

基于 AutoCAD .NET API 的 DWG 文件坐标变换的研究及实现

薄 成, 张西军

(沈阳市勘察测绘研究院 辽宁 沈阳 110004)

摘 要:针对工程实践中不同坐标系下 DWG 数据相互变换的实际需要,通过对 DWG 数据存储组织结构以及 AutoCAD .NET API 的深入研究,采用平面四参数转换方法,基于 Visual Studio 2010 和 AutoCAD 2008 开发平台,成功开发了 DWG 数据坐标变换程序。以沈阳市 1:500 比例尺、1954 北京坐标系的 DWG 数据为例,实现了不同坐标系下 DWG 数据的互相变换,并对变换后的数据进行了要素检查和精度分析。结果证明,采用基于 AutoCAD .NET API 二次开发的技术能够很好地满足 DWG 数据在不同坐标系下互相变换的应用需求,大大地节省了工作时间,提高了工作效率。

关键词:AutoCAD .NET API; AutoCAD; DWG; 坐标变换

中图分类号:P226+.3

文献标识码:A

文章编号:1672-5867(2019)03-0198-04

Research and Implementation of Coordinate Transformation for DWG Files Based on AutoCAD .NET API

BO Cheng, ZHANG Xijun

(Shenyang Geotechnical Investigation & Surveying Research Institute, Shenyang 110004, China)

Abstract: The article aims at the actual need of the transformation of DWG data in different coordinate systems in engineering practice, studying DWG data storage organization structure and AutoCAD .NET API deeply, adopting plane four parameters coordinate transformation model, DWG data coordinate transformation program has been successfully developed based on Visual Studio 2010 and AutoCAD 2008 development platform. Taking DWG data of 1:500 scale, 1954 Beijing coordinate system in Shenyang as example, realizing transformation of DWG data in different coordinate systems, checking elements and analysing accuracy for transformative data. The results show it is good that adopting development technology based on AutoCAD.NET API meets the application requirements of the transformation of DWG data in different coordinate systems, saves work time greatly and improves work efficiency.

Key words: AutoCAD .NET API; AutoCAD; DWG; coordinate transformation

0 引 言

随着我国数字化、信息化建设与测绘行业的不断发展,测绘成果纸质存储的方式逐渐被电子信息化的存储方式所取代,相比纸质存储,电子存储不仅弥补了因存放时间过长引起精度损失的缺点,而且具备节省存放空间、存取方便等优点。在当前测绘软件琳琅满目、测绘成果数据格式种类繁多的情况下,AutoCAD 软件的 DWG 数据格式因其通用性强、数据量级小等众多优点为多数工程所应用^[1]。由于地区差别、工程需要等其他原因,数据所采用的坐标系统不尽相同,我国的大地基准自 20 世纪 60

年代以来经历了一系列完善、更新的演化过程^[2],传统的国家大地坐标系有 1954 北京坐标系、1980 西安坐标系以及地方独立坐标系等,近年来我国还建立了 2000 国家大地坐标系^[3]。不同坐标系统的数据无法共享使用,造成了“信息孤岛”现象,所以实现不同坐标系下 DWG 数据的高精度变换成为了急需解决的问题。

1 AutoCAD .NET API 与 DWG 介绍

1.1 AutoCAD .NET API 介绍

目前,AutoCAD 提供的二次开发工具包有 VisualLisp、VBA、ObjectARX 和 .NET API 等。.NET API 是 Autodesk 公

收稿日期:2017-10-17

作者简介:薄 成(1987-)男,辽宁法库人,工程师,硕士,2013 年毕业于辽宁工程技术大学地图制图学与地理信息工程专业,主要从事工程测量与地理信息系统应用开发工作。

司在 AutoCAD 2006 版开始增加的,是完全面向对象的应用程序接口,可在.NET 框架下使用任何支持.NET 的语言进行二次开发^[4]。AutoCAD .NET API 提供了全新的编程环境,与其他 Windows 应用程序更加容易结合与集成,编程人员学习起来更加容易。鉴于上述优点,笔者决定采用 AutoCAD .NET API 作为二次开发工具包实现程序的开发。

