

## 政区地图设色方案的自动实现

郭礼珍<sup>1</sup> 李霖<sup>1</sup>

(1 武汉大学资源与环境科学学院, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

**摘要:**分析了政区地图的设色要求, 阐述了色彩设计中的对比调和理论, 以此为依据设计出相应色环, 规定一种间色, 在色环中确定这种间色的对比色和类似色的 CMY 配色值, 依据一定的顺序, 自动把颜色配置在全国政区图上, 并对自动设色和人工设色结果进行了比较分析, 表明在可视化环境中, 自动设色的地图比没有或仅有较少制图知识的人设计出的地图工效高。

**关键词:**政区地图; 色彩对比; 色彩调和

**中图法分类号:** P283.1

随着信息技术的发展, 地图的生产从过去的提供驱使 (supply-driven) 变化为需求驱使 (demand-driven), 未来将会有更多的人来制作地图, 也将会有更多的地图被制作<sup>[1~3]</sup>。地图的设计与制作需要依据一定的科学规则和严格的制作规范, 地图作品既要有一定的科学性, 也要有一定的艺术性。为此, 地图的设计制作软件需要增加能为用户提供地图设计知识规则的模块, 帮助用户制作出高质量的地图<sup>[2]</sup>。

政区图是一种用于表示政治行政类别的地图, 可以用不同的颜色、图案表示相邻行政区域间质的差别。一般是通过色相的变化、相邻区域间色彩的对比来表示不同的行政归属。

色度学中对色彩的应用有许多应用规则和原理, 色彩的对比与调和理论被广泛地应用到各种

设计中, 地图的设计也不例外。本文依据色彩的对比与调和理论, 结合政区地图的设色要求, 建立了政区图设色的色环模型, 并依此制定了政区图的设色方案。

1 色彩的对比与调和理论<sup>[3]</sup>

当两种或两种以上的颜色放在一起时, 能清楚地发现其差别, 这种现象称为色彩的对比。依据三原色, 建立 12 色的色环 (图 1), 在色环上, 凡是 60° 范围内的各色均为类似色 (图 2); 任意一色与之相隔 90° 以外、180° 以内的各色之间的对比, 谓之对比色的对比 (图 3); 凡相隔 180° 的两色之间的对比, 称为互补色的对比 (图 4)。

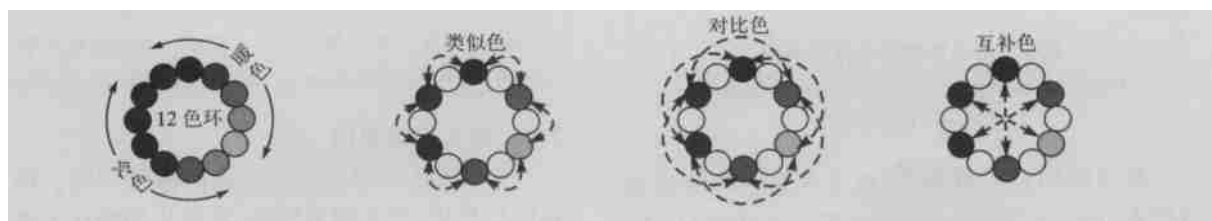


图 1 色环

图 2 类似色

图 3 对比色

图 4 互补色

Fig. 1 Color Loop

Fig. 2 Analogue Color

Fig. 3 Contrast Color

Fig. 4 Anaglyphic Color

色彩的调和是指色彩的和谐而统一。色彩对比是扩大色彩三属性诸要素的差异和对立, 而色

彩的调和则是缩小这些差异和对立, 减少对立面因素, 增加同一性。美学观点认为, 构成和谐色彩的

基本法则是“变化统一”，即必须使各部分的色彩既要有节奏地变化，又要在变化中求得统一。

色彩配合千变万化，以色彩为主的配色类型包括：同色相配、类似色相配、对比色相配、互补色相配以及冷色系与暖色系配色。

政区图是一种用于表示行政类别的地图，可以用不同的颜色、图案表示相邻行政区域间质的差别。一般是通过色彩的变化，通过相邻区域间色彩的对比来表示不同的行政归属。

在政区地图上，由于各政区的级别是一致的，因而在视觉上，色彩的对比既要强烈，又要均衡。现行的地图制图系统提供了无级变化的调色系统，色彩的搭配类型太多了，地图上色彩配合得好，地图的艺术性提高，工效增强；配合得不合理，地图的艺术性降低，工效也会减弱。为此，笔者对地图自动设色进行了研究。

