

隧道施工断面快速测量方法

作者：张泉山 <http://www.SurMap.com>
(河北冀民公路工程咨询有限公司 河北 廊坊 065000)

摘要：隧道施工断面测量工作，不需专用软件，采用立面坐标法也能及时为施工提供可靠测量数据，准确的指导施工。**三维坐标段落法**，只需测量任意位置的三维坐标即可计算其偏差。

关键词：隧道；断面；测量；立面坐标法 三维坐标段落法

0 前言

隧道施工中各种工序衔接紧凑，平行作业、交叉施工的工程很多，且洞内作业面狭小，如排风不畅，空气质量差，红外线测量仪器反射信号太弱，往往无法进行测量工作。测量工作在隧道开挖施工中非常重要，它控制着隧道开挖的平面、高程和断面几何尺寸，关系到隧道的贯通。为满足测量工作需要，需选择关键工序工作面污染小的时间，停止一些次要工序，提前加大排风来满足测量工作条件。若测量工作占用时间过长，将直接影响工程进度和经济效益。如何及时、准确的提供测量成果，使用的仪器和方法便成了重要因素。花几十万买一台隧道断面仪，仅能用于隧道断面测量，投资太大，为节省投资可采用全站仪配隧道断面测量软件来完成。用全站仪进行外业数据采集后，再对采集的数据进行分析。数据分析可用台式、便携电脑，也可用可编程计算器进行。现将三数据分析方法列于表-1，从表-1 可以看出，采用可编程计算器进行分析，内外业用时最少，测量工作对工程作业时间影响最小。本文将对这种方便、快捷的测量和计算方法进行分析与介绍。

隧道断面单点测量耗时比较表 表-1

序号	仪器型号	配套设备	外业平均用时 (min)	内业平均用时 (min)
1	天宝	笔记本电脑及隧道断面软件	25	6
2	徠卡	台式电脑及隧道断面软件	8	5
3	徠卡	台式电脑及隧道断面软件	6.5	7
4	徠卡	CASIO FX-4500 计算器	5	0