1.2 DWG 数据存储组织结构

DWG 是 AutoCAD 软件保存图形及属性数据的一种主要文件格式,是制图行业的工业标准,该文件格式为二进制,数据结构较为复杂,主要包括文件头部(HEADER)、实体部(ENTITIES)、表部(TABLES)、块实体部(BLOCKS)、应急头部(CONTINGENCY HEADER) 5 部分^[5]。其中,文件头部长度是固定的,用来存储标志、版本、索引及部分系统变量;实体部用来存储空间图形的基本单元;表部用来存储属性数据结构及记录,每一条记录都存在一个唯一标识;块实体部用来存储空间图形基本单元和属性记录的唯一标识索引,每一个块实体都可包含多个实体;应急头部保存了重要索引信息的副本,在 DWG 模型文件遇到损坏时可用于文件修复。

DWG 文件实质上是存储在图形数据库中对对象的集合,以图元为单位记录数据,一个实体或图元对应一条数据记录^[6]。虽然近些年不少测绘软件都支持了对 DWG 文件的读写,但是 AutoCAD 因对其读写效率更高、操作更加方便、原匹配软件等众多优点作为首选,所以基于 AutoCAD 平台二次开发是实现 DWG 数据坐标变换较为理想的方式^[7]。

2 DWG 文件坐标变换实现原理

2.1 选取重合点

重合点需要选取高等级、高精度、小中误差、覆盖整个变换区域且分布均匀的点作为坐标变换的重合点。重合点坐标可以通过实测获取,也可通过收集资料获取。重合点应采用在两个坐标系下均有坐标成果的控制点,用于计算转换参数的重合点需根据其计算得到的转换参数精度来确定,具体方法是利用计算得到的转换参数计算重合点的转换坐标,若残差大于 3 倍中误差则剔除该重合点,重新选取重合点并计算坐标转换参数,直到满足精度要求为止。用于计算转换参数的重合点数量与区域大小有关,但一般不得少于 5 个^[8]。还应选取至少 6 个均匀分布的重合点作为外部检核点对坐标转换精度进行检核,用于检核的重合点不参与转换参数的计算^[9]。

2.2 计算转换参数

常用的坐标变换方法有平面四参数、六参数及二次曲面模型等^[10]。平面四参数模型广泛应用于地方独立坐标系及工程施工控制网的建立,在测绘工程应用中,通常用于满足不同平面坐标系的相互变换^[11]。当测区面积较小或工程区域不大、公共已知点数量较少的情况下,采用平面四参数方法便能达到理想的精度。本文是针对小区

域、平面坐标系的空间数据进行坐标变换,所以采用平面四参数模型就能够达到要求。根据选取的重合点坐标计算坐标系变换所需的两个平移参数、一个缩放参数和一个尺度变换参数。

2.3 实体坐标变换

DWG 文件坐标变换的目的是实现文件内每个块实体的坐标变换,每个块实体包含一个或多个实体,所以 DWG 文件坐标变换的实质是每个实体坐标变换的实现。实体坐标变换是对实体内每个空间图形基本单元的变换,空间图形基本单元主要包括点(Point)、线(Line)、多线(Polyline)、多面(Polygon)、圆弧(Arc)、圆(Circle)、椭圆(Ellipse)、样条线(Spline)、标注(Dimension)和文字(Text)等。其中,点、线、多线、多面、样条线、标注和文字等简单图形单元可直接对其包含的点坐标进行坐标变换;圆弧、圆和椭圆等复杂图形单元可通过对其圆心坐标先进行坐标变换,再对其半径进行缩放和旋转。实体坐标变换结束后,通过坐标重写或坐标移动实现坐标更新。

3 程序实现

3.1 程序设计

本文笔者以 Visual Studio 2010 和 AutoCAD 2008 作为开发平台,以 C#为开发语言,利用 AutoCAD.NET API 开发了实现大比例尺地形图数据坐标变换的应用程序。程序以坐标变换为主要功能模块,实现 DWG 文件在 1954 北京坐标系、1980 西安坐标系、2000 国家大地坐标系以及地方独立坐标系下的互相变换,支持对单文件和批量文件的坐标系变换,同时支持用户选取文件路径、输出路径、坐标变换参数、预处理方式、后处理和变换进度条等辅助功能。

