

监控量测在浅埋地下大断面平顶框架结构施工中的应用分析

许先水

(中铁十六局集团第二工程有限公司,天津 300162)

摘要:城市浅埋大断面地下结构因其结构和建设的复杂性往往成为工程建设的重点和难点。施工中如何利用监控量测技术实时监控围岩、支护结构、中间构造结构等之间的受力转换往往成为施工关键。结合北京城市快速轨道交通东直门车站地下方厅工程实例,探讨和分析了应用浅埋平顶群洞暗挖法施工过程中监控量测技术和方法,并对监测结果进行了比较分析,验证了施工方法的合理有效性。

关键词:监控量测;平顶群洞暗挖法;浅埋大断面地下结构;应用分析

中图分类号:U456 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2007)08-0073-05

Application Analysis of Monitoring Construction of Underground Shallow Large-section Flat Frame Structure/XU Xian-shui (The 2nd Engineering Co. Ltd of China Railway 16th Bureau Group, Tianjing 300162, China)

Abstract: The urban shallow large-section underground structure has become important and difficult part of engineering because of the complexity of its structure and construction. How to apply monitoring technology to supervise the stress transition of surrounding rock, supporting and intermediate structures has become the critical step of the construction. The paper took the example of Dongzhimen Station project in Beijing Urban Rail Transportation, discussed and analyzed the monitoring technology and method in the deep excavation construction of shallow flat group cavities. Comparative analysis was made on monitoring results to verify the rationality of the construction method.

Key words: monitor; deep excavation of flat group cavities; shallow large-section underground structure; application analysis

近年来,北京及全国各地的地下铁道建设蓬勃发展,如北京地铁复八线、城市铁路、八通轻轨,上海地铁,广州地铁都相继建成,尤其是随着奥运会的成功申办,极大的推动了各种地下基础设施建设速度,且往往建在人口密集、交通拥挤、各种管线较多地段。为不影响正常学习、生活及交通等,许多较大地下设施采用浅埋暗挖法施工,而浅埋平顶群洞暗挖施工法是解决埋深较浅、跨度较大结构的一种有效手段,但由于结构跨度大、施工工序复杂,使工序间、结构间、围岩与结构间的受力转换很难实时控制。因此如何有效利用监控量测技术监控施工过程中的结构力学转换更为必要。本文即以北京城市快速轨道交通东直门车站地下方厅工程为例,探析监控量测在地下浅埋大断面平顶结构施工中的应用。

直门立交桥下,城铁东直门车站的南端,北侧通过换乘通道南段与车站相连,西侧通过南北 2 条连接通道与环线地铁相连,南侧通过风道连接到风亭。地下方厅南北长 24 m,东西长 35 m,矩形框架结构,顶板覆土厚 11 m 左右。地下管线众多,地面为交通枢纽,车流量大。图 1 为工程平面布置图。

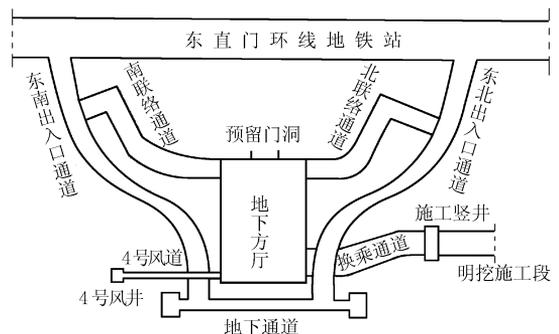


图 1 工程平面示意图

场区现状地坪标高 43.3 m 左右,地层分布自上而下为:人工填土层,包括粘质粉土层、粉质粘土层、

1 工程概况与特点

1.1 工程概况

北京地铁 13 号线东直门车站地下方厅位于东

收稿日期:2007-06-04

作者简介:许先水(1973-),男(汉族),重庆璧山人,中铁十六局集团第二工程有限公司,地下建筑工程专业,从事地下工程施工工作,北京市朝阳区东三环双井桥东南角北京地铁十号线第十八标段项目部(100022),xuxianshui@163.com。

