

以色度转换实现承印材料底色的校正的方法研究

田全慧¹, 刘真²

(1. 上海出版印刷高等专科学校, 上海 200093; 2. 上海理工大学, 上海 200093)

摘要: 利用 Kodak 的 Approval 打样系统测试了 13 种印刷常用纸张, 总结了纸张底色对印刷色彩的影响, 并比较了校正纸张底色的 3 种色度转换方法: 不同测量衬垫的色度转换方法、相对色度转换方法和基于测量数据的多项式转换方法。分析比较发现: 如果印刷中使用理想黑, 则不同测量衬垫的色度转换方法与相对色度转换方法是等效的; 印刷色彩由于纸张底色差异所引起的色彩偏差, 并非完全符合线性的转换关系, 因此基于测量数据的多项式的色度转换方法的转换结果更加准确, 特别是当 2 种纸张间底色的色差大于 $4\Delta E_{ab}^*$ 时; 由于多项式的转换需要使用所有复制色彩的测量数据, 造成了实际应用中的诸多不便, 因此 ISO 13655 标准中的不同测量衬垫的色度转换方法较适用于纸张底色偏差的校正。

关键词:

中图分类号: TS801.3; TS802.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)13-0069-05

Study of Substrate Color Correction Method Based on Colorimetric Conversion

TIAN Quan-hui¹, LIU Zhen²

(1. Shanghai Publishing and Printing College, Shanghai 200093, China; 2. University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: 13 kinds of print paper were tested with Approval digital proofing system of Kodak. The effect of paper color on color reproduction was summarized. Three colorimetric correction methods for substrate color correction were compared, which were the linear correction based on measurement backing condition, relative colorimetric correction, and polynomial correction based on color measurement data. It was found that (1) the linear correction based on color measurement data is the same as the relative colorimetric method when ideal black is used in print reproduction workflow; (2) the color difference with different substrate does not fit for linear conversion, so the polynomial correction method is more accurate than the other methods when the color difference is more than $4\Delta E_{ab}^*$ especially; (3) the polynomial correction is based on full measurements data which is not convenient for industry, so the linear correction based on measurement backing condition introduced by ISO 13655 is more fit for color correction due to different substrate.

Key words: colorimetric conversion; substrate; paper color; calibration method

在印刷彩色复制中, 承印材料的底色往往作为印刷的“第五色”, 对印刷品产品的色彩质量有着十分重要的影响力。为此 ISO 印刷国际标准中对印刷使用纸张的底色进行了严格的规定, 例如胶印过程控制 ISO 12647-2 中规定了 5 种典型的胶印纸张色度标准^[1]。

然而在实际生产中, 印刷纸张往往与 ISO 标准纸

张间存在一定的差距。如 David Q. McDowell 在文献[2]中所使用纸张的色度值, 从中可以发现大量纸张并不在 ISO 标准纸张的范围。

当纸张的底色不标准, 特别是由于纸张中含有大量荧光增白剂时, 将导致印刷品色彩偏差问题。根据 ISO 13655: 印刷光谱测量与色彩计算技术标准的描述, 荧光增白剂将导致彩色样的 CIE $L^* a^* b^*$ 测量值

收稿日期: 2011-04-25

作者简介: 田全慧(1974—), 女, 云南昆明人, 上海理工大学在读博士生, 上海出版印刷高等专科学校讲师, 主要研究方向为印刷色彩管理、图像处理、印前技术等。

中的 b^* 值向蓝色方向改变 1~10 个单位,所以,纸张中的荧光增白剂将引起印刷品的颜色产生变化^[3]。

此外,在色彩匹配时,由于目前印刷色彩复制系统中所使用的测量仪器与标准灯箱不能完全准确地模拟 ISO 标准的参考光源(如 D50),因此,如果纸张中含有荧光增白剂,则测量仪器与标准灯箱就不能反映完全一致的色样特征,从而使色彩匹配出现问题,特别对色彩图像亮调与中间调部分影响较大^[4]。

