

团 体 标 准

T/CSPSTC 42—2019

盾构隧道施工测量技术规范

Technical specification for construction survey of shield tunnel

2019-12-26 发布

2020-04-01 实施

中国科技产业化促进会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 地面平面控制测量	2
5 地面高程控制测量	6
6 联系测量	9
7 盾构始发与接收测量	12
8 盾构姿态测量	13
9 洞内导线测量	15
10 贯通测量和竣工测量	16
11 质量检查与验收	17
12 信息化管理	18
附录 A (资料性附录) 地面平面控制测量	19
附录 B (资料性附录) 联系测量	20

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由北京城建勘测设计研究院有限责任公司提出。

本标准由中国科技产业化促进会归口。

本标准起草单位：北京城建勘测设计研究院有限责任公司、中国电建集团铁路建设有限公司、铁正检测科技有限公司、中铁隧道局集团有限公司、深圳市市政工程总公司、中国水利水电科学研究院、天津地下铁道集团有限公司、河南五建建设集团有限公司、广东有色工程勘察设计院、上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司、中铁七局集团有限公司、广东省重工建筑设计院有限公司、浙江华东测绘与工程安全技术有限公司、联参警卫局管理处、上海隧道工程股份有限公司、广州市吉华勘测股份有限公司、福州市勘测院、武汉市勘察设计有限公司、中铁工程装备集团技术服务有限公司、中材地质工程勘察研究院有限公司、中铁工程设计咨询集团有限公司、中铁十六局集团北京轨道交通工程建设有限公司、中铁十四局集团大盾构工程有限公司、中铁十五局集团城市轨道交通工程有限公司、济南重工集团有限公司、中铁四局集团有限公司城市轨道交通工程分公司、河南省交通规划设计研究院股份有限公司、中铁二十局集团有限公司、力信测量(上海)有限公司、四川二滩国际工程咨询有限责任公司、中国水利水电第十一工程局有限公司、杭州萧宏建设环境集团有限公司、东通岩土科技股份有限公司、中铁科工集团轨道交通装备有限公司、西安长大公路工程检测中心、北京市铁源市政建筑有限公司、秦皇岛天业通联重工科技有限公司、深圳大学土木与交通工程学院、中国标准化研究院、标准联合咨询中心股份公司。

本标准主要起草人：马海志、余弘婧、曹玉新、王思锴、余永明、张伟、洪开荣、周占秋、陈湘生、张广伟、闫伟、董光辉、李华、刘运明、任瑞亮、李鹏、孙学孔、宋超、董伟东、刘强、张旭、沈明刚、沈鑫磊、李磊、隋旭东、孙午戌、杨伟康、陈瑞霖、王浩、黄于保、李北超、王生文、于芳、蔡荣兴、刘正雄、张宇、刘宏图、闫占瑞、丁锐、刘学生、陈文义、高存成、魏国平、詹武魁、林翔宇、李峙颀、张远松、王甫强、林起忠、熊开明、彭炎华、蒲晓波、穆胜利、赵旭、颜小锋、邬巧胜、杨远芳、周阳宗、董宇、蒋小锐、刘建友、刘中欣、杨家生、卢庆亮、许京伟、梁超、陆跃、陈鹏、刘四进、张百岁、杜红飞、梁斌鑫、刘晓宁、张晓日、李兵、金凤清、占晓明、张振强、刘星亮、胡琦、黄星迪、徐永、张景涛、叶飞、姚利军、马俊江、庞小朝、洪成雨、王雪涛、高昂、卢成绪。

盾构隧道施工测量技术规范

1 范围

本标准规定了盾构隧道施工的地面平面控制测量、地面高程控制测量、联系测量、盾构始发与接收测量、盾构姿态、测量、洞内导线测量、贯通测量和竣工测量、质量检查与验收、信息化管理。

本标准适用于各类盾构法施工隧道的工程测量工作的技术设计、作业实施。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 12897 国家一、二等水准测量规范

GB/T 50308 城市轨道交通工程测量规范

GB 50446 盾构法隧道施工及验收规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

近井点 control points near the well

布设在竖井旁,用于向地下传递平面坐标和方位的导线点或传递高程的水准点。

3.2

近井导线 adjacent traverse

附合在一、二等卫星定位点或三等精密导线点上,为测设近井点而布设的导线。

3.3

近井水准 adjacent levelling route

附合在一、二等水准点上,为测设近井高程点而布设的水准线路。

3.4

联系测量 connection survey

将地面的坐标和高程系统传递到地下,使地上、地下坐标与高程系统相一致的测量工作。

3.5

贯通测量 holing through survey

对相向施工的地面路基、地下隧道和高架桥建筑结构,或按要求施工到一定地点与另一建筑结构相通后,对连接偏差状况所进行的测量工作。

3.6

点位中误差 mean square error of a point

表示点位精度的一种数值指标,指真坐标与测量最或然坐标位置的差值平方和的平方根。

3.7

极限误差 tolerance

在一定测量条件下规定的测量误差绝对值的限值。通常以测量中误差的 2~3 倍作为其极限误差。

本标准以测量中误差的 2 倍作为其极限误差。

3.8

较差 differential observation

同一未知量的两个观测值之间的差值。

4 地面平面控制测量

4.1 一般规定

4.1.1 地面平面控制网应分为一等网和二等网两个等级。一等网为首级控制网，二等网为加密控制网，应分别采用卫星定位、精密导线方法，分期布设。

4.1.2 首级控制网采用的高程投影面宜与城市平面坐标系统采用的投影面一致。

4.1.3 当线路平均高程的边长高程投影长度变形和高斯投影长度变形的综合变形值大于 15 mm/km 时，应建立工程独立坐标系，采用抵偿高程面作为投影面高程，或者高程投影面不变，采用高斯克吕格任意带平面直角坐标系统。

4.1.4 贯穿多个使用不同平面坐标系统的行政区域时，其测绘成果应满足各个行政区域对于测绘成果的要求。行政区域界线段的线路应有两套坐标成果，并应建立坐标转换关系。

4.1.5 首级控制网和加密控制网应在线路开工前进行复测，工程建设中应 1? 2 年复测 1 次，并根据控制点稳定情况增加或减少复测频次。复测技术要求应符合下列规定：

- a) 复测时采用的起算点和控制网观测方案宜与原测量一致；
- b) 复测采用的仪器设备、观测方法、观测精度、数据处理和成果精度宜与原测量一致；
- c) 同一控制点的复测与原测量成果坐标分量较差的极限误差应小于 $2m$ ，其中 m 为复测控制点的点位中误差；
- d) 当复测与原测量成果坐标分量较差的极限误差分别小于 $2m$ 时，应采用原测量成果；大于 $2m$ 时，应查明原因及时补测或修测，并应满足与相邻控制点的相对点位中误差要求。

4.2 盾构线路卫星定位控制网测量

4.2.1 卫星定位控制网测量技术要求应符合表 1 规定。

表 1 卫星定位控制网测量技术要求

平均边长 km	固定误差 a mm	比例误差 b mm/km	相邻点的相对 点位中误差 mm	最弱边相对中误差
2	≤ 5	≤ 2	± 10	1/100 000

4.2.2 卫星定位控制网设计应符合下列规定：

- a) 应根据盾构隧道建设规划方案，收集全市或盾构线路沿线现有城市控制网的基础测绘资料；
- b) 踏勘后，应对收集的资料进行分析研究，并根据建设需要和卫星定位控制网技术要求进行卫星定位控制网设计；
- c) 卫星定位线路控制网应采用城市 C 级或城市 C 级以上等级 GNSS 点作为约束点，且不应少于 3 个，并应沿线路分布，构网方式采取边连式或网连式为宜；
- d) 每个控制点应分别通过独立基线与至少 2 个相邻点连接；控制网由 1 个或多个独立基线闭合