3.2 程序开发

AutoCAD 软件同时支持命令行和工具栏两种操作方式,命令行操作对用户要求较高,并且需要用户手动输入命令,工具栏操作方式直观明了、简单快捷,深受广大用户喜爱,所以本文采用工具栏作为用户操作方式。

程序开发主要分为添加工具菜单和坐标变换两部分实现。添加工具菜单的主要功能是将坐标变换功能模块添加到工具菜单栏中,采用 AutoCAD 命令行操作方式实现。在 Visual Studio 2010 中新建项目并引用 AcCui、acdbmgd 和 acmgd 三个动态链接库,新建类库并在类库中声明命令定义及实现方法:

```
[CommandMethod("AddMenu")]
public void AddMenu()
{
    .....
}
```

坐标变换功能模块是实现数据坐标变换的核心,用户选择数据所在文件夹路径、导出路径、变换参数、预处理方式和后处理方式等程序参数,点击“确定”实现数据坐标变换。坐标变换开始执行之前,用户需先确定变换

参数、预处理方式和后处理方式,变换参数根据用户的实际需求进行选择,程序支持 1954 北京坐标系、1980 西安坐标系、2000 国家大地坐标系以及地方独立坐标系的互相变换;预处理方式是对变换数据的坐标带号执行加减操作,这要根据所选重合点坐标是否具有坐标带号来确定;后处理方式根据用户对变换后的数据坐标带号要求来确定。平面四参数模型下,实体坐标变换分为平移、缩放和旋转 3 个过程。

1) 平移。根据基点和目标点得到平移向量。

$\text{Vector3d Vec} = \text{NewPoint} - \text{OldPoint};$

$\text{Matrix3d PMat} = \text{Matrix3d.Displacement}(\text{Vec});$

2) 缩放。利用平移后基点和同名目标点分别计算其相对目标点的长度,进而求得缩放比,根据缩放比和目标点计算缩放变换矩阵。

$\text{Double OldLength} = (\text{NewScalePoint} - \text{NewPoint}).\text{Length};$

$\text{Double NewLength} = (\text{NewPoint2} - \text{NewPoint}).\text{Length};$

$\text{Matrix3d SMat} = \text{Matrix3d.Scaling}(\text{NewLength} / \text{OldLength}, \text{NewPoint});$

3) 旋转。根据缩放后基点和同名目标点分别计算其相对目标点的坐标向量,进而分别求得坐标方位角,根据坐标方位角的差值和目标点计算旋转变换矩阵。

$\text{Vector3d Old_Vec} = \text{NewRotPoint} - \text{NewPoint};$

$\text{Vector3d New_Vec} = \text{NewPoint2} - \text{NewPoint};$

$\text{Double OldVecAng} = \text{Math.Atan}(\text{Old_Vec.Y} / \text{Old_Vec.X});$

$\text{Double NewVecAng} = \text{Math.Atan}(\text{New_Vec.Y} / \text{New_Vec.X});$

$\text{Matrix3d Rot} = \text{Matrix3d.Rotation}(\text{NewVecAng} - \text{OldVecAng}, \text{Vector3d.ZAxis}, \text{NewPoint});$

计算好变换矩阵后,遍历 DWG 文件内所有实体,对每个实体的图形基本单元进行坐标变换并实现坐标更新。

3.3 结果对比

打开 AutoCAD 软件,先后运行“NetLoad”和“AddMenu”命令实现坐标变换工具菜单的添加。点击

“坐标变换”按钮,在弹出的窗体中输入数据所在文件夹路径、导出路径、变换参数、预处理方式和后处理方式等程序参数,点击“确定”实现数据坐标变换。数据坐标变换前后对比如图 1、图 2 所示。

