

备案号: J17968 – 2025

浙江省工程建设标准

DBJ

DBJ33/T 1339 – 2024

全断面岩石掘进机法隧道施工 及质量验收标准

Standard for construction and quality acceptance of full face
rock boring machine method tunnel

2024 – 12 – 12 发布

2025 – 04 – 01 施行

浙江省住房和城乡建设厅 发布

浙江省住房和城乡建设厅

公 告

2024 年 第 49 号

省建设厅关于发布浙江省工程建设标准 《全断面岩石掘进机法隧道施工 及质量验收标准》的公告

现批准《全断面岩石掘进机法隧道施工及质量验收标准》为浙江省工程建设标准，编号为 DBJ33/T 1339 - 2024，自 2025 年 4 月 1 日起施行。

本标准由浙江省住房和城乡建设厅负责管理，杭州市建设工程质量安全监督总站负责具体技术内容的解释，并在浙江省住房和城乡建设厅网站公开。

浙江省住房和城乡建设厅
2024 年 12 月 12 日

前 言

根据浙江省住房和城乡建设厅《关于印发〈2019 年度浙江省建筑节能与绿色建筑及相关工程建设标准制修订计划〉的通知》（浙建设函〔2020〕3 号）的要求，标准编制组通过深入调查研究，参考国内外的有关标准，并结合实际工程经验，制定了本标准。

本标准共分为 12 章。主要内容包括：总则，术语和符号，基本规定，施工准备，掘进施工，设备保养与维护，敞开式隧道支护，护盾式隧道支护，隧道防水，安全与环境保护，施工监测，质量验收。

本标准由浙江省住房和城乡建设厅负责管理，杭州市建设工程质量安全监督总站负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见或建议，请寄送杭州市建设工程质量安全监督总站（地址：浙江省杭州市莫干山路 100 号耀江国际大厦 A 座 12 楼，邮编：310005，邮箱：116304549@qq.com），以供修订时参考。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人：

主 编 单 位：杭州市建设工程质量安全监督总站

浙江省隧道工程集团有限公司

中铁十四局集团大盾构工程有限公司

参 编 单 位：中交水利水电建设有限公司

浙江正立高科建设有限公司

海天建设集团有限公司

杭州水务工程建设有限公司

杭州市勘测设计研究院有限公司

浙江沧海建设有限公司

浙江省建投交通基础建设集团有限公司
浙江华东工程建设管理有限公司
杭州萧宏建设环境集团有限公司
浙江交工路桥建设有限公司
浙江省工程勘察设计院集团有限公司
杭州市交通工程集团有限公司
浙江明康工程咨询有限公司
腾达建设集团股份有限公司
杭州钱南原水有限公司
核工业井巷建设集团有限公司
杭州市地铁集团有限责任公司
路歌交通建设集团有限公司
浙江长松建设有限公司
杭州滨江城建发展有限公司
浙江瑞诚检测有限公司
杭州市公路与港航管理服务中心

主要起草人: 李新航 康三月 陈 明 张国伟 项 斌
俞南均 朱爱山 杜红波 常志喜 秦 龙
李慧慧 周月军 吴国强 应向华 张敬祥
付小林 杜强强 葛伟兰 翁艾平 沈罗婧
刘士宝 施 坚 蒋立波 王安云 郑培鑫
周娉婷 徐 双 周世翔 金银锋 汪 坚
赵 攀 魏志范 奚晓广 阮仁酉 孙余好
徐向华 张宏建 翁明祥 范秀江 童朝宝
朱永茅 陈兴年 吴坤林 余国军 张雯雯
姜聪宇 陈宝铨 蔡寿富 陈林隆 赵金金
葛晶晶 吴敏慧 金朝辉 孙 军 施黎云
金凯达 周优伟 王海涛 冯金峰 陈清华
孙 红

主要审查人：刘兴旺 游劲秋 钱宏春 张朋来 秦建设
陈小亮 朱益军

浙江省建设厅信息公开
浏览专用

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	4
3	基本规定	5
4	施工准备	6
4.1	一般规定	6
4.2	掘进机选型及配置	7
4.3	前期调查	8
4.4	技术准备	8
4.5	掘进机始发形式	9
5	掘进施工	11
5.1	一般规定	11
5.2	施工测量	12
5.3	掘进机组装与调试	14
5.4	掘进机步进	16
5.5	掘进机始发与试掘进	16
5.6	正常掘进	18
5.7	姿态控制	19
5.8	开仓作业	20
5.9	掘进机接收	21
5.10	调头、过站和空推	21
5.11	拆机	22
5.12	运输	22

5.13	特殊段掘进	24
6	设备保养与维护	27
6.1	一般规定	27
6.2	机械结构	28
6.3	液压系统	31
6.4	电气系统	31
6.5	导向系统	32
6.6	辅助系统	32
7	敞开式隧道支护	34
7.1	一般规定	34
7.2	喷射混凝土	34
7.3	钢筋网	35
7.4	格栅钢架、型钢	36
8	护盾式隧道支护	37
8.1	一般规定	37
8.2	管片质量	37
8.3	止水片拼装	38
8.4	管片拼装	38
8.5	回填灌浆	39
9	隧道防水	43
9.1	一般规定	43
9.2	管片及接缝防水	43
9.3	特殊部位防水	44
10	安全与环境保护	45
11	施工监测	48
11.1	一般规定	48
11.2	施工周边环境监测	49
11.3	隧道结构监测	50
11.4	监测频率	50

11.5	监测控制值和预警	51
12	质量验收	53
12.1	一般规定	53
12.2	隧道掘进	57
12.3	敞开式掘进支护	57
12.4	护盾式掘进支护	65
12.5	隧道防水	71
12.6	成型隧道验收	74
	本标准用词说明	76
	引用标准名录	77
	附：条文说明	79

浙江省建设厅信息公开
浏览专用

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	4
3	Basic requirements	5
4	Construction preparation	6
4.1	General requirements	6
4.2	Selection and configuration of TBM	7
4.3	Preliminary investigation	8
4.4	Technical preparation	8
4.5	TBM starting form	9
5	Excavation construction	11
5.1	General requirements	11
5.2	Construction surveying	12
5.3	Assembly and commissioning of TBM	14
5.4	TBM stepping	16
5.5	Starting and trial excavation of TBM	16
5.6	Normal excavation	18
5.7	Attitude control	19
5.8	Warehouse opening operations	20
5.9	TBM reception	21
5.10	U-turn、passing the station and empty thrust	21
5.11	TBM disassembly	22
5.12	Transport	22

5.13	Special section excavation	24
6	Equipment maintenance and upkeep	27
6.1	General requirements	27
6.2	Mechanical structure	28
6.3	Hydraulic system	31
6.4	Electrical system	31
6.5	Guidance system	32
6.6	Auxiliary system	32
7	Open tunnel support	34
7.1	General requirements	34
7.2	Shotcrete	34
7.3	Steel mesh	35
7.4	Grille steel frame and profile steel	36
8	Shield tunnel support	37
8.1	General requirements	37
8.2	Segment quality	37
8.3	Assembly of waterstop tablets	38
8.4	Segment assembly	38
8.5	Backfilling grouting	39
9	Tunnel waterproofing	43
9.1	General requirements	43
9.2	Segment and Joint waterproofing	43
9.3	Special part waterproofing	44
10	Safety and environmental protection	45
11	Construction monitoring	48
11.1	General requirements	48
11.2	Monitoring of the surrounding environment during construction	49
11.3	Tunnel structure monitoring	50

11.4	Monitoring frequency	50
11.5	Monitoring control values and warnings	51
12	Quality acceptance	53
12.1	General requirements	53
12.2	Tunnel excavation	57
12.3	Open excavation support	57
12.4	Shield excavation support	65
12.5	Tunnel waterproofing	71
12.6	Acceptance of formed tunnels	74
	Explanation of wording in this standard	76
	List of quoted standards	77
	Addition: Explanation of provisions	79

1 总 则

1.0.1 为规范全断面岩石掘进机法隧道施工技术要求，统一全断面岩石掘进机法隧道施工质量的验收，做到技术先进、安全适用、经济合理，保证工程质量，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于浙江省全断面岩石掘进机法隧道的施工及质量验收。

1.0.3 全断面岩石掘进机法隧道施工及质量验收除应符合本标准外，尚应符合国家和浙江省现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 全断面岩石掘进机法隧道 full face hard rock boring machine tunnel

使用全断面岩石掘进机法施工的隧道，简称掘进机法隧道。

2.1.2 全断面岩石掘进机法 full face hard rock boring machine method

将全断面岩石掘进机在地中推进，通过侧向支撑机构提供的反作用力推进刀盘切割岩石，并将碎渣运出洞外，形成隧道结构的一种机械化施工方法，简称掘进机法。

2.1.3 全断面岩石隧道掘进机 full face hard tunnel rock boring machine

通过旋转刀盘推进，并使滚刀挤压破碎岩石，采用主机带式输送机出渣，集支护或结构安装于一体的全断面隧道施工设备，包括敞开式全断面岩石隧道掘进机、护盾式全断面岩石隧道掘进机，简称掘进机。

2.1.4 敞开式全断面岩石隧道掘进机 open full face hard rock tunnel boring machine

在稳定性较好的岩石中，利用撑靴撑紧洞壁以承受掘进反力及扭矩，不采用管片支护的岩石隧道掘进机，简称敞开式掘进机。

2.1.5 护盾式全断面岩石隧道掘进机 shield type full face rock tunnel boring machine

在整机外围设置与机器直径相一致的圆筒形防护结构以利于

掘进和进行管片安装的岩石隧道掘进机，包括单护盾全断面岩石隧道掘进机和双护盾全断面岩石隧道掘进机，简称护盾式掘进机。

2.1.6 单护盾全断面岩石隧道掘进机 single shield full section rock tunnel boring machine

具有护盾保护，仅依靠管片单种形式承受掘进反力的岩石隧道掘进机，简称单护盾掘进机。

2.1.7 双护盾全断面岩石隧道掘进机 double shield full section rock tunnel boring machine

具有护盾保护，依靠管片或撑靴两种形式撑紧洞壁以承受掘进反力和扭矩，掘进可与管片拼装同步的岩石隧道掘进机，简称双护盾掘进机。

2.1.8 管片 segment

隧道预制衬砌环的基本单元，管片的类型有钢筋混凝土管片、纤维混凝土管片、钢管片、铸铁管片、复合管片等。

2.1.9 防水密封条 sealing gasket

镶嵌于管片接缝处的条状防水材料。

2.1.10 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。

2.1.11 错台 step

相邻管片接缝处的偏差。

2.1.12 循环 cycle

隧道掘进施工时开挖、支撑、加固的施工过程。

2.1.13 工作井 working shaft

掘进机组装、解体、调头、空推、吊运管片和输送渣土等使用的竖井，包括掘进机始发工作井、接收工作井、检查工作井等。

2.1.14 步进 stepping

掘进机现场组装完后空推向前移动至掘进断面始发位置的推进过程

2.1.15 联系测量 connection survey

将地面的平面坐标系统和高程系统传递到地下，使地上、地下能采用同一个坐标基准和高程基准而进行的测量工作。

2.1.16 始发导台 Originating guide

由导轨、反力架和混凝土或钢结构基座组成的，用于掘进机始发的站台装置。

2.2 符 号

α ——隧道轴线与洞门轴线的夹角，通常取平面或纵坡夹角值；

D ——掘进机外径；

D_s ——工作井预留洞门直径；

H ——洞门井壁厚度；

Δ_e ——设计规定的始发或接收工作井预留口直径大于掘进机外径的差值；

Δ_s ——测量误差；

Δ_g ——掘进机基座安装高程误差。

3 基本规定

- 3.0.1** 掘进机法隧道施工应具有施工管理体系，应建立健全质量控制和检验制度，并应采取安全和环境保护措施。
- 3.0.2** 掘进机法隧道施工专项施工方案和应急预案应根据掘进机类型、地质条件和隧道工程特点制定。
- 3.0.3** 掘进机掘进应进行超前探测，施工期间应监控掘进机状态。
- 3.0.4** 掘进机法隧道施工应实施项目信息化管理，宜配置远程监控系统，宜建设智慧化工地。
- 3.0.5** 施工期间应对邻近的建筑物、地下管线、道路与轨道交通线路等进行监测，并应对重要或有特殊要求的建（构）筑物采取必要的安全技术措施。
- 3.0.6** 工程施工质量验收应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 和《建筑与市政工程施工质量控制通用规范》GB 55032 的规定。
- 3.0.7** 工程测量的质量验收，应符合现行国家标准《工程测量标准》GB 50026 的规定。
- 3.0.8** 工程监控量测的质量验收，应符合现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 和《地下铁道工程施工标准》GB/T 51310 的规定。
- 3.0.9** 掘进机法隧道施工质量合格指标应符合下列规定：
- 1 主控项目的质量达到 100% 时，应为合格；
 - 2 一般项目的质量经抽样检验应合格，当采取计数检验时，一般项目的合格点率应达到 80% 以上，且不合格点的最大偏差值不应大于规定允许偏差的 1.5 倍；
 - 3 应具有完整的施工质量验收依据和质量验收记录。

4 施工准备

4.1 一般规定

4.1.1 应建立施工测量和监测系统。

4.1.2 隧道施工前准备的资料应包括下列内容：

- 1 岩土工程勘察报告；
- 2 当地气象、水文、水质情况；
- 3 隧道沿线环境、地下管线和障碍物等的调查报告；
- 4 施工所需的设计图纸资料和工程技术要求文件；
- 5 工程施工有关合同文件；
- 6 拟使用的掘进机的相关资料，掘进机到施工场地运输道路的地形、设施调查资料。

4.1.3 掘进施工前，应完成下列工作：

- 1 核对洞口位置和进洞坐标；
- 2 确定洞门放样精度和就位后高程、坐标；
- 3 掘进机的组装、调试与验收；
- 4 预制管片、仰拱块的准备；
- 5 掘进机施工的各类报表；
- 6 配套工程的衔接工作；
- 7 掘进机设备部件运输的施工组织方案。

