

公路工程独立高等控制网建立的方法



杨厚波, 曾 宏
(湖南省交通规划勘察设计院, 湖南 长沙 410011)

[摘 要] 通过对施工中构造物的主要轴线偏移值分析, 阐述独立网等级的确定方法。公路工程中主要控制地物需要布设独立高等控制网, 这种独立网不同于大坝、枢纽等一般独立控制网, 作为线路整体的一部分, 需要与路线进行衔接, 坐标系统一致, 以便在施工过程中保持线路的连续性, 通过常吉路实例阐述了独立控制建立的方法。

[关键词] 独立控制物; 抵偿坐标系; 高程抵偿面; 无约束平差; 约束平差

[中图分类号] U 455 [文献标识码] B [文章编号] 1002-1205(2004)04-0035-02

Method for Establishing Independent High-class Control Network for Highway Engineering

YANG Houbo, ZENG Hong

(Hunan Institute of Communications Planning, Survey and Design, Changsha, Hunan 410011, China)

[Key words] independent control surface feature; compensation coordinate system; elevation compensation surface; bound free adjustment; bound adjustment

公路工程中首级控制网常常采用 GPS 进行四等控制, 为方便施工再利用常规方法进行一级导线的加密, 首级控制网往往采用与国家点联测分带换算得到实地任意带坐标系统, 以控制整体系统的连接及与已有线路进行衔接, 而在路线主要控制地物如特大桥、长隧道等, 为便于施工需进行高等控制网的布设, 这类控制网内部精度要求较线路首级控制高, 这时多采用独立控制网的形式。

1 独立高等控制网等级的确定方法

一般根据控制地物施工放样的最大允许点位相对误差来确定控制网应达到的精度, 最终确定控制网的等级。桥、隧、大坝等都以控制轴线的横向偏移值来确定控制网的相对精度, 在控制网方案确定之前, 通过精度估算来确认方案的可行性, 等级的符合性。本文以隧道横向贯通误差为例阐述确定独立网建立等级的方法。

隧道控制测量主要作用是保证地下相向开挖工作面能正确贯通, 它的精度要求, 主要取决于隧道贯

通的要求、隧道长度与形状、开挖面的数量以及施工方法等, 隧道贯通横向误差分析, 见图 1。横向贯通

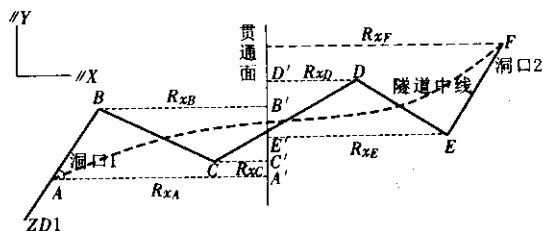


图 1 隧道贯通横向误差分析示意图

误差主要取决于起始方向误差、导线测角与测距误差, 下面说明贯通导线测量的横向误差计算公式。

① 于起始方向误差而引起的横向贯通误差为:

$$M_{\gamma\alpha} = \pm \left(\frac{m_{a1}}{\rho''} R_{XA} + \frac{m_{a2}}{\rho''} R_{XF} \right)$$

式中: m_{a1} 、 m_{a2} 为洞口 1、洞口 2 定向边方位误差; R_{XA} 、 R_{XF} 为已知点 A、F (一般纳入独立网中的坐标点) 至贯通面的垂直距离; ρ'' 为 206 265''。

② 于导线测角误差而引起的横向贯通误差为：

$$m_{y\beta} = \pm \frac{m_{\beta}''}{\rho''} \sqrt{\sum R_x^2}$$

式中： m_{β}'' 为导线测角中误差（″）； $\sum R_x^2$ 为测角的各导线点至贯通面的垂直距离的平方和。

③ 于导线测距误差而引起的横向贯通误差为：

$$m_{yl} = \pm \frac{m_l}{l} \sqrt{\sum d_y^2}$$

式中： $\frac{m_l}{l}$ 为导线边长的相对中误差； $\sum d_y^2$ 为各导线边在贯通面上投影长度平方总和。

综上所述，即得导线测量的总误差在贯通面上所引起的横向中误差为：

$$m = \pm \sqrt{m_{ya}^2 + m_{y\beta}^2 + m_{yl}^2} = \pm \left[\left(\frac{m_{\beta}''}{\rho''} \right)^2 \sum R_x^2 + \left(\frac{m_l}{l} \right)^2 \sum d_y^2 + \left(\frac{m_{ad}}{\rho''} R_{XA} + \frac{m_{a2}}{\rho''} R_{XF} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