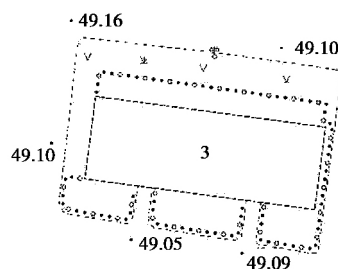


图 1 变换前数据

Fig.1 Data before transformation

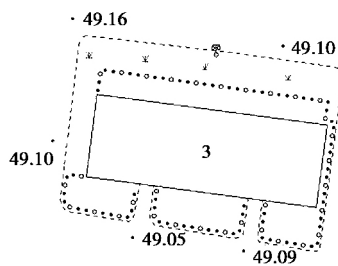


图 2 变换后数据

Fig.2 Data after transformation

3.4 精度分析

为了验证坐标变换功能模块的精度可靠性,采用目前成熟的商业软件 ArcGIS 空间校正模块进行精度对比。采用同一套转换控制点,针对沈阳市 1:500 比例尺、1954 北京坐标系的某一图幅 DWG 数据,以 1954 北京坐标系向 1980 西安坐标系转换为例,转换成果精度对比见表 1。通过表 1 可看出,由坐标变换模块所转换的成果精度不低于 ArcGIS 空间校正模块所转换的成果精度,由此看出,本文开发的坐标变换功能模块成果精度可靠。

表 1 精度对比表

Tab.1 Accuracy comparison table

类别	转换后 X	转换后 Y	真实 X	真实 Y	ΔX	ΔY
ArcGIS	41 541 375.797 1	4 630 750.347 1	41 541 375.795 2	4 630 750.344 9	0.001 9	0.002 2
	41 541 102.309 8	4 630 265.007 8	41 541 102.310 5	4 630 265.002 0	-0.000 7	0.005 8
	41 541 608.114 5	4 631 005.930 8	41 541 608.119 8	4 631 005.930 0	-0.005 3	0.000 8
	41 541 509.167 4	4 630 430.796 3	41 541 509.164 4	4 630 430.791 8	0.003 0	0.004 5
	中误差 $M_{\Delta X} = \pm 0.003 3$				中误差 $M_{\Delta Y} = \pm 0.003 9$	
坐标转换模块	41 541 375.797 1	4 630 750.347 1	41 541 375.797 5	4 630 750.346 9	-0.000 4	0.000 2
	41 541 102.309 8	4 630 265.007 8	41 541 102.310 0	4 630 265.007 5	-0.000 2	0.000 3
	41 541 608.114 5	4 631 005.930 8	41 541 608.115 2	4 631 005.930 5	-0.000 7	0.000 3
	41 541 509.167 4	4 630 430.796 3	41 541 509.166 4	4 630 430.797 0	0.001 0	-0.000 7
	中误差 $M_{\Delta X} = \pm 0.000 7$				中误差 $M_{\Delta Y} = \pm 0.000 4$	

4 结束语

目前,AutoCAD 平台依然普遍应用于国内各大小工程,许多地方区域规划和测量等空间数据的存储大都采用 AutoCAD 平台的 DWG 文件格式,但是由于年代和地区差异,导致数据的坐标系不尽相同。如果能够有效地解决坐标系不统一的问题,做到周期短、投入相对较少,能在一定程度上节约成本,并有效地提高生产效率,那么良好的坐标变换方法就成为先决条件。本文基于对 AutoCAD .NET API 和 DWG 数据存储组织结构的研究,以 Visual Studio 2010 和 AutoCAD 2008 作为开发平台,以 C# 为开发语言,实现了 DWG 数据在 1954 北京坐标系、1980 西安坐标系、2000 国家大地坐标系以及地方独立坐标系下的互相变换,并利用沈阳市 1:500 比例尺、1954 北京坐标系的 DWG 数据对程序进行了测试,结果证明,变换后的 DWG 数据能够满足生产需求并且符合测量规范要求的数据精度。通过本文可以看出,利用 AutoCAD .NET API 二次开发工具包,可以实现不同坐标系下 DWG 数据的相互变换,原理明了,开发难度较小,大大地节省了数据处理人员的时间,提高了工作效率。

参考文献:

- [1] 张元敏.基于 FME 的 CAD 数据坐标转换及批量分幅技术研究和实现[J].测绘技术装备,2014,16(4):12-15.
- [2] 陈俊勇.我国建立现代大地基准的思考[J].武汉大学学报:信息科学版,2002,27(5):441-444.

