

盾构法施工测量

史云峰

(中铁隧道集团二处有限公司联合掘进机工程公司 北京燕郊 101601)

摘 要 主要通过对城陵矶长江穿越隧道南岸盾构段施工测量工作详细介绍,为类似工程施工测量提供了经验。

关键词 SLS-T系统 自动导向系统

1 工程概述

忠—武输气管道城陵矶长江穿越隧道工程位于城陵矶下游约4km处,是目前全国最长的长江穿越隧道。北岸竖井位于湖北省盐利县白螺镇朱田王村,采用矿山法施工竖井(4m)深67.5m,南岸竖井位于湖南省岳阳市云溪区松阳湖农场。南岸盾构放送井(7.5m)深35.5m,隧道区间下穿长江连接两岸竖井,两竖井区间长2756.379m(矿山1045m+盾构1711.379m),南岸盲洞设计长8m。

2 目前测量成果

通过对长江干堤上的主网控制桩点进行南、北两岸的联测,检测成果满足《工程测量规范》中的要求。洞内导线点通过地面控制点使用陀螺仪定向、投点仪投点准确获得,为控制隧道方向提供保证。南岸隧道正洞为盾构法施工,同时也保证了盾构机自动导向系统中各基准点的精确,使盾构机沿设计轴线方向进行推进。目前盾构段历时五个月已顺利推进近1100m。测量点位精度的高低直接影响着盾构机掘进的方向和高程以及整个隧道的贯通,为了能使盾构机安全、准确、有效地进行推进,也为了统一城陵矶长江穿越隧道工程测量的有关要求,及时、准确地为该工程提供准确无误的测量资料,保证其成果、成图的质量符合各个测量阶段的要求,适应工程建设的需要,对测量作业进行归纳总结,以供类似工程测量参考。

3 洞内导线网的引入及布设

3.1 洞外控制测量

根据2002年11月1日长江三峡委勘测设计研究院交《控制测量成果书》中G04-G07长边为起算边,G07为控制基点施测一闭合导线作为洞外首级控制网。以国家四等导线各项精度指标为准,水平角采用全圆测回法,施测六测回,在限差范围内取平均值。距离往返对向观测六测回,限差范围内取均

值,并经气压、温度、加、乘常数改正,复测资料中的边长均已进行高斯投影改正。复测结果:测角闭合差为 $+1.5''$;测角中误差为 $\pm 0.53''$;测距中误差为 $\pm 1.27\text{mm}$;导线相对闭合差为 $1/36$ 万。均满足《工程测量规范》中的四等导线测量要求。高程采用光电测距三角高程测量法,对长江南、北两岸的各控制点进行了联测,测得G04-G07实测高差 $H_{G04-G07} = -1.6216\text{m}$,所交高差为 -1.615m ,闭合差为 -0.0066m ,满足四等水准测量要求。可采用原长江三峡委勘测设计研究院交《控制测量成果书》中的各相关资料对工程的方向、高程进行控制。

3.2 竖井联系测量

施测方法:根据《控制测量成果书》中南岸的C级GPS点G02、G04、G06为起算坐标。为提高所测各点的精度,全部点位测量均采用往返观测法进行定测。首先用陀螺经纬仪定向,在直线起点G02安置经纬仪,对中整平后,用盘左一测回测量直线G02~G04的方向值 X_1 (盘右方向值为 X_2);接着安装陀螺仪,用陀螺经纬仪进行粗略定向,先使视线大致指北;进行测前零位检验;再用逆转点法进行精密定向,得出陀螺北的方向值 N_T ;接着进行测后检验;然后以盘左盘右一测回测量直线G02~G04方向值 X_2 ,在定向的前后两次所得直线G02~G04方向值之差不超过 $\pm 20''$ 时,取直线G02~G04的方向值 $X = (X_1 + X_2)/2$,得出直线G02~G04的陀螺方位角 $A_T = X - N_T$,直线G02~G04的方位角 $A = A_T +$ (用陀螺经纬仪测量方位角一般应不少于三次,最后取平均值。如果仪器常数未知,则应在测前和测后测定仪器常数),检测G02~G04的方位角。用同样方法将陀螺经纬仪置镜G04点返测G04~G02的方位角,取往返平均值。然后用徕卡TC1500型全站仪置镜G02点,后视G04,前视G06;检测各控制桩点的角度、距离,是否发生位移变形。接着以G02~

