

ICS 91.200

CCS P 30

CAIEC

团 体 标 准

T/CAIEC XXX—2025

软土地区盾构隧道施工管理与验收 规范

Code for construction management and acceptance of
shield tunnel in soft soil areas

（征求意见稿）

2025-**-**发布

2025-**-**实施

中国国际工程咨询协会 发布

目 次

前 言 错误！未定义书签。

1 范围 1

2 规范性引用文件 2

3 术语和定义 3

4 总则 5

5 基本规定 6

6 盾构施工准备 7

7 盾构设备的组装、调试与维修保养 9

8 盾构始发 11

9 盾构掘进施工 13

10 特殊地段施工 17

11 管片拼装 19

12 壁后注浆 21

13 施工管理 23

14 成型隧道验收 25

附录 A 26

附录 B 27

参考文献 28

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。本文件某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由*****等单位提出，由中国国际工程咨询协会归口。

本文件主要起草单位：*

本文件参与起草单位：*

本文件主要起草人：*

本文件主要审查人：*

1 范围

本文件规定了软土地区盾构隧道施工管理与验收规范的内容，包括术语和定义，基本规定，盾构施工准备，盾构设备的组装、调试与维修保养，盾构始发，盾构掘进施工，特殊地段施工，管片拼装，壁后注浆，施工管理，成型隧道验收。

本文件适用于软土地区盾构隧道工程的施工管理与质量验收。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 50446-2017 盾构法隧道施工及验收规范

GB/T 51438-2021 盾构隧道工程设计标准

CJJ/T 164-2011 盾构隧道管片质量检测技术标准

GB/T 37432-2019 全断面隧道掘进机再制造

GB/T 51275-2017 软土地基路基监控标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 盾构 shield

在钢壳体保护下完成隧道掘进、出渣、管片拼装等作业，由主机和后配套设备组成的全断面推进式隧道施工机械设备。根据开挖面的稳定方式，分为土压平衡式盾构、泥水平衡式盾构、敞开式盾构和气压平衡式盾构。

3.2 盾构隧道 shield tunnel

采用盾构掘进并拼装预制管片衬砌的圆形、双圆形或类矩形隧道。

3.3 软土 soft clay

天然孔隙比大于或等于 1.0、天然含水量大于液限、具有高压缩性、低强度，高灵敏度、低透水性和高流变性，且在较大地震力作用下可能出现震陷的细粒土，包括淤泥、淤泥质土、泥炭、泥炭质土等。

3.4 工作井 working shaft

盾构组装、解体、调头、空推、吊运管片和输送渣土等使用的竖井，包括盾构始发工作井、盾构接收工作井、检查工作井等。

3.5 盾构始发 shield launching

盾构开始掘进的施工过程。

3.6 盾构接收 shield arrival

盾构到达接收位置的施工过程。

3.7 盾构基座 shield cradle

用于保持盾构始发、接收等姿态的支撑装置。

3.8 反力架 reaction frame

为盾构始发掘进提供反力的支撑装置。

3.9 管片 segment

盾构隧道衬砌环的基本单元，包括混凝土管片和钢管片。

3.10 负环管片 temporary segment

为盾构始发掘进传递推力的临时管片。

3.11 防水密封条 sealing gasket

镶嵌于管片接缝处的条状防水材料。

3.12 壁后注浆 back-fill grouting

用浆液填充隧道衬砌环与地层之间空隙的施工工艺。

3.13 盾构调头 shield u-turn

盾构施工完成一段隧道后调转方向的过程。

3.14 盾构过站 shield station-crossing

利用专用设备把盾构拖拉或顶推通过车站/工作井的过程。

3.15 盾构空推 shield empty-push

盾构不需要土体开挖的推进过程。

3.16 盾构姿态 shield position and stance

盾构主机的空间状态，通常采用横向偏差、竖向偏差、俯仰角、方位角、滚转角和切口里程等参数描述。

3.17 盾构施工参数 shield tunnelling parameters

盾构法施工的控制参数，主要包括土仓压力、刀盘转速与扭矩、总推力、推进速度、螺旋输送机转速及扭矩、油缸行程、同步注浆压力及流量、盾尾油脂压力及流量等。

3.18 错缝拼装 staggered joint erection

拼装完成后相邻管片纵缝错开的管片拼装方式。

3.19 椭圆度 ovality

圆形隧道管片衬砌拼装成环后隧道最大与最小直径的差值与隧道设计内径的比值，以千分比表示。

3.20 错台 step

相邻管片接缝处的偏差。

4 总则

- 4.1 为加强软土地区盾构隧道工程施工管理，统一盾构隧道工程的施工技术及质量验收标准，确保施工过程的工程安全、环境安全和工程质量，制定本文件。
- 4.2 本文件适用于软土地区盾构法施工的预制管片拼装式隧道工程的施工管理及验收。
- 4.3 软土地区盾构隧道工程的施工及验收除应执行本文件外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

