

# 低碳经济带给焊管行业的思考

胡松林

(宝山钢铁股份有限公司钢管条钢事业部, 上海 201900)

**摘要:** 低碳经济成为未来经济发展的重要模式, 基本特征为低能耗、低排放、高利用率等。焊管在数量总规模已满足国内市场需求的情景下, 应借低碳经济发展之势, 加快低碳技术及创新应用, 提高产能利用率, 降低能耗, 促进焊管行业持续、高品质发展。

**关键词:** 焊管; 低碳经济; 持续发展

DOI:10.19938/j.steelpipe.1001-2311.2022.4.01.04

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Consideration about Influence by Low-carbon Economy on Weld Pipe-making Industry

Hu Songlin

(Steel Pipe & Steel Bar Business Department, Baoshan I & S Co., Ltd., Shanghai 201900, China)

**Abstract:** As the important economy development mode in the future, the low-carbon economy features low energy consumption, low emission and high utilization ratio, etc. Under the situation that the general scale of the production amount of the weld pipe has met the need by the domestic market, to promote the sustainable and high quality development of the weld pipe-making industry it should be done to cope with the trend of the low-carbon economy development, speed up the application of the low-carbon technology and innovation, enhance the production capacity availability and reduce the energy consumption.

**Key words:** weld pipe; low-carbon economy; sustainable development

当今, 低碳环保已成为人类社会发展过程所面临的共同话题。2005年2月16日, 联合国气候大会通过的《京都议定书》正式生效, 各国都在积极制定相应的法规及行动方案, 应对气候变化带来的不利影响。习近平总书记在2020年9月22日第75届联合国大会一般性辩论上发表讲话, 承诺中国将提高国家自主贡献力度, 采取更加有力的政策和措施, 二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值, 努力争取2060年前实现碳中和。2020年中央经济工作会议对碳达峰、碳中和做出了重要部署。这为我国未来经济发展明确了目标和方向。

碳足迹是研究产品或服务在其生命周期各阶段的碳排放总量, 评价过程包括原料选取、生产加

工、储运、使用及排放等环节。钢铁工业是经济发展中重要的能源消费行业之一, 在以低能耗、低污染、低排放为基本特征的低碳经济情景下, 化解过剩产能, 加快绿色低碳转型; 优化能源结构, 节能提效; 加速低碳技术应用, 推进低碳制造等将成为其主方向。焊管是以钢铁为原材料的加工产品, 在产能结构优化、节能提效、低碳技术及应用等方面存在改善的可能。

### 1 低碳经济驱动焊管结构性调整

焊管作为一种经济性型材产品, 广泛应用于国民经济的各个领域。低碳经济下的总量控制首先是要面对的问题, 在现工艺技术背景下, 规模的控制是实现总能耗规模和结构优化的有效途径之一。

我国焊管产能规模已满足经济发展需要, 规模化、专业化公司也已逐渐形成, 结构优化势在必

胡松林(1963-), 男, 高级工程师, 长期从事焊管生产、营销及产品研发等工作。

然。2020年国内焊管产量达到6 166.59万t,同比增长9.7%;表观消费量达到5 828.1万t,表观消费量与焊管产量之比为94.5%。产能总量满足国内市场的总量需求。具有一定规模的专业化公司已形成。天津友发钢管集团股份有限公司已形成了千吨级的生产规模,2020年生产管1 794.56万t。宝鸡石油钢管有限责任公司已成为油气勘探开发、长输管道建设研发、制造、服务与保障的专业化公司。宝山钢铁股份有限公司(简称宝钢股份)依靠研发制造的一管制优势,在海洋用管,大直径厚壁和高钢级管线管,耐腐蚀、抗应变等高端产品领域中形成较强的竞争能力。

我国焊管在总量满足国内消费需求的同时,每年仍有近20万t高附加值焊管产品进口,且进口均价约为出口均价的2.2倍以上(图1)。行业整体呈现数量众多、规模化程度较低、分布较广、产能利用率不高等特点。据统计,目前我国焊管产能利用率为75%左右<sup>[1-2]</sup>。

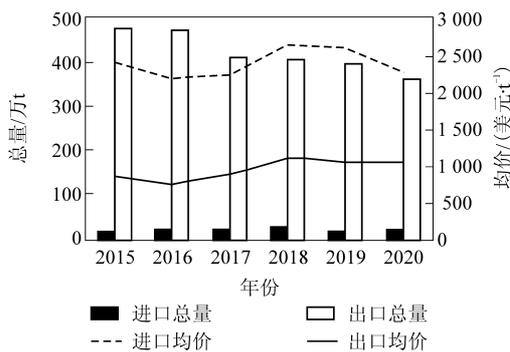


图1 国内焊管进出口数量及均价

在低碳经济发展的驱动下应进行总量控制调整,提高产能利用率;强化品种,对接消费市场;贴近市场,优化布局,营造低碳制造,效能优良,贴合市场的持续健康发展之路。

## 2 以技术和创新促进制造过程的低碳化

焊管是以钢板/卷为原材料经过冷加工成形后,进行填充/非填充焊接而成。节能降耗是现有技术背景下,实现碳达峰、碳中和的首选之一。在制造过程中节省原辅材料使用、降低模具占用及主要能耗等成为主要目标。

