引文格式：汶建龙,刘静祯,楼乐乐. 快速处理PDF地图注记与符号压盖关系的方法[J]. 地理空间信息, 2025, 23(4):119-122. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2025.04.026

快速处理PDF地图注记与符号压盖关系的方法

汶建龙[1]，刘静祯[1]，楼乐乐[1]
（1. 西安测绘总站，陕西 西安 710054）

摘　要：地形图是经济建设、国防建设和科学研究中不可缺少的工具，目前发挥着重要作用。地图上符号间压盖关系不仅反映现实世界中地物间的空间关系，而且直接影响地图的视觉表达效果，必须按制图规范正确处理。但地形图符号间压盖关系处理起来非常复杂，始终难以突破手工编辑作业的瓶颈。比如当注记与要素符号相交时，同色要素符号一般需要间断表示，而其他非同色要素符号又不能受影响。目前这类工作往往需要结合制图经验，靠人工交互手工处理来完成，工作量必然非常繁重。针对当前地形图注记与同色符号压盖关系处理依然摆脱不了大量人工作业的现实问题，利用PDF文档同时具备专色和叠印的特性，提出了一种利用专色叠印蒙片自动快速处理PDF地图注记与同色符号压盖关系的方法。从实验效果看，该方法不仅能够完全解决注记与同色要素符号压盖关系问题，而且在很大程度上提高了工作效率，同时也减少了作业人员对制图知识和技术经验的过度依赖，具有很好的推广应用价值。

关键词：地形图；PDF地图；注记；要素符号；压盖关系；专色；叠印；蒙片
中图分类号：P283　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2025）04-0119-04

Quickly Processing Method of Overlapping Relations Between Annotations and Feature Symbols on the PDF Map

WEN Jianlong[1], LIU Jingzhen[1], LOU Lele[1]
(1. Xi'an Division of Surveying and Mapping, Xi'an 710054, China)

Abstract: Topographic map is an indispensable tool in economic construction, national defense construction and scientific research, and still plays an important role. The overlapping relationship between symbols on the map not only reflects the spatial relationship between objects in the real world, but also directly affects the visual expression of map. So it must be handled correctly according to cartographic specifications. However, the overlapping relationship between topographic map symbols is very complicated to deal with, and it is always difficult to break through the bottleneck of manual editing. For example, when the annotations intersect with the feature symbols, the symbols of same color feature generally need to be intermittently represented, and other non-same color feature symbols cannot be affected. At present, this kind of work often needs to be completed by manual interaction and manual processing in combination with drawing experience, and the workload is bound to be very heavy. In view of the fact that the overlapping relationship between topographic map annotation and same color symbol is still difficult to get rid of a lot of manual work, using the advantage characteristics of spot color and overprint for publishing of PDF document, we presented an automatically and quickly processing method of overlapping relations between annotations and same color feature symbols on the PDF map by using spot color overprint mask film. The experimental result shows that this method not only can completely solve the overlapping relations between annotations and same color feature symbols, but also can greatly improve the work efficiency, and reduce the operator's excessive dependence on cartographic knowledge and technical experience, which has good value of popularization and application.

Key words: topographic map, PDF map, annotation, feature symbol, overlapping relation, spot color, overprint, mask film

地图内容复杂，不同要素之间的压盖关系对地图视觉表达效果有着很大影响。人类经过长期的地图制图实践和认识总结，对地图要素压盖关系的处理内容已形成了一些习惯[1]，比如按优先级遵循小压盖大，主要压盖次要，专题内容压盖地理地图内容的原则，涉及到要素，要遵循点压线、线压面、面面之间小压大，文字注记保持完整，影像置于底层等[2]。地图注记包括地理名称注记、说明注记和各种数字注记等[3]。地图注记配置要求注记之间基本无冲突、无压盖[4]。为此，大量学者开展注记配置方法研究[5-8]，尽可能避免注记压盖矛盾。而地形图不是普通的地图，整体精度高、要素完备、表达准确[9]，当包含大量注记和地理要素时，注记与要素符号间的压盖不可避免[10]。按照地形图出版原图的要求，当注记与要素符号相遇（相交）时，同色要素符号需要间断表示，而其他非同色要素符号又不能受影响。针对这些现象主要是采

