

Analysis on the Application of Measurement and Monitoring in the Construction of Tunnel Excavation Engineering

Ru Zhou

Beijing Urban and Rural Construction Group Co., Ltd., Beijing, 100067, China

Abstract

Tunnel construction measurement is an important part of tunnel construction steps, tunnel construction measurement methods should be standardized, high precision requirements. The construction process of underground excavation is complicated and it is difficult to cooperate with the measurement and lofting, so a set of reasonable construction measurement methods are needed. Monitoring of underground tunnels is a necessary task in the construction of underground tunnels. In case of quality accidents caused by excessive deformation during underground excavation, timely sorting of monitoring information should be carried out, and feedback information should be established through data processing. The on-site measurement results should be compared with predicted values to determine whether the previous construction process and parameters meet the expected requirements, in order to determine and optimize the next construction parameters and guide on-site construction.

Keywords

tunnel engineering; tunnel survey; underground excavation works; monitoring of excavation construction

隧道暗挖工程施工过程中测量、监测应用分析

周儒

北京城乡建设集团有限责任公司，中国·北京 100067

摘 要

隧道施工测量是隧道施工步骤中重要的一环，隧道施工测量方法应规范化、精度要求高。暗挖施工工序复杂、测量放样配合困难，所以需要一整套合理的施工测量方法。暗挖隧道监测是暗挖隧道施工中必要的工作，暗挖施工中变形过大产生的质量事故，应及时整理暗挖监测信息，通过数据处理确立信息反馈资料，将现场测量结果与预测值相比较，以判别前一步施工工艺和施工参数是否符合预期要求，以便确定和优化下一步施工参数，从而指导现场施工。

关键词

隧道工程；隧道测量；暗挖工程；暗挖施工监测

1 概述

以某暗挖隧道施工项目为本文依据：隧道采用暗挖法施工。暗挖段起终点里程为：K36+160.573~K36+447.327，长 286.754m。左线 JD59 平曲线直缓里程为 K36+225.029，缓圆里程为 K36+280.029，圆缓里程为 K36+335.691，缓直里程为 K36+390.691，曲线半径为 R=800；竖曲线起始里程为 K36+160.573，经 2‰的上坡，到第一个变坡点，里程为 K36+250.000，曲线半径 R=5000，长度为 20m，后经 -2‰下坡，到区间终点里程 K36+447.327，采用矿山法施工，停车线与左线线间距 5m。隧道拱顶覆土厚度约为 7.28~10.4m，暗挖段纵断面上呈倒 V 字坡，最大坡度为 2‰，最小坡度为 -2‰。为单洞双线马蹄形断面，结构型式为复合式，结构二衬厚

700mm，衬砌初支厚度 350mm。

2 隧道施工测量方法

施工测量控制按照初支、二衬结构两步骤进行施工测量。

2.1 初支结构施工测量

隧道施工前、需要进行竖井施工，竖井竣工后，利用竖井采用导线（一井定向法）进行控制点位计算将控制点位传入地下隧道作为横通道或正线施工测量依据，平面、高程控制点均不应少于 3 个。

2.2 马头门结构放样测量

①测设线路中线点，并将中线的垂线投影在围护结构上。

②根据设计图纸，每 50cm 测设高程，标注在中线和轨面高程投影线上。

③按照计算尺寸，放样轮廓线端点，连接各点位后即形成马头门开挖轮廓线（图 1）。

【作者简介】周儒（1993-），男，中国河南商丘人，本科，助理工程师，从事工程测量研究。

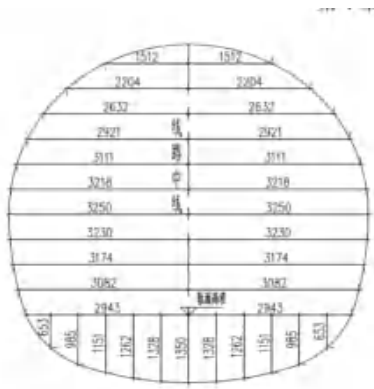


图1 马头门放样示意图 (单位 mm)