4.1.4 敞开式掘进机施工应设置始发洞，护盾式掘进机施工应设置始发导台。始发洞和始发导台应符合下列规定：

- 1 始发洞的长度应按掘进机主机长度确定，断面应按支撑结构确定；
- 2 在始发导台施工或安装时，导台位置误差应在 $\pm 10\text{mm}$

以内；

3 始发洞应使用钢筋混凝土衬砌，衬砌完成后应对所有错台进行处理，错台不应大于 10mm，衬砌背后不应有空洞。

4.2 掘进机选型及配置

4.2.1 掘进机机型选择应符合设计图纸要求，并应符合下列规定：

1 敞开式掘进机可用于岩体完整，抗压强度 50MPa ~ 150MPa，有较好自稳性的硬岩地层；

2 单护盾掘进机可用于中等长度隧道，抗压强度在 5MPa ~ 60MPa，有一定自稳性的软岩地层；

3 双护盾掘进机可用于岩体较完整，抗压强度在 30MPa ~ 90MPa，有一定自稳性的软岩与中硬岩地层。

4.2.2 掘进机选型依据应符合下列规定：

1 工程地质和水文地质勘察报告；

2 隧道线路及设计要求；

3 施工安全；

4 进度要求；

5 施工环境及其保护要求；

6 辅助施工系统配置；

7 类似工程施工经验。

4.2.3 掘进机设计和配置应符合下列规定：

1 刀盘的材质，结构强度和刚度，刀盘的结构型式与耐磨性，刀具的选型及布置；

2 驱动系统的配置，最大扭矩和脱困能力，密封配置；

3 推进系统的配置，最大推力和脱困能力；

4 敞开式掘进机锚杆、拱架、网片、喷射混凝土各个系统的配置和布置；

5 护盾式掘进机管片存储、吊运、安装各个系统的配置和

布置，砾石回填系统的配置和布置，灌浆系统的配置和布置；

6 掘进机的配置与施工条件、施工工艺/工法的符合性、配套性；

7 掘进机安全、环保设施的配置。

4.3 前期调查

4.3.1 施工前，应对施工地段的工程地质和水文地质情况进行调查，必要时应补充地质勘察。

4.3.2 应对工程影响范围内的地面建（构）筑物进行现场踏勘和调查，并对需要加固或基础托换的建（构）筑物进行详细调查，必要时应进行鉴定，并提前做好施工方案。

4.3.3 应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进行调查，必要时应进行探查。

4.3.4 根据工程所在地的环境保护要求，应进行工程环境调查。

4.4 技术准备

4.4.1 掘进施工前应复核设计文件和施工图，了解有关技术标准、技术条件、设计原则和设计规范，并掌握掘进机及附属设备的基本原理、组装顺序、操作规程和维保规程。

4.4.2 在确定掘进机类型后，应针对具体工程的隧道设计参数、地质条件、隧道的掘进长度，确定主机的主要技术参数，选择对地层适应性强、整机功能可靠、可操作性及安全性较强的主机。

4.4.3 掘进施工时，应根据工程概况、工程水文地质情况、质量工期要求、资源配备情况，编制实施性施工组织设计，对施工方案进行论证和优化，并按相关程序进行审批。

4.4.4 施工组织设计应满足质量、安全、工期和环保要求。

4.4.5 施工前应进行技术培训与技术交底。

4.4.6 施工前应根据工程特点和环境条件，完成测量和监测的准备工作。

4.4.7 掘进机隧道施工前，应完成下列工作：

1 施工配套设备应能满足施工进度要求，应与工程规模和施工方法相适应，运行应安全可靠，并应符合环境保护的要求；

2 掘进施工宜采用独立专线（用）电源，供电质量应达到国家二级供电网标准，配备的自备发电机功率应满足通风、排水、照明、通信、办公与生活保障等要求，外供与自备应急两路电源应能自动和手动切换；

3 应在作业场所和通道安装照明设备，隧道、地面应安装防雨型照明灯具；

4 施工主要岗位应配备内部通信设备；

5 给、排水设备应能保障充足的供水和排水能力，在施工期间应定期保养维修设备，对意外的涌水应有备用设备。

4.5 掘进机始发形式

4.5.1 掘进机采用工作井始发形式时，工作井应符合下列规定：

1 根据地质条件和环境条件，应选择安全经济和对周边影响小的施工方法；

2 始发工作井的长度应大于盾构主机长度 3m，宽度应大于盾构直径 3m；

3 接收工作井的平面内净空尺寸应满足盾构接收、解体和调头的要求；

4 始发、接收工作井的井底板应低于始发和到达洞门底标高，并应满足相关装置安装和拆卸所需的最小作业空间要求；

5 工作井预留洞门直径应满足盾构始发和接收的要求，并按下式计算：

$$D_s \geq H \cdot \tan \alpha + \left(\frac{D}{\cos \alpha} \right) + \Delta_e + \Delta_s + \Delta_g \quad (4.5.1)$$

式中： D_s ——工作井预留洞门直径（m）；

H ——洞门井壁厚度 (m);

α ——隧道轴线与洞门轴线的夹角 ($^{\circ}$), 通常取平面或纵坡夹角值;

D ——盾构外径 (m);

Δ_e ——设计规定的始发或接收工作井预留口直径大于盾构外径的差值 (m), 始发工作井取 0.10m, 接收工作井取 0.20m;

Δ_s ——测量误差 (m), 取 0.10m;

Δ_g ——盾构基座安装高程误差 (m), 取 0.05m。

6 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, 并应符合质量要求。

4.5.2 掘进机采用步进至隧洞断面直接始发形式时, 掘进机进洞前, 应完成对支洞等始发段隧洞结构的质量验收。

4.5.3 当洞口段土体不能满足掘进机始发和接收对防水、防坍等安全要求时, 应采取加固措施。

5 掘进施工

5.1 一般规定

- 5.1.1 掘进机现场组装完成后应对各系统进行调试并验收。
- 5.1.2 掘进机施工分为步进、始发、试掘进、掘进和接收阶段。施工中应根据各阶段施工特点及施工安全、工程质量和环保要求等采取针对性技术措施。
- 5.1.3 对净距小的两条隧道包括邻近既有隧道的施工，应采取适当措施减小施工的相互影响和对隧道结构安全的影响。
- 5.1.4 掘进机施工应实施超前地质预报，掘进机上应根据隧道地质条件，搭载物探系统、钻探系统等超前地质预报系统。
- 5.1.5 掘进机应配备导向系统，并按照隧道设计轴线进行掘进，掘进偏差应控制在设计允许的范围，应对掘进机姿态和成型隧道定期进行复核。
- 5.1.6 掘进机应在起始段 50m ~ 100m 进行试掘进。掘进应根据试掘进情况调整并确定掘进参数。
- 5.1.7 掘进机施工应做好掘进方向的控制，隧道轴线应符合设计要求。
- 5.1.8 应根据设计要求与围岩条件选择合理的支护体系。
- 5.1.9 掘进施工应根据隧道的地质条件，并考虑刀具的承载力及磨损率，选择合理的掘进参数。
- 5.1.10 掘进施工应控制排渣量、掘进机姿态和地层变形。
- 5.1.11 掘进过程中，掘进机与后配套设备、抽排水与通风设备、水平运输与垂直运输设备、碎渣输送设备和供电系统等设备应能正常运转。

5.1.12 掘进过程中遇到下列情况之一时，应及时处理：

- 1 掘进前方地层发生坍塌或遇有障碍；
- 2 掘进机壳体滚转角达到 3° ；
- 3 掘进机轴线偏离隧道轴线达到 50mm；
- 4 掘进推力与预计值相差较大；
- 5 管片严重开裂或严重错台；
- 6 壁后注浆系统发生故障无法注浆；
- 7 掘进机掘进扭矩发生异常波动；
- 8 动力系统、密封系统和控制系统等发生故障。

5.1.13 在曲线段施工时，应采取措施减小已成环管片竖向位移和横向位移对隧道轴线的影响。

5.1.14 根据横向、竖向偏差和滚转角偏差，应采取措施调整掘进机姿态，并应防止过量纠偏。

5.1.15 当停止掘进时，应采取措施稳定开挖面。

5.1.16 掘进机在特殊地质条件和特殊洞段中施工，应编制专项施工方案，并应制定详细的施工组织措施。

5.2 施工测量

5.2.1 施工测量应包括地面控制测量、联系测量、隧道内控制测量、掘进施工测量、贯通测量和竣工测量。

5.2.2 测量前，应对施工现场进行踏勘，收集相关测量资料，办理测量资料交接手续，并应对既有测量控制点进行复测和保护。

5.2.3 施工前应根据周边环境、地面控制网、掘进机施工方式、贯通长度和贯通精度等，制定施工测量方案。

5.2.4 同一贯通区间内始发和接收工作井所使用的地面近井控制点间应进行联测，并应与区间内的其他地面控制点构成附合路线或附合网。

5.2.5 隧道贯通后应分别以始发和接收工作井的隧道内近井控

制点为起算数据，采用附和路线形式，重新测设地下控制网。

5.2.6 地面施工测量点应埋设在施工影响的变形区以外。当施工现场条件限制时，埋设在变形区内的施工测量控制点使用前应进行检测。

5.2.7 施工测量要求应符合表 5.2.7 的规定。

表 5.2.7 施工测量要求

序号	测量方法	测量要求
1	地面控制测量	1 平面和高程控制网应与线路工程整体控制网联测，线路整体控制网应符合现行国家标准的规定； 2 掘进机始发和接收工作井间应建立统一的施工控制测量系统，每个井口应布设不少于 3 个控制点
2	联系测量	1 联系测量应包括地面近井导线测量、近井高程测量、工作井定向测量、导入高程测量、隧道内近井导线测量和近井高程测量； 2 地面近井导线和近井高程线路应采用附和线路形式； 3 导入高程测量在工作井内可采用悬吊钢尺进行高程传递测量；当掘进机平硐或斜井进入时，可采用水准测量方法进行高程传递测量； 4 地下应埋设永久近井点。近井导线点不应少于 3 个，点间边长宜大于 50m，近井高程点不应少于 2 个
3	隧道内控制测量	1 隧道内控制测量应包括隧道内施工导线测量、施工控制导线测量、隧道内施工水准测量和施工控制水准测量； 2 隧道内控制测量起算点应采用直接从地面通过联系测量传递到工作井下的平面和高程控制点； 3 隧道内控制网宜为支导线和支水准路线，施工导线和施工水准应随掘进施工布设
4	掘进施工测量	1 始发工作井建成后，应采用联系测量方法，将平面和高程测量数据传入隧道内控制点； 2 掘进机就位后应采用人工测量方法测定掘进机的初始姿态，测量内容应包括横向偏差、竖向偏差、俯仰角、方位角、滚转角和切口里程； 3 管片拼装后，应进行机尾间隙测量； 4 壁后注浆完成后，宜进行衬砌环测量

续表 5.2.7

序号	测量方法	测量要求
5	贯通测量	1 隧道贯通后应进行贯通测量，测量内容包括隧道的纵横向和高程贯通误差； 2 纵横向贯通误差可利用隧道贯通面量测平面控制点测定贯通相遇点的坐标闭合差确定； 3 高程贯通误差应利用隧道贯通面两侧高程控制点测量
6	竣工测量	1 竣工测量应包括隧道轴线平面偏差、高程偏差、衬砌环椭圆度和隧道纵横断面测量等； 2 竣工测量可采用全站仪解析法、断面仪法、近景摄影测量法或三维激光扫描法等

5.3 掘进机组装与调试

5.3.1 组装前应编制组装方案。当涉及超重构件吊装时，应编制吊装专项方案。

5.3.2 设备组装前应完成下列工作：

1 应完成组装场地、临时存放场地、预备洞室、步进洞室的施工；

2 应研究装配图及技术要求，了解装配结构、装配特点和调整方法，根据掘进机部件情况、现场场地条件，制定详细的装配工艺规程；

3 应准备装配工具、量具、夹具、吊具和材料，应对装配件进行外观检验，根据最大部件尺寸和最重要规格选择吊装设备，做好组装场地的准备工作；

4 应准备风、水、电及电气焊设备，电源插座应为防水、防爆型；

5 应配备数量足够的消防器材。

5.3.3 洞外组装的场地应符合下列规定：

1 组装场地表面平整，主机的组装场地平整度应控制在 3mm 以内，其中线宜对准隧道中线；

2 应做好支挡和排水措施；

3 应夯实地基，门吊走行轨道基础应为钢筋混凝土结构，地基承载力、组装场地的地面抗压强度及混凝土厚度满足掘进机生产厂对组装场地的要求；

4 组装场地的长度、宽度应至少能满足掘进机组装和大件进出，并有一定的机动长度；

5 门吊的跨度应大于刀盘直径，并满足吊装的安全要求；

5.3.4 洞内组装的场地应符合下列规定：

1 组装洞室的尺寸应满足洞中吊装的工作条件；

2 洞室应满足组装时运输的需要，场地的长度应满足掘进机主机和后配套的长度要求，并满足掘进的安全距离要求。

3 场地宽度应满足最大件的吊装运输的要求，同时应满足吊机的尺寸要求；

4 洞室的高度应满足吊装作业要求，吊钩相对地面的最大有效起吊高度应大于主机直径 3m ~ 4m。

5.3.5 掘进机组装过程应符合下列规定：

1 吊装设备选择、安装及验收应符合相关规定，门吊、桥吊组装完成后，应通过检验合格后方可投入使用；

2 高空作业应佩戴必要的防护措施；

3 掘进机组装及重要部件的存放应设置防护措施；

4 螺栓紧固扭矩和预紧力应符合现行国家标准《螺纹紧固件紧固通则》GB/T 16823.2 的规定；

5 掘进机组装应符合厂家对该机型的使用说明要求。

5.3.6 组装完成后，应进行各系统的空载调试和整机空载调试。

5.3.7 掘进机调试前应制定详细的调试方案，分系统进行调试。调试的主要内容应包括外观检查、功能测试、技术性能测试等，过程中做好记录。调试过程中发现的问题应及时处理。

