

不锈钢/棉包芯花色纱的制备及性能

卢欣,温南华,陈永华,王晓梅*

(五邑大学 纺织材料与工程学院,广东 江门 529000)

摘要:在实验室细纱机上以不锈钢纤维长丝、棉和色纺纯棉纱为原料制备不锈钢/棉包芯花色纱,产品既有抗静电、电磁屏蔽效果,又有独特的花式外观。采用3种方法进行纱线制备,包括先交捻后包芯、先包芯后交捻以及同时喂入法。成纱外观、毛羽、耐磨性和经济性的综合分析结果表明,同时喂入法最佳。在此基础上研究捻度对成纱断裂强度、耐磨和毛羽的影响。捻度对强度的影响与普通单纱类似,即存在临界捻度;耐磨性随捻度的增加而增加;毛羽随捻度的增加先增加后减小;拉伸断裂强度随不锈钢长丝含量的增加先增加后减小,含量在约25%时,断裂强度最大。

关键词:包芯纱;不锈钢纤维;捻系数;纱线性能;纺纱方法

中图分类号:TS 104.7;TS 104.5

文献标志码:B

文章编号:1673-0356(2023)06-0039-04

随着人们生活水平的提升,电子产品逐渐成为人们生活的必需品,但同时,这些电子产品带来的电磁辐射,也对人们的身体造成危害,因此,电磁防护纺织品成为研究的热点^[1]。金属纤维对电磁波的反射作用,赋予织物永久的抗辐射功能,金属纤维中应用较多的是不锈钢纤维。不锈钢纤维大多在纺纱前使用专用设备将不锈钢长丝束牵切拉断制条,使其长度与混纺纤维相似^[2],然后与纺织纤维混纺。但由于不锈钢丝的刚性及摩擦因数较大,使得不锈钢纤维在纱线中分布不够均匀,成纱容易产生条干不匀、易起毛,混纺纱中的不锈钢丝很容易暴露在外层,最终加工成织物时,暴露的不锈钢纤维会大大影响织物的服用性能,如穿着时产生刺痒感^[3-4],并且因为不锈钢纤维染色困难,导致织物色泽受到影响。

将不锈钢长丝作为纱芯,外包普通纤维制成包芯纱,可以在赋予纱线良好的不锈钢纤维功能性的同时,保留化学纤维或天然纤维优良的服用性能。在改造的细纱机上,以不锈钢纤维长丝为芯纱,外包本色棉纤维和有色棉纤维,获得既有抗静电或电磁屏蔽效果,又有独特花式外观的不锈钢/棉包芯花色纱,所得产品可用于针织毛衫服装。

1 试验部分

1.1 材料和设备仪器

试验中使用的不锈钢长丝直径为35 μm,最大抗

拉强度为700 MPa;本色棉粗纱,线密度为718 tex;色纺棉纱,线密度为19.4 tex。

所用仪器设备包括:HFX-A4小型棉纺细纱机(苏州市华飞纺织科技有限公司);YG155A纱线捻度机(南通三思机电科技有限公司);Y731D抱合力机(宁波纺织仪器厂);YG172A纱线毛羽测试仪(陕西长岭纺织机电科技有限公司);YG136电容式条干均匀度(陕西长岭纺织机电科技有限公司)。

1.2 纱线设计

设计3种方法来进行包芯花色纱的生产:先交捻后包芯(1根不锈钢长丝与1根色纺棉纱制成交捻纱,然后以交捻纱为纱芯外包棉纤维);先包芯后交捻(不锈钢长丝为纱芯外包棉纤维获得包芯纱,然后包芯纱与色纺棉纱合股加捻);同时喂入法(不锈钢长丝和色纺纱同时从前罗拉钳口喂入)。前2种方法属于两步法,后一种属于一步法。

