

# Application of Steel Pipe and Drum Production Process

Haitao Wang

Faurecia Automotive Parts Co., Ltd., Yancheng, Jiangsu, 224000, China

## Abstract

Through the specification and innovative application of key processes in the manufacturing process of steel pipes and reels, this paper fully expounds the special manufacturing process of coils, welding manufacturing process of reels, deformation control process and key quality control methods in the manufacturing process. The optimization and application of the whole manufacturing process is based on the experience and cognition of several decades' masters and process experts, and has strong applicability and reference.

## Keywords

curling; preloading allowance; automatic submerged arc welding; UT flaw detection

# 钢管及卷筒制作工艺应用

王海涛

佛吉亚汽车部件有限公司, 中国·江苏·盐城 224000

## 摘要

论文通过钢管和卷筒制作过程中的关键工艺的规范以及创新应用, 充分阐述了卷圆特殊制作工艺, 卷筒焊接制作工艺以及变形控制工艺和制作过程中的关键质量控制方式, 整个的制作工艺优化以及应用是结合几十年老师傅以及工艺专家的经验认知上建立起来的, 具有很强的可应用性和可参考性。

## 关键词

卷圆; 预压板留量; 埋弧自动焊; UT探伤

## 1 引言

随着世界上风力发电绿色能源的发展, 压力容器的应用以及人工岛屿的建设, 对钢制圆筒的制作, 无论从直径尺寸, 壁厚尺寸, 结构加固以及焊接变形工艺控制和过程控制质量均提出了很高的要求, 为了更好地规范此类制作工艺, 提高钢卷筒制作的效率, 减少过程中的成本浪费, 确保制作品质, 需要专业技术人员进行深入的研究, 整合有效的制作工艺方法, 并推广应用。

## 2 管筒的成型制作

### 2.1 卷板成型工艺以及专业卷板机的选用

管筒通过利用卷板机卷压成型, 辅助钢缆在卷压过程中不断调整开口张开角度。为了确保卷出的圆筒在对接端也具备同等半径的圆弧, 需要保证对接头部在卷压制作过程中, 必须被同样的滚轴压过且所受的压力必须符合当前直径圆筒所理论承受的卷压力。如果一次成型不到位, 可以根据

成型区域弧度的不足进行大略的整形作业。

针对大筒体板材厚度在 40mm 以上, 目前选用较为常见的专业卷板机为四辊卷板机, 通过下辊筒的升降选用液压传动的方法来控制, 因为下辊的分量自身就很大, 在卷板的进程中下辊还要有给上辊一个向上力, 使上辊与被卷钢板间发生满足的摩擦力, 使上辊与下辊在卷板的进程中能够始终保持夹紧工件, 在上辊旋转时, 能带动钢板运动。进程中要求下辊筒能够升高也能够下降到不超越 200mm 的任意高度上。因为下辊在运动的进程中对速度的要求不高, 液压传动具有传动平稳, 易于完成过载维护<sup>[1]</sup>。

在四辊卷板机卷板的进程中要求下辊两端液压缸不只供给压力, 还应该具有保压的功用。在规划时下辊的作用力(夹紧力  $W$ ) 小于所卷钢板受压状况时塑性变形所需求的力。图 1 为上、下两辊的正确作业状况, 这时上、下两辊轴线平行, 在这种状况下, 夹紧力  $W$  均匀地作用在钢板整个宽度  $L$  上, 这时夹紧力不会使钢板发生部分塑性变形, 所卷制出的工件是合格的。

卷圆成型后用弦长大于三分之一直径的弧样板或者三角  $R$  尺检测管筒的曲率, 保证筒体内或外壁与样板间隙或者  $R$  尺中间间隙不大于 2mm; 视为合格。

