[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int.Cl[7]
D21C 1/00
D21B 1/02

[12]发明专利申请公开说明书

[21]申请号 98803999.0

[43]公开日 2000年5月3日

[11]公开号 CN 1252111A

[22]申请日 1998.1.21 [21]申请号 98803999.0
[30]优先权
[32]1997.2.4 [33]JP [31]19704054.3
[86]国际申请 PCT/EP98/00304 1998.1.21
[87]国际公布 WO98/33970 德 1998.8.6
[85]进入国家阶段日期 1999.10.8
[71]申请人 施托克豪森公司
地址 联邦德国克雷菲尔德
[72]发明人 I·冯梅德韦 T·拉斯安伊
P·汉斯勒 J·韦尔雷斯
[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 刘元金 王其灏

权利要求书2页 说明书10页 附图页数0页

[54]发明名称 改性纤维质材料的制造方法

[57]摘要

本发明公开了一种生产用于制造纤维素、纸张或木质材料的纤维质材料的方法，其中包括使用至少一种二羧酸二烷基酯和/或聚酯－聚醚共聚物和/或脂肪酸多元醇的单酯、双酯、三酯或更高级的多酯。所生产的纤维质材料的品质获得改善且产率获得提高。

ISSN1008-4274

权　利　要　求　书

1．一种制造纤维质材料的方法，其特征在于在预处理工序中加入至少一种二羧酸二烷基酯类和/或一种或多种脂肪酸多元醇的单酯、双酯、三酯和/或更高级多酯和/或聚酯－聚醚共聚物、最好是聚对苯二甲酸乙二醇酯和/或聚对苯二甲酸氧亚乙基酯共聚物对破碎后的木质原料和/或草质原料进行浸渍。

2．权利要求1的方法，其特征在于至少一种二羧酸二烷基酯类和/或一种或多种脂肪酸多元醇的单酯、双酯、三酯和/或更高级多酯和/或聚酯－聚醚共聚物、最好是聚对苯二甲酸乙二醇酯和/或聚对苯二甲酸氧亚乙基酯共聚物的加入量相对于所用木质或草质原料量而言是0.005～5.0％重量，优选量为0.01～2.0％重量，更优选量为0.01～1.0％重量。

3．按照权利要求1和2的方法，其特征在于纤维质材料是机制木浆，最好是热机制浆、化学热机制浆或细磨木浆。

4．按照权利要求1～2的方法，其特征在于纤维质材料是源自芦苇、秸杆、油棕榈枝和其他C_4草类植物的长纤维原料。

5．按照权利要求1至4的方法，其特征在于所加入的二羧酸二烷基酯是C_1～C_6的正－和/或异烷醇的己二酸酯。

6．权利要求1至4的方法，其特征在于所加入的脂肪酸多元醇的单酯、双酯、三酯和/或更高级多酯是饱和的和/或不饱和的C_8～C_{18}脂肪酸与多元烷醇，最好是乙二醇、三羟甲基丙烷、甘油、脱水山梨糖醇和山梨糖醇，尤其是脱水山梨糖醇硬脂酸单酯和/或三油酸甘油酯。

7．按照权利要求1至6的方法，其特征在于所用的二羧酸二烷基酯和/或脂肪酸多元醇的单酯、双酯、三酯和/或更高级多酯和/或聚酯－聚醚共聚物、优选聚对苯二甲酸乙二醇酯和/或聚对苯二甲酸氧亚乙基酯共聚物，是以水乳液形式加入的。

8．按照权利要求1至7的方法，其特征在于二羧酸二烷基酯类和/或一种或多种脂肪酸多元醇的单酯、双酯、三酯和/或更高级多酯和/或聚酯－聚醚共聚物、最好是聚对苯二甲酸乙二醇酯和/或聚对苯二甲酸氧亚乙基酯共聚物与一种或多种植物油或动物油衍生物混合使用，其用量相对于所用的木质或草质原料而言是0.001～5.000％重量，优选为0.01～2.00％重量，更优选的为0.01～1.00％重量。

9. 按照权利要求 8 的方法，其特征在于所加入的植物油或动物油衍生物是油菜籽油甲酯、棕榈油甲酯、大豆油甲酯、菜籽油甲酯和/或牛脂肪酸甲酯及合成酯油类。

10. 按照权利要求 1 至 9 的方法，其特征在于使用较少用量的化学药品任选地进行后续的漂白处理。

11. 按照权利要求 1 至 9 的方法，其特征在于省去附加的漂白处理。

12. 至少一种二羧酸二烷基酯和/或一种或多种脂肪酸多元醇的单酯、双酯、三酯和/或更高级多酯和/或一种或多种聚酯－聚醚共聚物，尤其聚对苯二甲酸乙二醇酯和/或聚对苯二甲酸氧亚乙基酯共聚物在制造纤维素、木质材料纸或纸板中的应用。