根据3种纺纱方法所得纱线的外观,包括花色、长丝包覆效果等,选择合适的一种进行后续研究。后续研究时调节的工艺参数包括成纱捻系数、不锈钢含量等。

1.3 纺纱过程

交捻纱的生产过程:将1根不锈钢长丝(或包芯纱)和1根色纺棉纱同时从锭细纱机前罗拉钳口平行喂入,穿过导纱钩,在前罗拉的握持下经锭子带动筒管的旋转加捻形成交捻纱。

包芯纱的生产:将纱芯材料从前罗拉钳口喂入,与从细纱机喇叭口喂入经牵伸后的须条在前罗拉处形成包芯纱。生产中,成纱为Z捻,芯纱的出口位于外包纤维粗纱条的偏左侧。

收稿日期:2023-02-28;修回日期:2023-03-14

第一作者:卢欣(2022—),女,本科在读,主要研究方向为新型纺织技术和功能材料。

*通信作者:王晓梅(1976—),女,教授,研究方向:纺织新材料新技术,E-mail:445390929@qq.com。

同时喂入法的生产:不锈钢长丝和色纺纱同时平行喂入前罗拉钳口,外包纤维从细纱机喇叭口喂入经牵伸后,与前罗拉钳口下的不锈钢长丝与须条汇合,但色纺纱与须条不接触,经加捻后不锈钢长丝形成纱芯,色纺纱包缠于包芯纱的外围,如图1所示。

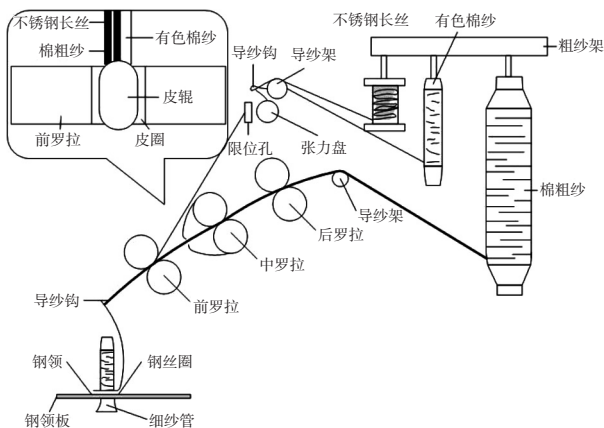


图1 同时喂入法

1.4 纱线性质测试

1.4.1 纱线强力

将纱线强伸仪的拉伸速度设置为 500 mm/min、预加张力为 $n \times 0.5$ cN(其中 n 为纱线特数)、上下测试夹头间垂直距离为 250 mm、每种纱线测 50 次,取平均值。

1.4.2 纱线耐磨性

由于包芯纱中含有不锈钢长丝,抱合力机难以磨断纱线,以纱线开始出现起毛起球现象时的摩擦次数作为纱线耐磨次数,每种纱线测试 6 次,取平均值。

1.4.3 纱线毛羽

采用纱线毛羽仪对试样进行毛羽测试,片段长度取 10 m、一管纱线分别测 3 次、测试速度为 30 m/min、自动剔除门限设置为上门+80%、下门-80%。每种纱线测试 5 次,取平均值。

1.4.4 金属丝含量

将纱线中不锈钢长丝拆解出,烘干后称重,计算金属丝的含量。

2 结果与讨论

2.1 不同制备方法成纱质量分析

2.1.1 成纱外观

使用先交捻后包芯法的纺纱方法所得花色纱,在强光下观察,可以看到有金属光泽,其为包芯纱中不锈钢纤维的漏丝现象。这是由于不锈钢纤维长丝与有色棉纱交捻后直径过粗,再将其用作芯纱无法被棉纤维

完全包裹,导致有不锈钢长丝裸露在外的情况。同时不锈钢长丝与有色棉纱合股后进行包芯,所用的色纺棉纱亦会被普通棉纤维包裹住,导致纱线花色不够明显。因此,不适合采取这种方法进行生产。