G04 作为起算边, G02 作为起算坐标点, 用徕卡 TC1500 型全站仪置镜 G02 号点, 后视 G04, 前视竖井井口已经定好的两个要投点 T_1 、 T_2 。用投点仪将测过的 T_1 、 T_2 分别投至井底 T_1 、 T_2 。竖井投点时按 (0° 、 90° 、 180° 、 270°) 各往井下投四个方向, 四个点形成四边形, 井下取所投四边形的对角线交点得 T_1 、 T_2 作为要用点。井上与井下所投点 ($T_1 \sim T_2$, $T_1 \sim T_2$) 的间距差值为 0mm 满足规范要求。分别置镜 T_1 、 T_2 后视洞内点, 采用联系三角形的方式测量洞内各地面点的边角数据。最后将陀螺经纬仪分别置镜 SF1、SF3, 定出 SF1 ~ SF3 和 SF3 ~ SF1 的准确方位角。测量作业时角度采用全圆测回法观测四测回, 限差内取平均值; 距离往返对向观测两测回限差内取均值, 并进行仪器的加、乘常数、气压、温度及高斯投影改正。

3.3 高程引测

水准高程引测: 根据《控制测量成果书》中的高程基准点进行。首先采用符合水准路线的形式从控制网的已知控制点 G02 的高程, 复测至已知高程基准点, 检核两点的位移情况。如果闭合差满足国家四等水准测量要求, 再采用闭合水准路线的形式从所交高程基准点引测至洞内固定点, 限差内取平均值。作为洞内可用水准高程值。

4 盾构自动导向测量

4.1 SLS-T 系统的特点

该系统为使 TBM 沿设计轴线 (理论轴线) 掘进, 除提供所有重要的数据信息外, 同时该系统还能提供在隧道施工过程中的完整备份文件 (掘进报告)。系统主要特点如下:

- 计算盾构机的位置, 并用图形及数字两种方式显示;

- 管片拼装完毕后, 计算并显示已拼装管环及其封顶块的位置;

- 计算并显示盾构机的趋向;

- 计算平滑纠偏曲线, 使盾构机切向返回设计轴线 (理论轴线);

- 通过新计算出来的纠偏曲线, 预算后续管环的类型;

- 自动检测激光方位 (方向控制);

- 备份所有已拼管片的数据信息 (掘进报告, 日志文件等);

- 显示为了使盾构机沿计算好的纠偏曲线掘进所需要的油缸的行程;

- 完全通过 PC 对所有的组件进行自动操作; 盾构机掘进自动化;

- ⑪在拼装管片的过程中, 通过程序的引导实现激光站的前移;

- ⑫通过标准的几何元素, 计算隧道设计轴线 (DTA)。

4.2 SLS-T 系统工作的原理

基础部分——测量的基础都是坐标系统。SLS-T 采用了 3 种不同的全球坐标系统: 整个工程的测量工作都与这个坐标系统有关。它用来计算所有固定点, 起点及中间点, 包括有关 DTA 的数据, 激光站支架坐标数据等; TBM 坐标系统: HLS 靶的安装尺寸及 TBM 的控制点与基准点都需要在本系统中预先计算出来本系统与盾构机的轴线有关, 因此它包括了能够确定盾构机轴线位置的点及其位置, 在主控测量中用控制点来确定。DTA 坐标系统: 在本系统中显示盾构机前后基准点的里程与偏离值。SLS-T 的主要目的就是为了确定控制盾构机位置各相关点的坐标。本系统可显示了各相关点的水平/垂直偏离值及里程。

盾构机始发前的就位部分——在使用 SLS-T 之前, 需要盾构机的一些特定数据 (例如: 油缸的安装尺寸) 及盾构机的始发位置对系统预先设置。盾构机上一一般预设 7 个基准点 (相对于盾构机位置固定), 通过测得它们的坐标来确定盾构机的始发姿态。 (一般由 VMT 公司对盾构机内的各基准点进行测量并输入)。

掘进中盾构机的定位部分——我们需要在全球坐标系统中确定一个点 (即: X 、 Y 、 Z) 以便来确定盾构机的位置。这个点用来放置激光全站仪。接着通过一个后视基准点使激光全站仪定向。激光束被导向 HLS 靶, 接着 HLS 靶就能确定激光束跟 HLS 平面之间的偏航角。盾构机的滚动角及仰俯角通过安装在 HLS 内部的倾斜计来测定, 大约每秒两次。

