

网点的等视觉分级

王利婕

(武汉测绘科技大学,印刷工程系,武汉市珞喻路39号,430070)

摘 要 利用回归分析方法建立网点百分比与视觉值之间的统计关系,测定出各种网点的印刷传递变形量,确定了一种科学的、定量的等视觉网点分级方法。

关键词 网点胶片;网点分级;明度值;网点百分比

分类号 TS804

色层是表达地图内容逐级变化的一种重要方法,而色层又是由各级加网胶片复制而成的,因此,网点分级对地图内容表达有很大的影响。但是,传统的分级存在以下问题:①各级网点传递到印刷品上的颜色视觉级差不等量;②分级数不科学,欠统一和规范;③没有考虑印刷过程中网点传递变形对网点再现的影响;④没有考虑不同色相在同一背景下所产生的颜色视觉范围的差异。随着地图内容表达的准确化、定量化、规范化,确定新型实用的网点分级有着极其重要的现实意义。

1 颜色视觉与明度值理论

颜色的分级是基于颜色辨别和颜色对比实现的,不同色相的颜色,其在视觉上的差别常用色差来定量描述。对于本研究课题所要解决的问题——同一色相不同网点百分比的颜色系列在同一背景(白纸)上的视觉辨别和对比,其视觉差别就只体现在明度上的差别。

明度与亮度有着密切的关系。孟塞尔用 V 表示明度级别,其与亮度 Y 的关系为:

$$Y = 1.2219V - 0.23111V^2 + 0.23951V^3 - 0.021009V^4 + 0.0008404V^5$$

孟氏系统中的 V 值背景为中性灰,它不能直接用于标定印刷品上的颜色明度值,而要根据背景亮度进行修正。库伯等人将背景亮度考虑进去后,得出不同背景下的反射面明度值:

$$V = 10 \cdot \frac{R}{R + R_0} (R_0 + 1) \quad (1)$$

式中, R_0 、 R 分别为背景和色样的反射率,由 $R=Y/100$, $R_0=Y_0/100$,代入(1)式得:

$$V = \frac{Y(Y_0 + 100)}{10(Y + Y_0)} \quad (2)$$

将实验用纸张(日本进口128g/m²铜版纸)定为背景,抽样测得其亮度因数如表1。

为计算方便,取背景亮度因数 $Y_0=80$,代入公式(2)得:

表1 实验用纸张的亮度因数测定值

抽样序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Y_0	80.13	79.86	78.94	80.32	78.95	80.26	81.36	80.15	79.81	80.07
平均值	$\bar{Y}_0=79.99$									

$$V = \frac{18}{1 + \frac{80}{Y}} \quad (3)$$

2 颜色样块的制作和测试

在印刷品上,只要确定各比例网点面积与其相对应的明度值之间的关系,就可由等差的明度值反求出在视觉上等差的各级网点面积百分比。为此,在本研究中采用孟塞尔32阶实地灰色梯尺(各级间在视觉上是等差的)作原稿,经电分机扫描分别获得40 lp/cm、53 lp/cm、60 lp/cm、70 lp/cm的方形、圆形、链形系列网点梯尺。在布鲁纳尔信号条的控制下,经晒版、印刷共获得3种点形、4种线数和4种色相(黄、品红、青、黑)的48个含32阶色调的网点梯尺。用密度计和测色计分别测定出梯尺中各色块的网点百分比(P)和亮度因数,利用公式(3)计算各色样的 V 值。图1为4种线数的方形点 PV 关系,图2为3种点形的53 lp/cm网点的 PV 关系,图3则为4种色相的网点 PV 关系。

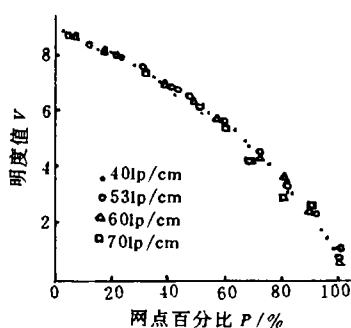


图1

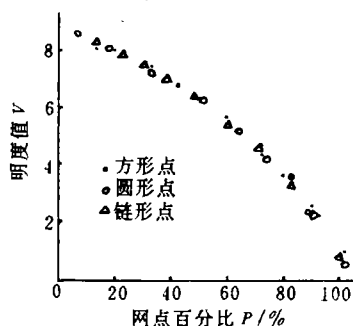


图2

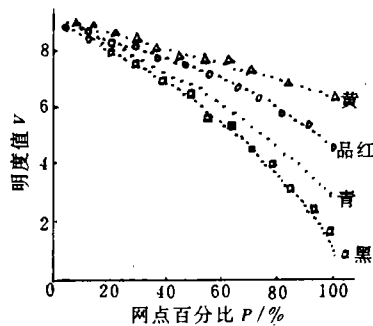


图3

利用电分片在布鲁纳尔信号条的控制下进行制版、印刷,各色印刷密度为:

黄 1.00 ± 0.02 品红 1.40 ± 0.02 青 1.50 ± 0.02 黑 1.60 ± 0.02

测得各点形、各线数的印刷网点扩大值,并作出修正曲线。在此从略。

3 数据分析与处理

分析图形可以看出:对于同一个色相来说,不同点形、不同线数的网点反映在印刷品上的色彩其明度值与网点百分比之间的关系是完全相同的。不同色相的网点,其 P 、 V 关系不尽相同,这主要是由同一背景下各色相在视觉上所产生的颜色变化范围不同而造成的。

3.1 黑色系列网点 PV 关系模型的确定

从图1、图2、图3可以看出,各个实验数据点都非常接近某一固定轨迹,这说明 P 与 V 之间确实存在着一定的相关关系。下面分别采用线性回归和非线性回归两种方法来考察黑色网点的 PV 关系。

1. 线性拟合

由于对同一色相来说, PV 关系是固定的,与网点形状和线数无关,所以,任选60 lp/cm链形网点的的数据进行分析。设回归方程为:

$$V = a + b \cdot P$$

其中 a, b 为待定系数。数据及计算过程如表2。

表2 数据及计算表格

序号	P	V	P^2	V^2	$P \cdot V$	序号	P	V	P^2	V^2	$P \cdot V$
白纸	0	9.00	0	81	0	18	81	3.56	6561	12.67	288.36
1	1	8.90	1	79.21	8.90	19	83	3.14	6889	9.86	260.62
2	2	8.83	4	77.97	17.66	20	86	2.81	7396	7.90	241.66
3	10	8.41	100	70.73	84.10	21	90	2.30	8100	5.29	207.00
4	17	8.16	289	66.59	138.72	22	91	2.71	8281	4.71	197.47
5	26	7.66	676	58.68	199.16	23	92	2.04	8464	4.16	187.68
6	32	7.27	1024	52.85	232.64	24	93	1.86	8649	3.46	172.98
7	38	7.00	1444	49.00	266.00	25	95	1.61	9025	2.59	152.95
8	41	6.71	1681	45.02	275.11	26	95	1.58	9025	2.50	150.10
9	46	6.51	2116	42.38	299.46	27	97	1.25	9409	1.56	121.25
10	49	6.19	2401	38.32	303.31	28	98	1.18	9604	1.39	115.64
11	58	5.51	3364	30.36	319.58	29	99	0.96	9801	0.92	95.04
12	61	5.32	3721	28.30	324.52	30	99	0.95	9801	0.90	94.05
13	69	4.62	4761	21.34	318.78	31	99	0.86	9801	0.74	85.14
14	70	4.56	4900	20.79	319.20	32	99	0.81	9801	0.66	80.19
15	77	3.86	5929	14.90	297.22	实地	100	0.90	10000	0.81	90.00
16	76	3.94	5776	15.52	299.44	Σ	2247	144.36	184723	868.53	6546.54
17	77	3.93	5929	15.45	302.61						

$$\bar{P} = \frac{\sum P}{n} = \frac{2247}{34} = 66.088, \bar{V} = \frac{\sum V}{n} = \frac{144.36}{34} = 4.246$$

由公式有:

$$L_{PP} = \sum_{i=1}^{34} P_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^{34} P_i \right)^2 = 184723 - \frac{1}{34} \times (2247)^2 = 36222.735$$

$$L_{PV} = \sum_{i=1}^{34} P_i V_i - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^{34} P_i \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^{34} V_i \right) = 6546.54 - \frac{1}{34} \times 2247 \times 144.36 \\ = -2993.958$$

$$\therefore b = \frac{L_{PV}}{L_{PP}} = -0.083, a = \bar{V} - b \cdot \bar{P} = 9.71$$

回归方程为:

$$V = 9.71 - 0.083P$$

计算出线性相关系数 $r = -0.9881$ 。通过相关系数和 F 检验,证明 P, V 有十分显著的线性相关关系。

2. 曲线拟合

采用抛物线回归法。设回归抛物线方程为:

$$\hat{V} = bP^2 + V_0$$

令 $P' = P^2, a = V_0$, 则有:

$$\hat{V} = bP' + a$$

利用线性回归方法求得 $a = 8.36, b = -0.00076$ 。所以,回归抛物线方程为:

$$\hat{V} = -0.00076P^2 + 8.36$$

通过计算得相关系数 $r = 0.993$, 可见所拟合的 PV 关系十分显著。

3. 两种回归方程的实用性比较

根据线性回归方程 $V=9.71-0.083P$, 当 P 从 0~100% 变化时, V 值相应的变化范围为 9.71~1.41, 其区间差值为 8.3。根据前面的明度视觉理论可知, 人眼在白纸上观察网点的百分比变化时, 从白纸至实地可清晰地分辨出 8 级变化。按明度值等差地进行分级, 各级明度值及按回归方程计算出的网点百分比列于表 3。

