# 限动芯棒连轧管技术的发展及大直径机组的建设(下)

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的Φ426mm（16in）连轧管机组、日本住友金属工业公司和歌山厂的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)04-0001-05

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

*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

### 3.3 日本住友公司Φ426mm限动芯棒连轧管机组

日本住友金属工业公司于1997年2月在和歌山厂建成了技术装备水平是目前世界最高的Φ426mm限动芯棒连轧管机组，以取代建于1957年的Φ400mm自动轧管机组。日本住友金属工业公司投资800亿日元兴建的这套轧管机组的设计年产量为50万t，产品主要为石油套管、管线管、不锈钢管等。

日本住友金属工业公司为兴建此套新型的大直径限动芯棒连轧管机组做了长时间的调研，设计时间长达2年。在生产设备配置和生产工艺的制定上与伏尔加钢管厂的Φ426mm限动芯棒连轧管机组相比有了很大的进步。日本住友金属工业公司和歌山厂(简称和歌山厂)在设备配置上实现了炼钢—炉外精炼—连铸—轧钢四位一体，在工艺布置上使圆坯连铸机和限动芯棒连轧管机组相连。和歌山厂Φ426mm限动芯棒连轧管机组采用步进式加热炉对管坯进行倍尺加热和用行星式旋转热锯将管坯切成定尺长度，解决了连铸管坯切断能力不足的问题。目前国内外许多钢管企业的生产实践已证明，采用连铸圆坯生产的钢管的质量比用轧坯好，基本上无缺陷。因此，应该说该轧管机组已经具有连铸管坯热送热装的条件，但从目前所掌握的资料看也仅限于“直接连接”的水平而已，尚未实现钢管界所期

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年经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1年的冶金情报课题研究工作。



