

中图法分类号: P208; P283 文献标志码: A 文章编号: 1006-8961(2011)11-2067-07

论文索引信息: 陈泰生, 闫国年, 吴明光, 骆骐, 檀姗姗. CAD点状符号与TrueType符号模型对比、转换与分析[J]. 中国图象图形学报, 2011, 16(11): 2067-2073

# CAD点状符号与TrueType符号模型 对比、转换与分析

陈泰生<sup>1),2)</sup>, 闫国年<sup>1)</sup>, 吴明光<sup>1)</sup>, 骆骐<sup>1)</sup>, 檀姗姗<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>(南京师范大学虚拟地理环境教育部重点实验室, 南京 210046)

<sup>2)</sup>(滁州学院地理信息与旅游学院, 滁州 239000)

**摘要:** 从数据结构、存储方式两方面对比CAD点状符号与TrueType符号的符号模型, 提出两者间的转换方法, 设计出符号的双向映射机制。利用该方法进行符号转换实验, 针对转换前后符号出现的数据量变化、变形以及信息丢失等问题进行了详细分析, 实验结果表明, 该方法能够实现CAD点状符号与TrueType符号之间的转换, 有助于符号之间的共享。

**关键词:** CAD符号; TrueType; 符号模型; 符号转换; 符号共享

## Comparison conversion and analysis on models of CAD point symbol and TrueType symbol

Chen Taisheng<sup>1),2)</sup>, Lü Guonian<sup>1)</sup>, Wu Mingguang<sup>1)</sup>, Luo Qi<sup>1)</sup>, Tan Shanshan<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>(Key Laboratory of Virtual Geographic Environment of Ministry of Education, Nanjing Normal University, Nanjing 210046 China)

<sup>2)</sup>(School of Geographic Information and Tourism, Chuzhou University, Chuzhou 239000 China)

**Abstract:** This paper aims at symbol sharing between CAD and TrueType. First, point symbol model between CAD and TrueType were compared from data structure and storage style. Second, conversion methods between them were proposed and some issues such as data size, information distortion and lost on fore-and-aft conversion were analyzed. Experiment validates the feasibility of conversion between CAD and TrueType point symbols and it help to symbol sharing.

**Keywords:** CAD symbol; TrueType; symbol model; symbol conversion; symbol sharing

## 0 引言

地图符号是地图的图解语言, 是表达地图内容的基本手段, 用来沟通客观世界、制图者和用图者。它通过象形的、会意的图形刺激人的左脑, 产生心像, 来传递地理实体的特征、分布规律等信息。地理

数据与符号是GIS、CAD等地图类系统的核心, 两者同胚同源, 然而地理数据共享的同时, 符号并没有同步共享, 系统互操作时, 符号信息丢失、变形。测绘、规划等领域长期存在着针对同一类地理对象分别制作多种格式的地图符号, 以便在相应平台上使用, 这造成了大量低水平重复劳动。因此, 如何解决地图符号共享问题, 实现地图符号库的“一库多用”显得

收稿日期: 2010-08-18; 修回日期: 2011-04-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(40901186); 国家高技术研究发展计划(863)基金项目(2009AA12Z228); 地理空间信息工程国家测绘局重点实验室经费资助项目(201027)。

第一作者简介: 陈泰生(1982—), 男。2011年于南京师范大学获地图学与地理信息系统专业博士学位, 主要研究方向为地图符号、地图色彩、地理信息共享。E-mail: taisheng-chen@163.com。

