

最新路桥工程建设实用手册

# 施工技术分册

主编 张京等

长征出版社

·最新路桥工程建设实用手册·

# 施工技术分册

主编 张京 等

(下卷)

长征出版社

## 第六章 软土和水底公路隧道的施工施术

如今,随着城市人口的大量集中,特别是沿海城市,由于工业交通及市政建设的发展,在城市主要道路干线上往往需要克服江河、海峡、以及市内道路干线之间或道路与铁路之间互相交叉等而引起的障碍,常须修筑城市道路隧道和地下隧道。这类隧道由于大多在地表下 30~40m 范围内,土层松软,多为第四纪冲积层、淤积的砂性土、粘性土、淤泥层等;地下水位高,故统称为土层隧道(earth tunnel)或软土隧道。

软土隧道的设计与施工,首先取决于施工方法,一般隧道设计应与施工方法相适应。而施工方法与地质和水文地质条件、隧道埋深、以及相应的施工设备水平等有关。如果土质比较差,有静水压力作用,隧道埋置深度较深,则须用暗挖法施工。隧道长度大于 1000m 时常采用盾构法施工。穿越河口及通航河道,河流不太宽,土质也差的地段,以及要求多车道大断面的道路隧道,为使隧道延长短,施工速度快,则常采用沉管法施工。近年来由于沉管技术国际上已经达到相当高的水平,用这种方法修建的隧道数量越来越多,成为公路穿越有航运要求的河道及港湾的重要手段之一。当土层覆盖较薄,一般覆土在 12m 以内的浅埋城市隧道或水底隧道岸边段,则常用掘开式的明挖法施工,并采用钢板桩人工井点降水等支护结构措施防止土体坍方。近年来还发展采用地下连续墙的先导施工方法,取得施工无振动、无噪音、无沉降(指无地面沉降)的良好效果。大型箱涵顶进又称顶管隧道或地下通道,主要用来穿越铁路或重要交通干线的一种短隧道工程。其特点是在保证铁路交通正常运行的同时,用千斤顶将预制的钢筋混凝土箱形框架顶入铁路路基内,成为铁路干线下面的一座刚构桥,同时又是道路

干线上的一座短隧道。由于这种施工方法不影响铁路交通,因此日益获得推广,成为软土道路隧道的主要施工方法之一。

水底隧道有五种主要的施工方法:盾构法、矿山法、围堤明挖法、气压沉箱法和沉管法。如前所述,盾构法施工,一般适用于软土地层;矿山法适用于岩石地层;气压沉箱法仅适用于水面较窄、深度较小的河道水底隧道;围堤明挖法是一种较经济的施工方法,但围堤明挖施工对水路交通干扰很大,常常难以实施;沉管法施工是修建水底隧道的最主要的施工方法。

## 第一节 盾构法施工技术

### 一、盾构法施工

盾构法施工是以盾构(Shield)作为施工机械在地面以下暗挖修筑隧道的一种施工方法。盾构是一种钢制的活动防护装置,或活动支撑;盾构是既可支承地层压力,又可以在地层中推进的活动钢制圆形或半圆形装置。盾构是通过软弱含水层,特别是江河底、海底,以及城市中心区修建隧道的一种机械。在盾构的掩护下,头部可以安全地开挖地层,一次掘进相当于装配式衬砌一环的宽度。尾部可以装配预制管片或砌块,迅速地拼装成隧道的永久衬砌,并将衬砌与土层之间的空隙用水泥压浆填实,防止周围地层的继续变形和围岩压力的增长。盾构推进主要依靠盾构内部设置的千斤顶,用千斤顶块顶在拼成的衬砌环上,使它推进到已挖好的空间内,然后缩回活塞杆,为下一环衬砌拼装创造条件。重复上述过程,不断开挖、不断推进,借助盾构这种特制施工机械,可用较快的速度完成隧道施工基本作业循环,直至隧道建成。盾构施工前,应先修建一竖井,在竖井处安装盾构。采用盾构开挖出的土体,由竖井通道提升运出地面弃土场地处理。盾构施工工艺,见图2-6-1所示。

