

# 盾构施工监测影响分析

张志军

北京致远工程建设监理有限责任公司 北京 100000

**摘要:** 盾构施工不可避免的引起一定范围内土体的变形, 位于盾构影响范围内土体的变形而导致其建筑物或地表受力条件发生变化, 导致沉降、倾斜、断面变形等现象, 尤其是在埋深较浅的地层影响明显。因此, 对盾构施工中的地表沉降进行监测, 并研究其发展规律及影响的主要因素, 对保护周围环境具有重要的意义。通过监测不但可以有有效的预测和控制沉降变形, 将施工地面沉降影响减少到最低程度, 保证工程工期、安全, 减少工程总体造价。盾构法施工有机械化程度高, 掘进速度快, 对环境影响时间短、程度低, 施工管理容易等特点。通过工香区间盾构施工的现场监控量测数据的统计分析, 对既有线结构和地表的沉降进行监测, 平稳、匀速连续掘进施工对既有线影响较小, 盾构刀盘进入前有微微隆起, 盾体通过和盾尾脱出沉降集中发生, 无法避免的造成沉降, 是影响的主要原因, 在土体变形前快速二次补浆及径向注浆相结合可以有效的控制沉降。总结出盾构施工对地面沉降影响情况, 为以后类似的工程积累资料。

**关键词:** 盾构施工; 地表沉降; 土体变形; 监测

## 1 盾构施工特点

优点:

(1) 不受地面交通、管线、建筑、河道、季节等条件影响。(2) 盾构推进、出土、衬砌拼装等可实现自动化, 劳动强度较低, 施工进度快。(3) 地面人文自然景观受到良好的保护。

缺点:

(1) 机械造价高, 安装调试工艺复杂, 在饱和软质土层中推进。(2) 地表沉降风险较大。

## 2 盾构施工对建筑物的影响

盾构施工将引起一定范围内地层的变形。对于位于影响范围内土体的变形而导致其外力条件发生变化, 而外力条件的变化又将使沉降、倾斜、断面变形等现象。因此, 外力条件变化程度将随建筑物与盾构掘进的位置关系、地基土的性质、已有建筑物的结构条件等的不同而不同。外力条件的变化类型主要有以下4种:

(1) 地层应力释放引起的弹塑性变形, 导致建筑物地基反力的大小和分布发生变化。这主要由开挖面坍塌、盾构蛇行与超挖、盾尾间隙的产生、衬砌变形等引起;

(2) 因有效覆土压力的增大而导致的土体压密沉降, 使建筑物地基的垂直土压力增大。这主要是由各种因素导致的水位下降而引起;

(3) 因土体负载而导致的弹塑性变形, 使建筑物下地基的土体压力增大。这主要是由盾构推力过大、盾构与周围土体间的摩擦、壁后注浆压力等引起;

(4) 因土性变化而导致的弹塑性沉降和蠕变沉降,

引起建筑物地基的反力分布发生变化。它主要是由于盾构施工对周围土体的扰动而使土性发生变化所引起。<sup>[1]</sup>

## 3 工香区间盾构沉降情况实例

### 3.1 工程概述

本工程为17号线09标工人体育场站~香河园站区间, 沿新东路向北, 途经大使馆区, 下穿亮马河, 下穿机场线东直门~三元桥区间, 下穿二环~机场路联络线北线高架桥。从香河园站始发约160m后左线于ZK26+582.483~ZK26+603.302(128~153环), 右线于YK26+598.647~YK26+618.870(142~167环)处下穿既有机场线。下穿段长度约30米, 最小垂直净距约2.94m。左线曲线半径为420m, 28‰下坡; 右线曲线半径为350m, 26‰下坡。

盾构隧道在穿越区域埋深约24m, 盾构管片外径6.4m, 下穿段洞身穿越地层主要为中砂、粉质粘土、圆砾层, 该段所处土层地下水大部分为层间潜水~承压水(四)和承压水(五), 含水层为中砂及粉细砂层。拱顶与既有线夹层土主要为粉细砂。既有线所处地层主要为粉质黏土层。

