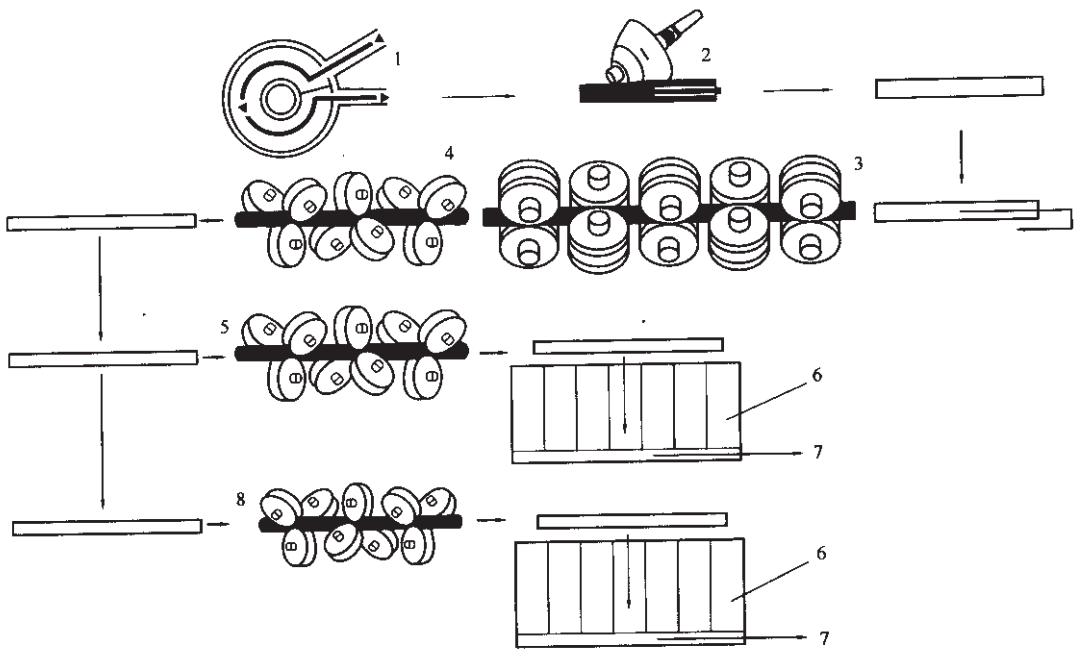
限动芯棒连轧管机组的生产能力一般为 30 万 ~72 万 t，是各类无缝钢管轧管机组中产量最高的。对大中型机组而言，限动芯棒连轧管机组的生产能力是自动轧管机组的 2 倍，是周期轧管机组的 3 ~ 5 倍。小规格机组产量的差距则更大。限动芯棒连轧管机组的一次性建设投资虽然大，但单位产量的投资比同规格的自动轧管机组低 20% ~30%。

(4)节省能源

限动芯棒连轧管机组的变形分配方式和轧制特点为节省能源创造了有利条件。限动芯棒连轧管机采用大变形量(延伸系数 4 ~ 5)，而其穿孔机采用小变形量(延伸系数在 3 以下)，这样连轧管机可采用壁厚大，温降小的毛管。限动芯棒连轧管机的轧制速度快，芯棒与钢管接触的时间短，从而保证轧后荒管的温度在 1 000℃ 左右，且荒管的温度均匀。由此限动芯棒连轧管机轧出的荒管可不进行再加热就直接定径，从而可节省再加热所需的能源。因此，有些大中规格的限动芯棒连轧管机组在设计时就取消了再加热炉，相应减少了机组的建设费用。

(5)金属收得率高

限动芯棒连轧管机组生产的钢管金属收得率可达 92%，优于其他机组。这是因为：采用限动芯棒连轧管工艺生产的钢管长度较长(30～35 m)，并可多倍尺生产，因此切头损耗少；采用三辊脱管机，管端齐整，基本不需热切头；对于不需再加热的钢管避免了二次烧损。图 1 示出了新型五机架限动芯棒连轧管机组的生产工艺流程示意。



