

大麻织物活性染料染色性能研究

摘 要

使用 Remazol RGB 系列染料, 采用浸染、冷轧堆、轧-烘-轧-蒸等方法, 研究了染色工艺条件对大麻织物染色性能的影响。在此基础上, 通过测定织物的表面深度、上染速率、染透性、和色牢度以及纤维的化学成分、润湿性、结晶度等, 探讨了大麻、亚麻、苧麻、棉织物染色性能的差异。

试验结果表明: 使用 Integ 值比 K/S 值能更准确的表示织物的表面深度; 大麻织物浸染优化工艺为: 硫酸钠 60g/L, 碱 12g/L, 固色时间 50Min, 固色温度 60℃; 冷轧堆优化工艺条件 (染料浓度为 20g/L 左右): 堆置时间 16 小时, 碱剂为纯碱 55g/L+烧碱 3g/L 或者硅酸钠 70ml/l+烧碱 4g/L; 轧-烘-轧-蒸优化工艺条件为 (染料浓度为 20g/L 左右): 纯碱 25g/L, 烧碱 4g/L, 汽蒸时间 70S。三种工艺染色后产品的摩擦牢度达到 2~3 级, 其余色牢度均为 4~5 级, 除轧-烘-轧-蒸外, 其余两种工艺的染透性较好。相同条件染色后大麻织物的表面深度比亚麻、苧麻和棉浅; 纤维的结晶度和细度对表面深度有较大影响。

【关键词】 大麻织物; 染色工艺; 活性染料 ; 表面深度; 色牢度

Research on Dyeing Behavior of Hemp Fabric With Reactive Dyestuffs

ABSTRACT

Remazol dyestuffs were employed to hemp fabrics with exhaust, cold pad-batch, and pad-dry-pad-steam dyeing methods. On the basis of the above experimental results, the shade, dyeing rate, penetration, levelness and fastness together with the components, wettability, degree of crystal, etc. of four kinds of fabrics were determined. The difference of dyeing behavior of hemp fabrics, linen fabrics, ramie fabrics and cotton fabrics was discussed.

Results showed that: The Integ value is more precise to evaluate the shade of dyed fabrics than that of K/S. The optimized dyeing conditions were listed in the followings: for exhaust dyeing methods: the concentrations of glauher's salt and sodium carbonate, and the fixing time and temperature are 60g/L, 12g/L, 50Min and 60°C, respectively. For cold pad-batch: mixed alkali is available (Na_2CO_3 55g/L + 3g/L NaOH or Na_2SiO_3 70g/L + NaOH 14g/L), and the reasonable batching time is 16 hours. For the pad-dry-pad-steam: the concentrations of sodium carbonate and sodium hydroxyl, and the steaming time are 25g/L, 5g/L, 70s, respectively. The rubbing fastness of all dyed fabrics is about 2~3, the other fastnesses are about 4~5. The ~~penetrabilities~~^{penetrations} of dyestuffs with exhaust and cold pad-batch dyeing methods are better than that of pad-dry-pad-steam dyeing process. The shade of dyed hemp fabrics is paler than that of linen, ramie and cotton. The degree of crystal and diameter of fibers have remarkable influence on the shade of the dyed fabrics.

【KEYWORDS】 hemp fabric, dyeing processes, reactive dyestuffs, shade, fastness

目 录

└─┬文摘

└─┬英文文摘

└─┬北京服装学院学位论文原创性声明及关于论文使用授权的说明

└─┬0 前言

└─┬1 文献综述

└─┬┬1.1 大麻纤维简介

└─┬┬┬1.1.1 大麻早期应用

└─┬┬┬1.1.2 大麻应用衰落期

└─┬┬┬1.1.3 大麻应用复苏期

└─┬┬┬1.1.4 大麻的分类

└─┬┬┬1.1.5 大麻纤维的特点

└─┬┬┬1.1.6 大麻纤维的主要组成

└─┬┬┬1.1.7 国内外对大麻纤维的开发利用情况

└─┬┬┬1.1.8 世界工业大麻纺织市场及生产现状

└─┬┬1.2 研究开发大麻的必要性

└─┬┬┬1.2.1 我国纤维素纤维的生产状况

└─┬┬┬1.2.2 大麻的优点

└─┬┬1.3 大麻织物活性染料染色现状

└─┬┬1.4 本课题主要研究内容

└─┬2. 试验部分

└─┬┬2.1 试验材料及药品

└─┬┬┬2.1.1 试验材料

└─┬┬┬2.1.2 试验药品

└─┬┬2.2 试验仪器

└─┬┬2.3 测试方法

└─┬┬┬2.3.1 麻织物成分分析方法

└─┬┬┬2.3.2 纤维的电镜测试

└─┬┬┬2.3.3 X射线衍射测试

└─┬┬┬2.3.4 K/S值的测定

└─┬┬┬2.3.5 伪三刺激值之和(Integ 值)的测定

└─┬┬┬2.3.6 提升指数BDI

└─┬┬┬2.3.7 色牢度的测定

└─┬┬┬2.3.8 润湿性测定

└─┬┬┬2.3.9 上染率、固色率曲线的测定

└─┬┬┬2.3.10 1/1标准浓度的测定

└─┬┬┬2.3.11 纤维直径的测定

└─┬┬┬2.3.12 浸染工艺

└─┬┬┬2.3.13 冷轧堆工艺

└─┬┬┬2.3.14 轧-烘-轧-蒸工艺

└─┬3 试验结果与讨论

└─┬┬3.1 染料的选择

└─┬┬3.2 表面深度测定方法的选择

3.2.1	提升力试验布样的 K/S 值和 Integ 值的比较
3.2.2	Carbon RGB 不同染料浓度下反射率曲线的比较
3.2.3	染料各浓度下对应的最大吸收波长
3.3	大麻织物浸染工艺
3.3.1	上染、固色曲线
3.3.2	提升性能
3.3.3	元明粉的影响
3.3.4	纯碱的影响
3.3.5	固色时间的影响
3.3.6	固色温度的影响
3.3.7	浴比的影响
3.3.8	色牢度
3.3.9	染透性
3.4	大麻织物冷轧堆工艺
3.4.1	提升性能
3.4.2	碱剂的影响
3.4.3	堆置时间的影响
3.4.4	堆置温度的影响
3.4.5	色牢度
3.4.6	染透性
3.4.7	烘箱法快速仿样
3.5	大麻织物轧-烘-轧-蒸工艺
3.5.1	提升性能
3.5.2	碱剂的影响
3.5.3	汽蒸时间的影响
3.5.4	色牢度
3.5.5	染透性
3.6	大麻、亚麻、苧麻、棉织物染色性能差异及差异原因的探讨
3.6.1	表面深度对比
3.6.2	上染、固色曲线
3.6.3	染透性
3.6.4	色牢度
3.6.5	扫描电镜
3.6.6	结晶度
3.6.7	三种麻织物的主要化学成分
3.6.8	润湿性能
4	结论
5	参考文献
6	致谢
7	攻读学位期间发表的论文

北京服装学院学位论文原创性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文中不含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人或集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：

纵瑞龙

日期：2007 年 1 月 14 日

关于论文使用授权的说明

学位论文作者完全了解北京服装学院有关保留和使用学位论文的规定，即：研究生在校攻读学位期间论文工作的知识产权单位属北京服装学院。学校有权保留并向有关国家部门或机构送交论文的复印件和磁盘，允许学位论文被查阅和借阅；学校可以公布学位论文的全部或部分内容，可以允许采用影印、缩印或其它复制手段保存、汇编学位论文。（保密的学位论文在解密后遵守此规定）

保密论文注释：本学位论文属于保密在____年解密后适用本授权书。非保密论文注释：本学位论文不属于保密范围，适用本授权书。

本人签名：

纵瑞龙

日期：

2007.1.14

导师签名：

王建明

日期：

2007.1.14

0 前言

纤维素是自然界中最为丰富的可再生资源, 每年通过光合作用合成约 1.0×10^{12} 吨。近年来, 随着石油、煤炭储量的下降, 特别是二十世纪八十年代以来, 随着各国对环境污染问题的日益关注和重视, 纤维素的应用越来越受到重视。大麻纤维是人类最早利用来纺纱织布的纤维之一, 在近代由于大麻中含有四氢大麻酚——被用来制造兴奋剂和毒品, 严重的危害了人类的生存与健康, 许多西方国家禁止种植大麻, 大麻的应用到了衰落时期。进入 20 世纪 90 年代以后, 随着人们认识水平的提高和对“绿色”纺织品的需求, 大麻作为一种生态纺织原料, 再次引起人们的关注。

大麻织物的染色性能一直都没有做过系统研究, 因此了解其染色性能对今后的印染生产有着重要意义。本文使用 Remazol RGB 系列染料通过浸染、冷轧堆、轧一烘一轧一蒸这三种工艺对大麻织物进行染色试验, 了解不同工艺条件对大麻染色的影响, 我们就可以以此为参考来选择适用于大麻织物的染色工艺。了解大麻、亚麻、苧麻和棉染色性能的差异及其产生原因, 得到了大麻和别的纤维素纤维之间染色性能的差距; 了解大麻不易染深和染透的原因, 在生产中就能采取相应对策来提高大麻的染色效果。

本文研究了四种织物的表面深度、上染速率曲线、染透性、匀染性和色牢度, 通过测定四种织物的成分、润湿性、电镜照片、结晶度等, 探讨了四种织物的染色性能, 对染色性能差异的原因进行了分析。

表面深度是评价织物染色性能的重要指标之一, 常用表面深度公式有: (1) 在有色物体的反射或透射光谱的最大吸收波长处算出 Kubelka-Munk 函数的(K/S)值。(2) 在可见光范围内(400~700nm)求取有色物体的伪三刺激值之和 Integ 值等。在某些情况下, 使用 K/S 值和 Integ 值表示织物的表面深度结果相近, 而某些情况下二者得到的结果有一定差异。通过试验得到出了两者在实际应用中存在的差异, 使用 Integ 值能够更准确的表示出织物的表面深度。

1 文献综述

1.1 大麻纤维简介

大麻 (Cannabis Sativa) 又称线麻、麻籽、火麻, 为荨麻目, 大麻科, 属无花瓣双子叶一年生草本植物, 雌雄异株。大麻有较好的农作价值。原产于中亚和印度, 在世界各地均有种植, 今后有望成为重要的纺织用纤维原料之一。

1.1.1 大麻早期应用

早在公元前 3000~4000 年, 有人已利用大麻纤维织布, 开始穿大麻纤维做成的衣服。大麻的起源中心在中亚、喜马拉雅山和西伯利亚中间地带, 后又传播到西亚和埃及, 在公元前 1000~2000 年在欧洲局部种植, 在公元 500 年之后在欧洲广泛种植, 直到公元 800~1000 年大麻种植达到了第一个顶峰期, 此时大麻广泛应用于食品和纺织品中。

从美国内战结束到 1912 年, 几乎所有的大麻都种在美国的肯塔基州。到 40 年代晚期至 50 年代早期, 世界范围内的大麻种植面积超过了 600 万亩, 1949 年仅南斯拉夫一个国家的大麻种植面积超过 140 万亩。19 世纪之前, 大麻一直是绳索用纤维的主要原料。直到 19 世纪中叶, 在植物纤维中, 大麻一直是主要的纺织用纤维原料。

1.1.2 大麻应用衰落期

1925 年, 日内瓦麻醉控制国际大会后, 由于埃及和土耳其提议, 毒品大麻 (Cannabis) 和可卡因麻醉剂与鸦片一起被列为受控物质。大麻 (Cannabis) 在英国成为非法; 此外, 大麻种植的衰败还有其它几个原因: 一是在英美国家, 工业革命尤其是 1793 年轧棉机的出现, 而且在 1850 年还发明了摘棉机, 在 1871 年发明了剥棉机, 这些使得棉花种植和加工效率大大提高; 二是合成纤维的出现, 使得麻袋、麻绳、麻线、麻布丧失了部分市场; 三是大麻沤制脱胶造成水源严重污染; 四是大麻纤维中木质素含量过高, 造成纺织加工困难; 五是石油代替大麻油作为燃油。上述原因造成了大麻的应用面越来越少, 从而种植面积也越来越少。所有的这些原因使得世界工业大麻的种植面积在 20 世纪 90 年代早期下降到有史以来的最低点, 大麻应用处于衰落状态。

1.1.3 大麻应用复苏期

大麻复苏的真正原因是因为大麻植物是多种工业产品的原材料——包括韧皮纤维、杆芯纤维、种子、大麻油、种子食品, 以及由此延伸到的各个产业(农业、纺织、轻工、化工、医药、建筑、汽车、能源等), 由于大麻的多功能作用, 使得大麻的种植又广泛起来, 1996 年仅美国大麻产品总零售额就超过四千万美元, 而全球总零售额达到 7500 万美元(不包括中国大陆), 大麻应用开始复苏。

我国大麻种植分布在黑龙江、吉林、辽宁、河北、山西、山东及安徽等省, 常年种植面积 2~3 万公顷, 是当前世界上种植大麻面积最大的国家。大麻在我国东北叫线麻, 山东叫火麻, 安徽叫寒麻, 甘肃叫湖麻, 新疆、云南叫大麻。我国云南, 经过 11 年的努力, 于 2000 年培育成低 THC 含量($<0.09\%$)的“云麻 1 号”, 并建立了国家工业用大麻种植基地。“云麻 1 号”品种培育的成功, 使得大麻的种植更加广泛起来。

1.1.4 大麻的分类

大麻英文名 Hemp 或 true hemp 或 common hemp, 是世界上栽培最古老的纤维作物之一。大麻属大麻科, 是一年生草本作物, 属无花瓣双子叶一年生草本植物, 雌雄异株。大麻有较好的农作价值。近几年, 我国大麻产量居世界首位^[2-7]。

大麻有很多杂交和遗传变异品种, 主要是 *Cannabis Sativa*、*Cannabis Indica* 和 *Cannabis Ruderalis* 三种, 它们的结构、生长期、成熟期以及 THC (四氢大麻酚, 大麻中致精神迷幻的成分) 含量都是不同的。*Cannabis Sativa* 是大麻中最常见的类型, 最高可长到 4~5 米, 有厚而中空的纤维茎, 枝干和叶子很少, 纤维含量高, THC 含量最少, 是造纸和纺织较为理想的材料。

上述大麻的分类方法属于植物学上的分类, 在实际生活中通俗说法很多, 但基本上是根据大麻毒性的大小(主要是三种大麻活性成分 THC、CBD 和 CBN)将大麻分为纤维用大麻(fiber-type hemp 或叫工业用大麻 industrial hemp)、毒品大麻(marijuana 或印度大麻 *Cannabis indica*)和中间型大麻。通俗分类法中对大麻活性成分含量, 不同国家和地区的规定不尽相同, 一般欧盟国家规定 THC 含量低于 0.3% 的属于纤维用大麻, 澳大利亚和新西兰规定 THC 含量低于 0.5% 的为纤维用大麻; 加拿大纤维型大麻中 THC 含量则规定为低于 0.1%; 其它国家和地区多以低于 0.3% 的 THC 含量来划分纤维型大麻。毒品大麻中的活性成分 THC、CBD (Cannabidiol, 大麻二酚) 和 CBN (Cannabinol, 大麻酚) 的含量一般在 7%~30% 之间。介于毒品大麻和纤维型大麻之间的为中间型大麻。毒品大麻中的活性成分结构

如图 1—3 所示：

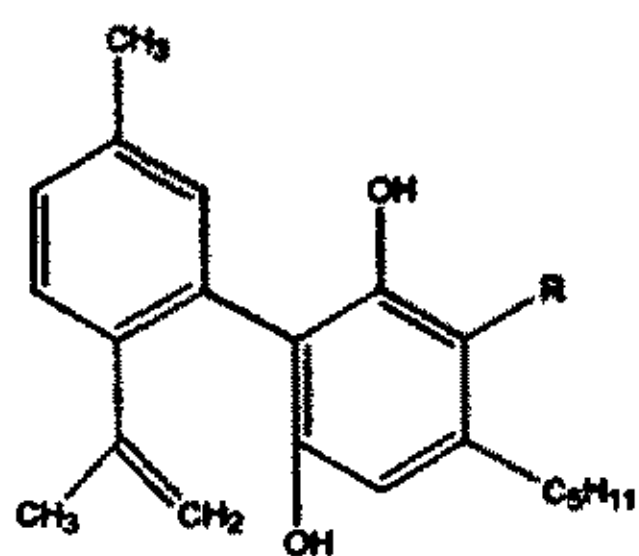


图 1 大麻二酚

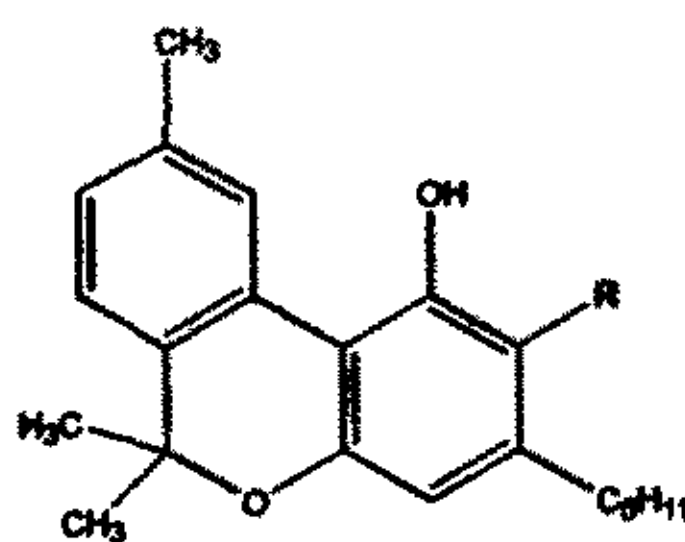


图 2 大麻酚

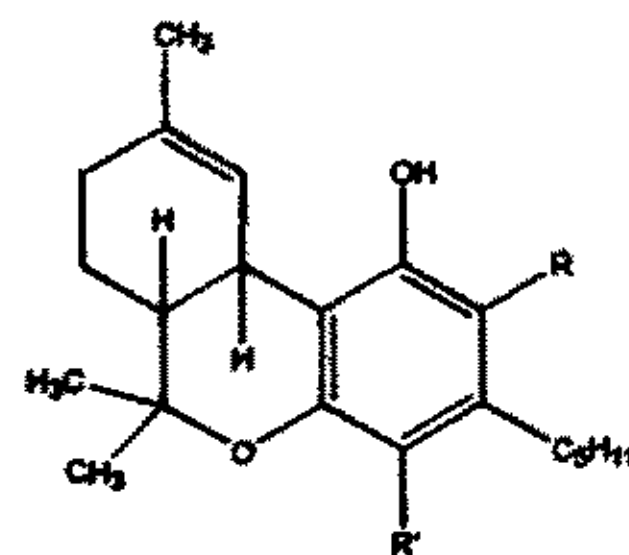


图 3 四氢大麻酚

1.1.5 大麻纤维的特点

(1) 未脱胶大麻纤维的化学组成

大麻纤维组分可分为纤维素与非纤维素两部分，后者又包括半纤维素、果胶、木质素、水溶物、脂蜡质及灰分等，统称为胶质，结果见表 1。大麻的这些化学成分的含量虽然与品种、生长地区、收获时间、存放期、剥制以及沤麻方法等诸多因素有关，大麻纤维的木质素、半纤维素甚至果胶含量高是区别于其它麻纤维的重要特征之一。这可以由大麻纤维与苧麻纤维的化学成分比较可以看出：大麻的纤维素含量低，半纤维素、木质素、蜡质等含量高，上述天然伴生物的存在，增加了大麻脱胶的难度，导致脱胶后精干麻的制成率低^[8]。

表 1 未脱胶大麻纤维和苧麻纤维化学成分的比较

品种	半纤维素%	木质素%	脂蜡质%	水溶物%	果胶%	纤维素%
河北大麻	16.7	6.6	3.1	9.0	7.0	57.7
山东大麻	18.4	7.7	1.4	10.6	5.2	56.7
宁夏大麻	16.6	7.6	1.6	9.5	7.4	57.3
平均值	17.3	7.3	2.0	9.7	6.6	57.2
苧麻	13.3	1.2	0.5	7.4	4.0	73.6

(2) 大麻纤维的结构特点

大麻单纤维为细长中空两端封闭的囊状细胞，且纤维表面纵向分布着的许多裂纹和小孔洞相连，具有优异的毛细管效应。其顶端呈钝圆形，因此织造出的纺织品比苧麻和亚麻柔软。大麻纤维的横截面表现为不规则三角形、多边形、腰圆形等，有中腔，分子结构为多棱状，较松散，有螺旋线纹。大麻的主要成分为纤维素，其单纤维细胞在胞间层物质的

粘结下交织成网状，纤维细胞与半纤维素等呈化学键合。大麻单纤维很短，一般为 12~25mm，且纤维整齐度差，上述结构特点决定了大麻纤维脱胶的难度^[9]。大麻与苎麻相比，苎麻单纤维纵向则有明显竖条纹，横截面条纹短而细，且分布较密，截面呈不规则的腰圆形，有中腔及裂缝，颇为明显。大麻与苎麻纤维的横、纵截面形状如图 4-7 所示：

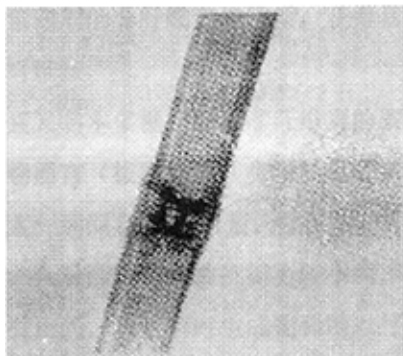


图 4 大麻纵向

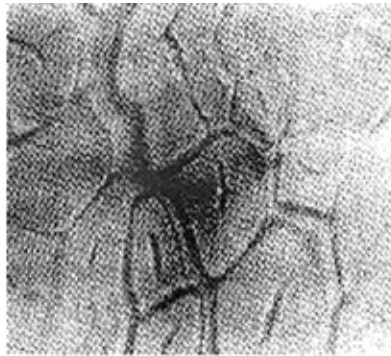


图 5 大麻横截面

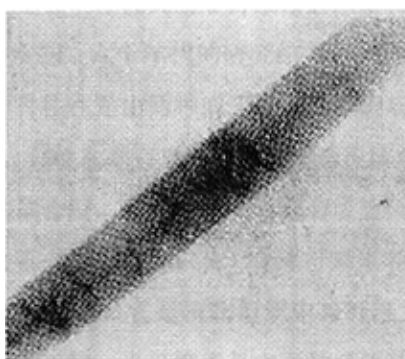


图 6 苎麻纵向



图 7 苎麻横截面

1.1.6 大麻纤维的主要组成

(1) 纤维素

纤维素 (cellulose) 是麻类韧皮纤维的主体部分，是纺织生产所需要的原材料。纤维素在自然界中是一种最丰富的可再生有机资源，是天然高分子化合物。就化学结构而言，纤维素是由许多 D-吡喃葡萄糖酐 (1-5) 彼此以 β (1-4) 苷键联结而成的线形巨分子，其化学式为 $C_6H_{10}O_5$ ，化学结构的实验分子式为 $(C_6H_{10}O_5)_n$ (n 为聚合度)，由含碳 44.44%、氢 6.17%、氧 49.39% 三种元素组成。纤维素的重复单元是纤维素二糖，其中纤维素二糖的葡萄糖酐间为 (1-4) 苷键连接。与其他聚合物相比，纤维素大分子的重复单元是简单而均一的，分子表面较平整，使其易于长向伸展，加上吡喃葡萄糖环上有反应性强的侧基，

十分有利于形成分子内和分子间的氢键，使这种带状、刚性的分子链易于聚集在一起，成为结晶性的原纤结构。纤维素的这种原纤结构就成为其骨架，原纤埋在半纤维素、果胶和某些蛋白质构成的基质中，成熟了的细胞壁再与木质素结合，从而导致纤维素被包围在半纤维素、木质素、果胶这些非纤维素类物质中间。对工业用大麻脱胶的目的就是要尽可能去除掉纤维素四周的非纤维素类物质，获得具有可纺性的麻纤维。

(2) 半纤维素

半纤维素又名木多糖，或称非纤维素的碳水化合物。系指除纤维素以外所有的非纤维素碳水化合物而言（按照惯例，少量的果胶素和淀粉除外）。

半纤维素一词源自 E.舒尔策，他于 1891 年提出此名词，他认为纤维素比较更能抗拒酸的水溶液。凡对酸的水溶液抗拒力较小的，亦即易于被酸的溶液所溶解的，并能被碱的水溶液所抽提出的，且水解时生成葡萄糖以外的单糖（如半乳糖、阿拉伯胶糖、木糖等）的碳水化合物。其后，H.施陶丁格于 1939 年改其名为木多糖，其定义为不类似纤维素的多糖，于上世纪五十年代又用非纤维素的碳水化合物这一名词。

