

# 0.22+6+11×0.20HT钢丝帘线在全钢载重子午线轮胎胎体中的应用

张世鑫<sup>1</sup>, 刘红锁<sup>2</sup>, 任夫云<sup>1</sup>

(1. 三角轮胎股份有限公司, 山东 威海 264200; 2. 江苏兴达钢帘线股份有限公司, 江苏 兴化 225721)

**摘要:** 研究0.22+6+11×0.20HT钢丝帘线在全钢载重子午线轮胎胎体中的应用。结果表明: 与传统的3+9+15×0.175+0.15NT钢丝帘线相比, 0.22+6+11×0.20HT钢丝帘线的单丝强度高, 帘线直径和线密度小, 渗胶性能好, 耐磨损和耐疲劳性能优异; 以0.22+6+11×0.20HT钢丝帘线替代3+9+15×0.175+0.15NT钢丝帘线用于12R22.5 18PR全钢载重子午线轮胎胎体中, 生产工艺稳定性良好, 可在保证轮胎强度的情况下, 提高耐久性能, 降低滚动阻力, 同时可减小材料用量, 降低生产成本。

**关键词:** 钢丝帘线; 全钢载重子午线轮胎; 胎体; 渗胶性能; 耐疲劳性能; 耐久性能

**中图分类号:** TQ330.38<sup>+</sup>9; U463.341<sup>+</sup>.3/.6

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1006-8171(2020)09-0550-06

**DOI:** 10.12135/j.issn.1006-8171.2020.09.0550



OSID开放科学标识码  
(扫码与作者交流)

随着当前各国环保意识的不断提高以及相关法规的制定, 对运输业的节能减排提出了更加严苛的要求, 尤其是诸多轮胎准入标签法规的陆续出台, 使低滚动阻力、高安全性和可翻新的绿色环保轮胎成为全球轮胎行业的发展趋势<sup>[1-2]</sup>。由于近年来全球经济增长缓慢以及我国对超载限制的加强, 使轮胎企业出现不同程度的运营困难, 不同品牌竞争日趋激烈。可以说目前中国轮胎工业正处于一个变革的时期, 这就促使国内轮胎企业必须积极开发和生产高性能轮胎, 加速新材料和新技术的研究与应用, 以提高自有品牌在市场上的占有率。

钢丝帘线作为轮胎骨架材料, 对轮胎的质量、承载能力、安全性、耐磨性及可翻新性等起到了重要作用。胎体作为载重子午线轮胎的关键部件, 其材料性能对轮胎综合性能的影响至关重要。目前胎体钢丝帘线的发展趋向于更高强度、更好的耐疲劳性能、环保新镀层以及更优的钢丝结构设计, 有利于减小轮胎质量, 降低滚动阻力, 延长轮

胎行驶里程<sup>[3-5]</sup>。为适应这一发展趋势, 我公司与江苏兴达钢帘线股份有限公司合作研究更高强度、更小直径以及无外缠丝的新型结构钢丝帘线在全钢载重子午线轮胎胎体中的应用, 以期在实现轮胎轻量化的同时, 能够提高轮胎的耐久性能、降低滚动阻力等。