环构成时,闭合环之间应采用边连接,每个闭合环独立基线数不应超过 6 条。在不剔除基线的情况下,最简异步环三边环为宜;

- e) 当控制点构成的三角形中,其中一条边的基线长度小于其他两边基线长度之和的 30% 时,应测设独立基线。

4.2.3 卫星定位控制网的选点应符合下列规定:

- a) 控制点应选在施工变形影响区域以外利于长久保存、施测方便、便于扩展和联测的地方;
 b) 当利用已有城市控制点时,其标石应稳定、完好;
 c) 各控制点通视方向不应少于 2 个;
 d) 建筑上的控制点应选在便于联测的楼顶承重结构上;
 e) 控制点应避开多路径效应影响,附近不应有大面积的水域或对电磁波反射或吸引强烈的物体;
 f) 控制点与无线电发射装置和高压输电线的间距应分别大于 200 m 和 50 m,障碍物高度角不宜大于 15°。

4.2.4 卫星定位控制点应埋设永久标石。标石有基本标石、岩石标石和建筑楼顶标石 3 种。各种标石参见附录 A 中的图 A.1、图 A.2、图 A.3 所示的形式和规格埋设,其中建筑楼顶上的标石宜现场浇筑。埋石后,宜绘制点之记,点位标识应牢固清楚,并应办理测量标志委托保管书。

4.2.5 卫星定位控制测量作业技术要求应符合表 2 的规定。

表 2 卫星定位控制测量作业技术要求

接收机类型	双频或单频
仪器标称精度	$\leq 5 \text{ mm} + 2 \times 10^{-6} \times D$ (D 为相邻点距离)
观测量	载波相位
卫星高度角/°	≥ 15
同步观测接收机台数/台	≥ 3
有效观测卫星数/颗	≥ 4
每站独立设站数/次	≥ 2
观测时段长度/min	≥ 60
数据采样间隔/s	10~30
点位几何图形强度因子/PDOP	≤ 6

4.2.6 控制网测量宜选用同型号天线,作业前应对卫星定位接收机和天线等设备进行常规检查,电池容量、光学对中器对中精度和接收机内存容量及卫星通道开启情况应满足控制测量作业要求。

4.2.7 观测前应根据接收机数量、控制网设计图形以及交通情况编制作业计划。

4.2.8 卫星定位控制网观测应符合下列规定:

- a) 天线整平、对中后,其对中误差应小于 2 mm;
 b) 每时段观测前、后量取天线高各 1 次,两次互差应小于 2 mm,并应取其两次平均值作为最后结果;
 c) 观测时在测站不宜使用手机和对讲机;
 d) 当遇雷电天气时,应停止观测。观测期间天气出现变化,应进行记录;
 e) 作业时,应按作业计划规定的时间开机;观测开始后,应记录或输入有关数据并随时检查卫星信号和信息存储情况;

- f) 每日观测结束后,应立即将存储介质上的数据进行拷贝,并将外业观测记录结果当天录入计算机进行数据处理;
- g) 低纬度地区作业时,应尽量避免电离层干扰强烈的时间段。

4.2.9 基线解算应符合下列规定:

- a) 基线解算可使用商用软件,应利用广播星历进行解算;
- b) 基线解算中每个同步图形应选定一个起算点,且起算点应按连续跟踪站、已知点、单点定位结果的先后顺序选择;
- c) 观测值均应进行对流层延迟修正,对流层延迟修正模型中的气象元素宜采用标准气象元素;
- d) 基线解算后,应解得双差固定解。

4.2.10 基线向量解算的数据检验应符合下列规定:

- a) 同一时段观测值的数据剔除率宜小于 10%;
- 2 观测成果的检核与整理包括对同步环闭合差、异步环闭合差、复测基线较差进行检核,其中,同步环闭合差只作为参考,并不作为控制指标。

4.2.11 重测或补测应符合下列规定:

- a) 外业观测未按施测方案要求执行,存在缺测、漏测时应补测;
- b) 当复测基线边长较差、异步环闭合差检验中超限的基线可舍弃。

4.2.12 卫星定位网平差应符合下列规定:

- a) 进行无约束平差时,应根据控制网技术方案,将全部独立基线构成由闭合图形组成的控制网,以三维基线向量及其相应方差协方差阵作为观测信息,以一个点的地心三维坐标作为起算数据,进行三维无约束平差,并提供各点在地心坐标系的三维坐标、各基线向量、改正数和精度信息。基线向量改正数的绝对值应满足式(1)、式(2)、式(3)的要求:

$$\begin{aligned}
 V_{\Delta X} &\leq 3\sigma && \dots\dots\dots (1) \\
 V_{\Delta Y} &\leq 3\sigma && \dots\dots\dots (2) \\
 V_{\Delta Z} &\leq 3\sigma && \dots\dots\dots (3)
 \end{aligned}$$

式中:

V ——基线向量改正数;
 σ ——基线长度中误差,单位为毫米(mm)。

- b) 进行约束平差时,平差前应对约束点进行稳定性和可靠性检验。平差中,可对已知点坐标、已知距离和已知方位进行强制约束或加权约束。平差结束后应输出相应坐标系中各点的三维或二维坐标、基线向量、改正数、基线边长、方位角、转换参数及其精度信息。
- c) 基线向量的改正数与同名基线无约束平差相应改正数的较差应满足式(4)、式(5)、式(6)的要求:

$$\begin{aligned}
 dV_{\Delta X} &\leq 2\sigma && \dots\dots\dots (4) \\
 dV_{\Delta Y} &\leq 2\sigma && \dots\dots\dots (5) \\
 dV_{\Delta Z} &\leq 2\sigma && \dots\dots\dots (6)
 \end{aligned}$$

4.3 精密导线网测量

4.3.1 加密控制网应沿盾构线路两侧布设,并应采用精密导线网测量方法施测。精密导线网应采用附和导线、闭合导线或结点导线网形式。

4.3.2 精密导线网测量和观测技术要求应分别符合表 3 和表 4 的规定。

表 3 精密导线网测量技术要求

闭合环或附和导线平均长度 km	平均边长 m	每边测距中误差 mm	测角中误差 "	方位角闭合差 "	全长相对闭合差	相邻点的相对点位中误差 mm
3	350	±4	± 2.5	$\pm 5\sqrt{n}$	1/35 000	±8
n 为导线的角度个数。						

表 4 精密导线观测技术要求

水平角测回数		边长测回数	测距相对中误差
I 级全站仪	II 级全站仪	往返测距各 2 测回	1/60 000
4	6		

4.3.3 精密导线网的布设应符合下列规定：

- 控制点间的附和导线的边数宜少于 12 条,相邻边的短边与长边比例不宜小于 1 : 2,最短边长不宜小于 100 m。当附和导线路线较长时,宜布设结点导线网,结点间角度个数不应超过 8 个。
- 地面导线点应选在施工变形影响区域以外,并应避开地下构筑物、地下管线。
- 建筑物顶上的导线点应埋设在其主体结构上,并便于与高等级点联测和向下扩展的位置。
- 相邻导线点间以及导线点与其相连的卫星定位点之间的垂直角不应大于 30°,视线离障碍物的距离不应小于 1.5 m。
- 同一盾构线路分期建设的工程衔接处应布设导线点。

