

连轧管技术未来发展方向展望

欧阳建, 穆东

(中冶赛迪技术研究中心有限公司, 重庆 401122)

摘要: 介绍了国内外连轧管技术的发展现状, 预测了连轧管技术未来的发展方向。指出, 连轧管技术尤其是三辊连轧管技术是淘汰落后产能、实现无缝钢管行业转型升级的主要发展方向, 但该技术仍然存在部分技术瓶颈。从提效降耗、智能制造、绿色生产的角度出发, 使用新工艺、智能化和新装备解决热轧无缝钢管的瓶颈和共性问题, 研发新一代高效、高品质、绿色、智能的连轧管技术, 将是无缝钢管领域顺应转型发展需求, 保持未来连续稳定发展的趋势。

关键词: 无缝钢管; 连轧管技术; 现状; 技术瓶颈; 发展方向

DOI:10.19938/j.steelpipe.1001-2311.2021.1.07.12

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Prospect of Future Development Direction of Mandrel Mill Pipe-rolling Technology

OUYANG Jian, Mu Dong

(Technology Research Center of CISDI Engineering Co., Ltd., Chongqing 401122, China)

Abstract: Elaborated here in the paper is the present situation of the development of the mandrel mill pipe-rolling technologies at home and abroad, and also forecast is the future development direction of the technologies. Although the mandrel mill technology, particularly the three-roll mandrel mill technology is taken as the main development direction to eliminate the backward production capacity and realize the transformation & upgrading of the seamless steel pipe industry, there are till certain technical bottlenecks with it. From the perspectives of improving efficiency, reducing consumption, intelligent manufacturing and green production, it will be the trend for seamless steel pipe-making field to meet the transformation development demand and maintain the long-term and stable development in the future to solve the bottlenecks and common problems of the hot-rolled seamless steel pipe technology by using the-state-of-art technology, intelligence and newly-developed equipment, and developing a new generation mandrel mill technology as featuring high-efficiency, high-quality, greenness and intelligence.

Key words: seamless pipe; technology of mandrel mill; present situation; technical bottleneck; development direction

1 热轧无缝钢管技术发展现状

热轧无缝钢管生产机组主要有连轧管机组、CPE 机组、二辊斜轧管机组(Accu-Roll 机组)、三辊斜轧管机组(Assel 机组)、挤压机组、大顶管机组、周期轧管机组(皮尔格机组)、热扩管机组等^[1]。其中, 连轧管机组以其高效、高产、优质、低耗等突出优点已成为热轧无缝钢管生产的主流机型^[2-6],

至今已完成多次升级换代。近年来, 无论是国内还是国外, 热轧无缝钢管新建产能中 90%以上均为连轧管机组。

连轧管机组自 20 世纪 80 年代诞生以来, 就得到了国内外的广泛青睐和长足发展, 先后经历了由全浮动到限动、由电动压下到伺服压下、由二辊到三辊的发展变化^[7-9], 其产品的表面质量、壁厚精度、成材率已进一步提高, 可轧制产品的规格、品种进一步扩大, 相对于其他轧管机组的优势更加明显。自从 2003 年德国 Meer 公司发明三辊连轧管机

欧阳建(1984-), 男, 高级工程师, 主要从事钢管生产工艺设计及研究工作。

以来,三辊+限动+伺服压下的连轧管技术已成为发展主旋律^[10]。

1.1 国内连轧管技术发展现状

目前,国内已建及在建投产的连轧管机组共有45套,在建的主要包括江苏诚德钢管股份有限公

司1套、江苏常宝普莱森钢管有限公司1套、河南安阳龙腾热处理材料有限公司1套和河北承德建龙特殊钢有限公司1套,国内连轧管机组建设情况具体见表1。此外,另有几家企业也在酝酿建设新的连轧管机组。

