

第三节 盾构法施工

1K413031 盾构机选型要点

1K413032 盾构施工条件与现场布置

1K413023 盾构施工阶段划分及始发与接收施工技术

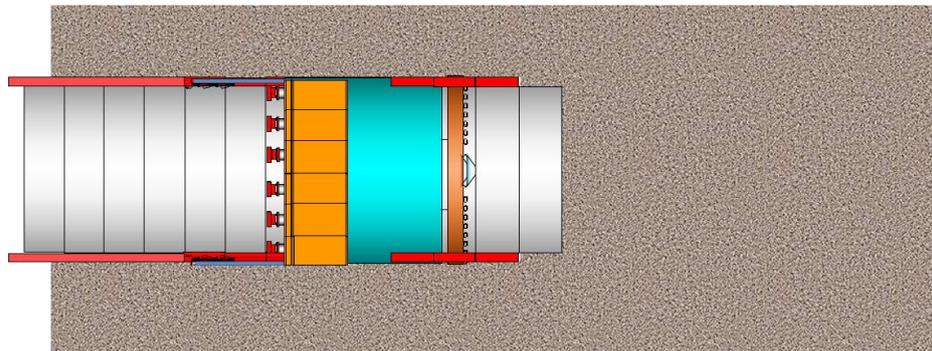
1K413034 盾构掘进技术

1K413035 盾构法施工地层变形控制措施

1K420133 盾构法隧道施工质量检查与验收

1K420171 盾构法施工安全措施

四、盾构掘进技术

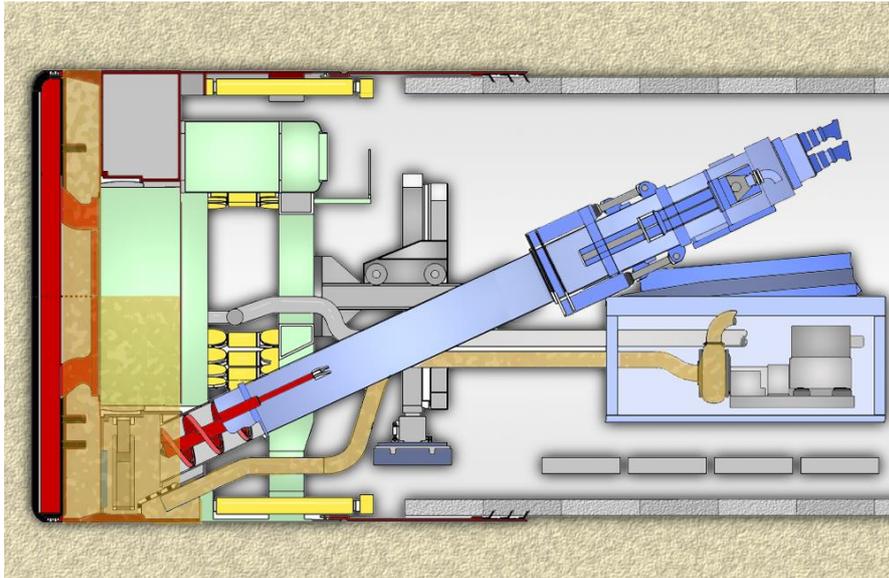


一、土压平衡盾构掘进 (P150)

(一)土压平衡式掘进特点

土压平衡盾构，是将开挖下来的土砂充满到开挖面和隔板之间泥土仓，根据需要在其中注入改良材料，用适当的土压力确保开挖面的稳定性。通过贯穿隔板设置的螺旋输送机，可在推进的同时进行排土。在施工时：

- ①必须在开挖两层隔板之间充满土砂，对其进行加压达到满足开挖面的稳定需要的状态。
- ②为了获得适合于盾构推进量的排土量，要对土压力和出土量进行计量，对螺旋式排土器的转数和盾构的推进速度进行控制，达到平衡状态，
- ③同时，还要掌握刀盘扭矩和推力等，进行正确的控制管理以防止开挖面的松动和破坏。



(二) 土仓压力管理

(1)在土压平衡盾构的施工中，为了确保开挖面的稳定，要适当地维持压力舱压力。一般，如果土仓压力不足，发生开挖面的涌水或坍塌风险就会增大。如果压力过大，又会引起刀盘扭矩或推力的增大而发生推进速度下降或地面隆起等问题。

(2)土仓压力管理的基本思路是：作为上限值，以尽量控制地表面的沉降为目的而使用静止土压力；作为下限值，可以允许产生少量的地表沉降，但可确保开挖面的稳定为目的而使用主动土压力。

(3)掌握开挖面的稳定状态，一般是用设置在隔板上的土压计来确定土仓压力。

(4)推进过程中，土仓压力维持有如下的方法：①用螺旋排土器的转数控制；②用盾构千斤顶的推进速度控制；③两者的组合控制等。通常盾构设备采用组合控制的方式。

(5)要根据各施工条件实施良好的管理。另外，需要确认伴随推进所产生的地基的变形、排土状态、刀盘扭矩以及其变化情况，及时在推进中修正土仓压力。

(三) 排土量管理

(1)为了一边保持开挖面的稳定一边顺利地进行推进，则需要适量地进行排土，以维持排土量和推进量相平衡。可是，由于围岩的重度在掘进中会有一些波动，以及受添加剂的种类、

添加量或排土方式等因素的影响，排出渣土的重度也会发生变化，所以要恰当地掌握排土量是比较困难的。另外，作为排土，其状态可在半固体状态到流体状态之间变化，其性状是各种各样的。因此，仅单独根据排土量的管理来控制开挖面坍塌或地基沉降是困难的，最好是根据压力舱的压力管理和开挖土量管理同时进行。

(2)排土量管理的方法可大致分为①容积管理法和②重量管理法。作为容积管理法，一般是采用计算渣土搬运车台数的方法或从螺旋排土器转数等进行推算。重量管理法，一般是用渣土搬运车重量进行验收。计算渣土搬运车台数的方法是一种粗略式的估计，由于应用简便，在现场使用较多。

(四) 渣土改良

土压平衡盾构的渣土排出量必须与掘进的挖掘量相匹配，以获得稳定而合适的支撑压力值，使掘进机的工作处于最佳状态。当通过调节螺旋输送机的转速仍不能达到理想的出土状态时，可以通过改良渣土的塑流状态来调整。

(1)改良渣土的特性：

在土压平衡工况模式下渣土应具有以下特性：

- 1)良好的塑流状态。
- 2)良好的黏稠度。
- 3)低内摩擦力。
- 4)低透水性。

(2)当渣土满足不了这些要求时，需通过向刀盘、土仓内及螺旋输送机内注入改良材料对渣土进行改良，常用的改良材料是泡沫或膨润土泥浆。



(五) 土压平衡盾构掘进要点

(1)开挖渣土应充满土仓，渣土形成的土仓压力应与刀盘开挖面外的水土压力平衡，并使排土量与开挖土量相平衡。

(2)应根据隧道工程地质和水文地质条件、埋深、线路平面与坡度、地表环境、施工监测结果、盾构姿态以及始发阶段的经验，设定盾构刀盘转速、掘进速度和土仓压力等掘进参数。

(3)掘进中应监测和记录盾构运转情况、掘进参数变化和排出渣土状况，并及时分析反馈，调整掘进参数和控制盾构姿态。

(4)应根据工程地质和水文地质条件，向刀盘前方及土仓注入改良剂，渣土应处于流塑状态。

(一) 泥水加压式掘进特点

泥水加压盾构掘进过程中，一边用泥浆维持开挖面的稳定，一边用机械开挖方式来开挖。渣土由泥浆输送到地面。该施工方法是将开挖设备、开挖面稳定系统、渣土处理设备作为一个整体系统来进行使用的。系统的运行要充分考虑到排土量、泥浆质量、开挖面状态、壁后注浆、送排泥流量、排泥流速等条件的设定和管理。