按上世纪五、六十年代的研究结果，一种植物，往往含有几种非纤维素的碳水化合物，其中任何一种往往是由两种或三种单糖基构成的复杂多糖（亦有油葡萄糖基与其它糖基构成的多糖），且往往是有支链的。用渗透压法测定，其平均聚合度近于 200，远低于天然纤维素的平均聚合度，若经过降解其聚合度更低。

半纤维素（hemi-cellulose）是除纤维素和果胶以外的植物细胞壁聚糖，也可称为非纤维素的碳水化合物。它是植物组织中与纤维素相伴生的一种低分子质量的无定型结壳物质。与纤维素不同，半纤维素是由两种或两种以上单糖基组成的不均一聚糖，大多带有短的侧链，绝大多数位于纤维素细胞的胞间层和细胞壁上，也可认为是纤维细胞间的填料和黏结物质。根据半纤维素水解生成物，一般认为麻类半纤维素的主要成分是聚木糖类，还包括聚半乳糖葡萄糖甘露糖类、聚葡萄糖甘露糖类以及聚糖醛酸类。

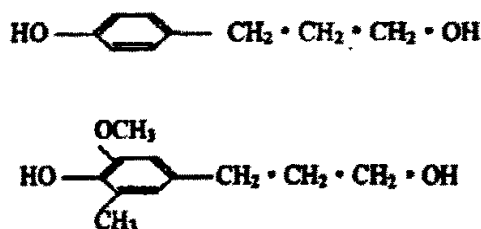
(3) 木质素

木质素存在于植物的木化组织中，研究表明，各种植物中的木质素不是完全相同的物质。因此，木质素这一名词不是代表单一的物质，而是代表植物中某些共同性质的一群物质。

木质素（lignin）是植物细胞壁的主要成分之一，基本存在于细胞的细胞膜及细胞壁的内部。麻类植物的木质素主要存在于麻茎的木质部组织及韧皮组织中。木质素在植物中起着支撑作用，同时粘结纤维素，使其具有承受机械作用的能力。其中，一部分木质素与半

纤维素成化学结构紧密地联系在一起，但与纤维素间却未发现化学结合。木质素是具有三度空间网状结构的高分子化合物，分子量为 400~5000，在基环中除含有相当量的甲氧基外，还有羟基、羧基、羰基以及双键等。木质素是无定型的粉末状物质，具有芳香类化合物的性质。在植物不同的生长期，木质素的含量也不同。在过期收获的麻纤维中木质素的含量最高，而在同一麻束中，木质素含量分布也各不相同。

许多人对木质素进行了分离工作，在分离出的许多木质素中，有两种木质素的结构单元最为常见，即：

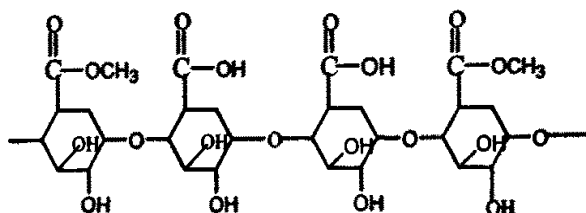


(4) 果胶

果胶质 (pectic substances) 是植物产生纤维素、半纤维素等成分的营养物质，是一组聚半乳糖醛酸，它具有水溶性，工业上即可分离，其分子量约为 5—30 万，在适宜条件下其溶液能形成凝胶和部分发生甲氧基化，其主要成分是部分甲酯化的 α (1, 4) -D 聚半乳糖醛酸，残留的羧酸单元以游离酸的形式形成铵、钾、钠和钙等盐。它们存在于细胞壁的中间层，各种果胶物质之间的重要差别是它们的甲酯含量和酯化程度，它随植物的成熟而有所下降。其中酯化度的定义如下：

酯化度 (DE) = (酯化的 D-半乳糖醛酸残基 / D-半乳糖醛酸残基) $\times$ 100%

果胶的代表性结构如下^[10]：



1.1.7 国内外对大麻纤维的开发利用情况

在我国，大麻纤维作为大众服饰用的原料，可追溯到商代初期。后来，由于对大麻纤

维的开发加工落后于其它纤维,使大麻这一古老纤维在纺织工业中的应用曾处于衰落地位。自二十世纪九十年代来,大麻纤维的开发利用取得了突破性进展,针对大麻纤维形态的特殊性,初步形成了干纺和湿纺,长纺与短纺两种纺纱工艺路线。近年来,大麻纺织年年都有填补国内外空白的新产品问世,销售额以每两年翻一番的速度发展,形成了新的经济增长点。

近期在国外,大麻的开发研究同样出现了可喜的势头。随着大麻纤维绿色的保健功能被世人所认识,以前被作为“毒品”查禁的大麻又恢复了它应有的面目。1990 年法国政府开始资助大麻纤维的研究,1992 年,法国成功培植试种了低 THC 含量的大麻新品种,1999 年,法国大麻产品的产值已达 2.6 亿马克,就连大洋彼岸的美国,也正在考虑修改禁止种植大麻的方案,1999 年,美国进口的大麻纺织品已达 2000 余万美元。以上所有都说明大麻纤维的发展趋势良好。

1.1.8 世界工业大麻纺织市场及生产现状

我国是麻纺织品大国,其中麻类纤维资源、加工规模和市场占有率等方面在国际上占有很大的优势,原麻种植、纺织加工和技术开发等均处于世界先进水平,苧麻纺织居世界第一,亚麻纺织品已经超过俄罗斯居世界首位。据相关统计,2001 年我国麻纺工业实现产值达 76 亿元,其中出口值达 4.73 亿美元(主要为亚麻、苧麻及黄麻产品)。麻类纺织品以其天然的本质和独特的功能在“返璞归真,舒适健康”的服饰潮流中一直受到青睐,大麻纤维在麻类中属于上等的纺织原料,因此预计麻类纺织品特别是大麻纺织品将有较好的市场前景。我国大麻纤维制品近年来在脱胶、纺纱、织造、染整技术上都有新的突破,一批风格独特、性能优异的高档大麻纤维制品打入了国际市场,品质和产量均居世界前列,在山东、山西形成了两个较大的大麻纺织生产基地。其中山西绿洲纺织品有限责任公司目前已拥有国内外领先的大麻面料和大麻服装生产线,其投资 3000 多万元的“扩大出口大麻纺织品项目”也已被确定为国家级高新技术产业化项目,2004 年项目完成后,公司将达到年产纯麻纱线以及麻混纺纱线 2280 吨,大麻面料 1000 万米的规模,年销售收入可达 32000 万元。

1.2 研究开发大麻的必要性

二战以后,化学纤维的迅速发展对整个纺织原料的格局产生了一定的影响,最明显的特征是天然纤维形成的纺织品大量减少。造成这种情况的原因之一是化学纤维的生产成本

低、工艺简单、产量高。人们当初发明化学纤维是想用它来取代天然纤维，然而经过一段时间的应用后，人们发现化学纤维的性能，尤其是在心理、卫生和健康性能以及舒适和生态性能方面，比不上天然纤维。这使人们意识到完全用合成纤维替代天然纤维是不合适的^[11]，需要开发、利用新的天然纤维。

1.2.1 我国纤维素纤维的生产状况

2004 年我国棉花实际产量 632 万吨，而需求量是 822 万吨，这么多的差缺是靠进口棉花来弥补的，所以 2004 年我国进口了棉花 191 万吨，出口了 1 万吨。预计在 2005 年棉花总需求要达到 850~865 万吨。可见我国原棉的产、需尚处于“紧平衡”状态。所以必然要找到或开发一种新的纤维素纤维来满足人们的需要。而在新纤维素纤维的选择上，逐渐有人发现了大麻纤维的众多优点，使得大麻这一古老的作物越来越受到人们的重视。

1.2.2 大麻的优点

(1) 大麻纤维的纺织性能方面

大麻作为一种纺织原料，其可纺性在麻类纤维中仅次于苧麻和亚麻，有些性能接近棉，几种麻纤维的性能比较如表 2 所示^[12]，

表 2 几种纤维性能的比较

性能指标	大麻	苧麻	亚麻	棉
纤维长度/mm	20~25	60~250	17~25	25~31
纤维细度/tex	0.29	0.63	0.33	0.12~0.20
纤维强度 /(n.tex ⁻¹)	> 0.48	> 0.57	> 0.44	0.22
断裂伸长率/%	2.5	3.75	3.73	7.12
杨氏模量 /(n.tex ⁻¹)	16.22	17.30	17.32	6.00~8.20
聚合度	2000~2300	2360~2900	2190~2420	10000~15000

目前大麻之所以在全球再次为世人所关注，并把它作为一种“绿色生态”纺织材料，这与大麻纤维本身独特的优良性能是密不可分的：

1. 大麻纤维有良好的抗紫外线功能：大麻纤维的横截面很复杂，有三角形、四边形、扁形、腰圆形等，中腔形状与外截面形状不一，当紫外线照射到纤维上时，一部分形成多

层折射被吸收，大部分形成漫反射，使大麻织物不仅看上去光泽柔和，而且具有很好的防紫外线辐射的功能。经中国科学研究院物理所检测，大麻帆布能 100%阻挡紫外线的辐射 [13-14]。

2.大麻纤维具有卓越的吸湿透气性能：大麻纤维表面纵向分布着许多裂缝和孔洞，并且通过毛细管道与中腔连通，此种结构使大麻纤维具有卓越的吸湿透气性能。经国家纺织产品质量监督检验测试中心测试，大麻帆布吸湿率为 7.43mg/min，散湿速率为 12.60mg/min，是其它纺织品所望尘莫及的，因此穿着凉爽不贴身。与棉织物相比，可使人体感觉温度低 5℃左右，即使在气温高达 38℃及以上的酷暑，也不会觉得热不可耐^[15]。

3.大麻纤维末端有分枝，且末端呈钝圆形，没有苧麻、亚麻那样尖锐，同时大麻的细度一般在 14μm 以下，接近棉，是麻类纤维中最细软的一种。因此，大麻纺织品一般都没有其它麻制品的粗硬感和刺痒感，比较柔软。

4.大麻纤维有良好的抗静电功能：大麻纤维分子结构稳定，分子排列的取向度好，产生静电能力极低，加之吸湿能力好，能够避免静电积聚。据检验，大麻与棉、丝、化纤等纤维相比，在空气中摩擦产生的静电最低，因此，大麻服装能够避免静电给人体造成的危害，比如皮肤过敏、皮疹、针刺感等^[16]。

5.麻纺织品具有天然的保健功能：大麻纤维的细长中腔内富含氧气，使得在无氧条件下能生存的厌氧菌无法生存。按美国 AATCC90-1982 定性抑菌法测试的结果显示，未经药物处理且经水洗的大麻帆布，对分别代表化脓菌、肠道菌和真菌的 4 种微生物的抑菌圈直径 (mm) 分别为：金黄色葡萄球菌 9.1；绿脓菌 7.6；大肠杆菌 10；白色念珠菌 6.3。抑菌圈直径大于 6mm 即被认为有抑菌作用。

此外，经高频等离子发射光谱仪分析测定，大麻纤维还含有十多种对人体健康十分有益的微量元素^[13]。用大麻布包肉可使保鲜期增加一倍，穿用大麻布做的鞋不长脚气并可有效避免脚臭，纸币和卷烟纸的首选用料是大麻纤维，最好的香肠绳是大麻绳等。

(2) 大麻的种植

尽管棉产量达到世界纺织纤维产量的一半左右，棉花的种植也一直被人们认为是无害的，然而实际上，由于棉花在整个种植期间会出现棉铃虫、棉蜘蛛等虫害，需要喷洒较多的杀虫剂，Michael Ryder博士在1995年的文章中认为3%的农用棉地就需高达15%的杀虫剂；同时，棉花的生长也需要在适当的时候喷施肥料，因此棉花的种植引起了严重的环境和人类健康问题。而大麻这种植物对气候和土壤的要求并不苛刻，抗虫害能力强，在种植期间基本上无需杀虫剂和肥料，不会造成土地污染，环境生态友好。同时大麻生长迅速，

种植收获期也较短，经济效益好。

由于大麻是一年生作物，因此它是解决环境问题的好方法，如解决由于树木被过度采伐而引起的地球表面土被侵蚀的问题。大麻也可以用来去除被污染土壤中的有毒物质如重金属离子等，主要原理是：将大麻作物种植在被污染的土壤里，大麻在生长过程中会不断提取土壤中的有毒物质，并将其聚集在植物顶部。在大麻收获的同时，土壤也被清洁了^[17]。

(3) 大麻的其它用途

(a) 大麻具有独特的营养保健功能和医疗用途

大麻籽、大麻根富含功能性油脂和麻仁球蛋白及多种维生素、人体最需要的矿物质、膳食纤维与大量的生物活性成分。国内外大量的营养学和医学研究证实：采用从大麻籽和大麻根中提取的多种功能性成分制成的食品或药品，可以提高人体免疫力，减少患胆固醇、高血脂、内分泌紊乱有关的疾病危险，有助于清除体内毒物、抑制癌细胞生长、清除自由基，对糖尿病、多发性脑血管硬化、心血管疾病、免疫系统功能障碍、腺体萎缩、胆结石、肾衰竭、关节炎、经前综合症与月经不调、便秘与结肠炎、过敏性皮炎以及降低血清中胆固醇含量等均有良好的预防和辅助治疗作用。

(b) 大麻籽是人体必需脂肪酸和优质蛋白的最佳来源

大麻籽油与其它植物油脂相比独具特色，即不饱和脂肪酸含量高达 90% 以上，人体自身合成不了必须从饮食中获取的必需脂肪酸 EFA 含量高于 80%，其中现代人类普遍缺乏的 Omega-3 脂肪酸 LNA 含量大于 20%，被营养学家誉为“人体补充生命必需脂肪酸的重要来源”。大麻籽中不仅含有丰富的必需脂肪酸和优质蛋白，而且麻仁蛋白中含有 19 种氨基酸，其中人体必需的八种氨基酸均全部含有，而且含量较高，组成比值合理、效价均衡，属于“优质完全蛋白”，并含有其它多种天然生物活性成分，是现代纯天然食品中功能性有效成分与生理功能特性较多的功能性食品的重要代表。

目前大麻籽和大麻油类食品的种类很多，有色拉油、非大豆加工的豆腐、非奶做成的奶酪、非奶型奶。另外，还将大麻籽或大麻油添加到面包、蛋糕及各式甜点中，甚至于出售更原始的烤大麻籽仁。据报道，大麻食品和保健品在美国的零售额由 1990 年的 100 万美元上升到了 2000 年的 2500 万美元。

(c) 大麻杆及其用途

作为非木材纤维的大麻在造纸业的地位越来越重要，国内外对大麻等非木材造纸制浆的研究已有多年，其中包括对大麻韧皮纤维及大麻杆中木质素化学特性的研究。研究表明：采用大麻杆为原料造出的纸浆，坚韧柔软，洁白细腻，适用于多种用途。目前日本已采用

大麻杆为原料, 制造出柔性大、光泽好的卷烟纸, 美国也采用大麻杆生产高档信纸、报纸等, 我国目前也开发成功了采用大麻杆为原料的造纸工艺, 并已正式投入规模化生产。

(d) 大麻可生产木塑材料和复合材料

进入二十一世纪以来, 国外掀起了对大麻纤维增强复合材料研究的热潮。由大麻纤维作增强基体来加工制作复合材料有如下几方面的优点: ① 天然大麻纤维同合成纤维相比属于低成本、低密度材料(其密度仅为玻璃纤维的50%), 单强和玻璃纤维接近, 模量甚至比玻璃纤维还高; ② 减少能源浪费; ③ 具有良好的机械性能, 单位重量强力比金属纤维高; ④ 韧性好, 耐冲击性能好; ⑤ 材料可生物降解; ⑥ 价格低廉, 材料易得, 是理想的玻璃纤维增强复合材料的替代材料。

利用大麻杆芯和回收的PP/PE/PVC通过分子改性技术加工而成的大麻木塑材料, 具有防霉、防潮、强度高、可回收重复利用等特点, 可替代木材, 广泛应用于建筑、包装、运输、仓储等领域。

(e) 大麻纤维应用于非织造技术

大麻纤维不仅可以用在纺织上, 还可以采用非织造技术, 利用纺纱落麻加工食品包装材料、防腐蚀贮物盒等。自60年代发展的非织造布(无纺布)以大麻纤维为原料已涉及到工业、农业、医疗卫生用品、装饰、服装、汽车、保暖、电气绝缘、环保和饮食用过滤及建筑材料等领域, 成为新型产业用基础材料, 其发展速度令人瞩目。

由上述所有大麻纤维的优点可知, 随着人们对大麻研究的深入, 大麻的应用也日益广泛。大麻全株都有应用价值, 大麻产品已涉及人类生活的衣、食、住、行、用等方方面面, 工业用大麻具备巨大的开发利用价值。

大麻是一种适合未来的纤维, 它能够解决这个国家由于造纸和纺织工业带来的环境问题, 减少木材和棉花的进口, 使本国产品满足本国需要。

1.3 大麻织物活性染料染色现状

大麻织物活性染料现在主要使用浸染、冷轧堆, 轧一烘一轧一蒸等染色工艺, 其工艺条件多为棉工艺。

现有活性染料主要有高温型、中温型、低温型三大类。低温型活性染料的反应活性强, 易水解, 现在的应用已较少; 中温型活性染料由于反应性适中, 现在应用最为广泛; 高温型活性染料现在也有一定的应用, 但没有中温型使用的广泛。

1.4 本课题主要研究内容

大麻织物是新开发的一种织物，其染色性能的优劣及特点还没有做过大规模系统研究，现在生产中一些小规模的大麻染色多是直接应用棉或别的麻织物的染色工艺。大麻的染色性能同别的纤维素纤维存在一定差别，因此探索适用于大麻的染色工艺对提高大麻染色性能有着重要意义。大麻的染色性能和亚麻、棉等相比存在一定差距，本文就这些差距产生的原因做了探讨；得到了大麻织物不易染深的原因，今后工作中就能有针对性的进行改进。本论文的研究内容可以分为以下几个方面：

1. 通过染料筛选，选用一组适宜大麻染色的染料。通过试验，从 K/S 值和 Integ 值中选择一个更适用于本试验的表面色深测定方法。

2. 采用平行实验的方法，找出浸染、冷轧堆和轧一烘一轧一蒸这三种工艺较适用于大麻的工艺条件。浸染做了吸、固曲线、染料提升力，元明粉、纯碱、固色时间、固色温度、浴比等工艺条件影响试验，测定了色牢度和染透性。冷轧堆做了染料提升力，碱剂、堆置时间、堆置温度等工艺条件影响试验，测定了色牢度和染透性，试验了一种新的冷轧堆快速打小样的方法。轧一烘一轧一蒸做了染料提升力，碱剂、汽蒸时间等工艺条件影响，测定了色牢度和染透性。

3. 本文对比了三种麻织物和棉织物的表面深度、上染速率、染透性和色牢度，通过测定三种麻织物的化学成分和四种织物的润湿性、结晶度来对四种织物的染色性能差异进行分析。

2. 试验部分

2.1 试验材料及药品

2.1.1 试验材料

41.6 tex × 41.6 tex 212 根/10cm×212 根/10cm 经过半漂的大麻、亚麻、苎麻和棉机织物, 由杭州汇丽印染整理有限公司生产提供。

2.1.2 试验药品

本试验用的染料、助剂和其它化学药品的规格和生产厂商见表 3。

表 3 试验药品及生产厂家

品名	规格	(生产厂家)
氢氧化钠	化学纯	浙江中星化工试剂有限公司
硫酸	化学纯	浙江中星化工试剂有限公司
元明粉	工业用	浙江中星化工试剂有限公司
苯	化学纯(含量不少于 99%)	中国杭州试剂有限公司
氯化钡	化学纯(含量不少于 99%)	温州市化学用料厂
无水乙醇	化学纯	浙江中星化工试剂有限公司
重铬酸钾	化学纯	中国上海试剂总厂
硅酸钠	工业用	浙江中星化工试剂有限公司
Remazol 系列活性染料	Carbon RGB	Dystar 公司
Remazol 系列活性染料	Red RGB	Dystar 公司
Remazol 系列活性染料	Golden Yellow RGB	Dystar 公司
Remazol 系列活性染料	Blue RGB	Dystar 公司
海藻酸钠	工业用	昆山锦港化工有限公司

渗透剂 JFC	工业用	昆山锦港化工有限公司
防染盐 S	工业用	昆山锦港化工有限公司
净洗剂 LS	工业用	昆山锦港化工有限公司
NaCl	工业用	中盐新干盐化有限公司
磷酸二氢钠	分析纯	湖州湖试化学试剂有限公司
磷酸氢二钠	分析纯	天津市标准科技有限公司
L-组氨酸单盐酸盐	生化试剂	上海康捷生物科技发展有限公司

2.2 试验仪器

本研究试验用仪器的规格和生产厂商见表 4。

表 4 仪器名称及型号厂家

设备名称	设备型号	其生产厂家
12 管红外线小样机	E-A	台湾 Rapid (瑞比) 公司
Rapid (瑞比) 连续式 压吸蒸染试验机	PS-JH	台湾瑞比试验设备公司
循环水真空泵	SHZ-III 型	上海亚荣生化仪器厂
手提式压力蒸汽消毒 器	YX-280 型	江阴滨江医疗设备厂
真空干燥器	300MM	中国医药集团上海化学试剂公司
电子天平	JA2003	上海衡平仪器仪表厂
电热恒温水浴锅	Y801A	上海宝磊仪器有限公司
干燥器	YX-820A 型	常州纺织仪器厂
电脑测色配色仪	Datacolor 600	美国 Datacolor 公司
扫描电镜	JSM-6360LV	JEOL(日本电子株式会社)
离子溅射仪	KYKYSBC-12	中国科学院北京科学仪器研制中心
X 射线衍射仪	DMAX-B 型	日本理学电机 X 射线衍射仪
可见分光光度计	722W	上海欣茂仪器有限公司
摩擦牢度仪	SM-1	ATLAS ELECTRIC DEVICES Co.
熨烫升华色牢度试验	YG (B) 605	温州大荣纺织仪器有限公司

仪		
汗渍牢度烘箱	Y (B) 902 型	温州大荣纺织标准仪器厂
耐洗色牢度试验机	SW-12A II 型	温州大荣纺织标准仪器厂
日晒气候试验仪	YG (B) 611- II 型	温州大荣纺织标准仪器厂
哈氏切片器	YB-3	温州大荣纺织标准仪器厂
电子显微细度检测仪	PS-WT- I	北京毛纺研究所
电冰箱	BC-50E	容声电器
恒温干燥烘箱	LLY-10 型	莱州市电子仪器有限公司
立式小轧车	P-AO 型	台湾 Rapid (瑞比) 公司

2.3 测试方法

2.3.1 麻织物成分分析方法

化学成分定量及计算参考《GB5889-86 苎麻化学成分定量分析方法》测试。

2.3.2 纤维的电镜测试

在 JSM-6360LV 型扫描电镜下观察大麻纤维的形态结构。

2.3.3 X 射线衍射测试

用 DMAX-B 型日本理学电机 X 射线衍射仪测定纤维的 X 射线衍射图。

2.3.4 K/S 值的测定

$$\frac{K}{S} = \frac{(1-R)^2}{2R} \cdot \frac{(1-R_0)^2}{2R_0} = kc$$

式中：

R_0 —表示不含有色物质的固体试样的反射率；

R —表示光没有透射时的反射率(取 λ_{max} 下的值)；

c —表示有色物质的浓度

k —为比例常数，其值等于有色物质为单位浓度时的 K/S 值。对于纺织品来说可采用 1%(o.w.f.)或 1g/L 等。

K/S 值越大，表面色深越深；K/S 值越小，表面色深越浅^[18]。

2.3.5 伪三刺激值之和 (Integ 值) 的测定

$$\text{Integ} = F(X) + F(Y) + F(Z)$$

$F(X)$, $F(Y)$, $F(Z)$ 是表征表面深度的函数, 没有明确的物理意义, 所以称为伪三刺激值。

$$F(X) = \sum S(\lambda) (K/S)(\lambda) x(\lambda)$$

$$F(Y) = \sum S(\lambda) (K/S)(\lambda) y(\lambda)$$

$$F(Z) = \sum S(\lambda) (K/S)(\lambda) z(\lambda)$$

λ 为波长 (测色仪从 400—700nm 的范围内每隔 10nm 测量一次), $S(\lambda)$ 光源能量分布, $(K/S)(\lambda)$ 此波长下的 K/S 值^[18]。

