

基于数理评价方法的挖掘机色彩意象设计

杨帆, 任家骏, 李娟莉, 张琳
(太原理工大学, 太原 030024)

摘要: **目的** 针对国内挖掘机色彩设计的盲目性和无规律性, 提出了基于数理评价的矿用挖掘机色彩意象设计方法。**方法** 首先分析了挖掘机色彩意象的定位以及挖掘机色彩的发展趋势, 然后利用数理分析方法建立邓氏关联度的数学模型, 对数据进行编程计算, 最后通过数值分析的结果选取最优方案。**结论** 实验表明, 该方法可将抽象的色彩意象转化为精准的数值, 方便设计师作出科学判断, 也使挖掘机厂家在挑选方案时清晰明了。

关键词: 数理评价方法; 挖掘机; 色彩意象方案; 邓氏关联法

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)22-0246-05

Color Image Design of Mine Excavator Based on Evaluation Method

YANG Fan, REN Jia-jun, LI Juan-li, ZHANG Lin
(Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

ABSTRACT: According to the blindness and non regularity of the color design of excavator in China, the color image design of mine excavator based on evaluation method is proposed. Firstly, the orientation of the color image of the excavator and the development trend of the color of the excavator is analyzed, and then the mathematical model of the correlation degree of Deng's is established by the method of mathematical analysis, and then programming calculation of the data. Finally, the optimal scheme in the result by numerical analysis is selected. This research shows that the method is accurate and scientific, and the method can transform the abstract color image to the accurate numerical value. It is beneficial for designers to make scientific judgments, and manufacturers to select a program.

KEY WORDS: mathematical evaluation method; excavator; color image scheme; Deng's correlation method

随着我国挖掘机品牌的不断崛起, 挖掘机行业从单纯的模仿国外挖掘机时代, 进入自我研发提高品牌价值和形象的新时代, 挖掘机市场竞争越来越激烈。首先, 将挖掘机厂家的文化特征融入色彩中, 使挖掘机在外部视觉冲击力上与其他品牌挖掘机形成鲜明对比以提高自身辨识度^[1]。其次, 美的颜色更加符合顾客的感觉要求, 使顾客更容易记住品牌, 加深对品牌忠诚度; 另外, 将企业文化以及思想赋予到色彩上, 以传递企业精神。为此不少学者对挖掘机色彩设计进行了研究, 湘潭大学的李永江进行了基于工程机械产

品的品牌识别的色彩设计, 对其进行设计过程和方法的研究。并进行了实际设计实验, 结果证明了其理论的可行性和有效性^[2]。长安大学的王恺等人论述了色彩对挖掘机设计的重要意义, 对其规律和影响进行了归纳分析, 结合实际案例证明其观点正确性^[3]。上述研究对本文的深入有一定的借鉴作用, 但是还存在抽象色彩意象无法验证其是否合理的问题, 以及设计过程无法标准规范化等问题。笔者运用上述观点在进行挖掘机色彩设计时, 考虑其特殊性以及各种因素进行深度的分析总结, 再根据品牌特色制定出相关色彩

收稿日期: 2017-06-30

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863计划)(2012AA062001); 山西省科技研究基金(201601D021084); 山西省基础研究项目(2015021118)

作者简介: 杨帆(1989—), 女, 河南人, 太原理工大学硕士生, 主攻产品造型与人机工程学、艺术设计学。

通讯作者: 任家骏(1958—), 男, 山西人, 硕士, 太原理工大学教授, 主要研究方向为机械优化设计及CAD、机械传动、人机工程及造型设计。

计准则。经过调查和研究后制定多套色彩方案，为了提高准确性以及科学性，运用邓氏关联法对色彩方案进行比对分析，从而得到最优色彩方案，有效科学地为企业制定方案。

1 挖掘机色彩定位

1.1 人一机—环境

人是设计的主体。“人一机—环境”中的“人”作为设计中最重要因素，设计最终目的是服务于人，对于挖掘机来说，作业环境对于外观色彩的选择是很重要的一环，设计搭配色彩要考虑人机环境的协调。挖掘机多用在矿山、公路、桥梁、拆迁等室外环境下进行作业，因为挖掘机要针对不同的作业环境进行不同的色彩设计。和作业环境比较统一的色彩从色彩心理学的角度，可以使工作人员保持工作效率，降低视觉疲劳，保证操作的稳定安全。从另一方面来说，合适的挖掘机色彩也可以装点周围环境，同时也可以调动周围工作人员的积极性保持良好的心态。