异常重要! 符号共享可以归为数据共享与功能共享两种方式, 在符号数据共享方面, 吴自银提出了利用 TrueType 字体共享点状地图符号<sup>[1]</sup>, 李青元等人分别提出了基于 XML 的地图符号描述模型<sup>[2-4]</sup>; 在符号功能共享层面, 陶陶等人提出了 GIS 符号库的多平台渲染技术, 苏科华、朱欣焰利用一种虚拟机技术实现不同 GIS 平台之间符号共享<sup>[5-11]</sup>。无论是符号数据共享还是符号功能共享, 它们均需利用中立的符号数据结构或格式(如 TrueType)以共享符号, 然而不同符号之间结构相差较大, 仍没有一个通用的符号结构能够描述所有地图符号, 因此不同系统在地图符号数据结构、构图方式根源上的差异, 导致这些方法均未能较好地实现符号共享。地图类系统符号主要分为 CAD 与 GIS 两大阵营, 目前 CAD 符号与 GIS 符号之间如何相互转换仍是难点。将 CAD 数据转为 GIS 数据时, 传统方法针对 CAD 符号通常有两种处理方式: 1) 只获取符号的地理数据如定位点坐标, 而忽略符号数据; 2) 将符号打散成简单的几何图形, 转换为地理数据。这两种方式或丢失了符号信息, 或混淆了地理数据与符号数据, 均难以有效地实现符号转换、共享。为此, 一些学者将通用符号模型作为 CAD 与 GIS 符号之间的中间件<sup>[12]</sup>, 但是这些符号模型本身并没能很好地兼容 CAD 数据模型, 因此也就难以达到共享目的。CAD 点状符号基于图块或类似图块结构构建(AutoCAD、MicroStation), 而 GIS 点状符号或基于 TrueType 构建(ArcGIS、MapInfo)或支持 TrueType(SuperMap)符号, 因此, 从符号数据共享层面研究 CAD 点状符号与 TrueType 符号转换方法将具有典型意义, 有助于解决 CAD 与 GIS 两大阵营间符号共享难的问题。本文以点状符号为切入点, 以 AutoCAD 为代表, 对比 CAD 点状符号与 TrueType 符号数据模型, 研究两者之间的转换方法, 重点分析符号转换过程中存在的问题, 探讨符号难以共享的深层次原因。

## 1 CAD 点状符号与 TrueType 符号模型对比

### 1.1 符号数据结构

#### 1.1.1 CAD 点状符号数据结构

CAD 点状符号一般以图块(Block)或形(Shape)的方式组织, 图块或形是若干个实体对象的集合, 实体对象包括直线、多段线、圆、圆弧、椭圆

(弧)、样条曲线等, 因此 CAD 点状符号库为符号库—符号—实体 3 层结构。图块包含块名、基点及单位等信息, 分别对应点状符号名称、定位点及坐标单位。图 1 展示了与 CAD 点状符号相关的实体对象模型图, 其中 Hatch 为填充图案, 曲线包含了 6 种几何图元类型。

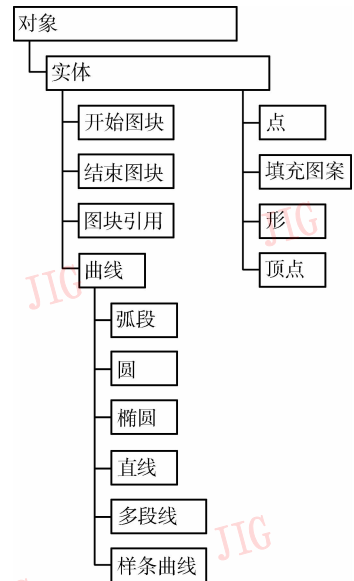


图 1 AutoCAD 实体对象模型

Fig. 1 AutoCAD entity structure

#### 1.1.2 TrueType 符号数据结构

TrueType 是苹果公司和微软公司共同开发的一种电脑轮廓字体类型标准。基于 TrueType 构建的点状符号(以下简称 TrueType 符号)由单个或多个字符叠合而成, 字符含有多个字形, 字形由轮廓构成, 轮廓可以为直线段或二次贝塞尔曲线, TrueType 符号结构如图 2 所示。其中 1 \* 表示组合关系, 每个字符中仅包含一种颜色, 复杂图形由多个直线段与二次贝塞尔曲线拟合而成。直线段记录了首尾节点坐标, 二次贝塞尔曲线记录了数据点与控制点的坐标。TrueType 符号绘制速度快、精度高、支持无级缩放, 因此 ArcGIS、MapInfo 等大型 GIS 软件均基于 TrueType 字体构建点状地图符号。

#### 1.1.3 CAD 点状符号与 TrueType 符号数据结构对比

CAD 点状符号与 TrueType 符号在构图模式、应用领域等方面存在较大差异, 前者面向制图与建模等领域, 而后者主要针对字符(特别是西文字符)轮廓的描述, 这导致了两者在结构上的截然不同, 主要分为以下几点: 1) 符号与地理数据关系, 符号与地理数