## 2 自动设色模型的建立

### 2.1 色环模型的建立

以减色法的配色数值为依据，确定 12 色色环中各种颜色的 CMY 值(值是 100 时，饱和度最高)，每一种颜色都是在 90° 范围渐变。图 5 显示了最大饱和度时的配色值。

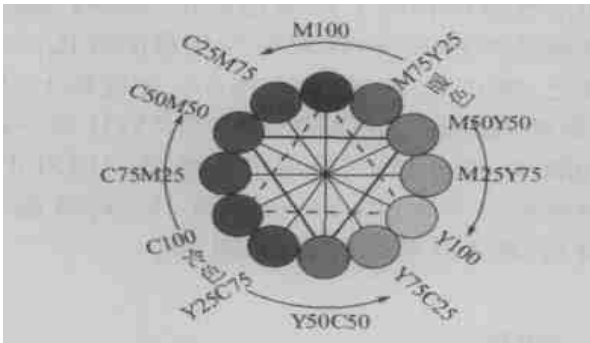


图 5 最大饱和度的配色数值

Fig. 5 Color Amount When the Saturation is the Highest

政区图的色环模型中，色彩的最大饱和度值规定在 0~100 之间。任意给定一个间色(CMY 中的任意两种颜色搭配)的颜色值，间色的颜色值之和成为政区图上色相的最大饱和度值。如果给定一个 C15M20 的颜色，那么，C 的最大饱和度就是 15+20 的和 35，M 和 Y 的最大饱和度值也是 35。

#### 2.1.1 对比设色方案

按色彩的对比效应确定设色方案。如图 6 所示，对比色位于 12 色环中的正三角形的 3 个顶

点。任意给定一个颜色值，按正三角形的性质以及色彩的排列规律，另外两种颜色值就可以推算出来。

在色环中，颜色是按 C、M、Y 的顺序连续排列，用 3 个函数 hu1、hu2、hu3 记录这 3 种色相，如果第一个给定的颜色是 MY，hu1 是 M，hu2 就是 Y，hu3 则是 C。每一个颜色都是两个函数的组合。

若第一个给定的颜色值设为 x 和 y，对比设色方案中的三个颜色分别是：

	色相	数值
color1	hu1、hu2	x、y
color2	hu2、hu3	x、y
color3	hu3、hu1	x、y

#### 2.1.2 类似设色方案

如图 7 所示，色环模型的类似色分别位于正六边形的 6 个顶点，包含 3 个对比色，另外 3 个颜色值按色环模型的排列规律分别是：

$x > y$	色相	数值
color11	hu1、hu2	$(x-y)/2, (x+3y)/2$
color22	hu2、hu3	$(x-y)/2, (x+3y)/2$
color33	hu3、hu1	$(x-y)/2, (x+3y)/2$
$x < y$	色相	数值
color11	hu2、hu3	$(y+3x)/2, (y-x)/2$
color22	hu3、hu1	$(y+3x)/2, (y-x)/2$
color33	hu1、hu2	$(y+3x)/2, (y-x)/2$

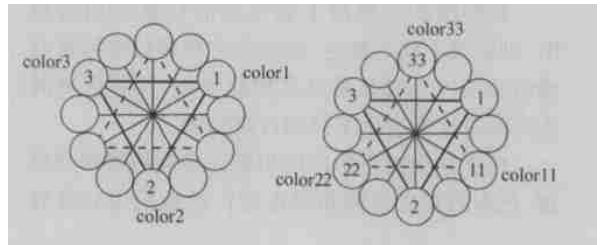


图 6 对比设色方案

Fig. 6 Project of Contrast

图 7 类似设色方案

Fig. 7 Project of Analogue

### 2.2 模型运用规则

4 种颜色能保证相邻区域的颜色不同。但在地图设色中，色彩的多样性、和谐应用能让人产生美的感受，提高信息的传输工效。在政区图的色环中，提供 6 种颜色来选择搭配。在应用时，以对比色在前，类似色在后，顺时针选择。

假定有以下设色区域(如图 8)，设色区域的记录方式是按点、线、面的形式来记录。面和线、点、颜色属性关联，线和点、颜色属性关联，点和颜色属性关联。和面关联的颜色属性只有 1 个，和线关联的颜色属性有 2 个或 1 个(最外围的线有