在具体设计时应注意：挖掘机的主要工作环境为户外，以矿用挖掘机 wk55 为例，其外观主要色彩应选用例如黄色、橘色或者蓝色同周围环境形成强烈对比的颜色为宜；工作地点的环境光分为自然光和人工照明，在自然光的环境下，机身所呈现的是机身本身的固有色，而在凌晨和夜晚的时段（人工照明）机身的外观随着人工照明而有所改变^[4]，因此应将挖掘机作业的环境光源和周围陈设的色彩内容纳入初期筛选制定色彩方面的考虑范畴之内。

1.2 挖掘机色彩共性与特性

挖掘机品牌色彩应有其自身特殊性，不是说彻底脱离挖掘机厂家特色颜色定位范围。对挖掘机厂家品牌设计来说，要在保持行业共性的前提之下来寻求自己独特的个性。这样挖掘机才能有更大的市场。颜色都是千变万化的，在色彩的原本色调的基础上进行变革和创新就会变化出各种各样的美。在挖掘机的造型意向定位基础上，根据其品牌挖掘机的色彩设计标准和挖掘机色彩设计各方面的影响因素，灵活变通的运用色彩，根据企业自身文化、历史特色等因素进行主色和辅色空间布局、标志位置大小、字体外置比例等各项设计，制定挖掘机色彩合理的评估标准，最终取得色彩设计方案^[5]。

2 挖掘机色彩趋势

2.1 借鉴传统色彩

挖掘机颜色以黄、黑、灰等色彩为主。在我国挖掘机不断演化的历史，我国最早研发的挖掘机，由于

当时的历史环境工程机械多以军绿色为主。第二个时期因美国卡特公司发明了“卡特黄”国内的挖掘机企业跟风模仿，进入了挖掘机色彩的模仿学习阶段。20 世纪 80 年代后，挖掘机设计的不断发展，也应顾客的需求挖掘机的色彩也进入了新的彩色时期。在不断的模仿学习发展的过程中保留下很多的好的色彩，一些传统的挖掘机色彩已经深入人心，并且在实际运用中得到证实符合驾驶员的使用需求并且能代表企业形象。例如美国卡特彼勒公司研发俗称“卡特黄”^[6]，可以根据优秀的色彩进行色彩之间相互搭配，把不同品牌类似色系产品进行对比分析，即色相、辅助色、比例等分析图，见图 1，可以看出，图 1 中品牌挖掘机虽然主体为同一色系，但是在色相上都有各自的变化，色彩的比例分配也不同，不同明暗度的黄色所带给人们的感受也不相同，通过合理的色彩比例划分以区分挖掘机功能区域，同时具有安全指示的效果。利用色彩的色调变化和不同配色方法来设定品牌颜色。运用小色块相互变化组合，不同的风格的色搭配，形成品牌的独特特色。

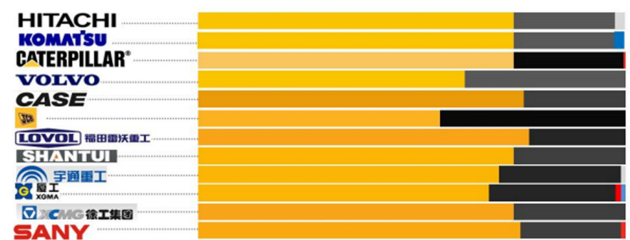


图 1 挖掘机色彩比例
Fig.1 Excavator color scale

2.2 加入流行色彩

人们不断丰富的物质文化生活促进了大众审美情趣发展变化。在挖掘机色彩规范定位下设定挖掘机基本色彩后可以加入流行色彩对挖掘机进行色彩区分^[7]，挖掘机的品牌色彩将流行色和传统色彩相结合，使挖掘机色彩符合驾驶者的视觉需求和满足购买者的审美需要，使挖掘机符合色彩定位又和流行色彩完美的结合。传统与时代流行相结合，满足购买者不断变化的审美需求，在竞争中立于不败。

2.3 个性化色彩定位

因行业竞争的多元化，色彩方案设定不仅仅是局限于对时代、环境等一些常规因素的考虑，代表品牌形象和符合消费者不断增长的审美要求的色彩才是定位的重点。在经济繁荣物质文化生活不断丰富的当今，人们对精神世界要求不断提高，品牌形象宣传和色彩定位成为企业面对激烈竞争的法宝^[8]。色彩是传递企业文化的工具，并不是全部的企业文化的代表者，色彩为品牌的整体定位服务，是品牌定位的配角，做好自己范围内的作用是色彩定位的真正意义。

