

Application of Geometric Orientation and GNSS Technology in Ekou Iron Mine Roadway Vertical Shaft Through Survey

Wenli Chen

Lishui Surveying and Mapping Institute, Lishui, Zhejiang, 323000, China

Abstract

GNSS technology has been widely used in surveying since its inception, which has caused a great revolution in surveying technology. Compared with the traditional method, the GNSS control network has many differences in either the network layout plan or the mathematical model of the adjustment. Therefore, studying how to formulate a GNSS network plan based on GNSS principles and operational characteristics is of great significance for reducing the labor intensity of field observations and improving the quality of observations and the accuracy of results. Mine orientation is a very important task for production mines. In general, the method can be divided into two categories: geometric orientation and physical orientation. Geometric orientation is based on the principle of geometry to transfer the plane coordinate system of the ground to the underground, so that a unified coordinate system is established between the ground and the underground to meet the needs of underground production and construction. The paper introduces the application of advanced GNSS measurement technology and vertical shaft geometric orientation technology in the penetration measurement of the co-production vertical shaft of Ekou Iron Mine, rapid establishment of the underground and underground control network, and the calibration of the construction direction of the horse head gate.

Keywords

survey; geometric orientation; GNSS technology

几何定向和 GNSS 技术在峨口铁矿巷道立井贯通测量中的运用

陈文理

丽水市勘察测绘院, 中国·浙江 丽水 323000

摘要

GNSS 技术自问世以来在测量上被广泛应用, 使测量技术发生了一次大的革命。同传统方法相比, GNSS 控制网不论是在布网方案, 还是在平差的数学模型方面都有许多不同之处。因此, 研究如何根据 GNSS 原理和作业特点制定 GNSS 布网方案, 对减少外业观测劳动强度、提高观测质量和成果的精度等具有重大的意义。矿井定向对于生产矿井来说, 是一项非常重要的工作, 其方法概括来说, 可分为几何定向和物理定向两大类。几何定向是从几何原理出发, 将地面的平面坐标系传递到地下, 使地面与地下建立统一的坐标系, 以适应井下生产建设的需要。论文介绍先进的 GNSS 测量技术、立井几何定向技术在峨口铁矿共产立井贯通测量中的应用, 快速建立井上井下控制网, 同时进行马头门的施工方向标定。

关键词

测量; 几何定向; GNSS 技术

1 工程概况

测区位于山西代县峨口铁矿矿区。峨口铁矿位于晋东北代县峨口镇, 矿区从山上到山下距离 30km, 矿区中心地理位置为东经 $113^{\circ} 15' 00''$, 北纬 $39^{\circ} 05' 00''$ 。

2013 年 6 月太原钢铁(集团)峨口铁矿进行露天转地下开采项目工程。在南帮挂矿区施工一个立井(南东回风井)从高程 2047m~1728m, 井口十字线是建立在开挖后基岩石上, 十分不稳定, 随时需要校核。为了使井上、下具备统一坐标系, 必须及时进行联测。通常我们采用经纬仪或全站仪进

行联测, 但受地面建筑物及地形、地貌影响, 布点困难、导线长, 测量工作量大而且精度也不能保证, 为了解决以上问题, 同时考虑到该工程是独立工程, 我们选用 GNSS 分别在峨口铁矿矿区建立了一个 C 级控制网, 及在南东回风井附近布设了 D 级 GNSS 控制点。其优点是在地面不受建筑物影响, 劳动强度小, 而且精度远高于导线精度。

2 平面控制网测量

峨口铁矿 C 级 GNSS 控制网布设技术方案: 测区首级控制框架网采用静态方式布设 C 级 GNSS 点。

控制点埋设普通标石,标志现场浇灌,埋设时,坑底填以砂石,捣固夯实,浇灌混凝土垫层,然后再浇灌。C级GNSS控制点点号的编制从“G01”开始流水编号。

峨口铁矿施工近井D级GNSS点布设技术方案:测区内在C级GNSS网基础上,加密布设D级GNSS点。D级GNSS控制点点号的编制从“J01”开始流水编号。

根据新井建设需要和现场情况并充分考虑联测点的位置及便于控制点的长期保存,在南东回风井西侧山坡上和东侧龙王庙布设二个近井点J009、J010。与其他施工点掘进硐口附近的近井点一起,联测C级GNSS点,构成峨口铁矿D级GNSS控制网。并保证每个点至少能与两个以上的点通视,以便在日常使用时有检核条件。按照《矿山测量规程》对矿井地面近井点的精度要求点位中误差不超过7cm。后视边方位角中误差不超过+10"。