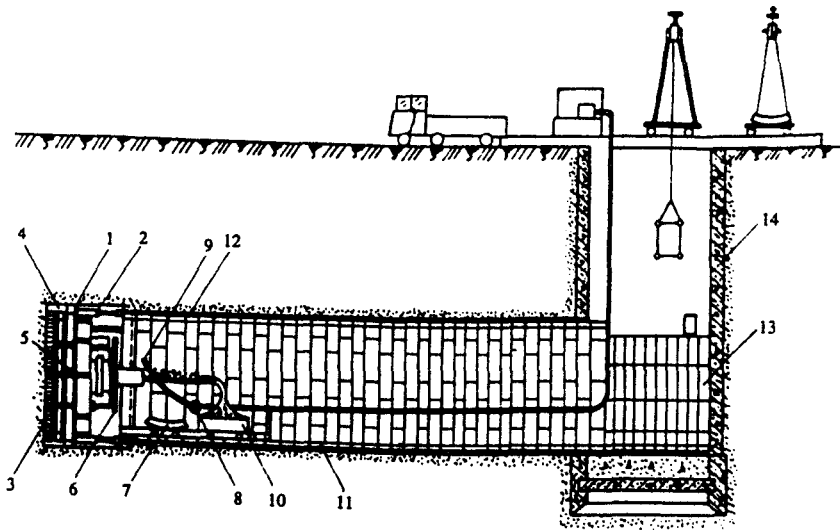


图 2-6-1 盾构法施工示意

- 1- 盾构; 2- 盾构千斤顶; 3- 盾构正面网格; 4- 出土转盘;  
 5- 出土皮带输送机; 6- 管片拼装机; 7- 管片; 8- 压浆泵;  
 9- 压浆孔; 10- 出土机; 11- 管片衬砌; 12- 盾尾空隙中的压浆; 13- 后盾管片; 14- 竖井

采用盾构法施工修筑隧道始于 1818 年, 至今已有 182 年的历史。当时是由法国工程师布鲁诺尔(Mare Isambard Brunel)在船板上蛀虫钻孔的灵感启示下进行研究和提出的, 并取得了发明隧道盾构的专利。1825 年~1843 年布鲁诺尔在英国泰晤士河底下首次采用高×宽=0.8m×11.4m 的矩形断面盾构法施工, 修建成全长 458m 的世界上第一座采用盾构法施工的隧道。实际上, 盾构是一个活动的隧道施工防护装置。1869 年英国人格雷特海德(James Henry Greathead)工程师综合了以往盾构施工和气压法的技术特点, 并且较系统地提出了气压盾构法的施工工艺, 首创在盾构尾后的衬砌外围空隙中压浆的施工方法, 为水底采用盾构法施工的发展作出了重大的贡献, 并于 1874 年在伦敦地下铁道南线的粘土和含水砂砾地中成功地应用气压盾构法修建了内径为 3.12m 水底隧道后, 才使盾构得到普遍的认可和肯定。格雷特海德工程师为现代盾构奠定了基础。1880 年~1890 年, 在美国至加拿大的圣克莱河下, 用盾构法施工建成直径为 6.

4m 全长 1800m 的水底隧道。20 世纪初,盾构法施工在美、英、法、德、苏等国大力推广应用 30~40 年代在这些国家已成功采用盾构施工法建造直径 3.0~9.5m 的多座地下铁道及过江公路隧道。仅在美国纽约就采用气压盾构法建成了 19 座重要的水底隧道,其用途有道路、地铁、煤气和上下水道等。20 世纪 60 年代起,日本盾构法施工技术得到迅速发展,用途越来越广,除在城市地铁施工外,同时在城市下水道等市政工程中均得到广泛应用。并为此研制了大量新型盾构,如机械化、半机械化盾构、局部气压盾构、水泥加压式和土压平衡式盾构等,以适应在各种地层中施工。据统计,日本现有 2000 多台盾构,主要用于修建以地下水道为主的各种市政公用设施。同时与盾构施工配套设施与管理技术也获得较大的发展。

我国于 1957 年北京下水道工程中首次出现小盾构  $\phi 2.6\text{m}$  (当时称盾甲法) 以后,从 1963 年起先后设计和制造了外径 4.2m、5.8m、10.20m、3.6m、3.0m 等不同直径的盾构,并进行了施工。图 2-6-2(a、b) 为上海打浦路隧道河中段纵剖面图及横剖面图。最近还制造了 11.0m 直径的大盾构,供延安东路过江道路隧道使用。

