



植被制图色彩和符号设计原则与全国植被图图例方案

贾宁霞^{1,2} 郭柯^{1,2*} 宋创业¹ 刘长成¹

¹中国科学院植物研究所植被与环境变化国家重点实验室, 北京 100093; ²中国科学院大学, 北京 100049

摘要 植被图通常采用不同的颜色并结合符号来区分不同的植被类型, 以期更加直观、清晰地将植被类型信息传达给读者。如何通过色彩和符号的合理搭配来区分不同的植被类型是植被制图中的关键步骤, 尤其是对于植被类型较丰富的区域, 植被图的色彩和符号设计更为复杂。植被图图例系统建立在植被分类系统之上, 近10余年来我国的植被分类系统得到了进一步的发展和完善, 因此, 非常有必要在最新的植被分类系统基础上, 提出一套植被制图色彩和符号设计方案, 用以指导当前的植被制图工作。该研究整理了地图学、植被图以及其他专题地图色彩和符号设计的要求, 提出了植被制图色彩和符号设计原则。在最新的植被分类系统基础上, 采用颜色三属性(色调、明度、饱和度)及符号的基本视觉变量(形状、尺寸、方向、色彩、密度、亮度)的变化及其组合, 依据色彩和符号设计的系统性、科学性、象征性等原则, 对中国植被分类系统高级分类单位中的植被亚型, 进行了标准化配色和符号设计, 旨在为植被制图工作者及新一代1:50万植被图编研提供理论依据和参考, 提升植被制图的效率和质量。

关键词 配色原理; 图例设计; 符号设计; 植被制图

贾宁霞, 郭柯, 宋创业, 刘长成 (2021). 植被制图色彩和符号设计原则与全国植被图图例方案. 植物生态学报, 45, 809-817. DOI: 10.17521/cjpe.2021.0065

Principles of color and symbol design for vegetation mapping and a scheme of national vegetation map legends

JIA Ning-Xia^{1,2}, GUO Ke^{1,2*}, SONG Chuang-Ye¹, and LIU Chang-Cheng¹

¹State Key Laboratory of Vegetation and Environmental Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China; and ²University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract

Aims Various colors combined with symbols are usually employed to differentiate vegetation types in vegetation mapping, aiming to convey the vegetation information to readers more visually and clearly. How to differentiate vegetation types by appropriate setting of color and symbol is a key step in vegetation mapping, especially for regions with diverse vegetation types. Usually, vegetation map legends are based on the vegetation classification system. Recently, the vegetation classification system of China has been revised according to the achievements in vegetation surveys and research over the past decade. Therefore, it is necessary to put forward a new color and symbol setting scheme for vegetation mapping. Our objective is to improve the scientificity and artistry of current vegetation mapping.

Methods The principles of color and symbol setting of existing vegetation maps and other thematic maps were summarized. Based on the principles of systematicness, scientificity and symbolism, the changes and combinations of the three color attributes (hue, lightness and saturation) and the basic visual variables (shape, size, direction, color, density and brightness) of the symbols were taken in consideration for the national vegetation map legends. In the legends, Vegetation Formation Groups were differentiated by hues, and Vegetation Formations and Vegetation Subformations were represented by different lightnesses and saturations. In addition, different symbols attached to the colors were employed to distinguish vegetation types. The colors and symbols were designed to reflect the physiognomy and habitats of the vegetation types as much as possible.

Important findings The principles of color and symbol setting for vegetation mapping and a new scheme of

收稿日期Received: 2021-02-25 接受日期Accepted: 2021-04-25

基金项目: 第二次青藏高原综合科学考察研究(2019QZKK0301)和中国科学院战略性先导科技专项(XDA19050402)。Supported by the Second Tibetan Plateau Scientific Expedition and Research (STEP) Program (2019QZKK0301), and the Strategic Priority Research Program of the Chinese Academy of Sciences (XDA19050402).

* 通信作者Corresponding author (guoke@ibcas.ac.cn)

national vegetation map legends were presented. These results would provide guideline for vegetation cartographer to set the legends of the new Chinese vegetation map (1:500 000).

Key words color matching principle; legend design; symbol design; vegetation mapping

Jia NX, Guo K, Song CY, Liu CC (2021). Principles of color and symbol design for vegetation mapping and a scheme of national vegetation map legends. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 45, 809-817. DOI: 10.17521/cjpe.2021.0065

色彩和符号是专题地图要素表达最直观的方式,也是制图过程中比较复杂和困难的问题之一(戴新春, 2006), 主要在于影响地图色彩和符号设计的因素有很多, 比如色彩和符号的多样性、色彩心理学作用的复杂性以及不同读图者对于色彩和符号感受的差异性等(高建军等, 2008; 崔丽丽和吴明光, 2017)。科学合理的色彩和符号设计有助于增加地图的信息容量、提高信息传输效率和准确度、降低认知负担(邓康伟和曾旭红, 1998; 韩云等, 2007; 钟璇等, 2012; 朱玉婷等, 2018)。

植被图是表现植被分布的专题地图。过去已经制定了一系列的植被图色彩和符号系统, 并应用于不同比例尺植被图的编制, 但以往有些植被图色彩设置只是任意选择各种对比色区分各种植被类型(Oscar, 1905; Küchler & Zonneveld, 1988), 不利于读者理解。由于区域差异性、植被的复杂性, 各个国家和地区的植被分类标准也有很大差异, 且植被制图的比例尺也不尽相同(郭庆华等, 2021)。迄今为止, 植被制图还缺少一套科学系统的色彩和符号设计方案(宋永昌, 2017)。

植被图编制离不开科学完善的植被分类系统(王乐等, 2021)。1980年出版的《中国植被》提出了较完善的植被分类系统, 将中国的植被类型划分为10个植被型组、29个植被型(吴征镒, 1980)。随着植被调查工作的持续开展, 植被类型资料不断丰富, 我国植被分类系统也在不断发展和完善。2007年出版的《中华人民共和国植被图(1:1 000 000)》表现了我国11个植被型组、55个植被型(中国科学院中国植被图编辑委员会, 2007a)。《中国植物区系与植被地理》基于《中国植被》的分类原则和分类等级系统, 系统修订了中国植被分类方案(陈灵芝等, 2014)。2020年, 中国植被志编研工作最新修订的植被分类系统含9个植被型组、48个植被型, 其中有23个植被型进一步划分出了81个植被亚型(郭柯等, 2020)。与之前的植被分类体系相比, 最新版的植被分类系统出现了较大的变化, 比如, 将原来的硬叶常绿阔叶林植被型、常绿革叶灌木植被型分别归并到常绿阔

