

文章编号:1009-7767-(2002)03-0014-07

盾构法在污水管线建设中的应用

邝 诺

北京城市排水集团基建工程部,北京市丰台区,100078

摘 要 文章回顾总结了盾构法在北京污水管线建设中的应用情况,指出加泥式土压平衡盾构机可作为北京地区盾构施工的主流机型,并论述了盾构法施工的特点和质量保证的措施。文章还综合分析了各种暗做工法的优劣,阐述了盾构法的经济效益,提出了进一步发展盾构法施工的具体建议和方向。

关键词 盾构 盾构法 土质适应性 地层损失

中图分类号:TU94+1

文献标识码:D

Application of Shield Method in Construction of Sewage Pipe Line

Kuang Nuo

1999 年在北京地区首次应用盾构法建设了亮马河北路污水截流管线工程(盾构管线长 1675m),该项目的成功,实现了北京地区地下工程综合施工技术水平的一次飞跃,也为北方城市污水管线施工开拓了思路。自此以后,北京又应用盾构法建设了坝河、清河及凉水河污水截流管线工程,总计约 12.2km。本文旨在以这些项目为背景,就盾构法在污水管线建设中的应用进行阐述和总结,以飨读者。

1 盾构法特点及北京污水盾构隧道概况

盾构机械、开挖面挡土方式和衬砌是盾构法施工的三大要素,用盾构法修建的隧道称为盾构隧道。盾构按其开挖面挡土方式可分为开放式、半开放式和封闭式三类,其中封闭式盾构成为现代盾构施工技术的主流。

采用封闭式盾构施工污水干线主要优点如下:(1)同暗挖法和传统的人工顶管法相比,无需沿线施工降水,避免了因降水引发的地面沉降和地下水资源的浪费;(2)可将地面沉降量严格控制在允许范围内。因其可通过合理调整盾构施工参数,控制正面土体的稳定,又可利用同步注浆和多次补浆技术,及时充盈盾尾建筑空隙,抑制侧面土体变形。在北京地区一般可将地面沉降量控制在 10mm 内;(3)盾构法在控制地面沉降方面的优越性和极少的施工占地(主要是工

作井占地),势必最大程度地减少项目建设中地面拆迁、地下改线和协调配合,可节约投资提高效率;(4)对环境影响小,是一种能最大程度地符合环保要求的施工技术。首先,平均日进尺 14m 的进度可实现污水干线的快速建设;其次,能最大限度地避免影响交通,减少扰民和民扰,保护已有的绿化环境;再者,大大改善了工人的作业环境;(5)尾隙注浆可提高隧道的抗渗性能。其缺点是设备一次性投入大,设备断面尺寸和形状不易改动,这在客观上就要求污水干线的断面和结构形式要标准化。

自 1999 年至今,北京地区应用盾构法修建的污水管线约 12.2km。所用盾构类型为加泥式土压平衡盾构,由日本 IHI 制造,两台盾构机直径分别为 $\phi 3.33\text{m}$ 、 $\phi 3.64\text{m}$,设备主要技术参数见表 1。衬砌断面为圆形,采用钢筋混凝土预制管片,通缝拼装;管片由封顶块、标准块和邻接块构成,共 5 块;管片纵、环向均采用 M24 弯螺栓手孔式连接;衬砌接缝防水采用水膨性橡胶和氯丁橡胶复合压制成的弹性密封垫。管片设计强度 C50,抗渗等级 S8,衬砌单环宽 1m。

盾构穿越的土质多种多样,亮马河及坝河穿越的土质条件主要是轻亚粘土、亚粘土、亚砂土和砂土;清河穿越的土质条件则是掘削断面内大部分为砂卵石,底部有部分粘性土,卵石平均直径 6~8cm,最大直径

15cm;凉水河盾构碰到的地质条件更加恶劣,盾构在全断面砂卵石层中掘进,含砂率 20% ~ 25%,卵石最大直径 25cm。水文条件,亮马河、坝河及清河盾构在地下水位以下掘进,地下水为潜水和滞水的混和水,