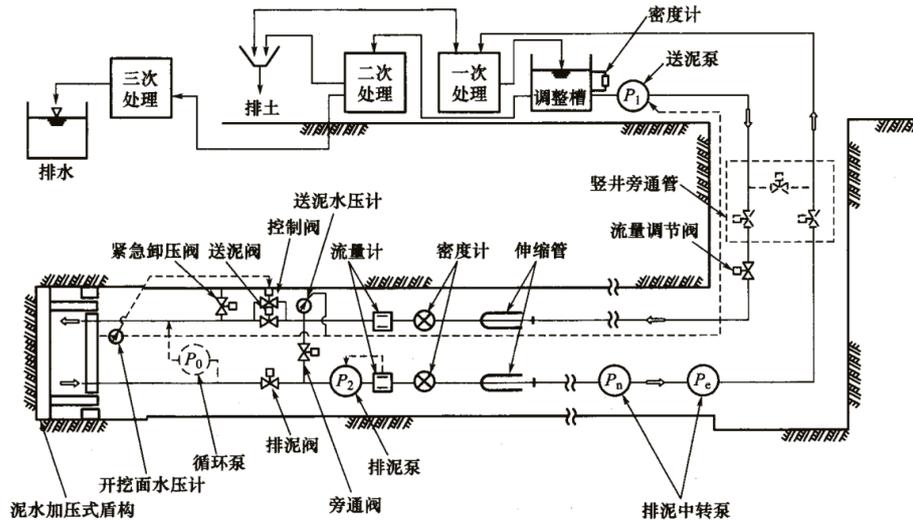


图1K413034-2 泥水加压平衡盾构施工系统（开挖掘进和泥水处理）

（二）泥水仓压力管理

(1)在泥水加压式盾构施工中，为了确保开挖面的稳定，需要根据开挖面的土质及土水压力适当地设定泥浆压力。一般，如果泥浆压力不足，发生开挖面坍塌的危险就会增大，如果压力过大，又会出现泥浆喷发和地面隆起的可能。

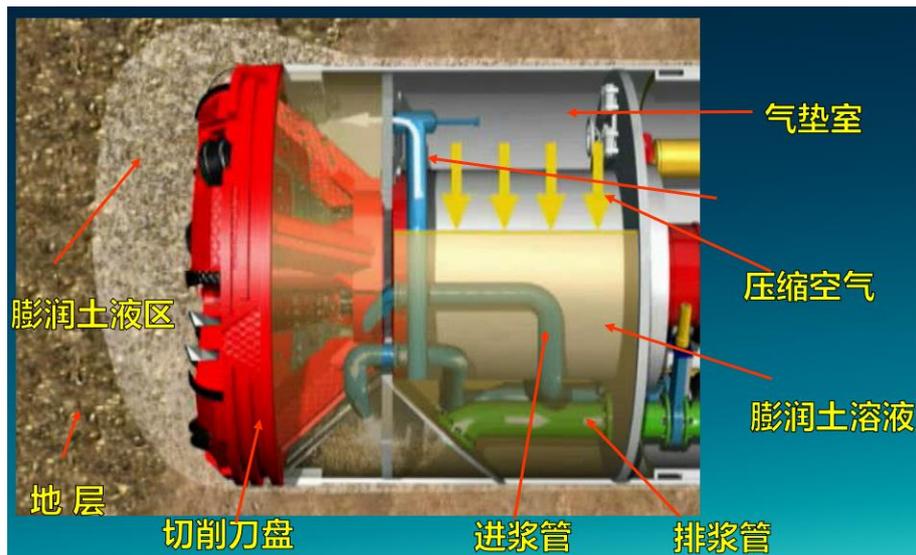
(2)泥水仓压力管理的基本思路是：作为上限值，以尽量控制地表面的沉降为目的而使用静止土压力；作为下限值，在允许少量沉降，但以保持开挖面稳定为目的而使用主动土压力。

(3)掌握开挖面的稳定状态，一般是用设置在隔板上的水压计来确认泥水仓内的泥水压力。

(4)作为掌握开挖面状态的开挖面探查法，和土压平衡盾构一样，也有使用机械触探法或非接触性电磁波、超声波调查法的。但两者都是用来探查开挖面前方或上方的局部疏松或空洞，为判断开挖面稳定状态提供辅助性信息。

（三）排土量管理

为了一边保持开挖面的稳定一边顺利地推进开挖，开挖时需要使排出和开挖的土量相平衡。泥水加压盾构施工，一般是从设置在送泥管和排泥管上的流量计和密度计取得数据，通过计算求出偏差流量和开挖干砂量，以把握开挖面的状态。这一方法也可用来推断围岩的地质变化，为此要对前几环的偏差流量和开挖干砂量进行统计计算。

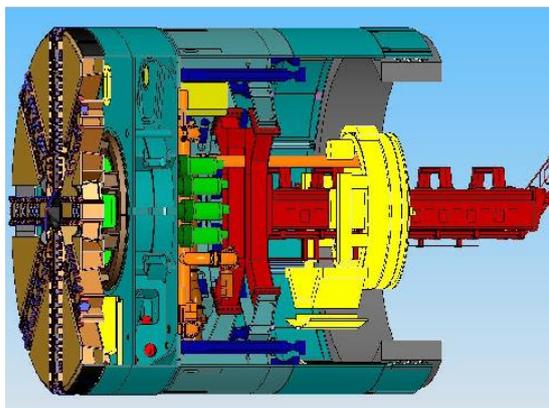


(四) 泥水处理系统和仓内破碎技术

(1) 开挖下来的土、砂在泥水仓内经搅拌翼等搅拌混合，通过排泥管道输送到地面。运到地面的泥浆，用一次分离装置，除去砾、砂等；粉砂、黏土等添加凝固材料等形成块（团粒）。在此基础上，用机械处理或其他的方法，从泥浆中分离出固粒与砾、砂等排出、运走。分离后剩余的泥浆，加上水、黏土、蒙脱土、增黏剂等，调整相对密度、浓度、黏性、再被输送到开挖面循环利用。

(2) 泥水加压盾构维持开挖面稳定的关键是在开挖面形成高质量的泥膜。因此，要对排泥管排出的泥水进行处理，处理后的泥水经调整后再通过送泥管泵入泥水仓。

(3) 对于大粒径的砾石，需要用安装在泥水仓内的破碎机粉碎。另外，对于无法进入刀盘开口的砾石，通过刀盘上的滚刀破碎处理。



(五) 泥水加压盾构掘进要点

(1) 泥浆压力与开挖面的水土压力应保持平衡，排出渣土量与开挖渣土量应保持平衡，并根据掘进状况进行调整和控制。

(2) 应根据工程地质条件，经试验确定泥浆参数，应对泥浆性能进行检测，并实施动态管理。

(3) 应根据隧道工程地质与水文地质条件、隧道埋深、线路平面与坡度、地表环境、施工监测结果、盾构姿态和盾构始发阶段的经验，设定盾构刀盘转速、掘进速度、泥水仓压力和送排泥水流量等掘进参数。