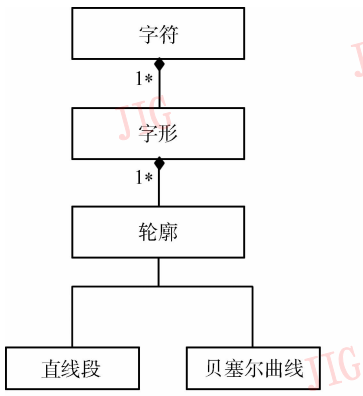


图 2 TrueType 数据结构  
Fig. 2 TrueType structure

据同胚同源,均源自地理对象,但 CAD 与 GIS 在处理两者间的关系迥异,CAD 将符号与数据捆绑在一起,视为同一个整体,而 GIS 则实现了地理数据与符号的分离,如 TrueType 符号描述了符号数据本身,而地理数据仍为空间定位的点要素;2)符号图元类型,CAD 符号支持如点、直线段、圆、椭圆、多段线、圆弧、样条曲线等多种类型实体,而 TrueType 字符只支持直线段与二次贝塞尔曲线,任意字形均描述为两者连接而成的多边形,因此,相对而言 TrueType 符号图元结构比较单一;3)符号结构,CAD 以符号—图块/形—几何实体对象的 3 层结构进行组织,其中符号由若干图块或形组成,图块或形可以包含多个几何实体对象, TrueType 符号则基于 TrueType 字体的字符—字形—轮廓 3 层结构构建,符号可以由多个字符组合而成;4)符号线型,CAD 符号支持自定义线型,线型文件 (\*.lin)是一种文本文件,因此可以对其按照 CAD 规范进行编辑以扩展线型,而基于 TrueType 构建的点状符号因其符号数据存放在 TrueType 字符中,字符本身并没有线型的概念,若要改变线型需要重新构建整个点状符号的轮廓数据,因此 TrueType 点状符号难以扩充线型;5)符号填充,CAD 符号支持填充图案,包括单色填充、渐变色填充以及自定义图案,其中图案填充文件 (\*.pat)是一种文本文件,可以对填充图案按照 CAD 规范进行扩充,而 TrueType 符号基于 TrueType 字符的轮廓构建,符号的填充数据均包含在 TrueType 字符文件中,若要改变符号填充模式,同样需要重新构建整个点状符号数据,因此 TrueType 点状符号难以扩充填充类型,此外渐变色填充也无法实现;6)符号颜色,CAD 单个符号内部支持多种不同的颜色,可以为符号中任意几何实体对象配置特定颜

色,而 TrueType 符号中每个字符均只能包含一种颜色,因此单个 TrueType 字符无法描述具有多种色彩的地图符号。

### 1.2 符号存储方式

CAD 将符号与地理数据合为一体,可存储为二进制或文本两种类型文件,如 DWG 与 DXF 文件,文件中记录了符号的几何数据、线型与填充样式以及符号的名称、基点、缩放比例等属性。而 TrueType 将符号与数据分离,采用二进制的方式对符号轮廓的几何数据进行存储,相对于 CAD 符号而言, TrueType 符号由字体文件与符号描述文件两者组成, TrueType 字体文件记录了符号轮廓的几何数据,但不包含颜色、符号名称等信息,也无法描述符号的线型与填充等样式,符号描述文件则记录了符号的名称、颜色等属性以及字体文件路径、字符索引等信息,通过两者之间的关联、映射实现对 TrueType 点状符号的存储与管理。

从上述分析可以看出,CAD 与 TrueType 点状符号在数据结构与存储方式上存在较大差异,均具有各自的适用范围和局限性,难以直接兼容。地图符号“一库多用”无法实现,导致符号交换需要大量重复的手工劳动,阻碍了地图符号的交换与共享。因此,研究 CAD 点状符号与 TrueType 符号之间的转换方法将有助于改善目前符号共享难的局面。

## 2 CAD 点状符号与 TrueType 符号转换方法

TrueType 符号是 GIS 构建点状地图符号的主流方法,因此 CAD 点状符号与 TrueType 符号共享是解决 CAD 与 GIS 符号难以共享的突破口。CAD 点状符号的符号—块—实体 3 层结构与 TrueType 符号字符—字形—轮廓 3 层结构一一对应,由图 3 可知,CAD 点状符号与 TrueType 字符之间可以互相交换,块与字形、实体与轮廓间也分别可以实现双向映射。

