

## 保温覆盖材料保温及机械性能的室内检测

孙信成<sup>1</sup>,王秀峰<sup>1\*</sup>,马承伟<sup>2</sup>,魏珉<sup>1,3</sup>,杨凤娟<sup>1</sup>

1. 山东农业大学 园艺科学与工程学院, 山东 泰安 271018
2. 中国农业大学 农业部设施农业生物环境工程重点开放实验室, 北京 100083
3. 农业部黄淮海设施农业工程科学观测实验站, 山东 泰安 271018

**摘要:** 为了筛选适宜用作保温被的被面、被芯材料及其组合, 利用室内传热系数测试台和电子拉力试验机, 测试分析了目前市场上 17 种常见保温覆盖材料的保温性、机械强度及其组合成的 41 种保温被的保温性能。结果表明: 涂银迷彩布防水材料、镀铝或涂银材料机械强度大, 保温性好, 适于作保温被表层材料; 涂银迷彩布防水材料作保温被外表层、镀铝或涂银材料作内表层且镀铝或涂银面朝棚膜为佳。保温被芯材以毛毡、太空棉保温性最好, 花色毡、黑色无纺布、白色无纺布和珍珠棉次之, 喷胶棉最差。研究结果可为保温被的工厂化生产提供理论依据。

**关键词:** 保温材料; 保温; 机械性能; 室内检测

**中图分类号:** S625.3

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-2324(2017)03-0418-05

## Laboratory Detection on the Heat Proof and Mechanical Properties of Heat Preservation Covering Materials

SUN Xin-cheng<sup>1</sup>, WANG Xiu-feng<sup>1\*</sup>, MA Cheng-wei<sup>2</sup>, WEI Min<sup>1,3</sup>, YANG Feng-juan<sup>1</sup>

1. College of Horticulture Science and Engineering/Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China
2. Key Laboratory of Agricultural Bio-environment Engineering, Ministry of Agriculture/China Agricultural University, Beijing 100083, China
3. Scientific Observing and Experimental Station of Environment Controlled Agricultural Engineering in Huang-Huai-Hai Region, Ministry of Agriculture, Tai'an 271018, China

**Abstract:** In order to select suitable materials and their combinations for heat preservation quilt, we analyzed the thermal insulation property and mechanical strength of 17 different sorts of heat preservation covering materials and 41 kinds of combinations of the thermal insulation property of heat preservation quilts. The results show that aluminized woven fabric and silvered camouflage cloth have a large mechanical strength and good thermal insulation and could be suitable as the surface of heat preservation quilt; silvered camouflage cloth as its outer surface, aluminized woven fabric as its inner surface, aluminized or silvered coated layer of material toward the films is better. The best heat preservation core materials are felts and space cotton, followed by mixed felts, black non-woven fabrics, white non-woven fabrics and EPE, the poorest one for heat saving is spewing adhesive. The research results provide a theoretical basis for heat preservation quilt factory production.

**Keywords:** Heat preservation material; heat proof; mechanical property; laboratory test

日光温室冬季保温主要依靠外墙结构和保温材料夜间覆盖的相互结合, 而在北方冬季夜间, 通过日光温室透明覆盖材料的传热损失一般占总热量损失的 60%~95%<sup>[1]</sup>, 故保温材料的夜间覆盖显得尤为重要<sup>[2]</sup>。

国外对保温被材料和组合材料的保温性能研究不多<sup>[3-6]</sup>。国内马承伟、张俊芳等<sup>[7-10]</sup>主要针对保温被传热过程进行理论分析与验证以及测试方法的研究。姜鲁艳<sup>[11]</sup>和胡瑶玫<sup>[12]</sup>采用温室覆盖材料传热系数测试台对本地现有几种类型保温被的保温性进行测试。本试验利用中国农业大学农业部设施农业生物环境工程重点开放实验室研究开发的温室覆盖材料传热系数测试台和山东五州专用设备厂生产的 LDS-10B-3 型微机控制电子拉力试验机, 测试了 17 种常见保温覆盖材料的保温性、机械强度及其组合成的 41 种保温被的保温性等参数, 以为保温被制作材料的选择提供指导。