(4) 泥水管路延伸和更换，应在泥水管路完全卸压后进行。

(5) 泥水分离设备应满足地层粒径分离要求，处理能力应满足最大排渣量的要求，渣土的存放和运输应符合环境保护要求。

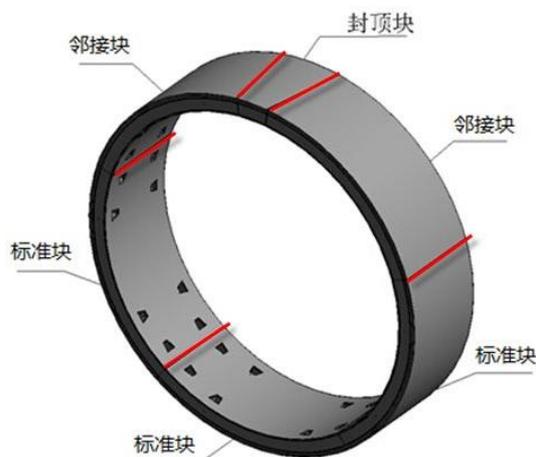
三、管片拼装

(一) 拼装方法

1. 管片选型

2. 拼装顺序

一般从下部的标准 (A 型) 管片开始，依次左右两侧交替安装标准管片，然后拼装邻接 (B 型) 管片，最后安装楔形 (K 型) 管片。

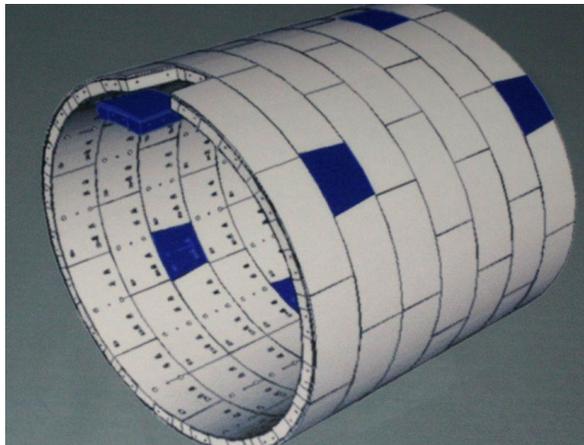


3.盾构千斤顶操作

拼装时，禁止盾构千斤顶同时全部缩回，否则在开挖面土压的作用下盾构会后退，开挖面将异常不稳定（开挖面土压损失，并失去平衡），管片拼装空间也将难以保证。因此，随管片拼装顺序分别缩回该位置的盾构千斤顶非常重要。

4.紧固连接螺栓

先紧固环向（管片之间）连接螺栓，后紧固轴向（环与环之间）连接螺栓。采用扭矩扳手紧固，紧固力取决于螺栓的直径与强度。



5.楔形管片安装方法

楔形管片安装在邻接管片之间，为了不发生管片损伤、密封条剥离，必须充分注意正确地插入楔形管片。为方便插入楔形管片，可装备能将邻接管片沿径向向外顶出的千斤顶，以增大插入空间。拼装径向插入型楔形管片时，先径向重叠顶起，再纵向插入。

6.复紧连接螺栓

一环管片拼装后，利用全部盾构千斤顶均匀施加压力，充分紧固轴向连接螺栓。盾构继续掘进后，在盾构千斤顶推力、脱出盾尾后土（水）压力及失去盾壳约束后管片自重和土压力的作用下衬砌会产生变形，拼装时紧固的连接螺栓会松弛。为此，待推进到千斤顶推力影响不到的位置后，用扭矩扳手等再一次紧固连接螺栓。再复紧的位置随隧道外径、隧道线形、管片种类、地质条件等而不同。



(二) 真圆保持

管片拼装呈真圆，并保持真圆状态，作用是：

- ①确保隧道尺寸精度
- ②提高施工速度
- ③提高止水性
- ④减少地层沉降

管片环从盾尾脱出后，到注浆浆体硬化并将管片间隙填充密度，达到约束管片变形的条件时，多采用真圆保持装置。



(三) 管片拼装施工要点

- (1)管片拼装前，应对上一衬砌环面进行清理。
- (2)应控制盾构推进千斤顶的推力和行程，并应保持盾构姿态和开挖面稳定。

(3)应根据管片位置和拼装顺序，逐块依次拼装成环。

(4)管片连接螺栓紧固扭矩应符合设计要求。管片拼装完成，脱出盾尾后，应对管片螺栓及时复紧。

(5)拼装管片时，应防止管片及防水密封条损坏。



(6)对已拼装成环的衬砌环应进行椭圆度抽查。

(7)当盾构在既有结构内空推并拼装管片时，应合理设置导台，并应采取措施控制管片拼装质量和壁后填充效果。

(8)当在富水稳定岩层掘进时，应采取防止管片上浮、偏移或错台的措施。

(9)当在联络通道等特殊位置拼装管片时，应根据特殊管片的设计位置，预先调整盾构姿态和盾尾间隙，管片拼装应符合设计要求。



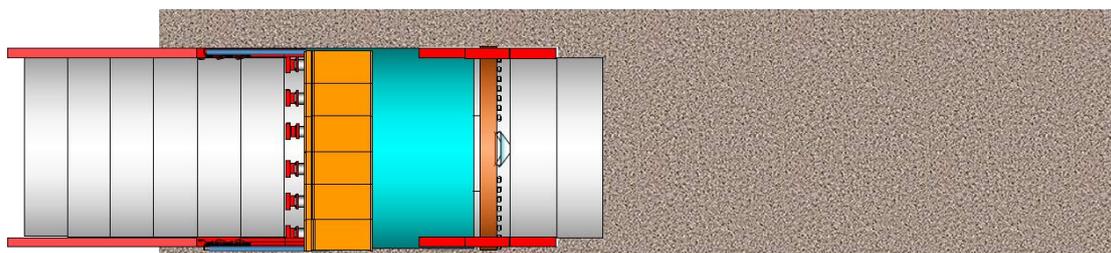
(四) 管片拼装误差及其控制

管片拼装时，若管片间连接面不平行，导致环间连接面不平，则拼装中的管片与已拼管片的角部呈点接触或线接触，在盾构千斤顶推力作用下管片易发生碎裂（见图 1K413034-4）。

为此，拼装管片时，各管片连接面要拼接整齐，连接螺栓要充分紧固。



盾构纠偏应及时连续，过大的偏斜量不能采取一次纠偏的方法，纠偏时不得损坏管片，并保证后一环管片的顺利拼装。



(五) 管片修补

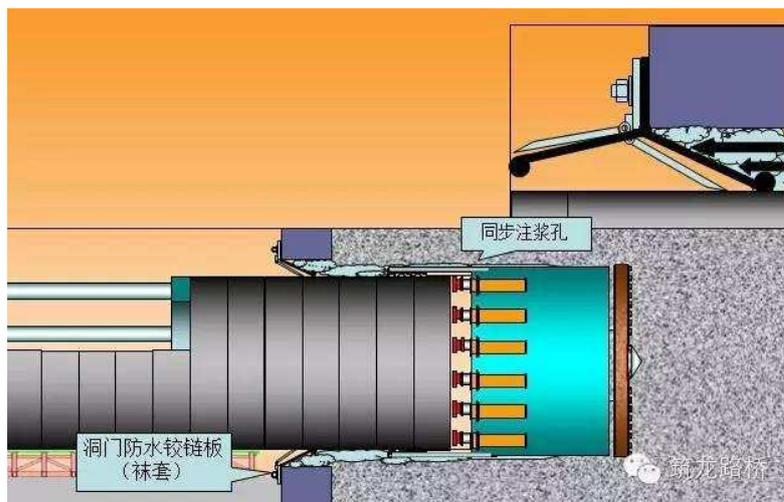
当已拼装完成的钢筋混凝土管片表面出现《盾构法隧道施工及验收规范》GB 50446— 2017 第 6.6.2 条中规定的一般缺陷时（缺棱掉角、砼剥落、大于 0.2mm 宽裂缝、贯穿裂缝），应及时修补。修补后质量应符合验收要求。

管片修补时，应分析管片破损原因及程度，制定修补方案。修补材料强度不应低于管片强度。



四、壁后注浆

壁后注浆是向管片与围岩之间的空隙注入填充浆液，向管片外压浆的工艺，应根据所建工程对隧道变形及地层沉降的控制要求来确定。根据工程地质条件、地表沉降状态、环境要求及设备性能等选择注浆方式。注浆过程中，应采取减少注浆施工对周围环境影响的措施。