管片的拼装部分——根据盾构机的位置和测量得出的推进油缸和铰接油缸行程以及人工量取的盾尾间隙等各项盾构机的参数来确定下一环管片的类型。

4.3 洞内导向系统测量

4.3.1 盾构始发前的测量工作

安装盾构机导轨时, 按照设计坡度、高程及纵向轴线, 测得高程与设计值 (为避免盾构机离开轨道会下沉, 才按抬高后的值) 高差小于 2mm。盾构机洞内

组装完成后在推进之前,需要先用所交洞内准确点坐标,将支架上的后视基准点及激光全站仪的三维坐标准确测得(本工程所用各基准点均在洞子左上角悬挂的支架上)。再将盾构机在导轨上的初始姿态(盾构机身第二、三节的盾体上自带有7个固定点的三维坐标)测出(为了使盾构机的姿态能够尽量准确,且S靶周围的上下左右至少要各测一个点来确定)和整套系统的相关尺寸、参数及限值等一并输入盾构机内的计算机,然后将连接好的激光全站仪人工指向后视靶,在盾构操作室进行定位,由于计算机之前没有测得前、后点的边角关系,所以在操作室定位设置成功后需要人工将激光全站仪指向且S靶,然后点击推进,激光全站仪会自动在一定范围内搜寻棱镜并将所测的数据通过传输电缆输入计算机,电脑就会自动记录所测的夹角,待电脑显示出盾构机目前的偏差数值后点击方位检查加以确定。在以后的定位过程中由于计算机已经在第一次定位中记录了后视基准点与且S靶之间的夹角,外加本工程使用的徕卡1103型激光全站仪有自动搜索功能,在一定偏差范围内均可以自动找到目标靶。注意如果改变全站仪的度盘读数或者前移全站仪则需要重复第一次定位程序。

4.3.2 盾构机在推进过程中,SLS-T系统的应用

盾构机在推进过程中SLS-T系统起着举足轻重的作用,它可以让且S智能靶根据激光光束的入射角用来确定偏航角、滚动角及仰俯角,激光光束入射点的X、Y坐标也是由且S智能靶来测定;偏航角的确定:与且S靶透明前面板平行的是所谓的“阴屏”,当给且S靶通电以后,阴屏就会转动,阴屏转动所处角度是不同的,当激光束入射在阴屏上时,投过的光多少不一,在阴屏的背后是光敏感电子元件,激光光束射到这些电子元件上可以测出入射激光的强度。当激光的强度达到最大时,此时“阴屏”所处的角度被记录下来。这个位置的角度与激光束在且S靶上的入射角(偏航角)精确吻合;在且S靶内设有两个倾斜计。一个为纵向放置,另一个为横向放置。这两个倾斜计最终测出盾构机的绝对滚动角和绝对仰俯角;激光束的入射点坐标通过一个光敏感板来确定,即确定激光入射点中心相对于且S靶中心的X、Y坐标,每两秒输出一次数据;当盾构机在推进过程中,该系统可准确地记录盾构机的姿态,并以图形和数字的方式显示。

4.3.3 激光站前移测量工作内容

因传输线不够长、激光点投影过大等原因,间隔

一定的时间要把激光站前移到一个新的支架上,整个过程可以通过SLS-T软件中的功能来完成。在SLS-T软件的主界面下方点击继续(F10)按钮,出现下一排菜单点击激光站前移(F6)按钮进入,显示之前所输入的基准点、激光站的编号及其三维坐标,检查无误则可点击方位检查,之后出现偏差值,如果在允许偏差范围内可直接确认此方位,此后显示的是新点的三维坐标,开始测量新点之后点击激光站处于新位置(F2),计算机可自动将测得的新点坐标输入电脑,并将原来的全站仪点作为后视基准点,接着按照提示定位即可。虽然该操作简单快捷,可精度较低,仍然需要精确测量辅助。所以本工程均为人工对新点进行准确测量。

4.3.4 SLS-T导向系统复核

洞内各点位在测量使用之后应经常复核,尤其是高程的位移情况,需随时监测随时更正。洞内所有的基准点支架一般都安装在拼装好的管环上,所以在管环稳定之前(即背后的注浆液体凝固之前,管环可能沉降或位移等),基准点的位置则会随之变化,后果是使得盾构机操作司机所看到的偏差数值经常跳动。为保证所显示的偏差数值尽量准确,就需洞内值班工程师隔几环的时间,在盾构机推进之前检查TCA气泡是否超限,对气泡超限的将其调整并测取调整后的高程输入计算机,此外还要对所需全站仪站点进行定期复测。

5 测量工作的改进

在管环拼装环节按操作说明做,为了能使SLS-T系统的文件备份程序准确并正确的记录掘进报告,除了要在管环拼装前交代清楚在什么时候点击管环拼装按钮,避免出现掘进报告中的数据与实际不符外,要注意正确的量取盾尾间隙并进行输入,计算机就会根据所输入的盾尾间隙和当时所测得的油缸伸长量、盾构机参数、姿态等进行计算和预测。还要注意的是在管环拼装前,点击推进之后一定需确定各推进油缸顶住管环,不然盾尾间隙将自动计算为负值。