先包芯后交捻方法所形成的纱线在强光下观察没有出现不锈钢纤维长丝漏丝情况,毛羽亦较少,有色棉纱能均匀包缠纱体外围,色彩较均匀。

同时喂入法的成纱也无漏丝现象,包缠在外部的有色棉纱为成纱提供彩色外观效果,但与先包芯后交捻相比其色彩更密更细,是 3 种纺纱方法中最为紧实的纱线。

综合比较各方法所得成纱外观和生产的经济性,同时喂入法效果较好,而先包芯后交捻制备方法在成纱物理机械性质上有一定的优越性。

2.1.2 成纱毛羽

毛羽不仅影响成纱的外观,在后续织造时也会产生一定的影响,尤其是 3 mm 长度及以上的毛羽,多为有害毛羽^[5-6]。在工艺参数相同时采用不同的纺纱方法进行纺纱,成纱毛羽测试结果见表 1。

表 1 不同纺纱方法成纱的毛羽测试结果

纺纱方法	先交捻后包芯法	先包芯后交捻法	同时喂入法
1 mm	555.00	71.67	123.33
2 mm	145.67	7.00	17.33
3 mm	33.67	0.33	6.00
4 mm	7.33	0.33	3.00
5 mm	1.00	0.00	0.67
6 mm	1.00	0.00	0.00
7 mm	1.00	0.00	1.33
8 mm	0.67	0.00	0.33
9 mm	0.33	0.00	0.33

从表 1 可以看出,先交捻后包芯方法制备的花色纱毛羽较多,主要是因为这种方法制备的纱芯较粗,难以完全被外包棉纤维包裹,因此未被加捻的棉短纤维难以进入纱体而形成毛羽。先包芯后交捻方法成纱的毛羽较少,因初成包芯纱过程中未被捻入纱体的毛羽在后续与色纺棉纱合捻成一体时,会被覆盖或因再次加捻而减少,故产品毛羽较少。同时喂入法的毛羽因只加捻一次,毛羽相对稍多。

2.1.3 成纱耐磨性

不锈钢长丝表面光滑,作为纱芯制成包芯纱,在日常使用中受外力作用外包纤维发生位移导致出现长丝外露,因此耐磨性是衡量纱线质量的一个重要指标。3 种纺纱方法所得纱线的耐磨性测试结果见表 2。

表2 不同纺纱方法成纱的耐磨性

纺纱方法	出现起毛起球时的摩擦次数/次
先交捻后包芯法	12.00
先包芯后交捻法	97.00
同时喂入法	40.67

由表2可以看出,在纺纱工艺相同的条件下,先交捻后包芯的耐磨性最差,主要原因是纱芯较粗,难以完全被包覆;先包芯后交捻所得成纱,由于后交捻,即包芯纱后与色纺棉纱合成股线,因此耐磨性提高。同时喂入法所得成纱的耐磨性介于两者之间。

综合3种纺纱方法纺制的不锈钢包芯花色纱的外观、毛羽和耐磨性,先交捻后包芯纺制的纱综合性能较差;先包芯后交捻所得成纱性能最好,但由于该方法为两步法生产,工艺较为复杂;而同时喂入法所得成纱性质较好,且工艺简单,因此在下文的研究中,各工艺下纱线的纺制皆基于该方法进行。

2.2 工艺参数对成纱性质的影响

2.2.1 锭子转速对成纱细度的影响

在工艺参数设置为前罗拉速度6 m/min,中罗拉0.22 m/min,后罗拉0.188 m/min,改变锭子转速,所得成纱的线密度见表3。

表3 不同锭子转时的成纱线密度

锭子转速/(r·min ⁻¹)	成纱线密度/tex
3 500	61.0
4 000	63.0
5 300	69.4
6 000	73.4
6 300	75.6
7 000	79.3

由表3数据可以看出,其他工艺条件相同的前提下,随着锭子速度增加,纱线的线密度也随着增加。锭子速度大纺得的纱线捻度大,由加捻产生的捻缩也大,另一方面捻度大时纱中纤维堆砌也更为密集,因此纱线的线密度增加。