【作者简介】王海涛(1985-), 男, 中国江苏盐城人, 本科, 工程师, 从事结构制作和自动化产线设计制造研究。



图1 卷板机卷圆成型工艺

## 2.2 板材的下料制作工艺

### 2.2.1 高曲率圆筒制作

针对卷圆曲率要求极高的管筒制作，卷圆制作过程中，确保筒体对接端部具有同其他区域同样的圆弧度，在下料时需要预对接预压板，预压板的拼接工艺非常关键，这对筒体对接成型后，表面的圆弧过渡是否顺畅非常关键。

预压板大小根据卷圆的板厚和所卷圆直径，同时结合液压卷板机下辊的距离进行预留，板厚在 25mm 以上，卷圆直径在 1500mm 以上，选用的液压卷板机两下辊的距离为 400mm 左右，预压板预留在 500mm 宽度左右。

板厚在 25mm 以下，平均在 10mm 左右板材，卷圆直径在 1500 以下，预压板宽度控制在 300mm 左右。

### 2.2.2 曲率要求不高的圆筒制作

针对曲率要求不高的管筒制作，不需要预留预压头板进行制作，只需要直接开出焊接坡口即可，X 型焊接坡口，必须要遵循内小外大，且维持 30° 半开张角；为后道工序封口焊接工序的焊接变形控制做准备。

筒体对接焊接预制坡口类型见图 2。

无论使用哪种成形方式，钢板的轧制方向必须与卷筒

体的周向展开长方向相同，其毛坯尺寸根据图纸要求及成形类型来确定。当卷筒体采用两个半圆压制时，两侧需各留 160mm~500mm 左右的压头余量，板长等于压头余量与卷筒体的周向展开长之和；当卷筒体采用整体卷制时，卷筒体的周向展开长无需留压头余量，但需要减去理论延伸量。

焊接卷筒的卷筒体所用板材通常选用化学及力学性能类似于 Q345-B 或 Q345-C 的材料。下料前，必须对钢板做相应的超声波检验，确保其力学性能、化学成分等满足相应的要求，同时对钢板做表面抛丸、除锈等处理，清理氧化渣、铁锈等表面缺陷及杂质。卷筒体在压制或卷制前，需要打磨周围的棱角。

## 2.3 装配对接

卷筒体的环形对接坡口形式为双面 U 型或双面 V 型，使用机加工设备按照图纸加工出坡口。装配间隙按照图纸及工艺要求，装配直线错边量为  $b \leq 3\text{mm}$ ，点焊方法为混合气体保护焊。清理焊接范围内的油污、锈、氧化皮等杂质，同时纵向焊缝装点引弧板和收弧板。根据参数选择相应的预热温度，若工艺图纸有特别说明，按图纸要求执行<sup>[1]</sup>。



图2 筒体对接焊接预制坡口类型

### 3 筒体焊接拼接技术应用

#### 3.1 焊前准备

清理焊接范围内的油污、锈、氧化皮等杂质，同时，纵向焊缝装点引弧板和收弧板。根据参数选择相应的预热温度，若工艺图纸有特别说明，按图纸要求执行。

#### 3.2 焊接过程

筒体内侧焊接使用混合气体保护焊，焊材型号为 ER50-6，保护气体成分为 Ar (80%) + CO<sub>2</sub> (20%)，筒体外侧清根后，盖面使用埋弧自动焊，焊材型号为 H08MnA，焊剂为 HJ431 或 SJ101。

#### 3.3 纵缝焊接

卷筒体内侧打底、填充和盖面使用混合气体保护焊，外侧清根后，填充使用混合气体保护焊，盖面使用埋弧自动焊。根据参数表 3 选择相应的预热温度，预热区域为对接坡口中心两侧各 75mm 范围。卷筒体纵缝的错边量  $b$  应满足  $b \leq 3\text{mm}$ 。焊工应当具备相关产品的焊接资质证书，焊接过程严格按照相应安全规程执行。