3 基于邓氏关联度进行色彩计算

邓氏关联度是一种多因素统计分析法,以各因素样本数据为依据用灰色关联度来描述因素间关系,利用位移差反应两序列间发展过程或量级的相移差^[9]。为缩短产品色彩设计的周期,并提高效率,提高色彩意象评价的准确性,可利用数学方法来进行配色和评价,因此选用邓氏关联法计算色彩样本的意象评价价值,从而选取最佳色彩方案。

设参考对象: $X = \{x_0(j), j=1,2,\dots,n\}$; 被比较对象: $X_i = \{x_i(j), j=1,2,\dots,n\}, (i=1,2,\dots,m)$ 。则 X_0 和 X_i 的邓氏关联度 $\gamma(X_0, X_i)$ 定义为:

$$\gamma(X_0, X_i) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \gamma(x_0(j), x_i(j)) \quad (1)$$

$$\gamma(x_0(j), x_i(j)) = \frac{\min_i \min_j |x_0(j) - x_i(j)| + \zeta \max_i \max_j |x_0(j) - x_i(j)|}{|x_0(j) - x_i(j)| + \zeta \max_i \max_j |x_0(j) - x_i(j)|} \quad (2)$$

公式(2)中: ζ 是辨别系数,且 $\zeta \in [0,1]$ 。

运算过程: 设立 125 个基本色彩样本,使用 RGB 色彩系统,让 R, G, B 的值均以 64 位单位间距进行变化取值,所建立的 125 个基本色彩样本作为方案的对比模板。计算出彩色方案与色彩样本的关联度,每个色彩方案 $X_i(R_i, G_i, B_i)$ 与设定 125 个基本色彩样本中都有相互呼应的上下相邻色彩 $X_{01}(R_{01}, G_{01}, B_{01})$ 和 $X_{02}(R_{02}, G_{02}, B_{02})$ 。根据公式(1)(2),分别计算 X_i, X_{01}, X_{02} 之间的关联度,即 $\gamma(X_{01}, X_i)$ 和 $\gamma(X_{02}, X_i)$ 。目标色彩意象评价价值求解,通过问卷总结得出意象词汇,得出 125 个样本与意象词汇各自相对的意象评价价值。样本色彩的意象评价价值 e_i 关联度和公式(3)求出。

$$\begin{cases} a_1 = \gamma(X_{01}, X_i) / (\gamma(X_{01}, X_i) + \gamma(X_{02}, X_i)) \\ a_2 = \gamma(X_{02}, X_i) / (\gamma(X_{01}, X_i) + \gamma(X_{02}, X_i)) \\ e_i = e_{01}a_1 + e_{02}a_2 \end{cases} \quad (3)$$

其中: a_1, a_{02} 为方案 X_{01} 和 X_{02} 的意象评价权重系数; e_{01}, e_{02} 为方案 X_{01} 和 X_{02} 的意象评价价值。

4 基于邓氏关联法的意象色彩试验研究

4.1 色彩方案设置

在上述理论基础的指导下,笔者以太重 WK55 露天矿用挖掘机为例对其进行实验验证,太重 WK55 露天矿用挖掘机侧面静止图,见图 2,由于挖掘机行走机构颜色不变,因此行走机构不参与整体色彩的计算过程。设机身的色彩为 A ,动臂和铲斗的色彩为 B 。根据结构图 2 所示面积,经过计算 A 与 B 色彩比例面积 $P_A=0.8, P_B=0.2$ 行走机构忽略不计^[10]。

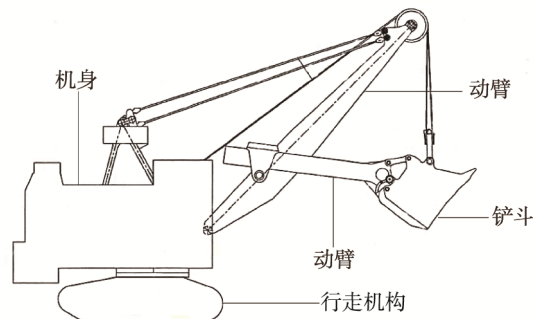


图 2 WK55 挖掘机侧面图
Fig.2 WK55 excavator profile

将 125 个基本色彩以单色形式赋予图 2 中的挖掘机,形成 125 个挖掘机基本色彩样本,见表 1。通过调查与走访,网络等方式选出应对与 WK55 露天矿用挖掘机的色彩意象词汇,从中选出“有印象—没印象”一组词汇进行评价。根据挖掘机特殊性选取(设计师 10 名,挖掘机司机 15 名,挖掘机购买者 20 名)对色彩样本进行评价从而得出意象值。评价标准分为“极差印象 1, 没印象 2, 一般印象 3, 有印象 4, 好印象 5, 特别好印象 6”。