1—管坯加热炉　2—锥辊式穿孔　3—限动芯棒连轧　4—脱棒　5—定径　6—冷床　7—精整生产线　8—张力减径

图 1　新型五机架限动芯棒连轧管机组生产工艺流程示意

3　世界各国限动芯棒连轧管机组的建设

自 1978 年世界上第 1 套限动芯棒连轧管机组投产以来，它所具有的独特优点使其得到迅速发展和推广。到目前为止，世界上相继建成了 17 套限动和半限动芯棒连轧管机组，生产能力近 710 万 t，占同期新建和改造机组总能力的 70%。意大利因西公司（INNSE）（简称因西公司）是世界上最著名的限动芯棒连轧管机制造商，在其制造出第 1 台限动芯棒连轧管机以来的 20 余年间，共为世界各国提供了 12 台限动芯棒连轧管机。

20 多年来，因西公司针对限动芯棒连轧管机的不足，以及在生产实践当中暴露出来的各种技术问题，利用现代科学技术的最新成就，对限动芯棒连轧管机不断地进行改进，到目前为止，该公司设计制造的限动芯棒连轧管机的机型已发展到第四代。

第一代限动芯棒连轧管机芯棒的限动速度较低，仅为 0.5m/s，换辊时间长，约需 3.5h。

第二代限动芯棒连轧管机在生产工艺和设备结构上都有了明显的进步：①采用了芯棒预穿技术，从而缩短了轧制周期时间，并减少了毛管和芯棒间的间隙，增大了延伸系数；②芯棒限动速度提高，由第一代的 0.5m/s 提高到 1.35m/s；③芯棒消耗降低，由第一代轧机的 1.3kg/t 降低到 0.8kg/t；④采用了新的芯棒循环系统，使芯棒的润滑、冷却控制和维修更为方便。

第三代限动芯棒连轧管机在设备结构上又作了改进，连轧管机的机架是固定的，当更换轧辊时不需要换机架，而只是用液压缸把轧辊连同两个轴承座先放到换辊小车上，然后由液压缸把换辊小车推起呈 45°倾斜位置，新轧辊连同轴承座便滑入机架中。这样可减少换辊时间，而且机型紧凑，机身长度缩短。

第四代限动芯棒连轧管机的特点是把全部单独的机架合成一个整体的大机架框，直接固定在水泥基础上，去掉了传统的大机座。因此第四代限动芯棒连轧管机又称为“无机座轧机”(Standless mill)或 MPM－SL，其换辊操作与第三代轧机完全相同。我国包头钢铁公司无缝钢管厂引进的 Φ180mm