而凉水河盾构却在地下水位以上掘进。由此可见,在工程水文地质条件发生变化时,盾构法仍具有广泛的适用性。

设备主要技术参数

表 1

名称	项目	参数指标		名称	项目	参数指标	
		φ3.33	φ3.64			φ3.33	φ3.64
盾构本体	灵敏度	1.8	1.7	螺旋机系统	驱动方式	液压驱动	液压驱动
	盾尾空隙	40mm	50mm		转速	0 - 22.4 r/min	0 - 17.6 r/min
					出土能力	39.2m³/h	61.9m³/h
					螺距	300mm	330mm
推进系统	推力 * 支数	800kN * 12	1000kN * 12	盾尾密封	密封结构	3 道	
	最大推进速率	53mm/min	50mm/min		密封材料	钢丝刷 + 保护板 + 油脂	
掘削系统	最大扭矩	820kN·m	1005kN·m	备注	φ3.33m 盾构机总重 68t,总功率 232.25kW;φ3.64m 带中折		

2 盾构法中的地质勘察

盾构推进时受到千斤顶推力和土体对盾构的反作用力,盾构姿态的调整实际上是调整这两个力的相对关系,譬如盾构下卧层软硬差异或土性变化都会影响控制盾构轴向高程的技术指标。盾构掘削断面内掘削土的粘粒含量、含砂率以及卵石直径不仅关系到泥土塑流化的措施以及土压力的设定(对土压平衡盾构)或泥水的浓度和泥水压力的设定(对泥水平衡式盾构),而且对盾构排土机构、切削机构的正确设计,刀盘、刀具和排土机构的耐磨措施都有重要影响;再者地下水的性质、埋深则关系到盾构机防水密封的合理设计。诸如此类的事实表明了盾构法施工中,地质勘察工作的重要性。

盾构法施工中地质勘察工作应针对盾构法的特点和盾构法施工中所涉及到的工程问题进行合理细致的计划,并在这一计划的指导下完成。足够详细的地质资料和环境资料有助于盾构选型、基本施工技术方案的合理制定、局部复杂条件下的技术措施和工程造价的可靠估计。目前盾构隧道地质勘察依据的主要规范和标准是市政工程勘察规范(CJJ56-94)。北京地区污水干线的地质勘察其范围涵盖了盾构施工的主要影响范围。钻孔间距原则上为 50m,实际操作中常根据地面情况予以调整,一般在 40 ~ 70m。钻孔沿隧道轴线交叉布置,孔位距隧道外侧 3 ~ 5m,且钻孔均用粘土填实,技术钻孔的深度至少大于隧道底部以下 1.5 倍 D(D:隧道直径)。钻探剖面分为纵向和横向两类。合理细密的钻孔布置能够最大程度地保证地质剖面图的连续性和可靠性,为盾构顺利推进奠定基础。

3 北京地区地质情况及盾构选型

3.1 北京地区污水隧道所处的一般工程水文地质条件

北京市位于永定河冲洪积扇上,平原表面主要覆盖第四系巨厚沉积物,该地层发育呈西薄东厚分布,自上而下可分为四层:①层填土(Q^m_1),以杂填土为主,结构松散,厚度 2m 左右;②层(Q^m_2, Q^m_3)为第四纪全新世沉积层,主要是粘质粉土、中细砂和粉质粘土互层,局部出现砂质粉土。该层厚度几至 20 几米不等,其中中细砂层分布不连续,呈透镜体穿插,层厚一般 2 ~ 4m,局部可达 6m,中细砂层和粉质粘土层均呈饱和状态;③层(Q^m_3, Q^m_4)主要为中砂、粉质粘土和砂卵石互层,层面起伏大,基本呈韵律分布,厚度 20 ~ 40m 左右。其中砂卵石层饱和密实,卵砾石大小混杂,粒径西部大东部小,最大直径 21 ~ 25cm,该层一般与粉质粘土和中砂层交替出现;④层以细砂、粉质粘土和砂卵石为主,埋深大于 40m,工程一般涉及不到。各土层主要物理力学参数参见表 2。

北京地区地下水分布总体呈西北高东南低,埋深浅处 3 ~ 6m,深处大于 14m,整个第四纪覆盖层约有 3 ~ 5 个含水地层,其分布和埋藏情况大致如下:在表层土中普遍含上层滞水;第一含水层为②层中的中细砂层,顶面埋深 3 ~ 9m,层厚 2 ~ 4m,属潜水含水层;第二层含水层为③层中的中砂层,埋深 15 ~ 28m 左右,为第一承压含水层;第三层含水层为③层中的砂卵石层,埋深 15 ~ 30m 左右,为第一承压含水层,其部分地段与第二承压含水层贯通;第四、第五含水层为④层中的细砂和砂卵石层,埋深大于 40m,为第二承压含水层。北京地区污水隧道或其它地下构筑物主要埋藏在②层和③层中,因而北京地区地下工程施