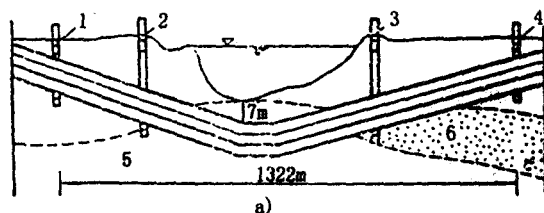


图 2-6-2a 打浦路隧道纵剖面图

1-盾构工作井;2-浦西通风井;3-浦东通风井;

4-盾构拆卸井;5-淤泥质粘土;6-粉砂

由此可见,在松软含水地层中修建隧道、水底隧道及地下铁道采用各种不同形式的盾构施工最有意义,特别是该施工方法属地表以下暗挖施工,不受地面交通、河道、航运、潮汐、季节等条件的影响,能比较经济合理地保证隧道安全施工。当然盾构法也存在一些缺点,诸如盾构的制造、运送、拼装、拆卸等费用比较昂

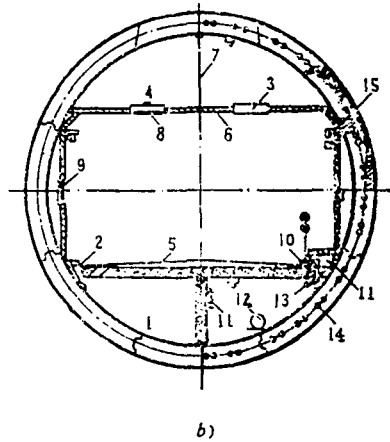


图 2-6-2b 打浦路隧道横剖面图

- 1-进风道;2-进风口;3-排风口;  
 4-排风道;5-路面(下拉杆);6-天棚  
 (上拉杆);7-吊杆;8-照明灯;9-灭火  
 器;10-消防栓;11-电缆;12-排水管;  
 13-给水管;14-纵向螺栓;15-环向螺栓

贵,设备比较复杂。而且它是一项综合性的施工技术,除使用盾构本身进行土方开挖和衬砌拼装外,还需要有气压供应、人工井点降水、衬砌管片的预制、衬砌防水堵漏、隧道内的运输、测量、施工场地布置、拼装(或拆卸)工作井等施工技术的密切配合才能顺利施工。且用气压法施工时,涉及到压缩空气泄

出的危险、减压病等医学上的防护措施等。因此使盾构法的采用受到一定的限制,而不采用其它施工方法。

根据资料统计,从采用盾构法技术一百多年以来,世界各国制造了数以千计的各种的盾构。但采用盾构法建造水底道路隧道的,只占很少一部分,总共约20条左右。

表2-6-1列出了世界上用盾构法建成的20条水底道路隧道的几个主要特征,以供参考。

表 2-6-1

用盾构法建造的水底公路隧道一览表

序号	隧道名称	地点	通车年份	隧道长度(m)	隧道数	地质概况	盾构外径(m)	车道宽度(m)	车道高度(m)	衬砌结构	英文名称
1	黑墙第一	英、伦敦、泰晤士河	1897	1358	1	粉质粘土砂卵石	8.40	4.88		铸铁	1st Black-wall
2	罗瑞希思	英、伦敦、泰晤士河	1908	1470	1		8.40	4.88		铸铁	Rtharhitte
3	厚兰	美、纽约、哈德逊河	1927	2608 2551	2	粉土	9.20	6.1	4.10	铸铁	Hollard
4	底特律	美、底特律、底特律河	1930	1565	1	粘土	9.85	6.70	4.10	钢	Detroit - Windsar
5	斯凯尔特	比、安特卫普、斯凯尔特河	1933	1768	1	细砂		6.75		铸铁	Sohalde
6	升茂	美、波士顿、波士顿港	1934	1718	1	软粘土	9.5	6.55	4.67	钢	Sumner
7	林肯	美、纽约、哈德逊河	1937 1945 1957	2505 2255 2440	3	粉土	9.65	6.55	4.14	铸铁、部分钢	Lincoln
8	昆斯河	美、纽约、东河	1940	1955 1912	2	粉土、岩石	9.65	6.40	4.10	铸铁	Queens - Midtoulr
9	布罗克林	美、纽约、东河	1950	2780	2	粉土、岩石	9.65	6.50	4.10	铸铁	Brooklyn - Battey
10	卡拉汉	美、波士顿、波士顿港	1961	1550	1	软粘土	9.55	6.55	4.26	钢	Callahan
11	达特福第一	英、伦敦、泰晤士河	1963	1435	1	卵石、粉土、白垩	9.50	6.30	5.03	铸铁	1st Dartford
12	克拉特哥河	英、葛拉斯哥、克拉特哥河	1963 1964	762 754	2	粘土、页岩、卵石	9.80	7.32	5.03	铸铁	Clyde
13	太思	英、纽卡斯尔、太思河	1967	1670	1	砂、卵石、粉质粘土	10.40	7.3	5.03	铸铁	Tyne