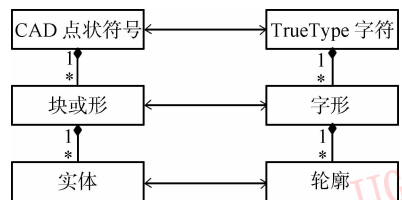


图 3 CAD 与 TrueType 符号模型映射  
Fig. 3 Map between CAD and TrueType symbol model

## 2.1 CAD 点状符号向 TrueType 符号映射

CAD 点状符号向 TrueType 符号映射的核心是将 CAD 符号中的实体对象转换为 TrueType 符号中的轮廓,如图 4 所示,转换方法共分为以下 4 类:1)点对象,CAD 中的点转换为 TrueType 字符中的实心圆,圆由多个首尾相连的 Bezier 曲线拟合而成,图 5 所示圆边界上的矩形方格为节点,空心圆为 Bezier 曲线控制点;2)直线段对象,直线段转换为 TrueType 字符中的多边形,多边形由若干直线段构成,节点坐标由 CAD 中直线段的节点坐标值与线宽共同决定;3)圆、椭圆对象,将它们转换为 TrueType 字符中的圆环形状,该形状由两个半径不同的实心圆嵌套而成,每个实心圆均由多个二次 Bezier 曲线进行拟合;4)多段线、圆弧与样条曲线对象,将它们转换为 TrueType 字符中的多边形,该多边形由一系列首尾相连的二次 Bezier 曲线与直线段构成,CAD 曲线首尾节点处由直线段构成,而多段线可以由直线段、圆弧等图形组合而成,因此这 3 种图形均可以转换为直线段与 Bezier 曲线构成的多边形,转换函数的伪代码如下:

```

CADBlock currentBlock;
CADEntity currentEntity;
int i, j, nBlocks, nEntitys;
//获取当前图纸中图块总数
nBlocks = currentDrawing. Blocks. Count;
//遍历图块
for(i = 0; i < nBlocks; i++)
{
//获取当前图块
currentBlock = currentDrawing. Blocks. Item(i);
//获取当前图块中的实体总数
nEntitys = currentBlock. Count;
//遍历实体
for(j = 0; j < nEntitys; j++)
{
//获取当前实体对象
currentEntity = currentBlock. Item(j);
if(currentEntity. type = "直线")
{
//将其转换为 TrueType 字符轮廓中由
//直线段构成的多边形
}
else if(currentEntity. type = "点" or "圆" or "椭
圆")

```

```

//将其转换为 TrueType 字符轮廓中由
Bezier 曲线拟合而成的多边形
}
else if(currentEntity. type = "多段线" or "圆弧"
or "样条曲线")
{
//将其转换为 TrueType 字符轮廓中由
Bezier 曲线与直线段连接而成的多边形
}
}
}

```

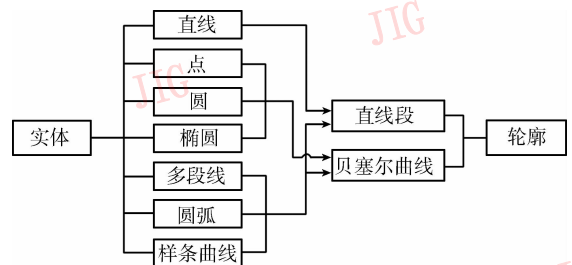


图 4 CAD 实体向 TrueType 符号轮廓映射

Fig. 4 Map from CAD entity to TrueType contour



图 5 转换后的 TrueType 符号轮廓

Fig. 5 Converted TrueType symbol contour

## 2.2 TrueType 符号向 CAD 点状符号映射

TrueType 符号向 CAD 点状符号映射包括两种方式,一种将 TrueType 点状符号作为文字插入至 CAD 图形文件中,另一种将 TrueType 点状符号转换为 CAD 中的图块或形。前一种方式将每个符号视为一个字符,因此在使用符号时必须附带对应字库文件支持,因此,选择后一种方式将 TrueType 符号转换为 CAD 点状符号,如图 6 所示。TrueType 轮廓中仅包含直线段与贝塞尔曲线,所以将映射方法分为两类:1)直线段,直接转换为 CAD 中直线段,只需将首尾节点坐标分别赋予 CAD 中的 Line 即可;2)贝塞尔曲线,TrueType 中的贝塞尔曲线为二次贝塞尔曲线,而 CAD 对象模型中并没有该曲线,但 Nurbs 样条曲线可以描述贝塞尔曲线,因此将 TrueType 中的贝塞尔曲线转换为 CAD 样条曲线。

