

# 沙市钢管前摆式螺旋焊管机组的技术先进性分析

文乘风

(中石化石油机械股份有限公司沙市钢管分公司 湖北荆州 434001)

**摘要:** 本文介绍了沙市钢管分公司前摆式螺旋焊管机组的生产工艺流程、关键设备及系统的先进性。沙市钢管分公司前摆式螺旋焊管机组引进自德国 SMS 集团 PWS 公司, 该机组自动化程度高, 其中卷板自动对中、合缝自动控制、数控成型、数字焊接等四大特点优势明显。前摆式螺旋焊管机组自 2022 年建成投产以来, 经过 16 个月、12 批次不同规格钢管的生产验证, 该机组能够生产最大直径 2540mm, 最大钢级 X90 的钢管, 产品合格率达 100%。产品工艺及设备先进性达到国内领先、国际先进的水平。

**关键词:** 前摆螺旋焊管机组; 数控成型; 产品合格率

## 前言

国家管网的成立, 油气钢管市场的竞争格局发生显著变化, 业主对钢管质量的要求也不断在上升。为了保证产品的质量和竞争力, 本公司引进了一整套 PWS 公司的前摆式螺旋焊管机组。

螺旋焊管成型机组 (SPM) 通过对不同宽度和厚度的带钢 (来自钢卷) 螺旋成型, 然后用传统埋弧焊工艺焊接螺旋焊缝的内侧和外侧, 来生产螺旋埋弧焊管<sup>[1]</sup>。带钢的宽度和螺旋角共同决定管径大小<sup>[2]</sup>。在这方面, 钢管的成型角源于一个三角函数关系。当一卷料的带钢消耗完时, 其尾部通过埋弧焊同下一钢卷的头部对接。

该机组是目前国内最先进的螺旋焊管机组, 能生产管径 508-2540mm, 钢级 X70、X80、X90 最大壁厚可分别达到 25.4mm、22.2mm、20.6mm 的各种规格钢管, 单根管重最大可以达到 18 吨, 年产能达 12 万吨。

## 1. 前摆式螺旋焊管机组设备组成

前摆式螺旋焊管机组主要由带钢入口段 (前桥)、成型站、后桥三大部分组成<sup>[3]</sup>。

如图 1 所示, 前桥包括焊管机组底座、钢卷运输小车、开卷站、带钢对中和平衡装置、辅助驱动装置、七辊矫平机、固定和移动式带钢夹具、带钢对头焊站、铣边机、对头焊设备、主递送机、预弯机、垂直导板。



图 1 前桥



图 2 钢卷站、辅助递送机和矫平机

成型站包括成型台底座、成型台、三辊弯曲机、焊垫辊、多辊管笼系统、内焊头机架、三丝埋弧焊设备、内焊激光导向系统、焊剂输送和回收系统 (用于内焊)、焊缝控制系统。

后桥包括输出底座、钢管扶正器、外焊头机架、用于 2 丝埋弧焊的外焊设备、外焊用激光跟踪系统、焊剂输送和回收系统 (用于外焊)、切管装置、钢管支撑装置、钢管输出辊。

生产工艺流程为: 吊卷→离线开卷机→将钢卷板头切割→将钢卷吊至开卷小车→开卷站固定钢卷→开卷至矫平机→通过对焊站→钢卷铣边→预弯→递送机→成型机→内外焊→切管下线。

具体流程为天车将钢卷吊入离线开卷机进行切除适当的板头, 切除完毕后吊到前桥钢卷运输小车上, 由小车将钢卷送至开卷站, 开卷机将钢卷夹紧并对中, 使用开卷站的刮刀将板头压下, 通过辅助递送机将带钢递送至七辊矫平机, 带钢通过矫平机整平后, 对焊站将上一卷钢卷的带尾切齐并将对齐的板头板尾铣坡口后进行对焊, 使带钢能连续向前递送、成型。整个机组通过带钢自动对中装置以保证带钢处于中心线处, 带钢送至铣边机进行精铣, 铣边机将钢带两边铣出要求的坡口后递送机运送带钢向前递送, 经过预弯辊将钢带边缘做微量弯曲调整, 钢带通过导板进入成型机, 在各组成型辊