叶林植被型和常绿阔叶灌木植被型之中, 将早期分类方案中的草原、草甸、草丛、稀树草原统一合并到草本植被型组中等(郭柯等, 2020)。

近年来, 随着深度学习等先进图像处理技术的应用, 遥感植被分类精度在不断提升, 植被图绘制方法得到了进一步的完善, 为国家尺度的植被制图提供了可行的技术途径(郭庆华等, 2021)。计算机软硬件的迅速发展给植被图的设计制作也带来了全新的变革, 制图人员可以利用各种不同功能的软件进行植被图设计与编绘(刘利红等, 2011)。但针对植被图色彩和符号设计的研究较少, 尚无专门的规范。因此, 加深这方面的研究很有必要性和迫切性。

目前, 中国科学院科研人员正在组织全国植被生态学学者开展新一代植被图的编制工作。在全国范围内采用一套标准化的植被图色彩和符号设计方案是实现新一代植被图编制的重要内容。本研究系统梳理了植被图、地貌图、城市旅游图等专题地图色彩和符号设计的原则(侯学煜等, 1979; 凌善金等, 2004; 钱金凯等, 2009), 结合专题地图表示方法研究(Bertin, 1967; Pravda和陈毓芬, 1995; 黄仁涛等, 2003; 戴新春, 2006; 祝国瑞等, 2010), 提出植被图色彩和符号设计的原则和要求。在此基础上, 参考最新修订的中国植被分类系统, 通过颜色三属性(色调、明度、饱和度)及符号的基本视觉变量(形状、尺寸、方向、色彩、密度、亮度)的变化及其组合对110个植被亚型进行设计, 采用RGB三色值构建色彩与植被类型之间的联系, 设置一套全国植被图图例色彩和符号设计方案。本研究旨在为植被制图工作者提供色彩和符号选择的方法和依据, 实现植被图色彩和符号的科学表达, 提高植被制图效率和图面内容的统一性、艺术性。

1 植被制图色彩和符号设计原则

1.1 色彩设计的原则与要求

1.1.1 植被图内容层次的色彩组织

色彩作为最基本的视觉变量之一, 是构建图面视觉层次最主要的手段(吴笑乐, 2014)。在设计色彩

时首先要体现地图内容的层次关系(田连恕, 1993; 凌善金等, 2004), 力求质量属性相近的制图现象采用相近的颜色(高建军等, 2008), 不同类要素则采用对比色来表现差异。基于植被类型比较复杂的特点, 不同的植被型组应分别设计一个色调, 使不同的类型处于不同的视觉层次(钱金凯等, 2009), 植被型组下分的次级单位(植被型和植被亚型)则用同一色相中不同亮度或不同饱和度值来表示(田连恕, 1993), 可获得比较协调的效果。

1.1.2 色彩的设计要表现出对象的特性

人们在长期重复的生活中, 对地物色彩建立了特定的心理模型(郑束蕾等, 2015), 比如蓝色的水体、绿色的森林、红色的城市建筑群等(Tyner, 2010)。植被图要素色彩设计应尽量遵循这些惯例。

1.1.3 充分利用色彩的象征意义

色彩心理学上, 眼睛对色彩的感觉使色彩具有象征意义。恰当地运用这种象征意义, 有利于直观地表达地理事物或现象(张佳佳, 2016)。色调有冷暖之分, 一般红色表示非常热, 橙色表示非常干旱, 黄色表示中等热、中等干旱、缺少植被, 棕褐色表示缺少植被、高温、干旱, 蓝色表示非常湿润或寒冷, 紫色表示寒冷, 灰色表示非常冷(Tyner, 2010), 紫红色表示盐渍化等(田连恕, 1993)。因此, 植被图色彩的设计也要尽可能利用色彩的象征意义表示植物群落的生境特征, 如温度、水分、土壤性质等(UNESCO, 1973), 即赋予色彩一定的生态学意义。

1.2 符号设计的原则与要求

由于人眼对色彩分辨具有局限性, 符号应用就成为重要补充。符号的基本视觉变量(形状、尺寸、方向、色彩、密度、亮度)的变化及其组合有利于人们直观地区分不同的植被类型(Bertin, 1967; 戴新春, 2006)。植被图符号设计主要应遵循以下原则:

1.2.1 逻辑性与系统性

设计植被图符号时, 要在符号与符号之间建立起内在的、有机的联系, 表现出内容的层次性(陈毓芬, 1998; 李海萍等, 2015), 避免孤立地、片面地设计每个符号(温朝江等, 2010; 袁月欣等, 2020)。设计时应充分体现要素的共性与差异, 相近的类型采用同一符号或同类符号的不同状态或不同等级来表示(吴增红, 2007), 不同类要素则采用不同形状的符号体现差异, 比如森林采用条纹样符号, 草地采用点纹样符号。

1.2.2 科学性与象征性

符号设计应尽可能表现所指代对象的特征, 又要符合人们的认知习惯(张永利, 2004; Tyner, 2010; 李海萍等, 2015), 例如, 山峰用三角形表示, 城镇用圆形表示, 首都用星号表示, 果园用有规律间隔的绿色圆点表示(Tyner, 2010)。符号的颜色差异可以用来表示植被的生境水分干湿变化, 如灰色表示寒温带森林, 红色表示热带森林等。符号大小则可以用来表示地图要素的层次结构, 如省会城市、城镇、乡村的符号依其重要性逐渐缩小(Tyner, 2010)。

1.2.3 简洁性

符号的构图要形象、简洁、易识别, 力求以最简单的图形表达其含义, 既便于记忆又便于计算机处理(温朝江等, 2010; 张佳佳, 2016)。

1.3 植被图符号的分类

植被图上的符号可以分为点状、线状、面状、象形符号和注记(田连恕, 1993)。

主要山峰、城镇等这些面积很小的要素, 采用定点符号表示其地理位置及特征。点状符号色彩设计时, 多采用对比色表现类别差异(贾成全, 2003)。

河流、道路等要素则采用线状符号表示。设计时首先应确定它们的主次关系, 主要的界线和线状物体用色宜深, 次要的用色宜浅(贾成全, 2003), 同类要素不同等级大小则用线条尺寸差异表现, 从而使图面层次分明, 清晰易读。