续表

序号	隧道名称	地点	通车年份	隧道长度(m)	隧道数	地质概况	盾构外径(m)	车道宽度(m)	车道高度(m)	衬砌结构	英文名称
14	黑墙第二	英、伦敦、泰晤士河	1965	1100	1	砂、卵石、粉质粘土	8.60	6.1	5.03	铸铁	2nd Blackwall
15	墨西(国王道)	英、利物浦、墨西河	1971	2438	2	砂岩	10.36	7.30	5.03	混凝土、钢板复合铸铁(部分)	Marsy Kingswall
16	新易北河	德、汉堡、易北河	1975	2658	3	砂、粘土	11.08	7.50	4.70	铸铁	New Elbe
17	打浦路	中、上海、黄浦江	1971	2700	1	粉砂、亚粘土	10.20	7.07	4.10	钢筋混凝土管片	
18	达特福第二	英、伦敦、泰晤士河	1980	1435	1	卵石、粉土、白垩	9.54	7.32	5.03	钢筋混凝土复合砌块	2nd Dartford
19	哈姆迪	埃、苏伊士、苏伊士运河	1980	1640	1	硬粘土、泥岩	11.6	7.50	5.05	钢筋混凝土管片	Ahmad - rland
20	延安东路	中、上海、黄浦江	1986	2461	1	粉砂、亚粘土	11.26	7.50	4.50	钢筋混凝土管片	

注:新易北河和底特律两条隧道,河中段为沉管法施工,岸边段为盾构法施工。

## 二、盾构的分类与构造

### (一)盾构的分类

盾构是一种集开挖、支护、推进、衬砌等多种作业一体化的大型暗挖隧道施工机械。主要用于软弱、复杂等地层的隧道施工。盾构的类型很多,可按盾构的断面形状,开挖方式,盾构前部构造和排水与稳定开挖面方式进行分类。

按盾构断面形状不同可将盾构分为:圆型、拱型、矩形和马蹄形四种。圆形因其抵抗地层中的土压力和水压力较好,衬砌拼装简便,可采用通用构件,易于更换,因而应用较广泛;按开挖方式不同可将盾构分为:手工挖掘式、半机械挖掘

式和机械挖掘式三种;按盾构前部构造不同可将盾构分为:敞胸式和闭胸式二种;按排除地下水与稳定开挖面的方式不同可将盾构分为:人工井点降水、泥水加压、土压平衡式的无气压盾构,局部气压盾构,全气压盾构等。

随着隧道与地下工程的发展,盾构机械的种类越来越多,适用性也越加广泛,为进一步了解盾构性能和适用性,可将盾构列表(表2-6-2)分析。

表 2-6-2

挖掘方式	构造类型	盾构名称	开挖面稳定措施	适用地层	附 注
手工挖掘式	敞胸	普通盾构	临时挡板支撑千斤顶	地质稳定或松软均可	辅以气压,人工井点降水及其它地层加固措施
		棚式盾构	将开挖面分成几层,利用砂的安息角和棚的摩擦	砂性土	
		网格式盾构	利用土和钢制网状格栅的摩擦	粘土淤泥	
	闭胸	半挤压盾构	胸板局部开孔,依靠盾构千斤顶推土砂自然流入	软可塑粘土	
		全挤压盾构	胸板无孔,不进土	淤泥	
半机械挖掘式	敞胸	反铲式盾构	手掘式盾构装上反铲式挖土机	土质坚硬,稳定面能自立	辅助措施
		旋转式盾构	手掘式盾构装上软岩掘进机	软岩	
全机械挖掘式	敞胸	旋转刀盘式盾构	单刀盘加面板多刀盘加面板	软岩	辅助措施
		插刀式盾构	千斤顶支撑挡土板	硬土层	
	闭胸	局部气压盾构	面板与隔板间加所压	含水松软地层	不再另设辅助措施
		泥水加压盾构	面板与隔板间加有压泥水	含水地层冲积层、洪积层	辅助措施
		土压平衡盾构	面板隔板间充满土砂产生的压力和开挖处的地层压力保持平衡	淤泥,淤泥夹砂	
	网格式挤压盾构	胸板为网络,土体通过网格式孔挤入盾构	淤泥		

