
盾构过海、河施工方案

二〇〇四年五月

目 录

1 工程概况	3
1.1 区间隧道工程概况	3
1.2 过海、过河段工程概况	3
1.2.1 过仑头海工程概况.....	3
1.2.2 过官州河工程概况.....	3
1.3 过海、过河段工程水文地质	3
1.3.1 过仑头海工程水文地质.....	3
1.3.1.1 工程地质.....	4
1.3.1.2 水文地质.....	5
1.3.2 过官州河工程水文地质.....	5
1.3.2.1 工程地质.....	5
1.3.2.2 水文地质.....	6
2 施工重、难点分析	6
3 工程水文地质环境分析及掘进模式的确定	7
3.1 仑头海工程水文地质分段及掘进模式	7
3.2 官洲河工程水文地质分段及掘进模式	8
4 施工方法及主要技术措施	9
4.1 施工方案概述	9
4.2 主要技术措施	9
4.2.1 认真总结，充分准备.....	9
4.2.2 掘进方法及措施.....	9
5 施工管理	12
5.1 施工技术管理	12
5.1.1 土压平衡管理.....	12
5.1.2 同步注浆、二次注浆管理.....	13
5.1.2.1 注浆方式.....	13
5.1.2.2 注浆材料及配合比选择.....	13
5.1.2.3 注浆参数.....	13
5.1.2.4 二次注浆.....	14

5.2 设备保障管理	14
5.2.1 刀具配置及更换.....	14
5.2.1.1 刀具配置.....	14
5.2.1.2 刀具更换.....	16
5.2.2 系统检修.....	20
6 异常情况处理措施	21
6.1 螺旋输送机喷涌及处理措施.....	21
6.2 管片上浮及处理措施	22
6.3 盾构机铰接密封.....	24
6.4 盾构机盾尾防漏浆措施.....	24
6.5 泥饼的预防及处理措施	25
6.6 防止海（河）底地层沉降措施	26
6.7 防止注浆管堵塞措施	26
6.8 刀具磨损量大及防止措施	27
7 施工监测	28
7.1 地表变形机理	28
7.2 土体发生较大沉降的原因	28
7.3 监测方式	28
7.3.1 河床监测	28
7.3.2 地表沉降监测	29
7.3.3 洞内监测	29
8 工期安排	29

盾构过仑头海、官洲河施工方案

1 工程概况

1.1 区间隧道工程概况

某隧道设计起讫里程 YDK16+191.6~YDK18+618.8 (2427.2m) 为盾构法区间隧道, 其中 YDK17+608.8~YDK17+734.7 (125.9m) 为官洲站, 盾构区间隧道右线全长 2301.3m, 左线隧道全长 2298.275m。区间包括 7 个联络通道、两个废水泵房。设竖曲线 4 个, 最小竖曲线半径为 3000m, 最大纵坡为 42.65‰, 最小平面曲线半径 450m, 区间线路间距为 12.7m~15.7m。线路位于广州城市中心区东南侧, 属珠江三角洲平原区的珠江水网带北缘, 地形略有起伏, 为河流和低丘地带。区间隧道两次过山, 两次过河, 两次过村, 一次过站。见图-1 某隧道过海过河平面示意图。

1.2 过海、过河段工程概况

1.2.1 过仑头海工程概况

仑头海起止里程为 YDK16+790~YDK17+360, 全长 570m, 水面宽度 418.87m, 一般水深 11.16m, 最深 12.55m, 河床平缓, 隧道顶部距河底最小距离 12.68m。线路位于曲线上, 曲线半径 800m。

1.2.2 过官州河工程概况

官州河起止里程为 YDK18+100~YDK18+383.5, 全长 283.5m, 水面宽度约 182.61m, 一般水深 9.47m, 最深 9.71, 隧道顶部距河底最小距离 7.1m。线路位于直线段。

1.3 过海、过河段工程水文地质

1.3.1 过仑头海工程水文地质

根据详勘、补勘《岩土工程勘察报告》, 本区地质构造为华南褶皱系湘桂粤褶皱带粤中拗陷增城—台山隆断束的东莞盆地西端, 构造格架由近东西向的白垩系红层组成的珠江向斜褶皱南翼及上元古界震旦系变质岩东西向片麻岩

理褶皱组成，并被北西向北亭断裂，化龙断裂所切割，广三断层在本区间穿过，里程约为 YDK16+260，破碎带宽 4~6m，其直接影响带约 150m。受广三断层的影响，在里程 SCK17+276 的钻孔中有碎裂岩存在，为广三断裂的次一级断裂—仑头海断裂，其位于右线仑头海南岸附近（YDK17+160~YDK180）。详见图-2 仑头海地质环境及施工分析、表-1 区间隧道岩土物理力学参数表。

1.3.1.1 工程地质

右线：

A：YDK16+790~YDK16+840（50 m） 区间隧道主要穿过<7Z>强风化混合岩地层，洞顶覆盖层依次为<7Z>强风化混合岩、<6Z>全风化混合岩、<5Z-2>砂质粘土、<3-2>砾砂层、<2-3>中粗砂层、<2-1A>淤泥层。其中<3-2>砾砂层最大厚度达 8m，距离洞顶最小距离 3.6m。水深 0~2.8m，隧道洞顶埋深 23~28m。

B：YDK16+840~YDK16+900（60m） 区间隧道主要穿过<8Z>中风化混合岩、<9Z>微风化混合岩地层，洞顶覆盖层依次为<7Z>强风化混合岩、<3-2>砾砂层、<2-1B>淤泥质土、<2-3>中粗砂层。其中 YDK16+850 处<6Z>地层切入洞内 3.0m，<7Z>地层切入洞内 1.3m，<9Z>地层厚度为 2m。水深 2.8~6.0m，隧道洞顶埋深 18.94~23m。

C：YDK16+900~YDK17+080（180 m） 区间隧道主要穿过<8Z>中风化混合岩、<9Z>微风化混合岩地层，<8Z>地层起伏较大，洞顶覆盖大部分缺<5Z-1>、<5Z-2>地层，依次为<8Z>中风化混合岩、<7Z>强风化混合岩、<3-2>砾砂层、<2-1B>淤泥质土、<2-3>中粗砂层、<2-2>淤泥质粉细砂层、<2-1A>淤泥层。隧道中有<7Z>地层出露，厚度约 2~7m。水深 6~10.8m，隧道洞顶埋深 18~13m。

D：YDK17+080~YDK17+360（280 m） 区间隧道主要穿<7Z>强风化混合岩、<8Z>中风化混合岩、<9Z>微风化混合岩复合地层，洞顶覆盖层大部分<7Z>强风化混合岩、<6Z>全风化混合岩层，但洞顶<7Z>、<6Z>厚度很薄且极不均匀，最薄处约为 30cm，上覆层依次为<3-2>砾砂层、<2-1B>淤泥质土、<2-3>中粗砂

层、〈2-2〉淤泥质粉细砂层、〈2-1A〉淤泥层。水深 0~9.5m，隧道洞顶埋深 15~14m。

左线:

左线工程地质与右线差别不大，但在 ZDK17+210~ZDK17+230 段洞顶切穿〈3-2〉砾砂层，长度约 20m。〈3-2〉地层以上依次为〈2-1B〉淤泥质土、〈2-3〉中粗砂层、〈2-2〉淤泥质粉细砂层、〈2-1A〉淤泥层。

