

压下量对单层钢丝帘线校直辊工艺的影响

G. Bae¹, H. Huh¹, J. Lee², B. Lee²

(1. School of Mechanical, Aerospace & System Engineering, Daejeon 305-701, Korea; 2. Technical Development Center, Kyungbuk 790-840, Korea)

中图分类号: TQ330.38+9

文献标志码: B

文章编号: 1006-8171(2015)05-0304-03

钢丝帘线一般用作提升轮胎性能的增强材料。平直度和残余扭转是评估单层钢丝帘线质量的重要项目。钢丝帘线通常是由拉拔单丝采用不同的捻制方法制成, 捻制过程中钢丝帘线通过捻制和校直装置达到各种捻合和弯曲条件。捻制过程通常会引起钢丝帘线内部残余应力的不平衡, 这是造成钢丝帘线质量下降的主要原因。为了缓解残余应力的不平衡, 在钢丝帘线捻制过程中通常使用过捻和校直辊装置。

过捻工序后, 校直辊装置使钢丝帘线应力分布不平衡程度减轻, 提高了钢丝帘线产品的质量。通过校直辊装置, 钢丝帘线经历周期弯曲变形。弯曲变形量可由校直辊轴承的直径和压下量来控制。校直辊压下量因在钢丝帘线捻制过程中便于控制而成为优化工艺参数。由于压下量的定量标准尚未建立, 仅以操作人员的经验为基础, 因此要使钢丝帘线达到目标质量, 需耗费大量的时间和成本。

本工作以 3×0.30 单层钢丝帘线为例, 研究压下量对单层钢丝帘线校直辊工艺的影响。以校直辊进口和出口处压下量为过程参数, 建立捻制试验设计表。通过测定残余扭转、弧高和单丝预变形来评估钢丝帘线的质量。应用 3 个项目的测定数据, 通过回归分析方法分析压下量的灵敏度, 并构建质量预测方程。

1 校直工艺

通过校直过程, 钢丝帘线释放不平衡应力, 以改善单层钢丝帘线的产品质量。 3×0.30 单层钢丝帘线结构如图 1 所示。单层钢丝帘线捻股机及

捻制过程如图 2 所示。调整钢丝帘线不平衡应力分布的两组校直辊作为一套装置, 在水平和垂直方向上交叉排列。捻股试验中, 相同的压下量施加到两组校直辊装置上。

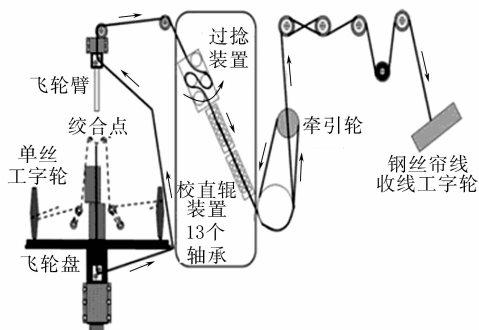
单层钢丝帘线捻制工艺条件如下: 捻制速度 $7\,000\text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$, 过捻速度 $3\,500\text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$, 过捻速比 1.0, 回张力 108 N, 轴承数量 每



图 1 3 根单丝捻制的单层钢丝帘线示意



(a) 捻股机



(b) 捻制过程示意

.....单丝; — 钢丝帘线; → 前进方向。

图 2 单层钢丝帘线捻股机及捻制过程示意

件 13 个,轴承直径 16 mm,轴承间距 19 mm,钢丝帘线捻距 14 mm。

2 单层钢丝帘线评估项目

残余扭转、弧高和单丝预变形测定如图 3 所示。残余扭转是从工字轮上抽出 6 m 长钢丝帘线,测出端部扭转释放的转数;弧高是截取长 400 mm 钢丝帘线,放置在弧高刻度板上测量;单丝预变形采用 X 射线投影仪对单根钢丝进行扫描测量。X 射线投影仪提供单丝在水平和垂直方向上的精确轮廓,测量范围和扫描速度分别为 100 mm 和 $1.0\text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