表3 按线性回归方程得出的网点分级比例

级别	0	1	2	3	4	5	6	7	8
明度值	9.71	8.67	7.63	6.59	5.55	4.51	3.47	2.42	1.41
网点百分比	0	12.5	25	37.5	50	62.5	75	87.5	100

根据拟合的曲线方程, 网点从 0~100% 的明度值变化范围为 $8.36-0.76=7.6$ 。将网点亦分为 8 级, 则各级明度值及计算出的分级比例如表 4。

表4 按回归抛物线方程得出的网点分级比例

级别	0	1	2	3	4	5	6	7	8
明度值	8.36	7.41	6.46	5.51	4.56	3.61	2.66	1.71	0.76
网点百分比	0	35	50	61	71	79	87	94	100

在印刷品上, 由于色块与色块之间的对比, 使得视觉对浅色变化的分辨较为敏感, 而对深色变化较为迟钝。因而, 利用曲线关系作出的分级, 在对比的影响下, 网点比例小的一端显得拉得太开, 而网点大的一端, 各级比例比较相近, 与实际视觉感受相差太大。因此, 直线方程更符合视觉现象。在下面的黄、品红、青各色网点 PV 关系模型的拟合中, 我们均采用直线拟合。

3.2 黄色、品红色、青色系网点 PV 关系模型的线性拟合

对黄色网点, 设要求的回归方程为 $V=a+bP$, 根据 53 lp/cm 方网点的的数据及线性回归方法求得回归方程为:

$$V = 8.97 - 0.026P$$

同时求得线性相关系数 $r=-0.9999$ 。对品红色网点, 有:

$$V = 9.29 - 0.045P$$

线性相关系数 $r=-0.9879$ 。对青色网点有:

$$V = 9.36 - 0.063P$$

线性相关系数 $r=-0.9899$ 。

4 网点的分级

根据前面所求得黄、品红、青、黑 4 色的 PV 关系方程, 按等明度值对网点分级, 得到各色网点的分级比例系列。再将各系列网点的印刷扩大值修正到分级比例中, 便得到网点胶片上的分级系列。

考虑到地图、地质图常需制作浅淡的底色及背景色, 在白纸到各色第一级之间再加一级。另外, 为了减少各套网点胶片的数量, 在不同颜色间较接近的分级比例, 尽量采用同一个比例。最后得到的网点胶片分级比例列于表 5。

表5 系列网点胶片的等视觉分级比例

色别	分 级 比 例		
	方形网点	圆形网点	链形网点
黄	10, 25, 45	10, 25, 50	10, 20, 50
品红	5, 10, 25, 45, 65	10, 15, 30, 50, 65	5, 10, 25, 45, 65
青	5, 10, 20, 35, 45, 70	5, 10, 25, 40, 50, 65	5, 10, 20, 35, 50, 70
黑	5, 10, 15, 25, 45, 60, 75	5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70	5, 10, 15, 25, 35, 45, 55, 75

通过对系列网点的分级研究,得出如下结论:

1)由于传递变形的影响,网点胶片上的各级网点比例不应呈等差递增。点子小的一端各级比例差别较小,大的一端相差较大。

2)不同色相的网点分级级数和分级比例不应相同。

3)不同线数对网点的分级影响不大,而不同点形对网点的分级有一定影响。

4)在使用新的分级法制作的网点胶片时,若隔级选用,仅能保证印品上各色层在视觉上是等差的。

5)用新的分级法制作的每一套网点胶片,可叠合出2519种在视觉上差别明显且均匀的实用颜色。

致谢:本文在杜功顺副教授的指导下完成,谨表谢意。

参 考 文 献

- 1 来越新. 颜色光学基础理论. 济南:山东科技出版社,1981
- 2 方开泰,全 辉,陈庆云. 实用回归分析. 北京:科学出版社,1988

Study on Series Grading of Halftone Dots

Wang Lijie

(Dept. of Printing Engineering, WTUSM, Luoyu Road 39, Wuhan, China, 430070)

Abstract A lot of dot colour's swatches were made and determined. The statistical relation between dot percentage and brilliance of colours is set up by using the method of regression analysis. A new way of grading dot screens, which grades dot colours in vision is put forward.

Key words dot screen; grading of dots; brilliance; dot percentage

《武汉测绘科技大学学报》编辑委员会

主任委员 宁津生

委 员	张正禄	潘正风	黄幼才	张祖勋	李德仁	冯文灏
	管泽霖	陶本藻	刘经南	毋河海	郭仁忠	刘耀林
	邹毓俊	朱元弘	胡又林	陈晓东	袁宇正	曹庆源
	李锦祥	许云涛	杨 仁	陈思作	梁荫中	汪季贤