1.3.1.2 水文地质

本段线路按地下水赋存方式分为第四系砂层弱承压水及基岩裂隙承压水，地下水对钢筋混凝土无腐蚀性。隧道穿越的地层主要为〈6Z〉、〈7Z〉、〈8Z〉地层，渗透系数为 0.7 m/d。在 A、B、C 三段洞顶隔水层覆盖较好，判断地下水与仑头海没有直接水力关系，但在 D 段洞顶隔水层覆盖较薄，判断地下水与仑头海有一定的水力关系。

1.3.2 过官洲河工程水文地质

官洲河段地质构造与仑头海相同，但受广三断层影响较小。详见图-3 官洲河地质环境及施工分析。

1.3.2.1 工程地质

右线:

E: YDK18+100~YDK18+270 (170m) 区间隧道主要穿过〈6Z〉全风化混合岩、〈7Z〉强风化混合岩地层，洞顶覆盖层依次为〈5Z-2〉、〈5Z-1〉、〈2-2〉、〈2-1B〉，隧道顶板有〈5Z-2〉地层出露，隧道底板多处于〈7Z〉强风化混合岩中。水深 0~10m，隧道洞顶埋深 7.6~14m。

F: YDK18+270~YDK18+383.5 (113.5m) 区间隧道主要穿过〈6Z〉全风化混合岩、〈7Z〉强风化混合岩地层，〈6Z〉起伏较大，除 YDK18+270~YDK18+320 段有〈6Z〉切入顶板外，其余地段均穿过〈7Z〉地层。洞顶覆盖层依次为〈6Z〉、〈5Z-2〉、〈2-2〉、〈2-1A〉。水深 0~10m，隧道洞顶埋深 7.6~20.84m。

左线:

左线工程地质与右线差别不大。隧道主要穿过<7Z>全风化混合岩和<7Z>强风化混合岩地层。弱透水层<5Z-2>在该段均有出露，厚度 3.8~15m，ZDK18+285~ZDK18+305 段隧道地板有<8Z>伸入，厚达 2.4m。

1.3.2.2 水文地质

本段线路按地下水赋存方式分为第四系砂层弱承压水及基岩裂隙承压水，地下水对钢筋混凝土无腐蚀性。隧道穿越的地层主要为<6Z>、<7Z>地层，渗透系数为 0.7 m/d。洞顶隔水层覆盖较好，判断地下水与官洲河没有直接水力关系。

2 施工重、难点分析

根据工程地质情况，盾构掘进通过仑头海、官洲河段施工有以下几个难点：

(1) 工程水文地质条件复杂，易出现涌水、涌砂现象，施工难度大。

盾构区间隧道穿越地质条件复杂，特别是仑头海南岸段隧道拱顶上方为<3-2>、<2-2>地层，且穿越仑头海断裂，地质情况较差，地下水与仑头海联系，水压力大，加上 2m 左右高差的涨落潮反复影响，盾构掘进过程中易揭穿洞顶埋深较薄处的含水砂层而出现涌水、涌砂现象；另外，由于水系连通，有可能因水压过高而造成盾尾漏浆、漏水及管片上浮。对盾构掘进姿态控制要求高，盾构施工难度大。

(2) 地层软硬不均，对刀具磨损大，合理设定掘进参数、刀具配置等尤为重要。

隧道在混合岩的微风化、强风化、全风化地层中穿过，软硬不均，盾构掘进过程中对刀具的磨损大，如何进行合理的刀具配置，防止刀盘前方形成泥饼或刀具发生非正常磨损；如何在掘进过程中设定合理的盾构掘进参数，保护好刀盘、刀具，减小刀具的磨损，保证盾构掘进顺利进行，是本段盾构施工的难点之一。

(3) 换刀位置选择及换刀作业风险大。

由于仑头海范围宽约 400m，较多地段是微风化的混合岩，需进行一次甚

至两次换刀,如何选择适当的换刀位置,制定气压下安全、合理、可靠的换刀方案,从而保证换刀工作的安全、快捷是本段盾构施工的一大难点。

在官洲河段，盾构机需穿越易结泥饼的<5Z-1>、<5Z-2>、<6Z>地层，不宜滚刀的破岩机理，且滚刀处的开口较小，容易在滚刀处结成泥饼，造成滚刀不转而偏磨损坏，特别是刀盘的中心部位的开口率最小，在刀盘特别是刀盘的中心部位可能会产生泥饼。当产生泥饼时，掘进速度急剧下降，刀盘扭矩也会上升，大大降低开挖效率，甚至无法掘进。因此，盾构掘进防泥饼也是本工程的难点之一。

3 工程水文地质环境分析及掘进模式的确定

根据仑头海底地层分布，可划分为四段。详见图-2 仑头海地质环境及施工分析。

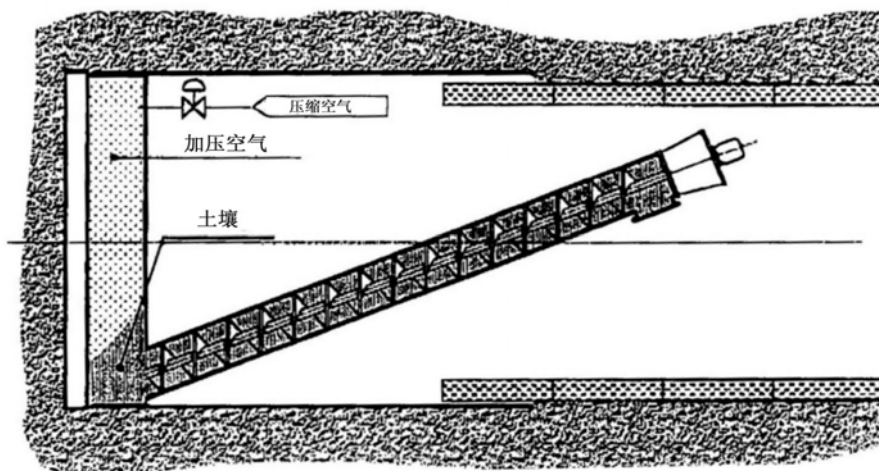


图-4 压缩空气加压掘进模式示意图

YDK16+840~YDK16+900 区间隧道主要穿过<8Z>、<9Z>地层, YDK16+840~YDK16+855 段, 盾构穿越<7Z>、<8Z>、<9Z>三种岩层。为上软下硬地段, 施工时采用压缩空气加压平衡模式掘进, 控制好盾构机姿态。

YDK16+900~YDK17+080 区间隧道主要穿过<8Z>、<9Z>地层, 属穿越硬岩地层, 采用压缩空气加压平衡模式掘进。

YDK17+080~YDK17+360, 区间隧道主要穿越<7Z>、<8Z>、<9Z>复合地层, 洞顶上覆盖<7Z>、<6Z>很薄, 最薄处仅为 30cm, 在 ZDK17+210~230 段洞顶切穿<3-2>中等透水砂层。该段既有上软下硬地层, 又有洞外水通过中等透水砂层<3-2>进入洞内可能, 形成洞内涌水涌砂, 甚至出现海底沉降过大。采用土压平衡掘进模式, 如图-5 土压平衡掘进模式示意所示。施工时严格控制盾构机姿态, 防止盾构机抬头。