Integ 值越大, 表面色深越深。

2.3.6 提升指数 BDI

提升力试验用提升指数 BDI 来表示染料的提升性能^[20-21]。提升指数 BDI 的计算方法是: $\text{BDI} = \text{Integ}_a / \text{Integ}_i$ 。其中, Integ_a 是提升力试验中每块布样各自的 Integ 值, Integ_i 是最浅那块布样的 Integ 值。提升指数表示的是染料浓度更大的布样对基准布样表面表面深度的变化程度。染料提升性能主要以表面深度变化的程度 (如通常所讲深度增加几成) 来反映, 所以用提升指数表示染料提升性能比用表面深度值表示更直观。

2.3.7 色牢度的测定

耐洗色牢度按照 GB/T3921.2-1997 进行测试;

耐汗渍色牢度按照 GB/T3922-1995 进行测试;

耐摩擦色牢度按照 GB/T3920-1997 进行测试;

耐水色牢度按照 GB/T5713-1997 进行测试;

耐热压色牢度按照 GB/T6152-1997 进行测试;

耐人造光色牢度按照 GB/T8427-1998: 氙灯 方法 2 进行测试。

2.3.8 润湿性测定

纺织品毛细效应试验按照 FZ/T 01071-1999 进行测试。

水滴吸收时间测定: 将 105℃ 烘干试样在恒温恒湿条件下平衡 24h, 平铺于桌面, 在距布面 1cm 处滴一滴蒸馏水, 记录水滴被织物完全吸收所需时间, 在同一布样上测十个点,

取平均值^[22]。

2.3.9 上染率、固色率曲线的测定

染料及助剂用量和浸染标准工艺一致，上染 40min，固色 60min，其中上染的前 20 分钟每 5min 测一次，以后每 10min 测一次，加碱后的前 20 分钟每 5 分钟测一次，以后每 10min 测一次。

$$\text{上染百分率} = (1 - A_n / A_0) \times 100\%$$

式中 A_n = 1~17 号染色残液液的吸光度

A_0 = 空白染浴的吸光度

固色率：用洗涤法测定固色率，布样取出后经过冷水洗—热水洗—皂煮—冷水洗，把每次洗涤后的水溶液和染色残液混和，稀释到合适的倍数，测吸光度。

$$\text{固色率} = (1 - A_n / A_0) \times 100\%$$

式中 A_n = 1~17 号混和液的吸光度

A_0 = 空白染浴的吸光度

时间为横坐标，上染百分率和固色百分率为纵坐标，绘制吸、固曲线。

2.3.10 1/1 标准深度的测定

考虑到表面表面深度对色牢度的影响，牢度测试中所有布样均为 1/1 标准深度，参考标准：GB/T 16990-1997 颜色 1/1 标准深度的仪器测定，1/1 标准深度用 Datacolor 测色仪测定。

2.3.11 纤维直径的测定

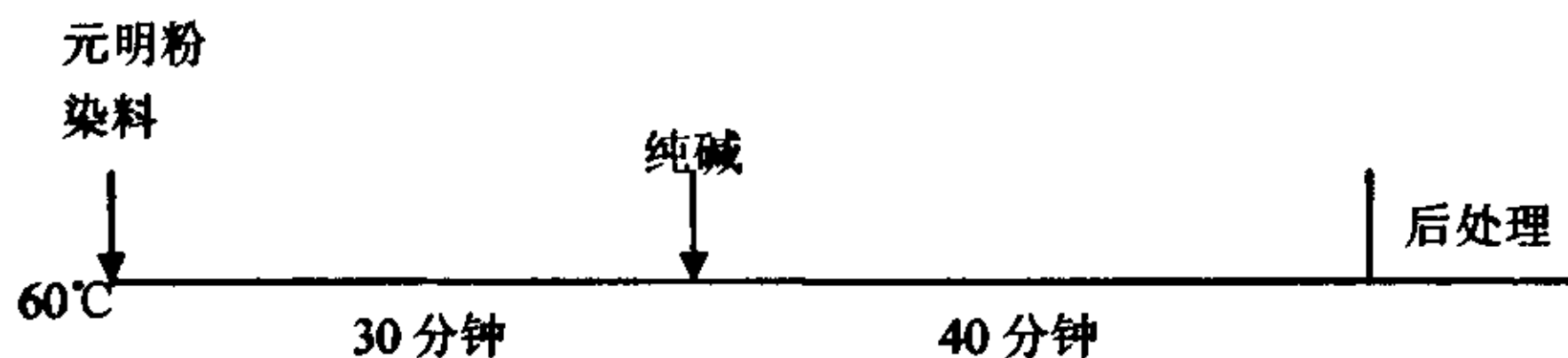
在电子显微细度检测仪下，随机测 200 根纤维直径，取其平均值。

2.3.12 浸染工艺

基础处方：

染料 2% (Carbon RGB 为 4%) o.w.f、元明粉 50g/L、纯碱 13g/L、浴比 1: 10

工艺流程：



工艺条件影响试验都是以此工艺为基础变动工艺条件。

2.3.13 冷轧堆工艺

基础处方：

染料 20g/L、尿素 100g/L、润湿剂 3g/L、硅酸钠 40Be° 40ml/l，烧碱 8.5g/L（或纯碱 30g/L、烧碱 3.06g/L），轧余率 70%，堆置时间：16h。

工艺流程：

浸轧染液——堆置——后处理

碱剂影响试验分别以硅酸钠法和纯碱法标准工艺，其余试验都以硅酸钠法为基础变动工艺条件。

2.3.14 轧—烘—轧—蒸工艺

基础处方：

染料 20g/L，防染盐 S 6g/L，润湿剂 3g/L，防泳移剂 6g/L。

纯碱 20g/L，烧碱 3g/L，食盐 250g/L，汽蒸（饱和蒸汽 102℃）90s。

染液轧余率 70%，碱液轧余率 80~100%。

工艺流程：

浸轧染液——烘干——浸轧碱液——汽蒸——后处理

工艺条件影响试验都是以此工艺为基础，然后变动工艺条件。

3 试验结果与讨论

3.1 染料的选择

由于低温型染料的反应活性高、稳定性较中温和高温型染料低，因此本试验不考虑使用低温型活性染料。浸染和轧染主要使用中温型活性染料、高温型活性染料。本试验选用了三个 Procion 系列高温型活性染料和三个 Remazol 系列中温型活性染料，测定了不同染料在大麻织物上的上染率和固色率。Navy XL+、Yellow XL+、Red XL+ 为 Procion 系列染料，Red RGB、Blue RGB、Yellow RGB 为 Remazol 系列染料，试验结果见表 5。

表 5 高温型和中温型活性染料的上染、固色率

染料名称	Navy XL+	Yellow XL+	Brilliant Red XL+	Red RGB	Blue RGB	Golden Yellow RGB
上染率	73.9%	74.6%	78.0%	78.6%	78.8%	78.6%
固色率	65.0%	45.6%	66.5%	67.8%	67.9%	47.2%

由表 5 可知：以 Procion 系列染料为代表的高温型染料的上染、固色率比以 Remazol 系列染料为代表的中温型染料的上染、固色率略低。中温型染料可以使用恒温法染色，有利于简化工艺；高温型活性染料的上染率、固色率较低，而且染色所需温度高。试验确定后续试验中使用中温型活性染料对大麻织物进行染色。本试验使用 Remazol 系列中较常用的经济型三原色组合 Red RGB、Blue RGB、Golden Yellow RGB 和一支黑色染料 Carbon RGB。这四种染料的染色方法、基本性能和 Remazol 系列的其它染料相近或基本一致，具有一定的代表性。

3.2 表面深度测定方法的选择

常用的表示颜色表面深度的方法有：(1)在有色物体的反射或透射光谱的最大吸收波长处算出 Kubelka-Munk 函数的(K/S)值。(2)在可见光范围内(400~700nm)求取有色物体的伪三刺激值之和 Integ 值等。本试验通过做活性染料提升力试验分别测布样的 K/S 值和 Integ 值，得到试验用活性染料在使用 K/S 值和 Integ 值上的差异，并从表面深度公式设计的角度对差异原因进行分析探讨，从而选出更适用于本试验的表面深度测定方法。

3.2.1 提升力试验布样的 K/S 值和 Integ 值的比较

提升力试验可以得到一组表面深度相关的布样; 同一组提升力试验布样测得的 K/S 值和 Integ 值计算的 BDI 做出的提升曲线是不同的, 这样可以探讨二者的差异。本试验用同一组布样分别测定其 K/S 值和 Integ 值, 能得到用 K/S 值和 Integ 值表示表面深度是存在较大差距的。表 6~8 为 Carbon RGB、Red RGB、Blue RGB 表面度和提升指数值; 图 8 是这三种染料的提升指数曲线。

表 6 Carbon RGB 表面深度及提升指数值

染液浓度 % o.w.f.	K/S	提升指数 BDI (以 K/S 计算)	Integ	提升指数 BDI (以 Integ 计算)
0.5	5.1	1.0	10.3	1.0
1	8.7	1.7	17.9	1.7
2	13.1	2.6	29.8	2.9
3	15.1	3.0	37.4	3.6
4	16.4	3.2	43.3	4.2
5	16.9	3.3	46.3	4.5

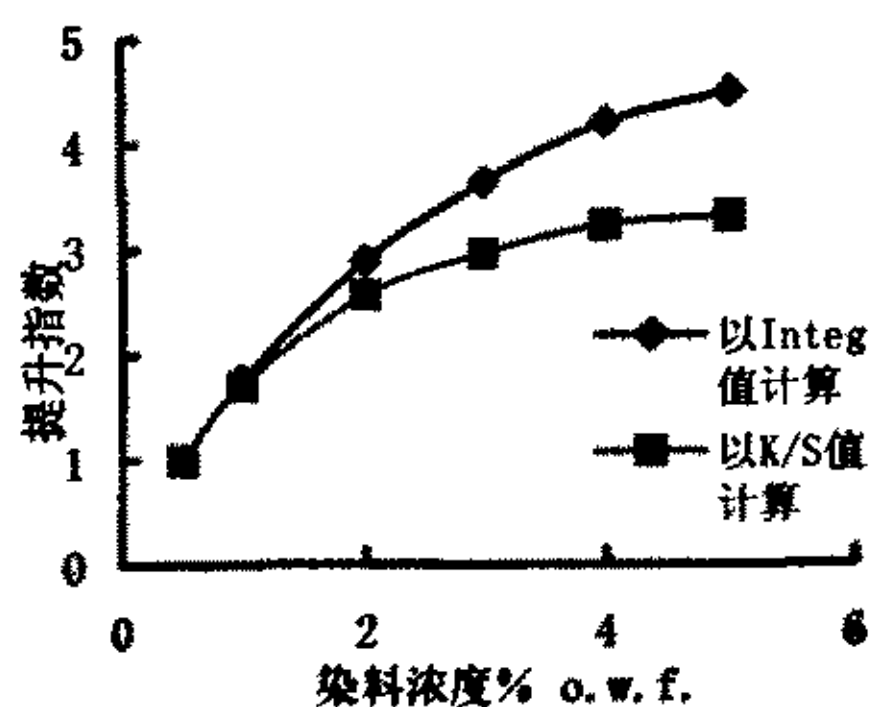
表 7 Red RGB 表面深度及提升指数值

染液浓度 % o.w.f.	K/S	提升指数 (以 K/S 计算)	Integ	提升指数 (以 Integ 计算)
0.5	5.1	1.0	6.4	1.0
1	8.7	1.7	11.0	1.7
2	13.0	2.6	17.7	2.8
3	15.2	3.0	22.3	3.5
4	16.4	3.3	25.1	4.0
5	16.6	3.3	26.1	4.1

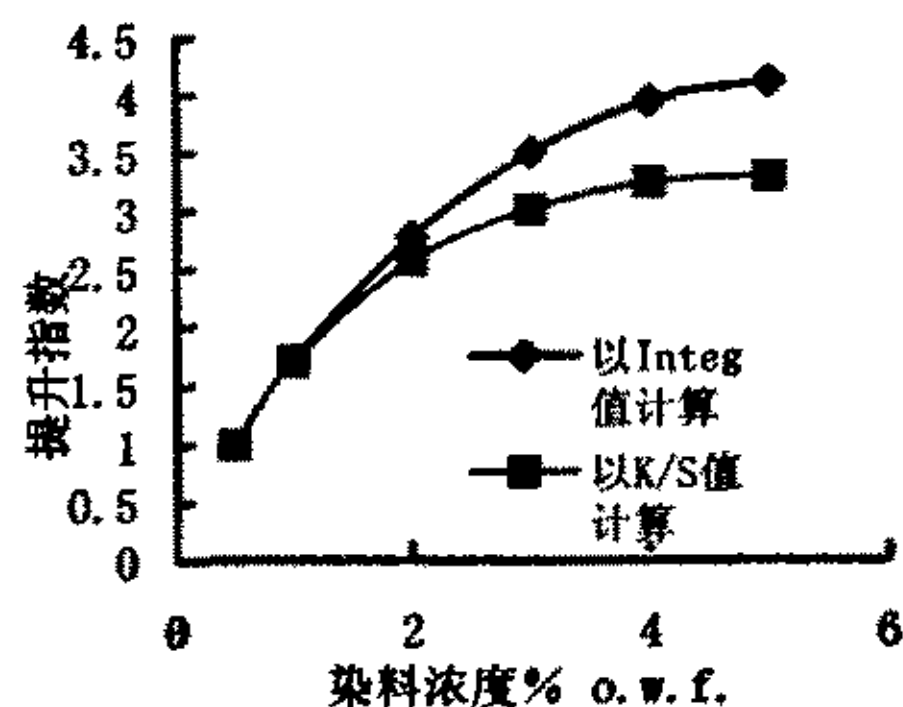
表 8 Blue RGB 表面深度及提升指数值

染液浓度 % o.w.f.	K/S	提升指数 (以 K/S 计算)	Integ	提升指数 (以 Integ 计算)
0.5	6.2	1.0	9.5	1.0

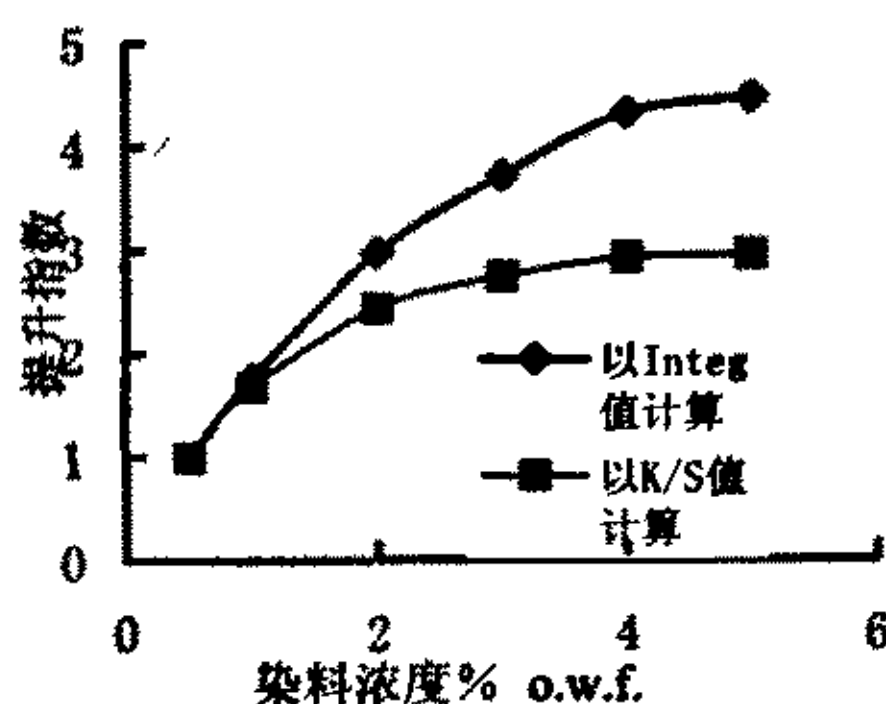
1	10.3	1.7	16.6	1.8
2	15.0	2.4	28.0	3.0
3	16.8	2.7	35.0	3.7
4	17.9	2.9	40.8	4.3
5	18.1	3.0	42.2	4.5



(a) Carbon RGB 提升指数曲线



(b) Red RGB 提升指数曲线



(c) Blue RGB 提升指数曲线

图 8 提升指数曲线

由表 6~8 可知：同样一组染样，用 Integ 值计算的提升指数普遍大于用 K/S 值计算的提升指数，Integ 值表现出的提升性能更好。从图 8 可看出，Integ 值的提升指数曲线在 K/S 值的提升指数曲线上方且趋势也有所不同，K/S 值的提升指数曲线在染料浓度为 4% 时就出现了平缓趋势，而 Integ 值的提升指数曲线除 Blue RGB 外在 4% 时还有较大的上升趋势。结合实际观察，其结果和 Integ 值测定的结果更为一致。

Carbon RGB 是没有明显最大吸收峰的一种染料，反射率曲线较为平直，在整个可见光范围内都有较强吸收，K/S 值只反映最大吸收波长处的反射和散射情况，而 Integ 值能

够反映整个可见光范围内的吸收和散射情况。

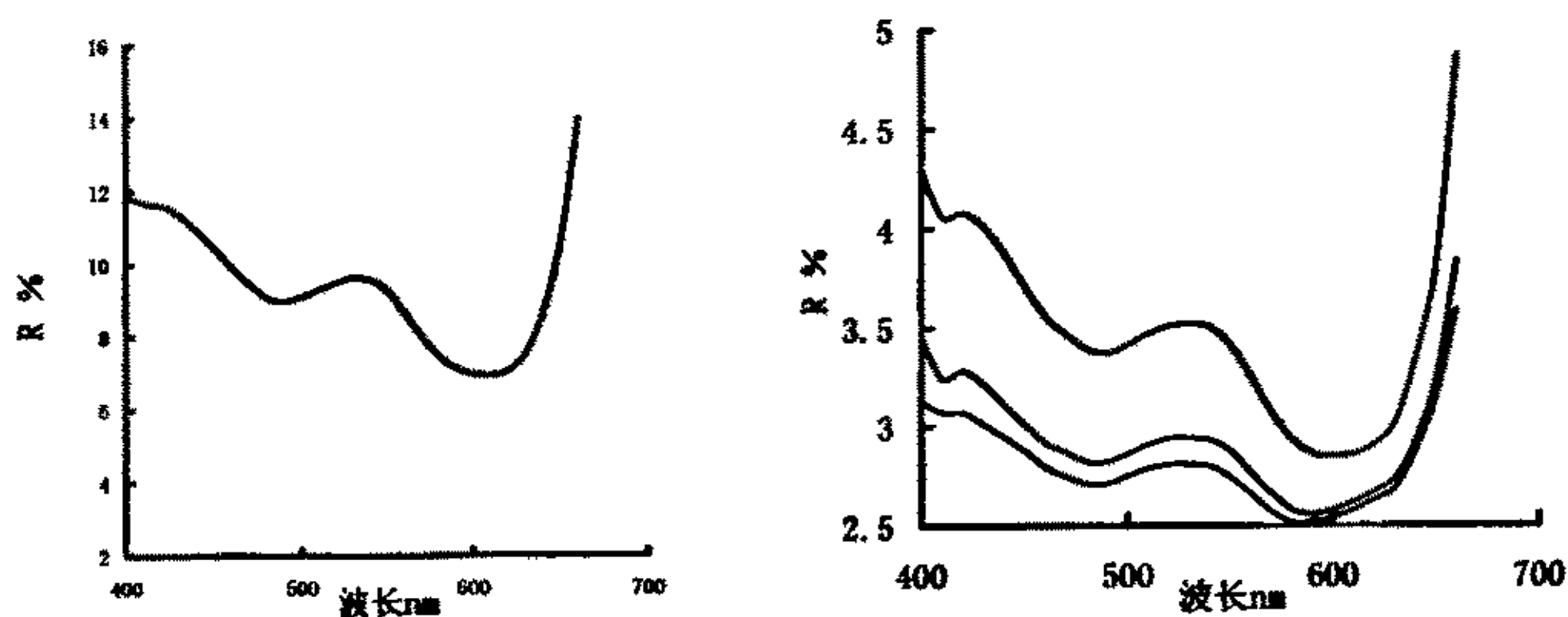
Red RGB 是一种复合拼混染料, 反射率曲线有一个面积较大的波谷且谷底平坦, 其最大吸收波长处的反射率和相邻波长处的反射率很接近。

Blue RGB 是非拼混单色染料, 但其反射率曲线仍然有一个面积较大的波谷且谷底平坦, 过宽的波谷导致了 K/S 值与 Integ 值的差异较大。理论上说 K/S 值与 Integ 值都适用于非拼混单色染料, 试验出现的较大差异可能是染料纯度不够高, 而且商品染料中添加的助剂也可能对反射曲线造成影响。

3.2.2 Carbon RGB 不同染料浓度下反射率曲线的比较

一个单色染料, 深度的变化只会使反射曲线发生上下平移, 这时最大吸收波长处对光吸收的变化程度和整个可见光范围内对光吸收的变化程度相当, K/S 值与 Integ 值此时的精度相当。对于出厂时就是拼混的有色染料和拼混的黑、灰等染料, 它们的反射曲线存在有多个吸收峰、吸收峰过宽和无明显吸收峰等现象, 这样的染料在不同情况下因其各组分上染有差异, 所以其反射曲线不能做到严格的上下平移, 在反射曲线发生改变的情况下只用最大吸收波长处的变化来代表整个可见光范围内的变化就不够准确了, 毕竟人眼是对整个可见光范围内的变化做出反应的。

为了得到同种染料在不同深度下的反射率曲线以便分析比较, 本试验测定了一组用 Carbon RGB 染色布样的反射率曲线。图 9 是 Carbon RGB 1%、4%、7%、10% (o.w.f.) 的反射率曲线, (b) 中的曲线从上到下染料浓度依次是 4%、7%、10% (o.w.f.)。



(a) 1% o.w.f. 时的反射率曲线

(b) 4%、7%、10% o.w.f. 时的反射率曲线

图 9 Carbon RGB 反射率曲线

从图 9 可知: Carbon RGB 在不同染料浓度下的反射曲线形状是不完全一致的 (不是严格的上下平移), 只用最大吸收波长处对光反射的变化 (K/S 值) 来表示其表面深度的变

化是不够精确的，而考虑了整个可见光范围内织物吸收、散射特性的 Integ 值此时更适用。类似的其它拼混染料在不同浓度下布样的反射率曲线形状也都是不完全一致的，本试验选用黑色染料主要是黑色染料的变化更明显一些。

3.2.3 染料各浓度下对应的最大吸收波长

在提升力试验中，随着染料浓度的增加经常会发生最大吸收波长偏移的现象，本试验分别测定了不同浓度下布样的最大吸收波长。结果见表 9。

表 9 Carbon RGB、Red RGB、Blue RGB 各浓度下对应的最大吸收波长

	Carbon RGB	Red RGB	Blue RGB
染液浓度 % o.w.f.	对应的最大吸收波长(nm)	对应的最大吸收波长(nm)	对应的最大吸收波长(nm)
0.5	600	530	610
1	600	530	610
2	600	530	600
3	590	530	600
4	590	520	600
5	580	520	590

由表 9 可知：随着染液浓度的增加，布样反射曲线的最大吸收波长发生了偏移，偏移的幅度为 10~30nm。根据平时的试验经验，在提升率试验中最大吸收波长发生偏移是普遍现象。出现吸收波长偏移有两个原因：1. 最大吸收波长发生偏移和染料分子的聚集有关，染液浓度增大，染料聚集，形成二聚体至多聚体，聚集状态分子的 π 电子流动性降低，其激化能提高，最大吸收波长变小^[24]；2. 拼混染料各组分的提升力有所差别，在不同染料浓度下，由于提升力的差异使得染料各拼混组分上染的比例发生改变，从而出现最大吸收波长发生改变。提升试验中最大吸收波长发生改变的现象会在一定程度上减小 K/S 值的精准度，而 Integ 值受最大吸收波长小幅变化的影响较小，因此 Integ 值更适用一些。

