

# 断面测量的方法及其应用\*

李传方 邹秀琼 陈小莉

(湖北省航测遥感院 湖北 武汉 430071)

**摘要:** 以公路断面测量为例,对一站式断面测量方法的具体应用进行了介绍。实践证明,利用该方法进行断面测量,可以避免在每个中桩点设站,大大减轻了劳动强度,同时也提高了工作效率。

**关键词:** 断面测量;坐标旋转平移;假定坐标系统;断面图

**中图分类号:** P 258 **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-9394(2012)01-0045-03

## Cross-section Measurement Methods and Its Application

LI Chuan-fang, ZOU Xiu-qiong, CHEN Xiao-li

(Hubei Institute of Aerial Survey and Remote Sensing, Wuhan Hubei 430071, China)

**Abstract:** Taking highway cross-section survey for an example, this paper introduces the cross-section survey method of one station type. Certified through practice, this method can avoid the setting station one by one at each middle-stake point, and then greatly lightens labor intensity, at the same time heightens work efficiency.

**Key words:** cross-section survey; coordinate rotation and translation; assumed coordinate system; section map

### 0 引言

随着国内经济的快速增长,基础设施的不断完善,大型项目:如铁路、公路建设的设计、施工都需要比较全面的大比例尺地形图、断面图。一方面作为设计的依据,另一方面也为施工提供指导。本文就一站式测量法(避免每个中桩点设站以减轻劳动强度、提高作业效率)测设断面的具体方法进行介绍,以供同行参考。

### 1 假定坐标系统

以公路或铁路的断面测量为例,如图1所示,以直线段设中桩点为坐标原点(或直圆点、直缓点),道路前进方向为 $X$ 轴正方向,垂直于 $X$ 轴右手系为 $Y$ 轴正方向,原点处高程为0或某一整数。每一直线段应设统一的假定坐标系统便于成果整理。曲线段根据曲率半径 $R$ 、中桩距 $L$ 计算各中桩点的坐标。假定坐标系,见图1。

### 2 断面测设

#### 2.1 直线段断面测设

对于直线段断面的测设,应在地势开阔、通视良好的中桩点架设仪器(测站点坐标 $x$ 为该中桩点里程, $y=0$ )。尽可能以远处能通视的中桩点定向(线路前进方向为0方向),并选择一固定目标标定方向作为测量过程中检查、校正的依据。根据设计

的断面间距和横断面长度测设断面。

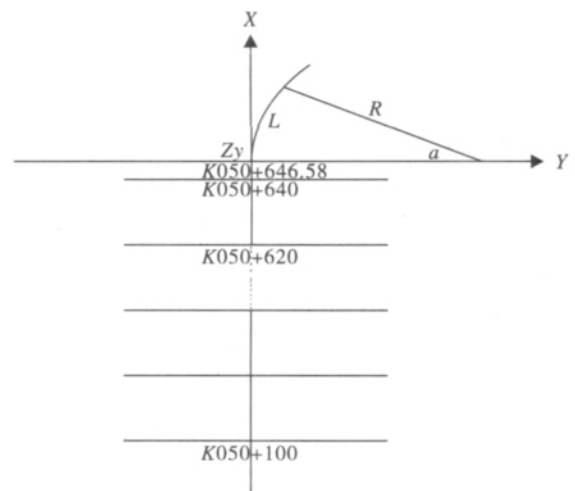


图1 假定坐标系

Fig. 1 Assumed coordinate system

如:设计断面间距为20 m和横断面长度120 m,左右各60 m,在 $Zy$ 点 $K050+646.58$ 处架设仪器、以直线中桩点 $K050+100$ 为点定向,则测站坐标为 $(50\ 646.58\ 0)$ ,定向角为 $180^\circ$ 。测直线段 $K050+640$ 断面,如果断面点坐标为 $(50\ 642\ -75)$ 则向线路起点方向移动2 m,向中线移动15 m即为设计的 $K050+$

\* 收稿日期:2011-10-24

640 断面左端点。Y 坐标为正,所测点位于中线右侧;Y 坐标为负,所测点位于中线左侧。X 大于所测断面里程向起点方向移动,反之向终点方向移动,由测站处人员通知跑尺员差多少移动多少。当所测量的点位于断面线上或满足设计要求时作为断面点予以采集。其他断面可由此站按独立坐标系、图根控制要求支站测量。支站点应选择在地势开阔、通视良好且便于观测的地方。