工中,具有代表性的地层为粘质粉土、粉质粘土和砂性土及砂卵石土。第四纪②层土体自稳性较好,施工

留意点为中细砂透镜体,③层土体稳定性较差,隧道施工难度较大。

各土层主要物理力学参数(一般值)

表 2

土 层	容重 kN/m^3	含水量 (%)	孔隙比	内聚力 (kPa)	内摩擦角	渗透系数 (cm/s)	标贯击数
①填土	16 ~ 19	20 ~ 30	0.7 ~ 1.0			10^{-3}	
② ₁ 粘质粉土	19 ~ 21	19 ~ 25	0.4 ~ 0.8	5 ~ 10	23 ~ 33	$10^{-7} \sim 10^{-5}$	10 ~ 14
② ₂ 中细砂	21	15	0.5			10^{-3}	20 ~ 30
② ₃ 粉质粘土	16 ~ 24	20 ~ 30	0.6 ~ 0.8	20 ~ 40	12 ~ 21	$7 \times 10^{-8} \sim 10^{-5}$	7 ~ 20
② ₄ 粘质粉土	16 ~ 24	20	0.5 ~ 0.7	15 ~ 25	20	$10^{-8} \sim 10^{-6}$	12 ~ 29
③ ₁ 中砂						10^{-2}	30 ~ 50
③ ₂ 砂卵石						10^{-1}	50
③ ₃ 粉质粘土	24 ~ 28	25	0.6 ~ 0.8	40 ~ 60	24 ~ 25	$10^{-8} \sim 10^{-7}$	50 ~ 60

3.2 盾构分类及土质适应性

盾构机品种多,按其开挖面挡土方式和挖掘方式可分为开放式、半开放式和封闭式三类,封闭式可分为土压式和泥水式,其分类及各种盾构所适应的地层条件参见图 1。封闭式盾构按刀盘的支撑方式可分为中心支撑、中间支撑和周边支撑。

3.3 盾构选型

盾构选型合理正确与否直接影响盾构推进的成败,也关系到盾构设备费用。盾构选型首先要适应工程水文地质条件,其次还要综合考虑线形、断面尺寸、地面沉降的限值、扭矩系数以及工程所处的周边环境等因素。

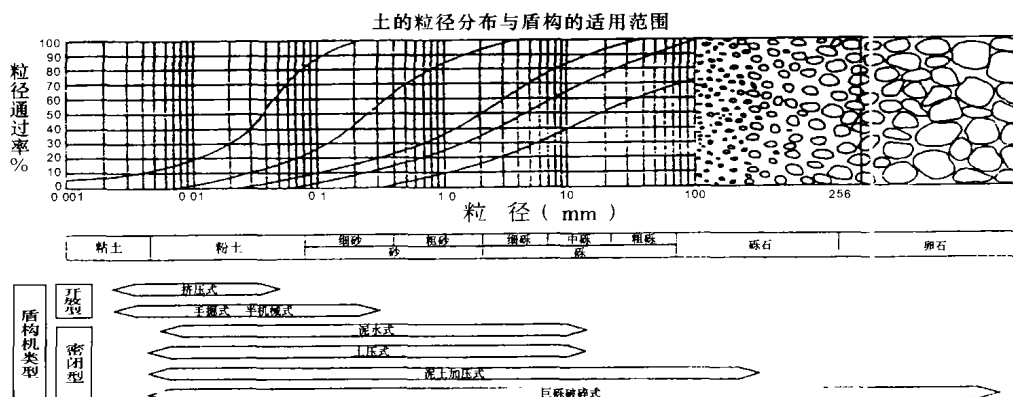


图 1 盾构机分类和土质适应条件

亮马河及坝河盾构隧道主要穿越第四系沉积物,清河及凉水河盾构隧道则处于古河道,属新近沉积物,土质较为松散,这些隧道所处地理位置地面建筑物密集。由于盾构设备费用高,故引进盾构时首先考虑的是盾构机型对土质条件的普遍适用性,如:开放式盾构在②层中推进遇到中细砂透镜体时需要注浆