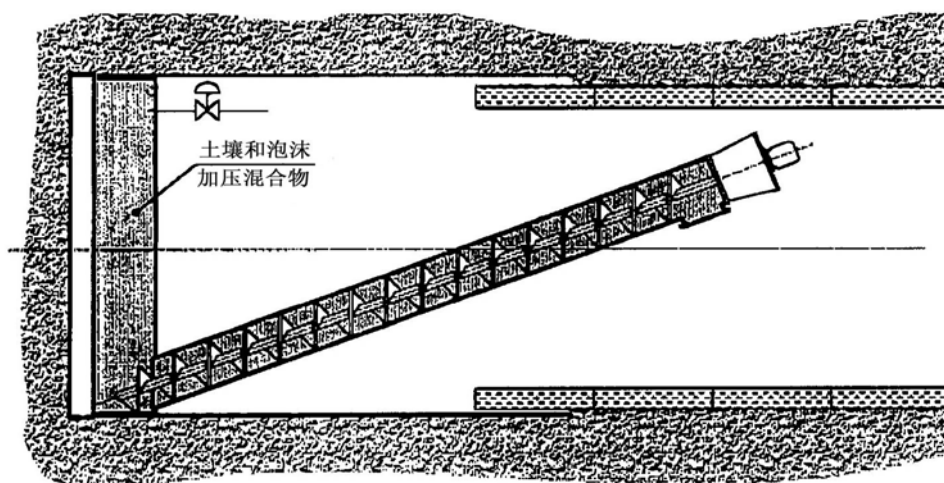


图-5 土压平衡掘进模式示意图

3.2 官洲河工程水文地质分段及掘进模式

根据官洲河河底地层分布, 可划分为两段。详见图-3 官洲河地质环境及施工分析。

YDK18+100~YDK18+270 区间隧道主要穿过全风化混合岩层<6Z>、<7Z>地层, 隧道顶板以上均有<5Z-2>地层出露, 厚度约为 3-7m。洞顶覆盖层 7.5m, <5Z-2>、<6Z>粉粒含量占 50%以上, <7Z>地层平均天然单轴极限抗压强度 2.09Mpa, 应采用土压平衡模式掘进, 施工时防止结泥饼。

YDK18+270~YDK18+383.5 区间隧道主要穿过全风化混合岩层<6Z>、<7Z>地层，顶板主要切穿<6Z>、<7Z>，应采用土压平衡模式掘进，施工时防止结泥饼。

4 施工方法及主要技术措施

4.1 施工方案概述

盾构过仑头海段施工方案要点

根据仑头海段工程水文地质条件及盾构施工特点，该段方案要点如下：

进入仑头海前 YDK16+785 处开仓换刀→进入仑头海段掘进（260m）→仑头海底 YDK17+050 处开仓换刀→继续掘进→盾构过仑头海施工结束。

盾构过官洲河段施工方案要点

根据官洲河段工程水文地质条件及盾构施工特点，该段方案要点如下：

进入官洲河前 YDK18+100 处开仓换刀→进入官洲河段掘进（260m）→YDK18+383.5 处换刀→盾构过官洲河施工结束。

4.2 主要技术措施

4.2.1 认真总结，充分准备

认真做好试掘进及进海、进河前掘进的总结工作，摸索、初步掌握盾构施工特点及对不同地层的适应情况，研究、总结出不同地层盾构机刀具的合理配置及掘进参数；在过海、过河前对盾构机进行一次全面的保养检修、更换刀具，安装保压泵渣系统，为过海、过河做好充分的技术准备。

4.2.2 掘进方法及措施

硬岩地段

a. 硬岩段岩层自稳能力好，采用气压平衡模式推进，土仓中的气压按略低于掘进断面处的静水压力设定，并随海潮的涨落而变化。加气掘进也能达到较好地止水效果。为了不使压气进入螺旋输送机而造成喷渣危害，土仓中的渣量应达到 1/2~2/3 仓。同时，也有利应急向土压平衡掘进过度，确保安全。

b. 掘进参数选择：刀盘转数 3.5~4 (r/min)；在此模式刀盘推力受刀盘

每把滚刀轴承承受能力 150~200 (kN) 的限制；刀盘扭矩在此掘进模式下，不受限制；推进速度为 15~5 (mm/min)。

c. 200m 始发掘进时，在刀盘上相邻位置安装的不同品牌滚刀进行刀具试验，掌握不同刀具的磨损规律，在过海（河）之前的换刀时，选用强度高且耐磨品牌的新滚刀，安装在刀盘的边缘和园弧过度处，以减少刀圈磨损，避免在河底进行气压下换刀的麻烦。处在刀盘边缘和过度园弧位置的每把滚刀的磨损量最大不能达到 10mm，一般在此磨损量之前，就必须全部更换成新滚刀，确保盾构机的掘进洞径大于 6260mm 以上。

d. 向切割表面喷射泡沫，一方面给滚刀降温，确保刀具的强度和硬度不受切割高温高而降低，另一方可以减轻刀具与岩面的摩擦，降低刀具温度，减少刀具磨损。

e. 均匀的控制推力并适当将管片背后的注入浆液（注入压力略大于土仓中的气压）向盾体外表流动，充填盾壳外表空隙以降低盾构机的切割硬岩时的振动，降低刀具和机器的磨损。

f. 掘进硬岩地段时，由于水压、线路纵坡变化、管片背后注入浆液的初凝时间较长及掘进推力的相互影响等原因，造成管片上浮时有发生，施工时分析原因，制定相应的解决办法。

g. 掘进硬岩地段，易发生盾构机滚动，在转换刀盘旋转方向时，不能过急，避免冲击损坏机器。

h. 盾构掘进时，要有专人经常到土仓隔板处巡视，通过触听土仓中的异常声响及监控室的仪器的数据变化，判断刀具及机器的工作状况。

i. 需要较长时间停止掘进前，要继续一段不排土掘进，将改良好的渣土装满土仓，停止加气，用土仓中的设定土压来平衡水土压力，保持工作面稳定。

上软下硬地段

盾构机穿越上软下硬地层是指开挖面下部分为硬岩（<8Z>、<9Z>），上部分为软岩（<6Z>、<7Z>），即开挖面岩石抗压强度差别很大，岩层分界较明显。

这种“软硬不均，上软下硬”且含水量较大地质极易引起隧道顶部软弱而超挖，局部塌方，地表过量沉降甚至地表沉陷。施工中的主要措施如下：

a. 利用换刀时间，提前安装调试好保压排渣系统，以利用于遇到涌水、涌砂时的保压排渣作业。

b. 在仓头海底的气压下换刀中，可以合理的将刀具布置适应掘进软弱不均上软下硬的地层，避免出现推不动时才更换刀具。

c. 在上软下硬的含水地层里采用加气欠土压平衡掘进，气压略低于水土压力，可以抑制喷水，减轻水土流失和地表塌陷。如果遇到涌水涌砂不严重时，首先采用螺旋输送机上的双闸门交替启闭的保压出渣，严重时，关闭双闸门，启动保压泵排渣系统排渣。

d. 盾构机在上软下硬的地层中掘进，盾构机姿态难以控制的情况，必要时可采用扩挖刀底部硬岩，控制掘进方向。在此类地层中推进速度控制在 15～35mm/min。发现偏差时以便及时纠正。

e. 盾构掘进过程中，严格控制出土量，及时校对进尺和出土量的关系，避免无效（多余）排土。

f. 洞外观测地表下沉，在进入该段前约 30m 开始，在洞轴线的地表每隔 5m 设置一处测点，用于监测盾构机掘进到达和离去阶段，各点的沉降值与盾构机掘进参数之间的关系，总结出适应该地层掘进参数和注浆参数。收集必要的掘进参数和地层信息，以信息反演地层结构。