## (二) 盾构的基本构造

盾构构造如图 2-6-3 所示。通常由盾构壳体、推进系统、拼装系统、出土系统等四大部分组成。

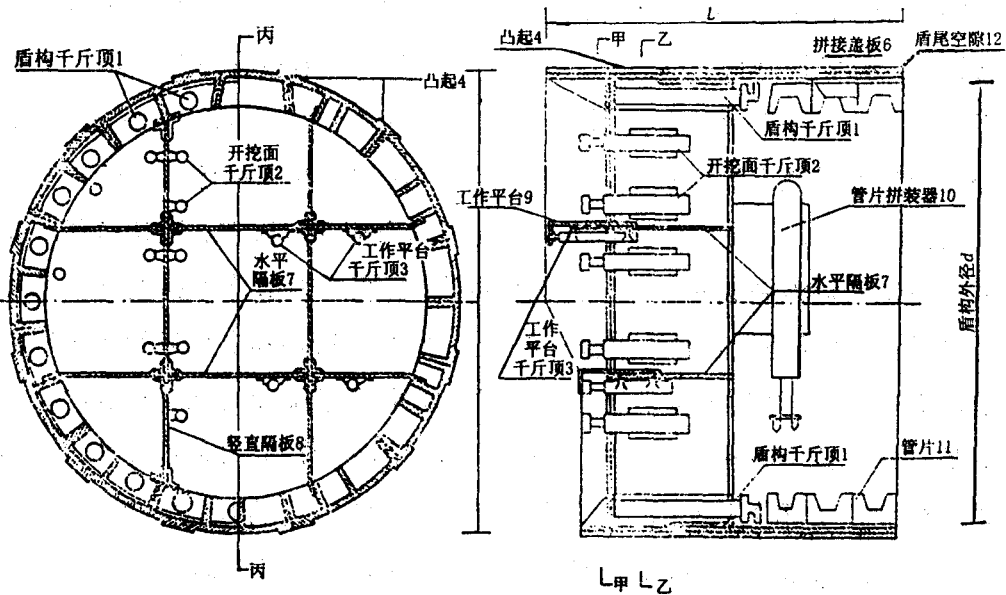


图 2-6-3 盾构构造

甲-甲(切口环);乙-乙(支承环);丙-丙(纵剖面)

### 1. 盾构壳体

盾构壳体由切口环、支承环、盾尾与垂直隔板 8、水平隔板 7 等组成,并由外壳钢板连成整体。切口环为盾构的前端,设有刃口,施工时可以切入砂土层中,在它的掩护下工人可在开挖面上安全地进行开挖。切口环的长度主要决定于支撑、开挖方法、挖土机具和操作人员工作方便。在稳定地层中切口环上下宽度可以等直。在淤泥、流砂地层中切口环的顶部比底部长,犹如帽檐,既能保证掩护工作空间,又减短了盾构底部的长度。某些盾构设有千斤顶操纵的活动前檐,以增加掩护长度。机械化盾构的切口环中需容纳各种专门挖土设备。在局部气压