5 基本规定

- 5.1 软土地区盾构隧道施工应具备施工管理体系，应建立质量控制和检验制度。
- 5.2 工程开工前，必须根据设计文件，经现场踏勘、沿线调查后编制施工组织设计。
- 5.3 软土地区盾构隧道施工现场应有足够的场地，满足工作井、龙门吊、管片存放、浆液站、材料、渣土堆放、充电间、供配电站、控制室、库房等生产设施用地要求。
- 5.4 盾构机的技术性能应满足工程地质和水文地质条件、线路条件、环境安全和隧道结构设计要求。
- 5.5 采用的原材料、预制品、设备等应符合国家、地区、行业等现行的有关技术规范或标准。产品应有合格证、出厂说明书和复试报告等。设备应有铭牌和使用、保养说明书等。
- 5.6 施工期间应对邻近的建筑物、地下管线、道路、铁路、轨道交通或其他重要设施等进行监测，并采取必要的安全和环境保护措施。
- 5.7 软土地区盾构隧道施工应实施信息化管理。
- 5.8 质量合格指标应符合下列规定：
 - a) 主控项目的质量达到 100%时，应为合格；
 - b) 一般项目的质量达到 95%及以上时，应为合格；
 - c) 应具有完整的施工质量验收依据和质量验收记录。

6 盾构施工准备

6.1 前期调查

- 6.1.1 应详细了解施工地段的工程地质和水文地质情况，必要时应进行施工勘查。
- 6.1.2 对工程影响范围内的地面建（构）筑物应进行现场踏勘和调查，对需加固或基础托换的建（构）筑物应进行详细调查，必要时应进行鉴定，并应提前做好施工方案。
- 6.1.3 对工程影响范围内的地下障碍物、地下构筑物及地下管线等应进行调查，必要时应进行探查。
- 6.1.4 根据工程所在地的环境保护要求，应进行工程环境调查。

6.2 技术准备

- 6.2.1 软土地区盾构隧道施工前，应具备下列资料：
 - a) 工程地质和水文地质勘察报告；
 - b) 施工沿线建（构）筑物（新建、拟建及已建）、地下管线和障碍物等环境调查报告；
 - c) 施工所需的设计图纸资料和工程技术要求文件；
 - d) 隧道工程施工组织设计和风险应急救援预案。
- 6.2.2 软土地区盾构隧道施工组织设计应满足工程质量、安全、工期和环保要求。
- 6.2.3 软土地区盾构隧道施工前，应熟悉设计图纸，掌握设计意图和要求，并应参加设计、勘察及管线等交底会议。
- 6.2.4 软土地区盾构隧道施工前，应根据工程及盾构的特点，进行技术培训和交底。
- 6.2.5 软土地区盾构隧道施工前，应按工程特点、环境条件和调查现状完成测量及监测的准备工作。

6.3 盾构机设备配置

- 6.3.1 盾构机设备配置应包括壳体结构、刀盘刀具、刀盘主驱动、推进油缸、管片拼装机、螺旋输送机、铰接装置、渣土改良系统、注浆系统和盾尾密封系统等。
- 6.3.2 盾构机选型应根据以下工程条件确定：
 - a) 隧道功能、外径、长度、线型、埋深等参数；
 - b) 工程地质和水文地质条件、结构设计条件、环境保护等级、障碍物情况等环境条件；
 - c) 对地层变形的控制要求；
 - d) 开挖、衬砌、施工安全、经济和工期等。

6.4 辅助设施准备

- 6.4.1 软土地区盾构施工辅助设施应符合下列规定：

- a) 根据工程需要和环境保护要求, 应配置符合盾尾同步注浆需要的拌浆站;
 - b) 应选择高效的水平及垂直运输设备;
 - c) 供电设备应满足盾构掘进施工要求。
- 6.4.2 软土地区盾构始发和接收工作井内辅助设施应符合下列规定:
- a) 始发工作井内盾构基座应具备盾构组装、调试和始发条件;
 - b) 接收工作井内盾构基座安装应能安全接收盾构, 并应满足盾构检修、解体或整体移位的要求;
 - c) 盾构始发和接收基座宜采用定型产品;
 - d) 工作井内应布置必要的排水或泥浆处理设施;
 - e) 洞门密封装置应满足盾构始发和接收密封要求。
- 6.5 软土地区盾构隧道施工场地准备
- 6.5.1 进场前应做好测量控制桩的交桩, 并根据控制桩及相关资料完成初始姿态的测定复核。
- 6.5.2 软土地区盾构施工场地布置应根据现场条件、施工工艺和周边环境要求, 合理规划满足工程施工所需的管片堆放场地、渣土存放场地、拌浆站及材料设备堆放场地等。
- 6.6 工作井
- 6.6.1 软土地区盾构隧道始发工作井的有效长度应大于盾构主机长度 3m, 且应为盾构后靠体系预留充足的安全距离; 始发工作井的有效宽度应大于盾构直径 3m。
- 6.6.2 软土地区盾构隧道接收工作井的平面内净尺寸应满足盾构接收、解体和整体移位的要求。
- 6.6.3 软土地区盾构隧道始发、接收工作井的底板标高应满足相关装置安装和拆卸所需的最小作业空间要求。
- 6.6.4 洞门圈、密封及其他预埋件等应在盾构始发或接收前按要求完成安设, 并应经验收合格后进行下一步工序。