5.3.8 外观检查、单台设备的功能测试、技术性能测试等单一的测试和检查可在组装期间同步进行，系统的调试工作在组装完

成后进行。

5.3.9 应按编制的设备测试功能表逐项测试，设备调试时应做好相应记录，数据超过标准值时应查找原因，直至调试至所测数据达到规定范围内。

5.3.10 设备的各项性能指标应符合掘进机技术要求，确认各设备安装无误的前提条件下，方可开始掘进机的步进。

5.4 掘进机步进

5.4.1 掘进机步进前应对行进路线净空进行检查，严禁侵限；对步进应具备的条件进行验收，验收通过后方可步进。

5.4.2 掘进机步进的方式应根据掘进机构造、掘进机行进路线的断面大小、结构型式、线路平纵走向等因素综合选择，步进反力装置应进行安全验算。

5.4.3 掘进机步进过程中，应对掘进机行进状态监控和巡视，同步做好轨道延伸等后续工作。

5.4.4 当掘进机无法整机步进时，应配备辅助动力，逐段连接后配套设施。

5.4.5 掘进机步进时，操作司机应密切注意操作室各相关仪表的显示，加强步进监控，作业人员应加强巡视工作并做好施工路线延伸。

5.4.6 始发掌子面应尽量平整，始发前应采取掌子面稳定措施，但不能影响掘进机始发掘进。

5.4.7 步进完成，掘进机在支撑状态下，拆除步进装置，准备始发。

5.5 掘进机始发与试掘进

5.5.1 敞开式掘进机始发时，撑靴应撑紧始发洞壁。护盾式掘进机始发时，始发台应固定牢靠、位置正确。

5.5.2 护盾式掘进机在向前推进时，通过控制推进油缸行程使

掘进机沿始发台向前推进。

5.5.3 在开始试掘进前，应派技术人员观察刀盘位置与岩面的接触情况。应先低速转动刀盘，直至将岩面切削平整后，开始试掘进。

5.5.4 在试掘进磨合期，应加强掘进参数的控制，逐渐加大推力。

5.5.5 采用双护盾掘进机施工，应正确选择掘进模式。

5.5.6 试掘进参数应根据行进路线的状况，确定始发参数。掘进机始发时应以低推力、低转速、低掘进速度进行始发掘进，掘进速度不宜超过 30mm/min。

5.5.7 在试掘进操作中，操作司机应根据掘进机操作的规律性逐步掌握掘进作业工序，在掌握掘进机的作业规律后，再适当提高掘进机的掘进速度。

5.5.8 始发时应加强测量工作，掘进机的姿态应控制在允许范围内，可通过管片或仰拱块的铺设、掘进机本身的调整等措施调整姿态。

5.5.9 掘进机始发时应加强设备的监控，增加人员的巡视。

5.5.10 掘进机始发时应密切关注姿态变化，预防掘进机机头下沉。

5.5.11 掘进机始发后应对始发掘进段进行支护。护盾式掘进机应同步安装管片，并应采用砾石回填灌浆，形成的支护结构应保持稳定；敞开式掘进机应较围岩等级提高一个等级进行支护，并应采取喷射混凝土封闭。

5.5.12 在试掘进阶段应完成下列工作：

1 检验掘进机负载下的性能和掘进配套设备的协调性，确定掘进参数；

2 检验施工质量，确定掘进各工序的施工工艺及施工质量能满足设计要求；

3 进行快速围岩判别，确定掘进施工现场的围岩判别方法

和程序；

4 进行超前地质预报的试验段工作，确定超前地质预报实施方案。

5.6 正常掘进

5.6.1 掘进过程中，应对设备进行巡视检查，仪表显示应正常，系统运转应正常，气体检测系统的工作状态应正常。

5.6.2 应建立地面信息化调度指挥系统，监控掘进的各个环节，统一调度各项掘进的配套工作。

5.6.3 掘进过程中应观察掘进参数的异常波动，及时掌握前方地质条件的变化；在围岩破碎段不宜对围岩产生扰动，当出渣量超过理论量，应停机制定管控措施后方可恢复掘进。

5.6.4 采用撑靴提供掘进反力时，掘进过程中应以撑靴部位的承载力作为推力大小的控制指标，防止撑靴打滑；采用管片提供掘进反力时，掘进过程中应防止推力过大、不均匀造成管片破损，且掘进的推力不应小于管片止水条压紧的最小值。

5.6.5 掘进和换步过程中，应观察掘进机前进方向是否有障碍物，掘进机应能顺利向前滑移。

5.6.6 掘进过程中，应合理安排好风、水、电系统及轨道、管路的延伸工作，并应符合下列规定：

1 根据现场条件选择通风方式，一次通风系统宜采用送风式供风，二次通风系统由二次风机和除尘风机组成，在掘进机后配套的尾部通过二次风机再将新鲜的风通过硬风筒送到掘进机主机的最前端。在掘进机主机的前端通过除尘风机回风，除尘风机吸风口伸入掘进机刀盘内部；

2 洞内供水方案及设备的选择应与掘进机上的管路及水压要求相配套；

3 掘进机供电应采用不低于 10kV 的高压供电；

4 照明供电及相关的供用电维护等应符合现行行业标准

《建筑与市政工程施工现场临时用电安全技术标准》JGJ 46 的规定。

5.6.7 掘进过程中排水应符合下列规定：

1 洞内顺坡排水水沟断面应能满足隧道中渗漏水、施工废水和掘进机循环设备用水的排水要求，排水沟应畅通；

2 洞内反坡排水，可根据坡度、水量和设备情况设集水坑，布置管路和泵站，一次或分段排水出洞外；

3 排水应满足环境保护的要求，不应影响周边环境，污水应达标后排放。

5.7 姿态控制

5.7.1 掘进机应沿设计轴线进行掘进，掘进机姿态偏差应控制在设计的允许偏差范围内。

5.7.2 应实时测量掘进机里程、轴线偏差、趋势值、仰俯角、滚动值等姿态参数，主司机及时进行纠偏，纠偏操作要求可参考设备使用手册。

5.7.3 双护盾掘进机在竖曲线与平曲线段施工应考虑已成环隧道管片竖、横向位移对轴线控制量的影响。

5.7.4 护盾式掘进机在调向过程中，不应破坏已经安装好的管片，不宜对已经成型的管片环产生横向、竖向的位移，新一环管片应能顺利拼装。

5.7.5 应定期对导向系统、掘进机姿态及成型隧道进行人工复核。

5.7.6 掘进机在纠偏、转弯段掘进中，应采取勤调、缓调的方式，应定期检查边刀（扩挖刀）的状态，避免异常损坏，当连续 2 个行程调向无法起到应有作用时，应停机检查调向的系统工作是否正常，制定调向措施后方可恢复掘进。

5.7.7 掘进机应按照设计和刀具厂家要求安装刀具，换刀作业不应在不良地质条件下进行，换刀作业人员进入刀盘内作业前，

应确认刀盘内的作业条件是否安全。

5.7.8 换刀作业时，掘进机刀盘控制应调整为本地控制模式，并应采取相应的管控措施，防止误操作伤人。

5.7.9 根据刀具在刀盘的分布位置和磨损限值要求，应对刀具进行定期检查，建立刀具检查、使用、更换、维修台账，对异常损坏的刀具应查明原因。

5.8 开仓作业

5.8.1 宜预先确定开仓作业的地点和方法，并应进行相关准备工作。

5.8.2 开仓作业地点宜选择在工作井、地层较稳定或地面环境保护要求低的地段。

5.8.3 开仓作业前，应对开挖面稳定性进行判定。

5.8.4 当在不稳定地层开仓作业时，应采取地层加固或压气法等措施，开挖面应保持稳定。

5.8.5 气压作业前，应完成下列准备工作：

- 1 应对带压开仓作业设备进行全面检查和试运行；
- 2 应配置备用电源和气源；
- 3 应制定专项方案与安全操作规定。

5.8.6 气压作业前，开挖仓内气压应通过计算和试验确定。

5.8.7 气压作业应符合下列规定：

- 1 刀盘前方的地层、开挖仓、地层与盾构壳体间应满足气密性要求；
- 2 应按施工专项方案和安全操作规定作业；
- 3 应由专业技术人员对开挖面稳定状态和刀盘、刀具磨损状况进行检查；
- 4 作业期间应保持开挖面和开挖仓通风换气，通风换气应减小气压波动范围；
- 5 进仓人员作业时间应符合现行国家标准《空气潜水减压

技术要求》GB/T 12521 和现行行业标准《盾构法开仓及气压作业技术规范》CJJ 217 的规定。

5.8.8 开仓作业应进行记录。

5.9 掘进机接收

5.9.1 掘进机接收前应制定掘进机到达施工方案，做好技术交底，施工人员应明确掘进机适时的桩号及刀盘距贯通面的距离，并按确定的施工方案实施。

5.9.2 掘进机接收前应做好下列工作：

- 1 检查洞内的测量导线；
- 2 在施工现场内拆卸时应检查掘进机拆卸段支护情况；
- 3 准备好到达所需的设备、工具及材料；
- 4 做好接收基座和轨道的安装工作，接收基座应有足够的强度、刚度和精度，并满足盾构装拆和检修需要；
- 5 做好到达前的其他工作，洞口土体加固和完成封门施工；
- 6 增加监测的频次，并及时反馈监测结果。

5.9.3 掘进机接收前应检查掘进方向，贯通误差应在规定的范围内。

5.9.4 掘进机接收的最后 20m 应根据围岩的地质情况确定合理的掘进参数并作出书面交底，并应符合低速度、小推力和及时支护或回填灌浆的要求。

5.9.5 双护盾掘进机接收段，为防止管片在失去后盾管片支撑或推力后产生松弛导致管片环缝张开，应设置管片纵向拉紧装置。

5.9.6 施工现场应保持联络畅通。

5.10 调头、过站和空推

5.10.1 调头和过站前，应进行施工现场调查、编制技术方案及现场准备工作。调头和过站设备应满足安全要求。

5.10.2 调头和过站时应有专人指挥，专人观察掘进机的移动状态，避免方向偏离或碰撞。

5.10.3 调头和过站后应完成掘进管线的连接。

5.10.4 掘进机空推应符合下列规定：

- 1 导台或导向轨道水平和竖直方向的精度应满足设计要求；
- 2 应控制掘进推力、速度和姿态，并应监测管片变形；
- 3 应采取措施挤紧管片防水密封条，并保持隧道稳定。

5.11 拆 机

5.11.1 掘进机拆机前应制定详细的拆机方案，超重、超大件拆除吊装应编制吊装专项施工方案。

5.11.2 根据工程总体规划和现场条件，确定掘进机拆卸的总体流程，分系统、分部位、分时段地进行掘进机的拆卸管理、技术组织和安排。

5.11.3 在洞室内、工作井下拆机时，拆卸洞室和工作井应满足掘进机拆机的功能要求，拆机前应对拆机洞室、工作井进行质量验收。在洞外拆机时，洞外拆卸场地应整平，有承重要求的场地，应复核地基承载力，并进行硬化。

5.11.4 掘进机拆机前应做好标识，拆机过程中应进行设备防护。

5.12 运 输

5.12.1 隧道施工应编制施工运输方案，运输方案应包括下列内容：

- 1 隧道直径、长度和坡度等参数；
- 2 隧道断面施工布置、施工出渣、进料方案和人员进出洞；
- 3 掘进机类型及构造、隧道施工方案和掘进效率要求；
- 4 掘进配套设施设备的配置等。

5.12.2 隧道内水平运输可采用有轨、无轨或连续皮带机等运输

方式，垂直运输可采用垂直起重机和垂直皮带机等运输方式。

5.12.3 施工运输应满足掘进、出渣、进料的效率要求。

5.12.4 掘进机施工长度大于3km的隧道，人员进出洞应乘坐专门设计的运输车辆。

5.12.5 洞外应建立可靠、先进的调度指挥中心，统一调度指挥施工运输。

5.12.6 掘进时出渣量应进行记录，当实际出渣量超过理论出渣量时，应停机查找原因，制定有效措施后方可恢复掘进。

5.12.7 运输设备应有防溜车或防坠落措施，操作、维护和保养应符合操作规程要求。

5.12.8 有轨运输轨道应保持平稳、顺直和牢固，并设专人进行维修和养护。

5.12.9 有轨运输应建立可靠的组织调度体系。有轨运输编组在洞内有人员作业的区段、通过道岔、进出掘进机等特殊区域，行驶速度不应超过5km/h；在洞内其他区域行驶平均速度不应超过10km/h，最高行驶速度不宜超过20km/h。

