

## 福建省山区高速公路工程施工控制网设计方案研究

林修锁

(福建省地质测绘院, 福建 福州 350011)

**摘要** 从福建省山区高速公路工程施工现状出发,分析了导线最弱点点位中误差的影响因素,导出了在山区进行控制测量时,影响导线最弱点中误差的主要因素是导线边数,从而提出了一种既经济适用又满足精度要求的设计方案。

**关键词** 高速公路 控制测量 设计

**中图分类号**: P221

**文献标识码**: B

**文章编号**: 1672-4097(2007)01-0022-02

福建省境内峰岭耸峙、丘陵连绵,河谷、盆地穿插其间,地势自西北向东南下降,形成以武夷山脉为主的闽西大山带和鹫峰山、戴云山、博平岭等山脉组成的闽中大山带。闽江、九龙江、汀江、晋江、木兰溪、岱溪、交溪、霍童溪等自成流域的水系横穿全省二大山带,且切割较深。近年来,福建省加大了交通投入,在省内“三纵四横”高速公路的总体布局下,除了作为“同三”线的一部份“福厦”、“厦漳”、“漳诏”高速公路外,其余高速公路均在丘陵地和山地之间穿行。因此,福建省高速公路主要以桥梁和隧道工程连接而成。这类的高速公路工程复杂,技术难度大,必须建立高精度的测量控制网,以满足工程施工的需要。

## 1 工程概况

现以永(安)宁(化)高速公路为例说明,永安至宁化高速公路全长 118 km, (连接线 20 km), 比较线 120 km, 其中隧道 17 座, 桥梁 67 座, 互通立交桥 7 处, 其中桥梁最长达 1 992 m, 隧道最长达 3 690 m, 桥隧总长达 30 km。起点与泉三高速公路康安吉山立交相接, 终点与江西境内的泉(州)南(宁)高速公路相联。沿线为省级重点林区, 地面森林覆盖率大于 70%, 森林茂密、荆棘丛生, 地形起伏大, 通视、通行条件极为不便, 野外作业难度非常大。因此, 如何建立既能满足 1/2 000 航测图的要求, 又能满足施工需要的高精度的控制网是一个值得研究的重要课题。

## 2 平面控制的设计

### 2.1 C 级 GPS 网点布设

本工程有如下几个特点:

(1) 呈带状不规则区域, 起始段呈南北走向, 后

半段呈东西走向;

(2) 线路里程长;

(3) 沿线森林茂密, 通视条件极差;

(4) 沿线周围已知点稀少。

根据《公路勘测规范》4.1.2 款规定:“一级及以下控制测量的最弱点点位中误差采用 20 cm 作为平面控制网的基本精度规格”。可知, 要满足中桩放样的桩位误差横向  $\leq \pm 5$  cm, 纵向 1/1 000, 就必须保证一级导线的精度。本测区通视条件极差, 沿线国家一、二、三等点稀少, 故应按照“整体布局, 分级控制”的原则布设 C 级 GPS 点, 作为沿线的首级控制, 再在 GPS 点上发展一级导线。两 GPS 点一般不超过 5 km, 全线共布设 80 个 C 级 GPS(网)点, 且要两两通视。

### 2.2 一级导线点设计方案

根据《公路勘测规范》4.1、4.2 要求, 一般附合线的长度为 10 km, 平均边长为 0.5 km。但是, 在本测区为什么设计导线长度为 5 km 呢? 考虑到在山区一般采用三角高程改平, 其测距边中误差可用下式表示:

$$\left. \begin{aligned} m_s^2 &= m_s^2 + \left(\frac{h}{s} \cdot m_h^2\right)^2 \\ m_h &= \sqrt{E^2 + F^2 + G^2 + H^2} \end{aligned} \right\} \dots\dots \textcircled{1}$$

式中:  $m_s$ ——测距边中误差

$m_h$ ——高差中误差

$m_D$ ——测距中误差

$E$ ——垂直角观测的偶然误差

$F$ ——仪器系统误差

$G$ ——地面大气折光差

$H$ ——垂线偏差及水准面不平行影响

由①式可知, 除了测距中误差的影响外, 影响测距边中误差主要是高差中误差, 而高差中误差随

着高差的增大而增大,随着倾角的增大而增大。并且在一定的范围内(在中线附近 50 m)导线点之间高差是不易改变的。同时在倾角很小时, $E$ 、 $F$ 、 $G$  三项均很小,当采用水准测量方法测定高差时, $E$ 、 $F$ 、 $G$  均等于 0,只有  $H$  有一定影响。为削弱其影响,主要是通过边长往返测来消除。当然,最好用水准测量方法测定高差,然而,水准测量又是最不经济的作业方法。除此之外,还有其他适宜又经济的方法吗?

