# 盾构法隧道施工

# Shield tunnel construction

# 1.盾构的始发和到达

1.1始发竖井

始发竖井的任务是为盾构机出发提供场所，用于盾构机的固定、组装及设置附属设备，如反力座、引人线等；与此同时，也作为盾构机掘进中出碴、掘进物资器材供应的基地。因此，始发竖井的周围是盾构施工基地，必须要有搁置出碴设备、起重设备、管片储存、输变电设备、回填注浆设施和物资器材的场地。

1.2到达竖井

两条盾构隧道的连接方式有到达竖井连接方式和盾构机与盾构机在地下对接的方式。其中，地下对接方式是在特殊情况下采用,例如连接段在海中难以建造竖井，或者没有场地不能设置竖井等。但在正常情况下一般都以到达竖井连接。

1.3盾构机拼装

盾构在拼装前，先在拼装室底部铺设50cm厚的混凝土垫层，其表面与盾构外表面相适应，在垫层内埋设钢轨，轨顶伸出垫层约5cm，可作为盾构推进时的导向轨，并能防止盾构旋转。若拼装室将来要作他用，则垫层将凿除，费工费时。此时可改用由型钢拼装的盾构支撑平台，其上亦需要有导向和防止旋转的装置。 由于起重设备和运输条件的限制，通常将盾构机拆成切口环、支承环、盾尾三节运到工地，然后用起重机将其逐一放入井下的垫层或支承平台上。切口环与支承环用螺栓连接成整体，并在螺栓连接面外圈加薄层电焊，以保持其密封性。盾尾与支承环之间则采用对接焊连接。

1.4盾构机的始发

盾构机的始发是指利用临时拼装管片等承受反作用力的设备，将盾构机从始发口进入地层，沿所定的线路方向掘进的一系列施工作。根据临时拆除方法和防止开挖面地层坍塌方法的不同，施工方法有以下的几种。

第1种方法，使开挖面地层能够自稳,再将盾构机贯入自稳的开挖面。一般是通过化学注浆、高压喷射注浆、冻结施工法等来加固开挖面地层，或向始发竖井压气，平衡开挖面的地下水、土压力，使地层自稳。

第2种方法，利用挡土墙防止开挖面崩塌，让盾构机开始掘进。这种方法有两种，一种是将始发竖井的挡土墙做成双层，以防止内层挡土墙拆除时开挖面崩塌，盾构机向前推进，到达开挖面地层后，起吊盾构机前方的外层挡土墙，盾构机开始开挖；另一种是在始发竖井的近旁再挖一个竖井，盾构机从该竖井内向前推进，在回填后开始开挖。

1.5盾构机的达到

盾构机的到达是指在稳定地层的同时,将盾构机沿所定路线推进到竖井边,然后从预先准备好的大开口处将盾构机拉进竖井内,或推进到到达墙的指定位置后停下等待的一系列作业。

施工方法有两种，一种是盾构机到达后拆除到达竖井的挡土墙再推进，另一种是事先拆除挡土墙，再推进到指定位置。

# 2.盾构的掘进

盾构掘进时必须根据围岩条件，保证工作面的稳定，适当地调整千斤顶的行程和推力，沿所定路线方向准确地进行掘进。掘进时应注意以下问题：

（1）正确地使用千斤顶所需台数和重要的位置，使之产生推力按设计的线路方向行走,并能进行必要的纠偏；

（2）不应使开挖面的稳定受到损害，一般是在开挖后立即推进，或在开挖的同时进行推进。每次推进的距离可为一环衬砌的长度，也可为一环衬砌长度的几分之一,推进速度约为10～20mm/min。衬砌组装完毕后，应立即进行开挖或推进，尽量缩短开挖面的暴露时间；

（3）不应使衬砌等后方结构受到损害，推进时应根据衬砌构件的强度，尽力发挥千斤顶的推力作用。为使每台千斤顶的推力不致过大，最好用全部千斤顶来产生所需推力。在曲线段、上下坡、修正蛇行等情况下，有时只能使用局部千斤顶，要尽量多增加千斤顶的使用台数。在当采用的推力可能损坏衬砌等后方结构物时，应对衬砌进行加固，或者采取一定的措施。