限动芯棒连轧管机组中配置的就是第四代限动芯棒连轧管机[3]。

世界各国建设限动和半限动芯棒连轧管机组的情况见表 1。

表 1 世界各国建设限动和半限动芯棒连轧管机组的情况

序号	国名	公司或厂名	连轧管机设计及制造商	投产年份	钢管直径/mm	设计年产量/万 t	连轧管机型
1	意大利	达尔明公司达尔明厂	意大利因西公司	1978	177 ~ 355	35	8 机架 MPM
2	法国	瓦卢勒克公司圣索夫厂	法国瓦卢勒克公司	1978	21. 3 ~ 127	36	7 机架半限动
3	日本	住友金属工业公司海南厂	美国艾特纳标准公司	1983	25. 4 ~ 114. 3	60	7 机架 MPM
4	日本	新日铁八幡制铁所	德国曼内斯曼·日本三菱	1983	33. 4 ~ 193. 7	96	7 机架半限动
5	日本	日本钢管公司京滨厂	美国艾特纳标准公司	1983	114. 3 ~ 244. 5	60	8 机架 MPM
6	墨西哥	塔姆沙公司	意大利因西公司	1983	114. 3 ~ 273	42. 5	7 机架 MPM
7	美国	美国钢公司费斯菲尔德厂	意大利因西公司	1983	88. 9 ~ 244. 5	60	7 机架 MPM
8	加拿大	阿尔戈玛钢公司	意大利因西公司	1986	48. 3 ~ 177. 8	27. 5	7 机架 MPM
9	美国	北极星厂	意大利因西公司	1987	114. 3 ~ 244. 5	30	6 机架 MPM
10	阿根廷	希德尔卡厂	意大利因西公司	1988	139. 2 ~ 244. 5	30	6 机架 MPM
11	俄罗斯	伏尔加钢管厂	意大利因西公司	1990	168 ~ 426	72	7 机架 MPM
12	委内瑞拉	西多厂	意大利因西公司	1990	60. 3 ~ 244. 5	17. 5	6 机架 MPM
13	中国	天津钢管有限责任公司	意大利因西公司	1992	114. 3 ~ 273	50	7 机架 MPM
14	南非	托萨厂	意大利因西公司	1993	25. 4 ~ 168	7. 5	4 机架 MPM
15	日本	住友金属工业公司和歌山厂	意大利因西公司	1997	139. 7 ~ 426	50	5 机架 MPM
16	中国	衡阳钢管厂	德国 SMS MEER	1997	25 ~ 89	16	5 机架半限动
17	中国	包头钢铁公司	意大利因西公司	1999	60. 3 ~ 244. 5	20	5 机架 MPM

在上述 17 套限动和半限动芯棒连轧管机组中，大直径限动芯棒连轧管机组有 3 套：意大利达尔明公司达尔明厂（简称达尔明厂）的 Φ340mm 机组、伏尔加钢管厂的 Φ426mm 机组和日本住友金属工业公司和歌山厂的 Φ426mm 机组。

3.1 达尔明厂 Φ340mm 限动芯棒连轧管机组

达尔明厂的 Φ340mm 限动芯棒连轧管机组是 1978 年 10 月建成投产的。它当时是世界上规格最大的、建设最早的一套限动芯棒连轧管机组。该机组由因西公司设计制造，可生产 Φ355mm 以下的钢管，设计年生产能力为 40 万 t，产品的 40% 左右为石油管，输送管、一般用管和机械用优质管各占 20%。连轧管车间面积约 4. 5 万 m^2，设备重量约为 6 800t(从加热炉到冷床的机组设备，其中连轧管机的设备重量约为 1 700t)[4]。连轧管机组的主要技术性能见表 2。该机组的主要工艺特点是：

表 2 达尔明厂 Φ340mm 限动芯棒连轧管机组设备主要技术性能

机组设备	主要技术性能
环形炉	中径为 46m，产量为 160t/h
除鳞机	高压水压力为 18MPa
辊式定型机	二辊式，辊径 600mm，电机功率 150kW(交流)
推轧穿孔机(PPM)	二辊式，辊径 1 280mm，电机功率 500kW(交流)，推料机最大推力 2 300kN
延伸机	二辊斜轧式，辊径 1 100 ~ 950mm，辊身长 800mm，轧辊转速 30 ~ 120r/min，电机功率 2 × 3 000kW
限动芯棒连轧管机	8 机架‘X’形布置，辊径 750 ~ 870mm，轧制速度 2. 5 ~ 4. 5m/s，电机总功率 20 000kW
脱管机	3 机架，二辊式，辊径 720mm，电机功率 2 × 450kW(直流)
步进加热炉	加热温度 900℃左右
定径机	7 机架，二辊式，辊径 720mm，电机功率 850kW(直流)
冷　床	1 号冷床为步进式 + 链式，2 号冷床为链式

