

基于 VB 和 CAD 的地形图精度检测统计程序

邓思胜[1]，章亚平[2]，吕　冰[3]
（1. 广东省国土资源厅 测绘院，广东 广州 510500；2. 广州绘宇智能勘测科技有限公司 广东 广州 510665；
3. 广州南方测绘仪器有限公司，广东 广州 510665）

摘　要：介绍实现精度检测统计自动化的基本思想和实现方法，给出部分具有参考意义的源代码。着重介绍了高程点内插的算法。

关键词：地形图；VB；CAD；精度检测统计；高程点内插
中图分类号：P231.5　　**文献标志码**：B　　文章编号：1672-4623（2008）05-0124-03

Topographic Map Precision Test and Statistics Program Based on VB and CAD

DENG Sisheng[1]，ZHANG Yaping[2]，Lü Bing[3]
（1. The Surveying and Mapping Institute, the Land and Resources Department of Guangdong Province, Guangzhou 510500, China；2. Guangzhou Huiyu Intelligence Survey Co., Ltd., Guangzhou 510665, China；
3. Guangzhou South Surveying & Mapping Co., Ltd., Guangzhou 510665, China）

Abstract: Introduce the basic idea and realize technique of Maps Precision Test and Statistics program, And given some code for reference. Emphatically introduce the algorithm of altimetric point interpolation.

Key words: topographic map; VB; CAD; precision detection and statistics; altimetric point interpolation

数字化地形图生产尤其是全野外数字化大比例尺地形图生产中，地形图平面和高程数据的精度检测与统计是一项十分重要的工作，检测与统计结果是评定产品质量的主要技术指标和重要依据。

精度检测时一般的做法是一幅图分别选取 20～50 个平面和高程检测点。以一个 30 km^2 测区的 1∶500 比例尺地形图测量工程为例，如果抽取 10%的图幅进行检测，要处理的数据在 1 920 点以上，如果包括边长检测，则数据量更大。当前大部分数字化成图软件都是在 AutoCAD 平台上二次开发而成的，如果能够通过成图软件实现精度检测统计自动化，对于改进精度检测与统计工作具有重要的意义。

1　基本思想

地形图检测数据的一般分为平面和高程两大类共四小类，如图 1 所示。

检测统计的流程如图 2 所示，基本思想如下：以检测点为中心，以边长为 2D 的正方形选择图元，当进行平面点检测时，舍去高程点、等高线后，逐图元提取数据点，距离检测点最近的数据点即为被检地物点，

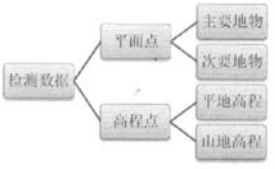


图 1　检测数据的分类

检测点与地物点之间的距离即是需要统计的误差值，再利用 CAD 图形数据分层存放的特点，以地物点图元所在的图层判定其属于主要地物或次要地物；当进行高程点检测时，如果检测点处于山地等高线间，则按等高线进行高程内插，内插高程与检测数据高程较差即是检测的误差，对于平地而言，按高差最小或距离最近的原则搜索图元范围内的高程点，搜索所得到的高程点与检测点的高程较差即为检测的误差值。

显然，平面点和平地高程点的自动检测相对简单，而山地高程的检测涉及到高程点内插，较为复杂，将在下一节中进行较为详细的叙述。

2　高程点内插

等高线之间的高程点内插通常采用线性内插的方

收稿日期：2008-06-25

万方数据

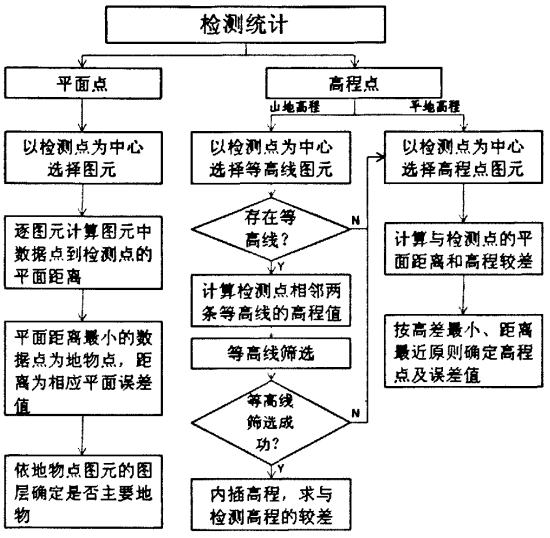


图 2　检测统计流程图

法。线性内插法认为相邻的两条等高线之间区域在同一坡度上，根据同一坡度上高差与平距成正比关系，可求出内插点在两等高线 和 间应有的高程。如图 3 中，O 点的高程可按下式求得：