表1 目前国内连轧管机组建设情况

公司名	机组规格/mm	投产年份	产地	产能/(万t·a ⁻¹) ^③	连轧管机型式	产品规格/mm	换辊方式
宝山钢铁股份有限公司	Φ140	1985	德国	50/80	8机架两辊+浮动	Φ21.3~177.8	双向侧换式
天津钢管集团股份有限公司	Φ250	1996	意大利	52/90	7机架两辊+限动	Φ114.3~273	双向侧换式
衡阳华菱钢管有限公司	Φ89 ^①	1997	德国	30/30 ^③	6机架两辊+半浮	Φ25~89(127)	单向侧换式
内蒙古包钢钢联股份有限公司钢管公司	Φ180	2000	意大利	20/35	5机架两辊+限动	Φ60~244.5	
天津钢管集团股份有限公司	Φ168	2003	德国	25/60	VRS+5机架三辊+半浮	Φ32~168	轴向隧道式
鞍钢集团无缝钢管厂	Φ159	2003	德国	16/25	5机架两辊+限动	Φ73~159	单向侧换式
衡阳华菱钢管有限公司	Φ340	2004	意大利	50/70	VRS+5机架两辊+限动	Φ133~340	
攀钢集团成都钢钒有限公司	Φ340 ^②	2005	意大利	50/80	VRS+5机架两辊+限动	Φ139.7~365.1	单向侧换式
南通特殊钢有限公司	Φ159	2005	中国	10/10	8机架两辊+限动	Φ73~159	轴向隧道式
无锡西姆莱斯石油专用管制造有限公司	Φ273 ^②	2006	中国	35/50	5机架两辊+限动	Φ73~273	
天津钢管集团股份有限公司	Φ460	2007	德国	50/90	5机架三辊+限动	Φ219~460	轴向隧道式
攀钢集团成都钢钒有限公司	Φ177 ^②	2007	意大利	35/40	VRS+5机架三辊+限动	Φ48.3~177.8	
天津钢管集团股份有限公司	Φ258	2008	德国	50/60	6机架三辊+限动	Φ114~245	单向侧换式
鞍钢集团无缝钢管厂	Φ180	2008	德国	25/30	VRS+5机架三辊	Φ73~178	
安徽天大石油管材股份有限公司	Φ273	2009	德国	50/60	6机架三辊+限动	Φ114~340	轴向隧道式
山东墨龙石油机械股份有限公司	Φ180	2010	中国	40/35	VRS+5机架三辊+限动	Φ60~180	
辽阳西姆莱斯石油专用管制造有限公司	Φ114 ^②	2010	中国	30/20	6机架两辊+限动	Φ60.3~140	单向侧换式
烟台鲁宝钢管有限责任公司	Φ460	2011	德国	60/80	5机架三辊+限动	Φ244.5~460	轴向隧道式
黑龙江建龙钢铁有限公司	Φ180	2011	意大利	45/40	6机架三辊+限动	Φ60~180	
江苏华菱特钢有限公司	Φ258	2011	德国	50/60	6机架三辊+限动	Φ114~340	单向侧换式
新疆巴州西姆莱斯石油专用管制造有限公司	Φ366 ^②	2011	中国	40/40	6机架三辊+限动	Φ140~366	
内蒙古包钢钢联股份有限公司钢管公司	Φ159	2011	德国	40/40	6机架三辊+限动	Φ38~168.3	轴向隧道式
	Φ460	2011	德国	60/80	5机架三辊+限动	Φ244.5~457	
林州凤宝管业有限公司	Φ180	2011	中国	40/35	VRS+5机架三辊	Φ60~180	轴向隧道式
江苏天淮钢管有限公司	Φ508	2012	德国	50/80	5机架三辊+限动	Φ244.5~508	单向侧换式
江阴华润制钢有限公司	Φ159	2012	意大利	40/40	VRS+5机架三辊	Φ48~178	
衡阳华菱钢管有限公司	Φ180	2012	德国	50/40	6机架三辊+限动	Φ114~180	单向侧换式
江苏诚德钢管股份有限公司	Φ76	2012	中国	6	3机架三辊+限动	Φ42~76	
天津精通无缝钢管有限公司	Φ180 ^②	2013	中国	35	6机架两辊+限动	Φ60.3~177.8	单向侧换式
林州凤宝管业有限公司	Φ89	2017	中国	20	6机架三辊+限动	Φ32~89	
辽宁天丰特殊工具制造股份有限公司	Φ89	2017	中国	8	短流程4机架MPM	Φ38~89	单向侧换式
山东磐金钢管制造有限公司(隶属于山东鲁丽集团)	Φ180	2018	中国	40×2 ^④	6机架两辊+限动	Φ32~180	
	Φ273	2019	中国	60×2 ^④	5机架三辊+限动	Φ180~356	
山东金正阳管业有限公司	Φ180	2019	中国	50×2 ^④	6机架三辊+限动	Φ60~180	轴向隧道式
	Φ180	2018	中国	40	6机架三辊+限动	Φ60~180	