式、泥水加压式和土压平衡式盾构中,因切口环部分的压力高于隧道内的常压,在切口环和支承环之间用密闭隔板封住,保证压力不外溢。支承环是盾构承受一切荷重的核心部分,是刚性较好的圆环结构。大型盾构由于空间较大,在其中安设水平隔板 7 和竖直隔板 8 以增加盾构刚度,水平隔板起系杆作用承受拉力,竖直隔板承受压力,为了便利工作面开挖,在水平隔板上设有可伸缩的工作平台 9 和相应的千斤顶 3。在水平隔板上可安设所有液压动力设备(如油箱、油泵、液压马达等),操纵控制台、衬砌拼装器等(即举重臂)。隔板数量和分隔情况视盾构直径大小和工作方便决定,水平隔板之间净距应不小于 180~200cm。沿支承环外圈用来安置推进盾构的千斤顶 1。局部气压盾构在支承环内还要布置人行加压与减压闸。盾尾 5 的作用是掩护工人在其内部安装衬砌。因切口环和支承环系由铸钢或辗钢制成的圆弧形拼接构件拼成,盾尾则由外壳钢板延长拼接而成,为此盾构外壳还设有拼接盖板 6 盖住接缝,在切口环和支承环的相应构件上铸有凸起部分 4。盾尾厚度从结构上考虑应尽可能减薄,但除承受地层压力外,遇到盾构纠偏或上下水平弯道施工时,受力情况非常复杂,宜偏保守考虑。盾尾末端盾壳内径  $D$  和衬砌外径  $D_1$  之间留有建筑空隙 12,以满足盾构纠偏,旋转要求。空隙应尽量减小,但空隙总是存在,为此必须在盾尾末端设有盾尾密封装置,以防止水、泥及注浆材料从空隙之间进入盾构。密封装置和材料要富有弹性,能将经常变化的空隙加以密封,构造形式要求耐磨、耐撕裂,并便于更换。以往采用过橡胶充气车胎、尼龙刷子、钢丝橡胶和钢丝刷子等均未达到理想效果。特别是注过水泥砂浆之后,密封装置极易损坏。

## 2. 推进系统

盾构赖以完成活动支撑作用的推进系统主要由盾构千斤顶和液压设备组成。并利用千斤顶上下左右活塞杆伸出长度不同达到纠偏目的。盾构千斤顶照例是沿支承环圆周均匀分布的。某些盾构为了拼装顶部管片,将顶部盾构千斤顶做成二级活塞杆使千斤顶顶出长度增长,以便将封顶管片纵向插入。

盾构的能量供应是靠电能转变为液压能。液压设备操纵原理如图 2-6-4。过程如下:

启动输油泵将油箱内的油输给高压油泵;启动高压油泵通过溢流阀或手控

调压阀使油压升至要求值;启动控制油泵,待控制油压升至额定压力后,按指令操纵电磁阀开关,用电磁吸铁按指令打开控制阀,依靠压力较低的控制油压按同样指令推动高压阀,使总管内高压油通向千斤顶;使千斤顶活塞杆按操纵指令伸出或缩回。整个系统还设有电控压力表,电流过载保护装置等,使高压油泵及电动机不致超载损坏。

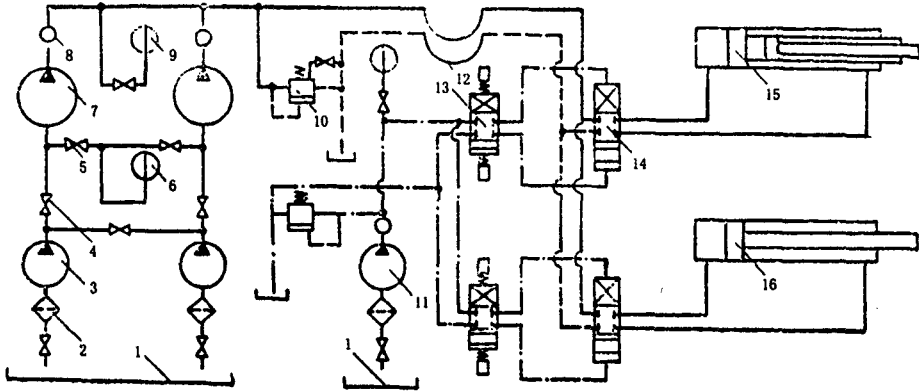


图 2-6-4 推进系统液压原理图

1-油箱;2-滤油器;3-输油泵;4-截止阀;5-压力表阀;6-真空表;7-高压油泵;8-单向阀;9-压力表;10-溢流阀;11-控制油泵;12-软管;13-电磁阀;14-液动阀;15-套筒千斤顶;16-千斤顶

### 3. 拼装系统

衬砌拼装器又称举重臂是拼装系统的主要设备,亦以油压系统为动力。一般举重臂均安装在支承环上。中、小型盾构因受空间限制有的安装在后部车架上或平板车上。举重臂能作旋转、径向运动,还能沿隧道中轴线作往复运动。完成这些运动的精度应该保证待装配的管片上的螺栓孔能和已装配好的螺栓孔对齐,以便螺栓固定。