素填土层、杂填土层、卵石填土层;第四纪全新冲洪积层,为粉细砂层;第四纪更新世冲洪积层,包括圆砾层、中粗砂层、粉细砂层、粉质粘土粘质粉土层、中细砂层。

地下水主要为上层滞水、潜水和承压水。上层滞水水位标高 38.18 ~ 39.27 m,含水层为粘质粉土粉质粘土层、素填土层、杂填土层,主要接受大气降水和地下管道渗漏补给;潜水水位标高 25.48 ~ 26.17 m,含水层为圆砾层、中粗砂层,主要接受侧向径流及越流补给;承压水水头标高 21.88 ~ 23.38 m,含水层为粗砂层,主要接受侧向径流补给。

方厅顶板标高 33.0 m,底板标高 25.3 m,进入潜水层约 1 m,西侧位于杂填土、卵石填土、粉细砂、圆砾层,东侧位于粉质粘土粘质粉土、粉细砂、中粗砂层。顶部填土层结构松散,土体自稳能力较差,在施工过程中,由于地应力平衡受到破坏,同时受地下水的影响,可能产生坍塌、流砂、涌水、潜蚀等工程问题。

1.2 工程特点

综合以上叙述,该工程具有如下特点。

(1)地质环境条件复杂。工程主要位于人工填土层,结构围岩土体松散,自稳能力差,易坍塌,受到地下水的影响;结构上方为交通要道,车流量大,地面震动大,更增加了土体的不稳定性。

(2)结构跨度大,施工难度大。方厅为平顶矩形框架结构(毛洞 25.8 m × 36.8 m × 7.7 m),属大跨度地下结构。

(3)工程量大,工期紧。方厅开挖土方约 7000 m³,在开工日期延迟的情况下,仍需按原竣工日期完成任务,对工序安排、工程管理水平提出的要求更高。

(4)施工工序复杂、转换频繁,必须合理安排各工序,做好受力转换,确保结构的受力平衡。

(5)二次衬砌采用分段跳格法施工,施工缝众多,如何处理施工缝部位的防水,保证砼的防水效果是本工程的重点。

2 施工方案

2.1 设计变更

根据原设计方案,地下方厅的土方运输任务主要由施工竖井承担,4号风道不承担地下方厅的出土任务,但仅仅依靠施工竖井难以完成既定出土任务,因此将4号风道拓宽 50 cm,中线偏移后直接进入地下方厅 3-6号导洞施工,以增加作业面,从而

减轻施工竖井的运输压力。同时将原 2 步开挖改为 3 步开挖,以及时封闭掌子面,最大限度减少围岩的暴露时间,预防开挖坍塌。

2.2 初期支护施工方案

施工初期拟定了 4 套施工方案,总体可归为明挖法和暗挖法施工 2 种,即明挖法施工、盖挖逆作法施工、中隔墙及中隔板采用钢支撑法施工、中隔墙及中隔板采用格栅网喷砼法施工。根据比选,最后确定中隔墙及中隔板采用格栅网喷砼法施工,虽然格栅制作费用较高,后期钢筋砼的破除量较大,但在浅埋暗挖施工过程中,安全系数较大,尤其在地面交通繁忙的地区施工,为保证地面交通的畅通以及地下管线的安全,临时支撑采用格栅网喷砼是最安全的施工方法。

根据地下方厅的结构特点及所处的地质条件,将地下方厅分为 11 个导洞,每个导洞按上中下台阶顺序进行开挖,3、4 号导洞跳格开挖(上中下台阶长度相距 3 ~ 5 m,相邻导洞纵向距离 3 ~ 5 m)。换乘通道中洞在距开口 4.8 m 时逐步挑高进入 3-5 号导洞施工,2 号导洞开口部位的临时梁柱完成后,开口施工 2 号横通道,2 号横通道施工完成后,施工相应部位的临时梁柱进入 3、4 号 11 个导洞的施工。施工顺序为:先施工 3 号导洞,后施工 4 号导洞。其中 3-6 号导洞从 4 号风道开辟工作面(详见图 2),3 号导洞初期支护完成后即施工相应部位的二衬梁柱,二衬梁柱完成后分段跳格施工其余部位的二次衬砌,每段施工长度为 6 m。衬砌施工完成后再进行污排水泵房的施工。