由试验分析得知，在本试验中 Integ 值比 K/S 值更适用，所以本试验选用 Integ 值来表示织物的表面深度。

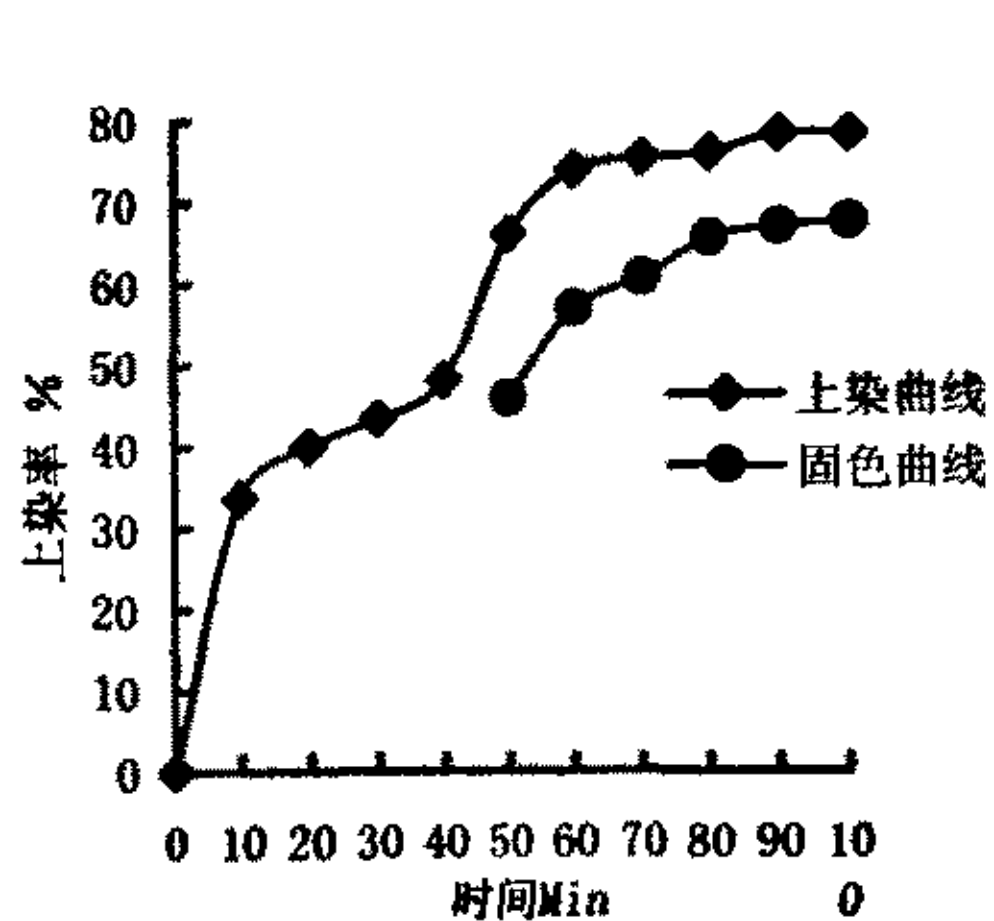
3.3 大麻织物浸染工艺

本试验探讨了盐、碱、固色时间、固色温度等工艺条件对染色的影响和染料在大麻织

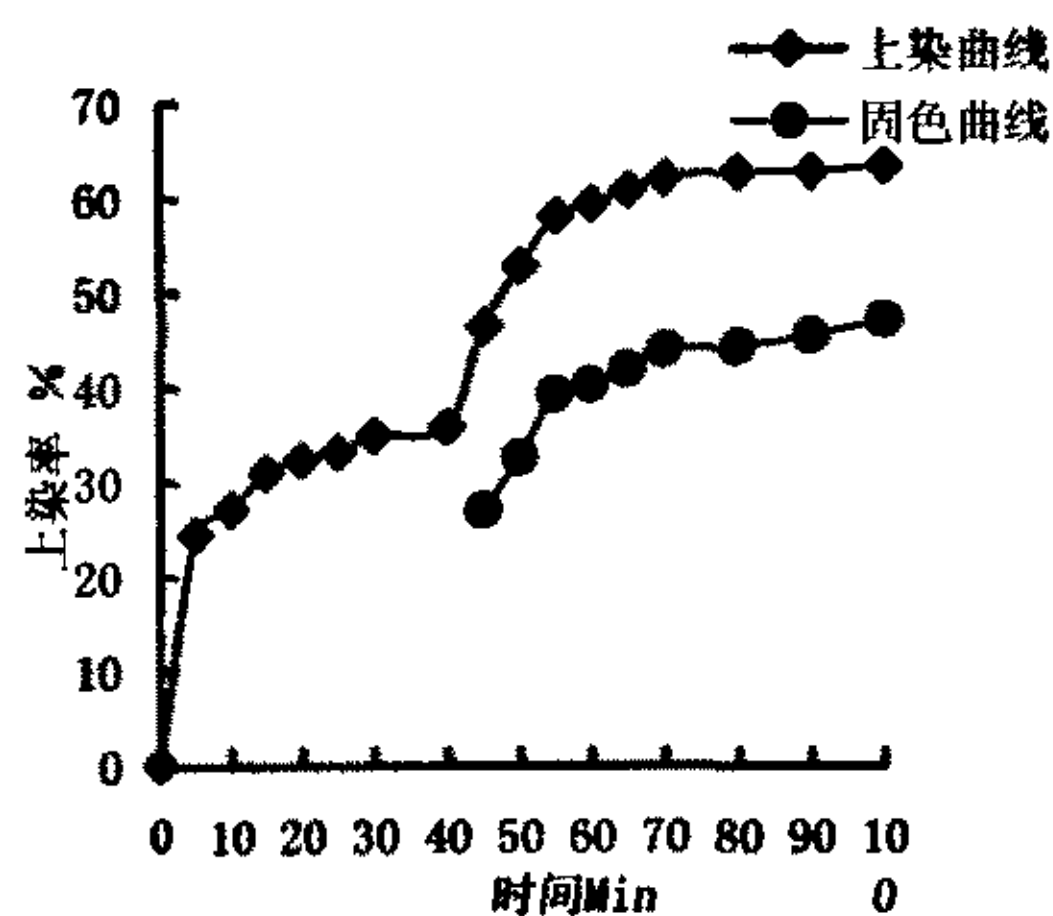
物上的提升性能,通过吸、固曲线得到了染料在大麻上的基本上染性能和 S、E、R、F 值,测试了各项色牢度指标。

3.3.1 上染、固色曲线

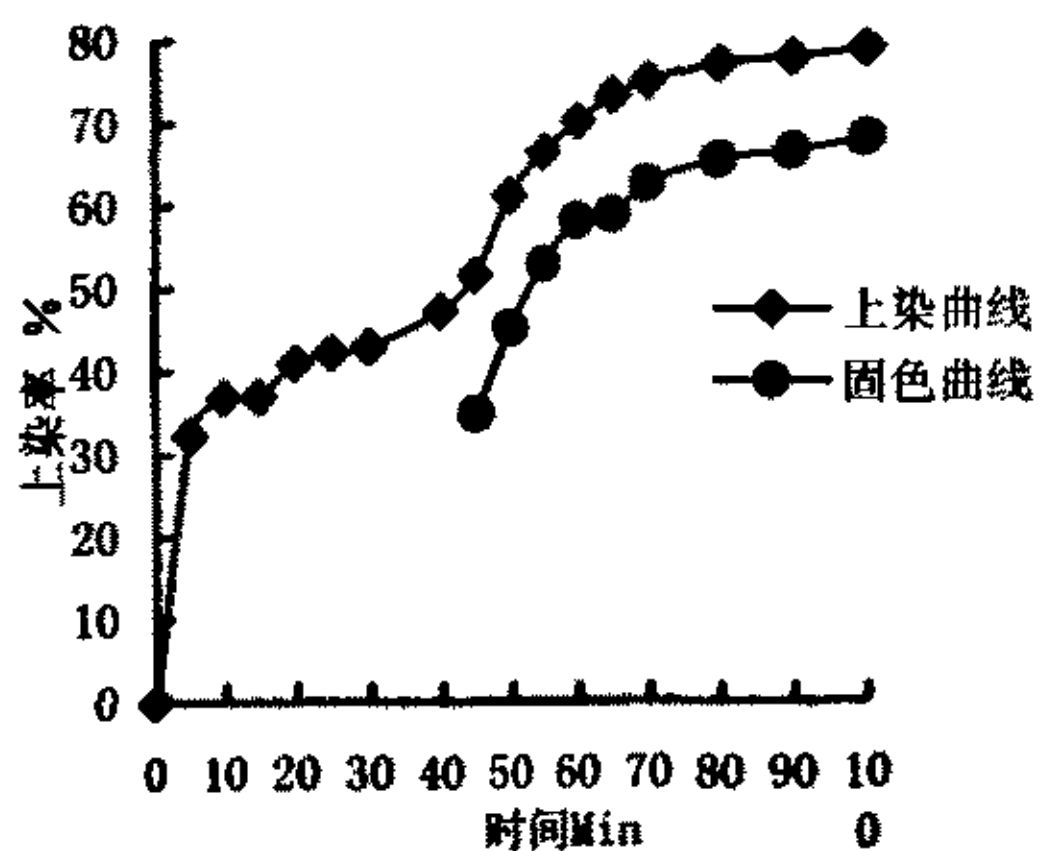
上染、固色曲线反映了染料的基本上染特性,从上染、固色曲线我们可以看出染料在织物上的直接性、反应性、上染率、固色率等基础特性。S 是染色开始后 30 分钟时(未加碱)的上染率,表示染料直接性;E 是上染率;R 是加碱后 5 分钟的固色率,表示染料的反应性;F 为固色率。图 10 为染料的上染、固色曲线,表 10 为染料的 R、E、S、F 值



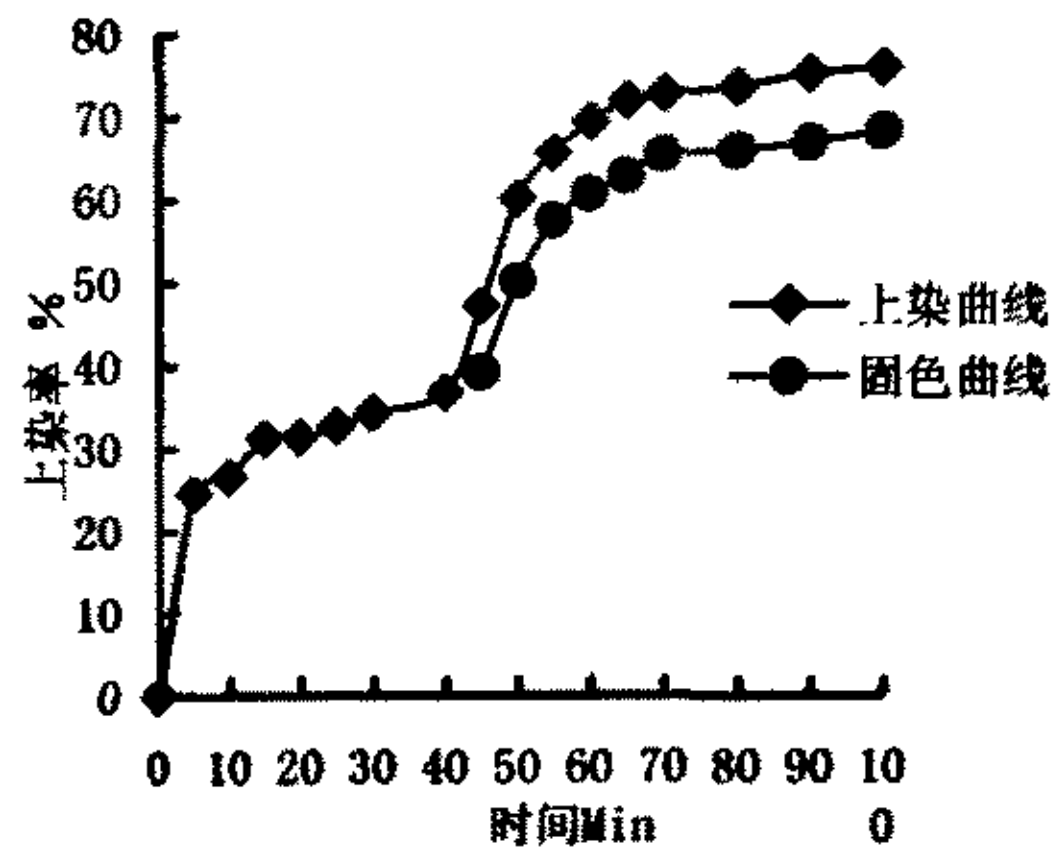
(a) Red RGB 上染、固色曲线



(b) Golden Yellow RGB 上染、固色曲线



(c) Blue RGB 上染、固色曲线



(d) Carbon RGB 上染、固色曲线

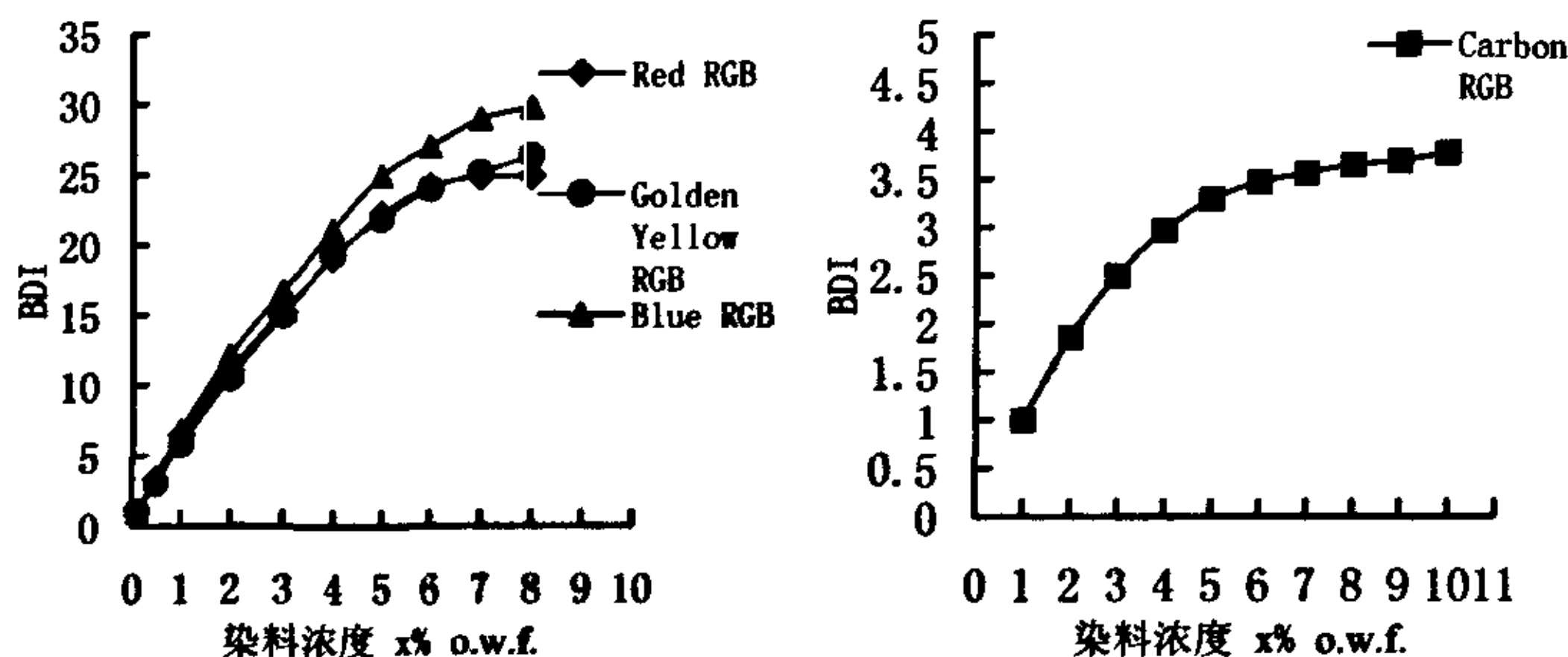
图 10 上染、固色曲线

表 10 染料的 R、E、S、F 值

	R	E	S	F
Red RGB	33.6%	78.6%	43.3%	67.8%
Gloden Yeow RGB	27.1%	63.5%	35.0%	47.2%
Blue RGB	34.8%	78.8%	42.8%	67.9%
Carbon RGB	39.2%	76.0%	34.3%	68.3%

3.3.2 提升性能

提升力反映了染料染深色的能力，提升力越好的染料越容易染得深色；由于染色是染料和织物的反应过程，提升力从某种程度上也反映织物的染深性。图 11 是染料在大麻织物上的提升指数曲线，Carbon RGB 染料浓度从 1~10%，其余染料浓度为 0.1~8%；表 11 为染料浓度和盐、碱用量的对应表。



(a) Red RGB、Golden Yellow RGB、Blue RGB

(b) Carbon RGB

图 11 提升指数曲线

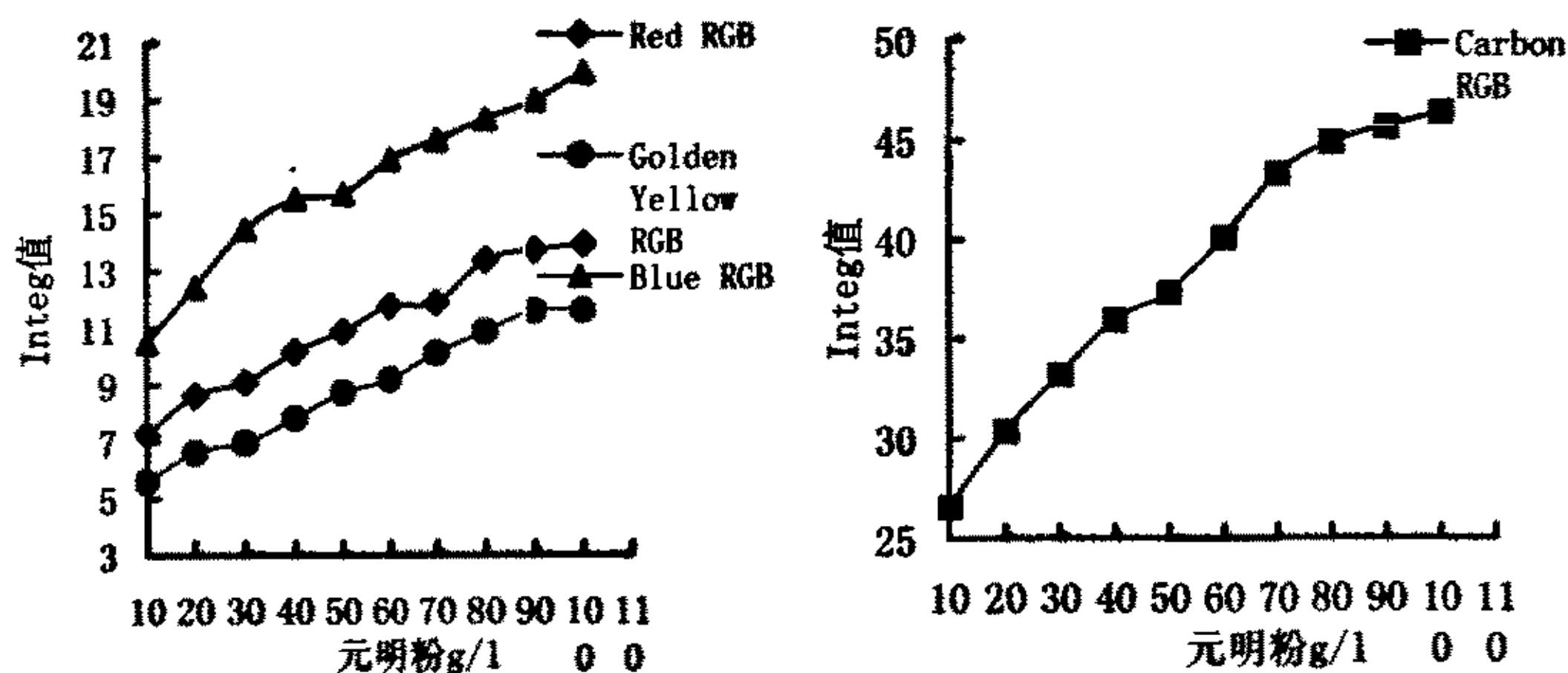
表 11 染料浓度和盐、碱用量对应表

染料浓度% o.w.f.	0.1	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
元明粉 g/L	20	20	35	50	60	65	70	80	80	80	80	80
纯碱 g/L	7	7	10	13	15	16	17	20	20	20	20	20

从图 11 可以看出：各染料在 7% 时曲线已经趋平，继续提高染液浓度对提高布样的表面深度作用已不大。提升性能主要和染料在染液中的聚集度和染料在纤维孔径中的扩散速度有关，Golden Yellow RGB 的提升性稍好可能和其分子小、同等浓度下聚集度小有关。相比之下，Carbon RGB 由于是拼混染料，组分中有大分子量的染料易聚集，拼混有时也会使染料易于聚集，所以其提升指数曲线相对平缓一些。

3.3.3 元明粉的影响

当染料和织物在染液中是异电荷时，加入中性电解质能起到促染作用，图 12 为元明粉用量对织物表面深度的影响曲线。



(a) Red RGB、Golden Yellow RGB、Blue RGB

(b) Carbon RGB

图 12 元明粉影响曲线

从图 12 可看出：增加元明粉的用量有利于染料的上染，元明粉浓度为 110g/L 时继续增加用量仍能提高织物 Integ 值。除 Blue RGB 外，其余染料的曲线在元明粉为 70g/L 时均出现平缓，继续增加元明粉用量对 Integ 值的增加作用已不大，考虑到染色成本和环保，元明粉用量也不宜过大，从图中可知，用量为 60g/L 左右较为适宜。

3.3.4 纯碱的影响

碱使纤维负离子化从而促成染料和纤维的反应，增加碱量可以提高染料和纤维的反应速率，但水解速率增加的更快，碱量过大反而不利于固色。图 13 为纯碱量对织物表面深度的影响曲线。

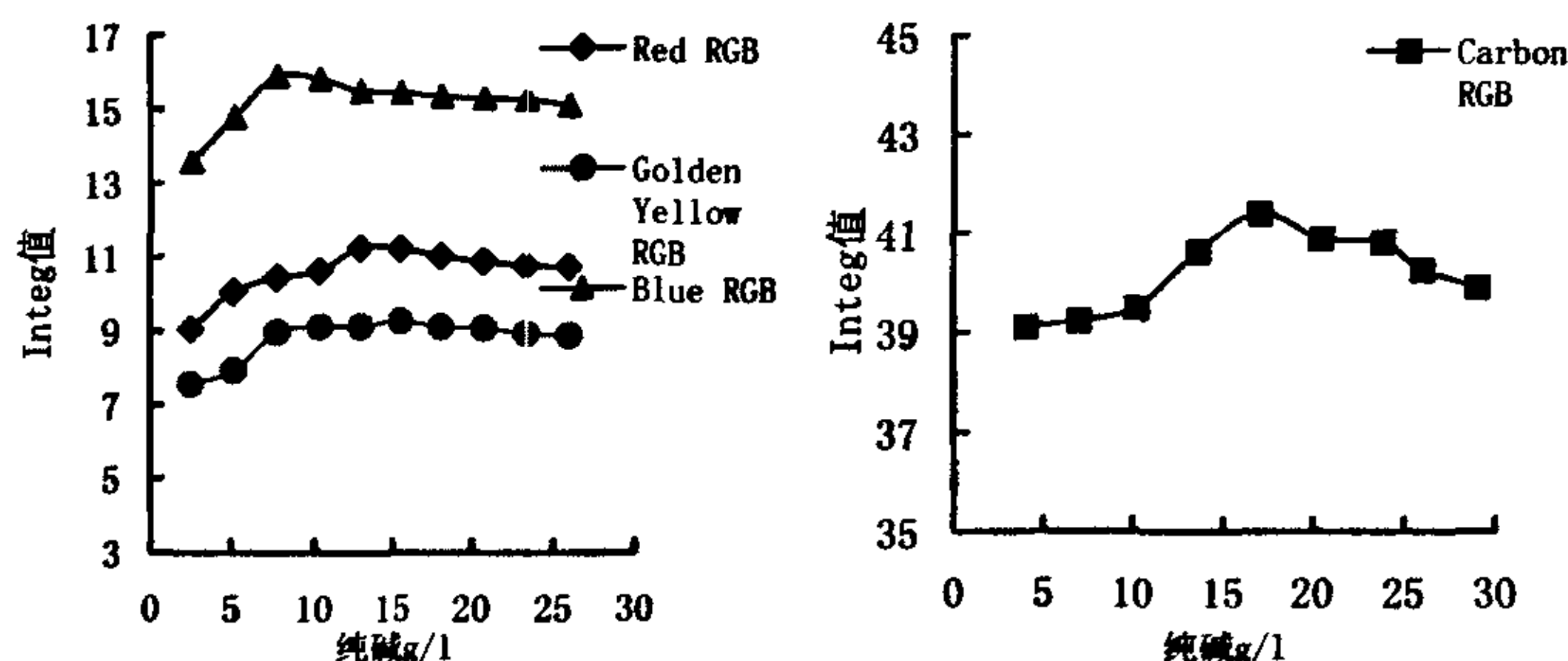
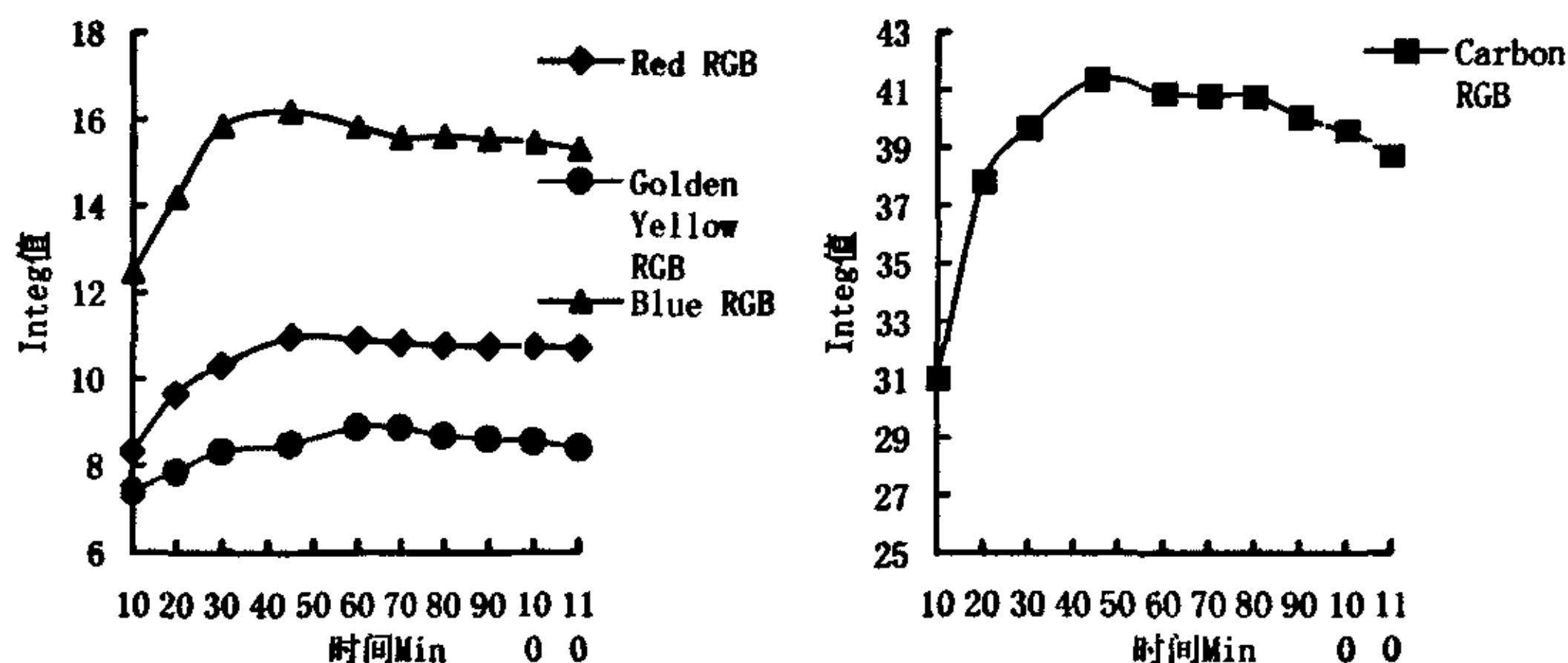