1 极坐标断面测量法

1.1 极坐标系的建立

图—1 是一个隧道断面，垂直方向（高程）为纵轴，用 H 表示；水平方向（距线路中线的距离）为横轴，用 B 表示。

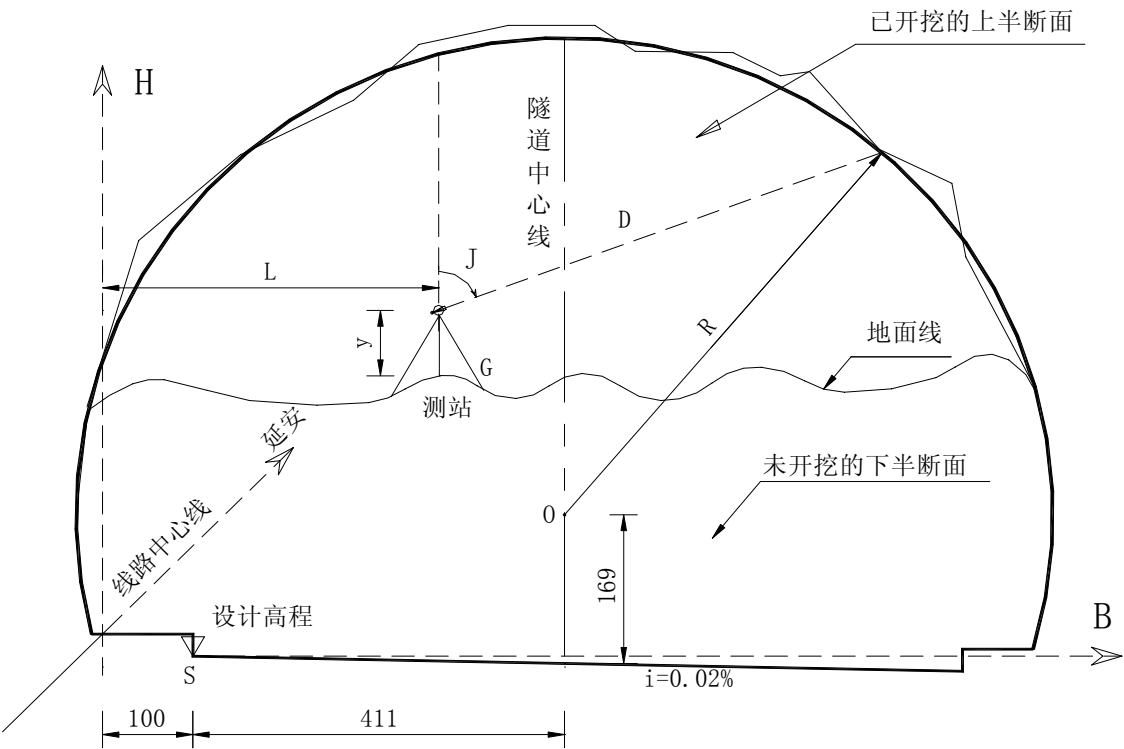


图---1

圆心纵坐标等于路线设计高程减设计高程线至隧道中心的距离乘横坡比，加圆心至路面的高度。用公式(1-1)表示。

$$O=S-b\times i+h=S-4.11\times 0.02+1.69 \quad (1-1)$$

圆心横坐标等于10m（假定线路中心横坐标为10米）。加线路中心至隧道中心的距离

1.2 数据采集:

1.2.1 待测断面站点放样

可放出路中线、隧中线或距路中线任意宽度的点位，记录其地面高程、线路中线至待测断面站点的距离等。

1.2.2 断面测量

仪器置于待测断面，(竖直角盘定天顶方向为0度，顺时针注记)望远镜瞄准另一导线点或中线点定向后，转仪器正镜瞄准线路边线法线方向，也就是保证测量的竖直角读数，线路中线一侧为270-360度，线路边线一侧为0-90度。记录仪器高、观测的竖直角、斜距。根据个人习惯，亦可记录水平距离和高差。如隧道内干扰大，可在仪器定向前，竖直角盘调至90度或270度，置水准尺于水准点上，读取塔尺读数来校核视线高。测量数据记录于表--2

隧道断面测量记录表 表---2

隧道名称		序号	竖直角 J	斜距 D	偏差PC	备 注
			° ′ ″	m	cm	
检查项目	初期支护	1	直 墙	4.961	1.1	直墙部分记录平距减设计宽
里程 桩号	SK309+060	2	61-27-07	5.379	6.9	
设计 高程 S	986.01	3	45-29-52	5.679	6.5	
测站 高程 G	985.416	4	27-09-41	6.073	6.8	
仪 器 高 Y	1.488	5	12-12-05	6.373	4.4	5.9 m半径加0.05m考虑预留变形量
半 径 R	5.95	6	357-49-51	6.634	1.3	图 示
横 断位置 L	6.11	7	343-59-17	6.87	0.7	
容许偏差及要求	不小于设计	8	327-18-32	7.133	5.9	
测 站 在 中 线 以 下 不 填		9	312-37-28	7.213	4.6	
测 站 平 面 坐 标		10	300-58-04	7.28	10.6	
X	56433.375	11	294-52-30	7.299	14.6	
Y	494710.141	12	直 墙	6.983	3.3	
断面方位角	101-34-33					

1.3 测量数据处理

为了与CASIO系列可编程计算器编程使用附号一致，部分附号按汉语拼音首位为代码，并启用“轴交点”一词。FX—4500断面测量计算程序如下：

程序名：SDDM(隧道断面-1)

```
L1  Lb1 0
L2  {J,D}
L3  Norm:T=J/10000
L4  I=IntT+Int(fracT×100)/60+frac(fracT×100)/36
L5  H=G+Y+Rec(D,I)
L6  B=10+L+N×W
L7  O=S-4.11×0.02+1.69
L8  C=(poI(B-15.11,H-O)-R)×100:Fix1:“Pc=”▲
L9  Goto 0
G--测站地面高程
Y--仪器高
J--观测的竖直角
```