## 1 材料与方

### 1.1 材料

**收稿日期:** 2015-05-21

**修回日期:** 2015-06-09

**基金项目:** 国家现代农业产业技术体系专项(CARS-25);山东省现代农业产业技术体系蔬菜创新团队资助

**作者简介:** 孙信成(1988-),男,硕士研究生,主要从事设施蔬菜与无土栽培. E-mail:blue995299@126.com

**\*通讯作者:** Author for correspondence. E-mail:xfwang@sdau.edu.cn

供试材料是 17 种从市场上收集到的可作保温被表面防水材料 and 内芯材料, 以及由其部分组合而成的保温被, 草苫作对照。

## 1.2 测试仪器与方法

1.2.1 传热系数测试台 室内试验的保温性能测试是通过中国农业大学水利与土木工程学院、农业部设施农业工程重点开放实验室研发的传热系数测试台进行的, 本测试台技术要求以及采用的测试方法, 满足农业部的农业行业标准《温室覆盖材料保温性能测定方法》(NY/T 1831-2009) 的规定<sup>[13-15]</sup>。测试台通过冷板(模拟外界天空温度、辐射)、冷箱(模拟室外环境)和冷箱中的风机(产生气流模拟室外风速)等作为室外测试条件, 热箱(有加温装置)模拟室内条件, 调控冷板和冷箱温度、风机风速、热箱温度, 稳定地模拟温室覆盖材料工作时的内外环境, 通过测定热箱内加温的热量, 扣除通过热箱四个侧壁和底面传出的热量, 可计算出通过覆盖材料试件的热量, 然后根据冷箱和热箱内的空气温度差以及覆盖材料面积, 即可计算出传热系数值<sup>[14-16]</sup>。覆盖材料的热节省率<sup>[17]</sup>, 其物理意义为增加附加保温覆盖层后, 温室覆盖热量损失降低值与原主覆盖层(无附加保温覆盖层)的热量损失值之比。其大小可以由传热系数计算得到, 即等于覆盖材料、试供薄膜的传热系数差值与试供薄膜的传热系数之比。

覆盖材料的面密度是指单位面积上的质量, 本试验是按供试材料大小(1.07 m×1.07 m)的重量来计算的; 保温被厚度测量方法是将试样放在平板上, 用质量 10 kg±0.1 kg、底平面为 150 mm×150 mm 的方箱压在保温被上, 测量保温被压实后的厚度, 长度方向均匀测 3 处, 取平均值。

1.2.2 保温覆盖材料机械强度的测试 机械强度测试所采用的仪器是 LDS-10B-3 型微机控制电子拉力试验机(山东五州专用设备厂生产), 由机体、机械传动系统、计算机控制系统、调速系统、记录系统与夹具组成。

按经纬线制成长 30 cm、宽 5 cm 的试样装好之后, 接通电源试验机各部分进入试验准备状态, 按<下降>键后电机通过减速器带动传动丝杠转动, 使移动横梁移动通过夹具给试样施力, 此时测力传感器和光电编码器将电信号输入计算机, 数据经计算机处理后由显示窗或显示屏随机显示出来, 试验数据、试验曲线和试验结果被记忆, 最后可通过微型打印机或彩色打印机打印出试验结果。

机械强度作为评价保温被的重要指标之一, 机械强度指材料受外力作用时, 其单位面积上所能承受的最大负荷, 一般用拉力峰值、断裂强度等来表示(参照 GB/T 3923.1-1997)<sup>[18,19]</sup>。拉力峰值指试样在拉伸过程中, 在拉断时所承受的最大力值, 单位为 N; 断裂强度指材料发生断裂时的最大应力与断裂横截面积的比值, 单位为 N/cm。

1.2.3 数据处理与分析 试验原始数据采用 Microsoft Excel 2010 整理, 数据分析采用 PASW Statistics 18.0 统计软件, 方差分析采用 LSD 方法( $P < 0.05$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 保温被单层材料的保温性比较