2.2.2 捻度对成纱断裂强度的影响

由于纱线密度不同,为具有可比性,此处考虑捻系数对断裂强度的影响,如图2所示。

由图2可见,纱线断裂强度随着捻系数的增加先上升后下降,本研究的花色纱临界捻系数约为685。所纺成纱属于组合纱,其中既有不锈钢长丝、短纤维,也有色纺单纱,但仍遵循普通单纱的“捻度对纱线断裂强度的影响规律”。

2.2.3 加捻对纱线耐磨性的影响

捻系数与耐磨性的关系如图3所示。

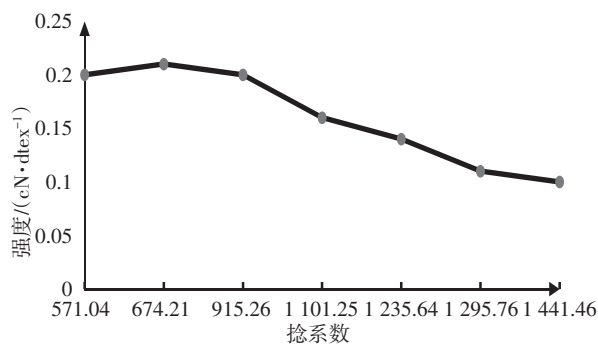


图2 捻系数对断裂强度的影响

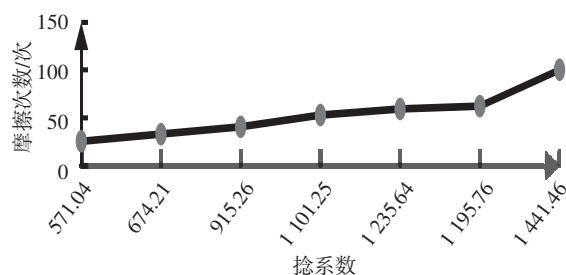


图3 捻系数与耐磨性的关系

由图3可以看出,随着捻系数的增加,不锈钢/棉包芯花色纱的耐磨性增加,因为捻系数增加时外包纤维对不锈钢芯丝的抱合力增加,色纺单纱对纱体的缠结力也增加,因此摩擦时纤维不容易从金属丝上滑脱,因此耐磨性增加;但捻系数增加,纱线硬度增加,影响成品手感和舒适性。

2.2.4 捻度对成纱毛羽的影响

成纱毛羽测试结果见表4。

表4的数据表明,当锭子速度较低时(3 500 r/min),成纱的毛羽数量总体偏高,之后随锭子速度增加毛羽减少,但当锭子速度在5 200 r/min以上时,毛羽又随锭子速度的增加而增加。主要是因为其他工艺参数相同的条件下,锭子速度低,成纱捻系数小,纱线表面纤维的倾斜角小,纤维不易被卷入纱体而有较多的纤维头端或尾端留在纱线外面成为毛羽;随着锭子速度的增加,成纱紧密,纤维能较好卷入纱体,因此毛羽减少,但当锭子速度特别高时,因钢丝圈和纱线气圈段的速度皆大幅度提高,造成钢丝圈对纱体的摩擦以及气流对纱体的摩擦急剧增加,因此毛羽又会增加。

2.2.5 混纺比对纱线断裂强度的影响

在前罗拉速度为6 m/min,中罗拉速度0.22 m/min,后罗拉速度0.188 m/min,锭子速度为4 700 r/min条件下,改变不锈钢丝同时喂入的根数,以改变不锈钢含量,纺制4种纱线。仅研究不锈钢丝的含量对纱线断裂强度的影响。纱线断裂强度测试结果见表5。

表4 纱线毛羽测试结果

单位:根·(10 cm)⁻¹

锭子速度 /(r·min ⁻¹)	1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm	6 mm	7 mm	8 mm	9 mm
3 500	187.00	38.67	9.33	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4 000	124.33	18.00	4.67	2.00	0.67	0.33	0.33	0.33	0
4 700	123.33	17.33	6.00	3.00	0.67	0.00	1.33	0.33	0.33
5 300	148.67	29.00	8.00	2.33	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00
6 000	168.67	33.67	10.00	2.33	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00
6 300	196.00	47.67	16.00	6.67	2.67	1.00	0.33	0.00	0.00
7 000	339.67	138.33	55.00	26.33	8.67	8.33	3.67	0.67	0.00