4.2.3 盾构机在海底、河底掘进中，要每天进行渣土性质分析，严密监视渣土的成分变化，判断前方地层情况，及时调整掘进参数。对渣土中不同成分土粒含量也要进行认真分析、研究，掘进时加入足量的泡沫剂进行充分的渣土改良，每环泡沫剂（主要向切割表面注入）加入量不少于 35L，避免刀盘前方形成泥饼。

4.2.4 盾构机在海底、河底掘进中，要建立严格的渣土管理制度。对出渣量进行认真统计，每环出渣量与临近的一个掘进环出土量比较决定。土压平

衡掘进时最多不得多于 65m^3 ，开放式掘进时最多不大于 70m^3 。目的是防止因出渣量过多造成刀盘前方土体损失过大引起地层失稳、坍塌。

4.2.5 严格控制掘进参数。按土压平衡模式掘进时，每 5m 计算一次土压力，并用改良好的渣土充满土仓实测水土压力验证计算值而设定土压。严格按设定的压力掘进。为保护刀盘和刀具，在掘进过程中推进速度 $15\sim 35\text{mm/min}$ ，刀盘转速 $1.7\sim 1.9\text{r/min}$ 。

4.2.6 盾构过仑头海在半径为 800m 的曲线上掘进时，铰接油缸最大行程小于 100mm，行程差小于 40mm，以防范铰接油缸发生渗漏。在过海、过河之前，对盾尾密封刷进行检修并加足油脂，确保盾尾的密封性，防止因盾尾密封性不好而发生涌水、涌砂、漏浆，甚至盾尾被高水头压力击穿等事故。

5 施工管理

5.1 施工技术管理

5.1.1 土压平衡管理

土压平衡工况掘进特点

对于自稳性差的土层，当土压仓内的压力与开挖面的静止水压和土压力相平衡时，开挖面就保持了相对的稳定。螺旋输送机进行排土作业时，要保持排土量与开挖量的平衡，以保持土压仓内土压力的稳定。

土仓压力值的确定：

土仓压力值可由下式确定：

$$P = P_{\text{水}} + P_{\text{土}} \\ = \gamma_{\text{水}} h + \sum \gamma_i h_i \text{tg}^2(45^\circ - \phi_i/2)$$

式中：

$\gamma_{\text{水}}$ —水的比重，单位 kN/m^3 ；

h —水面到隧道中心的距离，单位 m ；

γ_i —各层土的浮容重，单位 kN/m^3 ；

h_i —各层土的厚度，单位 m 。

由此，土仓压力设定为 0.16~0.24MPa。

土仓土压力值应实时设定，随土层的变化而变化，以保证土仓的土压力足以平衡开挖面的压力。

5.1.2 同步注浆、二次注浆管理

在海底、河底掘进时，由于地层含水量，水压力高，注浆时遵循“同步注入，快速凝结，信息反馈，适当补充”的原则。

5.1.2.1 注浆方式

采用盾尾同步注浆方式及时注入单液浆填充环形建筑空间。即在盾构机推进时通过安装在盾壳内 4 条内置式注浆管向盾尾处的环形建筑空间注入填充浆液材料，每条管上设有压力表和阀门，该管通过软管与 2 台砂浆泵的 4 个泵腔分别相连。

5.1.2.2 注浆材料及配合比选择

注浆材料：选用可注性强、经久耐用、结石体强度高，对地下水和周围环境无污染，价格相对低廉的水泥砂浆。

注浆材料及配合比选择：良好的浆液性能体现在以下及个方面：

- a 浆液的充填性。
- b 浆液的和易性好，离析少。
- c 浆液初凝时间早，强度高。浆液硬化后体积收缩少。
- d 浆液稠度合适，不被地下水稀释。

盾构机始发前针对区间各种地层的地质和水文条件的差异，拟配 4 种不同单液硬性砂浆，初凝时间 5 小时~8 小时。在盾构机掘进过程中不断对浆液进行动态管理，摸索浆液在不同地层中适应性。

5.1.2.3 注浆参数

注浆压力的确定：注浆压力是注浆施工主要的控制指标。理论上对于自稳性差的地层，注浆压力应与开挖面的水土压力之和平衡。注浆压力应比理论值稍大，根据本段地质和隧道的覆土厚度情况，注浆压力控制在 0.2~0.4MPa。

注浆量的确定：盾构机在推进过程中，除了排出洞身断面上的土体外，还存在着其它方面的土体损失，这些土体损失主要来源于以下几个方面：一是盾尾管片安装后形成的空隙；二是曲线地段推进时超挖引起的土体损失；三是盾构机纠偏产生的土体损失；四是盾构机蛇形运动产生的土体损失。

盾构机的刀盘外径为 6280mm（隧道内径 $\Phi=5400\text{mm}$ 米，管片厚=300mm，每环管片长 $L=1500\text{mm}$ ），每环同步注浆需求量为理论注浆量的 150%~180%，计算得： $Q=6.1\text{m}^3\sim7.3\text{m}^3$ 。注浆量还应根据地表隆陷监测情况随时进行调整和动态管理。

5.1.2.4 二次注浆

二次注浆因无法计算衬背空隙量，现场注浆时以注浆压力来控制，超过控制压力即停止注浆。若盾构机通过后经检查发现同步注浆没有达到理想效果，则需从相应位置的管片注浆孔进行二次注浆，注浆前需在孔内装入单向逆止阀，并凿穿外侧保护。

5.2 设备保障管理

5.2.1 刀具配置及更换

5.2.1.1 刀具配置

根据仑头海、官洲河段的地质条件，分别采用不同的刀盘布置形式。

仑头海：

仑头海段盾构区间隧道穿越<7Z>强风化混合岩、<8Z>中风化混合岩、<9Z>微风化混合岩地层，以<8Z>、<9Z>地层为主，单轴抗压强度达 26.2~90Mpa。此地层刀盘布置如下：4 把中心滚刀，31 把单刃滚刀，64 把切刀，8 把弧形刮刀，1 把超挖刀。