作用下强制成型卷成螺旋钢管。

## 2.设备特点及其先进性

### 2.1 钢卷离线打开

离离开卷机作为单独的设备,不与其他设备关联,可以将钢卷单独打开,其作用将新添置的钢卷的板头展开,利用等离子切割机切除一部分,获得平直的面并符合板宽范围(1000mm-1850mm),方便后续对焊。离离开卷机配备板边自动测量系统,防止板头切割,控制对头质量,其中支撑辊为非金属橡胶制作,提供旋转动力的同时能够有效避免带钢表面划伤。

### 2.2 自动调节钢卷开卷速度和高度系统

钢卷小车位于前桥的前端,新上的钢卷在单独的离线开卷站上预先准备。来料钢卷由天车吊起到小车上,小车将钢卷推送至开卷机,用于在拉出带钢的时候支撑住钢卷。开卷机受抱闸压力受电磁阀控制,PLC系统可以根据剩余钢卷的重量,自动调节抱闸压力,从而调整开卷速度,以防速度过快或者过慢,从而保护钢卷。开卷机包括两个挤压臂和底座。挤压臂安装在机加工滑轨上,通过各自液压缸移动,集成在采用比例阀的液压回路中。挤压臂始终保持一定的夹持力,防止钢卷生产时散卷立柱还各配有一个支撑辊,钢卷挂在它们之间并开卷。支撑辊由其液压缸悬挂在立柱上。

在开卷的过程中,针对不同的带钢宽度进行调节并精确控制带钢的运行高度,立柱可以液压单独移动,以夹住钢卷,并共同对夹紧的钢卷横向定位,开卷站后就是监控带钢位置和垂直方向倾斜的传感器。在生产中,开卷站的侧壁自动调整带钢相对机组中心线的位置。锥形支撑辊可以自动液压上下(共同)移动,以升降钢卷,并通过带钢倾斜传感器,在生产中自动使带钢保持期望高度。为后续矫平钢卷创造有利的条件。



图3 辅助夹送辊和带钢矫平机

### 2.3 自动调节带钢中心对称及矫平带钢系统

如图3所示,带钢矫平机包括4个固定底辊和3个上辊,即为

上三下四矫平辊方式进行液压矫平。上辊两端都有一个液压缸支撑。上辊的工作高度可以通过轴承座间插在槽中的距离板单独调节。然后通过液压缸将矫平力施加到轧辊上,消除钢卷上不平的波浪。在矫平机的出口配有一个液压带钢侧向调整系统,用于将新带钢的前端同前带钢的尾端对齐,经多次实际生产情况验证,七辊矫平能让带钢达到整体不超过5mm的偏差。

### 2.4 自动切除板尾和自动对头焊接系统

如图4所示,带钢对焊站位于校平机之后,其功能是通过埋弧焊将来料带钢同前带钢端部对接。对焊站包括一个移动式带钢夹紧装置,对头铣边机,对焊/切割头,可升降焊台和固定式带钢夹紧装置。带钢对齐、测量和切割的过程是自动操作的,在每个过程中可以手动调节。对头焊质量合格率为95%,焊接速度为1.4m/min,同比同类螺旋焊管机组,对头焊合格率及焊接速度有阶段式的提升,钢卷对头焊接材耗降低65%。



图4 对焊站,带钢夹紧和焊头

### 2.5 带钢运行自动纠偏控制系统

带钢自动对中系统具有将带钢稳定在前桥的中心,提高铣边机铣削和成型器质量。本机组具有三个带钢对中装置,对中装置1位于对焊站后,对中装置2位于铣边机前,对中装置3位于铣边机后。带钢对中装置持续地同带钢的每侧接触,因此带钢同机组中心线的任何偏离都会立即检测到。在自动模式下,系统将逐渐增加带钢移动朝向的一侧的带钢侧导向的压力,以增加带钢的阻力,这样将其导回到机组中心线,通过系统纠偏,带钢中心偏移量不超过2mm。

系统自动识别带钢运行趋势,精准监控带钢运行状态,实时纠偏带钢位置,使带钢始终按照基准标线前进。稳定的带钢运行环境及相对稳定的工作宽度,为卷管成型提供理想条件,进一步压缩钢管周长波动范围。

### 2.6 铣边工艺参数自适应控制系统

如图5所示,铣边机能自动对中,分配铣削量。带钢边部不同的形状可以通过安装具有要求坡口角度的相关刀架,或是用不同规格垫片调节钝边实现。根据需要可以替换损坏的刀架,而不用替换整个刀盘。提高换刀效率,节省停车时间。