第一作者简介：汶建龙（1977—），博士，高级工程师，研究方向为地图制图，E-mail：zzss_wjl@163.com。

用增加蒙片或裁剪被压盖图形的方式来解决[11]。但增加普通蒙片会导致注记所在区域其他非同色要素符号也被蒙盖的情况，而且裁剪方式又会破坏要素数据的完整性，使得被裁剪符号在GIS应用中再无法独立完整地进行可视化表达。因此，目前这类工作往往需要结合经验，靠人工交互手工处理来完成，工作量非常繁重，迫切需要改进工作方法，提高工作效率。

1 专色叠印蒙片方法提出

PDF地图亦称地理PDF地图，是采用PDF文档格式设计的地图，通常包含图形、文本以及地理空间信息等内容，能够实现地理要素分层浏览、属性查询、几何量算等功能，属于一种面向大众化使用的新型地图产品。由于PDF文档在任何不同硬件设备、不同操作系统、不同应用程序上打开时，所展示的内容都等同于原稿，其内容不会因为环境的变化出现字符、颜色、图像以及排版的差别，因此使用者借助成熟并广泛普及的PDF阅读器，便可无门槛、方便自如地享受PDF地图所带来的便利。而普通地图是依托专业制图平台（如Microstation）或专用GIS平台（如ArcGIS）设计制作的地图，通常需要上述平台所支持格式的地理空间数据以及专用字体、符号库和颜色库等辅助配套条件作支撑，往往都是面向专业人员使用[12]。

考虑到PDF地图不同于普通地图，它还具有印前数据的特性。其特性之一就是可以为文档内的图形内容设置叠印属性。叠印又称压印，是指当2种颜色相叠加时，下层的颜色不镂空。如果上下两层颜色不包含基本色时，则叠印区域的颜色通常是上下两层颜色的混合色。

此外，为了印刷出版需要，地形图颜色通常采用专色进行设计[13]，如常见的黑、棕、兰、绿四色模式和黑、棕、青、绿、紫、红六色模式等。如果将地图颜色空间转换为专色颜色空间，并将每个注记对应的蒙片定义为该注记所属分版专色下网点百分比为0的颜色，将蒙片设置为叠印属性，并将其放在注记要素下面时，就会发现这些蒙片仅仅是压盖了与其属于同色分版的要素符号（如乡村路、方里网等），而并未对其他非同色分版的要素符号（如河流、等高线等）造成任何影响。由此可见，专色叠印蒙片在处理PDF地图注记与同色要素符号压盖关系方面具有独特优势。不过，要素压盖关系处理会涉及多方面的影响因素[14]，如分色版之间的压盖顺序、分版内不同形状符号之间的压盖顺序等，因此，只有同时兼顾这些影响因素，再利用专色叠印蒙片来解决二者之间压盖关系问题，才能最终达到理想的关系处里效果。因此，结合PDF地图所具备的专色和叠印特性，本文提出了基于专色叠印蒙片自动快速处理PDF地图注记与同色要素符号压盖关系的方法。

2 压盖关系处理步骤

考虑到对PDF文档直接进行编辑非常困难（这是Adobe公司为防止电子文档在流通中被恶意篡改而在设计之初就确定的防范措施），为此，本文特意将基于专色叠印蒙片处理注记与同色要素符号压盖关系的工作全部放在由制图数据生成PDF地图文档的过程中来完成。

设 $E=\{O_1, O_2, ...\}$ 为制图数据中的要素对象集合，$P_i=\{p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{in}\}$ 表示要素对象 O_i 所对应的图元对象集（包括符号化表达信息和辅助制图信息的图元），$C_i=\{c_{i1}, c_{i2}, \dots, c_{in}\}$ 表示 P_i 中每个图元对象所对应的普通蒙片对象（多边形面图元）集，若 O_i 类型为点、线或面要素，则 P_i 中每个图元对象所对应的 c_{ij} 为空；若 O_i 类型为注记，则至少存在一个 c_{ij} 不为空，且 $\bigcup_{j=1}^{n} c_{ij}$ 即为 O_i 压盖区域范围确定的多边形图元集信息。设 $E'=\{O_1', O_2', ...\}$ 为PDF地图文档数据中的要素对象集合，$P_i'=\{p_{i1}', p_{i2}', \dots, p_{in}', q_{i1}, q_{i2}, \dots, q_{in}\}$ 表示要素对象 O_i' 所对应的图元对象集，其中 p_{ij}' 表示图元对象 p_{ij} 在PDF地图内定义的图元对象，q_{ij} 表示基于普通蒙片对象 c_{ij} 所记录的多边形范围为依据在PDF地图文档内新建的面图元对象，即蒙片对象。以黑、棕、兰、绿四色PDF地图为例，基于专色叠印蒙片处理注记与同色要素符号压盖关系的主要步骤如下：