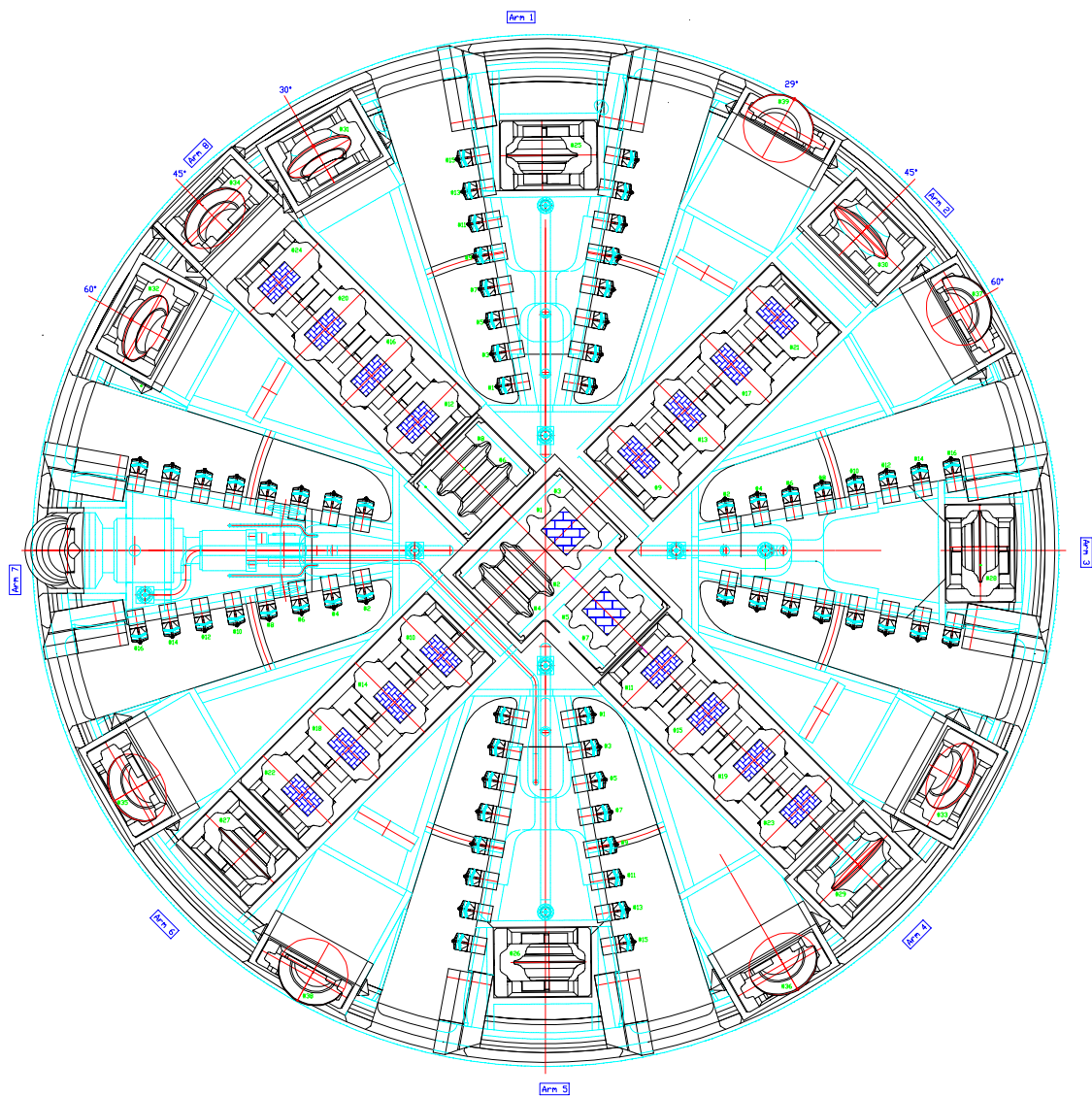


图 7 软岩刀盘布置示意图

5.2.1.2 刀具更换

根据对沿线地质环境的综合分析，在过仑头海和官洲河前先选择适当位置进行刀具、刀盘检查及更换。过仑头海段换刀一次，过官洲河段前拟在盾构机过官洲站时进行换刀施工。过仑头海段右线和左线检查及更换刀具作业地段具体位置见表 5-1、5-2 说明。

表 5-1 右线换刀地段的选择及说明

地段里程		YDK16+785	YDK17+050	YDK17+350
地层情况	洞顶	自下往上依次为<7Z>、<3-2>、<2-1A>、<1>	自下往上依次为<8Z>、<7Z>、<5Z-1>、<2-2>地层	<6Z>、<2-2>、<2-1A>、<1>
	洞身	<7Z>地层	<9Z>地层	<9Z>、<8Z>、<7Z>
地面建筑		为仑头环村路边	隧道上方为仑头海	无
说明		距上个换刀地段约 300m，盾构机掘进通过<7z>地层（有少量<8z>地层侵入隧道）后进入预定换刀地段，洞身岩层整体性强，在无气压条件下换刀，此处换刀后盾构机将掘进通过仑头海底，为减小海底换刀机率，防止刀具带病作业，更换整盘刀具。	距离上个换刀地段约 260 米，隧道掘进通过<9Z>、<8Z>、<7Z>地层，<9Z>地层约占 1/2，无气压条件下换刀。	距离上次换刀地段约 300m，盾构机掘进通过<9Z>、<8Z>、<7Z>、<6Z>地层后进入预定换刀地段，开始换刀作业，把部分正面单刃滚刀换成正面齿刀（16 把）、部分中心滚刀换成中心齿刀（2 把），以适应盾构机将要掘进通过的<5Z>地层。检查及更换刀具在无压条件下进行。
线路坡度		4.08‰	4.08‰	37‰
覆盖层厚度		约 30m。	距离仑头海底约 15m。	约 15m。
注：右线过仑头海施工共有三次换刀，换刀时对设备进行全面检修，检查刀盘、刀具的磨损情况，修补刀盘、更换全部的刀具。				

表 5-2 左线换刀地段的选择和说明

地段里程		YDK16+775	YDK17+050	YDK17+352.5
地层情况	洞顶覆盖层	自下往上依次为 <8Z><7Z>、<6Z>、 <2-1A>、<1>	自下往上依次为<8Z>、 <7Z>、<3-2>、<2-1B>、 <2-2>、<1>地层	<6Z>、<2-2>、<2-1A>、 <1>
	洞身地层	<8Z><9Z>>地层	<9Z>地层	<6Z>、<7Z>
地面建筑		仑头环村路边	隧道上方为仑头海	无
说明		距上个换刀地段约 300m, 盾构机掘进通过 <7Z>地层（有少量<8Z>地层侵入隧道）后进入预定换刀地段, 洞身岩层稳定、整体性好, 在无气压条件下换刀, 此处换刀后盾构机将掘进通过仑头海底, 为减小海底换刀机率, 防止刀具带病作业, 更换整盘刀具。	距离上个换刀地段约 260 米, 隧道掘进通过 <9Z>、<8Z>、<7Z>地层, <9Z>地层约占 1/2, 预定采用无气压条件下换刀。	距离上次换刀地段约 300m, 盾构机掘进通过 <9Z>、<8Z>、<7Z><6Z>地层后进入预定换刀地段, 开始换刀作业, 把部分正面单刃滚刀换成正面齿刀(16 把)、部分中心滚刀换成中心齿刀(2 把), 以适应盾构机将要掘进通过的<5Z>地层。换刀作业在地层加固后进行采用无压作业。
线路坡度		4.08‰	4.08‰	37‰
覆盖层厚度		约 30m。	距离仑头海底约 15m。	约 15m。
注: 左线过仑头海段换刀 3 次, 换刀时对设备进行全面检修, 检查刀盘、刀具的磨损情况, 修补刀盘、更换全部的刀具。				

(2) 换刀方式及操作

根据对换刀位置的地质情况分析,过仑头海、官洲河段有开仓换刀和带压换刀两种方式。换刀作业操作要点如下:

① 换刀前的材料、设备准备

更换刀盘上的滚刀时,需要以下辅件:钳子、起吊装置、加长杆、装配平台、扭矩扳手;照明灯为 24V 白炽灯,3~4 只;蓄电池应急照明灯 2~3 只;小型抽水泵 2 台;人员进入土仓内需用安全带、绳索、套鞋等。

② 更换刀具步骤

工作人员进入土仓后,清洗上部分刀具,然后在刀盘背面用卡尺检查刀具的磨损情况。按照下列步骤进行滚刀更换:

I: 将钳子夹在滚刀的周边上,拧入吊环螺栓并使用链条予以固定,防止以外打开或坠落。

II: 使用一个加长杆拆卸滚刀楔子及螺母。松开固定杆螺母,并向前推动楔子,直至其转动 90 度并可以向后拉动为止。

III: 固定装配平台,并确保其得到正确的定位。

IV: 首先通过钳子,沿被拆卸的楔子方向,横向拉动滚刀,然后向后拉动至装配平台,并使用起吊装置提起滚刀。

V: 清理滚刀刀座,并按相反顺序的步骤安装新滚刀。

VI: 更换滚刀后,将固定杆的螺栓紧固至规定的力矩。盖形螺母和锁止螺母一样,起到锁止螺栓并保护,螺纹的作用。

在刀具更换完成后,可清理土仓,关闭仓门。人员退出后试转刀盘若干圈后,再安排人员进入土仓复紧刀具,确认上紧后,退出土仓,关闭仓门。

③ 更换刀具作业的安全说明

因为可能会出现开挖面部分倒塌的情况,所以进入土仓非常危险。在整个时间内都必须非常仔细地观察开挖面状态。作为紧急安全室,前室必须始终让所有人进入,不能被管路堵塞。所有需要的起重工具都要固定在预定的支架上并经过

检查，保证安全操作。

5.2.2 系统检修

在检修刀具的同时，要对盾构机的液压、电气、水循环、润滑、注脂、注浆、泡沫、铰接等系统进行检修，重点内容包括：

——空压机的检测与维修

——螺旋输送机闸门检测与维修

——注脂系统的检测与维修

——管片拼装机的检测与维修

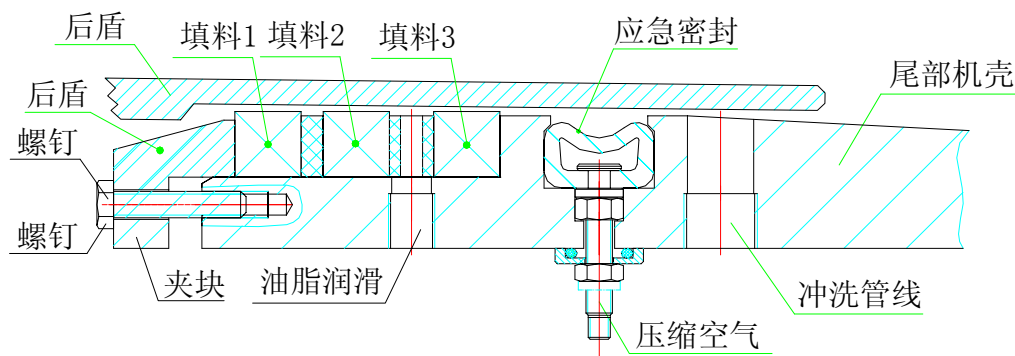
——泡沫系统的检测与维修

——盾尾密封检查与维护

当盾构机进入停机维修前，调整好盾构机的姿态，使盾构机处于直线掘进状态，在逐个油缸撑靴上安装一长 350mm 的撑块，然后顶上管片，全部安装完毕后，继续掘进，直到露出第一排盾尾密封刷为止，根据磨损情况，决定更换或不更换，在密封刷钢丝内抹满 WR90 密封脂，然后安装管片，同时取下撑块。盾尾密封脂必须在每次起动前以及推进过程中不间断注入。如果密封中缺少润滑脂，则盾尾注浆注入的浆液会透过密封并填充密封间隙，导致密封失效。如果停驻时间较长，应注意不要让密封件被加注的砂浆所固结。为避免这种情况的发生，有必要在砂浆粘结前，将隧道掘进机向前位移若干厘米，并使用尾部密封脂填充当前间隙。要定期检查盾尾密封，尽量防止盾尾转弯角度过大。

——铰接密封检查

进入仑头海前，对盾构机的铰接密封进行检查，首先盾构机停止掘进，把膨胀型应急密封充上气，用于阻挡水侵入，把螺钉拧下，取下填料 1、2、3 以及填料之间的挡块，检查填料的磨损情况。当填料磨损严重，通过紧固使密封很难恢复时，更换预应力填料，在预应力填料与中盾接触面上抹上油脂，然后安装并安装挡块和螺钉，在相对中盾滑动点的部位上手动注入油脂。最后放掉膨胀型应急密封内的气体。



图一8 尾盾铰接密封示意图

一、对液压系统进行状态监测

检查泵、阀、马达、油缸、油管路的工作状态，对异常元件提前进行更换。盾构机液压系统的状态监测实际上是液压系统参数的监测，盾构机液压系统工作状态的参数是系统的工作压力、温度、流量以及运转时的声音等。液压系统正常工作时，系统参数都工作在设计和设定值附近。每天都要对这些参数进行检查，当这些参数的范围突破后，可以认为故障已经发生或将要发生。

一、检查备件情况

增加空压机、螺旋输送机闸门、盾尾密封、注脂系统、泡沫系统、铰接密封的备件。

6 异常情况处理措施

过仑头海、官洲河段由于围岩裂隙发育，水压力大，有可能发生喷涌、管片上浮、盾构机铰接漏水、盾尾密封油脂被击穿等情况，影响盾构机正常掘进；同时由于工程水文地质条件复杂，有可能发生结泥饼、造成盾构机刀具大量磨损，导致盾构机无法继续掘进。这些情况，在盾构机穿越河底施工中，都有可能造成重大危害。在施工过程中应积极采取有效措施，防止或减少其危害程度，确保盾构施工的安全及顺利。

6.1 螺旋输送机喷涌及处理措施

由于基岩裂隙水发育，且得到珠江水系的补给，隔水层厚度不一致且常缺失，在这种地层中盾构机没有连续掘进或掘进间歇，以及同步注浆不密实形成

流水通道，水压较大，土质不良，进入土仓的渣土不具有一定的塑性（粘土矿物质含量少，密水性差），承压水与无塑性渣土容易形成螺旋输送机喷涌。针对这种情况拟采用下列措施：

——隧道下坡并处于硬岩含水地层中必须切断管片与围岩间隙汇集的地下水与开挖面的水力联系，管片处于硬岩含水层中长度越长，管片背后存储的水力和压力就越大，掘进过程土仓中加气（气压略小于静水压力）止水是一种成熟的办法。这就要求同步注浆压力应大于土仓中的气压 0.02Mpa。这样，注浆效果才能达到完全封闭衬砌空隙并阻水，避免土仓与管片背后形成水力通道。较长时间停止掘进前，应掘进一小段将土仓用改良好的渣土装满并停止加气，此时用土仓中的渣土压力来平衡水土压力，保持工作面稳定。

——盾构掘进过程中，严格控制进尺、出土量，保证盾构机连续均衡快速通过。在掘进停止时，土仓内压力保持与外界水土压力平衡，在螺旋机排土前，刀盘应把土仓内的水、土充分搅拌，使土仓内土体有良好的密水性，避免喷涌。

