

## ● 技术交流

## 汽车传动轴管的生产技术

张弘人

(首钢咨询公司)

介绍了汽车传动轴管的生产工艺。总结了首钢焊管厂多年的生产经验,可供其他生产厂家借鉴。

**关键词** 汽车传动轴 电焊钢管 生产工艺

TECHNOLOGY FOR MANUFACTURING OF PIPES  
FOR AUTOMOBILE DRIVE AXLE

Zhang Hongren

(Consultative Co., Shoudu I &amp; S Corp.)

Presented in this paper is the manufacture process of pipes for automobile drive axle and the production experience in this field obtained by the Welded Pipe Plant, Shoudu I & S Corp. from practice of years, which is worth referring to other producers.

**Key words** Automobile drive axle ERW pipe Manufacture process

## 1 前言

汽车传动轴管是汽车上的重要安全部件,质量要求高,一般使用电焊管。GB9947-88和京Q/SB55-88Y要求汽车传动轴管有良好的焊缝质量、表面光洁度,足够的强度、伸长率和静扭屈服扭矩,较高的内径精度、壁厚精度、椭圆度及清除毛刺等。

首钢焊管厂从1963年以来,先后开发研制了5个钢种(25Z、10Ti、10TiL、15Ti、08Z)9个规格( $\phi 89\text{mm} \times 2.5\text{mm}$ 、 $\phi 89\text{mm} \times 4.0\text{mm}$ 、 $\phi 89\text{mm} \times 5.0\text{mm}$ 、 $\phi 76\text{mm} \times 2.5\text{mm}$ 、 $\phi 63.5\text{mm} \times 1.75\text{mm}$ 、 $\phi 63.5 \times 2.5\text{mm}$ 、 $\phi 60\text{mm} \times 2.5\text{mm}$ 、 $\phi 60\text{mm} \times 1.75\text{mm}$ 、 $\phi 50\text{mm} \times 2.5\text{mm}$ )的系列轴管产品,基本上满足了国内汽车行业的需要。

## 2 传动轴管的生产工艺

## 2.1 传动轴管的工艺流程

首钢焊管厂(中型厂)生产传动轴管的工艺流程如下:

原料→拆卷→矫平→切头→对焊→活套  
→圆盘剪切边→除油→成型→焊接→清除内外毛刺→水冷→定径→飞锯→矫直→平头→  
水压→检查(取样检验) →分选→  
←复查←待修←

包装→标记→称重→涂油→入库。

在生产过程中,原料的选择和管理、剪切宽度的确定、良好的孔型设计、稳定的高频焊接、内毛刺的清除和内径控制是保证轴管质量的重要工序。

## 2.2 原料的选择

表1 各种钢号传动轴管的化学成分(%)

钢号	C	Si	Mn	P、S	Ti
08Z	0.05~0.12	≤0.37	0.35~0.65	≤0.035	≤0.14
15TiZ	0.12~0.19	0.30~0.60	0.35~0.65	≤0.035	0.12~0.22
20Z	0.17~0.24	0.17~0.37	0.35~0.65	≤0.035	—
25Z	0.20~0.27	0.17~0.37	0.40~0.70	≥0.035	—

传动轴管用带钢的钢号和化学成分应符合表1的规定。

壁厚为4.0mm~5.0mm的轴管可选择08Z热轧带钢；壁厚在2.5mm以下的轴管宜选择冷轧带钢。

钢号的选择对轴管的焊接性能和静扭屈服扭矩有极大的影响。首钢焊管厂经过30年的生产实践，选用含碳量在20钢和25钢之间，力学性能达到25钢的钢号作为传动轴管的专用钢之一，代号为25Z。但25Z钢的屈服比较低(约0.6)，影响了轴管屈服扭矩的进一步提高，退火后的力学性能合格率只有70%左右。因此，为降低成本，开发了含钛的低合金钢。

08Ti、10Ti、15Ti钢均属含钛的低合金钢。钢中加入Ti后，使晶粒细化，提高了钢的屈服强度、抗拉强度和屈服比(约0.8)。另外，Ti是较强的硫化物形成元素，易生成硫化钛，可减少和改变细长条硫化锰的数量与分布状态，从而提高钢的塑性，因此，可大幅度提高轴管的屈服扭矩。

带钢的壁厚精度对轴管质量也有直接影响。现有各类热轧和冷轧板卷的国家标准还难以完全满足GB9947-88标准的要求，因此，选用带钢标准特别重要。

使用08Z钢时，可采用武钢热轧协会86-17协议(或武钢企业标准)和GB2519标准，并限制S含量在0.035%以下，限制带钢壁厚精度在GB9947-88标准的范围内。