上式作为贯通横向误差的估算公式。对长大隧道来说，贯通面的个数将影响控制网等级的确定，贯通面越多，控制网等级要求越低，还应明确的是贯通导线测量使用的仪器等级及测设方法。

④ 为分析隧道贯通控制测量误差对横向贯通误差的影响，采用误差椭圆方式。设贯通控制测量平差所得的单位权中误差为 σ ， Q_{xx} 、 Q_{yy} 及 Q_{xy} 为任意点坐标（ x, y ）的权系数。

$$\tan^2 \varphi_0 = \frac{2Q_{xy}}{Q_{xx} - Q_{yy}}$$

$$E^2 = \frac{\sigma^2}{2} \{ Q_{xx} + Q_{yy} + \sqrt{(Q_{xx} - Q_{yy})^2 + 4Q_{xy}^2} \}$$

$$F^2 = \frac{\sigma^2}{2} \{ Q_{xx} + Q_{yy} - \sqrt{(Q_{xx} - Q_{yy})^2 + 4Q_{xy}^2} \}$$

以上三式得到 E 、 F 、 φ_0 等贯通点相对误差椭圆参数。

根据隧道独立高等控制网的设计等级推算贯通控制测量起始方向误差，根据施工开挖面的数量以及测设方法，推算横向贯通误差大小是否满足限差要求。

2 公路独立高等控制网建立及处理方法

一般独立控制网的建立方法，在区域独立网建立中，采用独立坐标系统，这个独立坐标系统不需要与外部区域进行衔接，只要保证内部符合精度即可，而在公路工程控制地物的独立网建立中必须考虑路

桥相接、路隧相接等要素。作为路线整体的一部分，对连接路线必须同时满足路线控制的精度要求。

综合考虑路线与控制地物的平面控制建立方法，在路线首级的控制方案确定时，当同时考虑各主要控制地物高等控制网的建立方案。首级控制网的抵偿坐标系宜使高等控制网区域的投影与高斯改化的改正数为最小，这样能保证在高等控制网建立之时，使之与路线控制衔接较好。具体为首级控制网中央子午线宜选择在主要控制地物附近，高程投影面宜选择在主要控制地物的平均设计高程面上，否则在高等控制网建立之时，将出现与路线衔接误差过大问题。

目前公路工程独立控制网建立的最有效方法是采用 GPS 方法，控制网的布设通常在控制地物轴线附近选定两首级控制点作为已知方向点，其连接的基线基本平行于轴线以最有效地控制施工时轴线偏离误差，再在两控制点范围内布设成满足施工要求的多边形或三角锁，通过同步环、异步环的多时段观测，经固定端点无约束平差处理得到各基线边向量，由于 GPS 的内符精度很高，反算两端点的基线长，作为控制网的已知边长，并采用两端点作为首级控制的原坐标反算方位作为已知方位，推算另一端点的坐标，这时与原作为首级控制的坐标有一差值，当差值在一定限差内时，采用同一方法固定另一端点进行无约束平差或直接计算坐标得到起端点的另一坐标，将两端点的新旧坐标取平均后，作为最终已知值进行高等网约束平差，得到高级网各点坐标值，然后对两端按导线重新进行路线一级导线平差。

上海至重庆公路通道湖南省常德至吉首高速公路全长 224.3 km，在勘测设计阶段为满足勘测规范要求及施工放样要求，平面控制采用高斯正形投影抵偿带平面直角坐标系坐标，其分带中央子午线分别为 $111^\circ 20'$ 、 $110^\circ 40'$ 、 $110^\circ 00'$ ，提交的坐标成果距离投影变形不超过 25 mm/km。

湘西段岩门界隧道全长 2.4 km，为全段主要控制地物，拟建立三等平面控制网，隧道轴线设计高程 200 m，此段路线平面首级控制因此采用了 $H = 200$ m 的高程抵偿面，以便与隧道接线相互衔接，在首级控制敷设时已将隧道进出口两端设立两对三级 GPS 点 398-G005、G002-L42，作为路线一级导线的附合已知坐标点，在路线控制中必须敷设于隧道进出口，选定基线边基本平行于隧道轴线的 398、L42