表 1 保温被表面材料保温性比较

Table 1 Comparison of heat preservation properties of surface insulation materials				
保温材料种类	面密度(g·m <sup>-2</sup> )	厚度	传热系数(W·(m <sup>2</sup> ·°C) <sup>-1</sup> )	热节省率(%)
Types of insulation materials	Flat density	Thickness/mm	Thermal transmittance	Saving ratio of heat loss
黑色淋膜毡	463		3.444±0.004a	54.07±0.06a
黑色淋膜毡	463	1.53	3.444±0.004a	54.07±0.06a
镀铝编织布	140	0.95	3.455±0.001a	53.93±0.01a
涂银迷彩布	108	0.09	3.595±0.003b	52.07±0.04b
三防布	522	0.31	4.727±0.024c	36.97±0.32c
刀刮布(高强 PVC 防水苫布)	487	0.26	4.792±0.011d	36.10±0.15d
南韩布	169	0.17	4.873±0.002e	35.03±0.02e
迷彩布	335	0.19	4.987±0.006f	33.50±0.09f
有机硅布	519	0.62	5.547±0.019g	26.03±0.25g
彩条布	115	0.13	5.684±0.008h	24.21±0.10h
棉帆布	866	1.10	6.123±0.011i	18.36±0.15i

注: 同列不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。下同。

Note: Different letters in the same column meant significant difference at 0.05 level. The same below.

黑色淋膜毡、镀铝编织布、涂银迷彩布、三防布、刀刮布、南韩布、迷彩布、有机硅布、彩条布、棉帆布均是防水材料，一般可用作保温被外层防水层。由表 1 可以看出，防水材料中，黑色淋膜毡的传热系数最低，热节省率最高，即保温性最好，镀铝编织布、涂银迷彩布次之，棉帆布保温性最差。其中，黑色淋膜毡和镀铝编织布的传热系数和热节省率差异均不显著。

太空棉、珍珠棉、喷胶棉、无纺布材料结构较疏松，含空隙多，一般用作保温被中间芯材，主要起隔热保温作用。从表 2 中可以看出，毛毡的传热系数最低，热节省率最高，即保温性最好，太空棉次之，花色毡、无纺布、珍珠棉较好，喷胶棉保温性最差。

表 2 保温被芯材的保温性比较

Table 2 Comparison of heat preservation properties of insulating core materials

保温材料种类 Types of insulation materials	面密度(g·m <sup>-2</sup> ) Flat density	厚度(mm) Thickness	传热系数(W·(m <sup>2</sup> ·C) <sup>-1</sup> ) Thermal transmittance	热节省率(%) Saving ratio of heat loss
太空棉	348	4	2.124±0.006b	71.64±0.08b
珍珠棉	95	5	4.724±0.009f	37.01±0.13f
喷胶棉	114	3	5.302±0.007g	29.31±0.09g
白色无纺布	272	3	4.475±0.007e	40.33±0.09e
黑色无纺布	463	3	4.431±0.007d	40.92±0.10d
花色毡	417	4	4.334±0.005c	42.20±0.06c
毛毡	2000	16	1.624±0.006a	78.35±0.08a

2.2 保温被单层材料机械强度的比较

从表 3 中可以看出，用作保温被外层防水材料的拉力峰值和断裂强度显著高于用作保温被中间芯材隔热保温材料；用作保温被外层防水材料中，刀刮布的拉力峰值和断裂强度最大，黑色淋膜毡的拉力峰值和断裂强度最小；用作保温被中间隔热保温材料中，白色无纺布的拉力峰值和断裂强度最大，珍珠棉的较小；由于太空棉和喷胶棉的材质很蓬松，不易断裂，拉力峰值难以稳定。用作保温被外表面材料的拉力峰值和断裂强度都高于芯材，保温被复合材料的机械强度主要还是取决于内外表层材料的机械强度。