使用15TiZ钢时，可采用鞍钢轴管协会86-01协议(或鞍钢企业标准)，并限制S、P含量在0.035%以下；使用25Z钢时，采用鞍

钢协会3-90协议，并限制带钢壁厚精度在GB9947-88的范围内。

另外，带钢的力学性能应不低于GB9947-88传动轴管的力学性能。

### 2.3 剪切宽度的确定

带钢的剪切宽度直接影响成品轴管的精度。带钢剪切后宽度按下式计算

$$B = \pi(D - t) + \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 \quad (1)$$

式中 B——剪切后带钢宽度，mm

D——成品轴管公称直径，mm

t——成品轴管公称壁厚，mm

$\Delta_1$ 、 $\Delta_2$ 、 $\Delta_3$ ——分别为成型、焊接、定径余量

由上式计算的各种规格轴管的带钢宽度、实际剪切宽度及实测成品轴管的外径平均尺寸见表2。

表2 各种规格轴管的带钢剪切宽度(mm)

轴管规格	理论宽度	实际宽度	成品外径(平均)
50×2.5	154.06	154 <sup>0~+0.15</sup>	49.976
63.5×2.5	196.67	197 <sup>+0.20~0.25</sup>	63.616
89×2.5	277.29	277 <sup>+0.05~0.10</sup>	89.10
89×4.0	273.70	273 <sup>0~+0.20</sup>	89.1381

### 2.4 成型孔型设计

成型孔型设计可采用单半径圆周变形法孔型，也可采用双半径组合孔型。前者具有变形均匀，轧辊共用性强，容易加工，能适应相邻壁厚钢管的成型，成本较低等优点。 $\phi 50\text{mm} \times 2.5\text{mm}$ 和 $\phi 63.5\text{mm} \times 2.5\text{mm}$ 传动轴管的孔型变形图如图1和图2所示，变形架次的主要参数分别见表3、表4。

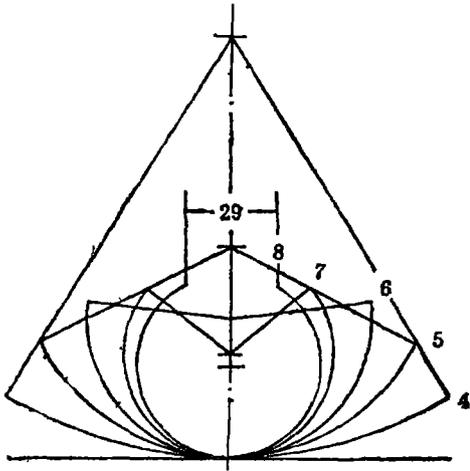


图1  $\phi 50\text{mm} \times 2.5\text{mm}$  轴管孔型变形示意

表3  $\phi 50\text{mm} \times 2.5\text{mm}$  轴管各变形架次的主要参数

架次	4	5	6	7	8
R(mm)	137	68.5	45.5	34	30.8
$\theta$ (°)	64.6	129.2	194.57	260.38	$b_{f1} = 29$

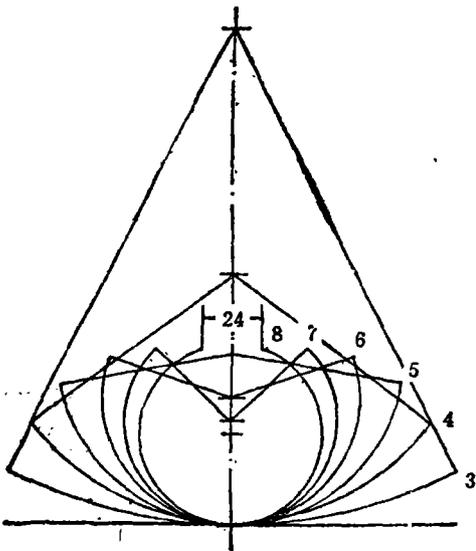


图2  $\phi 63.5\text{mm} \times 2.5\text{mm}$  轴管孔型变形示意

表4  $\phi 63.5\text{mm} \times 2.5\text{mm}$  轴管各变形架次的主要参数

架次	3	4	5	6	7	8
R(mm)	208	104	70	52	42	36.1
$\theta$ (°)	54.27	108.54	161.26	217	268.76	$b_{f1} = 24$

