

过江隧道中心轴线地面放样实施

杨 占 纯

(电子工业部综合勘察研究院 西安 710054)

【提要】 本文是结合我国沿海某大城市过江隧道中心轴线地面放样的实例, 论述了控制方案的选择、放样方法、达到的精度以及作业中遇到的问题和解决的办法。

【Abstract】 Through the practical example of the ground lofting of the axes of the river crossing tunnel in one seaside city, the selection of the control scheme, the lofting method and the accuracy, as well as the problems in operation and its solution are all discussed in this paper.

1 中心轴线地面放样的必要性

隧道轴线放样包括地下放样和地面放样, 地下放样是施工测量的依据, 地面放样则有以下的用途:

(1) 验证设计方案或修改设计方案的依据。尽管方案设计是在现有的地形图上进行, 但由于地形图精度所限和由于城市建设的飞速发展而造成地形图与现状不符等原因, 这就有必要在施工前进行地面放样, 作为验证设计方案的可行性和修改设计方案的必要性的依据。

(2) 是隧道两端引道施工测量的依据。

(3) 是确定隧道边界范围的依据。

(4) 中心轴线的桩位和坐标在地界争议中是诉讼中的重要依据。

2 地面控制施测方案的确定

地面控制施测方案是根据施测精度的要求而确定的, 而地面控制的施测精度又是根据现场条件所能布设的图形和隧道横向贯通精度的要求来确定的。

2.1 控制网图形的选择

过江隧道的地理位置处于一边是新兴高科技开发区, 一边是繁华的商业区。两侧均为高楼大厦, 而且改扩建或新建施工区多, 再加之人流车流非常之大, 因此我们考虑只能布设两级控制才能满足放样的要求。即首级控制为覆盖测区的三角网, 三角点均设置

在高层建筑物顶上。加密控制为导线网, 导线点均布设在地面上。

2.2 横向贯通误差允许值的估算

隧道施工控制测量一般分为地面控制测量和地下控制测量。在我国地面控制测量往往由设计单位承担, 地下控制测量则由施工单位承担。这样就应该把地面控制的误差做为影响隧道贯通误差的独立因素, 将地下两个相向开挖的隧道中导线测量的误差也看成两个独立因素。根据我国目前执行的隧道技术规范对横向误差的规定为100mm, 即中误差为50mm(当隧道长度小于4km时)。根据等影响原则, 可推出地面控制测量误差所引起的横向贯通中误差的允许值为:

$$m_q = \frac{50}{\sqrt{3}} = 29\text{mm}$$

本隧道是通过竖井开挖盾构形式施工, 还应考虑两个竖井的定向误差, 则上式应为:

$$m_q = \frac{50}{\sqrt{5}} = 22.4\text{mm}$$

2.3 控制网等级的确定

根据以上图形条件和允许中误差的要求, 通过估算, 我们选定首级控制为三等边角网, 以四等导线作为加密控制。

3 中心轴线放样实施

3.1 定位

中心轴线由于受地形地物、建筑物及其

它因素的限制，以及社会经济的要求，总是不断地转变方向。这样中心轴线将是由多段

的直线、缓和曲线、圆曲线（包括单曲线和复曲线）相连接而组成，如图1所示。

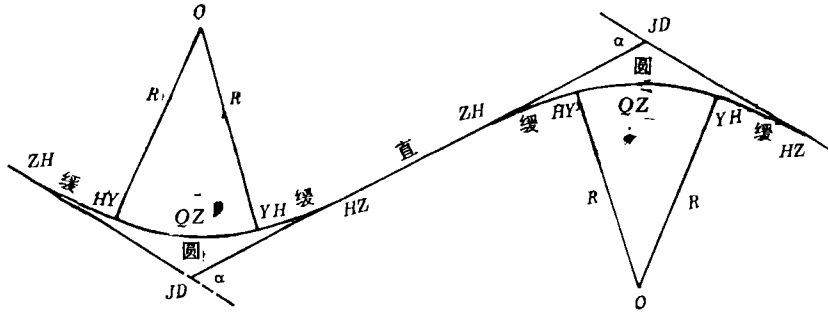


图 1

图中JD为切线交点，ZH为直缓点，HY为缓圆点，QZ为曲线中点，YH为圆缓点，HZ为缓直点，我们称这些点为曲线特征点。轴线放样就是将各特征点依据设计坐标放到地面上。