设导线的起始总的误差影响可忽略不计,当测角中误差一定时,平差时经过角度闭合差的调整,其导线的中点(即最弱点点位)中误差,可分为纵向误差和横向误差,并用以下式表示:

$$\left. \begin{aligned} m_t &= \frac{n}{2} m_s \dots\dots\dots \\ m_u &= S \frac{m_\beta}{\rho} \sqrt{\frac{n(n+2)(n^2+2n+4)}{192(n+1)}} \dots\dots\dots \end{aligned} \right\} \dots\dots \textcircled{2}$$

②式中

令  $S = 500 \text{ m}$      $m_\beta = 5''$   
 当  $n = 10$  时     $m_u = \pm 0.032 \text{ m}$   
 法  $n = 20$  时     $m_u = \pm 0.084 \text{ m}$   
 那么②式可表达为

$$\left. \begin{aligned} m_t &= \frac{\sqrt{n}}{2} m_s \dots\dots\dots \\ m_u &= 0.032 \text{ m}; 0.084 \text{ m} \dots\dots\dots \end{aligned} \right\} \dots\dots \textcircled{2}$$

由最弱点中误差

$$M = \pm \sqrt{m_t^2 + m_u^2} \text{ 可知}$$

- (1)  $M$  随着  $n$  的增大而增大
- (2) 在边长一定时要想限制  $M$  的值,最有效的办法就是要严格控制  $n$  的数值,即导线总长。

综合考虑该测区的具体情况,设计时,平均边长限定为 500 m,故限制导线总长不应超过 5 km,即 C 级 GPS 点的点距不应超过 5 km。

### 3 高程控制测量

3.1 为保证导线点的高程精度本期高程控制宜以

四等水准测量为基础,沿道路前进方向以附和准路线,水准结点网的形式布设。

3.2 在已有公路、村庄及通行方便的地方以几何水准的方法施测,在山地、丘陵地应结合平面控制施测“光电测距三角高程测量”代替几何水准测量,具体的技术要求严格执行“规范”、“规程”的有关规定。所有的 C 级 GPS 点均应联测四等水准测量,一级导线点能联测四等水准的尽量联测,不宜联测则用三角高程传算,但起闭点件须是四等水准联测点。

3.3 四等水准平均点距 5 km 埋设一座普通水准标石,全线约需埋设 36 座标石。水准点的选、埋应严格执行《水准规范》中的有关要求。

3.4 在长隧道、大桥、特大桥等有重要建构筑物的地方,应埋设一对水准点(含联测点)。

### 4 结论

4.1 在高山密林地区进行高速公路工程施工控制测量时,必须应用 GPS 技术,辅以常规测量技术,以充分发挥各自长处,实现优势互补。

4.2 为保证平面控制点的精度,应适当限制导线长度,在目前 GPS 技术广泛应用的今天,是既经济又能提高精度的可行方案。

4.3 对于长隧道,特大桥等工程,应在建立统一路线工程控制网的基础上,建立独立的相对精度高的控制网。

#### 参考文献

- 1 李青岳、陈永奇、《工程测量学》[M]北京:测绘出版社,1995
- 2 《公路勘测规范》(JTJ061-99)人民交通出版社,1999.10
- 3 《城市测量规范》(CJJ8-99)中国建筑工业出版社,1999.6

注:① 式源自《公路勘测规范》。

② 式源自《城市测量规范》。

## Design Scheme of Mountain Highway Construction Control Network in Fujian Province

Lin Xiutan

(Academy of Geological Surveying and mapping of Fujian province, Fuzhou Fujian, 350011)

**Abstract** In view of current situation of mountain highway construction in Fujian province, mean square error factors of the weakest point position are analyzed, the major factor of affecting the error of weakest point is the number of traverse edge when doing control surveying in the mountains, thus also proposes an economic design scheme which can meet the precision requirements.

**Key words** Highway; Control surveying; Design