万方数据

待的连铸管坯热送热装技术的突破[12]。

3.3.1 圆坯连铸机

和歌山厂Φ426mm限动芯棒连轧管机组配套建设了1台六流圆坯连铸机，设计年生产能力为96万t。

该连铸机生产的圆坯除供Φ426mm限动芯棒连轧管机组外，还供其他2套中小直径轧管机组轧管。该六流圆坯连铸机是多点矫直的弧型连铸机，其设备布置见图9所示。

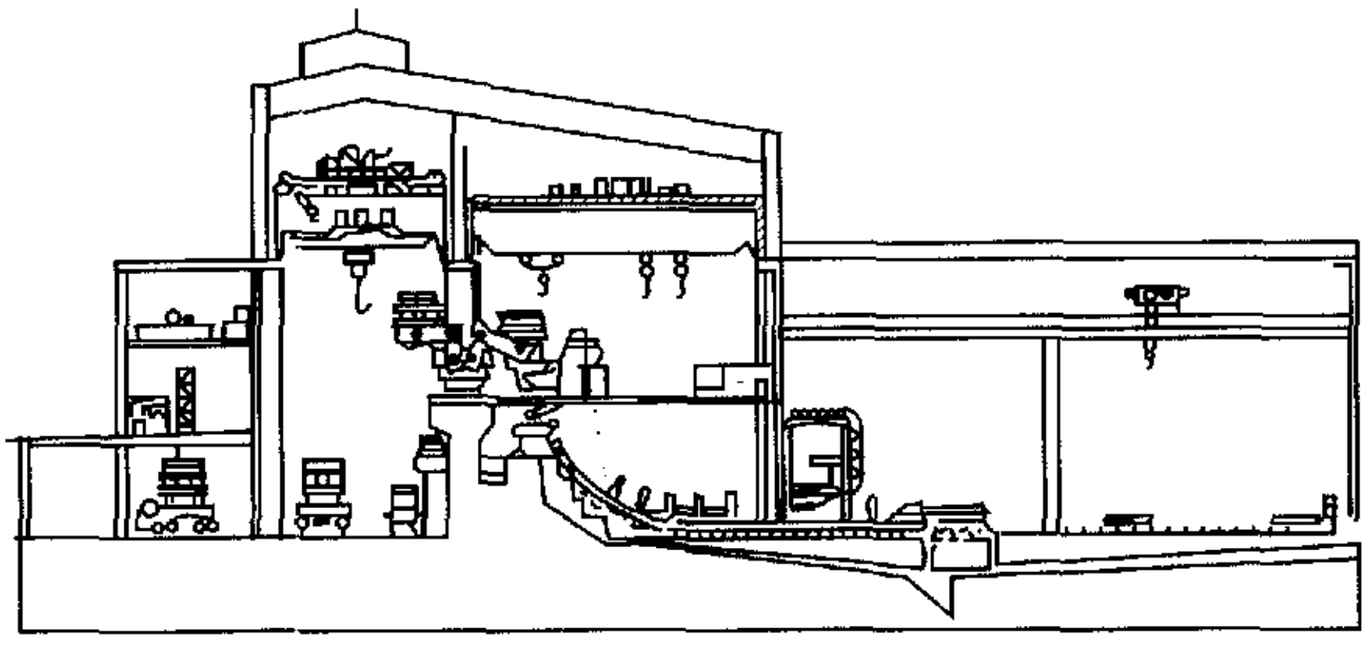


图9 和歌山厂六流弧型圆坯连铸机设备布置示意

和歌山厂六流弧型圆坯连铸机于1996年7月建成投产后一直运行顺利，圆坯连铸率近乎100%。供连铸机的每炉钢水量约为160t，中间包的容量为50t。为了提高连铸管坯的质量和生产效率，在该连铸机上采用了下列先进的技术装置和自动控制系统：

(1)液压自动调幅振动装置。该装置可根据所浇铸钢种和浇注速度的不同，选择最佳的振动参数和振幅，以使圆管坯凝固均匀，减少管坯皮下夹杂物的产生。

(2)涡流传感器。采用涡流传感器可以稳定控制结晶器中的钢液面。

(3)中间包等离子加热器。等离子加热器可使中间包内的钢液温度波动范围很小，仅在5℃左右，因此采用等离子加热器的温度补偿功能，能有效地防止浇注事故的发生，也能使容易堵塞的小断面结晶器的浇注顺利进行。

(4)自动化操作技术系统。该圆坯连铸机在6流同时开浇时，必须采用自动化操作才能完成，该自动化操作系统可根据所浇铸的钢种和结晶器断面情况选择最佳的浇注条件和浇注速度。

(5)管坯质量检查系统。管坯质量检查系统中包括拉漏检测子系统和不合格管坯的自动报警子系统，可及时发现管坯有无拉漏现象，有效地防止不合格品的产生[13]。

和歌山厂六流弧型圆坯连铸机的技术参数如下：

| | |
|---|---|
| 设备型式 | 多点弯曲型 |
| 弯曲半径 | 10.5m |
| 流数 | 6流 |
| 设备长度 | 41m |
| 结晶器尺寸 | Φ191mm, Φ225mm, Φ310mm, Φ360mm |
| 空芯引锭杆送入方式 | 下送 |
| 最大浇注速度 | 3.5m/min |
| 中间包容量 | 50t |
| 中间包加热器 | 等离子双炬加热 |
| 结晶器液面控制 | 涡流传感器检测 |
| 结晶器流量控制 | 带分级缸的滑动水口 |
| 振动装置 | 液压传动 |
| 二冷区型式 | 气–水喷雾 |
| 二冷区长度 | 8m |

3.3.2 加热炉

和歌山厂Φ426mm限动芯棒连轧管机组的加热炉为步进式，可对管坯进行十分均匀的加热。该加热炉的加热能力为200t/h，即每小时可加热Φ360mm的管坯70支或Φ310mm的管坯87支或Φ225mm的管坯120支。

步进式加热炉与环形炉相比有以下优点：

(1)炉底面积利用率高，在相同产量下步进炉的炉底面积仅是环形炉的60%左右；

(2)管坯可上下左右四面加热，缩短了管坯在



万方数据

炉内的加热时间，管坯的金属氧化少，燃料单耗可降低约10%；

(3)由于管坯四面加热，因此加热温度均匀，再加之管坯和步进梁的接触面少，故在轧制过程中它们的温度易与其他部位相一致，因此钢管产品的金相组织更加均匀；

(4)可以对多倍尺的长管坯进行加热，这改变了从连铸机到环形炉和穿孔机之间的生产工艺，而且是实现连铸管坯热送热装的必备条件；

(5)占地面积小，便于厂房柱网布置。

据估算包括厂房在内，采用步进式加热炉的投资和采用环形炉相差不多。

由于步进式加热炉有上述优点，预计在高产量轧管机组中步进式加热炉将会进一步地得到推广应用。

### 3.3.3 穿孔机

和歌山厂Φ426mm限动芯棒连轧管机组的穿孔机为双支撑锥辊式穿孔机，并采用了日本住友金属工业公司发明的高交叉角穿孔专利技术。该锥辊式穿孔机由德国德马克公司制造，穿孔机的主电机为2台，每台的功率为6 000kW。该锥辊式穿孔机的辗轧角为20°，延伸系数为4。锥辊式穿孔机采用大的喂入角和辗轧角，穿孔速度比普通曼式穿孔机提高50%，达到1.5m/s，穿孔效率可高达90%以上，扩孔率达到1.4，是一种高速高效穿孔机。由于锥形辊的直径沿穿孔出口方向逐渐加大，与穿孔时金属流动速度逐渐增加相一致，从而减小了作用在管坯上的周向剪切应力，减少了毛管内外表面上的缺陷，因此，和歌山厂的锥辊式穿孔机对高合金管坯如不锈钢、镍基合金钢等也能顺利地进行穿孔（这些合金钢管过去一般是用水力穿孔加挤压工艺生产的）。用锥辊式穿孔机对高合金钢进行穿孔，不但能保证质量，而且提高了金属收得率和钢管精度。

