



# 中华人民共和国城镇建设行业标准

CJ/T 284—2008

---

## $\phi 5.5\text{ m} \sim \phi 7\text{ m}$ 土压平衡盾构机(软土)

$\phi 5.5\text{ m} \sim \phi 7\text{ m}$  Earth pressure balance shield(soft ground)

2008-08-11 发布

2008-12-01 实施

---

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

目 次

前言 ..... Ⅲ

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 一般规定 ..... 4

5 要求 ..... 5

6 制造、安装和验收要求 ..... 21

7 测试方法 ..... 26

8 标志、检验合格证、使用说明书 ..... 32

9 包装、运输、贮存 ..... 32

附录 A（资料性附录） 刀盘扭矩计算法 ..... 34

附录 B（资料性附录） 盾构装备推力阻力计算法 ..... 37

附录 C（规范性附录） 检查记录表 ..... 40

## 前 言

本标准的附录 A、附录 B 为资料性附录,附录 C 为规范性附录。

本标准由住房和城乡建设部标准定额研究所提出。

本标准由住房和城乡建设部城市轨道交通标准技术归口单位建设部地铁与轻轨研究中心归口。

本标准主要起草单位:上海隧道工程股份有限公司、建设部科技发展促进中心。

本标准主要起草人:杨国祥、张庆风、王鹤林、杨宏燕、傅德明、虞祖艺、杨磊、黎燕、王佩明、顾德焜、石元奇、曹张良、赵洁咏、戴龙森、高国跃、宓佩明、虞伟忠、黄圣、方海珍。

## $\phi 5.5\text{ m} \sim \phi 7\text{ m}$ 土压平衡盾构机(软土)

### 1 范围

本标准规定了土压平衡盾构机的要求,制造、安装和验收要求,测试方法,标志、检验合格证、使用说明书及包装、运输、贮存。

本标准适用于在软土中运用的  $\phi 5.5\text{ m} \sim \phi 7\text{ m}$  土压平衡盾构机。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB 150 钢制压力容器  
 GB/T 987 带式输送机 基本参数与尺寸  
 GB/T 2900.65 电工术语 照明  
 GB/T 3766 液压系统通用技术条件  
 GB/T 7935 液压元件 通用技术条件  
 GB/T 10595 带式输送机 技术条件  
 GB/T 13283 工业过程测量和控制用检测仪表和显示仪表精确度等级  
 GB/T 15622 液压缸试验方法  
 GB 50017 钢结构设计规范  
 GB 50150 电气装置安装工程电气设备交接试验标准  
 GB 50168 电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范  
 GB 50169 电气装置安装工程接地装置施工及验收规范  
 GB 50170 电气装置安装工程旋转电机施工及验收规范  
 GB 50171 电气装置安装工程 盘、柜及二次回路结线施工及验收规范  
 GB 50205 钢结构工程施工质量验收规范  
 GBJ 147 电气装置安装工程高压电器施工及验收规范  
 GBJ 148 电气装置安装工程电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范  
 GBJ 149 电气装置安装工程母线装置施工及验收规范  
 JB 4730 压力容器无损检测  
 JB/T 5000.12 涂装通用技术条件  
 JB/T 5943 焊接件通用技术条件  
 JB/T 10205 液压缸 技术条件  
 ISO 4406:1999 液压传动 油液 固体颗粒污染等级代号法

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

#### 3.1

**土压平衡盾构机** earth pressure balance shield machine

由刀盘旋转切削土体,切削后的泥土进入密封土舱,在密封土舱内水土压力与开挖面水土压力取得

平衡的同时,由螺旋输送机进行连续出土、由主机和后配套组成的机电一体化设备(简称盾构)。适合在软土层中进行掘进施工。

### 3.2

#### 软土 soft ground

通常是指抗剪强度低、压缩性高、渗透性较小的软土(粘土、砂土、砂砾等),如松散砂性土、尚未固结的吹(冲)填土、杂填土、素填土、淤泥、淤泥质土等。

### 3.3

#### 刀盘 cutting wheel

利用刀具旋转切削土体的钢结构组合体,设置在盾构的最前端。主要由盘体、切削刀具及超挖装置组成。

### 3.4

#### 刀盘驱动装置 cutter drive

驱动刀盘旋转的装置,主要由刀盘驱动动力装置、主轴承、土砂密封等组成。通常有液压驱动、电机驱动两种形式。

### 3.5

#### 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、纤维混凝土管片和钢管片、铸铁管片、复合管片等。

### 3.6

#### 管片拼装机 erector

拼装管片的机械装置。能夹持或吸附管片作圆弧运动、径向运动和纵向运动等。

### 3.7

#### 螺旋输送机 screw conveyor

输送密封土舱中土体的机械装置,主要由螺杆、筒体、驱动装置、排土闸门、紧急关闸装置等部件组成。

### 3.8

#### 盾构壳体 shield

保护掘进设备和人员安全的钢结构外壳。包括切口环、支承环、盾尾三部分。

### 3.9

#### 切口环 cutting shield

保持开挖面的稳定、将挖掘下来的土砂向后方移动的通道。

### 3.10

#### 支承环 support shield

盾构承受土压力及主机设备荷载的受力构件。

### 3.11

#### 盾尾 shield tail

盾构尾部确保管片拼装作业、壁后注浆作业等的受力构件。

### 3.12

#### 盾尾密封系统 tail skin seal system

由盾尾密封和油脂加注装置等组成的系统。通常采用钢丝刷、钢板束等密封,必要时增设紧急膨胀密封。

## 3. 13

**后方台车 carriage**

在隧道内装载盾构掘进所需的主要由机、电、液等装备并跟随在盾构后行走的车架,也是进行各种作业的场所。

## 3. 14

**推进液压缸 thrust jack**

为盾构掘进提供推力的液压缸。

## 3. 15

**铰接装置 articulation**

以液压缸连接,可调节前后壳体姿态的装置,主要由铰接液压缸、铰接密封和止转装置等组成。

## 3. 16

**盾构外径 outer diameter**

盾构壳体的最大外径。

## 3. 17

**盾构总长 total length of shield**

盾构刀盘最前点至后方台车最后点的长度。

## 3. 18

**盾构机体长度 length of shield**

盾构刀盘的最前点到盾尾最后点的长度。

## 3. 19

**盾构主机质量 weight of shield**

盾构主机部分的总质量,不包括后方台车及配套设备的质量。

## 3. 20

**盾构总质量 total weight of shield**

盾构总长范围内所有设备及结构件质量的总和。

## 3. 21

**开口率 open ratio**

刀盘面板开口部分的总面积(刀具投影面积忽略不计)与刀盘面积的比值。

## 3. 22

**盾构掘进速度 advance speed**

盾构掘进时的前进速度。

## 3. 23

**盾构装备推力 thrust force**

全部推进液压缸所能提供的最大推力。

## 3. 24

**盾构灵敏度 sensitivity**

盾构壳体长度与盾构外径的比值。

## 3. 25

**盾尾间隙 tail clearance**

衬砌环外半径与盾构盾尾环内半径之间的间隙。

## 3. 26

**建筑间隙 architecture clearance**

刀盘切削地层的直径与衬砌环外径之间的间隙。

3.27

**壁后注浆 simultaneous backfilling**

在盾构掘进过程中,在盾构尾部注入浆液填充建筑间隙的过程。

3.28

**刀盘切削直径 excavation diameter**

盾构掘削中心至刀盘最外缘刀刃的2倍距离。

3.29

**管片吊运机构 segment swing system**

将管片从管片运输小车上吊运至管片拼装机下的设备。

4 一般规定

4.1 土压平衡盾构机构成

4.1.1 盾构主机

- 盾构壳体;
- 刀盘和刀盘驱动装置;
- 气闸系统;
- 铰接装置;
- 推进装置;
- 管片拼装机;
- 螺旋输送机;
- 皮带输送机;
- 盾尾密封系统。

4.1.2 液压系统

4.1.3 附属系统

- 管片吊运机构;
- 集中润滑系统;
- 壁后注浆系统;
- 添加剂注入系统;
- 导向测量系统;
- 后方台车;
- 冷却系统;
- 通风系统。

4.1.4 电气系统

- 供配电系统;
- 照明系统;
- 控制系统;
- 数据采集系统;
- 检测系统。

4.2 荷载

盾构上的荷载可分为运作荷载及外部荷载两种。

4.2.1 运作荷载

运作荷载是由于机器工艺及现场运作在盾构结构内部引起的全部荷载的总称。发生在盾构的垂直及水平方向,主要来源于推进液压缸、拼装管片、切削土体、注浆压力等。运作荷载是结构设计和设备能

力计算的主要依据。

4.2.2 外部荷载

外部荷载是土压、水压、开挖面支撑压力、上覆荷载、变向荷载等作为一个整体施加在盾构结构上的荷载的总称。外部荷载可分为盾构周围荷载、盾构正面荷载和盾构变向荷载三部分。

4.2.2.1 盾构周围荷载

垂直作用于盾构壳体面的外部荷载。包括土压力、水压力等。

4.2.2.2 盾构正面荷载

作用于盾构开挖面的土压力和水压力等荷载。

4.2.2.3 变向荷载

当盾构在曲线上推进或纠偏时,盾构承受与其偏心推力相平衡的地层土抗力的作用荷载。

5 要求

5.1 盾构主机

5.1.1 盾构壳体

盾构壳体设计应符合下列规定:

- a) 盾构外径应根据衬砌环外径、盾尾间隙、盾构壳体钢板厚度确定。可按公式(1)计算:

$$D = D_0 + 2(x + t) \dots\dots\dots(1)$$

式中:  
 $D$ ——盾构外径,单位为米(m);  
 $D_0$ ——衬砌环外径,单位为米(m);  
 $x$ ——盾尾间隙,单位为米(m);  
 $t$ ——盾尾壳板厚度,单位为米(m)。

- b) 盾构机体长度(见图 1)应根据地质条件、盾构的结构形式、转弯半径、衬砌环宽度、管片拼装施工形式等因素确定。可按公式(2)计算:

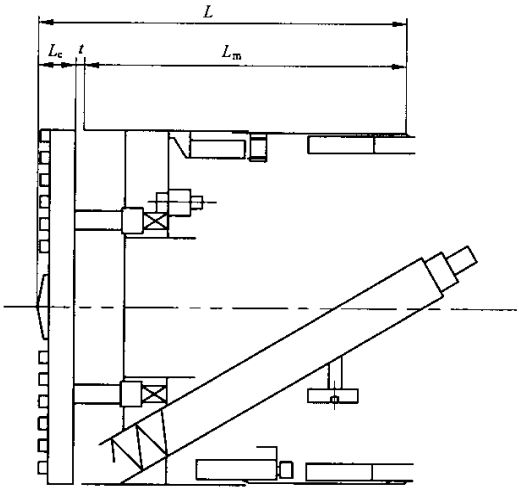


图 1 盾构长度

$$L = L_m + L_c + t \dots\dots\dots(2)$$

式中:  
 $L$ ——盾构机体长度,单位为米(m);  
 $L_m$ ——盾构壳体长度,单位为米(m);



$L_c$ ——刀盘长度,单位为米(m);

$t$ ——刀盘与壳体之间的间隙,单位为米(m)。

- c) 盾构灵敏度应适应控制推进方向、纠偏和曲线掘进,宜为 0.75~1.5。
- d) 切口环的长度与平衡开挖面土体的效果和出土状态有关,通常为 0.8 倍~1.2 倍管片宽度。
- e) 支承环的长度应满足设备安装空间的需要,结构应有足够的强度和刚度。有铰接装置的盾构,其支承环应注意分割部位周围的强度和刚度。
- f) 盾尾的长度应根据衬砌环在盾构内的组装长度和盾尾密封的形状及其道数确定,同时考虑到隧道的曲线施工等因素,应有一定的余量。盾尾的长度可按公式(3)计算(见图 2):

$$L_t = L_a + c + L_s + c' + L_p \quad \cdots \cdots (3)$$

式中:

$L_t$ ——盾尾长度,单位为米(m);

$L_a$ ——盾构推进液压缸安装长度,单位为米(m);

$c$ ——管片拼装余量,单位为米(m);(通常为 0.1 m~0.15 m,对于轴向插入型封顶块管片,应根据管片插入角度适当加长);

$L_s$ ——管片宽度,单位为米(m);

$c'$ ——其他余量(管片在盾尾内部分的长度余量),单位为米(m);