说　明　书

改性纤维质材料的制造方法

本发明涉及一种用于制造纤维素、纸张或木质板材的纤维质材料的制造方法，它包括使用至少一种二羧酸二烷基酯和/或脂肪酸与多元醇的单酯、双酯、三酯和/或更高级的多酯和/或聚酯－聚醚共聚物；本发明还涉及用这类纤维质材料制造的产品，例如纤维素、纸张和木质板材。

纤维质材料或纤维原料，如机制木质原料和长纤维质原料，以及尤其是热机制纸浆（TMP）或化学热机制纸浆（CTMP），在机制木浆制造过程中可按照热的或化学热的预处理方法（参考：Römpp Chemielexikon，第 9 版，1991，3208 和 4345 页），通过使已破碎的木质材料脱纤，进行机械磨浆达到单纤的分离和原纤化而制得。

由于优越的纤维长度和白度，TMP 要比细磨木浆更适于替代纤维素，而从成本上考虑，也更适于制造成品印刷纸，如轮转印刷纸、轻质纸及卡纸板制品。在半化学纸浆的制造过程中以及纤维素的回收过程中，人们试图采用脱木质素的方法和/或氧化或还原漂白法降低木质素和半纤维素物质的含量，以便降低用这些材料制造的制品变黄的程度。对木质材料进行漂白的这些努力都已在造纸技术周刊（Wochenblatt für die Papierfabrikation）1986 年第 9 期 320－325 页中由 H. U. Süss 和 W. Eul 作了详尽报告，其中已经明确，材料的变黄取决于漂白用的化学药品的剂量，从而影响产品的白度稳定性。作为熟知的 Alcell 或 Organocell 方法的一个派生方法，DE 41 03 572 C2 在对植物纤维质材料，尤其是木材碎片进行脱木质素处理时采用了这样一种方法，即一开始先用乙醇彻底浸泡木材碎片，以避免在后续的加碱处理时造成对纤维的损害。

WO 94/12721 和 WO 94/12722 叙述了采用过乙酸和配合化合物进行脱木质素的方法，其中接着又用臭氧或连二亚硫酸钠进行漂白处理。但是，DE 195 09 401 A1 叙述的却是在压力下将木浆和次级半化学纤维浆用过氧化物进行多次漂白处理，其中提到络合试剂是用以改善过氧化羟基阴离子对纤维内部存在的木质素生色基团的作用。

根据 EP 553, 649 B1 所述，纤维素纸浆的脱木质素是采用单过硫

酸与硫酸的混合物进行处理随后再进行中和处理而完成的。

由于在制造 CTMP 过程中使用了化学药品导致废水问题，EP 639,434 B1 所述制造木质纤维板的方法中省去了在制浆后清除化学药品的步骤。

在 EP 717, 143 A1 中叙述了用氧化剂对含木质素的材料进行漂白的方法，这些氧化剂包括羟胺和异羟肟酸类化合物，或大量的含 N－羟基、氧、N－氧或 N, N′－二氧功能团的化合物，其中提到了用 1－羟基苯并三唑、肉桂酸和 4－叔丁基苯甲酸的酯类作为该方法中的化学品成分。

按照 WO 95/00704 的方法，在木浆悬浮体中还添加了天然淀粉的降解产物组分以便固定树脂，但是这些组分在存储环境中易受微生物降解，除非采取保护措施。

类似地，为控制树脂的沉积，按照 DE 195 15 272 A1 的方法，添加由 C_{10}～C_{22} 羧酸衍生物和/或含羟基的 C_{10}～C_{22} 羧酸经烷基化而成的产物，例如由大豆油或亚麻籽油制成的产物。该方法也许意在改善树脂在纤维素和/或木浆悬浮液或初级纤维悬浮液中的分散性，以避免在初级纤维加工过程中遇到的麻烦。但该专利并未指出这些化合物的有效性。

为处理含木质素的材料，WO 94/29510 和 WO 96/18770 叙述了多组分体系，它包括氧化剂类和氧化催化剂类，以及选自含 N－羟基、肟、N－氧或 N, N′－二氧官能团的羟胺、异羟肟酸、脂族、脂环族、杂环族或芳族化合物构成的一类介质和含芳香醇、羰基化合物、脂族醚、苯酚醚和/或烯烃一类的共介质。

