

Development of Equipment and Process Technology for Continuous Rolling Steel Pipe Production in China

Tao Yi

Chengdu Advanced Metal Materials Research Institute Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610300, China

Abstract

This paper mainly focuses on the development of continuous rolling steel pipe production equipment and technology in China, and discusses its current situation, existing problems and future development trend. By comparing with the international advanced level, this paper analyzes the advantages and disadvantages of equipment automation, intelligence, production efficiency and product quality in China, and discusses the challenges of the current technology in detail. The paper also looks forward to the future development direction of continuous rolling steel pipe equipment technology in intelligent manufacturing, high-precision production and green environmental protection. Through the application of the Internet of Things, big data, intelligent equipment and other technologies, the production of continuous rolled steel pipe will usher in new changes and improvements.

Keywords

continuous rolling steel pipe; equipment technology; intelligent manufacturing

中国连轧钢管生产装备及工艺技术发展

易涛

成都先进金属材料研究院有限公司, 中国·四川成都 610300

摘要

论文主要围绕中国连轧钢管生产装备及工艺技术的发展进行深入分析, 探讨其现状、存在的问题及未来的发展趋势。通过与国际先进水平的对比, 分析了中国在装备自动化、智能化、生产效率及产品质量方面的优势与不足, 并详细论述了现阶段工艺技术面临的挑战。论文还展望了未来连轧钢管装备技术在智能制造、高精度生产以及绿色环保方面的发展方向。通过物联网、大数据、智能化装备等技术的应用, 连轧钢管生产将迎来新的变革与提升。

关键词

连轧钢管; 装备技术; 智能化制造

1 引言

连轧钢管作为现代工业生产中的重要材料, 广泛应用于石油、化工、能源和机械等领域, 其生产装备与工艺技术的发展直接影响着中国钢管产业的整体竞争力。在当今工业 4.0 背景下, 装备的自动化、智能化及绿色生产已成为提升连轧钢管生产效率和产品质量的核心。

2 中国连轧钢管生产装备与技术的现状分析

2.1 装备技术的整体水平与国际对比

中国在连轧钢管生产装备和技术领域的进步是显著的, 尤其是在核心装备的自主研发方面, 近年来实现了质的飞跃。然而与国际先进水平的差距依然存在, 尤其是在装备精度以及绿色环保工艺的应用上, 国际领先企业, 如欧洲、日

本和美国的钢管生产企业明显具有优势。尤其是这些国家和地区在智能制造系统的集成应用上达到了极高的水平, 使得生产流程更加高效与智能化。与此相比, 中国连轧钢管生产装备在某些方面接近了国际水准, 但仍然存在不足尤其在智能化与精密化的技术应用上还有待进一步加强。这种差距影响生产效率也限制了我国连轧钢管在高端市场的竞争力^[1]。

2.2 中国装备技术的优势与不足

2.2.1 设备自动化与智能化水平

从设备自动化和智能化水平来看, 中国连轧钢管生产装备自动化程度有了明显提高尤其在生产过程中的控制系统方面, 越来越多的企业开始采用自动控制技术。但与国际领先企业相比, 中国在智能化的水平上还有待提升。国际领先企业在智能检测以及预测性维护等方面具有更高的技术优势, 而中国在这些领域的投入和发展还处于相对初级的阶段。虽然近年来一些企业已经在探索物联网与大数据技术在生产中的应用, 但这类技术还没有在行业内形成普及的应用。由于缺乏全面的智能系统集成, 中国连轧钢管生产装备

【作者简介】易涛 (1981-), 中国四川成都人, 本科, 轧钢技师, 从事无缝钢管生产工艺及技术研究。

在自动化方面仍存在着较大的改进空间，这对未来生产效率的提升提出了新的要求。例如，宝钢集团作为中国钢铁行业的领军企业，近年来在连轧钢管生产的自动化与智能化方面取得了一些突破。宝钢引入了先进的自动控制系统，对关键设备进行实时监控和数据采集。并大数据分析，宝钢能够对设备运行状态进行评估从而进行预测性维护，避免了传统依赖人工检修的方式，减少了停机时间。然而，与国际领先的钢铁企业相比，宝钢在智能检测与全面系统集成方面仍有待提升。目前，宝钢正在加大对智能化技术的研发投入，力争在未来实现更高的生产自动化水平与智能制造能力。

2.2.2 生产效率与产品质量

生产效率和产品质量是衡量连轧钢管生产技术水平的重要标准，在这两个方面我国近年来取得了一定的进展，部分企业的生产线效率已经显著提升达到了较高的生产速度，然而，整体而言，中国的连轧钢管生产效率仍然低于国际先进水平，在生产高端钢管产品时，工艺稳定性有待提升。在产品质量方面，中国的钢管在尺寸精度、表面质量等方面具备了一定优势，但在材料内在质量和特殊性能的控制上与国际领先产品仍有差距。此等差距尤为体现在高端应用领域，如化工和核工业等对钢管性能要求极高的行业中，这反映出中国在精密控制和产品一致性方面的技术仍存在瓶颈需要进一步突破。