7 盾构设备的组装、调试与维修保养

7.1 一般规定

7.1.1 盾构设备制造质量必须符合设计要求，盾构机及其部件在吊运中不可发生损坏和变形。

7.1.2 盾构机组装时的各项技术指标应满足总装时的精度标准，配套系统应满足施工需要，组装完毕经检查合格后方可使用。

7.1.3 宜有盾构设备生产厂家在现场配合安装调试工作，整机总装调试合格后应进行现场验收。

7.1.4 盾构机使用中应定期进行检查、维修和保养。

7.2 盾构机的组装与调试

7.2.1 盾构机组装前应完成下列准备工作：

- a) 应根据盾构部件情况、场地条件，制定详细的盾构组装方案；
- b) 应根据部件尺寸和重量选择组装设备；
- c) 盾构机下井组装前，应对始发架进行测量、复核、固定。

7.2.2 盾构组装应按相关作业操作规程和组装方案进行。

7.2.3 软土地区盾构隧道施工现场应配置消防设备，明火、电焊作业时应有专人负责。

7.2.4 组装后，应先进行各系统的空载调试，然后进行整机空载调试。

7.2.5 盾构机测量系统调试完成后，应对盾构姿态进行复核，如偏差超限应采取措施调整盾构姿态。

7.3 盾构现场验收

7.3.1 盾构机组装调试正常后应进行盾构机井底功能验收，盾构机试掘进过程中应进行负载调试，试掘进完成后应进行试掘进验收。

7.3.2 应按设计的主要功能及使用要求提出验收大纲，按照验收大纲分系统进行逐项验收。

验收大纲的主要项目应包括下列内容：

- a) 盾构壳体；
- b) 切削刀盘；
- c) 拼装机；
- d) 螺旋输送机（土压平衡盾构）；
- e) 皮带输送机（土压平衡盾构）；
- f) 泥水输送系统（泥水平衡盾构）；

- g) 同步注浆系统;
- h) 集中润滑系统;
- i) 液压系统;
- j) 铰接装置;
- k) 电气系统;
- l) 渣土改良系统;
- m) 盾尾密封系统;
- n) 自动导向系统;
- o) 铰接密封及紧急密封 (查看);
- p) 外置注浆机型的超挖刀装置;
- q) 防撞梁装置;
- r) 盾尾刷手涂油脂质量验收;
- s) 超前注浆孔及径向注浆孔验收。

7.4 盾构保养与维修

7.4.1 盾构的保养与维修应坚持“预防为主、状态检测、强制保养、按需维修、养修并重”的原则，并应由专业人员进行保养与维修。

7.4.2 应按盾构生产厂家提供的设备说明书定期进行盾构及配套设备的保养与维修，并进行详细记录；盾构长期停止掘进时，仍应进行保养与维修。

8 盾构始发

8.1 软土地区盾构始发准备工作及试掘进段施工

8.1.1 软土地区盾构始发前，进行始发条件验收，满足验收条件后方可实施盾构始发。始发条件验收包含但不限于施工方案、应急预案、监测措施、人机料筹备、技术交底等项目。土体改良的质量检查是对改良效果进行检验，内容包括土体改良范围、止水效果和强度，土体强度和止水效果达到设计要求，防止地层发生坍塌或涌水。改良范围考虑始发洞门封堵安全。对于无需改良的地层，也应进行检验。

8.1.2 软土地区盾构始发掘进前，应对盾构姿态及线路数据进行复核。盾构姿态与隧道设计轴线的坡度偏差应小于 2‰，盾构切口中心与线路中心位置水平、垂直偏差不应超过 20mm。当盾构进入软土时，盾构可能下沉，水平标高可按预计下沉量抬高。

8.1.3 在盾构始发后试掘进段施工期间，应通过对监测资料的不断反馈分析，及时优化施工参数。

8.2 软土地区盾构始发

8.2.1 软土地区盾构始发时应做好盾构的防扭措施和基座两侧的加固工作，防止盾构的扭转。

8.2.2 负环宜采用整环钢管片，钢管片的加工制作精度要求应与混凝土管片一致。

8.2.3 负环管片定位时，管片环面应与隧道轴线相适应。负环拆除前，应验算成型隧道管片与地层间的摩擦力，并满足盾构掘进反力的要求；宜采用纵向拉紧措施防止洞口管片环缝松动。

8.2.4 软土地区盾构分体始发掘进时，应保护盾构机的各种管线，及时跟进后配套设备，并应确定管片拼装、壁后注浆、出土和材料运输等作业方式。

8.2.5 软土地区盾构机刀盘切口靠上加固土体时，应逐步建立开挖面（正面）初始平衡压力。

8.2.6 当始发端头含有承压水层时，宜采用多腔小钢箱及双道帘布橡胶板措施。

8.2.7 当盾构在曲线段始发时，宜采用割线方式始发。

8.2.8 盾尾刷进行首次油脂涂抹前应将扎钢丝刷的钢丝去除，应采用机打方法实施首次油脂涂抹，并做好包裹。

8.2.9 盾尾密封刷进入洞门结构后，应进行洞门圈间隙的封堵和填充注浆。

8.2.10 采用钢套筒始发时应符合下列规定：

- a) 钢套筒安装前应对洞门预埋环板进行检查，确保钢套筒与洞门预埋环板可靠连接；

- b) 钢套筒安装完成后应进行水压力试验，检验钢套筒的密封性能，压力不应小于设计切口水压；
- c) 应加强钢套筒后端与负环管片的连接，负环管片外侧与钢套筒的间隙应填充密实；
- d) 洞门凿除应在钢套筒安装完毕、盾构机调试完成后进行；
- e) 当盾构机刀盘靠到加固土体时，应使用混合浆液填满钢套筒，同时土仓压力应根据地面监测数据及时调整；
- f) 拆除负环管片及钢套筒前，应确保盾构推进反力和洞门密封性满足要求。