- [3] 汪燕麟,刘鸿飞,王利华,等.基于 DWG 文件的图件坐标转换方法研究与实现[J].测绘地理信息,2016,41(6):82-85.
- [4] 王小华,程传录,范宏涛,等.基于 AutoCAD .NET API 的地形图坐标转换实现方法研究[J].测绘与空间地理信息,2013,36(11):58-60.
- [5] 桂林,闻平,吴小东.DWG 三维模型自动转换为 X 三维模型的方法研究[J].测绘与空间地理信息,2015,38(7):47-49.
- [6] 唐群,韦源生,劳景寮.利用 Spatialite 数据库处理宗地数据及 GIS 入库实现[J].桂林理工大学学报,2013,33(1):90-94.
- [7] 肖锋,吕宝奇,林蒙恩.DWG 到 SHP 格式转换技术的研究与实现[J].测绘与空间地理信息,2013,36(9):87-89.
- [8] 李东,毛之琳.地方坐标系向 2000 国家大地坐标系转换方法的研究[J].测绘与空间地理信息,2010,33(6):193-196.
- [9] 李巍,高良博,王祖,李强龙.2000 坐标系转换模型的试验分析与研究[J].辽宁工程技术大学学报:自然科学版,2013,32(4):557-561.
- [10] 姚朝龙,刘立龙.几种模型在平面坐标转换中的应用[J].地理空间信息,2011,9(2):64-66.
- [11] 彭思淳,邓兴升.坐标转换四参数解算的整体最小二乘新方法[J].测绘工程,2017,26(9):10-13.

[编辑:任亚茹]

(上接第 197 页)

4 实验结果分析及结论

根据低空数字航空摄影测量内业规范^[6]中的相关要求,并结合试验区的具体地形情况,可知满足 1:1 000 地形图测绘检查点的精度:平面误差需 $<0.1\text{ m}$,高程误差 $<0.4\text{ m}$ 。

从图 2 误差示意图上可以看出,第一次及第二次实验均不能满足规范要求,误差较大且下降速度较快,在像控点不足的情况下,每加一个像控点,对最终成果都有重大影响。

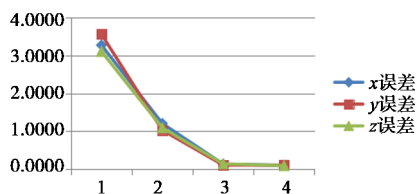


图 2 平均误差示意图

Fig.2 Average error diagram

5 结束语

从后面的二次实验来看,随着像控点的增加,其误差下降速度较慢,也就是说在像片控制点足够的情况下,再

继续增加控制点,其对最终成果影响不大。根据其他实验区域的多次实验情况,发现在由后差分 GPS 辅助的情况下,每平方千米合理地布设 2 个左右的像控点,就能够满足 1:1 000 航摄要求。

参考文献:

- [1] 中测新图(北京)遥感技术有限责任公司,中国测绘科学研究院,广东省国土资源厅测绘院.CH/Z 3004—2010 低空数字航空摄影测量外业规范[S].北京:测绘出版社,2010.
- [2] 万保峰.无人机低空航摄系统在云南山区 1:2 000 地形图测绘中的应用[J].山东工业技术,2015(6):47-51.
- [3] 李炳凯.基于无人机低空航摄技术的数字矿山建设研究[J].有色金属世界,2017(11):77-82.
- [4] 李英成,王凤.双频 GPS 辅助低空航摄大比例尺空三精度分析[J].遥感信息,2017(12):44-49.
- [5] 陈蕾.无人机低空航摄测量系统建设方案研究[J].山西建筑,2018(4):17-21.
- [6] 中测新图(北京)遥感技术有限责任公司,中国测绘科学研究院,广东省国土资源厅测绘院.低空数字航空摄影测量内业规范[S].北京:测绘出版社,2010.

[编辑:刘莉鑫]