D--斜距

L--线路中线至测站的距离

S--线路中线设计高程

R--半径

H--实测纵坐标

B--实测横坐标

O--圆心处的设计纵坐标

C--实测偏差（输出用‘pc=’表示）

I--T 为计算过程对 J 的替换

N--修正符(当仪器不是置在中线上, 且各种原因引起测量的竖直角读数, 线路中线一侧不是 270-360 度, 线路边线一侧不是 0-90 度时, 计算结果偏差超常, 无需重测, 输“-1”修正即可。其它情况输入“+1”, 测站不能设在隧道中线时, 测站至隧道中线的距离尽可能大于一米为益)

角度输入, 如 203° 23' 12" 输入 2032312

66° 03' 18" 输入 660318

0° 0' 10" 输入 10 即可。

其它输入单位均为 m, 输出单位为 cm。

本程序仅适用于单心圆隧道断面测量, 如遇多心圆隧道, 可根据实测的横坐标或纵坐标, 用判断语句确定采用不同的半径和设计坐标, 只需对程序适作调整。

1.3.1 计算轴交点坐标

轴交点纵坐标等于测站地面高程加仪器高; 轴交点横坐标等于 1 0 加线路中心至测站的距离。

1.3.2 计算所测断面各点的实测坐标

实测纵坐标等于轴交点纵坐标加竖直角的余弦乘斜距。实测横坐标等于轴交点横坐标加竖直角的正弦乘斜距, 用下式表示:

$$H=G+Y+\cos I \times D \quad (1-2)$$

$$B=1\ 0+L+\sin I \times D \quad (1-2)$$

式中 H—实测纵坐标

G—测站地面高程

Y—仪器高

I--观测的竖直角 J, 计算过程中, 程序用 I 对 J 进行了替换

D—斜距

B—实测横坐标

L--线路中线至测站的距离

1.3.3 计算所测断面各点的实测偏差

实测偏差等于断面各点的实测坐标与圆心处的设计坐标, 进行坐标反算, 求得测点至圆心的距离—实际半径减设计半径。(设计半径按不同工序分别计算, 如开挖、初期支护、台车、二衬等。并考虑预留量)

$$C=\sqrt{(B-15.11)^2+(H-O)^2}-R \quad (1-3)$$

式中 C—实测偏差（输出用‘pc=’表示）

B—实测横坐标

H—实测纵坐标

O—圆心处的设计纵坐标

R—设计半径

15.11---圆心处的设计横坐标

2 三维坐标段落测量法

在隧道施工断面测量工作中, 无论采用隧道断面仪, 还是采用全站仪配隧道断面测量软件来完成, 一般用测量一个断面来代表一个段落, 用一个断面代表一个段落, 有一定的片面性, 在隧道开挖断面测量工作中, 其缺点极为明显。若采用三维坐标段落测量法进行隧道测量, 可全面反映整个段落任意桩号各个点的超欠挖情况。

2.1 数据采集

仪器置于任意点(做自由设站)或导线点上, 有针对性的对一个段的特征点或任意点进行测量, 记录 x、y、z 三维坐标。

2.2 确定测点对应的里程与距路线中线的距离

2.2.1 圆曲线

在圆曲线上选任意点 B, 为起算里程, 坐标反算分别求得, 测站 A, 起算点 B, 到圆心 O 的距离和方位角,

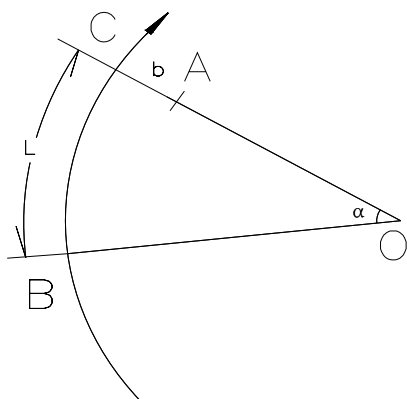
两方位角之差 ($OA - OB = \alpha$) 和半径计算曲线长 L , B 点里程加 L 等于 C 点里程, 测站至圆心的距离减半径等于测站至中线距离。测量参数见图—2 所示。 L 由公式 2—1 求得。