面状符号的纹样按其表现形式有条纹样符号和点纹样符号(田连恕, 1993)。条纹样符号以线条为主, 主要形式有垂直的、水平的、倾斜的; 有单线平行、双线平行、单线格网; 有实的、虚的和虚实结合的等。点纹样符号也有多种不同的形状, 例如圆点、三角形、十字形、五角星等。

有些地带性植被或重要的栽培植被因其面积小而分布又很零散, 不宜采用图斑来表示, 在这种情况下就以象形符号来标志(何妙光和王献溥, 1981)。比如对于人工栽培植被来说, 各个区域都有分布, 但面积不大, 因此只在其主要产区用符号来标志(何妙光和王献溥, 1981)。多数为超比例尺符号, 设计上尽量展现植株的整体外貌, 突出其最重要的特征。此外, 同一类型也可以用象形符号来表示小面积分布, 大面积斑块仍然用颜色填充(Küchler & Zonneveld, 1988)。

数字和字母也是符号的一种形式, 常用来区分

不同的群系类型,其顺序可以根据植被的生态特征,如从湿润生境向干旱生境排列或根据植被的地理分布由北向南排列等。字体大小、亮度和间距可以表示要素的重要性(Tyner, 2010),字体较大的要素等级较高,反之则等级较低。字体大小设置还应当考虑地图的载幅量,力求图面既不空旷又不拥挤(曹亚妮等, 2010)。颜色和形式则用来表示种类上的差异,如道路和河流注记字体颜色不同。注记方向还可以用来指示道路的方向、水体的流向等(Tyner, 2010)。

1.4 底色与符号的协调

将底色与符号合理地配合使用,也是植被图编制的键之一(钱金凯等, 2009)。符号色彩应与底色对比鲜明,保证易读性。符号密度、大小要得当,既不可太密而遮蔽底色,也不能太过稀疏或尺寸太大使得小面积斑块无法体现。

2 全国植被图图例色彩和符号设计方案

2.1 全国植被图图例色彩设计方案

首先用不同的色相体现植被型组的变化,再用同一色相中的不同色调表示同一植被型组下的次级单位——植被型和植被亚型。色彩设计上尽可能表现各植被类型的外貌及生境特征。基于中国植被分类系统修订方案,森林用绿色表示,使人从外观上直观地感受到森林的外貌特征,其中落叶林亮度值偏高,常绿林亮度值偏低,即由落叶林向常绿林颜色是逐渐加深的,既考虑了年平均绿度因素,也反映由北向南的地带性变化,红树林因其生境湿润用蓝绿色表示,竹林色彩设置上偏黄绿以此与森林的其他类型相区分。灌丛用黄绿色表示,其中肉质刺灌丛因生境干旱炎热而用棕黄色表示,竹丛色彩设置上亮度值偏高,以此与灌丛的其他类型相区分。草本植被用黄色表示。荒漠生境干而中等热,用橙色表示。高山冻原与稀疏植被用紫色、蓝紫色表示其寒冷的生境。沼泽与水生植被用浅蓝色表示其生境湿润。农业植被中果园与经济林用浅绿色表示;农作物用肉粉色表示;设施农业园用地用浅灰色表示。城市植被用粉红色表示。无植被地段中的冰川积雪用月白色表示;沙漠用土黄色表示;裸石山用灰石色表示;盐壳、盐碱地用淡珊瑚色表示;城市建筑群用红色表示,源于建筑物屋顶由红色瓦片制作;水体用深蓝色表示。各植被类型对应的RGB值

见附录I。

2.2 全国植被图图例符号设计方案

基于符号设计的系统性原则,同一植被型组下的植被型和植被亚型采用同一样式的符号表示,不同的植被型组采用不同样式的符号表示。森林用条纹样符号表示,其中针叶林用垂直的线条表示,阔叶林用水平线条表示,针阔混交林用水平线条和垂直线条叠加即网格表示,落叶与常绿混交林采用亮绿色和暗绿色色带交替叠加表示。符号的颜色则用来表示各森林类型所处气候带的温度特征,如寒温性常绿针叶林叠加灰色符号表示其寒冷的生境,温性常绿针叶林用黄色符号表示其生境中等热,暖性常绿针叶林用橙色表示其生境温热,热性常绿针叶林叠加红色符号表示其生境炎热。灌丛中,针叶灌丛叠加实心三角形符号,阔叶灌丛叠加实心圆形符号,符号颜色表示各灌丛类型所处生境的温度变化。肉质刺灌丛叠加空心三角形表示,比较形象地展示了该类型多刺的外貌特征。竹林和竹丛统一叠加菱形符号表示。草本植被用十字形表示,其中符号的颜色表示各草地类型的温度水分特征,如高寒草甸叠加紫色符号表示其寒冷的生境,沼泽草甸叠加蓝色符号表示其生境湿润,盐生草甸叠加紫红色符号表示其盐渍化生境。符号的旋转角度也是重要的区分变量,丛生草类草地符号旋转角度为45°,根茎草类草地符号旋转角度为0°,使得颜色相近的类型通过符号的叠加而相互区分开。荒漠用不同颜色的点表示。高山冻原与稀疏植被用不同颜色的“米”字形表示。沼泽与水生植被用不同颜色的虚线表示。农业植被也用虚线表示,样式上不同于沼泽与水生植被,其中果园用垂直线条表示,经济林用水平线条表示,落叶果园与经济林叠加白色线条表示,常绿果园与经济林则叠加绿色线条表示;各农作物则采用不同颜色的线条表示其生境土壤颜色,短生育期耐寒作物生境土壤为灰化土,因此叠加灰色符号表示;一年一熟粮食作物及经济作物为黑土,两年三熟或一年两熟粮食作物及经济作物为褐土,一年两熟粮食作物及经济作物为黄壤,一年两熟或三熟粮食作物及经济作物为红壤,一年三熟粮食作物及经济作物为砖红壤,因此符号的颜色分别为黑色、褐色、黄色、红色、砖红色。城市植被中,城市森林用绿色的垂直间断线;城市行道树用绿色的水平间断线;城市草地叠加黄色的十字形符号,与草本