④初支结构施工过程中,应根据设计图纸每5m放样掌子面中、腰线(图2),并标定开挖轮廓线,指导隧道开挖。

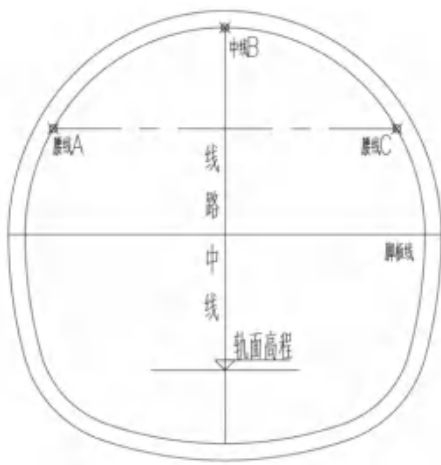


图2 掌子面中、腰线放样示意图

⑤采用导洞法施工时,上层孔道部位隧道和下层孔道隧道两侧各开挖至100m时,应进行各孔道隧道的贯通测量,其贯通误差不得超过 $\pm 50\text{mm}$ 。

⑥如果隧道暗挖采用双侧壁或桩和梁柱导洞法施工方法时,应该用施工导线测量隧道壁、桩或梁柱的位置,其测量放样允许误差不应超过 $\pm 5\text{mm}$ 。

⑦直线隧道时可以利用激光指向仪指导隧道掘进,初支断面可采用支距法或三维坐标法进行测量,每5m测量一处,断面测点平均间距宜为50cm(图3)。

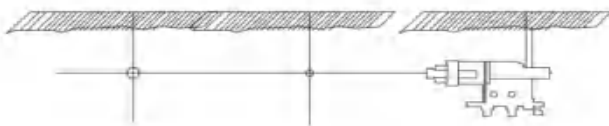


图3 激光指向仪示意图

2.3 二衬结构施工测量

①二衬扣拱前,应对断面进行复核,确认净空尺寸满足要求后,方可进行下一步施工。施工前应放样中线和高程控制线,其测量允许误差不应超过 $\pm 10\text{mm}$ 。

②用台车浇筑隧道边墙二衬结构时,采用极坐标法放样台车两端的中心点,与中线偏差不得超过 $\pm 5\text{mm}$;采用水准法放样台车两端对应里程的设计轨面高程,与其相应里程的设计高程偏差不得超过 $\pm 5\text{mm}$ 。

③在隧道施工未贯通结束前进行二衬施工时,应采用增加控制点复测测量次数(联系测量和控制点复测),隧道距离超过300m时应采用钻孔投点及加测陀螺方位的方法进行隧道内的控制测量,提高现有控制点的精度,并以其结果进行调整中线和高程控制线。最后隧道应预留不小于150m长度的隧道施工在二衬施工前作为贯通误差调整段。待预留段贯通后,应以平差后的控制点为依据进行二衬施工测量放样^[1]。

3 隧道施工中变形监测方法应用

3.1 初期支护水平收敛监测

监测仪器:全站仪。仪器精度:1" (1+1.5ppm)。

监测方法:采用全站仪进行固定测线收敛监测应符合下列规定:

①应设置固定仪器设站位置,并在收敛测线两端固定小棱镜或设置反射片,设站点与测线两端点水平投影应成一直线。

②应按盘左,盘右两个盘位观测至少一测回,并利用全站仪测得断面两点距离的变化,每次连续重复测读三次读数,取得平均值作为本次测点读数。

测点埋设:隧道正线水平结构收敛监测点布设按纵向间距为10m一组进行布设,在断面变化位置加密布设监测断面,水平收敛监测点布置在初期支护拱腰处,采用全站仪及反射片进行测量,测点布设选用 $\Phi 12$ 的圆钢在顶部焊接 $4 \times 4\text{cm}$ 方形铁片,反射片规格采用 $4 \times 4\text{cm}$ 把反射片粘贴到加工好的铁片上,测杆焊接在拱腰钢格栅上,外露长度5cm。

3.2 初期支护拱顶沉降监测

监测仪器:全站仪。仪器精度:1" (1+1.5ppm)。

监测方法:采用全站仪量测,在隧道内部用隧道内部高程监测基准点使用三角高程测量方法将高程传递到监测点,利用全站仪测量监测基准点与拱顶布设的反射片的高程数值,每次读取3次,以3次平均数作为监测初始值。然后与上一次测得高程进行比较,差值即为该断面点的沉降值^[2]。

测点埋设:布设位置与收敛监测点位同一断面,采用全站仪及反射片进行测量,测点布设选用 $\phi 12$ 的圆钢在顶部焊接 $4 \times 4\text{cm}$ 方形铁片,反射片规格采用 $4 \times 4\text{cm}$ 把反射片粘贴到加工好的铁片上,测杆焊接在拱顶钢格栅上,外露长度5cm。

3.3 初期支护结构仰拱隆起监测

监测仪器:徕卡电子水准仪DNA03。

监测方法:徕卡电子水准仪DNA03及配套的钢瓦条码尺进行观测,采用GB/T 12897—2016《国家一、二等水准测量规范》中二等水准测量方法进行基准点联测,使用仪器

应经具有相应资质的仪器检定单位鉴定合格并在检定有效期内使用。

测点埋设：在（双侧壁导坑法施工隧道断面）初期支护结构中布设一个仰拱隆起监测点，每10m布设一个监测断面，布设位置与收敛监测点同一断面，仰拱隆起监测点布置在初期支护拱脚处，采用水准仪进行测量，测点布设选用 $\phi 18$ 的圆钢测杆焊接在拱脚钢格栅上，外露长度5cm，并做醒目标识加以保护。初支完成后立刻布设点位及初始值采集。