图 13 纯碱影响

从图 13 可看出: Red RGB 的最佳碱用量为 13g/L, Gloden Yeow RGB 的最佳碱用量为 16g/L 左右, Blue RGB 的最佳碱用量为 8g/L 左右, Carbon RGB 的最佳碱用量为 17g/L 左右。最佳碱量和染料反应性和染料浓度有关, 反应性强的染料需要的碱较少, 染料浓度高时需要的碱较多。此试验中最佳碱用量大小顺序和染料反应性 (R 值) 强弱顺序相一致。Carbon RGB 的反应性虽较强但由于其浓度大因此其最佳碱量也随之升高。继续增加碱浓度, Integ 值变小, 但影响不大。

3.3.5 固色时间的影响

活性染料同时存在固色和水解反应, 适当延长固色时间有利于提高上染率及固色率, 时间过长会使本来已经固着在纤维上的染料重新水解下来, 造成固色率下降。图 14 为固色时间对表面深度的影响曲线。



(a) Red RGB、Gloden Yeow RGB、Blue RGB

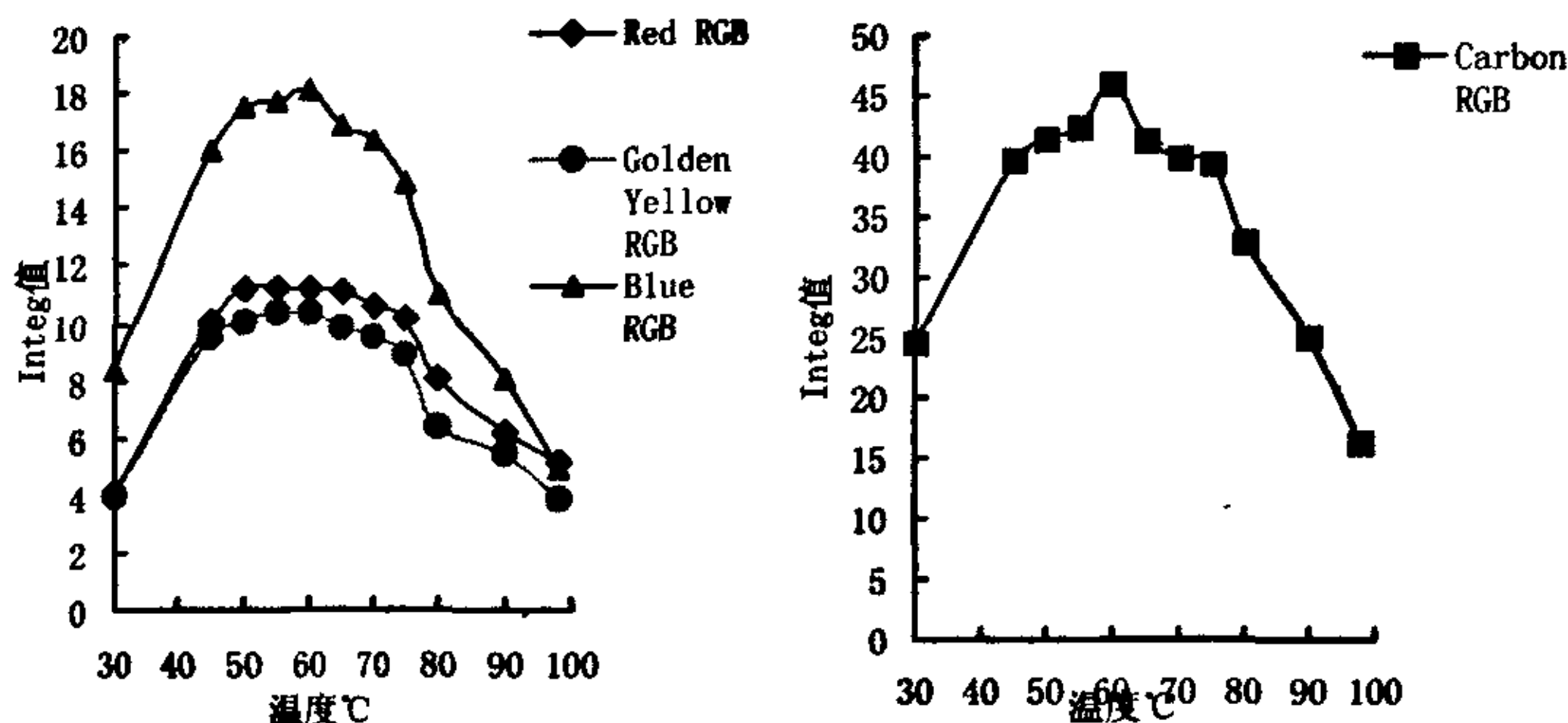
(b) Carbon RGB

图 14 固色时间影响曲线

从图 14 可看出: Red RGB 的最佳固色时间为 45Min, Gloden Yeow RGB 的最佳固色时间为 60Min, Blue RGB 的最佳固色时间为 45Min, Carbon RGB 的最佳固色时间为 45Min。述试验结果和这四支染料反应性(R 值)相一致。达到最佳固色时间前固色率升高迅速, 超过最佳固色时间后固色率只略微降低, 因此在染色中固色时间不宜过短, 50Min 左右较为合适。

3.3.6 固色温度的影响

温度是影响反应的一个重要因素, 温度过低染料无法和纤维发生充分反应, 温度过高使染料水解和染料与纤维的反应速率都增高, 但对水解的影响更为显著。图 15 为固色温度对织物表面深度的影响。染色工艺为 30℃上染 20Min, 然后 20Min 升到固色温度, 加碱, 固色 40Min。



(a)Red RGB、Gloden Yeow RGB、Blue RGB (b)Carbon RGB

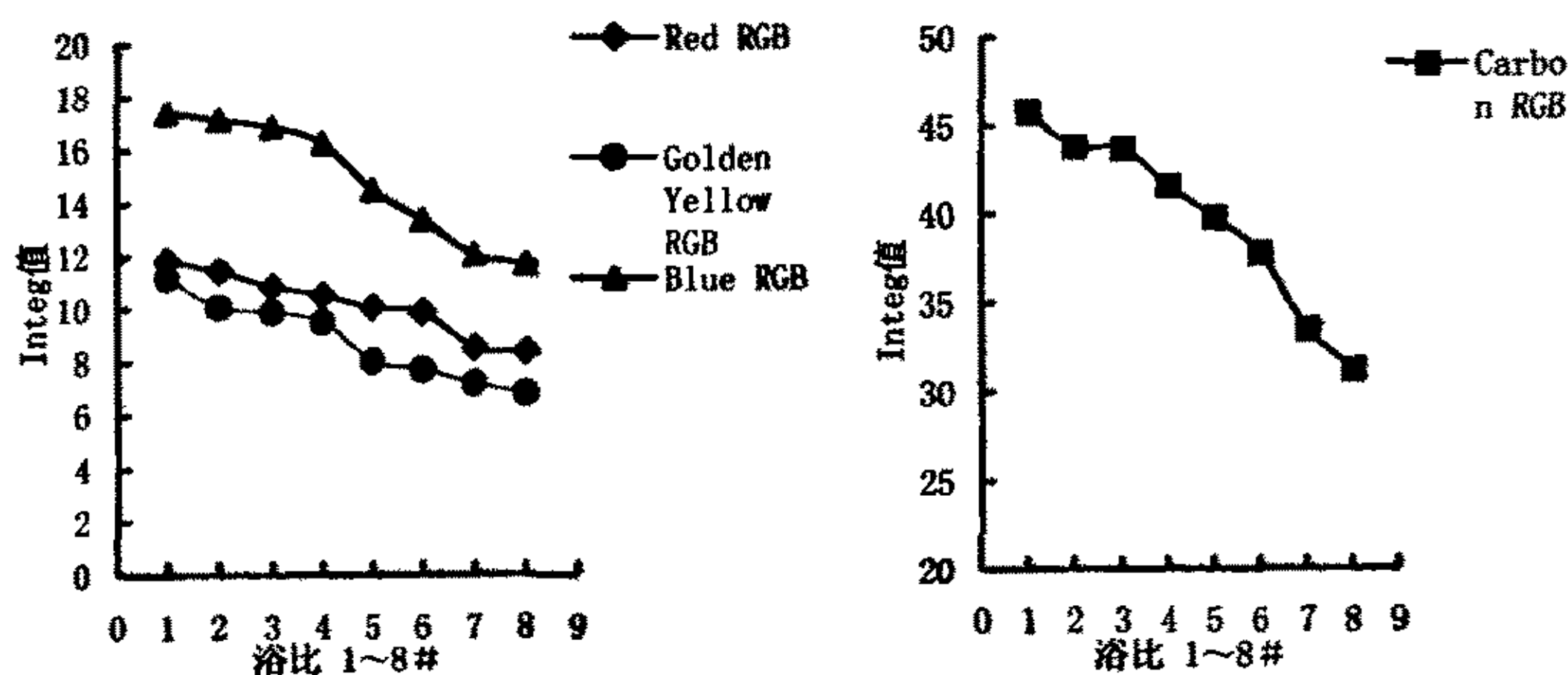
图 15 固色温度影响曲线

从图 15 可看出: Red RGB 最佳固色温度为 50℃, 其余为 60℃。与最佳固色温度相差 ±20℃的范围内的 Integ 值和最佳温度的 Integ 值相差不大, 只有当温度过高或过低时才会对固色有显著影响。雷马素染料多为复合拼混或多活性基染料, 因此对温度的耐受能力较好。

3.3.7 浴比的影响

浴比决定染料在染液中的百分浓度, 因此小浴比有利于提高染料利用率, 同时小浴比也减少了各种助剂的使用, 现在最先进的气流染机能达到 1: 3 的浴比。图 16 为浴比对织物表面深度的影响。1~8# 浴比分别为: 1: 3、1: 5、1: 7、1: 10、1: 15、1: 20、1:

30、1: 40。



(a) Red RGB、Golden Yellow RGB、Blue RGB

(b) Carbon RGB

图 16 浴比影响曲线

从图 16 可知：Integ 值随浴比的增大而减小。1: 20 的 Integ 值和 1: 3 的 Integ 值相比较，Red RGB 为 83%，Golden Yellow RGB 为 69%，Blue RGB 为 76%，Carbon RGB 为 82%。各染料 Integ 值随浴比增加而下降的幅度不尽相同，这和染料反应性有一定关系，反应性强一些的染料浴比增大时其 Integ 值下降幅度要小。

3.3.8 色牢度

织物染色后经过水洗、皂煮，测定了六种常用色牢度，结果见表 12。

表 12 四种染料色牢度

牢度名称	染料	Red RGB	GYellow RGB	Blue RGB	Carbon RGB
日晒牢度		4	5-6	3-4	3-4
水洗牢度	色变	4-5	5	4-5	4-5
	棉沾色	5	5	5	5
汗渍牢度	色变	4	5	4-5	5
碱性	棉沾色	4-5	4	5	5
汗渍牢度	色变	4-5	4-5	4-5	4-5
酸性	棉沾色	4-5	5	5	5
摩擦牢度	干	2	2-3	3-4	2-3
	湿	2	3	3	2-3

水浸牢度	色变	5	4-5	5	4-5
	棉沾色	4-5	5	5	5
	干	1-2/4-5	3-4/5	4/5	4/4-5
热压牢度	潮 色变	2-3/5	3-4/5	3-4/4-5	4/4-5
	棉沾	5	5	5	5
即刻/4 小时	湿 色变	3-4/4-5	4/5	4/5	4/4
	棉沾	5	5	5	5

从表 12 可知：四支染料在大麻织物上除摩擦外的各项牢度都较好。摩擦牢度差和大麻织物表面较粗糙有关系，Red RGB 的干摩比湿摩差，其原因可能是干燥的布面摩擦力大使染料过多脱落，润湿后摩擦力减小，牢度提高。

3.3.9 染透性

染透性是评价织物染色性能的一个重要指标之一，织物染透性好，对提高色牢度有一定好处。图 17 为大麻浸染工艺的切片照片。

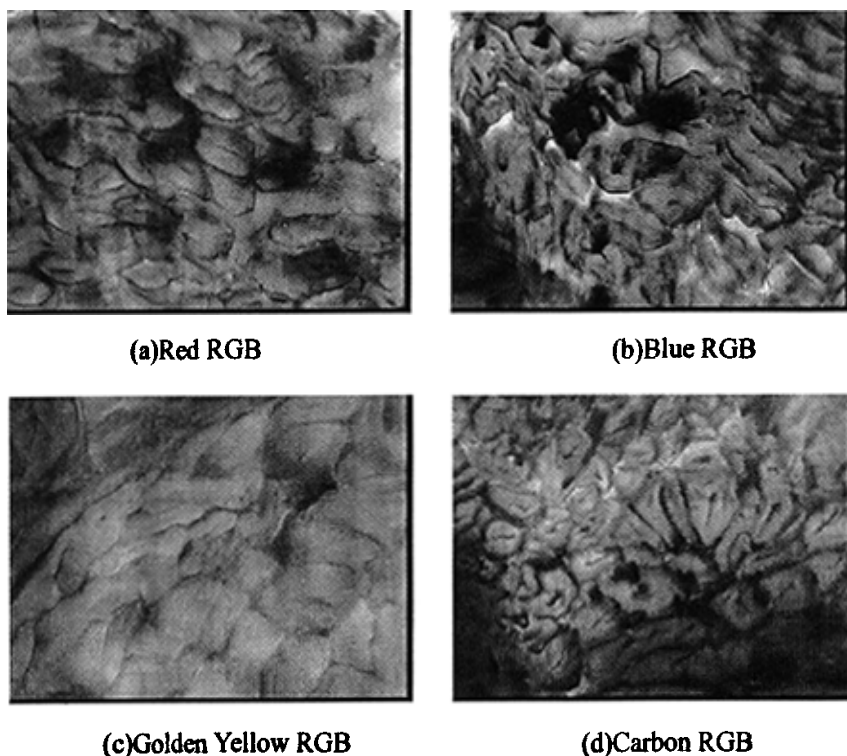


图 17 浸染横切片

由图 17 可知：这四种染料在大麻的浸染工艺上有较好的染透性，纤维基本能染透。

3.4 大麻织物冷轧堆工艺

冷轧堆工艺节能, 适宜小批量多品种的生产, 尤其对厚重织物有较好的染色效果。本试验探讨了大麻在冷轧堆染色中的提升性能及碱剂, 堆置时间等工艺条件的影响。

3.4.1 提升性能

提升力反映了染料染深色的能力, 提升力越好的染料越容易染得深色; 由于染色是染料和织物的反应过程, 提升力从某种程度上也反映织物的染深性。图 18 为四种染料的提升指数曲线; 表 13 为染料浓度和碱剂用量对应表。

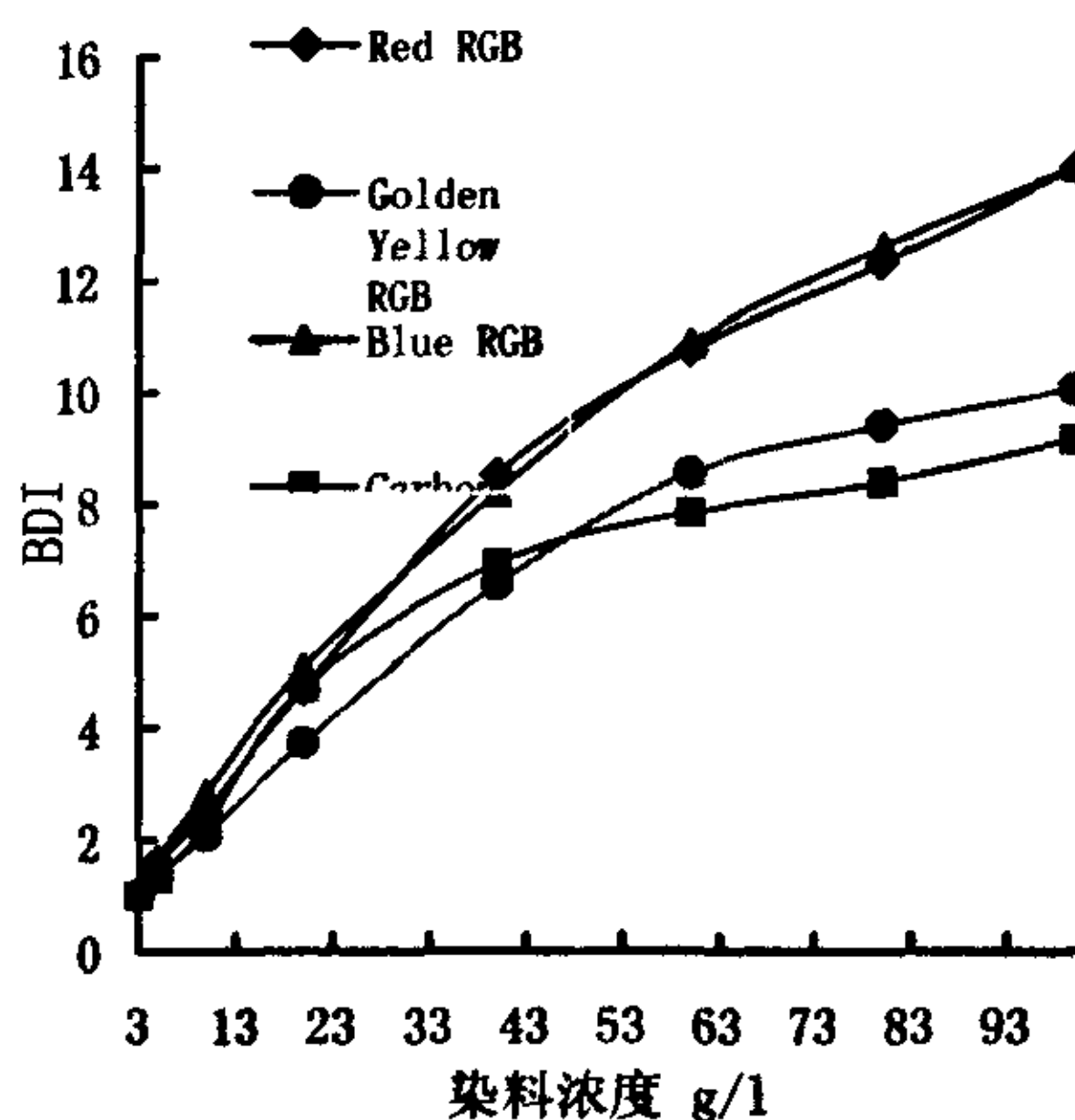


图 18 染料提升指数曲线

表 13 提升试验染料浓度和碱剂用量对照表

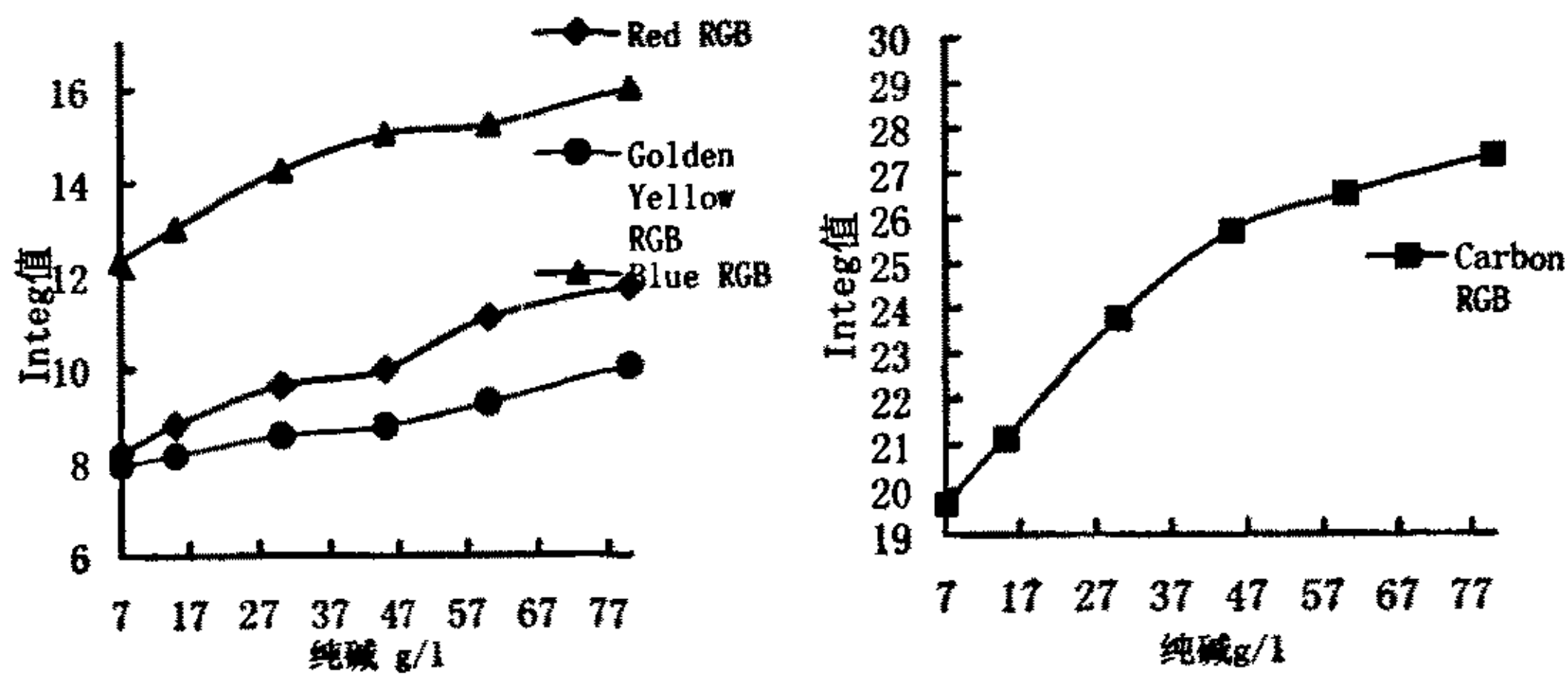
染料浓度 g/L	3	5	10	20	40	60	80	100
硅酸钠 ml/l	40	40	40	40	40	40	40	40
烧碱 g/L	3	5	6	8.5	9	10	10	11