5.12.10 有轨运输的牵引机车的牵引能力应满足隧道最大纵坡和运输重量的要求；有轨运输编组车辆应具备联动刹车的功能，防止溜车，车辆之间的连接应可靠，防止脱钩。

5.12.11 有轨运输编组配置应满足掘进出渣、进料的功能和效率要求，运送人员进出洞的编组，应制定安全保障措施。

5.12.12 采用连续皮带机出渣土的，出渣皮带机应符合下列规定：

1 出渣皮带机运输能力应根据掘进效率计算确定，出渣皮带机应与掘进机做好衔接；

2 机架应坚固，安装应平、正、直，固定到机架上的部件应横平竖直。全部辊筒和托辊应与输送带的传动方向成直角，并应彼此平行、转动自如；

3 每天应安排专人进行巡查和保养。

5.12.13 利用工作井出渣和进料的隧道施工应设置垂直运输系统。

5.12.14 垂直运输设备的能力应满足隧道施工出渣和进料的要求。属于特种设备的，应办理相应手续，作业人员应持证上岗。

5.12.15 物料吊运应遵守吊运安全规定，定期检查垂直运输设备的安全装置、钢丝绳、卸扣和吊带等，并应做好记录。

5.12.16 采用垂直皮带机出渣土的，出渣皮带机应符合下列规定：

1 出渣皮带机运输能力应根据掘进效率计算确定，出渣皮带机应与连续皮带机、掘进机做好衔接；

2 出渣皮带机应架设牢固并进行可靠的固定，皮带机周围应做好隔离和防护；

3 每天安排专人进行巡查和保养。

5.13 特殊段掘进

5.13.1 施工前应根据地质勘察报告提供的地质条件，结合现场实际情况和周边环境调查，制定特殊段掘进的施工技术方案，并结合应急预案，做好技术、物资、设备等储备。

5.13.2 特殊段主要包括软岩地层、坚硬岩地层、突水涌泥地层、断层破碎带地层、岩溶发育洞段等施工段，特殊段的施工应采取相应施工措施。

5.13.3 软岩地层施工要点应符合下列规定：

1 建立适应掘进机施工的支护体系包括提高锚杆作业效率、正确做好临时支护、临时喷射混凝土；

2 合理选择掘进参数。

5.13.4 坚硬岩地层施工要点应符合下列规定：

1 确定施工段围岩的普遍力学指标；

2 选择适宜的刀具；

3 合理选择掘进参数。

5.13.5 突水涌泥地层施工要点应符合下列规定：

1 根据前期水文地质资料，当掘进至断层及影响带、侵入岩接触带富水洞段前，利用激发极化等方法初步判断掌子面前方岩层含水情况；

2 再利用超前地质钻机钻探确定刀盘前面 30m 范围的含水情况，接近含水体时利用超前钻孔进行水量和水压探测，以判断水的涌出方向及突水、涌泥的危险程度；

3 根据涌水量和水压确定灌浆止水方案，并根据现场实际情况，采取灌浆封堵、超前加固地层等处理措施；

4 合理选择掘进参数。

5.13.6 断层破碎带地层施工要点应符合下列规定：

1 掘进前进行超前地质预报，以确定破碎带边缘、长度、破碎程度以及含水情况等，根据破碎带的不同情况采取不同的处理措施；

2 对于轻微破碎地段，对掘进机不会造成影响时，可不进行处理；

3 对于一般破碎地段，采用先掘进，再处理的办法；

4 对于严重破碎地段掘进机无法施工时，停止掘进，用掘进机所配的钻孔注浆设备进行超前加固，然后打超前钻孔检查，证明可行时先处理再向前掘进，如破碎段长，且破碎严重，一般加固仍无法使用掘进机顺利通过时，可用钻爆法开挖成洞，掘进机随后跟进通过；

5 合理选择掘进参数。

5.13.7 岩溶发育洞段地层施工要点应符合下列规定：

1 溶洞在掘进过程中既可进行永久处理，又可在掘进中只进行临时处理，后期进行永久处理；

2 在隧道掘进过程中宜加强超前钻探，了解溶洞特性，制定合理的处理措施；

3 合理选择掘进参数。

5.13.8 特殊段施工中应进行监测工作，并及时反馈监测信息进行动态设计和施工。

5.13.9 应制定超前地质预报方案，根据预报结果动态调整施工措施。

5.13.10 经评估掘进机无法掘进通过或有重大风险的特殊段时，应符合下列规定：

1 具备提前处理条件的，应采取工程措施提前处理；

2 不具备提前处理条件的，掘进机到达该段前，应停机采取工程措施处理后，掘进机再通过。

6 设备保养与维护

6.1 一般规定

6.1.1 掘进机应保持良好的技术状况，不应带故障作业。

6.1.2 掘进机保养与维护应结合现场实际情况和相关技术文件，制定并实施保养与维护计划。保养与维护应采用日常保养和定期保养相结合的方式，并应符合下列规定：

1 定期保养内容包括机械结构和液压系统、电气系统、导向系统及辅助系统；

2 设备的保养应采取清洁、润滑、紧固、调整、防腐等措施。

6.1.3 完成阶段性掘进后应进行设备状态评估、制定整修方案并实施设备整修。

6.1.4 掘进机使用保养应按设备保养手册执行。手册未作要求时，掘进距离达到5km或主轴承运转时间达到3000h应进行设备整机状态评估，评估需要整修时，制定整修方案并实施设备整修。

6.1.5 设备维修保养应做好安全防护措施。

6.1.6 液压系统维修保养前应关闭相应的阀门并做泄压处理。电气设备维修保养前应断开电气部分开关。

6.1.7 定期进行油液检测工作，检测结果超标应分析原因并处理。

6.1.8 当出现下列情况之一时，应对掘进机及时保养与维护：

- 1 超过正常负荷水平长时间运行；
- 2 通过特殊地段前；

- 3 调头或过站期间；
- 4 发生故障或运转不稳定；
- 5 长时间停机或拆砌机贮存期间。

6.2 机械结构

6.2.1 刀盘及刀具的保养与维护应符合下列规定：

- 1 刀盘及刀具应制定检查维修制度，刀盘维修应编制专项方案。
- 2 刀盘检查内容应包括裂纹、磨损、耐磨件脱落、刀座变形及喷水故障等。
- 3 刀具检查内容应包括外观、轴承及密封、紧固件和磨损量等。
- 4 施工过程中出现异常或围岩条件变化时，应及时对刀盘及刀具进行检查，遇下列情况时，应更换刀具：
 - 1) 滚刀刀圈断裂、偏磨、崩刃或刀圈磨损量超标；
 - 2) 刀具漏油或挡圈断裂脱落；
 - 3) 刀具紧固件损坏、掉刀；
 - 4) 铲斗齿变形、开裂、松动或磨损量超标。

6.2.2 主驱动单元的保养与维护应符合下列规定：

- 1 主驱动单元的检查内容应包括正转模式故障和反转模式故障；
- 2 应及时对起动停机保护制动器进行检查。

6.2.3 护盾系统的保养与检修应符合下列规定：

- 1 每班清除伸缩盾主推进油缸部位及盾尾辅助推进油缸部位的杂物，清理扭矩梁侧面润滑油；
- 2 每天检查主推进油缸、辅助推进油缸、防扭装置、扭矩梁、撑靴、稳定器的油缸阀组及管路有无泄漏，检查油缸行程传感器的工作情况；
- 3 每周检查防扭装置防扭环连接工作情况；

- 4 每周检查扭矩梁紧固螺栓有无松动；
 - 5 每周检查主推进油缸的连接铰接处并加注润滑油。
- 6.2.4 管片安装系统的保养与维护应符合下列规定：**
- 1 每班对管片安装机、管片储存器进行日常清洁；
 - 2 每天对管片安装机、管片储存器、管片吊机的注油口加注润滑油；
 - 3 每天检查管片安装机及管片储存器的油缸、液压管路连接及有无泄漏；
 - 4 每天检查管片安装机、管片吊机的限位传感器的接线及工作情况；
 - 5 每周检查管片吊机的滑线紧固情况及有无损坏，检查轨道螺栓紧固情况，检查各部件有无松动情况；
 - 6 每周检查管片安装机、管片储存器、管片吊机的胶垫有无损坏，检查管片吊机的抓头有无变形，检查管片安装机抓举头磨损情况；
 - 7 每周检查管片安装机减速机油位及工作情况，油位低时及时补油。
- 6.2.5 连接桥及后配套设备的保养与维护应符合下列规定：**
- 1 应对后配套设备进行功能检查、清理清洗、润滑养护、紧固、调整。
 - 2 对后配套设备的润滑养护应符合下列规定：
 - 1) 应每天对卸渣机、喷锚系统、皮带输送机的导向轮和1号皮带机从动轮等的注脂部位进行注脂润滑；
 - 2) 应每周对拖车滚轮、冷却风机、辅助吊机、水泵、空压机、接力风机、皮带机的张紧油缸、提升油缸、主动轮、轴承座、2号皮带机从动轮、3号皮带机从动轮等的注脂部位进行注脂润滑。
 - 3 皮带输送机的保养与检修应符合下列规定：
 - 1) 每班观察皮带跑偏情况，通过皮带从动轮张紧装置的

调整螺栓适量调整滚筒两侧张紧量，以皮带运转时松紧适度、不跑偏为标准；

- 2) 每班通过皮带运转情况，观察皮带下方皮带托滚旋转是否灵活，驱动滚筒或从动滚筒轴承噪声和径向跳动是否明显、安装支架是否紧固，检查托滚、刮板磨损，如磨损过度应及时更换；
- 3) 皮带损伤检查，每班检查所有皮带表面、背面及侧面的损伤情况，查明原因并及时修补；
- 4) 每天检查内机架一号皮带下方石渣堆积程度，及时清理并查找堆积原因；
- 5) 每周清理皮带桥皮带两侧或下方，尤其是皮带托滚周围的尘土、沉积物和淤积碎石；
- 6) 每半年拔出驱动滚筒驱动马达，检查变速箱齿轮磨损程度，更换新齿轮油；
- 7) 连续皮带机按相关规定要求进行保养与检修。

6.2.6 物料运输系统的保养与维护应符合下列规定：

1 料车拖拉系统的保养与维修应符合下列规定：

- 1) 每班进行功能检查；
- 2) 每班清理链轨、链槽渣石；
- 3) 每班检查拖拉泵站运行压力和泵体发热情况，温度过高立即停机冷却；
- 4) 每周检查驱动回转马达链轮和引导小链轮是否磨损，拖拉链条是否脱钩、变形拉长，检查链条连接块及链槽磨损程度，必要时，可通过链轮张紧机构张紧链条、焊割修整、更换磨损件进行维修。

2 卸渣机的保养与检修应符合下列规定：

- 1) 每班进行功能检查；
- 2) 每班清理翻板、渣斗、滚筒等处积石；
- 3) 每班检查刮渣器与皮带贴合程度，及时调整；

- 4) 曲线段施工时, 每班检查走行电缆在滑槽活动是否灵活、卡滞, 及时调整、校正;
- 5) 每周观察翻板表面磨损、卡滞情况;
- 6) 每周检查行走马达连接螺栓是否松脱、折断, 行走滚轮是否打滑, 必要时在滚轮踏面沿周向间断堆焊凸棱, 增加行走附着力。

6.3 液压系统

6.3.1 掘进机所用液压油, 应具有良好的耐磨耗性、抗氧化性、润滑性等性能, 并应符合下列规定:

- 1 不应与其他油种混合使用;
- 2 应对液压油的污染进行控制, 采取措施防止污染物进入液压系统;
- 3 对已经侵入的污染物, 应将其全部油量排放掉, 并对其液压系统进行清理;
- 4 系统中漏出的油液未过滤不应返回油箱;
- 5 使用其他加油装置一定经过过滤装置进行加油, 过滤精度要求 $\leq 10\mu$;
- 6 当油量少于规定的油量时, 应及时追加油量;
- 7 液压油的工作温度不宜超过 65°C 。

6.3.2 掘进机首次运行, 液压系统的伸缩部轴承应采用齿轮油和锂基润滑脂的混合液润滑; 每天 24h 连续工作时, 不宜超过三个月更换一次润滑混合液; 每天工作 10h 以下时, 不宜超过六个月更换一次润滑混合液。

6.3.3 液压系统的定期检查应每 6 个月或工作 1500h 进行一次, 需拆开检查。

6.4 电气系统

6.4.1 电气系统的保养与维护应按照故障维修流程进行检查。

6.4.2 主电动机的保养与维修应包括电动机清理和滚动轴承维修保养。

6.4.3 应急发电机的保养与检修应符合下列规定：

1 每次启动前，检查机油和燃油油位、冷却液液位，不足时及时补充；

2 每周检查蓄电池电解液位置和电压，随时处于充足电状态；

3 每月检查空气滤清器是否堵塞；

4 定期清理发动机表面积尘；

5 其余均按发动机保养与维修的相关规定执行。

6.4.4 维修电气系统，在欲打开防爆接触面时应事先将外部的灰尘、煤泥清扫干净。维护完成后，应将电控箱内的煤尘清理干净。为了防止防爆面生锈，在防爆面还需涂抹黄干油。

6.5 导向系统

6.5.1 日常维修应按日检项目内容严格遵照执行。

6.5.2 操作手柄时，应缓慢平稳，不应用力过猛。

6.5.3 司机应按操作指示板操作，熟记操作方式。

6.6 辅助系统

6.6.1 除尘风机的保养与维护应符合下列规定：

1 每天清洗滤网、视情况更换滤网，冲洗风道积尘；

2 每周检查沿途风道连接处软风管接头是否脱落或破损；

3 每周检查除尘风机电机固定螺栓是否松动，电机运转是否平稳；

4 每季度检查电机接线盒线间、相间绝缘值，观察电机旋转轴与风扇叶片之间的旋转密封是否可靠。

6.6.2 空气压缩机的保养与维修应符合下列规定：

1 每班检查冷却剂液位，不足时及时补充；

- 2 定期用高压风吹扫冷却器及周边积垢；
 - 3 每 2000h 更换冷却剂滤清器，每年或指示灯闪光时更换空气滤清器；
 - 4 每季度检查所有软管是否破裂、老化，使用 2 年时应更换所有软管；
 - 5 每半年标定压力传感器，每年标定安全阀，每 2 年更换冷却剂，并同时更换分离器元件和冷却剂滤清器。
- 6.6.3 空调系统的保养与检修应符合下列规定：**
- 1 每班观察空调运行参数；
 - 2 定期检查管路是否泄漏（制冷剂、压缩机油等），打开蒸发器盖板检查铜管是否污染；
 - 3 定期检查螺钉、电路接头；
 - 4 每 500h 更换压缩机油和机油滤清器；
 - 5 设备封存之前，开动空调设备，将氟利昂制冷剂收回系统，在断开冷凝器管路的同时，立即严密、妥善密封空调冷却系统出口通道。