$$H_o = H_l + \frac{D_{OF}}{D_{BF}} \times h \tag{1}$$

其中，$h = H_h - H_l$，数值上为等高距，D_{OF} 与 D_{BF} 分别表示为 OF、BF 之间的距离。

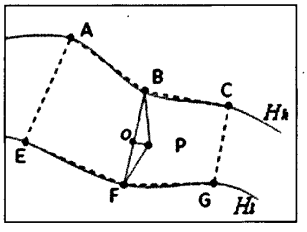


图 3　高程内插

线性内插法虽然原理简单，计算方便，但在自动检测程序中却不易实现，其难点在于对于任意给定的点 O，如何从无数条通过 O 的线段中确定线段 BF。为解决这个问题，笔者借鉴了 DEM 内插方法中多个临近点之加权移动平均法，其计算公式如下：

$$Z_p = \frac{\sum_{i=1}^{n} p_i Z_i}{\sum_{i=1}^{n} p_i} \tag{2}$$

其中，n 为数据点点数；p_i 为第 i 个数据点的权；Z_i 为第 i 个数据点的高程。

权 p_i 反应了该点与待定点相关的程度。其确定的原则应与该数据点与待定点的距离 d_i 有关，d_i 愈小，它对待定点的影响应愈大，则权应愈大；反之当 d_i 愈大，权应愈小。常采用的权有以下几种形式：

$$p_i = \frac{1}{d_i^2} \tag{3}$$

$$p_i = \left[\frac{R - d_i}{d_i}\right]^2 \tag{4}$$

$$p_i = e^{-\frac{d_i^2}{K}} \tag{5}$$

其中，R 是选点半径，K 是一个供选择的常数，e 是自然对数的底。这三种权的形式与距离的关系有所不同，具体选用是需根据地形进行试验选取。为了减少计算量，笔者采用了式（3）形式的权。

无论采用何种方法进行内插计算，首先应当判断内插点位于两等高线之间这一前提条件是否成立。为不失一般性，我们以点位于等高线中部的情况进行描述。对于等高线间的任一点 P，总可以根据其高程值 H 和等高距 h 确定其相邻的两条等高线 H_l 和 H_h，H_l 表示低于当前高程的等高线，表示高于当前高程的等高线：

$$H_l = (H \setminus h) \times h \tag{5}$$

$$H_k = [(H \setminus h) + 1] \times h \tag{6}$$

其中，“\”表示整除计算。

如图 3 所示，等高线 H_l 上总存在距离 P 点最近的一点 B，由此可得到 B 点前后两点 A、C；同理，等高线 H_h 上可以得到 E、F、G 三点。从实践中可知，相邻的两条等高线总是相似的，因此，可以以点 P 到直线 BF 的垂足 O 位于线段 BF 之间来近似判断点 P 位于两等高线之间。这种方法较为简单，但容易引起误判。较为严密的方法是利用点与多边形的关系来进行判断。显然，点 P 位于两等高线之间时，有点 P 位于封闭多边形 ABCGFE 内，否则判定为点线矛盾，不能内插计算。虽然多边形的区域和拟合曲线等高线围成的区域不完全重合，但实际图形中等高线上的点位密度较大，可以忽略这一差异；特别是等高线以折线形式描绘时，两种区域将完全重合。特殊情况下，当 B、F 之一或全部位于等高线的起点或终点时，可能出现点 P 位于等高线 H_l 和 H_k 之间，而落在多边形外的情况，引起误判。这时，点 P 实际上位于等高线区域的边缘，实际操作中，这种边缘区域不宜作为检测的区域，所以完全可以在实际采点时避免这种特殊情况的出现。

3　程序实现

考虑到 Visual Basic 操作 ActiveX 接口在 CAD 二次开发中的简便性和易用性，程序采用 VB 语言进行编程实现。分为数据提取、误差检测、中误差统计三部分。

在数据提取时，由于采用逐个图元提取数据的算法，因此，以边长为 2D 的正方形选择图元时选择范围的大小和合理过滤不需要的图元是提高运行效率的关键。数值 D 在平面点检测时可以根据生产的精度要求