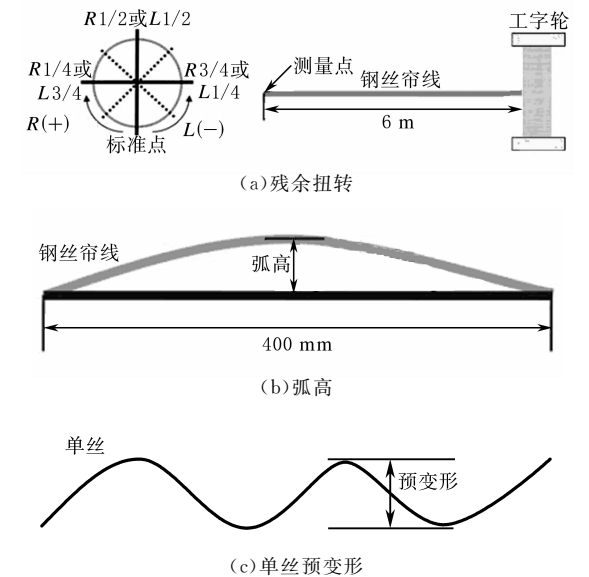


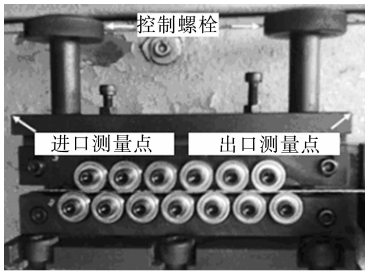
图 3 单层钢丝帘线产品质量的评估项目

3 捻股试验

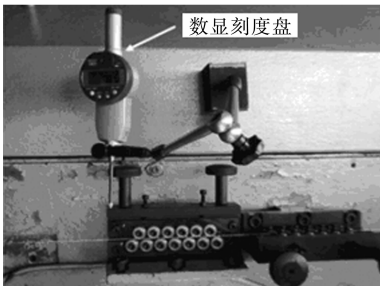
校直辊啮合程度通常定义为在垂直方向上对钢丝帘线的压下量。校直辊装置进口和出口区域的压下量测定如图 4 所示。由于受校直辊装置的结构影响,精确测量进出口位置的压下量有困难,可采用数显刻度盘精确施加压下量。通过两个控制螺栓控制校直辊底板的位置,从而使校直辊压下量呈线性增大或减小。

3.1 试验方案

在实际钢丝帘线制造过程中,进口位置的压下量总是大于出口位置。设计方案以 0.5 mm 为一个间隔进行试验,具体见表 1。



(a) 校直辊装置



(b) 数显刻度盘

图 4 校直辊装置压下量的测定

表 1 单层钢丝帘线进出口压下量设计方案 mm

项 目	方案编号									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
进口压下量	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	2.0	2.5	2.0	2.5	3.0
出口压下量	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	2.0	2.0	2.5

注:原文表中无第 5 和 10 号方案值,但后面有测定结果。因此第 5 和 10 号为译者推测数据。

3.2 钢丝帘线质量评估

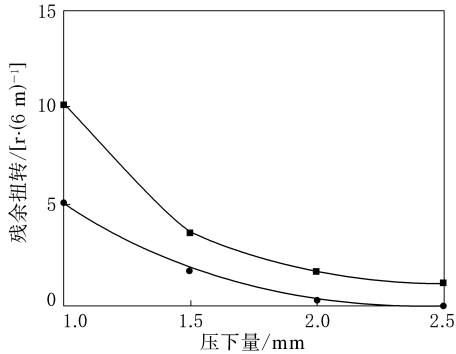
钢丝帘线的残余扭转和弧高重复测定 6 次,单丝预变形在水平和垂直方向上重复测定 12 次,均取平均值,测定数据见表 2。