$L_p$ ——盾尾刷安装长度,单位为米(m)。

- g) 盾尾的内径应是衬砌环外径与 2 倍盾尾间隙(应为 20 mm~40 mm)之和。

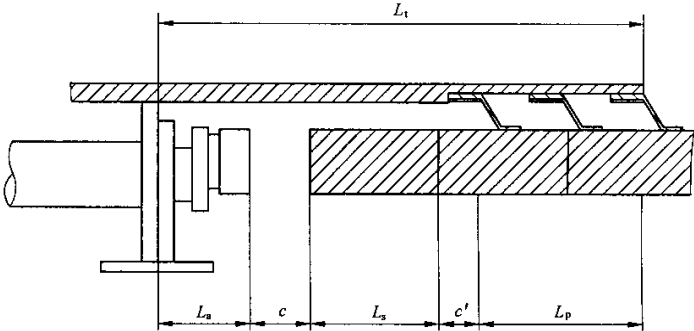


图 2 盾尾长度

- h) 盾尾壳板的厚度在变形允许范围内宜采用高强度钢板作盾尾的材料。

5.1.2 刀盘和刀盘驱动装置

5.1.2.1 刀盘形式分为面板式和辐条式(见图 3)。刀盘的支承方式分为中心支承、中间支承和周边支承(见图 4)。

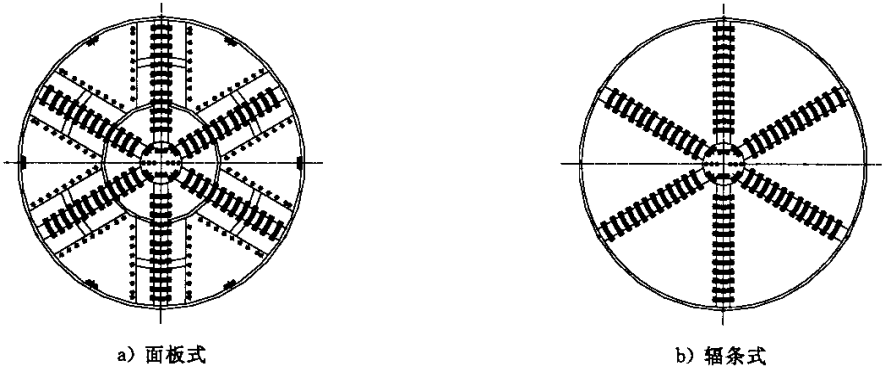


图 3 刀盘的结构形式

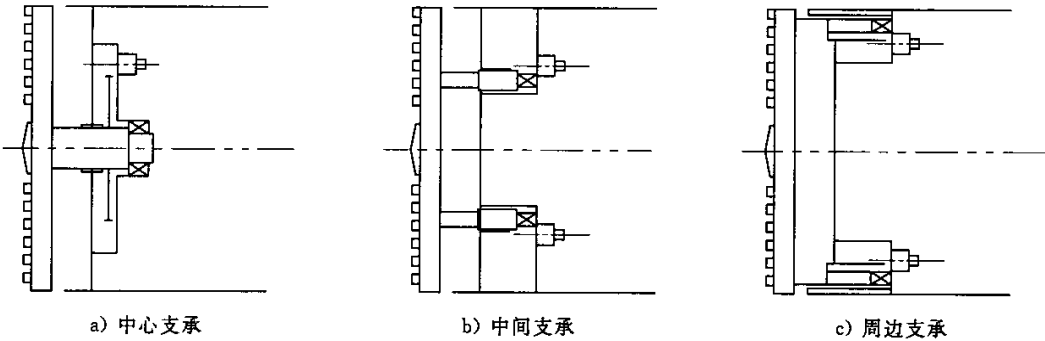


图 4 刀盘的支承方式

5.1.2.2 刀具按形状分为 T 形刀具、屋形刀具、壳形刀具等；按切削功能分为切削刮刀、中心刀、周边刀、先行刀(包括壳形刀、撕裂刀)等(见图 5)。

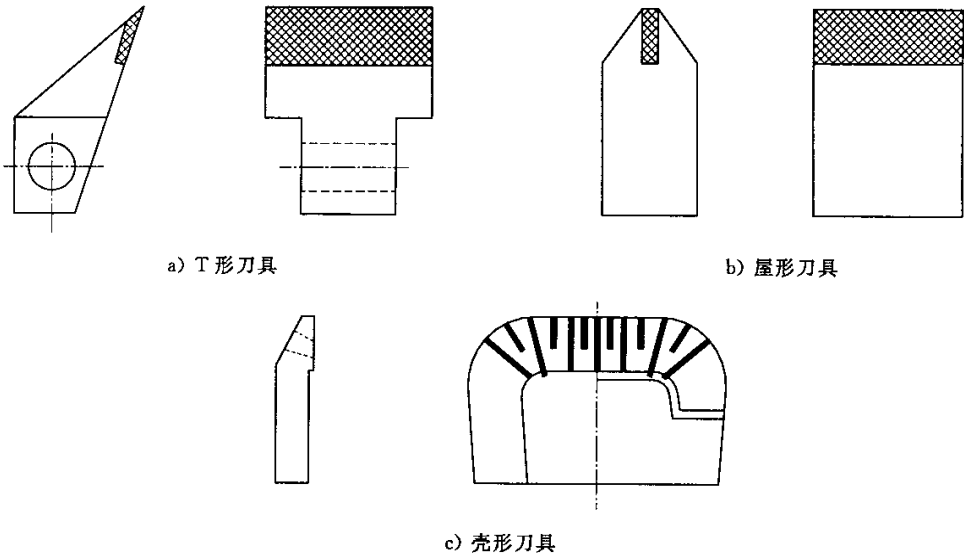


图 5 切削刀形式

5.1.2.3 应根据工程地质和水文地质条件和施工要求来选择超挖装置,分为超挖刀和仿形刀。

5.1.2.4 刀盘应符合下列规定:

- a) 刀盘形式应根据工程地质和水文地质条件确定,并应考虑盾构形式、盾构装备推力、刀盘支承方式、刀盘装备扭矩、刀盘开口率、刀具及其组合方式等因素。
- b) 刀盘的支承方式应满足盾构直径、工程地质和水文地质条件等要求,并应考虑与排土装置的组合方式等因素。
- c) 刀盘开口率应根据工程地质、水文地质条件、开挖面的稳定性和挖掘效率来确定其形状、尺寸、配置。应按公式(4)计算:

$$\omega_0 = \frac{A_s}{A_r} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$\omega_0$ ——开口率;

$A_s$ ——面板开口部分的总面积(刀具的投影面积忽略不计),单位为平方米( $\text{m}^2$ );

$A_r$ ——刀盘面积,单位为平方米( $\text{m}^2$ )。

- d) 切削刀具应根据工程地质和水文地质条件、盾构外径、掘进速度、施工总长度等配置。刀具的布置应满足刀盘正反转及全断面切削的要求。
- e) 刀具的高度需根据工程地质和水文地质条件、切削距离、掘进速度、切削转速和切入深度等因素决定。通常先行刀的高度高于切削刀。
- f) 刀具的刃口材料宜采用硬质合金。
- g) 超挖刀的刀头从刀盘内向盾构外侧突出,沿盾构全周方位以一定量进行超挖切削。刀头突出可采用液压缸调整的方式或刀盘最外侧设置固定刀具的方式。
- h) 仿形刀是安装了仿形机构的超挖刀。仿形机构能根据超挖量的需要,将切削刀具按仿形量轨迹伸出盾构外周进行切削。

5.1.2.5 刀盘驱动装置应符合下列规定:

- a) 主轴应根据实际工程受力条件计算设计,寿命应满足工程要求。
- b) 刀盘驱动部分的土砂密封应符合下列规定:
  - 1) 能保护驱动轴承,避免土砂、地下水、添加剂等侵入;
  - 2) 应满足能承受密封土舱内的泥土压、地下水压、添加剂注入压力和气压的要求;
  - 3) 应根据覆土深度、地下水位、添加剂注入压力、施工总长度等确定其安装位置、环数、滑动速度、润滑油脂量、加油脂压力等参数,其中安装位置应根据刀盘支承方式确定(见图6);
  - 4) 采用的材质应具有耐压性、耐磨损性、耐油性、耐热性;
  - 5) 应对润滑脂的注入压力、注入量、渗出物取样、土砂密封温度进行监测管理。

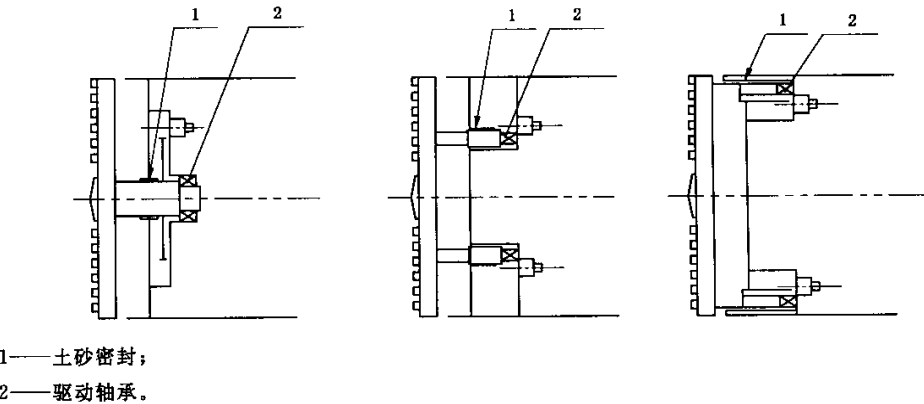


图6 刀盘驱动部分的土砂密封的安装示意图

- c) 刀盘装备扭矩应根据地质条件、盾构结构形式确定。通常有两种计算法:设计扭矩计算法、经验计算法。设计扭矩计算法按公式(5)、公式(6):

$$T = K_T \times T_n \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$T_n = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

- $T_1$ ——由土体的抗剪力产生的切削阻力扭矩,单位为牛米( $N \cdot m$ );
- $T_2$ ——切削刀具的切削扭矩,单位为牛米( $N \cdot m$ );
- $T_3$ ——与土体之间的摩擦阻力扭矩,单位为牛米( $N \cdot m$ );
- $T_4$ ——轴向荷载的扭矩,单位为牛米( $N \cdot m$ );
- $T_5$ ——径向荷载的扭矩,单位为牛米( $N \cdot m$ );
- $T_6$ ——搅拌棒搅拌扭矩,单位为牛米( $N \cdot m$ );

$T_n$ ——刀盘所需扭矩,单位为牛米( $N \cdot m$ );

$K_T$ ——扭矩安全系数;

$T$ ——刀盘装备扭矩,单位为牛米( $N \cdot m$ )。

具体计算参见附录 A。

经验算法按公式(7):

$$T = \alpha \times D^3 \times 10^4 \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

$T$ ——刀盘装备扭矩,单位为牛米( $N \cdot m$ );

$D$ ——盾构外径,单位为米(m);

$\alpha$ ——扭矩系数。(扭矩系数  $\alpha$  根据盾构直径、土质等不同而不同。土压平衡盾构机的  $\alpha$  通常为 1.4~2.3)。

5.1.2.6 刀盘转速应根据地质条件、施工要求确定,应为 0.5 r/min~1.5 r/min。

### 5.1.3 气闸系统

5.1.3.1 气闸分为人行闸和材料闸两种,主要由压力容器、加减压管路系统、监控、通讯、报警和照明等设备组成。用于施工抢险、排除设备故障、更换磨损刀具等作业。

5.1.3.2 气闸系统应符合下列规定:

- a) 气闸的加、减压管路布置应便于安装。阀门通讯讯号和仪表设置应便于操作人员操作。压力表应能显示相应各部位的实际压力;
- b) 人行闸的外舱和内舱均应设置独立的加、减压管路系统,在人行闸外有专人对其变压进行操作;
- c) 材料闸的尺寸应满足材料、设备和工具等进出的要求。

### 5.1.4 铰接装置

5.1.4.1 铰接装置可根据隧道线路调整盾构姿态,在隧道轴线曲率半径小于 400 m 时采用。

5.1.4.2 铰接装置应符合下列规定:

- a) 铰接液压缸的行程应满足隧道轴线曲率半径要求,最大推力应能克服前后壳体姿态变化引起的阻力;
- b) 铰接密封应由集中润滑系统注入润滑油脂,并保持一定的密封压力。

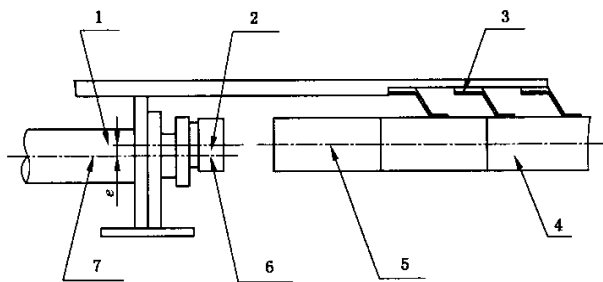
### 5.1.5 推进装置

5.1.5.1 推进装置主要由推进液压缸、顶靴等组成。

5.1.5.2 推进装置主要靠推进液压缸顶在已拼装好的隧道管片上向前推进或调整盾构姿态。推进液压缸应有足够的推力克服盾构推进过程中所遇到的最大阻力,并留有一定余量。

5.1.5.3 推进装置应符合下列规定:

- a) 应选用重量轻、耐久性好、结构紧凑的液压缸,宜选用高压液压缸。
- b) 推进装置布置应满足盾构掘进所需推力的要求和管片拼装要求。
- c) 推进液压缸通常布置于盾构壳体内侧,并确保管片不偏心受力且不受损。
- d) 推进液压缸配置时,推进液压缸轴线平行于盾构轴线,也可采用倾斜配置。
- e) 推进液压缸的推力和数量应根据盾构外径、总推力、管片结构和隧道路线等因素确定。
- f) 顶靴的结构应确保推力均匀分布在管片的端面上,中心宜偏离推进液压缸中心线(见图 7)。
- g) 推进液压缸行程应根据管片宽度及一定的余量(通常为 100 mm~150 mm)来确定。位于封顶块的推进液压缸,需根据管片插入方法来确定行程。
- h) 推进液压缸的工作速度应根据掘进速度和施工效率确定。当全部液压缸在系统额定流量下工作,推进液压缸的工作速度通常为 30 mm/min~100 mm/min。



- 1——推进油缸；
- 2——顶靴中心线；
- 3——盾尾密封；
- 4——衬砌环；
- 5——衬砌环中心线；
- 6——推进油缸顶块；
- 7——推进油缸中心线。

图 7 推进液压缸顶块的偏心(e)设置

i) 盾构的装备推力通常采用阻力计算法或经验计算法,由两者综合考虑确定。装备推力阻力计算法按公式(8)计算:

$$F = k_F \times (F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7) \dots\dots\dots(8)$$

式中:

- $F$ ——盾构装备推力,单位为千牛(kN);
- $F_1$ ——盾壳和土体之间的摩擦阻力或粘附阻力,单位为千牛(kN);
- $F_2$ ——盾构正面阻力,单位为千牛(kN);
- $F_3$ ——管片和盾尾密封之间的摩擦阻力,单位为千牛(kN);
- $F_4$ ——盾构切口环刃口的切入阻力,单位为千牛(kN);
- $F_5$ ——变向阻力(曲线施工、纠偏、变向用稳定翼、挡板阻力等),单位为千牛(kN);
- $F_6$ ——牵引后方台车的前进阻力,单位为千牛(kN);
- $F_7$ ——由切削刀盘引起的轴向阻力,单位为千牛(kN);
- $k_F$ ——阻力安全系数,(考虑装备余量通常取 2)。

具体计算见附录 B。

装备推力经验计算法按公式(9)计算:

$$F = F' \times A \dots\dots\dots(9)$$

式中:

- $F$ ——盾构装备推力,单位为千牛(kN);
- $F'$ ——开挖断面单位面积的推力,单位为千牛每平方米(kN/m<sup>2</sup>),宜不小于 1 000;
- $A$ ——开挖断面面积,单位为平方米(m<sup>2</sup>)。

5.1.6 管片拼装机

5.1.6.1 管片拼装机通常有盘式和中心筒体式(见图 8、图 9)。盘式拼装机通常以挡轮、托轮定位;中心筒体式通常以大轴承来定位。同时还有提升、平移、管片夹持装置等。

5.1.6.2 管片拼装机应符合下列规定:

- a) 应根据盾构的型式及管片结构的质量和尺寸等因素确定。

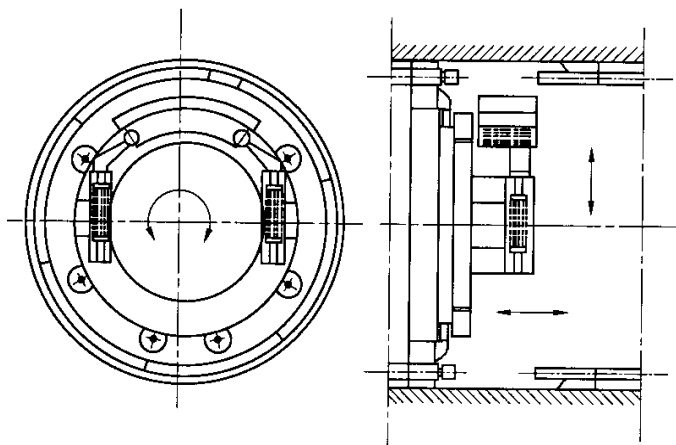


图8 盘式拼装机

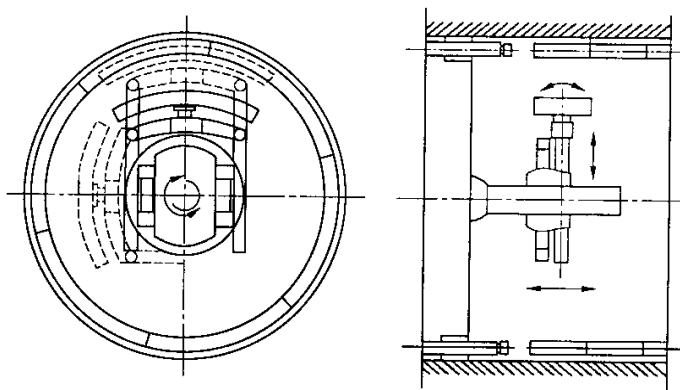


图9 中心筒体式拼装机

- b) 管片拼装机的设计应以运转平稳、动作准确、安全可靠、操作方便为原则。
- c) 管片拼装机的性能应满足下列要求：
- 1) 提升力应为 1.5 倍~2 倍的最大管片质量；
  - 2) 平移力应为 2 倍~5 倍的平移阻力；
  - 3) 平移距离应根据管片的宽度、封顶块插入的形式、纠偏等因素综合考虑；
  - 4) 回转速度通常有低速和高速两挡，也可在  $0 \sim 1.5 \text{ r/min}$  范围无级调速；
  - 5) 回转驱动装置应带有液压或其他形式的制动器；
  - 6) 旋转角度不小于  $\pm 200^\circ$ ；
  - 7) 应具有不小于 4 个自由度的特性。
- d) 夹持装置通常采用机械连接式，也可选用真空吸盘式，其构造应满足可安全、迅速地抓住管片并能调整管片的姿态，孔、销重合容易，结构简单。

#### 5.1.7 螺旋输送机

5.1.7.1 螺旋输送机按螺旋叶片形状可分为轴芯式和带式两种(见图 10)；按出土部位可分为轴向出土和径向出土(见图 11)。

5.1.7.2 螺旋输送机应具有运送土舱中的土体、止水和调整出土量以达到土压平衡等功能。

5.1.7.3 螺旋输送机应符合下列规定：

- a) 设计时必须考虑工程地质和水文地质条件以及盾构直径、盾构掘进速度等条件参数。

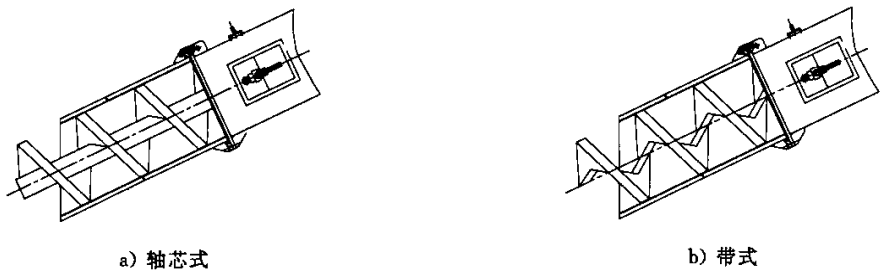


图 10 轴芯式和带式的螺旋输送机

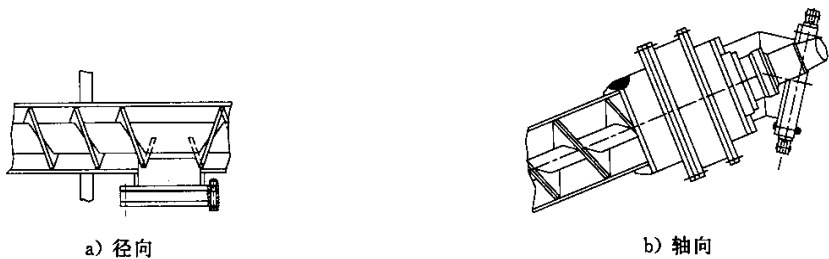


图 11 径向出土和轴向出土螺旋输送机

b) 螺旋输送机输送能力应符合下列规定。

1) 每小时刀盘切削量应按公式(10)计算

$$Q_t = \frac{\pi}{4} \times D_d^2 \times v_t \times 60 \dots\dots\dots (10)$$

式中：

$Q_t$ ——每小时刀盘切削量,单位为立方米每小时( $\text{m}^3/\text{h}$ )；  
 $D_d$ ——刀盘切削直径,单位为米( $\text{m}$ )；  
 $v_t$ ——最大推进速度,单位为米每分( $\text{m}/\text{min}$ )。

2) 螺旋叶片外径应按公式(11)计算并圆整：

$$D'_t \geq K_0 \times \sqrt[2.5]{\frac{Q_t}{C_t}} \dots\dots\dots (11)$$

式中：

$D'_t$ ——螺旋叶片的外径估算值,单位为米( $\text{m}$ )；  
 $K_0$ ——物料综合系数(通常取 0.08)；  
 $Q_t$ ——每小时刀盘切削量,单位为立方米每小时( $\text{m}^3/\text{h}$ )；  
 $C_t$ ——装置倾斜角校正系数,(见表 1)。

表 1 装置倾斜角校正系数

| 倾斜角 $\beta$     | $0^\circ$ | $0^\circ < \beta \leq 5^\circ$ | $5^\circ < \beta \leq 10^\circ$ | $10^\circ < \beta \leq 15^\circ$ | $15^\circ < \beta \leq 20^\circ$ |
|-----------------|-----------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 装置倾斜角校正系数 $C_t$ | 1.0       | 0.9                            | 0.8                             | 0.7                              | 0.65                             |

3) 螺旋输送机输送量应按公式(12)计算：

$$Q_s = 15 \times \pi \times (D_s^2 - d_s^2) \times t_s \times n_s \times k_s \dots\dots\dots (12)$$

式中：

$Q_s$ ——螺旋输送机输送量,单位为立方米每小时( $\text{m}^3/\text{h}$ )；  
 $D_s$ ——螺旋叶片的外径,单位为米( $\text{m}$ )；  
 $d_s$ ——螺杆的外径,单位为米( $\text{m}$ )；

- $t_s$ ——螺旋螺距,单位为米(m);  
 $n_s$ ——螺旋转速,单位为转每分(r/min);  
 $k_s$ ——综合系数(通常取 0.8)。

### 5.1.8 皮带输送机

5.1.8.1 皮带输送机的选择除应满足盾构掘进施工条件、最大掘进速度(即盾构最大出土量)、隧道开挖曲率半径,输送渣土的特性等要求外,还应满足 GB/T 987 和 GB/T 10595 的规定。

5.1.8.2 皮带输送机应设置紧急停车装置。

5.1.8.3 输送量应按公式(13)、公式(14)计算:

$$Q_t = \frac{\pi}{4} \times D_d^2 \times v_t \times 60 \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$Q_b = k_b \times Q_t \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中:

- $Q_t$ ——每小时刀盘切削量,单位为立方米每小时(m<sup>3</sup>/h);  
 $D_d$ ——刀盘切削直径,单位为米(m);  
 $v_t$ ——最大推进速度,单位为米每分(m/min);  
 $Q_b$ ——皮带机的输送量,单位为立方米每小时(m<sup>3</sup>/h);  
 $k_b$ ——输送能力备用系数, $k_b > 1$ 。

### 5.1.9 盾尾密封系统

5.1.9.1 盾尾密封的钢丝刷和钢板束密封的材料应具有足够的弹性和耐腐蚀性,在推进液压缸摩阻力反复作用及管片变形条件下应保持防水功能。

5.1.9.2 盾尾密封系统应符合下列规定:

- a) 盾尾密封的设计高度主要由盾尾间隙确定,其密封工作范围通常为 20 mm~40 mm;
- b) 盾尾密封应能够承受由土压和水压产生的压力,以及注浆压力;
- c) 盾尾密封安装的道数应根据盾构外径、地质条件、施工过程中是否须更换盾尾密封等条件确定,通常不小于 3 道。

## 5.2 液压系统

5.2.1 液压设备的选择应符合下列规定:

- a) 应选择耐久性高、效率高、低噪音的机械设备;
- b) 应考虑密封结构的强度以及活塞杆可能出现的失稳;
- c) 液压元件的选择应按 GB/T 7935 执行。

5.2.2 液压系统分为刀盘驱动系统、推进系统、螺旋输送机系统、管片拼装机系统、注浆液压系统等,液压系统的设计除应按 GB/T 3766 执行外,还应符合下列规定:

- a) 切削刀盘系统应设置一个与推进系统联锁的安全回路,确保在刀盘停止转动时报警并同时停止盾构推进,待压力恢复正常后再行推进;
- b) 推进系统应采用防止推进液压缸回缩的控制阀;
- c) 螺旋输送机系统应根据密封土舱内的土压信号与设定的土压力值比较,并控制螺旋输送机的转速;
- d) 液压系统除设置卸荷回路外,应设置冷却系统;
- e) 液压油的黏度指数应大于 90,并与密封材料相容性好,且应具有良好的润滑性、防锈防腐性、抗乳化性、抗氧化性和物理、化学稳定性,并具有不可压缩性;
- f) 液压系统的清洁度应高于 ISO 4406:1999 中表 1 规定的 18/15 级。

## 5.3 附属系统

### 5.3.1 管片吊运机构

5.3.1.1 管片吊运机构按起吊梁的形式可分为单梁式和双梁式(见图 12);按行走小车的行走方式可



分为齿轮齿条式、链轮链条式和摩擦滚轮式；按功能可分为纯起吊运输式、双功能式（即管片吊运机构兼作拉杆梁）（见图 13）。

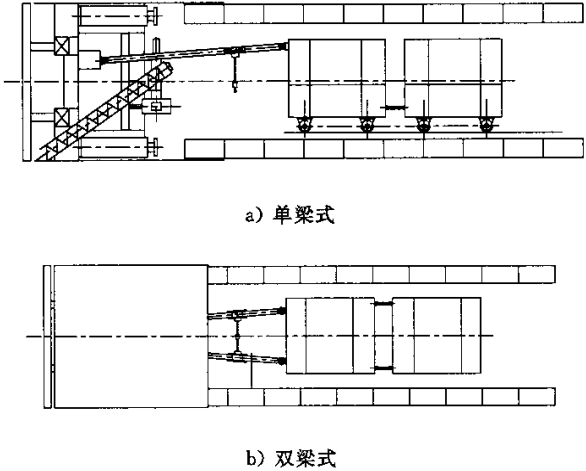


图 12 按起吊梁的形式分

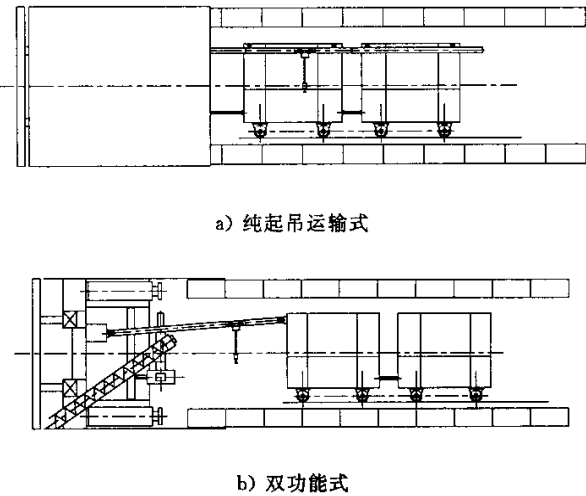


图 13 按起吊梁的功能分

5.3.1.2 管片吊运机构的性能参数包括起吊力、适应坡度、升降速度、最小起吊高度、行走小车行走速度、行走小车最大行走距离。

5.3.1.3 管片吊运机构应根据盾构形式和规模、隧道线路（曲线和坡度）和管片形式等确定。

### 5.3.2 集中润滑系统

5.3.2.1 集中润滑系统主要包括油脂泵、分配阀、油泵等。润滑方法包括稀油润滑和干油润滑等。

5.3.2.2 润滑系统的设计应符合下列规定：

- a) 选择适当的润滑油、脂的种类；
- b) 针对不同部位选择适当的注入方法；
- c) 应设置多重报警装置，显示工作状态，确保注入油脂工作正常以及润滑部位有足够量的油脂；

- d) 润滑设备须按规定的方法定期、定量加注指定的润滑油脂；
- e) 系统元器件须经出厂标定,应具有较高的可靠性。

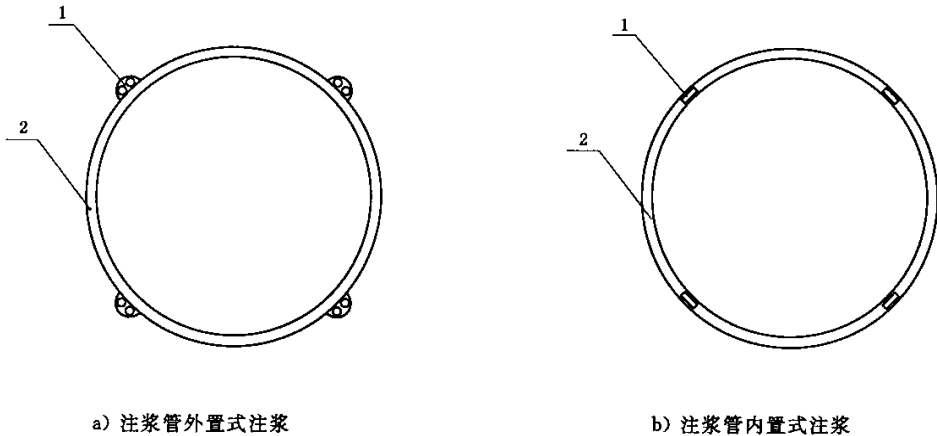
5.3.2.3 集中润滑应包括以下部位:

- a) 刀盘驱动的轴向土砂密封和径向土砂密封；
- b) 盾构铰接处的土砂密封；
- c) 螺旋输送机螺杆支承的轴承、密封；
- d) 刀盘驱动轴承；
- e) 中心回转接头。

5.3.3 壁后注浆系统

5.3.3.1 壁后注浆设备应根据盾构的直径、施工长度、注浆材料、注入时间、注浆方法、注浆量等确定,并能将注浆材料均匀填充到盾尾空隙处,且易于清洗维护。主要包括:材料贮藏设备、计量设备,拌浆设备,贮液槽、注浆泵、注入管、注入控制装置、记录装置等。

5.3.3.2 注浆系统可通过衬砌管片上的注浆孔注浆,也可通过盾构上的注浆管注浆。其中,通过注浆管注浆分为注浆管外置式注浆和注浆管内置式注浆(见图 14)。



1——注浆管；  
2——盾构壳体。

图 14 通过盾构上的注浆孔注浆方式

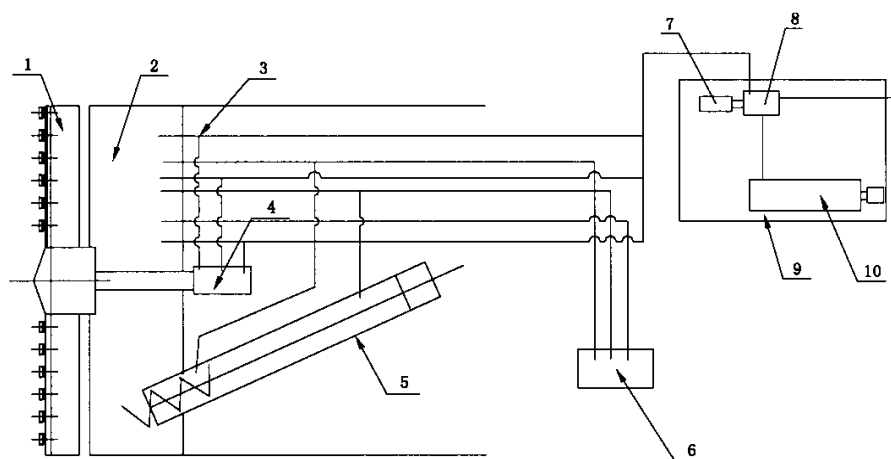
5.3.3.3 注浆量应根据盾构施工建筑间隙、地层条件、隧道线路和盾构掘进方式等因素确定,应按公式(15)计算:

$$Q_z = \frac{1}{4} \pi \times (D_d^2 - d_z^2) \times l \times \lambda \quad \dots\dots\dots (15)$$

式中:  
 $Q_z$ ——注浆量,单位为立方米( $m^3$ );  
 $D_d$ ——刀盘切削直径,单位为米( $m$ );  
 $d_z$ ——衬砌环外径,单位为米( $m$ );  
 $l$ ——回填注浆段长度,单位为米( $m$ );  
 $\lambda$ ——注浆率(应取 150%~250%)。

5.3.4 添加剂注入系统

5.3.4.1 添加剂注入系统由设在后方台车的搅拌系统、螺杆泵、泡沫发生器、管路、控制系统和盾构主机上的切削刀盘、密封土仓、螺旋输送机等的外加剂注入口构成(见图 15)。



- 1——切削刀盘；
- 2——密封土舱；
- 3——管路；
- 4——中心回转接头；
- 5——螺旋输送机；
- 6——泡沫发生器；
- 7——驱动装置；
- 8——搅拌箱；
- 9——后方台车；
- 10——螺杆。

图 15 添加剂注入系统

5.3.4.2 应根据开挖土质、盾构直径、刀盘支承方式、刀盘面板的形状等条件确定注入口的位置、口径和数量。注入口应设有单向止回装置,防止泥沙倒灌。

5.3.4.3 添加剂注入系统应能按照刀盘扭矩的变动、密封土仓内的土压力、螺旋输送机的出土状态等因素调节注入的压力和流量。

5.3.4.4 控制系统应设置切换装置,确保施工人员可根据实际状况选择加泥加水或加泡沫,注入管路可使用专用管路,也可采用共管形式。

### 5.3.5 导向测量系统

5.3.5.1 应遵循准确性、正确性、实用性、经济性、先进性的设计原则,系统应能够连续检测盾构的空间位置和姿态。

5.3.5.2 导向测量系统应具备下列功能:

- a) DTA(设计轴线)管理功能;
- b) 空间位置检测功能,包括相对 DTA 的切口水平和高程偏差、盾尾水平和高程偏差;
- c) 姿态检测功能,包括盾构相对 DTA 的方位角、倾斜角、旋转角;
- d) 图形显示功能,包括盾构空间位置和姿态的实时数据和历史数据的连续曲线显示;
- e) 测量基点校核功能;
- f) 与盾构自动控制系统通信功能。

5.3.5.3 导向测量距离为 100 m,测量精度小于 15 mm,校核周期为 25 m。

### 5.3.6 后方台车

后方台车的设计应符合下列规定:

- a) 应根据隧道的断面、曲线、坡度、渣土的运出和管片的运入方式、所安装设备的数量与空间尺寸

等条件确定,并考虑维护管理的方便;

- b) 在陡坡施工区间,应采取足够的安全措施;
- c) 在曲率半径小的区间,后方台车行驶需确保与管片的距离,牵引时需防止后方台车倾覆、脱轨等;
- d) 应设置各种安全设施,如安全通道和扶手、栏杆等。

### 5.3.7 冷却系统

5.3.7.1 冷却系统应能够消除设备和动力装置在盾构掘进中产生的热量,确保盾构正常运转。

5.3.7.2 冷却系统应对液压系统、刀盘驱动装置中的土砂密封、大功率的空气压缩机和变频器、配电柜进行冷却:

5.3.7.3 冷却器选择应符合下列规定:

- a) 有足够的散热量;
- b) 散热效率高;
- c) 油液通过时压力损失小;
- d) 结构应紧凑、坚固;
- e) 具有一定可靠性及寿命。

5.3.7.4 冷却系统的选择要符合下列规定:

- a) 应根据系统工作液进入冷却器时的温度、流量、压力和需要冷却器带走的热量确定;
- b) 系统应采用温度不超过 30℃ 的净水。

### 5.3.8 通风系统

5.3.8.1 盾构内的通风由最后一节后方台车延伸来的通风装置持续提供新鲜空气,通过通风管传递至最前一节的后方台车处,并替换盾构机区域内的热量和废气。

5.3.8.2 应根据盾构直径、送风距离、需要通风量、衬砌的施工方法以及使用的机械种类等选择合适的设备,确保隧道内安全、卫生。

## 5.4 电气系统

### 5.4.1 一般要求

5.4.1.1 应以科学严谨、安全可靠、技术先进、经济合理、操作方便为基本设计原则,以盾构总体设计要  
求为功能设计依据。

5.4.1.2 应考虑施工环境对设备的防护要求。电气设备外壳防护等级应符合表 2 的规定。

表 2 电气设备外壳防护等级

| 设备         | 防护等级 |
|------------|------|
| 后方台车上的电气箱柜 | IP54 |
| 盾构本体的电气箱柜  | IP55 |
| 变压器保护柜     | IP45 |
| 电动机        | IP55 |
| 现场传感器      | IP65 |
| 控制室内的电气箱柜  | IP44 |

5.4.1.3 应考虑施工环境对人身安全的保护要求。低压供配电(高于安全电压的用电设备)应设置两级漏电保护。

5.4.1.4 电气系统设置应合理利用盾构结构空间,便于操作和维护。

5.4.1.5 盾构电气系统所选用的设备、装置、元器件、材料必须成熟可靠,适应隧道施工工况条件、符合设计要求。

5.4.2 供配电系统

5.4.2.1 供电系统

5.4.2.1.1 盾构用电负荷是选择盾构电力变压器和高压开关设备的主要依据,可按公式(16)计算。

$$P = \sum_{i=1}^n P_i \dots\dots\dots (16)$$

式中:

$P$ ——盾构总用电负荷;

$n$ ——盾构推进状态下运行的用电设备总数;

$i$ ——盾构推进状态下运行的用电设备序列号;

$P_i$ ——盾构推进状态下用电设备  $i$  的有功功率 kW。

5.4.2.1.2 应根据施工现场所在地区实际情况调整盾构供电电压,宜采用 10 kV 电压供电。涉及人身安全、设备安全、施工安全的用电设备应设置应急供电电源。

5.4.2.1.3 供电设备应符合下列规定:

- a) 盾构电力变压器的额定容量应大于盾构用电负荷容量,且应选用难燃型变压器;
- b) 环氧干式变压器的三相线圈中应设置测温元件,并配有温度检测仪;
- c) 盾构高压电源应由地面变电所独立保护回路供电;
- d) 高压开关柜应按电力变压器容量选用断路器(并设置明显断开点),选用的设备应能在湿度较高的环境条件下安全运行。高压开关柜应具有短路、过载、接地故障等保护功能,宜具有外部分离脱扣装置;
- e) 高压开关柜的正面应留有足够的操作空间,并配备符合高压操作规程的高压操作工具和用具;
- f) 盾构高压电缆宜采用矿用高压橡胶套软电缆;
- g) 电力变压器二次侧的调压范围应为  $\pm 2 \times 2.5\% U_e$ ;
- h) 供电变压器保护外壳与带电体间距、接线铜排间的间距应符合 GBJ 147、GBJ 148 和 GBJ 149 的规定;
- i) 供电变压器箱体应设置通风口和冷却风扇,确保变压器散热。

5.4.2.2 低压配电系统

5.4.2.2.1 配电方式和保护应符合下列规定:

- a) 由电力变压器二次侧至用电设备点的配电保护级数不宜超过三级;
- b) 电力变压器二次出线应直接接至低压配电柜的总断路器;
- c) 盾构内独立的配电柜宜设置电源总断路器;
- d) 配电系统应具有漏电保护、短路保护、过载保护、断相(反相)保护等功能;
- e) 低压电器采用的电压等级应选用标准电压的优选值;
- f) 使用大功率变频装置时,应采取抑制高次谐波的措施;
- g) 应根据就近供电原则设置低压配电柜;
- h) 在低压配电柜中应设置适合施工设备临时使用的备用电源。

5.4.2.2.2 低压配电设备应符合下列规定:

- a) 电气箱柜内元(器)件应通过 3C 安全认证并符合隧道施工环境要求;
- b) 开关电器的额定值应与其负载的额定值相匹配;
- c) 应选择具有抗拉、耐油、可弯绕、耐磨损的铜质软电缆。

5.4.2.2.3 系统接地应符合下列规定:

- a) 采用电力变压器二次侧中性点接地系统,利用盾构大面积的金属外壳为接地体,接地线路不可串接,隧道内所有电气设备的金属外壳(如电动机、配电箱柜的外壳)和各台车的金属构架均应可靠接地;

b) 盾壳未进入土体前应采取临时接地措施；

c) 电气柜内的强电接地排与弱电接地排应分离，并与接地体可靠连接。

5.4.2.2.4 盾构负载功率因数应符合工程所属地区供电部门的要求。若无要求时，当功率因数低于 0.8 时，应设置无功补偿设备，宜具备随盾构用电负荷的变化改变补偿电容器投入数量的功能。

#### 5.4.2.3 照明系统

5.4.2.3.1 照明系统的设计应符合下列规定：

a) 照明供电应设置独立的 380 V/220 V 照明隔离变压器。并应考虑三相照明负载平衡；

b) 照明配电应设置二级漏电保护；

c) 照明范围应包括盾构内部、台车、盾构至台车的工作区域(包括人行闸)等；

d) 人行闸照明按压力容器内部照明的防爆安全要求设计；

e) 在盾构和台车区域应配置应急照明，应急照明功率不低于照明总功率的 20%，应急照明后备时间不少于 30 min。

5.4.2.3.2 灯具选型应符合下列规定：

a) 盾构及台车照明灯具应选用密闭、防水、防燃的照明器具，防护等级应优于 IP54；灯具应符合 GB/T 2900.65 的要求；

b) 应选择合适的照度，限制眩光，并应采用高光效、长寿命和显色指数高的照明光源。工作区域宜选用气体放电灯照明，管片拼装区域宜采用混光照明，并采用防振措施，重要工作区域应加强局部照明；

c) 易受机械损伤场所的灯具应加保护网；

d) 功率因数低的照明灯具应加电容补偿，补偿后的功率因数不应低于 0.8。

#### 5.4.3 控制系统

5.4.3.1 控制系统设计应符合下列规定：

a) 应满足保护人身安全、施工安全及设备安全的要求；

b) 应满足设备运行的逻辑和时序要求；

c) 应满足工程施工控制要求；

d) 盾构控制应采用集散控制方式，盾构、台车设备及相互之间的信息传递采用现场总线网络通信方式；

e) 当动力电动机直接启动降低盾构电源品质时应采用降压启动方式。

5.4.3.2 操作及显示应符合下列规定：

a) 盾构掘进控制在控制室内集中操作，管片拼装及管片运输控制在设备附近就地操作；

b) 控制室内的显示屏应能充分反映设备的真实状态和运行参数；

c) 应根据系统安全要求分区域、分等级设置紧急停止按钮，皮带机、拼装机等移动设备运行前应发出预警讯号，运行时发出声光警示讯号。

5.4.3.3 硬件选型应符合下列规定：

a) 可编程控制器(PLC)：

1) 应根据可靠性、系统兼容性、可扩展性、系统规模、运算速度和执行效能等选用可编程控制器，并应具备网络通信功能；

2) PLC 通信网络设计应满足控制要求和台车转换对电缆连线的要求；

3) PLC 模拟量输入/输出信号见表 3。

表 3 PLC 模拟量输入/输出信号表

| 信号类型      | 电量范围          |
|-----------|---------------|
| 电流型标准输入输出 | 直流 4 mA~20 mA |
| 电压型标准输入输出 | 直流 0 V~10 V   |