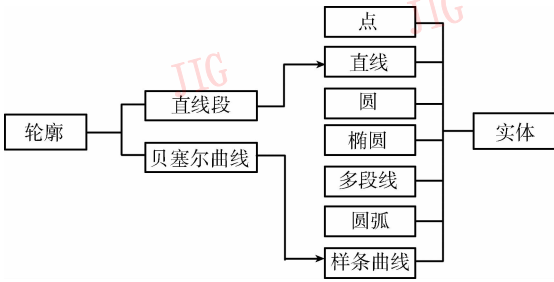


图 6 TrueType 符号轮廓向 CAD 实体映射  
Fig. 6 Map from TrueType contour to CAD entity

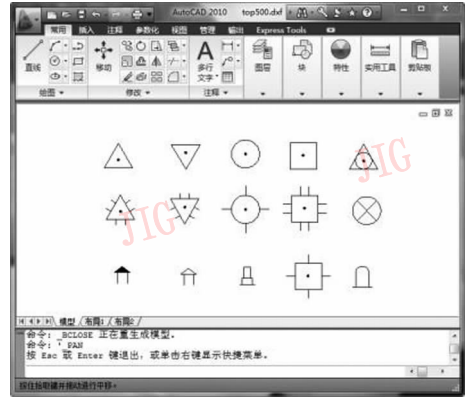


图 8 TrueType 符号转换实验  
Fig. 8 Experiment of TrueType symbols conversion

### 3 实验

选取 CAD 点状符号与 TrueType 字体文件进行转换实验,前者使用 DXF 文件作为 CAD 符号数据文件,DXF 文件为 Autodesk 公司开发的用于 AutoCAD 与其他软件之间进行 CAD 数据交换的文件格式,实验选用 AutoCAD2010 教育版为 CAD 实验平台,后者采用 TTF 文件为 TrueType 符号文件格式。

#### 3.1 数据转换

##### 3.1.1 CAD 点状符号转为 TrueType 符号实验

选取 Electrical Power. DXF 文件为实验数据,基于图 4 所示的 CAD 实体向 TrueType 轮廓的映射机制,将其转换为 Electrical Power. TTF 文件,结果如图 7 所示。

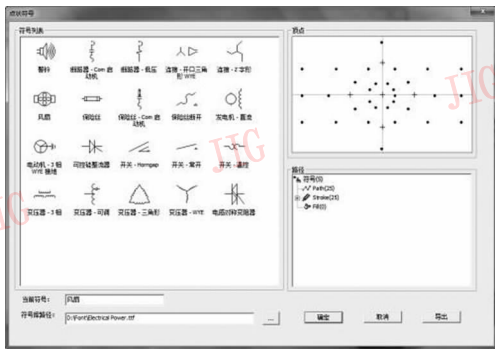


图 7 CAD 符号转换实验  
Fig. 7 Experiment of CAD symbols conversion

##### 3.1.2 TrueType 符号转为 CAD 点状符号实验

选取 top500. TTF 文件为实验数据,基于图 6 所示的 TrueType 轮廓向 CAD 实体映射机制,将其转换为 top500. DXF 文件,结果如图 8 所示。

#### 3.2 转换前后对比分析

##### 3.2.1 CAD 点状符号转换至 TrueType 符号

CAD 点状符号转为 TrueType 符号的过程中会出现数据丢失、变形以及数据量变化等现象,主要分为以下几点:1)实体变形,CAD 实体包含圆、椭圆、圆弧、样条曲线等多种图形,而 TrueType 仅包含直线段与贝塞尔曲线两种图形,因此符号转换时 CAD 中大多图形需要用 TrueType 中的直线段与贝塞尔曲线拟合,如 CAD 中圆转换至 TrueType 后,变为了若干贝塞尔曲线构成的多边形,因此转换过程中不可避免地会导致符号变形。2)数据量变化,CAD 实体中的图形仅需少量参数即可控制,如圆控制参数为圆心与半径,而转换至 TrueType 后圆是由两个实心圆组合而成,根据特定填充方式显示为圆,其中每个实心圆又由若干贝塞尔曲线构成,贝塞尔曲线控制参数为一系列数据点与控制点。如图 9 所示的符号,在 CAD 中由圆与多段线组成的三角形构成,而转换至 TrueType 符号后,则需要由一个实心圆、3 个弦型以及 1 个三角形构成,导致了数据量激增。3)颜色,点状地图符号经常具有多种颜色,在 CAD 中,可以对图块中的每个实体对象设定不同的颜色,但 TrueType 每个字符只能包含一种颜色,其根本原因是 TrueType 字符只包含图形,而没有颜色,当利用 Windows API 函数 TextOut 绘制 TrueType 符号时,每次使用一种颜色绘制一个字符,所以此种转换需要将该 CAD 点状符号转换为多个 TrueType 字符叠加而成,如图 10 所示。4)线型,CAD 点状符号轮廓可以设置多种线型如实线、点划线,此类线型特别是自定义线型转换至 TrueType 中非常复杂,需要将线型分段并分解为基本配置单元,然后分别对每个