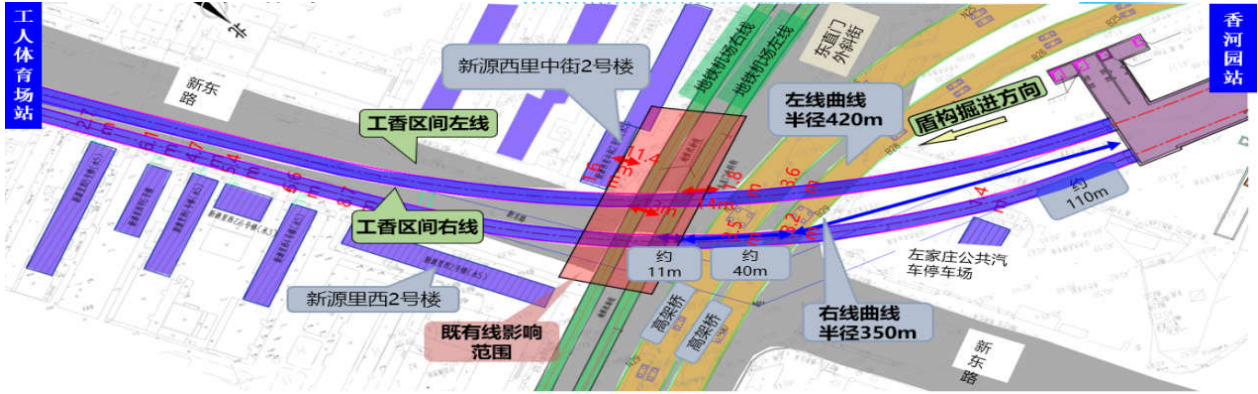
既有地铁机场线东直门站~三元桥站区间采用盾构法施工。于2008年7月19日全线开通。隧道管片外直径为6m, 管片厚度0.3m, 线间距13m。本次穿越既有地铁机场线区间范围位于半径1500米的缓和曲线段, 6.55‰下坡段。<sup>[2]</sup>

施工重难点: 工~香区间穿越既有机场线采用盾构法施工, 竖向最小净距2.94m, 施工安全风险极高。

工~香区间始发约160米后即进入既有线范围,距离较短,对总结经验带来很大难度。期间还需穿越二环~机场联络线高架桥、新源西里中街2#楼,地下管线较多,对施工组织及工序安排考验极大。

本次穿越既有机场线最小曲线半径为 $R = 350$ 米(右线),最大坡度为28‰下坡,对施工控制要求极高。

既有地铁机场线区间采用感应板道床,沉降控制标准为+1、-2mm,控制标准极为严苛。



### 3.2 布点情况

测区范围内地表监测点每20米一排,既有线道床竖向变形 48 个测点、无缝线路钢轨位移 8 个测点、隧道结构竖向变形 24 个测点、管片错台 12 个测点、隧道结构收敛 12 个测点、感应板几何形位 24 个测点进行了 1 次

监测,对隧道沉降自动化 16 个测点进行了 1 次监测。

### 3.3 既有线监测情况

对地表沉降采取每环进行一次监测,通过每一环完成后的监测,分析出盾构机从下穿前、下穿过程中、通过后及后期的测点沉降变化。

#### 所涉及测点沉降变化情况:

测点点位	盾构穿越前沉降	盾构正上方沉降	盾构穿越后沉降	后期沉降
DB-100-1	+0.3	-0.5	-0.4	-0.79
ZDB-07-02	0	-0.5	0	0
DB-100-02	+0.2	-0.6	-0.6	0
ZDB-08-02	+0.4	-0.3	-0.7	0
ZDB-100-03	+0.1	-0.5	-	-
平均值	+0.2	-0.48	-0.34	-0.2