- b) 控制电源的可靠性应优于动力电源,宜采用稳压电源为控制器、输入/输出模块、传感器、变送器等供电,传感器、变送器等供电电源应加设电源滤波电路;
- c) 控制电缆截面要求见表 4。

表 4 控制电缆截面

| 线路类型 | 电缆截面                    |
|------|-------------------------|
| 电源回路 | 不小于 1.5 mm <sup>2</sup> |
| 控制回路 | 不小于 1.0 mm <sup>2</sup> |
| 信号回路 | 不小于 0.5 mm <sup>2</sup> |

5.4.3.4 联锁保护应符合下列规定:

- a) 人身安全
  - 1) 应具备移动拼装平台位置与管片拼装机旋转的控制联锁,保证移动拼装平台在伸出状态下管片拼装机旋转操作无效;
  - 2) 应具备起重作业操作与危险警示声光报警器联动功能,当拼装机、电动起重装置起重运行时自动开启声光报警;
  - 3) 应具备高压开关,低压主开关动作检测或操作安全提示功能。
- b) 设备安全
  - 1) 应具备集中润滑系统运转与刀盘启动运转的联锁逻辑,必须使刀盘在集中润滑油脂正常供应条件下运转;
  - 2) 应具备液压主油箱温度与冷却系统运转的联锁逻辑,应使液压系统在主油箱温度限值范围内工作;
  - 3) 应具备螺旋机旋转与螺旋机闸门开启的联锁逻辑,螺旋机闸门关闭或开度过小,停止螺旋机出土;
  - 4) 应具备供电、机械传动等紧急停止联锁逻辑,紧急停止按钮按下时,相关动力设备停止运转。

5.4.3.5 控制功能应符合下列规定:

- a) 应根据液压系统动作要求设计液压系统先导泵、液压泵、各种阀件的控制逻辑,满足设备运转和操作功能要求;
- b) 应根据集中润滑系统要求设计油脂泵送控制程序,按时间间隔或油脂压力控制集中润滑泵的运转方式;
- c) 应根据盾尾密封系统要求设计密封油脂泵送控制程序,按时间间隔或油脂压力以及泵送出口位置控制油脂泵的运转方式、油脂分配方式;
- d) 应根据同步注浆系统要求设计浆液泵送控制程序,按每环设计方量或注浆压力以及泵送出口位置控制注浆泵的运转方式;
- e) 应根据土压平衡要求设计土压平衡控制程序,控制效果符合工程施工沉降要求。

5.4.4 数据采集系统

数据采集系统通常由计算机、数据采集应用软件、相关外设及网络通信设备组成,主要用于盾构施工管理。

5.4.4.1 设备选择应符合下列规定:

- a) 计算机硬件配置可根据采集处理数据信息量、软件平台和施工条件确定,应满足防震、防尘及散热要求,并配置不间断电源;
- b) 应根据盾构应用环境和数据传输距离等要求选择数据采集通信网络,优先选用工业级产品;
- c) 通信线路屏蔽接地端应可靠连接接地点,并应避免与电源线路长距离平行走线。

5.4.4.2 应用软件应符合下列规定：

- a) 应具有实时监控、实时/历史曲线显示、报警、历史数据记录及查询和施工数据报表生成等功能；
- b) 数据库的数据应能准确反映盾构设备状态和施工状态；
- c) 在掘进状态下应能按掘进距离间隔保存数据,其他状态下可根据数据变化率记录数据；
- d) 数据采集周期应小于 2.5 s,每掘进 25 mm 数据库记录不少于 1 次,数据准确性应为 100%。

5.4.5 检测系统

5.4.5.1 检测装置的精度应符合 GB/T 13283 的要求,且现场综合精度不低于 1%；防护等级不低于 IP65；应采取措施防止机械损伤。

5.4.5.2 检测系统包括的监测项目见表 5。

表 5 检测项目

| 检测部位    | 检测项目    |
|---------|---------|
| 刀盘及刀盘驱动 | 正面土压    |
|         | 刀盘转速及转角 |
| 管片拼装机   | 各类限位    |
| 螺旋输送机   | 转速      |
|         | 土压      |
| 推进系统    | 推进油缸行程  |
| 液压系统    | 工作油压    |
|         | 油温      |
|         | 油位      |
| 辅助系统    | 温度      |
|         | 压力      |
|         | 流量      |
|         | 液位      |
|         | 位置      |
| 铰接系统    | 行程      |
|         | 位置      |

6 制造、安装和验收要求

6.1 盾构壳体

- 6.1.1 盾构壳体钢板的质量应根据钢材厂家的检查合格证进行确认。
- 6.1.2 盾构壳体制作除应符合设计要求外,还应符合 GB 50017 的规定。
- 6.1.3 焊缝质量应符合 GB 50205 的规定,焊缝无损探伤按设计要求进行。
- 6.1.4 外表面不应有锈迹、伤痕、沙眼等缺陷。
- 6.1.5 盾构壳体的主要尺寸极限偏差和形位公差应按表 6 制造和验收。



表 6 盾构壳体检验公差

| 检验项目          | 公差/mm  | 检验地点 |
|---------------|--------|------|
| 切口环与支承环的总长度   | ±14    | 厂内   |
| 盾尾环长度         | ±10    | 厂内   |
| 切口环和支承环直径     | 0~+15  | 厂内   |
| 盾尾环直径         | +5~+15 | 厂内   |
| 切口环和支承环范围的平直度 | ±7.5   | 厂内   |
| 壳体总长度的平直度     | ±15    | 施工现场 |
| 壳体外径局部突出及拼接错缝 | <4     | 施工现场 |

- 6.1.6 盾构壳体的未注公差参照 JB/T 5943 执行。
- 6.2 刀盘及刀盘驱动装置
- 6.2.1 钢板的质量应根据钢材厂家的检查合格证进行确认。
- 6.2.2 刀盘制作除应符合设计要求外,还应符合 GB 50017 的规定。
- 6.2.3 刀盘、刀座的焊接质量应符合 GB 50205 的规定。
- 6.2.4 刀盘的切削直径及圆度应符合设计要求。
- 6.2.5 刀盘驱动装置中的主轴承、减速器等应具备制造厂家的产品合格证和检测报告,并应符合设计要求。
- 6.2.6 刀盘驱动装置中的传动齿轮应啮合良好,刀盘运转平稳,正反转时不应有不正常的响声、抖动和晃动等。
- 6.2.7 土砂密封安装应符合设计要求,密封装置中的集中润滑应符合 6.12 的规定。
- 6.2.8 刀盘的最大转速应符合设计要求,允许偏差为±10%。
- 6.3 气闸系统
- 6.3.1 气闸应由具备专业资质的厂家设计、制造,并符合 GB 150 中的压力容器安全技术监察规程的规定。气闸须进行压力试验,由专业厂家提供合格证和测试报告。安装应符合设计要求。
- 6.3.2 主要受压元件应具备材料质量合格证,且符合压力容器的材料规定。
- 6.3.3 焊接须由有资质的焊工完成,无损检测应符合 JB 4730 的要求。
- 6.4 铰接装置
- 6.4.1 铰接液压缸应由制造厂家按 GB/T 15622 进行试验,符合 JB/T 10205 的要求,具备产品合格证和测试报告。确保液压缸的密封性、运动平稳性和耐用性。
- 6.4.2 铰接液压缸及土砂密封的安装应符合设计要求,密封装置中的润滑应符合 6.12 的规定。
- 6.5 推进装置
- 6.5.1 推进液压缸制造应按 6.4.1 规定执行。
- 6.5.2 推进液压缸安装时,应使推进液压缸轴线平行于盾构轴线。倾斜安装的液压缸应符合设计要求的倾斜角度。
- 6.5.3 推进液压缸的顶靴安装应确保推力均匀分布于管片的受力面。
- 6.5.4 推进液压缸同时动作时,全程伸缩的时间应符合设计要求。
- 6.6 管片拼装机
- 6.6.1 管片拼装机的中心轴线与盾构轴线的平行度公差应符合设计要求;两提升导向杆之间的平行度公差为 0.4 mm。
- 6.6.2 管片拼装机挡托轮的安装间隙应符合设计要求。
- 6.6.3 管片的夹持装置应可靠、稳定,管片提升、平移、回转等不应出现抖动、爬行等现象,并应符合技

术参数的要求。动作运行时间应符合设计要求。

6.6.4 制动器在液压失压或断电时能立即制动,系统停止时不应有位移。

#### 6.7 螺旋输送机

6.7.1 螺旋输送机筒体的内径尺寸及螺杆的外径尺寸应符合设计要求。

6.7.2 筒体的内径与螺杆叶片堆焊后外径的配合间隙为  $5\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ 。

6.7.3 螺旋输送机安装位置及角度应符合设计要求。

6.7.4 总装后进行空载运行测试时,应无卡死现象。

6.7.5 手动调节螺旋输送机转速时,应反应灵敏、平稳。

6.7.6 闸门开关无卡滞现象,闸门开和关的限位动作正常。闸门紧急关闭动作可靠,关闭时间应符合设计要求。

#### 6.8 皮带输送机

6.8.1 机架平直度公差应为  $1/1\ 000$ 。

6.8.2 总装后空载运行时,应符合下列规定:

- a) 运转平稳,振动和噪声控制在允许范围;
- b) 挡托辊和滚筒应转动灵活;
- c) 运转过程中,皮带不应有跑偏现象;
- d) 清扫器等辅助设施工作正常;
- e) 紧急停车装置应可靠。

6.8.3 皮带输送机的制造与验收除应符合以上要求外,还应符合 GB/T 10595 的要求。

#### 6.9 盾尾密封系统

6.9.1 盾尾刷宽小于等于  $100\text{ mm}$  时,可直接安装;若刷宽大于  $100\text{ mm}$  时,应制成弧形后再安装。

6.9.2 盾尾密封油脂加注装置应运行可靠,压力和流量应符合设计要求。

#### 6.10 液压系统

6.10.1 液压管路应配管正确、布置合理、固定可靠。硬管弯曲半径应大于 3 倍管外径,平行或交叉的管间距应大于  $10\text{ mm}$ ;软管应避免急转或扭转,弯曲半径不应小于 10 倍管外径。

6.10.2 泄漏油口与油箱应单独连接,且不应与回油管连通。

6.10.3 管道的清洗油液应与系统工作介质及系统的密封材质相容,黏度宜低。

6.10.4 泵组和油马达应工作正常,无异声。各压力表、传感器、压力开关等工作正常。

6.10.5 伺服系统的油液清洁度应达到 ISO 4406:1999 中表 1 规定的 16/12 级;通常系统应达到 18/15 级。

6.10.6 刀盘驱动系统、推进系统、拼装机系统、螺旋机系统等液压系统须进行空载测试和负载性能测试,并以系统所有焊缝和连接口无漏油、管道无永久变形为合格。

6.10.7 其余技术要求按 GB/T 3766 执行。

#### 6.11 管片吊运机构

6.11.1 单双梁结构件应按 GB 50205 的要求进行制造、安装和验收,安装精度和挠度应符合设计要求。

6.11.2 传动链或齿条在工字梁上焊接应牢固;销轴、滚轮、传动和制动机构等安装可靠。

6.11.3 行走机构的安装应使小车行走平稳,行走范围应符合设计要求,制动安全可靠,限位器定位准确。

6.11.4 提升机构的提升高度应符合设计要求,上限位定位应准确。

6.11.5 电动葫芦应具备制造厂商的产品合格证,并按照说明书进行安装。

#### 6.12 集中润滑系统

6.12.1 系统管路应布置合理、准确,管道清洁、无泄漏、无管路堵塞。

6.12.2 管接头安装位置不应妨碍周围设备的安装,且应便于检修。

6.12.3 油脂泵、分配阀等应具备制造厂家的产品合格证和测试报告。

### 6.13 壁后注浆系统

6.13.1 搅拌装置安装应保证搅拌旋转无卡滞。

6.13.2 系统管路布置合理、准确,管路无堵塞、泄漏。

6.13.3 注浆泵应具备制造厂家的产品合格证和测试报告。

### 6.14 添加剂注入系统

系统的技术要求按 6.13 执行。

### 6.15 后方台车

6.15.1 后方台车结构件应按 GB 50205 的要求进行制造、安装和验收。

6.15.2 车轮组的轮距公差为 $\pm 2.5\text{ mm}$ ,单节台车三轮直线度公差为 $3\text{ mm}$ 。

### 6.16 冷却系统

6.16.1 系统管路布置合理、准确,管路无堵塞、泄漏。

6.16.2 冷却泵应具备制造厂家的产品合格证和测试报告。

### 6.17 通风系统

6.17.1 系统管路布置合理、准确,管路无堵塞、泄漏。

6.17.2 风机应具备制造厂家的产品合格证和测试报告。

### 6.18 电气系统

#### 6.18.1 一般规定

6.18.1.1 电器设备和器材到现场后,应按下列要求进行检查和验收:

a) 外观包装及密封良好;

b) 电器设备和器材的型号、规格应符合设计要求,外观清洁无损伤,附件、备件及技术文件齐全。

6.18.1.2 电气设备和电气元器件的防护等级应符合 5.4.1.2 的要求,并视现场环境采取防机械损伤的措施。

6.18.1.3 电气设备和线路的绝缘电阻应符合 GB 50150 的规定。进口成套设备应符合合同的相关要求。

6.18.1.4 电气设备不带电的金属部件均应可靠接地。

6.18.1.5 各箱柜内的导线套管编号应用打字机打印,或采用成品分色号码套管,要求字迹正确、清晰、不易掉色、脱落。

6.18.1.6 电气箱柜在安装前应进行功能测试,其功能应符合设计要求。

6.18.1.7 电气箱柜的制作及电气设备安装除应符合本标准外,还应符合国家现行的相关标准的规定。

#### 6.18.2 高、低压箱柜、二次回路的安装要求

6.18.2.1 高、低压箱柜内的元器件应安装正确、排列整齐、固定可靠、拆装方便;附件、设备齐全,无锈蚀或机械损坏、变形;操作机构动作灵活、准确。

6.18.2.2 高压电器与其操作机构应固定可靠,部件齐全,电器连接应可靠且接触良好,动作应灵活。联动应正常、无卡阻,分、合闸指示正确。机械、电器连锁动作应正确、可靠,动、静触头接触紧密、二次回路辅助开关及连接插件接触良好、继电保护动作正确。

6.18.2.3 箱、柜固定可靠、安装位置正确、便于维修。单体箱、柜的安装应平整、垂直,安装拼装式超长柜体时,相邻两盘面应平齐、水平偏差与垂直度应参照 GB 50171 的相关规定执行。柜间接缝应密封,柜顶接缝处应要有防漏措施。