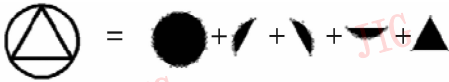


图 9 TrueType 符号解构

Fig. 9 TrueType symbol deconstruction



图 10 符号转换解构

Fig. 10 Deconstruction of symbol converting

单元利用直线段与贝塞尔曲线进行拟合,此种转换方式属于强行转换且转换后的线型不可逆。5) 填充,点状符号可以包含多种填充方式如 CAD 单色填充、渐变色填充、图案填充等,单色填充转换至 TrueType 符号比较容易,但渐变色填充难以实现,图案填充也较为复杂,需要将图案分解为基本的填充单元,然后针对每个单元利用直线段与贝塞尔曲线进行拟合。因此,CAD 中大多填充图案(Hatch)难以转换至 TrueType 符号中,即使能够转换,其转换方式属于强行转换且转换后的填充图案不可逆。6) 绘制质量,TrueType 采用 Hint 技术,提高了字体在低分辨率上的清晰度,引入 ClearType 技术平滑字体边缘,消除了边缘的锯齿,实现了字符高视觉质量的绘制,CAD 符号转换为 TrueType 符号后,其绘制质量明显提升。7) 符号映射,CAD 符号包含符号名称信息,而 TrueType 字库本身不支持字符码来检索符号,更不支持编码及属性的检索,因此将 CAD 符号转换为 TrueType 符号时,应建立符号映射表,记录两者之间的映射关系,实现 TrueType 符号分类管理。8) 系统支持,TrueType 字库大多在 Windows 系统支持,采用 PostScript 字库的输出设备(如打印机、制版机与印刷机)难以使用,因此转换后的符号在非 Windows 系统上使用时常需要将 TrueType 字形转换为图形。9) 字库支持,使用 TrueType 符号的软件环境中,需要将对应的 TrueType 字库文件打包至当前环境中,因此转换后的符号无法脱离对应的字库文件。

### 3.2.2 TrueType 符号转换至 CAD 点状符号

TrueType 符号转为 CAD 点状符号的过程中会出现数据量变化、符号映射以及字库支持等问题,主要有以下几点:1) 数据量变化,TrueType 符号中的直线段依据起始点可以直接转换至 CAD 符号中,但

是二次贝塞尔曲线需要转换为 CAD 中的非均匀有理 B 样条曲线(Nurbs),因此数据量发生了改变,控制变量增多,但图形本身没有发生形变,因为 Nurbs 曲线可以完全描述二次贝塞尔曲线;2) 符号映射,当多个 TrueType 字符组成的点状符号转换为 CAD 图块符号时,需要将字符中的图形数据合并至同一个图块中,并将符号的元数据等描述信息映射至 CAD 符号中,以实现符号与符号之间的映射;3) 字库支持,基于 TrueType 字符构建的点状符号需要对应字库文件的支持,如 ArcGIS 点状符号必须与字库文件同时存在,若将其输出为 PDF,需要将字库文件打包至 PDF 文件的尾部,而将 TrueType 符号转换至 CAD 符号后,则无需对应字库文件支持。

### 3.3 结果

CAD 符号与 TrueType 符号几何数据之间可以实现转换,但转换过程中不可避免会出现符号变形,对于包含多种颜色的 CAD 符号需要将其分解为若干对应的 TrueType 字符。CAD 符号中的线型、填充图案转换比较复杂,虽然 CAD 转换为 TrueType 符号后绘制质量有所提高,但转换后的符号数据出现许多冗余,而且需要对应的字库文件支持,此外两者转换过程中均需要建立符号映射表,以弥补符号转换过程中元数据丢失,同时支持符号的分类管理。