7 敞开式隧道支护

7.1 一般规定

7.1.1 在硬岩地段进行敞开式隧道支护施工应根据设计要求实施喷射混凝土、锚杆施工、局部挂钢筋网等措施。

7.1.2 初期支护应遵循“密排拱架，埋设浆管，网板结合，封闭塌腔，回填密实，及时喷锚”的原则实施支护措施。

7.2 喷射混凝土

7.2.1 喷射混凝土原材料应符合下列规定：

1 应优先选用普通硅酸盐水泥，当有特殊要求时，采用特种水泥，水泥强度不应低于 32.5MPa；

2 粗细骨料的选用应符合现行国家标准《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB 50086 的规定，喷射混凝土的骨料级配应符合表 7.2.1 的规定；

表 7.2.1 喷射混凝土骨料级配

骨料粒径 (mm)	0.15	0.30	0.60	1.20	2.50	5.00	10.00
百分数 (%)	2 ~ 10	10 ~ 30	25 ~ 60	50 ~ 85	80 ~ 100	95 ~ 100	100

3 拌和用水要求应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定；

4 速凝剂使用前，应进行速凝剂与水泥的相容性试验及水泥净浆凝结效果试验，速凝剂的掺量为水泥重量的 4% ~ 8%。

7.2.2 喷射混凝土作业应符合下列规定：

1 混凝土喷射前，应对受喷工作面用高压水全面冲洗岩面，

并对出水点先埋设导水盲沟，埋设喷层厚度检查标志，混凝土输送泵及送料管应采用水泥浆润滑；

2 喷射时应自下而上进行，工作风压应为 $0.3\text{MPa} \sim 0.5\text{MPa}$ ，喷嘴至作业面距离应为 $1.0\text{m} \sim 1.5\text{m}$ ，喷嘴尽量垂直岩面，每次喷射厚度宜为 $50\text{mm} \sim 80\text{mm}$ ；

3 终凝 2h 后应进行喷水养护，养护时间不应少于 14d，当始发洞气温低于 5°C 时，应采取喷养护膜法养护；

4 喷射混凝土时应加强通风并配置好作业人员的劳动防护用品，并及时清理回弹混凝土；

5 冬季施工时，喷射作业区气温不应低于 5°C ，混合料进入喷射机温度不应低于 5°C ，当普通硅酸盐水泥配制的喷射混凝土强度低于设计强度 30% 时，不应受冻；

6 钢筋网喷射混凝土与普通喷射混凝土施工工艺应相同。

7.3 钢筋网

7.3.1 铺设钢筋网应符合下列规定：

1 钢筋网宜在初喷混凝土后铺挂，应与喷射混凝土形成一体；

2 当采用双层钢筋网时，第二层钢筋网应在第一层钢筋网被混凝土覆盖后铺设，其覆盖厚度不应小于 3mm ；

3 钢筋网应与锚杆或其他固定装置连接牢固，岩面应保持 30mm 的间隙；

4 钢筋网的钢筋保护层厚度不应小于 20mm ；

5 喷射当中有脱落的石块或混凝土块被钢筋网卡住时，应及时清除。

7.3.2 钢筋网的铺设流程应符合下列规定：

1 按图纸指定的位置挂设加工好的钢筋网片；

2 钢筋片随初喷面的起伏铺设，焊接固定于先期施工的系统锚杆之上；

3 再将钢筋片焊接成网，网片搭接长度为 1 个~2 个网格。

7.4 格栅钢架、型钢

7.4.1 钢架应利用敞开式掘进机自配的钢架安装器进行安装，应在设计里程位置脱出盾尾后及时架设。

7.4.2 钢架宜选用钢筋、型钢和钢轨等制成，钢材的规格、型号和材质应满足设计要求和国家有关现有技术标准的规定。钢架不宜在受力较大的拱顶及其他受力较大的部位分节。格栅钢架的主筋直径不宜小于 18mm，且焊接应符合设计要求。

7.4.3 钢架安装应符合下列规定：

1 钢架安装工艺流程应为拱架加工及运输、拱架安装器内拱架初拼、拱架安装、焊接给向边接筋和旗作销脚锚杆；

2 安装前应清除底脚的虚碴及杂物；

3 全圆钢支撑的间距应为掘进行程的 1/2 倍~2 倍，在掘进机换步过程中，撑靴不应挤压拱架；

4 各节钢架间应以螺栓连接，连接板应密贴；

5 当钢架与岩壁不密贴时，应沿钢架外缘每隔 1m~2m 用钢楔或混凝土预制块楔紧；

6 当全圆拱架底部与仰拱预留槽发生冲突时，应在仰拱两侧补加锁脚锚杆，并应加焊牢靠。

7.4.4 钢架安装不应侵入二次衬砌断面，钢架应垂直于隧道中线，竖向不倾斜，平面不错位、不扭曲。

8 护盾式隧道支护

8.1 一般规定

8.1.1 护盾式掘进机施工的隧道应采用管片支护和回填灌浆的复合式结构。

8.1.2 管片拼装完成后，应及时对管片背后进行充填砾石，注入砂浆对砾石进行固结，达到管片背后孔隙充填密实，减少围岩松动和土压力的直接作用。经检查注浆效果不能达到要求时，要及时补强完善。

8.1.3 管片结构型式应根据隧道的围岩特点、平纵曲线、受力条件、运行功能、施工便捷性等因素综合确定。管片混凝土标号、配筋率应根据围岩等级、隧道埋深、地下水情况、隧道功能等因素经过计算确定，管片选用符合设计要求。

8.2 管片质量

8.2.1 管片宜进行工厂化生产，管片质量应符合现行国家标准《预制混凝土衬砌管片》GB/T 22082 的规定。

8.2.2 管片进入施工现场应组织进场验收，验收应符合下列规定：

1 管片生产过程的资料是否齐全；

2 按进场量的 10% 抽查管片实体质量，以无损检测为主，检测应符合现行行业标准《盾构隧道管片质量检测技术标准》CJJ/T 164 的规定；

3 管片外观质量应符合设计要求。

8.2.3 进入隧道安装前，应检查管片防水密封材料的粘贴效果，

并应符合现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108 的规定，合格后方可进入隧道安装。防水密封材料应按 500 环为一个批次进行检测。

8.2.4 管片应按型号分别码放，堆放场地应坚实平整，可采用侧面立放或内弧面向上平放。管片之间应使用适当的材料进行支撑或分割，上下应对齐。管片堆放高度应根据管片大小、自重计算决定。管片内弧面向上平放超过六层或侧面立放超过四层时应进行受力验算。

8.3 止水片拼装

8.3.1 垂直施工缝中宜设置预埋式注浆管或遇水膨胀止水胶，与中埋式止水带形成双道防水；水平施工缝中宜设置钢板止水带、单组分聚氨酯膨胀密封胶、预埋式注浆管等两种材料组合形成双道防水。

8.3.2 橡胶止水带的材质、形状、尺寸、物理机械性能应符合现行国家标准《高分子防水材料 第 2 部分：止水带》GB/T 18173.2 的规定；钢边橡胶止水带的材料性能应符合现行国家标准《连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带》GB/T 2518 的规定。

8.3.3 止水带施工应符合下列规定：

1 止水带埋设的位置宜按衬砌厚度的一半确定，其安装的径向位置允许偏差不超过 50mm，安装的纵向位置允许偏离中心不超过 30mm；

2 止水带应与衬砌端头模板正交；

3 止水带连接前应做好接头表面的清刷和打毛，搭接长度不应小于 100mm，宜采用小型热焊机进行焊接，焊缝宽度不应小于 50mm；

4 止水带接头应焊接良好，接头外观应平整光洁。

8.4 管片拼装

8.4.1 管片拼装应符合下列规定：

- 1 掘进机姿态和盾尾间隙应满足管片拼装要求；
 - 2 管片拼装前应核对管片适应围岩的型号正确，通用楔形管片应确定合适的拼装点位；
 - 3 应根据管片位置和拼装顺序依次逐块拼装管片，拼装过程中不应损坏管片及防水密封条；
 - 4 有螺栓连接的管片，应按照设计要求的扭矩紧固，当管片环脱出盾尾后，应对管片螺栓进行复紧；
 - 5 对已成环的管片应进行椭圆度抽查，抽查比例应为20%，椭圆度应在设计允许的偏差范围内；
 - 6 当管片环底部有垫块设计时，应在拼装前按设计位置铺设垫块；当无垫块设计时，管片脱出盾尾后应及时回填砾石。
- 8.4.2** 管片拼装质量应符合现行国家标准《盾构法隧道施工及验收规范》GB 50446 的规定。

8.5 回填灌浆

I 砂浆回填

8.5.1 砂浆回填应符合下列规定：

- 1 应根据设计确定的回填灌浆体的强度、透水率等指标，试验确定水泥浆液的水灰比；
- 2 掘进机上应配置水泥浆液拌制计量设备，注浆过程应配备注浆自动记录仪；
- 3 应在试掘进阶段，进行回填灌浆试验，确定施工工艺和注浆参数；
- 4 砂浆回填应以回填量和回填压力双重控制标准进行控制。

8.5.2 遇有围岩塌陷、溶洞或超挖较大等特殊情况时，应在该部位预埋灌浆管，其数量不应少于2个，位置宜在现场确定。

8.5.3 砂浆回填应分区段进行，每区段长度不宜大于50m，区段端部应封堵严密。

8.5.4 砂浆回填宜分为两个次序进行，后序孔应包括顶孔。回

填时应从较低的一段开始，向较高的一段推进。同一区段内的同一次序孔可全部或部分钻出后，再进行灌浆。

II 砾石回填

8.5.5 砾石质量应符合下列规定：

1 砾石粒径应符合设计要求，宜采用天然砾石，采用机械破碎加工的，应进行整形处理；

2 砾石的含泥量、石粉含量、级配应符合现行国家有关标准的规定；

3 应根据工程水文地质情况，合理选择水泥类型。

8.5.6 砾石回填应符合下列规定：

1 管片与围岩间的空隙应及时回填砾石；

2 砾石回填的施工效率应与掘进速度相匹配，当未及时回填砾石时，不应继续掘进；

3 利用管片上半环的工作孔，采用自下而上分层的方式进行砾石回填，回填过程中，可通过管片工作孔检查回填是否密实，工作孔应采用临时封堵措施防止砾石洒漏；

4 砾石喷射系统的布置应靠近施工作业面，管路布置应尽量顺直，回填作业时，应控制好风压，作业区和喷射泵操作人员应密切联系，防止误操作伤人。

III 壁后注浆

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

8.5.8 根据注浆要求，应通过试验确定注浆材料和配比。可按地质条件、隧道条件和工程环境选用单液或双液注浆材料。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。

8.5.9 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等因素确定。

8.5.10 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。

8.5.11 注浆作业应连续进行,作业后应及时清洗注浆设备和管路。

8.5.12 采用管片注浆口注浆后,应封堵注浆口。

IV 勾缝、螺栓孔封堵

8.5.13 管片嵌缝封堵施工应符合下列规定:

1 应对管片环、纵缝进行清理,并符合下列规定:

- 1) 对管片接缝缺棱、破损应修补完好,错台大于 10mm 的位置应进行打磨处理;
- 2) 宜使用钢丝刷清理缝内泥浆,嵌缝槽内不应有积水或残存污物;
- 3) 当环、纵缝潮湿时,需用喷灯烘干其表面。

2 宜对嵌缝进行封堵,并符合下列规定:

- 1) 检查嵌缝有无滴漏或冒水,堵漏时应根据渗水情况不同使用相应的材料和施工工艺;
- 2) 堵漏宜采取封堵引流的方式,隧道顶部无明显滴水情况但有湿迹应采取封引流,若有明显滴水且范围较大时宜采用埋管注浆,当拱底道床范围嵌缝槽出现积水时可采用聚合物水泥砂浆。

3 封堵完成后应进行嵌填及抹平,并符合下列规定:

- 1) 密封胶背衬材料宜采用 PE 薄膜、PE 泡沫塑料进行填充。嵌入后应能达到预定深度并密贴,表面应平整,无翘曲,接头处应相接无间断;
- 2) 嵌填时应将密封胶抹平,做到挤出均匀,填充密实,当拱底道床范围嵌缝槽出现积水时,可采用聚合物水泥砂浆嵌缝;
- 3) 管片接缝间不宜存在高差。

8.5.14 螺栓孔封堵施工应符合下列规定:

1 清理螺栓孔内的泥浆，将螺栓复紧，并对螺栓进行防锈处理；

2 应按照设计要求封堵螺栓孔，填充要密实，强度要达到设计标准要求。

9 隧道防水

9.1 一般规定

9.1.1 掘进机隧道结构防水等级应符合现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108 的规定。

9.1.2 掘进机管片支护后，设计有特殊防水要求时，可在管片内增设二次混凝土衬砌，施工方式按设计要求执行。

9.1.3 地下工程所使用防水材料的品种、规格、性能等应符合现行国家或行业产品标准和设计要求。

9.1.4 隧道防水应分为管片及接缝防水和特殊部位防水。

9.2 管片及接缝防水

9.2.1 管片制作时应按设计要求达到防水抗渗等级。

9.2.2 管片接缝防水材料应符合设计要求，施工前应做好下列工作：

1 所采用的防水材料，应按设计要求和生产厂的质量指标分批进行抽检；

2 采用遇水膨胀橡胶防水材料时，运输和存放须采取防潮措施，并设专门库房存放。

9.2.3 防水密封条粘贴应符合下列规定：

1 应按管片型号选用；

2 变形缝、柔性接头等接缝防水的处理应符合设计要求；

3 密封条在密封槽内应套箍和粘贴牢固，不应有起鼓、超长或缺口现象，且不应歪斜、扭曲。

9.2.4 当采用遇水膨胀橡胶密封垫时应按设计要求粘贴。

9.2.5 当采用嵌缝防水材料时，应清理管片槽缝，并应按规定进行嵌缝作业，填塞应平整、密实。

9.3 特殊部位防水

9.3.1 护盾式掘进机管片衬砌与现浇混凝土衬砌的接触部位应采用缓膨型遇水膨胀止水条、注浆防水等方式，并符合设计要求。

9.3.2 采用双层衬砌的特殊设计地段，内层衬砌混凝土浇筑前，应将外层衬砌的渗漏水引排进行封堵。

9.3.3 掘进机管片或仰拱块石砾石充填完成后，应及时进行充填注浆防水，并对注浆孔和螺栓吊装孔进行封堵。

9.3.4 当采用注浆孔注浆时，注浆后应对注浆孔进行密封防水处理。

9.3.5 注浆孔及螺栓孔处密封圈应定位准确，并应与密封槽相贴合。

9.3.6 隧道与工作井、联络通道等附属构筑物的接缝处应按设计要求进行防水处理。

10 安全与环境保护

10.0.1 应编制相关的紧急抢险施工预案，配备报警、救援和逃生设施等，开工前应进行紧急抢险施工预案培训与演练。

10.0.2 洞内、洞外联系应保持畅通。

10.0.3 掘进过程中突遇冒顶、局部坍塌、沙石突涌等情况时，应立即启动应急预案。

10.0.4 施工前，应根据掘进机设备状况、地质条件、施工方法、进度和隧道掘进长度等条件，选择通风方式、通风设备和隧道内温度控制措施。

10.0.5 隧道供电电压应符合下列规定：

- 1 供电线路应采用 220V/380V 三相五线制；
- 2 照明、动力线路分开布设；
- 3 作业地段照明电压不应大于 36V，成洞地段可采用 220V；
- 4 隧道供电系统应设置完善的接地保护系统，接地电阻应符合规定。

