

盾构法隧道施工工艺

- 一、盾构法的由来
- 二、盾构分类及其适用范围
- 三、土压平衡盾构法施工工艺

一、盾构法的由来

盾构法于19世纪初起源于欧洲，受启发于蛀虫挖洞，20世纪初日本引进盾构施工技术，并使其得以较大发展。上世纪60年代该技术引入中国。目前，**日本及欧洲处于盾构技术的领先地位**。随着盾构机制造业的发展和施工工艺的不断改进，逐步形成了比较完善的盾构系列施工工法。

近年来随着城市建设的发展，地下空间得到广泛的开发利用，盾构设备的自动化程度越来越高，其适用性得以拓展，能够适用于多种地质条件和复杂环境条件。已在城市地铁、市政管道、地下公路、越江隧道等基础设施建设中得到广泛应用。



盾构分类及其适用范围

- **1) 开放型：**人工开掘式、半机械挖掘式
- **全部敞开**，随时观察地层变化情况，并配备简便的液压、风动挖掘，机具、人工挖掘，当开挖面难以保持稳定时可以采用气压等人工措施及正面支撑、支撑千斤顶等**随挖随撑**。

盾构分类及其适用范围

- 2) **部分开放型**：闭胸式

开挖面密闭，在其上设有可调的出土口，开挖时盾构的前部贯入土砂之中，土砂呈塑性流动并从开口排出。

盾构分类及其适用范围

- **封闭型**：土压式 泥水加压式
在切削密闭仓内充满开挖下来的土砂（泥浆）。

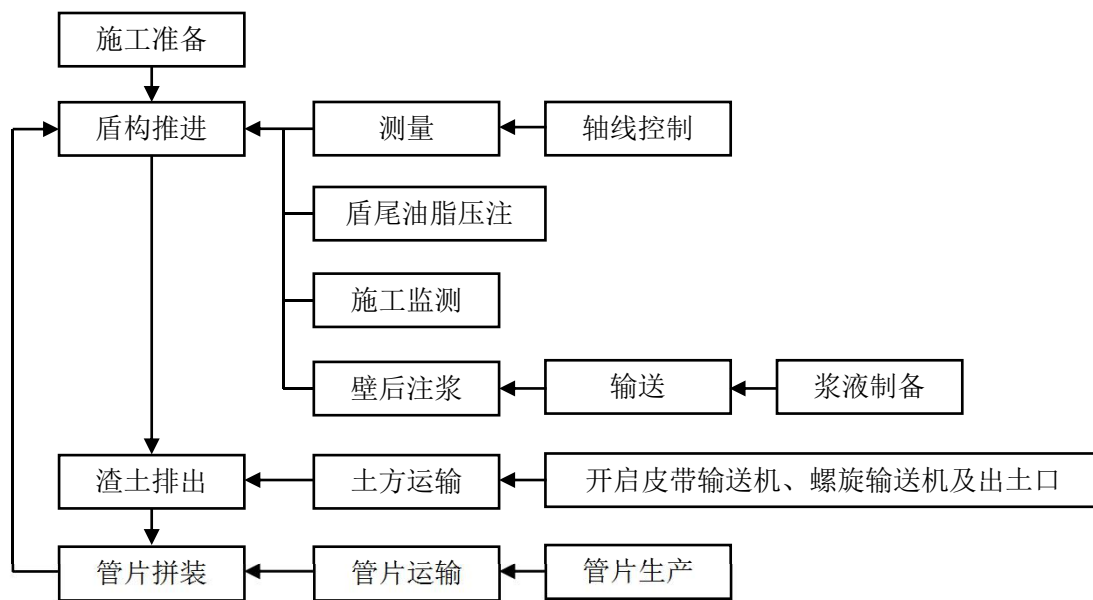
三、土压平衡盾构法施工工艺

目前在盾构工程中普遍采用的多为闭胸式盾构机，其中以泥水平衡式与土压平衡式盾构机最为普及。而且由于盾构工程大部分位于人口密集的城市区，从减少施工污染、降低施工造价等多方面综合考虑，又以土压平衡盾构法施工为主。



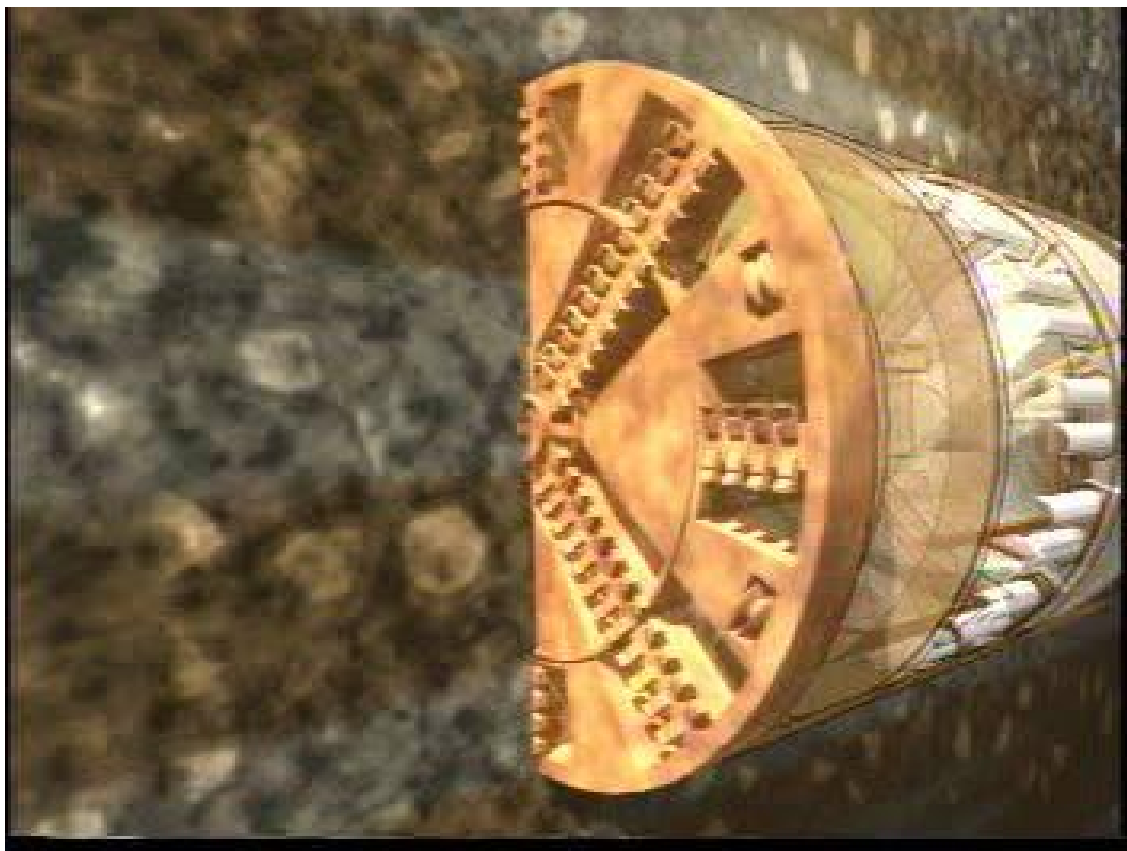
- 所谓土压平衡，就是盾构密封舱内始终充满了用刀盘切削下来的土，并保持一定压力平衡开挖面的土压力。
- 螺旋输送机靠转速来控制出土量，出土量要密切配合刀盘的切削速度，以保持密封舱内充满泥土而又不致过于饱和。