1）颜色映射关系建立。为方便屏幕显示，在地图设计和编制阶段，地图制图系统一般采用RGB色彩空间。而本文基于专色叠印蒙片处理注记与同色要素符号压盖关系的PDF地图文档，采用黑、棕、兰、绿四色专色色彩空间。因此，必须先建立每一种地图要素屏幕RGB显示色与黑、棕、兰、绿四色印刷色之间的映射关系。

2）注记压盖区域信息的获取。注记压盖区域实际就是一系列多边形区域。这些多边形区域的形状是由注记内容的多少、字体种类和字体的大小等诸多因素决定。而多边形区域的数量则由注记的定位点确定。如果是单点定位，则只有一个多边形区域，如果是多点定位，则有多个多边形区域。依次从 E 中取出要素对象 O_i，若 O_i 类型为注记，则从 O_i 中取出图元

对象 p_{ij}，计算注记图元压盖区域信息，并将其作为普通蒙片对象（多边形面图元）记录在 c_{ij} 中，以此类推，获取并保存所有注记压盖区域信息。

3）PDF 地图分色版图元对象集创建。依次从 E 中取出要素对象 O_i，从 O_i 中取出图元对象 p_{ij}，获取图元对象 p_{ij} 的颜色信息 RGB_{ij}，根据上述颜色映射关系，得到 RGB_{ij} 对应的专色类型 Sep_{ij}（如专色黑）和对应的网点百分比 w_{ij}，结合图元对象 p_{ij} 的 Sep_{ij}、w_{ij} 以及几何信息，在PDF地图文档中定义对应的专色图元对象，用 p_{ij}' 来表示，再判断图元对象 p_{ij} 所对应普通蒙片对象 c_{ij} 是否存在，如果不存在，则将 q_{ij} 定义为空，如果存在，则依据普通蒙片对象 c_{ij} 内存储的多边形范围数据新建一个面图元（作为蒙片），以网点百分比为 0 的 Sep_{ij} 色作为其边线和填充色，用 q_{ij} 来定义，以此类推，继续取下一个图元对象 $p_{i(j+1)}$ 进行处理，直至处理完 O_i 中的所有图元对象，再接着取下一个要素对象 O_{i+1} 进行处理，直至处理完 E 中的所有要素对象，最终得到 E' 中的图元对象。

4）PDF 地图不同颜色分版不同图元类型的特定图元集构建。先按黑、棕、兰、绿 4 个分版颜色，对 E' 中每个要素所对应的图元对象进行汇总，得到分色版图元集，再按照颜色填充面、线、点、说明注记、普通注记和蒙片等特定的图元类型，分别对各分色版图元对象重新进行归类，得到一系列不同颜色分版不同图元类型的特定图元集，如表 1 所示四色 PDF 地图不同颜色分版不同图元类型的特定图元集构成情况。

表 1　四色 PDF 地图不同颜色分版不同图元类型的特定图元集构成情况

颜色分版	颜色填充面图元集	线图元集	点图元集	说明注记图元集	普通注记图元集	蒙片图元集
黑版	Black_1	Black_2	Black_3	Black_4	Black_5	Black_6
棕版	Brown_1	Brown_2	Brown_3	Brown_4	Brown_5	Brown_6
兰版	Blue_1	Blue_2	Blue_3	Blue_4	Blue_5	Blue_6
绿版	Green_1	Green_2	Green_3	Green_4	Green_5	Green_6

