

长距离隧道洞内平面控制测量

苑立峰,王世杰,段会岳,毕 啸,张 洋

(中铁十九局第一工程有限公司,辽宁 辽阳,111000)

摘 要:论述长距离隧道的平面控制网布设情况。洞外控制测量采用先进的 GPS 技术,采集数据经过合理处理后,满足隧道施工规范的要求;洞外控制测量的导线铺设采用左右双导线网布设和线性交叉导线网布设联用的方式,测量结果表明该方法满足规范规定要求。

关键词:长距离隧道;GPS;平面控制测量

中图分类号:P221

文献标志码:A

文章编号:1006-7949(2010)05-0075-03

Horizontal control survey in the hole of length tunnel

YUAN Li-feng, WANG Shi-jie, DUAN Hui-yue, BI Xiao, ZHANG Yang

(No. 1 Engineering Co., Ltd of China Railway 19th Bureau Group Corporation, Liaoyang 111000, China)

Abstract: The wire network for plane control of length tunnel was introduced. The GPS technology was used for the control survey out of the hole. The data of collection was processed reasonably, which satisfied the requirements of specification for construction. The wire of control survey was laid down in the hole, which selected the double wire network and the linear overlapping wire network, and the result of measurement satisfied the construction.

Key words: length tunnel; GPS; horizontal control survey

随着我国经济的快速发展,为了便于人员来往交流和提高货物的流通速度,高速公路、铁路的建设任务越来越多,同时需要修建的长大、特长隧道也越来越多。如何有效地控制好隧道的贯通误差,无论是从经济方面还是从技术方面考虑都显得越来越重要。目前,以电磁波测距仪、全站仪为代表的测绘技术快速发展,使勘测手段得到很大改进。然而,随着 GPS(全球定位系统 Global Positioning System)技术的问世及其被广泛应用于勘探领域,勘测设计与施工必将取得更大的改进。本文根据以往控制测量经验,结合秦岭某隧道实际测量情况,研究长大隧道的洞内平面控制测量方法。

1 工程概况

我国已建成的辽宁省某长距离铁路隧道。隧道所处的地理位置具有自然环境复杂、植被茂密、气候条件差、交通十分不便及测区相对高差大、控制点不易布设等不利条件。隧道由两座基本平行的隧道组成,两隧道中线水平间距为 28 m,垂直距离 2.4 m。

I 线隧道全长 16.85 km,隧道进口端洞口高程约 863 m,出口端洞口高程约 981 m。II 线隧道全长 16.71 km。隧道进口端洞口高程约 865 m,出口端洞口高程约 983 m。隧道两端洞口均位于半径为 450 m 的曲线地段。本文的讨论是以 I 线隧道为例。

2 洞外平面控制测量

考虑到隧道所处地理位置的实际情况,如果采用常规的三角控制测量,工期长且精度也难以保证,所以应用 GPS 技术进行平面控制网设计,这样不仅可以满足隧道贯通精度,而且有利于施工测量、减小施工强度。

控制点正确合理的选择有助于 GPS 外业工作的顺利进行,提高测量结果的可靠性,同时也为后续施工提供可靠便利条件。控制点选在四周较开阔且稳定的岩石上,以便满足接收卫星信号的要求,控制点远离高压线附近以减少电磁辐射源的影响,每个洞口有 4 个控制点是为了后续施工放样的检核和控

制点稳定性的检验,每个洞口两相邻控制点间的距离在 300~500 m 之间且相互通视,便于全站仪的施工放样。

本文鉴于隧道特点,应用原有的 4 个控制点(A1~A4)和在隧道两侧布设的 6 个 GPS 控制点(B1~B6)共同构成了洞外平面控制网。控制网如图 1 所示。

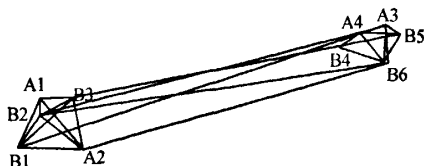


图 1 GPS 控制网布设

GPS 数据采集应用 4 台套 Trimble 4600LS GPS 接收机,精度为 $5\text{ mm}+10\times 10^{-6}$ 。观测时卫星截止高度角 $\geq 15^\circ$,有效观测卫星数 ≥ 6 ,观测时段 $>30\text{ min}$,采样间隔为 5 s。