当然，熟知的木浆制造方法的特征在于使用大量的具有络合作用的各种调节剂，其使用取决于制浆条件和所用的原料，且必须严加控制，因而局限了他们的作用。因此，本发明的目的在于找到一种能够实施而又没有上述缺点的制造纤维质材料的方法，而且其中可以制得性能相当或性能得以改善的纤维质材料。

此外，还有一个需要找到制造纤维质材料所用的一类试剂问题，这类试剂应能生产出性能得以改善的纤维质材料，尤其是 TMP 和 CTMP，并生产出以此原料为基材的性能得以改善的或价廉的产品；而尤其考虑到生态方面的问题，如限制使用污染环境的化学品，这类试

剂还应允许利用低质原材料或废弃的原材料。

按照本发明，所说的目的是通过采用一种或多种二羧酸二烷基酯和/或一种或多种脂肪酸与多元醇的单酯、双酯、三酯，和/或更高级的多酯和/或聚酯－聚醚共聚物浸渍预处理破碎了的木材原料来完成的。

因此，本发明涉及一种制造纤维质材料，尤其是机制木浆如热机制木浆（TMP）或化学热机制木浆（CTMP）和细磨木浆的方法，其特征在于：在制造过程中，尤其在浸渍破碎了的木材原料的预处理过程中或在木材原料的破碎过程中，加入至少一种二羧酸二烷基酯和/或一种或多种脂肪酸与多元醇的单酯、双酯、三酯，和/或更高级的多酯和/或聚酯-聚醚共聚物。

本发明涉及一种制造纤维质材料，尤其是 TMP、CTMP 和细磨木浆用的试剂，其特征在于包含一种二羧酸二烷基酯和/或一种或多种脂肪酸与多元醇的单酯、双酯、三酯，和/或更高级的多酯和/或聚酯-聚醚共聚物。

令人惊奇的是，已经弄清二羧酸二烷基酯和/或脂肪酸与多元醇的单酯、双酯、三酯，和/或更高级的多酯和/或聚酯-聚醚共聚物对于破碎了的木质和/或草质材料的预处理是有效的，而且用这些材料制造的初级纤维由于其中的木质素、树脂组分和其他木质成分被分离出去而得以提纯成为高级纤维，从而就能以最高产率制得光学性能得以改善的材料。按照本发明，所制得的机制木浆的亮度、白度、色调和色饱和度均获得显著改善，而对纤维质材料的其他性质，尤其是稳定性却不造成损害。

根据本发明，可用的二羧酸二烷基酯有：二羧酸二烷基酯和/或 C_2～C_{12} 二羧酸与 C_1～C_{13} 正－和/或异烷醇的二异烷基酯，例如，草酸二正丁酯、丙二酸二正丁酯、琥珀酸二正丁酯、戊二酸二正丁酯、己二酸二正丁酯、辛二酸二正丁酯、癸二酸二正丁酯、己二酸二甲酯、己二酸二乙酯、己二酸二正丙酯、己二酸二异丙酯、己二酸二异丁酯、己二酸二叔丁酯、己二酸二异戊酯、己二酸二正己酯、己二酸二（2－乙基丁基）酯、己二酸二（2－乙基己基）酯、己二酸二异癸酯、苯二甲酸二甲酯、苯二甲酸二乙酯、苯二甲酸二正丁酯、苯二甲酸二异丁酯、苯二甲酸二（2－乙基己基）酯和苯二甲酸二异癸酯，以及 C_9 二羧酸（三甲基己二酸）和十四烷双酸的二酯类。

类似地，按照本发明所用的酯类有：饱和的和/或不饱和的 C_8～C_{18} 脂肪酸与含 2～6 个碳原子的多元烷醇如乙二醇、三羟甲基丙烷、甘油、山梨糖醇的酯类和上述脂肪酸的脱水山梨糖醇酯类，例如脂肪酸甘油的单酯和/或双酯和/或三酯脂肪酸山梨糖醇的单酯和双酯，脂肪酸脱水山梨糖醇的单酯和/或双酯和/或三酯。

令人惊奇的是，按照本发明，发现事先在合成纤维清洗或去污整理中用过的所谓污物溶解剂也可用作本发明的试剂，尤其是聚酯－聚醚共聚物类如聚对苯二甲酸乙二醇酯和/或聚对苯二甲酸氧亚乙基酯共聚物。