本工作主要研究0.22+6+11×0.20HT新型钢丝帘线替代3+9+15×0.175+0.15NT传统钢丝帘线在全钢载重子午线轮胎胎体中的应用。

## 1 实验

### 1.1 主要原材料

0.22+6+11×0.20HT和3+9+15×0.175+0.15NT钢丝帘线, 江苏兴达钢帘线股份有限公司产品。

### 1.2 主要设备和仪器

S型四辊钢丝/纤维两用压延机, 意大利柯米尼奥·埃克利公司产品; 大角度钢丝帘布裁断机, 德国Fischer公司产品; 一次法成型机, 荷兰VMI公司产品。

### 1.3 性能测试

各项性能均按照相应的国家或企业标准进行测试。

**作者简介:** 张世鑫(1988—), 男, 山东威海人, 三角轮胎股份有限公司工程师, 硕士, 主要从事子午线轮胎的结构设计以及钢丝骨架材料的应用研究工作。

**E-mail:** zhangshixin@triangle.com.cn

## 2 结果与讨论

### 2.1 钢丝帘线性能

#### 2.1.1 基本性能和结构特性

0.22+6+11×0.20HT和3+9+15×0.175+0.15NT钢丝帘线的基本性能见表1。

表1 两种钢丝帘线的基本性能

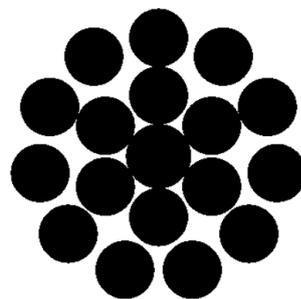
项 目	0.22+6+11× 0.20HT	3+9+15×0.175+ 0.15NT
捻距/mm	7.0/14.0	5.0/10.0/16.0/3.5
捻向	S/S	S/S/Z/S
帘线直径/mm	1.02	1.34
线密度/(g·m <sup>-1</sup> )	4.60	5.42
最小破断力/N	1 720	1 720
最小破断力/帘线直径/ (N·mm <sup>-1</sup> )	1 686	1 284
最小破断力/线密度/ [N·(g·m <sup>-1</sup> ) <sup>-1</sup> ]	374	317

从表1可以看出:3+9+15×0.175+0.15NT钢丝帘线是由27+1根普通强度单丝捻制而成,各层之间的捻距和捻向均不同;0.22+6+11×0.20HT钢丝帘线是由18根高强度单丝组成,各层之间的捻距不同,但捻向相同,其最小破断力与3+9+15×0.175+0.15NT钢丝帘线相同,但帘线直径和线密度减小,钢丝帘线的坚韧性(最小破断力/线密度)提高约18%,使其单位长度钢丝帘线可承受的破断力更大,在保证帘布强度相同的前提下,可减小钢丝帘线用量和轮胎质量,提高胎体的耐疲劳性能,延长轮胎使用寿命。

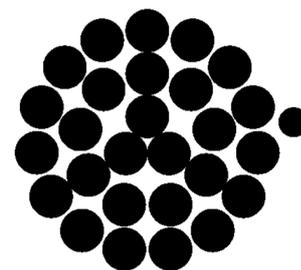
3+9+15×0.175+0.15NT钢丝帘线为有外缠丝层状结构,0.22+6+11×0.20HT钢丝帘线为无外缠丝层状结构,内层为偶数根单丝,外层为奇数根单丝,要求其沿圆周均匀排列,这对钢丝帘线生产的工艺控制要求更高。两种钢丝帘线的截面结构如图1所示。3+9+15×0.175+0.15NT钢丝帘线由于外缠丝的存在,在胎体发生弯曲变形时,对外层钢丝有较大的切割磨损,降低了钢丝帘线的耐弯曲疲劳性能。0.22+6+11×0.20HT钢丝帘线由于不存在外层钢丝和外缠丝间的磨损,因而具有更好的耐用性,同时简化了钢丝帘线的生产工艺,提高了生产效率。

#### 2.1.2 弯曲刚度和耐疲劳性能

0.22+6+11×0.20HT和3+9+15×0.175+0.15NT钢丝帘线的弯曲刚度分别为52.6和



(a) 0.22+6+11×0.20HT钢丝帘线



(b) 3+9+15×0.175+0.15NT钢丝帘线

图1 两种钢丝帘线的截面结构

68.1 TSU。与3+9+15×0.175+0.15NT钢丝帘线相比,0.22+6+11×0.20HT钢丝帘线的弯曲刚度降低了22.8%,说明其更加柔软,更适用于胎体帘布,且有利于轮胎成型时胎体反包。

表2列出了在施加15 kg的相同负载下0.22+6+11×0.20HT和3+9+15×0.175+0.15NT钢丝帘线在不同辊径下的三辊弯曲疲劳次数测试结果。

表2 两种钢丝帘线在不同辊径下的三辊弯曲疲劳次数

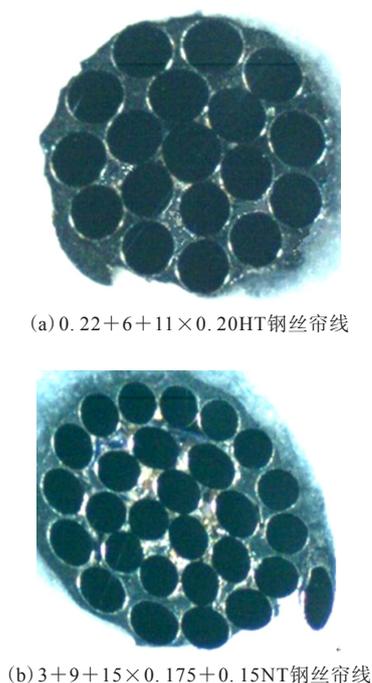
辊径/mm	0.22+6+11× 0.20HT	3+9+15×0.175+ 0.15NT	增幅/%
16	2 028	1 432	41.6
18	7 458	4 014	85.8
20	11 893	6 586	80.6
22	12 222	6 803	79.7