土压平衡盾构法施工工艺流程

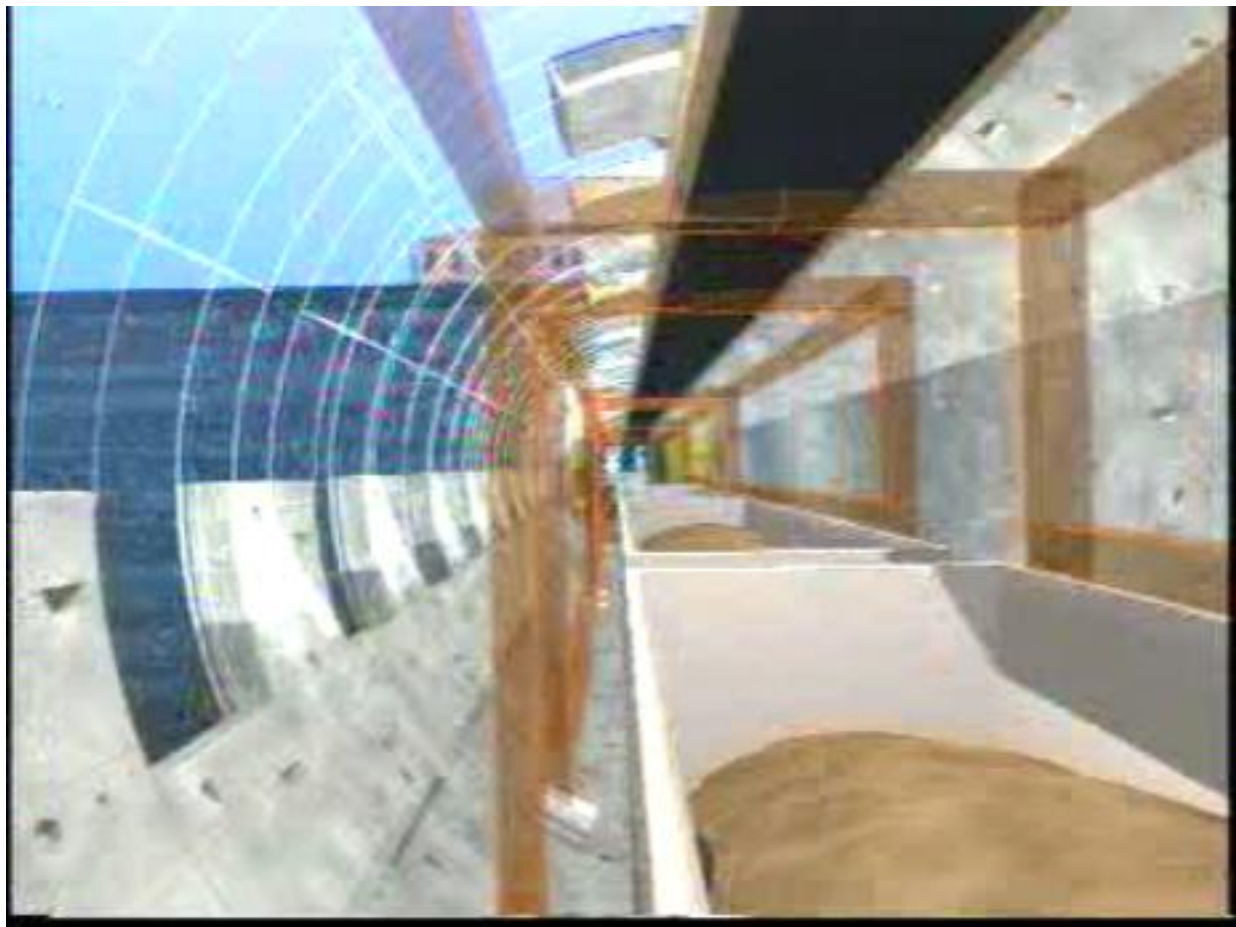


盾构施工工艺流程图（一个循环）

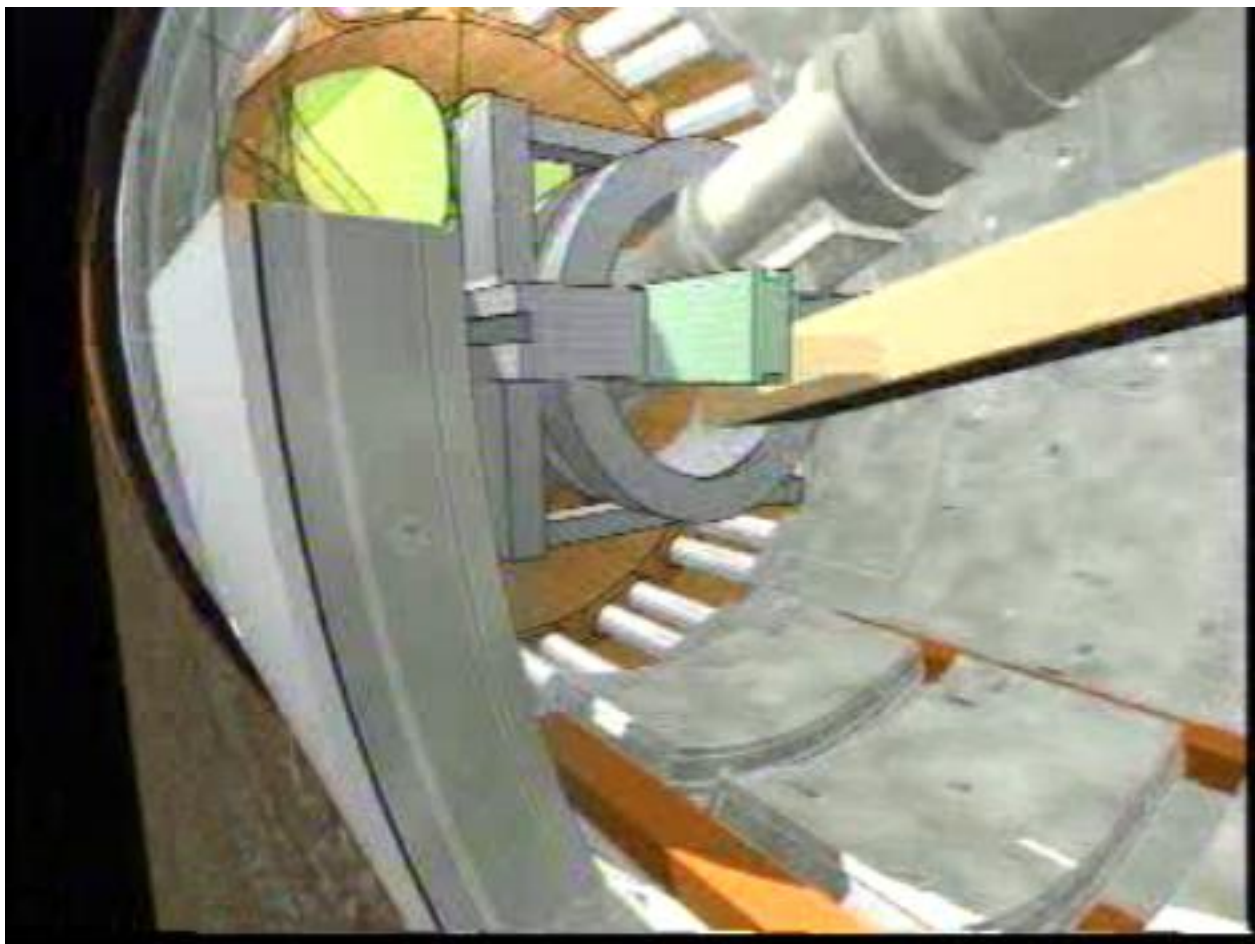
盾渣
构土
掘排
进出

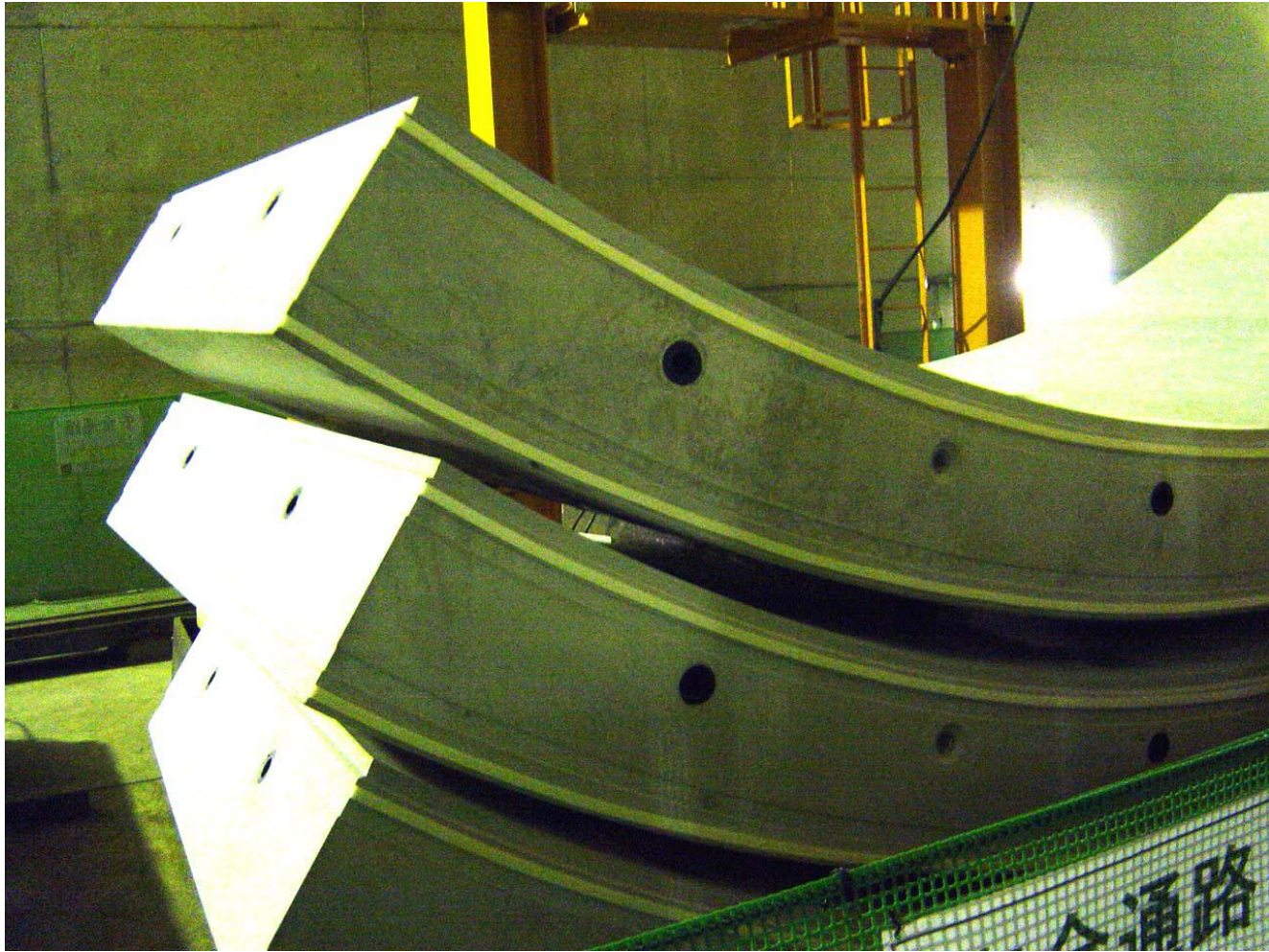