由于该锥辊式穿孔机的穿孔效率高，扩孔率大，因此仅采用3种规格（Φ225，310，360mm）的管坯就可生产出外径范围很宽（140~426mm）的钢管。该穿孔机轧制变形情况见表17。

表17 和歌山厂锥辊式穿孔机轧制变形情况

| 管坯直径 /mm | 长度 /m | 毛管直径 /mm | 毛管最大长度 /m | 最大延伸系数 |
|---|---|---|---|---|
| 225 | 8 | 240~290 | 12 | 4.0 |
| 225 | 8 | 308~318 | 12 | 4.0 |
| 310 | 8 | 416~426 | 12 | 4.0 |
| 360 | 8 | 473~493 | 12 | 4.0 |

### 3.3.4 Φ426mm限动芯棒连轧管机

和歌山厂Φ426mm限动芯棒连轧管机为5机架紧凑式布置，主电机功率为13 000kW，延伸系数为3.4，轧机的设计和制造商为因西公司。该连轧管机的设计年产量为50万t，可轧制外径210~480mm，长度可达28m的荒管[14]。与伏尔加钢管厂的Φ426mm7机架限动芯棒连轧管机相比，和歌山厂5机架限动芯棒连轧管机的设备总重量要轻得多，从而降低了设备造价和施工安装费用。少机架限动芯棒连轧管机的发展是建立在改变金属变形分配比的基础上的，也就是将连轧管机承担的纵向轧制大延伸任务，向上工序横向变形的穿孔机上转移一部分，而连轧机的轧制特性不变，这是在有效改进连铸圆管坯质量，斜轧穿孔工艺技术取得重大进步的前提下逐步实现的。

因西公司对4~5机架的限动芯棒连轧管机作过大量的理论分析和模拟实验，其研究结果如下：

(1)使用5机架可以保持限动芯棒连轧管机的所有优点，最大延伸系数为3.8，荒管有较大的壁厚范围，径壁比可达42，荒管最大长度可达30m，具有较高的生产率和金属收得率。

(2)使用4机架可以保持产品高质量的优点，最大延伸系数为2.8，荒管最大长度限制在24m以内，径壁比为35，但轧制薄壁管受到一定限制。

(3)使用4机架限动芯棒连轧管机，当年产量在10万t以下时，与其他机型相比，4机架连轧管机仍具有竞争力，且可较容易地增加1个机架，具备5机架连轧管机的工艺特性[15]。

和歌山厂Φ426mm限动芯棒连轧管机的生产实践证实了因西公司5机架限动芯棒连轧管机的设计和制造是成功的。该Φ426mm限动芯棒连轧管机轧制荒管的变形情况见表18。

表18 和歌山厂Φ426mm限动芯棒连轧管机轧制变形情况

| 毛管直径 /mm | 长度 /m | 荒管直径 /mm | 荒管最大长度 /m | 最大延伸系数 |
|---|---|---|---|---|
| 240~290 | 12 | 210~242 | 28 | 3.4 |
| 308~318 | 12 | 276~308 | 28 | 3.4 |
| 416~426 | 12 | 382~414 | 28 | 3.4 |
| 473~493 | 12 | 448~480 | 28 | 3.4 |

### 3.3.5 脱管/定径机

该连轧管机组的脱管/定径机为12机架三辊式，



万方数据

采用三辊可调的定径机 (FQS) 可以使钢管的直径精度提高，与三辊定径机相比，三辊定径机具有更大的调整范围，而不会影响外径公差。和歌山厂12机架三辊定径机的轧制变形情况见表19。

表19 和歌山厂12机架三辊定径机轧制变形情况

| 荒管直径/mm | 长度/m | 定径后钢管直径/mm | 定径后钢管最大长度/m | 定径后钢管最大减径率/% |
|---|---|---|---|---|
| 210~242 | 28 | 139.7~190.7 | 31 | 32.6 |
| 276~308 | 28 | 193.7~254.0 | 31 | 32.6 |
| 382~414 | 28 | 267.4~355.6 | 31 | 32.6 |
| 448~480 | 28 | 359.3~426.0 | 31 | 32.6 |