从表2可以看出,在不同辊径下,0.22+6+11×0.20HT钢丝帘线的疲劳次数均比3+9+15×0.175+0.15NT钢丝帘线有所增加,最大增幅可达85.8%,说明0.22+6+11×0.20HT钢丝帘线的耐疲劳性能更优,作为胎体可为轮胎翻新奠定基础。

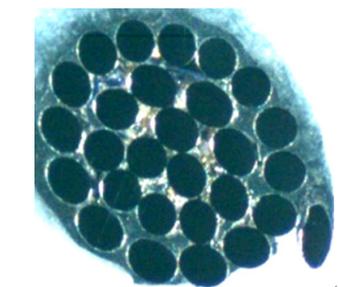
#### 2.1.3 渗胶性能

通过金相法检测0.22+6+11×0.20HT和3+9+15×0.175+0.15NT钢丝帘线的渗胶性

能,两种钢丝帘线的渗胶截面如图2所示,附胶情况如图3和4所示。



(a) 0.22+6+11×0.20HT钢丝帘线



(b) 3+9+15×0.175+0.15NT钢丝帘线

图2 两种钢丝帘线的渗胶截面



(a) 芯股单丝附胶

(b) 层间单丝附胶

(c) 表面附胶

图3 0.22+6+11×0.20HT钢丝帘线的附胶情况

从图2可以看出,0.22+6+11×0.20HT钢丝帘线比3+9+15×0.175+0.15NT钢丝帘线具有更好的渗胶性能。这是因为两种钢丝帘线虽然均为层状结构,但3+9+15×0.175+0.15NT钢丝帘线的层间单丝根数为内奇外奇组合,外层钢丝排列紧密,且有外缠丝束紧,单丝间空隙小,不易渗胶;而0.22+6+11×0.20HT钢丝帘线的层间单丝根数为内偶外奇组合,外层钢丝间隙较大,有利



(a) 芯股单丝附胶

(b) 层间单丝附胶

(c) 表面附胶

图4 3+9+15×0.175+0.15NT钢丝帘线的附胶情况于胶料渗透。

从图3和4可以看出:两种钢丝帘线的表面附胶性能相当,均能达到95%以上,芯股基本无附胶;但0.22+6+11×0.20HT钢丝帘线的外层和内层单丝附胶率均比3+9+15×0.175+0.15NT钢丝帘线稍高,这是因为内层钢丝帘线附胶情况受外层钢丝帘线结构和根数的影响,结构越简单、单丝之间的间隙越大,钢丝帘线的附胶及渗胶性能越好。

0.22+6+11×0.20HT钢线帘线具有更优的渗胶性能,保证了胶料与钢丝帘线的有效粘合,能够提高胎体的耐疲劳性能,防止潮湿气体渗透引起钢丝腐蚀,延长胎体使用寿命,提升轮胎的安全性。

#### 2.1.4 钢丝帘布参数

0.22+6+11×0.20HT和3+9+15×0.175+0.15NT钢丝帘布参数如表3和图5所示。

从表3和图5可以看出,与3+9+15×0.175+0.15NT钢丝帘线相比,0.22+6+11×0.20HT钢丝帘线的单丝强度高、线密度和直径小,在保证等强度替代的前提下,压延密度相同,压延厚度减小0.2 mm,钢丝帘线质量、胶料质量和帘布质量分别减小了15%,12%和14%,从而可减小单胎质量,降低生产成本。钢丝帘线间距增大,有利于压延时