——向渣土中加膨润土、高分子聚合物进行渣土改良。当刀盘前方地层水压高，含水量大，渣土较稀时，向刀盘前方加膨润土或高分子聚合物进行渣土改良，防止喷涌。

——在喷水涌砂不严重时，一般采用螺旋输送机尾部的双平板闸门，交替启闭，间隔排渣，达到保持土仓中的设定压力的目的。当喷水涌砂严重时，应启用保压泵渣装置排渣。

6.2 管片上浮及处理措施

盾构机在掘进的过程中，隧道管片位移多数情况下是管片上浮，主要受工程地质、水文地质、衬背注浆质量、盾构机姿态控制等方面的影响。

（1）引起管片位移的因素分析

——衬背环形建筑空间

当管片脱出盾尾后，由于盾构掘进过程中的蛇形运动，超挖以及理论间隙，管片与地层间存在一环形建筑空间，在软岩地层中，这一环形建筑空间在管片

脱出盾尾后，如果不及时进行同步注浆填充环形建筑空间，拱顶围岩极有可能产生变形引起地表过量沉降。这种变形消除了隧道管片与围岩的建筑空间，有利于及时约束管片上浮的趋势。但在硬岩地层中，管片脱出盾尾后，环形建筑空间在相对长的时间内是稳定的，如不及时填充此空间，脱出盾尾的管片是处于无约束的状态，给管片的位移提供了可能的条件。也是同步注浆不能饱满带来的结果。

一硬岩含水地层

在透水地层中盾构机掘进形成的环形建筑空间在充满水或初凝时间很长的浆液的情况下，假定隧道管片全部浸泡在盾构掘进形成的“圆形坑道”之中，当管片所受到的浮力大于管片本身的自重，隧道管片在全断面地下水（或未凝固的浆液）的工况下，管片本身就有上浮的趋势。

一注浆工艺

从注浆工艺来分析，引起管片上浮的原因有两个，一是注浆量不足。在盾构机掘进的过程中，实际注浆量应该达到理论建筑空隙量的 150%~180%。考虑到运输和管道输送、压注过程中的损失，进入到衬背环形建筑空间的浆液量不能完全填充密实管片与围岩间的建筑空间，尤其是隧道顶部分。这也给管片提供了上浮空间。二是注浆压力不足。盾尾注浆孔口的注浆压力应大于隧道埋深处的水土压力，考虑到现场对注浆压力的管理和控制不能完全和理论值吻合，导致衬背浆液不能密实的充填圆形建筑空隙，造成管片上浮。

（2）控制管片上浮的措施

一选择合适的浆液性能

在浆液性能的选择上应该保证浆液的充填性、不易被水稀释、初凝时间与早期强度、限定范围防止流失（浆液的稠度）的有机结合，才能保证隧道管片与围岩共同作用形成一体化的构造物。盾构隧道衬背注浆的浆液配比应进行动态管理，依据不同地质、水文、隧道埋深等情况的变化而不断调整浆液性能，以控制地表的沉降和保证管片的稳定。

—选择合适的注浆参数

提高注浆与盾构掘进同步，保证每环注浆量不小于 6m^3 ，注浆压力控制在 $0.2\sim 0.4\text{MPa}$ 。

—控制盾构机姿态

盾构机过量的蛇形运动必然造成频繁的纠偏，纠偏的过程就是管片环面不均的过程。所以要求盾构机掘进过程中必须控制好盾构机的姿态，尽可能的沿隧道轴线作小量的蛇形运动。发现偏差时应及时逐步纠正，不得过急、过猛纠正偏差，人为造成管片环面受力严重不均。由于管片外径与开挖直径在理论上存在 140mm 间隙，使管片有一个较大的浮动空间，必要时在管片上浮比较严重的区段，可将盾构机的掘进轴心线调至隧道设计轴心线以下 $20\text{mm}\sim 50\text{mm}$ 掘进。

6.3 盾构机铰接密封

进入仑头海前，对盾构机的铰接密封进行检查。当填料磨损严重，通过紧固使密封很难恢复时，要更换预应力填料。

铰接千斤顶行程伸出量理想状态应处于油缸中位（伸出量 75mm ），最大不大于 100mm ，同时控制行程差不大于 40mm 。使千斤顶始终处于被动可伸缩状态，禁止将千斤顶活塞处于油缸两端。

6.4 盾构机盾尾防漏浆措施

—严格控制盾构机的掘进姿态，杜绝方向超差过大和过量纠偏，杜绝管片左右转弯环选用错误及拼装方向有误，造成盾尾与管片外径处的间隙严重不均，损坏密封尾刷而影响尾刷防漏效果。

—在过海前对盾尾密封系统进行全面检查与维护，对能更换的密封刷进行全面更换。

—在推进过程中，因设备故障和人员操作失误往往引起土仓压力变动，在每次调高压力后，必须进行试推进，安排专人观察盾尾漏浆情况，确定无漏浆后再正式调高压力，进行正常掘进。正常掘进时，经常检查盾尾周边与

管片的间隙，保持间隙均匀，防止一侧偏大，而另一侧偏小。

--对盾构机盾尾刷要保护，严格控制盾尾油脂的压注，在管片拼装前必须把盾壳内的杂物清理干净，防止对盾尾刷造成损坏；每 30 环全面检查一次盾尾密封腔。

--发现盾构漏浆比较严重时，注浆时应使用初凝较短的浆液，进行管片壁后注浆，压浆部位为 5~8 环。

6.5 泥饼的预防及处理措施

盾构机穿越易结泥饼的<5Z-1>、<5Z-2>、<6Z>地层时，盾构机掘进时就可能会在刀盘特别是刀盘的中心部位产生泥饼，当产生泥饼时，掘进速度急剧下降，刀盘扭矩也会上升，大大降低开挖效率，甚至无法掘进。施工中采取的主要技术措施为：

--在到达这种地层之前选择合适的换刀地点，把刀盘上的中心部位滚刀换成强力中心刮刀，增大刀盘中心的开口率。

--加强盾构掘进时的出土管理，密切注意开挖面的地质情况和刀盘的工作状态。

--刀盘前部中心部位布置有数个泡沫注入孔，在这种地层掘进时可以适量增加泡沫的注入量，减小碴土的黏附性，降低泥饼产生的几率。

--刀盘背面和土仓压力隔板上设有搅拌棒，以加强搅拌强度和范围，并通过土仓隔板上搅拌棒的泡沫孔向土仓中注射泡沫，改善渣土和易性，增大渣土流动性。

--必要时螺旋输送机内也要加入泡沫，以增加碴土的流动性，利于碴土的排出。

--一旦产生泥饼，可空转刀盘，使泥饼在离心力的作用下脱落。开挖面确保稳定下可采用人工进仓处理的方式清除泥饼。

--为防止结泥饼，尽可能将土压平衡掘进模式改为采用土仓顶部（1/5—1/6 仓位）加气的欠土压平衡模式掘进。

6.6 防止海（河）底地层沉降措施

维持土仓内压力平衡

控制螺旋输送机出土量与掘进速度的关系。分析洞外、洞内监测数据，通过分析土样，判断围岩变化，反演地层特性，调整土仓中的设定平衡土压力。

保证线性准确

盾构机在曲线段推进时，由于曲线推进盾构环环都在纠偏，为此必须做到勤纠，而每次的纠偏量不能过大；在软硬不均，有曲线及坡度变化，盾构机掘进时易发生方向偏差，因此应严格控制盾构机的姿态，并正确纠偏修正蛇行，以免产生过大的地层损失而引起地层变形；正确地选用左右转弯环管片及其转弯环管片的拼装方向是保证盾构在正确方向掘进的重要措施；另外，受盾构刀盘自重的影响，盾构也有低头的现象，引起竖向偏差，要及时进行纠正。

保证注浆量

保证注浆数量不小于 1.5~1.8 倍理论空隙，必要时要进行二次注浆。

6.7 防止注浆管堵塞措施

—浆液运输管路的铺设，要避免管路弯曲造成浆液流速缓慢而沉淀。地面储料罐至井下浆液车中途下料要采用大口径输送管放浆，缩短放浆时间，同时将浆管口尽可能靠近浆液车底部，打开闸门即可依靠浆液自重放浆。

