人眼对表面色白－黑系列明度等级的辨别*

林仲贤　许宗惠　孙秀如　张增慧

中国科学院心理研究所

关键词：表面色　白－黑系列　明度　视觉

[提要]本文报道了人眼对表面色白－黑系列明度等级的实验结果。结果表明，明度值（感觉值）与反射率因素（物理值）之间的关系是一种非线性关系。如果以最白的一端（反射率为 97.5%）与最黑的一端（反射率为 0.3%）为距离，找出其明度等距的中点，得出其中点的中性灰色的反射率不是 50%左右的一块，而是要比物理值反射率低得多的一块，人眼才感觉与两端明度是等距的。以此再进行逐级明度等级的评定。总的趋势是各等级间的明度值（感觉值）明显低于物理值。在研制色谱划分等级时，应充分考虑人眼的这种感觉特性。

1. 前言

非彩色可以排成一个系列，它由白色到浅灰、中灰、深灰直至黑色，称为白－黑系列或无色系列。在表面色中（surface color），白－黑系列的反射率表征物体的明度，一般地说，反射率越高的物体，接近白色；反射率越低的，接近黑色。在颜色的三个基本属性中（色调、明度、饱和度）属于非彩色的白－黑系列只具有明度这一属性。物体反射率是一种物理量，它是在特定的照明条件下，从物体反射的光通量与从完全漫反射面反射的光通量之比。明度则是刺激物作用于眼睛所发生的感觉效应，它是一种心理量，表示视觉经验从白至黑变化的维度。人眼对物体明度的感觉是依从甚么样的规律呢？如果让其在最白和最黑的一系列中性灰色间选出一块处于在感觉上被认为是最白和最黑两者中点，具有同等距离明度差别的色样时，他是选择反射率为 50%左右的一块呢还是要比反射率高或低的色样？也就是说物理值（Y）与感觉值（V）是一种线性关系呢还是一种非线性关系？本实验设计一种明度等级辨别，探讨了人眼对明度等级辨别的这一特性，对于进一步揭示人眼对外界刺激具有选择性反映的特点具有积极意义。

2. 方法

试样的研制　为了满足本实验所需要的从最白经浅灰、中灰、深灰直至最黑的各个等级的试验样品，我们采用树脂涂料工艺研制出用于本实验的白－黑系列试样共 62 块，样品大小为 3×3cm。此外为了解决最白的一块试验样品，采用烟薰氧化镁（反射率 97.5%）以及最黑的两块样品，一块为黑棉织布（反射率 1.9%），一块为黑丝绒（反射率 0.3%），各样品采用一台日立 607 分光光度计进行了分光测定，其反射率及中性水平见表 1。

* 本研究系国家自然科学基金资助项目部分内容，实验得到广州华南师大心理系师生协助，特此致谢。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.ne

表 1　样品的反射率、色度坐标(C 光源)

序号	反射率(%)	色度坐标		误差*
		X	Y	
1	80.09	0.3091	0.3181	0.00257
2	81.86	0.3085	0.3172	0.00183
3	80.54	0.3086	0.3170	0.00163
4	79.99	0.3087	0.3171	0.00167
5	79.32	0.3085	0.3166	0.00122
6	77.22	0.3088	0.3172	0.00178
7	76.47	0.3087	0.3170	0.00156
8	73.35	0.3087	0.3171	0.00156
9	72.95	0.3089	0.3173	0.00176
10	71.06	0.3087	0.3169	0.00142
11	70.03	0.3087	0.3169	0.00142
12	65.19	0.3092	0.3174	0.00195
13	59.67	0.3086	0.3168	0.00142
14	56.28	0.3086	0.3170	0.00156
15	53.53	0.3088	0.3172	0.00174
16	51.07	0.3089	0.3173	0.00183
17	45.81	0.3102	0.3189	0.00362
18	44.07	0.3082	0.3169	0.00167
19	43.55	0.3088	0.3176	0.00214
20	43.21	0.3087	0.3176	0.00209
21	41.11	0.3077	0.3164	0.00167
22	40.22	0.3089	0.3178	0.00231
23	38.41	0.3088	0.3177	0.00221
24	35.65	0.3085	0.3175	0.00205
25	35.42	0.3082	0.3172	0.00194
26	34.47	0.3087	0.3177	0.00227
27	32.62	0.3081	0.3173	0.00200
28	31.13	0.3076	0.3167	0.00195
29	30.57	0.3081	0.3172	0.00198
30	30.08	0.3080	0.3171	0.00197
31	29.73	0.3079	0.3171	0.00204
32	29.05	0.3081	0.3173	0.00205
33	27.56	0.3080	0.3173	0.00208
34	24.87	0.3078	0.3172	0.00213
35	24.29	0.3079	0.3173	0.00214
36	22.48	0.3081	0.3171	0.00192