壁后同步注浆

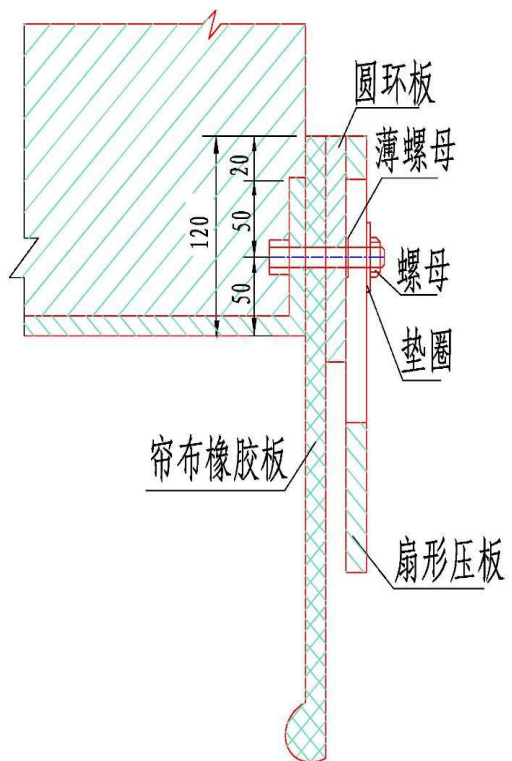


管片拼装



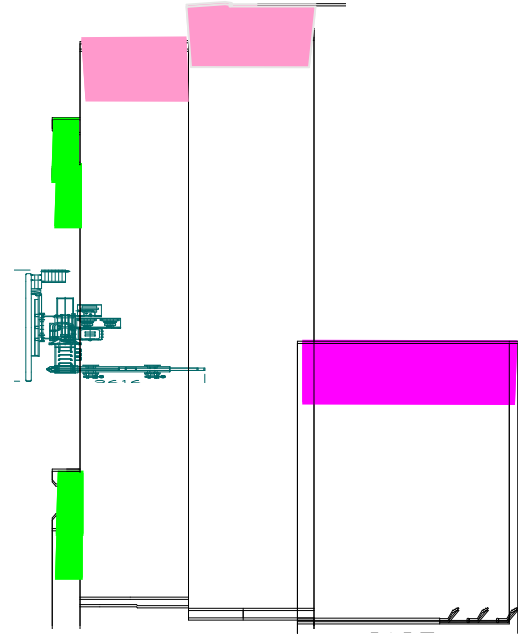
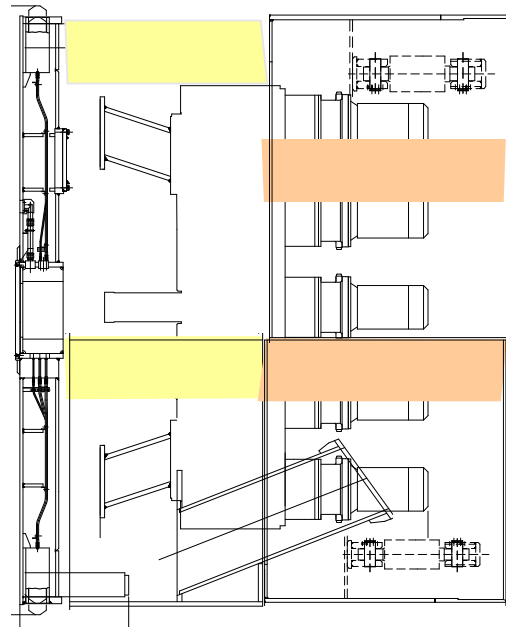