从图 18 可以看出: 大麻织物冷轧堆工艺提升指数曲线总的来说比较平缓, 染料 100g/L 时的 Integ 值只有 3 g/L 时 Integ 值的 10~15 倍, 除 Blue RGB、Red RGB 之外其余染料在 60g/L 时曲线趋于平缓。

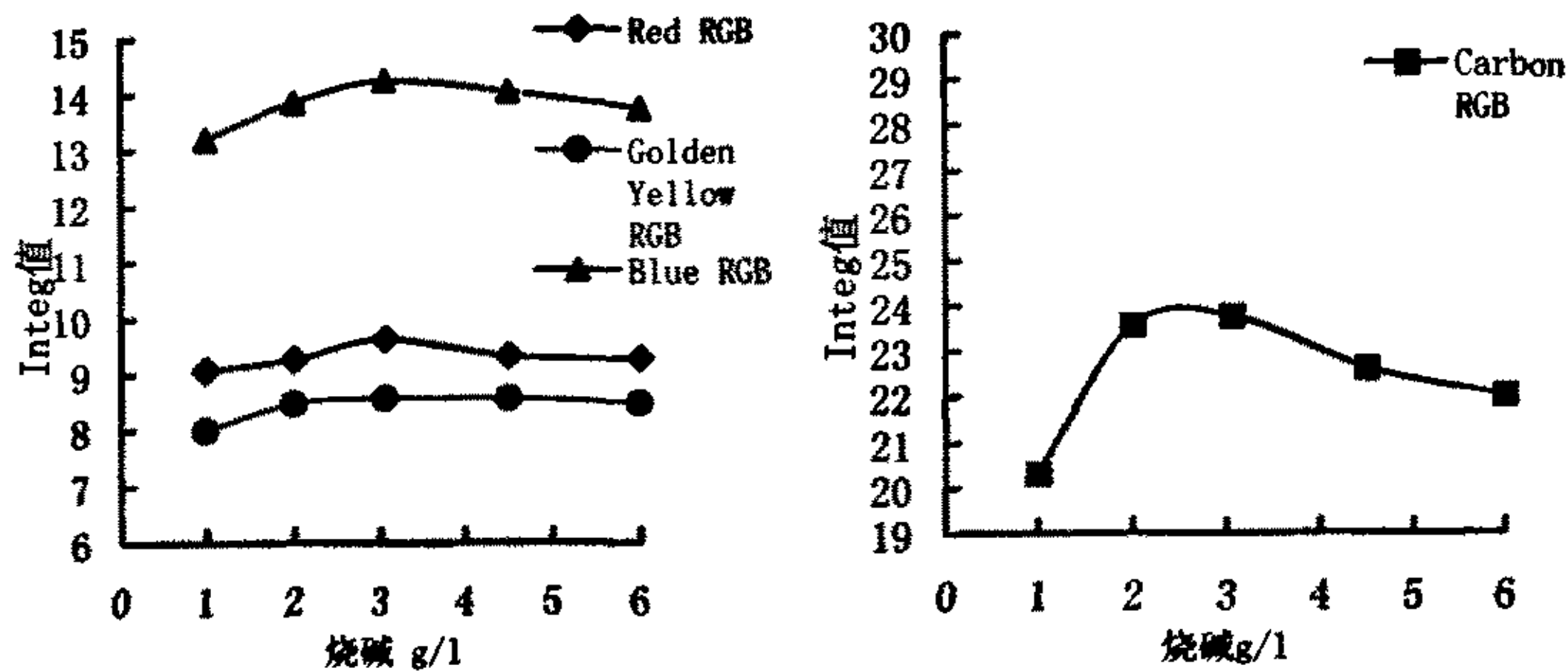
3.4.2 碱剂的影响

适当的碱有利于染料充分固着, 但若碱性过强则使水解加剧, 反而不利于固色。图 19 为纯碱—烧碱, 硅酸钠—烧碱这两种混合碱剂每种组分变化对织物表面深度的影响曲线

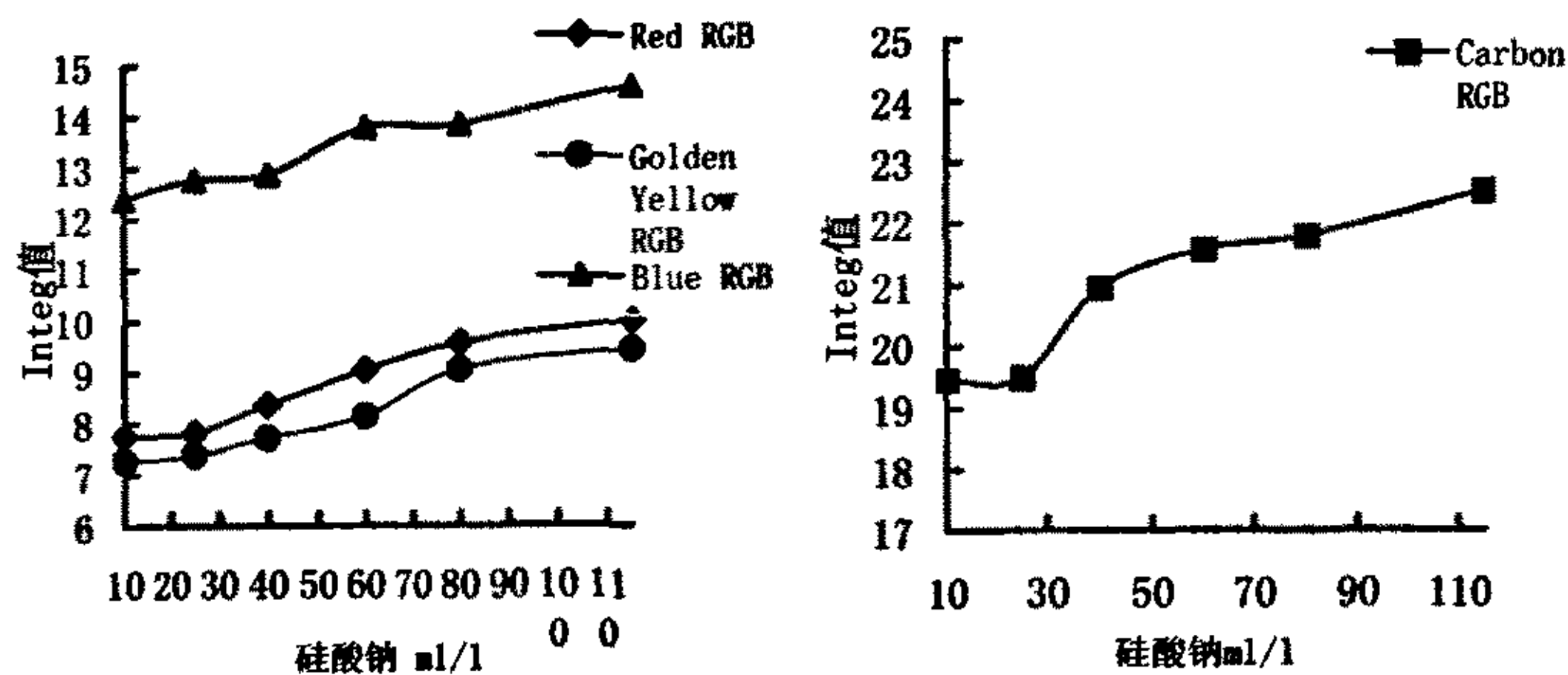
图。



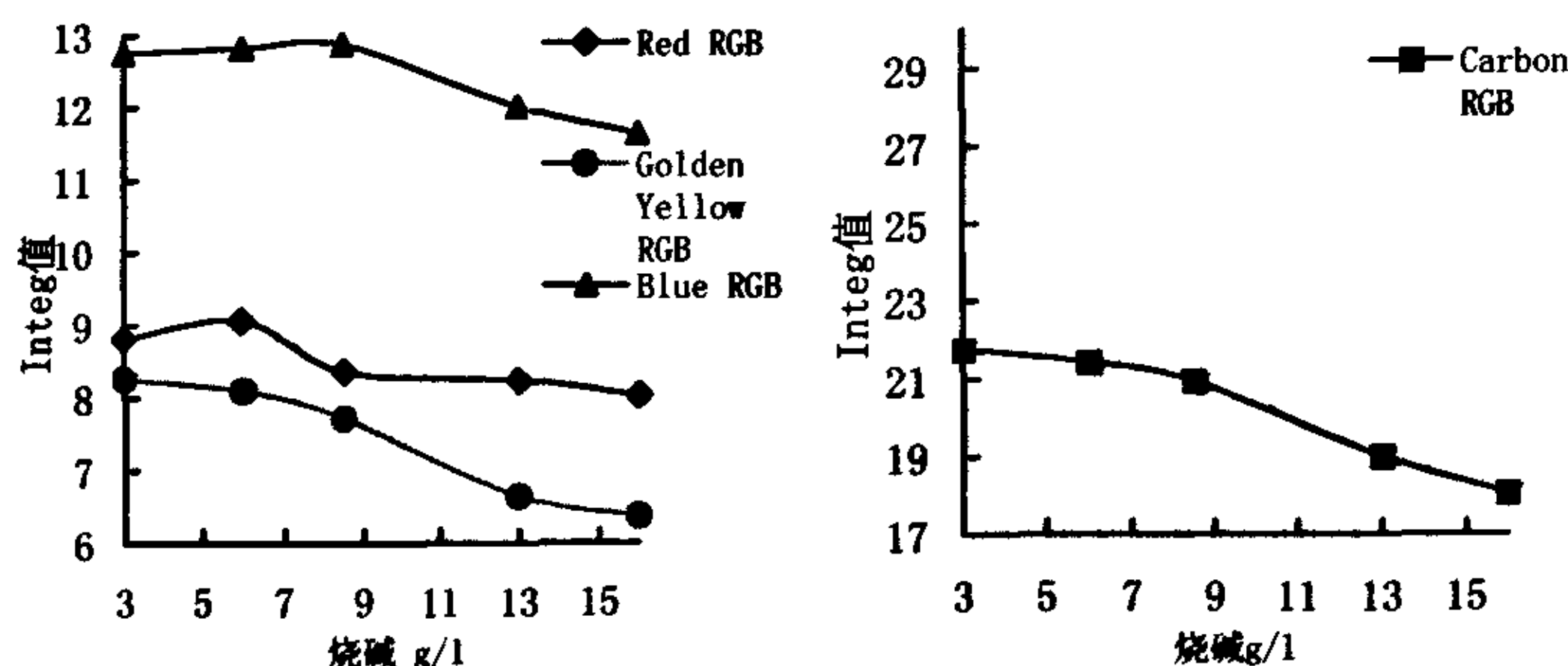
(a) 纯碱变化（烧碱不变）影响曲线图



(b) 烧碱变化（纯碱不变）影响曲线图



(c) 硅酸钠变化（烧碱不变）影响曲线图



(d)烧碱变化 (硅酸钠不变) 影响曲线图

图 19 碱剂影响曲线

从图 19 可知：烧碱浓度 3g/L 时纯碱浓度到 80g/L 仍可使 Integ 值继续增加，纯碱浓度在 45—60g/L 时，再增加纯碱浓度，Integ 值增加的程度变小。纯碱 30g/L 时各染料在烧碱 3g/L 时 Integ 值最大，继续增加烧碱，Integ 值变小。烧碱 8.5g/L 时硅酸钠浓度到 115ml/l 时仍可使 Integ 值继续增大，在 40~60ml/l 时，再加硅酸钠 Integ 值增加程度减小。硅酸钠 40ml/l 时各染料在烧碱 3~8.5g/L 时达到最大 Integ 值。

总的来说，混和碱体系中增加强碱弱酸盐有利于固色，且强碱弱酸盐量很大时仍可使表面深度增加，而单纯增加烧碱对 Integ 值的增加不显著且容易过量。在混和碱体系中，增加强碱弱酸盐不会使 PH 值大幅增加，而且由于强碱弱酸盐的加入使得固色时消耗的碱能得到充足的补充，所以适量增加强碱弱酸盐对固色有利。混和碱中增加强碱的用量很容易使 PH 升高，所以增加烧碱用量使 PH 增加过快，容易过量，且单纯增加烧碱对 Integ 值的提高也不大。

现在生产中使用硅酸钠—烧碱混合碱的比较多，但通过本试验结果来看，纯碱—烧碱混合碱的 Integ 值比前者略高。由于硅酸钠有一定吸附作用，当水质含杂量高时硅酸钠可以吸附不良杂质，但若水质较好且稳定，用纯碱—烧碱混合碱也是个较好的选择。

3.4.3 堆置时间的影响

堆置时间实际就是染料的固色时间，适当的堆置时间可使染料充分固着，但时间过长会使固着的染料重新水解，导致固色率降低。图 20 为堆置时间对织物表面深度的影响。

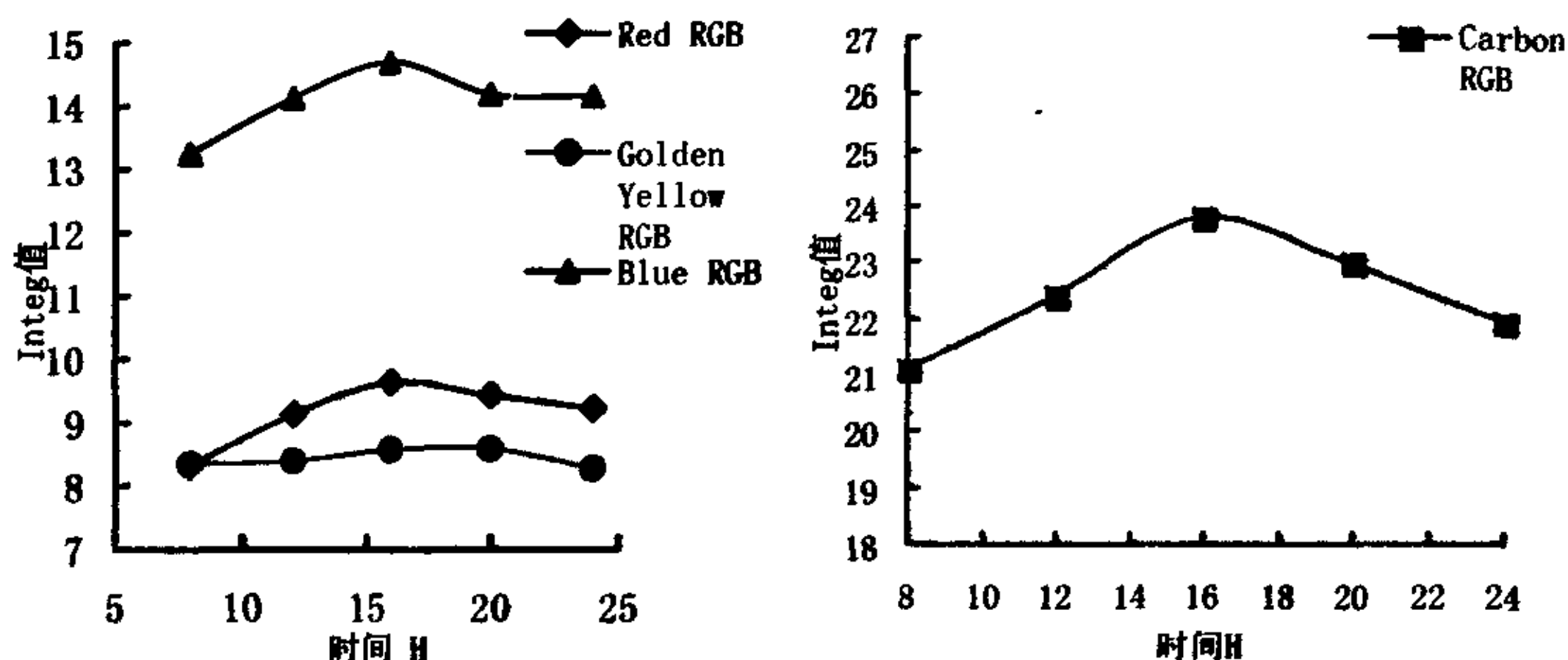


图 20 堆置时间影响曲线图

从图 20 可知：四种染料的最佳堆置时间都是 16 小时左右。

3.4.4 堆置温度的影响

车间气温冬季多为 5℃左右，春秋季节多为 20℃左右，夏季为 35℃左右，因此季节的变化对冷轧堆染色有着较大影响。表 14 为堆置温度对织物表面深度的影响。

表 14 堆置温度的影响

染料	温度℃	5	20	33
Red RGB		6.5	9.7	10.0
Golden Yellow RGB		6.4	8.9	9.0
Blue RGB		11.6	14.4	14.7
Carbon RGB		18.5	23.6	23.9

从表 14 可以看出：5℃时的 Integ 值比 20 和 33℃时要小 20~50%左右，每种染料的 Integ 值变化程度不一，在 20~33℃之间变化不大。由于打小样多用微波炉或烘箱，固色温度恒定，因此小样很难模拟气温导致的表面深度变化，所以冷轧堆工艺最好能在温度较为恒定的环境中使用。

3.4.5 色牢度

织物染色后经过水洗，皂煮，测定了六种常用色牢度，结果见表 15。

表 15 色牢度

		Red RGB	G Yellow RGB	Blue RGB	Carbon RGB
日晒牢度		4	5-6	4	3-4
水洗牢度	色变	4-5	5	5	5
	棉沾色	5	5	5	5
汗渍牢度	色变	4-5	4-5	5	5
	碱性 棉沾色	4-5	5	5	5
汗渍牢度	色变	4-5	4-5	4-5	5
	酸性 棉沾色	4-5	4-5	5	5
摩擦牢度	干	2-3	2-3	2	2-3
	湿	3	3	2-3	3
水浸牢度	色变	4-5	5	4-5	5
	棉沾色	4-5	4-5	5	4-5
	干	3-4/5	4-5/5	2-3/5	3-4/4-5
热压牢度	潮 色变	3-4/5	3-4/4-5	4/4-5	3-4/4-5
即刻/4 小时	棉沾	5	5	5	5
	湿 色变	3/5	2-3/5	3-4/5	3/5
	棉沾	4-5	4-5	5	5

从表 15 可知：除摩擦牢度外，大麻冷轧堆染色的各项牢度都较好。

3.4.6 染透性

染透性是评价织物染色性能的一个重要指标之一，织物染透性好，对提高色牢度有一定好处。图 21 为大麻冷轧堆工艺的切片照片。

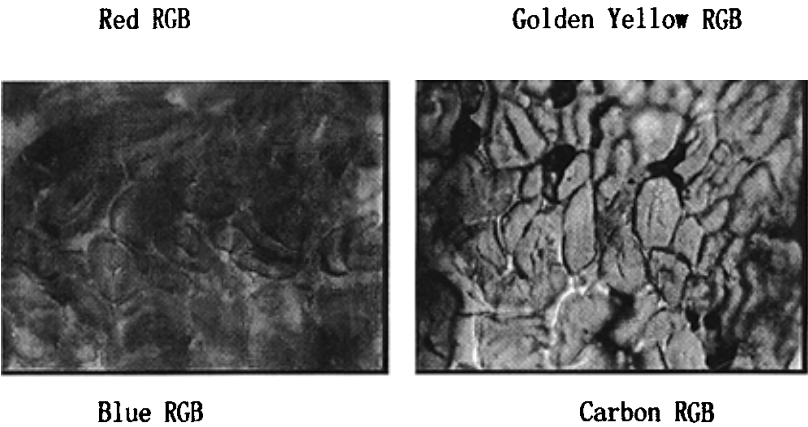


图 21 四种染料冷轧堆切片

由图 21 可知：四种染料应用于大麻冷轧堆工艺时，染透性较好。冷轧堆工艺使得纤维能充分溶胀，长时间的堆置也使染料有充分的扩散时间，因此染透性较好。

3.4.7 烘箱法快速仿样

由于冷轧堆固色时间长，所以需要有一个快速打样的方法。

试验工艺：浸轧染液——塑料薄膜密封——热烘——后处理

热烘温度 70℃；布样平铺于塑料薄膜或塑料袋中，密封以保持湿度；热烘时间 5~20 分钟。

表 16~17 为相同染液情况下，不同热烘时间得到的表面深度和不同堆置时间得到的表面深度对照表。

表 16 烘箱热烘时间对 Integ 值的影响

时间 Min	5	8	10	15	20
染料					
Red RGB	8.8	8.5	9.2	9.3	8.5
Golden Yellow RGB	6.8	7.9	8.3	7.7	7.2
Blue RGB	13.3	13.7	13.7	12.9	12.0
Carbon RGB	20.5	22.4	21.5	21.4	20.2

表 17 室温堆置时间对 Integ 值的影响

时间 H	8	12	16	20	24
染料					
Red RGB	8.3	9.1	9.6	9.4	9.2

Golden Yellow RGB	8.3	8.4	8.6	8.6	8.3
Blue RGB	13.2	14.1	14.7	14.2	14.2
Carbon RGB	21.1	22.4	23.8	23.0	22.0

从表 16~17 可以看出: 烘箱法和室温堆置有一个时间相互对应的关系, 二者的最大 *Integ* 值也基本一致, 相差不大, 可以满足打小样的需要。在实际应用中, 化验室应先用生产中的堆置时间做一块堆置布样, 再用烘箱法做一组不同热烘时间的布样, 选出一个能达到和堆置表面深度一致的热烘时间, 以后打小样用这个选定的热烘时间就可以了。

3.5 大麻织物轧—烘—轧—蒸工艺

本试验探讨了大麻在轧—烘—轧—蒸工艺中的提升性能及碱剂, 汽蒸时间等工艺条件的影响, 对色牢度进行了测定。

3.5.1 提升性能

提升力反映了染料染深色的能力, 提升力越好的染料越容易染得深色; 由于染色是染料和织物的反应过程, 提升力从某种程度上也反映织物的染深性。图 22 为四种染料的提升指数曲线, 浓度 10—100g/L。