配辊时应严格按图纸和孔型样板检验轧辊。每次轴管生产必须采用新辊或重修后的轧辊，以保持正确的孔型。

### 2.5 高频焊接

焊接性能用碳当量来表示。 $C_{\text{当量}}$ 的上限为0.65~0.70。经计算，25Z钢的 $C_{\text{当量}}$ 为0.46，08Z钢的 $C_{\text{当量}}$ 为0.32。因此，含钛的低合金钢的焊接性能优于碳钢。但含钛钢的熔融液滴流动性差、粘度大，不容易形成火花飞溅，相反很容易在管内堆积，在焊接操作中应引起高度重视。

首钢焊管厂采用了频率为200kHz、功率为400kW的高频感应焊接工艺。各种规格轴管的焊接工艺参数见表5。

### 2.6 内毛刺的清除

传动轴管要经受严格的动平衡试验，贴片一般要求不超过两片。由于焊管内毛刺严重影响动平衡，因此，内毛刺必须清除。清除后残余高度应小于0.20mm，越小越好。

内毛刺的清除是轴管生产中的关键技术。常用的清除工艺有辊压法和刀除法两种。

辊压法是在管内安装一个辊架，辊架上的工作辊与管外的磨光辊对内毛刺施加压力，在钢管运动过程中将其辗平。辊压法工艺简单，操作方便，运行较稳定，辊压清除后的内毛刺高度绝大多数在0.20mm以下，基本上满足传动轴管的工艺要求。

刀除法是在管内安装一个刀架，刀架上的刀头在钢管运动过程中将热状态下的内毛刺刮除。刀除后内毛刺形态比较光滑，但内毛刺屑留在管内不易取出，而且将内毛刺高度控制在+0.15~-0.05mm内是十分困难的，往往由于内毛刺高度超差，使成材率和合格率下降。

首钢焊管厂研制的四辊固定刀头式清除内毛刺装置见图3。

该刀除刺装置成功地应用于 $\phi 89\text{mm} \times 4.0\text{mm}$ 和 $\phi 89\text{mm} \times 5.0\text{mm}$ 轴管、 $\phi 73\text{mm} \times$

表5 各种规格轴管焊接参数

轴管规格 (mm)	钢号	屏流(A)		栅流(A)		屏压 (kV)	焊速 (m/min)	输出功率 (kW)
		G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>			
50×2.5	08Z	19	21	5.8	6.0	10	21	400
63.5×2.5	25Z	18	20.8	7.3	7.0	9	22	349.2
89×2.5	08Z	18	21.5	6.1	5.8	10	30	395
89×4.0	08Z	19	21.8	5	4.9	9.2	28~35	375.4

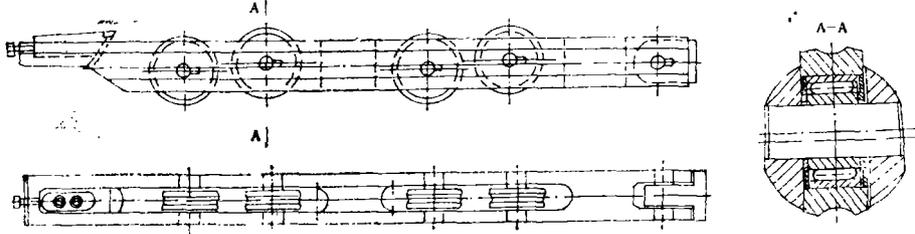


图3 刀架整体结构示意图

5.5mm石油管和 $\phi 60\text{mm} \times 3.0\text{mm}$ 焊接锅炉管,基本上满足了生产需要。

### 2.7 内径控制

汽车传动轴管两端分别与花键轴和固定凸缘叉进行过盈配合。由于过盈量有严格的限制,因此,要求轴管有较高的内径精度。内径允许偏差是保证轴管一级品率的重要因素,往往由于内径超差被判为修配管或普通管。

在生产过程中不能直接测量轴管内径。内径受壁厚和外径的制约。壁厚在工艺过程中有增厚现象,外径在矫直后有扩径现象。这样,轴管的内径受到原料厚度波动和定径矫直后壁厚增加、外径波动的影响,使内径控制的难度增大,因此,内径控制也是轴管生产中的重要环节。