4.3.4 精密导线测量前应对仪器进行常规检查与校正,同时记录检校结果。

4.3.5 当精密导线点上只有 2 个方向时,其水平角人工观测应符合下列规定：

- 当采用左、右角观测方法时,左、右角平均值之和与 360°的较差应小于 4";
- 水平角观测一测回内 2C 较差、同一方向值各测回较差应符合表 5 的规定；

表 5 方向观测法水平角观测技术要求

全站仪等级	半测回归零差/"	一测回内 2C 较差/"	同一方向值各测回较差/"
I 级	6	9	6
II 级	8	13	9

- 当前后视边长观测需调焦时,宜采用同一方向正倒镜同时观测法,一个测回中不同方向可不考虑 2C 较差要求。

4.3.6 在附和精密导线两端的卫星定位控制点上观测时,宜联测 2 个卫星定位控制点方向,其夹角的平均观测值与其坐标反算夹角之差应小于 6"。

4.3.7 精密导线测距时应符合下列规定：

- 距离测量除应执行表 4 的规定外,还应符合表 6 距离测量限差技术要求规定；

表 6 距离测量限差技术要求

全站仪等级	一测回中读数间 较差/mm	单程各测回间 较差/mm	往返测或不同时段 结果较差/mm
I 级	3	4	2(a+bD)
II 级	4	6	

注：(a+bD)为仪器标称精度；a 为固定误差；b 为比例误差系数；D 为距离测量值(以 km 计)；一测回指照准目标一次读数 4 次。

b) 测距时,应在测前、测后各读取 1 次温度和气压,并取平均值作为测站的气象数据。

4.3.8 边长气象改正、仪器加常数乘常数改正数据可输入全站仪内自动修改。

4.3.9 精密导线测距边的高程归化和投影改化应符合下列规定：

a) 归化到大地水准面上的测距边长度应按式(7)计算：

$$D = D'_0 \left[1 + \frac{H_p - H_m}{R_a} \right] \dots\dots\dots(7)$$

式中：

D'_0 ——测距两端点的平均高程面上的水平距离,单位为米(m)；

R_a ——参考椭球体在测距边方向法截弧的曲率半径,单位为米(m)；

H_p ——现有城市坐标系统投影面高程或盾构隧道工程线路的平均高程,单位为米(m)；

H_m ——测距边两端点的平均高程,单位为米(m)。

b) 测距边在高斯投影面上的长度按式(8)计算：

$$D_z = D \left[1 + \frac{Y_m^2}{2R_m^2} + \frac{\Delta Y^2}{24R_m^2} \right] \dots\dots\dots(8)$$

式中：

Y_m ——测距边两端点横坐标之平均值,单位为米(m)；

R_m ——测距边中点的平均曲率半径,单位为米(m)；

ΔY ——测距边两端点近似横坐标的增量,单位为米(m)。

5 地面高程控制测量

5.1 一般规定

5.1.1 盾构区间高程控制测量应采用城市高程系统。

5.1.2 高程控制网布设范围应与地面平面控制网相适应,并且分两个等级布设。一等网为全市盾构隧道线路控制网,二等网为单一盾构线路高程控制网。一等网应一次全面布设,二等网应根据需要分期布设。

5.1.3 线路贯穿多个不同高程系统的行政区域时,其高程成果应分别满足各个行政区域的要求。在行政区域界限处两边各 500 m 范围内的高程控制点应有 2 套高程成果,并应能进行高程换算。

5.1.4 对符合本标准埋设和使用要求的现有城市高程控制点的标石应充分利用。

5.1.5 已建成的高程控制网应定期进行复测。一等网应根据城市建设、城市地面沉降对其可靠性、稳定性的影响程度以及扩展下一级控制网时进行复测；二等网应在线路开工前进行,工程建设中应 1~2 年复测 1 次,并根据控制点稳定情况增加或减少复测频次。复测技术要求应符合下列规定：

a) 复测时采用的起算点和高程控制网观测方案应与原测量一致；

- b) 复测时采用的仪器设备、观测方法、观测精度、数据处理和成果精度应与原测量一致；
- c) 同一控制点的复测与原测量成果高程较差极限误差应小于 2 m 时，应采用原测量成果；大于 2 m 时，应查明原因及时补测或者修测。

5.2 高程控制网设计与选埋

5.2.1 高程控制测量应采用水准测量的方法实测，水准测量的技术要求应符合表 7 的规定。

表 7 水准网测量的技术要求

水准测量等级	每千米高差中数中误差/mm		环线或附合水准路线最大长度/km	水准仪等级	水准尺	观测次数		往返较差、附合或环线闭合差/mm
	偶然中误差 $M\Delta$	全中误差 MW				与已知点联测	附合或环线	
一等	± 1	± 2	400	DS1	钢瓦尺或条码尺	往返测各 1 次	往返测各 1 次	$\pm 4\sqrt{L}$
二等	± 2	± 4	40	DS1	钢瓦尺	往返测各 1 次	往返测各 1 次	$\pm 8\sqrt{L}$

注 1: L 为往返测段,附合或环线的路线长度(单位为 km)。

注 2: 采用电子水准仪测量的技术要求应与同等级的光学水准仪测量技术要求相同。

5.2.2 水准点应沿盾构隧道规划或建设线路进行设计、布设,水准路线应构成附合线路、闭合线路或结点网。

5.2.3 一等水准网点平均间距应小于 4 km,二等水准网水准点平均间距应小于 2 km。

5.2.4 水准点应选在受施工变形影响区外稳固、便于寻找、保存和引测的地方。宜每隔 4 km 埋设 1 个深桩或基岩水准点。深桩水准点埋设深度应根据岩土条件和施工降水深度确定。车站、竖井及车辆段布设的水准点应不少于 3 个。

5.2.5 水准点标石宜分为混凝土水准标石、墙上水准点标志、基岩水准标石和深桩水准标石 4 种。地层为软土的城市或地区应根据其岩土条件设计和埋设适宜水准标石,墙上水准点应选在稳固的永久性建筑上。

5.2.6 一、二等水准点标石埋设结束后,应绘制点之记,并办理水准点委托保管书。

5.2.7 水准点标石被破坏后,应恢复和补测,若其位置发生变化应重新绘制点之记,并应重新办理水准点委托保管书。

5.3 水准测量

5.3.1 水准测量作业应符合 GB/T 12897 的要求,对所使用的水准仪和标尺进行常规检查与校正。

5.3.2 水准仪 i 角应小于 $15''$, i 角检测应符合下列规定:

- 使用光学水准仪时,水准仪 i 角检查,在作业第 1 周内应每天 1 次,稳定后宜 15 天 1 次;
- 使用电子水准仪时,作业期间每天应在作业前进行 i 角检测。

5.3.3 一、二等水准仪测量的观测方法应符合下列规定:

- 使用光学水准仪观测时,往测时在奇数站上观测标尺顺序应为:后—前—前—后;在偶数站上观测标尺顺序应为:前—后—后—前。返测时在奇数站上观测标尺顺序应为:前—后—后—前;在偶数站上观测标尺顺序应为:后—前—前—后;

- b) 使用电子水准仪观测时,往返奇数站观测标尺顺序应为:后—前—前—后;往返测站偶数站观测标尺顺序应为:前—后—后—前;
- c) 使用电子水准仪时,应将有关参数、极限误差预先输入并选择自动观测模式,水准路线应避免开强电磁场的干扰,外业数据应及时备份;
- d) 每测一段往测和返测,宜分别在上午、下午进行,白天由于外界条件干扰不能作业时,也可在夜间观测;
- e) 由往测转向返测时,两根水准尺应互换位置,并应重新整置仪器。