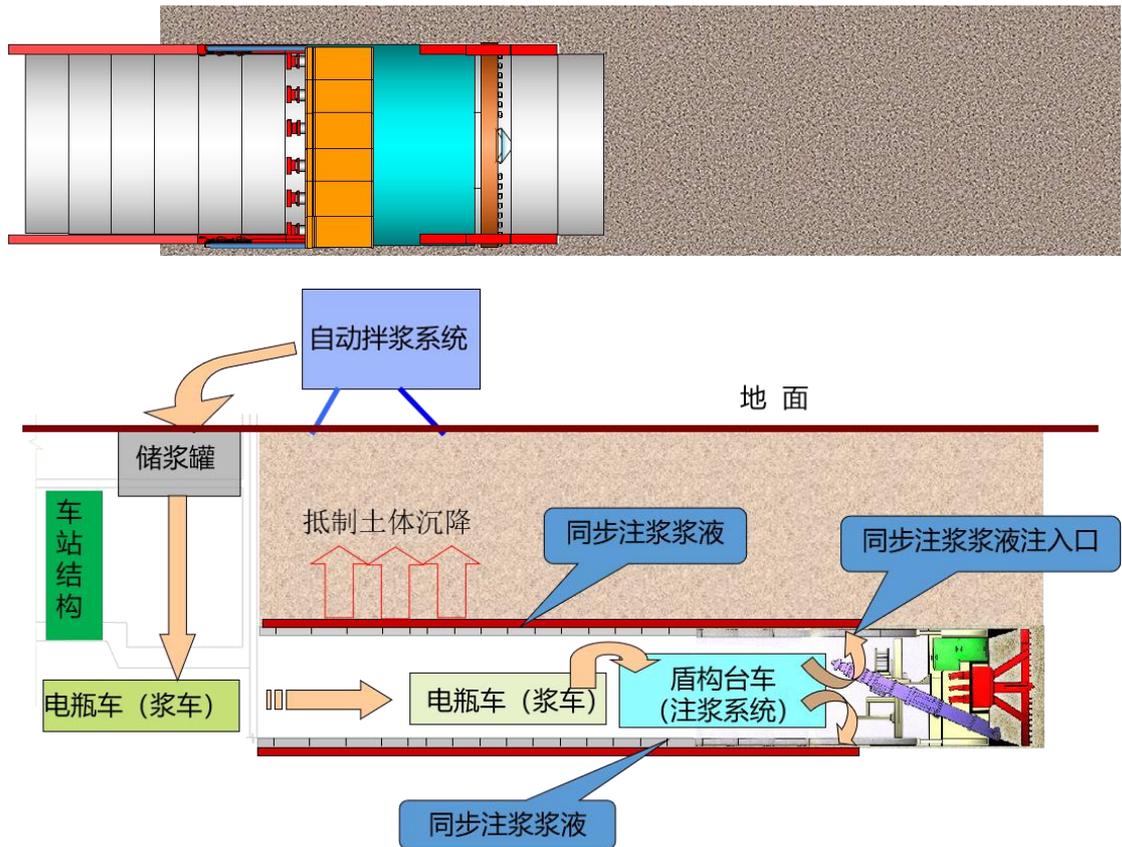


(一) 壁后注浆的目的

管片壁后注浆按与盾构推进的时间和注浆目的不同,可分为同步注浆、二次注浆和堵水注浆。

1.同步注浆

同步注浆与盾构掘进同时进行,是通过同步注浆系统,在盾构向前推进盾尾空隙形成的同时进行,浆液在盾尾空隙形成的瞬间及时起到充填作用。①使周围土体获得及时的支撑,②可有效防止岩体的坍塌,③控制地表的沉降。



(二) 同步注浆方法与工艺

同步注浆：通过注浆系统及盾尾的内置注浆管，可采用双泵四管路（四注入点）对称同时注浆（见图 1K413034-5）。注浆可根据需要采用自动控制或手动控制，自动控制方式即预先设定注浆压力，由控制程序自动调整注浆速度，当注浆压力达到设定值时，自行停止注浆。

手动控制方式则由人工根据掘进情况随时调整注浆流量、速度、压力。

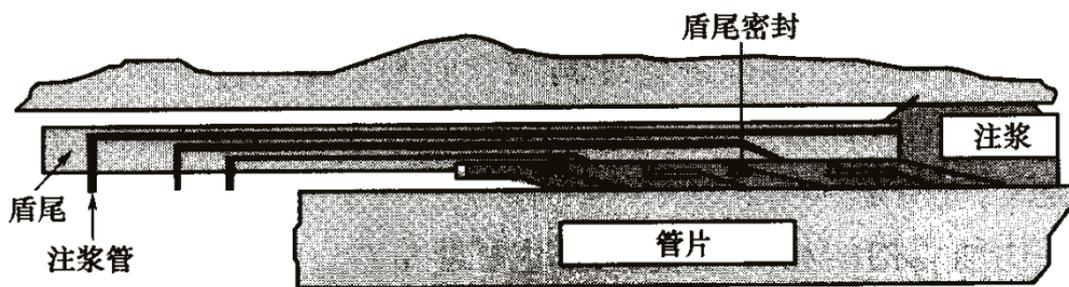


图1K413034-5 同步注浆方法示意图

2.二次注浆

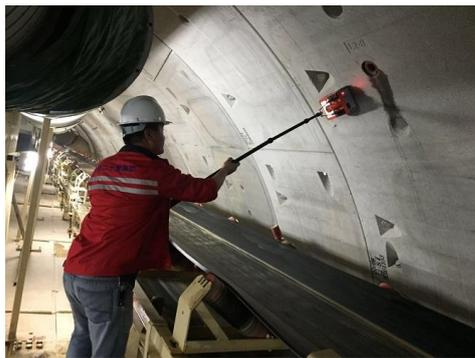
管片背后二次补强注浆则是在同步注浆结束以后，通过管片的吊装孔对管片背后进行补强注

浆(补充部分未填充的空腔,提高管片背后土体的密实度),以提高同步注浆的效果。

二次注浆的浆液充填时间要滞后掘进一段时间,①对隧道周围土体起到加固②止水的作用。

3.堵水注浆

为提高背衬注浆层的防水性及密实度,在富水地区考虑前期注浆受地下水影响以及浆液固结率的影响,必要时在二次注浆结束后进行堵水注浆。



盾构推进时,盾尾空隙在围岩塌落之前要及时地进行压浆,以充填空隙、稳定地层,此举不但可防止地面沉降,而且有利于隧道衬砌的防水。选择合适的浆液、注浆参数、注浆工艺,在管片外围形成稳定的固结层,将管片包围起来,形成一个保护圈,防止地下水侵入隧道中。

壁后注浆的目的如下:

(1) 使管片与围岩之间的环形空隙尽早建立注浆体的支撑体系,防止隧道周围土体塌陷与地下水流失造成地层损失,控制地面沉降值。

(2) 尽快获得注浆体的固结强度,确保管片初衬结构的早期稳定性,防止长距离的管片衬砌背后处于无支承力的浆液环境内,使管片发生移位变形。

(3) 作为隧道衬砌结构加强层,具有耐久性和一定强度。充填密实的注浆体将地下水与管片隔离,避免或大大减少地下水直接与管片接触的机会,从而成为管片的保护层,避免或减缓了地下水对管片的侵蚀,提高衬砌结构的耐久性。

(三) 注浆材料与参数

(1)根据注浆要求,应通过试验确定注浆材料和配合比。可按地质条件、隧道条件和周边环

境条件选用单液或双液注浆材料。

(2)注浆材料的强度、流动性、可填充性、凝结时间、收缩率和环保等应满足施工要求。

(3)应根据注浆量和注浆压力控制同步注浆过程，注浆速度应根据注浆量和掘进速度确定。

材料名称	性能指标
石灰	清石灰，钙镁含量70.5%
粉煤灰	II级
中细砂	河砂，细度模数1.6，含泥量4.2%，含水量3%-7%
膨润土	钠基，膨胀率13.5mL/g
水	天然水
添加剂	PCA1 (减水率20~30%，水化控制能力>20h，水解度<30%)