表 3 保温被材料机械强度的比较

Table 3 Comparison of mechanical strength of heat preservation quilts

保温材料种类 Types of insulation materials	经线 Warp		纬线 Weft	
	拉力峰值 Peak/N	断裂强度(N·cm <sup>-1</sup> ) Mechanical strength	拉力峰值 Peak/N	断裂强度(N·cm <sup>-1</sup> ) Mechanical strength
	黑色淋膜毡	95.7±3.5jk	19.1±0.7jk	70.7±8.1g
镀铝编织布	675.0±5.0e	135.0±1.0e	745.7±7.6e	149.1±1.5e
涂银迷彩布	700.7±18.0e	140.1±3.6e	762.3±14.0e	152.5±2.8e
三防布	803.0±28.2d	160.6±5.6d	1252.0±36.4d	250.4±7.3d
刀刮布	1870.7±62.9a	374.1±12.6a	1721.3±157.1a	344.3±31.4a
南韩布	506.7±0.6g	101.3±0.1g	445.0±8.5f	89.0±1.7f
迷彩布	801.7±14.6d	160.3±2.9d	967.3±13.4c	193.5±2.7c
有机硅布	1506.7±86.0b	301.3±17.2b	1623.0±17.7b	324.6±3.5b
彩条布	304.3±8.5h	60.9±1.7h	448.3±28.1f	89.7±5.6f
棉帆布	1202.3±8.1c	240.5±1.6c	1022.0±4.0c	204.4±0.8c
珍珠棉	28.3±2.3i	28.3±1.2g	—	5.7±0.2g
白色无纺布	605.7±58.8f	438.0±63.3f	—	87.6±12.7f
黑色无纺布	133.0±37.6ij	200.0±53.8h	—	40.0±10.8h
花色毡	51.3±5.8kl	41.0±1.7g	—	8.2±0.3g
毛毡	159.0±16.7i	79.7±0.6g	—	15.9±0.1g
太空棉	—	—	—	—
喷胶棉	—	—	—	—

注:由于太空棉和喷胶棉的材质很蓬松,电子拉力试验机不能测试出这两种材料的拉力峰值和断裂强度。

Note: Space cotton and spewing adhesive are very fluffy, electronic tensile testing machine can test out the tension peaks and fracture strength of these two materials.

2.3 不同组合保温被及草苫保温性能的比较

以 11 种外层防水材料 and 毛毡组合了 11 种保温被，同时选择涂银迷彩布和镀铝编织布分别作外

层防水材料 and 内层反射材料, 以喷胶棉、珍珠棉、太空棉、花色毡作内芯材料, 组合了 30 种保温被。41 种组合保温被及草苫的面密度、厚度、传热系数和热节省率见表 4。

表 4 不同材料组合保温被及草苫保温性能

Table 4 Heat preservation of different combinations of the insulation material and straws mats