按照本发明，所用的优选试剂是己二酸酯类或脱水山梨糖醇酯类，更优选的是 C_1～C_6 正和/或异烷基醇的己二酸酯类，例如己二酸二甲酯、己二酸二乙酯、己二酸正、异丙二酯、己二酸二异丙酯、己二酸二正丁酯和/或己二酸二异丁酯，以及上述二羧酸与烷醇的混合酯类，三油酸甘油酯和油酸脱水山梨糖醇的单酯。

上述酯类可直接使用，也可以配制成溶液或分散液使用，其用量为 0.001～5.00％重量，优选的为 0.01～2.0％重量，更优选的为 0.01～1.0％重量，以木质和/或草质原料重量为基准计。所述酯类是直接使用的，或配制成水或非水的稀溶液或浓溶液、或水分散液使用。合适的溶剂的正和异烷基醇、液态烃和丙酮。所述酯类可单独使用，或与用水可溶或水不可溶的溶剂分散成的乳液混合使用，分散时用非离子型、离子型和两性的，尤其是非离子型和阴离子型的表面活性剂作为乳化剂。

例如，合适的非离子型乳化剂有：烷氧基醚类，最好是乙氧基醚和/或脂肪醇和脂肪酸或油类封端的乙氧基醚。合适的阴离子乳化剂有：烷基和/或芳基磺酸盐、α－烯烃磺酸盐、α－磺基脂肪酸酯、磺基琥珀酸酯及烷基硫酸盐和醚基硫酸盐，以及羧甲基化乙氧基醚和皂类。本发明所用的优选的稳定乳液的制备方法是众所周知的。例如，将含酯成分的疏水相加到含乳化剂的水相中，然后在搅拌或泵循环下进行分散。

按照本发明，前述的二羧酸二烷基酯和/或脂肪酸的单酯和/或多酯和/或聚酯-聚醚共聚物可以和其他组分，即植物油或动物油或油脂的液态衍生物，如油菜籽油甲酯、菜油甲酯、棕榈油甲酯、大豆油甲酯、

和牛脂肪酸甲酯及合成酯油类一起使用。以上酯类最好先制成浓的或稀的水悬浮液再加入，其制备时可有选择地添加非离子型、阴离子型或阳离子型表面活性剂，可单独地也可混合地与水溶性或水不可溶的溶剂按常见方法配制。

本发明所用的试剂也可应用于其他合适的草质原料如稻草的制浆，或应用于芦苇、秸杆、油棕榈枝和/或其他 C_4 草类植物长纤维原料的制浆，尤其在精浆机或蒸煮机内进行磨制木浆时使用，这类原料可制造诸如木质纤维板一类产品。

本发明的方法适于制造纤维质材料，尤其适于制造 TMP、CTMP 和细磨木浆，此外，还适于制造精制木浆（精机制浆）和经化学预处理而成的精制木浆（化学精机制浆）。

破碎的木材，尤其是新鲜的或存放过的落叶或针叶树木片更适于作为本发明方法的原材料。来自锯木厂的废弃下脚料或其他废弃的木片或破碎木料也可适用。按照本发明方法，上述原材料也可与其他纤维质材料如废纸混用。

生产高产率的机制木浆的方法是在熟知的加工条件下完成的，即将木片经预蒸煮和均匀润湿后送入浸渍机。然后，按照本发明的方法例如将至少一种二羧酸二烷基酯和/或一种或多种脂肪酸多元醇的单酯、双酯、三酯和/或更高级多酯和/或聚对苯二甲酸乙二醇酯和/或聚对苯二甲酸氧亚乙基酯共聚物单独地或与水及任选的其他浸渍流体混合一起加入浸渍机中。在压力下使木片均匀地浸渍，随后预热至 110～180℃，最好是 140～170℃持续 1～60 分钟，最好 15～30 分钟，或者短时间如 1～10 分钟，最好 1～5 分钟后送入第一精浆区段，其中再在压力下并在预设的负荷条件下于磨盘间将木片研磨成单纤维束并完成磨浆/原纤化过程。在经过研磨区和蒸汽分离后，有选择地将精制浆送入第二精磨区段进行二次精磨。按照惯例，还要用化学药品进行处理，例如消除潜在物，同时在这一阶段完成木浆的漂白，或者在另一工序例如在蒸汽加热的溶料罐中完成木浆漂白。