(4)注浆压力应根据地质条件、注浆方式、管片强度、设备性能、浆液特性和隧道埋深等因素确定。

(5)同步注浆的充填系数应根据地层条件、施工状态和环境要求确定，充填系数宜为 1.30~2.50。

(6)二次注浆的注浆量和注浆压力应根据环境条件和沉降监测结果等确定。

(四) 壁后注浆施工要点

(1) 注浆前，应根据注浆施工要求准备拌浆、储浆、运浆和注浆设备，并应进行试运转。

(2) 注浆前，应对注浆孔、注浆管路和设备进行检查。

(3) 浆液应符合下列规定：

1)浆液应按设计施工配合比拌制。

2)浆液的相对密度、稠度、和易性、杂物最大粒径、凝结时间、凝结后强度和浆体固化收缩率均应满足工程要求。

3)拌制后浆液应易于压注，在运输过程中不得离析和沉淀。

(4)合理制定壁后注浆的工艺，并应根据注浆效果调整注浆参数。

(5)宜配备自动记录注浆量、注浆压力和注浆时间等参数的仪器。

(6)注浆作业应连续进行。作业后，应及时清洗注浆设备和管路。

(7)采用管片注浆口注浆后，应封堵注浆口。

五、盾构姿态控制

线形控制的主要任务是通过控制盾构姿态，使构建的衬砌结构几何中心线线形顺滑，且位于设计中心线的容许误差范围内。

(一)推进管理测量

(1)为了使隧道线路控制在施工容许误差以内，在盾构推进时，需根据隧道内测量进行推进管理测量。推进管理测量，要根据规定的测量方法，使用适当的测量设备，力求提高作业的效率。

(2)在推进时，为了尽早掌握盾构装配的管片与计划线路之间的偏差，立即修正盾构推进方向，要频繁仔细地实施推进管理测量，原则上每天进行两次；对于已组装的管片，测定盾构的相对位置，或者测量盾构的纵向偏差、横向偏差和转动偏差等量，以掌握盾构的位置和状态。

(3)关于管片和盾构的相对位置，通过测量左右、上下千斤顶的行程差和盾尾空隙，就能确定大致的情况。盾构的横向偏差、纵向偏差和转动偏差，能通过盾构上设置测锤、倾斜仪、回转罗盘，或使用经纬仪等来测量。另外，通过使用自动测量系统，也能实时取得测量结果。

(二)盾构姿态控制要点

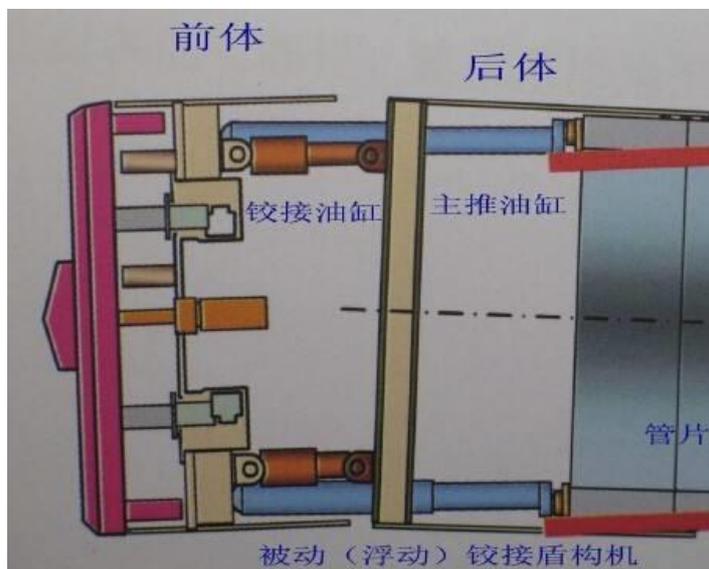
(1)应通过调整盾构掘进液压缸和铰接液压缸的行程差控制盾构姿态。

(2)应实时测量盾构里程、轴线偏差、俯仰角、方位角、滚转角和盾尾管片间隙，应根据测量数据和隧道轴线线型，选择管片型号。

(3)应对盾构姿态及管片状态进行测量和复核，并记录。

(4)纠偏时应控制单次纠偏量，应逐环和小量纠偏，不得过量纠偏。

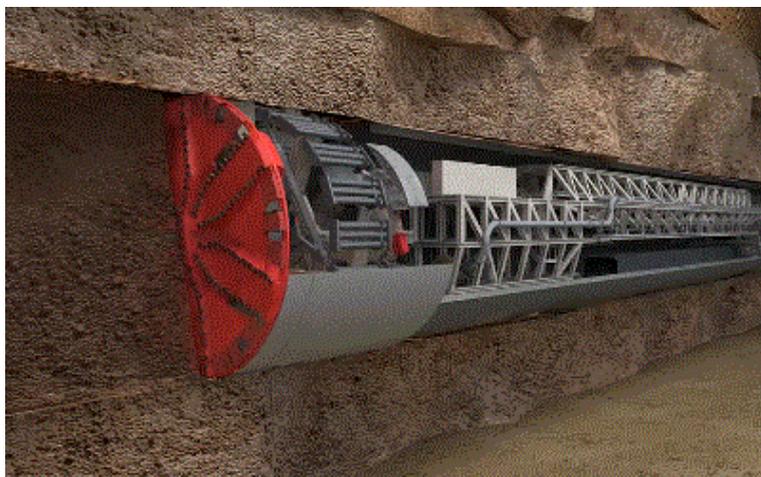
(5)根据盾构的横向和竖向偏差及滚转角，调整盾构姿态可采取液压缸分组控制或使用仿形刀适量超挖或反转刀盘等措施。



五、盾构法施工地层变形控制措施

一、近接施工与近接施工管理（P159）

(1)新建盾构隧道穿越或邻近既有地下管线、交通设施、建（构）筑物（以下简称既有结构物）的施工被称为近接施工。在城市中建造地铁时近接施工不可避免，且随着地下空间的开发利用会日益增多，因此，盾构施工必须考虑控制影响区域的地层变形，采取有效的既有结构物保护措施。



(2)近接施工管理:

盾构近接施工会引发地层变形,对既有结构物会造成不同程度的有害影响,因此有必要采取系统性措施控制地层变形以保护既有结构物。

首先,应详细调查工程条件、地质条件、环境条件(即既有结构物现况与安全要求),在调查的基础上进行分析与预测、制定防护措施;

其次,制定专项施工方案;