根据现场具体情况或设计院的要求，仅仅放出特征点还远远满足不了需要，还需在特征点之间加密点位。一般的是在曲线部分每20m加放一点，直线部分每50m加放一点，特殊位置如道路两侧、水域岸边也要加放点。所放点的点位精度由设计院提出，本次放样要求绝对位移不得大于25mm。

曲线放样的方法很多，如偏角法、切线支距法、弦线测设法、极坐标法等等。根据以上提出的精度要求，我们选取了极坐标法进行放样。它是依据待征点或加点的设计坐标和导线点的坐标反算出测站至待放点的方位角和距离，用J₂级经纬仪正倒镜和（5+5×10⁻⁶）精度的短程测距仪进行实地作业。为了保证精度，后视点与测站点均采用光学对中，待放点用三角架（而不是用测杆）并安置带有觇牌的棱镜以保证方向和距离的准确。待方位角值定好方向后，启动测距仪，前后移动前视点的脚架使其达到理论边长时再做投影定位。

3.2 检查

在放样过程中，由于受各种因素的影响必然产生放样误差。为求得每个点的点位误差需做100%的检查。检查工作宜与放样同时进行，这样可以节省大量时间。比如在某导线点预计可放n个点，待放完n点后立即进行检查。检查时需重新配置方位角和检查对中情况。检查方法是按一级导线精度要求，实测各点坐标。

4 施放点点位误差的统计与分析

4.1 误差统计

点位的理论坐标与检查实测坐标进行比较，求出各点点位误差。现将80个施放点的误差统计如表1、表2、表3。

表 1

横 向 误 差 (mm)				纵 向 误 差 (mm)			
0~10	11~15	最大 值	绝 对 平 均 值	0~10	11~15	最大 值	绝 对 平 均 值
79个	1个	+12	2.8	73个	7个	+15	4.0

表 2

点 位 误 差 (mm)				
0~10	11~15	15~20	最大 值	绝 对 平 均 值
69个	10个	1个	15.8	5.4

表 3

	0~10mm 占总数%	0~15mm 占总数%	大于15mm 占总数%	最大 值 (mm)
横向误差	99%	100%	0	+12
纵向误差	91%	100%	0	+15
点位误差	86%	99%	1%	15.8

4.2 误差分析

从以上统计数值来看,纵向误差和横向误差在15mm以内的占总数的100%,纵向误差稍大于横向误差。点位误差在15mm以内的占总数的99%,超过15mm的仅占1%,最大值仅为15.8mm。若考虑到导线点点位误差的影响,则施放点的点位误差通过计算为±20.6mm,小于25mm。从而可以认为

这次轴线放样的控制方案、放样方法是合理的,满足了设计单位提出的精度要求。

5 轴线放样过程中遇到的问题和解决的办法

5.1 施放点不能放到设计位置上

当施放点的设计位置处于建构筑物内、施工区内、水面上或堆积物上等等,这样就无法定位在设计位置上。这种情况在偌大的城市中相当多。如果是加密点,应根据现场情况,调整加密点间的距离,通过现场计算放在较为合适的地方,我们称其为移位点。如果是曲线特征点,就必需以副点的形式标定出来。副点应选择在稳定可靠不易破坏的地方。每个特征点至少应有两个副点标定。在副点上要标出至特征点的距离或方位角。几种形式如图2所示。