表3 两种钢丝帘布参数

项 目	0.22+6+11× 0.20HT	3+9+15×0.175+ 0.15NT
压延密度/(根·dm <sup>-1</sup> )	60	60
压延厚度/mm	2.1	2.3
钢丝占比/%	61	80
帘线间距/mm	0.63	0.32
帘线间距/帘线直径	0.61	0.24
帘布强度/(kN·m <sup>-1</sup> )	1 032	1 032
钢丝帘线质量/(g·m <sup>-2</sup> )	2 760	3 252
胶料质量/(g·m <sup>-2</sup> )	2 005	2 266
帘布质量/(g·m <sup>-2</sup> )	4 765	5 518
钢丝帘线质量指数	85	100
胶料质量指数	88	100
帘布质量指数	86	100

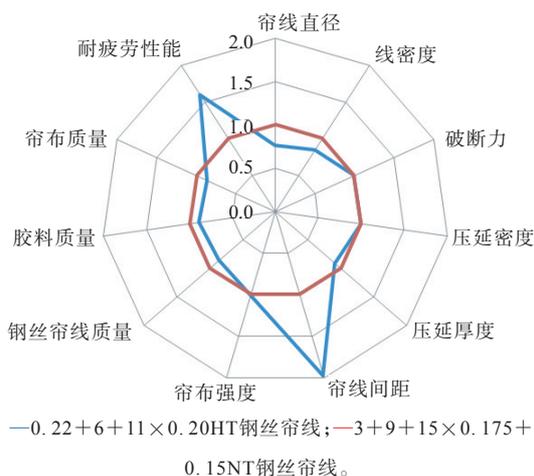


图5 两种钢丝帘布的综合性能指数  
钢丝帘线间的渗胶。

## 2.2 工艺性能

### 2.2.1 压延工艺

0.22+6+11×0.20HT和3+9+15×0.175+0.15NT钢丝帘布的压延工艺有如下区别。

(1) 由于0.22+6+11×0.20HT钢丝帘线的直径减小,需设计加工专用整径压力辊,使沟槽尺寸与帘线直径匹配。

(2) 3+9+15×0.175+0.15NT钢丝帘线的外缠丝使其更紧密,不易出现松散起鼓问题,压延过程中跳线风险较低,同时外缠丝有利于压延时帘线表面挂胶;0.22+6+11×0.20HT钢丝帘线表面附胶能力降低,为保证钢丝帘线间隙保持率和胶料渗透,压延锭子张力和压延速度需要相应减小。

(3) 两种钢丝帘布的压延过程稳定,帘布表面平整性好,剥离及空气含量等检测结果均满足相

应的企业标准要求。

### 2.2.2 裁断工艺

0.22+6+11×0.20HT和3+9+15×0.175+0.15NT钢丝帘布裁断后表面平整,无翘头和起拱问题。但在裁断时由于0.22+6+11×0.20HT钢丝帘布偏软,易在接头机堆料,修边后边部厚度不稳定,接头时出现稀线或并线问题,通过对传送带递布速度和接头机风压进行调整,可以解决以上问题,并保证修边后帘布边缘不漏钢丝。

### 2.2.3 成型和硫化工艺

由于0.22+6+11×0.20HT钢丝帘布厚度较小,挺性变弱,导致成型时易拉伸,接头稍有困难,通过规范操作和调整拉链机间距风压,可以避免发生以上问题。

## 2.3 成品性能

采用0.22+6+11×0.20HT钢丝帘线替代3+9+15×0.175+0.15NT钢丝帘线用于12R22.5 18PR全钢载重子午线轮胎胎体中,并对成品轮胎进行室内性能测试,结果如表4所示。

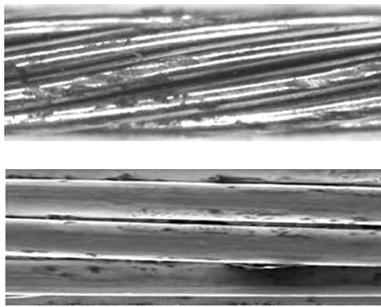
表4 成品轮胎的室内性能测试结果

项 目	0.22+6+11× 0.20HT	3+9+15×0.175+ 0.15NT
压穿强度/J	3 354	3 305
耐久性能/h	96	84
胎圈耐久性能/h	124	112
胎体耐久性能/h	407	385
高速性能		
行驶速度/(km·h <sup>-1</sup> )	120	120
行驶时间/min	30	30
试验结束时轮胎状况	未损坏	未损坏
滚动阻力系数/ (N·kN <sup>-1</sup> )	6.14	6.32