按照本发明，所用的试剂可在木浆或草类原料实际进行机械的纤维分离分解之前的任一阶段加入，例如在细磨制浆中可单独地或与引入研磨区中的水一起加入。

按照本发明，由于加入二羧酸二烷基酯和/或一种或多种脂肪酸多

元醇的单酯、双酯、三酯和/或更高级多酯和/或聚酯－聚醚、最好是聚对苯二甲酸乙二醇酯和/或聚对苯二甲酸氧亚乙基酯共聚物，在第一精磨阶段即制得增亮、增白的木浆。机制木浆也可作另外的漂白处理，而其间，在不改变不透光度条件下的亮度和白度以及纤维的强度，尤其是断裂强度、张力能和断裂负荷都完全或几乎不变。按照本发明，当使用上述酯类时，物料的木质素含量下降了约1％重量。按照本发明，当使用上述试剂与植物油衍生物如油菜籽油甲酯混合物时，木浆的提取量增加了。

本发明的方法也可按以下方式进行，即省去额外的漂白工序但仍能保持先前所达到的亮度和白度水平；或者漂白时显著减少化学药品用量以降低成本。尤其是用加碱的方法可避免纤维质材料随后的变黄现象。再则，本发明所用的二羧酸二烷基酯和/或一种或多种脂肪酸多元醇的单酯、双酯、三酯和/或更高级多酯和/或聚对苯二甲酸乙二醇酯和/或聚对苯二甲酸氧亚乙基酯共聚物可用作木片化学处理的试剂，由此即可按熟知的方法制造纤维素或木质纤维板或其前体制品。

以下实施例为本发明提供补充说明。

实施例 1～3

TMP 的制造是在一个制造高产率纤维质材料的装置内完成的，该装置具有如下特点：

流量	40～65 kg o.d./h（干燥炉）
预热容积	110dm^3（11m^3）
浸渍容积	15 dm^3（1.5m^3）
第一精磨段：	
——驱动功率	160 KW
——转　　速	1800～3600 rpm
研磨设备直径	300mm
第二精磨段：	
——驱动功率	160　KW
——转　　速	1485 rpm

实验是在 3000 rpm 精磨机转速、143℃温度和 0.35 巴压力下进行的，其间为保持材料性能的可比性，在加入试剂过程中通过改变研磨

机间隙将单产能量输入调节为零水平，而装置的功率、转速及温度、压力和流量均保持不变。

一次取 40 kg 预先分拣的木片，其含湿量相对于干炉木料的至少 30％重量，将其置于木料仓斗内通过预蒸、均匀润湿并停留 15 分钟使之脱气，然后通过输送螺杆将其送入预浸罐，同时通过输送螺杆将木片挤压粉碎，并从储罐连续计量输入浸渍流体进行均匀浸渍。采用己二酸二正丁酯、三油酸甘油酯和 1：1 定量比的三油酸甘油酯与油菜籽油甲酯的混合物作为浸渍剂；使用时将其配制成含 14％重量试剂和 8％重量的由乙氧基化脂肪醇或充分乙氧基化植物油制成的非离子型乳化剂的水乳液。浸渍剂每次用量为 2.8g/kg 木片；加入浸渍剂后立即将木片在 110～160℃温度下进行一步处理约 20 分钟，然后通过 2 个输送螺杆将其送入 CD 300 型的第一精磨段。制成的精磨料离开研磨区后被吹送到旋风分离器中，在此，蒸汽和纤维质材料得以分离。当浆料密度为 10％重量时，取一部分所制得的 TMP 浆料，用 1.8％水玻璃、0.5％的络合试剂、1.8％NaOH 和 3.8％H_2O_2（所有百分数按一次所取用的木质物料重量计）进行漂白（装袋漂白）。将漂白后的浆料水洗并用 SO_2 酸化至 pH = 8.0～8.5。

按照 Rapid－Köthen 法对片状试样进行光学性能评价。至此，例如取 500g TMP（约 20％重量干物料）用 10 升自来水制成浆。每片试样的物料初重为 375 克。

表 1 包括生产数据和所制得的 TMP 的数据，其中的缩写表示：

W_{spec}：单产能量输入

Mill：研磨程度

DT：脱水时间

TP2：平均的纤维溶液指标（从 3mm 开始对应于 100％）

R：碎屑含量

表 1

	浸渍试剂
对比例 1	无
实施例 1	己二酸二正丁酯
实施例 2	甘油三油酸酯
实施例 3	甘油三油酸酯和菜油甲酯

	功率 kW	流量 kg o.d./h	间隙 mm	W_{spec} kWh/t	Mill SR	DT s	TP2 %	R0.15 %
对比例 1	65	51	0.20	1280	23	-	31.5	9.1
实施例 1	65	54	0.17	1210	24	19.4	31.4	11.2
实施例 2	65	52	0.18	1250	22	16.1	28.7	10.4
实施例 3	65	52	0.18	1250	25	25.0	30.2	22.6

