

# 全站仪与激光导向仪组合测量 在污水隧洞施工中的应用

陈瑶 赵佳楠

中铁一局集团有限公司广州分公司

**摘要:** 污水隧洞施工是以开挖与支护为主要施工要点。由于隧洞断面尺寸小,各工序衔接紧密且只能单工序作业,在整个开挖与支护过程之中,都离不开测量对工程施工进行正确的控制。污水隧洞大多地处低洼地势,隧洞内积水严重,隧洞内测量工作主要是以全站仪放样为基础进行施工测量控制。据日常统计全站仪测量放样最快是在半小时之内完成。隧洞施工中每一施工环节都需要进行测量工作,若是只采取全站仪放样,将会严重影响本项目施工进度。结合本项目隧洞施工的特点,我们在隧洞内安设激光导向仪代替全站仪,控制开挖与初期支护的测量放样。

**关键词:** 隧洞施工;坐标系;激光导向仪;全站仪;贯通;应用

## 一、工程简介

贵安新区核心区污水处理厂尾水排放通道项目位于贵州省贵阳市花溪区湖潮乡,隧洞进口位于车田村,隧洞出口位于芦荻村,隧洞尺寸为3.4m\*3.8m,拱顶设计为1.9m半圆形,两侧边墙设计矩形,隧洞全长1050m(K0+568-K1+618),隧洞线路设计为直线且无支洞,洞内净空尺寸小,洞身长,洞内积水严重,整体环境差,洞内掘进速度大大受限。为了保证项目的合同工期顺利兑现和隧洞精准贯通是本工程的关键,因此采用合理测量仪器设备和高效快捷的方法尤为重要。

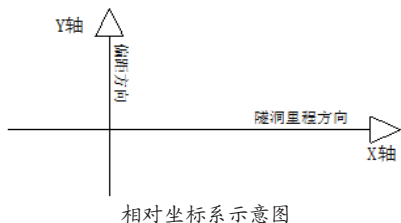
## 二、测量仪器设备及相关辅助工具

本项目采用定期检定的徕卡TS09全站仪(标称精度:测角1秒、测距2mm+2ppm)和防爆型激光导向仪组合应用方式对本隧洞开展各工序的测量放样工作。

## 三、测量方法

### (一) 施工坐标系的建立

污水排放隧洞项目设计采用西安80坐标系,中央子午线为108度,高程采用1985国家高程系统。由于本隧洞为直线隧洞,为了方便日常测量工作,在隧洞内建立相对坐标系统,坐标系统的建立如下:以K0+568的隧洞中心为原点建立相对坐标系,以线路里程方向为X轴,以线路方向垂直的偏距方向为Y轴组成左手相对坐标系,高程仍采用原高程系统。坐标系如下图所示:



### (二) 洞内控制测量工作

开工前首先对设计院提供的GPS点进行复测,再用经复测稳固、可靠GPS点进行隧洞洞口控制网加密测量工作,洞口共布设三个控制点且导线边长均不少于350米。隧洞内积水严重,洞内控制点布设在底板距离线路中心左右各1米的位置,隧洞内导线采用主副导线六边形闭合法,洞内外联系测量选择条件相对稳定的夜间进行,通过减少折光影响来提升测量精度。

### (三) 隧洞施工测量工作

隧洞进洞施工后,由于掌子面距离洞口近,隧洞各工序施工采用全站仪进行测量放样工作,当隧洞掘进100米后,采用在隧

洞拱顶和拱腰处布设防爆型激光导向仪实时定位和全站仪定期抽查断面的组合方式开展对隧洞各工序施工的测量工作。

### 1、激光导向仪的安设

#### ①测量仪器设备及辅组材料

防爆型激光导向仪3台、徕卡全站仪TS09一台(含配套对点器及对中杆)、18mm螺纹钢3节(每节20cm)、3块钢板10mm(30cm\*30cm)、垂球6个、电钻一台、膨胀螺栓若干、电焊机一台、E50焊条若干。

#### ②激光导向仪的安设方法及步骤

(1) 在矩形钢板的四个角位置分别钻3个直径与膨胀螺栓直径相吻合的孔洞,激光导向仪托架与钢板中心位置焊接牢固,做成3个激光导向仪固定装置;

(2) 测量人员在距离布设激光导向仪最近的控制点架设全站仪,对中整平后输入测站点及后视点在相对坐标系下的坐标,量取仪器高后进行测站点设站工作,设站完成后,对洞内另一控制点进行检核,精度检核完成后方可进行测量放样工作;