9 盾构掘进施工

9.1 一般规定

9.1.1 软土地区盾构掘进施工可划分为盾构始发掘进、正常掘进和接收掘进 3 个阶段。应根据各阶段施工特点及工程质量、安全和环保要求采取针对性技术措施。

9.1.2 软土地区盾构掘进应确保开挖面土体稳定，选择合理的土压力、掘进速度、出土量、同步注浆量及注浆压力等施工参数。

9.1.3 当盾构停止掘进时，应采取保压措施，如遇长时间停机，应编制停机方案，并采取措施防止盾构后退和姿态突变。

9.1.4 在曲线段施工时，应根据曲线半径、盾构姿态、管片姿态等之间的关系设定预偏值，以减小成环管片竖向和横向位移对隧道轴线的影

9.1.5 应根据水平偏差、高程偏差和滚转角偏差及时调整盾构姿态，勤测勤纠，严禁急纠和过量纠偏。

9.1.6 软土地区盾构掘进过程中应及时注浆，应控制好同步注浆量及压力，并根据监测结果及时调整。

9.1.7 应及时对盾构姿态和管片姿态进行复核测量。

9.1.8 应定期对盾构机、水平运输、垂直提升、供水供电系统、抽排水及通风设备等进行检修保养，确保其正常运转，并做好记录。

9.1.9 施工中必须严格按照当班掘进指令控制盾构施工参数，并做好记录。

9.2 软土地区盾构掘进操作

9.2.1 软土地区盾构始发掘进段，应先拟定试掘进参数，并根据监测结果及时调整，合理控制盾构姿态和管片拼装点位，减小盾构施工对周边环境的影响。

9.2.2 软土地区盾构正常掘进段施工参数，应根据试掘进参数，并结合地质条件、埋深、平纵断面、周边环境、盾构姿态、盾尾间隙及监测结果进行适当调整。

9.2.3 软土地区盾构接收掘进段，应及时进行贯通测量、复核管片里程及轴线偏差，并根据结果及时调整管片型号、调整施工参数及纠偏指令等。

9.2.4 开挖渣土应充满土仓，渣土形成的土仓压力应与刀盘外侧水土压力平衡，排土量应与开挖土量相平衡，应避免土仓压力波动过大。

9.2.5 应根据工程地质和水文地质条件，及时向刀盘前方及土仓注入添加剂，确保渣土处于流塑状态。

9.2.6 软土地区盾构掘进速度应与进出土量、开挖面土压力及同步注浆参数等相协调。

9.2.7 软土地区盾构掘进的同时，应及时压注盾尾油脂，确保盾尾密封效果，防止水、砂土、同步注浆浆液等从盾尾流入隧道内。

9.3 软土地区盾构姿态控制

9.3.1 应及时测量盾构里程、轴线偏差、俯仰角、方位角、滚转角和盾尾管片间隙，并根据测量数据和隧道轴线线型，选择管片型号，确定纠偏方法。

9.3.2 软土地区盾构掘进姿态应符合下列规定：

- a) 盾构推进坡度与隧道设计轴线的偏差应小于 0.3%；
- b) 盾构轴线横向或竖向偏差不应超过 $\pm 50\text{mm}$ ；
- c) 盾构滚转角不应超过 $\pm 1^\circ$ 。

9.3.3 软土地区姿态控制措施应符合下列规定：

- a) 应通过采取液压缸分区分组控制或使用仿形刀适量超挖等措施控制横向或竖向偏差；
- b) 应通过反转刀盘、调整拼装顺序以及在油缸撑靴与管片间垫钢板等措施减小盾体的滚转角。

9.3.4 软土地区盾构姿态应勤测勤纠，姿态纠偏应符合下列规定：

- a) 盾构纵坡和平面的单次最大纠偏量不应超过 0.5%，应逐环小量纠偏，不得过量纠偏；
- b) 盾构纠偏不得损坏已安装的管片，并应保证新一环管片的顺利拼装；
- c) 盾构纠偏应防止盾尾漏浆。

9.3.5 软土地区盾构施工中应根据不同地质条件下成型隧道上浮或下沉量，及时调整盾构姿态和施工参数，并加强复测。

9.4 沉降控制

9.4.1 软土地区盾构开挖面前方沉降控制应符合下列规定：

- a) 应根据地质条件、覆土厚度及周边环境监测结果设定土仓压力；
- b) 土仓内土体应具有良好的流塑性和低透水性，必要时可向刀盘、土仓或螺旋输送机内注入添加剂以改善渣土的性能；
- c) 应及时记录出土量，避免超挖欠挖。

9.4.2 软土地区盾尾后方沉降控制应符合下列规定：

- a) 衬砌环脱出过程中必须及时进行同步注浆，应选择适当的注浆压力和注浆量，保证管片与地层的间隙填充密实，必要时应进行二次注浆；
- b) 盾尾与管片的间隙内应充满油脂并满足密封要求，防止盾尾漏水漏浆。