加固和降水,当然原则上需要全线降水,这些辅助工法的采用势必导致工程费用的增加和大量拆迁;而在③层中推进,技术可行性极差;采用局部气压或全气压盾构,由于上覆土厚度和土性等原因,施工中易跑气,技术可行性和工程风险较大;泥水平衡式盾构向切削密

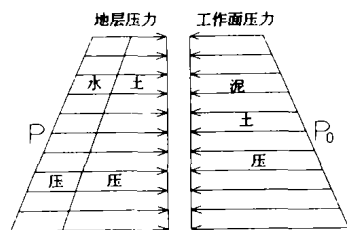


图 2 工作面稳定原理图

闭仓内循环充填泥浆,抵抗开挖面的水土压力,保持开挖面稳定,开挖下来的土砂以流体输送方式外运,该工法对松砂和砂卵石层适应性较差,泥浆处理设备

助工法,并且进度不受后方设备的影响。综合工程地质、水文地质条件,地上地下环境条件,隧道线型,在安全经济的基础上综合考虑后,最后在污水隧道盾构法施工时,确定引进加泥式土压平衡盾构机。

工程实践表明,只要正确应用泥土塑流化技术、同步注浆技术和正确采用刀盘、刀具的耐磨措施,加泥式土压平衡盾构能够具有很强的土质适应性,可广泛应用于北京地区大管径污水管线及地铁工程的隧道施工。

4 盾构隧道的质量管理和控制

盾构隧道质量管理和控制的项目很多,此处主要就盾构法三大要素所及之处予以阐述。

4.1 污水盾构隧道质量标准

污水盾构隧道质量标准见表3。

污水盾构隧道质量标准 表3

项目	检查项目	允许偏差
盾构掘进	中线位移	$\leq 150\text{mm}$
	管片高程	$-90 \sim +60\text{mm}$
	管片椭圆度	$\leq \pm 8\%$
	相临环管片允许高差	$< 10\text{mm}$
	纵缝及环向缝错缝	$< 5\text{mm}$

4.2 高精度钢模及管片出厂检验

管片质量是实现污水盾构隧道质量目标的重要项目之一,保证管片质量必须使用高精度钢模和做好管片的出场检验工作。为保证管片的宽度允差 $< 0.5\text{mm}$,钢模的制作误差必须保证在 $-0.4\text{mm} \sim +0.2\text{mm}$ 以内。钢模采用可拼拆高精度的插入振捣式钢模,钢模要求具有较大刚度以保证每个钢模均能生产出500块符合标准的管片。其加工允许偏差见表4。

高精度钢模加工允许偏差表 表4

序号	项目	单位	检验频率		允许偏差	检验方法
			范围	点数		
1	宽度	mm	每件	6	$+0.2 \sim -0.4$	左、中、右三个断面的上下各测一点
2	弦长	mm	每件	2	± 0.5	两侧各一点
3	底座夹角	秒	每件	4	± 60	四角各测一次
4	纵环向芯棒中心距	mm	每件	2	± 0.5	抽查
5	内腔高度	mm	每件	2	± 1	抽查

管片出厂检验必须严格把关。管片须逐块填写检验表,加盖合格章,强度达到设计强度80%才能出厂,单块管片检验应符合质量标准,并按规定经水平拼装检验合格方能出厂。管片成品要求如下:

(1)外观:外光内实,外弧面平整齐直,螺栓孔圆滑,无缺角掉边、蜂窝麻面,表面无贯穿裂缝;

(2)强度:C50;

(3)抗渗:抽查20%数量的管片进行抗渗试验,抗渗压力为0.8MPa,恒压时间为2小时,渗透深度小于1/5管片厚度为合格;

(4)管片制作允许误差见表5;

管片制作允许误差表 表5

项目	单位	允许偏差	备注
管片宽度	mm	± 0.5	管片厚度250mm
弧长、弦长	mm	± 1.0	每片检验
四周沿边管片厚度	mm	± 1.0	每片检验
背面不平整度	mm	0~2	每片检验
环、纵向螺栓孔	mm	± 0.8	每片检验
环面间隙	mm	≤ 1.0	三环整环拼装
纵缝间隙	mm	≤ 1.5	三环整环拼装