10.0.6 在隧道内设置 10kV 变电站应符合下列规定：

1 变电站应设置在干燥的避车洞或不使用的横通道内，变压器与周围及上下洞壁的最小距离不应小于 300mm 且无遮拦带电部分至洞壁的最小距离不小于 2500mm，至隔离防护设施的最小距离不小于 2000mm；

2 变电站应采用井下高压配电装置或相同电压等级的油开关柜，不应使用跌落式熔断器，低压应采用成套组合电器或带有空气断路器的低压配电盘；

3 变电站周围应装设防护遮栏和警示灯，悬挂“高压危险”等安全警示标志。

10.0.7 变压器的布置应靠近负荷中心。掘进机供电应单独设置，变压器容量应满足施工要求。

10.0.8 高压电设备周围应设置防护隔离装置，高压和低压箱柜内电气设备、1kV 及以下配电装置及三次回路的绝缘电阻值不应小于 $2M\Omega$ 。

10.0.9 隧道内作业场所应设置照明和消防设施，并应配备通信设备和应急照明。

10.0.10 隧道内应设置排水设备。

10.0.11 掘进机上应配备手提干式灭火器，关键部位应有专门的消防设施。

10.0.12 后配套系统应配备有超前预报、警告装置、防尘、防废气瓦斯、防爆、防噪声和防火等防灾装置。

10.0.13 隧道内作业位置与场所应保证作业通道畅通。

10.0.14 当存在可燃性或有有害气体时，应使用专用仪器进行检测，并应采取通风措施，气体浓度应控制在安全允许范围内。

10.0.15 施工作业环境气体应符合下列规定：

1 空气中氧气含量按体积计不应低于 20%；

2 甲烷浓度按体积计应小于 0.5%；

3 有害气体最高容许浓度应符合下列规定：

1) 一氧化碳最高容许浓度不应超过 $30\text{mg}/\text{m}^3$ ，在特殊情况下施工人员进入工作面时，浓度可为 $100\text{mg}/\text{m}^3$ ，但工作时间不应大于 30min；

2) 二氧化碳按体积计不应超过 0.5%；

3) 氮氧化物换算成二氧化氮不应超过 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

4 空气中含有 10% 及以上的游离二氧化硅的粉尘不应大于 $2\text{mg}/\text{m}^3$ ，空气中含有 10% 以下的游离二氧化硅的矿物性粉尘不应大于 $4\text{mg}/\text{m}^3$ ；

5 隧道内空气温度不应高于 32°C ；

6 隧道内噪声不应大于 90dB。

10.0.16 施工通风应符合下列规定：

1 宜采用机械通风方式；

2 按隧道内施工高峰期人数计，每人需供应新鲜空气不应小于 $3\text{m}^3/\text{min}$ ，全断面开挖风速不应小于 0.15m/s ，导洞内不应小于 0.25m/s 。

10.0.17 施工中产生的废渣和废水等应及时处置。

10.0.18 施工中应采取措施避免施工噪声、振动、水质和土壤污染及地表沉降等对周边环境造成影响。

11 施工监测

11.1 一般规定

11.1.1 施工监测范围应包括周边环境、隧道结构和岩土体。地表沉降观测断面和观测点的设置应编制专项方案。

11.1.2 施工监测方案和应急预案应根据设计要求，并结合施工环境、工程地质和水文地质条件、掘进速度等制定。

11.1.3 施工监测方案应根据监测对象变形量和变形速率等进行调整，对突发的变形异常情况应及时启动应急预案。

11.1.4 地面和隧道内监测点宜在同一断面布设；掘进机通过后，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。

11.1.5 施工监测仪器和设备应满足测量精度、抗干扰性和可靠性等要求。

11.1.6 施工监测项目应符合表 11.1.6 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。

表 11.1.6 施工监测项目

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

11.1.7 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，且不应少于 3 个。

11.1.8 水平位移监测可采用边角测量或 GNSS 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。

11.1.9 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。

11.1.10 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、数据处理等应符合现行国家有关标准的规定，测量精度应与水准测量要求相同。

11.1.11 监测点应埋设在能反映变形、便于观测、易于保存的位置。

11.1.12 监测方法和测量精度应符合现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 和《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 等的规定。

11.2 施工周边环境监测

11.2.1 施工周边环境监测对象应包括临近建（构）筑物、地表和地下管线等，监测项目应符合表 11.2.1 的规定。

表 11.2.1 施工周边环境监测项目

监测对象	监测项目
建（构）筑物	高层、超高层、古建筑、危房等建筑、桥梁、市政设施、轨道交通线路等变形
地表	地面道路、地表等变形
地下管线	燃气、热力、供水、排水等主要管线变形

11.2.2 地表沉降观测点布设应符合现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 的规定。

11.2.3 临近建（构）筑物变形监测应根据结构状况、重要程度和影响范围有选择地进行变形监测，监测点的布设应反映临近建（构）筑物的不均匀沉降及倾斜等情况。

11.2.4 临近地下管线的监测点应直接设置在管线上，对无法直接观测的管线应采取周边土体分层沉降代替管线沉降监测。

11.2.5 初始值应从掘进机掘进将影响该监测区域前 10d 开始，到监测对象稳定时结束。

11.2.6 当穿越地面建（构）筑物和地下管线等时，除应对穿越建（构）筑物监测外，宜对邻近土体进行变形监测。

11.3 隧道结构监测

11.3.1 隧道结构监测内容应包括隧道结构竖向位移和水平位移，必要时，应进行净空收敛和应力监测。

11.3.2 敞开式掘进机隧道应力监测元器件应预埋在洞壁上，护盾式掘进机隧道应力监测元器件应预埋在管片内相应位置，并应在管片拼装前进行测试。

11.3.3 应力监测宜采用应力计。

11.4 监测频率

11.4.1 监测频率应根据监测对象的变形量和变形速率确定，并应能及时、系统地反映施工情况及监测对象的动态变化。

11.4.2 掘进机法隧道施工中的周边环境、周围岩土体和隧道结构的监测频率可按表 11.4.2 确定。

表 11.4.2 监测频率

监测部位	监测对象	开挖面与监测点或监测断面的距离	监测频率
掘进面前方	周围岩土体和周边环境	$5D \leq L \leq 8D$	1 次/（3d~5d）
		$3D \leq L \leq 5D$	1 次/（2d）
掘进面前方	周围岩土体和周边环境	$L \leq 3D$	1 次/（1d）

续表 11.4.2

监测部位	监测对象	开挖面与监测点或监测断面的距离	监测频率
掘进面后方	隧道结构、周围岩土体和周边环境	$L \leq 3D$	(1次~2次) / (1d)
		$3D \leq L \leq 8D$	1次 / (1d~2d)
		$L \leq 8D$	1次 / (3d~7d)

注：1 D 为隧道开挖直径（m）， L 为掘进面与监测点或监测断面的水平距离（m）；

2 隧道结构位移、净空收敛在衬砌环脱出盾尾且能通视时进行监测；

3 监测数据趋于稳定，监测频率宜为1次/（15d~30d）。

11.4.3 对穿越既有轨道交通、重要建（构）筑物等周边环境风险等级较高的工程，应提高监测频率，宜对关键监测项目进行实时监测。

11.4.4 施工期间应由专人进行现场巡查，每天不宜少于一次，并应进行记录，特殊情况应增加巡查次数。

11.5 监测控制值和预警

11.5.1 监测数据采集、计算和处理宜实现计算机管理，并应建立数据库。

11.5.2 监测数据应结合施工经验和现场环境状况定期进行分

析，并应绘制变形时态曲线图。

11.5.3 时态曲线回归分析宜选择与实测数据拟合较好的函数，并应对变形趋势进行预测。

11.5.4 监测成果应包括现场监测资料、计算分析资料、各种曲线图表和文字报告等，资料应完整、清晰。

11.5.5 监测完成后应及时向有关单位提供阶段性监测成果。

11.5.6 工程竣工或监测工作完成后应提供监测技术总结报告。

11.5.7 监测预警标准和预警等级应根据工程特点、监测项目控制值及当地施工经验等确定。

11.5.8 监测项目控制值应符合现行国家标准《城市轨道交通工

程监测技术规范》GB 50911 的规定。

11.5.9 当监测数据达到预警标准或实测变形值大于允许变形的 2/3 时，应进行警情报送。

11.5.10 预警管理制度应根据监测预警等级和预警标准制定，预警管理制度应包括不同预警等级的警情报送对象、时间、方式和流程。

11.5.11 当现场巡查过程中发现下列警情之一时，应根据警情紧急程度、发展趋势和造成后果的严重程度按预警管理制度进行警情推送：

- 1 周边地表出现突然明显沉降（隆起）或较严重的突发裂缝、坍塌；
- 2 建（构）筑物等周边环境出现危害正常使用功能或结构出现过大变形、沉降、倾斜或裂缝等；
- 3 周边地下管线变形明显增长或出现裂缝、泄漏等；
- 4 隧道结构出现明显变形、较大裂缝、较严重漏水；
- 5 其他险情。

12 质量验收

12.1 一般规定

12.1.1 掘进机法隧道质量验收应符合下列规定：

- 1 施工质量验收均应在施工单位自检合格的基础上进行；
- 2 参加工程施工质量验收的各方人员应具备相应的资格；
- 3 检验批的质量应按主控项目和一般项目验收；
- 4 对涉及结构安全、节能、环境保护和主要使用功能的试块、试件及材料，应在进场时或施工中按规定进行见证检验；
- 5 隐蔽工程在隐蔽前应由施工单位通知监理单位进行验收，并形成验收文件，验收合格后方可继续施工；
- 6 对涉及结构安全、节能、环境保护和使用功能的重要分部工程，应在验收前按规定进行抽样检验；
- 7 工程的观感质量应由验收人员现场检查，并应共同确认。

12.1.2 施工过程质量控制的检验应符合下列规定：

- 1 各工序应按施工技术标准进行质量控制，每道工序完成后，应进行检查；
- 2 专业工种之间应进行交接检验，并形成记录，未经检查认可，不应进行下道工序施工；
- 3 施工过程中应进行施工试验和检验；
- 4 各专业、系统之间施工过程中应做好接口协调；
- 5 不应损坏原有绝热、保温、隔声、防水、防潮、防腐、绝缘构造；不应损伤、破坏受力的钢筋及构件；
- 6 各类质量检测报告、检查验收记录和其他工程技术管理资料，应及时填写，并应由责任人签字确认，施工质量验收资料

的归档、整理应符合现行国家标准《建设工程文件归档规范》GB/T 50328 和现行行业标准《城市轨道交通工程档案整理标准》CJJ/T 180 的规定。

12.1.3 工程中使用的材料、半成品、成品、构配件、器具和设备的验收应符合下列规定：

1 应对其外观、规格、型号进行验收，质量证明文件、资料应齐全；

2 凡涉及安全、节能、环境保护和使用功能的材料和产品，应按本标准各章的规定进行复检；

3 有防腐、防潮、防虫和防霉变要求的材料，应进行复检；

4 各系统的设备及软件应是通过国家认证（认可）的产品，并应有认证证书和认证标识；

5 进口产品应提供原产地证明和商检证明，配套提供的质量合格证明检测报告及安装、使用、维护说明书等文件资料应为中文文本或附中文译文；

6 设备、材料到货后应进行开箱检查，检查产品的包装外观是否完整，产品的规格、型号是否与订货合同相符，检验、试验报告是否齐全。

12.1.4 掘进机法的工程质量验收应包括掘进、敞开式掘进支护、护盾掘进支护和防水等内容。

12.1.5 采用全断面岩石掘进机法施工的隧道工程施工质量验收，应划分为单位工程、分部工程、分项工程和检验批，应符合下列规定：

1 单位工程应按一个完整工程或一个相当规模的施工范围划分，并应符合下列规定：

1) 一座隧道宜作为一个单位工程，长隧道和特长隧道可按施工标段划分为若干个单位工程；

2) 独立明洞（或棚洞）可作为一个单位工程。

2 分部工程应按一个完整部位或主要结构及施工阶段划分；

3 分项工程可按工种、工序、材料、施工工艺等划分；

4 检验批可根据施工质量控制和施工段验收的需要划分，其检验项目分为主控项目和一般项目。

12.1.6 施工前，应由施工单位制定单位工程、分部工程、分项工程和检验批的划分方案，并应由监理单位审核通过后实施。施工现场情况与附录不同时，应按实际情况进行分部工程、分项工程和检验批划分，由建设单位组织监理单位、施工单位共同确定。