表5 纱线断裂强力测试结果

不锈钢含量/%	成纱线密度/tex	断裂强度/(cN·dtex ⁻¹)
14.6	66.8	0.20
25.3	69.6	0.24
33.5	78.0	0.19
39.3	91.0	0.11

由表5数据可以看出,随着不锈钢含量的增加,花色纱的断裂强度先增加后减小。因不锈钢纤维长丝本身具有一定的强度,作为纱芯可以为不锈钢/棉包芯花色纱提供强力,因此当含量增加时,成纱强度随之增加,但是当含量增加到一定程度后(约25%),再增加含量则导致纱芯较粗,加之不锈钢长丝摩擦因数小,与外包纤维抱合力弱,纱线的力学性能下降。但25%的含量仍能使织物具有较好的电磁屏蔽性能^[7]。

3 结 论

(1)先包芯后交捻或同时喂入法都可以生产出适用的不锈钢/棉包芯花色纱,综合考虑其他性能和生产的方便性,同时喂入法最佳。

(2)捻度对不锈钢/棉包芯花色纱拉伸断裂强度的影响和普通单纱的规律类似,都存在临界捻系数。不

锈钢/棉包芯花色纱耐磨性随捻度的增加而增加,毛羽随捻度的增加先增加后减小。

(3)不锈钢/棉包芯花色纱的拉伸断裂强度随不锈钢长丝含量的增加先增加后减小,含量在约25%时,断裂强度最大。

参 考 文 献:

- [1] 齐业雄,陈超,姜亚明,等. 不锈钢丝包芯纱针织物电磁屏蔽性能研究[J]. 针织工业,2020(1):24-26.
- [2] 贺娟,王花娥,易洪雷,等. 不锈钢纤维包芯纱工艺探讨[J]. 上海纺织科技,2008,36(9):25-26.
- [3] 李保荣,朱乐乐,王军庆,等. 包覆纺纱技术发展、现状及存在的问题[J]. 纺织科技进展,2020(8):8-11
- [4] 段永洁,谢春萍,刘新金. 不锈钢长丝赛络包芯纱的制备及其性能研究[J]. 上海纺织科技,2016,44(4):41-43.
- [5] 练永华. 棉纱线的毛羽分析和对策[J]. 福建轻纺,2006,18(4):11-16.
- [6] 侯长勇. 细纱工序中减少毛羽的措施[J]. 棉纺织技术,2021,49(5):50-52.
- [7] 顾纯. 金属纤维混纺色织物的设计和生产[C]//“丰源杯”全国浆纱、织造学术论坛暨2011织造年会论文集,中国纺织工程学会,2011.

Preparation and Properties of Stainless Steel/Cotton Core-spun Colored Yarn

LU Xin, WEN Nanhua, CHEN Yonghua, WANG Xiaomei*

(Wuyi University, School of Textile Materials and Engineering, Jiangmen 529000, China)

Abstract: The stainless steel/cotton core-spun colored yarn was prepared with stainless steel filament, cotton and colored spun cotton yarn as the materials on laboratory spinning frame. Such yarn not only has antistatic and electromagnetic shielding effects, but also has unique fancy appearance. Three methods are used to prepare yarns, including cross-twisting and core-spinning, core-spinning and cross-twisting, and simultaneous feeding. The comprehensive analysis results of yarn appearance, hairiness, wear resistance and economy show that the simultaneous feeding method is the best. The influence of twist on breaking strength, wear resistance and hairiness of yarn is studied. The influence of twist on strength is similar to that of ordinary single yarn, that is, there is critical twist, wear resistance increases with the increase of twist, and hairiness first increases and then decreases with the increase of twist. The tensile breaking strength increases firstly and then decreases with the increase of the content of stainless steel filament. When the content of stainless steel filament is about 25%, the breaking strength is the highest.

Key words: core-spun yarn; stainless steel fiber; twist factor; yarn properties; spinning method