续表

公司名	机组规格/mm	投产年份	产地	产能/($10^4 \text{t} \cdot \text{a}^{-1}$)	连轧管机型式	产品规格/mm	换辊方式
重庆钢铁(集团)有限责任公司	Φ114	2019	中国	15	6机架两辊+限动	Φ32~114.3	
达力普控股有限公司	Φ159	2019	中国	30	5机架三辊+限动	Φ73~159	单向侧换式
衡阳华菱钢管有限公司	Φ89 ^①	2019	中国	20	6机架三辊+限动	Φ48~114.3	
内蒙古包钢钢联股份有限公司钢管公司	Φ100改造	2020	中国	12	6机架三辊+限动	Φ25~89	轴向隧道式
江苏诚德钢管股份有限公司	Φ127	在建	中国	20	5机架三辊+限动	Φ42~114.3	
河南安阳龙腾热处理材料有限公司	Φ114	在建	中国	20	6机架三辊+限动	Φ32~114.3	单向侧换式
河北承德建龙特殊钢有限公司	Φ258	在建	中国	50	6机架三辊+限动	Φ114~273	
江苏常宝普莱森钢管有限公司	Φ159	在建	德国	30	6机架三辊+限动	Φ51~159	双向侧换式

注：①Φ89 mm 机组已由原来的二辊连轧改造成了三辊连轧；②该机组已关停；③设计产能/实际产能；④分别有 2 套。

从表 1 可以看出，自 2013 年以来，国内已建和在建的 18 套连轧管机组中，有 17 套为国产，国产率高达 94%；13 套为三辊+限动+伺服压下的主流配置，比例超 70%，且大多都应用了工艺控制模型、连轧管机削尖等前沿技术。经过多年不断的引进—消化吸收—升级引进—消化吸收，国内连轧管技术在理论认知、设计、装备配置和生产应用方面都已经与国外最先进水平不分伯仲。

1.2 国外连轧管技术发展现状

连轧管机组各阶段技术的发展均起源于国外，主要掌握在德国 SMS Meer 公司和意大利 Danieli 公司手中：德国 SMS Meer 公司收购 Innse 公司，与其原有的钢管穿孔机、定(减)径机等产品相结合，为客户提供连轧管线全线成套机械设备；意大利 Danieli 公司成立 Centro Tube 子公司，并与拥有减径机成套技术的 Kocks 公司合作，可为客户提供连轧管机电液设备总成套。德国 SMS Meer 公司和意大利 Danieli 公司在全球的主要连轧管机供货业绩见表 2~3。

从表 2~3 可以看出，2012 年以后，这两家公司在国内的供货业绩已寥寥无几。可见，随着国产化连轧管机组核心技术的不断进步和完善，众多无缝钢管企业对国产技术的认可和信任也逐渐增强，核心技术和装备的国产化市场正在逐渐培育和兴起。

近年来，德国 SMS Meer 公司和意大利 Danieli 公司先后开发出了号称更加完善的双向侧开换辊式三辊连轧管机组(BCO)。笔者认为，相较于常规单向侧开换辊式三辊连轧管机组，由于其液压小仓对称安装在牌坊上，理论上讲，使得轧管机主体压

下机构稳定、简单可靠，周向刚性更好；同时，处理轧管机内堆钢事故时更加简单快捷。此外，采用这种双侧大角度下传动的结构布置方式，可有效避免轧辊冷却水冲刷飞溅而腐蚀下传动轴及减速机，后者在单向侧开换辊式三辊连轧管机组中是普遍存在的较难解决问题。