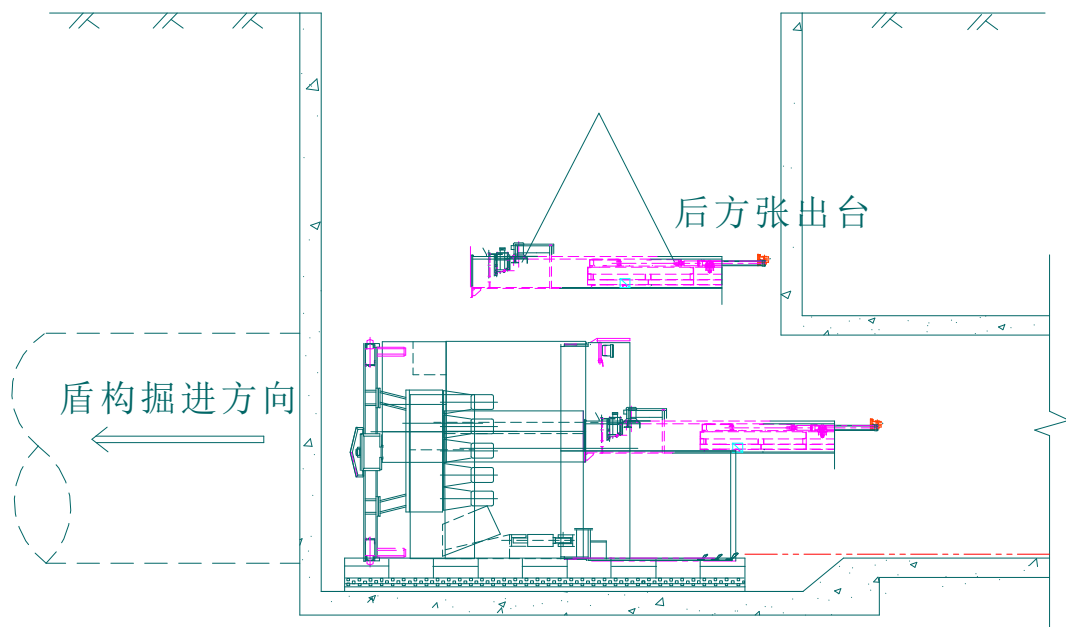


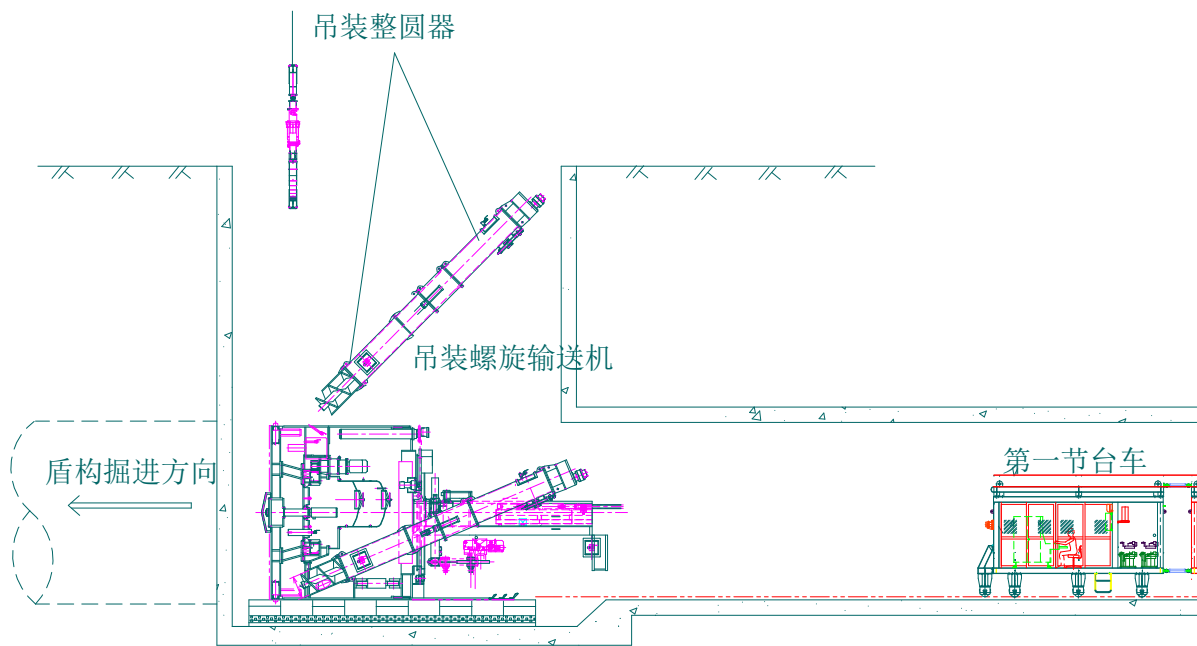


盾构机现场组装图片

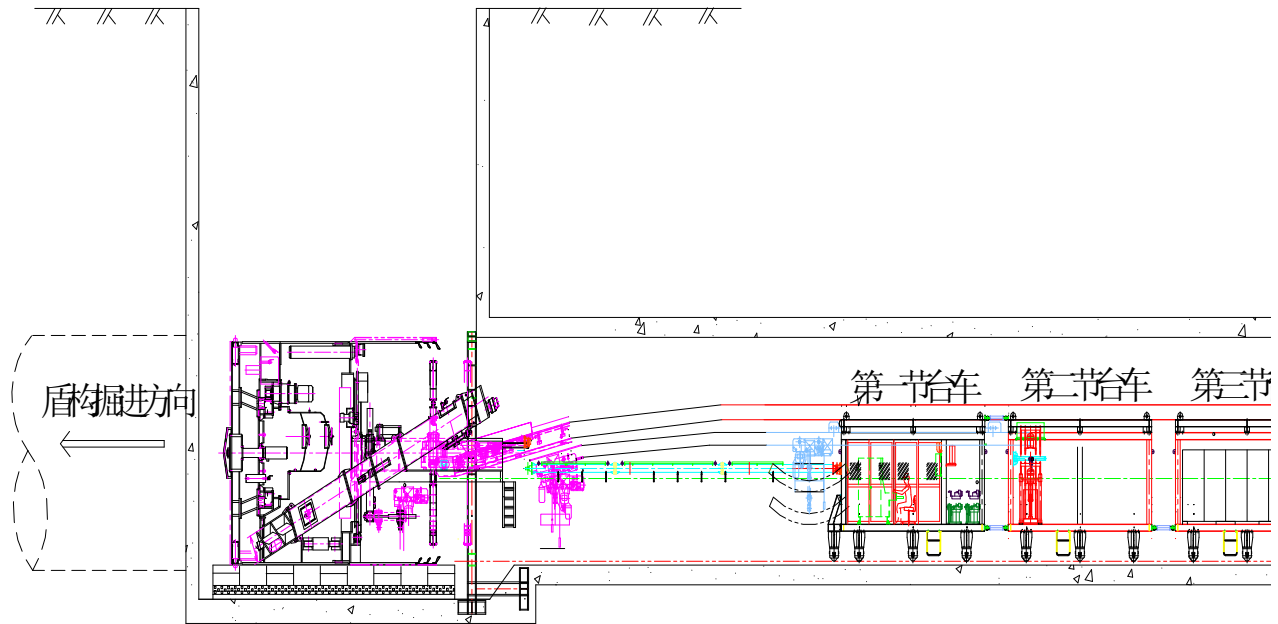


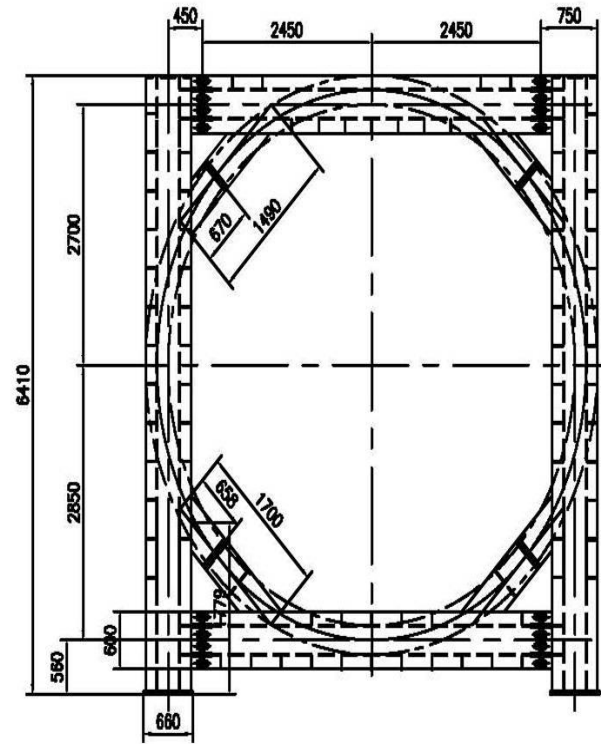
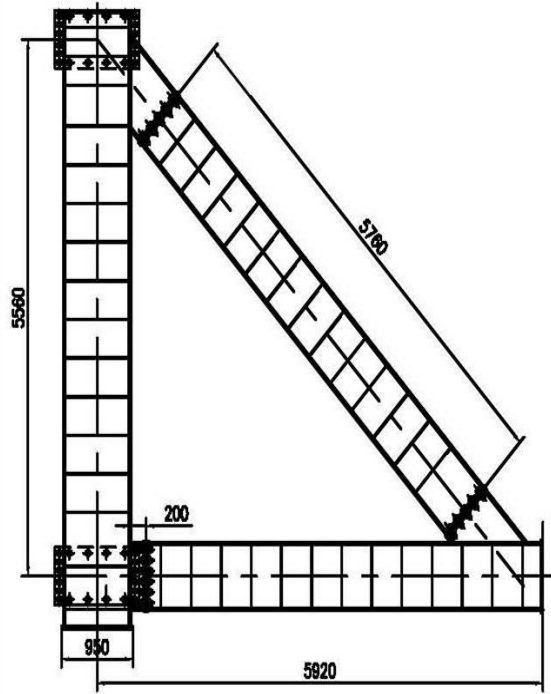






桥架、皮带输送机、单轨梁、反力架的安装





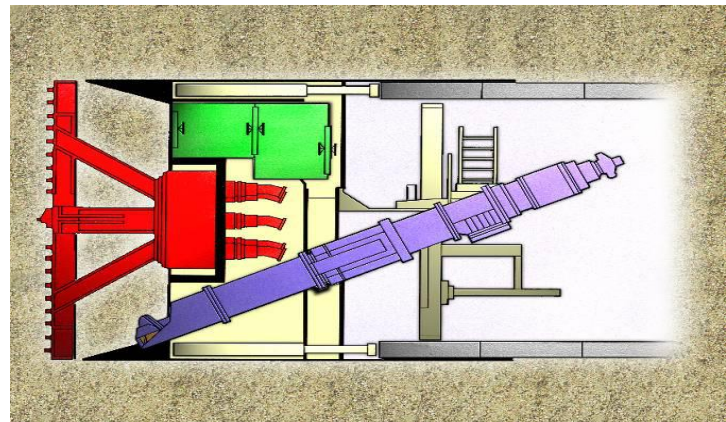
初始掘进

- (1) 洞口土体加固
- (2) 地面配套设施安装施工
- (3) 洞门范围内的钻孔灌注桩凿除
- (4) 始发台架安装
- (5) 盾构始发轨道铺设
- (6) 反力架安装
- (7) 洞门橡胶密封圈安装
- (8) 盾尾密封刷涂满密封油脂
- (9) 盾构机的联动调试满足要求
- (10) 临时管片准备就绪
- (11) 碴土运输准备工作就绪
- (12) 盾构机已准确定位
- (13) 自动导向系统安装、测试完毕
- (14) 初始掘进范围内的地面监测点已布设完毕并获得初始的数据
- (15) 供电系统（含备用电源）、给排水系统、通信系统等正常
- (16) 始发反力架和基准环已在始发井地面试拼装，在井下安装时要经过精确定位测量，确保第一环临时管片的准确位置