1 个颜色属性), 和点关联的颜色属性有若干个, 和交到这一点的面的个数一致, 最少是 2 个。如图 8 表示的设色区域, 它的点线面的颜色属性分别表示为 Point1、Point2、Point3、Point4、Point5 …, Line(1,2)、Line(2,3)、Line(3,4)、Line(1,4) …, Areal1、Areal2、Areal3、Areal4 …。

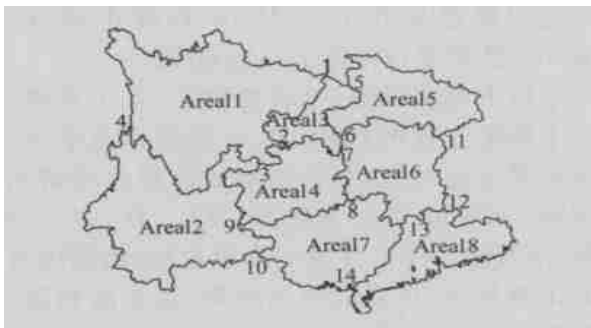


图 8 设色区域

Fig. 8 Area Needed to Fill in

假如 Areal1 的给定颜色是 color1, 色相是 hu1、hu2, 色相值分别是  $x$ 、 $y$ , 那么给和 Areal1 关联的线、点分别附上颜色属性值: Line(1,2)、Line(2,3)、Line(3,4)、Line(1,4) 的颜色属性均为 color1, Point1、Point2、Point3、Point4 的颜色属性也为 color1。同时, 和 Areal1 邻近的面的颜色属性有一个选择顺序, color1 的对比色在前, 类似色在后, 其顺序是: color2、color3、color11、color22、color33。邻近的面在选色时, 在不重复的情况下, 可按此顺序选。

和 Areal1 关联的第一条线是 Line(1,2), 和 Line(1,2) 关联的另一个面是 Areal3, 和 Areal3 关联的线、点的颜色属性只有 color1 或者没有, Areal3 的颜色属性在 color1 的对比设色方案中顺时针取 color2, 和 Areal3 关联的线、点分别附上颜色属性值 color2。Areal3 附上第一轮搜索的标记及编号 search[1][1]。

和 Line(1,4) 关联的面是 Areal1, 和 Line(1,5) 关联的面是 Areal3, 这两个面都有颜色属性。和 Areal1 关联的线 Line(2,3) 还有另一关联面 Areal4, 没有颜色属性, Point2 的颜色属性有 color1、color2, Point3 的颜色属性有 color1, Areal4 的颜色属性是 color1、color2 的共同补色 color3, 和 Areal4 关联的线、点分别附上颜色属性 color3。Areal4 附上第一轮搜索的标记 search[1][2]。

和 Areal1 关联的线 Line(3,4) 还有另一关联面 Areal2, 没有颜色属性, Point3 的颜色属性有 color1、color3, Point4 的颜色属性有 color1, 按规定, 对比色选完后选类似色, 于是 Areal2 的颜色

属性选择 color11。和 Areal2 关联的线、点分别附上颜色属性 color11。Areal2 附上第一次搜索的标记 search[1][3]。Areal1 关联的线都搜索完毕, 第一轮搜索结束。

第二轮搜索从有搜索标记 search[1][1] 的面 Areal3 开始, 判断 color1 的对比色和类似色, 确定设色顺序。和 Areal3 有关联、和其他附上属性值的面域没有关联的线有 Line(5,6)、Line(6,7)。和 Line(5,6) 关联的另一个面是 Areal5, 和 Areal5 相关的线、点的颜色属性是 color2, 因而 Areal5 选 color1。和 Areal5 关联的线、点分别附上颜色属性 color1。Areal5 附上第二轮搜索的标记 search[2][1]。

和 Line(6,7) 关联的另一个面是 Areal6, 和 Areal6 相关的线、点的颜色属性是 color2、color3、color1, 因而 Areal6 选 color11。和 Areal6 关联的线、点分别附上颜色属性 color11。Areal6 附上第二轮搜索的标记 search[2][2]。

进行过 search[1][2] 搜索的面是 Areal4, 确定 color3 的对比色和类似色顺序, 和 Areal4 关联的边 Line(8,9) 只有一个颜色属性, 和它关联的面 Areal7 没有颜色属性。和 Areal7 关联的点颜色属性有 color3、color11, 因而 Areal7 的颜色属性是 color1。和 Areal7 关联的线、点分别附上颜色属性 color1。Areal7 附上第二次搜索的标记 search[2][3]。