9.4.3 软土地区盾构掘进施工影响区域出现沉降或隆起预警、报警时需加强监测并分析原因和采取相应措施。

9.5 软土地区盾构施工监控

9.5.1 应加强软土地区盾构施工监控，及时调整施工参数、减少地层损失，并控制好盾构轴线、成型隧道轴线以及隧道设计轴线三者之间的偏差。

9.5.2 软土地区盾构施工参数应分级监控，并做好盾构运转情况、施工参数变化和排出渣土状况记录，及时进行分析反馈。

9.5.3 螺旋机出土口、皮带出土口、拼装区域等关键部位应设置视频监控。

9.6 软土地区盾构掘进中止

9.6.1 软土地区盾构掘进遇下列情况之一时，必须暂停掘进，分析原因并采取措施：

- a) 盾构前方地层发生坍塌或遇有障碍；
- b) 盾构壳体滚转角达到 3° ；
- c) 盾构机姿态发生突变；
- d) 盾构偏离设计轴线超过 $\pm 50\text{mm}$ ；
- e) 盾构推力与预计值相差较大；
- f) 盾构掘进扭矩发生异常波动；
- g) 管片严重开裂或严重错台；
- h) 盾尾卡住隧道衬砌环；
- i) 盾尾同步注浆系统发生故障无法注浆；
- j) 盾尾漏浆严重；
- k) 中间铰接渗漏；
- l) 动力系统、密封系统和控制系统等发生故障；
- m) 盾构掘进引起周边环境变形过量或管线事故等；
- n) 盾构自动导向系统不能测量、未生成测量数据；
- o) 有毒有害气体报警。

9.6.2 遇下列情况，盾构设备应进行停机保养：

- a) 实施盾构机日保养计划时；
- b) 盾构机长时间停机复推前；
- c) 盾构穿越特殊地段施工前；
- d) 盾构接收前。

9.7 软土地区盾构接收

9.7.1 软土地区盾构接收前盾构井内应做好接收盾构的准备工作。

9.7.2 软土地区盾构到达接收工作井 100m 前，必须对盾构轴线进行测量并调整，应保证盾构准确进入接收洞门。

9.7.3 软土地区盾构到达接收井 10m 内，应适当降低盾构掘进速度。

- 9.7.4 软土地区接收段施工时，盾构轴线应控制在进洞要求的偏差范围内。
- 9.7.5 应按制定的封门拆除工艺要求，拆除洞口封门。
- 9.7.6 软土地区盾构全部进入盾构井内基座上时，应做好洞门封堵工作。
- 9.7.7 软土地区盾构负二层接收时，宜在洞门破除前对盾尾位置进行封闭注浆并采用二次接收方式；当周边环境复杂时宜配合降水井辅助措施；负三层接收且接收井加固长度不足或洞门注固有承压水层时，宜采用明洞或钢护筒接收。
- 9.8 软土地区盾构掉头、过站和空推
- 9.8.1 软土地区盾构调头和过站前，应做好施工现场调查、技术方案以及现场准备工作，调头和过站设备必须满足盾构安全调头和过站要求。
- 9.8.2 软土地区盾构调头和过站时必须有专人指挥，专人观察盾构转向或移动状态，避免方向偏差或碰撞。
- 9.8.3 软土地区盾构调头和过站后应进行盾构管线的连接工作。
- 9.8.4 软土地区盾构空推应符合下列规定：
- a) 导台或导向轨道水平和竖直方向的精度应满足设计要求；
 - b) 应合理调整各推进组油缸行程，保证盾构沿着导向平台中心前行；
 - c) 需采取管片壁后注浆、管片纵向拉紧等措施，注浆时应避免浆液窜至刀盘前方；
 - d) 当盾构刀盘重新切削岩土时，应控制盾构滚转角。
- 9.9 软土地区盾构解体
- 9.9.1 软土地区盾构解体前，应制定详细的解体方案，并准备解体使用的吊装设备、工具、材料等设备。
- 9.9.2 软土地区盾构解体前，应对各部件进行检查，并应对液压系统和电气系统管路进行标识。
- 9.9.3 对已拆卸的零部件应做好清理和维护保养工作。

10 特殊地段施工

10.1 一般规定

10.1.1 特殊地段定义：穿越河道、既有营运线、重要地下管线和地下障碍物及地表建筑物，对施工、环境等有重大安全影响的地段。

10.1.2 特殊地段和特殊地质施工应符合下列规定：

- a) 特殊地段施工应详细查明和分析工程的地质状况与隧道周边环境状况，详细评估风险源，确定专项施工安全技术方案，经专家评审后报监理、业主审批实施；
- b) 根据隧道所处位置与地层条件，应合理设定盾构掘进参数，控制地表变形；
- c) 应根据隧道所处位置与工程地质、水文地质条件，确定壁后注浆材料、压力与流量，在施工过程中根据施工监测结果，及时做出相应的调整；
- d) 应对地表及建（构）筑物等沉降、倾斜进行评估，必要时应加密监测测点、提高监测频率，并应根据监测结果及时调整掘进参数。

10.2 特殊地段的施工措施

10.2.1 穿越复合地层地段的施工应符合下列规定：

- a) 对刀具的配置，应充分研究刀具的均衡性原理、刀具的破岩机理，合理选用刀具及刀盘开口率；
- b) 掘进过程应严格控制土压，土舱压力不宜小于主动土压力，严格控制出土量，避免出现超挖；
- c) 掘进时应向土舱及时注入足量具有稳定开挖面作用的添加剂；
- d) 应根据实际情况不断调节推力，减小刀具在岩层交界面碰撞的强度，降低刀盘转速，防止软硬界面处刀具崩裂；
- e) 应有计划地进行刀具检查与更换，保证掘进过程的连续性，尽量避免停机。