2.1 C级GNSS控制网测量

外业观测选用4台南方GNSS双频接收机进行静态观测,接收机在检定的有效期内,如表1所示。

表1 C级GNSS网基本技术要求

等级	卫星高度角	同时观测有效卫星数	观测时段数	时段长度	数据采样间隔
C级	≥15(≥4	≥2	≥4h	10s

其中,基线解算及检核:

(1)基线采用南方GNSS随机商用软件GNSSpro ver 4.5解算。

(2)同一时段观测值的数据剔除率小于10%。

(3)复测基线的长度d的较差ds满足下式:

$ds \leq 2\sqrt{2}\sigma$ 。 σ 为GNSS网基线测量中误差,采用《工程测量规范》(GB50026-2007)卫星定位测量控制网的二等主要技术要求(A=10mm, B=2mm/km),计算时边长按实际平均边长计算。(见附件1《C级GNSS网复测基线误差统计表》)

(4)若干个独立基线构成独立闭合环,各独立环的坐标分量闭合差和全长闭合差符合下式的规定:

$$W_x \leq 3\sqrt{n}\sigma$$

$$W_y \leq 3\sqrt{n}\sigma$$

$$W_z \leq 3\sqrt{n}\sigma$$

$$W_s \leq 3\sqrt{3n}\sigma$$

其中 W_s 为环闭合差, $W_s = \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2}$;

n为独立环中的边数;

(5)GNSS网同步环闭合差应满足同步环中的三边环各坐标分量闭合差,满足下式的要求:

$$W_x \leq \frac{\sqrt{3}}{5}\sigma$$

$$W_y \leq \frac{\sqrt{3}}{5}\sigma$$

$$W_z \leq \frac{\sqrt{3}}{5}\sigma$$

$$W \leq \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \leq \frac{\sqrt{3n}}{5}\sigma$$

式中:

n—同步环中的边数;

W—同步环环线全长闭合差(mm)。

(6)同步环和异步环闭合差统计详见《C级GNSS平差计算资料》。控制网平均边长1597m,网最大边长2790.1m,最小边长937.8m。

闭合环最大节点数为6,闭合环总数为1881,其中同步环总数为34,异步环总数为1847,如表2所示。

表2 同步环最大闭合差表

同步环最大闭合差(mm)	环长	异步环最大环闭合差(mm)	环长(m)
28.219 (香山-G006-寨山)	5436.644	85.969 (香山-G006-G007-G004-G005)	7571.074

2.2 GNSS网平差计算

(1)GNSS网平差计算,首先以所有独立基线组成闭合图形,以三维基线向量及其相应方差协方差阵作为观测信息,以G002点的WGS-84系三维坐标作为起算依据,进行GNSS网的无约束平差,如表3所示。

表3 最弱边误差表

名称	ΔX 改正mm	ΔY 改正mm	ΔZ 改正mm	相对误差	边长
G004-G005	-6.2268	-11.7020	23.8882	23.8882	937.8104

(2)无约束平差中,基线向量的改正数绝对值($V_{\Delta x}$, $V_{\Delta y}$, $V_{\Delta z}$)均满足下式要求:

$$V_{\Delta x} \leq 3\sigma \quad V_{\Delta y} \leq 3\sigma \quad V_{\Delta z} \leq 3\sigma$$

式中:

σ —GNSS接收机的标称精度;

无约束平差单位权中误差 = ±0.095021m。

(3)约束平差中,基线向量的改正数与剔除粗差后的无

约束平差结果的同名基线相应改正数的较差 ($dV_{\Delta x}$, $dV_{\Delta y}$, $dV_{\Delta z}$) 符合下式的要求, 如表 4、表 5 所示。

$$dV_{\Delta x} \leq 2\sigma \quad dV_{\Delta y} \leq 2\sigma \quad dV_{\Delta z} \leq 2\sigma$$