随着盾构机顺利始发,进入正常推进,中间也曾出现过因更改测量模式、改变输出端口设置、停止ATR模式等不同的问题造成了计算机无法控制激光全站仪进行测量工作。(在海瑞克公司提供的操作手册中仅介绍和盾构机推进直接相关的功能设定,未写入其他功能的作用)。例如:人工在操作室的计算机上可以对全站仪进行启动、方位检查等,就是无

法使全站仪对目标点进行测量,原因是由于全站仪内的追踪测量模式改为精确测量模式,使得全站仪找到目标,计算机无法对激光全站仪进行完全控制;

人工在操作室的计算机上可以对全站仪进行启动、方位检查等,供电也正常,可激光全站仪在第一次推进时测量距离(ELS 靶上棱镜)后,激光束指不到 ELS 靶中心,始终在靶边,结果是由于激光全站仪的内置激光因长期机器运转的震动使激光的调节螺栓松动与视准轴不在同一垂线上,计算机无法控制激光束指向 ELE 靶;

全站仪工作不正常(TCA 显红),主控制箱显示电源供应正常,却无法控制对全站仪进行控制。以为是传输电缆有问题,换新的电缆也不行,最终原因是由于全站仪内的输出端口设置被改变,使得激光全站仪接受不到任何指令;

在盾构机推进过程中,由于本工程是过江隧道注浆采用惰性浆液,短时间内达不到一定的强度,使得拼装好的管环位置不停变化外加推进过程中的振动或沉降造成全站仪基准点有所变动,所以需经常对全站仪支架上的点位进行复测。

6 结论与体会

通过对盾构段自动导向系统的体验和实践,以及现场的实际状况体会如下:

盾构机自动导向系统进场之后,要马上对所提供的所有资料、物件等提供的东西进行验收,在 VMT 公司人员指导下对其进行测试,尽可能的熟悉和接受这一整套系统。因为从理性上理解一套新鲜的东西比实践来的较慢,所以在 VMT 公司专职人员进行培训期间尽可能的对所提供的全站仪进行操作,增加对实际事物的认知,尽量把所有可能遇到的问题提前解决。

VMT 公司专职人员对我们进行的培训时间有限,要在有限的时间里较全面了解自动导向系统的功能及操作,以及全站仪说明书中的具体操作事项。例如:在说明书介绍 ATR 和测量模式选择部分,介绍 ATR 和测量模式的功能、出现其它显示是什么原因等很详细,具体在哪个菜单下怎样进入,选择第几项等均未做出说明,只能自己对仪器进行熟悉掌握。

城陵矶隧道净空较小所以全站仪与 ELS 靶的通视空间较小,盾构机纠偏或曲线段常出现激光被遮挡现象,增加了移站的频率,降低了测量的精度,应按要求定期对基准点进行复测,结果必须满足工程测量规范要求(间隔的时间可根据隧道的特殊条件而定)。

常检查激光全站仪的各个连接螺栓,防止松动、变形,做好防水、防尘工作,避免在二次补强注浆时浆液落入电缆接头、黄盒子等配套物件内,否则会影响正常工作。

为防止传输电缆被烧坏(破损),传输电缆所经过的地方尽量不要进行焊接、切割钢结构等对传输电缆不利的行为,避免不了的要对电缆进行包装、遮挡等保护,减少不必要的经济损失。

如果隧道地质较好,围岩透水性差,洞内导线点埋设时要尽量埋在基岩上,避免人为扰动洞内导线点。

参考文献

- 1 工程测量规范:GB50026-93 北京:中国计划出版社,1993

作者简介:史云峰,男,1978 年出生,1999 年毕业于渭南铁路工程学校铁道工程专业,中专,助理工程师。

收稿日期:2004-10-9

广州大学城穿越珠江盾构隧道工程贯通

12 月 10 日,由中铁隧道股份有限公司承建的广州大学城穿越珠江综合管线盾构隧道工程,在小谷围岛举行贯通庆典仪式。广州市人大常委会副主任邵云平、广州市副市长许瑞生、大学城建设指挥部主任蒙琦与我集团公司党委副书记、股份有限公司董事长崔原一起,启动隧道贯通礼炮。这标志着广东地区第一条盾构施工综合管线过江隧道胜利贯通。

该工程穿越珠江江底,地质条件复杂,硬岩、断层、破碎带交错出现,施工难度极大,合同工期仅 7

个月。在施工过程中,中铁隧道股份有限公司精心组织施工,积极进行技术攻关,优化施工工艺,严格履行合同,优质高效建成隧道。大学城穿越珠江综合管线隧道工程开辟了华南地区盾构施工过江管线隧道的先河。至此,我集团已顺利完成二次穿越长江、三次穿越珠江、一次穿越南京玄武湖,在盾构穿越江河领域保持国内领先地位。

股份公司办公室

2004-12-15