### 2.1 以技术及创新降低主要物料消耗

对原材料钢板/卷的利用包括其性能利用和降低实物料的损耗,在钢铁行业实施总量控制和高价位运行的背景下尤显必要。在性能利用方面,由于

钢板/卷在冷加工变形过程存在加工硬化等效应,通常会提高原材料的性能来保证最终焊管性能。对变形技术的改进,应能够降低变形过程的塑性应变,减少板/卷在变形过程的性能损失,降低对材料性能的要求。日本新日本制铁公司经过对HFW机组的成型机改进,使材料的塑性应变降低了40%左右,为低屈强比焊管的生产创造了条件<sup>[3]</sup>。宝钢股份曾使用Mo系(I钢)和Cr系(II钢)制造了同规格X70M管线管,制管后I钢的管体屈服强度下降约7.7MPa,II钢的管体屈服强度下降约34.4MPa,抗拉强度二者均较相近。I钢在制管后的强度损失较小,但II钢的成分更为经济,这就在使用中对其经济性进行评估<sup>[4]</sup>。

钢板/卷的物料消耗主要体现在同一规格、强度等级的焊管中原料尺寸宽度的差异方面。比较了A、B不同成形工艺的小直径ERW焊管在同规格下所用的钢卷宽度尺寸情况,如图2所示。其中, $\delta = (B \text{ 原料宽度} - A \text{ 原料宽度}) / B \text{ 原料宽度} \times 100\%$ 。结果表明,A成形技术相对于B成形技术在用料尺寸上有明显的减少,且随径壁比 $D/t$ 的增加有增强的趋势。类似有报告,由于柔性成型技术(Flexible Forming Excellent, FFX)对精成型变形的依赖度较低,相对其他成型机来讲,FFX成型的原材料的宽度一般可减少0.5%~1.0%<sup>[5]</sup>。

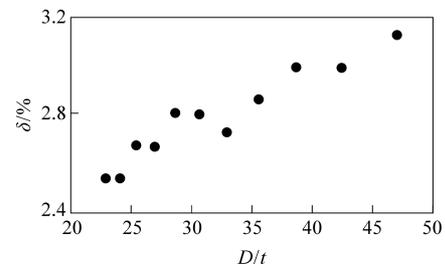


图2 A与B工艺在用料宽度尺寸的对照

对高频焊管来讲,从传统辊式成型到排辊成型,已提高了轧辊模具的公用化水平。在以渐开线曲线与辊弯成形相结合的FFX成型机中,实现了粗成型轧辊的完全公用化,极大地减少了轧辊模具的占用和消耗。以 $\Phi 610$  mm HFW轧机为例,FFX成型机相对传统机组可节省轧辊100 t以上,且全部轧辊辊位通过闭环控制系统实现辊位自驱动定位,提高调整技术准确度和降低换规格时间。在埋弧焊管制造中,COE工艺技术采用高频焊接进行预焊,在预焊阶段无需消耗填充焊丝和保护材料等辅料,降低了工序物耗<sup>[5-6]</sup>。

## 2.2 以技术进步促推低碳低能耗制造

高频焊管生产中电耗是制管过程中的主要能耗之一。提高电能利用率是实施低碳制造的首选途径。

从焊机电网到管坯加热过程,一是焊机输出效率,二是电能到管坯上热能的转换效率。德国易孚迪(EFD)公司应用最新的碳化硅(SiC)晶体管技术,将电网进线端到线圈端的效率由原绝缘栅双极型晶体管(Insulated Gate Bipolar Transistor, IGBT)技术的85%提高到91%,并增强了焊机抗过载能力,减少停机损耗。而对电能转换到管坯热能和过程有感应焊与接触焊二种方式。比较明确的是接触焊总功率能耗要低于感应焊,但会消耗掉接触脚并提高对操作技术的要求;而感应焊在管坯稳定性、表面质量及生产效率方面较有优势。随着行业结构性优化和对低碳化制造要求的提高,接触焊会再次引起重视。华油钢管有限公司扬州分公司采用接触焊成功生产出规格为 $\Phi 457\text{ mm}\times 14.2\text{ mm}$ 、材质为L415MB的焊管。该焊管外观质量良好,无电弧灼伤和划伤,所需的焊接功率不到感应焊的50%,并且随壁厚增加,节能效果愈明显。研究表明,对于焊缝在 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的低温冲击韧性,接触焊的焊缝低温冲击韧性优于感应焊<sup>[7]</sup>。