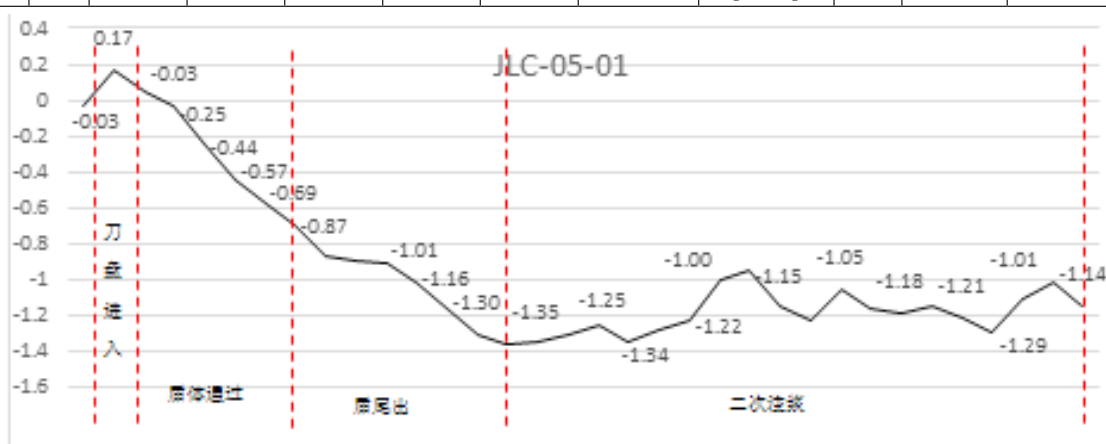
结合测点变化,在盾构穿越前地面会出现约0.2mm 的隆起,而在穿越过程到穿越后,在到后期沉降分别由-0.48mm、-0.34mm、-0.2 mm的沉降。综上,单个测点最终累计沉降约为+0.2mm~-1.54mm。<sup>[3]</sup>

北京地铁17号线 工香区间穿越机场线东直门站~三元桥站区间 静力水准实时自动化监测报表

测点编号		测点位置	初始测量值(mm)	上次测量值(mm)	本次测量值(mm)	本次变化值(mm)	累计变化量(mm)	控制值		监测结论	初始观测时间	观测时间	备注
							速率(mm/d)	累计变化值(mm)					
JLC-03-01		上行	-0.01	0.62	0.55	-0.06	0.56	1.0	[-2,+1]	正常	2019/7/15	2019/7/23	
JLC-04-01			0.05	-0.19	-0.11	0.08	-0.16	1.0	[-2,+1]	正常	2019/7/15	2019/7/23	
JLC-05-01			0.01	-1.00	-1.13	-0.14	-1.14	1.0	[-2,+1]	正常	2019/7/15	2019/7/23	左线盾构中心线
JLC-06-01			0.05	-0.99	-0.91	0.08	-0.96	1.0	[-2,+1]	正常	2019/7/15	2019/7/23	
JLC-07-01			0.03	0.82	0.71	-0.11	0.68	1.0	[-2,+1]	正常	2019/7/15	2019/7/23	
JLC-08-01			-0.04	0.45	0.60	0.15	0.64	1.0	[-2,+1]	正常	2019/7/15	2019/7/23	左线盾构中心线
JLC-09-01			0.18	0.68	0.78	0.10	0.60	1.0	[-2,+1]	正常	2019/7/15	2019/7/23	
JLC-10-01			-0.16	0.43	0.53	0.11	0.69	1.0	[-2,+1]	正常	2019/7/15	2019/7/23	

续表:

监测日期: 2019年7月23日		仪器名称: 电容式静力水准仪										
测点编号	测点位置	初始测量值(mm)	上次测量值(mm)	本次测量值(mm)	本次变化值(mm)	累计变化量(mm)	控制值		监测结论	初始观测时间	观测时间	备注
							速率(mm/d)	累计变化值(mm)				
JLC-03-02	下行	-0.09	-0.20	-0.01	0.19	0.08	1.0	[-2,+1]	正常	2019/7/15	2019/7/23	
JLC-04-02		0.08	-0.60	-0.45	0.15	-0.53	1.0	[-2,+1]	正常	2019/7/15	2019/7/23	
JLC-05-02		0.09	-0.79	-0.78	0.02	-0.87	1.0	[-2,+1]	正常	2019/7/15	2019/7/23	左线盾构中心线
JLC-06-02		-0.01	-1.32	-1.26	0.06	-1.25	1.0	[-2,+1]	正常	2019/7/15	2019/7/23	
JLC-07-02		-0.16	-0.44	-0.21	0.23	-0.05	1.0	[-2,+1]	正常	2019/7/15	2019/7/23	
JLC-08-02		0.10	0.04	0.26	0.22	0.16	1.0	[-2,+1]	正常	2019/7/15	2019/7/23	左线盾构中心线
JLC-09-02		0.15	0.23	0.50	0.27	0.35	1.0	[-2,+1]	正常	2019/7/15	2019/7/23	
JLC-10-02		0.04	0.17	0.17	0.00	0.13	1.0	[-2,+1]	正常	2019/7/15	2019/7/23	