以 $\phi 63.5\text{mm} \times 2.5\text{mm}$ 轴管为例,对其原料厚度、矫直前轴管外径和成品管内径进行连续测量,并运用二元回归分析法,得出轴管内径取决于带钢壁厚、矫直前外径的回归方程

$$\hat{y} = 61.08113 - 0.01657D_1 - 0.63862S \quad (2)$$

式中  $\hat{y}$ ——成品轴管内径回归值, mm  
 $D$ ——矫直前轴管外径, mm  
 $S$ ——带钢厚度, mm

其相关系数:  $k = 0.4487$

剩余标准偏差:  $\Delta = 0.04362\text{mm}$

该二元回归方程的精度由剩余标准偏差 $\Delta$ 来衡量。经计算,大部分内径偏差值在 $2\Delta$ 范围内( $2\Delta = 0.0872\text{mm}$ )。满足了内径允许偏差 $\pm 0.14\text{mm}$ 的技术要求。而且,实际计算所得的残差值( $y - \hat{y}$ )在 $-0.07 \sim +0.08\text{mm}$ 范围内波动。

当 $D = 63.50\text{mm}$ ,  $S = 2.5\text{mm}$ 时,  $\hat{y} = 58.4324\text{mm}$ ,比理论值 $58.50\text{mm}$ 小 $0.07\text{mm}$ 。这反映了工艺过程(增壁现象和矫直后外径变化)对成品管内径的综合影响,使内径减小。

如果在焊管机组中设置带钢厚度连续测厚仪、定径后(矫直前)外径连续测径仪,输入计算机,便能连续自动显示成品(矫直后)轴管内径值,实现在线连续检测内径。并根据显示的带钢壁厚和内径数值,随时调整定径后钢管外径,实现在线内径控制。

### 2.8 水压试验和无损检验

为确保焊缝质量,对轴管水压试验有严格的要求。成品轴管要求逐根进行水压试验,压力11.8MPa,稳压时间5s,焊缝处不得渗漏或漏水。

不具备水压试验条件的厂家,经用户同意,可用涡流探伤代替水压试验。按GB7735标准制作探伤样品,严格校验涡流探伤仪的灵敏度,实现在线连续探伤,自动标记,自动分选。

2.9 检查和检验

传动轴管在检查台上要逐根按GB9947-88标准检查焊缝质量、表面质量、尺寸精度和长度。

焊缝不能有裂缝、开口、裂纹、烧伤和搭焊。表面不得有结疤、麻坑、压痕和划伤。不超过壁厚允许负偏差的轻微缺陷可以存在。

几何尺寸的检查主要是壁厚、内毛刺高度、内径、椭圆度和长度。用尖头螺旋千分尺测量壁厚和内毛刺高度;用内径百分表测量内径。而用游标卡尺测量壁厚和内径都是不准确的。

表6 首钢焊管厂与日本和歌山制铁所生产的φ63.5mm×2.5mm轴管的比较

	外径(mm)		椭圆度		壁厚(mm)		内径(mm)		内毛刺高度(mm)		同一断面壁厚差	
	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小
首钢	63.75	63.47	0.11	0	2.68	2.55	58.67	58.25	0.05	-0.34	0.09	0
日本	63.58	63.42	0.16	0	2.74	2.51	58.47	58.15	+0.10	-0.24	0.17	0

在力学性能方面,首钢焊管厂生产的各种规格钢号的轴管的抗拉强度和伸长率均超过了标准值。此外,这些轴管的实际屈服扭矩都符合GB9947-88标准,而且含钛的低合金钢轴管的扭矩普遍高于碳钢。

4 结语

汽车传动轴管是首钢焊管厂高技术、有

轴管按批验收。每批在两根钢管上各取3个试样做拉伸试验、压扁试验和扩口试验,其结果应符合GB9947-88标准的规定。

2.10 标记、包装、涂油和运输

成品轴管端部应喷漆标记。标记内容为:钢号、规格、长度、炉号、批号、组别、生产厂标志。

轴管应按六角包装,用钢带捆扎牢固。每捆拴两个标牌。标牌上除标记内容外,还应有捆重和生产日期。

成捆轴管应涂中性油防锈,油层厚度应薄而均匀。

轴管用铁路敞车运输时,每层之间加垫木隔开,以便吊运。车顶盖篷布。

发运时附质量证明书。

3 轴管质量

在几何尺寸精度方面,以首钢焊管厂与日本和歌山制铁所生产的φ63.5mm×2.5mm轴管进行比较(见表6),日本的钢管外径精度高于首钢,而在内毛刺高度、椭圆度、壁厚、内径等方面两者大体相近。

代表性的产品之一。高频焊接工艺、内毛刺清除和内径控制是轴管生产中的重要工序,它直接影响轴管的产品质量。经过30年的生产实践,首钢焊管厂开发研制成功了5个钢种、9个规格系列的汽车传动轴管,产品质量优良,但仍需不断更新、挖掘潜力,以适应国内外汽车行业发展的需要。

(收稿日期:1992-12-23)