(3) 在距离掌子面大约100米处(先整里程桩号)分别测出拱顶及左右拱腰的起拱线位置,用红油漆标注钢板角点的位置,角点的位置标注完成后用电钻在角点位置钻孔,钻孔深度和大小要与膨胀螺栓尺寸相匹配,钻孔完成后对表面进行打磨,确保钢板安设位置较平整。分别用膨胀螺栓将钢板固定在二衬混凝土面上,保证钢板固定牢固的条件下用全站仪检核钢板位置是否准确;

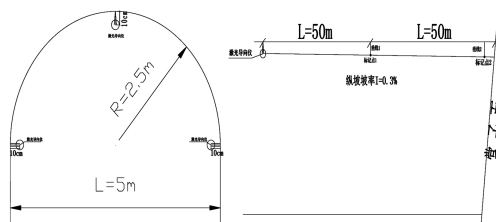
(4) 用全站仪分别测设距离掌子面50m、100m断面上的拱顶位置和左右拱腰起拱线位置并用红油漆做好标记,用电钻打眼将螺纹钢锚入孔内,再用全站仪在螺纹钢上放样出拱顶和起拱线位置(距离二衬边线5cm位置处)并做好标记,用连接垂球的细绳挂设至标记位置处;

(5) 用全站仪光电测距三角高程分别测出垂线上的设计高程(拱顶的高程为设计高程-10cm),用黑色签字笔在垂线上做好记号;

(6) 通过激光导向仪的制动和微动螺旋调节激光光速的平面位置及倾斜斜率,反复进行调整,直到激光导向仪的光束与垂线上的标记点三点共线为止;

(7) 用全站仪对掌子面激光点进行实测坐标及高程与设计值进行比较,在合理的误差范围内,我们认为激光导向仪的位置准备,可以为隧洞各工序施工提供测量定位功能。

(8) 编制激光导向仪测量技术交底,集体组织对施工队作业班组进行分项测量交底,交底的内容包括激光导向仪激光与挖轮廓线的水平距离,激光光束高程与设计拱顶高程、拱腰起拱线设计高程的位置关系。



激光导向仪布设及安设示意图

(下转第286页)

多效蒸发结晶与MVR蒸发结晶工艺费用对比

项目	单价	多效蒸发	MVR
蒸汽	50元/吨	968.75	250
水	0.1元/吨	257.75	4
电	0.5元/吨	476	1535
合计	元/吨	1625	1789

虽然MVR生蒸汽的使用量相当于25%左右的多效蒸发，但对于提供蒸汽供应的水处理系统来说，蒸汽价格相对便宜，其降低的蒸汽费用并不客观。反倒是MVR蒸发工艺的用电量是多效蒸发的4-5倍左右，加之在设备投资方面，由于加装造价昂贵的压缩机，MVR装置的设备投资可为多效蒸发的2-3倍，由此估算，多效蒸发装置在提供蒸汽补给的化工行业，其经济效益相比MVR蒸发更划算。

关键点9：分盐工艺选择

目前行业典型的分盐工艺有：

热法分盐：

原理“高温析硝、低温析盐、热母液循环”。

优点：工艺紧凑，能耗较低，工艺投资略低，运行费用低

缺点：最终产品盐纯度容易受来料影响明显，在高含盐量条件下，盐的溶解度会受到其他离子影响，从而改变溶解度，甚至形成较难析出的共混盐，从而降低硫酸钠、氯化钠的纯度和产量。氯化钠结晶盐纯度可能达不到标准中的精制工业盐一级品标准，硫酸钠结晶盐纯度可能达不到I类一等品标准；

冷法分盐原理是“高温析盐、低温析硝、冷母液循环”，冷法分盐工艺流程较长，能耗较热法高，但工艺范围较宽，便于控制，产品盐纯度高，适用于两盐的比例相差较大的废水体系。冷冻法的优缺点：

优点：

(1) 冷冻生成的十水硫酸钠品质可以保证，不携带溶液中COD，尽管压力转移至后续氯化钠，但通过氯化钠重结晶后，氯化钠的品质是可以保证。冷冻的杂盐率低，可以降低到10%以下。

(2) 冷冻工艺链条比较简洁，工艺链相对短，便于控制操作。

缺点：

(上接第179页)