5.3.4 水准测量观测的视线长度、视距差、视线高度的要求应符合表 8 的规定。

表 8 水准测量外业观测要求

等级	视线长度		水准仪类型	前后视距差/m	任一测站上前后视距累计差/m	视线高度/m
	仪器等级	视距				
一等	DS1	≤50	光学水准仪	≤1	≤3	下丝读数≥0.3
			电子水准仪	≤1.5	≤6	≥0.55 且 ≤2.8
二等	DS1	≤60	光学水准仪	≤2	≤4	下丝读数≥0.3
			电子水准仪	≤2	≤6	≥0.55 且 ≤2.8

5.3.5 水准测量测站观测限差应符合表 9 的规定。

表 9 水准测量的测站观测限差

等级	上下丝读数平均值与中丝读数之差/mm	基辅分划读数之差/mm	基辅分划所测高差之差/mm	检测间歇点高差之差/mm
一等	3	0.4	0.6	1
二等	3	0.5	0.7	2

5.3.6 往返两次测量高差超限时应重测。重测后应选取两次异向观测的合格成果。

5.3.7 水准测量的内业计算,应符合下列规定:

- a) 计算取位,高差中数取至 0.1 mm,高程取至 0.1 mm;最后成果,一等水准取至 0.1 mm,二等水准取至 1 mm。
- b) 水准测量每千米的高差中数偶然中误差按式(9)计算:

$$M_{\Delta} = \pm \sqrt{\frac{1}{4n} \left[\frac{\Delta \Delta}{L} \right]} \dots\dots\dots (9)$$

式中:

- M_{Δ} ——高差偶然中误差,单位为毫米(mm);
- L ——水准测量的测段长度,单位为千米(km);
- Δ ——水准路线测段往返高差不符值,单位为毫米(mm);
- n ——往返测的水准路线的测段数。

- c) 当附和路线和水准环多于 20 个时,每千米水准测量高差全中误差按式(10)计算:

$$M_w = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{WW}{L} \right]} \dots\dots\dots (10)$$

式中：

M_w ——高差全中误差,单位为毫米(mm)；

W ——附和线路或环线闭合差,单位为毫米(mm)；

L ——计算 W 时的相应路线长度,单位为千米(km)；

N ——附和线路和闭合线路的条数。

- d) 水准网的数据处理应进行严密平差,并应计算每千米高差中数偶然中误差、高差全中误差、最弱点高程中误差和相邻点的相对高差中误差。

5.3.8 当水准路线跨越江、河、湖塘时,应进行跨河水准测量,并应符合下列规定：

- a) 水准路线跨越视线长度小于 100 m 时,宜采用一般水准测量方法进行观测。观测时在测站上应变换仪器高度观测 2 次,两次高差之差应小于 1.5 mm,两次观测的中数作为观测成果；
- b) 水准路线跨越视线长度大于 100 m 时,应进行跨河水准测量。跨河水准测量可根据视线和仪器设备采用光学测微法、倾斜螺旋法、经纬仪倾角法和电磁波测距三角高程法,其技术要求应符合 GB/T 12897 的规定。

5.3.9 水准测量结束后应提交技术设计书和技术总结或技术报告,并应包括下列资料：

- a) 水准网示意图；
- b) 外业观测手簿及仪器检验资料；
- c) 高程成果表和精度评定资料；
- d) 点之记。

6 联系测量

6.1 联系测量主要内容应包括地面近井导线测量、近井水准测量以及通过工作井、明挖段等的定向测量和高程传递测量。

6.2 每次联系测量应独立进行 3 次,取 3 次平均值作为定向成果。地下近井定向边方位角中误差不应超过 $\pm 8''$,地下近井高程点高程中误差不应超过 ± 5 mm。

6.3 定向测量的地下近井定向边应大于 120 m,且不应少于 2 条,传递高程的地下近井高程点不应少于 2 个。使用近井定向边和地下近井高程点前,应对地下近井定向边之间和高程点之间的几何关系进行检核,其不符值应分别小于 $12''$ 和 2 mm。

6.4 隧道贯通前的联系测量工作不应少于 3 次,宜在隧道掘进约 100 m、300 m 以及距贯通面 100 m~200 m 时分别进行 1 次。各次地下近井定向边方位角较差应小于 $12''$,地下高程点高程较差应小于 3 mm,符合要求时,可取各次测量成果的平均值作为后续测量的起算数据指导隧道贯通。

6.5 当隧道单向贯通距离大于 1 500 m 时,应采用高精度联系测量或增加联系测量次数等方法,提高定向测量精度。

6.6 地面近井点包括平面和高程近井点,应埋设在井口附近便于观测和保护的位置,并标示清楚。

6.7 地面平面近井点可利用精密导线点测设,并应符合下列规定：

- a) 近井导线点加密时,地面平面近井点与精密导线点应构成附和或闭合导线。近井导线边数不宜超过 5 条；
- b) 平面近井点应按第 4 章中精密导线网测量的技术要求施测,最短边长应大于 50 m,近井点的点位中误差不应超过 ± 10 mm。

6.8 高程近井点应利用一、二等水准点测定,并应构成附和或闭合水准路线。高程近井点应按第 4 章中二等水准测量技术要求施测。

6.9 根据现场条件,定向测量可采用一井定向、两井定向、陀螺全站仪和铅垂仪组合定向、导线直接传递测量和投点定向法等。

6.10 采用一井定向测量方法时,应符合下列规定:

- a) 同一竖井内参见图 B.1 悬挂 2 根钢丝组成联系三角形。有条件时,参见图 B.2 悬挂三根钢丝组成双联系三角形;
- b) 布设井上、井下联系三角形时,竖井中悬挂钢丝间的距离 c 应尽可能长;联系三角形的连接角 γ 和 α 及 γ' 和 β' 均宜小于 1° ,呈直伸三角形; a/c 及 a'/c' 宜小于 1.5, a 、 a' 为近井点悬挂钢丝最短距离;
- c) 宜选用 $\phi 0.3$ mm 钢丝,悬挂 10 kg 重锤,重锤应浸没在阻尼液中;
- d) 联系三角形边长测量可采用电磁波测距或经检定的钢尺丈量,每次应独立测量三测回,每测回三次读数,各测回较差应小于 1 mm。地上与地下丈量的钢丝间距较差应小于 2 mm。钢尺丈量时应施加钢尺检定时的拉力,并进行倾斜、温度、尺长改正;
- e) 角度观测应采用不低于 II 级全站仪,用方向观测法观测六测回,测角中误差应在 $\pm 2.5''$ 之内。

6.11 采用两井定向测量方法时,应符合下列规定:

- a) 两井定向参见图 B.3 所示,在已经贯通的两相邻竖井内各悬挂 1 根钢丝或采用铅垂仪代替钢丝;
- b) 两个竖井中悬挂的钢丝投点中误差不应超过 ± 2 mm;
- c) 采用铅垂仪代替钢丝时,每次应在基座旋转 120° 的三个位置,对铅垂仪的平面坐标各测一测回;
- d) 地下两投测点之间应沿连通的最短路径布设精密导线,并按第 4 章精密导线网测量的技术要求施测。两井定向的数据应按无定向导线平差方法计算处理。

6.12 采用陀螺全站仪+铅垂仪组合定向测量时,应符合下列规定:

- a) 陀螺全站仪+铅垂仪组合定向测量方案参见图 B.4 进行;
- b) 陀螺全站仪包括悬挂带型或磁悬浮型陀螺全站仪,陀螺全站仪标称定向精度不应低于 $\pm 20''$,铅垂仪投点误差不应超过 ± 0.2 mm;
- c) 使用悬挂带类陀螺全站仪进行陀螺方位角测量,可采用逆转点法、中天法、时差法,自动陀螺全站仪可采用积分法、阻尼法等进行数据采集。使用磁悬浮类陀螺全站仪可采用光电力矩式寻北法;
- d) 地面已知边陀螺观测站应无明显震动、风流和交通、人流影响,并避开高压电磁场;地下定向边陀螺观测站应选择在施工影响区域外,定向边边长应大于 60 m,视线距隧道边墙的距离应大于 0.5 m;
- e) 使用悬挂带类陀螺全站仪时,定向测量应采用“地面已知边—地下定向边—地面已知边”的测量程序;使用磁悬浮类陀螺全站仪时,定向测量应采用“地面已知边—地下定向边”的测量程序。地面已知边、地下定向边的陀螺方位角测量每次应测三测回,测回间陀螺方位角较差应小于 $20''$;
- f) 测定仪器常数时地面已知边应与地下定向边的位置尽量接近;否则应进行子午线收敛角改正。测前、测后各三测回测定的陀螺仪常数平均值的较差应小于 $15''$;
- g) 测量前应检查陀螺仪器常数的稳定状态。每次陀螺仪、铅垂仪组合定向应在 3 d 内完成;
- h) 使用悬挂带类陀螺全站仪进行陀螺方位角测量时,绝对零位偏移大于 0.5 格时,应进行零位校正;观测中的测前、测后零位平均值大于 0.05 格时,应进行零位改正;
- i) 铅垂仪投点时,铅垂仪的支承台(架)与观测台应分离;铅垂仪的基座或旋转纵轴应与棱镜轴同轴,其偏心误差应小于 0.2 mm;全站仪独立三测回测定铅垂仪的坐标分量互差应小于 3 mm。

6.13 采用导线直接传递测量方法时,应符合下列规定:

- a) 导线直接传递测量应按第 4 章精密导线网测量有关技术要求进行;
- b) 导线测量时,宜采用具有双轴补偿的全站仪,无双轴补偿时应进行竖轴倾斜改正;垂直角应小

于 30° ；仪器和觇牌安置宜采用强制对中或三联脚架法；测回间应检查仪器和觇牌气泡的偏离情况，气泡偏离超限时应重新整平；

c) 导线直线传递测量宜独立进行2次，符合较差要求后取平均值作为定向测量成果。

6.14 采用投点定向测量时，应符合下列规定：

- a) 采用钢丝或铅垂仪利用施工竖井或钻孔投点测量时，投测的两点应互相通视，其间距应大于60 m；
- b) 架设钢丝或铅垂仪投点时，应独立测量3次；
- c) 与钢丝或铅垂仪的联测应按第4章中精密导线网测量技术要求进行；
- d) 各次间投点坐标分量互差应小于3 mm。

6.15 高程传递测量应包括地面近井水准测量、高程传递测量以及地下近井水准测量。

6.16 测定近井水准点高程的地面近井水准路线，应附合在地面一、二等水准点上。近井水准测量，应执行第4章中二等水准测量有关技术要求。

6.17 高程传递测量可采用悬挂钢尺法、电磁波测距三角高程法、水准测量法、电磁波测距法。

6.18 采用在竖井内悬挂钢尺的方法进行高程传递测量时，应符合下列规定：

- a) 地上和地下安置的两台水准仪应同时读数，并应在钢尺上悬挂与钢尺检定时相同质量的重锤；
- b) 传递高程时，每次应独立观测三测回，测回间应变动仪器高，三测回测得地上、地下水准点间的高差较差应小于3 mm；
- c) 高差应进行温度、尺长改正；当井深超过50 m时应进行钢尺自重张力改正。

6.19 当盾构从明挖段或斜井处始发，高程传递测量时，可采用水准测量方法，也可采用电磁波测距三角高程测量的方法，其测量精度应符合第4章中的二等水准测量相关技术要求。

6.20 电磁波测距法传递高程时，应符合下列规定：

- a) 应使用Ⅰ级全站仪，距离测量值应进行常数改正和气象改正；
- b) 高程传递应独立进行三测回，测回间应检查仪器气泡的偏离情况，气泡偏离超限时应重新整平。测回间应变动仪器高，三测回测得地上、地下水准点间的高差较差应小于3 mm。

6.21 当竖井较深采用电磁波测距法传递高程时，作业步骤应符合下列规定：

- a) 在井上设置的托架上放置棱镜，使棱镜反射面向下；
- b) 利用水准仪或者全站仪测量棱镜中心与地面近井水准点的高差；
- c) 托架下方安置全站仪，使全站仪望远镜垂直向上，瞄准棱镜进行测距。全站仪与棱镜垂直偏差应小于10 mm；
- d) 测量全站仪中心与地下近井水准点的高差。

6.22 采用任意设站控制网进行坐标和高程的同步传递时，应采用具有双轴补偿、自动照准目标功能的Ⅰ级全站仪。

6.23 在地面应成组布设不少于3个具有强制对中标志的三维近井控制点，在地下隧道中，同样应成组布设不少于3个具有强制对中标志。当俯仰角大于 40° ，且不能一站直接传递三维坐标时，应在竖井壁上成组布设不少于3个具有强制对中标志的三维控制点作为三维坐标传递过渡点，形成任意设站控制网测量路线。

6.24 控制网测量时，测量步骤应符合下列规定：

- a) 在地面任意设站架设全站仪，后视地面已知三维近井控制点点组，前视竖井壁上的三维控制点点组；
- b) 在地下隧道中任意设站，后视竖井壁上的三维控制点点组，测量地下三维近井控制点点组。

6.25 在地面测站与照准的已知三维近井控制点点组距离应小于100 m，地下定向边长度应大于80 m。

6.26 控制网各个点组中各点间距，地面近井点组应大于50 m，竖井壁上传递点组根据实地情况应尽量大。

6.27 控制网测量时,应采用 I 级全站仪进行水平角、垂直角和距离测量。水准角和垂直角各观测二测回,垂直角应小于 30° ,一测回内 2C 互差和指标差互差应小于 $9''$ 。距离观测二测回,互差应小于 3 mm。

6.28 任意设站控制网应独立测量两次,两次控制点坐标分量较差应分别小于 3 mm,高程较差应小于 3 mm。

7 盾构始发与接收测量

7.1 一般规定

7.1.1 始发与接收测量主要内容应包括地面控制网复测、始发及接收联系测量、始发及接收洞门测量、始发及接收基座放样测量和盾构姿态测量。

7.1.2 测量前,应对施工现场进行踏勘,接收和收集相关测量资料,办理测量资料交接手续,并对既有测量控制点进行复测和保护。

7.1.3 同一贯通区间内始发和接收工作井所使用的地面近井控制点间必须进行直接联测,并与区间内的其他地面控制点构成附和路线或附合网。

7.2 地面控制网复测

盾构始发及接收前应对所使用的起算点进行复测,确认其稳定可靠后方能使用。复测技术要求应符合下列规定:

- a) 复测时采用的起算点和控制网观测方案宜与原测量一致;
- b) 复测采用的仪器设备、观测方法、观测精度、数据处理和成果精度宜与原测量一致;
- c) 同一控制点的复测与原测量成果坐标分量较差的极限误差 $m_{x限}$ 和 $m_{y限}$ 应分别小于 $2m$,其中 m 为复测控制点的点位中误差;
- d) 当复测与原测量成果坐标分量较差的极限误差分别小于 $2m$ 时,应采用原测量成果;大于 $2m$ 时,应查明原因及时补测或修测,并应满足与相邻控制点的相对点位中误差要求。