保温被结构 (由外到内) Structure (from outside to inside)	面密度(g·m <sup>-2</sup> ) Flat density	厚度(mm) Thickness	传热系数(W·(m <sup>2</sup> ·C) <sup>-1</sup> ) Thermal transmittance	热节省率(%) Saving ratio of heat loss
黑色淋膜毡+毛毡+镀铝编织布	2568	17	0.624±0.030	92.01±0.20
镀铝编织布+毛毡+镀铝编织布	2236	17	0.985±0.008	86.87±0.11
涂银迷彩布+毛毡+镀铝编织布	2227	17	1.043±0.008	86.10±0.10
三防布+毛毡+三防布	3284	18	1.092±0.007	85.44±0.08
涂银迷彩布+毛毡+涂银迷彩布	2236	16	1.101±0.004	85.32±0.05
迷彩布+毛毡+迷彩布	2743	16	1.122±0.001	85.05±0.01
棉帆布+毛毡+棉帆布	3913	18	1.133±0.003	84.89±0.04
有机硅布+毛毡+有机硅布	3267	17	1.226±0.000	83.65±0.01
刀刮布+毛毡+刀刮布	3223	16	1.261±0.009	83.19±0.12
南韩布+毛毡+南韩布	2384	16	1.261±0.001	83.18±0.01
彩条布+毛毡+彩条布	2253	17	1.354±0.010	81.95±0.13
涂银迷彩布+3层花色毡+太空棉+镀铝编织布	2542	24	0.413±0.007	94.50±0.09
涂银迷彩布+太空棉+2层花色毡+3层珍珠棉+镀铝编织布	2157	25	0.481±0.005	93.59±0.06
涂银迷彩布+3层喷胶棉+3层花色毡+镀铝编织布	2542	22	0.490±0.001	93.46±0.02
涂银迷彩布+珍珠棉+太空棉+2层珍珠棉+镀铝编织布	856	15	0.559±0.003	92.55±0.04
涂银迷彩布+太空棉+4层珍珠棉+镀铝编织布	943	18	0.568±0.003	92.43±0.04
涂银迷彩布+2层花色毡+太空棉+镀铝编织布	1904	15	0.583±0.007	92.22±0.10
涂银迷彩布+3层花色毡+3层珍珠棉+镀铝编织布	2454	28	0.588±0.005	92.16±0.07
涂银迷彩布+太空棉+2层花色毡+2层珍珠棉+镀铝编织布	2079	21	0.598±0.002	92.03±0.03
涂银迷彩布+珍珠棉+太空棉+珍珠棉+镀铝编织布(1号保温被)	769	12	0.630±0.016	91.60±0.22
涂银迷彩布+3层花色毡+4层珍珠棉+镀铝编织布	2542	33	0.631±0.001	91.58±0.01
涂银迷彩布+太空棉+2层花色毡+珍珠棉+镀铝编织布	1991	17	0.636±0.000	91.52±0.01
涂银迷彩布+2层花色毡+太空棉+花色毡+镀铝编织布	2542	24	0.646±0.001	91.38±0.01
涂银迷彩布+3层花色毡+2层珍珠棉+镀铝编织布	2376	24	0.647±0.006	91.36±0.09
涂银迷彩布+太空棉+花色毡+珍珠棉+镀铝编织布	1301	15	0.650±0.001	91.34±0.01
涂银迷彩布+花色毡+太空棉+花色毡+镀铝编织布	1904	15	0.717±0.004	90.44±0.06
涂银迷彩布+太空棉+花色毡+2层珍珠棉+镀铝编织布	1389	17	0.738±0.009	90.16±0.12
涂银迷彩布+花色毡+4层珍珠棉+镀铝编织布	1293	24	0.754±0.006	89.95±0.09
涂银迷彩布+太空棉+3层珍珠棉+镀铝编织布	856	15	0.760±0.008	89.87±0.10
涂银迷彩布+2层珍珠棉+2层花色毡+2层珍珠棉+镀铝编织布	1913	29	0.826±0.008	88.99±0.10
涂银迷彩布+2层花色毡+3层珍珠棉+镀铝编织布(4号保温被)	1825	24	0.856±0.008	88.58±0.10
涂银迷彩布+3层花色毡+珍珠棉+镀铝编织布(2号保温被)	2297	19	0.873±0.002	88.36±0.02
涂银迷彩布+珍珠棉+花色毡+珍珠棉+花色毡+镀铝编织布	1738	20	0.900±0.003	88.01±0.04
涂银迷彩布+珍珠棉+2层花色毡+珍珠棉+镀铝编织布(5号保温被)	1738	20	0.912±0.016	87.85±0.21
涂银迷彩布+2层花色毡+4层珍珠棉+镀铝编织布	1913	29	0.918±0.005	87.76±0.07
涂银迷彩布+喷胶棉+花色毡+珍珠棉+涂银迷彩布(6号保温被)	1101	21	0.944±0.003	87.41±0.04
涂银迷彩布+太空棉+2层珍珠棉+镀铝编织布	769	12	0.958±0.009	87.23±0.12
涂银迷彩布+2层花色毡+2层珍珠棉+镀铝编织布	1738	20	1.009±0.006	86.55±0.08
涂银迷彩布+花色毡+3层珍珠棉+镀铝编织布	1205	20	1.023±0.008	86.37±0.10
涂银迷彩布+花色毡+2层珍珠棉+镀铝编织布(3号保温被)	1101	14	1.134±0.003	84.89±0.04
涂银迷彩布+2层花色毡+珍珠棉+镀铝编织布	1660	15	1.212±0.005	83.84±0.07
草苫	3337	32	2.982±0.004	60.24±0.06

从表 4 中可以看出,保温被内芯都是毛毡时,外层防水材料为黑色淋膜毡与镀铝编织布的保温被传热系数最低,热节省率最高,即保温性最好,外层防水材料为镀铝编织布和涂银迷彩布的保温被次之,与表 1 外层保温覆盖材料的测试值基本一致。保温被外层防水材料是涂银迷彩布,内表层为镀铝编织布时,由于其内芯材料种类及组合方式的不同,30 种保温被的传热系数及热节省率均存在差异。其他保温材料组合成的保温被的传热系数及热节省率均优于草苫。