## 4 结论

CAD 点状符号与 TrueType 符号在数据结构与存储方式上迥异,但两者之间可以双向映射,以实现 CAD 与 GIS 之间点状符号共享,然而由于符号构图模式、数据结构、存储方式以及绘制策略不同,共享过程中会出现符号变形、元数据丢失、数据冗余等一系列问题,这些均影响了符号共享的质量,因此如何改善两种符号共享的一些局部细节需要进一步研究。

### 参考文献(References)

- [1] Wu Ziyin. Point symbol design based on TrueType[J]. Journal of Geomatics, 2000, (2): 21-23. [吴自银. 基于共享的 TrueType 点符号的设计[J]. 测绘信息与工程, 2000, (2): 21-23.]
- [2] Li Qingyuan, Li Hongsheng, Liu Haochen. GIS symbolic library general data model and data exchange format XML schema[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2008,

- 33(6):565-568. [李青元, 李洪省, 刘皓晨. GIS 符号库数据模型抽象及其交换格式研究[J]. 武汉大学学报:信息科学版, 2008,33(6):565-568.]
- [ 3 ] Qin Rufu, Xu Huiping, Wang Jialin, et al. Design and implementation of universal map symbol library based on extensible markup language[J]. Journal of Tongji University: Natural Science, 2008, 36(8):1138-1142. [覃如府, 许惠平, 王家林, 等. 基于 XML 的通用地图符号库设计与实现[J]. 同济大学学报:自然科学版, 2008, 36(8):1138-1142.]
- [ 4 ] Mihalynuk M G. Geological symbol set for Manifolds Geographic Information System[J]. Computers & Geosciences, 2006,32:1228-1233.
- [ 5 ] Shi Fulan, Zhang Shuliang, Tao Tao. Design and realization of symbol database based on multi-interface symbol display technology[J]. Computer Engineering, 2004, 30(17):195-197. [石富兰, 张书亮, 陶陶. 基于图元多接口显示技术符号库的设计与实现[J]. 计算机工程, 2004, 30(17):195-197.]
- [ 6 ] Tao Tao, Zhang Shuliang, Li Xiumei. The design and realization of common-line-editor for geographic information sharing[J]. Computer Applications and Software, 2005,22(2):52-53. [陶陶, 张书亮, 李秀梅. 面向地理信息共享的通用线型编辑器的设计与实现[J]. 计算机应用与软件, 2005,22(2):52-53.]
- [ 7 ] Tao Tao, Wu Di, Li Yanna. Pipe-point symbol's sharing of GIS network data[J]. Science of Surveying and Mapping, 2007, 32(5):156-157. [陶陶, 吴迪, 李艳娜. 管网 GIS 数据的管点符号共享研究[J]. 测绘科学, 2007,32(5):156-157.]
- [ 8 ] Tao Tao, Lu Guonian, Zhang Shuliang. Research progress and prospect of map symbol sharing in GIS[J]. Journal of Image and Graphics, 2007,12(08):1326-1332. [陶陶, 闫国年, 张书亮. GIS 地图符号共享研究进展与展望[J]. 中国图象图形学报, 2007,12(8):1326-1332.]
- [ 9 ] Tao Tao. Sharing method of map symbol in GIS based on symbol encoding complementation [J]. Computer Engineering and Applications, 2008,44(35):34-36. [陶陶. 基于“符号编码规范”的 GIS 地图符号共享方法研究[J]. 计算机工程与应用, 2008,44(35):34-36.]
- [10] Su Kehua, Zhu Xinyan, Kong Fanmin. Research on cross-platform adaptive symbolizing technology [J]. Application Research of Computers, 2008,25(12):3599-3601. [苏科华, 朱欣焰, 孔凡敏. 跨平台自适应符号化技术研究[J]. 计算机应用研究, 2008,25(12):3599-3601.]
- [11] Su Kehua, Zhu Xinyan, Gong Jianya. Cross-platform versatile technology for GIS symbols [J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2009, 34(5):611-614. [苏科华, 朱欣焰, 龚健雅. GIS 符号的跨平台通用技术研究[J]. 武汉大学学报:信息科学版, 2009, 34(5):611-614.]
- [12] Tao Tao, Yin Yihua, Tao Yixin. Key techniques of CAD block sharing in GIS software[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2006,18(9):1460-1464. [陶陶, 尹轶华, 陶以欣. GIS 软件共享 CAD 图块的关键技术[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2006,18(9):1460-1464.]