6.18.2.4 箱、柜内的母线及导线的截面积应满足实际负荷的要求,信号回路显示准确,工作可靠;二次回路应符合 GB 50171 的规定;电气设备接线端子的螺栓搭接面及螺栓的紧固应符合 GBJ 149 的规定。

### 6.18.3 电力变压器柜

6.18.3.1 电力变压器的相色标志正确,测温装置指示正确,整定值符合设计要求;有风冷装置的干式变压器其风冷装置的控制与动作应正常。

6.18.3.2 电力变压器应水平安装,固定可靠,且便于运行和检修。

6.18.3.3 各部分紧固螺栓及电压分接位置的螺栓应固定可靠。

6.18.3.4 电力变压器柜与车架安装平面连接时,车架安装平面应留有与变压器柜底部相对应的自然进风口。

### 6.18.4 系统接地

接地系统的安装应符合 5.4.2.2.3 的要求,并参照现行国家标准 GB 50169 有关要求进行施工。

### 6.18.5 照明系统

6.18.5.1 灯具型号应符合设计要求,且无机械损伤、变形、油漆剥落和灯罩破裂等缺陷;螺口灯头的绝缘外壳不应有破损和漏电。

6.18.5.2 灯具导线的绝缘保护良好,灯头盒内导线余量恰当。

### 6.18.6 数据采集系统

6.18.6.1 数据采集系统的软、硬件的安装和设置应符合设计要求。

6.18.6.2 传感器、限位开关、箱、柜的按钮和指示灯等信号与 PLC 应一致,显示正确。

6.18.6.3 采集的数值应与实际物理量一致,系统误差值不应大于 1%。

### 6.18.7 检测系统

6.18.7.1 检测仪器、仪表的防护等级、接地方式应符合设计要求,安装位置应有防止机械性损伤的措施,接线应正确可靠。

6.18.7.2 显示(指示)仪表应进行零点校验、50%满量程和满量程等校验,读数精度符合设计要求。

6.18.7.3 对利用重力原理构成的传感器,在运输和安装过程中应保持水平,特殊传感器应按产品说明书要求进行保管、运输、安装和使用。

6.18.7.4 智能控制器的组态参数应按照设计要求进行设定。

### 6.18.8 电动机

6.18.8.1 电动机到达现场后,安装前应按 GB 50170 的规定进行外观检查、吊运和保管。

6.18.8.2 电动机冷却、润滑、密封油等附属系统应完好,应符合运行要求。

6.18.8.3 盘动电动机转子时,应转动灵活、无碰卡现象。

6.18.8.4 电动机本体安装应可靠。电动机的旋转方向应正确、无异声、电动机传动部分的保护网罩固定应可靠,非可逆运行的电动机及被驱动的机械设备应用具有明显标记的箭头标明旋转方向。

6.18.8.5 电动机接线应符合设计要求,并参照电动机铭牌上的接法和要求。

### 6.18.9 动力、控制、通信电缆

6.18.9.1 电缆应排列整齐、固定可靠。电缆的敷设应避免受到机械性外力的损伤,台车部分电缆敷设时,应避开台车的起吊点,在易受机械性损伤的地方,应采取保护措施。

6.18.9.2 电缆终端应装设标志牌,标志牌应注明线路编号,字迹应清楚、不易脱落。

6.18.9.3 高压电缆终端与接头的制作,应由经过培训合格的操作人员进行,电缆头制作应严格遵守制作工艺制度。

6.18.9.4 电缆头固定应牢固、接线应正确,线号标志应正确、清晰。

6.18.9.5 电缆经过可活动区域及进箱、柜时,长度应有适当的余量。

6.18.9.6 高压电缆终端与接头宜在一个工作日内做好并及时安装、送电,若不能完成应有防潮、防污措施。

6.18.9.7 电缆敷设通道应保持连续、安装牢固,便于电缆的敷设;与其他回路的通道宜保持一定的间距;电缆通道可采用经防锈处理的槽架、梯架或角钢、扁钢自制。

6.18.9.8 在电缆通道内宜将强电回路和弱电回路的电缆分开敷设,有条件时宜分别敷设在两个电缆通道内。

6.18.9.9 电缆敷设的其他要求参照 GB 50168 有关要求施工。

6.18.10 电动葫芦

6.18.10.1 电动葫芦的控制应符合设计要求。

6.18.10.2 电动葫芦的起吊、行走的限位动作应可靠。

6.18.10.3 软电缆及悬挂装置应固定可靠,调节装置齐全,在滑动时灵活平稳,无卡阻现象。

6.18.10.4 软电缆移动段的长度应比电动葫芦的移动距离长 15%~20%,如设计无规定时,长度大于 20 m 时应加装牵引器。

6.19 盾构涂装

6.19.1 盾构涂装应按 JB/T 5000.12 执行。

6.19.2 盾构主机内外、后方台车等的涂装颜色应按设计要求执行,各类硬管宜按表 7 涂色。

表 7 盾构各类硬管涂色

| 序号 | 名 称      | 涂料颜色 |
|----|----------|------|
| 1  | 吸油硬管     | 草绿色  |
| 2  | 压油硬管     | 红色   |
| 3  | 回油硬管     | 黄色   |
| 4  | 泄漏油硬管    | 浅黄色  |
| 5  | 润滑油脂硬管   | 墨绿色  |
| 6  | 盾尾密封油脂硬管 | 橙色   |
| 7  | 同步注浆硬管   | 深褐色  |
| 8  | 泥水硬管     | 浅褐色  |
| 9  | 水系统硬管    | 白色   |
| 10 | 空气硬管     | 天蓝色  |

7 测试方法

7.1 测试分类

盾构测试分为厂内测试、施工现场井下测试和 100 m 试掘进测试三个阶段。

7.2 测试器具

测试器具主要包括钢卷尺、游标卡尺(0.02)、千分尺(0.01)、计时器、电流表、测速表、电压表、高低压电源摇表、压力计、隧道管片等。

7.3 厂内测试

7.3.1 测试条件

- 温度:常温;
- 场地:平坦的钢筋混凝土地面,承载能力应满足盾构的重量要求;
- 电源:提供盾构检测时所需的电源;
- 水源:提供盾构检测时所需的水源。

7.3.2 盾构壳体

7.3.2.1 目测检查盾构壳体的外观质量和焊缝质量。

7.3.2.2 盾构壳体的测量(见图 16)。

7.3.2.2.1 直径测量时,切口环和支承环应测外径,盾尾应测内径。

7.3.2.2.2 应在切口环和支承环拼装后测量盾构壳体外径平直度,盾尾单独测量。测量方法为:将位于两端磁铁间的基线拉直,测量基线与盾构壳体表面间的间隙,在直径上的3个位置(即顶部、右下、左下)进行测量,共测3组数据。

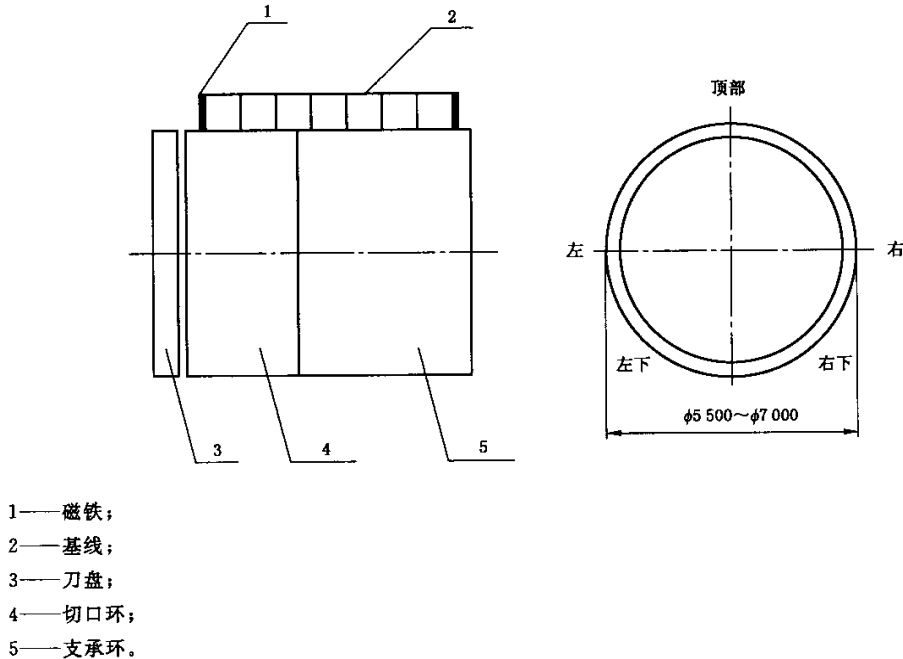


图 16 壳体测量示意图

### 7.3.3 刀盘和刀盘驱动装置

7.3.3.1 目测刀盘盘面质量以及刀盘上的刀具布置及其焊接质量。

7.3.3.2 利用钢卷尺测量刀盘的切削直径和刀盘的圆度,测上下和左右两个方向。

7.3.3.3 对刀盘驱动装置进行空载测试。刀盘转速由零加至最大转速,正反向各运转不少于 5 min。利用计时器测试刀盘的最大转速。用压力计测试刀盘的空载压力。

### 7.3.4 气闸系统

7.3.4.1 检查气闸生产厂家提供的合格证和压力检测报告。

7.3.4.2 检查气闸系统安装,确保符合设计要求。

### 7.3.5 铰接装置

7.3.5.1 进行铰接液压缸的伸缩操作,观察液压缸伸缩状况;行程仪检测数据应与实际液压缸行程进行比较。

7.3.5.2 利用钢卷尺检查盾构前后壳体处于铰接极限角度时的位移,进行铰接装置复位动作的操作,检查各铰接液压缸的工作状况。

### 7.3.6 推进装置

7.3.6.1 利用水平管或激光水平仪测量液压缸轴线与盾构机轴线的平行度,倾斜安装的液压缸测量其倾斜角度。

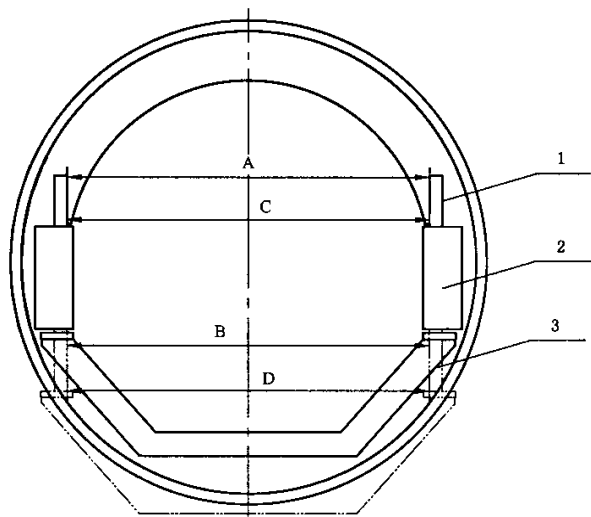
7.3.6.2 推进液压缸应逐个伸缩数次,观察液压缸伸缩状况;行程仪检测数据应与实际液压缸行程进行比较。

7.3.6.3 利用计时器测试所有推进液压缸的全程伸缩时间。

7.3.6.4 利用压力计测试液压缸的空载压力和满载压力,并检查泄漏状况。

### 7.3.7 管片拼装机

7.3.7.1 拼装机两提升导向杆之间的平行度测量,应在提升液压缸伸、缩状态下,用千分尺分别测量两提升导向杆之间的 A、B、C、D 距离(见图 17),并记录测量值。



- 1——提升导向杆(缩);
- 2——悬臂梁;
- 3——提升导向杆(伸)。

图 17 拼装机提升导向杆平行度测量

7.3.7.2 在空载和重载状态下,将拼装机分别停留在上下左右 4 个各  $90^\circ$  的位置,进行提升、平移、支撑等操作,观察工作状况。

7.3.7.3 在空载和重载状态下,以顺时针和逆时针在设计要求的工作范围内旋转,测试压力、转速和旋转角度。

### 7.3.8 螺旋输送机

7.3.8.1 用间隙量规测量螺旋输送机前部筒体与螺杆叶片的配合间隙。

7.3.8.2 空载正反向试运转,检查螺杆转动状况。

7.3.8.3 闸门开合数次,检查闸门开、关动作和开、关限位动作状况。

7.3.8.4 检查紧急关闭动作状况。

### 7.3.9 皮带输送机

进行空载运转测试时,目测检查皮带输送机跑偏状况,检查张紧装置和清洗装置等辅助设施及手控紧急停车装置的质量。

### 7.3.10 盾尾密封系统

7.3.10.1 目测盾尾刷的安装质量。

7.3.10.2 密封油脂加注装置进行试运转,观察运转状况。

### 7.3.11 液压系统

7.3.11.1 目测检查液压管路布置状况、液压元件的安装质量。

7.3.11.2 利用检测油液清洁度的仪器,提取油样,检查液压系统的油液清洁度。

7.3.11.3 观察系统工作时泵组的工作状况。

7.3.11.4 检查各系统的调定压力。

7.3.11.5 观察各传感器、压力开关、压力表等的工作状况。

7.3.11.6 对系统进行耐压试验,观察泄漏状况。

7.3.11.7 系统工作时,观察油箱温度。

7.3.11.8 刀盘驱动系统、推进系统、拼装机系统、螺旋输送机系统等液压系统应进行空载测试和负载测试。

7.3.11.9 液压系统空载测试时,首先松开溢流阀的调节手柄,向泵内注入油液,接通电源后,点动液压泵电动机,确认电机和油泵转向,然后启动电动机,检查油泵是否平稳、有无卡阻现象,确认排气排尽后方可进行试车;空载运转 15 min~20 min,检查泵组运行状况,检查系统所有焊缝和连接口泄漏状况。

7.3.11.10 空载测试合格后,方可进行负载测试;

7.3.11.11 液压系统负载测试时,试验压力应逐级升高,每升高一级宜稳压 2 min~3 min,达到试验压力后,保压 5 min,进行全面检查,焊缝和连接口有否漏油,管道有否永久变形,确认系统运转正常,并做好系统压力测试记录。如有故障需处理时,应先卸压、停泵。压力测试期间,不应锤击管道,且在试验区域的 5 m 范围内不应进行明火作业;