(5)水平整环拼装误差:环缝 $< 1.4\text{mm}$,纵缝 $\leq 2\text{mm}$ (每三环缝隙,楔形环每二环缝隙);

(6)管片型号和生产日期的标志醒目、无误。

4.3 盾构机的性能和质量

一般,盾构机的设计依据在盾构选型时完成,具体性能和质量目标则充分体现在基本施工技术方案的施工组织设计中,在盾构机交付使用时又经历验收程序。但是,由于盾构机械是盾构法施工三大要素之一,因而建设单位和监理单位仍有必要对盾构机械进行质疑,以保障盾构隧道的顺利掘进。

4.4 盾构隧道三维位置过程监控的必要性

盾构推进时盾构受到盾构机内各部件对盾构机的作用力 F_1 和盾构机外土体对盾构机的作用力 F_2 的作用。盾构机的姿态直接关系到竣工隧道的三维位置、盾构推进时管片的拼装质量、施工进度和推进参数的调整方案。当然盾构机的纠偏也将产生地层损失,引发地面沉降。事实上,盾构推进的过程就是在实现MEPB盾构工作原理的基础上,盾构机姿态不断调整和纠偏的过程,也是不断调整 F_1 和 F_2 相对关系的过程。 F_2 主要由正面地层水土压力和侧面土体对盾构机的作用力构成, F_1 的大小和方向则主要由千斤顶的编组方案 and 后背管片的质量确定。因而盾构机姿态好坏(盾构隧道三维实际位置同设计差异的大小)是管片拼装质量、推进参数优劣和受扰动程度的综合反映,对其实施过程监控极有必要。

鉴于盾构法的特殊性,在污水盾构隧道品质管理和控制中,建设、监理和施工单位应紧密协作,大力实施过程管理和控制。

5 盾构法施工的地面隆沉特性

盾构施工必然扰动土体,引发地层损失和隧道周围受扰动或受剪切破坏的重塑土的再固结,地层损失是盾构施工中实际开挖土体体积和包括隧道外围包

裹的压入浆体体积的竣工隧道体积之差。盾构施工产生地面隆沉是必然的,但是通过精心施工,采用恰当的技术措施,可以控制并将盾构施工对土体的扰动降低到很小的水平,保证安全施工。

5.1 北京地区盾构法施工引发的地面沉降预估及其对环境的影响

盾构法引发的施工阶段地面隆沉可用 PECK 理论预估。在北京,对一般粘性土,其稳定系数 N_t 在 1.5~3.0 之间,采用 MEPB 盾构在正常施工条件下,地层损失率在 1.3% 左右,砂性土其标贯击数 $N = 30 \sim 50$,地层损失率在 1.0%~2.0% 之间。当盾构直径 $D = 3.6\text{m}$,覆土厚度为 1.0D、1.5D 和 2.0D,土层综合摩擦角 ϕ 变化时,污水盾构隧道的沉降预估见表 6。

污水盾构隧道的沉降预估 表 6

覆土厚度	土综合 ϕ	最大沉降值 (mm)	单侧影响范围 (m)	沉降槽平均斜率
1.0D	20	26.5	7.69	0.0034
	25	24.1	8.45	0.0029
	30	21.9	9.33	0.0023
	35	19.7	10.35	0.0019
	40	17.7	11.55	0.0015
1.5D	20	19.9	10.26	0.0019
	25	18.1	11.27	0.0016
	30	16.4	12.44	0.0013
	35	14.8	13.79	0.0011
	40	13.2	15.40	0.0009
2.0D	20	15.9	12.82	0.0012
	25	14.5	14.09	0.0010
	30	13.1	15.55	0.0008
	35	11.8	17.24	0.0007
	40	10.6	19.25	0.0006

注:地层损失率取 2%

以上分析表明,采用 MEPB 盾构在正常施工的条件下,施工所引发的沉降极小,对地面、地下构筑物

基本没有影响,当然在极端情况下,也可采取防护措施避免发生意外的损害。譬如,盾构距欲穿越的已有建筑物较近时,可采用隔断、加固和基础托换等防护措施。

5.2 北京竣工污水盾构隧道的地面沉降特性

亮马河、坝河及清河污水盾构隧道业已竣工,凉水河污水盾构隧道在施,其中亮马河和清河污水盾构隧道进行了完整的系统量测监控,其它项目在实施过程中也进行了必要的地面观测点布设和监测。