表 4 约束平差最弱边精度表

名称	相对误差	边长
G004-G005	1:233989	935.3914

表 5 约束平差最弱点精度表

点名	X 坐标	Y 坐标	rms (mm)	dx (mm)	dy (mm)
G007	4324376.3782	436373.5573	4.1773	3.3277	2.5252

2.3 D 级 GNSS 控制网观测

外业观测选用 4 台南方 GNSS 接收机进行静态观测, 接收机在检定的有效期内, 如表 6 所示。

表 6 D 级 GNSS 网基本技术要求

等级	卫星高度角	同时观测有效卫星数	观测时段数	时段长度	数据采样间隔
D 级	$\geq 15^\circ$	≥ 4	≥ 1.6	$\geq 60\text{min}$	10s

基线解算及检核

(1) 基线采用南方 GNSS 随机商用软件 GNSSpro ver 4.5 解算;

(2) 同一时段观测值的数据剔除率小于 10%;

(3) 复测基线的长度 d 的较差 ds 满足下式:

$ds \leq 2\sqrt{2}\sigma$ 。 σ 为 GNSS 网基线测量中误差, 采用《工程测量规范》(GB50026-2007) 卫星定位测量控制网的三等主要技术要求 ($A=10\text{mm}$, $B=2\text{mm/km}$), 计算时边长按实际平均边长计算。见附件 2《D 级 GNSS 网复测基线误差统计表》。

(4) 若干个独立基线构成独立闭合环, 各独立环的坐标分量闭合差和全长闭合差符合下式的规定:

$$W_x \leq 3\sqrt{n}\sigma$$

$$W_y \leq 3\sqrt{n}\sigma$$

$$W_z \leq 3\sqrt{n}\sigma$$

$$W_s \leq 3\sqrt{3n}\sigma$$

其中 W_s 为环闭合差, $W_s = \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2}$; n 为独立环中的边数;

(5) GNSS 网同步环闭合差应满足同步环中的三边环各坐标分量闭合差, 满足下式的要求:

$$W_x \leq \frac{\sqrt{3}}{5}\sigma$$

$$W_y \leq \frac{\sqrt{3}}{5}\sigma$$

$$W_z \leq \frac{\sqrt{3}}{5}\sigma$$

$$W \leq \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \leq \frac{\sqrt{3n}}{5}\sigma$$

式中:

n —同步环中的边数;

W —同步环环线全长闭合差 (mm)。

(6) 同步环和异步环闭合差统计详见《D 级 GNSS 平差计算资料》。控制网平均边长 423m, 网最大边长 1433.1m, 最小边长 66.0m。闭合环最大节点数为 8, 闭合环总数为 585, 其中同步环总数为 72, 异步环总数为 513, 如表 7 所示。

表 7 同步环最大闭合差表

同步环最大闭合差 (mm)	环长	异步环最大环闭合差 (mm)	环长 (m)
28.211 (J014-J012-G006)	1791.451	81.773 (J009-J028-J020- J023-J032-J029- J017-J030)	2571.606

2.4 GNSS 网平差计算

(1) GNSS 网平差计算, 首先以所有独立基线组成闭合图形, 以三维基线向量及其相应方差协方差阵作为观测信息, 以 XZ05 点的 WGS-84 系三维坐标作为起算依据, 进行 GNSS 网的无约束平差。

(2) 无约束平差中, 基线向量的改正数绝对值 ($V_{\Delta x}$, $V_{\Delta y}$, $V_{\Delta z}$) 均满足下式要求:

$$V_{\Delta x} \leq 3\sigma \quad V_{\Delta y} \leq 3\sigma \quad V_{\Delta z} \leq 3\sigma$$

式中: σ —GNSS 接收机的标称精度。

无约束平差单位权中误差 = $\pm 0.045900\text{m}$, 如表 8 所示。

表 8 最弱边误差如表

名称	ΔX 改正 mm	ΔY 改正 mm	ΔZ 改正 mm	相对误差	边长
J032-J031	-4.0298	-9.1832	-15.4746	1:3458	65.9868