## 2.2 曲线段断面测设

1) 先放样出曲线两端端点,再由一人站在端点处根据“三点一线”指挥另一人跑点测断面特征点。

2) 实测各点,根据曲线上中桩点在独立坐标系中的坐标值及法线方向、运用点到直线的距离公式判断实测点是否位于所测断面上,并指挥跑尺员跑点。

## 3 成果整理及断面绘制

### 3.1 成果整理

1) 在 Excel 编辑栏中输入坐标旋转平移公式,将实测假定坐标系中的坐标值转化为设计坐标。

2) 可用假定坐标绘制展点平面图,在 CASS 软件中选“数据/数据加固定常数”先作平移及高程改化再旋转至设计位置(选“旋转/选择对象/指定基点/指定旋转角/R/指定参照角/指定第二点”移动至设计的中桩定向点)。用“工程应用/高程点生成数据文件”提取所有点的设计坐标。

### 3.2 断面绘制

在 CASS 软件中,应用“绘图处理/展高程点/绘制断面线/工程应用/绘断面图/根据图上高程点/选断面线/选择对象/输入采样点间距/输入起始里程/设置纵、横比例参数/确定,即可绘制断面图。

### 3.3 成果提交

一般情况下应提供断面点相对于中桩点的平距及高差(平距左为负,右为正),有时应根据要求提供相邻点间的平距及高差。

## 4 应用程序

以 CASIO-4500P 为例,数学模型如下。

### 4.1 坐标旋转平移

坐标旋转平移公式为:

$$\begin{cases} X = x \cos a - y \sin a + \Delta X \\ Y = x \sin a + y \cos a + \Delta Y \end{cases} \quad (1)$$

式中:  $X, Y$  为测量(或设计)坐标系中的坐标值;  $x, y$  为自定义坐标系中的坐标值;  $a$  为自定义坐标系相对于测量坐标系的旋转角;  $\Delta X, \Delta Y$  为自定义坐标系相对于测量坐标系的平移量。

实现程序如下:

Filename: ZBXZPY

A + B + C + D + G + H

Pol( C - A , D - B )

Lbi0 { E , F }

X = E \* cosw - F \* sinw + G ▲

Y = E \* sinw + F \* cosw + H ▲

Goto0

### 4.2 点到直线的距离

点到直线的距离公式为:

$$S = \sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2} \quad (2)$$

$$a_0 = \arctan [(y - y_0) / (x - x_0)] \quad (3)$$

$$a = \arctan [(y_i - y_0) / (x_i - x_0)] \quad (4)$$

$$\Delta a = a - a_0 \quad (5)$$

$$D = S \sin \Delta a \quad (6)$$

式中:  $S$  为测点到断面起点的长度;  $a_0$  为断面线方位角;  $a$  为测点到断面起点的方位角;  $x_0, y_0$  为断面线起点坐标;  $x, y$  为断面线终点坐标;  $x_i, y_i$  为测点坐标;  $D$  为测点到断面线的距离。

实现程序如下:

A + B + C + D

Pol( C - A , D - B )

E = W

Lbi0 { X , Y }

Pol( X - A , Y - B )

D = V \* sin( W - E ) ▲

Goto0

## 5 应用实例

以某地区变速公路断面测量为例,其自定义坐标系下的原始坐标数据展点图,见图 2。

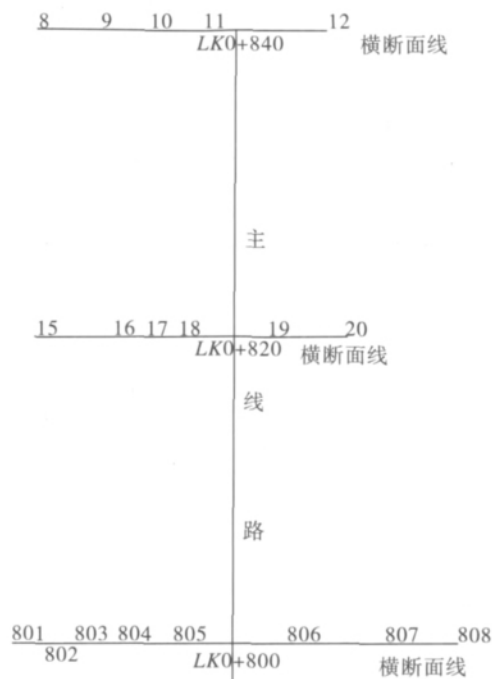


图 2 全站仪实测坐标展点图

Fig. 2 Plot point chart of actual measuring coordinates with total station instrument

1) 原始坐标数据如下:

840	840	0.000	840.000	0.000	(中桩点)
8	8	-10.877	840.076	-4.342	(线路左侧断面点)
9	9	-7.413	839.932	-3.587	
10	10	-4.813	839.973	-1.001	
11	11	-1.751	839.953	-1.206	
12	12	4.950	839.967	0.645	(线路右侧断面点)
13	13	54.003	840.058	-3.852	
14	14	44.561	839.908	-5.202	