笔者根据上文对挖掘机色彩设计的研究及其基本色彩规范,对太重 WK55 挖掘机配色方案进行设

表 1 125 个基本色彩样本
Tab.1 125 basic color samples

序号	R, G, B	意象值	序号	R, G, B	意象值	序号	R, G, B	意象值	序号	R, G, B	意象值
001	0,0,0	4.22	033	64,64,128	2.33	065	128,128,255	1.06	097	192,255,64	3.23
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
027	0,255,255	5.76	057	128,64,64	0.53	089	128,0,255	3.45	118	255,192,128	4.54
028	64,0,0	5.12	058	128,64,128	0.72	090	128,64,0	2.10	119	255,192,192	4.99
029	64,0,64	0.12	059	128,64,192	1.16	091	128,64,64	0.36	120	255,192,255	5.67
030	64,0,128	0.21	060	128,64,255	1.32	092	128,64,128	1.76	121	255,255,0	6.01
031	64,0,192	0.34	061	128,128,0	5.25	093	128,64,192	2.34	122	255,255,64	5.31
030	64,0,255	1.15	062	128,128,64	5.80	094	128,64,255	1.87	123	255,255,128	5.59
031	64,64,0	2.60	063	128,128,128	1.00	095	128,128,0	0.39	124	255,255,192	5.66
032	64,64,64	1.98	064	128,128,192	1.05	096	128,128,64	0.42	125	255,255,255	5.70

计，注意以下几点：太重挖掘机的品牌形象特点；矿用挖掘机的工作环境特殊性；矿用挖掘机使用人群；原有色彩的借鉴及传承。针对以上观点中提出的设计要素和规范设计出 8 套针对 WK55 矿用挖掘机的配色方案，方案具体见表 2。

表 2 配色方案
Tab.2 Color scheme

序号	A(R, G, B)	B(R, G, B)
1	230,120,21	0,148,220
2	21,145,62	40,21,110
3	143,85,110	90,144,118
4	65,175,223	121,64,117
5	0,94,163	41,35, 27
6	244,193,2	194,10,0
7	81,171,129	198,96,50
8	81,31,94	116,198,240

4.2 visual studio2013 编程计算

找出选定的 8 组挖掘机色彩方案在色彩样本中上下相邻的 R, G, B 值，例如色彩案例 2A₂(20, 145, 62) 上下样本色为 A₂₁(0, 128, 0), A₂₂(64, 192, 128), 方案色彩 B₂(40, 22, 110) 相邻色彩本为 B₂₁(0, 0, 64), B₂₂(64, 64, 128)。

根据公式(1)和公式(2) ($\zeta = 0.5$) 求得色彩方案和色彩样本间的关联度，再根据公式(3)得出 A₂, B₂ 的意象评价价值。最后结合 P_A, P_B 的色彩面积比率，应用 visual studio2013 软件编写程序带入数据到方案 2 色彩总体意象值为 3.91。

应用 visual studio2013 编写公式程序对数值进行计算的到 8 组方案的取值，得出 8 组方案的意象值，见表 3。

表 3 色彩意象值
Tab.3 Value of color image

代号	e _A (n)	e _B (n)	e[n]
1	4.39666	5.4688	4.611088
2	4.56222	1.29605	3.908986
3	0.256333	2.77762	0.7605904
4	2.00217	1.41399	1.884534
5	2.15093	3.10145	2.341034
6	2.79451	4.7751	3.190628
7	0.823448	4.53813	1.5663844
8	0.441405	4.89315	1.331754

通过运算得出 8 套方案(表 3)的各意象值(e[n])，8 套方案意象值由高到低排名顺序为：1>2>6>4>7>8>3，方案 1 为最佳 wk55 露天矿用挖掘机的最佳色彩方案，P_A 为浅蓝 P_B 为灰黑的组合，最终确定色彩方案。结合数据同时考虑到太原总重重工集团前身为太原重型机器厂，是新中国自行设计建造的第一座重