### 3 结论

作为保温被表面材料的黑色淋膜毡、镀铝编织布和涂银迷彩布 3 种材料的传热系数较小,热节省率均在 50%以上,是良质的保温被内外表层材料;根据材料机械强度的测试,镀铝编织布和涂银迷彩布的拉力峰值和断裂强度显著优于黑色淋膜毡,还具有一定的防水作用,故选择保温被表面材料以前两者为最佳。保温被内芯材料中,毛毡和太空棉的传热系数较小,热节省率在 70%以上,是优质的保温被内芯材料;而喷胶棉和珍珠棉的传热系数较大,热节省率自然就较小,不适合作保温被内芯材料,其他几种保温被内芯材料可视具体情况进行选择。在室内测试中,将镀铝编织布的镀铝层朝向热箱(实际覆盖时镀铝层朝向棚膜)测得的传热系数为  $3.455 \text{ W} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{C})^{-1}$ ,镀铝层朝向冷箱(实际覆盖时镀铝层朝向空中)测得的传热系数为  $4.098 \text{ W} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{C})^{-1}$ ,由此可知,镀铝编织布在作保温被表层材料时,使镀铝层面朝向棚膜的传热系数低,其保温效果好。

从保温被表层材料及内芯材料的机械强度来看,表层材料的机械强度(拉力峰值和断裂强度)显著大于保温被内芯材料,特别是保温效果好的如太空棉,以及喷胶棉,其因疏松柔软,而难以测定其机械强度,可见保温被的整体机械强度大小主要取决于表层材料<sup>[2]</sup>。

### 参考文献

- [1] 张义.温室多层覆盖传热及镀铝膜保温性能研究[D].北京:中国农业大学,2010
- [2] 乔正卫,邹志荣,张立明,等.4 种日光温室保温被室内的试验性能测试[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2008,36(6):153-158
- [3] Ozturk HH. Experimental determination of the overall heat loss coefficient for energy requirement of greenhouse heating[J]. International Journal of Energy Research, 2005,29(10):937-944
- [4] Abdel-Ghany AM, Kozai T. On the determination of the overall heat transmission coefficient and soil heat flux for a fog cooled, naturally ventilated greenhouse: Analysis of radiation and convection heat transfer[J]. Energy Conversion and Management, 2006,47(15-16):2612-2628
- [5] Geoola F, Kashti Y, Levi A, *et al.* A study of the overall heat transfer coefficient of greenhouse cladding materials with thermal screens using the hot box method[J]. Polymer Testing, 2009,28(5):470-474
- [6] Teitel M, Barak M, Antle A. Effect of cyclic heating and a thermal screen on the nocturnal heat loss and microclimate of a greenhouse[J]. Biosystems Engineering, 2009,102(2):162-170
- [7] 刘晨霞,马承伟,王平智,等.日光温室保温被传热的理论解析及验证[J].农业工程学报,2015,31(2):170-176
- [8] 柴立龙,马承伟,王明磊,等.日光温室外覆盖复合材料保温性能的实验研究[C]//北京:中国农业工程学会 2007 年学术年会论文集,2007
- [9] 覃密道.覆盖材料传热系数测试技术和设备的研究[D].北京:中国农业大学,2004
- [10] 张俊芳.温室覆盖层传热及传热系数的理论解析与验证[D].北京:中国农业大学,2005
- [11] 姜鲁艳,马艳,吐尔逊娜依·热依木江,等.几种温室覆盖材料的保温性能测试与分析[J].中国农机化学报,2015,36(1):119-123
- [12] 胡瑶玫,李娇,吴松,等.几种日光温室保温被的保温性研究[J].农机化研究,2014(1):199-205
- [13] 马承伟,张义,王平智,等.温室覆盖材料保温性能测定方法研究与标准制定[J].设施园艺研究新进展,2009(4):57-64
- [14] 刘雁征,滕光辉,马承伟,等.基于虚拟仪器技术的温室覆盖材料传热系数测试系统[J].农业工程学报,2005,21(4):131-135
- [15] 张俊芳,马承伟,覃密道,等.温室覆盖材料传热系数测试台的研究开发[J].农业工程学报,2005,21(11):141-145
- [16] 马承伟,丁小明.NY/T1831—2009 温室覆盖材料保温性能测定方法[S].北京:中国标准出版社,2010
- [17] 赵淑梅,马承伟,刘晨霞,等.温室多层覆盖传热系数与热节省率的工程算法[J].农业工程学报,2011,27(7):264-269
- [18] 吕海宁,朱洪敏.纺织品条样法拉伸性能测试方法的差异比较[J].上海纺织科技,2006,34(11):41-42
- [19] 吴丽娜,周绍强,周静珠.“纺织品断裂强力的测定”能力验证结果分析[J].中国纤检,2014(8):86-88