### 4. 出土系统

大直径盾构施工要运出大量土方,出土方式恰当与否直接影响到盾构推进的速度和施工场地安排。出土方式一般有三种:

#### (1) 有轨运输

盾构开挖出的土方经皮带运输机或刮板运输机传送到矿车,由电机车牵引到洞口或工作井,后者再经垂直起吊送至地面。有轨运输在气压施工时,矿车要经过气闸室加压减压才能进出气压段,工效低,施工麻烦。

### (2)无轨运输

仅埃及哈姆迪隧道采用过这种出土方式,将大型自卸卡车直接开到盾构车架后部,装土后直接送到弃土场,中间不经井底车场垂直提升等环节,效率较高。但此种方式必须先将洞引道做好,圆形隧道内部车道板也要预制装配好才能使用。

### (3)管道运输

60年代起管道水力运输兴起,人们将开挖或水力冲刷下来的土,经搅拌机搅拌成泥浆,口后再经泥浆泵接力压送至地面,使盾构出土实现了连续化,大大提高了工效。并且隧道内非常干净,实现了文明施工。近年来,泥水盾构、加水式土压平衡盾构都采用这种方式。上海延安东路隧道也采用这种出土系统。

## 三、盾构施工的准备工作的

盾构施工准备工作主要有:盾构竖井的修建、盾构拼装和拆卸室的修健、盾构基座的安装,盾构进出洞的设施,后盾管法的拼装及拆除,以及其它配合盾构施工的一些附属设施的准备等。

### (一)盾构竖井的修建

盾构施工是在河床(或海底)地面以下一定深度进行暗挖法施工的,在盾构起始开挖位置上要修建一竖井进行盾构的拼装,称为盾构拼装井;另在盾构施工的终点位置还需拆卸盾构并装其吊出,也需要修建竖井,这称为盾构到达井或称为盾构拆卸井。若盾构推进长度很长,在隧道中段或隧道弯道半径较小的位置,还应修建盾构检修工作井,称为盾构法施工中间井,以便检查和维修盾构及便于盾构转向。竖井一般都建在隧道中线上;也可在偏离隧道中线的地方建竖井,然后用横向通道或斜向通道与竖井连接。盾构竖井工程的修建应结合隧道线路上

的设施综合考虑,成为隧道规划线路上的通风井、设备井、排水泵房或两种施工方法、两种结构断面的连接井,或作综合使用井、地铁车站等永久性结构,否则是不经济的。

盾构拼装井是用作吊入和组装盾构、运入衬砌材料和各种机具设备及出土、作业人员的进出口而修建的。盾构拼装井的形状和尺寸应根据盾构装、拆及施工要求来确定。盾构拼装井的形状多为矩形,也有圆形。矩形断面拼装井的结构和有关尺寸要求,详见图 2-6-5 所示。拼装的长度(盾构推进方向)应能满足盾构推进时初始阶段的出渣,运入衬砌材料、其它设备和进行连续作业的盾构拼装检查所需的空问。拼装井长度  $a = L + (0.5 \sim 1.0)L$ ; 拼装井的宽度  $b = D + (1.5 \sim 2)$  米,以满足拼装工人铆、焊等作业的要求。

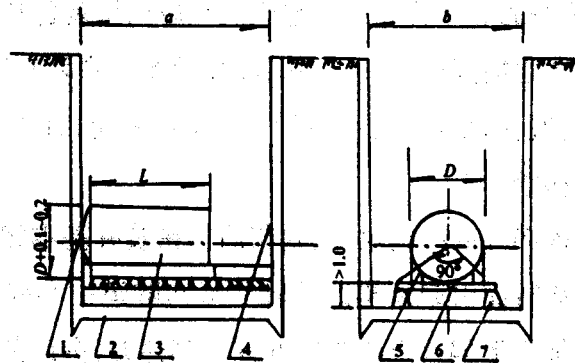


图 2-6-5 盾构拼装井(单位:m)

1-盾构进口;2-竖井;3-盾构;4-后背;