植被符号样式一致;城市湿地叠加蓝色的虚线,与沼泽与水生植被符号样式一致;城市公园植被叠加绿色的五角星表示。沙漠叠加小圆点表示其外貌特征。各植被类型对应的色彩和符号设计方案见图1。

2.3 植被图图例色彩和符号数据库的建立与应用

创建植被图图例色彩和符号数据库可以避免色彩和符号设置的重复劳动,便于植被制图工作者直接调用。各植被类型色彩和符号设置好后,按其编号进行保存,以此建立植被图图例色彩和符号数据库。在ArcGIS系统中,将本研究制作的全国植被图图例色彩和符号数据库.style文件(附录II)保存至ArcGIS安装路径的Styles目录下,打开ArcMap中的Style Manager工具,将全国植被图图例色彩和符号数据库文件加载(Add)到Styles列表中,就可以直接使用。

3 讨论

由于全球植被的复杂多样性,不同地区植被类型及其复杂程度存在差别,植被分类系统也不尽一致(郭柯等, 2020),造成了植被图色彩和符号设计的多样化。例如,俄罗斯地图上的苔原植被和砂砾稀疏植被采用蓝色表示,而拉布拉多半岛植被图上同样的类型则用红色和黄色表示(Küchler & Zonneveld, 1988)。近年来,随着植被类型的不断丰富,植被分类系统也得到了进一步的发展和完善。本研究提出的植被图图例色彩和符号设计方案主要是依据2020年提出的中国植被分类系统修订方案而设计的,是对以往植被图色彩设计的继承,比如,采用不同浓度的绿色表示森林(侯学煜等, 1979; 吴征镒, 1980; Küchler & Zonneveld, 1988; 周立华和孙世洲, 1990; 中国科学院中国植被图编辑委员会, 2007b),水生植被用蓝色表示,橙色和黄色用于生境干旱的群落,如荒漠、草原等(侯学煜等, 1979; Küchler & Zonneveld, 1988)。但以往有些植被图色彩设计缺乏统一性,如灌丛采用浅绿色、紫红色、橙色等各种颜色表示(吴征镒, 1980),不利于读者理解。本研究提出的色彩设计方案在以往植被图色彩设计的基础上更加强调系统性,如灌丛统一采用黄绿色,草本植被统一采用黄色,荒漠统一采用橙色,高山冻原与稀疏植被统一采用蓝紫色等。

我国地域辽阔,各地植被千差万别,植被类型异常复杂(中国科学院中国植被图编辑委员会, 2007a)。

本研究植被图图例色彩和符号设计方案适用于全国范围的大尺度植被图,小区域植被制图则可以适当进行一定的调整,比如一个完全为常绿阔叶林覆盖的保护区的植被图,色彩设计上可以扩大范围。对于只有荒漠植被的地区如阿拉善,色彩设计上也可以不局限于橙色,可以扩展至红色、黄色、肉色、灰色等,相互之间色差可以拉开。如果是以灌丛为主要类型的某一区域的植被图,色彩设计也不局限于黄绿色,可以使用绿色、黄色,甚至红色等。

本研究植被图图例色彩和符号设计方案是当前编制全国1:50万植被图及各省域植被图汇编的重要基础,植被亚型下的群系组、群系等类型划分可以通过数字编号的叠加来区分。对于复合植被而言,可以直接采用占比较大的群系类型的颜色表示;或采用每种类型的颜色交替排列表示;也可以将占比较大的群系类型的颜色用作基础色调,占比较小的群系类型采用叠加其自身颜色的实心圆来表现(Küchler & Zonneveld, 1988),如刺槐(*Robinia pseudoacacia*)林+荆条(*Vitex negundo* var. *heterophylla*)灌丛。

制图要素的面积也制约着其色彩的选择(高建军等, 2008)。为了使整幅图获得更加协调的效果,可以根据各植被类型在图上面积的大小适当调整其明度和饱和度。面积大的类型单元应提高明度、降低饱和度,色块面积小的类型可适当提高其色彩饱和度(钱金凯等, 2009)。

植被图作为植被本底资源最直观的可视化产品,是支撑我国生态环境规划、保护和管理的基本资料。本研究对植被图色彩和符号设计的原则进行了较为详细的论述,为植被图色彩和符号的选择提供了依据。基于GIS软件设计的植被图图例色彩和符号方案,能够直观地反映中国植被的总体特征及不同植被类型之间的差异,对全国及各区域植被类型图的设计与编制具有一定的指导和借鉴意义。由于区域植被的复杂性、色彩和符号的多样性以及不同制图者对色彩和符号感受的差异性,植被图图例色彩和符号设计还达不到完全的统一。迄今为止还不能为植被图制定一种适用于所有区域和所有比例尺的色彩和符号方案。之后随着植被分类系统的再完善、再发展,植被图图例色彩和符号设计方案仍需要不断更新完善。未来植被图图例色彩和符号设计应不断向着标准化方向发展,以求达到植被制图色彩和符号制作、显示和读者认知的一致性。