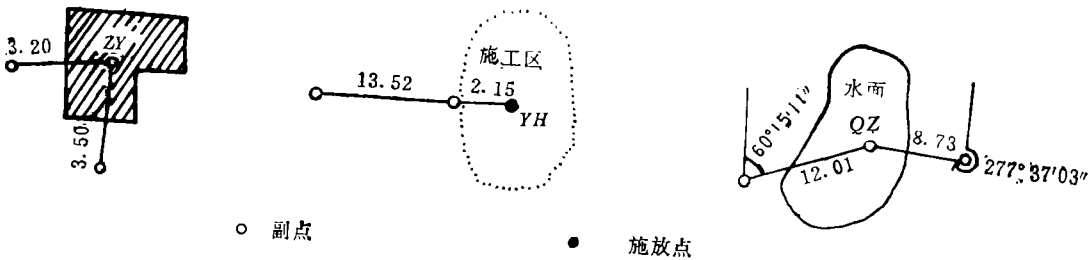


图 2

5.2 现场计算

在理想的情况下,施放前可先在室内将导线点和待放点选配好并计算出各自的方位角和距离,然后再去现场放样。但在现场作业中,不能放到正确设计位置、临时障碍的影响不能通视、人流车流的干扰等等多种情况使人不可预料,这就需要现场计算出移位点新坐标进行移位放样。这也是曲线放样中的一大特点——点位的随机移位性。

现场计算必需预先编好程序,它主要包括检查程序和计算程序。

5.2.1 检查程序公式

本次放样的轴线是具有缓和曲线的圆曲线,其缓和曲线的长度 l_0 、圆曲线半径 R 、轴线偏转角 α 都不一样。为了慎重起见,在

施放某一曲线前应首先依据已知数据 l_0 、 R 、 α 来检查切线 T 、曲线长 L 和外矢距 E 是否正确,其公式为(参见图3):

$$\left. \begin{aligned} T &= m + (R + P) \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \\ L &= \frac{\pi R \cdot (\alpha - 2\beta_0)}{180} + 2l_0 \\ E &= (R + P) \cdot \operatorname{sec} \frac{\alpha}{2} - R \end{aligned} \right\} \quad (5-1)$$

上式中 β_0 、 m 、 P 为缓和曲线参数,其值为:

$$\beta_0 = \frac{l_0}{2R} \cdot \rho$$

$$m = \frac{l_0}{2} - \frac{l_0^3}{24R^2}$$

$$P = \frac{l_0^2}{24R}$$

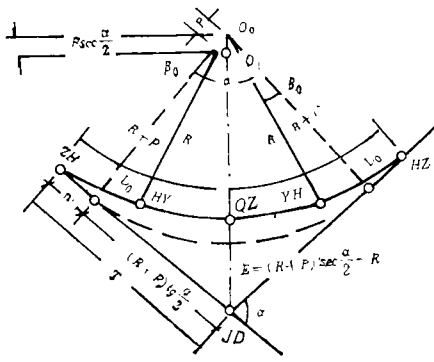


图 3

5.2.2 计算程序公式

以曲线长 l_i 为变量的缓和曲线计算公式为：

$$\left. \begin{aligned} x_i &= \frac{l_i^3}{6Rl_0} \\ y_i &= l_i - \frac{l_i^5}{40R^2l_0^2} \end{aligned} \right\} \quad (5-2)$$

以曲线长 l_i 为变量的圆曲线计算公式为：

$$\left. \begin{aligned} x_i &= \frac{(l_i - 0.5l_0)^2}{2R} - \frac{(l_i - 0.5l_0)^4}{24R^3} + P \\ y_i &= l_i - 0.5l_0 - \frac{(l_i - 0.5l_0)^3}{6R^2} + m \end{aligned} \right\} \quad (5-3)$$

式(5-2)、(5-3)是以直缓点ZH为坐标原点,过ZH点的缓和曲线的切线为 y 轴, ZH点上缓和曲线半径为 x 轴的直角坐标系。它并不与控制点的坐标系一致, 还需通过轴的转换将 x_i, y_i 转换为与控制点坐标系统一致的 X_i 和 Y_i , 后方可进行反算和放样。转轴换算公式如下：

$$\left. \begin{aligned} X_i &= x_i \cos\theta - y_i \sin\theta + X_{ZH} \\ Y_i &= x_i \sin\theta + y_i \cos\theta + Y_{ZH} \end{aligned} \right\} \quad (5-4)$$