12.1.7 掘进机法隧道应按单位工程进行施工质量验收，分部及子分部工程、分项工程和检验批划分应符合表 12.1.7 的规定。

表 12.1.7 分部（子分部）工程、分项工程和检验批划分表

分部工程	子分部工程	分项工程	检验批
隧道结构	隧道掘进	始发与试掘进	每一循环
		正常掘进	每一循环
		到达掘进	每一循环
		特殊段掘进	每一循环
	敞开式隧道支护	管棚	每一加固段
		注浆加固	每一加固段
		喷射混凝土	每一加固段
		钢筋网	每一加固段
		超前小导管	每 20 延米
		超前锚杆	每 20 延米
		格栅钢架、型钢	每 20 延米
	护盾式隧道支护	管片进场验收	每 10 环
		止水片安装	每 10 环
		管片拼装	每 10 环
		回填灌浆	每 10 环

续表 12.1.7

分部工程	子分部工程	分项工程	检验批
隧道结构	隧道防水	施工缝	每 10 环
		变形缝	每 10 环
		洞内排水沟	每 10 环
		注浆防水	每 10 环

12.1.8 检验批质量验收合格应符合下列规定：

- 1 该检验批的工序应全部完成；
- 2 主控项目的质量经抽样检验均应合格；
- 3 一般项目的质量应经抽样检验 80% 及以上合格；
- 4 具有完整的施工操作依据、质量验收记录。

12.1.9 分项工程质量验收合格应符合下列规定：

- 1 该分项工程的检验批应全部完成；
- 2 检验批的质量均应验收合格；
- 3 检验批的质量验收记录应完整。

12.1.10 分部及子分部工程质量验收合格应符合下列规定：

- 1 分项工程的质量均应验收合格；
- 2 质量控制资料应完整；
- 3 有关安全、环境保护和主要使用功能的抽样检验结果应符合设计要求；
- 4 观感质量验收应符合要求。

12.1.11 单位（子单位）工程质量验收合格应符合下列规定：

- 1 各分部（子分部）工程已经全部完成，且质量均应验收合格；
- 2 质量控制资料应完整；
- 3 分部工程有关安全、环境保护和主要使用功能的检验资料应完整；
- 4 主要使用功能的抽查结果应符合相关专业验收规范的

规定；

5 观感质量验收应符合要求；

6 需要整改的质量问题均已整改完毕；

7 有建设、勘察、设计、施工和工程监理等单位出具的质量评价意见书和质量合格文件。

12.1.12 掘进施工验收应符合现行国家标准《盾构法隧道施工及验收规范》GB 50446、《地下铁道工程施工质量验收标准》GB/T 50299 的规定。防水工程验收应符合现行国家标准《地下防水工程质量验收规范》GB 50208 的规定。

12.2 隧道掘进

I 主控项目

12.2.1 隧道掘进断面的中线和高程应符合设计要求。

检验数量：每一掘进循环检查一次。

检验方法：施工单位测量，监理单位检查测量记录。

12.2.2 隧道掘进轮廓尺寸应符合设计要求，并应严格控制欠掘进，围岩完整、石质坚硬时个别突出部位最大欠掘进值不大于 50mm，且每平方米不大于 0.1 m²。

检验数量：每一掘进循环检查一次。

检验方法：观察，测量，留存影像资料。

12.2.3 隧道掘进后应对地质情况进行确认，隧底设计有地基承载力要求的地段，应进行承载力试验检测。

检验数量：每一掘进循环检查一次。

检验方法：观察并进行地质描述，留存影像资料。地基承载力检验应符合现行行业标准《铁路工程地质原位测试规程》TB 10018 的规定。

12.3 敞开式掘进支护

12.3.1 管棚验收应符合下列规定：

I 主控项目

1 管棚所用钢管的品种、级别、规格和数量应符合设计文件的要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察检查，钢尺量测。

2 管棚内的注浆材料、注浆量、配合比及注浆压力应符合设计文件的要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查注浆材料、注浆量施工记录及浆液配比单，观察检查。

II 一般项目

3 管棚钻孔允许偏差及检验数量应符合表 12.3.1 的规定。

检验方法：仪器测量，钢尺量测。

表 12.3.1 管棚钻孔允许偏差及检验数量

检验项目		允许偏差	检验数量	
			范围	根数
管棚	方向角	1°	每 10 根	3
管棚	孔深	± 50mm		
	孔口距	± 30mm		

4 管棚仰角、搭接长度及与受力拱架的连接应符合设计文件要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察检查，钢尺量测。

12.3.2 注浆加固验收应符合下列规定：

I 主控项目

1 注浆材料应符合设计文件要求；

检验数量：全数检查。

检验方法：检查出厂质量证明或试验报告。

2 浆液配合比应符合设计文件要求，且浆液应充满钢管及周围的空隙。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查配合比试验报告、施工记录和观察检查。

3 注浆加固终凝后应进行注浆效果检查。

检验数量：每一加固段不少于一处。

检验方法：开挖观察检查，取芯检验。

II 一般项目

4 注浆孔的数量、间距、孔深应符合设计文件要求。

检验数量：抽查 20%。

检验方法：现场观察，钢尺量测。

12.3.3 喷射混凝土施工应符合下列规定：

I 主控项目

1 水泥进场应按批次对其品种、级别、包装或散装仓号、出厂日期等进行验收，并应对其强度、凝结时间、安定性进行试验，其质量应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的规定。

检验数量：同一生产厂家、同一等级、同一品种、同一批号且连续进场的水泥，散装水泥每 500t 为一批，袋装水泥每 200t 为一批，当不足上述数量时，也按一批计。每批抽样不应少于 1 次。

检验方法：检查产品合格证、出厂检验报告，并进行强度、凝结时间、安定性试验。

2 喷射混凝土所用的细骨料，应按批进行检验，其颗粒级配、坚固性、氯离子含量指标应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的规定，细度模数应大于 2.5，含水率应为 5% ~ 7%。

检验数量：同一产地、同一品种、同一规格且连续进场的细骨料，每 400m³ 或 600t 为一批，不足 400m³ 或 600t 按一批计，

每批抽检一次。

检验方法：检查出厂检验报告和取样送检。

3 喷射混凝土所用的粗骨料宜用卵石或碎石，粒径不应大于 15mm 且不小于 5mm，含泥量不应大于 1%，按批进行检验。

检验数量：同一产地、同一品种、同一规格且连续进场的粗骨料，每 400m³ 或 600t 为一批，不足 400m³ 或 600t 按一批计，每批抽检一次。

检验方法：检查出厂检验报告和取样送检。

4 喷射混凝土中掺用外加剂进场时验收应符合下列规定：

- 1) 质量应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的规定；
- 2) 速凝剂应进行水泥相容性试验及水泥净浆凝结效果试验，初凝时间不应超过 5min，终凝时间不应超过 10min；
- 3) 当使用碱性速凝剂时，不应使用活性二氧化硅石料。

检验数量：同一产地、同一品种、同一批号、同一出厂日期且连续进场的外加剂，每 50t 为一批，不足 50t 按一批计，每批抽检一次。

检验方法：检查产品合格证、出厂检验报告并进行试验。

5 喷射混凝土拌合用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。

检验数量：同水源的试验检查不应少于 1 次。

检验方法：做水质分析试验。

6 喷射混凝土的配合比应符合设计文件要求。

检验数量：对同强度等级、同性能混凝土检查一次。

检验方法：检查配合比试验报告。

7 喷射混凝土的强度应符合设计文件要求，用于检查喷射混凝土强度的试件，可采用喷大板切割制取。

检验数量：同一配合比，区间或小于其断面的结构，每 20m

拱和墙各取一组抗压强度试件，车站各取二组。

检验方法：检查混凝土强度试验报告。

8 当设计文件要求为抗渗混凝土时，应留置抗渗压力试件。

检验数量：区间结构每 40m 取 1 组，车站每 20m 取 1 组。

检验方法：检查混凝土抗渗压力试验报告。

II 一般项目

9 喷射混凝土的厚度应符合下列规定：

- 1) 最小值不应小于设计文件要求厚度的测点数量应在 80% 以上；
- 2) 最小值不应小于设计文件要求厚度的 80%；
- 3) 厚度总平均值不应小于设计文件要求的厚度。

检验数量：车站每 10m、区间每 20m 检查一个断面，从拱顶中线起，每 2m 检查一个点。

检验方法：检查控制喷层厚度的标志或凿孔检查。

10 喷射混凝土拌制前，砂、石含水率应符合混凝土配合比设计规定，并应符合现行行业标准《铁路隧道工程施工质量验收标准》TB 10417 的规定。

检验数量：每工作班不应少于 1 次。

检验方法：砂、石含水率测试。

11 喷射混凝土原材料每盘称重的偏差应符合下列规定：

- 1) 水泥重量的允许偏差应为 $\pm 2\%$ ；
- 2) 粗、细骨料重量的允许偏差应为 $\pm 3\%$ ；
- 3) 水、外加剂重量的允许偏差应为 $\pm 2\%$ 。

检验数量：每工作班不应少于 1 次。

检验方法：称重检查。

12 喷射混凝土应密实、平整，应无裂缝、脱落、漏喷、漏筋、空鼓、渗漏水等现象，平整度允许偏差应为 30mm，且矢弦比不应大于 1/6。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察检查，2m 靠尺检查。

12.3.4 钢筋网验收应符合下列规定：

I 主控项目

1 钢筋网所使用的钢筋品种、规格、性能应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2 和《冷轧带肋钢筋》GB/T 13788 的规定。

检验数量：按同一厂家、同一炉罐号、同一规格、同一交货状态每 60 t 为一验收批，当不足上述数量时，按一批计，每批抽样不应少于 1 次。

检验方法：检查产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

II 一般项目

2 钢筋网的网格间距允许偏差应为 $\pm 10\text{mm}$ ，钢筋总根数不应小于设计文件要求，钢筋搭接长度允许偏差应为 $\pm 15\text{mm}$ 。

检验数量：每进场一批，随机抽样 5 片。

检验方法：钢尺量测。

3 钢筋网宜在喷射一层混凝土后铺挂，采用双层钢筋网时，第二层钢筋网应在第一层钢筋网被混凝土覆盖及混凝土中铺设。

检验数量：每循环检验 1 次。

检验方法：观察检查，检查施工记录。

4 钢筋网搭接长度不应小于 200mm（或一网格）。

检验数量：每循环检验 1 次，随机抽样 5 片。

检验方法：钢尺量测。

5 钢筋应调直后使用，钢筋表面不应有裂缝、油污、颗粒状或片状锈蚀。

检验数量：每批检验 1 次。

检验方法：观察检查。

12.3.5 格栅钢架、型钢验收应符合下列规定：

I 主控项目

1 钢架所使用的钢筋原材料进场检验应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2 和《冷轧带肋钢筋》GB/T 13788 的规定，型钢材料进场检验应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 的规定。

检验数量：同牌号、同炉罐号、同规格、同交货状态的型钢，每 60t 为一批，不足 60t 按一批计，每批抽检一次。

检验方法：检查产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

2 制作钢架的钢材品种、级别、规格和数量应符合设计文件要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察检查，钢尺量测。

3 格栅钢架钢筋的弯制、末端的弯钩及型钢钢架的弯制应符合设计文件要求，焊缝应符合设计文件要求，不应有焊渣，钢筋应无锈蚀。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察检查，钢尺量测。

4 钢架安装的位置、接头连接、纵向拉杆应符合设计文件要求，钢架安装不应侵入二次衬砌断面，开挖面不应有虚渣和积水。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察检查，钢尺量测。

5 格栅钢架主筋连接应在格栅接头处，应采用同一型号钢筋焊接，钢架与围岩间的间隙应采用喷射混凝土喷填密实。

检验数量：全部检查。

检验方法：观察检查。

6 钢筋、型钢、钢轨原材料应平直、无损伤，表面不应有裂纹、油污、颗粒状或片状锈蚀。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

II 一般项目

7 格栅钢架加工允许偏差和检验数量应符合表 12.3.6-1 的规定。

检验方法：钢尺量测。

表 12.3.6-1 格栅钢架加工允许偏差和检验数量

检验项目		允许偏差 (mm)	检验数量	
			范围	点数
拱架（包括顶拱和墙拱架）	拱架矢高及弧长	0 ~ +20	每榀	1
	墙架长度	±20		1
	墙架横断面尺寸（高、宽）	0 ~ +10		2
钢筋格栅	高度	±30	每榀	3
	宽度	±20		
	扭曲度	20		

8 钢架安装允许偏差和检验数量应符合表 12.3.6-2 的规定。

检验方法：钢尺量测。

表 12.3.6-2 钢架安装允许偏差和检验数量

检验项目	允许偏差 (mm)	检验数量	
		范围	点数
钢架纵向	±50mm	每榀钢架	3
钢架横向	±30mm		
高程偏差	±30mm		2
垂直度	1°		3
钢架保护层厚度	-5mm		3

12.4 护盾式掘进支护

12.4.1 管片进场验收应符合下列规定：

I 主控项目

1 钢筋混凝土管片进场时的混凝土强度与抗渗等级应符合设计文件要求，并应出具产品合格证。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查混凝土试件的强度报告、抗渗报告及产品合格证。

2 钢筋混凝土管片进场时的抗弯性能和吊装孔抗拔性能技术指标应符合设计文件要求，并应出具物理力学性能检测报告。

检验数量：每项地下铁道工程，每个生产厂家在首次生产时做一次型式检验，并应符合设计文件要求。

检验方法：检查厂家出具的物理性能检测报告。

3 钢筋混凝土管片出厂时的检漏测试结果应符合设计文件要求。

检验数量：管片的初期检漏测试频率应为每生产 100 环抽取 1 块管片，合格后出具检漏测试报告，如不合格，应抽取 2 块进行复检，如再不合格，应逐块检测。初期检测连续 3 次合格后，检测频率应改为每生产 200 环抽检 1 块管片，再连续 3 次检测合格后，检测频率应改为每生产 400 环抽检 1 块管片。如果出现一次检测不合格，应恢复每生产 100 环抽检 1 块管片的检测频率，再按上述要求进行抽检。