#### 3.4 环缝焊接

卷筒体环缝的焊接方法、预热和纵缝的焊接要求相似。若卷筒体由钢板压制成型，则对接环缝的两相邻纵缝错开 90°，若卷筒体由钢板卷制成型，则对接环缝的两相邻纵缝错开 180°。卷筒体环缝的错边量  $b$  应满足  $b \leq 3\text{mm}$ 。焊工应当具备相关产品的焊接资质证书，焊接过程严格按照相应安全规程执行。

#### 3.5 探伤检验及修复

##### 3.5.1 探伤检测

卷筒体的纵向与环向对接焊缝应当做相应的无损探伤检验。纵向对接焊缝要以焊缝总长的 20% 在卷筒体两端进行探伤检验，达到 JB/T10559《起重机械无损检测钢焊缝超声检测》BI 级的要求。对卷筒体的环向对接焊缝进行 100% 的探伤检验，达到上述检测要求<sup>[1]</sup>。

##### 3.5.2 缺陷修复与复探

经探伤检验后，若发现有气孔、夹渣、未焊透、裂纹等缺陷，需对缺陷进行修复与复探。具体步骤如下：

①缺陷去除：使用碳弧气刨出或者砂轮机将缺陷打磨，去除氧化皮、熔渣等杂质，将缺陷处打磨出金属光泽，并做 MT 检验，确保缺陷已彻底去除。

②焊接：待焊区域及其周边 70mm 范围内需要预热 110℃ 左右，使用气体保护焊，焊材型号为 ER50-6，采用多层多道焊接，确保层间温度小于 250℃。

③修磨与复探：将焊缝打磨光滑过渡，按 JB/T10559B

I 级要求进行 100%UT 复探，再由检验员进行外观检查，确保施焊部位没有缺陷。

#### 3.6 热处理

对卷筒体的纵向与环向对接焊缝无损探伤检验合格后，待组装焊接完相关法兰及轴后，进行整体的退火热处理，释放卷筒的焊接应力，改善卷筒的性能，保证卷筒加工尺寸的精度。卷筒是冶金起重机的关键承载部件，通过对卷筒体的下料、成形、焊接、探伤、修复等过程的分析，提出了合理的工艺方案，对提升卷筒的可靠性及安全性，提高产品的竞争力具有重要的意义。

### 4 校圆整形工艺

卷圆后有些圆筒的尺寸，在上下辊轴的间距未完全调整到创造出实际所需的卷圆直径时以及卷圆过程中压力出现较大波动这些条件下，产生了管筒最后的曲率无法达到所期望的效果，针对这些情况，校圆工艺是必备的返工工艺。

校圆前务必确保上下辊表面及卷筒表面必须清理干净，校圆同一规格的管筒要求滚动和下压的次数以及油压相同，以保证卷筒的延展性一致；同时校圆前卷筒上的试板，引熄弧板必须采用切割办法去下，不得锤击取下，以防锤击引起局部凸起变形，影响校圆的最终结果。

对于普通圆卷筒，要求不高，保证圆度不小于内径的 1%，对于精度较高的容器类圆度控制不得小于 0.5%，且直径在 1200mm 以下圆度控制在 5mm 以内，大于 1200mm 圆度控制在 7mm 以内。

### 5 结语

以目前中国风力发电，人工岛屿以及各行业应用的压力容器的制作和发展情况来看，卷筒的制作是其重点建造环节，是一切此类应用推广的基础所在，如同房屋的根基。现在绝大多数生产制作者们，都根据自身制造的特点，摸索出了适合自身的制造工艺。但也有不少生产者只顾其形，不顾其质量本质，生产工艺过于简单，控制方式过于松垮，质量堪忧。本制作工艺的总结是建立在诸多成功的案例基础上提炼出来的，具有很高的参考价值。优良的工艺制造技术再配合科学严谨的工作态度，卷筒制作的规范和质量均会得以保障和提升。

#### 参考文献

- [1] 陈绍蕃. 钢结构设计原理[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [2] 唐丽萍, 杨晓敏. 钢结构制作与安装[M]. 北京: 机械工业出版社, 2012.
- [3] 赵晓顺, 郝建军. 焊接检测技术[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2010.