(1)采用边长为 220，260，280，320mm 规格的方形管坯；

(2)采用推轧穿孔机(PPM)对方坯进行穿孔，平均延伸系数为 1.1；

(3)采用两辊延伸机，最大延伸系数为 2.25；

(4)在保证轧长管的前提下，连轧管机采用较大的延伸系数，即 μ_{max} = 6.0；

(5)所生产钢管外径的下限为 177.8mm，是由轧机最大延伸系数限制的。

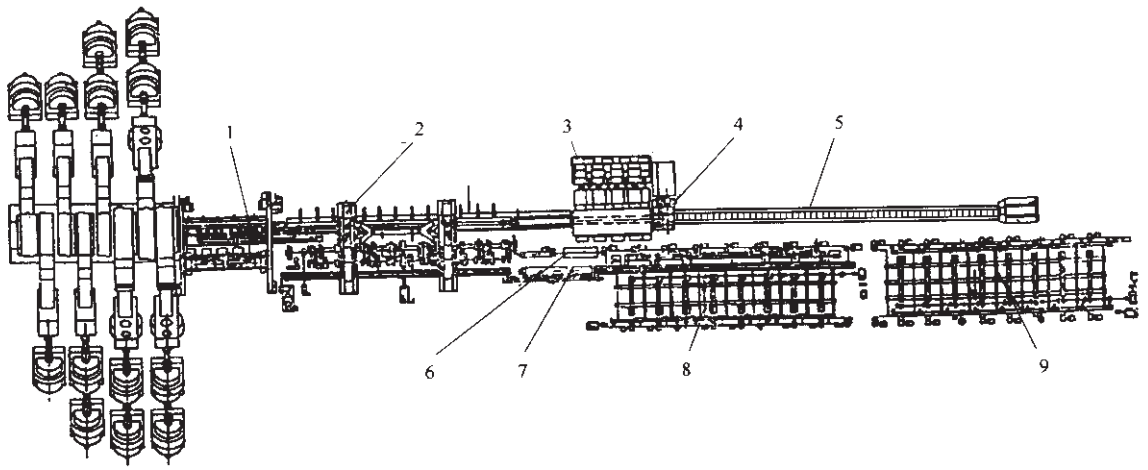
达尔明厂 Φ340mm 限动芯棒连轧管机组的设备组成和生产工艺流程如下：

生产线上布置有 1 台冷锯和 1 台双线火焰切割机，连铸坯用冷锯或火焰切割成 1 100～3 500 mm 定尺长度(含碳量在 0.3% 以上的钢坯用冷锯锯断，因为火焰切割容易引起裂纹)，然后在中径为 46 m，加热能力为 160t/h 的环形加热炉中加热到 1 230～1 280℃。加热炉是意大利皮安蒂公司设计的，燃料为天然气，炉子分预热段、1～5 加热段和均热保温段共 7 段，单位热耗量为 1 589kJ/kg。加热后的管坯经 18MPa 的高压水除鳞。除鳞机后原布置有 1 台二辊式定型机，但是在使用连铸方坯的情况下，对角线偏差不大，管坯形状正确，没有必要进行定型，所以定型机被拆除[5]。推轧穿孔机由前台、二辊式轧机和后台组成。前台有液压推料机、辊式诱导装置、入口导套，后台有顶杆推入装置、顶杆锁紧装置、冷却台架和横向输送装置。钢坯被液压推料机以 0.3～0.4m/s 的速度推入推轧穿孔机(PPM)中进行穿孔。穿孔机的轧辊直径为 1 280mm，由 1 台 500 kW 的直流电机传动。管坯在上下轧辊和推料机的作用下穿成杯形坯。推料速度和轧辊圆周速度是按照推入力占 45%、轧制力占 55% 这一预先设定值进行控制的。为了保证钢坯在推轧穿孔时的对中位置，除了轧机前的辊式导向装置(四面都有 1 排辊子)外，在轧辊入口还设有板式导向装置，即用 4 块装在液压缸上的导板紧压在钢坯的四面，使其保持在对中的位置上。在穿孔过程中，钢坯有镦粗现象，导板可向外退让(最大行程 20 mm)但仍保持钢坯在中心线位置上。这个板式导向装置对于减小空心坯的壁厚不均有很大的作用。