万方数据

来设定，一般以 4 倍规定中误差为宜；在高程点检测时应根据高程点的分布密度来设定，一般情况下可取 150 m。图元的过滤也非常关键，譬如，山地高程检测时，可以通过图层和等高线高程值两方面对选择集进行筛选，大大减少需要操作的图元数。其实现的部分代码如下：

```
……
'计算高程点的选择范围，D 为搜索半径
corner1 (0) =chkpnt (0) +D: corner1 (1) =chkpnt (1) +D: corner1 (2) =0
corner2 (0) =chkpnt (0) -D: corner2 (1) =chkpnt (1) -D: corner2 (2) =0
'选择地物
SsetObj. Select mode, corner1, corner2
'求等高线值
  n=Fix (chkpnt (2) /h)      '当前高程除以等高距，取整，当前高程至少有 n 条等高线
  If h* n<=chkpnt (2) Then  '确定相邻等高线为 n × 等高距小于当前高程值，则为低等高线
  LoweHValue=h * n          '相邻低等高线高程值
  HighHValue=h * (n+1)      '相邻高等高线高程值
  Else
  LoweHValue=h * (n-1)      '相邻低等高线高程值
    HighHValue=h * n        '相邻高等高线高程值
  End If                    '确定相邻等高线的高程结束
'取出指定图层的选择集
n=0
Do While n<SsetObj.count
  Set TObj=SsetObj. Item (n)
  Set tObjects (0) =TObj
  If TObj. Layer="DGX" And InStr (TObj. ObjectName, "line") >0 Then
  If TObj. Elevation=LoweHValue Then    '等高线层 的对象
    zyObj. AddItems tObjects            '低等高线 集合
    End If
……
```

对于每类检测数据定义一个对应的 ListBox 存储误差值，同时定义一个数组存储检测点与数据点的坐标。所有检测结束后对每个 ListBox 中的误差值统计中误差，并将数组坐标值绘制为多义线，以便检查自动检测的正确性。

4 特殊情况的处理

进行平面点检测中，地物点非常密集时一个检测点可能有距离相等的多个地物点，如何确定检测点实际对应的平面点就存在困难。当在不同图层的主次地物上出现这种情况时，通过设定自动检测参数中主次地物的距离较差值使较差内的主要地物点优先考虑为实际对应的平面点；当在同一图层上（同为主要地物或次要地物）出现这种情况时，虽然检测点对应那个平面点对最终的检测精度没有影响，可以直接记录误差，但应建立相应的记录文件，便于人工判别。

高程检测中，当检测点落在无高程注记点的山顶、山鞍部、洼地，无等高线的斜面铺装路面等特殊位置时，将会因无法确定相邻的两条等高线 H_l 和 H_h 而不能内插，又将因无注记点而不能做高程点的检测。对于这样一类检测点，自动检测中采用“跳过”的方法处理，并记录到专门的文件中。在检测的最后以多义线的形式将这些点展绘到 CAD 中，进行人工判别检查。

生产实践中上述特殊情况的点数量很少，专门在程序中进行处理将增大运算量，影响程序执行效率，如果采用人机交互处理又无法实现无人值守的自动化目标，因而采用人工判别方式较为适宜。

5 结 语

1）基于 VB 和 CAD 的地形图精度检测统计程序从应用层面实现了检测数据的自动检测与统计，提高了工作效率，具有实用意义。

2）由于 CAD 未开放其原始矢量的数据存储格式，本程序采用逐图元提取数据点的办法，计算量较大，运行的速度受到一定影响；可以通过读取 DXF 格式文件的方式加以改进，提高效率。

3）等高线之间的高程点内插方法具有借鉴意义，可以用来判断点线矛盾。

参考文献

[1] 张祖勋 张剑清. 数字摄影测量学[M]. 武汉：武汉测绘科技大学出版社，1996
[2] 张晋西. Visual Basic 与 AutoCAD 二次开发[M]. 北京：清华大学出版社，2002
[3] CH 1002-95. 测绘产品检查验收规定[S]
[4] 李志林，朱庆. 数字高程模型[M]. 武汉：武汉测绘科技大学出版社，2000
[5] 张中凯. 数字化大比例尺地形图的质量检验[J]. 现代测绘，2003，26(3)：39-42

第一作者简介：邓思胜：工程师，主要从事摄影测量、大地测量方面工作与研究。

万方数据