820	820	0.000 820.000 0.000(中桩点)
15	15	, -10.949 819.934, -4.544(线路左侧断面点)
16	16	, -6.741 819.912, -1.525
17	17	, -3.989 819.948, -0.727
18	18	, -3.426 819.958, -0.204
19	19	1.757 819.953 0.034(线路右侧断面点)
20	20	6.182 819.977 3.593
800	800	0.019 800.094 0.041(中桩点)
801	801	, -10.592 800.111, -5.138(线路左侧断面点)
802	802	, -9.982 799.916, -2.516
803	803	, -8.466 799.976, -2.145
804	804	, -6.356 799.919, -0.789
805	805	, -1.806 799.957, -0.740
806	806	2.999 800.087 3.705(线路右侧断面点)
807	807	9.983 799.930 8.005
808	808	12.315 799.991 9.771(线路右侧断面点)
2) 提交成果如下:		
LK0 + 840		
1.751 -1.206 4.813 -1.001 7.413 -3.587 10.877 -4.342 999(线路左侧平距 高差)		
4.95 0.645 54.003 -3.852 44.561 -5.202 999(线路右侧平距 高差)		
LK0 + 820		

(上接第 42 页)

### 3 其它实例

#### 3.1 实例 2: 坐标系转换 4 参数的求解

以若干对原坐标系和目标坐标系的坐标值为原始数据; 设置坐标系转换的  $X$ 、 $Y$  残差平方和为目标单元格, 并置为最小; 设置坐标系转换公式中的 4 个参数为可变单元格; 以经移项变换后的 4 参数坐标系转换公式为约束条件。规划求解的精度设置为 0.01, 其它参数与实例 1 相同。求解结果用检核点来验证完全正确。

#### 3.2 实例 3: 水准网平差

以起算点高程和各路线观测高差及权为原始数据; 设置各观测高差的加权平方和(即  $[pvv]$ ) 为目标单元格, 并置为最小; 设置各待定点的高程平差值和各观测高差的改正数为可变单元格; 以经移项变换后的误差方程为约束条件。参数设置与实例 1 相同。求解结果用清华三维等平软件验证完全一致。

### 4 结束语

文中仅介绍了工程方案优化的一方面, 根据此方法, 只要建立完善的模型并设置好足够的约束条件, 就可以同时解决方案优化的精度指标、可靠性、灵敏度和经济指标问题。利用实例 2 的方法可以解决大部分有关参数求解的问题, 如 7 参数、高程拟合参数、多项式拟合参数, 甚至求解摄影测量中的外方位元素。

3.426 -0.204 3.989 -0.727 6.741 -1.525 10.949 -4.544 999  
1.757 0.034 6.182 3.593 999  
LK0 + 800  
1.806 -0.74 6.356 -0.789 8.466 -2.145 9.982 -2.516  
10.592 -5.138 999  
2.999 3.705 9.983 8.005 12.315 9.771 999

#### 3) 成果转换

根据全站仪实测自定义坐标系坐标数据在 CASS 中展绘点, 按设计的中桩坐标旋转、平移后提取所有点的实测坐标供设计参考。

### 6 结束语

按照文中所述方法, 测设了某地区高速公路断面, 各项精度指标均满足设计要求。其中, 平面坐标测量中误差小于 10 cm, 高程测量中误差小于 5 cm<sup>[2,3]</sup>。说明利用此方法进行断面测量, 工作效率明显提高。

### [参 考 文 献]

- [1] 李传方. 坐标旋转平移在工程测量中的应用[J]. 地矿测绘, 1994(2): 25.
- [2] 中华人民共和国国家标准. GB50026—93 工程测量规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2001.
- [3] 中华人民共和国行业标准. JTJ061—99 公路勘测规范[S]. 北京: 中国交通出版社, 1999.

作者简介: 李传方(1968~), 男, 湖北武汉人, 工程师, 现主要从事工程测量方面的工作。

利用实例 3 的方法可以解决平面、高程网的平差问题。虽然本文只介绍了 3 个实例, 但只要灵活、巧妙地运用 EXCEL 规划求解功能, 可以解决更多工程上的问题。

现在已经有很多软件可以解决测量中的大部分计算问题, 但当对软件处理的结果有疑问需要手动计算进行验证时, 利用本文介绍的方法是个不错的选择。在利用该方法时, 应注意的问题是:

- 1) EXCEL 中的角度单位是弧度。
- 2) 可变单元格不能大于 200 个, 这限制了规划求解的模型大小。
- 3) 规划求解可能不会一次性得到最优解, 但是可以通过对图 4 中各项参数不断进行调整、组合来得到最优解, 特别是对精度、收敛度、估值和搜索选项的调整。

### [参 考 文 献]

- [1] 张文康. 两点前方交会法对露天矿山验收测量精度的影响[J]. 露天采矿技术, 2007(1): 22.
- [2] 董云. 在 Excel 表中进行单一导线简易平差的方法[J]. 地矿测绘, 2004 20(2): 21-25.

作者简介: 肖龙鑫(1977~), 男, 江西南康人, 工程师, 现主要从事控制测量、工程测量、数据处理等方面的工作。