图 3 是亮马河项目中位于推进轴线上的测点在盾构推进过程中纵向隆沉变化实测曲线。由图 3 可发现,盾构施工期间地面隆沉变化具有明显的阶段性,具体可分为盾尾脱出前和盾尾脱出后两大阶段。

盾尾脱出前地面沉降可能是下沉,也可能是隆起,最大下沉量 2mm,最大隆起量 4mm,其变化情况主要取决于目标土压力设定高低,推进速度和推力的大小,以及土体塑流性程度。当目标土压力取小值或出土量较大时,该段地面表现为下沉;当取值较大或出土量少时,地面表现为隆起;而当取值适当时(0.09~0.11 Mpa),地面基本上没有变化。

盾尾脱出后,在盾尾通过时及以后的一定时段内地面表现为持续下沉,直到平稳。在盾尾通过时,会有突沉发生,曲线斜率陡然增大。该阶段地面的下沉量与注浆方式、及时性和注浆量密切相关。测点 22、26 及 27 盾构施工采用从管片上的注浆孔注浆,注浆滞后时间 12 小时左右(盾尾 4m~8m 时开始背后注浆),注浆完成时间最长约 6 小时,即自盾尾脱出后到注浆充实背后建筑空隙止,共有 18 小时,此间土体较长时间处于侧向无支撑状态,因而此时间段内发生的下沉量占总沉降量的比例为 80%~95%,众值 83%。此外,Ⅱ区砂质粉土地面下沉 39mm~54mm,但是测点 30 最终下沉量只有 7mm,在盾尾脱出时,仅有一个微小的突沉。对比图 3 各测点地面隆沉监测曲线不难发现,由于注浆方式的差异(及时性区别),即使

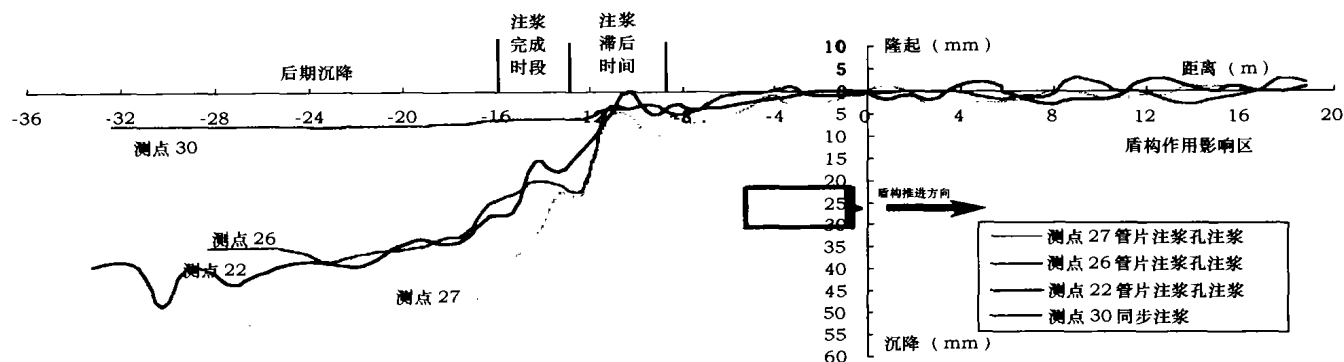


图 3 Ⅱ区纵向隆沉曲线

在盾尾脱出前地面隆沉变化微小的情况下,地面最终沉降量却有显著的差异,相应建筑物安全也发生质的变化。至于在盾尾脱出后,到背后注浆完成这一时段内地面隆沉曲线有时会出现脉冲,这主要是注浆引起的。因而,在背后充填注浆时,应限制注浆压力。

盾构施工阶段地面纵向隆沉影响范围为盾构切口前 $(H+D) \sim (H+D) \times \lg(45^\circ + \phi/2)$ 之间,亮马河项目中为 10~15m。盾构施工阶段地面横向隆沉变化发展规律同纵向隆沉曲线:(1)地面横向隆沉变化曲线呈正态对称分布,曲线形态符合 Peck 理论;(2)亮马河项目中盾构施工横向影响范围在其轴线两侧 9~12m 范围内,主要影响范围在轴线两侧 5m 范围内。盾构施工横向影响范围可以用 $(H+D) \sim (H+D) \cdot \lg(45^\circ + \phi/2)$ 估算。