为了寻找解决方法,笔者通过实验,对比相对色度转换方法^[5]、ISO 13655 黑色与白色衬垫的色度转换方法^[3]以及基于测量数据分析的多项式色度转换方法^[6],分析各方法在实际印刷生产中的作用效果和各方法所适用的状态以及相互转换的条件。

1 纸张底色对印刷复制的影响

1.1 实验器材与过程

为了分析纸张底色对印刷复制的影响,实验使用 David Q. McDowell 在 2009 年 6 月 CGAS 会议中所使用的 13 种纸张,Kodak 的数字打样系统 Approval 进行色彩复制^[5](使用 Approval 打样系统的原因是:该系统采用热升的输出原理,可保证 IT8.7/4 色表的输出色彩稳定性高;该系统输出样张的网点结构可与实际印刷品的网点结构完全一致,而且性能稳定;该打样系统能在从报纸到包装用纤维纸板等各种介质上打样,因此适用于本次实验的测试要求)。色彩复制样本通过同一台 X-Rite iSis 型分光光度计在 M0 测量状态(即 ISO 13655 标准定义测量光源的相对光谱功率分布应接近标准照明体 A,根据 ISO 10526 中的规定,不带 UV 去除滤镜的测量标准)下测量分光光度值。最后通过测量数据分析与计算得到相应的结果。