- 1、土压力的平衡（开挖过程控制）
- 2、进尺与出土量的平衡（即时控制）
- 3、注浆量与建筑孔隙量的平衡（填充控制）
- 4、盾构掘进参数变化量的平衡（掘进参数控制）
- 5、盾构与管片两者各项姿态间的平衡（轴线控制）

施工参数和开挖面稳定控制的好坏直接影响地表沉降大小、地下管线和地表建筑物的安全。因此施工中应对开挖面的稳定进行严格控制。

为了保证盾构机顺畅排土，需对掘削下来的土砂加泥或加化学泡沫等添加剂以控制土仓内土砂的塑性、流动性处于适当的范围内，以保证盾构机能够顺畅排土。



管理重点：

不同地层条件下进尺与出土量的平衡（即时控制），及时进行土质状态记录与分析，并及时调整每环总出土量，保证掘进过程中进尺与出土量的对应统一。

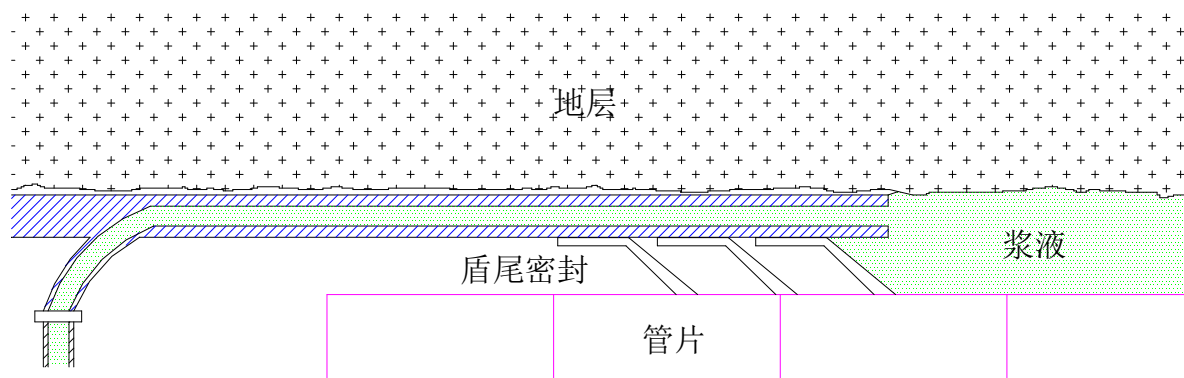
盾构施工类似工厂流水线作业，因此施工中要求各环节紧密衔接，任何一道工序发生滞后，都将直接影响施工工效，或导致施工停止。因此应进行信息化施工管理，收集各阶段的施工参数，通过分析、归纳，在施工中不断对各种参数的设定进行优化，将会提高施工的质量、效率。

在施工中实时进行施工数据采集，建立完善的信息化施工模式：

- 1、盾构机掘进参数的采集
- 2、盾构机导向数据的采集
- 3、施工监测系统
- 4、人工控制测量数据



地表沉降控制是盾构施工的重点，及时的进行壁后注浆是有效控制地表沉降的措施之一。在壁后注浆施工中，由于盾构隧道穿越地层的多样性，注浆量变化幅度较大，因此采取以注入压力控制为主，兼顾注入量的方法进行注浆管理。



同步注浆原理图

壁后注浆浆液分为单液砂浆和双液化学浆液，单液砂浆浆液应具备以下性能：

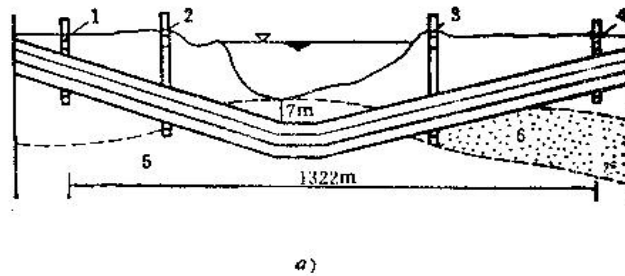
1. 具有良好的长时间稳定性及流动性，并能保证适当的初凝时间，以适应盾构施工以及远距离输送的要求。
2. 具有良好的充填性能。
3. 在满足注浆施工的前提下，尽可能早地获得高于地层的早期强度。
4. 浆液在地下水环境中，不易产生稀释现象。
5. 浆液固结后收缩率小，泌水率低。
6. 原料来源丰富、经济，施工管理方便，并能满足施工自动化技术要求。
7. 浆液无公害，价格合理。

管理重点：盾构姿态；成环管片姿态；管片选型。

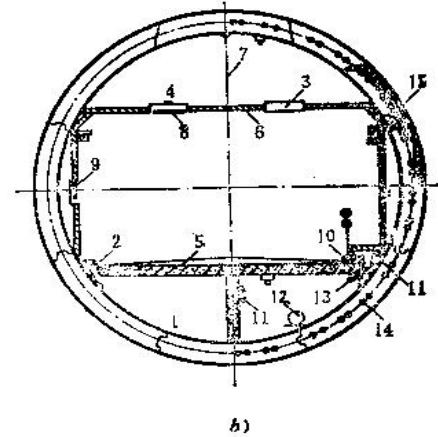
通过施工测量以及盾构设备的自动导向系统，实时取得盾构的当前姿态，再通过盾构操作系统调整掘进控制，使盾构姿态保持在要求的偏差范围内；管片拼装前认真测量已经成环的管片姿态，根据盾构隧道曲线方向、推进千斤顶的行程差、盾尾间隙等条件合理选择管片类型，拼装过程中要注意保证管片的拼装质量满足要求。

- 1、根据盾构机的贯通姿态及掘进纠偏计划进行推进，纠偏要逐步完成，每一环纠偏量不能过大。
- 2、在盾构机距离端头墙50米时，选择合理的掘进参数，逐渐放慢掘进速度，逐渐降低推力，缓慢均匀地切削洞口土体，以确保到达围护桩和墙体的稳定和防止地层坍塌。
- 3、加强地表沉降监测，及时反馈信息以指导盾构机掘进。
- 4、在拼装的管片进入加固范围后，浆液改为快硬性浆液，提前在加固范围内将泥水堵在加固区外。当最后一环管片拼装完成后，通过管片的二次注浆孔，注入双液浆进行封堵。
- 5、由于盾构到站时推力较小，致洞门附近的管片环与环之间连接不够紧密，因此作好后20环管片的螺栓紧固和复紧工作。防止管片松弛而影响密封防水效果。