2.1 GPS 数据处理

对采集的 GPS 数据进行处理,基线处理结果如表 1 所示。

表 1 基线处理结果

	最小值	最大值	允许值
异步环闭合差	0.267×10^{-6}	2.431×10^{-6}	5×10^{-6}
同步环闭合差	1.365×10^{-6}	1.963×10^{-6}	5×10^{-6}

平差处理结果如表 2 所示。

表 2 平差处理结果

	最弱点点位误差/cm	最弱边相对误差
无约束平差	1.19	1/105 000
约束平差	0.18	1/163 000
允许值	5	1/80 000

由表 1、表 2 可知:基线闭合差的异步、同步环闭合差的最大值分别为 2.431×10^{-6} 和 1.963×10^{-6} ,都小于允许值 5×10^{-6} 。平差无约束、约束平差最弱点点位误差分别为 1.19 cm 和 0.18 cm,都小于允许值 5 cm,平差无约束、约束平差的最弱边相对误差分别为 1/105 000 和 1/163 000,都小于允许值 1/80 000。

结果表明基线闭合差和平差的精度都完全满足规范和施工的要求。

2.2 边长检测

为了检验 GPS 在隧道控制中的精度,将实测边长与 GPS 边长进行比较。利用 TC1800 型号的全站仪观测 3 条边,与 GPS 网平差反算边长进行比

较,如表 3 所示

表 3 比较结果

边名	GPS 边长	673.45 m 面上 测距边长	较差	边长相对 误差	允许边长 相对误差
B1-B2	389.435 7	389.433 6	0.002 1	1/185 444	
B2-B3	356.562 3	356.564 8	0.002 5	1/142 625	1/80 000
B3-B1	421.378 2	421.377 5	0.000 7	1/601 967	

由表 3 可知 B1-B2、B2-B3、B3-B1 的边长相对误差分别为 1/185 444、1/142 625 和 1/601 967 都小于允许值 1/80 000。

结果表明应用 GPS 采集的数据,经过科学合理的处理,所得结果是十分可靠的。

3 洞内平面控制测量

由于隧道的距离大,全站仪的最优测量距离一般为 300~500 m,所以洞内控制点不能一次测完。只能采取掘进一段距离,增设一个新点,每布设一个新点就要从支导线的起点开始全面重复测量。为了满足精度要求,避免出现测量粗差,导线布设方式有双导线布设形式(见图 2(a))、左右双导线网布设形式(见图 2(b))和线性交叉导线网布设形式等(见图 2(c))。

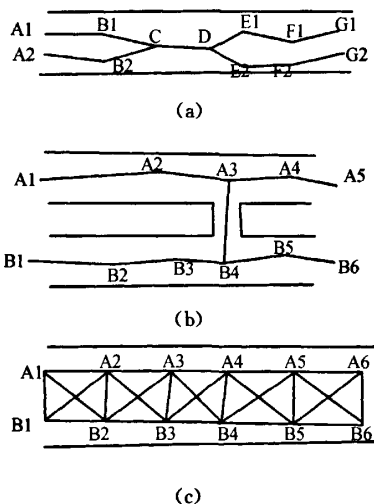


图 2 洞内导线网布设形式

双导线布设使两条导线测量形成公共点或公共边,构成检核条件。左右双导线网布设是充分利用双洞隧道之间的通道,使左右洞的导线网通视并联合,以此检测所布设的导线网的精度是否满足设计规范要求。以上 2 种布设一般要经过多组点测量后才能构成检核条件,如果发现数据不能闭合,不能准确地判断出是哪个控制点测量出现了问题,需要对

双导线网重新测量,增加了测量作业量。线性交叉导线网布设是利用每次新增加的控制点,做为的一组对称点,每点通过不同的控制点可计算出两组坐标数据互相检核,最后还可通过两点的间距再次检核。这种布网方式,可以准确快捷地发现测量粗差,采用严密平差法处理数据,还可以提高整个导线网的精度。

为了提高横向贯通精度的要求,洞内布设严格遵守二等光电测距导线的各项要求和精度指标,洞内导线布设为:单隧道采用线性交叉导线网布设,利用两隧道间具有通道的便利条件又以左右双导线网布设进行测量,这样可以更好地满足精度要求。如图3所示。