推轧穿孔时的延伸系数为 1.1～1.2。由于推轧穿孔时的主要变形是从钢坯的内部进行的，所以即使延伸不大也能得到以 5 倍多的延伸率从外部压缩的同样效果，同时也可避免斜轧穿孔时所引起的内部孔腔和内折叠，从而可以得到较好的内表面质量。推轧穿孔时管坯并不穿通，而留有一个杯底。这样可以避免穿通时所产生的参差不齐的管端，同时也可减少内表面的氧化。推入机推头做成圆弧凸面可以减小杯底厚度，以便于延伸时将其穿通。顶头采用石墨润滑剂润滑，每个顶头可以穿管 300～400 根。穿孔时顶杆内通水冷却，在循环过程中内部插入水管进行冷却。

杯形坯在 1 台二辊式延伸机上延伸。延伸机轧辊最大直径为 1 100 mm，送进角为 4～15°(经常为 6～9°，用作穿孔时为 12°)，轧辊转速为 30～120r/min，两个轧辊由 2 台 3 000 kW 直流电机分别直接传动。主电机采取倾斜 7°布置，以减小万向接轴的斜角，提高传动效率，减少接轴磨损(目前采取这种布置方式的还有法国圣索尔夫厂连轧管机组和日本京浜厂 Φ400mm 自动轧管机组的穿孔机等)。由于管坯经穿孔时的辗轧，组织比较致密，所以在延伸机上可以采用较大的延伸率(2.05～2.34)。延伸以后，要往管坯内喷少许硼砂粉。硼砂粉受热气化后可以将管内空气排出，以减少毛管内表面的氧化。达尔明厂的这台延伸机也可以用做穿孔机。实际上，在 PPM 穿孔机于 1979 年 1 月投产以前，该厂曾使用连铸圆坯作为原料生产了几个月，当时延伸机就是穿孔机，并且在这两种情况下，机组生产能力差不多。

在延伸过程中，杯形坯的壁厚不均可以消除 70% 以上。实践证明，延伸时主要是靠轧辊入口锥部分的空减径(尚未遇上顶头)来均壁。此时，薄壁部分的增厚对于改善偏心度十分有效，而内部张力又会进一步减小荒管的壁厚不均。在顶头前压下量为 10%～14% 的条件下，这种内部张力可以使 $S/D<0.25$ 的薄壁部分增厚，而使 $S/D>0.25$ 的厚壁部分减薄。所以如果控制 PPM 穿孔后杯形坯的 S/D 值等于 0.25，就可以达到在延伸机上消除(或减小)壁厚不均的效果。延伸后的毛管在 8 机架限动芯棒连轧管机(MPM)上进行轧制。连轧管机前 3 个机架按 6 000kN 轧制压力设计，轧辊直径为 870 mm；后 5 个机架按 3 000kN 计算，轧辊直径为 745 mm。由 13 台 45°倾斜布置的 1 500kW 直流电机传动。在连轧管机的前后机架之间共有 6 个三辊式托架，用来为芯棒导向。连轧管机总长为 10.65m。在连轧管机前面有芯棒限动装置、芯棒快速往返装置、芯棒润滑和冷却装置等设备(见图 2)。



1—荒管受料台　2—芯棒吊车架　3—芯棒限动装置　4—芯棒快速往返装置　5—齿条
6—芯棒冷却装置　7—芯棒润滑装置　8—新芯棒装入台架　9—用后芯棒送出台架

图 2　达尔明厂 Φ340mm 限动芯棒连轧管机

轧制以前，先将 1 根 12.5m 长、喷涂了石墨润滑剂的芯棒以 6m/s 的速度插入荒管并伸到轧机中，直到芯棒端头超出第七机架中心线为止。此时将荒管推入第一机架开始轧制，芯棒以受控的速度(0.2～0.5m/s)前进，限动工作行程为 5.0～5.5m。轧制时芯棒所承受的最大拉力为 3 500kN，轧制延伸系数可达 6.5。轧出钢管的壁厚偏差小于自动轧管机组(经均整机轧制后)所生产的钢管，99% 钢管的壁厚不均在 6.5% 以下，很少有超过 9% 的。荒管的内表面特别光滑，温度要比其他轧管机轧出的高，并且整支钢管的温度也比较均匀。