10.2.2 下穿水域地段的施工应符合下列规定：

- a) 应详细查明盾构穿越河流地段的工程地质、水文地质条件、河床冲刷线、隧道埋深、上覆地层渗透性、水流流速、水位在掘进时段的变化、水压大小、岸边建（构）筑物情况及保护要求，制订相应的施工和加固方案，加强控制开挖管理及掘进参数控制，防止冒浆和地层坍塌；
- b) 穿越河流前，应对盾构密封系统做全面检查和处理；
- c) 应配备足够的排水设备与设施，提前做好应急准备；
- d) 应采用快凝早强注浆材料，加强壁后同步注浆和二次注浆；

e) 应采取措施防止对堤岸的影响, 有条件的情况下可对河床隆沉进行监测。

10.2.3 其他危险源地段的施工应符合下列规定:

- a) 浅覆土地段施工应控制掘进参数和盾构姿态, 减小施工对环境的影响和防止发生突变;
- b) 小半径曲线施工应防止盾构反力不均引起的管片破坏、移动和渗水, 及时调整盾构机的掘进姿态, 每个铰接油缸推进都要盾构操作员进行计算; 使用超挖装置时应控制超挖量; 壁后注浆应选择体积变化小、早期强度高、速凝型的注浆材料; 增加施工测量频率; 应采取措施防止后配套车脱轨或倾覆;
- c) 大坡度地段施工牵引机车应采取防滑溜措施; 上坡时应加大盾构下半部推进千斤顶的推力, 后方台车要采取防止脱滑措施;
- d) 穿越地下管线应首先查明地下管线类型、位置、允许变形量, 制订专项施工方案; 对会由施工引起的地下管线发生大变形情况, 应提前对管线进行加固、保护或迁移; 应严格控制掘进参数和出土量, 减小地层隆沉和变形;
- e) 穿越地下障碍物应提前查明障碍物, 制订专项施工方案; 从地面拆除地中障碍物时, 可选择合适的辅助工法, 拆除后要妥当地进行回填, 保证盾构安全通过; 开挖面拆除障碍物时, 应防止地层漏气漏水, 控制地层开挖量, 确保开挖面支撑稳定;
- f) 穿越建(构)筑物施工应对建(构)筑物进行调查, 评估施工对建筑物的影响, 应有针对性地制订保护方案, 采取保护措施, 周密地进行管理, 控制地表变形和建(构)筑物本身的变形; 应根据建(构)筑物基础与结构类型、现状, 采取地基加固或者桩基托换措施; 根据建(构)筑物沉降情况进行多次壁后注浆, 应采用快凝早强注浆材料;
- g) 小净距隧道施工应在施工前分析对已建成隧道的影响或平行隧道掘进时的相互影响, 采取相应施工措施; 应控制施工参数, 减小对邻近隧道的影响; 对先行隧道和既有隧道应加强监控量测; 可采取加固隧道间土体、于先行隧道内支设钢支撑等辅助措施控制地层和隧道变形。