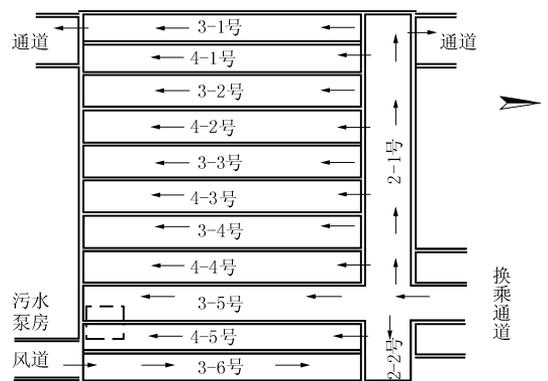


图 2 方厅初期支护施工顺序图

为了保证施工安全,在导洞开挖轮廓线周边打设超前注浆小导管(见图 3),以加固地层,形成支撑管棚;掌子面采用双液浆注浆固化围岩,防止施工塌方。地下方厅底板标高进入潜水层约 1 m,在开挖时需进行降水,降水采用洞外降水为主、洞内降水为

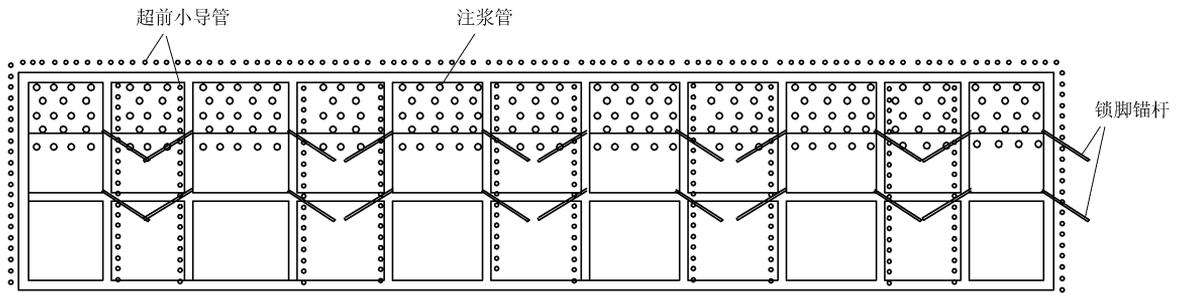


图 3 小导管布置图

辅的方式进行,保证干作业施工条件。施工时贯彻“短进尺,早支护,快封闭,勤量测”的原则并对围岩和支撑进行动态监测,加强对掌子面的地质观察,及时了解施工动态。

2.3 二衬施工方案

先施工地下方厅 3-5 号底梁、柱,再施工顶梁;先施工地下方厅 3-4 号底梁、柱,再施工顶梁;6 m 跳格施做 3-5、3-4 号中间顶板;依次循环施做其他梁柱,并将梁柱间顶板连为一体;柱 B1、柱 B4、柱 E1、柱 E4 之间顶梁,顶板混凝土浇注完毕,施做墙、底板混凝土,开辟运输通道后施做 3-1、3-2 号间、2 号导洞二衬砌。

3 施工监测及结果分析

地下方厅为国内最大的平顶浅埋暗挖地下结构,由于结构、工序、受力的复杂性,施工过程中受力转换尤显关键,而采用监控量测方法实时监控施工过程中围岩、支护、衬砌结构等之间的受力转换具有很重要的指导意义。