焊缝热处理是高频焊管中改善焊缝质量的主要工序,其加热过程的能耗同样值得关注。日本钢铁工程控股公司(JFE公司)以其独有的Mighty Seam<sup>®</sup>专利技术制造了 $\Phi 273\text{ mm}$ 基于成卷铺设的非热处理ERW焊管,用于挪威Hyme和Stjerne油气田项目,开辟了该类产品节能降耗的新途径<sup>[8]</sup>。

对于中直径埋弧焊管,受机组规格组距限制,产能效能往往较低。日本中田公司创新性地地将辊压成形的连续高效性与冲压成形变形能力大的优势相结合,借助其高精度有限元技术开发了全新的轨道式模具成形(Orbital Die Forming, ODF)技术,可以制造出变形应变较低、生产率较高的优质焊管。其变形模具兼容全部规格,只需依照规格对变形辊位进行控制精确调整即可。其粗成形近似于冲压弯曲的连续性变形,消除辊压成形中机架间弹复,降低加工硬化;焊接使用ODF技术能将带材约束在一段较长区域,实现稳定化焊接。该技术已应用于某 $\Phi 762\text{ mm}$ (30 in)耐蚀直缝埋弧焊管生产线,可实现单条卷/板的两用生产,效率相对传统直缝埋弧焊管提高3~5倍<sup>[8]</sup>。ODF轨道式模具成形技术如图3所示。



图3 ODF轨道式模具成形技术

## 3 产品应用经济化引领行业持续低碳发展

一直以来,焊管在尺寸精度、表面质量等方面赢得市场的青睐。一是在加工领域以节约化赢得用户;二是在新材料应用方面为用户带来经济效果。

### 3.1 提供近终型产品降低加工过程消耗

在机械加工领域,焊管以尺寸精度高、表面质量好而广泛应用于机械轴、辊、缸、柱等零件中,并在空心替代实心、薄壁替代厚壁、近最终产品使用等方面得到愈来愈多的应用。带式输送机托辊用管、纺织机印染滚筒等已广泛使用焊管;液压缸用缸筒早在20世纪70年代就采用冷拔高频焊管(DOM管)做母管,利用其冷拔内壁光洁度和尺寸精度提高、内壁基体刚度和耐磨性增强,较好地符合缸筒对内硬外韧的特性要求,经直接或略做珩磨即可制成最终产品,减少加工过程的材料损耗。文献[9]对使用高频焊管和无缝钢管进行冷拔缸筒做了比较,在相同情况下,高频焊管冷拔的金属收得率为85%~87%,热轧无缝钢管的收得率为84%~85%;在精加工过程中,用冷拔高频焊管作缸筒的金属收得率比用冷拔无缝钢管大约高3.84%。在材料研发方面,日本片仓钢管公司针对高精度冷拔管的不同用途开发了一系列与之相适应的钢种(KCT-52、KCT-60、KCT-70),以在强度等级方面达到材料与使用的经济化匹配。国内该方面多使用20、45及27SiMn钢,冷拔后延伸率偏低,硬度偏大,磨削速度较慢<sup>[10]</sup>。

汽车工业的高强化、轻量化为焊管的经济化应用提供了机会,尤其在高强度、高加工性能管材应用及空心替代实心等方面呈现优势。日本JFE公司为满足汽车悬架和底盘等部件对成形性、疲劳性、韧性、涂覆性等要求,开发了780 MPa强度级的HFW焊管,满足弯曲成形半径小于 $2D$ ( $D$ 为管子外径)的高标准要求。应用焊管热张力减径技术,开发出弯曲加工性能优良的780 MPa强度级别的历史HISTORY钢管,降低钢管在弯曲加工过程的壁厚减薄,保持弯曲区域良好的强韧性能,其最小弯曲

半径达到1.1D左右,膨胀率也有明显提高<sup>[11]</sup>。超厚壁、小直径、高强度和高内径精度的张力减径(SR)管的开发,加速了汽车零部件的轻量化进程。如转向架杆采用超厚壁、小直径SR管,在满足所需动能传递的要求情况下,可节省大约20%的材料质量。类似在减震器、安全气囊、稳定杆、凸轮轴等产品中都存在经济性应用的前景。

### 3.2 产品功能化延伸为应用过程经济化创造条件

连续油管(Coiled tubing)的应用为油田作业带来了明显的成本优势和使用的便利性。其具有带压连续作业、设备体积较小、施工作业周期快等优点,钻井中可节约25%~40%的钻井成本。国内已研发出 $\Phi 50.8\text{ mm}\times(4.0\sim 5.2)\text{ mm}$ 、钢级CT110多段变壁厚连续管,成功应用于7 100 m深井;外管 $\Phi 60.3\text{ mm}$ 、内管 $\Phi 25.4\text{ mm}$ 的多通道连续油管也已试制成功。该产品的经济化运用,需要掌握多通道连续油管内管注入、外管焊接、全管体热处理、内外管稳定同步等核心技术来实现<sup>[12]</sup>。