最后,施工过程中通过监控量测反馈指导施工而确保既有结构物安全。

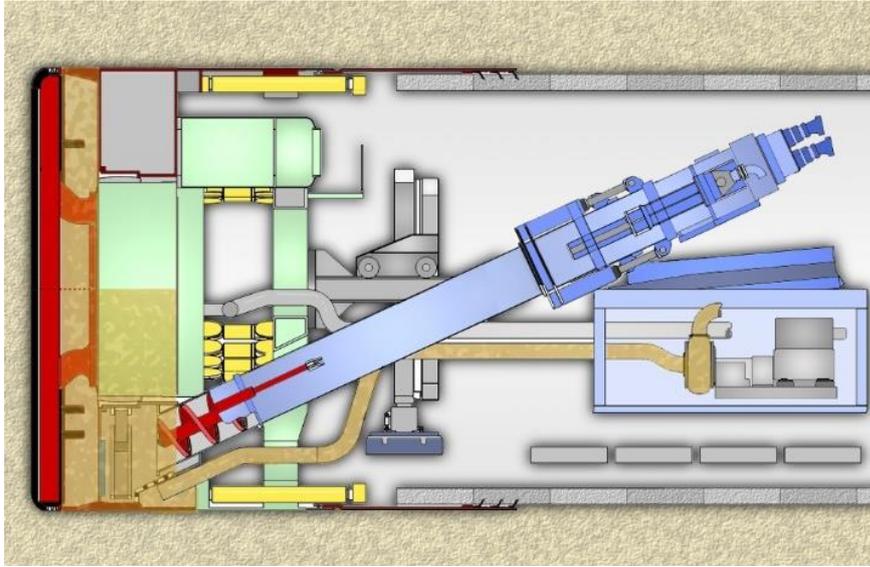


二、地层变形与既有结构物变位及变形

(一)地层变形原因和阶段

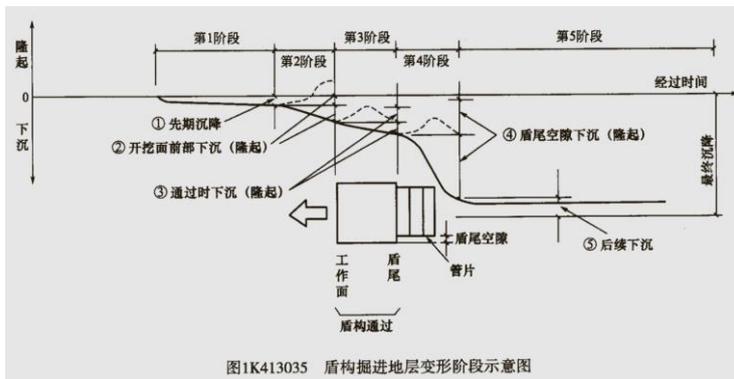
(1)盾构掘进时,引起地层变形的主要原因大致有以下几个:

- 1)开挖面的土、水压力与盾构压力仓压力不均衡,引起前方地表沉降或隆起。
- 2)由于盾壳摩擦和曲线推进及纠偏对围岩产生扰动,引起地层沉降或隆起。
- 3)壁后同步注浆不及时或不充分,导致盾尾空隙的发生,引起地层沉降。
- 4)由于接头螺栓紧固不足等原因引起一次衬砌的变形及变位,从而增大地层下沉。
- 5)开挖或衬砌渗漏导致地下水位下降,引起地层固结沉降。

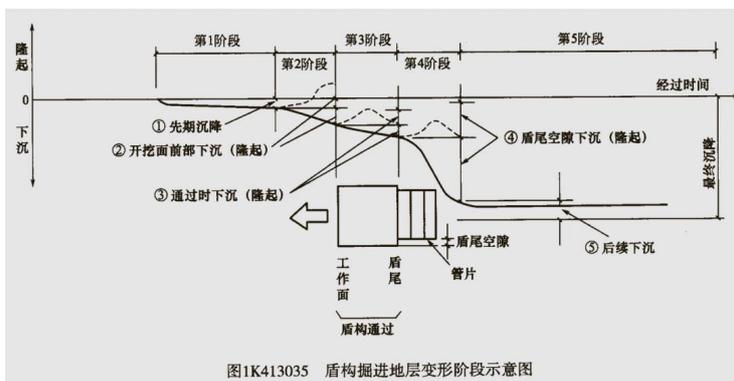


(2) 盾构施工引起地层某一断面的变形-时间曲线划分为 5 个阶段：

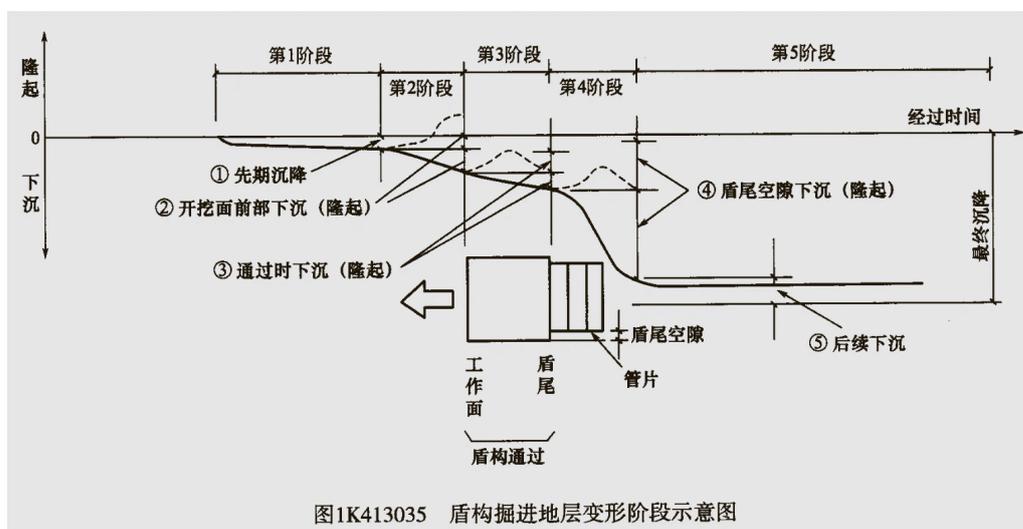
第 1 阶段：发生在盾构到达该断面之前。对于砂质土，先期沉降是由地下水位下降引起的；
软弱黏性土的先期沉降则是由于开挖面的过量取土而引起的。



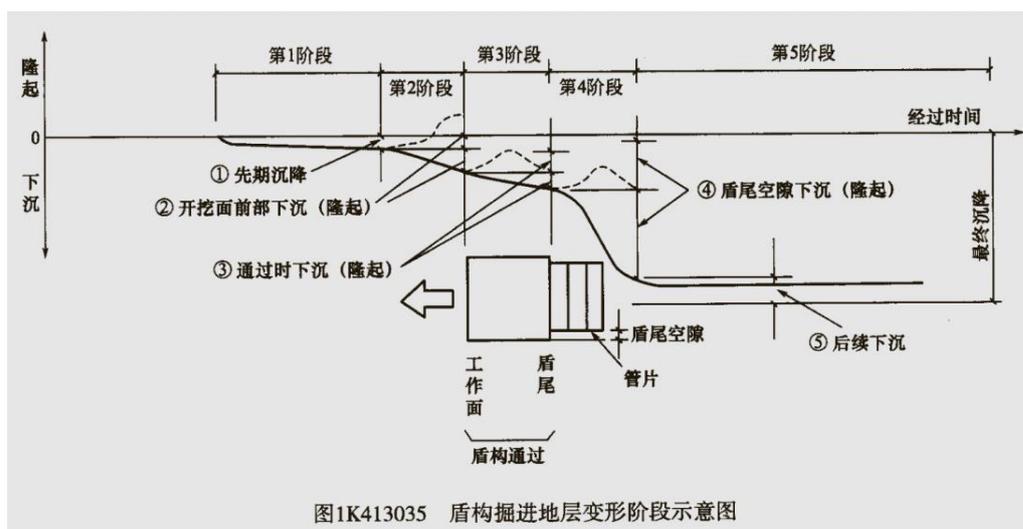
第 2 阶段：盾构通过该断面前，若盾构控制土压（泥水压）不足或过大，由于开挖面土体变形引起地层沉降或隆起。