2.3 现有工艺技术的瓶颈与面临的挑战

2.3.1 工艺稳定性与适应性

连轧钢管生产工艺的稳定性和适应性同样是我国技术发展的一个重要限制因素。目前，中国的连轧钢管生产线基本能够满足大多数常规需求，但在应对高强度特殊钢种的生产时，工艺稳定性往往表现不足。这种情况在极端环境下的应用尤其明显导致部分高端产品仍需依赖进口。这影响中国钢管产业的技术水平，还在一定程度上制约了高端市场的开拓。而且，中国连轧工艺在应对不同市场需求的灵活性上也有待提升，如何让生产线具备快速调整的能力将是未来发展的关键之一^[2]。

2.3.2 节能减排与环保技术的应用

随着全球对环保要求的日益严格，钢管生产企业面临着愈加严峻的节能减排挑战。中国连轧钢管行业虽然在节能技术和环保设备的应用方面取得了一定的进展，但整体而言与国际先进水平相比仍然存在差距。尤其在能源利用效率、废气废水处理以及碳排放减少等方面，中国尚未形成系统化的解决方案这影响企业的绿色发展，也限制了其在国际市场上的竞争力。为应对这些挑战企业亟须在节能减排技术上加大研发力度，同时提升生产过程的环保性从而在未来的市场竞争中占据更有利的位置。例如，河北华菱钢管股份有限公司通过引进先进的节能减排技术积极应对环保挑战。在近年内，华菱钢管通过与科研机构合作成功研发了低能耗的连轧钢管生产工艺，大幅提高了能源利用效率，而且企业还投资

建设了废气废水处理系统，极大减少了污染物排放。据统计，该公司自实施新技术以来，碳排放量下降了15%，水资源回用率提升至80%以上。这一系列举措不仅提升了企业的环保水平，也使其在国际市场上的竞争力得到显著增强成为中国绿色制造的标杆企业。

3 连轧钢管生产装备与技术未来发展趋势

3.1 智能化与数字化制造的推进

3.1.1 物联网与大数据技术在连轧生产中的应用

未来连轧钢管生产装备的发展趋势之一是智能化与数字化制造的进一步推进，而物联网与大数据技术的应用将成为关键。在物联网的支持下各类生产设备将实现高效的通信与协同，设备间的信息传递更加顺畅。物联网能够将生产过程中实时产生的各类参数数据及时上传到中央控制系统帮助生产管理者更准确地把握生产节奏，并预测设备可能出现的故障避免生产中断。而这种智能化手段大幅提高了生产效率为实现无人化操作奠定了基础。而大数据技术的引入则更是锦上添花，利用对大量生产数据的分析与处理能够帮助优化生产流程，进一步提升设备的稳定性与生产效率。而且大数据在连轧钢管生产中的应用，意味着每一个数据点都将被充分利用来实现生产过程的持续优化，未来中国连轧钢管生产的智能化水平将因此获得质的飞跃^[3]。

3.1.2 智能装备的开发与推广

智能装备的开发与推广也是推动连轧钢管生产装备智能化的重要环节，在智能制造的时代背景下，智能化控制系统的研发成为未来发展的重点方向。未来，自动化轧制设备将与智能算法结合，利用通过自动学习与调整能够实时优化生产过程的各项工艺参数，保证产品质量的稳定性与一致性能够提升生产效率，还能够降低由于人工操作带来的误差与不确定性。中国连轧钢管生产企业在智能装备领域的研发投入，将直接影响未来技术升级的步伐与高度。而且随着5G和人工智能技术的普及，连轧钢管生产设备的远程控制与故障检测能力也将得到显著提升，实现生产过程的智能化管理已不再是遥远的梦想。

3.2 高精度、高效率生产装备的发展方向

3.2.1 精密轧制与控制技术的提升

高精度与高效率生产装备的提升是连轧钢管行业发展的重要方向之一，其中精密轧制与控制技术的进步尤为关键。随着连轧钢管行业对产品质量要求的不断提高，精密轧制技术不仅是生产过程中的核心环节也是提高产品精度的决定性因素。通过引入更加先进的数控系统，生产企业能够更准确地掌控钢管的各项关键参数，如钢管的直径以及壁厚等指标这些参数对最终产品的质量起着至关重要的作用。例如，在航空、航天、核电等高精尖领域，钢管的高精度要求尤其严格，这需要设备的精度提升还要求在整个生产过程中控制误差。高端数控系统能够根据实时数据调整工艺参数，

从而降低因人为因素或环境变化造成的误差，确保产品在批次间的一致性。因此，精密轧制与控制技术的升级提升了钢管产品的附加值，还帮助企业 在竞争激烈的高端市场中占据更为有利的位置。