3.1 监测项目

施工监测是保证施工安全的重要环节,整个施工过程贯彻“管超前、严注浆、短开挖、强支护、勤量测”的原则,实行信息化设计施工。

监测项目如表 1 所示。

表 1 主要监测项目表

测量项目	测点布置	测量要求	测量断面间距
净空水平收敛量测	①初期支护 12、13 号点之间的水平线	变形速度 > 10 mm/d, 1~2 次/天	间距为 10 m
	②初期支护 14、15 号点之间的水平线	变形速度 10~5 mm/d, 2 次/天	
	③二次衬砌 12"、13"号点之间的水平线	变形速度 5~1 mm/d, 1 次/2 天	
	④二次衬砌 14"、15"号点之间的水平线	变形速度 < 1 mm/d, 1 次/周	
拱顶下沉量及底板隆起	①初期支护 1~11 号点、16~26 号点	变形速度 > 10 mm/d, 1~2 次/天 变形速度 10~5 mm/d, 2 次/天	间距为 10 m
	②二次衬砌 1"~11"号点、1~26 号点	变形速度 5~1 mm/d, 1 次/2 天 变形速度 < 1 mm/d, 1 次/周	
衬砌及钢筋应力量测	①初期支护 1'~26'号点、1"~26"号点 ②二次衬砌 1'~26'号点、1"~26"号点	测量初期支护、二次衬砌及钢筋随施工过程的应力变化	选择 5~10 个典型断面
压力量测	①初期支护 1'~26'号点 ②二次衬砌 1~26 号点	测量结构施工及使用后围岩与地层的压力关系 测量结构施工及使用后初期支护与二次衬砌的压力关系	选择 1~2 个典型断面
地表沉降	1~42 号点	测量应在开挖工作面前方 H (H 为地面到结构底板的距离) 处开始,直至衬砌结构封闭、下沉基本停止时为止	按图纸所示
洞内观测	每次开挖后对开挖面进行观测,如发现地质异常应立即通知施工负责人进行处理;对已施工的区段每天至少观察一次,如发现结构开裂、突出等异常现象立即采取应急措施		

