

地铁盾构隧道工程收敛观测应用研究*

杨 丽, 李玉宝

(东南大学 北极测绘研究院, 江苏 南京 210008)

摘要:大力发展地下铁路建设是解决城市交通问题的方向,盾构法是开挖和建造地铁隧道的先进技术,收敛监测是盾构隧道工程建造安全监测的有效方法。基于此,对盾构工程的主要特点以及安全观测方法进行分析,最后结合实例,对收敛观测的应用和精度问题进行了探讨。

关键词:地铁;盾构;隧道;收敛仪;收敛监测

中图分类号: P 258; U 45

文献标识码: B

文章编号: 1007-9394(2008)02-0023-02

Research on the Application of Convergent Observation on Subway Shield-Driver Tunneling

YANG Li, LI Yu-bao

(Beiji Institute of Surveying and Mapping, Southeast University, Nanjing Jiangsu 210008, China)

Abstract: It is the direction that constructing subway on cities is to solve the problem of traffic. Shielding method is advanced technology on subway with shield-driver tunneling; convergence monitoring is good method on shield-driver tunneling. Based on this, the main characteristic and safe observation method of tunnel shield engineering are analyzed. The application and precision of convergent observation method are studied combined with the actual example.

Key words: subway; tunnel shield; tunnel; convergent meter; convergent monitoring

0 引言

当今城市的交通问题是制约城市发展的瓶颈。国内外城市建设的经验证明,大力发展地下铁路建设是解决城市尤其是大城市发展的有效措施之一。地铁建设可根据实际的工程地质等情况采用不同的建造方法,其中盾构法就是适应于软土工程地质开挖地下隧道的先进方法。在盾构工程的实施过程中,代替现场衬砌隧道内壁的预制管片安装结构的稳定性,也就是建成隧道的稳定性,是判断工程质量和安全的重要的指标。隧道径向变化或者说直径的变化的测量工作,称为收敛观测或收敛监测。这种变化是点对点的相对变化。

本文结合南京地铁二号线某标段盾构工程的实例,对收敛观测的应用和精度等问题进行了探讨。

1 盾构工程的主要特点

盾构法是相对于矿山法适应于软土地质和无岩层地质工程条件的地下工程的开挖方法。盾构方法的实施主要依靠盾构机来实现。盾构机的主要部件由切刀、车身、控制系统、动力系统、通风系统、压力系统、矿渣排除系统、材料运输系统、管片安装系统等组成。

当盾构机在待开挖隧道的一端安装开始进发,在控制系统内就事先输入整条隧道起点、终点、缓和曲线、圆曲线、混合曲线的主点的三维坐标,在盾构机以后的有效的通视范围内固定自

动跟踪坐标扫描全站仪,全站仪的测站位置三维坐标精确测定并由机器记忆。全站仪实时地将坐标传输到工作面上的控制系统,以自动地调节切刀的方向和车身的姿态,使盾构机严格地沿着设计的隧道的中轴线前进。在挖掘过程中,排出渣土都自动地集中到排渣出口装或待装运输车。当挖掘到一段距离后,就应及时安装预制的管片。

就南京地铁二号线来说,管片由6片预制立体块组成,相邻各块由锚杆连接,各块之间并由粘有橡胶皮的凹凸(相当于卯榫)槽密合,6管片组成一个内径为5m的圆环。再由压力系统调节管片和周围土体之间的压力。从宏观上看隧道就像是在水中的—个圆筒的瓶子,中间的形成通道。在建设过程中,各管片之间以及隧道整体和周围土体之间的力学平衡和稳定是至关重要的。

由于工程地质和水文情况的复杂性,盾构法开挖隧道的安全监测需提供地表上、下及周围空间建筑工程的几何特征信息,结合测量、地理、岩土、建筑、力学、自动化等专门的知识来分析、判断、解释、预测工程的现状和发展。

2 盾构工程的安全监测方法

针对盾构工程的特点,关于如何进行安全监测、更合理地捕捉变形信息,圈内人士都做了大量的工作,曾采用了很多的方法,如:全站仪测量几何圆度、激光扫描法测量剖面、加之拱顶或拱地底沉降观测以及地面沉降等。但除了拱顶或拱地底沉降观

测以及地面沉降的测量,由于精度比较高,对于研究和判断整体的变形和位移比较有效外,其他方法由于仪器的精度问题、方法的不完善问题等,均不能反映出隧道管片相对的小量位移。因为管片的相对变形一般情况下只达到毫米或亚毫米的数量级,而全站仪的测量误差在 ± 5 mm的数量级,再考虑到仪器整置和反射镜的因素,监测点位的误差应在厘米的数量级。这种从表面上看起来似乎合理,但比较粗糙的方法,不能正确反映出这种微小的变化。因此,收敛监测的方法对于这种特殊的变形观测是非常有效的,也可以说是目前最好的方法。