3.2.2 装备的自动化、柔性化改进

在提升精密轧制技术的同时，连 轧钢管生产装备的自动化和柔性化改进也成为未来发展的重要趋势。随着市场需求的多样化、碎片化，传统的生产模式难以应对市场变化。柔性化生产技术则使得企业能够根据不同的订单需求，快速调整生产线灵活切换生产产品，确保多品种、小批量生产的高效进行。而自动化技术的应用，大大提高了生产的稳定性，自动化设备能够降低人为操作的失误率还能够 在高强度的生产环境下保持稳定运转。通过自动化和柔性化的结合，企业可有效缩短生产周期降低库存成本，提升市场响应速度。而且模块化设计的引入使得生产设备可以根据实际需求进行快速调整或升级，无需进行大规模的设备更换，从而进一步降低企业的资本投入。这种灵活高效的生产模式，帮助企业在激烈的市场竞争中保持竞争力，并为应对未来更复杂的市场挑战提供了保障。

通过不断提升生产装备的精密化、自动化和柔性化水平，连 轧钢管行业将在未来的全球竞争中获得更大的技术优势为行业的长远发展奠定了坚实基础。

3.3 环保与绿色生产技术的推广

3.3.1 清洁能源在生产中的应用

在环保与绿色生产技术的推广方面，连 轧钢管行业的未来发展将愈加关注清洁能源的应用与生产过程的低碳化。作为减少碳排放的有效途径，太阳能、风能等清洁能源的使用已成为企业实现环保目标的关键措施之一。这些可再生能源的应用能够有效替代传统的化石燃料，降低对有限资源的依赖还能显著减少二氧化碳及其他温室气体的排放，帮助企业满足日益严格的环保法规要求。随着国家政策对绿色生产的不断推动，越来越多的钢管生产企业将逐步转向依靠清洁能源的生产方式，能很好地符合国家的环保战略帮助企业减少能源成本支出，增强其在市场中的竞争力。而且企业通过加大清洁能源的使用，提升了自身的绿色形象，进一步赢得了国内外客户的信任与认可，尤其是在那些对环保有严格要求的国际市场中，清洁能源的应用已成为企业取得市场准入的基础条件之一^[4]。

3.3.2 减少碳排放与提高能源利用效率的工艺改进

减少碳排放与提高能源利用效率的生产工艺改进也将成为连 轧钢管行业应对环保压力的有效手段，利用对生产设

备的不断升级和工艺流程的优化，企业可在保持生产效率的同时显著减少能源消耗和有害气体的排放。例如，在加热工艺方面，通过采用更加高效的加热技术企业可减少燃料的使用，还能进一步降低能源浪费，进而减少生产过程中的碳足迹。而且通过优化设备的能效使用更高效的电机控制系统和低能耗的辅助设备，企业可最大化地利用每一度电或每一立方米燃料，进一步提高生产效率。借助这些先进的节能技术有效降低单位产品的能耗水平，达到节能减排的双重目标。这帮助企业在国际环保标准的要求下保持合规性，还显著增强了其在全球市场中的竞争力尤其是在那些对低碳产品需求日益增加的市场。例如，天津钢管集团（TPCO）是中国连 轧钢管行业的代表性企业之一，在环保与绿色生产技术方面取得了显著成就。该公司积极推进清洁能源的应用，引入了太阳能和风能作为生产过程中的补充能源来源，大幅降低了传统能源的消耗。而且天津钢管集团通过不断改进加热工艺采用了更加高效的加热炉设备，使得生产过程中的能耗显著下降。据统计，企业通过这些节能减排技术的实施每年减少了数千吨的二氧化碳排放，有效提升了其能源利用效率。而且天津钢管集团还在生产过程中推广了废水循环利用系统，进一步减少了废水排放，推动了绿色生产的可持续发展。这些环保举措使天津钢管集团在国际市场上获得了更大的竞争优势，成功进入多个环保要求严格的高端市场。

4 结语

中国连 轧钢管生产装备及技术的发展正在朝着智能化、绿色化、高精度的方向迈进。通过对物联网、大数据、智能装备等技术的深入应用，连 轧钢管行业正在实现从传统制造到智能制造的转型。同时，清洁能源的应用以及节能减排工艺的改进，使得行业不仅能够满足日益严格的环保要求，也为企业提升了市场竞争力。尽管中国在部分技术领域仍需进一步追赶国际先进水平，但通过持续的技术创新和绿色转型，连 轧钢管行业将在未来的全球市场中占据更加有利的地位。

参考文献

- [1] 庄钢,陈洪琪,高瑞全.我国连 轧钢管生产装备及工艺技术发展[J].钢管,2023,52(2):1-8.
- [2] 黄良福.冷拔精密无缝钢管生产工艺控制要点[J].冶金管理,2022(23):44-46.
- [3] 李菲菲.无缝钢管连 轧过程金属流变行为分析及头尾削尖工艺研究[D].秦皇岛:燕山大学,2022.
- [4] 陶侃侃.大直径无缝钢管生产发展的装备选择分析[J].科学技术创新,2019(28):150-151.