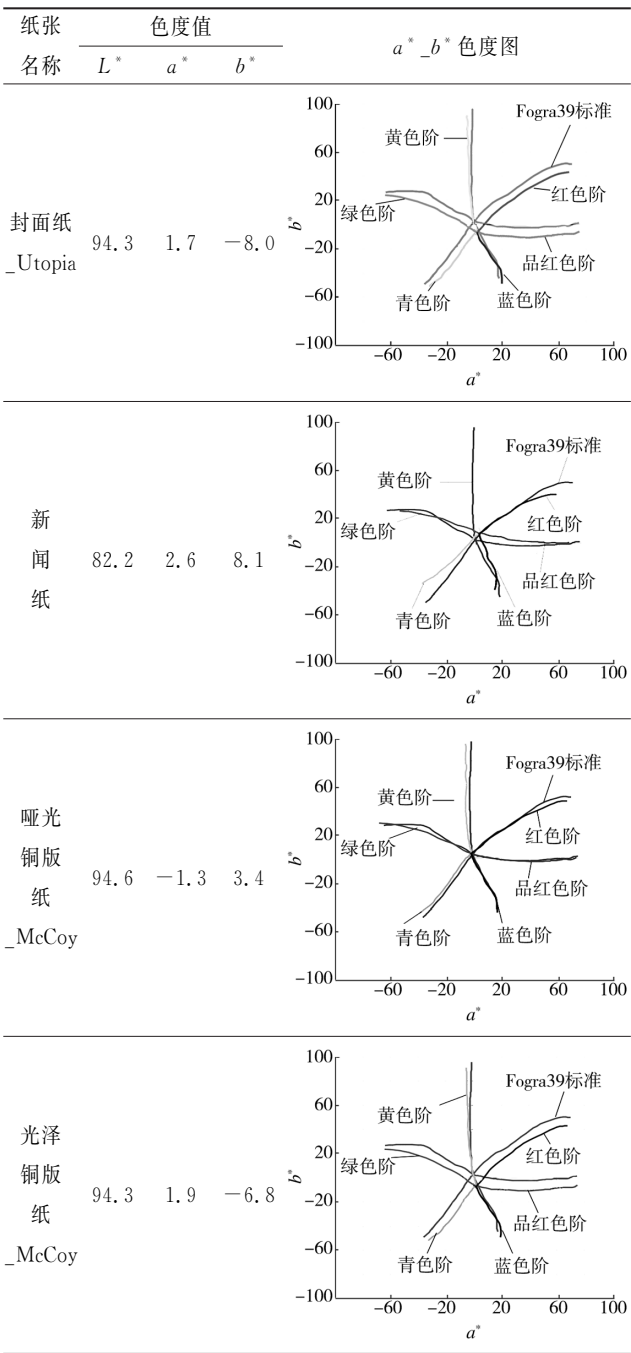
1.2 纸张底色对印刷色阶的影响

为了比较纸张底色对印刷复制阶调的影响,实验中选择 Fogra39 标准数据作为参照,对 13 种印刷阶调的复制结果进行比较。Fogra39 是欧洲印刷标准协会 Fogra 公布的,是针对 ISO 标准 1/2 类型纸张,采用胶印输出方式所得到的 CMYK 色彩特征数值。通过分析 IT8.7/4 中 CMYRGB 各色阶的色度值,绘制 $a^*_b^*$ 分布图,见表 1。

从 13 种纸张中选择了 4 种纸张,分别代表了底色偏蓝、偏黄、与 Fogra 标准相近似的纸张。表中纸

表 1 4 种典型纸样印刷复制 CMYRGB 色阶的 $a^*_b^*$ 色度图

Tab.1 The $a^*_b^*$ plots of CMYRGB scale in 4 kinds of paper



张的色度值代表纸张底色, $a^*_b^*$ 色度图则是各纸张印刷色样后所获得的 CMYRGB 各阶调与实地的色度值。

从表 1 中的图例可以看出,由于纸张底色的差异,导致了印刷色彩复制后各阶调的色度值与参照标准间也存在差异,其中随着纸张底色差异的变大,印刷复制后的色彩样与标准的差异也越来越大,并且差异主要表现在浅色调的区域。

1.3 纸张底色对灰平衡的影响

根据 ISO 10128 彩色印刷系统控制方法的标准,调节与控制印刷系统灰平衡常采用 3 个控制点,分别为 C25M19Y19, C50M40Y40, C75M66Y66^[7]。因此为了分析纸张底色对印刷色彩复制的影响,对各纸样复制的色彩样中的 3 个控制点进行分析,并将各色样灰平衡控制点绘制成 $a^*_b^*$ 色度坐标系统,见图 1,

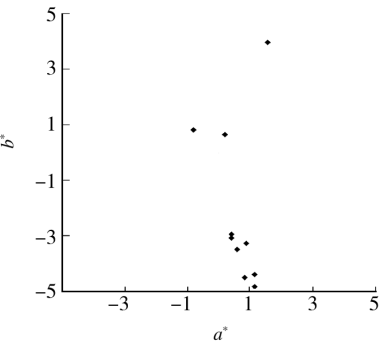


图 1 各纸张 C50M40Y40 色样 $a^*_b^*$ 分布
Fig. 1 The $a^*_b^*$ plot of C50M40Y40 in different paper

各纸张底色与灰平衡控制点的色度值见表 3。从图 1 可知,纸张底色偏色将影响中性灰的再现效果,如果纸张偏蓝,同样中性灰复制后也将偏蓝。

1.4 印刷色实地色度值的影响

2004 年 ISO 12647-2 将印刷油墨的实地密度标准修改为 CIE $L^*a^*b^*$ 值标准。印刷实地色在不同测量衬垫下的 CIE $L^*a^*b^*$ 色度值见表 2。此外为了满足实际生产的要求,ISO 标准规定了 $5\Delta E_{a^*b^*}$ 的色差宽容度。

由于纸张底色的影响,印刷色的实地与叠印色的色度值与 ISO 标准有较大的差异,13 种纸张中较突出的 4 种纸张印刷后的数据见表 3,所有颜色的指标都与 ISO 规定的标准存在明显的偏差,即色差在 5 个单位的色差之外。这说明如果以 ISO 标准对此色彩复制的结果进行评价,则此产品不符合 ISO 胶印印刷的标准,进一步说明了纸张的状态影响着印刷色彩的复制结果。