目前，国内唯一一套双向侧开换辊式三辊连轧管机组正在江苏常宝普莱森钢管有限公司工程建设中，2021 年有望建成投产。

2 连轧管技术未来发展方向展望

多年的理论和实践表明，连轧管特别是三辊连轧管技术将是淘汰落后产能，实现无缝钢管行业转型升级的主要发展方向^[11-13]，市场前景广阔。但无论是国内还是国外，连轧管技术发展到现在，仍然面临着几大技术瓶颈，主要体现在以下 7 个方面。

(1) 从机组大小来看，目前市场上成熟应用的连轧管机组最大直径为 508 mm^[14]，尚无法覆盖超大直径(比如 Φ720 mm)无缝钢管的生产。生产无缝钢管的机组很多，但能够生产 Φ508 mm 以上规格无缝钢管的机组只局限于大顶管轧管机、挤压机组、周期轧管机和扩管机组等，这些机组不仅能耗和金属消耗高，而且低下的自动化水平及生产效率无法满足未来转型发展新需求。因此，如何充分利用当下最先进最现代化的连轧管技术来生产大直径无缝钢管无疑是一个富有挑战性和机遇性的课题。

(2) 从机组规格组距来看，尽管连轧管机组标榜能生产的钢管规格组距能够适应径壁比 $D/S \leq 50$ ^[15]，但生产实践表明，现有连轧管机组在生产壁

表2 德国 SMS Meer 公司连轧管机主要业绩

机组规格	用户名称	建设年份	机组类型
Φ180	法国 V&M 集团牟尔海姆厂	1972	浮动和半浮动芯棒连轧管机组
Φ180	宝山钢铁股份有限公司	1979	
Φ180	法国 V&M 集团巴西公司	1995	
Φ89	衡阳华菱钢管有限公司	1996	
Φ406	Tenaris 意大利达尔明厂	1978	限动芯棒两辊连轧管机组 (MPM)
Φ340	Tenaris 墨西哥 Tamsa 厂	1983	
Φ245	美钢联费尔菲尔德厂	1983	
Φ180	Tenaris 加拿大 Algoma 厂	1986	
Φ273	法国 V&M 集团 Star 公司	1987	
Φ273	Tenaris 阿根廷希德尔卡厂	1988	
Φ425	俄罗斯 TMK 公司 Volzhsky 厂	1989	
Φ245	委内瑞拉 Sidor 厂	1990	
Φ168	俄罗斯阿赛洛米塔尔南非厂	1993	
Φ425	日本住友公司	1997	
Φ159	波兰 WRJ 钢管公司	1999	限动芯棒三辊连轧管机组 (PQF)
Φ159	鞍钢集团无缝钢管厂	2001	
Φ340	衡阳华菱钢管有限公司	2002	
Φ340	攀钢集团成都钢钒有限公司	2003	
Φ168	天津钢管集团股份有限公司	2001	
Φ460	天津钢管集团股份有限公司	2005	
Φ168	白俄罗斯 BMZ 厂	2005	
Φ273	俄罗斯 TMK 公司 Tagmet 公司	2006	
Φ180	印度 Jindal 公司	2006	
Φ168	印度 ISMT 公司	2006	
Φ258	天津钢管集团股份有限公司	2006	
Φ180	鞍钢集团无缝钢管厂	2006	
Φ273	安徽天大石油管材股份有限公司	2007	
Φ406	瓦卢瑞克 & 日本住友巴西公司	2007	
Φ460	烟台鲁宝钢管有限责任公司	2008	
Φ258	江苏华菱锡钢特钢有限公司	2008	
Φ180	Tenaris 墨西哥 Tamsa 厂	2008	
Φ100	法国 V&M 集团 Riesa 厂	2008	
Φ406	沙特阿拉伯阿米公司 Jubail 厂	2009	
Φ460	内蒙古包钢钢联股份有限公司钢管公司	2009	
Φ159	内蒙古包钢钢联股份有限公司钢管公司	2009	
Φ508	江苏天淮钢管有限公司	2009	
Φ180	衡阳华菱钢管有限公司	2010	
Φ219	TPCO America Corp	在建	
Φ159	江苏常宝普莱森钢管有限公司	在建	