该厂所使用的限动芯棒，其表面经过镀铬，镀层厚度为 0.03～0.04mm。每根芯棒在修磨以前可以轧制约 2 000 支钢管。该厂曾试用过表面辗轧硬化的芯棒，但其寿命不如镀铬的长，而成本也相差不多，所以后者未再使用。该厂采用周期轧管机轧制的厚壁管来制作芯棒，已取得较好的效果，但由于周期轧管机所轧的厚壁管长度不够 12m，所以要将 2 根钢管用丝扣连接起来使用。这种芯棒的制造成本要比采用圆钢钻孔方法便宜[4]。

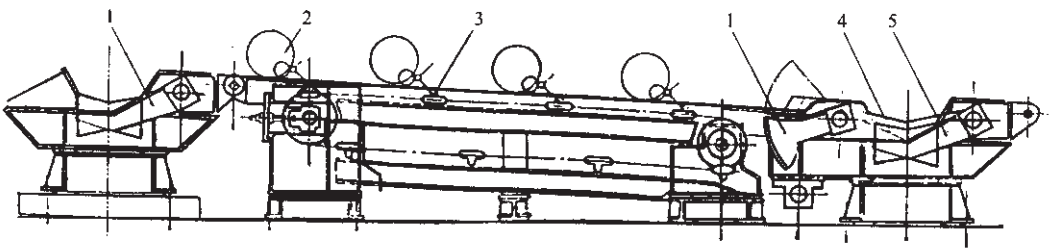
限动芯棒连轧管机后面布置有 1 台 3 机架脱管机(预留了第四机架的位置)，在脱管机中钢管只有 10～15mm 的减径量，在脱管机后面的横移台架两侧设有用来锯切管端的热锯，凡是进定径机或减径机的钢管管端都必须锯切。钢管经步进式再加热炉加热后进入 7 机架二辊式定径机中定径。在再加热炉的另一侧预留了安装张力减径机的位置。该厂定径机后面有 2 座冷床：1 号冷床的前面部分是步进齿条式冷床，而后面部分是单链式冷床。高温段使用步进式冷床可以保证钢管的平直度，低温段使用链式冷床可以降低造价。钢管冷却后经 3－1－3 矫直机矫直，然后经过 1 台德国克劳特克拉默尔公司制造的超声波探伤测厚设备进行探伤和测量壁厚。探伤时钢管的表面线速度为 1～2.5m/s。钢管精整设备还包括 4 台英国布朗克斯（Bronx）公司制造的切管机和水压试验机等。成品钢管经单根称重、喷漆打印后收集交库。

为了生产高强度石油管，达尔明厂新建了步进式淬火炉和回火炉。钢管淬火采用喷水方式。在回火炉后面设有 3 机架定径机。达尔明厂限动芯棒连轧管机组的轧制表见表 3。

达尔明厂在解决钢管车间噪音污染方面采取了很多有效措施：钢管用 12.5＋12.5t 双磁盘吊车成排吊运，不用钢绳吊挂，避免了钢管撞击；采用无噪音移送台架(见图 3)，由链条连续移送钢管，辊道上设置接料钩，液压缸传动，既可防止钢管互相碰撞，又可防止钢管打击辊道；辊道(精整区)上包敷合成橡胶，既耐磨又可防止噪音；成品库的料筐上面设置有防止钢管甩打的装置，钢管落下时由链条托住，链条外面包有软材料，可以避免碰伤钢管，又可防止噪音。随着钢管数量的增加，链条的传动装置慢慢地放松链条，使钢管徐徐下降，直到料筐装满。此外，当钢管捆需要解开进行加工的时候，管捆借链条缓缓托起，使钢管滚到台架上，同