第二轮第一个搜索的是 Areal5, 紧邻的面都有颜色属性; 第二轮第二个搜索的是 Areal6, 紧邻的面 Areal8 没有颜色属性, 但它的关联点的颜色属性是 color11。判定 Areal6 的颜色属性 color11 的对比色和类似色方案, 最后 Areal8 附上颜色属性 color22。和 Areal8 关联的线、点分别附上颜色属性 color22。Areal8 附上第一轮搜索的标记 search[1][1]。

如果面域更多, 依此类推。

搜索的规则总体说来有以下 4 点: ① 搜索时, 确定起始面颜色属性的对比色和类似色; ② 起始面相邻面的颜色属性选择顺序是对比色在前, 类似色在后; ③ 同种方案的颜色选择顺序按色环的顺时针方向进行, 如对比色 color1、color2、color3, 类似色 color11、color22、color33; ④ 给定起始面的颜色属性时, 要求两个色相的数值之和尽量在 20~40 之间(原因在后面的试验中给出)。

假若第一个区域的颜色是 M30Y15, 依此方案设计的全国政区图如图 9 所示。

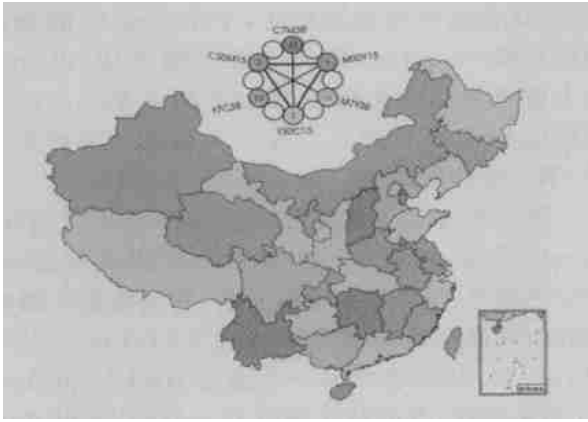


图9 设色方案和全国政区地图自动设色的实现

Fig. 9 Project of Color Design and Result of Political Map of the Whole Country

### 3 试验

#### 3.1 被试选择

选择了土地管理专业学生10人,7个男生,3个女生,均没有地图设计的经验,是地图设计的新手;选择的10名地图学和地理信息系统的学生,经过系统的地图知识学习和地图设计的训练,6个男生,4个女生,相比而言,他们有较强的地图设计经验。20人的色觉正常。

#### 3.2 试验过程

1) 选5个非制图专业学生和5个制图专业学生,分别在中国地图上填色,设计中国政区地图,颜色在CMYK色彩模型中选择,第一个指定的颜色必须是CMY中的两个组成。以被试的第一个给定面的颜色值为基础,用色环模型推导出相应的对比设色方案和类似设色方案,依据模型运用规则,推导设计出全国政区地图。

2) 给定一个区域颜色,颜色值是CMY中的两个色相,另外5个非制图专业学生和5个制图专业学生以此为基础,设计全国政区图。以给定面的颜色值为基础,用色环模型推导出相应的对

比设色方案和类似设色方案,依据模型运用规则,推导设计出全国政区地图。

3) 定一组不同饱和度的颜色: M5Y100、M5Y90、M5Y80、M5Y70、M5Y60、M5Y50、M5Y40、M5Y30、M5Y20、M5Y10,依据模型推导出设色方案,设计出全国政区地图。

地图填色是在CorelDraw环境中设计,在Epson彩色喷墨打印机上打出地图。

对以上试验样图,笔者邀请了25个评委,包括2个制图专业的教师、15个制图专业学生、10个非制图专业人员,对各图幅的色彩应用情况进行评价。评价的指标是优秀、良+、良、中+、中、及格、不及格7个。评价的内容包括:地图内容表示的正确与否、色彩的对比效果、色彩的和谐、总体效果。此外,对第3个试验,让5个一年级的的小学生选择最喜爱的地图。

### 4 试验结果及评价

综合评委的意见,对于试验(1)、试验(2)、试验(3),评价结果如表1、表2所示。

表1 评委对试验(1)、试验(2)的评价  
Tab. 1 Evaluation of Experiments (1) and (2)