隧道剖面图



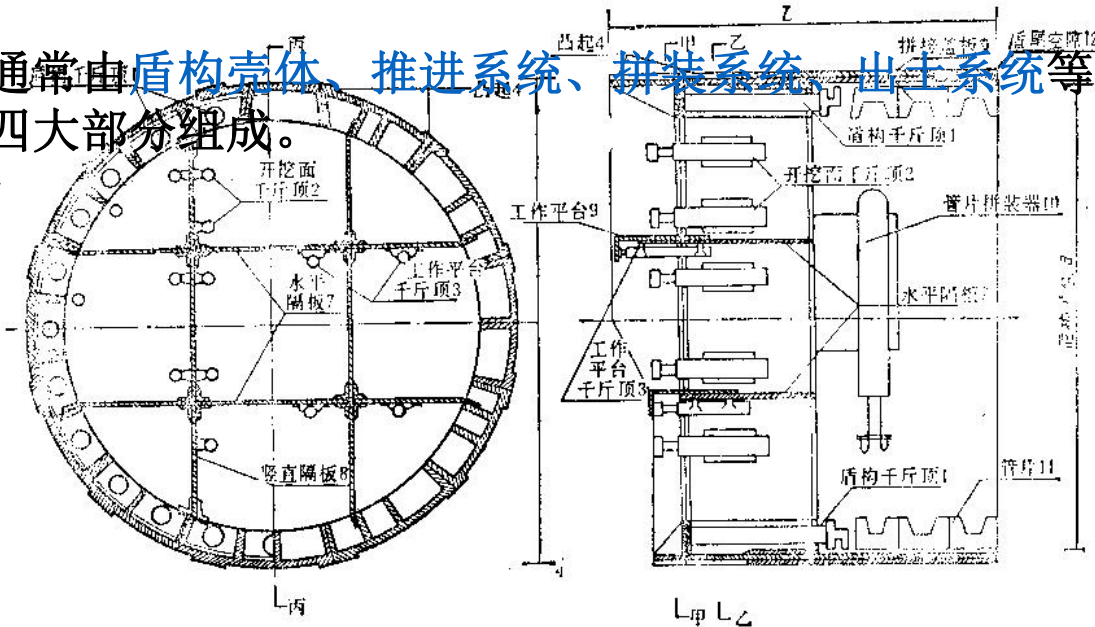
1-盾构工作井，2-浦西通风井，3-浦东通风井，4-盾构拆卸井，5-淤泥质粘土，6-粉沙



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

盾构的基本构造

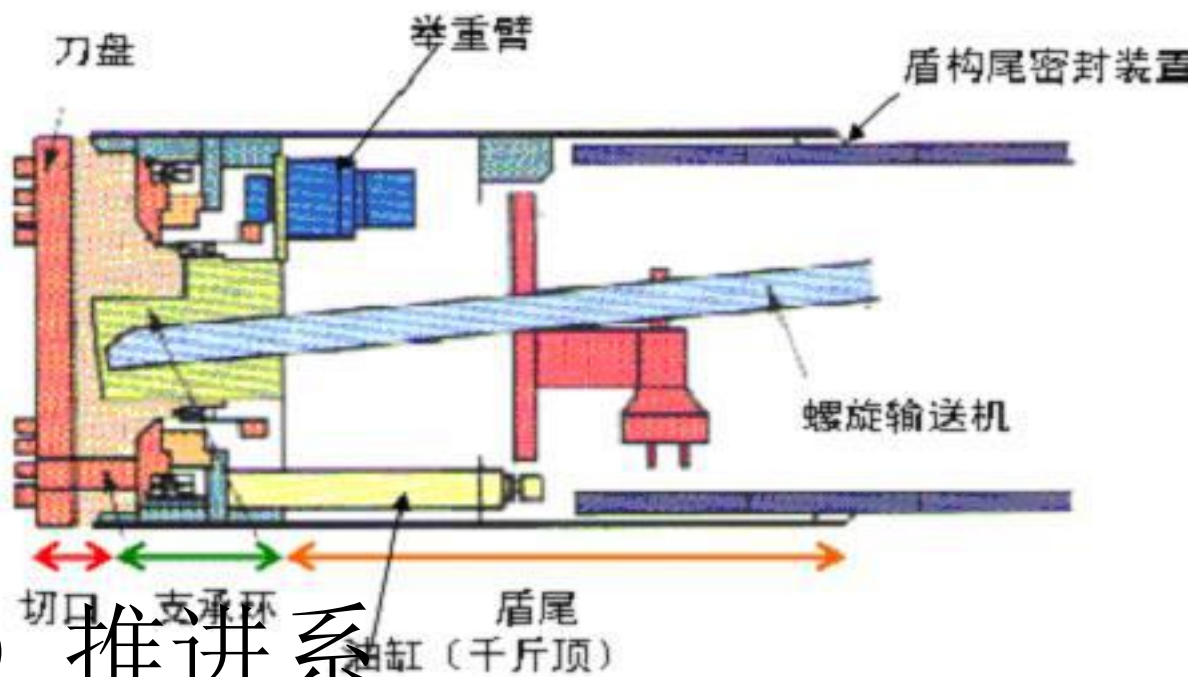
通常由盾构壳体、推进系统、拼装系统、出土系统等四大部分组成。



1-1 (切口环); 2-2 (支承环); 3-3 (纵剖面)

1) 盾构壳体

- 盾构壳体由切口环、支承环、盾尾与竖直隔板、水平隔板组成，并由外壳钢板连成整体。
- 切口环：开挖；上下宽度可以等值、也可以不等值，甚至是活动的。
- 容纳各种专门的挖土设备。
- 支承环：承受荷重的核心部分，刚性较好的圆环结构。
- 水平隔板和竖直隔板：增加盾构刚度，水平承受拉力，竖直承受压力。
- 盾尾：掩护工人在其内部安装衬砌。



2) 推进系统

- 由盾构千斤顶和液压设备组成，上下左右活塞杆伸出长度不同达到纠偏目的。
- 盾构千斤顶一般是沿支承环圆周均匀分布的；

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，以油压系统为动力，一般举重臂均安装在支承环上。
- 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

- 出土方式一般有三种：
- (1) 有轨运输：皮带运输机—矿车—洞口—垂直起吊至地面。
- (2) 无轨运输：自卸卡车
- (3) 管道运输：混合泥浆，压力输出，出土连续化