（下转第 46 页）

后一定时间内难以改变),所谓城市道路交通状态的动态性是指因交通供给、交通需求随时间变化使得城市道路交通系统在随时间演化过程中不同时刻表现出的不同交通通行状态的特征。城市道路交通系统在随时间演化过程中表现出的交通通行状态特征即动态性既可能和静态性相同,也可能和静态性不同,二者同与不同的关键是政府在城市交通系统随时间演化的过程中采取何种管理目标与措施。目前,我国绝大多数城市的道路交通供给能力增长率为 4%~5%左右,而交通需求能力增长率为 15%~20%,因而绝大多数城市道路交通状态的静态性与动态性是不相同的。

在上面的讨论中,虽然忽略了管理技术因素对城市交通系统的影响作用,但按照“管理出效益”的原则,管理技术的应用只会使城市交通供给能力增加,因而,考虑管理技术因素对城市交通系统的影响作用时所获得的结果与忽略管理技术因素后所获得的结果本质上是一致的。

5 结语

城市交通供需的平衡有序发展一直是城市管理者期盼解决好的重要问题之一。本文以城市交通动

力系统中具有基础性地位的交通需求与交通供给两要素为出发点,通过对城市交通状态存在域的描述,给出了城市交通状况的图形化表示(见图 2),这使得城市交通状况与城市交通供给、交通需求之间建立起有机联系,通过引入城市道路网利用率及对交通供给 x_1 与交通需求 x_2 随时间变化历程曲线的分析,提出了交通供给、交通需求随时间变化的 3 种互动关系类型(见图 3)。这将为城市交通管理者根据城市在行车辆数量、车流状况分析预测城市交通通行状况及对城市道路基础设施进行针对性建设提供决策依据与途径。

[参考文献]

- [1] 郑安文.城市交通动力系统的数学模型描述与系统特性分析[J].应用基础与工程科学学报,2001(1).
- [2] 郑维敏.正反馈[M].北京:清华大学出版社,1998.
- [3] 汽车百科全书编纂委员会.汽车百科全书(下)[M].北京:机械工业出版社,1992.
- [4] 王 炜,高海龙,李文权.公路交叉口通行能力分析[M].北京:科学出版社,2001.
- [5] 郑安文,朱晓宏,邵正宇.城市道路交通供给能力研究[J].应用基础与工程科学学报,2002(4).
- [6] 胡明伟.基于系统目标的智能交通系统评价方法研究[J].中南公路工程,2002(4).



(上接第 36 页)

GPS 点作为起始方向点,在隧道顶部采用三角锁布网方法选定了 G005、G006、G003、G004、G001、G002 构成三等平面控制网,见图 2。

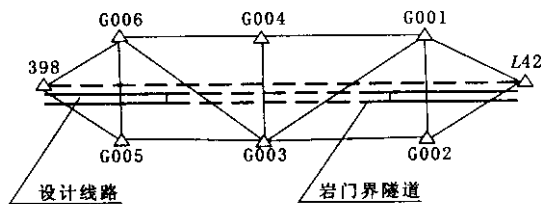


图 2 岩门界隧道三等平面控制网示意图

采用首级控制三级 GPS 点 398、L42 作为已知点,反算 398-L42 方向作为已知方向,按下述方法进行平差计算:

第一步:398 原坐标值作为已知坐标对本 GPS 高等网进行无约束平差得到 G006-G001 及 L42 坐标值,反算 398 至 L42 的边长,利用 398-L42 已知方向值求 L42 点坐标。

第二步:L42 原坐标值作为已知坐标,无约束平

差 398-L42 的边长为已知边长,利用 398-L42 已知方向值求 398 点坐标。

第三步:求 398、L42 原坐标值与新坐标值的平均值作为最终值。

第四步:利用 398、L42 最终值进行 GPS 网约束平差得到 G006-G001 各点坐标值。

第五步:利用 398、G005 对隧道入口导线进行重新平差,利用 G002、L42 对隧道出口导线进行重新平差得到路线上各导线点的坐标最终值。

通过本方法对岩门界隧道高等控制网进行平差,隧道 GPS 高等网相对精度达 1/70 万,并与路线导线联测,进出口两端导线精度分别为 1/63 800, 1/71 900,既满足了隧道施工控制网的要求,又满足了路线控制的要求。

[参考文献]

- [1] GB 50026-93,公路测量规范[S].
- [2] 王 岚.雷公山隧道施工监控量测[J].中南公路工程,2003,(4).