表 2 包括未漂白和漂白的 TMP 的光学性能数据。

表 2

	亮度 %	白度	色调	色饱和度	不透明性 %
未漂白的					
对比例 1	61.2	46.6	2.13	1.58	92.0
实施例 1	64.2	48.6	2.10	1.61	90.7
实施例 2	64.0	48.0	2.09	1.66	90.0
实施例 3	64.7	49.1	2.08	1.61	91.3
漂白的					
对比例 1	68.1	50.2	1.94	1.75	86.4
实施例 1	71.2	53.9	1.82	1.63	86.9
实施例 2	72.3	54.6	1.79	1.65	86.1
实施例 3	72.2	55.3	1.80	1.58	87.4

实施例数据说明，当采用本发明的试剂时亮度和白度均上升 3～4 个百分点。当对 TMP 进行附加的漂白处理时，实施例和对比例的不透明度保持一致，而亮度和白度都相应增加。

另外的若干制造 TMP 的实施例是按照上述方法并分别采用下列试剂进行的：

实施例		试剂用量
4	己二酸二正丁酯	5.6kg/t
5	己二酸二正丁酯和油菜籽油甲酯(1：1)	5.6kg/t
6	三油酸甘油酯	5.6kg/t

7　脱水山梨糖醇油酸单酯　5.6kg/t

8　聚酯/聚醚共聚物　5.6kg/t

（去污剂 PES－ET 1/30, Hüls AG 公司）

9　三油酸甘油酯　2.8kg/t

10　三油酸甘油酯　1.4kg/t

再按照上述方法对试样片的 TMP 各项测试值进行评价。所得数据归纳于表 3。

表 3

实施例	对比例 2	4 40g/kg	5	6 40g/kg	7 40g/kg	8 40g/kg	9 20g/kg	10 10g/kg
白度 (457nm)+ UV	39.9	45.1	46.4	46.0	46.5	44.3	45.8	46.0
反射率（%）（亮度）	53.7	59.5	61.3	60.7	61.0	58.7	59.8	60.1
色调 C/2° 黄	2.23	2.09	2.04	2.06	2.05	2.09	2.09	2.10
色饱和度 C/2°	1.70	1.61	1.61	1.61	1.57	1.63	1.56	1.56

此外，将实施例 4～10 得到的每一 TMP 试样按上述方法进行漂白。然后，取 300g 含约 20％干物料的浆料用自来水稀释成含 10％干物料的浆料并用搅棒搅动 30 秒钟后制成片状试样。所得到数据归纳于表 4。

表 4

实施例		对比例2	4 40 g/kg	5	6 40 g/kg	7 40 g/kg	8 40 g/kg	9 20 g/kg	10 10 g/kg
白度水平	立即	39.7	46.6	46.1	46.9	46.3	44.3	46.2	46.8
	24 h/80°C	40.3	44.8	44.7	45.2	44.6	43.5	45.1	44.3
	3.5 h/60°C	48.6	53.9	55.0	54.7	54.9	52.7	54.8	53.4
反射率 = 亮度	立即	54.7	62.1	61.6	62.3	61.6	59.4	61.3	61.4
	24 h/80°C	56.9	61.5	61.5	62.0	61.3	60.0	61.5	60.4
	3.5 h/60°C	66.6	71.9	73.1	72.4	72.9	70.3	72.3	70.8
色调 C/2°	立即	2.10	1.99	2.01	2.00	2.01	2.04	2.02	2.05
	24 h/80°C	2.19	2.11	2.09	2.07	2.09	2.13	2.10	2.12
	3.5 h/60°C	1.95	1.86	1.81	1.83	1.85	1.89	1.81	1.90
色饱和度 C/2°	立即	1.83	1.66	1.68	1.65	1.65	1.70	1.64	1.58
	24 h/80°C	1.92	1.80	1.82	1.80	1.81	1.82	1.77	1.77
	3.5 h/60°C	1.80	1.68	1.66	1.64	1.66	1.68	1.63	1.64

表 3 和表 4 所列数值表明白度水平、亮度、色调和色饱和度均获得显著改善。