(3) 约束平差中, 基线向量的改正数与剔除粗差后的无约束平差结果的同名基线相应改正数的较差 ($dV_{\Delta x}$, $dV_{\Delta y}$, $dV_{\Delta z}$) 符合下式的要求, 如表 9、表 10 所示。

$$dV_{\Delta x} \leq 2\sigma \quad dV_{\Delta y} \leq 2\sigma \quad dV_{\Delta z} \leq 2\sigma$$

表 9 约束平差最弱边精度如表

名称	相对误差	边长
J021--J022	1:8544	69.2505

表 10 约束平差最弱点精度为

点名	X 坐标	Y 坐标	rms (mm)	dx (mm)	dy (mm)
J031	4325805.7171	434392.8242	7.6133	5.9707	4.7237

3 高程控制测量

三等水准以“小包尖 (XBJ)”为起算点, 经过 III 峨 1、III 峨 2、III 峨 3、III 峨 4 及部分, GNSS-C、D 级点, 构成水准闭合路线。

四等水准点与三等水准点, 构成水准闭合或附合路线。

3.1 水准观测技术要求

表 11 水准观测条件要求

等级	仪器	视线长度 (m)	前后视距差 (m)	前后视距累积差 (m)	视线高度 (m)
三等	DS05	≤ 75	≤ 2.0	≤ 5	三丝能读数
四等	DS05	≤ 100	≤ 3.0	≤ 10	三丝能读数

表 12 水准路线、环线闭合差限值

等级	附合路线闭合差 (mm)	环闭合差 (mm)
三等	$\pm 15 \sqrt{L}$	$\pm 15 \sqrt{L}$
四等	$\pm 25 \sqrt{L}$	$\pm 25 \sqrt{L}$

注: 表中 L 为路线、环线长度, 以公里为单位。

3.2 水准外业观测

(1) 三、四等水准观测采用 DS05 级数字水准仪, 配合数字条码尺观测;

(2) 作业开始后的每天检校一次 i 角, i 角均 < 15 秒;

(3) 三等水准观测按照“后 - 前 - 前 - 后”的顺序进行施测, 偶数上点;

(4) 四等水准观测按照“后 - 后 - 前 - 前”的顺序进行施测, 偶数上点。

3.3 水准网平差计算及验算

(1) 三、四等水准内业数据处理、平差计算和精度评定采用清华山维 NASEW95 控制测量平差软件进行。

(2) 水准网闭合差如表 13 所示。

表 13 水准路线闭合差统计表

序号	水准路线	路线长度 (km)	闭合差 (mm)	限差 (mm)	最大高程误差 (mm)	等级
1	III 峨 1 J015 J017 J018 J008 III 峨 4 J007 XBJ J025 J016 III 峨 3 G04 III 峨 2 III 峨 1	21.11	-34.5	68.9	17.16	三等

2	J021 J020 BM1 J019 J008 J023 J022 J021	4.98	15.5	55.8	12.36	四等
3	J027 J026 III 峨 1 J027	3.21	-8.2	44.8		
4	III 峨 2 J028 J010 J030 J029 J009 J031 J032 G04	10.44	8.0	80.8		
5	J014 J013 III 峨 3 J014	4.47	-23.3	52.9		
6	BM2 BM3 J005 III 峨 4 J003 J004 BM2	4.56	-20.9	53.4		

注: 三、四等水准网的最大点位 (最弱点) 高程允许差为 ±20mm。

4 风井井口中心点放样

在 J009 点摆设仪器, 以 G005 点作为后视点, J010 点作为检核点, 采用极坐标法标定出南东回风井坐标点 NDFJ。

5 风井井口十字线与马头门标定

5.1 井口十字线标定

以 J009、J010 点作为检查条件, 当检查角符合《工程测量》要求后在 NDFJ 点摆设仪器, 利用 NDFJ 点与 J009、J010 坐标进行反算, 标定出风井十字中心并建立井口十字线。十字线标定严格按工程测量规程规定进行。标定后的十字线回风井最大误差 4", 均小于测量规范小于 10" 的要求。

5.2 马头门标定

在测量科技相对发达的当今社会, 当立井施工到设计马头门处时, 通常采用陀螺经纬仪定向法拨马头门, 但由于陀螺经纬仪定向法相对于立井几何定向法来说, 其设备经费投入的太高。在这里就阐述通常采用的立井几何定向中的一种“一井定向”。