3.4 建（构）筑物沉降监测

监测仪器：徕卡电子水准仪DNA03、仪器精度 $\pm 0.3\text{mm/km}$ 。

监测方法：根据水准测量原理计算出当天的沉降量。

测点埋设：建筑物沉降监测点采用埋入式测点L形螺纹钢标志点或粘贴式直接监测点。利用水准仪进行观测，并做好标识和保护。

④测点保护：建筑物监测点设立标识牌并加强日常巡视。

3.5 建（构）筑物倾斜观测

监测仪器：全站仪。仪器精度：1"（1+1.5ppm*D）。监测精度： $\pm 1\text{mm}$ 。

监测方法：采用投点法用全站仪瞄准上部观测点置零并读取水平距离，向下瞄准至下方反射片读取偏移角度和水平距离，正、倒镜各观测一次取平均值，并根据上、下观测点高度计算倾斜率。

测点埋设：

①观测点布置应在能够准确反映倾斜变形部位，并方便施工监测，点位在平行于建（构）筑物主体竖轴线的顶部及底部上下对应位置布置。

②建筑物顶部及底部监测点位均应与控制点通视良好，周边无遮挡物及不受旁折光影响部位。

③测点标志埋设小棱镜也可以粘贴10cm×10cm反射片标志，埋设点位应牢固可靠。

3.6 建筑物裂缝

监测仪器：裂缝仪。仪器精度：0.1mm。监测精度：0.1mm。

监测方法：在裂缝两侧埋设监测标志，通过裂缝仪直接测量3次取平均值作为本次观测值，同时对监测裂缝进行编号，记录裂缝的位置、走向、长度、宽度等信息。

测点埋设：施工前对施工影响范围内的建筑物进行首次巡视检查，施工期间每天进行一次巡视检查，巡视过程中若发现建筑物出现裂缝，要记录裂缝的位置、走向等相关信息，并及时测取初始值。

3.7 监测信息分析要求

竖向位移的数据处理：构筑物竖向位移以及地表竖向位移监测时，测量方法采用闭合水准测量监测点高程，计算出测量线路的闭合差，根据监测等级精度要求判断测量数据的有效性。经检核无误，按照闭合水准路线高差闭合差分配的原则修正各测点的高程；最后根据前次和本次的测点高程

差计算出监测点竖向位移。

其他类型监测数据的处理，可根据设备厂商提供的计算公式（参数率定时提供）和方法进行计算。

基准点稳定性判断以 $\Delta P \leq 2\sqrt{2} M$ 为衡量标准，M为基准点的高程（点位）中误差。

编制监测报表：在监测报表中将包含本期观测的各项观测数据。编制工作表、工作簿以及相应程序后，每次观测后将外业数据录入（手工或程序输入）各监测项目的计算表中，统一生成成果表。

报警值与允许值：对于监测结果的判断，最基本和直接的判断是看监测结果是否达到报警值和允许值。如达到这些设定的安全界限就需要进行分析，引起注意并采取相应措施。各监测项目的报警值和允许值见相关章节。

3.8 地下水位

监测仪器：徕卡电子水准仪DNA03、水位计。

监测方法：地下水位观测设备采用水位计，其工作原理是在已埋设好的水位管中放入水位计测头，地下水位观测设备采用电测水位仪，当测头接触到地下水时，报警器发出报警信号，此时读取与测头连接的标尺刻度，此读数为水位与固定测定的垂直距离，再通过固定测点的标高及与地面的相对位置换算成从地面算起的水位埋深及水位标高^[1]。

测点埋设：本区间共布设6个水位观测孔布点间距约为50m，水位监测孔选择隧道结构外侧打设水位监测孔，先采用钻机在地上钻取一个直径100mm，水位管直径约70mm，管身密布小孔，在水位管外缠绕密网以防水位管进入泥沙把测孔堵住，水位管底部设1m沉淀段，在测点成孔后放入水位管，并在水位管中注入清水，水位管口设必要的保护装置，避免杂物或场外污水进入管内。

测点保护：水位监测井应加强日常巡视，确保井盖完好，防止杂物掉入井中造成堵塞。防止地表水进入井中。

4 结语

根据以上描述，由于暗挖施工的复杂性、在一定施工范围内的施工精度保证较为困难。以上测量内容方法可以有效保证暗挖隧道施工测量放样精度，可以有效保证顺利贯通。在施工过程中隧道监测同样重要，进行连续监测，确保数据的连续性、完整性及系统性。对施工过程进行监测，及时反馈施工过程中支护结构、围岩及周围环境的变形、变化过程，为优化设计、指导施工提供可靠依据，确保基坑安全和保护基坑周围环境。

参考文献

- [1] 赵沛.平面联系三角形测量在地铁暗挖隧道中的应用[J].智能城市,2020,6(4):166-167.
- [2] 赵堃.电力工程暗挖隧道施工过程中结构变形监测与分析[J].黑龙江交通科技,2021,44(9):142-143.
- [3] 许赫.暗挖法地铁施工测量技术研究[J].现代城市轨道交通,2022(2):61-64.