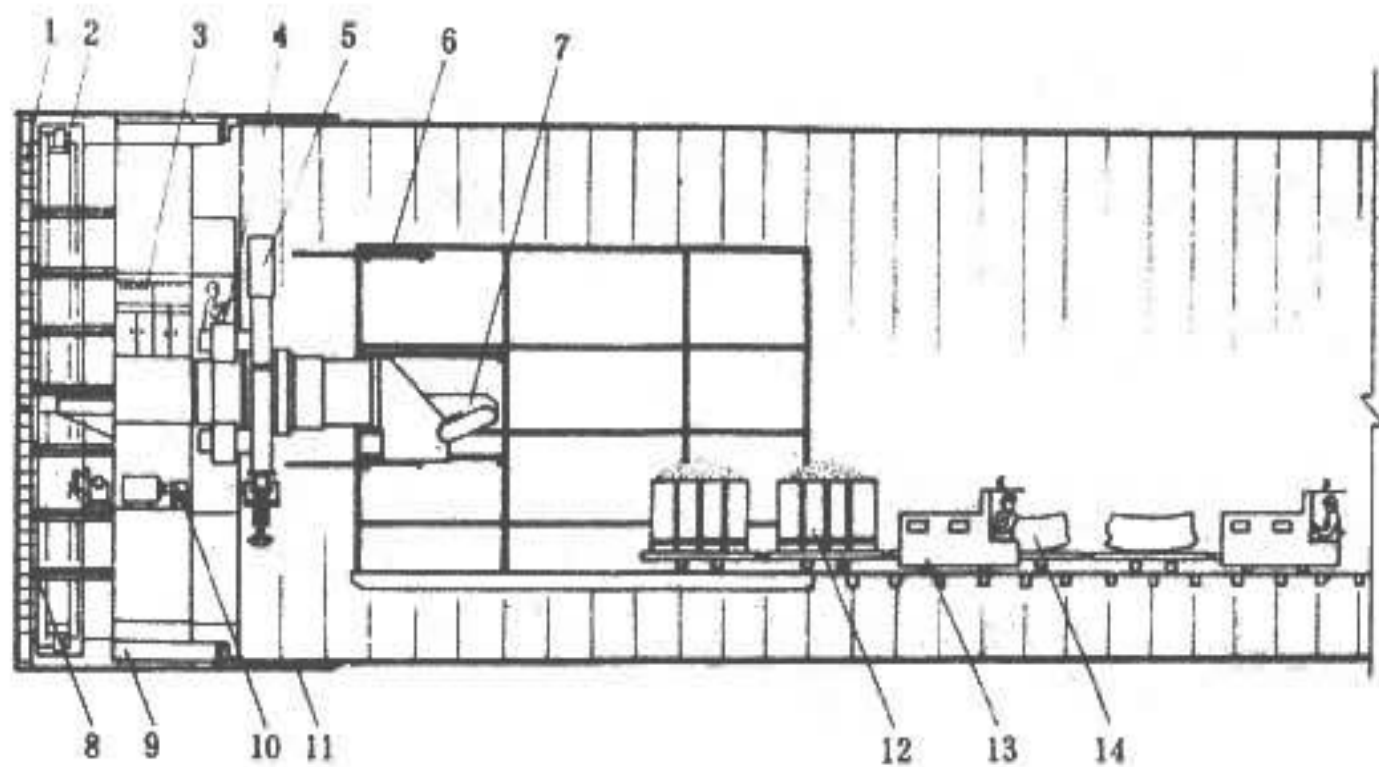


图1 盾构施工示意

- 1 网格 2 转盘 3 配电箱 4 操作台 5 拼装器 6 车架 7 刮板运输机 8 胸板
 9 千斤顶 10 油泵 11 盾尾密封 12 装土箱 13 电车 14 钢筋混凝土管片

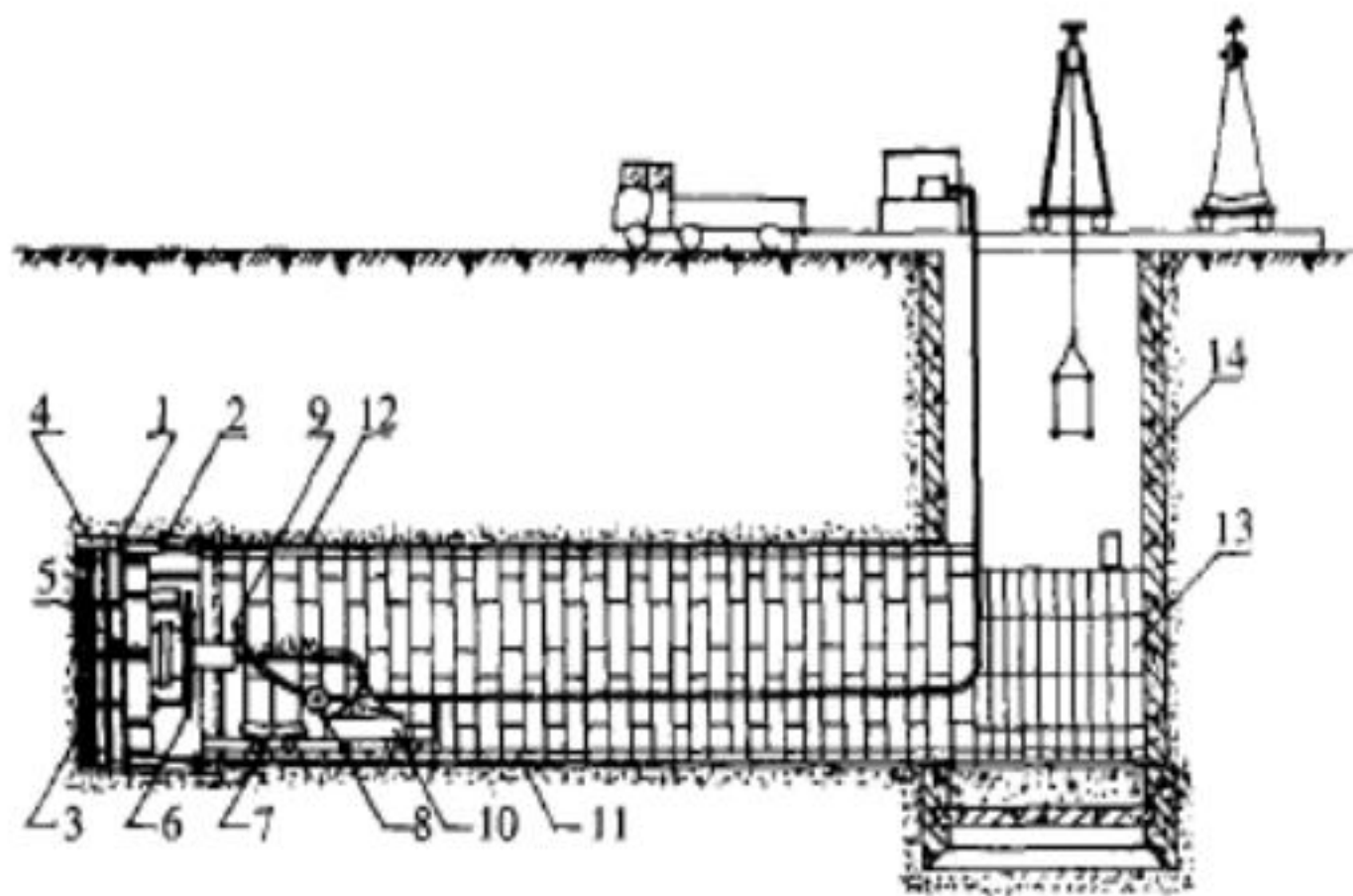


图 6 盾构法施工示意