5.2.1 投点

采用连接三角形进行一井定向时, 在井筒内挂两根垂球线 A、B, 挂上 50KG 的垂球, 在井底放上两个废汽油桶, 里面注满水充当稳定液使用。测量之前检查垂球是否与桶底及桶壁接触。

5.2.2 连接

由于南东回风井的井径是 4m。为了减少投点误差应尽量增加两垂球线间的距离, 并合理选择垂球线 A、B 的位置。连接三角形示意图如图 1 所示所示。由于不能在垂球线 A、B 点安设仪器, 因此我们选定了井上下的连接点 C 与 C', 从而在井上下形成了以 AB 为公用边的三角形 ABC 和 ABC', 从井上下连接三角形平面投影图图 2 可看出, 当已

知 C 点坐标及 J009—J010 边的方位角和地面三角形各内角及边长时,便可按导线测量计算法算出 A、B 在地面坐标系中的坐标及其连线的方位角。同样,已知 A、B 的坐标及其连线的方位角和井下各要素时,再测定连线的方位角,就能计算出井下导线点 C' 点的坐标。根据设计井中至马头门开切点的方位,标定马头门开切方向。

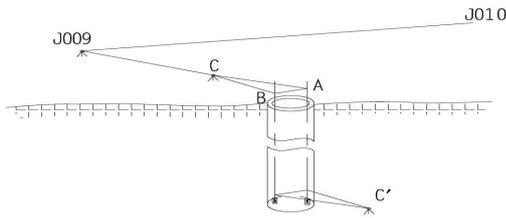


图 1 三角形示意图

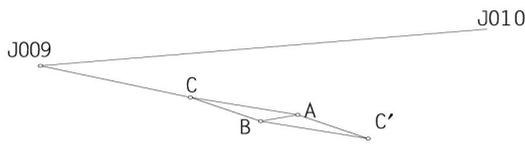


图 2 三角形平面投影图

在连接点 C 在用测回法测量角度 $\angle ACB$ 和 $\angle J009CB$ 。具体的施测方法和限差如表 14 所示。

表 14 施测方法及限差

仪器级别	水平角观测方法	测回数	测角中误差	限 差		
				半测回归零差	各测回互差	重新对中测回间互差
DJ2	全圆方向观测法	3	6"	12"	12"	60"
DJ6	全圆方向观测法	6	6"	30"	30"	72"

丈量连接三角形的几何边长。量边用检验过的钢尺,在垂球线稳定的情况下,用钢尺不同的起点丈量 6 次,读数估读至 0.5mm。同一边各次观测值互差不水于 2mm,取 6 次平均值作为丈量结果。

井上、下丈量得 A、B 两垂球间距离的互差不超过 2mm。

5.3 井下马头门高程的确定

井下马头门高程的确定,常规的方法是钢尺导入法,但钢尺导入法相比全站仪导入法耗费大量的人力、物力、且占用井筒时间长,且钢尺导入高程误差大,特别是立井高差过大的情况。全站仪导入法又能提高精度,所以井下马头门高程的确定用了全站仪导入法。

利用全站仪的测距功能,将全站仪的天顶距调至 0,直

接测出井底全站仪至井上口 360° 棱镜的距离,井上口 360° 棱镜的高程地面用三角高程的方法测得。

求出井底待定点 E 点的高程为:

$$HE=HB-H1+H2-x$$

6 结语

在峨口铁矿南东回风井与巷道贯通工程测量中,由于采用地表 GNSS 技术,大大提高了作业的效率,方便快捷、精确省力、不受条件限制、易操,可以减少传统导线测量所需的地表控制点的野外控制测量工作。作洞内全站仪导线测量,在没有陀螺仪的情况下,运用几何定向向井下传递平面坐标和方向以及高程是最佳的方法。不但保证了回风井与巷道正确贯通,而且为以后的南西、北西回风井施工积累了宝贵的测量经验,从而确保其他回风井和掘进巷道的顺利贯通。严格按照规程施测,都可以保证工程需要的精度。