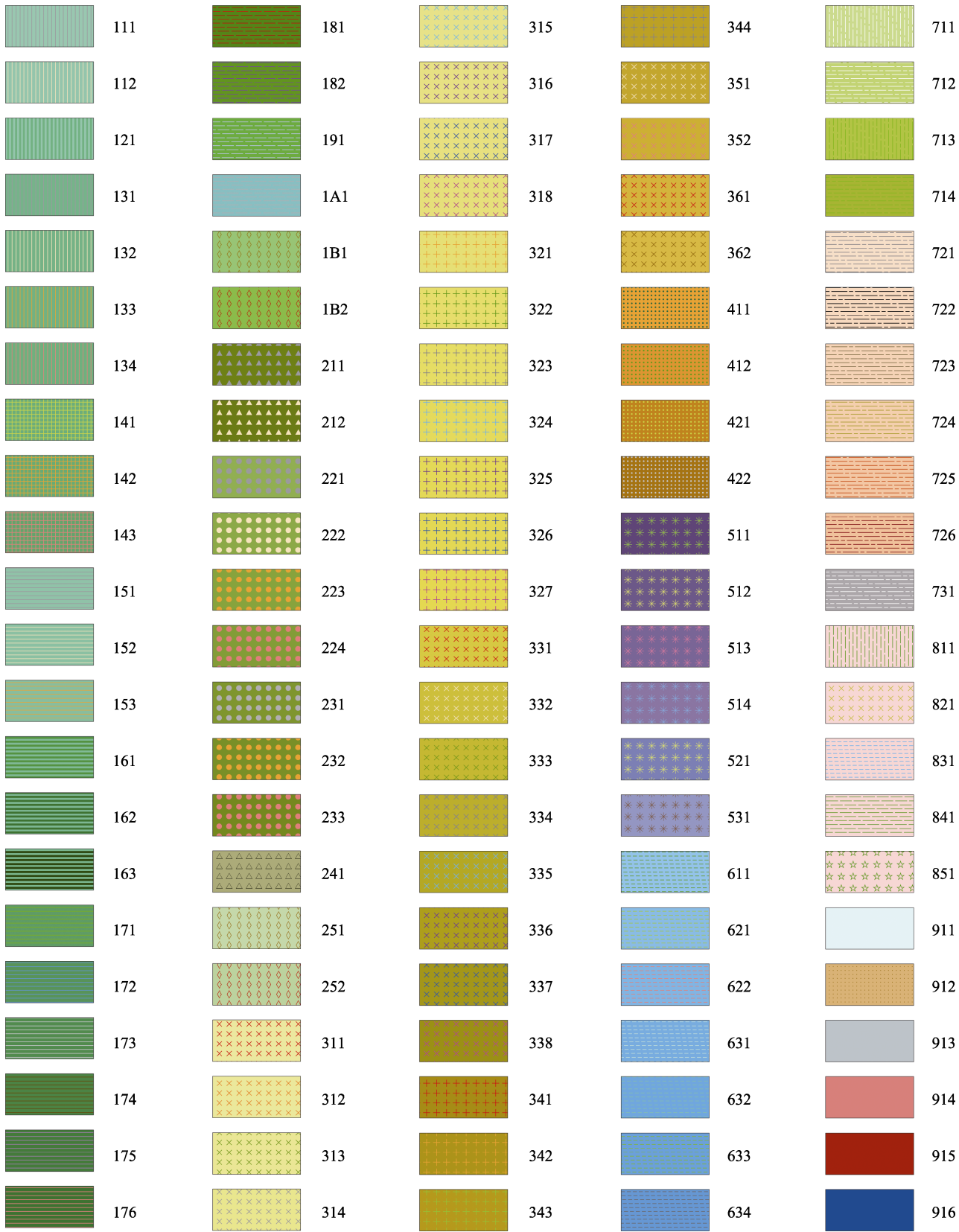


图1 全国植被图图例色彩和符号设计方案。编号的第一个数字代表植被型组，第二个数字代表植被型，第三个数字代表植被亚型，数字不足用大写英文字母代替，其中A代表数字10，B代表数字11。

Fig. 1 The color and symbol design for national vegetation map legends. The first numeral represents Vegetation Formation Group, the second numeral represents Vegetation Formation, and the third numeral represents Vegetation Subformation. If the numbers are insufficient, they shall be replaced by capital English letters, where A represents the number 10 and B represents the number 11.

各编号对应的植被类型如下:

111 寒温性与温性落叶针叶林	181 雨林	315 丛生草类典型草甸	344 半灌木高寒草原	711 温性与暖性落叶果园
112 暖性落叶针叶林	182 山地雨林	316 丛生草类高寒草甸	351 温性灌草丛	712 温性与暖性落叶经济林
121 落叶与常绿针叶混交林	191 季雨林	317 丛生草类沼泽草甸	352 亚热带与热带灌草丛	713 暖性与热性常绿果园
131 寒温性常绿针叶林	1A1 红树林	318 丛生草类盐生草甸	361 热带滨海沙地稀树草丛	714 暖性与热性常绿经济林
132 温性常绿针叶林	1B1 暖性竹林	321 根茎草类典型草原	362 干热河谷稀树草丛	721 短生育期耐寒作物
133 暖性常绿针叶林	1B2 热性竹林	322 根茎草类草甸草原	411 温性半乔木荒漠	722 一年一熟粮食作物及经济作物
134 热性常绿针叶林	211 寒温性常绿针叶灌丛	323 根茎草类高寒草原	412 温性灌木荒漠	723 两年三熟或一年两熟粮食作物及经济作物
141 温性针叶与落叶阔叶混交林	212 温性常绿针叶灌丛	324 根茎草类典型草甸	421 温性半灌木与草本荒漠	724 一年两熟粮食作物及经济作物
142 暖性针叶与阔叶混交林	221 高寒落叶阔叶灌丛	325 根茎草类高寒草甸	422 高寒矮半灌木荒漠	725 一年两熟或三熟粮食作物及经济作物
143 亚热带山地针叶与阔叶混交林	222 温性落叶阔叶灌丛	326 根茎草类沼泽草甸	511 矮灌木高山冻原	726 一年三熟粮食作物及经济作物
151 寒温性落叶阔叶林	223 暖性落叶阔叶灌丛	327 根茎草类盐生草甸	512 草类高山冻原	731 设施农业园地
152 温性落叶阔叶林	224 热性落叶阔叶灌丛	331 杂类草荒漠草原	513 苔藓高山冻原	811 城市森林
153 暖性落叶阔叶林	231 寒温性常绿阔叶灌丛	332 杂类草典型草原	514 地衣高山冻原	821 城市草地
161 北亚热带常绿与落叶阔叶混交林	232 暖性常绿阔叶灌丛	333 杂类草草甸草原	521 高山垫状植被	831 城市湿地
162 亚热带山地常绿与落叶阔叶混交林	233 热性常绿阔叶灌丛	334 杂类草高寒草原	531 高山稀疏植被	841 城市行道树
163 亚热带石灰岩山地常绿与落叶阔叶混交林	241 肉质刺灌丛	335 杂类草典型草甸	611 木本沼泽	851 城市公园植被
171 典型常绿阔叶林	251 温性竹丛	336 杂类草高寒草甸	621 草本沼泽	911 冰川、积雪
172 季风常绿阔叶林	252 暖性竹丛	337 杂类草沼泽草甸	622 苔藓沼泽	912 沙漠
173 山地常绿阔叶林	311 丛生草类荒漠草原	338 杂类草盐生草甸	631 挺水植被	913 裸石山
174 硬叶常绿阔叶林	312 丛生草类典型草原	341 半灌木荒漠草原	632 浮叶植被	914 盐壳、盐碱地
175 山顶常绿阔叶矮林	313 丛生草类草甸草原	342 半灌木典型草原	633 漂浮植被	915 城市建筑群
176 滨海常绿阔叶矮林	314 丛生草类高寒草原	343 半灌木草甸草原	634 沉水植被	916 水体(湖泊、河流、水库等)