11 管片拼装

11.1 一般规定

11.1.1 应使用质量合格的管片和防水密封条。

11.1.2 管片排序及模形量调整（错缝形管片）应根据上一衬砌环姿态、盾构姿态、盾尾间隙等确定。

11.1.3 应按拼装工艺要求逐环拼装，联结成环并及时复紧螺栓。

11.1.4 管片拼装方式分为通缝拼装和错缝拼装。在防水要求较高（如水域隧道）或软土地区盾构法隧道中，通常采用错缝拼装。

11.1.5 软土地区拼装管片时，拼装机作业范围内严禁站人。

11.2 拼装准备

11.2.1 软土地区管片吊装下井前应再次检查管片类型、破损情况、防水密封材料粘贴情况和拼装连接件，满足要求后方可吊装下井。

11.2.2 软土地区管片在隧道内应按便于拼装的顺序存放，管片与隧道之间应设置柔性隔离。

11.2.3 软土地区盾构推进到位后盾构姿态和间隙应符合拼装要求。

11.2.4 应对前一环管片环面进行质量检查和确认。

11.2.5 应对拼装机具和材料进行检查，拼装吊具须拧紧并进行试吊。

11.2.6 管片拼装前须清除前一环环面和盾尾里的垃圾及异物。

11.3 拼装作业

11.3.1 软土地区管片拼装应合理选择分块拼装顺序，依次拼装成环，首块管片拼装须准确定位，成环管片满足质量要求。

11.3.2 软土地区管片拼装过程中，应严格控制盾构千斤顶的伸缩，使盾构姿态和开挖面稳定。

11.3.3 拼装管片时，应采取措施防止管片及防水密封条损坏。

11.3.4 应对已拼装成环的衬砌环进行椭圆度测量，确保拼装精度。

11.3.5 螺栓复紧不应少于3次，应在盾构推进时、管片脱出盾尾及脱出盾构台车之前进行复紧，螺栓复紧应采用扭矩扳手。

11.3.6 软土地区管片拼装后发现大于0.2mm的贯穿性裂缝或严重损坏的管片，应及时调换，成环后遇有管片缺棱掉角损伤，应检查并按规定方法修补。

11.3.7 在软土地区曲线段拼装管片时，应正确使用楔形管片，使各管片环向定位准确。

11.3.8 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，确保管片拼装符合要求。

11.4 管片拼装质量控制

11.4.1 软土地区管片应无贯穿裂缝，无大于 0.2mm 宽度的裂缝，无缺棱掉角现象。

11.4.2 软土地区管片防水密封质量应符合设计要求，防水材料应粘贴牢固、平整，不得缺损。

11.4.3 螺栓质量及拧紧度应符合设计要求。

11.4.4 软土地区施工阶段管片拼装成环质量允许偏差应符合表 1 的规定。

表 1 管片拼装成环允许偏差

序号	项目	允许偏差 (mm)	检测数量		检验方法
			范围	点数	
1	隧道轴线高程	±50	逐环	1 点/环	用水准仪测高程
2	隧道轴线平面位置	±50	逐环	1 点/环	用全站仪测中线
3	椭圆度	±4‰ D	每 5 环	-	断面仪、全站仪测量
4	衬砌环内错台	4	逐环	5 点/环	尺量
5	衬砌环间错台	5	逐环	5 点/环	尺量

注： D 为隧道外径（mm）。

12 壁后注浆

12.1 一般规定

12.1.1 应根据工程地质及水文地质条件、地表沉降状态、环境要求及设备性能等选择注浆方式。

12.1.2 软土地区管片与地层间隙应填充密实。

12.1.3 同步注浆应优先选用预拌盾构注浆料。

12.1.4 软土地区壁后注浆过程中，应采取降低注浆施工对周围环境影响的措施。

12.1.5 软土地区壁后注浆分为同步注浆、即时注浆和二次注浆。同步注浆和即时注浆应与盾构掘进同步进行，二次注浆时应根据隧道稳定状态和环境保护要求进行。

12.2 注浆材料与参数

12.2.1 应通过试验确定注浆材料种类和配合比。应按地质条件、隧道条件和工程环境的监测数据选用单液或双液注浆材料，承压水地层壁后注浆应选择稠度小、早强速凝型注浆材料。

12.2.2 软土地区注浆材料的强度、流动性、可填充性、初凝时间、收缩率和环保等应满足施工要求。

12.2.3 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。

12.2.4 软土地区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、土仓（泥水仓）压力和隧道理深等因素综合确定，注浆压力不宜大于 0.5MPa。

12.2.5 软土地区同步注浆的注浆填充系数应根据地层条件、开挖面直径、管片外径、施工状态和环境要求等因素确定，填充系数宜为 1.3-2.5，液化层及古河道填充系数应根据环境条件和沉降监测结果进行调整。

12.2.6 软土地区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确定，若采用双液浆注浆，注浆位置距离盾尾刷不宜太近。

12.2.7 软土地区二次注浆宜采用多次少量的注浆原则。

12.3 注浆作业

12.3.1 软土地区拌浆作业应满足下列要求：

- a) 地面拌浆系统应满足拌制浆液的质量和数量要求，机具设备运转正常并符合安全要求；
- b) 配备的计量器具应经有资质的检测单位检定合格后方可使用；
- c) 拌制浆过程中应按照实验室出具的配合比拌制浆液。

12.3.2 软土地区注浆前，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；应对注浆孔、注浆管路和设备进行检查。

12.3.3 浆液应符合下列规定：

- a) 浆液的相对密度、稠度、和易性、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；
- b) 拌制后浆液应易于压注，在运输过程中不得离析和沉淀。