表 2 ISO 印刷实地标准^[1]
Tab.2 ISO print solid standard^[1]

纸张类型*	1+2			3			4			5		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
白色衬垫测量值(On White Backing)												
黑色	16	0	0	20	0	0	31	1	1	31	1	3
青色	55	-37	-50	58	-38	-44	60	-26	-44	60	-28	-36
品红色	48	74	-3	49	75	0	56	61	-1	54	60	4
黄色	91	-5	93	89	-4	94	89	-4	78	89	-3	81
红色(M+Y)	49	69	52	49	70	51	54	58	32	53	58	37
绿色(C+Y)	50	-68	33	51	-67	33	53	-47	17	50	-46	17
蓝色(C+M)	20	25	-49	22	23	-47	37	13	-33	34	12	-29

* :ISO 标准规定了 5 种纸张类型,分别用 1~5 依次表示。

表 3 4 种典型纸张的印刷实地色与叠印色的色度值

Tab.3 The colorimetric values of print solid and overprint colors with 4 typical paper

纸张类型	封面纸_Utopia			新闻纸			光泽铜版纸_McCoy Gloss			哑光铜版纸_McCoy		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
白色衬垫测量值(On White Backing)												
黑色	15	1	-2	18	1	5	31	1	1	13	0	2
青色	53	-32	-51	49	-38	-34	53	-32	-52	53	-38	-46
品红色	48	75	-6	45	67	1	48	75	-6	48	74	0
黄色	90	-6	90	80	0	78	90	-5	91	90	-5	94
红色(M+Y)	48	68	44	46	58	40	48	68	43	48	67	47
绿色(C+Y)	49	-64	25	48	-55	26	49	-64	24	48	-67	29
蓝色(C+M)	25	19	-49	25	14	-39	25	19	-49	24	17	-45

2 色度转换方法

纸张的底色对印刷色彩复制的阶调、灰平衡与实地色都有一定的影响,为了解决由于纸张的因素而引起的印刷控制问题,目前主有 Birkett 和 Spontelli 提出的以色彩管理的相对色度转换为依据的色度转换法、ISO 13655 标准中的测量衬垫转换法以及基于测量值的多项式色度转换法。

2.1 相对色度转换方法

相对色度转换方法原理是 ISO 15076-2 和 ICC.1 200-10 标准所定义的 ICC 特征文件中的源设备与目标设备介质白点(Whitepoint),计算输出到目标设备介质上的各色彩的三刺激值^[8],该算法原理可见参考文献^[9]。

2.2 基于 ISO 13655 测量衬垫的色度转换方法

ISO 13655 标准描述了使用不同的 2 种测量衬垫(白色或黑色)所测量的色彩的 CIEXYZ 色度值之间能通过线性的转换方法进行计算^[7]。David McDowell 将此方法应用于转换不同纸张上印刷的色彩的色度值,并于 2010 年 2 月的 CGAS 会议中公布了测试结果^[10]。该算法原理可见参考文献^[9]。

2.3 基于测量值的多项式色度转换法

根据含有和不含有荧光增白剂纸的印刷样品的测量数据,通过回归分析的方法可以推导出多项式的

色度转换公式^[6]。

$$X_2=X_1-\Delta X$$
$$\Delta X=C_{X1}X_1^3+C_{X2}X_1^2+C_{X3}X_1+C_{X4}$$
$$Y_2=Y_1-\Delta X$$
$$\Delta Y=C_{Y1}Y_1^3+C_{Y2}Y_1^2+C_{Y3}Y_1+C_{Y4}$$
$$Z_2=Z_1-\Delta Z$$
$$\Delta Z=C_{Z1}Z_1^3+C_{Z2}Z_1^2+C_{Z3}Z_1+C_{Z4}$$

(2)

式中: X_2,Y_2,Z_2 是转换后不含 OBA 纸张印刷色样的 CIE XYZ 色度值; X_1,Y_1,Z_1 是含 OBA 纸张印刷色样的 CIE XYZ 色度值; C_{X1},C_{Y1},C_{Z1} 是基于两者关系的转换系数。