焊管新材料的开发为用户项目经济化运作提供支撑。在大直径长输油气管道项目中,管材一般会占到总投资比例的60%~70%,对工程造价至关重要。通常在管径和设计压力确定的情况下,管材的壁厚与选取的材料钢级(主要与屈服强度相关)成反比,即钢级愈高,壁厚愈小,所用的钢材吨位会较少。文献[13]对 $\Phi 1\ 016\text{ mm}$ 焊管,在二级和三级地区使用X70和X80钢级进行了比较,使用X80钢级相对于X70在二级地区每公里节省管材9.00%,在三级地区每公里节省管材13.69%;其施工综合费用X80管材相对X70平均每公里可节省11.23万元。超长管的应用不仅能够缩短工程工期、节约投资,更重要的是能够减少环焊所带来的质量和安全风险。钢管长度由12 m提高到18 m,仅现场对接焊缝数量就会减少33.7%,10 km管道的对接焊缝数将由823个减少到546个,给施工进度、材料消耗及安全保障带来显著效果。当然这对运输、装卸等工作会提出更高的要求。宝钢股份与国家石油天然气管网集团深度合作,为中俄东线泰安—秦兴项目江苏段供应了 $\Phi 1\ 219\text{ mm}$ 大直径、18.3 m超长UOE焊管。为能源管道项目的高质量、高效率建设提供了焊管产品的经济化方案。

清洁能源开发利用是低碳发展的重点之一。低碳氢被广泛认为是一种蕴藏丰富、用途广泛、清洁方便的能源载体,被视为能源行业转型的替代品。

将氢气混入天然气管网输送是氢气输送的通用作法,但氢气及混氢天然气的泄漏扩散及爆炸是输送领域研究的热点。在氢环境中钢材可能出现氢脆及氢腐蚀等现象,会引起管道破裂或构件失效,其与管道材质、氢气浓度、输送压力等密切相关。这既是管材应用中需要研究的课题,也是低碳能源提供管材应用的一次机会<sup>[14]</sup>。

## 4 结 语

在焊管数量规模满足国内需求的大背景下,利用低碳经济所带来的良好契机,应及时进行结构优化,提高产能利用率,加快低碳低能耗技术应用,推进低碳产品推广,促进焊管产业持续性发展。

## 5 参考文献

- [1] 胡松林. 我国焊管市场形势及对策建议[J]. 钢管, 2021, 50(6): 6-11.
- [2] 李晓. 钢管行业的现状与发展对策[J]. 钢管, 2021, 50(6): 1-5.
- [3] 谷本道俊, 川田勇, 外川修. 24インチ中径電縫鋼管新成形機の設置[J]. 新日鉄技報, 2004(380): 106-110.
- [4] 胡松林, 肖光成. 两种不同成分X70M管线钢在HFW焊管中的应用[J]. 钢管, 2015, 44(2): 55-58.
- [5] 周淑军, 骆传教, 吴秀宇, 等. FFX成型技术的先进性分析[J]. 钢管, 2010, 39(1): 53-55.
- [6] 陈昌, 裴银柱, 黄克坚, 等. COE新型制管工艺应用研究[J]. 焊管, 2016, 39(5): 37-43.
- [7] 刘智勇. FFX成型机的先进性及对我国建设大型HFW机组的几点看法[J]. 焊管, 2011, 34(1): 43-47.
- [8] Advanced tube forming mill from Nakata[J]. TUBE & PIPE Technology, 2020, 33(4): 53.
- [9] 王三云. 采用冷拔高频焊管生产液压缸缸筒的合理性分析[J]. 钢管, 2015, 44(1): 73-76.
- [10] 王家聪. 我国高精度冷拔钢管发展前景浅析[J]. 钢管, 1999, 28(2): 5-8.
- [11] TOYODA Shunsuke, SUZUKI Koji, SATO Akio. High strength steel tubes for automotive suspension parts[J]. JFE Technical Report, 2004(4): 32-37.
- [12] 杨秀琴. 关于我国焊接专用管的发展情况[J]. 钢管, 2012, 41(2): 1-8.
- [13] 李建森, 郭小军, 郝剑钊. X80与X70管线钢技术经济分析[J]. 中国高新技术企业, 2010(22): 67-69.
- [14] 谢萍, 伍奕, 李长俊, 等. 混氢天然气管道输送技术研究进展[J]. 油气储运, 2021, 40(4): 361-370.

(收稿日期: 2021-12-27; 修定日期: 2022-05-06)