式中 X_i, Y_i ——待放点的新坐标；

X_{ZH}, Y_{ZH} ——直缓点的坐标, 它是已知数 θ , 为两坐标系方位角之差, 图 4 中 $\theta = \alpha_{切} - 90^\circ$, $\alpha_{切}$ 为已知数, 参看图 4。

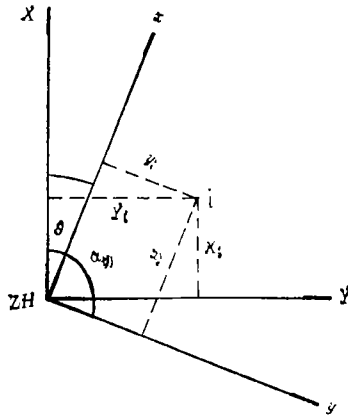


图 4

直线部分的坐标计算和坐标反算公式是常用的, 这里不再详述。

由于可编程序的计算器或计算机型号种类多种多样, 再加之计算人员的水平和编程技巧不同, 编制出的程序也会不同, 所以这里不便于列出固定的程序来。

这样就可以根据现场计算出的结果进行放样了。在实际工作中对某一个移位点往往经过多次调整变量 l_i , 才能放到理想的位置上。同时由于距离的变化, 应切记对该点桩公里值做相应的改变。

5.2.3 导线点或施放点的标志

在大城市进行这类工程的测量工作, 导线路线只能沿着马路、街巷向前布设对工作才为有利。而这些地段多为砼路面, 若想埋石或打入铁钉是很困难的。目前最常用的方法是用射钉枪射入射钉代之。需要提及的是由于射钉枪不易对中和受震动的影响较大而造成较大的点位误差, 据我们的实际情况, 最大位移量可达 6~8mm。我们采取的措施是找一个比射钉枪口稍大的模片(木质或塑料质), 中心打一圆孔, 这样才能准确对

中,对中后再射入射钉,实践证明这是个行之有效的办法,位移量能保证在2mm以内。

5.2.4 安全问题

作业现场多为人流车流很大的交通干道、十字路口,因而要特别注意人身及仪器设备的安全,需有专人负责安全监视工作。同时还应与交通管理部门协调一致方可作业。

6 结束语

(1) 由于领导的重视,人员和设备的投入适宜,施测方案合理,使我们保质保量地完成了任务,得到了设计院的好评。

(2) 通过实践,可以总结出隧道地面放样具有以下特点:

- ①精度要求高。
- ②轴线方向多变。
- ③受外界环境条件的影响大。
- ④待放点随机移位性。

⑤现场计算工作繁重。

(3) 从误差统计和分析中可以看出,纵向误差大于横向误差。尽管纵向误差不是影响隧道贯通的重要因素,但也应在测距时,确定读数测回数以及用于高差改正的垂直角测回数时应引起足够的重视。对其它影响测距精度的诸因素也不可忽视。

(4) 随着测绘技术的不断发展和进步,相信今后在隧道、铁路、公路、桥梁等项放样工作中,会有更先进和多种多样的放样方法出现,笔者期待着进一步的探讨和商榷。

参 考 文 献

- 1 城市测量规范, CJJ8—5.北京,1985
- 2 李青岳主编,工程测量学.测绘出版社,1984
- 3 ELEMENTARY SURVEYING, 纽约 1984

(上接第64页)

对共振法在扩底墩桩基工程检测中成果分析的探讨.....赵荣增等(4—33)

波速测试数据自动处理的若干问题.....崔家立(4—36)

钻 探 技 术

研究钻柱工作性状的计算机仿真技术.....唐旭清、方雪松(4—58)

消 息 报 道

中国航空工业勘察设计研究院基础工程新技术研究所正式成立.....秦四清(1—58)

预应力土层锚杆技术.....(1—11)

中航勘察设计研究院测绘处微机成图取得可喜进展.....(3—封底)

网 成 员 单 位 开 发 科 技 新 产 品 介 绍

中国航天建筑设计研究院 ^{勘察公司} _{航丰公司} 开发工业空调器投放市场.....(3—64)