The vegetation types corresponding to each number are as follows:

111 Cold-Temperate and Temperate Deciduous Needleleaf Forest	181 Rainforest	315 Tussock Typical Meadow	344 Semi-Shrubby Alpine Steppe	711 Temperate and Subtropical Deciduous Orchard
112 Subtropical Deciduous Needleleaf Forest	182 Montane Rainforest	316 Tussock Alpine Meadow	351 Temperate Shrubby Grassland	712 Temperate and Subtropical Deciduous Economic Forest
121 Mixed Deciduous and Evergreen Needleleaf Forest	191 Monsoon Forest	317 Tussock Swamp Meadow	352 Subtropical and Tropical Shrubby Grassland	713 Subtropical and Tropical Evergreen Orchard
131 Cold-Temperate Evergreen Needleleaf Forest	1A1 Mangrove Forest	318 Tussock Halophytic Meadow	361 Tropical Coast Sandland Savanna-like Grassland	714 Subtropical and Tropical Evergreen Economic Forest
132 Temperate Evergreen Needleleaf Forest	1B1 Subtropical Bamboo Forest	321 Rhizome Typical Steppe	362 Dry and Hot Valley Savanna-like Grassland	721 Cold-resistant Crops with Short Growing Period
133 Subtropical Evergreen Needleleaf Forest	1B2 Tropical Bamboo Forest	322 Rhizome Meadow Steppe	411 Temperate Semi-Arbor Desert	722 One Food Crop Annually, Cash Crops
134 Tropical Evergreen Needleleaf Forest	211 Cold-Temperate Evergreen Needleleaf Shrubland	323 Rhizome Alpine Steppe	412 Temperate Shrub Desert	723 Three Food Crops in Two Years or Two Crops Annually, Cash Crops
141 Temperate Mixed Needleleaf and Deciduous Broadleaf Forest	212 Temperate Evergreen Needleleaf Shrubland	324 Rhizome Typical Meadow	421 Temperate Semi-Shrub and Herb Desert	724 Two Food Crops Annually, Cash Crops
142 Subtropical Mixed Needleleaf and Broadleaf Forest	221 Alpine Deciduous Broadleaf Shrubland	325 Rhizome Alpine Meadow	422 Alpine Dwarf Semi-Shrub Desert	725 Two or Three Food Crops Annually, Cash Crops
143 Subtropical Montane Mixed Needleleaf and Broadleaf Forest	222 Temperate Deciduous Broadleaf Shrubland	326 Rhizome Swamp Meadow	511 Alpine Dwarf Shrub Tundra	726 Three Food Crops Annually, Cash Crops
151 Cold-Temperate Deciduous Broadleaf Forest	223 Subtropical Deciduous Broadleaf Shrubland	327 Rhizome Halophytic Meadow	512 Alpine Herb Tundra	731 Facility Agriculture Garden
152 Temperate Deciduous Broadleaf Forest	224 Tropical Deciduous Broadleaf Shrubland	331 Forb Desert Steppe	513 Alpine Moss Tundra	811 Urban Forest
153 Subtropical Deciduous Broadleaf Forest	231 Cold-Temperate Evergreen Broadleaf Shrubland	332 Forb Typical Steppe	514 Alpine Lichen Tundra	821 Urban Grassland
161 Northern Subtropical Mixed Evergreen and Deciduous Broadleaf Forest	232 Subtropical Evergreen Broadleaf Shrubland	333 Forb Meadow Steppe	521 Alpine Cushion Vegetation	831 Urban Wetland
162 Subtropical Montane Mixed Evergreen and Deciduous Broadleaf Forest	233 Tropical Evergreen Broadleaf Shrubland	334 Forb Alpine Steppe	531 Alpine Sparse Vegetation	841 Urban Street Tree
163 Subtropical Limestone Montane Mixed Evergreen and Deciduous Broadleaf Forest	241 Succulent Thorny Shrubland	335 Forb Typical Meadow	611 Woody Swamp	851 Urban Park Vegetation
171 Typical Evergreen Broadleaf Forest	251 Temperate Bamboo Shrubland	336 Forb Alpine Meadow	621 Herb Swamp	911 Glaciers and Snow
172 Monsoon Evergreen Broadleaf Forest	252 Subtropical Bamboo Shrubland	337 Forb Swamp Meadow	622 Moss Swamp	912 Desert
173 Montane Evergreen Broadleaf Forest	311 Tussock Desert Steppe	338 Forb Halophytic Meadow	631 Emerged Aquatic Vegetation	913 Bare Stone Mountain
174 Sclerophyllous Evergreen Broadleaf Forest	312 Tussock Typical Steppe	341 Semi-Shrubby Desert Steppe	632 Rooted Floating Leaf Aquatic Vegetation	914 Saline and Alkaline Land
175 Montane Ridge Evergreen Broadleaf Dwarf Forest	313 Tussock Meadow Steppe	342 Semi-Shrubby Typical Steppe	633 Floating Aquatic Vegetation	915 Urban Buildings
176 Coast Dwarf Forest	314 Tussock Alpine Steppe	343 Semi-Shrubby Meadow Steppe	634 Submerged Aquatic Vegetation	916 Water Bodies (Lake, River and Reservoir, etc.)