### 3.3.6 Φ426mm连轧管机组采用的先进技术和设备

(1)和歌山厂Φ426mm限动芯棒连轧管机采用了先进的工艺过程自动控制技术。在钢管轧制过程中采用闭环自动控制系统，使轧制过程处于最佳状态，能对钢管的温度分布和机械弹性变形予以补偿，因此所轧制的钢管质量好、尺寸精度高，金属收得率提高。

早期的限动芯棒连轧管机轧辊采用机械压下装置，轧制前调整好轧辊（因轧制过程中轧辊无法调整）；后来采用机械压下和短行程（30~70mm）液压小舱控制装置，前者用于轧制前的轧辊预调，后者可在轧制过程中对轧辊进行微调；20世纪90年代初开发了长行程（70~200mm）液压小舱控制系统，可在轧制过程中调整轧辊位置，其反应快速(0.02~0.04s)，调节精度高（±0.005mm），可调节最后两架轧机的轧制压力，还可将钢管管端轧薄以减少钢管在张力减径过程中的切头损失。

(2)日本住友金属工业公司在Φ426mm限动芯棒连轧管生产线上采用了钢管在线热处理技术。在热轧石油管和管线管的生产过程中，利用轧后余热进行常化或淬火，然后在同火炉中回火，已成为钢管生产工艺改革的一个重要发展趋势。这项技术在日本四大钢管厂家中都得到运用，技术水平也最高，目前已成功地生产出C75、N80、P110级石油钢管和相应钢级的管线管。

钢管在线热处理可以大大减少生产石油管和管线管的能源消耗，降低成本，节省厂房和设备的投资。

日本住友金属工业公司在Φ426mm限动芯棒连轧管机组生产线上设置了淬火设备（Q炉）和回火设备（T炉），不仅油井用管等普通产品，而且铬系、奥氏体不锈钢管，以及高韧性、高耐蚀性等高级产品都可进行在线热处理。

(3)采用先进的自动化控制技术。和歌山厂Φ426mm限动芯棒连轧管机组的自动化程度很高，设置有专用计算机控制整条生产线，从圆坯连铸、连轧到钢管热处理炉都可实现自动化操作；成品管实现了计算机管理，包括从圆坯浇注到成品管发货的全过程跟踪。在线设置的超声波探伤仪共有108个通道可以对钢管的全长进行全面探伤，保证了所生产钢管的高质量。

### 3.3.7 Φ426mm连轧管机组生产情况

日本住友金属工业公司有关部门负责人2001年在原攀钢集团成都无缝钢管有限责任公司交流时认为，在和歌山厂所建的Φ426mm限动芯棒连轧管机从整体上来看是成功的，设备投产后工作稳定，与所取代的自动轧管机组相比，所生产钢管产品的质量高，生产成本下降，产品售后未出现大的质量异议。不过，日本住友金属工业公司建设的Φ426mm限动芯棒连轧管机组仍有两点不足之处：一是投资额失控，耗资高达800亿日元；二是Φ426mm限动芯棒连轧管机组的达产不如预想的顺利，约花了4年时间。据《日经产业新闻》报道，1997年2月新机组投产后，日本住友金属工业公司原打算在该年中期待老机组停产后，让新机组转入全负荷生产，但到该年8月份，Φ426mm限动芯棒连轧管机组的月产量仍停留在1万t的水平上。日本住友金属工业公司有关部门解释，新机组月产量水平低的原因主要是为适应接踵而来的世界各大石油公司新产品供应的要求，优先进行了新产品试制和试运行，以广泛招揽用户和扩大出口市场，故决定推迟到1998年初再进行全负荷正常生产。不过从该机组1999年钢管产量约为30万t，2000年达到约40万t，2001年基本达到设计产量50万t的情况看，调整好大直径限动芯棒连轧管机组的设备，掌握好生产工艺，并达到设计产量确实需要较长的一段时间，即使是生产很在行的大公司。

## 4 参考文献

1 金如崧. 论无缝钢管生产的当代水平[J]. 宝钢技术, 1998, (2): 1~7.
2 侯 毅. 轧管技术发展及展望[J]. 轧钢, 1997, (3): 24~27.
3 陈本伦, 易兴斌. 国内外无缝钢管生产现状与发展[J]. 钢铁技术, 1999, (1): 26~34.
4 李长穆, 等编译. 现代钢管生产[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1982. 78~83.