7.3 始发及接收联系测量

7.3.1 联系测量主要包括地面近井导线测量和近井高程测量、工作井定向测量和导入高程测量,以及地下近井导线测量和近井高程测量。

7.3.2 联系测量应独立进行 3 次,取 3 次平均值作为定向成果。地下近井定向边方位角中误差应在 $\pm 8''$ 之内,地下近井高程点高程中误差应在 ± 5 mm 之内。

7.3.3 定向测量的地下近井定向边应大于 120 m,且不应少于 2 条,传递高程的地下近井高程点不应少于 2 个。使用近井定向边和地下近井高程点前,应对地下近井定向边之间和高程点之间的几何关系进行检核,其不符值应分别小于 $12''$ 和 2 mm。

7.3.4 盾构接收前的联系测量工作不应少于 3 次,各次地下近井定向边方位角较差应小于 $12''$,地下高程点高程较差应小于 3 mm,符合要求时,可取各次测量成果的平均值作为接收测量的起算数据指导隧道贯通。

7.3.5 当隧道单向贯通距离大于 1 500 m 时,应采用高精度联系测量或增加联系测量次数等方法,提高定向测量精度。

7.4 始发及接收洞门测量

洞门复测方法有 2 种,一种是实测洞圈上下左右 4 个特征点;另一种为全站仪扫描洞圈上任意位置

点,点数大于8个,用软件进行拟合,拟合圆心为洞圈中心,对于特殊形状的洞门,应根据其形状特征确定测量方法。

7.5 始发及接收基座放样

盾构机前进到盾体全部进洞之前,盾构机是无法调整姿态,只能按照始发基座预设方位前进。所以始发基座的定位直接影响盾构机进洞姿态。

7.5.1 盾构机始发基座安装时,平面上分为2种始发方式,直线始发和曲线始发,直线始发宜按直线放样,曲线始发宜按割线放样。

7.5.2 放样接收基座时利用洞门检核过的平面和高程控制点进行位置放样,确保盾构机出洞后准确平移到托架上。

7.6 盾构初始姿态测量

在始发前,需仔细测量盾构的初始姿态,了解盾构在始发时的空间位置,为盾构始发姿态控制提供测量依据。同时,要安装盾构标志,为盾构推进的姿态控制做好准备。

7.6.1 测量盾构初始姿态后,再进行人工全站仪和自动导向系统的初始化安装。

7.6.2 接收前对盾构机姿态人工复测:检核井下已知控制点,利用全站仪在已知控制点上设站测量盾构机标志点,通过计算特征点坐标计算盾构机姿态,并与导向系统姿态比较,评估导向姿态是否准确。

8 盾构姿态测量

8.1 盾构姿态测量准备

盾构姿态测量前期准备工作包括地面控制网复测、初始联系测量、始发洞门复测和始发基座放样,完成前期测量工作后,进行盾构安装。

8.2 隧道线型复核及确认

始发前,应对输入自动导向系统的线路设计参数进行复核检查,无误后方可输入,输入后应采用导出输入数据进行复核的方法对输入数据进行二次复核。

8.3 盾构姿态测量实施

在始发前,需仔细测量盾构的初始姿态,了解盾构在始发时的空间位置,为盾构始发姿态控制提供测量依据。

8.4 盾构姿态测量

盾构机姿态测量是指通过人工盾构姿态测量方法或自动导向系统测定盾构机轴线相对于隧道设计轴线的位置以及变化趋势等信息,并以水平及垂直方向上的相对量来表示。其测定的信息应包括掘进环号、平面偏差(切口、铰接、盾尾)、高程偏差(切口、铰接、盾尾)、盾构坡度、盾构转角、切口里程等内容。其计算数据取位精度应符合表10的规定。

表 10 计算数据取位精度

测量内容	取位精度
环号	1 环
平面偏差	1 mm
高程偏差	1 mm
坡度	1‰
转角	1′
切口里程	0.01 m

盾构姿态的测量方法包括人工测量方法和自动导向系统这两大类,而自动导向系统目前成熟的方法包括激光法和棱镜法这两种。当以地下控制导线点和水准点测定盾构测量标志点时,测量误差为 ± 3 mm。

8.4.1 盾构姿态人工测量

采用人工测量方法进行初始姿态测量和实时姿态测量时应符合下列规定:

- 盾构测量标志点应牢固设置在盾构机纵向或横向截面上,标志点间距离应尽量大,且不应少于 3 个,标志点可粘贴反射片或安置强制对中棱镜;
- 盾构测量标志点的三维坐标应与盾构结构几何坐标建立换算关系;
- 盾构测量标志点测量宜采用极坐标法,并宜采用双极坐标法进行检核。测量中误差不应超过 ± 3 mm。

8.4.2 盾构姿态自动导向系统测量

采用自动导向系统测量方法进行初始姿态测量和实时姿态测量时,应符合下列规定:

- 自动导向设备可采用激光靶型自动测量系统或棱镜型自动测量系统,系统应包括测量仪器和设备、计算存储设备、数据传输、系统软件等;
- 系统应能够计算并以图形、数字方式实时显示盾构机当前姿态和历史姿态信息等;
- 系统应具有对自身各部件的运行状态进行监控和报警功;
- 所有数据应存储于工业电脑固定的存储位置,并定期在其他存储设备上上进行备份。

8.5 测量控制点迁站

隧道掘进中测量控制点迁站步骤和方法应符合下列规定:

- 迁站过程中盾构应停止掘进;
- 迁站前应测量盾构姿态;
- 迁站后应对使用的相邻控制点间几何关系进行检核,确认控制点位置正确;
- 利用迁站后控制点进行盾构姿态测量;
- 迁站前、后测定的盾构姿态测量较差若大于 $2m$ (m 为点位测量中误差)时,应换手对迁站点进行复测。

8.6 管片姿态测量

8.6.1 管片姿态测量误差为 ± 3 mm。其计算数据取位精度横、竖径为 1mm,其余于盾构姿态一致。

8.6.2 每次自动导向系统换台,盾构机必须停止掘进,并进行人工姿态的测量,换站完成后应对换台前

后的盾构姿态进行比对,如果前后偏差的较差大于±15 mm,必须对原测台坐标及导向系统进行复核,确认数据无误后方可掘进;盾构每掘进 50 m,必须进行 1 次人工盾构姿态测量,始发及接收 100 m 内宜增加复核频率。

8.6.3 在盾尾内管片拼装成环后必须测量盾尾间隙,计算管片姿态。如自动导向系统具备盾尾间隙自动测量功能,且经过人工校核数据准确的,可利用盾尾间隙自动测量系统完成盾尾间隙测量,但必须定期进行人工复核。

8.6.4 在管片完成壁后注浆后,须采用极坐标和水准测量的方法对管片姿态进行复测,宜在管片脱出台车架后进行测量,内容宜包括管片中心坐标、高程、水平直径、垂直直径、前端里程和椭圆度。由于管片在脱出盾尾后存在沉降、位移,复测的管片姿态与初始管片姿态一般不一致,当较差较大时,必须增加复测频率,直至掌握其移动规律,为盾构掘进控制提供依据。

9 洞内导线测量

9.1 基本要求

9.1.1 洞内导线测量应包括洞内施工导线测量和洞内施工控制测量。

9.1.2 应用直接从地面通过联系测量传递到地下的联系测量成果作为洞内导线平面控制测量起算点,隧道内平面起算点不应少于 3 个,起算方位边不应少于 2 条。

9.1.3 盾构隧道内控制点标志,应埋设在稳定的隧道结构上。

9.1.4 隧道单向贯通距离大于 1 500 m 时,应在隧道每掘进 1 000 m 处,通过钻孔投测坐标点或加测陀螺方位角等方法提高控制网精度之外,还宜将控制导线布设成网或边角锁等。