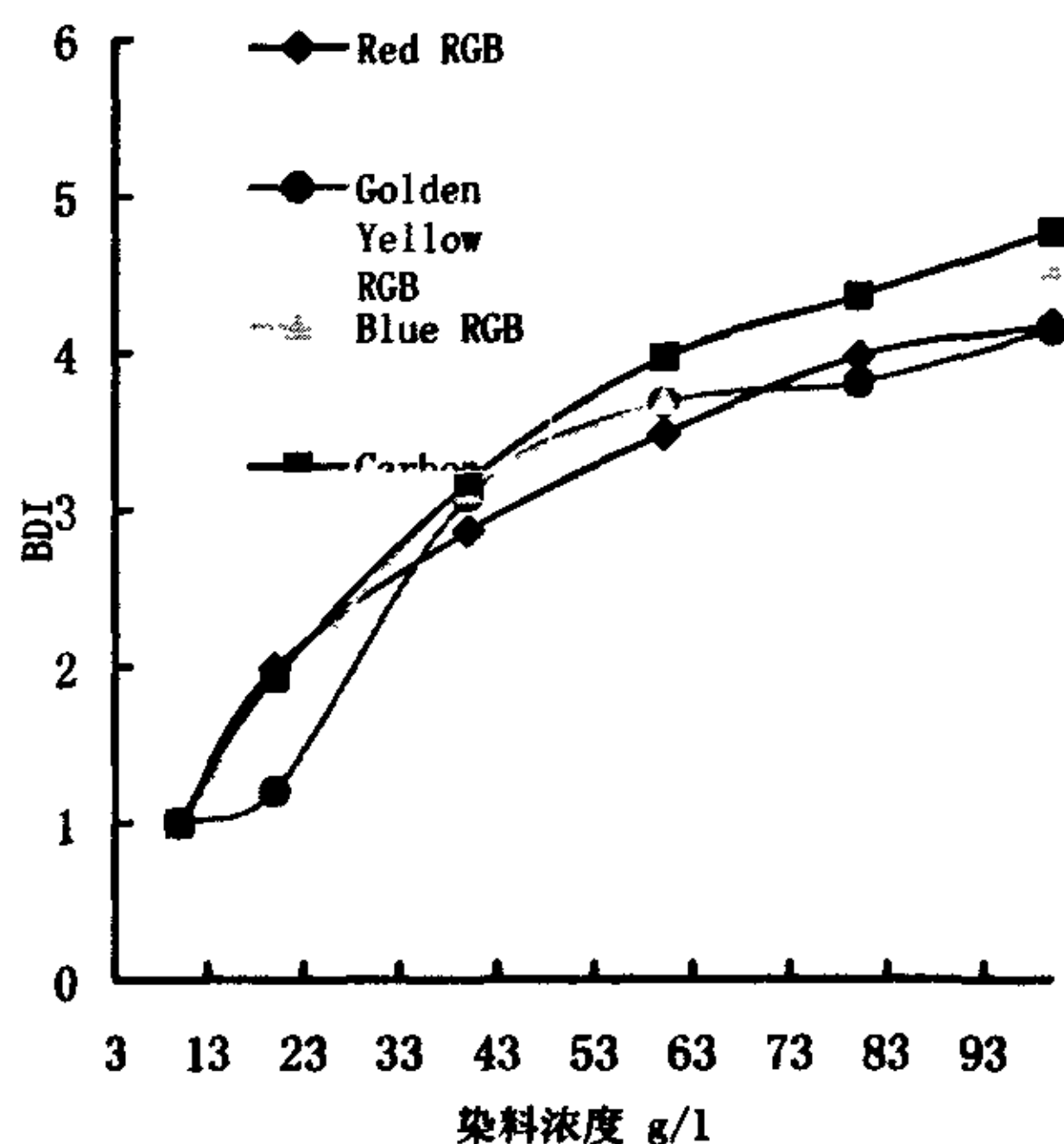


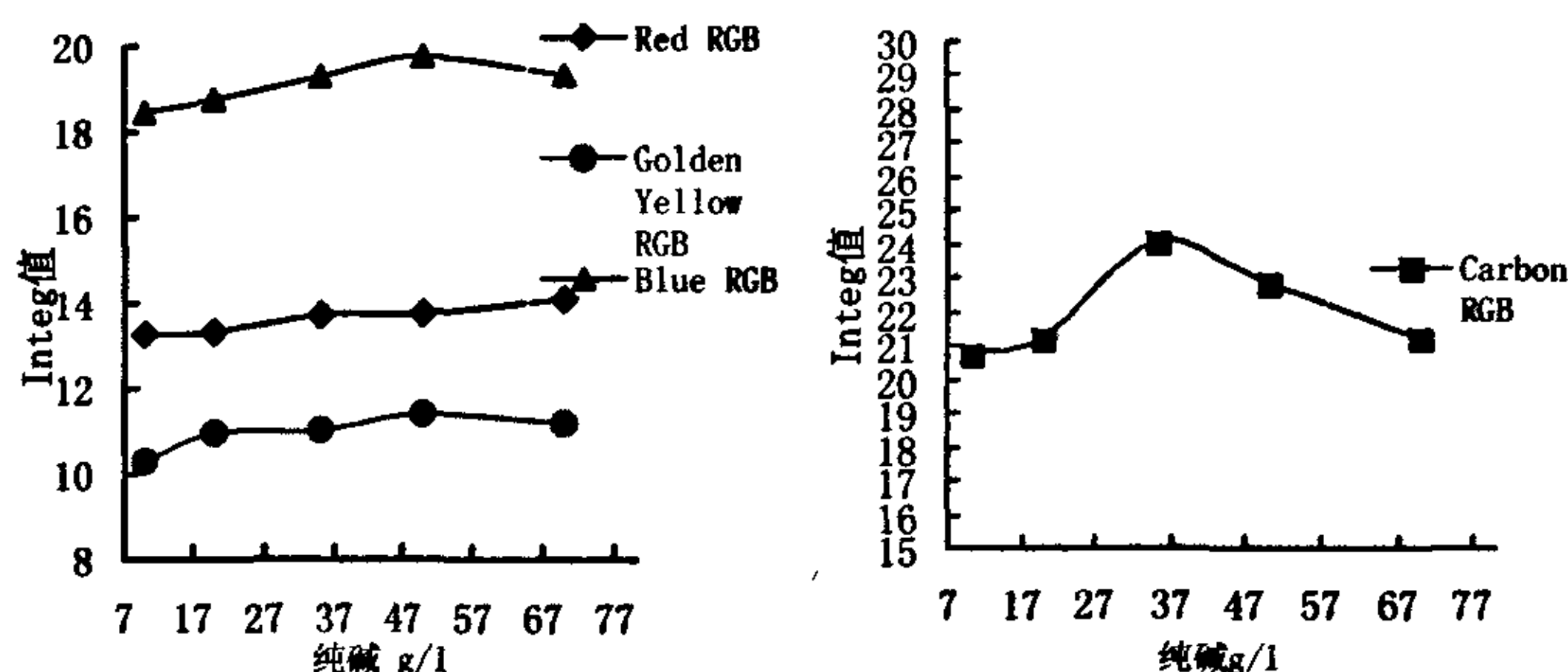
图 22 染料提升指数曲线

从图 22 可以看出: 大麻织物轧—烘—轧—蒸工艺提升指数曲线总的来说比较平缓, 染料 100g/L 时的 *Integ* 值只有 10 g/L *Integ* 值的 4—5 倍, 四种染料在 40g/L 时其曲线不同

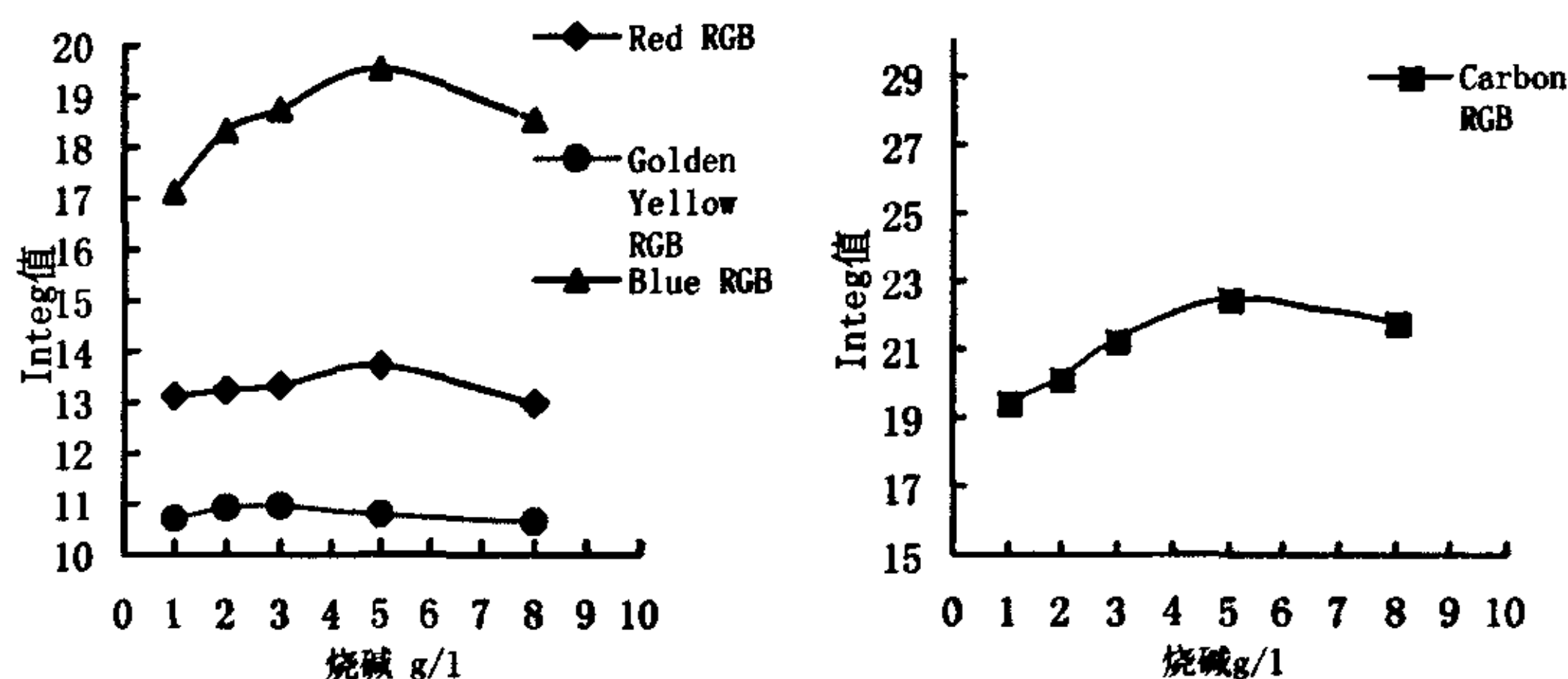
程度的趋于平缓。本提升试验各浓度下用的碱量为 Dystar 推荐工艺, 染料在各浓度下纯碱均为 20g/L, 烧碱变化范围为 2.5—4.6g/L。

3.5.2 碱剂的影响

适当的碱有利于染料充分固着, 碱量过低染料不能充分固着, 碱量过多染料又易水解, 反而不利于固色, 因此碱的用量对染料固色有着重要影响。图 23 为烧碱不变纯碱变和纯碱不变烧碱变对织物表面深度的影响曲线图。



(a) 烧碱不变, 纯碱变化影响曲线图



(b) 纯碱不变, 烧碱变化影响曲线图

图 23 碱剂影响曲线图

从图 23 可知: 烧碱浓度 3g/L 时纯碱浓度到 70g/L 仍可使 Integ 值继续增加, 纯碱浓度在 45—60g/L 时, 继续增加纯碱浓度 Integ 值增加的程度变小。纯碱 20g/L 时除 Golden Yellow RGB 外其余各染料在烧碱 5g/L 时有最大 Integ 值, 继续增加烧碱, Integ 值降低, Golden Yellow RGB 最佳烧碱量是 3g/L。

3.5.3 汽蒸时间的影响

图 24 为汽蒸时间对织物表面深度的影响。

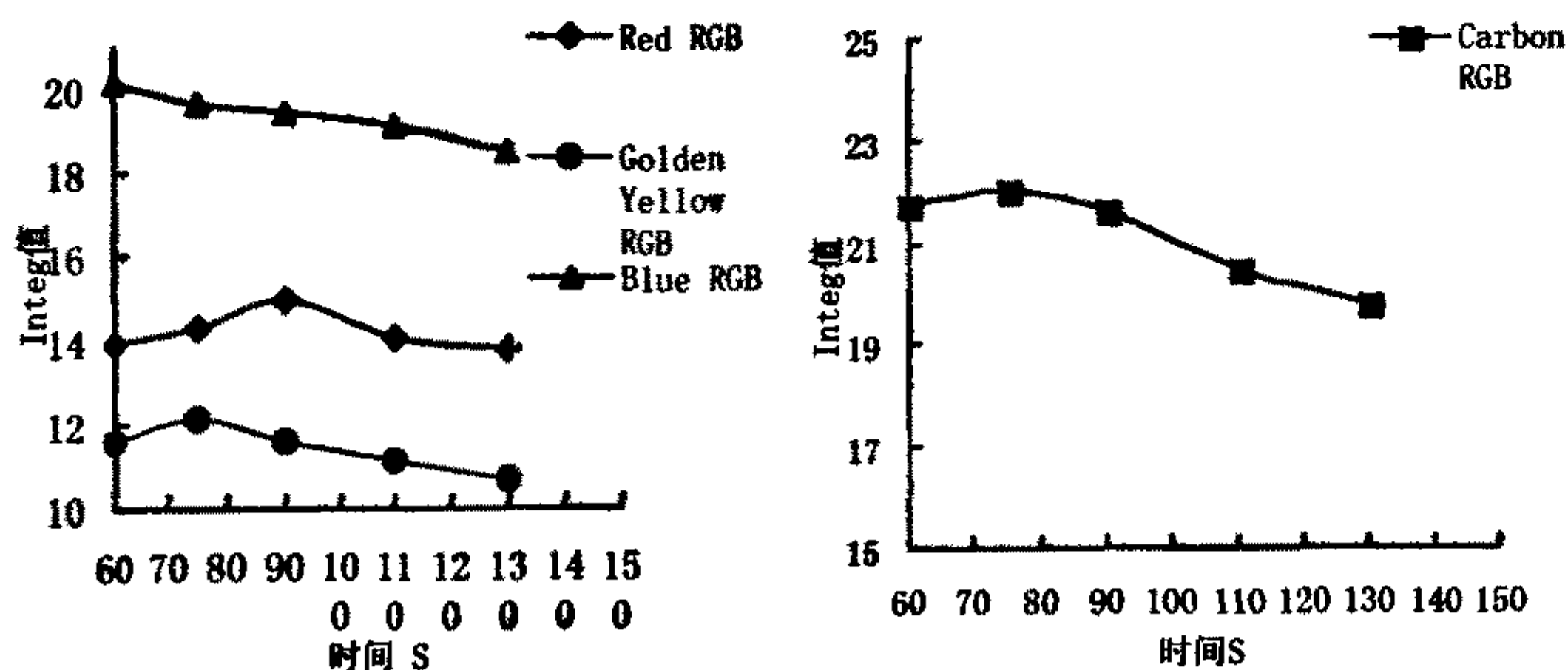


图 24 汽蒸时间影响曲线图

由图 24 可知：Carbon RGB 和 Golden Yellow RGB 的最佳汽蒸时间为 75S，Red RGB 为 90S，Blue RGB 在 60S 时相对较好。

3.5.4 色牢度

织物染色后经过水洗，皂煮，测定了六种常用色牢度，结果见表 18。

表 18 色牢度

牢度名称	染料	Red RGB	GYellow RGB	Blue RGB	Carbon RGB
日晒牢度		4	5-6	3-4	3-4
水洗牢度	色变	4-5	5	4-5	4-5
	棉沾色	5	4-5	5	5
汗渍牢度	色变	4	5	4-5	5
碱性	棉沾色	4-5	4	4-5	5
汗渍牢度	色变	4-5	4-5	4-5	4-5
酸性	棉沾色	4-5	5	5	5
摩擦牢度	干	1-2	2-3	3-4	2-3
	湿	2-3	3	3	2-3
水浸牢度	色变	4-5	4-5	5	4-5
	棉沾色	4-5	5	5	4-5

	干	1-2/4-5	3-4/5	4/5	4/4-5
热压牢度	潮 色变	2-3/5	3-4/5	3-4/4-5	4/4-5
	棉沾	5	5	5	5
即刻/4 小时	湿 色变	3-4/4-5	4/5	4/5	4/4
	棉沾	5	4-5	5	4-5

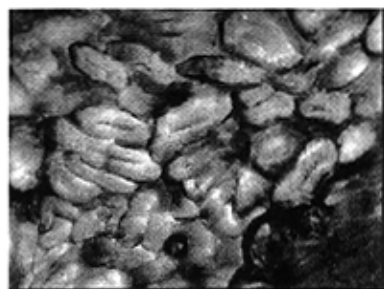
从表 18 可知：这四支染料在大麻织物上除摩擦外的各项牢度都较好。摩擦牢度差和大麻织物表面较粗糙有直接关系。

3.5.5 染透性

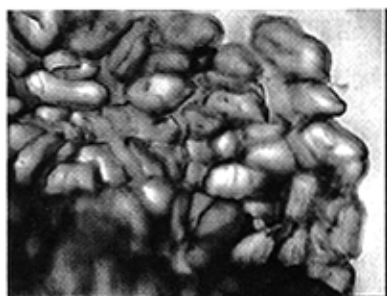
染透性是评价织物染色性能的一个重要指标之一，织物染透性好，对提高色牢度有一定好处。图 25 为大麻轧—烘—轧—蒸工艺的切片照片。



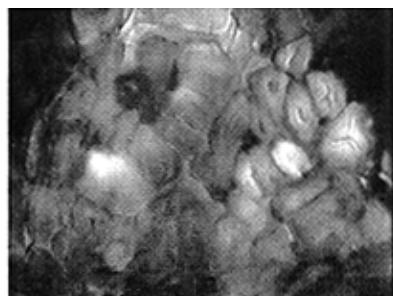
Red RGB



Golden Yellow RGB



Blue RGB



Carbon RGB

图 25 轧—烘—轧—蒸工艺切片

由图 25 可知：四种染料应用于大麻轧—烘—轧—蒸工艺时，除 Golden Yellow RGB 染透性较好外，其余染料均有不同程度的环染现象。轧—烘—轧—蒸的固色条件相对于浸染和冷轧堆，其固色时间要短很多，染料得不到充分扩散，因此染透性不好；Golden Yellow RGB 的染透性相对较好，说明选用适当的染料可以提高染透效果。

3.6 大麻、亚麻、苧麻、棉织物染色性能差异及差异原因的探讨

本文对比了四种织物的表面深度、染透性、匀染性和色牢度, 通过测定三种织物的成分、润湿性、电镜照片、结晶度来对这三种织物的染色性能差异进行了分析探讨。

3.6.1 表面深度对比

本试验比较了相同工艺条件下, 大麻、亚麻、苧麻、棉织物的表面深度。试验方法按标准染色工艺。结果见表 19。

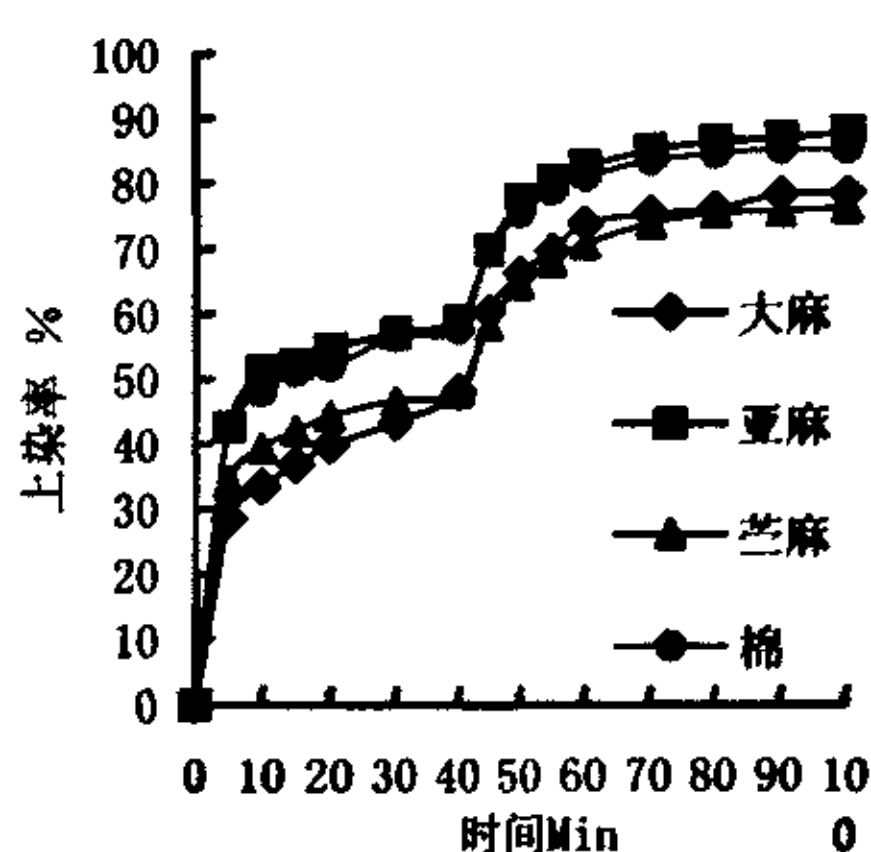
表 19 四种织物的 Integ 值

		大麻	亚麻	苧麻	棉
浸染	Blue RGB	25.7	32.7	30.7	36.9
	Red RGB	10.2	14.7	14.0	19.2
轧烘	Blue RGB	17.9	22.7	21.9	30.4
轧蒸	Red RGB	13.6	17.5	16.5	19.5

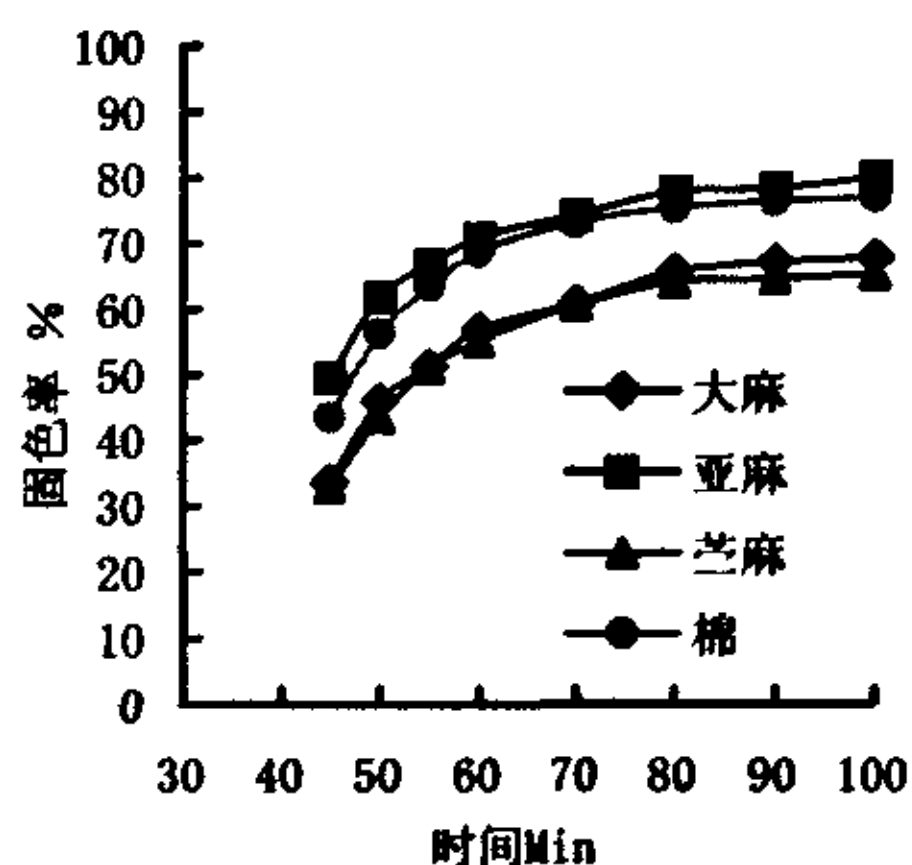
从表 19 可以看出: 相同染料浓度时, 无论工艺和染料种类, 都是棉 Integ 值最大, 亚麻和苧麻次之, 大麻最小。亚麻和苧麻的 Integ 值接近, 大麻明显比棉、亚麻和苧麻浅。

3.6.2 上染、固色曲线

上染、固色曲线反映了染料基本的上染特性, 从上染、固色曲线我们可以看出染料在织物上的直接性、反应性、上染率、固色率等基础特性。此试验加碱前上染时间为 40Min, 加碱后固色时间为 60Min。图 26~27 为 Red RGB、Blue RGB 在四种织物上的上染、固色曲线。



(a) 上染曲线



(b) 固色曲线

图 26 Red RGB 在四种织物上的上染、固色曲线

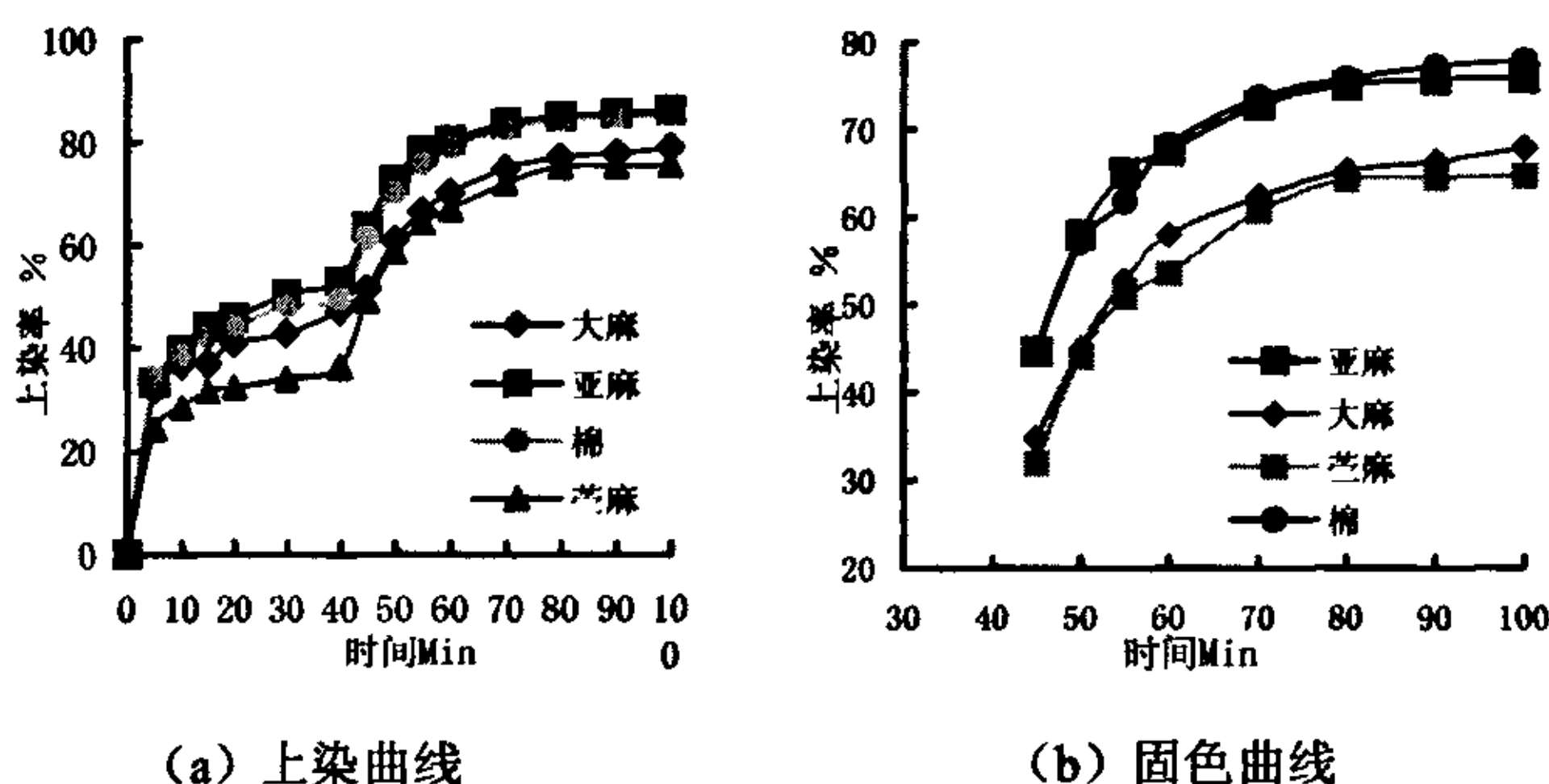


图 27 Blue RGB 在四种织物上的上染、固色曲线

从图 26~27 可以看出：亚麻的上染率、固色率明显高于大麻和苎麻；大麻的上染率、固色率略高于苎麻；使用 Red RGB 染色时，亚麻的上染、固色率均比棉略高，使用 Blue RGB 染色时，亚麻的上染率略高于棉，固色率略低于棉。从图 26~27 可得出四种织物的 S、E、R、F 值，S、E、R、F 值的取值方法见 3.3.1，结果见表 20。