### 7.3.12 管片吊运机构

7.3.12.1 利用钢卷尺等工具测量工字梁的挠度和安装精度。

7.3.12.2 目测或用无损探伤检测工字梁的焊接质量;检查销轴、滚轮、传动机构等的安装状况。

7.3.12.3 启动行走机构,观察行走动作,观察制动及行走限位动作状况。

7.3.12.4 启动提升机构,利用钢卷尺检查提升高度,目测上位限位动作状况。

### 7.3.13 集中润滑系统

7.3.13.1 加润滑油脂进行测试,直至各润滑部位内外周都有油脂溢出。

7.3.13.2 检查油脂泵、分配阀、油泵等动作,管路渗漏状况。

### 7.3.14 壁后注浆系统

7.3.14.1 加介质进行试运行,运行不少于 5 min,观察系统运转状况。

7.3.14.2 检查搅拌装置安装及搅拌旋转状况,以及系统管路布置状况。

### 7.3.15 添加剂注入系统

测试方法按 7.3.14 执行。

### 7.3.16 后方台车

7.3.16.1 测量台车外形尺寸,设备安装质量和布置状况。

7.3.16.2 利用钢卷尺测量车架轮距及拉线测量单节车架的三轮直线度。

### 7.3.17 冷却系统

7.3.17.1 加水进行试运行,运行不少于 5 min,观察系统运转状况。

7.3.17.2 检查系统管路状况。

### 7.3.18 通风系统

7.3.18.1 进行试运行,运行不少于 5 min,观察系统运转状况。

7.3.18.2 检查系统管路布置及渗漏状况。

### 7.3.19 电气系统

#### 7.3.19.1 高、低压箱柜、二次回路

- a) 目测检查高、低压箱柜外观及柜内元器件的安装、接地、接线的状况。
- b) 在通电状态下检查单体的高、低压箱柜内各系统的动作状况。
- c) 检查测试记录:
  - 1) 高压设备的电气测试报告(应由有资质的单位进行操作);
  - 2) 使用扭力扳手复核其紧固力矩值应符合 GB 149 有关规定;
  - 3) 漏电开关动作检测和过载保护器件整定值检测。



### 7.3.19.2 电力变压器柜

- a) 采用目测法检查电力变压器柜的外观、安装固定、接地及接线连接状况。
- b) 在通电状态下检查电力变压器的运行状况。
- c) 检查测试记录：  
电力变压器的电气测试报告(应由有资质的单位进行操作)。

### 7.3.19.3 接地系统

采用目测的方法检查接地系统的安装、固定及连接状况。

### 7.3.19.4 照明系统

- a) 采用目测的方法检查照明灯具的外观完好、无损伤,灯具的安装固定符合设计要求;
- b) 在通电状态下照明灯具的控制符合设计要求;
- c) 在断电的状态下检测应急照明的后备供电时间。

### 7.3.19.5 数据采集系统

- a) 数据采集系统硬件设备的型号、规格,各类软件的安装及参数的设定应符合设计要求;
- b) 数据采集系统设备的平面布置应符合设计要求;
- c) 各传感器、限位、箱柜的按钮、指示灯等信号与 PLC 的硬件、软件,输入/输出的元件定义一致,显示正确,误差值应符合设计要求;
- d) 检查测试记录  
各类检测仪器、仪表输入、输出的测试、显示值的报告(见附录 C 表 C.4)。

### 7.3.19.6 检测仪器、仪表

- a) 采用目测法检查各类检测仪器、仪表的外观、安装固定、接地及接线连接的状况;
- b) 利用重力原理构成的传感器的安装是否水平,倾斜是否超过产品规定的要求;
- c) 检查测试记录:各类检测仪器、仪表模拟值的测试报告(见附录 C 表 C.3)。

### 7.3.19.7 电动机

- a) 采用手动方式盘动电动机的转子时,转动灵活、无卡阻现象;
- b) 在通电状态下电动机的旋转方向符合机械要求;
- c) 检查测试记录:电动机三相绕组对地绝缘电阻和额定空载电流的测试值报告(见附录 C 表 C.1)。

### 7.3.19.8 动力、控制、通信电缆的敷设

- a) 采用目测法检查各类电缆的外观、排列、标记及固定状况;
- b) 各类电缆的敷设有一定的余量;
- c) 检查测试记录:
  - 1) 高压电缆的电气测试报告(应由有资质的单位进行操作);
  - 2) 低压电缆电气绝缘电阻的测试报告(见附录 C 表 C.2)。

### 7.3.19.9 电动葫芦

- a) 采用目测法检查电动葫芦控制箱的外观,电缆的敷设应符合设计要求;
- b) 在通电状态下检查电动葫芦的动作符合设计要求。

### 7.3.19.10 电气系统调试

#### 7.3.19.10.1 调试前的准备应符合下列规定:

- a) 复核各系统输入、输出电气元器件的安装,应固定牢固、无松动、接线正确符合设计要求;
- b) 检查各类测试报告应符合设计要求;
- c) 各系统的低压开关受电前均处于断开位置;
- d) 采用低压电源供电调试时,调试电源的容量应能满足单机额定容量最大设备的启动运转要求;
- e) 采用高压电源供电调试时,高压开关、高压变压器与高压电缆应做电气试验,电气试验符合规范要求。电气试验后,应在 24 h 小时内完成高压变压器的受电工作。

### 7.3.19.10.2 厂内盾构单机电气测试

- a) 各系统的状态信号、数据显示准确；
- b) 各分系统的操作和动作符合设计要求，各分系统的安全保护功能准确、可靠。

## 7.4 施工现场井下测试

### 7.4.1 盾构壳体

7.4.1.1 目测检查支承环和切口环对接焊接质量；盾尾壳体的焊缝按 25% 比例采用 PT(着色探伤)或 MT(磁粉探伤)检查。

7.4.1.2 利用深度尺检查壳体拼缝的错缝公差。

7.4.1.3 盾尾在井下拼装焊接后，测量盾构壳体总长的平直度(见图 18)。将位于两端磁铁间的基线拉直，测量基线与盾构壳体表面间的间隙，在直径上的 3 个位置(即顶部、右下、左下)进行测量，共测 3 组数据。

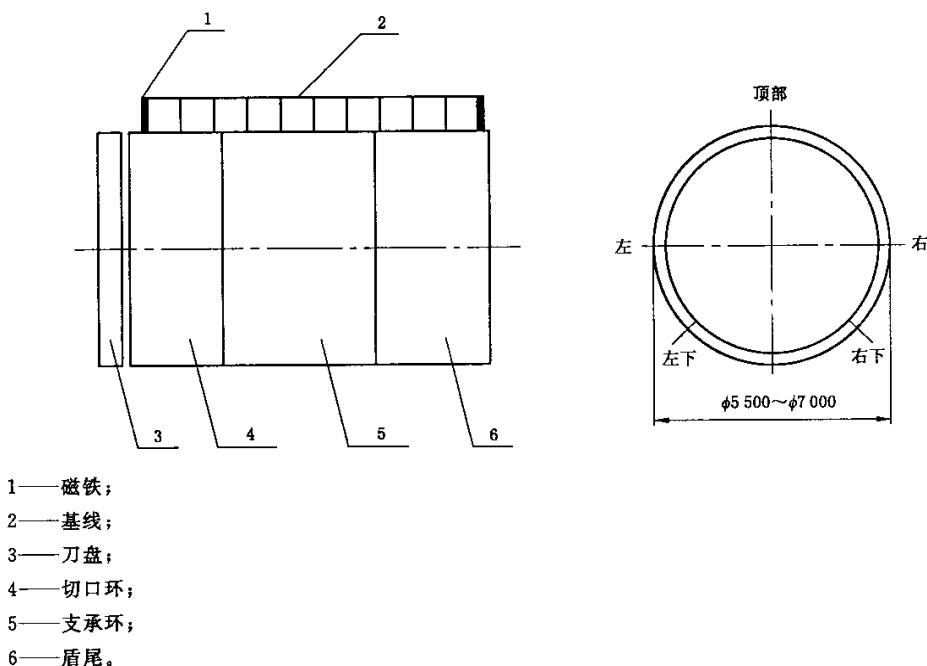


图 18 壳体井下测量示意图

### 7.4.2 刀盘驱动装置

按 7.3.3.3 规定，对刀盘驱动装置进行空载调试。

### 7.4.3 铰接装置

按 7.3.5 按厂内测试方法进行铰接液压缸的伸缩测试。

### 7.4.4 推进装置

按 7.3.6.3 和 7.3.6.4 分别对推进液压缸进行伸缩测试。

### 7.4.5 管片拼装机

按 7.3.7.2 和 7.3.7.3 执行。

### 7.4.6 螺旋输送机

按 7.3.8.2、7.3.8.3 和 7.3.8.4 执行。

### 7.4.7 皮带输送机

按 7.3.9 执行。

#### 7.4.8 盾尾密封系统

加密封油脂试运行,检查各管路出脂运行状况。

#### 7.4.9 液压系统

按 7.3.11 执行。

#### 7.4.10 管片吊运机构

按 7.3.12.3 和 7.3.12.4 执行。

#### 7.4.11 集中润滑系统

按 7.3.13 执行。

#### 7.4.12 壁后注浆系统

注浆系统在井下全部连通后,加介质运行不少于 5 min,观察运转状况,检查管路有否渗漏。

#### 7.4.13 添加剂注入系统

按 7.4.12 执行。

#### 7.4.14 电气系统调试应符合下列规定:

- a) 检查各系统的安全联锁保护功能应符合设计要求;
- b) 检查各系统的启动与停止的顺序应符合设计要求;
- c) 检查联动调试时的各系统的功能、参数应符合设计要求。

### 7.5 盾构 100 m 试推进测试

7.5.1 刀盘驱动装置应观察在实际工作负荷状况下,刀盘的转速和油压是否符合设计要求。

7.5.2 推进装置应观察在实际工作负荷状况下,推进液压缸的伸缩速度和油压是否符合设计要求。

7.5.3 管片拼装机系统按施工现场井下测试方法执行。

7.5.4 螺旋输送机在承受实际工作负荷状况下,检查螺杆转动状况,检测螺旋输送机的实际出土能力与设计的一致性。

7.5.5 皮带输送机在承受实际工作负荷状况下,检查运行状况。

7.5.6 电气系统在承受实际工作负荷状况下,检查电气设备的控制参数是否符合盾构设计的安全要求、功能要求、质量要求。

7.5.7 其余系统均按 7.4 执行。

## 8 标志、检验合格证、使用说明书

### 8.1 标志

盾构外表面两侧轴线处应涂刷或粘贴明显的标志,内容包括产品名称、工程名称、业主名称、制造厂名、制造日期等。

### 8.2 检验合格证

产品检验合格证应包括产品型号、规格、数量、编号;产品生产日期、出厂日期;厂名和质量检验员签章等内容。

### 8.3 使用说明书

产品使用说明书应包括产品适用地质条件、性能、结构组成、操作规程、维修保养手册、主要易损件等内容。

## 9 包装、运输、贮存

### 9.1 包装

9.1.1 对有防潮、防水、防锈要求和碰撞后易损伤的零部件应采取保护措施,宜集中装箱运输;对易损、易散失的零备件应捆扎牢固。

9.1.2 包装好的产品应附有装箱单。

## 9.2 运输

9.2.1 应根据特定条件或客户要求等情况确定运输方法。

9.2.2 产品运输应有防潮、防雨、防损坏措施。

## 9.3 贮存

9.3.1 室外贮存时,应有防雨措施。

9.3.2 产品贮存期间应定期进行空载运转,并应符合空载测试要求。

附 录 A  
(资料性附录)  
刀盘扭矩计算法

A.1 由土体的抗剪力产生的扭矩应按下式计算。

$$T_1 = \frac{\pi \times D^3}{12} \left( \frac{Q_{fe1} + Q_{fe2}}{2} \times \tan\phi + C \right) \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

- $T_1$ ——由土体的抗剪力产生的扭矩,单位为牛米(N·m);
- $D$ ——盾构外径,单位为米(m);
- $Q_{fe1}$ ——盾构上方土压力,单位为千牛每平方米(kN/m<sup>2</sup>);
- $Q_{fe2}$ ——盾构下方土压力,单位为千牛每平方米(kN/m<sup>2</sup>);
- $\phi$ ——土壤内摩擦角;
- $C$ ——土的内聚力,单位为千帕(kPa)。

A.2 切削刀具的切削扭矩应按下式计算。

$$T_2 = \frac{D^2}{8} \times \frac{v}{n_c} \times q_u \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

- $T_2$ ——切削刀具在切削土体时产生的切削扭矩,单位为牛米(N·m);
- $D$ ——盾构外径,单位为米(m);
- $v$ ——盾构的推进速度,单位为米每分(m/min);
- $n_c$ ——切削刀盘转速,单位为转每分(r/min);
- $\frac{v}{n_c}$ ——切入深度,单位为米(m);
- $q_u$ ——被切削阻力(通常取无侧限抗压强度),单位为牛每平方米(N/m<sup>2</sup>)。

A.3 与土体之间的摩擦阻力扭矩应按下式计算。

$$T_3 = \frac{\pi D^3}{12} \times Q_\theta \times \mu \times \frac{\theta}{360} \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

- $T_3$ ——与土体之间的摩擦阻力扭矩,单位为牛米(N·m);
- $D$ ——盾构外径,单位为米(m);
- $Q_\theta$ ——接触土压,即  $\frac{1}{2}(Q_{fe1} + Q_{fe2} + Q_{fw1} + Q_{fw2})$ ;
- $\mu$ ——摩擦系数(通常取 0.3~0.5);
- $\theta$ ——接触角度( $\theta = (1 - \omega_0) \times 360$ ),°。

A.4 轴向荷载的扭矩应按下式计算。

$$T_4 = F_x \times r_t \times \mu_t \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

- $T_4$ ——轴向荷载的扭矩,单位为牛米(N·m);
  - $F_x$ ——轴向荷载,单位为牛(N);
  - $r_t$ ——轴向轴承的半径,单位为米(m);
  - $\mu_t$ ——摩擦系数(通常取 0.004 5~0.009)。
- 轴向荷载的偏心产生的力矩应作为等值轴向荷载计算:

$$F_{equ} = \left( \frac{a \times e}{2r_t} + 1 \right) \times F_x + \frac{a \times F_y}{2} \times \tan \alpha_k \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

式中:

$F_{equ}$ ——等值轴向荷载,单位为牛(N);

$a$ ——力矩径向荷载系数,  $a=4.4$ ;