致谢 感谢中国科学院植物研究所马克平研究员、王乐、董雷、乔鲜果和山东大学王仁卿教授等国内许多同行给予的宝贵意见和建议。

参考文献

- Bertin J (1967). *Semiologie Graphique*. Mouton et Gauthier-Villars, Paris, France.
- Cao YN, Jiang N, Wang J, Li JX (2010). The research on symbol design of electronic thematic maps based on different display styles. *Hydrographic Surveying and Charting*, 30(3), 73-75. [曹亚妮, 江南, 王驹, 李嘉星 (2010). 不同显示风格的电子专题地图符号设计研究. 海洋测绘, 30(3), 73-75.]
- Chen LZ, Sun H, Guo K (2014). *Flora and Vegetation Geography of China*. Science Press, Beijing. [陈灵芝, 孙航, 郭柯 (2014). 中国植物区系与植被地理. 科学出版社, 北京.]
- Chen YF (1998). Logical principles of map symbol design. *Beijing Surveying and Mapping*, (1), 37-39. [陈毓芬 (1998). 地图符号设计的逻辑性原则. 北京测绘, (1), 37-39.]
- Cui LL, Wu MG (2017). Thematic maps gamut analysis based on kernel density estimation. *Science of Surveying and Mapping*, 42, 98-102. [崔丽丽, 吴明光 (2017). 基于核密度估计方法的地图色域分析. 测绘科学, 42, 98-102.]
- Dai XC (2006). On the design of map symbols based on CorelDRAW9.0. *Jiangxi Surveying and Mapping*, (1), 44-53. [戴新春 (2006). 浅谈基于CorelDRAW9.0的地图符号设计. 江西测绘, (1), 44-53.]
- Deng KW, Zeng XH (1998). Balance and coordination of colors in thematic maps. *Map*, (1), 37-39. [邓康伟, 曾旭红 (1998). 专题地图配色中颜色的平衡与协调. 地图, (1), 37-39.]
- Gao JJ, Guan Y, Wang YL (2008). Design of basic tone of thematic map color. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 33, 766-769. [高建军, 关焱, 王友亮 (2008). 专题地图基调色设计研究. 武汉大学学报(信息科学版), 33, 766-769.]
- Guo K, Fang JY, Wang GH, Tang ZY, Xie ZQ, Shen ZH, Wang RQ, Qiang S, Liang CZ, Da LJ, Yu D (2020). A revised scheme of vegetation classification system of China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 44, 111-127. [郭柯, 方精云, 王国宏, 唐志尧, 谢宗强, 沈泽昊, 王仁卿, 强胜, 梁存柱, 达良俊, 于丹 (2020). 中国植被分类系统修订方案. 植物生态学报, 44, 111-127.]
- Guo QH, Guan HC, Hu TY, Jin SC, Su YJ, Wang XJ, Wei DJ, Ma Q, Sun QH (2021). Remote sensing-based mapping method for the new generation of Vegetation Map of China (1:500 000). *Scientia Sinica Vitae*, 51, 229-241. [郭庆华, 关宏灿, 胡天宇, 金时超, 苏艳军, 王雪静, 魏邓杰, 马勤, 孙千惠 (2021). 新一代1:50万中国植被图绘制方法探讨. 中国科学: 生命科学, 51, 229-241.]
- Han Y, Guo QS, Zhang LP, Sun Y (2007). Hybrid genetic algorithm for coloring administrative map. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 32, 748-751. [韩云, 郭庆胜, 章莉萍, 孙艳 (2007). 行政区划图自动着色的混合遗传算法. 武汉大学学报(信息科学版), 32, 748-751.]
- He MG, Wang XB (1981). On the compilation of Vegetation Map of Guangxi (1:2 500 000) with reference to its illustration. *Acta Phytocologia et Geobotanica Sinica*, 5, 281-289. [何妙光, 王献溥 (1981). 广西1:2 500 000植被图的编制及其说明. 植物生态学与地植物学丛刊, 5, 281-289.]
- Hou XY, Sun SZ, Zhang JW, He MG, Wang YF (1979). *Vegetation Map of the People's Republic of China (1:4 000 000)*. Map Publishing House, Beijing. [侯学煜, 孙世洲, 张经伟, 何妙光, 王义凤 (1979). 《中华人民共和国植被图》(1:4 000 000). 地图出版社, 北京.]
- Huang RT, Pang XP, Ma CY (2003). *The Compilation of Thematic Maps*. Wuhan University Press, Wuhan. [黄仁涛, 庞小平, 马晨燕 (2003). 专题地图编制. 武汉大学出版社, 武汉.]
- Jia CQ (2003). The colour design of maps. *Surveying and Mapping in Shanxi*, (3), 29-30. [贾成全 (2003). 地图的色彩设计. 三晋测绘, (3), 29-30.]
- Küchler AW, Zonneveld IS (1988). *Vegetation Mapping*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.
- Li HP, Wang X, Hua LF (2015). Discussion on historical atlas symbol design method based on GIS. *Geospatial Information*, 13(1), 171-173. [李海萍, 王欣, 华林甫 (2015). 基于GIS的历史地图集符号库设计方法探讨. 地理空间信息, 13(1), 171-173.]
- Ling SJ, Jin SS, Lu L (2004). Study on color designing of city tourist maps. *Journal of Anhui Normal University (Natural Science)*, 27, 347-349. [凌善金, 金世胜, 陆林 (2004). 城市旅游图色彩设计研究. 安徽师范大学学报(自然科学版), 27, 347-349.]
- Liu LH, Du J, Fu FE (2011). On the editing and making of thematic maps. *Inner Mongolia Science Technology & Economy*, (15), 104-105. [刘利红, 杜静, 付粉娥 (2011). 浅谈专题地图的编辑与制作. 内蒙古科技与经济, (15), 104-105.]
- Oscar D (1905). *Die Methode der Speziellen Pflanzengeographischen Kartographie*. The Second International Botanical Congress, Wien, Austria.
- Pravda J, Chen YF (1995). Map expression, map semiotics, map language. *Heilongjiang Cehui*, (2), 50-51. [Pravda J, 陈毓芬 (1995). 地图表示法, 地图符号学, 地图语言. 黑龙江测绘, (2), 50-51.]
- Qian JK, Song Y, Cheng WM (2009). Design and establishment of color system for 1:1 000 000 digital Geomorphologic Map of China. *Journal of Geo-Information Science*, 11, 786-794. [钱金凯, 宋阳, 程维明 (2009). 中国1:100万地貌图色彩系统的设计与建库. 地球信息科学学报, 11, 786-794.]
- Song YC (2017). *Vegetation Ecology*. 2nd ed. Higher Education