3 色度转换后对纸张底色的校正

为了研究 3 种转换方法对纸张底色校正后对印刷控制的影响,使用光泽铜版纸_McCoy Gloss 作为测试样本,使用 ISO 12647-2 为印刷标准,分别测试色度转换前后印刷实地色控制指标的改变,以便于印刷生产时对印刷机台的控制。

ISO 12647-2 规定了印刷色四色实地的色度值,但这些值是基于 ISO 标准纸张下的数据。在实际印刷控制中,使用的纸张与标准纸张往往存在偏差,因此在印刷控制中需要及时调整目标值,以满足实际印刷生产控制。ISO 12647-2 标准下的目标值,经 3 种色度转换方法调整后的标准值见表 4。色差是调

表 4 色度转换调整 ISO 12647-2 标准的结果

Tab.4 Colorimetric conversion values of ISO 12647-2 print solid standard

	ISO 标准值				$\Delta E_{a^* b^*}$	调整后的标准			$\Delta E_{a^* b^*}$	调整后的标准			$\Delta E_{a^* b^*}$	调整后的标准			$\Delta E_{a^* b^*}$
				(相对色度)			(ISO 13655)			(多项式)							
	L^*	a^*	b^*	L^*		a^*	b^*	L^*		a^*	b^*	L^*		a^*	b^*		
Paper	95	0	−2	5.2	94	2	−7	0.0	94	2	−7	0.0	96	1	−7	1.8	
K	16	0	0	0.7	16	1	−1	0.9	16	0	−1	0.2	17	−1	−4	3.8	
C	55	−37	−50	3.9	55	−36	−54	2.2	55	−36	−54	2.2	55	−36	−53	2.2	
M	48	74	−3	0.3	48	75	−6	2.5	48	75	−6	2.4	48	75	−6	2.2	
Y	89	−5	93	1.5	88	−3	90	1.1	88	−3	90	1.0	89	−4	90	0.7	

整后的标准色度值与实际印刷控制时(在印刷控制适合的密度范围内)印刷实地色的色度值的差值。

从数值上分析,3 种转换方式对于实际印刷控制的标准调整后,可减少由于纸张底色的差别而引起的印刷色标准的色差,因此可用色度转换的方式进行标准值的调整,以便于预测实际生产控制过程中对于印刷实地色的控制指标,提高印刷生产效率。

从总体的数值分析结果看,3 种转换方式中相对色度转换与 ISO 13655 测量衬垫的色度转换较使用多项式色度转换的结果更优。

4 色度转换方法的讨论

从数学演算过程分析,各色度转换算法都是对色

彩的三刺激值在一定条件下的变换。因此,利用公式变换的方法,基于相对色度与基于 ISO 13655 的 2 种算法(在印刷色彩中最小的三刺激值可以达到 0 时)是完全相同的。

McCoy 纸张与 Fortune Gloss 参照纸张间的 CIEXYZ 与 $\Delta X, \Delta Y$ 与 ΔZ 之间关系见图 2,从样本

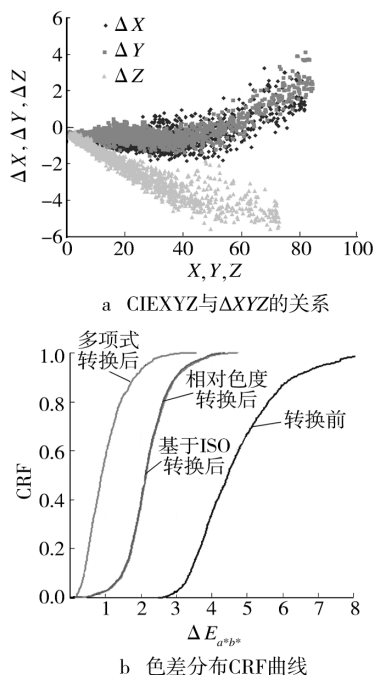


图 2 哑光铜版纸_McCoy 纸张上的色样

Fig. 2 Color samples in McCoy

点的分布来看,色样的分布并不呈现线性转换关系,而是呈现明显的曲线转换。并且从图 2b 色样值在转换前后的色差分布图中可以看出,在整个 IT8.7/4 色表中的 1617 个色彩都反映出使用多项式转换的结果,较其他 2 种转换方式的色差分布小。