参考文献

- [1] 中华人民共和国能源部. 矿山测量规程 [S].2011.
- [2] 国家质量技术监督局. 地质矿产勘查测量规范 [S]. 中国标准出版社,2001
- [3] 中国有色金属工业协会, 中华人民共和国建设部. 工程测量规范 [S]. 中国标准出版社,2008.
- [4] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 全球定位系统 (GNSS) 测量规范 [S]. 中国标准出版社,2009.
- [5] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 国家三、四等水准测量规范 [S]. 中国标准出版社,2009.
- [6] 许建忠, 黄后贵. 浅谈贯通测量的几点体会 [J]. 矿山测量,2002(4),68-80
- [7] Foster and C.Kesselman.The Grid:Blueprint for a New Computing Infrastructure,Morgan Kaufmann,SanFransisco,CA,1999.
- [8] Zhang You_jing,Li hao and Gao Yun-xiao,Photo geologic logging methods[C].Proceedings of XII International Congress of International Society for Mine Surveying.Fuxi—Beijing,China,20-26 September,2004.577-580
- [9] VrubeI,M.,M.Eis,Digital photogrammetry and its application at open cast brown coal mining in Czechrepublic[C].Proceeding of XII International Congress of International Society for Surveying Mine Beijing,China,20-26 September,2004.446-451.

附件 1 C 级 GNSS 网复测基线误差统计表

序号	基线名称	基线长 (m)	基线较差	限差
			(mm)	(mm)
1	G0021761-G0011763	1355.4996	-9.6	29.31
	G0011801-G0021801	1355.5092		
2	G0021921-G0011921	1355.5071	3.7	29.31
	G0011821-G0021821	1355.5034		
3	G0031821-G0011821	1898.4002	-16.3	30.25
	G0011921-G0031921	1898.4165		
4	G0021921-G0031921	1501.6041	-4.6	29.53
	G0031821-G0021821	1501.6087		
5	G0011751-G0041751	1203.7408	1.7	29.09
	G0041761-G0011763	1203.7391		
6	G0021751-G0041751	1256.7665	18.7	29.09
	G0041921-G0021921	1256.7478		
7	G0051751-G0011751	1909.0971	0.8	29.16
	G0011763-G0051761	1909.0963		
8	G0051751-G0021751	1115.108	16.4	30.28
	G0051771-G0021771	1115.0916		
9	G0051781-G0021781	1115.0731	-14.8	28.98
	G0021761-G0051761	1115.0879		
10	G0051751-G0041751	937.8036	6	28.98
	G0041761-G0051761	937.7976		
11	G0051842-G0061841	2185.8799	-1.5	28.78
	G0051871-G0061871	2185.8814		
12	G0061882-G0051882	2185.8897	9.2	30.87
	G0061842-G0051841	2185.8805		
13	G0071841-G0041841	2506.7128	12.9	30.87
	G0071842-G0041842	2506.6999		
14	G0051842-G0071841	1851.6476	10.7	31.64
	G0051841-G0071842	1851.6369		
15	G0071841-G0061841	1405.1305	-6.6	30.16
	G0061842-G0071842	1405.1371		
16	G0031881- 寨山 1881	2790.1331	0.8	31.55
	寨山 1892-G0031892	2790.1323		
17	小包尖 1771-G0021771	1288.8533	6	32.39
	小包尖 1801-G0021801	1288.8473		
18	小包尖 1821-G0021821	1288.8529	9.9	29.21
	小包尖 1781-G0021781	1288.843		
19	G0051771- 小包尖 1771	1781.8808	12.7	29.21
	G0051781- 小包尖 1781	1781.8681		
20	小包尖 1801-G0031801	1805.3244	-2.6	30.03
	G0031881- 小包尖 1881	1805.327		
21	小包尖 1892-G0031892	1805.3286	-13.4	30.07
	小包尖 1821-G0031821	1805.342		
22	寨山 1881- 小包尖 1881	1307.9771	0.5	30.07
	小包尖 1892- 寨山 1892	1307.9766		
23	香山寺 1771-G0021771	1766.0482	1	29.24
	香山寺 1781-G0021781	1766.0472		
24	G0051771- 香山寺 1771	1439.0211	0.7	30.00
	香山寺 1871-G0051871	1439.0204		
25	香山寺 1882-G0051882	1439.0206	18.6	29.43
	G0051781- 香山寺 1781	1439.002		
26	香山寺 1771- 小包尖 1771	1159.791	-5.5	29.43
	香山寺 1881- 小包尖 1881	1159.7965		
27	小包尖 1892- 香山寺 1892	1159.7964	1.5	29.04
	香山寺 1781- 小包尖 1781	1159.7949		
28	香山寺 1871-G0061871	1282.4365	-0.8	29.04
	香山寺 1882-G0061882	1282.4373		
29	寨山 1871- 香山寺 1871	1684.509	0	29.20
	香山寺 1882- 寨山 1882	1684.509		
30	寨山 1892- 香山寺 1892	1684.509	-0.4	29.85
	寨山 1881- 香山寺 1881	1684.5094		
31	寨山 1892- 香山寺 1892	1684.509	-0.4	29.85
	寨山 1881- 香山寺 1881	1684.5094		