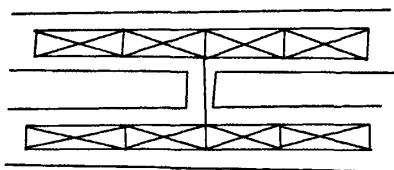


图3 导线网布设

洞内导线的布设情况:

洞口点位:距洞口20 m左右,这样可以有效地减弱观测时洞内、外光线对比度,洞内满足通视条件。洞内第二排点位:距洞口250 m左右,可以避免因洞内、外气象条件差异和全站仪最优观测距离产生较大误差。

洞内导线边长约450 m,目的是把测量范围控制在全站仪的最优测量范围内。

同一排两点位的距离约2.5 m,最大范围的提高测量精度。

两点距隧洞壁面的距离约为0.5 m,是为了避免洞内施工建筑物的遮蔽以及尽可能的减小对施工车辆通行的影响。

测角中误差和控制测量等级与横向贯通中误差的关系可由下式求得:

$$m^2 = (m_\beta L / \rho)^2 (n + 3) / 12.$$

式中: m 为横向贯通中误差,根据铁路测量规范 $m = 200$ mm, m_β 为测角中误差, L 为两开挖洞口间长度, n 为导线边数,洞内导线边长按450 m计, $n = 168\ 500 / 450 = 38$ 。

由式(1)求得: $m_\beta = 1.19$ 。根据铁路测量规范可以确定洞内平面控制测量为二等导线。取二等导线测角中误差 $m_\beta = 1.0''$,反算求得横向贯通中误差

$m = 158.3$ mm < 200 mm(铁路测量规范值)。

可见,为了满足规定的洞内贯通中误差要求,洞内平面控制测量等级应为二等,相应测角中误差为 $1.0''$ 。

依靠GPS技术的洞外平面控制测量高精度测量和好的洞内导线布设,在测量过程中严格按规范进行测量,测量结果其横向贯通误差为9 mm,高程贯通误差为3 mm,取得了良好的测量成果和社会效益。

4 结束语

应用GPS技术在地形复杂山区进行高精度洞外平面控制测量的方法,具有速度快、精度高和可靠性好等优势,所采集数据经过适当的起算条件经平差后,短边边长精度可达到5 mm以内,各项精度指标均满足规范和工程要求。为确保具有良好图形强度和保证隧道的贯通,GPS平面控制网宜采用边连式或网连式布设。洞内平面控制测量方法的选择对测量精度具有重要的影响。采用左右双导线网布设和线性交叉导线网布设联用的方法,可以准确快捷地发现测量粗差,可以提高整个导线网的精度,达到规范的精度要求,是洞内平面控制测量中一种比较好的方法,缺点是测量过程中比较繁琐,有时甚至影响到施工。

参考文献

- [1]宋文.公路施工测量[M].北京:人民交通出版社,2000.
- [2]交通部第二公路勘察设计院.JTJ063—85公路隧道勘测规范[S].北京:人民交通出版社,2004.
- [3]徐绍铨,张华海,杨志强,等.GPS测量原理及应用[M].武汉:武汉大学出版社,1998.
- [4]铁道部第二勘测设计院.TB10101—99新建铁路工程测量规范[S].北京:中国铁道出版社,1999.
- [5]范东明,路伯祥.GPS隧道平面控制测量中若干问题研究[J].解放军测绘学院学报,1998,15(1):17-20.
- [6]王劲松,陈正阳,吴堂林,等.GPS地面控制网对横向贯通误差影响的分析[J].湘潭矿业学院学报,2003,18(3):77-80.
- [7]杨秀云,唐红涛,张胜利,等.混合网在超长隧洞平面控制测量中的应用[J].测绘技术装备,2009,11(2):16-18.
- [8]赵兵星,蔡一廷.超长隧洞工程平面控制测量方法的研究[J].山西水利科技,2001,7(3):28-31.
- [9]王科锋,黄国涛.长大隧道洞内控制测量实施方案设计[J].能源技术与管理,2008,6(5):35-36.

[责任编辑:刘文霞]