此外,相对色度转换与基于 ISO 标准测量衬垫转换的算法,差别不是很明显,但在实际印刷中不可能出现印刷色彩产生理想的黑色(色度值为 $L^* a^* b^*$ 都为 0 的黑色)。考虑到印刷实际状态,使用基于 ISO 13655 不同测量衬垫的转换方法较合理。

5 结论

通过实验与数学推算,分析了由于纸张底色的差别所引起的印刷控制过程中,对印刷色实地色度特征、灰平衡特征以及印刷阶调的影响,同时研究了使用色度转换的方式对印刷控制目标的进行调整,以补

偿纸张底色的影响。从实验数据可以得到,各转换方法都有效地减少了由于纸张底色的差异所造成的印刷色彩的差别,从而证明了通过色度转换的方法可以实现对印刷标准实地色指标的调整,并能有效地控制印刷生产。

同时,使用色彩转换方法时,通过数学推导的方法可以证明,相对色度法与基于 ISO 13655 不同测量衬垫的转换方式在一定条件下是可以互相转换的,即当印刷色彩值中最小色度值都为 0 时。同时,计算相对色度的转换方法显然比测量衬垫转换的方法简单。但是,在印刷实际生产中不可能复制出色度值为 $L_0^* a_0^* b_0^*$ 的理想黑,因此测量衬垫转换方法较相对色度的转换方法更加合理。

此外,实验分析了每一种纸张的印刷色与参照纸张上的印刷色的关系,结果发现由于纸张底色差异所引起的色度值的差异,并非符合线性的转换关系,因此使用多项式的色度转换方法将得到更加准确的转换结果,特别是当 2 种纸张间底色的色差较大时(通常大于 $4\Delta E_{a^*b^*}$),如图 2b 所示的纸张印样,该纸样上复制的 30% 的色样的色差大于 $4\Delta E_{a^*b^*}$,从图 2b 可以发现多项式的转换结果较其他 2 个方法色差小。

在实际应用中,由于多项式的转换需要基于所有复制色彩的测量数据,因此使用很不方便,同时与其他 2 种方法相比较,其用于印刷色实地指标的调整效果也不如其他 2 种方法。

综上所述,ISO 13655 标准中的不同测量衬垫的色度转换方法,较适用于纸张底色偏差的校正。

参考文献:

- [1] ISO/DIS 12467-2, Graphic Technology-Process Control for the Manufacture of Half-tone Color Separations, Proof and Production Prints-Part 2[S].
- [2] McDOWELL D Q. Data Analysis Substrate Project, UST-AGN 3541, Oct. 30, 2009
- [3] ISO/DIS 13655. 2, Graphic Technology-Spectral Measurement and Colorimetric Computation for Graphic Arts Images[S].
- [4] WALES, TRISH. Make it Whiter and Brighter[J]. Graphic Arts Monthly, 2008, 80(7): 34.
- [5] BIRKETT W B, SPONTELLI C. Effect of Paper Color on Print Characterization Data Sets[C]. CGATS Meeting, Mesa, AZ, 2009.