5-导轨;6-横梁;7-拼装台基础

$D$ -盾构直径; $L$ -盾构长度; $A$ -拼装井长度; $B$ -拼装井宽度

拼装井内设置盾构拼装台,盾构拼装台一般为钢结构与钢筋混凝土结构。拼装台上设有导轨,承受盾构自重和移动时的其他荷载,支承盾构的两根导轨,应能保证盾构推进时方向准确而不发生摆动。导轨间距取决于盾构直径的大小,两导轨的支承夹角多选为  $60^\circ \sim 90^\circ$ ,导轨平面高度一般由隧道设计和施工要求及支承夹角大小来确定。

在拼装台上盾构安装完后,并把掘进准备工作完成,盾构即可以进洞。竖井井壁上给盾构的预留进口比盾构直径稍大(见图 12-49),进口事先用薄钢板与混凝土做成临时性洞门封板,临时封门应能方便拆除又能满足承受土压力和水压力及止水的要求。洞门封板拆除后就可以逐步推进盾构进洞。盾构从拼装井进(出)洞是盾构法施工的重要环节,应妥善处理和确保安全。

盾构刚开始挖掘推进时,其推进反力要靠竖井井壁承担,必须保证竖井后部壁面(后背)与隧道中心线垂直,才能确保盾构初始推进时,不致因后部竖井井壁的倾斜而引起轴心线偏移。在盾构与后背之间通常采用废衬砌管片作为后座传力设施,为保证后座传力管片刚度,管片之间要错缝,连接螺栓要拧紧,顶部开口部分(管片顶部预留孔,作为垂直运输进出口)在不影响垂直运输的区段须加设支撑拉杆拉住。盾尾在脱离竖井后,在拼装台基座与后座管片表面之间要及时用木楔打好,使拼装好的后座管片平稳地座落在盾构拼装台基座的导轨上,以保证施工安全。一般在盾构到达下一个中间竖井后才拆除后座管片;若隧道较长,盾构推力已能由隧道衬砌与地层之间的摩阻力平衡(此时盾构至少要推进 200m),也可拆除后座管片。

盾构中间井和拆卸井的结构尺寸,要与盾构拼装井基本相同,但应考虑盾构在推进过程因出现蛇行而引起盾构起始轴心线与隧道中心线的偏移,故应将盾构拼装井开口尺寸加上形偏差量作为中间井和到达井(拆卸井)进出口的开口尺寸。

盾构法中竖井的施工方法取决于竖井的规模、地层的地质水文条件和环境条件等,竖井用的施工方法有:明挖法、沉井法、地下连续墙法等。

盾构竖井施工中要注意以下问题的处理:

- (1)必须对盾构的出口区段地层、进口区段地层和竖井周围地层采取注浆加固措施,以定地层及施工安全;
- (2)当地下水较大时,应采取降水措施,防止井内涌水、冒浆及底部隆起;
- (3)施工中随着竖井沉入深度的增加,对井底开挖工作要特别小心,以防地下水涌上,成淹井事故等。



## (二) 盾构拼装的检查

盾构的拼装一般在拼装井底部的拼装台上进行,小型盾构也可在地面拼好后整体吊入井内。拼装必须遵照盾构安装说明书进行,拼装完毕的盾构,都应做如下项目的技术检查,方可投入使用。

### 1. 外观检查

检查盾构外表有无与设计图不相符的部件、错件和错位件;与内部相通的孔眼是否畅通;检查盾构内部所有零部件是否齐全,位置是否准确,固定是否牢靠;检查防锈涂层是否完好。

### 2. 主要尺寸检查

盾构的圆度与不直度误差的大小,对推进过程中的蛇行量影响很大,因此在圆度和直度偏差方面,应满足表 2-6-3 和表 2-6-4 的要求。圆度误差检查部位如图 2-6-6 所示,直度误差检查部位如图 2-6-7 所示。

表 2-6-3

圆度允许误差

盾构直径 D (m)	内径误差(mm)	
	最小	最大
$D < 2$	0	+8
$2 < D < 4$	0	+10
$4 < D < 6$	0	+12
$6 < D < 8$	0	+16
$8 < D < 10$	0	+20
$10 < D < 12$	0	+24

表 2-6-4

直度允许误差

盾构全长 L(m)	弯曲误差(mm)
$L < 3$	$\pm 5.0$
$3 < L < 4$	$\pm 6.0$
$4 < L < 5$	$\pm 7.5$
$5 < L < 6$	$\pm 9.0$
$6 < L < 7$	$\pm 12.0$
$L > 7$	$\pm 15.0$