检验方法：检查检漏试验报告。

4 钢筋混凝土管片外观应无严重缺陷，质量缺陷等级描述应符合表 12.4.1-1 的规定。

表 12.4.1-1 钢筋混凝土管片外观质量缺陷等级

缺陷	缺陷描述	等级
露筋	管片内钢筋未被混凝土包裹而外露	严重缺陷
蜂窝	混凝土表面缺少水泥砂浆而形成石子外露	严重缺陷

续表 12.4.1-1

缺陷	缺陷描述	等级
空洞	混凝土内孔穴深度和长度均超过保护层厚度	严重缺陷
夹渣	混凝土内夹有杂物且深度超过保护层厚度	严重缺陷
疏松	混凝土中局部不密实	严重缺陷
裂缝	可见的贯穿裂缝	严重缺陷
	长度方向延伸穿过密封槽, 宽度大于 0.1mm、深度大于 1mm 的裂缝	严重缺陷
	管片吊装孔周围及手孔四角, 宽度大于 0.1mm、深度大于 1mm 裂缝	严重缺陷
外表缺陷	密封槽部位在长度 500mm 的范围内存在直径大于 5mm、深度大于 5mm 的气泡超过 5 个	严重缺陷
	管片吊装孔周围混凝土气泡、蜂窝沿孔周累计分布长度超过孔周长的 1/3	严重缺陷
预埋件缺陷	管片预埋注浆管堵塞、破损、松动	严重缺陷

检验数量: 全数检查。

检验方法: 观察检查, 钢尺量测, 仪器检测。

5 管片出厂前, 应对管片拼装成环的尺寸偏差进行 3 环管片的水平方向预拼装检验, 管片水平拼装允许偏差应符合表 12.4.1-2 的规定。

表 12.4.1-2 管片水平拼装允许偏差

检验项目	允许偏差 (mm)	检验数量	检验工具
环向缝间隙	2	每缝测 6 点	塞尺
纵向缝间隙	2	每缝测 3 点	塞尺
成环后内径	± 2	测 4 条 (不放衬垫)	钢卷尺
成环后外径	$+2 \sim +6$	测 4 条 (不放衬垫)	钢卷尺

检验数量: 每 200 环 1 组 (3 环)。

检验方法：检查厂家水平拼装检验记录。

6 拼装用管片的弹性密封垫、传力缓冲衬垫及遇水膨胀橡胶条材料的粘贴应牢固、平整、严密、位置正确，不应有起鼓、超长、缺损现象。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

II 一般项目

7 混凝土管片外观不宜有一般缺陷，缺陷情况的描述应符合表 12.4.1-3 的规定。存在一般缺陷的管片数量不应大于同期生产管片总数的 10%，对已经出现的一般缺陷，应由生产厂家按技术要求处理后重新验收。

表 12.4.1-3 混凝土管片外观质量缺陷等级

缺陷	缺陷描述	等级
裂缝	非贯穿性干缩裂缝	一般缺陷
外形缺陷	棱角磕碰、飞边等	一般缺陷
外表缺陷	管片表面麻面、掉皮、起砂、存在少量气泡或外弧面粗糙不平整，疏松	一般缺陷

检验数量：全数检查。

检验方法：观察检查，检查生产厂家的技术处理方案。

8 管片内弧面应有产品信息标识。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

9 管片尺寸的允许偏差、检验方法和检验数量应符合表 12.4.1-4 的规定。

表 12.4.1-4 管片尺寸的允许偏差、检验方法和检验数量

检验项目	允许偏差（mm）	检验方法	检验数量
宽度	± 1	卡尺	3 点/块

续表 12.4.1-4

检验项目	允许偏差 (mm)	检验方法	检验数量
弧、弦长	± 1	样板、塞尺	3 点/块
厚度	$+1 \sim +3$	钢尺量测	

检验数量：每 10 环抽检 1 环。

12.4.2 止水片安装验收应符合现行国家标准《地下防水工程质量验收规范》GB 50208 的规定。

12.4.3 管片拼装验收应符合下列规定：

I 主控项目

1 管片拼装过程中，隧道轴线平面位置和高程的允许偏差、检验方法和检验数量应符合表 12.4.3-1 的规定。

表 12.4.3-1 隧道轴线平面和高程允许偏差、检验方法和检验数量

检验项目	允许偏差 (mm)		检验方法	检验数量
	地铁隧道	市政隧道		
隧道轴线平面位置	± 50	± 100	全站仪/经纬仪测量	1 点/环
隧道轴线高程	± 50	± 100 (隧道底高程)	水准仪测量	1 点/环

2 管片螺栓产品质量应符合下列规定：

- 1) 管片螺栓材质与最小抗拉强度应符合设计文件要求，并应符合现行国家标准《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1 的规定。螺母、平垫圈连接件的机械性能应符合现行国家标准《平垫圈 C 级》GB/T 95 或《平垫圈 A 级》GB/T 97.1 的规定；
- 2) 管片螺栓及连接件防腐涂层的处理工艺与涂层厚度应符合设计文件要求，并应符合现行国家标准《锌铬涂层技术条件》GB/T 18684，或现行国家标准《金

属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层 技术要求及试验方法》GB/T 13912 的规定。

检验数量：同批次生产出厂的产品应按 1 个检验批，不应超过 200 环管片的螺栓安装总套数。每检验批抽检 1 组，每组 3 套。

检验方法：检查产品出厂合格证、质量检验报告，以及螺栓抗拉强度和防腐涂层厚度等产品性能检测报告。

II 一般项目

3 隧道内管片螺栓及连接件安装数量、螺栓拧紧度应符合设计文件要求，安装紧固完成后的外露螺纹长度不宜小于 2 个螺距。

检验数量：逐环检查。

检验方法：成型隧道观察检查，力矩扳手检查。

4 施工中管片拼装允许偏差、检验方法和检验数量应符合表 12.4.3-2 的规定。

表 12.4.3-2 管片拼装允许偏差、检验方法和检验数量

检验项目	允许偏差		检验方法	检验数量	
	地铁隧道	市政隧道		环数	点数
衬砌环椭圆度	$\pm 5\%$	$\pm 5\%$	断面仪、全站仪测量	每 10 环	—
衬砌环内错台	5mm	5mm	钢尺量测	逐环	4 点/环
衬砌环间错台	6mm	6mm	钢尺量测	逐环	4 点/环

12.4.4 砂浆和砾石回填验收应符合下列规定：

1 砾石吹填与回填灌浆的原材料应经检验合格后方可使用；

2 注浆结束至少 7d 后，应采用钻孔注浆的方式对砾石吹填注浆效果进行检查，每单元工程可设一组检查孔，每组不宜少于 4 个钻孔，钻孔底部深入围岩 10mm，其中顶拱、底拱和左右边墙各 1 个；

3 管片后砾石吹填或水泥砂浆应满填满灌，当物探检测结果显示管片后存在脱空时，应采取钻孔进一步检查管片后的脱空面积，允许脱空面积和最大脱空边长的合格标准应按设计要求执行。

检验数量：每 10 环检查一处。

检验方法：向钻孔内注入水灰比为 2 : 1 的水泥浆，压力与灌浆压力相同，初始 10min 内注入浆量不超过 10L 为合格。

12.4.5 壁后注浆验收应符合下列规定：

I 主控项目

1 注浆使用的原材料、浆液配合比、注浆压力和注浆量应符合设计文件要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查材料质量证明文件、配合比报告、施工记录。

II 一般项目

2 管片背后应充填密实。

检验数量：每 10 环检查一处。

检验方法：检查注浆记录，或采用地质雷达法等无损检测方法，或打开管片注浆孔人工探索。

12.4.6 勾缝、螺栓孔应无渗漏，并符合下列规定：

1 管道无明显渗水、钢筋混凝土管片表面不宜有一般质量缺陷，铸铁、钢制管片防腐层完好。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

2 钢筋混凝土管片的螺栓孔封堵完成后不应有剥落现象，且封堵的混凝土强度（砂浆）应符合设计要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：全数观察、检查混凝土（砂浆）强度试块报告。

12.5 隧道防水

12.5.1 施工缝应符合下列规定：

I 主控项目

1 施工缝止水带、止水条的品种、规格应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察，尺量。

2 止水带的连接方式和搭接长度应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察、尺量，留存影像资料。

3 遇水膨胀止水条接头搭接长度不应小于 50mm，混凝土浇筑前不得浸水。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察，尺量。

II 一般项目

4 止水带安装径向位置允许偏差 $\pm 20\text{mm}$ ，纵向位置允许偏离中心 $\pm 30\text{mm}$ 。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察，尺量。

12.5.2 变形缝应符合下列规定：

I 主控项目

1 变形缝所用止水条、止水带、嵌缝材料的品种、规格应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察，尺量。

2 变形缝位置、宽度和构造形式等应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察，尺量，留存影像资料。

3 变形缝止水带、止水条安装应牢固、平直。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察。

4 变形缝嵌填时，缝内应清洁、干燥，基层处理符合设计要求，嵌填密实牢固。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察。

II 一般项目

5 止水带安装径向位置允许偏差 $\pm 20\text{mm}$ ，纵向位置允许偏离中心 $\pm 30\text{mm}$ 。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察，量。

12.5.3 洞内排水沟应符合下列规定：

I 主控项目

1 洞内排水沟结构的结构形式、结构高程、纵向坡度应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：测量，量。

2 洞内排水沟沟身的钢筋规格、数量及安装应符合设计要求。

检验数量：每一浇筑段检验 2m。

检验方法：观察，量，留存影像资料。

3 混凝土强度及抗渗性能应符合设计要求，检验数量和检验方法应符合现行行业标准《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424 的规定。

4 保温沟电加热措施的安装和回填保温材料应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察，测量，留存影像资料。

5 泄水孔、泄水槽、横向排水管的位置、间距、尺寸和坡度应符合设计要求，盲管、水沟和孔槽排水顺畅、无堵塞。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察，尺量，留存影像资料。

II 一般项目

6 洞内排水沟平面位置、结构尺寸允许偏差应符合表 12.5.3 的规定。

表 12.5.3 洞内排水沟平面位置、结构尺寸允许偏差

序号	项目	允许偏差 (mm)
1	平面位置	± 20
2	结构净空	± 10
3	沟身壁厚	不小于设计值

检验数量：不大于 100m 检验处。

检验方法：测量，尺量。

7 洞内排水沟盖板铺设应平稳、顺直。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察。

12.5.4 注浆应符合下列规定：

I 主控项目

1 注浆所用原材料的品种、规格应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察，尺量。

2 注浆范围应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察，尺量。

3 注浆后每延米每昼夜出水量应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位应全数检查。

检验方法：观察、计量。

II 一般项目

4 注浆孔布设、孔深及角度应符合设计要求。

检验数量：施工单位全数检查。

检验方法：观察，尺量。

12.6 成型隧道验收

I 主控项目

12.6.1 结构表面应无贯穿性裂缝、无缺棱掉角，管片接缝应符合设计要求。

检验数量：全数检验。

检验方法：观察检验，检查施工记录。

12.6.2 防水质量应符合设计要求，渗水情况应符合设计要求。

检验数量：全数检验。

检验方法：观察检查及钢尺量测渗水面积。

12.6.3 隧道轴线平面位置和高程偏差应符合表 12.6.3 的规定。

表 12.6.3 隧道轴线平面位置和高程偏差 (mm)

检验项目	允许偏差			检验方法	检验数量
	地铁隧道	市政隧道	水工隧道		
隧道轴线平面位置	± 100	± 150	± 150	用全站仪测中线	10 环
隧道轴线高程	± 100	± 150	± 150	用水准仪测高程	10 环

12.6.4 衬砌结构严禁侵入建筑限界。

检验数量：每 5 环检验 1 次。

检验方法：全站仪、水准仪等测量。

II 一般项目

12.6.5 隧道允许偏差应符合表 12.6.5 的规定。

表 12.6.5 隧道允许偏差

检验项目	允许偏差			检验方法	检验数量	
	地铁隧道	市政隧道	水工隧道			
衬砌环 椭圆度 (%)	± 6	± 8	± 10	断面仪、 全站仪测量	10 环	—

续表 12.6.5

检验项目	允许偏差			检验方法	检验数量	
	地铁隧道	市政隧道	水工隧道			
衬砌环内错台 (mm)	10	15	15	尺量	10 环	4 点/环
衬砌环间错台 (mm)	15	20	20	尺量	10 环	4 点/环

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《平垫圈 C 级》GB/T 95
《平垫圈 A 级》GB/T 97.1
《通用硅酸盐水泥》GB 175
《碳素结构钢》GB/T 700
《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2
《连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带》GB/T 2518
《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1
《混凝土外加剂》GB 8076
《空气潜水减压技术要求》GB/T 12521
《冷轧带肋钢筋》GB/T 13788
《金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层 技术要求及试验方法》
GB/T 13912
《螺纹紧固件紧固通则》GB/T 16823.2
《高分子防水材料 第 2 部分：止水带》GB/T 18173.2
《锌铬涂层技术条件》GB/T 18684
《预制混凝土衬砌管片》GB/T 22082
《工程测量标准》GB 50026
《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB 50086
《地下工程防水技术规范》GB 50108
《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119
《地下防水工程质量验收规范》GB 50208
《地下铁道工程施工质量验收标准》GB/T 50299
《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300
《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308

《建设工程文件归档规范》GB/T 50328
《盾构法隧道施工及验收规范》GB 50446
《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911
《地下铁道工程施工标准》GB/T 51310
《建筑与市政工程施工质量控制通用规范》GB 55032
《盾构隧道管片质量检测技术标准》CJJ/T 164
《城市轨道交通工程档案整理标准》CJJ/T 180
《盾构法开仓及气压作业技术规范》CJJ 217
《建筑与市政工程施工现场临时用电安全技术标准》JGJ 46
《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52
《混凝土用水标准》JGJ 63
《铁路工程地质原位测试规程》TB 10018
《铁路隧道工程施工质量验收标准》TB 10417
《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424