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.ne

37	21.07	0.3071	0.3165	0.00224
38	20.33	0.3070	0.3165	0.00230
39	19.51	0.3065	0.3160	0.00264
40	18.83	0.3072	0.3167	0.00220
41	17.03	0.3067	0.3160	0.00242
42	16.26	0.3061	0.3155	0.00304
43	15.88	0.3060	0.3156	0.00313
44	14.14	0.3056	0.3148	0.00361
45	12.91	0.3051	0.3144	0.00414
46	11.57	0.3044	0.3136	0.00505
47	10.76	0.3038	0.3133	0.00579
48	9.98	0.3051	0.3131	0.00465
49	9.11	0.3052	0.3129	0.00467
50	8.34	0.3034	0.3115	0.00696
51	7.94	0.3042	0.3121	0.00591
52	7.57	0.3045	0.3125	0.00548
53	7.05	0.3040	0.3122	0.00608
54	6.66	0.3048	0.3124	0.00531
55	6.28	0.3049	0.3126	0.00511
56	6.06	0.3047	0.3121	0.00554
57	5.81	0.3058	0.3133	0.00396
58	5.66	0.3051	0.3121	0.00526
59	5.30	0.3059	0.3133	0.00391
60	5.03	0.3037	0.3129	0.00431
61	4.29	0.3083	0.3153	0.00080
62	3.90	0.3091	0.3155	0.00003
63	1.90	0.3072	0.3106	0.00528
64	0.30	0.3093	0.3155	0.00016
65	97.5			氧化镁色样

★表中误差值为在CIE1931xy色品图上C光源坐标点与C光源照射下的样品的坐标点之间的距离。氧化镁色样系一块具有完全反射漫射体的白色样品。

受试者 男女大学生12名，男女各6人均系大学二年级心理系学生。年龄18—21岁，平均年龄19.3岁，视力及色觉均正常。进行正式实验前，对他们说明实验目的和要求，要求认真进行实验，并给予一定次数的练习。

实验条件 试验样品随机地放置在一桌面上的一块中性灰布上(反射率为20%)，采用从北面窗口射入的自然光照明，由于实验是在南方广州地区进行，时值夏季，光照控制在下午3:00进行，照度在800—1000勒克斯范围。实验照明及观察条件为45/0，即45°方向照明样品，垂直方向观察。实验是在一安静室内个别地进行。

实验步骤 实验是个别地进行。要求被试者从一系列灰色样品中找出一块在主观感觉

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.ne

上与最白的一块样品(氧化镁)和最黑的一块样品(黑丝绒)有着同等明度距离的中灰色样，也就是说，要找出一块在视觉上处于最黑与最白之间的正中的一块中性灰色，然后再在黑色样与中灰色样之间作等分，找出一块在明度上距两者之间等距的深灰色样，同样也在白色样与中灰色样之间作等分，选出另一浅灰色样，这样一步步地选下去从而得出在知觉上被认为明度等距的由黑到白的许多灰度等级。在本实验中，被试者依次要作 10 次的明度等级排列判断。

3. 结果与分析

实验结果见表 2 及图 1 所示。

表 2　人眼对表面色白－黑系列明度等级判断平均百分数

明度等级	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
物理值(Y)	100	93.75	87.5	75.0	62.5	50.0	43.75	37.5	25.0	12.5	6.0	0
感觉值(V)	97.5	70.3	46.3	25.3	17.7	11.0	10.0	8.8	6.1	4.3	2.9	0.3

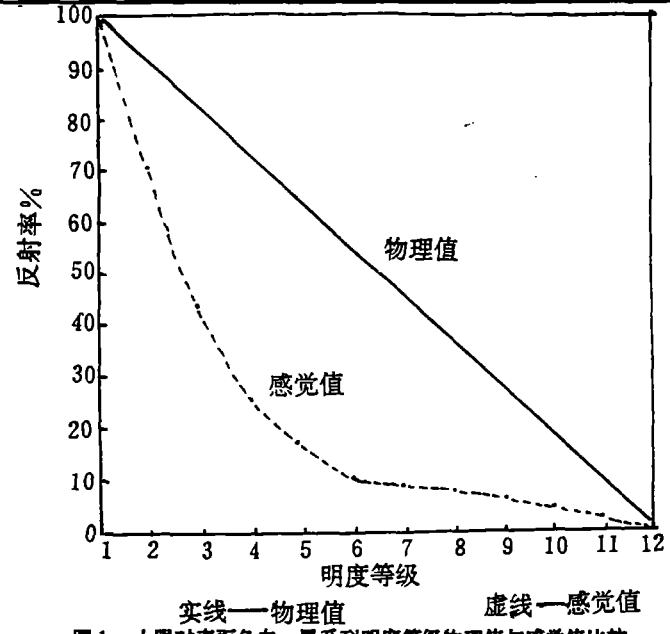

图 1　人眼对表面色白－黑系列明度等级物理值与感觉值比较

从表 2 及图 1 可以见到，人眼对表面色白－黑系列明度的等级辨别，不是以物理绝对反射率 50%左右的中灰色样作为从最白至最黑的明度距离相等的中点，而是要比反射率 50%低得多的反射率为 11%的灰色样品，也就是说人们在感觉上不是把反射率 50%的样品看成是在黑白最中间的一块，而是把反射率要低得多的样品反面看成是与黑白两端在明度上是等距的。全部 12 名被试者总的趋势均是各等级间的明度值(感觉值)，明显低于物理值，无一例外。这可能是人眼反应的一种特性。在明度辨别上，感觉值与物理值(反射率)是一种非线性关系。由于人眼对明度等级的划分不是依据物理量而是根据人眼的感觉(心理量)，因此在研制色谱时要充分考虑到人眼的这种特征。

参考文献(略)

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.ne