$e$ ——轴向荷载的偏心量(通常取  $\frac{D}{3}$ ),单位为米(m);

$D$ ——盾构外径,单位为米(m);

$F_x$ ——轴向荷载,单位为牛(N);

$F_y$ ——径向荷载,单位为牛(N);

$\alpha_k$ ——接触角(通常取  $45^\circ$ ),°。

A.5 径向荷载的扭矩应按式计算。

$$T_5 = F_y \times r_r \times \mu_r \quad \dots\dots\dots (A.6)$$

式中:

$T_5$ ——径向荷载的扭矩,单位为牛米(N·m);

$F_y$ ——径向荷载,单位为牛(N);

$r_r$ ——径向轴承半径,单位为米(m);

$\mu_r$ ——摩擦系数(通常取  $0.0045 \sim 0.009$ )。

A.6 搅拌棒搅拌扭矩应按式计算。

$$T_6 = \gamma \times H_0 \times D_b \times L_b \times R_b \times \mu_1 \quad \dots\dots\dots (A.7)$$

式中:

$T_6$ ——搅拌棒搅拌土舱的土体时产生的扭矩,单位为牛米(N·m);

$\gamma$ ——土壤的比重,单位为牛每立方米(N/m<sup>3</sup>);

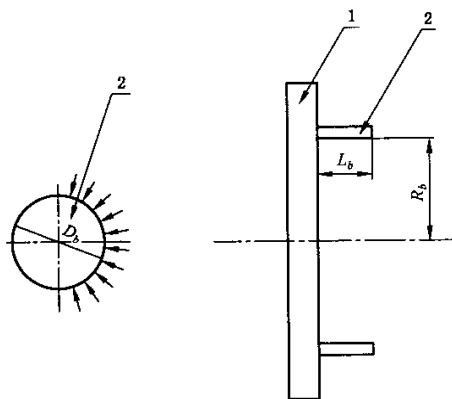
$H_0$ ——覆土深度,单位为米(m);

$D_b$ ——搅拌棒的直径,单位为米(m);

$L_b$ ——搅拌棒的长度,单位为米(m);

$R_b$ ——搅拌棒到盾构中心的距离,单位为米(m);

$\mu_1$ ——土与钢的摩擦系数(见表 A.1)。



注: 1——刀盘;  
2——搅拌棒。

图 A.1 搅拌棒安装示意图

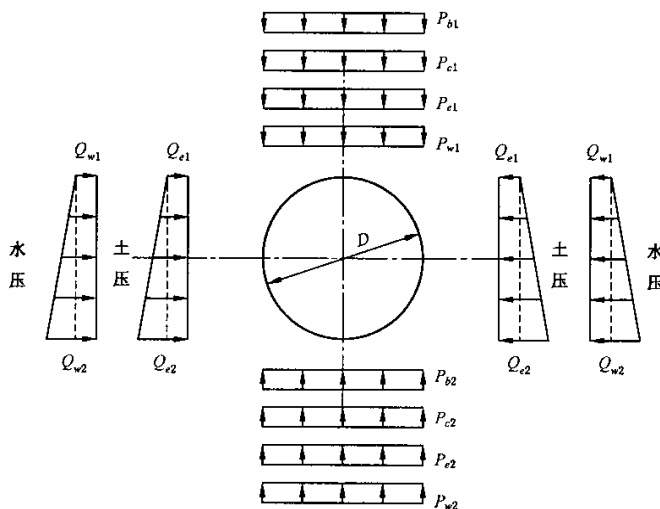
表 A.1 土与钢的摩擦系数

| 土的种类 | 摩擦系数 $\mu_1$ |
|------|--------------|
| 砾石   | 0.55         |
| 砂石   | 0.45         |
| 亚粘土  | 0.35         |
| 粉砂   | 0.30         |
| 粘土   | 0.20         |

**附录 B**  
(资料性附录)

**盾构装备推力阻力计算法**

**B.1** 盾构壳体和土体之间的摩擦阻力或粘附阻力是由作用于盾壳外周的土压力引起的与盾壳钢板之间的阻力(见图 B.1)。应按下式计算:



**图 B.1 负荷分布状态(周围)**

在砂性土中,其计算式为

$$F_1 = \pi D L_m \frac{P_{e1} + Q_{e1} + Q_{e2} + P_{e2} + P_Q}{4} \mu_1 \quad \dots\dots\dots (\text{B.1})$$

在粘性土中,其计算式为

$$F_1 = \pi \times D \times L_m \times C \quad \dots\dots\dots (\text{B.2})$$

式中:

- $D$ ——盾构的外径,单位为米(m);
- $L_m$ ——盾壳的长度,单位为米(m);
- $P_{e1}$ ——顶部垂直土压力,单位为千牛每平方米( $\text{kN}/\text{m}^2$ );
- $P_{e2}$ ——底部垂直土压力,单位为千牛每平方米( $\text{kN}/\text{m}^2$ );
- $Q_{e1}$ ——顶部水平土压力,单位为千牛每平方米( $\text{kN}/\text{m}^2$ );
- $Q_{e2}$ ——底部水平土压力,单位为千牛每平方米( $\text{kN}/\text{m}^2$ );
- $P_Q$ ——土抗力,单位为千牛每平方米( $\text{kN}/\text{m}^2$ );
- $\mu_1$ ——土与钢的摩擦系数,见表 A.1;
- $C$ ——土的内聚力,单位为千帕(kPa)。

**B.2** 盾构正面阻力是由作用于盾构正面开挖面土压力和水压力,或泥土和泥水的灌注压力造成的阻力(见图 B.2),应按下式计算:

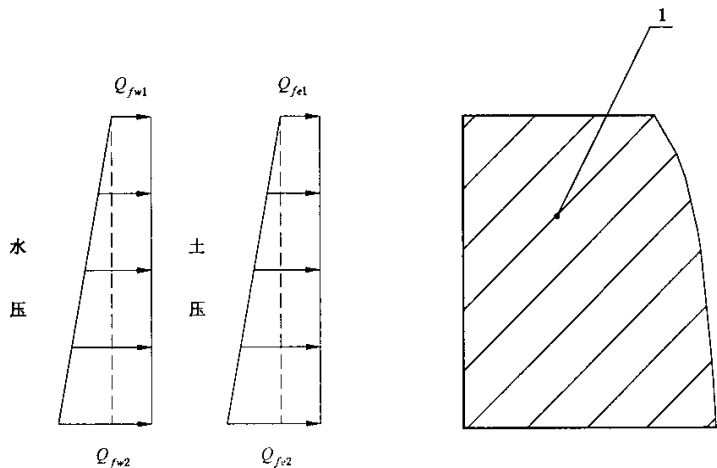
$$F_2 = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times \frac{Q_{fe1} + Q_{fw1} + Q_{fe2} + Q_{fw2}}{2} \quad \dots\dots\dots (\text{B.3})$$

式中:

- $F_2$ ——盾构正面阻力,单位为千牛(kN);



- $Q_{fe1}$ ——盾构正面顶部土压力,单位为千牛每平方米( $\text{kN}/\text{m}^2$ );
- $Q_{fe2}$ ——盾构正面底部土压力,单位为千牛每平方米( $\text{kN}/\text{m}^2$ );
- $Q_{fw1}$ ——盾构正面顶部水压力,单位为千牛每平方米( $\text{kN}/\text{m}^2$ );
- $Q_{fw2}$ ——盾构正面底部水压力,单位为千牛每平方米( $\text{kN}/\text{m}^2$ );
- $D$ ——盾构外径,单位为米( $\text{m}$ )。



1——盾构。

图 B.2 负荷分布状态(正面)

B.3 管片和盾尾密封之间的摩擦阻力是管片外表面同盾尾刷之间的摩擦阻力,应按下式计算:

$$F_3 = n_t \times W_t \times \mu_t \dots\dots\dots (B.4)$$

式中:

- $F_3$ ——管片和盾尾密封之间的摩擦阻力,单位为千牛( $\text{kN}$ );
- $n_t$ ——隧道管片的环数(通常取 2~3);
- $W_t$ ——隧道管片每环的重量,单位为千牛( $\text{kN}$ );
- $\mu_t$ ——盾尾刷和隧道管片之间的摩擦系数(通常取 0.3~0.5)。

B.4 盾构切口环刃口的切入阻力是在盾壳前端的刃口先于切削刀头切入开挖面土体时出现的,切口环刃口切入阻力的计算式为(切口环在刀盘前面时,计算此力;切口环与刀盘平时不计算此力)

$$F_4 = a_4 \times Q_p + \pi \times D_1 \times l \times C \dots\dots\dots (B.5)$$

式中:

- $F_4$ ——盾构切口环刃口的切入阻力,单位为千牛( $\text{kN}$ );
- $a_4$ ——切入土体的盾构前檐刃口断面面积,单位为平方米( $\text{m}^2$ );
- $Q_p$ ——切入土体的盾构外壳平均被动土压力或无侧限抗压强度,单位为千牛每平方米( $\text{kN}/\text{m}^2$ );
- $C$ ——土的内聚力,单位为千帕( $\text{kPa}$ );
- $D_1$ ——盾构外壳的内径,单位为米( $\text{m}$ );
- $l$ ——盾构外壳的切入深度,单位为米( $\text{m}$ )。

B.5 变向阻力(曲线施工、纠偏、变向用稳定翼、挡板阻力等)应按下式计算:

$$F_5 = F_R \times S \dots\dots\dots (B.6)$$

式中:

- $F_5$ ——变向阻力,单位为千牛( $\text{kN}$ );
- $F_R$ ——土抗力,单位为千牛每平方米( $\text{kN}/\text{m}^2$ );
- $S$ ——挡土板在推进方向上的投影面积,单位为平方米( $\text{m}^2$ )。

**B.6** 牵引后方台车前进的阻力应按下式计算：

$$F_6 = \mu \times G_t \quad \text{.....( B.7 )}$$

式中：

$F_6$ ——牵引后方台车前进的阻力，单位为千牛(kN)；

$\mu$ ——摩擦系数(通常取 0.05)；

$G_t$ ——后方台车重量，单位为千牛(kN)。

**B.7** 由切削刀盘引起的轴向阻力应按下式计算：

$$F_7 = A_{acc} \times K \times (P_{e1} + P_{w1}) \quad \text{.....( B.8 )}$$

式中：

$F_7$ ——由切削刀盘引起的轴向阻力，单位为千牛(kN)；

$A_{acc}$ ——切削刀的受压切削面总面积，单位为平方米(m<sup>2</sup>)；

$K$ ——土压力系数(通常取 0.45~0.5)；

$P_{e1}$ ——垂直土压力，单位为千牛每平方米(kN/m<sup>2</sup>)；

$P_{w1}$ ——垂直水压力，单位为千牛每平方米(kN/m<sup>2</sup>)。

附 录 C  
(规范性附录)  
检查记录表

表 C.1 电动机测试检查记录表

|         |                         |              |   |   |   |   |   |      |   |   |   |     |   |     |   |   |   |
|---------|-------------------------|--------------|---|---|---|---|---|------|---|---|---|-----|---|-----|---|---|---|
| 工程名称    |                         |              |   |   |   |   |   |      |   |   |   |     |   | 编 号 |   |   |   |
| 施工图号    |                         |              |   |   |   |   |   | 相关文件 |   |   |   | 第 页 |   | 共 页 |   |   |   |
| 序号      | 电机编号<br>检查项目            |              |   |   |   |   |   |      |   |   |   |     |   |     |   |   |   |
| 1       | 机 械 名 称                 |              |   |   |   |   |   |      |   |   |   |     |   |     |   |   |   |
| 2       | 铭 牌                     | 型 号          |   |   |   |   |   |      |   |   |   |     |   |     |   |   |   |
|         |                         | 额定容量/kW      |   |   |   |   |   |      |   |   |   |     |   |     |   |   |   |
|         |                         | 额定电压/V       |   |   |   |   |   |      |   |   |   |     |   |     |   |   |   |
|         |                         | 额定电流/A       |   |   |   |   |   |      |   |   |   |     |   |     |   |   |   |
|         |                         | 额定转速/(r/min) |   |   |   |   |   |      |   |   |   |     |   |     |   |   |   |
| 3       | 绝缘电阻/MΩ                 |              |   |   |   |   |   |      |   |   |   |     |   |     |   |   |   |
| 4       | 吸 收 比                   |              |   |   |   |   |   |      |   |   |   |     |   |     |   |   |   |
|         |                         |              | A | B | C | A | B | C    | A | B | C | A   | B | C   | A | B | C |
| 5       | 空载电流/A                  |              |   |   |   |   |   |      |   |   |   |     |   |     |   |   |   |
| 6       | 满载电流/A                  |              |   |   |   |   |   |      |   |   |   |     |   |     |   |   |   |
| 7       | 保护装置整定值/A               |              |   |   |   |   |   |      |   |   |   |     |   |     |   |   |   |
| 8       | 开停机时间/h                 |              |   |   |   |   |   |      |   |   |   |     |   |     |   |   |   |
| 9       | 机体接地线规格/mm <sup>2</sup> |              |   |   |   |   |   |      |   |   |   |     |   |     |   |   |   |
| 10      | 试运转情况                   |              |   |   |   |   |   |      |   |   |   |     |   |     |   |   |   |
| 操作员(签字) |                         |              |   |   |   |   |   |      |   |   |   |     |   |     |   |   |   |
| 检验员(签字) |                         |              |   |   |   |   |   |      |   |   |   |     |   |     |   |   |   |

表 C.2 低压电缆测试检查记录表

|      |      |         |         |      |      |         |  |         |  |     |  |
|------|------|---------|---------|------|------|---------|--|---------|--|-----|--|
| 工程名称 |      |         |         |      |      | 编 号     |  |         |  |     |  |
| 施工图号 |      |         |         | 相关文件 |      |         |  | 第 页     |  | 共 页 |  |
| 序号   | 电缆编号 | 型 号 规 格 | 绝缘电阻/MΩ | 接头质量 | 敷设质量 | 操作员(签字) |  | 检验员(签字) |  |     |  |
|      |      |         |         |      |      |         |  |         |  |     |  |
|      |      |         |         |      |      |         |  |         |  |     |  |
|      |      |         |         |      |      |         |  |         |  |     |  |
|      |      |         |         |      |      |         |  |         |  |     |  |
|      |      |         |         |      |      |         |  |         |  |     |  |
| 检查仪表 |      | 检查日期    |         | 气 候  |      |         |  |         |  |     |  |