		设计专家		设计新手	
		被试	推理	被试	推理
试验(1)	内容	良+	良+	中	良+
	对比	良	良+	中+	良+
	和谐	中	良	及	良
	总体	良	良+	中	良
试验(2)	内容	良	良+	中	良+
	对比	中+	良+	及	良+
	和谐	中	良	及	良
	总体	良	良+	中	良

此外,教师在评价时,认为若作为地理底图,颜色的饱和度在20左右比较好。这一点学生评委没有提出。小学生的选择都是饱和度在80以上的方案。

表2 评委对试验(3)的评价

Tab. 2 Evaluation of Experiment (3)

	M5Y100	M5Y90	M5Y80	M5Y70	M5Y60	M5Y50	M5Y40	M5Y30	M5Y20	M5Y10
内容	中	中	中+	良	良	良	良	中+	中	及格
对比	良	良	良	良	良	良	良	良	中+	中
和谐	及	及	中	中+	良+	良+	良+	良+	良	中
总体	中	中	中+	中+	良	良+	良+	良+	良	及格

## 5 结 语

1) 在试验(1)中, 被试的颜色搭配非常丰富, 在 CMYK 中任意选择; 在试验(2)中, 被试的颜色只能在 CMY 中任意选择两种色相的组合。颜色越多, 政区地图的设色会相对方便。虽然 4 种颜色能保证相邻区域不同色, 但本模型还是提供了 6 种颜色。

2) 对于试验(1)和试验(2)的推导模型的评价, 各项指标都在“良”及其以上, 表明模型用在政区地图的自动设色上是可行的。

3) 有地图设计经验和没有地图设计经验的人设计出的地图是有差别的, 每个人都对色彩有认知, 但在地图设计上, 有专门的地图设计色彩应用准则, 表现在两类人设计的地图上的差别。模型对于新手来说, 在地图的设计中更能发挥作用。

4) 试验(3)的结果表明, 模型中的颜色使用工效总体上呈正态分布。模型中颜色的饱和度越大, 对比度也越大, 强烈的颜色对比让人感到不和谐。饱和度越低, 在内容表达、总体效果上越来越低。饱和度在 35 到 60 之间, 在政区图的内容表达、颜色的对比、和谐、总体效果中都是最好的。

5) 教师评委提出地理底图的设色饱和度比表明, 制图理论和实际经验在色彩运用时发挥

着重要作用。不同用途的地图, 在色彩搭配的饱和度上有差异。作为地理地图在色彩自动设计时, 饱和度一般在比较低的范围。

6) 小学生的不同喜好表明, 在设计自动配色模块时, 要针对不同的人群来考虑, 儿童的色彩观念和成人的有差别, 儿童喜爱浓重的颜色, 针对他们设计的地图需要结合其特点作进一步研究。

7) 政区地图的色彩设计模型在应用上有其可行性和优越性, 但是色彩的应用非常复杂, 色彩的运用还要考虑布色区域的面积等因素, 这是本模型欠缺的, 有待进一步改进。

## 参 考 文 献

- 1 Kraak M J, Brown A. Web Cartography: Developments and Prospects. London: Taylor & Francis, 2001
- 2 Green D R, Horbach S. Color-Difficult to both Choose and Use in Practice. The Cartographic Journal 1998, 35 (2): 169 ~ 180
- 3 俞连笙, 王 涛. 地图整饰. 北京: 测绘出版社, 1993
- 4 郭礼珍, 李 霖, 何宗宜. 分区统计地图上符号的视觉搜寻和认识工效研究. 武汉大学学报·信息科学版, 2002, 27(6): 637 ~ 641

第一作者简介: 郭礼珍, 副教授。研究方向为地图制图学与地理信息工程。

E-mail: lz-guo@tom.com

## Automatic Implementation of Color Design in Administrative Map

GUO Lizhen<sup>1</sup> LI Lin<sup>1</sup>

(1 School of Resource and Environment Science, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** The requisition of color design in administrative map is analyzed, and the color contraction and harmonious theory is expounded. By a rule order, the colors are automatically used in national administrative map. The results of the automatic color design and artificial color design are compared and analyzed. It shows that the results of the automatic color design were better than that of the artificial color design. And base of the experiment, the color schemes for the base map and the administrative map, for the children and adults were discoursed.

**Key words:** administrative map; color contraction; color harmoniousness

**About the first author:** GUO Lizhen, associate professor, majors in geography information system and cartographic engineering.  
E-mail: lz-guo@tom.com

(责任编辑: 晓晨)