5）PDF 地图文档页面内容流中各特定图元集图形化描述。在 PDF 地图文档内容流中，依次按照 Brown_2、Brown_6、Green_2、Green_6、Blue_2、Blue_6、Black_2、Black_6、Brown_1、Green_1、Blue_1、Black_1、Brown_3、Green_3、Blue_3、Black_3、Brown_4、Green_4、Blue_4、Black_4、Brown_5、Green_5、Blue_5、Black_5 的顺序，对各个特定图元集进行图形化描述。需要特别说明的是，所有图元对象在图形化描述时都需要先将其设置为叠印属性。如图 1 所示，即为各类特定图元集在PDF地图文档内容流中先后记录的顺序情况，其中灰色背景框内所记录的特定图元集则由一系列专色叠印蒙片对象构成。

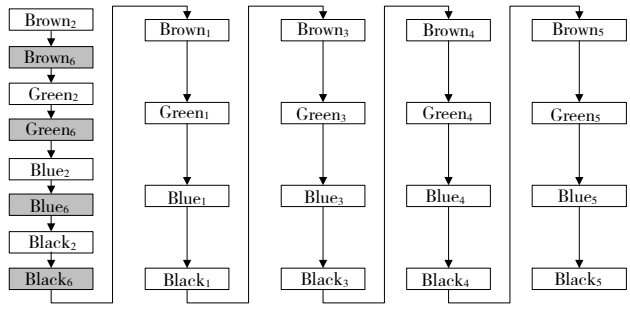


图 1　各类图元在PDF地图文档中先后记录的顺序情况

3　实验验证

以目前仍然普遍开展的黑、棕、兰、绿四色 1∶10 000 地形图生产为例，在传统生产作业流程中，注记与同色符号压盖关系处理工作通常放在制图编辑环节，需要依靠大量人工交互，通过增加注记蒙片或裁剪被压盖同色图形来完成，成果主要是黑、棕、兰、绿四色 EPS 分版数据，以满足日常印刷出版应用保障需要。本研究结合新一代 1∶10 000 地形图 GeoPDF 数据试生产，利用 GeoPDF 同样兼容普通 PDF 印刷出版的特性，开展了相关实验验证。首先，按照常规地形图生产方式，基于专用制图平台导入一幅 1∶10 000 全要素矢量线划数据，经地图要素符号化和制图编辑，形成制图数据成果；其次，建立制图系统地图要素屏幕 RGB 显示色与黑、棕、兰、绿四色印刷色之间的映射关系，部分映射关系如表 2 所示；最后，利用制图数据，获取分色版注记压盖区域信息，并分别按照黑、棕、兰、绿不同分版，区分颜色填充面、线、点、说明注记、普通注记和蒙片等类型构建了 25 项特定图元数据集，再按照图 3 所示记录顺序输出 PDF 地图文档页面内容流，最终形成 GeoPDF 成果数据。

上述整个注记与同色符号压盖关系处理过程基本上是自动实现，完全不需要人工干预，与传统手工处理方式相比较，大幅度提高了作业效率，另外处理效果表现出“准”且“巧”的智能化特点，在一定程度上降低了作业人员的制图编辑能力要求。所谓“准”是指被裁剪的符号就是与注记发生压盖冲突的同色符号，而不是非同色符号。如图 2 所示，在注记“和宜合”下，既有与注记同色的普通街区边线，又有与注记同版但不同网点的普通街区面域，还有与注记非同版的等高线（在棕版上）和植被（在绿版上）符号，

表2 屏幕RGB色与4种专色间的部分映射关系

R	G	B	专色名称	网点百分比/%
0	0	0	黑	100
229	229	229	黑	10
205	174	135	棕	100
220	200	180	棕	30
37	172	240	兰	100
195	224	247	兰	15
0	174	0	绿	100
196	220	206	绿	15

但在处理过程中仅仅是针对注记压盖区域内的普通街区边线做了精确“裁剪”。所谓“巧”是指被“裁剪”的符号只是在与注记重叠的区域未正常绘制，表面上看，同被“裁剪”了一样，而实际对应的地图数据本身并未发生变化。例如，制作生成的GeoPDF地形图，依托Acrobat浏览器进行简单GIS应用中，如图3所示，如果注记要素层打开时，注记会自动“裁切”同色要素符号；如图4所示，如果注记要素层关闭后，注记所在区域同色要素符号将自动恢复完整形状。此外，经实际测试，该GeoPDF地形图同时可以正常满足黑、棕、兰、绿四色分版需要[15]，表明专色叠印蒙片处理方法未对其印刷出版数据质量造成任何影响。