（4）为使盾构能在计划路线上正确推进、预防偏移、偏转及俯仰现象的发生，盾构隧道施工前，应在地表进行中线及纵断面测量，以便建立施工所必须的基准点。施工时必须精密地把中心线和高程引入竖井中，以便进行施工中的管理测量，使组装的衬砌和盾构在隧道的计划位置上。测量时应注意及早掌握盾构推进与设计位置之间的偏差，随时进行监视，毫不迟疑地修正盾构推进的方向。原则上一日二次左右。测量应考虑与其他工序的关系，力求简化和合理。管片与盾构的相对位置，可以从上下左右千斤顶活塞的差值确定出大致的情况，盾构本身的俯仰、偏移、偏转等可用装在盾构上的垂球、U型管、振子式倾斜仪和经纬仪等进行测量。

# 3.衬砌、压浆和防水

3.1一次衬砌

在推进完成后，必须迅速地按设计要求完成一次衬砌的施工。一般是在推进完了后将几块管片组成环状，使盾构处于可随时进行下一次的状态。

一次装配式衬砌的施工是依照组装管片的顺序从下部开始逐次收回千斤顶。管片的环向接头一般均错缝拼装。组装前彻底清扫，防止产生错台存有杂物，管片间应互相密贴。注意对管片的保管、运输及在盾尾内进行的安装时，管片的临时放置问题，应防止变形及开裂的出现，防止翻转时损伤防水材料及管片端部。

保持衬砌环的真圆度，对确保隧道断面尺寸，提高施工速度及防水效果，减少地表下沉等甚为重要。除了在组装时要保证真圆度外，在从离开盾尾至注浆材料凝固时止的期间内，应采用真圆度保持设备，确保衬砌环的组装精度是有效的。

紧固和再次紧固螺栓，紧固衬砌接头螺栓必须按规定执行，以不损害组装好的管片为准。由于盾构推进时的推力要传递到相当远的距离，故必须在此推力的影响消失后，进行再次紧固螺栓。

不用螺栓接头的管片有铰接接头的管片，是在环间设置榫头，管片间做成柔软的转向节结构。以错缝拼装及数环间的共同作用来保持稳定，不能用暗榫头对接结构。由于组装是从前方插入，故使推力与隧道方向平行是极为重要的。

3.2回填注浆

采用与围岩条件完全相适合的注浆材料及注浆方法，在盾构推进的同时或其后立即进行注浆，将衬砌背后的空隙全部填实，防止围岩松弛和下沉增加结构的整体性和抗震性

3.3衬砌防水

衬砌防水分为密封、嵌缝、螺栓孔防水三种。

密封是在管片接头表面进行喷涂或粘贴胶条的方法。密封材料的必要特性是：应具有弹性，在盾构千斤顶推力反复作用及衬砌变形上保持防水性能，在承受紧固螺栓的状态下具有均匀性；对衬砌的组装不会产生不良影响；密封材料和衬砌之间需密贴；具有良好的化学稳定性并可适应气候的变化；易于施工等。

螺栓孔防水是在螺栓垫圈及螺栓孔间放入环形衬垫，在紧固螺栓时，此衬垫的一部分产生变形，填满在螺栓孔壁和垫圈表面间形成的空隙中； 防止从螺栓孔中漏水。衬垫的材料须具备下述特点：伸缩性良好且不透水、可承受螺栓紧固力、耐久性好等一般使用合成树脂类的环状衬垫，也有时采用尿烷类的具有遇水膨胀特性的衬垫。

嵌缝指预先在管片的内侧边缘留有嵌缝槽，以后用嵌缝材料填塞。嵌缝材料需具有以下特点：具有不透水性；化学稳定性及良好的适应气候变化的性能，在湿润状态下易于施工；良好的伸缩及复原性；硬结时不受水的影响；施工后尽早具有不粘着性，终凝时间短；收缩小等。

3.4二次衬砌

二次衬砌须在一次衬砌、防水、清扫等作业完全结束后进行。依据设计条件的不同，二次衬砌可用无筋或有筋混凝土浇注，有时也用砂浆、喷射混凝土。浇注二次衬砌时，特别是在拱顶附近填充混凝土极为困难，对此必须注意。必要时应预先备有砂浆管、出气管等，用注入的砂浆等将空隙填实。

二次衬砌施工前,必须紧固管片螺栓,清扫衬砌并对漏水采取止水措施。脱模应在所浇注的混凝土强度达到设计要求时进行。以防过早脱模导致混凝土裂纹等有害影响的发生。达到所需强度的时间，应根据在与现场同一条件下养生的混凝土试件抗压实验确定。脱模后，应进行充分养护。