3 收敛监测

3.1 收敛仪的特点

收敛仪主要由钢卷尺、电子测微传感器、显示屏、伸张拉力指示器、尺架等组成。钢卷尺上每隔约2 cm钻一直径3 mm的圆孔。当待测距离确定后,应在距离的两端设置挂钩标志。测微器事先旋至有效测程的中部,引张钢卷尺并挂在一端点的挂钩上,尺架挂在另一端点的挂钩上,测针插入约 $L' - 30$ cm(L' 为收敛监测距离的概略长度,30 cm为尺架的长度)处的圆孔内,还可以做少量的调节,然后顺时针旋转测微螺旋,当拉力指标达到标准时,这时的拉力为49 N,显示屏上所显示的数字为测量距离 L 的概略距离 L_0 的补充值 a , a 的测量范围为 ± 2 cm、直读到0.01 mm。用收敛仪进行测量的长度关系,如图1所示,即:

$$L = L_0 + a \quad (1)$$

式中: L 为收敛距离; L_0 为概略距离; a 为概略距离的补充值。

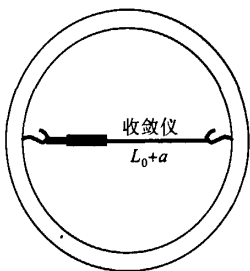


图1 利用收敛仪测量长度示意图

Fig.1 Sketch map of length surveyed with convergence meter

当每次钢卷尺的插孔一样、拉力一致、工作环境一致的时候,在显示屏上所显示的距离补充值就应该是一样的。如果发生了变化,则认为是距离发生了变化。这种变化可反映出隧道的直径向着发散或收敛方向的发展趋势。因这些变化不可能很大,在补充值上可充分地反映出来,至于 L_0 概略距离可无须知道。

3.2 收敛监测点及其设置的要求

点位成对设置,选在隧道的腰线附近。因为地下隧道对管片的完整性要求非常高,所以为了不对管片造成损坏,不再另外钻洞设置标志,而利用已有的螺栓螺帽压入挂钩。又因收敛测量的精度较高,所以两端的挂钩要光滑、凹部和尺子挂钩的结合部要唯一、要稳固、挂钩的朝向要一致。注意两点之间不能有障碍物。

3.3 拉力变化的影响

当拉力发生变化时,长度将发生变化,拉力在指示标志中显示出,因收敛测量的目的是观察被测距离的相对变化,故每次的拉力只要相同就行了,工作时要注意拉力指标严格重合,以及多次观测取中数。

3.4 温度变化的影响

已知收敛尺的尺长方程式为:

$$L = L_0 + \Delta L + 1.25 \times 10^{-5} L_0 (t - t_0) \quad (2)$$

以式(2)工作温度 t 为自变量微分,然后按误差传播定律,得测量距离的中误差:

$$m_L = \pm 1.25 \times 10^{-5} L_0 m_t \quad (3)$$

式中: 1.25×10^{-5} 为钢卷尺的膨胀系数。如地铁隧道的内径5 m为收敛距离,忽略其很小的变化,隧道内的温度一般在 $22^\circ\text{C} \sim 25^\circ\text{C}$ 变化,基本上是一个恒温的环境。以最大的变化 $m_t = \pm 3^\circ\text{C}$ 考虑,代入式(3),得出对于收敛距离的影响为 ± 0.19 mm,若以精密水准测量测站中误差的 ± 0.5 mm作为精度的参考标准, ± 0.19 mm接近0.5/3 mm,可以应用三分之一原则,可忽略该项影响,无须加入温度改正,仍能正确反映隧道的变形信息。

3.5 收敛尺工作姿态的影响

钢卷尺工作时应自然伸展,不能扭曲、依靠到其他物体,测针插入测孔后,要及时旋动压板固定。

3.6 收敛监测数据处理

每次观测独立测3次读数,较差在0.18 mm内时,取中数采用。数据处理通过与上次测量以及初始值比较,按本次变化和累计变化提交报告,最后提交收敛变化曲线、三维立体图像以及收敛发散的趋势图。供工程管理决策层进行必要的工程质量鉴定、工程的发展趋势的判断、分析和解释等。

4 结束语

笔者所在单位与东南大学测绘工程系承担了南京地铁二号线部分标段的盾构收敛监测的工作,观测结果表明,在刚建好的几天内收敛变化一般都在约1 mm的数量级,一周后每天的变化一般都在亚毫米级或更小的变化,远小于变化的报警值。说明盾构方法还是比较成熟的,可为该技术的评估以及具体过程的质量鉴定提供准确可靠的资料。

以前所用的断面测量方法,因误差在厘米的数量级,远大于变形点本身的变形值,依此作为依据进行分析,可能会给工程的质量评估和鉴定得出错误的结论。

目前在地下工程,尤其是盾构隧道工程的变形监测中,业内人士普遍认为用合格的收敛仪进行收敛监测是不可缺少的,是其他方法无可比拟的安全监测工作。它是由科研人员在实践中总结和研究出来的有效技术,尽管在主要的规范中还未作出规定,但在近期的实际工作中已被大力推广应用。

随着科学技术的迅猛发展,工程测量的研究对象和信息的采集,有关的仪器、方法、数据处理、精度要求等的研究不断出新,所以测量人员亦应不断地学习、创新、总结和完善、与时俱进,才能更好地为工程建设服务。

【参考文献】

- [1] 张正禄,等.工程测量学[M].武汉:武汉大学出版社,2005.
- [2] 岳建平,等.变形监测理论与技术研究进展[J].测绘通报,2007,(7):1~4.
- [3] GB50026-93.工程测量规范[S].
- [4] 李玉宝.控制测量[M].北京:中国建筑工业出版社,2003.

作者简介:杨丽(1982~),女,江苏盐城人,助理工程师,现主要从事精密工程测量应用研究和工程管理工作。