—紧凑安排工序，缩短浆液在隧道内的运输时间。在洞口和砂浆车位置设置电源插座，专供砂浆车搅拌电机用，保证砂浆车搅拌器正常连续工作，避免因施工停顿时间过长而引起浆液离析。

—砂浆车向盾构机储浆罐泵浆时，降低出浆管高度，同时开启搅拌机搅拌浆液。

—在不影响其他管路及运作空间的前提下，适当改善同步注浆管路，减少弯头、增大管径，避免浆液在管路中沉积、堵塞。

—保证盾构机及后配套设备的正常连续运行。坚决避免盾构机在推进过程中人为的停机造成同步注浆工序中断而浆液凝固堵塞。

—在拼装管片时的停止掘进期间，应间隔缓慢注浆几次，一方面保持管路畅通，另一方面为同步注浆保压，阻止水进入管背。

—禁止采用压缩空气来清洗注浆管道。

6.8 刀具磨损量大及防止措施

由于仑头海内地层软硬不均，盾构在掘进过程中对刀具的磨损较大，当刀具磨损到极限时，盾构机将无法继续向前推进，施工中采取如下措施：

（1）选择适当的掘进参数，保护好刀盘、刀具

在掘进过程中，必须选择适当的掘进参数，保护好刀盘、刀具，防止刀具的非正常磨损。掘进过程中要限制掘进速度，降低刀盘扭矩。在软硬不均地层掘进时，其掘进速度不宜过快，应控制在 $20\text{mm}/\text{min}$ 之内，刀盘转速 $1.8\sim 2.0\text{r}/\text{min}$ 。

（2）加入足量的泡沫剂进行碴土改良，泡沫主要向刀盘面板处注入，一方面可以使切割下来渣土进入土仓的流动性好，不易结饼，同时也给刀具降温，防止刀具因切割岩石的高温而降硬度及耐磨性；另一方面可以降低刀具与岩石之间的磨擦系数，减小刀具磨损。

（3）购置 2 种以上品牌的滚刀，在试掘进阶段将几种滚刀安装在刀盘正面的相临刀号位置掘进，比较其耐度及韧性性能。选用最耐磨的滚刀安装在刀盘的边缘及刀盘圆弧过度处，以保持切割直径缩小慢。硬度次之且韧性好的滚刀安装刀盘正面，承担繁重地破岩任务。

（4）在掘进硬岩地段，刀盘的振动比掘进软岩的土压平衡掘进时强烈，它将加快刀具的磨损，操作时需认真采取措施控制刀盘振动。

（5）坚持在土仓隔板处巡视触听土仓中的异常声响，及时发现并尽早清除土仓中的异物，也是保护刀具非正常损坏的重要措施。

（6）选择适当位置进行刀具检查

选择适当位置开仓检查刀具，及时发现刀具的磨损情况。对刀具的磨损情况进行认真分析总结，根据刀具的磨损情况，适当调整掘进参数，避免刀具的

非正常磨损。当刀具磨损达到极限值时，应及时进行换刀作业，以保证盾构掘进的顺利进行。

7 施工监测

7.1 地表变形机理

—先期沉降：主要是因为地下水降低，引起空隙水压力减小，围岩有效应力增加。土体压缩和压密、下沉。

—盾构机开挖面沉降或隆起：主要是因为盾构的土仓内压力引起过高隆起，过低沉降，引起围岩应力释放、扰动。

—盾构机通过时沉降：主要是因为施工扰动，盾构与围岩间剪切作用、出渣引起扰动。

—盾尾空隙引起的沉降：主要是因为围岩失去支撑，管片背后注浆不及时，引起应力释放。

—后续沉降：主要是因为结构变形、地层扰动、空隙水压下降等，引起土体固结。

7.2 土体发生较大沉降的原因

- ①盾构机推进速度较快。
- ②盾构停止推进时，盾构土仓中没有建立与周围土体压力、水压力的平衡。
- ③盾构机密封刷漏水。
- ④注浆不及时，注浆量不饱满。
- ⑤出渣量异常（比正常情况多）。

7.3 监测方式

7.3.1 河床监测

对仑头海、官洲河河床采用声纳监测，监测范围隧道轴线 25 米范围内。盾构机在进入仑头海、官洲河前，对其河床进行全面测量，取得原始数据，如图 8、9 所示。根据对河床监测数据的分析，目前仑头海河床基本没有变化，与详细地质勘察报告显示情况基本相同。盾构在到达 YDK17+100 和 ZDK17+100

时（盾构掘进将进入仑头海），对河床再次监测，以掌握河床变化情况。

7.3.2 地表沉降监测

穿越仑头海河和官洲河会对地层产生扰动，有可能引起地表、仑头海和官洲河的防洪大堤变形或沉陷，故按以下方案监测布置沉降监测点：沿线路方向每隔 10m 设 1 个监测次断面，为使获得的监测数据具有连续性，沿隧道横向每隔 5m 布设一沉降观测点。

7.3.3 洞内监测

—监测实际出土量（理论出土量加泡沫注入量及切割硬岩时的松方系数）与理论出土量的关系，若突然出现出土量过大，首先应减小或关闭螺旋输送机的排土口，增大盾构机的推进速度，调节土仓中的设定土压，再进行试掘进。应对盾构机的姿态认真测量，判断盾构机姿态和超挖量。同时对盾构机穿越的地层认真分析，对盾构机出土进行岩样分析，判断土样是否与地质勘察一致，进而判定洞顶已经塌陷或有塌陷的可能。

—操作司机随时注意渣土量（如一车渣土合计的掘进进尺与前一个掘进循环比较）的变化，如有不正常，立即采取纠正措施，不可在一个循环结束才计算每个循环的出土量多少，这会造成纠正措施滞后。

—监测洞内管片上浮情况，对洞内的水准点要定期复核。

—盾构机掘进时的姿态控制是通过全站仪的实时测设 ELS 的坐标，反算出盾构机盾首、盾尾的实际三维坐标，通过比较实测三维坐标与 DTA 三维坐标，得出盾构参数，控制盾构机姿态。

8 工期安排

根据工程总体施工计划安排，本区间右线盾构机于 2004 年 8 月 20 日始发，左线盾构机 2004 年 9 月 8 日始发。盾构过仑头海、官洲河段施工工期安排如下：

（1）右线盾构机到达仑头海（YDK16+785）处为 2004 年 11 月 29 日，进行盾构过仑头海前的刀具、刀盘检查，设备全面检修。

(2) 2004 年 11 月 29 日~12 月 6 日进行换刀、设备检修，时间为 7 天。

(3) 2004 年 12 月 6 日~12 月 31 日盾构掘进通过仑头海到达仑头海中段，准备进行刀具检查、更换和设备检修。

(4) 2004 年 12 月 31 日~2005 年 1 月 7 日进行第二次刀具更换、设备检修。

(5) 2005 年 1 月 7 日~2 月 5 日盾构再次掘进通过仑头海段。

(6) 2005 年 4 月 1 日盾构掘进至官洲河段 (YDK18+100)，进行过河前刀具检查。

(7) 2005 年 5 月 13 日~6 月 9 日盾构掘进过官洲河段。

(8) 左线盾构在右线盾构始发后 20 天始发，相应工期错后 20 天。

盾构掘进过仑头海、官洲河施工进度计划详见表 8-1。