万方数据

5 严圣祥、钟倩霞.世界上限动芯棒连轧管机的应用和发展(续 二)[J]. 钢管，1991，20(4)：1~10.
6 殷国茂、杜厚益. 原苏联无缝钢管生产及厂家介绍(上)[J]. 钢管，1994，23(1)：1~9.
7 殷国茂、周云南，等. 独联体连轧管机组的生产与发展[J]. 钢管，1994，23(2)：1~6.
8 В.М. Друян, Ю.Г.Крупман. Производство стальных труб [M] . Москва：Металлургия，1989. 146~158.
9 С.Г.Чикалов, М.М.Фадеев. Исследование работы технологического инструмента непрерывного стана ТПА 159-426[J]. Сталь , 1999, (3)：38~43.
10 С.Г.Чикалов, М.М.Фадеев. Исследование точности труб из непрерывнолитых заготовок, прокатанных на ТПА 159-426[J]. Сталь, 2001, (3)：47~51.
11 В.Г.Саломатов, В.Ю.Кузнецов. Освоение производства обсадных труб высокого качества[J]. Сталь, 1999, (11)：65~67.
12 王三云. 钢管生产技术的进步和发展趋势[J]. 钢铁厂设计，2000，(4)：28~34.
13 曹长娥编译. 日本住友金属工业公司和歌山制铁所1号圆管坯连铸机的建设和操作[J]. 钢管，1999，28(4)：51~54.
14 日本住友金属工业公司和歌山厂中口径无缝钢管机组建成投产[N]. 铁钢新闻，1997-04-15.
15 郑治平，于业奎. 限动芯棒连轧管机工艺技术的发展[J]. 钢管，1999，28(5)：1~6.

（续 完）

（收稿日期：2002-10-28）

## ●信 息

### 德国SMS Meer公司与本特勒钢管厂签订技术改造项目合同

位于德国丁斯拉肯(DINSLAKEN)市的本特勒钢管厂同SMS Meer公司签订了合同，采用SMS Meer公司的CARTA自动化系统，对现有顶管机组生产线上的斜轧穿孔机进行技术改造。

现有的28机架张力减径机，每个机架带一个驱动电机，生产钢管范围Φ25.0~153.7mm，钢管最大壁厚为20mm。采用CARTA工艺软件可完善整个生产工艺过程。

其具体的功能系统分为：

(1)计划系统。用于计算静止转速、孔型、轧制工具数据和CEC，WTCA，WTCL的预调。

(2)管端控制系统(CEC)。由此减少由于受张力减径机工艺限制引起的管端增厚。

(3)平均壁厚控制系统(WTCA)。对28个电机的转速进行调节，根据每根荒管的平均壁厚进行调节，达到精确的成品管平均壁厚。

(4)局部壁厚控制系统(WTCL)。通过调节电机转速控制钢管局部壁厚，均衡荒管已经产生的壁厚偏差。

(5)机架管理系统。最佳完善轧制机架的管理和再加工。

基础自动化系统包括工艺检测系统和新型物料跟踪系统，现有的钢管数据测量系统将同整个自动化系统相连。整个自动化系统的安装调试均由SMS Meer公司进行。

该系统的实施使轧机达到一个新的水平，可提高钢管成材率，减小钢管壁厚偏差。

从2003年4~6月，基础自动化和CARTA系统的安装调试均在正常的生产条件下进行，只需短暂的停产即可安装完毕。

（郭 桦）

### 俄联合冶金公司建设Φ1420mm直缝埋弧焊管机组进展顺利

由于对大口径油气输送管在俄罗斯国内市场上的销售前景十分看好，俄罗斯联合冶金公司最近已投入巨资改造维克松钢厂的大口径焊管生产车间，从德国SMS Meer 公司引进1套现代化的Φ1 420mm直缝埋弧焊管机组。

据俄媒体报道，俄罗斯天然气工业股份公司代表团近日对俄联合冶金公司维克松钢厂大口径油气输送管车间的改造情况作了现场考察，对改造的进展情况满意，并表示一旦维克松钢厂Φ1 420mm直缝埋弧焊管机组建成投产，俄天然气工业股份公司将不再从国外进口Φ1 420mm直缝埋弧焊管，但前提条件是维克松钢厂生产的大口径油气输送管的质量必须高于国外同类产品。俄天然气工业股份公司还同联合冶金公司签订了在2005年后每年从联合冶金公司采购10万t Φ1 420mm直缝埋弧焊管的意向性协议。预计维克松钢厂大口径焊管车间将在2004年底完成全部改造任务，并在2005年初生产出目前俄罗斯只能从国外进口的Φ1 420mm直缝埋弧焊管。

（攀钢集团成都钢铁有限责任公司 杜厚益）



万方数据