3.2 位移监测

3.2.1 位移测量项目

3.2.1.1 地表沉降观测

(1) 监测项目:所有暗挖项目周围地面沉降量观测。

(2) 监测方法:观测点布置方法见图 4,用精密水准仪进行观测,与初始数据进行对比分析,并绘出地面变形曲线图。

(3) 监测频率及仪器:频率见表 1,仪器为水准仪、钢卷尺。

3.2.1.2 净空收敛量测

(1) 目的:通过量测暗挖项目侧壁间的相对位移,来判断围岩的稳定性。

(2) 观测频率:见表 1。

(3) 量测仪器:收敛仪。

(4) 信息反馈:对收敛数据进行分析,其安全指

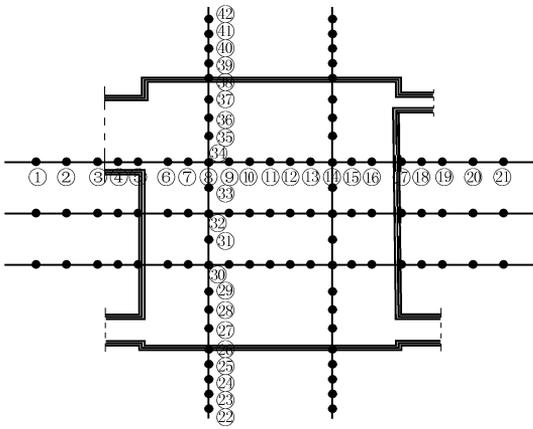


图4 方厅地表沉降测点布置示意图

标为地下结构稳定性的指标。

(5)测点布置:见图5、6。

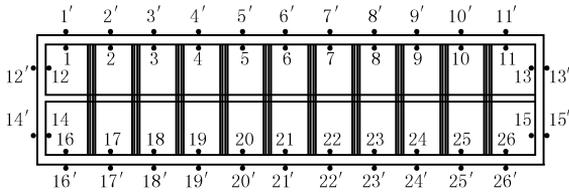


图5 方厅初支横断面测点布置示意图

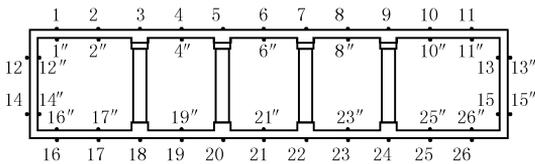


图6 二衬砌结构横断面测点布置示意图

3.2.1.3 拱顶下沉观测及底板隆起量测

(1)量测目的:监测暗挖方厅拱顶下沉量和底板隆起量以判断支护效果,指导施工工序,保证施工质量和安全。

(2)量测方法:利用拱顶变位计或精密水准仪、钢卷尺对拱顶位移和底板位移进行观测,利用读数差系列数据组合,分析判断结构的收敛状况。

(3)信息反馈:从量测数据可以分析确认围岩的稳定性,尤其可以预报拱顶塌方的信息。

(4)观测点布置:见图5、6。

3.2.2 位移监测方法

地下方厅地面为东直门交通枢纽,监控量测非常重要,针对砼路面强度大,即使拱顶沉降大,但也不一定反映到混凝土路面的特点,我们采取钻孔设置沉降钢筋的方法予以解决,具体钻孔设置沉降钢筋做法见图7。

3.2.3 位移监测结果

风道位移监测结果如图8所示。图中第一个点

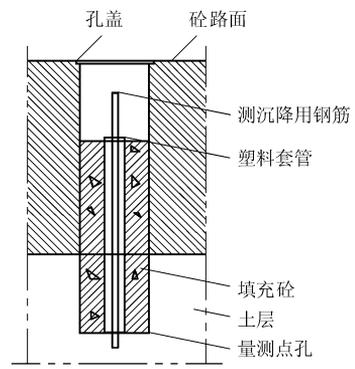


图7 路面沉降点做法示意图

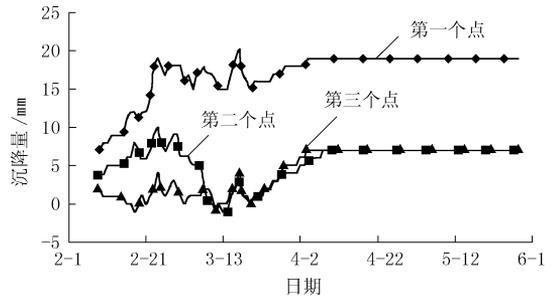


图8 风道位移监测时间-沉降量关系曲线图

为风道开始开洞的测点,另外2个点是风道中间的点,3个点之间距离各为15 m。

3号第3个导洞位移监测结果如图9所示,反映了掌子面推进时各个断面的总沉降位移量,3个点之间距离各为5 m。

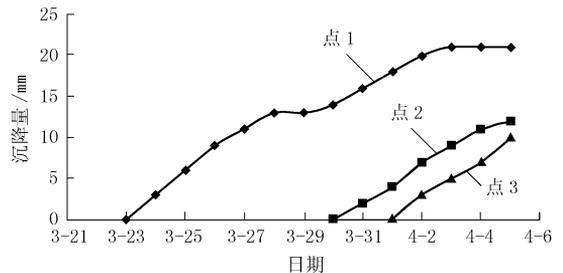


图9 3号第3个导洞位移监测结果图

4号第3个导洞位移监测结果如图10所示。该图以测量开始点的位移值作为开始位移,反映了掌子面推进对已经形成的初衬沉降的反映,4个点之间距离各为5 m。

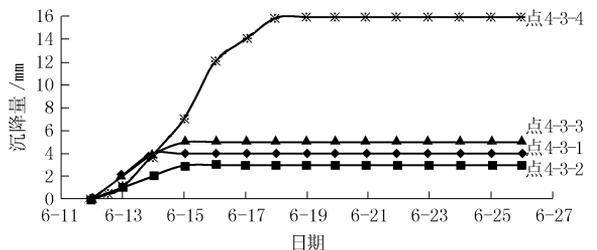


图10 4号第3个导洞位移监测结果

从变化曲线可以看出,小导管超前注浆效果较好,注浆形成的拱效应明显,初衬结构上中下台阶封闭 2 天后,拱顶基本稳定;破除中隔墙时,原中隔墙受力重新分布到二衬梁柱上,虽然进行了初衬与二衬间同强度填充注浆,但仍可能有微小缝隙,其次因该沉降监控点布在梁与梁之间,方厅为平顶结构,梁间顶板易下沉产生挠度,从而使破除中隔墙时沉降较大。