表 3 达尔明厂限动芯棒连轧管机组的轧制表

方管坯		推轧穿孔后杯形坯			延伸后毛管			连轧后荒管				定减径后成品钢管
边长 /mm	重量 /kg	外径 /mm	壁厚 /mm	最大穿孔比	外径 /mm	壁厚 /mm	最大延伸系数	外径 /mm	壁厚 /mm	长度 /m	最大延伸系数	外径 /mm
170	360 ~ 520	206	52	25	187	24. 1 ~ 42. 8	2. 25	146	3. 8 ~ 25. 4	26	6. 5	48 ~ 101
210	590 ~ 950	254	64	25	240	25. 4 ~ 45. 8	2. 25	192	4. 44 ~ 25. 4	28	6. 5	76 ~ 193
240	800 ~ 1 470	297	75	23. 6	289	27. 9 ~ 48. 6	2. 20	237	4. 87 ~ 25. 4	28	6. 5	193 ~ 219
280	1 100 ~ 1 910	338	85	20. 7	349	29. 0 ~ 48. 5	2. 30	293	5. 38 ~ 25. 4	28	6. 0	244 ~ 273
320	1 652 ~ 2 500	388	97	18	426	35. 0 ~ 45. 8	2. 05	361	7. 7 ~ 20	24	5. 0	324 ~ 340



1—拨料机 2—钢管 3—移送链条 4—辊道 5—接料钩

图 3 钢管无噪音移送台架

时在台架上装有无爪链，使钢管散开。

达尔明厂这套限动芯棒连轧管机组不仅造价低于自动轧管机组，而且操作费用也较低。同时，从管坯到成品管的金属收得率和能耗等各项指标在当时都是较好的。

但早期的限动芯棒连轧管机组(1985 年以前建成的)受当时技术条件的限制，存在着许多不足之处，如：第一变形阶段采用推轧穿孔机(PPM)和延伸机；连轧管机本身的延伸系数偏大，为 5 ~ 6 连轧管机机架数量偏多(7 ~ 8 架)；限动芯棒的工作速度偏低，在 1. 35m/s 以内；轧管机轧线长度较长(8. 7 ~ 10m)；连轧管机电机装机容量偏大(最大为 21 800kW)。此外，限动芯棒连轧管技术在 20 世纪 80 年代后半期又有了长足的进步，如：在机组构成中不再采用推轧穿孔机(PPM)和延伸机(伏尔加钢管厂 Φ426mm 机组除外)；连轧管机本身的延伸系数降至 4. 5 左右；连轧管机的机架数量减少到 6 架；限动芯棒的工作速度提高至 1. 5m/s；出现了 MPM - SL，轧制线长度最短仅为 6. 7m；连轧管机的电机装机容量进一步减少，仅为 12 500kW(伏尔加钢管厂 Φ426mm 机组除外)。

达尔明厂针对该厂 Φ340mm 限动芯棒连轧管机组的先天不足，为提高产品质量、降低生产成本和满足市场需求，于 20 世纪 90 年代进行了两次技术改造，首次技术改造于 1993 年 6 月完成，其主要的改造内容为：

(1)用从因西公司购买的斜轧穿孔机(与我国天津钢管有限责任公司穿孔机类似)取代原机组中的推轧穿孔机和延伸机；

(2) 在生产线上增设再加热炉、斜轧扩径机、定径机和均整机；

(3) 拆除 Φ630mm 大直径周期轧管机，采用 Φ340mm 限动芯棒连轧管机所生产的 Φ355. 6mm 钢管为母管，经斜轧扩径工艺生产出外径 Φ610mm 的大直径钢管。

第二次技术改造于 20 世纪 90 年代后期完成，其主要内容是在 Φ340mm 限动芯棒连轧管机上生产出 Φ406. 4mm 的母管，经斜轧扩径工艺生产出 Φ711. 2mm 的钢管。

(待 续)

(收稿日期：2002 - 10 - 28)