型机械制造企业。考虑其自身深厚的企业文化同时结合太重原有的挖掘机产品，最终笔者认为参考数据所给出的结论方案 1 是最佳选择。

根据得出的样本数据为 WKK55 制作色彩方案效果图，根据数据挖掘机主机身采用蓝色，太重品牌标识为蓝色，见图 3 (图 3—4 均摘自太重官网)，且太重挖掘机早期的产品中也采用了蓝色，见图 4，新方案的蓝色在早期产品色彩上改进颜色，使其更为醒目也更体现品牌形象。根据上文所总结归纳的挖掘机色彩设计理念对细节进行设计，首先对铲斗前段使用黄色起到警示作用对铲斗上端配合橘红色进行小色块点缀，挖掘机小部件选用和铲斗前段黄色(同色系降低明度)起到大色块色彩划分的妙处。最后围栏的颜色选为白色起醒目和警示作用(在夜晚可见度会高于其他色彩)的同时也分割了机身色彩同时，腰线选择机身上已选取的黄色和灰黑色搭配见图 5。



图 3 太原重工标志
Fig.3 Taizhong identification



图 4 旧款太重挖掘机
Fig.4 The old Taizhong excavating machinery



图 5 色彩方案
Fig.5 Color scheme

5 结语

本文对挖掘机外型色彩设计所需注意的事项进行归类总结,要求色彩具有塑造品牌形象、提升品牌价值、满足消费者审美意象、符合作业环境及其人机工程学对色彩的要求。根据上诉要求以太重 WK55 矿用挖掘机为例运用邓氏关联法进行数理统计分析,运用编程运算得出结果,快速准确得到意象值。设计思路及其邓氏关联法在此类设计中都可以应用。方法思路缩短设计时间提高设计准确性及科学性,把抽象意象思维转化为精准的数据,为设计师和企业在选择时提供了重要的数据支持,以得到完美的色彩意象方案。

参考文献:

- [1] 王平, 杨君顺, 高晋. 色彩心理学在产品中的应用[J]. 轻工机械, 2008, 26(2): 5—7. WANG Ping, YANG Jun-shun, GAO Jin. Application of Color Psychology in Product Design[J]. Light Industry Machinery, 2008, 26(2): 5—7.
- [2] 李江泳. 基于品牌识别的工程机械色彩设计研究[J]. 图学学报, 2014, 35(3): 423—428. LI Jiang-yong. Research of Color Scheme for Construction Machine Based on Brand Identity[J]. Journal of Graphics, 2014, 35(3): 423—428.
- [3] 王恺, 陈娇红, 张伟社. 工程机械产品的色彩设计研究[J]. 机电产品开发与创新, 2008, 21(3): 71—72. WANG Kai, CHEN Jiao-hong, ZHANG Wei-she. The Study of Color Design in Construction Machinery Products[J]. Development & Innovation of Machinery & Electrical Products, 2008, 21(3): 71—72.
- [4] 周广, 常生德. 关于大规模机械定制工程的产品设计探究[J]. 煤炭技术, 2013, 32(2): 238—239. ZHOU Guang, CHANG Sheng-de. Exploration about Large-scale Machinery Custom Engineered Products Design[J]. Coal Technology, 2013, 32(2): 238—239.
- [5] 曾智林. 基于色彩工学探究工程机械产外观安全警示设计[J]. 包装工程, 2012, 33(12): 88—91. ZENG Zhi-lin. Safety Design of the Engineering Machinery Product Appearance Based on the Color Engineering[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(12): 88—91.
- [6] 高慧. 解析工程机械的色彩运用法则[J]. 包装工程, 2012, 33(2): 61—64. GAO Hui. Analysis of Color Application Rules of Construction Machinery[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(2): 61—64.
- [7] 王占北, 程炎明. 色彩语义学在产品设计中的一些构想[J]. 湖北工业大学学报, 2005, 20(3): 173—178. WANG Zhan-bei, CHENG Yan-ming. Tactics of Translating Chinese Folk Wisecracks[J]. Journal of Hubei University of Technology, 2005, 20(3): 173—178.
- [8] 沈雷鸣. 企业形象设计中的色彩运用[J]. 包装工程, 2013, 34(20): 125—128. SHEN Lei-ming. Color Application in the Design of Enterprise Image[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(20): 125—128.
- [9] DING M, DONG W. Multi-working Mode Product Color Planning Using Evolutionary Algorithm and Swarm Intelligence[J]. Journal of Computational and Theoretical Nanoscience, 2013, 10(12): 2906—2911.
- [10] 张琳, 赵静. 产品色彩设计意象评价的数理方法研究[J]. 机械设计, 2014, 31(12): 108—111. ZHANG Lin, ZHAO Jing. Mathematical Method Study on Image Evaluation of Product Color Design[J]. Journal of Machine Design, 2014, 31(12): 108—111.