### 3.4 监测分析

通过对机场线的监控量测数据分析和隧道现场施工的情况,可以得到以下主要结论:

(1) 盾构刀盘进入前可通过提高土压方式避免前方土体下沉(左线微沉,右线微隆),最终证明微微隆起有利于后期沉降控制;

(2) 刀盘通过无法避免的造成沉降,约占总量的50%;

(3) 盾体通过期间沉降继续发展,但可通过同步注浆系统进行控制,使得该阶段沉降控制在0-10%;

(4) 盾尾脱出沉降集中发生,可通过同步注浆系统进行控制,但后期效果不佳,需要紧跟二次注浆抬升,沉降约占总量的40-50%;

(5) 盾尾通过后,必须通过持续观测,继续二次补

浆,通过预留的球阀对通过的管片进行二次补浆持续至变形稳定,可通过二次补浆对已沉结构进行微量抬升。

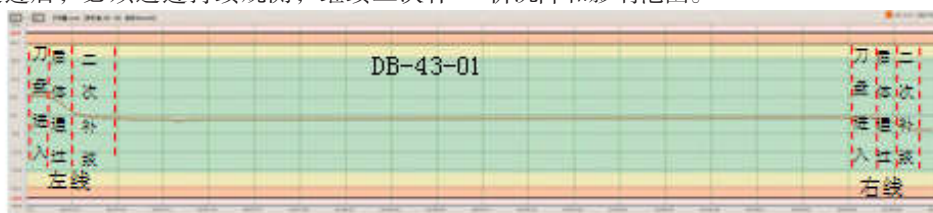
(6) 盾构在3m位置穿越盾构区间,施工影响区约为8m,施工左线对右线测点基本无影响。

(7) 本次实施监测的区间测量条件较好,车轻短、运营压力小、对既有线监测影响小,可参考用于及指导其他区间监测。

(8) 本次实施监测的区间埋深较深、下穿净距小,数据可在最短时间反馈出来;与施工控制实时联动。

### 3.5 地表沉降情况

左、右线盾构间距8米,隧洞拱顶埋深20.6米,选取同一断面左右线上方地表监测点,监测点间距14.5米,分析沉降和影响范围。



左线上方监测点DB-43-01刀盘进入微微隆起1.73mm,盾体通过沉降-4.73mm,盾尾脱出-5.88mm,右线上方监测点DB-43-02监测点有1.5mm的变化。右线盾构通过式时DB-43-02刀盘进入微微隆起0.29mm,盾体通过沉降-4.92mm,盾尾脱出-4.08mm,DB-43-02监测点微微隆起0.5mm,盾体通过沉降-9.42mm,盾尾脱出-10.59mm。从图中可以看出左线盾构通过上方监测点沉降明显,距离8米左右影响就很小了,二次注浆在盾尾脱出后8-10环开始注浆,效果不明显,没有有效的控制沉降。右线盾构通过时左右上方监测点都有5mm的沉降量,说明地层经过二次扰动后,影响范围扩大了。

### 结论

通过地表沉降可以看出盾构刀盘进入微微隆起,盾体通过和盾尾脱出沉降较大,二次注浆不及时,土体发生变形是不可逆的,松散的地层受扰动影响较大,后期通过二次注浆能减小沉降;

平稳、匀速连续掘进施工对既有线影响较小,及时

二次回填注浆及径向注浆相结合,进一步减小既有线的沉降变形。下穿过程中通过实时监测数据的调整使得施工对既有线及周边环境影响较小,监控信息进行实时监测,通过沉降变化及时指导盾构施工。本次解决了盾构区间下穿控制要求严格的机场线盾构区间难题,在施工前通过设置试验段环节总结经验、施工中通过各种措施的落实和执行结合并参考实时监测手段,及时调整施工中各项参数,确保施工过程风险可控,确保了施工的安全质量。今后该项技术可以在同领域项目进行推广,以适用更多项目的安全风险控制。

### 参考文献

- [1] 盾构施工对周围建筑物的安全影响及处理措施 付鹏飞;《城市建设理论研究(电子版)》;2013-10-15
- [2] 北京地铁17号线盾构区间主体结构 39-40页
- [3] 城勘院-北京地铁17号线工程工人体育场站~香河园站区间下穿机场线东直门站~三元桥站区间工程 第2期 3页