图2 黑版注记与普通街区符号压盖关系处理后视图

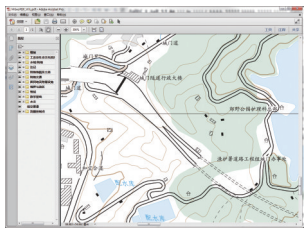


图3 面向GIS应用中注记要素层打开时注记自动“裁切”同色要素符号显示效果

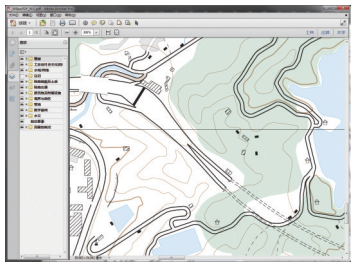


图4 面向GIS应用中注记要素层关闭后注记所在区域同色要素符号恢复完整形状效果

4 结 语

本文提出了一种基于专色叠印蒙片自动快速处理PDF地图注记与同色要素符号压盖关系的方法，并通过相关实验进行了验证[16–18]。该方法通过挖掘PDF文档潜在的专色和叠印特性，针对每一个注记创建专色叠印蒙片，经过构建不同颜色分版不同类型图元特定图元集，并按照一定顺序实现PDF地图文档内容流图形化描述，在很大程度上提高了注记与同色要素符号压盖关系处理的工作效率，为后续大批量系列比例尺GeoPDF地形图数据生产作业进行了有益的技术探索和尝试，提供了一条创新技术方法和手段，有很好的推广应用价值。

参考文献

[1] 永练,李志刚,娄倩,等. 印刷出版原图的编制原则和技巧[J]. 测绘科学与工程,2011,31(2):45-48

[2] 高晓梅. 现代数字地图制图与出版印刷新技术应用分析[J]. 测绘通报,2006(1):43-46

[3] 国家测绘局. 1:500、1:1 000、1:2 000地形图质量检验技术规程:CH/T 1020 2010[S].

[4] 吴长彬,闾国年,刘昱君. 基于规则库和网格算法的土地利用现状图自动数字注记[J]. 测绘学报,2008,37(2):250-255

[5] Klau G W,Mutzel P. Optimal Labeling of Point Features in Rectangular Labeling Models[J]. Mathematical Programming,2003,94(2/3):435-458

[6] 蒲朝旭,汤洪,林莉. 椭圆搜索方式高程注记智能移位方法[J]. 测绘科学,2015,40(3):141-145

[7] 樊红,张祖勋,杜道生. 地图线状要素自动注记的算法设计与实现[J]. 测绘学报,1999,28(1):86-89

[8] 汪有为,蔡忠亮,文婷,等. Adobe Illustrator环境下的地图注记智能化配置方法[J]. 测绘科学,2020,45(5):159-164

[9] 丁杨,巩淑楠,付瑜. 基于1∶50 000地形图的拓展应用与生产模式探索[J]. 测绘与空间地理信息,2022,45(增刊):114-119

[10] 徐青,魏斌,何列松,等. 基于裁剪区的地图注记自动压盖处理技术[J]. 测绘科学技术学报,2013,30(6):629-632

[11] 邓术军,陈四清,刘宏林. 地图出版系统中公路类符号绘制的解决方法[J]. 测绘学院学报,2005,22(2):134-135

[12] 史瑞芝. 基于出版的地图要素设色与压盖关系处理[J]. 测绘通报,2006(6):54-56

[13] 邓术军. 开放式地图出版数据模型的研究[D]. 郑州:信息工程大学,2005

[14] 薛智勇,汶建龙. 基于GDI+处理注记与同色符号压盖关系的方法[J]. 测绘工程,2015,24(10):5-10

[15] 汶建龙,杨春成,符浩军,等. 一种地图跨媒介出版数据模型[J]. 测绘学报,2015,44(8):936-942

[16] 邓术军,史瑞芝,魏斌,等. 面向地图印刷的数字化工作流程建设与思考[J]. 包装工程,2020,41(增刊):151-155

[17] 李蕾. 数字地形图图面压盖的自动处理[D]. 西安:西安科技大学,2020

[18] 孙晓淳. 分布式并行PDF地图切片与瓦片服务系统设计[D]. 西安:西安电子科技大学,2023