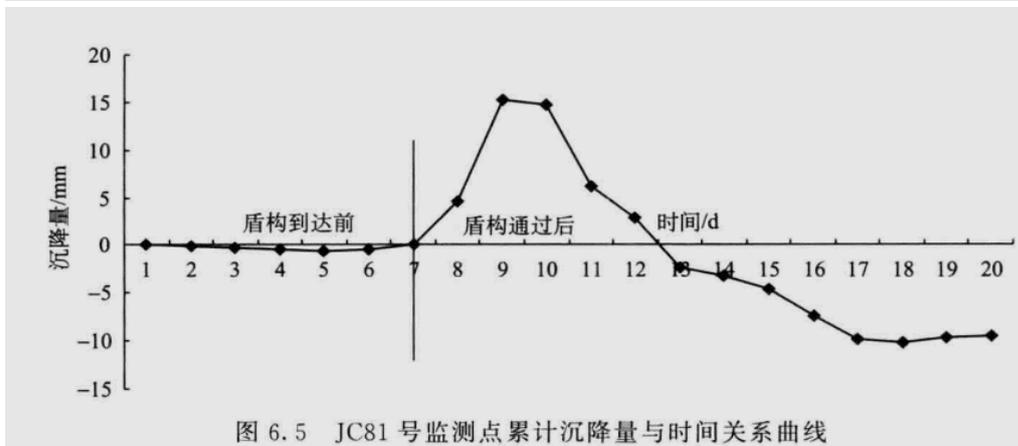
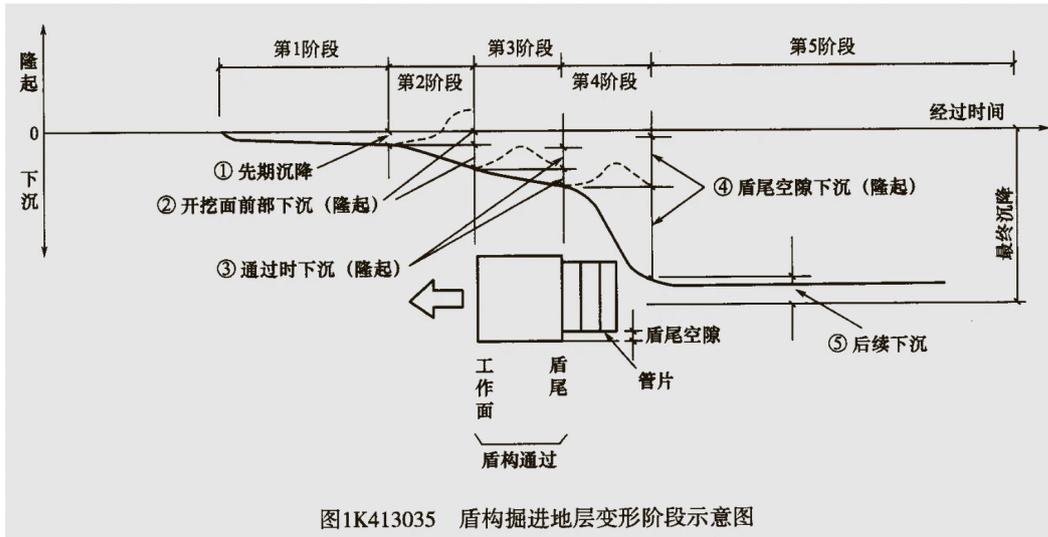
第 3 阶段：发生在盾构通过该断面时，由于超挖、曲线掘进或纠偏、盾壳与周围土体的摩擦等原因而发生地层沉降或隆起。



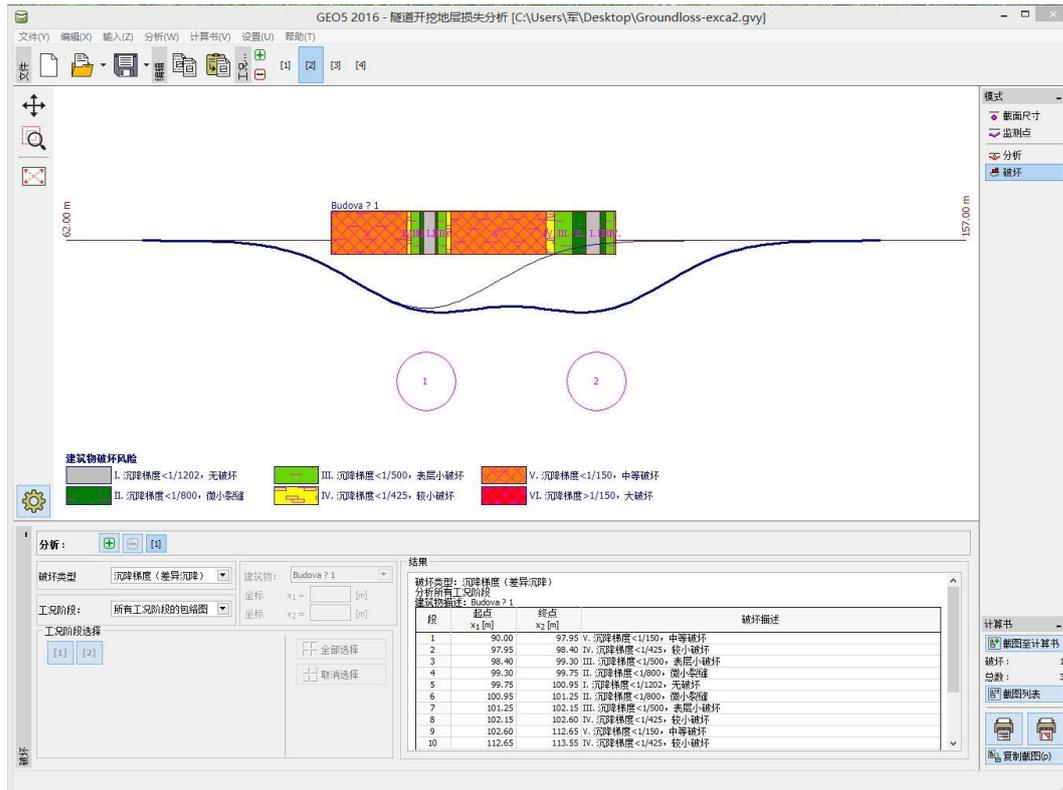
第 4 阶段：盾构通过该断面后产生的变形，是由于盾尾空隙的出现引起应力释放或壁后注浆压力过大而产生的。盾构施工引起的地层沉降变形中的大部分都是这类变形。



第 5 阶段：盾构通过该断面后较长时间内仍然持续发生的沉降变形，主要由于盾构掘进造成的地层扰动、松弛等引起，在软弱黏性土地层中施工表现最为明显，而在砂性土或密实的硬黏性土中施工基本不发生。



(3)盾构施工引起的地层变形大小与地层条件和覆土比（覆土厚度与盾构直径比）等因素有关。洪积性地层和冲积性砂质土时，地层变形量在传递到地表的过程中减少；冲积性黏性土正相反，盾构通过后，下沉还长时间继续，即使覆土比大，最终地表下沉与地中下沉一样。在软土地层施工中，往往用地层损失率来控制盾构施工的效果。



三、盾构掘进地层变形控制措施

由于盾构掘进引起地层变形的原因不同，各阶段的机理也不相同，因此必须有针对性地采取控制措施。

(1)防止开挖面的土水压力不平衡引起变形的措施：(变形 2)