良好的生产设备,合理的生产过程,完善的质量管理和严格的检测系统。总之,利用高新技术进行专业化发展,推行 GMP 制造标准,提高绿色包装机械的开发设计能力,是建立我国食品包装机械新体系、保证食品安全的必由之路。

参考文献:

- [1] 王殿华,孙超.科技对食品包装安全的影响及现代食品企业社会责任构建[J].中小企业管理与科技(上旬刊),2011(1):101.
- [2] 中国包装网.食品包装机械功能日益丰富 发展前景看好[EB/OL].(2011-12-18). <http://china.toocle.com/cbna/item/2010-12-18/5565364.html>.
- [3] 杨祖彬,戴宏民.绿色包装印刷工艺及材料[M].北京:印刷工业出版社,2009.
- [4] 中国设备网.食品和包装机械如何提高产品技术水平[EB/OL].(2010-07-30). http://www.cnsb.cn/html/news/495/show_495756.html.
- [5] 李越.技术进步是中国食品包装机械的发展方向[J].中国包装,2003(3):5-7
- [6] 中国食品机械网.我国食品包装机械和包装技术的发展前景[EB/OL].(2010-01-06). <http://china.toocle.com/cbna/item/2010-01-06/4946528.html>.
- [7] ISO 12100-2: 2003(E), Safety of Machinery-Basic concepts, General Principles For design-Technical principles [S].
- [8] 黄站立,马利平.我国食品包装机械现状及对策[J].现代制造技术与装备,2009,189(2):28-29.
- [9] 付又香.我国食品和包装机械的技术创新[J].食品与机械,2009,25(3):150-153.
- [10] 苏如意,代存海,赵彦军.包装机械与自动化最新发展研究[J].科技向导,2011(3):116.
- [11] 王国扣,赵美华,高维美,等.国外食品包装机械发展的基本特征[J].农产品加工(创新版),2009,182(8):7-10.
- [12] 食品机械行业网.世界包装机械发展趋势及我们的对策[EB/OL].(2010-09-28). <http://www.tech-food.com>.
- [13] 中国食品科技网.浅析:国产食品包装机械与国际的主要差距[EB/OL].(2010-06-22). http://www.tech-food.com/kndata/1027/0054932_2.htm
- [14] 贺兵,刘扬.模块化设计在包装机械设计中的应用[J].包装工程,2008,29(10):140-142.
- [15] 李晓冬.我国食品包装机械存在的问题与对策研究[J].商业经济,2008(7):80-81.
- [16] 生意社.包装机械发展必需重视机械安全[EB/OL].(2008-09-06). <http://china.toocle.com/cbna/item/2008-09-06/3714834.html>.
- [17] 食品机械行业网.国内包装机械未来发展面临着三方面挑战[EB/OL].(2010-12-16). <http://china.toocle.com/cbna/item/2010-12-16/5561320.html>.
- [18] 杨晓玉.食品包装机械发展的新趋势[J].现代制造,2007(18):10-11.
- [19] 朱琳.我国糖果包装现状及发展趋势分析[J].包装工程,2009,30(6):87-89.
- [20] JACSSENS L,DEVLEIGH F, Van der STEEN C, et al. Effect of High Oxygen Modified Atmosphere Packaging on Microbial growth and Sensorial Qualities of Fresh-cut Produce[J]. International Journal of Food Microbiology, 2001, 71(2-3): 197-210.

(上接第 73 页)

- [6] TIAN Quan-hui, CHUNG R. Study of Optical Brightening Agents (OBA) Correction Methods[J]. Advanced Materials Research, 2010, 174: 346.
- [7] ISO/DIS 15076-1, Image technology Colour Management—Architecture, Profile Format and Data Structure—Part 1[S].
- [8] ICC. 1: 2004-10, Image Technology Colour Management—Architecture, Profile Format, and Data Structure [S].
- [9] 田全慧.承印材料底色的色度校正方法研究[J].出版与印刷,2010(4):26
- [10] McDOWELL D Q. Substrate Project Description and Summary Report, USTAG and CGATS USTAG N 3634, February 4, 2010.
- [11] 蒋磊,赵中亮,杨端阳.纸张白度对印品质量的影响[J].包装工程,2008,29(3):66
- [12] 梁菊华.纸张白度对印刷色差的影响[J].包装工程,2005,26(6):48