图 5 带钢铣边机, 带有集成电动吊车和刀头

铣边机特有闭环控制的高度仿形功能, 允许刀盘“仿形”或跟随带钢的浪上下移动, 从而保持边部形状恒定。

铣边机的铣台刀盘旋转速度同带钢递送速度和铣削量匹配, 随着带钢递送速度和铣削量的变化可自行调整, 提供带钢稳定的板边坡口尺寸和最佳的铣削效率, 同时获取刀盘寿命的最大化。

### 2.7 带钢预弯系统

预弯机用于在螺旋成型前将带钢边部轻微向上弯曲。这是为了避免在成型后带钢边部形成“尖角”, 使钢管看起来像竹子(竹节效应)。带钢边部用一套 3 个特殊孔型的轧辊预弯, 3 辊可以做垂直和水平方向相应调整, 来对每个带钢厚度和材料到达最佳位置。预弯机每侧的手摇泵能提供 100 吨压力。

### 2.8 先进的数字化成型控制系统

如图 6 所示, 本螺旋成型机组遵循“带钢中心恒定”的原理, 带钢沿前桥的中心线送入, 带钢的内侧总是同内焊点、成型点和后桥转动中心对齐。成型台能够沿成型台底座滑动, 以适应不同的带钢宽度, 使带钢的边部同上述交叉点准确对齐。



图 6 成型机

该机组成型器具有数字化控制特性。可以实时监控成型辊位置、角度等数据, 并通过伺服电机调整成型辊位置。同时不同规格换模

时可调用成型工艺数据库, 所有辊梁数字控制, 一键自动达到工艺要求位置。

成型合缝控制系统采用一种测量传感器装置, 实时监测合缝尺寸自动调整后桥摆动角度, 稳定合缝, 提供良好的埋弧焊接环境。

### 2.9 数字焊接和数据采集系统

(1) 该系统配备国际最先进的方波数字焊接电源, 焊接电流波动范围不超过 1%。焊接弧压波动小于 1%。

(2) 配备激光焊缝数字自动跟踪系统, 该系统具有自主预判螺旋焊缝轨迹, 焊缝实时跟踪精度不超过 0.25mm。

(3) 配备焊接专家系统, 该系统具有焊接工艺参数与焊缝熔深、焊缝余高匹配推荐功能, 具有自动存储、实时监控多丝焊接的焊接电流、电压等信息, 系统监控界面可查阅实时或历史曲线, 有效控制钢管质量。

(4) 焊剂保温与焊剂存量报警系统: 该系统可以实时监测焊剂余量与温度, 焊剂保温桶内温度可以实现自动调节, 当焊剂余量不足时操作面板自动报警。

### 3. 结论

以上是 SMS 公司前摆式螺旋埋弧焊管机组的技术参数和设备系统特点。“前摆式机组”自投产以来, 钢管外观尺寸精度提高, 钢管周长波动 80% 稳定在 3mm 以内, 圆度 90% 稳定在 0.4%D 以内, 优于 API 及相关技术规格书要求, 焊缝外观良好; 钢管符合率可稳定在 99.5% 以上。同时可生产质量稳定的大口径钢管如  $\Phi 1620\text{mm}$ 、 $\Phi 1820\text{mm}$ 、 $\Phi 2032\text{mm}$  等, 由于机组极高的自动控制系统, 该套机组只需配备 4 名岗位操作人员。钢管调型基本实现自动化, 比人工调型时间节约 2-4 小时, 调型时间节约 20%-30%。

### 参考文献

- [1] 聂海雄. 螺旋焊管机组的生产工艺和性能特点[J]. 中国重型装备, 2015(03): 16+19. DOI: 10.14145/j.cnki.51-1702/th.2015.03.005.
- [2] 白忠泉. 螺旋焊管的成型技术[J]. 焊管, 2004(03): 48-56+59-91. DOI: 10.19291/j.cnki.1001-3938.2004.03.016.
- [3] Tuchyin Choy, 王奕超, 郑利民. PWS 公司螺旋埋弧焊管预精焊生产中的现代化技术[J]. 焊管, 2011, 34(02): 17-20+25. DOI: 10.19291/j.cnki.1001-3938.2011.02.005.