12.3.4 合理制定同步注浆工艺，并应根据注浆效果调整注浆参数。

12.3.5 软土地区应配备对注浆量、注浆压力和注浆时间等参数进行自动记录的仪器或设备，壁后注浆情况应按照附录 A 的规定进行记录。

12.3.6 软土地区注浆作业应连续进行，采用管片注浆孔注浆后，应及时封堵注浆孔。

13 施工管理

13.1 一般规定

13.1.1 软土地区盾构隧道施工前应成立质量、安全、环境保护管理领导小组，建立、健全管理体系，制定管理目标。

13.1.2 软土地区盾构隧道施工前应编写施工组织设计，经专家论证并审批后作为指导施工的依据。

13.1.3 软土地区盾构隧道施工前应对管理人员和施工人员进行分级安全教育与技术交底。

13.1.4 软土地区盾构隧道施工过程中应加强盾构施工信息化管理，进行施工和周边环境影响分析，及时调整施工参数。

13.2 质量管理

13.2.1 软土地区盾构隧道应制定测量与试验工作计划，并进行完整的测试、检查、试验等记录，隧道掘进进度应按照附录 B 的规定进行记录。

13.2.2 对工程主要材料及制品必须进行试验检验工作，确保其质量、形状、尺寸、强度、性能等符合要求。对容易破损、变质的材料，必须进行严格管理。

13.2.3 加强施工过程管理，对影响工程质量的主要因素应采取措施，确保工程质量。

13.2.4 对检验和监测中发现的不合格品，应按规定进行标识、记录、评价、隔离，防止非预期的使用或者交付。

13.3 安全管理

13.3.1 软土地区盾构隧道施工中必须严格遵守有关安全法规、设备操作规程与安全操作规程，严禁违章作业。遵守明火动用规定，做好防火、防爆工作。

13.3.2 软土地区盾构隧道作业场所应设置消防通道、消防水源，配备消防设施和灭火器材，并在现场入口处设置明显标志。

13.3.3 软土地区盾构隧道施工中应实施监控计划并建立巡视制度，应经常进行安全施工检查，并做好相应的记录和处理。

13.4 作业环境管理

13.4.1 软土地区盾构隧道施工作业环境应保证施工现场及周边环境安全、卫生、文明，减少噪声污染、光污染、水污染，杜绝重大污染事件的发生。

13.4.2 应根据盾构设备状况、地质条件、施工方法、进度、隧道掘进长度等选用合适的通风方式、通风设备和洞内降温措施，应设置空气质量监测仪表检测含氧量、可燃性气体、有害气体，确保满足作业人员的健康要求。施工作业气体应符合下列规定：

- a) 空气中氧气含量不得低于 20%;
- b) 甲烷浓度应小于 0.5% (按体积计);
- c) 一氧化碳不应超过 30mg/m³, 二氧化碳不应超过 0.5% (按体积计), 氮氧化物换算成二氧化氮不应超过 5mg/m³。

13.4.3 软土地区盾构隧道作业场所应设置照明设施, 洞内、洞口应安置足够的排水设备。

13.4.4 施工过程中应进行垃圾分类, 实现固体废弃物的循环利用。设专人按规定处置有毒有害物质, 禁止将有毒有害废弃物用于现场回填或混入建筑垃圾中外运。

13.4.5 应加强施工污染排放和资源消耗管理, 定期进行检查或测量, 并采取预控或纠偏措施。

13.5 应急管理

13.5.1 软土地区盾构隧道施工前应识别可能的风险因素, 对工程中重大风险源进行详细排查, 编制项目应急预案。

13.5.2 应根据应急预案进行综合演练和专项演练, 对有效性和可操作性实施评价并改进。

13.5.3 发生事故时, 应立即启动应急预案, 实施应急响应, 组织应急救援, 并按照规定的程序、时间上报。

14 成型隧道验收

14.1 主控项目

14.1.1 软土地区盾构隧道防水应符合设计文件的要求。

a) 检验数量：逐环检验；

b) 检验方法：观察检查及钢尺量测渗水面积，检查施工记录。

14.1.2 软土地区盾构隧道管片结构表面应无贯穿裂缝，无缺棱掉角及混凝土剥落现象，管片接缝应符合设计文件要求。

a) 检验数量：全数检验；

b) 检验方法：观察检查，仪器检查，检查施工记录。

14.1.3 软土地区盾构隧道衬砌结构严禁侵入建筑限界。

a) 检验数量：每 5 环检查 1 个断面；

b) 检验方法：全站仪、水准仪测量或隧道断面仪测量。

14.1.4 软土地区盾构隧道轴线平面位置和高程允许偏差、检验方法和检验数量应符合表 2 的规定。

表 2 软土地区盾构隧道轴线平面位置和高程偏差

序号	检验项目	允许偏差 (mm)	检验方法	检验数量
1	隧道轴线高程	± 100	用水准仪测高程	每 10 环
2	隧道轴线平面位置	± 100	用全站仪测中线	每 10 环

14.2 一般项目

14.2.1 软土地区盾构隧道的允许偏差、检验方法和检验数量应符合表 3 的规定。

表 3 软土地区盾构隧道的允许偏差、检验方法和检验数量

序号	检验项目	允许偏差	检验方法	检测数量	
				范围	点数
1	椭圆度 (mm)	$\pm 5\% D$	断面仪、全站仪测量	每 10 环	-
2	环内错台 (mm)	10	尺量	每 10 环	4 点/环
3	环间错台 (mm)	15	尺量	每 10 环	4 点/环

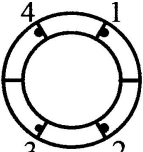
注：D 为隧道外径 (mm)。

附录 A

注浆记录表

A.1 软土地区盾构隧道壁后注浆情况应按照表 A.1 的规定进行记录。

表 A.1 注浆记录表

工程名称					隧道里程			
承包单位					监理单位			
施工日期	施工班组	环号	注浆 孔数	压浆时间		注浆压力 MPa	压浆量 m ³	备注
				始	终			
自检意见 项目专业质量检查员：_____ 日期：_____								 注浆孔位置图
监理意见 监理工程师：_____ 日期：_____								

附录 B

盾构掘进进度记录表

B. 1 软土地区盾构隧道掘进进度应按照表 B. 1 的规定进行记录。

表 B. 1 盾构掘进进度记录表

掘进日期	环号	当日掘进/m	累计掘进 进度/m	备注
	当日拼装 环，本周拼装 环，本周掘进 m，累计掘 进 m。			

记录人：
年 月 日

参考文献

- [1] GB 50446-2017 盾构法隧道施工及验收规范
- [2] GB/T 51438-2021 盾构隧道工程设计标准
- [3] DG/TJ 08-2041-2021 地铁盾构法隧道施工技术标准
- [4] DB/T 29-144-2021 天津市地下铁道盾构法隧道工程施工技术规程
- [5] DBJ51/T 155-2020 富水砂卵石地层地铁区间隧道盾构法施工技术标准