厚 4 mm 以下极薄壁钢管时, 不仅容易导致产品表面产生孔洞、内直道、内折等缺陷, 金属成材率偏

表3 意大利 Danieli 公司连轧管机主要业绩

机组规格/mm	用户名称	建设年份	机组类型
Φ273	哈萨克斯坦巴浦洛达尔厂	2004	限动芯棒两辊连轧管机组
Φ180	攀钢集团成都钢钒有限公司	2005	限动芯棒三辊连轧管机组 (FQM)
Φ180	俄罗斯马克西集团	2005	
Φ365	沙特阿拉伯 Jesco 公司	2006	
Φ365	俄罗斯 Seversky 厂	2007	
Φ180	黑龙江建龙钢铁有限公司	2008	
Φ159	江阴华润制钢有限公司	2009	
Φ365	委内瑞拉 Sidor 厂	2009	
Φ180	法国 V&M 集团美国扬斯顿厂	2011	
Φ114	德国本特勒公司美国工厂	2012	

低, 而且轧制负荷高, 参与轧制的变形工具、装备零部件损耗大, 轧制过程容易失稳; 在生产 $D/S < 6$ 的特厚壁钢管时, 受连轧管孔型大小的限制, 在后续变形过程中又容易出现明显的内方缺陷。连轧管机组生产的产品规格范围受限, 直接导致了目前市场上极薄壁、特厚壁这两类无缝钢管由其他工艺技术、环保都相对落后的机型生产, 产品质量良莠不齐。

(3) 从生产效率来看, 现有连轧管机组换辊过程普遍依赖人工操作, 结合对不同企业的生产调研, 一次完整的换辊操作需要 50~180 min 不等, 耗时较长; 对于当前最具代表性的限动芯棒连轧管机组, 全线生产节奏(在线穿棒)难以实现所有目标规格在保证钢管质量的同时达到稳定轧制 120 根/h 的理论设定值, 究其技术“瓶颈”, 主要卡在芯棒限动循环连轧阶段的现有理论控制策略与实际生产控制过程无法完全匹配, 限动连轧过程控制策略有待进一步优化。

(4) 从生产质量管控来看, 现有产品质量跟踪、决策、控制更依赖人工检测反馈, 没有完善的信息跟踪反馈控制策略, 轧线作业率波动较大, 质量不稳定, 消耗较高。与其他无缝钢管生产机组相比, 连轧管机组拥有较高的自动化控制和监测水平, 可实现穿孔、连轧、定(减)径三大变形工序的工艺模型自动设定; 配备高速数据采集系统, 能对轧制数据进行实时存储、监控; 采用动态压下轧制技术, 减少切头损失, 平均金属成材率已达到 91%~92%, 在众多无缝钢管机组中处于

先进水平；配置在线尺寸检测系统，可实现热轧过程尺寸闭环控制；精整线配置高灵敏度无损探伤+人工检查，严格把控每一根下线钢管的质量等。但是，这些技术均局限于对热轧、精整局部区域的分区控制，并未实现全线(热轧+精整线)逐支物料跟踪，无法对全线数据进行关联、筛选和大数据分析，特别是不能把上述检验工序与轧制工序相关联，因此无法实现对产品质量缺陷的跟踪追溯以及对质量缺陷产生原因的自动综合评估，导致实际质量管控仍然比较困难。

(5) 从环保来看，现有连轧管机组在轧制过程产生的润滑剂及防氧化硼砂喷射均处于开放环境，除尘效果不理想，车间内石墨颗粒、硼砂颗粒、氧化铁粉浓度高，时刻威胁着操作人员的身体健康，与国家越趋严格的环保政策相悖。

(6) 从节能来看，现有的轧管工艺无论是从管坯连铸工序到热轧过程(通常温度从1 300 ℃→室温→1 200 ℃以上)，还是定径后钢管空冷过程(通常温度从900 ℃→100 ℃以下)，都存在大量的热能因没有合适的技术进行回收利用而白白损失，造成潜在的能源浪费。因此，从炼钢到无缝钢管生产制造全流程中，研发合适技术路线，实现热能利用是推进节能生产的技术关键。