MEPB 盾构在砂性土及砂卵石土中推进时,其施工阶段地面沉降变化发展规律类似于粘性土,但地层损失率较粘性土高约 50%,并且具有沉降完成快稳定快的特点。

盾构引发的地面沉降由施工阶段和后期沉降两部分组成。在北京地区,后期沉降(在盾尾建筑空隙充实后地面沉降)主要在注浆结束后 10~20 天以内完成。在完成背后建筑空隙的充填注浆后,管片环周侧土体受到浆体的侧向约束,变形速率减缓直到最终稳定。亮马河项目中后期沉降变化量一般在 1mm~2mm,最大的测点有 4mm,这主要是压浆量不够造成的,后采取二次补压浆措施后,地面沉降基本不再变化。

5.3 MEPB 盾构隆沉控制的技术措施和效果

鉴于北京地区盾构施工阶段的地面隆沉占主要地位且具有阶段性,故地面隆沉控制技术主要体现在盾构推进过程中。现总结如下:(1)合理设定目标土压力的管理值,严格泥土塑流化管理,以推进速度和出土量为主要管理指标,防止超、欠挖,精心调整控制盾构姿态,减少纠偏对土体的扰动,确保盾构正面土体稳定;(2)精心管理,做到均衡施工,做好盾构停推时的准备工作;(3)采用同步注浆技术和多次补浆技术可有效抑制盾尾脱出后土体的侧向变形,当盾尾脱出后应综合管理注浆量、注浆压力及浆液品质,充盈建筑空隙;(4)加强地表变形监测,采用信息化施工,将地表变形数据及时反馈、分析,从而优化调整施工参数。

MEPB 盾构地面隆沉控制技术是一项综合施工技术,这几条污水盾构隧道在施工单位——北京市政建设集团第四工程处的精心施工下,地面沉降均控制在 10mm 以内,达到了工程预期效果。

6 盾构法同其它工法的技术经济比较

此处,本文拟以亮马河污水盾构隧道为例,就盾构法同其它工法的技术经济比较进行分析。亮马河污水盾构隧道是北京第一条盾构法隧道,在立项之际,就各种工法进行了可行性分析,参见表 7。

表 7

比较 \ 项目	明开	顶管	暗挖	盾构
降水措施	要	要	要	不要
施工占地(m ²)	44434	30763	16819	5125
拆迁房屋(m ²)	22170	18300	13710	1305
拆迁费用(万元)	20233	16740	12609	2000
工程费(万元)	1162	2227.8	3800.4	3326.6
工程造价(万元)	21395	18967.8	16409.4	5326.6

首先,大大降低了工程造价,如:降水费用,采用明开槽,顶管或浅埋暗挖法施工,就需要全线 1675m 均降水;而选择盾构法只须在始发井、接受井处进行局部降水。而最主要的是由于省去了全线降水施工程序,因而造成的带状占地费用及由此产生的拆迁费用全部减免,降低了整个工程的投资;

其次,拆迁费用大幅度下降,亮马河项目所处地域属人口密集型区域,如采用盾构以外的方法施工,拆迁量之大,费用之高不言而喻,而工法的改变,大大减少了征地的费用、安置居民拆迁房屋的费用、搬迁企事业单位费用、伐树及各种协调配合费用。

不仅如此,MEPB 盾构的单洞掘进长度是顶管法施工无法比拟的,其中检查井的数量就可大大减少,本工程除始发井和接受井以外,检查井只设有 8 座。这样不仅降低了安置检查井的费用,同时更降低了相应的拆迁费用。使用盾构法施工其拆迁费用仅 2000 多万元,是其它方法施工拆迁费用的 1/6~1/10;同时,盾构法可快速施工,平均日进尺 14m,最大日进尺 20m(是其它工法的 3~6 倍),既能有效保障建设计划的时效性,又可以大大降低工程成本。可见,采用 MEPB 盾构施工,经济效益显著。

随着经济效益的提高,社会效益也凸现出来。盾构法施工可以大大降低工人的劳动强度,(转 32 页)

的开挖机具和设备、确定冻土层中开挖面的支护和稳定方法、选择抗冻混凝土的配比、制定必要的养护措施等等。这样才能充分发挥作为重要辅助工法的地层冻结法的最大效能,有机地衔接暗挖法或其它机械施工法,优质、高效地完成施工。