①土压平衡盾构可通过调整推进速度与螺旋出土器的转速,使压力舱压力与开挖面土水压力相对应。

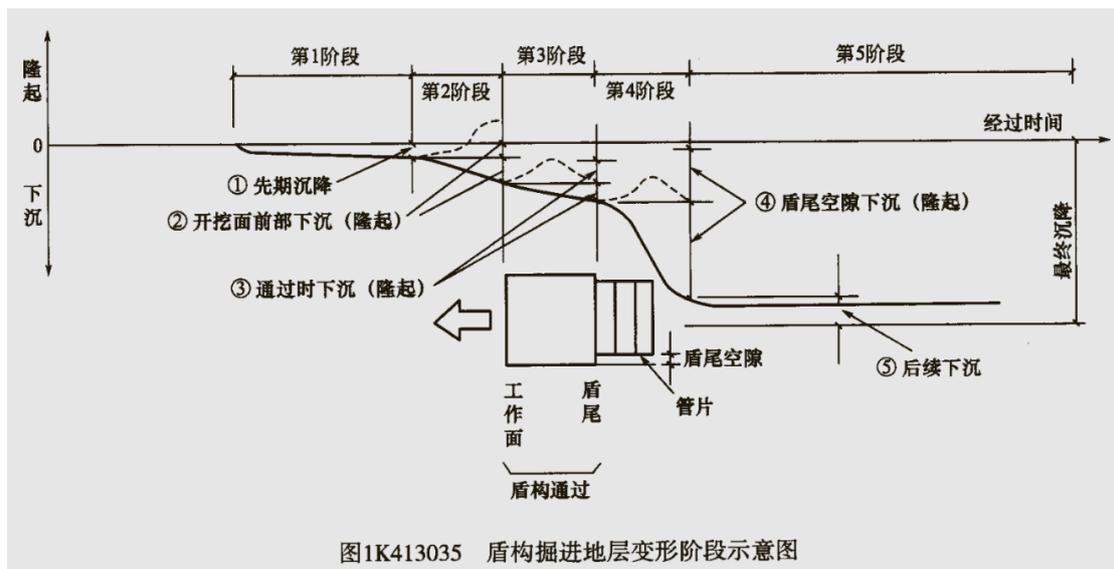
②另外，根据需要注入适当的添加剂增加开挖土体的塑流性。

③泥水加压盾构可根据开挖面土层的透水性来调整泥浆特性，并仔细进行泥浆管理，使压力舱压力始终对应于开挖面的土水压力。

实施这些开挖面稳定管理的同时，还应根据需要研究相应的辅助施工方法以保证围岩的稳定。

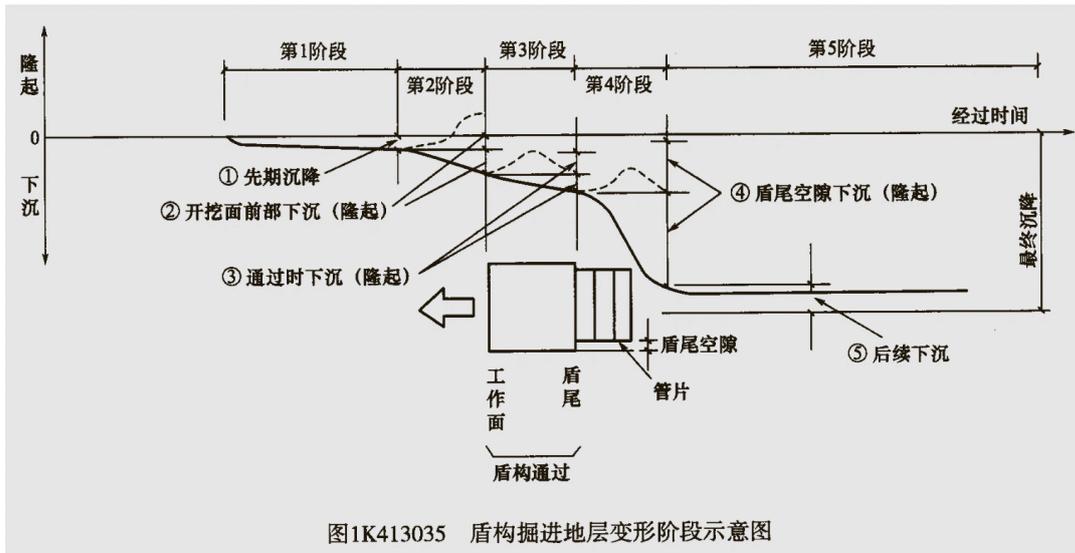
(2)减小盾构穿越过程中围岩变形的措施：(变形 3)

- ①控制好盾构姿态，避免不必要的纠偏作业。
- ②出现偏差时，应本着“勤纠、少纠、适度”的原则操作。
- ③纠偏时或曲线掘进时需要超挖，应合理确定超挖半径与超挖范围，尽可能减少超挖。
- ④土压平衡盾构在软弱或松散地层掘进时，盾构外周与周围土体的黏滞阻力或摩擦力较大时，应采取减阻措施。



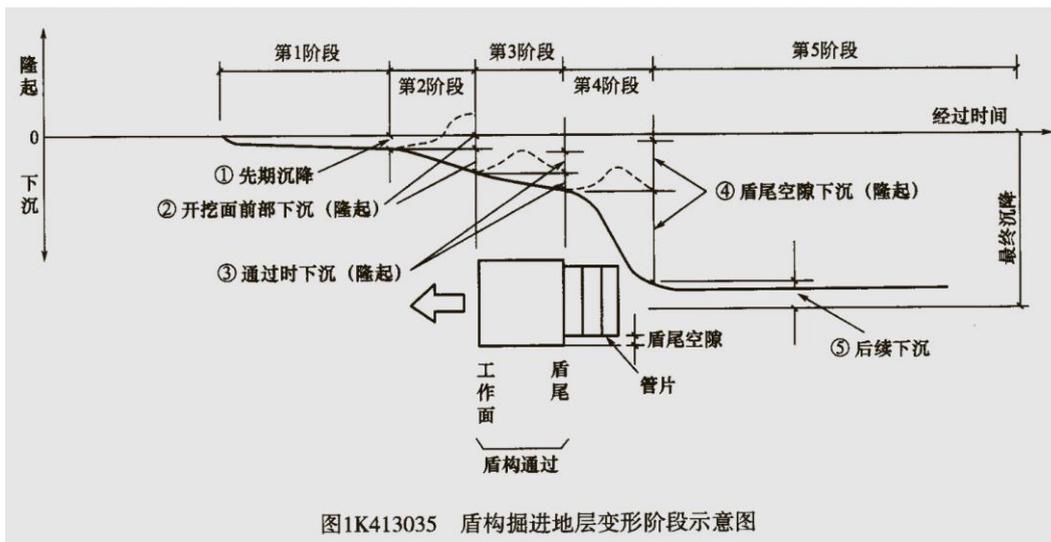
(3)减小盾尾脱出导致地层变形的措施：(变形4)

- ①用同步注浆方式，及时填充尾部空隙；
- ②根据地质条件、工程条件等因素，合理选择单液注浆或双液注浆，正确选用注浆材料与配合比，以便及时稳定住拼装好的衬砌结构；
- ③加强注浆量与注浆压力控制；
- ④及时进行二次注浆。



(4) 防止衬砌引起变形的措施：(变形 4)

- ①为了防止管片环变形，必须使用形状保持装置等来确保管片组装精度，
- ②同时充分紧固接头螺栓。



(5)防止开挖或衬砌渗漏导致地下水位下降的措施：

为了防止从管片接头、壁后注浆孔等部位漏水，必须精细地进行管片组装及防水作业。



四、地层变形的预测和施工监测

(1)为了减少地层变形，推进前应根据过去的施工经验和有限单元法等进行预测，以预测结果为依据设定土仓压力或泥水仓压力管理基准值。同时，在推进时，要在隧道中心线上及其两侧范围内设定变形监测点，根据变形监测结果适时地调整管理基准值。这一过程在盾构掘进施工管理中是很重要的。

(2)地面和隧道内监测点宜在同一断面布设；盾构通过后，处于同一断面内的监测数据应同步采集，并应收集同期盾构掘进参数。

(3)施工监测项目应符合表 1K413035 的规定。当穿越水域、建（构）筑物及其他有特殊要求地段时，应根据设计要求确定。

施工监测项目		表1K413035
类别	监测项目	
必测项目	施工区域地表隆沉、沿线建（构）筑物和地下管线变形	
	隧道结构变形	
选测项目	岩土体深层水平位移和分层竖向位移	
	衬砌环内力	
	地层与管片的接触应力	

(4) 竖向位移监测可采用水准测量方法，水准基点应埋设在变形影响范围外，且不得少于 3 个；水平位移监测可采用边角测量或卫星定位等方法，并应建立水平位移监测控制网，水平位移监测控制点宜采用具有强制对中装置的观测墩和照准装置；当采用物理传感器监测时，传感器埋设应符合仪器埋设规定和监测方案的规定；当竖向位移监测采用静力水准测量方法时，静力水准的埋设、连接、观测、数据处理等应符合国家现行相关标准要求，测量精度应与水准测量要求相同。