(7) 从生产产品的品种来看，连轧管机组在生产高端无缝钢管品种(比如轴承管、高合金锅炉管、不锈钢管等)上具有一定的优势^[16]，但从实际应用效果来看，在生产这类品种时，无论是生产效率、成材率、生产成本还是产品合格率都有较大的提升空间。

综上所述，未来围绕着连轧管机组(尤其是三辊连轧管机组)，从提效降耗、智能制造、绿色生产的角度出发，研发新一代高效、高品质、绿色、智能的连轧管线技术，将是无缝钢管领域顺应转型发展需求、保持未来长续稳定发展的趋势，具体表现在以下四个方面。

(1) 加快工艺技术、设备结构、液压及自动化控制技术升级，开发高效高精度轧制技术、石墨硼砂烟尘防治技术、轧制石墨废水循环处理技术、新一代轧制工具材料及特殊涂层应用技术、轧制工具在线自动监控技术等，力求在长寿命、绿色、高效、高精度、高品质方面实现创新和突破，满足国家环保政策要求以及钢管生产企业对品质和效率的追求。

(2) 大力推进轧管工艺技术创新，实现管坯热送热装工艺技术、钢管在线控轧控冷技术、冷床区钢管余热回收技术、低温露点烟气余热回收技术、燃气烟气自驱动深度全热回收技术等，全面实现钢管生产过程的节能减排。

(3) 在结合生产实践总结的基础上，加强理论研究，从机理上深入研究导致现有连轧管机组大小及产品规格范围受限的主要原因及解决思路，有的放矢，一方面力争在特大直径、特厚壁无缝钢管的生产上实现突破，另一方面提高小直径、极薄壁和特厚壁无缝钢管的生产稳定性和产品质量，从而在“以热代冷”宏伟目标上更进一步。

(4) 围绕着连轧管机组，加快推进数字化、智能化发展。

中短期内实现高度自动化和数字化，包括：轧机换辊自动化、工艺模型自学习化、精整生产线高度自动化，提高设备稳定性和劳动生产率；开发钢管在线智慧检测技术、轧机控制技术及跟踪标记技术，实现热轧+精整全线物料跟踪，并以此为基础构建无缝钢管生产工艺参数、生产工具、产品质量相互匹配的数据分析系统，形成轧线质量保证体系，实现全数字化生产，提高质量稳定性和产品合格率；基于机器人、跟踪标记及MES生产管理系统应用，开发智能热处理线、智能探伤线、智能管加工线、智能接箍线等智能化精整线，在降本增效的同时，进一步助力无缝钢管终极产品档次升级及高新产品开发，实现无缝钢管产品从量变到质变过渡；开发无人天车、新型运输装置及立体仓库，打造智能管坯库、智能中间库、智能成品库，实现管坯、钢管转运少人化，推动厂内物流革命。

长期逐步布局智能化工厂：构建设备健康智能监控系统以及完善的智能生产线控制模块；普及智能立体仓库、无人仓管理、智能机器人应用等。全面打造基于生产、质量、设备、物流、绿色、安全、数字化等多个维度构建的无缝管智能工厂；从生产计划编制、全厂物流控制、产线全自动控制、原料及成品库智能化管理，到质量管理、设备健康管理、成本控制、精细化能源管理、集中管控全面实现少人化或无人化。

3 结 语

(1) 连轧管特别是三辊连轧管技术将是淘汰落后产能、实现无缝钢管行业转型升级的主要发展方

向之一,市场前景广阔。

(2) 国产化连轧管技术已取得长足发展,目前在理论认知、设计、装备配置和生产应用方面,都已经与国外最先进水平不分伯仲。

(3) 无论是国内还是国外,连轧管技术发展到现在,已经暴露出一些技术瓶颈,主要包括机组大小及产品规格范围受限,新形势下面临环保压力,在生产效率、产品质量、生产成本等方面存在一定短板。