6.3.3.4 要充分考虑施工对环境的影响

城市里的地下工程冻结施工与矿山冻结施工有很大的不同。后者往往要深入地下数百或上千米,因此,冻结壁的应力计算和避免冻结管的破裂是保证安全的主要控制点。而城市地下施工,冻结壁承载和冻结管的完好并不是主要矛盾,地层冻胀、融沉对相邻建筑物的影响,地层降温对正在运行的地下管线(特别是带水管线)安全的影响变成了主要的矛盾。所以在施工时要充分考虑冻结施工对环境的影响,并制定相应的对策,才能保证工程顺利完成。

7 小结

(接 19 页)改善作业环境,提高生产效率;采用盾构法施工可最大程度地保护城市自然环境,节约地下水资源,减少交通堵塞和扰民及民扰,社会效益显著。随着经济效益的提高,社会效益也凸现出来。盾构法施工可以大大降低工人的劳动强度,改善作业环境,提高生产效率;采用盾构法施工可最大程序地保护城市自然环境,节约地下水资源,减少交通堵塞和扰民及民扰,社会效益明显。

7 北京地区盾构法施工发展方向

盾构法因其固有的优越性在北京得到了长足发展和完善,但在盾构法的应用和普及过程中仍有许多问题亟待解决,笔者简单列举如下:

7.1 盾构隧道的断面形状可以是圆形或方形。圆形断面结构受力好,盾构推进管片制造组装便利,施工中即使盾构发生偏转,也不影响断面使用;方形断面较圆形断面可更好的利用地下空间,从节约地下空间资源的角度出发,有必要发展方形盾构。此外,方沟、电力隧道等项目若采用盾构法施工客观上也需要方形盾构。

7.2 管片拼装有通缝拼装和错缝拼装之分,采用通缝拼装可提高砌筑环的拼装速度,且固定连接方式简单,容易操作;采用错缝拼装可提高衬砌环的整体刚

综上所述,冻结法起源于煤矿,由于其独特的优点,所以在城市地下工程中得到了越来越广泛的应用。随着申办奥运的成功,首都地下铁道、城市轻轨交通和其它重要地下构筑物的建设对地下工程的设计和施工都已提出了更高的要求。从事城市地下工程设计和施工的单位必须要掌握更先进的地下施工的理论和技术,才能适应新要求,迎接新挑战。因此,掌握冻结法技术已成为生产发展的需要和社会竞争的需要。

冻结法施工的理论并不深奥,但成套的冷冻设备、熟练的操作人员、丰富的施工经验却是短时间内难以形成的。采取与社会上有相当资质的专业冻结法施工队伍合作,并在合作的过程中注意学习和积累,是掌握和运用冻结法施工技术的现实途径。

参考文献

- [1]井巷特殊施工·煤炭工业出版社,1994
- [2]建井工程手册·煤炭工业出版社,1986

度,减少管片厚度,节约工程费用。

7.3 封闭式盾构机是现代盾构施工的主流机型,由多个子系统集约形成。盾构推进之际,信息实时采集,高效管理和人一盾构一土体之间的及时反馈是盾构高速安全掘进的基本保障,因而盾构自动化程度和可靠性仍需不断提高。

盾构法在北京地区污水管线施工中的成功应用表明,加泥式土压平衡盾构(MEPB)具有较强的土质适应性,可作为北京地区盾构隧道施工的主流机型。

盾构施工技术是一项复杂综合的施工技术,其技术进步客观上需要建设、监理和施工单位的精诚协作,积极进取,在新概念试验的道路上不断前进。抚今追昔,继往开来,北京污水盾构隧道所积累的盾构施工技术必将在北京地铁隧道、电力隧道等更广阔的领域中得以应用、发展和完善。

参考文献

- [1]盾构法隧道·刘建航,侯学渊·铁道出版社,1990
- [2]土压式盾构开挖面的控制 隧道与地下·日文 1986,(7)61-71
- [3]シールド工法の調査・設計から施工まで・社团法人地层工学会
- [4]亮马河北路污水盾构隧道施工技术研究报告
- [5]凉水河污水盾构隧道施工组织设计
- [6]北京地区地下工程盾构法施工初探·北京市城建设计研究院,杨秀仁等。