9.1.5 每次进行平面控制测量前,应对地下平面起算点进行检测,确保其可靠性。

9.1.6 施工导线应随盾构掘进而布设,当直线隧道掘进长度大于 200 m 或到达曲线段时,应布设施工控制导线。

9.2 洞内导线控制测量

9.2.1 隧道内控制点间平均边长宜为 150 m。曲线隧道控制点间距不应小于 60 m,相邻长短边比例不大于 3。

9.2.2 控制点应避开强光源、热源、淋水等地方,控制点间视线距隧道壁或设施应大于 0.5 m。

9.2.3 平面控制测量应采用导线测量等方法。导线长度小于 1 500 m 时,导线测量应使用不低于Ⅱ级全站仪施测,左右角各观测两测回,左右角均值之和与 360°较差应小于 4",边长往返观测各两测回,往返平均值较差应小于 4 mm。测角中误差不应超过±2.5",测距中误差不应超过±3 mm。

9.2.4 控制点点位横向误差应满足式(11)要求。

$$m_u \leq m_\phi \times (0.8 \times d/D) \quad \dots\dots\dots(11)$$

式中:

m_u ——导线点横向误差,单位为毫米(mm);

m_ϕ ——贯通中误差,单位为毫米(mm);

d ——控制导线长度,单位为米(m);

D ——贯通距离,单位为米(m)。

9.2.5 每次延伸控制导线前,应对已有的控制导线点进行检测,并从稳定的控制点进行延伸测量。

9.2.6 控制导线点在隧道贯通前应至少进行测量 3 次,并宜与竖井定向同步进行。重合点重复测量坐标分量的较差应分别小于 $30d/D$ (mm),其中 d 为控制导线长度, D 为贯通距离,单位均为 m。满足要求时,应取其逐次平均值作为控制点的成果,并指导隧道掘进。

9.2.7 当隧道长度超过 1 500 m 时,应进行满足隧道贯通要求的贯通测量设计。

9.2.8 相邻竖井间或相邻车站间隧道贯通后,地下平面控制点应构成附合导线(网)。

9.2.9 井下必须要安装足够数量的风机,在进行观测之前的 30 min 必须要做到提高通风,保证烟尘雾气可以及时的排出,避免雾气较重,使仪器以及棱镜上存在水汽,使观测人员自身的视线受到影响。

9.2.10 在进行测量前对每一个观测站的温度和气压做出相应的测量,并将其输入到仪器中做好温度及气压的改正。

9.3 长距离盾构区间洞内导线控制测量

9.3.1 长距离盾构掘进开始前应编写有针对性盾构施工专项测量方案,综合采取多种测量手段和措施进行误差控制。

9.3.2 对于起始方位角误差的控制宜采用如下方法:

- a) 在卫星定位测量检测时要考虑在盾构隧道的始发井和接收井之间布设直接观测基线,基线两端的控制点最好能直接通视,以减少地面控制点误差的影响;
- b) 根据误差传播理论进行贯通误差预计,以合理确定地下起始方位角的需要达到的精度,并根据起始方位角的精度要求确定联系测量的次数,并根据多次联系测量的成果评定地下起始方位角的是否达到设计要求。

9.3.3 为了克服测角累积误差对隧道横向偏差的影响,宜采用如下措施:

- a) 隧道内的控制导线布设双导线或边角网以提高可靠性;
- c) 隧道内的控制导线点交替布设在隧道两侧,使视线距隧道壁较远,减少旁折光影响;
- c) 隧道内导线应尽量布置长边,减少测站数以降低测角累积误差;
- d) 隧道内控制点采用强制对中装置以减小对中误差;
- e) 加测陀螺定向边以克服测角累积误差的影响;
- f) 隧道内控制导线采用多次测量取均值的方法提高精度和可靠性;
- g) 采用钻孔投点的方法,来检验隧道内导线的可靠程度,并控制导线累积误差;
- h) 使用高精度仪器,并采用多测回测角的技术,提高观测精度。

10 贯通测量和竣工测量

10.1 贯通测量

10.1.1 隧道贯通后应进行贯通测量,测量主要内容应包括隧道的纵、横向和高程贯通误差测量。

10.1.2 纵、横向贯通误差,可利用隧道贯通面两侧平面控制点测定贯通点的坐标闭合差,也可利用隧道贯通面面测中线在贯通面的间距测定;隧道的纵、横向贯通误差应投影到线路的法线方向上。

10.1.3 高程贯通误差应利用隧道贯通面两侧高程控制点测量。

10.2 竣工测量

10.2.1 竣工测量应包括隧道轴线平面偏差、高程偏差、衬砌环椭圆度以及隧道纵、断面测量。

10.2.2 竣工测量可采用全站仪解析法、近景摄影测量法或三维激光扫描法。

10.2.3 在直线段每 6 m、曲线段每 5 m 测量一个断面,横纵断面变化处和施工偏差较大处应加测,断面上的测点位置、数量应按设计要求确定。断面里程中误差为 ± 50 mm,与线路中线法距的测量中误差为 ± 10 mm。

10.2.4 如线路变更,应重新对变更区段进行竣工测量。

11 质量检查与验收

11.1 一般规定

11.1.1 盾构测量成果质量应实行两级检查、一级验收,并应符合下列规定:

- a) 两级检查中的一、二级检查应由项目承担方的作业部门、质量管理部门分别实施。
- c) 验收宜由项目委托方组织专家或国家认可的质检机构进行。

11.1.2 盾构施工阶段、竣工阶段的测量成果应分期进行检查与验收。

11.1.3 盾构测量成果质量检查与验收应依据下列文件进行:

- a) 依据国家政策法规和技术标准;
- b) 项目委托书或合同书,以及项目委托方与承担方达成的其他文件;
- c) 技术设计或施测方案;
- d) 项目承担方的质量管理文件。

11.1.4 对测量成果,应根据质量检查结果评定其质量等级。质量等级应分为合格和不合格两级。当测量成果出现下列问题之一时,应判为质量不合格:

- a) 控制点和放样点的数量或布设位置严重不符合规范要求;
- b) 各级控制点和放样点的标志类型及埋设严重不符合规范要求;
- c) 所用仪器设备不满足规范规定的精度要求;
- d) 所用仪器设备未经检定或未在检定有效期内使用;
- e) 观测成果精度不符合规范要求;
- f) 伪造数据。

11.1.5 测量成果质量检查与验收应符合下列规定:

- a) 对所有观测记录、计算资料和分析结果,应进行一级检查;
- b) 对测量阶段性成果,应进行二级检查;提交给项目委托单位的阶段性成果应为二级检查合格的成果;
- c) 对测量最终成果,应在两级检查合格的基础上进行质量验收;最终提交给项目委托单位的综合成果应为质量验收合格的成果;
- d) 质量检查与验收过程应形成记录,并与测量成果一并归档。

11.1.6 当成果质量检查与验收中发现不符合项时,应立即提出处理意见,退回作业部门进行纠正。纠正后的成果应重新进行质量检查与验收。

11.2 质量检查

11.2.1 测量成果质量的两级检查均应采用内业全数检查、外业针对性检查的方式进行。检查过程应填写记录。

11.2.2 对阶段测量成果,应检查下列内容:

- a) 各级控制点和放样点的布设位置图;
- b) 标石、标志的构造及埋设照片;
- c) 仪器设备的检定和检验资料;
- d) 外业观测记录和内业计算资料;
- e) 测量成果图表;
- f) 与项目有关的其他资料。

11.2.3 对最终测量成果的质量检查应符合下列规定:

- a) 对现场进行质量检查;

- b) 编写质量检查报告。质量检查报告应包括检查工作概况、项目成果概况、检查依据、检查内容及方法、质量问题及处理情况、质量统计及质量等级内容；
- c) 质量等级应由项目承担方质量管理部门根据检查结果评定。

11.3 质量验收

11.3.1 测量成果的质量验收应采用抽样核查的方式进行,并应符合下列规定:

- a) 对各测量阶段成果应分别进行质量验收;
- b) 抽样时,应随机抽取不少于期数的 10% 作为样本,且至少为 1 期;
- c) 对抽取的样本,应进行内业全数核查、外业针对性核查。

11.3.2 测量成果质量验收时应核查技术设计和技术报告;且应包括下列内容:

- a) 控制点的布设位置;
- b) 标石、标志的构造及埋设照片;
- c) 仪器设备的检定和检验资料;
- d) 外业观测记录和内业计算资料;
- e) 测量成果表;
- f) 检查记录和检查报告;
- g) 与项目有关的其他资料。

11.3.3 测量成果质量验收中,当需使用仪器设备时,其精度不应低于项目作业时所用仪器设备的精度。

11.3.4 测量成果质量验收应形成质量验收报告并评定质量等级。质量验收报告应包括验收工作概况、项目成果概况、验收依据、抽样情况、核查内容及方法、主要质量问题及处理情况、质量统计及质量等级内容。质量等级评定应符合 11.1.4 的规定。

12 信息化管理

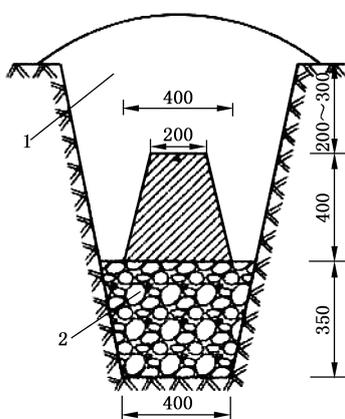
12.1 盾构施工宜采用盾构施工信息化管控平台对盾构施工全过程进行在线监控。

12.2 盾构测量的线路资料、始发接收测量、姿态测量、管片测量等测量数据应实时上传到信息化管控平台。

12.3 盾构信息化系统对收集到的盾构施工信息进行科学有效的分析,对盾构风险进行预测和预警。

附录 A
(资料性附录)
地面平面控制测量

单位: mm

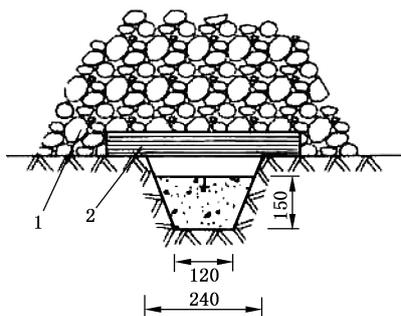


说明:

- 1——土;
- 2——捣固之土石层。

图 A.1 卫星定位控制点基本标石埋设

单位: mm



说明:

- 1——石块;
- 2——保护盖。

图 A.2 卫星定位控制点岩石标石埋设

单位: mm

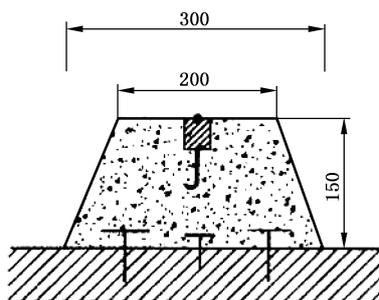


图 A.3 卫星定位楼顶控制点标石埋设

附录 B
 (资料性附录)
 联系测量

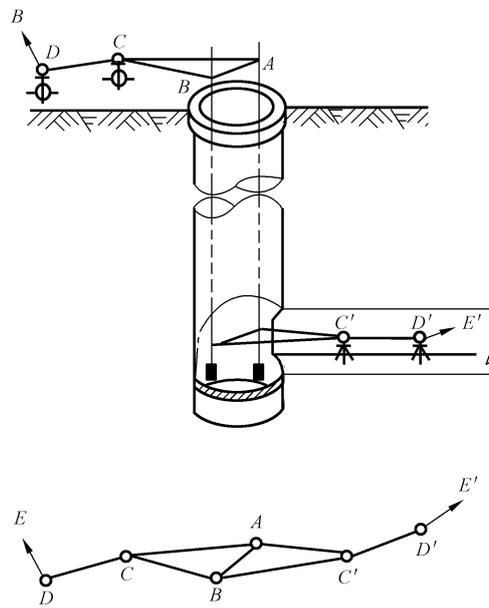


图 B.1 一井定向

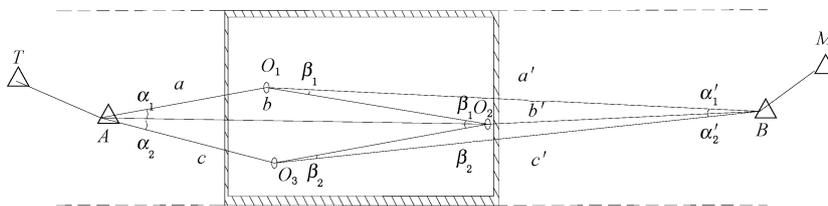


图 B.2 悬挂三根钢丝的一井定向

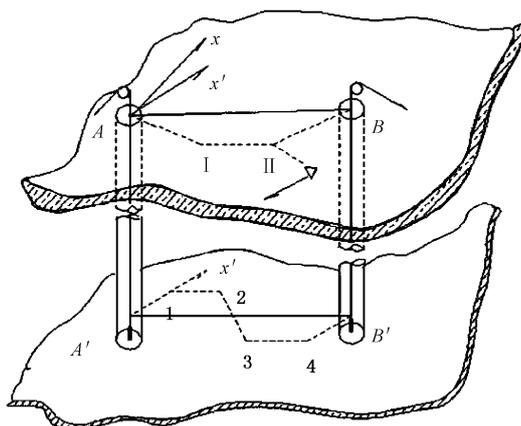
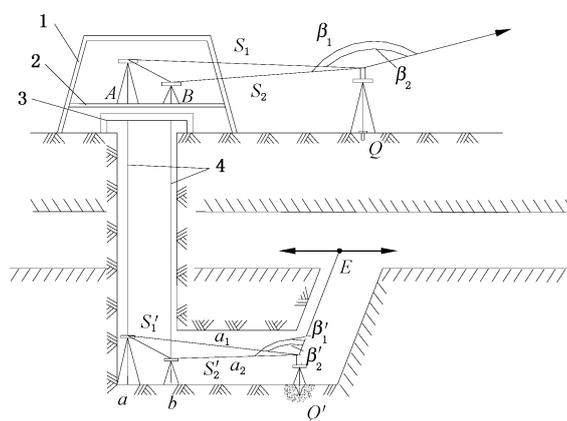


图 B.3 两井定向



说明：

- 1——井架；
- 2——仪器台；
- 3——井台；
- 4——视线；

- Q ——地面上近井点；
- Q' ——地下近井点；
- $A、B$ ——铅垂仪位置；
- $\alpha、b$ ——井底测量点位；
- $\beta_1、\beta_2$ ——地面观测角度；
- $\beta'_1、\beta'_2$ ——地下观测角度；
- $S_1、S_2$ ——地面测量距离；
- $S'_1、S'_2$ ——地下测量距离；
- $\alpha_1、\alpha_2$ ——陀螺方位角；
- $Q'-E$ ——地下方位角起算边。

图 B.4 陀螺经纬仪+铅垂仪组合定向