3.3 回归分析

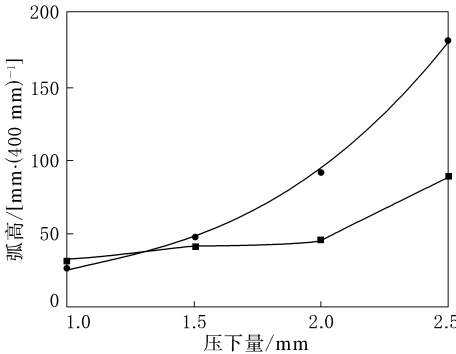
应用 3 个评估项目的测定数据作回归分析。评估项目测定值与压下量的对应关系回归分析结果见图 5。由图 5 可以看出,当压下量增大时,钢丝帘线的残余扭转迅速减小,弧高增大,单丝预变形变化不大。说明相对于钢丝帘线的残余扭转和弧高,单丝预变形对压下量的变化不敏感。评估项目对压下量回归敏感度分析见图 6。由图 6 可见,残余扭转主要取决于进口处的压下量,而弧高取决于出口处的压下量。出口处压下量对单丝预变形的影响比进口处更敏感。回归方程中两种压下量的交叉项目对评估项目影响有限。

表 2 单层钢丝帘线评估项目测定结果

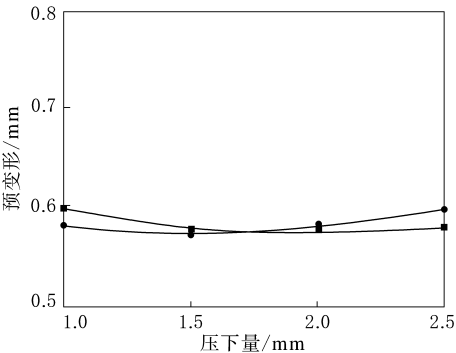
项 目	方案编号									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
残余扭转/ $[\text{r} \cdot (6 \text{ m})^{-1}]$	10.2	5.2	3.1	2.5	2.0	1.6	1.6	0.2	0.2	0
弧高/ $[\text{mm} \cdot (400 \text{ mm})^{-1}]$	30.8	30.0	10.7	32.3	52.5	61.7	26.7	65.0	117.5	180.0
预变形/mm	0.597	0.581	0.571	0.578	0.575	0.574	0.571	0.586	0.577	0.598



(a)残余扭转



(b)弧高



(c)单丝预变形

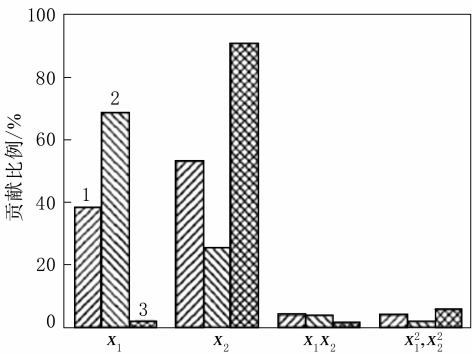
■—进口；●—出口。

图 5 评估项目随压下量的变化曲线

回归分析后构建的二阶回归方程如下：

$y=\alpha_0+\alpha_1x_1+\alpha_2x_2+\alpha_3x_1x_2+\alpha_4x_1^2+\alpha_5x_2^2$

回归方程每个评估项目的系数见表3。应用



x_1 —进口处压下量; x_2 —出口处压下量;
1—预变形;2—残余扭转;3—弧高。

图 6 评估项目回归敏感度分析

表 3 3 个评估项目预测方程的系数

系 数	残余扭转/ $[\text{r} \cdot (6 \text{ m})^{-1}]$	弧高/ $[\text{mm} \cdot (400 \text{ mm})^{-1}]$	预变形/ mm
α_0	35.051	158.601	0.676
α_1	-21.410	-68.819	-0.067
α_2	-11.295	-140.733	-0.045
α_3	2.971	35.543	-0.013
α_4	3.886	6.571	0.019
α_5	0.629	44.743	0.026
R^2_{adj}	0.956	0.805	0.814

回归方程,依据压下量可以对评估项目进行预测而不需要实际捻制钢丝帘线。

4 结论

单层钢丝帘线产品质量可由校直辊装置不同压下量的捻制试验进行评估。通过测定单层钢丝帘线的残余扭转、弧高和单丝预变形 3 个评估项目,并对测定数据进行回归分析,构建预测方程,可分析校直辊装置进口、出口处压下量的敏感度。构建的回归方程可作为单层钢丝帘线捻制过程校直辊装置的设计准则。

(江苏兴达钢帘线股份有限公司 刘湘慧摘译)

译自英国“Materials Research Innovations”,

15(SUPPL1),400~403(2011)