$$L = \pi r \alpha / 180 \quad (2-1)$$

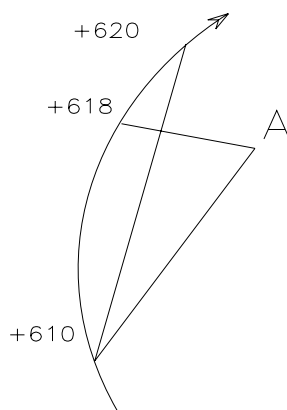
式中 L —弧长

r —半径

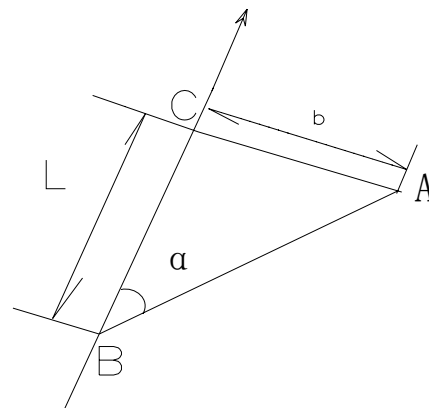
α —圆心夹角



图—2



图—3



图—4

2.2.2 缓和曲线

在缓和曲线上求任意点的法线方向十分简单, 但要求测站要对应那个桩号法线上的点, 相当复杂。采用近似法, 完全能满足测量精度要求。在测站前后的线路上, 各选一距离合适的点做为计算点, 把两点当作直线看, 按直线计算即可。测点见图—3 所示。

2.2.3 直线

在直线段上选任意点 B 作为起算点, 已知直线段方位角 BC , 用坐标法反算求得 BA 方位角, 通过两方位角之差 α , 和 BA 的距离解直角三角形可得 BC 距离 L 和 AC 的距离 b 。 B 点的桩号加 L 等于测站点对应的桩号。测量参数见图—4。

$$b = AB \times \sin \alpha \quad (2-2)$$

$$L = AB \times \cos \alpha \quad (2-2)$$

2.3 数据分析

根据测点的桩号计算线路的设计高程, 通过线路的设计高程和隧道圆心的关系, 计算隧道圆心的设计高程和线路中线到隧道圆心的距离。

经计算已知隧道圆心的设计高程; 线路中线到隧道圆心的距离;

经测量已知测点的实测高程; 测点至线路中线的距离。

按(1--3)式计算即可。无论是那一种线型, 在 **CASIO** 系列可编程计算器, 如 **FX—4500** 的帮助下, 都可以采用渐进法编程(另文专述)解决。看似复杂的方法, 变得非常简便。

程序名: SDDM (隧道断面-2)

L1 Lbl 0;

L2 {DE}: prog XH : prog LJYD;

L3 {G}: C=((poI(15.11-B-10,G-Z-1.6))-O“R”)×100:Fix1: “Pc=” ▲

L4 Goto 0

式中

XH 子程序循环

DE 测点大地坐标

G 测点高程

R 隧道半径

LJYD: 子程序路径引导(子程序另文专述)

B+10 测点横坐标

Z+1.6 圆心高程

C—实测偏差 (输出用 ‘pc=’ 表示)

三维坐标段落法隧道断面测量

表--3

隧道名称		检查项目	初期支护	圆心横坐标		隧道半径	
桩 号	大地坐标 X	大地坐标 Y	实测高程	圆心高程	实测横坐标	实测偏差	

3 结语

极坐标断面测量法在隧道施工断面测量中，不需要专用的软件，且更为方便、快捷、准确、实用。如有可编程全站仪，测量结果可直接显示偏差。是隧道断面测量工作可选用方法之一。比较适用于隧道的初期支护、二衬的断面测量，尤其适用于台车就位调试工作，能边测量边出成果，及时正确的指导施工。更适用于政府、监理部门的检查工作，彻底的杜绝了施工单位弄虚作假的可能。同时测量人员也从繁忙的工作中得到了解放。

三维坐标段落法适合于施工中隧道开挖断面测量，可做到那里需要测后马上出结果，一次置镜能有效的测量全段落特征点和任意点，可根据面积与点数的频率进行测量。人和仪器都不需要到开挖面下去，安全上也得到了保障。该方法也适用于初期支护、二衬施工的断面测量。还可用于对大型球体、球面进行精确的测量。!