## 2. 激光导向仪使用过程控制

由于隧洞断面小，洞内来往的机械设备较多可能会对激光导向仪的位置产生一定的干扰，激光偏位后偏位误差会一直累积，偏位误差会对隧洞的平面位置和高程造成较大的影响，为了防止激光导向仪偏位，确保我们隧洞正确贯通，激光导向仪使用过程控制是我们的关键，具体的过程控制方法及要求如下：

(1) 由施工班组长负责在激光导向仪附近做好醒目标识、加强保护、发现激光光束偏位后立即通知测量人员进行复核；

(2) 测量技术人员每7天组织用全站仪对激光光束的位置进行测量复核工作，发现偏位及时进行调整；

(3) 激光导向仪根据隧洞的掘进速度，每150米整体移动一次，有效的减弱偏位误差的累积。

## 四、全站仪与激光导向仪组合应用成果

全站仪与激光导向仪组合方法对污水隧洞各工序进行施工测量放样工作大大的减少了测量人员的劳动强度，大大提高了工作效率，减少了隧洞内各工序施工的衔接时间，保证了本项目目标节点工期顺利实现。

(1) 冷冻法运行成本较高。建议直接用多效蒸发进行浓缩，将5万mg/1TDS的母液浓缩5-6倍到25-30万mg/l，冷冻的进料量将大大减少，运行费用将大量的减少。

(2) 冷冻换热器容易堵塞，效率降低

纳滤膜法分盐利用纳滤膜将一价离子和二价离子分离，但也存在着纳滤膜性能衰减快、回收率低等一系列问题，分盐纯度没法保证。

纳滤法的优缺点：

优点：

相较于纯热法工艺，纳滤后增大了盐硝的比例，增加了分盐的稳定性和操作的稳定性：

(1) 纳滤对前端预处理要求高，不耐化学清洗，尤其不耐碱洗，而到纳滤段有机物的进水COD普遍大于500mg/l，有机污染发生快，碱清洗频繁，清洗pH一般控制在3-10，容易将膜洗漏；纳滤膜分盐效果衰减速度快。

(2) 根据盐平衡分析，如果由纳滤膜90%的硫酸钠脱除率下降到80%的脱除率后，产水侧氯化钠结晶时将会出现盐硝共析，不能实现分盐。如果每年更换纳滤膜可以考虑采用。

(3) 纳滤的脓水侧还有约小于15%的氯化钠存在，全热法分盐成本较低，但是母液中仍有部分硫酸钠，需要再上冷冻进行彻底分离；如果不再进行冷冻分离，杂盐率将接近20%。

(4) 纳滤膜在水质盐硝比不确定情况也有局限性，纳滤膜浓水侧SO<sub>4</sub>最高能浓缩至80000mg/l。

## 三、小结

通过对各股生产污水准确分析，选择科学、合理的工艺流程对整个项目的影 响不言而喻。另外煤化工污水来水成分复杂，水质水量不稳定，有些项目设计阶段对进水水质把控不准确，实际进水和设计进水CL<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>比例相差巨大，甚至比例颠覆，不得不进行技改，目前分盐比较成功的案例，均是在产出杂盐或者分盐失败后，通过技改才达到分盐成功。所以来水水质组分的确 定，是选用分盐工艺及规模的首要任务。

## 参考文献

- [1]刘维锐.谈煤制甲醇项目节水措施及污水零排放[J].环境与发展, 2019, 31(04): 38-39.
- [2]董瑞华.蒸发技术在煤化工浓盐污水零排放中的应用研究[J].化工管理, 2019(05): 164-165.

## 结束语

贵安新区核心区污水处理厂尾水排放通道工程1合同段1号隧洞于2017年8月24日在K1+125桩号顺利贯通，经现场实测隧洞纵向贯通误差32mm，横向贯通误差13mm，高程贯通误差12mm，贯通面连接平顺，贯通误差符合测量规范要求。实践证明全站仪与激光导向仪组合测量方法在本项目得到了较好的应用。

## 参考文献

- [1]王化光,梁明学.激光指向仪在隧道施工中的应用[J].测绘通报, 2005
- [2]杨柳.长大隧道控制网设计及横向贯通误差预计[J].北京测绘, 2012年04期
- [3]王瑞峰.全站仪及贯通误差预计在矿山测量中的应用[J].测绘通报, 2008年10期
- [4]戴树青,李卓.浅谈工程测量过程中精度的影响因素及控制[J].黑龙江科学, 2014(8), 272-272.

## 作者简介：

陈瑶,男,汉族,贯籍:湖南省新邵县,助理工程师,主要从事工程测量工作。