3.3 围岩受力检测

3.3.1 元件埋设

架设格栅后,在格栅顶部埋设 JXY-4 型土压力传感器和 JXG-1 型钢筋应力传感器,用铁丝固定于格栅上,然后喷射砼,本工程测试元件共设 6 组,分别置于 3-1、3-2、3-3、3-4、3-5、3-6 导洞顶部。

3.3.2 测试结果

测试结果如表 2 所示。

表 2 围岩受力检测表

项目位置	钢筋受力/kN	土压力/kPa	钢筋应力幅值/kPa
3-1	93.4	36.5	20.5
3-2	88.6	30.3	21.3
3-3	90.2	32.1	22.7
3-4	91.7	31.4	17.4
3-5	85.3	29.8	16.5
3-6	86.8	32.7	18.6

3.3.3 测试分析

以地下方厅 3-1 号导洞作为分析对象,测得拱顶的静止土压力值远小于开挖前的自重应力(自重应力 $\sigma = 19.6 \times 11 = 215.6 \text{ kPa}$),说明方厅在开挖过程中,由于采用了超前小导管注浆技术及初期支护的棚架作用,使得拱顶受力状态发生了变化,出现了拱效应。

3.4 小结

采用群洞法施工平顶大断面地下结构,导洞初期支护用中隔墙及中隔板采用格栅网喷射法,加上超前小导管注浆加固及可靠的监控量测、围岩受力检测作为辅助手段,使本工程的施工始终处于受控状态,并取得了成功。

4 前景展望

浅埋地下方厅浅埋平顶群洞暗挖施工法的应用,开创了我国浅埋大断面地下平顶结构施工的先河,并结合相应的监控量测技术,使在城市闹市区施工大断面平顶地下结构成为现实,对类似工程建设具有重要的借鉴意义。

参考文献:

- [1] TB 10204-2002,铁路隧道施工规范[S].
- [2] GB 50299-1999,地下铁道工程施工及验收规范[S].
- [3] GB 50026-93,工程测量规范[S].
- [4] JGJ/T 8-97,建筑变形测量规程[S].

2008 年《矿业快报》征订启事

《矿业快报》杂志创刊于 1985 年,是经国家新闻出版署批准发行、中钢集团马鞍山矿山研究院主办的全中性矿业类科技期刊,中国核心期刊,中国学术期刊、万方数据-数字化期刊群全文收录期刊。主要报道内容:近期国内外重大科技方针和产业政策;国内外采、选、综合利用、环保等专业的技术进展情况;现场实用技术;新技术;新设备、新产品的开发与应用;矿业数据,国家矿山在建拟建项目信息,市场动态,专利简介,供求信息等。刊物汇集了大量的行业数据和项目信息,文章内容贴近现场实际生产,实用性强。

《矿业快报》为月刊,国际标准大 16 开,国际标准刊号 ISSN1009-5683,国内统一刊号 CN34-1226/TD,邮发代号 26-196,每期定价 10.0 元,全年定价 120 元。读者可到当地邮局或直接在编辑部订阅。

《矿业快报》设计印刷精美,质量上乘,辟有广告业务,价格合理,广告售后服务周到,是您在矿业行业树立品德,扩大产品影响的最佳选择。广告客户除获得我们提供的产品推荐、项目咨询等信息服务外,还可在中国矿业 114 网站上进行同步宣传。

地址:安徽省马鞍山市湖北路 9 号 158 信箱(243004);电话:0555-2404809;传真:0555-2475796; E-Mail:zgky114@126.com;网址:www.ky114.cn