附件 2 级 GNSS 网复测基线误差统计表

序号	基线名称	基线长 (m)	基线较差	限差
			(mm)	(mm)
1	J0021781-J0011781	85.9707	4.1	28.29
	J0021792-J0011791	85.9666		
2	J0041801-J0051801	346.4553	-21	28.35
	J0041941-J0051942	346.4763		
3	J0061801-J0041801	586.8199	12.1	28.48
	J0061941-J0041941	586.8078		
4	J0061801-J0051801	434.5972	-2.7	28.39
	J0061941-J0051942	434.5999		
5	J0051802-J0061802	434.5933	-3.9	28.39
	J0061801-J0051801	434.5972		
6	J0021791-J0071791	681.5502	1.8	28.55
	J0021792-J0071792	681.5484		
7	J0031801-J0081801	323.7789	-3.9	28.34
	J0081941-J0031941	323.7828		
8	J0031801-J0081801	323.7789	3.7	28.34
	J0031802-J0081802	323.7752		
9	J0101831-J0091831	185.3687	0.8	28.30
	J0101951-J0091951	185.3679		
10	G0061751-J0121751	724.9703	-15.1	28.58
	J0121951-G0061951	724.9854		
11	G0061751-J0131751	859.4664	5.1	28.70
	J0131952-G0061951	859.4613		
12	J0141952-G0061951	867.031	21.4	28.71
	G0061751-J0141751	867.0096		
13	J0141751-J0121751	199.471	-22.8	28.31
	J0121951-J0141952	199.4938		
14	J0041811-J0151811	286.6916	-7.6	28.33
	J0151942-J0041942	286.6992		
15	J0151811-G0051811	534.6198	2	28.45
	J0151812-G0051812	534.6178		
16	J0131752-J0161751	574.1385	-15.1	28.47
	J0131781-J0161781	574.1536		
17	J0141752-J0161751	603.267	-6.7	28.49
	J0141951-J0161951	603.2737		
18	J0091831-J0171831	361.8202	14.9	28.36
	J0091981-J0171981	361.8053		
19	J0101831-J0171831	459.0223	29	28.40
	J0101951-J0171951	458.9933		
20	J0181851-J0201851	322.9997	5.1	28.34
	J0181852-J0201852	322.9946		
21	J0221851-J0201852	154.6448	0.8	28.30
	J0201871-J0221871	154.644		
22	J0211861-J0231861	127.3997	-1.6	28.29
	J0211871-J0231872	127.4013		
23	J0221871-J0231872	109.6912	4	28.29
	J0231873-J0221872	109.6872		
24	J0241841-J0191841	518.1337	-15.9	28.44
	J0191851-J0241851	518.1496		
25	J0181871-J0241871	308.5476	-19.1	28.34
	J0181851-J0241851	308.5667		
26	J0251811-J0151811	825.4628	14.1	28.67
	J0151942-J0251941	825.4487		
27	J0091951-J0261951	318.9422	-8	28.34
	J0091831-J0261831	318.9502		
28	J0261831-J0171831	243.1495	-1.1	28.32
	J0261832-J0171832	243.1506		
29	J0171951-J0261951	243.1476	-1.9	28.32
	J0261831-J0171831	243.1495		
30	J0271921-J0171921	233.389	21.6	28.32
	J0271872-J0171871	233.3674		
31	J0281851-J0221851	536.9488	2.6	28.45
	J0221874-J0281871	536.9462		
32	J0281871-J0271871	97.9742	12.6	28.29
	J0271921-J0281921	97.9616		