表 20 S、E、R、F 值

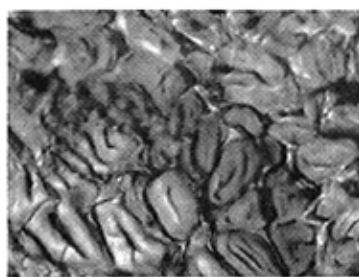
	S	E	R	F
大麻 Red RGB	43.3%	78.6%	33.6%	67.8%
大麻 Blue RGB	42.8%	78.8%	34.8%	67.9%
亚麻 Red RGB	57.1%	88.0%	49.5%	80.1%
亚麻 Blue RGB	50.4%	86.1%	44.7%	75.9%
苎麻 Red RGB	46.8%	76.4%	32.9%	65.3%
苎麻 Blue RGB	34.1%	75.3%	32.0%	64.7%
棉 Red RGB	56.6%	85.4%	43.4%	77.0%
棉 Blue RGB	48.2%	85.2%	45.0%	77.9%

3.0.3 染透性

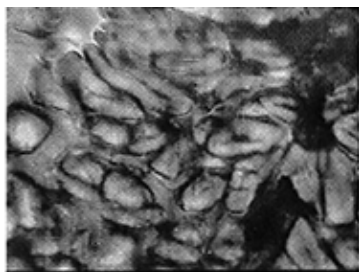
染透性是衡量纤维染色性能的重要指标之一，纤维染的越透其某些色牢度也会更好。四种织物的染透性见图 28。



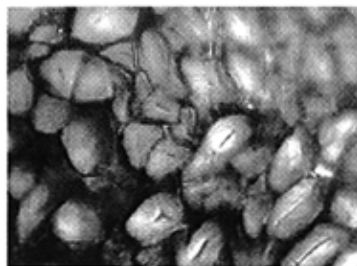
(a)大麻 Red RGB 轧—烘—轧—蒸



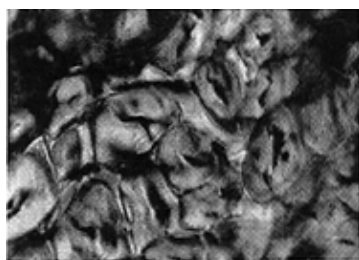
(b)大麻 Blue RGB 轧—烘—轧—蒸



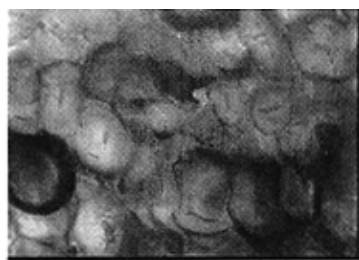
(c)大麻 Red RGB 浸染



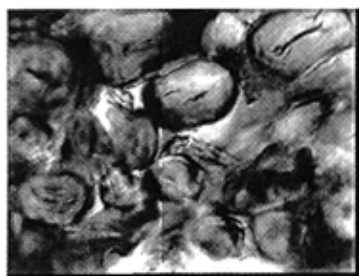
(d)大麻 Blue RGB 浸染



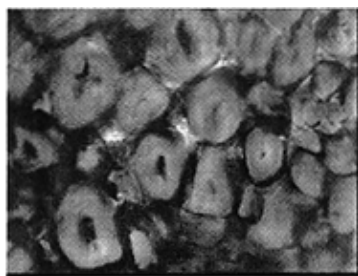
(e)亚麻 Red RGB 轧—烘—轧—蒸



(f)亚麻 Blue RGB 轧—烘—轧—蒸



(g)亚麻 Red RGB



(h)亚麻 Blue RGB 浸染

3.6.4 色牢度

色牢度是衡量染料性能的重要指标,色牢度不但和染料有关,而且和纤维种类也有关。本试验对比了同种染料应用于大麻、亚麻、苧麻、棉织物时色牢度的差异,结果见表 21。

表 21 四种织物色牢度

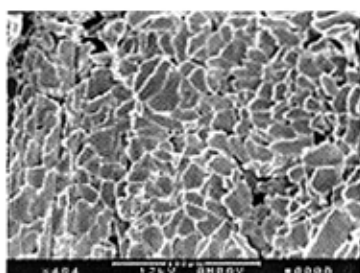
		大麻		亚麻		苧麻		棉	
牢度名称		Red	Blue	Red	Red	Red	Blue	Red	Blue
		RGB	RGB	RGB	RGB	RGB	RGB	RGB	RGB
日晒牢度		4	3-4	4-5	4	3-4	3-4	5	5
水洗牢度	色变	4-5	4-5	4-5	4-5	5	5	5	5
	棉沾色	5	5	5	5	5	5	5	5
汗渍牢度	色变	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	5	5
	碱性 棉沾色	4-5	5	4-5	4	5	5	4-5	5
汗渍牢度	色变	4-5	4-5	5	4-5	4-5	4-5	5	5
	酸性 棉沾色	4-5	5	4-5	5	4	5	5	5
摩擦牢度	干	1-2	3-4	3-4	3-4	3	3-4	4	4
	湿	2	3	3	3-4	3	3-4	3	3-4
水浸牢度	色变	5	5	5	4-5	4-5	5	5	5
	棉沾色	4-5	5	5	5	4-5	5	4-5	5
	干	1-2/4-5	4/5	3-4/4-5	3-4/4-5	2-3/5	3-4/5	1-2/5	3-4/5
热压牢度	潮 色变	3-4/4-5	4/5	4/4-5	3-4/4-5	4/5	4/4-5	4/5	4/5
即刻/4 小时	棉沾	5	5	5	5	5	5	5	5
	湿 色变	4/5	3-4/4-5	4-5/4-5	4/4-5	3-4/5	4/4	3-4/5	4/5
	棉沾	5	4-5	5	4-5	5	5	5	5

由表 21 可知:四种织物的各项牢度基本相当。

3.6.5 扫描电镜

电镜图片可以观察纤维的表面状态以及直观比较的纤维粗细。纤维的表面的状态对某些色牢度有一定影响,纤维如果有很多裂隙也有利于染液的吸收;纤维的粗细对织物表面深度有很大影响。通过电镜我们可以直观的看出纤维的外观形态结构。图 29 为四种纤维

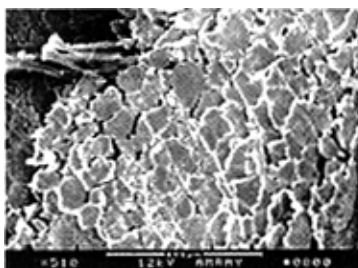
的纵、横面电镜照片。



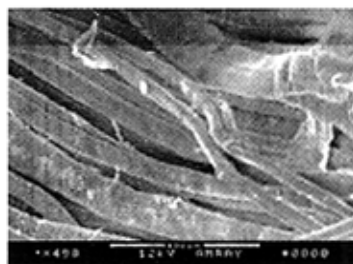
(a) 大麻横切面



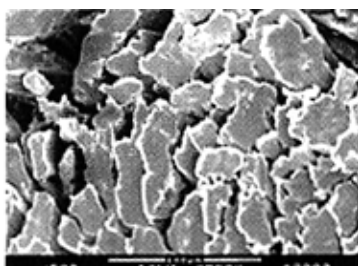
(b) 大麻纵面



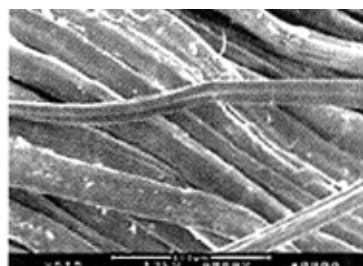
(c) 亚麻横切面



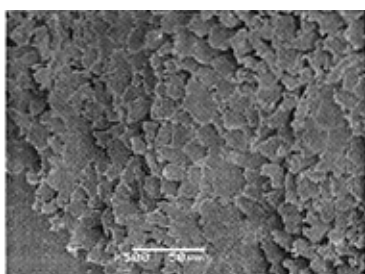
(d) 亚麻纵面



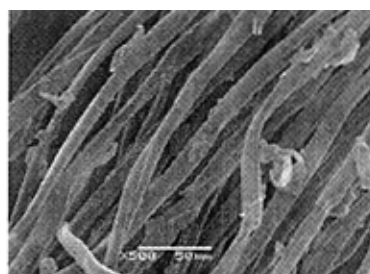
(e) 苎麻横切面



(f) 苎麻纵面



(g) 棉横切面



(h) 棉纵面

图 29 四种织物的扫描电镜横、纵面照片

由图 29 的 (a)、(c)、(e)、(g) 和图 28 可以看出：大麻纤维最细，亚麻纤维和棉纤维比大麻略粗，苎麻纤维明显比大麻、亚麻和棉粗。通过电子显微细度检测仪测定，棉的

直径为 $14.839\mu\text{m}$ ，大麻直径为 $11.918\mu\text{m}$ ，亚麻直径为 $15.667\mu\text{m}$ ，苧麻直径为 $27.959\mu\text{m}$ 。由表 19 和图 29 可知：虽然苧麻的上染、固色率比亚麻、大麻、棉都低，但苧麻的得色比大麻深，仅略浅于亚麻和棉；纤维的粗细是织物得表面深度浅的一个重要影响因素，纤维越粗、比表面积越小，相同上染率时其得色就越深。由图 29 的 (b)、(d)、(f)、(h) 可以看出：大麻比亚麻、苧麻、棉粗糙，在相同压力下，所受摩擦力较大，因此其摩擦牢度较差；棉的表面最光滑，其摩擦牢度最好。

3.6.6 结晶度

结晶度是织物染色性能的基本决定因素之一，表 22 和图 30 是四种纤维的结晶度和 X 射线衍射曲线。

表 22 四种纤维的结晶度

	大麻	亚麻	苧麻	棉
结晶度 %	90.5	81.3	90.0	85.9

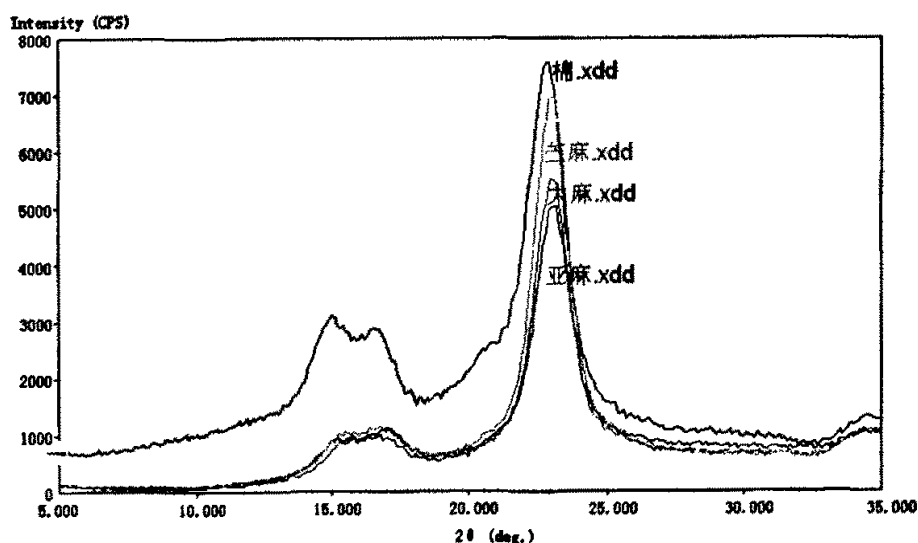


图 30 四种纤维的 X 射线衍射曲线

从表 22 和图 30 可看出：大麻的结晶度最高，图 30 可以看出：在衍射角 $2\theta = 14^\circ \sim 17^\circ$ 范围内三种麻织物的小峰高度差不多，棉要高出许多；四种织物在 $2\theta = 23.6^\circ$ 附近的一个大峰上有明显区别，棉的峰最高，苧麻和大麻次之，亚麻最低，从计算的结晶度来看苧麻和大麻都比棉高。四种织物的结晶度差别顺序和上染、固色率顺序基本一致。

3.6.7 三种麻织物的主要化学成分

织物的化学成分特别是果胶含量对染色影响较大，果胶的存在会影响纤维大分子链上羟基与水分子的接触，使织物润湿性受影响，染料较难往纤维内扩散。表 23 是三种麻织物的化学成分表。

表 23 三种麻织物的主要化学成分含量

麻种类	大麻	亚麻	苧麻
果胶含量 (%)	0.242	0.385	0.266
半纤维素含量 (%)	2.305	3.265	1.035
纤维素含量 (%)	96.530	95.345	97.270
木质素含量 (%)	0.923	1.005	1.380

由表 23 可知：三种织物中亚麻果胶含量最高，苧麻次之，大麻最低。虽然三种麻织物的果胶含量在数量上有差异，但总的来说果胶含量都很小，都在 0.4% 以下；三种麻织物的纤维素含量都超过了 95%。因此，这三种织物的果胶含量对染色性能影响较小。

3.6.8 润湿性能

染色是在水介质中进行，所以织物的润湿性反映了织物吸收染液的能力。轧染时织物和染液接触时间较短因此润湿性对染色效果影响较大，润湿性不好的织物由于不能充分吸收染液，从而造成织物轧余率下降和染液无法渗入织物内部。轧余率下降使得织物浸轧后无法携带足够染料造成得色变浅，染液渗透不好造成染透性变差。为了讨论织物的润湿性对染色的影响，本试验测定了四种织物的毛效和液滴吸收速度。结果见表 24。

表 24 四种织物的毛效和液滴吸收速度

	大麻	亚麻	苧麻	丝光棉
毛效 cm	8.3	10.0	11.8	9.7
液滴吸收速度 S	8" 3	3" 7	3" 5	5" 0

由表 24 可知：苧麻润湿性最好，亚麻和棉稍次，大麻最差。麻类织物中，果胶含量影响润湿性但不是决定性因素，润湿性还与果胶的分布状态和纤维的微结构有关，因此尽管亚麻果胶含量较高但其润湿性依然较好；棉的杂质比麻类要少，但棉缺少麻类的微孔结构，因此棉的润湿性比亚麻、苧麻都差。由图 28 可知：大麻的染透性略差于亚麻、苧麻和棉，这也和大麻润湿性差，染液渗透不好有关。

4 结 论

1. 使用试验中的活性染料或者类似的活性染料染色时，用 Integ 值表示表面深度更适合。
2. 大麻织物较适宜的浸染工艺条件为：硫酸钠 60g/L，碱 12g/L，固色时间 50Min，固色温度 60℃；冷一轧一堆优化工艺条件（染料浓度为 20g/L 左右）：堆置时间 16 小时，碱剂为纯碱 55g/L+烧碱 3g/L 或者硅酸钠 70ml/l+烧碱 4g/L；轧一烘一轧一蒸优化工艺条件为（染料浓度为 20g/L 左右）：纯碱 25g/L，烧碱 4g/L，汽蒸时间 70s。
3. 大麻织物三种工艺的色牢度相当，摩擦牢度多为 2~3 级，其余多为 4~5 级；除轧一烘一轧一蒸外另两种工艺的染透性较好。
4. 浸染和轧一烘一轧一蒸工艺的表面得色都是棉的表面色深最深，亚麻和苧麻次之，大麻最浅，亚麻的上染率、固色率明显高于大麻和苧麻，大麻的上染率、固色率略高于苧麻，使用 Red RGB 染色时，亚麻的上染、固色率均比棉略高，使用 Blue RGB 染色时，亚麻的上染率略高于棉，固色率略低于棉；四种织物浸染时都能染透，而轧一烘一轧一蒸工艺的染透性较差；四种织物的各项色牢度基本相当，摩擦牢度 3 级左右，其余牢度 4~5 级左右。
5. 织物的润湿性能和化学成分对染色有一定影响，但结晶度和纤维细度的影响更为显著。

5 参考文献

- [1] 唐爱民,梁文芷.纤维素预处理技术的发展.林产化学与工业,1999.19(4): 81~84.
- [2] 杨红穗,张元明.大麻纺织应用前景及研究现状.纺织学报,1999.20(4): 62~64.
- [3] 张运雄.国外工业大麻研究与产品开发的新动向.世界农业,2003,293(9): 37~40.
- [4] 殷祥刚,滑钧凯,朱若英等.大麻加工技术现状及发展.天津工业大学学报,2003,22(1): 13~17.
- [5] 郭鸿彦,杨明,谢晓慧等.云南工业大麻产业化发展前景广阔.中国麻业,2002, 24(4): 46~47.
- [6] 孙福来,王绪芬,张秀慧等.高效环保型经济作物工业大麻及栽培技术.中国麻业, 2004(10): 49~50.
- [7] Ingle N. P.著,张子涛译,纪晋敏校.大麻: 未来最有前途的纤维素纤维.国外纺织技术,2001,36(3): 7~7.
- [8] 孙小寅,管映亭,温桂清等.大麻纤维的性能及其应用.纺织学,2001(4): 34~36.
- [9] 张道臣,李启芩.大麻纤维的开发利用.中国麻作,1988 (2): 39~40.
- [10] 周松.果胶综合论述,安顺师专学报(自然科学版) 1995(4): 76~78.
- [11] 张军英,张威译,李向红校.大麻纤维:再度引起关注的纺织纤维.国外纺织技术,2002(7): 7~10.
- [12] 林旭.大麻纤维的开发利用大有前途[J].武汉纺织科技,1988(3~4): 70~72.
- [13] 周明倬.中国大麻纺织的现状与发展之我见[J].北京纺织,2001(4): 7~9.
- [14] 周明倬,李学亮.大麻帆布的设计与生产[J].国际纺织品动态,1997(5): 30~32.
- [15] Ryszard Kozlowski. Latest Bast Fibre Achievements.Textile Asia, 1997(8): 55~58.
- [16] 高志强,马会英.大麻纤维的性能及其应用研究.北京纺织,2004(6): 30~31.
- [17] P.Linger, J.Mussig, H.Fischer, etal. Industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) growing on heavy metal contaminated soil: fibre quality and phytoremediation potential. Industrial Crops and Products ,2002,16: 33~42.
- [18] 薛朝华.颜色科学与计算机测色配色实用技术.北京:化学工业出版社,2004: 72~74.
- [19] Datacolor tools 测色软件使用说明书(英文版). 2005: 53.
- [20] 吴祖望,陈跃文,林莉,吴国栋,宋华.红色复合多活性基活性染料的结构与性能关系研究

之三: 超分子化学和染料提升力.染料与染色,2005(8): 12~15.

[21] 陈荣圻.活性染料染色特性十大参数分析(一).印染,2005(13): 45~49.

[22] 袁霞,范雪荣等.前处理对去除棉共生物和润湿性的影响.印染,2004(17): 1~4.

[23] 董振礼,刘夺奎等.KM 型双活性基活性染料的匀染性能研究.印染,2004(16): 3~6.

[24] 郑光洪,冯西宁.染料化学.北京: 中国纺织出版社,2001: 35.

[25] 金远同,李勤,黄唯炜,于燕,赵军.测色配色 CAD 应用手册.北京: 中国纺织出版社,2001: 20~36.

[26] 董振礼,郑宝海,舒桂芬.测色及电子计算机配色.北京: 中国纺织出版社,2001: 142~153~153.

[27] 王盛奎.染织物表面深度的探讨.纺织学报,1998(10): 31~34.

[28] 宋心远,沈煜如.活性染料染色的理论和实践.北京: 纺织工业出版社,1991: 20~35.

[29] 上海市纺织工业局《染料应用手册》编写组.染料应用手册(下册).北京: 纺织工业出版社,1989: 208.

[30] 黑木宣彦.染色理论化学(上册).北京: 纺织工业出版社,1981: 45.

[31] 徐海松.颜色技术原理及在印染中的应用(一)第一篇 光与颜色.印染,2005(18):39~43.

[32] 徐海松.颜色技术原理及在印染中的应用(二)第二篇 物体的光谱光度特性与颜色视.印染,2005(19): 40~44.

[33] 王炳,朱平.纯大麻织物前处理工艺探讨.青岛大学学报,2001(9): 40~42.

[34] 李晓春,王丽等.大麻/天丝混纺织物染整工艺.印染,2005(1): 21~22.

[35] 吴红玲,蒋少军等.大麻纤维性能及其产品的研制生产.毛纺科技,2004(6): 36~39.

[36] 黄翠蓉,钟安华等.大麻织物的碱改性柔软整理.印染,2004(8): 18~20.

[37] 张子涛,纪晋敏.大麻织物深色染色工艺.印染,2000(12): 8~9.

[38] 隋淑英,朱平等.大麻织物深色染色工艺探讨.纺织学报,1998(8): 39~40.

[39] 陈德明.大麻织物印染加工工艺初探.印染,1999(10): 33~34.

[40] Zosel K et al.Angew.Chem.Int.Ed.1978, 17:702; 710; 716; 731; 738; 746.

[41] Stahl E,Quirin K W, Gerard D.Dense Gases for Extration and Refining.Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlay, 1986.

[42] Lack E, Marr R, Sep.Sci.and Tech.1988, 23(1~3):63.

[43] Reverchon E J. Supercrit. Fluids.1997 (10): 1.

[44] Randal L D, Bowman L M .Sep.Science Tech.1982, 17(1): 13~17.

- [45] 奥村丞司.香料（日）.1987(155): 95.
- [46] Moyler D A.Flavour & Fragrance J.1983(8):235.
- [47] 梶藤正三郎.超临界流体の科学と技術.1996.306.
- [48] 张镜澄.超临界流体萃取,化学工业出版社,2000: 17~21.
- [49] 周明惊,王侠.大麻纺纱工艺路线研究.纺织学报,1998(6): 24~25.
- [50] 刘健,陈洪章,李佐虎.大麻纤维脱胶研究综述.中国麻业,2002,24(4): 39~43.
- [51] 蒋建雄,李宗道,赵文魁.麻类作物微生物工程研究进展.作物研究,1999(1): 45~47.

6 致谢

本论文是在导师王建明教授、郝新敏高工的悉心指导下完成的，两位老师渊博的学识和严谨的治学态度使我在专业理论和研究方法方面受益匪浅。同时，在日常生活中，两位老师也对我关怀备至。在此，我对两位老师在试验完成和论文写作过程中的帮助表示由衷的感谢，也向老师送上最衷心的祝福。

本论文的大部分试验是在浙江汇丽印染整理有限公司完成的，浙江汇丽印染整理有限公司提供便利的试验检测仪器，同时还有浙江汇丽印染整理有限公司员工孙绿萍、武林等人的大力帮助，在此表示感谢。

在整个试验期间，北京服装学院的王欢老师也给了很多指导和帮助，衷心感谢王欢老师！X 射线衍射试验和电镜分析试验是在北京服装学院重点实验室完成的，得到了北京服装学院李小宁、付中玉老师的热心帮助，一并表示感谢。

再次向所有帮助过我的老师和同学表示感谢！

7 攻读学位期间发表的论文

- [1] 纵瑞龙,王建明,郝新敏.染色工艺对亚麻织物染色性能的影响.纺织学报,2007(1)
- [2] 纵瑞龙,王建明,郝新敏.K/S 值与 Integ 值差异的探讨.印染,2006(24): 30~33
- [3] 纵瑞龙,郝新敏,王建明.汉麻织物活性染料浸染染色工艺研究.染料与染色,2007(1)
- [4] 纵瑞龙,郝新敏,王建明.大麻织物冷轧堆染色研究和烘箱法快速仿样.印染,(已录用)