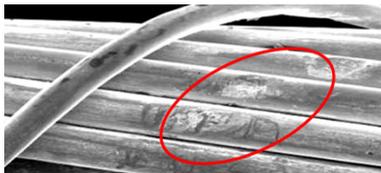
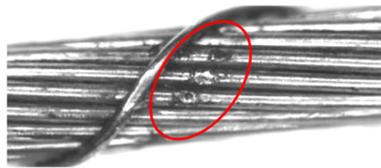
从表4可以看出,胎体采用0.22+6+11×0.20HT钢丝帘线,成品轮胎的强度性能变化不大,耐久性能提高14.3%,胎圈耐久性能提高10.7%,胎体耐久性能提高5.7%,高速性能满足标准要求,滚动阻力系数降低约2.8%。

将0.22+6+11×0.20HT和3+9+15×0.175+0.15NT钢丝帘线用于胎体进行耐久性试验后钢丝帘线表面和单丝磨损情况分别如图6和7所示,钢丝帘线样品从试验残胎屈挠最严重处解剖而得。

从图6和7可以看出:3+9+15×0.175+

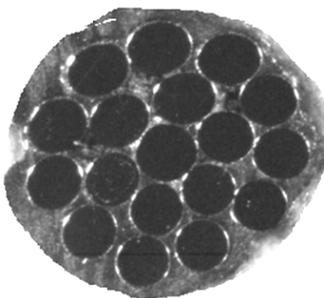


(a) 0.22+6+11×0.20HT 钢丝帘线

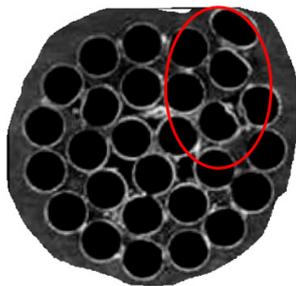


(b) 3+9+15×0.175+0.15NT 钢丝帘线

图6 两种钢丝帘线的表面磨损



(a) 0.22+6+11×0.20HT 钢丝帘线



(b) 3+9+15×0.175+0.15NT 钢丝帘线

图7 两种钢丝帘线的单丝磨损截面

0.15NT 钢丝帘线的层间单丝表面和外缠丝与外层钢丝接触面均有明显磨损痕迹;而 0.22+6+

11×0.20HT 钢丝帘线的单丝表面磨损程度较小,外层钢丝表面完整性好。

分析认为,轮胎在行驶过程中胎体弯曲变形会伴随着帘线单丝间的相互摩擦运动,即胎体钢丝旋转弯曲疲劳与微振磨损交织在一起。在轮胎长期使用过程中,反复摩擦使钢丝表面状态恶化,磨损处易产生材料腐蚀和疲劳裂纹,导致钢丝帘线使用寿命降低。而钢丝帘线磨损程度主要取决于接触应力,且与渗胶情况、捻制方式及帘线结构等有关。因此,0.22+6+11×0.20HT 钢丝帘线无外缠丝、同捻向、高渗胶的结构特点使其具有比 3+9+15×0.175+0.15NT 钢丝帘线更佳的耐磨和耐疲劳性能。

#### 2.4 成本分析

采用 0.22+6+11×0.20HT 钢丝帘线替代 3+9+15×0.175+0.15NT 钢丝帘线生产的 12R22.5 18PR 全钢载重子午线轮胎单胎质量减小 1.02 kg (钢丝帘线和胶料用量分别减小 0.664 和 0.356 kg),按照年产 60 万套该规格轮胎计算,每年可节约钢丝帘线 398 t,节约胶料 214 t;每年可节约原材料和半成品及成品运输量约 612 t。由于 0.22+6+11×0.20HT 钢丝帘线直径减小,帘线捻长增大,可减少压延尾线消耗,在同等劳动强度下,可减少锭子房用工 12%。

#### 3 结论

采用 0.22+6+11×0.20HT 新型钢丝帘线替代 3+9+15×0.175+0.15NT 传统钢丝帘线用于全钢载重子午线轮胎胎体,钢丝帘线的单丝强度提高,结构简化,渗胶性能提高,钢丝帘线与胶料之间的粘合性能、钢丝帘线的耐磨性能和耐疲劳性能均提高;生产工艺优化后稳定性良好,可以提高轮胎的耐久性能,实现轮胎轻量化,降低滚动阻力;减小轮胎生产成本和材料消耗,符合当前绿色轮胎的发展趋势,具有较好的应用前景。我公司将与帘线生产企业更加紧密合作,不断开发和生产出更舒适、安全、环保的轮胎产品,共同推进我国子午线轮胎的发展。