(4) 围绕着连轧管机组(尤其是三辊连轧管机组),从提效降耗、智能制造、绿色生产的角度出发,研发新一代高效、高品质、绿色、智能的连轧管技术,加强理论研究与生产实践相结合,使用新工艺、新装备和智能化解决热轧无缝钢管的瓶颈和共性问题,将是无缝钢管领域顺应转型发展需求、保持未来长续稳定发展的趋势。

4 参考文献

- [1] 殷国茂. 我国无缝钢管行业飞速发展的5年和今后的思考[J]. 钢管, 2006, 35(1): 7-11; 2006, 35(2): 1-4.
- [2] 严泽生, 庄刚, 孙强. 世界热轧无缝钢管轧机的发展[J]. 中国冶金, 2011, 21(1): 7-11, 19.
- [3] 严泽生, 刘卫平, 孙强. 世界首套先进的三辊式连轧管机组成功投产[J]. 天津冶金, 2004(8): 3-6.
- [4] 易兴斌, 陈宝林. 连轧管机组与 Accu-Roll 轧管机组的比较[J]. 特殊钢, 2003, 23(1): 20-23.
- [5] 李元德, 朱燕玉, 贾立虹, 等. 连轧管机组发展历程及生产技术[J]. 钢管, 2010, 39(2): 1-13.
- [6] 陈碧楠. 三辊连轧管机的发展及分析对比[J]. 钢管, 2010, 39(3): 6-9.
- [7] 张良夫. 浅谈连轧管机生产技术的发展[J]. 轧钢, 2008, 25(3): 48-49, 65.
- [8] 冯志坚. 我国连轧管机组的建设与思考[J]. 钢管, 2013, 42(3): 16-21.
- [9] 周云南. 连轧管生产工艺的演变与选择[J]. 轧钢, 1997(5): 30-34.
- [10] 李群. 从MPM到PQF[J]. 钢管, 2007, 36(6): 19-24.
- [11] 王三云, 杨旭宁. 关于我国小型无缝钢管生产机组改造的探讨[J]. 钢管, 2012, 41(2): 9-14.
- [12] 张旦天, 钟锡弟. 我国无缝钢管生产技术装备水平现状[J]. 金属世界, 2012(3): 11-15.
- [13] 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.
- [14] 伍家强. $\Phi 508$ mm PQF 三辊连轧管机组的工艺装备特点[J]. 钢管, 2013, 42(3): 44-50.
- [15] 王旭午, 杨为国, 徐福昌, 等. $\Phi 460$ mm PQF 三辊连轧管机组的工艺装备优化及生产实践[J]. 钢管, 2014, 43(3): 49-53.
- [16] 严泽生, 刘卫平, 孙强. 世界首套先进的三辊式连轧管机组成功投产[J]. 天津冶金, 2004(6): 3-6, 65.

(收稿日期: 2020-12-21)

● 简 讯

《钢管》杂志从2021年第1期开始添加DOI号和开放科学(资源服务)标识码(OSID)

《钢管》杂志从2021年第1期开始在文章首页添加DOI号和开放科学(资源服务)标识码(OSID)。

DOI(Digital Object Identification)号是数字对象唯一标识码,具有唯一性、持久性和兼容性。《钢管》的DOI号为: 10.19938/j.steelpipe.1001-2311.YYYY.ZAA.BB。其中,“10.19938”由国际数字对象识别号基金会确定,是期刊在数字时代的“身份证”;“j”为期刊的文献标志代码;“steelpipe”为《钢管》英文名;“1001-2311”为《钢管》的ISSN国际标准连续出版物号;“YYYY”为出版年;“Z”为文章刊出的期号;“AA”为文章的开始页码;“BB”为文章的结束页码。DOI的添加,可以保护读者、作者和期刊出版单位的权益,对期刊进行终身标志,克服传统标志和链接方法的缺陷。

OSID(Open Science Identity)开放科学计划是由国家新闻出版署出版融合发展(武汉)重点实验室发起的一项促进学术交流,推动科研诚信的计划。OSID码中包含5项内容:作者介绍论文的语音;作者与读者在线交流;作者与读者互动交流精选问答合集;作者本篇论文的读者圈;论文附加说明(论文相关图片或视频)。《钢管》加入OSID计划可以丰富读者的阅读体验。

(本 刊)