- Press, Beijing. [宋永昌 (2017). 植被生态学. 2版. 高等教育出版社, 北京.]
- The Editorial Committee of Vegetation Map of China, Chinese Academy of Sciences (2007a). *Vegetation of China and its Geographical Pattern—Illustration of the Vegetation Map of the People's Republic of China (1:1 000 000)*. Geological Publishing House, Beijing. [中国科学院中国植被图编辑委员会 (2007a). 中国植被及其地理格局——中华人民共和国植被图(1:1 000 000)说明书. 地质出版社, 北京.]
- The Editorial Committee of Vegetation Map of China, Chinese Academy of Sciences (2007b). *Vegetation Map of the People's Republic of China (1:1 000 000)*. Geological Publishing House, Beijing. [中国科学院中国植被图编辑委员会 (2007b). 中华人民共和国植被图(1:1 000 000). 地质出版社, 北京.]
- Tian LS (1993). *Vegetation Mapping*. Xi'an Map Press, Xi'an. [田连恕 (1993). 植被制图. 西安地图出版社, 西安.]
- Tyner JA (2010). *Principles of Map Design*. The Guilford Press, New York.
- UNESCO (United Nations Educational Scientific and Cultural Organization) (1973). *International Classification and Mapping of Vegetation*. UNESCO, Paris.
- Wang L, Dong L, Hu TY, Guo K (2021). History and prospect of vegetation map compilation in China. *Scientia Sinica Vitae*, 51, 219-228. [王乐, 董雷, 胡天宇, 郭柯 (2021). 中国植被图编研历史与展望. 中国科学: 生命科学, 51, 219-228.]
- Wen CJ, Cui GS, Wang M (2010). Restrictive factors and principles of seabed sediment elements symbols design. *Science of Surveying and Mapping*, 35(suppl.), 66-68. [温朝江, 崔高嵩, 王沫 (2010). 海洋底质要素符号设计的制约因素和原则. 测绘科学, 35(增), 66-68.]
- Wu XL (2014). *A New Color Scheme System for Foreground & Background Symbols in Thematic Maps: Design and Evaluation*. Master degree dissertation, East China Normal University, Shanghai. [吴笑乐 (2014). 专题地图符号前-背景配色方案助选系统设计及评测. 硕士学位论文, 华东师范大学, 上海.]
- Wu ZH (2007). *Research on the Design of Tourist Web Map*. Master degree dissertation, PLA Information Engineering University, Zhengzhou. [吴增红 (2007). 旅游网络地图设计研究. 硕士学位论文, 解放军信息工程大学, 郑州.]
- Wu ZY (1980). *Vegetation of China*. Science Press, Beijing. [吴征镒 (1980). 中国植被. 科学出版社, 北京.]
- Yuan YX, Liu XJ, Yuan XY (2020). Discuss the design of symbol system for thematic map. *Geomatics & Spatial Information Technology*, 43(2), 200-203. [袁月欣, 刘秀军, 袁晓妍 (2020). 浅谈专题地图符号系统的设计. 测绘与空间地理信息, 43(2), 200-203.]
- Zhang JJ (2016). Symbol design method for emergency thematic map icon standardization: a case study of Fuzhou City. *Geomatics & Spatial Information Technology*, 39(10), 49-51. [张佳佳 (2016). 面向应急专题地图图标标准化的符号设计方法——以福建省为例. 测绘与空间地理信息, 39(10), 49-51.]
- Zhang YL (2004). *The Design and Implementation of A Map-object Based Special Subject Map Symbol Base*. Master degree dissertation, Wuhan University, Wuhan. [张永利 (2004). 基于MapObject的专题地图符号库的设计与实现. 硕士学位论文, 武汉大学, 武汉.]
- Zheng SL, Yang CL, Wang CS, Liu XH (2015). Area symbol color fidelity cognition and gender differences. *Hydrographic Surveying and Charting*, 35(5), 24-27. [郑束蕾, 杨春雷, 王成舜, 刘晓寒 (2015). 地图面状符号色彩真实度认知及性别差异分析. 海洋测绘, 35(5), 24-27.]
- Zhong X, Li L, Zhu HH (2012). Research on the map design aiming at color vision impaired. *Science of Surveying and Mapping*, 37(4), 90-92. [钟璇, 李霖, 朱海红 (2012). 针对色觉异常人群的地图设计研究. 测绘科学, 37(4), 90-92.]
- Zhou LH, Sun SZ (1990). *Vegetation Map of Qinghai Province (1:1 000 000)*. China Science and Technology Press, Beijing. [周立华, 孙世洲 (1990). 青海省植被图(1:1 000 000). 中国科学技术出版社, 北京.]
- Zhu GR, Guo LZ, Yin GB, Xu YL (2010). *Map Design and Compilation*. 2nd ed. Wuhan University Press, Wuhan. [祝国瑞, 郭礼珍, 尹贡白, 徐永利 (2010). 地图设计与编制. 2版. 武汉大学出版社, 武汉.]
- Zhu YT, Chen YL, Chai CQ, Hu YP (2018). Map design of Gannan food culture based on ArcGIS. *Journal of Gannan Normal University*, 39(6), 103-107. [朱玉婷, 陈永林, 柴超前, 胡月萍 (2018). 基于ArcGIS的赣南饮食民俗地图设计. 赣南师范大学学报, 39(6), 103-107.]

责任编辑: 梁存柱 编辑: 赵航

附录I 全国植被图图例色彩设计方案

Supplement I Color design for national vegetation map legends

<https://www.plant-ecology.com/fileup/1005-264X/PDF/cjpe.2021.0065-D1.xlsx>

附录II 全国植被图图例色彩和符号数据库(专用于ArcGIS软件)

Supplement II Color and symbol database for national vegetation map legends (specially used for ArcGIS software)

<https://www.plant-ecology.com/fileup/1005-264X/PDF/cjpe.2021.0065-D2.zip>

DOI: 10.17521/cjpe.2021.0065