#### 参考文献:

[1] 王梦蛟. 绿色轮胎的发展及其推广应用[J]. 橡胶工业, 2018, 65(1):

- 105-112.
- [2] 刘晓芳,隋海涛,张正伟,等. 3+9+15×0.20ST钢丝帘线在全钢载重子午线轮胎胎体中的应用[J]. 轮胎工业,2018,38(10):617-620.
- [3] 刘伯忠. 3+8×0.21ST钢丝帘线在全钢载重子午线轮胎中的应用[J]. 轮胎工业,2017,37(11):684-686.
- [4] 王成德,程德祥,高原,等. 3×0.24/9×0.225CCST钢丝帘线在全钢载重子午线轮胎胎体中的应用[J]. 橡胶科技,2017,15(4):29-32.
- [5] 柴德龙,毛建清,张维雁. 全钢载重子午线轮胎胎体钢丝帘线锈蚀原因分析及解决措施[J]. 轮胎工业,2012,32(5):302-304.
- 收稿日期:2020-04-30

## Application of 0.22+6+11×0.20HT Steel Cord in Carcass of Truck and Bus Radial Tire

ZHANG Shixin<sup>1</sup>, LIU Hongshuo<sup>2</sup>, REN Fuyun<sup>1</sup>

(1. Triangle Tyre Co., Ltd, Weihai 264200, China; 2. Jiangsu Xingda Steel Tyre Cord Co., Ltd, Xinghua 225721, China)

**Abstract:** The application of 0.22+6+11×0.20HT steel cord in the carcass of truck and bus radial tire was investigated. The results showed that, compared with traditional 3+9+15×0.175+0.15NT steel cord, 0.22+6+11×0.20HT steel cord possessed a higher monofilament intensity, smaller cord diameter and linear density, better rubber permeability, better wear resistance and fatigue resistance. Using 0.22+6+11×0.20HT steel cord instead of 3+9+15×0.175+0.15NT steel cord in the carcass of 12R22.5 18PR truck and bus radial tire, the process stability was good, the strength of tire could be ensured, the endurance was improved, and the rolling resistance was reduced. Meanwhile, the material consumption and production cost were reduced.

**Key words:** steel cord; truck and bus radial tire; carcass; rubber permeability; fatigue resistance; endurance

### 风神轮胎焦作基地缠绕鼓控制程序智能升级

2020年,风神轮胎股份有限公司焦作基地(简称焦作基地)将技术创新与提质增效有机结合,积极解决生产实际难题。

工程机械轮胎胎面缠绕是轮胎半成品制作的关键工序,作为缠绕工序的主要生产装置之一,缠绕鼓能否正常运转直接影响胎坯缠绕效率。实际生产中由于缠绕轮胎规格的变更,经常需要更换缠绕鼓,更换后由于撑合脉冲设定不合适和丝杠丝母行程不同,在操作过程中容易出现缠绕鼓挤死的情况,而缠绕鼓的频繁挤死极易导致缠绕鼓固定键断裂,从而造成缠绕鼓过早损坏。据统计,焦作基地每年由于缠绕鼓挤死至少损坏10个缠绕鼓,不仅严重影响生产,而且大大增加了生产成本,但由于处理难度大,长期以来成为制约缠绕效率提升的“瓶颈”。

为此,焦作基地成型工序设备管理人员根据缠绕鼓的撑合原理,对缠绕鼓的控制程序进行智能升级改造:引入自动报警装置,重新编制操作程序,在人机操作界面的基础上加装可视化操作界面。改造完成后,当缠绕鼓出现撑合不合适时,操作系统会自动报警,操作人员便可以通过可视界面查看缠绕鼓脉冲设置、修改脉冲数值,并可通过点击界面按钮一键完成缠绕鼓的自动校准,从而避免了缠绕鼓出现挤死的情况,彻底消除了因缠绕鼓固定键被挤断而引起过早损坏的隐患,大大提高了生产效率,同时降低了维修成本。

自此项升级改造实施以来,焦作基地缠绕效率提高10%,缠绕鼓达到100天无维修记录,累计创效10多万元。

(摘自《信息早报(化工专刊)》,2020-07-21)